

输电线路架空索道施工风险分析及性能评价研究

葛兆军¹, 李明¹, 苏朝晖¹, 万建成²

¹国家电网有限公司, 北京

²中国电力科学研究院有限公司, 北京

Email: 286488316@qq.com

收稿日期: 2020年12月25日; 录用日期: 2021年1月20日; 发布日期: 2021年1月27日

摘要

输电线路架空索道运输贯穿线路施工全过程, 操作频繁、工作周期长, 易产生结构件疲劳、磨损、变形等缺陷, 形成安全隐患, 造成人身、财产损失, 是施工安全的关注重点。本文首先总结了架空索道常见的施工安全风险因素, 对支架坍塌、地锚破坏、钢丝绳断裂、鞍座轴断裂、牵引机损坏、运行小车掉斗或滑索等施工事故进行了总结, 并对各风险点产生的原因进行了分析。提出了输电线路架空索道的性能评价方法, 包括资料审查、分析计算、现场检验和评价报告出具4部分内容, 通过对架空索道的承载索、牵引索、支架、地锚等结构部件的运输状态分析, 为输电线路施工架空索道提供了有效的现场监督检验方法。形成的性能评价方法适用于不同地形条件及结构型式的架空索道, 为索道施工校核、评价工作提供了技术手段。

关键词

架空索道, 安全风险, 结构分析, 评价方法

Risk Analysis and Performance Evaluation of Overhead Cableway Construction of Transmission Line

Zhaojun Ge¹, MingLi¹, Zhaohui Su¹, Jiancheng Wan²

¹State Grid Corporation of China, Beijing

²China Electric Power Research Institute, Beijing

Email: 286488316@qq.com

Received: Dec. 25th, 2020; accepted: Jan. 20th, 2021; published: Jan. 27th, 2021

文章引用: 葛兆军, 李明, 苏朝晖, 万建成. 输电线路架空索道施工风险分析及性能评价研究[J]. 应用物理, 2021, 11(1): 74-79. DOI: 10.12677/app.2021.111010

Abstract

Freight ropeway transport runs through the whole construction process of transmission line. It is operated frequently with long working period. And its structural parts are easy to produce fatigue, wear, deformation and other defects. The result is to form safety risks and cause personal and property losses, which is the focus of construction safety. This paper first summarizes the common construction safety risk factors of the aerial ropeway, summarizes the construction accidents such as support collapse, ground anchor damage, steel wire rope fracture, saddle shaft fracture, tractor damage, trolley drop bucket or sliding cable, and analyzes the causes of each risk point. This paper puts forward the performance evaluation method of overhead cableway of transmission line, including data review, analysis and calculation, on-site inspection and the issuance of evaluation report. Through the analysis of the transportation state of the structural components of overhead cableway, such as bearing cable, traction cable, bracket and anchor, it provides an effective on-site supervision and inspection method for overhead cableway of transmission line construction. The safety evaluation method is suitable for different topographic conditions and structural types of freight ropeway, and provides technical means for the construction check and evaluation of ropeway.

Keywords

Freight Ropeway, Safety Risk, Structure Analysis, Evaluation Method

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着国家电网公司电网建设的发展,受线路走廊制约及环保问题影响,线路路径多经过高山大岭、植被茂密等地形复杂恶劣的地区,大型塔材、导线、装备等物料的运输成为亟待解决的难题。

输电线路施工架空索道具有路线易选取、运输性能优、工效高、受天气及外部环境影响小等优点,能有效解决物料的山地运输问题[1][2]。随着临时架空索道在工程中的广泛应用,施工中索道结构部件在运行过程中受各种人为因素、自然因素综合作用,不可避免的产生疲劳和磨损、变形、锈蚀、断裂等缺陷,易造成安全隐患,发生安全事故。

本文首先对输电线路施工架空索道常见的安全风险因素进行了总结分析。针对架空索道的安全风险,提出了性能评价方法,以期对架空索道实际施工安全运行提供较为实用的技术指导。

2. 安全风险分析

架空索道的主要结构部件包括承载索、牵引索、支架(横梁、鞍座)、运行小车、地锚、牵引机等。发生架空索道安全事故的主要原因包括以下几个方面。

2.1. 支架坍塌

架空索道支架承担着承载索、牵引索、返空索施加的作用力,是索道重要的支撑结构部件。当承载索安装初始挠度较小时,施加载荷后承载索张力较大,支架将承担较大的荷载。

简易架空索道常常采用非标准支架结构，甚至使用木支架见图 1，承载能力参差不齐，安全风险较大 [3] [4] [5]。



Figure 1. Wooden cableway support
图 1. 木质索道支架

2.2. 地锚破坏

架空索道一般采用坑式地锚。地锚连接承载索，为承载索提供固定支点。当地锚所在位置的土质松软、存在积水或埋深不足时，会发生锚固松脱，造成承载索掉落等安全事故。

支架、牵引机、转向滑车等部件的拉线地锚也存在同样的问题，地锚的破坏将造成支架倒塌、牵引机倾覆、牵引索掉落等安全事故。

2.3. 牵引索断裂

牵引索在索道运行过程中多次通过鞍座滚轮、转向滑车、牵引机，经过反复弯折，且在牵引载荷通过鞍座时承受较大荷载。另外，牵引索在运行小车的抱索器处受极大的弯曲应力，极易发生断股等破坏。

因此，在施工过程中牵引索是较易发生破坏事故的主要结构部件。

2.4. 鞍座轴断裂

支架通过鞍座为承载索提供支撑力，当承载索有较大载荷时，鞍座受到极大的向下载荷，其轴承受剪力作用。当轴承性能不满足要求时，将发生鞍座轴断裂，造成承载索吊索事故，见图 2。



Figure 2. Saddle shaft fracture
图 2. 鞍座轴断裂

2.5. 牵引机损坏

索道牵引机是架空索道的动力提供设备。当索道牵引机的结构件制造质量不符合设计要求时,长时间运行环境下,牵引机可能发生轴承损坏、齿轮断裂、控制器失效等问题,造成索道急停、载荷抖动等情况,易引起运行小车掉落、承载索脱索等事故,见图3。



Figure 3. Tractor gear

图3. 牵引机齿轮

2.6. 承载索断裂或脱索

承载钢丝绳在反复使用后易出现疲劳断丝,或与载荷、支架发生刚蹭,与鞍座间反复滑移摩擦后易出现钢丝绳磨损,承载能力下降,当载荷较大时易出现承载索断裂事故。

承载索在侧向风荷载的激励下可能会发生较大幅度的振动,造成承载索从鞍座跳出的脱索事故。

2.7. 运行小车掉斗或滑索

运行小车通过滚轮与承载索接触,当承载索发生振动时,运行小车易从承载索上脱落,造成“掉斗”事故。

运行小车与牵引索通过抱索器连接,当抱索器滑落、松脱时,运行小车失去牵引索施加的牵引力,可顺承载索向低处滑落,造成滑索事故。

3. 性能评价方法

在输电线路架空索道整体设计及分析方法的基础上,针对工程实际风险因素,从部件资料、架设安装、运行维护等方面提出性能评价措施,形成流程化输电线路架空索道性能评价方法,并在工程中应用。

输电线路架空索道性能评价主要针对载重1 t以上的架空索道各结构部件及配套机具的机械力学性能进行评价。性能评价主要包括4个部分,分别为资料审查、分析计算、现场检验和评价报告出具。

3.1. 资料审查

为保证施工单位使用的架空索道架设满足工程需求,需开展相关资料的审查工作。

在实施中,一般由建设管理单位向评价单位提交施工单位的架空索道技术文件及架空索道参数数据文件;评价单位开展资料审查活动,当存在资料内容不完善或数据缺失情况时,需进行资料补充,以保证审查工作的可靠性。

架空索道的审查文件主要包括架空索道架设及运输施工方案、现场安装验收记录及相关机具报告文件。资料审查要求详细内容见表1。

Table 1. Data review requirements**表 1.** 资料审查要求

序号	审查内容	结论
1	架空索道架设及运输施工方案	方案是否经过审查。
2	架空索道机构/部件报告	1) 索道牵引机是否具有型式试验报告。钢丝绳是否具有型式试验报告或生产许可证。 2) 索道牵引机、钢丝绳、转向滑车、支架、小车等是否具有出厂试验报告(现场核查)。 3) 出厂超过一年的机具是否具有定期检验(年检)报告(现场核查)。

相关机具报告审查内容见表 2。

Table 2. Review contents of aerial ropeway component data**表 2.** 架空索道部件资料审查内容

序号	机具名称	型式试验报告	出厂试验报告	定期检验报告
1	索道牵引机	√	√	√
2	起重钢丝绳(承载索、牵引索)	★	√	√
3	其他(转向滑车、支架、小车)		√	√

注: 1) 带“√”表示机具需要提供的资料。2) 型式试验报告由施工机具厂家委托有检测资质的省级或行业级检测中心出具。“★”表示施工机具型式试验报告可用全国工业产品生产许可证代替。

3.2. 分析计算

根据建设管理单位提交的架空索道参数数据文件,评价单位采用“输电线路架空索道校核及评估软件”对架空索道的结构性能开展评价分析,计算架空索道的承载索、牵引索、支腿、横梁、鞍座、运行小车、转向滑车、地锚及架空索道牵引装置等部件的最大承载力,得出安全系数,从而判断各部件是否满足结构强度要求。

评价单位完成索道分析计算后,将资料审查合格及分析计算合格的索道编号告知建设管理单位,形成详细的“输电线路施工专用架空索道分析计算结果”。建设管理单位根据分析计算结果组织施工单位进行整改,监理单位监督整改。

3.3. 现场检验

整改通过后,由建设管理单位约请评价单位组建现场检查组赴索道施工现场抽取重点索道进行现场检验。

现场检验包括资料核查、外观检验和安全校核三项内容。其中资料核查以保证审查材料与现场材料一致,不出现虚假材料;外观检验查验现场架空索道的架设是否满足技术要求、结构有无缺陷、是否与施工方案一致等;安全校核根据实际检验情况判断是否满足结构安全性要求。

1) 资料核查

资料核查主要针对项目部的档案文件进行现场核查,核查内容要求见表 1、表 2。

2) 外观检验

外观检验主要包括架空索道架设及布置和索道各部件。其中索道部件包括架空索道牵引装置、承载索、牵引索、横梁、支腿、鞍座、运行小车和转向滑车等。各部件主要检查要求见表 3。

3) 安全校核

根据现场资料核查和外观检验结果,检查组采用“输电线路架空索道校核及评估软件”对架空索道的

结构性能进行安全校核。最终得到架空索道承载索、牵引索、横梁、支腿、鞍座、运行小车、转向滑车和地锚等部件的安全系数。

检查组现场向建设管理单位和施工单位出具《输电线路施工专用架空索道现场检验告知书》。建设管理单位根据《输电线路施工专用架空索道现场检验告知书》组织施工单位、监理单位对架空索道进行整改。

Table 3. Appearance inspection requirements

表 3. 外观检查要求

序号	检查内容	检查要求
1	规格型号	各部件的规格型号应与设计文件一致。
2	工作索	安全系数符合标准 Q/GDW 11189 中 5.1.3 要求。
3	支架	1) 金属支架不得有严重的外观缺陷, 不得采用木支架。 2) 连接稳固、底座不得有下沉、滑移现象。
4	钢丝绳编接头	1) 压头平滑、捻距均匀、松紧一致。 2) 牵引索的编接头长度大于钢丝绳直径的 100 倍。
5	驱动装置	牵引索在绞盘上的绕圈数不得小于 5 圈。
6	鞍座	1) 托索轮板、导向轮转动应灵活, 无卡滞现象。 2) 托索轮板、导向轮应保证润滑。
7	运行小车	运行小车标明额定载荷或额定容积。
8	转向滑车	滑车底径不小于牵引索直径 15 倍。

3.4. 评价报告出具

评价单位在现场检验完成后, 根据资料审查、分析计算和现场检验的结果, 进行总结分析, 按标段形成《检验报告》(架空索道性能评价报告)提交建设管理单位。

4. 结论

1) 输电线路架空索道作为由多个部件组成的整体系统, 各部件相互耦合作用, 其中某一部件损坏均易造成索道整体坍塌, 诱发安全事故的发生。

2) 输电线路架空索道性能评价方法包括资料审查、分析计算、现场检验和评价报告出具 4 部分内容, 为输电线路施工架空索道提供了有效的现场监督检验方法。性能评价方法已在昌吉 - 古泉±1100 特高压工程、张北柔直工程中开展应用, 可避免承载力不足、有缺陷隐患的索道部件在索道施工中使用, 能够显著提高输电线路施工安全性。

参考文献

- [1] 秦剑, 乔良, 张映晖, 等. 多档货运索道动力计算方法及结构冲击影响研究[J]. 动力学与控制学报, 2020, 18(2): 59-68.
- [2] 秦剑, 乔良, 李其莹, 等. 多索索道承载索耦合计算方法及安全性评估[J]. 安全与环境学报, 2020, 20(2): 42-49.
- [3] 白雪松, 缪谦. 货运施工索道悬索理论计算模型研究[J]. 电网技术, 2008, 32(22): 90-94.
- [4] 秦剑, 夏拥军. 基于分段悬链线理论的悬索分析矩阵迭代法[J]. 工程设计学报, 2013, 20(5): 404-408.
- [5] Qin, J., Chen, J., Qiao, L., Wan, J.C. and Xia, Y.J. (2016) Catenary Analysis and Calculation Method of Track Rope of Cargo Cableway with Multiple Loads. *International Conference on Design, Mechanical and Material Engineering*, **82**, 1-6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168201008>