



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 2423.51—2020/IEC 60068-2-60:2015  
代替 GB/T 2423.51—2012

---

## 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ke:流动混合气体腐蚀试验

**Environmental testing—Part 2: Test methods—  
Test Ke: Flowing mixed gas corrosion test**

(IEC 60068-2-60:2015, Environmental testing—Part 2-60: Tests—Test Ke:  
Flowing mixed gas corrosion test, IDT)

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 试验设备 .....	1
4 严酷等级 .....	2
5 预处理 .....	2
6 初始检测 .....	2
7 试验 .....	2
8 恢复 .....	4
9 最后检测 .....	4
10 相关规范应给出的信息 .....	4
11 试验报告应给出的信息 .....	5
附录 A (资料性附录) 腐蚀监测用铜片试样 .....	6
附录 B (资料性附录) 试验设备的说明 .....	7
附录 C (资料性附录) 试验方法和试验时间选择指南 .....	11
附录 NA (资料性附录) GB/T 2423 的组成部分 .....	12
参考文献 .....	15

## 前 言

GB/T 2423《环境试验 第2部分:试验方法》按试验方法分为若干部分。

GB/T 2423 的组成部分参见附录 NA。

本部分为 GB/T 2423 的第 51 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 2423.51—2012《环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ke:流动混合气体腐蚀试验》。

本部分与 GB/T 2423.51—2012 相比,主要技术变化如下:

- 增加了“试验设备”中对放入试验箱内的湿球水槽横截面积的要求(见第3章);
- 修改了“试验条件”中根据附录 A 得到的铜片试样的增重 $[\text{mg}/(\text{dm}^2 \cdot \text{d})]$ ,在方法 2 中由“0.3~1.0”改为“0.3~1.3”(见表 1,2012 年版的表 1);
- 增加了“试验条件”中相关方可以协商同意使用不同于表 1 中给出的温度和相对湿度值(见表 1);
- 增加了“试验样品”中对试验样品总体积、总表面积及试验样品之间间隔的要求(见 7.2);
- 增加了“腐蚀监测材料”中“分辨率为 0.01 mg 的天平称量”(见 7.3);
- 修改了“试验程序”试验程序 1,试验程序 2,将“在整个试验期间内铜片试样与试验样品应一起进行暴露试验”改为“在试验期间前 4 天铜片试样应与试验样品一起暴露。如有必要,铜片试样可在试验期间再暴露 4 天,并将此写入试验报告中”(见 7.4,2012 年版的 6.3.1、6.3.2);
- 增加了“材质与尺寸”中对铜片试样表面无缺陷及表面粗糙度的要求(见 A.2);
- 将图 B.1、图 B.2、图 B.3 合并为图 B.1(见附录 B,2012 年版的附录 B)。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60068-2-60:2015《环境试验 第2-60部分:试验 试验 Ke:流动混合气体腐蚀试验》。

本部分做了下列编辑性修改:

- 将标准名称改为《环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ke:流动混合气体腐蚀试验》;
- 增加了资料性附录 NA“GB/T 2423 的组成部分”。

本部分由全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会(SAC/TC 8)提出并归口。

本部分起草单位:中国电器科学研究院股份有限公司、江苏拓米洛环境试验设备有限公司、上海增达科技股份有限公司、中航长城计量测试(天津)有限公司、广州供电局有限公司电力试验研究院、广东美的生活电器制造有限公司、福建省新能海上风电研发中心有限公司、无锡索亚特试验设备有限公司、上海市计量测试技术研究院、深圳市计量质量检测研究院、浙江省计量科学研究院、南京五和试验设备有限公司、贝尔实验室装备江苏有限公司、深圳市优瑞特检测技术有限公司、宁波欧知电器科技有限公司。

本部分主要起草人:许雪冬、刘鑫、张艳军、金钧、吕国义、黄青丹、余建宏、钟茗秋、周中明、张爱亮、朱建华、张红雨、张定虎、华明、梅礼光、柯赐龙、任红磊、刘静、黄祥声。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 2423.51—2000、GB/T 2423.51—2012。



## 环境试验 第2部分:试验方法

### 试验 Ke:流动混合气体腐蚀试验

#### 1 范围

GB/T 2423 的本部分用于确定工作和贮存的室内环境对电工电子产品元件、设备和材料,特别是接触点和连接件的腐蚀影响,接触点和连接件可以单个元件、组装为一个组件或装配成一个完整的设备来进行考核。

本部分提供的试验方法有助于在耐蚀性方面对材料、制造工艺和元件设计进行对比选择。试验方法和试验时间的选择指南参见附录 C。

#### 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。

ISO 431 精炼铜型材(Copper refinery shapes)

IEC 60512-2-1 电子设备连接器 试验和测量 第 2-1 部分:电连续性和接触电阻试验 试验 2a:接触电阻 毫伏法(Connectors for electronic equipment—Tests and measurements—Part 2-1:Electrical continuity and contact resistance tests—Test 2a: Contact resistance—Millivolt level resistance method)

IEC 60512-3-1 电子设备连接器 试验和测量 第 3-1 部分:绝缘试验 试验 3a:绝缘电阻(Connectors for electronic equipment—Tests and measurements—Part 3-1:Insulation tests—Test 3a: Insulation resistance)

#### 3 试验设备

试验设备包括气候系统、工作室、气体输送系统和气体浓度检测装置。

试验设备的设计与结构是可选择的,但每种试验方法在整个工作空间都应满足其规定的条件,且符合以下要求:

- 水滴或悬浮物不应进入工作室;
- 试验用空气和水应足够洁净以免影响试验效果;
- 试验气体通过工作室时应确保工作空间内试验条件一致;
- 气体分析采样点应在试验箱的工作空间内;
- 排气应按照相关法律条款执行;
- 置于工作室的湿球槽其所占面积应不超过工作室横截面积的 0.1%。

由于存在强烈的协同效应和所谓的“记忆效应”(即氯化物很难从试验箱、管道完全清除),用作含氯试验的工作室及管道系统宜仅限于含氯试验所用。

工作空间规定其空间内每个位置的铜片试样腐蚀增重不超过所有铜片试样平均腐蚀增重的 15 % [参考附录 A,铜片试样的腐蚀增重以  $\text{mg}/(\text{dm}^2 \cdot \text{d})$  表示]。

#### 4 严酷等级

试验严酷等级由相关规范规定,取决于以下因素:

- 试验方法(从表 1 选取);
- 试验时间。

试验时间优先选用 4 d、7 d、10 d、14 d 和 21 d。

试验方法有 4 种,其试验参数见表 1,每种试验方法的应用指南参见 C.3。

表 1 试验条件

试验参数	方法 1	方法 2	方法 3	方法 4
H <sub>2</sub> S/(10 <sup>-9</sup> vol/vol)	100±20	10±5	100±20	10±5
NO <sub>2</sub> /(10 <sup>-9</sup> vol/vol)	—	200±50	200±50	200±20
Cl <sub>2</sub> /(10 <sup>-9</sup> vol/vol)	—	10±5	20±5	10±5
SO <sub>2</sub> /(10 <sup>-9</sup> vol/vol)	500±100	—	—	200±20
温度/℃ <sup>a</sup>	25±1	30±1	30±1	25±1
相对湿度/% <sup>a</sup>	75±3	70±3	75±3	75±3
试验气体每小时体积更换数	3~10	3~10	3~10	3~10
根据附录 A 得到的铜片试样的增重/[mg/(dm <sup>2</sup> ·d)]	1.0~2.0	0.3~1.3	1.2~2.2	1.2~2.4
注: 由于试验方法 1~试验方法 4 的腐蚀性不同,编号次序和相应的铜片试样腐蚀增重不反映其严酷等级。				
<sup>a</sup> 相关方可以协商同意使用不同的温度和相对湿度值(如 40℃和 80%)。铜片的增重值可能与表中给出的值不同。				

#### 5 预处理

试验样品可以按相关规范进行预处理,如清洁或机械操作。

#### 6 初始检测

初始检测按相关规范执行。

通常这些检测是:

- 机电产品元件的接触电阻测试(见 IEC 60512-2-1);
- 绝缘电阻测试(见 IEC 60512-3-1)。

#### 7 试验

##### 7.1 概述

试验样品包括:

- 要进行评价的试验样品;
- 腐蚀监测材料。

## 7.2 试验样品

相关产品规范应确定试验样品在试验期间的状态,如连接件是连接或不连接、开关是断开或闭合,运行或加负载。

散热的试验样品处于运行或负载状态期间,工作空间的温度和相对湿度应保持在规定的范围内。

当试验样品放入试验箱时,试验样品和试验箱所处的状态不应使试验样品表面产生凝露现象。

试验样品的总体积不应超过整个工作空间体积的10%。如果超过10%,则超过10%的量应包括在试验报告中。

试验样品的总表面积不应超过整个工作空间表面积的10%。如果超过10%,则超过10%的量应包括在试验报告中。

试验样品之间的最小间距不小于10 mm,以避免影响均匀的气流。

## 7.3 腐蚀监测材料

铜片试样作为腐蚀监测材料与试验样品一起试验,以检验试验条件的一致性。

铜片试样参照附录A进行准备,数量至少为5件,试验期间与试验样品一起暴露,并用分辨率为0.01 mg的天平称量铜片试样在试验中的重量增加值,以作为腐蚀程度的衡量标准和试验再现性与重复性的监控标准。

除铜片试样外,其他材料如镀金试片或其他试样(见B.6.3)也可以作为腐蚀监测材料。

## 7.4 试验程序

可选用下列试验程序中的一种进行试验:

### 试验程序 1

当试验气体中不含氯(方法1)或测量氯浓度的方法不受试验气体中其他气体干扰时应采用下述程序:

- 规定的温度稳定后,开始注入湿空气,稳定和调节温度与湿度,以避免在工作室内壁及试验样品上产生凝露。
- 开始向湿空气中导入腐蚀性气体并使其稳定。
- 测量与调节气体浓度并使其稳定;当需要测量氯浓度时,以试验气体中的全部氯(不仅仅是氯气 $\text{Cl}_2$ )作为氯气浓度;试验气体中的氯只应以氯气 $\text{Cl}_2$ 形式充入。
- 放入试验样品和7.3规定的腐蚀监测材料。在试验期间前4天铜片试样应与试验样品一起暴露。如有必要,铜片试样可在试验期间再暴露4天,并将此写入试验报告中。试验样品和腐蚀监测材料应均匀分布于工作空间内,不应相互接触和遮挡试验气体,试验样品的状态应符合相关规范(如连接/不连接,电负载或运行)。试验时间应从此时开始计算。
- 试验条件稳定可能需要一定的时间;如果有必要,可测量与调节温度、湿度和气体浓度;调节过程中应避免气体浓度的任何超标,调节和稳定的最长时间不应超过24 h。
- 试验过程中温度、湿度和气体浓度应保持在规定的范围内;试验期间允许打开试验箱。
  - 开箱的次数应受限制。
  - 试验持续时间少于4 d,不准许开箱;
  - 试验持续时间为4 d~10 d,允许开箱1次;
  - 试验持续时间超过10 d,允许每周开箱1次;
  - 开箱持续时间以取、放试验样品或腐蚀监控材料所必需的时间为限。
- 试验结束后,取出试验样品和腐蚀监测材料。

## 试验程序 2

当试验气体中含氯(方法 2、方法 3、方法 4)或测量氯含量的方法受到试验气体中其他气体的干扰时,应采用下述程序:

- 规定的温度稳定后,开始注入湿空气,稳定和调节温度与湿度,以避免在工作室内壁及试验样品上产生凝露。
- 开始向湿空气中导入氯气并使其稳定。
- 测量和调节氯浓度,并使其稳定。
- 放入试验样品和 7.3 规定的腐蚀监测材料;在试验期间前 4 天铜片试样应与试验样品一起暴露。如有必要,铜片试样可在试验期间再暴露 4 天,并将此写入试验报告中。试验样品和腐蚀监测材料应均匀分布于工作空间内,不应相互接触和遮挡试验气体,试验样品的状态应符合相关规范(如连接/不连接,电负载或运行)。
- 使温度、湿度和氯浓度稳定可能需要一段时间,因为氯在试验样品表面具有高的初始化学反应与吸附速率;如果有必要,可测量和调节氯的浓度;在调节过程中应避免气体浓度的任何超标,调试好的氯浓度至少稳定 2 h;调节和稳定的最长时间不应超过 24 h。
- 开始注入其他气体并使其稳定,如有必要,可测量和调节温度、湿度和气体浓度(氯除外);在调节过程中应避免气体浓度的任何超标,调节和稳定的最长时间不应超过 24 h;试验时间从所有气体全部通入时开始计算。
- 在试验过程中,温度、湿度和气体浓度应保持在规定的范围内,但是氯浓度不能控制,确保氯浓度在规定范围内的方法是试验结束后按规定测量氯含量;试验期间允许打开试验箱。开箱的次数应限制。
  - 试验持续时间少于 4 d,不准许开箱;
  - 试验持续时间为 4 d~10 d,允许开箱 1 次;
  - 试验持续时间超过 10 d,允许每周开箱 1 次;
  - 开箱持续时间以取、放试验样品或腐蚀监控材料所必需的时间为限。
- 试验结束后,除继续通入氯气以外,停止通入其他气体,等待足够的时间使其他气体排出试验箱,最大程度避免影响氯的分析。
- 为确保试验的有效性,测量的氯浓度应在规定的范围内。
- 取出试验样品和腐蚀监测材料。

## 8 恢复

在最后检测之前,应将从试验箱中取出的试验样品按相关规范存放。

## 9 最后检测

最后检测应按相关规范进行,也可以要求在试验结束后对试验样品进行外观检查。

相关规范应提供试验样品合格与不合格的判别准则。

如果必要的测试不能在规定的时间内完成,在恢复条件下存放时间最长可以延长为一周,这种存放时间的延长应在试验报告中说明。

## 10 相关规范应给出的信息

当相关规范采用本试验方法时,应提供下列条款所要求的信息,特别要注意加星号(\*)的项目。



	条款
a) 试验方法 *	4
b) 试验持续时间 *	4
c) 试验样品的预处理	5
d) 初始检测 *	6
e) 试验期间试验样品所处的条件 *	7
f) 试验期间试验样品的工作和负载状态	7
g) 恢复及其持续时间 *	8
h) 最后检测 * 与可能的外观检查	9
i) 合格与不合格的判别准则 *	9

## 11 试验报告应给出的信息

试验报告应给出以下信息：

- 试验方法；
- 试验持续时间；
- 预处理；
- 初始检测的方法及结果；
- 试验条件和持续时间；
- 试验期间试验样品的工作和负载状态；
- 恢复及其持续时间；
- 最后检测的方法及结果；
- 每个铜片试样的增重,单位  $\text{mg}/(\text{dm}^2 \cdot \text{d})$ ；
- 与本部分的任何不一致的地方。

附 录 A  
(资料性附录)  
腐蚀监测用铜片试样

A.1 概述

铜片试样与试验样品一起进行暴露腐蚀试验,以验证试验与本部分所规定的各种限定参数的符合性。铜片试样的增重将作为这种符合性的度量。

A.2 材质与尺寸

铜片试样由半硬 OFHC 铜板(符合 ISO 431 的 Cu-OF)加工制成,最大厚度为 0.5 mm,每个试样的总表面积为  $0.1 \text{ dm}^2 \sim 0.2 \text{ dm}^2$ 。试样的表面基本上是无缺陷的表面(没有孔隙、痕迹、划痕和轻微浅色)和无光泽表面(轮廓的算术平均偏差  $R_a=0.15 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ )。

A.3 清洁程序

开始试验之前,铜片试样应按下述方法清洗,在具有分辨率为 0.01 mg 的天平上称重,并在含非腐蚀性干燥剂的干燥器中存放,最长干燥时间不超过 120 h。

铜片试样应按如下程序进行清洁:

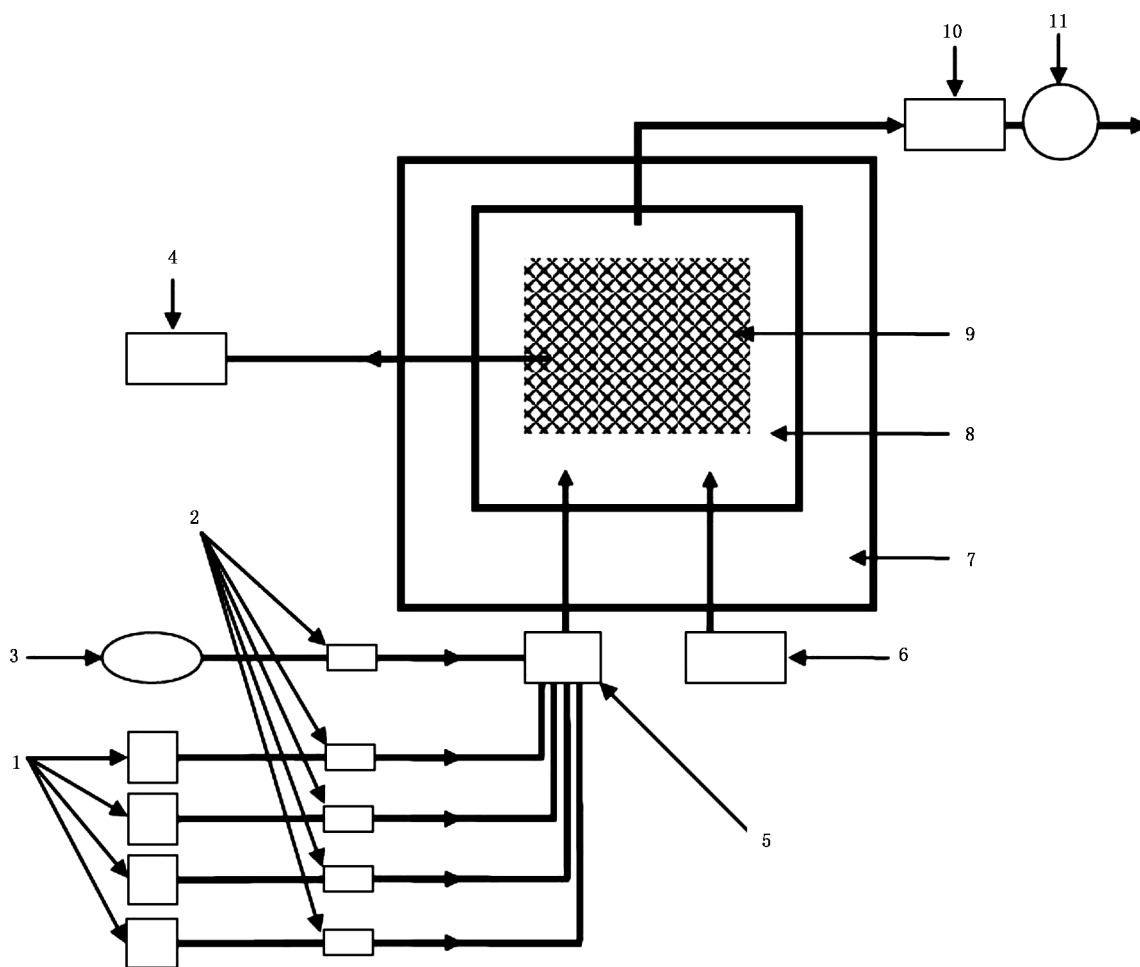
- 以不锈钢或铂为阳极,在电解电压 5 V~10 V 下,在 1 mol/L NaOH 溶液中进行阴极除油 15 s~30 s;
- 自来水冲洗;
- 去离子水冲洗;
- 浸入 10% 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液中活化 20 s~30 s;
- 自来水冲洗;
- 去离子水冲洗;
- 酒精(改性的乙醇或异丙醇)冲洗;
- 热空气干燥(约 50 °C)。

所有的溶液均用去离子水配制,至少与气候系统中使用的水具有相同的质量。

**附录 B**  
(资料性附录)  
试验设备的说明

**B.1 概述**

试验设备包括气候系统、工作室、气体输送系统和气体分析系统。试验设备的例子见图 B.1。



说明：

- |            |            |
|------------|------------|
| 1——气源；     | 7——条件控制室；  |
| 2——流量控制；   | 8——工作室；    |
| 3——空气源；    | 9——工作空间；   |
| 4——气体分析系统； | 10——化学过滤器； |
| 5——气体混合室；  | 11——泵。     |
| 6——湿气源；    |            |

图 B.1 试验设备示例

## B.2 气候系统

气候系统将湿空气送入工作室,常用的方法是让压缩空气通过温度高于湿空气露点的水浴室。在计算温度时,任何额外加入试验气体中的干空气都宜加以考虑。工作室内的空气相对湿度宜定期检查,同时水浴室的水温要相应调整。

压缩空气宜除油和污染物,宜使用一个或多个油阱、油过滤器和化学过滤装置(比如干活性炭和分子滤网的组合)处理,并定期更换或活化。也可以使用合成空气。水宜是蒸馏水或去离子水。

湿空气可按图 B.1 所示的方法输入工作室。在这种情况下,工作室内的空气通过抽气排出,这样就在工作室内部形成低气压(与试验箱内工作室外部的空间相比)。工作室外部的湿空气通过一个孔被抽入到工作室内部,孔径的大小影响到气压差。调节从工作室抽出空气的流速以获得规定的每小时气体体积更换数。与周围环境的气压相比,工作室内的低气压可能会导致某些气体分析仪器的使用困难。

## B.3 工作室

试验气体由各种具有化学活性的成分组成,因此容易被吸附、吸收或与工作室和管道所用的结构材料进行化学反应。制造工作室时,推荐采用玻璃、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚偏二氟乙烯(PVDF)和奥氏体不锈钢[含 18% 的铬(Cr)、10% 的镍(Ni),并加入钼(Mo)、钛(Ti)、铌(Nb)或其他抗腐蚀性材料以耐受氯化物的侵蚀]。通常需加入比规定含量高得多的气体,特别是氯气,以便在工作空间内获得规定的气体浓度。当使用某些种类的不锈钢时,工作室将发生腐蚀。新设备需要试用期,在试用期间试验箱对气体的吸收率通常会较高。

工作室的最小体积推荐为  $0.1 \text{ m}^3$ 。

工作室可以是任何形状。与立方体形状的工作室相比,圆柱状的工作室一般能得到较均匀的气流和较大的工作空间(相对于整个工作室的体积)。

工作室的试验样品宜只允许偶尔暴露于阳光或其他光源下。

试验箱的设计宜保证工作室壁和其他部件能容易地进行彻底清洁。工作室壁可以被加热至规定温度或稍微高些的温度,以免发生凝露,通常采用空气夹层(可以是外部的一个箱体)或水夹层。

工作室宜采用恰当的气密密封装置,使试验期间的电气测量、电气和机械的操作能够正常进行。

试验气体最好从试验箱的底部开口位置导入,从相对应的顶部开口排出。在开口前的位置可以使用缓冲装置以改善气流的均匀性。

排气管可以加热以避免凝露和腐蚀。

为了改善气流均匀性满足表 1 中的要求,允许气体强制流动。气体的强制流动可以采用风扇或圆盘回转试样架让试验样品在试验气体中缓慢移动来实现。一般情况下,风扇所产生的紊流气体能加速腐蚀速率,而使用回转试样架所产生的均匀气体流速只限于一个恒定直径。当使用风扇或回转试样架时,其散发出的热量宜予以考虑。正常情况下风扇宜安装在远离试验物品的位置以免散发出的热量影响试验结果,回转试样架的动力装置宜安装在试验箱的外部以免热量散发到工作室内部。设备使用前,宜研究风扇和回转试样架的影响(见 B.7)。

## B.4 气体输送系统

气体输送系统、管道、阀门等不宜吸附试验气体或对气体的吸附不宜影响试验效果。聚四氟乙烯(PTFE)是一种管道常使用的材料。阀门等部件通常采用耐酸钢加工制成,钢表面优先选用聚四氟乙烯(PTFE)涂覆,特别是在潮湿条件下氯会侵蚀耐酸钢。

气体可以由渗透管提供,纯净空气、合成空气或氮气作为载气。另一种办法是使用气体钢瓶,最好使用稀释后的气体(通常采用氮气稀释)。

气体宜足够清洁,不能影响试验效果。宜采用高纯度的气体:规定活性气体以外的其他活性气体的最大浓度是该规定活性气体浓度的0.1%。某些气体如二氧化氮中的一氧化氮允许有更高的浓度,最大可达二氧化氮气体浓度的10%。

调控气体流量可以采用计量泵、孔板流量计或质量流量计。推荐使用质量流量计来调控低浓度的腐蚀性气体。

在腐蚀性气体导入工作室之前,最好使用混合室。各种腐蚀性气体相互混合时,每种腐蚀气体的浓度宜避免引起相互之间不必要的化学反应。

## B.5 分析系统

### B.5.1 温度和湿度

不受所用腐蚀性气体影响的各种方法均可用于测量温度和湿度。温度和湿度的控制可在稀释的腐蚀性气体混合之前进行。在图 B.1 试验设备中,这一工作可在工作室外的箱体内进行。在此情况下,温度和湿度设置可根据稀释的腐蚀性气体的混合情况来调节。工作室内真实的温度和湿度与外部测得的温度与湿度之间的关系宜定期检查(一般每年2次)。宜限制仪器暴露在工作室内的腐蚀环境中。

### B.5.2 气体

为了避免在采样管中产生凝露现象,这些管道可以加热。管道中的相对湿度最高允许为80%,稍低一些更好。

工作室内外压力差对气体分析仪器功能可能产生的影响宜彻底检查。许多检测仪器要求检测与周围环境压力一致的气体样品。当工作室存在负压时,有些检测仪器从工作室内部抽取气体可能产生困难,因而会给出过低的读数。而工作室压力为正压更容易控制,因为采取措施降低压力到环境压力比较容易。

二氧化硫分析测试可以采用荧光紫外法、电导法和比色法等。

硫化氢分析可以采用荧光紫外法、气相色谱火焰光度法、金膜探头吸附法(受NO<sub>2</sub>干扰)、电导法或者比色法。

二氧化氮分析可以采用化学荧光法或比色法。

氯气测量可以采用电化学方法或比色法,这两种方法均会受到试验气体中其他腐蚀性气体的影响,因此,氯的分析只有在不含其他气体条件下才能进行。

所有气体混合后,氯的总含量可以采用离子色谱法分析,这种方法得到的氯含量为氯气的浓度值。

试验用仪器宜根据制造商的说明进行计量。此外,所有仪器宜采用校准气体源定期计量。当采用荧光紫外类型的仪器时,在校准气体源中宜选用空气作为载气,因为它与使用氮气作为载气时获得的读数不一样。

最应注意的是,很多方法(如用荧光紫外法分析二氧化硫)都受相对湿度的影响。使校准单元中载气的相对湿度达到取样管中同样的相对湿度是很困难的。因此,记录使用来源于试验箱的纯净空气,使用和采样时相同的温度、相对湿度、流速和相同的管道加热方式进行测量的读数,并将其与使用校准单元中的纯净载气时的读数相比较。当对试验箱中的腐蚀性气体进行分析时,得到的读数也宜按照这一差值进行相应的校正。

## B.6 其他的腐蚀监测方法

### B.6.1 增重

宜采用分辨率为 0.01 mg 的天平称量铜的增重。

称量腐蚀监测材料试片,宜在天平校准后立即进行。

通过测量铜或银的增重来监测腐蚀情况时,可以采用石英微天平。由于覆铜的石英晶体不能采用附录 A 所示的方法进行清洗,校正的方法是将其结果与采用本部分对铜片试样进行清洗并在常规分析天平上称量得到的铜片试样的腐蚀增重进行比较。

### B.6.2 监测试样的表面分析

采用本部分规定的 4 种方法之一进行试验,试样表面都会产生腐蚀层,对腐蚀层进行表面分析会得到腐蚀产物的性质、化学组成、腐蚀层的结构和腐蚀产物厚度等信息。

分析方法可以采用库仑还原法、循环伏安法、X 射线显微分析法[扫描电子显微镜带的能谱(EDS)、X 射线波谱法(WDS)或显微探针法]、俄歇电子波谱法(AES)、二次离子质谱法(SIMS)和电子能谱化学分析法(ESCA)等测试技术。

### B.6.3 外观检查

为了确定主要的腐蚀机理,推荐采用镀金试样或其他种类的试验样品作为附加的腐蚀监测材料。

试验方法 1、试验方法 2 和试验方法 4 中发现的主要腐蚀机制是孔蚀,试验方法 3 则主要是蠕变腐蚀。

## B.7 试验箱的检查

对于新试验箱,由于几何形状或气流发生改变,宜采用铜片试样确定工作空间。铜片试样(按照附录 A 进行清洗)放置于试验箱内的不同位置,每个位置至少三片试样。

试验箱的最大负载量可以采用铜片试样评估。在最大负载量时,铜片试样的腐蚀增重宜在表 1 规定的容差范围内。同时注意,有机材料会与金属材料一样吸收同样或更多的腐蚀性气体。

## 附 录 C

## (资料性附录)

## 试验方法和试验时间选择指南

## C.1 概述

在室内环境下贮存或运行期间,电工电子产品的腐蚀会受到气候因素如温度、相对湿度、空气流速以及温湿度变化速率的影响。另外,气体污染物会严重地影响电工电子产品的腐蚀速率以及不同腐蚀机理的相对发生概率,表面的污染物,如灰尘、油和塑料释放出来的化合物也会影响腐蚀速率和腐蚀机理。

试验采用的所有气体都有其自然界的来源,但在不同工作环境中占主导地位的气体污染物不同:

- 二氧化硫和氮氧化物来源于化石燃料的燃烧和交通环境中;
- 硫化氢来源于石化与钢铁工业、腐败的有机物质、污水、动物的巢穴;
- 硫化氢和氯化物来源于制浆与造纸工业。

本部分所规定的试验方法不是针对某一具体环境。选择这些方法是为了观察电工电子产品材料在正常使用环境中产生的腐蚀产物。

## C.2 试验中所用腐蚀性气体的作用

硫化氢对许多金属材料都有强烈的腐蚀作用,尤其是银和铜。

试验方法 1 中,硫化氢和二氧化硫存在协同效应,这意味着用于硫化氢试验的工作室和管道不能用于纯二氧化硫腐蚀试验。试验方法 4 中加入二氧化硫是因为二氧化硫对镍、钢和锌有腐蚀作用。

试验方法 2、试验方法 3 和试验方法 4 中采用的氮氧化物主要是作为氧化剂。

在正常工作环境中,氯很少被发现是主要的污染物。在试验方法 2、试验方法 3 和试验方法 4 中,氯一部分是用作氧化剂,另一部分作为氯化物。氯气被还原而形成的氯化物能穿透金属表面的氧化物保护层。由于具有双重作用,当它与硫化氢混合时,氯具有很强的协同效应。由于这种强烈的协同效应和所谓的“记忆效应”(将氯化物从试验箱和管道等处完全清除很困难),工作室和管路系统一旦被用于含氯的试验就不能再用于试验气体中不含氯的试验。

## C.3 不同试验方法的使用

尽管铜被视为一种好的监测材料,但在一般情况下,采用本部分规定的试验方法处理的铜试样的腐蚀增重与其他金属样品的腐蚀没有关系。

试验方法 1 可用于金包覆层的孔蚀试验。对于敞开暴露的金覆盖层表面,试验时间宜采用 10 d。

试验方法 1 也可用于检测暴露于轻微污染环境(如“洁净”的电信中心)的表面镀金接触件,试验时间 10 d~21 d 为宜。

试验方法 2 和试验方法 4 适用于中度腐蚀环境下使用的电工电子产品的检测,这种环境包括电信中心、大多数办公环境和一些工业仪器设备室。金覆盖层在这些环境下的主要腐蚀机制是孔蚀。

试验方法 3 适用于腐蚀较严重的环境,如工业仪器设备室和其他的工业场所。金覆盖层在这些环境中容易发生孔蚀和裂隙腐蚀。

对试验方法 2、试验方法 3 和试验方法 4,试验时间 4 d~7 d 适用于覆盖层系统的外观评价,试验时间 4 d~10 d 适用于评价寿命期短的产品,试验时间 7 d~21 d 适用于评价对可靠性和寿命期要求较高的产品。

附 录 NA

(资料性附录)

GB/T 2423 的组成部分

GB/T 2423 的组成部分如下:

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温(IEC 60068-2-1:2007,IDT)

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温(IEC 60068-2-2:2007,IDT)

GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验(IEC 60068-2-78:2012,IDT)

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db 交变湿热(12 h+12 h 循环)(IEC 60068-2-30:2005,IDT)

GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击(IEC 60068-2-27:2008,IDT)

GB/T 2423.7—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ec:粗率操作造成的冲击(主要用于设备型样品)(IEC 60068-2-31:2008,IDT)

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)(IEC 60068-2-6:2007,IDT)

GB/T 2423.15—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ga 和导则:稳态加速度(IEC 60068-2-7:1986,IDT)

GB/T 2423.16—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 J 和导则:长霉(IEC 60068-2-10:2005,IDT)

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾(IEC 60068-2-11:1981,IDT)

GB/T 2423.18—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Kb:盐雾,交变(氯化钠溶液)(IEC 60068-2-52:1996,IDT)

GB/T 2423.19—2013 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Kc:接触点和连接件的二氧化硫试验(IEC 60068-2-42:2003,IDT)

GB/T 2423.20—2014 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Kd:接触点和连接件的硫化氢试验(IEC 60068-2-43:2003,IDT)

GB/T 2423.21—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 M:低气压(IEC 60068-2-13:1983,IDT)

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验 N:温度变化(IEC 60068-2-14:2009,IDT)

GB/T 2423.23—2013 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Q:密封(IEC 60068-2-17:1994,IDT)

GB/T 2423.24—2013 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Sa:模拟地面上的太阳辐射及其试验导则(IEC 60068-2-5:2010,IDT)

GB/T 2423.27—2020 环境试验 第2部分:试验方法 试验方法和导则:温度/低气压或温度/湿度/低气压综合试验(IEC 60068-2-39:2015,IDT)

GB/T 2423.28—2005 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 T:锡焊(IEC 60068-



2-20;1979, IDT)

GB/T 2423.30—2013 环境试验 第2部分:试验方法 试验XA和导则:在清洗剂中浸渍 (IEC 60068-2-45:1980/Amd 1:1993, MOD)

GB/T 2423.32—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ta:润湿称量法可焊性 (IEC 60068-2-54:2006, IDT)

GB/T 2423.33—2005 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Kca:高浓度二氧化硫试验 (DIN 50018:1997, MOD)

GB/T 2423.34—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验Z/AD:温度/湿度组合循环试验 (IEC 60068-2-38:2009, IDT)

GB/T 2423.35—2019 环境试验 第2部分:试验和导则 气候(温度、湿度)和动力学(振动、冲击)综合试验 (IEC 60068-2-53:2010, IDT)

GB/T 2423.37—2006 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验L:沙尘试验 (IEC 60068-2-68:1994, IDT)

GB/T 2423.38—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验R:水试验方法和导则 (IEC 60068-2-18:2000, IDT)

GB/T 2423.39—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ee和导则:散装货物试验包含弹跳 (IEC 60068-2-55:2013, IDT)

GB/T 2423.40—2013 环境试验 第2部分:试验方法 试验Cx:未饱和高压蒸汽恒定湿热 (IEC 60068-2-66:1994, IDT)

GB/T 2423.41—2013 环境试验 第2部分:试验方法 风压

GB/T 2423.43—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装 (IEC 60068-2-47:2005, IDT)

GB/T 2423.45—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验Z/ABDM:气候顺序 (IEC 60068-2-61:1991, MOD)

GB/T 2423.47—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fg:声振 (IEC 60068-2-65:2013, IDT)

GB/T 2423.48—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ff:振动时间历程和正弦拍频法 (IEC 60068-2-57:2013, IDT)

GB/T 2423.50—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验Cy:恒定湿热主要用于元件的加速试验 (IEC 60068-2-67:1995, IDT)

GB/T 2423.51—2020 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ke:流动混合气体腐蚀试验 (IEC 60068-2-60:2015, IDT)

GB/T 2423.52—2003 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验77:结构强度与撞击 (IEC 60068-2-27:1999, IDT)

GB/T 2423.53—2005 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Xb:由手的摩擦造成标记和印刷文字的磨损 (IEC 60068-2-70:1995, IDT)

GB/T 2423.54—2005 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Xc:流体污染 (IEC 60068-2-74:1999, IDT)

GB/T 2423.55—2006 电工电子产品环境试验 第2部分:环境测试 试验Eh:锤击试验 (IEC 60068-2-75:1997, IDT)

GB/T 2423.56—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fh:宽带随机振动和导则 (IEC 60068-2-64:2008, IDT)

GB/T 2423.57—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ei:冲击 冲击响应谱

GB/T 2423.51—2020/IEC 60068-2-60:2015

合成(IEC 60068-2-81:2003, IDT)

GB/T 2423.58—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fi:振动 混合模式  
(IEC 60068-2-80:2005, IDT)

GB/T 2423.59—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Z/ABMFh:温度(低  
温、高温)/低气压/振动(随机)综合

GB/T 2423.60—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 U:引出端及整体安  
装件强度(IEC 60068-2-21:2006, IDT)

GB/T 2423.61—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验和导则:大型试件砂尘试验

GB/T 2423.62—2018 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fx 和导则:多输入多输出振动

GB/T 2423.63—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验:温度(低温、高温)/低气压/振动  
(混合模式)综合

GB/T 2423.101—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验:倾斜和摇摆

GB/T 2423.102—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验:温度(低温、高温)/  
低气压/振动(正弦)综合

参 考 文 献

[1] Shigeo Suga, Shin Watanabe, Kohei Saito, Low-concentration chlorine gas measurement technology and its application to gas corrosion test instruments, Proceedings of 25th Kenkyuhappyoukai, Materials Life Society Japan, pp.65-70, July 2014

[2] Shigeo Suga, Kohei Saito, Developing New Gas Corrosion Test Instrument with "Chamber Exchange System", Proceedings of the 24th annual RCJ reliability symposium, Reliability Center for Electronic Components of Japan, pp.194—201, October 2014

---

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
环境试验 第 2 部分: 试验方法  
试验 Ke: 流动混合气体腐蚀试验

GB/T 2423.51—2020/IEC 60068-2-60:2015

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2020 年 6 月第一版

\*

书号: 155066 · 1-65003

版权专有 侵权必究



GB/T 2423.51-2020