

# 大数据技术在公路建设高边坡监测预警中的研究与应用

## Research and Application of Big Data Technology in Monitoring and Early Warning of Highway Construction

詹钢洪

Ganghong Zhan

上饶市交通建设投资集团有限公司 中国·江西 上饶 330000

Shangrao City Transportation Construction Investment Group Co., Ltd., Shangrao, Jiangxi, 330000, China

**摘要:**近年来,滑坡这类自然灾害造成的经济损失与人员伤亡在中国自然灾害中占据较大比重,大量水电、交通等重大民生基础设施被滑坡灾害破坏。在此背景下,为有效保障人民群众的生命财产安全以及国家安全。本次将基于G353宁福线弋阳曹溪至盘岭段公路改建工程中的高边坡坡段进行边坡监测预警课题研究。

**Abstract:** In recent years, the economic losses and casualties caused by natural disasters such as landslides have accounted for a large proportion of natural disasters in China, and a large number of major livelihood infrastructure such as hydropower and transportation have been damaged by landslide disasters. In this context, in order to effectively protect the safety of people's lives and property and national security. This time, the research on slope monitoring and early warning will be carried out based on the high slope section in the highway reconstruction project from Yiyang Caoxi to Panling section of the G353 Ningfu Line.

**关键词:** 滑坡; 安全监测; 北斗监测

**Keywords:** landslide; safety monitoring; Beidou monitoring

**DOI:** 10.12346/se.v4i4.7372

## 1 引言

山体公路崩塌、滑坡等自然灾害是危害程度仅次于地震的较大自然地质灾害。中国国土地域辽阔,山地地势占据大部分国土面积,崩塌以及滑坡等自然灾害频繁发生。为实时监测边坡健康状态,对突发事件进行提前预警监测,对边坡建立边坡智能自动化监测系统已经刻不容缓。

G353宁福线弋阳曹溪至盘岭公路位于中国弋阳线曹溪镇境内,自道路建成后其满足了交通日益增长的需要,提高基础设施水平,推进曹溪镇城镇建设,改善沿线人民的经济与生活发展环境,对促进当地的经济的发展有着重要的意义。该路与万年县神农宫旅游服务区连成一片,直接带动沿线城镇化建设规划用地的土地升值,带动第三产业的发展,加快万年与弋阳相邻两乡的城镇与经济发展。上饶交建集团关注高边坡预警预防性养护防护中的难点、痛点,为各类基础设施结构提供智能在线监测服务的综合平台系统,实现了

公路高边坡全寿命周期的智能预警应急协同。

## 2 建设高边坡自动化监测系统的意义

实时监测,能够及时把握边坡的安全状态,评定边坡的稳定性,评定支护结构的安全、识别支护结构的损伤程度、耐久性与可靠性。提供战略决策,为管理、运维提供方法依据,让边坡支护工程技术改造的方法更加合理化。

### 2.1 实时监测

实时监测边坡滑坡不同位置发展过程,地震活动以及降雨等外部环境变化;地下水化学特征、水量、水位等变化;各类建筑物和树木倾斜变形状况;地面、地下变形动态;岩土体局部隆起、松弛、沉降、坍塌活动等。

### 2.2 智能预警

通过系统积累的样本数据,对滑坡变形状态进行计算推断,检验工程治理效果,监测工程实施后的变化形态,为边

**【作者简介】**詹钢洪(1973-),男,中国江西上饶人,本科,高级工程师,从事公路的规划、设计、前期工作、项目管理、项目建设、验收移交、运营等研究。

坡灾害提供智能预警。

### 2.3 掌握施工环境

建立系统完善监测边坡动态和支护结构的健康状态，通过数据分析结果对施工进行修正指导，增加施工的安全可靠性。积累量测数据，总结经验，完善施工技术<sup>[1]</sup>。

### 2.4 分析边坡变形特点

明确边坡受施工工程的影响程度，监测施工安全以及工程质量，通过系统达到对工程的校验效果。

工程建筑物及边坡监测的内容，将多种监测设备、检测

设备、智能传感器通过物联网技术联通起来，实现实时数据的自动化采集以及稳定数据传输，系统保证采集数据的实时性、完整性和真实性。

## 3 “北斗监测”智能预警

采取北斗高精度定位技术、数字通讯、前端集成各传感器设备实现云物联网技术以及大数据智能分析，兼容国内主流传感仪器，监测数据实时采集、存储、分析管理，为各类基础设施结构提供智能在线监测服务的综合平台系统<sup>[2]</sup>（见图1）。



图1 云平台框架图

### 3.1 “以人为本”、安全稳定

实现高边坡自动化监测，分析判定边坡结构的安全性、实时监测边坡加固支挡的承载能力、耐久性能和使用状态等维度指标，具有24小时自动化监测、高效传输信号、智能分析实时数据、全面感知等优势，平台系统还可以根据位移偏量和震动变化获取公路滑坡灾害发生前数据信息，识别存在的安全隐患，评估隐患发生的可能性。自动化监测边坡安全，助力“平安交通”建设，提高交通基础设施安全水平，运用信息化技术保障人民群众的生命安全以及财产安全。

### 3.2 因地制宜、分类实施

针对道路施工过程中遇到不同的地质现象，形成各种公路边坡类型，要保证高边坡设计、滑坡预警治理，采用多种方式进行综合勘察，因地制宜分类确认高边坡勘察监测内容、监测项目及设备，通过高边坡自动化监测系统实现精确监管，对不同等级的风险进行评估，实现信息互联互通、同步共享，针对不同灾害级别，进行科学预警，让相关人员及部门及时响应。

### 3.3 关键技术、攻关突破

高边坡监测与预警系统采取北斗高精度定位技术、数字通讯、前端集成各传感器设备实现云物联网技术以及大数据智能分析，通过现场设置物联网智能网关、高精度角度位移传感器和各类监控设备进行信息采集，无线传输至云平台统

一存储、大数据分析和实时监测<sup>[3]</sup>。

北斗监测技术的原理是利用BDS卫星测量基准站和监测点之间的相对定位，通过相对定位得到不同时期各监测点位的相对位置，采用核心算法解析点位相关位置，并与之前的结果进行对比核算得出在不同时期各监测点位移信息（精确度达到毫米级），将各点位的位置信息（以曲线或数据等形式）展示在监测平台驾驶舱，供技术人员和管理人员实时查询和参考，超过设定阈值的形变值发出相应警报，提醒相关人员采取对应处置措施。

前端监测设备采用了由高强度的阵列式固定长度测量单元组成的阵列位移计，单元间采用了能承受较大应力与变形的柔性接头进行连接，每节测量单元上都标有X轴标志线。

水位计是基于压力原理，采用先进的数字、模拟电路和进口高稳定性的硅压阻传感器芯体，是针对地下水水位变化进行量测压力传感器，水位计在各类自然环境中使用仍能保证灵敏度。

### 3.4 集成应用、突出实效

高边坡智能监测预警系统实现全自动数据采集、智能监测，由上位机、系统采集软件、无线传输模块、自动采集箱及前端传感器组成，全天候自动监测最大程度上节省人力，网络信号稳定且覆盖更广，保障前端监测设备续航能力，不受天气影响，多点触发的算法使得预警系统自动化监测，同

中国同类技术相比，由于其高效省力适合各类自动化工程监测，可广泛应用于边坡、桥梁、铁路、水利、公路等长期无人值守的工程领域实现自动化观测。

## 4 “北斗监测”建设成果

针对公路边坡易发的灾变和预警问题，提出了基于北斗高精度定位、云物联网一体化的公路边坡监测预警体系，实现了公路边坡表面形变的广域高时效性监测，并在研究成果上深入探讨一并开发了公路边坡全周期监测管理平台，为公路边坡的分级管理、重点边坡的监测预警、日常巡检提供了有效的管理措施（见图 2）。

### 4.1 空天地一体化监测

在高边坡监测预警这个模块，要充分运用无人机航测、实时视频监控、高分卫星遥感技术、地表位移、地下水水位等多种新技术手段，对边坡灾害高风险区、隐患集中分布区或重大地质灾害隐患点的地层岩性、地形地貌、地质构造乃至不同时期的地表变形迹象进行数据采集，根本足量样本和算法模型计算检查结果，实现对重大地质灾害隐患的自动核对对比，利用系统平台进一步提升边坡灾害预防水平。

### 4.2 高精度监测实时预警

在高边坡坡体内部和地质灾害的地面监测中，现场监测设备将自动采集含水量、雨量位移、水位、应力等各种指标。将多种监测终端的数据按照其各自的协议实时接入，以支持解算、解析、存储、分析、报警等应用功能，以北斗+物联智能监测预警云平台为载体，可视化对监测数据进行展示、计算、分析，实时监测边坡现场设备的数据，定期向用户推送相关报表；通过检测传感器和专业分析软件分析监测数据，一旦发现数据异常，系统会先行评估风险等级触发多重预警，通过数字信息技术防控灾害，为管理决策和应急管理提供支持（见图 3）。

### 4.3 BIM+GIS 三维可视化

边坡自动化监测三维可视化平台，融合 BIM 和 GIS 技术，结合高分辨率影像地形，用无人机实景进行三维建模，平台为三维地理信息系统，将建筑运营感知（摄像头等传感设备）、业务管理（站点信息、告警管理、数据概览、实时报表）进行数据集成，将各类数据进行归集分析，创建可视化驾驶舱进行实时监测边坡现状，为工作人员提供更简易、高效、便捷的工作新模式。



图 2 实时监测预警



图 3 实时监测预警

## 5 “北斗监测”建设规划

高边坡智能监测预警系统,针对高边坡区域进行系统自动化监测,利用现代传感器技术实现云物联网、网络通信技术、数学结构分析理论、大数据分析等多领域的高边坡智能监测自动化系统,可极大程度上拓展边坡的监测内容,并实时地、可连续地、在线地对边坡支护结构生命状态进行评估和监测预警,对边坡的运营安全和提高边坡的管理水平具有极大的指导意义。

平台对高边坡安全稳定性进行有效监控,记录在施工过程中各类影响支护结构的参数误差,以及实际施工中对支护结构的影响,确保支护结构在运营监测期间充分满足安全要求。按照“互联网+监管”要求,通过高边坡自动化监测系统实现精确监管,对不同等级的风险进行评估,实现信息互联互通、同步共享,针对不同灾害级别,进行科学预警,让相关人员以及部门及时响应。

在工程施工期间应当建立边坡监测系统,边坡监测系统可用于指导、监测施工过程,可将监测成果作为公路动态设计的依据。系统可以现场监控量测边坡围岩稳定性,根据收集数据实时判断分析边坡防护设计是否合理,确定施工方法是否正确,保证高边坡防护安全施工、在一定程度上提高众多工程的经济效益。

高边坡监测系统对滑坡塌方等灾害进行预警信息发布,各地有关部门可以依据本地实际情况,制定各层级的自然灾害预警响应措施,修订并且完善相关应急预警方案,制订好预警信息发布等级措施以及应急响应行动的对接。自然灾害预警响应后,各地有关部门要采取相应的响应措施,完善好各项应急准备工作,在应对自然灾害展现了一定的社会效益。

## 6 结语

下一步将围绕“品质工程、示范工程”主题,紧紧抓住交通科技创新主线,进一步总结提炼已有成果,并实施后续的示范技术、突出示范特色,在解决项目实际问题的同时,将示范工程打造成为面向灾害防治的“平安交通、智慧交通”科技示范路。

## 参考文献

- [1] 王之间,房浩,满立.适用于岩质高边坡施工监测的激光扫描技术研究[J].上海公路,2021(1):1-4+118
- [2] 雷星星.高速公路路堑高边坡施工安全风险评估研究[J].工程技术研究,2020,5(4):172-173
- [3] 陈孝勇.公路边坡表面变形监测及工程应用[D].重庆:重庆交通大学,2015.