

[特高压]

一种带电更换特高压耐张串绝缘子吊卡和吊架装备

文/国网湖南省电力有限公司输电检修分公司 汪志刚 夏增明 许文韬 李 鹏 徐 漂

带电更换耐张串绝缘子是带电作业班组生产常见的带电作业工作之一，但是特高压输电线路具有高场强及重载荷的特点，作业人员操作空间小，传统的垂直提吊更换耐张绝缘子串绝缘子的方法不能满足作业大荷载安全要求，针对现有技术的不足之处，提出一种新的带电更换特高压耐张串绝缘子吊卡和吊架装备，对提高作业效率和确保作业人员人身安全具有重要意义。

±800 kV 祁韶线特高压直流线路是直供湖南的一条电力大动脉，单回线路输送容量一般为4 000~6 400 MW，其经济意义和社会意义不言而喻。作为特高压输电线路的组成部分，耐张绝缘子起承受导线张力和线路绝缘的重要作用，其安全可靠的运行直接关系到输电线路的安全可靠性。与普通的500 kV线路相比，耐张串长，整串重量大，需要的过牵引量也较大。采用传统的方法更换耐张串绝缘子时遇到张力大、过牵引力大等困难，施工难度很大，在带电作业中，这一困境就显得更加突出，亟须研制一种带电更换特高压耐张串绝缘子的方法与装备。

闭式卡使用环境及导线荷载计算

1. 闭式卡使用环境

损坏的绝缘子片的位置可分为中间、导线端和横担端，研制出相应的卡具，分别为闭式卡（前卡/后卡）、导线端卡具配闭式卡后卡及横担端卡具配前卡，实物图如图1所示。对于不同位置的绝缘子片更换采用相应的工器具，确保更换安全、高效地进行。前卡和后卡同样可以运用到耐张串的更换上。

基金项目：国网湖南省电力有限公司科技项目（5216A318000R）。

为了保证损坏绝缘子片松弛并取出，必须要在被更换绝缘子片的临近多卡进一片，按照“卡四短三”的方式安装好卡具。更换第1片绝缘子时，在第3片绝缘子的钢帽上安装闭式卡具，在调整板上安装横担端卡具；更换第2片时，在第4片绝缘子的钢帽上安装前闭式卡，在第1片的钢帽上安装后闭式卡；更换最后一一片绝缘子时，在碗头挂板上安装导线端卡具，在倒数第2片绝缘子的钢帽上安装闭式卡。

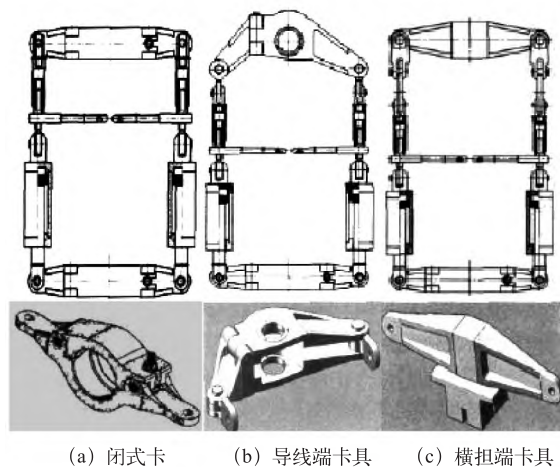


图1 常见铁塔类型结构图

2. 闭式卡荷载计算

耐张绝缘子片更换时，只需将要更换的绝缘子片和相邻的一片收紧即可取出销子，因此需要的过牵引不大，约为50 mm。过牵引后应力为54.33 MPa/m，耐张串的张力为234 kN，每个单串受力为117 kN，收紧耐张串的绝缘拉杆承受的张力为58.5 kN，去不均匀系数为1.1，则需要绝缘拉杆承受的张力为64.35 kN，因此绝缘拉杆的荷载强度取80 kN。配套的液压收紧装置的荷载强度取80 kN，其设计与耐张串更换用液压装置相同。取绝缘子级别的百分数加固定的常数作为卡具的额定荷载设计，即

$$Q_s = 0.25P_0 + 5 \quad (1)$$

式中， P_0 为绝缘子的破坏荷载。

耐张绝缘子串的破坏荷载取550 kN，破坏系数为3，因此闭式卡、导线端卡具和横担端卡具的设计荷载和破坏荷载分别为150 kN和450 kN，由于对卡具的荷载要求较高，股制造材料选用钛合金TC4。绝缘子的最大盘径为380 mm，液压缸阀体最大外径为120 mm，单边间隙取20 mm，故卡具长度为540 mm。

绝缘子吊架、吊卡制作

1. 绝缘子吊架

为简化作业过程，降低操作限制，减轻带电作业人员的工作量，提高更换效率，设计出一种带电更换特高压耐张串任一片绝缘子的吊架。

如图2所示，一种带电更换特高压耐张串任一片绝缘子的吊架，其特征在于：它包括主吊杆、连接座、绝缘子吊卡和滑轮组件；连接座包括一对对称布置的连接头，连接座可拆卸连接于主吊杆外；绝缘子吊卡包括支撑板、封口板和卡盒，支撑板与封口板一端铰接，另一端通过卡盒可拆卸连接，支撑板与封口板卡合围成用以锁紧绝缘子钢帽的环型卡，绝缘子吊卡以其支撑板铰接于连接头内；滑轮组件装配于主吊杆外。

在使用时，将支撑板与封口板环绕绝缘子钢帽，推动封口板绕铰接轴转动，直至封口板的端部转动至卡盒内锁紧，支撑板与封口板卡合围成环型卡与绝缘子钢帽贴合锁紧。即提供一个转载点，便于进行后续卸载更换操作，更换完成后将封口板从卡盒内拔出即可卸下。操作简单便捷，降低了作业

劳动强度，提高了作业效率，利于降低高空落物以及其他安全事故发生的概率。

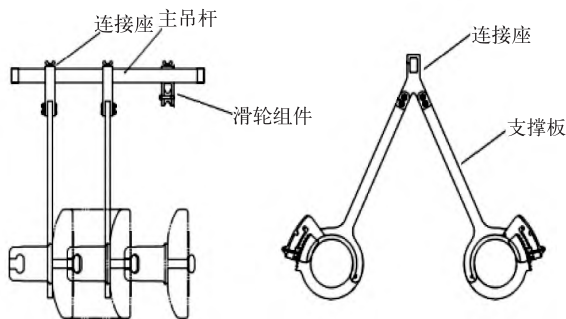


图2 绝缘子吊架示意图

2. 绝缘子吊卡

如图3所示，绝缘子吊卡包括支撑板、封口板和卡盒；支撑板与封口板一端铰接，另一端通过卡盒可拆卸连接；支撑板与封口板卡合围成用以锁紧绝缘子钢帽的环型卡。

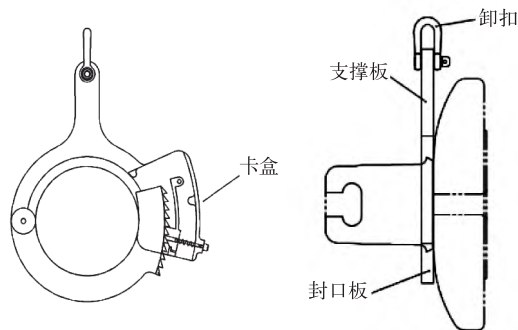


图3 绝缘子吊卡示意图

使用时，将支撑板与封口板环绕绝缘子钢帽，推动封口板绕铰接轴转动，直至封口板的端部转动至卡盒内锁紧，支撑板与封口板卡合围成环型卡与绝缘子钢帽贴合锁紧。即提供一个转载点，便于进行后续卸载更换操作，更换完成后将封口板从卡盒内拔出即可卸下。操作简单便捷，降低了作业劳动强度，提高了作业效率，利于降低高空落物以及其他安全事故发生的概率

耐张串绝缘子更换方法

等电位电工采用“跨二短三”的方式进入强电场，蹲坐在需要更换的绝缘子的位置上，确定更换耐张绝缘子片的位置，等电位电工沿耐张串进入强电场，在需要更换的耐张绝缘子片上将绝缘绳系在

绝缘子串上，安装好绝缘滑轮组。地面作业人员将绝缘子吊架传递给等电位电工，接着根据两串绝缘子之间的距离确定连接座远端安装孔位，依次将绝缘子吊卡安装于连接座下，将同一连接座下两绝缘子吊架安装于需要更换的相邻的两串绝缘子前侧或后侧，通过封口板环绕住绝缘子的巢缝，接着操控卡盒收紧封口板，保证绝缘子吊卡无缝隙的贴合绝缘子；再安装其他连接座下绝缘子吊卡。

安装完成后，地面作业人员通过绝缘子吊卡将卡具传递给等电位电工操作液压丝杆收紧绝缘子串，使得闭式卡逐渐受力，直至旧的绝缘子松动可以脱离，取出绝缘子钢帽上的弹簧销，通过吊架稳定脱离绝缘子串，再通过地面人员传递新的绝缘子更换完成后，逐渐放松液压丝杆，使得绝缘子串逐渐受力，直至闭式卡具不受力；带电作业人员依次拆除闭式卡具与液压丝杆，通过吊架与地面人员配合传递至地面，最后将吊架传递至地面，如图4所示。



图4 安装绝缘子吊卡

作业过程中等电位作业人员坐在另一侧耐张串上，全部更换工作都是等电位电工一人完成。更换耐张串连绝缘子片示意图如图5所示。此种方案中需1名负责人，1名等电位电工，1名塔上监护人员和2名地面电工，共计5名工作人员。

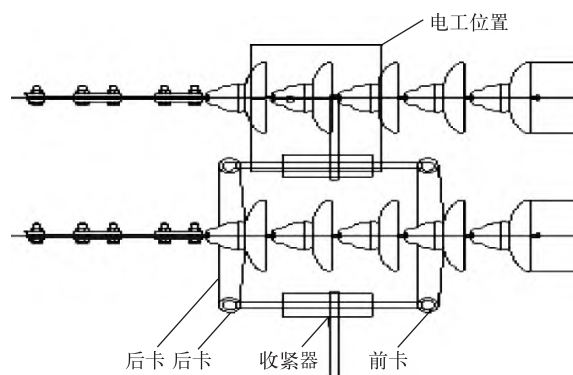


图5 更换耐张串绝缘子片示意图

结束语

研制应用的绝缘子吊架与吊卡，替代了在耐张串上滑车组传递工器具的巧妙结合，工具轻便灵活，操作简单，助力开展特高压带电作业，提高了作业效率，及时消除缺陷，确保特高压输电线路可靠运行。同时，该绝缘子吊架与吊卡不仅用于特高压输电线路，同时也可用于500 kV线路更换耐张串绝缘子作业，可推广性较强。EA

(收稿日期：2021-08-12)

