



前 言

本标准是参考 ASTM B359:1998《冷凝器及热交换器用铜与铜合金无缝翅片管》首次制定的,其主要技术指标方面达到了 ASTM B359:1998 标准的要求。

本标准的主要技术内容中,对无缝翅片管进行了定义,相对于现行的各类铜管材标准,增加了热工性能的指标要求及检测方法;对无缝翅片管提出了涡流探伤要求。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会负责归口。

本标准由江苏仓环铜业股份有限公司负责起草。

本标准由中国科学院工程热物理所参加起草。

本标准起草人:徐明、韩坦、陈焕倬、赵双、苏春龙、姜波、刘石。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会负责解释。

本标准首次发布。

热交换器用铜及铜合金 无缝翅片管

1 范围

本标准规定了铜及铜合金无缝翅片管的要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于热交换器用整体外螺旋形翅片及内肋的铜及铜合金无缝管。

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/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法

GB/T 241 金属管液压试验方法

GB/T 242 金属管 扩口试验方法

GB/T 246 金属管 压扁试验方法

GB/T 5121 铜及铜合金化学分析方法

GB/T 5231 加工铜及铜合金化学成分和产品形状

GB/T 5248 铜及铜合金无缝管涡流探伤方法

GB/T 8000 热交换器用黄铜管残余应力检验方法 氨熏试验法

GB/T 8888 重有色金属加工产品的包装、标志、运输和贮存

GB/T 8890 热交换器用铜及铜合金无缝管

GB/T 16866 一般用途的加工铜及铜合金无缝圆形管材外形尺寸和允许偏差

YS/T 347 单相铜合金晶粒度测定方法

3 定义

本标准采用下列定义:

3.1 无缝翅片管 *seamless tube with integral fins*

无缝翅片管是采用冷加工方法在管材外表面、内表面或内外表面形成系列平行于纵轴或沿管子圆周螺旋扩张的金属翅片(肋)的无缝管。

4 要求

4.1 产品分类

4.1.1 牌号、状态、规格

管材的牌号、状态、规格应符合表1的规定。

表 1 管材的牌号、规格、状态

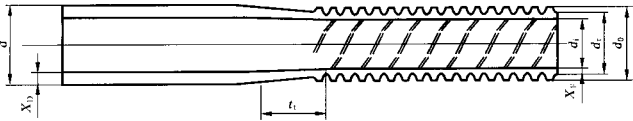
牌 号	成翅前状态	规格/mm	
		无翅段外径	无翅段壁厚
TU0,TU1,TU2,TP1,TP2	M、Y ₂	8~30	0.6~2.0
BFe 5-1.5-0.5,BFe 10-1-1,BFe 30-1-1	M	10~26	0.75~3.0
HA177-2,HSn70-1,H85A	M	10~26	0.75~3.0

注 1: 经供需双方协商,可供应其他牌号及规格的管材。
注 2: Y₂ 是由拉拔加工达到的状态。

4.1.2 标记示例

用 TP2 制造的、无翅段外径为 19 mm、壁厚为 1.25 mm、长度为 4 750 mm、产品图纸编号或产品技术协议标号为 K500B7-015 的管材标记和图例(见图 1)为:

管 TP2φ19×1.25×4 750 K500B7-015 GB/T 19447—2004



- d₀——有翅段外径;
- d₁——有翅段根直径;
- d₂——有翅段内径(最小);
- t₁——过渡锥;
- X_f——有翅段管壁厚;
- X_n——无翅段管壁厚;
- d——无翅段外径。

图 1 翅片管各部位名称

4.2 化学成分

管材的化学成分应符合 GB/T 5231 中相应牌号的规定。

4.3 状态

成翅状态:管材的成翅段应为成翅后的冷加工状态,无翅段应为用于成翅加工前的状态(退火或轻拉拔)。

4.4 尺寸和允许偏差

4.4.1 外径及外径允许偏差

管材的无翅段外径及外径允许偏差应符合表 2 的规定。

表 2 外径及外径允许偏差

单位为毫米

规定直径	允许偏差,±,不大于
≤12.0	0.050
>12.0~18.0	0.063
>18.0~26.0	0.076

注:翅片段的外径不得超过无翅段的外径,除非另有规定。

4.4.2 壁厚及壁厚允许偏差

4.4.2.1 管材的翅片段或无翅段的最薄管壁不得小于规定的最小厚度(需方图纸的规定值)。翅片齿数、高度、螺旋角及齿型要求按产品技术协议。

4.4.2.2 管材的无翅段的壁厚允许偏差不得大于管材壁厚 $\pm 8\%$,同时不超过 $\pm 0.08\text{ mm}$ 。

4.4.3 长度及长度允许偏差

4.4.3.1 管材的长度及长度允许偏差应符合表3的规定。

表3 管材的长度及长度允许偏差

单位为毫米

规定长度	允许偏差,不大于
$\leq 6\,000$	+3
$> 6\,000 \sim 10\,000$	+4
$> 10\,000 \sim 18\,000$	+6

4.4.3.2 从管端至第一个翅片压痕测得的无翅端头的长度按供货协议。

4.4.4 端面切斜

管材端部的切斜应符合表4的规定。

表4 管材端面切斜要求

单位为毫米

外 径	允许偏差,不大于
≤ 16.0	0.25
> 16.0	$0.016 \times d$

4.4.5 弯曲度、不圆度

管材的弯曲度、不圆度应符合 GB/T 16866 中的相应规定。

4.4.6 除订货单另有规定外,管子剪切端面应用回旋式钢丝砂轮或其他适当工具倒角。

4.5 力学性能

成翅制作之前,管坯的室温力学性能应符合表5的规定。

表5 管坯的室温力学性能

牌 号	状 态	抗拉强度 $R_m/(N/mm^2)$	规定残余延伸强度 $R_{eL}/(N/mm^2)$
		最小值	最小值
TU0、TU1、TU2 TP1、TP2	M	205	62
	Y ₂	250	205
Fe 5-1, 5-0.5 BFe 10-1-1 BFe 30-1-1	M	260	85
		275	105
		360	125
HA177-2 HSn70-1 H85A	M	345	125
		310	105
		275	85

4.6 工艺性能

4.6.1 扩口试验

管材的扩口试验应符合表6的规定。

表 6 管材的扩口试验

牌 号	扩口率/%，60°冲锥	结 果
TU0，TU1，TU2，TP1，TP2	35	试样不应产生肉眼 可见的裂纹和裂口
BFe 5-1，5-0.5，BFe 30-1-1，BFe 10-1-1	25	
HA177-2，HSn70-1，H85A	25	

4.6.2 压扁试验

在所选试样的不同部位进行压扁试验后，用按三倍壁厚调好的千分卡尺可自由通过压扁部位（压扁部位间的过渡点处除外）。压扁部位用肉眼观察，不应有裂纹或断裂。

4.7 无损检测

每根管子都应经过无损检验。管子均在成翅状态进行检验，但制造厂也可以选择 在退火状态检验。除另有规定外，制造厂可以任选下列三种方法的一种方法进行检验。

4.7.1 静水压试验

每根管子均应经受静水内压而无渗漏现象。试验压力按公式(1)计算，试验持续时间为 10 s～15 s。除非另有规定，管子不必在大于 6.9 N/mm² 的静水压力下 进行试验。

$$P = 2 St / (D - 0.8t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：P——最大试验压力，N/mm²；

t——管材壁厚，mm；

D——管材外径，mm；

S——材料允许应力，N/mm²。TU0、TU1、TU2、TP1、TP2 的 S=41 N/mm²；BFe 5-1、5-0.5、BFe 30-1-1、BFe 10-1-1 HA177-2，HSn 70-1，H85A 的 S=48 N/mm²。

4.7.2 气压试验

每根管子应能承受 5 s 至少 1.7 N/mm² 的内气压试验，不应有渗漏。应采用简易目视法观察渗漏，比如将管子置于水中或采用压差方法。

4.7.3 涡流探伤

4.7.3.1 涡流探伤检验时，人工标准缺陷（钻孔直径）应符合表 7 的规定。

表 7 人工标准缺陷孔径尺寸

单位为毫米

外 径	钻孔直径
6.0～16.0	1.07
>16.0～25.0	1.17

4.7.3.2 标准孔应径向钻透管的无翅部分，按 GB/T 5248 并以表 7 规定的孔径调节设备灵敏度。在涡流探伤设备装置上不引起报警反应的管材，应认为符合本标准要求。

4.7.3.3 由于水分、油斑等物引起不相关信号的管材，可在重新清理后再作检验。复检过程中，如果其输出信号不超过允许范围，即应认为管材合格。

4.7.3.4 由于可看到的压痕产生不相关信号的管材可以按 4.7.2 进行静水试验或按 4.7.3 进行气压试验。

4.8 热工性能

管材应不小于用户对额定传热系数的要求。

4.9 消除残余应力退火

黄铜管材以成翅状态交货时必须在成翅后或成品矫直后进行消除应力退火。

4.10 晶粒度

4.10.1 退火状态的翅片段试样，应为完全再结晶组织，晶粒度应在供需方规定的范围内。

4.10.2 成翅前管坯的晶粒度应符合表 8 的规定。

表 8 晶粒度

单位为毫米

分 类	晶 粒 度
紫铜	0.025~0.06
黄铜	0.01~0.05
白铜	0.01~0.05

4.11 表面质量

4.11.1 管材的内外表面应清洁光滑。允许有不造成管材外径和壁厚超出允许偏差的划伤、凹坑、压入物、环状痕等缺陷。

4.11.2 加工状态的管子表面上允许有轻微加工润滑油膜。轻微的氧化色、发暗不作报废依据。

4.12 管材的内肋头数、深度、螺旋角及齿形、齿形深度、每周滚花齿数、需外表压光的管子压光后齿深及齿形、外翅片的高度、每寸齿数由供需双方协商确定。

5 试验方法

5.1 化学成分仲裁分析方法

管材的化学成分仲裁分析方法按 GB/T 5121 的规定进行。

5.2 外形尺寸测量方法

管材的外形尺寸应用相应精度的投影仪、工具显微镜、螺旋测微计、环规等测量工具进行测量。

5.3 室温力学性能检验方法

管材的室温力学性能检验方法按 GB/T 228 的规定进行。

5.4 工艺性能检验方法

5.4.1 管材的扩口检验方法按 GB/T 242 的规定进行。

5.4.2 管材的压扁检验方法按 GB/T 246 的规定进行。

5.4.3 管材的静水压检验方法按 GB/T 241 的规定进行。

5.4.4 气压检验方法按 4.7.3 的规定进行。

5.5 热工性能检验方法

管材的传热系数检测方法可参考附录 A 的规定进行。

5.6 涡流探伤检验方法

管材的涡流探伤检验方法按 GB/T 5248 的规定进行。

5.7 残余应力检验方法

管材残余应力检验方法按 GB/T 8000 的规定进行。

5.8 晶粒度检验方法

管材的晶粒度检验方法按 YS/T 347 的规定进行。

5.9 表面质量检查方法

管材表面质量用目视进行检查。

6 检验规则

6.1 检查和验收

6.1.1 管材应由供方技术监督部门进行检验,保证产品质量符合本标准的规定,并填写质量证明书。

6.1.2 需方应对收到的产品按本标准的规定进行复验,复验结果与本标准及订货合同的规定不符时,应以书面形式向供方提出,由供需双方协商解决。属于表面质量及尺寸偏差的异议,应在收到产品之日起一个月内提出,属于其他性能的异议,应在收到产品之日起三个月内提出。如需仲裁,仲裁取样应由

供需双方共同进行。

6.2 组批

管材应成批提交验收。每批应由同一牌号、状态和规格产品组成,每批质量不大于 2 000 kg 或 600 根。

6.3 检验项目

6.3.1 每批管材应进行化学成分、外形尺寸偏差、力学性能、工艺性能、无损检测(静水压试验、气压试验或涡流探伤检验三种试验方法中任选一种)和表面质量的检验。其他性能由供方根据生产情况进行定期检测或抽检,但供方应以工艺保证产品可达到本标准的质量要求,如用户要求按批做这些性能的出厂检测,应在合同中注明。

6.3.2 每批管材均应进行以下项目的检验

6.3.2.1 内肋头数、深度、螺旋角及齿形;

6.3.2.2 齿形深度、每周滚花齿数;

6.3.2.3 需外表压光的管子压光后齿深及齿形;

6.3.2.4 外翅片的高度、每寸齿数。

6.4 取样

产品取样应符合表 9 的规定。

表 9 取样规定

检验项目	取样规定	要求的章节条号	试验方法的章条号
化学成分	供方在熔铸时,每炉取一个试样。需方在每批管材中任取一个试样。	4.2	5.1
外形尺寸偏差	逐根检查	4.4	5.2
静水压试验 气压试验 涡流探伤	逐根检查	4.7.1、4.7.2 4.7.3	5.4.3、5.4.4 5.6
表面质量	逐根检查	4.11	5.9
扩口试验 压扁试验 残余应力	每批取两件,每件任取一根管材并在管材的无翅段取一个试样。	4.6.1、4.6.2 4.9	5.4.1、5.4.2 5.7
力学性能	按 GB/T 228 的规定制取试样,每批取两件,每件任取一个全截面管段试样(无翅部分)。	4.5	5.3
热工性能 晶粒度	每批取两件,每件任取一个试样。	4.8 4.10	5.5 5.8

6.5 检验结果的判定

6.5.1 化学成分不合格时,判该批产品不合格。

6.5.2 产品外形尺寸偏差、表面质量、液压、气压、涡流探伤检验不合格时,判该件产品不合格。

6.5.3 力学性能、扩口、压扁、残余应力、热工性能、晶粒度试验结果中有试样不合格时,应从该批产品中(包括原检验不合格的那件产品)中(或该不合格试样代表的那件产品上)另取双倍数量的试样进行重复试验。重复试验结果全部合格,则判整批产品合格。若重复试验结果仍有试样不合格,则判该批产品不合格,或由供方逐件检验,合格者交货。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

7.1.1 在检验合格的每件管材上应打印上如下标志：

- a) 供方技术监督部门的检印；
- b) 生产厂名称、商标；
- c) 金属(或合金)牌号；
- d) 供应状态；
- e) 批号(或)。

7.1.2 管材的包装箱标志应符合 GB/T 8888 的规定。

7.2 包装、运输和贮存

管材的包装、运输和贮存应符合 GB/T 8888 的规定。

7.3 质量证明书

每批管材应附有产品质量证明书、注明：

- a) 供方名称、地址、电话、传真；
- b) 产品名称(按协议)；
- c) 金属(或合金)牌号；
- d) 规格；
- e) 供应状态；
- f) 批号(或熔炼炉号)；
- g) 净重或件数；
- h) 各项分析检验结果和技术监督部门印记；
- i) 本标准编号；
- j) 包装日期。

8 订货单(或合同)内容

订购本标准所列材料的订货单(或合同)内应包括下列内容：

- a) 产品名称；
- b) 牌号；
- c) 状态；
- d) 尺寸规格(直径、壁厚、无翅段的长度、翅片段的翅片高度和净壁厚、管子总长、内肋头数、深度、螺旋角及齿形、单位长度上的齿数、齿形深度、每周齿数、需外表压光的管子压光后的齿深及齿形)或用图纸代替；
- e) 翅片管的结构图；
- f) 根数或重量；
- g) 额定传热系数；
- h) 本标准编号；
- i) 增加本标准以外内容时的协商结果。

附录 A (资料性附录)

翅片管传热系数和流体阻力特性的测定

A.1 范围

- A.1.1 本标准规定了翅片管的传热系数和流体阻力特性的试验方法。
 A.1.2 本标准适用于试验流体为液体-液体的传热系数和阻力特性的测定。
 A.1.3 本标准仅考虑蒸发管的管壁热阻,未考虑污垢热阻。
 A.1.4 按本标准测定的蒸发管为单管。

A.2 方法原理

在热平衡条件下,流经翅片管内的流体进出口焓降等于翅片管对外的传热量。通过测量流经翅片管内液体流量与进出口温度,经过计算得到流体焓降,即翅片管对外的传热量。与此同时,测得翅片管外制冷剂的饱和温度,就可以计算出对数温差,于是求得总传热系数。

当流体流经翅片管内时,需要克服阻力,造成流体的压力损失。不同结构的翅片管内的阻力不同,因此,测量流体进出翅片管压力降,就反映了翅片管的阻力特性。

A.3 测定系统

测定系统由冷源、热源、试验腔体(内有制冷剂液体,被测翅片管)、冷、热流体循环系统测定仪表等组成。

测定系统图如图 A.1、图 A.2 中所示。

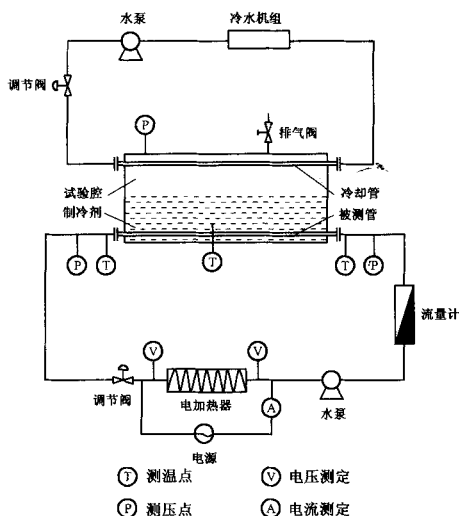


图 A.1 满液式蒸发管测定系统示意图

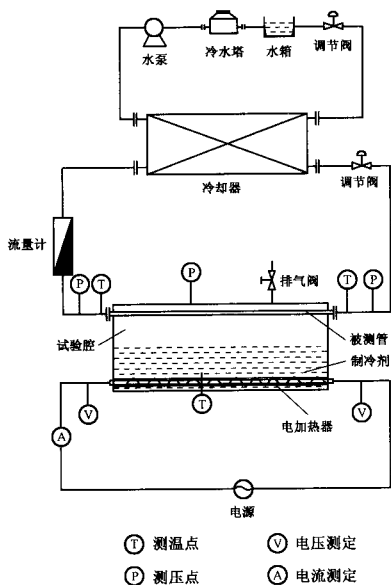


图 A.2 外冷凝管测定系统示意图

A.3.1 测量仪表

A.3.1.1 流量、温度、压力测量仪表应符合表 A.1 中的规定。

表 A.1

项 目	流 量	温 度	压 力
精度 / %	± 0.5	± 0.25	± 0.25

A.3.1.2 仪表检定

测定用的流量、温度、压力等测量仪表均应按有关规定送法定计量机构检定，并在规定的有效期内使用。

A.3.2 测定系统的测量

被测管内热流体应进行流量、温度和压力降的测量，同时进行加热功率的测量。

试验腔内制冷剂液体应进行温度测量。

试验腔体可加装压力表，以校验腔内制冷剂的饱和温度。

A.3.2.1 流量测量

使用转子流量计或其他测量计应按相应说明进行安装和操作。在循环管路上应安装过滤器。流量测量应精确到 1%。

A.3.2.2 温度测量

a. 温度测量探头应尽量安装靠近被测翅片管的进出口，能准确测量试件进、出口流体温度的位置；

- b. 在测温点的上下游各 300 mm 范围内,保温层应尽可能加厚,进、出口管路必须隔热;
- c. 管路中液体流动出现层流时,温度测量探头安装处的管路上游应安装混合装置;
- d. 温度测量探头必须置于管道的中心位置;其保护管的插入深度应按说明书的规定。
- e. 温度测量应精确到 1%。

A.3.2.3 压力差测量

- a. 压力测量应设置在离扰动件(弯径、弯头、阀门等)下游 5 倍管径、上游 2 倍管径处;
- b. 测压孔应与管内壁面垂直;
- c. 压力测量处至试件之间不得有任何扰动件;
- d. 压力测量应精确到 1%。

A.4 测定方法

A.4.1 测量项目

- a. 被测管内流体的流量;
- b. 被测管内流体的进、出口温度或管内流体的进口温度和进出口温差;
- c. 被测管内流体的进、出口压力差;
- d. 试验腔内制冷剂的饱和温度;
- e. 电加热器的加热功率

A.4.2 测定前,应检查管线、测量仪表及整个测定装置的可靠性。

A.4.3 保证被测管水平放置。测定蒸发管时,被测管应完全为管外制冷剂液体淹没,不得有裸露。测定冷凝管时,试验腔内应安装汽-液体分离装置,不得有液体飞溅到被测管上。

A.4.4 开始运行后,应先排净试验腔内和被测管循环管路中的空气,再注入制冷剂液体,使试验腔和管路设备在完全充满制冷剂液体和蒸汽的条件下运行,不得有混合空气,并调节至测试工况(或指定工况)。

A.4.5 在每个测定工况(或指定工况)下,均应稳定运行 20 min 后,方可测定数据。热平衡的相对误差均不得大于 5%。

A.5 测定结果

A.5.1 热工性能

确定总传热系数 U_0 与被测管表面热流密度 q 之间的关系。(应固定并表明管内热流体的流速及管外制冷剂的饱和温度)。

A.5.2 流动阻力特性

A.5.2.1 确定被测管压力差 ΔP 与管内流体速度 v 之间的关系。

A.5.2.2 建立被测管内流动摩擦阻力系数 ξ 与雷诺数 Re 的关系式。建议整理成 $\xi = C_f Re^{-n}$ 的形式。

A.6 测定数据的计算及整理

A.6.1 测定数据的计算应按表 A.2 进行

A.6.2 测定数据的整理

A.6.2.1 在同一坐标中,做出确定总传热系数 U_0 与被测管表面热流密度 q 之间的关系曲线。被测管内流体的流速和管外制冷剂的饱和温度应作为参数注明在同一图上。

A.6.2.2 在同一坐标中,做被测管的压力差 ΔP 与管内流速 v 之间的关系曲线。

A.6.2.3 建立摩擦阻力系数 ξ 与雷诺数 Re 的关系式曲线。建议整理成 $\xi = C_f Re^{-n}$ 的形式。

A.7 误差

按本标准测定的总传热系数 U_0 ,其误差不应超过 10%。

A.8 测定报告

A.8.1 任务来源

A.8.2 测定目的

A.8.3 测定工况

A.8.3.1 试样材料和制造方法以及试样的几何尺寸,包括长度、管径。

A.8.3.2 测定仪表及其精度。

A.8.3.3 被测管的试验方位(垂直、水平或倾斜)。

A.8.3.4 环境条件。

A.8.4 测定起止时间及人员

A.8.5 测定数据的处理

A.8.5.1 原始数据

- a) 管内、外流体的名称及管内流体的流速;
- b) 管内流体的进、出口温度和管外流体的温度;
- c) 管内流体的进、出口压力或压力差。

A.8.5.2 计算方法见表 A.2。

A.8.6 结论及分析

A.8.6.1 热工性能确定。

A.8.6.2 流体阻力特性确定。

A.8.6.3 对测定结果进行误差分析,结果分析及必要说明。

表 A.2

序 号	名 称	表示方法	计算公式
1	管内流速	V	$V = G/A_0$
2	传热量	Q	$Q = G \cdot \rho \cdot (t_1 - t_2) \cdot C_p$
3	电功率	Q_e	$Q_e = I \cdot V_e$
4	热平衡相对误差	ΔQ	$\Delta Q = (Q - Q_e)/Q_e \times 100$
5	对数平均温度	Δt_m	$\Delta t_m = (t_1 - t_2)/\ln[(t_1 - t_r)/(t_2 - t_r)]$
6	表面热流密度	q	$q = Q/A$
7	总传热系数	U_o	$U_o = Q/(A \cdot \Delta t_m)$
8	摩擦阻力系数	ξ	$\xi = C_f Re^{-n}$

表 A2 各公式中的符号表示如下:

A——翅片管标称管径下换热面积, m^2 ; A_0 ——翅片管内标称管径下横截面积, m^2 ; C_p ——定压比热, $J/(kg \cdot K)$;G——体积流速, m^3/s ;

I——电流, A;

Q——传热量, W;

 ΔQ ——热平衡相对误差, 无量纲; Q_e ——电功率, W; t_1 ——管内流体入口温度, $^{\circ}C$; t_2 ——管内流体出口温度, $^{\circ}C$;

Δt_m ——对数平均温差, $^{\circ}\text{C}$;

t_r ——制冷剂饱和温度, $^{\circ}\text{C}$;

U_o ——总传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

V_e ——电压, V ;

V ——管内流速, m/s ;

ρ ——密度, kg/m^3 ;

ξ ——摩擦阻力系数;

q ——表面热流密度, W/m^2 ;

Re ——雷诺数, 无量纲;

C_i ——公式中的系数, 无量纲;

n ——公式中的指数, 无量纲。
