

# The application of slope online monitoring technology in open pit coal mine

Shouping Lv

National Energy Group Ningxia Coal Industry Co., Ltd. Transportation and Marketing Company, Yinchuan, Ningxia, 750000, China

## Abstract

With the increase of the depth of open-pit coal mining, the problem of slope stability is increasingly prominent. In order to ensure the safety production of open pit coal mine, slope radar monitoring system and GNSS monitoring system are widely used in open pit coal mines. This paper will detail the technical overview, development status and application trend of slope online monitoring system.

## Keywords

slope monitoring; open pit coal mine; development; application

## 浅析边坡在线监测技术在露天煤矿的应用

吕守平

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司运销公司, 中国·宁夏 银川 750000

## 摘要

随着露天煤矿开采深度的增加, 边坡稳定性问题日益突出。为了确保露天煤矿的安全生产, 边坡雷达监测系统和GNSS监测系统被广泛应用于露天煤矿中。本文将详细介绍边坡在线监测系统的技术概述、发展现状和应用趋势。

## 关键词

边坡监测; 露天煤矿; 发展; 应用

## 1 引言

随着科技的发展, 边坡在线监测系统在露天煤矿中的应用日益广泛。本文主要介绍了边坡在线监测系统的原理、特点、应用范围以及在露天煤矿中的应用效果。通过分析, 说明了边坡在线监测系统在露天煤矿中的重要作用, 为露天煤矿的安全生产提供了有力保障。边坡在线监测系统主要由边坡雷达监测和GNSS监测两种技术构成。

## 2 技术概述

### 2.1 边坡雷达监测技术

边坡雷达监测系统是一种基于雷达技术、传感器技术、数据处理技术的综合性监测系统。该系统主要由雷达主机、传感器、数据采集器和数据分析软件组成。雷达主机发射高频电磁波, 通过接收反射回来的信号, 获取边坡表面的信息。传感器则安装在边坡表面, 实时监测边坡的位移、应力、应变等信息。数据采集器负责采集传感器数据, 并通过无线网络将数据传输至数据分析软件。这种监测技术可以对边坡的

位移、表面沉降、裂缝分布及走向、地下管线的分布等边坡状况进行实时、无损、全方位的检测, 具有自动化程度高、可实现远程监控、数据传输稳定和存储时间长等优点。雷达发射的电磁波通过发射天线首先进入待测区域, 并在此过程中部分能量被散射。部分能量反射回接收天线并被记录下来, 通过分析这些记录下来的数据, 可以推断出边坡表面的位移变化。需要注意的是, 此技术主要用于边坡稳定性的监测, 对于一些复杂的地质条件可能还需结合其他物探方法进行补充。同时, 由于该技术使用无线电波探测坡体, 对露天使用的设备有一定的局限性, 如遇到大孤石或较深的裂缝, 可能无法正常使用。

总的来说, 边坡雷达监测技术是一种方便、快速、无损的实时监测方法, 能够及时准确地提供边坡工程安全评价的实时变化数据, 有助于预防和减少边坡失稳事故的发生, 提高工程的安全性和稳定性。

### 2.2 GNSS 监测技术

GNSS 边坡监测技术是一种利用全球导航卫星系统(GNSS)进行边坡监测的技术。GNSS是一种能够接收和处理全球卫星信号, 从而确定地面载体位置、速度和时间信息的全球定位系统。在边坡监测中, GNSS技术可以用于

【作者简介】吕守平(1988-), 男, 中国辽宁大连人, 本科, 工程师, 从事采矿工程研究。

监测边坡的位移、沉降、裂缝分布和走向等参数。GNSS 边坡监测技术具有自动化程度高、实时性强、精度高、无损、远程监控等优点，可以实现边坡监测的自动化和智能化。GNSS 监测系统可以通过连续观测卫星信号来确定监测点的位置信息，实时分析监测数据的变化，及时发现边坡变形隐患，有效预防边坡失稳事故的发生。同时，GNSS 边坡监测技术还可以与其他传感器和数据分析技术相结合，如应力监测、裂缝监测、孔隙水压力监测等，实现对边坡多参数的全面监测和分析，提高监测的准确性和可靠性。需要注意的是，GNSS 边坡监测技术虽然具有许多优点，但也存在一定的局限性。例如，GNSS 技术对电磁干扰较为敏感，在城市和高楼密集地区受到较强电磁干扰的情况下，测量精度可能会受到影响。此外，对于一些复杂地质条件，可能需要结合其他物探方法进行补充监测。

综上所述，GNSS 边坡监测技术是一种方便、快速、高效的边坡监测技术，能够及时准确地提供边坡工程安全评价的实时变化数据，有助于提高工程的安全性和稳定性。



边坡雷达监测与 GNSS 监测设备照片

### 3 技术组成

①实时监测：系统可以实时监测边坡的位移情况，并将数据传输到数据采集器，再由数据采集器将数据传输到数据处理软件进行分析和存储。

②预警预报：当监测到边坡位移超过预设的安全阈值时，系统会发出预警信号，提醒相关人员及时采取措施，防止边坡失稳导致的事故发生。

③数据分析：通过分析边坡位移数据，可以了解边坡的变形规律，为露天煤矿的开采设计和生产调度提供科学依据。

④远程监控：通过互联网和移动通信技术，可以将边

坡在线监测系统的监测数据传输到远程监控中心，实现远程监控和智能化管理。

## 4 发展现状

### 4.1 边坡雷达监测技术

近年来，随着露天煤矿开采深度的增加，边坡稳定性问题日益突出，对露天煤矿的安全生产构成了严重威胁。为了解决这一问题，边坡雷达监测系统被广泛应用于露天煤矿中。根据我们的调查，该技术在全球范围内得到了广泛的应用，并在实践中不断完善和优化，我国特大型露天煤矿例如黑岱沟煤矿、哈尔乌素煤矿、白音华二号三号露天煤矿均已采用此种技术手段。受近年露天煤矿安全生产事故及产业政策影响，如内蒙古自治区已由能源部门和安全主管部门发布相关文件，其露天煤矿监测手段必须包括边坡雷达在内且以其为核心。国家能源局也以相关文件明确，对于不具备 GNSS 监测点施工布置条件的危险边坡，应使用边坡雷达监测，因此，对于一些已经发生滑坡或出现大面积滑坡征兆的露天煤矿边坡，则必须使用边坡雷达监测。

通过采用先进的传感器技术和数据处理技术，该系统能够准确、实时地监测边坡的动态变化，为露天煤矿的安全生产提供了有力的保障，其重点技术在于表面变形监测。此外，许多露天煤矿已经开始投资研发更加智能化的监测系统，如物联网技术、大数据分析等，以提高监测的精度和效率。这些技术的应用将有助于提高露天煤矿的安全生产水平，降低事故发生的概率。可以发现，边坡雷达监测技术在我国已大面积使用，尤其重点应用于大型、特大型露天煤矿和已发生滑坡的露天煤矿。

### 4.2 GNSS 监测技术

GNSS 技术起源于 20 世纪 60 年代，最初是为军事应用而开发的。在这个过程中，GPS 是首个实现这一目标的系统，最初是由美国国防部主导开发的，其后逐渐扩展到民用领域。欧洲、俄罗斯和中国也都陆续开发了自己的 GNSS 系统。截至目前，全球已建立了数万颗跨地区、跨制式的卫星，形成了覆盖全球的 GNSS 系统网络。露天煤矿借助其形成的网络系统，结合自身自然条件，通过设置监测点与卫星网络的连接，形成 GNSS 监测系统。目前，我国 GNSS 监测系统在露天煤矿中的使用早于边坡雷达监测技术，且运用的地区几乎遍布全国各个地区，不同于边坡雷达监测，GNSS 监测技术重点在于位移变化的监测。

## 5 边坡雷达监测与 GNSS 监测技术对比

边坡雷达监测技术和 GNSS 监测技术都是用于监测边坡稳定性的重要技术，各自具有一些优点和缺点。边坡雷达监测技术。其优点包括操作简便、快速，不损伤被测对象，不污染环境，探测深度大等。但其精度和分辨率受雷达天线发射功率、天线尺寸、雷达主机和探头间线缆长度、现场环境（如粉尘、潮湿、温度等）的影响。GNSS 监测技术主要

通过接收机监测边坡上关键点的三维坐标,并结合监测时段初始坐标,求得其在边坡上的位置变化。其优点在于全天时工作,稳定性好,受天气、电磁环境、人员操作等因素影响较小。同时,GNSS监测技术也可实时监测,具有较高的精度。然而,GNSS监测技术也存在一定的局限性,如对短边坡变形监测效果不佳,不能确定物体变形的大致方向;另外,GNSS数据受多种因素影响,需要排除各种因素干扰,确保数据的有效性。

综上所述,边坡雷达监测技术和GNSS监测技术各有优劣。边坡雷达监测技术更适合对大面积、深度边坡的监测,而GNSS监测技术则更适合对大范围、短边坡的监测。两种技术都需要结合实际情况和需求进行选择和应用。

## 6 边坡雷达监测与GNSS监测经济成本对比

边坡雷达监测成本主要取决于雷达设备的采购成本、施工成本以及后期维护成本。初期投入成本可能会较高,但由于其具有较高的精度和效率,因此在长期使用中可能会比GNSS监测更具成本效益。

GNSS监测的成本主要与具体实施方案有关,包括设备成本、数据采集和处理成本、后处理成本,以及可能的人工成本。GNSS监测通常不需要施工,设备采购成本相对较低,但其精度和效率可能会受到诸如卫星几何分布、遮挡(如建筑、树木等)等因素的影响。在某些情况下,边坡雷达监测可能更具有成本效益。然而,选择哪种方法取决于项目的具体需求和环境,包括边坡的特性、遮挡情况、数据精度和频率的需求等。在获取更准确的成本信息前提条件下,以及根据具体项目需求选择合适的方法。

## 7 应用趋势

未来,边坡在线监测系统在露天煤矿中的应用将呈现出以下几个趋势。

### 7.1 技术创新

随着传感器技术和数据传输技术的进步,边坡在线监测系统的精度和实时性将得到提高。例如,无线传感器网络(WSN)和人工智能技术的应用将使系统更加智能,能够实时预警和决策。

### 7.2 监测精度不断提高

随着传感器技术和数据处理技术的不断发展,边坡在线监测系统的监测精度将不断提高。这将有助于更准确地判断边坡的稳定性,为露天煤矿的安全生产提供更可靠的保障。

### 7.3 自动化和智能化程度提高

随着物联网技术和大数据分析技术的发展,边坡在线监测系统将逐步实现自动化和智能化。这将大大提高监测效率,降低人工成本,并提高监测的准确性和可靠性。未来的系统将更加集成化和智能化,能够整合各种传感器数据,提供更全面的矿山安全信息。此外,系统将具备自我学习、自我调整的能力,以适应不同环境和条件的变化。虚拟现实与

增强现实技术的应用将为边坡在线监测系统提供新的视角和方法,使操作人员能够更直观地了解边坡状态,提高决策的准确性。

### 7.4 监测范围不断扩大

随着露天煤矿开采深度的增加,边坡在线监测系统的应用范围也将不断扩大。未来,该系统将在更多的露天煤矿中得到应用,为露天煤矿的安全生产提供更全面的保障。

### 7.5 与其他技术融合

未来,边坡雷达监测系统将与其他技术融合,如卫星遥感技术、无人机技术等。这些技术的应用将有助于提高监测的全面性和准确性,为露天煤矿的安全生产提供更可靠的技术支持。

### 7.6 影响发展的因素

政策法规对边坡在线监测系统的应用和发展具有重要影响。随着政府对矿山安全要求的提高,边坡在线监测系统的需求将增加;随着露天煤矿对安全生产的重视,边坡在线监测系统的市场需求将增加;技术创新是推动边坡在线监测系统发展的关键因素。随着新技术的出现和应用,系统的性能将得到提高,从而满足露天煤矿安全生产的需要。

### 7.7 边坡雷达监测技术或成为推广主流

边坡雷达监测技术的发展或成为主流,这是因为该技术具有精度高、效率高、对环境要求低等优点。边坡雷达监测技术能够提供高精度的边坡位移监测数据,这对于需要精确数据的应用场景非常重要;雷达监测设备能够在短时间内完成大面积的监测,大大提高了监测效率;边坡雷达监测技术对环境的要求较低,可以在各种复杂环境中进行监测;然而,虽然雷达监测技术具有这些优点,但其成本相对较高,初期投入可能会较大。但是,考虑到雷达监测的高精度和效率,长期使用来看,其成本可能会比其他监测方法更具优势。

## 8 结语

本文探讨了边坡在线监测系统在露天煤矿中的应用和发展趋势。分析了现有系统的优点和缺点,并讨论了新技术如何改进和提高系统的性能。此外,讨论了政策环境、市场需求和技术创新等因素如何影响边坡在线监测系统在露天煤矿中的发展。未来,随着技术创新和政策环境的改善,边坡在线监测系统将在露天煤矿中发挥越来越重要的作用,为安全生产提供保障。

### 参考文献

- [1] 露天煤矿边坡稳定性雷达监测技术.尼尔哈里斯.中国煤炭.2009(05).
- [2] 雷达监测技术在露天煤矿边坡稳定性监测中的应用.刘章;曾伟;郑确.露天采矿技术.2013(04).
- [3] 某边坡工程在线监测系统的应用分析;韩珮响.有色金属.2019(09).
- [4] GNSS监测技术在露天矿边坡监测预警中的应用.任雪峰.黄科伟.李营作.露天采矿技术.2023(08).