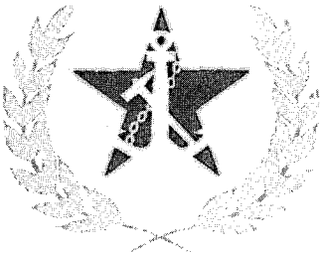


中华人民共和国渔业船舶检验局

玻璃纤维增强塑料渔业船舶建造规范

2008

人民交通出版社
China Communicatio s Pre



中华人民共和国渔业船舶检验局

玻璃纤维增强塑料渔业船舶建造规范

2008

中华人民共和国渔业船舶检验局
国渔检法[2008]78号文公布
自2008年10月01日起实施

人民交通出版社

中华人民共和国渔业船舶检验局
书　　名：玻璃纤维增强塑料渔业船舶建造规范 2008
著 作 者：中华人民共和国渔业船舶检验局
责任编辑：董　方
出版发行：人民交通出版社
地　　址：(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网　　址：http://www.chinasybook.com（中国水运图书网）
销售电话：(010) 64981400，64960094
总 经 销：北京中交盛世书刊有限公司
经　　销：人民交通出版社交实书店
印　　刷：北京鑫正大印刷有限公司
开　　本：880 × 1230　1/16
印　　张：7
字　　数：194 千
版　　次：2008 年 9 月第 1 版
印　　次：2008 年 9 月第 1 次印刷
统一书号：15114 · 1245
印　　数：0001 - 3000 册
定　　价：59.00 元
（如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换）

目　录

第一章　总则 …… 1
　第 1 节　通则 …… 1
　第 2 节　定义及名词术语 …… 1
第二章　材料 …… 4
　第 1 节　通则 …… 4
　第 2 节　原材料 …… 4
　第 3 节　船体材料 …… 11
第三章　成型工艺 …… 16
　第 1 节　工艺认可 …… 16
　第 2 节　成型工艺 …… 17
　第 3 节　检查与试验 …… 21
第四章　连接 …… 23
　第 1 节　通则 …… 23
　第 2 节　胶接 …… 23
　第 3 节　机械连接 …… 26
第五章　船体结构 …… 28
　第 1 节　通则 …… 28
　第 2 节　结构设计原则 …… 30
　第 3 节　总强度 …… 32
　第 4 节　船体外板 …… 33
　第 5 节　甲板 …… 37
　第 6 节　船底骨架 …… 38
　第 7 节　舷侧骨架 …… 41
　第 8 节　甲板骨架 …… 42
　第 9 节　水密舱壁 …… 45
　第 10 节　深舱 …… 47
　第 11 节　基座 …… 48
　第 12 节　上层建筑及甲板室 …… 49
　第 13 节　舱口及其他甲板开口 …… 51
　第 14 节　舷墙、栏杆 …… 53
　第 15 节　高速船 …… 53
　第 16 节　结构防火 …… 62
　第 17 节　船体试验 …… 63
第六章　舾装 …… 64
　第 1 节　舵设备 …… 64

第2节　锚泊及系泊设备 …… 64
第七章　轮机 …… 68
第1节　通则 …… 68
第2节　布置 …… 68
第3节　通风 …… 68
第4节　管系 …… 69
第5节　主、辅机及轴系 …… 72
第6节　冷藏装置、消防 …… 73
第7节　操舵装置 …… 73
第八章　电气设备 …… 74
第1节　通则 …… 74
第2节　接地与避雷装置 …… 74
第九章　修补 …… 77
第1节　通则 …… 77
第2节　材料 …… 77
第3节　单层板的修补程序 …… 77
第4节　夹层板的修补程序 …… 84
第5节　检验 …… 84
附录A　GFRP船舶船体结构构造细则 …… 86
附录B　钢质管形支柱许用负荷表 …… 96
附录C　本规范参考的国家及行业标准 …… 97
附录D　船用塑料管的生产与应用 …… 99
附录E　挠性软管 …… 106

第一章 总 则

第1节 通 则

1.1.1 宗旨

1.1.1.1 根据《渔业船舶法定检验规则》(以下简称'规则')的有关规定,为保证玻璃纤维增强塑料渔业船舶具备安全航行和作业的技术条件,制定《玻璃纤维增强塑料渔业船舶建造规范》(以下简称'本规范')。

1.1.2 适用范围

1.1.2.1 本规范适用于船长小于40m的用玻璃纤维增强材料和不饱和聚酯树脂以手工成型或辅以喷射成型工艺建造的玻璃纤维增强塑料渔业船舶(以下称为'GFRP船舶'),但油船除外。

1.1.2.2 若采用其他种类树脂、增强材料或其他成型工艺时,应经中华人民共和国渔业船舶检验局(以下简称'本局')同意。

1.1.3 解释

1.1.3.1 本规范由本局负责解释。

1.1.4 等效

1.1.4.1 船体材料、结构型式及构件尺寸如果不符合本规范规定,如若能有充足的理论或实践依据说明其等效性,本局可予同意。

1.1.4.2 本局可以考虑符合船舶登记或建造所在国有关船体、舾装设备及机械装置的公认标准的各项要求,但这些要求至少应和本规范等效。

1.1.5 规范生效

1.1.5.1 除另有规定外,本规范自颁布之日起,60日后生效。

1.1.5.2 在规范颁布后和生效日之前,如果有必要或可行,可以按本规范实施;若船舶已按验船机构批准的图纸开工建造,除非认为有必要或可行,不要求对所有未进行的建造项目按本规范实施。

1.1.5.3 本规范未作规定者,应符合本局其他的相关规定。

第2节 定义及名词术语

1.2.1 定义

1.2.1.1 **船长 L(m)**:沿设计载重水线,由艏柱前缘量至舵杆中心线的长度,但不得小于该水线长的96%;对挂桨(机)船、无舵船或舵在舷外船按该水线长的100%计取。

1.2.1.2 **船宽 B(m)**:系指在船舶的最宽处,由一舷的外板外缘量至另一舷外板外缘之间的水平

距离。

1.2.1.3 型深 D(m)：系指在船长 L 中点处，从镶口线（见图 1.2.1.5）量至舷侧上层连续甲板下表面的垂直距离：

（1） 对无甲板船，量至舷顶；

（2） 对具有圆弧形舷缘的船舶，量至上层连续甲板下表面和舷侧型线延伸线的交点；

（3） 如上层连续甲板为阶梯形且此甲板的升高部分延伸到超过决定型深的那一点，型深应量至该甲板较低部分甲板与升高部分相平行的延伸线。

1.2.1.4 设计吃水 d(m)：系指在船长 L 的中点处，从镶口线量到设计载重水线的垂直距离。

1.2.1.5 镶口线：系指船底外表面与外龙骨的交线，如果没有外龙骨，镶口线就是船的底线，见图 1.2.1.5。

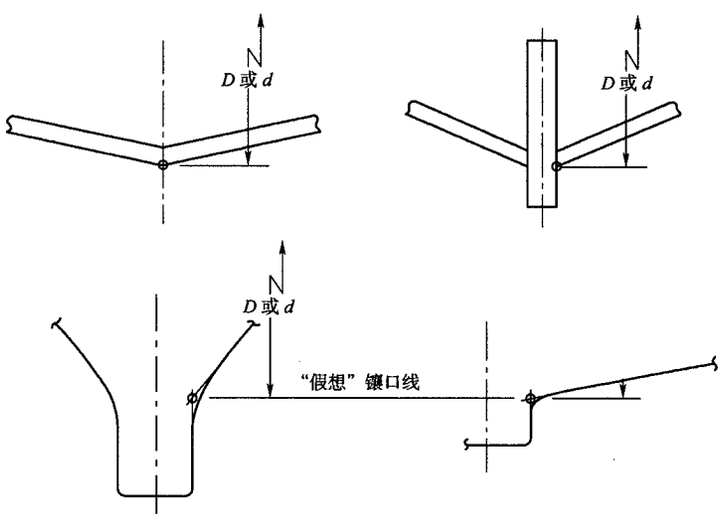


图 1.2.1.5 镶口线

1.2.1.6 船中部：系指船长中点处前后各为 $0.2L$ 之间的区域。

1.2.1.7 船首部：系指船中 $0.4L$ 区域以前的部分。

1.2.1.8 船尾部：系指船中 $0.4L$ 区域以后的部分。

1.2.1.9 满载排水量 Δ(t)：系指船上所有按规定配备的船员、设备、货物、备品、附件及索具等都装备齐全，并装满燃油、滑油、淡水、食品和供应品，额定乘员全部上船，船处于立即可以启航状态时所排开水的质量。

1.2.1.10 高速船：系指在满载排水量时的最大航速 V，同时满足下列两式的船舶：

$$V \geqslant 3.7\ \nabla^{0.1667} \qquad \text{m/s}$$

$$V \geqslant 10 \qquad \text{kn}$$

式中：∇——满载排水量 Δ 对应的排水体积，m^3；

V——船舶在满载排水量时，以核定的最大持续推进功率在静水中航行能达到的航速，kn。

1.2.2 名词术语

1.2.2.1 玻璃纤维增强塑料（glass fiber reinforced plastic 缩写为 GFRP）：以玻璃纤维或玻璃纤维制品作增强材料的增强塑料。

1.2.2.2 树脂：一种具有不同的、高的相对分子量的固态、半固态或假固态、有时也可以是液态的

有机物质。通常有一个软化或熔融范围，当受力作用时有流动倾向，断裂时呈贝壳状。广义地说，此术语惯指作为 GFRP 基本材料的任何聚合物。

1.2.2.3 热固性树脂：固化后在热或溶剂作用下，不熔不溶的树脂。

1.2.2.4 热塑性树脂：硬化后，在热或溶剂作用下，还能转变成熔融状态的树脂。

1.2.2.5 不饱和聚酯树脂：由饱和二元酸、不饱和二元酸（或酸酐）和二元醇缩聚而成的线性聚合物，经过交链单体或活性溶剂稀释形成具有一定黏度的树脂溶液。

1.2.2.6 胶衣：用以改善 GFRP 表面性能的表面树脂层（有时含有着色剂）。

1.2.2.7 玻璃纤维增强材料：系指由玻璃纤维或其制品制造的增强材料，包括玻璃纤维短切毡、玻璃纤维布和粗纱。

1.2.2.8 无碱玻璃纤维（E 玻璃纤维）：碱金属氧化物含量很少，具有良好电绝缘性的玻璃纤维（其碱金属氧化物含量一般小于 1%）。

1.2.2.9 中碱玻璃纤维：系指碱金属氧化物含量在 12% 左右的玻璃纤维。

1.2.2.10 浸润剂：在玻璃纤维制造过程中，主要为改善工艺性而施加于玻璃纤维上的物质。

1.2.2.11 引发剂：促使树脂单体分子活化成游离基从而固化的物质。

1.2.2.12 促进剂：在树脂固化过程中，用量很少即能加快反应速度的物质。

1.2.2.13 添加剂：为改良或调整树脂的某些性能所添加的物质。

1.2.2.14 积层板：系指由浸透树脂的玻璃纤维增强材料相继铺设并固化而成的复合材料板材。

1.2.2.15 夹层结构：以面板（蒙皮）与轻质芯材组成的一种层状复合结构。按其芯材形式或材料的不同，通常有蜂窝、波纹和泡沫夹层结构。

1.2.2.16 空隙率：GFRP 中空隙体积所占 GFRP 总体积的百分比。

1.2.2.17 手糊成型：在涂好脱模剂的模具上，用手工铺放增强材料并涂刷树脂胶液，直到所需厚度为止，然后进行固化的一种成型方法。

1.2.2.18 喷射成型：将预聚物、引发剂及短切纤维同时喷到模具或芯模上成型制品的方法。

第二章 材 料

第1节 通 则

2.1.1 一般规定

2.1.1.1 本章规定适用于船舶使用的树脂、纤维等非金属材料(包括热塑性树脂、热固性树脂、纤维增强材料及与之相关的材料)或其制品的制造、试验和检验。

2.1.1.2 船用树脂、纤维等非金属材料或其制品应当取得船用产品证书。

2.1.1.3 凡本章未列入的船用非金属材料或其制品(包括新材料、新产品),其化学组成、力学性能和其他特殊性能,应按本局接受的有关标准进行试验或检验。

2.1.1.4 对用于船体结构件、管道等塑料制品的材料除应满足本章第2节的规定外,还应分别满足本章第3节或第七章的有关规定。

2.1.2 认可与检验

2.1.2.1 生产船用树脂、纤维等非金属材料或其制品的工厂应按本局规定的程序申请型式认可或工厂认可。

2.1.2.2 认可后的检验,可以根据非金属材料或其制品以及生产过程控制的情况,采取不同的检验方式。

2.1.2.3 凡经检验合格的船用非金属材料或其制品的标签、外包装或产品上应至少在一处明显位置标有ZY标志,并以独有的编号(如批号)作出标记,使所有出厂产品可以追溯至基本材料的原始批次。

第2节 原 材 料

2.2.1 热塑性树脂

2.2.1.1 生产热塑性树脂的工厂应对所生产的每种热塑性树脂提供以下技术数据:

(1) 外观;

(2) 熔点(℃);

(3) 熔融流动指数;

(4) 密度(kg/m^3);

(5) 体积密度或比容(kg/m^3);

(6) 水分及挥发物含量(%);

(7) 成型收缩率(%);

(8) 填料/增强材料含量(如有时)。

2.2.1.2 生产热塑性树脂的工厂应对所生产的每种热塑性树脂,按照规定的工艺技术条件,采用适用的模塑或挤塑的方法制作试件并对其进行下列项目的测试:

（1） 屈服或断裂时拉伸应力(N)；
（2） 屈服或断裂时拉伸弹性模量(MPa)；
（3） 拉伸断裂延伸率(%)；
（4） 压缩强度(MPa)；
（5） 弯曲强度(MPa)；
（6） 载荷下变形温度(马丁耐热性、维卡软化点或热变形温度)(℃)；
（7） 密度(kg/m^3)。

2.2.2 热固性树脂

2.2.2.1 常用热固性树脂主要有不饱和聚酯树脂(间苯型、邻苯型、双酚 A 型)、乙烯基酯树脂、环氧树脂等。

2.2.2.2 对根据产品或加工性能需要事先加入树脂的添加剂(如触变剂、填料、颜料等无机物)应予以说明。

2.2.2.3 生产热固性树脂的工厂应对所生产的每种热固性树脂提供以下技术数据。

（1） 不饱和聚酯树脂(间苯型、邻苯型、双酚 A 型)及乙烯基酯树脂：
① 外观；
② 密度或相对密度(kg/m^3)；
③ 黏度 25℃(Pa·s)；
④ 凝胶时间 25℃(min)；
⑤ 固体含量或挥发物含量(%)；
⑥ 酸值(mgKOH/g)；
⑦ 无机物含量(如有,包括触变剂、填料、颜料等)(%)。

（2） 环氧树脂：
① 外观；
② 密度或相对密度(kg/m^3)；
③ 黏度 25℃(Pa·s)；
④ 凝胶时间 25℃(min)；
⑤ 挥发物含量(%)；
⑥ 环氧值(%)；
⑦ 有机氯值、无机氯值(%)；
⑧ 无机物含量(如有)(%)。

2.2.2.4 生产热固性树脂的工厂应对所生产的每种热固性树脂,按照规定的工艺技术条件制作浇铸体试件。引发剂/促进剂类型与树脂的比例及固化制度(固化/后固化的温度、时间)应与拟采用树脂相匹配,并作记录。

2.2.2.5 应对浇铸体试件进行下列项目的测试：
（1） 密度或相对密度(kg/m^3)；
（2） 固化后体积收缩率(%)；
（3） 巴柯尔硬度；
（4） 弯曲强度(MPa)、弯曲弹性模量(MPa)；
（5） 拉伸断裂延伸率(%)；

(6) 吸水量(%);
(7) 热变形温度(℃)。

2.2.3 增强材料

2.2.3.1 增强材料应与拟增强的树脂有良好的相容性。

2.2.3.2 生产增强材料的工厂应对所生产的每种增强材料提供下列适用项目的技术数据:
(1) 增强材料的类型;
(2) 每一方向的纤维类型;
(3) 连续纤维的线密度(Tex);
(4) 纤维表面精整和/或处理;
(5) 纤维、粗纱或织物的拉伸断裂强度(MPa)和断裂延伸率(%);
(6) 可燃物含量(%);
(7) 含水率(%);
(8) 浸润剂类型及含量(%);
(9) 编织方式;
(10) 单位面积质量(g/m^2);
(11) 织物或毡片的宽度、厚度(mm);
(12) 相容性(适用于何种聚合物或树脂);
(13) 其他必要的项目。

2.2.3.3 由多层不同类型增强材料毡片、布、织物组合成的增强材料,还应列出其详细的结构及结构特征:如纱/线密度、类型、重复频度及排列方向等。

2.2.3.4 应按树脂生产厂建议的固化制度制作包括增强材料在内的积层板(对无捻粗纱可按有关标准制成棒状)试件,进行各种必要的力学性能试验,积层板的制备应按下列要求进行:
(1) 采用认可的树脂;
(2) 增强材料至少平行铺敷3层且积层板厚度不小于4mm;
(3) 记录所采用树脂、增强材料的重量和单位面积重量以及积层板厚度;
(4) 对不同类型玻璃纤维增强材料推荐使用如下的不饱和聚酯树脂质量含量(%):
① 短切纤维毡65~75;
② 无捻粗纱布45~55;
③ 无捻粗纱单向布45~55;
④ 短切纤维毡+无捻粗纱布55~60;
⑤ 无捻粗纱50;
⑥ 喷射用无捻粗纱70;
⑦ 其他类型粗纱50。
(5) 对采用非玻璃类增强材料可按生产厂建议的体积百分含量进行。

2.2.3.5 对使用缠绕方法成型的玻璃纤维无捻粗纱可视为单向增强材料,建议采用不饱和聚酯树脂质量含量(30±5)%进行试验。

2.2.3.6 应对按2.2.3.4制备的积层板试件进行下列适用项目的性能测定:
(1) 树脂含量或纤维含量(%);
(2) 密度(kg/m^3);

（3） 吸水率(%)；
（4） 硬度(邵氏、洛氏、布氏—对热塑性树脂、或巴柯尔—对热固性树脂)；
（5） 载荷下变形温度(马丁耐热性、维卡软化点或热变形温度)(℃)；
（6） 拉伸强度(MPa)；
（7） 拉伸弹性模量(MPa)；
（8） 拉伸断裂延伸率(%)；
（9） 压缩强度(MPa)；
（10） 压缩弹性模量(MPa)；
（11） 弯曲强度(MPa)；
（12） 弯曲弹性模量(MPa)；
（13） 层间剪切强度(MPa)；
（14） 冲击韧性(kJ/m^2)。

2.2.3.7 如用于对玻璃纤维无捻粗纱、毡、布认可，弯曲强度尚应进行潮湿状态的试验，试验前试件应在蒸馏水中煮沸 2 h。

2.2.3.8 试验时，应根据纤维增强材料在层板中的排列方向取样。一般喷射无捻粗纱和短切纤维毡取任一方向；单向材料取 0°方向；多层组合增强材料按需要取 0°、45°、90°或 -45°方向。

2.2.4 芯层材料

2.2.4.1 夹层板的芯层材料如使用硬质泡沫塑料或轻木，材料生产厂一般应提供下列项目的数据：
（1） 材料类型；
（2） 密度(kg/m^3)；
（3） 规格(块体、粘有稀网布、有否沟槽)；
（4） 厚度(mm)；
（5） 片材/块体的尺寸(mm)；
（6） 表面处理(如有)。

2.2.4.2 材料生产厂应提供完善的使用方法、施工说明以及注意事项等技术文件，以保证芯材被正确使用。

2.2.4.3 硬质泡沫塑料芯材应为闭孔型，并应有说明其尺寸稳定性的资料(线收缩率测定数据)。

2.2.4.4 采用的硬质泡沫塑料芯材应与拟使用的铺层树脂(例如不饱和聚酯树脂、环氧树脂)相容。

2.2.4.5 对每种泡沫塑料芯材应提供下列适用项目的试验数据：
（1） 密度(kg/m^3)；
（2） 吸水率(%)；
（3） 压缩强度(MPa)；
（4） 压缩弹性模量(MPa)；
（5） 拉伸强度(MPa)；
（6） 拉伸弹性模量(MPa)；
（7） 剪切强度(MPa)；
（8） 剪切弹性模量(MPa)；

（9）　建议的最高使用温度（℃）。

2.2.4.6　压缩强度和弹性模量应至少有5个相应温度试验值，即从环境温度至建议的最高使用温度或70℃（选较大者）范围内5个点。

2.2.4.7　轻木块应为横切竖放，具有良好质量、无疏松木节、孔洞、腐朽、虫害、油眼、霉变、裂纹等缺陷，含水率不超过12%。

2.2.4.8　应对轻木进行下列项目测试：

（1）　密度（kg/m^3）；

（2）　含水率（%）；

（3）　拉伸强度（顺纹和横纹）（MPa）；

（4）　压缩强度（顺纹和横纹）（MPa）；

（5）　压缩弹性模量（顺纹和横纹）（MPa）；

（6）　剪切强度（顺纹）（MPa）。

2.2.4.9　如轻木块是粘结在一载体织物（如稀网布）上，应采用与建议的树脂体系相适应的粘结剂来粘结。

2.2.4.10　泡沫芯材和轻木作为夹层结构的结构芯层，尚应制成两种典型厚度（15mm和30mm）的夹层结构板，进行表观剪切性能试验。夹层结构板制备要求如下：

（1）　采用认可的增强材料和合适类型的认可树脂；

（2）　两侧面板厚度相同，并应采用相同铺敷顺序的短切原丝毡和无捻粗纱方格布交替铺成，厚度不应大于正常芯材厚度的1/5；

（3）　玻璃纤维质量含量：对短切原丝毡为30%，无捻粗纱方格布为50%；

（4）　无捻粗纱方格布的经向纤维与试样长度方向一致；

（5）　制备时尚应考虑芯材生产厂建议的使用规程，如涂敷粘结膏糊、表面底漆等；

（6）　固化系统应与所采用树脂的要求相同；

（7）　如采用真空袋压成型方法制作，则另行考虑。

2.2.5　树脂机座垫片浇铸料

2.2.5.1　用于填塞机器、设备底座与其基座间的空隙，以保持准确定位的双组分热固性树脂浇铸料在使用前应经产品认可。

2.2.5.2　浇铸料生产厂应提供完整的施工技术文件，包括施工操作方法、要求和安装程序等供备查。

2.2.5.3　浇铸料机座垫片的认可是随材料在实际使用条件下，用于装置上时所达到的最小发热值来确定。

2.2.5.4　浇铸料生产厂应确定在拟使用条件下浇铸料因化学反应所能达到的最高温度。

2.2.5.5　固化的浇铸料机座垫片应测定下列性能：

（1）　巴柯尔硬度；

（2）　压缩强度（MPa）；

（3）　压缩弹性模量（MPa）；

（4）　冲击韧性（kJ/m^2）；

（5）　热变形温度（℃）；

（6）　吸水量（%）；

(7) 吸油量(%);

(8) 可燃性。

2.2.5.6 浇铸料生产厂应有合适的试验方法和数据,证明在足够长的承压时间内不同温度下树脂垫片产生的压缩蠕变量不足以影响使用。

2.2.5.7 拟认可的树脂机座垫片的使用条件为最大载荷 3.5MPa,温度不超过 80℃。浇铸体的力学性能要求如表 2.2.5.7。

树脂机座垫片浇铸体力学性能要求 表 2.2.5.7

压缩强度 (MPa)	压缩弹性模数 (MPa)	冲击韧性 (kJ/m^2)	巴柯尔硬度	热变形温度 (℃)	可燃性
≥120	≥5000	≥2	≥35	≥80	自熄

2.2.5.8 如浇铸料拟使用于艉轴管和艉轴衬套安装,除 2.2.5.7 规定外,还应提供其拉伸强度和拉伸弹性模量的测定数据。

2.2.6 试样与试验

2.2.6.1 一般要求

2.2.6.1.1 试验一般应在有资质的独立试验室进行。

2.2.6.1.2 如生产厂的试验条件和能力完善,也可在验船师在场情况下,由生产厂自行进行试验。

2.2.6.1.3 所有试验均应由合格的试验人员,按规定的程序在合格的试验设备上实施。

2.2.6.1.4 除另有规定外,试验应按本局接受的国际或国家标准进行。生产厂提供的书面试验大纲应经验船机构审核同意。

2.2.6.1.5 试验材料(原材料或产品的试验样品材料)应由验船师或其指定人员选定,并加以标识。在试件制造过程中,标识应保持完好。如需转移,应取得现场验船师同意。

2.2.6.2 试件的制备

2.2.6.2.1 生产船用非金属材料或其制品的工厂,应提供充裕的试验材料,以确保验船师抽取足够样本供试样制作。

2.2.6.2.2 热塑性树脂试件应采用树脂生产厂建议的模塑法来制备。制备时的工艺条件也应按所建议的压力、温度、时间等实施。

2.2.6.2.3 热固性树脂试件应根据成品的生产条件按树脂生产厂建议的固化系统(包括引发剂/促进剂及用量比例)、固化时间、温度等制备。

2.2.6.2.4 如有后固化要求的热固性树脂试件,应按树脂生产厂的建议确定后固化条件。

2.2.6.2.5 后固化推荐使用加热炉进行,加热炉应能均匀加热、有效保温,有适当温控措施和记录显示。如产品体积过大可考虑采用本局同意的替代方法后固化。

2.2.6.2.6 机座垫片浇铸料的固化试件应在环境条件下制备,然后在 2.2.5.4 确定的发热温度下后固化。

2.2.6.2.7 如采用增强材料,增强材料和树脂之比一般应和成品相同,或按 2.2.3.4(4)的建议选取。

2.2.6.2.8 如积层板试件是专为认可试验而制作,则增强材料一般应平行铺敷。

2.2.6.2.9 增强热固性树脂积层板和夹层结构板的制备,可按材料生产厂的建议或分别按 2.2.3.4和 2.2.4.10 要求制备。

2.2.6.3 试样的制备

2.2.6.3.1 试样的尺度、数量和取向应符合本局接受的国际或国家标准的规定。

2.2.6.3.2 试样应从试件上截取。

2.2.6.3.3 试样在积层板试件上的取位区一般应距板边 30mm 以上，最小不得小于 20mm。取位区上应无气泡、分层、树脂积聚、皱褶、翘曲等缺陷。

2.2.6.3.4 试样如有方向性要求，应按纤维主排列方向取样，并应严格保证纤维方向和铺层方向与试验要求相一致。

2.2.6.3.5 采用机加工方法制备试样，加工过程中应有适当措施确保试样的温升不影响试样的性能。加工中禁止用油冷却，同时防止试样分层、刻痕或局部受挤压。

2.2.6.3.6 试样的成型表面尽量避免加工。必须加工时，应保留一个成型表面。

2.2.6.4 试验操作

2.2.6.4.1 试验环境条件和试验前试样的状态调节应符合本局接受的国际或国家标准的规定。

2.2.6.4.2 力学性能测定用的试验机应由本局承认的机构或组织，按本局接受的标准至少每年校准一次。物理性能测定用的试验设备应符合该项试验方法的有关规定。

2.2.6.4.3 变形测量应使用合适的延伸仪或应变仪。

2.2.6.4.4 从每一待测试件中所切取的试样数应符合本局接受的国际或国家标准的规定。应保证每项力学性能试验的同批有效试样数在 5 个以上。

2.2.6.4.5 如试样由于制备不当或因试验机误操作失效，则应将其判废，并用新试样替代。

2.2.6.4.6 5 个一组试样中有一个试验结果单值超过或低于平均值 2 个以上的标准差，此结果应予判废，并应对另一试样进行试验。对任一组试验中仅允许有一个被判废。

2.2.6.5 试验

2.2.6.5.1 热塑性树脂试样应按 2.2.1.2 规定的有关项目进行试验。

2.2.6.5.2 热固性树脂浇铸体试样应按 2.2.2.5 规定的有关项目进行试验。

2.2.6.5.3 增强材料试样应按 2.2.3.2 规定的有关项目进行试验。

2.2.6.5.4 积层板试样应按 2.2.3.6 规定的有关项目进行试验。

2.2.6.5.5 泡沫芯材和轻木应分别按 2.2.4.5 和 2.2.4.8 规定的有关项目进行试验。

2.2.6.5.6 夹层板试样的表观剪切性能可按 4 点弯曲试验方法进行环境温度和 70℃下试验，试验跨距不少于 400mm。

2.2.6.5.7 机座垫片试样应按 2.2.5.5 的规定进行试验，并满足 2.2.5.7 的要求。

2.2.6.5.8 试验结果应符合本规范或本局接受的国际或国家标准。

2.2.6.6 试验报告

2.2.6.6.1 应列表记录每个试样的性能测定值、算术平均值及标准差、必要时尚应有试样的破坏情况说明。

2.2.6.6.2 试样和试件的制备情况，包括(如适用)：

(1) 引发剂/促进剂的类型及混合比；

(2) 树脂重量和/或所有采用的增强材料；

(3) 采用增强材料的层数；

(4) 浇铸体/层板试件的尺寸、形状及外观质量；

(5) 固化/后固化情况；

(6) 其他认为必要的项目，如试验环境温、湿度、试样状况调节等。

第3节 船体材料

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 建造GFRP船舶船体用的原材料(如玻璃纤维、不饱和聚酯树脂、芯材等)除本节规定外,还应符合本章第2节的有关规定。

2.3.1.2 建造厂应持有材料生产厂提供的每批供货材料标明2.3.2.3、2.3.4.5和2.3.5.4中规定的有关项目的合格证书和船用产品证书,以备验船师追溯或必要时抽检。

2.3.1.3 如不饱和聚酯树脂生产厂因某些原因需要混合不同批次的不饱和聚酯树脂,则混合后的树脂应按2.3.2.3进行性能测试。混合后的合格树脂应另授批号。

2.3.1.4 建造厂在收到材料时应进行下列核查:

(1) 船用产品证书;

(2) 材料有相应的批号,每批附有相应标签;

(3) 每批材料应作外观检查,检查其批号、外观质量和有效期;

(4) 同一批中的每一单元都应有批号和出厂日期;

(5) 如发现不合格品应采取措施立即隔离封存;

(6) 上述检查结果应记录,并与材料合格证和/或制造厂本身验收结果相对照并保存。

2.3.2 树脂

2.3.2.1 铺敷用的树脂应为认可的船用不饱和聚酯树脂。

2.3.2.2 不饱和聚酯树脂性能应是实际用在产品中的含有添加剂(如有,包括填料)的最终形式不饱和聚酯树脂的性能。二氧化硅或其他触变剂的添加量应是防止流淌或滴挂的最小需要量。

2.3.2.3 每批取样按本局接受的国际或国家标准对胶衣树脂、铺敷用树脂(如适用,还应有罩面层树脂)进行液态树脂和固化浇铸体的下列适用性能测试并提供相应数据:

(1) 液态树脂性能(25℃):

① 外观;

② 酸值或环氧值(mgKOH/g);

③ 粘度(Pa·s);

④ 凝胶时间(min);

⑤ 固体含量(%)。

(2) 固化浇铸体性能(25℃):

① 巴柯尔硬度;

② 热变形温度(℃);

③ 拉伸强度(MPa);

④ 拉伸模量(MPa);

⑤ 拉伸断裂延伸率(%);

⑥ 弯曲强度(MPa);

⑦ 弯曲模量(MPa);

⑧ 体积收缩率(%);

⑨ 吸水率(%)。

2.3.2.4　铺敷用不饱和聚酯树脂浇铸体性能应为：

（1）　巴柯尔硬度≥35；

（2）　热变形温度≥55℃；

（3）　拉伸断裂伸长率≥2.0%。其他树脂另行考虑。

2.3.2.5　如有耐火要求，应选用阻燃型不饱和聚酯树脂。

2.3.2.6　胶衣树脂应为船用耐水型不饱和聚酯树脂，其断裂伸长率应大于2%。胶衣树脂与玻璃纤维增强材料间的粘着性能应良好，断裂伸长率应大于铺层树脂，其差值一般应大于1%。

2.3.3　添加剂

2.3.3.1　加入不饱和聚酯树脂中的引发剂/促进剂、颜料、填料、阻燃剂、触变剂等添加剂的用量应有限制，种类应为不饱和聚酯树脂生产厂推荐的，且应不明显改变不饱和聚酯树脂的各项性能（如粘度等），也不应影响积层板的所有强度性能。

2.3.3.2　添加剂一般应由不饱和聚酯树脂生产厂按照认可的工艺程序添加，并相应进行试验。当不饱和聚酯树脂含有一种能在树脂系统中沉析的组分时，建造厂有责任在使用前履行树脂生产厂关于搅拌和调整的建议。

2.3.3.3　填料由施工人员添加的，应分散地加入。添加的填料的种类和用量应为不饱和聚酯树脂生产厂推荐的。当添加量超出生产厂推荐值时，需经专门试验并认可。填料应仔细充分混合进不饱和聚酯树脂中，随后静置一段时间，以保证卷进的空气逸出。混合方法应遵循树脂生产厂的建议，搅拌时间和速率应适当。船体外板的树脂除经许可外不应添加填料。

2.3.3.4　引发剂/促进剂的种类和用量应符合不饱和聚酯树脂生产厂的规定，可以根据操作条件和环境条件作适当调节。在确保不饱和聚酯树脂完全聚合固化的同时，凝胶时间应满足在模具铺敷层板的各种需要。

2.3.4　玻璃纤维增强材料

2.3.4.1　船用玻璃纤维增强材料应为认可的无碱玻璃纤维及其织物或制品。如：无捻粗纱、无捻粗纱布、短切原丝毡等或它们的组合。

2.3.4.2　中碱玻璃纤维经增强型的浸润剂处理后，若其玻璃纤维增强塑料性能达到认可的无碱玻璃纤维增强塑料的性能标准，可用于船长小于12m的船舶的甲板和上层建筑。

2.3.4.3　玻璃纤维增强材料应无杂质、污染、霉变、瑕疵等缺陷，且应严格按照材料生产厂的建议贮存在干燥、通风、无尘、温度变化不大的场所。

2.3.4.4　玻璃纤维增强材料与不饱和聚酯树脂间应有良好的粘结性和浸润性。

2.3.4.5　每批取样按下列适用项目，采用本局接受的标准对玻璃纤维增强材料进行测试并提供相应数据：

（1）　无捻粗纱：

①　玻璃纤维成分；

②　浸润剂类型和含量（%）；

③　原丝号数和股数；

④　单纤维公称直径（μm）；

⑤　拉伸断裂强度（MPa）。

（2）　玻璃纤维布：

① 玻璃纤维成分；
② 浸润剂类型和含量；
③ 经纬向的原丝号数和股数；
④ 经纬向的单纤维公称直径(μm)；
⑤ 厚度(mm)；
⑥ 宽度(cm)；
⑦ 单位面积质量(kg/m^2)；
⑧ 经纬向密度(根/cm)；
⑨ 经纬向拉伸断裂强度(MPa/布条 25mm×100mm)。

(3) 玻璃纤维毡：
① 玻璃纤维成分；
② 单纤维公称直径(μm)；
③ 原丝类型(短切或连续)；
④ 宽度(cm)；
⑤ 单位面积质量(kg/m^2)；
⑥ 可燃物含量(%)；
⑦ 粘结剂类型及在苯乙烯中的溶解度(s)。

2.3.5 芯材

2.3.5.1 芯材一般采用硬质泡沫塑料、轻木、胶合板或松木等。

2.3.5.2 硬质泡沫塑料芯材应经认可并满足下列要求：

(1) 闭孔型、防水、防油；

(2) 与树脂系统相适应；

(3) 良好的抗老化稳定性；

(4) 在60℃应保持良好的强度；

(5) 为适于模塑，如芯材制成粘贴在大网眼纱布背衬材料上的薄片状小块，则其背衬材料和粘结剂应分别与铺敷树脂兼容并可溶；

(6) 如需要，泡沫芯材应按芯材生产厂的建议进行调整处理。处理温度可略高于使用过程中受到的最高温度，以保证清除泡孔中滞留的残余发泡剂气体；

(7) 用作夹层板芯材的泡沫塑料，其密度应不小于80kg/m^3，基本力学性能应不低于表2.3.5.2(7)的要求。

2.3.5.3 轻木芯材应经产品认可并应为：

(1) 横切竖放的端纹形式；

(2) 灭菌处理；

(3) 均质化；

(4) 含水率不大于12%；

(5) 为适于模塑，如芯材制成粘贴在大网眼纱布背衬材料上的薄片状小块，则背衬材料和粘结剂应分别与铺敷树脂兼容并可溶；

(6) 用作夹层板芯材的轻木，其轻木芯材的基本力学性能应不低于表2.3.5.3(6)的要求。

硬质泡沫塑料芯材基本力学性能　　表2.3.5.2(7)

材　料	密　度 (kg/m^3)	压缩强度 (MPa)	压缩弹性模量 (MPa)	剪切强度 (MPa)	剪切弹性模量 (MPa)
聚氨酯泡沫塑料(PU)	80	0.40	11.0	0.34	5.20
	100	0.60	16.0	0.47	8.70
	120	0.86	21.0	0.60	12.0
	140	1.15	27.0	0.74	17.0
聚氯乙烯泡沫塑料(PVC)	80	0.40	12.0	0.35	7.60
	100	0.57	18.0	0.47	11.0
	120	0.75	25.0	0.60	14.6
	140	1.00	33.0	0.75	18.8

轻木芯材基本力学性能　　表2.3.5.3(6)

表观密度 (kg/m^3)	强　度(MPa)					压缩弹性模量(MPa)		剪切弹性模量 (MPa)
	压　缩		拉　伸		剪切			
	应力方向					应力方向		
	平行木纹	垂直木纹	平行木纹	垂直木纹		平行木纹	垂直木纹	
96	5.00	0.35	9.00	0.44	1.01	2300	35.20	105
144	10.60	0.57	14.60	0.70	1.64	3900	67.80	129
176	12.80	0.68	20.50	0.80	2.00	5300	98.60	145

2.3.5.4　根据所使用的每种泡沫芯材或轻木芯材，每批取样按下列适用项目，采用本局接受的标准进行测试。测试结果应不小于表2.3.5.2(7)或表2.3.5.3(6)的数值：

(1)　材料类型；

(2)　密度(kg/m^3)；

(3)　片材/块料尺度(m)；

(4)　厚度(mm)；

(5)　拉伸强度(MPa)；

(6)　压缩强度(MPa)；

(7)　压缩弹性模量(MPa)；

(8)　剪切强度(MPa)；

(9)　剪切弹性模量(MPa)；

(10)　含水率(%)；

(11)　其他必要的说明(如使用温度、带槽、粘有稀网布)。

2.3.5.5　与芯材配套使用的芯材粘结剂应为芯材生产厂建议的类型并按照其施工说明书使用。同时应在材料数据表和施工图上标明。

2.3.5.6　使用松木、胶合板等木质材料作芯材时，这些木质芯材应清洁并经干燥处理，含水率不应超过18%，不允许明显有损于强度的任何缺陷存在。

2.3.6　预埋材料

2.3.6.1　因结构需要，被封进内部或粘结固定于积层板上的预埋材料或组件应耐腐蚀，且不影响树脂系统的固化。

2.3.6.2　预埋件材料在使用前应进行适当的表面处理，使其与树脂具有良好的粘接性。

2.3.6.3　使用木质材料作预埋件时，应充分干燥，无明显的节疤、边材、横纤维、开裂、腐烂等缺陷。

2.3.6.4　木材表面应适当处理并涂以经稀释剂稀释的树脂涂料。

第三章 成型工艺

第1节 工艺认可

3.1.1 建造厂在船舶建造前应制定GFRP船舶成型工艺规程,并提交验船机构审核。

3.1.2 GFRP船舶成型工艺规程至少应包括下列内容:

(1) 建造条件说明,包括环境控制、材料的储存和管理;

(2) 不饱和聚酯树脂、玻璃纤维增强材料和芯材的技术规格;

(3) 不饱和聚酯树脂的凝胶时间和控制方法;

(4) 铺敷方法,包括玻璃纤维增强材料类型、排列方向和顺序、铺敷层数、树脂的混合方法和树脂适用期;

(5) 脱模方式和脱模的技术参数;

(6) 部件和构件的连接方式(包括二次粘接、金属与非金属构件的连接、芯材粘接工艺等);

(7) 铺敷设备种类、型号及特征参数;

(8) 固化条件与说明;

(9) 质量保证的措施;

(10) 由试板试验得到的积层板性能。

3.1.3 GFRP船舶成型工艺认可试验:

(1) 每艘新造船在开工前,建造厂均应在与成型车间相同的施工条件下,由铺敷作业人员按送审的工艺规程糊制一块供校验用的试板。试板通常应为能代表船体外板的平板。对用同一型号图纸、同一工艺规程、同一生产条件生产的GFRP船舶,允许做一块试板。

(2) 试板应表面平整、均匀、无气泡、无分层和纤维裸露等缺陷。

(3) 积层板的试样应在同一试板上截取,其数量和规格按本局接受的有关标准进行加工,供进行拉伸、压缩、弯曲等力学性能试验。同时测定其密度、巴柯尔硬度、树脂含量等项目。

(4) 上述性能试验结果应满足表3.1.3(5)的要求,并提交验船机构确认。

(5) 对于夹层板试板,应按本局接受的有关标准进行剪切试验。剪切强度应不低于芯材剪切强度的1.33倍。此外,还应做夹层面板试板,供其他性能试验。试验要求、方法和结果与积层板试板相同。

(6) 应使用以玻璃纤维短切毡和玻璃纤维布交替铺敷成型的积层板。

试板的性能指标 表3.1.3(5)

项 目	玻璃纤维增强材料 (短切毡与无捻粗纱正交布交替)
拉伸强度(MPa)	126
拉伸模量(MPa)	7000
弯曲强度(MPa)	175

续表3.1.3(5)

项　　目	玻璃纤维增强材料 （短切毡与无捻粗纱正交布交替）
弯曲模量(MPa)	7000
压缩强度(MPa)	119
压缩模量(MPa)	7000
平行于经线的剪切强度(MPa)	63
平行于经线的剪切弹性模量(MPa)	3150
层间剪切强度(MPa)	19
不饱和聚酯树脂含量(%,质量)	55～65
巴柯尔硬度	≥40
湿态弯曲强度保留率(2h 沸水浸泡后的)	≥80%

第2节　成型工艺

3.2.1　一般要求

3.2.1.1　每道工序或每道玻璃纤维增强材料层片敷设的时间间隔应尽量缩短,以保证不饱和聚酯树脂仍有反应活性,减少形成不必要的二次粘结。

如需搁置一定时间,应采取措施(如覆盖一层薄布,成型时撕去)保持清洁,防止灰尘等污染,使后续敷层与前层能牢固粘结。

3.2.1.2　在铺敷成型期间,应同时制作供验证用的试板。

试板可在船体开口或船体外延部位截取。如不可行,应在与实际生产相同的环境条件、原材料、配方和工艺方法下(除胶衣层外),由一般作业人员在约45°角放置的平板模具上模拟制作。固化后取样,测定各项性能。

对船长小于12m的船舶,可免予提供试板进行试验。

3.2.1.3　无论中断的铺敷成型、二次粘结或修理,积层板或构件的层间粘结一般应做到铺敷的第一层材料以玻璃纤维短切毡开始。

3.2.2　生产条件

3.2.2.1　建造厂应设有能满足材料生产厂建议的贮存材料要求的材料仓库。一般应具备下列存放和管理条件:

(1)　仓库应封闭、防日晒、清洁、干燥、按需要通风、无尘;

(2)　不饱和聚酯树脂、引发剂和促进剂应贮存在生产厂建议的温度且通风良好的处所。贮存周期应不超过其自身的活性期。

(3)　添加剂应贮存在密封的不透湿、无灰尘的容器内;

(4)　不饱和聚酯树脂、玻璃纤维增强材料使用前应在相似于铺敷成型车间的温度和湿度下存放48 h;

(5)　芯材应贮存在干燥的处所并加以防护;

(6)　对被认为彼此间是危险的材料,应分开存放;

（7） 引发剂应贮存在远离车间的阴凉干燥处所。

3.2.2.2 铺敷成型应在车间内进行，车间应满足下列基本条件：

（1） 应能够防止雨水和风砂对产品构成有害的侵袭，车间应干燥、清洁、有充分通风和良好照明，并有适当防护措施，避免任何由于光线或人造光源影响树脂的正常固化；

（2） 除使用低温不饱和聚酯树脂外，成型车间的温度应控制在15～32℃之间，相对湿度应不大于85%，并保持稳定，防止结露或冷凝。喷射成型区域的湿度一般应不小于40%。使用低温不饱和聚酯树脂时，成型车间温度应不低于树脂生产厂推荐的最低温度；

（3） 车间应设有湿度和温度的检测装置。

3.2.2.3 用于铺敷成型的模具应注意下列要求：

（1） 成型模具应具有足够的刚度和强度，不易变形。模具尺寸、光洁度应满足产品的要求，型线和形状应当顺畅；

（2） 模具结构应用适当的材料制造，不应受树脂及辅助材料侵蚀，也不应影响树脂的固化；

（3） 施用脱模剂应不影响树脂固化，涂敷应均匀，不遗漏。在使用之前，所有的模具都应置于铺敷成型车间温度的条件下。

3.2.2.4 从事铺敷成型工作的管理和作业人员至少应具备下列能力：

（1） 作业人员应经专门培训，了解增强材料和树脂的特点，熟练掌握铺敷成型工艺，具有判断和排除缺陷的能力；

（2） 质量管理人员应具有对工艺和施工质量进行判断的能力，负有对整个成型过程进行严格监测的责任。

3.2.2.5 生产、计量和试验设备应经校验，定期检定，并由合格人员操作管理。

3.2.3 不饱和聚酯树脂液配制

3.2.3.1 应根据车间环境条件、制品厚度、铺敷面积、成型方法和用胶量来确定胶衣树脂液和铺敷用树脂液的配制。树脂液应有适当的黏度、合适的凝胶时间和预期要求的固化度。

3.2.3.2 树脂液的黏度应适度，以利于涂敷操作和浸透增强材料层，避免流胶引起的缺胶或树脂积聚。

3.2.3.3 凝胶时间应能够适应车间内部温度变化的各种需要。时间长短应以单体不过度挥发损失，垂面无流挂，能浸透增强材料为依据。

3.2.3.4 成型施工前应进行树脂液的凝胶试验，以确定树脂的最佳配料比。对大型或厚度较大的室温固化制品，树脂需用量大，一般可采用多次小量配制的原则，以延长可用时间。不饱和聚酯树脂和乙烯基酯树脂大多采用变化促进剂用量，而不通过变化引发剂来调整凝胶时间。这个凝胶时间应为在模具铺敷层板的凝胶时间，即该树脂的工作寿命。

3.2.3.5 应按配方比例配制树脂液，一般先将促进剂（包括各种添加剂）和树脂充分混合搅拌均匀。使用前再添加引发剂搅拌均匀。搅拌时间和速度应适当，避免空气卷入。已加入引发剂的树脂液存放期不能过长。

3.2.4 开工准备

3.2.4.1 模具周边应保证清洁、干燥、空气中无污染物。

3.2.4.2 铺敷前，所有材料应处于铺敷车间的温度。

3.2.4.3 不饱和聚酯树脂和胶衣、添加剂、引发剂、促进剂应严格按照生产厂建议的配比和施加顺

序充分搅拌混合，静置去除气泡。

3.2.4.4 模具已涂敷足够脱模剂，表面干燥、清洁，模具温度应与铺敷车间温度一致。

3.2.5 涂敷胶衣

3.2.5.1 用刷子、辊筒或喷涂设备涂布含引发剂/促进剂的胶衣树脂。

3.2.5.2 胶衣施涂应厚薄均匀，无流挂现象，厚度在0.4～0.6mm之间。

3.2.5.3 胶衣外露表面应采取保护措施，保持清洁、无灰尘和污染物。

3.2.6 罩面层铺敷

3.2.6.1 罩面层铺敷应在胶衣树脂凝固到“指干”状态下进行。

3.2.6.2 按图纸要求在湿树脂上铺放不大于300g/m^{2}的短切纤维毡或其他罩面材料，并使用足够的树脂以完全浸透。

3.2.6.3 用脱泡辊轻轻滚压罩面层。确保浸透纤维并清除层中的空气和孔隙。留意不损伤胶衣层。

3.2.7 单层板铺敷成型

3.2.7.1 单层板铺敷成型时应遵循下列原则：

（1） 玻璃纤维增强材料的布置应尽可能连续，积层板厚度不应有突变，以保持铺层强度的连续性；

（2） 应以玻璃纤维短切毡和玻璃纤维布交替铺敷成型；

（3） 相邻的同一层玻璃纤维增强材料层片间一般都应顺着其边缘和端部搭接。搭接宽度应不小于50mm。层板中的接缝位置（无论同一层或相邻层）至少应相互错开150mm。

（4） 积层板厚度变化应缓慢，过渡区的宽度应不小于厚度差的30倍。

3.2.7.2 用刷涂或喷涂方法把含引发剂/促进剂的不饱和聚酯树脂施涂至整个罩面层（或胶衣层）表面，按要求铺放一道玻璃纤维增强材料层并施足不饱和聚酯树脂液直至增强材料完全浸透，滚压铺层，清除卷入的空气和孔隙。

3.2.7.3 铺敷成型时应严格控制每层不饱和聚酯树脂的用量，对于玻璃纤维短切毡，不饱和聚酯树脂质量含量为65%～75%，对于玻璃纤维无捻粗纱布，不饱和聚酯树脂质量含量为45%～55%，对于4:1玻璃纤维无捻粗纱单向布，不饱和聚酯树脂质量含量为45%～55%。

3.2.7.4 铺放玻璃纤维增强材料层时应注意层片类型、重量、纤维取向、交替顺序、边缘和端部的搭接、铺放的时间间隔、凝胶时间。保证完全浸透，避免流胶、白斑、分层、皱褶及明显气泡的现象发生。

3.2.7.5 应避免在厚积层板糊制中产生过热的现象。铺敷厚积层板时，操作人员应预先进行演示，以证明湿—湿铺敷的层数和固化期间总温度对固化后层板的力学性能无有害影响。

3.2.7.6 铺敷应尽可能按连续方法安排，若需要分次成型时，其间隔期应在24h以内或不饱和聚酯树脂生产厂建议的时间范围内，并且界面所用不饱和聚酯树脂应选择无蜡树脂。如用有蜡树脂则再次成型前应做打毛等处理。

3.2.7.7 当中断铺敷时，成型界面尚应采用措施保持清洁，后续的增强材料层第一层应为玻璃纤维短切毡。

3.2.7.8 喷射成型仅在喷射施工易于保证成型良好的结构面上使用。

3.2.7.9 喷射设备在使用前应进行校准，以保证喷出的不饱和聚酯树脂和玻璃纤维的百分比符合

预定要求。喷射厚度要求均匀,结构层所用短切玻璃纤维长度应不小于35mm。

3.2.7.10 当喷射玻璃纤维量达600g/m^{2}或2~3mm厚度时,应使用滚压法或其他方法压实并消除气泡。

3.2.8 夹层板铺敷成型

3.2.8.1 夹层板可用有抗弯曲、拉伸、压缩、剪切和挠曲能力(例如胶合板),或者基本上无抗弯曲、拉伸、压缩、剪切和挠曲能力(例如轻木、泡沫塑料)的芯材铺敷。

3.2.8.2 对夹层板铺敷成型,应遵循单层板的铺敷成型要求。

3.2.8.3 芯材外层应是玻璃纤维短切毡,毡应施足树脂浸透,也可以使用适当的粘结膏糊或混合物替代。按要求铺放芯材后应把足够的不饱和聚酯树脂或膏糊施涂至芯材和后续的层片(通常为玻璃纤维短切毡)上,让其浸透并滚压。随后把芯材真空袋压至面板上。

3.2.8.4 如把芯材铺设至已预制的面板上时,则应在铺层固化发热过后尽快实施。

3.2.8.5 如把芯材铺设至不平的铺层表面,应修整铺层表面或芯材外廓,以保证取得均匀的粘结。

3.2.8.6 粘结前,芯材应保持清洁,并按要求涂以密封底漆。底漆应固化且不妨碍后续所使用粘结方法中所含材料的正常固化。

3.2.8.7 对使用硬质芯材的板材,应当采用真空袋压工艺。芯材应预先设置排气孔,以保证有效除去芯材下的空气。真空袋压成型后,应在呼吸孔处看到粘结膏糊。这种呼吸孔的大小、数量和分布应符合施工规程和材料生产厂的要求。

3.2.8.8 芯材的接头应斜嵌接并粘牢或采用类似的有效方法连接。

3.2.8.9 如夹层板中要求有预埋件,预埋件应为有抗挤压能力的材料,并应严格按照要求与芯材和面板良好粘结。

3.2.8.10 应尽量避免切割芯材。如确实需要,仅能单面切割,并且切割面应朝上使用在板材的外露表面上。

3.2.9 脱模与固化

3.2.9.1 模制件铺敷完成后,在与壳体铺敷相当的环境下,壳体在模具中搁置时间应不少于48h。

3.2.9.2 模制件脱模时,其巴柯尔硬度应不小于40。

3.2.9.3 模制件应在其内部构件安装完毕后方能脱模。

3.2.9.4 模制件脱模后,应采取必要的措施加以支撑。

3.2.10 二次胶接

3.2.10.1 二次胶接通常只有在整体成型不能实现或内部构件胶接至船体或修理时采用。

3.2.10.2 二次胶接时,应遵循下列原则:

(1) 胶接区域应清洁;

(2) 打磨时(尤其高受力区域),应不损伤任何结构的玻璃纤维,避免造成层板减薄;

(3) 二次胶接铺敷上去的第一层应为玻璃纤维短切毡;

(4) 经打磨或撕去皮层的表面,铺敷前应用溶剂擦拭并干燥。

3.2.11 缺陷修整

3.2.11.1 经外观检查,船舶应无表面缺陷及瑕疵。允许对较小的表面缺陷进行修整,其修整程序

应包括在成型工艺规程中。

3.2.11.2 对可能影响强度的缺陷修补，船舶建造厂应提供切实可行的书面修补技术文件（包括修理区域、使用材料和修理工艺程序等），证明可达到规定的强度，并经验船机构审核同意，方可实施。

第3节 检查与试验

3.3.1 检查

3.3.1.1 建造厂在铺敷成型过程中应经常进行外观检查。如发现积层板起泡、空洞、分层、皱摺、树脂流挂或堆积、空隙率过大等，应采取直接的补救措施予以修复。应进行下列项目检查：

（1） 检查模具的工作面，确保其清洁，且脱模剂已完全均匀覆盖到整个工作面；

（2） 铺敷第一层玻璃纤维增强材料前的胶衣检查，包括厚度、均匀度和凝胶情况；

（3） 检查不饱和聚酯树脂混合情况。检查和记录基体树脂、引发剂/促进剂和添加剂的用量；

（4） 检查玻璃纤维增强材料是否均匀浸渍、压实，检查是否按原定要求的顺序、方向铺放及搭接；

（5） 检查和记录不饱和聚酯树脂/玻璃纤维比；

（6） 检查固化过程，如发现固化不良或起泡、有下述情况的，应采取直接的弥补措施予以纠正：

① 空隙延伸至其他铺层；

② 空隙大于12mm；

③ 在每一铺层任何150mm×150mm的区域，大于3mm的空隙数多余6个；

④ 在每一铺层任何300mm×300mm的区域，大于3mm的空隙数多余20个。

（7） 监测并记录室内温度、湿度和凝胶时间。

3.3.1.2 铺敷竣工后应进行外观的全面检查。对轻微缺陷可以在脱模前矫正，铺敷部位应无开口、孔隙、凹槽、裂纹或纤维外露。

3.3.1.3 脱模前，测量并记录船体硬度及其他必要的尺度。

3.3.2 试样

3.3.2.1 在铺敷成型期间应按3.2.1.2规定同时制作供验证的试板。

3.3.2.2 试样的截取按2.2.6.3有关规定加工制备。

3.3.3 试验

3.3.3.1 在铺敷成型前，应对树脂进行凝胶试验，确定凝胶时间，试验组分应不少于5组。

3.3.3.2 脱模前，在船首部、中部、尾部区域应用巴柯尔硬度测试仪测量船体左右舷的甲板、舷侧板、船底板、龙骨板的硬度值，测量的点数应不少于22个，并取其算术平均值。在没有胶衣的表面，测量的巴柯尔硬度值应不小于40。

3.3.3.3 在积层板成型固化后按接受的有关标准测定积层板的纤维/树脂含量（质量）。通常采用烧失法，对特殊增强材料（碳纤维等）可用酸蚀法。

3.3.3.4 积层板厚度的测量一般应不少于10点，测量点应均匀分布。如采用电子测量的方法，则应有相同结构的对照板。测得的厚度应不小于设计厚度。

3.3.3.5 积层板试样下列项目的性能测试应由本局认可或承认的测试单位按照接受的有关标准和试验方法进行：

（1） 纤维含量；

（2） 拉伸强度和模量；
（3） 弯曲强度和模量；
（4） 剪切强度和模量；
（5） 层间剪切强度；
（6） 湿态弯曲强度保留率；
（7） 芯材剪切强度和模量；
（8） 芯材与面板胶结面平拉试验。

3.3.3.6 试验结果应按2.2.6.6有关要求编制成试验报告。各项性能试验的测试结果不应低于积层板的设计性能。

第四章 连 接

第1节 通 则

4.1.1 除甲板和艉封板可以分开糊制外，船体外板应整体糊制，不允许对接。

4.1.2 船体构件的连接可采用现场糊制、胶接或机械连接等方法。

4.1.3 当骨材交叉时，应在大骨材上开口，使小骨材连续通过。当骨材尺寸相近时，一般应使纵向骨材保持连续。骨材相交处应选用毡片或毡、布交替铺层连接。

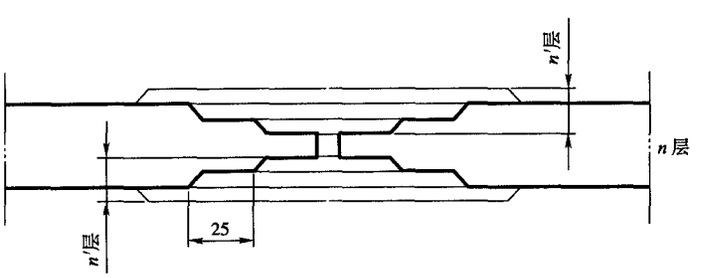
4.1.4 如设计要求扶强构件与积层板敷成整体时，应在积层板成型后尽快敷制扶强构件。该工艺应使用慢凝树脂。

第2节 胶 接

4.2.1 胶粘剂一般应采用与成型船体相同的树脂。对于艉轴管等特殊部位，则应选用环氧类胶粘剂。若采用高强度胶粘剂胶接时，所用的胶粘剂的化学性能应与被粘物的化学性能互相适应，且热膨胀系数相近。

4.2.2 胶接表面应平整，但不宜光滑，胶接前应对胶接表面打磨，对附着在表面的灰尘、水分等影响胶接质量的物质应当清除干净。

4.2.3 对接接头应采用多层铺敷工艺胶接。对接接头分为双面接头和单面接头，见图4.2.3(1)和(2)所示。接头在采用与积层板相同的原材料连接时，连接用增强纤维的总层数应不少于被连接层板增强纤维的总层数。对积层板边缘不开坡口的对接接头铺层总厚度应不小于原积层板的总厚度，如图4.2.3(3)所示。



如n为偶数，则$n'=n/2+1$层；如n为奇数，则$n'=(n+1)/2$层。

图 4.2.3(1)

4.2.4 角接一般应两侧连接，每侧应采用先窄后宽的方法逐层铺敷角形层板。角接接头的每边宽度应大于所连接的两层板中较厚者厚度的14倍，并且角材宽度之半处的厚度应大于被连接构件中较薄者厚度之半(如图4.2.4所示)。

4.2.5 舱壁及重要构件应在两侧采用连接毡片或等效方法与相邻结构连接，每侧各层连接毡片的单位面积重量之和应不低于受连接的构件中较轻者的1/2，也不应低于900g/m^{2}毡或等效重量，每层毡

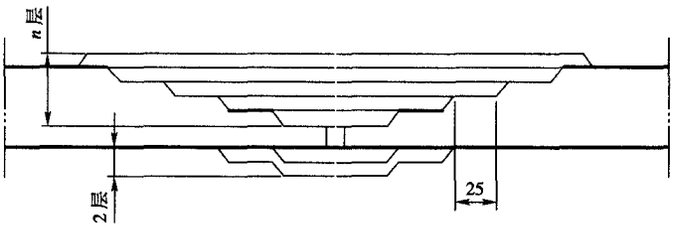


图　4.2.3(2)

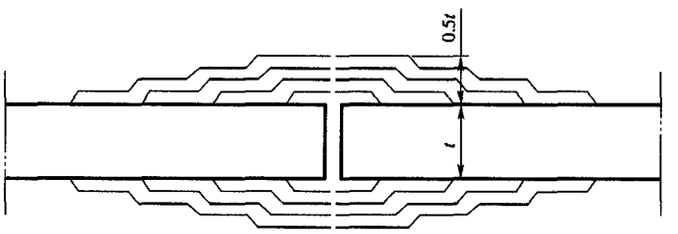


图　4.2.3(3)

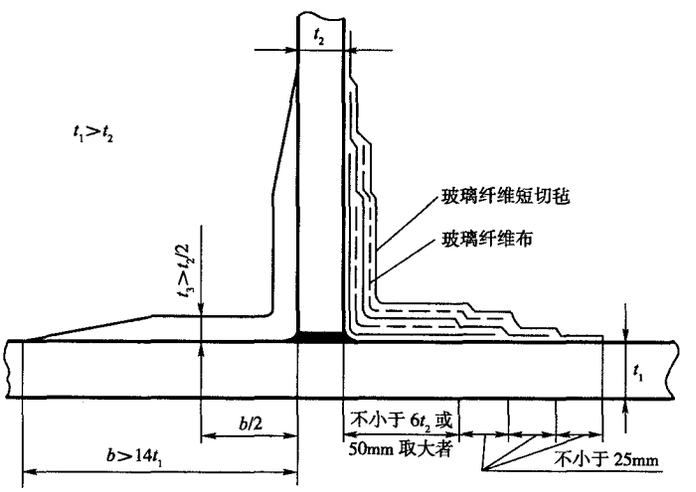


图　4.2.4

片应比前一层两边都宽25mm。这里所指的一层可以由总厚度不大于2mm的若干条同样宽度的增强材料叠铺而成。

4.2.6　甲板需要分段连接时，接头应当设在舱壁与甲板横梁或强横梁与横梁之间。甲板对接接头应采用图4.2.3(1)、(2)的型式。

4.2.7　纵向桁材和骨材穿过横向构件处的连接方式，可采用图4.2.7的形式。连接支承构件的加强板应不小于桁材或纵向骨材底部搭接边的宽度，其厚度应不小于桁材或纵向骨材底部搭接边的厚度。

4.2.8　积层板一般应避免采用二次胶接。若必须采用二次胶接时，其胶接面的最后一层增强材料应当采用玻璃纤维短切毡。胶接前应将已固化构件的待胶接表面打毛，并清除石蜡、油脂、污物和灰尘。二次胶接的第一层增强材料应采用玻璃纤维短切毡。对于承受交变等动载荷的接点，除了用胶粘剂作两次胶接外，应在外面糊GFRP增强角材。见图4.2.8。

4.2.9　连接GFRP的典型增强角材见图4.2.9。每个增强角材宽度之半处的厚度不应小于下列各

项规定之值。

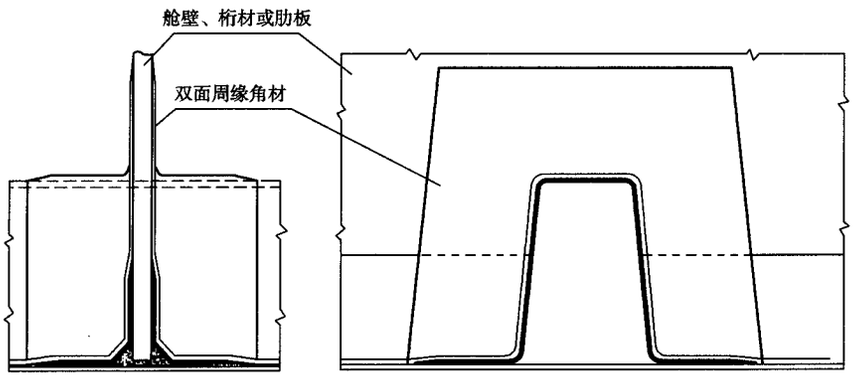


图 4.2.7 纵向和横向构件的连接

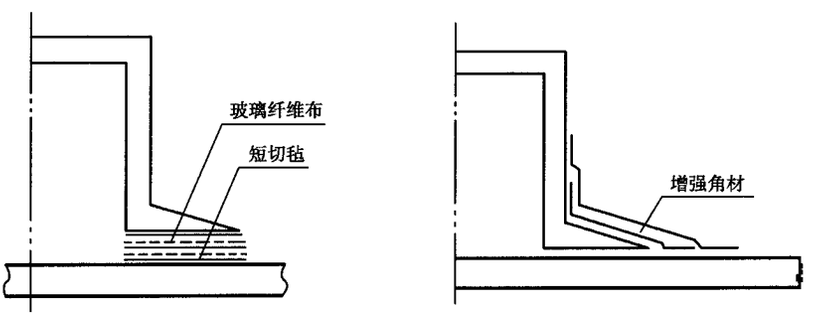


图 4.2.8 二次胶接

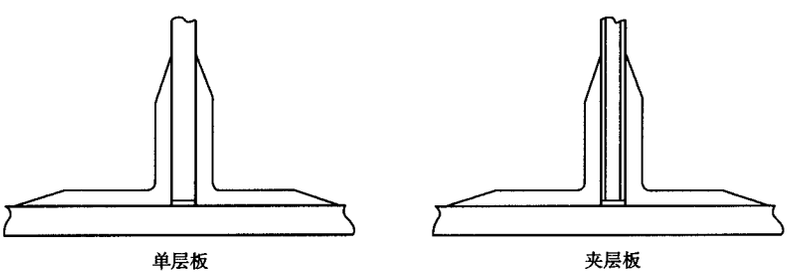


图 4.2.9 GFRP 构件的增强角材

(1) 单层板与单层板 两个连接的层板中较薄板板厚的一半。

(2) 夹层板与夹层板 两个连接的夹层板中较薄板的表层板厚。

(3) 夹层板与单层板 单层板板厚的一半或夹层板表层的板厚,取其中小者。

同时每个增强角材的厚度也不应小于下面规定之值:

当 $L<18$m 时: 最小厚度为 4mm;

当 $18\text{m}\leqslant L<27.5$m 时: 最小厚度为 5mm;

当 $27.5\text{m}\leqslant L$ 时: 最小厚度为 6mm;

4.2.10 GFRP 积层板的所有裸露边缘都应用树脂封闭,夹层板的边缘及其开孔的边缘应用浸透树脂的短切纤维毡封闭。为了疏水或通过电缆而在夹层板或扶强材内设置的套管应埋在衬垫混合物内。

4.2.11 夹层板或扶强材内设置的套管应用衬垫混合物包裹。

第3节　机械连接

4.3.1　一般规定

4.3.1.1　机械连接可用于积层板与积层板或金属构件与积层板之间的连接。连接材料如螺栓、螺钉和铆钉等。

4.3.1.2　机械连接件应尽可能与积层板垂直贯通，积层板连接孔内应涂抹足够的树脂或树脂腻子等。

4.3.1.3　采用螺栓或螺钉的连接方式，应遵循下述规定：

（1）　螺栓或螺钉的直径应不小于被连接件中的最小厚度，且不小于6mm；

（2）　螺栓及垫片应采用不锈钢件或镀锌；

（3）　螺栓组应受力均匀，并采取防止松动及渗漏措施；

（4）　若螺栓或螺钉的直径为 d，则螺栓孔的中心距应不小于 $3d$ 且不大于肋距，螺栓孔中心距积层板边缘的距离应不小于 $3d$，螺栓孔与螺栓的直径之差应小于0.4mm；

（5）　垫圈直径应不小于螺栓直径的2.5倍。

4.3.1.4　承受较小负荷而又不便使用贯穿螺栓部位的连接可使用自攻螺钉。自攻螺钉应当固定在有牙金属条板或同等物件上。自攻螺钉不得用以连接厚度小于5mm的积层板。

4.3.2　芯材的连接

4.3.2.1　参与强度计算的骨架的有效芯材以及用木材为芯材的桁材、纵向骨材等，其芯材的接头应采用嵌接。

4.3.2.2　木质芯材的连接接头应为斜嵌接，并可带有钩槽、锁键或同时带有钩槽和锁键。

4.3.2.3　嵌接接头的坡度应不大于1:6。每个嵌接端和钩槽的高度及每只键的宽度和高度，约为构件高度的25%（见图4.3.2.3）。

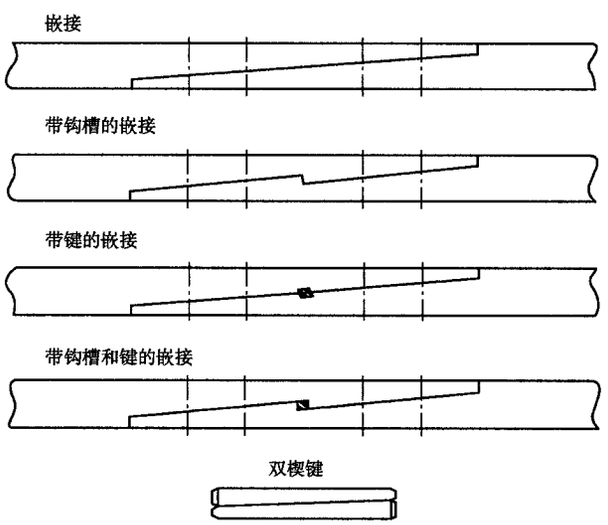


图　4.3.2.3

4.3.2.4　具有两个或更多个嵌接接头的构件，接头的间距应不小于1.5m。

4.3.2.5　芯材连接螺栓的直径约为构件宽度的17%，每个嵌接接头的连接螺栓应不少于4只。

垫圈的材料应与螺栓相同,并且在螺栓头和螺帽的下面均应安放垫圈。

4.3.3 甲板与船体外板的连接

4.3.3.1 甲板与船体外板的连接螺栓直径和螺栓间距参照表4.3.3.1的要求,中间值可采用内插法求取。

连接螺栓以及甲板与船体外板连接角材的搭接宽度 表4.3.3.1

船长 L (m)	连接螺栓			最小搭接宽度 (mm)
	最小螺栓直径 (mm)	最大螺栓间距(mm)		
		无限航区	限定航区	
9	6.50	152.5	228.5	63.5
12	7.75	165.0	241.5	75.0
15	9.00	177.5	254.0	87.5
18	10.25	190.5	266.5	100.0
21	11.50	203.0	279.5	112.5
24	12.75	216.0	292.5	125.0
27	14.00	228.5	305.0	137.5
30	15.25	241.5	317.5	150.0
33	16.50	254.0	330.0	162.5
35	17.35	262.5	341.0	171.0

4.3.3.2 当采用GFRP角材胶接时,角材折边的厚度至少等于船体外板或甲板板厚的一半,取其中大者。角材折边的宽度参照表4.3.3.1中的搭接宽度要求。

4.3.3.3 甲板与船体外板的连接处应采用金属、木材、橡胶、塑料或其他经认可的材料制成的护条、嵌线、护舷材或扶手等加以保护。防护条的尺寸及其耐磨程度,视船在使用中可能碰撞的严重程度而定。

4.3.3.4 防护条的安装方式应使其在修理或更换时不致影响甲板与船体外板连接的完整性。

4.3.4 船体结构节点

4.3.4.1 船体结构的节点连接形式及接要求见附录A。

第五章 船体结构

第1节 通 则

5.1.1 一般规定

5.1.1.1 本章适用于具有连续甲板结构的船舶。

5.1.1.2 本章适用于下列主尺度比范围的船舶：

(1) 海船：$L/D \leqslant 14$；$B/D \leqslant 2.5$；

(2) 河船：$L/D \leqslant 18$；$B/D \leqslant 4$。

对于主尺度比超出上述范围的GFRP渔业船舶，将予以特别考量，对其结构尺寸予以适当修正。

5.1.1.3 对船长小于12m的无甲板船舶，本章规定可适当放宽，但应经本局同意。

5.1.2 积层板厚度

5.1.2.1 每层以玻璃纤维及其制品增强的层板厚度 t 可按下式求得：

$$t = \frac{W_g}{10\gamma_R \cdot G} + \frac{W_g}{1000\gamma_G} - \frac{W_g}{1000\gamma_R} \quad (\text{mm})$$

式中：W_g——玻璃纤维短切毡或方格布的单位面积设计重量，g/m^2；

γ_R——固化后的树脂比重，可取1.2，如果在树脂液内添加填料等时例外；

G——层板的玻璃纤维含量(质量比)，%；

γ_G——玻璃纤维短切毡或方格布的比重，除有特别规定外，一般取2.5。

5.1.2.2 对于采用玻璃纤维短切毡及方格布以外的玻璃纤维增强材料制成的积层板厚度，应按照材料生产厂商提供的材料性质计算，并经本局同意。

5.1.2.3 实际积层板的厚度因树脂多少的原因，与按5.1.2.1计算的结果可能有约±15%之误差。在考量积层板的力学性能时，实际积层板的厚度可按上述计算值予以校对。

5.1.2.4 本章所规定的板厚，不包含小于$300g/m^2$的毡或任何重量的布与胶衣树脂一起构成的表面层。

5.1.3 积层板力学性能

5.1.3.1 本章GFRP构件尺寸以玻璃纤维短切毡和玻璃纤维布交替铺敷成型的积层板为基准，其力学性能指标应不低于表3.1.3(5)所列值。

5.1.3.2 当设计采用的积层板的力学性能高于5.1.3.1基准要求时，可按下列规定进行修正：

(1) 规范要求的积层板厚度乘以按照下列公式计算所得系数中的大者：

$$K_1 = (175/\sigma_b)^{1/2}$$

$$K_1 = (7000/E_b)^{1/3}$$

式中：σ_b——设计采用的积层板弯曲强度，MPa；

E_b——设计采用的积层板弯曲模量，MPa。

（2） 规范要求的剖面模数乘以按照下列公式计算所得系数中的大者：

$$K_2 = 175/\sigma_b$$

$$K_2 = 126/\sigma_t$$

式中：σ_b——设计采用的积层板的弯曲强度，MPa；

σ_t——设计采用的积层板的抗拉强度，MPa。

5.1.4 带板

5.1.4.1 本篇所要求构件的剖面模数，除另有规定外，均为连同带板的有效值。

5.1.4.2 带板为单层板时，带板的有效宽度 b_e 按下列公式计算，取其小者：

$$b_e = S \quad \text{mm}$$

$$b_e = 20t + b_s \quad \text{mm}$$

式中：t——带板实际厚度，mm；

S——骨材间距，mm；

b_s——骨材底脚的宽度，mm，见图 5.1.4.2。

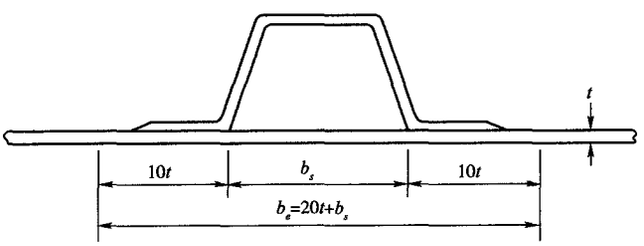


图 5.1.4.2

5.1.4.3 带板为夹层板时：

（1） 如芯材为泡沫塑料、轻木等无效芯材时，带板的有效宽度 b_e 按下列公式计算，取其小者：

$$b_e = S \quad \text{mm}$$

$$b_e = 11d \quad \text{mm}$$

（2） 如芯材为胶合板等有效芯材时，带板的有效宽度 b_e 按下列公式计算，取其小者：

$$b_e = S \quad \text{mm}$$

$$b_e = 35d \quad \text{mm}$$

式中：d——带板的两面板厚度中心线的距离，mm；

S——骨材间距，mm。

5.1.5 帽型材

5.1.5.1 帽型剖面构件的腹板高度 h 与厚度 t 之比值以及顶板宽度 b 与厚度 t_1 之比值应符合下列规定。见图 5.1.5.1。

$$h/t \leqslant 30$$

$$b/t_1 \leqslant 20$$

$b_1 \geqslant 0.2h$ 且 $b_1 \geqslant 50\text{mm}$，也不必大于 $6t$。

$$b_2 \approx 3t$$

5.1.5.2 帽型材的芯材应满足 2.3.5 的要求。

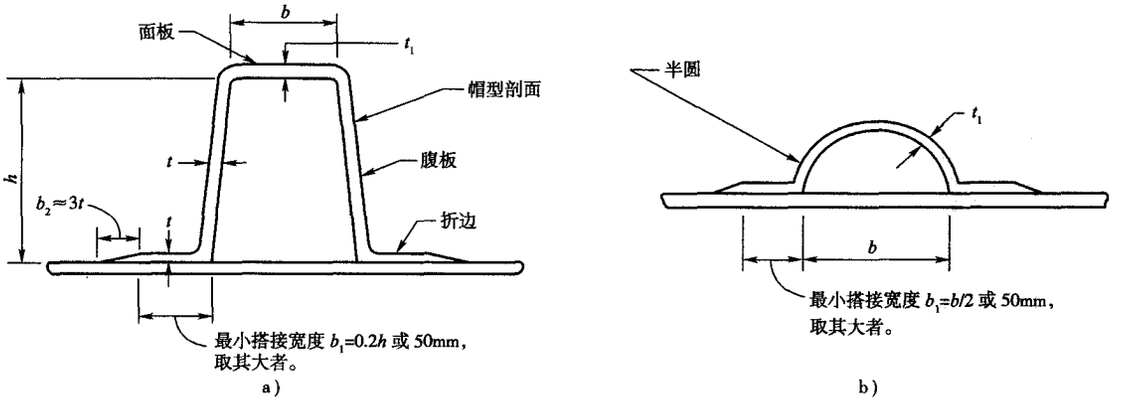


图 5.1.5.1

5.1.5.3 本章相关公式中的计算结果，对于帽型结构，尚应满足下列要求：

(1) 帽型材顶部的面积应不小于型材面板的计算面积；

(2) 用无效芯材时，帽型材每侧腹板的厚度，应不小于型材腹板计算厚度的0.7倍。

5.1.6 夹层板结构

5.1.6.1 如船体外板、甲板或舱壁采用夹层板结构时，其内、外积层板的厚度比应不小于0.8，否则其结构尺寸应予特别考虑。

5.1.6.2 夹层板结构，其芯材原则为一层构成，芯材的厚度应不大于25mm。若芯材为特殊组成与设计，其厚度需增加，则应经本局认可。材料试验包含芯材之接合面时，芯材可计入强度。

5.1.7 对航行作业于遮蔽水域和内河的船舶的折减

5.1.7.1 对航行作业于遮蔽水域的海洋船舶，除支撑甲板货物的甲板结构构件，支撑重货物的内底板结构构件及深舱结构构件外，其他部位的板厚可减少5%，总纵强度可减小5%，骨材的剖面模数可减少7.5%。

5.1.7.2 对于内河船舶，除支撑甲板货物的甲板结构构件，支撑重货物的内底板结构构件及深舱结构构件外，其他部位的板厚可减少10%，总纵强度可减小10%，骨材的剖面模数可减少15%。

第2节 结构设计原则

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 船体结构设计应保证船舶能够承受营运期间可能遭受的最大外力。

5.2.1.2 可采用直接计算法设计船体结构，从GFRP湿态强度极限值考虑，所取安全系数应不小于4。相对挠度应不大于$L/500$。

5.2.1.3 本章的规定适用于单板结构的船体外板，包括一系列扶强材加强的GFRP外板及甲板；或夹芯结构的船体外板，该夹芯结构包括由GFRP积层于芯材两侧而构成，并假定芯材及面材为有效结合。夹芯结构的GFRP板块受侧向负荷时，面材承受弯曲力矩而芯材承受剪力。

5.2.2 结构连续性

5.2.2.1 船中$0.5L$区域与艏艉端之间构件尺寸变化应逐渐过渡。

5.2.2.2 参与船体总纵强度的纵向构件，除在整体舱柜的端壁处中断外，一般应在整个船长范围内保持连续。船底部和主甲板的纵向强力构件应尽可能设置在同一垂直平面内。纵向次要构件在舱壁处中断时，应设置连接肘板以保证结构的纵向连续性。位于舱壁两侧的纵向构件和肘板均应对齐。

5.2.2.3 横骨架式结构的横向构件也应尽可能保持连续。横向次要构件在纵舱壁或纵向主要构件处中断时，同样应设置肘板，且骨材和肘板均应对齐。

5.2.2.4 船底实肋板、舷侧强肋骨以及甲板强横梁应布置在同一横剖面内，并牢固连接。强肋骨与强横梁的连接处应设肘板，肘板的臂长应不小于肋骨跨距的1/8。特殊情况应经本局同意。

5.2.2.5 支柱和舱壁应上下对齐，以提供有效支撑和减小偏心负荷。上层建筑或甲板室内的强力隔壁应与船体内主要构件布置在同一平面内。

5.2.2.6 主甲板上有台阶时，应将台阶两侧的甲板至少在1个肋距内缓慢倾斜并有效连接，或将主甲板边板自台阶端壁处至少延伸2个肋距，并以适当方式有效连接，以确保强度的连续性。

5.2.2.7 主要支承构件应布置成能确保有足够的强度连续性。应避免高度或横截面突变。

5.2.2.8 应特别注意下列部位结构的连续性：

（1） 船体构架型式变化处；

（2） 主要或次要构件的连接处；

（3） 艏艉端和机舱；

（4） 上层建筑及甲板室的端部。

5.2.2.9 在结构不连续会产生应力集中处，应提供足够的补偿和加强。

5.2.2.10 除特殊情况经验船机构同意外，所有构件的端部均应连接于其支承构件上。

5.2.2.11 船体的附体应与船体内主要构件布置在同一平面上。

5.2.3 结构中断处的补强

5.2.3.1 舷侧顶列板在上层建筑中断的部位应按下述要求予以加强：

（1） 在船中部0.4L区域，厚度应增加30%，增厚范围在中断端壁的每侧应不小于$B/6$或1.0m，取其大者；

（2） 在船中部0.4L区域以外，厚度应增加15%，增厚范围同本条(1)；

（3） 舷顶列板的宽度应不小于0.4m。

5.2.3.2 上层建筑中断部位的上甲板边板应予增厚，中断部位在船中部0.4L区域时应增加30%，在其他区域应增加15%。增厚部位的宽度应不小于0.4m，增厚的长度在上层建筑端壁的每侧各不小于B/6或1m，取其大者。

5.2.3.3 当上层建筑在位于船中部0.4L区域中断时，侧壁板应逐渐消失过渡到舷顶列板，过渡长度不小于上层建筑高度，并用扶强材支撑。在其他区域中断时，过渡长度可适当减少。

5.2.3.4 上层建筑端部的下面应设支柱、隔壁、舱壁或其他强力构件以支撑上层建筑。

5.2.4 开口

5.2.4.1 在高应力区域应尽量避免开孔。如果必须，则开孔形状应特殊设计以减小应力集中因素。

5.2.4.2 应尽量避免在外板上特别是靠近干舷甲板的区域开口，如需开口，所有开口应有足够大的圆角；开口直径大于150mm时，应在周边至少加厚50%予以补偿，加厚范围应不小于两倍开口直径区域。

5.2.4.3 船体外板及舷墙上开口的位置，应避开上层建筑的端部。任何在船体外板上接近上层建

筑端部必须的开口，应尽可能减小，且开成圆形或椭圆形。

5.2.4.4 甲板开口角隅的圆弧半径应不小于开口宽度的1/10，且在角隅处应适当加强。

5.2.4.5 甲板开口距甲板边缘或舱口侧边的距离，应不小于开口宽度的1.5倍，否则应作保证该断面面积至少相等的补强，且前后各延伸500mm。

5.2.4.6 上层建筑或甲板室侧壁上如开门、窗、孔，其角隅尽可能为圆角，若需用直角开口，则应进行足够的加强。

5.2.4.7 主要骨材上如需开孔通过电缆、管路时，开孔角隅应为圆角；开孔的边缘至骨材顶板的距离应不小于骨材腹板高度的40%；开孔高度超过桁材或强横梁腹板高度的1/3时，开口必须补强。但上述构件的端部不应开孔。

5.2.4.8 为了疏水或通过电缆而在夹层板或扶强材内设置的套筒应埋在衬垫混合物内。

5.2.4.9 FRP单层板的所有开口的边缘都要用树脂封闭，夹层板的边缘及其开孔的边缘应用浸透树脂的毡封闭。

5.2.5 骨材间距

5.2.5.1 船体肋骨或纵骨的标准间距为500mm。距艏垂线0.2L向前区域内及艉尖舱内肋骨间距应不大于500mm。肋骨间距为750mm或以上时，应对船体主要构件的结构及尺寸另行特别考虑。

5.2.5.2 船长小于20m船的肋骨或纵骨间距应不大于500mm。

第3节 总 强 度

5.3.1 最小中剖面模数

5.3.1.1 最小中剖面模数W应不小于按下式计算所得之值：

$$W = CL^2B_w(C_b + 0.7) \qquad \text{cm}^3$$

式中：C——系数，$C = 0.37L + 33$，但不小于40.4；

L——船长，m；

B_w——满载水线处的船宽，m；

C_b——船舶在满载水线下的方形系数。

5.3.2 中剖面惯性矩

5.3.2.1 中剖面惯性矩I应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 4.2WL \qquad \text{cm}^4$$

式中：W——按本节5.3.1.1计算的中剖面模数，cm^3；

L——船长，m。

5.3.3 中剖面模数的计算.

5.3.3.1 计算总纵强度时，通常取船中$\pm 5\%L$范围内结构最弱处的横剖面作为校核剖面。

5.3.3.2 所有在船中部0.4L范围内连续的船体纵向构件均可计入船中剖面模数，但上述构件上的开孔面积应予以扣除。

5.3.3.3 船中0.4L范围内，长度超过0.2L的上层建筑一般可认为参与总纵强度，但如上述上层建筑的侧壁上有大量开孔，且开孔纵向孔径之和超过该建筑长度的1/2，或上层建筑和甲板室与主船体

的连接采用弹性结构型式时，则认为该建筑不参与总纵强度。

5.3.3.4 结构芯材若采用木材或胶合板时，芯材的剖面模数可予以计入，计入时，将芯材横剖面面积乘以芯材的抗拉弹性模量与所包 GFRP 的抗拉弹性模量之比（该比值取值应不大于 1）。骨材芯材面积的折减应保持垂向高度不变，夹层板材的芯材仅在厚度方向予以折减。

5.3.3.5 对采用夹层结构作为部分船体构件的船舶，船体梁总纵弯曲时，由若干夹层结构构件组成的船中相当剖面模数 W_e 应按下式计算：

$$W_e = \frac{\sum E_i I_i}{EY} \qquad \text{cm}^3$$

式中：E——计算点处材料的弹性模量，MPa；

Y——计算点至船中剖面中和轴的垂向距离，cm；

E_i、I_i——分别为船中剖面的各个构件材料的弹性模量（MPa）和各个构件对船中剖面中和轴的惯性矩（cm^4）。

5.3.3.6 芯材计入纵向强度时，不论骨材或板材的芯材，其嵌接接头应符合 4.3.5 的规定。

5.3.4 特殊规定

5.3.4.1 对船长 $L<15\text{m}$，且 $L/D<12$ 的 GFRP 船舶，可免于校核船体的总纵强度及刚度。

第 4 节 船 体 外 板

5.4.1 龙骨

5.4.1.1 龙骨应在整个船长范围内保持连续。

5.4.1.2 平板龙骨

5.4.1.2.1 船体平板龙骨的厚度应不小于船底板厚度的 1.5 倍，宽度应不小于 0.1 倍的船宽，见图 5.4.1.2.1。

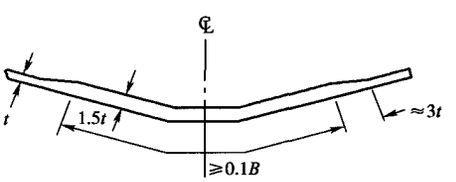


图 5.4.1.2.1

5.4.1.3 方龙骨和艉鳍

5.4.1.3.1 方龙骨的围长应不小于 0.1 倍的船宽。

5.4.1.3.2 方龙骨和艉鳍的尺寸应不低于图 5.4.1.3.2 所示的规定，且应加横隔板或有适当的填充，以保证有足够的刚性。

5.4.1.3.3 若方龙骨内加固定压载，则方龙骨的增厚部位应不小于 $2.0t$，如图 5.4.1.3.3 所示。图中 b_1 为龙骨底部的宽度，其值不应小于 250mm。H_1 为龙骨底部厚度向龙骨每侧延伸的高度，$H_1=0.5b_1$。

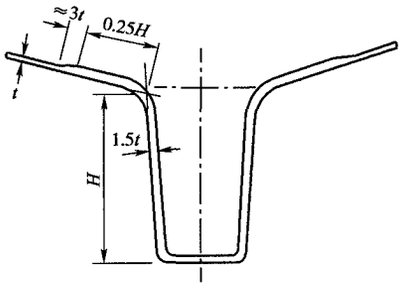


图 5.4.1.3.2

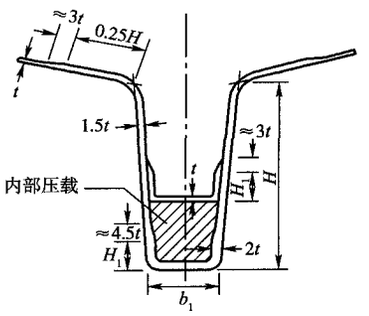


图 5.4.1.3.3

5.4.2　船中部0.4*L*区域船体外板

5.4.2.1　单板结构的船体外板厚度

5.4.2.1.1　舷侧外板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 13.96s\sqrt{d + 0.026L} \quad \text{mm}$$

式中：s——肋骨或纵骨间距，m；

d——设计吃水，m；

L——船长，m。

5.4.2.1.2　船底板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 14.63s\sqrt{d + 0.026L} \quad \text{mm}$$

式中：s——肋骨或纵骨间距，m；

d——设计吃水，m；

L——船长，m。

5.4.2.1.3　船长大于30m时，舷顶列板应在船中部0.4*L*区域增厚50%，并逐步向艏艉端过渡到原外板厚度。舷顶列板的宽度不小于0.02*L*。符合本款规定时，上层建筑中断部位舷顶列板可不再按5.2.3.1的规定加强。

5.4.2.2　夹层板结构的船体外板厚度

5.4.2.2.1　夹层结构的船体外板厚度（即内层积层板、外层积层板及芯材的合计厚度）t 应不小于按下列公式计算所得之值，取其大者：

$$t = C_1 S(d + 0.026L) \quad \text{(mm)；或}$$

$$t = C_2 t_f \quad \text{(mm)}$$

式中：C_1——系数，$C_1 = C_3/\tau_a$；

τ_a——夹层板的剪切强度，MPa；

S——肋骨间距，m；

C_2及C_3——表5.4.2.2.1所列值，α及β值为表中的中间值时，C_2及C_3可以内插法求其值；

t_f——5.4.2.1规定的单板结构厚度，mm。

C_2及C_3值　　表5.4.2.2.1

β		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_2	$\alpha=0.8$	1.57	1.38	1.27	1.20	1.16	1.13	1.11	1.11	1.07
	$\alpha=1.0$	1.49	1.32	1.21	1.15	1.12	1.09	1.07	1.05	1.04
C_3		20.7	21.5	22.2	22.8	23.4	24.0	24.5	24.9	25.4

表中：α——GFRP外层积层板或内层积层板中，较薄板除以较厚板之值。

β——GFRP外层积层板与GFRP内层积层板厚度之和除以芯材厚度之值。

5.4.2.2.2　夹层结构船体外板的内层积层板与外层积层板各自的厚度，应大于按下式计算所得之值，且不得小于2.4mm。

$$t = 3.5\sqrt[3]{C_4 S^4 (d + 0.026L)^4} \quad \text{(mm)}$$

式中：C_4——系数，由下式计算所得之值：

$$C_4 = \frac{1}{t_c}\frac{E_c}{E_f}\left(\frac{1}{\sigma_c}\right)^4$$

E_f——内层积层板和外层积层板的弯曲弹性模数，MPa；

E_c——芯材的压缩弹性模数，MPa；

σ_c——芯材的压缩强度，MPa；

t_c——芯材厚度，mm；

S——肋骨间距，m。

5.4.3 船首、尾部船体外板

5.4.3.1 除5.4.3.3.1的规定外，单板结构的船首、尾部船体外板的厚度，可自船中部向艏、艉端逐渐减薄，艏、艉端部的船体外板厚度应不小于船中部船体外板厚度的85%。

5.4.3.2 夹层结构的船体外板船中部以外部分应与船中部结构相同。

5.4.3.3 船首部船底板的加强

5.4.3.3.1 船首部船底板在下列规定位置之前，如图5.4.3.3.1所示的船底斜度小于15°的平坦部分应予加强：

（1） $V/L^{1/2} \leqslant 1.5$： 距艏垂线0.25L

（2） $V/L^{1/2} > 1.5$： 距艏垂线0.3L

式中：V——船舶设计航速，kn；

L——船长，m。

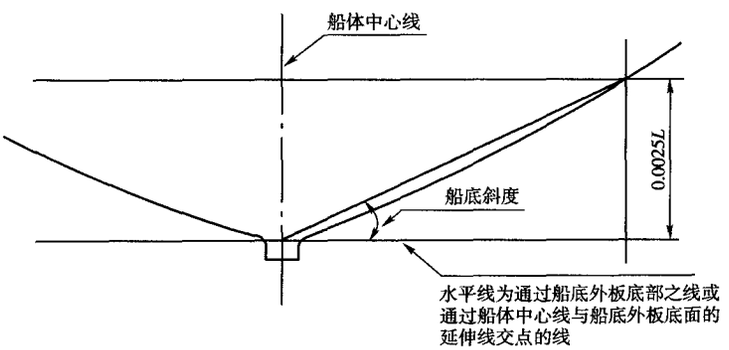


图5.4.3.3.1 船底斜度

5.4.3.3.2 船首部船底加强部位的单板结构船体外板的厚度t应不小于按下式计算所得之值：

$$t = CS\sqrt{L} \quad (\text{mm})$$

式中：C——系数，由表5.4.3.3.2查得，α为表中的中间值时，C以内插法求得；

S——船体外板板格短边长，即肋骨间距、桁材间距或纵骨间距，以较小者为准，m；

α——船体外板板格的长宽比，即肋骨间距、桁材间距或纵骨间距中的较大者除以S所得之值。

C 值 表5.4.3.3.2

α	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0及以上
C	5.20	5.80	6.18	6.42	6.55	6.61

5.4.3.3.3 夹层结构的船首部加强部位的船底板厚度，应大于按5.4.2.2.1计算所得之值。计算时C_3应取表5.4.2.2.1所列值的1.8倍。

5.4.3.3.4 船长小于20m，且航速小于14kn的GFRP船舶或经验船机构认为具有足够艏吃水的GFRP船舶，船首部加强部位的船底板厚度可适当减薄。

5.4.3.4　尖舭型船和有艉封板的船舶

5.4.3.4.1　尖舭型和有艉封板的船舶，其折角部位的外板厚度应在折角的两侧各不小于 $B/40$ 的范围内增厚 50%，如图 5.4.3.4.1。

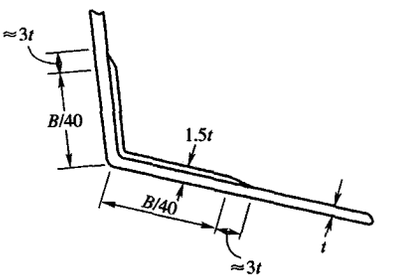


图　5.4.3.4.1

5.4.3.4.2　艉封板的厚度应不小于船中部舷侧外板的厚度，其骨材要求与舷侧外板的骨材要求相同。

5.4.3.4.3　安放舷外机和艉推进装置的艉封板一般应采用芯材为胶合板或类似的刚性和合适材料的夹层板，其厚度一般应不小于表 5.4.3.4.3 的要求。

夹层结构的艉封板厚度　　表 5.4.3.4.3

发动机功率 P (kW)	艉封板厚度(mm)	
	舷外机	艉推进装置
$18 \leqslant P < 30$	30	35
$30 \leqslant P < 60$	35	40
$60 \leqslant P < 150$	40	45
$P > 150$	按具体情况作特别考虑	按具体情况作特别考虑

5.4.3.4.4　艉封板的设计应确保由舷外机或艉推进装置引起的弯矩和推力传递至船体结构时不产生过度的应力。

5.4.3.5　局部加强

5.4.3.5.1　可能与锚、锚链等碰擦处的外板，应予适当加强。锚唇周围，应设置足够宽度的金属护板。

5.4.3.5.2　安装桅、吊杆牵索及链条眼板处的舷墙板厚度应在其前后不小于 1 个肋距的范围内增加 25%。

5.4.3.5.3　船底板在艉轴架、轴包套及有附体贯穿部位的厚度应至少增加 50%。承受局部负荷处，如螺旋桨上方和舵柱附近区域的船体外板应适当加强。

5.4.3.5.4　渔船或渔业调查船，在渔捞作业或其他作业可能致使船体外板严重磨损的部位，建议安装金属(或非金属)护板或滚轮。在小艇收放或放置的部位，应适当加强。在渔捞作业、泵水作业、装卸货作业或航行时可能与其他船接触的部位，也应适当加强。

5.4.3.5.5　在拖网绞架处的舷侧外板的厚度，应不小于按 5.4.2.1.1 及 5.4.2.2 所得板厚的 1.3 倍。若舷侧，装设两部或两部以上拖网绞架，则在该绞架间舷侧外板的最小厚度，应不小于按5.4.2.1.1 及 5.4.2.2 所得板厚的 1.2 倍。

在舷墙、舷顶列板及设计满载水线处应装设半圆金属或耐磨的非金属护舷杆，装设范围为自每一拖网绞架前支脚之前至少 $0.025L$ 处，延伸至该绞架支脚之后至少 $0.045L$ 处。上述范围的护舷材间应装设垂直或斜的半圆护舷杆。

5.4.3.5.6　艉滑道拖网渔船的滑道底板厚度，应不小于按 5.4.2.1.1 及 5.4.2.2 计算所得之值的 1.3 倍。滑道侧板的厚度，应不小于按 5.4.2.1.1 及 5.4.2.2 计算所得之值的 1.1 倍。

在滑道底板及滑道侧板易受到严重磨损的部位，建议装设金属护板。

5.4.4　特殊规定

5.4.4.1　长度小于 12m 的 GFRP 小艇可以无骨建造，即船体外板不设骨材加强。此种船型的船体外板厚度应适当增厚，并经本局同意。其内部舱柜、油柜、房间舱壁等应有骨材加强。

第5节 甲 板

5.5.1 一般规定

5.5.1.1 上甲板成阶梯式时，应按5.2.2.6的规定过渡。

5.5.2 甲板计算水头

5.5.2.1 露天干舷甲板及第一层上层建筑甲板距艏垂线0.3L处之前部分：

$$h = 0.02L + 0.76 \quad \text{m}$$

5.5.2.2 非露天干舷甲板及干舷甲板以下的其他甲板：

$$h = 0.01L + 0.61 \quad \text{m}$$

5.5.2.3 露天第一层上层建筑甲板距艏垂线0.3L处之后部分：

$$h = 0.02L + 0.46 \quad \text{m}$$

5.5.2.4 上述以外的其他甲板：

$$h = 0.01L + 0.30 \quad \text{m，且不小于0.46m。}$$

5.5.2.5 对于载货甲板，若载荷值(t/m^2)大于上述h值，应以实际载荷为准。

5.5.2.6 渔船若在甲板上装载渔获物时，h值按上述各条规定或下式计算所得之值，取其大者：

$$h = 0.023L + 1.0 \quad \text{m}$$

5.5.3 单板结构的甲板厚度

5.5.3.1 上甲板厚度

5.5.3.1.1 船中部的上甲板厚度t应不小于按下列各式计算所得之值：

(1) 对横骨架式

$$t = 18.0s\sqrt{h} \quad \text{mm}$$

(2) 对纵骨架式

$$t = 15.0s\sqrt{h} \quad \text{mm}$$

式中：s——骨材间距，m；

h——计算水头，m，见5.5.2。

5.5.3.1.2 船中部0.4L区域以外至端部，上甲板的厚度可逐渐减薄至0.85t。

5.5.3.1.3 船长大于30m时，甲板边板的厚度在船中部0.4L区应增厚50%，并逐渐向艏艉端过渡，甲板边板的宽度应不小于0.02L，此时，甲板边板在上层建筑中断处可不再按5.2.3.2的要求加强。

5.5.3.2 其他各层甲板的厚度

5.5.3.2.1 其他各层甲板的厚度t应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 13.0s\sqrt{h} \quad \text{mm}$$

式中：s、h同5.5.3.1。

5.5.3.3 船长小于12m的甲板厚度

5.5.3.3.1 当船长小于12m且无甲板货物时，甲板的厚度t应不小于按下式计算所得之值：

$$t = \sqrt{L + 10} \quad \text{mm}$$

5.5.3.4 顶棚甲板的厚度

5.5.3.4.1 船长不小于12m的船,其顶棚甲板的厚度t应不小于3.5mm;船长小于12m时,其顶棚甲板的厚度t应不小于3.0mm。

5.5.4 夹层结构的甲板厚度

5.5.4.1 夹层结构的甲板厚度(内层积层板、外层积层板及芯材的总厚度)t应不小于按下列公式计算所得之值,取其大者:

$$t = C_1 sh \qquad \text{mm}$$

$$t = C_2 t_f \qquad \text{mm}$$

式中:C_1、C_2——为5.4.2.2.1所规定之值;

s——甲板纵骨或甲板横梁的间距,m;

h——甲板计算水头,m,见5.5.2;

t_f——为5.5.3所规定的甲板厚度,mm。

5.5.4.2 夹层结构的内层积层板厚度与外层积层板厚度t均应不小于按下式计算所得之值,且不小于2.4mm。

$$t = 3.5\sqrt[3]{C_4 (Sh)^4} \qquad \text{mm}$$

式中:C_4——为5.4.2.2.2所规定之值;

S——甲板纵骨或甲板横梁的间距,m;

h——甲板计算水头,m,见5.5.2。

5.5.5 甲板的局部加强

5.5.5.1 甲板开口应按5.2.4的有关规定加强。

5.5.5.2 甲板上常有重物移动等易磨损的部位,应适当增加甲板厚度或以覆盖的方式予以保护。

5.5.5.3 安装受力设备或装载其他重物的甲板特别受力部位,应适当增强。

5.5.6 甲板防滑

5.5.6.1 船员经常活动的甲板面,应采取可靠的防滑措施。

5.5.7 甲板与船体外板的连接

5.5.7.1 甲板与船体外板的连接应符合4.3.6的规定。

5.5.7.2 所有连接均应采取搭接方式,并以螺栓固定。连接方式不同于本规定者,应经本局特别认可。

5.5.7.3 若采用折边形式连接,则船体外板折边及甲板折边的厚度应分别等于船体外板和甲板的厚度。

5.5.7.4 船体外板与甲板的接合面应以聚酯腻子或其他认可材料予以密合。

5.5.7.5 当采用GFRP角材胶接时,角材的厚度至少应为船体外板厚度或甲板厚度二者中较厚者的一半。

第6节 船底骨架

5.6.1 一般规定

5.6.1.1 中内龙骨应在全船范围内连续,并尽可能向艏艉端延伸。

5.6.1.2 若设有方龙骨且方龙骨的尺寸按本节的规定折算不小于5.6.2.1.1～5.6.2.1.3规定时，可以不设中内龙骨。

5.6.1.3 若机舱内设有前后贯通的基座纵桁，当其间距不超过2.0m，且在舱壁另一面有良好过渡时，可以不设中内龙骨，但中内龙骨应在中断处舱壁背面有不少于2个肋距的延伸过渡。

5.6.1.4 当中内龙骨距舭部转角的下缘大于2.0m时应设置旁内龙骨。

5.6.1.5 旁内龙骨应均匀设置并尽可能向艏艉延伸。

5.6.1.6 自船中部0.4L区域至艏艉端，中内龙骨及旁内龙骨腹板的厚度可逐渐减少到85%，面板剖面积可减少至80%。

5.6.1.7 单层底所有船底肋板、旁内龙骨、及非水密隔壁上均应预制或切割适当的流水孔，以确保舱底水自由到达污水阱。双层底的所有非水密肋板、旁桁材、船底及内底纵骨上均应有适当的流水孔和透气孔，以免水及空气聚积于舱内。孔的边缘应按照5.2.4.9的规定予以密封。

5.6.1.8 5.4.3.3所规定区域的船首底部的中内龙骨、旁内龙骨、肋板、船底骨材等的尺寸应予适当增加。

5.6.1.9 推力轴承附近的机舱底部桁材及肋板应适当加强。

5.6.2 横骨架式单层底结构

5.6.2.1 中内龙骨

5.6.2.1.1 中内龙骨腹板的高度h和厚度t应不小于按下列各式计算所得之值：

$$t = 0.4L + 4.7 \quad \text{mm}$$

$$h = 50l \quad \text{mm}$$

式中：l——肋板上表面处左右舷壳板之间的水平距离，m。

5.6.2.1.2 中内龙骨面板的宽度b和厚度t应不小于按下列各式计算所得之值：

$$b = 4L + 30 \quad \text{mm}$$

$$t = 0.4L + 4.7 \quad \text{mm}$$

5.6.2.1.3 机舱内中内龙骨的腹板及面板厚度，应分别不小于上述规定值的1.25倍。

5.6.2.2 旁内龙骨

5.6.2.2.1 旁内龙骨腹板的厚度t应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 0.3L + 3.5 \quad \text{mm}$$

5.6.2.2.2 旁内龙骨面板的宽度b及厚度t应分别不小于按下列各式计算所得之值：

$$b = 3.2L + 24 \quad \text{mm}$$

$$t = 0.3L + 3.5 \quad \text{mm}$$

5.6.2.2.3 旁内龙骨的高度应不低于该处肋板的高度。

5.6.2.2.4 机舱内旁内龙骨的腹板及面板厚度，应不小于5.6.2.1所规定的中内龙骨腹板及面板的厚度。

5.6.2.3 肋板

5.6.2.3.1 应在每个肋位处设置肋板。

5.6.2.3.2 肋板顶板的厚度应不小于该处腹板的厚度。肋板腹板的厚度t应不小于按下式计算所得之值，且不小于4mm：

$$t = 0.4L \quad \text{mm}$$

5.6.2.3.3 肋板的剖面模数W应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 34shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——肋距，m；

h——计算水头，自 l 的中点至基线向上 $d + 0.026L$ 点间的垂直距离，但不小于 $0.5D$，m；

l——肋板跨距，m。

5.6.2.3.4 除船首部船底的加强按 5.6.1.8 的规定外，船中部 $0.4L$ 区域以外至艏、艉端，肋板厚度和剖面模数可逐渐减小至 85%。

5.6.2.3.5 与主机基座隔板及肘板相连的肋板，其厚度应不小于中内龙骨的厚度，其剖面模数应增加 50%。

5.6.2.3.6 横舱壁下的肋板，应满足所在部位的水密舱壁或深舱壁的要求。

5.6.3 纵骨架式单层底结构

5.6.3.1 船底纵骨应连续不间断，或按 5.2.2.2 的要求在中断处设置肘板。

5.6.3.2 纵骨架式单层底结构的中内龙骨及旁内龙骨应符合 5.6.2.1 及 5.6.2.2 的规定。

5.6.3.3 支承船底纵骨的肋板间距，在机舱区域，应不超过 1m，在主机至推力轴承之间，应不超过 0.5m，在其他区域，应不超过 2m。肋板应符合 5.6.2.3 的规定。

5.6.3.4 船底纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 48shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

h——计算水头，自船底纵骨至基线向上 $d + 0.026L$ 点间的垂直距离，但不小于 $0.5D$，m；

l——纵骨跨距，m。

5.6.4 双层底

5.6.4.1 一般要求

5.6.4.1.1 本条规定适用于船底部分或全部为双层底的结构。

5.6.4.1.2 双层底内淡水舱与油舱间应设置油/水密结构的隔离空舱。

5.6.4.1.3 测深管处下面的船底板，应适当增厚或以适当方式保护。

5.6.4.1.4 构成深舱的内底板、桁材腹板及肋板的厚度及其扶强材，除符合本条桁材腹板及肋板规定外，还应符合本章第 10 节深舱的有关规定。

5.6.4.1.5 双层底中断处船底纵向骨架应保持连续性。中断区域的单层底中内龙骨和旁内龙骨应为双层底中桁材和旁桁材的直接延续部分。

5.6.4.2 内底板

5.6.4.2.1 内底板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，且应不小于船底板厚度的 85%：

$$t = 11S\sqrt{d} \qquad \text{mm}$$

式中：S——肋距或纵骨间距，m；

d——吃水，m。

5.6.4.2.2 内底板应与舷侧外板及舱壁等牢固连接。

5.6.4.3 中桁材

5.6.4.3.1 中桁材的厚度，应符合 5.6.2.1.1 对中内龙骨腹板的规定。

5.6.4.4 旁桁材

5.6.4.4.1 当中桁材距舭部转角下缘的距离大于 2.0m 时，应设置旁桁材。

5.6.4.4.2 旁桁材的厚度应符合5.6.2.2.1对旁内龙骨腹板的规定。

5.6.4.5 实肋板

5.6.4.5.1 实肋板间距应不大于2.4m,且应在下列处所设置实肋板:

(1) 机舱内主机座范围每个肋位应设1实肋板,主机座范围外应不超过2个肋位设1实肋板;

(2) 推力轴承座下方(如设有时);

(3) 横隔壁下方;

(4) 5.4.4.3所规定的船首底部范围。

5.6.4.5.2 实肋板的尺寸应符合5.6.2.3的规定。

5.6.4.5.3 单板结构的实肋板应设置加强材,其间距应不大于1.2m。

5.6.4.5.4 肋板上设有人孔或减轻孔时,应以适当方式加强。

5.6.4.5.5 水密肋板除应符合本节的规定外,还应符合本章第9节水密舱壁的相应规定。

5.6.4.6 横骨架式组合肋板

5.6.4.6.1 双层底采用横骨架式结构时,在不设置实肋板的肋位上应设置组合肋板。

5.6.4.6.2 若船底横向骨材无撑柱时,其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 30Shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中:S——肋骨间距,m;

h——计算水头,$h = d + 0.026L$ 或货物重量的水头,m,取其大者;

l——主要构件(如中桁材、旁桁材等)的间距,m。

5.6.4.6.3 若内底板横向骨材无撑柱时,其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 25.5Shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中:S——肋骨间距,m;

h——计算水头,$h = d + 0.026L$ 或货物重量的水头,m,取其大者;

l——主要构件(如中桁材、旁桁材等)的间距,m。

5.6.4.6.4 若船底横向骨材及内底板横向骨材设有撑柱时,其剖面模数 W 可适当减小。

5.6.4.7 纵骨架式船底纵骨

5.6.4.7.1 船底纵骨的结构尺寸应符合5.6.3.4的规定。

5.6.4.7.2 内底板纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 45.6Shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中:S——纵骨间距,m;

h——计算水头,取自实肋板跨距 l 的中点至基线向上 $d + 0.026L$ 点间的垂直距离,或货物重量水头,取其大者,m;

l——实肋板跨距,m。

第7节 舷侧骨架

5.7.1 横骨架式舷侧结构

5.7.1.1 肋骨跨距大于2.4m时,应设置舷侧纵桁,舷侧纵桁的尺寸与强肋骨相同,且每4个肋距应设有舱壁或强肋骨以支持舷侧纵桁。

5.7.1.2 当舷侧纵桁支撑肋骨时,肋骨的剖面模数可减少至按5.7.1.6计算所得值的50%。

5.7.1.3 在机舱区域,应设置间距不大于4个肋距的强肋骨,其剖面模数应不小于相邻肋骨剖面

模数的4倍,腹板的横剖面面积应不小于相邻肋骨腹板横剖面面积的2倍。

5.7.1.4 其他舱长度超过4m时,应设强肋骨或将肋骨的剖面模数增大50%。

5.7.1.5 距艏垂线0.15L范围内的肋骨和强肋骨的剖面模数应分别按5.7.1.6和5.7.2.4计算所得值增加15%。

5.7.1.6 肋骨的剖面模数W应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 26shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中:s——肋骨间距,m;

l——肋骨跨距,舷侧处自内底板或单底肋板上缘至甲板横梁上缘的垂直距离,m。距艏垂线0.25L处之后的肋骨跨距在舯部量取;距艏垂线0.15L处至0.25L处之间的肋骨跨距应取该区域中最大的肋骨跨距;距艏垂线0.15L处之前的肋骨跨距在距艏垂线0.15L处量取;

h——跨距中点到舷侧主甲板下缘的垂直距离,且不小于$\sqrt{D}$,m。

5.7.1.7 深舱区域肋骨的剖面模数应不小于按深舱扶强材计算所得的剖面模数。

5.7.2 纵骨架式舷侧结构

5.7.2.1 舷侧纵骨的剖面模数W应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 48shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中:s——纵骨间距,m;

l——纵骨跨距,取横隔舱壁之间、强肋骨之间隔或横向隔舱壁与强肋骨之间的距离,m;

h——纵骨距船中部甲板边线的垂直距离,m,且不小于$\sqrt{D}$。

5.7.2.2 当船长小于20m,型深小于0.9m时,可不设舷侧纵骨,但应在舷侧采取折角、折边等措施,并校核船体的总纵强度。

5.7.2.3 船中部之前和之后区域,纵骨的剖面模数可向艏艉端逐渐递减,至艉端处可为5.7.2.1所规定值的85%,距艏垂线0.15L之前区域的纵骨的剖面模数应满足5.7.2.1的要求。

5.7.2.4 强肋骨的间距应不大于2m,其剖面模数W应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 30Shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中:S——强肋骨间距,m;

l——强肋骨跨距,m;

h——跨距l的下端到基线向上(d+0.026L)点间的垂直距离,m,且不小于0.5D。

第8节 甲板骨架

5.8.1 一般规定

5.8.1.1 露天甲板的梁拱高度建议采用$B/50$。

5.8.1.2 在甲板室的端部及角隅处、上层建筑两端、承载集中载荷的纵、横骨材的下方,应采用支柱或其他适当的方法予以支撑。支撑甲板的支柱,应符合5.8.4的规定。

5.8.1.3 安装桅杆、吊杆、甲板机械等受力构件部位的甲板骨架应适当加强。

5.8.1.4 舱口部位应设有短桁材支撑。

5.8.2 横骨架式

5.8.2.1 每个肋位均应设置横梁,且应与肋骨对正。横梁与肋骨应以肘板或其他等效的方式牢固

连接。肘板的臂长应不小于5.7.1.6中规定的肋骨跨距 l 值的1/8。

5.8.2.2 横梁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 19shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——横梁间距，m；

l——横梁跨距，m，取自肘板内侧至最近的甲板主要构件或甲板主要构件间的水平距离，但船中部跨距取值应不小于 $0.25B$，船首、尾部主甲板横梁以及上层建筑和甲板室甲板横梁跨距取值应不小于 $0.2B$；

h——甲板计算水头，m，见5.5.2。

5.8.2.3 支撑横梁的甲板纵桁，其间距应不大于2.4m。

5.8.2.4 甲板纵桁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = CShl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：C——系数，船中部为19，其他部位为16；

S——甲板纵桁支撑的甲板面积的平均宽度，m；

h——甲板计算水头，m，见5.5.2；

l——甲板纵桁的跨距，m，支柱之间或支柱与舱壁之间的距离，取其大者。

5.8.2.5 甲板纵桁承受集中载荷时，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = CShl^2 + 0.1cPl \qquad \text{cm}^3$$

式中：C、S、l、h 同5.8.2.4；

P——集中载荷，kN；

c——集中载荷位置系数，按表5.8.2.5选取。

系 数 c 表5.8.2.5

k	1	3	5	7	9	11	13	15
c	25	20	15.5	11.5	8.4	6.0	4.5	3.7

k——纵桁支撑点距集中载荷中心的长边与短边的比值。

5.8.3 纵骨架式

5.8.3.1 船中部的甲板纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 16.5shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

l——纵骨跨距，m，强横梁之间或强横梁与舱壁之间的距离，取其大者；

h——甲板计算水头，m，见5.5.2。

5.8.3.2 船中部 $0.4L$ 区域至船端部，甲板纵骨的剖面模数 W 可逐渐减小至5.8.3.1规定值的85%。

5.8.3.3 支撑甲板纵骨的强横梁间距应不大于4个肋距，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 16.5Shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：S——强横梁间距，m；

l——强横梁跨距，m，舷侧与舷侧之间，或舷侧与支柱（或纵舱壁）之间，支柱与支柱之间的距离，取其大者；

h——甲板计算水头，m，见5.5.2。

5.8.4 支柱

5.8.4.1 一般规定

5.8.4.1.1 支柱下的支承结构应具有足够的强度,以有效地分散荷重。甲板间的支柱应尽可能与下面的支柱在同一垂直线上。当上下支柱不在同一垂直线上时,应采取有效措施将载荷传递到下面的支柱上。

5.8.4.1.2 双层底和深舱内不应选用管型支柱或空心矩形剖面的支柱。

5.8.4.1.3 支柱的尺寸应符合本条的规定。钢质支柱的尺寸也可按附录 B 选取。

5.8.4.2 支柱的负荷

5.8.4.2.1 支柱所承受的载荷 P 应按下式计算:

$$P = 7.06abh + P_0 \qquad \text{kN}$$

式中:a——支柱所支持的甲板面积的长度,m,见图 5.8.4.2.1;

b——支柱所支持的甲板面积的平均宽度,m,见图 5.8.4.2.1;

h——支柱所支持的甲板的计算水头,m,见 5.5.2;

P_0——上方支柱所传递的载荷,kN。

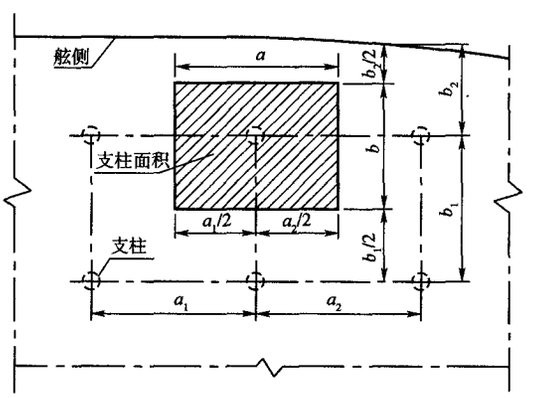


图 5.8.4.2.1

5.8.4.2.2 当上下支柱不在同一垂直线上时,则下方支柱的负荷 P 应按下式计算:

$$P = 7.06abh + cP_0 \qquad \text{kN}$$

式中:a、b、h——见 5.8.4.2.1;

P_0——上方支柱的载荷,kN;

c——系数,$c = 2(l_1/l)^3 - 3(l_1/l)^2 + 1$;

l——下方相邻两支柱中心线之间或支柱中心线与舱壁间的距离,m;

l_1——上方支柱中心线与下方计算支柱中心线之间的距离,m。

5.8.4.3 支柱的剖面积

5.8.4.3.1 钢质支柱的剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值:

$$A = \frac{P}{12.26 - 5.1l/r} \qquad \text{cm}^2$$

式中:P——支柱所承受的载荷,kN,按 5.8.4.2 的规定计算;

l——支柱有效长度,m,取支柱总长的 0.8 倍;

r——支柱剖面的最小惯性半径,cm;$r = (I/A)^{1/2}$,其中 I 为支柱剖面最小惯性距,cm^4,A 为支柱剖

面面积，cm^2；对实心圆形支柱，$r=0.25D$；对空心圆形支柱，$r=0.25(D^2+d^2)^{1/2}$，其中 D 为支柱外径，d 为支柱内径，cm。

5.8.4.3.2 铝质支柱的剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

$$A=\frac{2.17abh}{1.72-l/r} \qquad cm^2$$

式中：a、b、h——见5.8.4.2.1；

l——支柱有效长度，m，取支柱全长的0.8倍；

r——支柱剖面的最小惯性半径，cm。

5.8.4.4 支柱的壁厚

5.8.4.4.1 管形支柱、组合型支柱的壁厚应不小于4mm。

5.8.4.4.2 鱼舱内宜选用厚壁型支柱。

5.8.4.5 支柱上下方的结构加强

5.8.4.5.1 支柱上下端处的结构应能合理地承受和传递载荷。在支柱的上端和下端应设置肘板和腹板或加厚板。在组合式支柱两端应设置纵向和横向的肘板。

5.8.4.5.2 支柱应设置在实肋板或纵桁材上，并应在实肋板或纵桁材上设置垂直加强筋。在支柱下面的肋板和纵桁材上不得开设人孔。

5.8.4.5.3 在轴隧上或其他较弱的结构上设置支柱时，该部位的结构应作适当加强。

5.8.4.5.4 对于压载舱或其他液舱内的支柱，应注意可能受拉的影响。

第9节 水密舱壁

5.9.1 水密舱壁的布置

5.9.1.1 防撞舱壁

5.9.1.1.1 防撞舱壁的位置应符合下列规定：

(1) 当船长 $L\geq24$m 时，距艏垂线应不小于 $0.05L$，且不大于 $0.05L+1.35$m；

(2) 当船长 $L<24$m 时，距艏垂线应不小于 $0.08L$，且不大于 $0.15L$。

5.9.1.1.2 通过防撞舱壁的管子，应安装适当的、且可在干舷甲板上操作的阀，其阀体应设在防撞舱壁的艏尖舱一侧。在干舷甲板以下的防撞舱壁上不得设门、人孔、通风导管或其他任何开口。

5.9.1.1.3 干舷甲板以上防撞舱壁的开口数目，在适合船舶的设计和正常作业的情况下而减至最少，此类开口应能关闭成风雨密。

5.9.1.2 艉尖舱舱壁

5.9.1.2.1 所有 GFRP 船舶应在适当位置设置艉尖舱舱壁。艉轴管应置于艉尖舱内或封闭于其他适当结构的水密处所内。

5.9.1.3 机舱舱壁

5.9.1.3.1 机舱前、后端应设置水密舱壁。艉尖舱舱壁可作为机舱后舱壁。

5.9.1.4 舱壁高度

5.9.1.4.1 5.9.1.1 至 5.9.1.3 所规定的水密舱壁高度，除下列(1)、(2)所规定者外，应延伸至干舷甲板：

(1) 对于有长艏楼的船舶，防撞舱壁应延伸至艏楼甲板，该部分应保持风雨密。如舱壁的延伸部分位于艏垂线后不小于 $0.05L$ 处，则不一定要和防撞舱壁在同一平面内，此时，形成阶梯的这部分干舷

甲板须保持风雨密。

(2) 艉尖舱舱壁可以止于设计吃水线以上第一层平台甲板,但该平台甲板与艉尖舱舱壁应当围成艉部水密结构。此时在该平台甲板至干舷甲板间应设置适当的构件以保持足够的强度。

5.9.1.5 锚链舱

5.9.1.5.1 当锚链舱设置于防撞舱壁后方或艏尖舱内时,该锚链舱应为水密结构且应设置适当的排水措施。锚链舱内,沿中线应设置隔壁分开锚链。

5.9.2 水密舱壁的结构

5.9.2.1 单板结构的舱壁厚度

5.9.2.1.1 单板结构的舱壁厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 12.0s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中:s——舱壁扶强材间距,m;

h——沿船体中线自舱壁板下缘至甲板顶部的垂直距离,m。

5.9.2.2 耐水胶合板舱壁厚度

5.9.2.2.1 耐水胶合板舱壁的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 22.0s\sqrt{h}$$

式中:s、h 见 5.9.2.1.1。

5.9.2.3 夹层结构的舱壁厚度

5.9.2.3.1 夹层结构舱壁板的厚度(即内层积层板、外层积层板及芯材的总厚度)t 应不小于按下列公式计算所得之值,取其大者:

$$t = C_1 sh \qquad \text{mm}$$

$$t = C_2 t_f \qquad \text{mm}$$

式中:t_f——单板结构的厚度,按 5.9.2.1.1 的规定,mm;

s——舱壁扶强材间距,m;

h——见 5.9.2.1.1;

C_1、C_2——见 5.4.2.2.1。

5.9.2.3.2 夹层结构舱壁板的内层积层板及外层积层板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值,且不小于 2.4mm。

$$t = 73.5\sqrt[3]{C_4(sh)^4} \qquad \text{mm}$$

式中:s——舱壁扶强材间距,m;

h——见 5.9.2.1.1;

C_4——见 5.4.2.2.2。

5.9.2.4 舱壁垂直扶强材

5.9.2.4.1 垂直扶强材应尽可能与甲板或船底纵向构件在同一垂直平面内,并有效连接。若甲板纵桁与舱壁垂直扶强材对准有困难时,则应采取适当支撑措施。

5.9.2.4.2 垂直扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = cshl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中:c——系数,按下列规定选取:

扶强材两端用肘板连接: 18.0

扶强材一端用肘板连接：　24.0

扶强材两端削斜时：　28.8

s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m；水平桁材可视为支撑点；

h——从扶强材跨距中点至甲板中心线处舱顶的距离，m。

5.9.2.4.3 甲板纵桁下的舱壁扶强材还应符合支柱的规定。

5.9.2.5 舱壁水平桁材

5.9.2.5.1 舱壁高度大于2.5m时应设置水平桁材。水平桁材应尽可能与舷侧部位的骨材相连接。

5.9.2.5.2 若舱壁设有水平桁材时，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 21.7shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——桁材支撑面积的平均宽度，m；

l——桁材跨距，m；

h——桁材至甲板中心线处的垂直距离，m。

5.9.3 防撞舱壁

5.9.3.1 防撞舱壁的厚度应不小于按5.9.2.1.1、5.9.2.2.1及5.9.2.3.1计算所得值的1.15倍。

5.9.3.2 防撞舱壁扶强材的剖面模数应不小于按5.9.2.4.2、5.9.2.5.2计算所得之值的1.25倍。

第10节　深　　舱

5.10.1 一般规定

5.10.1.1 适用

5.10.1.1.1 本节所述的深舱为双层底以外的压载舱、船用水舱和按闭杯试验法闪点不低于60℃的燃油舱等。

5.10.1.2 布置

5.10.1.2.1 燃油舱与淡水舱之间应设有隔离空舱。

5.10.1.2.2 船员舱不应直接邻接油舱，船员舱与油舱间应以通风良好且可通行的隔离舱隔开，如油舱顶部无开孔，且以不小于38mm厚度的不燃材被覆，则船员舱与油舱顶部间的隔离舱可免除。

5.10.1.2.3 淡水舱顶不允许设有厕所或有污水管路通过。非饮用水管不允许通过淡水舱。

5.10.1.3 结构细节

5.10.1.3.1 淡水舱、燃油舱及其他航行时不保持满载的深舱，应适当设置制荡舱壁。

5.10.1.3.2 深舱如由一舷至另一舷，且其宽度超过4m时，在中纵剖面处应设置纵舱壁或制荡舱壁；如舱宽超过8m，则应在左、右舱的上半部设置制荡板。艏尖舱宽度超过4m时，在中纵剖面处应设置制荡舱壁。

5.10.1.3.3 深舱的内表面应铺设一层不低于600g/m^{2}的玻璃纤维短切毡或短切纤维，此铺层不计入构件尺寸，铺层上面应涂一层厚的树脂或其他合适的涂层。

5.10.1.3.4 深舱内的扶强材、肋骨和横梁等构件不得贯穿深舱的周界。

5.10.1.3.5 测深管下部底板应增加层积厚度或采用适当的方法，防止测深杆引起的损伤。

5.10.1.4 其他要求

5.10.1.4.1 深舱内,所有非水密构件上应开设适当的流水孔及通气孔,以保证气体能自由流向通气管,液体能自由流向吸口。流水孔及通气孔的边缘应按5.2.4.9的规定用树脂封闭。

5.10.1.4.2 所有舱柜应设有出入孔,舱柜内的非水密构件上应设有人孔,其大小及数量应确保能到达舱柜内各角落。

5.10.1.4.3 舱柜出入孔盖应采用金属或GFRP制成,出入孔盖与舱柜采用螺栓密封连接,螺栓直径d应不小于6.5mm,其间距应不小于$6d$。螺栓中心距GFRP盖边缘不小于$3d$,或距金属盖边缘不小于$2d$。

货舱内若无保护材时,则出入孔盖需予保护以免受货物损坏。

5.10.1.4.4 货舱与深油舱的分隔舱壁应装设护条或衬板,舱壁与护条或衬板之间应有适当距离,沿舱壁周围设有排水道。

5.10.1.4.5 管路的装配部位,应考虑管的膨胀、收缩和振动等因素而牢固地安装,以免在油柜壁上产生局部应力。

5.10.1.4.6 油柜内的金属部件应按8.2.2.1(2)的要求适当接地。

5.10.2 舱壁

5.10.2.1 舱壁的厚度应不小于按5.9.2.1~5.9.2.3计算所得之值的1.15倍,且在计算时h值应取舱壁板下缘至溢流管顶端的垂直距离。

5.10.3 舱壁垂直扶强材

5.10.3.1 舱壁垂直扶强材的剖面模数应不小于按5.9.2.4计算所得之值的1.25倍,且在计算时h值应取舱壁板下缘至溢流管顶端的垂直距离。

5.10.4 舱壁水平桁材

5.10.4.1 舱壁水平桁材的剖面模数应不小于按5.9.2.5计算所得之值的1.25倍,且在计算时h值应取舱壁板下缘至溢流管顶端的垂直距离。

5.10.5 底部及顶部构件

5.10.5.1 深舱顶部及底部构件的尺寸除应符合本章第5节及第8节各有关规定外,还应符合本节有关该位置的深舱舱壁构件的规定。

第11节 基 座

5.11.1 主机基座

5.11.1.1 基座纵桁应在足够的长度内保持连续,其形状不应有急剧的突变,其端部应逐渐过渡消失。

5.11.1.2 基座纵桁应在每个肋位以足够高的横隔板及肘板进行有效的支撑,隔板及肘板的厚度应不小于肋板的厚度,肘板的顶角宜为45°,但应不小于30°。

5.11.1.3 当主机功率较大或振动较大时,应采取多种减振措施,并保证基座具有足够的强度与刚度。

5.11.1.4 基座纵桁腹板的厚度应不小于旁龙骨腹板厚度的1.6倍,面板厚度应较腹板厚度增加

40%。基座中有螺栓贯穿处应使用木材做芯材,且应保证芯材与周边 GFRP 结构有效连接。帽形结构还应符合 5.1.5 的规定。

5.11.2 辅机基座

5.11.2.1 发电机、舵机等辅机基座应具有足够的强度与刚度,并与船体结构牢固连接。

第 12 节 上层建筑及甲板室

5.12.1 围壁板

5.12.1.1 上层建筑及甲板室的围壁采用单层板时的厚度 t 应不小于按下列各式计算所得之值:

(1) 前壁 $t = 7.0 - 0.1(35 - L)$ mm,但不小于 5mm;

(2) 侧壁及后壁 $t = 5.5 - 0.1(35 - L)$ mm,但不小于 4mm。

5.12.1.2 上层建筑及甲板室的围壁采用夹层板时,夹层板面板的最小厚度应满足 5.15.3.2.2 的规定,夹层板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 11hs/\tau_c \quad \text{mm}$$

式中:s——板格短边的长度,m;

h——计算水头,按下列规定选取:

前端壁: $h = 0.02L + 0.5$ m

侧壁和后端壁: $h = 0.02L + 0.25$ m

对航行于遮蔽航区营运限制及平静水域营运限制的船舶,其上层建筑或甲板室前端壁、侧壁和后壁的计算水头可分别取上述值的 0.9 倍和 0.85 倍。

τ_c——芯材的抗剪强度,MPa。

5.12.1.3 距艏垂线 $0.25L$ 之前的上层建筑侧壁板及宽度小于船宽的艏、艉楼侧壁板的厚度,尚应不小于该处舷侧外板的厚度。其他区域的上层建筑侧壁板的厚度,应不小于该处舷侧外板厚度的 0.8倍。

5.12.1.4 上层建筑中断处应按 5.2.3.3 的规定加强。

5.12.2 围壁扶强材

5.12.2.1 扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 19.5shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中:s——扶强材间距,m;

l——扶强材跨距,m;取上层建筑或甲板室的高度;

h——计算水头,m,对于前壁:$h = 1.0$m;对于侧壁及后壁:$h = 0.016L + 0.27$。

5.12.2.2 距艏垂线 $0.25L$ 之前的上层建筑侧壁板的扶强材应适当加强。

5.12.2.3 围壁开口部位应用扶强材加强。

5.12.3 甲板

5.12.3.1 上层建筑及甲板室的甲板结构尺寸应符合本章第 5 节及第 8 节的规定。

5.12.4 出入口的封闭装置及门槛高度

5.12.4.1 凡可能使海水进入船体并危及船舶安全的封闭上层建筑舱壁及其他外部结构围壁上的

所有通道开口，其封闭装置及其门槛高度均应符合本局的相关规定。

5.12.5　窗

5.12.5.1　通则

5.12.5.1.1　舷窗、窗的结构及安装位置等应符合本局相关规定。

5.12.5.2　窗玻璃厚度

5.12.5.2.1　外窗玻璃的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=\frac{b}{31.6}\sqrt{\frac{kcp}{\sigma_b}}\qquad(\text{mm})$$

式中：b——窗开口短边长度，mm；

p——窗玻璃承受的载荷，kN/m^2，可按 5.15.2.5.1（高速船）或 5.12.1.2（非高速船）取值；

c——系数，查图 5.12.5.2.1；

σ_b——窗玻璃材料的极限弯曲强度，MPa；

k——安全系数，钢化安全玻璃：取 $k=4.0$；聚碳酸脂玻璃：取 $k=3.5$。

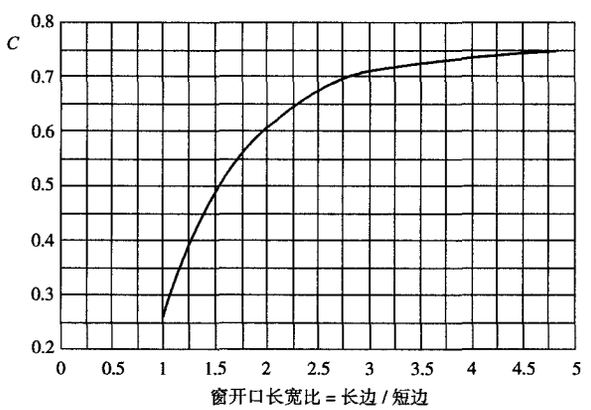


图　5.12.5.2.1

5.12.5.2.2　若为夹层玻璃，则每层玻璃均应是钢化安全玻璃，玻璃层数最多不超过 3 层，且 3 层玻璃中任何 2 层的厚度差应不大于 2mm，层间塑料薄膜厚度不大于 0.76mm。

5.12.5.2.3　夹层玻璃的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

对于 2 层的夹层玻璃　　$t=t_1+t_2=1.2t_{eq}$

对于 3 层的夹层玻璃　　$t=t_1+t_2+t_3=1.5t_{eq}$

式中：t_1、t_2、t_3——分别为各层玻璃厚度，mm；

t_{eq}——按单层钢化安全玻璃厚度公式算得的相当厚度，mm。

5.12.5.2.4　内河船外窗玻璃的厚度可适当减小。

5.12.5.2.5　夹层玻璃的厚度 t 还应不小于下列最小值 t_{min}：

上层建筑或驾驶室前窗玻璃：　$t_{min}=4mm$　钢化安全玻璃；

$t_{min}=5mm$　聚碳酸脂玻璃；

其中高速船：　$t_{min}=5mm$　钢化安全玻璃；

$t_{min}=6mm$　聚碳酸脂玻璃；

上层建筑或甲板室的侧窗玻璃：$t_{min}=3mm$　钢化安全玻璃；

$t_{min}=4mm$　聚碳酸脂玻璃。

5.12.5.3 窗玻璃的安装

5.12.5.3.1 外窗玻璃与窗框的连接以及窗框与壁板的连接应牢固、可靠，足以承受船在其营运水域正常航行时可能遭遇的波浪冲击。外窗玻璃若为聚碳酸脂玻璃，则玻璃嵌入窗框内的深度应不小于窗玻璃短边长度的0.03倍。

5.12.5.3.2 外窗玻璃可以采用粘接方式直接与壁板连接，如有必要应在窗玻璃的下缘处设置金属的水平构件支承玻璃重量。使用的粘接剂应具有抵抗紫外线、低温、高温和清洁用的化学剂的能力。粘接剂的长效粘接强度等性能指标以及施工要求、程序等文件应经本局认可。

5.12.5.3.3 上述5.12.5.3.2的粘接方式还应满足下列要求：

（1） 玻璃的粘接宽度 d 应不小于按下式计算所得之值：

$$d=\frac{2.5P_W bl}{\sigma_t(b+l)} \quad \text{mm}$$

式中：$P_W=0.0125(50+0.5V)^2$，kN/m^2；

V——最大静水航速，kn；

b——窗的短边长度，m；

l——窗的长边长度，m；

σ_t——粘接剂的最小拉伸强度，MPa。

最小粘接宽度 $d_{min}=20b$ mm。

（2） 粘接剂的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

对钢化安全玻璃 $t=5l$ mm；

对聚碳酸脂玻璃 $t=8l$ mm；

最小粘接剂厚度 $t_{min}=6$mm，且不大于15mm。

（3） 粘接剂的拉伸强度应不低于0.7MPa，在延伸率为12.5%时的拉伸强度应不低于0.14MPa。粘接剂扯断时的延伸率应大于50%。

第13节 舱口及其他甲板开口

5.13.1 一般规定

5.13.1.1 所有的开口均应用骨架加强，且开口关闭时应保持风雨密。

5.13.1.2 干舷甲板上和露天上层建筑甲板上的或非封闭的上层建筑中的各种开口，均应用能保持水密的坚固的盖子关闭。

5.13.1.3 甲板的升降口处应由封闭的上层建筑（或甲板室）或升降口围罩予以防护。

5.13.2 舱口

5.13.2.1 舱口围板

5.13.2.1.1 舱口围板的高度应符合本局的相关规定。

5.13.2.1.2 若要求减小设有垫圈和夹扣锁紧装置的风雨密舱口的舱口围板高度，应经本局同意。

5.13.2.1.3 露天舱口围板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=18.5s\sqrt{h}+5 \quad \text{mm}$$

式中：s——舱口围板扶强材间距，m；

h——计算水头，m，海船：$h=0.02L+0.5$m；

河船：$h=0.01L+0.4$m。

5.13.2.1.4 舱口围板上缘应设置适当尺寸的水平扶强材予以加强。当围板高度等于或大于600mm时，在距上缘适当距离处应增设水平扶强材，并应在水平扶强材与甲板之间每隔一档肋距设置垂直加强筋或肘板。

5.13.2.1.5 露天货舱口围板兼作甲板纵桁时，尚应符合本章第8节的有关规定。

5.13.2.2 舱口盖

5.13.2.2.1 舱口盖的结构应符合表5.13.2.2.1(1)和5.13.2.2.1(2)的规定。

舱口盖厚度 表5.13.2.2.1(1)

材　料	最小厚度(mm)	备　注
木质	$32S\sqrt{h}$	但不小于48mm
GFRP	$16S\sqrt{h}$	
铝合金	$11S\sqrt{h}$	
钢质	$5.5S\sqrt{h}+1.0$	但不小于4.5mm

式中：S——活动梁间距(木质)，m；或加强材间距(其他材质)，m；

h——见5.13.2.2.3

舱口盖加强材剖面模数 表5.13.2.2.1(2)

材　料	最小剖面模数(cm^3)
GFRP	$23.4Shl^2$
铝合金	$13.3Shl^2$
钢质	$9.4Shl^2$

式中：S——加强材间距，m；

h——见5.13.2.2.3；

l——加强材的跨距，m

5.13.2.2.2 木质舱口盖应用纹理直顺、尽可能没有节、青皮及裂纹的质量良好的木材制作。木质舱口盖的两端，均应用镀锌钢带圈绕防护。舱口盖板每一支承面至少具有65mm的宽度。

5.13.2.2.3 海船舱口盖上的负荷h应按如下规定选取，或按舱口盖上实际货物的负荷确定，取其大者：

(1) 位置1[①]

$$h=0.010L+0.76 \quad (m)$$

(2) 位置2[②]

$$h=0.008L+0.58 \quad (m)$$

5.13.2.2.4 内河船舱口盖上的负荷h应按如下规定选取，或按舱口盖上实际货物的负荷确定，取其大者：

$$h=0.01L+0.4 \quad (m)$$

① 位置1——在露天的干舷甲板上和后升高甲板上，以及位于从艏垂线起$0.25L$以前的露天上层建筑甲板上。

② 位置2——在位于从艏垂线起$0.25L$以后，且在干舷甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上。

5.13.2.2.5 活动舱口盖的防水帆布及系固装置,应符合本局相关规定。

5.13.3 机舱舱口

5.13.3.1 机舱舱口保护

5.13.3.1.1 机舱舱口应尽可能小,并应设置坚固可靠的机舱棚加以保护。

5.13.3.1.2 机舱棚的门应符合5.12.4的有关规定,并从内外两面均可开闭。

5.13.3.1.3 机舱棚围壁板的厚度和扶强材尺寸,应按相应位置的甲板室围壁的要求进行计算。机舱棚顶板厚度不小于4mm;横梁和纵桁应符合本章第8节的有关规定,且其剖面模数应不小于24 cm^3。

5.13.3.1.4 除特殊情况外,机舱棚的高度应高于舷墙的高度。

5.13.3.2 其他

5.13.3.2.1 机舱棚顶板上应设置结构坚固的天窗,烟囱及通风筒围板的高度应尽可能高于露天甲板。

第14节 舷墙、栏杆

5.14.1 一般规定

5.14.1.1 所有露天甲板上装设的舷墙或栏杆,除本节的规定外,还应满足本局其他的相关规定。

5.14.2 舷墙

5.14.2.1 舷墙可以与船体外板一体成型,也可以是单独的部件。舷墙应具有足够的强度,干舷甲板上舷墙板厚度应不小于舷顶列板厚度的80%,在甲板横梁位置上应设置有效的舷墙扶强材,其间距应不大于2个肋距。

5.14.2.2 为构成梯口通道或其他开口而切开舷墙时,其开口的两端部应设有足够强度的支柱。

5.14.2.3 舷墙上桅侧稳索和吊杆稳索等的系固处和导缆孔安装处应予以加强。

5.14.2.4 舷墙上的开孔,如排水口、导缆孔及类似的开孔均应有足够的圆角。所有开口的边缘都要按4.2.10的规定用树脂封闭。

5.14.3 栏杆

5.14.3.1 甲板周围设有舷缘材时,栏杆的支柱或支撑材应设置在甲板平面上。

第15节 高 速 船

5.15.1 一般规定

5.15.1.1 本节的规定仅适用于限制航区的单体高速船。

5.15.1.2 凡本节未规定者,还应符合本章其他的相关规定。

5.15.1.3 对于一些结构新颖的高速船的船体结构,如本规范未作规定,设计部门可采用合理方法设计,但须经本局同意。

5.15.1.4 高速船船体结构一般应采用纵骨架式。

5.15.1.5 纵骨架式结构的纵骨间距一般不大于350mm;横骨架式的肋骨间距一般不大

于500mm。

5.15.2 结构设计载荷

5.15.2.1 重心处的垂向加速度

5.15.2.1.1 船重心处的设计垂向加速度 a_{cg}，一般可取为重心处最大加速度的1%的平均值。船东或设计部门可根据需要选择合理的 a_{cg} 值，但海船不应大于 $1.2g$，内河船不应大于 $1.0g$。

5.15.2.1.2 船重心处的设计垂向加速度 a_{cg} 与有义波高 $H_{1/3}$ 和该波高对应的航速 V_H 三者的关系如下：

$$a_{cg}=\frac{1}{426}\left(\frac{V_H}{\sqrt{L}}\right)^{1.4}\left(\frac{H_{1/3}}{B_{WL}}+0.07\right)(50-\beta)\left(\frac{L}{B_{WL}}-2\right)\frac{B_{WL}^3}{\Delta}g \qquad \mathrm{m/s^2}$$

式中：g——重力加速度，取 $g=9.81$，$\mathrm{m/s^2}$；

V_H——船在有义波高 $H_{1/3}$ 的波浪中航行的航速，kn；

$H_{1/3}$——有义波高，m；

L——船长，m；

B_{WL}——水线宽，m，系指船静浮于水面时，沿满载水线量得的最大型宽；

β——船体重心处横剖面的船底升角(°)，取 $\beta_{max}=30°$；$\beta_{min}=10°$；β 的取值见图5.15.2.1.2。图中(a)、(b)、(c)为尖舭船，(d)、(e)为圆舭船；

Δ——满载排水量，t。

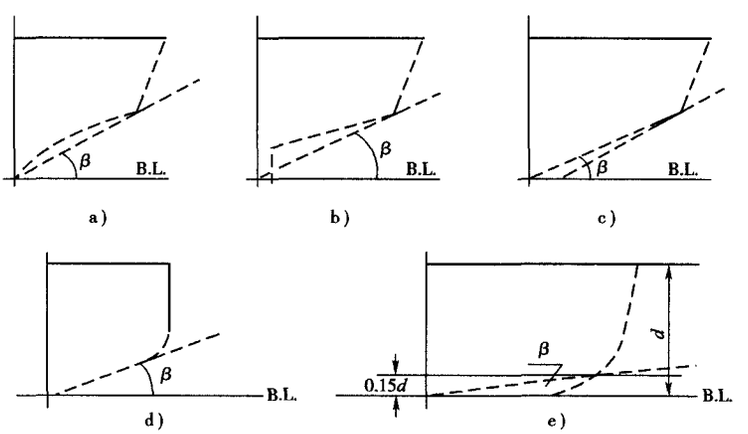


图 5.15.2.1.2

5.15.2.1.3 设计部门应按营运限制的类别，假设一组船舶可能遭遇的有义波高 $(H_{1/3})_1$ ~ $(H_{1/3})_i$；其最大值 $H_{1/3max}$ 应不大于下列规定值：

近海航区营运限制 $H_{1/3max}=6.0$m

沿海航区营运限制 $H_{1/3max}=4.0$m

遮蔽航区营运限制 $H_{1/3max}=2.0$m

平静水域营运限制 $H_{1/3max}=1.0$m

内河：A级航区 $H_{1/3max}=2.0$m

B级航区 $H_{1/3max}=1.2$m

C级航区 $H_{1/3max}=0.4$m

5.15.2.1.4 对应于5.15.2.1.3一组假设的有义波高，设计部门可参考同型船的经验数据或船模

试验值或经本局同意的其他方法，提出相应的一组航速$(V_H)_1 \sim (V_H)_i$。

5.15.2.1.5 根据5.15.2.1.3和5.15.2.1.4的每一组$(H_{1/3i}, V_{Hi})$，按5.15.2.1.2公式计算出相应的垂向加速度a_{cgi}，对此，设计部门可调整，直至按5.15.2.1.2公式算得的a_{cgi}不大于所取之值。

5.15.2.1.6 按5.15.2.1.5确定的一组a_{cgi}，取其中的最大值作为重心处垂向加速度的设计值。

5.15.2.1.7 由设计部门或船东最终确定船舶重心处垂向加速度的设计值，并按5.15.2.1.2公式算出该设计值对应的一组$H_{1/3} \sim V_H$值，应绘成“船舶在波浪中航行时的限速曲线图”送审，并将此图制成标牌永久性展示在驾驶位置附近。操船时，必须根据当时目测的有义波高，限制航速。

5.15.2.2 船底波浪冲击压力

5.15.2.2.1 本条适用于满载状态高速航行时，仍有部分船体浸在水中的高速船。该处的“船底”系指船体龈线，舭弯曲部或防溅条以下的部位。

5.15.2.2.2 船底波浪冲击压力P_{sl}由下式确定：

$$P_{sl} = 1.16K_s\left(\frac{\Delta}{A}\right)^{0.3}\frac{50-\beta_x}{50-\beta}a_{cg}d_w \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：K_s——纵向压力分布系数。舯前取$K_s=1$，艉端取$K_s=0.5$，艉端与船中之间用线性内插法取值；

A——受力点计算面积，m^2，应不小于$0.002\Delta/d$；

对板格，取板格的承载面积，且$A \geqslant 2.5S^2$，其中S为骨材间距，m；

对加强筋或桁材，A = 承载宽度 × 跨距；

Δ——满载排水量，t；

β——船体重心处横剖面的船底升角(°)，见5.15.2.1.2；

β_x——核算横剖面处的船底升角(°)，取$\beta_{x\max}=30°$，$\beta_{x\min}=10°$；

a_{cg}——设计垂向加速度，m/s^2，按5.15.2.1.2取值；

d_w——波浪中航行时冲击吃水，取满载静浮状态吃水$d_w=d$，m。

5.15.2.2.3 船底波浪冲击压力P_{sl}应不小于按5.15.2.3.1计算所得之值。

5.15.2.3 舷侧波浪冲击压力

5.15.2.3.1 舷侧波浪冲击压力P_s按下式计算：

$$P_s = 9.81h + 0.15P_{sl} \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：h——从舷侧板最低点到舷侧处干舷甲板上缘(甲板艇)或舷侧顶板上缘(敞开艇)的垂直距离，m，应不小于0.8m，也不必大于舷侧范围高度的0.8倍；

P_{sl}——该处船底的冲击压力，kN/m^2。

5.15.2.3.2 内河高速船舷侧波浪冲击压力P_s可按下式计算：

$$P_s = 9.81h + 0.10P_{sl} \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：h、P_{sl}——同5.15.2.3.1。

5.15.2.4 甲板计算压力

5.15.2.4.1 露天甲板计算压力由下式确定：

$$P_{dl} = K_d(0.2L + C) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：K_d——纵向压力分布系数。舯前取$K_d=1.0$，艉端取$K_d=0.75$，艉端与船中之间用线性内插法取值；

C——航区系数：

近海和沿海航区营运限制：　$C=7.6$

遮蔽航区和平静水域营运限制：　$C=4.6$

内河 A 级航区： $C=4.6$

B 级航区和 J 级航段： $C=3.9$

C 级航区： $C=3.5$

5.15.2.4.2 非露天甲板(包括上层建筑和甲板室甲板)计算压力 P_{d2} 由下式确定：

$$P_{d2}=0.1L+C \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：C——航区系数：

海船及内河 A 级航区： $C=4.6$

内河 B 级航区和 J 级航段： $C=3.9$

C 级航区： $C=3.5$

5.15.2.4.3 如甲板上装载重物，则除重物本身重量外，还应考虑船舶的垂向加速度 a_v 对甲板受压的影响。重物的垂向加速度可取 $0.5a_v$。船舶的垂向加速度 a_v 按下式确定：

$$a_v=K_a a_{cg} \qquad \text{m/s}^2$$

式中：K_a——垂向加速度分布系数，舯后取 $K_a=1.0$，船首取 $K_a=2.0$，船首与船中之间用线性内插法取值；

a_{cg}——按本节 5.15.2.1 确定的重心处设计垂向加速度，m/s^2。

5.15.2.5 上层建筑和甲板室的计算压力

5.15.2.5.1 端壁与侧壁的计算压力 P_{sd} 由下式确定：

$$P_{sd}=15.6K_1K_2(CL+0.8-0.3h) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：K_1——位置系数，按下列情况取值：

第一层上层建筑前壁： $K_1=1$

第二层上层建筑前壁： $K_1=0.75$

上层建筑、甲板室的侧壁、后壁： $K_1=0.5$

上层建筑和甲板室的顶板： $K_1=0.4$；

K_2——位置系数，按上层建筑和甲板室所在位置取值：

位于舯前区域： $K_2=1.0$

位于舯后区域： $K_2=0.75$

C——航区系数：

近海航区和沿海营运限制： $C=0.047$

遮蔽航区营运限制： $C=0.035$

平静水域营运限制： $C=0.024$

内河 A 级航区： $C=0.035$

B 级航区和 J 级航段： $C=0.030$

C 级航区： $C=0.026$；

h——压力计算点到满载静浮水线的垂直距离，m。

5.15.2.5.2 海船顶板的计算压力 P_{sd} 应不小于 4.0kN/m^2，但船中之前第一层上层建筑或甲板室的顶板的计算压力 P_{sd} 应不小于 6.6kN/m^2。内河船对不计入总纵强度的第一层建筑和甲板室的顶板的最小计算压力 P_{sd} 可不大于 2.0kN/m^2；对不计入总纵强度的多层建筑和甲板室的最上层顶板的最大计算压力 P_{sd} 应不小于 1.0kN/m^2。

5.15.2.5.3 第一层上层建筑前端壁的最小计算压力 $P_{\min}$ 应不小于按 5.15.2.4.1 算得的舯前露

天甲板的计算压力。上层建筑和甲板室的其他围壁的最小计算压力应不小于4kN/m²。

5.15.2.6 舱壁的计算压力 P

5.15.2.6.1 水密舱壁的计算压力 P 按下式确定：

$$P = 10h \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：h——从压力计算点到舱壁甲板最高点的垂直距离，m。

5.15.2.6.2 液舱舱壁的计算压力 P，取以下三者中的大值：

$$P = (9.81 + 0.5a_v)h \qquad \text{kN/m}^2$$

$$P = 10\left(h + \frac{2}{3}h_p\right) \qquad \text{kN/m}^2$$

$$P = 10(h + 1.0) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：a_v——该处船舶垂向加速度，m/s²，按5.15.2.4.3取值；

h——压力计算点到液舱顶的垂直距离，m；

h_p——液舱顶到空气管顶的垂直距离，m。

5.15.2.6.3 防撞舱壁：

$$P = 12.5h \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：h——从压力计算点到舱壁甲板最高点的垂直距离，m。

5.15.2.7 船长 $L<20$m 的海洋高速船

5.15.2.7.1 船长 $L<20$m 的高速船，可按以下规定确定甲板计算压力 P_d、上层建筑和甲板室的计算压力 P、舱壁计算压力 P_h。

(1) 甲板计算压力 P_d 按下式计算：

露天甲板	$P_d = 0.25L + 4.6$	kN/m²
非露天甲板	$P_d = 0.1L + 4.6$	kN/m²

对航行于遮蔽航区营运限制及平静水域营运限制的船舶，其露天甲板的计算压力可分别取上述值的0.9倍和0.85倍。

(2) 上层建筑和甲板室的计算压力 P 按下式计算：

前端壁及扶强材	$P = 5 + 0.3L$	kN/m²
侧壁、尾端壁及扶强材	$P = 2.5 + 0.2L$	kN/m²
顶板及扶强材	$P = 3$	kN/m²

式中：L——船长，m。

对航行于遮蔽航区营运限制及平静水域营运限制的船舶，其上层建筑前端壁及扶强材计算压力可分别取上述值的0.9倍和0.85倍。

(3)舱壁计算压力 P_h 按下式计算：

水密舱壁、防撞舱壁及其扶强材	$P_h = 10h$	kN/m²
液体舱壁及其扶强材	$P_h = 10h_d + 10$	kN/m²

式中：h——板的下缘或扶强材跨距的中点至上甲板的垂直距离，m；

h_d——板的下缘或扶强材跨距的中点至液舱顶的垂直距离，m。

5.15.3 船体结构的构件尺寸

5.15.3.1 本条规定的船体构件尺寸均以层板的两个主方向上弹性模量之差不超过20%为基准。

5.15.3.2 最低要求

5.15.3.2.1　单板结构积层板的最小板厚 t_{min} 按下式计算：

$$t_{min} = K_0 \sqrt{L} \qquad \text{mm}$$

式中：K_0——系数，由表 5.15.3.2.1 查取；

L——船长，m。

系　数　K_0　　表 5.15.3.2.1

部　位	船底外板	舷侧板	甲板板	上层建筑、甲板室			舱　壁　板	
				前端壁	侧、后壁	顶板	水密舱	防撞舱、液舱
K_0	1.45	1.25	1.10	1.10	0.95	0.90	1.20	1.30

5.15.3.2.2　夹层板面板的最小厚度（单面）t_{min} 按下式计算：

$$t_{min} = K_1 \sqrt{L} \qquad \text{mm，且不小于 2.0mm，外露面板①}$$

$$t_{min} = K_1 \sqrt{L} - 0.5 \qquad \text{mm，且不小于 1.5mm，被保护面板②}$$

式中：K_1——系数，由表 5.15.3.2.2 查取；

L——船长，m。

系　数　K_1　　表 5.15.3.2.2

部　位	船底外板	舷侧板	甲板板	上层建筑、甲板室			舱　壁　板	
				前端壁	侧、后壁	顶板	水密舱	防撞舱、液舱
K_1	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.45	0.55

5.15.3.3　单板结构积层板厚度的计算

5.15.3.3.1　单板结构积层板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 44.8s \sqrt{\frac{P}{\sigma_{fnu}}} \qquad \text{mm}$$

式中：s——骨材间距，m，通常指纵骨间距，对桁材或肋板为其承受面积的宽度；

P——船体局部强度计算中，构件单位面积上承受正压力的设计值，按 5.15.2 计算；

σ_{fnu}——积层板的极限弯曲强度，MPa。

5.15.3.3.2　平板龙骨的宽度应不小于 $0.1B$（B 为船宽），其厚度不应小于船底板厚度的 1.5 倍，且尽可能在整个船长内保持不变。

5.15.3.4　夹层板板厚的计算

5.15.3.4.1　夹层板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = \frac{1.428}{K}\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)\frac{sP}{\tau_c} \qquad \text{mm}$$

式中：γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 $6 \leqslant \gamma \leqslant 14$；

τ_c——夹层板芯材的极限剪切强度，MPa；

K——系数，对聚氨酯泡沫塑料芯材夹层板，$K = 1.86 - 0.06\gamma$，且 $K \leqslant 1$；

对聚氯乙烯泡沫塑料芯材夹层板，$K = 1.95 - 0.079\gamma$，且 $K \leqslant 1$；

对胶合板芯材夹层板，$K = 1.0$；

对其他芯材夹层板，K 另行考虑。

---

① ‘外露面板’系指板的一个侧面持续受到液体的浸沉或可能受到局部机械磨损或冲击载荷。

② ‘被保护面板’系指板的一个侧面不承受上述载荷。

s、P——见5.15.3.3.1。

5.15.3.5 骨材的弯曲强度

5.15.3.5.1 骨材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = K\frac{l^2 sP}{\sigma_{fnu}} \qquad \text{cm}^3$$

式中：σ_{fnu}——层板的极限弯曲强度，MPa；

K——系数，由表5.15.3.5.1查取；

l——骨材跨距，m，当骨材端部设置肘板时，跨距点可取在肘板长度的1/2处；当骨材端部不设置肘板时，跨距点取在骨材端部。对船体强骨材（如龙骨、实肋板、纵桁等），则与之相交的舱壁可作为该强骨材的端点。对甲板及上层建筑强骨材（如强横梁、纵桁等），则除舱壁外，与之相交的支柱点也可作为该强骨材的端点。各骨材的跨距选取同本章非高速船的规定；

s、P——见5.15.3.3.1。

系 数 K 表5.15.3.5.1

部 位	K	
	纵桁、强肋骨、实肋板、强横梁	纵骨、肋板、肋骨、横梁、扶强材
船底	480	400
舷侧	480	400
甲板	480	400
上层建筑	—	400
水密舱壁	—	400
液体舱壁、防撞舱壁	—	480

5.15.3.5.2 对船长小于20m的船舶，龙骨如按5.15.3.5.1计算剖面模数不切实际时，其剖面模数可另行考虑，但至少应同时满足下述条件：

（1） 对中内龙骨，其剖面模数应不小于该处实肋板剖面模数的1.5倍；对旁内龙骨，其剖面模数应不小于该处实肋板的剖面模数；

（2） 所有船舶均应校核船体总纵强度。

5.15.3.5.3 骨材若采用松木、胶合板等材料作有效芯材时，其剖面模数的计算按5.3.4.4的规定。

5.15.3.5.4 主机基座的结构应具有足够的强度和刚性。基座纵桁应根据主机功率的大小予以加强。基座纵桁应在每个肋位处设置横隔板和横肘板，以确保有效支承。

5.15.3.6 骨材剪切强度

5.15.3.6.1 桁材的有效腹板面积 A_e 按下式计算：

$$A_e = 0.01 h_w t_w \qquad \text{cm}^2 \qquad \text{端部无肘板}$$

$$A_e = 0.01 h_w t_w + \Delta A_e \qquad \text{cm}^2 \qquad \text{端部有肘板}$$

式中：t_w——纤维增强塑料腹板的总厚度，mm；

h_w——计算剖面处减去开孔后的腹板有效高度，mm；

ΔA_e——端部有肘板时的附加剪切面积，cm^2，按肘板面板的水平倾角 θ 取值，见图5.15.3.6.1；$\theta = 45°$ 时，$\Delta A_e = 0.9 f_1$；$\theta = 0°$ 时，$\Delta A_e = 0$；θ 为中

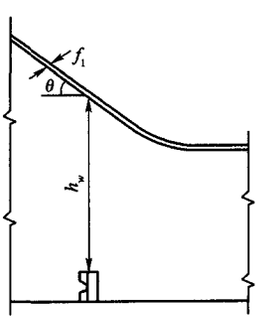


图 5.15.3.6.1

间值时，可用插入法求取 ΔA_e；

f_1——计算剖面处肘板面板的截面积，cm^2。

5.15.3.6.2 按 5.15.3.6.1 计算所得的有效腹板面积 A_e 应不小于按下式计算所得的 A_{emin} 值：

$$A_{emin} = \frac{25.5slP}{\tau_u} \quad cm^2$$

式中：τ_u——夹层板的极限剪切强度，MPa；

s、P、l——见 5.15.3.5.1。

5.15.3.7 支柱

5.15.3.7.1 甲板支柱可采用钢质或铝合金，应符合 5.8.4 的规定。若采用其他材料的支柱应经本局同意。

5.15.4 总强度

5.15.4.1 一般规定

5.15.4.1.1 高速船应分别校核高速航行于波浪中波浪冲击情况下的总纵强度和排水航行时的总纵强度。但对船长 $L<15m$，$L/D<12$ 的海洋高速船和 $L/D<14$ 的内河高速船，如其船体结构能满足局部强度要求，则可免于校核船体的总纵强度。

5.15.4.1.2 总纵强度校核时的装载状态应取满载出港装载状态。

5.15.4.1.3 船体梁的剖面模数的计算按 5.3.4 的规定。

5.15.4.1.4 如果上层建筑和甲板室按 5.3.4.3 的规定，认为其不参与船体梁总纵强度，其剖面模数不计入船中剖面模数，但应采取措施使该上层建筑和甲板室最大程度不参与船体梁的总纵弯曲。

5.15.4.2 高速航行时波浪冲击力引起的总纵弯矩

5.15.4.2.1 由波浪冲击力引起的总纵弯矩 M_B 可按下式计算：

$$M_B = C_1C_2(1+n)\left(l_x - 0.175\frac{\Delta}{B_s d}(1+0.2n)\right)\Delta g \quad kN\cdot m$$

式中：C_1——系数，中拱时：$C_1=1.0$，中垂时：$C_1=-1.0$；$C_2=0.5$；

n——过载系数，按下式计算：$n=a_{cg}/g$；

a_{cg}——重心处垂向加速度，m/s^2，见 5.15.2.1；

l_x——船中前的半体重心至船中后的半体重心的纵向距离的 1/2，m，如 l_x 未知，可近似取 $l_x=0.25L$；

B_s——船首尾出水，波峰冲击船中区域底部时冲击面积的宽度，m，对于尖舭船、圆舭船的 B_s，可按图 5.15.4.2.1 所示取。

5.15.4.3 排水状态航行时的总纵弯矩

5.15.4.3.1 船体所受的总纵弯矩可用静水弯矩加上波浪弯矩的方法分别确定中拱弯矩和中垂弯矩。

5.15.4.3.2 按船舶营运航区的最大有义波高，且波长等于船长的假设计算波浪弯矩。

5.15.4.3.3 对于傅汝德数（$F_n=V/\sqrt{gL}$）小于 0.80 的高速船，可免于校核排水状态航行时的总纵弯矩。

5.15.4.4 船体梁的剪力

5.15.4.4.1 对于 $L/D\geq12$ 的高速船，作为船体梁所受的垂向剪力 Q 在距艏垂线 $L/4$ 和 $3L/4$ 剖

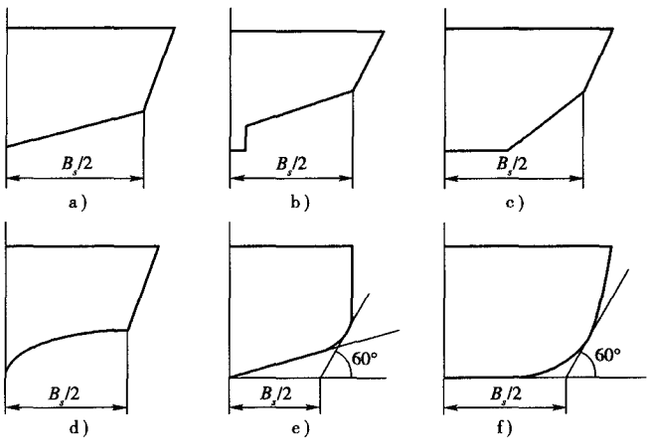


图 5.15.4.2.1

面处最大,可按下式计算:

$$Q=\frac{4M_B}{L} \qquad \text{kN}$$

式中:M_B——取 5.15.4.2 和 5.15.4.3 中所得的总纵弯矩中的最大值,kN·m。

5.15.4.4.2 对于采用纤维增强塑料为船体材料的高速船,如其舷侧外板和纵舱壁(如设有)为泡沫塑料芯的夹层板,计算舷侧外板和纵舱壁上的切应力 τ 时,上述夹层板芯材的剖面积不应计入,仅计入夹层板两面板的厚度之和。

5.15.4.5 校核总强度时的许用应力

5.15.4.5.1 船体的许用应力如下:

(1) 纵向构件的拉伸许用应力 $[\sigma_b]=0.3\sigma_{nu}$,$\sigma_{nu}$为层板的极限拉伸强度,MPa;

(2) 纵向构件的压缩许用应力 $[\sigma_p]=0.3\sigma_{pnu}$,$\sigma_{pnu}$为层板的极限压缩强度,MPa;

(3) 单板的许用剪切应力 $[\tau]=0.25\tau_u$,τ_u为层板的极限剪切强度,MPa;

夹层板的许用剪切应力 $[\tau]=0.5\tau_{cr}$,τ_{cr}为夹层板面板的临界剪切应力,MPa,τ_{cr}取下列二式计算值中的小者:

$$\tau_{cr}=0.3(E_f^{45°}E_cG_c)^{1/3} \qquad \text{MPa}$$

$$\tau_{cr}=0.4\gamma G_c \qquad \text{MPa}$$

式中:$E_f^{45°}$——夹层板面板沿 45°方向的压缩弹性模量,MPa;

E_c——芯材的压缩弹性模量,MPa;

G_c——芯材的剪切弹性模量,MPa;

γ——见 5.15.3.4.1。

5.15.4.6 船体刚度

5.15.4.6.1 船中剖面惯性矩 I 应满足下式要求:

$$I>4.0\ W_0L \qquad \text{cm}^4$$

式中:$W_0=M/[\sigma]$,cm^3;

M——按 5.15.4.2 和 5.15.4.3 确定的最大总纵弯矩,N·m;

$[\sigma]$——5.15.4.5 中$[\sigma_p]$和$[\sigma_b]$的小者,MPa。

5.15.4.7 构件稳定性

5.15.4.7.1 对具有夹层结构的船体应对其承受压力的夹层面板进行稳定性校核。

5.15.4.7.2 芯材为聚氨酯(PU)泡沫塑料的夹层板的面板临界屈曲应力 σ_{cr} 取以下两式计算值中小者:

$$\sigma_{cr} = 0.5(E_f E_c G_c)^{1/3} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{cr} = 1.39\gamma^{0.639} G_c \quad \text{MPa}$$

式中:E_f——面板的压缩弹性模量,MPa;

E_c——芯材的压缩弹性模量,MPa;

G_c——芯材的剪切弹性模量,MPa;

γ——见 5.15.3.4.1。

5.15.4.7.3 芯材为聚氯乙烯(PVC)泡沫塑料的夹层板的面板临界屈曲应力 σ_{cr} 取以下两式计算值中小者:

$$\sigma_{cr} = 0.5(E_f E_c G_c)^{1/3} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{cr} = 1.52\gamma^{0.585} G_c \quad \text{MPa}$$

式中:E_f、E_c、G_c、γ 见 5.15.4.7.2。

5.15.4.7.4 以上两种夹层面板的计算压应力应不大于按 5.15.4.7.2 和 5.15.4.7.3 算得的临界屈曲应力 σ_{cr} 的 0.3 倍,也不大于面板极限压缩强度 σ_{pnu} 的 0.3 倍。

5.15.4.7.5 胶合板芯的夹层板的极限压缩强度 σ_{pnu} 按下式计算:

$$\sigma_{pnu} = 0.15(E_f E_c G_c)^{1/3} \quad \text{MPa}$$

式中:E_f、E_c、G_c 见 5.15.4.7.2。

5.15.4.7.6 胶合板芯夹层板的计算压应力应不大于其极限压缩强度 σ_{pnu} 的 0.6 倍。

第 16 节 结 构 防 火

5.16.1 机舱

5.16.1.1 机舱周围内壁应采用阻燃性树脂积层 3 次以上(厚度大于 3mm),或采用等效的隔热材料敷设。

5.16.1.2 面对机舱、厨房等高失火危险处所的 GFRP 制的燃油柜的表面,应敷设不燃性材料或将阻燃性树脂层积 3 次以上。储存汽油燃料的燃油柜应采用金属制作。

5.16.1.3 容易失火以及燃烧时散发出大量烟雾或有毒气体的涂料、绝缘材料不能用于机舱处所内。

5.16.1.4 机舱和气罐存放处所应设有“禁止吸烟”醒目标牌。

5.16.2 厨房炉灶和取暖设备

5.16.2.1 除厨房炉灶外不得使用明火。炉灶与船体结构间应采用不燃材料进行隔热分隔。如采用燃油或燃气炉灶时,其结构和布置应经验船机构同意。厨房甲板应敷设适当厚度的不燃材料。

5.16.3 其他

5.16.3.1 内部梯道或扶梯应采用钢或其他等效材料制造。

5.16.3.2 主、辅机和厨房烟囱与船体结构之间应设有效的隔热设施。

5.16.3.3 天花板、衬挡等允许采用低播焰材料,但在高温时,不应产生对人健康有害烟气及毒性产物。

5.16.3.4 采用的隔热材料和隔声材料一般应是不燃材料，且对其可能接触到的易燃液体或其蒸气应是不可渗透的。用于隔热的泡沫塑料，应为无毒、自熄型。

5.16.3.5 如从提供浮力考虑需要用可燃材料时，应有可靠措施防止其接触到潜在火源或被易燃液体污染后而失火。

第17节 船体试验

5.17.1 密性试验

5.17.1.1 船体完工后，应进行密性试验，密性试验分为灌水试验和冲水试验。

5.17.1.2 灌水试验应符合下列规定：

（1） 灌水试验应在船舶下水前进行；

（2） 灌水试验前，被试验的密封舱应打扫清洁，且不得刷涂油漆等影响试验的涂料；

（3） 对液舱和压载水舱应灌水至空气管顶，不设空气管时应灌水至溢流管顶部；

（4） 不作液舱用的首、尾尖舱、机舱、货舱应灌水至满载水线，有两条以上不同满载水线的船应灌水至最高满载水线；

（5） 当内部没有水密舱壁时，可利用舷外水压力代替灌水试验；

（6） 灌水或浸水后保持4h，应无渗漏现象。

5.17.1.3 冲水试验应符合下列规定：

（1） 高于灌水高度部分的外板、甲板、舱壁、上层建筑端壁、甲板室围壁，以及水密舷窗、舱口盖、孔盖、门窗等均应进行冲水试验。

（2） 冲水试验时，出水口的压力应不低于0.2MPa，喷嘴内径应不小于12.5mm，喷嘴离被试验处的距离应不大于1.5m，水柱移动速度应不大于0.1m/s。

5.17.2 强度试验

5.17.2.1 根据船舶的用途和建造情况，验船机构可要求作结构强度试验（如承载下的应力、挠度试验、水中投落试验或碰撞试验等）。

第六章 舾 装

第1节 舵 设 备

6.1.1 本节规定适用于普通流线型舵和单板舵，对于有特殊要求的舵（如襟翼舵），应另作考虑。

6.1.2 舵杆、舵叶、舵承等的设计、所使用的材料和连接等应符合本局的有关规定。

6.1.3 操舵装置除应满足本局的有关规定要求外，还应符合第七章第7节的有关规定。

第2节 锚泊及系泊设备

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 除另有规定外，每艘船舶应配备能在预期营运作业和锚泊情况下迅速和安全操作的锚泊设备。

6.2.1.2 锚及其锚链应保持连接并置于随时可用的位置。

6.2.2 锚泊及系泊设备的配备

6.2.2.1 船舶的锚泊及系泊设备应根据其种类及其航行水域并根据6.2.3.1或6.2.3.2计算所得的舾装数N，按表6.2.4.1(1)或(2)的要求配备。

6.2.2.2 在沿海航区内航行的船舶，其锚泊设备可按舾装数N降低1档选取；在遮蔽航区内航行的船舶，其锚泊设备可按舾装数N降低2档选取。

6.2.2.3 船长小于20m的内河船舶的锚泊设备可按表6.2.4.1(3)选取。J级航段船舶锚泊和系泊设备应按高于所在航区的规定配备，并应经本局同意。航行于C级航区的浅水船舶，可用插杆等有效方法替代锚设备。

6.2.2.4 船长小于8m的船舶，经本局同意，可免设锚设备或用其他有效方法替代锚设备。

6.2.2.5 对配备30kg及以上锚的船舶应设置抛锚和起锚设备。对配备250kg以下锚的船舶允许使用人力锚绞盘或人力绞盘代替锚机，但应保证有效地收放锚。

6.2.3 舾装数

6.2.3.1 海船舾装数N按下式计算：

$$N = \Delta^{2/3} + 2Bh + \frac{A}{10}$$

式中：Δ——最大吃水线下的型排水量，t；

B——船宽，m；

h——最大吃水线至最上层甲板室顶部的有效高度，m；

$$h = a + \sum h_i$$

其中：a——船中最大吃水线至上甲板的距离，m；

h_i——各层宽度大于 $B/4$ 的舱室，在其中心线处计量的高度。其最低 h_i 要从上甲板中心线量起，若上甲板不连续时，应由上甲板最低处平行于升高部分甲板的延伸线量起；

A——在船长 L 范围内最大吃水线以上的船体部分和上层建筑及各层宽度大于 $B/4$ 的甲板室的侧投形面积的总和，m^2。

在计算 h 和 A 时，不必计及舷弧和纵倾。

凡是超过 1.5m 高度的挡风板和舷墙，均应视为上层建筑或甲板室的一部分。

对于无甲板室但有档风玻璃或者帆布篷帐的艇，应考虑档风玻璃或帆布篷的投影面积。

6.2.3.2 内河船舶舾装数 N 按下式计算：

$$N = L(B + D) + 0.8\sum A$$

式中：L、B、D——分别为船长、船宽和型深，m；

$\sum A$——干舷甲板以上的上层建筑、甲板室等侧面投影面积之和，但不计及重叠的部分。

6.2.4 锚

6.2.4.1 每只首锚的质量可以与表 6.2.4.1(1)、6.2.4.1(2) 所列锚质量相差 ±7%，但首锚的总质量应不小于表列锚质量的总和。

6.2.4.2 普通无杆锚的锚冠质量，包括销子和转轴在内，应不小于该锚总质量的 60%。

6.2.4.3 当采用有杆的首锚时，锚重（不包括横杆）应不小于表 6.2.4.1(1) 和表 6.2.4.1(2) 所规定的无杆锚质量的 80%。

6.2.4.4 当采用经认可的大抓力锚作首锚时，每只锚的质量可为表 6.2.4.1(1) 和表 6.2.4.1(2) 所规定的普通无杆首锚质量的 75%。石质河底不宜使用大抓力锚。对大抓力锚的具体要求见本局有关规范的规定。

6.2.4.5 在满足使用要求的前提下，经本局特别审查同意，可仅配备 1 只锚，但船上应存有 1 只备用锚。

6.2.4.6 有限航区船舶的首锚可采用超大抓力锚。每只超大抓力锚的质量可为表 6.2.4.1(1) 和表 6.2.4.1(2) 中规定的普通无杆首锚质量的 50%。

海船锚、锚链和锚索 表 6.2.4.1(1)

舾装数 N		无杆首锚		首锚用有档锚链			系船缆索		
超过	不超过	数量	每只锚的质量 (kg)	总长度 (m)	直径(mm) AM1	直径(mm) AM2	根数	每根最小长度 (m)	最小破断负荷 (kN)
—	10	1	16	75	8	8	2	22.5	25
10	15	1	20	75	8	8	2	25	25
15	20	1	30	80	8	8	2	25	25
20	30	1	50	90	8	8	2	30	25
30	40	2	70	90	8.5	8	2	40	30
40	50	2	90	105	9.5	8.5	2	50	30
50	60	2	120	192.5	12.5	11	2	60	30
60	70	2	140	192.5	12.5	11	2	80	30
70	80	2	160	220	14	12.5	2	100	35
80	90	2	180	220	14	12.5	2	100	37

续表6.2.4.1(1)

舾装数 N		无杆首锚		首锚用有档锚链			系船缆索		
超过	不超过	数量	每只锚的质量(kg)	总长度(m)	直径(mm) AM1	直径(mm) AM2	根数	每根最小长度(m)	最小破断负荷(kN)
90	100	2	210	220	16	14	2	110	37
100	110	2	240	220	16	14	2	110	40
110	120	2	270	247.5	17.5	16	2	110	40
120	130	2	300	247.5	17.5	16	2	110	45
130	140	2	340	275	19	17.5	2	120	45
140	150	2	390	275	19	17.5	2	120	50
150	175	2	480	275	22	19	2	120	55
175	205	2	570	302.5	24	20.5	2	120	60
205	240	2	660	302.5	26	22	2	120	65
240		2	780	330	28	24	3	120	72

内河船舶的锚、锚链和锚索 表6.2.4.1(2)

舾装数 N	艏锚		锚链		系船索直径(mm)	
	个数	总质量(kg)	直径(mm)	总长度(m)	钢索	纤维索
$N<30$	1	15	7	50	8.5	25
$30\leqslant N<50$	1	25	7	50	8.5	25
$50\leqslant N<75$	1	40	9	75	8.5	25
$75\leqslant N<100$	1	60	11	75	8.5	25
$100\leqslant N<125$	2	100	11	75	9.3	27
$125\leqslant N<150$	2	125	12.5	100	11	29
$150\leqslant N<175$	2	150	12.5	100	11	29
$175\leqslant N<200$	2	175	14	100	11	29
$200\leqslant N<250$	2	200	14	150	13	33

注：1. 允许用等强度的绳索(钢丝绳、纤维绳)代替锚链，但绳索与锚之间要通过一段不小于2m的锚链相连；

2. 锚链长度可视作业水深适当调整。

船长小于20m的内河船舶的锚、锚链和锚索 表6.2.4.1(3)

航区(级)	锚重(kg)	锚链直径(mm)	锚链长(m)
A	≥30	≥7	≥30
B	≥20	≥7	≥25
C	≥10	≥7	≥20

6.2.5 锚链

6.2.5.1 本节表中所列的锚链直径不大于17.5mm时，可用试验负荷相等的无档锚链或破断负荷相等的钢丝绳或纤维绳代替。

6.2.5.2 锚链在连接锚的一端应装设一个转环。

6.2.5.3 锚链的船内端应通过一个固定装置与船体结构连接。该连接结构应能在锚链舱外易于

到达的地方迅速解脱。

6.2.5.4 锚链舱内应有分隔措施，确保锚链抛出或回收时不会相互拧绞。

6.2.5.5 设置锚及锚链的船舶，船上应至少配备1个锚卸扣和4个连接卸扣或连接环作为备用。

6.2.5.6 拉伸应力小于400MPa的锚链不允许用于大抓力锚。

6.2.6 代替锚链的缆索

6.2.6.1 船长不小于30m的船舶，可允许1只锚的锚链用钢索代替。

6.2.6.2 船长小于30m时，两只锚的锚链均可用钢索代替。

6.2.6.3 当用钢索替代锚链时，还应满足下列要求：

(1) 钢索的长度应等于相应表格规定的锚链长度的1.5倍，钢索的破断负荷应不小于表6.2.4.1(1)及表6.2.4.1(2)规定的普通锚链的破断负荷；

(2) 在锚与钢索之间应安装1根较短的锚链，其长度为12.5m或由锚的贮存位置到锚机之间的距离，取其小者；

(3) 拖网绞车的钢索可用作锚链，其导向滑轮和导向滚筒应妥善安装和布置，以免钢索被甲板室、上层建筑、甲板板和甲板上的设备磨损。当钢索直径不小于18mm时，其导向滚筒应永久性安装。

6.2.6.4 船长小于24m的渔船，可允许采用直径不小于20mm的白棕绳或合成纤维绳代替第二个锚上的钢索，但白棕绳(或合成纤维绳)的破断负荷应不小于所规定锚链的破断负荷。船上应备有适当的设施(如缆索绞机或绞盘、缆索卷车及带缆桩等)供船只起锚或锚泊定位使用。

6.2.6.5 当设置的锚质量不大于60kg时，两只锚均可用白棕绳(或合成纤维绳)代替钢索。

6.2.7 系泊设备

6.2.7.1 如船舶的A/N大于0.9(A和N见6.2.3.1的定义)时，本节表6.2.4.1(1)及表6.2.4.1(2)中所列系船索的数量建议按下列要求增加：

A/N的比值	系船索增加数量
$0.9 < A/N \leqslant 1.1$	1
$1.1 < A/N \leqslant 1.2$	2
$1.2 < A/N$	3

6.2.7.2 本节表所列的系船索系指6×24或6×37规格的钢丝抗拉强度不小于1.37kN/mm^{2}的柔韧镀锌钢丝绳，也可用破断负荷相同的由植物纤维或合成纤维制成的纤维绳，或钢丝与纤维芯组成的钢索。无论破断负荷如何，纤维绳的周长应不小于63mm(直径应不小于20mm)。

6.2.7.3 缆索的破断负荷大于736kN时，应采用专门设计的缆车来进行操作。

6.2.7.4 系缆桩的数量应根据船舶种类，营运条件和结构形式确定。舷墙上应开设导缆孔，孔与桩之间须相互偏离足够的距离；如果无舷墙或舷墙较高则应设有导缆钳。

6.2.7.5 系缆桩、导缆钳等系泊设备应根据所选配的系船索尺寸或破断力选用标准尺寸。如果自行设计系缆桩、导缆钳等系泊设备以及基座等，应按所选配系船索的破断力进行强度计算，其许用应力不大于材料屈服极限的95%。

6.2.7.6 安装系缆桩、导缆钳处的船体结构应适当加强。

第七章　轮　　机

第1节　通　　则

7.1.1　一般规定

7.1.1.1　本章仅对与GFRP船舶轮机装置相关的特殊要求做出规定。未作规定的部分，应符合本局的有关规定。

7.1.1.2　除安装舷内外机及尾挂机的船舶外，船上不得装设汽油箱。

7.1.1.3　对装设于GFRP船体结构上的所有机械设备，应采取必要的措施避免因重量与螺栓的夹紧力造成船体结构的变形。

7.1.2　振动

7.1.2.1　轮机装置的设计、布置和安装应考虑GFRP的材料特性、安装连接方式等因素，避免在常用转速范围内因振动而产生过大的应力。

第2节　布　　置

7.2.1　空隔舱

7.2.1.1　下列舱室相邻布置时，应以空隔舱或等效设施隔开：

（1）　滑油舱柜与燃油舱柜；

（2）　滑油舱柜与淡水舱柜；

（3）　燃油舱柜与淡水舱柜。

7.2.2　轴系填料箱

7.2.2.1　轴系通过机器处所水密舱壁处应设有水密填料箱，其设置应便于从机器处所方面压紧和更换填料。填料箱的安装应保证水密舱壁的水密完整性。艉管的前端密封处和中间轴的轴承处，应便于接近和维修。

7.2.3　起重设备

7.2.3.1　在机器处所内一般应备有适当的起重设备，用于拆装主、辅机械的零部件。安装起重设备区域的船体结构应适当加强。

第3节　通　　风

7.3.1　定义

7.3.1.1　开敞舱室：系指每$1m^3$净舱容至少具有$0.34m^2$直接开向大气的固定开孔面积的任何

舱室。

7.3.2 一般要求

7.3.2.1 机器处所及其控制室内应有足够的通风。

7.3.2.2 所有可能积聚可燃气体、有毒气体、窒息性气体或蒸汽的处所均应具有良好的通风。制冷压缩机所在的位置应有专用的抽风口。

7.3.3 安装有汽油箱的舱室通风

7.3.3.1 除开敞舱室外,装有下列任一设备的舱室,均应设有符合7.3.3.5要求的自然通风系统。

(1) 固定安装的汽油箱;

(2) 便携式汽油箱。

7.3.3.2 装有汽油箱的舱室应与其他处所分隔,并能防止油气进入其他处所。

7.3.3.3 除开敞舱室外,安装汽油箱的舱室中的电气部件应为防爆型。

7.3.3.4 便携式汽油箱的放置处应设有快速系固装置,并能在紧急情况下便于将其抛弃。

7.3.3.5 自然通风系统

7.3.3.5.1 自然通风的舱室应装设一个来自大气的进气孔或管道和一个通向大气的排气孔或管道。进、排气系统的布置应符合下列要求:

(1) 排气管道的开口应位于低于舱室高度的1/3处;

(2) 进气管道开口和排气管道开口均应位于正常舱底水水位之上;

(3) 进气管道开口与排气管道开口之间应尽量远离。

7.3.3.5.2 各进、排气管道的合计内横截面积应不小于按下式计算所得之值,且不小于3000mm^2:

$$A = 3300 \ln (V/0.14)$$

式中:A——各开孔或管道的最小合计内横截面积,mm^2;

V——舱室净容积,等于舱室总容积减去舱内固定安装的部件的体积,m^3;

ln——自然对数。

7.3.4 通风筒及通风导管

7.3.4.1 通风筒接管应牢固连接,并保证水密。通风筒接管口应设有风雨密关闭装置。

7.3.4.2 舱室内的通风导管,可用钢或GFRP材料制造,GFRP通风导管穿过水密舱壁或甲板时,应与舱壁或甲板有效连接,并保证舱壁的水密完整性。

第4节 管 系

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 塑料管和挠性软管应按本局接受的国家或国际标准进行设计和制造。

7.4.1.2 塑料管和软管的使用,应取得本局的认可并取得船用产品证书。

7.4.1.3 管子穿过气密或水密结构处,应采用贯通配件或座板。

7.4.1.4 海、淡水管应避免通过油舱。油管也应避免通过淡水舱。如不可避免时,应在油密隧道或套管内通过。其他管子通过燃油舱时,管壁应加厚,且不得有可拆接头。

7.4.1.5 应避免燃油舱柜的空气管、溢流管、测量管通过居住舱室。如不可避免时,则通过该类舱

室的管子不得有可拆接头。

7.4.1.6　空隔舱和等效设施应设有适当的排水装置、空气管和测量管。

7.4.1.7　管系通常应由刚性管段组成，出于特殊考虑，可采用适合某拟定用途的，并经认可的挠性软管替代刚性管。挠性软管的使用见7.4.7。

7.4.1.8　管系的支撑不应引起系统出现有害振动。

7.4.1.9　金属管路应由电焊或铜焊连接，或用经认可的可拆接头连接。

7.4.1.10　海、淡水管和空气管及测量管应避免通过冷藏舱室。

7.4.2　燃油系统

7.4.2.1　一般要求

7.4.2.1.1　燃油系统的每一零部件应有足够强度，且它们的安装应使其能承受可能遇到的冲击和振动而不会发生任何泄漏。

7.4.2.1.2　燃油系统零部件的制造材料应具有耐高温性能并经防腐蚀处理。

7.4.2.2　燃油箱

7.4.2.2.1　燃油箱结构、布置等应符合下列规定：

（1）　燃油箱应紧固在牢固的座架上，且与舱壁或其他设备之间应留有一定的空隙。燃油箱不得用于支承甲板、舱壁或其他构件。

（2）　燃油箱不应位于发动机、排气管、电气设备上方，并尽可能远离上述设备。

（3）　燃油箱应设有足够流通面积的透气管，透气管不得终止于因油或油气溢出而造成危险的开敞处所。透气管管端应设有有效的关闭装置和耐腐蚀的便于更换的金属防火网。

（4）　燃油箱应装设测量管，对容积不大于$0.5m^3$的燃油箱允许用液位指示器代替测量管。若使用玻璃管液位计，则应在其可能溢油的上下端装设自闭式截止阀。

（5）　燃油箱不应布置在防撞舱壁之前。

（6）　燃油箱安装前应进行水压试验，灌水高度应达到至箱顶最高点以上2.5m，试验时箱体不允许出现变形和泄漏现象。

7.4.2.2.2　汽油箱的布置还应满足下列附加要求：

（1）　汽油箱应有足够强度。

（2）　汽油箱不得设置任何泄油管。

（3）　汽油箱应避免阳光直射并设有防止滑移的装置。不得只采用泡沫材料固定油箱，如果泡沫材料与油箱相接触，则应采取适当的防腐蚀措施。

（4）　每一汽油箱均应设有用于确定该油箱中燃油油位或油量的装置，但不得使用玻璃管液位计。

（5）　每一金属汽油箱以及可能与燃油相接触的金属部件都应可靠接地。

（6）　每一汽油箱应设有单独的注油系统。注入口的布置，应保证当船舶处于静浮状态时，溢出的燃油不得进入船舶内部。

（7）　注入管的最小内径应为31.5mm，而燃油注入软管的最小内径应为38mm。注入管的底端应伸至汽油箱的底部，以减少油料的冲击和与空气的摩擦。

（8）　注入管若采用软管时应为耐火型，并符合本局接受的标准[①]。

① 如GB/T 14652.1 小艇 燃油软管。

（9） 每一汽油箱应设有单独的透气管。透气管上应设阻火器和呼吸阀。

（10） 透气管若采用软管时应为耐火型，并符合本局接受的标准①。

（11） 任何透气部件的截面积应不小于95mm²。

（12） 透气管路的终端应尽量远离通风口。

7.4.2.3 燃油管路

7.4.2.3.1 燃油管路应适当予以夹紧和保护，以防损坏和不正常磨损。

7.4.2.3.2 燃油管路应采用无缝钢管、无缝退火铜管、铜镍合金管或等效金属管制成。

7.4.2.3.3 燃油管路采用软管时，应选用耐火燃油软管②，并应使用防滑金属软管夹使其固定。舷外发动机的燃油软管可采用非耐火燃油软管。

7.4.2.3.4 刚性燃油管路之间的连接应以有效的螺纹连接、压接、锥节、铜焊或法兰连接。

7.4.2.3.5 燃油系统应永久性地安装，除小的接头和附件，以及短的软管外，所有组成部件应分别支撑。刚性燃油管路当通过一段挠性软管与发动机连接时，该连接处刚性一侧金属供油管路距连接点100mm距离内应设有支撑。

7.4.2.3.6 所有汽油供油软管应为耐火型，符合本局接受的标准①。

7.4.2.3.7 燃油箱日用燃油管路上应设置截止阀。且该阀可在机舱外的适当位置进行关闭。

7.4.2.3.8 燃油管路不应位于发动机、排气管、电气设备上方。如无法避免，则应予以有效防护。

7.4.3 排气系统

7.4.3.1 排气管应采用适当的绝热材料进行包裹，绝热层表面温度应不超过60℃。

7.4.3.2 排气管路的布置应避免因排气管的高温损伤船体结构。管路穿过甲板处应采用贯通件以保证风雨密。

7.4.3.3 若排气管由舷侧或船尾引出舷外，管路穿过船体外板处应采用贯通件以保证水密。位于水线上不足300mm处的排气口，应设置防止海水灌入发动机内的装置，且应在排气管可能积水的最低处设放水旋塞。

7.4.4 管路的布置和安装

7.4.4.1 管路应设适当的支撑。支撑与船体构件应用螺栓或螺钉连接。管路的布置应避免因船体变形而使管路损坏。

7.4.4.2 管路穿过水密舱壁或甲板时，应采用具有座板和垫板的通舱贯通件。座板应采用螺栓贯穿舱壁或甲板与座板同尺寸的垫板牢固连接，并应采取密封措施以保证舱壁或甲板的水密完整性。

7.4.5 舷旁阀的安装

7.4.5.1 所有海水进口及排向舷外出口均应设有固定于海水阀箱箱壁或外板上的阀。外板上的阀亦可装于与外板连接的短管上，短管与船体外板应进行有效粘结，保证船体的水密完整性；短管的尺寸和壁厚应考虑其强度能够与周围船体结构强度相当，短管的壁厚应大于管路的壁厚或采用耐腐蚀材料。海水进口及排向舷外出口的连接座板与船体外板应进行有效粘结，保证船体的水密完整性。

7.4.5.2 在靠近或低于最大载重水线的区域，穿过船体的排水口均应安装截止止回阀。阀门应尽

① 如GB/T 14652.1 小艇 燃油软管。

② 参见ISO 7840 小艇耐油燃油软管。

量靠近壳板，且便于接近或者在便于接近的位置上操纵。

7.4.6　塑料管

7.4.6.1　船上所用塑料管的设计、制造、使用和试验应符合附录 D 的有关规定。

7.4.6.2　船上所用塑料管应根据其化学成分、机械性能和耐温极限选取。

7.4.6.3　塑料管在船上的应用范围及其部位应按附录 D 中的表 D.4.1 规定，并满足表中规定的防火要求。

7.4.6.4　塑料管一般不用于介质温度高于 60℃或低于 0℃的管系。

7.4.7　软管

7.4.7.1　挠性软管通常指带有为安装而预制的端部配件的金属或非金属的短软管。

7.4.7.2　船上所用挠性软管的设计、制造、使用和试验应符合附录 E 的有关规定。

7.4.7.3　挠性软管可用于固定管路系统和机械部件之间的固定连接，亦可用于便携式设备和管路之间的临时连接。

第 5 节　主、辅机及轴系

7.5.1　主机的安装

7.5.1.1　主机一般应安装在具有足够强度和刚度的钢质材料机座上。主机及其齿轮箱与机座之间应按本节 7.5.1.3 规定用铰制螺栓进行定位。主机和齿轮箱应尽可能采用公共机座。

7.5.1.2　主机及齿轮箱与机座之间应设有可靠的定位装置。

7.5.1.3　主机及其齿轮箱与机座之间的垫片应用钢或铸铁制造；垫片需进行拂配，并用不少于螺栓总数 15%（但各不少于 2 只）的铰制螺栓将主机及其齿轮箱与机座牢固连接。螺栓应采取有效的防松措施。

7.5.1.4　主机垫片采用树脂浇注时，浇铸料应符合 2.2.5 的要求。浇注前应保持机座底板平面和基座面板平面清洁。浇注时，需同时浇注两块环氧树脂垫片 50mm × 50mm × 50mm 试样。待环氧树脂 48h 硬化后，取样检查环氧树脂垫片的硬度，其巴氏硬度不得低于 35。

7.5.1.5　主机及齿轮箱的安装应避免损伤船体结构，如不可避免时，应对损伤部位进行补强。

7.5.1.6　公共机座与基座间应保持紧密接触，若存在空隙，应用树脂腻子填充。

7.5.2　舷外挂机的特殊要求

7.5.2.1　舷外挂机应用贯穿螺栓或等效设施可靠地固定在艇的艉封板上。

7.5.2.2　安装舷外挂机的艉阱应有足够的尺寸，以便舷外挂机能根据运转工况的需要，左右、上下摆动。

7.5.2.3　舷外挂机的操纵电缆和燃油软管如穿过船体结构，应有效密封。

7.5.2.4　总功率小于 40kW 的舷外挂机，其转速和转向，可用单手柄操纵。总功率为 40kW 及以上的舷外挂机，应在船首设置手轮操纵台。

7.5.3　辅机的安装

7.5.3.1　发电机组的原动机及空气压缩机等往复式辅助机械的基座，其结构应适当加强，使具有

足够的刚度。机座应设有有效的定位,以免在运转中产生位移。

7.5.3.2 直接传动的发电机与柴油机、卧式辅助机械与电动机之间一般应采用弹性连接。若采用刚性连接时,则宜安装在公共机座上。

7.5.4 艉管

7.5.4.1 艉管、艉管螺母与艉柱的结合面应保持良好密封以防止海水浸入。

7.5.4.2 艉管可采用以环氧树脂和玻璃纤维混合物等作为密封填充材料充满夯实,永久性固定,但艉管的管壁厚度应具有与船舶使用寿命相适应的腐蚀余量,艉管的螺母应有有效的防松措施。

7.5.5 锚机和渔捞机械的安装

7.5.5.1 锚机和渔捞机械设备应安装在整体机座上。基座与经加强的甲板之间应采用螺栓牢固连接,并应保持甲板的水密完整性。螺栓的连接强度应能保证承受作用于锚机和渔捞机械上的负荷。

第6节　冷藏装置、消防

7.6.1 GFRP渔业船舶的冷藏装置的设计、制造、安装和试验,受压容器和压力管系的焊接,受压容器和主要机械设备所用金属材料的制造、试验和检查,应符合《钢质海洋渔船建造规范》的规定。

7.6.2 GFRP渔业船舶的防火措施除满足第五章第16节的要求外,灭火系统等其他消防要求,应符合《规则》的规定。

第7节　操舵装置

7.7.1 操舵装置应能确保航行时对船舶的操纵是可靠的。

7.7.2 动力操纵的操舵装置应设有两个动力源(舵桨一体式装置除外)。对于单一动力源的动力操舵装置,应设有独立于动力源的人力辅助操舵装置。

7.7.3 如果主操舵装置具有两台或两台以上的动力设备,则满足下列条件之一时,可免设辅助操舵装置:

(1) 当任一台动力设备不工作时,主操舵装置的工作仍能使本局满意;

(2) 主操舵装置的管系或一台动力设备发生单项故障时,能采用隔离的方法,使操舵能力得以保持或迅速恢复。

7.7.4 舷外挂机或舷内外机的方向控制装置可免设辅助操舵装置。

7.7.5 操舵的位置应使操舵的人员具有良好的航行瞭望视野。

第八章 电气设备

第1节 通 则

8.1.1 一般要求

8.1.1.1 本章仅对与GFRP船舶电气设备相关的特殊要求做出规定。

8.1.2 安装要求

8.1.2.1 工作时能产生高温的电气设备(例如起动电阻、充电电阻、电热器具等)的安装,应使其邻近的设备和船体构件不致受其热量的影响而损伤。

8.1.2.2 在船舶建造过程中应预置安装电气设备的底脚或支承件,并应在GFRP充分固化后再安装电气设备。

8.1.2.3 贯穿夹层板或扶强材等构件敷设电缆时,应在夹层板或扶强材等构件中预埋具有一定机械强度的套管。

8.1.2.4 贯穿或掩埋在泡沫塑料里的电缆,应加装金属套管,以便于移动和更换。

8.1.2.5 电缆贯穿水密舱壁及甲板时,应有效地保证不损坏其强度及水密性。

8.1.2.6 电缆贯穿有防火完整性要求的舱壁及甲板时,应有效保证不损坏其防火完整性。

第2节 接地与避雷装置

8.2.1 设备的接地

8.2.1.1 电气设备的金属外壳及带电部件以外的所有可接近金属部件、电缆金属护套及安装电缆的金属管子或管道,均应可靠接地,但满足下列条件之一者可除外:

(1) 工作电压不超过50 V的设备(对交流电,此电压为均方根值,且不应使用自耦变压器取得此项电压);

(2) 由专用安全隔离变压器只对一个电气设备供电,且电压不超过250 V;

(3) 具有双重绝缘的电气设备。

8.2.1.2 电气设备的接地应符合下列要求:

(1) 固定安装的电气设备,应采用专用导体接地,其导体应采用铜质或导电良好的材料制成,且应有防机械损伤和防蚀措施。采用铜质接地导体的截面积Q与电气设备电源线或相关的载流导体截面积S应满足下列要求:

当$S \leqslant 2.5\text{mm}^2$时,$Q = S$,但不小于$1.5\text{mm}^2$;

当$2.5\text{mm}^2 < S \leqslant 120\text{mm}^2$时,$Q = 0.5S$,但不小于$4\text{mm}^2$;

当$S > 120\text{mm}^2$时,$Q = 70\text{mm}^2$。

(2) 非固定安装的电气设备,应以附设在软电缆(线)中的连续接地线,并通过插头和插座接地,其接地线的截面积应满足下列要求:

当 $S \leqslant 16mm^2$ 时，$Q = S$；

当 $S > 16mm^2$ 时，$Q = 0.5S$，但不小于 $16mm^2$。

8.2.1.3 电气设备的金属外壳及带电部件以外的所有可接近金属部件应采用连接导体联在一起，以形成一个连续和完整的接地系统。

8.2.1.4 对于中线接地的配电系统，中线不得作为设备的接地线。

8.2.2 金属构件的接地

8.2.2.1 下列金属构件应按要求进行可靠接地：

（1） 金属制作的舱、柜（如：燃油舱、柜，淡水舱、柜，润滑油柜，海水柜）及甲板机械、金属索具等；

（2） GFRP 制作的不构成船体结构的油舱、水舱、油柜、水柜等，其舱、柜上安装的阀、人孔盖等金属部件和金属管路，应在电气上做有效的连接；

（3） 能释放静电的金属管应在全长上保持电气连接的连续性。

8.2.2.2 用作释放静电而将船上的金属部件相互连接的导体，应为截面积不小于 $5mm^2$ 铜导体。

8.2.2.3 当电气设备和防止静电的接地导线连接在同一个接地板时，其连接线和接地螺栓均应独立地分开设置。

8.2.3 接地扳

8.2.3.1 接地板应采用面积不小于 $0.1m^2$、厚度不小于 3mm 的铜板；当金属舵板或不锈钢海底阀箱与海水接触的有效面积足够时，允许代替接地板。

8.2.3.2 接地板应固定在船舶各种状态下都能浸在水中的外板上，并在接地板的适当位置设有相同材质的贯穿船体外板的接地螺栓，且应保证水密。

8.2.3.3 应选用与接地板相同材质的螺钉或螺栓，均匀分布地将接地扳固定在船壳外板上，且外表面应光滑平整。

8.2.4 接地螺栓

8.2.4.1 接地螺栓直径应不小于 $10mm^2$，且扭紧螺母后剩余螺栓长度应不小于螺栓直径的 1/2，并应有防松动措施。

8.2.5 避雷装置

8.2.5.1 避雷装置包括避雷针、引下线和接地板。

8.2.5.2 避雷针应以直径不小于 12mm 的铜棒制成，避雷针顶端应至少高出桅顶（或桅顶电气设备）150mm。

8.2.5.3 引下线应用连续的且截面积不小于 $70mm^2$ 的铜排或铜索与接地板作可靠的连接。

8.2.5.4 引下线应尽可能直线敷设，若必须弯曲，其弯曲半径应不小于引下线直径的 10 倍。使用的引下线固定件，应用铜质或其他耐腐蚀材料制成，且用齿状接触形式，并应有效地紧固，不得采用软焊接头。

8.2.5.5 避雷装置应设独立的接地板，并应与电气设备接地板之间至少有 1m 的距离。对船长小于 15m 且正常航行时主要动力设备不依靠电力供电的船舶，其电气设备接地和避雷装置接地可共用一块接地板。

8.2.5.6 从避雷针到接地板的总电阻不应超过 0.02Ω。

8.2.6 无线电设备的接地

8.2.6.1 无线电设备应设置接地装置,并应设置独立的接地铜排。

8.2.6.2 接地铜排应设独立的接地线,并以最短的线路与接地板进行可靠电气连接(其总接地电阻应不超过0.02Ω)。

8.2.6.3 无线电设备使用截面积不小于5mm^{2}的软编织铜线与接地铜排作可靠电气连接。

8.2.6.4 无线电设备的接地板可独立设置或与电气设备接地板共用,但应设置独立的接地螺栓。

第九章 修 补

第1节 通 则

9.1.1 本章规定了建造过程中出现的缺陷的修补要求。这些规定同样适用于因碰撞或其他强作用力产生的积层板损坏的修补。

9.1.2 所有修补工作应当遵照3.2.10关于二次胶接的规定。

9.1.3 修补所使用的材料应能达到原积层板的强度性能。修理厂应制定切实可行的修补工艺文件,详细说明修补区域、使用的材料(树脂、增强材料、芯材等)以及修补程序等,并提交渔船检验机构审查。

第2节 材 料

9.2.1 树脂

9.2.1.1 通常,间苯二酸聚酯树脂,乙烯基酯树脂或环氧树脂等可用于所有的修补。若根据生产商建议采用其他类型树脂,应予特别考虑。在所有情况下,造船企业应向现场验船师证明所使用的树脂适用于被修补船舶原积层板的胶接。

9.2.2 纤维增强材料

9.2.2.1 在可能的情况下,应使用建造时使用的纤维增强材料进行修补。如果采用替代的增强材料,这些材料应在品种和规格上与被修补区域的材料近似。不同种类的纤维不能用于修补,除非它们是原积层板中的一部分。

第3节 单层板的修补程序

9.3.1 损伤评估

9.3.1.1 可通过外观检查、探伤或敲击声音来发现损伤。可通过以下方式找到损伤的部位:

(1) 表面涂层粉化、开裂或者磨损;

(2) 结构或支撑构件变形;

(3) 异常出现或存在水迹、油迹或者锈迹;

(4) 结构出现水泡或者鼓泡,摸起来较软;

(5) 表面和深层裂纹,开裂和纤维裸露;

(6) 擦伤的划痕;

(7) 结合面剥离。

9.3.1.2 船体上的损坏区域应完全暴露出来。为了对可疑区域进行检查,必要时可要求拆除绝缘体、机械或设备。拆除之前应征得各有关方的同意。

9.3.1.3　若在积层板或芯材上发现水迹，该区域应用淡水进行清洗并至少经 48 h 的干燥，直到积层板及芯材上水的含量低于0.5%（质量）时才能继续以后的工作。

9.3.2　积层板损坏部分的清除

9.3.2.1　未穿透的损坏

9.3.2.1.1　对于积层板厚度方向上的部分损坏，损坏部分先用砂轮机片除，再用细砂纸进行形状整理。其形状要求见图 9.3.2.1(1)。

9.3.2.2　穿透性的损坏

9.3.2.2.1　对于贯穿积层板厚度的损坏，损坏区域应进行切除。铺敷表面应按照 9.3.2.1.1 和图 9.3.2.1(1)或(2)的要求进行准备工作。

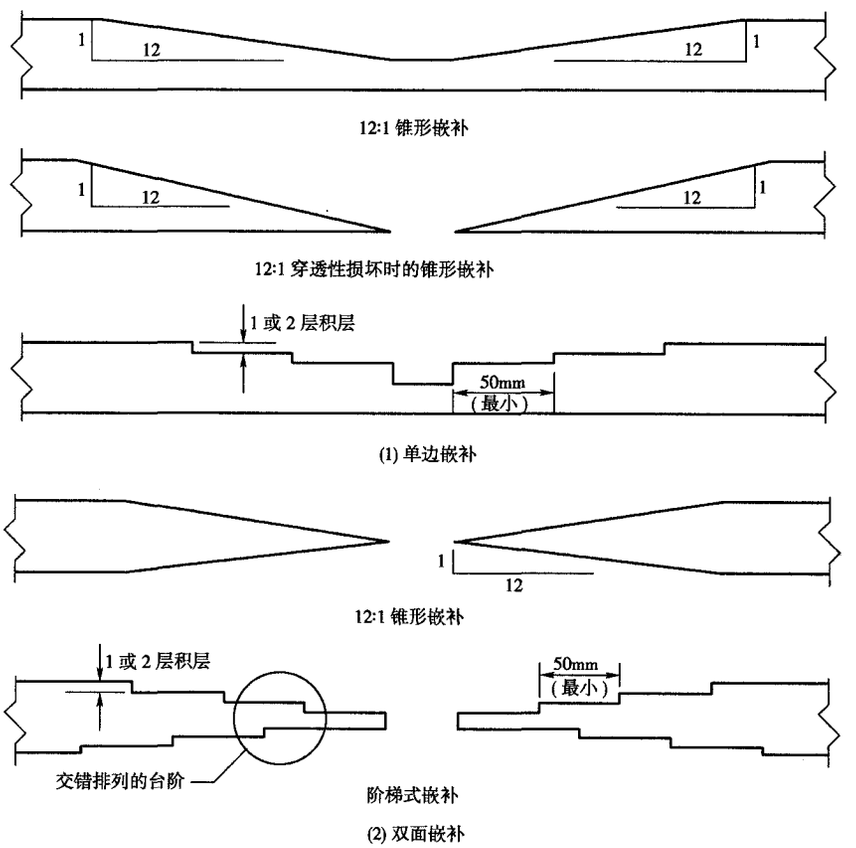


图 9.3.2.1　嵌补接合面的处理

9.3.3　铺敷工序

9.3.3.1　一般规定

9.3.3.1.1　整个修补过程应按照 3.2.10 规定的二次胶接方法进行。通常情况下，铺敷层的第一层应最小，其他层依次增大，如图 9.3.3.1 所示。每一个连续铺层在铺敷时都应稍微比上一层大并进行平整。在使用小的铺层时应特别注意，因为有可能会在胶接线处产生树脂堆积。铺敷时纤维方向应与原积层板纤维方向一致。采用其他方法时应经过特别考虑。

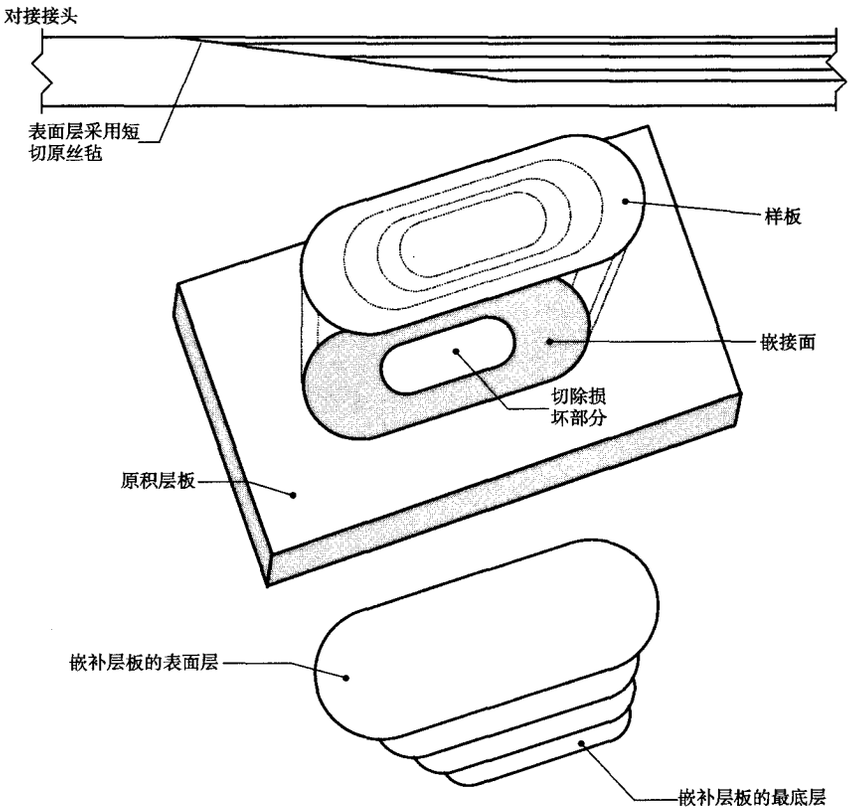


图 9.3.3.1 修补工序

9.3.3.2 搭接要求

9.3.3.2.1 当增强材料为纤维布时，相邻片间应进行搭接。其他的增强材料可以对接。连续铺层的端接缝应与其下面的铺层错开 150mm。长度方向的边接缝也应错开 150mm。铺层搭接部分应至少 25mm 宽。见图 9.3.3.2.1。

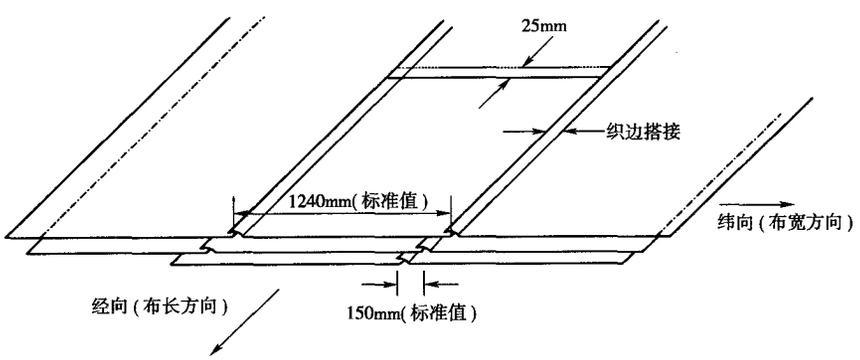


图 9.3.3.2.1 铺层搭接要求

9.3.4 铺敷过程

9.3.4.1 在所有情况下，作为表面的第一铺层均应采用短切原丝毡，覆盖整个接触的表面，并应全部用树脂浸透。铺敷程序应遵照 3.2.7 的要求执行。如果损伤部位需要仰糊时，应采取预防措施，防止湿的增强材料掉落。可接受的积层板修补方式见图 9.3.4.1(1) ~ (8)。

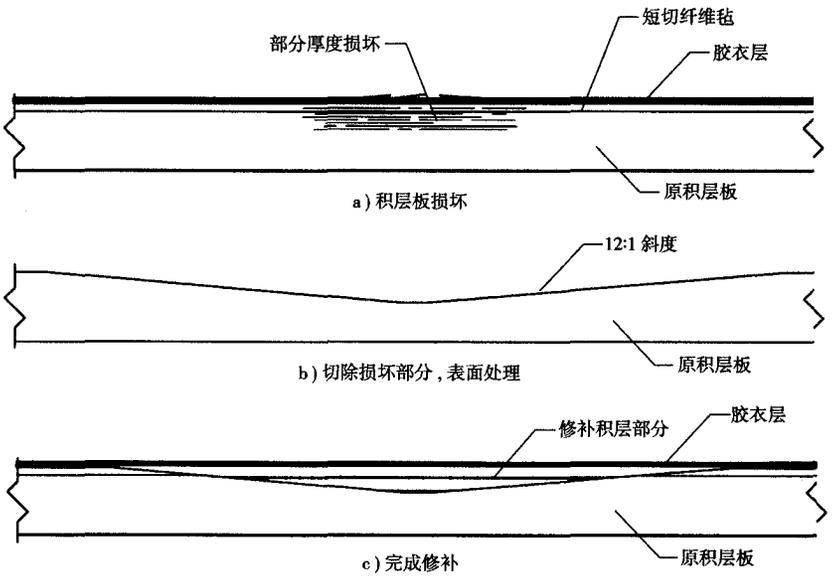


图 9.3.4.1(1)　未穿透的损坏的修补

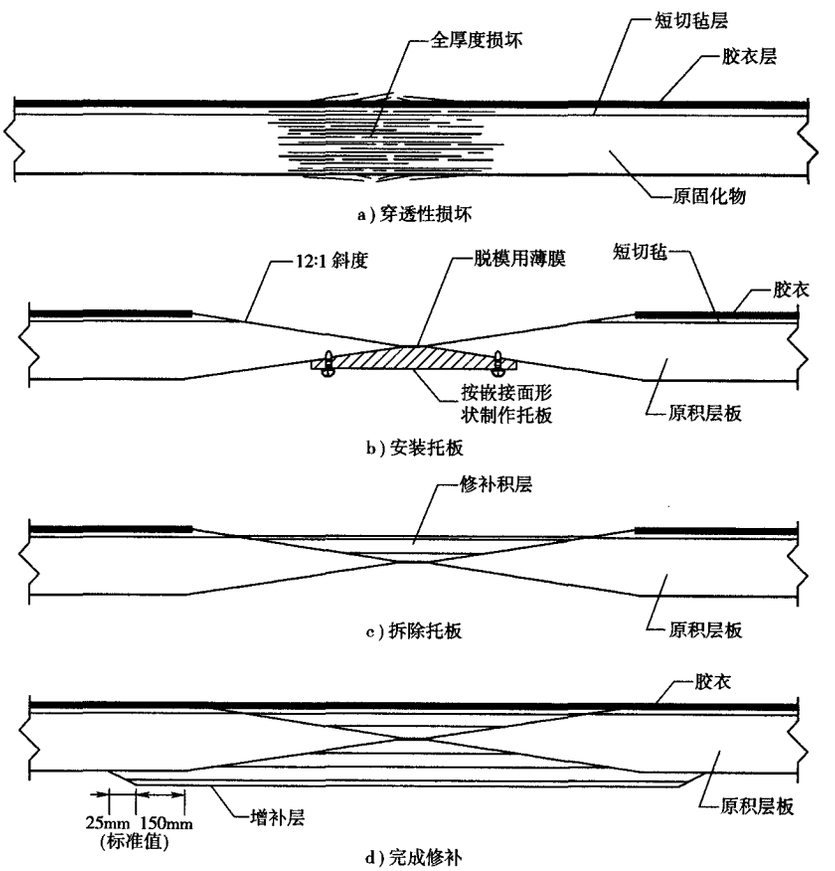
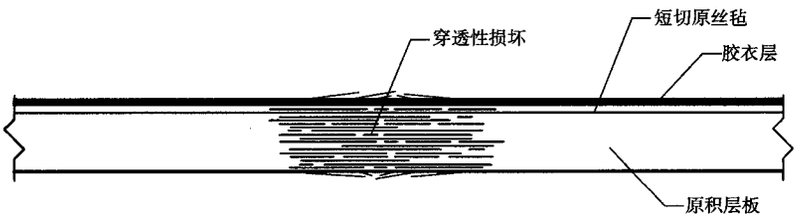
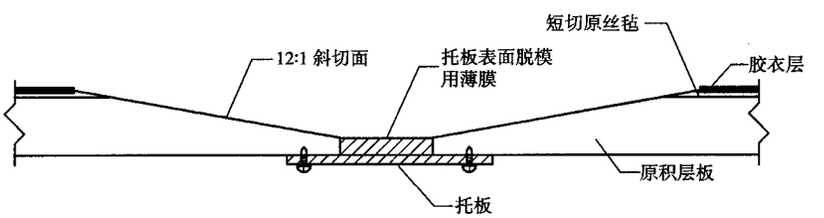


图 9.3.4.1(2)　双面嵌补

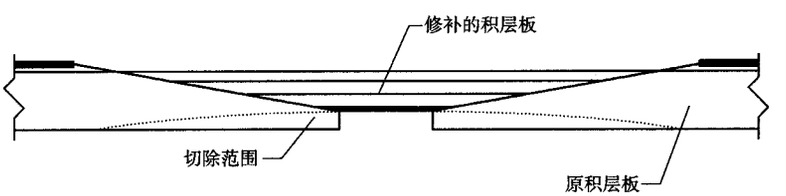
注：无托板一面的增补铺层同上。



a) 穿透性损坏



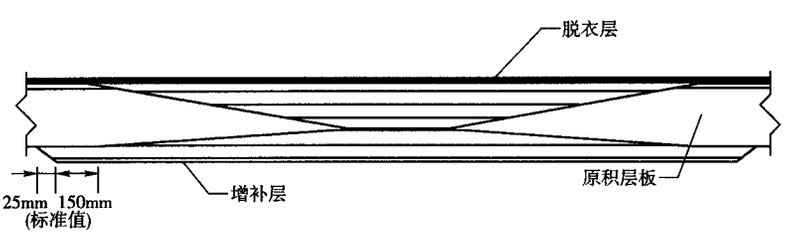
b) 托板



c) 拆除托板



d) 修切边缘



e) 完成修补

图 9.3.4.1(3) 从一面嵌补——另一面加衬垫

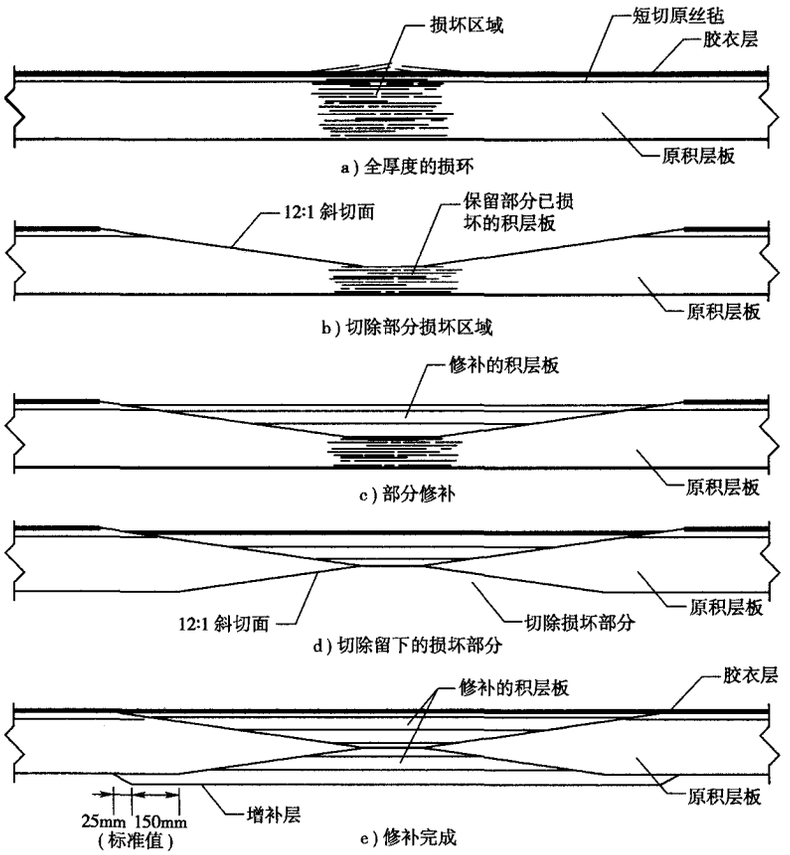


图 9.3.4.1(4)　利用损坏部分做衬垫的修补

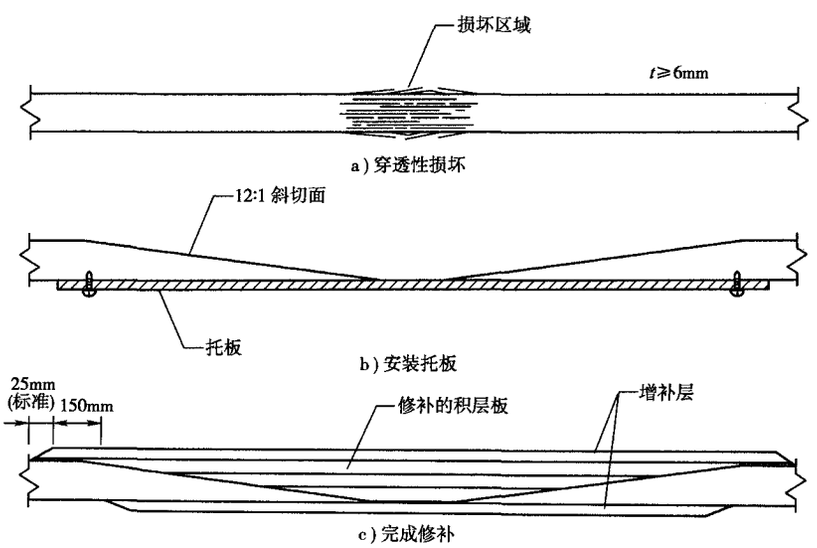


图 9.3.4.1(5)　用薄积层板做衬垫的单面嵌补

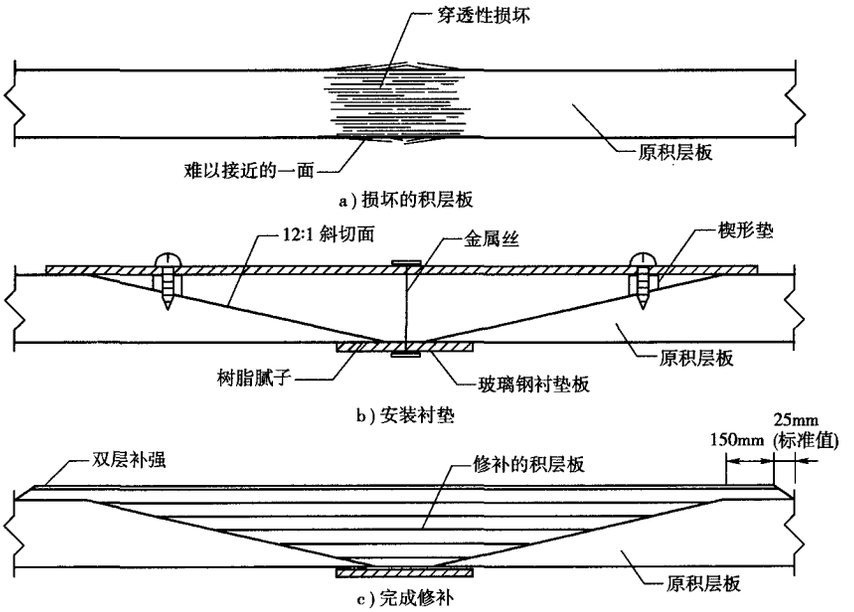


图 9.3.4.1(6) 安装衬垫——从一面修补

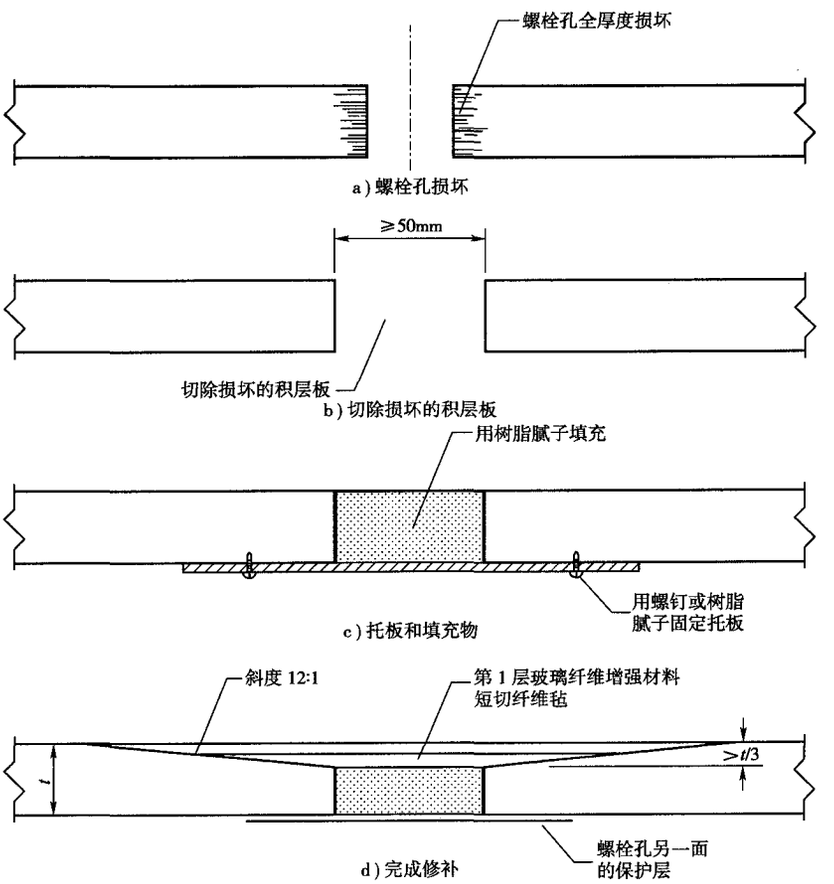


图 9.3.4.1(7) 螺栓孔损坏部位的修理

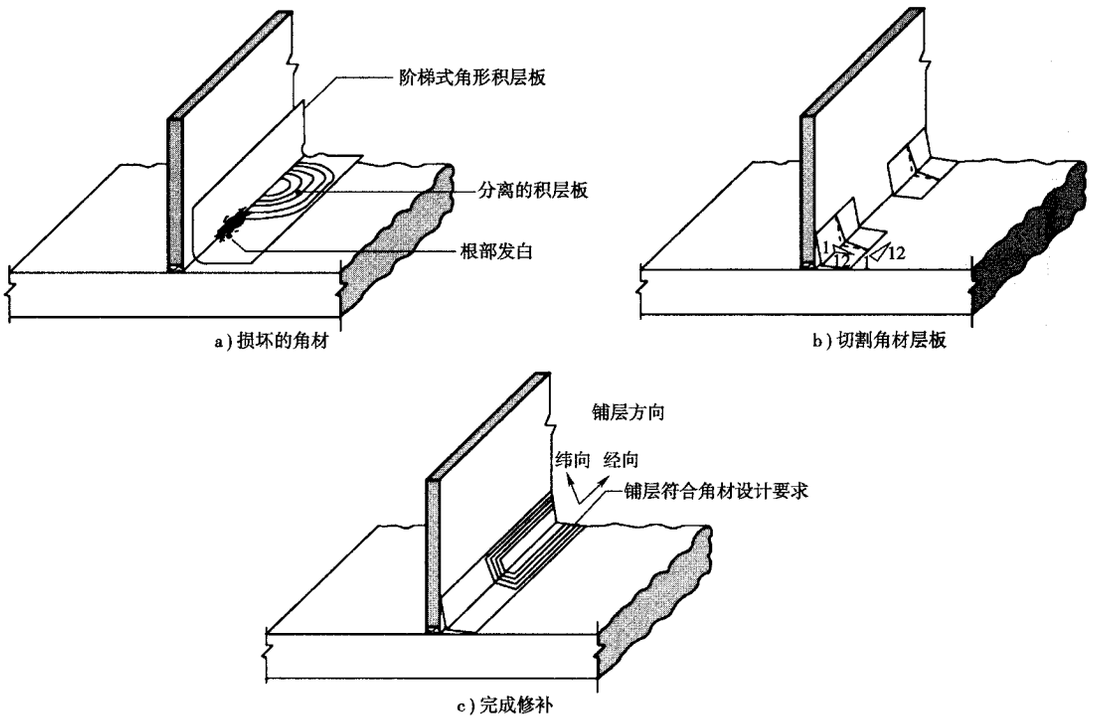


图 9.3.4.1(8)　阶梯式角材损坏的修补

第 4 节　夹层板的修补程序

9.4.1　损伤评估

9.4.1.1　9.3.1 中所述的方法可应用于夹层板。但是，损伤的范围可能远远超出可见损伤的区域。

9.4.2　积层板损坏部分的清除

9.4.2.1　通常情况下，9.3.2 中的要求适用于夹层板。被切割的范围可能会越来越大，从外层向内层拓展。

9.4.3　铺敷程序和步骤

9.4.3.1　通常情况下，夹层板的表面应满足 9.3.3 和 9.3.4 的要求。新的芯材应与被替换的原芯材在型式和密度上相似。新芯材应比原芯材稍薄一点，以满足修补积层板增加的厚度。铺敷程序见 3.2.8的规定。

第 5 节　检　　验

9.5.1　检验

9.5.1.1　修补完工刷胶衣前，应对修补区域进行检验，并应符合下列要求：

(1)　积层板中没有气孔、凹陷、裂纹、龟裂、分层或混入杂质；

（2） 无明显的树脂变色或过热现象；

（3） 无未浸透的增强材料，即积层板无泛白现象；

（4） 增强材料无褶皱，没有超过 12mm 的空隙。

9.5.1.2 修补的表面应光滑，与周围的表面相吻合。

9.5.1.3 固化度应与要求的巴氏硬度相差在 10% 以内，见 3.3.3.2。

附录 A　GFRP 船舶船体结构构造细则

A.1　一般要求

A.1.1　本附录推荐了在实践中已被证实的各种有效的连接形式。设计和建造单位可以在保证强度和连接目的的条件下，提出其他连接形式，但应经本局同意。

A.2　甲板与舷侧板的连接

A.2.1　甲板与舷侧板的连接除应保证结构的完整性以承受总纵弯矩之外，还应能承受由甲板局部载荷造成的角变形。

A.2.2　舷侧结构节点型式

A.2.2.1　舷侧结构节点型式见图 A2.2.1(1)及图 A2.2.1(2)。

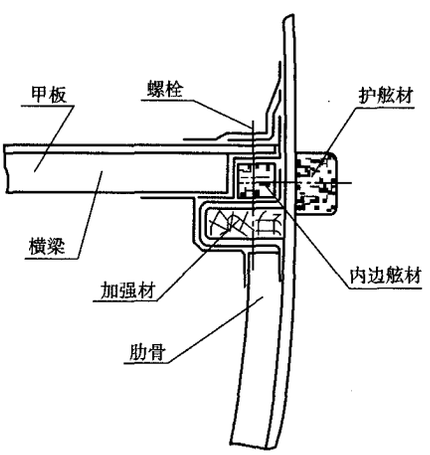


图 A.2.2.1(1)　垂直式舷侧结构

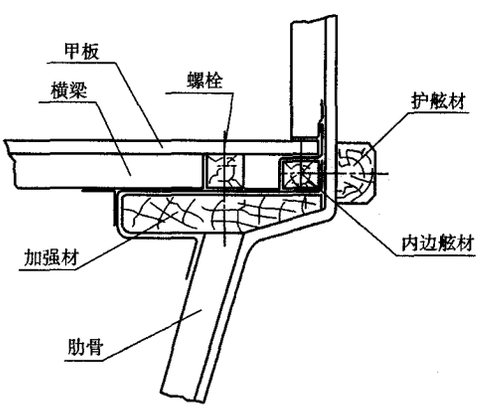


图 A.2.2.1(2)　外飘式舷侧结构

A.2.3　甲板与舷侧的连接

A.2.3.1　甲板放置在内边舷材之上，周围缝隙用玻璃纤维和树脂腻子填充，见图 A.2.3.1。

A.2.3.2　甲板与内边舷材用螺栓连接。

A.2.3.3　甲板上边缘与船舷用玻璃丝布加糊，并覆盖螺栓及填料。

A.2.3.4　甲板下边缘用玻璃丝布将内边舷材包敷在甲板和外板上。

A.2.3.5　对于船长小于 15m 的船舶，甲板可用折边与外板连接，见图 A.2.3.5(1)、图 A.2.3.5(2)，其折边宽取 90～180mm。

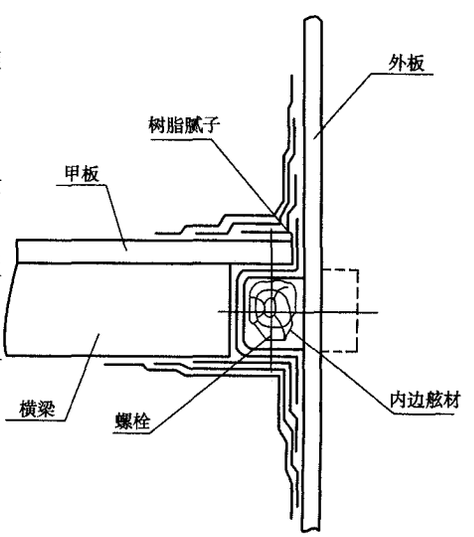


图 A.2.3.1　甲板与舷侧对接

A.2.4　护舷材与舷侧的连接

A.2.4.1　采用特种塑料(微发泡型)护舷材时，见图 A.2.4.1：

(1)　固定螺栓处做成凹圆孔；

(2)　用螺栓将护舷材与内边舷材连接固定；

(3) 螺帽周边及上方用树脂腻子填充。

A.2.4.2 采用木质护舷材时,见图 A.2.4.2:

(1) 用螺栓将其与内边舷材连接固定;

(2) 螺栓外部用树脂腻子填充,然后用玻璃丝布将整个护舷材包敷于船外板上。

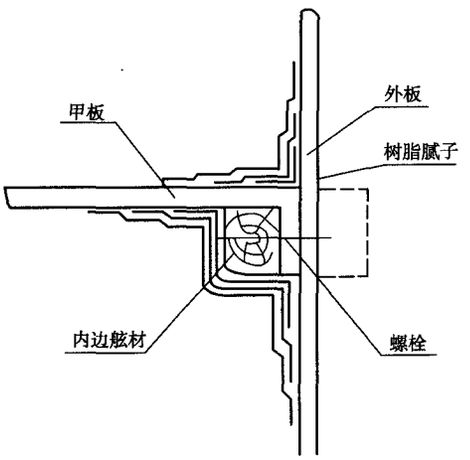


图 A.2.3.5(1) 甲板内折边节点图

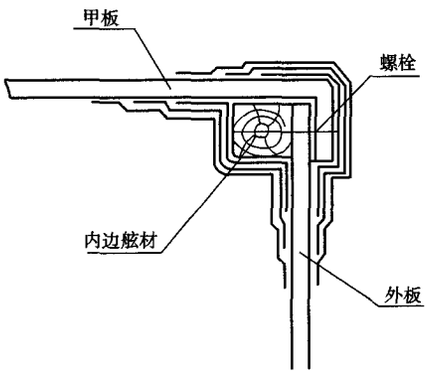


图 A.2.3.5(2) 甲板外折边节点图

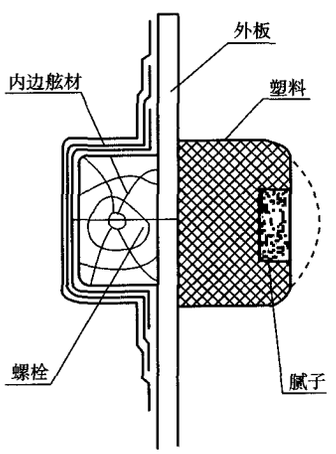


图 A.2.4.1 特种塑料护舷材结构图

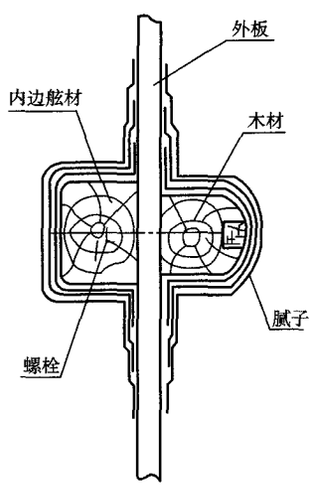


图 A.2.4.2 木质护舷材结构图

A.3 骨架构件之间的连接

A.3.1 骨架构件之间的连接(如横梁与肋骨的连接)可采用机械连接和胶接两种方式。

A.3.2 骨架构件之间的连接可分有肘板型和无肘板型两种。为了增加角部连接的刚性,一般应采用有肘板的骨架构件连接形式。

A.3.3 预制肘板的组装见图 A.3.3(1)所示;

预制骨材按对接规定组装的连接方式,见图 A.3.3(2)所示;

帽型骨材现场糊制有肘板角连接的方式,见图 A.3.3(3)所示;

帽型骨材现场糊制无肘板角连接的方式,见图 A.3.3(4)所示,去除甲板后,其节点连接如图 A.3.3(5)所示。

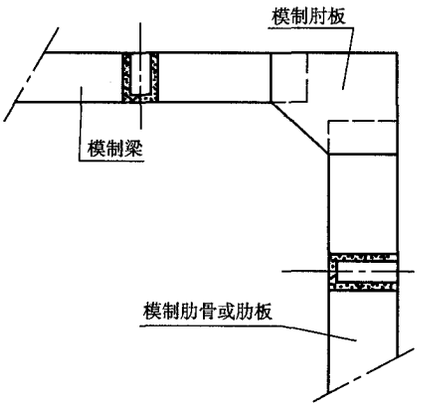


图 A.3.3(1)

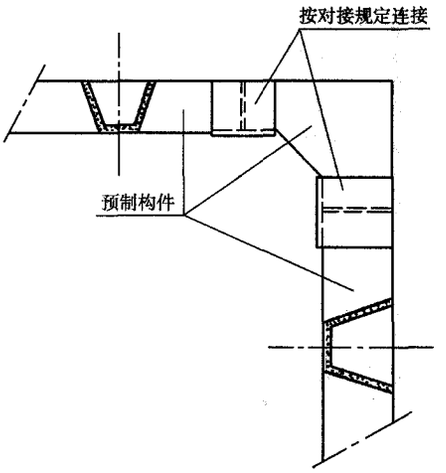


图 A.3.3(2)

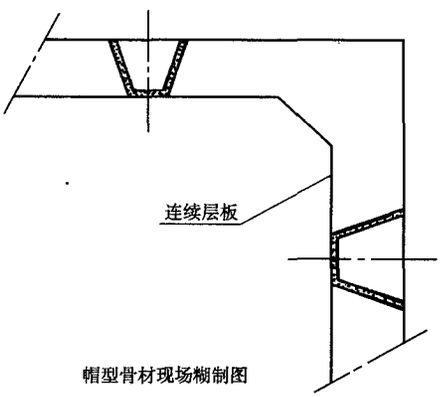


图 A.3.3(3)

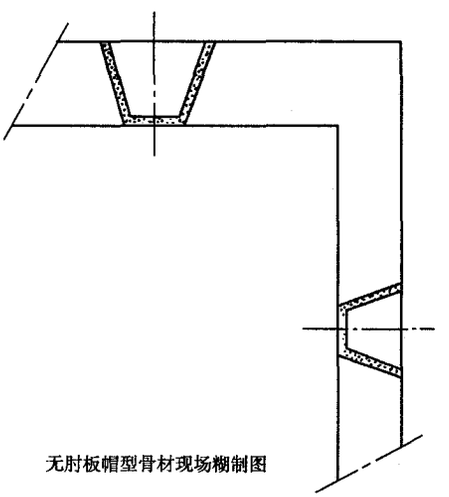


图 A.3.3(4)

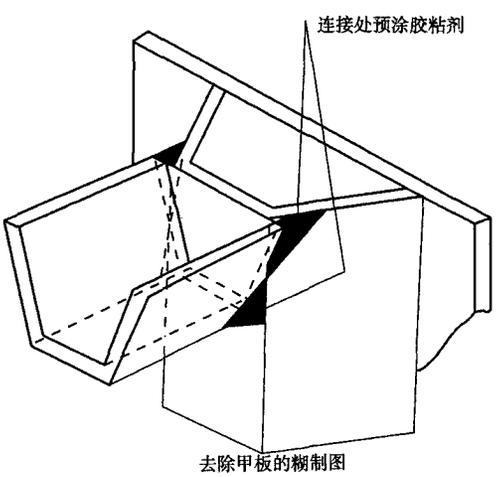


图 A.3.3(5)

A.3.4　骨架交叉结构节点型式

A.3.4.1　等高骨架交叉

A.3.4.1.1　等高骨架交叉结构节点型式见图 A.3.4.1.1。

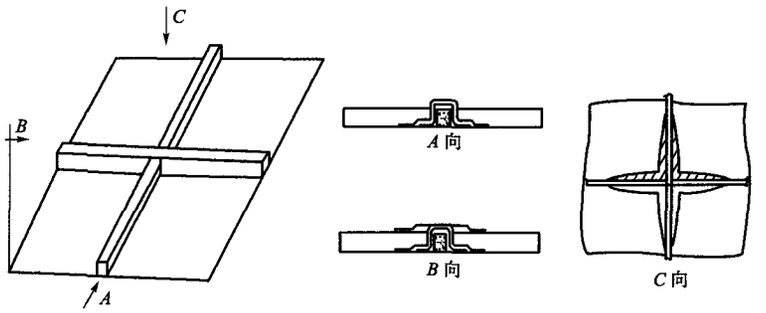


图 A.3.4.1.1　等高骨架交叉结构节点图

A.3.4.1.2　等高骨架交叉结构的连接：

(1)　用包敷法将纵横骨材分别固定在船板上，先纵向后横向的方式将芯材连续糊制在船板上。

(2)　骨架交叉部位的上方及四周用玻璃丝布铺层加强。

A.3.4.2　不等高骨架交叉

A.3.4.2.1　不等高骨架交叉结构节点型式见图 A.3.4.2.1。

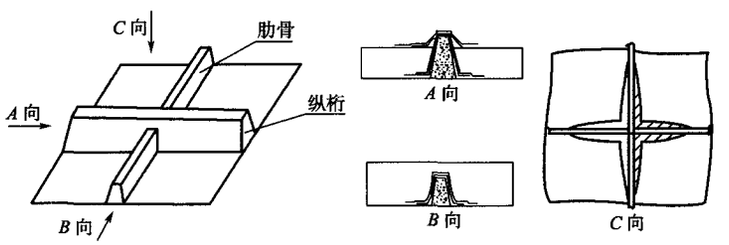


图 A.3.4.2.1　不等高骨架交叉结构节点图

A.3.4.2.2　不等高骨架交叉结构的连接：

(1)　将交叉部位横向芯材上端、纵向芯材下端开口，开口高度等于横向芯材高度之半。

(2)　将带开口的芯材交叉放置，开口缝隙用树脂腻子填充。

(3)　在横材与纵材连接部位的上方沿横材横跨纵材用铺层加强，交叉部位的四角用玻璃丝布铺层予以加强。

A.4　舱壁与船体外板的连接

A.4.1　舱壁与船体外板的连接处为船体受总纵弯曲变形时的刚性点，为减少其连接刚性而使其在小变形时的应力分布较均匀，对横舱壁与船体外板的连接建议采用图 A.4.1(1)至图 A.4.1(3)的连接方式。

A.4.2　对纵舱壁与船底板的连接采用图 A.4.2(1)和图 A.4.2(2)的连接方式。

A.4.3　对甲板室围壁与甲板的连接采用图 A.4.3 的连接方式。

A.5　水密舱壁与骨材的连接

A.5.1　为了保证水密舱壁在破舱情况下保持水密，对穿过舱壁的连续骨材本身在水密舱壁处也应是水密的。

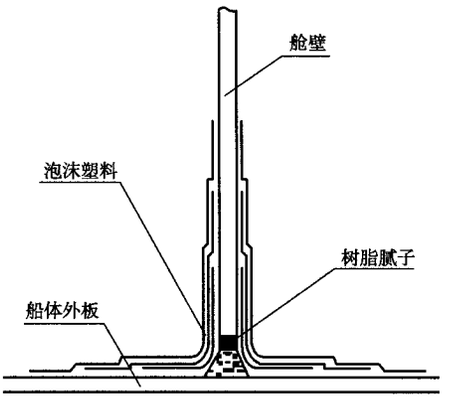


图 A.4.1(1) 单板舱壁与船体外板的连接

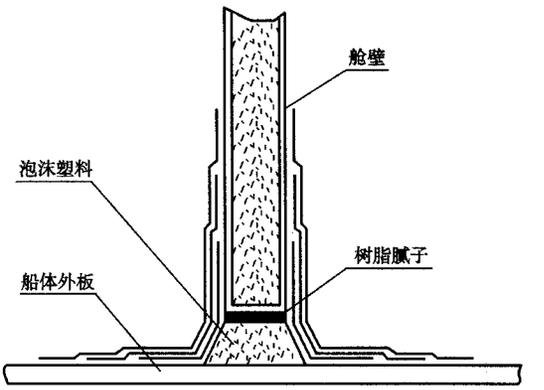


图 A.4.1(2) 复合材料舱壁与船体外板的连接

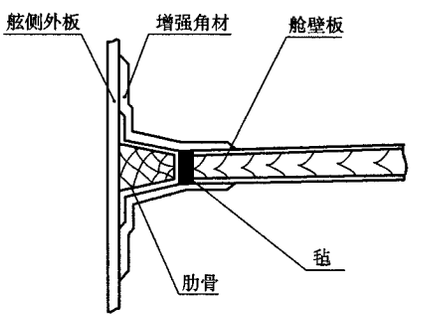


图 A.4.1(3)

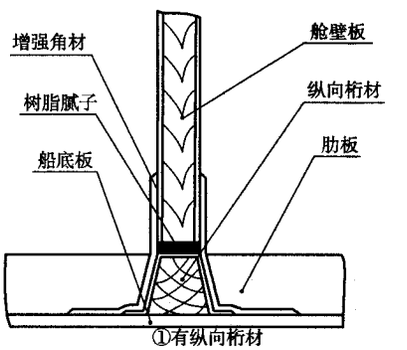


图 A.4.2(1)

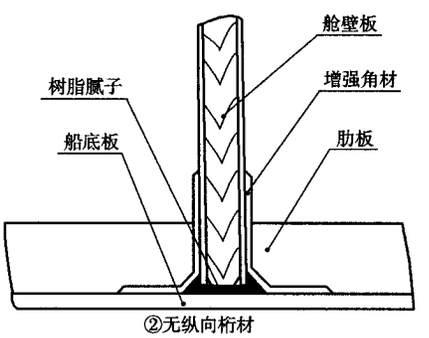


图 A.4.2(2)

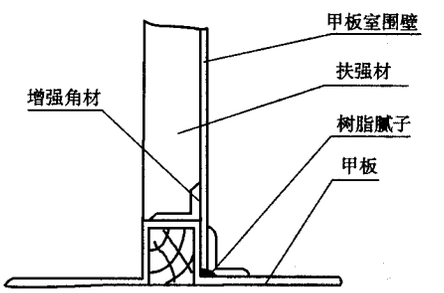


图 A.4.3

A.5.2 图 A.5.2(1)、A.5.2(2)、A.5.2(3)显示了装有水密内隔板的帽型骨材的装配方法。水密舱壁与帽型骨材连接应是将带有隔板的帽型骨材预制件先在船体外板上装好,然后再进行舱壁定位。

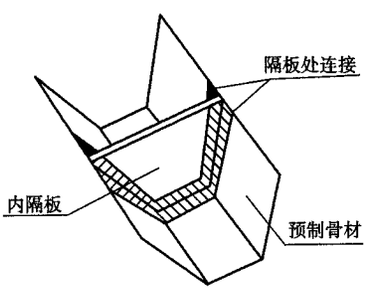


图 A.5.2(1)

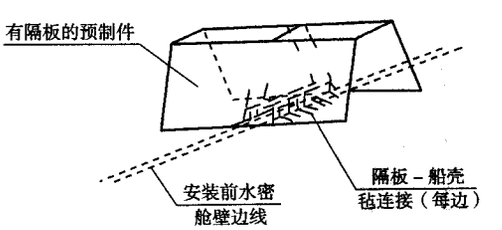


图 A.5.2(2)

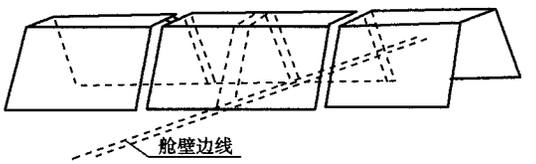


图 A.5.2(3)

A.6 舭龙骨与船体外板的连接

A.6.1 舭龙骨连接节点型式

A.6.1.1 舭龙骨连接节点型式见图 A.6.1.1(1)、A.6.1.1(2)。

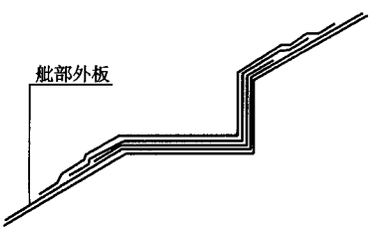


图 A.6.1.1(1)

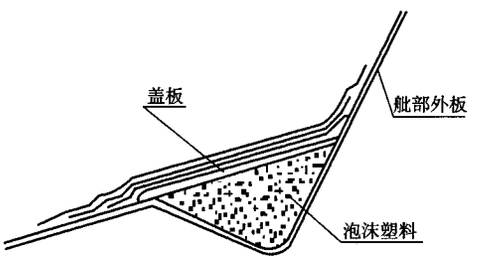


图 A.6.1.1(2)

A.6.2 舭龙骨连接

A.6.2.1 整体式舭龙骨与船体外板一体糊制成型,其结构分为折角型和收缩型(见图 A.6.1.1(1)、A.6.1.1(2)。图 A.6.1.1(1)适用于 $L \leqslant 10$m 的船舶,图 A.6.1.1(2)适用于 $L \leqslant 20$m 的船舶。

A.6.2.2 组合式梯形芯材舭龙骨的连接方法见图 A.6.2.2。

A.6.2.3 采用帽型泡沫塑料或木材芯材时,将芯材包敷于舭龙骨处,其铺层厚略小于船壳外板厚度。

A.6.2.4 糊制舭龙骨之前,船舭部用砂纸打磨,使其表面粗糙。

A.6.2.5 组合式舭龙骨可采用木板与泡沫塑料混合芯材的结构型式(见图 A.6.2.5)。

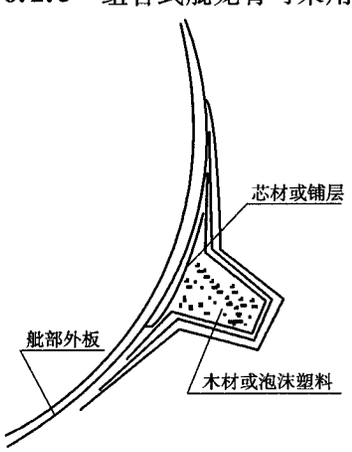


图 A.6.2.2

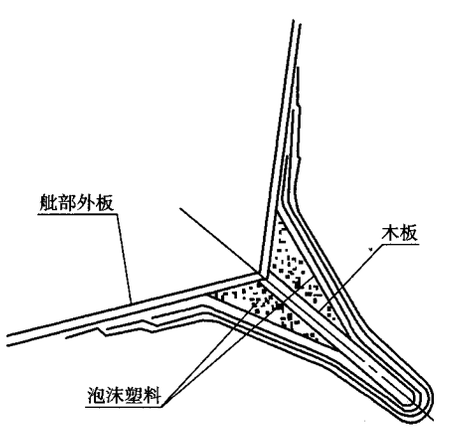


图 A.6.2.5

A.7 轴支架与船体外板的连接

A.7.1 轴支架与船体外板用螺栓连接(见图 A.7.1),连接处用树脂腻子填充,然后用玻璃丝布

加糊。

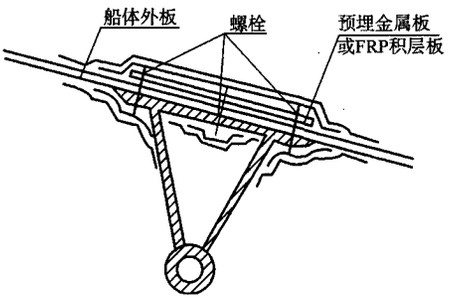


图 A.7.1

A.8 基座结构

A.8.1 机座应安装在专门设计的基座纵桁的构架上，并保证其具有良好的刚性，图 A.8.1、A.8.2(1)～A.8.2(5)给出了几种实用的基座结构型式。

A.8.2 基座结构也可以采用在 GFRP 构件上或木基座上加装金属帽的结构，见图 A.8.2(1)～(5)所示，其中 A.8.2(3)所示的型式适用于高速船。安装金属帽的螺栓处可以使用木质芯材。

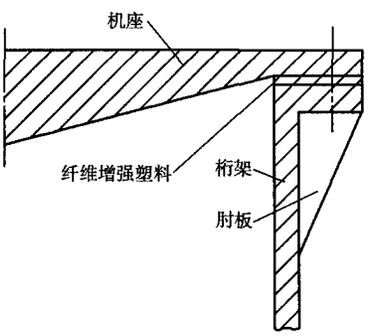


图 A.8.1

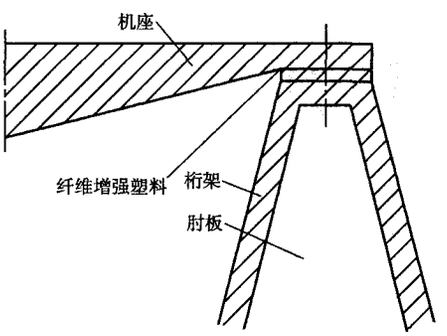


图 A.8.2(1)

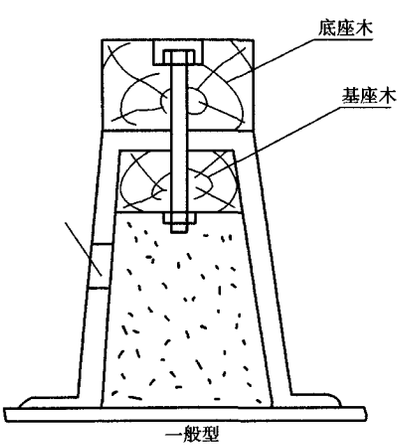


图 A.8.2(2)

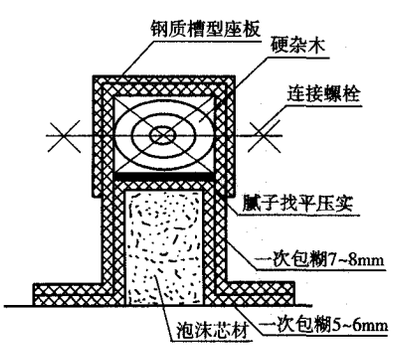


图 A.8.2(3)

A.9 穿过船体外板的金属构件与船体外板的连接

A.9.1 在金属构件穿过船体外板的部位，特别是如舵杆、轴系等位于水线以下的和有可能受到振

动影响的部位，通常应采用增加外板厚度或增设扶强构件的方法予以加强。对由金属构件引起垂直于外板的作用力，应用增设的构件承受。图 A.9.1 是一个金属构件穿过船体外板的一个实例。先将一块板与穿过层板的金属构件焊在一起，然后装配到位，在层板的另一面套上一个垫环，用螺栓夹紧。

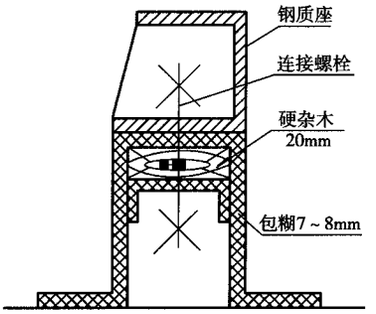


图　A.8.2(4)

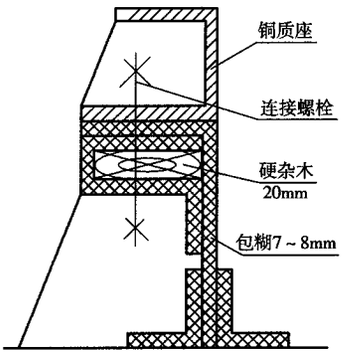


图　A.8.2(5)

A.9.2　所有的连接界面应精心加工，并符合装配要求。同时应选择适应金属和 GFRP 的树脂（也可加入增强材料），以保证连接后的强度和水密性。

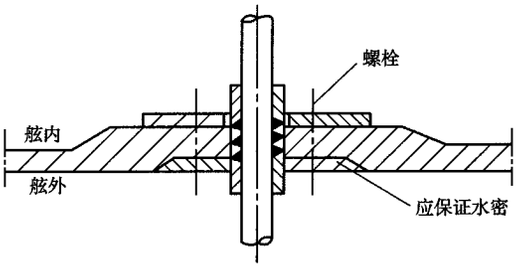


图　A.9.1

A.10　支柱

A.10.1　GFRP 船舶可以使用金属支柱。金属支柱及其连接板在 GFRP 上的安装，应制定工艺措施，并报船检机构审查。

A.10.2　安装金属支柱时，支柱上下端与复合材料连接的金属板必须先与支柱焊接成一个整体，不允许先装金属板再焊上金属支柱，见图 A.10.2(1)和图 A.10.2(2)所示。

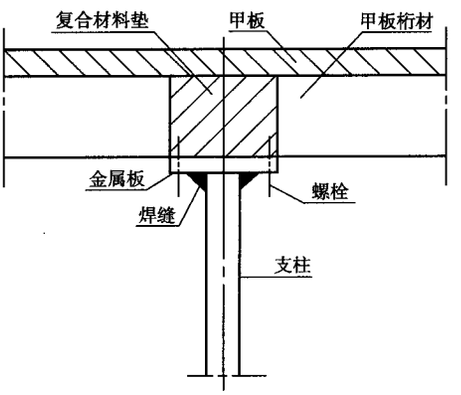


图　A.10.2(1)

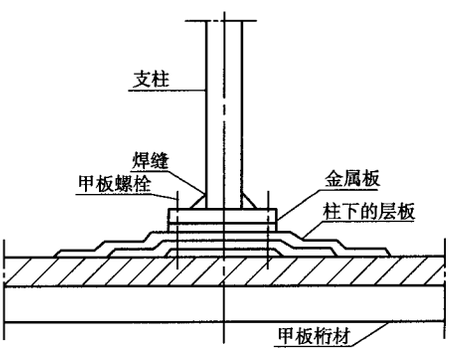


图　A.10.2(2)

A.10.3 当采用管子套管子来调整支柱长度时,应尽量在金属支柱一端进行调整。调好定位尺寸后,卸下焊毕后再安装,见图 A.10.3 所示。

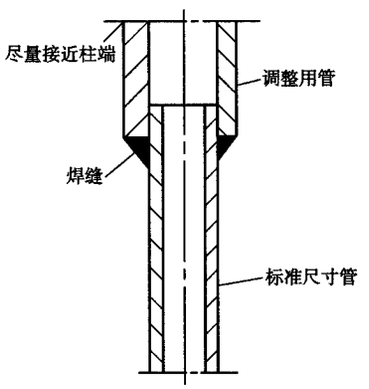


图 A.10.3

A.11 方龙骨的结构及连接节点

A.11.1 方龙骨的结构型式及连接节点见图 A.11.1。

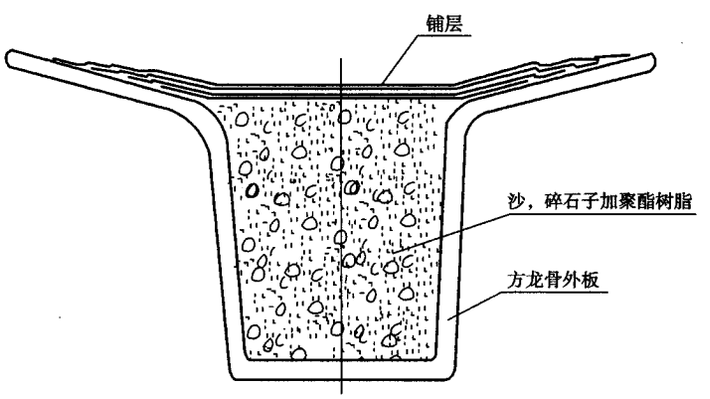


图 A.11.1 方龙骨结构节点图

A.11.2 方龙骨的成型方法

A.11.2.1 方龙骨应与船壳一体糊制成型。

A.11.2.2 方龙骨内填充沙、碎石子加聚酯树脂,也可以加钢筋加强。

A.11.2.3 方龙骨上方用铺层封闭并与外板内表面连接。

A.12 舱口节点结构

A.12.1 将舱口斜牙的芯材包敷于甲板和纵、横骨架上(见图 A.12.1)。

A.12.2 芯材用泡沫塑料或木材。

A.12.3 舱口斜牙与内口舱盖相接部分加铺橡胶。

A.12.4 舱口结构也可以用图 A.12.4 的连接方法。

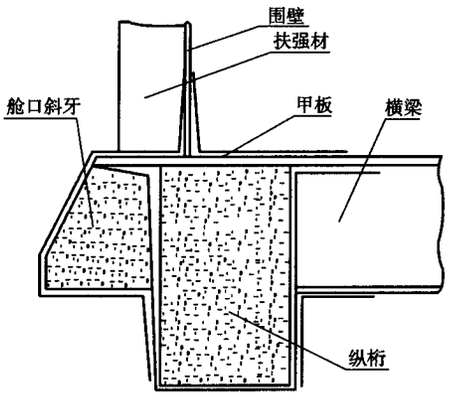


图 A.12.1

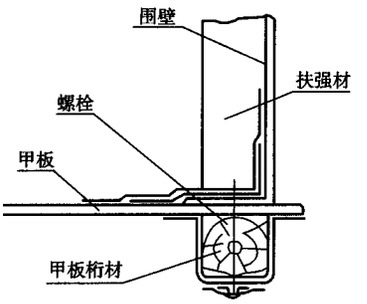


图 A.12.4

附录 B　钢质管形支柱许用负荷表

直径 (mm)	厚度 (mm)	剖面积 (cm^2)	惯性半径 (cm)	支柱有效长度(m)			
				≤2	2～3	3～4	4～5
				支柱许用负荷(kN)			
63.5	4	7.48	2.11	55.9	37.3		
	5	9.19	2.08	67.7	45.1		
	6	10.8	2.04	78.5	51.0		
76	4	9.04	2.55	74.5	56.9	38.3	
	5	11.2	2.51	91.2	68.7	46.1	
	7	15.2	2.45	122.6	91.2	58.8	
89	4	10.7	3.01	95.1	76.5	57.9	40.2
	6	15.6	2.94	137.3	109.8	83.4	55.9
	8	20.4	2.88	177.5	141.2	104.9	67.7
108	4	13.1	3.68	123.6	105.9	87.3	69.6
	6	19.2	3.61	181.4	154.0	126.5	100.0
	8	25.1	3.54	235.4	199.1	162.8	126.5

附录 C　本规范参考的国家及行业标准

[1] GB/T 2918　塑料试样状态调节和试验的标准环境
[2] GB/T 3961　纤维增强塑料术语
[3] GB/T 8237　纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂
[4] GB/T 7193.1　不饱和聚酯树脂　粘度测定方法
[5] GB/T 7193.2　不饱和聚酯树脂　烃值测定方法
[6] GB/T 7193.3　不饱和聚酯树脂　固体含量测定方法
[7] GB/T 7193.4　不饱和聚酯树脂　80℃下反应活性测定方法
[8] GB/T 7193.5　不饱和聚酯树脂　80℃热稳定性测定方法
[9] GB/T 7193.6　不饱和聚酯树脂　25℃凝胶时间测定方法
[10] GB/T 8238　不饱和聚酯树脂液体和浇铸体折光率的测定
[11] GB/T 2567　树脂浇铸体性能试验方法总则
[12] GB/T 2568　树脂浇铸体拉伸性能试验方法
[13] GB/T 2569　树脂浇铸体压缩性能试验方法
[14] GB/T 2570　树脂浇铸体弯曲性能试验方法
[15] GB/T 2571　树脂浇铸体冲击试验方法
[16] GB 4726　树脂浇铸体扭转试验方法
[17] GB/T 4202　玻璃纤维产品代号
[18] GB/T 1446　纤维增强塑料性能试验方法总则
[19] GB/T 1447　纤维增强塑料拉伸性能试验方法
[20] GB/T 1448　纤维增强塑料压缩性能试验方法
[21] GB/T 1449　纤维增强塑料弯曲性能试验方法
[22] GB/T 1450.1　纤维增强塑料层间剪切强度试验方法
[23] GB/T 1450.2　纤维增强塑料冲压式剪切强度试验方法
[24] GB/T 1451　纤维增强塑料简支梁式冲击韧性试验方法
[25] GB/T 1462　纤维增强塑料吸水性试验方法
[26] GB/T 1463　纤维增强塑料密度和相对密度试验方法
[27] GB/T 2572　纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法
[28] GB/T 2573　玻璃纤维增强塑料大气暴露试验方法
[29] GB/T 2574　玻璃纤维增强塑料湿热试验方法
[30] GB/T 2575　玻璃纤维增强塑料耐水性试验方法
[31] GB/T 2576　纤维增强塑料树脂不可溶分含量试验方法
[32] GB/T 2577　玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法
[33] GB/T 3139　玻璃纤维增强塑料导热系数试验方法
[34] GB/T 3140　纤维增强塑料平均比热容试验方法
[35] GB/T 3854　增强塑料巴柯尔硬度试验方法

[36] GB/T 3355　纤维增强塑料纵横剪切试验方法
[37] GB/T 3857　玻璃纤维增强热固性塑料耐化学药品性能试验方法
[38] GB/T 7559　纤维增强塑料层板螺栓连接挤压强度试验方法
[39] GB/T 18374　增强材料术语及定义
[40] GB/T 17470　玻璃纤维短切原丝毡和连续原丝毡
[41] GB/T 1452　夹层结构平拉强度试验方法
[42] GB/T 1453　夹层结构或芯子平压性能试验方法
[43] GB/T 1454　夹层结构侧压性能试验方法
[44] GB/T 1456　夹层结构弯曲性能试验方法
[45] GB/T 1457　夹层结构滚筒剥离强度试验方法
[46] GB/T 1464　夹层结构或芯子密度试验方法
[47] GB 6059　玻璃纤维增强塑料板材和蜂窝夹层结构弯曲蠕变试验方法
[48] GB/T 5350　纤维增强热固性塑料管轴向压缩性能试验方法
[49] GB/T 5351　纤维增强热固性塑料管短时水压失效压力试验方法
[50] GB/T 6011　纤维增强塑料燃烧性能试验方法炽热棒法
[51] JC/T 767　纺织玻璃纤维术语及定义
[52] SC/T 8065　玻璃纤维增强塑料渔船船体结构节点
[53] SC/T 8120　玻璃纤维增强塑料渔船修理工艺及质量要求

附录 D　船用塑料管的生产与应用

D.1　术语与定义

D.1.1　塑料：系指经增强或未经增强的热塑性材料或热固塑性材料两种，诸如聚氯乙烯——PVC与纤维增强塑料——GFRP。

D.1.2　管子/管系：系指由塑料制成的管子、附件、管子接头、连接方法以及要求符合性能标准的任何内外衬，护层与涂层。

D.1.3　接头：系指使用粘接剂、层压、焊接等连接管路。

D.1.4　附件：系指用塑料制成的弯头、肘形弯管、组装分支管。

D.1.5　标定压力：系指本附录 D.3.1 要求的最大许用工作压力。

D.1.6　设计压力：系指工作条件下可能遇到的最大工作压力或系统中任何安全阀或压力释放装置的最高设定压力（如装有这种装置）。

D.1.7　耐火性：系指管子遇到火灾时，在一预先设定的时间内保持其强度与完整性（能够起到其应起的作用）的能力。

D.2　适用范围

D.2.1　本附录适用于船用塑料管/管系。

D.2.2　本附录不适用于挠性管、软管以及金属管系中使用的机械连接法兰。

D.2.3　由热塑性材料（如聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯）制成并在非必需的系统中服务的管系应满足本局接受的标准和本符录 D.5 和 D.6 的要求。

D.3　一般要求

管子的技术要求应按照本局接受的国家或国际标准。此外，还应符合下列规定。

D.3.1　强度

（1）　管子强度是在标准条件下，将管子试样以液压试验的爆破压力来确定：大气压等于 0.1MPa，相对湿度 30%，环境与充装液体的温度 298K（25℃）；

（2）　附件与接头的强度应不小于管子的强度；

（3）　标定压力应根据下列条件确定：

①　内压

内压 Pn int　应取下列较小者：

$$Pn\ int \leqslant Psth/4 \quad 或\ Pn\ int \leqslant Plth/2.5$$

式中：Psth——短期液压试验的爆破压力，MPa；

Plth——长期液压试验的爆破压力（100000 h），MPa；

②　外压

$$外压\ Pn\ ext \leqslant Pcol/3$$

式中：Pcol——管子破损压力，MPa；

（4）　破损压力应不小于 0.3MPa；

(5)　最大工作外压是管内真空与管子外部液体水头的总和;

(6)　最大许用工作压力应根据制造厂建议的最大许用工作温度确定。

D.3.2　轴向强度

(1)　由于压力、重量和其他负荷引起的纵向应力的总和应不超过纵向的许用应力。

(2)　对纤维增强塑料管,其纵向应力之和,应不超过由标定内压作用下引起的标定周向应力的一半(见本附录 D.3.1)。

D.3.3　耐冲击性

(1)　塑料管和接头应具有按照本局接受的国家和国际标准规定的最低耐冲击性。

(2)　试验后,试样应进行其 2.5 倍的设计压力且不少于 1 h 的液压试验。

D.3.4　温度

(1)　决定工作压力的许用工作温度应遵循制造厂的建议,但在每一种情况下,许用工作温度应低于管子材料的最低受热变形温度至少 20℃(按 ISO 75 方法 A 或等效标准确定)。

(2)　最低受热变形温度应不低于 80℃。

D.4　根据用途和/或使用的部位对管子/管系的要求

D.4.1　耐火性

(1)　对船舶安全有重大影响的管子和其连接附件应符合 IMO A.753(18)决议(如适用)附件 1 或 2 的最低耐火要求。

(2)　根据管系保持其强度与完整性的能力,共有 3 种不同等级的管系耐火性:

①　Ⅰ级:管子如通过 IMO A.753(18)决议附件 1 规定的耐火试验,并在干燥情况下,经过至少 1h 的耐火试验而不损坏其完整性,可被视为符合Ⅰ级(L1)耐火标准。

②　Ⅱ级:管子如通过 IMO A.753(18)决议附件 1 规定的在干燥情况下,经过至少 30min 的耐火试验,可被视为符合Ⅱ级(L2)耐火标准。

③　Ⅲ级:管子如通过 IMO A.753(18)决议附件 2 规定的在湿式情况下,经过至少 30min 的耐火试验,可被视为符合 III 级(L3)耐火标准。

(3)　根据管子的耐火性能,允许其应用的部位和系统见表 D.4.1。

D.4.2　播焰性

(1)　除安装在开敞甲板和舱柜、隔离舱、管隧及导管内的管子外,所有管子的表面低播焰性的性能应不超过 IMO A.653(16)决议规定的平均值。

(2)　IMO A.653(16)决议的程序中规定表面播焰性的特性,并考虑对曲线型管子表面的修整,见 IMO A.753(18)的附件 3。

D.4.3　防火涂层

当管子和附件的防火涂层为达到所要求的耐火标准时,应满足下列规定:

①　一般制造厂发货时,管子应有保护涂层;

②　涂层的耐火性在受到盐水、油或舱底污水作用时应不会降低,涂层对管子可能接触的产品有抵抗性;

③　考虑防火涂层时,应考虑到热膨胀、抗振性和伸缩性;

④　防火涂层应具有足够的抗冲击特性,以保持其完整性。

D.4.4　导电性

为确保导电性,管子和附件的电阻应不超过 $1 \times 10^5 \Omega/m$。

D.5 制造过程中，材料的认可和质量控制

D.5.1 管子和附件的样品应按本局接受的标准[①]进行短期和长期的设计强度、耐火和表面低播焰性、电阻(导电管子)和抗冲击性试验。

D.5.2 管子和附件的代表性试样样品的选取应使本局满意。

D.5.3 制造厂应具有符合 ISO 9000 系列标准或等效的质量体系。该体系应有必要的要素所组成，以便确保管子和附件的制造具有持久和统一的机械和物理性能。

D.5.4 每一管子和附件应由制造厂以不小于 1.5 倍的标定压力进行液压试验。

D.5.5 管子和附件应有永久性的识别标志。识别标志应包括额定压力、制造管子和附件所依据的设计标准以及制造管子和附件所用的材料。

D.5.6 如制造厂没有符合 ISO 9000 系列或等效的经认可的质量体系，管子和附件应按本局接受的标准[②]进行试验，并且每批管子均应使验船师满意。

耐火要求 表 D.4.1

管系		部位						
		A	B	C	D	E	F	G
		A 类机器处所	其他机器处所和泵舱	燃油舱	压载水舱	隔离舱、空舱、管隧和导管	居住处和服务处，控制室	开敞甲板
1	2	3	4	5	6	7	8	9
可燃液体(闪点 > 60℃)								
1 燃油管		×	×	O	O	O	L1	L1
2 润滑油管		×	×	NA	NA	O	L1	L1
3 液压油管		×	×	O	O	O	L1	L1
海水[①]								
4 舱底水总管及支管		L1[④]	L1[④]	O	O	O	NA	L1
5 消防总管及水雾管		L1	L1	NA	O	O	×	L1
6 自动喷水系统		L1	L1	NA	O	O	L3	L3
7 压载系统		L3	L3	O	O	O	L2	L2
8 冷却水		L3	L3	NA	O	O	NA	L2
淡水								
9 冷却水		L3	L3	NA	O	O	O	L2
卫生/泄水/排水								
10 甲板泄水(内部)		L1[②]	L1[②]	O	O	O	O	O
11 卫生泄水(内部)		O	O	O	O	O	O	O
12 排水孔和排水(舷外)		O[①⑤]	O[①⑤]	O	O	O	O[①⑤]	O

① 如国际船级社协会统一要求(IACS UR)。

② 如国际船级社协会统一要求(IACS UR)。

续上表

管系		部位						
		A	B	C	D	E	F	G
		A 类机器处所	其他机器处所和泵舱	燃油舱	压载水舱	隔离舱、空舱、管隧和导管	居住处和服务处，控制室	开敞甲板
1	2	3	4	5	6	7	8	9
测深/ 空气								
13 水舱/ 干燥处所		O	O	O	O	O	O	O
14 油舱(闪点 > 60℃)		×	×	O	O⑦	O	×	×
其他								
15 控制用空气管		L1③	L1③	O	O	O	L1③	L1③
16 日用空气管		O	O	O	O	O	O	O
17 盐水管		O	O	NA	NA	O	O	O
18 辅助低压蒸汽管(≤ 0.7MPa)		L2	L2	O	O	O	O⑥	O⑥

注：L1—干燥状态耐火试验(IMO A.753(18)决议　附件 1)，60min；

L2—干燥状态耐火试验(IMO A.753(18)决议　附件 1)，30min；

L3—注水状态耐火试验(IMO A.753(18)决议　附件 2)，30min；

O—不要求耐火试验；

NA—不适用；

×—熔点大于 925℃的金属材料；

① 当使用非金属管子时，应在船舶舷侧设置遥控控制阀(该阀应从安装阀的处所以外进行控制)；

② 对于仅供有关处所用的泄水管，可以用“O”替代“L1’；

③ 当法定要求或本规则不要求具备控制功能时，可以用“O”替代“L1”；

④ 对客船，“×”应替代“L1”；

⑤ 用于 1966 年《国际载重线公约》第 13 条规定的位置 1 和位置 2 处的露天甲板的排水管，应为“×”，如在其上端装有防止向下注水的关闭装置且能从干舷甲板进行操作时，可以例外；

⑥ 用于燃油舱加热和船舶气笛等重要管路时，“×”应替代“O”；

⑦ 对于符合 MARPOL73/78 附则 I　第 13F　条 3(f)款的油轮，“NA”应替代“O’。

部位定义：

A—A　类机器处所，系指 SOLAS① 公约第 II—2/3.19　条定义的 A　类机器处所；

B—其他机器处所和泵舱，系指 A 类机器处所和泵舱以外的处所，包括推进机械，锅炉、蒸汽机和内燃机，发电机和主要电动机，泵、加油站，冷藏装置，防摇装置，通风机和空调装置，以及类似处所及通往这些处所的围壁通道；

C—燃油舱，系指所有用于装载液体燃油(不包括货油)的处所及通往这些处所的围壁通道；

D—压载水舱，系指所有供压载水用的处所及通往这些处所的围壁通道；

E—隔离舱、空舱等，系指两个相邻舱室的舱壁之间的空处所；

F—起居、服务处所，系指 SOLAS① 公约第 II-2/3.10、3.12 及 3.22 条定义的居住处所、服务处所和控制站；

G—开敞甲板，系指 SOLAS① 公约第 II-2/26.2.2(5)定义的开敞甲板处所。

① 经 1978 年议定书修正的 1974 年 SOLAS 公约及 1981 年和 1983 年修正案(综合文本)。

D.6 安装

D.6.1 支架

(1) 船上系统中管架的选择和间距应取决于许用应力和最大挠度。支架之间的距离应不大于管子制造厂所推荐的距离。选择管架和间距应考虑管子尺寸、管材的机械和物理性能、管子和管内液体的质量以及该系统可能遇到的外压、工作温度、热膨胀影响、外力引起的负荷、冲击力、水锤现象、振动、系统能经受流体流动的最大加速度,并应考虑到综合负荷。

(2) 每一支架的全宽范围上应均匀承担管子及其内部介质的荷重。管子与支架相接触时,应采取措施以减小管子磨损。

(3) 管系中的重部件,如阀和膨胀接头应作单独支撑。

D.6.2 膨胀

(1) 每一管路均应有适当的措施,以允许塑料管和钢结构之间的相对运动,还应考虑:

① 热膨胀系数不同;

② 船壳及其结构变形。

(2) 当计算热膨胀时,应考虑系统的工作温度和组装时的温度。

D.6.3 外部负荷

(1) 安装管路时,应允许有适当的临时集中负荷。这种允许包括至少在任何大于100mm公称外径的管子上,在其跨度中间以100kg负荷(人)而产生的压强。

(2) 除按本附录D.3.1规定,所有管路(包括端部开口的管路)的最小壁厚已有足够的坚固性外,根据船上的实际工作条件本局可要求适当增加管子的最小壁厚。

(3) 必要时,管子应设有避免机械损伤的防护措施。

D.6.4 连接强度

(1) 连接强度应不低于其所安装的管系强度。

(2) 管子可采用粘接剂粘接、焊接、法兰或其他接头方法进行组装。

(3) 采用组装接头时,粘接剂应能确保管子和附件之间在其使用的温度和压力范围内保持永久密封。

(4) 接头的紧密性应达到制造厂说明书的要求。

D.6.5 导电管的安装

(1) 对于管系中流体的导电率小于1000 ps/m时,如精加工产品和蒸馏液应采用导电管。

(2) 如管路穿过危险区,无论其输送何种液体,塑料管路均应是导电的。管系中的任何一点接地电阻应不超过$1\times10^6\ \Omega$。管子和附件最好导电相同。具有导电层的管子和附件可以防止因火花引起损坏管壁的可能性。应有良好的接地。

(3) 安装完成后,接地电阻应进行校验。接地导线应能便于检查。

D.6.6 防火涂层的应用

(1) 管子液压试验完成后,如需满足本附录D.4.3的耐火要求时,应在接头上涂上防火涂层。

(2) 涂防火涂层应根据制造厂推荐的在各种特定情况下采用经认可的工艺规程。

D.6.7 穿过分隔

(1) 如塑料管穿过A或B级分隔,应采取措施以确保耐火性不受损坏。这些措施应按修整的A.754(18)决议关于A、B和C级舱壁防火试验程序的建议进行试验。

(2) 当塑料管穿过水密舱壁或甲板时,舱壁或甲板的水密完整性应被保持。

（3） 如舱壁或甲板也为防火分隔，则烧毁的塑料管可能引起舱内液体流入，应在舱壁或甲板上安装一个能在干舷甲板上进行操纵的金属关闭阀。

D.6.8 安装的控制

（1） 安装应按制造厂的指南进行。

（2） 开工之前连接工艺应经批准。

（3） 船上管路安装之前，应按本局接受的标准[①]进行试验和检测。

（4） 担任该项工作的人员应有相应的资格和使本局满意的证明。

（5） 粘接工序包括：

① 所用材料；

② 工具和定位器；

③ 接头准备要求；

④ 塑化温度；

⑤ 尺寸要求和公差；

⑥ 组装完工试验的接受标准。

（6） 在粘接工序中任何改变而引起接头的物理和机械性能改变时，该工序应重新认可。

D.6.9 粘接工序质量试验

（1） 试验组装件应根据认可的粘接工序进行组装，并且至少由一个管与管接头和一个管与附件接头组成。

（2） 当试验组装件固化后，为安全，组装件应进行其 2.5 倍的设计压力且不少于 1 h 的液压试验。接头不允许出现泄漏或裂开。试验时，接头应保持其纵向和轴向都受力。

（3） 选取试验组装件的管子应符合下列规定：

① 连接的最大尺寸为 200mm 公称外径或更小时，试验组装件应取最大尺寸的管子连接。

② 当连接的最大管子大于 200mm 公称外径时，则试验组装件的尺寸应选取 200mm 或最大管径的 25%，取其较大的尺寸。

（4） 当进行操作鉴定时，每一个粘接器和每一个粘接人员应按上述规定的尺寸和数量装配试验组装件。

D.6.10 船上安装后的试验

（1） 重要用途的管系应进行压力试验，试验压力应不小于 1.5 倍的设计压力或 0.4MPa，取其中大者。

（2） 非重要用途的管系应在工作状态下检查泄漏。

（3） 对于要求导电的管路，应检查接地并抽验电阻。

D.7 塑料管的试验说明

D.7.1 一般要求

1.7 包含了塑料管型式认可的要求。该要求适用于刚性管子、管接头和附件。

D.7.2 资料

塑料管、附件和接头应提交下列资料供备查和批准：

（1） 总的信息资料：

① 如国际船级社协会统一要求（IACS UR）。

① 管子和附件的尺寸；
② 最大内部和外部工作压力；
③ 工作温度范围；
④ 拟使用和安装的位置；
⑤ 耐火性；
⑥ 导电性；
⑦ 拟服务的流体；
⑧ 流速限制；
⑨ 使用寿命；
⑩ 安装说明；
⑪ 标记说明。

(2) 图纸和支持资料：
① 已进行的试验证书和报告；
② 相关标准的详述；
③ 所有相关的设计图纸、目录、数据、计算和功能说明；
④ 标明管子、附件和管接头的完整详细的组装图。

(3) 材料：
① 树脂的类型；
② 增强聚酯树脂管使用的引发剂和加速剂或增强环氧树脂管使用的固化剂的种类和混合比例；
③ 列举在纤维缠绕的工艺中使用到的所有增强材料，如果参考代码不能表明增强材料的单位面积含量或纤维的粗细，那么应该有一个详细的描述；
④ 如果适用的话，列举在制造中使用的表面涂层或热塑性内衬的详细信息；
⑤ 固化/后固化条件。使用树脂/增强剂比例固化和后固化的温度和时间；
⑥ 缠绕角方向。

D.7.3 试验

应按本附录的要求进行型式认可，试验证明管子、附件和接头的符合性。

管子、接头和附件应按本局接受的标准[①]的要求进行试验。

① 如 IACS Rec. 86 所列。

附录 E 挠性软管

E.1 定义

E.1.1 挠性软管组件[①]：系指通常带有管端安装配件的金属或非金属短软管。

E.2 适用范围

E.2.1 本附录适用于固定管系和机械部件之间固定连接的金属或非金属挠性软管。本附录也可适用于临时连接的挠性软管或可携式设备使用的软管。

E.2.2 符合本附录要求的挠性软管组件，可用于燃油、滑油、液压和热油系统，淡水和海水冷却系统，压缩空气系统，舱底和压载系统以及Ⅲ级蒸汽管路系统。挠性软管不应用于高压燃油喷射系统。

E.2.3 本附录不适用于拟用于固定式灭火系统的软管。

E.3 设计和建造

E.3.1 由橡胶材料制成并拟用于舱底、压载、压缩空气、燃油、滑油、液压及热油系统的挠性软管，内部应有单层或多层紧密编织的完整的金属丝编织层，或其他合适材料制成的加强层。

由塑料材料制成并拟用于上述同样系统的挠性软管，如聚四氟乙烯或尼龙，其内部不能通过紧密编织的完整的金属丝编织层来加强，应尽可能使用合适材料制成的加强层。

如橡胶或塑料的挠性软管用于燃烧器的供油管路，则这些软管除设有上述加强层外，还应设有金属编织的外部保护层。用于蒸汽系统的挠性软管应由金属材料制成。

E.3.2 挠性软管应备有符合制造厂说明书要求的管端配件，且该管端配件应为按本附录要求经本局产品认可的。非法兰的管端接头应视使用情况符合机械接头的相关要求，且每一类型的软管/配件组合体应经原型试验，试验标准与软管所需的针对压力和脉冲试验的标准相同。

E.3.3 软管夹或类似的端部配件不应用于蒸汽、可燃介质、起动空气系统或破损后可能导致进水的海水系统管系中的挠性软管。

软管夹可用于工作压力小于 0.5MPa 的其他管系中，但在每一端部连接处应设有两个软管夹。

E.3.4 用于工作中预期发生脉冲压力和/或高振动烈度的挠性软管组件，应设计成能承受所预期的最大脉冲压力和由于振动产生的力。本附录 E.5 要求的试验应考虑到最大的预期工作压力，振动频率和由于安装产生的力。

E.3.5 下列非金属挠性软管组件，应为耐火型[②]的。

(1) 用于可燃介质

(2) 用于故障可能导致进水的海水管系中

E.3.6 挠性软管组件的选择应视具体的服务要求，考虑使用的环境条件、在工作压力和工作温度下与液体的相容性。

---

① 挠性软管应按公认的国家或国际标准进行设计和制造。

② 其耐火性能应按 ISO 15540 和 ISO 15541 要求的试验来验证。

E.4 安装

E.4.1 一般情况下，挠性软管的长度应尽可能的短，该长度应限制在仅为固定的机械/设备或系统和可能存在相对运动的部件或系统之间的连接提供必需的相对移动。

E.4.2 挠性软管组件不应用于在正常工作条件下可能受到扭转变形（扭曲）的位置。

E.4.3 尽管可以在 E.2.2 所述的管系中使用挠性软管，但在这些管系中应尽可能少的使用挠性软管，且其使用应符合 E.2.1 的要求。

E.4.4 用于可燃液体管系中的挠性软管应远离热表面。如无法避免，则位于热表面附近的上述挠性软管，应采用屏板或其他类似的保护措施，以免由于软管破损而泄漏的可燃液体接触热表面而导致火灾。

E.4.5 挠性软管应安装在具有足够照明和易于到达察看之处。

E.4.6 挠性软管组件的使用和安装应符合制造厂说明书的使用和安装要求，并应特别注意下列几点：

（1） 定位；

（2） 连接端的支撑（如必要）；

（3） 避免可能引起软管摩擦和磨损的接触；

（4） 最小的弯曲半径。

E.5 试验

E.5.1 挠性软管组件应经原型试验。挠性软管的原型试验程序应符合其适用标准的要求，并应提交审批。

E.5.2 按不同的的使用要求，不同公称直径的软管类型以及管端附件，应分别按适用标准[①]的要求进行压力、爆破、脉冲阻力和耐火性能的试验。

E.5.3 所有挠性软管组件应按适用标准[②]的要求经原型爆破试验，以证明其能够承受不小于 4 倍设计压力的爆破压力而不会破损或泄漏。试验中在 4 倍最大工作压力时无需有任何持续时间。

E.6 标记

E.6.1 挠性软管应作如下永久性标记：

（1） 制造厂的名称或商标；

（2） 制造日期（月/年）；

（3） 软管类型；

---

① 具体适用标准如下：

（1）ISO 6802 - 橡胶和塑料软管及软管组件 - 无弯曲液压脉冲试验；

（2）ISO 6803 - 橡胶和塑料软管及软管组件 - 有弯曲液压脉冲试验；

（3）ISO 15540 - 船舶和造船技术 - 软管组件耐火性能 - 试验方法；

（4）ISO 15541 - 船舶和造船技术 - 软管组件耐火性能 - 试验台要求；

（5）ISO 10380 - 管道工程 - 槽形金属软管和软管组件。

② 如 EN 或 SAE 中的非金属软管爆破试验，要求将压力增加至软管组件爆破，在 4 倍最大工作压力时无需任何压力持续时间。

（4） 公称直径；

（5） 压力等级；

（6） 温度等级。

如挠性软管组件中的各部件来自于不同制造商，则这些部件均应作清晰的标记并可追溯原型试验的证明。