

采矿工程矿压控制技术研究

杜新尧

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司麦垛山煤矿 宁夏 银川 750408

摘要：矿压控制是采矿工程中的重要环节，直接关系到矿山的安全生产和经济效益。本文详细探讨了矿压控制技术的多个方面，包括矿压形成机理、现有矿压控制技术的深入分析以及未来技术发展方向预测。通过系统性的理论分析和技术探讨，旨在为采矿工程的矿压管理提供更加科学和实用的指导。

关键词：采矿工程；矿压控制；岩层加固；监测预警；技术创新

引言

在采矿工程中，矿压控制是确保矿山安全生产和提高矿产资源回采率的关键技术。随着矿产资源的不断开发和利用，采矿环境日益复杂，矿压问题也愈发突出。因此，深入研究矿压控制技术，对于提升采矿工程的整体效益和保障作业人员安全至关重要。

1 矿压形成机理及影响因素

矿压的形成是一个复杂的地质和工程过程，它主要源于岩体内部应力的重新分布以及地质构造的自然运动。以煤矿为例，在矿体开采过程中，随着煤炭的采出，原始的应力平衡状态被打破。原本由矿体承担的应力会转移到周围的岩体上，导致围岩的应力状态发生显著变化。这种应力的重新分布往往导致岩体的变形、移动，甚至发生破坏。当这种变形和移动达到一定程度时，就会对工作面、巷道以及周围的岩体产生巨大的压力，形成矿压。矿压不仅会对采矿作业造成直接的影响，如使巷道变形、设备损坏等，还可能引发更为严重的地质灾害，如岩爆、冒顶等。这些灾害不仅威胁到作业人员的安全，还可能造成重大的经济损失^[1]。影响矿压的主要因素是多方面的，主要包括：

(1) 地质条件

地质条件是矿压形成的基础因素。地质构造的复杂性、岩层的物理力学性质、节理裂隙的发育程度等都会对矿压产生影响。例如，在地质构造复杂的区域，岩层的褶皱、断层等构造特征会导致应力分布的不均匀性增加，从而加剧矿压的形成。此外，岩层的物理力学性质，如硬度、强度、弹性模量等，也会直接影响到岩体的承载能力和变形特性，进而影响矿压的大小和分布。

(2) 开采方式

开采方式对矿压的影响也是显著的。不同的开采方式会导致岩体应力重新分布的方式和程度不同。例如，长壁开采和短壁开采对岩体的扰动程度和应力集中的影

响就有所不同。同时，开采顺序、回采速度等也会对矿压产生影响。不合理的开采方式可能导致应力集中、岩层移动加剧，从而增加矿压的风险。

(3) 采场结构

采场结构的设计也是影响矿压的重要因素之一。采场的大小、形状、布局等都会对应力分布和岩层移动产生影响。合理的采场结构能够有效地分散应力、减少岩层移动，从而降低矿压的风险。反之，不合理的采场结构可能导致应力集中、岩层移动加剧等问题。

(4) 水文地质条件

水文地质条件也是影响矿压不可忽视的因素。地下水的赋存状态、水压大小以及水的化学性质等都会对岩体的物理力学性质和应力状态产生影响。例如，地下水的浸泡会降低岩体的强度和稳定性，增加岩层移动和矿压的风险。同时，水压的变化也可能导致岩体的变形和破坏。

2 采矿工程矿压控制技术的深入研究

2.1 合理设计采场结构与布局

在采矿工程中，采场结构与布局的合理设计是矿压控制的首要环节。首先，地质因素是设计的基础。岩层结构、裂隙分布以及矿体的赋存条件等都会对应力分布和岩层稳定性产生深远影响。例如，在岩层结构复杂、裂隙发育的区域，应重点考虑如何减少岩层的扰动，避免应力集中。这就要求设计人员对地质情况有深入的了解，能够准确判断哪些区域是矿压容易形成的“高动压区”，并在设计中采取相应的措施。其次，工程因素也不容忽视。开采方式、回采顺序等都会直接影响到采场的应力分布。例如，在选择开采方式时，应综合考虑矿体的形态、厚度、倾角等因素，以及与之相匹配的设备和工艺。同时，合理的回采顺序也是关键。一般来说，应遵循“由远及近、由上至下”的原则，以减小采空区对周围岩体的扰动。在优化采场结构和布局时，还可以

借鉴先进的数值模拟技术。通过建立三维地质模型，模拟不同开采方案下的应力分布和岩层移动情况，从而为设计提供更为科学的依据^[2]。这种技术不仅可以预测矿压可能出现的区域，还能帮助设计人员找到最为合理的采场结构和布局方案。此外，设计中还应充分考虑通风、排水等辅助系统的布局。这些系统虽然不直接产生矿压，但它们的布局和运行方式会对采场的应力分布产生影响。例如，通风巷道的布置应避免与主要应力方向重合，以减少巷道的变形和破坏。

2.2 注浆加固技术的应用与优化

注浆加固技术通过向岩体中的裂隙注入特定的浆液，不仅能填补裂隙，还能增强岩体的整体性和内在强度，从而有效地减少矿压的产生和传递。在实际的工程应用中，注浆加固技术的实施并非一成不变，而是需要根据具体的地质条件和工程需求进行灵活调整。例如，在注浆材料的选择上，就需要根据岩体的性质、裂隙的宽度和浆液的可注入性等多个因素进行综合考虑。常见的注浆材料包括水泥浆、化学浆液等，它们各有优缺点，因此在选择时需权衡其流动性、凝固时间、强度增长特性以及耐久性等因素。除了注浆材料的选择，注浆工艺的制定也至关重要。注浆工艺包括注浆压力、注浆速度、注浆量以及注浆的次序等多个方面。这些参数的设置直接影响到注浆加固的效果。例如，注浆压力过低可能导致浆液无法充分渗透到裂隙深处，而压力过高则可能引发岩体的进一步破坏。因此，在注浆前需进行详细的试验和计算，以确定最佳的注浆工艺参数。在注浆加固技术的优化方面，随着科技不断探索和创新。一方面，他们致力于开发新型的注浆材料，这些材料不仅具有更好的流动性和渗透性，还能在较短时间内达到设计强度，从而缩短工程周期。另一方面，他们还在研究更为先进的注浆设备和技术，以提高注浆的精确性和效率。此外，注浆加固技术的实施还需要与采矿工程的其他环节紧密配合。例如，在注浆前需对岩体进行详细的勘探和评估，以确定注浆的重点区域和难点；在注浆过程中需进行实时的监测和控制，确保注浆的质量和效果；在注浆完成后还需进行必要的后续维护和检查，以确保加固效果的持久性。

2.3 爆破工艺的优化与改进

在采矿工程中，不合理的爆破工艺往往会加剧岩体的破坏，进而促进矿压的产生和增长。因此，对爆破工艺进行优化与改进，成为降低矿压风险的有效途径。首要考虑的是炸药量的使用。过大的炸药量不仅会造成资源的浪费，更会产生强烈的冲击波和震动，对周围岩体

造成过度的破坏。这种破坏会改变岩体的内部结构，导致其承载能力下降，矿压问题随之凸显。因此，精确计算并严格控制炸药量至关重要。在实际操作中，应结合岩体的性质、爆破的目的以及周围环境等因素，通过科学的计算和试验，确定最佳的炸药量。其次，爆破顺序的安排也极为关键。不合理的爆破顺序可能引发连锁反应，造成岩体的大规模崩塌和矿压的急剧上升。为了避免这种情况，设计中明确合理爆破顺序，确保每次爆破都能在最小的范围内进行，并最大限度地减少对周围岩体的扰动。这通常涉及到复杂的时序控制和精确的起爆点设置。此外，采用先进的爆破技术也是降低矿压的有效手段^[3]。预裂爆破技术就是一种被广泛采用的方法。它通过在主爆破之前进行一系列小规模预裂爆破，先在岩体中形成一定的裂缝网络。这样，在主爆破时，岩体就能更容易地沿着这些预设的裂缝破裂，从而减少了对周围岩体的破坏。这种方法不仅能有效控制岩体的破裂范围和形态，还能显著降低冲击波对岩体的破坏作用。除了上述措施外，还应对爆破作业进行全程监控和评估。通过实时监测爆破过程中的震动、噪音等参数，及时调整爆破方案，确保作业的安全和效率。同时，对爆破后的岩体进行详细的评估和分析，也是优化后续爆破工艺的重要依据。

2.4 定期排水与实时监测

在采矿工程中，水是一个不可忽视的因素。水对岩体的软化和泥化作用会显著改变岩体的物理和力学性质，进而加剧矿压的产生。因此，定期排水成为降低矿压、确保工程安全的重要措施。定期排水的核心目的是减少地下水对工程岩体的侵蚀。在实施过程中，应首先确定合理的排水周期，这通常取决于地下水的渗透速度、岩体的吸水能力以及工程环境的湿度等因素。排水时，应确保所选用的排水设备和技术能够满足工程需求，有效地将地下水抽出，防止其对岩体造成进一步的损害。与此同时，建立完善的实时监测系统是预防和应对矿压问题的关键。这个系统应能够实时监测矿压、位移、应力等关键参数的变化情况。通过布置传感器和数据采集设备，可以连续、准确地记录这些参数，并将数据传输到中央控制系统进行分析。当监测数据出现异常波动时，系统应能自动报警，以便能够迅速作出反应。在实时监测的基础上，利用现代信息技术和大数据分析技术，可以对矿压进行更为精准的预测和预警。通过对历史数据的深入挖掘和分析，可以找出矿压变化的规律和趋势，从而提前采取措施进行防范。这种预测和预警机制不仅可以提高采矿工程的安全性，还能帮助企业优

化生产计划,减少不必要的停工和损失。此外,实时监测系统的数据还可以提供反馈信息。根据这些数据,不断调整和优化矿压控制措施,使其更加符合工程实际。这种动态调整的过程不仅有助于提高矿压控制的效率,还能确保整个采矿工程的稳定性和安全性。

3 未来技术发展方向

3.1 智能化矿压监测与预警系统的研发与应用

未来的矿压控制技术将更加注重智能化监测与预警系统的研发与应用。这类系统将结合先进的传感器技术、数据传输技术和数据分析技术,实现矿压的实时监测、数据传输、分析和预警。通过布置高精度的传感器,系统能够捕捉到岩体微小的变形和应力变化,从而及时发现矿压异常的迹象。同时,借助大数据分析和人工智能技术,系统可以对矿压数据进行深入挖掘和分析,预测矿压的发展趋势,为采矿工程提供科学的决策依据。此外,智能化矿压监测与预警系统还将具备自动报警和远程控制功能。一旦监测到矿压异常,系统能够自动触发报警机制,及时通知相关人员采取应对措施^[4]。同时,通过远程控制功能,在远离现场的情况下对矿压进行实时调控,确保采矿工程的安全进行。

3.2 新型注浆材料和注浆工艺的研发与推广

未来,随着材料科学的进步和工艺技术的创新,新型注浆材料和注浆工艺将不断涌现。这些新型材料和工艺将具有更好的流动性、渗透性和固化性能,能够更有效地提高岩体的整体性和强度。同时,它们还将更加注重环保性能,减少对环境和人体的危害。在研发新型注浆材料和工艺的过程中,充分利用现代科技手段进行试验和模拟,以确保其性能和安全性。此外,他们还将积极推广这些新型材料和工艺的应用,为采矿工程的安全和稳定提供有力保障。

3.3 高效、环保的爆破技术的研发与应用

爆破作业对矿压的影响不容忽视。未来,高效、环

保的爆破技术将成为研发的重点。这类技术将注重提高爆破效率的同时降低对周围环境和岩体的破坏。例如,采用精准爆破技术可以减少炸药的使用量和爆破产生的震动,从而降低对岩体的扰动和矿压的产生。此外,研发新型环保炸药和爆破器材也是未来的重要方向,以减少爆破作业对环境和人体的危害。

3.4 基于大数据和人工智能的矿压预测与决策支持系统的构建

随着大数据和人工智能技术的不断发展,构建基于这些技术的矿压预测与决策支持系统将成为可能。该系统将能够收集、存储和分析大量的矿压数据和其他相关信息,如地质条件、开采方式等。通过运用先进的数据挖掘和机器学习算法,系统可以预测矿压的发展趋势和潜在风险。

结束语

矿压控制是采矿工程中的关键技术之一,对于确保矿山的安全生产和提高经济效益具有重要意义。通过深入研究矿压形成机理及影响因素,并采取合理有效的矿压控制措施,可以有效降低矿压的产生和影响。同时,随着科技的不断进步和创新应用的发展,矿压控制技术将迎来更多的突破和提升,为采矿工程的安全生产和可持续发展提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]高武.深矿井采煤开拓方式与矿压控制技术分析[J].石化技术,2020,27(5):2.
- [2]卫建兵.煤矿深井开拓方式和矿压控制技术[J].当代化工研究,2023(10):145-147.
- [3]乔成.煤矿井下顶板控制探讨[J].矿业装备,2022(06):134-135.
- [4]邓国恩.煤矿综采工作面矿压监测技术及运用分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(08):61-63.