

ICS 29.240.01

CCS F 20

团体标准

T/CCCTA 0047—2024

输变电设备腐蚀控制工程施工及 验收规范

Code for construction and acceptance of corrosion controlling
engineering of power transmission and transformation equipment

2024-04-29 发布

2024-07-29 实施

中国腐蚀控制技术协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	2
4 总则	3
5 腐蚀控制工程施工	4
5.1 涂装	4
5.2 热喷涂	6
5.3 阴极保护	7
6 检验与验收	7
6.1 一般规定	7
6.2 防腐涂层质量检验与验收	7
6.3 金属涂（镀）层验收	9
6.4 阴极保护系统验收	10

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国腐蚀控制技术协会提出。

本文件由中国腐蚀控制技术协会团体标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司柳州局、沈阳中科腐蚀控制工程技术有限公司、华北电力科学研究院有限责任公司、深圳智高博实工程有限公司、江苏帝邦建设工程有限公司、沈阳中科环境工程科技开发有限公司、四川众鑫铄科技有限公司、中国腐蚀控制技术协会、中蚀国际腐蚀控制工程技术研究院（北京）有限公司。

本文件主要起草人：黄松强、孙阔腾、王靓、何学敏、冯鹤、黄志雄、覃广斌、刘子豪、王熙俊、金伟、陈博、吴华成、张秀丽、胡卫兵、李晨磊、姬传领、骆辉、于法鑫、周开宇、赵国玉、姬晟琛、张丽、刘政杭、赵群、邢峻、李侠、刘福云。

输变电设备腐蚀控制工程施工及验收规范

1 范围

本文件规定了输变电设备腐蚀控制工程施工总则、涂装、热喷涂、阴极保护施工技术及采用检验与验收方法等要求。

本文件适用于输变电设备的腐蚀控制工程施工及验收单位的使用及管理。

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。

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部份：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 8923.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分：焊缝、边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级

GB/T 9793-2012 热喷涂 金属和其它无机覆盖层锌、铝及其合金

GB/T 11375 金属和其他无机覆盖层 热喷涂 操作安全

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 18570.3 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第3部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)

GB/T 18570.9 涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的评定试验第9部分：水溶性盐的现场电导率测定法

GB/T 21448 埋地钢质管道阴极保护技术规范

GB/T 30790.4 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第4部分：表面类型和表面处理

GB/T 31586.1 防护涂料体系对钢结构防腐蚀保护涂层附着力/内聚力（破坏强度）评定和验收准则第1部分 拉开法试验

GB/T 31586.2 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护涂层附着力/内聚力（破坏强度）的

评定和验收准则第2部分 划格试验和划叉试验

GB/T 35988 石油天然气工业海底管道阴极保护

GB 50212 建筑防腐蚀工程施工规范

GB/T 50224 建筑防腐蚀工程施工质量验收标准

T/CIATA 0032-2020 输电网装置、设施腐蚀控制工程全生命周期通用要求

ISO 11124-2 涂装油漆和有关产品前钢材预处理——金属喷砂清理磨料规范第2部分：冷却铁砂 (Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Specifications for metallic blast-cleaning abrasives - Part 2: Chilled-iron grit)

ISO 11126-3 涂装油漆和有关产品前钢材预处理——非金属喷砂清理磨料规范第3部分：铜精炼渣 (Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 3: Copper refinery slag)

ISO 11126-4 涂装油漆和有关产品前钢材预处理——非金属喷砂清理磨料规范第4部分：煤渣 (Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives — Part 4: Coal furnace slag)

ISO 11126-7 涂装油漆和有关产品前钢材预处理——非金属喷砂清理磨料规范. 第7部分：熔融氧化铝 (Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Specifications for non-metallic blast-cleaning abrasives - Part 7: Fused aluminium oxide)

3 术语与定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

输变电设备 power transmission and transformation equipment

电力系统中实现电压范围不小于35kV的电力输送和电压变换功能所包含的设备以及相关的测量、保护、控制等装置，包括输电线路设备（包含输电杆塔、杆塔基础、架空线、接地网、抱箍、紧固件、绝缘子、电力金具、箱体、接地装置等）、变电站（换流站）设备（包含配电装置、电力变压器、断路器、隔离开关、防护罩、设备壳体、轴销、轴套、接地装置、继电保护等）。

3.2

防腐体系 anticorrosion system

用于减缓或防止输变电设备腐蚀的材料及（或）工艺的总称。

3.3

防腐体系的耐久性 durability of anticorrosion system

防腐体系从竣工验收合格到其失效所用的时间。

3.4

腐蚀控制工程 corrosion control engineering

为了保护输变电设备不受腐蚀或降低腐蚀速率，有针对性的选用耐蚀材料和腐蚀控制技术对输变电设备实施防护的过程。

4 总则

4.1 输变电设备腐蚀控制工程施工及验收应符合T/CIATA 0032-2020的要求。

4.2 输变电设备腐蚀控制工程施工前应编制施工组织设计和专项施工方案，对首次进行的两种及以上的材料及（或）工艺复合涂装作业，应先进行涂装工艺试验与评定工艺试验。

4.3 防腐蚀涂装工程的涂装专项方案应对施工环境、施工设备、施工人员、施工程序、技术要求、工艺参数，以及质量控制与检验、安全与环保措施等内容作出规定。钢结构防腐蚀涂装施工工艺应根据所用涂料的物理化学性能和施工环境条件进行选择，并符合产品说明书的规定。

4.4 施工单位应具有符合现行国家有关标准的质量管理体系、环境管理体系和职业健康安全管理体系。施工人员应经过专业培训并经考核合格后方可上岗。

4.5 施工应符合下列规定：

- 设计及其相关技术文件齐全，施工图纸已经会审；
- 施工组织设计或专项施工方案已批准，技术和安全交底已完成；
- 材料、机具、检测仪器、施工设施及场地已齐备，且完成检验和报批；
- 防护设施应安全可靠，施工用水、电、气、汽应能满足连续施工的需要；
- 已制定相应的安全应急预案。

4.6 施工环境条件应符合下列规定：

- 环境温度、空气相对湿度应满足施工要求；
- 使用时原材料的温度宜符合施工要求；
- 基体表面温度应大于露点温度3℃；

——当环境条件无法满足4.1~4.3的规定时,应采取措施达到环境温度和相对湿度要求。

4.7 施工过程中应采取防止损坏防腐层结构的措施。

4.8 钢结构防腐蚀涂装施工,除隐蔽部分外,宜在钢构件组装或预拼装工程检验批的施工质量验收合格后进行。涂装完毕后,应在构件上标注构件编号等标记。

5 腐蚀控制工程施工

5.1 涂装

5.1.1 基层处理

5.1.1.1 输变电设备的表面处理可采用手工和动力工具清理、喷射清理。

5.1.1.2 输变电设备在除锈处理前,应处理焊缝和缺陷,清除焊渣、毛刺和飞溅等附着物,并对边角进行钝角化处理,洁净度等级应符合GB/T 8923.3的有关规定。

5.1.1.3 油、油脂、盐分、污物或其它类似污染物应在表面处理前去除,表面处理应达到GB/T 30790.4的规定。

5.1.1.4 手工和动力工具清理应按GB/T 8923.1执行。手工和动力工具清理的清理等级应不低于St3级。

5.1.1.5 喷射清理应按GB/T 8923.1执行,一般要求喷射除锈质量等级应不低于Sa2½级,底漆为无机富锌底漆时,应达到Sa3级。

5.1.1.6 喷射清理后的基材表面粗糙度应符合GB/T 13288.2的规定,表面粗糙度宜为30μm~100μm。

5.1.1.7 处理后的基材表面清洁度应按GB/T 18570.3执行。腐蚀等级为CX的大气环境、水环境及土壤环境下的输变电设备表面,灰尘数量小于2级,其余大气腐蚀环境下的输变电设备表面,灰尘数量不大于3级;灰尘颗粒大小应不大于2级。

5.1.1.8 涂覆前应按GB/T 18570.9做盐分检测,表面水溶性盐分含量应符合:

——腐蚀等级为CX的大气环境以及水环境和土壤环境下的输变电设备表面不大50mg/m²;

——其余大气环境下的输变电设备表面不大于70mg/m²。

5.1.1.9 底涂层宜在表面处理完成后4h内施工;当所处环境的相对湿度小于60%时,底涂层施工间隔可延长到不超过12h;如表面出现返锈现象,应重新除锈。

5.1.1.10 全面重新涂覆的部位,应按照初次涂覆要求进行表面处理。

5.1.2 涂装施工

5.1.2.1 输变电设备防腐蚀涂装施工时的环境条件,应符合涂料产品说明书的要求。当涂料产品说明书未做要求时,环境条件应符合下列要求:

——环境温度宜控制在0℃~40℃之间，当相对湿度大于85%（水性涂料大于80%）时，应采取降低相对湿度的措施；

——对于水性涂料或其它要求0℃以上施工的涂料，0℃以下不宜施工，若必须进行涂装的，宜采取措施对涂料和输变电设备进行预热处理；

——被涂装构件表面不应有凝露，涂装后4h内应予保护，避免淋雨和沙尘等异物侵袭；

——遇雨、雾和大风天气应停止露天涂装，宜避免在强烈阳光照射下施工，风力超过5级或者风速超过8m/s时，不宜使用无气喷涂；

——封闭环境或通风不佳的环境施工时，应配置强制通风装置，保持施工过程和漆膜养护期间较低的空气相对湿度。

5.1.2.2 涂料配制和使用时间，应符合下列要求：

——涂料在开罐前，应确认品种、牌号、颜色等正确无误；

——涂料应充分搅拌均匀后方可施工，宜采用动力搅拌装置。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，混合次序应按产品说明进行；

——若混合好的涂料需要稀释，应采用规定的稀释剂，稀释后应充分搅拌均匀。施工时可根据涂装工艺的需要适当稀释，不得超过说明书的要求；

——混合好的涂料按照产品说明书的规定熟化；

——涂料的使用时间按产品说明书规定的适用期执行。

5.1.2.3 涂装作业时，对于不应涂覆涂料的部位，应采取适当措施予以遮蔽。

5.1.2.4 涂料的涂装施工，可采用刷涂、滚涂、有气喷涂或无气喷涂设备，宜采用无气喷涂。涂层厚度应均匀，不得漏涂或误涂。

5.1.2.5 每道涂装前先对边、角、棱、缝、沿及焊缝、锚定、螺栓、连接件等部位采用刷涂或辊涂的方式进行预涂装，预涂装表干后开始大面积涂装。腐蚀性等级为C5及CX时，螺栓部位宜先采用聚硫密封膏或耐腐蚀密封膏包裹，再与其它部位一起涂装。

5.1.2.6 涂料、涂装道数、涂层厚度均应符合设计要求，相邻二道涂层施工应有适当的重涂间隔，最大及最小重涂间隔时间应参照涂料产品说明书确定。超过最大重涂间隔时间时，进行拉毛处理后涂装，以免影响涂层之间的附着力。

5.1.2.7 工地焊接部位的焊缝两侧宜采用坡口涂料临时保护，若采用其它防腐涂料时，宜在焊缝两侧留出暂不涂装区，其宽度为焊缝两侧各100mm。

5.1.2.8 当涂层未达到规定要求或原涂层受到损伤时，应进行涂层修补。修补时，所用的涂料品种、层数、每层膜厚都应与周围涂层一致。

5.1.2.9 涂装施工时，每道工序完成后应进行检查，合格后方可进行下一道工序。检查和计量器具应经过计量检定、校准合格且在有效期内。

5.2 热喷涂

5.2.1 基层处理

5.2.1.1 热喷涂施工前，应对待喷涂构件表面以喷射清理的方式进行表面处理。

5.2.1.2 喷射清理应连续进行直至工件表面达到GB/T 8923.1规定的Sa3级所要求的金属外观和均匀纹理。

5.2.1.3 喷涂前，应用参比样片对照检验砂处理后工件表面的粗糙度，参比样片的材质应与工件一致，并按供需双方协商的要求制备。

5.2.1.4 如另有规定，应采用下述磨料对工件表面进行预处理：

- 低磷冷硬铸铁砂，应符合 ISO 11124-2 的要求；
- 铜精炼渣，应符合 ISO 11126-3 的要求；
- 煤炉渣，应符合 ISO 11126-4 的要求；
- 刚玉砂，应符合 ISO 11126-7 的要求。

5.2.1.5 在某些场合亦可选用其他磨料，但一定要能达到清洁度与粗糙度，以保证喷涂防腐层的附着力。

5.2.1.6 磨料颗粒尺寸一般为0.5mm~1.5mm。

5.2.2 热喷涂施工

5.2.2.1 采用金属涂（镀）层施工的输变电设备表面清洁度、表面粗糙度、热/冷喷涂材料的规格和质量指标、涂层系统的选择应符合本文件的规定。

5.2.2.2 表面预处理与热/冷喷涂施工之间的间隔时间，晴天或湿度不大的气候条件下不应超过12h，雨天、潮湿、有盐雾的气候条件下不应超过2h。

5.2.2.3 工作环境的大气温度低于5℃或输变电设备表面温度低于露点3℃时，应停止喷涂施工操作。

5.2.2.4 热喷涂应在工件表面喷砂后尽快进行，一般不超过4h，依当地情况而定。当应保证在喷涂开始时，工件表面仍然保持清洁、干燥和无肉眼可见的氧化。如果待喷涂表面有变质的迹象，应对有问题的区域重新预处理以达到规定的质量要求。

5.2.2.5 金属热喷涂施工应符合GB/T 11375的有关规定。

5.2.2.6 金属热喷涂所用的压缩空气应干燥、洁净；喷枪与被喷射输变电设备表面宜成直角，最大倾斜角度不得大于45°，喷枪的移动速度应均匀，各喷涂层之间的喷枪走向应互相垂直、

交叉覆盖；一次喷涂厚度宜为 $25\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ ，同一层内各喷涂带之间应有 $1/3$ 的重叠宽度。

5.2.2.7 金属涂（镀）层保护系统应包括金属喷涂层和封闭层，封闭的目的是减少喷涂层原有的孔隙。金属喷涂层的封闭剂或首道封闭涂料施工宜在喷涂层尚有余温时进行，并宜采用涂刷方式施工。

5.2.2.8 输变电设备的现场焊缝两侧应预留 100mm 宽度涂刷车间底漆临时保护，待工地拼装焊接后，对预留部分应按相同的技术要求重新进行表面清理和喷涂施工。

5.2.2.9 在装卸、运输或其它施工作业过程中应采取措施防止金属喷涂层局部损坏。如有损坏，应按原设计要求和施工工艺进行修补。

5.3 阴极保护

5.3.1 强制电流阴极保护系统施工应符合GB/T 21448中的相关规定。

5.3.2 牺牲阳极阴极保护系统施工应符合GB/T 35988中的相关规定。

5.3.3 阴极保护系统用电缆间的连接或电缆与输变电设备间的连接应牢固可靠，并做好防水、防腐密封。

6 检验与验收

6.1 一般规定

6.1.1 输变电设备防腐蚀工程应按GB 50212、GB/T 50224和本文件的规定进行验收。未经验收或验收不合格的工程，不得投入使用。

6.1.2 防腐蚀工程验收应提交质量控制文件和保证资料，施工全过程控制文件应做到真实、准确。

6.1.3 防腐材料进入施工现场前，应检查供料方提供的产品质量合格证、质量技术指标及检测方法和质量检验报告或技术鉴定文件。进入施工现场后，应根据相关规定在监理单位或建设单位监督下，由施工单位有关人员现场取样，做见证取样检验。

6.2 防腐涂层质量检验与验收

6.2.1 输变电设备防腐蚀涂层外观应连续平整、颜色均匀，且无返锈、针孔、缩孔、气泡、流挂、起皱、开裂和剥落等缺陷。

6.2.2 输变电设备防腐蚀涂层的最终质量检验应在规定的涂层养护期结束后进行。

6.2.3 涂层的层数和厚度应符合设计规定。涂层的干膜厚度检查采用“90-90”原则进行判定，即90%的厚度值应高于规定厚度，低于规定厚度的厚度值不得低于规定值的90%。涂层湿膜厚度和干膜厚度的检测应按GB/T 13452.2的有关规定执行。

6.2.4 涂层与钢材的附着力的检测方法可采用拉开法或划格划叉试验，并应符合下列规定：

——拉开法试验应按GB/T 31586.1的有关规定执行；

——划格划叉试验应按GB/T31586.2的有关规定执行。

6.2.5 完成附着力测试以后，应按原涂层配套进行修复。

6.2.6 涂料涂装的各工序检验项目、检验方法、验收标准与检验数量应符合表1的规定。

表1 各工序检验项目、检验方法、验收标准与检验数量

工序	检验项目	检验方法	验收标准	检验数量
表面预处理	表面油污和灰尘	目视检查	所有待涂表面均应清洁、干燥无污染	每个检验批 100%检验
	结构缺陷预处理	目视检查	焊缝、自由边、锐利的边角、锐角圆弧半径必须打磨平滑	每个检验批 100%检验
表面处理	喷射、手工或动力工具处理除锈等级	目视法，观察比对各等级标准图片	输变电设备表面处理等级，不低于 Sa2½级或 St3 级	每个检验批 100%检验
	表面粗糙度	比较标准样块，或粗糙度仪进行测量	表面粗糙度宜为 30μm~100μm	每个检验批检查 1 次，随机抽检 3 点
	清洁度	目视法，标准图谱或样板对照	涂漆前钢材表面清洁度应为灰尘数量小于等于 3 级；灰尘颗粒大小小于等于 2 级；表面无可见的返锈，潮湿或者污染	每个检验批检查 1 次，100%检验
	水溶性盐	电导率测定法	腐蚀等级为 CX 的大气环境以及水和土壤环境下的输变电设备表面不大于 50mg/m ² ，其余大气环境下的输变电设备表面不大于 70mg/m ²	每个检验批检查 1 次，100%检验
涂料涂装	涂装环境	温、湿度计	气温、相对湿度、表面温度、露点等应符合产品说明书要求	每个检验批检查 1 次，100%检验
	涂层外观	目视检查	涂层表面应光滑平整、色泽一致，无气泡、露底、返锈、发粘、起皱、开裂、剥落、漏涂和误涂等缺陷	每个检验批检查 1 次，100%检验
	涂层道数和厚度	干膜测厚仪或同步样板检测	涂层道数和厚度应符合设计要求；每道涂层在下道涂装前，应测试并记录涂层厚度；90%的测量值不得低于规定膜厚，其余 10%的测量值不应低于规定膜厚的 90%	每个检验批测量数不应小于设计涂装构件件数的 1%，且不应少于 3 件，每件应抽查 3 点
	涂层附着力	划格法或拉开法检查	涂层附着力应符合设计要求	每个检验批测量数不应小于设计涂装构件件数的 1%，且不应少于 3 件，每件应抽查 3 点

表1 各工序检验项目、检验方法、验收标准与检验数量（续）

工序	检验项目	检验方法	验收标准	检验数量
涂料涂装	标志和标记	目视检查	涂装完成后，构件的标志、标记和编号应清晰完整	每个检验批检查1次，100%检验

6.2.7 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验收文件，进场验收记录；
- 设备表面处理及检验记录；
- 涂装施工记录（包括施工过程中对重大技术问题和其它质量检验问题处理记录）；
- 补修和返工记录；
- 现场检验记录。

6.3 金属涂（镀）层验收

6.3.1 热喷涂金属涂层采用校正视力在正常的阅读环境下目测外观，涂层外观应均匀一致，无气泡或底材裸露的斑点，无未附着或者附着不牢固的金属熔融颗粒。

6.3.2 热喷涂金属涂层厚度可采用磁性法来测量，厚度值取其算数平均值，当有争议时，可用横断面显微镜法进行验证；应在涂层厚度可能最薄弱的部位测量涂层的局部厚度。测量点数量和位置分布应符合表2的规定。

表2 金属热喷涂层厚度测量点数量和位置分布要求

检验面积	要求
面积为 1cm ² 到 10000cm ² 之间的涂层	任何给定点的都应当是在大约 1cm ² 区域内 3 次测量结果的算数平均值
面积大于 10000cm ² 之间的涂层	任何给定点的都应当是在大约 100cm ² 基准面内测量 10 次，所有测量点应该均匀分布
如果工件的几何形状不允许，可在相同条件下同时制备适当的参比样品	用金相法或者物理方法来测量

6.3.3 热喷涂金属涂层附着力的测试可按GB/T 9793附录A规定的方法执行，测试结果应符合下列规定：

- 采用划格试验测试时，没有出现涂层从基体上剥离或金属涂层层间分离；
- 采用拉伸试验时，附着强度不低于3MPa。

6.3.4 金属涂镀层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；

- 原材料合格证和质量验收文件，进场验收记录；
- 设备表面处理及检验记录；
- 施工记录（包括施工过程中对重大技术问题和其它质量检验问题处理记录）；
- 补修和返工记录；
- 现场检验记录。

6.4 阴极保护系统验收

6.4.1 阴极保护系统验收时应确认阴极保护系统所用材料、设备具有相应的资质证明文件及产品说明书。

6.4.2 阴极保护系统验收前应按照GB/T 21448的相关规定进行调试，并提供交工资料。调试内容应分三步进行：

- a) 投运前检查；
- b) 阴极保护系统投运；
- c) 阴极保护有效性测试与调整。

6.4.3 阴极保护系统验收时应进行现场测试，测试结果应符合阴极保护电位准则的规定。

6.4.4 阴极保护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、仪器仪表合格证和质量验收文件，进场验收记录；
 - 施工记录（包括施工过程中对重大技术问题和其它质量检验问题处理记录）；
 - 补修和返工记录；
 - 现场检验记录。
-