

ICS 27.020

J 96

备案号: 64862—2018



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 6003.3—2018

代替 JB/T 6003.3—2008

内燃机 机油冷却器 第3部分: 传热性能试验方法

Internal combustion engines—Oil coolers
—Part 3: Test method for heat transfer capability

2018-07-04 发布

2019-05-01 实施



中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 定义和术语	1
4 符号和缩略语	3
5 结构型式	5
6 试验介质及体积量	7
7 试验装置	7
7.1 一般要求	7
7.2 加热器	7
7.3 流量计	8
7.4 温度计	8
7.5 压力计	8
7.6 测温点与取压点位置关系	9
7.7 水侧壳体	9
7.8 试件管路的接法	10
8 试验条件和热平衡误差 Δ 可接受判据	10
8.1 试验条件	10
8.2 热平衡误差 Δ 可接受判据	11
9 试验准备	11
10 试验程序	11
11 试验数据的整理	13
11.1 机油放热流量 Q_o	13
11.2 水吸热流量 Q_w	13
11.3 换算放热流量 Q_c	13
11.4 传热系数 K_o 、体积利用系数 K_v 和质量利用系数 K_q	13
11.5 油速 W_o 和水速 W_w	14
11.6 绘制曲线图	14
附录 A (规范性附录) 用于测量机油流量的涡轮流量计仪表曲线标定方法	15
A.1 标定方法基本原理	15
A.2 标定方法	15
A.3 标定结果	16
附录 B (规范性附录) 传热面积的计算方法	17
B.1 管壳式机油冷却器传热面积的计算方法	17
B.2 板式机油冷却器传热面积的计算方法	19
B.3 管翅式机油冷却器传热面积的计算方法	19
附录 C (规范性附录) 通道面积的计算方法	20
C.1 管壳式机油冷却器通道面积的计算方法	20

C.2 板翅式机油冷却器通道面积的计算方法	21
C.3 管翅式机油冷却器通道面积的计算方法	21
图 1 板翅式机油冷却器	5
图 2 板翅式机油冷却器翅片结构	5
图 3 管壳式机油冷却器	6
图 4 管翅式机油冷却器	6
图 5 试验装置原理图	7
图 6 温度计安装示意图	8
图 7 取压孔示意图	8
图 8 测温点与取压点位置关系图	9
图 9 板翅式机油冷却器芯子及水侧壳体示意图	9
图 10 冷、热介质的流动方向示意图	10
图 11 传热性能曲线图	14
图 A.1 涡轮流量计仪表曲线标定管路图	15
图 A.2 机油流量计仪表曲线图	16
图 B.1 散热片	17
表 1 符号和缩略语及其单位	3
表 2 冷却器传热性能测试记录	12
表 A.1 涡轮流量计标定流量	16
表 C.1 各排管的通道面积	20

前 言

JB/T 6003《内燃机 机油冷却器》分为三个部分：

- 第1部分：板翅式机油冷却器 技术条件；
- 第2部分：管壳式机油冷却器 技术条件；
- 第3部分：传热性能试验方法。

本部分为JB/T 6003的第3部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替JB/T 6003.3—2008《内燃机 机油冷却器 第3部分：传热性能试验方法》，与JB/T 6003.3—2008相比主要技术变化如下：

- 增加了叉流的定义和术语（见3.13）；
- 增加了符号和缩略语中部分内容（见表1）；
- 修改了试验用油，并增加了试验用油引用标准的规定（见第2章和6.1，2008年版的5.2）；
- 增加了管翅式结构类型和传热面积、通道面积计算方法（见第5章、B.3和C.3）；
- 增加了试验装置管路的总体要求（见7.1.1）；
- 修改了试验装置原理图（见图5，2008年版的图4）；
- 增加了仪器仪表检验合格的规定（见7.1.2）；
- 增加了试验装置校准的规定（见7.1.3）；
- 修改了流量计选择类型，增加了流量计的安装方法（见7.3，2008年版的5.4）；
- 修改了温度计选择类型，增加了温度计的安装方法（见7.4，2008年版的5.5）；
- 修改了压力计选择类型，增加了压力计的安装方法（见7.5，2008年版的5.7）；
- 增加了测温点与取压点位置关系的规定（见7.6）；
- 修改了水侧壳体的规定（见7.7，2008年版的5.6）；
- 修改了试件管路的接法的规定（见7.8，2008年版的5.8）；
- 修改了试验准备（见第9章，2008年版的6.1）；
- 修改了试验程序（见第10章，2008年版的6.2）。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国内燃机标准化技术委员会（SAC/TC 177）归口。

本部分起草单位：浙江银轮机械股份有限公司、江苏嘉和热系统股份有限公司、潍坊恒安散热器集团有限公司、浙江正信车辆检测有限公司、上海内燃机研究所、广西玉林达业机械配件有限公司、江苏和平动力机械有限公司、天津格特斯检测设备技术开发有限公司、上海汽车集团股份有限公司商用车技术中心。

本部分主要起草人：夏立峰、李宝民、吴国荣、蒋平灶、沈红节、韦世宝、魏纲、蔡志雄、乔亮亮、王钟柱、孟红霞。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB/T 5095—1991；
- JB/T 6003.3—2008。

内燃机 机油冷却器 第3部分：传热性能试验方法

1 范围

JB/T 6003 的本部分规定了内燃机机油冷却器（以下简称冷却器）在给定条件下，冷、热流体的进出口温度、流量和压差的测定方法以及性能参数的计算方法。

本部分适用于与汽车、拖拉机、工程机械、小型船舶、发电机组、液压传动系统等配套的各种结构型式的冷却器，其他用途结构类似的冷却器也可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 11122—2006 柴油机油

3 定义和术语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管壳式机油冷却器 **tube and shell oil cooler**

通过在一个圆筒形壳体内插入由许多平行管组成的管束而构成的冷却器。

3.2

板翅式机油冷却器 **plate-fin oil cooler**

芯子由凹凸型翅片与平板芯片组成的冷却器。

3.3

H 型板翅式机油冷却器 **H type of plate-fin oil cooler**

一种板翅式机油冷却器结构类型，冷却器翅片的凹凸齿在垂直于机油流动的方向上排列，如图 1、图 2a) 所示。

3.4

Z 型板翅式机油冷却器 **Z type of plate-fin oil cooler**

一种板翅式机油冷却器结构类型，冷却器翅片的凹凸齿在机油流动方向上排列，如图 1、图 2b) 所示。

3.5

圆盘型板翅式机油冷却器 **disc type of plate-fin oil cooler**

一种板翅式机油冷却器结构类型，冷却器翅片外形为圆形，机油以环流方式流过冷却器翅片，如图 2c) 所示。

3.6

传热面积 **heat transfer area**

冷却器中冷热介质在通道内换热面的表面积。

3.7

油侧 oil side

冷却器内机油的通道。

3.8

水侧 water side

冷却器内水的通道。

3.9

管侧 tube side

管壳式机油冷却器散热管内一侧的通道，即水侧。

3.10

壳侧 shell side

管壳式机油冷却器散热管外一侧的通道，即油侧。

3.11

顺流 cocurrent flow

进油、进水的管路在冷却器同一端，两种流体在冷却器内按相同方向做平行流动。

3.12

逆流 backward flow

进油、进水分别在冷却器的两端，两种流体在冷却器内按相反方向做平行流动。

3.13

叉流 cross flow

进油与进水的流动方向相互垂直，两种流体在冷却器芯子内外做交叉流动。

3.14

通道面积 passage area

介质流经通道的横截面积。

3.15

机油放热流量 oil heat release rate

冷却器油侧机油单位时间所能释放的热量。

3.16

水吸热流量 cooling water heat absorbing rate

冷却器水侧冷却水单位时间所能吸收的热量。

3.17

热平衡误差 heat balance error

冷却水的吸热流量相对于机油放热流量的相对误差。

3.18

换算放热流量 conversion heat release rate

在试验条件下机油的实际放热流量换算为机油与冷却介质的流入温度差为设定值时的放热流量。

3.19

传热系数 heat transfer factor

冷、热介质之间温度差为 1℃时，冷却器油侧单位传热面积所能传递的热量。

3.20

体积利用系数 cubage using factor

冷、热介质之间温度差为 1℃时，单位体积的冷却器所能传递的热流量。

3.21

质量利用系数 **quality using factor**

冷、热介质之间温度差为 1℃时, 单位质量的冷却器所能传递的热流量。

3.22

对数平均温差 **logarithmic mean temperature difference**

冷、热介质之间沿整个冷却器中换热面的平均温差呈对数关系。

3.23

油速 **oil speed**

机油在单位时间内所经过的距离。

3.24

水速 **water speed**

冷却水在单位时间内所经过的距离。

3.25

油侧压差 **pressure difference of oil side**

进油口与出油口之间的压力差值。

3.26

水侧压差 **pressure difference of water side**

进水口与出水口之间的压力差值。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件(见表1)。

表1 符号和缩略语及其单位

序号	缩略语	符号	单位	备注
01	翅片有效宽度	B	m	见图 2
02	两折流板之间的距离	b	m	见图 3
03	沿各排管孔轴线方向散热片的长度	c_l	m	见图 B.1
04	机油比热容	c_{po}	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$	按进油温度确定
05	水比热容	c_{pw}	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$	按进水温度确定
06	散热片 AB 弦长	c_1	m	见图 B.1
07	翅片凹凸形排数	D	—	按冷却器翅片结构确定
08	散热管内径	d_1	m	见图 B.1
09	散热管外径	d_2	m	见图 B.1
10	管翅式内管外径	d_3	m	见图 4
11	管翅式外管内径	d_4	m	见图 4
12	油侧传热面积	F_o	m^2	按附录 B 计算
13	水侧传热面积	F_w	m^2	按附录 B 计算
14	管侧传热面积	F_1	m^2	按附录 B 计算
15	壳侧传热面积	F_2	m^2	按附录 B 计算
16	散热管光管传热面积	F_{21}	m^2	按附录 B 计算
17	散热片传热面积	F_{22}	m^2	按附录 B 计算
18	机油质量流量	G_o	kg/s	试验时测定

表1 符号和缩略语及其单位 (续)

序号	缩略语	符号	单位	备注
19	水质量流量	G_w	kg/s	试验时测定
20	翅片高度	h	m	见图 2、图 4
21	散热片 \widehat{AB} 弧高	h_1	m	见图 B.1
22	质量利用系数	K_q	W/(kg·℃)	按公式 (7) 计算
23	体积利用系数	K_V	W/(m ³ ·℃)	按公式 (6) 计算
24	传热系数	K_o	W/(m ² ·℃)	按公式 (5) 计算
25	散热管散热部分管子长度	L	m	按冷却器结构确定
26	散热片 \widehat{AB} 弧长	L_1	m	$L_1 = 2R \arcsin[c_1 / (2R)]$
27	翅片有效长度	l	m	见图 2
28	板翅层数	M	—	见图 1
29	散热片片数	N	—	按冷却器结构确定
30	散热管数量	n	—	按冷却器结构确定
31	散热片上散热管管孔数	n_1	—	见图 B.1
32	各排管孔轴线方向散热片上管孔数	n_2	—	按冷却器结构确定
33	进油压力	p_{o1}	kPa	试验时测定
34	出油压力	p_{o2}	kPa	试验时测定
35	进水压力	p_{w1}	kPa	试验时测定
36	出水压力	p_{w2}	kPa	试验时测定
37	机油放热流量	Q_o	W	按公式 (2) 计算
38	换算放热流量	Q'_o	W	按公式 (4) 计算
39	水吸热流量	Q_w	W	按公式 (3) 计算
40	冷却器芯子质量	q	kg	按冷却器结构确定
41	散热片半径	R	m	见图 B.1
42	油侧通道面积	S_o	m ²	按附录 C 计算
43	水侧通道面积	S_w	m ²	按附录 C 计算
44	管侧通道面积	S_1	m ²	按附录 C 计算
45	壳侧通道面积	S_2	m ²	按附录 C 计算
46	凹凸翅宽度	t	m	见图 2、图 4
47	进油温度	t_{o1}	℃	试验时测定
48	试验前指定的进油温度	t'_{o1}	℃	按 8.1 的规定
49	出油温度	t_{o2}	℃	试验时测定
50	进水温度	t_{w1}	℃	试验时测定
51	试验前指定的进水温度	t'_{w1}	℃	按 8.1 的规定
52	出水温度	t_{w2}	℃	试验时测定
53	冷却器芯子体积	V	m ³	按冷却器结构确定
54	机油体积流量	V_o	m ³ /s	试验时测定

表1 符号和缩略语及其单位（续）

序号	缩略语	符号	单位	备注
55	水体积流量	V_w	m^3/s	试验时测定
56	油速	W_o	m/s	按公式（10）计算
57	水速	W_w	m/s	按公式（11）计算
58	热平衡误差	Δ	%	按公式（1）计算
59	翅片材料厚度	δ_1	m	见图2、图4
60	油侧压差	Δp_o	kPa	试验时测定
61	水侧压差	Δp_w	kPa	试验时测定
62	对数平均温差	Δt_m	$^{\circ}\text{C}$	按公式（8）、公式（9）计算
63	试验前指定进口温差	Δt_{ow}	$^{\circ}\text{C}$	按8.1的规定
64	机油密度	ρ_o	kg/m^3	按进油温度确定
65	水密度	ρ_w	kg/m^3	按进水温度确定

5 结构型式

冷却器的结构型式分板翅式、管壳式和管翅式三种，主要结构型式如图1～图4所示。

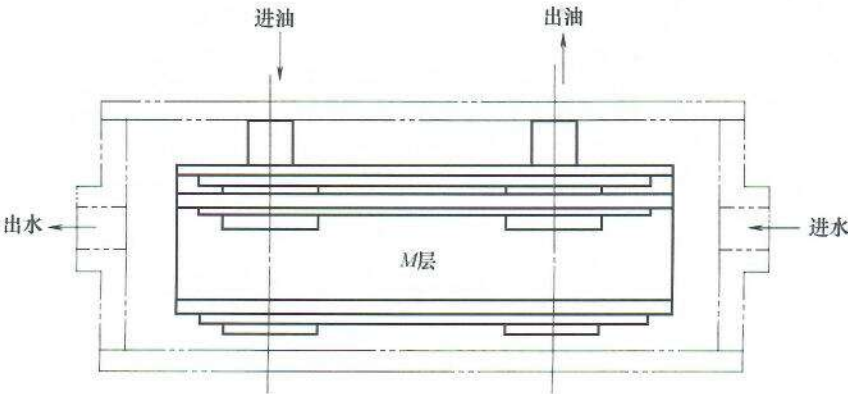


图1 板翅式机油冷却器

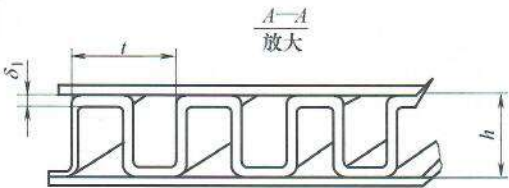
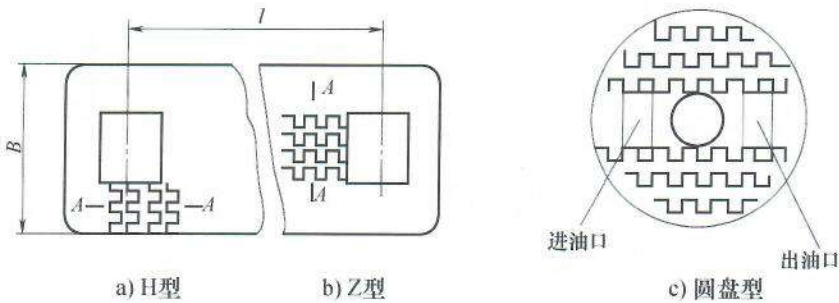
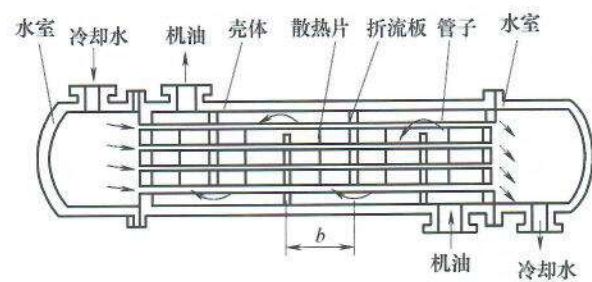
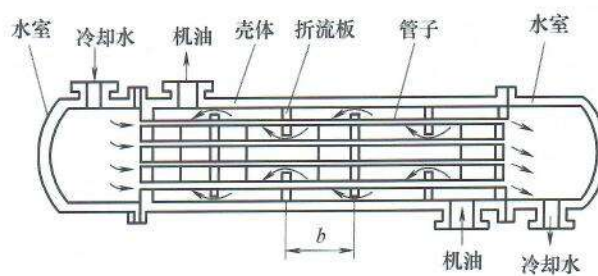


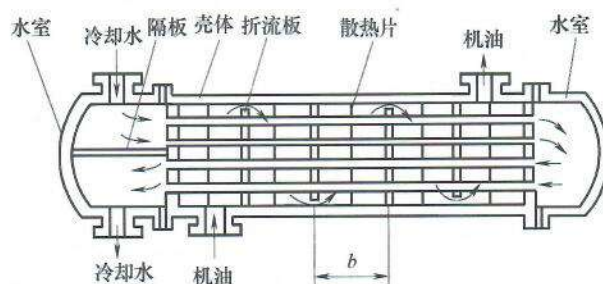
图2 板翅式机油冷却器翅片结构



a) 圆缺型折流板冷却器



b) 环盘型折流板冷却器



c) 双程圆缺型折流板冷却器

图3 管壳式机油冷却器

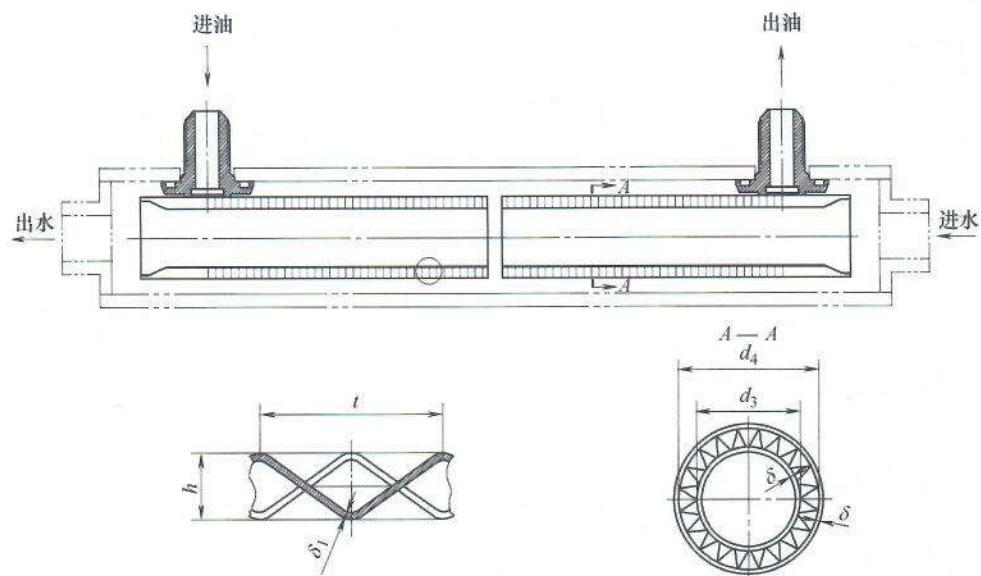


图4 管翅式机油冷却器

6 试验介质及体积量

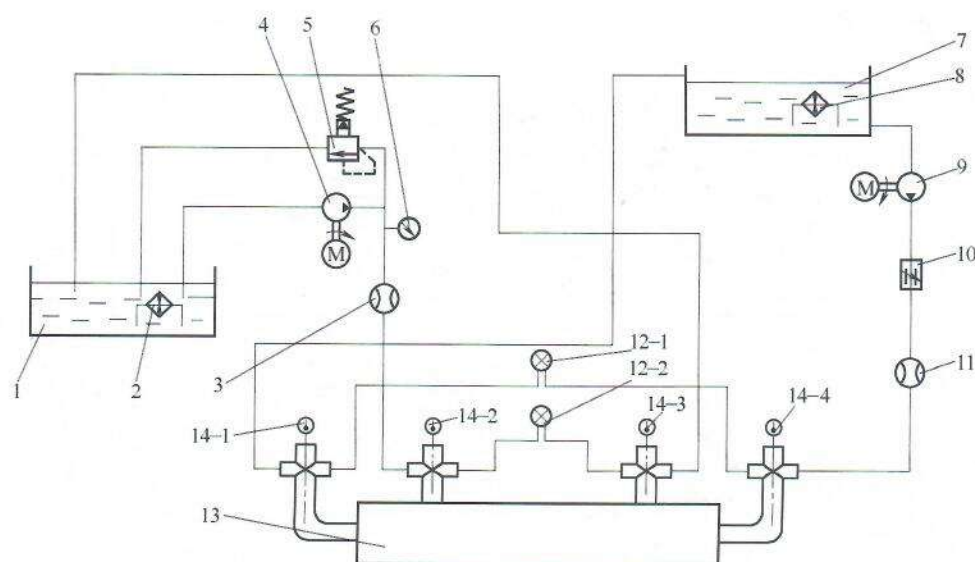
6.1 本部分推荐的冷却介质为清水，热介质为符合 GB 11122 规定的 CD 40 柴油机油，也可采用用户指定的其他介质。

6.2 总的热介质体积应为管道总容积的 4 倍，且最小为 20 L；总的冷介质体积应为管道总容积的 4 倍，且最小为 20 L。

7 试验装置

7.1 一般要求

7.1.1 试验装置原理如图 5 所示。试验装置管路应采用不锈钢制造，不得采用油漆或涂层管，管路内径应无突变。



说明：

- | | | |
|------------|--------------|----------|
| 1——油箱； | 6——压力计； | 12——压差计； |
| 2——油加热器； | 7——水箱； | 13——冷却器； |
| 3、11——流量计； | 8——水加热器； | 14——温度计。 |
| 4——油泵； | 9——水泵； | |
| 5——溢流阀； | 10——水路流量调节阀； | |

图5 试验装置原理图

7.1.2 所有仪器仪表应经法定计量部门检定合格，并在有效期内。

7.1.3 试验装置应至少每年校准一次，采用同一产品、同一试验条件下进行校准。测试结果与上一次相比，重复性应满足以下条件：

- 换算放热流量的偏差不超过 $\pm 2\%$ ；
- 压力降的偏差不超过 $\pm 5\%$ 。

7.2 加热器

冷、热介质的温度控制可采用电加热器、换热器或其他形式的加热热源，并能实现无级调节。

7.3 流量计

冷、热介质的流量测量采用质量流量计或其他形式的流量计，测量精度应不大于 0.5% FS (FS 表示满量程)。如采用涡轮流量计，应根据机油温度和流量重新标定仪表曲线，标定方法见附录 A。流量计的安装方式应符合安装使用说明书的要求。

7.4 温度计

7.4.1 温度计类型

温度计的精度不大于 0.1°C ，精密度不大于 0.05°C ，可采用标准铂电阻 (Pt100) 温度计或其他类型的温度计。

7.4.2 温度计安装方法

温度计应安装在三通弯管上，且能准确测量试件进出口温度的位置，感温元件应置于管道的中心位置，完全浸在液体之内。安装形式如图 6 所示。

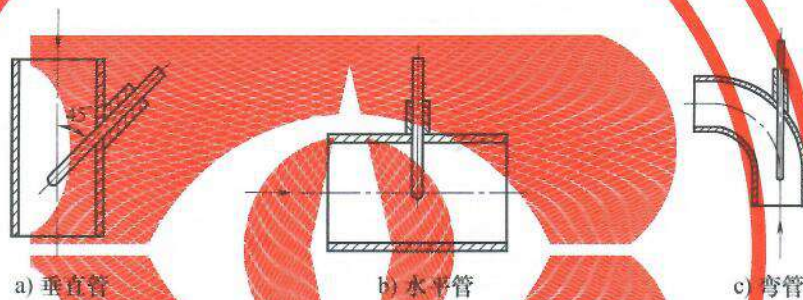


图6 温度计安装示意图

7.5 压力计

7.5.1 压力计类型

压力测量采用压力变送器和压差变送器，精度不大于 0.25% FS。

7.5.2 压力计安装方法

7.5.2.1 取压孔的位置应设在离任何扰动件 (变径、弯头、阀门等) 下游至少 5 倍管径、上游至少 2 倍管径处。

7.5.2.2 取压孔轴线应垂直于管道内壁面，边缘不得有毛刺。取压孔的直径应为 2 mm~3 mm 或等于测压管内径的 1/10，取两者较小值，孔深应不小于 2.5 倍孔径 (见图 7)。

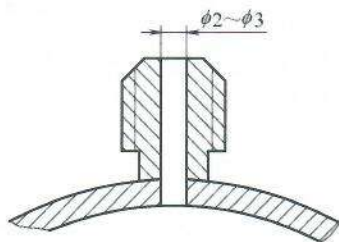


图7 取压孔示意图

7.5.2.3 测量同一介质的压力变送器和压差变送器应安装在一个平面内，测试前应将变送器与取压孔

之间连接管道中的空气排除，避免空气造成测量误差。

7.6 测温点与取压点位置关系

介质进口处安装顺序为先测温点后取压点；介质出口处安装顺序为先取压点后测温点（见图8）。

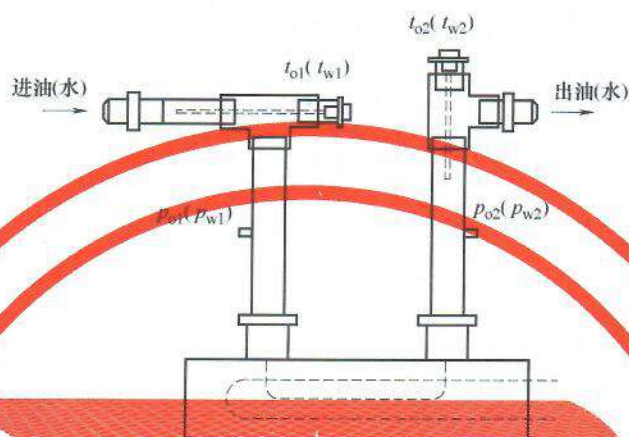


图8 测温点与取压点位置关系图

7.7 水侧壳体

7.7.1 管壳式机油冷却器由芯子和壳体组成，试验时无需另配水侧壳体。

7.7.2 板翅式机油冷却器一般只提供芯子试样，试验时应配制水侧壳体。由于水侧壳体与芯子间的间隙会影响水流量的合理分布和流速大小，所得试验数据会有很大的差别，本部分规定板翅式机油冷却器水侧壳体应符合以下要求（见图9）：

- 水侧壳体与芯子两侧面的间隙 K_1 、 K_2 ，底部的间隙 K_3 ，顶部的间隙 K_4 应与本身各片之间的间隙 δ 相一致；
- 水侧壳体进出水管应安置在进油管的两端。

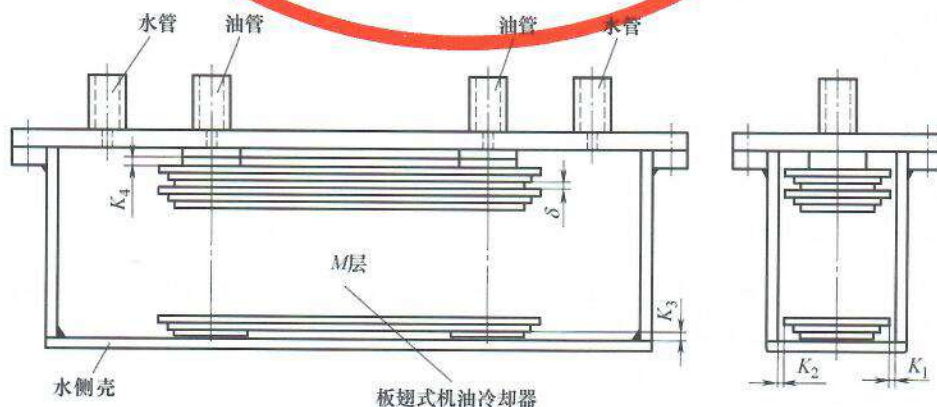


图9 板翅式机油冷却器芯子及水侧壳体示意图

7.7.3 变速箱油冷器等特定用途冷却器,应根据用户的使用情况进行设计。

7.7.4 总成模块由于产品自带油路,所以设计水侧壳体时一般只设计水路,应模拟内燃机水道实际水路的流向和流法设计水侧壳体。

7.8 试件管路的接法

冷、热介质的流动方向分为顺流、逆流和叉流三种,如图 10 所示。

用户应对试件流动方向提出要求,无特殊指明时,采用逆流接法。

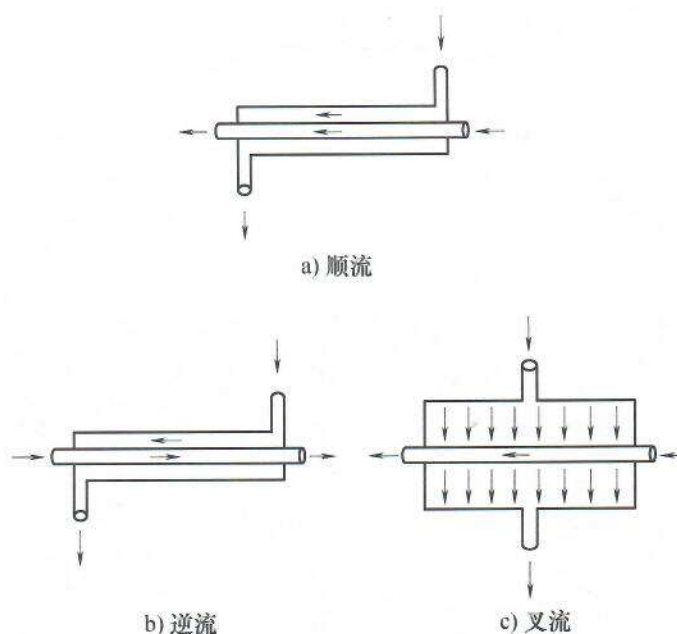


图10 冷、热介质的流动方向示意图

8 试验条件和热平衡误差 Δ 可接受判据

8.1 试验条件

8.1.1 进油、进水温度

本部分规定试验前指定的进油温度 t'_{o1} 为 95°C , 试验前指定的进水温度 t'_{w1} 为 85°C , 亦可根据委托单位要求而定。

8.1.2 试验前指定的进口温度

试验台在运转正常情况下,试件的进油温度 t_{o1} 应控制在 $t'_{o1} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 进水温度 t_{w1} 应控制在 $t'_{w1} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 且温度的变化每分钟不大于 0.1°C 。

8.1.3 油流量、水流量

水流量在水速为 $0.1\text{ m/s} \sim 1.2\text{ m/s}$ 范围内,油流量在油速为 $0.1\text{ m/s} \sim 1.2\text{ m/s}$ 范围内根据委托单位的要求分别选取不同流量的若干档。

8.2 热平衡误差 Δ 可接受判据

8.2.1 试验时的热平衡误差按公式 (1) 计算。

$$\Delta = \left| \frac{Q_o - Q_w}{Q_o} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

8.2.2 试验时热平衡误差符合以下规定时试验数据才有效：

- a) 型式试验、设备标定： $\Delta \leq 5\%$ ；
- b) 出厂试验： $\Delta \leq 8\%$ 。

9 试验准备

- 9.1 检查试件的完好性，试件不得有影响试验结果的任何缺陷。
- 9.2 检查工装情况，确认工装与试验要求一致。
- 9.3 将试件与工装连接好，安装在试验台上，检查进出油管、水管、温度计、测压管是否与要求一致。
- 9.4 检查并确认水侧、油侧无泄漏后，将试件用适当方式进行保温。

10 试验程序

- 10.1 检查阀门位置，电路是否正常，水箱和油箱液位是否正常。
- 10.2 开启主电源，起动水泵、油泵，检查其有无泄漏。开启水、油加热装置，控制试件的水、油进口温度。
- 10.3 调节试验参数到指定值：水、油进口温度波动控制在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 范围内；流量波动在设定值的 $\pm 10\%$ 范围内，方可认为系统充分稳定，可以开始测量并记录试验数据。在试验过程中每一试验工况点每分钟采集的数据不少于 30 组。
- 10.4 先设定冷侧其中一个工况点，依次变化油侧工况；待冷侧工况稳定之后，逐次测量，每一工况点的进口温度变化不大于 $0.10^\circ\text{C}/\text{min}$ ，出口温度变化不大于 $0.20^\circ\text{C}/\text{min}$ ，至少稳定 5 min，用计算机进行数据自动采集不少于 30 s，取算术平均值后自动录入。然后更换下一个冷侧工况。再依次变化油侧工况，以此测得所有工况下的各参数，记入表 2 中。

表2 冷却器传热性能测试记录

[illegible]

10.5 试验结束后,依次关闭油加热器、水加热器、油泵、水泵,关闭电源。待试件冷却后拆下冷却器及水侧壳体,检查试件,清理场地及设备。

11 试验数据的整理

11.1 机油放热流量 Q_o

机油放热流量按公式(2)计算。

$$Q_o = G_o c_{po} (t_{o1} - t_{o2}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$$G_o = V_o \rho_o$$

11.2 水吸热流量 Q_w

水吸热流量按公式(3)计算。

$$Q_w = G_w c_{pw} (t_{w1} - t_{w2}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$$G_w = V_w \rho_w$$

11.3 换算放热流量 Q'_o

冷却器的放热流量应在相同的工况条件下才能进行比较,由于试验时进口温度允许有一定的偏差,在换算到指定进口温度的各个油流量和水流量时的放热流量方为换算放热流量 Q'_o 。可采用公式(4)近似进行换算。

$$Q'_o = \frac{\Delta t_{ow} Q_o}{t_{o1} - t_{w1}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$$\Delta t_{ow} = t'_{o1} - t'_{w1}$$

11.4 传热系数 K_o 、体积利用系数 K_v 和质量利用系数 K_q

传热系数 K_o 、体积利用系数 K_v 和质量利用系数 K_q 分别按公式(5)、公式(6)、公式(7)计算。

$$K_o = \frac{Q_o}{F_o \Delta t_m} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$K_v = \frac{Q_o}{V \Delta t_m} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$K_q = \frac{Q_o}{q \Delta t_m} \quad \dots\dots\dots (7)$$

公式(5)、公式(6)、公式(7)中油侧传热面积 F_o 按附录B计算,对数平均温差 Δt_m 分下述两种情况计算:

a) 用于单程通道冷却器 [见图3a)、图3b)、图1] 时,对数平均温差 Δt_m 按公式(8)计算。

$$\Delta t_m = \frac{(t_{o1} - t_{w2}) - (t_{o2} - t_{w1})}{\ln[(t_{o1} - t_{w2}) / (t_{o2} - t_{w1})]} \quad \dots\dots\dots (8)$$

b) 用于双程通道冷却器 [见图3c)] 时,对数平均温差 Δt_m 按公式(9)计算。

$$\Delta t_m = \frac{(t_{o1} - t_{w2}) - [t_{o2} - (t_{w1} + t_{w2}) / 2]}{\ln\{(t_{o1} - t_{w2}) / [t_{o2} - (t_{w1} + t_{w2}) / 2]\}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

11.5 油速 W_o 和水速 W_w

油速 W_o 和水速 W_w 分别按公式 (10) 和公式 (11) 计算。

$$W_o = \frac{V_o}{S_o} \dots\dots\dots (10)$$

$$W_w = \frac{V_w}{S_w} \dots\dots\dots (11)$$

公式 (10)、公式 (11) 中油侧通道面积 S_o 和水侧通道面积 S_w 按附录 C 计算。

11.6 绘制曲线图

冷却器传热性能曲线按图 11 进行绘制。

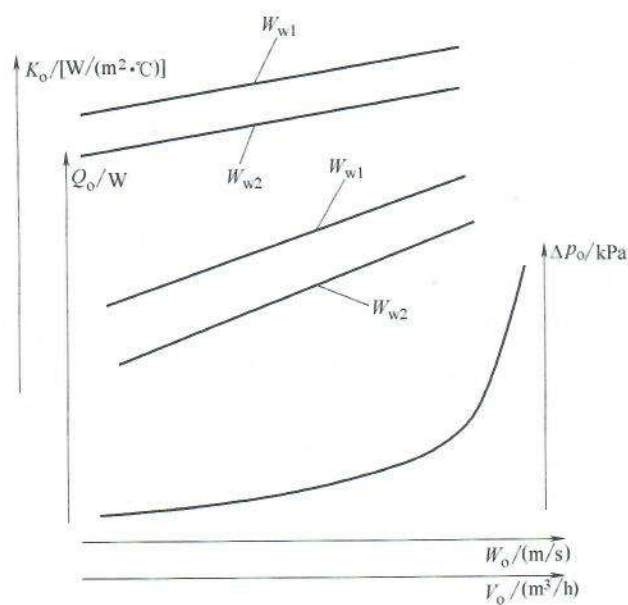


图11 传热性能曲线图

附录 A (规范性附录)

用于测量机油流量的涡轮流量计仪表曲线标定方法

A.1 标定方法基本原理

本方法是将机油的温度稳定在传热性能所需温度范围内，测出不同流速时流过涡轮流量计的质量流量。

A.2 标定方法

涡轮流量计仪表曲线标定管路如图 A.1 所示。

说明：

- 1——溢流油箱；
- 2——液流换向开关；
- 3——溢流阀；
- 4——涡轮流量计；
- 5——油泵；
- 6——电加热器；
- 7——油箱。

图A.1 涡轮流量计仪表曲线标定管路图

将油箱内的机油加热，在循环流动情况下，使机油温度稳定在传热性能所需的 $t'_{01} \pm 1^\circ\text{C}$ 范围内，先将涡轮流量计两次仪表读数稳定在 100 Hz，旋转液流换向开关使回油通向溢流油箱（图 A.1 所示经过液流换向开关的油流过管①进入溢流油箱），与此同时开始计时，当溢流油箱注满油时，旋转液流换向开关使回油重新通入油箱（图 A.1 所示经过液流换向开关的油流过管②进入油箱），与此同时计时结束，将溢流油箱的机油净质量、流入溢流油箱的时间记入表 A.1，然后调节溢流阀，使涡轮流量计两次仪表读数稳定在 150 Hz。重复上述方法，将结果记入表 A.1。再调节溢流阀使涡轮流量计两次仪表读数稳定

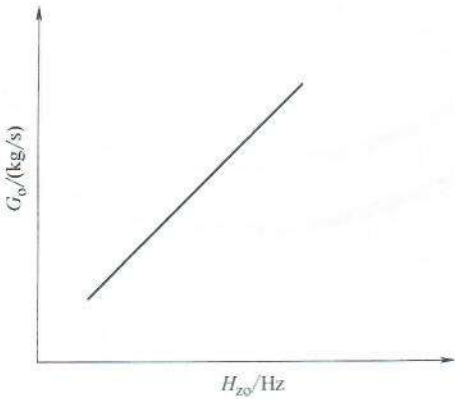
在 200 Hz，测出第三点数据填入表 A.1，依次类推，测出所有数据填入表 A.1。

表A.1 涡轮流量计标定流量

序号	两次仪表读数 Hz	流入溢流油箱内 机油净质量 kg	流入溢流油箱内机油 所需时间 s	机油的质量流量 kg/h
1	100			
2	150			
3	200			
4	250			
5	300			
6	350			
7	400			
8	450			
9	500			
10	550			
11	600			
12	650			
13	700			

A.3 标定结果

根据表 A.1 绘制坐标曲线（见图 A.2）或求出回归方程。
根据图 A.2（或回归方程）可查出或计算与各个涡轮流量计两次仪表读数相对应的质量流量。



图A.2 机油流量计仪表曲线图

附录 B
(规范性附录)
传热面积的计算方法

B.1 管壳式机油冷却器传热面积的计算方法

B.1.1 管侧传热面积 F_1

管侧传热面积 F_1 按公式 (B.1) 计算。

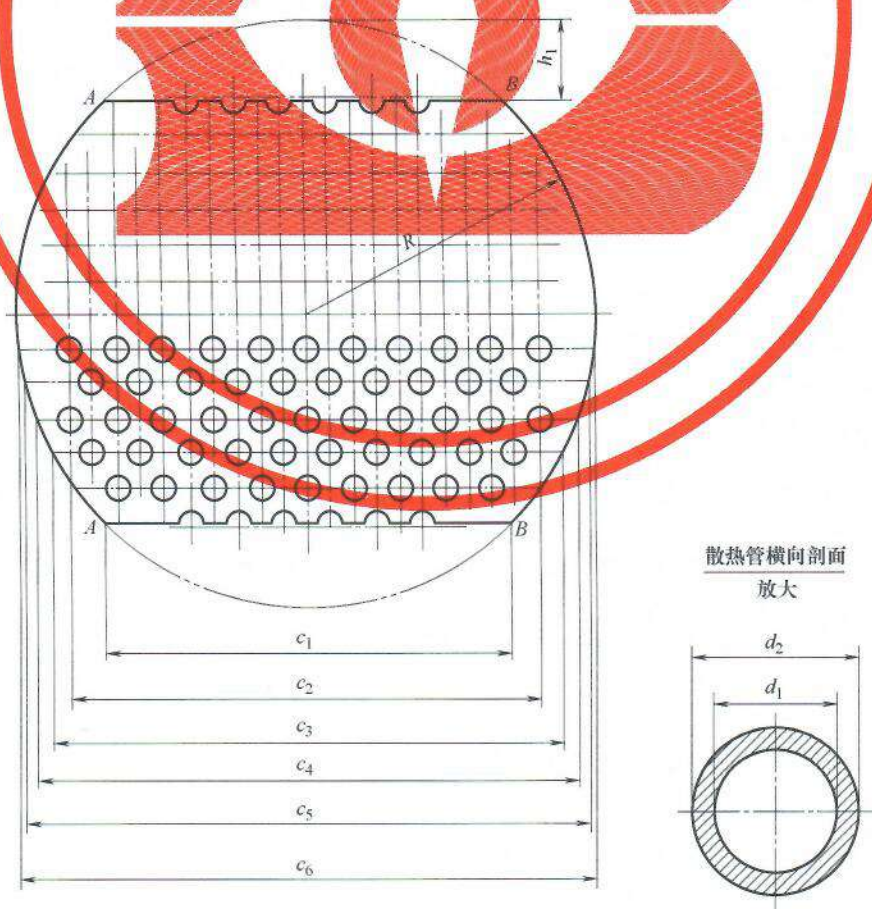
$$F_1 = \pi d_1 L n \quad \text{..... (B.1)}$$

B.1.2 壳侧传热面积 F_2

壳侧传热面积 F_2 由散热管光管传热面积 F_{21} 和焊在光管上散热片传热面积 F_{22} 组成 (不计装配在光管上的折流板面积)。如为壳侧无散热片的冷却器 [见图 3b)], 则壳侧传热面积 F_2 等于散热管光管传热面积 F_{21} 。

散热管光管传热面积 F_{21} 按公式 (B.2) 计算。

$$F_{21} = \pi d_2 L n \quad \text{..... (B.2)}$$



图B.1 散热片

散热片传热面积 F_{22} (见图 B.1) 按公式 (B.3) 计算。

$$F_{22} = 2 \left[\pi R^2 - (L_1 R - c_1 R + c_1 h_1) - \frac{1}{4} \pi d_2^2 n_1 \right] N \dots\dots\dots (B.3)$$

壳侧传热面积 F_2 按公式 (B.4) 计算。

$$F_2 = F_{21} + F_{22} \dots\dots\dots (B.4)$$

B.1.3 计算示例

6135G 冷却器 (管侧通水、壳侧通油) 传热面积的计算。

已知参数:

散热管内径 $d_1 = 6 \times 10^{-3} \text{ m}$;

散热管外径 $d_2 = 7 \times 10^{-3} \text{ m}$;

散热管散热部分管子长度 $L = 0.380 \text{ m}$;

散热管数量 $n = 120$;

散热片半径 $R = 63 \times 10^{-3} \text{ m}$;

散热片 \widehat{AB} 弧高 $h_1 = 17 \times 10^{-3} \text{ m}$;

散热片 \widehat{AB} 弧长 $L_1 = 94.8 \times 10^{-3} \text{ m}$;

散热片 AB 弦长 $c_1 = 86 \times 10^{-3} \text{ m}$;

散热片片数 $N = 26$;

散热片上散热管管孔数 $n_1 = 108$ 。

管侧传热面积 F_1 (亦即水侧传热面积 F_w):

$$\begin{aligned} F_1 &= F_w \\ &= \pi d_1 L n \\ &= \pi \times 6 \times 10^{-3} \times 0.380 \times 120 \\ &= 0.859 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

壳侧传热面积 F_2 (亦即油侧传热面积 F_o):

$$F_2 = F_o = F_{21} + F_{22}$$

散热管光管传热面积 F_{21} :

$$\begin{aligned} F_{21} &= \pi d_2 L n \\ &= \pi \times 7 \times 10^{-3} \times 0.380 \times 120 \\ &= 1.003 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

散热片传热面积 F_{22} :

$$\begin{aligned} F_{22} &= 2 \left[\pi R^2 - (L_1 R - c_1 R + c_1 h_1) - \frac{1}{4} \pi d_2^2 n_1 \right] N \\ &= 2 \left[\pi \times (63 \times 10^{-3})^2 - (94.8 \times 10^{-3} \times 63 \times 10^{-3} - 86 \times 10^{-3} \times 63 \times 10^{-3} \right. \\ &\quad \left. + 86 \times 10^{-3} \times 17 \times 10^{-3}) - \frac{1}{4} \pi \times (7 \times 10^{-3})^2 \times 108 \right] \times 26 \\ &= 0.327 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$F_2 = F_o = 1.003 + 0.327 = 1.33 \text{ (m}^2\text{)}$$

B.2 板翅式机油冷却器传热面积的计算方法

B.2.1 油侧传热面积 F_o

板翅式机油冷却器（见图 1、图 2）油侧传热面积 F_o 计算按以下规定：

a) H 型按公式 (B.5) 计算。

$$F_o = [2l(B+h-\delta_1) + 4BhD]M \dots\dots\dots (B.5)$$

b) Z 型按公式 (B.6) 计算。

$$F_o = [2l(B+h-\delta_1) + 4lhD]M \dots\dots\dots (B.6)$$

c) 圆盘型按其产品图样实际结构尺寸计算。

B.2.2 水侧传热面积 F_w

根据产品图样和水侧壳体实际尺寸计算。

B.3 管翅式机油冷却器传热面积的计算方法

B.3.1 油侧传热面积 F_o

管翅式机油冷却器（见图 4）油侧传热面积 F_o 按公式 (B.7) 计算。

$$F_o = \pi l (d_3 + d_4) + 4 (d_3 + d_4) h l / (2t) \dots\dots\dots (B.7)$$

B.3.2 水侧传热面积 F_w

根据产品图样和水侧壳体实际尺寸计算。

附 录 C
(规范性附录)
通道面积的计算方法

C.1 管壳式机油冷却器通道面积的计算方法

C.1.1 管侧通道面积 S_1

管侧通道面积 S_1 按公式 (C.1) 计算。

$$S_1 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 n \dots\dots\dots (C.1)$$

C.1.2 壳侧通道面积 S_2

介质从管外的管束流过, 它所流经的通道面积不是一个常数, 本部分规定流体横掠管束最小通道面积为冷却器管外侧通道面积 (见图 B.1)。壳侧通道面积 S_2 按公式 (C.2) 计算。

$$S_2 = \min[(c_i - n_2 d_2) b] \dots\dots\dots (C.2)$$

C.1.3 计算示例

6135G 冷却器 (管侧通水、壳侧通油) 通道面积的计算。

水侧通道面积 S_w :

$$\begin{aligned} S_w &= S_1 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 n \\ &= \frac{1}{4} \pi (6 \times 10^{-3})^2 \times 120 \\ &= 3.39 \times 10^{-3} \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

油侧通道面积 S_o : 根据公式 (C.2) 式计算各排管的通道面积并列在表 C.1 中, 由表 C.1 可知第 2 排散热管为 9 根, 壳侧通道面积为最小值。

表C.1 各排管的通道面积

排次序号	n_2	c_i m	S_o m^2
1	6	86.1×10^{-3}	$0.586\ 5 \times 10^{-3}$
2	9	98.2×10^{-3}	$0.468\ 2 \times 10^{-3}$
3	10	109.1×10^{-3}	$0.520\ 0 \times 10^{-3}$
4	11	116.9×10^{-3}	$0.530\ 7 \times 10^{-3}$
5	10	122.1×10^{-3}	$0.692\ 9 \times 10^{-3}$
6	11	125.1×10^{-3}	$0.639\ 7 \times 10^{-3}$

则

$$S_o = S_2 = 0.468\ 2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2\text{)}$$

C.2 板翅式机油冷却器通道面积的计算方法

C.2.1 油侧通道面积 S_o

板翅式机油冷却器（见图 1、图 2）油侧通道面积 S_o 按以下规定计算：

a) H 型按公式 (C.3) 计算。

$$S_o = B(h - \delta_1)M/2 \dots\dots\dots (C.3)$$

b) Z 型按公式 (C.4) 计算。

$$S_o = [B(h - \delta_1) - 2\delta_1(h - \delta_1)D]M \dots\dots\dots (C.4)$$

c) 圆盘型按其产品图样实际结构尺寸，以与两油口连线相垂直的油侧截面计算。

C.2.2 水侧通道面积 S_w

板翅式机油冷却器水侧通道面积 S_w 根据试验装置实测。

C.3 管翅式机油冷却器通道面积的计算方法

管翅式机油冷却器（见图 4）油侧通道面积 S_o 按公式 (C.5) 计算。

$$S_o = \frac{1}{4}\pi(d_3^2 - d_4^2) - \frac{1}{4}\pi(d_3 + d_4)h \dots\dots\dots (C.5)$$