

ICS 47.020.50  
U 42



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 18816—2002

---

## 船用热交换器通用技术条件

General specification for marine heat exchanger

2002-08-28 发布

2003-01-01 实施

---

中华人民共和国  
国家质量监督检验检疫总局 发布

## 前 言

本标准是总结船舶行业标准 CB/T 3690—1995《船用热交换器通用技术条件》实施以来的经验和参照国内外有关标准、规范而编制的。本标准与 CB/T 3690—1995 相比主要变化如下：

1. 适用范围从介质温度不超过 200℃ 提高到 250℃；
2. 设计压力从 2.0 MPa 提高到 2.5 MPa；
3. 明确了热交换器的“换热量”、“换热面积”的含义；
4. 增加了制冷系统热交换器试验要求；
5. 增加了对空气冷却器的要求；
6. 增加了蛇形管的要求；
7. 增加了热交换器的性能要求；
8. 修改了强度计算要求；
9. 修改了通球试验要求；
10. 修改了材料要求；
11. 取消了 CB/T 3690—1995 中的不必要的图表和要求。

本标准由中国船舶工业集团公司提出。

本标准由全国船用机械标准化技术委员会辅锅炉分委会归口。

本标准起草单位：营口市船舶辅机厂、中国船舶工业综合技术经济研究院、南通交通机械厂、湖北登峰换热器股份有限公司、营口船舶检验局。

本标准主要起草人：刘士文、仲崇欣、汤健、徐敬辉、刘祥、张杨振。

## 船用热交换器通用技术条件

### 1 范围

本标准规定了船用冷却器、冷凝器、加热器(以下简称热交换器)的要求、试验方法、检验规则等。

本标准适用于设计压力不大于 2.5 MPa,介质温度不超过 250℃的滑油、燃油、液压油、海水、淡水、蒸汽、空气、氨、氟里昂(推荐用氢氟烃、碳氢化合物等无氟制冷剂代替)等热交换器设计制造和验收。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GB 150 钢制压力容器
  - GB/T 700—1988 碳素结构钢
  - GB/T 711—1988 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带
  - GB/T 1173—1995 铸造铝合金
  - GB/T 1527—1997 铜及铜合金拉制管
  - GB/T 1591—1994 低合金高强度结构钢(neq ISO 4950:1981)
  - GB/T 1800.3—1998 极限与配合 基础 第3部分:标准公差和基本偏差数值表  
(eqv ISO 286-1:1988)
  - GB/T 2041—1989 黄铜板
  - GB/T 2059—2000 铜及铜合金带材
  - GB/T 3625—1995 换热器及冷凝器用钛及钛合金管
  - GB/T 4238—1992 耐热钢板
  - GB/T 7028 船用柴油机空气冷却器试验方法
  - GB/T 8163—1999 输送流体用无缝钢管(neq ISO 559:1991)
  - GB/T 8890—1998 热交换器用铜合金无缝管
  - GB/T 9439—1988 灰铸铁件
  - GB/T 11037 船用辅锅炉及受压容器强度和密性试验方法
  - GB/T 11038 船用辅锅炉及受压容器受压元件焊接技术条件
  - GB/T 11352—1989 一般工程用铸造碳钢件(neq ISO 3755:1975)
  - GB/T 14845—1993 板式换热器用钛板
  - CB/T 1036 船用板式热交换器
  - CB\* 3300.3 船用滑油、淡水冷却器 试验方法和检验规则
  - CB/T 3808 船用波纹管热交换器
  - CB/T 3820 船用翅片管热交换器
  - CB/T 3866 船用大气冷凝器
- 《钢质海船入级与建造规范》 中国船级社 2001年

3 要求

3.1 热力计算

3.1.1 热交换器的热力计算按公式(1)进行:

$$Q = KA\Delta T_m \Psi \eta \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- Q——换热量的数值,单位为瓦(W);
- K——总传热系数的数值,单位为瓦每平方米摄氏度[W(m<sup>2</sup>·°C)];
- A——换热面积的数值,单位为平方米(m<sup>2</sup>);
- ΔT<sub>m</sub>——对数平均温差的数值,单位为摄氏度(°C);
- Ψ——温度修正系数,一般应大于0.8;
- η——清洁系数,一般应不大于0.85。

- 注1:冷却器的换热量为被冷却介质的放热量。
- 注2:冷却器的换热面积为被冷却介质的接触金属壁面冷却总面积。
- 注3:加热器的换热量为被加热介质的吸热量。
- 注4:加热器的换热面积为被加热介质接触的加热金属壁面总面积。
- 注5:冷凝器的换热量为气体冷凝时的总放热量或气体焓值的变化量。
- 注6:冷凝器的换热面积为气体接触的冷凝金属壁面总面积。

3.1.2 热交换器的热力计算的总传热系数 K 值与性能试验数据的误差应不大于 10%;设计计算的压力损失应大于性能试验值。

3.1.3 热交换器的总传热系数 K 值应满足表 1 的要求。

表 1

热交换器种类	介 质	总传热系数/[W/(m <sup>2</sup> ·°C)]
冷却器	水/水	800~2 200
		1 000~5 600(板式)
	油/水	150~800
		200~1 200(板式)
空气/水	60~200	
加热器	水/蒸汽	1 200~2 600
	水/水	800~2 200
	油/蒸汽	150~900
	空气/蒸汽	20~100
冷凝器	蒸汽/水	1 200~2 600
	R22、R134a	900~1 600
	R717(氨)/水	800~1 800

3.1.4 各种管材管内液体的最大流速不应超过表 2 中规定的数值。

表 2

材 料	最大流速/(m/s)
钛	5
铜、黄铜	2.4
镍铜	3.5
钢	3

3.2 强度计算

3.2.1 热交换器许用应力 $[\sigma]$ 的确定按公式(2)、公式(3),计算值取其中较小者,而铸钢材料热交换器许用应力分别取 a)、b)计算结果的 80%。

a) 金属温度小于等于 50℃时

$$\left. \begin{aligned} [\sigma] &= \sigma_b/2.7 \\ [\sigma] &= \sigma_s/1.5 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

b) 金属温度大于 50℃时

$$\left. \begin{aligned} [\sigma] &= \sigma_b/2.7 \\ [\sigma] &= \sigma_s^T/1.5 \\ [\sigma] &= \sigma_D^T/1.5 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $\sigma_b$ ——材料在环境温度下的抗拉强度的数值,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_s$ ——材料在环境温度下的屈服点的数值,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_s^T$ ——材料在构件金属温度下的屈服点或规定非比例伸长应力的数值,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_D^T$ ——材料在构件金属温度下的  $100 \times 10^3$  h 平均破断应力的数值,单位为兆帕(MPa)。

c) 铸铁材料热交换器的许用应力 $[\sigma]$ 为: $\sigma_b/5$

3.2.2 热交换器圆筒厚度计算按公式(4)进行,且最小厚度应满足公式(5)的计算结果。

$$\delta = \frac{PD_0}{2[\sigma]\Phi - P} + 0.75 \dots\dots\dots(4)$$

$$\delta \geq 3 + D_0/1500 \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- $\delta$ ——圆筒最小计算厚度的数值,单位为毫米(mm);
- $P$ ——设计压力的数值,单位为兆帕(MPa);
- $D_0$ ——圆筒内径的数值,单位为毫米(mm);
- $[\sigma]$ ——圆筒材料许用应力的数值,单位为兆帕(MPa);
- $\Phi$ ——焊缝系数。

焊缝系数  $\Phi$  取值规定如下:

- a) 对于设计压力大于 1.6 MPa 或筒体金属温度大于 150℃或筒体的计算厚度大于 16 mm 时, $\Phi$  取 0.85。
- b) 对于设计压力小于等于 1.6 MPa 或筒体金属温度小于等于 150℃或筒体的计算厚度小于等于 16 mm 时, $\Phi$  取 0.60。

3.2.3 热交换器椭圆形封头、扁球形封头见图 1、图 2,其最小厚度按公式(6)进行计算:

$$\delta = \frac{yPD_1}{2[\sigma]} + 0.75 \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- $\delta$ ——封头最小厚度的数值,单位为毫米(mm);
- $P$ ——设计压力的数值,单位为兆帕(MPa);

$D_1$ ——封头外径的数值,单位为毫米(mm);

$[\sigma]$ ——材料许用应力的数值,单位为兆帕(MPa);

$y$ ——封头形状系数。

封头形状系数  $y$  按图 3 选取,对无孔封头可根据  $\delta/D_1$  和  $H/D_1$  值在线组内选取;对开孔而未加强的封头根据  $d/\sqrt{D_1\delta}$  值和  $H/D_1$  值在线组内选取,其中: $d$  为封头最大开孔直径(椭圆孔按长轴计算)。

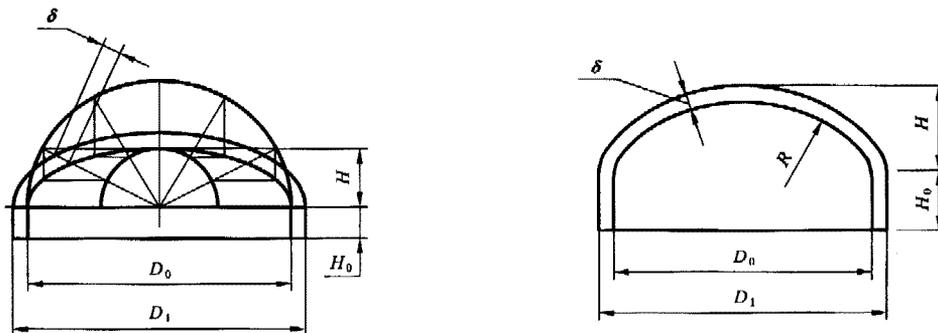
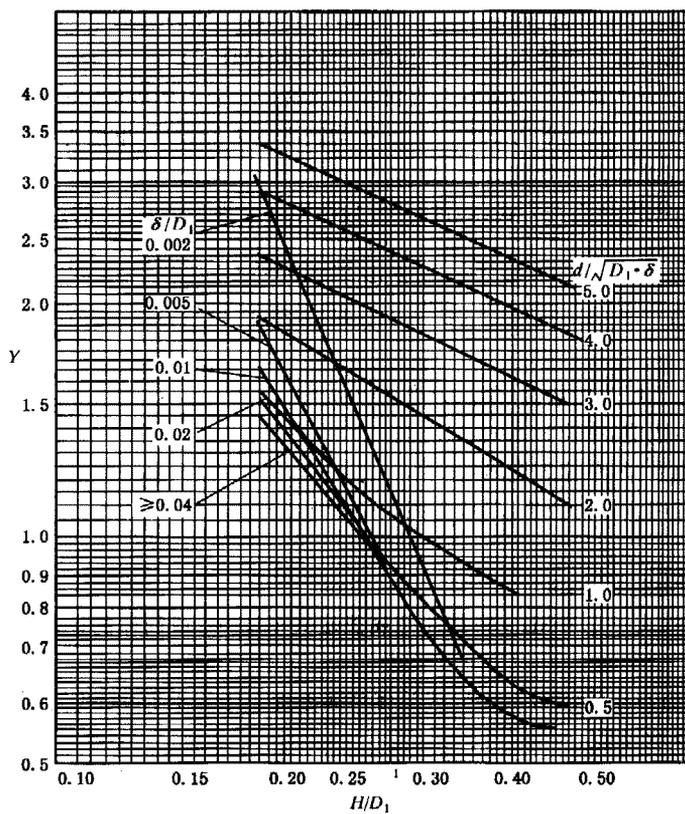


图 1

图 2



$H/D_1$

图 3

3.2.4 热交换器平封头(水室)见图 4,其最小厚度按公式(7)、公式(8)、公式(9)计算:

a) 圆形平封头最小厚度按公式(7)计算:

$$\delta = CD\sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} + 0.75 \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- $\delta$ ——封头最小厚度的数值,单位为毫米(mm);
  - $C$ ——计算系数;
  - $D$ ——筒体计算直径的数值,单位为毫米(mm);
  - $P$ ——设计压力的数值,单位为兆帕(MPa);
  - $[\sigma]$ ——材料许用应力的数值,单位为兆帕(MPa)。
- 计算系数  $C$  按表 3 选取。

表 3

封头形式		计算系数 $C$
图 4a)		0.38
图 4b)		0.43
图 4c)、图 4d)		0.52
图 4e)	$L/D=0.05$	0.57
	$L/D=0.1$	0.62
	$L/D=0.15$	0.67

b) 热交换器矩形封头最小厚度按公式(8)、公式(9)计算:

$$\delta = CD_e\sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} + 0.75 \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$D_e = a\sqrt{\frac{2}{1 + (a/b)^2}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

- $\delta$ ——封头最小厚度的数值,单位为毫米(mm);
  - $C$ ——计算系数;
  - $D_e$ ——封头当量直径的数值,单位为毫米(mm);
  - $a$ ——矩形封头的短边的数值,单位为毫米(mm);
  - $b$ ——矩形封头的长边的数值,单位为毫米(mm);
  - $P$ ——设计压力的数值,单位为兆帕(MPa);
  - $[\sigma]$ ——材料许用应力的数值,单位为兆帕(MPa)。
- 计算系数  $C$  按表 4 选取。

表 4

封头形式	计算系数 $C$
图 4b)	0.50
图 4c)、图 4d)	0.57

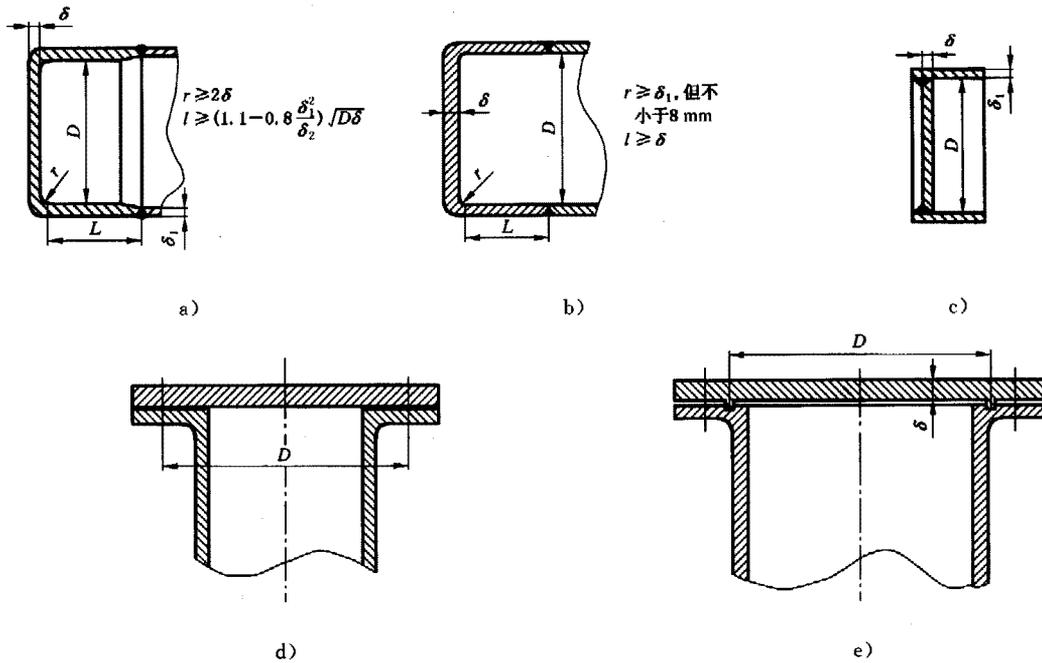


图 4

3.2.5 热交换器管板最小厚度按公式(10)计算,但最小厚度不应小于 14 mm。

$$\delta = \frac{2PD_t t}{\sigma_b(t-d)} + 0.75 \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- δ——管板最小厚度的数值,单位为毫米(mm);
- P——设计压力的数值,单位为兆帕(MPa);
- $D_t$ ——最外排管列的管孔中心径向距离的数值,单位为毫米(mm);
- $\sigma_b$ ——材料抗拉强度的数值,单位为兆帕(MPa);
- t——两管孔中心距离的数值,单位为毫米(mm);
- d——管孔直径的数值,单位为毫米(mm)。

3.3 材料

3.3.1 热交换器的板材应符合表 5 的要求。

表 5

零件名称	材料牌号	标准号及规范
筒体	Q235-A、Q235-B、Q235-C	GB/T 700—1988
	20	GB/T 711—1988
	360、410	《钢质海船入级与建造规范》(2001)
	HSn62-1、H62	GB/T 2041—1989

表 5(续)

零件名称	材料牌号	标准号及规范
管板	Q235-A、Q235-B、Q235-C	GB/T 700—1988
	20	GB/T 711—1988
	360、410	《钢质海船入级与建造规范》(2001)
	Q345	GB/T 1591—1994
	HSn62-1、H62	GB/T 2041—1989
法兰	Q235-A、Q235-B、Q235-C	GB/T 700—1988
	20	GB/T 711—1988
	360、410	《钢质海船入级与建造规范》(2001)
	Q345	GB/T 1591—1994
	HSn62-1、H62	GB/T 2041—1989

3.3.2 热交换器的管材应符合表 6 的要求。

表 6

适用介质	材料牌号	标准号
海水	BFe30-1-1、BFe10-1-1 HA177-2	GB/T 8890—1998
	TA2	GB/T 3625—1995
	TP2 <sup>a</sup> 、T2 <sup>a</sup>	GB/T 1527—1997
内河水	HSn70-1	GB/T 8890—1998
	TP2、T2、HSn62-1	GB/T 1527—1997
淡水	HSn70-1、H68A	GB/T 8890—1998
	TP2、T2、HSn62-1	GB/T 1527—1997
	10、20	GB/T 8163—1999
蒸汽及其他	10、20	GB/T 8163—1999
<sup>a</sup> 尽量不选用		

3.3.3 热交换器的端盖、水室应符合表 7 的要求。

表 7

适用介质	材料牌号	标准号
海水	HSn62-1	GB/T 2041—1989
	HT200~HT350	GB/T 9439—1988
	ZG200-400	GB/T 11352—1989
	Q235-A、Q235-B、20	GB/T 700—1988、GB/T 711—1988
内河水、淡水、蒸汽及其他	HT200~HT350	GB/T 9439—1988
	ZG200-400	GB/T 11352—1989
	ZL102	GB/T 1173—1995
	Q235-A、Q235-B、20	GB/T 700—1988、GB/T 711—1988

3.3.4 允许采用性能不低于表 5~表 7 规定的且符合有关标准的其他材料。

3.4 一般要求

3.4.1 热交换器筒体内壁一般应进行整体镗加工,当筒体为卷制而内壁不进行整体镗加工时,应保证筒体内壁与折流板之间的间隙不大于表 8 的规定。

表 8

单位为毫米

筒体内径	配合间隙
<450	1.8
≥450~800	2.6
<800	3.6

3.4.2 热交换器非标准的筒体法兰应按 GB 150 进行强度校核。

3.4.3 热交换器管板应优先采用管板兼法兰式结构,且优先选用图 5a)的形式。

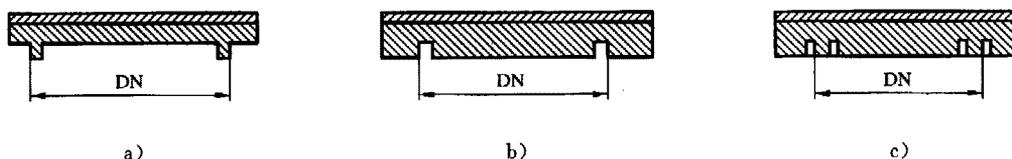


图 5

3.4.4 热交换器管板与筒体法兰连接的环节螺栓数不得超过螺栓总数的一半。

3.4.5 热交换器管板与换热管的连接为胀接时,管板孔的管桥最小尺寸应大于 3 倍的换热管壁厚。

3.4.6 热交换器端盖、水室接触海水时应安装防蚀板。

3.4.7 热交换器端盖、水室上的折流板的通气孔直径不应大于 6 mm。

3.4.8 热交换器凡与海水接触的铸铁或碳钢端盖、水室应进行涂塑或其他防蚀处理。

3.4.9 热交换器膨胀节应优先选用无缝管弯制的 Ω 形膨胀节。

3.4.10 热交换器 Ω 膨胀节开口宽度  $b$  应大于 20 mm,且高度  $H$  应大于  $1.6R$ (见图 6)。

3.4.11 热交换器换热管长度大于 6 000 mm 时允许有接头,但最小接管长度应大于 300 mm。

3.4.12 热交换器夹紧板表面应进行防蚀处理。

3.4.13 热交换器换热管与管板的胀接有气密性要求时,紫铜管的设计压力不应大于 0.6 MPa。

3.4.14 热交换器温度计安装后其尾端应超过被测管轴线(见图 7)。

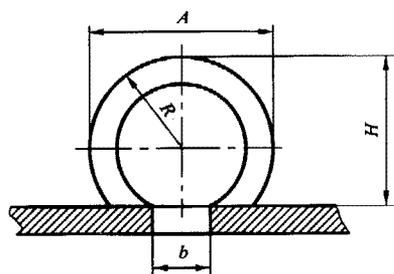


图 6

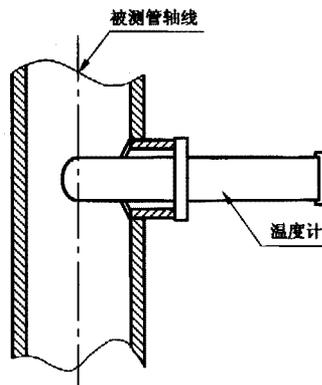


图 7

3.4.15 冷却器被冷却介质侧应设有温度测量装置。

3.4.16 加热器蒸汽侧应设有温度、压力测量装置和安全阀;被加热介质侧应设有温度测量装置。

3.4.17 冷凝器气体侧应设有温度、压力测量装置和安全阀。

3.5 制造要求

3.5.1 筒体内壁整体机加工后最小壁厚应不小于设计厚度。

3.5.2 筒体为卷制成形时,筒体同一截面最大最小直径差应小于等于 0.5%筒体的公称直径。

3.5.3 筒体对接焊缝的对口错边量  $b \leq 1/4S_n$  (见图 8)。

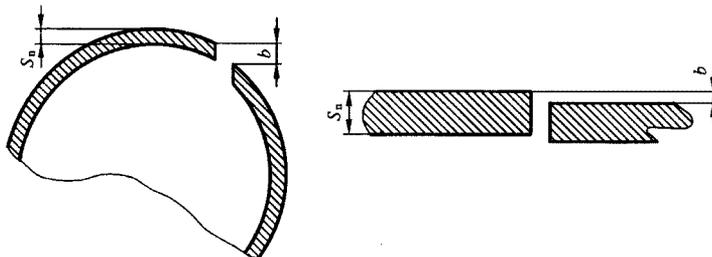


图 8

3.5.4 筒体对接焊缝的棱角度  $E$ ,其环向(见图 9),轴向棱角度  $E$ (见图 10)其值应不大于表 9 所规定的值。

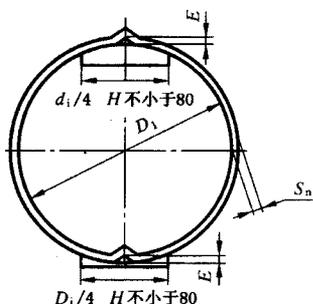


图 9



图 10

表 9

单位为毫米

筒体内径 $D_i$	棱角度 $E$
$\leq 300$	1.2
$> 300 \sim 460$	1.6
$> 460 \sim 600$	2.4
$> 600 \sim 900$	3.2
$> 900 \sim 1\ 220$	4.0
$> 1\ 220 \sim 1\ 520$	4.8

3.5.5 管板孔粗糙度  $Ra \leq 6.3 \mu m$ 。

3.5.6 复合管板的复合层面加工后,其厚度一般应不小于 3 mm,并应对复合质量进行超声波无损检验。

3.5.7 折流板外径公差按 GB/T 1800.3—1998 中 IT9 的要求,折流板外径与筒体内径的配合间隙按表 8 规定。

3.5.8 U 形管、蛇形管需拼接时,其错边量不得大于管子壁厚的 15%,且不大于 0.5 mm,其接缝在 2 倍设计压力的水压下应无渗漏。

3.5.9 U形管、蛇型管弯制成形后(见图 11)按表 10 规定直径的钢球,应能顺利从管中通过。

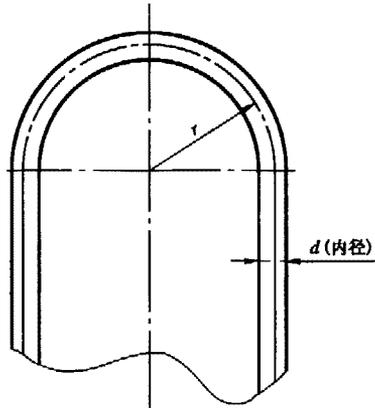


图 11  
表 10

$r/d$	通球直径		$r/d$	通球直径	
	无接头	有接头		无接头	有接头
2~3.5	0.70d	0.65d	>5~10	0.85d	0.80d
>3.5~5	0.75d	0.70d	>10	0.90d	0.85d

- 3.5.10 胀片翅片管进行胀片时,应按 CB/T 3820 的要求。
- 3.5.11 波纹板的成形和垫片的要求按 CB/T 3808 的要求。
- 3.5.12 板式换热器的组装、液压试验按 CB/T 1036 的要求。
- 3.5.13  $\Omega$ 形膨胀节必须用无缝管弯制,成形后管外直径的最大值 A 应不大于 1.4 倍无缝管直径,见图 6。
- 3.5.14 端盖、水室内壁的涂层应均匀牢固,不得出现起皮、针孔等缺陷。
- 3.5.15 铸铁或铸铜端盖、水室在内壁未涂塑和防锈处理前应进行 2 倍设计压力的水压试验应无渗漏。
- 3.6 焊接要求
- 3.6.1 焊材的化学成分应与母材的化学成分相同或相近,且强度不得小于母材强度。
- 3.6.2 对接焊缝的余高不应大于 2.0 mm。
- 3.6.3 焊缝表面不应有裂纹、气孔、弧坑和夹渣等缺陷。
- 3.6.4 筒体对接焊缝不应有十字焊缝,两相邻对接焊缝的距离应大于 3 倍母材板厚且不小于 100 mm。
- 3.6.5 当热交换器的设计压力大于 1.6 MPa 或金属壁温高于 150℃或筒体计算厚度大于 16 mm 时,还应符合下列要求:
  - a) 每台产品应制备对接焊缝产品焊接试板;
  - b) 产品焊接试板应在相应的对接焊缝的延长部位,采用相同的焊接工艺同时施焊;
  - c) 产品试板焊缝应进行 100%射线无损检测,Ⅱ级以上为合格;
  - d) 产品焊接试板试验项目按表 11 要求;
  - e) 弯曲试验的压头直径和支辊边缘的内间距按表 12 要求;
  - f) 产品焊接试板试验结果应符合表 13 要求;
  - g) 产品试板任一试样不合格时,允许再取 2 个试样复试,结果合格为合格;
  - h) 产品对接焊缝应进行大于等于 20%相应焊缝长度的无损检测,Ⅲ级以上为合格;
  - i) 有冲击试验要求的对接焊缝应进行 100%无损检测,Ⅱ级以上为合格;

- j) 产品试板机械性能试验取样要求按图 12 规定；
- k) 试样制备按《钢质海船入级与建造规范》(2001 年)第 8 篇第 1 章的规定。

表 11

序 号	试 验 项 目
1	熔敷金属的拉伸
2	正向弯曲
3	反向弯曲
4	接头横向拉伸
5	断面宏观检查

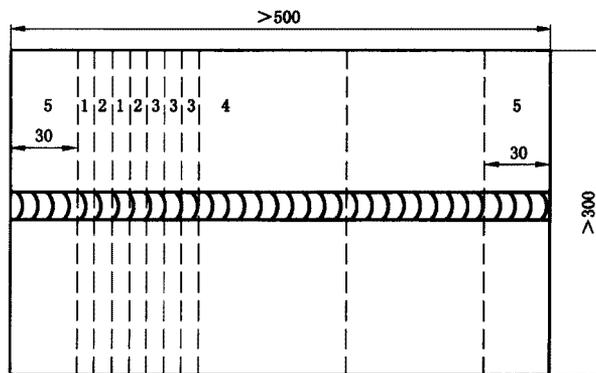
表 12

试样材料最大抗拉强度/MPa	压头直径/mm	支辊边内间距/mm
<460	2t	4.2t
460~510	3t	5.2t

注：表中 t 为试样厚度，mm。

表 13

试 验 项 目	合 格 标 准
熔敷金属的抗拉强度试验	1) 抗拉强度 $\sigma_b$ : 不小于母材规定的最小抗拉强度, 且不大于母材规定的最小抗拉强度加上 $145 \text{ N/mm}^2$ ; 2) 延伸率 $\delta_5 \geq (980 - \sigma_b) / 21.6$ , 且不低于母材规定的最小延伸率的 80%。
弯曲试验	试样弯曲后, 试样被拉表面出现的裂纹或其他缺陷长度应不大于 3 mm
接头横向拉伸试验	对接接头的抗拉强度不得低于母材规定的最小抗拉强度
断面宏观检查	不得有未焊透、未熔合以及较大的夹渣或其他缺陷
冲击试验	常温冲击试验, 三个冲击试样的算术平均功不得低于 27 J



- 1——拉伸；
- 2——弯曲；
- 3——冲击；
- 4——熔敷金属拉伸；
- 5——舍弃段。

图 12

3.6.6 焊接其他要求按 GB/T 11038 的规定。

3.7 热处理要求

3.7.1 铸铁或铸铜端盖、水室当量直径大于 1 500 mm 时,应进行人工时效处理。

3.7.2 铸铝件应进行强化热处理。

3.7.3 压制焊接的端盖、水室,凡隔板超过 4 块且当量直径大于 800 mm 时,应进行消除应力热处理。

3.7.4 轧制的黄铜波纹管、压制的黄铜封头应进行消除应力热处理。

3.8 组装

3.8.1 换热管与管板的胀接长度不得超过管板厚度 90%。

3.8.2 双管板胀接亦采用后退式胀接方法,外管板管子胀接减薄率不应超过换热管壁厚的 15%。

3.8.3 换热管与管板胀接壁厚减薄率按公式(8)计算,其值应不大于 12%。

$$q = (t_0 - t_1)/t_0 \times 100\% \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

$q$ ——壁厚减薄率,单位为百分数(%);

$t_0$ ——换热管胀接前壁厚的数值,单位为毫米(mm);

$t_1$ ——换热管胀接后壁厚的数值,单位为毫米(mm)。

3.8.4 管板与管子胀接后的管板变形凸凹量不应大于管板直径的 0.2%。

3.8.5 换热管与管板胀接后应齐平管头,管头伸出管板的长度不应大于 1.5 mm。管孔翻边直径  $D < d_1 + 2.5$  mm(见图 13)。

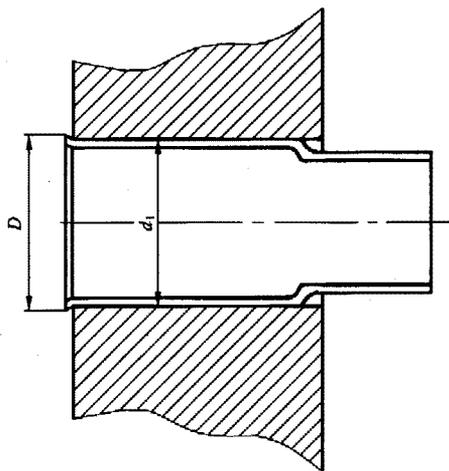


图 13

3.8.6 换热管外径小于 8 mm 时,与管板的连接不宜采用机械胀接方法。

3.8.7 排气接头应在最高位置,排液接头应在最低位置。

3.8.8 空气冷却器侧板与翅片的间隙应小于 0.5 mm。

3.8.9 热交换器组装后应进行壳程和管程液压试验,其试验压力为设计压力的 1.5 倍,不得有任何渗漏。

3.8.10 重叠安装串联使用的热交换器重叠安装后,应进行壳程和管程液压试验,其试验压力为设计压力的 1.5 倍,不得有任何渗漏。

3.8.11 真空热交换器的真空腔试验压力为设计压力加上 0.1 MPa。

3.8.12 制冷系统(冷凝器、蒸发器)的制冷剂侧应进行气密性试验,试验压力按表 14 规定,不得有泄漏。

表 14

单位为兆帕

制 冷 剂	冷凝器试验压力	蒸发器试验压力
R717(氨)	2.2	1.7
R134a	1.4	1.1
R22	2.2	1.7

3.8.13 空气冷却器空气侧的试验,当侧板没有密封要求时,不做密性试验;当有密封要求时,按下列要求试验不得有渗漏:

a) 当侧板小于 700 mm 时,试验压力为 1.05 倍设计压力;

b) 当侧板等于大于 700 mm 时,试验压力为 0.05 MPa。

3.8.14 热交换器的安装连接尺寸的误差应小于 GB/T 1800.3—1998 中规定的 IT18 级的要求。

### 3.9 性能要求

3.9.1 热交换器的实际换热面积不应小于设计计算的换热面积。

3.9.2 热交换器的实际总传热系数不应小于设计计算值。

3.9.3 热交换器的压力损失应小于表 15 的要求。

表 15

热交换器类型	介质空间压力损失/MPa	
	润滑油、淡水冷却器(管壳式)	0.05(壳程侧)
空气冷却器	0.002 0(低速机) 0.005 0	0.05
油加热器(管壳式)	0.05(油腔侧)	—
冷凝器	—	0.05(管程侧)
板式热交换器	0.04	

3.9.4 热交换器应能承受 1.5 倍设计压力的液压试验,无任何渗漏。

3.9.5 热交换器的设计使用寿命一般为 50 000 h。

## 4 试验方法

### 4.1 材料检验

检验主要零部件的材质证明,其结果应符合 3.3 的要求。

### 4.2 外观检验

用目测检验热交换器的外观,结果应符合 3.5.14、3.6.3、3.6.4 的要求。

### 4.3 尺寸检验

用直尺、卡尺、测厚仪、焊缝检验尺和样板检验热交换器的尺寸,其结果应符合 3.4.1、3.4.5、3.4.7、3.4.10、3.4.11、3.4.14、3.5.1~3.5.4、3.5.6~3.5.8、3.6.2、3.6.4、3.8.1~3.8.5、3.8.7、3.8.8、3.8.14 的要求。

### 4.4 通球检验

用钢球对弯制后的 U 形管、蛇型管进行通球检验,其结果应符合 3.5.9 的要求。

### 4.5 翅片管检验

翅片管检验按 CB/T 3820 的规定进行,结果应符合 3.5.10 的要求。

#### 4.6 波纹管检验

波纹管检验按 CB/T 3808 的规定进行,结果应符合 3.5.11 的要求。

#### 4.7 板式热交换器检验

板式热交换器检验按 CB/T 1036 的规定进行,结果应符合 3.5.12 的要求。

#### 4.8 焊接检验

焊接检验按 GB/T 11038 的规定进行,结果应符合 3.6.5、3.6.6 的要求。

#### 4.9 热处理检验

检验热处理报告,结果应符合 3.7 的要求。

#### 4.10 液压试验

按 GB/T 11037 的方法对热交换器进行液压试验,其结果应符合 3.5.8、3.5.15、3.8.9~3.8.11、3.8.13、3.9.4 的要求。

#### 4.11 制冷系统热交换器的气密性试验

制冷系统热交换器的气密性试验按下列方法之一进行:

##### a) 水浸法

将热交换器全部浸没在水中,然后缓慢向热交换器内充入氮气或空气。压力升到试验压力后,保压 5 min。检查各接头和密封部位不得有气泡逸出。

##### b) 发泡剂法

缓慢向热交换器内充入氮气或空气,待压力升到试验压力后,保压 15 min。在密封及接头部位涂发泡剂,无气泡逸出。

##### c) 保压法

缓慢向热交换器内充入氮气或空气,待压力升到试验压力后,保压 24 h。前 6 h 压力降不得超过 2%,其余 18 h 应保持压力稳定,不再有压力降(不包括环境温度变化的影响)。

以上试验结果应符合 3.8.12 的要求。

#### 4.12 换热面积检验

测量并计算热交换器工艺介质接触金属换热面的总外表面积,应符合 3.9.1 的要求。

#### 4.13 总传热系数和压力损失的测定

空气冷却器的总传热系数压力损失的测定试验按 GB/T 7028 的规定进行,其他按 CB/T 3866 和 CB 3300.3 的规定进行,其结果应符合 3.9.2 和 3.9.3 的要求。

### 5 检验规则

#### 5.1 检验分类

检验分为型式检验和出厂检验。

#### 5.2 型式检验

5.2.1 有下列情况之一时应进行型式检验:

- a) 新产品试制或转厂生产时;
- b) 当产品的设计、工艺、材料有较大改变,足以影响产品性能时;
- c) 技术监督部门提出型式检验时。

5.2.2 型式检验的项目按表 16 的规定。

表 16

序 号	检 验 项 目	要 求	检 验 方 法	型 式 检 验	出 厂 检 验
1	材料检验	3.3	4.1	✓	✓
2	外观检验	3.5.14、3.6.3、3.6.4	4.2	✓	✓
3	尺寸检验	3.4.1、3.4.5、3.4.7、3.4.10、3.4.11、 3.4.14、3.5.1~3.5.4、3.5.6~ 3.5.8、3.6.2、3.6.4、3.8.1~3.8.5、 3.8.7、3.8.8、3.8.14	4.3	✓	✓
4	通球检验	3.5.9	4.4	✓	✓
5	翅片管检验	3.5.10	4.5	✓	✓
6	波纹管检验	3.5.11	4.6	✓	✓
7	板式热交换器检验	3.5.12	4.7	✓	✓
8	焊接检验	3.6.5、3.6.6	4.8	✓	✓
9	热处理检验	3.7	4.9	✓	✓
10	液压试验	3.5.8、3.5.15、3.8.9~3.8.11、 3.8.13、3.9.4	4.10	✓	✓
11	气密试验	3.8.12	4.11	✓	✓
12	换热面积检验	3.9.1	4.12	✓	—
13	总传热系数和压力损失测定	3.9.2、3.9.3	4.13	✓	—

5.2.3 型式检验的产品为一台。

5.2.4 型式检验的项目全部符合要求则判为合格。

5.2.5 型式检验中任何一项不符合要求,允许采取纠正措施。纠正后对全部或只对不符合项目进行检验,若仍有不符合要求的项目,则判型式检验为不合格。

### 5.3 出厂检验

5.3.1 每台产品出厂前都应进行出厂检验。

5.3.2 出厂检验项目按表 16 规定。

5.3.3 如果产品未通过出厂检验项目中的任何一项,则应在采取措施后,重新进行全部项目或只对不合格项目进行检验。若仍有不符合要求的项目,则判该产品出厂检验为不合格。

## 6 标志、包装、贮存

### 6.1 标志

每台产品应有铭牌,其内容包括:

- a) 名称;
- b) 型号;
- c) 工作压力,MPa;
- d) 试验压力,MPa;
- e) 换热面积,m<sup>2</sup>;
- f) 重量,kg;
- g) 制造日期;

- h) 出厂编号;
- i) 制造厂名;
- j) 检验标记。

## 6.2 包装

热交换器出厂前,必须放尽内部积水,并用压缩空气吹干。对接头、接管法兰面应进行油封。所有接口应用螺塞或盖板封死,待油漆干燥后方可进行包装。

## 6.3 贮存

热交换器应贮存在干燥、通风的仓库内,不得露天和开式贮存。

---