

北斗监控系统在重庆南纪门长江大桥索塔位移监测中的应用

Application of Beidou Monitoring System in Displacement Monitoring of Cable Tower of Chongqing Nanjimen Yangtze River Bridge

邓少锋 荆鹏

Shaofeng Deng Peng Jing

中铁大桥局集团第八工程有限公司 中国·重庆 408499

The 8th Engineering Co., Ltd., China Railway Major Bridge Engineering Group Co., Ltd., Chongqing, 408499, China

摘要: 在斜拉桥的建设与运营过程中需要实时监测索塔的偏移量,传统的监测方法是在塔顶埋设反射棱镜,采用全站仪在不同的时间段测量塔顶棱镜的坐标,根据坐标的变化量来分析索塔的偏移方向及偏移量。该方法需要专业人员现场值守,监测作业受外界环境的影响较大,阴雨天气等恶劣环境大大降低观测数据的精度,人工和测量设备成本较大,该作业方式已不能满足信息化时代的需求。为解决传统监测方法的不足,在重庆南纪门长江大桥的建设过程中采用了北斗监测系统对索塔进行位移变形监测,结果表明该方法具有远程化、自动化、实时化和可视化的技术特点,具有较高的推广意义。

Abstract: The construction and operation of the cable-stayed bridge require real-time monitor for the displacement of the cable tower. The traditional monitoring method is to measure the prism installed on the top of the cable tower with total station to analyze such displacement. This method requires professional personnel to be on duty at the site, which is greatly influenced by severe weather such as rainy day and heavy fog, with large cost in labor and measuring equipment, and delayed feedback of observation results, leading to its failure of meeting the needs of the information age. Due to the shortcomings of traditional monitoring methods, Beidou monitoring system is used to monitor the displacement and deformation of the cable tower during the construction of Chongqing Nanjimen Yangtze River Bridge, demonstrating its technical characteristics of remote, automatic, real-time and visualization. This method has high popularization significance.

关键词: 索塔位移监测; 自动化监测; 北斗监测系统; 斜拉桥; 远程监测

Keywords: displacement monitoring of cable tower; automatic monitoring; the beidou monitoring system; cable-stayed bridge; remote monitoring

DOI: 10.12346/se.v5i1.8110

1 引言

重庆南纪门长江大桥在渝中区南纪门处跨越长江,连接渝中区与南岸区,为轨道专用桥,是重庆轻轨十号线的关键控制工程。全桥长 1238.5m(含桥台及挡墙范围)。主桥为高低塔双索面斜拉桥,跨径布置为(34.5+180.5+480+205+105)m。主桥及引桥主梁均采用钢箱叠合梁的形式,桥塔为门型桥塔形式,北塔总高 158m,南塔总高 227m。

斜拉桥的上部结构由梁、索塔、斜拉索三个部分组成,其中索塔的受力情况最为复杂,风力过大或荷载过大使作用在索塔上的斜拉索拉力在水平方向上不能平衡时,有可能使索塔发生变形,当变形超过限值时,造成索塔局部应力过大,

可能会使混凝土发生开裂损坏桥梁结构。

为解决传统监测方法的不足,在重庆南纪门长江大桥的建设过程中采用了北斗监测系统对索塔进行自动化位移变形监测,论文就北斗监测系统的工作原理、在重庆南纪门长江大桥项目中的实际应用、应用成果等方面进行讲述,结果表明北斗监控系统应用于斜拉桥索塔监测具有远程化、自动化、实时化和可视化的技术特点,有较高的推广意义。

2 监测系统的原理

北斗监测系统以中科院绿色智能技术研究院的北斗核心技术为基础,基于北斗基带信号处理、动态高精度定位于测

【作者简介】邓少锋(1968-),男,中国江西九江人,本科,高级工程师,从事桥梁工程测量研究。

速、GNSS 高精度算法等关键核心技术,对桥梁实现毫米级位移变化实时监测,通过自动调整采样频率,对监测数据进行自动化采集、传输、存储与解算分析,实现精准智能预警,为现场监控、异地监视提供方便、高效、快捷的服务^[1]。

北斗监测系统由1个或多个GNSS监测站、控制中心、客户端组成,其间通过无线网络进行数据的传输,如图1所示。在需要监测的斜拉桥索塔顶端安装GNSS监测站,在地质条件稳定的区域安装基准站,GNSS监测站和基准站的卫星信号接

收天线具有功耗低、尺寸小、能有效抵抗多路径效应影响的特点。GNSS监测站和基准站采用太阳能供电系统可保持其持续供电,GNSS监测站和基准站均安装流量卡以保证其接收到的观测数据通过无线网络的形式发送到控制中心。客户端以手机软件的形式安装在相关管理人员手机上,管理人员可通过手机软件在自己的权限范围内对GNSS监测站和基准站的相关参数进行设置和更改;管理人员可通过手机软件查看索塔的位移监测情况,通过接收到的预警信息迅速采取相应决策和应对措施。

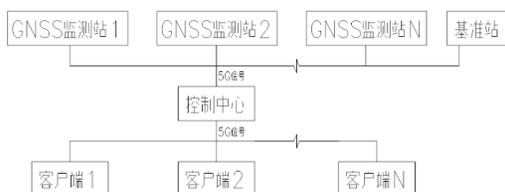


图1 北斗监测系统结构图

3 监测方案

北斗监测系统利用安装在桥塔顶端位置上的GNSS天线,能够稳定、可靠地获取结构的位移变化信息,实时掌握其运行状态;同时,北斗监测系统有效结合了日常检查和定期检测,可以对动力安全性、耐久性和适用性进行准确评估,实时了解桥梁结构的安全状态并对其危险状态及潜在威胁及时预警,从而为南纪门长江大桥的安全建设起到保驾护航的作用。

其中两个主塔共安装四个北斗监测终端,其天线分别安装于塔柱顶端,通过天线连接线引入到北斗主机,北斗主机供电电压为12V~26V,基站安装于比较稳定的房屋顶,采用太阳能供电,整个系统采用4G通信模式,后台实时解算数据^[2]。控制中心把解算得到的WGS84坐标通过公式转换成施工坐标,即索塔平面中心为坐标原点,桥梁纵向为X坐标,桥梁横向为Y坐标。用户接收到的数据就能直观的反映出索塔的纵、横向偏移量。索塔位移变化趋势图如图2所示。

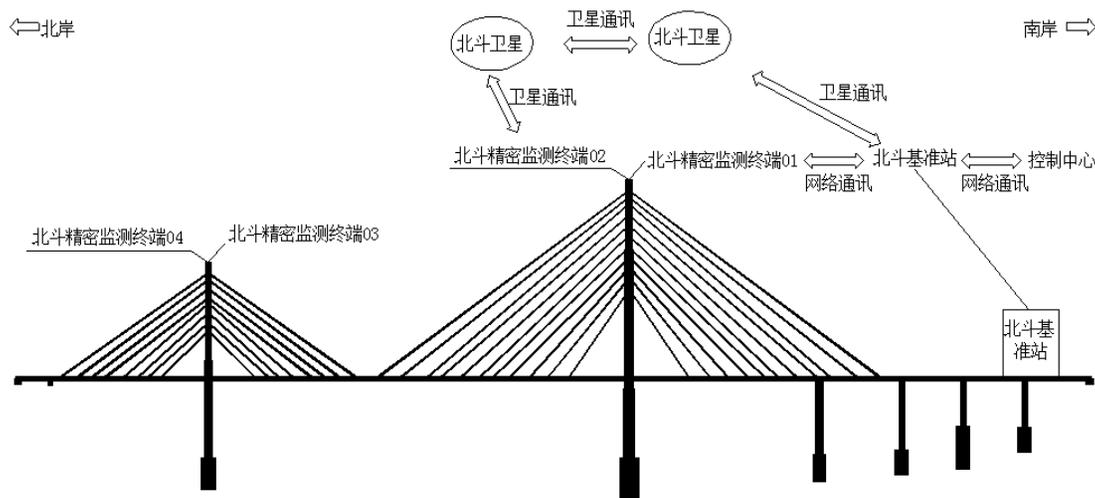


图2 变形监测系统示意图

4 应用效果

以北岸侧的3#塔柱监测终端03为例,选取了系统开始运行后连续2个小时的观测成果,在塔柱受力平衡的状态下确定其初始值,观测采样间隔为10分钟。表1数据为3#墩ZS6索张拉前和张拉过程中的索塔位移变化情况。图3为索塔位移变化趋势图。

通过监测系统终端接收的数据及图表可以直观的了解索塔在受力变化过程中的位移值以及变化趋势,索塔位移量由

张拉前位移为0的状态,随着受力的索塔位移量增加达到了42.6mm,当索塔受力平衡时其位移变化不再增加趋于稳定^[3]。

为验证北斗监测系统与传统观测方法的精度差异,在该时段也采取了全站仪观测,在03#塔顶的上游侧和下游侧安装监测棱镜,棱镜正对设置全站仪的方向,采用测角精度为1",测距精度为1mm+1ppm的全站仪,在塔下稳定位置安置全站仪,实测当前温度、气压、湿度等参数并输入仪器,仪器的内置程序根据输入的参数对所测的边长测量值进行

自动改正。全站仪的观测时间与北斗自动观测同步，即北斗观测记录一次数据，同步用全站仪观测一次并记录观测值。仅对纵向的偏移量进行比较，两者的对比结果见表 2。

的差值在 2mm 到 3mm 之间浮动，两者之间的偏差值稳定，体现出的塔偏变化趋势一致，说明北斗监测系统在斜拉桥索塔位移监测中的观测精度基本与传统观测的精度

由上表可知全站仪观测结果与北斗监测系统观测结果一致。

表 1 连续观测成果

观测时间	$\Delta \Delta X(\text{mm})$	$\Delta \Delta Y(\text{mm})$	累计投影平面变化量 (mm)	累计平面变化量速度 (mm)	累计平面变化量加速度 (mm)	$\Delta \Delta T(\text{min})$
17:40:33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17:50:34	46.2	-3.1	46.3	46.3	46.3	10.0
18:00:37	42.3	-10.2	43.5	-2.8	-49.1	10.0
18:10:36	39.0	-15.0	41.8	-1.7	1.1	9.0
18:20:37	41.2	-13.4	43.3	1.5	3.3	10.0
18:30:40	41.5	-10.6	42.8	-0.5	-2.0	10.0
18:40:39	42.6	-10.0	43.8	0.9	1.4	9.0
18:50:40	43.3	-10.2	44.5	0.7	-0.2	10.0
19:00:42	46.9	-7.0	47.4	2.9	2.2	10.0
19:10:41	49.1	-3.6	49.2	1.8	-1.1	9.0
19:20:42	44.9	-7.5	45.5	-3.7	-5.5	10.0
19:30:45	40.6	-12.4	42.5	-3.1	0.6	10.0
19:40:44	40.6	-15.7	43.5	1.1	4.1	9.0
19:50:43	44.3	-11.7	45.8	2.3	1.2	9.0
20:00:47	46.1	-11.3	47.5	1.6	-0.6	10.0

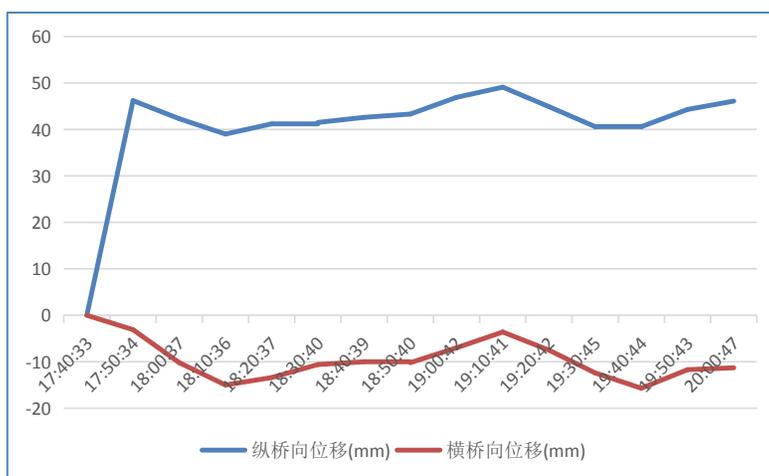


图 3 索塔位移变化趋势图

表2 北斗观测数据与全站仪观测数据比较

观测时间	全站仪 (mm)	北斗监测 (mm)	差值 (mm)
17:40:33	0	0	0
17:50:34	46.2	43.5	-2.7
18:00:37	42.3	39.7	-2.6
18:10:36	39	36.4	-2.6
18:20:37	41.2	38.8	-2.4
18:30:40	41.5	38.4	-3.1
18:40:39	42.6	40.1	-2.5
18:50:40	43.3	40.5	-2.8
19:00:42	46.9	44.8	-2.1
19:10:41	49.1	46.2	-2.9
19:20:42	44.9	42.7	-2.2
19:30:45	40.6	37.7	-2.9
19:40:44	40.6	37.5	-3.1
19:50:43	44.3	41.3	-3
20:00:47	46.1	43.5	-2.6

5 结论

北斗监测系统在本项目索塔位移监测的应用取得了良好的效果，其远程化、自动化、实时化、可视化的技术特点更有利于现代化桥梁建设和运营过程中索塔的位移监测，克服了传统监测方法耗时、耗力、效率低、受天气环境影响较大的问题。

参考文献

- [1] 李鹏.北斗与GPS在桥梁变形监测中的对比分析[J].北京测绘,2020(1):92-95.
- [2] 唐建辉,周逸,樊仕建.重庆两江大桥长期健康监测研究[J].公路交通技术,2014(6):141-146.
- [3] 陈义宝.斜拉桥的发展现状及常见问题分析[J].工程技术研究,2022(3):136-137.