

[输电线路]

多功能托瓶架及防坠滑车的研发

文/江苏省电力公司检修分公司淮安运维分部 余波明 许建清 左 源 吴世洪

目前, 220 kV输电线路更换绝缘子使用的拖瓶架只能更换固定片数的绝缘子串, 影响线路检修的效率, 且配合使用的滑车无防坠装置, 导致使用过程中存在安全隐患。为此, 研发了用于220 kV输电线路绝缘子串更换的多功能托瓶架及防坠滑车, 可以解决单串绝缘子更换时自由调节更换绝缘子片数的问题, 并且能消除配套滑车无防坠装置的隐患。对研发完成的装置进行了各种典型工况下的力学强度校验, 计算结果表明其力学强度满足设计要求; 采用Ansoft软件对用于带电更换220 kV输电线路耐张绝缘子串的托瓶架及防坠滑车的空间电场进行了仿真校验, 计算结果表明其不会发生放电现象, 能够满足绝缘的要求。

当前, 江苏省某些地区220 kV高压输电线路更换绝缘子使用的拖瓶架只能更换固定片数的绝缘子串, 严重影响线路检修的效率, 并且配合使用的滑车无防坠装置, 使用过程中存在着极大的安全隐患。

针对传统更换220 kV耐张绝缘子串工器具在使用中存在的不足, 通过力学分析与电学检核, 在已有工器具的基础上, 改进并设计了适用于更换220 kV输电线路整串耐张绝缘子的新型高强度可伸缩式托瓶架及防坠滑车。通过综合分析, 认为多功能托瓶架及防坠滑车的设计思路主要有3点: ①新型轻便托瓶架的设计研制工作主要基于改进传统工器具存在的不利于作业安全和工作需要进行的。其目的在于提高作业效率, 保证作业安全, 保证输电线路各运行部件的安全, 从而促进检修作业流畅和稳定程度。②新型托瓶架在整体安装的基础上独自实现各部件的基本功能, 且新型托瓶架的重量小, 不会影响更换作业, 整体及各部分的使用荷载均能满足运行要求, 安全度较高, 能适用于所有220 kV输电线路整串耐张绝缘子的更换工作。③在保证防坠滑车的力学强度满足设计要求之外, 还要求在更换绝缘子串过程中, 托瓶架不发生坠落, 此刻, 防坠滑车就体现

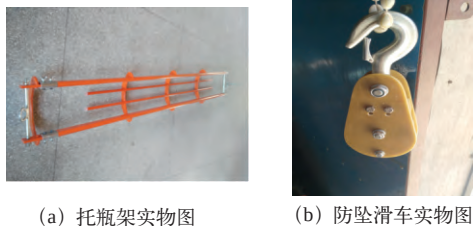
出保护作用。防坠滑车是一种防坠安全装置, 该装置一端通过高强度绝缘绳与托瓶架相连接, 另一端的挂钩与导线端的金具相连接, 在托瓶架与绝缘子串一起下坠时, 通过高强度绝缘绳的张力作用, 可收紧绳子, 以保护工器具的施工稳定性。

多功能托瓶架及防坠滑车的研发可以解决单串绝缘子更换时不能自由调节更换绝缘子片数的问题, 并且消除配套滑车无防坠装置的安全隐患。通过研究可适用于更换各种串型的220 kV输电线路耐张串, 可以极大提高检修效率。

多功能托瓶架及防坠滑车的设计及实现

通过综合分析多功能托瓶架及防坠滑车的力学和电学强度要求, 其设计思路为①托瓶架的设计能提高更换220 kV输电线路耐张串的效率, 且保证带电作业安全, 能够提高检修作业的效率。②托瓶架能够更换非固定片数绝缘子串的基本功能, 整体及各部分的使用荷载均能满足运行要求, 安全度较高, 且满足绝缘的要求, 不带来放电等威胁人体安全的危害。③防坠滑车不仅满足力学强度的设计要求, 且在更换绝缘子串过程中, 托瓶架不发生坠落。

多功能托瓶架及防坠滑车的设计图及实物图如图1所示。



(a) 托瓶架实物图 (b) 防坠滑车实物图

图1 多功能托瓶架及防坠滑车

多功能托瓶架及防坠滑车的力学特性分析与计算

为校核多功能托瓶架及防坠滑车的力学强度是否满足设计要求,特选取典型的220 kV某交流架空输电线路NJ干字型耐张塔进行计算。其中,该塔型的导线呈三角形排列,采用双避雷线沿线架设。220 kV NJ干字型耐张塔的工程设计参数如下:电压等级为交流220 kV,最大设计高度为33 m,铁塔的呼称高度为18.5 m,其型号为 $2 \times \text{LGJ}-400/35$,导线双分裂,地线型号为GJ-50,最大设计风速为30 m/s,设计覆冰厚度为5 mm,水平档距为500 m,垂直档距为750 m,铁塔的钢材指标为6 830 kg,选用双联16片XP-70型绝缘子。一般情况下,耐张型杆塔可只计算 90° 一个风向即能满足设计要求。由耐张串的受力状况可知,只需要选择绝缘子串重力冲击荷载和上人检修两种工况进行力学特性分析即可。根据NJ干字型耐张塔的设计图样及基本尺寸,可得到220 kV交流架空输电线路NJ干字型耐张塔,如图2所示。

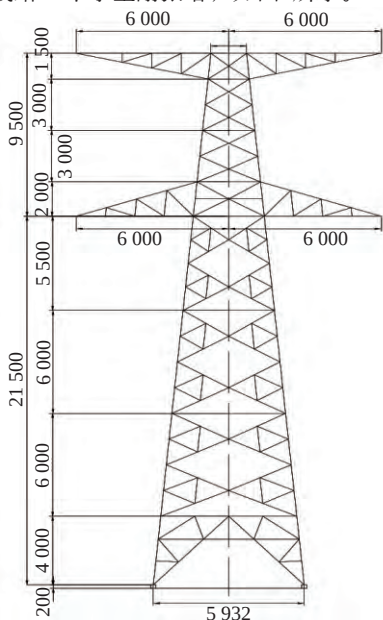


图2 220 kV交流架空输电线路NJ干字型耐张塔

1. 托瓶架的力学强度校验

对托瓶架进行强度校核时,需要考虑以下两种工况下的具体受力:①更换过程中,由于人为操作失误,耐张绝缘子串可能突然坠落,会对托瓶架产生一个重力冲击荷载。②在上人检修更换单串绝缘子时,电工与工器具的集中荷载、导线张力大小、工器具间的不平衡受力产生的等效非均布荷载,会对另一串完好绝缘子的受力产生一定的影响。

(1) 重力冲击荷载下的力学强度校核

在安装好托瓶架、卡具、拉杆、防坠装置及其他相应的工器具后,如果此时出现意外,如等电位作业人员松开绝缘子销子的同时,由于受力不平衡,整串绝缘子突然下坠,对托瓶架产生一个重力冲击荷载。由于在高空中垂直下落,则该荷载主要以单串绝缘子的自重荷载体现,同时,取冲击系数1.3。以220 kV输电线路单串16片XP-70绝缘子为例,进行托瓶架力学强度的校核。

220 kV输电线路二分裂用双联耐张绝缘子串的组装过程,以线路常用的XP-70绝缘子为例,其单个的绝缘子质量为5.9 kg。一般情况下,考虑绝缘子串的片数在13~16片之间,则单串的总质量在76.7~94.4 kg之间变化,取重力加速度为 $9.806\ 65\text{ m/s}^2$,可得单串耐张绝缘子的自重为751.66~925.12 N。为保障安全性,选取绝缘子片数最多的工况,故选取绝缘子片数为16片,则总自重为925.12 N。

计算得到单位面积上的冲击强度为66.45 MPa,而托瓶架的破坏强度是158 MPa,因此,单位面积上的冲击强度与该材料的破坏强度相比,显然未达到破坏值,满足力学强度设计要求。

(2) 非均布荷载下的力学强度校核

除了绝缘子串突然坠落产生的重力冲击荷载之外,还存在另一串绝缘子超出其机械破坏限额,可能出现安全事故的问题。220 kV带电作业,等电位电工需要穿屏蔽服进入电场,属于上人检修的工况;同时,应用丝杠和拉板会对另一串绝缘子受力产生影响,其受力情况不能看作简单的均布荷载下的力学分析计算。在两者综合情况下,考虑人与工器具产生的集中荷载、导线的不均布荷载、更换工具间产生的不平衡力,可将该过程等效为断联情况下,非均布荷载下的导线张力求解问题。

通过分析计算得到,在更换单串绝缘子后,另一串绝缘子在非均布荷载下所受的导线应力大

小为26.35 MPa，而导线对绝缘子串施加的最大使用拉力应该不大于35 kN，因此满足力学强度要求。

2. 防坠滑车的力学强度校验

对防坠滑车进行力学强度校核时，主要考虑自重冲击荷载对防坠滑车的冲击性。防坠滑车通过高强度绝缘绳与新型轻便托瓶架相连，因此，防坠滑车装置承受的荷载主要是由托瓶架和绝缘子串下坠共同产生的重力冲击荷载。在考虑运行安全系数的基础上，计算出防坠滑车承受的绝缘绳张力，该张力是由工器具下坠的重力冲击荷载产生。

防坠滑车承受的张力等于托瓶架和绝缘子串的总重力大小，同时还需要考虑下坠过程的冲击性和运行过程中的安全性。综上所述，通过理论分析与实际计算，可得到防坠装置的受力大小为3 088 N，而其抗拉强度最小值为400 MPa，相当于能够承受4 000 kg的拉力，因此，挂钩部分的力学强度完全能够满足设计要求。

多功能托瓶架及防坠滑车带电作业的空间电场分析与计算

将多功能托瓶架及防坠滑车运用于正常带电运行的220 kV输电线路杆塔时，不可避免地存在托瓶架及防坠滑车与杆塔之间电气间隙的电场强度校验问题，从而引起上人带电更换绝缘子串的安全问题。针对上述安全问题，可根据三维电场的有限元法进行校验。

本文选用典型的220 kV耐张酒杯塔进行分析，模型如图3所示；带电作业的托瓶架模型、防坠滑车模型、人体模型分别如图4、图5、图6所示。



图3 220 kV耐张酒杯塔模型



图4 托瓶架模型

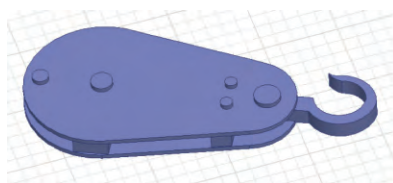


图5 防坠滑车模型



图6 人体模型

通过分析可知，多功能托瓶架及防坠滑车在绝缘子串更换后会出现最大电场强度，其模型如图7所示，空间电场计算结果如图8所示。



图7 绝缘子串更换模型

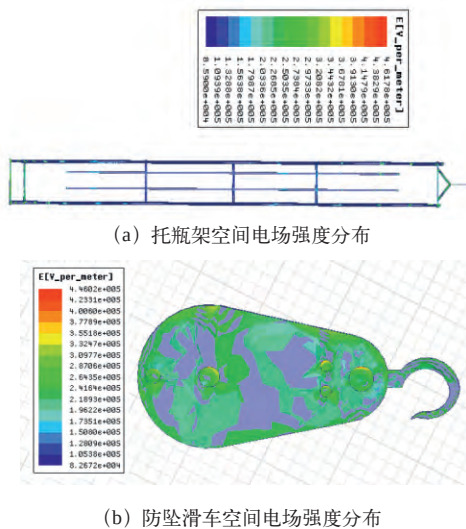


图8 多功能托瓶架及防坠滑车空间电场分布

从图8多功能托瓶架及防坠滑车的空间电场分布计算结果可以看出，多功能托瓶架表面最大电场强度为461.78 kV/m，防坠滑车表面最大电场强度为446.02 kV/m，都远小于空气击穿电场强度30 kV/cm。因此，研制出的多功能托瓶架及防坠滑车符合带电作业的安全规范，适用于220 kV输电线路杆塔耐张绝缘子串的更换。EA

(收稿日期：2015.10.31)

(编辑：白文亭)