

基于分段悬链线原理的桥梁挠度在线监测系统设备研发

朱琛¹, 王学敏¹, 刘建军²

(1. 贵州大学土木工程学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 基于分段悬链线原理的桥梁挠度在线监测系统的研发, 其重点内容之一就是设备的研发。桥梁监测系统是一个复杂的、融合性强的系统, 为了使用功能与经济成本达到最优, 需要对监测系统的关键设备进行设计与选择, 以保证系统功能达到要求的前提下, 降低成本并且提高桥梁监测的可靠性。本文详细介绍了分段悬链线基准的挠度在线监测系统成套设备的研发, 包括分段悬链线基准系统、挠度测量系统两个部分。

关键词: 挠度监测; 激光测距仪; 分段悬链线; 设备研发

中图分类号: U446 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 12—0063—02

在桥梁领域, 我国已经成为名副其实的建设大国, 我国桥梁的建设水平已经取得了令世界都为之惊叹的巨大进步^[1]。据统计, 我国建设完成的桥梁中超过 40% 已经进入了老龄化桥梁, 随之而来的是桥梁事故的频发。因此对桥梁进行健康监测是必不可少的一个环节^[2,3]。

目前, 桥梁健康监测方法繁多, 但各类方法各有优缺点^[4]。而基于分段悬链线原理的桥梁挠度在线监测系统主要适用于箱梁桥或渡槽, 该方法的研发旨在达到桥梁健康监测要求的前提下降低监测成本, 为我国大跨度桥梁及渡槽的健康监测及安全评价提供新技术及设备支撑。

1 系统介绍

基于分段悬链线原理的桥梁挠度在线监测系统包括分段悬链线基准系统、挠度测量系统、数据采集与传输模块、供电系统几个部分。其原理见图 1, 将挠度测距仪安装在箱梁底板, 测距仪上方悬挂一条线, 线上悬挂测距反射装置, 通过测距仪前后测量数据的变化值反算出桥梁挠度。

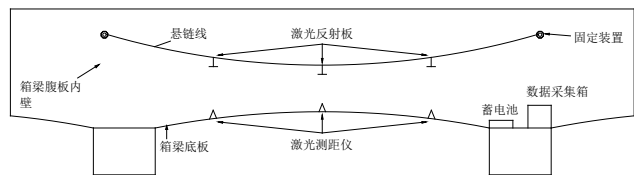


图 1 监测系统原理图

2 分段悬链线基准系统研发

桥梁监测系统需要长期服役于桥梁, 分段悬链线基

准系统作为桥梁监测系统的组成之一, 保证其在长时间工作下的适用性及稳定性是关键。

2.1 悬链线材料选择

在分段悬链线基准系统的研发过程中, 悬链线材料的选择是核心, 是保证其测量精度的重要因素之一。综合对比最终选择 T700 碳纤维长绳, 该绳索单丝直径 7-8 微米, 可按需求自行选择长丝数量。通过迈达斯 Civil 建立分段悬链线模型, 最终选择 12K 长丝碳纤维绳作为悬链线材料, 如图 2。



图 2 T700 碳纤维 12K 长绳

2.2 悬链线固定装置

悬链线固定装置的作用是将悬链线安装于箱梁内部, 使悬链线在长期工作过程中两端不晃动的装置。本文根据需求设计出一款适用于监测系统的固定装置, 保证了悬链线的稳定性及长期使用性, 固定装置设计见图 3。

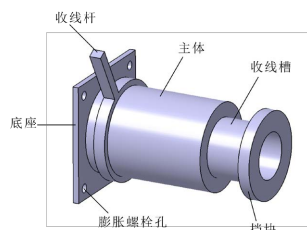


图 3 悬链线固定装置设计图

3 挠度测量系统研发

在桥梁健康监测系统的研发过程中,精确的测量是监测系统能够达到使用要求的前提,因此挠度测量系统作为桥梁健康监测系统的核心部分,其重要性不言而喻。挠度测量系统可分为激光测距仪和激光反射板,针对系统特点选择合适的激光测距仪并设计相应激光反射板。

3.1 激光测距仪

传感器模块通过对分段悬链线的位移情况进行监测,从而为评估桥梁结构的状态提供依据。监测数据的连续性、实时性、准确性会对系统或工作人员的判断产生影响,因此对传感器的选型需要从以上几个方面综合考虑。

传感器是影响测量精度的关键性因素,本文综合考虑监测系统的精度要求、安全性、工作环境以及传感器选型的条件,最终采用FS—LRF高精度激光测距仪作为测距设备,如图4。目前,该类型传感器技术较为成熟,其精度高、体积小、使用方便且价格较低的特点能够满足监测系统需求。



图4 FS—LRF高精度激光测距仪

FS—LRF高精度激光测距仪作为一种利用激光相位法的新型传感器,其测量原理是利用无线电波段的频率对激光束进行幅度调制,通过测定出调制光往返一次所产生的相位差,再根据调制光的波长换算出实际距离下的相位延迟,进而测定出光往返测线所需要的时间^[5,6]。

3.2 悬挂式激光反射板

由FS—LRF高精度激光测距仪的基本原理可知,激光在发射后需经过反射才能得出测量数据,而在分段悬链线基准系统中,悬链线本身不能反射激光,所以需要在悬链线上悬挂激光反射板,激光反射板的悬挂使悬链线的线形变为了分段悬链线。

悬挂式激光反射板并不是一直处于固定状态,而

是通过钢丝绳与T700碳纤维长绳连接。根据激光测距仪的工作原理,发射的激光和反射板之间的夹角需大于 40° ,悬挂式激光反射板在监测系统工作的过程中会不定时产生晃动,晃动使激光反射板位置改变的同时产生转角,转角大于某一临界值时就会导致激光束到不了激光反射板的反射面上,即激光测距仪测不出数据或数据出现大幅度跳跃。转角临界值的大小与激光反射板直径、激光测距仪和激光反射板之间的距离相关。

4 结论

桥梁挠度监测是桥梁健康监测的重要组成部分之一,基于分段悬链线原理的桥梁挠度在线监测方法是一种简单而有效的方法。本文采用激光测距和GPRS DTU技术,能够保证监测数据的精确性并实现远距离传输满足桥梁健康监测的需求。根据规范要求,分别对分段悬链线基准的挠度在线监测系统几个方面的设计进行了介绍,新监测方法的研究对桥梁健康监测有重要意义。

参考文献:

- [1] 薛昊,马荣贵,杨荣好等.基于Web的桥梁健康监测系统设计与实现[J].计算机技术与发展,2020,30(04):126-129.
- [2] 赵嘉.Web服务在物联网监测系统中的应用[D].北京邮电大学,2013.
- [3] 俞姝颖,吴小兵,陈贵海等.无线传感器网络在桥梁健康监测中的应用[J].软件学报,2015,26(06):1486-1498. DOI:10.13328/j.cnki.jos.004580.
- [4] 魏斌,王强.大跨度桥梁挠度监测方法评述[J].中外公路,2015,35(06):164-169. DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2015.06.037.
- [5] 张加良.相位法激光测距仪的研究[D].西安电子科技大学,2006.
- [6] 宫胜男.数字相移式激光测距仪设计[D].北京石油化工学院,2019.

基金项目:贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2020]4Y046)