

750 kV变电站工程大风地区架构 避雷针技术研究

文/国网新疆电力公司经济技术研究院 杨世江 高贵亮 张立明 李 扬 刘焰飞
中国电力科学研究院有限公司 卢智成

研究背景

2015年9月13日晚,新疆某变750 kV主变进线构架端撑柱侧避雷针跌落。跌落避雷针根部20个连接螺栓、根段与中段16个连接螺栓全部散落在场地内,中段与上段连接完好。场地散落螺栓中11个M20螺栓断裂面平整,断面超过80%存在锈蚀痕迹。事故发生后对避雷针计算进行了复核,设计满足规范规程的相关规定。

此次事故之前,2015年3月31日,750 kV某变电站220 kV设备构架8号避雷针发生断裂,掉落在220 kV I母外侧2号主变电容器预留区域的空地上。倒塌原因基本与达坂城变事故相同。

两起事故发生的原因基本相同,但设计又满足规程规范的相关规定。结合西北大部分变电站站址条件与上述事故站址非常相似,为防治类似事故再次发生,因此有必要对工程架构避雷针防倒塌措施进行专门研究。

事故原因及反措要求

对上述两起避雷器倒塌事故,

经新疆电科院检验,在现场搜集到的场地散落螺栓(包括断裂面锈蚀的螺栓)理化及力学指标符合要求。另外,主变进线构架另一根避雷针拆除后,新疆电科院对根部法兰20个螺栓进行了无损探伤检测,未发现裂缝或破坏现象。

经分析,事故原因主要为圆管型构架避雷针属于悬臂构件,长细比大,刚度小,容易在风荷载作用下发生风致振动,一是脉动风引起避雷针的顺风向振动,二是在低风速下发生横风向的涡激振动。两种风振动产生的交变应力都会造成避雷针的构件连接处焊缝周边管材或螺栓的高周疲劳破坏。

针对本案例中同样条件的两根避雷针出现截然不同的现象,可以判断失效避雷针可能发生了概率较低、随机性较大、不确定性较大的风致震动。在长期风致振动的荷载作用下,螺栓产生疲劳应力,产生微小裂缝,在风振作用下逐渐扩展破坏,退出工作。

针对上述发生的架构避雷针倒塌事故,国家电网公司文件国家电网运检【2015】556号“国家电

网公司关于印发架构避雷针反事故措施及相关故障分析报告的通知”,相关内容具体要求如下。

1) 避雷针连接螺栓应采用8.8级高强度螺栓,双帽双垫,螺栓规格不小于M20,底座螺栓数量不少于12个。

2) 在低于零下25℃的严寒地区,避雷针钢材应具有低温冲击韧性的合格保证。

避雷针防倒塌设计方案研究

1. 全站防雷设计方案优化

针对上述变电站避雷针倒塌事故案例,工程站区防雷方案设计中,不设置长度大于20 m的架构避雷针。具体为:工程750 kV配电装置区采用5 m避雷线,其他场地采用6支30 m架构避雷针和3支45 m格构式独立避雷针,使整个变电站均处于保护的范围内。由于工程750 kV架构为格构式架构,仅220 kV架构上设有最大长度15 m的架构避雷针。

2. 架构避雷针设计选型

(1) 结构选型

常用的典型架构上单钢管结构

避雷针，由分段等径钢管通过螺栓或焊接连接而成，针底一般采用螺栓连接。此种避雷针在500 kV及以下的变电站中大量应用，长度均在20 m左右。根据以往工程的观测，部分变电站中架构针在强风下无明显的震动情况，但在某些时段的微风作用下存在共振现象。

计算分析表明此种结构避雷针临界风速约在0.15~1.37 m/s之间，架构针不会发生跨临界强风共振，但由于临界风速小于15 m/s存在亚临界微风共振可能性。上述分析结果与实际单钢管避雷针运行中的观测表现基本一致。

为避免结构避雷针的上述微风共振现象，工程架构避雷针采用拔稍的形式。具体为：针尖部分5 m长较细部分采用等径钢管渐收的形式。下部拔稍杆10 m长采用单段拔稍形式，不设连接分段。拔稍式结构形式大量用于单钢管独立避雷针，实践表明此种结构并无发生微风共振的现象报告，亦无倒塌的案例发生。

(2) 计算分析

基本设计条件如下。

- 1) 设计使用年限：50年。
- 2) 抗震设防烈度：7度，0.10g。
- 3) 地面粗糙度类别：A类。
- 4) 基本设计风压：0.64 kN/m²（重现期为50年）。

按照《变电站建筑结构设计技术规程》10.2.4条，架构避雷针最大设计应力值不宜大于现行国家标准GB 50017《钢结构设计规范》中规定的钢材强度设计值的80%；当采用单钢管（含拔稍钢管）时，则不宜大于70%，避雷针针尖部分的设计应力在标准荷载作用下不宜超过80 N/mm²。工程避雷针设计考虑到大风沙地区

的特殊情况，适当提高裕度，偏于安全的控制应力比不超过50%。

(3) 连接设计

根据国家电网运检【2015】556号“国家电网公司关于印发架构避雷针反事故措施及相关故障分析报告的通知”，相关内容具体要求避雷针连接螺栓应采用8.8



级高强度螺栓，双帽双垫，螺栓规格不小于M20，底座螺栓数量不少于12个。工程避雷针设计除满足上述要求外，考虑到大风沙地区的特殊情况，偏于安全的控制法兰连接螺栓的设计应力比不超过50%。

经计算分析，针尖法兰螺栓0.1，针底法兰螺栓应力比为0.25，均留有足够裕度。

(4) 材料选用

根据国家电网运检【2015】556号“国家电网公司关于印发架构避雷针反事故措施及相关故障分析报告的通知”，相关内容具体要求在低于零下25℃的严寒地

区，避雷针钢材应具有低温冲击韧性的合格保证。

GB 50017—2003《钢结构设计规范》中第3.3.4条要求，对于需要验算疲劳的焊接结构的钢材，应具有冲击韧性合格的保证，当结构工作温度不高于-20℃时，对Q235钢和Q345钢应具有-20℃冲击韧性合格的保证。

结合上述要求，工程避雷针选用出厂具有-20℃冲击韧性合格的保证Q345D级钢材；螺栓按反措要求采用8.8级螺栓，并配双帽双垫片。

结束语

新疆750 kV变电站站址大多周边为未利用的戈壁荒地，受沙尘暴影响严重，风压较大，低温影响突出，昼夜温差较大。

结合工程特殊环境及气象条件特点，有鉴于以往避雷针倒塌事故，按照反措及相关规范要求，对全避雷针做出如下优化。

1) 对工程全站防雷设计方案做出优化，不设置长度大于20 m的单钢管架构避雷针。

2) 对架构上15 m长的避雷针做出优化，10 m长杆体采用单分段拔稍杆的形式，5 m长针尖采用等径单钢管渐收的形式。并通过计算分析，确定个段截面选用，并使应力比控制在50%以下，留有足够的设计裕度。

3) 对避雷针材质，选用出厂具有-20℃冲击韧性合格的保证Q345D级钢材，避免寒冷地区钢材冷脆与疲劳效应叠加的可能性。

4) 对连接螺栓采用8.8级高强度螺栓，并在针底座处不小于12个M20的螺栓，并计算每个螺栓的设计应力，使应力比控制在50%以下，留有足够裕度。EA