

T/HEBQIA

团 体 标 准

T/HEBQIA XXXX—2025

角钢塔生产工艺规程

Code of practice for production process of angle steel towers

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

河北省质量信息协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 原材料检验 2

5 制造过程 3

6 成品质量 6

内部讨论资料 严禁非授权使用

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。

本文件由河北珠峰铁塔有限公司提出。

本文件由河北省质量信息协会归口。

本文件起草单位：河北珠峰铁塔有限公司、河北云海钢结构有限公司、长城鑫瑞鑫通讯设备集团有限公司、青岛睿轩钢结构工程有限公司、XXX。

本文件主要起草人：马同峰、冷兴、扈景国、曹宏亮、张雨、康磊、XXX。

内部讨论资料 严禁非授权使用

角钢塔生产工艺规程

1 范围

本文件规定了角钢塔的原材料检验、制造过程、成品质量。

本文件适用于35 kV~1000 kV输电线路角钢塔的生产制造。电力微波塔、电力通信塔及类似钢结构制造可参考执行。

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 41 1型六角螺母 C级
- GB/T 95 平垫圈 C级
- GB/T 223 (所有部分) 钢铁及合金
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 470 锌锭
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 805 扣紧螺母
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2694—2018 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 螺母
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 5780 六角头螺栓 C级
- GB/T 6170 1型六角螺母
- 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 9286 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
- GB/T 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- 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 17493 热强钢药芯焊丝
- GB/T 36037 埋弧焊和电渣焊用焊剂
- DL/T 899 架空线路杆塔结构荷载试验

3 术语和定义

GB/T 2694—2018界定的术语和定义适用于本文件。

4 原材料检验

4.1 一般要求

4.1.1 检验人员应对原材料进行检验，检验内容包括：

- 根据采购订单，核对物料名称、规格、数量等信息；
- 检查物料包装应密封、完整，无破损、水渍等情况。

4.1.2 原材料应具有出厂质量合格证明书，并经抽检合格后使用。原材料取样批次、数量应满足相关标准的要求。

4.1.3 完成检验后的原材料应经质量检验合格后放行生产成品，每批均应附有标记单，注明原材料名称、批号、产地、数量、生产日期、质检员等信息。

4.2 钢材材质

4.2.1 角钢塔制造用钢材宜选用符合 GB/T 700、GB/T 1591 规定的 Q235、Q355、Q420 或机械性能不小于 Q235、Q355、Q420 的其他型号材料。进口钢材的质量应符合设计和合同的规定。

4.2.2 钢材应具有可追溯标记。在制造过程中，如原有可追溯标记被分割，应于材料分割前完成标记的移植。

4.2.3 采用目力检查钢材表面，不应有裂缝、折叠、结疤、夹杂和重皮；表面有锈蚀、麻点、划痕时，其深度应不大于钢材厚度负允许偏差值的 1/2，且累计误差在负允许偏差范围内。

4.2.4 型钢不应有大于 5 mm 的毛刺。型钢的表面缺陷允许清除，但不应横向清除，清除处圆滑无棱角，清除宽度不小于清除深度的 5 倍，清除后的型钢尺寸偏差不出合同约定的负允许偏差。

4.2.5 钢材可采用下列方法进行检验：

- 化学成分检测：按 GB/T 223（所有部分）对钢材的碳、硅、锰、磷、硫等元素进行检验。
- 力学性能检测：按 GB/T 228.1 对钢材拉伸性能进行检验；按 GB/T 232 对钢材冷弯性能进行检验；按 GB/T 229 对钢材韧性进行检验。

4.3 焊接材料

4.3.1 检查焊条、焊丝、焊剂等焊接材料的质量合格证书或随行文件，质量应符合 GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 5293、GB/T 8110、GB/T 10045、GB/T 12470、GB/T 17493 的规定。

4.3.2 采用目力检查焊条、焊丝表面，焊条表面药皮不应有脱落、受潮现象；焊丝表面应光滑平整，无毛刺、划痕、锈蚀、氧化皮或其他对焊接性能及焊接设备操作性能有不良影响的杂质存在。

4.3.3 每种焊材第一次使用前应进行熔敷金属力学性能试验。

4.3.4 应按 GB/T 36037 对焊剂颗粒度、化学成分、焊接工艺性能等指标进行检验。

4.4 紧固件

4.4.1 角钢塔制造用紧固件规格、等级及防腐形式应按设计文件要求选用，检查其质量合格证书或随行文件，质量符合 GB/T 41、GB/T 95、GB/T 805、GB/T 3098.1、GB/T 3098.2、GB/T 5780、GB/T 6170 的规定。

4.4.2 检查 8.8 级及以上的高强度螺栓应有强度和塑性试验的合格证明。

4.4.3 检查紧固件的镀锌层，厚度应符合 GB/T 13912 的规定。

4.5 锌锭

检查锌锭的质量合格证书或随行文件，质量应符合 GB/T 470 的规定。

5 制造过程

5.1 下料

5.1.1 根据角钢塔零部件的设计尺寸，使用切割机等设备对钢材进行下料加工，可采用数控火焰切割机、等离子切割机等。对于精度要求高的零件可采用激光切割。

5.1.2 下料过程中应严格控制尺寸精度，确保零部件的规格符合图纸要求。采用游标卡尺、钢卷尺等测量工具，对钢材下料后的长度、宽度、厚度等尺寸进行测量。切断长度或宽度允许偏差应为 $\pm 2.0\text{ mm}$ ，切断面垂直度不大于 $t/8$ （ t 为厚度），且不大于 3.0 mm ，角钢端部垂直度不大于 $3b/100$ （ b 为宽度），且不大于 3.0 mm 。

5.1.3 钢材切断后，断口上不应有裂纹和大于 1.0 mm 的边缘缺棱，切断处切割面平面度不大于 $0.05t$ ，且不大于 2.0 mm ，割纹深度不大于 0.3 mm ，局部缺口深度允许偏差为 1.0 mm 。

5.2 成型

5.2.1 加工准备

5.2.1.1 设备检查与调试：根据成型加工需求，提前检查折弯机、冲床、角钢弯曲机、冲压机等设备的运行状态，所有设备运行应稳定。针对不同零部件的加工要求，调试设备参数，符合加工精度要求。

5.2.1.2 工装夹具准备：配备与零部件形状匹配的定位模具、夹具等工装。

5.2.2 折弯

5.2.2.1 针对角钢、钢板等构件，通过折弯机或角钢弯曲机将其弯制成设计所需的角度和形状。折弯处边缘应圆滑过渡，表面无裂纹和明显的折皱、凹面和损伤，划痕深度不大于 0.5 mm 。

5.2.2.2 加工时，将下料后的钢材固定在折弯模具上，根据预设角度调整设备折弯参数，缓慢施加压力完成折弯。

5.2.3 冲压

5.2.3.1 冲压应符合下列要求：

- 模具安装：根据加工需求，选择匹配的冲压模具（冲孔模、倒角模、压型模），通过定位销与冲床工作台固定，调整模具间隙；
- 设备调试：检查冲床的行程、压力参数，试运行空冲程，滑块运行平稳、制动可靠；
- 划线与定位：按设计图纸在钢板表面标记孔位、倒角范围及压型区域，使用划线工具（划针、直角尺）确保标记精度；将钢板放置于模具定位装置上，通过挡块、定位销固定位置；
- 冲孔加工：启动冲床，滑块带动下模下行，通过冲孔模刃口对钢板施加压力，使材料在剪切力作用下分离，形成螺栓孔、连接孔；
- 倒角处理：针对冲孔后的孔口边缘或钢板棱角，将钢板定位后，冲床带动倒角模对孔口或边缘施加压力，通过模具的锥形刃口将直角边倒成 45° 或圆弧过渡；
- 压型加工：针对需要弯曲、折边或弧形结构的钢板，将钢板定位在压型模的下模凹槽内，冲床滑块带动下模下行，通过模具的型腔对钢板施加压力，使材料产生塑性变形，形成设计所需的

形状。

5.2.3.2 当钢材材质为 Q235 且厚度大于 16 mm、钢材材质为 Q345 且厚度大于 14 mm 及挂线孔应采用钻孔。

5.2.4 质量控制及检测

5.2.4.1 过程监控：加工过程中应实时观察零部件的成型状态，检查是否出现裂纹、褶皱等缺陷，若发现问题立即停机调整设备参数或更换模具。

5.2.4.2 尺寸检测：采用角度尺检测折弯角度，允许误差应控制在 $\pm 1^\circ$ 以内；使用半径规测量圆弧半径，确保符合设计标准；通过内径千分尺、卡尺等工具检测冲压后的孔径，误差应不超过 ± 0.5 mm，并检查孔位偏差是否在允许范围内。

5.2.4.3 表面质量检查：采用目力检查零部件表面是否有划痕、变形等损伤，成型后的零部件表面应光滑、无明显缺陷。

5.3 焊接

5.3.1 一般要求

根据焊接工艺规程，使用合适的焊接方法对钢材进行焊接加工，可采用手工电弧焊、二氧化碳气体保护焊、埋弧焊等。应根据钢材的材质和厚度确定焊接电流、电压、焊接速度等焊接参数。

5.3.2 质量控制及检测

5.3.2.1 焊缝外观质量：采用目力检查焊缝表面，检查焊缝是否饱满、均匀，有无咬边、气孔、夹渣、裂纹等缺陷，焊缝质量等级应不低于 GB/T 2694—2018 中的二级。

5.3.2.2 焊缝内部质量：可采用超声波探伤、射线探伤等无损检测方法进行内部质量检测，超声波探伤检测焊缝内部的裂纹、未焊透、夹渣等缺陷，检测比例根据设计要求和焊缝重要程度确定，一般不低于 20%；射线探伤能更直观地显示焊缝内部缺陷的形状和位置，用于关键焊缝的全检。当焊缝外观出现下列情况之一时，应进行表面缺陷无损检测：

- 外观检查发现裂纹时，对该批中同类焊缝进行 100% 的表面无损检测；
- 外观检查怀疑有裂纹时，对怀疑的部位进行表面无损检测；
- 重要部位焊缝，如角钢塔主材与连接板的焊缝、横担与塔身的连接焊缝等；
- 设计图纸规定进行表面无损检测时。

5.4 焊接件装配

5.4.1.1 装配前，零、部件应经检查合格；焊缝坡口及边缘每边 30 mm~50 mm 内的铁锈、毛刺、油污等影响焊接质量的表面缺陷应清除干净。

5.4.1.2 焊接件装配应采取防止焊接变形的措施。

5.5 防腐处理

5.5.1 表面预处理

5.5.1.1 在进行防腐处理前，应对角钢塔各部件表面进行预处理，去除表面的油污、铁锈、氧化皮等杂质。

5.5.1.2 表面预处理宜采用角磨机、砂纸或喷砂设备对零部件表面进行打磨，对于焊接部位、边角等易积污的区域重点处理，表面应无明显凸起或凹陷。零部件表面应无可见油污、锈迹及颗粒杂质，手触表面无明显毛刺。

5.5.2 防腐涂装

5.5.2.1 根据设计要求和使⤵用环境，选择合适的防腐涂料和涂装工艺，常见的有热浸镀锌、喷涂防腐漆等。

5.5.2.2 热浸镀锌符合下列要求：

- 除油：将零部件放入含碱性除油剂的槽体中，通过浸泡、喷淋或超声波清洗等方式处理。处理后零部件表面应无油膜、挂珠，用清水冲洗后表面能均匀湿润，无局部疏水区域；
- 酸洗除锈：将零部件浸入酸洗槽（可添加缓蚀剂防止钢材过腐蚀）。酸洗过程中定期翻动零部件，各表面均与酸液充分接触。处理后零部件表面应无可见锈迹、氧化皮，露出金属本色，用清水冲洗后无残留酸液；
- 助镀：将零部件浸入助镀剂溶液，均匀浸泡。零部件表面应形成均匀的灰白色薄膜，无露底、无结块，自然干燥后无粉化现象；
- 热镀锌：将零部件沥干水分，缓慢浸入熔融锌液中，零部件完全浸没，且与锌锅底部、侧壁保持一定距离。取出时缓慢提升，使多余锌液回流，减少锌瘤、锌渣产生。镀层表面应光滑、均匀，无漏镀、起皮、鼓泡等缺陷，镀锌层厚度符合设计标准；
- 冷却：将零部件放入冷却水槽中或采用强制风冷方式降温。零部件冷却至室温后，镀层应无裂纹、剥落，尺寸变形量在允许范围内；
- 钝化：将零部件浸入钝化剂溶液，浸泡后取出沥干。自然晾干或低温烘干。钝化膜应均匀、无漏涂，表面呈淡黄色或无色透明，用手指轻擦无明显掉色，且符合相关环保标准。

5.5.2.3 喷涂防腐漆符合下列要求：

- 涂料准备：按照涂料说明书要求，将底漆、面漆分别搅拌均匀，混合后的涂料需静置熟化，并在规定活化期内使用；
- 底漆喷涂：使用高压无气喷涂机进行喷涂，对于螺栓孔、边角等部位，采用小口径喷枪补涂。底漆表面应光滑、无气泡、漏涂，干燥后用指甲划刻无起皮现象；
- 面漆喷涂：底漆完全干燥后进行面漆喷涂，操作方式与底漆一致。面漆表面应色泽均匀、无流挂、针孔，与底漆结合紧密，无剥离现象。

5.5.3 质量控制及检测

5.5.3.1 热镀锌层

外观：采用目力检查镀锌层表面，镀锌层表面应连续完整，具有实用性光滑，无过酸洗、起皮、漏镀、结瘤、积锌和锐点等使用上有害的缺陷。镀锌颜色一般呈灰色或暗灰色。镀锌层应均匀。

厚度：采用磁性测厚仪检测镀锌层厚度。角钢塔镀锌层厚度和镀锌层附着量应符合表1的规定。

表 1 镀锌层厚度和镀锌层附着量

镀件厚度/（mm）	厚度最小值/（μm）	最小平均值	
		附着量/（g/m ² ）	厚度/（mm）
≥5	70	610	86
<5	55	460	65

注：在镀锌层的厚度大于规定值的条件下，被镀锌件表面可存在发暗或浅灰色的色彩不均匀。

附着力：采用锤击法或剥离试验检测镀锌层的附着力。锤击法：通过重锤敲击镀锌层表面，观察镀锌层是否出现起皮、剥落现象；剥离试验：通过特定工具剥离镀锌层，判断镀锌层与钢材基体的结合强度。

5.5.3.2 防腐漆涂层

厚度：采用涂层测厚仪检测防腐漆涂层的干膜厚度。角钢塔主材的防腐漆涂层总厚度应不小于150 μm ，且涂层厚度均匀。

附着力：按GB/T 9286规定的试验方法检测防腐漆涂层的附着力。观察防腐漆涂层的剥落情况。角钢塔主材的防腐漆涂层附着力等级应不低于1级。

5.6 成品组装

5.6.1 在组装场地，应按设计图纸和组装工艺要求，将经过防腐处理的铁塔零部件进行组装。

5.6.2 对于螺栓连接的部位，应按照规定的扭矩拧紧螺栓。检查螺栓的型号、规格和数量，应符合设计要求，采用扭矩扳手检测拧紧力矩。

5.6.3 对于焊接连接的部位，应进行现场焊接。

5.6.4 组装完成后，应对角钢塔进行整体试拼装，检查各部件尺寸、连接精度，应符合设计要求。

5.7 成品检测

5.7.1 整体尺寸

5.7.1.1 高度与根开：采用全站仪、经纬仪等测量仪器，检测角钢塔整体高度和根开尺寸。高度误差应不超过 $\pm 0.5\%H$ （ H 为铁塔设计高度），根开尺寸不超过 $\pm 0.3\%$ 。

5.7.1.2 横担长度与间距：采用钢卷尺，检测角钢塔横担长度和各横担之间间距。横担长度误差应不超过 $\pm 3\text{ mm}$ ，横担间误差不超过 $\pm 5\text{ mm}$ 。

5.7.2 连接质量

5.7.2.1 螺栓连接：检查螺栓型号、规格、数量。采用扭矩扳手检测螺栓拧紧力矩。

5.7.2.2 焊接连接：对现场焊接的部位进行外观检查 and 无损检测。

5.7.3 力学性能

5.7.3.1 承载能力：按DL/T 899规定的试验方法检测角钢塔的荷载、位移、应变等参数。

5.7.3.2 疲劳试验：对于特殊环境或频繁承受动载荷的角钢塔，应进行疲劳试验。通过反复施加一定幅值的荷载，模拟角钢塔在长期运行过程中的受力状态，检查在疲劳荷载作用下的性能变化，评估角钢塔的疲劳寿命。

6 成品质量

角钢塔质量要求应符合GB/T 2694—2018的规定。