

“二牵一”张力更换碳纤维导线关键施工技术研究

吕宝生, 张伟军

(江苏省送变电公司, 江苏 南京 210028)

摘要:以 220 kV 秦淮变-滨南变线路增容改造工程为施工范例,介绍了利用张力机反卷旧导线,更换碳纤维导线的施工方法,设计并加工了“二牵一”牵引板,解决了逆行牵引网套末端固定问题,采用新型碳纤维卡线器,提高了施工效率,可以推广应用到线路改造更换导线的工程。

关键词:“二牵一”牵引板;反卷;碳纤维导线;牵引网套;新型卡线器

中图分类号: TM752

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2015)01-0052-04

随着国民经济的高速发展,用电负荷快速增长,原有线路的输电能力远不能满足经济发展的需求。为优化线路通道、降低施工难度,减少青苗的损坏,减轻外部因素对施工造成的阻力,往往利用原有通道和杆塔,将原普通导线更换成耐热大容量的新型导线,以满足输送容量的要求。结合 220 kV 南京西环网加强工程 220 kV 秦淮变-滨南变线路增容改造工程,介绍“二牵一”张力更换碳纤维导线的施工方法,解决了施工过程中的关键技术问题,为类似工程施工积累了经验。

1 工程概况

工程位于南京市建邺区,现状 220 kV 秦滨 2M15/2M16 线 1-2 号、4-22 号同塔双回路双分裂导线,导线型号为 2×LGJ-300/25,现将其更换成单根 JRLX/T-630/70 型碳纤维复合芯导线,更换线路长度 5.662 km。地线 JL/LB1A-95/55 铝包钢绞线和光纤复合架空地线(OPGW 光缆)不更换。

2 施工方案的确定

2.1 常规放线施工方法

通过人力展放导引绳,将导引绳端头锚于铁塔塔身处。停电后,将直线塔线夹换成放线滑车,然后在耐张塔两侧放松导线,把落地的旧导线分段开断并回收。最后利用导引绳带牵引绳,再由牵引绳“一牵一”张力牵引碳纤维导线。

2.2 用 1 根旧导线牵引新导线

事先选择好牵张场地,线路停电后,先回收 1 根旧导线,再用余下的 1 根旧导线“一牵一”张力牵引碳纤维导线。“一牵一”张力牵引方法为:用钢丝绳套将放线段内耐张塔处的旧导线连通,旧导线作为牵引绳,利用张力机直接反卷旧导线,实现旧导线牵引新导线。

2.3 采用双分裂旧导线牵引新导线

线路停电后,用钢丝绳套将放线段内耐张塔处的

双分裂旧导线连通,双分裂旧导线作为牵引绳,采用“二牵一”方式,利用两线张力机反卷旧导线,实现双分裂旧导线牵引新导线^[1]。

2.4 方案比较

常规架线施工方法虽然技术经验成熟,但施工工序烦琐,所需工具、设备多,工作量大,影响施工进度。导引绳展放和旧导线分段落地,会造成大量的苗木、经济作物和大棚损毁,增加赔偿费用,也可能引起阻挠施工而延长停电时间,影响电网正常运行,跨越电力线路多,展放导引绳难度大,落线安全风险高。

双分裂旧导线“二牵一”张力牵引新导线的施工方法其优点是需用设备少且工序简单,无需展放导引绳,节省人力,青苗损坏小,赔偿费用少。其缺点是可借鉴的施工经验少,需研制部分放线工器具。采用 1 根旧导线“一牵一”张力牵引新导线的施工方法,其缺点介于上述 2 种施工方法之间,优点是经验成熟。

从工序、进度、经济、安全等几个方面综合分析比较(见表 1),确定选用双分裂旧导线“二牵一”张力牵引新导线的施工方法。

表 1 重要因素对比表

项目	工期	费用/万元	安全性	创新性
方案 1	30	100	高	无
方案 2	20	80	中	无
方案 3	15	10	中	有

3 施工关键技术

3.1 “二牵一”牵引板设计

“二牵一”牵引板由 2 块牵引板组成,中间通过 2 根钢丝绳连结。第 1 块牵引板在板本体内部加装 2 个滑轮,并通过钢丝绳与 2 根旧导线相连,使牵引的 2 根旧导线受力大小相等,在牵引过程中处于平衡状态,其后部中间挂防捻平衡锤,两侧分别对称连接 2 个抗弯旋转连接器。第 2 块牵引板前部中心对称的两侧同样布置 2 个抗弯旋转连接器,后部中心连接要展放的 1

根新导线。这种牵引板实现了“二牵一”展放导线的施工要求^[2,3],如图1所示。

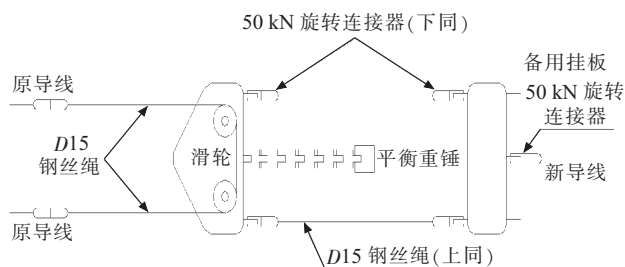


图1 “二牵一”牵引板结构

根据牵张力计算表,设计牵引板的额定负荷为60 kN,设计安全系数为3。在2块牵引板的连接上使用2根新型50 kN抗弯旋转连接器,由于牵引板过放线滑轮时冲击力比较大,单纯用钢丝绳连接安全可靠度不高,如使用抗弯连接器容易使钢丝绳产生扭转。钢丝绳与旋转连接器压接起来形成抗弯旋转连接器,既能起到抗弯的作用又能防止缠绕,强度得到了保证。

因牵引板尺寸与三轮D916放线滑车相配合,并要保证牵引板内的2个滑轮不能相碰撞,所以滑轮直径不能太大。综合考虑,滑轮直径设计为D116 mm。牵引板内滑轮连接钢丝绳要求必须自由移动,以控制2根导线张力保持平衡,同时考虑旧线子导线之间的偏差。所以选择长度20 m的D15.5 mm钢丝绳。

前、后牵引板距离要合适,太小容易造成翻转,太大运行不平稳。经反复试验,决定选用4 m的间距满足工程需要。抗弯旋转连接器、平衡锤的质量和长度直接决定牵引板的实际尺寸,平衡锤选用长度1100 mm、D 80 mm的6节锰钢。平衡锤末端与后牵引板最短距离为440 mm,如图2所示。



图2 “二牵一”牵引板

“二牵一”牵引板出厂前采用500 kN卧式试验机进行3次无冲击状态拉力试验,在1.6倍的额定负荷下,保持10 min未发生永久变形和裂纹现象,达到了设计和使用要求。

3.2 压接管过轮槽

旧导线耐张管和直线管无法用钢护套管进行保护,在过放线滑车和张力机轮槽时,会发生弯曲现象。该弯曲是否造成铝管和钢锚裂纹的产生,需要从理论上进行分析。

压接管过放线滑车时,压接部分刚度较大,轴向拉力和垂直荷载共同作用于导线上,只是不压区发生弯

曲,弯曲程度不大。而压接管过张力机轮槽,由于牵引力比较大,并且反复缠绕在张力轮上,压接管会发生整体弯曲,其曲率半径与张力机轮槽曲率半径一致,如图3所示。

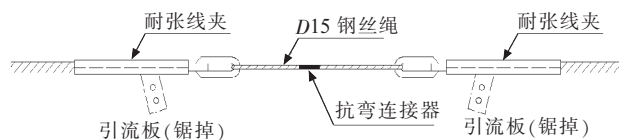


图3 耐张塔两侧导线连接

耐张管经过轮槽时,铝管产生的伸长率按照下式计算:

$$\delta = \frac{l' - l}{l} \times 100\% \quad (1)$$

$$l' = \frac{l}{R+r} (R+2r) \quad (2)$$

式中: δ 为耐张段整体伸长率; l' 为耐张管外缘线长度,mm; l 为耐张段中心线长度,mm; R 为张力机轮槽半径,mm(该工程张力机轮槽直径1850 mm); r 为铝管压接后直径,mm。该工程旧导线压接管型号分别是NY-300/25.1和JYD-300/25,其通过ZQT2×70张力机轮槽和三轮D916放线滑车时的延伸率见表2。

表2 压接管延伸率 %

项目名称	过轮槽		过滑车	
	铝管	钢锚	铝管	钢锚
耐张线夹	1.99	0.70	4.15	1.46
接续金具	1.99	1.00	4.15	2.08

耐张线夹、接续金具的材料采用L3(即1050A)铝合金和10号钢,其标准延伸率分别为23%和31%。表2可以看出,在施工过程中,压接管各部分材料延伸率远远小于其标准延伸率。模拟试验也证实了压接管通过张力机轮槽的可行性。

3.3 耐张塔导线连接

对于线路中间的耐张塔,先拆除跳线及跳线串,锯下耐张压管引流板并锉除棱角。然后采用走—走—30 kN滑车组平衡挂线方式两侧同时收紧导线,卸下耐张钢锚与调整板之间的连接U型环,将D15连接钢丝绳套从2个耐张钢锚中穿过,然后利用50 kN抗弯连接器进行连接,如图3所示,缓慢松绞磨时,将钢丝绳放入放线滑车相应槽口内,使导线张力由耐张绝缘子上,转移至连接钢丝绳上^[4]。

连接钢丝绳套的长度是该项施工的关键。钢丝绳长度在满足导线对跨越物安全距离的条件下,尽可能减小耐张段内的导线张力,确保在连接钢丝绳将同相旧线相连时不产生较大的弧垂变化和导线位移^[5]。

对于平原丘陵地区的短耐张段,档距分别为 $l_1, \dots, l_k, \dots, l_n$,悬挂点高差角分别为 $\varphi_1, \dots, \varphi_k, \dots, \varphi_n$,其中控制档为 k 档。

导线弧垂增大,与耐张段内导线总线长的变化量之间的关系^[6]为:

$$\Delta L = \frac{8 \cos^2 \varphi_k}{3 l_k^4} (f_k'^2 - f_k^2) \sum_{i=1}^n l_i^3 \cos \varphi_i + \frac{l_k^2 \omega}{8EA \cos \varphi_k} \left(\frac{1}{f_k} - \frac{1}{f_k'} \right) \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\cos \varphi_i} \quad (3)$$

式中: ΔL 为1个耐张段内导线的线长变化量,m; f_k 为控制档内导线原有弧垂值,m; f_k' 为张力放线时控制档内导线弧垂值,m; φ_k 为控制档的两悬挂点高差角; l_k 为控制档的档距,m; ω 为导线的单位自重,N/m; E 为导线的弹性系数,MPa; A 为导线的截面积,mm²。钢丝绳长度与线长变化量存在如下关系:

$$a_j = \frac{\Delta L_i + \Delta L_{i+1}}{2} + 2\lambda \quad (4)$$

式中: a_j 为第 j 耐张杆塔需要接入钢丝绳长度,m; ΔL_i , ΔL_{i+1} 分别为放线段内,第 j 耐张杆塔两侧耐张段线长变化量,m; λ 为耐张绝缘子串的长度,m。

3.4 网套末端固定

实践发现,牵引网套在逆行时,网套末端与放线滑车槽口、毛竹跨越架顶杆之间经常出现冲击、摩擦等现象,冲击力过大时会使网套末端出现微小位移。网套末端一旦出现位移,网套股线构建的平行四边形改变,减小了网套与导线之间的正压力,网套的握着力迅速降低,造成“跑线”事件。

DL 5009.2—2013 第 3.4.26 条要求:网套末端应用铁丝绑扎,绑扎不得少于 20 圈,完全依靠铁丝绑扎产生的压力来实现摩擦力固定,受力相对较小。经分析计算,改用铝制套管对放线网套进行压接固定,其作用效果远胜于铁丝绑扎,可以确保放线网套不会出现位移。对该工程采用的铝制套管,利用 LGJ-630/45 钢芯铝绞线制作试件 3 个,在 500 kN 卧式试验机上分别加载 15 kN, 30 kN, 50 kN, 并且用长柄铁锤猛烈逆向击打压接在放线网套上的铝制套管,模拟网套末端受冲击的现象。反复打击后,3 个网套末端均未出现移动。试验证明,采用该方法安全可靠,简单可行。

该工程 9-22 号放线段长度 5.662 km,而 JRLX/T-630/70 碳纤维导线单盘最大长度只有 3.5 km,需分 2 盘进行张力展放,盘长分别为 2.468 km 和 1.611 km。2 盘导线之间用牵引网套连接,网套末端固定套管利用 ACSR-720/50 导线耐张管制作。制作的套管内径 40 mm,外径 52 mm,长度 100 mm,内外壁进行倒圆角处理,防止切割网套和减轻与放线滑车的冲击。碳纤维导线两端头间的连接,如图 4 所示。

3.5 新型卡线器设计

对碳纤维芯导线进行临时锚固、紧线、挂线时,生

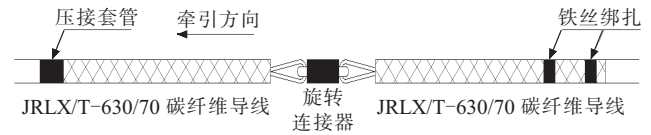


图 4 碳纤维导线中间连接

产厂家提供的是紧线预绞丝(配护线条)。由于紧线预绞丝长度超过 3 m 且刚度较大,在牵、张场地面锚或紧线、挂线操作时,不但麻烦,而且耗时较长^[7]。由于紧线预绞丝存在上述弊端,专门研制了碳纤维复合芯导线专用卡线器。该卡线器原理仍然采用四连杆结构型式,其特点为操作简便,叼夹牢靠,受力合理,握着力与拉力配比恰当^[8]。

分析四连杆机构力学行为,卡线器卡线器握着力与拉力之间的关系^[9]为:

$$F = fkT \quad (5)$$

式中: F 为卡线器握着力,N; f 为卡线器钳口与导线的摩擦系数; T 为拉环所承受的拉力,N; k 为连杆机构的放大倍数。

针对碳纤维复合芯导线应用软铝而不耐磨、易变形的特点,加大了卡线器钳口长度。卡线器采取提高高压拉比技术方案,以增加软铝与碳纤维复合芯的摩擦力。其钳口弯曲部分是针对碳纤维复合芯弯曲半径的要求设计的。JRLX/T-630/70 碳纤维复合芯导线专用卡线器 KTLQ-50 按照 50 kN 额定荷载设计,在 1.6 倍额定荷载下进行试验,持续 10 min,各活动零件无卡阻、裂纹、断裂等现象出现。该碳纤维复合芯导线专用卡线器应用到工程中,不但缩短了因绞缠紧线预绞丝造成的施工时间延长,减少了高空作业时间,降低了锚线施工操作的难度,提高了施工效率,而且还有效地避免了碳纤维复合芯导线芯棒内缩现象,从而保证了施工质量。

4 效果检查

该工程 4-22 号(终端塔)段采用张力放线,共分为 2 个牵张段,根据现场地形情况,将 9-10 号档作为牵引场,线路两端作为张力场。该线路共停电 15 d,投入了 4 个施工组,期间还进行了 4 处 35 kV 和 2 处 110 kV 被跨越线路绝缘封顶网的搭、折。由于采用了“二牵一”张力牵引放线方式,改进了导线的临时锚固方法,施工时间大为缩短。1 个牵张段放线平均用时 3 d,1 基耐张塔从高空开线至高空紧线结束约用时 2 d,安全、顺利地完成了长 5.662 km、10 个耐张段的双回线路的换线任务。截至目前,线路已投运 3 个月,运行状态良好,未发生任何质量和安全事件。

5 结束语

“二牵一”牵引板的设计、压接管过轮槽的力学分

析和耐张塔导线连接钢丝套长度计算确保了方案的可行性;网套末端固定方式的改进,增强了施工安全可靠度;新型卡线器的实施,提高了施工效率,缩短了停电施工时间,不仅有经济效益,而且具有环境效益和社会效益,该施工方法可推广到电网建设中双分裂旧导线更换新型导线的增容改造工程上,同时对线路抢修也有一定的借鉴意义。但该方法仍需进一步完善,如逆行压接管进入张力机轮槽,从第二圈开始,在管口出现铝股断丝现象,如何避免这一现象,还需进一步研究;由于改造线路中,放线段内耐张塔较多,如何更加快捷有效消除旧导线的扭矩,值得大家思考。

参考文献:

- [1] 陈铭业,崔明杰.双张力机放线在旧线更换中的应用[J].科技广场,2011(7):136-138.
- [2] 李久良,陈震,王峰.张力架线二牵一牵引板新工艺应用[J].东北电力技术,2009(10):37-38.
- [3] 刘利平,许志勇.低驰度增容量间隙型导线架线施工方法的探

讨[J].电力建设,2007,28(4):14-17.

- [4] 左锋.线路抢修中利用旧导线牵放新导线的施工方法[J].吉林电力,2009,37(3):34-36.
- [5] 陈崇敬,胡杰,华献宏.带张力更换导线的施工方法应用探讨[J].浙江电力,2010(12):59-62.
- [6] 李博之.高压架空输电线路架线施工[M].2版.北京:中国电力出版社,2008:34-36.
- [7] 庞士顺,桂和怀,黄成云.碳纤维复合芯导线的施工工艺[J].电力建设,2010,31(5):49-52.
- [8] 杨汉国,黄跃平,高建和.架空输电线紧线器的可靠度设计[J].东南大学学报,1989,19(3):96-100.
- [9] 席铁生.一种新型地线卡线器的设计[J].电力建设,1994(S1):17-22.

作者简介:

吕宝生(1981),男,黑龙江依安人,工程师,从事输电线路施工技术与管理工
作;
张伟军(1960),男,江苏南京人,高级工程师,从事输电线路施工技术与管理工
作。

Research on the Key Construction Technology for "Two Pulls One" Tension Change Carbon Fiber Line

LYU Baosheng, ZHANG Weijun

(Jiangsu Power Transmission and Transformation Corporation, Nanjing 210028, China)

Abstract: In this paper, taking the 220kV Qinhuai substation - Binnan transmission line uprating project as an example, the method of using tension machine to roll old wire and replacing carbon fiber wires are introduced. A "two pulls one" draw plate is designed to fix the end of net sleeve. Due to the use of new carbon fiber device, construction efficiency is improved for engineering application.

Key words: "Two pulls one" draw plate; tension; warp; carbon fiber wire; traction network set

(上接第 51 页)

5 结束语

与人工巡检相比,直升机巡检在 500 kV 及以上输电线路应用中具有巡检效果好、巡检效率高等优点。采用直升机巡检来代替 500 kV 及以上输电线路人工监察性巡视,对于减轻人员劳动强度、提高监察性巡视质量、降低线路运检成本、提升线路安全运行水平等方面都有不可比拟的优势。

参考文献:

- [1] 国家电网公司.国家电网公司电网设备检修项目成本定额(试行)[M].北京:国家电网公司,2010:23-24.

作者简介:

刘贞瑶(1979),男,湖南常宁人,高级工程师,从事输电线路运检管理工作;
韩学春(1972),男,山东五莲人,工程师,从事输电线路运检管理工作;
康宇斌(1978),男,四川冕宁人,高级工程师,从事输电线路运检管理工作。

Application of Helicopter Inspection for 500 kV and Above Transmission Lines

LIU Zhenyao, HAN Xuechun, KANG Yubin

(Jiangsu Electric Power Company Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

Abstract: This paper introduces the helicopter inspection technology for 500 kV and above transmission lines and its application in Jiangsu power grid in 2013. Comparative analysis on the results and benefits shows there is little difference between human inspection and helicopter inspection in inspection fee, but the helicopter's inspection efficiency is 6 times of the manual inspection approximately. The helicopter inspection technology can be applied into the supervision inspection for 500kV and above transmission lines. It can reduce labor intensity works, improve the quality of inspection, reduce the cost of maintenance and improve operation security of transmission lines.

Key words: transmission lines; helicopter; inspection