



中华人民共和国国家标准

GB/T 20853—2007/ISO 16701:2003

金属和合金的腐蚀 人造大气中的腐蚀 暴露于间歇喷洒盐溶液和潮湿循环 受控条件下的加速腐蚀试验

Corrosion of metals and alloys—Corrosion in artificial atmosphere—
Accelerated corrosion test involving exposure under controlled conditions of
humidity cycling and intermittent spraying of a salt solution

(ISO 16701:2003, IDT)

2007-03-09 发布

2007-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准等同采用国际标准 ISO 16701:2003《金属和合金的腐蚀 人造大气中的腐蚀 暴露于间歇喷洒盐溶液和潮湿循环受控条件下的加速腐蚀试验》。

本标准等同翻译 ISO 16701:2003。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

——“本国际标准”一词改为“本标准”;

——用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;

——删除国际标准前言。

本标准附录 A、附录 B、附录 C 是资料性附录。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国科学院金属研究所、冶金工业信息标准研究院。

本标准主要起草人:王振尧、汪川、冯超、韩薇、柳泽燕。

引 言

间歇性喷雾试验方法可作为连续性喷雾试验方法的替代方法使用。这种试验结果与在氯离子有重要影响的环境中(盐来自于海水中或应用防冻盐的公路上)的暴露试验结果有更好的相关性。

在这种情况下,模拟大气腐蚀的加速腐蚀应包括循环暴露于以下环境的过程:

- a) 湿的阶段,在此阶段试样首先暴露在盐雾条件下,接着是保湿期,如此反复进行。在保湿期,样品表面保持潮湿。上述过程提供了长达几个小时的湿润状态的连续暴露;
- b) 控制循环湿度的阶段,试样通常被放置在一个相对高湿度和低湿度的相互交替的环境中。

这两个阶段应按照适当的次数循环。

本标准中所述的试验方法要求如下:

在第一个湿的暴露阶段,将 1%(质量分数)NaCl 水溶液用酸调整其 pH 为 4.2,喷射到被测试物品表面 15 min,以模拟工业区中存在的酸性沉降;接着是 1 h 45 min 的保湿期。按上述过程重复三次,使暴露处于湿的状态达 6 h。测试循环第一阶段的整个过程一周重复两次。如果盐雾喷洒过于频繁,或者在此阶段所用氯化钠溶液浓度过高,就会出现一些户外很少发生的现象。如:严重的红锈扩散成块,或锌的过量溶解。

测试循环的主要部分由湿度循环组成,即在 35℃的恒温下,在 95%RH 和 50%RH 之间交替。为了模拟湿度循环的湿的状态,设置的湿度值应接近于凝结极值,但能很好的控制测试条件在某个水平上。采用 100%的湿度条件,不可避免的会导致沉积在被测试物品上的盐量的失控。

本标准中所描述的试验方法主要是为了对比测试,其获得的结果,在测试金属材料所能使用的整个环境条件范围内,不能预测该材料在抗腐蚀性方面的进一步结论。但是,在材料暴露于类似测试中所使用的含盐环境中,该方法在相关性能方面提供了有价值信息。见附录 A。

金属和合金的腐蚀 人造大气中的腐蚀 暴露于间歇喷洒盐溶液和潮湿循环 受控条件下的加速腐蚀试验

1 范围

本标准详细说明了金属在有氯离子存在的环境下抗腐蚀性的测试方法,氯离子主要是来自海洋和公路除冰盐的氯化钠。

本标准规定了用于加速腐蚀测试的设备和试验过程,该试验以高度可控制的方式模拟了大气腐蚀条件。

本标准中金属包括具有腐蚀防护和不具有腐蚀防护的金属材料。

本实验室加速腐蚀试验适用于:

- 金属及其合金;
- 金属覆盖层(阳极性和阴极性的);
- 化学转化覆盖层;
- 金属上的有机覆盖层。

尤其适用于表面处理方法最优化的对比试验。

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。

ISO 4628-1 色漆和清漆 漆膜降解的评定 缺陷量和尺寸的命名以及外观均匀改变程度 第1部分:一般介绍和命名体系

ISO 4628-2 色漆和清漆 漆膜降解的评定 缺陷量和尺寸的命名以及外观均匀改变程度 第2部分:起泡等级的评定

ISO 4628-4 色漆和清漆 漆膜降解的评定 缺陷量和尺寸的命名以及外观均匀改变程度 第4部分:破裂程度的评定

ISO 4628-5 色漆和清漆 漆膜降解的评定 缺陷量和尺寸的命名以及外观均匀改变程度 第5部分:剥落程度的评定

GB/T 6461 金属基体上金属和其他无机覆盖层 经腐蚀试验后的试样和试件的评级 (GB/T 6461—2002,ISO 10289:1999,IDT)

GB/T 16545 金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除 (GB/T 16545—1996,ISO 8407:1991,IDT)

3 试验溶液

将氯化钠溶于电导率在 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下不超过 2 mS/m 的蒸馏水或去离子水中,配制成的盐溶液浓度为 $10 \text{ g/L} \pm 1 \text{ g/L}$ 。

表1是氯化钠中所允许的杂质最大含量。

表 1 氯化钠中所允许的杂质最大含量(以干盐计)

杂质	杂质的最大质量分数/%	注 释
铜(以干盐计)	0.001	杂质含量是用原子吸收分光光度计或其他具有相同精度的测量方法得到的
镍(以干盐计)	0.001	
碘化钠	0.1	—
杂质总量	0.5	—

用电位-pH 计测量盐溶液在 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下的 pH 值。用稀硫酸调整溶液的 pH 值为 4.2 ± 0.1 (如: 可在 1 L 的盐溶液中加入 1 mL 浓度为 0.025 mol/L 的硫酸)。

4 试验设备

4.1 盐雾箱

盐雾箱的设计应能获得下列试验条件,并能进行控制和监测。

在 35°C ,相对湿度在 50%~95% 范围内,设定湿度值的瞬时偏移最大值为 $\pm 4\%$,相应的温度精度要求在 $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 。对某一恒定条件,在 7 h~8 h 期间,相对湿度平均值的精度应是 $\pm 2\%$,相应的温度精度为 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 。

注:为了满足温度和湿度的精度要求,盐雾箱应配有高效的空气循环设备,以满足盐雾箱中小的温度和湿度变化。

箱的四壁及盖子要求充分隔热,以防止在这些表面上产生过多的冷凝。

盐雾箱的设计要求相对湿度变化同时间呈线性关系,在 2 h 内,相对湿度可从 95% 降到 50%,2 h 内相对湿度也可从 50% 升到 95%。合理的盐雾箱设计见图 B.1。

在试验循环期间,应连续不断的或有规律的监测盐雾箱中的湿度和温度,以保证在整个试验循环中相对湿度是处在规定的 95% 至 50% 范围内。可利用为测量高湿度而设计的湿度计来测量相对湿度,例如,高质量的温度和电容湿度计组合的传感器或金镜露点湿度计。测量温度最好使用 Pt100 传感器。

4.2 喷雾装置

安装在盐雾箱中的喷雾装置应能够产生分布均匀的垂直向下沉降的盐雾或小液滴,以 $15 \text{ mm/h} \pm 5 \text{ mm/h}$ 流速滴落在被测试物品上。

如果用一个聚集面积为 80 cm^2 的漏斗状收集器检测流速是否在规定的范围内,盐溶液的收集速率应为 $120 \text{ mL/h} \pm 40 \text{ mL/h}$ 。

喷雾装置最好由一些串联安装在横杆或管子上的喷嘴组成,这样就得到部分重叠的扇形喷射模式。制作喷雾装置或衬里的材料应抗盐溶液的腐蚀且不影响盐雾的腐蚀性。推荐使用含钼的不锈钢或塑料。合理的喷雾装置设计见图 B.2。

用过的盐溶液不得重复使用。

4.3 强制风干设备

盐雾箱应该配有强制空气风干系统,因为喷雾/湿滞留后,所有的测试物品很潮湿,需要干燥,且在合理的时间能重建试验环境。

空气风干最好由超冷和重新加热的内部循环气流组成。或用预先加热的空气通入盐雾箱来进行干燥。对于容积是 $1 \text{ m}^3 \sim 2 \text{ m}^3$ 的盐雾箱来说,推荐的空气流速为 $50 \text{ L/s} \sim 100 \text{ L/s}$ 。预先加热的空气温度不应使盐雾箱中最高温度超过 35°C 。

注:根据实际经验,预热的强制空气温度为 40°C 是适合的。

5 试样

5.1 根据被试材料或产品的有关规定选择试样的类型、数量、形状和尺寸。若无规定,应由相关双方协商确定。

5.2 对每个系列的试样应保持完好的数据记录,数据记录应包括以下信息:

- a) 试验材料的描述,如表面处理的材料;基体材料的种类、前处理、覆盖层类型、制作方法和干膜的厚度;
- b) 如果试验样品的涂层被有意破坏,应描述破坏部分的形状、位置以及破坏方式。还应详细说明测试期间破坏处放置的方位。
如果试样是从带有涂层的工件上切割下来的,不能损坏切割区附近的涂层。除另有规定外,必须用适当的覆盖层,如油漆、石蜡或胶带等对切割区进行保护,这些保护材料在试验条件下应是稳定的;
- c) 测试前的清洗过程;
- d) 参比材料或用于与试样对比的材料信息;
- e) 如何检测试样,要评估哪些性能,参见第7章。

6 试验步骤

6.1 试样放置

试样放在盐雾箱内且测试面朝上。试样表面在盐雾箱中的暴露角度非常重要。对于平板试样,测试面应与垂直方向成 $20^{\circ}\pm 5^{\circ}$ 。对于不规则试样,如整体工件,应尽可能接近上述规定。

试样支架应放置在盐雾箱内同一个水平面上。支架应用玻璃、塑料或是进行适当涂覆的木料等惰性非金属材料制作。如须悬挂试样,悬挂试样的材料不能是金属,而应是合成纤维、棉线或其他惰性绝缘材料。

6.2 试验条件

6.2.1 依照以下方案,对盐雾箱内的试样进行12 h的循环暴露。第1循环、第8循环、第15循环和随后的每个第7循环,采用6.2.3规定的A循环盐雾。其他循环采用6.2.2中的B循环。

注:从实际经验来看,最好在周一和周五进行盐雾试验,这样如果试验在周一开始,可以保证第1循环,第9循环,第15循环,第21循环,第29循环等采用A循环。其他循环采用B循环。

6.2.2 B循环由以下步骤组成,见图1:

- 步骤1 在 35°C ,95%RH下暴露4 h;
- 步骤2 在 35°C ,2 h内将相对湿度从95%线性减少到50%的条件下暴露;
- 步骤3 在 35°C ,50%RH下暴露4 h;
- 步骤4 在 35°C ,2 h内将相对湿度从50%线性增加到95%的条件下暴露。

6.2.3 A循环由以下步骤组成,见图2:

- 步骤5 在 35°C 盐雾箱中以流速15 mm/h向下喷雾15 min;
- 步骤6 在 35°C 下,将相对湿度值设为95%~99%,暴露1 h 45 min,这样试样会保持潮湿状态;

步骤5和步骤6依次再重复两次,保持总湿润时间为6 h。

- 步骤7 参见4.3,在相对湿度为50%,温度为 35°C 下,干燥试样4 h。必须在2 h内达到规定的湿度值,以使在试样和箱内部没有明显的湿迹;

- 步骤4 在 35°C ,2 h内将相对湿度从50%线性增加到95%的条件下暴露。

注1:在盐雾箱内对试样进行盐溶液的喷洒,可以用一种简单但不够理想的方法来替代,即在箱外人为将试样浸到盐溶液中。在这种情况下,最好用C循环来代替A循环。循环C由以下步骤组成:

- 步骤5a 从盐雾箱中取出试样, 35°C 下在规定的盐溶液中浸泡15 min,浸泡后将盐溶液人工喷洒到试样上,保持表面有液滴;
- 步骤6a 再次人工喷射,多余的盐溶液流掉后,将试样放回盐雾箱中,在 35°C ,相对湿度为95%~99%条件下放置1 h 45 min;

步骤5a和步骤6a依次再重复两次,保持总湿润时间为6 h。

——步骤3 在35℃,相对湿度为50%下暴露4 h;

——步骤4 在35℃,2 h内将相对湿度从50%线性增加到95%的条件下暴露。

从实际经验来看,最好在周一和周五进行人工浸渍,如果试验在周一开始,可以保证第1循环,第9循环,第15循环,第21循环,第29循环等采用C循环。其他循环采用B循环。

注2:为了避免其他金属溶解离子(还原时形成阴极)的污染,不能将不同的金属试样浸泡在同一个盐溶液中。

6.2.4 为检查试验结果的可重复性,有必要定时地确认试验的腐蚀性。

注:附录C规定了采用参比试样评价腐蚀性的方法。

6.3 试验持续时间

试验的持续时间应根据被试材料或产品的有关规定选择。若无规定,应由相关双方协商确定。

注:附录A中给出了评价不同种类金属抗腐蚀性能所需的暴露时间。

6.4 试验后试样的处理

试验结束后取出试样,清洗前允许干燥0.5 h~1 h,以减小腐蚀产物损失。在检测之前要小心地将试样表面残留的盐雾溶液除去。

注:可用温度不高于40℃的清洁流动水轻轻清洗以除去试样表面残留的盐溶液,再立即吹风。吹风时,试样距离出风口大约为300 mm,气流压力不超过200 kPa。

7 试验结果的评价

为满足特定要求,试验结果的评价有许多不同的标准,例如:

- a) 试验后的外观;
- b) 除去表面腐蚀产物后的外观;
- c) 腐蚀缺陷,如点蚀、裂纹、气泡等的分布和数量;可以根据ISO 4628-1,ISO 4628-2,ISO 4628-4,ISO 4628-5和GB/T 6461所规定的方法进行评定;
- d) 开始出现腐蚀的时间;
- e) 质量变化及根据GB/T 16545标准进行金属质量损失评价;
- f) 微观检查结果;
- g) 力学性能变化。

注:合适的评价覆盖层或产品的标准是在具备很丰富的工程实践经验基础上确定的。

8 试验报告

试验报告包含以下信息:

- a) 本标准号;
- b) 试验设备的描述;
- c) 试样的类型、设计、几何尺寸,以及形状;试样被测表面面积和状态;
- d) 根据5.2的补充数据,如试样的制备,包括试验前的清洗和对试样边缘的保护措施;
- e) 试验过程中,测试面的倾斜角度;
- f) 循环次数或试验持续时间;
- g) 试验过程中,检查的频率和间隔;
- h) 试验的腐蚀性;
- i) 与前面描述的测试方法的偏差;
- j) 根据第7章最终评价试样的结果,如无涂层试样的质量和厚度损失,带涂层试样的鼓泡及剥落宽度。

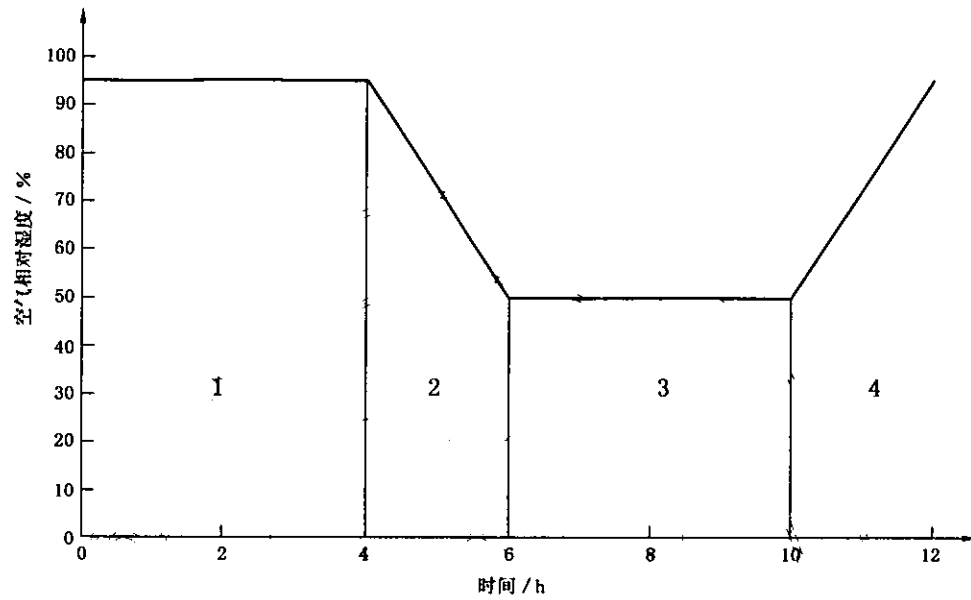


图 1 依次由步骤 1、步骤 2、步骤 3 和步骤 4 组成的无喷淋的 B 循环

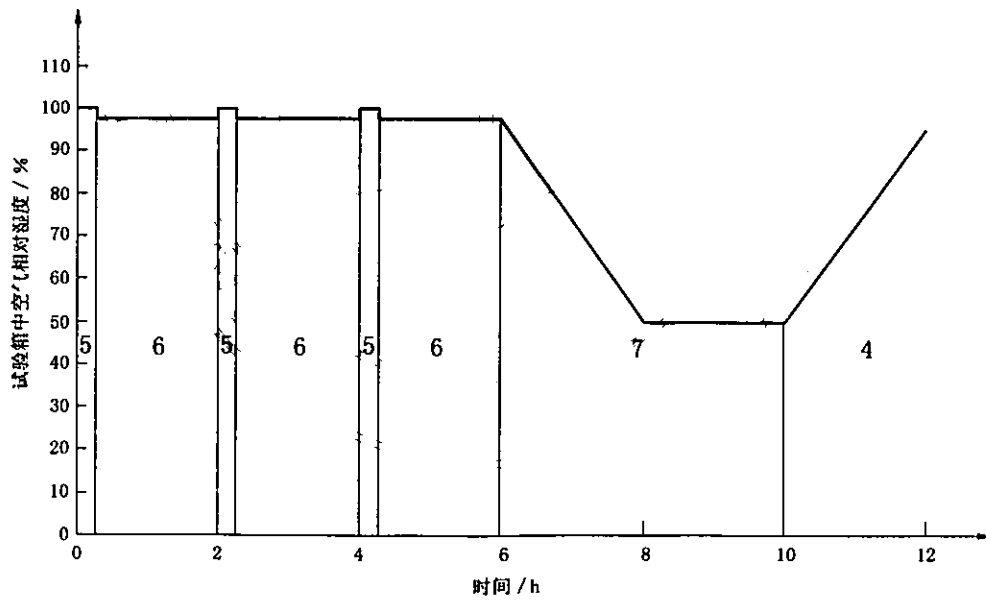


图 2 依次由步骤 5、步骤 6、步骤 5、步骤 6、步骤 5、步骤 6、步骤 7 和步骤 4 组成的有喷淋的 A 循环

附 录 A
(资料性附录)
推荐的试验周期

总的来说,评价任何裸金属(合金)或带有薄层转化涂层的金属,或用金属的、无机的或有机的涂层保护金属,6周就足够了。对于评价高质量的涂层体系,推荐试验12周。

表 A.1 说明了对于冷轧碳钢和纯锌(质量分数为 99.9%),所推荐的试验周期与两种不同的室外暴露试验条件之间的相关性。

注:如采用 6.2.3 注中提到的更简单的替代方法,试验的腐蚀性,换句话说,也就是冷轧碳钢和纯锌在经过不同的试验周期后的厚度损失的情况将与表 A.1 给出的不同。在这种情况下,试验时间的选择应基于参比试样经过不同试验周期之后,金属的厚度损失而定。

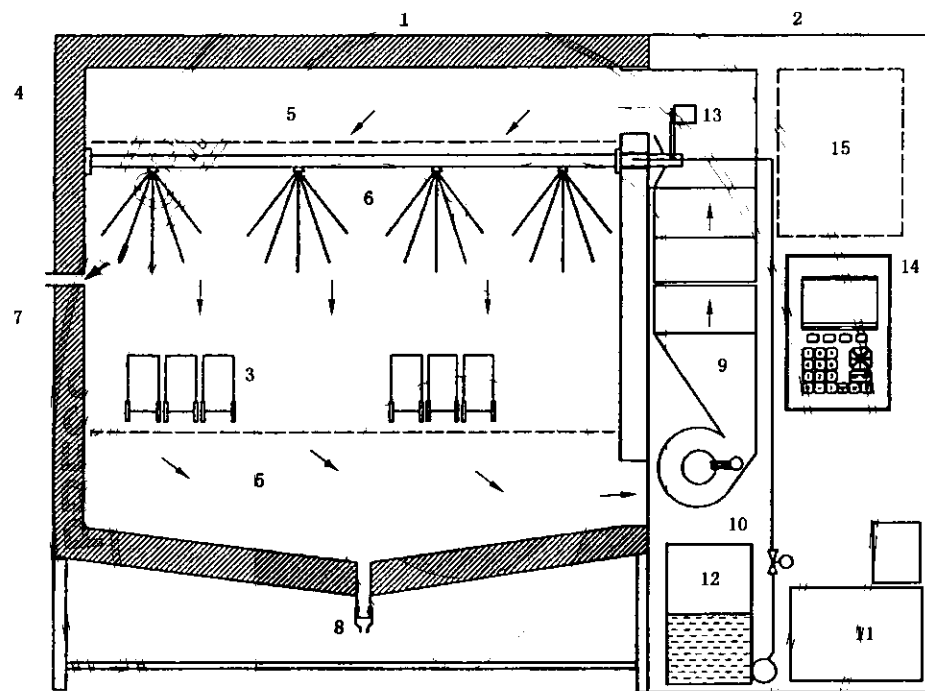
表 A.1 不同腐蚀试验下金属损失的比较

测试材料	试验后金属的厚度损失/ μm		
	根据本标准	车辆上垂直暴露试验 2 年 ^[5]	根据 GB/T 19292.1—2003 ^[2] 中 C5 等级的第一年数据
冷轧碳钢	115~130(暴露 4 周) 180~220(暴露 6 周) 315~385(暴露 12 周)	80~150	80~200
纯锌	5~7(暴露 4 周) 7~10(暴露 6 周) 15~20(暴露 12 周)	5~8	4.2~8.4

附 录 B
(资料性附录)
盐雾箱的合理设计

B.1 盐雾箱

见图 B.1。



- 1——测试箱；
- 2——机械装置单元；
- 3——放置样品区；
- 4——隔热壁/盖子；
- 5——空气分流隔板；
- 6——带喷嘴的摆杆；
- 7——排气口；
- 8——盐溶液出口；
- 9——环境提供单元(冷却/加热/湿度化)；
- 10——Pt100 传感器；
- 11——冷却装置；
- 12——盛装喷射溶液的容器和压力泵；
- 13——马达和与摆杆相连的连接杆；
- 14——控制单元；
- 15——电子调整装置。

图 B.1 盐雾箱

B.2 喷射架的设计

见图 B.2。

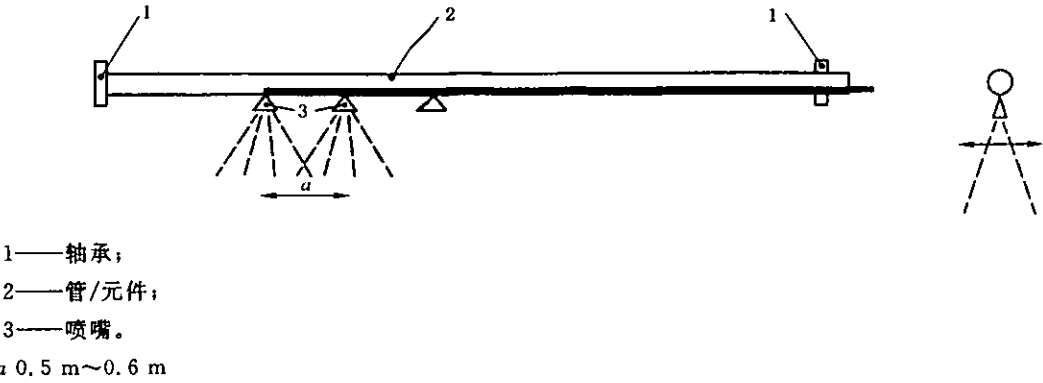


图 B.2 喷射架的设计

原则：摇管或元件支撑搭接的平喷射喷嘴。

推荐喷嘴类型：喷射系统 UniJet80O050VP。将喷嘴以 0.5 m~0.6 m 的间隔安装在支撑管上（大约在试样上方 1 m 处）。

摇摆模式：通过用轴承将支撑管（自由转动、一端伸进箱壁内）和箱外的连接杆、旋转设备连接起来来实现。

沉积：在整个长方形测试区（2 m³，每排 4 个喷嘴）沉积速率为 15 mm/h±5 mm/h。

附录 C

(资料性附录)

试验腐蚀性的评价方法

C.1 参比试样

根据本标准,为了测量试验期间盐雾箱中的腐蚀性,使用四个参比试样,每个试样:

- a) 符合 ISO 3574 中 CR4 级精度的钢,表面没有孔隙、伤痕和划痕,具有粗糙的表面光洁度(表面粗糙度 $Ra=1.3\ \mu\text{m}\pm 0.4\ \mu\text{m}$);
- b) 杂质含量小于 0.1%(质量分数)的锌。

参比试样的大小应为 $50\ \text{mm}\times 100\ \text{mm}\times 1\ \text{mm}$ 。

测试前,应用烃类溶剂仔细清洗参比试样以去除能影响腐蚀速率测量结果的明显的污迹、油迹或其他外来物质。干燥后,称量参比试样精确至 0.1 mg。

用可去除性涂层保护试样背面,如吸附性塑料膜。

C.2 参比试样的放置

将每一种材料的四个参比试样放置在盐雾箱四角,未进行保护的表面朝上,并与垂直方向成 $20^\circ\pm 5^\circ$ 的角度。

用惰性材料如塑料制成或涂覆参比试样支架,并且放置在与试样相同的高度上。

C.3 质量损失的测定

试验结束后,立即去除保护性涂层。接着按照 GB/T 16545 中所述的通过反复清洗去除腐蚀产物。采用下面的化学清洗步骤:

- a) 对于碳钢,在 1 000 g 盐酸($\rho_{20}=1.18\ \text{g/mL}$)中加入 20 g Sb_2O_3 和 50 g SnCl_2 ,配制成溶液;
- b) 对于锌,在 1 000 mL 去离子水中加入 $250\ \text{g}\pm 5\ \text{g}$ 的 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ (p. a.) 配成饱和的氨基乙酸溶液。

两种情况的化学清洗工序最好都是在室温 $20^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ 下,重复浸渍 5 min。每次浸渍后,应在室温下彻底清洗试样:流动水洗,然后轻轻地刷洗,用乙醇冲洗,再进行干燥。以接近 1 mg 的精度称重参比试样,按 GB/T 16545 中所述绘制质量对实际清洗循环次数曲线。

注:为使腐蚀产物在浸渍过程中高效率溶解,连续搅动溶液是重要的。为了增加溶解速率,最好使用超声清洗。

如 GB/T 16545 中所述,从质量对清洗次数曲线上可以测得去除腐蚀产物后试样的真实质量。从试验前参比试样的最初质量值中减去这个数,并且将所得的数除以参比试样暴露面积,得到参比试样每平方米的质量损失,将其除以金属的密度(碳钢的密度为 $7.86\ \text{g/cm}^3$,锌的密度为 $7.14\ \text{g/cm}^3$),即转换成腐蚀深度,单位 μm 。

C.4 试验仪器运行良好

如果每个样品的质量损失都在附录 A 中给出的范围内,则认为测试仪器运行良好。

注:如果采用较简单的盐雾暴露,参见附录 A 中的注释。

参 考 文 献

- [1] ISO 3574 商品级和冲压级冷轧碳素钢板.
 - [2] GB/T 19292.1—2003 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 分类(ISO 9223:1992,IDT).
 - [3] GB/T 10125—1997 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验(eqv ISO 9227:1990).
 - [4] STROM,M.,STROM,G.,Ooij,W. J.,Sabata,A.,Edwards,R. A.,Ramamurthy,A. C.,用高性能的盐雾箱模拟汽车在户外大气腐蚀的统计设计研究—工作进展报告,SAE 技术论文 912282,400 联邦驱动器,Warrendale,PA15096-0001 USA.
 - [5] STROM,M.,STROM,G.,实验室条件下模拟汽车在户外大气腐蚀的统计设计研究—材料的 AISI 外观腐蚀趋势的沃尔沃汽车报告,SAE 技术论文 932338,400 联邦驱动器,Warrendale, PA 15096-0001 USA.
-