

# 输电铁塔与基础两种连接方式的对比分析

施洪亮

陕西银河电力杆塔有限责任公司

**摘要:** 输电铁塔在电力供应中的重要作用无须赘述, 而输电铁塔作用的发挥也离不开牢固的基础连接。目前输电铁塔基础连接方式主要有地脚螺栓连接和插入角钢连接两种方式, 各有优劣。文章分别从技术性、经济性、安全性和管理效率等四个方面, 对上述两种连接方式进行对比分析。

**关键词:** 输电铁塔; 基础连接; 对比

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2020.12.295

随着电力用户的不断增多, 电力资源需求快速攀升。在电力系统中, 输电铁塔的安全可靠性直接关系到最终的电力供应。然而受到自然因素的影响, 输电铁塔倒塌等现象也时有发生, 特别是重大台风因素。例如2014年在广东湛江登陆的超强台风“威马逊”, 造成18基输电线路发生倒塔, 其中雷闻甲乙线上有13基发生连续倒塔事故。2015年的超强台风“彩虹”在广东湛江登陆, 给沿海地区的电网带来了极大的损失, 多条输电线路发现连续上百基的倒塔, 造成附近城市电网的大面积停电事故。而输电铁塔的稳固性在某种程度上基础连接方式不无关系。因此对输电铁塔与基础两种连接方式的对比分析十分必要。

## 一、输电铁塔与基础两种连接方式分析

输电铁塔作为输电线路的重要组成部分, 具有承载能力, 对保证输电线路安全稳定运行起着至关重要的作用。目前, 输电铁塔多由热轧等边角钢构件组成。螺栓连接因其制造安装方便, 成本较低, 被广泛应用于铁塔构件的连接中。另外, 通过预埋角钢短构件插入角钢连接, 上端与塔腿主体材料连接, 下端插入基础主柱连接铁塔与基础。适用于斜柱基础(又称插桩基础)。输电塔与基础的常用连接方式有锚杆连接和镶角钢连接。本文从技术、经济、安全、效率四个方面对两种连接方式进行了比较和分析。结果表明, 采用插入式角钢连接基础具有较好的应力性和较弱的经济优势, 而采用地脚螺栓连接具有应用范围广、技术可靠、维修方便、安全风险低、效率高等优点。说明锚杆连接具有明显的优点, 更适合工程应用。

## 二、输电铁塔与基础两种连接方式的对比分析

### (一) 施工技术对比

#### 1. 技术设计

由于自承式输电塔与基础之间为点式连接, 因此上部荷载作用在基础上的荷载为上拉力、下拉力及相应的水平分量。根据目前对传统自支撑铁塔基础力的试验计算, 作用于基础顶面的水平合力约为上拉力的15%~24%。与锚杆连接相比, 角钢坡体插入角钢连接中, 基础主柱坡体与塔腿主体材料坡体一致。基础轴力沿主柱轴线直接传递到基础中心, 可有效降低主柱和底板所产生的水平弯矩。根据不同的塔腿斜柱基础采用斜坡上减少了横向力垂直于轴基础50%至90%, 而斜柱的轴向力基础只会增加1%到5%, 提升了主柱和底板的受力状况。

#### 2. 适用范围

(1) 塔的类型。地脚螺栓连接适用于角钢塔、钢管塔、钢管杆及其他类型的杆塔。也适用于直塔和角塔。插入式角钢连接仅适用于角钢塔, 不适用于钢管柱基础的设计。

(2) 基本类型。锚杆连接适用于直柱板式基础、直柱阶梯基础、开挖基础、桩基础、岩石预埋基础、岩石锚杆基础、联合基础。也有斜柱基础的工程。应用程序。镶角钢连接只适用于斜柱基础。

(3) 地质条件。锚杆连接适用于平原、丘陵、山地、河网、淤泥、滩涂等地质条件, 尤其适用于矿山影响地区等不利地质条件。在采空区、沿海台风地区等地质条件较差的地区不适合插入角钢连接。

#### 3. 施工方面

### (1) 施工精度

塔脚板底板螺栓孔直径为地脚螺栓直径的1.25倍。因此, 地脚螺栓连接安装有一定的调节范围, 施工精度容易满足。当插入角钢用于连接, 因为插入角钢需要符合的斜率塔腿的主要材料, 建设单位需要斜率比正面的角钢, 顶部边缘的边缘的根角钢, 角钢边缘的基础顶面边缘的根, 根和基础。准确的结构尺寸, 如角钢的暴露长度。如果施工精度不能满足要求, 可能会发生强制装配, 造成插入角钢与塔腿主体材料连接处应力集中, 造成永久性的安全隐患。

### (2) 施工技术

目前, 地脚螺栓连接施工技术比较成熟, 更符合施工人员的施工习惯。不同技术水平的施工队伍可以正常工作。但是, 插入角钢接头对施工队伍的技术水平要求较高, 一些小型施工队伍由于经验不足, 开展工作较为困难。

### (3) 施工质量

如果地下水位较高, 在基坑开挖过程中, 基坑墙容易坍塌, 难以形成基坑。一般情况下, 基坑的面积要远远大于基础底板的面积。如果地下水控制不到位, 很容易造成地基整体偏差。此时, 在用地脚螺栓连接基础时, 可以在地脚螺栓上加垫或垫片来对基础进行校正。但是, 当基础采用插入角钢连接时, 很难纠正基础的偏差。如果偏差不纠正或偏差纠正不到位, 塔将被迫竖立, 对塔造成永久性的安全隐患。

### (二) 经济性对比

结合国家电网公司一般造价和工程经验, 选取角塔20%, 杆塔总造价30%, 基地总造价25%将上述计算结果换算为总成本, 得出的结论是: 对于220kV双回输电线路工程中常规采用的锚杆连接方式与插入角钢连接方式相比, 工程总成本增加约1.4%。

### (三) 安全性对比

地脚螺栓连接存在地脚螺栓规格或材料错误、螺钉与螺母错配、螺母拧紧不当等问题。插入角钢连接的风险, 施工精度不能满足要求, 有偏差的风险无法纠正或偏差不到位, 有经验的施工队伍不足的风险, 风险难以控制长短腿的根部间隙基金会在山区, 角塔基础预挠度控制难度大, 存在角钢与不同加工单元生产的铁塔不匹配的风险。由于冻融循环、风振等原因, 嵌套角钢与基础主柱交口处镀锌层易损坏, 导致嵌套角钢腐蚀, 对运行安全构成隐患。

### (四) 效率对比

地脚螺栓现全部由甲方采购, 建议按甲方采购方式插入角钢。两者在管理效率上无明显差异。对于直线塔的施工, 经验丰富的施工队伍工期基本相同。而角钢角钢连接由于操作复杂, 施工周期较长。特别是对于经验不足的施工单位, 插角钢连接施工周期长, 效率低。

总之, 本文就锚杆连接和镶角钢连接两种输电线路塔与基础的连接方式, 从技术、经济、安全、效率等方面进行了比较。它是优秀的, 有微弱的经济优势。但从安全、质量、工艺、效率等方面来看, 锚杆连接方式比插入角钢连接方式具有明显优势, 更适合工程推广应用。

### 参考文献

- [1] 姚宽, 张赛, 蔡建国, 吕健, 龙海波. 螺栓连接滑移对输电铁塔结构变形的影响研究[J]. 钢结构(中英文), 2019, 34(05): 39-44.
- [2] 张恒涛. 栓接槽钢加固技术在输电线路抗台风中的应用研究[D]. 东北电力大学, 2019.
- [3] 胡飞飞, 高长征, 王焯迪, 刘圣西, 张海威, 江文强, 程思明, 安利强, 原永亮. 加工方式对输电铁塔螺栓连接节点承载力影响的实验研究[J]. 结构工程师, 2019, 35(01): 180-187.