

基于应变片的缆索护栏张拉应力检测技术研究

鲁 鹏 涛, 田 艳 军

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

摘 要:在我国高速公路与市政道路的大规模建设中,紧凑型缆索护栏得到了广泛应用。以金简仁快速路缆索护栏施工为例,介绍了应变片在钢绞线张拉施工过程中的应用并总结出一些经验。实践证明:应用该技术后,缆索张拉的施工质量得到了极大程度的改善。

关键词:应变片;缆索护栏;质量控制;检测技术;金简仁快速路

中图分类号: [TU997];U415;U416

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2024)增 2-0124-03

Research on Strain Gauges Tension Stress Detection Technology for Cable Guardrail

LU Pengtao, TIAN Yanjun

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: Compact cable guardrails have been widely used in the large-scale construction of expressways and municipal roads in China. Taking the construction of cable guardrails on Jinjianren Expressway as an example, the application of strain gauges in the construction process of steel strand tensioning is introduced and some experience is summarized. Practice has proved that after the application of this technology, the construction quality of cable tensioning has been greatly improved.

Key words: Strain gauges; Cable guardrail; Quality control; Testing technology; Jinjianren Expressway

1 概 述

金简仁快速路二期项目设计为一级公路标准,时速为 80 km/h,工期为 1 a。起于成都市太平桥镇永平村与草池镇君桥村交界处,起点桩号为 K39+600,向南进入草池镇,在桩号 K40+780 处下穿成渝铁路,该段止于草池镇团林寺村,止点桩号为 K45+800,长 6.2 km,标准路幅宽度为 48 m。该项目中分带设计为紧凑型缆索护栏,而缆索护栏的张拉质量是护栏能否保护行车安全的重要因素之一。鉴于传统的缆索张拉未考虑护栏立柱与缆索相交位置具有较大的摩擦力,缆索应力会由张拉端向两侧逐级衰减而导致远离张拉端处的张拉应力不足,进而影响到护栏的工作性能。为保证缆索护栏的施工质量,充分发挥其工作性能,项目部技术人员采用自主研发、基于应变片的应力监测系统对缆索远端进行张拉力监控,以最大限度地 将缆索全段张拉力控制在相关规范要求的范围内^[1]。

2 设计思路

在探讨“基于应变片的缆索护栏张拉应力检测技术”这一课题时,首先应认识到缆索护栏在现代交通基础设施中扮演的至关重要的角色,其不仅能保障行车安全,也是桥梁和道路结构的重要组成部分^[2]。然而,传统的缆索张拉施工方法存在一定的局限性。这种方法通常仅依赖于油泵的拉力显示数值控制张拉应力,而忽略了钢绞线与立柱之间摩擦力的影响。这种忽视可能会导致随着时间的流逝,由于摩擦力的释放钢绞线的张拉力亦会逐渐减弱,进而影响到缆索护栏的功能和安全性。

基于这一认识,笔者提出了应力监控设备的设计思路,旨在对钢绞线张拉过程进行更为精确和全面的监控。在硬件设计方面,该项目采取了多点应力监控的策略。使用应变片传感器检测钢绞线的应力变化,通过电桥模块、放大电路模块、51 单片机、显示模块和电源模块组成的系统,实现了对张拉过程中应力衰减最大位置的精确监

收稿日期:2024-03-18

控。这种监控不仅有助于确保整个缆索段都能达到设计要求的张拉应力值,而且能够为后续的施工和维护提供重要数据^[3]。

在算法设计方面,采用跨学科的方法,融合了电子技术、软件编程、数据分析和应变-应力物理模型建立等多个领域的知识。人们可以意识到:缆索的张拉应力不仅受检测仪器的影响,还与钢绞线与立柱之间的摩擦力关系、端间立柱的数量及其垂直度等多种因素相关。因此,笔者针对这些因素进行了多次实验以确定最大衰减处应力值与设计初张拉值之间的相关性。通过分析这些数据,建立了相应的数学模型,从而可以更加准确地指导后续缆索的张拉施工,提高了施工质量并确保了其结构的长期安全。

综上所述,通过对传统张拉方法具有的局限性进行深入分析,结合先进的监控技术和算法设计,能够显著提高缆索护栏的施工质量和运行安全性,不仅是一项技术创新,亦是对现有工程实践的重要补充,能够为未来的基础设施建设提供新的视角和方法论。

3 工作原理

在深入研究“基于应变片的缆索护栏张拉应力检测技术”过程中,对于监控设备的工作原理进行全面解析至关重要。该监控设备的核心在于应变片的应用,其原理系基于金属电阻丝的电阻应变效应。金属丝在受到轴向力作用时,其长度、截面积和电阻率均会发生变化,进而引起电阻值的变化。这种变化可以通过电阻相对变化率与应变之间的线性关系精确测量。该项目选用了BX120—3AA型应变片,以确保测量的准确性和可靠性^[4]。

监控系统的核心构成包括一个四分之一电桥结构。该结构简便且对数据精度要求较低,有助于节省施工时间。电桥的工作原理系基于平衡与不平衡状态间的转换。当电桥中的一个桥臂(如R1,即应变片)受到外力影响时,其电阻值发生变化,从而打破电桥平衡、产生输出电压。这种电压的变化通常较小,因此需要通过放大电路提高信号的可观测性。在此次设计中采用了AD620作为关键放大器件,提供了放大后的输入信号以及高精度和抗干扰性能。此外,针对钢绞线的应力计算,采用胡克定律,通过应变值与钢绞线弹性模

量的乘积确定其应力值,进而计算出张拉力。由于应变片测量出的张拉力受多种因素影响,遂引入了修正系数 kX 以校正测量值,确保所取得结果的精度和实用性^[5]。

整个应力监控系统由应变片传感器、电压放大模块、微型计算机、显示器和电源构成。其工艺流程清晰明了:在张拉过程中,应变片不断检测钢绞线的张拉力并将数据反馈至显示器。施工人员根据油泵表和显示器的读数协同判断张拉力是否达到设计值,以确保施工的精确度和安全性。这种系统设计不仅提高了施工效率,而且通过实时监控和反馈,显著提升了缆索护栏的施工质量和长期性能。

4 工艺流程

(1)放样及预处理:首先根据工程图纸和实际情况放样,确定起始端头和接续端头的位置。紧凑型缆索护栏施工前,需要仔细检查其立柱下方是否有地下管线、构造物或集水井等设施,并对这些可能影响施工的因素进行适当处理。

(2)基坑的挖掘与基础施工:在端头位置开挖基坑并放置端头基础配筋,然后将护栏端头型钢和起始立柱与基础钢筋焊接固定。在端头基础两侧打入钢管桩,然后浇筑混凝土,待混凝土浇筑完成后,至少需要进行至少7 d的连续保养。

(3)立柱基座的安装:按照设计图纸的要求确定立柱基座的位置,其中间立柱的间距需根据设计要求布置。立柱标高亦应严格依据设计要求进行放样,并确保立柱的纵向和横向位置与公路线性保持一致。完成放样后,在中间立柱基座位置打孔,将立柱基座埋入孔中并浇筑混凝土进行固定。

(4)立柱的安装:将立柱按照凸面、凹面方向间隔插入已压入土层中的立柱基座。

(5)钢绞线的安装:将钢绞线预先放置在立柱旁,并用挂钩将5根钢绞线分别按设计高度和位置交叉固定在立柱上。完成固定后,将钢绞线放入端头孔内,并用楔子将钢绞线锚固于索端锚具上。

(6)应变片的安装:张拉钢绞线之前,先将钢绞线表面打磨干净,去除灰尘,然后在钢绞线张拉位置的最远端处粘贴应变片。

(7)钢绞线的张拉及调整:使用电动油泵拉紧钢绞线,按照既定步骤进行张拉。张拉结束后,卸除临时张拉应力,待缆索调整完成后,依次拧紧各

中间立柱和中间端部立柱的拉紧螺母,拧紧顺序为自上至下。

5 实验结果分析

(1)未使用应力监控系统的传统工艺流程会导致钢绞线的初应力消散,进而影响工程质量。根据《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1-2017 的规定,初张力的允许误差值为±5%。在本次实验中,3 d 后的初张力下降到 19.4 kN,这一数值超过了设计值 21 kN 的 7.6%,明显属于质量不合格的范畴。

(2)加装应力监控系统后,系统能够持续监测钢绞线的张拉力值,直到张拉的最远端达到设计值后方能结束张拉。实验数据表明:加装应力监控系统后,张拉后 5 h 内张拉力的消散仅为 0.5 kN,相较于未加装监控系统时平均减少了 0.9 kN 的消散。3 d 后,初张力下降至 20.8 kN,与设计值的误差不足 1%。

(3)该研究成果已在金简仁快速路紧凑型缆索护栏施工中得到应用。通过现场实施的施工管理措施,确保了张拉力严格达到设计要求,工程得以顺利开展,不仅保证了施工质量,还在保持稳定进度的同时为紧凑型缆索护栏的施工带来了一定的经济效益,促进了工程项目的正常开展。

6 结语与展望

(1)技术创新与应用

应变片监控系统的引入解决了传统缆索护栏施工中钢绞线初应力消散的问题,进而显著提升了工程质量。实验数据清楚地表明:加装应力监控系统后能够有效地减少应力消散,确保工程施工质量符合《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1-2017。

(2)施工流程的优化

(上接第 116 页)

期,所取得的经验可为类似渡槽施工借鉴。

参考文献:

[1] 包正丽. 浅谈水利工程渡槽施工技术[J]. 建材发展导向(下),2022,20(8):148-150.
[2] 胡娜. 渡槽高大模板支撑工程施工方案[J]. 陕西水利, 2022,28(6):176-177,180.
[3] 廖祖坚,罗帅,覃世果. 海脉渡槽预应力槽身施工关键技术[J]. 广西水利水电,2022,23(6):45-47.

该系统的应用优化了缆索护栏的施工流程,从放样、基础施工、立柱安装到钢绞线张拉,每一个步骤都因监控系统的引入而更加精确和高效。

(3)前景展望

①技术推广与应用:鉴于该监控系统在提高施工质量和减少成本方面具有的显著效果,其在更广泛的土木工程领域中的应用具有巨大潜力。未来可以考虑将该技术推广到更多的高速公路、桥梁等基础设施项目建设中。

②技术迭代与创新:目前使用的应变片监控系统虽然已经相当成熟,但仍有改进和创新的空间,未来可以探索将人工智能和大数据技术整合到该系统中,以进一步提高检测的准确性和效率。

③长期性能的监控与维护:该技术除了在施工阶段应用外,未来可以考虑将该技术应用于长期的结构健康监测和维护中,以实现持续的性能评估和预防性维护。

参考文献:

[1] 李巧真,李刚,韩钦泽. 电阻应变片的实验与应用[J]. 实验室研究与探索,2011,30(4):134-137.
[2] 徐锐. 矿井提升钢丝绳张力传感器的布置及电路设计[J]. 科学技术创新,2020,24(10):183-184.
[3] 郭艳明,周斌,徐小剑,刘亚非. 紧凑型缆索护栏在 G205 浙江段改造示范工程中的应用[J]. 筑路机械与施工机械化, 2016,33(3):80-83.
[4] 洪刚,王亚洲,朱林茂,等. 旋转弯曲疲劳试验机的一种应变测量评定方法[J]. 物理测试,2023,41(6):23-31.
[5] 陈海华. 桥梁装配式防护栏施工质量控制研究[J]. 交通科技与管理,2023,4(20):101-107.

作者简介:

鲁鹏涛(1983-),男,陕西渭南人,副高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工
田艳军(1989-),男,河南商丘人,工程师,一级建造师,学士,从事建设工程施工技术与管理工
(编辑:李燕辉)

[4] 白寅虎. 大跨度渡槽三向预应力槽身结构设计和施工要点[J]. 河北水利,2023,17(10):39-40.
[5] 赵明杰. 预应力渡槽施工技术[J]. 四川建材,2023,49(6):129-131.

作者简介:

冯凯(1980-),男,北京房山人,工程师,学士,从事电力行业经营管理工作;
强蕾(1989-),女,陕西西安人,助理工程师,学士,从事电力行业经营管理工作。
(编辑:李燕辉)