

中 国 船 级 社

钢质海船入级与建造规范

1996

第8篇 焊 接

1996年8月1日生效

地址 Add：北京市东黄城根南街40号
40 Dong Huang Cheng Gen Nan Jie,
Beijing 100006, China.
电话 Tel：(010)65136633
传真 Fax：(010)65130188
电传 Tlx：210407 CCSBJ CN
邮码 Postcode：100006

目　录

第1章　一般规定 …… 8—1
第1节　通则 …… 8—1
第2节　试验 …… 8—1
第2章　焊接工艺认可 …… 8—6
第1节　通则 …… 8—6
第2节　对接焊工艺认可试验 …… 8—7
第3节　角接焊工艺认可试验 …… 8—9
第3章　船体结构焊接 …… 8—11
第1节　通则 …… 8—11
第2节　船体构件的焊接 …… 8—12
第3节　焊缝检验与修补 …… 8—13
第4节　奥氏体不锈钢及其复合钢板的焊接 …… 8—14
第5节　铝合金的焊接 …… 8—15
第4章　锅炉与受压容器的焊接 …… 8—17
第1节　通则 …… 8—17
第2节　锅炉与受压容器的产品焊接试验 …… 8—17
第3节　锅炉与受压容器的制造 …… 8—19
第4节　热处理 …… 8—20
第5节　检验与修补 …… 8—21
第5章　重要机件的焊接 …… 8—24
第1节　通则 …… 8—24
第2节　转子轴的焊接 …… 8—24
第3节　机座、机架、汽缸与壳体等构件的焊接 …… 8—25
第6章　压力管系的焊接 …… 8—26
第1节　通则 …… 8—26
第2节　管子接头的焊接 …… 8—26
第3节　焊接质量检查 …… 8—27
第4节　焊后热处理 …… 8—28
第7章　焊接材料 …… 8—29
第1节　通则 …… 8—29
第2节　焊接材料的力学性能 …… 8—30
第3节　电弧焊焊条 …… 8—32
第4节　埋弧自动焊的焊丝－焊剂 …… 8—36
第5节　半自动、自动焊的焊丝与焊丝－气体 …… 8—39
第6节　电渣焊或气电立焊的焊接材料 …… 8—41
第7节　单面焊接双面成型的焊接材料 …… 8—42

第1章 一般规定

第1节 通 则

1.1.1 适用范围

1.1.1.1 本篇适用于本规范规定的船体结构、锅炉、受压容器、管系和重要机械构件的焊接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。若选用其他方法应经本社同意。

1.1.1.3 在船舶建造中，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本社审查，同意后方可使用。

1.1.1.4 焊接还应符合本规范总则及第1篇的适用要求。

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7章的有关规定，并应经本社认可。

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，各船厂或船用产品制造厂的焊工应按本社执行或认可的《焊工考试规则》进行考试。只有持有本社颁发或认可的《焊工合格证书》的焊工方可从事与其证书等级相应的焊接工作。

1.1.3.2 焊接工艺规程应按本篇第2章的规定提交本社审查，经同意后方可采用。

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。重要焊缝应由技术熟练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本社颁发的或认可的《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9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。

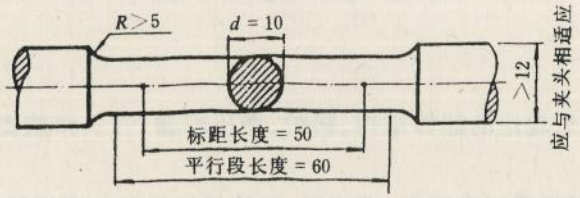
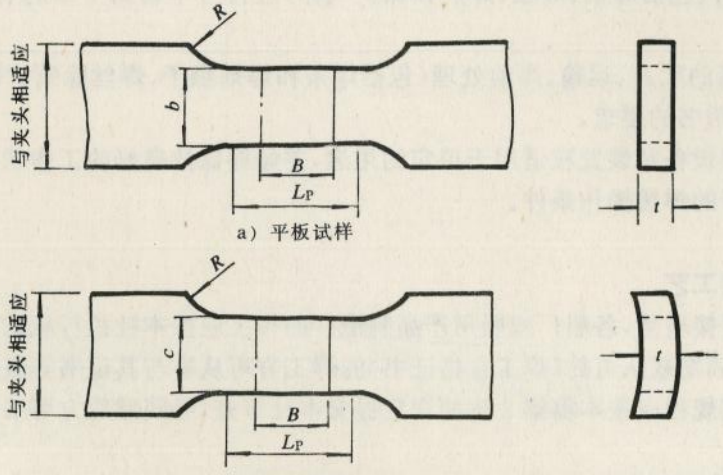


图 1.2.3.1

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。



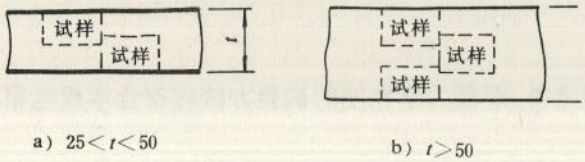
B — 焊缝宽度，mm；　t — 试样厚度，mm；　b — 板试样平行段宽度，取 25mm；

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；

L_p — 试样平行段长度，取 $3t$ 或 $B+12$mm(取大者)；　R — 过渡圆弧半径，大于 25mm

图 1.2.3.2(1)

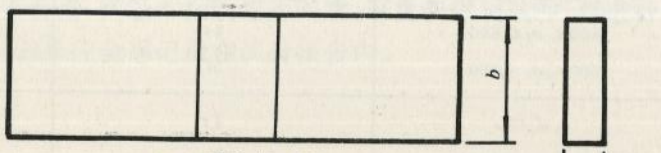


a) $25<t<50$　　b) $t>50$

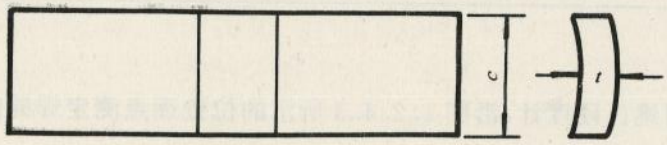
图 1.2.3.2(2)

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

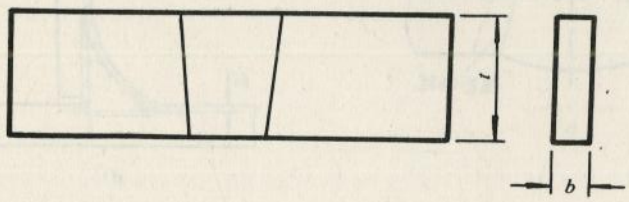
t —试样厚度，应为母材厚度，若厚度超过 25mm，可将试样的受压面一侧减薄至 25mm；

b —板试样宽度，取 30mm；

c —管试样宽度，取 $t + 0.1d$，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。试样上，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 —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 9 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。

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、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 9 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，通过该压头将试样压弯。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。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。

弯曲试验要求 表 1.2.4.2

试验类别	试验材料强度，N/mm^2	压头直径 d	弯曲角度 α
焊接材料认可试验	$\sigma_s \leqslant 400$	$3t$	120°
	$400 < \sigma_s \leqslant 500$	$4t$	
	$500 < \sigma_s \leqslant 690$	$5t$	
焊接工艺认可试验	$\sigma_s \leqslant 400$	$4t$	180°
	$400 < \sigma_s \leqslant 500$	$5t$	
	$500 < \sigma_s \leqslant 690$	$6t$	

注：表中 t 为试样的厚度。

1.2.4.3 硬度试验是用维氏硬度计，沿图 1.2.4.3 所示的位置逐点测定焊缝的硬度，测点的间距为 0.5～2mm。

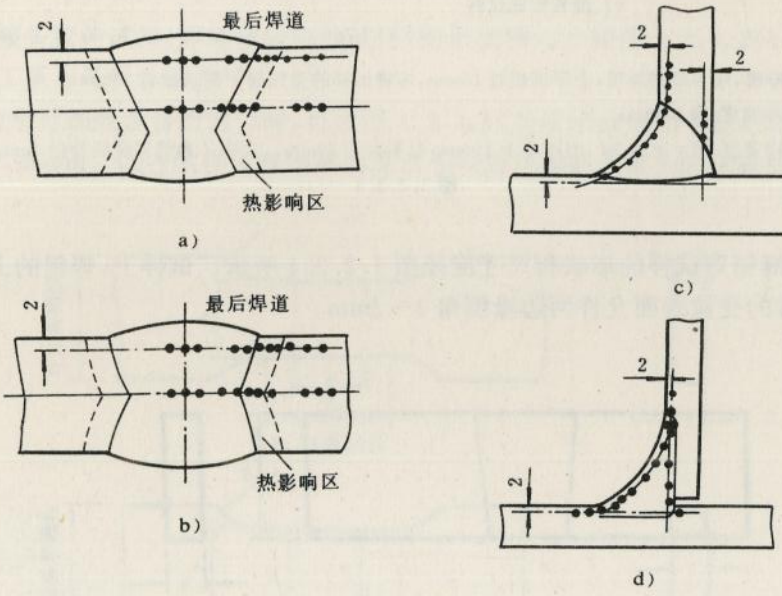


图 1.2.4.3

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。

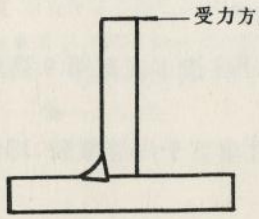


图 1.2.4.4

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，则经本社验船师同意，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 焊接工艺认可

第1节 通 则

2.1.1 适用范围

2.1.1.1 本章适用于船厂和船用产品制造厂进行焊接生产前的焊接工艺认可。

2.1.2 认可

2.1.2.1 在开工建造前，工厂应结合本厂的技术条件和生产经验，制定船体建造焊接工艺计划表交验船师审查。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。

未曾批准过的工艺应制定详细的工艺规程提交本社认可。经工艺认可试验，合格后方可使用。

2.1.2.2 提交认可的焊接工艺规程应包括下列内容：

(1)母材的钢种、钢级、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)坡口设计和加工要求；

(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(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)其他有关的特殊要求。

2.1.2.3 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。

2.1.2.4 对必需进行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本社认可。

2.1.2.5 如焊接工艺业经本社认可，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本社报告。本社根据改动的具体内容决定是否重做焊接工艺认可试验。

2.1.3 认可焊接工艺的适用范围

2.1.3.1 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。但焊接工艺认可试验用的钢材为B级时，则此认可后的焊接工艺也适用于A级钢的焊接。

2.1.3.2 当采用多道焊工艺时，钢材厚度的适用范围为试验所用钢材厚度的50%～200%。

当采用单道焊工艺时，钢材厚度的适用范围为试验所用钢材厚度的80%～110%。

2.1.3.3 钢管直径的适用范围为试验所用钢管直径的50%～200%。

2.1.3.4 焊缝坡口型式不允许作任意变更。

2.1.3.5 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均应不超过±15%。焊接速度的波动范围一般应不超过±10%。

2.1.3.6 预热温度的波动范围应不超过规定最高或最低预热温度。

第2节　对接焊工艺认可试验

2.2.1　一般要求

2.2.1.1　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。

2.2.1.2　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。

2.2.2　试件

2.2.2.1　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。

2.2.2.2　平板对接焊试板的尺寸按表2.2.2.2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，mm　　**表2.2.2.2**

试板尺寸 / 焊接方法	试板长度 L	试板宽度 b
手工焊、半自动焊	≥500	150
自动焊	≥650	200

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。

2.2.2.3　焊缝坡口型式、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。

2.2.3　试验项目

2.2.3.1　试件焊毕后应进行外观检查和无损检测。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。

2.2.3.2　除另有规定外，一般应按图2.2.3.2所示从试件上切取如下试样：

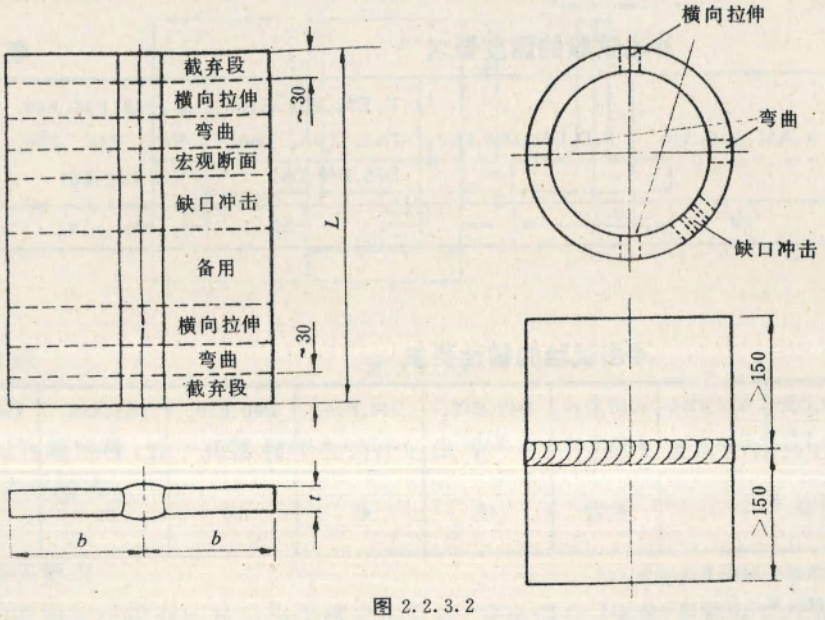


图2.2.3.2

(1)焊缝横向拉伸试样2个；

(2)焊缝弯曲试样2个。若试件厚度大于20mm时，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2.2.3.2(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；

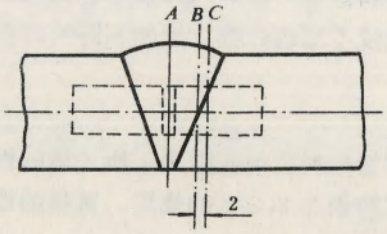


图 2.2.3.2(3)

(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。

2.2.3.3　如本社验船师认为有必要，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。

2.2.4　试验结果要求

2.2.4.1　接头的抗拉强度应不低于母材规定的最小抗拉强度。

2.2.4.2　焊缝熔敷金属的屈服点应不低于母材规定的最小屈服点或设计时所考虑的最小屈服点。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%。

2.2.4.3　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。

2.2.4.4　夏比V型缺口冲击试验的试验温度应符合表2.2.4.4(a)的规定，其试验结果应符合表2.2.4.4(b)的规定。

冲击试验的温度要求　　表2.2.4.4(a)

试验材料等级	A、A32、A36、A40	B、D、D32、D36、D40	E、E32、E36、E40、D42、D46、D50、D55、D62、D69	F、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2.2.4.4(b)

试验材料等级	A、B D、E、F	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。

2.2.4.5 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、位置和密集程度报送本社审核。

2.2.4.6 硬度测试的结果一般应不超过 HV350。若超过 HV350，应将结果报送本社审核。

第 3 节 角接焊工艺认可试验

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 本节适用于平板、管子或管板角接焊缝的焊接工艺认可试验。

2.3.1.2 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。

2.3.2 试件

2.3.2.1 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。

2.3.2.2 平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。

2.3.2.3 焊缝坡口型式、装配与焊接等要求均应与工艺规程的规定相同。

2.3.2.4 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。

2.3.3 试验项目

2.3.3.1 试样焊毕后应进行外观检查。焊缝表面应成型均匀，无裂纹、无明显的焊瘤和咬边等缺陷。

2.3.3.2 平板角接焊应按图 2.3.3.2 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。

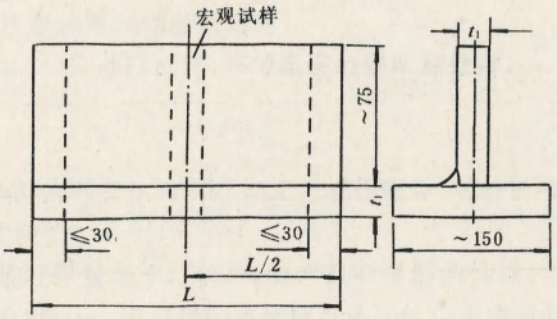


图 2.3.3.2

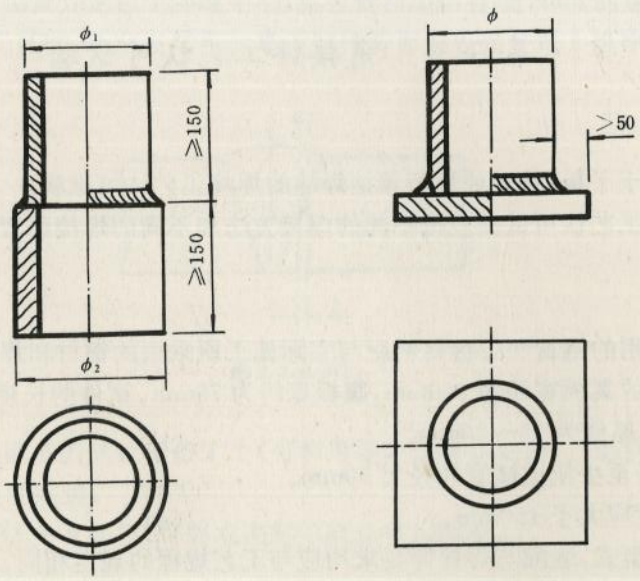
2.3.3.3 除另有规定外，管子角接和管板角接的试样一般应按图 2.3.3.3(a)或(b)所示四等分截取。对每个焊缝断面作宏观检查。

2.3.4 试验结果要求

2.3.4.1 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。

2.3.4.2　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，送交本社审核。

2.3.4.3　硬度测定的结果一般应不超过HV350。若超过HV350，应将结果报送本社审核。



(a)圆管角接试件　　(b)管板角接试件

图 2.3.3.3

第3章 船体结构焊接

第1节 通 则

3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章规定适用于船体结构钢材、铝材和奥氏体不锈钢复合材的焊接和检验。

船体结构的焊缝设计应符合本规范第2篇第1章的有关规定。

3.1.2 工艺规程与检验标准

3.1.2.1 施工前应按本篇第2章的要求，将工艺规程和检验标准提交本社审核，并进行焊接工艺认可试验(必要时)。生产施工和检验应按本社认可的图纸、工艺规程和检验标准进行。

3.1.3 焊前准备

3.1.3.1 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，其修正方法应征得本社验船师的同意。

3.1.3.2 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。

3.1.3.3 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，并需经本社认可。

3.1.3.4 当焊接必须在潮湿、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。

在下述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}大于0.41%时 $C_{eq}=C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo+V}{5}+\frac{Ni+Cu}{15}$；

(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。

3.1.4 焊接工艺

3.1.4.1 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。

3.1.4.2 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。

3.1.4.3 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。

3.1.4.4 除本社特别同意外，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。

3.1.4.5 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

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 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50°～60°之间；若焊件边缘拟加工成其他坡口形式时，则应征得本社的同意。

3.2.1.2 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。此种接头的坡口型式及装配间隙应保证其在垫板上能完全熔合。

3.2.1.3 船体构件的角焊缝和板材的对接缝在交叉处，应符合下述规定：

(1)应将交叉处的对接焊缝的增强高铲平，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，并将角焊缝处的增强高铲平，然后进行连续角焊接。

3.2.2 小夹角处的角焊缝

3.2.2.1 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3.2.2.1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；

(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。

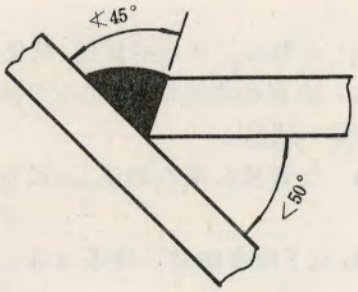


图 3.2.2.1

3.2.3 高强度钢焊接

3.2.3.1 焊接高强度钢材时，应采用与母材相适应的并经本社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。

3.2.3.2 在船体结构中采用高强度钢时，其焊缝的外形应光顺，不得有过高的焊缝增强高。

3.2.3.3 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。

3.2.4 铸钢和锻钢船体结构件的焊接

3.2.4.1 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)采用手工焊方法进行焊接的首柱、尾柱、舵杆和尾轴架等应在焊后进行回火处理。采用电渣焊方法进行焊接的首柱、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。

3.2.5 **舷顶列板与强力甲板边板的焊接**

3.2.5.1 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。坡口型式可按施工情况而定。

3.2.5.2 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。

3.2.6 **柴油机主机基座的焊接**

3.2.6.1 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。

3.2.6.2 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，其焊喉厚度应不小于0.44t_p(t_p见本规范第2篇第1章表1.4.4.4(1)注)。

3.2.7 **起重桅(柱)的焊接**

3.2.7.1 支持最大安全工作负荷不超过10t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

3.3.1 **一般要求**

3.3.1.1 本节规定适用于钢质船体结构的焊缝检验与修补。

3.3.2 **焊缝质量检查**

3.3.2.1 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，无裂纹和过大的增高以及不应有的焊瘤、弧坑和咬边等缺陷存在。

3.3.2.2 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本社同意。

3.3.2.3 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本社验船师商定。

3.3.2.4 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：

$$n = 0.25(i + 0.1W_T + 0.1W_L)$$

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，钢材的材料级别见本规范第2篇1.3.2.2的规定。

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。

3.3.2.5 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。

3.3.2.6 除本节3.3.2.3～3.3.2.5的规定外，危险化学品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%。

3.3.2.7 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。

3.3.2.8 无损检测的位置和结果应记入报告，并应提交本社验船师审核。

3.3.3 缺陷修补

3.3.3.1 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。

3.3.3.2 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。

3.3.3.3 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。

3.3.3.4 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。

第4节 奥氏体不锈钢及其复合钢板的焊接

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 本节规定适用于奥氏体不锈钢及其复合钢板的焊接。其他材料复合板的焊接将由本社另行考虑。

3.4.1.2 除本节另有规定外，奥氏体不锈钢及其复合钢板的焊接应符合本章第1节的要求。

3.4.1.3 从事奥氏体不锈钢及其复合钢板焊接的焊工，应经奥氏体不锈钢焊接的操作技术培训和考试取证。

3.4.2 焊接材料

3.4.2.1 奥氏体不锈钢通常选用熔敷金属成分与母材基本相当的焊接材料。

3.4.2.2 奥氏体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。

3.4.3 焊前准备

3.4.3.1 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。

3.4.3.2 焊前板材表面必须彻底清除油、漆、污物和杂质。

3.4.3.3 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。

3.4.3.4 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。

3.4.3.5 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。

3.4.4 **焊接**

3.4.4.1 焊接奥氏体不锈钢时应采用短电弧，并使电弧稳定而快速地直线移动，避免两边摆动。

3.4.4.2 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。

3.4.4.3 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。

3.4.4.4 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。

3.4.5 **焊后处理**

3.4.5.1 不锈钢板及复合板两侧的表面应避免使用铁锤矫正。

3.4.5.2 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)。

3.4.6 **焊缝检验**

3.4.6.1 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。

3.4.6.2 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经本社认可。

3.4.7 **缺陷修补**

3.4.7.1 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本社验船师同意。

第5节 铝合金的焊接

3.5.1 **一般要求**

3.5.1.1 本节适用于符合本规范第9篇第4章中可焊铝合金的焊接。

3.5.1.2 铝合金的焊接工艺规程应提交本社认可，焊接工艺规程中应包括防止焊接变形和变形矫正的措施。

3.5.1.3 铝合金焊接工艺认可试验的方案可根据实际情况制订，并报送本社审核。

3.5.1.4 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，并应取得合格证书。

3.5.2 **焊前准备**

3.5.2.1 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，应经本社验船师同意。

3.5.2.2 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。

3.5.2.3 当铝合金结构需要焊前预热时，不宜采用氧－乙炔火焰加热。

3.5.2.4 当采用惰性气体保护焊时，焊前应检查保护气体的成份是否符合工艺规程的要求。

3.5.3 **焊接**

3.5.3.1 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。

3.5.3.2 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。

3.5.3.3 清理焊缝根部和清除焊缝缺陷应采用铲、刨等机加工方法。

3.5.3.4　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。

3.5.4　焊缝检查与修补

3.5.4.1　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本社同意。

3.5.4.2　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4章 锅炉与受压容器的焊接

第1节 通 则

4.1.1 **适用范围**

4.1.1.1 本章适用于本规范第3篇第6章所规定的结构型式的锅炉与受压容器的焊接。

4.1.1.2 本章规定仅适用于以手工、自动或半自动电弧熔化焊的焊接连接。如采用其他方法，应经本社同意。

4.1.2 **材料**

4.1.2.1 对于焊接结构的锅炉与受压容器，所选用的焊接材料应与母材相匹配，并经本社认可。

4.1.3 **认可**

4.1.3.1 制造锅炉与受压容器的工厂应向本社申请工厂认可或质量认证。

4.1.3.2 锅炉与受压容器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2章的规定，进行焊接工艺规程认可。其中弯曲试验的压头直径应符合本章表4.2.3.4的规定。

4.1.3.3 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。

4.1.3.4 断口组织均匀性检查的试样如图4.1.3.4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。

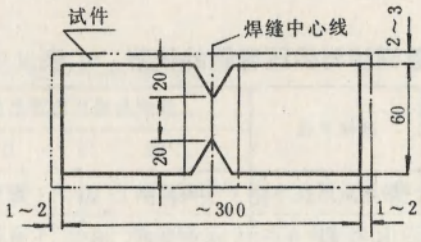


图 4.1.3.4

4.1.4 **图纸与标准**

4.1.4.1 锅炉与受压容器的焊接、施工和检验应按本社认可的图纸、工艺和标准进行。

第2节 锅炉与受压容器的产品焊接试验

4.2.1 **一般要求**

4.2.1.1 除III级受压容器外，各级锅炉与受压容器在生产过程中应根据本节规定，进行产品焊接试验。

锅炉与受压容器的分级见本规范第3篇第6章的有关规定。

4.2.2 **试板**

4.2.2.1 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4.2.3.1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。

4.2.2.2 通常每个锅炉与受压容器应焊制2个 试件。若焊制2个试件有困难时，经本社验船师同意，

亦可焊制 1 个试件，但其长度除能按本节表 4.2.3.1 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。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。

4.2.2.3 环缝一般不需焊制试件。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 4.2.3.1 所规定的一整套试样和所需的复试试样。制造同型锅炉与受压容器时。可按每 30m 环缝焊制 1 个试件。

4.2.2.4 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。

4.2.2.5 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。

4.2.2.6 在割下试件之前，应由本社验船师或由其指定的代理人员打上本社的钢印。

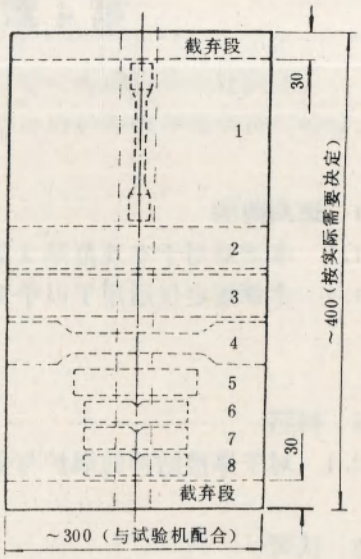


图 4.2.3.1

4.2.3 试样与试验

4.2.3.1 各个级别的锅炉与受压容器所需制备的试样应按图 4.2.3.1 和表 4.2.3.1 的规定截取。

各级锅炉与受压容器的试样 **表 4.2.3.1**

序号	试样名称	锅炉与受压容器名称	
		I 级	II 级
1	熔敷金属拉伸	有要求	有要求
2	正向弯曲 *	有要求	有要求
3	反向弯曲 *	有要求	有要求
4	接头横向拉伸	有要求	有要求
5	断面宏观检查	有要求	有要求
6、7、8	冲击试验	有要求	

* 当试板厚度超过 20mm 时，改取侧弯试样做侧弯试验。

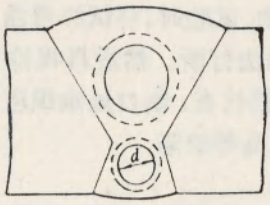


图 4.2.3.3

4.2.3.2 除本节 4.2.3.3 和 4.2.3.4 的规定外，试样的制备和试验均应符合本篇第 1 章第 2 节的规定。

4.2.3.3 当试板厚度超过 70mm 时，应按图 4.2.3.3 所示，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。

4.2.3.4 弯曲试验的压头直径和支辊边缘的内间距应符合表 4.2.3.4 的规定。

弯曲试验的压头直径与支辊间距，mm **表 4.2.3.4**

试板规定的最小抗拉强度 σ_b，N/mm²	压头直径	支辊边缘的内间距
$\sigma_b < 460$	$2t$	$4.2t$
$460 \leqslant \sigma_b < 510$	$3t$	$5.2t$

注：表中 t 为弯曲试样的厚度，mm。

4.2.4 验收与复试

4.2.4.1 各项试验的结果应符合表4.2.4.1的规定。

产品焊接试验的要求 **表4.2.4.1**

试验项目	锅炉与受压容器	
	I级	II级
熔敷金属拉伸试验	(1)抗拉强度 σ_b：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/mm²。 (2)伸长率 δ_5：$\delta_5 \geqslant (980 - \sigma_b)/21.6$，且不低于母材规定最小伸长率的80%。	
弯曲试验	按本节表4.2.3.4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。	不要求冲击试验。

4.2.4.2 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。

4.2.4.3 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。

4.2.4.4 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。

第3节 锅炉与受压容器的制造

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 除另有规定外，锅炉与受压容器壳体的主要焊缝均应采用对接焊。

4.3.2 坡口

4.3.2.1 锅炉与受压容器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。

4.3.3 对接焊缝的拼接

4.3.3.1 锅炉与受压容器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。

4.3.3.2 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。

4.3.4 焊接

4.3.4.1 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。

4.3.4.2 除另行批准外，锅炉与受压容器的焊接应选用低氢或超低氢焊接材料。

4.3.4.3 锅炉与受压容器的壳体焊缝一般应采用双面焊。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，经本社同意，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。

4.3.4.4 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。

4.3.4.5 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。

4.3.4.6 如由于接头的拘束力、板材的厚度以及被焊材料的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。

4.3.4.7 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。

4.3.4.8 锅炉与受压容器筒体上的短管、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。

4.3.4.9 焊缝外表面可以和筒体壳板表面齐平，也可以做成使焊缝中心的总厚度稍大于板厚，但焊缝增强高的截面变化应逐渐过渡。

4.3.4.10 筒体壳板上所焊接的拉攀、支架、支管、人孔框架及开孔周围的复板等附件应与筒体壳板完全贴合。且应在筒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，应征得本社的同意。

4.3.4.11 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筒体壳板上时，其焊接工艺应与筒体壳板所要求的相同，其材料成分亦应与筒体壳板相当。

第 4 节 热处理

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 锅炉与受压容器连同其产品焊接试验试板的热处理应在焊制完毕后，液压试验之前进行。

4.4.1.2 下列锅炉与受压容器可免做焊后热处理：

(1)I 级锅炉与受压容器，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。

4.4.2 热处理炉

4.4.2.1 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。

4.4.3 热处理

4.4.3.1 锅炉与受压容器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。

4.4.3.2 热处理应包括将锅炉与受压容器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。

4.4.3.3 热处理的温度、保温时间、加热和冷却速度的选择应使锅炉与受压容器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。

4.4.3.4 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 4.4.3.4 的规定进行。对合金钢，热处理应根据所选用的材料确定，且应经本社同意。

消除残余应力热处理的温度与保温时间 **表 4.4.3.4**

钢级	温度，℃	时间，h
360、410、460、490	580 ～ 620	按每 25mm 厚度为 1 h 计，但至少为 1 h

第5节 检验与修补

4.5.1 一般要求

4.5.1.1 锅炉与受压容器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。

4.5.1.2 锅炉与受压容器的液压试验见本规范第3篇第6章第10节的规定。

4.5.2 筒体不圆度测量

4.5.2.1 锅炉与受压容器在最终热处理前及后应检查其筒体不圆度和外形尺寸。

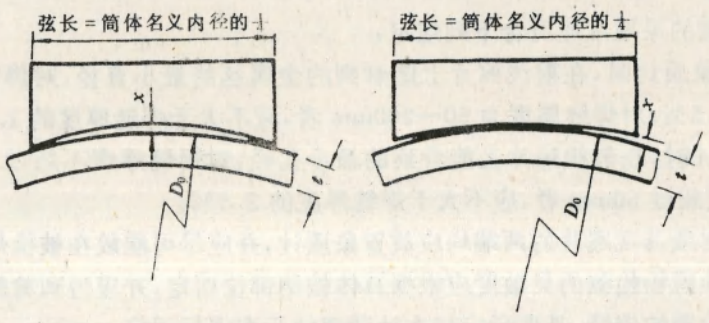
筒体不圆度是指在同一截面上所测得的最大和最小的内径相差值。

4.5.2.2 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，每转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。筒体不圆度应符合表4.5.2.2的规定。

筒体不圆度偏差 表4.5.2.2

锅炉与受压容器的名义内径 D_i，mm	筒体不圆度允差值 $\Delta\Phi$，mm	外形轮廓的最大偏差 x，mm
$D_i \leqslant 300$	$\leqslant 0.1\,D_i$	1.2
$300 < D_i \leqslant 460$		1.6
$460 < D_i \leqslant 600$		2.4
$600 < D_i \leqslant 900$		3.2
$900 < D_i \leqslant 1220$		4.0
$1220 < D_i \leqslant 1520$		4.8
$1520 < D_i \leqslant 1900$		5.6
$1900 < D_i \leqslant 2300$	$\leqslant 19$	6.4
$2300 < D_i \leqslant 2670$		7.2
$2670 < D_i \leqslant 3950$		8.0
$3950 < D_i \leqslant 4650$	$\leqslant 19$	$0.002\,D_i$
> 4650	$\leqslant 0.004\,D_i$	$0.002\,D_i$

4.5.2.3 筒体外形轮廓偏差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。“设计型线量规”的弦长等于筒体名义内径的1/4。测量时，用量规在内侧（见图4.5.2.3(a)）或外侧（见图4.5.2.3(b)）测量与筒体实际轮廓的差值 x。此项差值应符合表4.5.2.2的规定。



D_o——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4.5.2.3

4.5.2.4 筒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4.5.2.4的规定。

筒体外周长偏差 **表4.5.2.4**

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

4.5.2.5 在筒体焊缝上不应有平坦或成锐角的外形。任何局部失圆均应均匀过渡。

4.5.3 外观检查

4.5.3.1 筒体焊缝表面应均匀、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。

4.5.3.2 筒体表面不应有伤痕。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。

4.5.4 焊缝无损检测

4.5.4.1 I和II级锅炉与受压容器的焊缝应作无损检测。检测的方法、数量和部位应符合表4.5.4.1的规定。无损检测的工艺应经本社同意。

锅炉与受压容器检测要求 **表4.5.4.1**

检测类别	锅炉与受压容器	
	II级	I级
射线检测	所有筒体、鼓筒、联箱、接管的纵缝和环缝*，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。
	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，经本社同意，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。	
磁粉或渗透检测	管柱、腹板、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。	

* 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。

4.5.4.2 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。

4.5.4.3 射线检测的灵敏度应符合下列规定：

(1)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%。

(2)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%；

4.5.4.4 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。

4.5.4.5 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。

4.5.4.6 需无损检测的焊缝，其质量应按本社同意的标准进行评定。

4.5.5 缺陷修补

4.5.5.1 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，并重新

焊补。

4.5.5.2 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：

(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板也应进行类似的处理；或

(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。

4.5.5.3 锅炉与受压容器的焊补工艺应经本社验船师同意。

4.5.5.4 缺陷的修整和焊补应在焊后热处理之前完成。

焊补后重新检验的结果应使本社验船师满意。

第5章 重要机件的焊接

第1节 通 则

5.1.1 适用范围

5.1.1.1 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。

5.1.2 材料

5.1.2.1 所选用的焊接材料应按本篇第7章的有关规定进行认可。

5.1.3 焊接工艺认可

5.1.3.1 重要的焊接构件在施工前，应按本篇2.1.2的规定将所采用的焊接工艺规程提交本社审查。

5.1.3.2 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。

5.1.4 结构

5.1.4.1 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。

5.1.4.2 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。

5.1.4.3 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。

5.1.5 预热

5.1.5.1 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}大于0.41%时；

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

(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

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 本节适用于涡轮机及废气涡轮增压器转子轴的焊接。

5.2.1.2 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。

5.2.2 焊接工艺认可试验

5.2.2.1 施焊前应按经本社审查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。

5.2.3 **焊后热处理**

5.2.3.1 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，且应经本社认可。

5.2.3.2 焊缝的内、外部缺陷均应在热处理以前修补完毕。

5.2.4 **无损检测**

5.2.4.1 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

5.3.1 **一般规定**

5.3.1.1 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。

5.3.2 **焊接工艺认可试验**

5.3.2.1 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：

拉伸试验——不低于母材规定的最小抗拉强度；

冲击试验——不低于母材的最小平均冲击功；

弯曲试验——同本篇表4.2.4.1的规定；

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。

5.3.2.2 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，其结果应符合本篇表4.2.4.1的有关规定。

5.3.2.3 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。

5.3.3 **焊前准备**

5.3.3.1 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。

5.3.3.2 构件拼装应准确，其焊缝的坡口型式、间隙均应符合要求。

5.3.3.3 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。

5.3.3.4 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。

5.3.4 **焊后热处理**

5.3.4.1 碳钢或碳锰钢制成的机座及涡轮机的汽缸应按本篇表4.4.3.4规定的温度和保温时间进行焊后热处理。

5.3.4.2 合金钢的热处理方法应提交本社审核。

5.3.5 **无损检测**

5.3.5.1 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本社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，应采用经本社同意的无损检测方法进行检查；

(4)其他重要机件的接缝，如本社验船师认为有必要时，也可要求作无损检测。

第6章 压力管系的焊接

第1节 通 则

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章规定适用于采用手工、自动或半自动电弧焊以及经本社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。

6.1.1.2 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。

6.1.2 焊接工艺认可

6.1.2.1 对于首次焊制或采用新的焊接工艺时，应按本篇2.1.2的规定将下述连接接头的焊接工艺规程提交本社审查。

(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。

6.1.2.2 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。

6.1.2.3 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。

6.1.2.4 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2章第2节和第3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，本社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

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 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。

6.2.1.2 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进行预热、焊接、热处理和检查焊接接头。

6.2.2 焊接

6.2.2.1 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，壁厚超过9.5mm时，为2.0mm或$t/4$，取较小者。

t为管壁厚度。

6.2.2.2 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。

6.2.2.3 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6.2.2.3的要求。

管接头的预热温度 表6.2.2.3

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，如本社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。特别情况本社将特殊考虑。

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。

6.2.2.4 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

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 管子焊接后应进行外观检查、无损检测和液压试验。

6.3.1.2 液压试验应按本规范第3篇第2章第5节的规定进行。

6.3.2 外观检查

6.3.2.1 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。

6.3.3 无损检测

6.3.3.1 Ⅰ类受压管系的对接焊缝应按表6.3.3.1的规定进行射线检测；Ⅱ类受压管系的对接焊缝由本社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4.5.4.3的规定。

Ⅰ类受压管系对接焊缝的射线检测范围 表6.3.3.1

管子外径，mm	检测范围
≤76	由本社验船师指定位置抽查
>76	焊缝100%进行检查

6.3.3.2 如用超声波检测代替射线检测，将由本社作特殊考虑。

6.3.3.3 Ⅰ类受压管系的填角焊缝应按表6.3.3.3的规定进行磁粉检测。Ⅱ类受压管系的填角焊缝由本社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6.3.3.3

管子外径，mm	检测范围
≤76	由本社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

6.4.1　一般规定

6.4.1.1　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.

6.4.1.2　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)。

6.4.1.3　凡采用氧－乙炔气体焊接连接的管子，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。

6.4.1.4　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，并经本社验船师同意。

第7章 焊接材料

第1节 通 则

7.1.1 适用范围

7.1.1.1 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。

7.1.1.2 本章规定以外的焊接材料，应将有关的技术资料提交本社审核，经同意后方可使用。

7.1.2 工厂认可

7.1.2.1 焊接材料应由本社认可的工厂进行制造，其制造焊接材料所用的钢材亦应由本社认可的钢厂提供。

7.1.2.2 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。

7.1.2.3 造船厂和船用产品厂应向经本社认可的焊接材料制造厂订购经本社认可的焊接材料。

7.1.3 认可试验

7.1.3.1 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，本社验船师可根据实际情况增加认可试验的项目。

7.1.3.2 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。

7.1.3.3 认可试验时，试样的制备和试验均应在本社验船师在场时进行。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。

7.1.3.4 焊接材料制造厂应向本社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)试板钢种、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；

(6)各项试验的结果。

7.1.3.5 各级焊接材料认可试验用的试板可根据表7.1.3.5选取。允许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。

7.1.3.6 结构钢试板的边缘可采用机加工或自动气割的方法加工。如采用自动气割时，则应清除留在坡口处的氧化物。

7.1.3.7 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 7.1.3.5**

焊接材料等级	试验用钢级别	焊接材料等级	试验用钢级别
1	A	5Y50	F50
2	B、D	3Y55	D55
3	E	4Y55	E55
4	F	5Y55	F55
1Y	A32、A36	3Y62	D62
2Y	D32、D36	4Y62	E62
3Y	E32、E36	5Y62	F62
4Y	F32、F36	3Y69	D69
2Y40	D40	4Y69	E69
3Y40	E40	5Y69	F69
4Y40	F40	0.5Ni	0.5Ni
3Y42	D42	1.5Ni	1.5Ni
4Y42	E42	3.5Ni	3.5Ni
5Y42	F42	5Ni	5Ni
3Y46	D46	9Ni	9Ni
4Y46	E46	AS1－A	00Cr18Ni10
5Y46	F46	AS1－B	00Cr17Ni14Mo3
3Y50	D50	AS2－A	0Cr18Ni9Ti
4Y50	E50	AS2－B	1Cr18Ni11Nb

7.1.4 认可保持

7.1.4.1 经认可的焊接材料应每年进行一次年度检查和试验，以继续保持该焊接材料的认可。

7.1.4.2 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，应通知本社。本社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。

7.1.4.3 在下列情况下，本社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。

7.1.5 标志和说明书

7.1.5.1 凡经本社认可的焊接材料，应在每盒或每包上明显地标上本社认可的标志。

7.1.5.2 对已认可的焊接材料应在每一包装盒中附上一份使用说明书。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

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 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。

7.2.2 结构钢焊接材料

7.2.2.1 结构钢焊接材料按其屈服点可以分为 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 7.1.3.5 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；若焊接材料的屈服点大于 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。

7.2.2.2 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。

7.2.2.3 结构钢焊接材料的力学性能应符合表7.2.2.3的要求。

结构钢焊接材料的力学性能 表 7.2.2.3

焊接材料级别			1、2、3、4	1Y、2Y 3Y、4Y ①	2Y40、3Y40 4Y40、5Y40	3Y42 4Y42 5Y42	3Y46 4Y46 5Y46	3Y50 4Y50 5Y50	3Y55 4Y55 5Y55	3Y62 4Y62 5Y62	3Y69 4Y69 5Y69	O. 5Ni	1. 5Ni	3. 5Ni	5Ni	9Ni
熔敷金属试验	屈服点 σ_s，N/mm²⑦		≥305	≥375	≥400	≥420	≥460	≥500	≥550	≥620	≥690	≥375				
	抗拉强度 σ_b，N/mm²⑧		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 δ_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，J⑥	≥47③			≥47		≥50	≥55	≥62	≥69	≥34				
对接焊试验	接头抗拉强度 σ_b，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									-60	-80	-100	-120	-198
		平均冲击功，J⑥	≥47④			≥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级以上要求。

②1、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℃；

4、4Y、4Y40、4Y42、4Y46、4Y50、4Y55、4Y62、4Y69级焊接材料的冲击试验温度为-40℃；

5Y40、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 σ_s <400 N/mm²的焊接材料应不低于34J；对 $\sigma_s \geq$ 400 N/mm²的焊接材料应不低于41J。

④立焊及自动焊对接接头冲击试验的平均冲击功，对 σ_s<400 N/mm²的焊接材料应不低于34J；对 $\sigma_s \geq$400 N/mm²的焊接材料应不低于41J。

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，则应为规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$。

⑧当抗拉强度超过上限时，应经本社特别考虑；

7.2.2.4 对屈服点大于或等于420N/mm²的焊接材料，若弯曲试验不能符合表7.2.2.3要求，而在弯曲试样标距长度 L_o 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_o 见图7.2.2.4所示。

7.2.3 奥氏体不锈钢用焊接材料

7.2.3.1 奥氏体不锈钢焊接材料根据其钢中主要合金元素成份分成4个级别。各个级别分别以AS1－A、AS1－B、AS2－A、AS2－B表示。

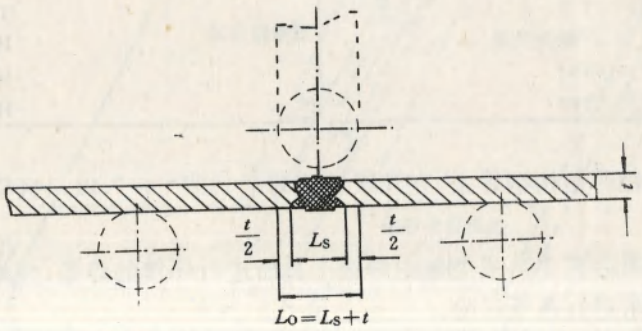


图 7.2.2.4

7.2.3.2 各级奥氏体不锈钢焊接材料的力学性能应符合表7.2.3.2的规定。

奥氏体不锈钢焊接材料的力学性能　　表 7.2.3.2

焊接材料级别			AS1－A	AS1－B	AS2－A	AS2－B
熔敷金属试验	规定非比例伸长应力，N/mm²	$\sigma_{p0.2}$ ①	≥270		≥290	
		$\sigma_{p1.0}$	≥310		≥330	
	抗拉强度 σ_b，N/mm²		≥500		≥550	
	伸长率 δ_5，%		≥25	≥22		
	夏比V型缺口冲击试验 ②	试验温度，℃	−196			
		平均冲击功，J③	≥29			
对接焊试验	接头抗拉强度 σ_b，N/mm²		≥440		≥490	
	夏比V型缺口冲击试验 ②	试验温度（℃）	−196			
		平均冲击功，J③	≥27			
	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。			

注：①表中规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 值，除另有协议外，一般不作验收依据。

②除用于深冷条件外，奥氏体不锈钢通常不必进行冲击试验。

③冲击试验的个别值应不低于规定值的70%。

第3节　电弧焊焊条

7.3.1　一般要求

7.3.1.1　凡符合本章第2节力学性能要求，并经测氢试验符合本节7.3.6.6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7.3.1.1的要求。

焊接材料的含氢量要求　　表 7.3.1.1

焊接材料等级	扩散氢含量
1、2、3	不作强制要求
1Y、2Y、3Y	不作强制要求
4、4Y	H15
2Y40、3Y40	H15
4Y40、5Y40	H15
3Y42、4Y42、5Y42	H10
3Y46、4Y46、5Y46	H10
3Y50、4Y50、5Y50	H10
3Y55、4Y55、5Y55	H5
3Y62、4Y62、5Y62	H5
3Y69、4Y69、5Y69	H5

7.3.1.2　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。

7.3.1.3　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。

7.3.2　试验项目

7.3.2.1　所有焊条均应进行熔敷金属试验。

7.3.2.2　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。

7.3.2.3　具有角焊性能的普通焊条除本节 7.3.2.1 和 7.3.2.2 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。

7.3.2.4　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。

7.3.2.5　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 7.3.3 进行熔敷金属试验外，还应按 7.3.7 和 7.3.8 的规定进行深熔焊试验。

7.3.3　熔敷金属试验

7.3.3.1　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。

7.3.3.2　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，与试板等长。

7.3.3.3　试件应按本节图 7.3.3.4 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 2～4mm，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。

7.3.3.4　按图 7.3.3.4 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。

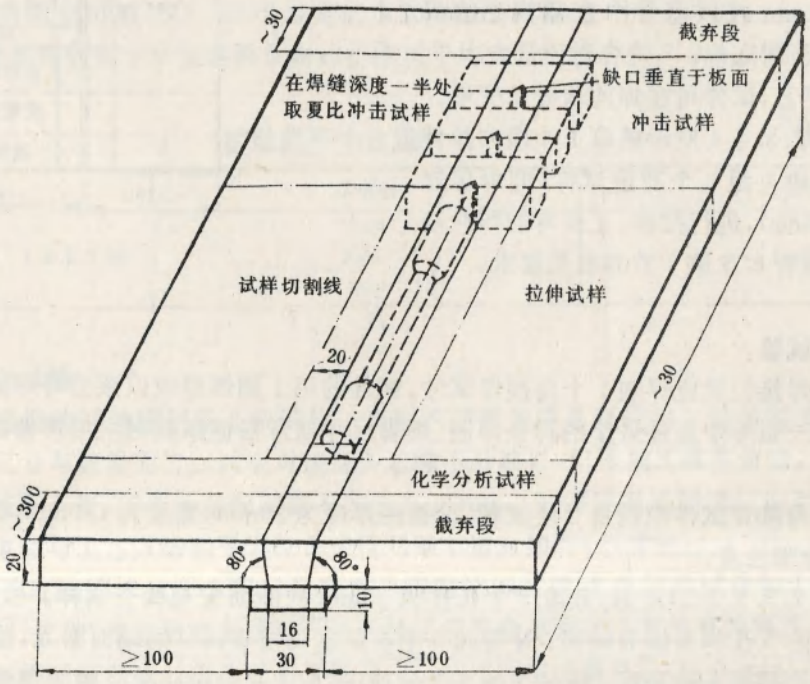


图 7.3.3.4

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。

7.3.3.5 除本节7.3.3.4规定外，还应对每一试件进行熔敷金属化学成份分析。分析报告应提交本社。报告中应包括所有重要的合金元素的含量。

7.3.4 对接焊试验

7.3.4.1 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。

7.3.4.2 若焊条仅用于平焊位置对接焊，则除本节7.3.4.1(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。

7.3.4.3 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。

7.3.4.4 试件按图7.3.4.4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。

7.3.4.5 按图7.3.4.4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。

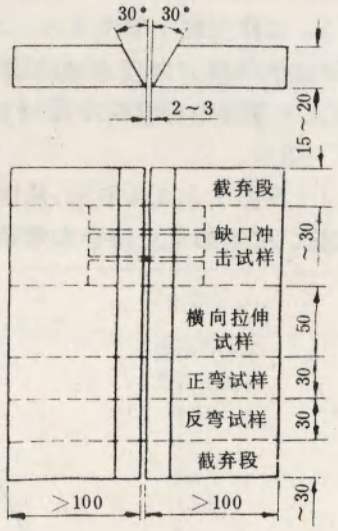


图 7.3.4.4

7.3.5 角接焊试验

7.3.5.1 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。

7.3.5.2 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。

7.3.5.3 按图7.3.5.3(a)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，是否存在裂纹、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7.3.5.3(b)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。

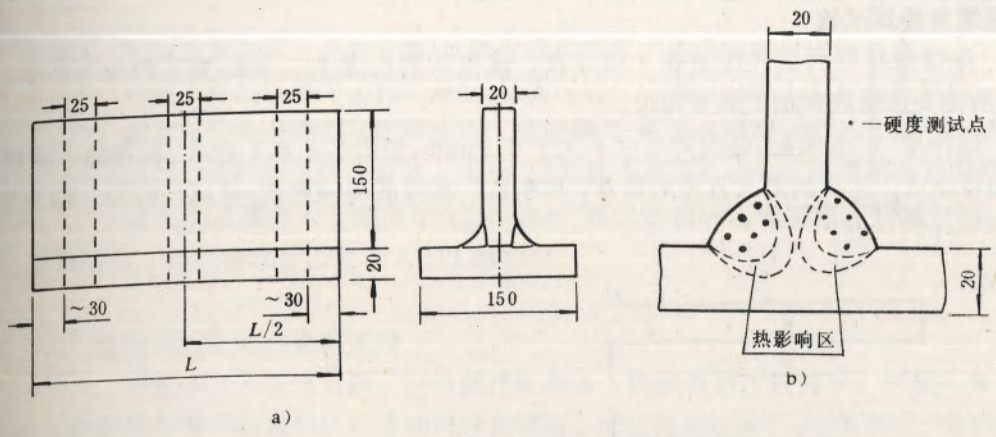


图 7.3.5.3

7.3.6 测氢试验

7.3.6.1 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。

7.3.6.2 焊前，试板应予以清洁并秤重，重量精确到0.1g。

7.3.6.3 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)。

7.3.6.4 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。

7.3.6.5 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。

7.3.6.6 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7.3.6.6的规定：

扩散氢平均含量 表7.3.6.6

含氢量等级	水银法	甘油法
H15	15cm^3	10cm^3
H10	10cm^3	5cm^3
H5	5cm^3	

7.3.7 深熔对接焊试验

7.3.7.1 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。

7.3.7.2 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)。

7.3.7.3 每一试件应按图7.3.7.3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。

7.3.7.4 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。

7.3.8 **深熔角接焊试验**

7.3.8.1 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。

7.3.8.2 试件按“T”型装配，装配间隙应不大于 0.25mm，如图 7.3.8.2 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。

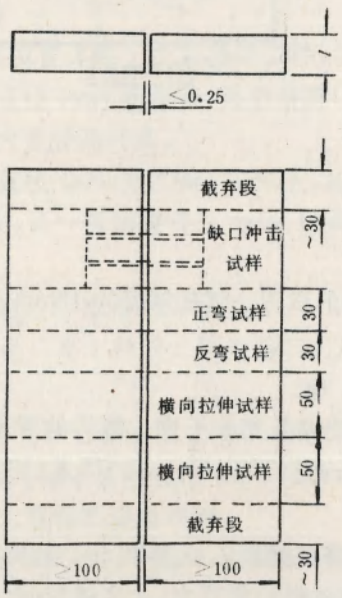


图 7.3.7.3

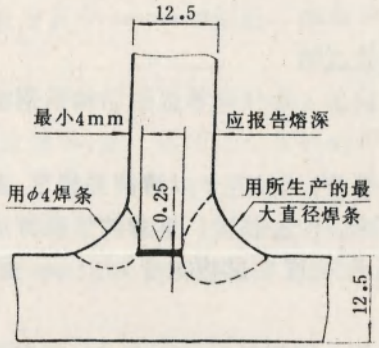


图 7.3.8.2

7.3.8.3 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。

7.3.9 **年度检查**

7.3.9.1 凡得到本社认可的焊条，通常每年应由验船师到场进行年度检查和试验。

7.3.9.2 焊条的年度试验应包括下列内容：

(1)普通焊条应按本节 7.3.3 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 7.3.7 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 7.3.3 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

7.4.1 **一般要求**

7.4.1.1 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”。

7.4.1.2 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’。

7.4.1.3 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”。

7.4.2 **试验项目**

7.4.2.1 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。

7.4.2.2 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。

7.4.2.3 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。

7.4.2.4 对用于多丝埋弧焊的焊丝一焊剂，要单独进行认可试验。通常可按本节要求进行。

7.4.2.5 对用于屈服点大于或等于 420N/mm² 淬火加回火高强度钢的焊接材料，应按本社认可的方法进行测氢试验。其结果应符合表 7.3.1.1 的要求。

7.4.3 多道焊工艺熔敷金属试验

7.4.3.1 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。

7.4.3.2 试件应按本节图 7.4.3.3 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。

7.4.3.3 按图 7.4.3.3 所示，从试件上截取 2 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 节的有关要求。试样的截取位置与本章 7.3.3.4 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）应提交本社审查。

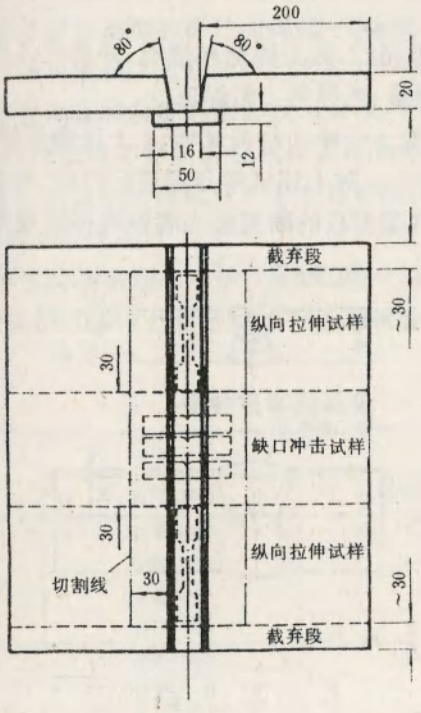


图 7.4.3.3

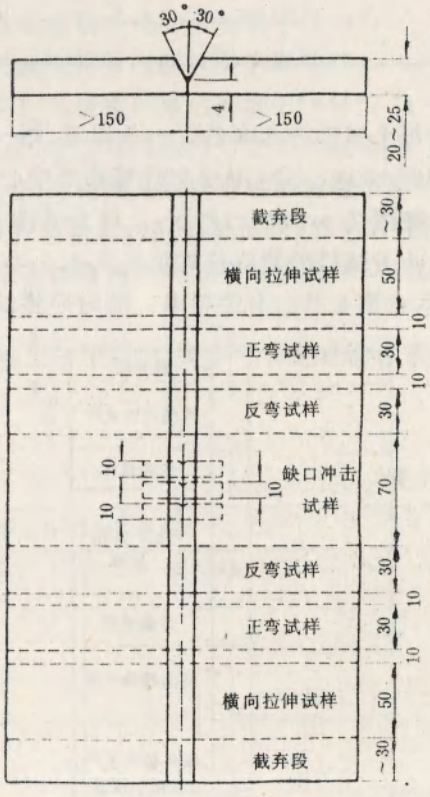


图 7.4.4.3

7.4.4 多道焊工艺对接焊试验

7.4.4.1 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 20～25mm，宽度不小于 150mm，长度不小于 400mm。试板接头边缘开 30°的斜角，钝边为 4mm。

7.4.4.2 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 7.4.3.2。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。

7.4.4.3 应按图 7.4.4.3 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

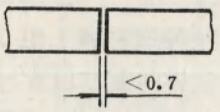
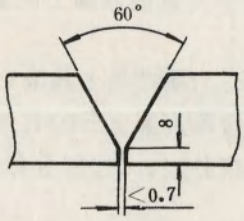
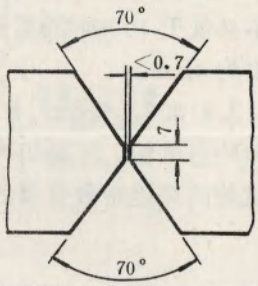
位于焊缝中心的冲击试样，分别进行拉伸、正反弯曲和冲击试验。试验结果应符合本章第 2 节的有关要求。

7.4.5 双面单道焊工艺对接焊试验

7.4.5.1 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。

7.4.5.2 与最大焊丝直径配合的板厚和试件坡口型式应符合表 7.4.5.2 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 7.4.5.2

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			

7.4.5.3 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。

7.4.5.4 按图 7.4.5.4(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 7.4.5.4(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。

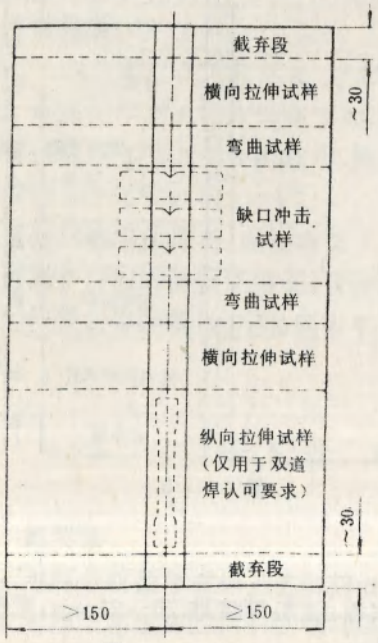


图 7.4.5.4(1)

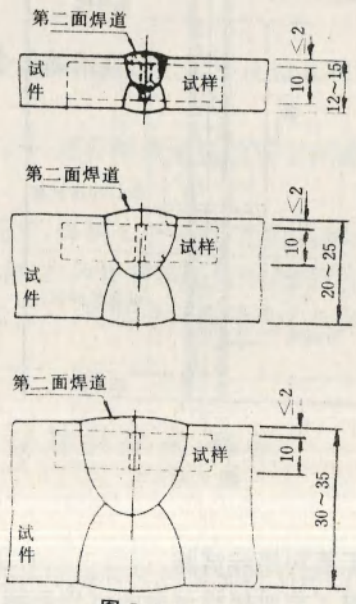


图 7.4.5.4(2)

7.4.5.5 若焊接材料仅适用于双面单道焊工艺时，除本节 7.4.5.4 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份分析试样，进行熔敷金属的拉伸试验和化学成份分析。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。化学成份分析报告中应包

括所有重要合金元素的成份。

7.4.6 **年度检查**

7.4.6.1 凡得到本社认可的焊丝—焊剂，通常每年应由验船师到场进行年度检查和试验。

7.4.6.2 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。

7.4.6.3 熔敷金属试件应按本节7.4.3的规定制备和试验，但只需1个纵向拉伸试样和1组3个V型缺口冲击试样。

7.4.6.4 对接焊试验应按本节7.4.5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。

7.4.6.5 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7.4.6.2(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

7.5.1 **一般要求**

7.5.1.1 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”。

7.5.1.2 实芯焊丝或药芯焊丝应按本社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7.3.6.6的要求。符合低氢要求的焊接材料可在其等级符号后在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7.3.1.1。

7.5.1.3 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7.5.1.3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7.5.1.3**

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的含量。

7.5.1.4　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。

7.5.2　焊丝与焊丝-气体配合的试验项目

7.5.2.1　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。

7.5.2.2　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。

7.5.2.3　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。

7.5.3　多道半自动焊熔敷金属试验

7.5.3.1　除按本节7.5.3.2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7.3.3的规定进行。

7.5.3.2　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。另一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。

7.5.4　多道半自动焊对接焊试验

7.5.4.1　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7.5.4.2的要求进行试件焊接外，多道半自动对接焊试验应按本章7.3.4的规定进行。

7.5.4.2　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。

7.5.5　多道半自动角接焊试验

7.5.5.1　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7.3.5的规定进行。

7.5.6　多道自动焊熔敷金属试验和对接焊试验

7.5.6.1　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7.4.3的规定进行。多道自动焊对接焊试验应按本章7.4.4的规定进行。

7.5.7　双面单道自动焊对接焊试验

7.5.7.1　双面单道自动焊对接焊试验除按本节7.5.7.2～7.5.7.4的规定焊制2个试件外，应符合本章7.4.5的规定。

7.5.7.2　一般试板厚度分别为12～15mm和20～25mm各1付(每付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付。

7.5.7.3　试件坡口应按图7.5.7.3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。

7.5.7.4　焊丝直径可采用制造厂推荐的直径，并记入报告。

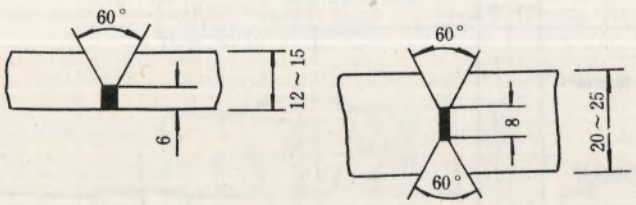


图 7.5.7.3

7.5.8 **年度检查**

7.5.8.1 凡得到本社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。

7.5.8.2 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7.5.3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7.5.6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7.5.7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

7.6.1 **一般要求**

7.6.1.1 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。

7.6.1.2 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。

7.6.1.3 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。当本社认为必要时，可要求用一般强度钢另外制作2个试件进行试验。

7.6.2 **对接焊试验**

7.6.2.1 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，每块试板的宽度应不小于150mm，长度应足够提供截取本节7.6.2.3所规定数量和尺寸的试样。

7.6.2.2 试件应按制造厂推荐的焊接条件和坡口型式制备，并记入报告。

7.6.2.3 按图7.6.2.3(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7.6.2.3(2)所示。

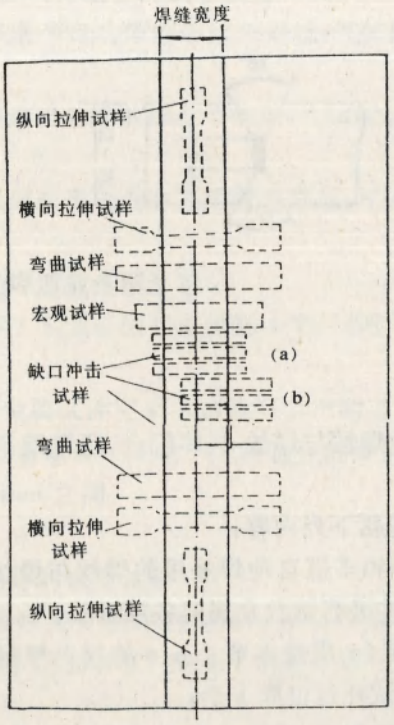


图 7.6.2.3(1)

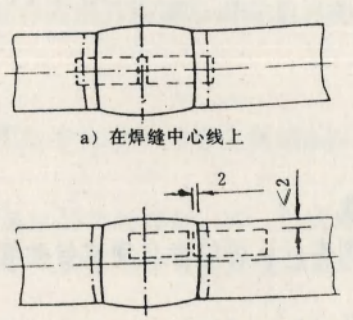


图 7.6.2.3(2)

7.6.3 **年度检查**

7.6.3.1 凡得到本社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检验。

7.6.3.2 电渣焊或气电立焊焊接材料的年度试验，至少应按本节7.6.2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

7.7.1 **一般要求**

7.7.1.1 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节的规定和本节的要求进行试验。

7.7.1.2 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，将予以特殊考虑。

7.7.2 **单面焊接双面成型焊接材料的对接焊试验**

7.7.2.1 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。

7.7.2.2 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7.7.2.3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。

7.7.2.3 按图7.7.2.3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。

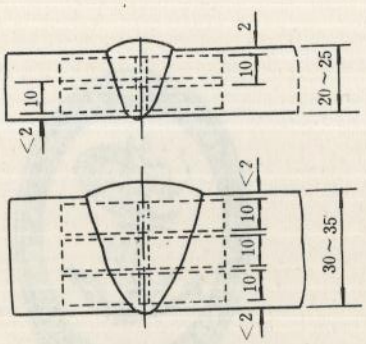


图 7.7.2.3

7.7.3 年度检查

7.7.3.1 凡得到本社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。

7.7.3.2 单面焊接双面成型焊接材料的年度试验，应按本节 7.7.2 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 7.7.2.3 所示)，分别进行拉伸、弯曲和冲击试验。



中 国 船 级 社

钢质海船入级与建造规范

1996

第9篇 材 料

1996年8月1日生效

地址 Add：北京市东黄城根南街40号
40 Dong Huang Cheng Gen Nan Jie,
Beijing 100006, China.
电话 Tel：(010)65136633
传真 Fax：(010)65130188
电传 Tlx：210407 CCSBJ CN
邮码 Postcode：100006

目　录

第1章　一般规定 …… 9—1
第1节　通则 …… 9—1
第2节　质量体系认可 …… 9—1
第3节　试验与检验 …… 9—3
第2章　力学性能试验与工艺性能试验 …… 9—5
第1节　通则 …… 9—5
第2节　拉伸试验 …… 9—5
第3节　冲击试验 …… 9—8
第4节　弯曲试验 …… 9—9
第5节　Z向拉伸试验 …… 9—10
第6节　管材延性试验 …… 9—11
第3章　钢板、扁钢与型钢 …… 9—13
第1节　通则 …… 9—13
第2节　一般强度船体结构用钢 …… 9—16
第3节　高强度船体结构用钢 …… 9—18
第4节　焊接结构用高强度淬火回火钢 …… 9—21
第5节　锅炉与受压容器用钢 …… 9—24
第6节　机械结构用钢 …… 9—27
第7节　低温韧性钢 …… 9—27
第8节　奥氏体不锈钢 …… 9—29
第9节　复合钢板 …… 9—30
第10节　Z向钢 …… 9—31
第4章　铝合金 …… 9—33
第1节　通则 …… 9—33
第2节　化学成分与力学性能 …… 9—33
第5章　锻钢件 …… 9—36
第1节　通则 …… 9—36
第2节　船体结构用锻钢件 …… 9—38
第3节　轴系与机械结构用锻钢件 …… 9—39
第4节　曲轴锻钢件 …… 9—42
第5节　齿轮锻钢件 …… 9—44
第6节　涡轮机锻钢件 …… 9—47
第7节　锅炉、受压容器与管系用锻钢件 …… 9—51
第8节　低温韧性锻钢件 …… 9—53
第9节　奥氏体不锈钢锻钢件 …… 9—53
第6章　铸钢件 …… 9—55
第1节　通则 …… 9—55
第2节　船体结构用铸钢件 …… 9—57
第3节　机械结构用铸钢件 …… 9—58
第4节　曲轴铸钢件 …… 9—59

第5节　螺旋桨铸钢件 …… 9—62
第6节　锅炉、受压容器与管系用铸钢件 …… 9—63
第7节　低温铁素体铸钢件 …… 9—64
第8节　奥氏体不锈钢铸钢件 …… 9—65
第7章　铸铁件 …… 9—67
第1节　通则 …… 9—67
第2节　灰铸铁件 …… 9—68
第3节　球墨铸铁件 …… 9—69
第4节　曲轴铸铁件 …… 9—71
第8章　钢管 …… 9—72
第1节　通则 …… 9—72
第2节　无缝压力管 …… 9—74
第3节　焊接压力管 …… 9—76
第4节　锅炉管与过热器管 …… 9—77
第5节　低温铁素体钢压力管 …… 9—78
第6节　奥氏体不锈钢压力管 …… 9—79
第9章　有色金属 …… 9—81
第1节　铜质螺旋桨 …… 9—81
第2节　铸铜合金 …… 9—84
第3节　铜管 …… 9—86
第4节　轴承合金 …… 9—88
第5节　铝合金活塞 …… 9—88
第10章　设备 …… 9—90
第1节　船用锚 …… 9—90
第2节　锚链及其附件 …… 9—92
第3节　钢丝绳 …… 9—99
第4节　纤维绳 …… 9—102

第1章 一般规定

第1节 通 则

1.1.1 适用范围

1.1.1.1 用于船体、机械、锅炉和受压容器等的材料和产品的制造、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、锅炉和受压容器等的材料和产品凡未列入本篇者，其化学成分、力学性能和热处理规程，可按本社认可的其他标准验收。

新产品，新材料应经本社认可后方可装船使用。

1.1.1.3 本篇规定的材料和产品还应符合本规范总则和第1篇的适用要求。

1.1.2 标志

1.1.2.1 所有经本社认可或检验合格的材料和产品均应标上本社的标志。凡不具有本社标志的材料和产品，经本社同意后，才能装船使用。

1.1.3 制造

1.1.3.1 造船或造机工厂应向本社认可的工厂订购船用材料和产品。

1.1.3.2 生产船用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 工厂及其生产的船用材料和产品，应按本社认为适用的程序，进行型式认可或工厂认可，亦可根据本章第2节的要求进行质量体系认可。

1.1.4.2 工厂在获得本社的质量体系认可后，经本社同意，也可以工厂质量管理部门的检验部分或全部替代本社验船师的直接检验，具体规定见本章第2节。

第2节 质量体系认可

1.2.1 一般规定

1.2.1.1 质量体系认可的目的是通过本社对制造厂的质量体系的认可及随后的检查和审核，以确认其制造的某个或某些产品的质量能够在本社满意的质量体系下，按本社规范和/或本社认可的其他标准及技术条件的要求得到稳定的控制和必要的保证，从而以制造厂检验部门的检验部分或全部地替代本社验船师对产品的直接检验；或者，在对产品的可靠性要求特别严格的情况下，作为附加措施，与本社验船师对产品的直接检验相结合，以在尽可能的程度上保证产品的质量。

1.2.1.2 本社对制造厂的质量体系的认可不能等同于是第三方基于ISO9000系列标准的质量体系认证；其他组织的认可亦不能证明制造厂的质量体系符合本社的要求。

1.2.1.3 制造厂按本节规定为获得认可和保持这种认可而提交的全部有关资料，本社将负责保密，在未征得制造厂书面同意的情况下，不向任何第三方泄露。

1.2.2 申请认可的资格

1.2.2.1 申请认可的制造厂应建立并保持完善的质量体系，并且在该体系下生产的产品已通过本社型

式认可、工厂认可或令本社满意的其他认可试验。

1.2.2.2　未获得本社型式认可或工厂，认可的制造厂如拟申请质量体系认可，应经本社特别考虑。

1.2.3　认可程序

1.2.3.1　拟获得本社质量体系认可的制造厂，应向本社提出书面申请。经本社审查，认为其具备条件，即受理申请。

1.2.3.2　本社受理申请后，制造厂应向本社提供下列资料以供审查：

(1)质量手册；

(2)有关管理职责、过程控制、检验和试验、检验、测量和试验设备的控制、不合格品的控制及纠正和预防措施的程序文件；

(3)有关产品的生产流程图和质量保证计划；

(4)有关过程控制及检验和试验的作业指导书；

(5)重要的分承包商和原材料供应商的清单。

1.2.3.3　本社收到上述资料后，将对所有文件进行审查。本社认为满意后，将委派审核组到制造厂进行现场审核。现场审核前，根据需要，本社还可安排现场评估，以确定制造厂是否具备现场审核的条件。

文件审查和现场审核(或现场评估)过程中发现的不合格项，本社将以书面形式通知厂方。制造厂应提出纠正措施，并限期纠正。

1.2.3.4　现场审核后，本社将对审核组提出的审核报告进行审查。在确认制造厂的质量体系以及产品质量符合本节和本篇各有关章节的要求后，将向该制造厂颁发质量体系认可证书，证书有效期3年。有效期满后，如执行情况和本社的换新审核令人满意，可予延长。

1.2.4　质量体系要求

1.2.4.1　制造厂的质量体系应符合与之所提供的产品相适应的质量体系标准的要求。

1.2.4.2　在该质量体系下生产的产品应符合本篇各有关章节的要求。

1.2.5　认可的保持、中止和撤消

1.2.5.1　认可的保持

为保证已认可的质量体系有效地运行，稳定地生产符合本篇各有关章节所要求质量的产品，制造厂应接受本社的下列检查和审核：

(1)每隔6个月1次的中间检查；

(2)每3年1次的证书换新审核。

如果上述检查和审核的结果符合要求，本社将给予证书换新。

1.2.5.2　认可的中止和撤消

(1)当发现制造厂的产品质量或质量体系存在严重不合格或缺陷，而厂方在一段合理的时间内又未予纠正时，本社将中止对该厂的质量体系认可。在此情况下，本社将把中止认可的理由书面通知厂方。

(2)如认可已中止，而制造厂又不能在一段合理的时间内采取纠正措施，本社将撤消其质量体系认可证书。

1.2.6　认可后的产品标志和产品证书

1.2.6.1　制造厂在获得质量体系认可证书后，本社将授权制造厂的质量管理部门在检验合格的产品上打上本社的钢印或贴上本社的标志。

1.2.6.2　制造厂在获得质量体系认可证书后，随产品提供的产品证书一般应使用本社指定的格式，由厂方质量管理部门负责人签名，然后交验船师会签，以证明产品按照本社认可的质量体系程序进行了检验。

1.2.6.3　在产品证明书上应有下列声明：

(1)本证书证明上述产品按照中国船级社规范制造和检验，结果合格。

_____(厂名)质量管理部经理 _____(签名)

(2) 本证书按中国船级社认可的程序(质量体系认可证书编号_____)由制造厂颁发。本人证明该产品已按本社认可的质量体系程序进行了检验和试验。

中国船级社验船师 _____(签名)

若制造厂检验部门的检验仅部分替代了本社验船师的直接检验，则应将替代检验项目和直接检验项目分别注明。

1.2.6.4 经本社验船师签署的上述产品证书应视为与本社颁发的产品证书完全等效。

第3节 试验与检验

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 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。

1.3.1.2 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。

1.3.2 化学分析

1.3.2.1 船用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。

1.3.2.2 工厂的化学分析报告可以得到本社的承认，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的偏差，应符合本社认可的其他标准。

1.3.3 热处理

1.3.3.1 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，并提交本社认可。

1.3.3.2 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，可采用经本社同意的适当替代方法。

1.3.4 力学性能试验

1.3.4.1 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。

1.3.4.2 当规定进行夏比冲击试验时，应制备1组3个冲击试样，其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%。

1.3.5 复试

1.3.5.1 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。而且，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。

1.3.5.3 本节1.3.5.1和1.3.5.2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。

1.3.5.4 如按本节1.3.5.1和1.3.5.2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，并得到满意结果，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。

1.3.5.5 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1.3.3.2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1.3.5.1和1.3.5.2的规定进行复试。复试不合格者，该批材料不再提交验收。

1.3.6 缺陷的修整

1.3.6.1 材料的表面和内部应无会影响其使用的缺陷。缺陷的判定按本社认可的其他标准执行。

1.3.6.2 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。

1.3.7 材料的标记

1.3.7.1 合格的船用材料和产品均应打上本社的标志。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，经验船师同意，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。

1.3.7.2 凡经检验合格的船用材料或产品，除打上本社的标志外，还应备有本社颁发的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。

1.3.7.3 制造厂应检查所用的原材料、零部件有否本社的标志。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 力学性能试验与工艺性能试验

第1节 通 则

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(包括拉伸、冲击、硬度和蠕变等试验)和工艺性能试验(包括弯曲及管材的压扁、扩口、卷边和弯曲等试验)。本章规定以外的试验，可按本篇其他章节中的规定或本社认可的有关标准执行。

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裕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 所有试验应在认可型式的试验机上由合格的人员操作。试验机应保持良好而准确的状态，并按规定时间间隔进行校验，校验应由本社承认的机构或标准组织进行。所有的校验记录应完整地保存在试验室内，以备验船师随时核查。

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

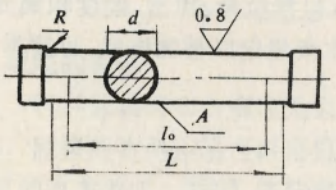
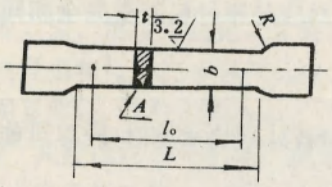
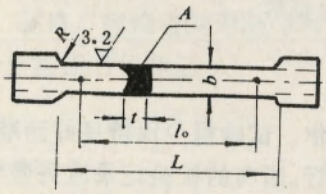
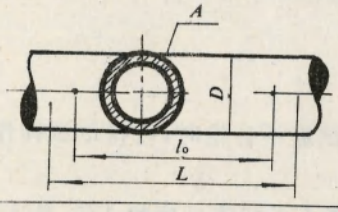
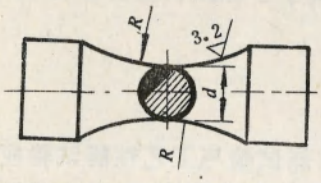
2.2.1 一般要求

2.2.1.1 船用金属材料的抗拉强度 σ_b，屈服点 σ_s，伸长率 δ_5 以及断面收缩率 ψ 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。试样端部可加工成适宜于试验机夹头夹持的形状。

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	适用材料
I		(A) $l_0 = 5d$，$d \geqslant l_0$，$L = l_0 + 0.1l_0$，$R \geqslant 10$	轧制件、锻件。铸件（灰铸铁除外）和壁厚大于 16mm 的管子
		(B) $l_0 = 70$，$d = 14$，$L \approx 85$，$R \geqslant 10$ 对球墨铸铁和规定伸长率小于 10% 的材料：$R \geqslant 20$	
		(C) $l_0 = 5d$，d = 直径，$L = l_0 + d$，$R \geqslant 10$ 对球墨铸铁和规定伸长率小于 10% 的材料：$R \geqslant 1.5d$	
II		(A) $l_o = 5.56\sqrt{A}$，t = 板材厚度。 $b = 25$，$L \approx l_o + 2\sqrt{A}$，$R \geqslant 25$	轧制件厚度≥3mm 者（本篇第 3 章和第 4 章）
		(B) $l_0 = 200$，t = 板材厚度， $b = 25$，$L \approx 225$，$R \geqslant 25$	
		(C) $l_0 = 50$，t = 板材厚度， $b = 12.5$，$L \approx 70$，$R \geqslant 25$	轧制钢材厚度≥3mm 者（本篇第 3 章）
III		$l_o = 5.56\sqrt{A}$，t = 公称管壁厚度， $b = 12$，$L = 2b$，$R \geqslant 25$ 试样沿管轴纵向截取，试验长度部分不应压平，而两端夹头部分则应压平	钢管、铜管
IV		$l_o = 5.56\sqrt{A}$ 或 50，$L \approx l_o + D$ 管子两端应堵住，上式中 L 是两端夹头间的距离	钢管、铜管
V		$d = 20$，$R \geqslant 25$ 试样应从被试验的部件中制备，直径为 30mm 的试样可以单独铸造灰口铸铁	灰口铸铁

表中：l_0 —标距长度，mm；

L —试样平行段的平行长度，mm；

A —试样平行长度部分的原始横截面积，mm^2。

注：① 对板材、扁钢和型材的试样应加工成表中序号 II 所示的尺寸。对于全厚度试样，若试验机能力不足，可对一个轧制面进行加工，将厚度减薄至 25mm。

②除表中所规定的试样外，亦可采用经本社认可的其他试样。

2.2.2.2 拉伸试样经机械加工后，其尺寸公差应符合本社认可的有关标准。

2.2.3　**试验**

2.2.3.1　在室温下进行拉伸试验时：

(1)在测定钢材的上屈服点或规定非比例伸长应力时，弹性应力变化率应不超过每秒 30N/mm²；对有色金属应不超过每秒 10N/mm²。在达到屈服载荷后，测定抗拉强度时，应变速率最大应不超过每分钟 40%原标距长度；

在测定球墨铸铁的抗拉强度时，应力变化率应不超过每秒 10N/mm²；

(2)本篇所涉及的钢材并不都明显地呈现屈服现象，对不同种类的钢材的屈服点作如下规定：

①碳钢、碳锰钢和合金钢产品及其焊接材料，应测定上屈服点，或载荷下的规定非比例伸长为 0.5%时所对应的应力（$\sigma_{p0.5}$）；

②奥氏体不锈钢产品及其焊接材料，应测定 0.2%和/或 1.0%的规定非比例伸长应力（$\sigma_{p0.2}$ 和/或 $\sigma_{p1.0}$）；

(3)钢材上屈服点的测算应根据：

①试验机标杆明显下落前的瞬时载荷；

②指针退回之前的瞬时载荷或指针停滞时的载荷；

③载荷－拉伸图上屈服阶段塑性变形开始处的载荷或屈服阶段的第一个峰值载荷，不论该峰值载荷是否等于或小于随后出现的其他峰值载荷；

(4)当钢材的屈服现象不明显时，载荷下的 0.5%或 1.0%规定非比例伸长应力应由相应于总伸长为原标距长度 0.5%或 1.0%时的载荷来计算。此时，伸长应采用适当的伸长计或分规测定；

(5)0.2%或 1.0%规定非比例伸长应力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 0.2%或 1.0%标距(用伸长计测量)的平行直线来确定。此直线与载荷－拉伸图的塑性变形部分的交点表示屈服载荷，可根据此屈服载荷计算 0.2%或 1.0%规定非比例伸长应力。

2.2.3.2　在高温(≥50℃)下进行拉伸试验时：

(1)测定高温下的下屈服点或 0.2%规定非比例伸长应力所用的试样，其标距长度 l_o 应不小于 50mm，而横剖面面积 A 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)在接近下屈服点或规定非比例伸长应力时，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。

2.2.4　**等效伸长率**

2.2.4.1　当实际试样的标距长度不是 $5.65\sqrt{A}$ 时，为判定材料的伸长率是否符合本篇各章节所规定的 $l_o = 5.65\sqrt{A}$ 时的最小伸长率，对应标距长度为 $5.65\sqrt{A}$ 试样的等效伸长率值 δ_E(%) 应按下式计算：

$$\delta_E = 2[\delta]\left(\frac{\sqrt{A}}{l}\right)^{0.4}$$

式中：$[\delta]$ ——本篇各章节所规定的 $l_o = 5.65\sqrt{A}$ 时的最小伸长率，%；

A ——试样平行段的原始横截面面积，mm²；

l ——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。

2.2.4.2　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/mm² 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/mm² 的碳钢、碳锰钢和低合金钢，以及其他材料的最小等效伸长率，应按本社认可的方法另行计算。

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。

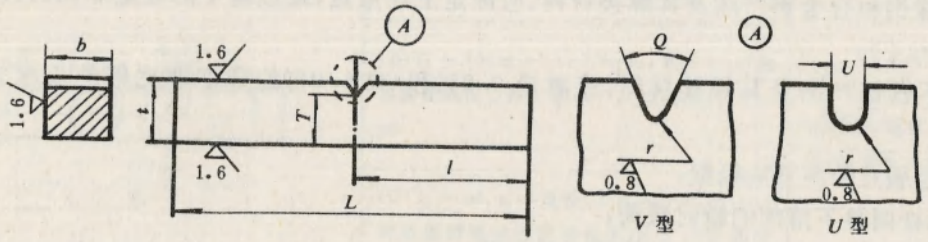


图 2.3.1.1

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间的角度，°		—	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　所有冲击试验应在经本社认可的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^{+8}_{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。

弯曲试样的尺寸 表2.4.2.1

序 号	试样尺寸，mm	适用材料
I	试样厚度$t = t_m$，试样宽度$b = 2t \pm 2$， 试样长度$L = 5t + 150$，试样边角半径$r = 1 \sim 2$， t_m—试件厚度	轧制材料
II	试样厚度$t = t_m$，试样宽度$b = 5t \pm 2$， 试样长度$L = 5t + 150$，试样边角半径$r = 1 \sim 2$， t_m—试件厚度	
III	试样直径$d = d_m$，试样长度$L = 5d + 150$，d_m—试件直径	
IV	试样厚度$t = 20$，试样宽度$b = 25$， 试样长度$L \geqslant 9t + D$，试样边角半径$r = 1 \sim 2$， D—压头直径	铸锻钢材料

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，可将试样受压面经机加工减薄至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。

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 ψ_Z，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) 应从板宽 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；

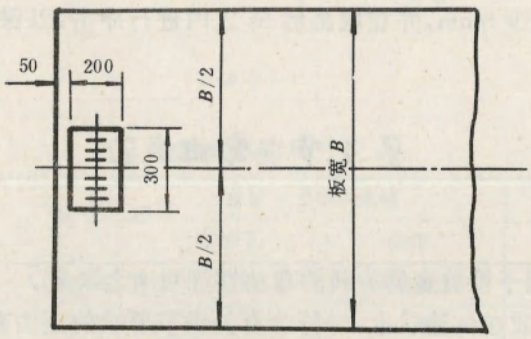


图 2.5.2.1(1)

(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；

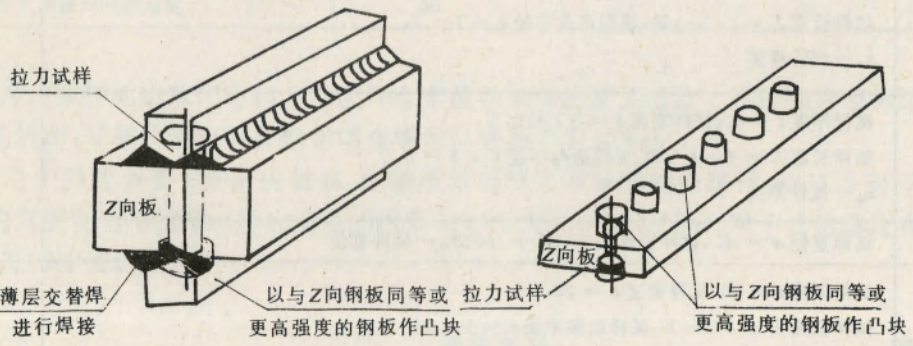
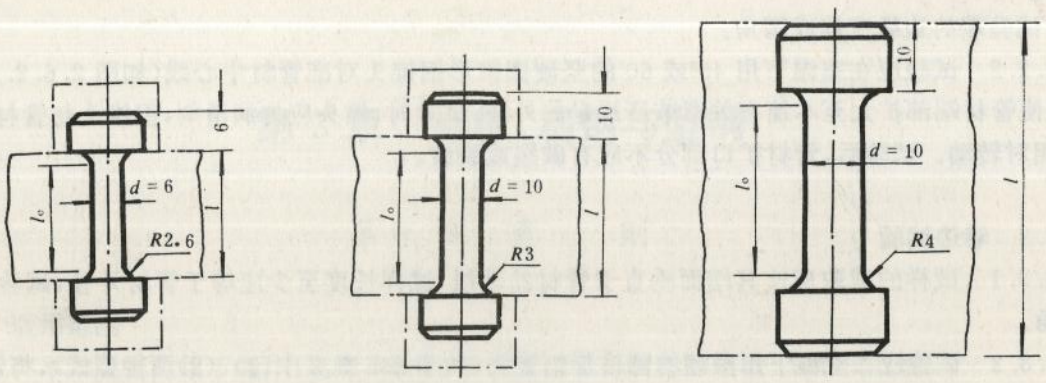


图 2.5.2.2(1)

(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。



$t < 25\text{mm}$，$l_0 \geqslant 2d$　　$25\text{mm} \leqslant t < 40\text{mm}$，$l_0 \geqslant 2d$　　$t \geqslant 40\text{mm}$，$l_0 \geqslant 2d$

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 ψ_Z 是指拉伸试验后，试样断面面积的变化量与 A_o 比值的百分数：

$$\psi_Z = \frac{A_o - A}{A_o} \times 100\%$$

式中：A_0 ——试样的原始横截面面积；

A ——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：

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

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（压载时测量）不大于下式规定之值为止：

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

式中：H ——两平行平板间的距离，mm；

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 8 章规定。

试验后，试样不应有破裂或裂纹，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　试样的截取应使其端面垂直于管材的轴线，其长度应等于管材外径的 1.5 倍，且不小于

50mm。试验端的边缘应锉成圆角。

2.6.2.2 试验应在室温下用45°或60°的坚硬圆锥形钢锥头对准管材中心线(如图2.6.2.2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。试验时，锥头应加润滑剂，但锥头与管材在试验过程中不可相对转动。试验后，管材扩口部分不应有破裂或裂纹。

2.6.3 卷边试验

2.6.3.1 试样的截取应使其端面垂直于管材的轴线，试样长度至少应等于管材外径，试验端的边缘应锉成圆角。

2.6.3.2 试验应在室温下用坚硬的圆锥形钢锥头(如图2.6.3.2中(1)、(2)两种型式)，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。试验后，管材的筒体和卷边部分不应有破裂或裂纹。

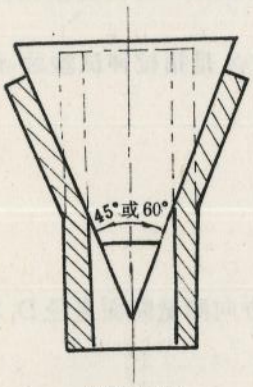


图2.6.2.2

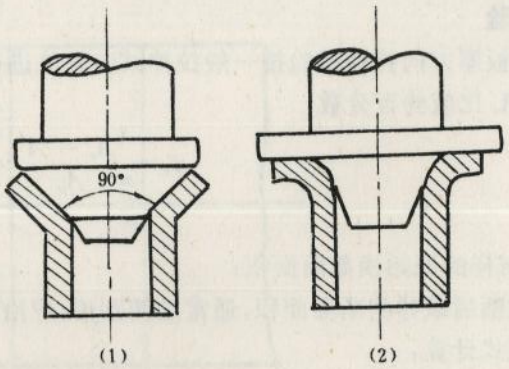


图2.6.3.2

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8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3章 钢板、扁钢与型钢

第1节 通 则

3.1.1 适用范围

3.1.1.1 本章规定适用于船体、机械、锅炉以及受压容器等所用的钢板、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本社认可。

3.1.2 制造

3.1.2.1 所有钢材，均应由经本社认可的钢厂按认可的工艺、钢种和等级进行生产。进行工厂认可时，本社可要求进行冷、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，应经本社认可。

3.1.2.3 钢可浇铸在锭模中或采用经本社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，且试验结果应经本社认可。

3.1.2.4 钢材若采用温度－形变控制轧制(TMCP)及相关的工艺生产，则应在验船师在场的情况下进行规定的试验，并将试验结果以及有关工艺性和可焊性等技术资料提交本社认可。

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本社认可的其他标准。

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，确保在厚度公差检验合格后直至发货前，不致因锈蚀等原因导致不符合厚度公差的要求的情况；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；

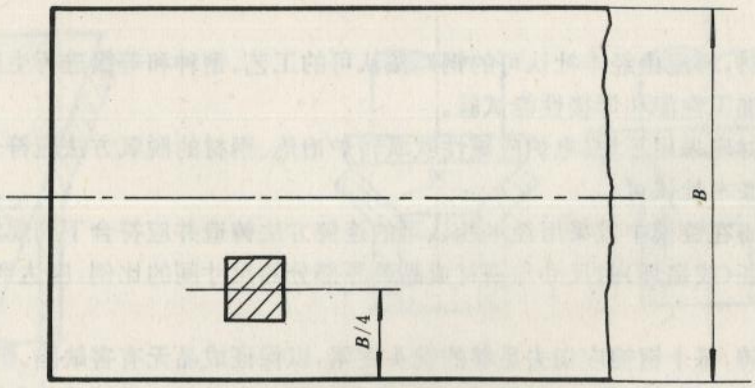


图3.1.4.2(1)

(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；

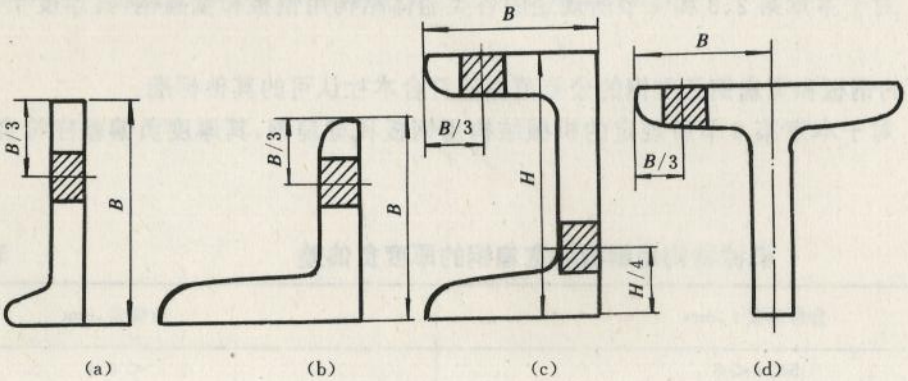


图3.1.4.2(2)

(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；

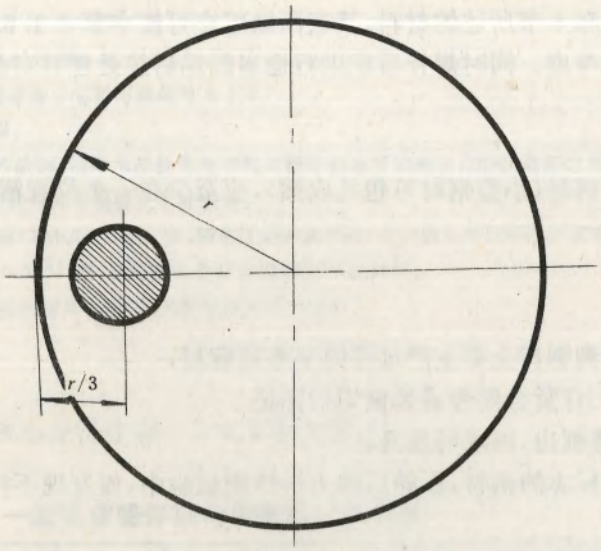


图 3.1.4.2(3)

(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；

(5)对于厚度超过40mm的钢板或扁钢，可以切取全厚度试验材料；但若采用圆棒形试样，应使试样的轴线位于板厚的1/4处。

3.1.4.3 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 目检和无损检测

3.1.5.1 发货之前，钢厂有责任对所发钢材进行外观检查及外形尺寸校核，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 船用钢材的材质必应均匀，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。

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，并应有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，以证明焊补质量是合格的；

(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本社的标志和下列标记：

(1)钢厂名称及商标；

(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　凡标有本社的标志的钢材，在随后的力学性能试验中，如发现不符合规定要求，则应将本社的标志彻底去除。

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，应由炼钢厂提供一份合格证书，说明钢的冶炼工艺、炉罐号和桶样化学成分，且该炼钢厂应经本社认可。

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凡经本社和订货方同意，对$t\leqslant 12.5$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，总铝含量应不小于0.02%；经本社认可后，也可使用其他细化晶粒元素，但应将其含量提交本社认可。

⑦若采用温度—形变控制轧制(TMCP)状态交货，经本社特别认可后，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≤12.5	12.5<t≤25	25<t≤35	35<t≤50	50<t≤100
A	沸腾钢	型材	A(-)	不适用			
	t≤50mm，除沸腾钢外任何方法；t>50mm，镇静处理	板材	A(-)				N(-)，TM(-)③，CR(50)，AR*(50)
		型材	A(-)				不适用
B	t≤50mm，除沸腾钢外任何方法；t>50mm，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		
	镇静和细晶处理	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(25)，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*：经本社特别认可后，可采用热轧状态交货；
CR*：经本社特别认可后，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型冲击试样。

③如采用TMCP状态交货，应经本社认可。

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表2.2.2.1中序号II的板状试样；对厚度超过40mm者也可采用序号I(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	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	抗拉强度 σ_b N/mm²	伸长率 σ_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	400～520 ①	22	20	—	—	34	24	41	27
B				0	27③	20③				
D				−20						
E				−40						

注：①经本社同意后，A 级型钢的抗拉强度的上限可以超出表中所规定的值。

②除订货方或本社要求外，$t \leqslant 50$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，经本社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；经本社同意，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	$t \leqslant 5$	$5 < t \leqslant 10$	$10 < t \leqslant 15$	$15 < t \leqslant 20$	$20 < t \leqslant 25$	$25 < t \leqslant 30$	$30 < t \leqslant 40$	$40 < t \leqslant 50$
伸长率 δ，%	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点应力划分强度级别，每一强度级别又按其冲击韧性的不同分为 A、D、E、F 4 级。本节规定适用于厚度不超过 100mm 的 A32、D32、E32、A36、D36 和 E36 等级的钢板和宽扁钢以及厚度不超过 50mm 的 A40、D40、E40、F32、F36 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	≤0.035
	P	≤0.035	≤0.035
	Al(酸溶)	≥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，其含量应不低于表中所列的下限；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。

④Nb、V、Ti的含量还应符合：Nb%+V%+Ti%≤0.12%。

⑤若采用TMCP状态交货，经本社特别认可后，化学成分可以不同于表中规定。

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 除非另有协议，建议碳当量C_{eq}不大于0.40%。如碳当量大于0.40%时，则应在材料证书上说明。

碳当量C_{eq}可根据桶样化学成分按下列公式计算：

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

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：

碳当量C_{eq} 表3.3.2.3(1)

钢材等级	碳当量C_{eq}，%①	
	厚度t，mm	
	$t\leqslant 50$	$50<t\leqslant 100$
A32,D32,E32,F32	0.36	0.38②
A36,D36,E36,F36	0.38	0.40②
A40,D40,E40,F40	0.40	—

注：①钢厂和船东可以根据具体情况协商制定更严格的碳当量要求。

②表中要求不适用于厚度超过50mm的F32和F36级钢材。

(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} 值应符合本社认可的有关标准。

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①②					
			厚度 t，mm					
			$t\leqslant12.5$	$12.5<t\leqslant20$	$20<t\leqslant25$	$25<t\leqslant35$	$35<t\leqslant50$	$50<t\leqslant100$
A32 A36	Nb和/或V	板材	A(50)	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
	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(50),TM(50)				N(50),CR(25),TM(50)
		型材	A(50)	N(50),CR(50),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
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(每一热处理长度)					不适用
		型材	N(25),TM(25),QT(25)					不适用
F32 F36	任意	板材	N(每件),TM(每件),QT(每一热处理长度)					不适用
		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)					不适用
		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*：经本社特别认可后，可采用热轧状态交货；
CR*：经本社特别认可后，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表2.2.2.1中序号II的板状试样，对厚度超过40mm者也可采用序号I(A)项

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	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	抗拉强度 σ_b N/mm²	伸长率 σ_5 不小于 %	夏比 V 型缺口冲击试验钢材							
				试验温度 C	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	400～590	22	0	31②	22②	38	26	46	31
D32				−20						
E32				−40						
F32				−60			不适用			
A36	355	490～620	21	0	34③	24②	41	27	50	34
D36				−20						
E36				−40						
F36				−60			不适用			
A40	390	510～650	20	0	41	27				
D40				−20						
E40				−40						
F40				−60						

注：①除订货方或本社要求外，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。

②如钢厂能保证冲击试验抽查合格，经本社同意，A32 和 A36 级钢验收时可不做冲击试验。

③型钢一般仅做纵向试验。

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 δ %	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，应经本社特别认可。

经本社特别同意，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，按其最小屈服点应力划分为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。

3.4.1.3 强度等级、力学性能和化学成分等不同于本节规定的钢材应经本社特别认可。

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本社认可的有关标准。

3.4.2.2 应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：

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

按上述公式计算出的 P_{CM} 值应符合本社认可的有关标准。

3.4.3 热处理

3.4.3.1 钢材应以淬火加回火状态交货。经本社特别认可，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个拉伸试样和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本社专门考虑。

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，经本社同意，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表2.2.2.1中序号Ⅱ的板状试样，且至少在一个侧面上保留有轧制氧化皮。公称厚度超过40mm者，可采用序号Ⅰ的圆棒形试样，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 若本社无另外要求，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	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	抗拉强度 σ_b N/mm²	伸长率 δ_5（横向）不小于 %①	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，经本社同意，A级钢在验收时可免做冲击试验。

③型钢一般仅做纵向试验。

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	$t \leqslant 10$	$10 < t \leqslant 15$	$15 < t \leqslant 20$	$20 < t \leqslant 25$	$25 < t \leqslant 40$	$40 < t \leqslant 40$	$50 < t \leqslant 70$
伸长率 δ %	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。

3.5.1.2　当采用本节规定以外的碳钢、碳锰钢和合金钢时，应提交详细技术资料并经本社认可，对抗拉强度大于490N/mm² 但不大于520N/mm² 的碳钢和碳锰钢以及抗拉强度不大于600N/mm² 的合金钢，可予以验收。

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	0.015～0.065	—	—	
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	0.40～1.0	≤0.04	≤0.065	0.70～1.30	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360～490N/mm² 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3.1.4.2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。

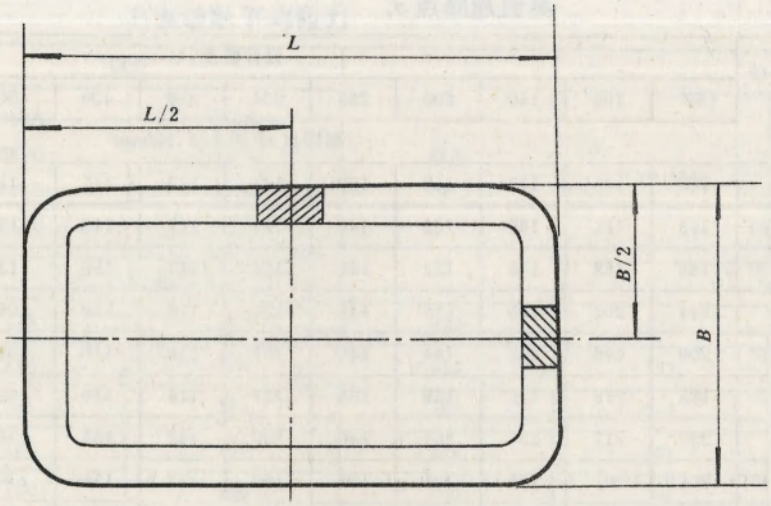


图3.5.4.2

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 σ_b N/mm²	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²			伸长率 δ_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
			$t\leqslant16$	$16<t\leqslant40$	$40<t\leqslant60$	$t\leqslant40$	$40<t\leqslant60$		
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≥50℃的钢材，应采用高温拉伸试验来测定其高温屈服点 σ_s^T，高温屈服点 σ_s^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。

高温屈服点 σ_s^T

表 3.5.5.1

钢材等级		厚度 t mm	设计温度，C											
			50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
			屈服点 σ_s^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			
		$16 < t \leqslant 40$	293	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

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100000h产生破断的平均应力 σ_D^T，以供设计用，σ_D^T 的值见表3.5.5.2。

高温破断平均应力　　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
	σ_D^T，N/mm²			σ_D^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本社备查。

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	0.70～1.60	0.10～0.50	≤0.025	≤0.02	0.30～0.80	Cr≤0.25 Mo≤0.08 Cu≤0.35 Cr+Mo+Cu≤0.60 Al(酸溶)≥0.015
0.5NiB	≤0.16	0.70～1.60	0.10～0.50	≤0.025	≤0.02	0.50～0.80	
1.5Ni	≤0.14	0.30～1.50	0.10～0.35	≤0.025	≤0.02	1.30～1.70	
3.5Ni	≤0.12	0.30～0.80	0.10～0.35	≤0.025	≤0.02	3.20～3.80	
5Ni	≤0.12	0.30～0.90	0.10～0.35	≤0.025	≤0.02	4.70～5.30	
9Ni	≤0.10	0.30～0.90	0.10～0.35	≤0.025	≤0.02	8.50～10.0	

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	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p1.0}$ 不小于 N/mm²	抗拉强度 σ_b N/mm²	伸长率 δ_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　落锤试验要求

(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；

②0.5Ni与1.5Ni钢拟用于设计工作温度低于－60℃时；

③3.5Ni钢拟用于设计工作温度低于－80℃时；

④5Ni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)落锤试验的结果应经本社认可。

第8节 奥氏体不锈钢

3.8.1 适用范围

3.8.1.1 本节规定的奥氏体不锈钢适用于制造散装化学品船和液化气体船的液货舱和油、气、水处理用受压容器或拟用奥氏体不锈钢制成的其他构件。

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

3.8.1.3 奥氏体不锈钢也可供高温条件下使用，但应向本社提交化学成分、力学性能和热处理工艺等详细资料。

3.8.2 化学成分

3.8.2.1 奥氏体不锈钢的桶样化学成分应符合表3.8.2.1的规定。

奥氏体不锈钢的化学成分 表3.8.2.1

钢号	化学成分，%								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	其他元素
00Cr18Ni10	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	17.0～19.0	—	9.0～12.0	—
00Cr17Ni14Mo3	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	16.0～18.5	2.50～3.0	11.5～14.5	—
0Cr18Ni9Ti	≤0.08	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	17.0～19.0	—	9.0～12.0	5C≤Ti≤0.08
1Cr18Ni11Nb	≤0.08	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	17.0～19.0	—	9.0～12.0	10C≤Nb≤1.0

3.8.3 热处理

3.8.3.1 所有奥氏体不锈钢均应以固溶处理状态交货。

3.8.4 力学性能

3.8.4.1 试样应按本章3.5.4.1的规定切取。

3.8.4.2 除另有协议外，对本节所列的奥氏体不锈钢不要求进行冲击试验。

3.8.4.3 奥氏体不锈钢的力学性能应符合表3.8.4.3的规定。

奥氏体不锈钢的力学性能 表3.8.4.3

钢号	厚度 不大于 mm	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p1.0}$ 不小于 N/mm²	抗拉强度 σ_b N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %
00Cr18Ni10	50	205	440～640	45
00Cr17Ni14Mo3	65	215		40
0Cr18Ni9Ti		235	490～690	35
1Cr18Ni11Nb		245		

3.8.5 晶间腐蚀试验

3.8.5.1 对于某些特殊用途的材料，可要求做专门的弯曲试验。

3.8.5.2 如要求做晶间腐蚀试验，则在做每次拉伸试验的同时，都应进行一次这种试验，试验材料应在与拉伸试验材料相邻的部位截取，并应制成圆棒形或长方棒形弯曲试样。试样直径或厚度不大于12mm，总表面积应在15～35cm^{2}之间。

3.8.5.3 晶间腐蚀试验应按下列规定进行，亦可按本社认可的其他标准进行：

(1)将试样加热到700±10℃，保温30min，随后迅速放入水中冷却，然后将试样放置在铜屑垫上(1l试验溶液用50g铜屑)，置于含有下列成分的沸腾溶液中浸泡15～24h：

①硫酸铜($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)100g；

②密度为1.84g/ml的硫酸184g(100ml)；

③用蒸馏水配制成1l溶液；

试验过程中，应防止溶液因蒸发而浓缩；

(2)试样浸泡后，应在常温下将每个试样弯曲90°，弯芯直径应为试样直径或厚度的2倍，弯曲后在试样的外侧表面上应无裂纹。

第9节 复合钢板

3.9.1 适用范围

3.9.1.1 本节规定的复合钢板适用于建造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本社认可。

3.9.4 热处理

3.9.4.1 板材应以最适合于复合板两种材料的热处理状态交货，热处理工艺应经本社认可。

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，应采取经本社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≥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)，在征得验船师同意后，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σ_b应不小于按下式计算所得之值：

$$\sigma_b = \frac{t_1\sigma_{b1} + t_2\sigma_{b2}}{t} \quad N/mm^2$$

式中：t_1——基体材料的公称厚度，mm；

t_2——覆层金属的公称厚度，mm；

σ_{b1}——基体材料抗拉强度，N/mm^2；

σ_{b2}——覆层金属抗拉强度，N/mm^2；

t——复合钢板的公称厚度(即$t_1 + t_2$)，mm。

如果σ_b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，按本社认可的方法进行试验，粘合面的抗剪强度应不低于下列规定：

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

(2)对抗拉强度$\sigma_b \geqslant 280N/mm^2$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。

第10节 Z向钢

3.10.1 一般要求

3.10.1.1 Z向钢是在某一等级结构钢(称为母级钢)的基础上，经过特殊冶炼、镇静处理和适当热处理的钢材。因此，由于厚度方向承受拉伸载荷而对厚度方向有性能要求的厚度≥12mm的Z向钢除符合本节规定外，还应符合其母级钢的所有要求。

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。Z向钢分：Z15、Z25和Z35 3个等级，Z后面的数字为断面收缩率ψ_Z的指标。如标记E—Z35表示母级钢为船体结构钢E级的Z向钢，其板厚方向的断面收缩率$\psi_Z \geqslant 35\%$。

3.10.3 Z向性能

3.10.3.1 Z向钢的化学成分除应符合母级钢的规定外，其含硫量还应不大于0.01%，必要时，验船师可要求逐张进行含硫量检验。

3.10.3.2 按本篇第2章第5节规定进行厚度方向拉伸试验，其厚度方向的断面收缩率应符合表3.10.3.2规定。

Z向钢的厚度方向断面收缩率　　表3.10.3.2

等级		Z15	Z25	Z35
厚度方向断面收缩率 ψ_Z 不小于，%	3个试样平均值	15	25	35
	单个试样值	10	20	30

3.10.3.3　对Z35级钢，应对每一轧制件取样进行厚度方向的拉伸试验；对Z15和Z25级钢，可在每一批中任选两张钢板（如每批不是同一规格，则应在最厚和最薄的规格中各取一张钢板）截取试样进行厚度方向的拉伸试验。

每一批钢材应为同一炉罐号、同一轧制工艺和同一热处理规程的材料，且每一批钢材中公称厚度相差应不大于5mm，总重量不超过50t。

3.10.3.4　3个试样中只允许有1个试样的断面收缩率低于规定平均值，但应不低于规定的单个试样值。若3个试样的平均值低于规定值或有1个试样的结果低于规定的单个试样值，则应对3个备用试样进行试验。新的试验结果应与原来的结果一起取平均值，其值应大于规定的平均值，且新制备的3个试样的试验结果均应大于规定的平均值。

3.10.4　无损检测

3.10.4.1　Z向钢板应逐张进行超声波检测，并采用经本社认可的检测与验收标准，检测范围如下：

(1)在钢板四周边缘宽度为一倍半板厚，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4章　铝合金

第1节　通　　则

4.1.1　适用范围

4.1.1.1　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、棒材、型材和管材。对于制造低温液化气运输球罐用铝合金，其有关试验资料应提交本社认可。

4.1.1.2　铝合金的铸件和锻件可按本社认可的有关标准验收。

4.1.1.3　可焊接的铝合金应进行焊接认可试验，并按本社认可的焊接工艺进行焊接作业。

4.1.2　制造与验收

4.1.2.1　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。

4.1.2.2　铝合金可采用经本社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，管材可用挤压或拉拔方法制造。

4.1.2.3　铝合金的成品，应无有害的表面缺陷或内部缺陷。轻微的表面缺陷在征得验船师同意后可采用机械方法去除，任何缺陷均不允许采用焊补方法修整。

4.1.2.4　铝合金产品的尺寸公差应符合本社认可的有关标准。

4.1.2.5　除另有协议外，铝合金的无损检测不作验收条件，但建议制造厂采取有效措施确保铝合金的内部质量。

第2节　化学成分与力学性能

4.2.1　化学成分

4.2.1.1　铝合金的化学成分应符合表4.2.1.1的规定。

铝合金的化学成分　　表4.2.1.1

牌号	相应的AA牌号	化学成分，%									
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti①	Al	其他元素
AlMg3	5754	≤0.5	≤0.5	≤0.1	≤0.5②	2.6～3.6	≤0.35	≤0.2	≤0.2	余量	每种≤0.05 总量≤0.15
AlMg3Mn	5454	≤0.5	≤0.5	≤0.1	0.3～1.0	2.4～3.4	≤0.35	≤0.2	≤0.2	余量	
AlMg4	5086	≤0.5	≤0.5	≤0.1	≤0.8③	3.5～4.6	≤0.35	≤0.2	≤0.2	余量	
AlMg4.5Mn	5083	≤0.5	≤0.5	≤0.1	0.3～1.0	4.0～4.9	≤0.35	≤0.2	≤0.2	余量	
AlMg5Mn	5456	Si+Fe≤0.4		≤0.1	0.5～1.0	4.7～5.5	0.05～0.2	≤0.2	≤0.2	余量	
AlMg6.5	④	≤0.3	≤0.4	≤0.1	0.3～0.7	6.0～7.0	0.1～0.2	≤0.2	≤0.15	余量	
AlSi1Mg	6082	0.6～1.6	≤0.5	≤0.1	0.4～1.0	0.4～1.4	≤0.35	≤0.2	≤0.2	余量	

注：①Ti可以全部或部分由其他细化晶粒元素代替。

②0.1%≤Mn+Cr≤0.5%。

③0.15%≤Mn+Cr≤0.9%。

④即2101合金；除表中所列元素外，还应含0.1%～0.2%的Zr，其他元素含量每种≤0.05%，总量≤0.10%。

4.2.2　力学性能

4.2.2.1　铝合金板材的抗拉强度、规定非比例伸长应力和伸长率应符合表4.2.2.1的规定。

铝合金板材的力学性能 表 4.2.2.1

牌号	交货状态		规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 不小于 N/mm²	抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %
			2mm≤ t ≤40mm①		
AlMg3	形变硬化		140	230	10
	热轧(允许轻微加工硬化)		120	200	10
	退火或相当的热处理		80	200	18
AlMg3Mn	形变硬化		210	280	5
	热轧(允许轻微加工硬化)		180	260	10
	退火或相当的热处理		80	210	18
AlMg4	形变硬化	1/4 硬化	165	260	10
		1/2 硬化	220	300	5
	热轧(允许轻微加工硬化)		110	240	10
	退火或相当的热处理		95	240	16
AlMg4.5Mn	形变硬化	1/4 硬化	220	300	10
		1/2 硬化	270	340	5
	热轧(允许轻微加工硬化)		125	275	12
	退火或相当的热处理		120	260	16
AlMg5Mn	形变硬化	1/4 硬化	220	310	10
		1/2 硬化	280	370	5
	退火或相当的热处理		130	290	16
AlMg6.5	形变硬化		245	365	8
	热轧(允许轻微加工硬化)		165	325	10
	退火或相当的热处理		165	325	15
AlSi1Mg	固溶处理加自然时效		115	200	10
	固溶处理加人工时效		250	310	10

注：①厚度 t 大于 10mm 者，经本社同意，其力学性能可略低于表中规定。

4.2.2.2 铝合金型材和管材的抗拉强度、规定非比例伸长应力和伸长率应符合表 4.2.2.2 的规定。

铝合金型材的力学性能 表 4.2.2.2

牌号	交货状态	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 不小于 N/mm²	抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %
		适用于 130mm 以下的各种厚度		
AlMg3	挤压	80	180	14
AlMg3Mn	挤压	100	230	10
AlMg4	挤压	100	230	10
AlMg4.5Mn	挤压	120	270	10
AlMg5Mn	挤压	130	300	10
AlMg6.5	挤压	170	330	10
AlSi1Mg	固溶处理加自然时效	115	200	10
	固溶处理加人工时效①	250	310	10

注：①对于复杂型材以及最厚或主要部分的厚度小于 5mm 的型材，允许其最小规定非比例伸长应力为 240N/mm²，最小抗拉强度为 290N/mm²。

4.2.3 **试样**

4.2.3.1 铝合金材料可按批提交验收，每一批应由同一牌号、同一规格、同一工艺和同一热处理规程的铝合金材料组成。

4.2.3.2 应从每一批中取样测定化学成分，并提交一份证书。

4.2.3.3 应从每批重量为1000kg或不足1000kg的余额中各取1个拉伸试样进行拉伸试验，试样的截取应符合下列规定：

(1)对于板材，试样纵轴应垂直于最终轧制方向。若宽度不大于300mm或薄板亦可采用纵向试样；

(2)对于型材或管材，试样纵轴应平行于挤压方向。

第5章 锻钢件

第1节 通 则

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3.1.2.2和3.1.2.3的要求。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本社审核，经同意后，可按本社认可的有关标准验收。

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 锻钢件应由本社认可的工厂制造，并印有本社的标志。

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。

5.1.3 锻制要求

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。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。

②L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，其制造工艺应提交本社认可。

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　凡采用气割或碳弧气刨将轧制扁坯切割成锻钢件形状时，应按认可的操作方法进行，且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、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本社审核，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。

5.1.5　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、同一热处理规程和尺寸相近的小型锻钢件，可进行批量试验。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，并标上批号的标记。

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，试样应在距表面1/3半径处或1/2厚度处截取，对于某些特殊锻钢件，取样部位可在图纸上加以规定。

5.1.5.5　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，并应征得本社的同意。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。

5.1.5.6　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，并应符合本社认可的有关标准。

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，检测方法与判

定标准应经本社认可。

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。检验方法与判定标准应经本社认可。

5.1.6.6 除本社验船师同意外，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批凿或修磨的方法去除，并用磁粉检测或着色检测以证实该缺陷已被完全清除。

5.1.7.2 锻钢件表面一般不允许用焊补方法修整缺陷。对低应力区域的细小的缺陷，经本社同意，可以焊补，但应将焊补的详细资料及检查程序提交本社审核。

5.1.8 锻钢件标记与证明文件

5.1.8.1 锻钢件制造厂对经本社验收的每一锻钢件，应至少在一个位置上清晰地标出本社的标志及下列标记：

(1)炉罐号及供查阅此锻钢件锻制过程的标记；

(2)本社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。

钢印应用油漆框出，以求明显易认。

5.1.8.2 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)热处理状态；

(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)用的碳钢或碳锰钢的锻钢件。

若拟采用抗拉强度高于本节5.2.4.2规定的碳钢或碳锰钢，或采用合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等提交给本社审核。

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

连接方式	化学成分，%								
	C	Si	Mn	S	P	残余元素			
						Cu	Mo	Cr	Ni
焊接③	≤0.23①	≤0.45	0.30～1.70②	≤0.040	≤0.040	—			
非焊接	≤0.30	≤0.45	0.30～1.50	≤0.040	≤0.040	≤0.30	≤0.15	≤0.30	≤0.40

注：①从锻钢件上取样时，含碳量应不超过0.26%。

②焊后不进行热处理时，其含锰量应不小于实际含碳量的3倍。

③残余元素总含量应不超过0.80%。

5.2.3　热处理

5.2.3.1　锻钢件应采用下列热处理方法：

(1)完全退火；或

(2)正火；或

(3)正火加回火，回火温度应不低于550℃。

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，应从其两端各取1个拉伸试样；

(3)除经本社同意外，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。

对于大型锻钢件，当拉伸试样从锻钢件两端截取时，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

抗拉强度 σ_b 不小于，N/mm²	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，%	
		纵向	横向
430	215	24	18

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本社审核并应符合下列规定：

(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　用于制造中间轴、尾管轴、螺旋桨轴等的热轧圆钢，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	残余元素			
						Ni	Cr	Mo	Cu
碳钢和碳锰钢	≤0.60	≤0.45	0.30～1.50	≤0.04	≤0.04	≤0.40	≤0.30	≤0.15	≤0.30
合金钢	≤0.45	≤0.45	—	≤0.035	≤0.035	注			

注：其余合金元素应经本社审核。

5.3.2.2　对于采用焊接装配成整体的锻钢件，其含碳量应不超过0.23%，残余元素的总含量应不超过0.80%，并应具有良好的焊接性能。若含碳量超过0.23%，则应将其焊接工艺提交本社审核。

5.3.3　热处理

5.3.3.1　碳钢和碳锰钢锻钢件应采用下列热处理方法：

(1)完全退火；或

(2)正火；或

(3)正火加回火；或

(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/mm²的锻钢件，应作淬火加回火处理。

5.3.4　试验与试样

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)留有制备各种试样的试件1个；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，应在其两端各取试件1个。

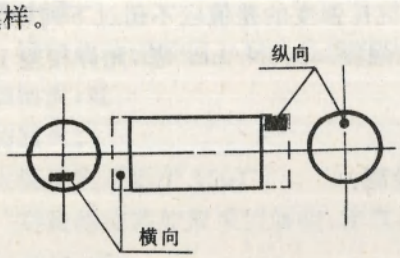
5.3.4.3　各种锻钢件的试验项目和试样数量应符合表5.3.4.3的要求。

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。

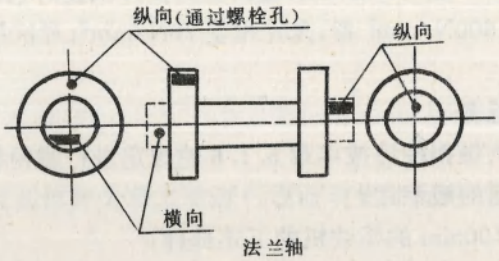
5.3.4.4　试样应沿锻钢件纵向截取，但如征得本社同意，也可按图5.3.4.4(1)、(2)和(3)所示的部位

选取所需的试样。



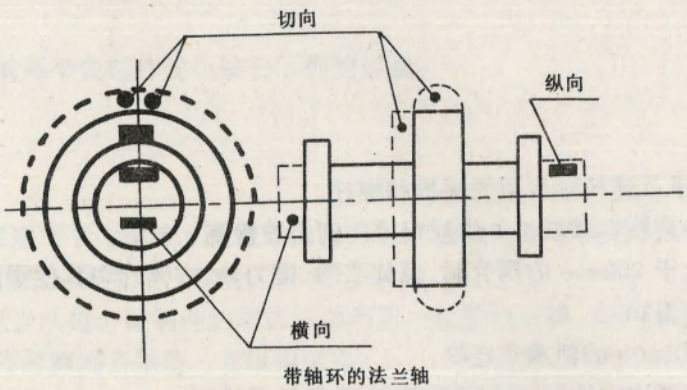
普通轴

图 5.3.4.4(1)



法兰轴

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 碳钢和碳锰钢锻钢件的力学性能应符合表 5.3.5.1 的规定。

轴系与机械用碳钢和碳锰钢锻钢件的力学性能 表 5.3.5.1

抗拉强度 σ_b ② 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s ① 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，%			硬度 ③ HB
		纵向	切向	横向	
360	180	28	23	20	95～125
400	200	26	22	19	110～150
440	220	24	21	18	125～160
480	240	22	19	16	135～175
520	260	21	18	15	150～185
560	280	20	17	14	160～200
600	300	18	15	13	175～215
640	320	17	14	12	185～230
680	340	16	14	12	200～240
720	360	15	13	11	210～250
760	380	14	12	10	225～265

注：①对于表中抗拉强度的中间值，其所对应的 σ_s 和 δ_5 可用内插法求得。

②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；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。

③硬度值仅作参考用。

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力学性能应符合本章表 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 20J。

5.3.5.4　如一个锻钢件作2次或以上的拉伸试验时，其抗拉强度的差值应不超过下列规定：
对抗拉强度＜600N/mm² 者，允许相差 70N/mm²；对抗拉强度≥600N/mm² 者，允许相差 100N/mm²。

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　其余锻钢件可按本社审批的图纸要求，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本社审核。合金钢曲轴锻钢件的抗拉强度应不超过1000N/mm²。

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本社审核。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，应提交本社审核。

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：其余合金元素应经本社审核。

5.4.4　**热处理**

5.4.4.1　锻钢曲轴应采用下列热处理方法：

(1)正火加回火；或

(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，应符合本章图 5.3.4.4(1)、(2)、(3)的规定。

5.4.5　**力学性能**

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横向截取，如图 5.4.5.2(1)所示；

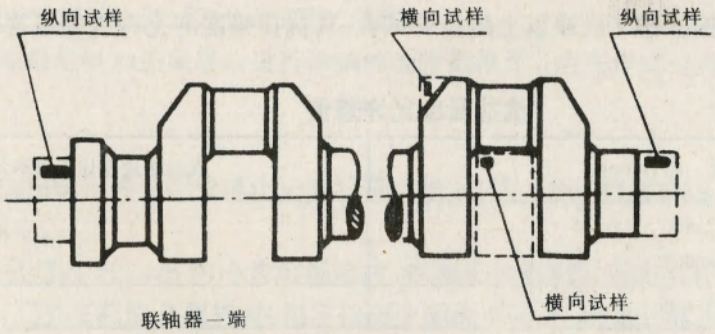


图 5.4.5.2(1)

(2)组合式曲轴的试样数量和取样部位应按本社认可的方法选取；

(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。

5.4.6　**力学性能**

5.4.6.1　碳钢和碳锰钢的曲轴锻钢件，其拉伸试验的结果，应符合本章表 5.3.5.1 的规定。

5.4.6.2　合金钢曲轴锻钢件的力学性能应符合表 5.4.6.2 的规定。

合金钢曲轴锻钢件的力学性能　　表5.4.6.2

抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_S 不小于 N/mm²		伸长率 δ_5 不小于，%			夏比V型缺口试验平均冲击功不小于，J						夏比U型缺口试验平均冲击功不小于，J						硬度 HB
						正火加回火			淬火加回火			正火加回火			淬火加回火			
	正火加回火	淬火加回火	纵向	切向	横向	纵向	切向	横向	纵向	切向	横向	纵向	切向	横向	纵向	切向	横向	
600	330	420	18	16	14	25	20	15	41	31	24	25	22	17	35	29	24	175～215
650	355	450	17	15	13	25	15	13	32	24	22	22	17	15	30	24	23	190～235
700	380	480	16	14	12	20	15	12	32	24	22	22	17	15	30	24	23	205～245
750	405	530	15	13	11	18	14	11	32	24	20	20	16	14	30	24	22	215～260
800	430	590	14	12	10	15	12	9	32	24	20	17	15	12	30	24	22	235～275
850	455	640	13	11	9	15	12	9	27	22	18	17	15	12	26	23	20	245～290
900	—	690	13	11	9	—	—	—	27	22	18	—	—	—	26	23	20	260～310
950	—	750	12	10	8	—	—	—	25	19	16	—	—	—	25	21	18	275～330
1000	—	810	12	10	8	—	—	—	25	19	16	—	—	—	25	21	18	290～340
1050	—	870	11	9	7	—	—	—	21	15	13	—	—	—	23	17	15	310～365

注：①取样方向应按本章各节图示所规定的方向。

②对于抗拉强度的中间值，其所对应的 σ_s、δ_5 和平均冲击功的最小值均可用内插法求得。

③对抗拉强度＜900N/mm² 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 150N/mm²。对抗拉强度≥900N/mm² 的各强度级锻钢，其抗拉强度的范围均为 200N/mm²。

④冲击试验在室温(18～25℃)下进行。平均冲击功仅适用于直径≤250mm 的锻钢件；对于直径更大的锻钢件，其平均冲击功应符合本社认可的其他标准。

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 σ_b，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和表5.4.6.2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/mm²，且应不超过760N/mm²。凡抗拉强度超过760N/mm²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本社审核。

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热处理方法：

(1)正火加回火；或

(2)淬火加回火。

其中，回火温度应不低于550℃。

5.5.4.2 如碳钢和碳锰钢锻钢件的抗拉强度大于700N/mm²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本社审核。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，应先作完全退火或正火加回火的热处理。

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的小齿轮锻钢件，应靠近齿部截取切向试样，如图5.5.5.1(1)中部位B所示；若受尺寸限制，无法在部位B取样时，则应按图中部位C所示，在轴颈末端截取横向试样；当该轴颈直径不超过200mm时，应在图中部位A截取纵向试样；

当有齿部分的成品长度超过1.25mm时，应以锻钢件的两端截取试样；

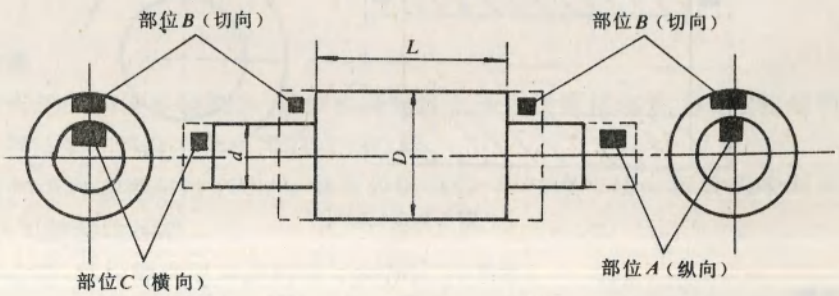


图5.5.5.1(1)

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

(3)大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；

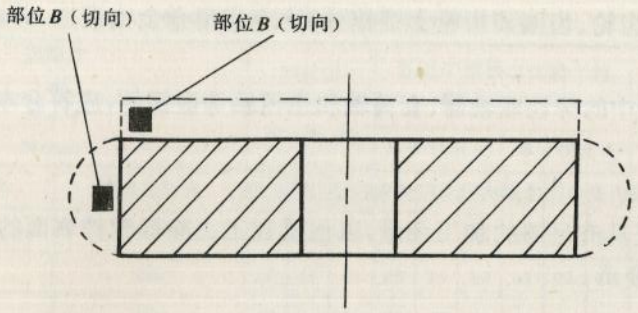


图 5.5.5.1(3)

(4)大齿圈的取样部位，应按图 5.5.5.1(4)所示，在任一 B 部位截取周向试样(相当于切向试样)。当成品大齿圈直径超过 2.5m 或重量(热处理状态，不包括其试验材料)超过 3t 时，应在大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；

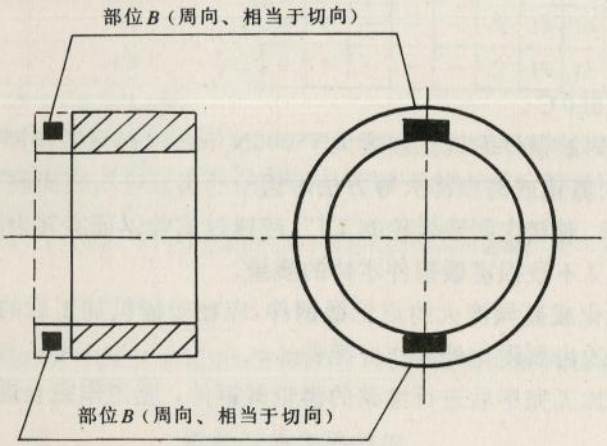


图 5.5.5.1(4)

(5)小齿套锻钢件的取样部位，应按图 5.5.5.1(5)所示，在任一 C 部位截取横向或切向试样。当小齿套成品长度超过 1.25m 时，试样应从两端截取。

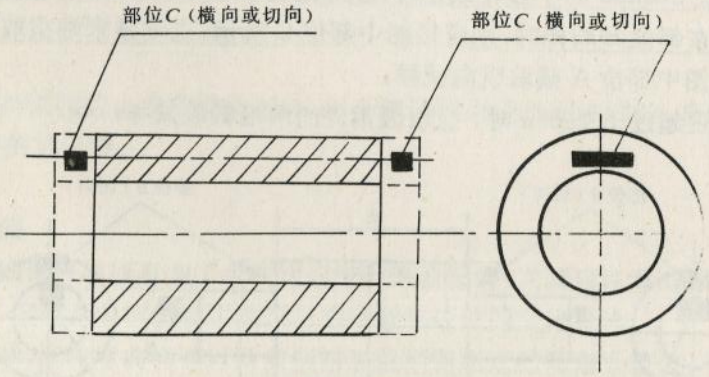


图 5.5.5.1(5)

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 σ_b，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　经本社同意，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堆规程，试样的制取以及试验规程等详细资料提交本社审核。其抗拉强度应不低于750N/mm²，而且能有拉伸和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件的规定，但表中最低屈服点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和5.4.6.2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 σ_b，N/mm²	硬度允许差值不大于，HB
<600	25
≥600 <900	35
≥900	42

5.5.7.4　对渗氮和高频淬火的锻钢件，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本社认可的有关标准。

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，检测结果应符合本社认可的有关标准。

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，其结果应符合本社认可的验收标准。

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本社审核。

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本社审核。

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下列规定：

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 锻钢件应采用下列热处理方法：

(1)正火加回火；或

(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(相当于横向)；

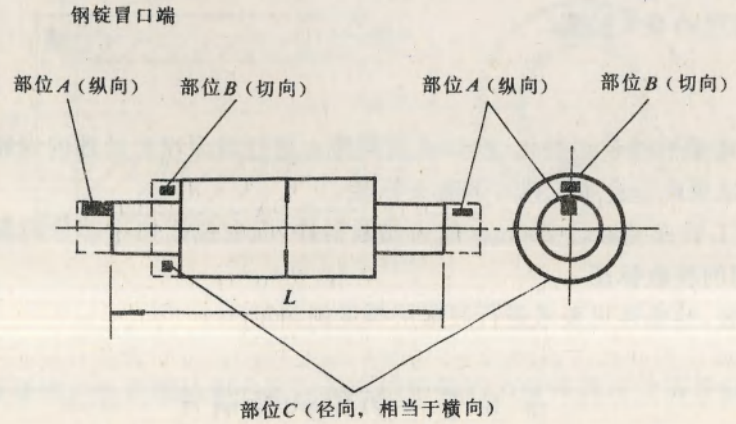


图5.6.4.1(1)

(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 $D \leqslant 500mm$，取横向试样，若 $D > 500mm$，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 个切向或横向拉伸试样，如图 5.6.4.1(3)所示；

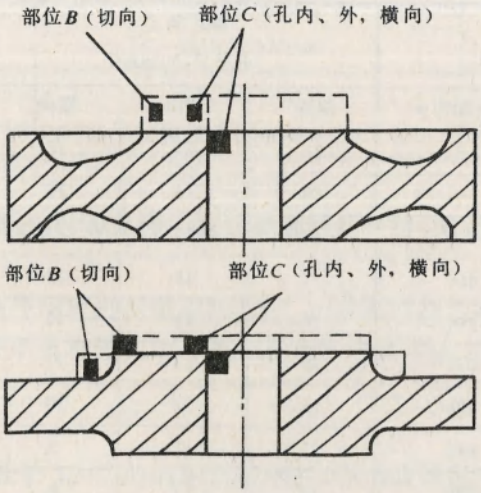


图 5.6.4.1(3)

(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 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，N/mm²			断面收缩率 ψ 不小于，%		
		纵向	切向	横向	纵向	切向	横向
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，其所对应 σ_s、δ_5 和 ψ 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/mm²。

④对整体转子锻钢件，抗拉强度应不超过 800N/mm²。

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 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²		伸长率 δ_5 不小于，N/mm²			断面收缩率 ψ 不小于，%		
	正火加回火	淬火加回火	纵向	切向	横向	纵向	切向	横向
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 σ_s、δ_5 和 ψ 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/mm²。

④对整体转子锻钢件，抗拉强度应不超过 800N/mm²。

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)放大镜检查：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本社审核；

(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 1 个测定应力。

应从叶轮的轮毂上制备 1 个环形试样，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：

$$\sigma_t = \frac{E\delta}{D} \quad \text{N/mm}^2$$

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，N/mm²；

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	≤39
	直径>1000mm	≤49
整体转子	$\sigma_s \leq 490\ N/mm^2$	$\leq 0.1\sigma_s$
	$\sigma_s > 490\ N/mm^2$	$\leq 0.08\sigma_s$

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，其结果应符合本社认可的验收标准。

5.6.6.3　涡轮机的每个锻钢件均应进行超声波检测，其结果应符合本社认可的有关标准。

5.6.6.4　对于涡轮机锻钢件中具有较大中心孔和孔径的内孔表面，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。若采用本节规定以外的碳钢、碳锰钢或合金钢时，应将详细技术资料提交本社审核。

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的等详细资料提交本社审核。

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 σ_b 不小于，N/mm^2	化学成分，%							
		C	Si	Mn	P	S	Al	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热处理方法：

(1)正火；或

(2)正火加回火；或

(3)淬火加回火。

5.7.3.2 合金钢锻钢件应采用下列热处理方法：

(1)正火加回火；或

(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 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，%	硬度 HB
碳钢和碳锰钢	$t\leqslant 63$	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	140～180
	$63< t\leqslant 250$		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 σ_s 和 δ_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

的材料。试验程序和结果应符合本社认可的有关标准。

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；对盆形端部的筒体和鼓筒锻钢件应在其盆形端部进行磁粉检测或着色检测。

对壁厚小于100mm的锻钢件，可不要求进行上述检测检验。

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本社审核。

5.8.2 **化学成分**

5.8.2.1 锻钢件的桶样化学成分一般应符合本篇表3.7.2.2的规定。

5.8.3 **热处理**

5.8.3.1 锻钢件应采用下列热处理方法：

(1)正火；或

(2)正火加回火；或

(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本社认可的有关标准。且平均冲击功一般应符合本篇表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，应按本社认可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，均应向本社提交化学成分、力学性能和热处理规程等详细资料，并取得本社的认可。

5.9.2 **化学成分**

5.9.2.1 奥氏体不锈钢锻钢件的桶样化学成分一般应符合本篇表3.8.2.1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表3.8.4.3的规定。

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3.8.5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 通 则

6.1.1 适用范围

6.1.1.1 本章规定适用于建造船体、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本社同意，可按本社认可的有关标准验收。

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小型铸钢件，经本社同意，可按批量进行检验。

6.1.2 制造加工

6.1.2.1 铸钢件应由本社认可的铸造厂制造，所用原料，也应由本社认可的制造厂提供。

6.1.2.2 采用气割进行切割和开槽或使用碳弧气刨铲除铸钢件的多余部分或浇冒口时，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本社审核。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气孔、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。

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。铸钢件的桶样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，还应再次进行热处理，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，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。

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。

6.1.8.3　经精加工的铸钢件表面可按本章各节规定进行磁粉检测或着色检测，检测部位应符合下列规定：

(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)图纸上所指明的部位；

(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，供本社审核。

6.1.8.5　铸钢件的X射线检测，可按本节6.1.8.4的规定部位进行。X射线检测的技术细节、全部射线照片以及验收标准，均应提交本社审核。

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)批凿；

(3)打磨；

(4)气割或碳弧气刨。

6.1.10.2　铸钢件缺陷铲除后，应进行无损检测以证实缺陷已被完全消除。如铲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。

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工艺规程，提交本社审核。

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　所有合金钢铸钢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 铸造厂对每一铸钢件或每批铸钢件，应至少在一个位置清晰地标上本社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)本社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)最后检验的日期。

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)热处理规程；

(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。如拟采用比本节6.2.4.2所述抗拉强度更高的碳钢或碳锰钢，或采用合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等提交本社审核。

6.2.2 化学成分

6.2.2.1 铸钢件的桶样化学成分应符合表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

化学成分，%								
C	Si	Mn	P	S	残余元素			
					Ni	Cr	Mo	Cu
≤0.23	≤0.60	≤1.60	≤0.04	≤0.04	≤0.80			

注：锰的含量应不小于实际含碳量的3倍。

6.2.3 热处理

6.2.3.1 铸钢件应采用下列热处理方法：

(1)完全退火；或

(2)正火；或

(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，则拉伸试样应按炉数在与铸钢件有明显间隔的位置上与铸钢件一起浇铸。

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 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %	断面收缩率 ψ 不小于 %
400	200	25	40

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，其验收标准应经本社认可。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。如拟采用含碳量高于本节表6.3.2.1规定的碳钢或碳锰钢，或采用合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等资料提交本社审核。

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

钢种	化学成分，%								
	C	Si	Mn	P	S	残余元素			
						Ni	Cr	Mo	Cu
碳钢和碳锰钢	≤0.40	≤0.60	0.50～1.60	≤0.04	≤0.04	≤0.40	≤0.30	≤0.15	≤0.30

6.3.2.2 当2个或以上的铸钢件，以焊接方式连接成整体时，其含碳量应不超过0.23%，并应具有良好的可焊性。如拟使用更高含碳量的碳钢、碳锰钢或合金钢的焊接结构，应经本社特别考虑。

6.3.3 热处理

6.3.3.1 铸钢件应采用下列热处理方法：

(1)完全退火；或

(2)正火；或

(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，均应按下列规定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；或

(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，且彼此之间应尽量远离。

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 ② σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 ① σ_s 不小于 N/mm²	伸长率 ① δ_5 不小于 %	断面收缩率 ψ 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 σ_s、δ_5、ψ 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 150N/mm²。

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 X 射线检测；

(3)在批准图纸上有所规定或本社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。如拟采用高于本节规定含碳量的碳钢或采用合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等资料提交本社审核。对合金钢，其抗拉强度应不大于 700N/mm²。

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本社审核。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是否能保证铸钢件的质量以及铸钢件重要部位的力学性能是否符合要求。

6.4.3 化学成分

6.4.3.1 曲轴铸钢件的桶样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≤0.40%

Ni≤0.40%

Mo≤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 曲轴铸钢件应按下列规定进行热处理。

(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本社审核。

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 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %	断面收缩率 ψ 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 σ_s、δ_5、ψ 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/mm²。

③冲击试验的温度为室温(18～25℃)。除另有规定外，可由制造厂任选V型或U型缺口冲击试样。

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，但事先应经本社同意。

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：

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

6.4.7.4　若确有必要，经本社同意，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。

(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。

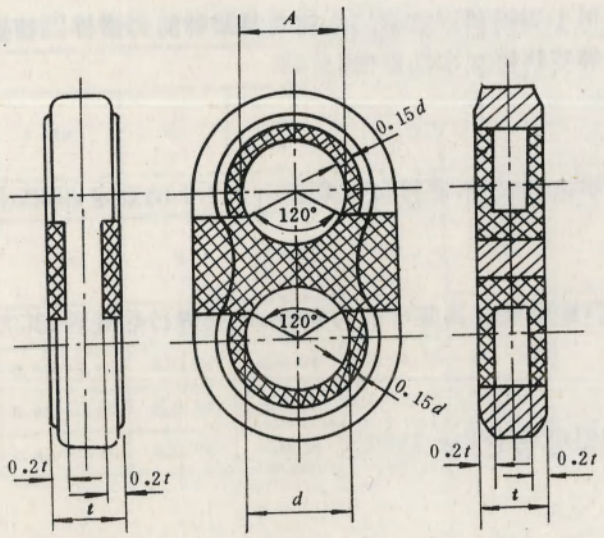


图 6.4.7.4(1)

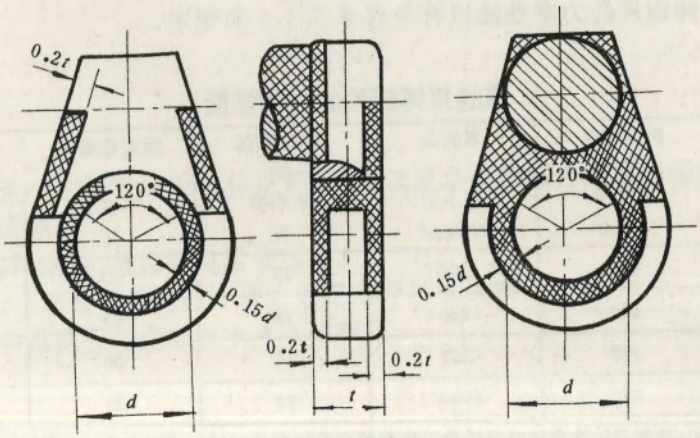


图 6.4.7.4(2)

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，曲轴铸钢件应进行下列焊后热处理：

(1)完全退火；或

(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和碳锰钢的螺旋桨及桨叶的铸钢件。如拟采用合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等资料提交本社审核。

6.5.2 **化学成分**

6.5.2.1 铸钢件的桶样化学成分，应符合本章表6.3.2.1的规定，但其中碳的含量应不大于0.25%。

6.5.3 **热处理**

6.5.3.1 碳钢和碳锰钢螺旋桨及其桨叶的铸钢件，均应进行热处理，其方法为：

(1)完全退火；或

(2)正火；或

(3)正火加回火，回火的温度应不低于550℃。

6.5.4 **力学性能**

6.5.4.1 试件应与螺旋桨的桨毂或桨叶法兰的铸钢件本体一起整体浇铸。

6.5.4.2 每个铸钢件应至少截取1个拉伸试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样。

6.5.4.3 螺旋桨铸钢件的力学性能应符合表6.5.4.2的规定。

螺旋桨铸钢件的力学性能 表6.5.4.2

钢种	抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	伸长率③ δ_5 不小于 %	断面收缩率 ψ 不小于 %	夏比V型缺口冲击试验①② 平均冲击功，不小于 J	
					0℃	−10℃
碳钢和碳锰钢	400	200	25	40	20	20
低合金钢	400	225	18	25	—	20
铁素体或马氏体不锈钢	500	335	16	20	20	20
奥氏体不锈钢	450	200④	22	35	—	—

注：①对具有B冰级的船舶，其使用的铁素体或马氏体不锈钢螺旋桨铸钢件的冲击试验应在0℃进行；对具有B1*、B1、B2或B3冰级的船舶，其使用的螺旋桨铸钢件(除奥氏体不锈钢铸钢件外)的冲击试验应在−10℃进行。

②夏比V型缺口冲击试验的平均冲击功应不小于表中的值，当试验结果小于表中要求的平均冲击功时，不论原试验中的实际值如何，允许再进行1组3个试样的复试。但复试的结果应与原来的结果一起平均，即6个试样的新的平均冲击功，仍应不小于表中的值。

③对具有B1*、B1、B2或B3冰级的船舶，其使用的螺旋桨铸钢件的伸长率应不低于19%。

④奥氏体不锈钢的屈服点系指1.0%规定非比例伸长应力。

6.5.5 **无损检测**

6.5.5.1 螺旋桨及桨叶的铸钢件，应在桨叶根部的表面进行磁粉检测；对奥氏体不锈钢桨叶铸钢件，应进行着色检测。

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。若采用抗拉强度大于490N/mm² 而小于520N/mm² 的碳钢和碳锰钢或采用本节规定范围之外的合金钢时，应将其化学成分、力学性能和热处理规程等资料提交本社审核。

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 铸钢件应进行下列热处理：

(1)完全退火；或

(2)正火；或

(3)正火加回火；或

(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 经本社同意，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 σ_b 不小于，N/mm²	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，%	断面收缩率 ψ 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	21	30
1Cr0.5Mo	480	280	17	20
2.25Cr1Mo	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本社审核。

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。

如拟采用其他钢种时，应将有关化学成分、热处理规程和力学性能等资料提交本社审核。

6.7.2 化学成分

6.7.2.1 铸钢件的桶样化学成分应符合表 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	≤0.25	≤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 铸钢件应采用下列热处理方法：

(1)正火；或

(2)正火加回火；或

(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 一套试样应包括：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 σ_b 不小于，N/mm²	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，%	断面收缩率 ψ 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	−440	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/mm² 的铸钢件，其抗拉强度范围为 100N/mm²；对抗拉强度≥430N/mm² 的各强度级铸钢件，其抗拉强度的范围为 150N/mm²。

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。

6.8.1.2　如拟采用其他钢种时，应将其化学成分，热处理规程和力学性能等资料提交本社审核。

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本社有要求时还应提供 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 σ_b 不小于，N/mm²	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，%	断面收缩率 ψ 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3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 通 则

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。凡采用本章规定以外的铸铁，经本社同意，可按本社认可的有关标准验收。

7.1.1.2 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。

7.1.1.3 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，经本社同意，可按批进行检验。

7.1.2 制造加工

7.1.2.1 铸铁件应由本社认可的铸造厂制造。

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，制造厂应进行工艺认可试验，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、喷丸或其他有可能掩盖缺陷的方法进行清理。

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，经本社同意后，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本社的标志和以下标记：

(1)炉罐号或供查阅铸铁件铸造全过程的识别标记；

(2)本社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一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。

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，并用同一炉铁水浇铸。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，经本社同意，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。

灰铸铁件的力学性能 表7.2.4.1

灰铸铁牌号	抗拉强度 σ_b ① 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，应经本社特别认可。

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 $400\ N/mm^2$ 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，其有关工艺应提交本社审核。

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，也可按本社同意的其他形状浇铸。

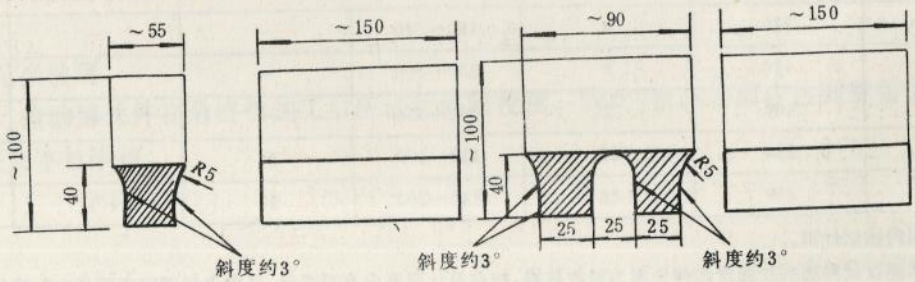


图7.3.3.1(1)

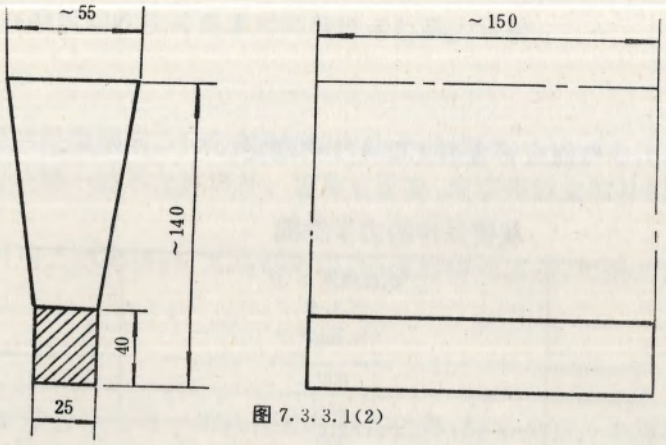


图 7.3.3.1(2)

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 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 应分别浇铸试件；

(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 σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %	硬度 HB	夏比 V 型冲击试验		金相组织
					试验温度，C	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	—	—	铁素体/珠光体
特殊要求	350	220	22	110～170	20	17(14)	铁素体
	400	250	18	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，屈服点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，本社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 型缺口冲击试样

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 金相试样应从每一炉铸铁件中截取，也可从拉伸试样上切取。

7.3.5.2 金相试验应表明至少有90%的石墨呈分散性的球状或团絮状。典型的金相结构列于表7.3.4.1内。

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本社审核。曲轴在进行这种处理前，应进行验证试验，并应征得本社的同意。

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本社认可的有关标准。

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本社审核。

第8章 钢 管

第1节 通 则

8.1.1 适用范围

8.1.1.1 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、船舶和机械的压力管系所用的钢管。

8.1.1.2 在高温下工作的钢管，应将其高温力学性能资料提交本社审核。

8.1.1.3 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。

8.1.1.4 III级管系用的钢管，可按本社认可的有关标准进行制造、试验和验收。

8.1.2 制造

8.1.2.1 钢管应由本社认可的工厂制造。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，并应采用模铸或经本社认可的连铸工艺。

8.1.2.2 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。

8.1.2.3 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。

8.1.3 质量

8.1.3.1 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。

8.1.3.2 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。

8.1.3.3 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。

8.1.3.4 钢管的品种规格和尺寸公差应符合本社认可的有关标准。

8.1.4 化学成分

8.1.4.1 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。

8.1.5 热处理

8.1.5.1 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。

8.1.6 试验与试样

8.1.6.1 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。

8.1.6.2 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。

8.1.6.3　对于II级压力管系用的钢管，取样批量应不超过表8.1.6.3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8.1.6.3

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

8.1.6.4　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。

8.1.6.5　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。

8.1.7　目检和无损检测

8.1.7.1　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本社验船师进行内外表面目检和尺寸校核。

8.1.7.2　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，其结果应符合本社认可的有关标准。

8.1.8　液压试验

8.1.8.1　每根钢管均应在制造厂进行液压试验。经本社同意，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。

8.1.8.2　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本社审核；

(2)本条(1)中所述的试验压力不必超过按下式确定的值：

$$P = 2\sigma t / D \qquad \text{MPa}$$

式中：P ——试验压力，MPa；

D ——钢管的公称外径，mm；

t ——钢管的公称壁厚，mm；

σ ——应力值，MPa；对于碳钢钢管，为屈服点（σ_s或$\sigma_{p0.2}$）的80%，对于奥氏体不锈钢钢管，为规定非比例伸长应力（$\sigma_{p1.0}$）的70%。

(3)在试验压力下应保持足够的时间，以便进行检查。

8.1.9　钢管缺陷的修补

8.1.9.1　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。

8.1.9.2　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本社审核。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。

8.1.10　标记

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

(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。

8.1.11　合格证书

8.1.11.1　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，且该炼钢厂应经本社认可。

第2节　无缝压力管

8.2.1　适用范围

8.2.1.1　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。

8.2.2　制造和化学成分

8.2.2.1　无缝压力管应采用热轧或冷拔工艺进行制造。
8.2.2.2　钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合表8.2.2.2的规定。

无缝压力管钢材的脱氧方法和化学成分　　表8.2.2.2

钢种	强度级 N/mm²	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	半镇静或镇静	≤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≤0.70						
	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							
0.5Mo	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

8.2.3　热处理

8.2.3.1　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 8.2.3.1(2)进行热处理。

合金钢无缝压力管　　表 8.2.3.1(2)

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

8.2.4　力学性能和工艺性能

8.2.4.1　钢管可按批验收，取样数量应符合本章 8.1.6 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 8.2.4.1 的规定。

无缝压力管的力学性能和工艺性能　　表 8.2.4.1

钢种	强度级 N/mm²	抗拉强度 σ_b 不小于，N/mm²	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²	伸长率 δ_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	t（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 120 N/mm²。

②对合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为 150 N/mm²。

8.2.4.2　供设计用的无缝压力管的高温力学性能见表 8.2.4.2(1)和表 8.2.4.2(2)。

无缝压力管的高温力学性能　　表 8.2.4.2(1)

钢种	强度级 N/mm²	高温屈服点 σ_s^T 不小于，N/mm²　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 8.2.4.2(2)

钢种	强度级 N/mm²	100000h下破断强度 σ_b 参考值，N/mm²																				
		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＞750℃时，应参考410强度级的数值。

第3节 焊接压力管

8.3.1 适用范围

8.3.1.1 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。

8.3.1.2 如采用纵向埋弧焊焊制钢管时，应将其详细资料提交本社审核。

8.3.2 制造和化学成分

8.3.2.1 焊接管应采用电阻焊或高频焊工艺制造。

8.3.2.2 钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合本章表8.2.2.2的规定，但其中490 N/mm²强度级的碳钢和碳锰钢、2.25Cr1Mo和0.5Cr0.5Mo0.25V合金钢除外。

8.3.3 热处理

8.3.3.1 钢管的热处理应符合下述列规定：.

(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。

8.3.4 力学性能和工艺性能

8.3.4.1 钢管应按本章8.1.6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加强焊缝应予以去除。

8.3.4.2 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8.2.4.1的规定，但其中490 N/mm²强度级的碳钢和碳锰钢、2.25Cr1Mo和0.5Cr0.5Mo0.25V合金钢钢管除外。

8.3.4.3 320～460 N/mm²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8.2.4.2(1)和(2)。

第4节　锅炉管与过热器管

8.4.1　适用范围

8.4.1.1　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。

8.4.2　制造及化学成分

8.4.2.1　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8.2.2.2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。

8.4.3　热处理

8.4.3.1　锅炉管与过热器管均应进行热处理，并应符合表8.4.3.1的规定。

锅炉管与过热器管的交货状态　　表8.4.3.1

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>0.15%的1Cr0.5Mo合金钢管可采用正火状态交货。

8.4.4　力学性能和工艺性能

8.4.4.1　钢管可按批验收，并应符合本章8.1.6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8.4.4.1的规定。

锅炉管与过热器管的力学性能与工艺性能　　表8.4.4.1

钢种	强度级 N/mm²	抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²①	屈服点 σ_s 不小于 N/mm²①	伸长率 δ_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
1Cr0.5Mo	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120 N/mm²。

②对合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为150 N/mm²。

8.4.4.2　320～460 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8.2.4.2(1)和(2)。

第5节　低温铁素体钢压力管

8.5.1　适用范围

8.5.1.1　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。

8.5.2　制造和化学成分

8.5.2.1　钢管的制造方法应符合表8.5.2.1的规定。

低温铁素体钢压力管的制造方法　　表8.5.2.1

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

8.5.2.2　钢材的脱氧方法和桶样化学成分应符合表8.5.2.2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8.5.2.2

钢种	强度级 N/mm²	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%。

8.5.3　热处理

8.5.3.1　钢管的热处理应符合表8.5.3.1的规定。

低温铁素体钢压力管的热处理　　表8.5.3.1

钢种	热处理规程
碳钢或碳锰钢	热轧状态、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

8.5.4　力学性能和工艺性能

8.5.4.1　钢管应按本章8.1.6.1和8.1.6.2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8.5.4.2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。

8.5.4.2　试验结果应符合表8.5.4.2的规定。

低温铁素体钢压力管的的力学性能和工艺性能 表 8.5.4.2

钢种	强度级 N/mm²	抗拉强度 ① σ_b 不小于 N/mm²	屈服点 ① σ_s 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %	压扁试验系数 ℃	弯曲试验弯心直径 mm	夏比 V 型缺口冲击试验	
							试验温度 ℃	平均冲击能量 ② 不小于，J
碳钢	360	360	210	24	0.10	4 t（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	4 t	−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 120 N/mm²；对镍合金钢，表中各强度级钢管的抗拉强度范围均为 150 N/mm²。

②冲击试样的冲击功，一个单值可以低于上表所规定的平均值，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

8.6.1 适用范围

8.6.1.1 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。

8.6.1.2 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本社审核。

8.6.2 制造和化学成分

8.6.2.1 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。

8.6.2.2 钢材的桶样化学成分应符合表 8.6.2.2 的规定。

奥氏体不锈钢压力管钢材的化学成分 表 8.6.2.2

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

8.6.3 热处理

8.6.3.1 所有的钢管均应进行固溶处理。

8.6.4 力学性能和工艺性能

8.6.4.1 对 I 级和 II 级奥氏体不锈钢压力管应按本章 8.1.6 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 8.6.4.1 的规定。

奥氏体不锈钢压力管的力学性能和工艺性能　　表 8.6.4.1

钢种	抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 不小于 N/mm²	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p1.0}$ 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %	压扁试验系数 C	弯曲试验弯心直径 mm
00Cr18Ni10	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/mm²。

②$\sigma_{p0.2}$仅供参考。除另有协议外，一般不要求测定该项数据。

8.6.5　晶间腐蚀试验

8.6.5.1　凡用于散装化学品船的钢管，应按本篇 3.8.5 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 8.1.6 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 15cm²，但不大于 35 cm²；对外径≤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≥12.5mm 的条状试样。

第9章　有色金属

第1节　铜质螺旋桨

9.1.1　适用范围

9.1.1.1　本节规定适用于制造螺旋桨(包括桨毂和桨叶)的铜合金铸件。

9.1.1.2　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。

9.1.1.3　如果采用本节规定以外的铜合金时，应向本社提交有关技术资料(包括化学成分、热处理工艺、力学性能和耐海水腐蚀性能等)，经本社同意，可按本社认可的有关标准验收。

9.1.2　制造

9.1.2.1　所有铸件的制造厂应经本社认可。

9.1.2.2　铜合金铸件一般应采用砂型浇铸，浇铸方法应确保铸件内无有害应力存在。

9.1.3　铸件质量

9.1.3.1　铸件上应无裂纹、气孔、缩孔、冷隔、结疤和较大的非金属夹杂等影响其使用的各种缺陷。

9.1.4　化学成分

9.1.4.1　铸件的桶样化学成分应符合表9.1.4.1的规定。

铜质螺旋桨铸件的化学成分　　表9.1.4.1

铜合金种类	化学成分，%							
	Cu	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb
1级锰青铜	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	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	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	70～80	6.5～9.0	8.0～20.0	≤6.0	2.0～5.0	1.5～3.0	≤1.0	≤0.05

9.1.4.2　建议Cu1和Cu2级合金的锌当量不超过45%。锌当量可按下列公式计算：

$$\text{锌当量},\% = 100 - \frac{100 \times \text{Cu}\%}{100 + A}$$

式中：A为下列各项的代数和：

$1\times\text{Sn}\%$；

$5\times\text{Al}\%$；

$-0.5\times\text{Mn}\%$；

$-0.1\times\text{Fe}\%$；

$-2.3\times\text{Ni}\%$。

9.1.4.3　如果铸件是用同一种铜合金的铸锭熔化浇铸，且未添加其他炉料，则可采用铸锭生产厂提供的化学成分报告。

9.1.5 热处理

9.1.5.1 铸件可以铸态或适当的热处理状态交货。

9.1.6 力学性能

9.1.6.1 铸件应按下列要求制备试样：

(1)试件应采用与螺旋桨铸件的铸型相同的造型材料，并应在同样的冷却条件下单独浇铸，如图9.1.6.1(1)所示的吉尔型试件；若1个铸件由几炉铜水合浇而成，则每炉铜水都要取样；

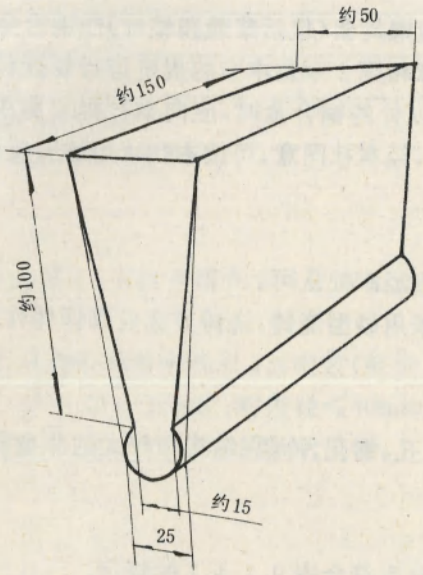


图 9.1.6.1(1)

(2)若仅需1个试件时，应在浇铸过程即将结束时浇铸试件；若需要几个试件时，则应在浇铸过程开始和结束时分别浇铸；

(3)若铸件以热处理状态交货，则试件应与其所代表的铸件一起热处理；

(4)所有试件应作出标记，以便识别它所代表的铸件，标记方法应经本社同意；

(5)拉伸试样的尺寸应符合本篇表2.2.2.1中序号Ⅰ(B)的规定。

9.1.6.2 拉伸试验结果应符合表9.1.6.2的规定。

铜质螺旋桨铸件的力学性能 表 9.1.6.2

铜合金种类	抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 不小于 N/mm²	伸长率 δ_5 不小于 %
1级锰青铜	440	175	20
2级镍锰青铜	440	175	20
3级镍铝青铜	590	245	16
4级锰铝青铜	630	275	18

注：除特殊规定外，表中规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 仅供参考。

9.1.7 目检和无损检测

9.1.7.1 所有的成品铸件应提交验船师进行内外表面检查。

9.1.7.2 成品质量超过15t的螺旋桨和成品质量超过3t的单铸桨叶，应在每一桨叶的压力面上磨光一块表面进行目检和着色检测。磨光的表面区域应包括图9.1.7.2所示的A区和叶根圆角区。

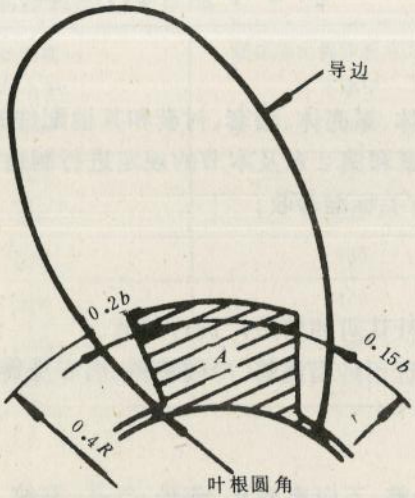


图 9.1.7.2

9.1.7.3 着色检测的结果，应符合本社认可的其他标准。

9.1.8 金相组织检验

9.1.8.1 1级锰青铜和2级镍锰青铜应逐炉检验金相组织，试样可由拉伸试样的一端截取。为保证足够的韧性，由5个读数计算出的平均值至少应含有25%的α相组织。

9.1.9 缺陷的修补

9.1.9.1 对于不影响强度的小缺陷，一般可不修补。对桨毂端面或内孔表面的局部气孔，经适当处理后，可采用适当的塑性填料进行填充。

9.1.9.2 当铸件中发现超标的缺陷时，可用机械方法将其去除，并将由此产生的凹坑打磨光滑。缺陷除去后应作着色检测，以证明缺陷已经消除。

9.1.9.3 螺旋桨一般不应焊补，若确有必要，应经本社同意，且应事先提交详细的焊补工艺和焊补范围等资料供本社审核。

9.1.10 标记

9.1.10.1 制造厂应对所有已验收的铸件至少在一个位置清晰地标上本社的标志和下列标记：

(1)炉罐号及供查阅此铸件制造过程的标记；

(2)合金牌号；

(3)本社负责检验的单位及其钢印；

(4)负责检验的验船师的印章；

(5)最后检验日期。

9.1.11 合格证书

9.1.1.1 制造厂应对每一铸件提供包括下列内容的合格证书：

(1)订货方名称和合同号；

(2)铸件说明书；

(3)炉罐号和合金牌号；

(4)热处理规程；

(5)无损检测结果。

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，经本社同意，可按本社认可的有关标准验收。

9.2.2 制造

9.2.2.1 所有的铸件应由本社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、夹杂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，%								议应用范围
	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本社认可的范围之内。

9.2.4.2 铸锭生产厂所提供的化学成分，应符合本章9.1.4.2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9.1.6.1(1)吉尔型试件逐炉单独浇铸。轴套和衬套的试件也可从铸件端部截取。

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 σ_b 不小于 N/mm^2	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 不小于 N/mm^2	伸长率 δ_5 不小于 %
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，应事先征得本社同意，并将缺陷的数量、大小、部位和焊补工艺提交本社审核。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本社的标志和下列标记：

(1)炉罐号或供查阅此铸件制造过程的标记；

(2)本社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。若采用本节规定以外的铜合金，经本社同意，可按本社认可的有关标准验收。

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 所有的管子应由本社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本社审核。

9.3.3 质量

9.3.3.1 管子质量应符合本篇第8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	Al	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本社认可的范围之内。

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 σ_b 不小于 N/mm^2	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 不小于 N/mm^2	伸长率 δ_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 7.0 N/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。经本社同意，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本社的标志和下列标记：

(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。如拟采用其他轴承合金，其化学成分应符合设计要求，并应提交本社审核。

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	Al
ChSnSb11－6	余量	5.5～6.5	10～12	—	—
ChSnSb7.5－3	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5节　铝合金活塞

9.5.1　制造

9.5.1.1　柴油机铝合金活塞可用铸造铝合金制成。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，并应提交本社审核。

9.5.2　检验项目

9.5.2.1　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表2.2.2.1的规定；

(3)硬度试验；

(4)宏观检查：每件检验。

9.5.3 化学成分和力学性能

9.5.3.1 铝合金活塞的化学成分和力学性能应符合表9.5.3.1(1)、(2)的规定。

铝合金活塞的化学成分 表9.5.3.1(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9.5.3.1(2)

牌　号	抗拉强度 σ_b 不小于 N/mm²	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

9.5.4 宏观检查

9.5.4.1 铸件表面不应有气孔、裂纹等有害缺陷。

第10章 设 备

第1节 船用锚

10.1.1 适用范围

10.1.1.1 本节规定适用于锚头、锚杆、锚卸扣的锻钢件和铸钢件以及组合式钢锚头。

10.1.2 制造和力学性能

10.1.2.1 所有锚均应在本社认可的工厂制造。

10.1.2.2 铸造的锚头、锚杆和锚卸扣应按本篇第6章第1节和第2节的有关规定进行制造和试验。铸造锚可按同一炉钢水、同一规格、同一热处理规程且总重量不超过3t的铸件为一批，每批至少取1个试样进行拉伸试验。

10.1.2.3 锻造的锚头、锚杆和锚卸扣应按本篇第5章第1节和第2节的有关规定进行制造和试验。当单个锻件的重量超过3t时，应进行热处理。

10.1.2.4 组合式钢锚头所用钢板应符合本篇第3章第2节和第3节的有关规定。

10.1.3 锚的拉力试验

10.1.3.1 名义重量(包括锚杆在内)≥75kg的锚，大抓力锚为56kg，应进行拉力试验。拉力试验机应经校准并经本社认可。

10.1.3.2 锚的拉力试验方法规定如下：

(1)拉力作用点，一端在锚卸扣处，另一端在距锚爪尖1/3处，如图10.1.3.2(1)所示；

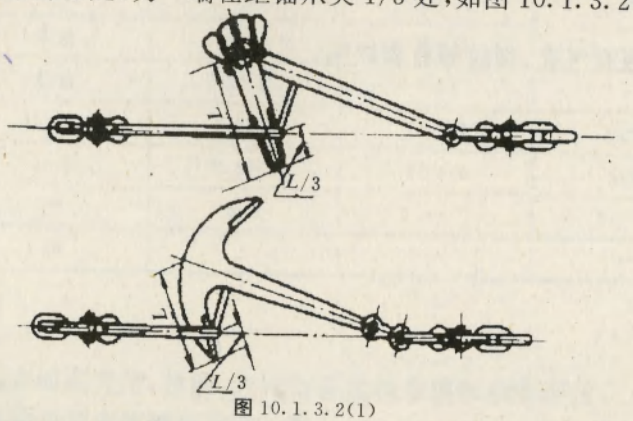


图10.1.3.2(1)

(2)无杆锚应同时拉其两爪，先在一面拉试后，再转到另一面做同样的试验；

(3)有杆锚的两个锚爪，应分别进行拉力试验；

(4)拉力试验前，每个锚应在锚卸扣处的锚杆上及锚爪每一尖端处，各作一标记(打冲眼或划线，作为试验时测量间距用)。对无杆锚应先施加拉力至试验载荷的10%，保持5min后，测量两标记间的距离。然后逐渐增加拉力到试验载荷，保持5min。当拉力减少至试验载荷的10%时，再测量两标记间的距离。对有杆锚应一次施加拉力至试验载荷，保持5min后，卸去载荷，测量两标记间的距离。

10.1.3.3 锚的拉力试验载荷应符合表10.1.3.3的规定。表中锚的重量按下列规定计算：

(1)对于无杆锚，为锚的总重量；

(2)对于有杆锚，为不包括横杆的锚的重量；

(3)对于大抓力锚，名义重量等于锚的实际重量的1.33倍。除非另有协议，否则系泊锚的重量也同样计算。

锚的拉力试验载荷

表 10.1.3.3

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
50	23.2	2200	376.0	7800	861.0
55	25.2	2300	388.0	8000	877.0
60	27.1	2400	401.0	8200	892.0
65	28.9	2500	414.0	8400	908.0
70	30.7	2600	427.0	8600	922.0
75	32.4	2700	438.0	8800	936.0
80	33.9	2800	450.0	9000	949.0
90	36.3	2900	462.0	9200	961.0
100	39.1	3000	474.0	9400	975.0
120	44.3	3100	484.0	9600	987.0
140	49.0	3200	495.0	9800	998.0
160	53.3	3300	506.0	10000	1010.0
180	57.4	3400	517.0	10500	1040.0
200	61.3	3500	528.0	11000	1070.0
225	65.8	3600	537.0	11500	1090.0
250	70.4	3700	547.0	12000	1110.0
275	74.9	3800	557.0	12500	1130.0
300	79.5	3900	567.0	13000	1160.0
325	84.1	4000	577.0	13500	1180.0
350	88.8	4100	586.0	14000	1210.0
375	93.4	4200	595.0	14500	1230.0
400	97.9	4300	604.0	15000	1260.0
425	103.0	4400	613.0	15500	1270.0
450	107.0	4500	622.0	16000	1300.0
475	112.0	4600	631.0	16500	1330.0
500	116.0	4700	638.0	17000	1360.0
550	125.0	4800	645.0	17500	1390.0
600	132.0	4900	653.0	18000	1410.0
650	140.0	5000	661.0	18500	1440.0
700	149.0	5100	669.0	19000	1470.0
750	158.0	5200	677.0	19500	1490.0
800	166.0	5300	685.0	20000	1520.0
850	175.0	5400	691.0	21000	1570.0
900	182.0	5500	699.0	22000	1620.0
950	191.0	5600	706.0	23000	1670.0
1000	199.0	5700	712.0	24000	1720.0
1050	208.0	5800	721.0	25000	1770.0
1100	216.0	5900	728.0	26000	1800.0
1150	224.0	6000	735.0	27000	1850.0
1200	231.0	6100	740.0	28000	1900.0
1250	239.0	6200	747.0	29000	1940.0
1300	247.0	6300	754.0	30000	1990.0
1350	255.0	6400	760.0	31000	2030.0
1400	262.0	6500	767.0	32000	2070.0
1450	270.0	6600	773.0	34000	2160.0
1500	278.0	6700	779.0	36000	2250.0
1600	292.0	6800	786.0	38000	2330.0
1700	307.0	6900	794.0	40000	2410.0
1800	321.0	7000	804.0	42000	2490.0
1900	335.0	7200	818.0	44000	2570.0
2000	349.0	7400	832.0	46000	2650.0
2100	362.0	7600	845.0	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。

10.1.3.4 经拉力试验后，无杆锚的残余变形(即两标记间的距离)应不超过20mm，且应检查锚爪转动至最大角度的灵活性。对组合式钢锚，应检查锚自由转动至最大角度的灵活性。如果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，则锚不能验收。对有杆锚，在拉力试验后应无永久变形。

10.1.4 大抓力锚

10.1.4.1 大抓力锚应符合下列要求：

(1)新设计的锚，凡申请认可作为大抓力锚，应在海上进行试验，以证实该锚的抓力为与其重量相同的无杆锚抓力的2倍以上。

(2)如果设计大抓力锚系列，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1/10，而较大的一个应不小于该系列中最大规格锚的重量的1/10。

(3)试验应在不少于三种不同类型的海底进行。通常应为软泥或淤泥、砂子或砾石、坚实的粘土或类似坚实的底质。

(4)试验通常可由拖轮进行拖拉，并以测力计测定抓力。试验时，被试验的锚和用于比较的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，但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。

(5)大抓力锚的设计应保证当锚从普通型式锚链筒中抛落时，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，且抓力达到本条(1)的要求。对此如有怀疑时，本社可要求进行验证。

10.1.5 标记

10.1.5.1 经检验合格的锚，应打上本社认可的标志和以下标记：

(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)经认可的大抓力锚的印记HHA。

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，可按本社认可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CCSAM1、CCSAM2和CCSAM3等3个等级。

10.2.2 制造

10.2.2.1 制造锚链及其附件的工厂应经本社认可。所有用于制造锚链及其附件的材料，也应由本社认可的制造厂提供。

10.2.2.2 锚链及其附件应按本社认可的标准进行制造，其典型的结构见图10.2.2.2(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本社认可。

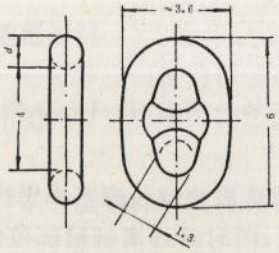


图10.2.2.2(1)　普通链环

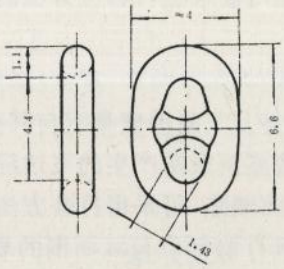


图10.2.2.2(2)　加大链环

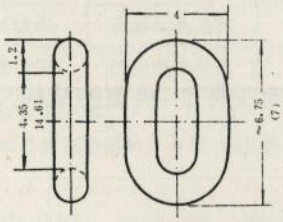


图10.2.2.2(3)　末端链环

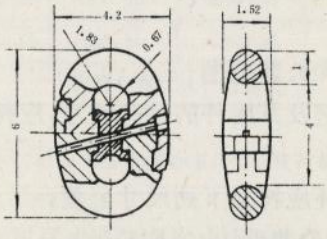


图10.2.2.2(4)　肯特卸扣

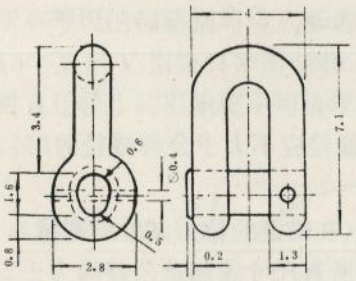


图10.2.2.2(5)　连接卸扣

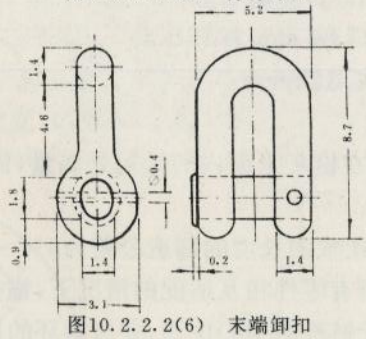


图10.2.2.2(6)　末端卸扣

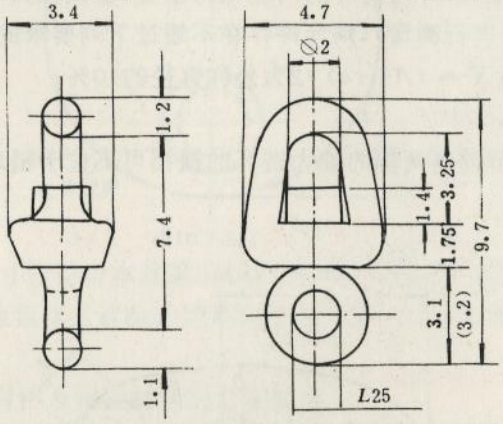


图10.2.2.2(7)　转环

10.2.2.3　有档锚链应尽量采用闪光对接焊制造，链档允许用落锻或浇铸的方法制造。对公称直径≤26mm的无档锚链，根据要求也可采用电阻对接焊。

10.2.2.4　锚链附件，如卸扣、转环和转动卸扣等至少应采用不低于CCSAM2级锚链所用的钢材，采用锻造或铸造方法制造。如采用焊接方法制造，应经本社特别认可。

10.2.2.5　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。

对横档的焊接，本社可要求进行焊接方法的试验。

10.2.3 表面重量

10.2.3.1 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、沟槽和降低产品性能的其他缺陷。由于落锻或顶锻所产生的飞边应予以清除。

10.2.3.2 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10.2.4.2)，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%。

10.2.3.3 如需对缺陷进行焊补，应将有关焊补工艺规程提交本社认可。链冠处不允许焊补。

10.2.4 尺寸和公差范围

10.2.4.1 锚链及其附件的结构尺寸，应符合本社认可的有关标准，典型的结构尺寸见本节图10.2.2.2(1)～(7)。

10.2.4.2 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：	−1 mm
40 mm $< d \leqslant$ 84 mm：	−2 mm
84 mm $< d \leqslant$ 122 mm：	−3 mm
$d >$ 122 mm：	−4 mm

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)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)；

(3)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%；

(4)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没有间隙(按图10.2.4.2(4)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 $X = (A - a)/2$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。

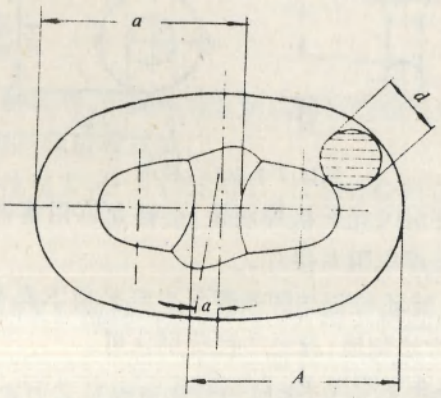


图10.2.4.2(4)

10.2.4.3 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%。

10.2.5　**焊接锚链用材料**

10.2.5.1　拟用于制造焊接锚链的锚链圆钢应符合本篇第3章第1节的有关规定。

10.2.5.2　圆钢的脱氧方法和桶样化学成分应符合表10.2.5.2的规定。

锚链圆钢的脱氧方法和桶样化学成分　　表10.2.5.2

锚链等级	锚链圆钢等级	脱氧方法	化学成分，%					
			C	Si	Mn	P	S	Al②
CCSAM1	一级锚链钢	镇静	≤0.20	0.15～0.35	≥0.40	≤0.040	≤0.040	—
CCSAM2①	二级锚链钢	镇静细晶处理	≤0.24	0.15～0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	≥0.015
CCSAM3	三级锚链钢	镇静细晶处理	应符合本社认可的标准					

注：①经本社同意，可添加合金元素。

②桑指酸溶铝含量，如果要测定铝的总含量，则总的含量应不小于0.020%；Al可部分由其他细晶粒元素代替。

10.2.5.3　圆钢应以同一炉号、同一直径，重量为40t或不足40t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。

10.2.5.4　对所有等级的锚链钢均应从所选定的试件上切取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沿圆钢的纵向截取，且位于距圆钢表面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10.2.5.4所示。

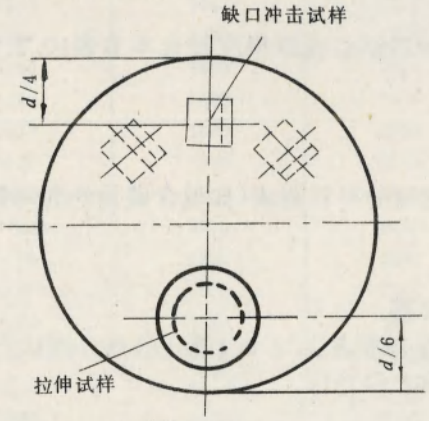


图10.2.5.4

10.2.5.5　试样的制备和尺寸应符合本篇第2章的有关规定，拉伸试样的横截面积应不小于150mm²，也可采用全截面试样代替。拉伸试验和冲击试验的结果应符合表10.2.5.5的规定。

锚链、附件及锚链材料的力学性能　　表10.2.5.5

锚链或附件等级	锚链材料等级或种类	屈服点 σ_s 不小于，N/mm²	抗拉强度 σ_b 不小于，N/mm²	伸长率 δ_5 不小于，%	断面收缩率 ψ 不小于，%	夏比V型缺口冲击试验	
						试验温度，℃	平均冲击功，J
CCSAM1	一级锚链钢	—	≤490③	25	—	—	—
CCSAM2	二级锚链钢 锻钢 铸钢	295	490～690	22	—	0	≥27①
CCSAM3	三级锚链钢 锻钢 铸钢	410	≥690	17	40	0(−20)	≥60(35)②

注：①若CCSAM2级锚链或附件以热处理状态交货，其冲击试验可序免除。

②本社可根据情况，选择CCSAM3级锚链用材的冲击试验温度为−20℃。

③当305<σ_b≤400时，δ_5应大于30。

10.2.6　**锻造锚链用材料**

10.2.6.1　除本节另有规定外，用于锻造锚链和附件的锻钢的制造和试验，应符合本篇第5章第1节的有关规定。

10.2.6.2　锻钢的化学成分应符合本社认可的技术条件，制造厂应测定每炉钢的化学成分，并出具相应的证明书。

10.2.6.3　原材料允许以轧制状态供货，成品锻件应根据相应锚链和附件的等级进行正火或淬火加回火处理。

10.2.6.4　具有同一炉罐号、同一热处理规程和尺寸相近的锻件，可进行批量试验。批量试验时，可取其中1个锻件作试件或采用单独锻成的锻件作为试件，至少应从每批锻件中取1个拉伸试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样进行拉伸和冲击试验。从试件上截取试样的部位，应符合本节图10.2.5.4的规定。

10.2.6.5　锻钢件的拉伸试验和冲击试验的结果应符合本节表10.2.5.5中对CCSAM2和CCSAM3锚链或附件的规定。

10.2.7　**铸造锚链用材料**

10.2.7.1　除本节另有规定外，用于铸造锚链和附件的铸钢的制造和试验，应符合本篇第6章第1节的有关规定。

10.2.7.2　铸钢的化学成分应符合本社认可的技术条件，制造厂应测定每炉钢的化学成分，并出具相应的证明书。

10.2.7.3　所有铸钢件应根据相应锚链和附件的等级进行正火或淬火加回火处理。

10.2.7.4　具有同一炉罐号、同一热处理规程和尺寸相近的铸件，可进行批量试验。批量试验时，可取其中1个铸件作为试件或采用同样造型材料，与铸件同时浇铸出的铸件作为试件，至少应从每批铸件中取1个拉伸试样和1组3个夏比V型缺口冲击试样进行拉力和冲击试验。从试件上截取试样的部位，应符合本节图10.2.5.4的规定。

10.2.7.5　铸钢件的拉伸试验和冲击试验的结果应符合本节表10.2.5.5中对CCSAM2和CCSAM3锚链和附件的规定。

10.2.8　**链档材料**

10.2.8.1　链档应采用相当于锚链钢的材料制成（如低含碳量的轧制钢、铸钢或锻钢）。不允许采用灰铸铁或球墨铸铁等材料。

10.2.9　**成品锚链和附件的交货状态。**

10.2.9.1　锚链或附件应根据其等级按表10.2.9.1规定的热处理状态交货。热处理应在锚链或附件制造完工后且未进行拉力试验和拉断试验之前进行。

锚链的交货状态　　表10.2.9.1

锚链或附件等级	制造方法	交货状态
CCSAM1	焊接	焊接态或正火态
CCSAM2	焊接、铸造或落锻	正火、正火加回火或淬火加回火①
CCSAM3	焊接、铸造或落锻	

注：①CCSAM2级锚链或附件可采用焊接态供货；在此情况下，应进行冲击试验。

10.2.10　**成品锚链的试验**

10.2.10.1　所有的成品锚链应在验船师在场时，按本社认可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。

10.2.10.2　拉力试验：每节锚链（27.5m）应在经认可的试验机上，按表10.2.10.2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10.2.10.2

锚链直径 mm	CCSAM1		CCSAM2		CCSAM3	
	拉力试验载荷，kN	拉断试验载荷，kN	拉力试验载荷，kN	拉断试验载荷，kN	拉力试验载荷，kN	拉断试验载荷，kN
11	36	51	51	72	72	102
12.5	46	66	66	92	92	132
14	58	82	82	116	116	165
16	76	107	107	150	150	216
17.5	89	127	127	179	179	256
19	105	150	150	211	211	301
20.5	123	175	175	244	244	349
22	140	200	200	280	280	401
24	167	237	237	332	332	476
26	194	278	278	389	389	556
28	225	321	321	449	449	642
30	257	368	368	514	514	735
32	291	417	417	583	583	833
34	328	468	468	655	655	937
36	366	523	523	732	732	1050
38	406	581	581	812	812	1160
40	448	640	640	896	896	1280
42	492	703	703	981	981	1400
44	538	769	769	1080	1080	1540
46	585	837	837	1170	1170	1680
48	635	908	908	1270	1270	1810
50	696	981	981	1370	1370	1960
52	739	1060	1060	1480	1480	2110
54	794	1140	1140	1590	1590	2270
56	851	1220	1220	1710	1710	2430
58	909	1290	1290	1810	1810	2600
60	969	1380	1380	1940	1940	2770
62	1030	1470	1470	2060	2060	2940
64	1100	1560	1560	2190	2190	3130
66	1160	1660	1660	2310	2310	3300
68	1230	1750	1750	2450	2450	3500
70	1290	1840	1840	2580	2580	3690
73	1390	1990	1990	2790	2790	3990
76	1500	2150	2150	3010	3010	4300
78	1580	2260	2260	3160	3160	4500
81	1690	2410	2410	3380	3380	4820
84	1800	2580	2580	3610	3610	5160
87	1920	2750	2750	3850	3850	5500
90	2050	2920	2920	4090	4090	5840
92	2130	3040	3040	4260	4260	6080
95	2260	3230	3230	4510	4510	6640
97	2340	3340	3340	4680	4680	6690
100	2470	3530	3530	4940	4940	7060
102	2560	3660	3660	5120	5120	7320
105	2700	3850	3850	5390	5390	7700
107	2790	3980	3980	5570	5570	7960

续表10.2.10.2

锚链直径 mm	CCSAM1		CCSAM2		CCSAM3	
	拉力试验载荷，kN	拉断试验载荷，kN	拉力试验载荷，kN	拉断试验载荷，kN	拉力试验载荷，kN	拉断试验载荷，kN
111	2970	4250	4250	5940	5940	8480
114	3110	4440	4440	6230	6230	8890
117	3260	4650	4650	6510	6510	9300
120	3400	4850	4850	6810	6810	9720
122	3500	5000	5000	7000	7000	9990
124	3600	5140	5140	7200	7200	10280
127	3750	5350	5350	7490	7490	10710
130	3900	5570	5570	7800	7800	11140
132	4000	5720	5720	8000	8000	11420
137	4260	6080	6080	8510	8510	12160
142	4520	6450	6450	9030	9030	12910
147	4790	6480	6480	9560	9560	13660
152	5050	7220	7220	10100	10100	14430
157	5320	7600	7600	10640	10640	15200
162	5590	7990	7990	11170	11170	15970

10.2.10.3 拉断试验：应按表10.2.10.3规定的数量，由验船师从锚链上选取3环或5环试样，并按本节表10.2.10.2规定的拉断载荷进行试验。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，则应与本社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。

锚链拉断试验的取样数量 表10.2.10.3

锚链等级	制造方法和交货状态	试样数量
CCSAM1	焊接，未经热处理	从每节长为27.5m或小于27.5m的锚链中取3环或5环试样1个
CCSAM1	焊接，经热处理	从每4节节长为27.5m或不足此长度的锚链中取3环或5环试样1个
CCSAM2 CCSAM3	焊接或落锻，经热处理	
CCSAM2 CCSAM3	铸造，经热处理	每一热处理批量中取试样1个，但每4节或不足4节（每节长度27.5m）的锚链中至少取3环或5环试样1个

10.2.10.4 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。

10.2.10.5 CCSAM3焊接锚链的材料试验：应从每4节焊接锚链中取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，在每一锚链节上应有1个附加的链环（如链环较小，应准备几个附加链环），该节锚链不可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。链环力学性能应符合本节表10.2.5.5的规定。其中，对焊缝中心的缺口冲击试样，在0℃时其平均冲击功为50J。

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。

10.2.11 锚链附件的试验

10.2.11.1 拉力试验：所有的附件应按本节表10.2.10.2规定的相应锚链的拉力载荷进行拉力试验。

10.2.11.2 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；而对由50个或不足50个连接链环组成的每个制造批量应取1个链环作为试样，按本节表10.2.10.2所规定的拉断载荷进行拉断试验。凡做过试验的附件不可再使用。

10.2.11.3 凡同时符合下列条件者，本社可同意免作拉断试验：

(1)对相同结构附件进行认可试验时，其拉断载荷已被验证者；

(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。

10.2.11.4 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：CCSAM3级材料用于CCSAM2级的附件，且该附件按CCSAM2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，则可同意该附件继续使用。

10.2.12 **标记**

10.2.12.1 经本社检验合格的锚链和附件，应按图10.2.12.1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)本社的标志。

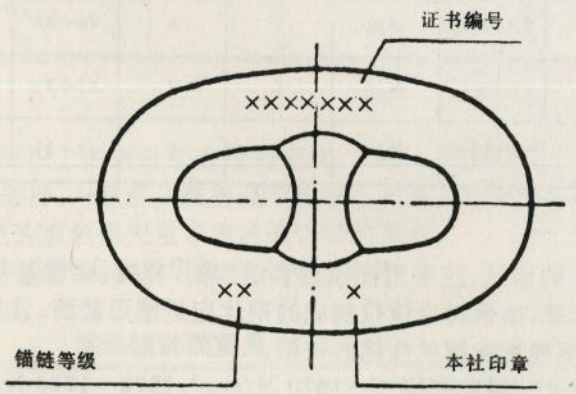


图10.2.12.1

第3节 钢丝绳

10.3.1 **适用范围**

10.3.1.1 本节规定适用于作为船索、拖索和尾锚索的钢丝绳。

10.3.2 **制造**

10.3.2.1 钢丝绳应由本社认可的工厂制造。

10.3.2.2 钢丝绳的结构型式一般应符合表10.3.2.2的规定，但亦可采用本社认可的其他标准，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10.3.2.2

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	$6(1+8+\frac{8}{8}+16)$

10.3.3　**钢丝**

10.3.3.1　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本社认可的有关标准。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。

10.3.3.2　钢丝的抗拉强度一般应在1420～1570 N/mm²、1570～1770 N/mm²或1770～1960 N/mm²的范围内。

10.3.3.3　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。

10.3.4　**试样与试验**

10.3.4.1　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。

10.3.4.2　扭转试验应符合下述规定：

(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10.3.4.2(1)和(2)的规定。

钢丝扭转试验的最大货扭转速度　　表10.3.4.2(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10.3.4.2(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

10.3.4.3　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10.3.4.3的规定，镀锌层重量的测定应按本社认可的标准进行。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本社认可的标准采用浸液试验来测定。

钢丝镀锌层重量　　表10.3.4.3

镀锌钢丝直径 d，mm	单位面积镀锌层的重量最小值，g/mm^2	
	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

10.3.4.4　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10.3.4.4的规定：

钢丝卷绕试验规定 表10.3.4.4

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

10.3.4.5 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本社认可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10.3.4.5(3)中所列换算系数而求得。

单根钢丝试验换算系数 表10.3.4.5(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本社认可的其他标谁中的有关规定。

10.3.5 **标记**

10.3.5.1 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，并应打上本社的标志。

第4节 纤维绳

10.4.1 **适用范围**

10.4.1.1 本节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。

10.4.2 **制造**

10.4.2.1 纤维绳应由本社认可的工厂制造。

10.4.2.2 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、聚脂和聚丙烯)制成。若采用其他材料，应经本社同意。

10.4.2.3 船用纤维绳的结构形式应符合本社认可的有关标准。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。

10.4.3 **材料**

10.4.3.1 制造纤维绳的材料应质地良好，材质均匀，耐腐蚀，并应符合本社认可的有关标准。索内不应加入任何填料和增加其重量的物质。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。上述各种措施的结果，均不可增加索重，降低其强度和缩短其使用寿命。

10.4.4 **试验**

10.4.4.1　破断试验

在成品纤维绳中截取试样，其试验长度和初始载荷可按表10.4.4.1的规定。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10.4.4.1所规定的应变率，均匀增加载荷，直至断裂。其实际破断拉力，应不小于本社认可的有关标准中所规定之值。

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。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。

纤维破断试验参数　　表10.4.4.1

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

10.4.5　**标记**

10.4.5.1　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，并应打上本社的标志。