

“一牵五”导引绳展放方式在500kV输变电线路的应用

毛伟, 张韬

浙江省送变电工程有限公司, 浙江 衢州 310016

DOI:10.61369/ERA.2026080013

摘 要 : 500kV 输变电线路是跨区域、大容量输电的骨干网架, 承担着电能大容量、远距离的关键任务, 它建设质量的高低将会对电力系统的稳定运行和区域经济的健康发展产生影响^[1]。然而, 在输变电线路施工过程中, 传统的导引绳展放方式有着效率低、成本高的问题, 难以满足现代工程建设的要求。近些年来, “一牵五”张力展放导引绳作为一种全新的技术在线路架设施工中逐渐被使用。缙云抽水蓄能电站~吴宁双回500kV线路工程, 沿线山地、高山大岭占绝大部分, 架线阶段正值现场酷暑, 为了保证工程按期投运, 减少现场人力、物力。实践证明, “一牵五”导引绳展放方法拥有较高的技术可行性, 为浙江省送变电工程公司线路建设施工积累了经验, 值得在未来的输变电线路建设中进一步推广和应用^[1-2]。

关 键 词 : 一牵五; 架线施工; 导引线; 展放

Application of the "One-Trait-Five" Guidance Rope Deployment Method in 500 kV Transmission and Transformation Lines

Mao Wei, Zhang Tao

Zhejiang Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd. Quzhou, Zhejiang 310016

Abstract : 500 kV transmission and transformation lines serve as the backbone infrastructure for cross-regional, high-capacity power transmission, undertaking critical tasks of delivering large volumes of electricity over long distances. The quality of their construction significantly impacts the stable operation of power systems and the healthy development of regional economies^[1]. However, traditional guidance rope deployment methods during construction suffer from low efficiency and high costs, failing to meet modern engineering requirements. In recent years, the "One-Trait-Five" tension-controlled deployment method has been increasingly adopted in line installation projects. The Jinyun Pumped Storage Power Station~Wuning Dual-Loop 500 kV Line Project traverses predominantly mountainous terrain with extreme heat conditions during the installation phase. To ensure timely commissioning and minimize on-site labor and material requirements, practical implementation has demonstrated the high technical feasibility of the "One-Trait-Five" guidance rope deployment method. This approach has provided valuable experience for Zhejiang Power Transmission and Transformation Engineering Co., Ltd. and warrants further promotion and application in future transmission and transformation line projects^[1-2].

Keywords : "One-Trait-Five"; overhead line construction; guide wire; deployment

一、综述

(一) 基本原理

“一牵五”导引绳展放方式是一种基于现有放线技术的改良施工方式, 它的基本原理是通过主牵引绳依靠走板一起牵引五根导引绳, 来实现对多根导引绳同步展放的技术。在作业过程中, 主牵引绳利用主牵引机提供稳定的牵引力, 将五根导引绳依次穿过滑车系统并展放至规定地点^[3]。和传统的一牵四和一牵二导引线展放法相比较, “一牵五”导引绳展放方式可以明显降低牵引作业的次数, 提升作业效率。

在现实的作业过程中, “一牵五”导引绳展放方式和传统施工

方式相比, 优势很大。第一, 这种施工方式可以大大降低牵张机的重复使用频率, 减少牵张机的损耗和维护成本。再者, 因为使用一次性展放五根导引绳的方式, 施工工期将得到明显减少, 对于需要快速投运的输变电工程来说, 显得十分重要^[2], 同时也能够减少现场工人在酷暑下施工中中暑概率。最后, “一牵五”方式可以降低对施工场地的占用时间, 减少牵张场的租赁成本, 对于线路走廊内存在经济作物或环境保护要求较高的区域, 该方法能够有效降低对周围环境的影响, 进一步体现了其技术经济优越性^[1]。

(二) 技术特点

“一牵五”导引绳展放方式因其效率高、稳定性强和对环境友好的优点, 在现代输变电线路施工中拥有良好的应用价值。第

作者简介:

毛伟 (1996.05-), 男, 汉族, 浙江省衢州人, 助理工程师, 硕士, 研究方向: 输电线路施工, 现就职于浙江省送变电工程有限公司。

张韬 (1999.09-), 男, 汉族, 内蒙古赤峰人, 助理工程师, 大学本科, 研究方向: 输电线路施工, 现就职于浙江省送变电工程有限公司。

一，这种一次同时展放五根导引绳的方式，可以大大提高施工效率，同时，减少青苗占地时间，可以很好地降低相应的赔偿费用^[4]。第二，这种施工方式利用优化牵张系统和滑车分绳技术，大大降低作业时间。例如，在溪洛渡至牛寨Ⅲ回500kV送电线路施工作业中，现场施工作业人员利用合理布置牵张设备和导引绳的方法，实现了放线区段的高效覆盖，进一步验证了这种方法在减少作业时间方面的优势^[5]。

另外，“一牵五”导引绳展放方式还可以大大减少施工作业人员的工作强度。在以往的作业方法中，作业人员必须多次对导引绳进行展放和调整，但是“一牵五”展放导引绳一次作业就能够使五根导引绳的展放到位，可靠降低了人工操作频率，从而减少了施工人员的作业强度^[4]。与此同时，这种作业方式对环境也更加友好。以恩施—水布垭Ⅲ回输电线路工程为例，“一牵五”导引绳展放方式在提高工作效率的同时，也减少了对周围生态环境的影响，展示了其绿色施工的优势^[6]。

二、应用

（一）施工准备

在利用“一牵五”导引绳展放方式进行缙云～吴宁500kV线路工程施工前，充分的施工准备是确保展放作业顺利实施的基础。

1. 牵张设备及工器具的选择

（1）主牵引机的选定

主牵引机选型时，额定牵引力计算为：

$$P \geq mK_p T_p$$

式中：P为主牵引机的额定牵引力，m为同时牵引□15防扭钢丝绳的根数， K_p 为选择主牵引机额定牵引力的系数，展放防扭钢丝绳时 $K_p=0.2\sim0.3$ 。根据本项目具体的地形地貌条件选择相应的系数； T_p 为被牵放钢丝绳的额定拉断力150000N。同时需要满足主牵引机的卷筒槽底直径不应小于牵引绳直径的25倍。因此， $P \geq mK_p T_p = 5 \times 0.25 \times 150000 = 187500\text{N}$ ，选用QT280型牵引机。参数：最大牵引力 $P_m=280\text{kN}$ ，最大持续工作牵引力 $P_e=250000\text{N}$ ，牵引轮直径 $\phi 960\text{mm}$ ，适用最大直径38mm的钢丝牵引绳。

结论： $P_e > P$ ，牵引轮最大适用直径大于□22防扭钢丝绳，选用的主牵引机符合要求。

（2）主张力机的选定

主张力机选型时，额定张力计算为：

$$T_e \geq K_t T_p$$

式中： T 为主张力机额定制动张力， K_t 为选择主张力机单根导线额定制动张力系数，防扭钢丝绳时 $K_t=0.12\sim0.20$ 。根据具体的地形地貌条件选择相应的系数， $T=K_t T_p=0.20 \times 150000=30000\text{N}$ 。

导线张力机的导线轮槽底直径的计算如下所示：

$$D \geq 40d-100,$$

式中： D 表示张力机的导线轮槽底直径， d 为被展放的□15

防扭钢丝绳直径， $D \geq 40d-100=40 \times 15-100=500\text{mm}$ ，选用FRQ800张力机。参数：运行张力（牵引力）最大持续工作张力 $4 \times 45\text{kN}$ ，即运行张力（牵引力） $T_e=45000\text{N}$ ，张力轮直径1500mm，适用于直径 $D_e=40\text{mm}$ 。

结论： $T_e > T$ 、 $D_e > D$ ，选用的主张力机符合要求。

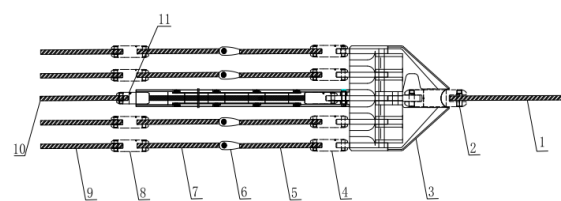
（3）工器具选择

导引线选用□15防扭钢丝绳，自重790g/m，破断力150kN；

牵引绳选用□22防扭钢丝绳，自重1610g/m，破断力368kN；

Φ15*16m迪尼玛绳，自重32g/m，破断力211.1kN；

“一牵五周板”，如下图所示，已做过拉力试验，其强度满足不小于 $50\text{kN} \times 1.25$ （安全系数）。



1- □22牵引绳；2-130kN 旋转；3 - 一牵五周板；4-50kN 旋转；5-Φ16*50m 迪尼玛绳；6-50kN 抗弯；7-Φ16*50m 迪尼玛绳；8-50kN 旋转；9- □15牵引绳；10- □15牵引绳；11-50kN 抗弯旋转

图1 一牵五周板连接示意图

2. 施工前准备

（1）作业开始前，利用奥维地图和现场的实地勘察，选定好牵张场，对牵张场进行详细勘察与布置，确保场地满足展放作业的场地大小要求并且交通条件满足牵张设备、吊机能够到达现场，并尽可能排除对施工作业产生危险的安全隐患；

（2）对牵引机、张力机、牵引绳、导引绳及相关辅助工具的安全检查至关重要。牵张设备应具有足够的动力和稳定性，并且在检验合格有效期内，来保证五根导引绳同时展放时的动力需求；导引绳则需根据线路跨度、地形条件等因素选择合适的规格，并且通过检验且在合格有效期内，避免因导引绳质量问题而引发的安全事故^{[1][6]}；

（3）作业开始前，材料站专用人员需对放线滑车等关键工器具进行调试和维护，确保其在作业过程中的正常运行。做好施工作业准备工作，能够有效提高施工效率，为展放作业的顺利开展营造良好的作业环境。

（二）现场准备

1. 用多旋翼无人机展放 Φ2的迪尼玛绳，用尼龙绳细股做缝制线将初级绳连接在一起；
2. 选择和布置好牵引场、张力场。用小型牵张设备 Φ10迪尼玛绳；
3. 用中牵中张牵引□15防扭钢丝绳；
4. 放电区段内的带电线路已完成停电并搭设跨越架，牵张机以及钢丝绳出线口已全部接地；
5. 现场铁塔瓷瓶、金具以及放线滑车已经安装完毕；
6. 现场牵张机手、对讲机、分绳操作人员已经准备完毕。

三、施工步骤

（一）“一牵五”走板连接

□22防扭钢丝绳→13t 旋转连接器1个→5t 旋转连接器5个→ ϕ 16*50m 迪尼玛绳5根→50kN 抗弯→ ϕ 16*50m 迪尼玛绳5根 ϕ 16*50m 迪尼玛绳5根→5t 旋转连接器5个→□15防扭钢丝绳5根。

（二）“一牵五”导引线分绳操作

1. 利用大牵+大张（4根钢丝绳）+小张（1根钢丝绳）进行1牵5展放钢丝绳时，从第一基开始，经过每一基塔时，钢丝绳都要进行分绳。高空作业人员将4根临锚绳锚固在导线横担和地线支架上，当走板走过放线滑车后，放慢牵引机速度，继续牵引一定距离牵引机、张力机停机；

2. 利用临锚绳上的卸扣和连接绳的抗弯完成临锚绳的连接；

3. 牵引机放松□22防扭钢丝绳，张力机将钢丝绳回抽，待锚固迪尼玛绳受力后，继续回牵使走板走到合适位置停止回收；

4. 拆除两个 ϕ 16迪尼玛绳中间的抗弯，分绳人员分别利用提绳装置，将两根迪尼玛绳提升到横担和地线架上的放线滑车上，并重新用抗弯将两根迪尼玛绳相连；

5. 牵引机继续牵引，张力机送出，继续送线并保持一定的张力，到锚固的迪尼玛绳保持松弛状态，继续牵引，直到卸扣到各自的滑车处，拆除卸扣，继续牵引；

6. 牵引至下一基塔后，重复上述步骤，直到整段都牵引到位。

四、关键环节技术要点

（一）张力控制

在“一牵五”展放导引线钢丝绳的过程中，张力控制是确保展放作业安全和质量的关键技术之一。因为同时展放五根导引线，它张力分布的均匀性将会直接对展放效果和线路的长期运行稳定性产生影响。因此，在施工作业过程中要利用好张力控制设备，实时对导引绳的张力进行检测。具体来说，牵张手利用张力放线机和传感器组成的闭环控制系统、以往经验以及专业知识对导引绳上的张力进行实时调整，以免因张力过大造成钢丝绳损伤或者因为张力过小而引发的钢丝绳缠绕问题^{[6][7]}。另外，应结合施工现场的地形条件、牵张段长度以及作业现场温度，合理设置张力参数，从而进一步优化展放的效果。如遇强风天气，在保证风力在6级以下的条件下，则需降低张力以防止导引绳发生剧烈摆动而发生缠绕现象。

（二）滑车使用

放线滑车在“一牵五”导引线展放过程中扮演着非常重要的

角色，它的选择、安装和使用技巧将直接关系到整个展放线作业的顺利进行。在选择放线滑车时，首先要根据导引钢丝绳的直径及放线段展放张力选择合适的放线滑车材质与型号，以保证它的载荷能力和耐磨性能满足施工作业要求。其次，滑车的安装位置、数量、偏角要经过精确计算，避免因安装不当导致导引绳在展放过程中出现偏斜、现象或者牵导引绳频繁跳槽现象。特别是在分绳过滑车的过程中，需要运用专门的分绳装置，以确保五根导引绳能够顺利通过放线滑车而不发生相互缠绕^[8]。

五、施工注意事项

1. 钢丝绳展放前，应检查钢丝绳是否有金钩、断股、明显背扣等现象，若发现一个节距内断股超过5%时，必须割断重新插套；

2. 两根□15防扭钢丝绳之间必须用50kN 抗弯连接，不得用铁丝或铝丝作临时连接；

3. 施工作业人员在转角、高差比较大的塔上，随时做好防止跳槽和跳槽后的补救工作；

4. 现场作业人员都要备好对讲机，调好频道，保持各自的沟通，塔上作业要准确汇报塔位信息，严禁信号不通时牵张机作业；

5. 放线过程中的临锚绳和中间的迪尼玛绳要经历多次锚挂，要注意观察临锚绳和迪尼玛绳的损伤情况，发现破损和断丝的情况立马进行更换；

6. 挂接穿滑车时要分清相序，避免出现搅扭现场；

7. 保证张力机的张力，以使他与跨域物保持安全距离。

六、结语

缙云抽水蓄能电站~吴宁双回500kV 线路工程架线施工中，采用“一牵五”张力展放钢丝绳，不仅能显著提升输电线路的施工效率和质量，还能确保其运行的安全性和可靠性。为以后施工提供了大量的经验。未来，“一牵五”导引线展放方法在输变电线路建设中具有广阔的发展前景。随着特高压技术的不断推进以及10分裂导线在电力线路中的应用，该展放导引线方式将在提高效率、降低施工成本以及保障质量方面的潜力将进一步释放。因此，“一牵五”导引线展放方法确实是一种值得推广的先进技术，具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 严得录；韩学文.“一牵五”导引线展放方法的应用[J]. 青海电力, 2012, 31(2): 42-43.
- [2] 戴劲松. 浅析“一牵五”展放引绳施工[J]. 通讯世界, 2014, 20(12): 131-132.
- [3] 杨力；王鹏；胡克飞.“一牵五”导引线展放工艺分绳过滑车的实用技巧[J]. 湖北电力, 2010, 34(6): 82-83.
- [4] 戴劲松. 浅析“一牵五”展放引绳施工[J]. 通讯世界, 2014, 20(12): 131-132.
- [5] 胡延军；行立科；李杰.“一牵五”导引线张力展放施工新工艺[J]. 山西电力, 2005, (5): 24-26.
- [6] 张建业；黄迎亚. 分析500kV 架空输电线路张力架线施工技术[J]. 电气技术与经济, 2024, (3): 123-125.
- [7] 路早斌. 500kV 输电线路的张力放线施工[J]. 智能城市, 2019, 5(24): 149-150.