ICS 29.240.10
CCS K 43

T/CS

团 体 标 准

T/CS XXX—2026

预装式箱式变电站钢结构铁附件技术规范

Technical specification for steel structural iron fittings of prefabricated box-type substations

（征求意见稿）

2026-XX-XX 发布 2026-XX-XX 实施

中国商品学会 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 1
4 技术要求 2
5 制造技术条件 3
6 验证方法 5
7 检验规则 6
8 标志、包装、运输和贮存 7

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。

本文件由中安达电气科技股份有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：中安达电气科技股份有限公司、中气电力装备有限公司、重庆竹柳电力成套设备有限公司、自贡市恒力电力科技有限公司、江苏双汇电力发展股份有限公司、吴江变压器有限公司、成飞电气科技有限公司、亚正电气集团有限公司。

本文件主要起草人：周富强、黄杰、王芳、张学平、景海操、李烽、崔俊杰、邢银凤、刘玉念。

预装式箱式变电站钢结构铁附件技术规范

1 范围

本文件规定了预装式箱式变电站钢结构铁附件（以下简称“铁附件”）的技术要求、制造技术条件、检验规则以及标志、包装、运输和贮存要求，描述了相应的验证方法。

本文件适用于高压侧交流额定电压 3.6 kV～40.5 kV、额定频率 50 Hz 及以下的预装式箱式变电站中，以钢材为主要材质、经焊接或螺栓连接成型的底架、立柱、门框、吊装支承件、连接板及配套紧固件等钢结构附属构件的制造与检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 700 碳素结构钢

GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 2694 输电线路铁塔制造技术条件

GB/T 3098.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3098.2 紧固件机械性能 第 2 部分：螺母

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 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 8110 熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝

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 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定

GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法

GB/T 17467 高压/低压预装式变电站

GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级

GB/T 30790.2 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 第 2 部分：环境分类

GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准

DL/T 284 输电线路杆塔及电力金具用热浸镀锌螺栓与螺母

DL/T 646 输变电钢管结构制造技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预装式箱式变电站 prefabricated box-type substation

高压侧交流额定电压3.6 kV～40.5 kV、额定频率50 Hz及以下，将高压开关设备、配电变压器、低压开关设备及辅助设备等预先装配在箱体内的变电站。

3.2

铁附件 steel structural accessories

预装式箱式变电站中以钢材为主要材质、经焊接或螺栓连接成型的底架、立柱、门框、吊装支承件、连接板及配套紧固件等钢结构附属构件。

3.3

全熔透焊缝 full-penetration weld

按设计要求使接头整个厚度均熔透的焊缝。

3.4

热浸镀锌 hot-dip galvanizing

将钢铁制件浸入熔融锌液中，使其表面形成锌及锌铁合金镀层的工艺。

3.5

防腐体系 anticorrosive system

为保护铁附件免受腐蚀而采用的表面处理、热浸镀锌层、涂层等防护组合。

4 技术要求

4.1 材料

4.1.1 铁附件用钢材应采用Q235B级或以上等级的碳素结构钢，其化学成分和力学性能应符合GB/T 700的规定。承受较大载荷或截面尺寸受限的构件，应采用Q355B级或以上等级的低合金高强度结构钢，其化学成分和力学性能应符合GB/T 1591的规定。

4.1.2 钢材表面不应有裂纹、折叠、结疤、夹杂和重皮。存在锈蚀、麻点或划痕时，其深度不应大于该钢材厚度负允许偏差值的1/2，且累计误差应在负允许偏差范围内；型钢毛刺限值应符合GB/T 2694的规定。

4.1.3 钢材的尺寸负偏差不应大于GB/T 709规定的负偏差。

4.2 加工与尺寸偏差

4.2.1 铁附件的切割、制孔、制弯等加工质量应符合GB/T 2694的规定。切割面应无裂纹、夹渣和缺棱，缺棱限值按GB/T 2694执行。

4.2.2 钢板厚度负偏差和角钢边宽度、边厚度允许偏差应符合GB/T 2694的规定。

4.2.3 制弯构件表面不应有裂纹、明显折皱、凹面和损伤。划痕深度和制弯后最薄处厚度应符合GB/T 2694的规定。

4.2.4 镀锌后零件或构件的弯曲变形应符合GB/T 2694的规定。

4.3 焊接

4.3.1 焊缝坡口和焊接工艺应保证全熔透或设计规定的熔透形式。焊缝外形应均匀，焊道与焊道、焊道与基体金属之间应平滑过渡。

4.3.2 全熔透焊缝应按GB/T 11345规定的B级检验进行超声检测。

4.3.3 一级焊缝不应存在咬边。二级焊缝咬边深度不应大于 0.05 t 且不应大于 0.5 mm，单段连续长度不应大于 100 mm，且焊缝两侧咬边总长度不应大于焊缝全长的 10%。
4.3.4 二级焊缝接头不良缺口深度不应大于 0.05 t 且不应大于 0.5 mm，每 1000 mm 焊缝长度内接头不良不应超过 1 处。
4.3.5 焊缝表面不应有裂纹、未熔合、表面夹渣和未填满的凹陷。一级和二级焊缝均不应存在表面气孔。

4.4 热浸镀锌防腐

4.4.1 铁附件除不锈钢材质或设计另有规定外，均应进行热浸镀锌处理，镀层技术要求应符合 GB/T 13912 的规定。
4.4.2 镀层厚度要求适用于厚度不小于 6 mm 的铁附件构件；厚度小于 6 mm 的构件，其镀层平均厚度和局部厚度不应低于 GB/T 13912 对应厚度档的规定。主体受力构件的镀层厚度不因厚度分档而降低。
4.4.3 镀层附着量应采用称量法测定，并应符合 GB/T 13912 的规定。
4.4.4 镀层表面应光洁，无漏镀、滴瘤、黑斑、溶剂残渣和氧化皮夹杂物等损害使用性能的缺陷。漏镀总面积不应超过构件总面积的 0.5%，单个漏镀面的面积不应超过 10 cm^2；且不应存在集中缺陷。
4.4.5 镀层附着性应满足：经锤击试验或弯曲试验后，镀层不应出现剥离或开裂。

4.5 紧固件连接

4.5.1 铁附件用螺栓、螺母的性能等级不应低于 4.8 级，有明确设计规定时按其规定执行。螺栓、螺母的机械性能应分别符合 GB/T 3098.1 和 GB/T 3098.2 的规定。
4.5.2 电力杆塔及铁附件用热浸镀锌螺栓与螺母的型式尺寸、螺纹公差和镀锌层要求应符合 DL/T 284 的规定。
4.5.3 螺栓应能自由穿入螺栓孔。当不能自由穿入时，应采用铰刀修孔，修孔数量不应超过该节点螺栓数量的 25%，扩孔后的孔径不应超过 1.2 d。
4.5.4 永久性普通螺栓紧固后，螺栓丝扣外露不应少于 2 扣。
4.5.5 高强度螺栓连接副终拧后，螺栓丝扣外露应为 2 扣～3 扣，其中允许有 10%的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣。检查数量和方法按 GB 50205 的规定执行。

4.6 机械强度

4.6.1 铁附件及由其组装的钢结构单元应具有足够的机械强度，在正常使用条件以及规定的起吊、运输条件下，不应产生影响预装式箱式变电站外壳防护等级和内部设备正常运行的永久变形或损坏。
4.6.2 由铁附件组装的箱体底架、立柱和吊装支承件，其机械应力耐受能力应按 GB/T 17467 中的规定进行验证。

5 制造技术条件

5.1 焊接工艺评定

5.1.1 铁附件制造单位在首次采用某种钢材、焊接材料、焊接方法、接头形式、焊接位置或焊后热处理制度的组合进行焊接之前，应进行焊接工艺评定，并形成焊接工艺评定报告。
5.1.2 焊接工艺评定应覆盖铁附件实际生产中所用的钢材类别、厚度范围、焊接方法及焊接位置。评定试件厚度 T 的覆盖范围应为 0.75 T～1.5 T；超出该范围时，应重新进行焊接工艺评定。
5.1.3 焊接作业应依据评定合格的焊接工艺评定报告编制焊接作业指导书，焊接操作人员应按焊接作业指导书施焊。

5.1.4 焊接材料应与母材相匹配。焊条电弧焊用焊条应符合 GB/T 5117 的规定；熔化极气体保护焊用实心焊丝应符合 GB/T 8110 的规定。焊接材料入库前应核查质量证明文件，焊条和焊丝应按其说明书规定的条件贮存和烘干。

5.2 焊接环境与定位焊

5.2.1 焊接作业环境温度不应低于-10 ℃，相对湿度不应大于 90%。超出上述条件且必须施焊时，应编制专项焊接方案并采取相应措施。
5.2.2 手工电弧焊和自保护药芯焊丝电弧焊时，焊接作业区最大风速不应超过 8 m/s；气体保护电弧焊时，最大风速不应超过 2 m/s。
5.2.3 焊接作业环境温度低于 0 ℃且不低于-10 ℃时，应将焊接接头和焊接表面各方向大于或等于钢板厚度 2 倍且不小于 100 mm 范围内的母材，加热到规定的最低预热温度且不低于 20 ℃后再施焊。
5.2.4 定位焊焊缝厚度不应小于 3 mm，不应超过设计焊缝厚度的 2/3；定位焊焊缝长度不应小于 40 mm 和接头中较薄部件厚度的 4 倍；定位焊间距宜为 300 mm～600 mm。

5.3 焊缝质量等级与缺陷限值

5.3.1 铁附件焊缝质量等级不应低于 DL/T 646 中规定的要求。
5.3.2 对接焊缝余高应符合 DL/T 646 的规定，一级、二级焊缝，焊件板厚 B＜20 mm 时为 0～3.0 mm，B≥20 mm 时为 0～4.0 mm；三级焊缝，B＜20 mm 时为 0～4.0 mm，B≥20 mm 时为 0～5.0 mm。角焊缝焊脚尺寸偏差按 GB 50205 的规定执行。
5.3.3 一级、二级焊缝不应存在表面气孔；三级焊缝表面气孔允许限值按 DL/T 646 的规定执行。咬边和接头不良限值按 4.3.3 和 4.3.4 执行。
5.3.4 全熔透焊缝内部质量按 GB/T 11345 进行超声检测。一级焊缝探伤比例应为 100%，二级焊缝探伤比例不应低于 20%。

5.4 防腐体系分级与表面处理

5.4.1 铁附件防腐体系应按其服役环境的大气腐蚀性等级进行选择。服役环境腐蚀性等级应按 GB/T 30790.2 判定。预装式箱式变电站铁附件的服役环境腐蚀性等级不应低于 C3。对于工业大气、沿海大气或中等含盐度环境，应按 C4 等级进行防腐设计。
5.4.2 采用热浸镀锌作为主要防腐手段时，镀层厚度按 4.4.2 执行，可满足 C3 环境下的防腐要求。当判定为 C4 环境且设计使用年限超过 20 年时，应在热浸镀锌层之上增设涂层体系。
5.4.3 增设涂层体系时，涂装前钢材表面除锈等级不应低于 GB/T 8923.1 中规定的 Sa2.5 级；采用手工和动力工具清理时，不应低于 St3 级。
5.4.4 C4 环境下涂层体系的总干膜厚度不应小于 240 μm，底涂层宜采用环氧富锌底漆，中间涂层宜采用环氧云铁或厚浆型环氧漆，面涂层应与服役环境相适应。
5.4.5 涂层与热浸镀锌层之间的附着力应满足涂层产品技术要求。涂装后构件表面不应有漏涂、流挂、起泡、开裂和剥落。

5.5 盐雾试验验证要求

5.5.1 当铁附件采用涂层体系或热浸镀锌加涂层复合体系防腐，且设计文件要求以试验方式验证防腐层耐蚀性时，应按 GB/T 10125 规定的中性盐雾试验方法进行。
5.5.2 中性盐雾试验条件为：氯化钠溶液质量分数（5±0.5）%，试验箱温度（35±2）℃，pH 值 6.5～7.2。

5.5.3 试验持续时间应根据防腐体系类型和设计防腐年限确定。热浸镀锌加涂层复合体系的中性盐雾试验持续时间不应少于 480 h；涂层体系的中性盐雾试验持续时间不应少于 720 h。试验后试样不应出现基体金属腐蚀，涂层不应出现起泡、开裂和剥落。

5.5.4 盐雾试验仅用于防腐体系的质量验证或型式检验，不应以盐雾试验结果直接推定铁附件的实际服役寿命。

6 验证方法

6.1 材料验证

6.1.1 钢材牌号和化学成分：查阅质量证明书。对质量证明书有疑义时，按 GB/T 700 或 GB/T 1591 规定的方法进行化学成分复验，每批抽取 1 个试样。

6.1.2 钢材表面质量：目视检查，辅以数显游标卡尺测量锈蚀、麻点或划痕深度，测量精度不低于 0.02 mm。

6.1.3 钢材尺寸偏差：钢板厚度用千分尺或超声波测厚仪测量，角钢边宽和边厚用游标卡尺测量。测量点应均匀分布，距边缘不小于 10 mm，取 3 点算术平均值。

6.2 加工与尺寸验证

6.2.1 制弯部位表面质量：目视检查裂纹、折皱和凹面，用划痕深度测量仪或深度游标卡尺测量划痕深度，用超声波测厚仪测量制弯后最薄处厚度。

6.2.2 镀锌后弯曲变形：将构件置于平台上，用钢直尺或拉线测量最大弯曲矢高，计算矢高与构件长度的比值，并核对是否符合 GB/T 2694 的规定。

6.3 焊接验证

6.3.1 焊接工艺评定报告：查阅焊接工艺评定报告及其覆盖范围，核对试件厚度覆盖范围是否满足 0.75 T～1.5 T 的要求，核对与实际生产用的钢材、焊接材料、焊接方法和焊接位置的一致性。

6.3.2 焊缝外观：目视检查，必要时使用放大镜和焊缝检验尺。咬边深度和接头不良缺口深度用焊缝检验尺测量，咬边累计长度用钢直尺测量，并核对是否符合 4.3.3 和 4.3.4 的规定。

6.3.3 焊缝内部质量：全熔透焊缝按 GB/T 11345 的规定进行超声检测，检测应在焊接完成并冷却至环境温度后进行。一级焊缝按 100%比例检测，二级焊缝按不低于 20%的比例抽检。

6.4 热浸镀锌层验证

6.4.1 镀层局部厚度和平均厚度：按 GB/T 4956 规定的磁性法测量。每一构件测量不少于 5 个部位，取算术平均值作为平均厚度；局部厚度为各测量部位中的最小值。平均厚度不应小于 86 μm，局部厚度不应小于 70 μm。

6.4.2 镀层附着量：按 GB/T 13912 规定的称量法测定单位面积锌层质量。

6.4.3 镀层附着性：按 GB/T 13912 规定的锤击试验或弯曲试验进行。

6.4.4 漏镀与外观：目视并用 10 倍放大镜检查，漏镀总面积按不超过构件总面积 0.5%限值核对，单个漏镀面面积不应超过 10 cm^2。

6.5 防腐涂层与复合体系验证

6.5.1 表面除锈等级：按 GB/T 8923.1 的规定目视比对评定，达到 Sa2.5 级或 St3 级。

6.5.2 涂层干膜厚度：按 GB/T 13452.2 或涂层产品说明书规定的方法测量，每一构件测量不少于 5 个部位，取算术平均值。C4 环境涂层体系总干膜厚度不应小于 240 μm。

6.5.3 涂层附着力和外观：附着力按涂层产品技术要求规定的方法检验；外观目视检查漏涂、流挂、起泡、开裂和剥落。
6.5.4 盐雾试验：按 GB/T 10125 中性盐雾试验方法进行，氯化钠质量分数（5±0.5）%，温度（35±2）℃，pH 值 6.5～7.2，持续时间按 5.5.3 执行。

6.6 紧固件连接验证

6.6.1 螺栓、螺母机械性能：查阅质量证明书。对性能等级有疑义时，按 GB/T 3098.1 进行拉力试验和楔负载试验；螺母按 GB/T 3098.2 进行保证载荷试验。
6.6.2 螺栓孔径与通规检查：用通规检查镀锌件多层孔，同心孔通过率应符合 GB 50205 的规定。
6.6.3 丝扣外露量：目视并用钢直尺测量，每一连接节点按检验方案抽查，丝扣外露不应少于 2 扣。

6.7 机械强度验证

6.7.1 铁附件及组装单元的机械强度，应按 GB/T 17467 中规定的试验方法或计算方法进行验证。
6.7.2 采用计算方法验证时，计算模型应反映实际边界条件和载荷工况，材料的强度设计值应按 GB 50205 取用，并应考虑起吊、运输和安装过程中的动力系数。

7 检验规则

7.1 检验分类

铁附件的检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验项目包括：
a）材料表面质量；
b）加工尺寸偏差；
c）焊缝外观质量；
d）镀层外观；
e）镀层厚度；
f）涂层外观；
g）干膜厚度；
h）紧固件丝扣外露量。
7.2.2 出厂检验应逐件进行外观和尺寸检查。镀层厚度和涂层干膜厚度按每批抽取 10%，且不少于 3 件。
7.2.3 焊缝外观应逐件检查。焊缝内部质量按 6.3.3 规定的探伤比例执行。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情形之一时，应进行型式检验：
a）新产品试制定型鉴定；
b）材料、工艺或结构有重大改变；
c）正常生产每满 3 年；
d）出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；
e）国家质量监督机构提出型式检验要求。
7.3.2 型式检验项目为本文件第 4 章和第 5 章规定的全部技术要求，验证方法按第 6 章执行。盐雾试验仅在采用涂层体系或复合体系且设计文件有要求时列入型式检验项目。

7.3.3 型式检验抽样数量不应少于 3 件。机械强度验证可采用试验或计算方式，采用计算方式时应提供完整计算书。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 铁附件出厂时应附有质量证明文件，包括以下内容：

a) 材料牌号；
b) 性能等级；
c) 焊接工艺评定报告编号；
d) 镀锌层检验结果；
e) 涂层体系；
f) 检验结果；
g) 制造批号。

8.2 构件上应以钢印或清晰耐久的方式标记构件编号，标记位置不应影响构件强度和镀层完整性。

8.3 包装应保证构件在运输和装卸过程中不发生变形和镀层、涂层损伤。连接板、螺栓等散件应装箱，箱内应有防潮措施。

8.4 运输和贮存过程中应避免与腐蚀性物质接触，构件应垫平放置，堆码层数不应超过制造厂规定的限值。涂层构件应避免尖锐物体碰撞和长期露天曝晒。