

ICS 29.020

K 47

备案号: 50096-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1453 — 2015

输电线路铁塔防腐蚀保护涂装

Anticorrosive coating of transmission line steel tower

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总则 2

5 腐蚀评估 3

6 热浸镀技术要求 4

7 热喷涂技术要求 6

8 涂料涂装技术要求 7

9 检验 9

10 安全、卫生与环境保护 10

附录 A（规范性附录） 大气腐蚀环境分类 12

附录 B（资料性附录） 重腐蚀环境输电线路铁塔典型涂料涂层体系 13

附录 C（规范性附录） 涂层厚度测试方法 16

附录 D（规范性附录） 热浸镀锌层均匀性试验方法（硫酸铜试验） 17

附录 E（规范性附录） 中性盐雾试验方法 18

附录 F（规范性附录） 涂层结合强度测试方法 20

附录 G（资料性附录） 涂层相容性试验方法 22

前 言

本标准是根据《国家能源局关于下达 2012 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2012〕326 号）的要求制订的。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准的附录 A、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 为规范性附录，附录 B、附录 G 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：国网湖南省电力公司电力科学研究院。

本标准参加起草单位：广东电网公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、湖南省湘电试验研究院有限公司、湖南省湘电锅炉压力容器检验中心有限公司、国网智能电网研究院、中科院金属所腐蚀与防护国家重点实验室、株洲供电公司、娄底供电公司、湘潭供电公司。

本标准主要起草人：陈军君、胡波涛、谢国胜、刘纯、李明、聂铭、谢亿、欧阳克俭、王军、李辛庚、胡加瑞、梁永纯、陈新、陈云、孙亮、王振尧、陈红冬、龙毅、杨湘伟、杨涛、陈志林、黄海、肖云、方鹏、胡乃锋。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）

输电线路铁塔防腐蚀保护涂装

1 范围

本标准规定了输电线路铁塔（简称“铁塔”）的腐蚀评估要求，以及防腐蚀保护涂装的技术要求，检验要求，试验方法，安全、卫生 and 环境保护要求。

本标准适用于新建和在役铁塔在设计、制造、安装、运维各阶段的防腐蚀保护涂装相关工作，水泥混凝土杆的钢箍、横担等类似钢结构也可参照执行。

本标准适用于以下涂装工艺形成的金属涂层和非金属涂层：热浸镀、热喷涂及其封闭涂料层、涂料涂装。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 470 锌锭

GB/T 1196 重熔用铝锭

GB/T 1723 涂料粘度测定法

GB/T 1732 漆膜耐冲击测定法

GB/T 1865 色漆和清漆 人工气候老化和人工辐射暴露 滤过的氙弧辐射

GB/T 2694 输电线路铁塔制造技术条件

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法

GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验

GB 6514 涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化

GB 7691 涂装作业安全规程 安全管理通则

GB 7692 涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验

GB/T 9793 热喷涂 金属和其他无机覆盖层 锌、铝及其合金

GB/T 12608 热喷涂 火焰和电弧喷涂用线材、棒材和芯材 分类和供货技术条件

GB/T 13288.1 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第 1 部分：用于评定喷射清理后钢材表面粗糙度的 ISO 表面粗糙度比较样块的技术要求和定义

GB/T 13288.2 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第 2 部分：磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法

GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

GB/T 13912 金属覆盖面 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法

GB/T 18570.10 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 10 部分：水溶性氯化物的现场滴定测定法

GB/T 18592 金属覆盖层 钢铁制品热浸镀铝 技术条件

GB/T 19001 质量管理体系 要求

GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 分类

GB/T 19292.3 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 污染物的测量

GB/T 19292.4 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 用于评估腐蚀性的标准试样的腐蚀速率的测定

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

GB/T 28001 职业健康安全管理体系 要求

GB/T 28699—2012 钢结构防护涂装通用技术条件

GB 50212 建筑防腐蚀工程施工规范

ISO 4628 色漆和清漆 涂层老化的评定——缺陷的变化程度、数量和大小规定（所有部分）

(Paints and varnishes-Evaluation of degradation of coatings-Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

输电线路铁塔 transmission line steel tower

构件主要采用角钢或钢管等钢铁材料制造、紧固件联结或焊接，用于支撑输电线路的塔状结构，包括角钢塔、钢管塔、钢管杆。

3.2

潮湿时间 time of wetness

金属表面被能导致大气腐蚀的吸附物或（和）电解质液膜覆盖的时间。

3.3

涂层体系 coatings system

由具有防护功能的金属涂层或涂料涂层构成的适应环境腐蚀要求的多层、配套系统。每道涂层均承担一定的功能，通过涂层体系实现最优化的保护功能。

3.4

涂层相容性 coatings compatibility

涂层体系中，涂层与底材之间以及各道涂层之间配套良好，不会发生排斥反应而引起的咬底、渗色、附着不良等影响涂层质量的异常现象。

3.5

干膜厚度 dry film thickness (DFT)

涂层硬干或固化后，在基材表面形成的涂膜厚度。

3.6

挥发性有机物 volatile organic compound (VOC)

涂层之中含有的在一定温度和压力下能挥发的任何有机液体和（或）固体。

4 总则

4.1 铁塔防腐蚀保护涂装应遵循预防为主、防护结合的原则，根据腐蚀环境、设备状况和施工维修条件，综合选择防腐蚀措施。对危及人身安全和维修困难的部位，以及重要的承力结构和构件应加强防护。

4.2 铁塔防腐蚀保护涂装单位应具有相应的质量管理体系、技术标准和检验制度。

4.3 铁塔防腐蚀保护涂装的各工序应按本标准进行质量控制，每道工序完成后应进行检查，合格后方可进行下一道工序。

4.4 铁塔防腐蚀保护涂装质量的检验应使用经计量检定、校准合格且在有效期内的计量器具。

4.5 铁塔的防腐蚀保护涂装，除应符合本标准规定以外，尚应符合国家现行有关标准规定。

5 腐蚀评估

5.1 一般规定

5.1.1 铁塔防腐蚀保护涂装之前宜开展腐蚀评估，根据腐蚀评估的结果进行防腐涂层设计和涂装工作。

5.1.2 铁塔的腐蚀评估包括腐蚀环境评估、铁塔表面状态评估和腐蚀程度评估。新建铁塔应进行腐蚀环境评估，在役铁塔应进行腐蚀环境评估、铁塔表面状态评估和腐蚀程度评估。

5.1.3 腐蚀环境评估决定涂层体系的整体设计，铁塔表面状态评估决定涂料体系中底漆的选择，腐蚀程度评估决定涂料涂装防腐的时机。

5.1.4 腐蚀评估的程序由调查、检测和评定三部分组成，根据调查和检测结果进行综合评定。若同一对象评估结果存在不一致时，应以最严重的腐蚀评估结果为依据。

5.2 腐蚀环境评估

5.2.1 铁塔大气腐蚀环境等级分为五类：C1、C2、C3、C4、C5，见附录 A。

5.2.2 大气腐蚀环境等级可由标准平板试样的一年期挂片腐蚀速率直接测定，测试方法按 GB/T 19292.4 执行。当标准碳钢试样和标准锌试样的评定结果不一致时，应取较重的腐蚀等级。

5.2.3 在需要短时间内确定大气腐蚀环境等级时，可由污染物沉积率和潮湿时间判定，按 GB/T 19292.1 执行。污染物沉积率的测试方法应符合 GB/T 19292.3 的要求，宜测试 9、10、11 月三个月的数据取平均值。潮湿时间用温度大于 0℃ 且相对湿度大于 80% 的时间相加来估算，可由气象部门获取当地的温度和相对湿度等气候特征参数进行估算，应符合 GB/T 19292.1 的要求。

5.2.4 腐蚀环境评估可先根据线路路径区域内类似工程钢结构的腐蚀历史情况，简单判定环境腐蚀性。对新铁塔或类似钢结构在 10 年以内即发生重腐蚀的地区可判定为 C5 腐蚀环境，对新铁塔或类似钢结构在 15 年以内发生重腐蚀的地区可判定为 C4 及以上腐蚀环境。

5.2.5 110kV 及以上输电线路应至少选取线路路径区域内一个地点进行腐蚀环境评估，测点的选取应具有代表性，且覆盖范围尽可能广。

5.2.6 若以往铁塔由于腐蚀达不到设计服役寿命，或铁塔附近存在明显腐蚀源如位于化工厂旁、工业区、沿海盐雾区等，或对大气腐蚀环境等级的判定存在争议时，应进行腐蚀环境定量检测评估。

5.2.7 新建铁塔应在设计选址阶段开展腐蚀环境评估，在役铁塔应在防腐改造之前开展腐蚀环境评估。根据评估结果对防腐涂层采取不同的差异化设计和涂装策略，适应腐蚀环境的要求。新建铁塔的选址应尽量避免 C4 和 C5 的重腐蚀区域。

5.3 铁塔表面状态评估

5.3.1 铁塔腐蚀表面状态分为锌层完好、锌层泛锈、全面泛锈、带旧漆膜四类。

5.3.2 四类表面状态的具体文字描述如下：

- a) 锌层完好状态：铁塔涂镀锌层基本完好，红锈总体覆盖面积不超过 10% 的表面状态。
- b) 锌层泛锈状态：铁塔涂镀锌层局部失效，局部出现红锈，红锈总体覆盖面积超过 10% 但不超过 40% 时的表面状态。
- c) 全面泛锈状态：铁塔表面涂镀层普遍失效，红锈总体覆盖面积超过 40% 时的表面状态。
- d) 带旧漆膜状态：铁塔表面曾涂刷涂料进行防腐，有机涂层局部失效但裸露基体金属面积尚不超过 40% 时的表面状态。

5.3.3 铁塔表面状态评估可结合线路巡检进行，应根据表面状态选择防腐涂装的配套底漆。

5.4 腐蚀程度评估

5.4.1 铁塔腐蚀程度分为微腐蚀、弱腐蚀、中腐蚀、重腐蚀和严重腐蚀五个等级。

5.4.2 五个腐蚀等级的具体文字描述如下：

- a) 微腐蚀：铁塔表面镀层完好、色泽正常，或者局部位置颜色发黑、局部产生锌盐白锈，但尚未

出现红锈或棕锈。有旧漆膜时，涂层表面无明显起泡、生锈、剥落现象。

- b) 弱腐蚀：铁塔表面镀锌层开始出现棕色锈点，用手摸粗糙不平有毛刺感，但尚未出现红锈或单个红锈面积不超过 1cm^2 。有旧漆膜时，涂层 95% 以上区域的锈蚀等级不大于 ISO 4628 规定的 Ri2 级。
- c) 中腐蚀：铁塔表面出现红锈，但红锈多在局部边角产生，单个红锈最大面积不超过 4cm^2 。有旧漆膜时，涂层 5% 以上区域的锈蚀等级达到 ISO 4628 规定的 Ri2 级但尚未发生 Ri3 级锈蚀，或旧涂层劣化减薄且其减薄厚度大于初始厚度的 50% 或局部最小厚度低于 $50\mu\text{m}$ ，或旧涂层附着力低于 2MPa。
- d) 重腐蚀：铁塔表面出现红锈，边角和中间区域均产生，单个红锈最大面积超过 4cm^2 但尚未超过 9cm^2 。有旧漆膜时，涂层出现 Ri3 级锈蚀，或旧涂层附着力低于 1MPa。
- e) 严重腐蚀：铁塔表面出现红锈，且伴随红锈联结成片或分层、起皮现象，单个红锈最大面积超过 9cm^2 。

5.4.3 对运行中的铁塔应结合线路巡检定期开展腐蚀程度检测评估，确定涂料涂装防腐的时机。

5.4.4 C1~C4 腐蚀环境铁塔宜在重腐蚀等级及以前进行防腐涂装，C5 腐蚀环境下宜在中腐蚀等级及以前进行防腐涂装。

5.4.5 任意腐蚀环境铁塔达到重腐蚀及以上等级时，应进行腐蚀减薄尺寸测量。当基体金属腐蚀剩余厚度降至原规格尺寸 80% 以下时，应进行更换或补强处理。

6 热浸镀技术要求

6.1 热浸镀锌

6.1.1 热浸镀锌的锌锭，应达到 GB/T 470 规定的 Zn 99.95 级别及以上的要求。

6.1.2 用于热浸镀锌的锌浴主要应由熔融锌液构成。熔融锌中的杂质总含量（铁、锡除外）不应超过总质量的 1.5%，所指杂质符合 GB/T 470 的规定。

6.1.3 热浸镀锌应制定除油、酸洗、除锈、清洗、浸锌等工序的工艺，规定温度、时间等工艺参数。

6.1.4 应控制浸锌过程的构件热变形。

6.1.5 镀锌层外观：镀锌层表面应连续、完整，并具有实用性光滑，不应有过酸洗、漏镀、结瘤、毛刺等缺陷。镀锌颜色一般呈灰色或暗灰色。

6.1.6 非紧固件的镀锌层厚度应符合表 1 的规定。

表 1 非紧固件镀锌层厚度

镀件厚度 mm	C1~C4 腐蚀环境 最小平均厚度 μm	C1~C4 腐蚀环境 最小局部厚度 μm	C5 腐蚀环境 最小平均厚度 μm	C5 腐蚀环境 最小局部厚度 μm
≥ 5	86	70	115	100
< 5	65	55	95	85

6.1.7 热浸镀锌铁塔的紧固件宜采用热浸镀锌，镀锌层厚度符合 GB/T 13912 的规定。

6.1.8 镀锌层均匀性：镀锌层应均匀，作硫酸铜试验，耐浸蚀次数不少于 4 次，且不露铁。

6.1.9 镀锌层附着性：镀锌层应与金属基体结合牢固，应保证在无外力作用下没有剥落或起皮现象，经落锤试验镀锌层不凸起、不剥离。

6.1.10 镀锌层耐蚀性：非紧固件应通过中性盐雾试验 480h 以上且不产生红锈。C5 腐蚀环境时，紧固件镀锌层应通过中性盐雾试验 144h 以上且不产生红锈。

6.1.11 漏镀：热镀锌制件漏镀面的总面积不应超过制件总表面积的 0.5%，每个修复漏镀面不应超过

10cm²，若漏镀面积较大，应进行返镀。

6.1.12 修复：对运输安装中的少量热镀锌损坏部位，可采用热喷涂锌、融敷锌合金、涂富锌涂料或冷镀锌涂料进行修复。热喷涂锌修复后应用涂料进行封闭，富锌涂料或冷镀锌涂料修复后应再涂面漆。修复用富锌涂层的锌含量应不低于 70%，冷镀锌涂层的锌含量应不低于 90%。修复层的厚度应比镀锌层要求的最小厚度厚 30μm 以上。

6.2 热浸镀铝

6.2.1 在 C4 及以上腐蚀环境铁塔可采用热浸镀铝防腐。

6.2.2 热浸镀铝的铝锭，应达到 GB/T 1196 规定的 Al 99.5 级别及以上的要求。

6.2.3 热浸镀铝应制定除油、酸洗、除锈、浸铝等工序的工艺，热浸镀铝液化学成分、温度、时间等工艺参数应符合 GB/T 18592 的规定。

6.2.4 应控制浸铝过程的构件热变形。

6.2.5 镀铝层外观：镀铝层表面应连续、完整，并具有实用性光滑，不应有明显影响外观质量的熔渣、色泽暗淡、漏镀、漏渗、裂纹及剥落等缺陷。

6.2.6 非紧固件的镀铝层厚度应符合表 2 的规定。

表 2 非紧固件镀铝层厚度

镀件厚度 mm	最小平均厚度 μm	最小局部厚度 μm
≥5	80	70
<5	65	55

6.2.7 紧固件镀铝层最小平均厚度不低于 40μm，最小局部厚度不低于 30μm。

6.2.8 镀铝层附着性：使用坚硬的刀尖并施加适当的压力，在平面部位刻划至穿透表面覆盖层，在刻划线两侧 2.0mm 以外的覆盖层不应起皮或脱落。

6.2.9 镀铝层耐蚀性：非紧固件应通过中性盐雾试验 480h 以上且不产生红锈。C5 腐蚀环境时，紧固件镀铝层应通过中性盐雾试验 168h 以上且不产生红锈。

6.2.10 漏镀：热镀铝制件漏镀面的总面积不应超过制件总表面积 的 0.5%，每个修复漏镀面不应超过 10cm²，若漏镀面积较大，应进行返镀。

6.2.11 修复：对运输安装中的少量热镀铝损坏部位，可采用热喷涂铝、涂铝基或锌铝基防腐涂料进行修复。热喷涂铝后应用封闭涂料进行封闭，防腐涂料修复后应再涂面漆。修复层的厚度应比镀铝层要求的最小厚度厚 30μm 以上。

6.3 热浸镀锌铝合金

6.3.1 在 C5 腐蚀环境铁塔紧固件宜采用热浸镀锌铝合金防腐，其他钢构件也可采用热浸镀锌铝合金防腐。

6.3.2 热浸镀锌铝合金的锌锭和铝锭应分别达到 GB/T 470 规定的 Zn 99.95 级别及以上的要求和 GB/T 1196 规定的 Al 99.5 级别及以上的要求。镀液中的杂质总含量（铁、锡除外）不应超过总质量的 1.5%。

6.3.3 热浸镀锌铝合金应制定除油、酸洗、除锈、浸镀的温度、时间、清洗等工序的工艺。

6.3.4 应控制浸镀锌铝合金过程的构件热变形。

6.3.5 锌铝合金镀层外观：镀层表面应连续、完整，并具有实用性光滑，不应有明显影响外观质量的过酸洗、漏镀、结瘤、毛刺等缺陷。

6.3.6 非紧固件的锌铝合金镀层厚度应符合表 3 的规定。

表 3 非紧固件锌铝合金镀层厚度

镀件厚度 mm	最小平均厚度 μm	最小局部厚度 μm
≥5	80	70
<5	65	55

- 6.3.7 紧固件锌铝合金镀层最小平均厚度不低于 45μm，最小局部厚度不低于 30μm。
- 6.3.8 锌铝合金镀层附着性：使用坚硬的刀尖并施加适当的压力，在平面部位刻划至穿透表面覆盖层，在刻划线两侧 2.0mm 以外的覆盖层不应起皮或脱落。
- 6.3.9 锌铝合金镀层耐蚀性：非紧固件应通过中性盐雾试验 720h 以上且不产生红锈。C5 腐蚀环境时，紧固件合金镀层应通过中性盐雾试验 240h 以上且不产生红锈。
- 6.3.10 漏镀：热镀锌铝合金制件漏镀面的总面积不应超过制件总表面积的 0.5%，每个修复漏镀面不应超过 10cm²，若漏镀面积较大，应进行返镀。
- 6.3.11 修复：对运输安装中的少量锌铝合金镀层损坏部位，可采用热喷涂锌铝合金或涂锌铝基防腐涂料进行修复。热喷涂后应用封闭涂料进行封闭，防腐涂料修复后应再涂面漆。修复层的厚度应比锌铝合金镀层要求的最小厚度厚 30μm 以上。

7 热喷涂技术要求

7.1 热喷涂锌及其合金

- 7.1.1 热喷涂用锌丝材质应符合 GB/T 12608 规定的 Zn 99.99 的质量要求。热喷涂锌合金中使用的锌成分应符合 GB/T 470 规定的 Zn 99.99 的质量要求，铝的成分应符合 GB/T 3190 规定的 Al 99.7 的质量要求。除非另有规定，合金中金属的允许偏差量为规定值的±1%。
- 7.1.2 热喷涂宜采用喷砂表面处理，基材表面除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa3 级，粗糙度（Rz）应达到 GB/T 13288.1 规定的 60μm~100μm。喷砂后应尽快进行热喷涂，最长时间不应超过 4h。
- 7.1.3 待喷工件表面的温度至少比露点温度高 3℃ 以上才能进行喷涂。
- 7.1.4 热喷涂涂层表面应均匀一致，无气孔，无底材裸露的斑点，没有未附着或附着不牢固的金属熔融颗粒和影响涂层使用寿命及应用的缺陷。若发现涂层外观有明显缺陷，对缺陷部位应重新进行喷砂处理并重新喷涂。
- 7.1.5 热喷涂锌及其合金涂层厚度不应小于 100μm，C5 腐蚀环境时不应小于 150μm。
- 7.1.6 热喷涂锌及其合金涂层附着力应不低于 6MPa。
- 7.1.7 热喷涂锌及其合金涂层应能通过 480h 中性盐雾试验，不产生红锈、起泡、剥落现象，且试验应在未封闭的情况下进行。
- 7.1.8 热喷涂锌及其合金涂层结束后的 6h 内应完成封闭处理，封闭涂料层底涂宜采用环氧封闭漆，颜料不得采用红丹类。
- 7.1.9 少量涂层损伤部位可采用富锌涂料进行修复。

7.2 热喷涂铝及其合金

- 7.2.1 热喷涂用铝丝材质应符合 GB/T 12608 规定的 Al 99.5 的质量要求。热喷涂铝合金中使用的铝成分应符合 GB/T 3190 规定的 Al 99.5 的质量要求。铝合金也可使用 GB/T 3190 规定的 Al-Mg5，即含 5%Mg 的铝合金。除非另有规定，合金中金属的允许偏差量为规定值的±1%。
- 7.2.2 热喷涂宜采用喷砂表面处理，基材表面除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa3 级，粗糙度（Rz）应达到 GB/T 13288.1 规定的 60μm~100μm。喷砂后应尽快进行热喷涂，最长时间不应超过 4h。
- 7.2.3 待喷工件表面的温度至少比露点温度高 3℃ 以上才能进行喷涂。

7.2.4 热喷涂涂层表面应均匀一致，无气孔，无底材裸露的斑点，没有未附着或附着不牢固的金属熔融颗粒和影响涂层使用寿命及应用的缺陷。若发现涂层外观有明显缺陷，对缺陷部位应重新进行喷砂处理并重新喷涂。

7.2.5 热喷涂铝及其合金涂层厚度不应小于 100 μm ，C5 大气腐蚀环境时不应小于 150 μm 。

7.2.6 热喷涂铝涂层附着力应不低于 9MPa，热喷涂铝合金涂层附着力应不低于 6MPa。

7.2.7 热喷涂铝及其合金涂层应能通过 480h 中性盐雾试验，不产生红锈、起泡、剥落现象，且试验应在未封闭的情况下进行。

7.2.8 热喷涂铝及其合金涂层结束后的 6h 内应完成封闭处理，封闭涂料层底涂宜采用环氧封闭漆，颜料不得采用红丹类，C5 大气腐蚀环境时可采用锌黄类。

7.2.9 少量涂层损伤部位可采用铝基或锌铝基防腐涂料进行修复。

8 涂料涂装技术要求

8.1 涂料供应商和施工单位要求

8.1.1 涂料供应商要求

8.1.1.1 涂料供应商应获得 GB/T 19001 (ISO 9001)，GB/T 24001 (ISO 14001) 和 GB/T 28001 (OHSAS 18001) 认可证书，具备提供技术服务和履约的能力。

8.1.1.2 涂料供应商应提供符合国家有关标准的产品合格证、第三方检验报告和产品使用指导说明书，说明书包括基层表面处理、固化剂配比、稀释剂配比等内容。

8.1.2 施工单位要求

8.1.2.1 防腐涂装专项工程的施工单位应具有防腐保温二级及以上资质，或具有从事过铁塔合格涂装的业绩，具备保证工程安全、质量的能力。

8.1.2.2 施工人员应通过涂装专业培训。关键施工工序（喷砂、喷漆、质检）的施工应获得涂装中级工及以上证书。铁塔涂装作业人员还应具备带电作业、高空作业等相应资格，并经设备运行单位安全教育考试合格方可从事铁塔涂装作业。涂装作业人员应在试涂合格后方可正式涂装。

8.2 涂层体系要求

8.2.1 涂层体系配套要求

8.2.1.1 铁塔防腐涂装应根据腐蚀环境、表面状态、防腐年限设计涂层配套体系。

8.2.1.2 较高防腐等级的涂层配套体系也适用于较低防腐等级的涂层配套体系，并可参照较高防腐等级的涂层配套体系设计涂层厚度。C1、C2 和 C3 大气腐蚀环境下的涂层配套体系，可参考 C4、C5 大气腐蚀环境的涂层配套体系进行设计。C4、C5 大气腐蚀环境推荐的涂层配套体系见附录 B。

8.2.1.3 涂层体系厚度：C1、C2、C3 大气腐蚀环境，总涂层干膜厚度不小于 120 μm ；C4 大气腐蚀环境，总涂层干膜厚度不小于 140 μm ；C5 大气腐蚀环境，总涂层干膜厚度不小于 180 μm 。

8.2.1.4 C3、C4、C5 大气腐蚀环境铁塔防腐涂层配套体系宜采用底涂—中涂—面涂三层及以上的涂料体系。

8.2.1.5 铁塔表面有锌、铝和含锌、铝金属层时，防腐涂料底涂宜采用环氧涂料，不应采用醇酸涂料，底漆的颜料不应采用红丹类。面涂不宜采用环氧涂料。

8.2.1.6 处于多雨地区的铁塔宜采用潮气固化型防腐涂料。

8.2.1.7 与铁塔配套的电力金具防腐涂装宜采用耐磨涂层体系，如玻璃鳞片涂料和纳米耐磨涂料。

8.2.1.8 铁塔有旧涂膜时，重新涂装的涂层体系应通过相容性试验方可使用。涂层与涂层之间以及涂层与基材之间应具有良好的相容性。

8.2.2 涂层体系性能要求

8.2.2.1 铁塔防腐蚀涂料的基本技术指标应符合国家有关标准规范的规定。

8.2.2.2 铁塔用富锌涂料涂层中锌含量应不低于 60%，冷镀锌涂料涂层中锌含量应不低于 90%。

8.2.2.3 铁塔防腐涂层体系与基层的附着力不宜低于 5MPa。附着力的测试方法为拉开法,应符合 GB/T 5210 的规定。当涂层与基层的附着力采用拉开法测试确有困难时,可采用划格法进行测试,其附着力不宜低于 1 级。划格法应符合 GB/T 9286 的规定。

8.2.2.4 铁塔每道防腐涂层均应能通过 50cm 高度重锤冲击试验,符合 GB/T 1732 的规定。

8.2.2.5 C4、C5 大气腐蚀环境铁塔防腐涂层体系应通过中性盐雾试验 720h 及以上,且不产生红锈、起泡和剥落现象,并通过氙灯老化试验 800h 及以上不生锈、不起泡、不剥落、不开裂、不粉化。

8.3 工艺要求

8.3.1 表面处理

8.3.1.1 铁塔涂装前表面处理宜采用动力工具除锈,过于尖锐的边缘应打磨成圆角,紧固件还应用砂纸包裹反复打磨。除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 St2 级以上。

8.3.1.2 表面应无可见的油脂和污垢。表面油污宜采用专用清洗剂或溶剂擦洗,并干燥处理。

8.3.1.3 表面旧漆膜难以去除时,可采用专用清洗剂或溶剂清除,并干燥处理。

8.3.1.4 表面可溶性氯化物含量不应大于 $7\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。超过 $7\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 时应采用淡水冲洗,并干燥处理。当确定不接触氯离子环境时,可不进行表面可溶性盐分检测;当不能完全确定时,应进行检测。

8.3.1.5 C5 大气腐蚀环境无法采用动力工具除锈时,宜在人工除锈完成后再用磷化剂或其他具有除锈、转锈功能的试剂进行化学处理。

8.3.1.6 表面处理应将铁锈、毛刺、油污等清除干净,表面应平整、干燥,无松动的浮锈、旧涂膜、氧化皮等。表面处理完成后应对除锈等级、油污、盐分情况等进行验收,验收合格方可进行涂装。

8.3.1.7 表面处理完成后宜在 4h 内立即进行涂装施工。当所处环境的相对湿度不大于 60%时,可以适当延时,但最长不应超过 12h。不管停留多长时间,只要表面出现返锈现象,应重新除锈。

8.3.2 涂装要求

8.3.2.1 涂装环境要求

施工环境温度宜在 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,空气相对湿度不大于 85%,并且钢材表面温度高于露点 3°C ;在有雨、雾、雪、大风和较大灰尘的条件下不应户外施工。

施工环境温度 $-5^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 时,应采用低温固化产品或采用其他措施避免低温的不良影响。

8.3.2.2 涂料配制要求

- 涂料应充分搅拌均匀后方可施工,推荐采用电动或气动搅拌装置。对于双组分或多组分涂料应先将各组分分别搅拌均匀,再按比例配制并搅拌均匀。
- 混合好的涂料按照产品说明书的规定熟化。无具体说明时,一般宜熟化 10min~15min。
- 涂料的使用时间按产品说明书规定的适用期执行。必须使用有效期内的涂料。
- $-5^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 施工时,涂料温度应符合产品说明书的规定。
- 现场施工可根据不同的施工方式及现场环境条件在涂料中添加适量稀释剂调配至合适的黏度,使涂料可充分浸润但不致产生漏涂、流挂、疏松、起皮等缺陷。稀释剂的最大用量不应超过说明书规定的最大用量,在产品无说明的情况下稀释剂添加量不应超过 5%。

8.3.2.3 涂覆工艺

铁塔现场施工宜采用从上往下的方式进行。

- 涂覆方法可采用刷涂或喷涂施工。不易喷涂到的部位应采用刷涂法进行预涂装或第一道底漆后补涂。
- 边角缝隙部位应采用往返刷涂方式进行涂装。
- 螺栓部位可先刷涂 1~2 道环氧富锌底漆或环氧磷酸锌底漆 $50\mu\text{m}\sim 60\mu\text{m}$,再按相邻部位的配套体系涂装中间漆和面漆;中间涂层也可采用弹性环氧或弹性聚氨酯涂料。C5 腐蚀环境时,螺栓部位宜先采用聚硫密封胶或耐腐蚀密封膏封装包裹严实,再按相邻部位的配套体系涂装底漆、中间漆和面漆。

- d) 接地引下线入土处上下 30cm 范围内应进行防腐,可采用附录 B 推荐的配套涂层,底漆也可用沥青或环氧煤沥青漆。从基建阶段开始,即使未进行整塔涂料涂装防腐,也应对接地引下线入土部位涂装涂料防腐。
- e) 涂覆过程中前一道涂层表面粘附灰尘和油污等污染物时,应进行清洗、打磨等必要的清洁处理后再进行涂刷。
- f) 整个涂装过程应随时注意涂装有无异常,发现破损和缺陷处应及时进行修复。

8.3.2.4 涂覆间隔

- a) 按照设计要求和材料工艺进行底涂、中涂和面涂施工。每道涂层的间隔时间应符合材料供应商的有关技术要求。超过最大重涂间隔时间时,应进行拉毛处理后涂装。
- b) 每次涂装应在前一道涂层实干后方可进行,最短间隔时间不低于 4h。

8.3.3 现场涂层质量要求

8.3.3.1 外观

涂料涂层表面应平整、均匀、颜色一致,无漏涂、起泡、裂纹、气孔和返锈等现象。尤其注意螺栓紧固件下部不应漏涂。

8.3.3.2 厚度

施工中应及时检查湿膜厚度以保证干膜厚度满足设计要求。湿膜厚度与干膜厚度的换算关系见 GB/T 28699—2012 的 5.5.2.2 条。

干膜厚度对于结构主体外表面可采用“90—10”规则判定,即允许有 10%的读数可低于规定值,但每一单独读数不得低于规定值的 90%。其他表面干膜厚度可采用“85—15”规则判定。涂层厚度达不到设计要求时,应增加涂装道数,直至合格为止。漆膜厚度测定点的最大值不能超过设计厚度的 3 倍,且不宜超过 450 μ m。

8.3.3.3 附着力

附着力试验按拉开法进行。涂层厚度不大于 250 μ m 时,涂层体系附着力不低于 5MPa;涂层厚度大于 250 μ m 时,涂层体系附着力不低于 3MPa。

当无法进行拉开法测试时,各道涂层和涂层体系的附着力可按划格法进行,应不低于 1 级。

附着力检测完后,应对破坏试验造成的涂层损伤部位采用同种涂层体系进行修复。

9 检验

9.1 表面处理

9.1.1 除锈等级评判按 GB/T 8923.1 中的典型样板照片对照目测检验。检验数量:抽查 30%构件。

9.1.2 表面粗糙度检验按 GB/T 13288.2 的规定采用经喷砂处理的基准样板进行目测比较。检验数量:抽查 30%构件。

9.1.3 酸洗除锈外观质量用目测检验。检验数量:抽查 30%构件。

9.1.4 表面油污用目测检验。检验数量:抽查 30%构件。

9.1.5 表面可溶性氯化物测定按 GB/T 18570.10 的规定进行。

9.2 热浸镀锌、铝及其合金镀层

9.2.1 外观质量用目测检验。检验数量:全部构件。

9.2.2 热浸镀层厚度采用符合 GB/T 4956 规定的磁性法涂层测厚仪测量(涂层厚度测试方法见附录 C)。检验数量:抽查 5%构件,同类构件不少于 3 件。

9.2.3 热浸镀锌层均匀性用硫酸铜试验方法检测(热浸镀锌层均匀性试验方法见附录 D)。检验数量:抽查 1%构件。

9.2.4 热浸镀层附着性按 GB/T 2694 用落锤试验方法检测。检验数量:抽查 1%构件。

9.2.5 热浸镀层中性盐雾试验方法见附录 E。

9.3 热喷涂锌、铝及其合金涂层

9.3.1 外观质量用目测检验。检验数量：全部构件。

9.3.2 热喷涂涂层厚度采用符合 GB/T 4956 规定的磁性法涂层测厚仪测量（涂层厚度测试方法见附录 C）。检验数量：抽查 5%构件，同类构件不少于 3 件。

9.3.3 热喷涂涂层附着力按 GB/T 9793 用结合强度试验方法检测。检验数量：抽查 1%构件。

9.3.4 热喷涂涂层中性盐雾试验方法见附录 E。

9.4 涂料涂层

9.4.1 涂料涂层外观质量用目测检验。检验数量：抽查 30%构件。

9.4.2 涂料黏度按 GB/T 1723 采用涂-4 杯检测。

9.4.3 涂料涂层耐冲击性按 GB/T 1732 采用 50cm 高 1000g 重锤检测。

9.4.4 涂料涂层湿膜厚度按 GB/T 13452.2 采用梳规检测。

9.4.5 涂料涂层干膜厚度采用符合 GB/T 4956 规定的磁性法涂层测厚仪测量（涂层厚度测试方法见附录 C）。检验数量：抽查 10%构件，同类构件不少于 5 件。

9.4.6 涂料涂层附着力按 GB/T 5210 采用拉开法检测，当拉开法检测确有困难时按 GB/T 9286 采用划格法检测（涂层结合强度测试方法见附录 F）。检验数量：抽查 1%构件。

9.4.7 涂料涂层中性盐雾试验方法见附录 E。

9.4.8 涂料涂层人工加速老化试验用氙灯法按 GB/T 1865 执行。

9.4.9 涂料涂层相容性试验方法见附录 G。

9.5 涂装验收

9.5.1 涂装验收可按构件分批次验收。现场应保证足够的质量验收人员。

9.5.2 涂装施工单位至少应提供下列验收资料：

- 设计文件或设计变更文件；
- 经审批的施工组织、技术、安全措施；
- 原材料和涂料产品合格证和质量检验文件，进场验收记录；
- 钢结构表面处理和检验记录；
- 涂装施工记录（包括施工过程中对重大技术问题和其他质量检验问题处理记录）；
- 修补和返工记录；
- 现场检验记录；
- 其他涉及涂层质量的相关记录。

10 安全、卫生与环境保护

10.1 安全、卫生

10.1.1 涂装作业安全、卫生应符合 GB 6514、GB 7691、GB 7692 和 GB 50212 的有关规定。

10.1.2 涂装作业场所空气中引入的有害物质不应超过最高容许浓度。

10.1.3 涂料储存及施工现场应远离火源，不允许堆放易燃、易爆和有毒物品。

10.1.4 涂料储存及施工现场应有必要的消防器材并定期检查。消防道路应畅通。

10.1.5 密闭空间涂装作业应使用防爆灯、器具，安装防爆报警装置；作业完成后油漆在空气中的挥发物消散前，严禁电焊修补作业。

10.1.6 施工人员应正确穿戴工作服、口罩、防护镜等劳动保护用品。杆塔、构架上作业人员还应正确使用安全带及后备保护绳。

10.1.7 所有电气设备应绝缘良好，外壳应接地和安装剩余电流动作保护装置，临时电线应选用绝缘线，工作结束后应切断电源。

10.1.8 工作平台的搭建应符合有关安全规定。高空作业人员应具备高空作业资格。带电作业人员应具

备带电作业资格。

10.2 环境保护

10.2.1 涂料产品的有机挥发物含量（VOC）应符合国家有关法律法规要求。

10.2.2 保持施工现场清洁，产生的垃圾等应及时收集并妥善处理。

10.2.3 铁塔防腐蚀保护涂装不宜采用红丹、铅酸钙、铬酸盐等有害物质。

10.2.4 涂装工作中产生的废水、废液、废气应按国家有关法律法规要求妥善处理。

附 录 A
(规范性附录)
大气腐蚀环境分类

表 A.1 大气腐蚀环境分类

腐蚀分类	单位面积质量损失/厚度损失（第一年暴露后）				温和气候下典型环境案例
	低碳钢		锌		
	质量损失 g/m ²	厚度损失 μm	质量损失 g/m ²	厚度损失 μm	
C1 很低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1	空气洁净的室内
C2 低	10~200	1.3~25	0.7~5	0.1~0.7	低污染水平的大气，大部分是乡村地区
C3 中等	200~400	25~50	5~15	0.7~2.1	城市和工业大气，中等二氧化硫污染区以及低盐度沿海区
C4 高	400~650	50~80	15~30	2.1~4.2	中等含盐度的工业区和沿海区
C5 很高	>650	>80	>30	>4.2	高湿度和恶劣大气的工业区，高盐度的沿海和海上区域

附 录 B
(资料性附录)

重腐蚀环境输电线路铁塔典型涂料涂层体系

B.1 涂层体系说明

本附录中涂层体系为铁塔涂料涂装的一般性推荐体系。预期防护年限 8 年以上，至少满足输电线路一个大修周期的要求。涂层体系中干膜厚度为涂装工艺中最低要求。根据环境腐蚀强度，在制订涂装设计方案时，按照所拥有的技术经验适当增加涂覆道数、增加涂层厚度以提高涂层体系的防护期。

B.2 铁塔在 C4、C5 大气腐蚀环境下典型涂层配套体系

重腐蚀环境铁塔推荐涂层配套体系见表 B.1。

表 B.1 重腐蚀环境铁塔推荐涂层配套体系

腐蚀环境	表面状态	涂层	涂料品种	推荐道数	最低干膜厚度 μm
C4	锌层完好	底涂层	环氧磷酸锌底漆	1	40
		中间涂层	环氧云铁漆	1	50
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	1	50
		总干膜厚度 μm		140	
C4	锌层泛锈	底涂层	环氧富锌底漆	1~2	60
		中间涂层	环氧云铁漆	1~2	70
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	1	50
		总干膜厚度 μm		180	
C4	锌层泛锈	底涂层	环氧铁红底漆	1~2	60
		中间涂层	环氧云铁漆	2	80
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	1~2	60
		总干膜厚度 μm		200	
C4	全面泛锈	底涂层	氯磺化聚乙烯底漆	2	70
		中间涂层	环氧云铁漆	2	80
		面涂层	氯磺化聚乙烯面漆	1~2	60
		总干膜厚度 μm		210	
C4	全面泛锈	底涂层	环氧铁红底漆	2	70
		中间涂层	环氧云铁漆	2	80
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	2	70
		总干膜厚度 μm		220	

表 B.1 (续)

腐蚀环境	表面状态	涂层	涂料品种	推荐道数	最低干膜厚度 μm
C4	全面泛锈	底涂层	低表面处理富锌底漆	1~2	60
		中间涂层	环氧云铁漆	2	80
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	1~2	60
		总干膜厚度 μm		200	
C4	带旧漆膜	底涂层	环氧铁红底漆	2	70
		中间涂层	环氧厚浆漆	2	80
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	2	70
		总干膜厚度 μm		220	
C5	锌层完好	底涂层	环氧磷酸锌底漆	1~2	50
		中间涂层	环氧云铁漆	1~2	70
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	1~2	60
		总干膜厚度 μm		180	
C5	锌层泛锈	底涂层	环氧富锌底漆	2	70
		中间涂层	环氧云铁漆	2	100
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	2	70
		总干膜厚度 μm		240	
C5	锌层泛锈	底涂层	环氧铁红底漆	2	80
		中间涂层	环氧云铁漆	2	120
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	2	80
		总干膜厚度 μm		280	
C5	全面泛锈	底涂层	低表面处理富锌底漆	2	80
		中间涂层	环氧云铁漆	2	100
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	2	100
		总干膜厚度 μm		280	
C5	全面泛锈	底涂层	低表面处理富锌底漆	2	80
		中间涂层	环氧云铁漆	2	100
		面涂层	聚硅氧烷面漆	2	100
		总干膜厚度 μm		280	

表 B.1（续）

腐蚀环境	表面状态	涂层	涂料品种	推荐道数	最低干膜厚度 μm
C5	全面泛锈	底涂层	低表面处理富锌底漆	2	80
		中间涂层	环氧云铁漆	2	100
		面涂层	氟碳面漆	2	80
		总干膜厚度 μm		260	
C5	带旧漆膜	底涂层	与旧涂膜相容的环氧类底漆	2	80
		中间涂层	环氧云铁漆	2	100
		面涂层	丙烯酸聚氨酯面漆	2	80
		总干膜厚度 μm		280	

附 录 C
(规范性附录)
涂层厚度测试方法

C.1 应用涂层测厚仪时，应先调零，再经标准厚度试片采用“两点法”校正后方可使用。

C.2 测试时，测试点应均匀分布，测试点的数目按下列规定：

- a) 角钢试样离边缘距离不小于 10mm，每面测试 3 处各 1 点，4 面共 12 点。
- b) 钢板试样离边缘距离不小于 10mm，每面测试 6 处各 1 点，2 面共 12 点。
- c) 钢管试样距端部边缘不小于 100mm 和中间任意位置各环向均匀测试 4 点，共取 12 点。
- d) 紧固件取各个平面中央位置，不少于 5 个点。

每个构件测试结果按各测试点所测得的数据，计算算术平均值和最小值，前者为最小平均厚度，后者为最小局部厚度。

C.3 当构件表面存在旧涂层时，应先按上步测量旧涂层的总干膜厚度并取算术平均值，再测量涂装新涂层后的现总干膜厚度，新涂层的厚度按下式计算：

新涂层厚度算术平均值=现总干膜厚度算术平均值-旧涂层干膜厚度算术平均值

新涂层厚度最小值=现总干膜厚度最小值-旧涂层干膜厚度算术平均值

C.4 涂层厚度测定后，最小平均厚度和最小局部厚度都符合要求时为合格。

C.5 对使用磁性法得到的厚度结果有争议时，可按有关标准用称量法和显微镜法仲裁。

附录 D (规范性附录)

热浸镀锌层均匀性试验方法（硫酸铜试验）

D.1 硫酸铜溶液的配制及用量

D.1.1 硫酸铜溶液的配制：将 36g 化学纯硫酸铜溶于 100mL 蒸馏水中，加热溶解后，冷却至室温，加入氢氧化铜或碳酸铜（每升硫酸铜溶液加入 1g），搅拌混匀后，静置 24h 以上，然后过滤或吸出上面的澄清溶液供使用，该溶液在 18℃ 时，比重应为 1.18g/cm³，否则应以浓硫酸铜溶液或蒸馏水调正。

D.1.2 硫酸铜溶液的用量：按试样表面积不少于 8mL/cm²，每次配制的硫酸铜溶液可多次使用，但最多不应超过 15 次。

D.2 试样准备

D.2.1 应按材质、材料规格、产品形状选取有代表性的试样。试样切成适当大小后，应与产品在同一工艺条件下镀锌。

D.2.2 试样测试面积不小于 100cm²。钢板试样尺寸为 100mm×100mm。先将试件的两端各去掉 5cm，然后分别从试件的两端和中间共取 3 个试样。试样加工时不应损坏镀层表面。

D.2.3 螺栓、螺母取原件做硫酸铜试验。

D.3 试验条件

硫酸铜溶液应以不与硫酸铜产生化学反应的容器盛装，容器应有适当的容积，使硫酸铜溶液能将试样浸没，又能使试样与容器壁保持不少于 25mm 的距离。试验时硫酸铜溶液的温度应为 18℃±2℃。

D.4 试验规则

D.4.1 试样表面处理：试样用四氯化碳、苯等有机溶剂除去表面油污，流水冲净后，以净布擦干，将试样两端露出基本金属处涂以油漆或石蜡。

D.4.2 试验方法：将准备好的试样，置于 18℃±2℃ 的溶液中浸泡 1min，此时不得搅动溶液，亦不得移动试样，1min 后立即取出试样，以流水冲洗，并用软毛刷除掉试样表面黑色沉淀物，特别是要刷掉孔洞凹处沉淀物，以流水冲洗，然后用净布擦干后立即进行下一次浸蚀，直至试验浸蚀终点为止。

D.5 浸蚀终点的确定

D.5.1 经上述试验后，试样的基本金属上出现红色的金属铜时为试样达到浸蚀终点。出现金属铜那次浸蚀不计入硫酸铜试验次数。

D.5.2 将附着的金属铜用无锋刃的工具刮掉，如铜的下边仍有金属锌时，可不算浸蚀终点。

D.5.3 下列情形不作为浸蚀终点：

- a) 试样端部 25mm 内出现红色金属铜时；
- b) 试样的棱角出现红色金属铜时；
- c) 镀锌后划伤、擦伤的部位及周围出现红色金属铜时。

D.6 试剂要求

所有试剂均为化学纯试剂。

附 录 E
(规范性附录)
中 性 盐 雾 试 验 方 法

E.1 试验溶液

E.1.1 氯化钠溶液的配制：本试验所用试剂采用化学纯或化学纯以上的试剂。将氯化钠溶于电导率不超过 $20\mu\text{S}/\text{cm}$ 的蒸馏水或去离子水中，其浓度为 $50\text{g}/\text{L} \pm 5\text{g}/\text{L}$ 。

E.1.2 调整 pH：将 pH 值调整到 $6.5 \sim 7.2$ 。pH 值的测量可使用酸度计，作为日常检测也可使用测量精度为 0.3 的精密 pH 试纸。溶液的 pH 值可使用盐酸或氢氧化钠调整。

E.2 试验设备

E.2.1 用于制作试验设备的材料应能抗盐雾腐蚀或不影响试验结果。

E.2.2 盐雾箱的容积不小于 0.2m^3 ，最好不小于 0.4m^3 。箱顶部要避免实验时聚集的溶液滴落到试样上。

E.2.3 加热系统应保持箱内温度达到 $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。

E.3 试样

E.3.1 试样的类型、数量、形状和尺寸根据被试验材料或产品的有关标准选择，若无标准，有关各方可以协商决定。

E.3.2 试验前试样必须清洗干净，清洗方法取决于试样材料性质，试样表面及其污物清洗不应采用可能侵蚀试样表面的磨料或溶剂。试验前不应洗去试样上有意涂覆的保护性有机膜。

E.3.3 如果试样是从工件上切割下来的，不能损坏切割区附近的覆盖层。除另有规定，应用适当的覆盖层如油漆、石蜡或胶黏带等对切割区进行保护。

E.4 试样放置

E.4.1 试样放在盐雾箱内且被试面朝上，让盐雾自由沉降在被试表面上，被试表面不应受到盐雾的直接喷射。

E.4.2 试样原则上应放平。在盐雾箱中被试表面与垂直方向成 $15^\circ \sim 30^\circ$ ，并尽可能成 20° ，对于不规则的试样（如整个工件）也应尽可能接近上述规定。

E.4.3 试样可以放置在箱内不同水平面上，但不能接触箱体，也不能相互接触。试样之间的距离应不影响盐雾自由降落在被试表面上，试样上的液滴不得落在其他试样上。对总的试验周期超过 96h 的新检验或试验，可允许试样移位。

E.4.4 试样支架用玻璃、塑料等材料制造，悬挂试样的材料不能用金属，而应用人造纤维、棉纤维或其他绝缘材料。

E.5 试验周期

E.5.1 试验周期应根据被试材料或产品的有关标准选择。若无标准，可与有关方面协商决定。

推荐的试验周期为 2h、4h、6h、8h、24h、48h、72h、96h、144h、168h、240h、480h、720h、1000h。

E.5.2 在规定的试验周期内喷雾不得中断，只有当需要短暂观察试样时才能打开盐雾箱。

E.5.3 如果试验终点取决于开始出现腐蚀的时间，应经常检查试样。因此，这些试样不能同要求预定试验周期的试样一起试验。

E.5.4 可定期目视检查预定试验周期的试样，但在检查过程中，不能破坏被试表面，开箱检查的时间与

次数应尽可能少。

E.6 试验后试样的处理

试验结束后取出试样，为减少腐蚀产物的脱落，试样在清洗前放在室内自然干燥 0.5h~1h，然后用温度不高于 40℃ 的清洁流动水轻轻清洗以除去试样表面残留的盐雾溶液，再立即用吹风机吹干。

E.7 试验结果的评价

试验结果的评价标准，通常应由被试材料或产品标准提出。一般试验仅需考虑以下几方面：

- a) 试验后的外观；
- b) 除去表面腐蚀产物后外观；
- c) 腐蚀缺陷如点蚀、裂纹、气泡等的分布和数量；
- d) 开始出现腐蚀的时间；
- e) 重量变化；
- f) 显微镜观察；
- g) 力学性能变化。

E.8 试验报告

E.8.1 试验报告必须写明采用的评价标准和得到的试验结果。如有必要，应有每个试样的试验结果、每组相同试样的平均试验结果或试样照片。

E.8.2 根据试验目的及要求，试验报告应包括如下内容：

- a) 试验所涉及的标准；
- b) 试验使用的盐和水的类型；
- c) 被试材料或产品的说明；
- d) 试样的尺寸、形状、试样面积和表面状态；
- e) 试样的制备，包括试验前的清洗和对试样边缘或其他特殊区域的保护措施；
- f) 覆盖层的已知特征及表面处理的说明；
- g) 试样数量；
- h) 试验后试样的清洗方法，如有必要，应说明由清洗引起的失重；
- i) 试样放置角度；
- j) 试样位移的频率和次数；
- k) 试验周期以及中间检查结果；
- l) 试验溶液和 pH 值；
- m) 为了检查试验条件的准确性，特地放在盐雾箱内的参比试样的性能；
- n) 试验温度；
- o) 收集液的密度；
- p) 影响试验结果的意外情况；
- q) 检查的时间间隔。

附 录 F
(规范性附录)
涂层结合强度测试方法

F.1 拉开法

F.1.1 将测量试柱及被测涂层表面擦拭干净,试柱表面不能有残留的胶水、涂层残留物;被测涂层表面应光滑平整。

F.1.2 测试时每个测试面的测试点数不应低于 6 个点。

F.1.3 胶黏剂的内聚力和黏结性要大于被测涂层的内聚力和黏结性。

F.1.4 测试过程。

- a) 将胶黏剂均匀涂抹于刚清理干净的试柱表面,把涂有胶黏剂的试柱表面平贴于被测涂层表面,用手轻压试柱,待试柱稳定即可松手。
- b) 待完全固化后,用刀具沿试柱的周线,切透固化了的胶黏剂和涂层直至底材。当涂层厚度小于 $150\mu\text{m}$ 时,可不用切割操作。
- c) 胶黏剂固化后,立即将实验组合装置置于拉力试验机或拉力增加装置下。小心地固定中心放置试柱,使拉力能均匀地作用于试验面积上而没有任何扭曲动作。在与被测涂层平面垂直方向上施加拉力,该应力以不超过 1MPa/s 的速度逐渐增加,试验组合的破坏应从施加应力起 90s 内完成。
- d) 记录破坏试验组合的应力。
- e) 在每个试验组合样品重复进行拉力试验。

F.2 划格法

F.2.1 准备好试验工具:切割刀具、软毛刷、透明胶带、目视放大镜。

F.2.2 被测涂层应不超过 $250\mu\text{m}$ 。

F.2.3 测定被测涂层厚度。测量时,应尽可能在靠近要测定切割试验位置的涂层上进行。

F.2.4 切割数:切割图形每个方向的切割数应是 6。

F.2.5 切割间距,每个切割的间距应相等,且切割的间距取决于涂层的厚度,如下所述:

- a) $0\mu\text{m}\sim 60\mu\text{m}$: 1mm 间距。
- b) $61\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$: 2mm 间距。
- c) $121\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$: 3mm 间距。

F.2.6 用手工法切割涂层。

- a) 清洁被测涂层表面,握住切割刀具,使刀垂直于被测涂层表面,对切割刀具均匀施力,并采用适宜的间距导向装置,用均匀的切割速率在涂层上形成规定的切割数。所有切割都应划透至底材表面。
- b) 重复上述操作。再做相同数量的平行切割线,与原先切割线形成 90° 角相交,形成网格图形。
- c) 用软毛刷沿网格图形每一条对角线,轻轻地向后扫几次。
- d) 按均匀的速度拉出一段胶黏带,除去最前一段,然后剪下长约 75mm 的胶黏带。把该胶黏带的中心点放在网格上方,方向与一组切割线平行,然后用手指把胶黏带在网格区上方的部位压平,胶黏带长度至少超过网格 20mm。为了确保胶黏带与涂层接触良好,用手指尖用力蹭胶黏带。透过胶黏带看到的涂层颜色全面接触表示显示有效。在贴上胶黏带 5min 内,拿住胶黏带悬空

的一端，并尽可能接近 60° 的角度，在 0.5s~1.0s 内平稳地撕离胶黏带。可将胶黏带固定在透明膜面上进行保留，以供参考。

F.2.7 结果观测：在良好的照明环境下，应用正常或矫正的视力，或者用目视放大镜仔细检查试验涂层的切割区。

附 录 G
(资料性附录)
涂层相容性试验方法

G.1 试验对象

G.1.1 选取与待涂装铁塔表面状态一致的构件或直接在待涂装铁塔典型构件上进行试验。

G.1.2 试验总面积不低于 0.5m²。

G.2 试验步骤

G.2.1 对试验对象进行与涂装工艺一致的表面处理，并清洗掉旧涂层表面的灰尘和油污。

G.2.2 将新涂层底漆配套用的稀释剂蘸于净抹布上，在试验对象表面擦拭 2min~10min，然后静置 30min，观察是否有旧涂层被溶化或被擦掉，以及旧涂层是否产生咬起、皱皮、起泡、剥落等现象，记录试验结果。若无上述现象则进入下一步骤。

G.2.3 将新涂层体系的底涂层均匀施涂于试验对象表面，然后等待 1h 以上直至表干。观察底涂层是否产生起皱、缩边、咬底、起泡、开裂等现象，记录试验结果。若无上述现象则进入下一步骤。

G.2.4 将新涂层体系的中涂层均匀施涂于试验对象表面，然后等待 1h 以上直至表干。观察中涂层是否产生起皱、缩边、咬底、起泡、开裂等现象，记录试验结果。若无上述现象则进入下一步骤。

G.2.5 将新涂层体系的面涂层均匀施涂于试验对象表面，然后等待 1h。观察面涂层是否产生起皱、缩边、咬底、起泡、开裂等现象，记录试验结果。

G.2.6 等待 2 周后再次观察试验对象新涂层体系是否产生起皱、缩边、咬底、起泡、开裂和剥落等现象，记录试验结果。

G.2.7 测试新涂层体系附着力，记录试验结果。

G.3 结果评价

若新涂层体系未产生上述缺陷现象且附着力符合要求，可视为通过涂层相容性试验。否则视为不通过。试验报告应附照片。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
输电线路铁塔防腐蚀保护涂装
DL/T 1453 — 2015

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1.5 印张 45 千字
印数 0001—1500 册

*

统一书号 155123·2700 定价 13.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋

