ICS 号
CCS 号

# 团　体　标　准

T/AIAI XXXX-XXXX

# 冰箱铝制翅片蒸发器及回气管防腐蚀试验方法

Refrigerator aluminum fin evaporator and return pipe anti-corrosion test method

（征求意见稿）

**2022-xx-xx 发布**　　**2022-××-××实施**

**安徽省信息家电行业协会　发布**

# 前　言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准由安徽省信息家电行业协会标准化委员会提出。

本标准由安徽省信息家电行业协会归口。

本标准起草单位：合肥美的电冰箱有限公司。

本标准主要起草人：苑保利、周明杰、郭帅帅、张文成、马宁。

本标准为首次发布。

# 冰箱铝制翅片蒸发器及回气管防腐蚀试验方法

## 1 范围

本标准规定了电冰箱、酒柜类产品翅片铝制蒸发器及回气管的防腐蚀测试方法。

本标准适用于电冰箱、酒柜类产品的翅片蒸发器及回气管。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 10125 人造气氛腐蚀试验-盐雾试验

GB/T 8752 铝及铝合金阳极氧化 薄阳极氧化膜连续性检验方法 硫酸铜法

GB/T 9286-1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 3246 铝及铝合金加工制品组织检验方法

GB/T 4436 铝及铝合金管材外形尺寸及允许公差

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**翅片蒸发器** fin evaporator

蒸发器的作用是将经毛细管节流降压后的制冷剂从液态变成气态，吸收热量达到制冷的效果。蒸发器为冰箱制冷系统核心部件，翅片蒸发器为蒸发器的一种，一般由较薄的铝质翅片和弯折成若干排的铝管组成，常见于风冷冰箱，依靠风扇强制对流进行换热。

3.2

**回气管** return pipe

连接冰箱蒸发器和压缩机之间的一段管路，主要作用是将出蒸发器后气态的制冷剂输送回压缩机，通常和毛细管用铝箔包裹在一起作为一个组件。

3.3

**加速寿命试验** accelerate life test

指在进行合理工程及统计假设的基础上，利用与物理失效规律相关的统计模型对在超出正常应力水平的加速环境下获得的可靠性信息进行转换，得到试件在额定应力水平下可靠性特征的可复现的数值估计的一种试验方法。

3.4

**酸性盐雾试验** acidic salt spray test

酸性盐雾试验是在中性盐雾基础上，通过加入醋酸降低盐雾气氛的pH，以达到加速腐蚀、缩短试验周期或提高某些耐中性盐雾金属材料及覆盖层的检出效果的作用的测试。

3.5

**正态分布** normal distribution

若随机变量X服从一个位置参数为μ、尺度参数为σ的概率分布，且其概率密度函数为$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$，则这个随机变量就称为正态随机变量，正态随机变量服从的分布就称为正态分布。正态分布的数学期望值μ等于位置参数，决定了分布的位置；其方差$\sigma^2$的开平方或标准差σ 等于尺度参数，决定了分布的幅度。

3.6

**点估计** point estimation

用样本统计量来估计总体参数的一种方法，因为样本统计量为数轴上某一点值，估计的结果也以一个点的数值表示，所以称为点估计。

3.7

**区间估计** interval estimation

区间估计是从点估计值和抽样标准误差出发，按给定的概率值建立包含待估计参数的区间.其中这个给定的概率值称为置信度或置信水平，这个建立起来的包含待估计参数的区间称为置信区间，指总体参数值落在样本统计值某一区内的概率；而置信区间是指在某一置信水平下，样本统计值与总体参数值间误差范围。

## 4 技术要求

### 4.1 一般要求

4.1.1 表面质量。

A．一般要求：管材内外表面应光滑、洁净，无凹痕、裂纹、砂眼、腐蚀斑点、发黑、发白及明显的扭曲、划伤、起皮、气泡等缺陷，铝管表面不得出现划痕、压痕等表面损伤。

B．特殊要求

a．铜铝焊点处应带有热缩套管防护，且热缩管表面应无鼓包、缝隙，热缩套管内及对应的金属管表面不得有可观察或触摸感知到的水；焊点无虚焊、漏焊、过烧。

b．翅片蒸发器，翅片应无变形、伤痕、裂纹、歪斜及飞边毛刺等缺陷并保证其平行度

c．带浸漆制品，漆膜外观光滑，无起皮、裂纹及不平整等缺陷；允许翅片上有漆挂流现象，但挂流在翅片底部的残留高度不得超过5 mm（从可见变色算起）。

d.带表面处理制品，外观应光滑，无起皮、裂纹及不平整等缺陷，允许制品表面有表面处理痕迹。

4.1.1 管材成分及力学性能。

铝管的化学成分和组织分析分别按GB/T 3190、GB/T 3246规定进行。

a) 管路通用件一般用牌号为 1060 的铝及铝合金热挤压管，抗拉强度应≥62 MPa，伸长率（50 mm）≥25%；

b) 管材的化学成分符合 GB/T 3190 的规定；见表 1

表 1

| 序号 | 牌号 | 主要成份，%(重量)(最大值或区间) | | | | | | | | | | | 其它 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Ni | Zn | V | Ti | Zr | 单个 | 合计 | Al |
| 1 | 1060 | 0.25 | 0.35 | 0.05 | 0.03 | 0.03 | - | - | 0.05 | 0.05 | 0.03 | - | 0.03 | - | 99.60 |
| 2 | 1050 | 0.25 | 40 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | - | - | 0.05 | 0.05 | 0.03 | - | 0.03 | - | 99.50 |

c) 高倍组织——显微组织不允许有过烧；

d) 低倍组织——晶粒度不低于 2 级晶粒度。

## 4.2 耐腐蚀性要求

### 4.2.1 常规检测方法

#### 4.2.1.1 中性盐雾

中性盐雾试验按 GB/T 10125 的规定进行。将外观良好的试品放在 35 ℃，5%的 NaCl 环境中，喷雾 8 h 停 16 h 为一周期，进行 500 h。试验结束后，取出样件，用软毛刷及清水清洗铝管表面并晾干 30 min，盐雾试验后铝管表面不得出现腐蚀点，带有表面处理的制品，试验结束后表面不得变色（具体判定标准见图 1），对管内打气压 2.5 Mpa，3 min 无泄漏现象。

图 1：中性盐雾铝管腐蚀点外观判定标准

#### 4.2.2.2 酸性盐雾

酸性盐雾试验按GB/T 10125 3.2.3（乙酸盐雾实验）的规定进行。将外观良好的样件放在35 ℃，pH值在3.1-3.3的冰乙酸溶液中（5%的NaCl中加入冰乙酸调节pH值在3.1-3.3之间）连续喷雾144小时，试验结束后，取出样件，对管内打气压2.5 Mpa，3 min无泄漏现象。

带有热缩套管的制品，耐腐蚀试验后，对热缩管进行剥离，热缩管内不得进水，铝材表面不得出现腐蚀，要求铜铝焊点处无进水及无腐蚀。浸漆处理制品，需额外增加附着力测试，要求附着力无降低。

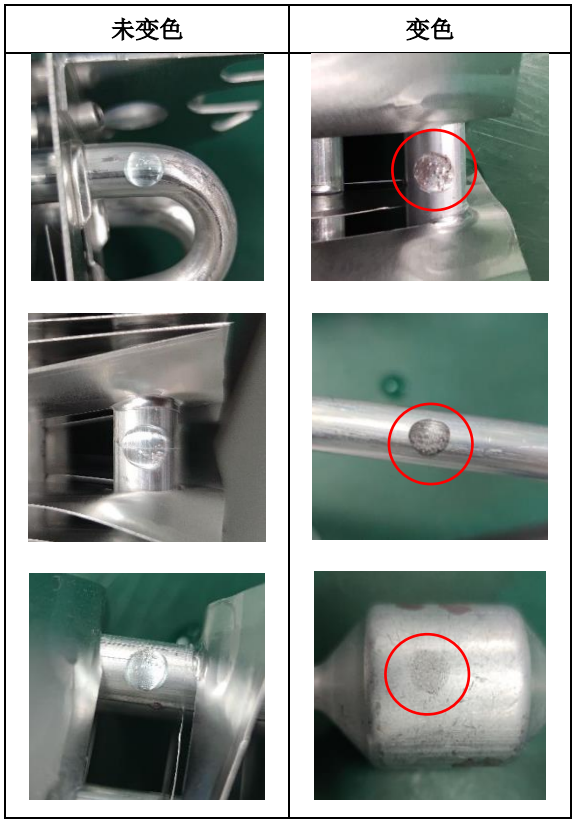
4.2.2 快速检测方法

硫酸铜滴定

用硫酸铜溶液（20 g结晶硫酸铜、20 mL盐酸、用蒸馏水稀释至1000 mL）在试验温度为20±5 ℃（按GB/T 8752）条件下在铝管上平稳滴下一滴硫酸铜溶液，滴定表面产生黑色或红色气泡时立即记录时间，此时间即为单次滴定时间。试验应随机选择制品不同位置重复6次，位置选择宜尽可能覆盖制品全部位置，记录每次滴定变色时间。试样应平放且固定在水平桌面上，防止试样不稳定使硫酸铜溶液从试样上滑落。

适用于有表面处理的翅片蒸发器，判定时间（T）取 6 处滴定时间的平均值。要求 25 s 内不得出现变色，且擦去硫酸铜溶液后，铝管表面不得有腐蚀现象（具体判定标准见图2）。

图 2：硫酸铜滴定判定标准




## 4.3 铝管耐腐蚀寿命预测方法

4.3.1 铝管实际腐蚀速度数据收集。

收集市场因腐蚀泄露产生维修、退回的翅片蒸发器，$N_2$ 打压 2.5 Mpa 检测漏点，截取泄漏部位铝管。将铝管垂直放置在金相模具中，灌胶后室温固化 12 h。固化完成后取出，首先

使用低目数砂纸（400-800 目）打磨铝管截面并观察，等到铝管截面开始出现深色腐蚀坑后换用高目数砂纸（1600-2000 目）细磨，截面处深色的腐蚀坑逐渐增大，直至完全贯穿铝管，此时观察到的腐蚀坑形状即为腐蚀坑中心点截面形状。

通过 3D 显微镜对泄漏位置的腐蚀坑体积数据进行收集。铝管外壁腐蚀程度大于内壁，所以腐蚀坑中心点截面形状多为扇形，测量腐蚀坑扇形区域面积大小和壁厚。一般认为腐蚀坑整体形状接近锥形，腐蚀坑扇形面积和铝管壁厚即为圆锥截面面积和圆锥高度，腐蚀坑体积（$mm^3$）= 1/6 * 圆锥截面面积（$mm^2$） * 铝管壁厚（mm）* 3.14，计算出腐蚀坑体积大小。

通过线性拟合得到腐蚀坑体积大小和用户使用时间的对应公式。如经过数据统计分析后得出，1060 材质翅片蒸发器的腐蚀体积和时间的对应公式：腐蚀坑体积（$mm^3$）= 3.93E-5* 用户使用天数（d） + 0.027。

4.3.2 翅片蒸发器铝管的酸性盐雾试验。

选取与 4.3.1 中材质相同的翅片蒸发器若干，按照 GB/T 10125 中 3.2.2（乙酸盐雾实验）的规定进行酸性盐雾试验，将外观良好的样件放在 35 ℃，pH 值在 3.1-3.3 的冰乙酸溶液中（5%的 NaCl 中加入冰乙酸调节 pH 值在 3.1-3.3 之间）连续喷雾。

每隔 24h 观察一次翅片蒸发器的腐蚀状态并进行 $N_2$ 打压检测是否泄露，记录泄露发生的时间，按照 4.3.1 中方法计算泄漏时腐蚀坑体积数据。

鉴于正态分布使用广泛，通过正态分布点估计和 t 分布区间估计对酸性盐雾腐蚀数据进行分析，得到翅片蒸发器铝管发生泄漏时的腐蚀坑体积大小的分布。

4.3.3 铝管寿命预测计算

将 4.3.2 中腐蚀坑体积分布结果代入 4.3.1 中公式，可计算出腐蚀体积所对应的用户使用时间分布，通过翅片蒸发器铝管酸性盐雾测试时间和相应用户使用时间相除可得到酸性盐雾的腐蚀加速系数。加速系数与铝管在酸性盐雾测试出现泄漏的时间的乘积为预测的铝管耐腐蚀寿命。

点估计结果表明 1060 材质翅片蒸发器在酸性盐雾下 1 h 的腐蚀程度对应用户使用时间 23.21d，某铝管 240 h 酸性盐雾测试后发生泄漏则该铝管的耐腐蚀寿命为 15.26 y；区间估计表明在 0.95 的置信度（双侧）下，酸性盐雾下 1 h 的腐蚀程度对应用户使用时间 16.98 d 到 29.44 d，某铝管 240 h 酸性盐雾测试后发生泄漏则该铝管的耐腐蚀寿命区间为 11.16 y 到 19.35 y。

# 附录 A

## 1060 铝质翅片蒸发器耐腐蚀寿命预测方法试验数据

### A.1 铝管实际腐蚀速度数据收集

表 A.1 实际用户使用过程中铝管腐蚀坑体积及使用天数数据

| 使用天数（d） | 腐蚀体积（$mm^3$） |
|---|---|
| D1 | 0.03349 |
| D2 | 0.0423 |
| D3 | 0.03423 |
| D4 | 0.05967 |
| D5 | 0.04579 |
| D6 | 0.01333 |
| D7 | 0.07965 |
| D8 | 0.05085 |

通过线性拟合后得到 1060 材质翅片蒸发器的腐蚀体积和时间的对应公式：腐蚀坑体积（$mm^3$）= 3.93E-5*用户使用天数（d） + 0.027。

### A.2 翅片蒸发器铝管的酸性盐雾试验

表 A.2 酸性盐雾加速试验所得泄露时间和腐蚀坑体积数据

| 样品 | 酸性盐雾腐蚀泄露时间/h | 腐蚀坑表面形状 | 腐蚀坑体积/$mm^3$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 240.00 | | 0.17188 |
| 2 | 240.00 | | 0.201732 |
| 3 | 240.00 | | 0.143455 |
| 4 | 240.00 | | 0.248644 |
| 5 | 288.00 | | 0.262337 |
| 6 | 192.00 | | 0.134785 |
| 7 | 192.00 | | 0.234698 |
| 8 | 192.00 | | 0.206505 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 | 192.00 | | 0.387879 |
| 10 | 192.00 | | 0.291843 |
| **平均** | **220.8** | | **0.2283** |

A.2.1 点估计

点估计使用最大似然估计法计算均值和标准差：

μ= $\bar{X}$ ； $\sigma^2 = \sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 / n$

计算结果为腐蚀坑平均体积 0.2283 mm³，标准差 0.0756 mm³。

A.2.2 区间估计

区间估计使用 t 分布，显著性水平 α 取 0.05，置信度和可靠度均取 0.95。

对于正态分布总体均值 μ 和均方差 σ 均未知的情况，则有$\frac{\bar{x}-\mu}{s/\sqrt{n}} \sim t(n-1)$，$P\left\{\frac{\bar{x}-\mu}{s/\sqrt{n}} > -t_\alpha(n-1)\right\} = 1-\alpha$，从而$P\left\{\mu < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}}t_\alpha(n-1)\right\} = 1-\alpha$，所以在显著性水平为 α 时的区间上下限为$X = \bar{X} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}t_\alpha(n-1)$。

查表可得，当 n＝10、α＝0.05 时的双侧置信的$t_\alpha(n-1)$=2.262，将$\bar{X} = 0.2283$，s＝0.0756 代入可知，当置信度为 0.95 时，腐蚀坑的体积下限为 0.1743，上限为 0.2824。

A.3 铝管寿命预测计算

A.3.1 点估计

将腐蚀坑平均体积 0.2283 mm³ 代入公式，腐蚀坑体积（mm³）＝3.93E-5*用户使用天数（d） ＋0.027，可得对应使用寿命 5124.1 d，即酸性盐雾对应的加速系数为 23.21 d/h。

A.3.2 区间估计

腐蚀坑的体积下限为 0.1743，上限为 0.2824，代入公式可得在 0.95 的置信度下寿命下限为 3748.1 d，寿命上限为 6500.0 d，即在 0.95 的置信度下酸性盐雾对应的加速系数为 16.98 d/h 到 29.44 d/h 之间。