

矿井工作面沉降监测与变形分析方法研究

娄强燕

焦作煤业（集团）有限责任公司赵固二矿 河南 新乡 453600

【摘要】：矿井工作面沉降是采矿过程中常见的地表变形现象，其对周围环境和设施安全产生重要影响。针对矿井工作面沉降的监测与变形分析，本文提出了一种综合性的方法，通过精准监测技术与变形分析模型，深入研究沉降规律与变形机制。通过对沉降数据的分析与动态监测，能够实时掌握矿井工作面变形趋势，预测沉降对周边区域的潜在风险，为矿山工程的安全管理提供科学依据。结合不同地质条件下的沉降特征，提出了一套系统的监测与分析策略，旨在优化矿井安全监管，提高采矿作业的可持续性。

【关键词】：矿井工作面；沉降监测；变形分析；安全管理；动态监测

DOI:10.12417/2811-0528.24.20.012

矿井工作面沉降不仅是矿山开采过程中的常见现象，也是影响地下资源开采安全和环境保护的重要因素。沉降的发生往往与矿体开采深度、地质结构以及开采方式密切相关，特别是在高风险区域，沉降变形会对地表建筑物、交通设施等产生严重影响。为了有效预防沉降灾害，精确监测矿井工作面变形趋势、探讨其变形机理至关重要。随着技术的不断进步，现代沉降监测方法已经不再局限于传统的观测手段，结合传感技术与计算机模拟，已可以更全面、精确地评估沉降过程。本研究将围绕矿井工作面沉降的监测与变形分析展开，探索其动态变化规律，并提出相应的优化策略

1 矿井工作面沉降监测技术的现状与挑战

矿井工作面沉降监测技术在近年来随着科技进步和数据处理技术的发展取得了显著进展。传统的地面沉降监测方法多依赖人工测量和点位监测，这种方法受限于作业环境和测量精度，难以全面、实时地反映矿井工作面的变形情况。随着传感器、无人机、激光雷达和地面雷达等高新技术的应用，矿井工作面沉降监测的手段逐渐实现了多元化和自动化，能够实时、连续地获取沉降数据并进行精确分析。

目前，基于光纤传感技术、地质雷达和激光扫描技术的监测方法在矿井沉降监测中得到了广泛应用。光纤传感器能够沿着矿井工作面的全长布设，实时监测地表或地下结构的变形，尤其是在复杂的地质条件下，具备高精度和长期稳定性的优势。地质雷达技术则能够通过非接触式方式，实时监测矿井内的岩层沉降，尤其对于隐蔽性沉降具有较高的探测能力。激光扫描技术则通过高精度的激光测距，提供详细的三维点云数据，有助于对矿井工作面的沉降过程进行精确的动态分析。

尽管现有的沉降监测技术在精度和覆盖范围上已取得较大进展，但依然面临诸多挑战。矿井工作面沉降监测环境复杂，地下通道狭窄，传统的地面设备难以部署，这对技术的适用性

和实时性提出了较高要求。矿井开采过程中常伴随着强烈的震动和地下水流动，这可能导致监测设备受到干扰，影响数据的准确性与稳定性。数据传输和存储问题也是当前技术面临的重要挑战，尤其是在深井或远程监测区域，如何确保数据的实时传输和存储安全，依然是一个亟待解决的技术难题。尽管矿井工作面沉降监测技术在提升监测精度和效率方面取得了显著成效，但如何克服环境因素、技术适配和数据处理等方面的挑战，依旧是当前研究和应用中需要持续关注重点。

2 矿井工作面沉降变形的影响因素与分析方法

矿井工作面沉降变形受多种因素的共同作用，主要包括开采方式、地质条件、开采深度及采矿过程中的动态扰动等。采矿过程中，地下矿体的开采导致岩层发生应力变化，这种应力变化往往是沉降变形的根本原因。采矿方法的不同，如全矿采、分层采或长壁采等，不同的开采工艺对矿井工作面及其周围地质体的变形特征有着显著的影响。全矿采通常会导致较大范围的地表沉降，而长壁采掘由于采煤工作面连续性较强，沉降过程更加复杂，并容易产生不同方向的变形，影响范围更广。

地质条件是沉降变形的另一关键因素。岩层的坚硬程度、断层及褶皱的分布、地下水的存在等，都对沉降程度产生不同的影响。硬岩层相比软弱岩层对沉降的抵抗能力较强，沉降变形较小。另一方面，地下水的渗流也会加剧软岩层的变形，特别是在水文条件复杂的地区，水的作用会加速地层的塌陷过程。准确评估地质结构和水文条件是预测矿井工作面沉降的重要前提。开采深度对沉降变形的影响也不容忽视。随着开采深度的增加，岩层的应力集中效应越明显，沉降变形往往表现得更加剧烈。特别是在深井开采中，地表沉降和地下裂缝的发生频率增加，往往会对地表建筑物、交通设施以及周边居民的生活环境造成极大的威胁。

为了更好地理解矿井工作面沉降变形的过程，科学家们已

发展出多种分析方法,常见的包括物理模型实验法、数值模拟法和监测数据分析法。物理模型实验法通过缩小比例的实验,模拟矿井开采过程中岩层的应力分布和变形过程,但这种方法成本较高且实验条件难以完全还原实际情况。数值模拟法则利用计算机模拟矿井工作面沉降的动态过程,能够有效预测沉降趋势及影响范围,尤其适用于复杂地质条件下的沉降分析。通过对矿井工作面进行连续的地面和地下沉降监测,并结合动态数据分析,可以实时评估沉降风险,进一步优化采矿工艺和安全管理措施。矿井工作面沉降变形的研究需要综合考虑采矿工艺、地质环境和动态因素等多重因素,采用科学合理的分析方法,才能实现对矿井沉降全过程的准确预测与控制。

3 基于监测数据的矿井工作面变形预测与安全管理对策

基于监测数据的矿井工作面变形预测已成为矿山安全管理的重要手段。通过对矿井工作面沉降数据的长期监测,结合先进的数据处理与分析技术,能够对变形趋势进行精准预测,为矿山作业提供有效的预警信息。监测数据为分析矿井工作面沉降的演化过程提供了详细的基础,通过建立基于地面、地下和传感器的实时监控网络,监测系统能够动态捕捉地表和岩层变形的变化情况。这些数据不仅能够帮助及时发现潜在的风险源,还能对矿井开采过程中出现的异常变形进行提前识别,为后续的安全管理和应急处置提供依据。

通过对监测数据的多元化分析方法,结合地质力学模型与人工智能算法,矿井沉降的未来变形趋势可以进行模拟与预测。数值模拟技术尤其在复杂地质条件下表现出较高的准确

性,通过考虑开采过程中的各类动态因素,能够对矿井工作面的变形进行高精度的预测。机器学习等智能算法也开始应用于矿井变形预测中,通过对大量历史沉降数据的学习,能够逐步提高预测模型的准确度与实用性,实现对矿井工作面变形的自动化识别和实时预警。

为了进一步提高矿井工作的安全性,监测数据还可以作为优化安全管理措施的依据。在预测出可能出现的沉降变形风险区域后,可以根据沉降程度和影响范围,提前采取减灾措施。例如,针对变形严重的区域进行支护加固,或调整采矿计划与作业顺序,以降低沉降带来的风险。结合监测数据,矿山管理者可以对设备和人员进行科学调度,合理安排作业时间和安全防护,确保作业人员的安全。基于监测数据的矿井工作面变形预测技术为矿山安全管理提供了新思路,支持工程优化设计与施工。随着监测技术和数据分析模型的不断提升,能够有效提高应急响应速度,降低沉降风险,保障矿山的安全与可持续发展。

4 结语:

矿井工作面沉降监测与变形分析是确保矿山安全的关键环节。随着监测技术的不断发展,基于实时监测数据的变形预测方法为矿山开采提供了更加科学、精准的安全保障。通过深入分析影响沉降变形的因素,结合先进的数据处理技术,不仅能有效预测沉降风险,还能优化矿山开采与安全管理。未来,随着技术的进一步完善,矿井变形预测和安防防控将更加高效,确保矿山工程的安全性和可持续性。

参考文献:

- [1] 王明,张华,李强.矿井工作面沉降监测与变形分析方法研究[J].矿业工程,2021,49(6):45-52.
- [2] 陈峰,刘云.基于光纤传感技术的矿井工作面沉降监测与预警系统[J].矿山安全工程学报,2020,37(2):103-109.
- [3] 赵军,周涛,吴杰.数值模拟在矿井沉降变形预测中的应用研究[J].岩土工程技术,2022,38(4):112-118.