



中华人民共和国国家标准

GB/T 39557—2020
代替 GB/T 23133—2008, GB/T 23134—2008

家用电冰箱换热器

Heat exchanger of household refrigerating appliance

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类和命名 3

5 技术要求 3

6 试验方法 16

7 检验规则 25

8 标志、包装、运输、贮存 27

附录 A（资料性附录） 管路的截面尺寸 29

附录 B（规范性附录） 换热性能加热实验测试方法 31

附录 C（资料性附录） 换热性能冷却（冷冻）实验测试方法 36

附录 D（资料性附录） 测试装置构造 40



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 23133—2008《家用电冰箱蒸发器》、GB/T 23134—2008《家用电冰箱冷凝器》。与 GB/T 23133—2008 和 GB/T 23134—2008 相比,除结构调整和编辑性修改外,主要技术变化如下:

- 将原标准“术语和定义”中的蒸发器和冷凝器更改为换热器(见第 3 章,GB/T 23134—2008 的第 3 章和 GB/T 23133—2008 的第 3 章);
- 在“术语和定义”中增加了旋翅式换热器和微通道换热器的定义(见 3.6 和 3.7);
- 在“分类和命名”中增加了旋翅式换热器和微通道换热器的分类和命名(见 4.1.5 和 4.1.6);
- 修改了“产品规格和型号”中管路板式换热器的名称代号(见 4.2,GB/T 23133—2008 的 4.3 和 GB/T 23114—2008 的 4.3);
- 修改了板式换热器的外形尺寸及极限偏差(见 5.2.1,GB/T 23133—2008 的 5.2.1);
- 修改了管板粘接式及贴接式换热器粘接板外形尺寸及极限偏差(见 5.2.2,GB/T 23133—2008 的 5.2.2);
- 修改了管板粘接式及贴接式换热器盘管截面尺寸及极限偏差(见 5.2.2.3.1,GB/T 23133—2008 的 5.2.2.2);
- 增加了翅片式换热器、丝管式换热器、旋翅式换热器和微通道换热器的尺寸及极限偏差(见 5.2.3、5.2.4、5.2.5、5.2.6);
- 修改了板式换热器管路变形及破坏试验的蒸发板厚度和管路宽度范围,并增加注“不适用于二氧化碳制冷剂”(见 5.8.1,GB/T 23133—2008 的 5.8 和 5.9);
- 修改了板式换热器破坏试验压力要求,并增加注“不适用于二氧化碳制冷剂”(见 5.8.2,GB/T 23133—2008 的 5.8 和 5.9);
- 增加了管材与翅片固定强度要求(见 5.15);
- 增加了换热器换热性能要求(见 5.16);
- 修改了表面阳极氧化膜层厚度测试方法(见 6.11,GB/T 23133—2008 的 6.13);
- 增加了翅片固定强度测试方法(见 6.15);
- 增加了换热器换热性能测试方法(见 6.16);
- 在“标志”中增加了“换热量和换热系数”的明示要求(见 8.1.2);
- 增加了换热器换热性能测试方法,换热器化霜过程换热性能测试方法和测试装置构造的相关附录(见附录 B、附录 C、附录 D)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国家用电器标准化技术委员会(SAC/TC 46)归口。

本标准起草单位:常州市常蒸蒸发器有限公司、合肥美的电冰箱有限公司、常州恒创热管理有限公司、中国家用电器研究院、青岛海尔股份有限公司、海信(山东)冰箱有限公司、常州市武进顺达精密钢管有限公司、浙江康盛股份有限公司、安徽尊贵电器集团有限公司。

本标准主要起草人:洪伟国、蔡宁、方忠诚、董爱芳、晏刚、胡志强、刘建如、吴晓丽、王国庆、张小伟、周景春、孙飞。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 23133—2008、GB/T 23134—2008。

家用电冰箱换热器

1 范围

本标准规定了家用和类似用途电冰箱(以下简称电冰箱)换热器的术语和定义、分类和命名、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于板式、管板式、翅片式、丝管式、旋翅式、微通道等类型的家用电冰箱换热器,也适用于冷冻箱/柜、饮水机、酒柜、制冰机等产品中相应类型的换热器(以下简称换热器)。

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/T 191 包装储运图示标志
GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
GB/T 223(所有部分) 钢铁及合金化学分析方法
GB/T 699—2015 优质碳素结构钢
GB/T 1527—2017 铜及铜合金拉制管
GB/T 1531—2009 铜及铜合金毛细管
GB/T 1731 漆膜柔韧性测定法
GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法
GB/T 1771 色漆和清漆耐中性盐雾性能的测定
GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)
GB/T 3880.1 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分:一般要求
GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第1部分:无缝圆管
GB/T 5121(所有部分) 铜及铜合金化学分析方法
GB/T 6739 色漆和清漆 铅笔法测定漆膜硬度
GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验
GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定
GB/T 13793—2016 直缝电焊钢管
GB/T 20975(所有部分) 铝及铝合金化学分析方法
GB/T 23119 家用和类似用途电器 性能测试用水
JG/T 21 空气冷却器与空气加热器性能试验方法
HG/T 2006 热固性粉末涂料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

换热器 heat exchanger

相互隔开的流体间传递热量的设备。

注：包括用于电冰箱的蒸发器、冷凝器。

3.2

板式换热器 plate heat exchanger

金属板与金属板复合，板间形成通道的板状换热器。

注：其主要形式为印刷、铝—铝复合、轧制、吹胀工艺制成的换热器。

3.3

管板式换热器 tube-plate heat exchanger

金属管与金属板通过粘贴固定或采用铆接方式固定的换热器。

3.4

翅片式换热器 finned tube heat exchanger

金属管穿套翅片制成的换热器，又称翅管式换热器。

3.5

丝管式换热器 wire tube heat exchanger

金属管与低碳钢丝结合用点焊等工艺制成的换热器。

3.6

旋翅式换热器 spiral fin heat exchanger

金属管与金属带料结合用卷绕工艺制成的换热器。

3.7

微通道换热器 micro channel heat exchanger

微通道扁管与翅片结合用钎焊工艺制成的换热器。

3.8

管路图形 figure of pipe-line

换热器中制冷剂流通的全部通道所构成的图形。

3.9

基准点 datum mark

换热器设计、加工和测量时的基准。

3.10

镶嵌毛细管 insert capillary

毛细管从连接管中插入板式换热器内部，将其镶嵌在板的管路进口处的加工方式。

3.11

管板贴接 tube plate glued joint

用不干胶铝箔胶带将金属管贴紧在金属板上，最后靠发泡挤紧的加工方式。

3.12

管板粘接 tube plate adhesion joint

在粘接机上用热熔胶膜将金属管粘接在金属板上的加工方式。

3.13

管板铆接 tube plate riveted joint

金属管铆合在金属板上的加工方式。

4 分类和命名

4.1 换热器的型式分类

4.1.1 板式换热器的型式分为：

- a) BS—双面管路板式换热器；
- b) BD—单面管路板式换热器；
- c) BB—部分单面管路板式换热器。

4.1.2 管板式换热器的型式分为：

- a) GM—管、板铆接式换热器；
- b) GN—管、板粘接式换热器；
- c) GT—管、板贴接式换热器。

4.1.3 翅片式换热器的型式分为：

- a) ZP—直插翅片式换热器；
- b) XP—斜插翅片式换热器。

4.1.4 丝管式换热器的型式为：

SG—管、低碳钢丝点焊式换热器。

4.1.5 旋翅式换热器的型式为：

XC—管、金属带卷绕式换热器。

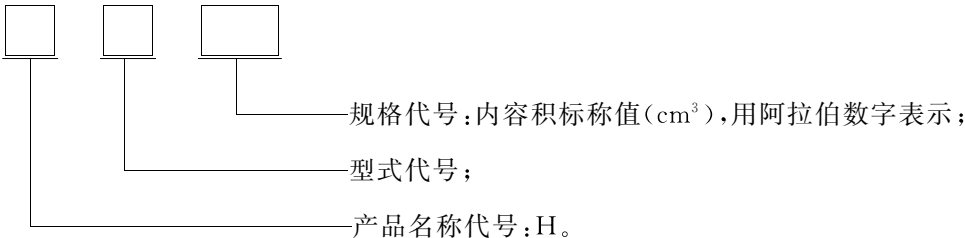
4.1.6 微通道换热器的型式为：

MP—扁管、翅片钎焊式换热器。

4.2 产品规格和型号

换热器的规格指特定加工状态下的管道内容积标称值(cm^3)，其规格用阿拉伯数字表示。

电冰箱换热器型号命名如下：



示例: 内容积 165 cm^3 的双面管路板式换热器, 型号为 HBS165。



5 技术要求

5.1 材料

5.1.1 换热器铝板材料

材料应符合 GB/T 3880.1 中规定的要求。

5.1.2 换热器铝管材料

材料应符合 GB/T 4437.1 中规定的要求。

5.1.3 换热器铜管材料

材料应符合 GB/T 1527—2017 中 T2、TP2 牌号铜管的要求。

5.1.4 换热器铜毛细管材料

材料应符合 GB/T 1531—2009 中规定的 T2、TP2 牌号高级毛细管铜管的要求。

5.1.5 换热器用钢管

材料应符合 GB/T 13793—2016 中规定的 08 牌号钢管的要求。

5.1.6 换热器用钢丝

材料应符合 GB/T 699—2015 中规定的 08F、10 牌号的钢丝的要求。

5.1.7 静电喷涂的塑粉材料

材料颜色按图纸规定或色板，塑粉材料应符合 HG/T 2006 的要求。

5.1.8 换热器用其他材料

其他材料应符合相应的国家标准或行业标准的规定，特殊性材料由供需双方确认。

5.2 尺寸及形位极限偏差

5.2.1 板式换热器尺寸及形位极限偏差

5.2.1.1 板式换热器外形尺寸及极限偏差

换热器外形尺寸及极限偏差应符合表 1 的要求。

表 1 板式换热器外形尺寸及极限偏差

项目	板厚度/mm	宽度/mm	长度/mm	
外形尺寸	0.9~1.5	≤500	≤1 000	>1 000
极限偏差	±0.1	±1.0	±1.0	±1.5

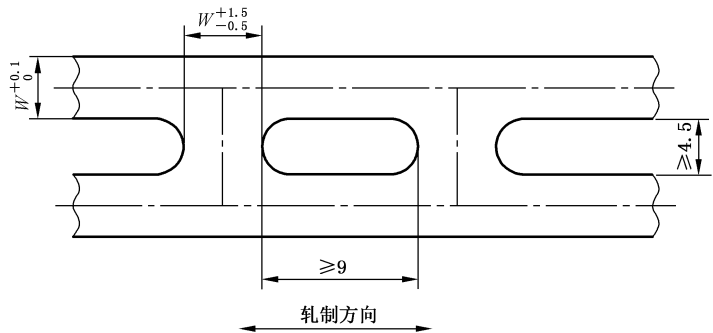
5.2.1.2 板式换热器管路宽度及极限偏差，管路之间压接部最小尺寸

换热器管路宽度及极限偏差，管路之间压接部最小尺寸如图 1 所示，应符合表 2 的要求。

表 2 板式换热器管路宽度及极限偏差

管路宽度/mm	管路宽度极限偏差/mm		管路之间压接部最小尺寸/mm	
	平行轧制方向	垂直轧制方向	平行轧制方向	垂直轧制方向
7~12	+1.0 0	+1.5 -0.5	≥4.5	≥9.0

单位为毫米



说明：
W——管路宽度。

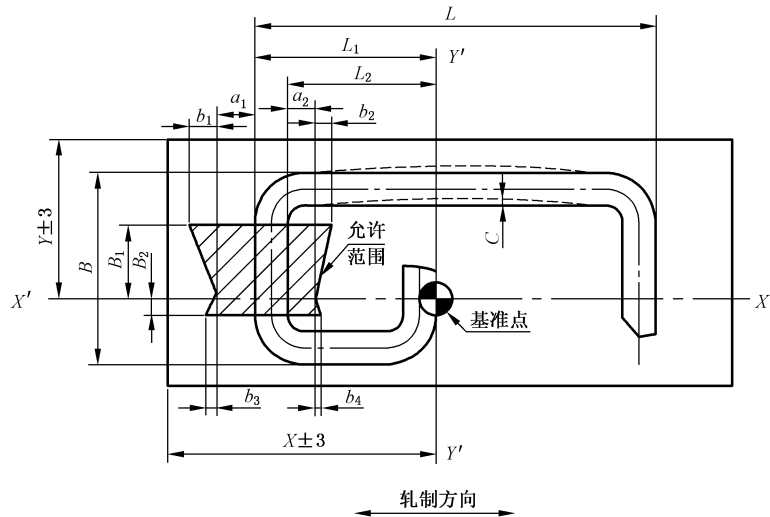
图 1 管路之间压接部最小尺寸及极限偏差

5.2.1.3 板式换热器管路图形尺寸及形位极限偏差

换热器管路图形尺寸及形位极限偏差如图 2 所示,应符合表 3 的要求。

表 3 板式换热器管路图形尺寸及极限偏差

管路图形尺寸及技术要求	形位偏差代号	形位极限偏差/mm
管路图形长度(L_1 、 L_2)	a_1	$\leq 0.015L_1$
	a_2	$\leq 0.015L_2$
管路图形宽度(B)	—	$+2.0$ 0
垂直轧制方向管路相对 X——X 基准线的垂直度	b_1 、 b_2	$\leq 0.047B_1$
	b_3 、 b_4	$\leq 0.047B_2$
管路在轧制方向上的直线度	C	$\leq 0.004L$



说明：

- a_1 —— 轧制长度上偏差；
- a_2 —— 轧制长度下偏差；
- b_1 —— 基准点上部管路轧制长度倾斜度上偏差；
- b_2 —— 基准点上部管路轧制长度倾斜度下偏差；
- b_3 —— 基准点下部管路轧制长度倾斜度上偏差；
- b_4 —— 基准点下部管路轧制长度倾斜度下偏差；
- B —— 管路图形宽度；
- B_1 —— 基准点上部管路宽度直段尺寸；
- B_2 —— 基准点下部管路宽度直段尺寸；
- C —— 管路在轧制方向上的直线度；
- L —— 管路图形长度；
- L_1 —— 基准点到管路外侧长度；
- L_2 —— 基准点到管路内侧长度；
- X —— 基准点到外形长度尺寸；
- Y —— 基准点到外形宽度尺寸。

图 2 板式换热器管路图形尺寸及极限偏差

5.2.1.4 板式换热器冲孔、切口等距管路边缘尺寸

冲孔、切口等距管路边缘尺寸不应小于 5 mm。

5.2.1.5 板式换热器管路截面尺寸

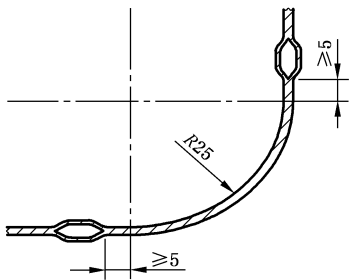
板式换热器管路截面尺寸设计时参照附录 A，为了保证管路内容积，实际管路高度可以调整，不限定极限偏差，但在单面吹胀管路平面一面允许凸起高度不应超过 0.5 mm。

5.2.1.6 板式换热器弯曲成型后管路图形的极限偏差

5.2.1.6.1 圆弧形弯曲区的极限偏差

在圆弧形弯曲区及附近 5 mm 内，在考虑管路图形极限偏差条件下，不应有横向管路，如图 3 所示。

单位为毫米



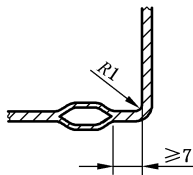
说明：
 R ——圆弧半径。

图 3 圆弧形弯曲

5.2.1.6.2 直角弯曲($R=1$)后的极限偏差

直角弯曲($R=1\text{ mm}$)后,在考虑管路图形极限偏差条件下,距弯曲处 7 mm 内不应有管路,如图 4 所示。

单位为毫米



说明：
 R ——直角弯曲半径。

图 4 直角弯曲

5.2.1.6.3 阶梯弯后的极限偏差



阶梯弯后,在考虑管路图形极限偏差条件下,距过渡区 7 mm 内不应有管路,如图 5 所示。

单位为毫米

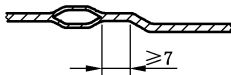


图 5 阶梯弯曲示意图

5.2.1.6.4 板式换热器成型后外形尺寸及允许偏差

按图纸要求,经供需双方协议规定。

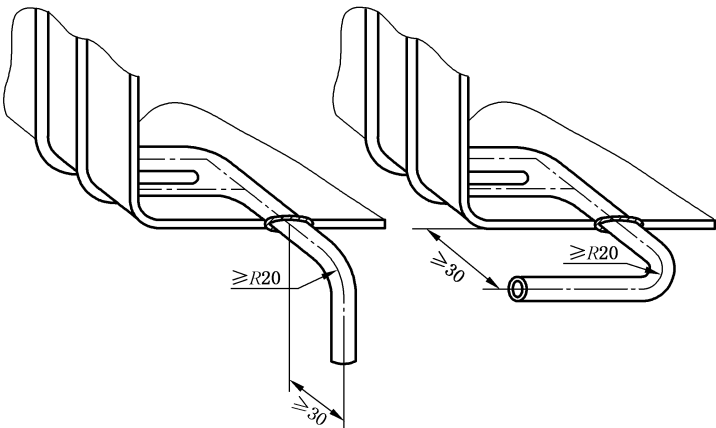
5.2.1.6.5 板式换热器进出口连接管的外形尺寸及允许偏差

进出口连接管的外形尺寸及允许偏差按图纸要求。

5.2.1.7 板式换热器进出口连接管成型时的极限偏差

换热器上进出口连接管成型时,应在铝管部分弯曲,弯曲半径不应少于 20 mm,弯曲处距板边不应小于 30 mm,如图 6 所示。

单位为毫米



说明：
R——弯曲半径。

图 6 板式换热器上进出口连接管

5.2.2 管板式换热器尺寸及形位极限偏差

5.2.2.1 粘接式及贴接式换热器粘接板外形尺寸及极限偏差

粘接板外形尺寸及极限偏差应符合表 4 的要求。

表 4 粘接板外形尺寸及极限偏差

项目	板厚度/mm	宽度/mm	长度/mm	
外形尺寸	0.3~1.0	≤500	≤1 000	1 000~2 800
极限偏差	±0.1	±1.0	±1.0	±1.5

5.2.2.2 粘接式及贴接式换热器盘管外形尺寸及极限偏差

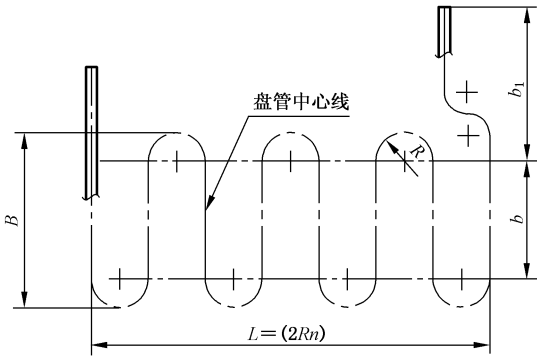
盘管外形尺寸及极限偏差如图 7 所示,应符合表 5 的要求。

表 5 盘管外形尺寸及极限偏差



外形尺寸及极限偏差	弯曲半径 R/mm	中心距 b/mm	长度 L/mm	宽度 B/mm
外形尺寸	≥15	≥50	2Rn	b+2R
极限偏差	±3.0	±3.0	±10.0	±6.0

单位为毫米



说明：
 b ——中心距；
 b_1 ——弯曲半径到管口尺寸；
 B ——外形宽度；
 L ——外形长度；
 n ——盘管弯头数；
 R ——弯曲半径。

图 7 盘管换热器外形

5.2.2.3 粘接式及贴接式换热器盘管截面形状、尺寸及极限偏差

5.2.2.3.1 盘管截面形状、尺寸及极限偏差

盘管截面形状、尺寸及极限偏差应符合表 6 的要求。

表 6 盘管截面形状、尺寸及极限偏差

截面形状	截面尺寸			允许偏差	
	直径 D /mm	壁厚 S /mm	管高 H /mm	外径 D /mm	管高 H /mm
	5~10	0.6~1.0	—	±0.5	—
	5~10	0.6~1.0	5.5~7.0	±0.5	±0.5
	—	0.6~1.0	5.0~7.0	—	±0.3

5.2.2.3.2 其他盘管截面形状、尺寸及极限偏差

其他截面形状、尺寸及极限偏差根据用户图纸要求。

5.2.2.4 管板钎接式换热器盘管与板之间间隙量

盘管与板之间间隙量应符合表 7 的要求。

表 7 盘管与板之间间隙量

间隙总长度/mm	间隙量/mm
$\leq 0.1 \times$ 管与板应接触的总长度	≤ 0.2

5.2.2.5 管板式换热器其他尺寸

按用户图纸要求,图纸由供需双方确认。

5.2.3 翅片式换热器尺寸及极限偏差

5.2.3.1 翅片式换热器通用(或常用)尺寸及极限偏差

翅片式换热器如图 8 所示,尺寸及极限偏差应符合表 8 的规定。

表 8 翅片式换热器尺寸及极限偏差

项目	翅片厚度/mm	管外径/mm	宽度 W /mm	长度 L /mm		高度 H /mm
外形尺寸	0.1~0.25	5~16	20~100	≤ 500	> 500	110~1 000
极限偏差	± 0.01	± 0.05	± 0.5	± 2.0	± 3.0	± 1.0

单位为毫米

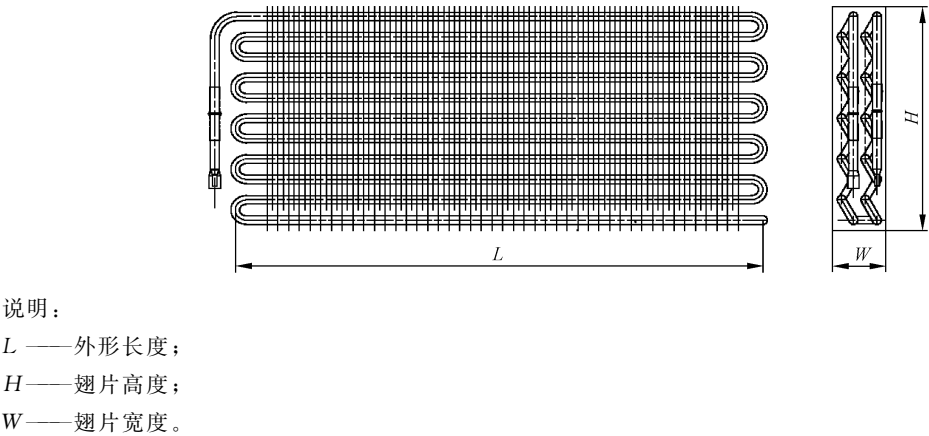


图 8 翅片换热器外形

5.2.3.2 翅片式换热器其他尺寸

按用户图纸要求,图纸由供需双方确认。

5.2.4 丝管式换热器尺寸及极限偏差

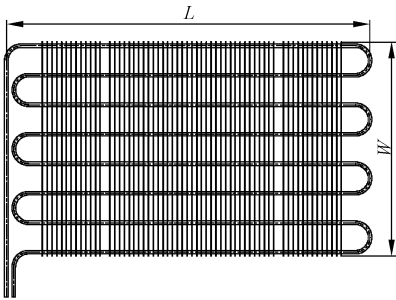
5.2.4.1 丝管式换热器通用(或常用)尺寸及极限偏差

丝管式换热器尺寸及极限偏差如图 9 所示,应符合表 9 的要求。

表 9 丝管式换热器尺寸及极限偏差

项目	钢丝外径/mm	管外径/mm	宽度 W/mm	长度 L/mm	
外形尺寸	1.1~1.5	4~8	≤1 000	<900	≥900
极限偏差	±0.01	±0.05	±2.0	±2.0	±3.0

单位为毫米



说明：
L ——外形长度；
W ——外形宽度。

图 9 丝管换热器外形

5.2.4.2 丝管式换热器其他尺寸

按用户图纸要求,图纸由供需双方确认。

5.2.5 旋翅式换热器尺寸及极限偏差

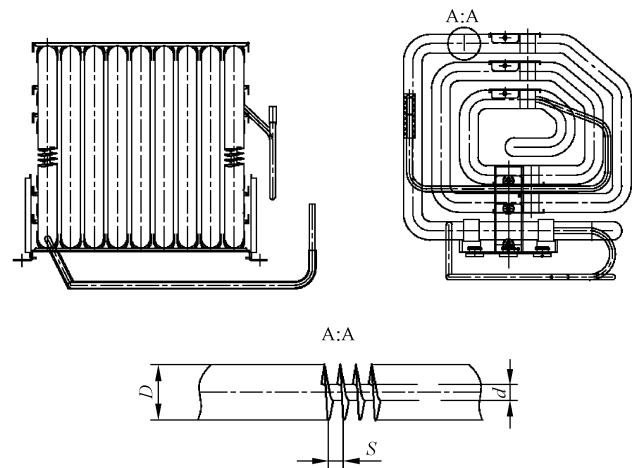
5.2.5.1 旋翅式换热器通用(或常用)尺寸及极限偏差

旋翅式换热器尺寸及极限偏差如图 10 所示,应符合表 10 的要求。

表 10 旋翅式换热器尺寸及极限偏差

项目	翅片厚度/mm	管外径 <i>d</i> /mm	卷绕直径 <i>D</i> /mm	间距 <i>S</i> /mm
外形尺寸	0.2~0.4	3~8	12~30	3~10
极限偏差	±0.05	±0.05	±0.5	±0.5

单位为毫米



说明：
 d ——管直径；
 D ——卷绕直径；
 S ——翅片间距。

图 10 旋翅式换热器外形

5.2.5.2 旋翅式换热器其他尺寸

按用户图纸要求,图纸由供需双方确认。

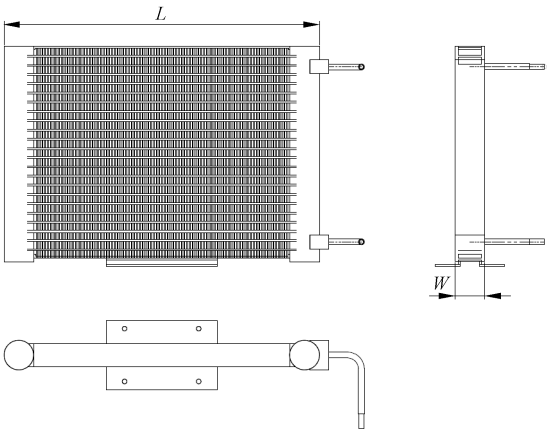
5.2.6 微通道换热器尺寸及极限偏差

5.2.6.1 微通道换热器通用(或常用)尺寸及极限偏差

微通道换热器尺寸及极限偏差如图 11 所示,应符合表 11 的要求。



单位为毫米



说明：
 L ——外形长度；
 W ——扁管宽度。

图 11 微通道换热器外形

表 11 微通道换热器尺寸及极限偏差

项目	翅片厚度/mm	片距/mm	扁管宽度 W/mm	长度 L/mm
尺寸	0.08~0.15	2~5	10~50	<500
极限偏差	±0.01	±0.1	±0.1	±2

5.2.6.2 微通道换热器其他尺寸

按用户图纸要求,图纸由供需双方确认。

5.3 换热器管路内容积及极限偏差

5.3.1 板式换热器管路内容积及极限偏差应符合表 12 的要求。

表 12 内容积及极限偏差

内容积/cm ³	≤50	51~100	101~150	151~250	251~400	401~800
极限偏差/%	±15	+15 -10	+12 -10	±10	±8	±6

5.3.2 管板式换热器、翅片式换热器、丝管式换热器管路内容积极限偏差为±8%。

5.4 密封性能



5.4.1 换热器水中气密性能

进行水中气密性能试验时,不应有气泡泄出。

5.4.2 换热器任何部位制冷剂年泄漏量

进行检漏时,任何部位制冷剂年泄漏量应不大于 0.5 g。

5.4.3 镶嵌毛细管换热器回泄量

进行回泄检漏时,回泄量应不大于 50 cm³/min。

5.5 管路内残留杂质量

进行测试时,管路内残留杂质量按管路内表面积计算,应符合表 13 的要求。

表 13 残留杂质量

项目	型式	残留杂质量/(mg/m ²)	单个杂质/mg
管路中残留杂质量	板式	≤60	≤2
	管板式	≤30	≤2
	丝管式	≤50	≤2
	翅片式	≤50	≤2
	旋翅式	≤50	≤2
	微通道	≤20	≤0.5

5.6 管路内残留水量

管路内残留水量应符合表 14 的要求。

表 14 残留水量

管路内容积/cm ³	≤100	101~200	201~400	401~800
残留水量/mg	≤10	≤20	≤25	≤30

5.7 管路内残留油分量

管路内残留油分量,按管路内表面积计算,管路内残留油分量应不大于 7 mg/m²。

5.8 板式换热器管路变形及破坏试验要求

5.8.1 板式换热器管路变形试验压力应符合表 15 的要求。任何一处管路高度变化应不大于 0.8 mm,并且表面不应出现裂纹。

表 15 板式换热器管路变形压力

蒸发板厚度/mm	管路变形压力/MPa					
	7 ^a mm	8 ^a mm	9 ^a mm	10 ^a mm	11 ^a mm	12 ^a mm
0.9	1.0	0.9	0.7	0.6	—	—
1.0	1.1	1.0	0.80	0.65	—	—
1.1	1.35	1.20	0.90	0.70	—	—
1.2	1.55	1.35	1.10	0.90	—	—
1.4	1.75	1.55	1.45	1.25	1.00	0.80
1.5	2.0	1.80	1.60	1.40	1.20	1.00
注: 不适用于二氧化碳制冷剂。						
^a 管路宽度。						

5.8.2 板式换热器管路破坏试验压力应符合表 16 的要求,不应出现管路渗水、开裂、穿通等破坏现象。

表 16 板式换热器破坏试验压力

蒸发板厚度/mm	破坏试验压力/MPa	
	7 mm~10 ^a mm	11 mm~12 ^a mm
0.9	1.4	—
1.0	1.6	—
1.1	1.8	—
1.2	2.0	—
1.4	2.5	2.0
1.5	3.0	2.5
注: 不适用于二氧化碳制冷剂。		
^a 管路宽度。		

5.9 毛细管流量

带有毛细管的换热器,其毛细管流量允许偏差为规定值的 $\pm 5\%$ 。

5.10 静电喷涂表面涂层

5.10.1 涂层厚度

厚度应不小于 0.02 mm。

5.10.2 涂层抗冲击

在不小于 50 cm 的高度冲击下应无开裂、剥落现象。

5.10.3 涂层柔韧性

应无网纹、裂纹及剥落等现象。

5.10.4 涂层硬度

其硬度应不低于 2H。

5.10.5 涂层附着力

其附着力应不小于 2 级。

5.10.6 涂层材质

涂层应选用无毒、无异味涂料,应有涂料粉末生产厂方提供的第三方质量检验机构出具的有效检验报告。

5.10.7 丝管式换热器耐盐雾性能

耐盐雾时间由供需双方商定。

5.11 表面经氧化或其他处理表面性能

表面经氧化或其他处理时,膜厚测量应符合 6.11,其膜层厚度由供需双方商定。

5.12 外观质量

5.12.1 未经表面处理的换热器铝板

5.12.1.1 表面应无裂纹、裂边、腐蚀、穿通、气孔、扩散斑点及压焊处开焊现象。

5.12.1.2 表面允许有轻微划痕,松树枝状花纹和乳液痕等缺陷,划痕深度规定:管路部分应不大于 0.05 mm,非管路部分应不大于 0.1 mm。

5.12.1.3 表面缺陷允许用 400 号砂纸进行检验性修磨,修磨深度不应超过厚度允许负偏差。

5.12.1.4 换热器管路表面应无气泡,每平方米非管路部分气泡总面积不应超过 50 mm²,其中单个气泡面积不应超过 5 mm²,气泡边与管路边沿距离应不小于 5 mm。

5.12.2 未经表面处理的换热器铝管

5.12.2.1 管的内外表面应无裂纹、气泡、起皮、外来夹杂物、腐蚀斑点、粗糙拉道、分层、折叠,内表面应无擦伤和斑疤。

5.12.2.2 外表面允许有斑疤、压坑、擦伤、石墨油印等个别小缺陷,其缺陷深度不应超过壁厚负偏差。

5.12.3 未经表面处理的丝管式换热器

钢丝排列应均匀一致,钢丝与盘管间点焊,在两侧第一排盘管上不应有漏焊、虚焊和烧伤,其他部位的不合格数不应超过焊点总数的 5‰,且不应在盘管同一直线或同一根钢丝上,焊点钢丝压扁的现象不应超过焊点总数的 5‰,点焊后两端不应露出钢管的最外端。

5.12.4 未经表面处理的换热器采用其他材料

未经表面处理的其他材料,其外观质量应符合相应材料标准的规定。

5.12.5 焊接

焊接表面应光滑或呈均匀鱼鳞纹,不应有气孔、夹杂和严重氧化,焊接凹坑的深度不应超过 2 mm。

5.12.6 经表面静电喷涂处理的换热器

5.12.6.1 丝管式换热器表面应平整光滑、钢管钢丝排列整齐均匀,不应有漏丝、断丝、交叉丝。

5.12.6.2 换热器表面涂层应色泽一致,厚度均匀,不应有漏涂、流痕、涂层剥落、明显杂斑和严重皱纹等缺陷。

5.12.7 表面经氧化或其他方式处理的换热器

5.12.7.1 表面应均匀一致,无涂层剥落、明显杂斑、划痕。

5.12.7.2 经阳极氧化处理,表面应均匀一致,无碱渍,无保护层剥落,无明显划痕或电流击伤。氧化膜不应有分散性黑色腐蚀斑点或暗色条纹。

5.13 粘接牢固性

进行粘接式换热器的牢固性试验时,铝管和粘结膜不应分离。

5.14 点焊牢固性

管材与钢丝焊接点应牢固、无漏焊、脱焊等缺陷。

5.15 翅片固定强度

进行翅片固定强度测试时,翅片应无松动现象。

5.16 换热器换热性能

实测换热量不应低于名义换热量的 90%。

6 试验方法

6.1 材料

6.1.1 换热器铝板化学成分分析方法

按 GB/T 20975(所有部分)的规定进行。

6.1.2 换热器铝管化学成分分析方法

按 GB/T 20975(所有部分)的规定进行。

6.1.3 换热器铜管化学成分分析方法

按 GB/T 5121(所有部分)的规定进行。

6.1.4 换热器铜毛细管化学成分分析方法

按 GB/T 5121(所有部分)的规定进行。

6.1.5 换热器用钢管化学成分分析方法

按 GB/T 223(所有部分)的规定进行,取样按 GB/T 222 的规定。

6.1.6 换热器用钢丝化学成分分析方法

按 GB/T 223(所有部分)的规定进行,取样按 GB/T 222 的规定。

6.1.7 静电喷涂的塑粉材料测试方法

按 HG/T 2006 的规定进行。

6.1.8 换热器用其他材料的测试方法

按相应的国家标准或行业标准的规定进行。特殊性材料的测试方法由供需双方确认。

6.2 尺寸测量方法

6.2.1 板的厚度测量方法

用分度值不低于 0.01 mm 的量具测量,测量位置为四个外角,距板材两头边沿 100 mm 处,距离测量边 10 mm 处。

6.2.2 管的内外径测量

用分度值不低于 0.01 mm 的量具测量。

6.2.3 管路高度测量

用分度值不低于 0.02 mm 的量具测量。

6.2.4 管板式换热器管与板之间的间隙测量

用分度值不低于 0.05 mm 的塞规测量。

6.2.5 外形尺寸、其他尺寸测量

用分度值为 1 mm 钢直尺、钢卷尺和分度值为 0.02 mm 的游标卡尺测量。

6.3 换热器管路内容积测定方法

6.3.1 使用以下设备测量:

- a) 换热器质量不超过 2 kg 时,采用分度值为 0.5 g 的架盘天平,超过 2 kg 时采用分度值不大于 2 g 的架盘天平。
- b) 水槽。

6.3.2 按以下步骤进行测量：

- a) 将换热器管路口用胶塞或其他材料封严,不应进水。
- b) 将换热器放在天平上称重,记下换热器的质量 m_k 。
- c) 将换热器完全浸入水槽中,并悬挂在天平上,称出换热器在水中的质量 m_s 。

6.3.3 内容积按式(1)进行计算：

$$V = \frac{1}{\rho_s} (0.63m_k - m_s + 0.26m_t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V ——内容积,单位为立方厘米(cm^3)；

0.63 ——系数；

m_k ——空气中换热器质量,单位为克(g)；

m_s ——水中换热器质量,单位为克(g)；

0.26 ——系数；

m_t ——铜铝连接管中铜管部分理论计算质量,单位为克(g)；

ρ_s ——水的密度,取值为 1 g/cm^3 。

6.4 密封性能试验方法

6.4.1 气密性试验

向管路内充进一定压力的压缩空气或氮气,然后将换热器浸入水中 1 min,用肉眼观察有无气泡漏出。密封性能试验压力,见表 17。

表 17 密封性能试验压力

项目	密封性能试验压力/MPa	备注
盘管截面全部圆管	2.5~3.0	
部分盘管截面 D 形管或异形管	1.3	盘管加工成截面异形管
板式换热器 (只适用于蒸发器端)	1.0	板式换热器厚度 ≥ 1.5
	0.8	板式换热器 $1.2 \leq \text{厚度} < 1.5$
	0.7	板式换热器 $1.1 \leq \text{厚度} < 1.2$
	0.6	板式换热器 $0.9 \leq \text{厚度} < 1.1$
		板式换热器,管路单面吹胀
	0.7	镶嵌毛细管板式换热器

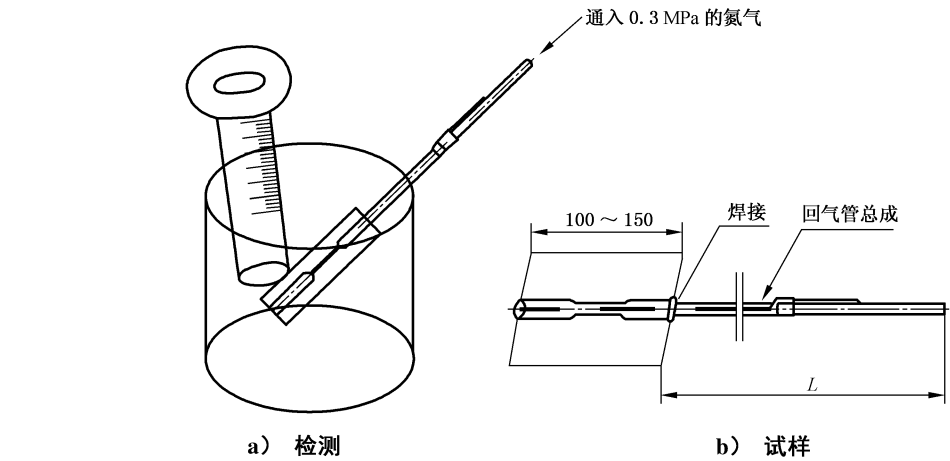
6.4.2 换热器年泄漏量试验

换热器管路内充入 1.5 MPa 压力的制冷剂,放置在正压室内,环境温度 $16^\circ\text{C} \sim 32^\circ\text{C}$,检漏仪调节到年漏量 0.5 g 挡位,对换热器任何部位进行检漏,观察检漏仪显示结果。

6.4.3 镶嵌毛细管换热器的回泄试验

如图 12a)所示,从试样连接管管口中通入 0.3 MPa 压力的氮气,用堵头塞住另一端,浸入水中,从连接管管口收集排出的氮气,时间 1 min,通过量筒的刻度读出回泄量。试样如图 12b)所示。

单位为毫米



说明：
L——回气管的长度。

图 12 回泄试验

6.5 管路杂质含量测定方法

6.5.1 试剂

使用正庚烷(C_7H_{16})作为试验试剂。

6.5.2 仪器、设备

使用以下仪器、设备进行试验：

- a) 精度为 0.1 mg 的分析天平；
- b) 调速振荡器；
- c) 循环水真空泵；
- d) 恒温水浴锅；
- e) 电热恒温干燥箱。

6.5.3 测定步骤

按照以下步骤进行试验：

- a) 用分析天平精确测量一个干燥并洁净的烧杯净重 m_{11} 。
- b) 用注射器从换热器的进口注入正庚烷,注入量为换热器内容积的 $(50 \pm 5)\%$ 。加胶塞塞好全部管口,选换热器长度方向为振荡方向并固定在调速振荡器上,采用频率 1 Hz~2 Hz,振幅为 20 mm~40 mm 方式振荡 10 min,然后翻过面来继续振荡 10 min。
- c) 将换热器的出口放于称重后的烧杯中,并用循环水真空泵将正庚烷全部从换热器管路中排到烧杯内。
- d) 将烧杯在水浴锅内加热,使正庚烷逐步蒸干,即将蒸干时再把烧杯放入温度为 105 °C 的电热恒温干燥箱内烘烤 10 min,接着取出烧杯放入干燥器冷却至室温。最后,用精度为 0.1 mg 天平精确测量蒸干后的烧杯质量 m_{12} 。

6.5.4 计算

残留杂质量按式(2)进行计算:

$$m = m_{i2} - m_{i1} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- m ——残留杂质量,单位为毫克(mg);
- m_{i2} ——蒸干后烧杯质量,单位为毫克(mg);
- m_{i1} ——烧杯质量,单位为毫克(mg)。

6.6 管内残留水量测定方法

6.6.1 试剂

使用以下试剂进行试验:

- a) 无水乙醇(C_2H_6O);
- b) 无水过氯酸镁($Mg(ClO_4)_2$)。

6.6.2 仪器、设备

使用以下仪器、设备进行试验:

- a) 真空泵;
- b) 真空测试仪;
- c) 试管;
- d) 电热恒温干燥箱;
- e) 分析天平,精度 0.1 mg。

6.6.3 试验前准备

6.6.3.1 测试系统如图 13 所示。

6.6.3.2 用水洗净试管,并用无水乙醇洗去管中的水,将试管放入 105 °C 的电热恒温干燥箱内烘 1 h,取出后加入无水过氯酸镁,立即用胶塞塞好两端,放入电热恒温干燥箱内保存,使用前取出试管,连同胶塞一起用精度为 0.1 mg 天平称重,并记下质量 m_{w1} 。

6.6.3.3 测试系统管路应保证在无水状态,如管路不能保证无水,应如下处理,首先将干燥箱内测试管路距管端 100 mm 处用夹子夹紧,管路另一端连接真空泵,将烘箱升温至 120 °C,并对管路抽真空,真空度达到 133 Pa 以下,并保持 30 min,然后将与真空泵连接管路夹子夹好,停止抽真空,此时测试管路系统已达到无水真空状态。

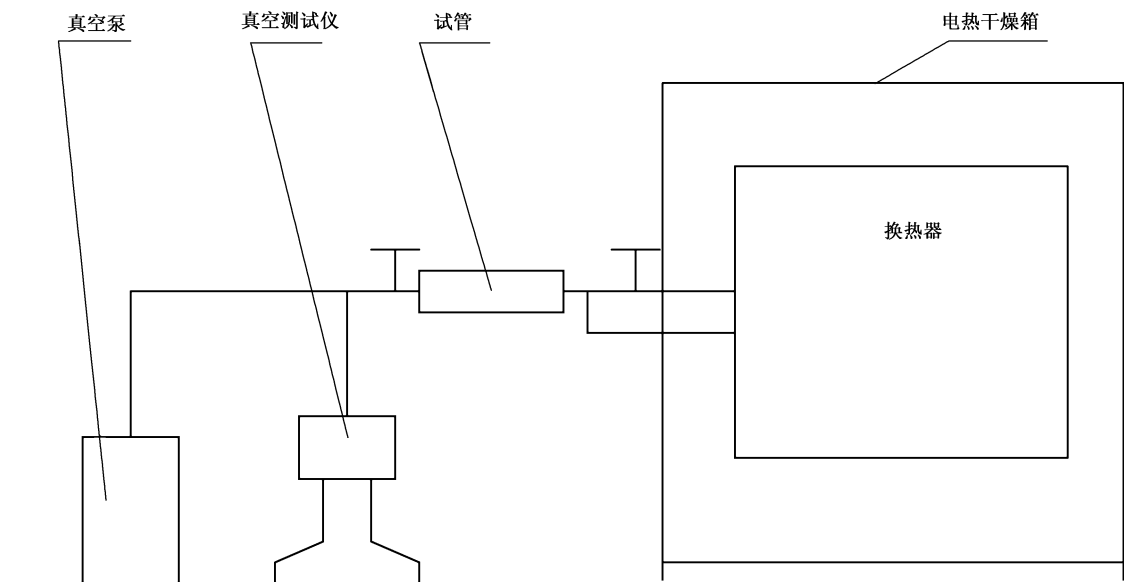


图 13 管内残留水量测定装置

6.6.4 测定步骤

- 6.6.4.1 将换热器放入电热恒温干燥箱内,并将各测试管路相连接,把试管与测定管路连接起来。
- 6.6.4.2 将电热恒温干燥箱升温至 120 ℃,并恒温 15 min 后打开距换热器 100 mm 处的胶管夹子和试管处的胶管夹子,开动真空泵抽真空,用真空测试仪检查真空度,使真空度达到 133 Pa 以下,继续开机抽真空 2 h,抽真空过程中管路不应出现漏气现象。
- 6.6.4.3 在抽真空过程中,经常检查真空度,如发现管路漏气,应重新取换热器重做。
- 6.6.4.4 在抽真空达 2 h,拧紧电热恒温干燥箱内及试管前的夹子后,再把试管从管路上折下,并用原胶塞把两端塞好。
- 6.6.4.5 用精度为 0.1 mg 天平称量试管质量 m_{w2} 。

6.6.5 计算

残留水量按式(3)进行计算:

$$m_w = m_{w2} - m_{w1} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- m_w ——残留水量,单位为毫克(mg);
- m_{w2} ——装有吸水过氯酸镁试管质量,单位为毫克(mg);
- m_{w1} ——装有无水过氯酸镁试管质量,单位为毫克(mg)。

6.7 管内残留油分量测定方法

6.7.1 试剂

使用正庚烷(C_7H_{16})作为试验试剂。

6.7.2 仪器、设备

使用以下仪器、设备进行试验:

- a) 精度为 0.1 mg 分析天平;

- b) 调速振荡器；
- c) 循环水真空泵；
- d) 恒温水浴锅；
- e) 电热恒温干燥箱。

6.7.3 测定步骤

按照以下步骤进行试验：

- a) 用精度为 0.1 mg 天平精确测量一个干燥并洁净的烧杯净重 m_{o1} 。
- b) 用注射器从换热器的进口注入正庚烷，注入量为换热器内容积的 $(50 \pm 5)\%$ 。加胶塞塞好全部管口，选换热器长度方向为振荡方向并固定在调速振荡器上，采用频率 1 Hz~2 Hz，振幅为 20 mm~40 mm 方式振荡 10 min，然后翻过面来继续振荡 10 min。
- c) 将换热器的出口放于三角烧杯中，并用循环水真空泵将正庚烷全部从换热器管路中排到烧杯内。
- d) 把称重后的烧杯口放上过滤纸，将三角烧杯中含油正庚烷溶剂过滤至烧杯中，过滤后，再倒入少量正庚烷，振荡三角烧杯，将振荡后的溶剂全部过滤至烧杯中。
- e) 取下滤纸，将烧杯在恒温水浴锅内加热，使正庚烷逐步蒸干，即将蒸干时再把烧杯放入温度为 105 °C 的电热恒温干燥箱内烘烤 10 min，接着取出烧杯放入干燥器冷却至室温。最后，用精度为 0.1 mg 天平精确测量蒸干后的烧杯质量 m_{o2} 。

6.7.4 计算

残留油分量计算公式为(4)式：

$$m_o = m_{o2} - m_{o1} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- m_o ——残留油分量，单位为毫克(mg)；
- m_{o2} ——蒸干后烧杯质量，单位为毫克(mg)；
- m_{o1} ——烧杯质量，单位为毫克(mg)。

6.8 板式换热器管路变形及破坏压力试验方法

6.8.1 管路变形压力试验方法

在换热器管路内充进符合表 17 规定压力的压缩空气或氮气，保持 5 min，用百分表测量管路高度的变化，并用肉眼观察管路表面有无裂纹。

6.8.2 管路耐破坏试验方法

用水泵以每秒增加 0.06 MPa~0.1 MPa 的速率增加水压力，在换热器管路内按表 16 要求压力加水压，保持 5 min，用肉眼观察有无管路渗水、开裂、穿通等破坏现象。

6.9 毛细管流量测定方法(直接读数法)

6.9.1 设备、仪器

使用以下仪器、设备进行试验：

- a) 氮气瓶；
- b) 减压阀；
- c) 0.4 级精度压力表；

- d) 温度计；
- e) 2.5 级精度玻璃转子流量计。

6.9.2 测定步骤

在环境温度 20 ℃~25 ℃时按图 14 将所有仪器、设备用管路连通,然后将氮气瓶瓶阀打开,利用减压阀将进口侧压力调至 1.0 MPa,直接从流量计上读出毛细管的流量。

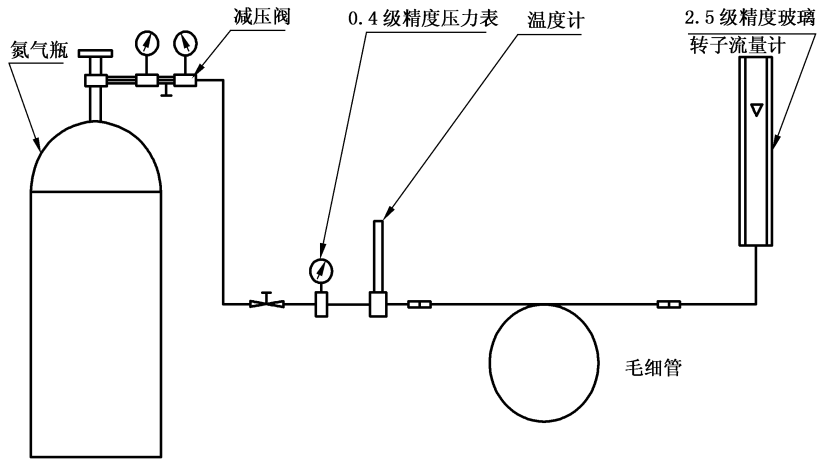


图 14 毛细管流量测定装置

6.10 静电喷涂表面涂层性能试验方法

6.10.1 涂层厚度的测定

按 GB/T 13452.2 规定的方法进行。

6.10.2 涂层耐冲击的测定

按 GB/T 1732 规定的方法进行。

6.10.3 涂层柔韧性的测定

按 GB/T 1731 规定的方法进行。

6.10.4 涂层硬度的测定

按 GB/T 6739 规定的方法进行,但试样应是换热器板裁下的平整喷塑板。

6.10.5 涂层附着力的测定

在室温条件下,按 GB/T 9286 规定的方法进行。

6.10.6 涂层材质的规定

查看涂料是否有具有资质的第三方质量检验机构出具的有效检验报告。

6.10.7 丝管式换热器涂层耐盐雾性能的测定

按 GB/T 1771 规定的方法进行。

6.11 表面阳极氧化膜层厚度测试方法

选取 100 mm×100 mm 平整试板,膜层测厚仪垂直测试基体校零,读取数值。

6.12 外观质量的检测

换热器表面质量及外观采用目测及常规量具检测。

6.13 粘接牢固性试验方法

粘接式换热器牢固性试验如图 15 所示,将粘接式换热器放在测试台上,在管的任一端用 29.4 N 的拉力垂直向上加力,观察管和粘结膜是否分离。

也可按供需双方商定的其他要求试验。

单位为毫米

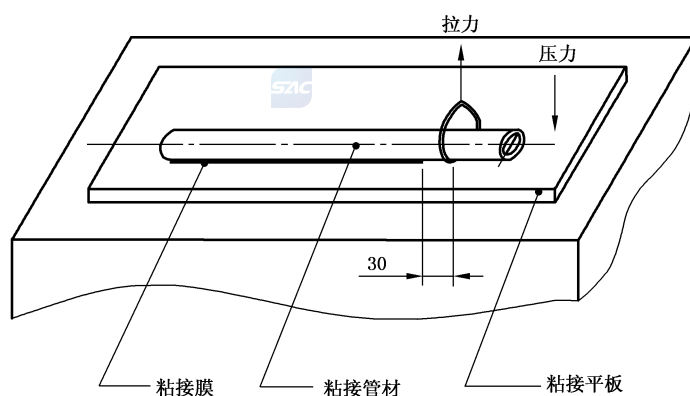


图 15 粘接式换热器牢固性试验

6.14 点焊牢固性拉力试验

如图 16 所示,将换热器固定,挂 10 kg 砝码,在该重力作用下持续 1 min,卸去砝码,观察焊点有无脱焊现象。

单位为毫米

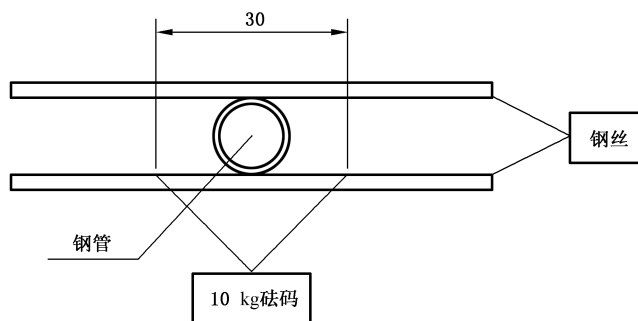


图 16 点焊牢固性拉力试验

6.15 翅片固定强度测试

如图 17 所示,将换热器固定,用精度 0.02 kg 弹簧秤测量水平受力,直插式翅片满足 4.9 N,斜插式满足 3 N,观察翅片有无松动现象。

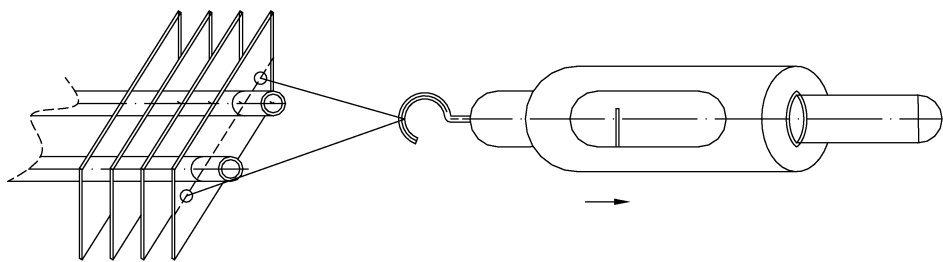


图 17 翅片固定强度拉力试验

6.16 换热器换热性能测试

根据给定的管外空气侧、管内水侧及环境条件等测试条件,按照附录 B 测试换热器的换热量、换热系数以及换热器的总传热系数、空气侧和水侧的阻力值。

根据给定的管外空气侧、管内冷冻液侧及环境条件等测试条件,参考附录 C 测试换热器化霜过程的换热量、换热系数以及换热器的总传热系数、空气侧和冷冻液侧的阻力值。

测试装置参照附录 D,主要由水路(冷冻液)系统和风洞系统两部分组成。

7 检验规则

7.1 检验批

每天生产的同一型号规格加工状态的产品为一个检验批。



7.2 换热器的检验分类

换热器的检验分为出厂检验和型式检验两种。

7.3 出厂检验

7.3.1 产品质量合格证或标记

每批换热器应经企业质量检验部门出厂检验合格,并附有产品质量合格证或标记后方可出厂。

7.3.2 出厂检验的抽样方案

采用 GB/T 2828.1 中的一次抽样方案,其检验项目、不合格分类、检查水平、接受质量限(AQL)水平应符合表 18 规定。

7.3.3 出厂检验项目

应包括与该换热器型式、规格、加工状态有关的表 18 中序号为 1~15 的各项检查项目。其中序号为 1、2、3、4、5、7、13、15 各项检查项目水平使用一般检查水平 II,序号为 6、8、9、10、11、12、14 各项检查水平使用特殊检查水平 S-1。对于重不合格产品,合格质量水平 AQL 值为 1.5,对于轻不合格产品,合格质量水平 AQL 分别为 4.0 和 6.5,见表 18 规定。

7.3.4 其他抽样方案

根据供需双方协议,可以采用符合 GB/T 2828.1 的其他检查水平和接收质量限水平,也可以对尺寸、外观、密封性能采用全数检测。

7.4 型式检验

7.4.1 型式检验的条件

换热器投产前,以及在设计、工艺材料等有重大改变以至可能明显影响产品质量和性能时,或停产半年以上再恢复生产时,应按本标准要求型式检验。定型后连续生产的产品应每年进行一次型式检验。

表 18 检验方案

序号	检验项目	本标准所属章、条		不合格 分类	出厂检验		型式检验	
		技术要求	试验方法		检查水平	AQL	判别水平	RQL
1	外形尺寸	5.2.1.1 5.2.1.6.4 5.2.2.1 5.2.2.2 5.2.2.3 5.2.2.4 5.2.3.1 5.2.4.1 5.2.5.1 5.2.6.1	6.2	C	II	6.5	II 二次抽样	50
2	管路宽度及管截面	5.2.1.2 5.2.1.5	6.2	C	II	6.5	II 二次抽样	50
3	板式换热器管路图形尺寸	5.2.1.3	6.2	C	II	6.5	II 二次抽样	50
4	冲孔、切口尺寸	5.2.1.4	6.2	C	II	6.5	II 二次抽样	50
5	进出口连接外形尺寸	5.2.1.6.5	6.2	C	II	6.5	II 二次抽样	50
6	内容积	5.3	6.3	C	S-1	4.0	II 二次抽样	50
7	密封性能	5.4.1 5.4.2	6.4.1 6.4.2	B	II	1.5	II 二次抽样	30
8	镶嵌毛细管,换热器 回泄漏密封性能	5.4.3	6.4.3	B	S-1	1.5	II 二次抽样	30
9	残留杂质量	5.5	6.5	B	S-1	1.5	II 二次抽样	30
10	残留水量	5.6	6.6	B	S-1	1.5	II 二次抽样	30
11	残留油分量	5.7	6.7	B	S-1	1.5	II 二次抽样	30
12	板式蒸发器变形压力破坏压力	5.8	6.8	C	S-1	4.0	II 二次抽样	50
13	镶嵌毛细管换热器 毛细管流量	5.9	6.9	C	II	4.0	II 二次抽样	50
14	涂层厚度	5.10.1	6.10.1	C	S-1	6.5	II 二次抽样	50

表 18（续）

序号	检验项目	本标准所属章、条		不合格 分类	出厂检验		型式检验	
		技术要求	试验方法		检查水平	AQL	判别水平	RQL
15	外观	5.12	6.12	C	Ⅱ	6.5	Ⅱ 二次抽样	50
16	材料化学成分	5.1	6.1	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
17	静电喷涂层抗冲击	5.10.2	6.10.2	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
18	静电喷涂层柔韧性	5.10.3	6.10.3	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
19	静电喷涂层硬度	5.10.4	6.10.4	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
20	静电喷涂层附着力	5.10.5	6.10.5	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
21	丝管式换热器涂层耐盐雾性能	5.10.7	6.10.7	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
22	阳极氧化膜层厚度	5.11	6.11	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
23	粘接牢固性	5.13	6.13	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
24	点焊牢固性	5.14	6.14	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
25	翅片固定强度	5.15	6.15	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
26	换热器换热性能	5.16	6.16	C	—	—	Ⅱ 二次抽样	50
注：B 为重缺陷，C 为轻缺陷。								

7.4.2 型式检验的项目

型式检验的项目应包括表 18 规定的全部检验项目。

7.4.3 型式检验的抽样与判定

采用 GB/T 2829 中的二次抽样方案，检验项目的抽样方案和判定数为：

RQL=30 第一抽样 6 件，合格判定数为 0，不合格判定数为 2；

第二抽样 6 件，合格判定数为 1，不合格判定数为 2。

RQL=50 第一抽样 6 件，合格判定数为 1，不合格判定数为 3；

第二抽样 6 件，合格判定数为 4，不合格判定数为 5。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 换热器产品上应有工厂代号或商标标志。

8.1.2 换热器产品技术规格书中应明确标出规定条件下换热器的换热量和换热系数。

8.1.3 包装箱内应有装箱单，其中注明：

- a) 生产厂名称；
- b) 产品名称、型式代号及标记；
- c) 批号；

- d) 数量；
- e) 生产厂检验部门合格印记；
- f) 验收日期。

8.1.4 每个包装箱上应有醒目的运输箱牌(或标签),其上注明:

- a) 厂名、厂址；
- b) 产品名称、型式代号及标记；
- c) 标准编号；
- d) 收货单位名称；
- e) 批号；
- f) 数量；
- g) 发站；
- h) 制造日期。

8.1.5 箱上应有明显的“防潮”,“小心轻放”及“向上”字样和符合 GB/T 191 的图示标记。

8.1.6 出口产品标识按合同约定。

8.2 包装

8.2.1 包装箱应有足够强度,不应因箱体破损使产品受到损坏。

8.2.2 包装箱可用木板和纤维板制造,也可用金属或多层纸箱、钙塑箱以及其他材料制成。

8.2.3 包装箱的尺寸、规格应能满足产品尺寸的要求,保证产品在箱内无窜动或挤折。

8.2.4 各种包装箱应规整、不歪斜,清洁干燥。

8.2.5 长形包装箱加强带的带距除能满足包装箱的坚固性要求外,底带的大小应能满足吊车和叉车运输的要求。

8.2.6 木制包装箱连接时,钉子的位置应呈迈步形排列,钉帽应打靠,钉尖应盘倒,不应有露钉。

8.2.7 多层纸箱、钙塑箱应连接牢固。纸质衬纸或瓦楞纸、衬纸及纸箱水溶性 pH 值应呈中性或弱酸性。

8.2.8 木箱包装时,均应在包装箱内铺一层中性或弱酸性防潮纸或其他防潮材料和两层中性或弱酸性浸油纸。产品装入箱时,产品之间应用塑料气垫膜或瓦楞纸等其他材料充分隔离。装箱后,四边的包装材料应向上折叠好,上面再盖一层至二层浸油纸,方可加盖并用钉子或铁腰子封箱。

8.2.9 换热器在包装前应用橡胶塞或其他方式将换热器管口密封,防止杂质、水分进入管内,并且充入 0.2 MPa 的干燥氮气。

8.2.10 换热器木包装箱出口,应接受熏蒸处理。

8.3 运输

8.3.1 换热器可采用火车、汽车、轮船、飞机等交通工具运输。

8.3.2 装运产品的火车车厢、轮船船舱、汽车车厢应清洁、干燥、无污染物。

8.3.3 不应将产品同化学活性物质及潮湿性材料装在同一个车厢、船舱、集装箱内运输。换热器运输和中转时应防雨、防雪和防浸湿。

8.4 贮存

产品应贮存在清洁、防潮、无毒、无腐蚀气体的库房内。

附 录 A
(资料性附录)
管路的截面尺寸

板式换热器管路截面积参照表 A.1 进行优选。

表 A.1 板式换热器管路截面积优选值

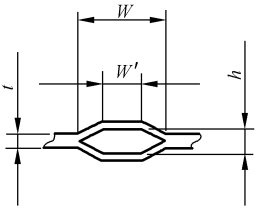
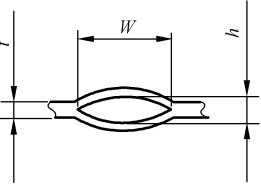
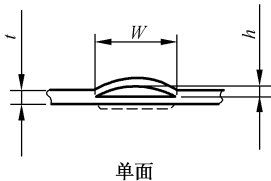
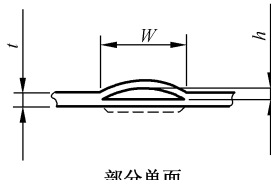
名称	截面尺寸	板厚 t mm	管路高 h mm	管路宽 W mm	平台宽 W' mm	截面积 S mm^2	理论截面周长 L mm
双面吹胀六边形截面		1.2	2.6	8	2	13.7	18.0
				9	3	16.3	20.0
				10	4	18.9	22.0
			2.8	8	2	14.7	18.2
				9	3	17.5	20.2
				10	4	20.3	22.2
			3.0	9	3	18.8	20.3
				10	4	21.8	22.3
				11	5	24.8	24.3
		1.5	3.0	9	3	18.8	20.3
				10	4	21.8	22.3
				11	5	24.8	24.3
			3.2	9	2.5	19.2	20.4
				10	3.5	22.4	22.4
				11	4.5	25.6	24.4
			3.4	10	3	23	22.5
				11	4	26.4	24.5
				12	5	29.8	26.5
双面吹胀椭圆形截面		1.2	2.6	7	—	13.3	16.2
			2.8	7	—	14.4	16.4
			3.0	7	—	15.5	16.6
				8	—	17.4	18.4
		1.5	3.0	7	—	15.5	16.6
				8	—	17.4	18.4
			3.2	8	—	18.6	18.6
				9	—	20.7	20.4
			3.4	8	—	19.9	18.8
				9	—	22.1	20.6

表 A.1 (续)

名称	截面尺寸	板厚 t mm	管路高 h mm	管路宽 W mm	平台宽 W' mm	截面积 S mm ²	理论截面周长 L mm
单面吹胀弓形截面	 单面	1.2	1.3	8	—	7.5	17.6
				9	—	8.4	19.5
				10	—	9.2	21.4
			1.4	8	—	8.1	17.6
				9	—	9.0	19.5
				10	—	9.9	21.5
			1.5	9	—	9.7	19.6
				10	—	10.7	21.6
				11	—	11.7	23.5
		1.5	1.5	9	—	9.7	19.6
				10	—	10.7	21.6
				11	—	11.7	23.5
			1.6	9	—	10.4	19.7
				10	—	11.4	21.6
				11	—	12.5	23.6
			1.7	10	—	12.2	21.7
				11	—	13.3	23.7
				12	—	14.4	25.6
部分单面吹胀弓形截面	 部分单面	1.2	1.1	8	—	6.3	17.4
				9	—	7.0	19.3
			1.2	8	—	6.9	17.4
				9	—	7.7	19.4
		1.5	1.2	9	—	7.7	19.4
				10	—	8.5	21.4
			1.3	9	—	8.4	19.5
				10	—	9.2	21.4
			1.4	10	—	9.9	21.5
				11	—	10.9	23.4

附录 B
(规范性附录)
换热性能加热实验测试方法

B.1 测试系统

B.1.1 测试目的

本附录规定了换热性能加热实验测试方法。按照本附录规定的测试方法,获得换热器标准特征公式,确定换热器的换热性能指标,即:标准换热量、标准总传热系数、标准空气侧流体阻力和标准管内侧流体阻力。

B.1.2 测试装置

B.1.2.1 测试装置组成

测试装置由水路系统、风洞系统、测控系统、被测换热器(以下简称“试件”)、悬挂装置和测量仪表等组成,共同置于环境室内。试件 A 为强制对流式换热器,置于风洞系统内测试;试件 B 为自然对流式换热器,置于悬挂装置上测试。试件管内试验介质为水。测控系统适用于试件 A 与试件 B 中的任意一种换热器类型的测试,通过采集空气侧和管内侧的相关数据,输出换热性能指标测试结果。测试装置示意图如图 B.1 所示。

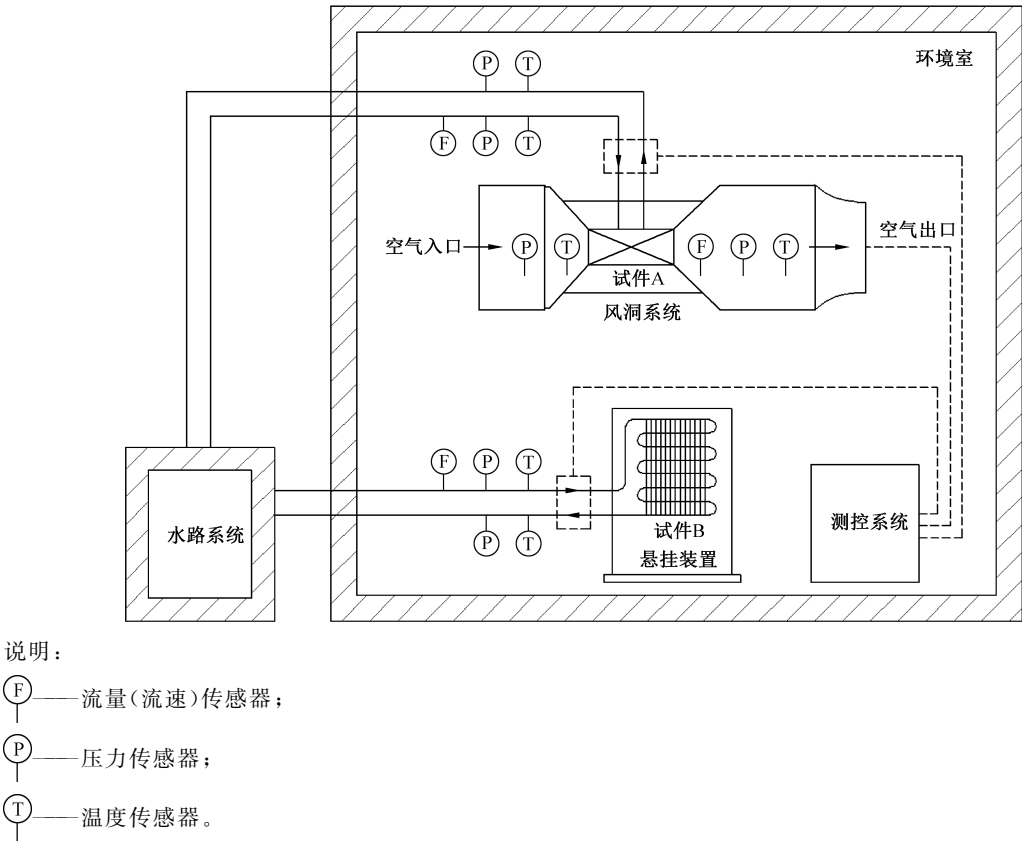


图 B.1 测试装置示意图

B.1.2.2 环境室

B.1.2.2.1 环境室内部的净尺寸:长度为 (12 ± 2) m、宽度为 (10 ± 2) m、高度为 (3 ± 0.5) m。

B.1.2.2.2 环境室构造应符合下列要求:

- a) 环境室在测试过程中均应保持气密且环境室内壁面不应结露;
- b) 环境室周围应设隔热夹层墙,环境室内应设温度调节装置,维持稳定的测试温度环境;
- c) 环境室内表面应涂非金属亚光涂料,温度调节装置应能使内表面和室内温度均匀。

B.1.2.3 水路系统

B.1.2.3.1 水路系统用于提供实验所需的稳定流动热水。应按照 GB/T 23119 的要求制备总硬度适合的水。

B.1.2.3.2 水路系统管路应保温良好。

B.1.2.3.3 水路系统可参考附录 D 规定建造。

B.1.2.4 风洞系统

B.1.2.4.1 风洞系统用于保证试件空气达到测试所要求的稳定状态。

B.1.2.4.2 风洞系统工作段长度应保证试件能被有效放置。

B.1.2.4.3 风洞系统可参考附录 D 规定建造。

B.1.2.5 测控系统

B.1.2.5.1 测控系统主要由控制器、传感器、数据采集仪、计算机及相关软件组成。

B.1.2.5.2 测控系统应能够自动采集并处理试验过程中得到的温度、压力、流量(流速)等试验数据,并能够根据需要调节控制测试参数。

B.1.2.6 悬挂装置

B.1.2.6.1 悬挂装置外形尺寸宽度为 (1.5 ± 0.2) m、高度为 (2.5 ± 0.2) m。

B.1.2.6.2 测试自然对流式换热器时,试件应垂直悬挂于悬挂装置上。

B.1.2.6.3 悬挂装置应有使试件尽量保持来料时状态的固定部件。

B.1.2.6.4 试件固定后,其前后 0.5 m 范围内应无障碍物。

B.1.2.7 测量仪表

所有测量仪表要求及其准确度应符合 JG/T 21 的规定。

B.2 测试方法与结果计算

B.2.1 测试方法

B.2.1.1 按表 B.1 规定的参数选取范围,确定测试所需的参数组合,调节试验装置,使空气侧和管内侧的测试参数达到所规定的取值,系统达到以下状态后,方可开始测量和取值:

- a) 对于强制对流式换热器,满足试件热平衡相对误差应小于 5%;
- b) 对于自然对流式换热器,满足试件热平衡相对误差应小于 3%。

B.2.1.2 每次测量的延续时间不应少于 30 min。在测量过程中至少读取(采集)3 组数据,且时间间隔应不少于 1 min,取 3 组数据的算术平均值作为测试计算值。

表 B.1 设备参数选取范围与标准工况

名称	参数选取范围	标准工况	波动范围
试件空气进口温度/℃	25~43	27	±0.2
试件空气进口流速/(m/s)	0.2~3.0	0.5	±1%
试件热水进口温度/℃	25~80	50	±0.2
试件热水进口流速/(m/s)	0.02~0.8	0.1	±1%
环境室干球温度/℃	10~35	25	±0.5
环境室湿球湿度/%	40~90	75	±5%

B.2.2 结果计算

B.2.2.1 空气侧换热量

按式(B.1)计算：

$$Q_a = \rho_a v_a S_a (h_2 - h_1)$$

.....(B.1)

式中：

- Q_a ——空气侧换热量,单位为瓦(W)；
- ρ_a ——空气密度,单位为千克每立方米(kg/m³)；
- v_a ——喷嘴喉部处空气流速,单位为米每秒(m/s)；
- S_a ——喷嘴喉部处截面积,单位为平方米(m²)；
- h_1 ——试件空气进口比焓,单位为焦耳每千克(J/kg)；
- h_2 ——试件空气出口比焓,单位为焦耳每千克(J/kg)。

B.2.2.2 管内侧换热量

按式(B.2)计算：

$$Q_w = v_w S_w C_{wa} (t_{w1} - t_{w2})$$

.....(B.2)

式中：

- Q_w ——管内侧换热量,单位为瓦(W)；
- v_w ——试件热水进口处流速,单位为米每秒(m/s)；
- S_w ——试件热水进口处截面积,单位为平方米(m²)；
- C_{wa} ——水定压比热容,单位为焦耳每千克开[J/(kg·K)]；
- t_{w1} ——试件热水进口温度,单位为摄氏度(℃)；
- t_{w2} ——试件热水出口温度,单位为摄氏度(℃)。

B.2.2.3 平均换热量

按式(B.3)计算：

$$Q_m = (Q_a + Q_w)/2$$

.....(B.3)

式中：

- Q_m ——平均换热量,单位为瓦(W)；
- Q_a ——空气侧换热量,单位为瓦(W)；
- Q_w ——管内侧换热量,单位为瓦(W)。

B.2.2.4 总传热系数

按式(B.4)计算:

$$K = \frac{Q_m}{F \Delta t} \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

K ——总传热系数,单位为瓦每平方米每开 $[W/(m^2 \cdot K)]$;

Q_m ——平均换热量,单位为瓦(W);

F ——传热面积,单位为平方米(m^2);

Δt ——对数平均温差,单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

B.2.2.5 空气侧流体阻力

按式(B.5)计算:

$$\Delta p_a = p_{a1} - p_{a2} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

Δp_a ——空气侧流体阻力,单位为帕(Pa);

p_{a1} ——试件空气进口压力,单位为帕(Pa);

p_{a2} ——试件空气出口压力,单位为帕(Pa)。

B.2.2.6 管内侧流体阻力

按式(B.6)计算:

$$\Delta p_w = p_{w1} - p_{w2} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

Δp_w ——管内侧流体阻力,单位为帕(Pa);

p_{w1} ——试件热水进口压力,单位为帕(Pa);

p_{w2} ——试件热水出口压力,单位为帕(Pa)。

B.2.2.7 热平衡计算

B.2.2.7.1 对于强制对流式换热器,空气侧和管内侧的热平衡相对误差按(B.7)计算,误差应小于5%。

$$\delta_f = |Q_a - Q_w| / Q_m \times 100\% \dots\dots\dots (B.7)$$

式中:

δ_f ——空气侧和管内侧的热平衡相对误差;

Q_m ——平均换热量,单位为瓦(W);

Q_a ——空气侧换热量,单位为瓦(W);

Q_w ——管内侧换热量,单位为瓦(W)。

B.2.2.7.2 对于自然对流式换热器,水路系统换热量最大值和最小值偏差按(B.8)计算,偏差应小于3%。

$$\delta_n = (Q_{wmax} - Q_{wmin}) / (\sum_1^n Q_{wn} / n) \times 100\% \dots\dots\dots (B.8)$$

式中:

δ_n ——水路系统换热量最大值和最小值偏差;

Q_{wmax} ——管内侧最大换热量,单位为瓦(W);

Q_{wmin} ——管内侧最小换热量,单位为瓦(W);

$\sum_{i=1}^n Q_{wn}$ ——管内侧 n 次测量换热量之和,单位为瓦(W)。

B.2.2.8 标准换热量

试件按表 B.1 标准工况测试的换热量,称为标准换热量。对于强制对流式换热器,以标准工况下换热器平均换热量 Q_m 表示换热器的标准换热量;对于自然对流式换热器,以标准工况下管内侧换热量 Q_w 表示换热器的标准换热量。

B.2.2.9 标准总传热系数

试件采用标准换热量计算的总传热系数,称为标准总传热系数。

B.2.2.10 标准空气侧流体阻力

试件按表 B.1 标准工况测试的空气侧流体阻力,称为标准空气侧流体阻力。

B.2.2.11 标准管内侧流体阻力

试件按表 B.1 标准工况测试的管内侧流体阻力,称为标准管内侧流体阻力。

B.3 测试报告

B.3.1 测试实验室应根据本标准规定的测试程序和计算方法出具测试报告。

B.3.2 测试报告应包含以下内容:

- a) 能反映被测换热器构造、形状、主要尺寸及特点的照片或简图;
- b) 注明被测换热器质量、制造材料、表面涂料、外形尺寸、连接方式、接管尺寸及测试时的安装情况;
- c) 样品安装中的任何非标准做法;
- d) 不符合本标准规定的测试项目及原因;
- e) 每个被测换热器样品的换热量;
- f) 每个被测换热器样品的总传热系数;
- g) 每个被测换热器样品的空气侧及管内侧流体阻力。

被测换热器换热量和流体阻力应保留一位小数,特征公式中的指数和系数应保留四位小数,温度、流速、流量、压力应保留一位小数。



附 录 C

(资料性附录)

换热性能冷却(冷冻)实验测试方法

C.1 测试系统

C.1.1 测试目的

本附录规定了换热性能冷却(冷冻)实验测试方法。按照本附录规定的测试方法,获得换热器标准特征公式,确定换热器的换热性能指标,即:标准换热量、标准总传热系数、标准空气侧流体阻力、标准管内侧流体阻力和标准结霜量。

C.1.2 测试装置

试件管内试验介质为冷冻液,其余测试装置同附录 B。

C.2 测试方法与结果计算

C.2.1 测试方法

C.2.1.1 表 C.1 规定的参数选取范围,确定测试所需的参数组合,调节试验装置,使空气侧和管内侧的测试参数达到所规定的取值,系统达到以下状态后,方可开始测量和取值:

- a) 对于强制对流式换热器,满足试件热平衡相对误差应小于 5%;
- b) 对于自然对流式换热器,满足试件热平衡相对误差应小于 3%。

C.2.1.2 每次测量的延续时间不应少于 30 min。在测量过程中至少读取(采集)3 组数据,且时间间隔应不少于 1 min,取 3 组数据的算术平均值作为测试计算值。

表 C.1 设备参数选取范围与标准工况

名称	参数选取范围	标准工况	波动范围
试件空气进口温度/℃	-40~10	-18	±0.2
试件空气进口流速/(m/s)	0.2~3.0	0.5	±1%
试件冷冻液进口温度/℃	0~-40	-28	±0.2
试件冷冻液进口流速/(m/s)	0.02~0.8	0.1	±1%
环境室干球温度/℃	-45~10	-20	±0.5
环境室湿球湿度/%	40~90	75	±5%

C.2.2 结果计算

C.2.2.1 空气侧换热量

按式(C.1)计算:

$$Q_a = \rho_a v_a S_a (h_1 - h_2) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- Q_a ——空气侧换热量,单位为瓦(W);
- ρ_a ——空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
- v_a ——喷嘴喉部处空气流速,单位为米每秒(m/s);
- S_a ——喷嘴喉部处截面积,单位为平方米(m^2);
- h_1 ——试件空气进口比焓,单位为焦耳每千克(J/kg);
- h_2 ——试件空气出口比焓,单位为焦耳每千克(J/kg)。

C.2.2.2 管内侧换热量

按式(C.2)计算:

$$Q_r = v_r S_r C_{ra} (t_{r2} - t_{r1}) \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

- Q_r ——管内侧换热量,单位为瓦(W);
- v_r ——试件冷冻液进口处流速,单位为米每秒(m/s);
- S_r ——试件冷冻液进口处截面积,单位为平方米(m^2);
- C_{ra} ——冷冻液定压比热容,单位为焦耳每千克开 $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$;
- t_{r1} ——试件冷冻液进口温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- t_{r2} ——试件冷冻液出口温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

C.2.2.3 平均换热量

按式(C.3)计算:

$$Q_m = (Q_a + Q_r)/2 \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

- Q_m ——平均换热量,单位为瓦(W);
- Q_a ——空气侧换热量,单位为瓦(W);
- Q_r ——管内侧换热量,单位为瓦(W)。

C.2.2.4 总传热系数

按式(C.4)计算:

$$K = \frac{Q_m}{F \Delta t} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

- K ——总传热系数,单位为瓦每平方米开 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$;
- Q_m ——平均换热量,单位为瓦(W);
- F ——传热面积,单位为平方米(m^2);
- Δt ——对数平均温差,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

C.2.2.5 空气侧流体阻力

按式(C.5)计算:

$$\Delta p_a = p_{a1} - p_{a2} \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

- Δp_a ——空气侧流体阻力,单位为帕(Pa);
- p_{a1} ——试件空气进口压力,单位为帕(Pa);



p_{a2} ——试件空气出口压力,单位为帕(Pa)。

C.2.2.6 管内侧流体阻力

按式(C.6)计算:

$$\Delta p_r = p_{r1} - p_{r2} \quad \dots\dots\dots (C.6)$$

式中:

Δp_r ——管内侧流体阻力,单位为帕(Pa);

p_{r1} ——试件冷冻液进口压力,单位为帕(Pa);

p_{r2} ——试件冷冻液出口压力,单位为帕(Pa)。

C.2.2.7 结霜量

强制对流式换热器测试时,结霜量按式(C.7)计算:

$$m_i = \int_0^{\tau} \rho_a v_a S_a (d_1 - d_2) / (1 + d_1) d\tau \quad \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

m_i ——结霜量,单位为千克(kg);

ρ_a ——空气密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

v_a ——喷嘴喉部处空气流速,单位为米每秒(m/s);

S_a ——喷嘴喉部处截面积,单位为平方米(m²);

d_1 ——进口空气含湿量(以干空气计),单位为千克每千克[kg/kg];

d_2 ——出口空气含湿量(以干空气计),单位为千克每千克[kg/kg];

τ ——运行时间,单位为秒(s)。

自然对流式换热器测试时,结霜量通过电子悬挂式称重计测量。

C.2.2.8 热平衡计算

对于强制对流式换热器,空气侧和管内侧的热平衡相对误差按式(C.8)计算,误差应小于5%:

$$\delta_f = |Q_a - Q_w| / Q_m \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

δ_f ——空气侧和管内侧的热平衡相对误差;

Q_a ——空气侧换热量,单位为瓦(W);

Q_m ——平均换热量,单位为瓦(W);

Q_w ——管内侧换热量,单位为瓦(W)。

C.2.2.9 标准换热量

试件按表 C.1 标准工况测试的换热量,称为标准换热量。对于强制对流式换热器,以标准工况下换热器平均换热量 Q_m 表示换热器的标准换热量;对于自然对流式换热器,以标准工况下管内侧换热量 Q_w 表示换热器的标准换热量。

C.2.2.10 标准总传热系数

试件采用标准换热量计算的总传热系数,称为标准总传热系数。

C.2.2.11 标准空气侧流体阻力

试件按表 C.1 标准工况测试的空气侧流体阻力,称为标准空气侧流体阻力。

C.2.2.12 标准管内侧流体阻力

试件按表 C.1 标准工况测试的管内侧流体阻力,称为标准管内侧流体阻力。

C.2.2.13 标准结霜量

试件按表 C.1 标准工况测试,运行 8 h 时的结霜量表示换热器的标准结霜量。

C.3 测试报告

C.3.1 测试实验室应根据本标准规定的测试程序和计算方法出具测试报告。

C.3.2 测试报告应包含以下内容:

- a) 能反映被测换热器构造、形状、主要尺寸及特点的照片或简图;
- b) 注明被测换热器重量、制造材料、表面涂料、外形尺寸、连接方式、接管尺寸及测试时的安装情况;
- c) 样品安装中的任何非标准做法;
- d) 不符合本标准规定的测试项目及原因;
- e) 每个被测换热器样品的换热量;
- f) 每个被测换热器样品的总传热系数;
- g) 每个被测换热器样品的空气侧及管内侧流体阻力;
- h) 每个被测换热器样品的结霜量。

被测换热器换热量和流体阻力修约时应保留一位小数,特征公式中的指数和系数应保留四位小数,温度、流速、流量、压力应保留一位小数。

附 录 D
(资料性附录)
测试装置构造

D.1 水路(冷冻液)系统

水路(冷冻液)系统主要部件有水箱、电加热器(制冷装置)、水泵、水位报警器、超温报警器、阀门、管路以及温度、压力、流量传感器等。水路(冷冻液)系统应能提供实验需要的稳定流动热水(冷冻液),并能根据不同的试验参数的变化调节需要的流量与温度,水路(冷冻液)系统原理图如图 D.1 所示。

单位为毫米

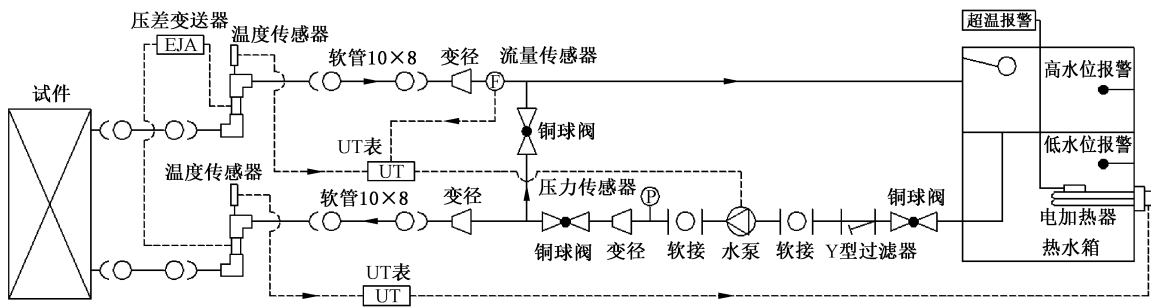


图 D.1 水路(冷冻液)系统原理图

D.2 风洞系统

风洞系统采用直流吸风式结构,截面为矩形,由以下几部分组成:入口段、预处理段、试验段、混合段、测量段和风机段。风洞系统主要部件有:吸入喇叭口、电加热器、金属丝网、蜂窝器、温度传感器、T型热电偶网、聚氨酯板、测压孔、聚氨酯保温层、流量喷嘴、调速风机及可调支架等,风洞系统结构图如图 D.2 所示。

单位为毫米

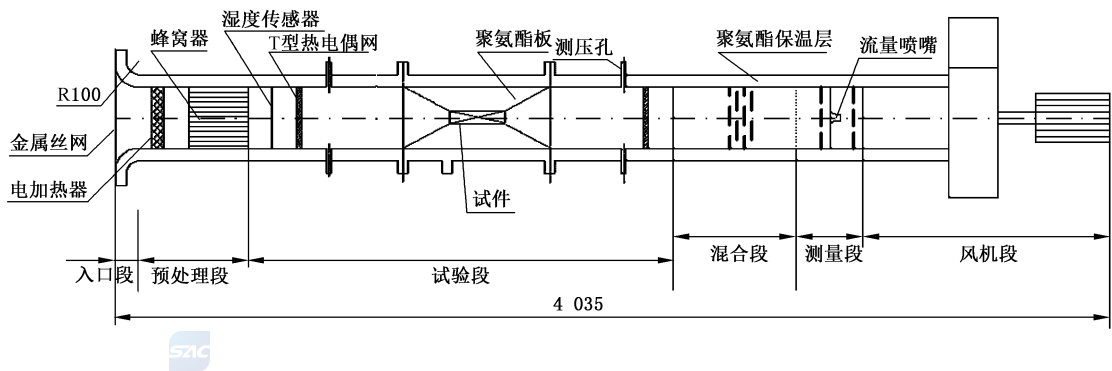


图 D.2 风洞系统结构图