



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19700—2005

---

## 船用热交换器热工性能试验方法

Test method of thermal property for marine heat exchanger

2005-03-21 发布

2005-08-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准的附录 A 为资料性附录。

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(SAC/TC 137)归口。

本标准起草单位：中国船舶工业综合技术经济研究院、营口船舶辅机厂、湖北登峰换热器股份有限公司、南通吉达热工机械有限公司。

本标准主要起草人：刘士文、仲崇欣、徐敬辉、汤健、李军、孟丽华。

# 船用热交换器热工性能试验方法

## 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)的热工性能试验系统、试验环境、试验程序、试验数据处理、试验报告内容的要求。

本标准适用于各类船用热交换器的热工性能试验,换热元件的热工性能试验可参考使用。

## 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。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 151—1999 管壳式换热器

GB/T 7028 船用柴油机空气冷却器试验方法

GB 11122—1997 柴油机油

GB/T 18816 船用热交换器通用技术条件

## 3 试验系统

3.1 试验系统由冷、热介质的温度调节设备,流量调节设备,温度、压力、流量测量仪器仪表,泵、管路及连接装置,计算机处理系统等组成。

3.2 试验系统应具有自动控制试验介质温度和流量的功能。系统工况稳定后进行试验,进入热交换器的介质温度误差(仪表显示温度)应不大于 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

3.3 系统应有消除动压影响测量压力损失的装置。

3.4 系统应能满足试验所需流量的要求,以确保试验工况的稳定。

3.5 所有的测量仪表(压力表、压差表、温度计、流量计等)均应经有关计量部门检验合格且在有效期内。

3.6 温度、压力、流量测量仪表的精度应符合表1要求。

表1 温度、压力、流量测量仪表精度

项目	温度			压力			流量		
	油、水	蒸汽	空气	油、水	蒸汽	空气	油、水	蒸汽	空气
精度/%	$\pm 0.1$	$\pm 0.05$	$\pm 0.025$	$\pm 0.25$	$\pm 0.25$	$\pm 0.1$	$\pm 0.25$		

3.7 试验介质选择如下:

- 冷却器采用 GB 11122 中 CC 级黏度等级为 40 的柴油机油作为油冷却器的统一试验介质,水冷却器的试验介质为自来水,气体冷却器的试验介质为空气。试验冷却介质均为自来水。
- 油加热器采用 GB 11122 中 CC 级黏度等级为 40 的柴油机油作为油加热器的统一试验介质,水加热器的试验介质为自来水,试验加热介质均为蒸汽。
- 冷凝器采用水蒸汽作为冷凝器的统一试验介质,试验冷却介质均为自来水。

## 4 试验环境

4.1 试验室内的温度应控制在  $5^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$  之间。

4.2 试验室内的相对湿度应小于 85%。

## 5 试验项目

5.1 测试换热量,其内容可参照附录 A 中表 A.1、表 A.3、表 A.5 所列项目。

5.2 计算总传热系数,并应填入附录 A 中表 A.1、表 A.2、表 A.3 的相应栏目中。

5.3 测试压力损失,其内容应包括附录 A 中表 A.2、表 A.4 所列项目。

## 6 试验程序

### 6.1 冷却器

6.1.1 冷却器在试验台上的安装应与产品设计时的安装形式相一致,同时保证测试方便和便于观察。

6.1.2 温度测量仪表的安装应保证测量点位于测管中心。

6.1.3 油温、水温采样应在冷却器油、水进出口外 100 mm 处,此处的直管段长度应不小于 300 mm。

6.1.4 油压、水压采样应在温度采样处以外,且相距不小于 100 mm。

6.1.5 流量的采样应在温度、压力采样点前方(介质先流经流量计)且相距不小于 300 mm。

6.1.6 当系统工况稳定后,每隔 15 min 测量 1 次油和水的温度、压差和流量。测量次数为 4 次。

6.1.7 在每一个测定工况下,测试结果热平衡的相对误差均应在 $\pm 5\%$ 范围内,否则测试结果无效。

6.1.8 空气冷却器的热工性能试验按 GB/T 7028 要求进行。

### 6.2 加热器

6.2.1 加热器在试验台上的安装应与产品设计时的安装形式相一致,同时保证测试方便和便于观察。

6.2.2 温度测量仪表的安装应保证测量点位于测管中心。

6.2.3 蒸汽温度采样应在蒸汽进口外 200 mm 处,凝水温度采样应在凝水出口外 200 mm 处,此处的直管段长度应不小于 500 mm。加热器油、水温的采样应在加热器油、水进出口外 100 mm 处,此处的直管段长度应不小于 300 mm。

6.2.4 蒸汽压力和油、水压力采样应在温度采样处以外,且相距不小于 100 mm。

6.2.5 流量的采样应在温度、压力采样点前方(介质先流经流量计)且相距不小于 300 mm。

6.2.6 当系统工况稳定后,每隔 15 min 测量 1 次凝水、排气和油、水的温度、压差和流量。测量次数为 4 次。

6.2.7 在每一个测定工况下,测试结果热平衡的相对误差均应在 $\pm 5\%$ 范围内,否则测试结果无效。

### 6.3 冷凝器

6.3.1 冷凝器在试验台上的安装应与产品设计时的安装形式相一致,同时保证测试方便和便于观察。

6.3.2 温度测量仪表的安装应保证测量点位于测管中心。

6.3.3 蒸汽温度采样应在蒸汽进口外 200 mm 处,凝水温度采样应在凝水出口外 200 mm 处,此处的直管段长度应不小于 500 mm。冷却水温的采样应在冷凝器冷却水进出口外 100 mm 处,此处的直管段长度应不小于 300 mm。

6.3.4 蒸汽压力、水压力采样应在温度采样处以外,且相距不小于 100 mm。

6.3.5 流量的采样应在温度、压力采样点前方(介质先流经流量计)且相距不小于 300 mm。

6.3.6 当系统工况稳定后,每隔 15 min 测量 1 次凝水、排气和水的温度、压差和流量。测量次数为 4 次。

6.3.7 在每一个测定工况下,测试结果热平衡的相对误差均应在 $\pm 5\%$ 范围内,否则测试结果无效。

## 7 数据处理

### 7.1 换热量的计算

7.1.1 冷却器、加热器换热量按公式(1)计算。

$$Q = G\Delta T C \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$Q$ ——冷却器、加热器换热量的数值,单位为瓦(W);

$G$ ——试验介质流量的数值,单位为千克每小时(kg/h);

$\Delta T$ ——试验介质进出口温差的数值,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$C$ ——试验介质定性温度下的比热数值,单位为瓦时每千克摄氏度 $[\text{W} \cdot \text{h}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})]$ 。

#### 7.1.2 冷凝器换热量按公式(2)计算。

$$Q = G\Delta H \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$Q$ ——冷凝器换热量的数值,单位为瓦(W);

$G$ ——蒸汽流量的数值,单位为千克每小时(kg/h);

$\Delta H$ ——蒸汽进出口焓值差的数值,单位为瓦时每千克 $(\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg})$ 。

#### 7.1.3 测试报告结果取4次测量计算结果的算术平均值。

### 7.2 总传热系数的计算

#### 7.2.1 热交换器的总传热系数按公式(3)计算:

$$k = Q/(\Delta A \Delta T_m \psi) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$k$ ——总传热系数的数值,单位为瓦每平方米摄氏度 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})]$ ;

$Q$ ——换热量的数值,单位为瓦(W);

$A$ ——换热面积的数值,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$\Delta T_m$ ——对数平均温差的数值,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$\psi$ ——温度修正系数。

#### 7.2.2 换热面积按 GB/T 18816 的要求计算。

#### 7.2.3 温度修正系数按 GB 151—1999 附录 F 的要求查表或计算。

### 7.3 压力损失的计算

#### 7.3.1 使用 U 型管压差计测量压力损失时,压力损失值按公式(4)计算;使用其他型式压差计测量压力损失时,应按其使用说明进行换算。

$$\Delta P = 10^{-3} \rho g \Delta H \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\Delta P$ ——试验介质压力损失的值,单位为兆帕(MPa);

$\rho$ ——U 形压差计内介质的密度值,单位为千克每立方米( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$g$ ——重力加速度的值,单位为米每二次方秒( $\text{m}/\text{s}^2$ );

$\Delta H$ ——U 形压差计液面高度差的值,单位为毫米(mm)。

### 7.4 热平衡计算

#### 7.4.1 冷却器的热平衡百分数按公式(5)计算。

$$q = (Q_c - Q_h)/Q_c \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$q$ ——热平衡的百分比数值(%);

$Q_c$ ——冷却水吸热量的数值,单位为瓦(W);

$Q_h$ ——试验介质(油、空气或水)放热量的值,单位为瓦(W)。

#### 7.4.2 加热器的热平衡按公式(6)计算。

$$q = (Q_c - Q_h)/Q_h \times 100 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$q$ ——热平衡的百分比数值(%)；

$Q_c$ ——试验介质(油、空气或水)吸热量的值,单位为瓦(W)；

$Q_h$ ——加热介质(蒸汽和冷凝水)放热量的数值,单位为瓦(W)。

7.4.3 冷凝器的热平衡计算按公式(7)计算。

$$q = (Q_c - Q_h) / Q_c \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

式中：

$q$ ——热平衡的百分比数值(%)；

$Q_c$ ——冷却水吸热量的数值,单位为瓦(W)；

$Q_h$ ——蒸汽放热量的值,单位为瓦(W)。

## 8 试验报告

8.1 试验报告应包括下列内容：

- 试验项目；
- 试验产品总图；
- 试验产品设计技术参数(热性能参数应齐全)；
- 试验流程图；
- 测量仪表名称、型号、精度及数量；
- 试验记录表；
- 试验结果与结论；
- 试验误差分析(热平衡计算与分析)；
- 试验日期及试验人、数据整理人和试验负责人名单。

8.2 试验记录表可参照附录 A 填写。

8.3 空气冷却器的试验记录按 GB/T 7028 要求填写。

**附录 A**  
(资料性附录)  
**试验记录表格式**

热交换器热工性能试验记录表的格式见表 A.1~表 A.5。

**表 A.1 冷却器热工性能试验记录表格式**

试验日期： 年 月 日

记录人：

序号	试验介质侧					冷却介质侧					换热温差			总传热系数 $k/$ ( $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ )			
	流量/ ( $m^3/h$ )	流速/ ( $m/s$ )	进口 温度/ $^\circ C$	出口 温度/ $^\circ C$	进出口 温差/ $^\circ C$	换热 量/ $kW$	流量/ ( $m^3/h$ )	流速/ ( $m/s$ )	进口 温度/ $^\circ C$	出口 温度/ $^\circ C$	进出口 温差/ $^\circ C$	换热 量/ $kW$	最小 换热 温差/ $^\circ C$		最大 换热 温差/ $^\circ C$	平均 对数 温差/ $^\circ C$	修正 系数
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
结果与结论																	

负责人：

试验人：

数据整理人：

记录起始时间：

表 A.2 冷却器热工性能(压力损失)试验记录表格式

试验日期： 年 月 日 记录人：

序号	试验介质侧				冷却介质侧			
	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	压差计读数/ MPa	压力损失/ MPa	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	压差计读数/ MPa	压力损失/ MPa
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
结果 与 结论								

负责人： 试验人： 数据整理人： 记录起始时间：

表 A.3 加热器热工性能试验记录表格式

试验日期： 年 月 日 记录人：

序号	加热介质侧(蒸汽)					试验介质侧(油、水)					凝水			总传热系数 k/ (W/(m <sup>2</sup> ·°C))		
	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	进口 温度/ °C	出口 温度/ °C	进出口 温差/ °C	换热 量/ kW	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	进口 温度/ °C	出口 温度/ °C	进出口 温差/ °C	换热 量/ kW	凝水 流量/ (m <sup>3</sup> / h)		凝水 温度/ °C	凝水 放热 量/ kW
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
结果 与 结论																

负责人： 试验人： 数据整理人： 记录起始时间：

表 A.4 加热器热工性能(压力损失)试验记录表格式

试验日期： 年 月 日

记录人：

序号	试验介质侧				加热介质侧			
	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	压差计读数/ MPa	压力损失/ MPa	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	压差计读数/ MPa	压力损失/ MPa
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
结果与结论								

负责人：

试验人：

数据整理人：

记录起始时间：

表 A.5 冷凝器热工性能试验记录表格式

试验日期： 年 月 日

记录人：

序号	蒸汽侧					水侧					蒸汽冷凝水			修正系数	总传热系数 k/(W/(m <sup>2</sup> ·℃))	
	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	进口 温度/ ℃	出口 温度/ ℃	进出口 温差/ ℃	换热 量/ kW	流量/ (m <sup>3</sup> /h)	流速/ (m/s)	进口 温度/ ℃	出口 温度/ ℃	进出口 温差/ ℃	换热 量/ kW	凝水 流量/ (m <sup>3</sup> /h)			凝水 温度/ ℃
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
结果与结论																

负责人：

试验人：

数据整理人：

记录起始时间：