

# 输电线路杆塔倾斜的扶正处理

高 涛

(国网四川省电力公司宜宾供电公司, 四川 宜宾 644000)

**摘要:** 通过对运行杆塔及施工中线路转角铁塔紧线过后结构倾斜超标, 塔体向转角内侧过度倾斜, 造成主材轻微挠曲情况进行了分析。提出电杆沿垂直线路方向倾斜、沿顺线路方向倾斜的处理杆塔扶正处理方法, 针对因基础下沉、基础抬高值控制不当、螺栓紧固不够等原因提出了具体解决架空线路杆塔倾斜的方法。

**关键词:** 转角杆塔; 倾斜率; 杆塔内倾; 倾斜扶正

**中图分类号:** TM754

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1003-0867(2014)03-0032-03

输电线路杆塔在输送电能的过程中发挥了重要的作用, 国家电网公司对新建输电线路杆塔的投运验收工作愈发重视。《110 ~ 500 kV 架空送电线路施工及验收规范》GB 50233 - 2005, 第 6.1.9 条规定<sup>[1]</sup>: “自立式转角塔、终端塔应组立在倾斜平面的基础上, 向受力反方向预倾斜, 预倾斜值应视塔的刚度及受力大小由设计确定。架线挠曲后, 塔顶端仍不应超过铅垂线而偏向受力侧。”然而, 在输电线路投运验收中, 还是不时测量出线路转角杆塔在紧线过后结构倾斜超标, 整体向内角侧倾斜的情况, 为避免给今后线路正常运行带来安全隐患, 须对倾斜铁塔进行扶正处理。

运行中的输电线路杆塔也会因为各种原因出现倾斜隐患, 本文针对杆塔的倾斜原因和处理方法进行简要解析, 为杆塔运行、施工、抢修提供一定参考意见。

## 1 杆塔倾斜率

由于基础不平引起杆塔中心偏离铅垂位置的现象叫杆塔倾斜。杆塔倾斜率是杆塔倾斜值与杆塔地面上部高度之比的百分数。

### 1.1 使用经纬仪测量杆塔倾斜率

使用经纬仪测量直线杆塔倾斜值时<sup>[2]</sup>, 测量垂直线路方向倾斜, 应将经纬仪架在顺线路方向距杆塔高两倍远的线路中心线上, 把仪器调平后, 将镜筒内的十字线交叉点对准杆塔顶部中心, 固定水平度盘, 将镜筒往下对准地面上的塔尺, 就可以读出垂直线路方向的倾斜值  $S_1$ 。采用同样的方法, 将经纬仪架在横线路方向上, 测出顺线路的倾斜值  $S_2$ , 总倾斜值为  $S = (S_1^2 + S_2^2)^{1/2}$ , 用经纬仪测出杆塔对地面的高度  $H$ , 倾斜率  $q = S/H \times 100\%$ 。

### 1.2 使用重锤测量杆塔倾斜值

重锤测量杆塔倾斜值的方法是, 在杆塔顶部中心用细绳吊一重锤至地面, 量出锤尖触地点至杆塔中心的距离, 即为该杆塔地面以上部分的倾斜值。

### 1.3 杆塔倾斜率的相关规定

《110 ~ 500 kV 架空送电线路施工及验收规范》(GB 50233 - 2005) 规定: 直线杆塔倾斜率: 一般塔  $\leq 0.3\%$ , 高塔  $\leq 0.15\%$ ; 耐张塔、转角塔应向受力反方向侧倾斜。高塔是指大跨越设计的塔, 塔高在 100 m 以上。

《架空输电线路运行规程》(DL/T 741 - 2010) 规定<sup>[3]</sup>: 直线杆塔倾斜率: 50 m 及以上高度铁塔  $\leq 0.5\%$ , 50 m 以下高度铁塔  $\leq 1\%$ ; 耐张塔、转角塔应向受力反方向侧倾斜。

## 2 线路杆塔倾斜的原因

输电线路杆塔倾斜原因多种多样, 总结起来主要有以下几个方面。

**地质基础失稳:** 基础位移的问题, 可以从地层情况、煤层开采及地面变形情况、地质情况三方面进行分析, 目前, 特殊地质区采空塌陷是导致铁塔倾斜的主要原因, 采空区的地表沉降时, 引起输电线路杆身、塔身受力弯曲或杆塔倾斜, 造成杆塔导地线的受力不平衡, 使绝缘子串迈步引起电气安全距离不足, 线路可能发生跳闸, 严重时极易造成倒杆断线事故。

**不平衡张力破坏:** 正常工况下, 铁塔两侧的导线张力基本保持平衡。但在铁塔两侧导线不均匀时 (如覆冰的情况下), 受力平衡状态被破坏, 铁塔两侧产生张力差, 铁塔会向张力大的一侧发生倾斜、弯曲, 在超过一定允许值后, 铁塔杆件发生拉、压破坏, 导致铁塔折断、倒塌。

**外力破坏:** 杆塔遭受外力破坏的原因多种多样, 但是导致的结果是相似的。都会导致杆塔倾斜、坍塌, 造成输电线路短路或者中断。

**转角塔基础浇注控制不当,** 内外角基础水平甚至外角基础高于内角基础。

**塔材加工的精度超差,** 在中小型加工企业里, 未能严格执行《输电线路铁塔制造技术条件》GB 2694 - 81 所列螺栓孔正误差规定。为了方便施工, 自主增大螺栓孔

正误差达到提高正品率, 这样可能使受力节点板样产生滑移。

安装时螺栓未达到规定的紧固扭矩, 经检查未达到紧固扭矩, 导致塔身受力后直接产生接头铁处发生节点滑移。

紧线施工时辅助拉线设置不当。在紧线时要在塔外角设置临时拉线, 由于拉线张力不够, 造成紧线时牵引力大部分由铁塔承受, 塔身的板间主材螺栓群也产生滑移情况。

带有拉线的耐张转角杆内倾原因有: 内外角杆坑水平甚至外角坑高于内角坑, 立杆后整基杆外倾少或者没有外倾, 导线拉线较松, 拉线棒埋设角度不够, 紧线前耐张转角杆塔没有设置临时拉线等。

钢管杆倾斜的原因有<sup>[4]</sup>: 第一制造工艺不过关。在加工杆身预弯时, 难以保证套接杆段不变形; 或者外套接杆段内壁光滑度不够, 造成杆端套接长度很难满足设计要求, 这些情况都会使套接面贴合不紧密或不均匀, 容易产生间隙, 当钢管杆受力后, 套接端处即出现倾斜现象, 以至于全杆的倾斜度增大。第二运输(装卸)过程不文明, 钢管杆出厂到施工现场, 一般要经过铁路运输和汽车运输, 途中历经若干次装卸, 若野蛮装卸, 则容易使杆身变形。如果出现变形, 即使现场矫正, 也难以复原, 因此钢管杆出现倾斜也就在所难免。第三安装技术达不到要求。控制好各节中心点对齐和套接力大小是杆体安装的关键点。若各节不对齐, 在套接力的挤压下, 使外套管变形, 就会出现倾斜。若套接力不够, 也会出现倾斜。

### 3 杆塔倾斜的预防方法

为满足转角塔挂线后不向内角侧倾斜, 在基础施工中, 预先抬高铁塔内角侧基面, 使得铁塔组立完毕后, 向受力侧反方向倾斜。一般情况下: 转角度数在 $1^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 的, 抬高值取 $0.3\%$ ;  $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 之间取 $0.5\%$ ;  $30^{\circ}$ 以上的取 $0.7\%$ 。按照此方案处理, 一般能够满足规程对于架线后的倾斜要求。

带有拉线的耐张转角杆的预防方法主要有: 严格按照施工图进行施工; 内角坑底盘高于外角坑底盘 $50\text{ mm}$ ; 拉线棒埋设角度严格要求埋设; 拉线U形环安装时必须伸直; 导线拉线必须打紧; 立杆后整基杆外倾预偏杆高的 $1.5\%$ 。

紧线前耐张转角杆塔要设临时拉线, 其规格根据导线线径大小确定, 方向与导线投影的延长线相一致, 对地夹角不大于 $30^{\circ}$ 。

钢管杆加工杆身预弯时, 应防止套接杆段变形, 必要

时外套管内部加焊十字型肋钢, 肋钢离接口的净距一般取最大套接长度再加 $50\text{ mm}$ , 内套管接口内部也要加焊同样的肋钢, 以便提高套接杆段的刚度。

加强施工自身的质量管理, 按质检要求必须全检的一定全检, 质量检验一定强制执行, 紧线完毕, 将转角杆塔的永久拉线紧固。转角塔的螺栓全部紧固 $97\%$ 以上后, 方可拆除临时拉线; 在紧线时严禁过牵引, 防止耐张转角杆塔受力过大而变形。

铁塔定货时一定选择国家标准企业, 必须同厂家签订质量合同, 做到定货前对厂家实行质量检验制度, 施工单位按《输电线路铁塔制造技术条件》进行质量认定, 严格执行标准。

## 4 电杆倾斜的扶正处理方法

### 4.1 电杆沿垂直线路方向倾斜的处理

因设计考虑不周或雨季长时间的积水, 有可能因土壤抗压强度不够, 引起杆塔基础不均匀下沉, 从而造成杆塔倾斜。若倾斜不太严重可采取加固的方法扶正杆塔: 带拉线的单杆基础, 在基础下沉时必然造成拉线松弛, 对沉降量不大, 导线对地距离仍能满足要求的, 可只调紧拉线并用拉线将电杆扶正; 带拉线的双杆, 基础下沉时也会造成某一根拉线松弛, 这时可先拆开叉梁抱箍, 再调紧拉线并扶正电杆, 然后找平横担并装好叉梁抱箍; 转角杆向转角合力方向倾斜时, 用杆塔本身的拉线调正电杆; 对无拉线的电杆, 常因埋深不够或土壤松软造成倾斜时, 无卡盘, 可待电杆调正后加装卡盘, 有卡盘的电杆扶正后, 在垂直线路方向加装人字拉线。

### 4.2 电杆沿顺线路方向倾斜的处理

由于架空线路相邻两杆塔的导线、避雷线的张力相差太大, 而导致电杆顺线路方向倾斜时, 最有效的扶正处理措施是顺线路方向加装拉线。

## 5 铁塔倾斜扶正处理方法

### 5.1 因基础下沉而引起的铁塔倾斜扶正处理

第一基础抄平, 找出下落高腿或上起低腿; 第二为了保持铁塔在扶正过程中的稳定性, 在塔上设置好临时拉线; 第三立一个人字抱杆在要起落的塔腿处, 并在抱杆顶吊一拉链葫芦, 在安装抱杆时, 要注意抱杆两腿的宽度及基础土壤的稳定; 第四挖开基础, 操作拉链葫芦, 使塔腿上起或下落到所要求的位置; 第五待基坑加固或采取其它措施保持基坑真正稳固后, 松开拉链葫芦, 检查倾斜值不超过允许值后, 即可回填并拆除工具。

在此工序中如果已确定基础不继续上拔或下沉时, 还可用换主材背铁的办法处理。对自立式铁塔的倾斜, 应采

用经纬仪观测铁塔顶部中心与铁塔中心点的偏移值并记录。然后在塔中心点定一个桩,经过3—6个月,再进行观测,当塔身倾斜无发展,可不进行处理,倾斜还在继续发展,就应按设计要求进行加固,但在未加固前,应采取加装临时拉线的应急措施。

### 5.2 基础抬高值控制不当造成转角塔内倾扶正

如果因为内角侧基础预抬高值不够,将相邻铁塔安装临时拉线,保证铁塔受力平衡。将挂于该塔的所有导线全部拆除,采用人字抱杆重新抬高受压侧铁塔腿,重新计算抬高值,并垫垫块增高内角侧基面,并用水泥沙浆灌缝处理,保证接触面美观平整。

### 5.3 螺栓紧固不够原因转角杆塔倾斜扶正

近几年新建线路施工,线路转角塔在紧线过后向内角倾斜情况时有发生,新建线路铁塔倾斜后的处理要视情况而定。如果为节点滑移,则根据倾斜值大小相应扶正处理。

耐张转角杆塔内倾值小于50 mm,内倾值较小时,不需要将导线从耐张转角杆塔上拆除,而是在耐张转角杆塔导线的反方向上直接设临时拉线,并在临时拉线上装设可调整的双钩紧线器或者葫芦,以便进行调整。双钩紧线器、葫芦的大小以及所设临时拉线的规格依导线线径大小而定。临时拉线对地夹角不大于20°。将经纬仪架设在合适的位置。准备工作完毕后,即可进行耐张转角杆塔的调整,直至耐张转角杆塔外倾超过100 mm。这时,将转角杆的永久拉线紧固或将转角塔的连接螺栓全部紧固。松掉双钩紧线器或葫芦,使临时拉线不再受力,测量耐张转角杆塔是否符合施工规范要求。反复如此,即可将耐张转角杆塔校正符合施工验收规范。

耐张转角杆塔内倾值大于50 mm,内倾值较大时,要在耐张转角杆塔两侧的直线杆塔上,将导线和杆塔临时固定,从耐张转角杆塔上将导线拆除,调整耐张转角杆塔外倾200~300 mm。这时,调整好转角杆永久拉线。对于转角塔,要将螺栓全部紧固,重新收紧导线,直至耐张转角杆塔不再内倾。

## 6 钢管杆倾斜扶正处理方法

钢管杆一般均处于城市道路两边绿化带、景观区等大型吊车容易到达的位置,针对钢管杆倾斜扶正处理,通常考虑采用吊车作为纠偏施工器具。

国网宜宾供电公司在处理220 kV沙高南线11号钢管杆倾斜上正是应用吊车来实施的。纠偏前,首先对220 kV沙高南线进行停电、接地,并拆除倾斜钢管杆上的导线、避雷线。然后吊车支撑点加垫钢板,防止路面应力集中造成损坏,用麻袋裹好钢管塔最顶上一段并绑扎;或用起吊钢管杆专用吊环安装在法兰上面,施工人员对基

础地脚螺帽适当松出,吊车司机服从测量人员指挥信号,缓慢收钢丝绳、旋转吊臂,引导钢管杆逐步回正后,吊车保持稳定,施工人员对基础处加楔形薄钢块,并用水泥沙浆灌缝处理。

## 7 结束语

输电线路杆塔倾斜扶正处理在近几年输电线路运行及基建项目中经常遇到。国网宜宾供电公司在220 kV黄敦二线、220 kV沙高南线、110 kV沙吊线等输电线路杆塔倾斜处理上,结合实际情况,针对不同类型杆塔及不同的倾斜机理,采用科学的杆塔倾斜扶正方案,取得了较好的效果,也获得了较好的社会、经济效益。

## 参考文献

- [1] GB 50233—2005. 110~500 kV架空送电线路施工及验收规范[S].
- [2] 李光辉,高虹亮. 架空输电线路运行与检修[J]. 中国三峡出版社,2000(10).
- [3] DL/T 741—2010. 架空输电线路运行规程[S].
- [4] 郑祥龙. 套接式转角钢管杆紧线后向内角倾斜的原因分析和解决方法[J]. 广东输电与变电技术,2004(5).

(责任编辑:刘艳玲)

## 资讯

### 湖南电网启用新建融冰装置 高效完成主网今年首次融冰

2月10日,由国家电网湖南电力检修公司负责运维的娄底500 kV民丰变电站完成了湖南主电网今年首次融冰,这也是该站新建的直流融冰装置完成的首次实战任务。

近日受雨雪冰冻天气的影响,气温不断降低,民丰变电站220 kV民沅线线路覆冰厚度达10 mm,冰情较为严重。民沅线长达66 km,属于220 kV较长的线路,对融冰要求较高,为防止冰情进一步加重,湖南电力检修公司决定采用新建的长线路直流融冰装置确保顺利完成新年首次融冰。此次采用的民丰变电站直流融冰装置,较之交流融冰对电源容量要求较低,且操作简单、调整灵活、耗时较少,对较长线路融冰效果更好。

融冰过程中,湖南电力检修公司此次采用的固定式直流融冰装置因融冰电流较大、线路损耗减小,使得融冰时间大大减少。通过该装置,从融冰开始到结束仅用了不到半个小时就完成了两相融冰,比以往的交流融冰方式用时缩短了近一半。

来源:国网湖南省电力公司