

中 国 船 级 社

材料与焊接规范

2006

人民交通出版社
China Communications Press



中 国 船 级 社

材料与焊接规范

2006

2006 年 04 月 01 日生效

Effective from April 01 2006

北 京

Beijing

目　录

第 0 篇 入级规则

第 1 章 通 则 ……0-1
第 1 节 中国船级社及其主要业务……0-1
第 2 节 理事会与委员会……0-2

第 2 章 入级范围与条件……0-3
第 1 节 一般规定……0-3
第 2 节 入级规范……0-3
第 3 节 入级符号与附加标志……0-5
第 4 节 申请与费用……0-5
第 5 节 法定服务……0-5
第 6 节 船舶录与产品录……0-6
第 7 节 审核……0-7
第 8 节 信息提供与披露……0-7
第 9 节 责任、分歧与仲裁……0-7

第 3 章 产品检验……0-9
第 1 节 一 般 规 定……0-9
第 2 节 单件 / 单批检验……0-13
第 3 节 设 计 认 可……0-15
第 4 节 型 式 认 可……0-16
第 5 节 工 厂 认 可……0-18

第 1 篇 金属材料

第 1 章 通 则 ……1-1
第 1 节 一 般 规 定……1-1
第 2 节 试验与检验……1-1

第 2 章 材料的性能试验……1-4
第 1 节 一 般 规 定……1-4
第 2 节 拉 伸 试 验……1-4
第 3 节 冲 击 试 验……1-7
第 4 节 弯 曲 试 验……1-9
第 5 节 Z 向拉伸试验……1-9
第 6 节 管材延性试验……1-11
第 7 节 不锈钢晶间腐蚀试验……1-12

第 3 章 钢板、扁钢与型钢……1-14
第 1 节 一般规定……1-14
第 2 节 一般强度船体结构用钢……1-17
第 3 节 高强度船体结构用钢……1-19
第 4 节 焊接结构用高强度淬火回火钢……1-22
第 5 节 锅炉与受压容器用钢……1-25
第 6 节 机械结构用钢……1-28
第 7 节 低温韧性钢……1-28
第 8 节 奥氏体不锈钢和双相不锈钢……1-29
第 9 节 复合钢板……1-31
第 10 节 Z 向 钢……1-33
第 11 节 适应高热输入焊接的船体结构钢……1-34

第 4 章 钢管……1-35
第 1 节 一般规定……1-35
第 2 节 无缝压力管……1-37
第 3 节 焊接压力管……1-39
第 4 节 锅炉管与过热器管……1-40
第 5 节 低温铁素体钢压力管……1-41
第 6 节 奥氏体不锈钢压力管……1-42

第 5 章 锻钢件……1-44
第 1 节 一般规定……1-44
第 2 节 船体结构用锻钢件……1-47
第 3 节 轴系与机械结构用锻钢件……1-48
第 4 节 曲轴锻钢件……1-52
第 5 节 齿轮锻钢件……1-54
第 6 节 涡轮机锻钢件……1-57
第 7 节 锅炉、受压容器与管系用锻钢件……1-60
第 8 节 低温韧性锻钢件……1-62
第 9 节 奥氏体不锈钢锻钢件……1-63

第 6 章 铸钢件……1-64
第 1 节 一般规定……1-64
第 2 节 船体结构用铸钢件……1-66
第 3 节 机械结构用铸钢件……1-68
第 4 节 曲轴铸钢件……1-69
第 5 节 螺旋桨铸钢件……1-72
第 6 节 锅炉、受压容器与管系用铸钢件……1-74
第 7 节 低温铁素体铸钢件……1-75
第 8 节 奥氏体不锈钢铸钢件……1-76

第 7 章 铸铁件……1-78
第 1 节 一般规定……1-78
第 2 节 灰铸铁件……1-79
第 3 节 球墨铸铁件……1-81
第 4 节 曲轴铸铁件……1-83

第 8 章 铝合金……1-84
第 1 节 一般规定……1-84
第 2 节 铝合金板材与型材……1-85
第 3 节 铝合金铆钉……1-89
第 4 节 铝合金活塞……1-90

第 9 章 其他有色金属……1-92
第 1 节 铜质螺旋桨……1-92
第 2 节 铸铜合金……1-95
第 3 节 铜管……1-97
第 4 节 轴承合金……1-99

第 10 章 设备……1-100
第 1 节 船用锚……1-100
第 2 节 锚链及其附件……1-104
第 3 节 海上设施系泊定位用锚链及其附件……1-111
第 4 节 钢丝绳……1-120

第 2 篇 非金属材料

第 1 章 通 则 ……2-1
第 1 节　一般规定……2-1
第 2 节　试验与检验……2-1

第 2 章 塑料材料……2-2
第 1 节　一般规定……2-2
第 2 节　原材料……2-3
第 3 节　试样与试验……2-8

第 3 章 纤维增强塑料船体材料……2-10
第 1 节　一般规定……2-10
第 2 节　原材料……2-11
第 3 节　铺敷成型工艺……2-14
第 4 节　检验与试验……2-18

第 4 章 塑料管与配件……2-20
第 1 节　一般规定……2-20
第 2 节　材料、设计、制造与强度试验……2-20
第 3 节　管子成品的质量与缺陷修整……2-23
第 4 节　标志……2-24

第 5 章 围裙材料及其连接件……2-25
第 1 节　一般规定……2-25
第 2 节　裙布材料与连接件……2-25
第 3 节　裙布的试验与力学性能……2-25

第 6 章 混凝土……2-27
第 1 节　一般规定……2-27
第 2 节　原材料……2-27
第 3 节　钢筋混凝土……2-28
第 4 节　海底管道混凝土加重层……2-30

第 7 章 纤维绳……2-33
第 1 节　一般规定……2-33
第 2 节　制造材料……2-33
第 3 节　试验……2-33

第 3 篇 焊接

第 1 章 通 则 ……3-1
第 1 节　一般规定……3-1
第 2 节　试验……3-1

第 2 章 焊 接 材 料……3-6
第 1 节　一般规定……3-6
第 2 节　焊接材料的力学性能……3-7
第 3 节　电弧焊焊条……3-8
第 4 节　埋弧自动焊的焊丝－焊剂……3-13
第 5 节　半自动、自动焊的焊丝与焊丝－气体……3-16
第 6 节　电渣焊或气电立焊的焊接材料……3-18
第 7 节　单面焊接双面成型的焊接材料……3-19

第 8 节 不锈钢焊接材料……3-20
第 9 节 铝合金焊接材料……3-22

第 3 章 焊接工艺认可……3-24
第 1 节 一般规定……3-24
第 2 节 对接焊工艺认可试验……3-25
第 3 节 角接焊工艺认可试验……3-30
第 4 节 T 形、K 形与 Y 形板构件全焊透工艺认可试验……3-31
第 5 节 倾斜或 T 形管节点全焊透工艺认可试验……3-32

第 4 章 焊工资格考试……3-34
第 1 节 一般规定……3-34
第 2 节 焊工考试与评定……3-36
第 3 节 水下焊工考试与评定……3-43

第 5 章 船体结构的焊接与铆接……3-47
第 1 节 一般规定……3-47
第 2 节 船体构件的焊接……3-48
第 3 节 焊缝检验与修补……3-50
第 4 节 不锈钢及其复合钢板的焊接……3-51
第 5 节 铝合金的焊接……3-52
第 6 节 铆接……3-54

第 6 章 海上设施结构的焊接……3-56
第 1 节 一般规定……3-56
第 2 节 结构焊接……3-56
第 3 节 焊接检验……3-58

第 7 章 受压壳体的焊接……3-63
第 1 节 一般规定……3-63
第 2 节 受压壳体的产品焊接试验……3-63
第 3 节 受压壳体的制造……3-66
第 4 节 热处理……3-67
第 5 节 检验与修补……3-68

第 8 章 重要机件的焊接……3-73
第 1 节 一般规定……3-73
第 2 节 转子轴的焊接……3-73
第 3 节 机座、机架、汽缸与壳体等构件的焊接……3-74
第 4 节 螺旋桨的无损检测与焊补……3-75

第 9 章 压力管系的焊接……3-81
第 1 节 一般规定……3-81
第 2 节 管子接头的焊接……3-81
第 3 节 焊接质量检查……3-82
第 4 节 焊后热处理……3-83

第 10 章 海底管系的焊接……3-84
第 1 节 一般规定……3-84
第 2 节 管系的组装焊接……3-84

第 0 篇　入级规则

第 1 章　通　则

第 1 节　中国船级社及其主要业务

1.1.1　船级社

1.1.1.1　船级社是从事船舶与海上设施入级服务的独立、公正的组织。船级社与船舶和海上设施的设计、建造、买卖、营运、管理、保养、维修、融资、保险、租赁组织之间，没有任何商业关系。

1.1.1.2　船级社致力于船舶与海上设施安全和环境保护，通过技术支持、符合性确认和研究开发，对海上安全和入级规范制定做出独特的贡献。船级社按其颁布的入级规范，为客户提供入级服务，以及法定服务和其他服务。

1.1.1.3　船级社提供船舶、造船、海上开发、相关工业产品制造业、保险、金融以及其他有关业界普遍接受和认可的合理标准——入级规范，并依照此规范，在船舶设计中进行审图、在建造中和建造后进行检验，以确认船舶符合入级规范的要求，并独立签发入级证书。

1.1.1.4　船级社接受船旗国政府的授权，按照船旗国政府的要求进行法定服务，以确认船舶满足国际公约或 / 和船旗国有关法定要求，并签发法定证书。

1.1.2　中国船级社

1.1.2.1　中国船级社（以下简称“CCS”）是由中国有关法律授权的、经法律登记注册的、从事船舶入级服务与法定服务等的专业技术机构 / 组织。

1.1.2.2　中国船级社主要承担国内外船舶、海上设施、集装箱及其相关工业产品的入级服务、鉴证检验、公证检验和经中国政府、外国（地区）政府主管机关授权，执行法定服务等具体业务，以及经有关主管机关核准的其他业务。

1.1.3　宗旨

1.1.3.1　CCS 的服务宗旨是：对船舶、海上设施、集装箱以及相关的工业产品提供合理和安全可靠的技术规范，并通过 CCS 独立、公正和诚实的入级、认证和技术服务，为交通运输、海上开发及相关的制造业和保险业服务，为促进水上人命和财产的安全与保护海洋及其他环境服务。

1.1.4　主要业务

1.1.4.1　CCS 的主要业务如下：

(1)　船舶与海上设施及其产品（包括集装箱）入级服务：规范制定与维护、审图、检验与发证；

(2)　船舶与海上设施及其产品受权法定服务：法定检验技术规则制定、审图、检验与发证；

(3)　受理其他验船机构委托的检验与发证、船舶与海上设施公正检验和安全评估、船舶与海上设施鉴证检验和发证、重大海上安全事故调查；

(4)　相关陆上工业设施与产品认证、检验及发证，外国验船机构委托船用与相关陆上工业设施和产品代理检验及发证；

(5)　船舶安全管理体系 (ISM) 审核与发证；

(6)　船舶保安体系 (ISPS) 审核与发证；

(7)　船舶技术状况勘验与技术状况鉴定；

(8)　ISO9000 与 ISO14000 等系列质量体系与环境管理体系认证；

(9)　船舶与海上设施入级技术研究、水上安全与环境保护技术研究、船用与相关陆上工业设施和产品检验技术研究、相关信息技术应用研究；

(10)　其他服务。

第2节 理事会与委员会

1.2.1　理事会

1.2.1.1　由政府有关部门、CCS、航运、造船、海上开发、相关工业产品制造业、保险、银行以及其他有关业界代表组成CCS理事会。

1.2.1.2　理事会主要职责：

(1)　制定和修改CCS章程；

(2)　审议CCS工作报告；

(3)　决定其他重大事项。

1.2.2　技术委员会

1.2.2.1　由政府有关部门、CCS、航运、造船、海上开发、设计、大专院校、科研、相关工业产品制造业分管技术领导组成CCS技术委员会。根据工作需要，可成立若干专业技术分委会。

1.2.2.2　技术委员会主要职责：

(1)　对CCS技术政策和规范科研发展规划提出意见和建议；

(2)　审定CCS制订的船舶及海上设施的主体技术规范；

(3)　组织对CCS入级船舶及海上设施发生的重大事故进行技术分析研究；

(4)　根据使用经验、市场需求和科学技术的发展，提出规范编制、修订方面的建议；

(5)　对拟纳入CCS船舶及海上设施规范的重大科研成果进行审议，并提出纳入规范的建议。

1.2.3　船级委员会

1.2.3.1　由政府有关部门、CCS、船东、石油公司、主管机关、保险、银行和法律及其他有关业界代表组成CCS船级委员会。

1.2.3.2　船级委员会主要职责：

(1)　审议通过本委员会的工作程序及CCS船级管理程序；

(2)　审议CCS船舶及海上设施入级的有关规定，并结合最新科学技术的发展，对其提出修改和补充建议；

(3)　接受并确认CCS提交的船舶及海上设施的入级符号及其附加标志的授予、暂停、取消或恢复的情况报告；

(4)　对船舶及海上设施证书及各种检验技术文件提出意见。

第 2 章 入级范围与条件

第 1 节 一 般 规 定

2.1.1 入级原则

2.1.1.1 入级表示 CCS 按其规范，认为船体及附属物主要部件的结构强度和完整性，推进系统和操舵系统、发电系统，以及船上装配的其他特征或辅助系统的可靠性和功能，能维持船上的基本服务，并以不同的符号与标志进行标识。

2.1.2 入级过程

2.1.2.1 入级过程由以下阶段组成：

(1) 规范的制订；

(2) 通过审图、建造中检验，确认其符合这些规范的要求；

(3) 当确认符合后，授予船级和签发入级证书；

(4) 通过建造后检验，确认其符合这些规范的要求，签署或签发入级证书；

(5) 信息的应用。

2.1.3 定义

2.1.3.1 除另有规定外，本规范有关定义如下：

(1) **入级**：系指船级社根据其颁布的规范为客户提供的技术服务。

(2) **入级船舶**：系指船级社根据其规范签发入级证书的船舶。

(3) **非入级船舶**：系指除入级船舶外的船舶。

(4) **公约船舶**：系指持有按国际有关公约规定签发国际证书的船舶。

(5) **非公约船舶**：系指除公约船舶外的船舶。

(6) **新船**：系指本规范生效之日及以后签订建造合同的新建船舶。

(7) **现有船舶**：系指除新船以外的船舶。

(8) **产品**：系指材料、设备和系统的统称。

(9) **规范**：系指 CCS 颁布的入级规范、专门规范、指南和计算软件的统称。

第 2 节 入 级 规 范

2.2.1 入级基础

2.2.1.1 “入级规范”是内容完整的规定，包括入级条件与范围、相配套的技术要求，旨在控制安全与质量达到适当水平，并得到广泛的认同。

2.2.1.2 CCS 颁布的规范是入级的基础和唯一依据。

2.2.1.3 CCS 规范是规定船体结构和重要机械的尺寸、所用材料的质量、结构和机械建造标准、入级和试验要求，以及保持其良好状态的条件。

2.2.1.4 “专门规范”是指只有专门内容、且与入级规范配套使用的规定。

2.2.1.5 CCS 对现有规范中没有包括的内容，或规范中有原则要求、需进一步细化的内容，或需增加具体可操作性的内容，或新颖船舶或设备或系统，将制定相应的指南。采用“指南”可方便入级；凡规范中引用的“指南”，则“指南”中涉及入级的内容均构成规范的要求。

2.2.1.6 CCS 的 COMPASS 计算软件系统，包括结构计算与评估、船舶性能、轴系振动与强度计算、短路电流计算。计算软件在审图、建造中和建造后检验等方面发挥重要作用。

2.2.2 规范制订

2.2.2.1 制订规范的主要依据为：

(1) 使用经验；

(2) 有关理论和科研成果；

(3) 国际海事组织 (IMO)、国际船级社协会 (IACS) 等所通过的有关公约、规则、决议、统一要求等适用部分。

2.2.2.2 CCS 规范或其修改通报的初稿，发送到有关船舶及产品的主管机关、设计、制造、检验、船东、科研、高等院校等单位征求意见。

2.2.2.3 根据上述有关方面的专家的评议意见或建议，对规范或修改通报初稿进一步补充和完善，并经 CCS 技术委员会或其分委会审定后，由 CCS 总裁签署后颁布。

2.2.2.4 根据使用经验证明和事故调查涉及的安全情况，或 IMO 有关新决议、规则等生效，且涉及入级部分需要修改时，或接受 IACS 通过的统一要求，CCS 将直接颁布修改通报。

2.2.3 规范生效

2.2.3.1 除另有说明外，规范（含修改通报）公布后，一般在 3 个月后生效。生效日期注明在相应篇的第 1 页或出版物的扉页上。

2.2.3.2 除特别说明外，规范适用于新建船舶和新制造产品。

2.2.3.3 如经建造厂和船东同意，对建造中的船舶可以采用新规范的要求；同样，如新规范的要求比较合理而可行时，CCS 也可同意建造中的船舶采用新规范的要求。不管何种情况，均应在相应技术文件中注明。

2.2.3.4 规范的生效日期仅与规范批准颁布日期有关，不受其他法定要求生效的影响。

2.2.4 适用范围

2.2.4.1 本规范适用于 CCS 入级船舶与海上设施。

2.2.4.2 本规范适用于新船。规范生效前的船舶，除 2.2.4.3 指明外，应继续符合其原先适用的规范要求。重大改建船舶，改建部分及其相关部分应适用新规范。

2.2.4.3 本规范第 0 篇也适用于现有入级船舶与海上设施。

2.2.5 等效与免除

2.2.5.1 对于具有新型结构和新型特性的任何船舶，如应用 CCS 规范的任何规定会严重妨碍这些船舶对其特性的应用或这些船舶的使用时，经 CCS 总部同意，可免除 CCS 规范的任一要求。

2.2.5.2 船上安装的任何装置、材料、设备和器具可以代替 CCS 规范要求的装置、材料、设备和器具，条件是经试验和其他方法证明认定这些装置、材料、设备和器具至少与 CCS 规范要求具有同等效能。

2.2.5.3 若对规范要求的计算方法、评定标准、制造程序、材料、检验和试验方法，能提供相应的试验、理论依据、使用经验或有效的公认标准，经 CCS 总部同意，可以接受作为代替和等效方法。

第 3 节　入级符号与附加标志

2.3.1　入级符号

2.3.1.1　入级符号是船舶与海上设施主要特性的表述，具有强制性。

2.3.1.2　船舶与海上设施的船体（包括设备）和轮机（包括电气设备）符合 CCS 规范、指南或等效规定，CCS 将授予相应的入级符号与附加标志，详见 CCS 有关入级规范的规定。

2.3.2　附加标志

2.3.2.1　附加标志是船舶不同特点的分级表述，加注在入级符号之后。

2.3.2.2　对非强制性附加标志，应由船东申请，经 CCS 审图与检验，确认符合 CCS 规范的相应规定后，由 CCS 授予。

2.3.2.3　附加标志包括船舶类型、货物特性、特种任务、特殊的特征、航区、航线限制以及其他含义的 1 个或 1 组标志。

2.3.2.4　应船东申请，按 CCS 颁布的有关规范或接受的其他标准建造的船舶、轮机与电气装置，CCS 将根据具体情况授予相应的附加标志，详见 CCS 有关入级规范的规定。

第 4 节　申请与费用

2.4.1　申请

2.4.1.1　申请 CCS 服务者，均需由申请人向 CCS 或 CCS 指定单位或当地分支机构提交书面申请或申请表，和 / 或与 CCS 签订合同 / 协议。

2.4.1.2　申请书或合同 / 协议，应明确双方的责任、入级符号与附加标志、船舶要素等。

2.4.1.3　申请人应提供从事上述服务所需的图纸和技术文件。

2.4.1.4　为顺利和及时进行各种检验，申请人应为 CCS 检验人员提供安全和方便的检验条件，包括执行检验所进入的场所、车间、工厂和船舶等。

2.4.2　费用

2.4.2.1　申请人应按 CCS 费规和 / 或合同 / 协议规定支付费用和交通费，以及其他必要的费用。

2.4.2.2　超过合同 / 协议外的服务，或由于被服务方的原因造成 CCS 的重复服务，CCS 有权向申请人收取额外附加费用。

第 5 节　法 定 服 务

2.5.1　一般要求

2.5.1.1　根据船旗国政府的授权，以及船东或设计单位或建造厂的申请或合同 / 协议，CCS 将承担部分或全部的船舶法定服务。

2.5.1.2　对受权进行法定服务，经 CCS 审图、建造中检验和建造后检验，确认入级部分已符合 CCS 入级规范的要求，并满足相应的法定要求，CCS 将签发 / 签署相应的法定证书和 / 或报告。

2.5.1.3　对申请在 CCS 入级的船舶，同时受权进行法定服务，或进行法定要求评估，CCS 将对船舶入级与法定服务或法定要求评估结合进行。

2.5.2 法定服务依据

2.5.2.1 公约船舶的法定要求是国际公约或规则，主要包括：

——1966年国际载重线公约；

——1974年国际海上人命安全公约；

——1969年国际船舶吨位公约；

——经1978年议定书修订的1973年国际防止船舶造成污染公约；

——国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则；

——国际散装运输危险化学品船舶构造与设备规则；

——2001年国际控制船舶有害防污底系统公约；

——2004年国际船舶压载水及沉淀物控制与管理公约。

2.5.2.2 非公约船舶与国内水域航行船舶的法定要求，是船旗国政府的有关法定要求。

2.5.2.3 在申请书或合同/协议中，应明确适用的有关法定要求规定。

2.5.3 有关各方责任

2.5.3.1 法定要求的解释权属于船旗国政府主管机关。

2.5.3.2 法定要求中涉及的等效与免除，是船旗国政府主管机关的责任。

2.5.3.3 CCS进行法定服务时，如船旗国政府主管机关的法定要求对现有船舶追溯而导致船舶改装等费用或损失，CCS均不负责。

2.5.4 根据客户申请进行的法定要求评估

2.5.4.1 根据客户的申请或合同/协议，对没有取得船旗国主管机关授权，或客户自愿要求满足的法定要求，CCS也可承担有关的法定要求评估。

2.5.4.2 根据客户提供的法定要求，CCS 签发相应的符合证书和/或报告，但CCS不保证被船旗国主管机关所接受。

2.5.4.3 本节2.5.1.3、2.5.3.3也适用于法定要求的评估。

第6节 船舶录与产品录

2.6.1 船舶录

2.6.1.1 对CCS批准入级的船舶，当授予入级符号和附加标志后，CCS将船舶的各主要特性要素和细节，编入CCS定期出版的船舶录中，为船舶有关方，如船厂、船东、保险商、货运方和租船方等提供信息。

2.6.1.2 随后，若船舶或其某些特性要素发生变化时，CCS将及时出版新的船舶录或其补录。

2.6.2 产品录

2.6.2.1 CCS认可的工厂和船用产品，CCS将其有关的产品的名称及其主要性能要素和细节，及其制造厂的详细资料，编入CCS定期出版的船用产品录中，为船舶设计单位、船厂、船东、贸易商和出口商等提供信息。

2.6.2.2 若认可船用产品的增加或性能变更，CCS将及时出版新的船用产品录或其补录。

第 7 节　审　　核

2.7.1　垂直合同审核

2.7.1.1　IACS 质量审核代表或船旗国政府代表对 CCS 进行垂直合同审核时，有关船东、船厂和产品制造厂，应为审核代表的工作提供方便，以便使其审核工作顺利进行。

2.7.1.2　在审核过程中，审核代表如提出要求获得有关信息，在确保他们不会以任何方式复制这些信息或传递给其他方的前提下，有关船东、船厂和产品制造厂应提供这些信息。

第 8 节 信息提供与披露

2.8.1　信息提供

2.8.1.1　信息的提供方，应对向 CCS 提供船舶入级所需信息的真实性、及时性和完整性负责。

2.8.2　信息披露

2.8.2.1　除下列情况外，CCS 不会将入级得到的信息，披露给合同规定以外的其他方：

(1) 当船舶的船级从CCS转级到另一个IACS成员时，船级有关资料与检验报告应提供给对方船级社；

(2) 按照 IACS 的工作规定，有关船舶录的更新数据、船级暂停以及检验状态数据，应传递给 IACS；

(3) IACS 质量审核代表或船旗国政府代表对 CCS 进行审核时，在审核期间可以查阅 CCS 入级船舶的有关证书、文件和信息；

(4) 船旗国法律有特别规定、有管辖权的法院或船东书面同意的情况。

第 9 节 责任、分歧与仲裁

2.9.1　各方责任

2.9.1.1　CCS 规范是船舶及相关产品的设计、制造及试验的依据，但不是设计唯一依据。规范不能替代制造厂的工艺控制和质量控制，也不能减轻或解除制造方的责任。

2.9.1.2　CCS 规范并不覆盖船上每个结构件或每项设备，也不覆盖操作因素，亦不覆盖入级适用范围以外的活动，这些活动包括设计与制造过程、机器与某些设备类型及功率的选择、船员或操作人员的数量及资格、船体线型和载货能力以及操纵性能、货物系固、船体与设备振动、噪声、备件、救生设备与维护保养设备等。

2.9.1.3　如第三方使用 CCS 的规范，但没有经过 CCS 审图和检验而产生的后果，CCS 不承担责任。

2.9.1.4　CCS 承担的船舶入级是在所涉及的设计方、建造方、拥有方、制造方、销售方、供应方、修理方、营运方以及其他方履行各自职责的基础上进行的。由 CCS 签发的任何报告、文件和证书中所包含的内容，均不意味是减轻或解除上述任何方应承担的任何责任。

2.9.1.5　CCS 签发的与检验有关的任何文件，只反映检验当时的状况。

2.9.1.6　入级证书（入级符号及附加标志）只证明该船符合 CCS 颁布的相应入级规范的要求。如船舶不符合 CCS 规范的要求，CCS 有权不授予、暂停与取消入级符号与附加标志。

2.9.1.7　CCS 在有关报告、声明、审图、检验、发证或其他服务外，除涉及规范的要求外，不再做其他表述。CCS 在入级证书和报告外的其他文件所提供的信息，是否采用由用户决定，CCS 不对此行为的后果负责。

2.9.1.8 CCS应照合同提供服务，在任何情况下，CCS均不对与其无直接合同关系方的任何损失承担责任。

2.9.2 分歧

2.9.2.1 CCS颁布的规范的解释权属CCS总部。CCS规范由CCS译成英文版本，如对英文版本发生歧义，应以CCS现行规范中文版为准。

2.9.2.2 验船师在执行其任务中与有关方产生分歧而影响工作进度时，有关方应及时向验船师所在服务单位提出书面申诉；如对其申诉处理仍不满意时，则可用书面连同详细背景材料向CCS总部申诉，总部将根据情况做出最终的裁决。

2.9.2.3 如要求CCS总部进行审查时，审查所产生的费用应由申诉人支付，但证明申诉人的申诉是正确的除外。

2.9.3 仲裁

2.9.3.1 CCS仅对由于自身疏忽行为而直接造成的损失或损害承担责任，在任何情况下，CCS均不对间接损失或随后引发附加损失或损害承担责任。

2.9.3.2 尽管有上述规定，如依法判定合同关系方所遭受的损失或损害，仅仅是由于CCS或其雇员、代理人或CCS其他代表方的疏忽行为造成的，CCS将承担责任，并将支付赔偿，但此赔偿的数额不超过该项服务收费的5倍，且最大不超过人民币200万元。但如该损失或损害系由如下行为所造成，CCS将不承担任何责任：

(1) CCS雇员超越其受雇权限的行为；

(2) CCS代理人或其他代表方，超越CCS对其书面授权范围的行为。

2.9.3.3 对CCS承担责任的损失或损害的索赔，应以书面形式，在损害最初被发现或损失形成的6个月内提出，否则将被视为彻底放弃索赔权。

2.9.3.4 除与CCS另有约定外，凡因本规范引起的或与依照本规范提供的服务有关的任何争议，均应提交中国海事仲裁委员会，按照申请仲裁时该会现行有效的仲裁规则进行仲裁。仲裁裁决是终局的，对争议当事双方均有约束力。

2.9.4 适用法律

2.9.4.1 适用中华人民共和国法律。

第 3 章　产 品 检 验

第 1 节　一 般 规 定

3.1.1　一般要求

3.1.1.1　产品检验是船舶检验的一部分，包括入级产品检验、受权法定产品检验，以及受托的其他产品检验。通过产品检验，以确认其产品分别符合入级规范或法定或委托方的要求。

3.1.1.2　拟用于入级船舶的产品，其检验除应符合本章的规定外，还应符合本规范有关篇章的规定。

3.1.1.3　对于规范规定的产品，可以接受相应标准作为替代。但在任何情况下，设备、部件和系统应经过设计评估、制造中检验、测试和功能试验，以确认其不低于规范规定的有效性。

3.1.1.4　本规范涉及的产品，如未规定具体技术要求时，可接受按制造厂确定的适用标准进行设计、制造和试验。对此类产品的检验一般包括如下内容：

（1）　产品图纸资料；

（2）　船上使用条件；

（3）　材料与焊接要求；

（4）　检验与试验项目。

3.1.2　定义

3.1.2.1　本规范有关产品检验所涉及的名词术语如下：

（1）　**产品检验**：系指通过设计评估、对最终产品和 / 或其制造过程中检查和试验，对产品所进行的符合性评价过程。

（2）　**设计认可**：系指 CCS 准予设计在特定条件下适用于规定用途的认定过程，一般包括图纸审查和原形 / 型式试验（如适用时）。

（3）　**型式认可**：系指 CCS 通过产品的设计认可和制造管理体系审核，以确认申请认可的制造厂具备持续生产符合 CCS 规范要求的产品的能力的评定过程，根据产品制造管理体系的证实程度，为型式认可 A 和 B 两级，其中申请型式认可 B 的制造厂应具有申请认可产品的生产和测试能力，并具有有效的质量控制制度；申请型式认可 A 的制造厂除具备型式认可 B 的条件外，还应建立并保持一个至少符合 ISO9000 标准的质量保证体系，使其产品的质量保持持续稳定。

（4）　**工厂认可**：系指 CCS 通过制造厂的资料审查、认可试验和产品制造过程的审核，对产品制造厂的产品生产条件和能力予以确认的评定过程。

（5）　**型式试验**：系指按规定的试验方法对产品样品（9），包括其材料和部件所进行的试验，以确认其符合指定标准或技术规范的全部要求。型式试验可以采用破坏性试验。

（6）　**原型试验**；系指为评价产品的设计，对本条（7）产品原型包括其材料和部件所进行的试验和测试。原型试验可以采用破坏性试验。

（7）　**原型**：系指为评价设计的符合性而按设计制造的模型产品。

（8）　**样品**：系指用于试验 / 检验的代表性的产品。样品的选取能在特性、特征、制造质量上代表或覆盖申请产品检验的产品或系列产品。

（9）　**单件 / 单批检验**：系指由 CCS 验船师为签发产品证书，对产品逐件或逐批进行的检验。

（10）　**检验**：系指由验船师在产品生产前和 / 或制造过程中和 / 或完工后对 CCS 规范要求的项目进行验证、检验和试验。

（11）　**最终试验**：系指检验的一种方式，旨在为接受产品所进行的所有在产品检验证书中记载的试验。

（12） **申请方**：系指申请CCS产品检验的组织。申请方可以是一家产品制造厂、代理商、产品设计者等。

（13） **审核**：系指确定质量活动及其相关结果是否符合计划安排，以及这些安排是否有效实施，并适合于达到预定的目标的系统和独立的检查。

（14） **定期审核**：系指为确认型式认可A和工厂认可证书保持持续有效而进行的审核。

(15) **部件**：系指构成设备和/或系统的零件/组成部分。

（16） **设计**：系指所有描述产品的性能、安装和制造工艺的相关图纸、文件和计算报告。

（17） **文件**：系指描述设计、过程、产品或服务的所有必需的书面信息。

（18） **制造厂**：系指生产和/或装配最终产品，并对最终产品负有全部责任的组织。

（19） **证件**：系指证明设计、产品、服务和过程符合规定要求的正式文件。

（20） **制造厂证明**：系指由制造厂独立行使职责所签发的事实陈述或证书，作为自检的结果。

（21） **等效证明文件**：系指本身不以CCS名义出具的，但经CCS盖章和CCS验船师签署的用于证明产品按CCS要求经过检验并合格的证件、报告等文件。

（22） **产品制造管理体系**：系指影响产品制造过程的一组要素，这包括过程输入的控制、过程控制因素（如人员能力、程序、设施和设备、培训等）、过程输出以及旨在实现持续改进的质量、过程和产品的测量。

3.1.3 对制造厂的要求

3.1.3.1 凡已在CCS入级或拟在CCS入级的船舶，其制造或修理所使用的入级产品的制造厂，应申请CCS进行入级产品检验。

3.1.3.2 凡CCS受权进行法定检验的船舶，其制造或修理所使用法定产品的制造厂，应申请CCS进行法定产品检验。

3.1.3.3 除3.1.3.1和3.1.3.2以外，CCS可按申请方提供的标准（如规范或SOLAS公约或IMO有关规则或主管机关规定或申请方提供的标准），进行产品的符合性检验。

3.1.4 产品检验的基本要求

3.1.4.1 CCS规范规定的产品，在CCS入级的船舶上使用或安装前或制造中，均应按规定进行检验，确认其符合CCS规范要求，并持有3.1.5.2的相应证件。

3.1.4.2 根据产品生产模式、产品的复杂性及重要程度等，分别规定各产品的单件检验的具体要求详见CCS有关规范的规定。

3.1.4.3 CCS实行下列3种产品认可模式：

（1） 设计认可；

（2） 型式认可，分型式认可A和型式认可B两种模式；

（3） 工厂认可。

3.1.4.4 除CCS规范和/或法定要求认可的产品外，产品制造厂可基于如下一种或多种目的，申请CCS一种或多种产品认可：

（1） 提供CCS规范规定需要型式认可的产品；

（2） 避免对相同产品的重复设计评估；

（3） 由制造厂替代验船师进行部分或全部的现场检验；

（4） 希望其提供的产品登录在CCS的《船用产品录》中。

3.1.4.5 如产品业已获得CCS的一种或多种认可，则其规定的单件/单批产品检验要求，可采用下列要求替代：

（1） 减少验船师参加的检验项目；

（2） 由验船师验证制造厂提供的产品生产和质量控制资料。

3.1.4.6　通过连续型工艺批量生产，或完全根据产品生产工艺、生产过程控制来保证产品质量的产品制造厂，应申请工厂认可，以证实制造厂具备制造这些产品的条件和能力。

3.1.5　证书 / 证件

3.1.5.1　认可证书

（1）　产品经 CCS 相应的认可后，由如下文件形式予以证明：

①　设计认可证书（DAC），由 CCS 签发，以证明产品的设计符合 CCS 规范要求；

②　型式认可证书（TA-BC 和 TA-AC），由 CCS 签发，以证明产品设计符合 CCS 规范，产品制造者具备持续批量生产的证书所覆盖的产品符合规范和 / 或公认的标准的能力；

③　工厂认可证书（WAC），由 CCS 签发，以证明制造厂具有制造 CCS 规范要求的产品能力。

（2）　设计认可证书不能代表型式认可证书和工厂认可证书。当 CCS 规范要求产品证书的情况下，型式认可证书不能替代产品证书。

3.1.5.2　产品证件

（1）　入级和法定产品经单件 / 单批检验完成后，由如下文件形式予以记录和证明：

①　CCS 船用产品证书（C）：

由验船师签发的文件以证明：

a. 产品符合规范要求；

b. 产品已进行规定的检验和试验；

c. 检验样品取自检验产品本身；

d. 产品的试验在验船师参加或根据特别商定的情况下进行。

②　等效证明文件（E）：

由制造厂出具并经 CCS 盖章和验船师签署的文件，以证明：

a. 产品符合规范要求；

b. 产品已进行规定的检验和试验；

c. 检验样品取自检验产品本身；

d. 产品的试验在验船师参加或根据特别商定的情况下进行。

（2）　对于要求型式认可和 / 或工厂认可而不要求持有产品证书的入级和法定产品，可由如下文件形式予以证明：

①　制造厂证明（W）

由制造厂签发制造厂证明（W），以证明：

a. 该产品经 CCS 型式认可或工厂认可；

b. 产品符合规范要求；

c. 产品已进行规定的检验和试验；

d. 检验样品取自检验产品本身；

e. 产品的试验在制造厂授权的部门在场的情况下进行。

（3）　规范和法定要求以外的产品，经单件 / 单批检验完成后，由如下文件形式予以记录和证明：

①　检验证书（S）：

由验船师签署的文件，以证明：

a. 符合申请方确定的产品标准；

b. 检验和试验经验船师见证和 / 或试验报告经验船师审查；

c. 试验样品取自现有产品生产中。

①　试验证书（T）：

由验船师签署的文件，以证明：

a. 产品的试验在验船师在场下进行；

b. 试验样品取自现有产品生产中。

3.1.5.3 有关CCS规范分别给出入级产品和法定产品持证要求。这些附录的使用应执行第4章4.2.1.2的规定。

3.1.5.4 对可持有制造厂证明（W）的产品，验船师认为有必要时可要求参加试验，或对产品制造的质量控制进行检查。

3.1.6 检验标志的使用和条件

3.1.6.1 经CCS检验的船用产品，应在产品本体和/或铭牌标示产品检验标志。根据检验方式，检验标志分为：

（1） 表示该产品在验船师在场下进行检验和试验并合格；

（2） 表示该产品在验船师未在场下，由制造厂按CCS要求进行检验，并且检验结果经CCS确认合格。

3.1.6.2 检验标志 仅供验船师检验使用，检验标志 认可后的检验计划，授权制造厂检验人员使用，。

3.1.6.3 检验标志应尽可能采用钢印，一般应标识在易查看的产品非工作面上，如不可行，可采用CCS防伪标志或CCS同意的其他办法予以标识。用于检验标志的钢印或其他标志的发放应予以控制。

3.1.6.4 CCS授权制造厂使用的检验标志的式样和规格，应在使用前经CCS确认。

3.1.6.5 标志在产品上的检验标志的式样，应在船用产品证书或等效证明文件上反映，并相一致。

3.1.6.6 如已标识检验标志的产品，在随后检验中发现不合格，应采取措施予以消除。

3.1.7 认可标志的使用和条件

3.1.7.1 当按本章第3节、第4节和第5节认可的某一产品时，可使用产品认可专用标识，但应符合如下规定：

（1） 专用标识只能使用于广告和宣传的目的，并除用于认可证书所载明的产品和服务范围外，不应在其他场合使用；

（2） 任何专用认可标识直接使用在产品上或与产品密切相关时，不应导致被认为产品本身经CCS检验合格；

（3） 如与其他标识一起使用时，应确保避免导致任何的误解。CCS可以要求制造厂停止使用CCS不接受的标识；

（4） 制造厂应承诺在相应证书失效后，立即停止在所有方面使用专用标识，并销毁带有专用标识的资料；

（5） 专用标识的尺寸不限，但应采用同比例。

3.1.7.2 认可标志的式样如下图：

(1) 工厂认可标志：



(2) 型式认可A标志：



(3)　型式认可 B 标志：



第 2 节　单件 / 单批检验

3.2.1　适用范围

3.2.1.1　除另有规定外，本节的产品单件 / 单批检验程序，适用于申请持有 CCS 产品证书的产品。

3.2.2　一般要求

3.2.2.1　产品单件 / 单批检验和发证程序一般由如下过程组成：

（1）　产品图纸和技术文件审查或备查（以下简称“审图”），或原型 / 型式试验或测试，以确认符合 CCS 规范的要求或其他公认的标准；

（2）　制造过程中和 / 或最终产品的检验和试验，以确认其符合 CCS 规范和 / 或批准的设计图纸的要求；

（3）　对符合要求的产品，签发船用产品证书或等效证明文件。

3.2.2.2　对于业经 CCS 认可的产品，由验船师参加的单件 / 单批产品的检验项目，上述 3.2.2.2(1) 和（2）的要求可以得到简化处理，具体可按认可时所批准的产品检验计划进行。

3.2.2.3　如申请检验的产品已经具有型式试验或其等效的资料，CCS 对申请方提交的相关资料进行评估，以确定是否需要进行部分或全部的型式试验。

3.2.2.4　各产品检验模式和具体产品的检验项目，应按 CCS 规范的相应规定。

3.2.3　审图

3.2.3.1　每次申请单件 / 单批检验，申请者应根据规范各篇章的有关要求，准备产品设计图纸和 / 或技术文件，并提交 CCS 审查或备查。产品设计图纸和技术文件，应能清楚载明拟申请检验的产品的设计及其有关材料、制造、性能和使用等方面规定。

3.2.3.2　申请者应提交与产品符合性评估有关的下列文件（如适用）：

（1） 产品适用的技术标准；

（2） 产品总体说明书；

（3） 产品设计图纸和/或生产图纸，包括部件图纸、零部件和材料清单等；

（4） 设计计算结果；

（5） 原型和/或型式试验报告（如有）；

（6） 产品检验和试验计划和/或试验大纲及验收标准；

（7） 主要工艺文件；

（8） CCS要求其他文件。

3.2.3.3 如完成技术文件的审查并认为符合CCS规范的有关要求，CCS将向制造厂签发图纸审查批准通知书，并在送审的技术文件上标识批准状态，退回批准的图纸。

3.2.4 型式试验

3.2.4.1 对CCS规范各相关篇章规定需要进行型式试验的产品，申请产品单件/单批检验应进行型式试验。

3.2.4.2 型式试验应按CCS批准的试验大纲进行。

3.2.4.3 型式试验的样品，应对原型或从生产线随机抽样的相同规格和制造的产品中进行。对于后者，样品应在验船师在场下选取并予以专门标识，必要时，应采取封样。

如需要制备试样，试样的制备和标识以及标识转移，应在验船师在场下进行；其取样方法、制备工艺和数量，应满足CCS规范的要求。试验之前，验船师应检查试验的符合性，并验证标识情况。

3.2.4.4 型式试验一般应在验船师在场下对CCS规范、制造厂采用的标准、或制造厂的技术要求规定的有关产品性能、环境或其他项目进行试验。

如要求的试验在CCS认可的独立的实验室进行或已经进行，其试验结果可以考虑接受，必要时，CCS可要求重新做试验。

CCS发布并维护经CCS认可的独立实验室的名单。

3.2.4.5 型式试验部分或所有项目，可以在制造厂提供的试验条件下进行，但其试验条件应经CCS确认具有相应的试验能力。

3.2.4.6 型式试验结束后，试验机构应编制试验报告，试验报告至少应包括如下信息：

a. 产品的型号、规格和标识；

b. 试验技术要求的标识；

c. 试验设备和测量仪器的规格（包括识别编号和上次的校准日期）；

d. 各项试验的环境条件；

e. 试验日期和地点；

f. 试验结果。

3.2.4.7 试验报告应由试验机构的责任人员和参加试验的验船师签署。当验船师未参加试验时，应对试验报告进行确认。

3.2.5 材料试验

3.2.5.1 材料试验应根据CCS规范的要求进行。一般情况下，验船师应确认材料试验证明，当CCS规范有要求时，材料试验应由验船师在场。

3.2.5.2 试验和测量设备应予以适当地校准，并保持良好的状态。校准记录应予以保存，并当验船师需要时能予以提供。

3.2.5.3 材料的化学成分应予以测定，并由原材料供应商通过炉罐取样分析予以证明。执行分析的试验室应具有充分的试验设备和仪器，并应由具有资格的人员进行分析。

3.2.5.4 制造厂的化学分析一般可以接受，但当验船师要求时，可抽样复查。

3.2.6　检验

3.2.6.1　在产品制造过程中，制造厂应能提供验船师便利，以便进入与产品检验有关的所有场所，以确认：

（1）　生产工艺执行有效性；

（2）　产品制造与批准图纸和技术要求的符合性；

（3）　材料和焊接材料的使用的正确性；

（4）　取样和试验的正确性。

3.2.6.2　产品的最终检验和试验应在 CCS 验船师参加下，按产品实际应用的批准的设计文件和 CCS 规范规定的适用要求进行。CCS 仅对验船师参加的检验和试验项目负责。

3.2.7　产品证书的签发

3.2.7.1　除申请者另有要求外，各类产品持证要求见 CCS 有关规范的规定。单件 / 单批检验完成后签发相应的产品证书。

3.2.7.2　当型式认可和工厂认可的产品拟在 CCS 船级的船舶上使用时，这些产品应符合所有规范相应的要求，当 CCS 规范有要求时，也应按如下要求签发产品证书：

（1）　对于型式认可 B 证书覆盖的产品，只有当规范规定在产品的制造的相关阶段由验船师参加检验，包括试验时，现场验船师完成所有要求的检验和试验后签发产品证书。对 CCS 规范不要求验船师参加的检验和试验，不签发船用产品证书。

（2）　对型式认可 A 和工厂认可覆盖的产品，规范要求持有船用产品证书才能使用于 CCS 船级船舶的产品，将由 CCS 检验并签发产品证书。制造厂负责将交付的产品通知 CCS，并提供所有签发船用产品证书所需的所有文件。在此情况下，制造厂应对产品符合规定要求负责。

3.2.7.3　对于船厂制造的并纳入船舶检验范围的船舶舾装设备，除另有规定外，可不要求签发单独的产品证书。

第 3 节　设 计 认 可

3.3.1　一般要求

3.3.1.1　设计认可是产品型式认可的组成部分，适用于设备和系统类产品的设计评估程序。设计认可由图纸审查和原形或型式试验组成。

3.3.1.2　设计认可的申请者，可以是产品的制造厂，也可以是产品设计单位。

3.3.2　设计认可程序

3.3.2.1　申请和资料提交

（1）　如申请设计认可，申请方应签署 CCS 的产品设计认可申请书，并明确申请认可的产品的用途、型式、型号和主要特性参数。

（2）　随申请书，一般应向 CCS 提交申请认可的产品的下列图纸和技术文件：

a. 产品结构详图；

b. 阐明产品规格的文件；

c. 阐明产品性能的资料；

d. 产品适用的标准；

e. 其他必要的工程计算和分析报告。

3.3.2.2 审查

（1） 应按CCS规范的要求对产品的设计进行审查。如CCS规范中没有相应的适用规定，则可接受申请方提供的适用标准或工程计算和分析进行产品设计审查。

（2） 设计认可证书和/或图纸审查意见书中，应阐明产品设计审查的依据。

3.3.2.3 原型/型式试验

（1） 原型/型式试验大纲应提交CCS的批准；

（2） 用于原型/型式试验的原型产品/样品，应经验船师检查、标识，以确认其按申请认可的产品设计制造；

（3） 原型/型式试验和试验报告的要求，应按本章3.2.4的要求进行；

（4） 对于申请设计认可的产品如已具有型式试验或其他等效资料，按3.2.2.3要求对资料进行评估。

3.3.3 设计认可证书

3.3.3.1 设计认可证书的签发

（1） CCS对产品图纸和技术文件，以及有关的原型试验报告进行审查，认为符合CCS规范和/或适用标准和/或技术要求，将签发设计认可证书；否则，将有关不予认可的理由通知申请方，中止设计认可申请；

（2） 经设计认可的产品，将登录在CCS《船用产品录》上。

3.3.3.2 设计认可证书的保持和失效

（1） 经CCS设计认可的产品，如发生设计更改或适用标准的变化，原设计认可的申请者，应通知CCS。CCS根据设计更改的性质和程度，确定是否需要重新设计认可。如不通知CCS，将导致设计认可证书失效。

（2） 如CCS规范发生变化将影响设计认可证书的有效性，CCS将及时通知原设计认可的申请者，提请其注意产品设计的必要更改及重新设计评估的要求，否则设计认可证书自动失效。

3.3.4 具有设计认可证书的产品检验

3.3.4.1 设计认可后的产品，应按本章第2节规定由验船师进行检验，以确认其符合CCS规范和/批准的设计文件的要求。

第4节 型 式 认 可

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 本节规定CCS产品型式认可的一般原则和程序，以确认制造厂具有持续生产符合CCS规范要求的产品的能力。

3.4.1.2 对于非CCS规范要求的产品，根据制造厂的申请，其认可要求将根据CCS与制造厂商定的标准和/或技术要求进行。

3.4.1.3 产品型式认可由产品的设计认可和制造评估两部分组成。设计认可按本章第3节规定的程序进行。制造评估由如下组成：

（1） 产品制造管理体系审核：对制造厂的产品质量保证和控制体系进行评价，以验证产品质量符合持续满足其规定的质量水平和规范要求的能力。根据制造厂的产品质量保证和控制体系的类别，型式认可分为如下两个模式：

① 型式认可-B：制造厂具备适宜的产品生产和测试设备，并建立有效的质量控制制度。

② 型式认可-A：除满足型式认可-B的要求外，制造厂应建立和实施一个至少符合ISO9000标准或等效标准的质量管理管理体系，并具有CCS批准的按规范要求进行检验和试验程序。

（2） 产品制造过程审核：对制造厂的产品制造过程进行评价，以验证产品的制造工艺和检验计划适合于制造厂规定的质量控制水平，并满足规范的要求。

3.4.1.4 当申请者要求型式认可时，申请者应向 CCS 提交型式认可申请，阐明申请型式认可的类别、制造厂及其生产场所和要求认可的产品的所有必要的信息。

3.4.2 型式认可过程

3.4.2.1 设计认可

（1） 产品设计认可过程应按本章第 3 节设计认可的有关要求进行。

（2） 如申请型式认可的产品已经 CCS 设计认可，可仅确认设计认可证书。如设计认可时，型式试验不是在 CCS 验船师在场的情况进行，则应对产品样品进行车间最终试验代替型式试验。

3.4.2.2 产品制造评估

（1） 产品制造管理体系审核

① 对申请型式认可 -B 的制造厂，验船师应对制造厂认可范围内产品涉及的管理、生产和检验和试验场所核查产品制造过程控制，至少应包括如下方面的要素，以确认其生产和检验、试验设备以及影响产品质量的人员的能力满足稳定生产该产品的能力：

a. 检验、试验和测量设备的能力及试验条件；

b. 检验和试验人员；

c. 关键工序的工艺和操作人员；

d. 制造厂具有质量检验和控制职能人员的职责和资格；

e. 产品质量控制的方法，包括对分包方的控制（如适用）。

② 对申请型式认可 -A 的制造厂，除应满足①的要求，获得型式认可 B 证书，并持续保持稳定的产品质量水平外，且 CCS 检验经验表明其产品一贯是高质量时，CCS 才会考虑接受型式认可－ A 的申请。在此情况下制造厂应制定、实施和保持一套覆盖认可范围内产品的质量手册，并经 CCS 验船师现场审核，以确认该质量手册所描述的质量保证体系应至少符合 ISO9000 或其他等效的质量保证标准的要素，且质量保证体系的运行至少能达到 CCS 验船师参加下的检验和试验的效果。

（2） 产品制造过程审核

① 制造厂应建立认可范围产品的质量计划并提交 CCS 审批。质量控制计划应按产品技术要求或标准，描述产品制造过程中的质量保证和控制的方法，特别应反映 CCS 规范要求的检验和试验要求。

② 制造厂应向验船师提供认可范围产品的样品或代表性产品，以验证其按设计文件的要求制造。

3.4.2.3 型式认可证书

（1） 按 3.4.2.1 要求完成产品设计认可以及按 3.4.2.2（1）①以及（2）要求完成审核的制造厂并满足如下条件，将由 CCS 签发型式认可 B 证书：

① 产品设计符合 CCS 规范适用要求和 / 或其他适用标准；

② 具备确保产品质量满足规定要求的适宜的生产设备和检验、试验手段；

③ 具有符合规范或适用的产品标准或制造厂制定的技术要求的适用规定的制造质量控制。

（2） 按 3.4.2.3（1）完成审核的制造厂，在审核确认满足 3.4.2.2（1）②条要求时，将由 CCS 总部签发型式认可 A 证书；

（3） 型式认可证书的有效期为 4 年，从证书签发日期算起；

（4） 获得型式认可证书的产品及其制造厂将登录在 CCS 的《船用产品录》上。

3.4.3 定期审核

3.4.3.1 对于型式认可－A模式认可的制造厂，如果获得CCS部分或全部的产品的检验和试验授权以代替CCS验船师的检验和试验，则其产品质量保证和控制体系应进行定期审核，以确保型式认可证书的有效性。定期审核的间隔期为每6个月1次。定期审核应在认可证书签发的半年及周年日前后3个月内进行。

3.4.3.2 定期审核应至少包括验船师在场下，对认可的产品进行检验和试验。检验和试验的样品，应在验船师在场下选取，样品数量由验船师根据产品复杂程度和生产规模以及产品类型确定。

3.4.3.3 对于非连续生产的情况，在不生产期间不必进行定期审核，但在生产重新开始时，应至少进行1次定期审核。

3.4.3.4 在型式认可－A证书有效期内，制造厂应按照规定的间隔期申请定期审核，提交申请书及CCS要求的相关资料，以保持认可证书的有效性。

3.4.3.5 经CCS定期审核，认为制造厂符合证书保持条件，签发定期审核确认函。

3.4.4 证书换新

3.4.4.1 如型式认可证书需要换新，获得型式认可产品的制造厂，应在该证书到期日前3个月内书面申请CCS，并通知CCS任何有关产品设计的变更情况。CCS应核实：

（1） 重新审查产品图纸，核实在产品设计或规格对应适用的规范或标准的变化情况；

（2） 如有变化，重新审批认可试验大纲；

（3） 按3.4.2.2进行产品制造评估。

3.4.4.2 如产品的设计未发生变更，可以免除型式认可试验，必要时，CCS可要求重新做试验。

3.4.4.3 经核查认为，制造厂仍符合型式认可条件，签发新的型式认可证书。

3.4.4.4 在证书到期日前未完成上述审核和产品评估，型式认可证书将失效。

3.4.5 证书撤消

3.4.5.1 产品制造厂应监视产品或其生产过程的变化，对于重大的变动，应报告CCS并接受评估。除非提交CCS重新评估和审核，下列情况将立即导致型式认可证书的失效：

（1） 证书所载的产品进行重新设计；

（2） 生产方式发生变化；

（3） 管理组织发生重大变化；

（4） 未能实施定期审核；

（5） 未按规定要求纠正定期审核中发现的不合格；

（6） 未交纳有关费用。

3.4.5.2 如在定期审核发现认可产品存在严重不合格，CCS保留立即暂停和撤消认可证书的权利。

3.4.6 认可产品的变更

3.4.6.1 如认可的产品及其零部件的设计、所用材料或制造方法发生变化，且影响到产品的主要特性和特征，或产品性能指标发生变更，则应重新进行认可。

第5节 工 厂 认 可

3.5.1 一般要求

3.5.1.1 工厂认可适用于通过连续型工艺批量生产，或完全根据产品生产工艺、生产过程控制来保证产品质量的产品。

3.5.1.2　经 CCS 审核，确认符合下列规定，将给予工厂认可并签发工厂认可证书：

（1）　制造厂用于申请认可产品的生产和检验的技术文件，满足 CCS 规范要求，并适合于达到规定的产品质量控制水平的需要；

（2）　对影响产品质量要求的生产工艺或制造工序进行确认，其结果应满足 CCS 规范要求；

（3）　制造厂应建立和实施 1 个质量保证体系，至少应符合 ISO9000 或其他等效的质量保证标准。

3.5.1.3　工厂认可程序由以下 3 部分组成：

（1）　文件审查；

（2）　现场审核；

（3）　认可试验

3.5.2　文件审查

3.5.2.1　申请方应提交经签署的工厂认可申请书，载明工厂认可所涉及的产品和生产场所范围，并提交如下文件资料供审查：

（1）　产品的技术特性；

（2）　产品图纸及相关产品和制造工艺的技术文件，包括工艺流程；

（3）　产品认可试验大纲；

（4）　产品的材料和主要部件供应商清单；

（5）　质量保证体系文件，可包括质量手册，以及有关产品质量控制的程序、主要产品生产设备和检验及试验设备；

（6）　能表明申请方具有认可范围的产品生产能力和质量水平的其他有效文件、报告和证明。

3.5.2.2　CCS 对申请方提交的文件资料进行审查，批准产品技术图纸、相关的产品和生产技术文件以及认可试验大纲，并退回申请方。

3.5.3　现场审核

3.5.3.1　经过文件审查并批准工厂认可试验大纲后，由验船师按计划在制造厂的产品生产场所进行质量保证体系审核，以：

（1）　确认产品的制造和相关的控制是按提交文件的规定执行，并符合适用规范的要求；

（2）　核查申请方认可范围所涉及的实际组织机构和相互关系，以及人力资源；

（3）　熟悉用于认可产品制造的主要生产设备；

（4）　确认质量保证体系的符合性；

（5）　见证申请方对其制造产品的检验和试验操作的符合性。

3.5.3.2　对涉及进货的材料和部件，根据其对产品的重要程度，CCS 可以要求：

（1）　在供应商的车间进行检查；

（2）　进行相关的试验。

3.5.3.3　审核发现不合格，应通知制造厂责任人员采取纠正措施。针对不合格的纠正措施，应予以跟踪验证。

3.5.4　认可试验

3.5.4.1　按批准的试验大纲进行型式试验。用于型式试验的样品的确定、取样、标识、封样、试验和试验报告的要求，应符合本章 3.2.4 规定。

3.5.5　工厂认可证书

3.5.5.1　完成 3.5.2 到 3.5.4 审查、试验和审核，并认为满足 3.1.2 的工厂认可条件的制造厂，将由 CCS 签发工厂认可证书。

3.5.5.2　工厂认可证书有效期一般为 4 年，从证书签发日期算起。

3.5.5.3 获得工厂认可的制造厂及覆盖的产品，将在CCS《船用产品录》上登录。

3.5.6 定期审核

3.5.6.1 在证书有效期内，制造厂应每年度申请定期审核（简称年度复查），以保持工厂认可证书的有效性。定期审核应在认可证书签发的周年日前后3个月内进行。

3.5.6.2 定期审核可以全部或部分免除产品试验。

3.5.6.3 在证书有效期内，制造厂应按照规定的间隔期申请定期审核，提交申请书及CCS要求的相关资料，以保持认可证书的有效性。

3.5.6.4 经CCS定期审核，认为制造厂符合证书保持条件，签发定期审核确认函。

3.5.7 证书换新

3.5.7.1 如工厂认可证书到期，需要换新，制造厂应在该证书到期日前3个月内书面申请，并通知CCS任何与产品设计和质量体系有关的变更情况。

3.5.7.2 文件审查、现场审核和认可试验和工厂认可证书的签发，按3.5.2、3.5.3、3.5.4和3.5.5规定执行。

3.5.8 工厂认可取消

3.5.8.1 产品制造厂应监视产品或其生产过程的变化，对于重大的变动，应报告CCS并接受评估。除非提交CCS重新审查和审核外，下列情况将立即导致工厂认可证书的失效：

（1） 产品的生产条件、设备或质量控制、质量保证体系的重大变更，不符合工厂认可条件；

（2） 认可产品所依据的规范或标准已被修订或废止，而且制造厂不能或不打算满足现行有效的规范或标准；

（2） 生产方式发生变化；

（3） 管理组织发生重大变化；

（4） 未能申请年度审核；

（5） 认可所覆盖的产品因质量保证体系导致的重大不合格；

（5） 未按规定纠正定期审核中发现的不合格；

（6） 未交纳有关费用。

3.5.9 认可产品的变更

3.5.9.1 工厂认可后，如产品图纸、技术文件、工艺规程或质量保证体系发生较大变更，制造厂应通知CCS，涉及影响产品设计、主要制造材料、关键工艺或产品特性和特征的变更，原批准的相关图纸和技术文件应提交CCS重新审批；必要时，对变更所涉及的范围在验船师在场下进行检查和试验，以确认这些变更不影响认可条件的保持。

第１篇　　金属材料

第1章　通　　则

第1节　一 般 规 定

1.1.1　适用范围

1.1.1.1　用于船体、机械、锅炉和受压容器及海上设施等的材料或产品的制造、试验和检验，应符合本篇有关规定，并应具备完整的合格证件。

1.1.1.2　用于船体、机械、锅炉和受压容器及海上设施等的材料或产品凡未列入本篇者，其化学成分、力学性能和热处理规程，可按公认的其他标准验收。

新产品、新材料应经CCS认可后方可装船使用。

1.1.2　标志

1.1.2.1　所有经CCS认可或检验合格的材料或产品均应标上相应的CCS标志。

1.1.3　制造

1.1.3.1　制造厂应向CCS认可的工厂订购材料或产品。

1.1.3.2　生产材料或产品的工厂应具备必需的生产和试验设备，并设有完善的质量检验机构，执行严格的检验制度，以保持良好的产品质量。

1.1.4　认可与检验

1.1.4.1　对制造船舶或海上设施用的材料、零部件、产品、设备等的工厂，应根据CCS建立的适用的程序，进行型式认可或工厂认可。

1.1.4.2　图纸资料审查：拟在CCS入级的船舶或海上设施上使用的材料、零部件和设备等产品，在制造前，产品制造厂一般应按规范要求将需批准的图纸资料一式3份提交给CCS指定的审图单位进行审查。批准后的图纸资料，1份留存审图单位，1份交给执行检验单位，1份退给产品制造厂。如审图与检验为同一单位时，则仅需提交2份图纸资料。特殊情况下，经CCS同意，产品制造厂可直接将图纸资料提交给执行检验单位审查。在图纸中已包含零部件图纸且已获得批准时，则可以不必再提交。

1.1.4.3　船舶或海上设施用材料或产品应经CCS检验。验船师应：

(1) 按批准的图纸进行检验。

(2) 参加规定项目的试验。

(3) 经检验和试验并确认符合规范和批准的图纸的要求后，根据制造厂提供的技术资料编写“船用产品证书”。

(4) 船用产品证书除列出产品名称、制造厂等内容外，如有其他限制条件或/和装船后需补作的试验要求等也应注明。

(5) 对不在CCS检验下制造的产品，应提交1份图纸资料相关试验报告供审查，必要时应进行确认试验或/和拆检。

第2节　试验与检验

1.2.1　一般要求

1.2.1.1　工厂应为验船师开展工作提供方便，并应向验船师提供必要的资料，使其能按规范要求核实工厂是否按经认可的工艺规程进行生产，以及产品质量是否合格和稳定。

1.2.1.2　任何材料在后续的冷热加工或制造过程中如发现并证实其不符合要求，则即使该材料事先持有合格证书，也应予以报废。

1.2.2　化学分析

1.2.2.1　材料和产品制造厂的试验室应配备足够的设备和称职的人员，以便正确测定试样的化学成分。

1.2.2.2　工厂的化学分析报告可以得到CCS的承认，但验船师可以不定期取样抽查。如果对材料的化学成分有疑问时，验船师亦可要求在材料或产品上取样作化学成分的复查。成品分析与炉罐取样分析之间偏差，应符合公认的标准要求。

1.2.3　热处理

1.2.3.1　材料的交货状态应符合本篇有关章节的规定。重要的锻、铸件应经热处理。热处理规程由制造厂制订，并提交CCS备查。

1.2.3.2　热处理应在结构合理、运行良好、并有适当方法控制和记录炉温的炉子中进行。炉膛的大小应能使整个工件均匀地加热到必要的温度。对于大部件需要热处理时，可采用适当替代方法。

1.2.4　力学性能试验

1.2.4.1　力学性能试验试样的数量、尺寸及截取方向等应符合本篇第2章及以后各章的要求。

1.2.4.2　当规定进行夏比冲击试验时，应制备1组3个冲击试样。试验的平均冲击功应符合本篇有关章节的规定，其中1个单值可低于规定平均值，但应不低于该平均值的70%。

1.2.5　复试

1.2.5.1　除冲击试验外，当材料的任一项力学性能试验结果不符合要求时，对不合格的项目，可再取2倍数量的试样进行复试。复试结果均合格者，则该批材料可以验收。

1.2.5.2　当1组3个冲击试样所得结果不符合规定时，只要低于规定平均值的单值不超过2个，且最多只有1个单值低于该平均值的70%，则可再取1组3个冲击试样进行附加试验。附加试验所得结果应与原来的结果合在一起平均，新的平均值不低于规定值时方可验收。并且，在这6个参与平均的单值中低于规定平均值的单值应不超过2个，且最多只允许1个单值低于该平均值的70%，否则仍不能验收。

1.2.5.3　本节1.2.5.1和1.2.5.2中允许进行复试和附加试验的试样，应从接近原先取样部位的材料上制取。

对于铸件，如原来的试样没有多余的材料时，复试和附加试验的试样，可在其他能代表该铸件的部位上制取。

1.2.5.4　如按本节1.2.5.1和1.2.5.2的规定进行的复试或附加试验结果仍不合格，则已做试验的单件不能验收。假如另外任选2个单件做全套试验，并结果全部合格，则该批材料的剩余部分可以验收。如果试验中仍有一个结果不合格，则该批材料不能验收。

1.2.5.5　当一批材料被拒收时，该批材料中未做试验的单件仍可逐件重新提交试验，试验结果合格者，仍可逐件验收。

制造厂可将该批不能验收材料按本节1.2.3.2的要求进行热处理后再重新提交全部项目的试验，试验合格者仍可验收。试验不合格者仍可按本节1.2.5.1和1.2.5.2的规定进行复试。复试不合格者，该批材料不再提交验收。

1.2.6　缺陷的修整

1.2.6.1　材料的表面和内部应无影响其使用的缺陷。缺陷的判定按公认的标准执行。

1.2.6.2　轻微的表面缺陷可以用机械方法去除，在适当的条件下，也可采用焊接方法修补缺陷，但应符合本篇各章节的有关要求。同时，缺陷修整的范围和方法应征得验船师同意。

1.2.7　材料的标记

1.2.7.1　合格的材料和产品均应打上CCS规定的标志。如某些材料无法打上硬印时，可采用型板喷刷、油漆或电蚀等方法。用油漆标记合金钢时，油漆中应不含铅、铜、锌或锡等有害成分。对于用箱、桶或类似容器包装的相同类型和尺寸的小型产品以及捆扎在一起的棒材和型材，可只在每捆或每一包装表面上标以明显印记，或者牢固地系上一只耐久的标签。

1.2.7.2　凡经检验合格的材料或产品，除打上CCS的标志外，还应备有CCS颁发的产品证书或由验船师（或验船师代理人）签署的制造厂的产品合格证书，以证实材料或产品符合规范、制造工艺规程和检验程序的要求。

1.2.7.3　制造厂应检查所用的原材料、零部件有否CCS的标志。当需要时，制造厂应向验船师提供原材料或零部件的合格证书和标记。

第 2 章　材料的性能试验

第 1 节　一 般 规 定

2.1.1　适用范围

2.1.1.1　本章规定适用于船用金属材料的常规力学性能试验、工艺性能试验和不锈钢耐腐蚀性能试验。本章规定以外的试验可按本篇其他章节中的规定或公认的有关标准执行。

2.1.2　试验材料

2.1.2.1　试验材料是材料中用于制备试样的部分材料。除另有规定外，所有试验材料应由验船师（或验船师代理人）选定。

选择试验材料时，应尽可能使它们对材料的质量具有代表性。

2.1.2.2　如果某种处理（如热处理）会影响材料性能时，试验材料应与原材料经受完全相同的处理。

2.1.3　试样的制备

2.1.3.1　试样制备的方式应尽可能不影响原材料的性能。当制备轧材的试样时，应尽可能保留原轧制面或尽量接近原轧制面。

2.1.3.2　截取试样时，若采用剪切或火焰切割方法，则应留有足够的加工余量以消除受影响的区域。

2.1.3.3　试样在矫直或机械加工时，不可经受过分的加热或冷变形。

2.1.4　试验机

2.1.4.1　所有试验应由合格的试验人员按规定的程序在已认可形式的试验机上进行操作。

2.1.4.2　试验机应保持良好而准确的状态，并至少每年一次由 CCS 承认的机构或组织进行校验。试验机的校验应按 CCS 承认的标准进行，被校准的试验机应能溯源到国家基准。

2.1.4.3　拉伸试验机和冲击试验机的量值精度误差不超过 ±1%。

2.1.5　试样的作废

2.1.5.1　如果因试样制备不合要求或试验机操作不当而造成试验不合格时，可将该试样作废，并由与原试样相邻部位的原材料上制备的新试样来代替。

2.1.5.2　拉伸试验时，如断裂处与最近的标距标记之间的距离小于标距长度的 1/3，且达不到规定的最小伸长率时，该试样可予作废，并重新取样进行试验。

2.1.6　试验温度

2.1.6.1　除冲击试验外，如以后各章节中无特殊规定，力学性能试验与工艺性能试验应在室温（18~25℃）下进行。

第 2 节　拉 伸 试 验

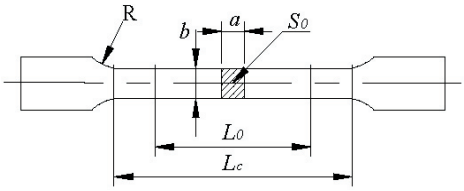
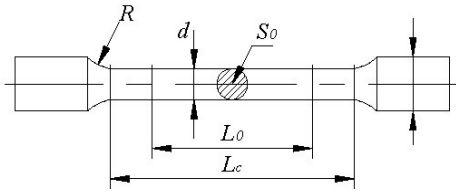
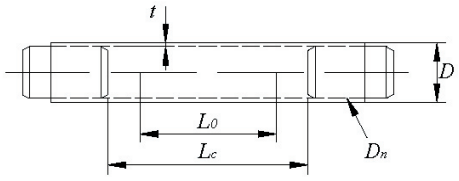
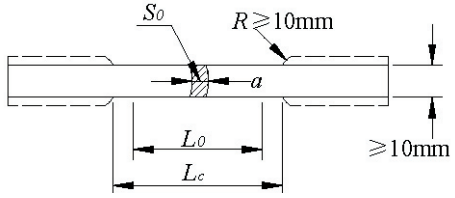
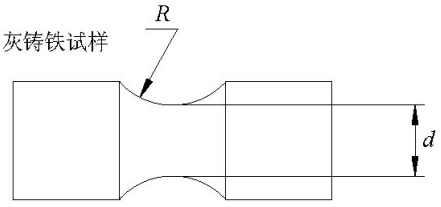
2.2.1　一般要求

2.2.1.1　船用金属材料的抗拉强度、屈服强度、伸长率以及断面收缩率等力学性能应由拉伸试验测定。

2.2.2　试样

2.2.2.1　拉伸试样的形状和尺寸应符合表 2.2.2.1 的规定。试样的端部可加工成适宜于试验机夹持的形状。

拉伸试样的形状和尺寸　　表 2.2.2.1

序号	试样形状	试样尺寸（mm）①	适用场合
1	板状试样 	比例试样：　$a=t$，$b=25$，$R=25$ $L_0=5.65\sqrt{S_0}$ $L_c=L_0+2\sqrt{S_0}$	钢质板材、扁坯和型材；②
		非比例试样 1：$a=t$，$b=25$，$R=25$ $L_0=200$，$L_c \geqslant 215$	
		2：$a=t$，$b=12.5$ ⑧， $R=25$，$L_0=50$，$L_c \geqslant 55$	$t \leqslant 12.5$mm 的铝质板材和型材。
2	圆形试样 	比例试样：　$d=10\sim20$，（优选 14） $L_0=5d$， $L_c=L_0+0.5d$ $R=10$ ③	厚钢板和型材； $t>12.5$mm 的铝质板材和型材； 锻件； 线材④、棒材⑤； 铸件（灰铸铁除外）；
3	圆形管子试样 	比例试样：　$L_0=5.65\sqrt{S_0}$ $L_c=L_0+0.5D$ ⑥	薄壁小直径管
4	管子切割试样 	比例试样：　$a=t$，$b \geqslant 12$，$R \geqslant 10$ $L_0=5.65\sqrt{S_0}$ $L_c=L_0+2b$	大直径管⑦
5	灰铸铁试样 	非比例试样：$d=20$，$R=25$	

注：① 表中 a 为试样厚度、b 为试样宽度、d 为试样直径、D 为管件外径、L_0 为标距长度、L_c 为试样平行段长度、R 为试样过渡半径、S_0 为试样原始截面积、t 为材料厚度。

② 对全厚度试样，若试验机能力不足时，可对一个轧制面进行加工，将厚度减薄至 25mm；当钢板厚度大于 40mm 时，可改取序号 2 的圆形试样。

③ 对球墨铸铁和规定伸长率小于 10% 的材料取 $R \geqslant 1.5d$。

④ 对细直径线材，可直接取样进行试验，但标距长度应取为 200mm，夹头之间的试样平行段长度为 250mm。

⑤ 小尺寸棒状铸锻件或类似的产品，可直接取适当长度的全截面比例试样进行试验。

⑥ 试验机夹具或管塞间的距离中的小者应大于试样的平行段长度。

⑦ 试样沿管轴纵向截取，试样平行段长度部分不应被压平，而试样的夹持部分则允许压平。
当壁厚大于 16mm 时，可改取序号 2 的圆形试样。圆形试样的轴线应位于管壁厚度中心处。

⑧ 当铝材厚度小于 6mm 时，取 b=6mm。

2.2.2.2　通常应优先选用标距长度 L_0 等于 5.65 $\sqrt{S_0}$ 或 5d 的比例试样，且 L_0 应不小于 20mm。当试样截面太小，可选用 L_0 等于 11.3 $\sqrt{S_0}$ 或 10d 的比例试样，或采用非比例试样。试样的实际标距长度可修约为 5mm 的整倍数，但与理论值之差应小于 ±10%。

2.2.2.3　试样的表面粗糙度和形位公差应符合公认的标准要求。

2.2.3　材料的屈服强度与伸长率

2.2.3.1　本篇所涉及的不同的金属材料并不都具有明显的屈服现象。对具有明显屈服现象的金属材料，应测量其上屈服强度 R_{eH}；对无明显屈服特征的金属材料，取材料在试验力作用下的规定非比例延伸强度 R_p 为材料的屈服强度。

2.2.3.2　对不同种类的金属材料的屈服强度规定如下：

(1) 碳钢、碳锰钢和合金钢及其焊接材料，应测定其上屈服强度 R_{eH}，或规定非比例延伸长度为原始试样标距 0.2% 时所对应的强度 $R_{p0.2}$；

(2) 奥氏体不锈钢、奥氏体 / 铁素体双相不锈钢及其焊接材料，应分别测定规定非比例延伸长度为原始试样标距 0.2% 或 1.0% 时所对应的强度 $R_{p0.2}$ 或 $R_{p1.0}$；

(3) 铝合金、铜合金及其焊接材料，应测定规定非比例延伸长度为原始试样标距 0.2% 时所对应的强度 $R_{p0.2}$。

2.2.3.3　材料的断后伸长率 A 通常采用的表 2.2.2.1 中所示的标准比例试样测定。除本篇第 8 章铝合金薄板外，其他各章节所规定的伸长率均为采用标距长度为 5.65 $\sqrt{S_0}$ 或 5d 的标准比例试样测得的伸长率 A_5。

2.2.3.4　当采用非标准比例试样时，为判定其断后伸长率是否符合规范规定，可将规定最小伸长率按下式换算成最小等效伸长率 A_0。

$$A_0 = 2A_5\left(\frac{\sqrt{S_0}}{L_0}\right)^{0.40}$$

式中：A_5——本篇各章所规定的标距长度 L_0 为 5.65 $\sqrt{S_0}$ 或 5d 时的最小伸长率，%；

S_0——试样平行段的原始横截面面积，mm^2；

L_0——试样的标距长度，mm。

试验时实际测得的伸长率应不小于最小等效伸长率。

2.2.3.5　上述换算关系仅适用于热轧、退火、正火或正火加回火状态且抗拉强度不超过 700N/mm^2 的碳钢、碳锰钢和低合金钢。其他交货状态和抗拉强度超过 700N/mm^2 碳钢、碳锰钢和低合金钢，以及其他材料的最小等效伸长率，应按公认的方法另行计算。

2.2.4　试验

2.2.4.1　在室温下进行拉伸试验时应符合下列规定：

(1)　测定金属材料的屈服强度或规定非比例延伸强度时，在弹性变形直至明显屈服的区间内，应力变化速率应控制在表 2.2.4.1(1) 规定的范围内。

拉伸试验加载时应力变化速率　　表 2.2.4.1(1)

材料的弹性模量　E N/mm²	应力速率　(N/mm²)/s	
	最小	最大
＜ 150 000	2	20
≥ 150 000	6	60

(2) 在达到屈服载荷后，测定塑性材料的抗拉强度时，塑性应变速率最大应不超过每秒 0.008；在测定脆性材料（如铸铁）的抗拉强度时，弹性应力变化速率最大应不超过每秒 10N/mm²。

(3) 钢材的上屈服强度应根据下述测得的载荷值计算：

① 试验机示力计上的指示值明显回落前的瞬时载荷或停滞时的载荷；

② 载荷－拉伸图上屈服阶段塑性变形开始处的载荷或材料塑料变形开始所产生的第 1 个峰值载荷，不论该峰值载荷是否等于或小于其随后出现的其他峰值载荷。

(4) 材料的规定非比例伸长应通过在精确的载荷－拉伸图上画一条与弹性变形的直线部分相距规定间距（用伸长计测得伸长为原标距长度的 0.2% 或 1.0% 时）的平行直线来确定。以此直线与载荷－拉伸图的塑性变形部分相交点的载荷计算规定非比例延伸强度（$R_{p0.2}$ 或 $R_{p1.0}$）。

2.2.4.2　在高温（≥ 50℃）下进行拉伸试验时，应符合下列规定：

(1) 测定高温下的下屈服强度或 0.2% 规定非比例延伸强度所用的试样其标距长度 L_0 应不小于 50mm，而横剖面面积 S_0 应不小于 65mm²。如果由于产品的尺寸或试验机能力的限制，试样亦应取实际可能达到的最大尺寸；

(2) 加热设备应保证在试验时，试样温度与规定温度之间的偏差不大于 ±5℃；

(3) 在接近屈服强度或规定非比例延伸强度时，应变速率应控制在每分钟 0.1%~0.3% 原标距长度范围内；

(4) 计算应变速率时，测量应变的时间间隔应不超过 6s。

第 3 节　冲 击 试 验

2.3.1　试样

2.3.1.1　冲击试样应为夏比 V 型缺口或夏比 U 型缺口试样，如图 2.3.1.1 所示。其尺寸和公差应符合表 2.3.1.1 的规定。

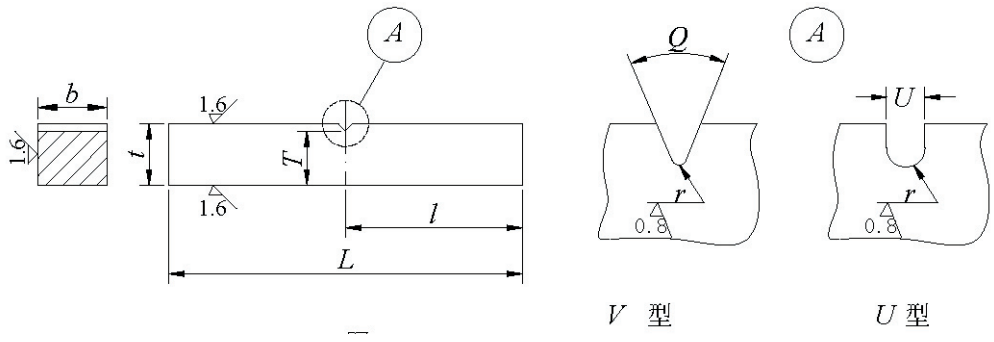


图 2.3.1.1

冲击试样的尺寸　　表 2.3.1.1

名　　称		符号	夏比 V 型缺口试样		夏比 U 型缺口试样	
			公称尺寸	偏差	公称尺寸	偏差
长度 (mm)		*L*	55	±0.60	55	±0.60
宽度 (mm)	标准试样	*b*	10	±0.11	10	±0.11
	标准辅助试样	*b* *b*	7.5 5	±0.11 ±0.06	–	–
厚度 (mm)		*t*	10	±0.06	10	±0.11
缺口角度 (°)		*Q*	45	±2	–	–
缺口宽度 (mm)		*U*	–	–	2	±0.14
缺口以下的厚度 (mm)		*T*	8	±0.06	5	±0.09
缺口根部半径 (mm)		*r*	0.25	±0.025	1	±0.07
试样端部至缺口中心距离 (mm)		*l*	27.5	±0.42	27.5	±0.42
缺口对称面与试样纵向轴线问的角度 (°)		–	90	±2	90	±2

2.3.1.2　冲击试样的截取部位和方向应符合本篇各章节的有关规定。试样通常应为近表面试样，其缺口应垂直于原轧制面，开槽位置距离火焰切割或剪切边应不小于 25mm。

2.3.1.3　对于厚度小于10mm的材料，应制成尽可能大的标准辅助试样，缺口方向应垂直于轧制面。标准辅助试样的宽度及其与标准试样冲击功的换算关系如表 2.3.1.3 所示。对于公称厚度在 6mm 以下的材料，一般不要求进行冲击试验。

换算关系　　表 2.3.1.3

标准辅助冲击试样的宽度 (mm)	与标准试样冲击能量的换算系数
7.5	5/6
5	2/3

2.3.2　试验

2.3.2.1　所有冲击试验应在摆锤式冲击试验机上进行。冲击试验机的规格应符合表 2.3.2.1 的规定。

冲击试验机的规格　　表 2.3.2.1

试验机的最大冲击能量 (J)	≥ 150
支架间的距离 (mm)	$40^{+0.5}_{-0}$
支架的曲率半径 (mm)	1.0 ～ 1.5
支架的锥度	1:5
摆锤顶端角度 (°)	30 ± 1
摆锤顶端曲率半径 (mm)	1.0 ～ 2.5
摆锤瞬间冲击速度 (m/s)	4.5 ～ 7.0

2.3.2.2　冲击试验应在规定的温度下进行。试验温度不是室温时，应对试样温度进行严格控制。试样应在规定温度的环境下保持至少 5min，并在取出后 5s 之内进行冲击，以保证断裂的瞬间试样的温度在规定温度 ±2℃的范围之内。

第 4 节　弯 曲 试 验

2.4.1　一般要求

2.4.1.1　弯曲试验一般用于检验金属材料的弯曲性能和冶金缺陷。

2.4.1.2　试验时，将试样放在试验机上，以符合有关章节要求的压头直径 D 和弯曲角度 α 在室温下缓慢地加载弯曲。试验后，用肉眼或用 5 倍放大镜检查试样弯曲部分外侧有无裂纹或起层等缺陷。

2.4.2　试样

2.4.2.1　根据材料的种类，弯曲试样的尺寸应符合表 2.4.2.1 的规定。

2.4.2.2　试样应尽量保留材料原轧制面，当受试验机能力限制时，对于板材，可将试样受压面机加工减薄至 25mm，而试样受拉面应为材料原轧制面；对于圆棒材，可将试样加工成直径为 35mm 的圆棒形试样。

弯曲试样的尺寸　　表 2.4.2.1

序号	试样尺寸　(mm)				适用材料
	试样厚度　a	试样宽度　b	试样长度　L	倒角	
1	$a=t$①	b=30mm②	$11a$~$9a+D$	试样的拉伸面两侧允许倒角 1~2mm。	板材和型材
2	a=20mm	b=25mm	$11a$~$9a+D$		铸件、锻件和半成品
3	$a=d$③		$11a$~$9a+D$		棒材或线材

表中：① t 为材料的厚度，并可根据 2.4.2.2 规定减薄。

② 当 t 小于 6mm 时，$b=5a$；

③ d 为圆形材料的直径，D 为试验压头的弯芯直径。

第 5 节　Z 向拉伸试验

2.5.1　一般要求

2.5.1.1　Z 向拉伸试验是通过板厚方向的拉伸试验所测定的断面收缩率，以检验与评定钢板的抗层状撕裂性能和冶金缺陷。

2.5.2　试样的截取和制备

2.5.2.1　Z 向钢板沿板厚方向的拉伸试样的截取位置和数量规定如下：

(1) 应从板的一端，靠近宽度 B 的 1/2 处截取 200mm×300mm 试板一块，制备 6 个试样，3 个做常规试验，3 个备用（做可能进行的附加试验），如图 2.5.2.1(1) 所示；

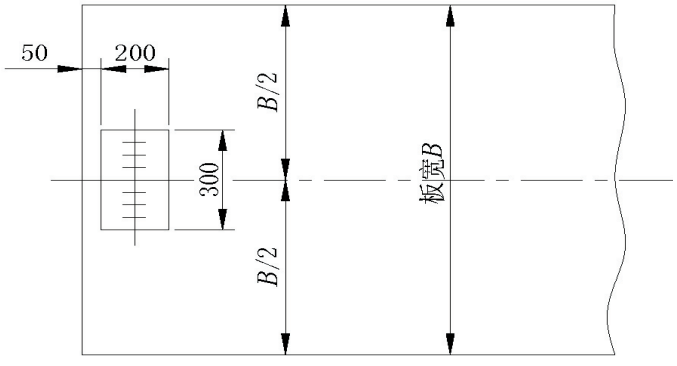


图 2.5.2.1(1)

(2) 如果板重超过 20t，则应从其另一端再制备 6 个试样，进行同样的试验。

2.5.2.2　板厚方向拉伸试样的制备：

(1) 当板厚 t 在 40mm 以下时，为使试样具有足够的标距长度，应在试板的两面焊上凸块，以供加工试样的夹持部分。凸块应采用厚度适当、抗拉强度不低于试板的板材制成。凸块和试板的焊接应采用手工焊或接触焊焊接，以减小焊接对试板的影响，如图 2.5.2.2(1) 所示。当采用手工焊接时，应选用小直径的低氢碱性焊条，焊接电流应尽量小，并应对称焊接；每焊完一道后，焊缝应冷却到 250℃以下再焊下一道；

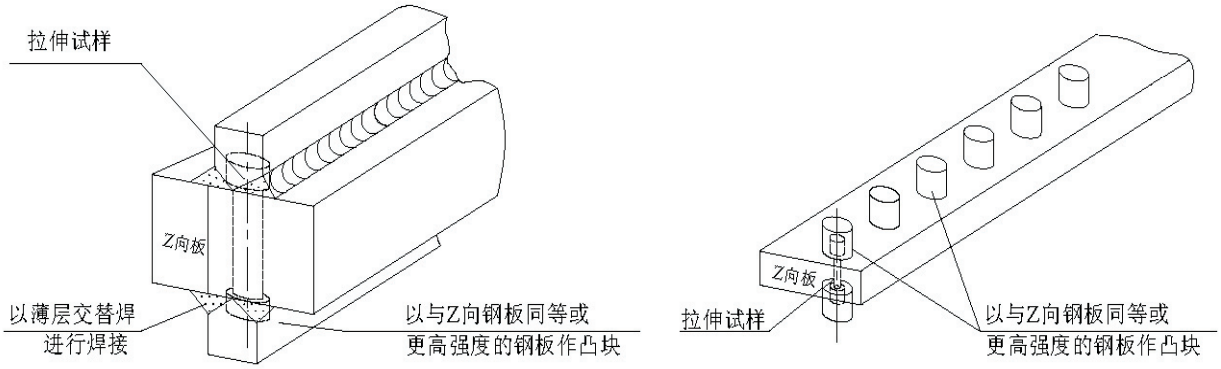


图 2.5.2.2(1)

(2) 当板厚 t 等于或大于 40mm 时，板厚方向试样可按板厚加工，不必另外焊接凸块；

(3) 板厚方向试样的形式、尺寸和加工要求应符合图 2.5.2.2(3) 的规定。

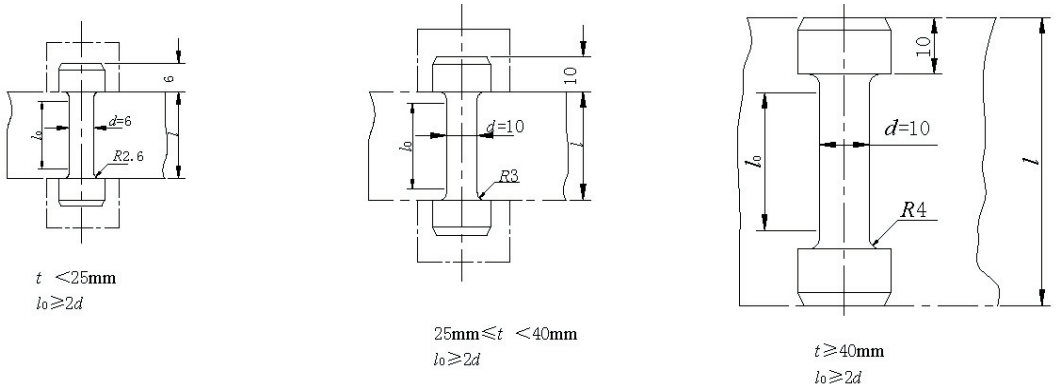


图 2.5.2.2(3)

2.5.3　试验

2.5.3.1　板厚方向拉伸试验按一般拉伸试验方法进行。其断面收缩率 (Z_Z) 是指拉伸试验后，试样断面面积的变化量与原始断面面积之比的百分数：

$$Z_Z = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\%$$

式中：S_0——试样的原始横截面面积；

S——拉断后试样的断面面积，通常呈椭圆形，应沿断面相互垂直的方向测量断面直径 D_1 和 D_2，并按下式计算：

$$S = \frac{\pi}{4}\left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right)^2$$

第 6 节　管材延性试验

2.6.1　压扁试验

2.6.1.1　试样的截取应使其端面垂直于管材的轴线，其长度应等于管材外径的 1.5 倍，但不小于 10mm，也不大于 100mm。

2.6.1.2　试验应在室温下沿垂直于管材轴线的方向施压。试验时，在两个平坦而有刚性的平行平板间对试样加压，平板的尺寸应超过压扁后试样的长度和宽度。

压扁试验应连续进行到平板间的距离 H（压载时测量）不大于下式规定之值为止：

$$H=\frac{t(1+C)}{C+\frac{t}{D}} \quad \text{mm}$$

式中：t—— 管壁厚度，mm；

D—— 管材外径，mm；

C—— 系数，按钢种或特别要求决定，详见本篇第 4 章规定。

试验后，试样不应有破裂或裂纹，但试样端部的细小裂纹可以不计。

2.6.1.3　对于焊接管，焊缝应置于与压扁施力方向成 90° 的位置。

2.6.2　扩口试验

2.6.2.1　试样的截取应使其两端面垂直于管材的轴线，试验端的边缘应适当倒圆。

2.6.2.2　试样的长度根据选用钢锥的角度按表 2.6.2.2 选取，但最短应使试验后保持圆柱体形状的长度不小于管材外径的一半。

扩口试验的试样长度　　表 2.6.2.2

试验钢锥角度（°）	30	45	60
试样长度　(mm)	2D	1.5D	1.5D

表中 D 为试验管材的外径。

2.6.2.3　试验应在室温下选用表 2.6.2.2 中所列适用角度的坚硬圆锥形钢锥头对准管材中心线（如图 2.6.2.3 所示）压入管材，迫使管材端部扩大至本篇有关章节所规定的外径。

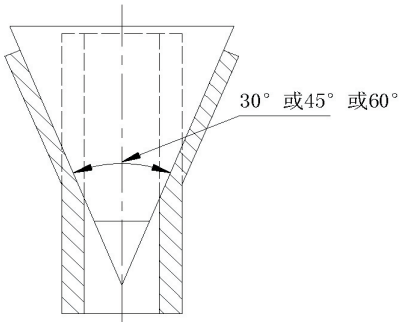


图 2.6.2.3　管材扩口试验

2.6.2.4　试验时，锥头应加润滑剂，锥头与管材在试验过程中不可相对转动，且使钢锥头压入速度不大于 50mm/min。

2.6.2.5　试验后，管材扩口部分不应有破裂或肉眼可见的裂纹。

2.6.3　卷边试验

2.6.3.1　试样的截取应使其两端面均垂直于管材的轴线，试验端的边缘应适当倒圆。

2.6.3.2　试样长度取 1.5 倍管材外径。若根据计算能使试验后保持圆柱体形状的长度不小于管材外径的一半时，允许缩短试样长度。

2.6.3.3　试验应在室温下用坚硬的圆锥形钢锥头（如图 2.6.3.3 中两种形式），将管端卷边，直到试样端部增大至本篇有关章节规定的直径。

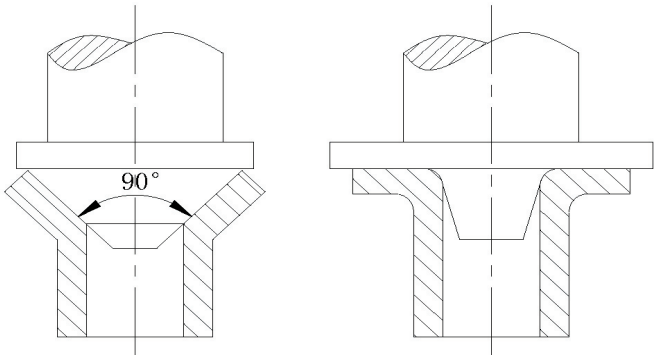


图 2.6.3.3　管材卷边试验

2.6.3.4　试验时，锥头应加润滑剂，锥头与管材在试验过程中不可相对转动，且使钢锥头压入速度不大于 50mm/min。

2.6.3.5　试验后，管材筒体和卷边部分不应有破裂或肉眼可见的裂纹。

2.6.4　弯曲试验

2.6.4.1　应截取宽度不小于 40mm 的全厚度圆周板条作为试样；对于管壁较厚的试样，可机加工减薄至 20mm。试样的边缘可加工成半径为 1.6mm 的圆角。

2.6.4.2　试验应在室温下进行。试验时，按照本篇第 4 章的有关规定，选取所需压头的直径。试样应在原来弯曲方向进行弯曲，弯曲角度为 180°。弯曲后，试样应无裂纹或分层。

第 7 节　不锈钢晶间腐蚀试验

2.7.1　一般要求

2.7.1.1　不锈钢晶间腐蚀试验主要用于评价奥氏体不锈钢和奥氏体 / 铁素体双相不锈钢的基本耐腐蚀性能。

2.7.2　试样制备

2.7.2.1　不锈钢晶间腐蚀试验的试样坯料应从与拉伸试验试样相邻的部位截取。

2.7.2.2　晶间腐蚀试验的试样应为厚度或直径不大于 12mm 的矩形或圆形截面弯曲试样。对于小直径的不锈钢管可截取管段直接作为试样。试样的总表面积应在 12~35cm^2 之间。

2.7.3　试验

2.7.3.1　试验的腐蚀介质应为 100g 硫酸铜（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）置于 100ml 密度为 1.84g/ml 的硫酸中，用蒸馏水稀释至 1L 溶液。

2.7.3.2　试验容器中应按每 1L 溶液加 50g 的比例，将细铜屑加入装有腐蚀介质的容器中铺成铜屑垫，同时加热介质至沸腾。

2.7.3.3　将清洁后的试样加热至 700±10℃，保温 30min，随后迅速放入水中冷却。然后将试样置于试验容器中的铜屑垫上，在沸腾的腐蚀介质中浸泡 15 ～ 24h。试验过程中应防止溶液因蒸发而浓缩。

2.7.3.4　浸泡后的试样应在常温下，以试样直径或厚度的 2 倍的弯芯直径，弯曲 90°。小直径管段试样则可按本章第 6 节的要求进行压扁试验。

2.7.3.5　弯曲或压扁试验后，试样的受拉面应无裂纹。

第3章 钢板、扁钢与型钢

第1节 一 般 规 定

3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章规定适用于船体、机械、锅炉和受压容器及海洋工程等所用的钢板、扁钢和型钢。

3.1.1.2 当使用不同于本章规定的钢材时，应将其化学成分、脱氧方法、交货状态和力学性能等资料提交CCS认可。

3.1.2 制造

3.1.2.1 所有钢材，均应由经CCS认可的钢厂按认可的工艺、钢种和等级进行生产。进行工厂认可或型式认可时，CCS可要求进行冷、热加工性能和焊接性能试验。

3.1.2.2 所有钢材应采用平炉、电炉或碱性吹氧转炉冶炼。钢材的脱氧方法应符合本章各节的规定。如采用其他冶炼方法，应经CCS认可。

3.1.2.3 钢可采用锭模浇铸或经CCS认可的连铸方法铸造并应符合下列规定：

(1) 钢锭或连铸方坯（或扁坯）的尺寸与钢材成品最厚部分的尺寸间的比例，应达到足够的压缩比以保证成品具有良好的性能；

(2) 若采用锭模浇铸，每个钢锭应切去足够的锭头锭尾，以保证成品无有害缺陷。钢厂应定期进行硫印或其他类似试验，以确保钢材具有良好的材质；必要时，验船师可要求进行此类试验；

(3) 若采用连铸方法，应在验船师在场的情况下进行规定的试验。

3.1.2.4 钢材的轧制方法应满足供货状态的要求。

3.1.2.5 钢材可采用热轧(AR)、控轧(CR)或温度－形变控制轧制(TMCP)等工艺进行生产。规定的试验应在验船师在场时进行。试验结果应满足试验要求，有关工艺性和焊接性等技术资料应提交备查。

3.1.2.6 钢材制造厂在钢材生产过程中应遵循有关的生产技术条件，进行有效的操作和控制。若出现控制失误和/或产品质量问题，制造厂应查出产生原因，制订防止再次发生的措施。同时将调查处理报告提交验船师备查。

若制造厂要求受影响的钢材继续使用，则应逐件进行试验。试验结果应符合规范要求。

CCS可根据具体情况对后继生产的钢材要求钢厂增加试验的频率，以证明工厂对产品质量承诺的有效性。

3.1.3 厚度公差

3.1.3.1 对于本章第2、3和4节所规定的各类船体结构用钢板和宽扁钢，其厚度负偏差应不超过0.3mm。5mm以下的钢板和宽扁钢及型钢的公差范围应符合公认的其他标准。

3.1.3.2 对于本章第6节所规定的机械结构用钢板和宽扁钢，其厚度负偏差应符合表3.1.3.2的规定。

机械结构用钢板和宽扁钢的厚度负偏差 表 3.1.3.2

公称厚度 t(mm)	负偏差 (mm)
$5 \leqslant t < 8$	< 0.4
$8 \leqslant t < 15$	< 0.5
$15 \leqslant t < 25$	< 0.6
$25 \leqslant t < 40$	< 0.8
$t \geqslant 40$	< 1.0

3.1.3.3　对于本章第 5、7、8 和 9 节所规定的钢材，如在订货合同中没有规定将公称厚度作为最小厚度时，则对板厚不超过 10mm 者，负偏差应不超过 0.3mm；对板厚超过 10mm 者，负偏差应不超过 0.5mm。

3.1.3.4　钢板和宽扁钢的厚度应在距边缘至少 10mm 处测量。

3.1.3.5　工厂应采取措施，确保厚度公差符合本规范的要求，并不致在发货前因锈蚀等原因导致不符合厚度公差要求的情况。船厂亦有责任保证钢材在使用前不会因人为因素而不符合厚度公差的要求。

3.1.4　试样

3.1.4.1　应根据钢材的种类，按本章各节的有关规定，以单件取样试验或按批取样试验进行验收。

当允许按批试验验收时，供试验的材料应从同一产品形式（钢板、扁钢或型钢）、同一炉罐号、同一轧制工艺和同一供货状态的一批材料中选取。

3.1.4.2　试验材料的大小应根据试样的尺寸、数量和截取方向确定。试验材料应从下列部位切取（对于尺寸较小的钢材，试验材料的切取位置应尽可能接近所规定的部位）：

(1) 对钢板和宽度≥ 600mm 的扁钢，应在端部距板边约 1/4 板宽处切取，如图 3.1.4.2(1) 所示；

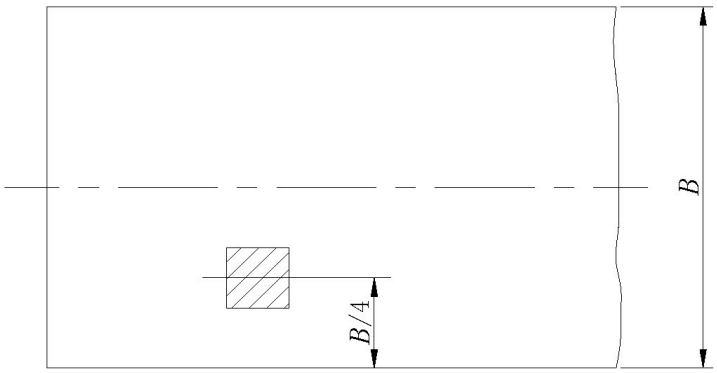


图 3.1.4.2(1)

(2) 对球扁钢、角钢等型钢，以及宽度＜ 600mm 的扁钢，应在端部距边缘约 1/3 宽度处切取，如图 3.1.4.2(2) 所示。对于槽钢、工字钢等，也可在腹板上距边缘 1/4 宽度处切取，如图 3.1.4.2(2)(c) 所示；

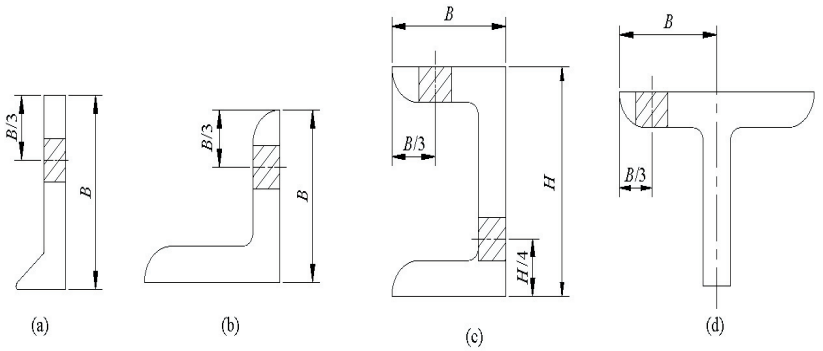


图 3.1.4.2(2)

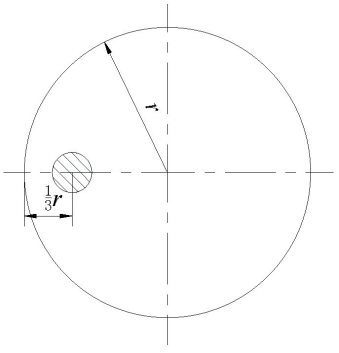


图 3.1.4.2(3)

(3) 对于本章第2、3、4和6节中所述的圆钢或棒材，应在距外表面约1/3半径或1/6对角线长度处切取，如图3.1.4.2(3)所示；

(4) 对于本章第5、7和8节中所述的圆钢或棒材，应在距外表面约12.5mm处切取。若钢材尺寸较小，试样可加工成与圆钢或棒材同轴；

3.1.4.3 对于厚度超过40mm的钢板或扁钢，可以切取全厚度拉伸试样；但若采用圆形横截面试样，应使试样的轴线位于板厚的1/4处。

3.1.4.4 对于成批验收的钢材，冲击试样应取自同批材料中厚度最大的材料。

3.1.4.5 从试验材料中截取并加工试样时，应注意试样的主轴线与最终轧制方向的关系：

(1) 拉伸试样：钢板和宽度≥600mm的扁钢：试样轴线与最终轧制方向垂直；
其他轧制产品：试样轴线与最终轧制方向平行；

(2) 冲击试样：纵向试验：试样轴线与最终轧制方向平行；
横向试验：试样轴线与最终轧制方向垂直。

3.1.5 外观检查和无损检测

3.1.5.1 发货之前，钢厂有责任对所有钢材进行外观检查及外形尺寸校核。钢材的长度、宽度、板形和厚度正偏差应符合国家标准或国际标准的规定。如船厂在加工中发现钢材有制造缺陷时，仍应由钢厂负责。

3.1.5.2 船用钢材的材质应均匀，无分层、裂纹等缺陷；钢材中的偏析和非金属夹杂应尽可能减少或消除。

3.1.5.3 除本章各节另有规定外，钢材的无损检测一般不作为验收项目，但钢厂应采取适当措施保证钢材的内部质量。必要时，验船师可要求作无损检测的抽查。

3.1.6 缺陷的修整

3.1.6.1 对本章第2、3、4和6节所述的结构用钢，其表面缺陷可采用局部打磨方法予以消除，但修整后任何部位的厚度应不小于公称厚度的93%，且减薄量应不大于3mm，修整后表面应光洁平顺。除另有协议外，此类修整的范围应事先与验船师协商确定，并应在验船师在场时进行修整。验船师可要求对已修整区域进行适当的无损检测，以证明缺陷已全部消除。

3.1.6.2 不能按本节3.1.6.1规定处理的表面缺陷，在征得验船师同意并在其在场的情况下，可用铲削或打磨后进行焊补的方法予以修整，但应符合下列要求：

(1) 在缺陷消除后和焊补之前，单件钢材任何部位的厚度减薄应不大于钢材公称厚度的20%；

(2) 对已修整区域应进行适当的无损检测，以证明缺陷已被消除；

(3) 应由具有适当资格的焊工用认可的焊条按认可的焊接工艺进行焊补。焊补后，被修补部位应打磨光顺，并进行无损检测，以证明焊补质量合格；

(4) 当验船师提出要求时，钢材应在焊补和打磨后进行正火或其他适当的热处理。

3.1.6.3 对本章第5、7和8节所述的材料，其表面缺陷亦可按本节3.1.6.1和3.1.6.2的规定进行修整，但其厚度减薄量应予特殊考虑。同时焊补后应进行适当的焊后热处理并对修补区域进行无损检测。

3.1.7 标志与证书

3.1.7.1 钢厂对检验合格的每一件钢材（小型钢材可包扎成捆），应至少在一个位置清晰地标出CCS的标志和下列标记：

(1) 钢厂名称或商标；

(2) 钢材等级标记；

(3) 炉罐号及其他能够追溯钢材全部生产过程的编号或缩写；

(4) 如订货方要求，可标上订货合同号或其他识别标记。

上述标记和钢印应用油漆框出，以求明显易认。

3.1.7.2　凡标有 CCS 标志的钢材，在随后的力学性能试验中，如发现不符合规定要求，则应将该标志彻底去除。

3.1.7.3　材料的合格证书应包括下列内容：

(1) 订货方的名称和合同号以及使用该材料的船名或机号（可能时）；

(2) 材料运往的目的地；

(3) 材料的说明书和尺寸；

(4) 材料的技术规格或等级；

(5) 炉罐号和桶样化学成分；

(6) 力学性能试验结果；

(7) 除轧制状态以外的供货状态。

3.1.7.4　当钢锭或连铸钢坯并非由轧钢厂生产时，应由炼钢厂提供 1 份合格证书，说明钢的冶炼工艺、炉罐号和桶样化学成分，且该炼钢厂应经 CCS 认可。

第 2 节　一般强度船体结构用钢

3.2.1　适用范围

3.2.1.1　本节规定了 A、B、D、E 4 个等级的一般强度船体结构用钢。这些规定适用于厚度不超过 100mm 的钢板和宽扁钢以及厚度不超过 50mm 的型钢和棒材。

3.2.2　脱氧方法与化学成分

3.2.2.1　一般强度船体结构用钢的脱氧方法和桶样化学成分应符合表 3.2.2.1 的规定。

一般强度船体结构用钢的脱氧方法和化学成分　　表 3.2.2.1

钢材等级		A	B	D	E
脱氧方法 厚度 t(mm)		$t \leqslant 50$，除沸腾钢外任何方法①；$t > 50$，镇静处理	$t \leqslant 50$，除沸腾钢外任何方法；$t > 50$，镇静处理	$t \leqslant 25$，镇静处理； $t > 25$，镇静和细晶处理	镇静和细晶处理
化学成分 (%) ⑦⑧⑨	C②	≤ 0.21③	≤ 0.21	≤ 0.21	≤ 0.18
	Mn②	≥ 2.5C	≥ 0.80④	≥ 0.60	≥ 0.70
	Si	≤ 0.50	≤ 0.35	≤ 0.35	≤ 0.35
	S	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.035
	P	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.035
	Al（酸溶）	—	—	≥ 0.015⑤⑥	≥ 0.015⑥

注：① 凡经 CCS 和订货方同意，$t \leqslant 12.5$mm 的 A 级型钢可采用沸腾钢，但应在材料证书上注明。

② 所有等级的钢均应符合：C%+1/6Mn% ≤ 0.40%。

③ 对于型钢，最大含碳量可为 0.23%。

④ 当 B 级钢作冲击试验时，其最低含锰量可降低至 0.6%。

⑤ 对 $t >$ 25mm 的 D 级钢适用。

⑥ 对 $t >$ 25mm 的 D 级钢和 E 级钢，可采用总铝含量来代替酸溶铝含量的要求；此时，总铝含量应不 0.02%。经 CCS 同意后，也可使用其他细化晶粒元素。

⑦ 若采用温度－形变控制轧制（TMCP）状态交货，经 CCS 同意后，化学成分可以不同于表中规定。

⑧ 钢中残余铜含量应不大于 0.35%；铬、镍的残余含量各应不大于 0.30%。

⑨ 在钢材的冶炼过程中添加的任何其他元素，应在材料证书上注明。

3.2.3 热处理

3.2.3.1 钢材的交货状态应符合表3.2.3.1的要求。

一般强度船体结构用钢的交货状态 表3.2.3.1

钢材等级	脱氧方法	产品型式	交货状态①②				
			厚度 t(mm)				
			$t \leqslant 12.5$	$12.5 < t \leqslant 25$	$25 < t \leqslant 35$	$35 < t \leqslant 50$	$50 < t \leqslant 100$
A	沸腾钢	型材	A(-)	不适用			
	$t \leqslant 50$mm，除沸腾钢外任何方法；$t > 50$mm，镇静处理	板材	A(-)				N(-)，TM(-)，CR(50)，AR*(50)
		型材	A(-)				不适用
B	$t \leqslant 50$mm，除沸腾钢外任何方法；$t > 50$mm，镇静处理	板材	A(-)		A(50)		N(50)，TM(50)，CR(25)，AR*(25)
		型材	A(-)		A(50)		不适用
D	镇静处理	板材，型材	A(50)		不适用		
	镇静和细化晶粒处理	板材	A(50)			N(50)，CR(50)，TM(50)	N(50)，TM(50)，CR(25)
		型材	A(50)			N(50)，CR(50)，TM(50)，AR*(25)	不适用
E	镇静和细晶处理	板材	N(每件)，TM(每件)				
		型材	N(25)，TM(ZS)，AR*(15)，CR*(15)				不适用

注：① 交货状态：A：任意； N：正火；CR：控制轧制；TM(TMCP)：温度－形变控制轧制；
AR*：经CCS特别认可后，可采用热轧状态交货； CR*：经CCS特别认可后，可采用控制轧制状态交货。

② 括号中的数值表示冲击试样的取样批量（单位为 t），(-) 表示不作冲击试验。每一批量应取1组3个夏比V型缺口冲击试样进行试验。

3.2.4 力学性能

3.2.4.1 钢板、扁钢和型钢的拉伸试验和冲击试验，应符合本篇第2章的要求，同时还应符合下列规定：

(1) 拉伸试样应采用本篇第2章表2.2.2.1中序号2的板状试样；对厚度超过40mm者也可采用序号1(A)项的圆棒形试样，此时试样的轴线应位于钢材1/4厚度处；

(2) 产品厚度不大于40mm时，冲击试样应为近表面试样，即试样边缘距轧制面小于2mm；当产品厚度超过40mm时，试样的轴线应位于1/4厚度处。冲击试样的缺口方向应垂直于轧制面。

3.2.4.2 试样的取样数量规定如下：

(1) 对于所交付的每批钢材，如果重量不大于50t，应从其中最厚的一件钢材上制备1个拉伸试样；当一批钢材的重量大于50t时，则应从每50t或不足50t的余额中的不同单件钢材上各制备1个拉伸试样；对于同一炉的钢材，其厚度或直径每改变10mm，均应作为另一批而重新制备1个拉伸试样；对于型钢，厚度是指切取试验材料部位的厚度；单件钢材是指由单个钢锭（或方坯、扁坯）轧制成的轧件；

(2) 冲击试验的取样数量应符合本节表3.2.3.1中所规定的要求。

3.2.4.3　一般强度船体结构用钢的力学性能应符合表 3.2.4.3 的规定。

一般强度船体结构用钢的力学性能　　表 3.2.4.3

钢材等级	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	夏比 V 型缺口冲击试验钢材					
				试验温度 (℃)	平均冲击功不小于 (J)				
					厚度 t(mm)				
					$t \leqslant 50$		$50 < t \leqslant 70$		$70 < t \leqslant 100$	
					纵向②	横向②	纵向	横向	纵向	横向
A	235	400 ～ 520①	22	20	---	---	34	24	41	27
B				0	27③	20③				
D				-20						
E				-40						

注：① 经 CCS 同意后，A 级型钢的抗拉强度的上限可以超出表中所规定的值。

② 除订货方或 CCS 要求外，$t \leqslant 50$mm 时冲击试验一般仅做纵向试验，但钢厂应采取措施保证钢材的横向冲击性能。

③ 对厚度不大于 25mm 的 B 级钢，经 CCS 同意可不做冲击试验。

④ 厚度大于 50mm 的 A 级钢，如经过细化晶粒处理并以正火状态交货，可以不做冲击试验；经 CCS 同意，以温度－形变控制轧制状态交货的 A 级钢亦可不做冲击试验。

⑤ 型钢一般不进行横向冲击试验。

3.2.4.4　对于宽度 25mm、标距长度 200mm 的全厚度板状试样，其最小伸长率应符合表 3.2.4.4 的规定。

全厚度板状试样的最小伸长率　　表 3.2.4.4

厚度 t(mm)	$t \leqslant 5$	$5t \leqslant 10$	$10 < t \leqslant 15$	$15 < t \leqslant 20$	$20 < t \leqslant 25$	$25 < t \leqslant 30$	$30 < t \leqslant 40$	$40 < t \leqslant 50$
伸长率 A(%)	14	16	17	18	19	20	21	22

第 3 节　高强度船体结构用钢

3.3.1　钢材等级

3.3.1.1　高强度船体结构用钢按其最小屈服强度划分强度级别，每一强度级别又按其冲击韧性的不同分为 A、D、E、F4 级。本节规定适用于厚度不超过 100mm 的 A32、D32、E32、F32、A36、D36、E36、F36、A40、D40、E40、和 F40 等级的钢板和宽扁钢；本节规定还适用于上述等级的厚度不大于 50mm 的型钢和棒材。

3.3.2　脱氧方法与化学成分

3.3.2.1　高强度船体结构用钢均应为经过细化晶粒处理的镇静钢，其桶样化学成分应符合表 3.3.2.1 的要求。

高强度船体结构用钢的化学成分 表 3.3.2.1

等 级		A32，A36，A40，D32，D36，D40，E32，E36，E40	F32，F36，F40
化学成分 (%) ⑤⑥	C	≤ 0.18	≤ 0.16
	Mn	0.90 ～ 1.60①	0.90 ～ 1.60
	Si	≤ 0.50	≤ 0.50
	S	≤ 0.035	≤ 0.025
	P	≤ 0.035	≤ 0.025
	Al（酸溶）	t ＞ 0.015②③	≥ 0.015②③
	Nb④	0.02 ～ 0.05③	0.02 ～ 0.05③
	V④	0.05 ～ 0.10③	0.05 ～ 0.10③
	Ti④	≤ 0.02	≤ 0.02
	Cu	≤ 0.35	≤ 0.35
	Cr	≤ 0.20	≤ 0.20
	Ni	≤ 0.40	≤ 0.80
	Mo	≤ 0.08	≤ 0.08
	N	-	≤ 0.009（如含铝时，≤ 0.012）

注：① 对厚度不大于 12.5mm 的钢材，其锰含量最低可为 0.70%。

② 可以采用总铝含量来代替酸溶铝含量的要求，此时，总铝含量应不小于 0.02%。

③ 钢厂可以将细化晶粒元素（Al、Nb、V 等）单独或以任一组合形式加入钢中。当单独加入时，其含量应不低于表列值；若混合加入两种以上细化晶粒元素时，则表中对单一元素含量下限的规定不适用。

④ 铌、钒、钛的含量还应符合：Nb%+V%+Ti% ≤ 0.12%。

⑤ 若采用 TMCP 状态交货，CCS 化学成分应满足本节 3.3.2.2 和 3.3.2.3 的规定。

⑥ 在钢材的冶炼过程中添加的任何其他元素，应在材料证书上注明。

3.3.2.2 可对碳当量提出要求。碳当量 C_{eq} 可根据桶样化学成分按下列公式计算：

$$C_{eq}= C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad (\%)$$

碳当量最大值不得超过协议允许值。

3.3.2.3 对于以温度－形变控制轧制状态交货的钢材，还应符合下列要求：

(1) 应根据钢材的桶样化学成分按本节 3.3.2.2 所列之公式计算碳当量 C_{eq}，碳当量应符合表 3.3.2.3(1) 的要求。

(2) 根据需要，可采用按下列公式计算出的冷裂纹敏感系数 P_{CM} 代替碳当量，来衡量钢材的可焊性：

$$P_{CM}= C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (\%)$$

按上述公式计算出的 P_{CM} 值应符合公认的有关标准。

厚度小于 100mm 的温度－形变轧制高强度钢的碳当量 C_{eq} 表 3.3.2.3(1)

钢材等级	碳当量① C_{eq} (%)	
	厚度 t（mm）	
	t ≤ 50	50 ＜ t ≤ 100
A32，D32，E32，F32	≤ 0.36	≤ 0.38
A36，D36，E36，F36	≤ 0.38	≤ 0.40
A40，D40，E40，F40	≤ 0.40	≤ 0.42

注：① 钢厂和船厂可以根据具体情况协商制定更严格的碳当量要求。

3.3.3　热处理

3.3.3.1　钢材的交货状态应符合表 3.3.3.1 要求。

高强度船体结构用钢的交货状态　　表 3.3.3.1

钢材等级	细化晶粒元素	产品型式	交货状态（冲击试验取样批量）①②					
			厚度 t(mm)					
			$t \leqslant 12.5$	$12.5 < t \leqslant 20$	$20 < t \leqslant 25$	$25 < t \leqslant 35$	$35 < t \leqslant 50$	$50 < t \leqslant 100$
A32 A36	Nb 和 / 或 V	板材	A(50)	N(50)，CR(50)，TM(50)				N(50)， CR(50)， TM(50)
		型材	A(50)	N(50)，CR(25)，TM(50)，AR*(25)				不适用
	Al 或 Al 和 Ti	板材	A(50)		AR*(25)		不适用	
					N(50)，CR(50)，TM(50)			N(50)， CR(25)， TM(50)
		型材	A(50)	N(50)，CR(50)，TM(50)，AR*(25)				不适用
A40	任意	板材，型材	A(50)	N(50)，CR(50)，TM(50)				不适用
D32 D36	Nb 和 / 或 V	板材	A(50)	N(50)，CR(25)，TM(50)				N(50)， CR(25)， TM(50)
		型材	A(50)	N(50)，CR(50)，TM(50)，AR*(z5)				不适用
	A1 或 Al 和 Ti	板材	A(50)		AR*(z5)		不适用	
					N(50)，CR(25)，TM(50)			N(50)， CR(25)， TM(50)
		型材	A(50)		N(50)，CR(50)，TM(50), AR*(25)			不适用
D40	任意	板材，型材	N(50)，CR(50)，TM(50)					不适用
E32 E36	任意	板材	N（每件），TM（每件）					
		型材	N(25)，TM(25)，AR*(15)，CR*(15)					不适用
E40	任意	板材	N（每件），TM（每件），QT（每热处理长度）					
		型材	N(25)，TM(25)，QT(25)					不适用
F32 F36	任意	板材	N（每件），TM（每件），QT（每热处理长度）					
		型材	N(25)，TM(25)，QT(25)，CR*(15)					不适用
F40	任意	板材	N（每件），TM（每件），QT（每一热处理长度）					
		型材	N(25)，TM(25)，QT(25)					不适用

注：① 交货状态：A：任意；　N：正火；　CR：　控制轧制；　TM(TMCP)：　温度 - 形变控制轧制；QT：淬火加回火；
AR*：经 CCS 特别认可后，可采用热轧状态交货；　CR*：经 CCS 特别认可后，可采用控制轧制状态交货。

② 括号中的数值表示冲击试样的取样批量（单位为 t）。每一批量应取 1 组 3 个夏比 V 型冲击试样。

3.3.4　力学性能

3.3.4.1　高强度船体结构用的钢板、扁钢和型钢的拉伸试验和冲击试验应符合本篇第 2 章的要求，同时还应符合下列要求：

(1)　拉伸试样应采用本篇第 2 章表 2.2.2.1 中序号 1 的板状试样，对厚度超过 40mm 者也可采用序号 2 的圆棒形试样，此时试样的轴线应位于产品 1/4 厚度处；

(2) 产品厚度不大于40mm时，冲击试样应为近表面试样，即试样边缘距轧制面小于2mm；当产品厚度超过40mm时，试样的轴线应位于1/4厚度处。冲击试样的缺口方向应垂直于轧制面。

3.3.4.2 试验的取样数量应符合下列规定：

(1) 拉伸试样的数量应符合本章3.2.4.2(1)的规定；

(2) 冲击试验的取样数量应符合本章表3.3.3.1的规定。

3.3.4.3 高强度船体结构用钢的力学性能应符合表3.3.4.3的规定。

高强度船体结构用钢的力学性能 **表3.3.4.3**

钢材等级	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	抗强拉度 R_m (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验①					
				试验温度 (℃)	平均冲击功不小于 (J)				
					厚度 t(mm)				
					$t \leqslant 50$		$50 < t \leqslant 70$		$70 < t \leqslant 100$	
					纵向①	横向①	纵向	横向	纵向	横向
A32	315	440～570	22	0	31②	22②	38	26	46	31
D32				-20						
E32				-40						
F32				-60						
A36	355	490～620	21	0	34②	24②	41	27	50	34
D36				-20						
E36				-40						
F36				-60						
A40	390	510～660	20	0	39	26	46	31	55	37
D40				-20						
E40				-40						
F40				-60						

注：① 除订货方或CCS有要求外，冲击试验一般仅做纵向试验，但钢厂应采取措施保证钢材的横向冲击性能。型钢一般仅做纵向冲击试验。

② 如钢厂能保证冲击试验抽查合格，经CCS同意，A32和A36级钢验收时冲击试验的批量可予以放宽。

3.3.4.4 对于宽度25mm、标距长度200mm的全厚度板状试样，其最小伸长率应符合表3.3.4.4的规定。

全厚度板状试样的最小伸长率 **表3.3.4.4**

厚度 t (mm)	等级	$t \leqslant 5$	$5 < t \leqslant 10$	$10 < t \leqslant 15$	$15 < t \leqslant 20$	$20 < t \leqslant 25$	$25 < t \leqslant 30$	$30 < t \leqslant 40$	$40 < t \leqslant 50$
伸长率 A (%)	A32，D32，E32，F32	14	16	17	18	19	20	21	22
	A36，D36，E36，F36	13	15	16	17	18	19	20	21
	A40，D40，E40，F40	12	14	15	16	17	18	19	20

第4节 焊接结构用高强度淬火回火钢

3.4.1 适用范围

3.4.1.1 本节规定适用于厚度不超过70mm的焊接结构用高强度淬火回火钢板和宽扁钢。如钢材厚度超过70mm，应经CCS认可。

本节规定亦可适用于型钢或钢管等其他型式的产品。

3.4.1.2　焊接结构用高强度淬火回火钢，按其最小屈服强度划分为 420、460、500、550、620 和 690N/mm² 6 个强度等级。每一强度等级中，又根据韧性的不同而分为 A、D、E 和 F 4 个钢级。

3.4.2　脱氧方法和化学成分

3.4.2.1　焊接结构用高强度淬火回火钢，均应为经过细化晶粒处理的镇静钢，其桶样化学成分应符合表 3.4.2.1 的规定。

焊接结构用高强度淬火回火钢的化学成分　　表 3.4.2.1

强度等级 (N/mm²)	韧性等级	化学成分 (%)					
		C	Si	Mn	P	S	N
420 ~ 690	A	≤ 0.21	≤ 0.55	≤ 1.70	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.020
	D，E	≤ 0.20	≤ 0.55	≤ 1.70	≤ 0.030	≤ 0.030	≤ 0.020
	F	≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.025	≤ 0.025	≤ 0.020

注：用于合金化和细化晶粒的元素应符合公认的有关标准。

3.4.2.2　应根据桶样化学成分采用下列公式计算冷裂纹敏感系数 P_{CM} 以衡量钢材的可焊性：

$$P_{CM}=\mathrm{C}+\frac{\mathrm{Si}}{30}+\frac{\mathrm{Mn}}{20}+\frac{\mathrm{Cu}}{20}+\frac{\mathrm{Ni}}{60}+\frac{\mathrm{Cr}}{20}+\frac{\mathrm{Mo}}{15}+\frac{\mathrm{V}}{10}+5\mathrm{B}\quad(\%)$$

按上述公式计算出的 P_{CM} 值应符合公认的有关标准的要求。

3.4.3　热处理

3.4.3.1　钢材应以淬火加回火状态交货。经 CCS 认可，厚度不大于 50mm 的钢材也可采用温度 - 形变控制轧制状态交货。

3.4.4　力学性能

3.4.4.1　对于每一经过热处理的工件，至少应取 1 拉伸试样和 1 组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样进行试验。对于连续热处理的钢板，所要求的试样个数和取样部位应由 CCS 专门考虑。

3.4.4.2　拉伸试样的轴线应垂直于最终轧制方向，但对型钢和完工宽度不超过 600mm 的轧制扁钢可取纵向试样。对其他形式的产品，CCS 既可沿纵向也可沿横向截取拉伸试样。拉伸试样应采用本篇第 2 章表 2.2.2.1 中矩形截面比例试样，且至少在一个侧面上保留有原轧制面。公称厚度超过 40mm 者，可采用圆形截面比例试样，试样轴线应位于距轧材表面 1/4 厚度处或尽可能靠近这一位置。

3.4.4.3　若 CCS 无另外要求，钢板和宽度超过 600mm 宽扁钢的夏比 V 型缺口冲击试样的轴线，应垂直于最终轧制方向。对于其他类型的产品，应沿纵向截取。冲击试样应为近表面试样，即试样边缘距轧制面小于 2mm；当产品厚度超过 40mm 时，试样的轴线应位于钢材 1/4 厚度处。冲击试样的缺口方向应垂直于轧制面。

3.4.4.4　焊接结构用高强度淬火回火钢的力学性能应符合表 3.4.4.4 的规定。

焊接结构用高强度淬火回火钢的力学性能 表 3.4.4.4

钢材等级	屈服强度 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ ① 不小于 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	伸长率① A_5（横向）不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验②		
				试验温度（℃）	平均冲击功不小于 (J)	
					纵向	横向
A420	420	530～680	18	0	42	28
D420				-20		
E420				-40		
F420				-60		
A460	460	570～720	17	0	46	31
D460				-20		
E460				-40		
F460				-60		
A500	500	610～770	16	0	50	33
D500				-20		
E500				-40		
F500				-60		
A550	550	670～830	16	0	55	37
D550				-20		
E550				-40		
F550				-60		
A620	620	720～890	15	0	62	41
D620				-20		
E620				-40		
F620				-60		
A690	690	770～940	14	0	69	46
D690				-20		
E690				-40		
F690				-60		

注：① 当拉伸试验时屈服强度 R_{eH} 不明显时，则取非比例延伸强度 $R_{p0.2}$。
对于纵向试样，其伸长率（纵向）应较表中伸长率（横向）高2%。

② 如钢厂能保证冲击试验抽查合格，经CCS同意，A级高强度淬火回火钢在验收时冲击试验的批量可予以放宽。

③ 型钢一般仅做纵向冲击试验。

3.4.4.5 对于宽度25mm、标距长度200mm的全厚度板状试样，其最小伸长率应符合表3.4.4.5的规定。

全厚度板状试样的最小伸长率 表 3.4.4.5

厚度 t (mm)	强度等级	$t \leqslant 10$	$10 < t \leqslant 15$	$15 < t \leqslant 20$	$20 < t \leqslant 25$	$25 < t \leqslant 40$	$40 < t \leqslant 50$	$50 < t \leqslant 70$
伸长率 A (%)	420	11	13	14	15	16	17	18
	460	11	12	13	14	15	16	17
	500	10	11	12	13	14	15	16
	550	10	11	12	13	14	15	16
	620	9	11	12	12	13	14	15
	690	9	10	11	11	12	13	14

第5节　锅炉与受压容器用钢

3.5.1　适用范围

3.5.1.1　本节规定适用于制造锅炉和受压容器的钢板、扁钢和型钢等的碳钢、碳锰钢和合金钢。

3.5.2　脱氧方法与化学成分

3.5.2.1　锅炉与受压容器用钢的脱氧方法和桶样化学成分应符合表3.5.2.1的规定。

锅炉与受压容器用钢的脱氧方法和化学成分　　表 3.5.2.1

钢材等级	脱氧方法	化学成分（%）							
		C	Si	Mn	P，S	Al	Cr	Mo	其他元素
360A	镇静	≤0.17	0.10~0.35	0.40~1.20	≤0.04	②	-	-	Cr≤0.25 Cu≤0.30 Ni≤0.30 Mo≤0.10 总量≤0.70
360B	镇静并细化晶粒	≤0.17	0.15~0，35	0.40~1.20	≤0.04	0.015～0.065	-	-	
410A	镇静	≤0.20	0.10~0.35	0.50~1.30	≤0.04	②	-	-	
410B	镇静并细化晶粒	≤0.20	0.15~0.35	0.50~1.30	≤0.04	0.015-0.065	-	-	
460A	镇静	≤0.20①	0.10~0.40	0.80~1.40	≤0.04	②	-	-	
460B	镇静并细化晶粒	≤0.20①	0.15~0.40	0.80~1.40	≤0.04	0.010～0.065	-	-	
490A	镇静	≤0.20①	0.15~0.50	0.90~1.60	≤0.04	②	-	-	
490B	镇静并细化晶粒	≤0.20①	0.15~0.50	0.90~1.60	≤0.04	0.015～0.065	-	-	
1Cr0.5Mo	镇静	0.10~0.18	0.15~0.35	0.40~1.130	≤0.04	≤0.065	0.70-130	0.40-0.60	Cu≤0.30 Ni≤0.30
2.25Cr1Mo	镇静	0.08~0.18	0.15~0.50	0.40~0.80	≤0.04	≤0.065	2.0-2.50	0.90-1.10	Cu≤0.30 Ni≤0.30

注：① 当厚度大于30mm时，钢材的含碳量可以≤0.22%。

② 钢材可以采用铝脱氧。

3.5.3　热处理

3.5.3.1　锅炉与受压容器用钢，除拟作热成型的钢材经协商可采用轧制状态供货外，对于抗拉强度为360～490 N/mm^{2}的碳钢和碳锰钢，应以正火或控制轧制状态供货，对于1Cr0.5Mo和2.25Cr1Mo合金钢，则应以正火加回火状态交货。

3.5.4　力学性能

3.5.4.1　试样的取样数量规定如下：

(1) 对于钢板，当每个轧制件重量不超过5t且长度不超过15m时，应从每个轧制件的一端切取1个拉伸试样和1组3个冲击试样；当重量大于5t 或者长度超过15mm时，应从每个轧制件的两端各切取1个拉伸试样和1组3个冲击试样。一个轧制件是指由单个钢锭（或方坯、扁坯）轧制成的轧件；

(2) 对于带钢，应从每卷钢材的两端各取1个拉伸试样和1组3个冲击试样；

(3) 对于型钢和棒材，可按批取样提交检验。每批应不超过50根，且重量不超过10t，每批钢材应具有同一截面尺寸、同一炉罐号和同一交货状态。每批钢材应从具有代表性的单件上切取1个拉伸试样和1组3个冲击试样。如果一批的重量超过10t时，应从每10t或不足10t的余额中的不同单件钢材上各切取1个拉伸试样和1组3个冲击试样。

3.5.4.2　试样的取样部位应符合本章3.2.4.2规定，对于矩形空心型材，可在任一边的中心部位取样（如图3.5.4.2所示）；对于环型空心型材，可在圆周任一部位上取样。

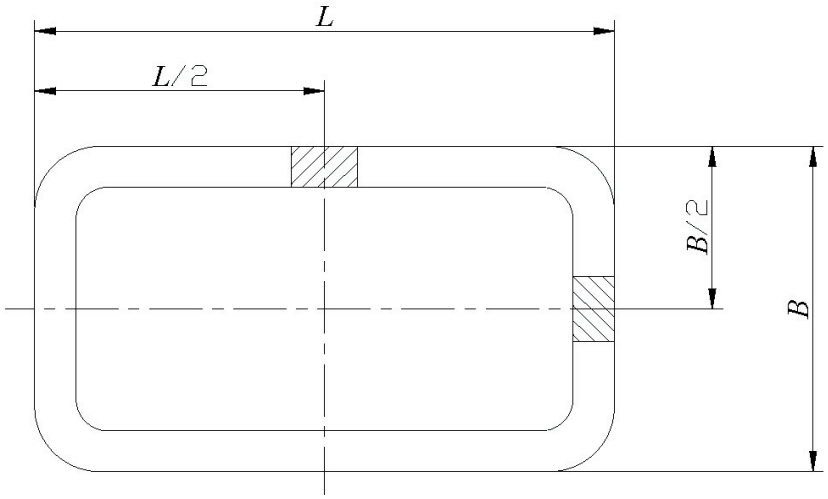


图 3.5.4.2

3.5.4.3 锅炉与受压容器用钢的力学性能应符合表 3.5.4.3 的规定。

锅炉与受压容器用钢的力学性能 表 3.5.4.3

钢材等级		抗拉强度 R_m (N/mm²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm²)			伸长率 A_5 不小于 (%)		夏比 V 型缺口冲击试验	
			厚度范围 (mm)			厚度范围 (mm)		试验温度 (℃)	平均冲击功 (J)
			$t \leqslant 16$	$16 < t \leqslant 40$	$40 < t \leqslant 60$	$t \leqslant 40$	$40 < t \leqslant 60$		
360	A	360 ～ 480	205	195	183	26	25	20	≥ 27
	B		235	215	195	26	25	0	
410	A	410 ～ 530	235	225	215	24	23	20	
	B		265	245	235	24	23	0	
460	A	460 ～ 580	285	255	245	22	21	20	
	B		295	285	275	22	21	0	
490	A	490 ～ 610	305	275	265	21	20	20	
	B		315	315	305	21	20	0	
1Cr0.5Mo		440 ～ 590	305	305	305	20	19	20	
2.25Cr1Mo		480 ～ 630	275	265	265	18	17	20	

3.5.5 高温力学性能

3.5.5.1 凡规定用于工作温度不低于 50℃的钢材，应采用高温拉伸试验来测定其高温屈服强度 R_{eH}^{T}，高温屈服强度 R_{eH}^{T} 值见表 3.5.5.1。这些数值在锅炉钢板纳入有关标准时或新钢种初始认可时验证，以供设计用，不作为日常验收试验。如果没有这方面资料或使用温度高于表中所列温度，则对每炉钢至少应取 1 个试样（当同一炉钢轧制的钢板厚度不同时，应从最厚的钢板中切取），在设计温度或其他商定的温度下进行试验。

3.5.5.2 高温下承受载荷的结构件所用的钢材，除应测定高温强度外，还应测定高温蠕变断裂强度，即材料在设计温度下 100,000h 产生破断的平均应力 $R_{m100000}^{T}$，以供设计用，$R_{m100000}^{T}$ 的值见表 3.5.5.2。

高温屈服强度 R_{eH}^{T}　　表 3.5.5.1

钢材等级		厚度 t (mm)	设计温度（℃）											
			50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
			屈服强度 R_e^T，不小于 (N/mm²)											
360	A	$t \leqslant 16$	183	175	172	168	150	124	117	115	113			
		$16 < t \leqslant 40$	173	171	169	162	144	124	117	115	113			
		$40 < t \leqslant 60$	166	162	158	152	141	124	117	115	113			
	B	$t \leqslant 16$	214	204	185	165	145	127	116	110	106			
		$16 < t \leqslant 40$	200	196	183	164	145	127	116	110	106			
		$40 < t \leqslant 60$	183	179	172	159	145	127	116	110	106			
410	A	$t \leqslant 16$	220	211	208	201	180	150	142	138	136			
		$16 < t \leqslant 40$	204	201	198	191	171	150	142	138	136			
		$40 < t \leqslant 60$	196	192	188	181	168	150	142	138	136			
	B	$t \leqslant 16$	248	235	216	194	171	152	141	134	130			
		$16 < t \leqslant 40$	235	228	213	192	171	152	141	134	130			
		$40 < t \leqslant 60$	222	215	204	188	171	152	141	134	130			
460	A	$t \leqslant 16$	260	248	243	235	210	176	168	162	158			
		$16 < t \leqslant 40$	235	230	227	220	198	176	168	162	158			
		$40 < t \leqslant 60$	227	222	218	210	194	176	168	162	158			
	B	$t \leqslant 16$	276	262	247	223	198	177	167	158	153			
		$16 < t \leqslant 40$	271	260	242	220	198	177	167	158	153			
		$40 < t \leqslant 60$	262	251	236	217	198	177	167	158	153			
490	A	$t \leqslant 16$	280	270	264	255	228	192	183	177	172			
		$16 < t \leqslant 40$	255	248	245	237	214	192	183	177	172			
		$40 < t \leqslant 60$	245	240	236	227	210	192	183	177	172			
	B	$t \leqslant 16$	297	284	265	240	213	192	182	173	168			
		$16 < t \leqslant 40$	29B	279	260	237	213	192	182	173	168			
		$40 < t \leqslant 60$	283	272	256	234	213	192	182	173	168			
1Cr0.5Mo		$t \leqslant 60$	284	270	265	248	236	216	205	199	194	188	181	174
2.25Cr1Mo		$t \leqslant 60$	255	249	241	233	226	219	212	207	194	180	160	137

高温破断平均应力 $R_{m100000}^{T}$　　表 3.5.5.2

温度 (℃)	钢级		温度 (℃)	钢级	
	360A 360B 410A 410B	460A 460B 490A 490B		1Cr0.5Mo	2.25Cr1Mo
	$R_{m100000}^{T}$ (N/mm²)			$R_{m100000}^{T}$ (N/mm²)	
380	171	227	480	210	170
390	155	203	490	177	153
400	141	179	500	146	137
410	127	157	510	121	122
420	114	136	520	99	107
430	102	117	530	81	93
440	90	100	540	67	79
450	78	85	550	54	69
460	67	73	560	43	59
470	57	63	570	35	51
			580		44

第6节 机械结构用钢

3.6.1 一般要求

3.6.1.1 焊接结构的机架、机座、涡轮机汽缸及减速齿轮箱等重要部件所用的轧制钢材，应采用镇静钢，其含碳量应不大于0.23%。

3.6.1.2 选用任何等级的一般强度船体结构用钢和高强度船体结构用钢时，应符合本章第2节和第3节的有关规定。

3.6.1.3 本章第5节所述的制造锅炉及受压容器用的碳钢和碳锰钢亦可作为机械结构用钢。作此项用途时，可按批进行检验，其批量的大小和拉伸试样的数量应符合本章3.2.4.2的规定。

对于工作温度高于50℃的重要机械构件，应将设计温度下的力学性能资料提交CCS备查。

第7节 低温韧性钢

3.7.1 适用范围

3.7.1.1 本节规定适用于建造液化气体运输船的液货舱、靠近液货舱的船体结构用的厚度不超过50mm的碳锰钢和镍合金钢。

3.7.1.2 对厚度超过50mm的碳锰钢和镍合金钢的要求需另行考虑。

3.7.1.3 本节规定的碳锰钢和镍合金钢，除适用于本节3.7.1.1规定的用途外，也可适用于工作温度低于0℃的其他用途。

3.7.2 脱氧方法和化学成分

3.7.2.1 钢材应为采用铝处理细化晶粒方法的全镇静钢。

3.7.2.2 钢材的桶样化学成分应符合表3.7.2.2的规定。

低温韧性钢的化学成分 表3.7.2.2

钢号	化学成分 (%)						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	其他元素
0.5NiA	≤0.14	0.7～1.60	0.1～0.50	≤0.025	≤0.02	0.3～0.80	Cr≤0.25 Mo≤0.08 Cu≤0.35 Cr+Mo+Cu≤0.60 Al(酸溶)≥0.015
0.5NiB	≤0.16	0.7～1.60	0.1～0.50	≤0.025	≤0.02	0.5～0.80	
1.5Ni	≤0.14	0.3～1.50	0.1～0.35	≤0.025	≤0.02	1.3～1.70	
3.5Ni	≤0.12	0.3～0.80	0.1～0.35	≤0.025	≤0.02	3.2～3.80	
5Ni	≤0.12	0.3～0.90	0.1～0.35	≤0.025	≤0.02	4.7～5.30	
9Ni	≤0.10	0.3～0.90	0.1～0.35	≤0.025	≤0.02	8.5～10.0	

注：① 含氮量应不超过0.009%(如含有铝时，应不超过0.012%)。

② 碳当量 C_{eq} 应根据炉罐分析结果按本章3.3.2.2中的公式计算。

3.7.3 热处理与力学性能

3.7.3.1 各级钢材的交货状态应符合表3.7.3.2的要求。

3.7.3.2 低温韧性钢的力学性能应符合表3.7.3.2的规定。

低温韧性钢的交货状态和力学性能　　表 3.7.3.2

钢号	交货状态	规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 不小于 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	夏比 V 型缺口冲击试验			
					试验温度 T (℃)	3 个试样冲击功的平均值不小于 (J)		单个试样冲击功的最小值不小于 (J)	
						纵向	横向	纵向	横向
0.5NiA	正火或淬火加回火	285	400 ～ 530	24	-60	41	27	27	18
0.5NiB		355	490 ～ 610	22	-60				
1.5Ni	正火或正火加回火或淬火加回火	275	470 ～ 640	22	-65				
3.5Ni		345	440 ～ 690	21	-95				
5Ni		390	520 ～ 710	21	-110				
9Ni	两次正火加回火或淬火加回火	490	640 ～ 830	19	-196				

3.7.3.3　力学性能试验试样的截取：

(1)　钢板：应从每一轧制件的一端截取 1 个拉伸试样和 1 组 3 个冲击试样；

(2)　型钢等其他钢材：应以同一炉罐号、同一规格、同一轧制方法和同一热处理状态为一批（每批最大重量为 10t），从每批钢材中任取一件截取 1 个拉伸试样和 1 组 3 个冲击试样；

(3)　拉伸与冲击试样的截取方向、试样形状和尺寸应符合本篇第 2 章与本章第 1 节有关规定，对于拟用于本节 3.7.1.1 所述用途的钢板，其冲击试样应取横向试样。

3.7.3.4　落锤试验

(1) 设计工作温度符合下列情况且厚度在 12mm 以上的钢板与型钢，应进行落锤试验：

①　碳锰钢拟用于设计工作温度低于 -40℃时；

②　0.5Ni 与 1.5Ni 钢拟用于设计工作温度低于 -60℃时；

③　3.5Ni 钢拟用于设计工作温度低于 -80℃时；

④　5Ni 钢拟用于设计工作温度低于 -90℃时；

(2) 落锤试验应从每炉罐钢中最厚的钢板或型钢上取 1 组 2 个试样进行无破裂的试验；

(3) 落锤试验应在比设计的工作温度低 5℃的试验温度下进行；

(4) 落锤试验的结果应提交 CCS 备查。

第 8 节　奥氏体不锈钢和双相不锈钢

3.8.1　适用范围

3.8.1.1　本节规定适用于散装化学品船或液化气体船的液货舱和油、气、水处理用受压容器或其他构件的奥氏体不锈钢和奥氏体 / 铁素体双相不锈钢（以下简称双相不锈钢）。

3.8.2　一般要求

3.8.2.1　本节规定的奥氏体不锈钢也适用于制造设计温度一般不低于 -165℃的压力容器。

3.8.2.2　本节规定的双相不锈钢一般适用于制造设计使用温度 0℃至 300℃之间的结构构件。

3.8.2.3　奥氏体不锈钢也可供高温条件下使用，但应向 CCS 提交化学成分、常温和工作温度下的力学性能、以及热处理工艺等详细资料。

3.8.3　化学成分

3.8.3.1　奥氏体不锈钢的熔炼分析化学成分应符合表 3.8.3.1 的规定。

奥氏体不锈钢的成分 表 3.8.3.1

钢号	相当于AISI标准	化学成分 (%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	其他
00Cr18Ni10	304L	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.03	17.0~20.0	9.0~12.0			
00Cr18Ni10N	304LN	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.03	17.0~19.0	8.5~11.5		0.12~0.22	
00Cr17Ni14Mo2	316L	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.03	16.0~18.5	12.0~15.0	2.0~3.0		
00Cr17Ni13Mo2N	316LN	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.03	16.0~18.5	10.5~14.5	2.0~3.0	0.12~0.22	
00Cr19Ni13Mo3	317L	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.03	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0		
00Cr19Ni13Mo3N	317LN	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.03	18.0~20.0	12.5~15.0	3.0~4.0	0.12~0.22	
0Cr18Ni11Nb	347	≤0.08	≤1.0	≤2.0	≤0.035	≤0.03	17.0~19.0	9.0~13.0			10C≤Nb≤1.0

3.8.3.2 双相不锈钢的熔炼分析化学成分应符合表3.8.2.2的规定。

双相不锈钢的化学成分 表 3.8.2.2

牌号	相当AISI标准	化学成分 (%)									
		C 不大于	Mn 不大于	Si 不大于	P 不大于	S 不大于	Cr	Ni	Mo	N	其他
00Cr22Ni5Mo3N	31803 32205	0.03	2.0	1.0	0.035	0.020	21.0~23.0	4.5~6.5	2.5~3.0	0.12~0.22	
00Cr25Ni6Mo3Cu	32550	0.03	2.0	1.0	0.035	0.010	24.0~26.0	5.5~7.5	2.7~3.9		1.0≤Cu≤2.0
00Cr25Ni7Mo4N3	32750	0.03	1.2	0.8	0.035	0.020	24.0~26.0	6.0~8.0	3.0~5.0	0.24~0.32	Cu≤0.05

3.8.4 热处理

3.8.4.1 所有奥氏体不锈钢和双相不锈钢均应以固溶状态交货。

3.8.5 力学性能

3.8.5.1 试样按本章3.5.4.1的规定切取。

3.8.5.2 除另有协议外，本节所列的奥氏体不锈钢一般不要求进行冲击试验。当奥氏体不锈钢用于-100℃及以下工作温度时，可要求进行-196℃温度下的夏比V型缺口冲击试验。试验的最低平均值应不低于27J(横向取样)。

3.8.5.3 奥氏体不锈钢的力学性能应符合表3.8.5.3的规定。

奥氏体不锈钢的力学性能 表 3.8.5.3

钢号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$① 不小于 (N/mm²)	规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$① 不小于 (N/mm²)	抗拉强度 R_m② 不小于 (N/mm²)	伸长率 A_5 不小于 (%)
00Cr18Ni10	175	215	480	40
00Cr18Ni10N	245	285	550	40
00Cr17Ni14Mo2	175	215	480	40
00Cr17Ni13Mo2N	245	285	550	40
00Cr19Ni13Mo3	205	245	520	40
00Cr19Ni13Mo3N	275	315	570	40
0Cr18Ni11Nb	205	245	520	40

注：① 一般测定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$。如合同另有规定，允许以非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 为交货条件。

② 奥氏体不锈钢的抗拉强度上限应不超过表列值加200 N/mm²。

3.8.5.4　双相不锈钢的力学性能应符合表3.8.5.4的规定。

双相不锈钢的力学性能　　表3.8.5.4

钢号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验		
				试验温度 (℃)	冲击值 (J)	
					纵向	横向
00Cr22Ni5Mo3N	450	620	25	-20	41	27
00Cr25Ni6Mo3Cu	490	690	25	-20	41	27
00Cr25Ni7Mo4N3	550	790	20	-20	41	27

3.8.6　晶间腐蚀试验

3.8.6.1　当要求进行不锈钢晶间腐蚀试验时，应按本章3.5.4.1的组批要求，与拉伸试验同时制取晶间腐蚀试验的试样，进行试验。

3.8.6.2　晶间腐蚀试验的试样制备和试验应按本篇第2章第7节的要求进行。

3.8.6.3　若客户有实际载货的特殊要求时，应按合同要求进行不锈钢的耐腐蚀试验。

第9节　复合钢板

3.9.1　适用范围

3.9.1.1 本节规定适用于化学制品运输船的容器和液货舱。

3.9.1.2 复合钢板系指由基体材料和在其单面或双面上整体结合的薄层（覆层金属）所组成的板材。

3.9.2　基体材料

3.9.2.1　凡适合采用轧制或爆炸复合方法结合的碳钢或碳锰钢均可作为基体材料。若板材拟用作船体结构的一部分（如液货舱），则基体材料应符合本章第2节及第3节的规定。若板材拟用于受压容器，则基体材料应符合本章第5节的规定。

3.9.2.2　制造厂应提供基体材料的化学成分、力学性能等资料。

3.9.3　覆层金属

3.9.3.1　凡适合于预定用途的材料，均可作为覆层金属，如奥氏体不锈钢、铬钢、铝合金或铜镍合金等。

3.9.3.2　制造厂应提供材料合格证书，并保证覆层金属的化学成分符合有关规定。如验船师有疑问时，可要求进行化学成分的复查。

3.9.3.3　无论何种复合钢板，其覆层金属的厚度均应经CCS认可。

3.9.4　热处理

3.9.4.1　板材应以最适合于复合钢板两种材料的热处理状态交货，热处理工艺应提交CCS备查。

3.9.5　粘合

3.9.5.1　基体材料和覆层金属相互间应充分粘合。除另有协议外，粘合面积比例至少应达到95%。如复合钢板在以后的焊接过程中发现焊接接头部位有未粘合的情况，应采取经CCS同意的方法进行粘合。

3.9.5.2 覆层金属与基体材料的粘合质量应采用超声波检测来检查，板厚不小于10mm者要逐张检查，板厚小于10mm者由验船师确定。对所有距四周边缘宽度不小于50mm的区域应进行100%检测检查，中间区域应沿间隔200mm四方环线进行连续的检测检查。允许存在的单个未粘合区域面积应不超过50mm^2，且各单个未粘合区域之间的距离应不小于500mm。

3.9.5.3 覆层金属与基体材料的粘合强度可用剪切试验来确定。

3.9.6 力学性能试验

3.9.6.1 拉伸试样与弯曲试样一般应为全厚度板状试样，但若板材厚度超过50mm或由于试验机能力的限制，则允许将试样机加工减薄。对于单面复合板，试样的两面均应机加工，使覆层金属和基体材料之间厚度比例与原来一样，但覆层金属的厚度不应减薄到3mm以下；对双面复合板的试样，可采用剖开办法减薄，此时两个半块均应进行试验。

3.9.6.2 拉伸试验时，应从每张钢板上制备2个试样，若复合钢板拟用于船体结构（如液货舱），在炉批号相同的条件下，可从每5张钢板中任选1张制备2个试样。

3.9.6.3 拉伸试验应按下述步骤进行：

先对一个完整的复合钢板（包括两面机加工减薄者）试样进行试验，测得的抗拉强度R_m应不小于按下式计算所得之值：

$$R_c = \frac{t_1 R_1 + t_2 R_2}{t_1 + t_2} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：t_1——基体材料的公称厚度，mm；

t_2——覆层材料的公称厚度，mm；

R_1——基体材料的规定最小屈服强度（R_{eH}）或非比例延伸强度（$R_{p0.2}$）或抗拉强度（R_m），N/mm^2；

R_2——覆层材料的规定最小屈服强度（R_{eH}）或非比例延伸强度（$R_{p0.2}$）或抗拉强度（R_m），N/mm^2；

R_c——复合钢板的规定最小屈服强度（R_{eH}）或非比例延伸强度（$R_{p0.2}$）或抗拉强度（R_m），N/mm^2。

如果R_c小于按上式计算所得之值，则应对另1个试样（去除覆层金属后的基体材料试样）进行试验，试验结果应符合基体材料的规定。

3.9.6.4 弯曲试验应从每张钢板上制备2个弯曲试样。对于单面复合钢板，应使1个试样的覆层金属受拉，另1个试样的覆层金属受压。对于双面复合钢板，则应使两面覆层金属均受拉、受压。弯曲角度为180°，弯芯直径D按基体材料的规定。试验后试样受拉表面应无裂纹，覆层金属与基体材料应无分离现象。

3.9.6.5 剪切试验应从每张钢板上制备1个横向试样，按CCS接受的方法进行试验，粘合面的抗剪强度应不低于下列规定：

(1) 对抗拉强度R_m＜280N/mm^{2}者，抗剪强度为抗拉强度的50%；

(2) 对抗拉强度R_m≥280N/mm^{2}者，抗剪强度为140N/mm^2。

3.9.6.6 如果对基体材料有冲击功的要求，则应按基体材料的有关规定，进行冲击试验。

3.9.7 耐腐蚀试验

3.9.7.1 当覆层材料为有耐腐蚀要求的不锈钢材料时，应按本篇第2章第7节的规定取样，对覆层材料进行耐晶间腐蚀试验。

第 10 节　Z　向　钢

3.10.1　一般要求

3.10.1.1　本节适用于因结构中承受厚度方向拉伸载荷而对钢材厚度方向有性能要求的厚度不小于 15mm 的板材与扁钢（简称 Z 向钢）。

3.10.1.2　Z 向钢是在某一等级结构钢（称为母级钢）的基础上，经过特殊处理（如钙处理、真空脱气、氩气搅拌等）和适当热处理的钢材。

3.10.1.3　Z 向钢根据厚度方向拉伸试样的断面收缩率的大小分为 Z25 和 Z35 两个级别。

3.10.2　标记

3.10.2.1　Z 向钢的标记是在母级钢的标记后面加上 Z 向钢等级的后缀 Z25 或 Z35。其中 Z 后面的数字为 Z 向钢规定最小厚度方向断面收缩率 Z_z 指标值。如标记 E32-Z35 表示为具有最小厚度方向断面收缩率为 35% 的 E32 级船体结构用钢。

3.10.3　化学成分

3.10.3.1　Z 向钢的化学成分除应符合母级钢规定外，其熔炼化学成分分析的硫含量应不大于 0.008%。

3.10.4　力学性能

3.10.4.1　除其母级钢的力学性能试验外，Z 向钢的厚度方向力学性能可按批量进行验收。每批材料应是同一炉号、相近厚度（厚度差不超 5mm），经过相同热处理规程。每批数量应符合表 3.10.4.1 的规定。

Z 向钢厚度方向力学性能试验的批量规定　　表 3.10.4.1

产品硫含量	$S \geqslant 0.005\%$	$S < 0.005\%$
板材	每件	≤ 50 t
厚度小于或等于 25mm 的宽扁钢	≤ 10 t	≤ 50 t
厚度大于 25mm 的宽扁钢	≤ 20 t	≤ 50 t

3.10.4.2　每批钢材选择有代表性的材料，按本篇第 2 章第 5 节的要求截取试件，制备试样。

3.10.4.3　每批取 3 个试样进行拉伸试验。试验结果应符合如下规定：

(1) 对 Z25 级钢，3 个试样的厚度方向断面收缩率的平均值应不小于 25%，其中允许 1 个单值小于规定值，但不小于 15%；

(2) 对 Z35 级钢，3 个试样的厚度方向断面收缩率的平均值应不小于 35%，其中允许 1 个单值小于规定值，但不小于 25%。

3.10.4.4　试验时若发生试样断在焊缝或热影响区内，可将该试样及试验结果作废。再在原取样处制取新的试样来代替。

3.10.4.5　若 3 个试样的平均值低于规定值，或两个试样的单值低于规定平均值但均大于 3.10.4.3 中对最小单值的规定时，则应对备用的 3 个试样进行试验。新的试验结果应与原来的结果一起取平均值，其值应大于规定的最小平均值（如图 3.10.4.5 所示）。

3.10.4.6　若复试不合格，则该批钢材应予拒收。若制造厂有要求，可将该批的剩余材料逐件按 3.10.4.3 ～ 3.10.4.5 的规定进行试验。符合要求的可以验收。

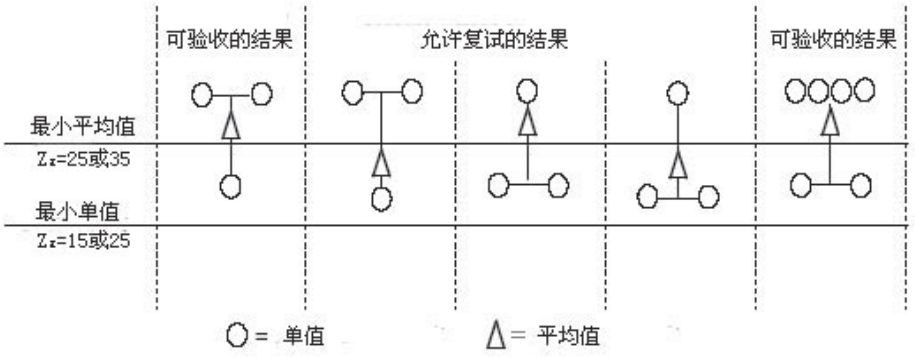


图 3.10.4.5 验收和复试的标准

3.10.5 超声波检查

3.10.5.1 Z 向钢应以交货状态，按经公认的标准，逐张进行超声波检测。检测的范围如下：

(1) 在钢板四周边缘宽度为 1.5 倍板厚，但不小于 100mm 的区域内进行 100% 的检测；

(2) 沿与钢板四周边平行，间隔为 100mm 的方格线进行连续检测。

第 11 节 适应高热输入焊接的船体结构钢

3.11.1 一般规定

3.11.1.1 本节规定的具有高热输入焊接适应性的钢材是适应采用最高热输入超过 50kJ/cm 焊接工艺的船体结构钢。

3.11.1.2 具有高热输入焊接适应性的钢材是在某一等级船体结构钢（称为母级钢）的基础上，经化学成分少量调整处理的钢材。因此除本节规定外,还应符合其母级钢（见本章第 2 节和第 3 节）的所有要求。

3.11.2 标记

3.11.2.1 具有适应高热输入焊接的钢材的标记是在母级钢标记后加上适应最高热输入的标记。最高热输入的标记为 W 加上适应最高热输入值。如标记 A32-W60 即表示为适应最高焊接热输入为 60kJ/cm 的 A32 级高强度船体结构钢。

3.11.3 焊接性能

3.11.3.1 船体结构钢所适应的最高焊接热输入应由钢厂根据其研制的情况提出，并经焊接试验证明。

3.11.3.2 高热输入焊接试验通常仅在钢材产品认可时进行。在日常生产中，验船师可根据常规检验时的冲击试验显示的情况，要求抽样进行高热输入焊接试验。

3.11.3.3 高热输入焊接试验可采用本规范第 3 篇第 3 章第 2 节对接焊工艺认可试验的平板对接焊试验。

3.11.3.4 焊接时采用的线能量应为制造厂建议的最高热输入，在平焊位置上进行焊接。

3.11.3.5 除本规范第 3 篇第 3 章 3.2.4 规定外，还应增加对距熔合线 5mm 和不超过 10mm(视原试验情况而定）两处热影响区的冲击试验。

3.11.3.6 所有试验结果应符合对母级钢的有关规定。

第4章　钢　　管

第1节　一 般 规 定

4.1.1　适用范围

4.1.1.1　本章规定适用于锅炉管和过热器管以及建造锅炉、受压容器和压力管系所用的钢管。

4.1.1.2　在高温下工作的钢管，应将其高温力学性能资料提交CCS认可。

4.1.1.3　所有钢管（除Ⅲ级管外）的制造和试验，除符合本篇第1章和第2章的规定外，还应符合本章各节的规定。（本章涉及的管系的分级参见CCS《钢质海船入级规范》第3篇第2章的有关规定）

4.1.1.4　Ⅲ级管系用的钢管，可按公认的有关标准进行制造、试验和验收。

4.1.1.5　海底管系用的钢管，可按公认的有关标准进行制造、试验和验收。

4.1.2　制造

4.1.2.1　钢管应由CCS认可的工厂制造。除另有协议外，所用钢材应采用碱性吹氧转炉、电炉或平炉冶炼的镇静钢，并应采用模铸或经CCS认可的连铸工艺。

4.1.2.2　钢管可采用下列方法制造：

(1)　热轧无缝钢管工艺；

(2)　冷拔无缝钢管工艺；

(3)　电阻焊或高频电流焊的焊接管工艺；

(4)　电弧焊的焊接管工艺。

4.1.2.3　制造过程中，与任何有色金属或其化合物相接触的钢管的表面应无污染，以免对其后的加工和使用产生不良影响。

4.1.3　质量

4.1.3.1　无缝钢管的内、外表面应无裂缝、折叠、分层、结疤、轧折、发纹等缺陷存在。如有上述缺陷则应清除，且被清除部位的壁厚应不小于最小壁厚。

4.1.3.2　焊接钢管的内、外表面不允许存在裂缝、结疤、错位、毛刺、烧伤、压痕和深的划道等缺陷。但允许存在深度不超过壁厚允许偏差范围的小压痕、轻微的错位、辊印线、薄的氧化铁皮以及打磨与清除外毛刺的痕迹等缺陷。

4.1.3.3　钢管的外观应平直。钢管末端的切口应无毛刺，并应与该管轴线垂直。

4.1.3.4　钢管的品种规格和尺寸公差应符合公认的有关标准。

4.1.4　化学成分

4.1.4.1　钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合本章各节的有关规定。

4.1.5　热处理

4.1.5.1　所有钢管应进行热处理，并应按本章各节的有关规定以相应的热处理状态交货。

4.1.6　试验与试样

4.1.6.1　钢管可按批检查和试验。每一批钢管应由同一钢种、同一规格、同一炉罐号和同一热处理规程的钢管组成。

4.1.6.2　对于Ⅰ级压力管系用的钢管、锅炉管和过热器管，应从每批钢管中任选至少 2% 根数的钢管制备所需的试样。

4.1.6.3　对于Ⅱ级压力管系用的钢管，取样批量应不超过表 4.1.6.3 的规定。试样的数量，应从每批或不足一批的钢管中，任选至少 1 根管子制备所需的试样。

Ⅱ级钢管取样批量　　表 4.1.6.3

钢管外径 D(mm)	每批数量（根）
$D \leqslant 325$	200
$D > 325$	100

4.1.6.4　应按本篇第 2 章以及本章各节的有关规定，截取和加工所需的试样，并进行试验和验收。

4.1.6.5　试样应沿钢管纵向截取，但对直径不小于 200mm 的钢管，也可垂直于钢管轴线截取横向试样。

4.1.7　目检和无损检测

4.1.7.1　所有的Ⅰ级和Ⅱ级压力管系用钢管、锅炉管和过热器管均应提交 CCS 验船师进行内外表面目检和尺寸校核。

4.1.7.2　所有焊接钢管应采用无损检测方法对所有焊缝区域进行检测，其结果应符合公认的有关标准。

4.1.8　液压试验

4.1.8.1　每根钢管均应在制造厂进行液压试验。经 CCS 同意，也可用超声波检测或涡流检测代替液压试验，但制造厂应提供证明该方法可靠性的技术文件。

4.1.8.2　应按下列规定进行液压试验：

(1)　试验压力应为钢管工作压力的 2 倍，且不低于 7.0MPa。如订货方要求，亦可按合同要求的试验压力进行试验，但应将有关资料提交 CCS 备查；

(2)　本条 (1) 中所述的试验压力 P 不必超过按下式确定的值：

$$P = 2\sigma_t / D \quad \text{MPa}$$

式中：D——钢管的公称外径，mm；

t—— 钢管的公称壁厚，mm；

σ_t——许用应力值，MPa；对于碳钢钢管，为屈服强度（R_{eH} 或 $R_{p0.2}$）的 80%；对于奥氏体不锈钢钢管，为规定非比例延伸强度（$R_{p1.0}$）的 70%。

(3)　在试验压力下应保持足够的时间，以便进行检查。

4.1.9　钢管缺陷的修补

4.1.9.1　钢管表面的缺陷，如修整后管壁厚度不小于所规定的最小厚度时，允许用机械方法进行打磨，然后光滑过渡至钢管表面。

4.1.9.2　当拟用焊补修复钢管表面的小缺陷时，应将焊补工艺规程，包括预热和焊后热处理等资料提交 CCS 认可。修补区域均应进行磁粉检测。奥氏体钢管在完成焊补、热处理和打磨之后，应进行着色检测。

4.1.10　标记

4.1.10.1　制造厂应在已验收钢管的端部清晰地标上CCS的标志及下列标记：

(1) 制造厂名称及商标；

(2) 钢管的规格和钢级标记；

(3) 炉罐号或供查阅钢管全部生产过程的识别标志；

(4) 负责最终检验的验船师的印章。

钢印应用油漆框出，以求明显易认。

4.1.11　合格证书

4.1.11.1　制造厂应出具包括下列内容的钢管产品合格证书：

(1) 订货方的名称和合同号；

(2) 钢管发货、收货地址；

(3) 钢管规格及钢级；

(4) 钢管技术条件；

(5) 炉罐号和化学成分；

(6) 力学性能试验结果和晶间腐蚀试验结果（如进行该项试验）；

(7) 交货状态。

如制造厂使用由炼钢厂提供的钢材时，则炼钢厂应出具证明，说明炼钢方法、炉罐号和化学成分，且该炼钢厂应经CCS认可。

第2节　无缝压力管

4.2.1　适用范围

4.2.1.1　本节规定适用于碳钢、碳锰钢和低合金钢制成的铁素体钢无缝压力管。

4.2.2　制造和化学成分

4.2.2.1　无缝压力管应采用热轧或冷拔工艺进行制造。

4.2.2.2　钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合表4.2.2.2的规定。

无缝压力管钢材的脱氧方法和化学成分　　表4.2.2.2

钢种	强度级 (N/mm^2)	脱氧方法	化学成分 (%)											
			C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	Cu	Sn	V	Al
碳钢和碳锰钢	320	半镇前或镇静	≤0.16		0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	Ni≤0.30 Cr≤0.25 Mo≤0.10 Cu≤0.30 残余元素总量G0.70						
	360		≤0.17	≤0.35	0.4~0.8	≤0.04	≤0.04							
	410	镇静	≤0.21	≤0.35	0.4~1.2	≤0.04	≤0.04							
	460		≤0.22	≤0.35	0.8~1.4	≤0.04	≤0.04							
	490		≤0.23	≤0.35	0.8~1.5	≤0.04	≤0.04							
1Cr0.5Mo	440	镇静	0.1~0.18	0.1~0.35	0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	≤0.3	0.7~1.1	0.45~0.65	≤0.25	≤0.03	-	≤0.02
2.25Cr1Mo	410 490		0.08~0.15	0.1~0.35	0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	≤0.3	2.0~2.5	0.9~1.2	≤0.25	≤0.03	-	≤0.02
0.5Cr0.5Mo0.25V	460		0.1~0.18	0.1~0.35	0.4~0.7	≤0.04	≤0.04	≤0.3	0.3~0.6	0.5~0.7	≤0.25	≤0.03	0.22~0.32	≤0.02

4.2.3　热处理

4.2.3.1　钢管应进行热处理并应符合下列规定：

(1)　对碳钢、碳锰钢无缝钢管应作正火或正火加回火处理，但如热轧的终轧温度足以使钢管软化时，则可以采用热轧状态交货；

(2)　对合金钢无缝压力管应按表4.2.3.1(2)进行热处理。

合金钢无缝压力管　　表4.2.3.1(2)

合金钢	热处理工艺
1Cr0.5Mo	正火加回火
2.25Cr1Mo　410强度级 490强度级	完全退火 正火加回火（回火温度650℃~780℃或650℃~750℃）
0.5Cr0.5Mo0.25V	正火加回火

4.2.4　力学性能和工艺性能

4.2.4.1　钢管可按批验收，取样数量应符合本章4.1.6的规定。进行试验的每根压力管应进行拉伸和压扁或弯曲试验，试验结果应符合表4.2.4.1的规定。

无缝压力管的力学性能和工艺性能　　表4.2.4.1

钢种	强度级 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验 弯心直径 (mm)
碳钢和碳锰钢	320	320	195	25	0.10	$4t$ (t为厚度)
	360	360	215	24	0.10	
	410	410	235	22	0.08	
	460	460	265	21	0.07	
	490	490	285	21	0.07	
1Cr0.5Mo	440	440	275	22	0.07	$4t$
2.25Cr1Mo	410	410	135	20	0.07	$4t$
	490	490	275	16		
0.5Cr0.5Mo0.25V	460	460	275	15	0.07	$4t$

注：①　对碳钢和碳锰钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为120N/mm^2。

②　对合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为150N/mm^2。

4.2.4.2　供设计用的无缝压力管的高温力学性能分别见表4.2.4.2(1)和表4.2.4.2(2)。

无缝压力管的高温屈服强度　　表4.2.4.2(1)

钢种	强度级 (N/mm^2)	高温屈服强度 R_e^T 不小于 (N/mm^2)											
		温度(℃)											
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
碳钢和碳锰钢	320	172	168	158	147	125	100	91	88	87	–	–	–
	360	192	187	176	165	145	122	111	109	107	–	–	–
	410	217	210	199	188	170	149	137	134	132	–	–	–
	460	241	234	223	212	195	177	162	159	156	–	–	–
	490	256	249	237	226	210	193	177	174	171	–	–	–
1Cr0.5Mo	440	254	240	230	220	210	183	169	164	161	156	151	
2.25Cr1Mo	410①	121	108	99	92	85	80	76	72	69	66	64	62
	490②	268	261	253	245	236	230	224	218	205	189	167	145
0.5Cr0.5Mo0.25V	460	266	259	248	235	218	192	184	177	168	155	148	–

注：① 退火状态。

② 正火加回火状态。

无缝压力管的高温破断平均应力　　表 4.2.4.2(2)

钢种	强度级 (N/mm^2)	100000h 下破断强度 d5 参考值 (N/mm^2)																				
		温度（℃）																				
		380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580
碳钢和碳锰钢	320	171	155	141	127	114	102	90	78	67	57	47	36	–	–	–	–	–	–	–		–
	360	171	155	141	127	114	102	90	78	67	57	47	36	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	410	171	155	141	127	114	102	90	78	67	57	47	36	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	460	227	203	179	157	136	117	100	85	73	63	55	47	41	–	–	–	–	–	–	–	–
	490	227	203	179	157	136	117	100	85	73	63	55	47	41	–	–	–	–	–	–	–	–
1Cr0.5Mo	440	–	–	–	–	–		–	–	–	–	210	177	146	121	99	81	67	54	43	35	–
2.25Cr1Mo	410（退火）	–	–	–	–	–	–	–	196	182	168	154	141	127	115	102	90	78	69	59	51	44
	490①（正火加回火）	–	–	–	–	–	–	–	221	204	186	170	153	137	122	107	93	79	69	59	51	44
0.5Cr0.5Mo0.25V	460	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	218	191	170	150	131	116	100	85	72	59	46

注：① 若回火温度高于 750℃时，应参考 410 强度级的数值。

第 3 节　焊接压力管

4.3.1　适用范围

4.3.1.1　本节规定适用于碳钢、碳锰钢和合金钢制造的铁素体钢焊接压力管。

4.3.1.2　如采用纵向埋弧焊焊制钢管时，应将其详细资料提交 CCS 认可。

4.3.2　制造和化学成分

4.3.2.1　焊接管应采用电阻焊或高频焊工艺制造。

4.3.2.2　钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合本章表 4.2.2.2 的规定，但其中 490N/mm^2 强度级的碳钢和碳锰钢、2.25Cr1Mo 和 0.5Cr0.5Mo0.25V 合金钢除外。

4.3.3　热处理

4.3.3.1　钢管的热处理应符合下列规定：

(1) 对碳钢和碳锰钢钢管，应作正火处理，制造厂也可自行决定进行正火加回火处理；

(2) 对合金钢钢管，应作正火加回火处理。

4.3.4　力学性能和工艺性能

4.3.4.1　钢管应按本章 4.1.6 的规定按批验收。应从钢管上交替地截取试样中心带焊缝和不带焊缝的两种试样，凡位于试样标距范围内的焊缝余高应予以去除。

4.3.4.2　进行试验的每根耐压管应进行拉伸和压扁或弯曲试验，试验结果应符合本章表 4.2.4.1 的规定，但其中 490N/mm^2 强度级的碳钢和碳锰钢、2.25Cr1Mo 和 0.5Cr0.5Mo0.25V 合金钢钢管除外。

4.3.4.3　320 ～ 460 N/mm^2 强度级的碳钢和碳锰钢以及 1Cr0.5Mo 合金钢的高温力学性能见本章表 4.2.4.2(1) 和 (2)。

第 4 节　锅炉管与过热器管

4.4.1　适用范围

4.4.1.1　本节规定适用于碳钢、碳锰钢和低合金钢制造的锅炉管与过热器管。

4.4.2　制造及化学成分

4.4.2.1　锅炉管与过热器管应为无缝钢管或焊接管，并应符合本章第 2 节和第 3 节的有关规定。所用钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合本章表 4.2.2.2 的规定，但其中 490N/mm² 强度级的碳钢和碳锰钢和 0.5Cr0.5Mo0.25V 合金钢除外。

4.4.3　热处理

4.4.3.1　锅炉管与过热器管均应进行热处理，并应符合表 4.4.3.1 的规定。

锅炉管与过热器管的交货状态　　表 4.4.3.1

钢种		交货状态
碳钢和碳锰钢		正火或正火加回火①
1Cr0.5Mo		正火加回火②
2.25Cr1Mo	410 强度级	完全退火
	490 强度级	正火并在 650℃ ~780℃或 650℃ ~750℃回火

注：① 对热轧无缝钢管工艺制造的锅炉管和过热器管，当终轧温度足以使钢管软化时，可采用热轧状态交货。

② 含碳量大于 0.15% 的 1Cr0.5Mo 合金钢管可采用正火状态交货。

4.4.4　力学性能和工艺性能

4.4.4.1　钢管可按批验收，并应符合本章 4.1.6 的规定。进行试验的每根锅炉管与过热器管至少应进行拉伸、压扁或弯曲、扩口或卷边试验，试验结果应符合表 4.4.4.1 的规定。

锅炉管与过热器管的力学性能与工艺性能　　表 4.4.4.1

钢种	强度级 (N/mm²)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm²) ①	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm²) ①	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验弯心直径 (mm)	扩口或卷边试验外径扩大值 (%) 内径 / 外径		
							≤ 0.6	> 0.6 ≤ 0.8	> 0.8
碳钢和碳锰钢	320	320	195	25	0.10	4t (t 为厚度)	12	15	19
	360	360	215	24	0.10		12	15	19
	410	410	235	22	0.08		10	12	17
	460	460	265	21	0.07		8	10	15
1C10.5Mo	440	440	275	22	0.07	4t	8	10	15
2.25Cr1Mo	410	410	135	20	0.07	4t	8	10	15
	490	490	275	16					

注：① 对碳钢和碳锰钢，表中各强度级的抗拉强度范围均为 120N/mm²。

② 对合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为 150N/mm²。

4.4.4.2　320 ～ 460 N/mm² 强度级的碳钢和碳锰钢以及 1Cr0.5Mo 和 2.25Cr1Mo 合金钢的高温力学性能见本章表 4.2.4.2(1) 和 (2)。

第 5 节　低温铁素体钢压力管

4.5.1　适用范围

4.5.1.1　本节规定适用于设计温度低于 0℃的液化气体运输船的液货舱和加工处理设备用的，由碳钢、碳锰钢或镍合金钢制造的钢管。

4.5.2　制造和化学成分

4.5.2.1　钢管的制造方法应符合表 4.5.2.1 的规定。

低温铁素体钢压力管的制造方法　　表 4.5.2.1

钢种	制造方法
碳钢和碳锰钢	热轧或冷拔无缝工艺或电阻焊或高频焊工艺
镍合金钢	热轧或冷拔无缝工艺

4.5.2.2　钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合表 4.5.2.2 的规定。

低温铁素体钢压力管钢材的脱氧方法和化学成分　　表 4.5.2.2

钢种	强度级 (N/mm^2)	脱氧方法	化学成分 (%)							
			C	Si	Mn	P	S	Ni	残余元素	其他元素①②
碳钢	360	全镇静细化晶粒处理	≤ 0.17	0.10~0.35	0.40~1.00	≤ 0.045	≤ 0.045		Cr ≤ 0.25；Cu ≤ 0.30 Mo ≤ 0.10；Ni ≤ 0.30 总量≤ 0.70	Al ≥ 0.015（纯金属）
碳锰钢	410 460		≤ 0.20	0.10~0.35	0.60~1.40	≤ 0.045	≤ 0.045			Al ≥ 0.015（纯金属）
3.5Ni	440	全镇静	≤ 0.15	0.10~0.35	0.30~0.90	≤ 0.040	≤ 0.040	3.25~3.75	Cr ≤ 0.25 Cu ≤ 0.30 Mo ≤ 0.10 总量≤ 0.60	–
9Ni	690		≤ 0.13	0.10~0.35	0.30~0.90	≤ 0.040	≤ 0.040	8.50~9.50		–

注：① 可用其他细晶元素部分或全部代替铝。

② 当规定最低含铝量为 0.015% 时，测出的总含铝量应不低于 0.018%。

4.5.3　热处理

4.5.3.1　钢管的热处理应符合表 4.5.3.1 的规定。

低温铁素体钢压力管的热处理　　表 4.5.3.1

钢种	热处理规程
碳钢或碳锰钢	热轧、正火或正火加回火
3.5Ni	正火或正火加回火
9Ni	两次正火加回火或淬火加回火

4.5.4　力学性能和工艺性能

4.5.4.1　钢管应按本章 4.1.6.2 和 4.1.6.3 所规定的试样数量进行拉伸和压扁或弯曲试验。

若钢管的壁厚不小于 6mm 时，还应按本节表 4.5.4.2 所规定的温度进行冲击试验。冲击试验应取 1 组 3 个的夏比 V 型缺口冲击试样，试样应沿钢管纵向截取，且缺口应垂直于钢管表面。试样尺寸和试验方法应符合本篇第 2 章的有关规定。

4.5.4.2　试验结果应符合表 4.5.4.2 的规定。

低温铁素体钢压力管的的力学性能和工艺性能　　表 4.5.4.2

钢种	强度级 (N/mm^2)	抗拉强度① R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度① R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验弯芯直径 (mm)	夏比 V 型缺口冲击试验	
							试验温度 (℃)	平均冲击②不小于 (J)
碳钢	360	360	210	24	0.10	$4t$(t 为厚度)	③	27
碳锰钢	410	410	235	22	0.08	$4t$		27
	460	460	260	21	0.07			
3.5Ni	440	440	245	16	0.08	$4t$	－100	34
9Ni	490	490	310	15	0.08	$4t$	－196	41

注：① 对碳钢和碳锰钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为 120N/mm^2；对镍合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为 150 N/mm^2。

② 冲击试样的冲击功，一个单值可以低于表中所规定的平均值，但应不低于该值的 70%。

③ 试验温度应低于设计温度 5℃或为 -20℃，取其较低者。

第 6 节　奥氏体不锈钢压力管

4.6.1　适用范围

4.6.1.1　本节规定适用于设计温度不低于 -165℃的液化气运输船和散装化学品船的货舱和加工处理设备用的奥氏体不锈钢压力管。

4.6.1.2　奥氏体不锈钢压力管也适用于高温场合，但应将其化学成分、力学性能和热处理规程等详细资料提交 CCS 认可。

4.6.2　制造和化学成分

4.6.2.1　钢管应采用无缝或连续自动电弧焊工艺制造。施焊时应沿纵向焊接。

4.6.2.2　钢材的桶样化学成分应符合表 4.6.2.2 的规定。

奥氏体不锈钢压力管钢材的化学成分　　表 4.6.2.2

钢种	化学成分 (%)								其他元素
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	
00Cr18Ni10	≤ 0.03	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.045	≤ 0.03	17.0 ～ 19.0		9.0 ～ 13.0	-
00Cr17Ni14Mo3						16.0 ～ 18.5	2.0 ～ 3.0	11.0 ～ 14.5	-
0Cr18Ni9Ti	≤ 0.08					17.0 ～ 19.0		9.0 ～ 13.0	5×C% ≤ Ti ≤ 0.08
1Cr18Ni11Nb						17.0 ～ 19.0		9.0 ～ 13.0	10×C% ≤ Nb ≤ 1.0

4.6.3　热处理

4.6.3.1　所有的钢管均应进行固溶处理。

4.6.4　力学性能和工艺性能

4.6.4.1　对Ⅰ级和Ⅱ级奥氏体不锈钢压力管应按本章 4.1.6 规定的试样数量按批试验。进行试验的每根钢管应进行拉伸试验和压扁或弯曲试验，试验结果应符合表 4.6.4.1 的规定。

奥氏体不锈钢压力管的力学性能和工艺性能　　表 4.6.4.1

钢种	抗拉强度不小于 (N/mm^2)	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)	规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	压扁试验系数 C	弯曲试验弯心直径 (mm)
00Cr18i10	490	175	205	30	0.09	3t(t 为厚度)
00Cr17Ni14Mo3		185	215	30		
0Cr18Ni9Ti	510	195	235	30	0.09	3t
1Cr18Ni11Nb		205	245	30		

注：①　表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为 200 N/mm^2。

②　$R_{p0.2}$ 仅作参考。除另有协议外，一般不要求测定该项数据。

4.6.5　晶间腐蚀试验

4.6.5.1　凡用于散装化学品船的钢管，应按本篇第 2 章第 7 节的规定进行晶间腐蚀试验，试样制备应符合下列规定：

(1) 按本章 4.1.6 所规定的批量，从每批钢管中选取 1% 根数（至少 1 根）的钢管制备试样；

(2) 试样总面积应不小于 1500mm^2，但不大于 3500mm^2；对外径不大于 40mm 的钢管，应采用全截面试样；而对较大的钢管，应沿圆周方向截取全厚度的、宽度不小于 12.5mm 的条状试样。

第 5 章 锻 钢 件

第 1 节 一 般 规 定

5.1.1 适用范围

5.1.1.1 本章规定适用于船体、机械、受压容器及管系用的锻钢件，其制造方法应符合本篇第 3 章 3.1.2.2 和 3.1.2.3 的规定。采用本章规定以外的碳钢、碳锰钢或合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等资料提交 CCS 认可，经同意后，可按公认的有关标准验收。

5.1.1.2 本章要求也适用于代替锻钢件的轧制扁坯和方坯，以及用于机加工制造轴类、螺栓、螺柱及形状类似的其他部件的轧制圆钢。

5.1.1.3 锻钢件应由 CCS 认可的工厂制造。用于锻件制造的坯料应由 CCS 认可的工厂制造。

5.1.2 化学成分

5.1.2.1 锻钢件的桶样化学成分应符合本章各节的规定。具体化学成分的选择应适合于钢材的种类、锻钢件的尺寸和规定的力学性能。

5.1.2.2 除另有规定外，制造厂可自行决定添加适当的细化晶粒元素，如 Al、Nb、V 等，但应在化学成分报告中注明。

5.1.2.3 在锻件技术条件中作为残余元素的元素不应有意加入钢中。这些元素的含量应予以报告。

5.1.3 锻制与焊接

5.1.3.1 所有锻钢件应采用镇静钢锻制。

5.1.3.2 如锻钢件由铸锭直接锻制或由铸锭锻成的方坯锻制时，铸锭应在金属铸型中铸成，其上端应具有较大的横截面和有效的冒口。

5.1.3.3 锻钢件应缓慢、均匀地加热，并应尽可能将锻钢件制成接近成品的尺寸和形状且有合理的加工余量。

5.1.3.4 钢锭的顶部和底部应切去足够的弃料，以保证成品锻钢件中不致有缩孔或偏析等有害缺陷。

5.1.3.5 所有锻钢件的心部区域应能达到足够的塑性变形量。塑性变形应使锻件在热处理后的组织均匀且无影响使用的缺陷，并具有满意的力学性能。对主要呈纵向纤维的锻钢件，其锻造比应不小于表 5.1.3.5 的规定。

盘形锻钢件（如齿轮）应采用镦粗法锻制，如钢坯经锻造比不低于 1.5:1 的初锻，则该盘形锻钢件的任何部位的厚度应不大于该钢坯长度的 1/2。如所用的坯料系直接切自钢锭或者钢坯经过锻造比低于 1.5:1 的初锻，则该盘形锻钢件任何部分的厚度应不大于原坯料长度的 1/3。

锻钢件的锻造比 **表 5.1.3.5**

锻制方法	总锻造比①②
直接由钢锭锻制或由钢锭锻成的钢坯锻制	$L > D$ 时，3:1 $L \leqslant D$，1.5:1
由轧制产品锻制③	$L > D$，4:1 $L \leqslant D$，2:1

注：① 锻造比系指钢锭平均横截面积与锻钢件截面积（毛坯）之比，如果钢锭经受过初锻，则可取初锻后的平均横截面面积作为计算锻造比的基准。

② L 和 D 系指成品锻钢件的长度和直径。

③ 作为代替锻钢件的轧制钢棒，其总锻造比应不小于 6:1。

5.1.3.6 环形锻钢件和其他类型的空心锻钢件，应由切自钢锭或钢坯的坯料锻制，而这些坯料在心轴扩拔之前，应经适当的冲孔、钻孔或套孔，或者采用取自空心钢锭上的坯料。锻钢件的壁厚应不大于该空心坯料壁厚的1/2。如难以符合上述要求，锻造工艺应能保证坯料在冲孔、钻孔或套孔等工序前，经过适当的加工处理，例如锻造比不低于2:1的纵向加工或锻粗加工。

5.1.3.7 对使用时要求具有一定的纤维方向的锻钢件，例如曲轴，其制造工艺应提交CCS认可。

5.1.3.8 当用焊接方法将锻件与其他钢构件连接成一个组合部件时，应将焊接工艺规程提交CCS认可。必要时可要求进行焊接工艺认可试验。

5.1.4 热处理

5.1.4.1 锻钢件经热锻后，在适当的加工阶段，应进行最终热处理，以便细化晶粒组织并获得所要求的力学性能。

5.1.4.2 如果由于某种原因，锻钢件应重新加热以进一步作成型热加工时，则应再作一次热处理。

5.1.4.3 当采用气割、火焰表面清理或碳弧气刨将锻坯、轧制扁坯或钢锭进行切割或修整时，应按公认的可行方法进行，并且除另经批准外，该项工序应在最终热处理之前完成，并应根据坯件的成分和厚度进行适当的预热。

5.1.4.4 如果锻钢件在最终热处理后，需经受局部加热、进行热矫直或冷矫直，则应对该锻钢件作消除残余应力处理。

5.1.4.5 对需要作表面硬化处理的锻钢件，应将其工艺规程提交CCS备查，且制造厂应通过试验证实该锻钢件表面硬化层的硬度和深度，确能达到要求的质量而又不致损害锻钢件本体的性能。

5.1.4.6 锻件应保留载明所采用的热处理炉、炉料批号、处理日期、保温温度与时间等信息的热处理记录。在验船师有要求时应出示记录。

5.1.5 试验材料和试验

5.1.5.1 锻钢件试件的截面尺寸应与所代表的锻钢件的那一部分截面相同。试件应与锻钢件构成整体且与锻钢件经受相同的热处理，并在相当于钢锭的冒口端取样。当一个锻钢件在锻造后分成若干个单件，且所有单件都装入同一炉进行热处理时，则在试验时，可把这些单件看作一个锻钢件，所规定的试验次数应与原始锻钢件的总长度和重量有关。

试件的大小应符合所需试验和可能进行的复试的需要。

5.1.5.2 具有同一炉罐号、同一热处理规程、形状和尺寸相近的小型锻钢件，可按下列要求进行批量试验：

(1) 对单件1000kg以下的正火锻件，每批重量不超过6t；

(2) 对单件500kg以下的淬火加回火锻件，每批重量不超过3t；

(3) 对锻制圆钢，每批重量不超过2.5t。

批量试验时，可取其中一个锻钢件作为试件或采用在同样锻造和热处理规程下单独锻制的锻钢件作为试件，并标注批号标记。

5.1.5.3 试样的制备应符合本篇第2章和本章各节的有关规定。拉伸和冲击试样的取向应与锻钢件的纤维方向成一定关系，其规定如下：

纵向：试样的轴线平行于非弯曲纤维的延伸方向；

切向：试样的轴线与弯曲纤维的方向相切；

横向：试样的轴线与非弯曲纤维或弯曲纤维的方向垂直。

5.1.5.4 一般情况下，截取试样时，应使试样的轴线位置符合下列要求：

(1) 对厚度或直径小于或等于50mm的锻件，试样的纵轴线应位于厚度中间或横截面中心处；

(2) 对厚度或直径大于50mm的锻件，试样的纵轴线应位于锻件热处理表面下1/4厚度（或半径的一半）或80mm处，（取较小值）。

5.1.5.5 除另有规定者外，试件在所有热处理完成前不应从锻件上取下。

5.1.5.6 拉伸试样横截面的面积应不小于150mm^2。若确因锻钢件尺寸所限，也应尽可能取最大的实际横截面，并应征得CCS的同意。除另有规定外，制造厂可自行决定选用夏比V型缺口或夏比U型缺口的冲击试样。

5.1.5.7 拉伸试验和冲击试验应符合本篇第2章的要求。凡本章各节中有要求时，应进行硬度试验。

5.1.6 目检和无损检测

5.1.6.1 在验收时，所有锻钢件应提交验船师作内、外表面的目检。制造厂应负责校核锻钢件的尺寸精度。

5.1.6.2 钢坯或锻钢件应按本章各节的有关要求作低倍组织检查，并应符合公认的有关标准。

5.1.6.3 锻钢件的表面应保持清洁。除锻钢件以粗加工状态交货外，可在必要时采用局部磨削、喷丸、喷砂或钢丝刷清理以及酸洗或其他化学方法清理表面。

5.1.6.4 锻钢件在完成机加工后，应按本章各节的有关要求进行磁粉检测或着色检测，并符合公认的检测方法与判定标准。当采用外加电流法磁化工件时，应避免磁化电流损伤电极处的工件表面。

5.1.6.5 锻钢件在机加工到适当阶段和最终热处理后，应在其表面作径向和/或轴向的超声波检测，并符合公认的检测方法与判定标准。

5.1.6.6 除CCS验船师同意外，上述无损检测应有验船师在场时进行。

5.1.7 缺陷的修整

5.1.7.1 锻钢件表面的轻微缺陷可用銼凿或修磨的方法去除，銼凿或修磨的宽度应不小于深度的3倍，且边缘处有足够大的过渡圆角。必要时可采用磁粉检测或渗透检测方法证实缺陷确已消除。

5.1.7.2 锻钢件表面一般不允许用焊补方法修整缺陷。除曲轴锻钢件外，经CCS同意，对锻件上的低应力区域的小的缺陷可以焊补，但应将焊补及焊后热处理的详细资料及检查程序提交CCS认可。

5.1.8 标记

5.1.8.1 锻钢件制造厂对经CCS验收的每一锻钢件，应至少在一个位置清晰地标出CCS的标志及下列标记：

(1) 炉罐号及供查阅此锻钢件锻制过程的标记；

(2) 生产厂名或商标；

(3) CCS负责检验的单位及其钢印；

(4) 负责检验的验船师的印章；

(5) 试验压力（如有时）。

钢印应用油漆框出，以求明显易认。

5.1.8.2 以批量生产交货的小型锻件的标识方法可由生产厂提交CCS备案。

5.1.9 合格证书

5.1.9.1 制造厂应对每一锻钢件或成批锻钢件提供包括下列内容的合格证书：

(1) 订货方的名称和合同号；

(2) 锻钢件的规格和用途：

(3) 锻钢件钢材的炉罐号和牌号；

(4) 热处理详细资料，包括热处理温度和保温时间；

(5) 化学成分和力学性能试验结果；

(6) 低倍组织检查结果（如有时）:

(7) 锻造比;

(8) 试验压力（如有时）;

(9) 无损检测的方法及结果。

第 2 节 船体结构用锻钢件

5.2.1 适用范围

5.2.1.1 本节规定适用于建造船体结构（如舵轴、舵柱、舵梢以及首尾柱等）用的碳钢、碳锰钢或合金钢的锻钢件。

5.2.2 化学成分

5.2.2.1 采用焊接连接和非焊接连接的船体结构用锻钢件，其桶样化学成分应符合表 5.2.2.1 的规定。

船体结构用锻钢件的化学成分 表 5.2.2.1

钢材种类	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni	Cu	残余元素总量
碳钢 碳锰钢	≤ 0.23①②	≤ 0.45	0.30 ～ 1.50	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.30③	≤ 0.15③	≤ 0.40③	≤ 0.30③	≤ 0.85
合金钢	④	≤ 0.45	④	≤ 0.035	≤ 0.035	④	④	④	≤ 0.30③	----

注：① 如果按下式计算所得的碳当量（C_{eq}）不超过 0.41%，则含碳量可超过 0.23% 的限制。

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad (\%)$$

② 不用于焊接结构的碳钢和碳锰钢的含碳量最大可为 0.65%。

③ 这些元素作为残余元素考虑。

④ 技术条件应提交备查。

⑤ 舵杆和舵销应按焊接结构件考虑。

5.2.3 热处理

5.2.3.1 除另有规定外，碳钢和碳锰锻件应采用下列状态之一交货：

(1) 完全退火;

(2) 正火;

(3) 正火加回火（回火温度应不低于 550℃）;

(4) 淬火加回火（回火温度应不低于 550℃）。

5.2.3.2 除另有规定外，合金钢应以淬火加回火（回火温度应不低于 550℃）状态交货。

5.2.4 力学性能

5.2.4.1 锻钢件试样的截取方法如下：

(1) 应从每个锻钢件的一端截取 1 个拉伸试样。如由一个钢锭锻制成几个锻钢件并经同炉热处理者，可选其中任一锻钢件，截取 1 个拉伸试样;

(2) 对重量超过 4000kg 且长度超过 3m 的锻钢件（不包括试料的重量和长度），应从其两端各取 1 个拉伸试样；

(3) 除经 CCS 同意外，拉伸试样应沿锻钢件的纵向截取。

5.2.4.2 锻钢件的拉伸试验结果应符合表 5.2.4.2 的规定。

对于需要从两端取试样的大型锻钢件，其两端的抗拉强度差值应不超过 70N/mm²。

船体结构用锻钢件的力学性能 表 5.2.4.2

钢种	抗拉强度①② R_m 不小于 (N/mm²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm²)	伸长率 A_5 不小于 (%)		断面收缩率 Z 不小于 (%)	
			纵向	横向	纵向	横向
碳钢	400	200	26	19	50	35
碳锰钢	440	220	24	18	50	35
	480	240	22	16	45	30
	520	260	21	15	45	30
	560	280	20	14	40	27
	600	300	18	13	40	27
合金钢	550	350	20	14	50	35
	600	400	18	13	50	35
	650	450	17	12	50	35

注：① 对抗拉强度＜ 600N/mm² 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 120N/mm²；

对抗拉强度≥ 600N/mm² 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 150N/mm²。

② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得。

5.2.4.3 对冰区航行的船舶，如其冰级标志为 B1* 或 B1 时，该船的舵杆和舵轴或舵梢所采用的锻钢件，除应按本节 5.2.4.1 的规定进行试验外，还应作 -10℃的夏比 V 型缺口冲击试验，试样 1 组 3 个，平均冲击功应不低于 27J，单个试样的冲击功应不低于 19J。

5.2.5 无损检测

5.2.5.1 舵杆和舵轴以及吊车架的法兰盘等船体结构锻钢件应进行超声波检测。对法兰根部和锥度部分，应进行表面裂纹检测。

第 3 节 轴系与机械结构用锻钢件

5.3.1 适用范围

5.3.1.1 本节规定适用于轴系用碳钢和碳锰钢以及未包括在本章第 4 节至第 8 节范围内的机械用锻钢件。

对用作主推进机械的轴系锻钢件，其抗拉强度范围应为 400 ～ 600N/mm²。

5.3.1.2 如采用合金钢锻钢件，应将其化学成分、力学性能和热处理规程提交 CCS 认可并应符合下列规定：

(1) 用作主推进轴时，其抗拉强度一般应不超过 800N/mm²；

(2) 用作其他机械锻钢件时，其抗拉强度一般应不超过 1100N/mm²。

5.3.1.3 当用热轧圆钢直接用于制造（仅进行机加工）中间轴、尾管轴、螺旋桨轴等时，其直径应不超过 250mm。

5.3.2 化学成分

5.3.2.1 锻钢件的桶样化学成分应符合表5.3.2.1的规定。

轴系与机械用锻钢件的化学成分 表5.3.2.1

钢种	化学成分（%）									
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni	Cu②	残余元素总量
碳钢 碳锰钢	≤0.65①	≤0.45	0.30~1.50	≤0.035	≤0.035	≤0.30②	≤0.15②	≤0.40②	≤0.30	≤0.85
合金钢③	≤0.45	≤0.45	0.30~1.00	≤0.035	≤0.035	≥0.40④	≥0.15④	≥0.40④	≤0.30	----

注：① 用于焊接结构的碳钢、碳锰钢的含碳量应不大于0.23%；如果按下式计算所得的碳当量（C_{eq}）不大于0.41%，则含碳量可以高于0.23%。

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad (\%)$$

② 除有最少量限制外，这些元素作为残余元素考虑。

③ 用于焊接结构的合金钢锻件，化学成分应提交CCS认可。

④ 这些元素的一项或多项应符合最低要求。

5.3.2.2 对于采用焊接装配成整体的碳钢或碳锰钢锻钢件，其碳含量超过0.41%时，应考虑进行焊接认可试验。

5.3.3 热处理

5.3.3.1 碳钢和碳锰钢锻钢件应采用下列之一的热处理法：

(1) 完全退火；

(2) 正火；

(3) 正火加回火；

(4) 淬火加回火。

其中，回火的温度应不低于550℃。

对于抗拉强度大于700N/mm^{2}的锻钢件，应作淬火加回火处理。

5.3.3.2 合金钢锻钢件可采用下列之一的热处理方法：

(1) 淬火加回火

(2) 正火加回火

其中，回火的温度应不低于550℃。

当合金钢采用正火加回火热处理时，其力学性能应符合公认的国际或国家标准的要求。

5.3.4 力学性能

5.3.4.1 每一锻钢件至少应在其一端（即相当于钢锭的冒口端）制备试样1套；对于由1个钢锭制成并经同炉热处理的几个锻钢件或每批小型锻钢件，应至少选取其中1个锻钢件作为试件。

5.3.4.2 对于重量超过4000kg且长度超过3m的锻钢件（不包括试料的重量和长度），应在其两端各取1套试样。

5.3.4.3 各种锻钢件的试验项目和试样数量应符合表5.3.4.3的要求。

轴系与机械用锻钢件的试验项目和试样数量 表 5.3.4.3

锻钢件名称	试验项目和试样数量	
	碳钢和碳锰钢	合金钢
中间轴、推力轴、尾管轴、螺旋桨轴、连杆、活塞杆、十字头、增压器转子、轴类锻钢件、柴油机气缸头螺栓、贯穿螺栓、主轴承螺栓、轴系法兰螺栓、连杆上下端螺栓、凸轮轴、进排气阀、轴系传动机械的重要锻钢件	1. 化学成分分析； 2. 拉伸试验。应至少取 1 个试样。	1. 化学成分分析； 2. 拉伸试验，应至少取 1 个试样； 3. 冲击试验，应至少取 1 组 3 个试样。

5.3.4.4 试样一般应沿锻钢件纵向截取，锻件制造厂也可按图 5.3.4.4(1)、(2) 和 (3) 所示的其他部位选取所需的试样。

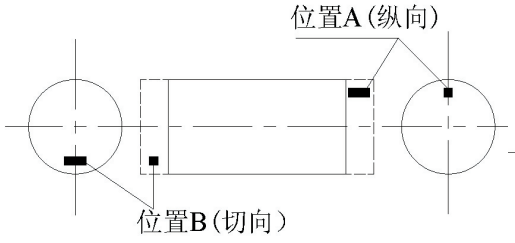


图 5.3.4.4(1)

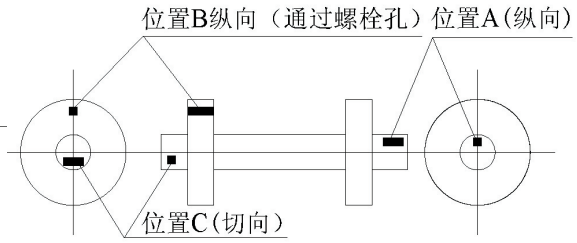
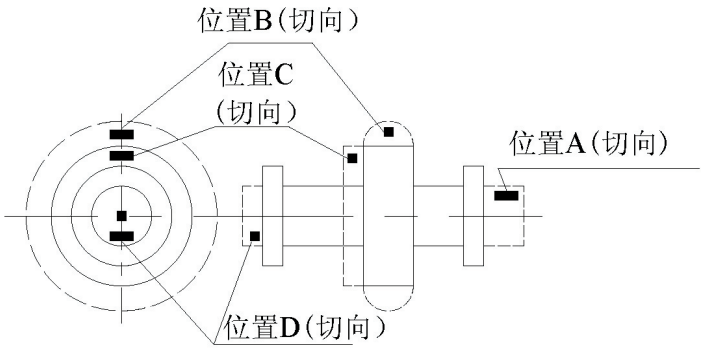


图 5.3.4.4(2)



带轴环的法兰轴

图 5.3.4.4(3)

5.3.5 力学性能

5.3.5.1 轴系与机械结构用锻钢件的力学性能应符合表 5.3.5.1 的规定。

5.3.5.2 合金钢锻钢件经正火加回火或淬火加回火处理后的冲击性能应符合本章表 5.4.6.2 的规定。

5.3.5.3 对要求具有 B1* 和 B1 冰级的船舶，其螺旋桨轴的碳钢和碳锰钢锻钢件，应作 -10℃ 的夏比 V 型缺口冲击试验。试样为 1 组 3 个（取自每根轴安装螺旋桨的一端），平均冲击功应不小于 27J。

5.3.5.4 如一个锻钢件作 2 次或以上的拉伸试验，其抗拉强度的差值应不超过下列规定：

对抗拉强度＜ 600N/mm^2 者，允许相差不超过 70N/mm^2；对抗拉强度≥ 600N/mm^2 者，允许相差不超过 100N/mm^2。

轴系与机械用锻钢件的力学性能④ 表 5.3.5.1

钢种	抗拉强度①② R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)		断面收缩率 Z 不小于 (%)		硬度③ (HB)
			纵向	切向	纵向	切向	
碳钢 碳锰钢	400	200	26	19	50	35	110-150
	440	220	24	18	50	35	125-160
	480	240	22	16	45	30	135-175
	520	260	21	15	45	30	150-185
	560	280	20	14	40	27	160-200
	600	300	18	13	40	27	175-215
	640	320	17	12	40	27	185-230
	680	340	16	12	35	24	200-240
	720	360	15	11	35	24	210-250
	760	380	14	10	35	24	225-265
合金钢	600	360	18	14	50	35	175-215
	700	420	16	12	45	30	205-245
	800	480	14	10	40	27	235-275
	900	630	13	9	40	27	260-320
	1000	700	12	8	35	24	290-365
	1100	770	11	7	35	24	320-385

注：① 对抗拉强度＜ 900N/mm^2 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 150N/mm^2；
对抗拉强度≥ 900N/mm^2 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 200N/mm^2。
② 当材料的规定最小抗拉强度为中间值时，其所对应其他力学性能要求均可用内插法求得。
③ 硬度值仅供参考。

5.3.6 无损检测

5.3.6.1 下列锻钢件应按本章 5.1.6 的规定进行磁粉检测：

(1) 所有连杆用的锻钢件；

(2) 缸径超过 400mm 的柴油机的下述部件：

气缸盖；

活塞顶；

活塞杆；

贯穿螺栓；

凸轮轴的驱动齿轮；

气缸盖、十字头、主轴承及连杆轴承用的螺栓和螺柱。

5.3.6.2 下列锻钢件应按本章 5.1.6 的规定进行超声波检测：

(1) 成品直径等于或大于 250mm 的尾管轴、螺旋桨轴、推力轴、中间轴和其他重要用途的轴；

(2) 所有活塞顶和气缸盖；

(3) 柴油机缸径大于 400mm 的活塞和连杆。

5.3.6.3 其余锻钢件可按 CCS 审批的图纸要求，进行无损检测。

第 4 节 曲轴锻钢件

5.4.1 适用范围

5.4.1.1 本节规定适用于采用碳钢和碳锰钢制造的整体曲轴以及全组合和半组合式的曲轴锻钢件。

5.4.1.2 如拟采用合金钢曲轴锻钢件，应将其化学成分、力学性能和热处理规程提交 CCS 认可。合金钢曲轴锻钢件的抗拉强度应不超过 1000N/mm^2。

5.4.2 制造

5.4.2.1 整体曲轴可采用模锻或其他可以保证曲轴的锻造纤维具有连续性的锻造方法。曲轴的锻造工艺规程应提交 CCS 认可。必要时，制造厂还应提交锻造后的曲轴试验报告，以证实该锻钢件纤维组织的连续性是否良好。

5.4.2.2 对于半组合式的曲轴锻钢件，其锻造方法和工艺规程等资料，应提交 CCS 备查。

5.4.2.3 如曲柄臂采用热切割从锻制或轧制的扁坯上切割而成时，应符合本章 5.1.4.3 的要求。且所有经热切割后的锻钢件表面，均应以机加工削除至少 7.5mm 深的表面层。

5.4.3 化学成分

5.4.3.1 曲轴锻钢件的桶样化学成分应符合表 5.4.3.1 的规定。

曲轴锻钢件的化学成分 **表 5.4.3.1**

钢种	化学成分 (%)								
	C	Si	Mn	S	P	残余元素			
						Ni	Cr	Mo	Cu
碳钢和碳锰钢	≤ 0.50	≤ 0.45	0.30 ～ 1.50	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.40	≤ 0.30	≤ 0.15	≤ 0.30
合金钢	≤ 0.60	≤ 0.40	-	≤ 0.035	≤ 0.035	注			

注： 其余合金元素应经 CCS 认可。

5.4.4 热处理

5.4.4.1 锻钢曲轴应采用下列之一的热处理：

(1) 正火加回火；

(2) 淬火加回火。

其中，回火温度应不低于 550℃。

5.4.4.2 对锻钢曲轴如拟采用渗碳、渗氮或高频淬火等方法进行表面硬化处理时，应符合本章 5.1.4.5 的规定。

5.4.5 试验与试样

5.4.5.1 锻钢曲轴的每个锻钢件均应进行下列的试验：

(1) 拉伸试验；

(2) 冲击试验；

(3) 硬度试验；

(4) 低倍组织检查（仅适用于由钢锭直接锻制的且直径≤ 250mm 的锻钢件）。

5.4.5.2 曲轴锻钢件的试样数量应符合下列规定：

(1) 对整体曲轴，应至少从每个锻钢件的联轴器端制备一套纵向试样。当整体曲轴的重量（不包括试验材料）超过3t时，应从锻钢件的两端各制备一套纵向试样；

如果曲柄采用机加工或热切割的方法成型时，其第二套试样应从距联轴器端最远的一个曲柄上所切割下来的材料中沿切向截取，如图5.4.5.2(1)所示；

(2) 组合式曲轴的试样数量和取样部位应按CCS认可的方法选取；

(3) 一套试样应包括：对碳钢和碳锰钢曲轴锻钢件应取1个拉伸试样；对合金钢曲轴锻钢件应取1个拉伸试样和1组3个冲击试样。

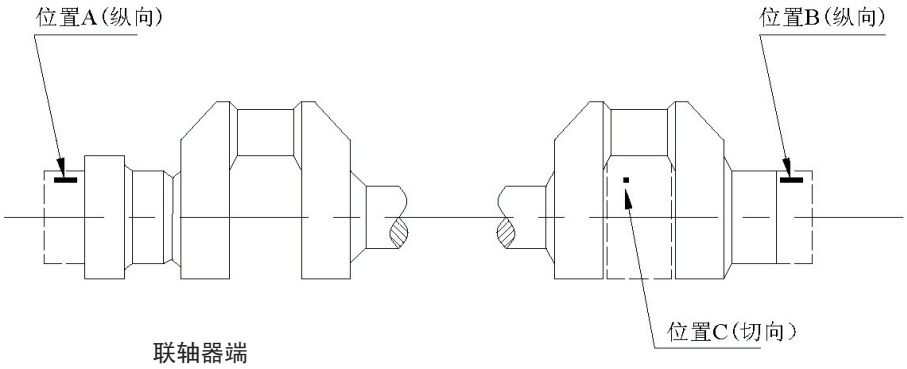


图 5.4.5.2(1)

5.4.6 力学性能

5.4.6.1 曲轴锻钢件拉伸试验的结果应符合本章表5.3.5.1的规定。

5.4.6.2 曲轴合金钢锻件在常温下的夏比V缺口冲击试验要求应符合表5.4.6.2的规定。

曲轴合金钢锻件冲击试验要求① 表 5.4.6.2

抗拉强度 R_m (N/mm²)			600	700	800	900	1000	1100
夏比V缺口冲击试验平均冲击功(J)不小于	正火加回火	纵向	25	20	15	–	–	–
		切向	15	12	9	–	–	–
	淬火加回火	纵向	41	32	30	27	25	21
		切向	24	22	20	18	16	13

① 对于材料规定最小抗拉强度为表列值中间时，其所对应的平均冲击功的最小值可用内插法求得。

5.4.6.3 如1个锻钢件作2次或以上的拉伸试验，其抗拉强度的允许差值应符合表5.4.6.3的规定。

抗拉强度允许差值 表 5.4.6.3

抗拉强度 R_m((N/mm²)	抗拉强度允许差值不大于((N/mm²)
≥ 600 < 900	100
≥ 900	120

5.4.6.4 对按批试验的小型曲轴锻钢件，每个锻钢件应进行硬度试验，且硬度值应不低于本章表5.3.5.1中的规定值。

5.4.7 无损检测

5.4.7.1 曲轴锻钢件的所有加工表面均应进行磁粉检测，尤其应注意对下列部位进行检查：

(1) 对整体曲轴，应注意曲柄销和主轴颈与曲柄臂相连的圆角半径处；

(2) 对半组合曲轴，应注意曲柄销以及曲柄销和曲柄臂相连的圆角半径处。

5.4.7.2 应对所有曲轴锻钢件进行超声波检测。

第5节 齿轮锻钢件

5.5.1 适用范围

5.5.1.1 本节规定适用于主推进轴功率147kW、辅机功率100kW以上的齿轮传动装置。对其他较小功率的齿轮传动装置，可参照执行。

5.5.1.2 采用碳钢和碳锰钢锻造齿轮时，其抗拉强度应不小于400N/mm^2，且应不超过760N/mm^2。凡抗拉强度超过760N/mm^{2}的齿轮、齿圈和齿轮套锻钢件，均应采用合金钢锻造，并应将有关技术资料提交CCS备查。

5.5.1.3 齿轮传动装置中的弹性联轴器、套筒轴和齿轮轴等锻钢件，应符合本章第3节的有关规定。

5.5.2 制造

5.5.2.1 齿轮锻钢件应具有足够的加工余量，以便机加工去除锻钢件表面的缺陷或脱碳层，以及热处理中可能产生的轻微弯曲和变形。

5.5.3 化学成分

5.5.3.1 碳钢和碳锰钢齿轮锻钢件的桶样化学成分应符合本章表5.3.2.1的规定。

5.5.4 热处理

5.5.4.1 除本节5.5.4.2至5.5.4.5的规定外，齿轮锻钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 正火加回火；

(2) 淬火加回火。

其中，回火温度一般应不低于550℃。但锻件不需要进行表面硬化热处理时，允许较低的回火温度。

5.5.4.2 如碳钢和碳锰钢锻钢件的抗拉强度大于700N/mm^{2}时，只能作淬火加回火处理。

5.5.4.3 如拟采用渗碳、氮化或高频淬火等方法对齿轮的齿面进行表面硬化处理时，应将其工艺规程、技术条件等资料提交CCS认可。对初次制造齿轮的工厂，应通过试验以证实其齿面硬度的均匀性以及硬化层的深度是否能达到要求，而且又不致损害锻钢件本体的质量。

5.5.4.4 拟进行齿面氮化或高频淬火的齿轮锻钢件，应在轮齿机加工后的适当阶段进行热处理，以获得所需的力学性能，并为其后的齿面硬化处理作好准备。

5.5.4.5 需要在最后机加工完毕后进行渗碳的齿轮锻钢件，应先进行完全退火或正火加回火热处理。

5.5.5 试样

5.5.5.1 每个齿轮锻钢件至少应提供一套试验材料，包括1个拉伸试样，1组3个冲击试样。试样的切取方法应符合下列规定：

(1) 成品齿轮直径超过200mm的小齿轮（齿轮轴）锻钢件，应靠近齿部截取切向试样，如图5.5.5.1(1)中位置B所示；若受尺寸限制，无法在位置B取样时，则应按图中位置C所示，在轴颈末端截取切向试样；当该轴颈直径不超过200mm时，应在图中部置A截取纵向试样；当成品齿轮有齿部分的长度超过1.25m时，应从锻钢件的两端截取试样；

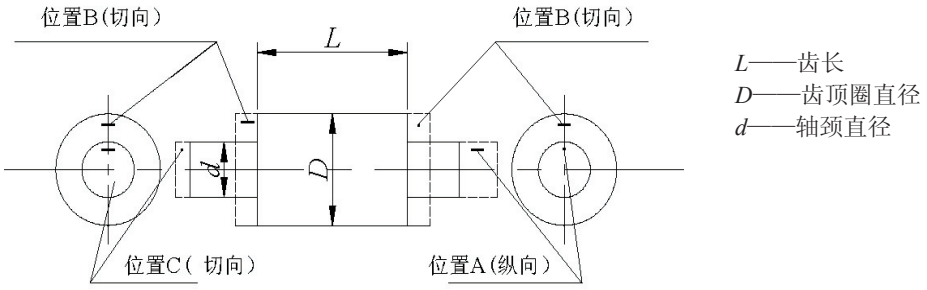


图 5.5.5.1(1)

(2) 成品齿轮直径不超过 200mm 的小齿轮（齿轮轴）锻钢件，可按图 5.5.5.1(1) 在部位 A 截取纵向试样；

(3) 齿轮锻钢件的取样部位，应按图 5.5.5.1(3) 所示，在任一 B 部位截取切向试样；

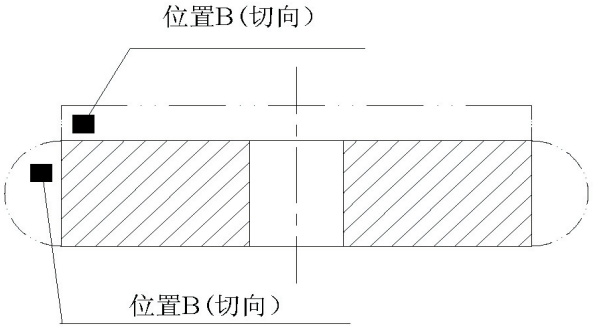


图 5.5.5.1(3)

(4) 齿圈的取样部位，应按图 5.5.5.1(4) 所示，在任一 B 部位截取切向试样。当成品齿圈直径超过 2.5m 或重量（热处理状态，不包括其试验材料）超过 3t 时，应在齿圈直径方向的相对部位截取两套试样，如图 5.5.5.1(4) 中部位 B 所示，试验的力学性能应符合纵向要求；

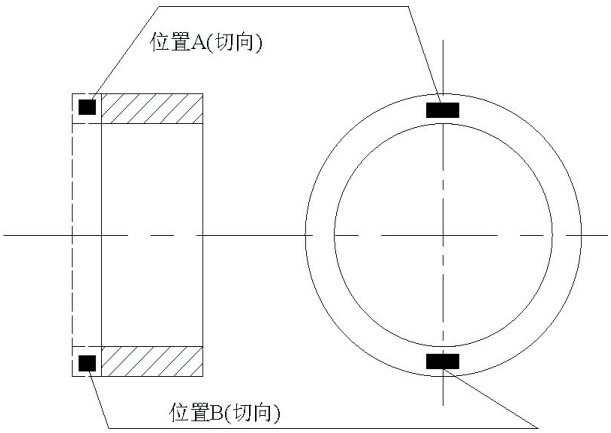


图 5.5.5.1 (4)

(5) 小齿套（齿轮轴套）锻钢件的取样部位，应按图 5.5.5.1(5) 所示，在任一 C 部位截取切向试样。当小齿套（齿轮轴套）成品长度超过 1.25m 时，应从两端分别截取试样。

5.5.5.2 对于渗碳处理的锻钢件和随后端部将被封闭的锻钢件，可在最终热处理前取下足够的试件。取下的试件应与锻钢件同炉进行热处理。

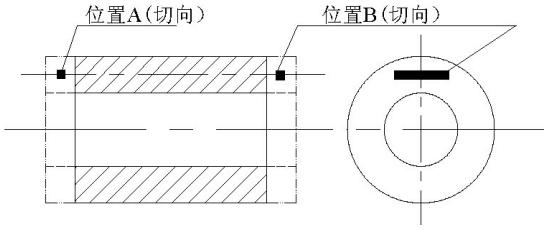


图 5.5.5.1(5)

5.5.5.3 对渗碳处理的锻钢件，应在5.5.5.1规定的一个位置（不必考虑锻钢件的重量和尺寸）截取两个试件，一个试件用于模拟随后进行的热处理工艺进行伪渗碳和热处理，另一个试件则随锻件一起进行伪渗碳和热处理。其中对整体齿轮轴，应截取纵向试件。试件应机加工至外齿圈直径的四分之一或60mm，取较小值。此外还取一个直径约30mm的试样与工件一起进行渗碳处理，以测定淬硬层的深度。锻件制造厂或齿轮制造厂可决定大截面试样是进行渗碳处理或伪渗碳处理，但均应在最终淬火加回火处理前机加工至所要求的直径。

5.5.6 力学性能

5.5.6.1 碳钢和碳锰钢齿轮锻钢件和合金钢齿轮锻钢件的力学性能应分别符合本章表5.3.5.1和表5.4.6.2的规定。

5.5.6.2 如一个锻钢件作2次或以上的拉伸试验，其抗拉强度的允许差值应符合表5.5.6.2的规定。

抗拉强度允许差值 表5.5.6.2

抗拉强度 R_m (N/mm²)	抗拉强度允许差值不大于 (N/mm²)
＜600	70
≥600 ＜900	100
≥900	120

5.5.6.3 小齿轮锻钢件可按本章5.1.5.2规定进行批量试验，但每一锻钢件应进行硬度试验。

5.5.7 表面硬化处理

5.5.7.1 拟采用氮化或高频淬火对齿轮表面进行硬化处理的齿轮锻钢件，其抗拉强度应不低于800N/mm²。对于渗碳的齿轮锻钢件，应将其渗碳工艺、试样的制取以及试验方法等详细资料提交CCS备查。其抗拉强度应不低于750N/mm²，所有冲击试验的结果均应符合表5.4.6.2中对淬火加回火合金钢锻钢件的规定，但表中最低屈服强度和最高抗拉强度不适用。

5.5.7.2 所有齿轮锻钢件均应在热处理后和齿加工前进行硬度试验，并在拟作齿加工的圆周表面上的4个等分点上进行硬度测定，若加工后的齿轮直径超过2.5m，则应在8个等分点上进行硬度测定。如齿圈锻钢件的宽度超过1.25m，应在锻钢件的两端各8等分点上进行硬度测定。

5.5.7.3 所有硬度试验的结果应符合本章表5.3.5.1的规定。任一齿轮锻钢件经硬度试验后，所测得的最高和最低硬度的差值应符合表5.5.7.3的规定。

硬度允许差值 表5.5.7.3

抗拉强度 R_m (N/mm²)	硬度允许差值不大于 (HB)
＜600	25
≥600 ＜900	35
≥900	42

5.5.7.4 对高频淬火、渗氮和渗碳处理的锻钢件，还应在表面硬化和机加工完成后对轮齿进行硬度试验，试验方法和结果应符合公认的有关标准。

5.5.7.5 对渗碳处理的锻钢件，应将与锻钢件一起进行渗碳处理和热处理的试件切断，测定淬硬区的硬度、形状和深度。其结果应符合认可技术条件的要求。

5.5.8 无损检测

5.5.8.1 所有齿轮锻钢件和经氮化、渗碳或高频淬火进行表面硬化处理的齿轮锻钢件，均应进行磁粉检测或着色检测。检测结果应符合公认的有关标准。

5.5.8.2 所有加工后直径超过200mm的齿轮锻钢件，应在拟作切齿部分的表面上进行超声波检测，其结果应符合公认的有关标准。

5.5.8.3 如有必要，验船师可要求进行硬化层深度的测定。

第6节 涡轮机锻钢件

5.6.1 适用范围

5.6.1.1 本节规定适用于涡轮机的主轴、整体转子、叶轮、叶片和涡轮机所驱动的电机转子、空压机转子的碳钢、碳锰钢锻钢件。

5.6.1.2 如采用合金钢锻钢件时，应将其详细资料提交CCS认可。

5.6.1.3 如采用焊接结构的涡轮机转子，应将其化学成分和热处理工艺等资料提交CCS认可。

5.6.1.4 对于工作温度超过450℃的涡轮机锻钢件，应选用耐热合金钢制成。

5.6.2 化学成分

5.6.2.1 碳钢和碳锰钢涡轮机锻钢件的桶样化学成分应符合表5.6.2.1的规定。

碳钢和碳锰钢涡轮机锻钢件的桶样化学成分 表5.6.2.1

钢种	化学成分 (%)				
	C	Mn	Si	S	P
碳钢和碳锰钢	≤0.45	≥0.40	≤0.45	≤0.035	≤0.035

注：焊接结构用的涡轮机锻钢件，其含碳量一般应不超过0.23%。

5.6.3 热处理

5.6.3.1 锻钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 正火加回火；

(2) 淬火加回火。

5.6.3.2 在各阶段进行的热处理均应避免裂纹和回火脆性现象产生。在制造的适当阶段，锻钢件可重新加热到临界点以上，以便使晶粒细化，并在认可的方式下冷却，然后进行回火以便达到产品所需的力学性能。

5.6.3.3 如锻钢件在机加工前曾经受过主要热处理，则在粗加工后应进行消除应力的热处理。若在粗加工后进行热处理，且锻钢件是从回火温度缓慢冷却的，可不必作消除应力处理。

5.6.3.4 碳钢和碳锰钢锻钢件回火和消除应力热处理的温度应不低于550℃；对于合金钢锻钢件则应不低于600℃。所需保温时间和随后的冷却速度应能避免在锻钢件内产生有害的残余应力。

5.6.4 试样

5.6.4.1 每个涡轮机锻钢件的试样数量和取样方法规定如下：

(1) 转子轴：应从锻钢件一端（相当于钢锭冒口端）至少截取1个纵向拉伸试样，如图5.6.4.1(1)部位A所示；当单件锻钢件的重量超过3t或长度超过2m时，应从其两端各截取1个纵向试样；每一锻钢件还应按图5.6.4.1(1)部位B截取切向试样，若尺寸许可，还应在图中部位C截取径向试样；

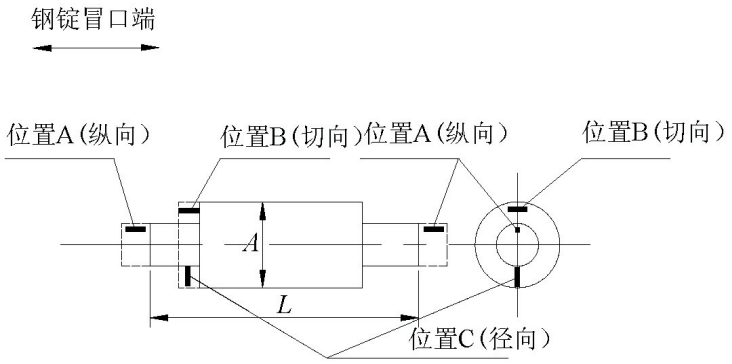


图5.6.4.1(1)

(2) 整体转子：除按本条(1)取样外，还应从转子鼓筒端面或末级叶轮的端面（部位B）截取第2个拉伸试样。若D不大于500mm，取横向试样，若D大于500ram，则取切向试样；

(3) 叶轮：对每个涡轮机的叶轮锻钢件，至少应在轮毂上截取1个切向拉伸试样，如图5.6.4.1(3)所示；

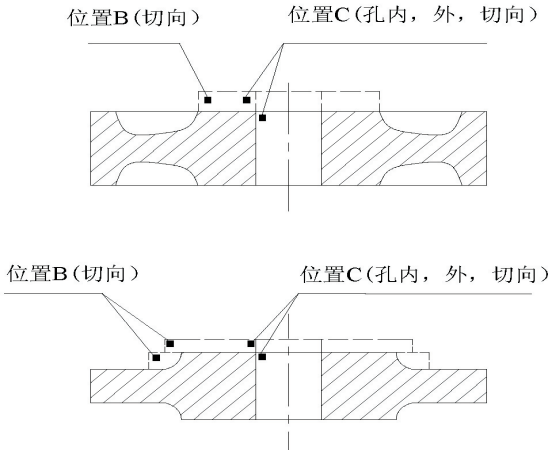


图5.6.4.1(3)

(4) 叶片：按同一炉号、同一热处理规程作为一批，每批至少选取2个锻坯，每个锻坯制备1个拉伸试样；若由于锻坯尺寸较小，无法制备拉伸试样时，应进行高倍金相分析及硬度试验。

5.6.4.2 锻钢件应留有足够的试验材料以便制备本节5.6.4.1所述的试样。这些试验材料应一直保持到所有热处理（包括消除应力热处理）完成为止。

5.6.5 力学性能

5.6.5.1 碳钢和碳锰钢的涡轮机锻钢件，经正火加回火后的力学性能应符合表5.6.5.1的规定。

碳钢和碳锰钢的涡轮机锻钢件的力学性能 表 5.6.5.1

抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)			断面收缩率 Z 不小于 (%)		
		纵向	切向	径向	纵向	切向	径向
400	200	26	22	18	50	40	35
440	220	24	21	17	50	40	35
480	240	22	19	15	45	35	30
520	260	21	18	14	45	35	30
560	280	20	17	13	40	30	25
600	300	18	15	12	40	30	25

注：① 取样方向应按图 5.6.4.1(1) 和 (3) 所规定的方向。

② 对抗拉强度的中间值，其 R_{eH}、A_5 和 Z 的最小值均可用内插法求得。

③ 表中各强度级锻钢的抗拉强度范围均为 120N/mm^2。

④ 对整体转子锻钢件，抗拉强度应不超过 800N/mm^2。

5.6.5.2 合金钢的涡轮机锻钢件，经正火加回火或淬火加回火后的力学性能应符合表 5.6.5.2 的规定。

合金钢的涡轮机锻钢件的力学性能 表 5.6.5.2

抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)		伸长率 A_5 不小于 (%)			断面收缩率 Z 不小于 (%)		
	正火加回火	淬火加回火	纵向	切向	径向	纵向	切向	径向
500	275	–	22	20	18	50	40	35
550	300	–	20	18	16	50	40	35
600	330	410	18	16	14	50	40	35
650	355	450	17	15	13	50	40	35
700	385	490	16	14	12	45	35	30
750	–	530	15	13	11	45	35	30
800	–	590	14	12	10	45	35	30
850	–	640	13	11	9	40	30	25
900	–	690	13	11	9	40	30	25
950	–	750	12	10	8	40	30	25
1000	–	810	12	10	8	40	30	25

注：① 取样方向应按本节图 5.6.4.1(1) 和 (3) 所规定的方向。

② 对于抗拉强度的中间值，其所对应 R_m、A_5 和 Z 的最小值均可用内插法求得。

③ 表中各强度级锻钢的抗拉强度范围均为 150N/mm^2。

④ 对整体转子锻钢件，抗拉强度应不超过 800N/mm^2。

5.6.6 检查和无损检测

5.6.6.1 涡轮机锻钢件的内、外表面应作下列检查和试验：

(1) 潜望镜检查：涡轮机锻钢件应镗孔或在其中心孔内用光学仪器作检查，其表面应无白点、裂缝、疏松、气孔及非金属夹杂物；必要时，验船师可要求对涡轮机锻钢件进行酸洗检查和硫印试验；

(2) 热稳定试验：对用于主机的涡轮机整体转子或由部件焊接构成的转子，均应进行热稳定试验，以检查锻钢件在高温工作条件下的稳定性；并应将试验程序和技术条件提交 CCS 认可；

(3) 残余应力测定：直径大于 600mm 的组合式转子的叶轮和直径大于 300mm 的整体转子的叶轮均应制备试样，测定其残余切向应力。对于成批制造的叶轮，可从同一炉热处理的每 20 个叶轮中选取一个测定残余应力。试验时，应从叶轮的轮毂上制备一环形试样，环形试样的截面尺寸为 25mm×25mm，对于整体转子可在叶轮体的轮缘上制备。残余应力σ_t可按下式计算 .

$$\sigma_t = E\delta / D \qquad \mathrm{N/mm^2}$$

式中：δ ——圆环直径平均变形量，mm；

E——锻钢件材料弹性模数，取 1.96×10^5 $\mathrm{N/mm^2}$；

D——圆环割下前的平均直径，mm。

测定的残余应力σ_t应符合表 5.6.6.1(3) 的规定。

如果残余应力超过表中的数值，允许将锻钢件作补充回火处理后再次测定残余应力。

涡轮机锻钢件的允许残余应力 表 5.6.6.1(3)

锻钢件名称		残余应力σ_t (MPa)
叶轮	直径≤ 1000mm 直径＞ 1000mm	≤ 39 ≤ 49
整体转子	$R_{p0.2}\leqslant 490$ $\mathrm{N/mm^2}$ $R_{p0.2}>490$ $\mathrm{N/mm^2}$	≤ 0.1 $R_{p0.2}$ ≤ 0.08 $R_{p0.2}$

5.6.6.2 每个叶轮的轮毂端面、主轴及转子整个表面和叶片等，均应在热处理后进行磁粉检测，其结果应符合公认的有关标准。

5.6.6.3 涡轮机的每个锻钢件均应进行超声波检测，其结果应符合公认的有关标准。

5.6.6.4 对于涡轮机锻钢件中具有较大孔径中心孔的内孔表面，应作磁粉检测和超声波检测。

5.6.7 高温力学性能

5.6.7.1 对于工作温度不低于 350℃的涡轮机锻钢件，应选取试样测定高温力学性能数据。

第 7 节 锅炉、受压容器与管系用锻钢件

5.7.1 适用范围

5.7.1.1 本节规定适用于制造锅炉、受压容器和受压管系的碳钢、碳锰钢和低合金钢的锻钢件。

5.7.1.2 除用于设计温度不低于 0℃的液化气体货物围护设备管系的锻钢件外，液化气体货物围护设备的锻钢件应符合本章第 8 节要求。对有低温韧性要求的其他受压容器和管系的锻钢件也应符合本章第 8 节的要求。

5.7.1.3 若拟采用焊接方法装配锻钢件，应将其化学成分、力学性能、热处理规程和焊接工艺等详细资料提交 CCS 认可。

5.7.2 化学成分

5.7.2.1 碳钢、碳锰钢和低合金钢锻钢件的桶样化学成分应符合表 5.7.2.1 的规定。

锅炉、受压容器与管系用锻钢件的化学成分 表 5.7.2.1

钢种	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	化学成分 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	A1	残余元素	
碳钢和碳锰钢	410	≤ 0.20	0.10 ～ 0.40	0.50 ～ 1.20	≤ 0.04	≤ 0.04	①	Ni ≤ 0.40，Cr ≤ 0.25 Mo ≤ 0.10，Cu ≤ 0.30 总量≤ 0.80	
	460	≤ 0.23	0.10 ～ 0.40	0.60 ～ 1.40	≤ 0.04	≤ 0.04			
	490	≤ 0.25	0.10 ～ 0.40	0.90 ～ 1.70	≤ 0.04	≤ 0.04			
1Cr0.5Mo	410	≤ 0.20	0.15 ～ 0.40	0.40 ～ 0.70	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.02②	Cr	Mo
								0.85 ～ 1.15	0.45 ～ 0.65
2.25Cr1Mo	490	≤ 0.15	0.15 ～ 0.40	0.40 ～ 0.70	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.02②	2.0 ～ 2.50	0.90 ～ 1.20

注：① 细化晶粒钢的酸溶铝含量应≥ 0.015%，或总铝含量≥ 0.018%。

② 对于合金钢只要酸溶铝含量不超过 0.020%，总铝含量的测定值均可接受。

5.7.3 热处理

5.7.3.1 碳钢和碳锰钢锻钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 正火；

(2) 正火加回火；

(3) 淬火加回火。

5.7.3.2 合金钢锻钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 正火加回火；

(2) 淬火加回火。

5.7.4 试样

5.7.4.1 锻钢件的试样数量和取样方法规定如下：

(1) 除本条 (4) 的规定之外，每个锻钢件至少应取 1 个拉伸试样。除受锻钢件尺寸和形状的限制外，一般应沿锻钢件纵向取样；

(2) 对每一端部开口的无缝鼓筒和联箱锻钢件，应在其两端截取试验材料，但对一端实心的锻钢件，可只在开口端截取试验材料；

(3) 如果空心锻钢件的一端被锻成封口时，则应在封闭之前切下环状试验材料，并与锻钢件一起热处理。对于开口的空心锻钢件，应在最终热处理后截取试验材料；

(4) 单件重量不超过 1t，每批重量不超过 10t 的小型锻钢件，可按本章 5.1.5.2 的规定进行批量试验，但应逐个锻钢件进行硬度试验；

(5) 除另有规定外，拉伸试样应沿纵向且位于锻钢件表面下约 12.5mm 处切取。

5.7.5 力学性能

5.7.5.1 碳钢、碳锰钢和合金钢锻钢件的力学性能应符合表 5.7.5.1 的规定。

锅炉、受压容器与管系用锻钢件的力学性能 表 5.7.5.1

钢种	直径或等效厚度 t (mm)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	硬度 (HB)
钢和碳锰钢	$t \leqslant 63$	410	215	20	110 ~ 155
	$63 < t \leqslant 250$		205		
	$t \leqslant 63$	460	245	18	130 ~ 170
	$63 < t \leqslant 250$		235		
	$t \leqslant 63$	490	265	16	140 ~ 180
	$63 < t \leqslant 250$		255		
细晶粒碳钢和碳锰钢	$t \leqslant 63$	410	235	20	110 ~ 155
	$63 < t \leqslant 250$		220		
	$t \leqslant 63$	460	275	18	130 ~ 170
	$63 < t \leqslant 250$		255		
	$t \leqslant 63$	490	305	16	140 ~ 80
	$63 < t \leqslant 250$		280		
1Cr0.5Mo	$t \leqslant 100$	410	255	18	110 ~ 160
2.25Cr1Mo	$t \leqslant 100$	490	275	18	140 ~ 185

注：① 对抗拉强度的中间值，其所对应的 R_{eH} 和 A_5 的最小值，可用内插法求得。

② 表中各级强度级的碳钢和碳锰钢的抗拉强度的范围均为 120N/mm²，合金钢的抗拉强度的范围均为 150N/mm²。

③ 取自锻钢件两端的拉伸试样，其抗拉强度的差值应不超过 70N/mm²。

④ 仅对按批试验的小型锻钢件有硬度试验的要求。

5.7.5.2 拟用于温度高于 200℃的锻钢件，应作高温拉伸试验。试样应取自与常温试验所取试件相邻材料。试验程序和结果应符合公认的有关标准。

5.7.6 无损检测

5.7.6.1 对锻造的筒体和联箱应进行超声波检测；对盆形端部的筒体锻钢件应在其盆形端部进行磁粉检测或着色检测。

5.7.7 压力试验

5.7.7.1 空心锻钢件应作压力试验。

第 8 节 低温韧性锻钢件

5.8.1 适用范围

5.8.1.1 本节规定适用于设计温度低于 0℃的液化气体运输船的货舱、受压容器以及管系用的碳锰钢和镍合金钢锻钢件。

5.8.1.2 本节规定也适用于对低温韧性有要求的其他锻钢件。

5.8.1.3 在所有的情况下，均应将拟采用的锻钢件的化学成分、力学性能和热处理规程等详细资料提交 CCS 认可。

5.8.2 化学成分

5.8.2.1 锻钢件的熔炼分析化学成分一般应符合本篇第 3 章表 3.7.2.2 的规定。

5.8.3 热处理

5.8.3.1 锻钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 正火；

(2) 正火加回火；

(3) 淬火加回火。

5.8.4 试样和力学性能

5.8.4.1 每个锻钢件或每批锻钢件至少应沿纵向取 1 个拉伸试样和 1 组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样。

5.8.4.2 冲击试验温度应与钢的类型和用途相适应。对液化气体运输船用锻钢件，试验温度应符合本篇第 3 章表 3.7.3.2 的规定。

5.8.4.3 所有拉伸试验结果和平均冲击功应符合公认的有关标准，且平均冲击功一般应符合本篇第 3 章表 3.7.3.2 的规定。

5.8.5 无损检测

5.8.5.1 壁厚大于 100mm 的锻钢件，应按公认的有关标准进行磁粉检测和超声波检测。

第 9 节 奥氏体不锈钢锻钢件

5.9.1 适用范围

5.9.1.1 本节规定适用于散装化学品船和液化气体船的液货舱和管系用的奥氏体不锈钢锻钢件。

5.9.1.2 本节规定的奥氏体不锈钢锻钢件也适用于锅炉在高温条件下使用 .

5.9.1.3 对所有的奥氏体不锈钢锻钢件，均应向 CCS 提交化学成分、力学性能和热处理规程等详细资料，并取得 CCS 的认可。

5.9.2 化学成分

5.9.2.1 奥氏体不锈钢锻钢件的熔炼分析化学成分一般应符合本篇第 3 章表 3.8.3.1 的规定。

5.9.3 热处理

5.9.3.1 所有奥氏体不锈钢锻钢件应经固溶处理。

5.9.4 力学性能

5.9.4.1 每炉钢或热处理批量在 5t 以下的锻钢件，至少应取 1 个拉伸试样。

5.9.4.2 奥氏体不锈钢锻钢件的拉伸试验结果应符合本篇第 3 章表 3.8.5.3 的相关规定。

5.9.4.3 除另有协议外，一般不要求作冲击试验。

5.9.5 无损检测

5.9.5.1 对壁厚大于 100mm 的奥氏体不锈钢锻钢件，应进行无损检测。

5.9.6 晶间腐蚀试验

5.9.6.1 应按本篇第 2 章第 7 节的规定，对每炉钢进行抗晶间腐蚀试验。

第6章 铸 钢 件

第1节 一 般 规 定

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章规定适用子建造船体、机械、锅炉、受压容器和管系的铸钢件。

6.1.1.2 采用本章规定以外的碳钢、碳锰钢或合金钢时，其化学成分、热处理规程和力学性能等经CCS同意，可按公认的有关标准验收。

6.1.1.3 由同一炉钢水浇铸，尺寸大致相同，并进行相同热处理的批量生产的，单个重量小于1t的小型铸钢件，经CCS同意，可按每批不大于6t进行批量检验。

6.1.2 制造加工

6.1.2.1 铸钢件应由CCS认可的铸造厂制造，所用原料，也应由CCS认可的制造厂提供。

6.1.2.2 采用气割、火焰表面清理或碳弧气刨剔除铸钢件多余部分或切割浇冒口时，应按认可的施工方法进行，且这些工作应在最后热处理之前完成。必要时，还应视铸钢件的化学成分或厚度进行预热。凡受切割影响的区域要进行机加工或用打磨方法去除。

6.1.2.3 凡由2个或以上铸钢件焊接而成一个复合件时，应将焊接工艺规程提交CCS认可。必要时，应进行焊接工艺试验。

6.1.3 铸钢件质量

6.1.3.1 铸钢件表面和内部应无裂缝、缩孔、冷隔、结疤等缺陷，以及将会影响铸钢件使用的其他缺陷，如气孔等。

6.1.3.2 铸钢件应按批准图纸的要求，加工到规定的表面粗糙度。

6.1.3.3 铸钢件表面不可进行敲打或锤击，也不可以任何方式来掩盖其表面的缺陷。

6.1.4 化学成分

6.1.4.1 铸钢件应采用镇静钢制成。铸钢件的熔炼分析化学成分应符合本章各节的有关规定。

6.1.4.2 铸造厂所选用的细化晶粒元素及其含量应在化学成分报告中说明。

6.1.5 热处理

6.1.5.1 铸钢件应进行热处理以改善其组织结构。所采用的热处理方法应符合本章各节的有关规定。

6.1.5.2 如铸钢件经过局部再加热，或在最终热处理以后又进行了校直，还成再次进行热处理，以消除有害的残余应力。

6.1.6 试样

6.1.6.1 每个或每批铸钢件应能提供足够的试验材料，以符合规定的试验和可能进行的复试的需要。试件可与铸钢件一起整体浇铸或附带于铸钢件的本体上，也可从铸件的浇道中取出，试件厚度应不小于30mm。对薄壁淬火加回火铸钢件，试件厚度至少为20mm，且应与铸钢件的厚度相适应。

6.1.6.2 试验材料应在最终热处理完成之后才能与铸钢件本体分离。分离之前，应标上明显的标记。

6.1.6.3 按本节6.1.1.3提交作批量检验的小型铸钢件，其试件可单独浇铸，但应与其所代表的铸钢件一起作热处理，并标上其所代表的批量的标记。

6.1.6.4 全部试样应按照本篇第2章的规定制备。拉伸试样的横截面积应大于150mm^2。

6.1.7 力学性能

6.1.7.1 铸钢件的力学性能应符合本章各节的有关要求。

6.1.8 目检和无损检测

6.1.8.1 检验前，铸钢件表面应采用酸洗、局部打磨、喷丸、喷砂、钢丝刷清理等方法进行处理。不宜采用锤击等可能掩盖缺陷的方法清理铸件表面。

6.1.8.2 所有铸钢件均应提交验船师进行目检，在可能的情况下，应包括对内表面的检验。除另有规定外，制造厂应负责校核铸件的尺寸精度。

6.1.8.3 通常下列部位应进行磁粉或渗透检测：

(1) 经批准的图纸上所指明的部位；

(2) 所有填角和截面突变处；

(3) 用气割或碳弧气刨加工过的部位；

(4) 组装时焊接过的部位；

(5) 在使用中有可能承受高应力的区域。

上述检测不可采用干粉法进行磁粉检测，且一般应在验船师在场时进行。

6.1.8.4 对铸钢件的下列部位应进行超声波检测：

(1) 图纸所指明的部位；

(2) 组装时焊接过的部位；

(3) 根据经验有可能出现严重内部缺陷的部位。

超声波检测完毕，制造厂应提交报告。检测结果应符合批准图纸要求或公认的有关标准要求。

6.1.8.5 铸钢件的射线检测，可按本节6.1.8.4的规定部位进行。射线检测工艺应经CCS同意，检测结果应符合批准图纸要求或公认的有关标准要求。

6.1.9 压力试验

6.1.9.1 当本章有关各节或其他技术条件有要求时，铸钢件还应在最后验收之前，在验船师在场的情况下进行压力试验。

6.1.10 铸钢件缺陷的修补

6.1.10.1 铸钢件如有影响验收的缺陷，应采用下列方法之一予以去除：

(1) 机加工；

(2) 凿凿；

(3) 打磨；

(4) 气割或碳弧气刨。

6.1.10.2 铸钢件缺陷剔除后，应进行无损检测以证实缺陷已被完全消除。如剔除缺陷所产生的浅槽或凹坑，对铸钢件的使用无不良影响，可将其打磨成光滑的圆弧表面，但应经验船师检查和验收。如剔除缺陷后需要进行焊补，则剔除缺陷时应使坡口形状能方便后继的焊接操作。

6.1.10.3 采用气割或碳弧气刨铲除重要缺陷时，可视铸钢件的化学成分、缺陷的大小和性质，进行必要的预热。

6.1.10.4 凡拟采用焊补方法对铸钢件的缺陷进行修补时，应将所探明缺陷的数量、大小和部位的草图以及焊补和热处理工艺规程，提交CCS认可。

6.1.10.5 焊补应按照认可的工艺规程，由考试合格的焊工在平焊位置或能保证焊补质量的位置进行，并应避免气候条件的不良影响。

6.1.10.6 铸钢件缺陷的焊补应采用经认可的低氢型焊接材料，其焊缝的熔敷金属应具有不低于铸钢件母材的力学性能。焊补之前，应进行焊接工艺认可试验，以证明所采用的焊接工艺能保证预期的焊接性能。

6.1.10.7 所有合金钢铸件和曲轴铸件在焊补前均应进行适当的预热。碳钢和碳锰钢铸钢件也可根据其化学成分、缺陷的大小和位置进行预热。如果拟焊补的是重大缺陷，则在焊补前，铸钢件应进行细化晶粒处理。

6.1.10.8 焊补完毕后，铸钢件应按本章有关要求，进行温度不低于550℃的消除应力的热处理。焊补面积小且机加工又进行到最后阶段的铸钢件，可采用局部消除应力热处理。

6.1.10.9 在焊后热处理以后，焊补处及其邻近的母材应打磨光滑，并根据原来缺陷的数量、大小和部位的草图，用适当的无损检测作进一步的复查，以确保缺陷全部消除。

6.1.10.10 铸钢曲轴缺陷的焊补，应符合本章第4节的规定。

6.1.11 标记

6.1.11.1 铸造厂对经CCS检验合格的每一铸钢件或每批铸钢件，应至少在一个位置清晰地标上CCS的标志和以下的标记：

(1) 炉罐号或供查阅此铸钢件制造过程的识别标记；

(2) 生产厂名或商标；

(3) CCS负责检验的单位及其钢印；

(4) 负责检验的验船师的印章；

(5) 试验压力（如有时）。

6.1.11.2 以批量生产交货的小型铸件的标记方法可由生产厂提交CCS备查。

6.1.12 合格证书

6.1.12.1 制造厂应对每一铸钢件或每批铸钢件提供包括下列内容的合格证书：

(1) 订货方的名称和合同号；

(2) 铸钢件质量及铸钢件说明书；

(3) 炉罐号和化学成分；

(4) 热处理详细资料，包括热处理温度和保温时间；

(5) 力学性能试验结果；

(6) 试验压力（如有时）；

(7) 无损检测的方法和结果。

第2节 船体结构用铸钢件

6.2.1 适用范围

6.2.1.1 本节规定适用于建造船体结构用的碳钢或碳锰钢的铸钢件。

6.2.2 化学成分

6.2.2.1 铸钢件的熔炼分析化学成分应符合表6.2.2.1的规定。

船体结构用铸钢件的化学成分（%） 表 6.2.2.1

C	Mn①	Si	P	S	残余元素②			
					Cu	Cr	Ni	Mo
≤ 0.23	≤ 1.60	≤ 0.60	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.40	≤ 0.15

注：① 锰的含量不宜小于实际含碳量的3倍。

② 残余元素的总含量应不大于0.80%。

6.2.3 热处理

6.2.3.1 铸钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 完全退火；

(2) 正火；

(3) 正火加回火，回火温度应不低于550℃。

6.2.4 力学性能

6.2.4.1 铸钢件试样的制备规定如下：

(1) 铸钢件的拉伸试样应以与铸钢件同炉的钢水铸成，可以从铸钢件本体上或浇道处截取或与铸钢件附带一起浇铸。一起浇铸时，试样与铸钢件本体之间应有明显的间隔；

(2) 每一铸钢件或每批铸钢件应至少制备1个拉伸试样；

(3) 当铸钢件的重量超过10t或形状复杂时，应制备2个拉伸试样。如单个大型铸钢件系由2炉或以上的钢水浇铸，且各炉钢水在浇铸前未曾在同一钢水包内混合时，则应按炉数截取相应数量的拉伸试件。并且这些试件在整个铸件中的位置应尽可能地互相远离。

(4) 当按6.2.4.3要求需要进行冲击试验时，应从试件上制取一组三个夏比V型缺口冲击试样进行冲击试验。

6.2.4.2 铸钢件的力学性能应符合表6.2.4.2的规定。

船体结构用铸钢件的力学性能 表 6.2.4.2

抗拉强度① R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)
400	200	25	40
440	220	22	30
480	240	20	27

① 抗拉强度的上限应不超过表列要求加150 N/mm^2。

6.2.4.3 船体重要结构的铸钢件（如舵承、尾柱等），若验船师认为必要，可要求进行夏比V型缺口冲击试验。冲击温度一般为20℃；如结构有冰区加强要求，则试验温度为0℃。冲击能量应不小于27J。

6.2.5 无损检测

6.2.5.1 凡用作尾柱、舵和螺旋桨轴架的铸钢件，均应进行超声波检测和磁粉检测，并符合公认的有关标准。其他铸钢件的检测应按批准图纸中的规定进行。

第3节 机械结构用铸钢件

6.3.1 适用范围

6.3.1.1 本节规定适用于机械结构用碳钢或碳锰钢的铸钢件。

6.3.2 化学成分

6.3.2.1 铸钢件的桶样化学成分应符合表6.3.2.1的规定。

机械结构用铸钢件的化学成分 表6.3.2.1

应用	C	Mn	Si	P	S	残余元素①			
						Cu	Cr	Ni	Mo
焊接结构用	≤0.23	≤1.60	≤0.60	≤0.04	≤0.04	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15
非焊接结构用	≤0.40	0.50~1.60	≤0.60	≤0.04	≤0.04	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.15

① 残余元素的总含量应不大于0.80%。

6.3.3 热处理

6.3.3.1 铸钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 完全退火；

(2) 正火；

(3) 正火加回火，回火温度应不低于550℃。

6.3.3.2 主机底座铸钢件、涡轮机壳体铸钢件和在尺寸稳定和消除残余应力方面有要求的其他铸钢件，均应按下列之一进行消除应力的热处理：

(1) 将铸钢件加热到550℃以上，然后随炉冷却到300℃或更低的温度；

(2) 完全退火后，随炉冷却到300℃或更低的温度。

6.3.4 力学性能

6.3.4.1 每一铸钢件或同炉浇铸的每批铸钢件至少应截取1个拉伸试样。

6.3.4.2 如铸钢件形状复杂或重量超过10t，则应制备2个拉伸试样。当采用2炉或以上的的钢水浇铸成一个大型铸钢件，且各炉钢水在浇铸前未在同一钢水包中混合时，应按炉数截取相应数量的拉伸试样。这些试验材料均应与铸钢件铸成一体，且彼此之间尽量远离。

6.3.4.3 碳钢和碳锰钢铸钢件的力学性能应符合表6.3.4.3的规定。

机械结构用铸钢件的力学性能 表6.3.4.3

抗拉强度① R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度① R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率① A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)
400	200	25	40
440	220	22	30
480	240	20	27
520	260	18	25
560	300	15	20
600	320	13	20

注：① 抗拉强度为中间值时，其所对应的 R_{eH}、A_5 和 Z 最小值，均可用内插法求得。

② 表中各强度级铸钢的抗拉强度范围均为150N/mm^2。

6.3.5 无损检测

6.3.5.1 重要机械结构用铸钢件的无损检测应符合下列规定：

(1) 柴油机机座、活塞顶和气缸盖铸钢件，均应进行磁粉检测和超声波检测；

(2) 涡轮机壳体铸钢件，应进行磁粉检测。在开有焊接坡口处，还应进行超声波检测或射线检测；

(3) 在批准图纸上有规定或CCS有要求的其他铸钢件，亦应进行无损检测。

第4节 曲轴铸钢件

6.4.1 适用范围

6.4.1.1 本节规定适用于半组合和全组合式的碳钢和碳锰钢曲轴铸钢件。对合金钢，其抗拉强度应不大于700N/mm^2。

6.4.2 制造

6.4.2.1 半组合式曲轴铸钢件的铸造方法应提交CCS认可。制造厂应进行必要的工艺认可试验，以验证拟采用的铸造方法能保证铸钢件的质量以及铸钢件重要部位的力学性能符合要求。

6.4.3 化学成分

6.4.3.1 曲轴铸钢件的熔炼分析化学成分应符合本章表6.3.2.1的规定，但其残余元素应符合下列要求：

$$Cu \leqslant 0.40\%$$

$$Cr \leqslant 0.40\%$$

$$Ni \leqslant 0.40\%$$

$$Mo \leqslant 0.20\%$$

残余元素的总含量应不超过1.00%。

6.4.4 热处理

6.4.4.1 曲轴铸钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 完全退火并在炉内冷却到300℃：或更低的温度；

(2) 正火加回火，回火温度应不低于550℃，并在炉内冷却到300℃或更低的温度。

6.4.5 力学性能

6.4.5.1 曲轴铸钢件的试件应附带于铸钢件的本体上；试件的数量和部位应由铸造厂提出并送交CCS认可。

6.4.5.2 每个铸钢件的试件上应至少能制备一套试样和可能进行的复试的试样。每套试样应包括1个拉伸试样和1组3个冲击试样。

6.4.5.3 碳钢和碳锰钢曲轴铸钢件的力学性能应符合表6.4.5.3的规定。

曲轴铸钢件的力学性能 表 6.4.5.3

抗拉强度① R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度① R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率① A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验平均冲击功 不小于 (J)	夏比U型缺口冲击试验平均冲击功 不小于 (J)
400	200	28	45	32	30
440	220	26	45	28	27
480	240	24	40	25	25
520	260	22	40	20	22
550	275	20	35	18	20

注：① 抗拉强度为中间值时，其所对应的 R_{eH}、A_5、Z 和平均冲击功的最小值，均可用内插法求得。

② 表中各强度级铸钢的抗拉强度范围均为 $120N/mm^2$。

③ 冲击试验的温度为室温（18 ~ 25℃）。除另有规定外，建议选用V型缺口冲击试样。（2005）

6.4.6 无损检测

6.4.6.1 每个曲轴铸钢件均应进行超声波检测。

6.4.6.2 曲轴铸钢件的所有表面均应进行磁粉检测。建议在最终热处理之前，先磁粉检测一次，而对所有加工面在精加工以后仍应再次检查。

6.4.7 曲轴铸钢件的缺陷修补

6.4.7.1 对曲轴铸钢件表面的轻微缺陷，应首先考虑用机械方法打磨或修整成有过渡圆弧的光滑表面，但修整所形成凹坑的深度应不大于 $0.01d$（d 为曲柄销或套合孔的直径）。对有加工余量的表面轻微缺陷，可用机加工予以去除。

6.4.7.2 一般仅允许对偶然和意外出现的表面缺陷进行焊补，但事先应经CCS同意。

6.4.7.3 在下列情况下，不能对曲轴铸钢件缺陷进行焊补：

(1) 由于铸造工艺不当或施工不正确而重复出现的缺陷；

(2) 表面靠堆焊来增加厚度或填补大面积的凹坑；

(3) 含碳量超过0.30%时；

(4) 按下列公式计算出的碳当量 C_{eq} 大于0.65%时：

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}\%$$

6.4.7.4 若确有必要，经CCS同意，曲轴铸钢件的表面缺陷的焊补应符合下列规定：

(1) 对曲臂表面：

① 单个焊补沟槽的最大体积应不大于 $3.2t(cm^3)$；每个曲臂所有焊补沟槽的总体积应不大于 $9.6t(cm^3)$；

其中 t 为曲臂沿轴线方向的厚度值（cm）。如图6.4.7.4(1)和(2)所示；

② 对全组合和半组合曲轴，如图6.4.7.4(1)和(2)所示，标有交叉阴影线的部位不能进行焊补；

③ 如不影响曲臂的强度，且在重量平衡的范围之内，焊补范围可适当放宽。

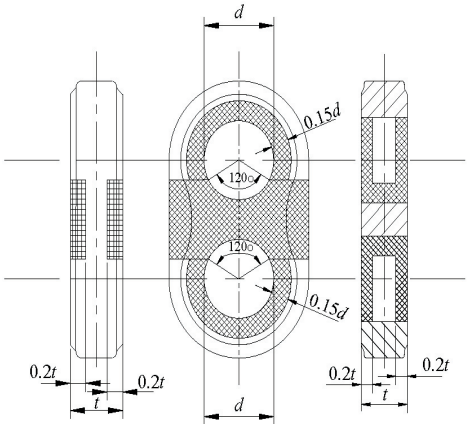


图 6.4.7.4(1)

(2) 对曲臂套合孔内的表面：

① 各焊补区域的间距应不小于 125mm；

② 如图 6.4.7.4(1) 和 (2) 所示，在距孔边 $t/5$ 的孔内环带以及图示 120° 弧长范围内的任何位置均不能焊补；

③ 套合孔内表面焊补的最大体积应不大于 $1.1t(cm^3)$，且任一套合孔内表面的焊补应不超过 3 处。

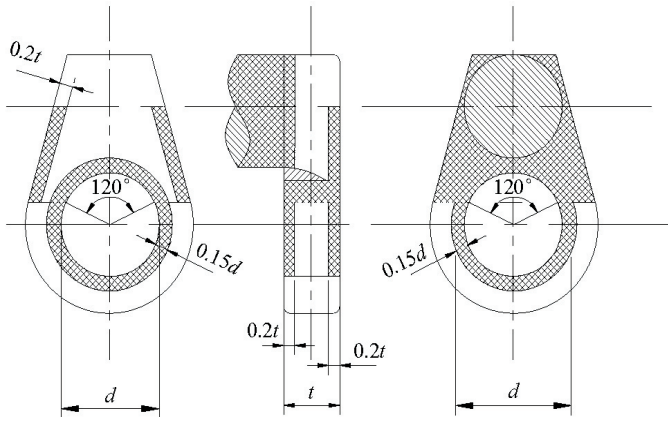


图 6.4.7.4(2)

6.4.7.5 在焊补区域内的缺陷材料挖除后，应采用磁粉检测或其他适当的方法，核实该缺陷是否被铲除干净。由于挖除缺陷材料所形成的沟槽和凹坑，可修整成适当的形状，以利于施焊。

6.4.7.6 焊补应由合格的焊工，采用不低于曲轴铸钢件强度的低氢型焊条，以平焊的方式进行施焊。

6.4.7.7 曲轴铸钢件应于焊补前进行细化晶粒热处理，并应在焊补前预热至 200℃或更高温度。建议此种预热在炉内进行，并一直保持温度到焊补结束和焊后热处理为止。

6.4.8 焊后热处理及检查

6.4.8.1 焊补完毕，曲轴铸钢件应采用下列之一的焊后热处理：

(1) 完全退火；

(2) 正火加回火。

如经上述热处理后仍有单个小缺陷，可允许再次焊补，但随后应进行不低于 550℃的焊后热处理。

6.4.8.2 所有焊补表面均应打磨光滑，并进行磁粉检测，以证实焊缝表面及其邻近母材没有危害性缺陷。

第 5 节 螺旋桨铸钢件

6.5.1 适用范围

6.5.1.1 本节规定适用于碳钢、碳锰钢、低合金钢和不锈钢铸造螺旋桨（包括桨叶和桨毂）。

6.5.1.2 铸钢螺旋桨及其部件的制造应符合本章第 1 节的有关规定。

6.5.2 化学成分

6.5.2.1 碳钢和碳锰钢螺旋桨铸钢件的化学成分应符合本节表 6.5.2.1 的规定。

碳钢和碳锰钢螺旋桨铸钢件的化学成分 表 6.5.2.1

钢 种	化学成分 (%)								
	C	Si	Mn	P	S	残余元素①			
						Ni	Cr	Mo	Cu
碳钢和碳锰钢	≤ 0.25	≤ 0.60	0.50~1.60	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.40	≤ 0.30	≤ 0.15	≤ 0.30

① 残余元素总量不超过 0.80%。

6.5.2.2 不锈钢螺旋桨铸钢件的化学成分应符合本节表 6.5.2.2 的规定。

不锈钢螺旋桨铸钢件的化学成分 表 6.5.2.2

钢 种	类型	化学成分 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
1Cr12NiMo	M/F	≤ 0.15	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 0.035	≤ 0.030	≤ 2.0	11.5 ～ 17.0	≤ 0.5
0Cr13Ni4Mo	M/F	≤ 0.06	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.035	≤ 0.030	3.5 ～ 5.0	11.5 ～ 17.0	≤ 1.0
0Cr16Ni5Mo	M/F	≤ 0.06	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 0.035	≤ 0.030	3.5 ～ 6.0	15.0 ～ 17.5	≤ 1.5
1Cr18Ni12Mo	A	≤ 0.12	≤ 1.5	≤ 1.6	≤ 0.035	≤ 0.030	8.0 ～ 13.0	16.0 ～ 21.0	≤ 4.0

表中：M －马氏体、F －铁素体、A －奥氏体

6.5.3 热处理

6.5.3.1 碳钢和碳锰钢螺旋桨铸件均应采用下列之一的热处理：

(1) 完全退火；

(2) 正火；

(3) 正火加回火，回火温度应不低于 550℃。

6.5.3.2 不锈钢螺旋桨铸件应根据其钢材种类进行下列热处理：

(1) 马氏体铸钢应进行奥氏体化并进行回火。

(2) 奥氏体铸钢应进行固溶热处理。

6.5.4 力学性能

6.5.4.1 通常每个螺旋桨铸件应制取 1 个代表其性能的试件。若采用同炉钢水浇铸，且同炉进行热处理，批量制造的直径不大于 1m 的螺旋桨，则每 5 个铸件中至少应制取 1 个试件。

6.5.4.2 试件一般应与铸钢件本体一起整体浇铸，桨叶上的附连试件应位于桨叶半径的 0.5 至 0.6 倍处。若铸件较小，可采用与本体分开的浇制试件。

6.5.4.3 试件应与铸件同炉进行热处理。在最终热处理完成前，附连试件不能从铸件上取下。附连试件应采用机加工的方法截取。

6.5.4.4 每个试件应至少截取 1 个拉伸试样和一组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样，分别按本篇第 2 章有关规定进行试验。

6.5.4.5 螺旋桨铸钢件的力学性能应符合表 6.5.4.5 规定。

螺旋桨铸钢件的力学性能 **表 6.5.4.5**

钢种		抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比 V 缺口冲击试验平均冲击功① 不小于 (J)
碳钢和碳锰钢		400	200	25	40	20
低合金钢		420	225	19	25	20
不锈钢	1Cr12NiMo	590	440	15	30	20
	0Cr13Ni4Mo	750	550	15	35	30
	0Cr16Ni5Mo	760	540	15	35	30
	1Cr18Ni12Mo	440	180②	30	40	—

注：① 对无冰级要求的船舶或具有 B 级冰级要求船舶，其使用的螺旋桨铸钢件的冲击试验应在 0℃进行；对具有其他冰级要求的船舶，其使用的螺旋桨铸钢件的冲击试验应在 -10℃进行。奥氏体不锈钢铸钢件可不作冲击试验。

② 奥氏体不锈钢若采用 1.0% 规定非比例延伸强度，则 $R_{p1.0}$ 应不小于 $205N/mm^2$。

6.5.5 检验

6.5.5.1 所有螺旋桨产品铸件均应进行外观成形检查和 100% 表面检查，其最终产品表面应符合批准图纸规定的粗糙度，且无裂纹或其他影响其使用性能的缺陷。

6.5.5.2 螺旋桨的重要部位均应按本规范第 3 篇第 8 章第 4 节的有关要求进行无损检测。

6.5.5.3 制造厂应检测螺旋桨的尺寸，并将检测报告提交验船师确认。

6.5.5.4 所有螺旋桨均应按图纸要求进行静平衡试验。对额定转速超过 500r/min 的螺旋桨可要求进行动平衡试验。

6.5.5.5 检查中发现的缺陷应按本规范第 3 篇第 8 章第 4 节的有关规定进行修复。

6.5.6 标记和证书

6.5.6.1 每个螺旋桨铸件应由制造厂做下列适当标记：

a) 炉号或其他能追溯铸件整个制造经过的标记；

b) CCS 证书号

c) 冰级符号，当适用时；

d) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；

e) 最终检验的日期；

f) 当铸件已验收通过，应打上 CCS 的标记。

6.5.6.2 凡经检验合格的螺旋桨铸件均应具有下列内容的检验证书：

a) 订货方名或订货号；

b) 船名（当已知时）；

c) 带图号的铸件详细描述文件；

d) 螺旋桨的直径、桨叶数、螺距、旋向；

e) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；

f) 成品桨重量；

g）合金型号、炉号、化学成分；

h）铸件的浇铸号；

i）详细的热处理时间和温度；

j）力学性能试验结果和无损检测结果。

第6节 锅炉、受压容器与管系用铸钢件

6.6.1 适用范围

6.6.1.1 本节规定适用于锅炉、受压容器和管系用的碳钢、碳锰钢或合金钢铸钢件。

6.6.1.2 符合本节规定的铸钢件也可用于设计温度不低于0℃的液化气体货物管系。设计温度低于0℃和供货合同要求保证低温冲击性能的其他铸钢件应符合本章第7节或第8节的要求。

6.6.2 化学成分

6.6.2.1 铸钢件的桶样化学成分应符合表6.6.2.1的规定。

锅炉、受压容器与管系用铸钢件的化学成分 表6.6.2.1

钢种	化学成分（%）											
	C	Si	Mn	S	P	残余元素						
						Cr	Mo	Cu	Ni	总含量		
碳钢和碳锰钢	≤0.25	≤0.60	0.50~1.60	≤0.04	≤0.04	≤0.25	≤0.15	≤0.30	≤0.40	≤0.80		
合金钢	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V	残余元素			
									Cr	Cu	Ni	
0.5Mo	≤0.25	≤0.60	0.50 ~ 1.0	≤0.04	≤0.04	-	0.35~0.65		≤0.25	≤0.30	≤0.40	
1Cr0.5Mo	≤0.23	≤0.60	0.50 ~ 0.80	≤0.04	≤0.04	1.0 ~ 1.50	0.45~0.65			≤0.30	≤0.40	
2.25Cr1Mo	≤0.20	≤0.60	0.40 ~ 0.80	≤0.04	≤0.04	2.0~2.75	0.90~1.20			≤0.30	≤0.40	
0.5Cr0.5Mo0.25V	≤0.20	≤0.45	0.40 ~ 0.80	≤0.04	≤0.04	0.30~0.50	0.40~0.60	0.20~0.30		≤0.30	≤0.40	

6.6.3 热处理

6.6.3.1 铸钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 完全退火；

(2) 正火；

(3) 正火加回火；

(4) 淬火加回火。

6.6.4 力学性能

6.6.4.1 每个铸钢件至少应制备1个拉伸试样，对形状复杂的铸钢件或重量超过2.5t的单件成品铸钢件，至少应制备2个拉伸试样。试件应与铸钢件一起整体浇铸，且位置应尽量远离。

6.6.4.2 经CCS同意，小型铸钢件可按本章的规定进行批量试验。

6.6.4.3 铸钢件的力学性能应符合表6.6.4.3的规定。

锅炉、受压容器与管系用铸钢件的力学性能 表 6.6.4.3

钢种	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm²)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm²)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)
碳钢和碳锰钢	410	205	25	40
	460	230	22	30
	490	245	20	25
0.5Mo	440	245	20	30
1Cr0.5Mo	480	280	17	20
2.5Cr1Mo	480	280	17	20
0.5Cr0.5Mo0.25V	510	295	17	20

注： 表中各强度等级铸钢件的抗拉强度范围均为 150N/mm²。

6.6.5 无损检测

6.6.5.1 铸钢件应按批准图纸的要求进行无损检测。

6.6.6 高温力学性能

6.6.6.1 在高温下使用的铸钢件，应将其高温力学性能的有关资料提交 CCS 认可。

第 7 节 低温铁素体铸钢件

6.7.1 适用范围

6.7.1.1 本节规定适用于设计温度低于 0℃的液化气体管系和其他要求保证低温冲击性能的碳锰钢和镍合金钢的铸钢件。

6.7.2 化学成分

6.7.2.1 铸钢件的熔炼分析化学成分应符合表 6.7.2.1 的规定。

低温铁素体铸钢件的化学成分 表 6.7.2.1

钢种	化学成分 (%)						
	C	Si	Mn	S	P	Ni	其他元素
碳锰钢	≤ 25	≤ 0.60	0.70~1.60	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.80	Cr ≤ 0.25 Cu ≤ 0.30
2.5Ni	≤ 0.25	≤ 0.60	0.50~0.80	≤ 0.04	≤ 0.04	2.0~3.0	
3.5Ni	≤ 0.15	≤ 0.60	0.50~0.80	≤ 0.04	≤ 0.04	3.0~4.0	

注：碳锰钢应进行细化晶粒处理。

6.7.3 热处理

6.7.3.1 铸钢件应采用下列之一的热处理：

(1) 正火；

(2) 正火加回火；

(3) 淬火加回火。

6.7.4 力学性能

6.7.4.1 每个铸钢件或每批铸钢件应至少提供一套试样。

6.7.4.2 1 套试样应包括：1 个拉伸试样和 1 组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样。

6.7.4.3 铸钢件的力学性能应符合表 6.7.4.3 的规定。

低温铁素体铸钢件的力学性能 **表 6.7.4.3**

钢种	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比 V 型缺口冲击试验	
					试验温度 (℃)	平均冲击功 不小于 (J)
碳锰钢	400	200	25	40	- 40	27
	430	215	23	35		
	460	230	22	30		
2.5Ni	490	275	20	35	- 60	34
3.5Ni	490	275	20	35	- 70	34

注：对抗拉强度＜ 430N/mm^2 的铸钢件，其抗拉强度范围为 100N/mm^2；对抗拉强度≥ 430N/mm^2 的各强度级铸钢件，其抗拉强度的范围为 150N/mm^2。

6.7.5 无损检测

6.7.5.1 铸钢件应按批准图纸的要求进行无损检测。

第 8 节 奥氏体不锈钢铸钢件

6.8.1 适用范围

6.8.1.1 本节规定适用于设计温度不低于 -165℃的液化气体运输船和散装化学品船管系用的奥氏体不锈钢铸钢件。

6.8.2 化学成分

6.8.2.1 铸钢件的桶样化学成分应符合表 6.8.2.1 的规定。

奥氏体不锈钢铸钢件的化学成分 **表 6.8.2.1**

钢号	化学成分 (%)								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni	其他元素
00Cr18Ni10	≤ 0.03	0.20 ～ 1.50	0.50 ～ 2.0	≤ 0.04	≤ 0.04	16.0 ～ 21.0	-	8.0~12.0	-
0Cr18Ni9	≤ 0.08						-	8.0~12.0	-
00Cr17Ni14Mo3	≤ 0.03						2.0 ~ 3.0	9.0~13.0	-
0Cr18Ni9Ti	≤ 0.08						-	8.0~12.0	5C ≤ Ti ≤ 0.70
1Cr18Ni11Nb	≤ 0.06						-	8.0~12.0	8C ≤ Nb ≤ 0.90

注：若对低温冲击性能无要求时，含碳量最大可为 0.080%，含铌量最大可为 1.0%。

6.8.3 热处理

6.8.3.1 铸钢件应在不低于 1000℃的温度下进行固溶处理，并在适当的介质中迅速冷却。

6.8.4 力学性能

6.8.4.1 每个铸钢件或每批铸钢件应至少提供 1 个拉伸试样。

6.8.4.2 拟用于设计温度低于 -55℃的液化气体管系的铸钢件或 CCS 有要求时还应提供 1 组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样。

6.8.4.3 铸钢件的力学性能应符合表 6.8.4.3 的规定。

奥氏体不锈钢铸钢件的力学性能 表 6.8.4.3

钢种	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	屈服强度 $R_{p1.0}$ 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比 V 型缺口冲击试验	
					试验温度 (℃)	平均冲击功 不小于 (J)
00Cr18Ni10	400	200	26	40	-196	41
0Cr18Ni9	440	220				
00Cr17Ni14Mo3	430	215	26	40	-196	41
0Cr18Ni9Ti 1Cr18Ni11Nb	480	240	22	35	-196	41

6.8.5 晶间腐蚀试验

6.8.5.1 凡要求进行抗晶间腐蚀试验者，应按本篇第 2 章第 7 节的规定进行试验。

6.8.6 无损检测

6.8.6.1 铸钢件应按批准图纸的要求进行无损检测。

第7章 铸 铁 件

第1节 一 般 规 定

7.1.1 适用范围

7.1.1.1 本章规定适用于建造船舶结构、机械、锅炉、受压容器和管系的灰铸铁、球墨铸铁或其他高强度铸铁。

7.1.1.2 凡采用本章规定以外的铸铁时应将其化学成分、力学性能和热处理规程等资料提交CCS审核，经CCS同意，可按公认的有关标准验收。

7.1.1.3 铸铁件应按本篇第1章和第2章以及本章的有关规定进行制造和试验。

7.1.1.4 由同一炉铁水浇铸、尺寸相近并经相同热处理的小型铸铁件，经CCS同意，可按批进行检验。

7.1.2 制造加工

7.1.2.1 铸铁件应由CCS认可的铸造厂制造。

7.1.2.2 浇口和其他多余材料，应采用适当的方法去除。如采用热切割方法，则应采用机加工方法去除受到热影响的切割面。

7.1.2.3 在正式批量生产同类铸铁件前，制造厂应进行工艺验证试验，以证明该工艺能确保铸铁件的质量良好、稳定。

7.1.3 铸铁件质量

7.1.3.1 铸铁件上不应有裂纹、气孔、缩孔、疏松、砂眼、冷隔等影响其后机加工和使用的各种有害缺陷。

7.1.3.2 铸铁件应按已批准图纸的要求，加工到规定的粗糙度。

7.1.4 化学成分

7.1.4.1 除另有规定外，铸造厂可自行决定铸铁件的化学成分，但化学成分应适合铸铁件的尺寸和本章各节所规定的力学性能。

7.1.5 热处理

7.1.5.1 除另有规定外，铸铁件可以铸态或适当的热处理状态交货。

7.1.6 试样

7.1.6.1 每一铸铁件或每批铸铁件应能提供足够的试验材料，以符合规定的试验和可能进行的复试的需要。若大型铸铁件系由2炉（罐）或以上的铁水浇铸，则应提供相应炉（罐）数的试件，以代表各炉（罐）铁水的特性。

7.1.6.2 试件可单独浇铸，但应采用与铸铁件同一种造型材料制成的铸型浇铸。试件应在温度低于500℃时，才能从铸型内取出。

7.1.6.3 应对所有的铸铁件试件作好标记，清楚地标明它所代表的铸铁件。

7.1.6.4 如铸铁件需经热处理后交货，则试件应与其所代表的铸铁件一起进行热处理。

7.1.6.5 所有试样的制备和试验方法应符合本篇第2章的规定。

7.1.7 力学性能

7.1.7.1 铸铁件的力学性能应符合本章的有关规定。

7.1.8 目检和无损检测

7.1.8.1 所有铸铁件均应经适当的清理，以便对其内外表面进行目检。铸铁件表面不可采用敲打、锤击或其他有可能掩盖缺陷的方法进行处理。

7.1.8.2 除批准图纸另有规定或认为铸铁件存在危险性缺陷外，一般不要求对铸铁件进行无损检测。

7.1.8.3 制造厂应保证铸铁件的尺寸具有足够的精度。

7.1.8.4 如有必要，在最后验收前可要求对铸铁件进行压力试验。

7.1.9 缺陷的修补

7.1.9.1 铸铁件表面的轻微缺陷，可采用适当的方法予以清除。

7.1.9.2 铸铁件表面缺陷一般不允许焊补。若确有必要，应事先提交焊补的详细资料，经CCS同意后，方可焊补。

7.1.9.3 凡不承受内压力的铸铁件，其局部疏松，经验船师同意后，可采用适当的塑性填充物进行填充。

7.1.10 标记

7.1.10.1 制造厂对验收合格的每一铸铁件或每批铸铁件，应至少在一个位置清晰地标出CCS的标志和以下标记：

(1) 炉罐号或供查阅铸铁件铸造全过程的识别标记；
(2) CCS负责检验的单位及其钢印；
(3) 负责检验的验船师印章；
(4) 试验压力（如进行该试验时）；
(5) 最后检验日期。

7.1.11 合格证书

7.1.11.1 制造厂应对已验收的每一铸铁件或每批铸铁件出具1份包括下列内容的合格证书：

(1) 订货方的名称和合同号；
(2) 铸铁质量及铸铁件的说明书；
(3) 炉罐号和化学成分；
(4) 热处理工艺；
(5) 力学性能试验结果；
(6) 试验压力（如进行该试验时）。

第2节 灰 铸 铁 件

7.2.1 适用范围

7.2.1.1 本节规定适用于机械和管路零件用的灰铸铁件。

7.2.2 试样

7.2.2.1 试件形状一般为直径 30mm 和有适当长度的圆棒。当 2 个或以上的试件在同一铸模中浇铸时，每一圆棒之间至少应有 50mm 的间距（如图 7.2.2.1 所示）。

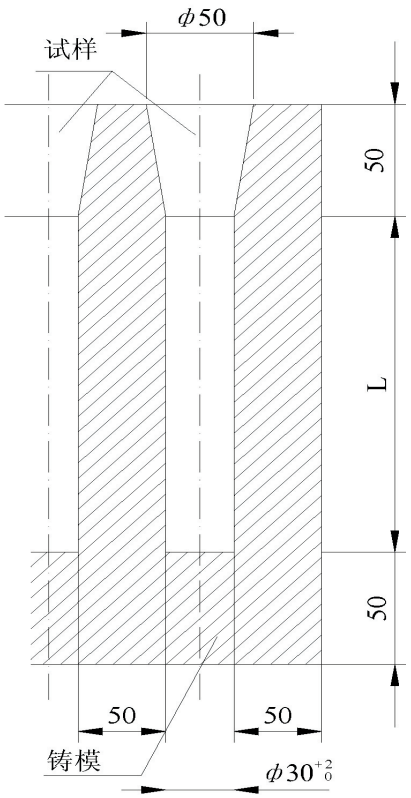


图 7.2.2.1 灰铸铁试件

7.2.2.2 当铸铁件厚度超过 20mm，重量超过 200kg 时，经制造厂与客户协商，可采用整体浇铸试件。试样的型式和位置应能保证与其所代表的铸铁件的冷却条件基本一致。

7.2.2.3 对于清理后单件重量不超过 1t 的铸铁件，可进行批量试验。同一批铸铁件应具有相同的类型和尺寸，并用同 1 炉铁水浇铸。每批铸铁件（经清理后）为 2t，取 1 个试件。

7.2.2.4 对于大批量连续浇铸的同一类型的铸铁件，每批重量可增加到 2h 浇铸的产量。

7.2.2.5 如果大批量连续浇铸同一类型的铸铁件，并且整个生产过程通过系统检查，如激冷试验、化学分析、热值分析等，受到严格的监控，经 CCS 同意，可以延长取样时间间隔。

7.2.2.6 对于整体浇铸的试件，应与该铸铁件一起进行热处理。

7.2.2.7 每个试件加工 1 个拉伸试样，试样直径为 20mm。

7.2.3 热处理

7.2.3.1 若考虑到铸铁件在高温下使用或对铸铁件的尺寸和形状稳定性有要求时，应进行适当的回火或消除应力处理。

7.2.4 力学性能

7.2.4.1 灰铸铁件的力学性能应符合表 7.2.4.1 的规定。

灰铸铁的力学性能 表 7.2.4.1

灰铸铁牌号	抗拉强度① R_m 不小于 (N/mm^2)	布氏硬度② (HB)
HT200	200	150 ～ 225
HT250	250	168 ～ 251
HT300	300	185 ～ 278
HT350	350	203 ～ 304

注：① 表列各强度级铸铁件的抗拉强度范围均为 $100N/mm^2$。

② 硬度试验仅对螺旋桨、柴油机气缸体、气缸套、活塞、活塞环、导板等有耐磨要求的铸铁件。

7.2.4.2 铸铁件的抗拉强度应不小于 $200N/mm^2$。所有拉伸试样的断口应呈均匀的灰色结晶状外观。

第 3 节 球墨铸铁件

7.3.1 适用范围

7.3.1.1 本节规定适用于机械和管路零件用的球墨铸铁件。

7.3.1.2 本节规定适用于常温下使用的球墨铸铁件。如用于低温或高温环境，应经 CCS 认可。

7.3.2 热处理

7.3.2.1 若考虑到铸铁件在高温下使用或对铸铁件有尺寸和形状稳定性要求时，应在机加工或细化晶粒热处理前进行适当的热处理以消除有害应力。对抗拉强度为 $350N/mm^2$ 和 $400N/mm^2$ 的有特殊要求的铸铁件以及要求进行冲击试验的铸铁件，应进行铁素体化热处理。

7.3.2.2 如需对铸铁件表面进行硬化处理，其有关工艺应提交 CCS 认可。

7.3.3 试样

7.3.3.1 试件形状一般分 U 型和 Y 型两种，应分别按图 7.3.3.1(1)、(2) 的规定单独或整体浇铸，也可按 CCS 同意的其他形状浇铸。

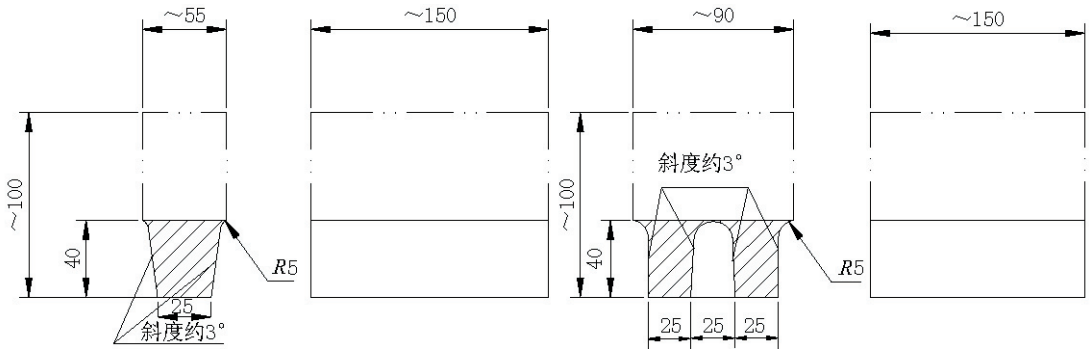


图 7.3.3.1(1)

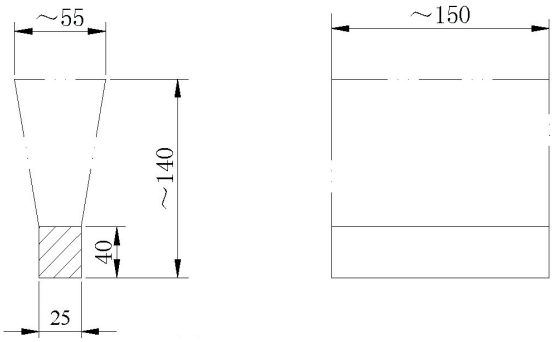


图 7.3.3.1(2)

7.3.3.2 取样方法规定如下：

(1) 对整体浇铸的试件：每个或每批重量为不超过 2t 的铸铁件，至少应提供 1 个试件，试件应取自铸铁件浇口附近；

(2) 对分开单独浇铸的试件：每个或每批重量不超过 1t 的铸铁件，至少应提供 1 个试件；重量超过 1t 时，则每 2t 分别浇铸试件；

(3) 对多于一炉铁水浇铸的大型铸铁件或批量铸铁件，则每炉应按本条 (1) 或 (2) 的规定提供试件；

(4) 如果铸铁件需进行热处理时，则整体浇铸的试件只能在热处理后，才能从铸铁件上截取。而单独分开浇铸的试件，应与所代表的铸铁件同炉热处理。

7.3.3.3 每个试件应加工 1 个拉伸试样。

7.3.4 力学性能

7.3.4.1 球墨铸铁件的力学性能应符合表 7.3.4.1 的规定。

球墨铸铁件的力学性能 表 7.3.4.1

抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)		规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	硬度 (HB)	夏比 V 型冲击试验		金相组织
					试验温度 (℃)	冲击功 (J)	
普通要求	370	230	17	120 ～ 180	-	-	铁素体
	400	250	12	140 ～ 200	-	-	铁素体
	500	320	7	170 ～ 240	-	-	铁素体 / 珠光体
	600	370	3	190 ～ 270	-	-	铁素体 / 珠光体
	700	420	2	230 ～ 300	-	-	珠光体
	800	480	2	250 ～ 350	-	-	珠光体 / 回火组织
特殊要求	350	220	22④	110 ～ 170	20	17(14)	铁素体
	400	250	18④	140 ～ 200	20	14(11)	铁素体

注：① 中间值可以用内插法计算。

② 表中的力学性能以试样的抗拉强度和伸长率为验收依据。如在设计图纸中有要求时，屈服强度和硬度亦可作为验收依据。

③ 平均冲击功应不低于表中规定的值，单个试样冲击功应不低于括号中的数值。

④ 对于整体浇铸的试件，其伸长率可降低 2%。

7.3.4.2 如果 1 个拉伸试样的结果不符合要求，则应从该铸铁件或该批铸铁件中另取 2 个试样进行复试。如果这 2 个试样复试的结果符合要求，则该铸铁件或该批铸铁件可以验收。如果其中任一试样复试不合格，则该铸铁件或该批铸铁件不能验收。

7.3.4.3 如有必要，CCS 可要求进行冲击试验。应从每个试件上制备 1 组 3 个夏比 V 型缺口击试样进行试验，试样的尺寸和试验程序应符合本篇第 2 章的有关规定。

7.3.5 金相检查

7.3.5.1 球墨铸铁应进行金相检查。

7.3.5.2 如有要求时，每一罐球化处理的铸铁应取一个金相试样。试样可从拉伸试样上制取，也可从浇铸阶段末段炉罐中取样。

7.3.5.2 试件检验应表明至少 90% 的石墨呈分散的球状或絮状分布。表 7.3.4.1 列出供参考的典型的金相组织。

第 4 节 曲轴铸铁件

7.4.1 适用范围

7.4.1.1 本节对柴油机和制冷压缩机铸铁曲轴作了附加规定。灰铸铁曲轴仅适用于制冷压缩机。

7.4.2 热处理

7.4.2.1 曲轴铸铁件除已进行过完全退火、正火或淬火（油冷）和回火热处理外，在机加工前，应进行消除内应力的热处理。

7.4.2.2 如果对铸铁曲轴的轴颈进行表面硬化处理，则应将详细的工艺资料提交 CCS 认可。曲轴在进行这种处理前，应进行验证试验，并征得 CCS 的同意。

7.4.3 试验材料

7.4.3.1 试件的尺寸应保证它们的力学性能确能代表曲轴铸铁件的平均力学性能。

7.4.3.2 对大型曲轴铸铁件，每个铸铁件的试件应从铸铁件本体截取或附带浇铸在铸铁件上。

7.4.3.3 对于每个重量不超过 100kg 批量生产的小型曲轴铸铁件，可按本章 7.3.3 的规定浇铸试件。

7.4.4 力学性能

7.4.4.1 灰铸铁曲轴的抗拉强度应不小于 300N/mm^2。球墨铸铁曲轴的抗拉强度应不小于 490N/mm^2，其力学性能应符合本章表 7.3.4.1 的要求。

7.4.4.2 除进行拉伸试验外，还应在每个铸铁件上进行硬度试验。球墨铸铁件的硬度值应符合本章表 7.3.4.1 的规定，灰铸铁曲轴的硬度值应符合公认的有关标准。

7.4.5 缺陷的修补

7.4.5.1 铸铁曲轴的缺陷不允许焊补，瑕疵不能用填充物填充。

7.4.6 无损检测

7.4.6.1 曲轴铸铁件在最终机加工后应进行磁粉检测。为此，检测表面应达到所需的粗糙度。磁粉检测的结果应提交 CCS 认可。

第8章 铝 合 金

第1节 一 般 规 定

8.1.1 适用范围

8.1.1.1 本章规定适用于建造船体和设备的耐海水腐蚀的铝合金板材、型材（包括棒材和管材）、铝合金铆钉以及铝合金活塞。对于制造低温液化气运输球罐用铝合金，应提供有关试验资料交CCS审核。

8.1.1.2 其他铝合金的铸件和锻件可按公认的有关标准验收。

8.1.2 制造

8.1.2.1 除本章规定外，铝合金的制造与验收应符合本篇第1章和第2章的有关规定。

8.1.2.2 铝合金可采用经CCS认可的锭模以及连续或半连续铸造方法生产。板材应按其力学性能要求，采用热轧或冷轧方法制造，型材应采用挤压方法制造，管材可采用挤压或拉拔方法制造。

8.1.2.3 除另有协议外，铝合金的无损检测不作为验收条件，但制造厂应采用取有效措施确保铝合金的内部质量。

8.1.3 化学成分

8.1.3.1 铝合金的化学成分应符合本章各节的有关要求。根据情况，CCS可要求进行耐腐蚀性及可焊性等特殊试验或提供有关资料。其他铝合金或不完全符合本章要求的铝合金，应经CCS同意后，方可选用。

8.1.4 试验

8.1.4.1 根据铝合金的种类，按本章各节的有关要求，可以单件或批量提交试验。如按批提交试验，则每批应由同一炉号（熔次），同一化学成分、同一产品类型（如板材、型材、棒材等）、同一交货状态及尺寸规格相近的材料组成。如产品以热处理状态交货，则每批应装同一炉内进行热处理或者使用连续热处理炉进行同一最终处理。

8.1.5 表面质量与尺寸等

8.1.5.1 铝合金产品表面不应有裂纹、分层、腐蚀、氧化夹杂物、起皮、气泡、硝盐痕和严重的机械损伤以及影响后续加工或使用的有害缺陷。缺陷的判定应符合公认的有关技术条件。

8.1.5.2 铝合金产品边缘应平齐、无毛刺、外形尺寸和公差范围应符合CCS接受的有关技术条件。

8.1.6 缺陷的修整

8.1.6.1 铝合金产品局部表面的轻微缺陷，在征得CCS验船师的同意后，可以用机加工或研磨的方法去除。任何修整部位的深度不得超出厚度的允许负偏差，且不允许对材料产生任何不利的影响。除非另有协议，所有的修整均应在CCS验船师的在场下进行。

8.1.6.2 对不能按8.1.6.1中规定予以修整的表面缺陷，除能证明焊补不会影响该铝合金产品的强度和使用外，一般不允许对缺陷进行焊补。

8.1.7 标记

8.1.7.1 制造厂对经 CCS 检验合格的所有铝合金成品，应至少在一个位置清晰地标出 CCS 的印记和下列标记：

(1) 制造厂的名称或商标；

(2) 铝合金牌号和状态号；

(3) 耐腐蚀试验的标记“M”（如有时）；

(4) 能追溯产品全部生产过程的识别标志。

8.1.7.2 若相同产品以成捆包扎或使用容器包装交货时，则可在易于检查之处牢固地系上载有 8.1.7.1 规定内容的标签。

8.1.8 证书

8.1.8.1 制造厂应对所有经 CCS 检验合格的产品提供包括下列内容的合格证书：

(1) 订货方名称和合同号；

(2) 产品的数量、尺寸规格和重量；

(3) 铝合金牌号和交货状态；

(4) 铝合金化学成分；

(5) 制造批号或能追溯产品全部生产过程的识别标志；

(6) 试验结果。

第 2 节 铝合金板材与型材

8.2.1 适用范围

8.2.1.1 本节规定适用于船体结构、上层建筑和其他海上设施建造用厚度为 3mm ～ 50mm 的铝合金板材和型材。但本节规定的铝合金一般不适用于工作温度低于 -100℃的结构。

8.2.1.2 当使用本节规定以外的铝合金时，应将其化学成分、交货状态和力学性能提交 CCS 审核，经同意后，可用于船舶和海洋工程结构。

8.2.2 一般要求

8.2.2.1 铝合金板材与型材及其半成品应由 CCS 认可的生产厂制造。

8.2.2.2 铝合金应具有良好的耐海水腐蚀性和焊接性。

8.2.2.3 除有有效的保护措施（如阴极保护和 / 或有完整的涂装保护）外，AlSiMg 系合金（6000 系）一般不允许用于直接接触海水的构件。

8.2.3 化学成分

8.2.3.1 应从每一批铝合金产品中取样测定化学成分，并提交一份证书。铝合金的化学成分应符合表 8.2.3.1 中的要求。

8.2.3.2 当铝合金冶炼厂以生产半成品交货时，应向验船师出具一份载明炉号和化学成分的证书。

铝合金的化学成分（%） 表 8.2.3.1

牌号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al	其他元素①	
										每种	总量
5A01	Si+Fe ≤ 0.40		≤ 0.10	0.30~0.70	6.0~7.0	0.10~0.20	≤ 0.20	≤ 0.15	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
5454	≤ 0.25	≤ 0.40	≤ 0.10	0.50~1.0	2.4~3.0	0.05~0.20	≤ 0.25	≤ 0.20	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
5083	≤ 0.40	≤ 0.40	≤ 0.10	0.40~1.0	4.0~4.9	0.05~0.25	≤ 0.25	≤ 0.15	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
5383	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.20	0.7~1.0	4.0~5.2	≤ 0.25	≤ 0.40	≤ 0.15	余量	≤ 0.05④	≤ 0.15④
5059	≤ 0.45	≤ 0.50	≤ 0.25	0.6~1.2	5.0~6.0	≤ 0.25	0.40~0.90	≤ 0.20	余量	≤ 0.05⑤	≤ 0.15⑤
5086	≤ 0.40	≤ 0.50	≤ 0.10	0.20~0.70	3.5~4.5	0.05~0.25	≤ 0.25	≤ 0.15	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
5456	≤ 0.25	≤ 0.40	≤ 0.10	0.50~1.0	4.7~5.5	0.05~0.20	≤ 0.25	≤ 0.20	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
5754	≤ 0.40	≤ 0.40	≤ 0.10	≤ 0.50②	2.6~3.6	≤ 0.30②	≤ 0.20	≤ 0.15	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
6005A	0.50~0.90	≤ 0.35	≤ 0.30	≤ 0.50③	0.4~0.7	≤ 0.30③	≤ 0.20	≤ 0.10	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
6061	0.40~0.80	≤ 0.7	0.15~0.40	≤ 0.15	0.8~1.2	0.04~0.35	≤ 0.25	≤ 0.15	余量	≤ 0.05	≤ 0.15
6082	0.7~1.3	≤ 0.50	≤ 0.10	0.40~1.0	0.6~1.2	≤ 0.25	≤ 0.20	≤ 0.10	余量	≤ 0.05	≤ 0.15

注 ① 其他元素包括 Ni、Ga、V 和其他未显示成分限止的元素，常规试验时不必分析。

② 0.10%≤ Mn+Cr ≤ 0.60%

③ 0.12%≤ Mn+Cr ≤ 0.50%

④ Zr ≤ 0.20，其他元素的总量中不包括锆 (Zr)

⑤ 0.05%≤ Zr ≤ 0.25%，其他元素的总量中不包括锆。

8.2.4 交货状态

8.2.4.1 铝合金板材、棒材、型材和管材可采用轧制或挤压方法生产。

8.2.4.2 铝合金一般以下列状态交货：

0 ——退火状态

H111 ——退火后经过轻微加工处理（如矫正等）

H112 ——热加工成形的状态

H116 ——对 Mg 超过 4.0%的铝合金，进行防腐蚀处理后的状态

H32 ——加工硬化后进行稳定化处理至 1/4 硬度

H321 ——加工硬化后进行稳定化处理至稍低于 H32 的硬度

H34 ——加工硬化后进行稳定化处理至 1/2 硬度

T5 ——高温成形冷却后进行人工时效处理

T6 ——固溶热处理后进行时效处理

8.2.4.3 轧制铝镁系合金一般以 H111、H112、H116、H32、H321、H34 或 0 状态交货；

8.2.4.4 挤压成形铝镁合金一般以 H111、H112 或 0 状态交货；

8.2.4.5 挤压成形的铝硅镁系合金一般以 T5 或 T6 状态交货。

8.2.5 试验和检查

8.2.5.1 铝合金冶炼厂应检查每炉产品的化学成分，铝合金的化学成分应符合本节 8.2.3.1 的规定。

8.2.5.2 成品材料应具有规定的表面粗糙度，并无影响使用的内外部缺陷。轻微的表面缺陷可用打磨或机加工的方法去除，但应使材料的厚度保持在 8.2.5.3 允许的公差范围内。

8.2.5.3 制造厂应检验每批铝合金产品的尺寸公差。铝合金轧制产品的厚度负公差应符合表 8.2.5.3 的规定，挤压产品产品的厚度负公差应满足承认的国家标准或国际标准。除厚度外的其他尺寸公差应符合承认的国家标准或国际标准要求。

轧制产品的厚度负公差（mm） 表 8.2.5.3

名义宽度 B（mm） / 名义厚度 t（mm）	小于 1500	1500 ～ 2000	2000 ～ 3500
$3 \leqslant t \leqslant 4$	0.10	0.15	0.15
$4 < t \leqslant 8$	0.20	0.20	0.25
$8 < t \leqslant 12$	0.25	0.25	0.35
$12 < t \leqslant 20$	0.35	0.40	0.50
$20 < t \leqslant 50$	0.45	0.50	0.65

8.2.5.4 铝合金产品通常按批取样进行力学性能试验。每批铝合金材料应具有相同炉号、相同制造工艺、相同材料等级和状态、具有相似的形状和尺寸（对板材，相同板厚）。取样数量应符合8.2.5.5~8.2.5.7的规定。

8.2.5.5 轧制产品每批的重量应不超过2000kg。每批制取1个试件。若单件重量大于2000kg，则仅取1个试件。

8.2.5.6 挤压产品应按表8.2.5.6要求取样进行试验。

挤压产品的取样数量 表 8.2.5.6

产品名义重量	批重量	取样数量
1kg/m	1000kg 和不足 1000kg 的余额	1 个试件
1~5kg/m	2000kg 和不足 2000kg 的余额	1 个试件
＞ 5kg/m	3000kg 和不足 3000kg 的余额	1 个试件

8.2.5.7 压焊焊合的闭合型挤压型材，除8.2.5.6外，工厂还应以公认的方法证明其焊缝熔合良好。

8.2.5.8 试验应按本篇第2章的有关规定进行。试验结果应符合本节8.2.7的有关规定。

8.2.5.9 若拉伸试验不符合要求，则可按本篇第1章1.2.5的有关规定进行复试并验收。

8.2.5.10 对以H116或H321状态交货，用于海船船体外板或长期与海水直接接触场合的铝镁系合金，每批尚应制取一个试件，进行与材料抗剥蚀和晶间腐蚀性能相关的检查或试验。每批重量应符合8.2.5.5的规定。

8.2.5.11 铝合金抗剥蚀和晶间腐蚀性能试验应按CCS接受的国际或国家标准进行。

8.2.5.12 当制造厂已建立经CCS认可的与生产工艺相联系的铝合金抗剥蚀和晶间腐蚀性能试验合格参考金相照片体系时，腐蚀试验可用金相照片比对法替代。

8.2.5.13 当采用金相照片比对检查时，取样和比较应在验船师在场时进行。

8.2.5.14 若金相检查显示有超过参考合格样片的连续晶间网络化铝镁沉淀物的证据时，该批材料就应判废或经验船师同意进行剥蚀试验和晶间腐蚀试验。如果试验结果符合验收标准，该批材料可以验收，否则就应判废。

8.2.6 试件与试样

8.2.6.1 轧制产品的拉伸试件应取自于材料纵向的端部，宽度的1/3处；挤压产品的拉伸试件应在产品最厚处距外表面半径1/2至1/3处。

8.2.6.2 拉伸试样的取向应符合下列要求：

(1) 轧制产品通常进行横向取样试验，如果产品宽度不足以得到横向试样，或在应变强化铝合金的情况下，允许以纵向取样。

(2) 挤压产品通常纵向取样进行试验。

8.2.6.3 取出的试样上应标记产品的批号、取样位置和取向。

8.2.6.4 试件上截取试样应符合下列规定：

(1) 对厚度小于或等于12.5mm的铝合金产品，应采用本规范第1篇表2.2.2.1中序号1非比例试样2的板状试样。试样加工时应保留两个轧制面。

(2) 对厚度超过12.5mm的铝合金产品，应采用本篇表2.2.2.1中序号2的圆形试样。取样时，对厚度小于或等于40mm的产品，试样的中心线应位于产品的中心，当产品厚度超过40mm时，试样的中心线应位于厚度的四分之一处。

8.2.6.5 腐蚀试验或金相检查照片的试样应从下列部位制取，试样的长度方向垂直于材料的轧制方向：

(1) 对卷材：在每一卷材的端部的宽度中间；

(2) 对板材：从一批板材中随机抽取一张，在其端部的宽度中间。

8.2.7 力学性能

8.2.7.1 轧制成形铝合金在各种状态下的力学性能应分别符合表8.2.7.1的规定。

轧制成形铝合金板和带材的力学性能 表8.2.7.1

牌号	状态	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ (N/mm²)	抗拉强度 R_m (N/mm²)	最低伸长率A(%)		
				厚度 t	50mm	$5d$
5A01	O/H112	≥165	≥325	≤50mm	10	
	H32	≥245	≥365	≤50mm	8	
5454	O/H111	≥85	≥215	≤12.5mm	17	
				>12.5mm		16
	H112	≥125	≥220	≤12.5mm	8	
		≥80	≥215	>12.5mm		11
	H32	≥180	250～305	≤12.5mm	10	
				>12.5mm		9
5083	O/H111	≥125	275～350	≤12.5mm	16	
				>12.5mm		15
	H112	≥125	≥275	≤12.5mm	12	
				>12.5mm		10
	H116	≥215	≥305	≤12.5mm	12①	
				>12.5mm		10
	H321	215～295	305～380	≤12.5mm	10②	
				>12.5mm		9
	H34	≥270	≥340	3≤t≤50mm	5	
5383	O/H111	≥145	≥290	3≤t≤50mm		17
	H116或H321	≥220	≥305	3≤t≤50mm		10
5059	O/H111	≥160	≥330	3≤t≤50mm		24
	H116或H321	≥270③	≥370③	3≤t≤50mm		10
5086	O/H111	≥100	240～310	≤12.5mm	17	
				>12.5mm		16
	H112	≥125	≥250	≤12.5mm	8	
		≥105	≥240	>12.5mm		9
	H116	≥195	≥275	≤12.5mm	10②	
				>12.5mm		9
	H321	≥185	275～335	≤12.5mm	10②	
				>12.5mm		9
	H34	≥220	≥300	≤12.5mm	8	
				>12.5mm		7
5456	O	130～205	290～365④	≤12.5mm	16	
		125～205	285～360	>12.5mm		14
	H111	≥180	≥295	≤12.5mm	14	
				>12.5mm		12
	H116	≥230	≥315	≤12.5mm	10	
		≥200⑤	≥290⑤	>12.5mm		10
	H321	230～315	315～405	≤12.5mm	12	
		215～305	305～385⑥	>12.5mm		10
5754	O/H111	≥80	190～240	≤12.5mm	18	
				>12.5mm		17

注：① 对厚度小于及等于6mm的材料，为10%；

② 对厚度小于及等于6mm的材料，为8%；

③ 对厚度超过20mm的材料，其最小屈服强度为260N/mm²，最小抗拉强度为360N/mm²。

④ 对厚度超过6.3mm的材料，其屈服强度的范围为125~205 N/mm²，抗拉强度范围为285~360 N/mm²。

⑤ 对厚度小于等于30mm的材料，其最小屈服强度为230N/mm²，最小抗拉强度为315N/mm²。

⑥ 对厚度超过40mm的材料，其屈服强度的范围为200~295N/mm²，抗拉强度的范围为285~370N/mm²。

8.2.7.2 挤压成形铝合金在各种状态下的力学性能应分别符合表8.2.7.2的规定。

挤压成形铝合金的力学性能 **表8.2.7.2**

牌号	状态	规定非比例伸长应力 $R_{p0.2}$ (N/mm²)	抗拉强度 R_m (N/mm²)	最低伸长率 A ① (%)	
				厚度≤12.5mm	厚度>12.5mm
5A01	H112	≥170	≥330	10	
5454	H112	≥100	≥230	10	
5083	H111	≥110	≥270	10	12
	0/H112	≥125	≥270	10	12
5086	0/H111	≥95	240~320	15	18
	H112	≥100	≥230	10	
5456	H112	≥130	≥300	10	
5754	H112	≥80	≥180	10	
6005A	T5/T6	≥215	≥260	8	6
6061	T5/T6	≥240	≥260	10	8
6082	T5/T6	≥260	≥310	10	8

注：① 表中数值适用于纵向试样也适用于横向试样。

第3节 铝合金铆钉

8.3.1 适用范围

8.3.1.1 本节规定适用于船用铝合金铆钉。

8.3.2 化学成分

8.3.2.1 用于制造铆钉的线材，其化学成分应符合表8.3.2.1的规定。

铝合金铆钉的化学成分 **表8.3.2.1**

牌号	原牌号	化学成分 (%)										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti①	Al	其他元素	杂质元素①
5052	AlMg2.5	≤0.25	≤0.40	≤0.10	≤010	2.2~2.8	0.15~0.35	≤0.10	—	余量	0.10≤Zr≤0.20	每种≤0.05 总量≤0.15
5754	AlMg3	≤0.40	≤0.40	≤0.10	≤0.50②	2.6~3.6	≤0.30②	≤0.20	≤0.15	余量		
5154A	AlMg3.5	≤0.50	≤0.50	≤0.10	≤0.50③	3.1~3.9	≤0.25③	≤0.20	≤0.20	余量		
5086	AlMg4	≤0.40	≤0.50	≤0.10	0.20~0.70	3.5~4.5	0.05~0.25	≤0.25	≤0.15	余量		
6082	AlSi1Mg	0.7~1.3	≤0.50	≤0.10	0.40~1.0	0.6~1.2	≤0.25	≤0.20	≤0.10	余量		

注：① Ti可以全部或部分由其他细化晶粒元素代替。

② 0.10%≤Mn+Cr≤0.60%

③ 0.10%≤Mn+Cr≤0.50%

8.3.3 热处理

8.3.3.1 铆钉用线材或铆钉成品应以下列状态之一提交检验：

(1) 退火；

(2) 固溶处理加自然时效。

8.3.4 试样与试验

8.3.4.1 用于制造铆钉的线材可按批提交试验。如果一批的重量超过 250kg，则应从每 250kg 或不足 250kg 的余额中各取一个拉伸试样和一个镦粗试样。

8.3.4.2 必要时，可要求进行铆钉用线材的剪切试验，试验结果应符合公认的有关标准。

8.3.4.3 提交试验的每批线材，应由同一炉号熔次、同一化学成分，同一直径的材料组成，且每批线材应装入同一炉内，按模拟成品铆钉的热处理方式，对线材整个截面进行同一热处理。

8.3.4.4 试样截取方向和部位，应符合本章 8.2.6.2 的规定。拉伸试样的制备和尺寸，应符合本篇第 2 章的规定；镦粗试样端面应与其轴线垂直，其长度等于试样的直径。

8.3.5 力学性能

8.3.5.1 拉伸试验结果应符合表 8.3.5.1 的规定。

铝合金铆钉的力学性能 表 8.3.5.1

牌号	状态	规定非比例伸长应力 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A 不小于 (%)
5052	0	70	170	16
5754	0	80	190	16
5154A	0	90	210	16
5086	0	100	230	16
6082	T6	115	200	16

注：表中数据适用于所有厚度或直径

8.3.5.2 镦粗试验应在常温下进行，镦粗试样应压缩到使其直径增大到不小于原来直径的 1.6 倍，且无裂纹出现。

8.3.6 成品铆钉的试验

8.3.6.1 对于成品铆钉，应以每 100kg 或不足 100kg 的余额各取一个镦粗试样，按本节 8.3.5.2 的规定进行镦粗试验。

若试验不符合要求，可再取双倍数量的铆钉进行复试，如复试中仍有不合格者，则该批铆钉不合格。

第 4 节 铝合金活塞

8.4.1 制造

8.4.1.1 柴油机铝合金活塞可用铸造铝合金制造。其铸件应按本篇第 1 章和第 2 章及本节的规定进行制造和试验。如果采用其他铝合金，其化学成分和力学性能应符合设计要求，并提交 CCS 备查。

8.4.2 检验项目

8.4.2.1 铝合金活塞铸件的检验项目如下：

(1) 化学成分：按炉取样；

(2) 拉伸试验：每炉取 1 个试样，试样尺寸应符合本篇第 2 章表 2.2.2.1 的规定；

(3) 硬度试验；

(4) 宏观检查：每件检验。

8.4.3 化学成分和力学性能

8.4.3.1 铝合金活塞的化学成分和力学性能应符合表8.4.3.1(1)、(2)的规定。

铝合金活塞的化学成分 表8.4.3.1(1)

牌号	化学成分(%)				
	Si	Cu	Mn	Mg	Al
ZL108	11～13	1～2	0.3～0.9	0.4～1.0	余量
ZL110	4～6	5～8	-	0.2～0.5	余量

铝合金活塞的力学性能 表8.4.3.1(2)

牌号	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	硬度 不小于 (HB)	热处理
ZL108	200	85	人工时效
	260	90	淬火加完全时效
ZL110	170	90	人工时效

8.4.4 宏观检查

8.4.4.1 铸件表面不应有气孔、裂纹等有害缺陷。

第9章　其他有色金属

第1节　铜质螺旋桨

9.1.1　适用范围

9.1.1.1　本节规定适用于铜合金铸造螺旋桨（包括桨叶和桨毂）。

9.1.1.2　铸造铜合金螺旋桨及其部件的制造和试验，应符合本篇第1章和第2章及本节的有关规定。

9.1.2　认可

9.1.2.1　制造厂（包括铸造厂和机加工厂）应按CCS规定申请工厂认可。

9.1.2.2　认可的螺旋桨生产厂应接受CCS年度复查。年度复查应核查工厂的质保体系、生产、试验、检测设备的技术状况和精度。对不经常生产的工厂除前述外，尚应按认可试验内容进行考核。

9.1.3　化学成分

9.1.3.1　铜质螺旋桨及其部件材料的化学成分一般应符合如表9.1.3.1所示。如果采用表9.1.3.1以外的铜合金，应提交有关技术资料（包括化学成分、热处理工艺、力学性能和耐海水腐蚀性能等），经CCS同意，可按公认的有关标准验收。

螺旋桨用铜合金的典型化学成分　　表9.1.3.1

合金	化　学　成　分　（%）							
类型	Cu	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb
1级锰青铜（Cu1）	52～62	0.5～3.0	0.5～4.0	35～40	0.5～2.5	≤1.0	≤1.5	≤0.5
2级镍锰青铜（Cu2）	50～57	0.5～2.0	1.0～4.0	33～38	0.5～2.5	2.5～8.0	≤1.5	≤0.5
3级镍铝青铜（Cu3）	77～82	7.0～11.0	0.5～4.0	≤1.0	2.0～6.0	3.0～6.0	≤0.1	≤0.03
4级锰铝青铜（Cu4）	70～80	6.5～9.0	8.0～20.0	≤6.0	2.0～5.0	1.5～3.0	≤1.0	≤0.05

9.1.3.2　对于Cu1和Cu2合金，制造厂应测定其α相和β相的含量。α相应不低于25%，β相应保持低含量以保证足够的冷加工塑性和耐腐蚀疲劳性能。

9.1.3.3　Cu1和Cu2铜合金应按下式确定其锌当量，锌当量应不超过45%。

$$\text{锌当量} = 100 - \frac{100 \times \text{Cu}\%}{100 + \text{A}} \quad (\%)$$

式中：A＝1×Sn%＋5×Al%－0.5×Mn%－0.1×Fe%－2.3×Ni%。

当α相达到或超过25%时，可不考虑锌当量的要求。

9.1.4　制造与热处理

9.1.4.1　浇铸螺旋桨或其部件的铜合金应采用干燥的砂型进行浇铸，液态金属一般应经脱气处理，浇涛时应控制浇铸速度，防止产生过大的紊流；同时也应有适当的装置并防止炉渣进入型腔。

9.1.4.2　浇铸方法应确保其内部不存在降低其使用性能的铸造缺陷，如气孔、缩孔、裂纹和较大的非金属夹渣。

9.1.4.3　若采用单独浇铸的试样时，试样应与产品同时用相同的材料浇铸，并具有相当的冷却条件。

9.1.4.4　螺旋桨或其部件的铸件可采用后续的退火热处理消除残余应力，其详细工艺资料应经审核。消应力热处理的温度和保温时间可参见表9.1.4.4。

消应力热处理的温度和保温时间　　表 9.1.4.4

合金类别 / 消除应力热处理温度（℃） / 保温时间	Cu1 和 Cu2		Cu3 和 Cu4	
	每 25mm 厚度保温时间 (h)	推荐最大总热处理时间 (h)	每 25mm 厚度保温时间 (h)	推荐最大总热处理时间 (h)
350	5	15	–	–
400	1	5	–	–
450	1/2	2	5	15
500	1/4	1	1	5
550	1/4①	1/2①	1/2②	2②
600	–	–	1/4②	1②

注：① 适用于 Cu2 合金。

② 仅适用于 Cu4 合金。

9.1.4.5　铸件可以铸态或经适当热处理交货。

9.1.5　试样

9.1.5.1　铜质螺旋桨一般采用如图 9.1.5.1 所示的单独浇铸的吉尔型试件。若采用附连的试件，则试件应尽可能位于桨叶的 0.5R 与 0.6R 之间（R 为螺旋桨的半径）。也可采用其他公认的标准规定的单独浇铸的试样。

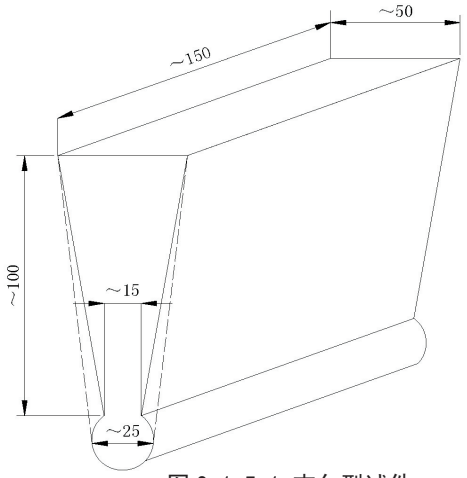


图 9.1.5.1 吉尔型试件

9.1.5.2　通常每一炉液体金属应至少制取 1 个力学试件。且通常在浇铸过程即将结束时浇铸试件。

9.1.5.3　批量制造的直径不大于 1m 的螺旋桨，则至少应在同炉的每 5 个产品中浇制 1 个试件。

9.1.5.4　如螺旋桨需经热处理，则试件应与之一起进行处理。切取试样时，不应使用热加工方法。

9.1.5.5　每个试件应按本规范第 1 篇第 2 章表 2.2.2.1 中序号 2 的规定制取圆形比例拉伸试样。

9.1.6　试验与检验

9.1.6.1　铜质螺旋桨及其部件应逐炉进行化学成分分析，其结果应符合本节 9.1.3 的有关规定。

9.1.6.2　Cu1 和 Cu2 型合金的螺旋桨产品应逐炉取样进行金相检验，测定 α 相的比例。α 相的比例应取 5 次读数的平均值。测定结果应符合 9.1.3.2 的要求。

9.1.6.3　力学性能试验应测定其抗拉强度、0.2% 规定非比例延伸强度和断后伸长率。试验结果应符合表 9.1.6.3 所示的数值要求。

螺旋桨铜合金的力学性能 表 9.1.6.3

合金类型	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ N/mm²	抗拉强度 R_m N/mm²	断后伸长率 A_5 %
1级锰青铜 (Cu1)	≥ 175	≥ 440	≥ 20
2级镍锰青铜 (Cu2)	≥ 175	≥ 440	≥ 20
3级镍铝青铜 (Cu3)	≥ 245	≥ 590	≥ 16
4级锰铝青铜 (Cu4)	≥ 275	≥ 630	≥ 18

9.1.6.4 过所有螺旋桨产品均应在裸露条件下提交验船师进行检验。铸件上的微小缺陷如夹沙、夹渣、冷疤等均应予以修饰；较大的影响使用的缺陷如非金属夹杂、缩孔、气孔和裂纹等应用适当的方法予以消除，并按本规范第3篇第8章第4节的有关规定进行修补。产品的尺寸、形状公差和表面粗糙度应符合认可图纸的要求。

9.1.6.5 每个螺旋桨及其产品应按本规范第3篇第8章第4节的有关规定进行无损检测，并提供无损检测报告。

9.1.6.6 若发现有必须修补的缺陷，应按本规范第3篇第8章第4节的有关规定进行修补，并对修补处进行无损检测，证实产品符合要求。

9.1.6.7 所有螺旋桨均应根据批准的图纸进行静态平衡试验。对额定转速在500 r/min以上的螺旋桨一般可要求进行动态平衡试验。

9.1.7 标记和证书

9.1.7.1 每个螺旋桨铸件应由制造厂做下列适当标记：

a) 材料等级或其缩写符号；
b) 炉号或其他能追溯铸件整个制造过程的标记；
c) CCS证书号；
d) 冰级符号，当适用时；
e) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；
f) 最终检验的日期；
g) 当铸件已验收通过，应打上CCS的标记。

9.1.7.2 每一已验收通过的螺旋桨铸件具有下列内容的检验证书：

a) 订货方名或订货号；
b) 船名，当已知时；
c) 螺旋桨图号的图号（图纸中对铸件进行详细描述）；
d) 螺旋桨的直径、桨叶数、螺距、旋向；
e) 大侧斜角螺旋桨的侧斜角；
f) 成品桨重量；
g) 合金型号、炉号、化学成分；
h) 铸件的浇铸号；
i) 热处理编号；
j) 无损检测方法及其结果；
k) 力学性能试验结果；
l) 金相检查中 α 相的比例（仅适用于Cu1和Cu2合金）。

第2节　铸 铜 合 金

9.2.1　适用范围

9.2.1.1　本节规定适用于阀体、泵壳体、轴套、衬套和其他配件的铜合金铸件。

9.2.1.2　铸件应按本篇第1章和第2章及本节的规定进行制造和试验。若采用本节规定以外的铸铜合金，可按公认的有关标准验收。

9.2.2　制造

9.2.2.1　所有的铸件应由CCS认可的铸造厂进行制造。

9.2.2.2　铸件可根据其形状选用砂型浇铸、冷硬浇铸、离心浇铸和连续浇铸等铸造方法。

9.2.3　铸件质量

9.2.3.1　所有铸件应清理光整，不应有缩孔、疏松、气孔、裂纹、夹渣以及影响其使用的表面或内部缺陷。

9.2.4　化学成分

9.2.4.1　铸件的化学成分应符合表9.2.4.1的规定。

铸铜合金的化学成分　　表9.2.4.1

牌号	化学成分 (%)								应用范围
	Cu	Sn	Zn	Pb	Ni	Mn	P	Fe	
铜锡磷青铜90/10	余量	9.0～11.0	≤0.50	≤0.75	≤0.5	–	≤0.50	–	轴套、衬套、阀体、泵壳体和配件
炮铜88/10/2	余量	8.5～11.0	1.0～3.0	≤1.5	≤1.0	–	–	–	轴套、阀体和配件
炮铜83/7/4/6	余量	6.0～8.0	3.0～5.0	5.0～7.0	≤2.0	–	–	–	轴套和衬套
铅炮铜85/5/5/5	余量	4.0～6.0	4.0～6.0	4.0～6.0	≤2.0	–	–	–	衬套、阀体和配件
铜镍铁合金90/10	余量	–	–		9.0～11.0	0.50～1.0	–	1.0～1.8	阀体、泵壳体和配件
铜镍铁合金70/30	余量	–	–	–	29.0～32.0	0.50～1.50	–	0.40～1.0	轴套、阀体、泵壳体和配件

注：制造厂应保证其他元素的含量在标准的范围之内.

9.2.4.2　铸锭生产厂所提供的化学成分，应符合本章9.1.3.1的规定。

9.2.5　热处理

9.2.5.1　铸件可以铸态或适当的热处理状态交货。

9.2.6　力学性能

9.2.6.1　试件可按本章图9.1.5.1(1)吉尔型试件逐炉单独浇铸。轴套和衬套的试件也可以从铸件端部截取。

9.2.6.2　如铸件以热处理状态交货，则试件应进行相同的热处理。

9.2.6.3　每一试件上应制备 1 个拉伸试样，试样尺寸应符合本篇表 2.2.2.1 的规定。

9.2.6.4　铸件的拉伸试验结果应符合表 9.2.6.4 的规定。

铸铜合金的力学性能　　表 9.2.6.4

合金牌号	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ (N/mm^2)	伸长率 A_5 (%)
铜锡磷青铜 90/10	≥ 250	≥ 120	≥ 15
炮铜 88/10/2	≥ 270	≥ 130	≥ 13
炮铜 83/7/4/6	≥ 270	≥ 130	≥ 16
铅炮铜 85/5/5/5	≥ 200	≥ 100	≥ 16
铜镍铁合金 90/10	≥ 320	≥ 160	≥ 20
铜镍铁合金 70/30	≥ 420	≥ 220	≥ 20

9.2.7　外观检查

9.2.7.1　所有铸件应经清理后提交验船师进行内、外表面检查。

9.2.8　缺陷的修整

9.2.8.1　对有局部气孔的铸件，若孔隙对铸件强度无有害影响，经验船师同意，可采用适当的塑性填充物加以填充。

9.2.8.2　若确有必要用焊补方法修整缺陷时，应事先征得验船师同意，并将缺陷的数量、大小、部位和焊补工艺提交 CCS 备查。对铅含量大于 0.5% 的铜合金轴瓦，不允许焊补。

9.2.9　压力试验

9.2.9.1　若对铸件有压力试验要求，则应在有验船师在场的情况下进行试验。

9.2.10　标记

9.2.10.1　凡经验收的铸件至少应在一个位置清晰地标上 CCS 的标志和下列标记：

(1) 炉罐号或供查阅此铸件制造过程的标记；

(2) CCS 负责检验的单位及其钢印；

(3) 负责检验的验船师的印章；

(4) 试验压力（如有时）；

(5) 最后检验日期。

9.2.11　合格证书

9.2.11.1　制造厂应对每一铸件提交包括下列内容的合格证书：

(1) 订货方名称和合同号；

(2) 铸件说明；

(3) 炉罐号；

(4) 铸锭或某一铸次的化学成分；

(5) 热处理规程；

(6) 焊补说明（如有时）。

第3节　铜　　管

9.3.1　适用范围

9.3.1.1　本节规定适用于冷凝器、热交换器和压力管系用的铜合金管材。

9.3.1.2　除Ⅲ级压力管外，所有管子应按本篇第1章和第2章及本节的规定进行制造和试验。

9.3.2　制造

9.3.2.1　所有的管子应由CCS认可的工厂进行制造。

9.3.2.2　管子一般应采用无缝工艺制造，如采用焊接管，应将其性能和制造方法提交CCS认可。

9.3.3　质量

9.3.3.1　管子质量应符合本篇第4章的有关要求。

9.3.4　化学成分

9.3.4.1　管子的化学成分应符合表9.3.4.1的规定。

铜管的化学成分　　**表9.3.4.1**

牌号	化学成分（%）							
	Cu	As	Fe	Pb	Ni	A1	Mn	Zn
铝黄铜	76.0～79.0	0.02～0.06	≤0.06	≤0.07	-	1.8～2.5		余量
铜镍铁合金90/10	余量	-	1.0～2.0	-	9.0～11.0	-	0.50～1.0	-
铜镍铁合金70/30	余量	-	0.4～1.0	-	29.0～33.0	-	0.50～1.5	-

注：除表中的主要元素含量外，制造厂还应保证其他元素含量在CCS认可的范围之内。

9.3.5　热处理

9.3.5.1　所有的管子均应进行退火处理。铝黄铜管若在退火后进行矫直，则应作消除应力热处理。

9.3.6　力学性能和工艺性能

9.3.6.1　管子可按同一材料、同一尺寸和同一热处理规程为一批提交试验，每批管子应不超过300根。

9.3.6.2　每批管子的试验项目和取样数量如下：

(1) 拉伸试验：每批至少取1个试样；

(2) 压扁试验：每批至少取1个试样；

(3) 扩口试验：每批至少取1个试样；

如果管子以盘卷交货时，则每批至少应任取1卷，每10圈或不足10圈的余量应截取1个试样。

9.3.6.3　力学性能试验方法和试样尺寸应符合本篇第2章的规定。压扁试验应将管子试样压扁至管子内表面相碰为止，试样上应无破裂或裂纹。扩口试验应采用夹角为45°的钢锥头，将管子外径扩大30%，扩大部分应无破裂和裂纹。

9.3.6.4　管子的力学性能应符合表9.3.6.4的规定。

铜管的力学性能　　表 9.3.6.4

合金牌号	抗拉强度 R_m 不小于 (N/mm^2)	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 不小于 (N/mm^2)	断后伸长率 A_5 不小于 (%)
铝黄铜	320	110	35
铜镍铁合金 90/10	270	100	30
铜镍铁合金 70/30	360	120	30

9.3.7　应力腐蚀开裂试验

9.3.7.1　铝黄铜管子应按批进行应力腐蚀开裂试验，其方法如下：

(1) 从每批管子中，任选一根管子，割取一段长度为 150mm 的管子作为试样；

(2) 将试样浸入硝酸亚汞溶液中，保持 2h；

(3) 从溶液中取出试样后，用 5 ～ 10 倍放大镜观察其内外表面，应无裂纹出现；

(4) 若试样出现裂纹，则该试样所代表的所有管子应全部拒收。但经消除内应力后，仍可重新提交试验。

9.3.8　液压试验

9.3.8.1　每根管子均应进行液压试验，试验压力应为管子设计压力的 1.5 倍或 $7.0N/mm^2$，取两者较大值。管子应在试验压力下保持足够时间，以便进行验证和检查。经液压试验的管子不应有漏水、裂纹和变形现象出现。经 CCS 同意，亦可用涡流检测代替液压试验。

9.3.9　目检和缺陷修整

9.3.9.1　应对所有的管子进行内外表面的目检和尺寸校核。管子表面应光滑清洁，不应有针孔、裂缝、气泡、分层和绿锈等缺陷存在。

9.3.9.2　表面缺陷不允许用焊补方法修整，但可用打磨方法予以消除，经打磨的部位与管子的表面应平滑过渡，且不应超出允许的尺寸公差。

9.3.10　标记

9.3.10.1　制造厂应对每批管子清晰地标上 CCS 的标志和下列标记：

(1) 制造厂名称或产品商标；

(2) 材料牌号。

9.3.10.2　不可在管子上使用硬印作上述标记。

9.3.11　合格证书

9.3.11.1　制造厂应对每批管子提供具有下列内容的合格证书：

(1) 订货方名称和合同号；

(2) 材料的技术规格或等级；

(3) 产品名称和尺寸；

(4) 炉罐号和化学成分；

(5) 力学及工艺性能试验结果；

(6) 应力腐蚀开裂试验结果；

(7) 液压试验结果。

第 4 节　轴 承 合 金

9.4.1　制造

9.4.1.1　船舶机械用的轴承，可采用锡基轴承合金、铅基轴承合金、铝基轴承合金及铜铅合金等制造。

9.4.2　检验项目

9.4.2.1　轴承合金的检验项目如下：

(1) 化学分析：按炉取样；

(2) 宏观检查：每件检验；

(3) 粘结检查：每件检验；

(4) 显微分析和硬度检查：对柴油机的主轴承、连杆上下端的轴承和推力轴承的白合金，必要时应作显微分析（放大 100 倍）和硬度检查。对于涡轮机轴承合金，每只都应作显微分析和硬度检查；

(5) 金相组织检查：仅对铜铅合金作检查。

9.4.3　化学成分

9.4.3.1 轴承合金的化学成分应符合表 9.4.3.1 的规定。

轴承合金的化学成分　　表 9.4.3.1

牌号	化学成分 (%)				
	Sn	Cu	Sb	Fb	A1
ChSnSb11-6	余量	5.5 ～ 6.5	10 ～ 12		-
ChPbSb7.5-3	余量	3 ～ 4	7 ～ 8		-
ChPbSb16-16-1.8	15 ～ 17	1.5 ～ 2	15 ～ 17	余量	-
ChpbSb15-5.5-2.8	5 ～ 6	2.5 ～ 3	14 ～ 16	余量	-
QPb30	-	余量	-	27 ～ 33	-
(201) 锡铜铝 - 钢双金属板	20	1	-	-	余量

9.4.4　其他要求

9.4.4.1　每块轴承合金的表面应光滑、整洁，应无熔渣和非金属夹杂物存在。

9.4.4.2　轴承合金应能与轴承壳牢固地粘结在一起。

9.4.4.3　铜铅合金在金相组织检查中，铅应以中等粒度、呈圆粒状或断续网状均匀分布于铜基体中，无块状析出。

第10章　设　　备

第1节　船　用　锚

10.1.1　适用范围

10.1.1.1　本节规定适用于锻钢或铸钢制造的锚头、锚杆和锚卸扣，以及钢板焊接组合式锚头。

10.1.1.2　本节规定的大抓力锚应经海上试验，证明其抓力不低于相同重量普通无杆锚抓力的两倍。

10.1.1.3　本节规定的超大抓力锚应经海上试验，证明其抓力不低于相同重量普通无杆锚抓力的四倍。超大抓力锚的重量一般不超过1500kg。

10.1.2　材料与制造

10.1.2.1　所有锚及主要配件均应由CCS认可的工厂制造。

10.1.2.2　锚的铸钢件应按本篇第6章第1节和第2节的有关规定进行制造和试验。

锚铸钢件可按同一炉钢水、同一规格、同一热处理规程且总重量不超过3t为一批，每批至少取1个试样进行拉伸试验。用于超大抓力锚的铸钢件每批还应取一组3个冲击试样，在0℃下进行试验。其平均冲击能不低于27J。

10.1.2.3　锚的锻钢件应按本篇第5章第1节和第2节的有关规定进行制造和试验。当单个锻件超过3t时，应进行热处理。

10.1.2.4　钢板焊接组合式锚头所用的钢板应符合本篇第3章第2节或第3节的有关规定；焊接材料应与母材相匹配，且符合本《规范》第3篇第2章的有关规定。

10.1.2.5　锚的组装焊接应采用认可的焊接材料，按认可的焊接工艺由持有合格证书的焊工施焊。

10.1.3　检验

10.1.3.1　成品锚均应在未经涂油漆的情况下进行外观检查、称重和试验。

10.1.3.2　名义重量（包括锚杆在内）不小于75kg的普通锚，56kg的大抓力锚或38kg的超大抓力锚均应按本节10.1.4的要求进行拉力验证试验。

10.1.3.3　设计为具有大抓力或超大抓力的锚，在认可时，应按本节10.1.5的要求进行海上抓力试验。

10.1.3.4　锚的实际重量与名义重量的偏差应在±7%范围内。

10.1.4　锚的拉力验证试验

10.1.4.1　在进行锚的拉力试验前应确认锚中无有害的缺陷。锚的拉力试验机应经校准，并经CCS认可。

10.1.4.2　锚的拉力试验方法规定如下：

(1)　拉力试验作用点：一端在锚卸扣处，另一端在锚冠中心至锚爪尖之间的1/3处，如图10.1.4.2(1)所示；

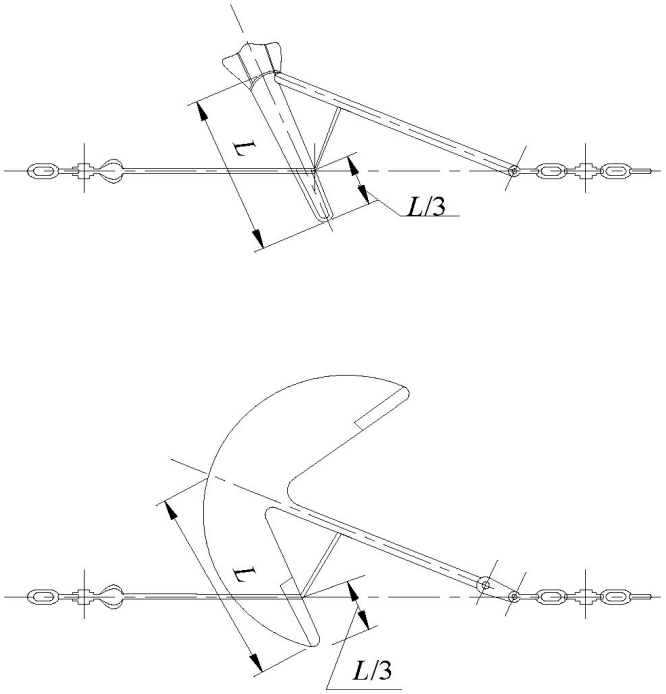


图 10.1.4.2(1)

(2) 无杆锚同时拉其两爪，先在一面拉试后，再翻转到另一面进行同样的试验；

(3) 有杆锚的两个锚爪应分别进行拉力试验；

(4) 拉力试验前,每个锚应在邻近锚卸扣处的锚杆上及锚爪尖端附近各做一个标记（打冲眼或划线，作为试验时测量间距用）。

(5) 试验时，应先将拉力加至规定载荷的 10%，保持 5min 后，测量并记录两标记之间的距离。然后缓慢加载到规定的试验载荷，保持 5min 后逐渐卸载。当载荷降至规定载荷的 10%时，再测量两标记间的距离。

10.1.4.3　锚的拉力试验载荷应符合表 10.1.4.3 的规定。表中锚的重量按下列规定计算：

(1) 对于无杆锚，为锚的实际总重量；

(2) 对于有杆锚，为不包括锚杆的锚实际重量；

(3) 对大抓力锚，名义重量等于锚的实际重量的 1.33 倍。除另有协议外，否则系泊锚的重量也同样计算；

(4) 对超大抓力锚，名义重量等于锚实际重量的 2 倍。

10.1.4.4　经拉力试验后，应对锚进行如下检查：

(1) 外观检查和无损检测：成品锚经拉力试验后，应按表 10.1.4.4(1) 要求对锚进行外观检查和无损检测。

(2) 残余变形（即两标记之间的距离）测量：有杆锚应无明显的残余变形，无杆锚的残余变形应不超过标距长度的 1%。

(3) 锚转动灵活性：组合锚应能灵活地自由转动到其设计的最大角度。如上述转动不灵活或不能转到最大角度时，应消除缺陷，并重做拉力试验。如仍不合格，则锚不能被验收。

10.1.5　抓力试验

10.1.5.1　设计为大抓力锚或超大抓力锚系列，认可时，至少应选取两种规格的锚在海上进行抓力试验。两种规格中较小的一个应不小于较大一个锚的重量的 10%；而较大的一个应不小于该系列中最大规格锚的重量的 10%。

锚的拉力试验载荷　　表 10.1.4.3

锚的重量 m_a (kg)	拉力试验载荷 Q (kN)	锚的重量 m_a (kg)	拉力试验载荷 Q (kN)	锚的重量 m_a (kg)	拉力试验载荷 Q (kN)	锚的重量 m_a (k)	拉力试验载荷 Q (kN)
50	23.2	1200	231.0	4800	645.0	11000	1070.0
55	25.2	1250	239.0	4900	653.0	11500	1090.0
60	27.1	1300	247.0	5000	661.0	12000	1110.0
65	28.9	1350	255.0	5100	669.0	12500	1130.0
70	30.7	1400	262.0	5200	677.0	13000	1160.0
75	32.4	1450	270.0	5300	685.0	13500	1180.0
80	33.9	1500	278.0	5400	691.0	14000	1210.0
90	36.3	1600	292.0	5500	699.0	14500	1230.0
100	39.1	1700	307.0	5600	706.0	15000	1260.0
120	44.3	1800	321.0	5700	712.0	15500	1270.0
140	49.0	1900	335.0	5800	721.0	16000	1300.0
160	53.3	2000	349.0	5900	728.0	16500	1330.0
180	57.4	2100	362.0	6000	735.0	17000	1360.0
200	61.3	2000	376.0	6100	740.0	17500	1390.0
225	65.8	2300	388.0	6200	747.0	18000	1410.0
250	70.4	2400	401.0	6300	754.0	18500	1440.0
275	74.9	2500	414.0	6400	760.0	19000	1470.0
300	79.5	2600	427.0	6500	767.0	19500	1490.0
325	84.1	2700	438.0	6600	773.0	20000	1520.0
350	88.8	2800	450.0	6700	779.0	21000	1570.0
375	93.4	2900	462.0	6800	786.0	22000	1620.0
400	97.9	3000	474.0	6900	794.0	23000	1670.0
425	103.0	3100	484.0	7000	804.0	24000	1720.0
450	107.0	3200	495.0	7200	818.0	25000	1770.0
475	112.0	3300	506.0	7400	832.0	26000	1800.0
500	116.0	3400	517.0	7600	845.0	27000	1850.0
550	125.0	3500	528.0	7800	861.0	28000	1900.0
600	132.0	3600	537.0	8000	877.0	29000	1940.0
650	140.0	3700	547.0	8200	892.0	30000	1990.0
700	149.0	3800	557.0	8400	908.0	31000	2030.0
750	158.0	3900	567.0	8600	922.0	32000	2070.0
800	166.0	4000	577.0	8800	936.0	34000	2160.0
850	175.0	4100	586.0	9000	949.0	36000	2250.0
900	182.0	4200	595.0	9200	961.0	38000	2330.0
950	191.0	4300	604.0	9400	975.0	40000	2410.0
1000	199.0	4400	613.0	9600	987.0	42000	2490.0
1050	208.0	4500	622.0	9800	998.0	44000	2570.0
1100	216.0	4600	631.0	10000	1010.0	46000	2650.0
1150	224.0	4700	638.0	10500	1040.0	48000	2730.0

注：① 如锚的重量为中间值时，其拉力试验载荷可由内插法确定。

② 当普通锚的重量 $m_a > 48000$kg 时，其拉力试验负荷 Q 为：$Q=2.059m_a^{2/3}$ kN。

③ 当大抓力锚的重量 $m_a > 36000$kg 时，其拉力试验负荷 Q 为：$Q=2.452m_a^{2/3}$ kN。

拉力试验后锚的外观检查和无损检测　　表 10.1.4.4(1)

种类 / 检查方法	普通锚	大抓力锚	超大抓力锚
外观检查	应检查锚所有受力部位，不应存在裂缝和其他明显的缺陷。	应检查锚所有受力部位，不应存在裂缝和其他明显的缺陷。	应检查锚所有受力部位，不应存在裂缝和其他明显的缺陷。
无损检测 *		验船师认为有必要时，可有要求对高应力区域进行表面检查。	锚的受拉部位均应进行表面无损检测。
		验船师认为有必要时，可要求对钢板焊接锚的焊缝进行超声波检测。	铸钢件的浇口、冒口、焊接修补处和钢板焊接锚的焊缝应进行超声波检测。 对高应力区或可疑部位，验船师可要求进行超声波或射线检测。

注：铸钢件的无损检测应符合本篇第 5 章第 1 节和第 2 节的有关规定；锻钢件的无损检测应符合本篇第 6 章第 1 节和第 2 节的有关规定。组合锚焊缝应符合相关的质量要求。

10.1.5.2　海上抓力试验，通常应与重量相近的无杆锚海上试验进行对比。当已有可与被试锚进行比较的其他锚的抓力试验结果时，可将其作为比较的依据。

10.1.5.3　试验时，被试验的锚和用于比较的普通无杆锚应采用相同长度的锚链。锚链的长度应不小于锚链筒口至海底垂直距离的 6 倍，建议锚链长度为锚链筒口至海底垂直距离的 10 倍。试验时亦可用钢丝绳代替锚链。

10.1.5.4　试验应在不少于 3 种不同类型的海底进行。通常应为软泥或淤泥、砂石或砾石、坚实的粘土或类似的坚实的底质。

10.1.5.5　试验通常可由拖轮进行拖拉，并以测力计测定抓力。允许用拖轮的转速与系柱拖力曲线求得的读数代替测力计的读数。

10.1.5.6　大抓力锚和 / 或超大抓力锚的设计应保证当锚从普通形式的锚链筒中抛落时，无论其落在海底的原始角度或位置如何，都能在短时间内使锚爪有效地抓住海底，且抓力达到 10.1.1.3 或 10.1.1.4 的要求。对此如有怀疑时，验船师可要求进行验证。若可能时，应对锚的稳定性和破土方便性加以记录。

10.1.5.7　抓力试验的载荷不应超过锚验证拉力试验的载荷。

10.1.5.8 若因条件限制，无法进行海上试验时，由制造厂提出试验方案，经 CCS 同意，可以陆上试验代替海上试验。

10.1.6　证书与标记

10.1.6.1　凡经检验合格的锚均应具有下列内容的检验证书：

(1) 订货号（如有时）；

(2) 能追溯锚整个制造过程的标记；

(3) 锚的形式、主尺度和重量；

(4) 锚的化学成分；

(5) 热处理情况；

(6) 锚材料的力学试验结果（或原材料证书）；

(7) 锚拉力试验负荷。

10.1.6.2　经检验合格的锚，应打上 CCS 认可标记和下列内容的标记：

(1) 制造厂的商标；

(2) 试验证书号码；

(3) 试验日期；

(4) 锚的总重量；

(5) 锚杆的重量；

(6) 经认可的大抓力锚或超大抓力锚的印记 HHP 或 SHHP。

无杆锚的印记应打在每个锚爪上。有杆锚的印记应打在锚身与锚爪连接处。

第 2 节　锚链及其附件

10.2.1　适用范围

10.2.1.1　本节规定适用于轧制圆钢、锻钢和铸钢制成的有档锚链以及附件的制造和试验。如采用无档短环链，可按 CCS 接受的有关标准进行制造和试验。

10.2.1.2　锚链根据其公称抗拉强度，分为 AM1、AM2 和 AM3 3 个等级。

10.2.2　锚链材料的一般要求

10.2.2.1　除 1 级锚链用的轧制圆钢外，用于锚链及附件制造的轧制圆钢、锻钢坯及铸钢应由经 CCS 认可的钢厂供应。

10.2.2.2　除下列规定外，用于焊接锚链和附件的轧制圆钢的制造应符合本篇第 3 章第 1 节的有关规定。

(1) 轧制圆钢的脱氧方法和化学成分应符合表 10.2.2.2(1) 的规定。

锚链用圆钢的脱氧方法和化学成分　　表 10.2.2.2(1)

锚链钢等级	脱氧方法	化学成分					
		C	Si	Mn	P	S	Al②
1	镇静	≤ 0.20	0.15~0.35	≥ 0.40	≤ 0.040	≤ 0.040	–
2①	镇静细晶处理	≤ 0.24	0.15~0.55	≤ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.035	≥ 0.020
3	镇静细晶处理	应符合 CCS 接受的标准					

注：① 经 CCS 同意，可添加合金元素。

② 系指铝的总含量。Al 可部分由其他细晶元素代替。

(2) 直接用于焊接锚链制造的圆钢，其直径和不圆度偏差应符合表 10.2.2.2(2) 的要求。不圆度的测量应是在一个横截面上测得最大直径和最小直径，不圆度偏差是最大直径与最小直径之差。

圆钢直径和不圆度偏差　　表 10.2.2.2(2)

圆钢名义直径 (mm)	小于 25	25~35	36~50	51~80	81~100	101~120	121~160
直径偏差 (mm)	-0~+1.0	-0~+1.2	-0~+1.6	-0~+2.0	-0~+2.6	-0~+3.0	-0~+4.0
不圆度偏差 (mm)	0.6	0.8	1.1	1.5	1.95	2.25	3.00

(3) 圆钢应无影响锚链制造和使用的缺陷。表面的小缺陷，如不超过公差允许范围，则可以打磨消除。

(4) 圆钢应按本节 10.2.3 的规定取样进行力学性能试验。

10.2.2.3　除下列规定外，用于锻造锚链和附件的锻钢的制造应符合本篇第 5 章第 1 节的有关规定。

(1) 锻钢的化学成分应符合 CCS 接受的技术条件，制造厂应测定每炉钢的化学成分，并出具相应的证明书。

(2) 锻钢锚链的坯料应按本节 10.2.3 的规定取样进行力学性能试验。

10.2.2.4　用于铸造锚链和附件的铸钢的化学成分应符合 CCS 接受的技术条件，制造厂应测定每炉钢的化学成分，并出具相应的证明书。铸钢锚链及附件的制造应符合本篇第 6 章第 1 节的有关规定。

10.2.2.5　轧制圆钢通常以热轧态交货，锚链锻坯可以热轧态交货。

10.2.2.6　链档应采用与锚链钢相应的材料制成（如低碳含量的轧制钢、铸钢或锻钢）。不允许采用灰铸铁或球墨铸铁等材料。

10.2.2.7　锚链原材料制造厂应在材料的端部清晰地标出商标、钢材等级、可追溯至原始炉号的标记。当直径 40mm 以下的圆钢成捆包装交货时，应牢固地系有载有上述内容的标签。

10.2.3　锚链材料的力学性能试验

10.2.3.1　圆钢应以同一炉号、同一直径，质量不超过 50t 为一批，按批提交试验。每批任意截取一段长度适当的试件，按成品锚链的要求进行相应的热处理。

10.2.3.2　在每个试件中应截取 1 个拉伸试样；对二级和三级锚链钢还应从同一试件上切取 1 组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样。拉伸和冲击试验的试样应如图 10.2.3.2 所示，沿圆钢的纵向截取，且尽可能位于距表面 1/6 直径处。试样的制备和尺寸应符合本篇第 2 章的有关规定，其中拉伸试样的横截面积应不小于 150mm^2，也可采用全截面试样代替。

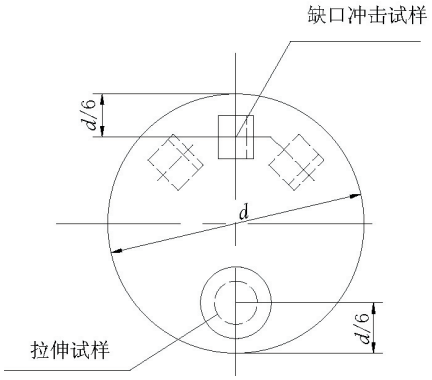


图 10.2.3.2

10.2.3.3　拉伸试验和冲击试验应按本篇第 2 章的有关规定进行，其试验结果应符合表 10.2.3.3 的规定。

锚链及附件材料的力学性能　　表 10.2.3.3

锚链及附件用材料等级	屈服强度 R_{eH} (N/mm^2)	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	伸长率 A_5 (%)	断面收缩率 Z (%)	夏比 V 缺口冲击试验	
					试验温度（℃）	冲击功 (J)
1	无要求	370~490	≥ 25	无要求	无要求	无要求
2	≥ 295	490~690	≥ 22	无要求	0	≥ 27①
3	≥ 410	≥ 690	≥ 17	40	0(-20)②	≥ 60(35)

注：① 若 2 级锚链或附件用钢以热处理状态交货，其冲击试验可以免除。

② 3 级锚链钢的冲击试验温度通常为 0℃。当订货方有要求时，可以 -20℃冲击为交货条件。

10.2.3.4　当试验结果不能满足要求时，应按本篇第1章1.2.5的要求进行复试。

10.2.4　锚链及附件的制造

10.2.4.1　制造锚链及其附件的工厂应经CCS认可。

10.2.4.2　锚链及其附件应按公认的标准进行制造，其典型的结构见图10.2.4.2(1)～(7)，图中数字为链径 *d* 的倍数。每节锚链的链环数应为奇数。对不同于上述图中所规定结构和焊接方法生产的附件，应将其尺寸、制造方法及热处理规程的全部图纸及工艺提交CCS认可。

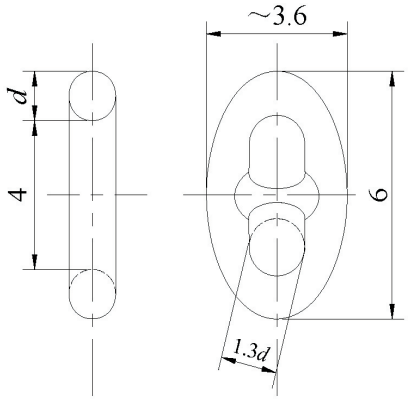


图10.2.4.2(1) 普通链环

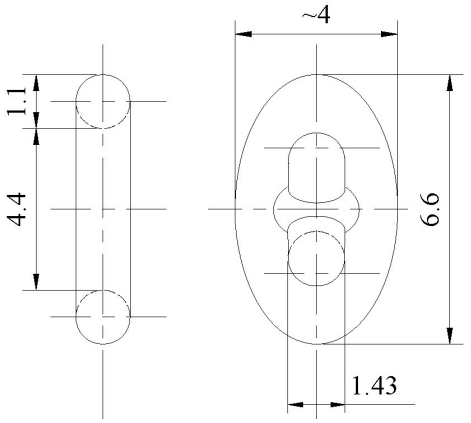


图10.2.4.2(2) 加大链环

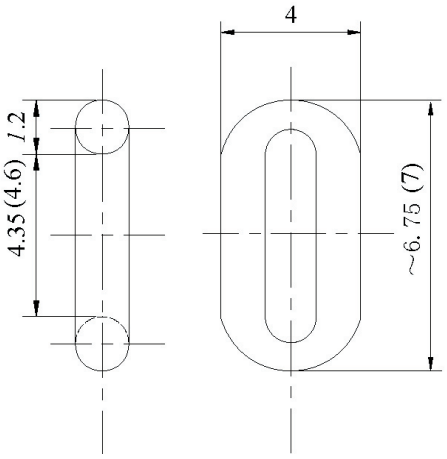


图10.2.4.2(3) 末端链环

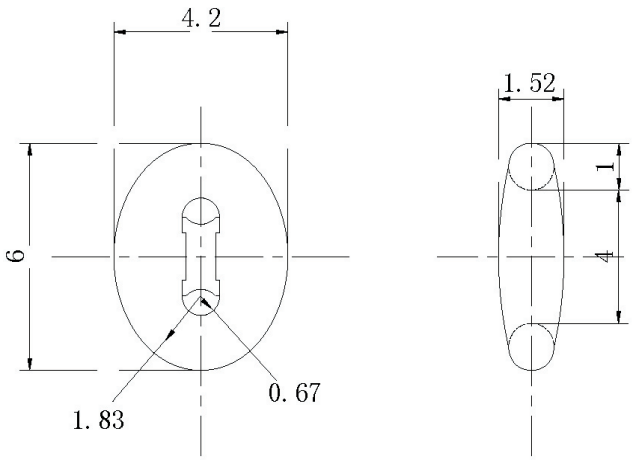


图10.2.4.2(4) 肯特卸扣

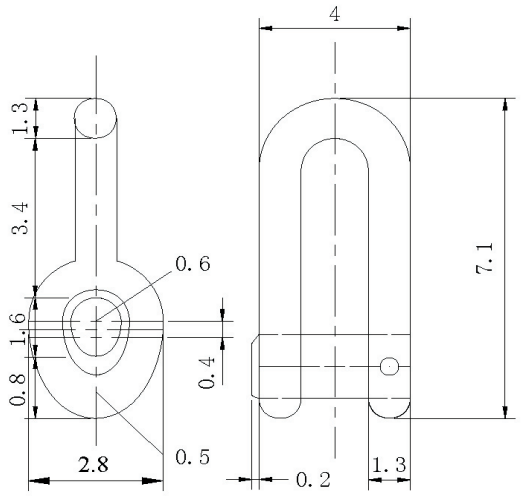


图10.2.4.2(5) 连接卸扣

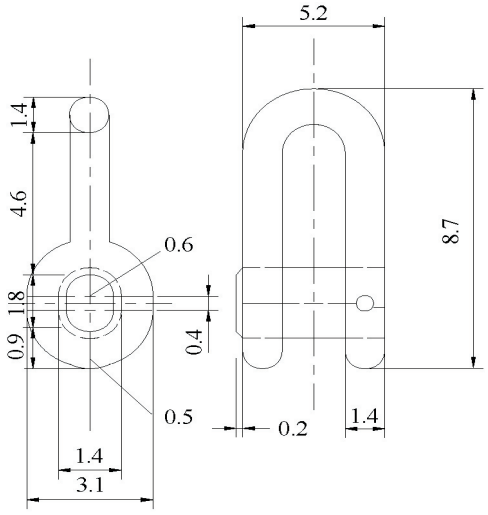


图10.2.4.2(6) 末端卸扣

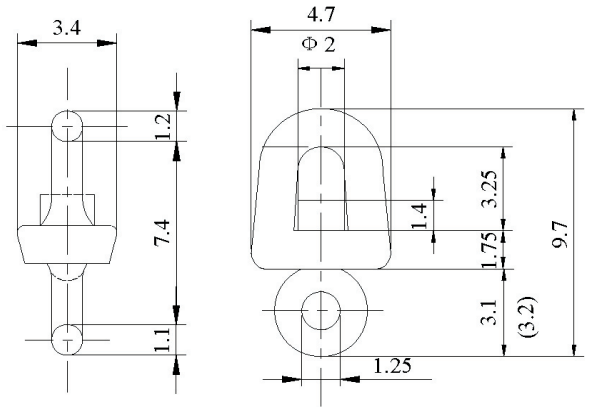


图 10.2.4.2(7) 转环

10.2.4.3　有档锚链应尽量采用闪光对接焊制造，链环允许用落锻或浇铸的方法制造。对公称直径不超过 26mm 的 AM1 和 AM2 级无档锚链，根据要求也可采用电阻对接焊。

10.2.4.4　锚链附件，如卸扣、转环和转动卸扣等至少应采用不低于 2 级的锚链钢，用锻造或铸造方法制造。如采用焊接方法制造，应经 CCS 专门认可。

10.2.4.5　链环档的焊接应符合下列要求：

(1) 横档的焊入应只在与闪光焊缝相对一侧的链环上进行，横档的两端与链环之间应无肉眼可见的缝隙；

(2) 应尽量在平焊位置，由合格的焊工用合适的材料进行焊接；

(3) 所有的焊接作业应在锚链最后热处理前进行；

(4) 焊后应无影响锚链使用性能的缺陷。对咬边、端部弧坑和类似的缺陷应采用打磨方法予以去除。

(5) 对横档的焊接，可要求进行焊接方法的试验。

10.2.5　表面质量

10.2.5.1　所有锚链及其附件应具有与其制造方法相适应的光洁表面，且应无裂纹、缺口和夹杂等降低产品性能的缺陷。由落锻或顶锻所产生的飞边应予以清除。

10.2.5.2　小的表面缺陷，可采用打磨方法予以消除，但打磨后的链径应不小于按公差范围所确定的尺寸（见本节 10.2.6.2），且打磨部位与其周围的表面应平顺过渡，同时对远离链冠部位的打磨深度允许放宽，但应不超过公称链径的 5%。

10.2.5.3　如需对缺陷进行焊补，应将有关焊补工艺规程提交 CCS 认可。链冠处不允许焊补。

10.2.6　尺寸和公差范围

10.2.6.1　锚链及其附件的结构尺寸，应符合公认的有关标准。

10.2.6.2　链环应符合下列尺寸公差：

(1) 链冠处的直径应在平行链环平面和垂直于链环平面各测一次，取平均值。其与公称直径 d 的偏差应符合表 10.2.6.2(1) 的要求，且横截面积不能有负偏差：

链冠处的直径允许偏差　　表 10.2.6.2(1)

公称直径 (mm)	$d \leqslant 40$	$40 < d \leqslant 84$	$84 < d \leqslant 122$	$d > 122$
允许偏差 (mm)	-1~+0.05d	-2~+0.05d	-3~+0.05d	-4~+0.05d

(2) 链冠以外的链环直径无负偏差，其正偏差为公称直径的 5%。闪光焊缝处的直径正偏差应符合认可工艺的规定。

(3) 每 5 个链环组成的长度的制造公差为 0% ～ +2.5%(在锚链的拉力试验后测量)；

(4) 在锚链的所有零件相互适配的情况下，锚链的其他所有尺寸的制造公差均为 ±2.5%；

(5) 横档应处于链环的中心位置，并与链环的两侧保持垂直。若横档具有良好的配合，且横档两端与链环内侧无间隙 (按图 10.2.6.2(5) 进行测量)，则允许存在不超过下列要求的制造公差：

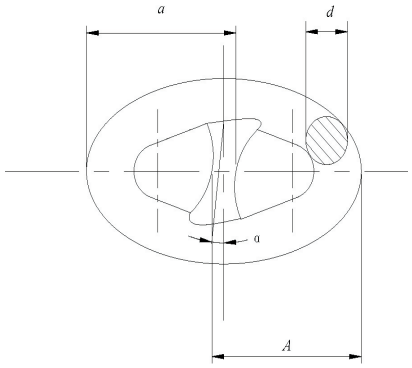


图 10.2.6.2(5)

① 相对中心位置的最大偏差 $X=(A-a)/2$ 为公称直径的 10%；

② 相对 90° 位置的角度偏差 α 应不大于 4° 。

为了便于拆装连接卸扣，每节锚链两端的加大链环的横档可稍偏离链环的中心位置。

10.2.6.3　锚链附件尺寸偏差应不超过下列值：

公称直径：0% ～＋ 5%；

其他直径：±2.5%。

10.2.7　成品锚链和附件的热处理

10.2.7.1　锚链或附件应根据其等级按表 10.2.7.1 规定的交货状态进行必要的热处理。热处理应在锚链或附件制造完工后且未进行拉力试验、拉断试验和成品锚链材料力学性能试验之前进行。

锚链的交货状态　　表 10.2.7.1

锚链及附件的等级	锚链	附件
AM1	焊态或正火	不适用
AM2	焊态或正火①	正火
AM3	正火、正火加回火或淬火加回火	正火、正火加回火或淬火加回火

注：① 当 AM2 级锚链以锻或铸的方法制造时，则应进行正火处理。

10.2.8　成品锚链的试验

10.2.8.1　所有的成品锚链应在验船师在场时，按公认的标准进行拉力和拉断试验。为此不可在锚链上涂有油漆或防腐涂料。

10.2.8.2　拉力试验：每节锚链 (27.5m) 应在经认可的试验机上，按表 10.2.8.2 中相应等级锚链所规定的拉力载荷进行试验。当卸除负荷后，应对每节锚链包括其尺寸进行检验，不应有明显的缺陷，且永久伸长应不超过原始长度的 5%。

锚链的拉力和拉断试验载荷　　表 10.2.8.2

试验载荷	AM1	AM2	AM3
拉力载荷 (kN)	$0.00686d^2(44-0.08d)$	$0.00981d^2(44-0.08d)$	$0.01373d^2(44-0.08d)$
破断载荷 (kN)	$0.00981d^2(44-0.08d)$	$0.01373d^2(44-0.08d)$	$0.01961d^2(44-0.08d)$

10.2.8.3　拉断试验：验船师应从每批不超过四节的锚链中选取一节锚链，切取不少于 3 个链环的试样，并按表 10.2.8.2 规定的破断载荷进行试验。试验链环应与锚链在同一制造过程中制成，并与锚链一起进行焊接和热处理。试验链环应在验船师在场的情况下从锚链上取下。

如果试验机的拉力不足以供大链径的锚链作拉断试验，则应经协商采用其他等效的方法进行试验。

如果施加所规定的载荷之后，试样未出现破断现象，则认为试样已通过该项试验。

10.2.8.4　复试：如果拉断试验不符合要求，则可以在同一节锚链上再取一个试样进行试验，如能符合要求，则认为试验合格。

如果复试仍不合格，则该节锚链应判为不合格。但可根据制造厂的要求，将其余 3 节锚链分别作拉断试验，如果其中 1 个试验结果不符合要求，则 3 节锚链全部不合格。

如果拉力试验不符合要求，可用经局部热处理的新链环换下有缺陷的链环，再重新做拉力试验。此外，还应找出试验失败的原因。

10.2.8.5　AM2 和 AM3 级锚链应以每 4 节焊接锚链为一批；对铸造或锻造锚链则以浇铸炉号和热处理炉号分批，每批不大于 4 节锚链。每批应按表 10.2.8.5(1) 的要求制取 1 个拉伸试样和 2 组各 3 个夏比 V 型缺口冲击试样进行试验。拉伸试样和 1 组 3 个冲击试样应在与焊缝相对部位的母材上截取，而另 1 组 3 个冲击试样的缺口应位于焊缝中心。为了取样，在一节锚链上应有一个附加的链环（如链环较小，应准备几个附加链环），该节锚链不再截取拉断试验试样。试验链环应与该节锚链一起制造和热处理。

力学性能试验应在验船师在场时进行。链环力学性能应符合本节表 10.2.8.5(2) 的规定。

完工锚链和附件的力学性能试验取样数量　　表 10.2.8.5(1)

等级	制造方法	供货状态	试样数量		
			母材拉伸试验	夏比冲击试验	
				母材	焊缝
AM1	闪光对接焊	焊接、正火	不要求	不要求	不要求
AM2	闪光对接焊	焊接	1	3	3
		正火	不要求	不要求	不要求
	锻造或铸造	正火	1	3①	不适用
AM3	闪光对接焊	正火、正火加回火、淬火加回火	1	3	3
	锻造或铸造	正火、正火加回火、淬火加回火	1	3	不适用

注：① 仅适用于附件。

完工锚链和附件的力学性能　　表 10.2.8.5(2)

锚链及附件等级	屈服强度 R_{eH} (N/mm^2)	抗拉强度 R_m (N/mm^2)	伸长率 A_5 (%)	断面收缩率 Z (%)	夏比 V 缺口冲击试验		
					试验温度（℃）	冲击功 (J)	
						母材	焊缝
AM2	≥ 295	490~690	≥ 22	无要求	0	≥ 27	≥ 27
AM3	≥ 410	≥ 690	≥ 17	≥ 40	0(-20)②	≥ 60(35)	≥ 50(27)

① AM3 级完工锚链的冲击试验温度通常为 0℃。当订货方有要求时，可按 -20℃冲击为交货条件。

链环力学性能不合格者，可在进行热处理后重新取样，复试一次后，如仍不合格，则该节锚链应判为不合格。

10.2.9　锚链附件的试验

10.2.9.1　拉力试验：所有的附件应按本节表10.2.8.2规定的相应锚链的拉力载荷进行拉力试验。

10.2.9.2　拉断试验：对由25个或不足25个卸扣、转环、旋转卸扣、加大链环和末端链环组成的每个制造批量（炉罐号、链径和热处理相同）应取1个附件作为拉断试验试样；而对连接链环则以50个或不足50个为一个制造批量，取1个链环作为试样，按本节表10.2.8.3所规定的破断载荷进行拉断试验。凡做过拉断试验的附件一般不可再使用。

若未端链环和加大链环是与锚链一起制造、热处理和试验时，则不必再进行拉断试验。

10.2.9.3　凡同时符合下列条件者，可同意免作拉断试验：

(1) 对相同结构附件进行认可试验时，其破断载荷已被验证者；

(2) 每一制造批量的力学性能和冲击功已被验证者；

(3) 已对附件采用适当的无损检测者。

10.2.9.4　凡按规定的拉断载荷作过试验合格的附件，如果其所用材料的抗拉强度高于规定的等级（例如：AM3级材料用于AM2级的附件，且该附件按AM2级要求进行的拉断试验合格），或附件的尺寸足以承受试验时拉断载荷1.4倍的拉断载荷，经检查，无明显变形，则可同意该附件继续使用。

10.2.9.5　对相同炉批号、同炉热处理、尺寸相似的锻造或铸造锚链附件可作为一个制造批量。在热处理后每批至少应抽取一个附件按本节10.2.8.5的规定截取试样进行力学性能试验。试验结果和复试要求均应满足10.2.8.5的规定。

10.2.10　标记和证书

10.2.10.1　经CCS检验合格的锚链和附件，应按图10.2.10.1的要求在每节锚链的两端均打上下述钢印：

(1) 锚链等级；

(2) 证书编号；

(3) CCS的标志。

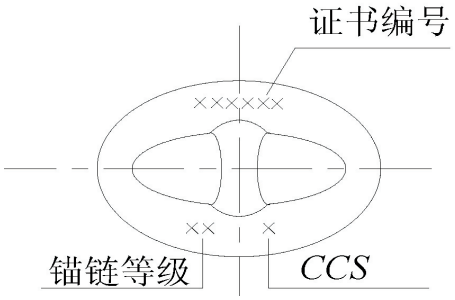


图10.2.10.1

10.2.10.2　制造厂应对合格的锚链或附件提供至少具有下列内容的合格证书：

(1) 锚链或附件的等级；

(2) 化学成分（包括总铝量）；

(3) 能追溯至原始状态的炉批号；

(4) 锚链或附件的直径和重量，以及锚链的长度；

(5) 拉力试验载荷和拉断试验载荷；

(6) 热处理规程；

(7) 锚链或附件上的标记；

(8) 锚链或附件的力学性能（如适用）。

第3节　海上设施系泊定位用锚链及其附件

10.3.1　适用范围

10.3.1.1　本节规定适用于海上移动平台、浮式生产平台、海上装载系统及重力式平台等海洋工程结构物定位系泊用锚链以及附件的制造和试验。

10.3.1.2　海上设施系泊定位用锚链根据其公称抗拉强度，分为OM3、OM3S和OM4三个等级。

10.3.2　制造厂的认可

10.3.2.1　锚链制造厂应从CCS认可的工厂购买制造锚链用的圆钢。

10.3.2.2　锚链制造厂应按本篇第1章的有关规定取得CCS的质量体系认可，此外：

(1) 认可试验应包括拉力和拉断试验、力学性能试验和尺寸测量等。

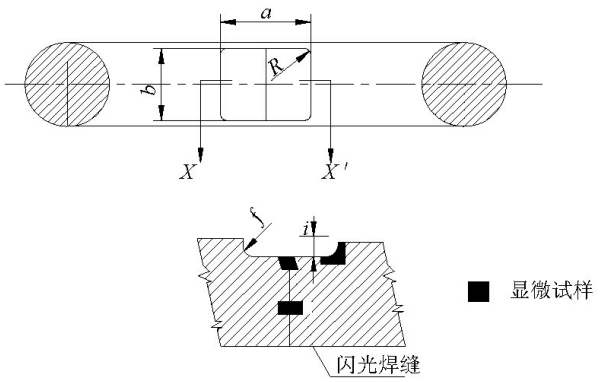
(2) 锚链制造厂应将可能影响锚链质量的全部制造工艺细节提交CCS认可，其中应包括下述内容：

① 圆钢的加热和弯曲，包括方法、温度、温度控制和记录；

② 闪光对接焊，包括电流、压力、时间和尺寸．以及这些参数的控制和记录。

③ 毛刺的清理，包括方法和检查；

④ 横档的置入，包括方法和压痕（见图10.3.2.2(2)④），加热后塑性变形程度，压痕尺寸测量和记录；



截面XX'

图10.3.2.2(2)④

⑤ 热处理，包括炉型、温度的设定、控制和记录、走链速度及其许用极限、淬火池和搅拌方法以及取出后的冷却方法。炉内温度应以链环表面和芯部的实测温度进行标定；

⑥ 拉力和拉断试验，包括方法和设备、水平支撑设施（如有时）、测量方法和记录：

⑦ 无损检测，包括方法、设备、标准及检测人员的资格。

10.3.2.3　圆钢生产厂的认可：

(1) 提供锚链及其附件制造用圆钢的工厂应经CCS认可。认可在锚链成品试验全部合格后授予，且认可一般仅适用于进行认可试验的圆钢直径。

(2) 圆钢生产厂应提交圆钢化学成分的标准，并应得到CCS的认可。其中，OM4锚链用钢的钼含量应不小于0.20%。

(3) 圆钢生产厂应模拟锚链生产条件进行试验，以确定圆钢的热处理敏感性对力学性能的影响，并建立热处理的时间－温度关系。

(4) 圆钢生产厂应提供证据证明圆钢具有良好的抗应变时效、抗回火脆性和抗氢脆性能。

10.3.2.4　附件制造厂的认可：

(1) 制造成品或半成品附件的铸锻厂应经 CCS 认可，认可的范围和要求由 CCS 确定。

(2) 制造机加工附件（如肯特卸扣）的工厂应将图纸和加工工艺文件提交 CCS 审核。

10.3.3　焊接锚链用钢

10.3.3.1　拟用于制造焊接锚链的圆钢应符合本篇第 3 章第 1 节有关冶炼方法等的规定。

10.3.3.2　圆钢的化学成分由生产厂测定，并应符合公认的有关标准。

10.3.3.3　圆钢应以同一炉号、同一直径，重量为 50t 或不足 50t 为一批，按批提交试验。从每批提交试验的圆钢中，任意截取一段长度适当的试件。取样前，试件全截面应进行与成品锚链相同的热处理。

10.3.3.4　每批 OM3S 和 OM4 级锚链用钢应做氢脆试验。在连铸情况下，试件应从每铸次的起始端和末端切取；在锭模浇铸情况下，试件应从两个不同的钢锭中切取。试件全截面应进行与成品锚链相同的热处理。应从每一试件中心切取 2 个拉伸试样，试样的直径取 20mm 或 14mm。一个试样应在制备后 3h 内进行试验，对于 14mm 试样应在 1.5h 内进行试验（或者可将试样在制备后立即置于 -60℃环境中保存，保存期不超过 5 天）。另一试样应在 250℃环境中烘焙 4h 后进行试验，对于 14mm 试样烘焙时间为 2h。

整个试验过程中应变速率应始终小于 $0.0003s^{-1}$，直至断裂（对于 20mm 直径的试样约需 10min）。

试验报告应包括抗拉强度、伸长率和断面收缩率。试验结果应符合：

$$Z_1/Z_2 \geqslant 0.85$$

式中：Z_1——未经烘焙试样的断面收缩率；

Z_2——经烘焙试样的断面收缩率。

如试验不满足上述要求，可经去氢处理后进行复试。

10.3.3.5　所有等级的锚链用钢均应从所选定的试件上制取 1 个拉伸试样和 1 组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样。拉伸和冲击试验的试样应沿圆钢的纵向截取，且应位于距圆钢表面 1/6 直径处，对直径较小的圆钢应尽可能靠近这个位置，如图 10.3.3.5 所示。

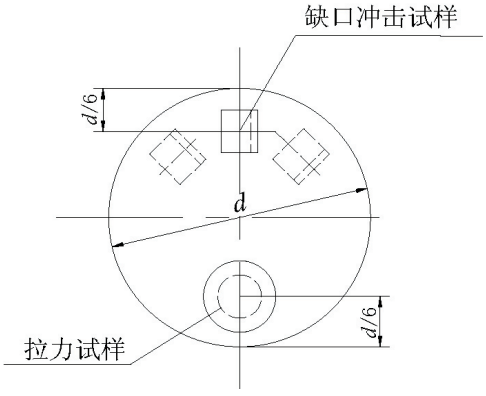


图 10.3.3.5

10.3.3.6　试样的制备和尺寸应符合本篇第 2 章的有关规定。拉伸试验和冲击试验的结果应符表 10.3.3.6 的规定。如试验不符合要求，可按本篇第 1 章的有关要求进行复试。

海上设施系泊定位用锚链的力学性能　　表 10.3.3.6

等级	屈服强度① R_{eH} 不小于 (N/mm^2)	抗拉强度① R_m 不小于 (N/mm^2)	伸长率 A_5 不小于 (%)	断面收缩率 Z 不小于 (%)	夏比V型缺口冲击试验		
					试验温度② (℃)	平均冲击功 不小于 (J)	闪光焊缝区 平均冲击功 不小于 (J)
OM3	410	690	17	50	0	60	50
					-20	40	30
OM3S	490	770	15	50	0	65	53
					-20	45	33
OM4	580	860	12	50	-20	50	36

注：① 屈强比最大为 0.92。

② CCS 可根据情况选择 OM3 或 OM3S 级锚链的冲击试验温度为 0℃或 -20℃。

10.3.3.7　圆钢的直径和不圆度应符合表 10.3.3.7 所规定的公差。

圆钢的尺寸公差　　表 10.3.3.7

公称直径 (mm)	直径公差 (mm)	不圆度公差 (d_{max} - d_{min}) (mm)
＜ 25	-0+1.0	0.6
25 ～ 35	-0+1.2	0.8
36 ～ 50	-0+1.6	1.1
51 ～ 80	-0+2.0	1.50
81 ～ 100	-0+2.6	1.95
101 ～ 120	-0+3.0	2.25
121 ～ 160	-0+4.0	3.00

10.3.3.8　无损检测和缺陷的修整

圆钢应无缩孔、开裂和剥离，并应在生产过程中适当的阶段进行超声波检测。

圆钢应百分之百进行磁粉或涡流检测。圆钢表面应不存在疤痕、皱折、轧制氧化皮等缺陷．如果纵向缺陷的深度不超过圆钢直径的 1%，则可以用打磨方法去除，并将表面修整平滑。

如果统计结果表明产品质量能一贯地保持在要求的水平上，可考虑减少无损检测的频率。

10.3.3.9　标记和证书

(1) 应在每根检验合格的圆钢的一个端面上打上锚链钢的等级和炉号（或代码）的印记，或者以 CCS 同意的其他方式作标记。

(2) 凡经检验合格的圆钢，除打上 CCS 印记外，还应备有由验船师签署的产品合格证书。

10.3.4　锚链用锻钢

10.3.4.1　制造锚链用的锻钢应符合 CCS 接受的有关标准。

10.3.4.2　锻钢的化学成分由生产厂测定，并应符合 CCS 接受的有关标准。

10.3.4.3　锻钢的热处理工艺应提交 CCS 认可。

10.3.4.4　锻钢的力学性能应符合表 10.3.3.6 的要求。

10.3.4.5　应将同一炉号、同一热处理炉次和尺寸相近（直径差不超过 25mm）的锻钢件按批提交力学性能试验。每一批取 1 个拉伸试样和 1 组 3 个夏比 V 型缺口试样进行试验，取样部位见图 10.3.3.5。

10.3.4.6　锻钢件应在生产过程中适当阶段进行超声波检测，其结果应符合公认的有关标准。

10.3.4.7　锻钢件应按 10.3.3.9 的要求进行标记和配备证书。

10.3.5　锚链用铸钢

10.3.5.1　制造锚链用的铸钢应符合CCS接受的有关标准。

10.3.5.2　铸钢的化学成分由生产厂测定，并应符合CCS接受的有关标准。

10.3.5.3　铸钢的热处理工艺应提交CCS认可。

10.3.5.4　铸钢的力学性能应符合表10.3.3.6的要求。但对于断面收缩率，OM3和OM3S级为40%，OM4级为35%。

10.3.5.5　应将同一炉号、同一热处理炉次和尺寸相近的铸钢件按批提交力学性能试验。每一批取1个拉伸试样和1组3个夏比V型缺口试样进行试验。取样部位见图10.3.3.5。

10.3.5.6　铸钢件应进行超声波检测，其结果应符合CCS接受的有关标准。

10.3.5.7　铸钢件应按10.3.3.9的要求进行标记和配备证书。

10.3.6　链档用材料

10.3.6.1　链档应采用与链环相当的材料，其技术规格应提交CCS认可。如链档采用焊接法安装，其含碳量一般应不大于0.25%。

10.3.7　锚链的设计

10.3.7.1　锚链及其附件的详细图纸应提交CCS认可。典型的设计见图10.2.4.2。

10.3.7.2　锚链横档的详细图纸也应提交CCS认可。为保证横档安装牢固，其在链环上的压痕应具有足够的深度，但该压痕的形状和深度不应在链环上产生任何有害的缺口效应或应力集中。

10.3.8　锚链的制造

10.3.8.1　锚链应采用闪光对接焊连续制造，并在连续热处理炉中进行热处理，不允许采用分批热处理。

10.3.8.2　有缺陷的链环可采用连接链环替代，连接链环的型式和数量应征得最终购买方的书面同意。每100m长度的锚链中最多可使用3个替换链环。

10.3.8.3　制造工艺：

(1)　采用电阻感应加热时，加热状态应由光学温度传感器控制，控温系统应至少每8h校验1次，并作记录。

(2)　采用电炉加热时，应采用紧挨锚链圆钢的热电偶连续记录炉温来控制加热过程。控温系统应至少每8h校验1次，并作记录。

(3)　在闪光焊接过程中，应对横板的移动速度、通电时间和液压压力等参数进行控制。这些参数应至少第4h校验1次，并作记录。

(4)　锚链应在上转变温度以上，按照规定的温度－时间关系进行奥氏体化，并以规定的温度－时间关系进行回火。温度－时间或温度－走链速度应予以控制，并作连续记录。

10.3.9　锚链的力学性能

10.3.9.1　成品锚链及其附件的力学性能应符合表10.3.3.6的要求。

10.3.9.2　试样的取样部位如图10.3.3.5和图10.3.9.2所示。

10.3.10　拉力和拉断试验

10.3.10.1　锚链和附件应进行拉力和拉断试验，试验负荷应符合表10.3.10.1的要求。

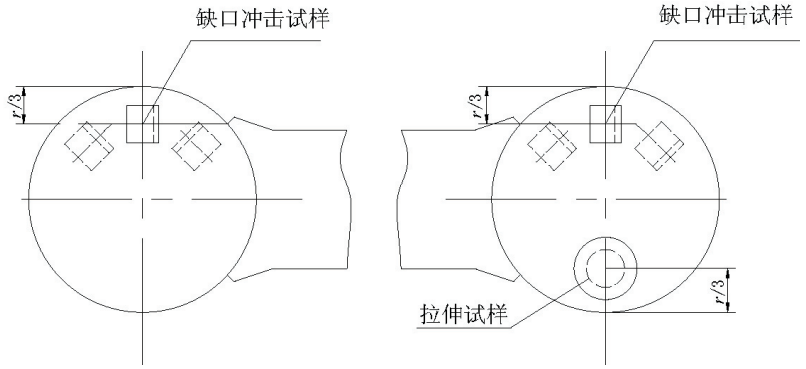


图 10.3.9.2

拉力和拉断试验负荷　　表 10.3.10.1

	OM3	OM3S	OM4
拉力试验载荷 (kN) 拉断试验载荷 (kN)	$0.0148d^2(44-0.08d)$ $0.0223d^2(44-0.08d)$	$0.0180d^2(44-0.08d)$ $0.0249d^2(44-0.08d)$	$0.0216d^2(44-0.08d)$ $0.0274d^2(44-0.08d)$
锚链重量 (kg/m)	$0.0219d^2$		
5 环长度 L	$22d \leqslant L \leqslant 22.55d$		

10.3.11　锚链质量

10.3.11.1　锚链应具有与其制造方法相适应的光洁表面，且应无裂纹、沟槽和妨碍锚链使用的其他缺陷。每一链环应按 10.3.15.8 和 10.3.15.9 的要求进行质量检查。

10.3.12　尺寸和公差范围

10.3.12.1　锚链及其附件的结构尺寸应符合公认的有关标准，典型的结构尺寸见本章图 10.2.4.2。

10.3.12.2　链环应符合下列尺寸公差：

(1) 链径的尺寸公差 (d 为公称链径)：

$d \leqslant 40$mm　　：　　-1mm
40mm $< d \leqslant$ 84mm　：　　-2mm
84mm $< d \leqslant 2$ mm　：　　-3mm
$d > 122$ mm　　：　　-4mm

链环的直径应在链环平面内的链冠处测量，链径的正偏差应不大于公称链径的 5%。链冠部位的横截面积不允许有负偏差；

(2) 链冠以外部位的直径不允许有负偏差，正偏差应不大于公称链径的 5%。闪光焊缝的正偏差应符合经 CCS 认可的工厂技术条件；

(3) 每 5 个链环组成的长度的制造公差为 0%～ +2.5% (在锚链的拉力试验后测量)；

(4) 在锚链的所有零件相互适配的情况下，锚链的其他所有尺寸的制造公差均为 ±2.5%；

(5) 横档应处于链环的中心位置，并与链环的两侧保持垂直。若横档具有良好的配合，且横档两端与链环内侧无间隙 (按图 10.2.6.2(5) 进行测量)，则允许存在不超过下列要求的制造公差：

① 相对中心位置的最大偏差 $X(X=(A-a)/2)$ 为公称直径的 10%；

② 相对 90° 位置的角度偏差 $\alpha \leqslant 4°$ 。

为了便于拆装连接卸扣，每节锚链两端的加大链环的横档可不位于链环的中心位置。

10.3.12.3　锚链附件尺寸公差应不超过下列值：

公称直径：0%～ +5%；

其他直径：±2.5%。

10.3.12.4　肯特卸扣的倒圆半径 r，如图 10.3.12.4 所示，应不小于公称链径的 3%。

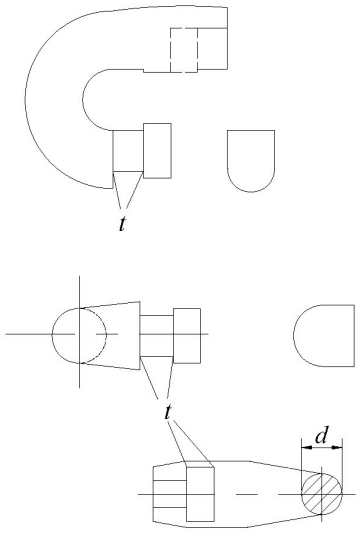


图 10.3.12.4

10.3.13　横档的安装

10.3.13.1　OM3 及 OM3S 级锚链的横档安装可采用焊接，但 OM4 级锚链横档的安装，除经 CCS 批准外，不允许采用焊接方法。

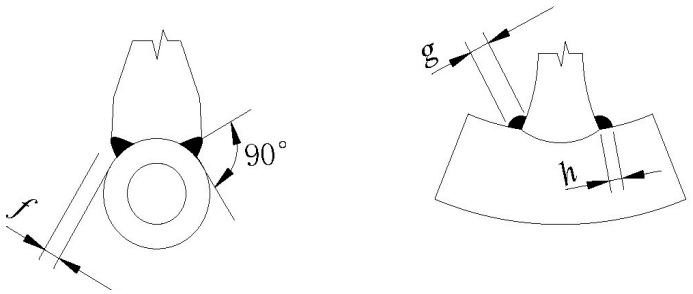
10.3.13.2　如横档采用焊接方法安装，应在锚链最终热处理之前进行。

10.3.13.3　横档只能在与闪光焊缝相对的一面施焊。横档的两端应与链环内侧保持无间隙配合。除经批准外，横档应采用周向焊接。

10.3.13.4　除经批准外，不允许在横档两端施焊。

10.3.13.5　应尽量在平焊位置由合格的焊工使用经认可的低氢焊条按认可的工艺焊接。

10.3.13.6　角焊缝的尺寸应符合图 10.3.13.6 的要求。



f=0.10d_c　　公差为 -0.01d_c，0

g=0.20d_c　　公差为 -0.02d_c，0

h=0.09d_c　　公差为 -0.01d_c，0

d_c= 链环公称链径

图 10.3.13.6

10.3.13.7　焊缝应有良好的质量，不应有裂缝、未熔合、密集气孔和 1mm 以上的咬边等缺陷。

10.3.13.8　所有焊缝应进行目检。在拉力试验后，应对每节锚链中至少 10%的横档焊缝进行磁粉或渗透检测。如果发现裂缝或未熔合，则应对该节锚链的所有横档进行无损检测。

10.3.13.9　对于横档的焊接，可视具体情况要求做焊接试验。

10.3.14　替换链环

10.3.14.1　用于替换试验环或有缺陷链环的单个链环应按认可的工艺制造，此时整节锚链不必重新进行热处理。各等级的替换链环应分别进行认可，并应对拟认可等级中最大尺寸的链环进行试验。每年应重新进行工艺认可。

10.3.14.2　替换链环的制造和热处理应不影响与其相邻链环的性能。热处理时，相邻链环上任一部位的温度均不应超过250℃。

10.3.14.3　每一个替换链环均应按表10.3.10.1、10.3.15.8和10.3.15.9的要求进行拉力试验和无损检测。还应制造一个与该替换链环相同的链环，并按10.3.15.7的要求进行试验。

10.3.14.4　每一个替换链环均应按10.3.17.3的要求在横档上打印特殊标记，与其相邻链环的横档上也应打印特殊标记。

10.3.15　成品锚链的试验和检查

10.3.15.1　经最终热处理后，所有锚链应在验船师在场时，按CCS接受的标准进行拉力试验、拉断试验和力学性能试验。如果制造厂有拉力试验记录程序，并能使验船师满意，则验船师可不必见证所有拉力试验，但验船师应确认试验机已经校准并处于良好的工作状态。

10.3.15.2　试验和检查前，应采用喷砂、喷丸或其他合适的方法去除锚链表面的氧化皮、油漆或其他覆盖物。

10.3.15.3　整节锚链应按表10.3.10.1中规定的拉力载荷进行试验。试验后锚链应不断裂，闪光焊缝中应无裂纹。拉伸锚链时，施加的拉力应不大于规定值的1.1倍。如果采用塑性应变法置入横档，则施加载荷应不超过认可试验所确认的值。

10.3.15.4　应按表10.3.15.4规定的试验频率对至少3个链环组成的试样按表10.3.10.1规定的拉断载荷进行试验。试样应从锚链上截取，或应与锚链在同一制造过程中制成并与锚链一起进行焊接和热处理。试样应代表同一炉次的锚链。每一个试样均应能承受规定的拉断载荷而不断裂，闪光焊缝处也不出现裂纹。如果施加所规定的载荷并保持30s，试样没有出现破坏迹象，则认为该试样合格。

如果试验机的拉力不足以进行较大链径锚链的试验，经CCS同意可采用其他等效的试验方法。

拉断试验的试验频率　　表10.3.15.4

公称链径（mm）	最大取样间隔（m）
≤48	91
49~60	110
61~73	131
74~85	152
86~98	175
99~111	198
112~124	222
125~137	250
138~149	274
150~162	297
163~175	322

10.3.15.5　拉力试验后，应按照10.3.12的要求对至少5%链环的尺寸进行测量。

10.3.15.6　拉力试验后，应对整根锚链进行每次5个链环的长度校验。校验时，第1次测量前5个链环组，从第2次起，第5个链环中至少应包括前一组中的两环，如此测量至最后一个链环。测量时，一般应对锚链施加5%～10%的拉力试验载荷。位于固定装置中的链环可免于测量。

10.3.15.7　应按表10.3.15.4规定的试验次数，每次取两个拉力试样和3组每组3个夏比V型缺口冲击试样进行试验。试验结果应符合表10.3.3.6的要求。试验链环应从锚链上切取，或应与该段锚链一起制造和热处理。试样应代表同一炉次锚链。试样应从下述位置截取：

1个拉力试样应从与闪光焊缝相对的一侧截取；

1个拉力试样从闪光焊缝处截取，并使焊缝位于试样中央（对于OM3级锚链，不要求制备此试样）；

第1组3个冲击试样取自闪光焊缝处，并使焊缝位于试样中央的缺口上；

第2组3个冲击试样取自与闪光焊缝相对的一侧；

第3组3个冲击试样取自链冠处。

如果统计结果表明所要求的冲击韧性能得到一贯的保证，经CCS同意，可以减少链冠区域的冲击试验次数。

10.3.15.8　拉力试验后，应对每个链环的表面进行目检。毛刺、不平整和毛边等应打磨平整。链环表面，尤其是在闪光焊接夹具夹持处不应有轧制缺陷、裂缝、凹陷、划伤等。横档应足够牢固。

10.3.15.9　每个链环的闪光焊缝区域以及夹具夹持处附近应进行磁粉检测，检测方法和器材应符合公认的技术条件。

闪光焊缝区域及夹具夹持处的链环表面应无裂纹、未熔合及密集气孔。

10.3.15.10　每个链环的闪光焊缝区域应进行超声波检测。检测方法和器材应符合公认的技术条件。适用于链环结构形状的标定标准应经CCS认可。

闪光焊缝区域内应无超标缺陷。

10.3.16　复试、报废和修整

10.3.16.1　如果单个链环发现存在缺陷或不满足使用要求，则应予以切除并用经认可的替换链环取代。替换链环后的锚链还应再次进行拉力试验和检查。替换链环应符合10.3.8.2的要求。

10.3.　6.2　如果采用其他修理方法，例如采用连接卸扣或连接链环取代有缺陷的链环时，其采用的数量和型式等，应经CCS和最终购买方的书面批准。

10.3.16.3　如果链环的直径、长度、宽度及横档的对中不符合规定的要求时，则应将这些尺寸与其左、右各20个共40个链环的相应尺寸作比较。如果其中有两个以上的链环的同一尺寸不合格，则应对所有链环的尺寸进行测量。不合格的链环应予以切除并按10.3.8.2的要求替换。

10.3.16.4　如果5环长度小于规定最小值，且经确认属偶然情况，经CCS批准，这段锚链可以使用高于拉力试验载荷的拉力予以拉长。此拉力一般应低于拉力试验载荷的1.1倍。经过拉长处理的锚链的编号和拉长载荷值应在检验报告中注明。

如果5环长度超过规定的最大值，则超长的链环应予以切除，并按10.3.8.2的要求替换。

10.3.16.5　如果目检或磁粉检测发现闪光焊缝区存在裂纹、划伤等其他缺陷，则可采用打磨方法去除。打磨深度应不超过链径的5%。且打磨部位与其周围的表面应平顺过渡。打磨后链环尺寸仍应符合10.3.12的要求。打磨后的链环应再用磁粉检测复验。如果缺陷依然存在，则该链环应予以切除。
闪光对接焊缝区圆钢不对中超过链径2.5%的链环应予以切除。

10.3.16.6　如果超声波检测发现闪光焊缝内部存在超标缺陷，则该链环应予以切除，并按10.3.8.2的要求替换。

10.3.16.7　如果拉断试验失败，应立即通知验船师，一起进行全面检查以确定失败的原因，并在同一节锚链上再取两个试样进行附加拉断试验。只有复试合格并根据失败原因分析不属产品质量问题，才能确定该节锚链试验合格。只要有一个附加试样试验不合格，该节锚链应予以报废，并采取10.3.8.2的措施。

10.3.16.8　如果拉力试验中一个链环破坏，则应立即通知验船师，一起进行全面检查以确定失败的原因。如果在拉力试验中发生两个或更多个链环破坏，则该节锚链应予报废。

上述试验失败原因调查应特别着重于那些会引起其他节锚链失败的因素或条件。

除上述试验失败原因调查外，应从该被破坏链环的两侧各取一套由3个链环组成的拉断试验试进行试验。只有两个拉断试验均合格并根据失败原因分析不属产品质量问题，才能确定该节锚链试验合格。只要有一个附加试样试验不合格，该节锚链应予以报废，并采取10.3.8.2的措施。

10.3.16.9　如果拉伸试验或冲击试验不合格，可按本篇第一章的规定进行复试。复试合格则可以验收。如果复试仍不合格，则该节锚链应予以报废，并采取10.3.8.2的措施。

10.3.17　标记和证书

10.3.17.1　经检验合格的锚链，应在下述位置打上标记：

(1) 锚链的两端；

(2) 不大于100m的每一间隔处；

(3) 替换链环；

(4) 与卸扣或替换链环相邻的链环。

所有打上标记的链环应在产品合格证书上注明。标记应能识别锚链的始端和末端。除上述标记外，连续长度锚链上属同一炉次的第一个和最后一个普通链环应打上明确的和可追溯其制造过程的标记。这些标记在锚链的预计寿命内应始终字迹清晰。

10.3.17.2　上述链环的横档上应作如下标记：

(1) 锚链等级；

(2) 证书编号；

(3) CCS的印章。

证书编号可以为缩写或其他等效的标记，并应在证书中予以说明。

10.3.17.3　对于替换链环，除应按照10.3.17.2的要求作标记外，还应再加注一个该链环专有的号码。与其相邻的链环横档上也应打上相同的标记。

锚链证书应包括替换链环和连接链环的位置和数量。如果证书编号和替换链环号码为缩写或其他等效的标记，则应在证书中予以注明。

10.3.17.4　制造厂应对每节连续锚链提供一本完整的、装订成册的锚链检验和试验文件。该文件应包括所有的尺寸检查、试验和检验报告、检测报告、制造过程记录、照片以及任何不合格、矫正和修整的记录。此外，还应包括材料合格证书、替换链环的位置和数量。

应对每根连续锚链发给单独的证书。所有附带文件、附录和报告均应注明该证书的编号。

制造厂应负责保存所有有关文件至少10年。在保存期内，上述文件应完好并可随时调用。

10.3.18　附件的试验和检查

10.3.18.1　经最终热处理后，所有附件应在验船师在场时，按公认的标准进行拉力试验、拉断试验和力学性能试验。如果制造厂有拉力试验记录程序，并能使验船师满意，则验船师可不必见证所有拉力试验，但验船师应确认试验机已经校准并处于良好的工作状态。

10.3.18.2　试验和检查前，应采用喷砂、喷丸或其他合适的方法去除附件表面的氧化皮、油漆或其他覆盖物。

10.3.18.3　每一附件应根据其适用的锚链等级，按表10.3.10.1规定的载荷进行拉力试验。

10.3.18.4　附件以25个或不足25个为一批，每批中应至少取一个附件按照表10.3.10.1的规定按相应等级进行拉断试验。每批附件系指具有同一炉号，同一热处理炉次和链径相同者。

单个制造或小批量制造的附件，经CCS批准，可采用其他等效方法进行试验。

经拉断试验后，经检查，无明显变形，则可同意该附件继续使用。

10.3.18.5　附件以25个或不足25个为一批，每批中应至少取一个按10.3.4或10.3.5的有关要求进行力学性能试验。每批附件系指具有同一炉号，同一热处理炉次和链径相差不超过25mm者。单个制造或小批量制造的附件，经CCS批准，可采用其他等效方法进行试验。

10.3.18.6　拉力试验后，每25个附件（相同类型、相同尺寸和相同公称强度）中应至少取一个附件校核尺寸，结果应符合10.3.12的有关要求。

10.3.18.7　拉力试验后，应对每个附件的表面进行目检，特别应注意机加工表面和高应力区域。所有非机加工表面均应采用喷砂或喷丸进行清理，以便进行彻底检查。所有附件均应进行磁粉或渗透检测。

10.3.18.8　如果附件的任一试验失败，则其代表的那批附件不能验收。如果能确定失败原因及证实其余任一附件均不存在会造成该失败的因素，并得到验船师的认可，则该批附件仍可验收。

10.3.18.9　每一经CCS检验合格的附件，均应打上下述标记：

(1)　锚链等级；

(2)　证书编号；

(3)　CCS的印章。

附件上所有可拆卸的部件均应打上系列编号，以免混淆。

证书编号可以为缩写或其他等效的标记，但应在证书中予以注明。

10.3.18.10　制造厂应对每一订单提供1本完整的、装订成册的附件检验和试验文件。该文件应包括所有的尺寸检查、试验和检验报告、无损检测报告、制造过程记录、任何不合格、矫正和修整的记录以及材料合格证书。

应对每种类型的附件发给单独的证书。所有附带文件、附录和报告均应注明该证书的编号制造厂应负责保存所有有关文件至少10年。在保存期内，上述文件应完好并可随时调用。

第4节　钢　丝　绳

10.4.1　适用范围

10.4.1.1　本节规定适用于作为船索、拖索和尾锚索的钢丝绳。

10.4.2　制　造

10.4.2.1　钢丝绳应由CCS认可的工厂制造。

10.4.2.2　钢丝绳的结构型式一般应符合表10.4.2.2的规定，但亦可采用公认的其他标准，或采用破断载荷相当、与用途相适应的其他结构型式。

钢丝绳的结构型式　　表10.4.2.2

用途	钢丝绳规格			钢丝绳结构					
	股数	钢丝数	股芯	股芯	内芯丝	内层	中层	外层	分层记号
尾锚索 拖索 系船索	6	24	纤维	纤维	0	-	9	15	6(0+9+15)
	6	37	纤维	钢丝	1	6	12	18	6(1+6+12+18)
	6	26	纤维	钢丝	1	5	(5+5)	10	$6(1+5+\frac{5}{5}+10)$
	6	31	纤维	钢丝	1	6	(6+6)	12	$6(1+5+\frac{6}{6}+10)$
	6	36	纤维	钢丝	1	7	(7+7)	14	$6(1+5+\frac{7}{7}+10)$
	6	41	纤维	钢丝	1	8	(8+8)	16	$6(1+5+\frac{8}{8}+10)$
	6	30	纤维	纤维	0	-	12	18	6(0+12+18)
与绞车配合的 拖索和系船索	6	31	7×7钢丝	钢丝	1	6	(6+6)	12	$6(1+6+\frac{6}{6}+12)$
	6	36	7×7钢丝	钢丝	1	7	(7+7)	14	$6(1+7+\frac{7}{7}+14)$
	6	41	7×7钢丝	钢丝	1	8	(8+8)	16	$6(1+8+\frac{8}{8}+16)$

10.4.3　钢丝

10.4.3.1　制造钢丝绳用的钢丝，应采用优质碳素结构钢，其硫、磷含量应不大于0.035%，其他元素的含量应符合CCS接受的有关标准。由钢材冷拔拉制成的钢丝应呈圆形截面，且应材质均匀，强度一致，表面应无裂纹、竹节、起刺、锈蚀和伤痕等影响钢丝性能的缺陷。

10.4.3.2　钢丝的抗拉强度一般应在1420～1570N/mm^2、1570～1770N/mm^{2}或1770～1960N/mm^{2}的范围内。

10.4.3.3　钢丝绳应采用全镀锌的钢丝绞制而成。钢丝应采用热浸法或电解法镀锌。钢丝的镀锌层应平滑、完整和牢固。镀层可分为下列3级：

1级：厚镀层，在镀锌后拔丝；

2级：厚镀层，在拔丝后镀锌；

3级：薄镀层，在镀锌后拔丝。

10.4.4　试样与试验

10.4.4.1　应从成品钢丝绳中截下适当的长度并将其捻开和校直后，从中任选6根钢丝作为试样，进行扭转和卷绕试验，用以检验钢丝镀锌层的粘着程度。此外，还应对镀锌层的含锌重量和均匀性进行试验。以上试验也可以在钢丝绳捻成之前的钢丝中，选取所需数量进行试验。

10.4.4.2　扭转试验应符合下列规定：

(1) 试样在夹头间的长度应为钢丝直径的100倍或300mm，取较小者；

(2) 钢丝在扭转试验机上，用夹具夹住两端，使其扭转，直至断裂为止。为了保持钢丝始终呈伸展状态，可在夹具上施加不超过2%的钢丝破断载荷的拉力；

(3) 试验机的转速和扭转次数应分别符合表10.4.4.2(1)和(2)的规定。

钢丝扭转试验的最大扭转速度　　表10.4.4.2(1)

镀锌钢丝直径d(mm)	最大扭转速度(1/min)
$d<1.5$	90
$1.5\leqslant d<3.0$	60
$3.0\leqslant d<4.0$	30

钢丝扭转试验的最小扭转次数　　表10.4.4.2(2)

镀锌钢丝直径d(mm)	最小扭转次数			
	2级镀锌层		1级或3级镀锌层	
	捻制前试验	捻制后试验	捻制前试验	捻制后试验
$d<1.3$	15	13	27	24
$1.3\leqslant d<2.3$	15	13	26	23
$2.3\leqslant d<3.0$	14	12	23	20
$3.0\leqslant d<4.0$	12	10	21	18

10.4.4.3　镀层试验：锌的镀层厚度是按每单位面积上的镀锌层重量测定的，其最小值应不低于表10.4.4.3的规定，镀锌层重量的测定应按公认的标准进行。一般应从钢丝绳中截取不同直径的钢丝进行试验，采用化学方法将钢丝的镀锌层溶解，测定脱锌后钢丝的重量损失量来确定镀锌层的重量。镀锌层的均匀性应按公认的标准采用浸液试验来测定。

钢丝镀锌层重量　　表 10.4.4.3

镀锌钢丝直径 d(mm)	单位面积镀锌层的重量最小值 (g/mm²)	
	1 级或 2 级	3 级
$0.4 \leqslant d < 0.5$	75	40
$0.5 \leqslant d < 0.6$	90	50
$0.6 \leqslant d < 0.8$	110	60
$0.8 \leqslant d < 1.0$	130	70
$1.0 \leqslant d < 1.2$	150	80
$1.2 \leqslant d < 1.5$	165	90
$1.5 \leqslant d < 1.9$	180	100
$1.9 \leqslant d < 2.5$	205	110
$2.5 \leqslant d < 3.2$	230	125
$3.2 \leqslant d < 4.0$	250	135

10.4.4.4　卷绕试验：镀锌层的粘着力应通过卷绕试验予以检验。将钢丝在圆柱体上卷绕 10 整圈后，镀层如不出现起皮、剥落和开裂现象，即为合格。每种规格的钢丝至少要取 5 根进行试验，且钢丝直径与圆柱体直径之比应符合表 10.4.4.4 的规定：

钢丝卷绕试验规定　　表 10.4.4.4

镀锌层	镀锌钢丝直径 (mm)	钢丝直径与圆柱体直径之比
1 级或 2 级	＜ 1.5	1：4
	≥ 1.5	1：6
3 级	＜ 1.5	1：2
	≥ 1.5	1：3

10.4.4.5　成品钢丝绳的破断试验

(1) 凡是制造长度在 10000m 以下的钢丝绳，应从每根钢丝绳的端头截取一段作破断试验。试样在夹头间的净试验长度至少应为索径的 36 倍。如果制造长度超过 10000m 时，则应从钢丝绳上截取第二段试样进行试验；

(2) 在试验时，应控制试验机夹具上试验载荷增加的速度。开始可快速加载，当试验载荷达到钢丝绳公称破断载荷的 4/5 时，试验载荷递增的速度应平稳和缓慢，以确保不在钢丝绳试样上造成冲击载荷。若钢丝绳破断时，其断裂位置在试验机夹具附近，则此项试验结果应作废，允许取试样复试。试验中如实测的破断载荷小于 CCS 接受的标准所规定的最小值，则该试验结果应判为不合格；

(3) 若因设备条件的限制不能以完整钢丝绳进行试验时，可采用单根钢丝试验，则钢丝绳的破断载荷为单根钢丝的破断拉力乘以钢丝的总数，再乘以表 10.4.4.5(3) 中所列换算系数而求得。

单根钢丝试验换算系数　　表 10.4.4.5(3)

钢丝绳规格	换算系数
6×24	0.87
6×37	0.825

注：其他规格钢丝绳的换算系数可参照 CCS 认可的其他标谁中的有关规定。

10.4.5　标记

10.4.5.1　经验收合格的每根成品钢丝绳均应在显明易见处贴上钢丝绳型号、规格、长度及厂名的标签，并应打上 CCS 的标志。

第 2 篇　非金属材料

第 1 章　通　　则

第 1 节　一 般 规 定

1.1.1　适用范围

1.1.1.1　本篇规定适用于船舶、海上设施等使用的非金属材料或产品的制造、试验和检查。

1.1.1.2　凡本篇未列入的非金属材料或产品（包括新材料、新产品），其化学组成、力学性能和其他特殊性能，可按 CCS 接受的有关标准试验或检验。

1.1.1.3　经 CCS 认可或检验合格的非金属材料或产品，均应标上 CCS 的标志。船舶或海上设施建造厂应优先订购经 CCS 认可和检验的非金属材料或产品，凡不具有 CCS 标志的非金属材料或产品应经 CCS 同意，才能装船使用。

1.1.2　认可与检验

1.1.2.1　生产船用非金属材料或产品的工厂应按 CCS 规定的程序申请进行型式认可或工厂认可。

1.1.2.2　拟在 CCS 入级的船舶或海上设施上使用的材料、零部件和设备等产品，在制造前，产品制造厂一般应按规范要求将需批准的图纸资料一式 3 份提交给 CCS 指定的审图单位进行审查。批准后的图纸资料，1 份留存审图单位，1 份交给执行检验单位，1 份退给产品制造厂。如审图与检验为同一单位时，则仅需提交 2 份图纸资料。

特殊情况下，经 CCS 同意，产品制造厂可直接将图纸资料提交给执行检验单位审查。在图纸中已包含零部件图纸且已获得批准时，则可以不必再提交。

1.1.2.3　认可后的检验，可以根据非金属材料或产品以及生产过程控制的情况，采取不同的检验方式。

第 2 节　试验与检验

1.2.1　一般要求

1.2.1.1　生产船用非金属材料或产品的工厂，应具备确保其产品质量必需的生产和试验设备、良好的生产环境、适任的人员和完善的检验制度。

1.2.1.2　制造厂应对进厂和出厂的材料或产品提供足够的合格证件和反映生产过程控制的必要资料，以便验船师确认其是按 CCS 认可的制造工艺规程进行生产和质量控制的。

1.2.2　试验与复试

1.2.2.1　除本篇各章另有规定外，试验用试件的尺寸、试样的截取位置、试样的加工和各自要求的化学组成、热性能、物理、化学性能、力学性能以及其他特殊性能等，可按公认的有关标准进行，但各项试验结果应分别符合本篇各章的有关要求。

1.2.2.2　任一组试样的试验不合格时，可在原试板（或试件）上或同一批材料以同样的工艺重新制作的试板（或试件）上，对不合格项目取双倍试样进行复试。复试结果应全部合格。

1.2.2.3　若复试结果仍不合格，经 CCS 验船师同意，可重新制作试件再进行一次全部项目的试验。试验结果应全部合格。

1.2.2.4　所有试验结果应全部记录在试验报告内。

1.2.3　标记

1.2.3.1　凡经检验合格的船用非金属材料或产品，除加盖 CCS 标志外，还应备有船用产品证书，或由验船师（或验船师代理人）签署的制造厂的合格证书。

第 2 章 塑 料 材 料

第 1 节 一 般 规 定

2.1.1 适用范围

2.1.1.1 本章规定适用于拟入级的船舶与海上设施中使用的或在设计、制造中明确要求具有 CCS 证书的塑料材料或其制品。

2.1.1.2 船舶及海上设施用塑料材料，包括热塑性聚合物、热固性树脂、增强材料及与之相关的材料应按本章规定制造、试验和检查。

2.1.1.3 对用于船体结构件、复合材料壳体或管道等塑料制品的塑料材料还应分别满足第 3 章或第 4 章的规定。

2.1.2 定义与术语

2.1.2.1 塑料：是一种有机高分子物质。可以是热塑性的或热固性的，其完工产品可以含有增强材料或添加剂。

2.1.2.2 添加剂：为改善或调整聚合物（或树脂）的某些性能所添加的物质，包括填料、触变剂、增稠剂、颜料等。

2.1.2.3 模塑料：能用于模塑方法成型的预混料或预浸渍料，包括热塑性模塑料和热固性模塑料。前者以热塑性聚合物为基体，加热软化直至熔融，冷却变硬；后者以热固性树脂为基体，借助加热或其它方法（如辐射或催化剂）固化成不溶不熔。

2.1.2.4 预混料：塑料制品成型前预先制备的由树脂、增强材料、填料（如有）等组成的混合料。

2.1.2.5 预浸渍料：用于制造增强塑料制品的浸渍树脂的纤维或其制品（无捻粗纱、毡、织物），经烘干或预聚的一种中间材料。能在热压条件下模塑或层压。

2.1.2.6 纤维粒料：纤维增强热塑性塑料制品成型前预先制备的定长颗粒状模塑料。有短纤维粒料和长纤维粒料，前者由聚合物与一定长度的纤维经挤出机塑化、挤出、切粒而成；后者是连续纤维束通过挤出机角状机头时，被熔融的聚合物均匀包覆后，经冷却由切粒机切成一定长度的粒状料。可用于模压、挤出或注射成型。

2.1.2.7 片状模塑料：由树脂、短切或未经短切的增强纤维以及细粒状填料（有时不加填料），经充分混合而制成一种厚度一般为 1 ～ 25mm 的薄片状中间制品，能在热压条件下进行模塑或层压。

2.1.2.8 块状模塑料：由树脂、短切的增强纤维和特定的填料（或不加填料）经充分混合而成的块状半成品。它可以在热压条件下模压或注射成型。

2.1.3 一般要求

2.1.3.1 作为产品型式供应的塑料材料（如机座垫片浇铸料），应在 CCS 认可的工厂制造。

2.1.3.2 塑料制品应在 CCS 认可的工厂中采用认可或检验的原材料和工艺制造。

2.1.3.3 对不要求由认可工厂生产的原材料（如填料、添加剂等），根据本章节中有关规定，其质量和技术规定应是可接受的。

2.1.3.4 对拟入级的塑料制品，制造厂有责任向材料生产厂提出必要的技术条件（包括材料的各种检验要求等），以保证所使用的原材料符合入级的要求和产品的技术条件。

2.1.3.5 塑料制品制造厂应有证据说明其具备生产和试验所需的设备和能力，并由合格人员管理。规定的试验项目应在验船师在场情况下进行，试验结果符合 CCS 规范或接受的技术标准。

2.1.3.6 任何材料在后续的加工、切割或装配等施工时，如被证实不合格，即使事前持有 CCS 证书也应予以报废。

2.1.4　标记

2.1.4.1　凡经检验合格的材料的外包装或产品上应至少在一处位置上，清晰标上 CCS 标志。

2.1.4.2　认可材料的生产厂应在每批材料（或外包装）上以独有的编号（如批号）作出标记。

2.1.4.3　塑料制品制造厂应采用一套标识体系，使所有竣工产品可以追溯至基本材料的原始批次。

2.1.4.4　材料和产品制造厂还应提供由验船师（或验船师代理人）签署的，具有合适内容的合格证书。

第 2 节　原　材　料

2.2.1　热塑性聚合物

2.2.1.1　制造厂应对所使用的每种热塑性聚合物提供下列适用项目的数据：

(1) 外观；

(2) 熔点；

(3) 熔融流动指数；

(4) 密度；

(5) 体积密度或比容；

(6) 水份及挥发物含量；

(7) 成型收缩率；

(8) 填料 / 增强材料含量（如有时）。

2.2.1.2　制造厂应根据聚合物生产厂建议的工艺技术条件，采用适用的模塑或挤塑的方法制备试件。

2.2.1.3　对所制备的试件应进行下列适用项目试验：

(1) 屈服或断裂时拉伸应力；

(2) 屈服或断裂时拉伸弹性模量；

(3) 断裂伸长率；

(4) 压缩强度；

(5) 弯曲强度；

(6) 载荷下变形温度（马丁耐热性、维卡软化点或热变形温度）；

(7) 密度；

(8) 吸水量（如需要）。

2.2.2　热固性树脂

2.2.2.1　常用热固性树脂主要有不饱和聚酯树脂（间苯型、邻苯型、双酚 A 型）、乙烯基酯树脂、环氧树脂及酚醛树脂。

2.2.2.2　对根据产品或加工性能需要事先加入树脂的触变剂、填料、颜料等无机物应予以适当说明。

2.2.2.3　制造厂应对所使用的每种热固性树脂分别提供相应的数据。

(1) 不饱和聚酯树脂（间苯型、邻苯型、双酚 A 型）及乙烯基酯树脂；

① 外观；

② 密度或相对密度；

③ 粘度；

④ 凝胶时间；

⑤ 固体含量或挥发物含量；

⑥ 酸值；

⑦ 热稳定性；

⑧ 无机物含量（如有，包括触变剂、填料、颜料等）。

(2) 环氧树脂：

① 外观；

② 密度或相对密度；

③ 粘度；

④ 凝胶时间；

⑤ 挥发物含量；

⑥ 环氧值；

⑦ 有机氯值、无机氯值；

⑧ 无机物含量（如有）。

(3) 酚醛树脂：

① 外观；

② 密度或相对密度；

③ 粘度；

④ 固体含量或挥发物含量；

⑤ 游离酚含量；

⑥ 游离甲醛含量；

⑦ 无机物含量（如有）。

2.2.2.4 制造厂应对所使用的每种热固性树脂，按照树脂生产厂提供的建议制备浇铸体试件。固化所采用的固化剂（或催化剂 / 促进剂）类型和与树脂的比例及固化制度（固化 / 后固化的温度、时间）应与拟采用树脂一致，并作记录。

2.2.2.5 应对浇铸体试件进行下列项目的测定：

(1) 密度或相对密度；

(2) 固化后体积收缩率；

(3) 巴柯尔硬度；

(4) 拉伸强度；

(5) 断裂伸长率；

(6) 吸水量；

(7) 热变形温度。

2.2.3 增强材料

2.2.3.1 增强材料一般为纤维状物质或织物，它们应与拟增强的聚合物、树脂有良好的相容性。

2.2.3.2 生产厂应对所使用的每种增强材料提供下列适用项目的数据：

(1) 增强材料的类型；

(2) 每一方向的纤维类型；

(3) 纤维或纱线的线密度 (Tex 值)；

(4) 纤维表面精整和 / 或处理；

(5) 纤维材料密度；

(6) 纤维、粗纱或织物的拉伸断裂强力和断裂伸长率；

(7) 可燃物含量；

(8) 含水率；

(9) 浸润剂和 / 或处理剂类型及含量；

(10) 编织类型；

(11) 织物或毡片单位面积重量；
(12) 织物或毡片的宽度、厚度；
(13) 相容性（适用于何种聚合物或树脂）；
(14) 其他必要的项目。

2.2.3.3　对由多层不同类型增强材料毡片、布、织物组合成的组合增强材料，还应列出其详细的结构组成数据：如纱 / 线密度、类型、重复频度及排列方向等。

2.2.3.4　应按树脂生产厂建议的固化制度制备包括增强材料在内的层板（对无捻粗纱可按有关标准制成棒状）试件，进行各种必要的力学性能试验，层板的制备应按下列要求进行：

(1) 采用合适类型的认可树脂（聚合物）。
(2) 增强材料至少平行铺敷 3 层，保证层板厚度不小于 4mm。
(3) 应记录所采用树脂、增强材料的重量和单位面积重量以及制成层板厚度。
(4) 对不同类型玻璃纤维增强材料推荐使用如下纤维 / 树脂重量比（树脂重量份）：

① 短切原丝毡　　0.65 ～ 0.70；
② 无捻粗纱布　　0.45 ～ 0.50；
③ 无捻粗纱单向布　　0.45 ～ 0.50；
④ 短切原丝毡 + 无捻粗纱布　　0.55 ～ 0.60；
⑤ 无捻粗纱　　0.50；
⑥ 喷射用无捻粗纱　　0.70；
⑦ 其他类型合股无捻粗纱　　0.50。

(5) 对采用非玻璃类增强材料可按生产厂建议的体积百分含量进行。

2.2.3.5　对使用纤维缠绕方法成型的玻璃纤维无捻粗纱可视为单向增强材料，建议采用树脂重量含量 30±5% 进行试验。

2.2.3.6　应对按 2.2.3.4 制备的层板试件进行下列适用项目的性能测定：

(1) 树脂含量或纤维含量；
(2) 密度；
(3) 吸水性；
(4) 硬度（邵氏、洛氏、布氏 - 对热塑性塑料、或巴柯尔 - 对热固性塑料）；
(5) 载荷下变形温度（马丁耐热性、维卡软化点或热变形温度）；
(6) 拉伸强度、模量、延伸率；
(7) 压缩强度、模量；
(8) 弯曲强度、模量；
(9) 层间剪切强度（对层板）；
(10) 冲击韧性。

2.2.3.7　如用于对玻璃纤维无捻粗纱、毡、布认可，弯曲强度尚应进行潮湿状态的试验，试验前试件应在蒸馏水中煮沸 2h。

2.2.3.8　试验时，应根据纤维增强材料在层板中的排列方向取样。一般喷射无捻粗纱和短切原丝毡取任一方向；单向材料取 0° 方向；无捻粗纱、无捻粗纱布取 0° 和 90° 方向；多层组合增强材料按需要取 0°、45°、90° 或 -45° 方向。

2.2.4　增强热塑性聚合物

2.2.4.1　拟采用增强材料的热塑性聚合物，应按本节 2.2.1.3 规定进行试验。

2.2.4.2　如采用外购供货的增强纤维粒料，则需按本节 2.2.1.1 中的 (3)、(6)、(7)、(8) 项进行试验。

2.2.4.3　若采用热塑性聚合物和增强材料，或采用增强粒料制作增强热塑性聚合物，均应按照制造技术要求制备层板试件。

2.2.4.4 层板试件应按本节 2.2.3.6 有关要求取样进行试验，试验只需取一个方向。

2.2.5 增强热固性树脂

2.2.5.1 拟采用增强材料的热固性树脂应按本节 2.2.2.5 规定进行试验。

2.2.5.2 如采用外购的热固性模塑料，包括块状、片状模塑料和预浸渍料，则至少应对这些预混料进行流动性、成型收缩率、压缩比、水份和挥发物含量、树脂含量等工艺性试验，并按制造技术要求制备层板。

2.2.5.3 建议采用如下树脂和增强材料配对制备层板：

(1) 不饱和聚酯树脂采用短切原丝毡；

(2) 环氧树脂采用均向无捻粗纱布；

(3) 酚醛树脂采用均向机织物。

2.2.5.4 层板试验应按本节 2.2.3.6 有关要求进行，试验仅需选取一个方向。

2.2.6 芯层材料

2.2.6.1 夹层板的芯层材料如使用硬质泡沫塑料或轻木，制造厂一般应提供下列项目的数据：

(1) 材料类型；

(2) 密度；

(3) 规格（块体、粘有稀网布、有否沟槽）；

(4) 厚度；

(5) 片材 / 块体的尺寸；

(6) 表面处理（如有）。

2.2.6.2 制造厂应提供完善的使用方法、施工说明以及注意事项等技术文件，以保证芯材被正确使用。

2.2.6.3 硬质泡沫塑料（聚氨酯、聚氯乙烯、酚醛树脂、环氧树脂）芯材应为闭孔型，并应有说明其尺寸稳定性的资料（线收缩率测定数据）。

2.2.6.4 采用的硬质泡沫塑料芯材应与拟使用的铺层树脂（例如不饱和聚酯树脂、环氧树脂）相容。

2.2.6.5 对每种泡沫塑料芯材应提供下列适用项目的试验数据：

(1) 密度；

(2) 吸水量；

(3) 压缩强度；

(4) 压缩弹性模量；

(5) 拉伸强度；

(6) 拉伸弹性模量；

(7) 剪切强度；

(8) 剪切弹性模量；

(9) 建议的最高使用温度。

2.2.6.6 压缩强度和弹性模量应至少有 5 个相应温度试验值，即从环境温度至建议的最高使用温度或 70℃（选较大者）范围内 5 个点。

2.2.6.7 端纹轻木块应为横切竖放 (end balso)，具有良好质量、无疏松木节、孔洞、腐朽、虫害、油眼、霉变、裂纹等缺陷。切割前、后应有适当的防霉、防虫、杀菌和均质化处理。窑内烘干，含水率不超过 12%。

2.2.6.8 应对轻木进行下列试验：

(1) 密度；

(2) 含水率；

(3) 拉伸强度（顺纹和横纹）；

(4) 压缩强度（顺纹和横纹）；

(5) 压缩弹性模量（顺纹和横纹）；

(6) 剪切强度（顺纹）。

2.2.6.9　如轻木块是粘结在一载体织物（如稀网布）上，应采用与建议的树脂体系相适应的粘结剂来粘结。

2.2.6.10　泡沫芯材和轻木作为夹层结构的结构芯层，尚应制成两种典型厚度（15mm 和 30mm）的夹层结构板，进行表观剪切性能试验。夹层结构板制备要求如下：

(1) 采用认可的增强材料和合适类型的认可树脂；

(2) 两侧面板厚度相同，并应采用相同铺敷顺序的短切原丝毡和无捻粗纱方格布交替铺成，厚度不应大于正常芯材厚度的 1/5；

(3) 玻璃纤维含量：对短切原丝毡为 30%，无捻粗纱方格布为 50%；

(4) 无捻粗纱方格布的经向纤维与试样长度方向一致；

(5) 制备时尚应考虑芯材生产厂建议的使用规程，如涂敷粘结膏糊、表面底漆等；

(6) 固化系统应与所采用树脂的要求相同；

(7) 如采用真空袋压成型方法制作，则另行考虑。

2.2.7　树脂机座垫片浇铸料

2.2.7.1　用于填塞机器、设备底座与其基座间的空隙，以保持准确定位的双组分热固性树脂浇铸料在使用前应取得 CCS 认可。

2.2.7.2　浇铸料生产厂应提供完整的施工技术文件，包括建议的设计原则，施工操作方法和要求以及安装程序等供备查。

2.2.7.3　浇铸料机座垫片的认可是随材料在实际使用条件下，用于装置上时所达到的最小发热值来确定。

2.2.7.4　浇铸料生产厂应确定在拟使用条件下浇铸料因化学反应所能达到的最高温度。

2.2.7.5　固化的浇铸料机座垫片应测定下列性能：

(1) 巴柯尔硬度；

(2) 压缩强度和弹性模量；

(3) 埃左 (Izod) 冲击韧性；

(4) 固化线性收缩；

(5) 热变形温度；

(6) 吸水量；

(7) 吸油量；

(8) 可燃性。

2.2.7.6　浇铸料生产厂应有合适的试验方法和数据，证明在足够长的承压时间内不同温度下树脂垫片产生的压缩蠕变量不足以影响使用。

2.2.7.7　拟认可的树脂机座垫片的使用条件为最大载荷 3.5N/mm^2，温度不超过 80℃。浇铸体的力学性能要求如表 2.2.7.7。

树脂机座垫片浇铸体力学性能要求　　表 2.2.7.7

压缩强度 N/mm^2	压缩弹性模数 N/mm^2	冲击韧性 J/cm	巴柯尔硬度	热变形温度 ℃	线性收缩率 %	可燃性
≥ 120	≥ 5000	≥ 0.20	≥ 35	≥ 80	≤ 0.02	自熄

2.2.7.8 如浇铸料拟使用于艉轴管和艉轴衬套安装，除2.2.7.7规定外，还应提供其拉伸强度和拉伸弹性模量的测定数据。

第3节 试样与试验

2.3.1 适用范围

2.3.1.1 本节规定适用于本章提出的塑料材料的检验和试验所需试样制备。

2.3.1.2 塑料制品可参照使用。

2.3.2 一般要求

2.3.2.1 试验通常应在有资格的独立试验室进行，必要时验船师应到场见证。

2.3.2.2 如制造厂的试验条件和能力完善，也可在验船师在场情况下，由制造厂自行进行试验。

2.3.2.3 所有试验均应由合格的试验人员，按规定的程序在合格的试验设备上实施。

2.3.2.4 除另有规定外，试验应按公认的国际或国家标准进行。制造厂提供的书面试验大纲应经验船师审核同意。

2.3.2.5 所有原材料的试件应在尽可能接近产品制造的条件下制备。

2.3.2.6 试验材料（原材料或产品的试验样品材料）应由验船师或其指定人员选定，并加以标识。在试件制造过程中，标识应保持完好。如需转移，应取得验船师同意。

2.3.3 试件的制备

2.3.3.1 材料生产厂或产品制造厂应提供充裕的试验材料，以确保验船师抽取足够样本供试样制作。

2.3.3.2 热塑性聚合物试件应采用聚合物生产厂建议的模塑法来制备。制备时的工艺条件也应按所建议的压力、温度、时间等实施。对于成品，试件应按照生产厂的质量管理程序在生产过程中从产品上直接选取，如不可行，则可以产品实际相同的方式另行制备单独的试件。

2.3.3.3 热固性树脂试件应根据成品的生产条件按树脂生产厂建议的固化系统（包括固化剂（或催化剂／促进剂）及用量比例）、固化时间、温度等制备。

2.3.3.4 如有后固化要求的热固性树脂试件，应按树脂生产厂的建议确定后固化条件。

2.3.3.5 后固化推荐使用加热炉进行，加热炉应能均匀加热、有效保温，有适当温控措施和记录显示。如产品体积过大可考虑采用验船师同意的替代方法后固化。

2.3.3.6 机座垫片浇铸料的固化试件应在环境条件下制备，然后在上节2.2.7.4确定的发热温度下后固化。

2.3.3.7 如采用增强材料，增强材料和树脂之比一般应和成品相同，或按第2节2.2.3.4(4)的建议选取。

2.3.3.8 对采用热固性模塑料或预浸渍料的固化试件应按材料生产厂的建议或与成品制造相同的技术条件制备。

2.3.3.9 如层板试件是专为认可试验而制作，则增强材料一般应平行铺敷。

2.3.3.10 增强热固性树脂层板和夹层结构板的制备，可按材料生产厂的建议或分别按第2节2.2.3.4和2.2.6.10要求制备。

2.3.4 试样的制备

2.3.4.1 试样的尺度、数量和取向应符合公认的国际或国家标准的规定。

2.3.4.2 取样用的试件可用模塑法直接制备，也可由制备好的层板（或夹层结构板）上截取。

2.3.4.3　试样在层板试件上的取位区应距板边 20 ～ 30mm，取位区上应无气泡、分层、树脂积聚、皱褶、翘曲等缺陷。

2.3.4.4　试样如有方向性要求，应按纤维主排列方向取样，并应严格保证纤维方向和铺层方向与试验要求相一致。

2.3.4.5　采用机加工方法制备试样，加工过程中应有适当措施确保试样的温升不影响试样的性能。加工中禁止用油冷却，同时防止试样分层、刻痕或局部受挤压。

2.3.4.6　试样的成型表面尽量避免加工。必须加工时，应保留一个成型表面。

2.3.5　试验操作

2.3.5.1　试验环境条件和试验前试样的状态调节应符合公认的国际或国家标准的规定。

2.3.5.2　力学性能测定用的试验机应由 CCS 承认的机构或组织，按公认的标准至少每年校准一次。物理性能测定用的试验设备应符合该项试验方法的有关规定。

2.3.5.3　变形测量应使用合适的延伸仪或应变仪。

2.3.5.4　从每一待测试件中所切取的试样数应符合公认的标准。应保证每项力学性能试验的同批有效试样数在 5 个以上。

2.3.5.5　如试样由于制备不当或因试验机误操作失效，则应将其判废，并用新试样替代。

2.3.5.6　5 个一组试样中有一个试验结果单值超过或低于平均值 2 个以上的标准差，此结果应予判废，并应对另一试样进行试验。对任一组试验中仅允许有这样一个被判废。

2.3.6　试验

2.3.6.1　非增强热塑性聚合物试样应按 2.2.1.3 规定的有关项目进行试验。

2.3.6.2　非增强热固性树脂及其浇铸体试样应按 2.2.2.5 规定的有关项目进行试验。

2.3.6.3　增强材料试样应按 2.2.3.2 规定的有关项目进行试验。

2.3.6.4　任何类型层板试样应按 2.2.3.6 规定的有关项目进行试验。

2.3.6.5　泡沫芯材和轻木应分别按 2.2.6.5 和 2.2.6.8 规定的有关项目进行试验。

2.3.6.6　制成夹层板试样的表观剪切性能可按 4 点弯曲试验方法进行环境温度和 70℃下试验，试验跨距不少于 400mm。

2.3.6.7　机座垫片试样应按 2.2.7.5 的规定进行试验，并满足 2.2.7.7 的要求。

2.3.6.8　试验结果应符合公认的有关产品标准或制造厂的产品技术条件。

2.3.7　试验报告

2.3.7.1　应列表记录每个试样的性能测定值、算术平均值及标准差、必要时尚应有试样的破坏情况说明。

2.3.7.2　试样和试件的制备情况，包括（如适用）：

(1) 催化剂 / 促进剂或固化剂的类型及混合比；

(2) 树脂重量和 / 或所有采用的增强材料；

(3) 采用增强材料的层数；

(4) 浇铸体 / 层板试件的尺寸、形状及外观质量；

(5) 固化 / 后固化情况；

(6) 其他认为必要的项目，如试验环境温、湿度、试样状况调节等。

第3章 纤维增强塑料船体材料

第1节 一 般 规 定

3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章规定适用于建造各类船艇用的纤维增强塑料的制造、试验和检查。

3.1.1.2 船用纤维增强塑料制品也可参照应用。

3.1.2 一般要求

3.1.2.1 制造厂应按有关规范规定提供制品的结构设计图纸及必要的技术文件等，包括有关纤维增强塑料的全部资料。

3.1.2.2 设计时应注意优先采用经认可或检验的材料。不排除使用新型树脂、增强材料及相关材料，但应有充分数据证明与规范规定的性能相当，并使验船师满意。

3.1.2.3 制造纤维增强塑料用的原材料（如纤维增强材料、树脂、芯材等）应符合本篇第2章的有关规定。

3.1.2.4 使用纤维增强塑料建造船艇或制品的制造厂应具有完善的质量保证体系。如制造厂已有质量保证体系，则它应包括本章的要求。

3.1.3 工艺认可

3.1.3.1 纤维增强塑料船应在CCS认可的工厂建造。在船舶建造开工前应制定必要的成型工艺规程，并提交审核。

3.1.3.2 提交的纤维增强塑料船成型工艺规程至少应包括下列内容：

(1) 建造条件说明，包括环境控制、材料贮存和管理；

(2) 树脂、增强材料、芯材技术规格，包括生产厂的建议与说明；

(3) 各种原材料的配合比例（相当于纯树脂重量的百分比）；

(4) 铺敷方法，包括增强材料类型、排列方向和顺序、铺敷层数、树脂混合方法和树脂适用期；

(5) 脱模方式和脱模的技术参数；

(6) 部件和构件的连接方式（包括分段合拢、二次粘接、金属与非金属构件的连接、芯材粘接工艺等）；

(7) 铺敷设备种类、型号及特征参数；

(8) 固化条件与说明；

(9) 检查要求和依据。

3.1.3.3 纤维增强塑料船成型工艺认可试验：

(1) 每艘新艇在开工前，建造厂均应在与成型车间相同的施工条件下，由铺敷作业人员按送审的工艺规程糊制一块供校验用的试板。试板通常应为能代表船壳的平板。对凡用同一图纸型号、同一工艺规程、同一生产条件成批生产的小艇，允许每10艘做一块供试板。

(2) 试板应表面平整、均匀、无气泡、无分层和纤维裸露等缺陷。

(3) 层板试件的数量和规格按接受的有关标准进行加工，供进行拉伸、压缩、弯曲等力学性能试验。同时测定其密度、巴柯尔硬度、树脂含量等项目。

(4) 对于夹层板试板，应按接受的有关标准进行剪切试验。剪切强度应不低于芯材剪切强度的1.33倍。此外，还应做夹层面板试板，供其他性能试验。试验要求、方法和结果与层板试板相同。

(5) 上述性能试验结果应符合表3.1.3.3(5)的要求，并提交验船师确认。

(6) 推荐使用以短切原丝毡和无捻粗纱正交布交替铺敷成型的层板。

试板的性能指标　　表 3.1.3.3(5)

项目	增强材料			
	短切毡	短切毡与无捻粗纱正交布交替	无捻粗纱正交布	4:1 无捻粗纱单向布
拉伸强度 (N/mm^2)	80	100	180	350
拉伸模量 (N/mm^2)	5000	7000	11000	20000
弯曲强度 (N/mm^2)	125	150	180	350
弯曲模量 (N/mm^2)	5000	7000	11000	20000
压缩强度 (N/mm^2)	80	90	119	180
压缩模量 (N/mm^2)	5000	7000	11000	20000
树脂含量 (%，重量)	65 ～ 75	55 ～ 65	45 ～ 55	45 ～ 55
巴柯尔硬度	≥ 40	≥ 40	≥ 40	≥ 40

注：① 表中树脂含量范围上、下限均不应超越。

② 表中 4：1 无捻粗纱单向布的性能为经向性能。

第 2 节　原　材　料

3.2.1　适用范围

3.2.1.1　本节对采用手工铺敷、喷射铺层或真空袋压成型法建造的纤维增强塑料船体的材料作了规定。

3.2.1.2　所提出的材料适用于单层板或夹层板，或两者组合的船体及结构铺敷成型。

3.2.1.3　使用玻璃纤维以外的其他增强材料，其质量应满足预期目的。

3.2.2　一般要求

3.2.2.1　制造厂应持有材料生产厂提供的每批供货材料标明本节 3.2.3.3、3.2.5.5 和 3.2.6.4 中规定的有关项目的合格证书，以备验船师追溯或必要时抽检。

3.2.2.2　如树脂生产厂因某些原因需要混合不同批次的树脂，则混合后的树脂应按本节 3.2.3.3 进行性能测试。混合后的合格树脂应另授批号。

3.2.2.3　制造厂在收到任何材料时应进行下列核查：

(1) 材料有相应的批号，每批附有相应标签；

(2) 每批材料应作外观检查，检查其批号、外观质量和有效期；

(3) 同一批中的每一单元都应有批号和出厂日期；

(4) 如发现不合格品应采取措施立即隔离；

(5) 上述检查结果应记录，并与材料合格证和 / 或制造厂本身验收结果相对照并保存。

3.2.3 树脂

3.2.3.1 铺敷用的树脂应为认可的船用的不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂或环氧树脂等。

3.2.3.2 树脂性能应是实际用在产品中的含有添加剂（如有，包括填充剂）的最终形式树脂的性能。二氧化硅或其他触变剂的添加量应是防止流淌或滴挂的最小需要量。

3.2.3.3 每批取样按公认的标准对胶衣树脂、铺敷用树脂（如适用，还应有罩面层树脂）进行液态树脂和固化浇铸体的下列适用性能测试并提供相应数据：

(1) 液态树脂性能 (25℃)：

① 比重；
② 单体或挥发物含量；
③ 粘度；
④ 酸值或环氧值；
⑤ 填充剂含量（类型和数量，如有包括触变剂、填充和颜料等）；
⑥ 凝胶时间（指明固化剂或催化剂 / 促进剂）。

(2) 固化浇铸体性能 (25℃)
① 巴柯尔硬度；
② 热变形温度；
③ 拉伸强度和拉伸模量；
④ 拉伸断裂延伸率；
⑤ 弯曲强度和弯曲模量；
⑥ 体积收缩率；
⑦ 吸水性。

3.2.3.4 铺敷用不饱和聚酯树脂浇铸体性能应为：(1) 巴柯尔硬度≥ 35；(2) 热变形温度≥ 55℃；(3) 拉伸断裂伸长率≥ 2.0%。其他树脂另行考虑。

3.2.3.5 如有耐火要求，应选用阻燃型树脂。

3.2.3.6 胶衣树脂应为船用耐水型不饱和聚酯树脂。胶衣树脂与纤维增强材料间的粘着性能应良好，断裂伸长率应大于铺层树脂，其差值一般不大于 1%。

3.2.4 添加剂

3.2.4.1 加入树脂中的各种固化剂或催化剂 / 促进剂、颜料、填料、阻燃剂、触变剂等添加剂的用量应有限制，种类应为树脂生产厂推荐的，且应不明显改变树脂的各项性能（如粘度等），也不应影响层板的所有强度性能。各类添加剂的详细资料应提交评估。

3.2.4.2 添加剂一般应由树脂生产厂按照约定的工艺程序添加，并相应进行试验。当树脂含有一种能在树脂系统中沉析的组分时，制造厂有责任在使用前履行树脂生产厂关于搅拌和调整的建议。

3.2.4.3 所有由施工人员添加的填充剂和颜料应为一种分散在与基体树脂相同或相似的树脂中的糊状物。所用的填充剂的种类和用量应为树脂生产厂推荐的。船壳板的树脂不应添加任何填充剂。

3.2.4.4 如填充剂用量超过基体树脂重量 13%，需经专门试验并认可。颜料、触变剂和阻火添加剂应视为填充剂，按总填充剂含量计算。

3.2.4.5 填充剂应仔细充分混合进基体树脂中，随后静置一段时间，以保证卷进的空气逸出。混合方法应遵循树脂生产厂的建议，搅拌时间和速率应适当。

3.2.4.6 所用固化剂（或催化剂 / 促进剂）的种类和用量应符合树脂生产厂的规定，可以根据操作条件和环境条件作适当调节。在确保树脂完全聚合固化的同时，凝胶时间应满足在模具铺敷层板的各种需要。

3.2.5 增强材料

3.2.5.1 船用纤维增强塑料所用的增强材料应为认可的无碱玻璃纤维、高强 / 高弹玻璃纤维或其他特种纤维，以及上述纤维的织物或制品。可以是无捻粗纱、无捻粗纱布、短切原丝毡或它们的组合。

3.2.5.2 中碱玻璃纤维应经增强型的浸润剂处理过，其玻璃纤维增强塑料性能达到接受的无碱玻璃纤维增强塑料的性能要求，且仅允许使用于 15m 以下小艇的甲板和上层建筑。

3.2.5.3 增强材料应无杂质、污染、霉变等缺陷或瑕疵且应严格按照材料生产厂的建议贮存在干燥、通风、无尘、温度变化不大的场所。

3.2.5.4　增强材料与树脂间应有良好的粘结性和浸润性。

3.2.5.5　根据使用的每种材料，每批取样按下列适用项目，采用公认的标准进行测试并提供相应数据：

(1) 所用纤维类型；

(2) 纤维、纱、粗纱的线密度 (Tex 值)；

(3) 编织类型；

(4) 经、纬向密度；

(5) 单位面积重量；

(6) 拉伸断裂强度或强力；

(7) 宽度；

(8) 浸润剂和 / 或处理剂类型及含量；

(9) 含水率；

(10) 每一方向纤维类型。

3.2.6　芯材

3.2.6.1　芯材一般采用硬质泡沫塑料、轻木、胶合板或松木等。

3.2.6.2　硬质泡沫塑料芯材应经认可并满足下列要求：

(1) 闭孔型、防水、防油；

(2) 与树脂系统相适应；

(3) 良好的抗老化稳定性；

(4) 在 60℃应保持良好的强度；

(5) 为适于模塑，如芯材制成粘贴在大网眼纱布背衬材料上的薄片状小块，则其背衬材料和粘结剂应分别与铺敷树脂兼容并可溶；

(6) 如需要，泡沫芯材应按芯材生产厂的建议进行调整处理。处理温度可略高于使用过程中受到的温度，以保证清除泡孔中滞留的残余发泡剂气体；

(7) 用作夹层板芯材的泡沫塑料，其密度应不小于 80kg/m^3，基本力学性能应不低于表 3.2.6.2(7) 的要求。

硬质泡沫塑料芯材基本力学性能　　表 3.2.6.2(7)

材料	密度 (kg/m^3)	压缩强度 (N/mm^2)	压缩弹性模量 (N/mm^2)	剪切强度 (N/mm^2)	剪切弹性模量 (N/mm^2)
聚氨酯泡沫塑料 (PU)	80	0.40	11.0	0.34	5.20
	100	0.60	16.0	0.47	8.70
	120	0.86	21.0	0.60	12.0
	140	1.15	27.0	0.74	17.0
聚氯乙烯泡沫塑料 (PVC)	80	0.40	12.0	0.35	7.60
	100	0.57	18.0	0.47	11.0
	120	0.75	25.0	0.60	14.6
	140	1.00	33.0	0.75	18.8

3.2.6.3　轻木芯材应经认可并应为：

(1) 横切竖放的端纹形式；

(2) 砍伐后立即进行化学防霉、杀虫处理并窑内烘干；

(3) 灭菌处理；

(4) 均质化；

(5) 湿含量不大于 12%；

(6) 为适于模塑，如芯材制成粘贴在大网眼纱布背衬材料上的薄片状小块，则背衬材料和粘结剂应分别与铺敷树脂兼容并可溶。

(7) 轻木芯材的基本力学性能应不低于表 3.2.6.3(7) 的要求。

轻木芯材基本力学性能 **表 3.2.6.3(7)**

表观密度 (kg/m^3)	强度 (N/mm^2)					压缩弹性模量 (N/mm^2)		剪切弹性模量 (N/mm^2)
	压缩		拉伸		剪切			
	应力方向					应力方向		
	平行木纹	垂直木纹	平行木纹	垂直木纹		平行木纹	垂直木纹	
96	5.00	0.35	9.00	0.44	1.01	2300	35.20	105
144	10.60	0.57	14.60	0.70	1.64	3900	67.80	129
176	12.80	0.68	20.50	0.80	2.00	5300	98.60	145

3.2.6.4 根据所使用的每种泡沫芯材或轻木芯材，每批取样按下列适用项目，采用公认的标准进行测试。测试结果应不小于表 3.2.6.2(7) 或表 3.2.6.3(7) 的数值：

(1) 材料类型；

(2) 密度；

(3) 片材 / 块料尺度；

(4) 厚度；

(5) 拉伸强度；

(6) 压缩强度和模量；

(7) 剪切强度和模量；

(8) 湿含量；

(9) 其他必要的说明（如使用温度、带槽、粘有稀网布）。

3.2.6.5 与芯材配套使用的芯材粘结剂应为芯材生产厂建议的类型并按照其施工说明书使用。同时应在材料数据表和施工图上标明。

3.2.6.6 使用松木、胶合板等木质材料作芯材时，这些木质芯材应经干燥处理，含水率不应超过 18%，并涂底漆。对于使用松木类木材，应注意木质纤维的方向对力学性能的影响。芯材使用前应提交其基本力学性能（包括拉伸、压缩、弯曲、平剪、垂剪）的实测值。

3.2.7 预埋材料

3.2.7.1 因结构需要，被封进内部或粘结固定于层板上的预埋材料或组件应耐腐蚀，且不影响树脂系统的固化。

3.2.7.2 预埋件材料在使用前应进行适当的表面处理，使其与树脂具有良好的粘接性。

3.2.7.3 使用木质材料作预埋件时，应充分干燥，无明显的节疤、边材、横纤维、开裂、腐烂等缺陷。

3.2.7.4 木材表面应适当处理并涂以稀释剂稀释的树脂涂料。

第 3 节 铺敷成型工艺

3.3.1 适用范围

3.3.1.1 本节规定适用于以玻璃纤维和不饱和聚酯树脂为主要原料，用湿法手工铺敷或辅以喷射成型、真空袋压成型制造层板的一般工艺。

3.3.1.2 使用其他独特的成型工艺方法，将另行考虑。

3.3.2　一般要求

3.3.2.1 每道工序或每道增强材料层片敷设的时间间隔应尽量缩短，以保证树脂仍有反应活性，减少形成不必要的二次粘结。如需搁置一定时间，应采取措施（如覆盖一层薄布，成型时撕去）保持清洁，排除灰尘等污染，使后续敷层与前层能牢固粘结。

3.3.2.2 在铺敷成型期间,应同时制作供验证用的试板。试板最好从船体开口或船体外延部位选取，如不可行，应在与实际生产相同的环境条件、原材料、配方和工艺方法下（除胶衣层外），由一般作业人员在约 45° 角放置的平板模具上模拟制作。固化后取样，测定各项性能。

3.3.2.3 为了提高层板或构件的层间粘结强度，除使用环氧树脂外，无论中断的铺敷成型、二次粘结或修理，应尽量做到铺敷的第一层材料以短切原丝毡开始。

3.3.3　生产条件

3.3.3.1　制造厂应设有能满足材料生产厂建议的贮存材料要求的材料仓库。一般应具备下列存放和管理条件：

(1) 仓库应密闭、防日晒、清洁、干燥、按需要通风、足够无尘，以使材料不受到污染或变质。剩余材料应按生产厂建议密封贮存。

(2) 树脂、催化剂、固化剂和促进剂应贮存在生产厂建议的温度且通风良好的处所。贮存周期不应超过其自身的活性期。填充剂和添加剂应贮存在密封的不透湿无灰尘的容器内；

(3) 纤维增强材料使用前应在相似于铺敷成型车间的温度和湿度下存放 48h；

(4) 芯材应贮存在干燥的处所并加以保护，防止损伤，直至使用前应装在其保护箱中；

(5) 对被认为彼此间是危险的材料，应分开存放。催化剂应按防火险规则贮存在远离车间的阴凉干燥处所。

3.3.3.2 铺敷成型车间应满足下列基本条件：

(1) 车间应完全密闭、干燥、清洁、防尘、有充分通风和良好照明，并有适当保护措施，避免任何由于光线或人造光源影响树脂的正常固化；

(2) 成型车间的温度应在 15~32℃之间，相对湿度应小于 80％，并保持稳定，防止结露或冷凝。喷射成型区域的湿度一般不小于 40%,；

(3) 车间应设有湿度和温度监控装置，随时调整并记录。

3.3.3.3 用于铺敷成型的模具应注意下列要求：

(1) 成型模具应具有足够的刚度和强度，不易变形。模具尺寸、光洁度应满足产品的要求，型线和形状顺畅；

(2) 模具结构应用合适材料制造，不应受树脂及辅助材料侵蚀，也不应影响树脂的固化。

(3) 施用脱模剂应不影响树脂固化，涂敷应均匀，不遗漏。使用前模具应调节至车间温度。

3.3.3.4 从事铺敷成型工作的管理和作业人员至少应具备下列能力：

(1) 作业人员应经专门培训，了解增强材料和树脂的特点，熟练掌握铺敷成型工艺，具有缺陷判断和排除的能力；

(2) 质量管理人员应具有对工艺和施工质量进行判断的能力，负有对整个成型过程进行严格监测的责任。

3.3.3.5 生产、计量和试验设备应经校验，定期检定，并由合格人员操作管理。

3.3.4 树脂液配制

3.3.4.1 应根据车间环境条件、制品厚度、铺敷面积、成型方法和用胶量来确定胶衣树脂液和铺敷用树脂液的配制。树脂液应有适当的粘度、合适的凝胶时间和预期要求的固化度。

3.3.4.2 树脂液的粘度应适度，以利于涂敷操作和浸透增强材料层，避免流胶引起的缺胶或树脂积聚。

3.3.4.3 凝胶时间应能够适应车间内部温度变化的各种需要。它的长短应以单体不过度挥发损失，垂面无流挂，能浸透增强材料为依据。

3.3.4.4 成型施工前应进行树脂液的凝胶试验，以确定树脂的最佳配料比。对大型或厚度较大的室温固化制品，树脂需用量大，一般可采用多次小量配制的原则，以延长可用时间。不饱和聚酯树脂和乙烯基酯树脂大多采用变化促进剂用量，而不通过变化催化剂来调整凝胶时间。这个凝胶时间应为在模具铺敷层板的凝胶时间，即该树脂的工作寿命。

3.3.4.5 应按配方比例配制树脂液，一般先将催化剂（包括各种添加剂）和树脂充分混合搅拌均匀。使用前再添加促进剂搅拌均匀。搅拌时间和速度应适当，避免空气卷入。已加入催化剂的树脂液存放期不能过长。

3.3.5 开工准备

3.3.5.1 铺敷前，所有材料应处于铺敷车间温度。

3.3.5.2 树脂和胶衣树脂、添加剂、催化剂、促进剂已按配比和施加顺序充分搅拌混合，静置去除气泡。

3.3.5.3 模具已涂敷足够脱模剂，表面干燥清洁，模具温度与铺敷车间温度相同。

3.3.6 施涂胶衣

3.3.6.1 用刷子、辊筒或喷涂设备涂布含催化剂／促进剂的胶衣树脂。

3.3.6.2 胶衣施涂应厚薄均匀光整，厚度在0.3~0.6mm之间。可以采用多道涂敷的方法，每道之间应有适当的时间间隔（15~30s）。

3.3.6.3 胶衣外露表面应采取保护措施，保持清洁、无灰尘和污染物。

3.3.7 罩面层铺敷

3.3.7.1 罩面层铺敷应在胶衣树脂初步凝胶但未完全固化时进行。这段时间间隔越短越有效。

3.3.7.2 用刷子、辊筒或喷涂设备，把含催化剂／促进剂的树脂施涂至整个胶衣表面。

3.3.7.3 按图纸要求在湿树脂上铺放300g/m^{2}短切原丝毡或其他罩面材料，并施足树脂以完全浸透增强材料，使树脂完全包裹每根增强材料纤维。

3.3.7.4 用带沟槽压辊轻轻滚压罩面层。确保浸透纤维并清除层中的空气和孔隙。留意不损伤胶衣。

3.3.8 单层板铺敷成型

3.3.8.1 单层板铺敷成型时应注意下列原则：

(1) 增强材料布置应尽可能连续，层板厚度不应有突变，以保持铺层强度的连续性；

(2) 推荐使用以短切原丝毡和无捻粗纱正交布交替铺敷成型；

(3) 相邻的同一层增强材料层片间一般都应顺着其边缘和端部搭接。搭接宽度不小于50mm。如采用对接，5层以内不应有接缝重叠，且应有试验证明强度等效。

(4) 层板中的接缝位置（无论同一层或相邻层）都应至少错开150mm。

(5) 层板厚度变化应缓慢，过渡区的宽度至少为厚度差的30倍。渐变过渡区内的增强材料排列方向应保持介于双向和单向层板之间。

3.3.8.2 用浇淋、刷涂或喷涂方法把含催化剂／促进剂的树脂施涂至整个罩面层（或胶衣层）表面，按要求铺放一道增强材料层并施足树脂液直至增强材料完全浸透，滚压铺层，清除卷入的空气和孔隙。

3.3.8.3　铺敷成型时应严格控制每层树脂的用量，各种增强材料的树脂含量应控制在表 3.1.3.3(5) 要求的范围内。

3.3.8.4　铺放增强材料层时应按原定要求注意层片类型、重量、纤维取向、交替顺序、边缘和端部的搭接、铺放的时间间隔、凝胶时间。保证完全浸透，竖直表面无流挂、单体无过度损失等。

3.3.8.5　应避免厚层结构产生过热的现象。铺敷厚层板时，应证明可以湿－湿铺敷的层数和固化期间总温度对固化后层板的力学性能无有害影响。

3.3.8.6　铺敷应尽可能按连续方法安排，若采用分次成型时，逐次层间的时间间隔应最小，并且界面所用树脂应选择无蜡树脂。如用有蜡树脂则再次成型前应做打毛等处理。

3.3.8.7　当中断铺敷时，成型界面尚应采用措施保持清洁，后续的增强材料层第一层应为短切原丝毡。

3.3.8.8　喷射成型仅在喷射施工易于保证成型良好的结构面上使用。

3.3.8.9　喷射设备在使用前应进行校准，以保证喷出的树脂和纤维的百分比符合预定要求。喷射厚度要求均匀，结构层用短切纤维长度不应小于 35mm。

3.3.8.10　当喷射纤维量达 600g/m^2 或 2~3mm 厚度，应使用滚压法或其他方法压实并消除气泡。

3.3.9　夹层板铺敷成型

3.3.9.1　夹层板可用有抗弯曲、拉伸、压缩、剪切和挠曲能力（例如胶合板），或者基本上无抗弯曲、拉伸、压缩、剪切和挠曲能力，但有传递剪切载荷能力（例如轻木、和泡沫塑料）的芯材铺敷。

3.3.9.2　对夹层板铺敷成型，如合适，应尽量遵循单层板的铺敷成型要求。

3.3.9.3　芯材前的层片应为短切原丝毡，毡应施足树脂浸透，也可以使用合适的粘结膏糊或混合物替代。按要求铺放芯材后应把足够的树脂或膏糊施涂至芯材和后续的层片（通常也为短切原丝毡）上，让其浸透并滚压。随后把芯材真空袋压至面板上。

3.3.9.4　如把芯材铺设至已预模制的面板上，则应在铺层固化发热过后尽快实施。

3.3.9.5　如把芯材铺设至不平的铺层表面，应修整铺层表面或芯材外廓，以保证取得均匀的粘结。

3.3.9.6　除使用环氧树脂之外，紧靠着芯材两侧的增强材料应为短切原丝毡，铺敷前的泡沫芯材不再浇涂另外的漆料。

3.3.9.7　粘结前，芯材应保持清洁，并按要求涂以密封底漆。底漆应固化且不妨碍后续所使用粘结方法中所含材料的正常固化。

3.3.9.8　芯材的热成型加工应慎重，不应超过允许的最高温度。

3.3.9.9　对使用硬质芯材的板材，应采用真空袋压工艺。芯材应预先准备“气眼”，以保证有效清除芯材下面的空气。真空袋压成型后，应在这种“气眼”上看到粘结膏糊。这种“气眼”的大小、数量和分布应符合施工规程和材料生产厂的要求。

3.3.9.10　初凝和固化期间施加的真空度应适当，避免可能发生汽化沸腾和单体过度损失。

3.3.9.11　芯材的接头应斜嵌接并粘牢或采用类似的有效方法连接。

3.3.9.12　如夹层板中要求有预埋件，预埋件应为有抗挤压能力的材料，并应严格按照要求跟芯材和面板良好粘结。

3.3.9.13　只要有可能就应避免切割芯材。如确实需要，仅能单面切割，并且切割面应朝上使用在板材的所有外露表面上以利后续加工。

3.3.9.14　每道施工工序都应随时清除多余的固化粘结材料。并在最后夹层面板铺敷前清洁板材及涂上底漆密封。

3.3.10　脱模与固化

3.3.10.1 铺敷竣工后，模制件应在模具中搁置一段时间，移动前让树脂固化，搁置时间不应低于24h。

3.3.10.2 模制件应在其巴柯尔硬度大于或等于40后才可脱模。对大型制品，脱模还应在其内部构件安装后进行。

3.3.10.3 脱模后，应采取必要的措施加以支撑，避免制品产生变形。并且通常应在铺敷环境中再放置24h。

3.3.11 二次粘结

3.3.11.1 二次粘结是把湿树脂层片铺敷至已固化的表面上的施工方法。通常只有在整体成型不能实现或内部构件粘结至船体或修理时采用。

3.3.11.2 铺敷应尽可能按连续方法实施。逐层铺敷的时间间隔应最小而切实可行。如应进行二次粘结应按树脂生产厂建议进行。并应将其施工细节纳入质量管理文件中。

3.3.11.3 准备二次粘结时，应尽量遵循下列原则：

(1) 粘结区域应清洁无外来粉粒，如蜡、油脂、灰尘和污物；

(2) 要求打磨时（尤其高受力区域），应不损伤任何结构的玻璃纤维，避免造成层板减薄；

(3) 二次粘结铺敷上去的第一层应为短切原丝毡；

(4) 经打磨或撕去皮层的表面，铺敷前应用溶剂擦拭并干燥；

3.3.12 缺陷修整

3.3.12.1 经外观检查产品应无表面缺陷及瑕疵。允许对较小的表面瑕疵进行修整。其修整程序应包括在成型工艺规程中。

3.3.12.2 对可能影响强度的缺陷修补，制造厂应提供切实可行的书面修补技术文件（包括修理区域、使用材料和修理工艺程序等），证明可达到规定的强度，并经审核同意，方可实施。

第4节 检查与试验

3.4.1 检查

3.4.1.1 制造厂在铺敷成型过程中应经常进行外观检查。如发现层板固化不当、起泡、空洞、分层、皱褶、树脂流挂或堆积，应采取直接的补救措施予以修复。应进行下列项目检查：

(1) 检查模具的工作面，确保其清洁，且脱模剂已完全均匀覆盖到整个工作面；

(2) 铺敷树脂涂敷到第一层增强材料前的胶衣检查，包括厚度、均匀度和固化情况；

(3) 检查树脂和混合情况。检查和记录基体树脂、催化剂／促进剂／固化剂、添加剂和填充的用量；

(4) 检查增强材料是否均匀浸渍并湿透、压实，检查是否按原定要求的顺序、方向铺放并搭接；

(5) 检查和记录树脂／纤维比；

(6) 检查固化程序，如发现固化不恰当或起泡、空洞，应采取直接的弥补措施予以纠正；

(7) 监测并记录室内温度、湿度和凝胶时间。

3.4.1.2 铺敷竣工后应进行外观的全面检查。对轻微缺陷可以在脱模前矫正，铺敷部位应无开口、孔隙、凹槽、裂纹或纤维外露。

3.4.1.3 脱模前，检查记录固化制品的厚度及其他必要的尺度。

3.4.2 试样

3.4.2.1 在铺敷成型期间应按本章第3节3.3.2.2规定同时制作供验证的试板。

3.4.2.2　试样的截取按本篇第 2 章 2.3.4 有关规定加工制备。

3.4.3　试验

3.4.3.1　在铺敷成型过程中，应按规定时间间隔测量凝胶时间，至少每班两次。当树脂、催化剂 / 促进剂或其用量比发生变化，则每次变化应测定凝胶时间两次。凝胶时间测量可按接受的有关标准进行，测得的凝胶时间应为生产中预定期望的数值或为树脂生产厂建议的上下限之间。

3.4.3.2　脱模前，应用巴柯尔硬度测试仪在适当数目测点处测量固化程度，除胶衣外，在表面测量的巴柯尔硬度值应不低于 40。

3.4.3.3　在成型过程中应随时按接受的有关标准测定层板的纤维 / 树脂含量（重量）。通常采用灼烧法，对特殊增强材料（碳纤维等）可用酸蚀法。如纤维含量与层板厚度相关，试样在制品上取样的位置应相同，至少应相近。

3.4.3.4　层板厚度测量通常应不少于 10 点，测量点应均匀分布。对大型制品在长度距离最大 2m 的整个宽度范围内，至少应均布取 10 个测量点。如采用电子测量的方法，则应有相同结构的对照板。测得的厚度应不低于原定图纸要求的厚度。

3.4.3.5　层板性能建议应采用公认的试验方法进行下列项目的测试：

(1) 纤维含量；
(2) 拉伸强度和模量；
(3) 弯曲强度和模量；
(4) 压缩强度和模量；
(5) 剪切强度和模量；
(6) 层间剪切强度；
(7) 芯材剪切强度和模量；
(8) 芯材与面板胶缝平拉试验。

3.4.3.6　试验结果应按本篇第 2 章 2.3.7 有关规定编制试验报告。各项性能试验的测试结果不应低于层板的设计性能。

第4章 塑料管与配件

第1节 一般规定

4.1.1 适用范围

4.1.1.1 本章规定适用于船舶与海上设施中拟使用的塑料管与配件。

4.1.1.2 本章不适用于塑料挠性管、软管及其接头。

4.1.2 定义与术语

4.1.2.1 **塑料**：系指经增强的或未经增强的热塑性聚合物和热固性树脂。

4.1.2.2 **管子／管系**：系指管子、配件、管子接头、连接方法以及要求符合性能标准的任何内外衬、护层与涂层。

4.1.2.3 **配件**：系指用塑料制成的弯头、肘型弯管、变径管、组装分支管。

4.1.2.4 **接头**：系指使用粘接剂、铺敷、焊接等连接管道。

4.1.2.5 **耐火性**：系指管子遇到火灾时，在一预先设定的时间内保持其强度与完整性（能够起到其应起的作用）的能力。

4.1.3 一般要求

4.1.3.1 塑料管与配件所用的主要原材料、管体的组成结构和强度设计、制造工艺、接头的连接方法应经CCS认可。

4.1.3.2 塑料管应根据其化学成分、耐温极限、机械物理性能、运送介质的化学性能和压力情况选取。

4.1.3.3 如无可靠数据证实，塑料管及其配件一般不用于介质温度高于60℃或低于0℃的管系。

4.1.3.4 塑料管的配件、接头及连接方法的性能应与管子的性能相当。

4.1.3.5 运送能够在管内产生静电荷的液体以及在有害区域使用的塑料管与配件应具有导电性。

4.1.3.6 根据其应用范围及部位要求具有耐火性和低播焰性，除应按本章要求设计制造外，还应分别具备国际海事组织IMO. A753(18)和经修订的IMO. A653(16)决议规定的试验程序规定的耐火等级和低播焰性。

4.1.3.7 本章涉及的材料性能、成品管子组批、样本采集、试件制作、试验程序、测量方法和结果判别均可按照公认的国际或国家标准进行。

第2节 材料、设计、制造与强度试验

4.2.1 材料

4.2.1.1 制造塑料管与配件的主要原材料应采用CCS认可的材料。

4.2.1.2 如采用其他未经认可的主要原材料，在使用前管子与配件制造厂应提供足以证明该材料的性能与特性符合管子制造技术条件。必要时验船师可以进行部分或全部的试验。

4.2.1.3 热塑性塑料管一般用聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）和丙烯腈－丁二烯－苯乙烯（ABS）等不增强聚合物制造；配件还可用玻璃纤维增强上述聚合物制造。制造厂应进行下列项目测试：

(1) 熔点；

(2) 熔融流动指数；
(3) 体积密度或比容；
(4) 挤塑体密度；
(5) 填充剂或增强材料含量（如有）；
(6) 挤塑体热变形温度、硬度；
(7) 拉伸强度和断裂伸长率。

4.2.1.4　热固性塑料管与配件可采用不饱和聚酯树脂、环氧树脂和酚醛树脂等制造，制造厂应进行下列项目测试：

(1) 不饱和聚酯树脂（间苯、邻苯、双酚 A 型及乙烯基酯）：
① 密度；
② 粘度；
③ 凝胶时间；
④ 酸值；
⑤ 固体含量；
⑥ 热稳定性；
⑦ 浇铸体热变形温度、硬度。
(2) 环氧树脂：
① 密度；
② 粘度；
③ 凝胶时间；
④ 环氧值；
⑤ 有机氯值，无机氯值；
⑥ 浇铸体热变形温度、硬度。
(3) 酚醛树脂：
① 密度；
② 粘度；
③ 游离酚含量；
④ 游离甲醛含量；
⑤ 浇铸体热变形温度、硬度。

4.2.1.5　玻璃纤维增强材料可采用无碱玻璃纤维、中碱玻璃纤维、高强纤维及其织物或制品，如连续无捻粗纱、表面毡、短切纤维毡和网格布。制造厂应进行下列适用项目的测试：

(1) 纤维类型；
(2) 纱或粗纱的线密度（T_{ex} 值）；
(3) 编织类型、织物密度（经、纬向）；
(4) 纤维、粗纱或织物的拉伸强度和弹性模数；
(5) 单位面积重量；
(6) 胶结剂类型及含量；
(7) 表面处理剂类型及含量；
(8) 制成层板的热变形温度、硬度；
(9) 其他必要的指标。

4.2.1.6　挤塑体、浇铸体或层板试样的制作，应在尽可能接近成品制造的条件下制备。

4.2.1.7　上述聚合物、树脂和增强材料所测得性能数值，应符合塑料管与配件的制造技术条件和设计认可的规定要求。

4.2.2 设计

4.2.2.1 塑料管的强度设计，可按照公认的国际或国家标准规定的设计基准和技术条件，同时还应符合本节有关强度的评估要求。

4.2.2.2 塑料管与配件的强度设计应经CCS审核，提交资料中应有一份使用材料表，并确认所列材料性能和特性符合设计送审所采用的数据。材料表中至少应包括下列内容：

(1) 树脂或聚合物；

(2) 促进剂（类型、浓度）；

(3) 催化剂/固化剂（类型、浓度）；

(4) 固化/后固化条件（如适用）；

(5) 树脂/增强材料之比；

(6) 增强材料（规格、品种）；

(7) 缠绕规律（或铺层次序）、缠绕角和取向；

(8) 尺寸与公差。

4.2.2.3 认可时，如能预期可能使用其他材料，则应在认可时列表说明，并证明改用此材料对产品技术性能无影响。

4.2.2.4 认可后，如所用原材料和制造工艺有所更改，则应将更改的情况通知CCS，必要时应重新认可。

4.2.2.5 塑料管的强度根据标准条件，即大气压力0.1MPa，相对湿度30%，环境与充装介质温度298°K(25℃）下，管子试样的液压试验失效压力确定。

4.2.2.6 液压试验失效压力和压溃试验失稳压力应经实验验证，试验方法应为是接受的。

4.2.2.7 以短其液压失效压力试验测定的塑料管周向强度为管的内压失效周向应力时，安全系数不小于6.0。

4.2.2.8 轴向强度应满足下列要求：

(1) 由压力、重量和其他负荷引起的纵向应力的总和应不超过纵向的许用应力。

(2) 对纤维缠绕增强塑料管，其纵向应力之和应不超过由最大内压力作用下引起的最大周向应力的一半。

4.2.2.9 提交设计认可的资料，除了管的结构（对热固性塑料管）和强度计算书外，还应包括配件以及配件与管子连接方法的详图与说明。

4.2.3 制造

4.2.3.1 塑料管与配件应由CCS认可的工厂制造。

4.2.3.2 制造厂应具备生产塑料管必需的生产、试验设备和制造能力，以及完善的质量体系，以确保所生产的管子与配件具有均匀一致的机械和物理性能。

4.2.3.3 塑料管可以采用塑料挤出机拉制（对热塑性塑料管）或纤维缠绕成型机绕制（对热固性塑料管）。配件可以采用模压、纤维缠绕、斜切对接及接触模塑（对热固性塑料管配件）或注射、挤压（对热塑性塑料管配件）等工艺方法制造。

4.2.3.4 制造厂应提交必要的工艺技术规程，包括下列内容：

(1) 全部的组成材料；

(2) 制造工艺及主要参数；

① 对挤出成型法至少应有料筒加热温度、挤出速度和拉制速度；

② 对纤维缠绕成型法应有内衬层铺敷顺序、结构层缠绕程序或缠绕角度、缠绕张力、固化剂和树脂、增强材料和树脂之比、铺层材料厚度、型芯停绕时间（初固化）、固化与后固化条件（如适用）；

③ 轻微表面缺陷的修整程序。

4.2.3.5　制造过程中应有足够的质量控制点，随时确保所有原材料使用次序、用量比例及其他工艺要素，如缠绕角、凝胶时间、铺层厚度、固化度等在制造技术条件和设计要求的范围之内。

4.2.4　强度试验

4.2.4.1　认可时，制造厂应对管子的实际强度进行试验验证。

4.2.4.2　强度试验包括下列项目：

(1) 短期液压爆破试验：爆破压力作用下引起的管子失效周向应力应大于公认标准规定的相应最小失效周向应力；

(2) 轴向拉伸强度：试样可以采用实样、比例缩小样或手糊层板，试验结果应大于公认标准规定的相应最小轴向拉伸强度；

(3) 耐冲击性：按接受的标准经受规定程序的冲击后，管子试样还应进行不少于 1h 的 2.5 倍设计压力液压试验，不产生分层与渗漏；

(4) 平行板外载性能试验：5% 径向挠曲时的最小刚度应大于公认标准规定的相应最小平行板外载刚度；

(5) 外部负荷试验：在 100mm 直径管子试样的跨距中点，施加 100kg 集中载荷，管子不产生破裂损坏。试验跨距一般为 6m，保持时间至少 5min。

4.2.4.3　上述试验按照公认的国际或国家标准规定的程序取样、测量和结果评判。

第 3 节　管子成品的质量与缺陷修整

4.3.1　外观

4.3.1.1　所有管子与配件均应进行目视外观检查，应无表面缺陷和瑕疵。

4.3.1.2　管材内表面应光滑平整，无对使用性能有影响的龟裂、分层、针孔、杂质、气泡及缺胶。

4.3.1.3　管体应相当平直、承插口规整、沟槽光顺；两端面应与管的轴线垂直、无毛刺。

4.3.2　尺度与公差

4.3.2.1　管子与配件的尺寸、公差应符合制造技术条件的规定。

4.3.2.2　每根管子应测量直径、长度、壁厚和内衬厚度（如有）。

4.3.2.3　管子的壁厚可在管端垂直管轴线的圆周上测量。测点均布，最少测 7 点，取其平均值。如采用电子测厚仪测量，则绕圆周垂直管轴线并沿长度方向每隔一定距离测量一次，测点数量和分布可按接受的标准决定。最小厚度应在公称厚度的 90% 以上，平均厚度不应小于公称厚度，对纤维增强塑料管，公称厚度为内衬层厚度与结构层厚度之和。

4.3.3　管材性能

4.3.3.1　对有导电要求的塑料管与配件的电阻值应不大于 0.1 MΩ/m。

4.3.3.2　管材的最低热变形温度应大于 80℃。

4.3.3.3　纤维增强热固性塑料管的固化度应在巴柯尔硬度 40 以上；推荐结构层的树脂含量和玻璃纤维含量分别控制在 30±5% 和 65% ～ 75% 范围内。

4.3.4　液压试验

4.3.4.1 每根管子均应进行液压试验，试验压力应为管子设计压力的1.5倍。管子应在试验压力下至少保持5min，以便检查验证。

4.3.4.2 经液压试验的管子不应有滴漏、渗漏、鼓胀或裂纹出现。

4.3.5 缺陷修整

4.3.5.1 较大的缺陷，如碎裂、深度划伤一般不允许作修整。如果修整，应事先提交其修复程序，修整后应有合适的试验证实其质量合格。

4.3.5.2 对不影响管子力学性能的微小表面缺陷，允许进行修整，但修整程序应包括在制造技术条件内。

4.3.5.3 微小表面缺陷可用机加工打磨方法去除和/或用同类树脂及薄玻璃毡或织物修复，只要修整后尺度可接受且在该范围内证实无结构性缺陷存在。

第4节 标 志

4.4.1 标记

4.4.1.1 所有管子与配件均应用一种可保证追溯制造过程中使用的所有组成材料的方法作标记。

4.4.1.2 凡经CCS检验合格的塑料管与配件，制造厂应用模塑、热喷或其他合适的方法如印字，至少在每根管子与配件的一处清晰位置上，标上CCS标志及下列标记：

(1) 管子型号或规格；
(2) 制造厂名称或商标；
(3) 额定压力等级；
(4) 制造管子的主体材料；
(5) 采用的标准；
(6) 建议使用温度；
(7) 批号或生产编号；
(8) 耐火性和/或低播焰性（如有时）。

4.4.2 合格证书

4.4.2.1 制造厂应提供每批管子与配件具有下列内容的合格证书：

(1) 订货方名称和合同号（如已知）；
(2) 所用材料的技术规格或等级；
(3) 产品名称或型号；
(4) 尺寸规格；
(5) 批号或生产编号；
(6) 必需的性能和液压试验结果报告。

第 5 章　围裙材料及其连接件

第 1 节　一 般 规 定

5.1.1　适用范围

5.1.1.1　本章规定适用于侧壁式气垫船和全垫升气垫船围裙裙布及其连接件的制造和试验。

5.1.2　一般要求

5.1.2.1　围裙裙布应由 CCS 认可的工厂制造。

5.1.2.2　围裙裙布生产厂应具备必需的制造和试验设备。在所有情况下，均应提交混炼胶的制备、涂敷织物的压延、围裙拼接成型以及硫化等工艺规程供 CCS 认可。

第 2 节　裙布材料与连接件

5.2.1　裙布材料

5.2.1.1　裙布应是增强织物和弹性材料的复合物。织物（如尼龙等）和弹性涂敷材料（如天然橡胶、氯丁橡胶以及它们的并用胶料等）的物理性能和外观质量以及裙布的厚度和单位面积重量应符合公认的技术条件。

5.2.1.2　裙布上不允许有任何原始应力缺陷或其他影响围裙正常使用的缺陷。

5.2.2　围裙连接件

5.2.2.1　围裙连接材料应能耐海水腐蚀，对油、酸等有抗腐蚀和抗老化能力。

5.2.2.2　围裙连接件的连接强度应至少与裙布扯断强度相当。

5.2.2.3　必要时，连接件应进行抗拉、抗剪切及疲劳强度试验。

第 3 节　裙布的试验与力学性能

5.3.1　试验与试样

5.3.1.1　裙布应按公认的标准进行扯断、撕裂、剥离、搭接接头拉伸强度以及拍打试验。

5.3.1.2　裙布试样应在生产围裙的同一批裙布中截取。取样时，试样应距裙布经向边缘 0.1m 以上，距裙布末端 1m 以上。同一批裙布应由同一织物编织结构、同一粘接、硫化工艺的裙布组成。试样的制备、试样的尺寸以及试样的数量应符合下列规定：

(1) 扯断试验：试样尺寸为 200mm×50mm，每批裙布应至少沿其经向和纬向各取 5 个扯断试样。试样的长度方向应严格平行于织物的经向和纬向。

(2) 撕裂试验：试样为如图 5.3.1.2(2) 所示的鸟翼状撕裂试样。每批裙布应至少沿裙布经向和纬向各取 3 个试样。

(3) 剥离试验：试样应为双重迭 200mm×50mm 的条状试样，重迭部分长 150mm。对每批裙布应至少截取 3 个经向或纬向试样。

(4) 搭接接头试验：采用两块裙布做成围裙布拼幅成型的搭接接头，搭接宽度为 50mm。硫化后，垂直于搭接缝剪成 50mm 宽的条状试样。对每批围裙应至少制备 5 个搭接接头试样。

(5) 拍打试验：必要时，CCS 可要求进行裙布的拍打试验。试样尺寸为 200mm × 400mm，每批裙布至少应沿裙布的经向和纬向各取 3 个试样，按公认的有关标准进行试验，以试样的平均破损面积为试验结果提交 CCS 认可。

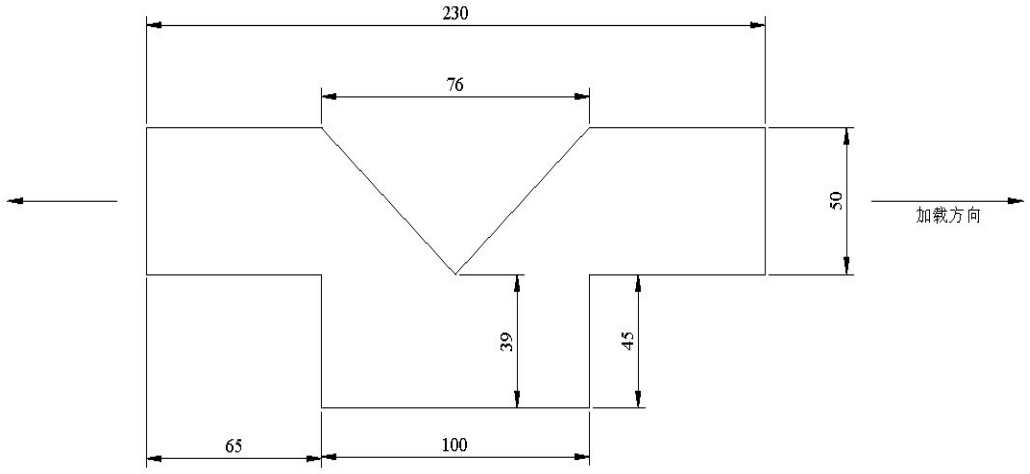


图 5.3.1.2(2)

5.3.2 裙布的力学性能

5.3.2.1 裙布的力学性能应符合表 5.3.2.1 的规定。

围裙裙布的力学性能 表 5.3.2.1

围裙裙布等级	扯断强度 不小于 (N/5cm)		撕裂强力 不小于 (N)		剥离强度 不小于 (N/5cm)	搭接接头强度 不小于 (N/5cm)
	经向	纬向	经向	纬向		
A	2940	2940	340	340	590	2940
B	4410	4410	585	585	680	4410
C	4900	4900	780	780	680	4900

第 6 章 混 凝 土

第 1 节 一 般 规 定

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章规定适用于重力式混凝土平台混凝土结构和海底管道加重层用的材料及其施工。

6.1.2 一般要求

6.1.2.1 材料在使用前，应提交 CCS 承认的试验室签发的试验合格证书或鉴定证书。

6.1.2.2 有关材料的试验方法、内容和结果应符合 CCS 接受的有关标准。

6.1.2.3 新材料、新产品应有足够的试验数据，并经评估后方可使用。

第 2 节 原 材 料

6.2.1 水泥

6.2.1.1 水泥的质量应符合公认的有关标准。

6.2.1.2 选用时，还应考虑水泥的化学成分对钢筋的腐蚀和海水侵蚀的耐久性或受硫酸盐、冻融、干湿交替作用等条件的影响。

6.2.1.3 水泥成分中铝酸三钙（$3CaO \cdot A1_2O_3$）的含量（以重量计）应控制在 4%～ 10%以内。

6.2.2 骨料

6.2.2.1 骨料包括粗骨料和细骨料，可以是天然的砂、砾石、碎石和轻骨料或其他通过试验的和实际上业已普遍采用的材料，并应有足够的强度和耐久性。

6.2.2.2 骨料应大致呈立方体或球形，且有适当的级配和一致的品质及配比。

6.2.2.3 不能使用含有大量易反应物或有害成分的骨料（如某些易反应的硅质或碳质矿物成分、盐、硫化物、粘土、淤泥、非常扁平或长的颗粒、有机物或其他不纯物）。使用海卵石时，应用淡水彻底冲洗。

6.2.2.4 对重质骨料的使用将予以专门考虑。

6.2.3 钢筋和管套

6.2.3.1 钢筋可以是光面钢筋、变形钢筋和焊接钢筋网，其机械性能和尺寸应符合 CCS 接受的有关标准。制造厂应提供其屈服应力或抗拉强度、伸长率等特性的详细数据和保证书。必要时，对其握裹性提供说明。

6.2.3.2 预应力钢筋可采用高强钢筋、钢绞线和钢丝束等，其要求和 6.2.3.1 相同，且应特别注意断裂强度和断裂韧性。

6.2.3.3 管套应采用刚性或半刚性水密金属管套。管套应由紧密配合的套筒拼接而成，套筒之间的接缝用防水胶带粘合。曲线形后张预应力管套内壁应光滑，减少预应力钢筋与管套壁的磨擦而造成的预应力损失。

6.2.4 拌和用水和外加剂

6.2.4.1 拌和用水应使用不影响水泥正常凝结、硬化和引起钢筋锈蚀的饮用水。不得使用海水、沼泽水、工业废水和含有机质或有害物质（酸、盐、油等）的水。

6.2.4.2 拌和混凝土使用的外加剂，应能保持设计中所需的混凝土的基本性能，并经CCS同意。当有充分的论证或经验证明无害的情况下，可以同时使用两种或两种以上的外加剂。

6.2.4.3 禁止使用氯化钙。

第3节 钢筋混凝土

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 钢筋混凝土设计应满足基本的强度要求，并根据平台的具体工作条件，分别满足抗冻性、抗侵蚀性、抗渗性等方面的要求。

6.3.1.2 在混凝土平台结构设计和施工中使用的材料应有以前在类似的环境条件下，具有良好性能的证明文件或充分的试验数据和经验，并符合公认的有关标准。

6.3.1.3 对钢筋混凝土结构还应提交配筋图和必要的计算书。

6.3.2 混凝土强度等级

6.3.2.1 混凝土的强度等级是按标准方法制作养护的边长为15cm的立方体试块，在28天龄期用标准试验方法所得的具有95%保证率的抗压强度。如采用其他试块，则所测得的强度应乘以尺寸换算系数，其系数值对20cm的立方体试块为1.05，对10cm的立方体试块为0.95。

6.3.2.2 对一般钢筋混凝土，处于暴露大气和浪溅区域的不宜低于C35，其他部分的结构不宜低于C30。

6.3.2.3 对预应力混凝土，混凝土的强度等级不宜低于C40。

6.3.3 混凝土的设计强度

6.3.3.1 混凝土的设计强度按表6.3.3.1选用。

混凝土的设计强度 表6.3.3.1

强度种类 (N/mm^2)	混凝土强度等级				
	C30	C35	C40	C50	C60
轴向抗压	17.5	20.0	23.0	28.5	32.5
弯曲抗压	22.0	25.0	29.0	35.5	40.5
抗 拉	1.75	1.90	2.15	2.45	2.65
抗 裂	2.10	2.35	2.55	2.85	3.05

6.3.4 混凝土的特性

6.3.4.1 混凝土在受拉或受压时，其弹性模量一般可按表6.3.4.1选用。

混凝土的弹性模量 表6.3.4.1

强度等级	C30	C35	C40	C50	C60
弹性模量，$\times 10^4$ (N/mm^2)	3.00	3.15	3.30	3.50	3.65

6.3.4.2 必要时应由试验测定混凝土和钢筋混凝土的容重，一般可取：

混 凝 土 2.3～2.4 t/m^3

钢筋混凝土 2.4 ～ 2.5 t/m^3

6.3.4.3 混凝土的其他物理性能值一般应由试验确定。当实测资料不足时，可按下列数值选用：

泊 松 比 γ =1/6

线膨胀系数 a = 1.0×10^{-5}/℃

6.3.5 钢筋

6.3.5.1 钢筋和预应力钢筋的各种性能采用制造厂提供或国家标准的数据，如屈服应力、抗拉强度、弹性模量、泊松比等。

6.3.5.2 承受冲击或交变载荷的构件以及处于低温下的结构不宜使用冷拉钢筋。

6.3.5.3 在疲劳、拖力点及系泊缆桩区域内配置钢筋时，应尽量避免搭接接头。当需要使用搭接接头时，其搭接接头的长度应两倍于公认标准的计算值。

6.3.6 钢筋的混凝土保护层

6.3.6.1 对于一般钢筋，混凝土保护层厚度应不小于下列数值：

不经受严重飞溅的大气带 40 mm

其 他 部 分 50 mm

此外，保护层的厚度应不小于骨料直径的 1.5 倍。

6.3.6.2 对于预应力钢筋，管套的保护层应不小于以上所示值的 2 倍。应特别注意可能经受高温部位的保护层。

6.3.6.3 外露的钢制件及锚固系统应采用至少 50mm 厚的混凝土与电器设备隔离，阴极保护系统对于暴露在外的钢部件，如裙板、可升降的附设平台等应为牺牲阳极的类型。如采用可靠的控制方法能防止钢筋和预应力筋的脆断，则允许使用外加电流的方法。

6.3.7 施工

6.3.7.1 混凝土的施工方法、工艺、试件的制作、试验方法和标准等应按国家有关规定和规程并按已认可或批准的程序进行。在任何情况下，不允许采用降低结构安全度和给以后的施工安装造成困难的程序和方法。

6.3.7.2 对系船构件、受拖驳挤压的外墙以及在以后的施工中那些临时承受严重动力载荷的结构，应进行受力分析，保证有足够的强度。

6.3.7.3 施工中使用的材料应有清楚的标记，标记不清楚的材料一般不能使用。

6.3.7.4 在制作预应力混凝土时所使用的拉力计等测量仪器，应经国家主管部门或机构严格校核，并处于有效的使用期限内。

6.3.7.5 为保证混凝土质量达到设计要求，应对原材料的质量、配合比以及施工过程中的各个主要环节进行检查，包括：

(1) 原材料的型号、质量与称重；

(2) 砂石料的含水量；

(3) 水灰比和水泥用量；

(4) 外加剂情况；

(5) 拌和用水的质量；

(6) 混凝土的配合比。

对以上情况的检查应有详细的记录，并存档备查。

6.3.7.6 混凝土的配合设计应符合下列要求：

(1) 拌合混凝土的水灰比 (W/C) 应不大于 0.45；

(2) 在不掺合减水剂的情况下，水泥用量应不小于下列数值：

波浪飞沿溅区	400kg/m^3
其 他 部 分	360kg/m^3

6.3.7.7 钢筋应符合下列要求：

(1) 普通钢筋应无浮锈、无油脂、无盐沉积物和任何其他可能影响钢筋耐久性和粘结强度的沉积物。对钢筋规定的混凝土保护层应严格遵守，特别注意钢筋的切断、弯折和绑扎，保证定位正确和固定，避免浇注混凝土时发生移动；

(2) 预应力钢筋应清洁，并清除油脂、不溶性油、盐沉积物以及任何其他可能影响钢筋耐久性和粘结强度的沉积物。在采用保护性涂料时，涂料在化学上应为中性，以防对钢筋产生化学或电化学腐蚀。

6.3.7.8 后张预应力钢筋的金属管套应妥善保管，管套应隔水，施工期间应堵塞或密封，防止海水、水泥浆或混凝土流入。

6.3.7.9 灌浆中，对于钢筋束、灰浆的掺和料、搅拌和灌浆程序均应检查，以确保灌浆的密实性。

6.3.8 漂浮和临时坐底时的施工

6.3.8.1 当平台处于漂浮状态下继续施工时，混凝土的浇注速度应与平台逐渐浸入水中的速度有适当的配合，以避免混凝土出现超应力。

6.3.8.2 当平台处于临时坐底时，应考虑当时的混凝土强度，同时还应考虑海床条件。

6.3.9 养护

6.3.9.1 注意混凝土的养护以保证耐久性，使裂缝趋于最小。

6.3.9.2 海水不能用于养护钢筋混凝土和预应力混凝土。如果施工程序要求混凝土结构浸在水中，应使其获得足够的强度，以抵御环境和施工条件等因素造成的破坏。

第 4 节 海底管道混凝土加重层

6.4.1 一般要求

6.4.1.1 本节适用海底管道混凝土加重层。其他的管道锚固系统将予以专门考虑。混凝土加重层的主要目的是对海底管道在其设计寿命期内提供负浮力，并可防止外防腐涂层有管道铺设、安装和运行期间遭到机械损伤。

6.4.1.2 在使用拖曳法安装时，混凝土加重层应能承受在拖曳作业中海床与管道接触所引起的摩擦力和机械磨损。加重层的耐磨性和与土的摩擦系数通常需通过试验验证。这类试验采用相应的管径、加重层管道在水中重量、混凝土质量、连接与包覆方法和沿一条类似于实际拖曳线路（包括海床特性）来进行。

6.4.1.3 为防止加重层因铺管弯曲应力而产生裂纹，必要时可将加重层用隔板在管轴方向分隔成若干小段。

6.4.1.4 每节管子或管段的混凝土加重层和防腐涂层的两端应留出足够长的光管端以便焊接。此长度一般为 225 ～ 375mm，取决于现场补口结构和工艺要求。

6.4.1.5 混凝土加重层的技术要求一般应包括下列各项：

(1) 材料品种、性能指标；
(2) 厚度、强度、密度和单位体积重量；
(3) 施工方法；
(4) 养护方法；
(5) 检测与试验；
(6) 包覆加重层管子的储存、装卸和运输要求；
(7) 加重层的验收标准。

6.4.2 混凝土性能

6.4.2.1 加重层的混凝土应具有足够的强度、密实度和耐久性。

6.4.2.2 加重层强度要求由设计确定，一般混凝土等级为 C30。

6.4.2.3 渗透性是确定浸没于海水中的混凝土密实度和耐久性的重要特性。高密实度、低渗透性的混凝土可用下列方法获得：

(1) 提高水泥含量和水泥标号；
(2) 降低水灰比，一般应≤ 0.40，但不大于 0.45；
(3) 采用坚硬和密致的骨料；
(4) 粗、细骨料的适当级配及配比；
(5) 以良好的拌和性、彻底的捣实、适当的养护和搬运工艺来保证良好的浇注准则。

6.4.3 钢筋

6.4.3.1 混凝土加重层用的钢筋，应采用公认的标准规定的光面圆盘筋或其他适用的钢筋。如钢筋需冷拉时，应加以说明。

6.4.3.2 混凝土加重层中的钢筋，可采用光面或螺纹钢筋焊成骨架网或采用钢丝网。加强筋的型式和数量由设计确定，应考虑预期的管道载荷和工作条件，以便控制混凝土加重层的破裂形式。

6.4.3.3 加强筋的型式和施工方法，应保证环向筋的连续性。

6.4.3.4 钢筋应有准确的位置和适当的支撑，并保证钢筋的混凝土保护层的设计厚度。钢筋不得与管子或者牺牲阳极有电气连通。

6.4.4 施工

6.4.4.1 管上混凝土应使用适当的设备和浇注（包覆）工艺施工。可以用喷射、浇注、挤压包覆等方法，并及时形成充分固结的厚度、强度和密实度都均匀的混凝土加重层。

6.4.5 养护

6.4.5.1 选用的混凝土养护方法、养护条件与养护持续时间，应能保证混凝土加重层达到设计要求的性能，防止出现不应有的裂纹。

6.4.5.2 对在不利的气候和环境条件下的养护措施，应向 CCS 提交适用于该条件的养护方法的证明文件。

6.4.6 试验和检查

6.4.6.1 有关加重层混凝土材料的试验方法，应按通用的建筑材料有关的规定实施。在混凝土预制场内的试验、检查等方法应事先说明并提供资料数据。

6.4.6.2 混凝土生产过程中各种材料的现场测定和试验，应按规程进行。根据供料的批量、质量和材料均匀性等确定材料的检验次数。

6.4.6.3 在混凝土浇注前，应按公认的有关标准由试验确定配合比、强度和单位体积重量并提交相应的证明文件。混凝土浇注期间，应定期对浇注的混凝土厚度、强度和密度等进行现场检验。每 10～15 节浇注完毕的管子至少抽取一组（三块）试样，每工作班至少有一组试样。对于不同规格和要求的混凝土浇注件应分别制取一组试样。除用模型浇注的试块试样外，作为强度检验的辅助，尚可用回弹法评定混凝土抗压强度。

6.4.7 修理

6.4.7.1 当外观检验发现预制的带混凝土加重层的管节有裂缝和表面剥落时，应按批准的工艺规程进行修理。

6.4.7.2 加重层因严重裂缝或剥落而是否拒收的标准，一般可按设计规定执行。

第 7 章 纤 维 绳

第 1 节 一 般 规 定

7.1.1 适用范围

7.1.1.1 本章规定适用于作为系船索和拖索用的植物纤维绳和合成纤维绳。

7.1.2 一般要求

7.1.2.1 纤维绳应由 CCS 认可的工厂制造。

7.1.2.2 船用纤维绳的结构形式和制造纤维绳的材料，应符合公认的有关标准。

第 2 节 制 造 材 料

7.2.1 材料

7.2.1.1 纤维绳可以用植物纤维（椰子壳纤维、大麻、马尼拉麻或龙舌兰麻）制成，也可用化学合成（人造）纤维（聚酰胺、聚酯和聚丙烯）制成。

7.2.1.2 制造纤维绳的材料应质地良好，材质均匀，耐腐蚀。

7.2.1.3 如采用其他材料，应有足够的数据证明性能满足使用要求。

7.2.2 制造

7.2.2.1 绳索内不应加入任何填料和增加其质量的物质。

7.2.2.2 植物纤维绳中任何浸渍润滑剂的用量应减至最小值，任何防腐或防水措施均不应对植物纤维造成危害。

7.2.2.3 上述各种措施的结果，均不应增加索重，降低其强度和缩短其使用寿命。

7.2.2.4 根据纤维绳的材料和类型，其结构形式可以为 3 股、4 股或 9 股，也可考虑其他结构形式。

第 3 节 试 验

7.3.1 破断试验

7.3.1.1 在成品纤维绳中截取试样，其试验长度和初始载荷可按表 7.3.1.1 的规定。

纤维破断试验参数 表 7.3.1.1

材料	试样在夹具间的最小自由长度 (mm)	初始载荷 / 最小破断载荷 (%)	应变率 (mm/min)
植物纤维	1800	2	150±50
合成纤维	900	1	75±25

7.3.1.2 施加初始载荷后，校验试样的直径（是否符合名义尺寸）和搓捻均匀度，然后将试样按表 7.3.1.1 所规定的应变率，均匀增加载荷，直至断裂。

7.3.2 结果评定

7.3.2.1 试样的实际破断拉力，应不小于公认的有关标准中所规定之值。

7.3.2.2 试验时，若索的断裂位置在距夹具150mm范围之内，可重新取样复试，但每卷纤维绳的破断试验应不超过两次。

7.3.2.3 若试样在被夹持部位或在捻接部位发生断裂，而其试验结果已达到对纤维绳规定的最大破断载荷的90%以上时，则可以认为该试验是合格的。

7.3.3 标记

7.3.3.1 经验收合格的每卷（或每捆）成品纤维绳，均应在显明易见处贴上纤维绳号、材料、结构、规格和厂名的标签，并应打上CCS的标志。

第 3 篇　焊　接

第1章　通　则

第1节　一 般 规 定

1.1.1　适用范围

1.1.1.1　本篇适用于船体结构、海上设施结构、锅炉、受压容器、潜水器、管系和重要机械构件的焊接、焊工资格考核以及焊接材料的认可。

1.1.1.2　本篇的规定适用于手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊和电渣焊的焊接方法。若选用其他方法应提供相应的适用性证明材料，经CCS批准后方可采用。

1.1.1.3　在船舶或海上设施建造中，若选用本规范规定以外的焊接材料（包括新焊接材料），应将其化学成分、力学性能和试验方法等有关技术资料提交CCS批准后方可采用。

1.1.2　焊接材料、设备和操作环境

1.1.2.1　焊接材料（包括焊条、焊丝、焊剂和保护气体）应符合本篇第2章的有关规定，并应经CCS认可。

1.1.2.2　焊接材料的贮存、运输、焊前处理（包括焊条和焊剂烘干、焊丝除锈、气体干燥）和使用应符合焊接材料制造厂使用说明书的要求。

1.1.2.3　焊接用的设备和装置应适用于拟定的用途，并始终保持良好的工作状态。同时，应对其妥善地加以布置，以保证有良好的焊接操作条件。

1.1.3　焊工和焊接工艺

1.1.3.1　为保证焊接质量，各船舶、海上设施或船用产品的制造厂的焊工应按本篇第4章的要求参加焊工资格考试。只有持有CCS颁发或承认的《焊工合格证书》的焊工方可从事与其证书相应的焊接工作。

1.1.3.2　焊接工艺规程应按本篇第3章的规定提交CCS批准后方可采用。

1.1.4　管理与无损检测人员

1.1.4.1　工厂应具有健全的质量保证管理机构，并能有效地运行。重要焊缝应由有经验的焊接检验员监督施焊，以确保焊接质量。

1.1.4.2　无损检测人员应持有CCS颁发的或接受的《无损检测人员资格证书》，并从事与证书的种类和等级相符的无损检测工作。

第2节　试　　验

1.2.1　一般要求

1.2.1.1　除本节另有规定外，焊缝力学性能的试验方法应符合本规范第1篇第2章的有关规定。

1.2.2　取样

1.2.2.1　试验用试件的尺寸和试样的截取位置应符合本篇各章的有关规定。

1.2.2.2　截取试样时应留有适当的加工余量，以便去除影响试验结果的该部分金属。

1.2.2.3　若试样存在与焊接无关的缺陷时，允许将该试样作废，另取试样进行试验。

1.2.3　试样的形状和尺寸

1.2.3.1　熔敷金属拉伸试样（焊缝纵向拉伸试样）的形状和尺寸按图1.2.3.1所示。试验前可将试样加热到不超过250℃，加热时间不超过16h，以作脱氢处理。

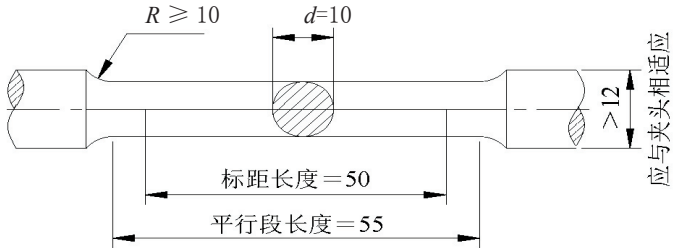
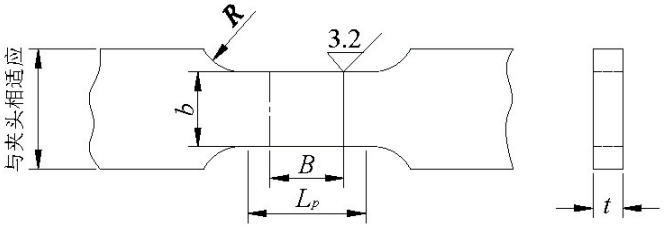


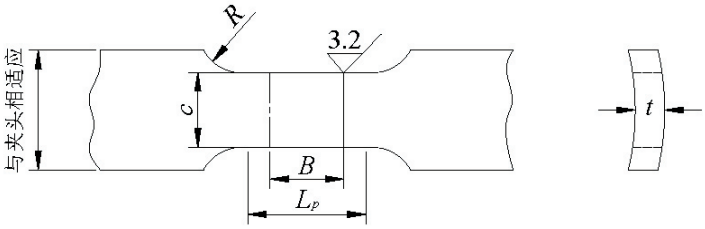
图1.2.3.1

1.2.3.2　对接接头拉伸试样（焊缝横向拉伸试样）的形状和尺寸按图1.2.3.2(1)所示。焊缝上下表面应锉平、磨光或机加工至与母材表面齐平。

当试样的破断力超过加载设备的能力时，可按图1.2.3.2(2)所示分成几个试样进行横向拉伸试验。每个试样的厚度不小于25mm。以各试样试验结果的算术平均值作为整个接头的试验结果。



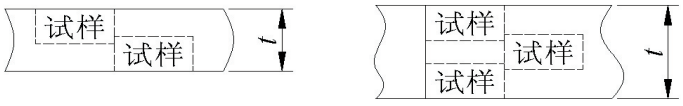
a)平板试样



b)圆管试样

B- 焊缝宽度，mm；　*t*- 试样厚度，mm；　*b*- 板试样平行段宽度，取25mm（对$t>2$mm）或12mm（对$t\leqslant 2$mm）；*c*- 管试样平行段宽度，对直径等于或大于76mm的管子取20mm；对直径小于76mm的管子，则取12mm或取整管进行拉伸；*Lp*- 试样平行段长度，取*B*+60mm；*R*- 过渡圆弧半径，大于25mm。

图1.2.3.2(1)



a)$25<t\leqslant 50$　　b) $t>50$

图1.2.3.2(2)

1.2.3.3　对接焊缝正反弯曲试样的形状和尺寸应按图 1.2.3.3 所示。焊缝的上下表面应锉平、磨光或机加工至与母材表面齐平。试样的受拉表面允许两边缘倒角 1 ～ 2mm。管试样可将受压表面机加工成为一个平面。



a)平板弯曲试样

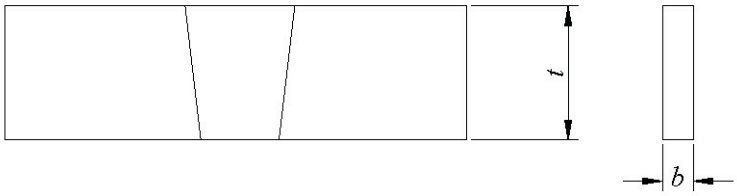


b)圆管弯曲试样

t– 试样厚度，应为母材厚度，若厚度超过 25mm，可将试样的受压面一侧减薄至 25mm，对于铝合金应取母材的全厚度；*b* 一板试样宽度，取 30mm；*c*– 管试样宽度，取 *t* +0.1*d*，但不小于 10mm，也不大于 30mm。式中 *d* 为管试件的外径，mm。

图 1.2.3.3

1.2.3.4　对接焊缝侧弯试样的形状和尺寸应按图 1.2.3.4 所示。试样焊缝的上下表面应机加工至与母材表面齐平。试样的受拉表面允许两边缘倒角 1 ～ 2mm。



t 一试板厚度，mm。当 *t* 大于 40mm 时，可分为数个 20mm 到 40mm 的试样分别进行试验；

b– 试样厚度，取为 10mm。

图 1.2.3.4

1.2.3.5　焊缝冲击试样的形状和尺寸应按本规范第 1 篇对夏比 V 型缺口冲击试样的规定制备，V 型缺口的位置应符合本篇各章中的有关规定。除另有规定外，试样的缺口应位于垂直于试板表面，且垂直于焊缝轴线。

1.2.3.6　断面宏观检查试样是将试件垂直于焊缝截断，再将接头处的断面磨平、抛光，经酸洗后进行检查。

1.2.3.7　硬度试验的试样可按本节 1.2.3.6 宏观检查试样截取的方法截取，并将接头处断面磨平并抛光，进行硬度测定。

1.2.4　试验

1.2.4.1　拉伸试验和冲击试验应按本规范第 1 篇第 2 章第 2 节和第 3 节的有关规定进行。

1.2.4.2　弯曲试验是在常温条件下，把一个规定直径的压头对准焊缝中心线，通过该压头使试样弯曲。正、反或侧弯试验是将焊缝的正、反或侧面分别置于受拉位置进行试验。焊缝弯曲试验的压头直径和试样的弯曲角度，除另有规定外，应符合表1.2.4.2的规定。

焊缝弯曲试验要求　　表1.2.4.2

试验类别	试验材料强度 (N/mm²)	压头直径 d	弯曲角度 a
焊接材料认可试验	$R_{eH} \leqslant 400$	$3t$	120°
	$400 < R_{eH} \leqslant 500$	$4t$	
	$500 < R_{eH} \leqslant 690$	$5t$	
焊接工艺认可试验	$R_{eH} < 400$	$4t$	180°
	$400 < R_{eH} \leqslant 500$	$5t$	
	$500 < R_{eH} \leqslant 690$	$6t$	

注：①　表中 t 为试样的厚度。

②　锅炉与受压容器的焊接工艺认可试验时，试验压头直径应符合本篇表7.2.3.4的规定。

对于形变硬化交货的5083铝合金和其他 $R_{p0.2}$ 大于220N/mm² 的铝合金，压头直径取 $6t$。其他铝合金压头直径取 $4t$。弯曲角度为180°。

1.2.4.3　硬度试验是用维氏硬度计，沿图1.2.4.3所示的线①、线②位置测定焊缝的硬度，测点的间距为0.5～2mm。对于双面焊，必要时可增测线③处的硬度。

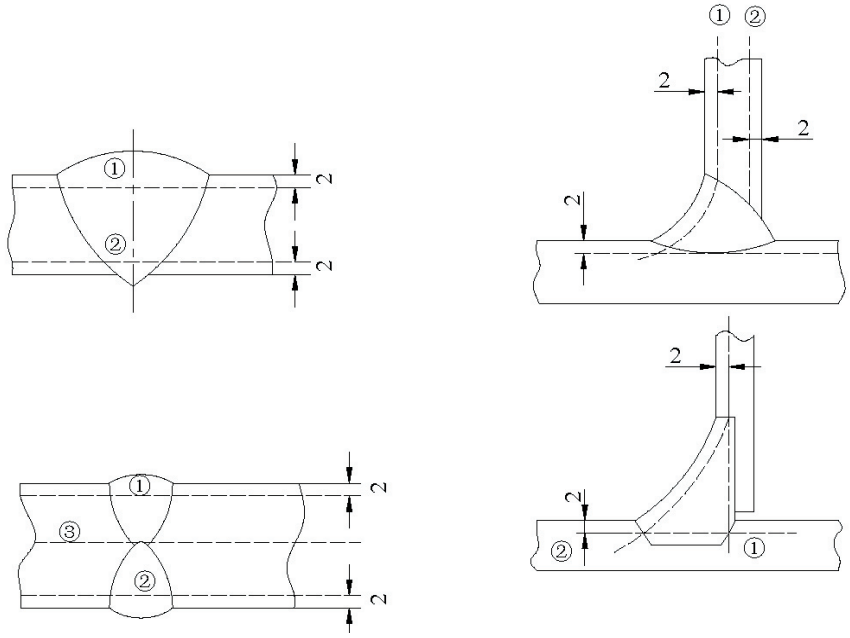


图　1.2.4.3

1.2.4.4　角焊缝破断试验是按图1.2.4.4所示，在腹板上加力，使焊缝根部受力、开裂。

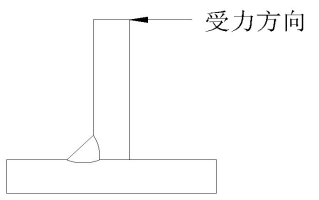


图1.2.4.4

1.2.5　验收与复试

1.2.5.1　各项试验结果应符合本篇各章的有关规定。冲击试验是以1组3个试样试验值的算术平均值（允许其中有1个试验值低于规定的平均值，但不应低于规定平均值的70%）进行验收。

1.2.5.2　除冲击试验外，当任一试样的试验结果不合格时，可在原试件上或在用同一批试验材料以同样工艺重新焊制的试件上，对不合格项目制取双倍试样进行复试。复试结果应全部合格。

1.2.5.3　当1组3个冲击试样的试验结果不合格时，若低于规定平均值的试样不超过2个，且其中低于规定平均值70%的试样不超过1个，则允许再取1组3个冲击试样进行复试。前后6个试样的算术平均值应符合规定平均值的要求，且低于规定平均值的试样不应超过2个，其中低于规定平均值70%的试样不超过1个，则复试合格。

如上述复试结果仍不合格，则经CCS验船师同意，可重新焊制试件，再进行一次全部规定项目的试验。

1.2.5.4　所有试验结果应全部记录在试验报告内。

第2章 焊 接 材 料

第1节 一 般 规 定

2.1.1 适用范围

2.1.1.1 本章规定适用于本规范所规定的金属结构焊接所使用的焊条、焊丝和焊剂等焊接材料。

2.1.1.2 本章第1至第7节主要适用于结构钢焊接材料，第8节适用于不锈钢焊接材料，第9节适用于铝合金焊接材料。

2.1.1.3 本章规定以外的焊接材料，应将有关的技术资料提交CCS，经相关试验验证后方可使用。

2.1.2 工厂认可

2.1.2.1 焊接材料应由CCS认可的工厂进行制造，其制造焊接材料所用的金属材料亦应由CCS认可的制造厂提供。

2.1.2.2 焊接材料制造厂应具有良好的生产条件、成熟的制造工艺和完善的质量管理体系，以确保产品质量稳定、可靠。

2.1.2.3 船舶和海上设施及产品制造厂应采用CCS认可的焊接材料。

2.1.3 认可试验

2.1.3.1 各种焊接材料，应按本章各节的有关规定进行认可试验。必要时，CCS验船师可根据实际情况增加认可试验的项目。

2.1.3.2 认可试验的试样、试验要求及复试条件，除本章另有规定外，应符合本篇第1章第2节的有关规定。

2.1.3.3 认可试验时，试样的制备和试验均应在CCS验船师在场时进行。试件焊后建议进行无损检测，以确定焊缝中不存在影响试验结果准确性的缺陷。除熔敷金属的纵向拉伸试样外，试样焊后不得进行任何热处理。低氢焊条熔敷金属纵向拉伸试样不得进行脱氢热处理。

2.1.3.4 焊接材料制造厂应向CCS验船师提交焊接材料的试验报告，试验报告应包括下列内容：

(1) 试验日期、环境条件、焊接材料预处理状态；

(2) 焊接材料认可等级、牌号、型号、尺寸；

(3) 试板材料（牌号）、等级、力学性能、化学成分（包括细化晶粒元素）；

(4) 焊接位置；

(5) 焊接采用的电流、电压、焊接速度和设备型号、保护气体成分；

(6) 各项试验的结果。

2.1.3.5 各级钢焊接材料认可试验用的试板可根据表2.1.3.5选取，也可选取韧性级别低于表中要求的材料。结构钢焊接材料熔敷金属试验用试板可以选用任何级别结构钢。当一般结构钢用于含镍低合金结构钢焊接材料熔敷金属试验时，建议在坡口区域用所试的焊接材料先堆焊一至二层，再装配试件。

2.1.3.6 试板边缘一般应采用机加工或等离子切割的方法加工。钢材还可采用氧－乙炔及其他合适的自动切割方法加工。当采用热加工方法时应清除在坡口处的氧化物。

2.1.3.7 试验时所用的焊接电流、电弧电压和焊接速度等应按焊接材料制造厂所推荐的参数进行。若一种焊接材料对交、直流电均适用时，则焊制试件时应采用交流电。

认可试验用钢材级别　　表 2.1.3.5

焊接材料等级	试验用钢级别	焊接材料等级	试验用钢级别	焊接材料等级	试验用钢级别
1	A	4Y42	B420	3Y62	D620
2	B、D	5Y42	F420	4Y62	E620
3	E	3Y46	D460	5Y62	F620
1Y	A32、A36	4Y46	E460	3Y69	D690
2Y	D32、D36	5Y46	F460	4Y69	E690
3Y	E32、E36	3Y50	D500	5Y69	F690
4Y	F32、F36	4Y50	E500	0.5Ni	0.5Ni
2Y40	D40	5Y50	F500	1.5Ni	1.5Ni
3Y40	E40	3Y55	D550	3.5Ni	3.5Ni
4Y40	F40	4Y55	E550	5Ni	5Ni
3Y42	D420	5Y55	F550	9Ni	9Ni

2.1.4　认可保持

2.1.4.1　经认可的焊接材料应每年进行1次年度检查和试验，以继续保持该焊接材料的认可。

2.1.4.2　焊接材料制造厂若对已认可的焊接材料作制造工艺上的改动，应通知CCS。CCS将根据变动的情况确定认可是否继续保持或重新做认可试验。

2.1.4.3　在下列情况下，CCS将通知焊接材料制造厂，撤消对其产品的认可：

(1) 年度检查和试验不合格者；

(2) 无特殊理由而未进行年度检查和试验者；

(3) 抽样检查表明产品质量比认可时有明显下降以至不合格者。

2.1.5　标志和说明书

2.1.5.1　凡经CCS认可的焊接材料，应在每盒或每包上明显地标上CCS认可的标志。

2.1.5.2　对已认可的焊接材料应在每一包装盒中附上1份使用说明书。该说明书应包括制造厂对该焊接材料所推荐的贮存、焙烘和使用的参数。

第2节　焊接材料的力学性能

2.2.1　一般要求

2.2.1.1　除本节规定外，焊接材料尚应根据其不同用途分别按本章有关规定进行认可试验和年度试验。

2.2.2　结构钢焊接材料

2.2.2.1　结构钢焊接材料按其屈服强度可以分为9个等级；各个等级又按其缺口冲击韧性可进一步划分为若干个级别。各级焊接材料的表达方式见表2.1.3.5所示；冲击韧性以数字1至5表示，高强度焊接材料以字母Y表示；若焊接材料的屈服强度大于400N/mm^2，则在字母Y后接以数字40至69。含镍低合金钢焊接材料则以其钢中镍合金的含量分为0.5Ni、1.5Ni、3.5Ni、5Ni和9Ni共5个级别。

2.2.2.2　对每一等级的结构钢焊接材料，凡符合较高韧性级别要求者，可以认为该材料也符合较低级别的要求。

2.2.2.3　结构钢焊接材料的力学性能应符合表2.2.2.3的要求。

结构钢焊接材料的力学性能 表 2.2.2.3

焊接材料级别			1、2、3	1Y、2Y 3Y、4Y ①	2Y40 3Y40 4Y40	3Y42 4Y42 5Y42	3Y46 4Y46 5Y46	3Y50 4Y50 5Y50	3Y55 4Y55 5Y55	3Y62 4Y62 5Y62	3Y69 4Y69 5Y69	0.5Ni	1.5Ni	3.5 Ni	5 Ni	9Ni
熔敷金属试验	屈服强度⑦ R_{eH} (N/mm²)		≥306	≥375	≥400	≥420	≥460	≥500	≥550	≥620	≥690	≥375				
	抗拉强度⑧ R_m (N/mm²)		400-560	490-660	510-690	530-680	570-720	610-770	670-830	720-890	790-940	≥460		≥420	≥500	≥600
	伸长率 A_5(%)		≥22			≥20		≥18				≥22		≥25		
	夏比V型缺口冲击试验	试验温度(℃)	②									-60	-80	-100	-120	-198
		平均冲击功⑥ (J)	≥47 ③			≥47		≥50	≥55	≥62	≥69	≥34				
对接焊试验	接头抗拉强度% (N/mm²)		≥400	≥490	≥510	≥530	≥570	≥610	≥670	≥720	≥770	≥490		≥450	≥540	≥640
	夏比V型缺口冲击试验	试验温度(℃)	②									-80	-80	-100	-120	-198
		平均冲击功⑥ (J)	≥47 ④			≥47		≥50	≥55	≥62	≥69	≥34				
	弯曲试验		试验后。试样表面上出现的裂纹或其他缺陷长度应不大于3mm。⑤													

注：① 手工焊条应符合2Y级及以上要求。

② 1、1Y级焊接材料的冲击试验温度为20℃；
2、2Y、2Y40级焊接材料的冲击试验温度为0℃；
3、3Y、3Y40、3Y42、3Y46、3Y50、3Y55、3Y62、3Y69级焊接材料的冲击试验温度为-20℃；
4Y、4Y40、4Y42、4Y46、4Y50、4Y55、4Y62、4Y69级焊接材料的冲击试验温度为-40℃；
5Y42、5Y46、5Y50、5Y55、5Y62、5Y69级焊接材料的冲击试验温度为-60℃。

③ 自动焊熔敷金属冲击试验的平均冲击功，对 R_{eH} < 400 N/mm² 的焊接材料应不低于34J；对 R_{eH} ≥ 400 N/mm² 的焊接材料应不低于39J。

④ 立焊及自动焊对接接头冲击试验的平均冲击功，对 R_{eH} < 400 N/mm² 的焊接材料应不低于34J；对 R_{eH} ≥ 400N/mm² 的焊接材料应不低于39J。

⑤ 除5Ni和9Ni钢试件用直径为4倍板厚的压头对试样进行弯曲试验外，压头直径应符合本篇1.2.4.2的规定。

⑥ 冲击试验的单个值应不低于规定值的70%。

⑦ 当材料无明显屈服点时，则应为规定非比例延伸强度 $R_{P0.2}$。

⑧ 当抗拉强度超过上限时，由CCS另行考虑。

2.2.2.4 对屈服强度大于或等于420N/mm²的焊接材料，若弯曲试验不能符合表2.2.2.3要求，而在弯曲试样标距长度 L_0 内的伸长率符合熔敷金属试验的伸长率要求时，可认为试验合格。弯曲试样的标距 L_0 见图2.2.2.4所示。

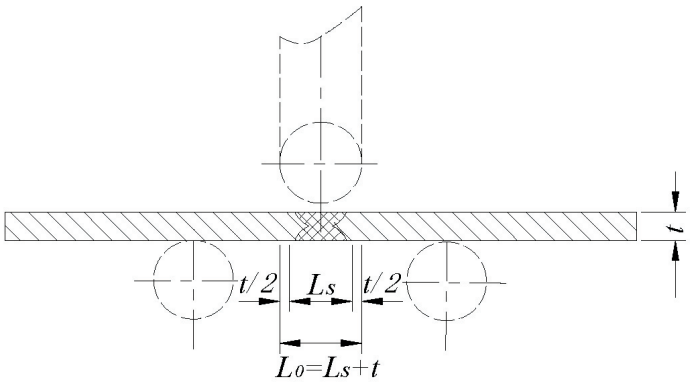


图 2.2.2.4

第3节 电弧焊焊条

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 凡符合本章第2节力学性能要求，并经测氢试验符合本节2.3.6.6要求的焊条，在其级别符号后加缀“H15”、“H10”或“H5”，以表示其为符合测氢要求的低氢焊条。不同级别焊条的扩散氢含量至少应符合表2.3.1.1的要求。

焊接材料的含氢量要求　　表 2.3.1.1

焊接材料等级	扩散氢含量
1、2、3、1Y、2Y、3Y	不作强制要求
4Y、2Y40、3Y40、4Y40	H15
3Y42、4Y42、5Y42、3Y46、4Y46、5Y46、3Y50、4Y50、5Y50	H10
3Y55、4Y55、5Y55、3Y62、4Y62、5Y62、3Y69、4Y69、5Y69	H5

2.3.1.2　具有深熔特性的结构钢焊条，在其级别符号后加缀“DP”以示区别。仅1级焊条可认可为深熔焊条。

2.3.1.3　凡利用自动重力式工具或类似的焊接工具所进行焊接的焊条，应根据制造厂推荐的工具和方法，参照普通手工焊条的要求进行各项试验。

2.3.2　试验项目

2.3.2.1　所有焊条均应进行熔敷金属试验。

2.3.2.2　焊条应按制造厂推荐的该类焊条的使用位置，如平焊、横焊、立焊（垂直上行焊或垂直下行焊）及仰焊位置，进行各种位置的对接焊试验。

若焊条同时满足平焊和垂直上行焊要求，则可认为其已满足横焊要求。全位置焊条应进行平、立和仰3种位置的对接焊试验。

2.3.2.3　具有角焊性能的普通焊条除本节2.3.2.1和2.3.2.2要求外，还应加做平角焊位置的角接焊试验。对仅作角焊用的焊条除进行熔敷金属试验外，还应按焊条制造厂推荐的焊接位置（平、立和仰焊位置）进行角接焊试验。

2.3.2.4　对扩散氢有要求的焊条（如低氢或超低氢焊条等），在满足相应级别的力学性能要求后，还应进行测氢试验。

2.3.2.5　兼作深熔焊条的1级普通焊条，在符合1级焊条要求后，还应增加平焊位置的深熔对接焊和深熔角接焊试验。仅作平焊对接和横焊角接认可的深熔焊条，除按本节2.3.3进行熔敷金属试验外，还应按2.3.7和2.3.8的规定进行深熔焊试验。

2.3.3　熔敷金属试验

2.3.3.1　熔敷金属试验一般应焊制2个试件，1个以直径4mm的焊条焊制，另1个以制造厂生产的同型号焊条中最大直径的焊条焊制。若制造厂生产的该型号焊条只有一种规格，则仅需以该规格焊条焊制1个试件。

2.3.3.2　每一熔敷金属试验的试件应制备2块试板和1块垫板。试板的厚度为20mm，宽度不小于100mm，长度约300mm，开10°的斜角。垫板的厚度为10mm，宽度为30mm，且与试板等长。

2.3.3.3　试件应按节图2.3.3.3组装。按常规工艺以单道焊或多道焊的方法在平焊位置焊接。多道焊时，每一焊道的焊接方向应在试件端部改变，每一焊道的厚度应为2mm~4mm，每焊完一道后，除去焊渣，将试板置于静止的空气中待焊缝冷却到250℃以下，但不必低于100℃（温度在焊缝中心线的上表面处测量），然后再焊下一焊道。

2.3.3.4　按图2.3.3.3所示，从试件上截取1个纵向拉伸试样和1组3个V型缺口冲击试样，进行拉伸和冲击试验。试验结果应符合本章第2节的有关规定。纵向拉伸试样的轴线应尽可能位于试件焊缝的中心线上，并在试件厚度的中间处。V型缺口冲击试样的轴线应位于试件厚度的中间，且与焊缝中心线垂直，V型缺口应位于焊缝中心线上，并与试板表面相垂直。

2.3.3.5　除本节2.3.3.3规定外，还应对每一试件进行熔敷金属化学成分分析。分析报告应提交CCS。报告中应包括所有重要的合金元素的含量。

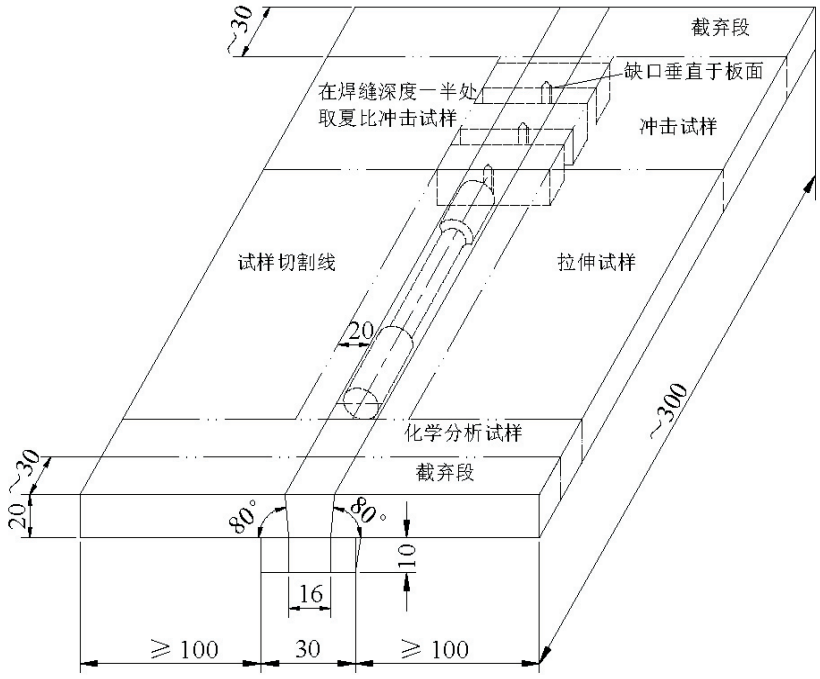


图 2.3.3.3

2.3.4 对接焊试验

2.3.4.1 每一焊接位置焊制 1 个对接焊试件，各焊接位置所用的焊条规定如下：

(1) 平焊：第 1 道用直径 4mm 的焊条，其余各道（最后两层除外）用直径 5mm 的焊条，最后两层用制造厂生产的同型号焊条中最大直径的焊条；

(2) 横焊：第 1 道用直径 4mm 或 5mm 的焊条，其余各道均用直径 5mm 的焊条；

(3) 立向上焊和仰焊：第一道用直径 3.2mm 的焊条，其余各道用直径 4mm（如制造厂推荐时，可用直径 5mm）的焊条；

(4) 立向下焊：采用制造厂推荐的焊条规格。

若同一型号焊条直径只有 1 种或 2 种规格，则以上各种焊接位置中，第 1 道用较小直径的焊条，其余各道用较大直径焊条。

2.3.4.2 若焊条仅用于平焊位置对接焊，则除本节 2.3.4.1(1) 规定焊制 1 个试件外，还应焊制 1 个平焊位置的对接焊试件。试件第 1 道用直径 4mm 焊条，第 2 道用直径 5mm 或 6mm 的焊条，其余各道以制造厂生产的同牌号焊条中最大直径的焊条焊制。

2.3.4.3 每一对接焊试件应制备 2 块试板，试板的厚度为 15 ～ 20mm，宽度不小于 100mm，长度应足够提供截取规定数量和尺寸的试样。试板边缘开 30° 斜角。

2.3.4.4 试件按图 2.3.4.4 装配、焊制。焊接的道间温度应不高于 250℃，也不必低于 100℃（温度在焊缝中心线的上表面处测量）。所有对接焊试件均应清根，然后用直径 4mm 或该型号中直径较小的焊条，按原焊接位置进行封底焊。

为使焊后试件平直，试件可在焊前预置反变形。

2.3.4.5 按图 2.3.4.4 所示截取 1 个横向拉伸试样，2 个弯曲试样和 1 组 3 个冲击试样（仰焊位置的试样可免做冲击试验），进行拉伸、正反弯曲和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。

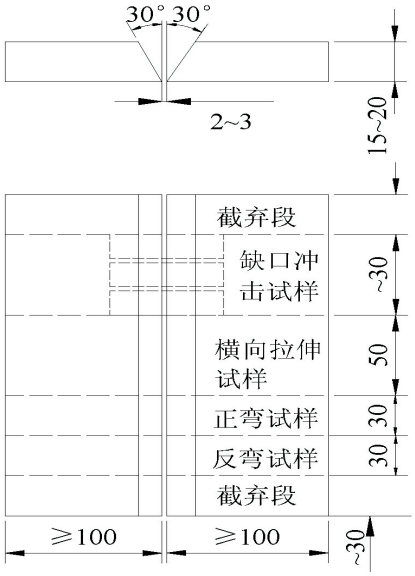


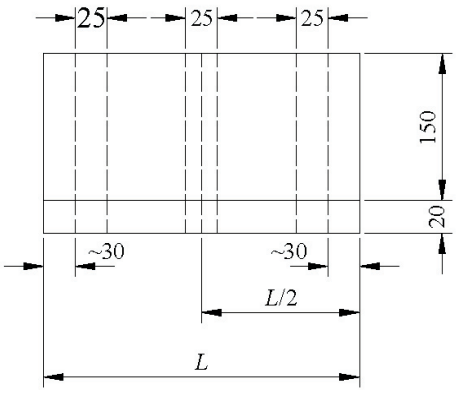
图 2.3.4.4

2.3.5　角接焊试验

2.3.5.1　每一焊接位置应焊制 1 个角接焊试件。试件的第 1 侧焊缝应以该型号焊条中直径最大的焊条焊接，另一侧应以同一型号中直径最小的焊条焊制。焊脚尺寸通常根据试验时所用焊条的直径和焊接电流确定。

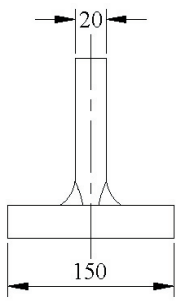
2.3.5.2　每一角接焊试件应制备 2 块试板。试板的厚度为 20mm，宽度为 150mm，长度应能保证充分焊完直径最大焊条的全部长度。

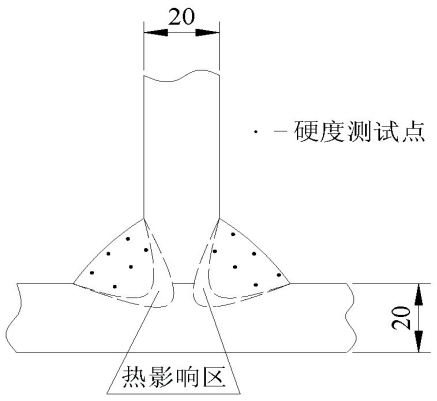
2.3.5.3　按图2.3.5.3(1)所示，截取3个长度为25mm的断面宏观检查试样。检验焊缝的熔合情况，显示无裂纹、过多的气孔和夹渣等缺陷。并将此 3 个断面宏观检查试样的端面磨光，按图 2.3.5.3(2)所示作硬度测试，以测定焊接接头的硬度。在余下的 2 个分段中，取 1 个分段将第 1 侧的角焊缝凿槽或刨尽，另 1 个分段将第 2 侧的角焊缝凿槽或刨尽，然后按本篇 1.2.4.4 进行角焊缝破断试验。其断面应显示出熔合良好，无裂纹和疏松等缺陷。



a)

图 2.3.5.3(1)





b)

图 2.3.5.3(2)

2.3.6　测氢试验

2.3.6.1　制备 4 块任何等级的结构钢钢板作测氢试验的试板。试板厚度为 12mm，宽度为 25mm，长度为 125mm。

2.3.6.2 焊前，试板应予以清洁并秤重，重量精确到0.1g。

2.3.6.3 焊条应按制造厂推荐的焙烘方法进行焙烘，使焊条充分干燥。施焊的焊条直径为4mm，焊接电流约为150A，以短弧在试板宽度为25mm的表面上堆焊一道长约100mm的焊道（约用去150mm焊条长度）。

2.3.6.4 每一试样焊完后应在30s内脱渣完毕，然后将试样浸入温度为20℃的清水中冷却，过30s后将试样清洗干净、擦干并放入一个适宜于用甘油置换法收集氢气的装置中。4个试样应（由一个操作人员）在30min内焊毕并置入收集氢气的装置中。

2.3.6.5 试样应在温度为45℃的甘油中浸放48h，然后取出，再分别在酒精和水中清洗干净，待干燥后秤重（精确到0.1g），以确定熔敷金属的重量。

应仔细测定被收集的氢气的体积，精度应达到0.05cm^3，然后将测得的体积换算成标准状态（0℃，101.325kPa）下的体积。

上述氢含量的测定方法也可用ISO-3690规定的水银测定法代替。

2.3.6.6 4个试件测得的每100克熔敷金属的扩散氢平均含量应符合表2.3.6.6的规定：

扩散氢平均含量 表2.3.6.6

含氢量等级	水银法	甘油法
H15	15cm^3	10cm^3
H10	10cm^3	5cm^3
H5	5cm^3	

2.3.7 深熔对接焊试验

2.3.7.1 深熔对接焊的试件应制备2块试板。试板的厚度为焊条直径的2倍另加2mm，板宽不小于100mm，长度根据试样尺寸与数量而定。试板对接接头边缘不开坡口，但应加工成直角边。

2.3.7.2 试板应装配齐平，定位后装配间隙不大于0.25mm。试件应采用制造厂生产的最大直径的焊条，并按制造厂推荐的电流与工艺方法在平焊位置进行双面单道对接焊（不清根）。

2.3.7.3 每一试件应按图2.3.7.3所示截取2个横向拉伸试样、2个弯曲试样和1组3个冲击试样（缺口位于焊缝中心）进行拉伸、弯曲和冲击试验。试验结果应符合本章第2节的有关要求。

2.3.7.4 在截取试样时应检查对接焊缝的焊透情况。试件两端的截弃段（约30mm）应按本篇1.2.3.6规定加工成断面宏观检查试样，试样的断面应显示出焊缝完全熔合且全部焊透。

2.3.8 深熔角接焊试验

2.3.8.1 深熔角接焊的试件应制备2块试板。试板厚度约为12.5mm，宽度约为100mm，长度约为180mm。立板的接头边缘应机加工成直角边。

2.3.8.2 试件按“T”型装配，装配间隙应不大于0.25mm，如图2.3.8.2所示。试件的一侧用直径4mm的焊条，另一侧用制造厂生产的最大直径的焊条，按制造厂推荐的焊接电流，在试件的每一侧分别焊制一道长度不小于160mm的焊道。

2.3.8.3 从试件两端各截下长约35mm的一段作为宏观断面检查试样，以检查焊缝熔合情况。对采用直径为4mm焊条焊接的一侧焊缝，其熔深应不小于4mm；对采用最大直径焊条焊接的另一侧焊缝，其熔深应记入报告。

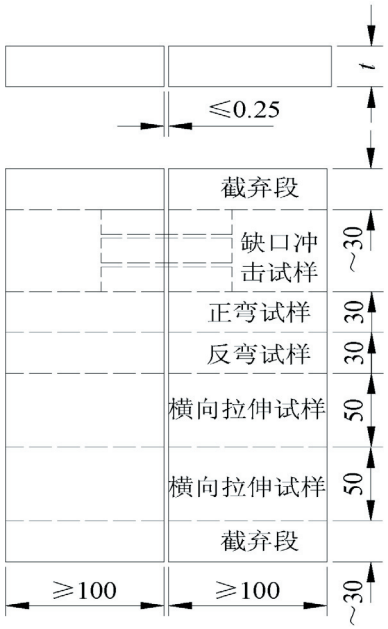


图 2.3.7.3

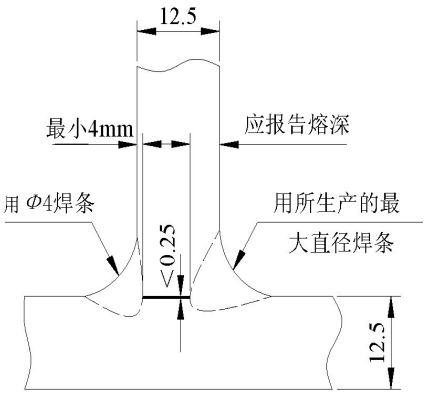


图 2.3.8.2

2.3.9　年度检查

2.3.9.1　凡得到 CCS 认可的焊条，通常每年应由验船师到场进行年度检查和试验。

2.3.9.2　焊条的年度试验应包括下列内容：

(1) 普通焊条应按本节 2.3.3 的规定焊制 2 个试件，进行熔敷金属的各项试验。若制造厂仅生产 1 种规格的焊条，则焊制 1 个试件即可；

(2) 凡认可作深熔焊的焊条，应按本节 2.3.7 的规定焊制 1 个试件，进行深熔对接焊的各项试验；

(3) 凡认可兼作深熔焊的普通焊条，应按本条 (1) 和 (2) 的规定焊制试件，进行各项性能试验；

(4) 凡认可作重力焊的焊条，应参照本节 2.3.3 的规定，用制造厂推荐的工具焊制 1 个试件，进行熔敷金属的各项试验。

第 4 节　埋弧自动焊的焊丝－焊剂

2.4.1　一般要求

2.4.1.1　对用于双面单道焊工艺的焊丝－焊剂，在其级别符号后面加缀字母“T”。

2.4.1.2　对用于多道焊工艺的焊丝－焊剂，在其级别符号后面加缀字母“M’。

2.4.1.3　对兼用于多道焊和双面单道焊工艺的焊丝焊剂，在其级别符号后面加缀字母“TM”。

2.4.2　试验项目

2.4.2.1　对用于多道焊工艺的焊丝－焊剂应进行熔敷金属试验和对接焊试验。

2.4.2.2　对用于双面单道焊工艺的焊丝－焊剂应进行双面单道焊工艺对接焊试验。

2.4.2.3　对兼用于多道焊和双面单道焊工艺的焊丝－焊剂应对每一种工艺都进行试验。

2.4.2.4　对用于多丝埋弧焊的焊丝－焊剂，要单独进行认可试验。通常可按本节要求进行。

2.4.2.5　对用于屈服强度大于或等于 420N/mm^2 淬火加回火高强度钢的焊接材料，应按 CCS 认可的方法进行测氢试验。其结果应符合本章第 3 节表 2.3.1.1 的要求。

2.4.3　多道焊工艺熔敷金属试验

2.4.3.1 多道焊工艺熔敷金属试验的试件应制备 2 块试板和 1 块垫板。试板的厚度为 20mm，宽度约 200mm，长度应足够提供截取规定数量和尺寸的试样。试板接头边缘开 10° 的斜角。垫板的厚度为 12mm，宽度为 50mm，与试板等长。

2.4.3.2 试件应按图 2.4.3.2 所示装配，并在平焊位置进行焊接。每一焊道的焊接方向应从试板的一端开始改变方向。每焊一道后，除去焊剂和熔渣，并将试板放置在静止空气中使焊缝冷却到 250℃以下，但不必低于 100℃（温度在焊缝中心处的表面上测量），再焊下一道。每一焊道的厚度应不小于焊丝直径，且至少为 4mm。

2.4.3.3 按图 2.4.3.2 所示，从试件上截取 2 个纵向拉伸试样和 1 组 3 个夏比 V 型缺口冲击试样，进行拉伸和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。试样的截取位置与本章 2.3.3.4 的规定相同。每一试件的焊缝熔敷金属的化学成分报告（包括所有重要合金元素的成分）应提交 CCS 审查。

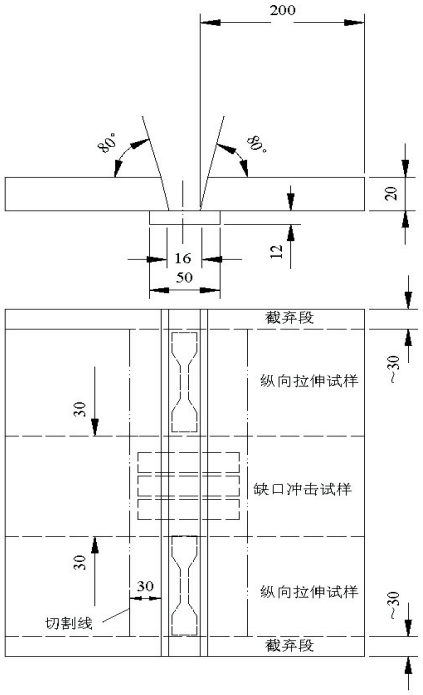


图 2.4.3.2

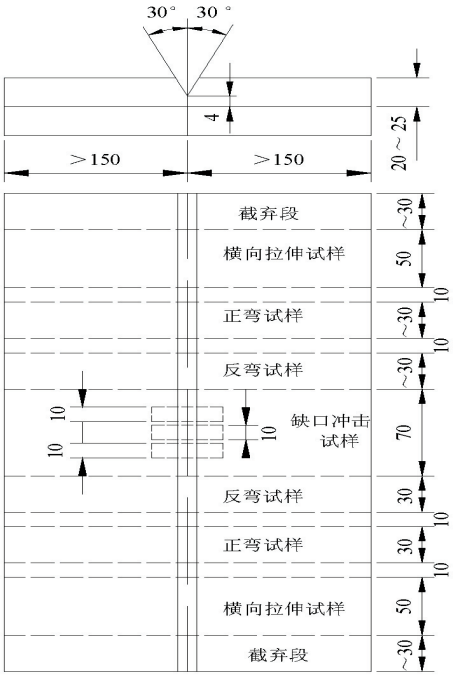


图 2.4.4.3

2.4.4 多道焊工艺对接焊试验

2.4.4.1 多道焊工艺对接焊试验的试件应制备 2 块试板。试板厚度取 20mm ～ 25mm，宽度不小于 150mm，长度不小于 400mm。试板接头边缘开 30º 的斜角，钝边为 4mm。

2.4.4.2 试件以多道焊工艺在平焊位置上进行焊接。焊接条件同本节 2.4.3.2。一面焊完后，应对焊缝清根，直至显露无缺陷金属后，再在平焊位置进行封底焊。

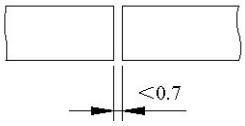
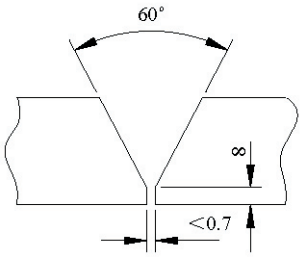
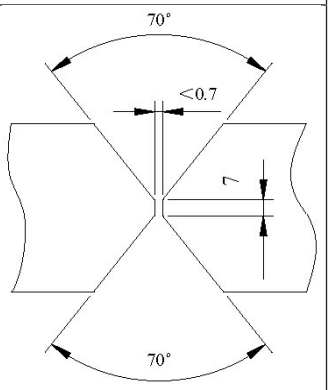
2.4.4.3 应按图 2.4.4.3 所示，从试件上截取 2 个横向拉伸试样、4 个弯曲试样和 1 组 3 个 V 型缺口位于焊缝中心的冲击试样，分别进行拉伸、正反弯曲和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。

2.4.5 双面单道焊工艺对接焊试验

2.4.5.1 双面单道焊工艺对接焊试验应根据认可焊丝－焊剂的不同级别用相应强度的试板制备两副不同厚度的试板。一副为适用的最大厚度，另一副约为前一副厚度的 2/3。每块试板的宽度应不小于 150mm，长度应足够提供截取规定数量和尺寸的试样。

2.4.5.2 与最大焊丝直径配合的板厚和试件坡口形式应符合表 2.4.5.2 的规定。坡口尺寸允许存在较小的偏差。

双面单道焊对接试板的板厚与坡口型式　　表 2.4.5.2

板厚 (mm)	12 ～ 15	20 ～ 25	30 ～ 35
焊丝最大直径 (mm)	5	6	7
试板坡口型式与尺寸 (mm)			

2.4.5.3　每个试件的两面各焊一条焊道。第一面焊完后，除去焊剂和熔渣，并将试件置于静止空气中冷却，待焊缝冷却到 100℃以下（温度在焊缝表面中心处测量）再焊第二面焊道。

2.4.5.4　按图 2.4.5.4(1) 所示，从每个试件上截取 2 个横向拉伸试样、2 个弯曲试样和 1 组 3 个 V 型缺口冲击试样，冲击试样的截取位置见图 2.4.5.4(2) 所示。对上述试样分别进行拉伸、弯曲和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。同时应将试件两截弃段的断面磨光腐蚀进行宏观检查。

2.4.5.5　若焊接材料仅适用于双面单道焊工艺时，除本节 2.4.5.4 所规定的试样外，还应在较厚的试件中截取 1 个纵向拉伸试样和熔敷金属化学成分分析试样，进行熔敷金属的拉伸试验和化学成分分析。纵向拉伸试样的轴线应与焊缝中心线相重合，并位于第 2 侧焊缝表面下方约 7mm 处。化学成分分析报告中应包括所有重要合金元素的成分。

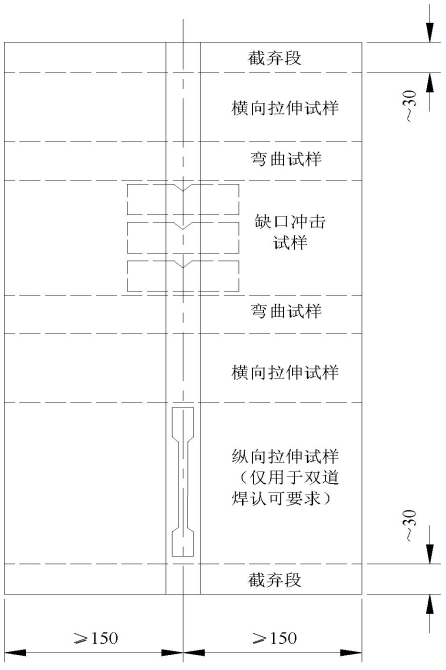


图 2.4.5.4(1)

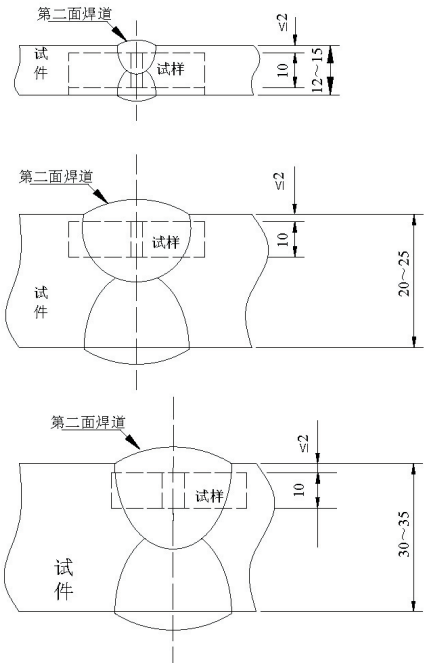


图 2.4.5.4(2)

2.4.6　年度检查

2.4.6.1　凡得到 CCS 认可的焊丝－焊剂，通常每年应由验船师到场进行年度检查和试验。

2.4.6.2 焊丝－焊剂的年度试验应包括下列内容：

(1) 对多道焊的焊丝－焊剂，应焊制熔敷金属试件1个；

(2) 对双面单道焊的焊丝－焊剂，应焊制对接焊试件1个，试件板厚至少为20mm。

2.4.6.3 熔敷金属试件应按本节2.4.3的规定制备和试验，但只需1个纵向拉伸试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样。

2.4.6.4 对接焊试验应按本节2.4.5的规定焊制1个试件（厚度大于20mm），从试件上仅截取1个横向拉伸试样、2个弯曲试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样进行试验。如该焊丝－焊剂仅作双面单道焊认可时，则应增加1个纵向拉伸试样。

2.4.6.5 若焊丝－焊剂既适用于一般强度钢又适用于高强度钢时，则本节2.4.6.2(2)中所述的对接焊试件应采用高强度钢焊制。

第5节 半自动、自动焊的焊丝与焊丝－气体

2.5.1 一般要求

2.5.1.1 各种焊丝与焊丝－气体配合可按工艺适用性作如下划分：

(1) 对用于多道半自动焊的焊丝与焊丝－气体配合，应在其级别符号后面加缀字母“S”；

(2) 对用于多道自动焊的焊丝与焊丝－气体配合，应在其级别符号后面加缀字母“M”；

(3) 对用于双面单道自动焊的焊丝与焊丝－气体配合，应在其级别符号后面加缀字母“T”；

(4) 对兼用于双面单道和多道焊的焊丝与焊丝－气体配合，应在其级别符号后面加缀字母“TM”；

(5) 对兼用于半自动焊和自动焊的焊丝与焊丝－气体配合，应在其级别符号后面加缀字母“SM”。

2.5.1.2 实芯焊丝或药芯焊丝应按CCS认可的方法进行熔敷金属的测氢试验，其结果应符合本章表2.3.6.6的要求。符合低氢要求的焊接材料可在其等级符号后再加缀相应的低氢等级符号。各级焊接材料的低氢要求可参见本章表2.3.1.1。

2.5.1.3 认可试验所采用的保护气体的成分应在试验报告中列出。保护气体的成分按表2.5.1.3规定分组。不同组别的保护气体应各自分别进行认可试验。

保护气体的成分 表2.5.1.3

组别	气体成分（体积含量%）			
	氩气（Ar）	二氧化碳（CO_2）	氧气（O_2）	氢气（H_2）
M11	余量①②	0～5	—	0～5
M12	余量①②	0～5	—	—
M13	余量①②	—	0～3	—
M14	余量①②	0～5	0～3	—
M21	余量①②	5～25	—	—
M22	余量①②	—	3～10	—
M23	余量①②	5～25	0～8	—
M31	余量①②	25—50		
M32	余量①②	—	10～15	—
M33	余量①②	5～50	8～15	—
C1	—	100	—	—
C2	—	余量	0～30	—

注：① 其中氩气含量的95%可由氦气所代替。

② 使用氦气时，其含量应大于或等于氩气的含量。

2.5.1.4 对多丝自动焊所用的焊丝与焊丝－气体配合可参照本节有关规定进行认可试验。

2.5.2 焊丝与焊丝－气体配合的试验项目

2.5.2.1 对用于多道半自动焊的焊丝与焊丝－气体配合应进行熔敷金属试验、多道半自动对接焊试验和角接焊试验。

2.5.2.2　对用于多道自动焊的焊丝与焊丝－气体配合应进行自动焊熔敷金属试验和多道自动对接焊试验。

2.5.2.3　对用于双面单道自动焊的焊丝与焊丝－气体配合应进行双面单道自动对接焊试验。

2.5.3　多道半自动焊熔敷金属试验

2.5.3.1　除按本节 2.5.3.2 的要求焊制 2 个试件外，多道半自动焊熔敷金属试验应按本章 2.3.3 的规定进行。

2.5.3.2　1 个熔敷金属试件应采用制造厂生产的直径最小的焊丝焊制。另 1 个试件应采用制造厂生产的直径最大的焊丝焊制。若制造厂只生产 1 种直径的焊丝，则只需要用该直径焊丝焊制一个试件。焊接时每层焊道的厚度应在 2 ～ 6mm 之间。

2.5.4　多道半自动焊对接焊试验

2.5.4.1　认可为多道半自动焊的焊丝与焊丝－气体配合应根据制造厂推荐的各种位置（平、横、立、仰焊）各焊 1 个对接焊试件。除按本节 2.5.4.2 的要求进行试件焊接外，多道半自动对接焊试验应按本章 2.3.4 的规定进行。

2.5.4.2　平焊位置试件第 1 条焊道应采用制造厂所生产的最小直径的焊丝焊制；其余各条焊道应采用制造厂生产的最大直径的焊丝进行焊接。若仅认可用于平焊位置，则应采用不同于上述直径的焊丝增焊 1 个对接焊试件。

其他位置所用的焊丝的直径为：第 1 条焊道用制造厂所生产的最小直径的焊丝，其余各条焊道用该厂对该位置所推荐的直径最大的焊丝。

2.5.5　多道半自动角接焊试验

2.5.5.1　除焊缝两侧应分别以制造厂生产的最小和最大直径焊丝焊制试件以外，多道半自动角接焊试验应按本章 2.3.5 的规定进行。

2.5.6　多道自动焊熔敷金属试验和对接焊试验

2.5.6.1　除试件的每层焊道厚度应不小于 3mm 外，多道自动焊熔敷金属试验应按本章 2.4.3 的规定进行。多道自动焊对接焊试验应按本章 2.4.4 的规定进行。

2.5.7　双面单道自动焊对接焊试验

2.5.7.1　双面单道自动焊对接焊试验除按本节 2.5.7.2~2.5.7.4 的规定焊制 2 个试件外，应符合本章 2.4.5 的规定。

2.5.7.2　一般试板厚度分别为 12 ～ 15mm 和 20 ～ 25mm 各 1 副（每副 2 块试板）。若焊接材料适用于厚度大于 25mm 的材料时，则试板厚度应是 20mm 和焊接材料所适用的最大厚度的试板各 1 副。

2.5.7.3　试件坡口应按图 2.5.7.3 的要求制备。若制造厂有要求，可允许有少量变动。如试件板厚大于 25mm，应将坡口尺寸记入试验报告。

2.5.7.4　焊丝直径可采用制造厂推荐的直径，并记入报告。

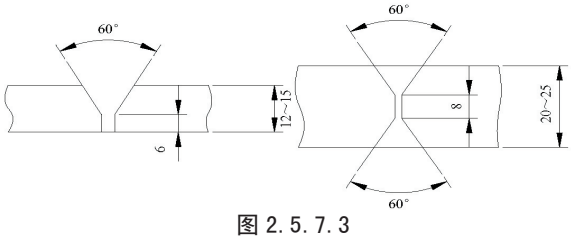


图 2.5.7.3

2.5.8　年度检查

2.5.8.1 凡得到 CCS 认可的半自动或自动焊的焊丝与焊丝－气体配合，通常每年应由验船师到场进行年度检查和试验。

2.5.8.2 焊丝与焊丝－气体配合的年度试验应包括下列内容：

(1) 对认可为多道半自动焊或作为多道半自动焊和多道自动焊兼用的焊丝与焊丝－气体配合，应按本节 2.5.3 的规定焊制多道半自动焊熔敷金属试件 1 个，并进行熔敷金属的各项试验；

(2) 对仅认可为多道自动焊的焊丝与焊丝－气体配合，应按本节 2.5.6 的规定焊制多道自动焊熔敷金属试件 1 个，并进行熔敷金属的各项试验。但纵向拉伸试样可仅取 1 个；

(3) 对认可为双面单道自动焊的焊丝与焊丝－气体配合，应按本节 2.5.7 的要求焊制试板厚度为 20 ～ 25mm 的试件 1 个，进行对接焊的各项试验，但横向拉伸试样可仅取 1 个。

第 6 节 电渣焊或气电立焊的焊接材料

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 除本节另有规定外，本章第 4 节中对双面单道焊的要求也适用于带熔嘴或不带熔嘴的电渣焊或气电立焊用焊接材料。

2.6.1.2 1Y、2Y、3Y、4Y、2Y40、3Y40 和 4Y40 级的电渣焊或气电立焊用焊接材料可以仅对特定的高强度钢作认可。考虑到所含细化晶粒元素的影响，若要求对焊接材料作一般性认可时，则应使用铌处理钢进行认可试验。

2.6.1.3 因为技术上的原因，本节这类特殊的高韧性焊接材料不一定能完全适用于低韧性钢材的焊接。若需要同时对普通强度钢和高强度钢作认可时，一般应用高强度钢制作 2 个试件进行试验。当 CCS 认为必要时，可要求用一般强度钢另外制作 2 个试件进行试验。

2.6.2 对接焊试验

2.6.2.1 对接焊试验应焊制 2 个试件，1 个试件的试板厚度为 20 ～ 25mm，另 1 个试件的试板厚度为 35~40mm，每块试板的宽度应与设备相匹配不小于 150mm，长度应足够提供截取本节 2.6.2.3 所规定数量和尺寸的试样。

2.6.2.2 试件应按制造厂推荐的焊接条件和坡口形式制备，并记入报告。

2.6.2.3 按图 2.6.2.3(1) 所示，从每个试件上截取 2 个纵向拉伸试样、2 个横向拉伸试样、2 个弯曲试样、1 个宏观断面检查试样和 2 组（每组 3 个）V 型缺口冲击试样。分别进行拉伸、弯曲、冲击等试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关规定。2 组 V 型缺口冲击试样的取样位置应按图 2.6.2.3(2) 所示。

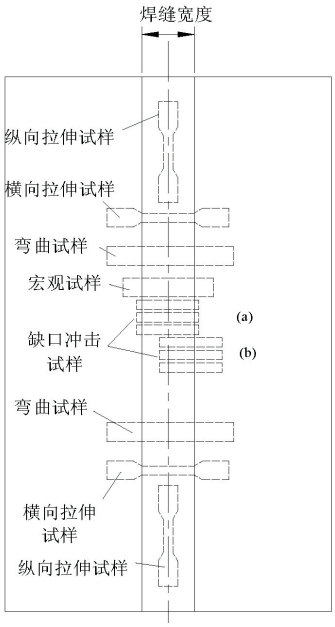


图 2.6.2.3(1)

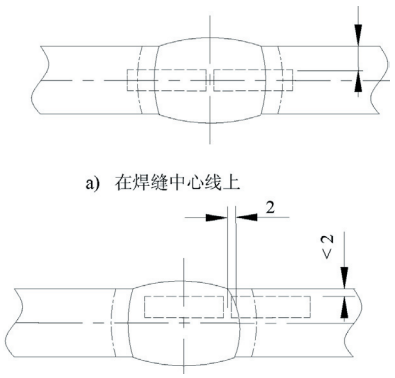


图 2.6.2.3(2)

2.6.3　年度检查

2.6.3.1　凡得到 CCS 认可的电渣焊或气电立焊的焊接材料，通常每年应由验船师到场进行年度检查和试验。

2.6.3.2　电渣焊或气电立焊焊接材料的年度试验，至少应按本节 2.6.2 的规定焊制 2 个试板厚度为 20 ～ 25mm 的对接焊试件。在该试件上截取 1 个纵向拉伸试样、1 个横向拉伸试样、2 个弯曲试样和 2 组冲击试样 (V 型缺口分别位于焊缝中心和距熔合线 2mm 的熔敷金属上)，分别进行拉伸、弯曲和冲击试验。

第 7 节　单面焊接双面成型的焊接材料

2.7.1　一般要求

2.7.1.1　采用临时衬垫材料的单面焊接双面成型的自动焊焊丝 - 焊剂（或焊丝 - 气体）配合的认可，一般可按本章第 4 节和第 5 节的规定及本节的要求进行试验。

2.7.1.2　采用临时衬垫材料的单面焊接双面成型的手工焊条或半自动焊焊丝 - 焊剂的认可，CCS 将另行考虑。

2.7.2　单面焊接双面成型焊接材料的对接焊试验

2.7.2.1　单面焊接双面成型焊接材料的对接焊试验应焊制 2 个试件：1 个试件的试板厚度为 20 ～ 25mm；另 1 个试件的试板厚度为 35 ～ 40mm。试板宽度不小于 150mm，长度应足够截取规定数量和尺寸的试样。

2.7.2.2　从每个试件中截取 2 个纵向拉伸试样、2 个横向拉伸试样、2 个弯曲试样、1 个断面宏观检查试样和本节 2.7.2.3 规定的 V 型缺口冲击试样，分别进行拉伸、弯曲和冲击等试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。

2.7.2.3　按图 2.7.2.3 所示，从试板厚度为 20 ～ 25mm 的试件中截取 2 组（每组 3 个）V 型缺口冲击试样；从试板厚度为 30 ～ 35mm 的试件中取出 3 组（每组 3 个）V 型缺口冲击试样。

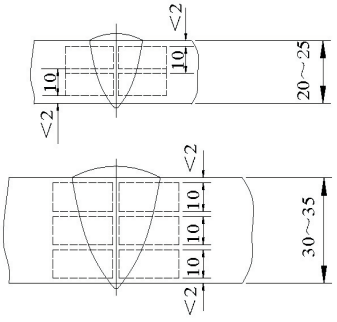


图 2.7.2.3

2.7.3 年度检查

2.7.3.1 凡得到CCS认可的单面焊接双面成型的焊接材料，通常每年应由验船师到场进行年度检查和试验。

2.7.3.2 单面焊接双面成型焊接材料的年度试验，应按本节2.7.2的规定焊制1个试板厚度为20～25mm的对接焊试件。在试件上截取1个纵向拉伸试样、1个横向拉伸试样、2个弯曲试样和1组3个取自焊缝根部的V型缺口冲击试样（如图2.7.2.3所示），分别进行拉伸、弯曲和冲击试验。

第8节 不锈钢焊接材料

2.8.1 适用范围

2.8.1.1 本节规定适用于本规范第1篇第3章第8节所规定的奥氏体不锈钢和奥氏体－铁素体双相不锈钢（以下除专门指明外，简称“不锈钢”）用焊接材料。

2.8.2 一般要求

2.8.2.1 不锈钢焊接材料根据其认可时采用的不锈钢母材进行分级。分级符号见表2.8.2.1。

不锈钢焊接材料的分级及其认可试验采用的材料 表2.8.2.1

焊接材料级别	认可时采用的母材	焊接材料级别	认可时采用的母材
304L	00Cr18Ni10(304L)	347	0Cr18Ni11Nb(347)
304LN	00Cr18Ni10N(304LN)	309L	00Cr23Ni13(309S)
316L	00Cr17Ni14Mo2(316L)	2205	00Cr22Ni5Mo3N(32205)
316LN	00Cr17Ni13Mo3(316LN)	2550	00Cr25Ni6Mo3Cu(32550)
317L	00Cr19Ni13Mo3(317L)	2750	00Cr25Ni7Mo4N3(32750)
317LN	00Cr19Ni13Mo3(317LN)		

2.8.2.2 适应不同焊接工艺的不锈钢焊接材料应分别按本章2.4.1或2.5.1在等级符号后加上表示其工艺适用性的后缀。

2.8.2.3 除本节另有规定外，不锈钢焊接材料的认可试验应根据焊接材料的类型，按本章第3、4、5节适用要求进行。

2.8.3 熔敷金属试验

2.8.3.1 不锈钢熔敷金属试验试件用的试板可采用与焊接材料相适应的不锈钢；也可采用普通强度碳钢或碳锰钢，但应以低热输入的方法在坡口表面用待试验的焊接材料堆焊二层隔离层。隔离层的厚度在加工后应不低于3mm。

2.8.3.2 不锈钢熔敷金属均应进行化学成分分析、力学性能试验和金相检查。

2.8.3.3 熔敷金属的化学成分，包括所有重要元素，应予报告。分析结果应符合公认的标准或制造商的规定。

2.8.3.4 熔敷金属的力学性能应符合表2.8.3.4所列的相应要求。

2.8.3.5 应在熔敷金属中心取样，以金相法或磁性法测定熔敷金属的铁素体含量。对于奥氏体不锈钢焊接材料，铁素体含量应符合制造厂的规定；对奥氏体－铁素体双相不锈钢焊接材料，铁素体含量应在35%~65%范围内。

不锈钢焊接材料熔敷金属的力学性能　　表 2.8.3.4

焊接材料级别		奥氏体不锈钢		奥氏体－铁素体双相不锈钢		
		304L 316L 317L 309L	304LN 316LN 317LN 347	2205	2550	2750
规定非比例延伸强度 (N/mm^2)	$R_{p0.2}$	≥ 270	≥ 290	≥ 450	≥ 550	≥ 550
	$R_{p1.0}$ ①	≥ 310	≥ 330	≥ 490	≥ 590	≥ 590
抗拉强度 R_m (N/mm^2)		≥ 500	≥ 550	≥ 620	≥ 690	≥ 790
伸长率 A_5 (%)		≥ 25	≥ 22	≥ 25	≥ 15	≥ 15
夏比 V 型缺口冲击试验	试验温度 (℃)	-20/-196 ②		-20		
	平均冲击功 (J)	≥ 29				

注：① 表中规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 值，除另有协议外，一般不作验收依据；

② 奥氏体不锈钢应在 -20℃条件下进行冲击试验；当奥氏体不锈钢用于深冷条件时，应在 -196℃条件下进行冲击试验。当协议有要求时，也可按协议的规定进行冲击试验。

2.8.4　对接焊试验

2.8.4.1　不锈钢对接焊试验用的试板应为与焊接材料相适应的不锈钢。

2.8.4.2　对接接头应进行力学性能试验和晶间腐蚀试验。

2.8.4.3　对接接头的力学性能应符合本节表 2.8.4.3 的相应规定。

2.8.4.4　不锈钢对接接头应参照本规范第 1 篇第 2 章第 7 节取样进行焊接接头的晶间腐蚀试验。

不锈钢焊接材料熔敷金属的力学性能　　表 2.8.4.3

焊接材料级别		奥氏体不锈钢		奥氏体－铁素体双相不锈钢		
		304L 316L 317L 309L	304LN 316LN 317LN 347	2205	2550	2750
接头抗拉强度 R_m (N/mm^2)		≥ 480	≥ 550	≥ 620	≥ 690	≥ 790
夏比 V 型缺口冲击试验	试验温度 (℃)	-20/-196 ①		-20		
	平均冲击功 (J)	≥ 27				
弯曲试验	弯芯直径	3t		6t		
	弯曲角度	120°				
	要求	试样弯曲后。表面上出现的裂纹或其他缺陷长度应不大于 3mm。				

注：① 奥氏体不锈钢应在 -20℃条件下进行冲击试验；当奥氏体不锈钢用于深冷条件时，应在 -196℃条件下进行冲击试验。当协议有要求时，也可按协议的规定进行冲击试验。

2.8.5　年度检查

2.8.5.1　不锈钢焊接材料的年度试验应按焊接材料的形式，根据本章 2.3.9、2.4.6 或 2.5.8 的规定进行。

2.8.5.2　所有试验结果应符合表 2.8.3 和 2.8.4 的相应要求。

第9节 铝合金焊接材料

2.9.1 适用范围

2.9.1.1 本节规定适用于本规范第1篇第8章所规定的船体和海上设施建造用铝合金的焊接材料。

2.9.1.2 除本节另有规定外，铝合金焊接材料应根据焊接材料的类型按本章第1节和第5节的认可程序和试验方法进行认可和试验。

2.9.2 一般要求

2.9.2.1 铝合金焊接材料根据对应的母材种类和强度级别分为A、B、C、D4个等级。

2.9.2.2 适用于MIG、TIG和/或等离子焊的焊丝及焊丝-气体，在其级别符号前面加缀字母“W”，如“WC”。

2.9.2.3 适用于TIG和/或等离子焊的填充焊丝在其级别符号前面加缀字母“R”，如“RB”。

2.9.2.4 铝合金焊丝或填充焊条应与按表2.9.2.4规定的保护气，或带“S”符号的“特定”纯的或混合的保护气一并进行认可。保护气体的成分应予以报告。经同意，经认可的焊丝或填充焊丝与某一保护气体组合一般可覆盖该焊丝或填充焊丝与表2.9.2.4中同组其他保护气体的组合。

2.9.2.5 焊接材料对较高强度铝镁合金母材的认可，也可覆盖较低强度等级的铝镁合金及其与铝镁硅合金的组合。

保护气体的组别和成分 表2.9.2.4

保护气体组别	气体成分（体积百分比）	
	氩	氦
I－1	100	－
I－2	－	100
I－3	余量	0＜He≤33
I－4	余量	33＜He≤66
I－5	余量	66＜He≤95
S	其他成分的气体（混合气体）作为特殊气体考虑，并应单独试验。	

2.9.3 试验要求

2.9.3.1 铝合金焊接材料认可一般应进行熔敷金属试验和对接焊试验。

2.9.3.2 熔敷金属试件可按图2.9.3.2所示制备1个试件。所用的母材在化学成分上应与焊缝金属相适应。试件尺寸根据焊接材料的种类（和焊接方法）而定，并应保证能提供足够的纯焊缝熔敷金属供化学分析。

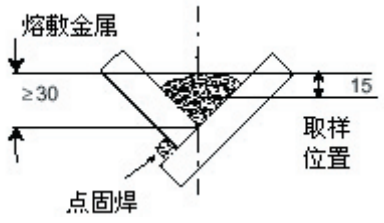
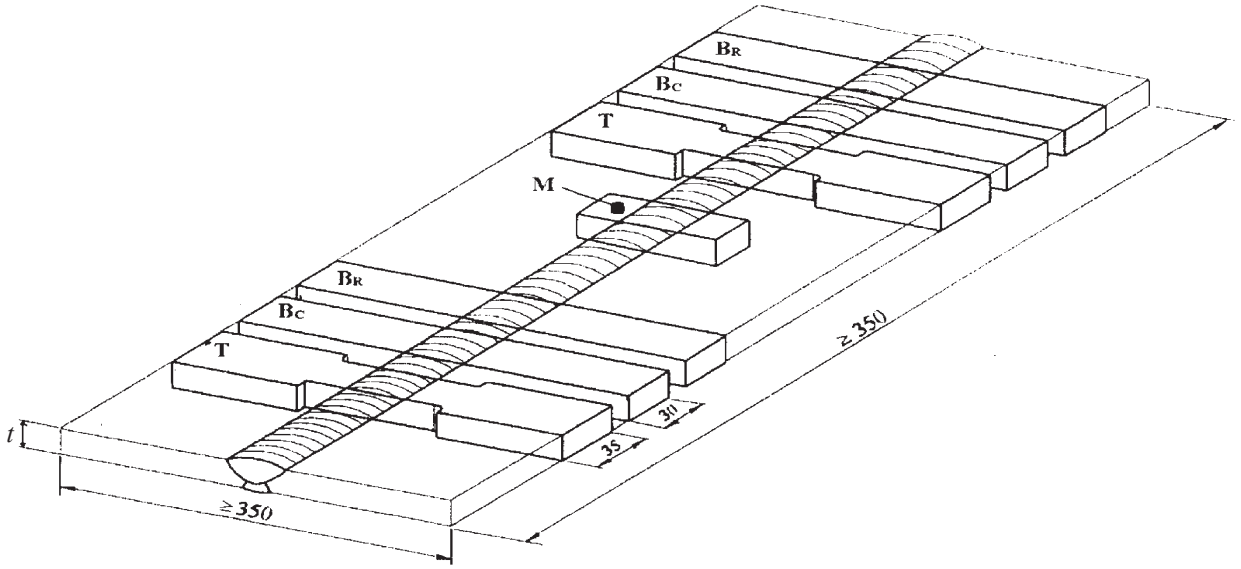


图2.9.3.2 熔敷金属试件

2.9.3.3 应提交熔敷金属化学成分分析报告，报告中应包括所有重要元素的含量。试验结果应不超过制造厂所规定的值。

2.9.3.4　对接焊试验应根据焊接材料制造厂推荐的各种位置（平、横、立向上和仰），按图 2.9.3.4 所示，每个位置制备 1 个板厚为 10 ～ 12mm 的试件。经同意，平焊和立向上焊试验满足要求可免除横焊试验。此外还应参照图 2.9.3.4 制备 1 个板厚为 20 ～ 25mm 的仅用于平位置对接焊的试件。



T——横向拉力试样　Bc——正弯试样　B_R——反弯试样　M——宏观断面观察试样　t=10 ～ 12mm, 或 20 ～ 25mm

注：1. 坡口应为 70° 的单 V 型或 X 型坡口；2. 单 V 型试件允许背面封底焊；3. X 型坡口时，双面均应以相同位置进行焊接。

图 2.9.3.4　对接焊试件和试样位置

2.9.3.5　试件焊接可按本章 2.5.4 或 2.5.6 的要求进行。焊后自然冷却至室温。试件或试样均不能进行任何热处理。D 级焊接材料的试件允许焊后搁置不少于 72 小时进行自然时效，而后取样进行试验。

2.9.3.6　按图 2.9.3.4 所示，每个试件应截取 2 个横向拉伸试样、4 个弯曲试样（正、反弯各 2 个）和 1 个宏观断面试样分别进行试验。

2.9.3.7　拉伸试验和弯曲试验结果应符合表 2.9.3.7 的有关规定。拉伸试样的断裂位置应予以记录。宏观断面检查应无可见的裂纹、未焊透、气孔和夹杂等缺陷。

铝合金焊接材料的力学性能　　**表 2.9.3.7**

焊接材料等级		A		B	C				D
试验用母材牌号		5754	5454	5086	5083	5383 5456	5A01	5059	6061、 6005A、 6082
拉力试验	抗拉强度　N/mm²	190	215	240	275	290	325	330	170
弯曲试验	弯头直径	3t	4t	6t					
	最小弯曲角度	180°							
	试验要求	试验后，试样表面上出现的裂纹或其他缺陷长度应不大于 3mm。角部开裂可以在评定时不计，除非证明该裂纹是由未熔合等缺陷所导致的。							

2.9.4　年度检查

2.9.4.1　铝合金焊接材料的年度检查应根据焊接材料的形式焊制一个熔敷金属试件和一个平位置对接焊试件，进行熔敷金属的化学成分分析和对接接头的力学性能试验。

2.9.4.2　所有试验结果应符合 2.9.3.3 和表 2.9.3.7 的相应要求。

第3章 焊接工艺认可

第1节 一 般 规 定

3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章适用于船舶、海上设施和船用产品的制造厂焊接生产前的焊接工艺认可。

3.1.1.2 本章关于铝合金焊接工艺认可的要求仅适用于铝合金熔化极惰性气体保护焊（MIG）、钨极惰性气体保护焊（TIG）和等离子焊等焊接方法。

3.1.2 认可

3.1.2.1 在开工建造前，工厂应结合本厂的技术条件和生产经验，制定产品建造焊接工艺计划表交验船师认可。计划表中应针对建造中焊缝出现于重要结构与结点的不同位置、形式和尺寸，列出拟使用的焊接工艺规程的名称和编号。

对于未曾批准过的工艺，工厂应制定详细的工艺规程并提交CCS认可。经工艺认可试验合格后方可使用。

3.1.2.2 提交认可的焊接工艺规程应包括下列内容：

(1) 母材的牌号、级别、厚度和交货状态；

(2) 焊接材料（焊条、焊丝、焊剂和保护气体）的型号、等级和规格；

(3) 焊接设备的型号和主要性能参数；

(4) 坡口设计、加工要求及衬垫材料（如有时）；

(5) 焊道布置和焊接顺序；

(6) 焊接位置（平、立、横、仰焊等）；

(7) 焊接规范参数（电源极性、焊接电流、电弧电压、焊接速度和保护气体流量）；

(8) 焊前预热和道间温度、焊后热处理及焊后消除应力的措施等；

(9) 施焊环境：现场施焊或车间施焊；

(10) 其他有关的特殊要求。

3.1.2.3 通常在采用新材料、新工艺时，应进行工艺认可试验，以证实该焊接工艺的适用性。

3.1.2.4 对认可试验的焊接工艺，应在验船师在场时进行试验。试验结束后应将试验结果记入工艺认可试验报告，随认可工艺规程一起提交CCS认可。

3.1.2.5 如焊接工艺业经CCS认可，则以后按此工艺施工时，可免做焊接工艺认可试验。当工厂对已批准的焊接工艺规程进行改动时，应将所有改动的细节向CCS报告。CCS根据改动的具体内容决定是否重做焊接工艺认可试验。

3.1.3 认可焊接工艺的适用范围

3.1.3.1 钢材焊接工艺

(1) 钢材和焊接材料的适用范围一般为认可试验时所采用的相同等级钢材和焊接材料。但韧性级别高的材料工艺试验通过后，若能证明焊接工艺参数对焊缝性能无明显影响，经CCS同意后，可将此工艺用于韧性级别较低的材料。

(2) 当采用多道焊工艺时，钢板厚度的适用范围为试验所用钢材厚度的50%～200%；对于海上设施，钢板厚度的认可范围为75%～125%。当采用单道焊工艺时，钢板厚度的适用范围为试验所用钢材厚度的80%～110%。

(3) 钢管直径的适用范围为试验所用钢管直径的50%～200%，管壁厚度认可范围按钢板的厚度范围认可。

3.1.3.2　铝合金焊接工艺

(1)　铝合金焊接工艺认可按母材化学成分分组如下：

镁含量不大于4%的铝－镁系铝合金；

镁含量大于等于4%且小于6%的铝－镁系铝合金；

铝－硅－镁系铝合金。

(2)　认可用于某一铝合金的焊接工艺也可用于同组材料，强度相等或较低的铝合金。认可用于高含镁量组的铝合金焊接工艺可用于低含镁量组铝合金的焊接。

(3)　认可的铝合金焊接工艺对母材厚度的适用范围见表3.1.3.1(3)。

角焊缝焊喉高度的适用范围一般为0.75~1.5倍认可焊喉高度，但大于等于10mm的认可焊喉高度适用于大于等于10mm的焊喉设计。

铝合金厚度的认可范围　　表3.1.3.2(3)

试板厚度 t（mm）	认可范围	
	单道或双面单道对接焊	多道对接焊和角接焊
$t \leqslant 12$	$(0.8 \sim 1.1)t$	3 mm ～ $2t$①
$12 < t \leqslant 100$	$(0.8 \sim 1.1)t$	$(0.5 \sim 2)t$ 但不超过150mm

注：① 对接板小于3mm者，认可的最小厚度即为试板厚度。

3.1.3.3　焊缝坡口形式不应作任意变更。

3.1.3.4　焊接规范参数中的焊接电流或电弧电压的任一个值的波动范围一般应不超过 ±15%。焊接速度的波动范围一般应不超过 ±10%。

3.1.3.5　预热温度的波动范围应在规定最高和最低预热温度之间。

第2节　对接焊工艺认可试验

3.2.1　一般要求

3.2.1.1　本节适用于平板对接焊和圆管对接焊的焊接工艺认可试验。

3.2.1.2　对接焊工艺认可试验应按不同的焊接方法和不同的焊接位置分别进行试验。

3.2.2　试件

3.2.2.1　试件所选用的母材和焊接材料应与实际施工所采用的母材和焊接材料同等级别。

3.2.2.2　平板对接焊试板的尺寸按表3.2.2.2的规定。试板的取向应使焊缝平行于试板的轧制方向。

平板对接焊试板尺寸　　表3.2.2.2

试板材料 / 试板尺寸（mm） / 焊接方法	钢材		铝合金	
	长度 L	宽度 b	长度 L	宽度 b
手工焊、半自动焊	≥ 500	150	≥ 400	300
自动焊	≥ 650	200	≥ 1000	400

圆管对接焊试管的长度 L 应不小于150mm。当圆管直径大于600mm时，可用平板代替圆管作相应位置的对接焊。

上述试板的尺寸可根据实际采用的方法作适当调整。

3.2.2.3 焊缝坡口形式、装配、焊接及热处理工艺等均应与工艺规程中规定的相同。试件的焊接位置应与实际施焊位置相同。

3.2.3 取样前检测

3.2.3.1 试验前应对试件进行外观检查和无损检测，其中对于海上设施，母材厚度小于50mm的试件，应进行射线检测；母材厚度大于或等于50mm的试件，应进行超声波检测和磁粉检测。焊缝表面应成形均匀，平滑地向母材过渡，无裂纹、明显的焊瘤和咬边等有害缺陷。焊缝内部应无不允许存在的缺陷。

3.2.4 钢质船体结构的对接焊工艺试验项目

3.2.4.1 钢质船体结构的对接焊工艺试验一般应按图3.2.4.1所示从试件上切取如下试样：

(1) 焊缝横向拉伸试样2个；

(2) 焊缝正反弯试样各1个。若试件厚度大于20mm时，可改取侧弯试样2个；

(3) 当试件厚度大于6mm时,应制取冲击试样3组（每组3个）。一般试样应取自试件的厚度中心，见图3.2.4.1(3)所示，试样的缺口位置分别位于焊缝中心、熔合线和距熔合线2mm的热影响区处。

当验船师认为有必要时可加试一组缺口位置位于距熔合线5mm的热影响区处的冲击试样。

当采用单面焊双面成型工艺时，还应在尽可能靠近试件背面的表面处取2组冲击试样。其缺口位置分别位于焊缝中心和熔合线处；

(4) 焊缝断面宏观检查与硬度测试试样各1个（可利用截弃段制备试样）。母材为一般强度钢，且厚度不大于20mm的试件，可免做硬度试验；

(5) 对于散装液化气体船的液货舱和处理用受压容器的每个试件均应进行上述试验。其中弯曲试验，若母材和焊缝金属具有不同的强度级别，可以纵向弯曲试验替代横向弯曲试验；

(6) 除上述试验外，对散装液化气体船的C型独立液货舱，还应加试1个熔敷金属纵向拉伸试样进行焊缝金属纵向拉伸试验。

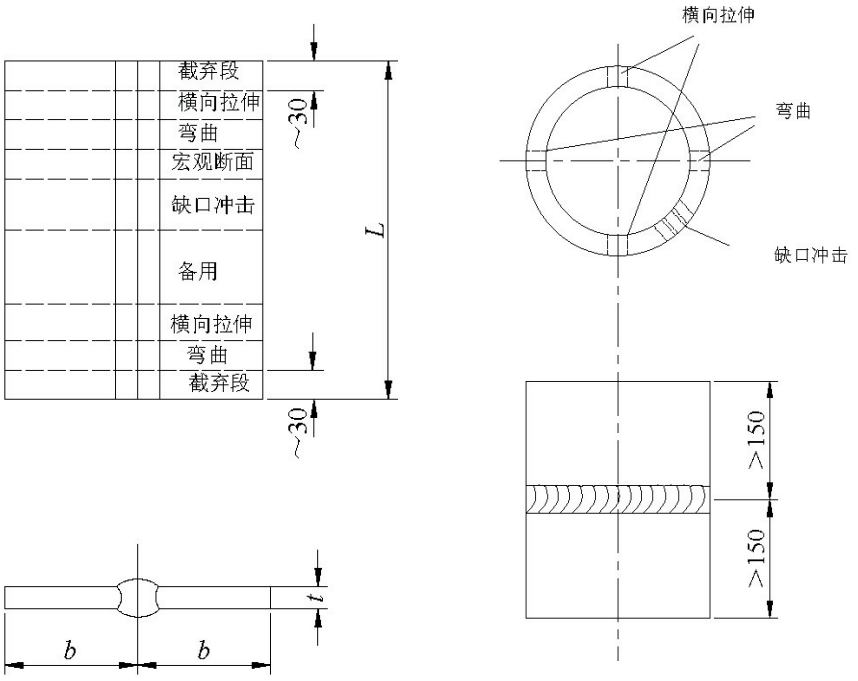


图3.2.4.1

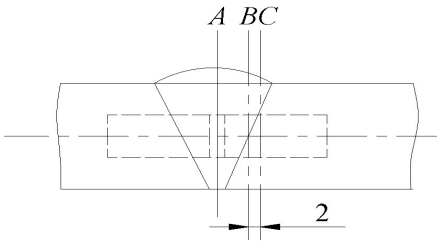


图 3.2.4.1(3)

3.2.5　钢质海上设施结构的对接焊工艺试验项目

3.2.5.1　钢质海上设施结构的对接焊工艺试验一般应按图 3.2.5.1 所示从试件上切取如下试样：

(1) 板材厚度大于 20mm 的对接焊试验，取 2 个焊缝横向拉伸试样和 1 个熔敷金属拉伸试样；厚度小于 20mm 的试件只取 1 个焊缝横向拉伸试样；管子对接焊，取 2 个焊缝横向拉伸试样。

(2) 试件厚度小于 50mm 时，冲击试样应取自焊缝的最后焊层且距上表面 2mm。如图 3.2.5.1(2) 所示，4 组试样（每组 3 个）的 V 型缺口位置分别为焊缝中心、熔合线、距熔合线 2mm 及 5mm 的热影响区。试件厚度大于或等于 50mm 时，除按上述要求取样外，还要在焊缝根部取样 2 组，缺口位置分别在焊缝中心和熔合线。

(3) 当母材碳当量小于或等于 0.43%时，硬度试验按船体结构工艺试验的要求进行；当母材碳当量大于 0.43%时，应进行第一道焊缝区域的硬度试验，如图 3.2.5.1(3) 所示，沿“1”箭头方向，每隔 0.5mm 分别测试焊缝、热影响区及母材的硬度。再根据测出的最高硬度区域，沿“2”箭头方向测试硬度，符合要求才允许焊后继焊道。

(4) 弯曲试验 4 个（正弯 2 个，反弯 2 个）、焊缝断面宏观检查 2 个及附加试验按船体结构工艺试验的要求进行。必要时验船师可要求进行断裂力学试验。

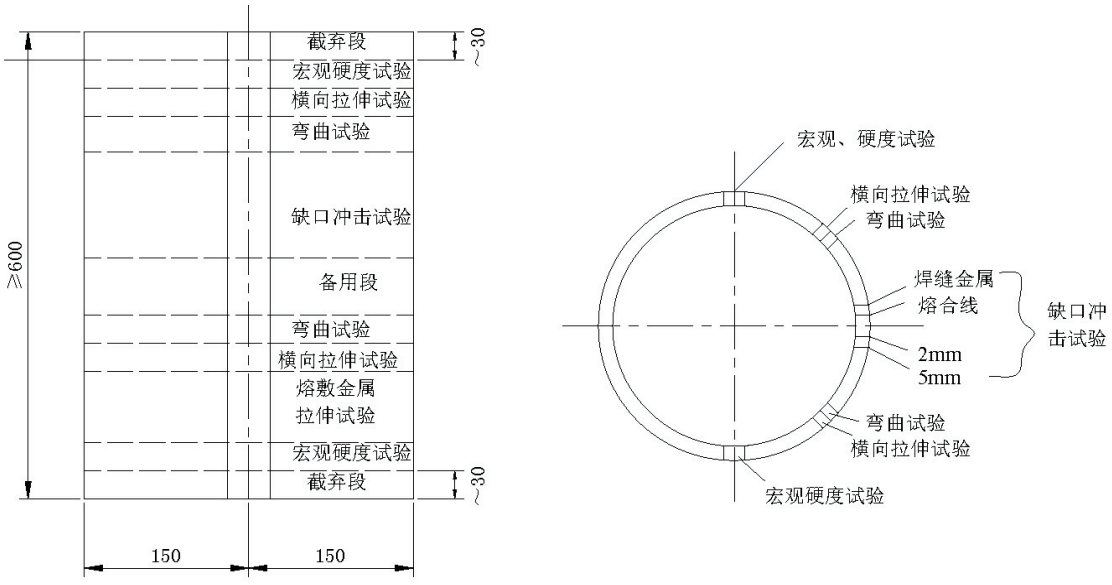


图 3.2.5.1

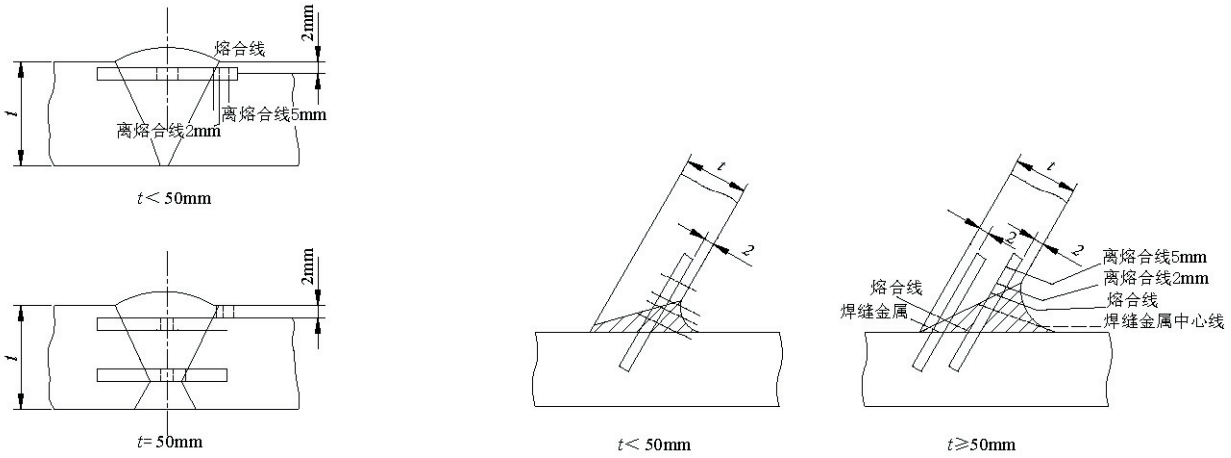


图 3.2.5.1(2)

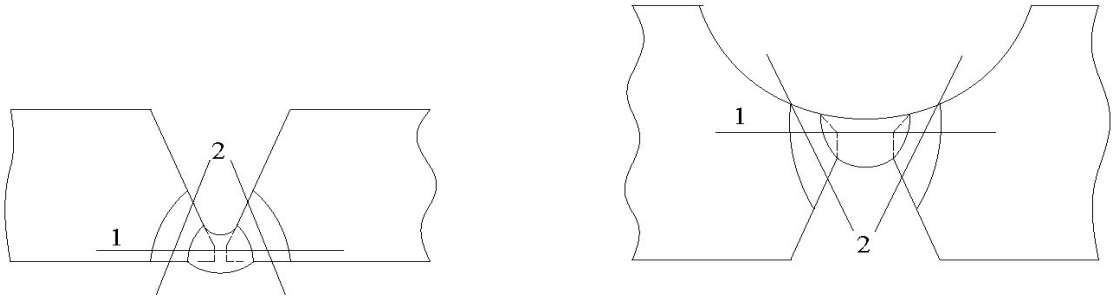


图 3.2.5.1(3)

3.2.6 铝合金结构的对接焊工艺试验项目

3.2.6.1 铝合金结构的对接焊工艺试验一般应按图 3.2.6.1 所示从试件上切取如下试样：

(1) 焊缝横向弯曲试样 4 个（正弯 2 个，反弯 2 个）。

(2) 焊缝横向拉伸试样 2 个和焊缝断面宏观检查 1 个（可利用截取段制取）应按船体结构工艺试验的要求进行。

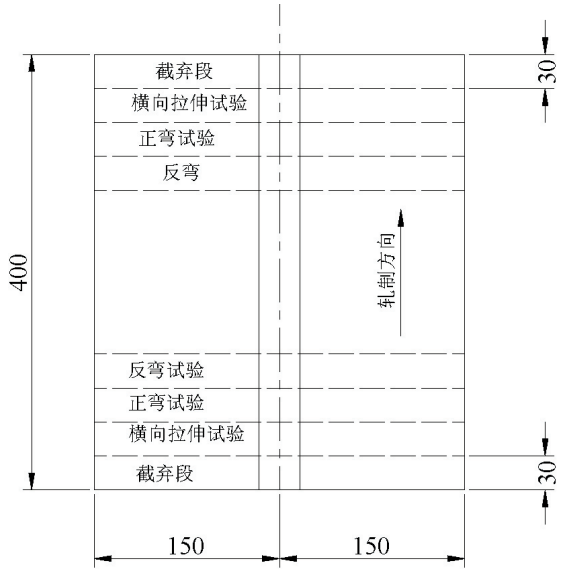


图 3.2.6.1

3.2.7　其他检查与试验

3.2.7.1　除本节3.2.4、3.2.5和3.2.6中的试验外，如验船师认为有必要，可要求进行下列检查和试验：

(1) 熔敷金属的化学成分；

(2) 试件母材的化学成分；

(3) 放大倍数为100和300倍的焊接接头金相照片；

(4) 焊缝熔敷金属纵向拉伸试验。

3.2.8　钢质结构焊接工艺试验结果要求

3.2.8.1　接头的抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度。

3.2.8.2　焊缝熔敷金属的屈服强度应不低于母材规定的最小屈服强度或设计时所考虑的最小屈服强度，其抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度，其伸长率应不低于母材规定的最小伸长率的80%。

3.2.8.3　弯曲试验后，试样的受拉表面应不出现长度超过3mm的裂纹或其他缺陷。

3.2.8.4　夏比V型缺口冲击试验的试验温度应符合表3.2.8.4(a)的规定，其试验结果应符合表3.2.8.4(b)的规定。

冲击试验的温度要求　　表3.2.8.4(a)

试验材料等级	A、B、A32、A36、A40	D、D32、D36、D40	E、E32、E36、E40、D42、D46、D50、D55、D62、D69	F32、F36、F40、E42、E46、E50、E55、E62、E69	F42、F46 F50、F55、F62、F69
冲击试验温度（℃）	20	0	-20	-40	-60

冲击试验的韧性要求　　表3.2.8.4(b)

试验材料等级	A、B D、E	A32、D32 E32、F32	A36、D36 E36、F36	A40、D40 E40、F40	D42、E42 F42	D46、E46、F46	D50、E50、F50	D55、E55、F55	D62、E62、F62	D69、E69、F69
平均冲击功J	47①			47②	47	47	50	55	62	69

注：① 立焊和埋弧自动焊时平均冲击功可为34J。

② 立焊和埋弧自动焊时平均冲击功可为41J。

3.2.8.5　焊缝断面宏观检查应显示焊缝完全焊透、无裂纹。若焊缝出现夹渣或气孔时，应将这类缺陷的数量、大小、位置和密集程度提交CCS认可。

3.2.8.6　硬度测试的结果一般应不超过HV350。若超过HV350，应将结果提交CCS认可。对于海上设施应不超过HV325。若超过HV325，应将结果提交CCS认可。

3.2.8.7　无损检测结果的评定应符合公认有关标准的要求。

3.2.9　铝合金焊接工艺试验结果要求

3.2.9.1　接头的抗拉强度应符合表3.2.9.1的要求。

接头抗拉强度要求　　表3.2.9.1

牌号	最小抗拉强度（N/mm^2）
5754	190
5086	240
5083	275
5454	215
6005A	170
6061	170
6082	170

3.2.9.2 弯曲试验后，试样的受拉表面应不出现长度超过 3mm 的裂纹或其他缺陷。

3.2.9.3 焊缝断面宏观检查应显示焊缝完全焊透、无裂纹，并不应有超过公认标准允许的夹渣或气孔。

3.2.9.4 无损检测结果的评定应符合公认有关标准的要求。

第 3 节　角接焊工艺认可试验

3.3.1　一般要求

3.3.1.1　本节适用于平板、管子或管板角接焊缝和铝合金 T 形接头的焊接工艺认可试验。

3.3.1.2　角接焊缝工艺认可试验应按不同的焊接方法和不同的焊接位置分别进行。

3.3.2　试件

3.3.2.1　试件所选用的母材和焊接材料应与实际施工所采用的母材和焊接材料同等级别。

3.3.2.2　平板钢板试件的翼板宽约为 150mm，腹板宽约为 75mm。试件的长度，对手工焊不小于 300mm；对自动焊不小于 500mm，其厚度为 15 ～ 20mm。

管板试件的平板边长至少应比试管外径大 50mm。

管板试件的管段长度应大于 150mm。

铝合金平板试件，对手工焊和半自动焊，长度 L 为 350mm，宽度 W 为 150mm；对自动焊，长度 L 为 1000mm，宽度 W 为 150mm。

3.3.2.3　焊缝坡口形式、装配与焊接等要求均应与工艺规程的规定相同。

3.3.2.4　试件焊缝的焊脚尺寸应根据焊接工艺和下列要求确定：

(1) 单道焊：以结构中选用的最大焊脚尺寸作为试验焊缝的单道熔敷焊道的焊脚尺寸；

(2) 多道焊：以结构中选用的最小焊脚尺寸作为每道熔敷焊道的焊脚尺寸，以完成多道焊的焊缝试验。

3.3.3　试验项目

3.3.3.1　试件焊毕后应进行外观检查。焊缝表面应成型均匀，无裂纹以及无明显的焊瘤和咬边等缺陷。对于海上设施，应对试件表面进行着色或磁粉检测。铝合金试件应 100％进行着色检测。

3.3.3.2　平板角接焊应按图 3.3.3.2 所示截取试样。在试件的两端截弃长度约为 30mm 的截弃段，然后在试件长度中心处截取一段长度约 25mm 的试样作为焊缝断面宏观检查和硬度测试试样，剩余两段为角焊缝破断试样。

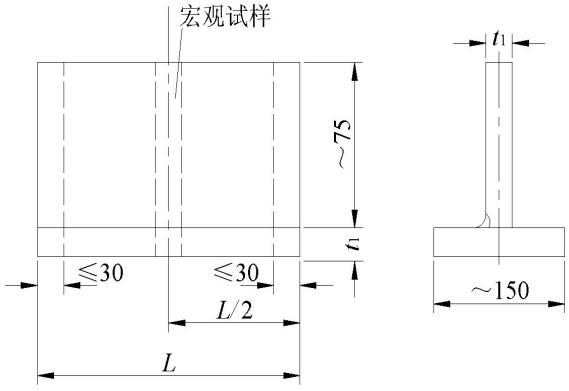
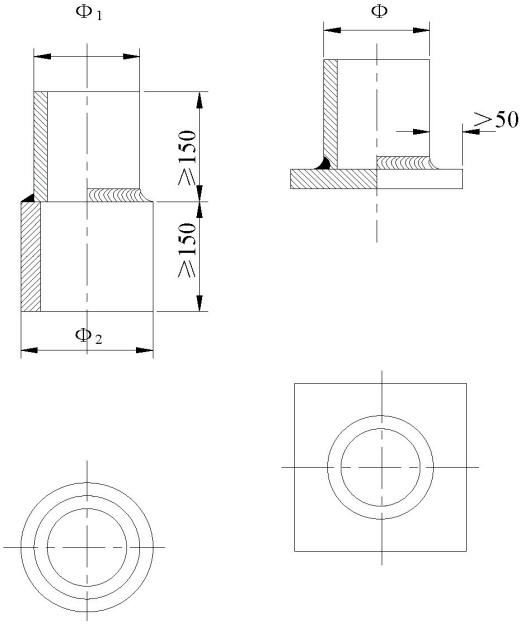


图　3.3.3.2

3.3.3.3　对于海上设施结构的工艺试验，还应进行 3 组硬度试验（可利用宏观检查后的试样剖面进行，每个剖面 1 组）。

3.3.3.4　除另有规定外，管子角接和管板角接的试样一般应按图 3.3.3.4(1) 或 (2) 所示四等分截取。对每个焊缝断面作宏观检查。



（1）圆管角接试件　　（2）管板角接试件

图 3.3.3.4

3.3.4　试验结果要求

3.3.4.1　焊缝断面宏观检查应显示出焊缝成形良好、完全熔合。同时在此试样上测定腹板上的焊缝熔深，并记入报告。

3.3.4.2　破断试样的破断面应显示出焊缝无裂纹、无未熔合。若焊缝中出现夹渣或气孔，应将这类缺陷的数量、大小、位置和密集程度记入报告，并提交 CCS 认可。

3.3.4.3　钢质结构硬度测定的结果一般应不超过 HV350。若超过 HV350，应将结果提交 CCS 认可。其中对于海上设施结构应不超过 HV325。若超过 HV325，应将结果提交 CCS 认可。

3.3.4.4　无损检测结果的评定应符合公认的有关标准要求。

第 4 节　T 形、K 形与 Y 形板构件全焊透工艺认可试验

3.4.1　一般要求

3.4.1.1　钢质海上设施结构的 T 形、K 形和 Y 形板构件全焊透工艺认可试验应按不同的焊接方法和不同的焊接位置分别进行。

3.4.1.2　T 形板构件焊缝试验可代替 K 形及 Y 形板构件的试验。

3.4.2　试件

3.4.2.1　试件所选用的钢材和焊接材料应与实际施工所采用的钢材和焊接材料同等级别。

3.4.2.2　T 形板构件的试件如图 3.4.2.2 所示。试板厚度根据构件尺寸相应确定。焊缝长度为 400mm。

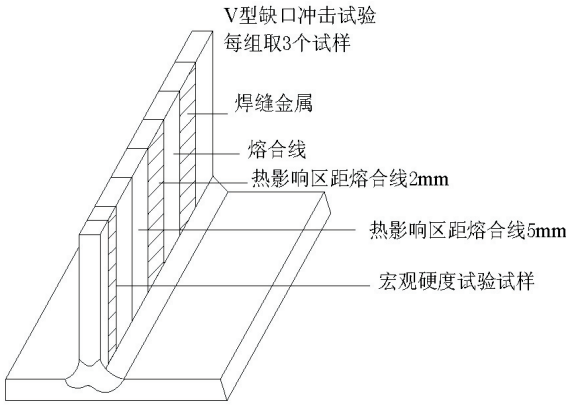


图 3.4.2.2

3.4.2.3 焊缝坡口形式、装配及焊接等要求均应与工艺规程的规定相同。

3.4.3 试验项目

3.4.3.1 试件除舍去部分外应作下列检查：外观检查、着色或磁粉及超声波检测。焊缝表面应成型均匀，无裂纹、无明显的焊瘤和咬边等缺陷。无损检测应符合公认有关标准的要求。

3.4.3.2 除另有规定外，一般应按图 3.4.2.2 所示从试件上切取试样。

3.4.4 试验结果要求

3.4.4.1 夏比 V 型缺口冲击试验的试验温度应符合表 3.2.8.4(a) 的规定，其试验结果应符合表 3.2.8.4(b) 的规定。

3.4.4.2 焊缝断面宏观检查应显示焊缝完全焊透、无裂纹。若焊缝出现夹渣或气孔时，应将这类缺陷的数量、大小、位置和密集程度提交 CCS 认可。

3.4.4.3 硬度测试的结果一般应不超过 HV325。若超过 HV325，应将结果提交 CCS 认可。

3.4.4.4 无损检测结果的评定应符合公认的有关标准的要求。

第 5 节 倾斜或 T 形管节点全焊透工艺认可试验

3.5.1 一般要求

3.5.1.1 钢质海上设施的倾斜或 T 形管节点全焊透工艺认可实验应按不同的焊接方法和不同的焊接位置分别进行。

3.5.2 试件

3.5.2.1 除另有规定外，倾斜或 T 形管节点焊接试件一般应按图 3.5.2.1 布置。

3.5.2.2 管节点立柱、倾斜撑杆直径、壁厚和倾角等有关参数应根据结构相应确定。一般倾角为 30° ～ 45°，或选用结构可能出现的最小倾角。倾斜撑杆的最小长度取撑杆的直径或 300mm。坡口设计、加工、装配及焊接工艺应符合实际结构的要求。

3.5.2.3 若管节点立柱直径大于 600mm，则可用厚度与管壁相同的同级钢板代替，但要有足够的尺寸。

3.5.2.4 管节点分车间焊接（转动）和现场焊接（固定）两种情况，各焊 1 试件。试验焊缝长度应为整个节点焊缝长度。当整个节点焊缝长度为 800mm 时，试验焊缝可取节点焊缝长度的一半。

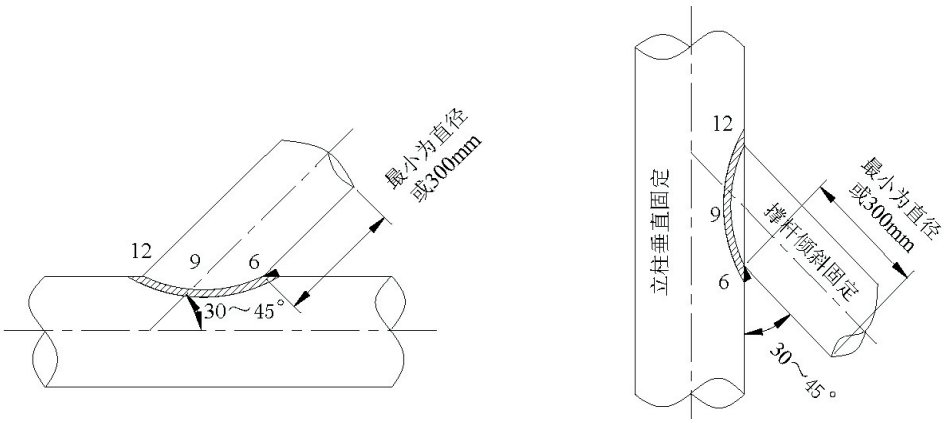


图 3.5.2.1

3.5.3　试验项目

3.5.3.1　焊缝应作磁粉或着色及超声波检测。

3.5.3.2　冲击试验 4 组（每组 3 个）。如图 3.5.2.1 所示，试样在邻近“9”点的部位截取，其缺口位置分别为焊缝中心、熔合线、距熔合线 2mm 和 5mm 的热影响区。V 型缺口垂直于倾斜管管壁。

3.5.3.3　焊缝断面宏观检查 2 个，分别在管节点”6”点和”12”点部位截取。

3.5.4　试验结果要求

3.5.4.1　夏比 V 型缺口冲击试验的试验温度应符合表 3.2.8.4(a) 的规定，其试验结果应符合表 3.2.8.4(b) 的规定。

3.5.4.2　焊缝断面宏观检查应显示焊缝完全焊透、无裂纹。若焊缝出现夹渣或气孔时，应将这类缺陷的数量、大小、位置和密集程度提交 CCS 认可。

3.5.4.3　无损检测结果的评定应符合公认的有关标准要求。

第4章　焊工资格考试

第1节　一 般 规 定

4.1.1　适用范围

4.1.1.1　本章的规定适用于船体及海上设施的结构、机械、锅炉与受压容器及管系等的碳钢、碳锰钢、合金钢及铝合金的手工电弧焊、半自动焊和TIG焊焊接工艺。

4.1.1.2　母材、焊接材料和焊接方法不同于本章规定者，其焊工资格考试要求应提交CCS认可。

4.1.2　焊工考试委员会

4.1.2.1　有关工厂可单独或联合成立焊工考试委员会，负责按本章要求具体实施焊工资格考试。

4.1.2.2　焊工考试委员会一般应由工厂技术负责人、焊接工程技术人员、焊接质量检验人员、有经验的技术工人及CCS验船师等人员组成，并报CCS认可。

4.1.3　报考条件

4.1.3.1　具备下列条件之一者，可向考委会提出申请。报考人经审查批准，可参加考试：

(1) 持有技校焊接专业毕业证书，现从事焊接工作者。

(2) 能独立承担焊接工作，具有熟练操作技能，现从事焊接工作者。

(3) 经过基本知识和操作技能培训者。

(4) 参加水下焊工考试者，还应持有有效的潜水员证书或潜水学校颁发的潜水员毕业证书并具有一定的水下焊接技能，或经过水下焊接培训的潜水员，经考试委员会审查批准。

(5) 凡取得Ⅰ级水下焊工资格，并经2年水下焊接作业后，方可申请Ⅱ级水下焊工资格考试；取得Ⅱ级水下焊工资格，并经2年水下焊接作业后，方可申请Ⅲ级水下焊工考试。

4.1.3.2　从事焊接作业的焊工应按本章要求参加相应类别的资格考试。考试合格者，CCS将颁发相应的资格证书。

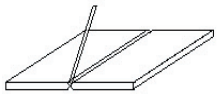
4.1.4　焊工资格分类

4.1.4.1　焊工等级按照施焊结构种类、母材厚度及焊接位置的不同对于板材分为Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ级；对于管材分为I_P、II_P、III_P级。水下湿法定位焊为T级。

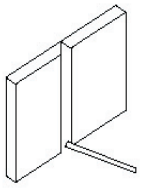
4.1.4.2　按照不同的焊接位置，考试科目的分类见表4.1.4.2及图4.1.4.2所示。

考试科目分类　　**表4.1.4.2**

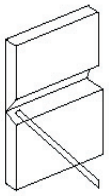
试件形式	考试科目代号	焊接位置
板材对接焊	F	平焊
	V	立焊
	H	横焊
	O	仰焊
管子对接焊	1G	管子水平滚动焊
	2G	管子垂直固定焊
	5G	管子水平固定焊
	6G	管子倾斜45°固定焊
	6GR	带有限制环的管子倾斜45°固定焊



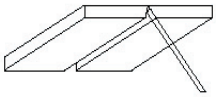
试板平焊F



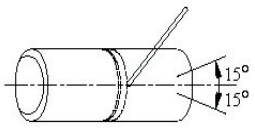
立焊V



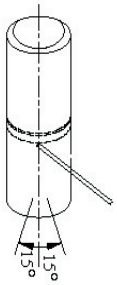
横焊H

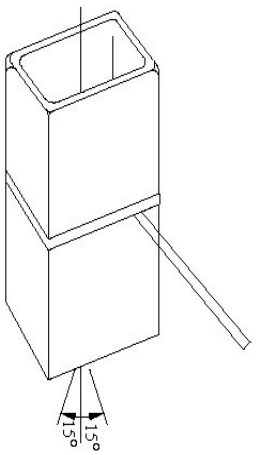


仰焊O

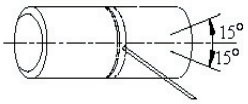


1G管子水平滚动焊

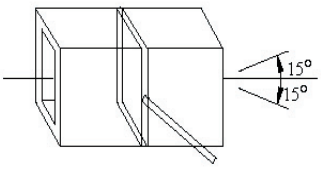




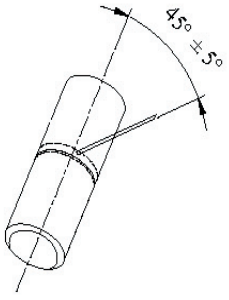
2G管子垂直固定焊



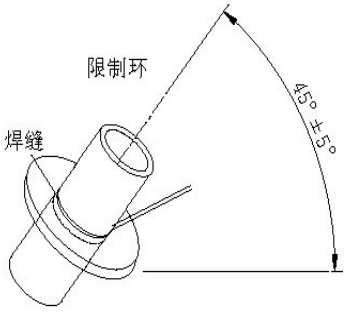
5G管子水平固定焊



5G管子水平固定焊



6G管子倾斜45° 固定焊



BGR带有限制环的
管子倾斜45° 固定焊

限制环的外径比壁厚较大的管子的外径至少大300mm，且安装在该管子的外缘，距两管子接缝及壁厚较大的管材的端面距离不大于13mm

图 4.1.4.2

4.1.5 复试与重新考试

4.1.5.1 每一考试科目中，如有1个试样不合格，可在原试件上取2倍试样按原试验要求进行复试，复试全部合格者，该科目为合格。

4.1.5.2 每一考试科目中，如有2个试样不合格，则该科目为不合格，不进行复试。

4.1.5.3 不合格的考试科目允许在1个月内进行1次该科目的补考。补考的全部试样合格则该科目合格。

4.1.5.4 焊工考试全部科目不合格者，1个月后方可重新参加考试。全部考试科目合格后方能发给证书。重新考试仍不合格者，应经过培训后方可重新申请考试。

4.1.5.5 凡由于试件加工不当，或因非焊接因素造成缺陷而导致试验不合格者，试件作废并重新焊接后进行试验。

4.1.6 证书和标志

4.1.6.1 焊工考试合格后，由CCS发给《焊工资格证书》，焊工应严格按照证书所规定的工作范围进行焊接操作。

4.1.6.2 焊工在进行焊接操作时，验船师可随时检查其《焊工资格证书》。

4.1.6.3 《焊工资格证书》的有效期为发证之日起3年。定位焊科目的《焊工资格证书》为长期有效。

4.1.6.4 在有效期满之前，焊工应重新参加考试，重新考试可着重于操作技能考试。经考试合格，可再取得有效期3年。

4.1.6.5 焊工在证书有效期内，焊接质量一贯良好，无损检测合格率保持在90%以上，且具有产品质量记录，经验船师审查，由焊工考试委员会提名并报CCS认可后，可予免试延长有效期1年。

4.1.6.6 对同时具有手工焊和半自动焊《焊工资格证书》的焊工，证书更新时，手工焊考试合格，两张证书即可同时更新。

4.1.6.7 焊工考试（包括定位焊）合格后，如连续6个月未从事焊接操作，则应在重新操作前，先焊一件本人证书规定科目中最难位置的试件，经试验合格后，方能从事焊接操作。

第2节 焊工考试与评定

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 焊工考试内容分基本知识和操作技能两种。焊工应先进行基本知识考试，基本知识考试合格后，才能参加操作技能考试。

4.2.1.2 基本知识考试的内容应与焊工实际工作相适应，可包括常用母材、焊接材料、焊接设备和工艺及焊接安全等基础知识。考试范围应报CCS认可。

4.2.1.3 焊工应按本章规定参加操作技能考试，考试应在验船师监督下完成。主考人员应填写焊工考试现场记录并由验船师确认。考试委员会应填写考试评定汇总表上报CCS。

4.2.1.4 考试所用的板材、管材、焊接材料应符合本规范第1篇和本篇第2章的有关规定。考试试件材料应选取具有代表性的材料。

4.2.1.5 焊接前，应在试件上打上焊工代号钢印和焊接位置记号。水平固定和45°固定的管子应打上焊接位置的钟点记号。

4.2.1.6 试件坡口两端不应使用引弧板和熄弧板。

4.2.1.7 试件一经施焊，不得改换焊接位置。施焊过程中，应始终保持焊接方向一致，不应变更。立焊的焊接方向应由下向上施焊。

4.2.1.8　除非母材另有要求，在焊接前后试件应不作任何处理（包括预热、焊后热处理、锤击、焊缝表面打磨或修补等）。

4.2.2　操作技能考试内容

4.2.2.1　船体对接焊焊工操作考试科目分类及试验项目见表4.2.2.1。

4.2.2.2　船用锅炉及压力容器对接焊焊工考试科目分类及试验项目见4.2.2.2。

4.2.2.3　海上设施对接焊焊工考试科目分类及试验项目见表4.2.2.3。

船体焊工考试科目分类及试验项目　　**表4.2.2.1**

试件形式	等级	考试科目代号	试件厚度（板厚 t，外径 d），mm	试验项目及试样数量				适用工作范围
				正弯	反弯	侧弯	弯曲角度	
试板对接焊	I	F	t=4～5	1	1		90°	厚度≤10mm的一般板结构的平焊
			t=8～10	1	1		180°	厚度8～20mm的一般板结构的平焊
			$t \geqslant 20$			2		厚度＞10mm的一般板结构的平焊
	II	F、V	t=4～5	各1	各1		90°	厚度≤10mm的主要板结构的平、立焊
		V、H	t=8～10	各1	各1		180°	厚度8～20mm的主要板结构的平、立、横焊
			$t \geqslant 20$			各2		厚度＞10mm的主要板结构的平、立、横焊
	III	V、O	t=4～5	各1	各1		90°	厚度≤10mm的重要板结构的全位置焊
		V、O	t=8～10	各1	各1		180°	厚度8～20mm的重要板结构的全位置焊
		V、H、O	$t \geqslant 20$			各2		厚度＞10mm的重要板结构的全位置焊
			t=8～10	各1	各1			
管子对接焊	I_p	1G	d＜150（t=4～5）	1	1		90°	壁厚≤8mm，d＜150的一般结构的管子水平滚动焊
			$d \geqslant 150$（t=4～5）					壁厚≤8mm，d≥150的一般结构的管子水平滚动焊
	II_p	2G或5G	d＜150（t=8～10）	2G为1 5G为2	2G为1 5G为2		180°	壁厚8～20mm，d＜150的主要结构的管子相应固定位置焊
			$d \geqslant 150$（t=8～10）					壁厚8～20mm，d≥150的主要结构的管子相应固定位置焊
	III_p	6G或2G＋5G	$d \geqslant 150$（t=8～10）	各2	各2		180°	壁厚8～20mm的重要结构的管子全位置焊
			$d \geqslant 150$ $t \geqslant 15$			各2		壁厚＞10mm的重要结构的管子全位置焊

注：① 管子对接焊不允许带有任何垫环。

② 试板对接焊可按工艺要求带或不带垫板。

③ 试板对接焊时，可采用反变形措施或强制固定措施。施焊后试板角变形应不大于5°。

④ 表中弯曲角度仅适用于碳钢和碳锰钢，铝合金的弯曲角度为180°，其他材料的弯曲角度应提交CCS认可。

船用锅炉及压力容器焊工考试科目分类及试验项目 表 4.2.2.2

试件考试	等级	考试科目代号	试件厚度（板厚 t，外径 d）(mm)	试验项目及试样数量				适用工作范围
				射线检测	冷弯 180°			
					正弯	反弯	侧弯	
试板对接焊	I	F	t=4 ～ 5	要求	1	1		厚度≤ 2t 的板结构的平焊
			t=16				2	厚度＞ 10mm 的板结构的平焊
	II	F、V	t=4 ～ 5		各 1	各 1		厚度≤ 2t 的板结构的平、立焊
			t=16				各 2	厚度＞ 10mm 的板结构的平、立焊
	III	H、V、O	t=4 ～ 5		各 1	各 1		厚度≤ 2t 的板结构的全位置焊
			t=16				各 2	厚度＞ 10mm 的板结构的全位置焊
管子对接焊	Ip	1G	d ≤ 60 (t=3 ～ 6)	要求	1	1		壁厚≤ 2t，d ≤ 76mm 的结构的管子滚动平焊
			d ≥ 100 (t=3 ～ 6)		1	1		壁厚≤ 2t，d>76mm 的结构的管子滚动平焊
	IIp	2G 或 5G	d ≤ 60 (t=3 ～ 6)		2G 为 1 5G 为 2	2C 为 1 5G 为 2		壁厚≤ 2t，d ≤ 76mm 的管子相应固定位置焊的主要结构
			d ≥ 100 (t=8 ～ 10)		2G 为 1 5G 为 2	2G 为 1 5G 为 2		壁厚≤ 2t，d ＞ 76mm 的主要结构的管子相应固定位置焊
	IIIp	2G+5G 或 6G	d ≤ 60 (t=3 ～ 6)		各 2 (2G 为 1)	各 2 (2G 为 1)		壁厚≤ 2t，d ≤ 76mm 的重要结构的管子全位置焊
			d ≥ 100 (t ≥ 15)		各 2 (2G 为 1)	各 2 (2G 为 1)	或各 4 (2G 为 2)	壁厚≤ 2t，d ＞ 76mm 的重要结构的管子全位置焊；当 t ≥ 19mm 时，壁厚不限

注：① 所有试件应单面焊接，不应使用垫板和垫环。

② 试件应在考试位置点焊固定，只能采取反变形措施，不应强制固定，施焊后角变形应不大于 3°。

③ 如有工艺要求，管子考试允许采用氩弧焊打底，但不应有未焊透存在。

④ 施焊过程中任何焊道均不能修补。

⑤ 当试板厚度（壁厚）t ＞ 10mm 时，可采用侧弯代替所要求的正弯和反弯。

⑥ 表中弯曲角度仅适用于碳钢和碳锰钢，铝合金的弯曲角度为 180°，其他材料的弯曲角度应提交 CCS 认可。

⑦ 射线检测评定按照 CCS 接受的有关标准进行。

海上设施焊工考试科目分类及试验项目　　表 4.2.2.3

试件形式	等级	考试科目代号	试件厚度（板厚 t，外径 d）(mm)	试验项目及试样数量				适用工作范围
				正弯	反弯	侧弯	弯曲角度 180°	
试板对接焊	I	F	t = 8 ～ 10	1	1		180°	厚度 8 ～ 20mm 的一般板结构的平焊
			$t \geqslant 20$			2		厚度＞ 10mm 的一般板结构的平焊
	II	V	t=8 ～ 10	1	1		180°	厚度 8 ～ 20mm 的主要板结构的平、立焊
			$t \geqslant 20$			2		厚度＞ 8mm 的主要板结构的平、立焊
	III	V、H、O	t=8 ～ 10	1	1		180°	厚度＞ 8mm 的重要板结构的全位置焊
			$t \geqslant 20$			各 2		
管子对接焊	Ip	1G	d ≥ 150 (t = 8 ～ 10)	1	1		180°	壁厚≤ 2t 的一般结构的管子水平滚动焊
	IIp	2G+5G 或 6G	$d \geqslant 150$ (t ＞ 10)			5G、6G 各 4t；2G 为 2		壁厚≤ 2t 的主要结构的管子对接全位置焊；t ＞ 20mm 时厚度＞ 10mm 的重要结构
	IIIp	6GR	$d \geqslant 200$ ($t_1 \geqslant 13$) ($t_2 \geqslant 18$) ($t_2 - t_1 \geqslant 5$)			4		厚度不限的 T、K、Y 型节点及其他所有结构的管结构的全位置焊接

注：① 6GR 中限制环的位置在考试全过程中不应移动。

② 试板和管子对接应不带任何垫板或垫环。

③ 对于厚度小于 8mm 的一般结构的焊接，可按船体焊工考试的要求进行。

④ 对于角变形的限制要求可按船体焊工考试的要求进行。

⑤ 表中弯曲角度仅适用于碳钢和碳锰钢，铝合金的弯曲角度为 180°，其他材料的弯曲角度应提交 CCS 认可。

4.2.2.4　管板焊接的考试分管板垂直固定焊接和管板水平固定焊接两种，分别对应相应位置的焊接工作。

4.2.2.5　定位焊焊工应以施焊的每一种位置考试一块试板。

4.2.3　试件、试样和试验要求

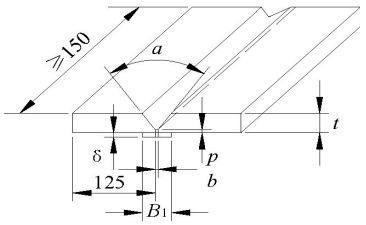
4.2.3.1　试板对接焊试件尺寸和装配要求见表 4.2.3.1 和图 4.2.3.1。

试板对接焊试件尺寸和装配要求　　表 4.2.3.1

试板厚度 t (mm)	V 型坡口角度 α	间隙 b (mm)		钝边 P (mm)	垫板尺寸 $\delta \times B_1$ (mm)
		有垫板	无垫板		
4 ～ 5	≤ 70°（90°）	≤ 5	≤ 2	≤ 2 (6)	(4 ～ 6)×25
8 ～ 10	≤ 70°（110°）	≤ 6	≤ 4		(4 ～ 6)×25
≥ 20	≤ 70°（110°）	≤ 10	≤ 5		(4 ～ 6)×30

注：① 表中 V 型坡口栏括号内的数值适用于铝合金。

② 表中钝边栏括号内的数值适用于铝合金。



单位：mm

图 4.2.3.1

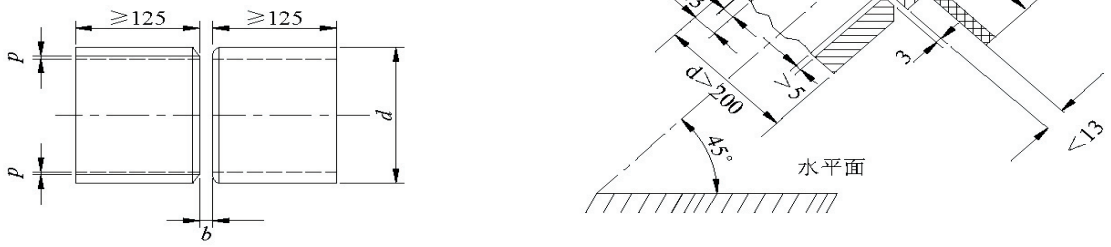
4.2.3.2 管子对接焊试件尺寸和装配要求见表 4.2.3.2 和图 4.2.3.2。

管子对接焊试件尺寸和装配要求 表 4.2.3.2

管子外径 d (mm)	壁厚 t (mm)	V 型坡口角度α	间隙 b (mm)	钝边 p (mm)
≤ 60	3 ～ 6	≤ 70° (90°)	≤ 3	≤ 2
≥ 150	< 10	≤ 70° (90°)	≤ 3	≤ 2(5)
≥ 150	≥ 10	≤ 60° (90°)	≤ 4	≤ 3(5)

注：① 表中 V 型坡口栏括号内的数值适用于铝合金。

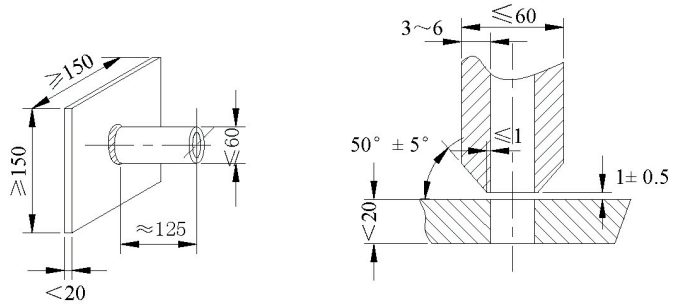
② 表中钝边栏括号内的数值适用于铝合金。



单位：mm

图 4.2.3.2

4.2.3.3 管板焊接试件尺寸和装配要求如图 4.2.3.3 所示。



单位：mm

图 4.2.3.3

4.2.3.4　定位焊试件尺寸及装配要求如图 4.2.3.4 所示。

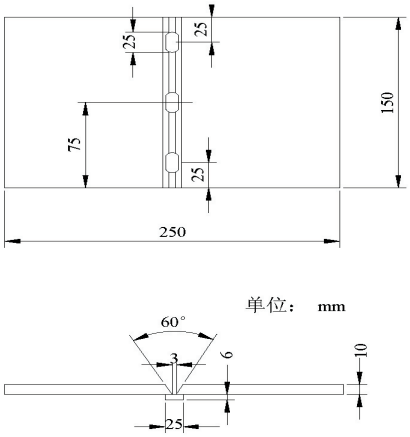


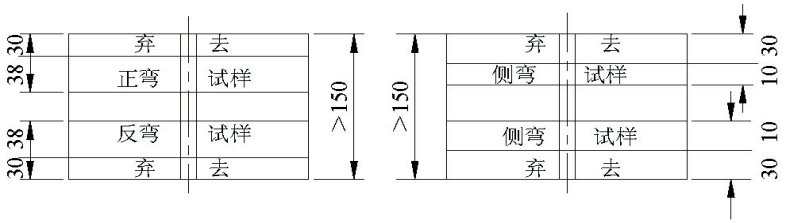
图 4.2.3.4

4.2.3.5　试件施焊后，应用肉眼或不大于 5 倍的放大镜及必要的量具对焊缝进行外观检查。记录焊缝表面缺陷的性质、位置、数量和尺寸。外观检查时，焊缝表面应为焊后原始状态，不应进行任何加工。试件经外观检查合格后方可切取试样。

4.2.3.6　试样的截取方法应不影响材料的性能，一般可采用机械加工方法。如采用气割方法，则每侧应留有不少于 5mm 的机加工余量。

4.2.3.7　焊缝余高和垫板应采用机械加工方法加工至与母材轧制面齐平，焊缝边缘的咬边不应去除。

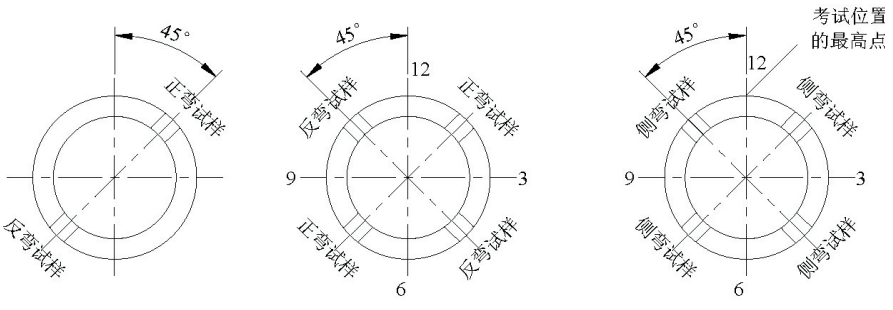
4.2.3.8　各类板试件弯曲试样的截取位置如图 4.2.3.8 所示。



单位： mm

图 4.2.3.8

4.2.3.9　各类管试件弯曲试样的截取位置如图 4.2.3.9 所示。



1G取样位置　　2G ,5G,6G取样位置　　2G ,5G,6G,6GR取样位置

图 4.2.3.9

4.2.3.10 各类试件弯曲试样分正弯、反弯和侧弯三种，其具体要求见本篇第1章图1.2.3.3和图1.2.3.4。其中 t 为试样厚度，取母材厚度。如厚度超过10mm，可在受压面机械加工减薄至10mm；b 为板试样宽度，取38mm；c 为管试样宽度，当管子外径 $d>60$mm时取38mm；当管子外径 $d\leqslant 60$mm时取25mm。

4.2.3.11 弯曲试验可用滚轮装置或压模装置进行。如使用压模装置，压头尺寸要求按本篇第1章表1.2.4.2对焊接工艺认可试验的规定。

4.2.3.12 对带垫板的定位焊，弯曲试验时试板应与该处垫板成整体弯曲，且焊缝表面为受拉面。

4.2.4 试件的评定

4.2.4.1 焊缝外观检查应满足下列要求：

(1) 焊缝表面成形良好，焊缝边缘应平顺过渡到母材，焊缝宽度均匀；

(2) 焊缝表面应无裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤等缺陷；

(3) 焊缝咬边深度应不大于0.5mm。焊缝两侧咬边累计总长度对于板试件应不超过焊缝全长的10%；对于管试件应不超过焊缝全长的20%；

(4) 无垫板的试件焊接后，不应有未焊透，但允许有深度不超过 $0.1t$（t 为试件厚度）且不大于1.5mm、累计长度不超过焊缝全长10%的局部内凹；

(5) 平焊位置的焊缝余高应不大于3mm，其他位置应不大于4mm；每侧焊缝宽度应不大于坡口宽度2.5mm；

(6) 无垫板的试件，焊后其根部焊瘤应不大于3mm；

(7) 管子施焊后，应检查根部熔合情况，不应有任何裂纹、未熔合、未焊透及超过3mm的焊瘤等缺陷；

(8) 对于管板焊接，如图4.2.4.1(8)所示用机械方法将管板试件四等分，取其中两块，对A面进行宏观断面检查，母材和焊缝应完全熔合，并不得有任何裂纹（焊缝根部不大于0.8mm的线状内凹可以不计）。焊缝表面的凹陷和凸起应不大于1.6mm，两焊脚尺寸之差应不大于3.2mm；

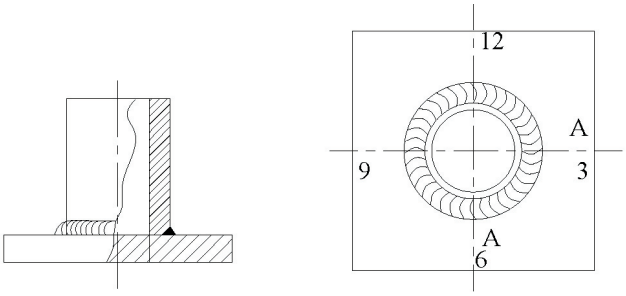


图4.2.4.1(8)

(9) 试件外观检查合格后，应在取样部位打上CCS的标志。

4.2.4.2 试样经过弯曲试验，在其受拉面的任何方向上均不应有超过3mm的裂纹或其他开口缺陷。

4.2.4.3 定位焊焊缝断口在垫板或每个定位焊全长的坡口边缘上，不应出现与母材的未熔合，也不应有大于2mm的夹渣或气孔。

4.2.5 证书适用范围

4.2.5.1 基本知识和操作技能考试均合格的焊工将获得《焊工资格证书》，可从事证书适用范围内的焊接工作。

4.2.5.2 焊工资格证书的适用范围可按下列规定相互替代：

(1) 表4.2.2.2中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类焊工，可替代表4.2.2.1和表4.2.2.3中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类相应厚度和科目所规定的适用工作范围；

(2) 表4.2.2.3中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类焊工，可替代表4.2.2.1中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类相应厚度和科目所规定的适用工作范围；

(3) 表4.2.2.1中的Ⅱp、Ⅲp焊工，可替代表4.2.2.3中Ⅰp所规定的适用工作范围；

(4) 表4.2.2.2中的Ⅰp、Ⅱp和Ⅲp各类别的焊工，在相应的壁厚和科目条件下，可替代表4.2.2.1中的Ⅰp、Ⅱp、Ⅲp和表4.2.2.3中Ⅰp、Ⅱp所规定的适用工作范围；

(5) 表4.2.2.3中的Ⅰp焊工，可替代表4.2.2.1中Ⅰp的相应壁厚所规定的适用工作范围；表4.2.2.3中Ⅱp焊工，可替代表4.2.2.1中Ⅰp、Ⅱp、Ⅲp所规定的适用工作范围；

(6) 表4.2.2.3中的Ⅲp焊工，可替代表4.2.2.1和表4.2.2.2中所有类别规定的适用工作范围。

4.2.5.3 其他：

(1) 经管子试件考试合格可免去相同类别试板的考试；

(2) 经高强度钢试件考试合格，即认为同时具有一般强度钢焊接的资格；

(3) 经使用碱性焊条考试合格，即认为同时具有酸性焊条焊接的资格；

(4) 经不带垫板考试合格，即认为同时具有焊接带垫板的工件的资格；

(5) 各等级的焊工资格均可替代定位焊焊工资格。

第3节　水下焊工考试与评定

4.3.1　一般要求

4.3.1.1　水下焊工考试内容分基本知识和操作技能两部分。焊工应先进行基本知识考试，基本知识考试合格后，才能参加操作技能考试。

4.3.1.2　基本知识考试的内容应与焊工实际的水下焊接工作相适应，可包括常用母材、焊接材料、水下焊接设备和工艺及水下焊接安全等基础知识。考试范围应经CCS认可。

4.3.1.3　焊工应按本节规定参加操作技能考试，考试应在验船师监督之下进行。

4.3.1.4　操作技能考试分为湿法和局部干法两种。

水下湿法焊接是指在水下用手工电弧焊条，不采取任何排水措施直接在试件上进行焊接的方法。水下局部干法焊接是指在水下把试件待焊部位的水人为地排去，形成一个局部气相区以进行焊接的方法。

4.3.1.5　按水下湿法焊接考试合格者，只能从事水下湿法焊接；按水下局部干法焊接考试合格者，只能从事水下局部干法焊接。

4.3.1.6　考试所用的板材、管材、焊接材料应符合本规范第1篇和本篇第2章的有关规定。考试试件材料应选取具有代表性的材料。

4.3.1.7　考试应在所报考的水深中或在相当的模拟环境中进行。应考者可根据实际工作条件自行选择考试水深。

4.3.1.8　考试时，试件的装配、坡口的清理、设备夹具的调节、焊接参数的选择均由应考者自行处理。

4.3.1.9　焊接前，应在试件上打上焊工代号钢印和焊接位置记号。水平固定和45°固定的管子应打上焊接位置的钟点记号。

4.3.1.10　试件坡口两端不应使用引弧板和熄弧板。

4.3.1.11　试件一经施焊，不得改换焊接位置。施焊过程中，应始终保持焊接方向一致，不应变更。立焊的焊接方向应由下向上施焊。

4.3.1.12 除非母材另有要求，试件在焊接前后，应不作任何处理（包括预热、焊后热处理、锤击、焊缝表面打磨或修补等）。

4.3.1.13 湿法T类（水下湿法点固焊）考试，只要求按4.3.3.1(3)焊一道焊缝，作外观检查。

4.3.2 操作考试内容

4.3.2.1 水下焊工操作考试科目分类及试验项目见表4.3.2.1。

水下焊工考试科目分类及试验项目表 表4.3.2.1

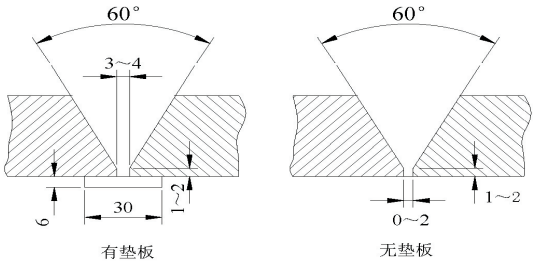
试件形式	等级	考试科目代号	试件厚度(mm)	试验项目及试样数量					适用工作范围	
				腐蚀检查要求	射线检查要求	弯曲试验			最大允许工作水深为考试水深加10m	
						正弯	反弯	侧弯		
板材对接焊(PL)	T	F、H、V	6	要求	要求				定位焊，应急性修补	
	Ⅰ	F	12～14			2	2		厚度＜20mm	板结构的平焊
			20					2	厚度≤1.5t	
	Ⅱ	H、V	12～14			各2	各2		厚度＜20mm	板结构的横焊和立焊
			20					2	厚度≤1.5t	
	Ⅲ	0	12～14			2	2		厚度＜20mm	板结构的全位置焊接
			20					2	厚度≤1.5t	
管子对接焊(PP)	Ⅰp	2G	12～14	要求	要求	2	2		厚度＜20mm	管子垂直固定焊和板结构的平、横焊
			20					2	厚度≤1.5t	
	Ⅱp	5G	12～14			2	2		厚度＜20mm	管子水平固定焊和板结构的全位置焊接
			20					2	厚度≤1.5t	
	Ⅲp	6G	12～14			2	2		厚度＜20mm	管子和板结构的全位置焊接
			20					2	厚度≤1.5t	

4.3.3 试件和试样

4.3.3.1 试件尺寸和装配

(1) 板材对接：板材对接分带垫板和不带垫板两种。不带垫板考试合格者可允许从事相应等级的带垫板焊接。

板材尺寸：长度 L = 400 mm；宽度 B =100mm。装配要求见图4.3.3.1(1)。



单位：mm

图4.3.3.1(1)

(2) 管子对接：见本章第2节图4.2.3.2，其尺寸如下：

长度 $L \geqslant 125$ mm×2；钝边 $h \leqslant 2$ mm

直径：湿法为100～150 mm，局部干法为300～350 mm。

坡口、间隙与板材对接焊相同。

(3)　T 类试板尺寸见图 4.3.3.1(3)。

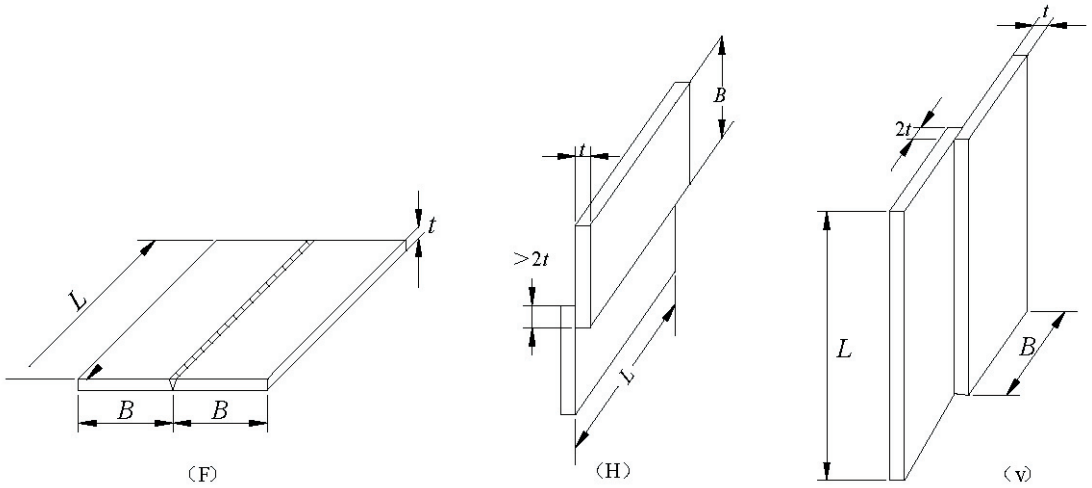
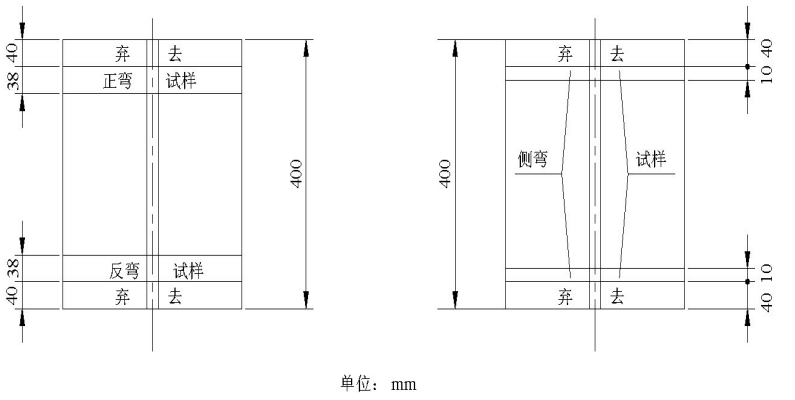


图 4.3.3.1(3)

4.3.3.2　弯曲试样的截取：

(1) 板材对接焊试件的取样位置见图 4.3.3.2(1)；



单位：mm

图 4.3.3.2(1)

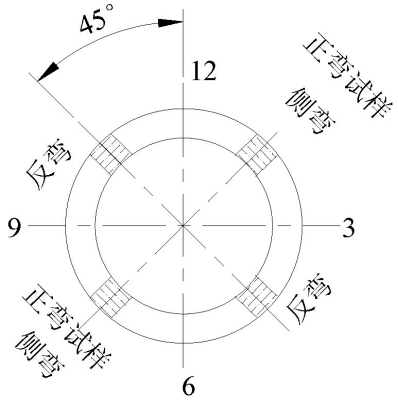


图 4.3.3.2(2)

(2)　管子对接焊试件的取样位置见图 4.3.3.2(2)。

4.3.3.3　弯曲试样和试验的规定见本章 4.2.3.10 和 4.2.3.11。

4.3.4　试件的评定

4.3.4.1　焊缝外观检查应满足下列要求：

(1) 焊缝表面成形良好，焊缝边缘应平顺过渡到母材，焊缝宽度均匀；

(2) 焊缝表面应无裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤等缺陷；

(3) 焊缝表面凹陷深度应不低于母材表面 0.8 mm；

(4) 焊缝咬边深度应不大于 0.8mm。焊缝两侧咬边累计总长度对于板试件应不超过焊缝全长的 10%；对于管试件应不超过焊缝全长的 20%；

(5) 带垫板或不带垫板的试件焊接后，不应有未焊透，但允许有深度不超过 0.1t(t 为试件厚度) 且不大于 1.5mm，累计长度不超过焊缝全长 10%的局部内凹；

(6) 平焊位置的焊缝余高应不大于3mm，其他位置应不大于4mm；每侧焊缝宽度应不大于坡口宽度2.5mm；

(7) 无垫板的试件，焊后其根部焊瘤应不大于3mm。

4.3.4.2 弯曲试验评定要求见本章4.2.4.2。

4.3.4.3 射线检查应满足下列要求：

(1) 焊缝中应无裂纹；

(2) 单个气孔的最大直径应不大于3mm；密集气孔的直径应不大于1.6mm，累计总长度不大于13mm；

(3) 未焊透和未熔合的总长度应不大于3mm；

(4) 夹渣的总长度应不大于25mm，单个夹渣的长度不大于7mm；

(5) 密集型的气孔、夹渣或未焊透等缺陷的间距应大于6mm，累计长度应不大于40mm。

4.3.4.4 从试件上截取带有焊缝横截面的宏观试样，以适当的腐蚀液腐蚀至其清晰地显示出焊缝金属和热影响区的界线。在焊缝和热影响区内应无肉眼可见的任何缺陷。

4.3.5 证书

4.3.5.1 基本知识和技能考试合格的水下焊工将获得《水下焊工资格证书》，可从事证书适用范围内的焊接工作。

第 5 章　船体结构的焊接与铆接

第 1 节　一 般 规 定

5.1.1　适用范围

5.1.1.1　本章规定适用于船体钢材、铝材和不锈钢复合材的焊接和检验。

5.1.2　工艺规程与检验标准

5.1.2.1　施工前应按本篇第 3 章的要求，将工艺规程和检验标准提交 CCS 认可，并进行焊接工艺认可试验（必要时）。生产施工和检验应按 CCS 认可的图纸、工艺规程和检验标准进行。

5.1.3　产品焊缝试验

5.1.3.1　产品焊缝试验要求适用于散装运输液化气体船舶。

5.1.3.2　除整体液货舱和薄膜液货舱外，一般应对所有液货舱和处理用受压容器的每 50m 左右的对接焊缝接头进行一次产品焊缝试验，并应能代表每个焊接位置。但对次屏壁仍应进行作为对主要液货舱要求的相同型式的产品焊缝试验。

验船师根据实际情况可同意减少产品焊缝试验的数量，也可要求对液货舱或次屏壁进行其他试验。

5.1.3.3　用于 A 型和 B 型独立液货舱以及半薄膜液货舱的产品焊缝试验应包括下列试验：

应对每 50m 的焊缝进行弯曲试验，以及当要求进行焊接工艺试验时，还应对每 50m 的焊缝进行以 3 个夏比 V 型缺口试样为一组的冲击试验。进行夏比 V 型缺口冲击试验时，应使试样的缺口位于焊缝中心或热影响区（根据工艺的结果所确定的最危险的位置）。对于奥氏体不锈钢，所有的缺口均应位于焊缝的中心。

5.1.3.4　对于 C 型独立液货舱和处理用受压容器，除上述 5.1.3.3 所列的试验外，还要求截取 1 个焊缝纵向拉伸试样和 1 个焊缝横向拉伸试样，试验要求应符合本篇第 3 章的有关规定。

5.1.3.5　对于整体液货舱和薄膜液货舱的产品焊缝试样应符合 CCS 接受的标准要求。

5.1.4　焊前准备

5.1.4.1　构件的坡口加工、装配次序、定位精度及装配间隙应符合认可的工艺规程的要求。并应避免强制装配，以减少构件的内应力。若因焊缝坡口或装配间隙过大必需修正时，其修正方法应征得验船师的同意。

5.1.4.2　焊缝坡口区域的铁锈、氧化皮、油污和杂物等应予清除，并保持清洁和干燥。

5.1.4.3　涂有底漆的钢材，如在焊接之前未能将底漆清除，则应证明该底漆对焊缝的质量没有不良的影响，相关资料应交 CCS 备查。

5.1.4.4　当焊接需要在潮湿、多风或寒冷的露天场地进行时，应对焊接作业区域提供适当的遮蔽和防护措施。

在下列情况下应考虑对焊件采取适当的预热和（或）缓冷措施，以防焊件内产生过大的应力或不良的组织。

(1) 施工环境的温度低于 0℃时；

(2) 材料的碳当量 C_{eq} 按下式计算数值较大时；

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad \%$$

(3) 结构刚性过大、构件板厚较厚或焊段较短时。

当碳当量 C_{eq} 大于 0.45% 时，应进行预热，并考虑进行焊后热处理。

5.1.5 焊接工艺

5.1.5.1 船体结构的焊缝应按已认可的焊接工艺规程施焊。对较长的焊缝应尽可能从焊缝中间向两端施焊，以减小结构的变形和内应力。

5.1.5.2 定位焊的数量应尽量减少，定位焊缝应具有足够的高度。其长度，对一般强度钢，应不小于 30mm；对高强度钢，应不小于 50mm。定位焊的质量应与施焊的焊缝质量相同。有缺陷的定位焊应在施焊前清除干净。

5.1.5.3 焊缝末端收口处应填满弧坑，以防止产生弧坑裂纹。如采用自动焊，一般应使用引弧板和熄弧板。

进行多道焊时，在下道焊接之前，应将前道焊渣清除。

5.1.5.4 除 CCS 特别同意外，对有焊透要求的焊缝，在焊接第二面焊缝前应进行清根，清根后应具有适当的坡口形状，以便进行封底焊。

5.1.5.5 在去除临时焊缝、定位焊缝、焊缝缺陷、焊疤和清根时，均不应损伤母材。

第 2 节 船体构件的焊接

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 除确能保证完全焊透者外，对接焊焊件边缘应开单面或双面坡口，坡口角度一般在 40° ～ 60° 之间；若焊件边缘拟加工成其他坡口形式时，则应征得 CCS 的同意。

5.2.1.2 若全焊透对接焊缝因结构原因而无法进行封底焊时，经验船师同意，允许加固定垫板进行对接焊。此种接头的坡口形式及装配间隙应保证熔敷金属与垫板能完全熔合。

5.2.1.3 船体构件的角焊缝和板材的对接缝在交叉处，应符合下列规定：

(1) 应将交叉处的对接焊缝的余高铲平，或将跨过对接焊缝的构件腹板边缘挖孔（通焊孔），以使构件与板材能贴紧，保证焊接质量；

(2) 连续角焊缝的构件腹板上如有对接焊缝时，应先焊好对接焊缝，并将角焊缝处的余高铲平，然后进行连续角焊接。

5.2.2 小夹角处的角焊缝

5.2.2.1 在船体的结构设计中，应考虑到不使角接缝造成较小的夹角，以避免施焊困难。在个别情况下，若构件的夹角小于 50° 时，应按下列形式进行焊接：

(1) 内底边板与舷侧外板的角接焊缝，其坡口角度应不小于 45° ，如图 5.2.2.1(1) 所示。若小于 45° ，则可将内底边板的边缘开坡口。并在该坡口处进行多道单面连续角焊，其底层焊道应选用较小直径的焊条施焊；

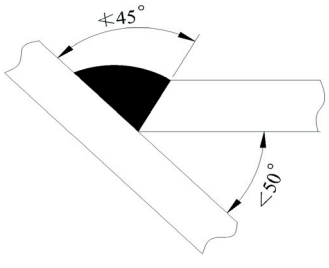


图 5.2.2.1(1)

(2) 肘板的角接缝若遇到上述小夹角情况时，可在钝角位置的一面施焊，但在肘板的趾端应有足够长度的包角焊缝。

5.2.3　高强度钢焊接

5.2.3.1　焊接高强度钢材时，应采用与母材相适应的并经 CCS 认可的低氢型高强度焊接材料。焊接时，应考虑预热并注意控制线能量和道间温度。

5.2.3.2　在船体结构中采用高强度钢时，其焊缝的外形应光顺，不应有过高的焊缝余高。

5.2.3.3　若船体构件（如首柱、尾柱、舵叶等）是由高强度钢板组焊而成的，则施焊后应考虑对其进行退火处理，以消除焊接时的残余应力。退火温度应达临界温度之上，然后缓慢冷却。

5.2.4　铸钢和锻钢船体结构件的焊接

5.2.4.1　当船体结构件（如首柱、尾柱、舵杆和尾轴架等）的材料为铸钢或锻钢时，其焊接应符合下列要求：

(1) 如焊件的含碳量达到 0.23%或刚性较大时，则在焊接前、后均应采取相应的预热和保温措施；

(2) 采用手工焊、CO_2 气体保护焊进行焊接的首柱、尾柱、舵杆和尾轴架等应在焊后进行回火处理。采用电渣焊方法焊接而成的首柱、尾柱和舵杆，在焊后应进行正火－回火处理。

若首柱、尾柱、舵杆和尾轴架等构件的尺度较大，整体热处理条件不足时，允许采用有效的局部热处理方法。

5.2.5　舷顶列板与强力甲板边板的焊接

5.2.5.1　舷顶列板与强力甲板角接时，在船中的 0.5L 区域内，强力甲板的边缘应开坡口，并一般应完全焊透。坡口形式可按施工情况而定。

5.2.5.2　舷顶列板与强力甲板的连接，若采用圆弧形结构对接时，对接焊缝处应开坡口并保证完全焊透。当圆弧形舷顶列板在近船首、尾处改为直角形式与甲板连接时，应有足够长度的圆弧形过渡区。过渡区内舷顶列板与甲板的对接焊缝应完全焊透。

5.2.6　柴油机主机基座的焊接

5.2.6.1　主机基座纵桁腹板厚度大于或等于 14mm 时，水平面板与纵桁腹板的角接处，应在该腹板的边缘开坡口，达到最大限度的焊透。两侧角焊缝的外形尺寸应均匀对称。

5.2.6.2　与主机基座相连接的其他各构件（如船底板、肋板、肘板、隔板等）的角焊缝，其焊缝厚度应不小于 0.44 t_p（t_p 为构件的最小厚度，指角焊缝连接构件中较薄一块板的厚度）。

5.2.7　起重桅（柱）的焊接

5.2.7.1　支持吊杆的起重桅（柱），其焊缝应符合下列要求：

(1) 由钢板弯制成的起重桅（柱），其柱体的纵向接缝和横向接缝均应为单面坡口的对接缝，且应完全焊透；

(2) 若桅（柱）之根部不贯穿甲板，且直接焊于强力甲板上时，则根部边缘应开单面坡口，且第一层焊道应选用较小直径的焊条，确保完全焊透；

(3) 若桅（柱）贯穿强力甲板时，则与桅柱连接处的强力甲板应开双面坡口，并采用双面连续角焊。桅的根部应开单面坡口，并应采用单面连续角焊。以上焊缝均应焊透。

第3节 焊缝检验与修补

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 本节规定适用于钢质船体结构的焊缝检验与修补。船体以外的钢结构的焊缝检验与修补应经CCS批准后方可执行。

5.3.2 焊缝质量检查

5.3.2.1 船体结构施焊完工后，应对所有焊缝进行外观检查。焊缝表面应成型均匀、致密、平滑地向母材过渡，无裂纹和过大的余高以及不应有的焊瘤、弧坑和咬边等缺陷存在。

5.3.2.2 焊缝的内部质量可采用射线、超声波或其他适当的方法进行无损检测。无损检测的工艺和评定标准应经CCS同意。

5.3.2.3 船体焊缝无损检测的数量和位置可根据实际情况由船厂和CCS验船师商定。

5.3.2.4 船中0.6L范围内强力甲板和外板的射线拍片数量n，一般可按下式计算：

$$n = 0.25(i + 0.1W_T + 0.1W_L) \quad \text{张}$$

式中：i——船中0.6L范围内纵、横向对接焊缝交叉处的总数；

W_T——船中0.6L范围内横向对接焊缝的总长，m；

W_L——船中0.6L范围内分段合拢的纵向对接焊缝的总长，m。

射线检测的布片密度应按钢材的材料级别从高到低递减，钢材的材料级别见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章有关规定。

纵横向对接焊缝交叉处的布片方向应平行于横向对接焊缝。

5.3.2.5 船底、舷侧和甲板纵骨的对接接头，在船中0.4L范围内每10个检查1个，0.4L范围外每20个检查1个。

5.3.2.6 除本节5.3.2.3～5.3.2.5的规定外，装运危险化学品的船尚应对下列部位进行无损检测：

(1) 液货舱舱壁板上所有的焊缝十字交叉处；

(2) 液货舱周界焊缝应探测裂纹，探测的长度应至少为液货舱周界焊缝总长度的10%；

(3) 当舷侧和船底纵骨以及纵舱壁水平扶强材在横舱壁处中断时，除本条(2)要求以外，上述构件与横舱壁连接的焊缝应探测裂纹。探测的长度应至少为骨材与横舱壁连接焊缝总长度的10%；

(4) 当纵向构件和纵舱壁水平扶强材连续地通过横舱壁时，除本条(2)要求外，其与横舱壁连接的焊缝应探测裂纹。探测的长度对舷侧和船底纵向构件至少为总长度的30%，对纵舱壁水平扶强材至少为总长度的20%；

(5) 当横向构件连续地穿过液货舱纵舱壁时，该构件与周界连接焊缝应探测裂纹。探测的焊缝长度至少为总长度的10%。

5.3.2.7 当无损检测发现焊缝内部有不允许存在的缺陷，并认为该缺陷有可能延伸时，则应在其延伸方向（一端或两端）增加检测的范围，直至达到邻近合格的焊缝为止。

5.3.2.8 无损检测的位置和结果应记入报告，并应提交CCS验船师认可。

5.3.3 缺陷修补

5.3.3.1 若检查表明焊缝缺陷超过标准允许值时，应在船体完工试验前，对缺陷处进行修补。

5.3.3.2 外观检查发现的缺陷，通常应在无损检测前修补完毕。表面微小缺陷可用砂轮磨去。

5.3.3.3 所有需要焊补的缺陷，应在焊补前彻底清除干净。必要时可用无损检测的方法进行检查，以证实缺陷确已清除。

5.3.3.4　焊缝经修补后应对该处进行外观检查和相应的无损检测。焊缝质量应符合验收标准的要求。

5.3.4　对于散装运输液化气体船舶的补充要求

5.3.4.1　对于设计温度为 -20℃或以下的 A 型独立液货舱和半薄膜液货舱以及任何设计温度的 B 型独立液货舱，其所有舱壁板的全焊透对接焊缝均应被进行 100％的射线检测，其中：

(1) 若设计温度高于 -20℃，则对液货舱结构焊缝交叉处的所有全焊透对接焊缝以及至少 10％剩余的全焊透焊缝均应进行射线检测；

(2) CCS 认为必要时，在所有情况下，可对其余液货舱结构的焊缝包括扶强材以及其他附件和连接件的焊缝进行磁粉或着色检测；

(3) CCS 认为必要时，可增加射线检测的范围和数量。除正常的射线检测外，也可增加超声波检测。

(4) 适用时，CCS 可接受已被认可的超声波检测替代射线检测。

5.3.4.2 出对 C 型独立液货舱、处理用受压容器、整体液货舱、薄膜液货舱和支持内部绝热液货舱结构的内层壳体结构，无损检测应按公认的有关标准进行。

5.3.4.3　CCS 认为必要时，可对次屏壁进行射线检测。若船体的外壳为次屏壁的一部分，则对所有舷侧顶列板的对接焊缝以及舷侧外板上的所有对接焊缝的交叉处进行射线检测。

5.3.4.4　所有无损检测结果应符合 CCS 接受的有关标准要求。

第 4 节　不锈钢及其复合钢板的焊接

5.4.1　一般要求

5.4.1.1　本节规定适用于奥氏体不锈钢和奥氏体 / 铁素体双相不锈钢（除另有明文指定外，以下统称为“不锈钢”）及其复合钢板的焊接。其他复层金属材料的复合钢板的焊接将由 CCS 另行考虑。

5.4.1.2　除本节另有规定外，不锈钢及其复合钢板的焊接应符合本章第 1 节的要求。

5.4.1.3 从事不锈钢及其复合钢板焊接的焊工，应经不锈钢焊接的操作技术培训和考试取证。

5.4.2　焊接材料

5.4.2.1　奥氏体不锈钢通常选用其熔敷金属的化学成分与母材基本相当的焊接材料。

5.4.2.2　奥氏体 / 铁素体双相不锈钢宜选用其熔敷金属的金相结构中奥氏体组织多于铁素体组织的焊接材料，或直接选用相适应的奥氏体不锈钢焊接材料。

5.4.2.3　不锈钢复合钢板的焊接材料应分别适用于相应的基材和复层材。

5.4.2.4　当焊接含氮不锈钢时，可考虑采用含有适量氮气的惰性保护气体。

5.4.3　焊前准备

5.4.3.1　奥氏体不锈钢及其复合钢板的接头设计和焊接工艺的编制，应尽量减少焊接应力的产生。面向腐蚀介质一侧的焊道通常在最后焊接。

5.4.3.2　焊前板材表面应彻底清除油、漆、污物和杂质。

5.4.3.3　邻近焊缝的不锈钢板或复合板复层材的表面应有适当的保护措施，以防焊接过程中飞溅或其他物体沾污或擦伤板材表面。

5.4.3.4 不锈钢板及其复合板的坡口应采用机加工或磨削的方法制备。避免采用火焰切割。

复合钢板的坡口的形状应予以特别考虑。加工后应检查坡口表面（包括钝边部分），不应有裂纹和复层脱开现象。

5.4.3.5 复合钢板的对接应以复材为基准对齐，定位焊应焊在基层材上。

5.4.4 焊接

5.4.4.1 不锈钢宜采用能量集中的焊接方法进行焊接（如熔化极惰性气体保护焊、非熔化极惰性气体保护焊、等离子弧焊等）。

5.4.4.2 不锈钢焊接层间温度应尽可能低，建议不超过100℃，且最高不超过150℃；焊接工艺参数应遵循认可的焊接工艺，通常应以低热输入、短电弧的方法进行焊接。焊接时应使电弧稳定而快速地直线移动，避免两边摆动。

5.4.4.3 在复合钢板的基材焊缝与复材焊缝之间，建议采用合金元素含量高于复层材的奥氏体不锈钢焊接材料焊制1至2层过渡焊层。紧靠过渡焊层的基材焊道应采用低氢或超低氢的基材焊接材料焊接。

5.4.4.4 焊接复合钢板的过渡层及随其后1层的焊道应采用小直径的焊接材料和小电流施焊，以保持最小的焊缝稀释率。

5.4.4.5 不应在面向腐蚀介质的钢板表面引弧或随意焊接安装临时构件。

5.4.5 焊后处理

5.4.5.1 不锈钢板及复合板两侧的表面应避免使用铁锤矫正。

5.4.5.2 为使不锈钢板及其复合板的焊接区域具有良好的耐腐蚀性能，必要时可按照原材料制造厂的使用说明进行焊后处理（酸化或钝化）。

5.4.6 焊缝检验

5.4.6.1 所有焊缝应进行外观检查。焊缝表面应成型均匀，并平缓地向两侧过渡，焊缝表面不应有裂纹、气孔、未填满、焊瘤和咬边等缺陷。

5.4.6.2 焊缝的内部质量应经无损检测方法检查。无损检测的范围、数量及其所采用的工艺和标准应符合CCS接受的标准的要求。

5.4.7 缺陷修补

5.4.7.1 建议采用机加工的方法清除焊缝中的缺陷。缺陷的焊补方法应取得CCS验船师同意。

第5节 铝合金的焊接

5.5.1 一般要求

5.5.1.1 本节适用于符合本规范第1篇第8章中可焊铝合金的焊接。

5.5.1.2 铝合金的焊接工艺规程应提交CCS认可，焊接工艺规程中应包括防止焊接变形和变形矫正的措施。

5.5.1.3 铝合金焊接工艺试验应按本篇第3章有关规定进行。

5.5.1.4 从事铝合金焊接的焊工应经铝合金焊接的操作技能培训和考试，并应取得相应的合格证书。

5.5.2　焊前准备

5.5.2.1　铝合金焊接场地应有防潮、防尘、防寒和防风设施。施工时的风速应小于 0.5m/s。

5.5.2.2　铝合金材料可采用机械或等离子方法进行切割。坡口一般可采用刨或磨等机加工方法制备。若采用其他方法，应经 CCS 验船师同意。

5.5.2.3　焊丝、焊缝坡口及其临近区域应彻底清洁（必要时可采用化学方法清洁），并保持干燥。清洁后应尽快进行焊接。通常清洁部位应在 24h 内施焊，否则应对该部位采取有效的保护措施或重新进行清洁。

5.5.2.4　凡符合下列情况之一者，可考虑对焊接区域进行预热：

(1) 当铝合金材料的厚度大于 8mm 时；

(2) 环境温度低于 0℃时；

(3) 环境湿度大于 80％时。

铝合金的预热不宜采用氧－乙炔火焰加热的方法。

铝镁系合金的预热温度通常为 50℃ ±10℃。

5.5.2.5　当采用惰性气体保护焊时，焊前应检查保护气体的成分是否符合工艺规程的要求。

5.5.3　焊接

5.5.3.1　建议采用钨极惰性气体保护焊 (TIG) 或熔化极惰性气体保护焊 (MIG) 方法焊接铝合金结构。重要焊缝的两端应装有引弧板和熄弧板。

5.5.3.2　主要对接焊缝应尽量采用倾角小于 20° 的位置进行平对接焊。

5.5.3.3　为使变形减至最小程度，焊接时应：

(1) 单条长焊缝应采用分中对称焊或逐步退焊法；

(2) 密集性的多条长焊缝应采用中间向四周对称焊的方法；

(3) 在满足设计要求的基础上尽可能不加大焊缝的尺寸。

5.5.3.4　施焊时应保持焊接的连续性。若有中断，引弧前应清洁接缝处，接缝应有一定长度的重叠。多道焊时，应注意前后焊道之间的清洁和道间温度。

5.5.3.5　清理焊缝根部和清除焊缝缺陷应采用铲、刨等机加工方法。

5.5.3.6　对全焊透对接焊缝，在正面焊毕后应对反面清根，直至焊缝没有缺陷为止。

5.5.3.7　多道焊时，在后继焊道进行前应将前道焊缝表面清理干净，道间温度尽可能控制在 60℃以下。

5.5.3.8　采用 MIG 焊时，如喷嘴附有明显的飞溅物，应更换喷嘴或予以清洁。采用 TIG 焊时，如发现钨极氧化或形状不良，应及时更换钨极或进行修磨。焊接时如钨极触及熔池或焊丝，应立即停止焊接，夹钨焊缝应彻底清除。沾污的焊丝和钨极也应清洁。

5.5.3.9　当焊接钢铝成形接头时，应严格控制焊接的线能量，防止对成形接头产生不良影响。

5.5.3.10　对主要结构的小角度相交部位，一般应在反面开坡口进行焊接，并保证角焊缝的焊脚高度符合设计规定。铝合金结构的变形不宜用铁锤直接锤击矫正。若采用加热矫正，应按铝合金制造厂的说明进行。

5.5.4　焊缝检查与修补

5.5.4.1　完工焊缝应进行外观检查和无损检测，检测的方法和验收标准应经 CCS 同意。

5.5.4.2　主要船体结构的焊缝无损检测范围由工厂与验船师商定。建议射线检测范围应不少于主船体对接焊缝的 5％。重要结构的角焊缝应经超声波检测，缺陷的评定应符合 CCS 接受的标准的要求。

5.5.4.3 焊缝表面不应有裂纹、夹钨、未填满、气孔、过烧和焊瘤等缺陷。板厚小于或等于3mm者，不应有咬边；板厚大于3mm者，咬边深度不应大于0.5mm，其累计长度应不超过单条焊缝长度的10%，且不大于100mm。

5.5.4.4 铝合金的焊补不应超过2次，超过2次的焊补应经CCS同意。

5.5.4.5 补焊应采用与原焊缝相同的焊接材料和工艺进行。修补后的焊缝应重新进行检验。

第6节 铆 接

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 本节仅用于铝合金船体结构的铆接。

5.6.1.2 铆接施工应按认可的工艺规程进行。

5.6.1.3 生产厂应制定详细的铆接工艺规程并提交CCS认可。

5.6.1.4 铆接用的铆钉应与结构材料相适应，并符合本规范第1篇第8章的有关要求。铆接缝中的密封填料应与结构材料相适应，不会产生电化腐蚀或化学反应。

5.6.2 铆钉孔的加工

5.6.2.1 铆钉孔的加工通常只能用电钻或风钻进行。对冷作硬化材料加工时，应慎重而正确地操作。

5.6.2.2 采用沉头或半沉头铆钉而需对构件进行锪孔时，锪孔的锥角应与铆钉相配合。当板厚与锪孔深度相同时，孔深可减小0.5mm。

5.6.2.3 构件之间的铆钉孔应对准并与铆钉有良好的配合，铆钉孔四周应光洁，不应有毛刺或棱角。

5.6.2.4 加工后的铆钉，其直径、不圆度和中心偏差应符合有关标准的公差规定，铆钉孔中心线垂直度偏差应小于构件厚度的十分之一。

5.6.3 铆前准备

5.6.3.1 一般情况下，铆接工作应在待铆接部位及其相邻部位的焊接、开孔和矫正等工作完毕后才能讲行。

5.6.3.2 铆接的结合面应平顺、清洁、紧密，不应夹有杂物。干燥后才可涂刷防锈漆或密性填料。密性填料应在整个长度内厚度保持基本一致。

5.6.3.3 为保证铆接工作的顺利进行，铆前应取适当的间隔，在铆钉孔位开直径略小于铆钉的定位孔，用螺钉作临时固定。

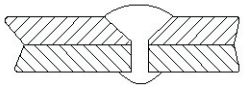
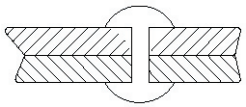
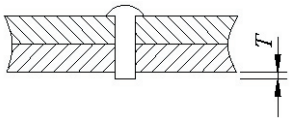
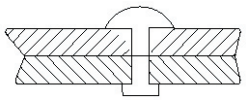
5.6.3.4 铆接前，应对铆钉、铆钉孔、锪孔等进行检查。符合规定要求后才能进行铆接作业。

5.6.4 结构铆接

5.6.4.1 铆接应由中央向前后对称进行。

5.6.4.2 铆钉的钉杆露出长度应符合表5.6.4.2的有关规定。

铆钉钉杆露出长度　　表 5.6.4.2

钉直径 d(mm)	墩头种类	墩头形状	露出长度 T(mm)	备注
3 ～ 25	半沉头		0.8 d ～ 1.2 d	平墩头应取表中较大值，三层重叠露出长度应有 1mm 左右余长
3 ～ 25	圆头		1.5 d ～ 1.7 d	
3 ～ 13	平头		1.3 d ～ 1.4 d	

5.6.4.3　使用的气锤及顶铁应与铆钉的直径相匹配。

5.6.4.4　平墩头铆钉的平墩头方向应按下列规定施工，若有特殊情况应经验船师同意：

(1) 板材与型材铆接时，平墩头位于型材一侧；

(2) 厚度不同时，平墩头位于较厚材料的一侧；

(3) 硬度不同时，平墩头位于较硬材料的一侧。

5.6.4.5　不同材料进行铆接时，在两种不同的金属材料之间应加上耐腐蚀绝缘材料，以防止产生电化学腐蚀。

5.6.4.6　铆接时应尽可能一次成形，不宜重复修整。

5.6.5　铆接缝检验

5.6.5.1　铆接的各铆钉间距、排距及铆钉直径应符合图纸的要求。

5.6.5.2　铆固后铆钉周围的构件表面应紧贴，被铆位置应无明显的压痕。

5.6.5.3　铆钉的钉头尺寸应符合有关标准的要求。铆钉不应有松动、墩头偏心、裂纹等现象。

第6章 海上设施结构的焊接

第1节 一 般 规 定

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章规定适用于移动式和固定式海上设施钢结构的焊接和检验。

6.1.2 材料

6.1.2.1 海上设施结构焊接所选用的焊接材料应符合本篇第2章的有关要求。

6.1.2.2 用于厚度大于50mm的管节点的焊接材料应根据V型冲击试验和断裂韧性试验来选用，并经CCS同意。

6.1.2.3 对用于特殊构件的焊接材料，建造厂对新购焊接材料应进行焊接试验，复查焊接接头和熔敷金属的力学性能和冲击韧性。

6.1.2.4 焊接材料应密封包装并贮藏于相对湿度不大于45%，温度不低于15℃的干燥处。在施工前应对焊接材料进行复验，禁止使用受潮、生锈、受污染和过期的焊接材料。

6.1.3 焊接工艺认可试验

6.1.3.1 海上设施结构焊接的焊接工艺认可应符合本篇第3章的有关规定。

6.1.3.2 焊接工艺经CCS认可后，若建造厂6年内未用此工艺从事类似结构的焊接生产，则此工艺在重新使用前应重新进行认可试验。

第2节 结 构 焊 接

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 海上设施结构开工前，建造厂应送审有关结构图纸。图纸应注明每条焊缝的位置、尺寸、焊接方法和焊接场地。

6.2.1.2 海上设施结构应严格按已认可的焊接工艺规程进行焊接施工。

6.2.1.3 为确保熔敷金属的质量，手工焊通常应采用低氢焊条。

6.2.2 施焊条件

6.2.2.1 焊接工作应在具有防风、雨、雪的遮蔽条件下进行。施焊时的环境温度不应低于工艺认可试验所规定的最低温度。在严寒天气焊接应采取适当的措施，焊接时在坡口两侧应加热去潮，其温度至少为5℃。

6.2.2.2 手工焊不应在焊缝以外引弧。埋弧焊应在焊件两端使用引弧板和熄弧板。

6.2.3 焊前准备

6.2.3.1 焊接前坡口及其两侧区域应除去水分、油脂、油漆、锈污及其他氧化物等。若焊缝区域有底漆护层，则应按有关规定进行试验，并经CCS同意。

6.2.3.2 焊接前应根据焊接材料的产品说明书进行焙烘，然后贮存于保温容器中，携带至焊接地点待用。埋弧焊所用的焊剂应保持干燥，如果受潮，应重新加热烘干。

6.2.3.3　临时固定焊和定位焊应由合格的焊工施焊。所用的焊条应与正式施焊时相同。定位焊的数量应控制到最小，定位焊焊缝的厚度应不小于根部焊道的厚度，其长度不小于较厚焊件厚度的4倍或50mm（取其小者）。定位焊的焊缝质量要求与正式施焊的焊缝要求相同。如定位焊有不允许存在的缺陷，则应消除缺陷后再进行正式施焊。

6.2.3.4　对要求全焊透的焊接接头，除确能保证焊透者外，应清根后再进行反面焊接。当使用碳弧气刨清根时，应避免在焊缝和母材上产生渗碳或过热现象。如有渗碳或过热现象，应予打磨。打磨出的槽口形状应符合焊接工艺要求。

6.2.4　焊前预热和道间温度

6.2.4.1　预热温度和道间温度应根据钢结构特点、施焊环境、焊接方法、钢材牌号，包括化学成分及钢材焊接工艺性能等参数及焊接工艺认可试验的结果确定。

6.2.4.2　应尽量避免使用碳当量大于0.45%的钢种。当使用钢种的碳当量大于0.45%时，建造厂应提出预热温度和道间温度的试验并经CCS同意。

6.2.5　焊接

6.2.5.1　海上设施结构的对接焊缝一般应全焊透。焊缝余高部分的外形应符合要求，并应平顺地过渡到母材。

6.2.5.2　角接焊缝通常用于板和扶强材的连接，肘板的固定等。

如焊件间存在有允许的装配间隙，则焊缝厚度应相应增加间隙值。

6.2.5.3　对重要的角接焊缝以及可能出现疲劳现象的强受力构件的角接焊缝应完全焊透。施焊时可采用交替对称焊以及坡口表面预先堆焊焊道等工艺措施。

6.2.5.4　应采用合理的装配步骤和焊接顺序，以控制焊接变形，避免过大的残余应力和防止裂纹产生。

6.2.6　特厚构件（厚度 t ＞ 50mm）及管结点的焊接

6.2.6.1　特厚构件和管结点的焊接应采用低氢型焊条和合理的焊接工艺，并保证完全焊透。

6.2.6.2　焊前应做好预热。焊后应按本节6.2.7的规定，做好焊后热处理。

6.2.6.3　管节点在施焊时，不应烧穿，焊缝表面应连续、均匀，两管连接处要逐渐平顺过渡。建议采用小直径焊条进行盖面焊，以改善节点的疲劳性能。如设计要求打磨管节点焊缝，则打磨后焊缝表面曲率半径应符合设计和制造的有关规定。

6.2.7　焊后热处理

6.2.7.1　对厚度大于50mm的焊接接头和受力复杂的管节点，一般应进行焊后消除内应力的热处理。若有资料证明焊接接头具有良好的断裂韧性，则可免作焊后热处理。

6.2.7.2　海上设施结构采用本规范第1篇第3章所规定的钢材时，其焊后热处理的温度为550～620℃。保温时间按焊件最厚部位的尺寸，以每25mm保温1h来确定。加热速度要适当，以避免产生变形和裂纹。加热炉内的温差应控制在15℃范围内。保温焊件的内外表面的温差应不超过30℃。当加热温度在300℃以上时，沿对称线或对称面的温差应不超过30℃。

6.2.7.3　对较大构件个别部位可作局部消除内应力的焊后热处理。热处理时，在焊缝两侧至少等于材料厚度的3倍区域内应保持规定的温度。隔热区外缘的温度应不超过300℃。

6.2.8　缺陷焊补

6.2.8.1　建造厂在修补特殊构件和主要构件的焊接缺陷时，应编制详细的修补焊接工艺说明书。

6.2.8.2 焊补前应完全消除焊缝中的缺陷，必要时可用磁粉检测或着色检测方法进行检查。

6.2.8.3 当进行浅层和局部修补时，预热温度和施焊温度应比通常施焊时采用的温度高25℃，且至少为100℃。

6.2.8.4 为保证重要焊缝的修补质量，在修补焊缝缺陷时，其焊缝长度应不小于100mm。

6.2.8.5 特殊构件上的同一部位的缺陷一般只允许修补2次。

6.2.8.6 对较长的焊缝缺陷可以分段修补，以避免产生过高的内应力和裂纹。

6.2.8.7 焊后经过热处理的焊接接头，焊补后应再次进行热处理。

6.2.8.8 在施焊过程中，如缺陷重复出现或缺陷的范围较大时，应审查焊接工艺和焊工的资格。

6.2.8.9 焊补后的焊缝应与相邻部位过渡平顺，并按本章第3节的要求重新进行表面质量和内部质量的检验。

6.2.8.10 建造厂应做好修补缺陷的位置、大小、修补方法及焊补后质量检查等记录，存档备查。

第3节 焊 接 检 验

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 海上设施的焊接工作应有自检和互检，建造厂要有专职人员在焊接施工之前、施焊期间及焊后对焊接过程和焊接质量作认真的监督检查，检验报告应在验收前提交CCS验船师，全部检验报告应存档备查。

6.3.1.2 建造厂应制订1个详细的检验计划交CCS备查。此计划应包括海上设施各个主要建造阶段建造顺序、检验部位和验收要求。

6.3.1.3 焊缝经建造厂检验后，应在不涂油漆的情况下提交CCS验船师验收。若验船师对焊缝质量有疑问时，可要求重新检验或扩大范围检验。

6.3.1.4 建造厂使用的各项无损检测工艺及标准应经CCS同意。

6.3.1.5 建造厂应向CCS提交无损检测设备的合格鉴定证件，并保持设备良好的工作状态。

6.3.1.6 从事焊缝无损检测的人员应经过理论和实际操作方面的培训，并通过考核取得无损检测人员资格证书后方可进行检测。检验员和无损检测人员应具备有关焊接技术、检查程序和无损检测设备方面的知识，并能确定缺陷的部位、大小及性质，还能分析造成缺陷的原因，提出修补范围的建议。

6.3.1.7 所有焊缝表面应进行外观检查（包括使用10倍以下的放大镜），焊波应均匀，焊缝边缘应平顺过渡到母材，焊缝外形尺寸应符合设计图纸要求和6.3.2.1的要求。

6.3.1.8 外观检查中，焊缝表面不得有裂纹、夹渣、未熔合以及不允许存在的气孔、焊瘤、弧坑和咬边。

6.3.1.9 海上设施结构的无损检测应根据不同部位，选用射线、超声波、磁粉或渗透的检测方法。如选用其他方法应经CCS同意。

6.3.1.10 焊缝的无损检测检查一般应在焊后48h以后进行。当焊件要作焊后热处理时，无损检测应在热处理后进行。

6.3.1.11 若使用一种方法检测不能准确判断缺陷时，则应采用其他无损检测方法进行综合判断。

6.3.1.12 经无损检测评为不合格的焊缝，应在两端邻接部位扩大无损检测的范围。

6.3.1.13 焊缝修补后应进行无损检测，并将修补前后的检验报告送交CCS备查。

6.3.1.14 当焊缝中存在超过验收标准允许范围的缺陷时，在有断裂韧性试验或有关的大量资料证明此缺陷对构件安全使用无害的条件下，经CCS同意可免予修补。

6.3.2 固定式海上设施结构焊接检验的补充要求

6.3.2.1　外观检查：

(1) 焊缝外形尺寸应符合设计图纸和下列要求：

① 对接焊缝余高度应符合有关标准，且应不超过 3mm；

② 角焊缝的两焊脚高度差应不大于 2mm，凸起的部分应不超过按下式计算之值：

$$R = 0.1K + 0.76 \quad \text{mm}$$

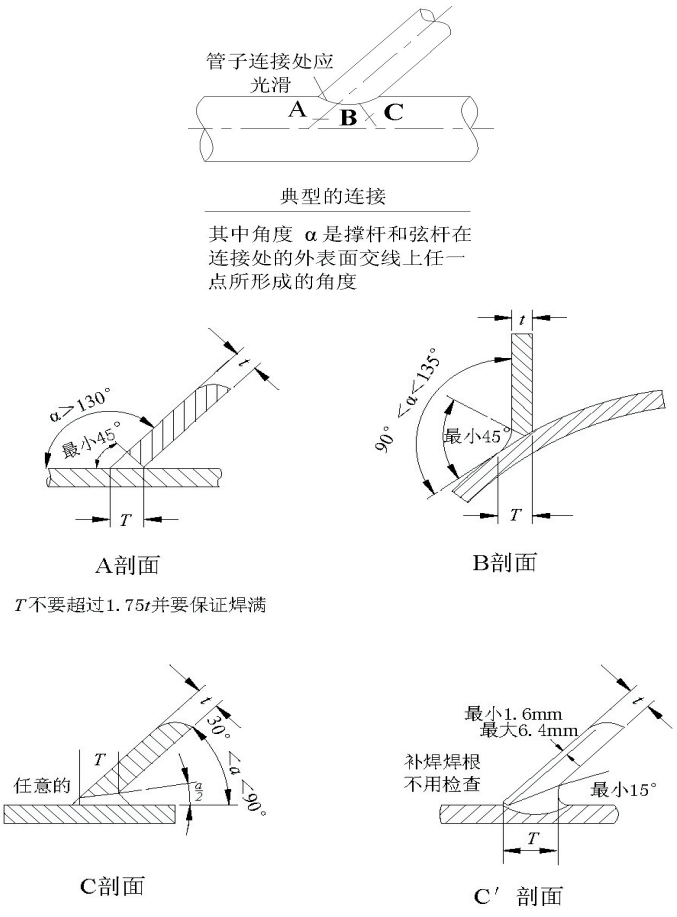
式中：K——焊脚高度；

③ 管结点的焊缝尺寸如图 6.3.2.1(1) ①、②及表 6.3.2.1(1) 所示，打磨后焊缝的外形尺寸应符合设计和制造的有关规定；

④ 密封焊缝的所有搭接表面均应为连续的角焊缝，其焊脚高度除另有规定外，一般应不超过 5mm。

典型接头α 与 T 的关系　　表 6.3.2.1(1)

α	T
≤ 35°	1.75t
35° ＜α ≤ 50°	1.50t
50° ＜α ≤ 135°	1.25t
＞ 135°	见剖面 A



图中尺寸"T"不包括为了使焊缝表面平顺过渡到基本金属所形成的凹形

图 6.3.2.1(1) ①

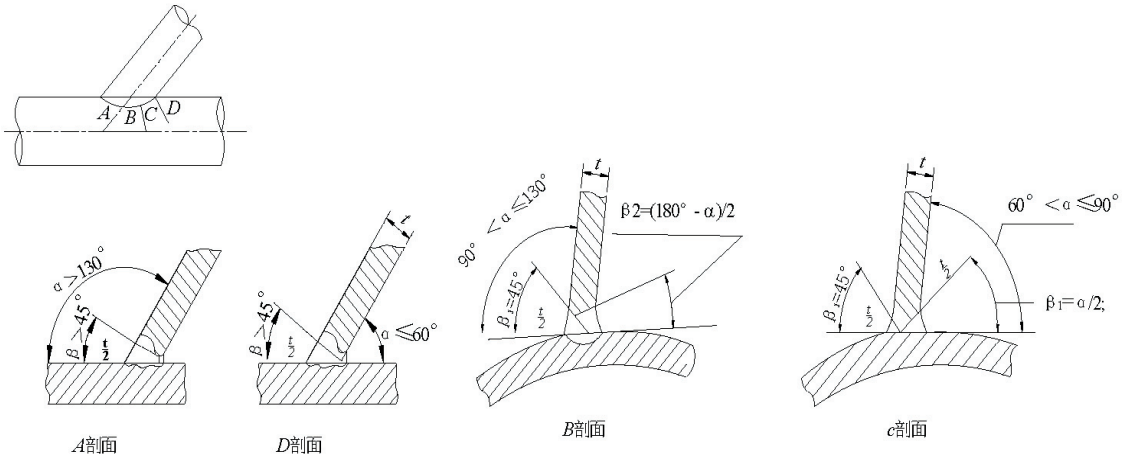


图 6.3.2.1(1) ②

(2) 主要构件焊缝表面的咬边深度应不超过 0.25mm，次要构件应不超过 0.6mm。

(3) 表面缺陷在焊缝内部质量检验和密性试验前应予以修补。修补工艺应符合本章 6.2.8 的有关规定。

6.3.2.2 焊缝无损检测：

(1) 对接焊构件的无损检测规定如下：

① 特殊构件的焊缝或由特殊构件和主要构件连接的焊缝，应进行 100%超声波检测。同时根据构件工作环境和板厚等情况再进行 10%～ 20%射线检测和 20%～ 100%磁粉检测，射线和磁粉检测的数量应经 CCS 同意；

② 主要构件的焊缝或由主要构件和一般构件连接的焊缝，应进行 10%～ 20%超声波检测和 10%～ 20%磁粉检测，其检测验数量应经 CCS 同意。如超声波检测检查有疑问时，应用射线检测进行复查；

③ 次要构件的焊缝应进行 0%～ 5%超声波检测和 0%～ 5%磁粉检测，检测数量应经 CCS 同意；

④ 主要的对接焊缝交叉点（T 字形或十字形）应进行射线检测。

(2) 全焊透的角接焊构件的无损检测规定如下：

① 特殊构件的焊缝或由特殊构件和主要构件连接的焊缝，应进行 100%超声波检测和 100%磁粉检测。CCS 可根据实际情况要求一定数量的射线检测。

② 主要构件的焊缝或由主要构件和次要构件连接的焊缝，应进行 20%超声波检测和 20%～ 100%磁粉检测，磁粉检测的数量应经 CCS 同意。

③ 次要构件的焊缝应进行 0%～ 5%超声波检测和 0%～ 5%磁粉检测，其数量应经 CCS 同意。

(3) 管结点的焊缝应进行 100%超声波检测和 100%的磁粉检测。CCS 可要求一定数量的射线检测进行核查。

(4) 射线检测：

① 拍片的部位和张数可由建造厂根据构件类别、结构形式、工作条件及 6.3.2.2 的要求提出，并经 CCS 同意。

② 射线灵敏度的测定应符合下列要求：

(a) 射线拍片时，应将金属丝型的象质计放在光源一侧。当光源一侧不能放置时，在确定对透照灵敏度的影响程度后，也可放置在底片一侧。但实际灵敏度应通过对比试验保证达到规定要求。若采用一次曝光拍摄整个管子的环缝，则在环缝的周围应至少均匀地放置三个象质计。

(b) 放置在光源一侧的象质计的透照灵敏度 (S) 应按下式计算：

$$S=\frac{d\times 100}{t}\%$$

式中：d——能看到的最细金属丝的直径，mm；

t——焊缝厚度，mm。

上式所得的灵敏度应符合图 6.3.2.2(4) ②的要求。

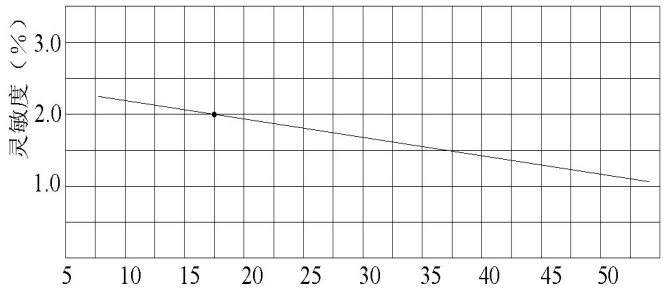


图 6.3.2.2(4) ②

③ 检测报告中应写明检测人员姓名、焊缝编号、拍片日期、透照灵敏度、透照焊缝长度、缺陷的形状、尺寸及性质。同时根据本条 (6) 的要求评定焊缝质量并提出返修部位。全部检测底片应随检验报告存档备查。

(5) 超声波检测：

① 凡因焊接而使构件在厚度方向承受拉应力的完全焊透角焊缝和管结点，应在焊缝处宽为 100mm 的区域内采用超声波检测，检查有无层状撕裂。

② 建造厂应针对具体结构事先编制检测程序，并做好超声波检测仪的校正和确定初始灵敏度。检测过程中，若仪器工作不正常或受到损坏，则应重新校正仪器后再进行检测。

③ 超声波检测仪的校正，应在模拟缺陷的试块或带有小孔的对比试块上进行。模拟试块或对比试块的材料一般应与构件材料相同。如采用标定振幅来估计缺陷大小时，应考虑声束的衰减、表面粗糙度和曲率等的影响。

④ 超声波检测的检验报告中应对不合格的焊缝和接近不合格的焊缝列出下列数值，并附示意图说明：

(a) 缺陷沿焊缝轴线的位置和长度；

(b) 缺陷在焊缝横截面上的位置和大小（宽度）；

(c) 估计的缺陷类型。

根据本条 (6) 的要求评定焊缝质量并提出返修部位。

(6) 焊缝的内部质量验收标准：

① 固定海上设施的焊缝内部质量应符合表 6.3.2.2(6) ①的要求。如采用其他标准，应经 CCS 同意。

② 当焊缝中存在超过验收标准允许范围的缺陷时，在有断裂韧性试验或有关的大量资料证明此缺陷对构件安全使用无害的条件下，经 CCS 同意可免予修补。

焊缝内部质量标准 表 6.3.2.2(6) ①

缺陷类型 \ 构件类别		特殊构件和主要构件	次要构件
裂纹		不允许	不允许
未熔合		不允许	不允许
未焊透		不允许	不允许
夹渣	条状夹渣（长度）	≤ $t/2$	≤ $2t/3$
	点状夹渣（每点尺寸）	≤ $t/4$	≤ $t/3$
气孔	管状气孔（长度）	≤ $t/2$	≤ $2t/3$
	分散点状气孔（每点尺寸）	≤ $t/4$	≤ $t/3$
	一群密集气孔的孔径总和	≤ $t/2$	≤ $2t/3$
在任何 $6t$ 焊缝长度范围内，各缺陷长度的总和		≤ $3t/4$	≤ t
大于 2.4mm 缺陷之间的最小间隔		≥ $2.2t$	≥ $2t$

注：① 条状夹渣和管状气孔是指其长宽比大于3的缺陷。长宽比等于或小于3的为点状夹渣或气孔。

② 表中 T 对角焊缝为有效焊缝厚度高度，对对接焊缝为板厚，mm。

③ 点状夹渣或气孔在 $T \leqslant 51$mm 时，最大值为 4mm，$T > 51$mm 时，最大值为 6mm。

第 7 章　受压壳体的焊接

第 1 节　一 般 规 定

7.1.1　适用范围

7.1.1.1　本章适用于锅炉与受压容器、液化气船 C 型独立舱、处理用受压容器、潜水系统和潜水器等承受内压或外压封闭结构的受压壳体的焊接。

7.1.1.2　本章规定仅适用于碳钢、碳锰钢和低合金钢钢质容器以手工、自动或半自动电弧熔化焊的焊接联接。如采用其他方法，应经 CCS 同意。

7.1.1.3　铝合金壳体的焊接可按本篇第 5 章第 5 节的有关规定进行。不锈钢容器的焊接可按本篇第 5 章第 4 节的有关规定进行。

7.1.2　焊接材料

7.1.2.1　对于焊接结构的受压壳体，所选用的焊接材料应与母材相匹配，并经 CCS 认可。

7.1.3　认可

7.1.3.1　制造受压壳体的工厂应向 CCS 申请工厂认可。

7.1.3.2　受压壳体制造厂在首次制造产品或使用新的焊接工艺时，应按相应的结构型式，根据本篇第 3 章的规定，进行焊接工艺认可。其中用于锅炉与受压容器的试样在弯曲试验时的压头直径应符合本章表 7.2.3.4 的规定。

7.1.3.3　对III级受压容器的焊接工艺认可试验，仅需进行正、反弯曲试验、对接接头拉伸试验和断口组织均匀性检查。

7.1.3.4　断口组织均匀性检查的试样如图 7.1.3.4 所示，其断口应垂直于母材的表面并在焊缝中心线的两侧切割。试验时，将试样弯曲，使其在焊缝处折断，或用落锤法打断。然后目视检查断口，亦可用 10 倍以下放大镜检查。断口处组织应均匀，且不应有夹渣、气孔和粗晶等缺陷。

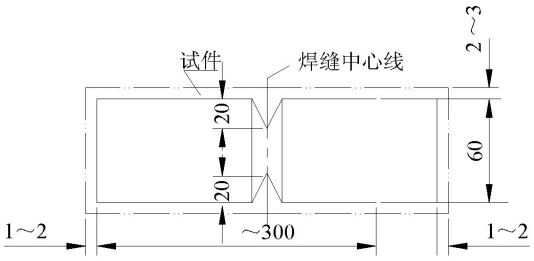


图 7.1.3.4

7.1.4　图纸与标准

7.1.4.1　受压壳体的焊接、施工和检验应按经 CCS 认可的图纸、工艺和接受的标准进行。

第 2 节　受压壳体的产品焊接试验

7.2.1　一般要求

7.2.1.1　除III级受压容器外，各级受压壳体在生产过程中应根据本节规定，进行产品焊接试验。

7.2.1.2 锅炉与受压容器的分级见CCS《钢质海船入级规范》第3篇第6章有关规定。液化气处理用受压容器、C型独立舱及潜水系统与潜水器的受压壳体，除CCS专门批准外，应作为Ⅰ级受压壳体处理。

7.2.2 试件

7.2.2.1 通常每个受压壳体应焊制2个试件。液化气船上的受压容器、C型独立舱的受压壳体，至少每50m应焊制一个试件。大型潜水系统或潜水器受压壳体，至少每20m应焊制一个试件。锅炉与一般受压容器若焊制2个试件有困难时，经验船师同意，亦可焊制1个试件，但其长度除能按本节表7.2.3.1规定提供一整套试样外，还应有能截取复试试样的备用长度。

7.2.2.2 产品焊接试验试板的材料级别和厚度应与壳体材料相同，试板宽度不小于150mm，长度足以提供本节表7.2.3.1所规定的一整套试样。试板的坡口应与筒体焊缝的坡口相同。试板应用定位焊与筒体壳板相连接，使两试板间的焊缝成为筒体壳板纵向焊缝的延续和模拟。

7.2.2.3 锅炉与受压容器的环缝一般可不需焊制试件。但如筒体上仅有环缝或环缝与纵缝所采用的工艺差别较大时，则应焊制环缝模拟试件1个。其试件应能提供本节表7.2.3.1所规定的一整套试样和所需的复试试样。制造同型受压壳体时。可按每30m环缝焊制1个试件。

7.2.2.4 焊接试件所用的方法、工艺和热处理等均应与筒体所采用的方法、工艺和热处理等相同。试件应与筒体一起热处理。

7.2.2.5 试件应采取措施，以减小由焊接引起的翘曲变形。对需要热处理的试件应在热处理前校平。

7.2.2.6 在割下试件之前，应由CCS验船师或由其指定的代理人员打上CCS的钢印，并做好标记。

7.2.3 试样与试验

7.2.3.1 各个级别的受压壳体所需制备的试样应按图7.2.3.1和表7.2.3.1的规定截取。

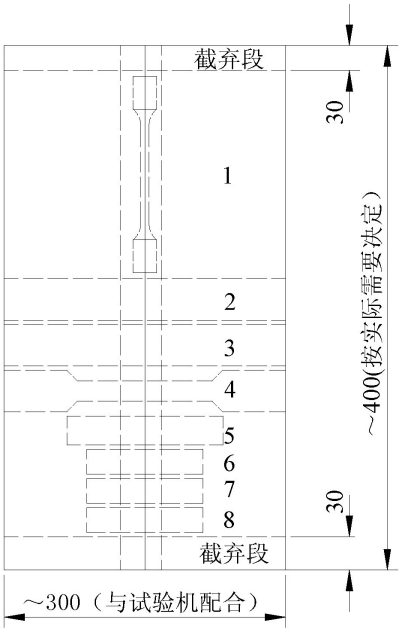


图 7.2.3.1

各级受压壳体的试样　　表 7.2.3.1

序号	试样名称	受压壳体	
		Ⅰ级	Ⅱ级
1	熔敷金属拉伸	要求	要求
2	正向弯曲①	要求	要求
3	反向弯曲①	要求	要求
4	接头横向拉伸	要求	要求
5	断面宏观检查	要求	要求
6 ～ 8	冲击试验②	要求	

注：① 当试板厚度超过 20mm 时，改取侧弯试样，进行侧弯试验。

② 对液化气处理用受压容器、C 型独立舱、潜水系统和潜水器受压壳体，应增加 1 组 3 个缺口位于熔合线上的冲击试样。

7.2.3.2　除本节 7.2.3.3 和 7.2.3.4 的规定外，试样的制备和试验均应符合本篇第 1 章第 2 节的有关规定。

7.2.3.3　当试板厚度超过 70mm 时，应按图 7.2.3.3 所示，制取 2 个熔敷金属拉伸试样。如试样直径无法取为 10mm 时，则应尽可能取大的直径，其标距长度为直径的 5 倍。

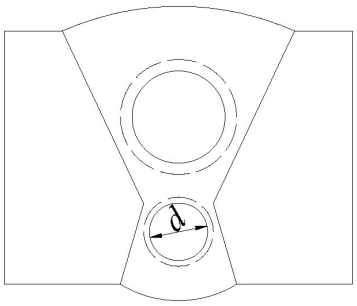


图 7.2.3.3

7.2.3.4　弯曲试验的压头直径和支辊边缘的内间距应符合表 7.2.3.4 的规定。

弯曲试验的压头直径与支辊间距　　表 7.2.3.4

试板规定的最小抗拉强度 R_m (N/mm²)	压头直径	支辊边内间距
$R_m < 460$	$2t$	$4.2t$
$460 \leqslant R_m < 510$	$3t$	$5.2t$

注：表中 t 为弯曲试样的厚度 . mm。

7.2.4　验收与复试

7.2.4.1　各项试验的结果应符合表 7.2.4.1 的规定。

产品焊接试验的要求 表7.2.4.1

试验项目	受压壳体	
	Ⅰ级 Ⅱ级	
熔敷金属拉伸试验	(1) 抗拉强度 R_m：不小于母材规定的最小抗拉强度，且不大于母材规定的最小抗拉强度加上145N/mm^2 (2) 伸长率 A_5；$A_5 \geq (980-R_m)/21.6$，且不低于母材规定最小伸长率的80%。	
弯曲试验	按本节表7.2.3.4的规定，选取压头直径和支辊边缘内间距。压头垂直于试样加压直至试样完全弯曲为止。试样弯曲后，试样受拉表面出现的裂纹或其他缺陷的长度应不大于3mm。	
接头横向拉伸试验	对接接头的抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度。	
断面宏观检查	不应有未焊透、未熔合、较大的夹渣或其他缺陷。	
冲击试验	常温冲击试验，其平均冲击功应不低于27J。①	不要求冲击试验。

注：① 除锅炉与一般受压容器用试样的冲击试验温度为常温外，其他受压壳体试样的冲击试验温度应符合母材规定的冲击温度。

7.2.4.2 任一试样的试验结果不合格时，应查明其不合格的原因，并另行截取2个试样进行复试。

7.2.4.3 如原先已备有2个试件者，则应从第2个试件上截取复试试样。

7.2.4.4 若初次试验不合格的原因是由于局部或偶然缺陷所造成，且复试结果又合格时，则可同意复试的结果。

7.2.4.5 当液化气船的C型独立舱和处理用受压容器的冲击试验不合格时，经CCS同意，可通过落锤试验对冲击试验予以验收。在此情况下，对每级不合格冲击试验，应取2个落锤试样，并在夏比冲击试验的温度下对其进行落锤试验，且2个试样均应不断裂。

第3节 受压壳体的制造

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 除另有规定外，受压壳体的主要焊缝均应采用对接焊。

7.3.2 坡口

7.3.2.1 受压壳体各构件的待焊接板边应有良好的坡口。坡口可采用气割、机加工、凿削或打磨的方法来加工。当采用气割方法时，气割的坡口表面应用机加工或打磨的方法清除所有的熔渣和氧化物。

7.3.3 对接焊缝的拼接

7.3.3.1 柱形受压壳体对接焊缝的两板面之间，于任何一点上的错边应不大于板厚的10%，且对纵缝应不超过3mm，对环缝应不超过4mm。

7.3.3.2 球形受压壳体和柱形受压壳体封头接头处对接焊缝的两板面之间，于任何一点上的错边应不大于板厚的10%，且应不超过3mm。

7.3.3.3 如壳体系由不同厚度的板（管板及包板）制成时，则应使其各自板厚的中心线形成一个连续的圆。具体要求如下：

(1) 对于纵向焊缝，较厚板的边缘应以机加工内外面等量削斜，在环向方向上斜边的宽度应不小于厚度差的两倍，使两板边沿在焊缝处具有相等的厚度。对于环缝，也应以类似的方法对厚板进行削斜，在纵向方向上斜边的宽度与上述要求相同；

(2) 对于环缝，如整个周向板厚的厚度差是相等的，则较厚板的边缘应以机加工削斜，斜边的宽度不小于厚度差的4倍，使两板边沿在环缝处具有相等的厚度；

(3) 当焊缝宽度足以使焊缝表面形成上述 (1) 和 (2) 规定的斜面过渡时，母材表面允许不进行削斜处理。

7.3.3.4 不要求焊透的角焊缝的构件可不开坡口，装配时构件要贴紧，局部不能贴紧的部件的间隙应不超过下列规定：

(1) 当构件厚度小于或等于 10mm 时，为 2mm；

(2) 当构件厚度大于 10mm 时，为 3mm；

(3) 处于仰焊位置时，为 2mm。

7.3.4　焊接

7.3.4.1　施焊前，应清除焊件坡口和焊接边沿至少为 25mm 区域内的表面上的氧化物、潮湿、油污等影响焊接质量的污物。影响焊接质量的定位焊和边沿缺陷应在施焊前清除。

7.3.4.2　焊接操作应在具有防雨、雪的遮蔽，并考虑避风的条件下进行。当环境温度较低或湿度较高时，应具有可靠的预热或去潮措施可供使用。

7.3.4.3　除另行批准外，受压壳体的焊接应选用低氢或超低氢焊接材料。使用前应严格按规定加以干燥。

7.3.4.4　受压壳体上的对接焊缝应为双面全焊透，其上的受力角焊缝一般也应全部焊透。焊接封底焊道前应进行清根。如因结构特殊、确实无法进行封底焊时，经 CCS 同意，可允许安装垫板进行焊接，但垫板的材料应与筒体板的成分相同。

7.3.4.5　采用单面焊时，应采用适当措施保证焊缝根部能完全焊透，并使因焊缝金属收缩所产生的变形为最小。

7.3.4.6　焊接应尽可能安排在平焊位置上进行。对于环缝应采取措施，以保证符合此项要求。

7.3.4.7　如由于接头的拘束力、板材的厚度以及被焊材料成分而有预热要求时，应采用预热和保持焊道间最低温度的焊接工艺。

7.3.4.8　在进行多道焊时，前后焊道之间应注意清渣。因某种原因中断焊接时，应在重焊前对中断焊接的焊缝处进行清洁和铲除熔渣，从而使后焊的熔敷金属能与板材和先前的熔敷金属完全熔合。

7.3.4.9　受压壳体上的短管、法兰和座板一般应采用双面连续的角接焊缝，且在热处理以前装焊完毕。

7.3.4.10　焊缝外表面可以和壳体板表面齐平，也可以做成使焊缝中心的总厚度稍大于板厚，但焊缝余高的截面变化应逐渐过渡。

7.3.4.11　壳体板上所焊接的拉攀、支架、支管、人孔框架及开孔周围的补强板等附件应与壳体板完全贴合，且应在壳体热处理前焊装完毕。如确因结构需要而必须在热处理以后焊装者，应经 CCS 同意。

7.3.4.12　当上述附件连同其他用于支撑内、外部构件的附属装置焊接到壳体板上时，其焊接工艺应与壳体板所要求的相同，其材料成分亦应与壳体板相当。

第 4 节　热　处　理

7.4.1　一般要求

7.4.1.1　受压壳体连同其产品焊接试验试件的热处理应在焊制完毕后、液压试验之前进行。

7.4.1.2　下列受压壳体一般可免做焊后热处理：

(1)　Ⅰ级受压壳体，当采用碳钢或碳锰钢，且其焊接构件的厚度小于 20mm 时；

(2)　Ⅱ级锅炉与受压容器，当采用碳钢，其焊接构件的厚度小于 30mm 且工作温度不大于 150℃时；或采用碳锰钢，其焊接构件的厚度小于 20mm 且工作温度不大于 150℃时；

(3)　所有Ⅲ级受压容器。

7.4.1.3　潜水系统与潜水器受压壳体的板厚超过 20mm 时，若能证明其焊接接头具有良好的断裂韧性，则经验船师同意可免做焊后热处理。

7.4.2　热处理炉

7.4.2.1　热处理炉应具备以下条件：

(1) 具有适宜的控制温度的设备；

(2) 装有测量和记录炉内温度变化的高温温度计。

7.4.3　热处理

7.4.3.1　受压壳体一般应进行整体热处理。若因条件限制，无法进行整体热处理时，可允许分段热处理，但应保证焊缝的全长均受到热处理。

7.4.3.2　热处理应包括将受压壳体筒体缓慢且均匀地加热到适合于消除内应力的温度，并保温适当时间。然后在炉内缓慢均匀地冷却到 400℃以下。最后置于静止的空气中进行冷却。

7.4.3.3　热处理温度、保温时间、加热和冷却速度的选择应使受压壳体的残余应力得以消除，性能得到改善，而不能使材料性能下降。

7.4.3.4　对碳钢或碳锰钢，消除残余内应力热处理的温度和保温时间建议按表 7.4.3.4 的规定进行。对合金钢，热处理应根据所选用的材料确定，且应经 CCS 同意。

消除残余应力热处理的温度与保温时间　　**表 7.4.3.4**

钢级	温度（℃）	时间（h）
360、410、460、490	580 ～ 620	按每 25mm 厚度为 1h 计，但至少为 1h。

第 5 节　检验与修补

7.5.1　一般要求

7.5.1.1　受压壳体的检验应包括筒体不圆度测量、焊缝外观检查、焊缝内部质量检验以及筒体液压试验。

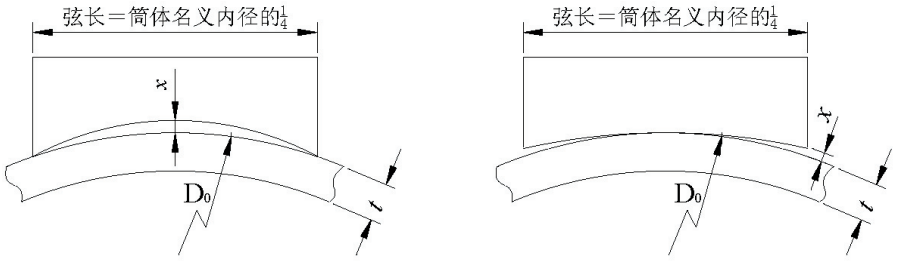
7.5.1.2　受压壳体的液压试验应根据不同产品的要求进行。

7.5.2　受压壳体不圆度测量

7.5.2.1　受压壳体在制造完工、最终热处理前及后应检查其筒体不圆度和外形尺寸等局部偏差。筒体不圆度是指在同一截面上所测得的最大和最小的内径相差值。

7.5.2.2　在测量筒体不圆度时，允许将筒体平放或竖放。平放测量时，应将筒体绕其纵轴转动，每 90° 测量直径一次，每一直径两次测得的值应加以平均，然后求得该筒体的不圆度数值。

7.5.2.3　筒体外形轮廓偏差（局部不圆度）是以具有理论轮廓的设计型线量规测得的筒体实际轮廓与理论轮廓的偏差。测量时，用量规在内侧（见图 7.5.2.3(a)）或外侧（见图 7.5.2.3(b)）测量与筒体实际轮廓的差值 X。



a)　　b)

D_0—筒体名义外直径；　　t—筒体壳板厚度；　　x—筒体外形轮廓的最大偏差

图 7.5.2.3

7.5.2.4　测量锅炉与一般受压容器的设计型线量规的弦长等于筒体名义内径的 1/4。锅炉与受压容器外形轮廓偏差 X 和筒体不圆度 $\Delta\varphi$ 均应符合表 7.5.2.4 的规定。

锅炉与一般受压容器筒体不圆度偏差　　表 7.5.2.4

受压壳体的名义内径 Di(mm)	筒体不圆度允差值 $\Delta\varphi$ (mm)	外形轮廓的最大偏差 X(mm)
$Di \leqslant 300$	$\leqslant 0.1Di$	1.2
$300 < Di \leqslant 460$		1.6
$460 < Di \leqslant 600$		2.4
$600 < Di \leqslant 900$		3.2
$900 < Di \leqslant 1220$		4.0
$1220 < Di \leqslant 1520$		4.8
$1520 < Di \leqslant 1900$		5.6
$1900 < Di \leqslant 2300$	$\leqslant 19$	6.4
$2300 < Di \leqslant 2670$		7.2
$2670 < Di \leqslant 3950$		8.0
$3950 < Di \leqslant 4650$	$\leqslant 19$	$0.002Di$
> 4650	$\leqslant 0.004Di$	$0.002Di$

7.5.2.5　锅炉与受压容器受压壳体焊接后实际的外部周长和计算的理论周长（根据筒体名义内径和实际板厚确定）的偏差值应不大于表 7.5.2.5 的规定。

筒体外周长偏差　　表 7.5.2.5

外径（名义内径加上 2 倍板厚）(mm)	筒体周长的偏差值 (mm)
300 ～ 600	≤ ±5
＞ 600	≤ ±0.25%筒体周长

7.5.2.6　潜水器和潜水系统等承受外压的壳体的整体不圆度 $\Delta\varphi$ 应不大于名义直径的 0.5%。

7.5.2.7　用于潜水器和潜水系统等承受外压的壳体测量的“设计型线量规”的弧长应根据不同的结构形式，按下式计算，取小值：

(1) 球壳体：$L_a = 4\sqrt{R_o t}$，mm；

(2) 圆柱壳体：$L_a=\sqrt{l\sqrt{R_o t}}$ 或 $L_a=0.5\pi R_o$ ，mm；

式中：L_a——样板弧长，mm；

R_0——壳体名义内半径，mm；

t——壳板实际厚度，mm；

l——肋骨间距，mm。

7.5.2.8 当采用本节 7.5.2.7 规定弧长样板测量承受外压的受压壳体的局部不圆度时，壳体局部不圆度 X 应不超过下式规定的值：

$$X=\frac{0.01L_a}{1+\frac{L_a}{R_o}} \quad \text{mm}$$

式中：L_a——样板弧长，mm；

R_0——壳体名义内半径，mm。

7.5.2.9 当承受外压的圆柱壳体的 $l/R_o < 2.25\sqrt{t/R}$ 时，应检查壳体母线的局部直度，而不必测量壳体的局部不圆度。局部直度是指肋骨间壳板和壳体母线之间的径向最大差值。其最大值应不超过 7.5.2.8 中规定的 X 值。

7.5.2.10 承受外压的壳体，还应检查其环形肋骨的局部偏差。安装后的环形肋骨局部偏差应符合下列规定（见图 7.5.2.9)：

(1) 腹板垂直度偏差 δ_1 应不超过腹板高度的 3%，当腹板高度大于 300mm 时，最大不超过 10mm。

(2) 翼板平行度偏差 δ_2 应不超过翼板宽度的 5%。

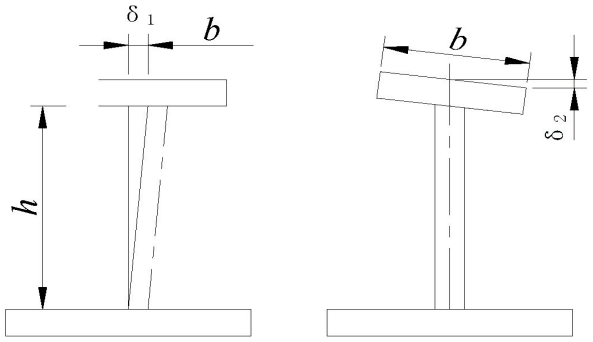


图 7.5.2.9

7.5.3 外观检查

7.5.3.1 受压壳体焊缝表面应均匀、致密，不应有裂纹、焊瘤、气孔、夹渣、咬边、弧坑和未填满等缺陷。如有上述缺陷，应在无损检测之前清除。

7.5.3.2 受压壳体表面不应有伤痕。筒体上的焊疤等均应铲除或在距筒体表面 3 ～ 5mm 处割除，然后打磨平整。

7.5.4 焊缝无损检测

7.5.4.1 受压壳体的焊缝应作无损检测。检测的方法、数量和部位应符合表 7.5.4.1 的规定。无损检测的工艺应经 CCS 同意。

受压容器检测要求　　表 7.5.4.1

检测类别	受压壳体		C 型独立舱与处理用受压容器	潜水系统与潜水器
	I 级	II 级		
射线检测	所有受压壳体、鼓筒、联箱、接管的所有对接缝①，连同试板应作 100％检查。	试板应作 100％的检查；对接缝应作大于 10％的抽查。	壳体对接缝应作 100％的检查。②	壳体对接缝应作 100％检查
	锅炉炉胆、燃室以及其他类似的受压部件应作局部抽查。			
超声波检测	板厚超过 50mm，经 CCS 同意，可用超声波代替射线进行检测。必要时仍应选择局部焊缝进行射线检测。 承压壳体上的全焊透角焊缝应 100％进行超声波检测。		壳体上的全焊透角焊缝应作 100％进行超声波检查。	
磁粉或渗透检测	管柱、复板、短管和支管等焊缝未经射线检查者，应作 10％磁粉或渗透检测的抽查。必要时，验船师可要求增加检查的部位和数量。		抽查全部焊缝的 10％；在开孔处或接管处的加强焊缝 100％检查	

注：① 联箱、接管及其他筒形构件，当外径≤ 170mm 时，其模压接头的环缝应作 10％的抽查。

② 经 CCS 同意，处理用受压容器的射线检查范围可为壳体 10％对接焊缝及全部对接焊缝的交叉点。

③ III级受压容器可由验船师根据实际用途确定是否需要进行无损检测。

7.5.4.2　承受外压的壳体在经过耐压试验后，除还需进行外观检查外，对重要部位应进行磁粉或着色检测。检测的部位及数量应经验船师同意。

7.5.4.3　若焊缝表面及其附近区域的表面光洁度会妨碍无损检测的准确性时，应将这些部位打磨到规定的粗糙度。

7.5.4.4　焊缝的无损检测应考虑延时裂纹的影响因素。对屈服强度大于 395N/mm^2 的高强度钢，无损检测应在焊后 48h 后进行。

7.5.4.5　射线检测的灵敏度应符合下列规定：

(1) 采用孔型象质计时，在射线照片上能看到的最小孔径：对焊缝厚度不超过 50mm 者，应不大于焊缝厚度的 3％；对焊缝厚度超过 50mm 者，应不大于焊缝厚度的 2.5％；

(2) 采用金属丝型象质计时，在射线照片上能看到的金属丝的最小直径：对焊缝厚度为 10 ～ 50mm 者，应不大于焊缝厚度的 1.5％；对焊缝厚度为 50~200mm 者，应不大于焊缝厚度的 1.25％。

7.5.4.6　每一张射线透视底片的两端均应放置象质计，并应尽可能放在被检焊缝的射线源一侧。

7.5.4.7　超声波和磁粉检测的灵敏度应根据具体检测部位而定，并应得到验船师的同意。

7.5.4.8　需无损检测的焊缝，其质量应按 CCS 接受的标准进行评定。

7.5.4.9　对潜水系统和潜水器的承压壳体检查中发现有超过合格限度的缺陷，且返修困难时，经 CCS 同意，允许执行以断裂力学为基础的焊缝缺陷的验收标准。

7.5.5　缺陷修补

7.5.5.1　焊缝无损检测发现有不允许存在的缺陷时，应确定缺陷的范围。超标缺陷应予以清除，必要时可采用磁粉或渗透检测方法进行检查。在确认缺陷完全清除后，再进行焊补。

7.5.5.2　在抽查的焊缝中发现有不允许存在的缺陷时，应在该被检焊缝所代表的焊缝长度上任选 2 处进行复查。如复查合格，则将原焊缝中的缺陷剔除，重新焊补。如复查仍不合格，则应采取下列之一的措施：

(1) 将该被检焊缝所代表焊缝的全部长度铲除干净，重新焊接。然后作为新的焊缝提交进行焊缝抽查，同时与此焊缝有关的试件也应进行类似的处理；

(2) 对所代表焊缝的整个长度进行检查，凡有缺陷之处均应进行修补，然后对所有修补处重新进行检查。

7.5.5.3　受压壳体的焊补工艺应经 CCS 验船师同意。

7.5.5.4　通常耐压壳体的同一部位缺陷修补应不超过 2 次。

7.5.5.5　缺陷的修整和焊补应在焊后热处理之前完成。

7.5.5.6　焊补后重新检验的结果应使 CCS 验船师满意。

第 8 章 重要机件的焊接

第 1 节　一 般 规 定

8.1.1　适用范围

8.1.1.1 本章适用于柴油机、涡轮机、减速齿轮箱以及废气涡轮增压器等重要机件和机座的焊接。

8.1.2　材料

8.1.2.1　所选用的焊接材料应按本篇第 2 章的有关规定进行认可。

8.1.3　焊接工艺认可

8.1.3.1　在施工前应按本篇第 3 章第 1 节的有关规定，将重要的焊接构件所采用的焊接工艺规程提交 CCS 认可。

8.1.3.2　若需进行焊接工艺认可试验，制造厂应按本章第 2 节和第 3 节的有关规定，模拟实际构件的工艺条件，焊制具有代表性的焊接接头，进行焊接工艺认可试验。

8.1.4　结构

8.1.4.1　承受交变和冲击负荷的主要构件通常应采用开坡口的接头型式，以保证全厚度焊透。

8.1.4.2　两种不同厚度的构件对接时，其厚度差大于或等于 4mm 时，应对厚板的边缘进行削斜，使其均匀过渡。斜边的宽度应不小于厚度差的 4 倍。

8.1.4.3　形状复杂的部件，如采用焊、铸混合结构时，应避免焊缝成锐角相交或截面突变。

8.1.5　预热

8.1.5.1　在下列情况下应考虑采用适当的焊前预热措施：

(1)　当焊接大型构件和复杂构件以及设计图纸上特别规定的重要机件时；

(2)　当被焊构件或机件材料的含碳量大于 0.23％或碳当量 $C_{eq}=\mathrm{C}+\frac{\mathrm{Mn}}{6}+\frac{\mathrm{Cr+Mo+V}}{5}+\frac{\mathrm{Ni+Cu}}{15}$ 大于 0.41％时；

(3)　当在环境温度低于 0℃和 / 或湿度较大的环境下进行焊接时。

第 2 节　转子轴的焊接

8.2.1　一般要求

8.2.1.1　本节适用于涡轮机及废气涡轮增压器转子轴的焊接。

8.2.1.2　转子轴在焊接前应均匀地进行预热。在焊接过程中应严格注意保温。预热的温度可根据所选用的材料决定。

8.2.2　工艺认可试验

8.2.2.1　施焊前应按经 CCS 同意的焊接工艺规程焊制试件，进行熔敷金属拉伸试验、接头横向拉伸试验、正弯和反弯试验，以及断面宏观组织检查。

8.2.3　焊后热处理

8.2.3.1　转子轴焊接后应进行适当的热处理。热处理的要求应根据所选用的材料和焊接方法确定，且应经 CCS 认可。

8.2.3.2　焊缝的内、外部缺陷均应在热处理以前修补完毕。

8.2.4　无损检测

8.2.4.1　转子轴在精加工前应经磁粉检测或其他有效方法进行表面检查。如发现裂纹及其他缺陷，应予以清除和修补，并进行焊后热处理以消除应力。

第 3 节　机座、机架、汽缸与壳体等构件的焊接

8.3.1　一般要求

8.3.1.1　本节适用于柴油机的机座、机架、曲轴箱、气缸体和涡轮机的底座、汽缸、隔板、冷凝器以及废气涡轮增压器和减速齿轮箱的壳体等构件的焊接。

8.3.2　焊接工艺认可试验

8.3.2.1　对柴油机的机座、机架以及涡轮机的底座等构件，应制备模拟接头，进行拉伸、弯曲、冲击和断面宏观检查试验，试验结果要求为：

(1) 拉伸试验：不低于母材规定的最小抗拉强度；

(2) 冲击试验：不低于母材的最小平均冲击功；

(3) 弯曲试验：同本篇第 7 章表 7.2.4.1 弯曲试验的规定；

(4) 断面宏观检查：不应有裂纹、未焊透和未熔合，以及不允许存在的咬边和夹渣等缺陷。

8.3.2.2　涡轮机汽缸的对接接头应进行包括有拉伸、弯曲和焊缝断面宏观检查的焊接试验，其结果应符合本篇第 7 章表 7.2.4.1 的有关规定。

8.3.2.3　涡轮机的隔板、喷嘴板等应选具有代表性的试样，进行切片和宏观浸蚀检查。

8.3.3　焊前准备

8.3.3.1　构件的坡口应采用气割或机加工方法加工至所需的形状和表面粗糙度。

8.3.3.2　构件拼装应准确，其焊缝的坡口型式、间隙均应符合要求。

8.3.3.3　焊接前应清洁焊缝坡口边缘，不允许有氧化物、熔渣和影响焊接质量的油污等存在。

8.3.3.4　焊接应尽可能采用平焊位置，并应避免不良环境条件的影响。

8.3.4　焊后热处理

8.3.4.1　碳钢或碳锰钢制成的机座及涡轮机的汽缸应按本篇第 7 章表 7.4.3.4 规定的温度和保温时间进行焊后热处理。

8.3.4.2　合金钢的热处理方法应提交 CCS 认可。

8.3.5　无损检测

8.3.5.1　构件在热处理完成后，应按下列规定对焊缝进行检查：

(1) 涡轮机汽缸：压力壳体内承受主要应力的接缝应作射线透视检查；

(2) 涡轮机的其他接缝：喷嘴板和支管连接的接头、隔板接头等应采用经 CCS 同意的无损检测方法进行检查；

(3) 柴油机焊装组合的横梁构件的焊缝，应采用经 CCS 同意的无损检测方法进行检查；

(4) 其他重要机件的接缝，如 CCS 验船师认为有必要时，也可要求作无损检测。

第 4 节　螺旋桨的无损检测与焊补

8.4.1　一般规定

8.4.1.1　本节适用于本规范规定的螺旋桨、桨叶和桨毂的检验、修理和焊补。

8.4.1.2　本节亦可适用于营运船舶螺旋桨损坏后的修理和检验。

8.4.1.3　螺旋桨的焊补除本节规定外，应符合本篇第 1 章的有关规定。

8.4.2　螺旋桨的侧斜角及其危险区域划分

8.4.2.1　螺旋桨的侧斜由螺旋桨桨叶的侧斜角来描述。螺旋桨的最大侧斜角为：在桨叶的正投影图上，从叶尖到桨轴中线的直线和从轴中线作出与螺旋桨的桨叶截面弦长中点连线相切的直线的夹角（见图 8.4.2.1)。高侧斜螺旋桨的侧斜角大于 25°，低侧斜螺旋桨的侧斜角不大于 25°。

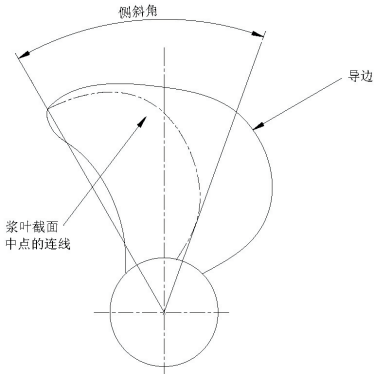


图 8.4.2.1　螺旋角的定义

8.4.2.2　为将检测要求与桨叶中的缺陷极限相联系并减少修补后疲劳裂纹的风险，将桨叶划分为 A、B、C 三个危险区域：

(1) A 区是承受最大应力的区域，因此检测要求最高。一般在该区域桨叶的厚度最大，其对修补焊缝的约束度最大，反过来也导致在修补焊缝内部和周围的残余应力最大。高的残余拉应力在以后的服役中经常导致疲劳裂纹，因此在该区域的任何焊接修补后必须经过消除应力热处理。

(2) B 区是可能有高工作应力的区域。

(3) C 区是工作应力低并且桨叶厚度相对较薄的区域。

8.4.2.3　低侧斜螺旋桨的危险区域划分应符合下列规定：

(1) A 区位于叶片的压力面，其范围为叶根至 0.4R 处并介于距导边 0.15 倍弦长 (C_r) 的界限及距随边 0.2 倍弦长 (C_r) 的界限之间的区域（见图 8.4.2.3(1)a)。当桨毂半径 (R_b) 超过 0.27R(R 为螺旋桨的半径）时，A 区为从叶根园角至 1.5R_b 之间的区域。

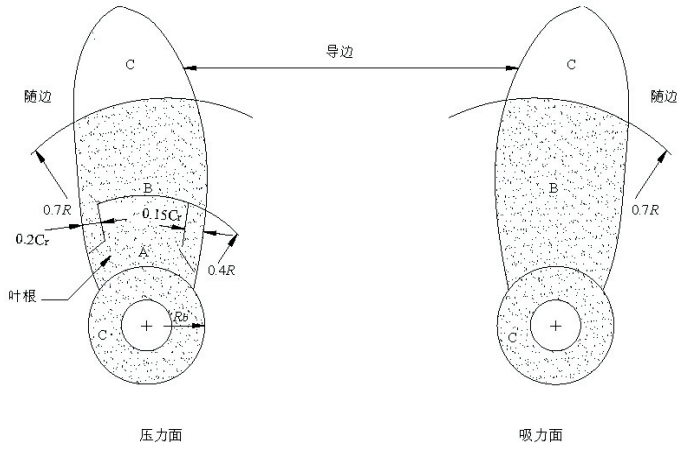


图 8.4.2.3.(1)a 整体铸造低侧斜螺旋桨的危险区域划分

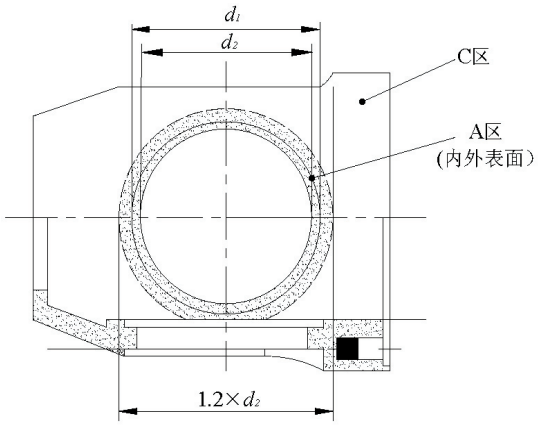


图 8.4.2.3(1)(b) 分体浇铸桨毂的危险区域划分

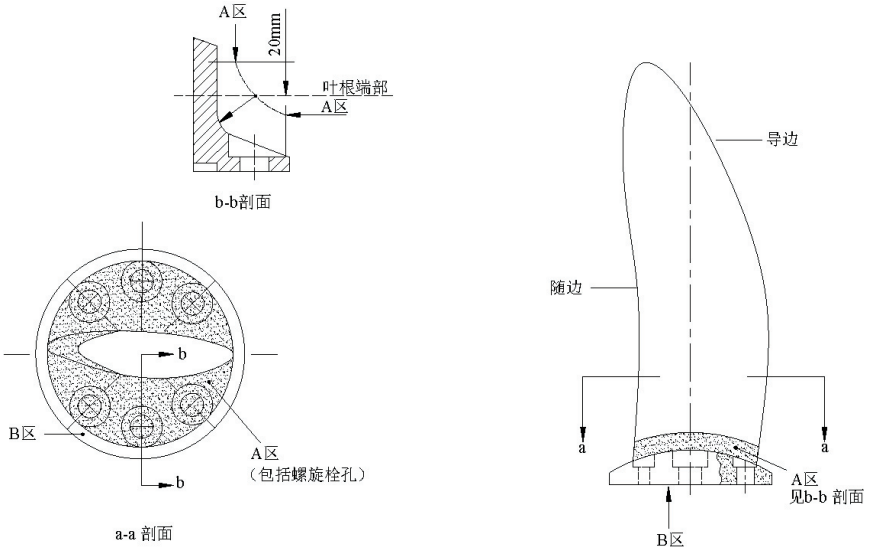


图 8.4.2.3.(1)c 可调螺距桨桨叶法兰及根部的危险区域划分

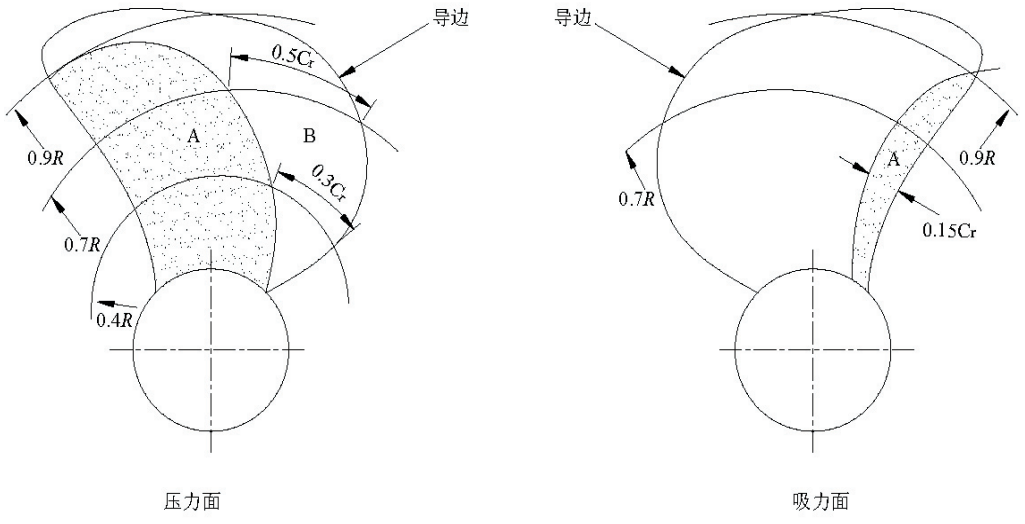


图 8.4.2.4(1) 高侧斜螺旋桨的危险区域划分

A区还应包括分体浇铸桨毂镗孔处的区域（见图8.4.2.3(1)b）及可调螺距组装螺旋桨桨叶的法兰及根部（如图8.4.2.3(1)c所示）。

(2) B区为压力面至0.7R范围内除A区以外的区域及吸力面从叶根至0.7R的区域（见图4.2.3.1(1)a)。

(3) C区为叶片两面位于0.7R以外的所有区域。整体浇铸螺旋桨桨毂的所有表面，及可调螺距螺旋桨桨毂除定义为A区以外的所有表面均作为C区。

8.4.2.4　高侧斜螺旋桨的危险区域划分应符合下列规定：

(1) 压力面A区的范围为叶根与随边及从导边与叶根相交处至随边0.9R处，并与0.4R弦线交于距导边0.3C_r处，与0.7R弦线交于距导边0.5C_r处的弧线所围成的区域。位于0.4R弦线以内的其余区域也属于A区。吸力面A区的范围为沿随边，始于叶根止于0.9R，宽度为距随边0.15C_r的区域（见图8.4.2.4(1)）。

(2) B区范围为叶片表面除A区以外的所有表面（见图8.4.2.4(1)）。

8.4.3　无损检测

8.4.3.1　所有螺旋桨成品铸件均应按8.4.2.3和8.4.2.4规定分为三个区进行表面无损检测。通常A区检测应在验船师在场下进行，对B和C区进行检测时验船师可要求在场。

8.4.3.2　螺旋桨的表面检测通常用着色渗透检测方法进行。着色渗透检测应按CCS认可的标准或规则进行。磁粉检测方法不适用于铜质螺旋桨和奥氏体不锈钢螺旋桨。

8.4.3.3　着色渗透检测的显影时间应符合渗透剂生产厂的建议值或不少于10min。

8.4.3.4　对显示进行评定时应以100cm^{2}大小的正方形或长方形（长边不超过250mm）作为评定区。评定区应选在显示最密集的部位。

8.4.3.5　渗透剂显示按图8.4.3.5划分为圆形，线形和连续形等三种。不同区域内的缺陷大小和数量应不超过表8.4.3.5所示之值。

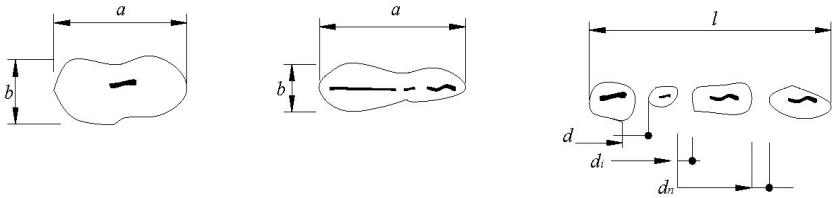


图 8.4.3.5 显示的类型

着色渗透检测判定区内显示的判定　　表8.4.3.5

区域	显示的最大数量	显示类型	每类缺陷的最大数量	缺陷显示的最大尺寸 (mm)
A	7	圆型	5	4
		线型	2	3
		连续	2	3
B	14	圆型	10	6
		线型	4	6
		连续	4	6
C	20	圆型	14	8
		线型	6	6
		连续	6	6

注：① A区内小于2mm的单个圆形显示及其他区域内小于3mm的单个圆形显示可以忽略。

② 如线形或连续形显示较少或不存在，圆形显示的总数最多可达到所有显示的最大许可数量，只要保证各种显示的数量之和不超过最大许可数量。

8.4.3.6　当怀疑铸件存在内部缺陷时，验船师可要求进行射线检测和 / 或超声波检测。射线或超声波检测的验收标准应由厂方与船级社商定。采用射线和 / 或超声波检测时应注意：

(1) 由于射线检测的厚度限制和其它实际因素，射线检测一般不宜用来检查大型螺旋桨的最厚部分；

(2) 由于材料的高吸收性能，一般对不锈钢、Cu1 和 Cu2 铜合金等材料不采用超声波方法进行检测；但超声波检测可对 Cu3 和 Cu4 铜合金材料进行检测。

8.4.3.7　如果铸件经过修磨或焊补，修补区域应按其所处的位置和 / 或位于的区域增加渗透检测。焊缝修补处，不论其所处的位置，均应按 A 区域要求进行检测。

8.4.3.8　制造厂应保持可追溯每一炉次的检验报告和产品的无损检测报告，并经验船师确认。

8.4.4　缺陷修补的一般要求

8.4.4.1　对于检查中发现的不影响强度的细小缺陷，一般可不修补。对桨毂端面或中部减轻孔表面的局部气孔，经适当处理后，可采用适当的塑性填料进行填充。

8.4.4.2　发现超过表 8.4.3.5 验收标准的显示（如裂纹、缩孔、夹砂、夹渣、非金属夹杂、气孔以及其他可能削弱螺旋桨安全使用的缺陷）的螺旋桨，应进行必要的修整或焊补。对于直径小于 1mm 的分散圆形气孔等细小表面缺陷可以修补。

8.4.4.3　缺陷修补一般应采用如磨、削、铣等的机械方法，而不宜采用焊接的方法。若确有焊补的必要，应事先提交详细的焊补工艺和焊补范围等资料并经 CCS 同意。

8.4.4.4　不采用焊接修补的缺陷，在削、铣处理后应进行打磨。并应使打磨出的凹陷轮廓尽可能光滑过渡，以避免应力集中和减轻空泡剥蚀。

8.4.4.5　各区域可焊补的总面积和允许焊补的单个缺陷大小可参照 CCS 接受的有关标准，但应避免面积小于 $5cm^2$ 的焊接修补。

8.4.4.6　螺旋桨 A 区域的修补一般应遵循下列原则：

(1) A 区一般不允许焊接修补，焊接修补只有经 CCS 同意才能进行。如果同意采用焊接修补，则焊后应进行消应力热处理。热处理工艺应经 CCS 验船师同意；

(2) 打磨后桨叶的厚度应保持图纸上批准的桨叶厚度；

(3) 当缺陷的深度大于本条 (2) 允许修补范围时，其修补应另行考虑。

8.4.4.7　螺旋桨 B 区域的修补一般应遵循下列原则：

(1) 经 CCS 的事先批准，B 区一般允许焊接修补，但最好能够避免。每次批准均应提交缺陷 / 损坏和预期修补工艺的全部详细资料；

(2) 对深度不大于 $\frac{t}{40}$ mm（t，批准图纸上缺陷所在处的最小局部厚度）或 2mm 的缺陷（取大者）应打磨去除；

(3) 不允许用打磨去除的较深的缺陷，可用焊接方法修补。

8.4.4.8　螺旋桨 C 区域一般可按已认可的工艺进行焊接修补。

8.4.4.9　对每一作过修补的铸件，制造厂应保留一份记录挖修、焊补、热处理和最终检测结果的报告，该报告应经验船师确认。

8.4.5　焊接修补

8.4.5.1　螺旋桨修造厂在实施焊接修补之前应向验船师证明其具有实施焊接修补必要的场地、安装设备、焊接设备、热处理设备、检测仪器以及有经验的焊工和焊接检验人员。

8.4.5.2　焊接修补之前，修造厂应制定并提交一份详细的焊接工艺说明书。说明书应包括焊前准备、焊接工艺、填充金属、预热和焊后热处理及检测工艺。

8.4.5.3　未经认可的焊接工艺应在验船师在场的情况下进行焊接工艺认可试验，试验合格方能用于螺旋桨的焊补。焊接修补应严格按照已认可的工艺，由持证的焊工施焊。

8.4.5.4　需用焊接方法修补时，应将缺陷清除干净，直到呈现良好的材料。为保证完全去除缺陷，打磨区域应进行着色渗透检测。

8.4.5.5　焊接坡口的制备应保证能够焊透并保持干净和干燥。

8.4.5.6　焊补用的焊接材料应与母材相适应。铜合金桨的焊接材料可按表 8.4.7.3 的建议选用。药皮焊条在使用前应按焊条制造厂的说明进行贮存和烘干。

8.4.5.7　所有焊接工作应在不受大风和天气影响的条件下进行。

8.4.5.8　制造厂可根据自身经验，采用药皮焊条电弧焊或气体保护电弧焊进行螺旋桨焊补。气体保护钨极氩弧焊应谨慎使用。

推荐使用熔化极电弧焊对铜质螺旋桨进行各类修补。

对 Cu1、Cu2 合金铜质螺旋桨可使用气焊，但应限制在对螺旋桨外缘 1/3 半径范围内且厚度小于 32mm 处缺陷的修补。

8.4.5.9　预热应采用天然气、石油液化气等柔火气炬或电热丝加热器，避免使用集中火焰加热，并防止局部过热。

8.4.5.10　螺旋桨的焊补一般应在平位置进行。不能平焊时，应进行气体保护熔化极电弧焊焊接。

8.4.5.11　为减轻扭曲和产生裂纹的危险，应保持较低的道间温度，特别是 Cu3 合金。

8.4.5.12　在焊下一道前应清除熔渣、咬边及其他缺陷。

8.4.6　矫正

8.4.6.1　螺旋桨少量的变形可采用加热或不加热进行矫正。冷矫正应仅限用于对螺旋桨端部或边缘的微小矫正。热矫正和冷矫正只能采用静载荷。

8.4.6.2　对弯曲桨叶的矫正或对桨距的修正，应在对弯曲区域及其每边各 500mm 宽的区域加热到表 8.4.7.3 给出的温度后进行。

8.4.6.3　加热应缓慢均匀，不应使用氧 - 乙炔焰等集中火焰。应有足够的时间使得桨叶截面全厚度的温度达到基本一致。矫正的全过程中，温度应保持在工艺规定的范围内。应采用热电偶仪或温度指示笔等仪器测量温度。

8.4.6.4　矫正修整后，一般应用保温毯包裹或其他方法使螺旋桨缓慢冷却到室温。

8.4.7　热处理

8.4.7.1　除非制造厂能证明没有必要外，Cu1、Cu2 和 Cu4 铜材料冷矫正或焊补后都应进行消应力热处理。Cu3 合金的螺旋桨铸件在进行 B 区域的修补（和经特别认可的 A 区域的焊接修补）或使用了易引起应力腐蚀裂纹的焊接材料后，可要求进行消应力热处理。

8.4.7.2　马氏体不锈钢焊补后应进行回火处理。对很小的焊补，可考虑进行局部消除应力处理。

8.4.7.3　铜合金桨推荐的消应力热处理温度列于表 8.4.7.3 中。保温时间应符合第 1 篇第 9 章表 9.1.4.4。

推荐的填充金属、预热和热处理温度　　**表 8.4.7.3**

合金类型	填充金属	最低预热温度 ℃	最大道间温度 ℃	消应力热处理温度 ℃	热矫正温度 ℃
Cu1	铝青铜① 锰青铜	150	300	350 ～ 500	500 ～ 800
Cu2	铝青铜 镍锰青铜	150	300	350 ～ 550	500 ～ 800
Cu3	铝青铜 镍铝青铜② 锰铝青铜	100	250	450 ～ 500	700 ～ 900
Cu4	锰铝青铜	100	300	450 ～ 600	700 ～ 850

注：① 镍铝青铜和锰铝青铜均可接受。

② 如使用镍铝青铜不要求消应力。

8.4.7.4　在整个热处理过程中，应对工件提供足够的支承以减小工件的变形。

8.4.7.5　加热和冷却应有控制地缓慢进行。通常加热速度不大于100℃ /h，冷却速度在温度大于200℃时应不超过50℃ /h。

8.4.8　修补检验

8.4.8.1　焊接修补和热处理（如采用）后，螺旋桨应按本节8.4.3的有关要求重新进行检验。

8.4.8.2　为检验焊接修补的质量，验船师可要求对焊接修补区域进行酸蚀（例如用氯化铁）观察。

第9章　压力管系的焊接

第1节　一 般 规 定

9.1.1　适用范围

9.1.1.1　本章规定适用于采用手工、自动或半自动电弧焊以及经CCS认可的其他方法所焊接的管子对接接头、支管和法兰连接的接头。

9.1.1.2　氧－乙炔气体焊仅限用于焊接直径不超过100mm或壁厚不超过9.5mm的管子对接接头。

9.1.2　焊接工艺认可

9.1.2.1　对于首次焊制或采用新的焊接工艺时，应按本篇第3章的有关规定将下列连接接头的焊接工艺规程提交CCS认可。

(1) 法兰与管子的连接；

(2) 阀箱与管子的连接；

(3) 附件与管子的连接；

(4) 管子与管子的对接；

(5) 分支管接头的焊接等。

9.1.2.2　制造厂应模拟实际构件的工艺条件，焊制具有代表性的焊接接头试件，进行焊接工艺认可试验。

9.1.2.3　试验焊缝应按本章第3节规定进行质量检查，并按验船师指定部位切成剖面。然后，对每一剖面的表面进行加工、浸蚀和检查焊缝及热影响区的缺陷。

9.1.2.4　对合金钢的钢管接头及分支管接头还应作破坏性试验和按本篇第1章第2节的有关规定进行力学性能试验。对碳钢、碳锰钢的管接头及分支管接头，CCS验船师认为有必要时，也可要求进行力学性能试验，以验证接头是否具有足够的强度。

第2节　管子接头的焊接

9.2.1　一般要求

9.2.1.1　焊缝应远离管子弯曲处和膨胀补偿部分，焊缝应布置在受弯矩和交变负荷作用最小的位置。

9.2.1.2　管系的焊接应尽可能安排在车间里进行。确定在船上进行的焊接，应考虑有足够的空间以便进行预热、焊接、热处理和检查焊接接头。

9.2.2　焊接

9.2.2.1　装配时，焊件应保证轴向对准，尽可能减少其表面错边。通常Ⅰ类和Ⅱ类管系的对准偏差应不大于下列要求：

(1)　对带固定垫环的管子：0.5mm；

(2)　对不带固定垫环的管子：

①　内径小于150mm，厚度不大于6mm时，为1mm或$t/4$，取较小值；

②　内径小于300mm，厚度不大于9.5mm时，为1.5mm或$t/4$，取较小值；

③　内径大于或等于300mm或壁厚超过9.5mm时，为2.0mm或$t/4$，取较小值。

t为管壁厚度。

9.2.2.2　施焊前应清除焊缝边缘上的氧化物、潮湿和油污等，焊缝间隙和坡口应符合焊接工艺规程的要求。

9.2.2.3　管子接头的预热温度应根据其材料的化学成分和管壁厚度确定。预热温度一般应符合表9.2.2.3的要求。

管接头的预热温度　　表9.2.2.3

钢材种类	较厚部分的厚度（mm）	最小预热温度（℃）
碳钢及碳锰钢（C＋Mn/6≤0.4）	≥20②	50
碳钢及碳锰钢（C＋Mn/6＞0.4）	≥20②	100
0.3Mo	＞13②	100
1Cr0.5Mo	＜13	100
	≥13	150
2.25CrMo及0.5Cr0.5Mo0.25V①	＜13	150
	≥13	200

注：① 对该类材料，如CCS对焊接工艺认可中的硬度试验结果认为可以接受，则可免除厚度为6mm及以下材料的预热。

② 对环境温度低于0℃时，不论厚度如何，均应按最小预热温度进行预热。特别情况CCS将特殊考虑。

③ 表中数值为低氢的焊接方法。如采用非低氢的焊接方法，则应考虑采用较高的预热温度。

9.2.2.4　对接接头的焊缝与母材的过渡应平缓且均匀。

第3节　焊接质量检查

9.3.1 一般要求

9.3.1.1　管子焊接后应进行外观检查、无损检测和液压试验。

9.3.1.2　液压试验应按CCS《钢质海船入级规范》第3篇第2章第5节的规定进行。

9.3.2　外观检查

9.3.2.1　焊缝表面不应有裂纹、焊瘤、气孔、咬边以及未填满的弧坑和凹陷存在。如有上述缺陷应进行修补。

9.3.3 无损检测

9.3.3.1　Ⅰ类受压管系的对接焊缝应按表9.3.3.1的规定进行射线检测；Ⅱ类受压管系的对接焊缝由CCS验船师指定位置进行射线检测。射线检测的灵敏度应符合本篇第7章7.5.4.5的规定。

Ⅰ类受压管系对接焊缝的射线检测范围　　表9.3.3.1

管子外径（mm）	检测范围
≤76	由CCS验船师指定位置抽查
＞76	焊缝100%进行检查

9.3.3.2　如用超声波检测代替射线检测，应经CCS同意。

9.3.3.3　Ⅰ类受压管系的填角焊缝应按表9.3.3.3的规定进行磁粉检测。Ⅱ类受压管系的填角焊缝由CCS验船师指定位置进行磁粉检测。

Ⅰ类受压管系填角焊缝的磁粉检测范围　　表 9.3.3.3

管子外径 (mm)	检测范围
≤ 76	由 CCS 验船师指定位置抽查
＞ 76	焊缝 100%进行检查

第 4 节　焊后热处理

9.4.1　一般要求

9.4.1.1　碳钢和碳锰钢钢管和组合分支管，在下列情况下，应进行焊后消除应力的热处理：

(1) 钢管和组合分支管的含碳量超过 0.23%；

(2) 钢管和组合分支管的含碳量未超过 0.23%，但壁厚超过 20mm 的Ⅰ类受压管或壁厚超过 30mm 的Ⅱ类受压管。

9.4.1.2　所有合金钢钢管和组合分支管，在下列情况下，均应进行适当的热处理：

(1) 用电弧焊连接的；

(2) 经加热成形，或弯管加工的；

(3) 冷弯成形而弯心半径小于 3 倍管子外径的（弯心半径从弯管内侧边缘测量）。

9.4.1.3　凡采用氧－乙炔气体焊连接的管子，焊后均应进行正火加回火处理，对材料为碳钢或碳锰钢时，亦可采用正火处理。

9.4.1.4　碳钢、碳锰钢的消除应力热处理温度为 580 ～ 620℃；保温时间按每 25mm 管壁厚度 1h 选取。合金钢消除应力热处理的温度应根据材料成分确定，并经 CCS 验船师同意。

第10章 海底管系的焊接

第1节 一 般 规 定

10.1.1 适用范围

10.1.1.1 本章规定适用于海底输送管系的现场组装焊接及焊接管段制造中的焊接。

10.1.1.2 本章规定适用于采用手工、半自动和自动电弧焊、电阻闪光对接焊和其他经CCS认可的方法。

10.1.2 材料

10.1.2.1 海底管系的管段可直接采用无缝钢管或用钢板卷制焊接而成。

10.1.2.2 制管用钢材的屈服强度应不大于500MPa，且应经CCS认可。

10.1.3 焊接工艺

10.1.3.1 海底管系的焊接应按本篇第3章规定的程序和有关要求进行焊接工艺认可。

10.1.3.2 海底管系海上安装的水下焊接工艺应经CCS认可。

10.1.4 焊工

10.1.4.1 从事海底管系海上现场安装焊接的焊工，除应具有与从事焊接作业相适应的焊工合格证外，还应经过与海上安装作业环境相应条件下的培训和考核。

10.1.4.2 从事海底水下焊接安装作业的焊工，除应具有CCS颁发或认可的水下焊工合格证外，还应具有适用的潜水合格证书。

第2节 管系的组装焊接

10.2.1 一般要求

10.2.1.1 管子的组装焊接可分为预组装焊接和管系现场组装焊接。预组装焊接可在陆上或海上作业地进行。

10.2.1.2 组装作业现场应具有合适可靠的焊接设备和焊接作业环境，能保证焊接作业安全顺利地进行。

10.2.1.3 组装现场应对进场的管子进行外观和尺寸复查。发现在运输过程中可能造成的各种缺陷应在投入使用前予以消除。

10.2.1.4 组装焊接一般应在防腐涂层涂装前进行。根据铺管方法的要求，也可在涂层施工完后进行管子的对接焊。

10.2.2 焊接工艺

10.2.2.1 在组装焊接前宜在管子外表面用油漆标明安装用的连续数码编号，以利辨认、丈量和记录。被截短后的管子应重新丈量和标记。

10.2.2.2 管端坡口处应清除湿气、油脂、氧化皮等影响焊接质量的污物。

10.2.2.3 焊接时应严格按已认可的焊接工艺进行组装焊接。在焊接较高强度钢管时，应采用低氢型焊接材料和工艺措施。

10.2.2.4　一般在头两道焊道焊完前，不允许移走内、外对口器。当为了对中需进行点焊时，应用经认可的焊接工艺规程，并只允许在焊缝坡口内进行点固焊。不良的点固焊缝应予清除。

10.2.2.5　在接头未达到足够强度前，不应中断焊接，以避免管子在挪动或搬运过程中发生塑性变形和裂缝。

10.2.2.6　在中断焊接后重新开始焊下道焊道前，应清除焊渣。若焊接工艺中有预热要求，则应将接头预热到规定的最低预热温度时再施焊。

10.2.2.7　立管和管道的永久性支撑构件、附件及起吊环扣等一般应焊在加强环上。临时使用的加强环应用夹具夹紧。

10.2.2.8　永久性加强环一般应制成完整的套环，其材料应符合承压部件的要求。在焊接套环的纵向焊缝时应加条状衬板，以免焊穿主管。环向焊缝应是连续的，其焊接方式应使根裂和层状撕裂危险减至最小程度。

10.2.3　水下焊接工艺

10.2.3.1　水下焊接应在已排出水的焊接舱内用低氢焊接材料和工艺施焊。若采用其他水下焊接方法 . 应经 CCS 批准。

10.2.3.2　焊接用的密封装置，应符合设计和制造的要求。密封清管器除经使用，证明性能可靠外，一般应在装入管道前经受压力试验。

10.2.3.3　应制订详细的焊接工艺规程，除本篇第 3 章有关规定外，还应附加下述内容：

(1) 水深；

(2) 密封舱内的压力；

(3) 密封舱内的气体组分；

(4) 舱内湿度；

(5) 舱内温度。

10.2.3.4　水下焊接时，其焊接工艺的基本参数允许变动范围除本篇第 3 章有关规定外，还应符合下述要求：

(1) 舱内压力不应有任何增加；

(2) 舱内气体组分不应有任何变化；

(3) 舱内湿度不应有超过所要求范围的任何增加。

10.2.3.5　为了消除焊缝的湿气和防止焊缝中的氢扩散，应将焊缝坡口区域预热到适当温度。

10.2.3.6　水下焊接作业面上应具有良好的照明和通风装置，以保证水下焊接作业的顺利进行。

10.2.3.7　水下焊接的连接焊缝应进行全长度无损检测，并按规定的标准进行验收。

10.2.4　焊缝检验

10.2.4.1　所有组装焊接的焊缝完工后均应进行 100％外观检查和 100％射线无损检测。无损检测的工艺应经 CCS 认可。

10.2.4.2　每条经外观检查或无损检测的焊缝应做好检查记录，以便于查找有疑问焊缝的位置和采用无损检测进行复核。

10.2.4.3　完工焊缝应符合表 10.2.4.3 所规定的要求。

10.2.5　焊缝的修补

10.2.5.1　当检查发现有超出允许范围的缺陷时，允许清除焊缝缺陷并进行修补或切除部分带缺陷焊缝的管段。

10.2.5.2 浅表性缺陷允许进行打磨处理。管子打磨消除缺陷时，其剩余壁厚应不小于规定的最小厚度。打磨应由熟练人员进行，打磨后的表面应保持光顺过渡。

10.2.5.3 管子补焊前应制订包括管子和焊缝在内的焊接修补工艺规程，必要时可要求进行焊补工艺的认可试验。经CCS同意后，才能用于管子的补焊。

10.2.5.4 所制订的焊缝焊补工艺规程，除本篇第3章规定外，还应包括下列技术要求：

(1) 除去缺陷的方法、焊区清理及修补后的无损检测工艺；

(2) 最小和最大修补深度和长度。

海底管道系统焊缝检查要求 表10.2.4.3

缺陷名称		合格要求
内部缺陷	气孔	分散性气孔最多应为投影面积的3%。其最大孔径为 $t/4$，最大为4mm。 密集性气孔，在任何连续的300mm焊缝长度内应不超过12mm直径的面积，其任一单独气孔的最大直径应不超过 $t/8$，最大为2mm。 成线状的气孔不得透出焊缝表面，最大孔径为 $t/8$，最大为2mm。
	夹渣①②③	孤立的夹渣：长度≤ $t/2$，宽度≤ $t/4$，最大为4mm。 成线状夹渣：长度≤2t，最大为50mm，宽度≤2mm。 对车迹式夹渣：每条平行渣线宽度应不超过1.5mm。
	未熔合或未焊透①②③	长度≤2t，最大为50mm。
	裂缝	不允许存在
外观缺陷	相连两管端的不同心度	＜0.15t，最大为3mm
	凹陷	深度：最大为6mm；长度最大为外径的一半。
	冷却形成的缩孔、缩沟、弧坑和电弧擦伤	不允许，可用打磨法除去。
	焊缝余高	对 $t \leq 12.5$mm，最大为3mm(外)和2mm(内) 对 $t > 12.5$mm，最大为4mm(外)和3mm(内)
	凹坑	不允许有管外侧凹坑；管内侧凹坑允许存在，但在射线照片上凹坑处的黑度应不超过其邻近母材金属的黑度。
	咬边①②	对环焊缝，咬边长度在任何连续30mm焊缝长度内不应大于： 对深度≤ $t/10$，最大为0.8mm。最长为50mm； 对深度≤ $t/20$，最大为0.4mm，最长为100mm。 对深度≤0.3mm的咬边，若认为其形状和凹陷的影响无害，则可不考虑其长度。
	未熔合或未焊透①②	长度≤ t
	裂缝	不允许

注：① 若几个细长形缺陷处于一条线上，且彼此间的距离小于最长缺陷的长度，则这些缺陷应作为一个连续的缺陷考虑。

② 夹渣、未焊透、未对中、或咬边的任何聚集都应作为最严重的缺陷处理。

③ 在相当于5倍缺陷长度的任何连续焊缝内，最多只能有一个①和②中限制的缺陷。

④ t 为管子壁厚，mm。

10.2.5.5 检查发现的缺陷应在重新焊补前全部除净。必要时可采用无损检测的方法确认缺陷已完全消除。

10.2.5.6 需作局部焊补的焊道长度至少应在100mm以上。过长的焊缝可考虑分段修补。

10.2.5.7 焊补时应采用低氢焊接材料，适当地控制预热和层间温度。焊补后焊缝表面应保持平缓过渡，必要时可打磨至平顺。

10.2.5.8 但在同一区域内焊接修补的次数，除经CCS同意外，一般应不多于两次。

10.2.5.9 对修补后的焊缝进行无损检测时，其检测范围应向修补焊缝两端各向外延伸50mm。