

SC26241S-T0407-01

新疆火烧云铅锌冶炼220kV变电站至洛浦220kV  
变电站220kV线路新建工程

施工图设计

第四卷 第七册

输电线路铁塔施工说明

中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司

工程设计综合甲级A141008828

工程勘察综合甲级B141008828

二〇二四年十一月 郑州



批 准： 陈波

审 核： 巢旭初

校 核： 马珺

编 写： 袁弘明



# 目 录

1 遵循的规程、规定及有关技术要求.....	7
2 塔型应用情况.....	7
3 铁塔加工注意事项.....	8
4 铁塔组装注意事项.....	11
5 危险性较大的分部分项工程情况说明.....	13
6 工程建设标准强制性条文.....	18
7 标准工艺.....	18
8 质量通病.....	21



## 1 遵循的规程、规定及有关技术要求

### 1.1 遵循的规程、规定

- (1) 《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》(GB 50233-2014)
- (2) 《110kV~750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》(DL/T 5168-2016)
- (3) 《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205-2020)
- (4) 《架空输电线路杆塔结构设计技术规程》(DL/T 5486-2020)
- (5) 《输电线路杆塔制图和构造规定》(DL/T 5442-2020)
- (6) 《输电线路铁塔制造技术条件》(GB/T 2694-2018)
- (7) 《铁塔用热轧角钢》(YB/T 4163-2016)
- (8) 《输电线路杆塔及电力金具用热浸镀锌螺栓与螺母》(DL/T 284-2021) (2021 年 10 月 26 日后使用)
- (9) 《110kV 及以上架空输电线路施工及验收规范》(DL/T 5867-2023)

1.2 所有材料的力学、化学、物理特性和加工必须符合现行国家标准、技术规定以及有关补充文件的要求，并有出厂证书。

1.3 加工和施工单位须认真核对施工图，当材料表中的材料规格、材质与图面标注不统一时，须通知设计单位，由设计单位指定。

1.4 加工、施工过程中还需执行其它现行的相关规程、规定及有关文件的要求。

## 2 塔型应用情况

本工程共选用了 6 种不同的塔型，直线塔采用 ZB1、ZB2，耐张塔采用 J1、J3、DJ、DJ2。铁塔和基础采用地脚螺栓连接，铁塔采用塔脚板式。

### 3 铁塔加工注意事项

3.1 铁塔构件的钢材等级采用 Q420、Q355 和 Q235，没有注明钢材等级的均为 Q235；所有铁塔构件均应满足 B 级钢的质量要求；铁塔构件的制弯必须采取火曲。

3.2 螺栓连接采用热浸镀锌螺栓，M16 和 M20 螺栓采用 6.8 级，M24 采用 8.8 级。受拉螺栓必须用双帽，导、地线挂线点连接螺栓（挂线构件与铁塔连接处）采用双帽螺栓。

3.3 钢构件及螺栓等均须热浸镀锌防腐。所有螺栓（包括防卸螺栓）的强度等级为热镀锌后的强度值。

3.4 各结构图中构件明细表中的材料长度仅供备料时用，下料尺寸必须经过 1:1 放样或精确计算，并加工 1 基经试组装验收合格后方能批量生产。

3.5 所有铁塔主材、斜材长度不大于 12.0m 者，一般不允许接料，个别超长斜材经设计同意后方可包接，但不允许焊接。Q420 角钢切断只允许锯断。

3.6 本工程杆塔防卸和防松要求如下：

杆塔 8m 以下所有螺栓（包括脚钉）需采用防卸螺栓（普通螺母+防卸螺母），8m 以上螺栓安装**薄螺母**。

普通单帽螺栓配一帽、一垫、一薄螺母；普通脚钉配两帽、一垫、一薄螺母(非弯钩侧设一垫片一帽一薄螺母)；双帽螺栓配两帽、一垫；防卸螺栓配一普通帽、一防卸帽，一垫；防卸脚钉配两普通帽、一防卸帽、一垫(非弯钩侧设一垫片、一帽、一防卸螺母)；防坠落连接脚钉需加长 10mm。

使用双帽螺栓时，外帽（包括防卸螺母）厚度不小于国标普通螺母厚度；内帽为国标普通螺母。导地线挂点处应采用双螺母防松螺栓（两个螺母均采用国标普通螺母，不采用防卸螺母）。两螺母的级别

须与螺杆的级别匹配。螺栓严禁涂抹黄油等任何类型的润滑剂。除特殊要求外，各级别螺栓内螺母和外螺母的施工扭矩均应按《110kV～750kV 架空输电线路施工及验收规范》（GB 50233-2014）中要求取值。紧固时应将内螺母先紧至规定扭矩值后，再将外螺母紧至规定扭矩值。

3.7 螺栓长度要满足以下要求：螺栓丝扣不应进入剪切面；螺栓露扣长度应符合设计和《110kV～750kV 架空输电线路施工及验收规范》(GB 50233-2014)要求；螺栓通过厚度应满足《输电线路铁塔制图和构造规定》（DL/T 5442-2020）表 5.0.3 要求；螺栓紧固并加装防松或防卸装置后，螺栓露扣应不少于 2 扣；业主或运行单位有特殊要求的应按照业主或运行单位的要求执行。由于材料代用等原因不能满足上述要求时，要相应增减螺栓的长度。螺栓长度以放样为准。

3.8 兼做螺栓的脚钉应与被替代螺栓的级别及直径相同，不兼做螺栓的脚钉采用 6.8 级，但必须有明显的钢印标记以示区别，并分开包装。为了统一全线铁塔脚钉的安装位置，无论原塔图中脚钉位置如何表示，现一律按如下规定执行：

(1) 单回路直线塔

塔腿和塔身的脚钉安装按图 1 执行，脚钉安装在 D 主材上，安装范围自地面至下曲臂以下；曲臂和地线支架上的脚钉安装按图 2 执行，脚钉安装在 A 和 D 主材上。

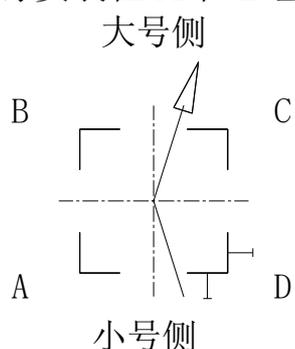


图 1 直线塔塔腿和塔身

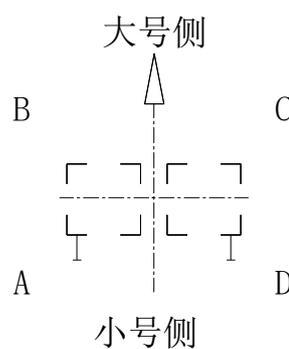


图 2 直线塔曲臂和地线支架

## (2) 单回路耐张塔

线路右转(包括 $0^\circ$ 转角)时,脚钉安装按图3执行,下横担以下脚钉安装在D主材上,下横担以上脚钉安装在A主材上;线路左转时,脚钉安装按图4执行,下横担以下脚钉安装在B主材上,下横担以上脚钉安装在C主材上。

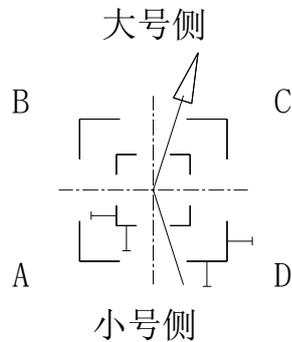


图3 耐张塔右转

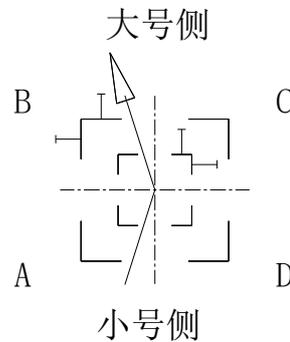


图4 耐张塔左转

3.9 Q235 构件厚度 $\geq 16\text{mm}$ , Q345 构件厚度 $\geq 14\text{mm}$ , Q420 构件厚度 $\geq 12\text{mm}$  时应采用钻孔, 小于上述厚度时可采用冲孔; Q460 构件和各种塔型的挂线孔均应采用钻孔, 不得冲孔。

3.10 加工时所有塔型的节点板均应采取措施, 以避免“淌黄水”现象, 特别是挂线板以及需要局部加强的连接板等。

3.11 除施工验收规范规定中要求必须加装的垫片外, 所有螺栓不另加平垫片或弹簧垫片。

3.12 当采用 40mm 及以上厚度的钢板焊接时, 应采用防止钢材层状撕裂的措施。

3.13 所有焊缝的焊接应按《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205-2020)执行。除特殊注明外, 焊缝高度应不小于较薄焊接构件的厚度。与塔腿主材直接接触处的靴板之间的焊缝应采用坡口焊, 以焊透、焊平为准, 其它焊缝按照有关的规定和图纸要求执行。焊条型号详见下表:

	Q235	Q355	Q420
Q235	E43		

Q355	E43	E50	
Q420	E43	E50	E55

3.14 转角及终端塔地线挂板火曲角度为 1: 10, 导线挂板火曲角度为 1: 7。

3.15 “三牌”安装方式按照运行单位的意见采用。

3.16 本工程接地引下线接地孔需按风车布置, D 腿的接地孔布置在顺线路侧, 如图 5 所示。各塔型四腿均需设置 2 个接地孔(孔径  $\Phi 17.5\text{mm}$ ), 孔间距 60mm, 接地孔位置距离肢尖 25mm; 接地板下边缘与靴板距离不小于 300mm, 且离基础主柱顶面高度不宜大于 1500mm。

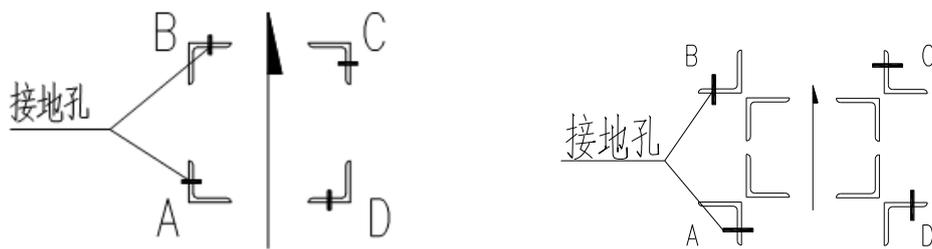


图 5 接地孔布置

#### 4 铁塔组装注意事项

4.1 施工单位应严格按照相关施工安全规范的要求进行施工, 并制定可靠的安全施工措施, 保证人身安全。

4.2 分解组立铁塔时, 基础混凝土的抗压强度必须达到设计强度的 70%。

4.3 整体立塔时, 基础混凝土的抗压强度应达到设计强度的 100%。

4.4 铁塔现场组立前应对塔材镀锌层厚度、焊接质量等进行检查, 对紧固件螺栓、螺母及铁附件进行抽样检测, 经确认合格后方可使用。

**4.5 测量确认基础、地脚螺栓根开、对角线符合设计要求，基础预高值符合要求。**

**4.6 吊件吊装要求：**

(1) 铁塔组装前应根据塔型结构图分段选料核对塔材，并对塔材进行外观检查，不符合规范要求的塔材不得组装。

(2) 塔脚板就位后，上齐匹配的垫板和螺帽，组立完成后拧紧螺帽并做好防卸措施。

(3) 铁塔组立应有防止塔材变形、磨损的措施，临时接地应连接可靠，接触良好。每段安装完毕铁塔辅材、螺栓应装齐，严禁强行组装。

(4) 抱杆每次提升前，须将已组立塔段的横隔材装齐，所有节点螺栓必须紧固合格。

(5) 吊片就位应先低后高，严禁强行组装。

(6) 塔身分片吊装，吊点应选在两侧主材节点处，距塔片上段距离不大于该片高度的  $1/3$ 。对于吊点位置根开较大、辅材较弱的吊片应采取补强措施。

(7) 在施工过程中需加强对基础和塔材的成品保护。

(8) 铁塔组装完成后，塔脚板与主材之间不应出现缝隙，塔脚板与基础面应接触良好，出现空隙时应加铁片垫实，并应浇筑水泥砂浆。

**4.7 立塔及架线应在小于  $10\text{m/s}$  的风速下进行。**

**4.8 在直线塔的导线和地线（悬垂挂法）锚线作业时，锚线对地夹角不得大于  $20^\circ$ 。耐张型铁塔在架线时，须设置临时拉线。临时拉线对地夹角不大于  $45^\circ$ ，其方向与导线反方向一致，临时拉线按规程要求预先拉紧。220kV：临时拉线按平衡导线、地线张力的 30% 考虑。临时拉线打在有张力的节点上直接平衡张力。紧线时牵引绳对地夹角不大于  $20^\circ$ ，牵引绳转向滑轮挂点与临时拉线挂点不得设在同一**

节点上。

4.9 安装时，为减少塔身挠曲，地线及导线须对称安装，应自上而下左右对称逐根（相）架设。

4.10 组塔过程中，应采取避免部件变形或损坏的措施。塔材的弯曲度按《输电线路铁塔制造技术条件》(GB/T 2694-2018)执行。

4.11 铁塔部件组装有困难时，应查明原因，严禁强行组装。

4.12 铁塔组立后，塔脚板应与基础面接触良好，有空隙时应用铁片垫实，并应浇筑水泥砂浆。铁塔应检查合格后方可浇筑混凝土保护帽，其尺寸应符合设计规定，并应与塔脚结合严密，不得有裂缝。

4.13 施工时如发现塔材与施工图不符时，应及时通知有关单位和设计单位处理。

4.14 铁塔各构件的组装应牢靠，交叉处有空隙者，应通知设计，经设计同意后，可加装相应厚度的垫圈或垫板。

## 5 危险性较大的分部分项工程情况说明

根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（中华人民共和国住房和城乡建设部令第 37 号），对全线危险性较大的分部分项工程（以下简称“危大工程”）进行了梳理，如下表所示，施工单位需严格按此规定执行。

表 5-1 “危险性较大的分部分项工程”对照列表

工序	作业内容	作业部位
一、基坑工程	（一）开挖深度超过 3m（含 3m）的基坑（槽）的土方开挖、支护、降水工程。	直柱板式基础土方开挖、支护。
	（二）开挖深度虽未超过 3m，但地质条件、周围环境和地下管线复杂，或影响毗邻建、构筑物安全的基坑（槽）的土方开挖、支护、降水工程。	本工程暂无。
二、模板	（一）各类工具式模板工程：包括滑	本工程暂无。

工序	作业内容	作业部位
工程及支撑体系	模、爬模、飞模、隧道模等工程。	
	(二) 混凝土模板支撑工程：搭设高度 5m 及以上，或搭设跨度 10m 及以上，或施工总荷载（荷载效应基本组合的设计值，以下简称设计值） $10\text{kN/m}^2$ 及以上，或集中线荷载（设计值） $15\text{kN/m}$ 及以上，或高度大于支撑水平投影宽度且相对独立无联系构件的混凝土模板支撑工程。	本工程暂无。
	(三) 承重支撑体系：用于钢结构安装等满堂支撑体系。	本工程暂无。
三、起重吊装及起重机械安装拆卸工程	(一) 采用非常规起重设备、方法，且单件起吊重量在 $10\text{kN}$ 及以上的起重吊装工程。	铁塔组立、导地线展放及附件等安装。具体根据施工单位方案确定。
	(二) 采用起重机械进行安装的工程。	
	(三) 起重机械安装和拆卸工程。	
四、脚手架工程	(一) 搭设高度 $24\text{m}$ 及以上的落地式钢管脚手架工程（包括采光井、电梯井脚手架）。	本工程暂无。
	(二) 附着式升降脚手架工程。	本工程暂无。
	(三) 悬挑式脚手架工程。	本工程暂无。
	(四) 高处作业吊篮。	本工程暂无。
	(五) 卸料平台、操作平台工程。	本工程暂无。
	(六) 异型脚手架工程。	本工程暂无。
五、拆除工程	可能影响行人、交通、电力设施、通讯设施或其它建、构筑物安全的拆除工程。	本工程暂无。
六、暗挖工程	采用矿山法、盾构法、顶管法施工的隧道、洞室工程。	本工程暂无。
七、其它	(一) 建筑幕墙安装工程。	本工程暂无。
	(二) 钢结构、网架和索膜结构安装工程。	组塔架线施工。 所有塔位及所有档放线。
	(三) 人工挖孔桩工程。	本工程暂无。

工序	作业内容	作业部位
	(四) 水下作业工程。	本工程暂无。
	(五) 装配式建筑混凝土预制构件安装工程。	本工程暂无。
	(六) 采用新技术、新工艺、新材料、新设备可能影响工程施工安全, 尚无国家、行业及地方技术标准的分部分项工程。	本工程暂无。
	(七) 跨越高速公路、一级公路、电气化铁路、通航航道工程。	具体详见《杆塔明细表》及《平断面定位图》。
	(八) 跨越架设高度超过 15m 工程。	具体跨越架设工程根据施工单位方案确定。
	(九) 按大跨越设计的大跨越工程。	本工程暂无。
	(十) 按跨越高塔设计且高度超过 100m 的铁塔组立工程。	本工程暂无。
	(十一) 500kV 及以上停电跨越工程。	本工程暂无。
	(十二) 10kV 及以上带电跨(穿)越工程。	具体详见《杆塔明细表》及《平断面定位图》。
	(十三) 与带电运行线路同塔架设的线路架线(拆迁)工程。	本工程暂无。
	(十四) 作业最小安全距离处于临界值的临近带电施工工程。	本工程暂无。
	(十五) 土质高度超过 10 米或岩质高度超过 15 米的高边坡工程。	本工程暂无。
	(十六) 复杂自然条件、复杂结构、技术难度大的分部分项工程。	本工程暂无。
	(十七) 平行已建线路的铁塔组立和架线工程。	具体详见《杆塔明细表》及《平断面定位图》及路径图。

表 5-2 “超过一定规模的危险性较大的分部分项工程” 对照列表

工序	作业内容	作业部位
一、深基坑工程	开挖深度超过 5m(含 5m)的基坑(槽)的土方开挖、支护、降水工程。	本工程暂无。
二、模板工程及支撑体系	(一) 各类工具式模板工程: 包括滑模、爬模、飞模、隧道模等工程。	本工程暂无。
	(二) 混凝土模板支撑工程: 搭设高度 8m 及以上, 或搭设跨度 18m 及以上, 或施工总荷载(设计值) 15kN/m <sup>2</sup> 及以上, 或集中线荷载(设计值) 20kN/m 及以上。	本工程暂无。
	(三) 承重支撑体系: 用于钢结构安装等满堂支撑体系, 承受单点集中荷载 7kN 及以上。	本工程暂无。
三、起重吊装及起重机械安装拆卸工程	(一) 采用非常规起重设备、方法, 且单件起吊重量在 100kN 及以上的起重吊装工程。 (二) 起重量 300kN 及以上, 或搭设总高度 200m 及以上, 或搭设基础标高在 200m 及以上的起重机械安装和拆卸工程。	导地线展放及附件等安装, 具体根据施工单位方案确定。
四、脚手架工程	(一) 搭设高度 50m 及以上的落地式钢管脚手架工程。	本工程暂无。
	(二) 提升高度在 150m 及以上的附着式升降脚手架工程或附着式升降操作平台工程。	本工程暂无。
	(三) 分段架体搭设高度 20m 及以上的悬挑式脚手架工程。	本工程暂无。
五、拆除工程	(一) 码头、桥梁、高架、烟囱、水塔或拆除中容易引起有毒有害气体(液)体或粉尘扩散、易燃易爆事故发生的特殊建、构筑物的拆除工程。	本工程暂无。
	(二) 文物保护单位建筑、优秀历史建筑或历史文化风貌区影响范围内的拆除工程。	本工程暂无。
六、暗挖工程	采用矿山法、盾构法、顶管法施工的隧道、洞室工程。	本工程暂无。

工序	作业内容	作业部位
七、其它	(一)施工高度 50m 及以上的建筑幕墙安装工程。	本工程暂无。
	(二)跨度 36m 及以上的钢结构安装工程,或跨度 60m 及以上的网架和索膜结构安装工程。	架线工程, 具体根据施工单位方案确定。
	(三)开挖深度 16m 及以上的人工挖孔桩工程。	本工程暂无。
	(四) 水下作业工程。	本工程暂无。
	(五) 重量 1000kN 及以上的大型结构整体顶升、平移、转体等施工工艺。	本工程暂无。
	(六)采用新技术、新工艺、新材料、新设备可能影响工程施工安全,尚无国家、行业及地方技术标准的分部分项工程。	本工程暂无。

其它未尽事宜须按照《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（中华人民共和国住房和城乡建设部第 37 号令）执行。

## 6 工程建设标准强制性条文

为提高输电线路工程设计质量，提高执行强制性条文的准确性和有效性，根据中华人民共和国《工程建设标准强制性条文》的要求，制定本工程强制性条文执行计划表，具体工程建设标准强制性条文见 SC26241S-T0304-01《工程建设标准强制性条文实施情况》。

本工程执行的强制性条文来源于以下规范：

序号	规范名称	规范版本号
1	《工程结构通用规范》	GB 55001-2021
2	《建筑与市政工程抗震通用规范》	GB 55002-2021
3	《建筑与市政地基基础通用规范》	GB 55003-2021
4	《钢结构通用规范》	GB 55006-2021
5	《混凝土结构通用规范》	GB 55008-2021

## 7 标准工艺

参考《国家电网公司输变电工程标准工艺管理办法》，按照《国家电网公司输变电工程标准工艺（三）工艺标准库》施工，提高施工工艺水平，提升建设质量。本工程杆塔组立工程和线路防护主要采用的标准工艺为第 2 章第一节（角钢铁塔分解组立施工）、第 5 章第四节（塔位牌、相位标识牌、警示牌安装）。本工程铁塔工程主要采用的标准工艺如下：

### 7.1 角钢塔组立施工流程：

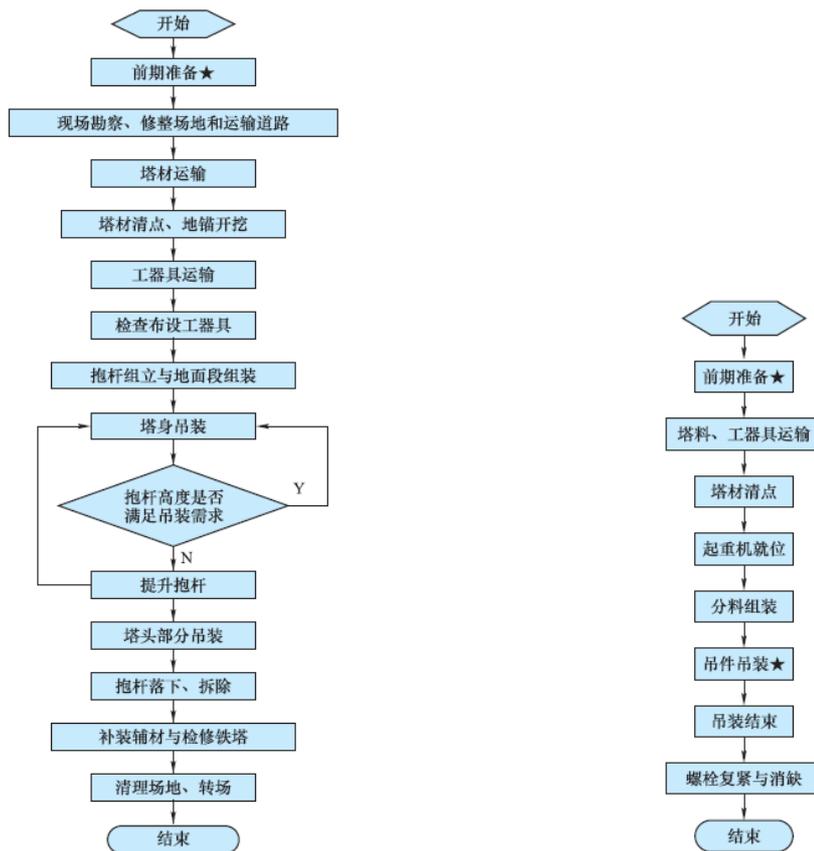


图 7-1 为悬浮抱杆分解组立角钢塔施工工艺流程图 图 7-2 流动式起重机分解组立角钢塔施工工艺流程图

## 7.2 工艺要求

- (1) 塔材、螺栓、脚钉及垫片等应有出厂合格证。
- (2) 塔材无弯曲、脱锌、变形、错孔、磨损。
- (3) 各构件的组装应牢靠，交叉处有空隙时应装设相应厚度的垫圈或垫板。螺栓加垫时，每端不宜超过 2 个垫圈。螺栓应与构件平面垂直，螺栓头与构件间的接触不应有空隙。螺栓的螺纹不应进入剪切面。
- (4) 部件安装有困难时应查明原因，不得强行组装。个别螺栓需扩孔时，扩孔部分不应超过 3mm。当扩孔需要超过 3mm 时，应先堵焊再重新打孔，并应进行防锈处理，不用气割扩孔或烧孔。

(5) 螺栓紧固力矩符合规范要求，且上限不宜超过规定值的 20%。

(6) 自立式转角塔、终端塔应组立在斜平面的基础上，向受力反方向预倾斜，预倾斜符合规定。

(7) 铁塔组立后，各相邻主材节点间弯曲度不得超过  $1/750$ 。

(8) 每腿均设置接地孔，接地孔位置应保证接地引下线联板顺利安装。

(9) 螺栓穿向应一致美观，并符合规范要求。螺母拧紧后，螺杆露出螺母的长度：对单螺母，不应小于两个螺距；对双螺母，可与螺母相平。螺栓露扣长度不宜超过 20mm 或 10 个螺距。

(10) 杆塔脚钉安装应齐全，脚蹬侧不得露丝，弯钩朝向应一致向上。

(11) 防盗螺栓安装到位，安装高度符合设计要求。防松帽安装齐全。

(12) 直线塔结构倾斜率：对一般塔不大于 0.3%，对高塔不大于 0.15%。耐张塔架线后不向受力侧倾斜。

### 7.3 塔位牌、相位标识牌、警示牌安装

#### (1) 安装工艺流程

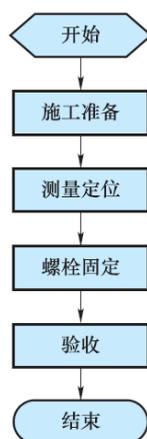


图 7.3 安装工艺流程图

#### (2) 工艺标准

- 1) “三牌”的样式与规格，应符合建设单位的规定。
- 2) 塔位牌安装在线路铁塔小号侧的醒目位置，安装位置尽量避开脚钉,距地面的高度对同一工程应统一安装位置。
- 3) 相位标识牌安装在导线挂点附近的醒目位置。
- 4) 同一工程警示牌距地面的高度应统一，并符合设计及运行单位要求。

## 8 质量通病

输电线路工程常见的质量通病及防治措施如下：

### 8.1 塔脚板与铁塔主材间有缝隙

描述：塔脚板与铁塔主材间有缝隙，未采取密封防水措施。

措施：按照《国家电网公司输变电工程标准工艺（三）工艺标准库（2022年版）》保护帽浇筑第5章第三节要求“主材与靴板之间的缝隙应采取密封（防水）措施”。

### 8.2 防盗螺母缺失、紧固不到位

描述：防盗螺母缺失，防盗螺母与普通螺母间有缝隙、紧固不到位。

措施：按照 DL/T 5168-2016《110kV～750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》第 4.4 条规定“杆塔工程中螺栓防卸符合设计要求”。

螺栓紧固合格后及时安装防盗螺母，防盗螺母应齐全、紧固到位。严格落实施工三级自检，对防盗螺母安装及紧固不到位的进行补装和紧固。

### 8.3 螺栓规格使用错误

描述：螺栓紧固后露扣不符合要求，同一部位螺栓规格不一致。

措施：安装 GB 50233-2014《110kV～750kV 架空输电线路施工及验收规范》第 7.1.3 条规定“螺母紧固后，螺栓露出螺母的长度：对

单螺母，不应小于两个螺距；对双螺母，可与螺母相平”。

组塔施工时，螺栓应分类摆放，标识准确，避免螺栓混用、错用。组塔过程中，加强质量检验，对用错的螺栓及时进行更换。

#### 8.4 塔材交叉处垫圈或垫板安装错误

描述：塔材交叉处应采用垫板未采用垫板，或使用垫圈超过 2 个。

措施：按照 GB 50233-2014《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》第 7.1.2 条规定“杆塔各构件的组装应牢固，交叉处有空隙时应装设相应厚度的垫圈或垫板”；第 7.1.3 条规定“螺栓加垫时，每端不宜超过 2 个垫圈”。

铁塔检验时，加强塔材垫圈、垫板清点，确保相应厚度的垫圈、垫板数量符合设计要求。组塔过程中，加强质量检验，对用错的垫圈或垫板及时进行更换。

#### 8.5 铁塔螺栓紧固率不符合要求

描述：铁塔螺栓紧固扭矩值不满足规范要求，整基铁塔螺栓紧固率低。

措施：按照 GB 50233-2014《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》第 7.1.6 条规定“杆塔连接螺栓应逐个紧固，受剪螺栓紧固扭矩值不应小于表 7.1.6 的规定，其他受力情况螺栓紧固扭矩值应符合设计要求”；第 7.1.7 条规定“杆塔连接螺栓在组立结束时应全部紧固一次，检查扭矩值合格后方可架线。架线后，螺栓还应复紧一遍”。

按照 DL/T 5168-2016《110kV~750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》第 4.4.1 条规定“紧固率应满足：组塔后 95%，架线后 97%”。

严格落实施工三级自检，对紧固率不符合要求的铁塔螺栓进行复紧。

#### 8.6 脚钉弯钩朝向不一致，脚蹬侧露丝

描述：脚钉安装存在弯钩朝向不一致、脚蹬侧露丝现象。

措施：按照《国家电网公司输变电工程标准工艺（三）工艺标准库（2016年版）》角钢铁塔分解组立 0201020101 要求“杆塔脚钉安装应齐全，脚蹬侧不得露丝，弯钩朝向应一致向上”。

加强标准工艺培训和交底，施工人员掌握脚钉安装标准。脚钉安装过程中，先紧固脚蹬侧螺母，保证脚蹬侧不漏丝扣，再安装脚钉，脚钉安装完成及时调整弯钩朝向。脚钉可采取新型做法，选用六棱端头脚钉，可避免弯钩朝向不一致问题。

#### 8.7 塔脚板与基础面接触不良

描述：塔脚板焊接变形或基础顶面平整度差，塔脚板与基础顶面接触不良，之间有空隙且未处理。

措施：按照 GB 50233-2014《110kV～750kV 架空输电线路施工及验收规范》第 7.2.7 条规定“铁塔组立后，各相邻主材塔脚板应与基础面接触良好，有空隙时应用铁片垫实，并应浇筑水泥砂浆”。

严格控制基础顶面平整度，塔脚板安装后对地脚螺栓进行紧固、打毛，组塔、架线过程中严禁拆卸地脚螺母。塔脚板与基础面之间空隙较大时，均匀填充垫铁并浇筑水泥砂浆。

#### 8.8 塔材有损伤、锈蚀

描述：塔材运输或组塔过程中成品保护措施不到位，塔材有磨损、生锈、变形现象。

措施：按照 GB 50233-2014《110kV～750kV 架空输电线路施工及验收规范》第 7.1.1 条规定“杆塔组立过程中，应采取防止构件变形或损伤的措施”。

按照《国家电网公司输变电工程标准工艺（三）工艺标准库（2016年版）》角钢铁塔分解组立 0201020101 要求“塔材无弯曲、脱锌、变形、错孔、磨损”。

塔材运输过程中采取保护措施，大件塔材装卸使用起吊工具，禁止抛扔塔材。组塔过程中，合理使用塔身施工用孔，塔片吊点与钢丝绳接触位置包裹软物保护，钢丝绳固定、转向宜采用专用夹具，避免塔材磨损、变形和生锈。

