

在钢管型杆塔进行带电更换绝缘子和带电断接引作业的专用工具设计

在城市送电线路中广泛采用的钢管型杆塔具有安全、环保的特点。由于其结构紧凑、空气间隙小的原因，带电作业时使用常规作业工具难以满足安全要求，作业存在一定的风险和困难，需停电才能进行。针对此问题，设计了一套在输电线路钢管型杆塔上带电更换绝缘子和带电断接引作业的专用工具，利用等电位操作来实现在钢管杆塔上的带电作业，提高了供电可靠性。

张森 宋丽 蔡东飞/国网辽阳供电公司



张森/工程师

关键词/Keywords

钢管型杆塔·
带电更换绝缘子·
等电位·

0 引言

输电线路钢管型杆塔在国外应用比较普遍，钢管杆由于其安全、环保^[1]等特点，在城市输电线路中被广泛应用。通常采用带电作业的方式进行输电线路设备检修^[2]，保证供电的可靠性和减少线路停电时间。由于目前使用的带电工具仅适用于普通线路上的带电作业，而钢管型杆塔具有结构紧凑、空气间隙小的特点，使用常规作业工具在其上进行带电作业存在一定的风险和困难，安全性无法得到保证。本文利用地电位或中间电位^[3]间接操作的方式，设计了一套针对钢管杆塔进行带电作业的专业工具，可实现钢管型杆塔上的带电作业，有效保障人身安全，提高供电可靠性。

1 钢管型杆塔带电作业现状

由于钢管型杆塔横担型式多样、种类繁多，钢管杆架设操作空间狭窄，作

业人员移动和作业不方便，操作动作受到局限，易超出允许范围，传统工具不能满足现场的工作需要，只能采取线路停电检修进行更换。

在攀登钢管杆进行作业时，横担体积有限，从杆身转位到横担的过程中没有支撑身体部位和系挂安全绳的合适位置^[4]，极易造成身体失去平衡，而且横担上的带电作业人员易把脚垂落至横担下方，带电作业的安全距离不能满足要求；有的线路绝缘子直接挂在钢管杆杆身上，无法进行绝缘子的清扫工作。在同塔架设线路的钢管杆上进行测量、巡视检查、紧钢管杆螺栓、防腐及清除钢管杆上异物等工作时，作业人员活动范围不能满足安全规范中对应带电线路杆塔上进行工作与带电导线最小安全距离^[5]的规定。

钢管杆作业中还存在检修人员在作业地段两端和有可能送电到停电线路的分支线进行挂地线作业时，在杆塔上没有合适的装设接地线接地端的部位，无法进行作业。

2 带电作业工具设计思路

2.1 利用等电位作业方法

进行带电作业时应先明确采用的作业方法，根据作业方法进行相应作业工具的设计。钢管杆的横担长度一般为4.0 m左右，若采用地电位法则需使用4 m长的绝缘操作杆拔出绝缘子导线侧弹簧销，难以控制且劳动强度大，所以地电位法对于钢管杆不适用，只能采用等电位的方法作业。

66 kV及220 kV线路等电位进入强电场的常规方法有软梯法、吊篮法和绝缘硬梯法^[6]。由于钢管杆直线塔导线垂直排列，若采用软梯更换中相和上相绝缘子时，其对地距离和组合间隙均不能满足作业的安全要求。并且等电位人员位置是由绝缘绳控制，使用吊篮法在接近导线时，可能因摆动较大而造成组合间隙不够，相对硬质工具缺乏稳定性，吊篮法对于空气间隙小的钢管杆不适用。

综上所述，本次利用等电位方法，使用硬梯法进入强电场。等电位人员沿硬梯进入等电位。地电位人员也可通过相同的方法到达指定的位置，这种方法既能与中相导线保持足够的安全距离，又能避免横担外侧过窄导致作业不方便的问题。由于更换上相绝缘子时需考虑等电位人员进入强电场时对地距离，更换下相绝缘子时需考虑地电位人员与中相导线距离，而更换中相绝缘子时地电位人员与等电位人员的安全距离需同时考虑，且进入强电场时空气间隙均比上相和下相都要小，所以设计的工具操作时只要满足更换中相绝缘子时的安全距离要求，即可满足全部作业时与带电体安全距离要求^[7]。

2.2 带电作业工具的设计要求

- 1) 作业人员与带电体的安全距离应满足带电作业规程的规定。
- 2) 满足通用性要求，尽可能适用于不同类型的钢管杆。
- 3) 安全可靠，轻便实用。
- 4) 装拆方便，操作灵活，作业人员可自行在杆塔上自行更换。
- 5) 适应性强，适用停电、带电作业及缺陷处理等各种作业。
- 6) 应能简化操作方法，提高工作效率，减少高空操作，解决钢管杆电力杆塔上无法提供过多操作空间和安全间隙的问题。

3 带电作业工具构造

本次设计的专业工具有绝缘硬梯塔头卡具、塔头卡具、过流滑车和伸缩式支线杆；与传统作业工具配合可完成66 kV及220 kV钢管杆输电线路带电更改直线塔及耐张塔绝缘子串和钢管杆带电

断接引的工作。下面对本套工具分别进行介绍。

3.1 绝缘硬梯塔头卡具

设计绝缘硬梯塔头卡具，结构与单侧塔头卡具相似，满足安放绝缘爬梯需要。采用高强度铝合金材料制作，将承力上横梁延长一定宽度，以使绝缘梯能够平稳的放置在承力上横梁与紧固螺丝之间的卡槽中，并用绝缘绳索加以固定，保证其安全性。作业人员使用该工具便可以安全的接近导线及有足够的操作空间。新设计的绝缘硬梯塔头卡具结构如图1所示。

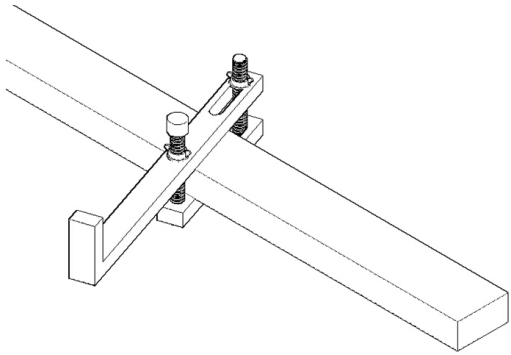


图1 绝缘硬梯塔头卡具结构图

3.2 塔头卡具

塔头卡具是带电更换绝缘子串作业中的主要承力工具^[8]，可将导线的垂直荷载转移到横担上。采用高强度铝合金材料，在横担头部安装的杆头卡具，用其悬挂承力绝缘工具来转移导线的垂直荷载，以达到钢管杆线路带电时即可操作的目的。

本套卡具分为单侧塔头卡具和双侧塔头卡具两种，用于悬挂起重工具，提高空气间隙。结构分别如图2、图3所示。这两种工具均由承力上横梁、紧固下横梁、可调式长孔、紧固螺栓和工具悬挂点^[9]几部分构成。

- 1) 承力上横梁。水平放置在钢管杆横担头部上层，用于承载来自导线所有的垂直荷载。其中在双侧塔头卡具两侧都设有可调式长孔，均向外延长，并设有工具挂点，弥补单侧挂点不平衡的问题。适用于提升较大垂直荷载的导线。在单侧塔头卡具的一侧设有可调式长孔，用于调整紧固螺栓所需安装的位置及适应钢管杆横担头的宽度。另一侧的安装孔不可调整主要起到固定作用且向外延长设有工具悬挂点，用于悬挂绝缘工

具，其螺丝可拧开方便连接各类绝缘工具。

2) 紧固下横梁。水平放置在钢管杆横担头部下层，一侧设有与上横梁等距可调式长孔以适应钢管杆横担头的宽度。

3) 可调式长孔。在上下层横梁相同的一侧或两侧的适当位置，使卡具位置可调，满足不同型号的塔头要求。

4) 紧固螺栓。使用高强度锰钢材料研制，用于连接上下层横梁，垂直穿入上下层横梁的孔内，使本套卡具牢固的固定在钢管杆横担头部，用于承载来自操作中产生的不平衡拉力。

(5) 工具悬挂点。用于悬挂绝缘工具。

塔头卡具在作业中应用如图4所示。

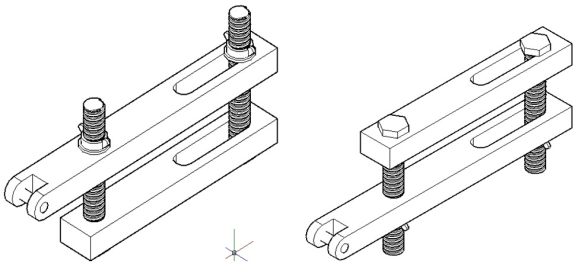


图2 单侧塔头卡具结构图

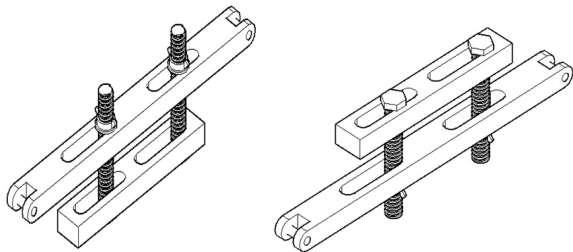


图3 双侧塔头卡具结构图

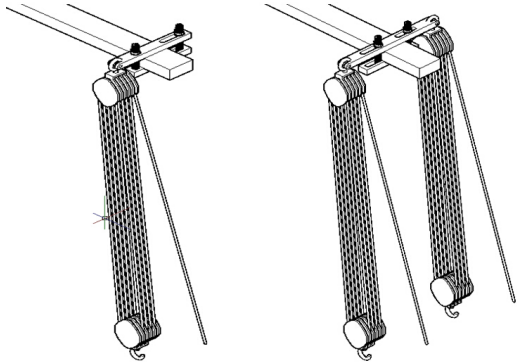


图4 塔头卡具应用示意图

3.3 过流滑车

传统过流滑车在消弧绳动作时易出现卡住问

题，致使人身与带电导线的安全距离不能保证。通过设计一种新型水平式过流滑车，解决了锁紧丝杠与地面平行的问题，使锁紧丝杠及锁紧环正对塔身，并使消弧绳和消弧滑轮与地面垂直，以此保证消弧绳和消弧滑轮安装后与导线及引流都在同一平面上，消除了消弧绳动作时被卡住现象，保证了作业人员的安全。

新型的水平式过流滑车由本体、半圆形槽体、槽体、锁紧丝杠、消弧绳、消弧滑轮和锁紧环组成^[10]。其本体整体呈L型，本体上设置有安装吊环和螺孔，本体的一端与半圆形槽体相连，槽体、本体和半圆形槽体形成导线卡槽，槽体的下部具有U形缺口，U形缺口安装有消弧滑轮，消弧绳绕过消弧滑轮，锁紧丝杠的一端连接有锁紧环，锁紧丝杠的另一端穿过螺孔后与槽体相连。新研制的过流滑车结构如图5所示，而老式水平式过流滑车如图6所示。

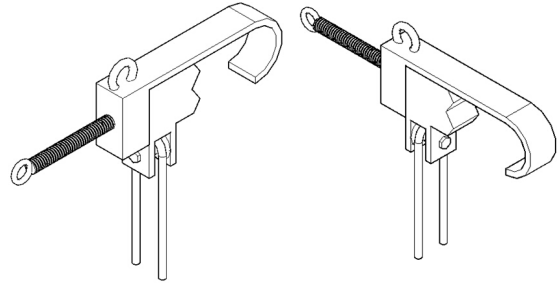


图5 水平式过流滑车应用示意图

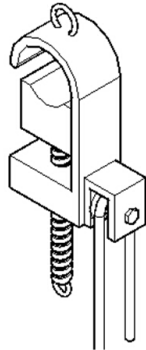


图6 老式水平式过流滑车图

过流滑车导线卡槽的前部采用半圆型设计来增加与导线的接触面积、下部采用V型设计来适应不同导线型号、消弧滑轮在锁紧后可与导线的重心接近、确保消弧绳动作时顺滑流畅，并在过流滑车打开时与安装吊环的重心接近，使锁紧丝杠正对塔身。消弧滑轮与导线卡槽下部一体化设

计,作业人员将带有直角钩的绝缘杆插在锁紧环中转动来锁紧和打开本工具。

3.4 伸缩式支线杆

采用在输电线路钢管杆进行带电断接引流作业时,由于没有可以安装的位置,操作距离与带电侧引流距离较远,无法进行操作,若靠人体前伸缩短操作距离,无法保证人身与带电体的安全距离。为解决此问题,设计一种针对钢管杆带电断接引流作业的伸缩式支线杆,该工具采取将传统可多点固定方式的支线杆改为单点固定方式,这样可在钢管杆任意位置安装,并采用伸缩式设计来调整支线杆长短,自由控制与带电引流体之间的距离,有效保证了操作距离和作业人员的人员安全,弥补了在钢管杆带电断接引流工作中工具安装位置问题。

伸缩式支线杆由外杆、内杆、阻流器、导线卡头、绑扎环和锁孔销钉组成。其中,外杆的下端安装绑扎环及下锁孔,上端设有上锁孔;内杆的下端设有下锁孔,上端设有上锁孔;内杆的上端与阻流器通过螺纹连接,阻流器的另一端与导线卡头通过螺纹连接,上锁孔与上锁孔、下锁孔与下锁孔通过锁孔销钉固定。外杆与内杆为绝缘杆,内杆可插在外杆内。新设计的工具结构如图7所示。

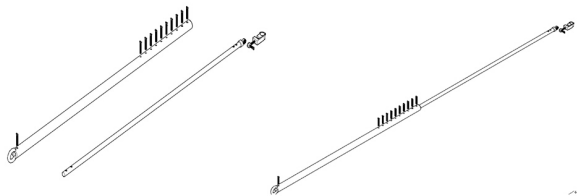


图7 伸缩式支线杆

4 结束语

本文通过分析常规作业工具在输电线路钢管杆进行带电作业中存在的问题,针对钢管型杆塔的特点提出利用等电位操作方法,对传统的带电作业工具进行改进,设计出了一套适用钢管杆带电作业的专用工具。研制的带电专用工具在现场多次使用,能适用不同种类不同挂点的钢管型杆

塔,有效保证了作业人员在移动和作业过程中的安全,能够较好地完成钢管杆带电更换绝缘子和带电断接引的作业,有效保障人身安全,提高供电可靠性,并且装拆方便,操作灵活,作业人员可自行在杆塔上自行更换,成为钢管杆检修作业中必不可少的工具。

参考文献

[1] 孟遂民.输电杆塔结构及其基础设计[M]. 北京: 水利水电出版社, 2011.
[2] 国网人力资源部.输电线路带电作业[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
[3] 国家电网公司.带电作业操作方法第1分册 输电线路[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
[4] 国家电网公司.国家电网公司电力安全工作规程(线路部分)[M]. 北京中国电力出版社, 2009.
[5] 国网人力资源部.输电线路检修[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
[6] 国网河南省电力公司.输电线路带电作业特殊项目作业方法[M].北京: 中国电力出版社, 2014
[7] 国家能源局. DL/T 741—2010架空输电线路运行规程 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
[8] 李光辉、王伟.电力线路金具基础与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2014
[9] 张森.大跨越伸缩式通用塔头卡具: 中国, 201420295781.7[P].
[10] 张森.水平式过流滑车: 中国, 201420168861.6[P].

作者简介

张森 (1972-), 男, 本科, 高级技师, 主要研究方向为电力变压器、输电设备。
宋丽 (1973-), 女, 本科, 主要从事调度自动化、智能电网方面研究。
蔡东飞 (1968-), 男, 本科, 从事电力变压器、GIS设备、调度自动化方面研究。

(收稿日期: 2015-12-10) **EA**
(编辑: 杨得润)