

# 信息化 / 自动化监测系统在高路堤滑坡变形监测中的应用研究

付斌

中铁七局集团第二工程有限公司

**摘要:** 及时监测和预警高路堤滑坡灾害是边坡工程防灾减灾的重中之重。针对传统高路堤滑坡监测技术时效性差、人工成本高和受环境因素影响大等问题, 提出信息化 / 自动化监测技术这一监测预警新方法, 研发振弦式传感器(锚索应力)智能采集系统, 并将其成功应用在舜过山高路堤滑坡这一工程实例。研究表明: 智能采集系统能自动、快速有效地采集数据并同步实时上传数据至微信小程序和 Web 端信息化平台, 使得成果部署更简单、查看更方便; 微信小程序和 Web 端信息化平台通过模块化管理数据, 业务推送也更加简易方便; 舜过山高路堤滑坡监测结果显示边坡在 4-9 月雨季阶段波动明显, 增长较快, 需注意该阶段监测预警工作。该研究可为相关信息化 / 自动化边坡监测平台研究提供借鉴和参考依据。

**关键词:** 高路堤滑坡; 信息化 / 自动化监测; 云服务; 滑坡预警

**DOI:** 10.65976/3078-8145.2026.01.015

## 引言

由于山区道路建设位置的特殊性, 高路堤边坡在降雨或地震环境下易失稳, 甚至可能引发山体滑坡<sup>[1]</sup>。特别是在长三角地区, 雨季强降雨会显著增大山体自重、降低岩土体的抗剪切强度, 从而导致山体滑坡, 进而影响人民的正常生活出行和安全<sup>[2]</sup>。因此, 高路堤滑坡的变形监测预警工作变得至关重要。

近年来, 随着 5G 时代的到来, 信息化和自动化技术得到了迅速发展, 并广泛应用于边坡变形监测领域。岳旭东等<sup>[3]</sup>针对国道深挖路堑边坡设计了一种自动化滑坡监测系统, 并成功将其应用于边坡变形监测和稳定性评估。许强等<sup>[4]</sup>成功开发了一种自适应数据采集技术, 并结合智能裂缝计和 GNSS 技术等, 建立了滑坡实时预警系统(LEWS)。这一系统成功地预警了甘肃黑方台地区的 6 处黄土滑坡, 为其他地区的滑坡实时监测预警提供了有益的经验借鉴。孙书伟等<sup>[5]</sup>在抚顺西露天矿区建立了边坡灾害多源监测预警系统, 该系统能够快速、准确地识别矿区地质灾害隐患, 实现对边坡灾害的大范围、高精度监测预警。这一举措有效提升了露天矿区边坡灾害预警的效率。

目前, 传统的工程变形监测方法存在诸多不足, 包括耗时、耗力以及对天气条件的极大依赖<sup>[6]</sup>。如何利用信息化技术提高监测效率、为生产提供更好的服务, 一直是监测从业者面临的重要挑战<sup>[7]</sup>。因此, 研发一种能够实现自动化数据采集的应力传感装置成为解决这一问题的关键所在。基于此, 团队研发了一款智能化振弦式传感器(用于锚索应力监测)采集系统, 能够有效实现数据的自动采集、信息化处理和实时监

测, 以及及时稳定地监测岩土体边坡的变形情况, 并提供有效的滑坡预警功能。

## 1 研究区概况

舜过山滑坡位于江苏省常州市, 边坡地质灾害类型主要为岩质崩塌、顺层岩质滑坡。由于人类活动开山采石导致坡体形成陡峭临空面, 加上雨季连续强降雨因素影响最终形成舜过山滑坡, 滑坡导致滑坡后缘已经到坡顶路边, 坡顶后缘张拉裂缝近 20 cm, 坡顶的电力设施已经遭到拉裂破坏, 严重威胁坡顶道路、人员的安全。崩塌区破坏特征如图 1 所示, 以 BT2 为例, 坡顶附近已经出现近乎垂直的临空面, 距离坡顶 1.6 m 处出现张拉裂缝, 长约 1.6 m, 宽约 0.5 m, 裂缝最深为 0.15 m。坡脚存在滑坡、崩塌堆积体, 石块大小不一, 局部大块滚石直径超 2 m。

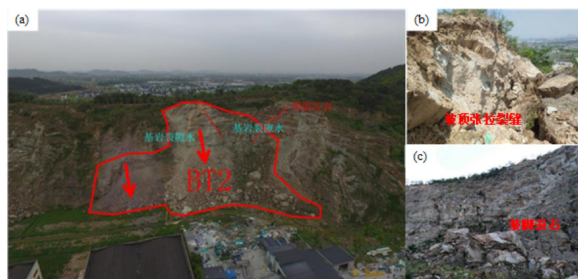


图 1 BT2 破坏特征

## 2 信息化 / 自动化系统简介

### 2.1 系统组成

舜过山边坡信息化 / 自动化系统由振弦式传感器(锚索应力)智能采集系统组成, 如图 2 所示。主要包括机采集设备、主机数据传输设备和操作配置软件三部分。

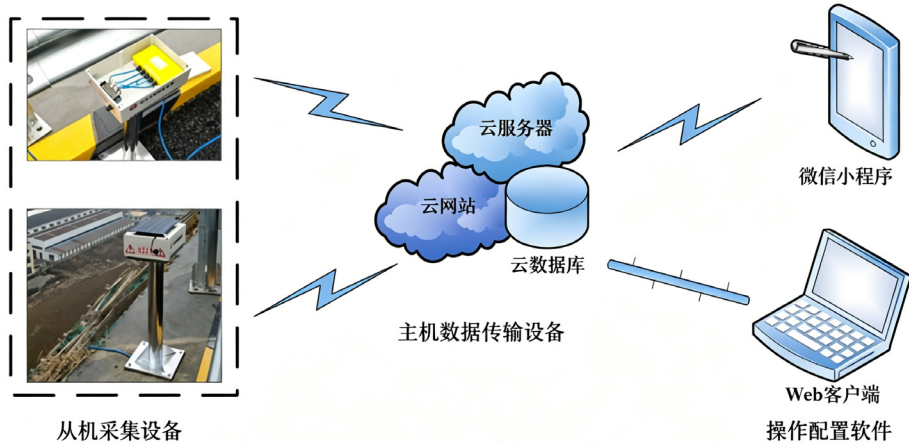


图 2 智能采集系统组成

### 2.2 平台搭建与使用流程

高速路滑坡信息化 / 自动化平台主要是通过振弦式传感器（锚索应力）智能采集系统监测边坡变形，自动化采集锚索应力，在云端服务器上传与下载，实现锚索应力自动化采集和信息化处理。该系统可以在移动手机端通过微信小程序获取和查看数据、邀请用户、关注项目信息等；也可以在电脑上通过 Web 网页实现上述操作。

## 3 工程应用

### 3.1 监测点位布设

振弦式传感器（锚索应力）智能采集系统监测点位布设在舜过山滑坡 D3 区域内的 BT2 范围附近，选取常规工程监测中锚索测力计 Y3 和 Y4 进行连接，用于监测该区域治理后的边坡变形情况，做好实时监测预警工作。监测点位布设如图 3 所示。

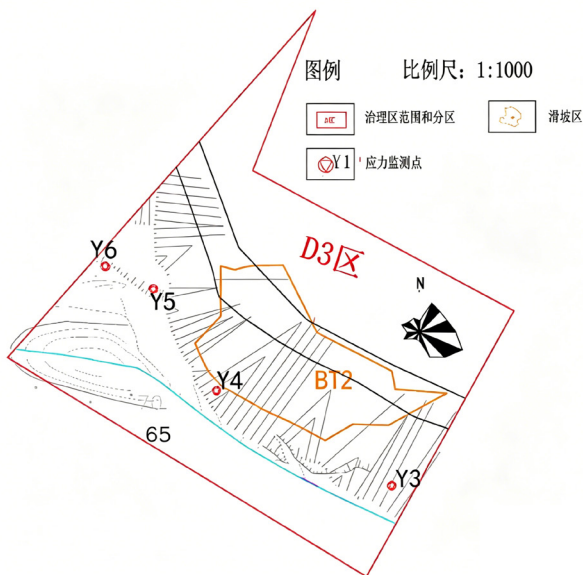


图 3 监测点位布置图

### 3.2 信息化 / 自动化监测平台应用

通过移动手机端查询微信小程序监测数据结果

显示，锚索测力计应力整体保持稳定状态且波动不大，这表明经过治理后的舜过山边坡在信息化 / 自动化监测期间保持稳定状态。Web 端获取的锚索应力监测数据与微信小程序获取的数据相同，显示应力数据无明显波动，表明舜过山边坡在信息化 / 自动化监测期内处于稳定状态。Web 端获取的锚索测力计应力监测图表更新与微信小程序一致，具体见图 4。

微信小程序和 Web 端监测数据监测数据以图表形式规范呈现，具有一致性和交互性特点，实现了自动获取监测数据和信息化处理监测数据的目标。



图 4 Web 端监测数据结果

### 3.3 监测结果分析

整理信息化 / 自动化监测系统的监测数据发现，如图 5 所示的锚索测力计应力大小变化趋势图显示，2020 年 4-9 月雨季阶段，锚索测力计 1 和 2 的应力出现明显波动，表明边坡在雨季阶段可能存在不稳定的情况，因此需要加强雨季阶段边坡的变形监测工作。而在非雨季阶段，锚索测力计的监测值显示应力变化较小，说明此时段边坡较为稳定。

锚索测力计 1 和 2 在雨季期间记录到最大值，而在非雨季阶段则呈现最小值，两者的最大差值分别为 27.5408 kN 和 18.2193 kN。这进一步凸显了雨季期间对边坡变形监测工作的必要性，以确保边坡的有效防护和预警工作得以展开。

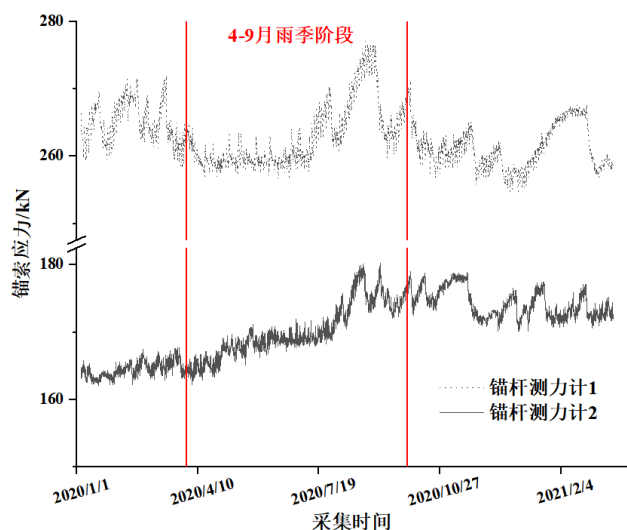


图 5 锚索测力计应力大小变化趋势图

#### 4 结论

本文介绍了信息化 / 自动化监测系统的平台搭建及其在舜过山边坡的成功应用，并针对其应用效果进行了分析。得到如下结论：

(1) 信息化 / 自动化监测系统融合多种新 ITO 技术和先进产品理念，具有先进性、实用性和可靠性的特点，可以大大降低人力、财力和时间成本。在舜过山边坡锚索应力监测过程中的成功应用，实现了信息化 / 自动化监测的目的。

(2) 锚索测力计 1 和锚索测力计 2 应力均在 4-9 月雨季阶段达到最大值，分别为 277.0504 kN (2020 年 8 月 21 日)、180.2069 kN (2020 年 9 月 7 日)；雨季阶段锚索应力监测值显示出波动明显、增长较快的特点，需加强该阶段边坡的变形监测工作，做好边

坡防护和预警工作。

(3) 微信小程序和 Web 端信息化平台的成功应用，可以有效采集锚索应力数据，同步实时上传数据使得监测信息成果部署更简单、查看更方便。通过模块化数据，业务推送也更加简易方便。报警阈值设置和报警推送方便，使用者可以随时随地对现场监测工作进行管控。

#### 参考文献：

- [1] 何亮, 陈境, 郭严伟. 高路堤边坡稳定性分析及滑坡综合治理研究 [J]. 河南工程学院学报 (自然科学版), 2024, 36(2): 25-30.
- [2] 郭严伟. 舜过山边坡信息化 / 自动化监测技术研究及其稳定性分析 [D]. 常州: 常州大学, 2023.
- [3] 乐旭东, 刘纪峰, 曾武华, 等. 自动化监测系统在滑坡变形监测的应用研究 [J]. 公路, 2021, 66(10): 90-93.
- [4] Xu Q, Peng D, Zhang S, et al. Successful implementations of a real-time and intelligent early warning system for loess landslides on the Heifangtai terrace, China [J]. Engineering Geology, 2020, 278: 105817.
- [5] 孙书伟, 刘流, 郑明新, 等. 抚顺西露天矿区边坡灾害多源监测预警系统及工程应用 [J]. 岩石力学与工程学报, 2024, 43(5): 1124-1138.
- [6] 王念秦, 申辉辉, 鲁兴生. 边坡变形监测技术发展现状及问题对策 [J]. 科学技术与工程, 2021, 21(19): 7845-7855.
- [7] 凌建明, 张玉, 满立, 等. 公路边坡智能化监测体系研究进展 [J]. 中南大学学报 (自然科学版), 2021, 52(7): 2118-2136.