国际标准

ISO 11997-1

第三版

2017-8

色漆和清漆－耐循环腐蚀试验的测定－

第 1 部分：

湿润（盐雾）/干燥/潮湿

参考编号
ISO 11997-1：2017(E)

ISO 2017

目录

前言 3
简介 4
1. 范围 5
2. 规范性引用文献 5
3. 术语和定义 6
4. 原理 6
5. 盐雾试验用溶液 6
6. 试验装置 7
6.1 喷雾箱 7
6.2 热鼓风机 7
6.3 盐溶液喷雾装置 7
6.4 干燥空气供给 7
6.5 收集装置 8
6.6 试板架 8
6.7 控制设备 8
7. 取样 8
8. 试板 8
8.1 材料和尺寸 8
8.2 试板的制备和涂装 8
8.3 干燥和状态调节 8
8.4 涂层厚度 9
8.5 划线的制备 9
9. 试板暴露方法 9
10. 运行条件 9
11. 程序 10
12. 试板的检查 10
13. 精密度 10
14. 试验报告 11
附录 A（规范性）循环 A 12
附录 B（规范性）循环 B 13
附录 C（规范性）循环 C 14
附录 D（规范性）循环 D 15
附录 E（资料性）盐雾试验箱在设计和制造中应考虑的因素 16
参考文献 17
译者后记 18

前言

ISO（国际标准化组织）是各个国家的标准化机构（ISO 成员团体）共同组织的世界性联合机构。国际标准的制订工作由 ISO 技术委员会负责。每个成员团体都有权派代表参加所关注课题的已建立的技术委员会。各政府性或非政府性的国际组织，凡与 ISO 有联系的，也都参与这项工作。有关电工标准化方面的内容，ISO 与国际电工委员会（IEC）保持着密切合作关系。

本文件的制订和进一步修订程序在 ISO/IEC 指令中第 1 部分中有描述，宜特别注意，针对不同类型的 ISO 文件，有不同的审批标准。本文件的起草符合 ISO/IEC 指令中第 2 部分的相关规则（见 www.iso.org/directives）。

请注意本文件有些部分可能涉及专利权。ISO 不对识别这些专利权负责。关于制订该文件所涉专利权的细节，都将包含在简介和/或收到的 ISO 专利声明清单中（见 www.iso.org/patents）。

本文档中使用的任何商业名称都是为了方便用户而提供的信息，而不是构成背书。

关于标准的自愿性质、与符合性评估有关的 ISO 特定术语和表达的含义，以及关于 ISO 在技术性贸易壁垒（TBT）中遵守世界贸易组织（WTO）原则的信息等方面的解释，请参见以下内容。URL：http://www.iso.org/iso/foreword.htmL。

这个国际标准是由 ISO/TC35 技术委员会，色漆和清漆的一般试验方法 SC9 分委会制订的。

经过技术修订的本第三版取代了第二版（ISO 11997-1：2005）。

与先前版本相对比，主要的变化如下：

—在试板上看不到凝结水珠的时间（见 6.4）已更改；

—增加了参照 ISO 4628-8 对划线处或其他人为缺陷周围脱落和腐蚀程度的评估；

—增加了参照 ISO 4620-10 对丝状腐蚀程度的评估；

—之前附录 A 中的补充测试条件已经整合到测试报告中；

—附录的编号和顺序发生了变化；

—附录 A 至附录 D 中盐溶液 pH 值的调整程序已按 ISO 9227 实施；

—文本已尽可能与最新版本的 ISO 9227 保持一致。

ISO 11997 标准的所有部分都能在 ISO 官网上找到。

简介

色漆、清漆和类似材料的涂层暴露于本文件规定的四个干湿循环中的一个（见附录 A 至附录 D），在试验箱中使用规定的盐溶液，以便在实验室中模拟在恶劣的户外条件下（如海洋环境）发生的过程。通常，由于影响参数很多，因此无法期望这类实验室测试与户外老化之间的关联性。只有当重要参数（例如污染物的性质、相关光化学区域的入射辐照度的光谱分布、样本的温度、润湿的类型和循环以及相对湿度）对涂层的影响已知时，才能预期其关联性。与户外老化相比，在试验箱中进行的实验室测试减少了可控制参数的数量，因此结果更具可重现性。所描述的方法也可以提供一种核查涂料或涂料体系质量能否维持的方法。

该方法在比较不同涂层的耐循环盐雾性能时是有用的。它在比较一系列涂层试板在耐循环盐雾方面表现出的显著差异时是最有用的。

本文件中包含的循环试验已在行业中成功地用于性能评估，并有书面证据。这些循环可以总结如下。

— 循环 A（见附录 A）：这个循环在日本汽车标准 JASO m609 -91 和 JASO M610-92 中有规定。

— 循环 B（见附录 B）：这是基于 VDA 621-415 循环，在欧洲广泛使用。研究还表明，热固性涂料在车辆腐蚀中与自然老化具有良好的关联性。

— 循环 C（见附录 C）：这个循环是在英国开发的，用于水溶性和乳胶漆体系，并已被证明与自然老化具有良好的关联性。

— 循环 D（见附录 D）：这个循环在日本标准 JIS K 5621-2003 中有规定。

其他循环将在本文件的后续修订中添加，因为它们是为评估其他类型油漆而开发的。

ISO 11997-2 描述了测定涂料耐循环腐蚀性能的方法，该方法包括将紫外线暴露作为循环的一部分。它被发现用于工业维护涂料时与自然老化的关联性较好。

国际标准 **ISO 11997-1：2017**

色漆和清漆-耐循环腐蚀试验的测定—

第 1 部分：

湿润（盐雾）/干燥/潮湿

1. 范围

本文件规定了一种方法，用于采用规定的溶液测定涂层对湿润（盐雾）/干燥/潮湿条件下的四个定义循环之一的耐腐蚀性。

2. 规范性引用文件

在本文中提及以下文件时，其部分或全部内容构成本文件的要求。对于注明日期的引用文件，只适用所引用的版本。对于未注明日期的引用文件，其最新版本（包括任何修订）适用于本文件。

ISO 1513 色漆和清漆—试样的检查和制备

ISO 1514 色漆和清漆—试验用标准试板

ISO 2808 色漆和清漆—膜厚的测定

ISO 3270 色漆和清漆及其原材料—调节和试验用的温度和湿度

ISO 3696 分析实验室用水—技术要求和试验方法

ISO 4628-1 色漆和清漆—涂层老化的评价—缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识—第 1 部分：总则和标识体系

ISO 4628-2 色漆和清漆—涂层老化的评价—缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识—第 2 部分：起泡等级评定

ISO 4628-3 色漆和清漆—涂层老化的评价—缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识—第 3 部分：锈蚀等级评定

ISO 4628-4 色漆和清漆—涂层老化的评价—缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识—第 4 部分：开裂等级评定

ISO 4628-5 色漆和清漆—涂层老化的评价—缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识—第 5 部分：剥落等级评定

ISO 4628-8 色漆和清漆—涂层老化的评价—缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识—第 8 部分：对划线或其它人造缺陷周边的剥落和腐蚀等级评定

ISO 4628-10 色漆和清漆—涂层老化的评价—缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识—第 10 部分：丝状腐蚀等级评定

ISO 15528 色漆、清漆及其原材料—取样

ISO 17872：2007 色漆和清漆—腐蚀试验时对金属板上涂层划线的指南

3. 术语和定义

没有术语和定义列在本文件中。

ISO 和 IEC 在下列网址维护用于标准化的术语数据库：

—IEC Electropedia： http://www.electropedia.org

—ISO 在线浏览平台：https://www.iso.org/obp

4. 原理

一块涂层试板暴露于由湿润（盐雾）/干燥/潮湿构成的循环腐蚀测试计划中，然后由相关各方根据事先商定的准则对暴露结果进行评估，这些准则通常具有主观性。

5. 盐雾试验用溶液

将附录 A、B、C 和 D 中列出的盐溶解在至少符合 ISO 3696 等级 2 的水中来制备所需浓度的盐雾试验溶液。

这些盐必须是分析纯级的，并且含有铜（Cu）、镍（Ni）和铅（Pb）等重金属的质量分数总计小于 0.005%。按干盐计算，碘化钠的质量分数不得超过 0.1%，总杂质的质量分数不得超过 0.5%。

注 1：氯化钠加抗结块剂可作为缓蚀剂或加速剂。一个有用的氯化钠盐等级是命名为 Ph. Eur/USP 或 JIS, ACS 的等级。

如果溶液的 pH 值超出要求范围（见附录 A、B、C 和 D），则应调查盐或水中或两者中是否存在不需要的杂质。使用电位计测量方法检查 pH 值。pH 值的测量应使用适用于在去离子水中的弱缓冲氯化钠溶液中测量的电极。对 pH 必要的修正，应当采用加入适当浓度的盐酸、碳酸氢钠或者分析纯级氢氧化钠进行调整。

注 2：需要注意的是，由于喷淋时溶液中二氧化碳的损失或环境大气中二氧化碳的溶解，pH 值可能发生变化。可以通过减少溶液中的二氧化碳含量来避免这种变化。例如，在将其放入试验箱之前将其加热到 35℃以上的温度，或者用新煮沸的水制作溶液。

在将溶液放入试验箱的储液池之前应对其进行过滤，以去除可能堵塞喷淋装置的任何固体物质。

6. 试验装置

通常的实验室装置和玻璃器皿，连同下列物品。

6.1 喷雾箱

用耐喷射溶液腐蚀的材料制成或加内衬，并具有防止凝结的湿气滴到试样上的顶部。由于小于0.4 m^3 的喷雾箱容量有限，因此应仔细考虑箱的容量对喷雾和温度分布的影响。溶液不应直接喷在测试样品上，而应在整个箱内中扩散，使其自然落在测试样品上。

箱体的尺寸和形状应使盐雾沉积速率在附录 A、B、C 和 D 规定的限制范围内。

注：体积大于 2 m^3 的喷雾箱，在设计和制造中必须仔细考虑，否则操作起来会比较困难。

在箱体的设计和施工中应考虑的因素列于附录 E。

如果试验箱已用于喷雾试验或用于任何其他目的，并已使用过与当前测试循环规定不同的溶液，则在使用前应彻底清洁。

6.2 热鼓风机

能够将箱体及其内容物保持在规定的温度并达到所需的升温速率（见附录 A、B、C 和 D）。温度应由放置在箱体内距离箱壁至少 100mm 的恒温元件控制。

6.3 盐溶液喷雾装置

由一个可控制压力的清洁压缩空气的供应系统，一个储存要喷射的溶液的容器和一个或多个由耐溶液腐蚀的材料制成的雾化器组成。每个雾化器的压缩空气供应应通过过滤器以去除所有微量的油或固体物质，应根据雾化器喷嘴的类型维持适当的压力，并应调整到使喷雾在箱中收集的速率和浓度保持在规定的范围内（见附录 A、B、C 和 D）。

装有待喷溶液的贮液器应是由耐溶液腐蚀的材料制成，并应具有能向雾化器输送恒定流量溶液的装置。

雾化器应由惰性材料，例如玻璃或塑料制成。

注：挡板可用于防止喷雾直接冲击试件，使用可调节挡板有助于喷雾在整个箱体内均匀分布。

6.4 干燥空气供给

相对湿度为 20%至 30%的干燥空气用于循环 A 和 D（见附录 A 和 D），相对湿度（50±20)）%的空气用于循环 B 和 C（见附录 B 和 C）。空气应当通过一个过滤器来去除所有油或固体物质。应具有足够的空气流量以确保在循环 A 和 D 规定的干燥时间之后，以及在循环 C 的干燥阶段开始后 45-75 分钟后，面板上没有可见的水珠。试板不得采用箱壁内的加热器干燥。

注：通常的做法是将箱体通风到实验室外的大气中。

6.5 收集装置

至少需要两个化学惰性材料制成的收集装置（见注）。收集装置应置于放置试板的箱内区域，一个靠近雾化器，另一个远离雾化器。它们的设置应只是收集喷雾，而不是收集从试板或箱内部件滴落的液体。如果使用两个或两个以上的雾化器，则收集装置的数量应至少是雾化器数量的两倍。

注：将玻璃漏斗的茎部插入到有刻度的圆柱体中，已被发现是合适的收集装置。直径为 100 mm 的漏斗的收集面积约为 80 cm^2。

6.6 试板架

由惰性非金属材料，如玻璃、塑料或适当涂覆的木材制成。在特殊情况下，试板可能会被悬挂，在这种情况下，使用的材料应为合成纤维、棉线或其他惰性绝缘材料；在任何情况下都不得使用金属材料。所有试架应放置在箱体内的同一水平面上，以防止溶液从一层的试板或试架滴到下面放置的其他试板上。

6.7 控制设备

用于提供在附录 A、B、C 和 D 中规定的湿润（盐雾）/干燥/潮湿循环次数和温度。

7. 取样

按 ISO 15528 中所述，取待测产品的代表性样品（或多涂层系统中每个产品的代表性样品）。

按照 ISO 1513 的要求检查和制备每个试样。

8. 试板

8.1 材料和尺寸

除非另有规定或约定，试板应采用符合 ISO 1514 标准的光洁钢板，最小尺寸为 100mm × 70mm × 0.3 mm。

8.2 试板的制备和涂装

除非另有规定，按照 ISO 1514 制备每个试板，然后用规定的方法将待测产品或体系涂覆。

除非另有规定，否则试板的背面和边缘应涂覆被测产品或体系。

如果试板背面和边缘的涂层与被试产品不同，则应比被试产品具有更强的耐腐蚀性。

8.3 干燥和状态调节

在规定的条件下，将每个涂覆的试板干燥（或烘烤）和老化（如果适用）至规定的时间，然后，除非另有规定，将其在 ISO 3270 规定的温度和相对湿度下放置至少 16 小时，空气自由流通，不要

直接暴露在阳光下。然后应尽快执行测试程序。

8.4 涂层厚度

用 ISO 2808 中规定的一种非破坏性方法测定干燥涂层的厚度（以微米为单位）。

8.5 划线的制备

除非另有说明，否则按如下方法划直线，划线穿透涂层至底材，最小宽度为 0.2 mm。

要制作划线，请使用单刃切削工具。如 ISO 17872：2007 中图 2a)所示，划痕应有一个向上渐宽的横截面，露出金属基材的宽度为 0.2 mm 至 1.0 mm。清除划线附近任何松散的碎屑。

不要用刀割来划线。

对于铝板，制作两条相互垂直但不相交的划线。一条划线与轧制方向平行，另一条划线与轧制方向成直角。

除非另有约定，否则所有划线彼此之间和与试板的任何边缘之间的距离应至少为 20 mm。

两条相互平行的划线也可以采用。除非另有约定，否则划线应与试板的长边平行。

在划线操作过程中需要仔细，以确保结果的一致性。

9. 试板暴露方法

试验箱内试板的放置应使其不在雾化器喷出的喷雾路径上。

将试板朝上放置，与垂直方向成（20±5）°角。

每个试板在试验箱中暴露的角度非常重要。

有时需要暴露不同形状的涂漆部件。在进行此类试验时，特别重要的是要使成形部件以他们正常使用情况下的角度来暴露。在满足这一限制的同时，部件的放置也应尽量减少对流动（译者注：气流或喷雾流）的干扰。此外，如果涂漆部件的形状干扰了流动的主要方向，则不能同时测试其他试板和部件。

涂膜破坏的程度可能随试样放置方向的不同而变化，在解释试验结果时应适当考虑这一点。

排布试板，使它们不会相互接触或与箱体接触，以便待测试的表面只暴露在喷雾自由沉降的地方。

建议每天变换试板的位置，以确保箱内的位置效应不影响老化过程。

10. 运行条件

将试验箱设置为在整个试验过程中仅在所需的喷雾循环运行。测量盐雾沉积速率。每个收集装置（6.5）在最小测量周期为 24 小时所测得的水平收集面积为 80 cm^2 的溶液的平均收集率应符合

相应的附录（见附录 A、B、C 或 D）中给出的要求。这样可以更准确地评估沉积速率，因为在干燥循环过程中，水会从收集装置中蒸发掉。

收集的溶液的浓度应符相应附录中给出（见附录 A、B、C 或 D）的要求。

除非另有说明，否则应按照规定的循环（参见附录 A、B、C 或 D）运行试验箱，并按照规定的时间运行循环试验。

不要重复使用已经喷过的试验溶液。

11. 程序

除非另有约定，测试应一式两份。

按第 10 条所述设置试验箱并使之稳定运行。

按照第 9 条的规定将试板布置在试验箱（6.1）中。

建议在每个系列的试板中包括一个已知耐久性的涂料的对照样品，并将其在试验箱内不同位置暴露。

关闭试验箱，启动盐溶液喷雾。在规定的试验周期内连续运行循环，除了每日短暂中断（见第 12 条）以检查、重新排布或移除试板，检查雾化器，检查和补充储液池中的溶液，并进行任何必要的记录。

12. 试板的检查

按照相关各方事先约定的验收准则进行定期检查。

尽快检查试板，注意不要损坏被测试的表面。在任何一个 24 小时内，关闭试验箱的时间不能超过 30 分钟。在干燥阶段检查试板。如果由于任何原因不能这样做，请关闭试验箱，但不要让试板变干，并尽快重新启动试验箱。

在规定的试验周期结束时，将试板从试验箱中取出并用清水冲洗以去除表面残留的盐溶液。根据 ISO 4628-1、ISO 4628-2、ISO 4628-3、ISO 4628-4、ISO 4628-5、ISO 4628-8 和 ISO 4628-10，立即检查试板表面的老化现象。

如果需要，在规定的时间内将试板保持在 ISO 3270 规定的标准环境中，并重新检查测试表面的老化现象。

如果需要检查底材是否有受侵蚀的迹象，除非另有规定，否则应使用无腐蚀性的除漆剂去除涂层。

13. 精密度

由于评定的主观性质，精密度的概念不适用于本文件（见第 4 条）。精密度取决于许多因素，

包括以下因素：

—评定方法（即 ISO 4628-1、ISO 4628-2、ISO 4628-3、ISO 4628-4、ISO 4628-5、ISO 4628-8 和 ISO 4628-10）；

—试板的制备；

—涂层厚度；

—试板的干燥和状态调节；

—划线的制备。

14. 试验报告

试验报告至少应包括以下内容：

a）识别被试产品所需的所有信息；

b）注明参照本文件（即 ISO 11997-1）；

c）所使用的循环；

d）试板的制备细节，包括：

1）基材的材质、厚度及表面处理（见 8.1、8.2）；

2）涂层材料涂覆到基材上的施工方法，包括在多涂层体系的情况下涂层之间的干燥持续时间和条件，以及试板边缘和背面的密封细节（如有要求）（见 8.2）；

3）试验前涂层干燥（或烘烤）和老化（如适用）的持续时间和条件（见 8.3）；

4）干涂层的厚度（以微米为单位）和使用的 ISO 2808 中的测量方法，以及是单涂层还是多涂层体系（见 8.4）；

5）暴露前是否进行划线，如果是，划线工具的类型，每个划线的位置和任何其他所需的信息（见 8.5）；

e）试验的持续时间（见第 10 条或相应的附录 A、B、C、D），

f）试板位置是否改变（见第 9 条）；

g）如何对试验涂层进行检查，在评价其耐湿润（盐雾）/干燥/潮湿性能时应考虑哪些特性（见第 12 条）；

h）按规定要求表示的试验结果（见第 12 条）；

i）与规定的试验方法的任何差异；

j）试验过程中观察到的任何异常现象；

k）实验日期。

上海暄洋化工材料科技有限公司（简称“暄洋化学”英文“SUNVEA Chemical”）是绿色防腐蚀涂料的倡导者和技术领先者，是水性无机富锌涂料和配套重防腐涂料的研发者和技术应用推广者。暄洋化学以“提供高性能防腐涂料和整体涂装解决方案”为使命，致力于为客户提供超值的产品和服务，实现与相关利益主体的共同发展。

特色技术：1）**全配套防腐蚀涂料**：提供工程级全部配套的防腐蚀和防火涂料。2）**无机纳米涂料技术**：水性无机富锌底漆，水性车间底漆技术独树一帜。3）水性涂料分散技术：环氧、聚氨酯、丙烯酸、醇酸类涂料的水性化技术。**4）高固体分涂料降粘技术**：传统涂料固含提升 30-60%，VOCs 略大于无溶剂涂料。5）**无溶剂涂料有机无机杂化技术**：采用纳米硅预聚体使得无溶剂涂料粘度降低到普通涂料水平。6）**维修用低表面处理技术**：采用低粘度、慢反应、高渗透和噬水化合物解决缝隙腐蚀等维修难点。

核心产品：1）水性车间底漆：VOCs 小于 20 克/升；2）水性无机富锌底漆：施工性能好，防腐期限有希望到五十年；3）传统环氧富锌底漆、环氧云铁中间漆、脂肪族聚氨酯面漆；4）氟碳面漆、聚硅氧烷面漆（竞争优势）；5）冷喷锌底漆；6）抗滑移底漆；7）石墨烯系列涂料；8）高强度低表面改性环氧底漆；9）传统涂料的高固体分型号；10）耐高温银粉装甲漆；11）纳米硅特种涂料（无溶剂低粘度）；12）工程维修用渗透性低表面处理环氧漆；13）环氧基膨胀型钢结构防火涂料（烃类燃烧）；14）非膨胀型钢结构防火涂料；15）膨胀型钢结构防火涂料；16）水性钢结构防火涂料。

工程案例：珠机城际金海特大桥、上海虹桥高铁站、苏州东方之门，上海静安嘉里中心等重点工程数百项。

获得荣誉：中国钢结构协会技术创新奖等。

联系方式：上海市松江区新飞路 1500 弄 33 号（公司），四川省广安经济技术开发区新桥园区科塔大道 5 号（工厂）；021-67601509　67601519 13402021290　0826-62666769　www.sunvea.com


中国钢结构协会技术创新奖

证书



附录 A（规范性）
循环 A

A.1 盐溶液的制备

按第 5 条所述制备喷雾溶液。将氯化钠溶解于水中，使其浓度为（50±5）g/L。

A.2 盐溶液的收集

调整盐溶液的 pH 值（参见 A.1），使在（25±2）℃下，试验箱内收集的喷雾溶液的 pH 值为 6.5 至 7.2。使用电位计测量方法检查 pH 值。pH 值的测量应使用适用于在去离子水中的弱缓冲氯化钠溶液中测量的电极。加入分析纯极盐酸、氢氧化钠或碳酸氢钠溶液进行必要的校正。在 24 小时的时间周期内收集盐雾时，盐雾沉降量应为 1 mL/h 至 2 mL/h（见第 10 条）。

A.3 循环

设置试验箱执行表 A.1 所示的循环。

表 A.1—循环 A 的试验参数

步骤	时间 h	温度 ℃	条件	备注
1	2	35±2	盐雾	--
2	4	60±2	干燥：相对湿度 20%至 30%	--
3	2	50±2	湿润：相对湿度 95%或以上	--
4	返回从步骤 1 又开始			从步骤 1 到步骤 3 的总循环时间为 8 小时。
	过渡时间（即在转到另一条件规定的温度和相对湿度所允许的时间）			从盐雾到干燥：30 分钟内 从干燥到湿润：15 分钟内 从湿润到盐雾：30 分钟内 盐雾的影响原则上是瞬时的。 干燥气流的详细说明请参见 6.4。
设定点和运行波动范围可以彼此独立列出，也可以如下格式列出：设定点±运行波动范围。设定点是传感器在用户设定的操作控制点上使用时的目标条件。运行波动范围是指在平衡操作期间，校准控制传感器的读数所指示的控制点与指定设定点的偏差，不包括测量不确定度。在运行控制点上，运行波动范围不应超过列出的平衡值。当一个标准要求一个特定的设定点时，便用者就设定这个确定的数值。为该设定点规定的运行波动范围并不意味着允许使用者可以设定为高于或低于所规定的设定点数值。				

A.4 持续时间

除非另有约定，重复试验循环为 30 个循环（240 小时）、60 个循环（480 小时）、90 个循环（720 小时）或 180 个循环（1440 小时）。

附录 B（规范性）
循环 B

B.1 盐溶液的制备

按第 5 条所述制备喷雾溶液。将氯化钠溶解于水中，使其浓度为（50±5）g/L。

B.2 盐溶液的收集

调整盐溶液的 pH 值（参见 B.1），使在（25±2）℃下，试验箱内收集的喷雾溶液的 pH 值为 6.5 至 7.2。使用电位计测量方法检查 pH 值。pH 值的测量应使用适用于在去离子水中的弱缓冲氯化钠溶液中测量的电极。加入分析纯极盐酸、氢氧化钠或碳酸氢钠溶液进行必要的校正。在 24 小时的时间周期内收集盐雾时，盐雾沉降量应为 1 mL/h 至 2 mL/h（见第 10 条）。

B.3 循环

设置试验箱执行表 B.1 所示的循环。

表 B.1—循环 B 的试验参数

步骤	时间 h	温度℃	条件	备注
1	24	35±2	盐雾	--
2	8	40±2	相对湿度 100%	水在试板上凝结
3	16	23±2	相对湿度（50±20）%	--
4	8	40±2	相对湿度 100%	水在试板上凝结
5	16	23±2	相对湿度（50±20）%	--
6	8	40±2	相对湿度 100%	水在试板上凝结
7	16	23±2	相对湿度（50±20）%	--
8	8	40±2	相对湿度 100%	水在试板上凝结
9	16	23±2	相对湿度（50±20）%	--
10	48	23±2	相对湿度（50±20）%	--
11	返回从步骤 1 又开始			从步骤 1 到步骤 10 的总循环时间为 7 天。
设定点和运行波动范围可以彼此独立列出，也可以如下格式列出：设定点±运行波动范围。设定点是传感器在用户设定的操作控制点上使用时的目标条件。运行波动范围是指在平衡操作期间，校准控制传感器的读数所指示的控制点与指定设定点的偏差，不包括测量不确定度。在运行控制点上，运行波动范围不应超过列出的平衡值。当一个标准要求一个特定的设定点时，便用者就设定这个确定的数值。为该设定点规定的运行波动范围并不意味着允许使用者可以设定为高于或低于所规定的设定点数值。				

B.4 持续时间

除非另有约定，重复试验循环为 5 个循环（840 小时）。

附录 C（规范性）
循环 C

C.1 盐溶液的制备

按第 5 条所述制备喷雾溶液。将氯化钠和硫酸铵溶解于水中，使其浓度分别为（0.31±0.01）g/L（氯化钠）和（4.10±0.01）g/L（硫酸铵）。

C.2 盐溶液的收集

调整盐溶液的 pH 值（参见 C.1），使在（25±2）℃下，试验箱内收集的喷雾溶液的 pH 值为 6.5 至 7.2。使用电位计测量方法检查 pH 值。pH 值的测量应使用适用于在去离子水中的弱缓冲氯化钠溶液中测量的电极。加入分析纯极盐酸、氢氧化钠或碳酸氢钠溶液进行必要的校正。在 24 小时的时间周期内收集盐雾时，盐雾沉降量应为 2 mL/h 至 4 mL/h（见第 10 条）。

C.3 循环

设置试验箱执行表 B.1 所示的循环。

表 C.1—循环 C 的试验参数

步骤	时间 Min	温度℃	条件	备注
1	210	30±2	盐雾	--
2	210	40±2	干燥	干燥空气吹扫（见 6.4）
3	1470	40±2	相对湿度（75±15）%	实现这一条件的一种方法是在适当（短）的时间内交替进行干燥和潮湿循环，以保持相对湿度在规定的限值之间。
4	102	30±2	干燥	干燥空气吹扫（见 6.4）
5	210	30±2	盐雾	--
6	378	30±2	相对湿度 95%-100%	水在试板上凝结
7	180	35±2	干燥	干燥空气吹扫（见 6.4）
8	120	25±2	干燥	干燥空气吹扫（见 6.4）
9	返回从步骤 1 又开始			从步骤 1 到步骤 8 的总循环时间为 48h。
设定点和运行波动范围可以彼此独立列出，也可以如下格式列出：设定点±运行波动范围。设定点是传感器在用户设定的操作控制点上使用时的目标条件。运行波动范围是指在平衡操作期间，校准控制传感器的读数所指示的控制点与指定设定点的偏差，不包括测量不确定度。在运行控制点上，运行波动范围不应超过列出的平衡值。当一个标准要求一个特定的设定点时，便用者就设定这个确定的数值。为该设定点规定的运行波动范围并不意味着允许使用者可以设定为高于或低于所规定的设定点数值。				

C.4 持续时间

除非另有约定，重复试验循环为 21 个循环（1008 小时）。

附录 D（规范性）
循环 D

D.1 盐溶液的制备

按第 5 条所述制备喷雾溶液。将氯化钠溶解于水中，使其浓度为（50±10）g/L。

D.2 盐溶液的收集

调整盐溶液的 pH 值（参见 D.1），使在（25±2）℃下，试验箱内收集的喷雾溶液的 pH 值为 6.5 至 7.2。使用电位计测量方法检查 pH 值。pH 值的测量应使用适用于在去离子水中的弱缓冲氯化钠溶液中测量的电极。加入分析纯极盐酸、氢氧化钠或碳酸氢钠溶液进行必要的校正。在 24 小时的时间周期内收集盐雾时，盐雾沉降量应为 1 mL/h 至 2 mL/h（见第 10 条）。

D.3 循环

设置试验箱执行表 D.1 所示的循环。

表 D.1—循环 D 的试验参数

步骤	时间 h	温度 ℃	条件	备注
1	0.5	30±2	盐雾	--
2	1.5	30±2	湿润：相对湿度为（95±3）%	--
3	2	50±2	干热	--
4	2	30±2	温暖干燥	--
5	返回从步骤 1 又开始			从步骤 1 到步骤 4 的总循环时间为 6 小时。
	过渡时间（即在达到某一条件规定的温度和相对湿度后所允许的时间）			从盐雾到湿润：10 分钟内 从湿润到干热：15 分钟内 从干热到温暖干燥：30 分钟内 从温暖干燥到盐雾：瞬时
设定点和运行波动范围可以彼此独立列出，也可以如下格式列出：设定点±运行波动范围。设定点是传感器在用户设定的操作控制点上使用时的目标条件。运行波动范围是指在平衡操作期间，校准控制传感器的读数所指示的控制点与指定设定点的偏差，不包括测量不确定度。在运行控制点上，运行波动范围不应超过列出的平衡值。当一个标准要求一个特定的设定点时，便用者就设定这个确定的数值。为该设定点规定的运行波动范围并不意味着允许使用者可以设定为高于或低于所规定的设定点数值。				

D.4 持续时间

除非另有约定，重复试验循环为 28 个循环（168 小时）。

德谦新材 - 专注于工业重防腐涂料

德谦新材成立于 2011 年，是一家致力于高性能防腐涂料的研发、生产、销售、施工的专业公司。产品运用在风电、桥梁、光伏、海洋牧场、主题公园等多个领域。在古雷石化创造了海洋腐蚀环境下单个涂装面积超过 50 万㎡最大石墨烯防腐涂料的业绩！

公司业务范围包括：材料选型、腐蚀勘察、成品交付、技术服务等。公司精心做材料，匠心做施工，是您值得信赖的工业防腐涂料供应商。

德谦新材 DACHIN　产学研合作　中国科学院 CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

核心产品

石墨烯环氧富锌涂料

运用纯碳本征石墨烯激活高纯度锌，显著提升阴极保护性能。石墨烯的片层结构，在涂层中形成屏蔽隔离效果，减缓腐蚀因子的入侵。2 者产生协同效益，在重度腐蚀环境中长效保护钢材表面不生锈。

产品测试：100μm 厚度划 × 盐雾试验超过：5000 小时，产品体系通过：4200 小时循环腐蚀测试。

产品体系通过以下认证和测试

NORSOK M-501　ISO 12944-9

SGS　CCS CHINA CLASSIFICATION SOCIETY 中国船级社

环氧石墨烯玻璃鳞片涂料

具有优秀的抗冲击性能和阻隔腐蚀介质的特性，是海洋浪溅区和浸没区的防腐保护优选方案。漆膜坚硬、耐磨损、附着力强，且可以在水下继续固化。体积固体份达 87%，一道成膜超过 350μm 不流挂，最高膜厚可达 1000μm 不开裂。

产品测试: 中性盐雾 4500 小时、湿热 6000 小时、耐盐水 6000 小时，4200 小时循环腐蚀测试。



仿生自洁防污涂层材料

采用最优的降阻光滑的纳米仿生技术、结合新型树脂、环保型防污剂，复合有机硅污损脱附 FRC 防污涂料的优点。该产品无添加 TBT、DDT、汞、锡、金属铜等重金属的杀生剂，鱼类急性毒性测试 0% 死亡率，是海洋生态友好型防污技术。

抗撕裂性能优异，比有机硅 FRC 防污涂料高 10 倍以上；超高柔韧性，耐 180°弯折，优异的耐磨性，在金属、塑料和水泥基材上均有优异的附着力；长效防污期可长达 60 个月。

湖南省德谦新材料有限公司

电话：400-680-8502
网址：www.paint123.cn

办公地址：长沙市国家高新技术开发区麓谷产业园文轩路 27 号

抖音号　微信公众号

附录 E
（资料性）

盐雾试验箱在设计和制造中应考虑的因素

试验箱的设计和施工应考虑以下因素（见 6.1）：

a)在附录 A、B、C 或 D 规定的范围内产生均匀喷雾分布所需的雾化器及挡板的数量和位置；

b)监测喷雾所需收集装置的数量按 6.5 的要求；

c)加热、保温和温控手段，以使试验箱内所有暴露试样的位置温度均匀；

d)按照 6.1 的要求防止溶液滴到试板上所需的顶板设计（如辅助顶板）。

参考文献

[1] ISO 9227 人造环境中的腐蚀试验—盐雾试验

[2] JASO M 609-91 汽车材料腐蚀试验方法

[3] JASO M 610-92 汽车零件表面腐蚀试验方法

[4] JIS K 5621-2003 一般用途的防腐涂料

[5] VDA 621-415 测试车辆涂料腐蚀性能的常用标准

译者后记

随着对防护涂料防腐蚀性能要求的不断提高，急需能更准确模拟户外实际暴露腐蚀效果的测试程序。而实验室循环腐蚀试验就是一种比盐雾、湿热、人工光照等单项老化试验更为准确有效的测试方法。因而，对于高性能、高耐久性和高可靠性要求的防护涂层体系，采用循环腐蚀试验对其性能进行测试和评估，将得到更为广泛地使用。现如今，已在海上结构、汽车工业等领域普遍采用了。

中国的工业涂料要走向高端化（尤其是在民族品牌涂料占有率很低的汽车和海洋防护等高端应用领域），非常有必要研究、开发和自主创新关于循环腐蚀试验的仪器设备、试验方法标准等等，并在行业内普及应用。尤其是研究和制造能够自动控制循环腐蚀各个步骤及试验参数的自动化试验箱，更是当务之急。

关于涂层循环腐蚀试验的标准包括但不限于以下一些：

ISO 11997-1：2017 色漆和清漆-耐循环腐蚀试验的测定-第 1 部分：湿润（盐雾）/干燥/潮湿

ISO 11997-2：2013 色漆和清漆-耐循环腐蚀试验的测定-第 2 部分：湿润（盐雾）/干燥/潮湿/UV

ISO 11997-3：2022 色漆和清漆-耐循环腐蚀试验的测定-第 3 部分：汽车部件和材料上涂层体系的测试

ISO 12994-6 色漆和清漆-防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护- 第 6 部分：实验室性能测试方法-附录 B：循环老化试验

ISO 12944-9 色漆和清漆-防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护- 第 9 部分：海上建筑及相关结构防护涂料体系和实验室性能测试方法-附录 B：循环老化试验

GB/T 31588.1-2015 色漆和清漆-耐循环腐蚀环境的测定 第 1 部分：湿（盐雾）/干燥/湿气（ ISO 11997-1 : 2005 , IDT）

译者作为涂料行业内普通一员，已将上述 ISO 11997 系列标准 3 个部分译成中文，供同行学习参考之用。本译文所有信息并不用于出版、销售等商业用途，而只作防腐爱好者和从业者学习交流之用。译者本人在任何情况下都不承担任何组织和/或个人由于使用本译文信息和数据所带来的任何直接和/或间接损失。译者在翻译时，尽最大努力遵循原文，并加了一些必要的注释。但由于译者水平有限和语言的差异性，疏忽、遗漏乃至错误之处在所难免，所以建议读者对有疑问之处多对照英文原版，以免误解。如能通过电子邮件方式向译者指出错误之处以便更正，将令译者十分感激。

译者介绍：

张斌：从事防腐蚀涂料相关工作 27 年，先后从事防护涂料产品开发、技术服务、技术管理及产品推广等工作，微信号：zblhx84， QQ：153754367；

邓本金：从事涂料涂装防腐工作 29 年，先后在技术服务、技术支持、技术培训和技术市场等岗位就职。微信：dengbenjin701208；邮箱：dbj13901814924@163.com。

2024 年 9 月