

## 循环牵引索道运输在输电线路工程中的应用研究

詹 亭

贵州送变电有限责任公司, 贵州 贵阳 550002

[摘要] 文章首先对循环牵引索道运输方式相关技术参数的选取确认过程进行了介绍;其次,围绕循环牵引索道的组成及施工现场布置、不同受力部位的参数计算、架设过程、运输施工等循环牵引索道运输在输电线路工程中的具体应用展开分析;最后,阐述了在输电线路工程中应用循环牵引索道运输方式需要注意的重点问题,希望为从业人员提供一定的参考。

[关键词] 循环牵引索道运输;输电线路工程;施工现场布置;参数计算

DOI: 10.33142/hst.v3i4.2213

中图分类号: TM752

文献标识码: A

### Research on Application of Circulating Traction Cableway Transportation in Transmission Line Engineering

ZHAN Ting

Guizhou Power Transmission and Transformation Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550002, China

**Abstract:** Firstly, the paper introduces the selection and confirmation process of relevant technical parameters of circular traction ropeway transportation mode. Secondly, it analyzes the specific application of cyclic traction ropeway transportation in transmission line engineering, such as the composition and construction site layout of circular traction ropeway, parameter calculation of different stress parts, erection process, transportation construction, etc. Finally, the key issues in the application of circular traction cableway transportation mode in transmission line engineering are elaborated, hoping to provide certain reference for practitioners.

**Keywords:** circulating traction ropeway transportation; transmission line engineering; construction site layout; parameter calculation

#### 引言

输电线路工程是指架设输电线路,铺设电力网,使更大范围内的人们都能够使用优质的电力资源。一般来说,输电线路工程包含运输工程、土石方工程、基础工程、杆塔工程、架线工程、附件安装工程、接地工程等。在一些山区或是海拔较高、地势险要的地区,输电线路工程所需的材料、设备无法通过常规方式运抵施工现场,故而需要使用循环牵引索道运输方式。

#### 1 循环牵引索道运输方式简介及相关技术参数的选取确认过程

在广大平原,或是基础建设相对完善的地区(主要是公路运输体系四通八达,能够将与输电线路工程有关的设备按计划运抵目标位置),采用常规的运输方式即可保证工程的顺利进展。然而在一些高海拔、崇山峻岭地形区域,很多必须布设输电线路基塔的位置周边没有运输道路,通过常规的运输方式无法将材料设备运抵目标区域。因此,为了保证施工的正常进行,需要采用循环牵引索道运输方式。此种方式具备成本低、施工难度小、运输效率高、基本不会受到天气等自然因素的影响。此外,由于牵引索道的存在,尽管半空中过也需要通道,且遇到林区时,需要通过砍伐树木的方式,清理出作业空间,但总体而言,对生态环境造成的影响相对较低。

循环牵引索道运输方式虽然能够解决复杂地形输电线路工程的运输问题,但与运输有关运输参数的选取、确认过程必须慎重对待。本文重点围绕两个方面进行论述:其一,关于架空索道位置的确认。技术人员必须对照输电线路的铺设方向,沿着复杂地形进行实地勘察,详细掌握具体情况。此举的目的在于,确认基塔搭建的目标位置是否满足设计条件。比如为了提升运输效率,原则上应该按照“连点之间直线最短”的原则搭建索道,但如果两个目标点位之间存在更高的山峰,将会形成“凸起”,导致此条原定的运输线路无法正常作业而作废。因此,架空索道位置的确定过程不能“想当然”或者盲目地进行,必须做好勘察工作。其二,循环牵引索道运输的相关技术参数需要重点确认。索道形式为:循环牵引式;受索道钢筋等材料性能的影响,两点运输段之间的最大运输距离不能超过300m,最小距离不能低于200m;如果两点之间存在海拔高度差,则从一个点位到另一个点位之间的连线与水平方向之间的高差角度必须控

制在  $30^\circ$  以下, 否则运输成本将会大幅度上涨, 且运输效率、运输安全无法得到保证; 根据循环牵引索道的负载能力, 每次运输物品的最大质量不能超过 1t, 最大运行速度为  $1.6\text{m/s}^{[1]}$ 。

## 2 循环牵引索道运输在输电线路工程中的具体应用分析

### 2.1 循环牵引索道的组成及施工现场布置

常见的循环牵引架空索道运输方式由以下材料组成: 承力索一根、牵引索一根, 此两根绳索是在复杂地形实现循环式输电线路工程材料运输的核心组成部分, 如果构建过程出现差错, 整个系统的运行安全性将会受到影响。具体的作业流程为: 首先, 将所有输电线路工程所需材料按照一定的顺序, 放置于与牵引方向(材料、设备的传输方向)保持一致的牵引索上; 其次, 启动运输系统, 待材料、设备等运输至目标现场之后, 进行卸料作业; 最后, 将当量为 3t 的行进滑车的卡具松开, 并将之挂载到另一侧的牵引绳索上, 此时, 另一端的作业人员应该将后续准备运输的材料准备好, 并复制第一次的运输过程。需要注意的是, 在复杂地形处搭设输电线路基塔的实际作业时间、检修频率有限, 故而材料、设备通过循环牵引索道的运输终点处不宜构设与风景区类似的双向启动循环系统, 只需作业人员手工完成“转向挂载”即可, 实际运输效率也能够保持在较高水平。

### 2.2 循环牵引索道不同受力部位的参数计算

在输电线路工程中应用循环牵引索道运输方式时, 作业人员必须充分考虑施工地区的地形、地势环境, 特别是每一次运输的荷载当量是否符合要求。通常情况下, 可以适用双人字形的原木, 组成特定的支架结构。首先, 在该支架横梁的两端分别安装一套悬挂式的承力索支撑结构, 此举的目的在于将承力索、牵引索在运输过程中, 受到的来自运输材料、设备的荷载转移至该支撑结构中, 从而避免运输过程出现意外。其次, 支架的选择和验算方式, 需要根据实际运输距离, 两端的海拔高度差、材料的性能等进行详细测算。最后, 根据云南省邵通市永善县内设置的循环牵引架空式索道的应用情况(传输距离为 200m, 高差角为  $20^\circ \sim 30^\circ$ , 每次运载材料、设备的重量为 0.5t), 经过反复计算之后, 最终决定使用当量为 5t 的卷扬机, 其最大牵引力为 50kN; 响应速度为  $0.5\text{m/s}$ ; 可以达到的最大且稳定的牵引速度为  $1.2\text{m/s}^{[2]}$ 。具体的计算公式如下:

与承力索有关的参数为: 集中荷载  $Q$  (设备的重量, 0.5t, 500kg); 传输距离(最大值为 200m, 本研究进行检验时), 前后两车之间的距离  $S$  为 80m, 高差角  $\beta$  取  $30^\circ$ ; 承力索强度的安全系数以  $k$  表示;  $K$  为承力索单位长度承受的重量与断裂荷载的比例, 取值为  $1/m$ ; 承力索吊载中午时, 距离中间点位的最大张弛程度取值  $m$  为 8; 钢丝绳参数  $1=5.6 \times 10^{-6}$ , 以  $T$  致表示承力索的最大水平张力, 计算公式为:

$$T=Q/[m \times S/l^2 \times \cos^2 \beta - k \times K \times S] \quad (1)$$

得出最终结果, 承力索最大水平张力为 8130N。该结果在牵引设备的承受范围之内。可以投入使用。

### 2.3 循环牵引索道的架设过程

在复杂地形建设循环牵引索道的全过程如下:

第一, 按照“器械运输→通道整理→埋设地锚→支撑设备安装→承力索及牵引索(系统)安装构设→吊装动滑车组安装→系统综合检验→输电线路工程材料、设备运输”的思路严格执行。

第二, 器械运输至指定位置之后, 必须做好通道清理工作: 首先, 搜索并清除架空索道走廊内所有可能成为运输障碍的物质(包括石头、杂草等); 其次, 对两侧支撑系统下方的环境进行平整作业, 避免杂物等与支架接触, 进而造成腐蚀等现象。

第三, 进行地锚埋设作业时, 必须重点审查地貌的规格, 并对埋设位置与架空索道平面布置要求的契合度进行反复论证。一般来说, 当量达到 8t 的地锚, 其钢丝绳套应该至少为  $\phi 22.50\text{m} \times 4.0\text{m}$ , 其卸扣应该达到 10t 级。根据数据显示, 当量达到 8t 的地锚, 其埋设深度需要达到  $1.8 \sim 2.0\text{m}$  之间, 且马道坡度应该保持在  $40^\circ$  以下<sup>[3]</sup>。

第四, 以上文提到的云南省邵通市永善县内循环牵引索道的架设条件为例, 在进行支撑架(系统)安装时, 可以就地取材, 比如将梢径达到 0.2、根茎达到 0.35m、长度达到 3m 的杨树稍作处理, 制作成人字形撑杆架。为了保证安全性和稳定性, 可以将其根部继续深埋, 避免出现倾斜的情况。此外, 还可以在支撑架的头部额外设立拉线环, 位循

环牵引索道在距水平地面  $45^\circ$  的方向设置拉线创造良好的基础环境。

第五, 架构承力索时, 首先, 将  $\phi 9.3$  牵引索进行“展放”作业; 其次, 将  $\phi 20.0$  的承力索放置于当量达到 5t 的卷扬机线轴上, 并与  $\phi 9.3$  的牵引索进行连接, 使其初步达到可以正常作业的状态。最后, 启动 5t 卷扬机, 使  $\phi 9.3$  的牵引索慢慢回收, 并带动钢丝绳实现运转, 最终使  $\phi 20.0$  的承力索实现“缓慢松出”。至此, 循环牵引索道的构设已经大体完成, 之后, 有关人员应该进行反复调试, 确认无误后, 方可进行下一步施工。

#### 2.4 循环牵引索道的运输施工简析

经过详细的检测, 判定循环牵引索道处于正常状态后, 可以开展牵引索道的运输施工。根据工程材料、器材的不同, 应该选用不同的运输施工工艺。比如针对重量不到 500kg 的塔材材料, 应该将装料场通过吊装带或者高强度的卸扣, 以吊装钢绳套作为吊运构件, 与起吊滑车组中的动滑车连接到一起。此外, 还应在构件的起吊侧寻找合适的位置, 额外增设一根卸料钢绳套。待上述过程准备完毕后, 可以启动卷扬机, 在收紧牵引索的过程中, 完成运输。

#### 3 输电线路工程中应用循环牵引索道运输方式的注意事项

如前文所述, 采用循环牵引索道运输方式的输电线路工程必然面临复杂的地形, 故而施工、运输过程中最重要的问题是保持运输系统的稳定性和作业安全。因此, 必须注意以下事项: 第一, 循环牵引架空索道从设计开始, 到最终使用、后续维护的全部过程必须按照《电力建设安全工作规程》严格执行, 任何人都不能自行其是。通常情况下, 索道运输过程中, 正下方  $100\text{m}^2$  的范围内为危险区域, 一旦出现高空坠落事故, 如果该区域内有人或其他设备, 很可能引发更大的事故。第二, 进行牵引系统安装时, 必须由具备资质的专业电工负责, 出现问题后, 应该及时上报, 并分析根本原因。第三, 循环牵引索道运输速率的最大值不超过  $1.6\text{m/s}$ , 但在运输的启动阶段, 必须缓缓地牵引, 不能瞬间将速度提升至最大, 否则将会导致运输不稳。

#### 4 结语

索道运输方式常常出现在山区旅游景点, 是将运输载体(轿厢、座椅等)“吊”在空中, 实现不同海拔之间的人员、货物运输。将此种方式应用于输电线路工程中, 虽然能够极大地提升材料、设备甚至是人员的运输效率, 但也具备一定的风险。因此, 如何保证运输过程的安全性, 避免出现运输目标损坏甚至从高空坠落等现象, 需要从业人员时刻小心谨慎, 认真对待。

#### [参考文献]

- [1] 侯贺强. 110kV 元沙线抗风加固改造工程中导线长度变化施工计算及施工方法[J]. 科技创新与应用, 2020(14): 118-119.
- [2] 于元绪. 电力工程中输电线路施工项目管理存在的问题及对策分析[J]. 居舍, 2020(13): 162.
- [3] 郑卫锋, 张天光, 陈大斌, 等. 我国输电线路基础工程现状与研究新进展[J]. 水利与建筑工程学报, 2020, 18(02): 169-175.

作者简介: 詹亭(1989.12-), 输电线路工程, 中级(工程师), 贵州大学。