

特厚煤层综放开采遗留煤柱下矿压显现规律及综合治理—— 以中煤塔山煤矿为例

高景志¹, 高宇航²

(1. 中煤大同能源有限责任公司, 山西 大同 037000; 2. 湖州学院, 浙江 湖州 313000)

摘要: 针对中煤大同能源塔山煤矿特厚煤层综放开采、上覆遗留煤柱多重应力叠加引发巷道大变形、顶板离层、动力矿压灾害等突出问题, 综合采用现场实地观测、矿压数据监测、FLAC3D 数值模拟、理论分析相结合的研究手段, 系统梳理矿井煤层、顶底板地质条件与综放开采布局特征, 揭示该矿矿压显现规律及多因素耦合影响机制。研究发现, 受上层煤柱集中应力、工作面回采动压叠加作用, 巷道围岩应力集中系数可达原岩应力 2~3 倍, 巷道最大变形量超 500 mm, 周期来压步距 15~20 m; 围绕围岩稳定控制, 构建以高强锚杆-锚索联合支护为核心, 水力致裂卸压、切顶无煤柱沿空留巷为辅的一体化矿压治理体系, 优化支护构件参数、水力致裂施工工艺与留巷挡矸支护方案, 并搭建包含顶板离层、巷道表面位移、支架阻力在内的自动化矿压监测系统对治理效果进行全过程验证。工程实测表明, 综合治理措施实施后巷道围岩变形量降低 30% 以上, 顶板离层控制在 50 mm 以内, 工作面来压强度明显减弱, 有效抑制煤炮、片帮、底鼓等矿压灾害。研究形成的特厚煤层多应力耦合巷道围岩协同控制技术, 可为塔山煤矿安全生产提供技术支撑, 同时为国内同类近距离特厚煤层矿井矿压治理提供工程参考。

关键词: 塔山煤矿; 特厚煤层; 矿压显现; 锚杆锚索联合支护; 水力致裂卸压; 围岩监测

1. 引言

1.1 塔山煤矿概况

塔山煤矿位于山西省大同市云冈区, 地处大同煤田中东边缘地段, 是中煤大同能源有限责任公司旗下的主力矿井之一。该矿赋矿地层主要为侏罗系大同组, 目前已基本采空; 二叠系山西组及石炭系上统太原组为当前主要开采煤层, 其中煤层厚度介于 73.67~93.40m 之间, 平均厚度达 85.16m, 含煤系数为 36%。作为特厚煤层开采的典型代表, 塔山煤矿在煤炭行业具有较高的知名度和重要地位。其年生产能力超过 1500 万吨, 不仅为中煤大同能源有限责任公司提供了稳定的煤炭资源保障, 也对全国能源供应体系起到了重要的支撑作用。然而, 随着开采深度的增加以及地质条件的复杂性, 塔山煤矿在矿压治理方面面临诸多挑战, 亟需通过科学研究和技术创新来提升安全生产水平。

1.2 矿压治理的重要性

矿压显现是煤矿开采过程中不可避免的地质力学现象, 其对矿井安全生产构成了严重威胁。在塔山煤矿, 由于煤层厚度大、开采强度高等特点, 矿压显现尤为显著, 表现为巷道变形、顶板冒落、地裂缝发育等一系列问题。例如, 上覆区段煤柱应力与工作面回采动压的叠加效应, 导致巷道围岩破坏特征复杂化, 甚至引发“煤炮”等动力灾害事件。这些问题不仅危及人员安全, 还可能导致设备损坏、生产中断, 进而影响矿井的经济效益和社会效益。因此, 加强矿压治理对于保障人员安全、确保设备正常运行以及实现矿井高效开采至关重要。通过科学合理的矿压治理措施, 可以有效降低矿压显现带来的风险, 为煤矿安全生产提供坚实的技术保障。

1.3 研究目的与意义

本研究以塔山煤矿矿压治理为核心对象, 旨在通过系统分析该矿的地质条件、开采布局及矿压显现规律, 提出针对性的治理方案, 从而全面提升矿井的安全生产水平。具体而言, 本研究将结合数值模拟、现场监测和理论分析等多种方法, 揭示小煤柱巷道应力分布规律及其受采动影响下的围岩破坏特征, 并在此基础上优化支护参数和设计卸压措施。研究成果不仅能够为塔山煤矿的实际生产提供指导, 还可为类似地质和开采条件下的矿井提供

作者简介: 高景志(1977—), 男, 本科, 中级工程师, 中国中煤大同能源安全副总工程师, 研究方向为矿压治理;

高宇航(2005—), 男, 本科, 湖州学院, 电气工程及其自动化。

通讯作者: 高景志, 邮箱: 1045866696@qq.com

借鉴经验。特别是在近距离特厚煤层开采领域，本研究提出的综合矿压治理技术有望成为行业标杆，推动我国煤矿矿压治理技术的整体进步与发展。

2. 文献综述

2.1 矿压治理理论基础

矿山压力研究是煤矿矿压治理的理论核心，其基础主要建立在弹性力学与塑性力学之上。弹性力学通过假设岩体为均质、连续且各向同性的弹性体，分析其在受力状态下的应力与应变分布规律，为矿压显现的初步评估提供了重要的理论依据。然而，在实际开采过程中，围岩往往表现出非线性变形特征，此时塑性力学的应用显得尤为重要。塑性力学通过引入屈服准则（如 Mohr-Coulomb 准则和 Drucker-Prager 准则）来描述岩石在超过弹性极限后的塑性流动行为，从而更准确地预测巷道围岩的破坏范围和程度。此外，基于经典矿压理论的研究成果，如“顶板-煤壁-底板”相互作用模型及支架与围岩关系理论，为矿压治理技术的开发提供了重要指导。这些理论不仅揭示了矿压显现的力学机制，还为优化支护设计、制定科学合理的治理方案奠定了基础。

2.2 国内外矿压治理研究进展

国内外煤矿矿压治理技术的研究经历了从经验性到科学化、从单一手段到综合措施的发展历程。20 世纪中期以前，矿压治理主要依赖于简单的木支护或金属支架，缺乏系统理论支持。随着采矿工程技术的进步，尤其是综合机械化开采技术的引入，矿压治理逐渐形成了以锚杆支护、锚索加固为核心的技术体系，并在全球范围内得到广泛应用。近年来，随着智能化和数字化技术的兴起，矿压治理进入了新的发展阶段。例如，基于数值模拟（如 FLAC3D 软件）和人工智能算法（如 BP 神经网络）的矿压预测模型被提出，显著提高了矿压显现预测的精度。与此同时，无煤柱开采留巷支护技术和水力致裂卸压技术等创新方法也在部分矿区取得成功应用，展现了良好的发展前景。尽管如此，现有研究仍存在一定的局限性，如对复杂地质条件下矿压显现规律的认知不足，以及治理措施在特殊环境下的适应性问题尚未完全解决。

2.3 塔山煤矿矿压治理研究现状

针对塔山煤矿的矿压治理问题，已有学者开展了大量研究并取得了一定成果。例如，文献通过数值模拟和现场监测，揭示了小煤柱巷道在多重应力作用下的矿压显现规律，并提出了包括大直径钻孔卸压和锚索支护优化在内的综合治理措施；文献则聚焦于采空区遗留煤柱对回采巷道稳定性的影响，提出了针对性的巷道围岩支护技术；文献进一步探讨了上覆遗留煤柱集中应力对巷道掘进的影响及其防治对策。然而，当前研究仍存在一些不足之处：首先，对于塔山煤矿这种特厚煤层开采条件下矿压显现的复杂机理，现有研究尚未形成系统化的理论框架；其次，部分治理技术的实际应用效果仍需进一步验证，特别是在长期动态开采过程中的适应性方面；最后，如何将现有研究成果与智能化开采技术相结合，以实现矿压治理的精准化和高效化，仍是亟待解决的问题。本文旨在以以上研究为基础，深入探讨塔山煤矿矿压治理的关键技术，为类似矿井提供可借鉴的经验。

3. 塔山煤矿地质与开采条件

3.1 地质条件

3.1.1 煤层特征

塔山煤矿的煤层特征对矿压显现具有显著影响，其主采煤层为二叠系山西组和石炭系上统太原组煤层，厚度介于 73.67~93.40 m 之间，平均厚度达 85.16 m，含煤系数为 36%。煤层整体呈现厚层状分布，局部区域存在厚度变化较大的现象，这种非均质性导致煤层内部应力分布不均，进而加剧了矿压显现的复杂性。此外，煤层倾角较小，一般小于 10° ，但节理裂隙发育较为明显，尤其是在断层附近及上覆采空区下方，裂隙密度显著增加。这些裂隙不仅削弱了煤体的整体强度，还为应力集中提供了通道，使得巷道围岩在开采过程中易出现变形和破坏。研究表明，煤层硬度较低且节理发育的区域，矿压显现更为剧烈，表现为顶板离层、巷道片帮等现象频发。因此，在制定矿压治理方案时，需充分考虑煤层特征的空间分布规律及其对应力传递的影响。

3.1.2 顶底板岩性

塔山煤矿顶底板岩性对矿压传递和巷道支护效果起着至关重要的作用。顶板主要由砂岩、泥岩和粉砂岩组成，其中砂岩厚度较大，通常超过 20 m，抗压强度较高，属于坚硬顶板类型；而泥岩和粉砂岩则相对软弱，厚度较薄，易受采动影响而发生破碎或离层。底板则以泥岩和砂质泥岩为主，厚度一般在 5~15 m 之间，强度较低，抗变形能力较差。由于顶板岩性的非均质性，采动过程中顶板下沉呈现非协调运动特征，导致巷道侧向应力集中现

象明显。此外，上覆遗留煤柱的存在进一步加剧了顶板应力的复杂分布，形成“超远距离、超大破坏高度”的覆岩结构。这种特殊的覆岩结构对巷道支护提出了更高要求，特别是在近距离煤柱下方开采时，底板破坏深度显著增加，威胁巷道稳定性。因此，合理选择支护参数并优化支护设计，对于缓解顶底板岩性对矿压显现的不利影响至关重要。

3.2 开采条件

3.2.1 开采方式

塔山煤矿采用综采放顶煤一次采全厚采煤法，该开采方式具有开采强度大、资源回收率高的特点，但也对矿压分布产生了深远影响。在综放开采过程中，由于工作面推进速度快且采出空间大，顶板岩层难以实现同步协调下沉，导致覆岩结构失稳并形成集中应力区。特别是在上覆近距离采空区煤柱下方开采时，遗留煤柱的集中应力通过底板传递至下方巷道，引发巷道围岩高应力环境下的异常矿压显现。此外，临空隔小煤柱开采进一步增加了矿压显现的复杂性，表现为巷道变形量增大、顶板离层加剧等现象。研究表明，不同开采方式对矿压分布的影响程度各异，其中综放开采因采高大、采空区范围广，对围岩扰动更为显著。因此，在实际生产中，需根据具体地质条件合理调整开采参数，以降低矿压显现对巷道稳定性的影响。

3.2.2 开采布局

塔山煤矿的开采布局对矿压显现具有重要影响，其工作面布置、采区划分及巷道设计均需充分考虑地质条件与开采工艺的匹配性。矿井采用条带式开采布局，工作面长度一般为 200~300 m，推进方向平行于煤层走向，以减少地质构造对开采的干扰。然而，由于上覆遗留煤柱的存在，工作面回采过程中常面临侧向应力集中问题，导致回风巷和胶带运输巷围岩变形严重。此外，巷道布置方式也对矿压显现产生重要影响，例如胶带巷距遗留煤柱水平距离过近时，易受到集中应力的直接作用，表现为巷道底鼓、片帮等矿压灾害频发。研究表明，合理的开采布局能够有效缓解矿压显现强度，例如通过优化巷道位置、增加保护煤柱宽度等措施，可显著降低巷道围岩的应力集中程度。因此，在未来的开采设计中，应进一步结合数值模拟与现场监测结果，优化开采布局以提升矿井的安全性和高效性。

4. 塔山煤矿矿压显现规律研究

4.1 矿压显现现象观测

通过对塔山煤矿的实地观测，记录了巷道变形、顶板离层以及支架受力等矿压显现现象，并对其表现形式和特点进行了详细分析。在巷道变形方面，主要表现为两帮收敛与顶板下沉，尤其是在上覆遗留煤柱影响区域，巷道变形量显著增加，最大变形量达到 500 mm 以上。顶板离层现象则主要体现在顶板岩层间的相对位移，通过顶板离层仪的监测数据发现，离层深度一般在 2~6 m 之间，且离层程度与工作面的推进距离呈正相关性。此外，支架受力监测显示，受采动影响明显的区域，支架工作阻力普遍超过设计值的 80%，部分区域甚至接近或超过其额定承载能力，表明巷道围岩处于高应力状态。这些现象不仅反映了塔山煤矿复杂的矿压环境，也为后续矿压显现规律的研究提供了重要依据。

4.2 矿压显现规律分析

基于现场观测数据，对塔山煤矿矿压显现与开采进度、地质构造及时间等因素之间的关系进行了系统分析，揭示了其内在规律。首先，在周期来压方面，随着工作面推进，周期来压步距呈现出一定的规律性，平均来压步距为 15~20 m，且来压强度与煤层厚度及顶板岩性密切相关。其次，巷道矿压分布规律表明，受上覆遗留煤柱集中应力的影响，巷道围岩应力分布呈现非均匀特征，特别是在煤柱边缘附近，应力集中系数可达原岩应力的 2~3 倍。此外，时间效应在矿压显现中同样不可忽视，例如巷道变形速率在开采初期较快，随后逐渐趋于稳定，但在周期来压期间又会显著增加。这些规律为优化巷道支护设计及制定矿压治理措施提供了理论支持。

4.3 矿压显现影响因素

塔山煤矿矿压显现受多种因素的综合影响，主要包括地质因素和开采因素两大类。在地质因素方面，煤层厚度变化、断层及褶皱等地质构造对矿压显现具有显著作用。例如，煤层厚度较大的区域往往伴随着更高的围岩应力，导致巷道变形加剧；而断层和褶皱的存在则容易引发局部应力集中，进而诱发顶板冒落等事故。在开采因素方面，开采强度、推进速度以及支护方式的选择均对矿压显现产生重要影响。高强度开采会加速围岩应力的重新分布，从而加剧矿压显现；推进速度过快则可能导致巷道支护不及时，进一步恶化围岩稳定性。此外，不同的支

护方式对矿压显现的适应性也存在差异,如锚杆支护在浅部围岩控制中效果较好,而锚索支护则更适合深部围岩的加固。因此,综合考虑地质与开采因素的影响,对于制定科学合理的矿压治理方案至关重要。

5.塔山煤矿矿压治理技术措施

5.1 巷道支护技术

5.1.1 锚杆支护

锚杆支护作为一种主动支护方式,其核心原理在于通过锚杆将巷道围岩中的不稳定部分与深部稳定岩体连接为一个整体,从而形成组合梁或组合拱结构,提高围岩的自承能力。在塔山煤矿的复杂地质条件下,锚杆支护被广泛应用于巷道围岩控制中,尤其是在特厚煤层开采及近距离留煤柱条件下,锚杆支护表现出良好的适应性。根据锚杆类型和功能的差异,可将其分为普通锚杆、高强锚杆及注浆锚杆等多种形式,其中高强锚杆因其较高的抗拉强度和抗剪性能,在塔山煤矿的回采巷道支护中占据主导地位。

锚杆支护参数的设计直接影响其支护效果,主要包括锚杆长度、直径、间排距等关键指标。研究表明,锚杆长度的选择需综合考虑巷道围岩的松动圈范围及应力分布特征。例如,在塔山煤矿 30503 修复巷的工程中,通过现场监测发现,顶板离层现象主要发生在巷道表面至深部 2~4m 范围内,因此选用 2.4m 长的锚杆能够有效锚固松动圈内的围岩,减少顶板离层的发生。此外,锚杆直径的增加可以显著提高其承载能力,但过大的直径会导致安装难度增大;间排距的优化则需在保证支护密度的同时避免资源浪费。数值模拟结果表明,当锚杆间排距控制在 0.8~1.2m 时,支护效果最佳,既能满足围岩稳定性要求,又能降低施工成本。

在实际应用中,塔山煤矿结合具体地质条件对锚杆支护参数进行了动态调整。例如,在工作面回采期间,受采动应力影响,巷道围岩应力集中区域明显扩大,此时通过缩短锚杆间排距并增加锚杆长度,成功控制了巷道变形。这一实践表明,合理的锚杆支护参数设计是确保巷道长期稳定的关键因素之一。

5.1.2 锚索支护

锚索支护作为一种深部加固手段,其作用机制在于通过高强度的钢绞线将浅部围岩与深部稳定岩体紧密连接,形成悬吊效应,从而有效控制顶板离层和巷道变形。在塔山煤矿的矿压治理实践中,锚索支护被广泛应用于特厚煤层开采及临空巷道支护中,特别是在上覆煤层遗留煤柱下方回采巷道中,锚索支护表现出显著的优越性。

锚索布置方式和预紧力等参数的设计对支护效果具有重要影响。研究表明,锚索的布置方式应根据巷道围岩的应力分布特征进行优化。例如,在塔山煤矿 30515 工作面的典型巷道中,通过 FLAC3D 数值模拟分析发现,采用“三花”型布置方式能够更均匀地分散围岩应力,从而减少巷道表面的集中变形。此外,锚索预紧力的选择也至关重要。过低的预紧力无法充分发挥锚索的悬吊作用,而过高的预紧力则可能导致围岩局部破坏。现场试验表明,当锚索预紧力设定为 200~300kN 时,支护效果最为理想,能够有效控制顶板离层量在 50mm 以内。

在塔山煤矿的实际应用中,锚索支护与其他支护方式相结合,形成了综合支护体系。例如,在 8305 工作面的切顶留巷中,采用“五梁五柱”+锚杆(索)补强支护方案,配合锚索的深部加固作用,成功实现了巷道的长期稳定。这一实践表明,锚索支护不仅能够增强巷道围岩的整体性,还能够在复杂应力环境下提供可靠的支护保障。

5.2 其他治理技术

5.2.1 水力致裂卸压技术

水力致裂卸压技术是一种通过向煤岩体中注入高压水,人为制造裂隙以释放应力集中的先进技术。其基本原理在于利用高压水的楔入作用,使煤岩体中的原生裂隙扩展并贯通,从而改变应力场的分布状态,达到卸压的目的。在塔山煤矿上覆煤层遗留煤柱的动力显现问题中,该技术得到了成功应用。研究结果表明,上覆煤层遗留煤柱造成的应力集中区范围约为 40m,通过实施水力致裂卸压后,工作面周期来压强度显著减弱,围岩变形量减少了 30%以上,卸压效果显著。

水力致裂卸压技术的适用条件主要包括煤岩体的渗透性、地应力水平以及裂隙发育程度等因素。在塔山煤矿的实践中,由于 3-5 号煤层硬度较高且节理裂隙发育较好,为水力致裂提供了良好的地质条件。此外,通过数值模拟优化了注水孔布置方式和注水压力参数,确保了卸压效果的最大化。现场监测数据显示,水力致裂后,煤柱下方巷道的表面位移量降低了 25%,顶板离层量控制在 30mm 以内,验证了该技术在复杂地质条件下的可行性与有效性。

尽管水力致裂卸压技术在塔山煤矿取得了显著成效，但其应用仍需结合具体地质条件进行参数优化。例如，在裂隙发育较差的区域，可通过提高注水压力或增加注水孔密度来增强卸压效果。未来研究应进一步探索该技术在不同地质条件下的适用范围，并完善其理论模型与施工工艺。

5.2.2 无煤柱开采留巷支护技术

无煤柱开采留巷支护技术是一种通过优化巷道支护设计，实现沿空留巷并取消传统煤柱的新型开采方法。该技术的主要特点和优势在于能够显著提高煤炭资源回采率，同时减少巷道掘进工程量，从而降低生产成本并改善矿井安全生产条件。以塔山煤矿 8305 工作面为例，该工作面采用切顶留巷技术，通过“U 型钢+金属网+风筒布”的挡杆支护及密实封堵技术，成功实现了巷道的长期稳定。

在支护设计方面，塔山煤矿结合巷道覆岩结构分析，确定了最危险情况下的巷道覆岩控制区，并提出了“五梁五柱”+锚杆(索)补强支护方案。该方案通过多层次、多方式的支护手段，有效抵抗了采动应力对巷道围岩的影响。现场实践表明，采用该支护方案后，巷道表面位移量控制在 100mm 以内，顶板离层量小于 50mm，取得了良好的留巷效果。

此外，无煤柱开采留巷支护技术的成功实施还需配套完善的监测系统。塔山煤矿通过在留巷段布置顶板离层仪、表面位移监测点等设备，实时监测巷道围岩的变形情况，并根据监测数据动态调整支护参数。例如，在回采过程中发现巷道局部出现较大变形时，及时补充注浆锚杆进行加固，确保了巷道的长期稳定。这一实践表明，无煤柱开采留巷支护技术不仅能够提高资源利用率，还能够在复杂应力环境下实现巷道的安全支护。

6. 矿压治理效果监测与分析

6.1 监测系统设计

塔山煤矿矿压治理效果监测系统的设计以科学性和实用性为原则，旨在全面掌握矿压治理措施的实施效果。监测点的选择基于地质条件和开采布局的特点，重点覆盖受采动影响显著的巷道区域以及上覆遗留煤柱集中应力影响区。在 30503 修复巷等关键部位，顶板离层仪被用于实时监测顶板各位置岩层的位移情况，从而评估顶板稳定性和支护效果。此外，巷道表面位移监测点沿巷道轴线均匀布置，采用高精度测距仪和全站仪记录巷道围岩的变形量。对于支架工作阻力的监测，则通过安装压力传感器实现数据的连续采集。监测仪器的选型充分考虑了矿井复杂环境下的适应性和可靠性，例如选用具有防爆功能的数字化监测设备以提高数据采集的准确性和稳定性。监测系统的主要功能包括数据采集、传输、存储和分析，其中数据采集采用自动化的方式，通过无线传感器网络将数据实时传输至地面监控中心，为后续分析提供基础支持。

6.2 监测数据分析

通过对塔山煤矿矿压治理效果监测数据的处理与分析，可以全面评估各项治理措施的实施效果。巷道表面位移监测数据显示，在采取锚杆与锚索联合支护后，巷道围岩的变形量显著减小，特别是在距离工作面较近的区域，变形速率得到了有效控制。顶板离层量的监测结果表明，优化后的锚索布置方式和预紧力设计显著降低了顶板离层的发生概率，尤其是在上覆遗留煤柱影响区域，顶板离层量较治理前减少了约 30%。此外，支架工作阻力的监测数据分析表明，水力致裂卸压技术的应用显著降低了巷道围岩的高集中应力，支架的工作阻力分布更加均匀，避免了局部过载现象的发生。综合来看，矿压治理措施在控制巷道变形、维护顶板稳定性和提高支护系统效能方面均达到了预期目标，为矿井的安全生产提供了有力保障。

6.3 经验总结与改进方向

塔山煤矿矿压治理实践积累了丰富的经验，同时也暴露出一些需要改进的问题。成功经验主要体现在多方面：一是通过综合监测手段揭示了矿压显现规律，为治理措施的制定提供了科学依据；二是采用锚杆与锚索联合支护技术显著提高了巷道围岩的稳定性；三是水力致裂卸压技术在缓解上覆遗留煤柱集中应力方面取得了显著成效。然而，在治理过程中也发现了一些不足之处，例如部分巷道的支护参数设计未能充分考虑地质条件的复杂性，导致局部区域仍存在较大的变形风险；此外，监测系统的覆盖范围有限，难以全面反映矿井整体的矿压分布特征。针对这些问题，未来改进方向包括进一步优化支护参数设计，结合数值模拟技术对不同地质条件下的支护方案进行精细化调整；同时，加强监测预警系统的建设，扩大监测范围并引入智能化数据分析方法，实现对矿压显现的实时预测和动态调控，从而进一步提升矿压治理水平。

7. 结论

7.1 研究成果总结

通过对塔山煤矿矿压治理的系统研究,揭示了该矿区在多重应力作用下的矿压显现规律,并提出了针对性的治理技术措施。研究表明,塔山煤矿受上覆区段煤柱应力、同层采空区侧向应力以及工作面回采动压等多重因素影响,巷道围岩破坏特征显著。基于理论分析与现场实测,明确了“煤炮”预警机制、大直径钻孔卸压、锚索支护参数优化及“堆柱”支护等综合矿压治理措施的有效性。此外,通过对特厚煤层综放开采条件下的矿压显现规律进行深入探讨,提出了适用于塔山煤矿地质条件的巷道支护技术方案,包括锚杆与锚索联合支护设计及其关键参数优化。这些研究成果不仅为塔山煤矿的矿压治理提供了科学依据,也为类似复杂条件下的矿井提供了可借鉴的经验。

7.2 对塔山煤矿安全生产的意义

研究成果对塔山煤矿提高安全生产水平具有重要意义。首先,通过揭示矿压显现规律,建立了科学的监测与预警体系,有效降低了因矿压异常导致的安全事故发生率。其次,采用水力致裂卸压技术和无煤柱开采留巷支护技术等创新手段,显著改善了巷道围岩稳定性,减少了巷道变形与顶板冒落风险,从而保障了人员和设备的安全运行。此外,优化后的支护设计与治理措施大幅提高了煤炭资源回采率,延长了矿井服务年限,为塔山煤矿实现高效、可持续发展奠定了坚实基础。因此,本研究不仅解决了当前面临的技术难题,还为企业创造了显著的经济效益和社会效益。

7.3 对类似矿井的借鉴价值

塔山煤矿矿压治理经验对类似地质和开采条件的矿井具有重要的借鉴作用。针对近距离特厚煤层开采过程中常见的上覆遗留煤柱集中应力问题,本文提出的综合治理方案具有较强的普适性。例如,在巷道掘进困难且矿压显现严重的区域,可通过调整工作面顺槽布局并结合大直径钻孔卸压技术来缓解集中应力影响。同时,对于临空隔小煤柱开采场景,所采用的锚杆-锚索联合支护技术及其参数优化方法能够直接应用于其他类似矿井,以提升巷道支护效果。此外,本研究强调的监测系统设计与数据分析方法,可为其他矿井构建智能化矿压管理体系提供参考模板。总体而言,塔山煤矿的成功实践为行业内同类矿井开展矿压治理工作提供了宝贵的理论支持和技术指导。

参考文献:

- [1]何少帅.多重应力下小煤柱巷道矿压分析及治理研究[J].山西煤炭,2022,42(4):10-15.
- [2]曹金钟;高乐;闫鹏飞;李猛;陈雷;杨华康.采空区遗留煤柱下方回采巷道失稳特征及控制技术研究[J].工矿自动化,2022,48(4):44-52.
- [3]胡旭东;郝建新.塔山煤矿上覆煤层遗留煤柱水力致裂卸压技术应用实践[J].山东煤炭科技,2021,39(1):161-164.
- [4]闫鹏飞;李猛;陈雷.近距离特厚煤层受上层煤柱影响下的掘巷矿压显现机理及防治技术研究[J].山西煤炭,2021,41(3):58-64.
- [5]周向文;杨亚威;杨永康.基于综合指数法及BP神经网络模型的矿压显现程度分析[J].山西煤炭,2020,40(2):5-9.
- [6]李杰.近距离煤柱下特厚煤层综放开采矿压分析与应用[J].中国矿业,2023,32(8):131-138.
- [7]彭建阳;崔朋涛;朱文慧;尚佳楠;苏永江.山西省大同塔山煤矿地质环境问题与治理对策研究[J].能源与环保,2022,44(2):13-17.
- [8]宋选民;朱德福;王仲伦;霍昱名;刘一扬;刘国方;曹健洁;李昊城.我国煤矿综放开采40年:理论与技术装备研究进展[J].煤炭科学技术,2021,49(3):1-29.
- [9]郝建新.动压影响下典型巷道支护方案优化设计[J].能源与节能,2021,(12):35-36.
- [10]郝建新;胡旭东;陈雷.大采高综放工作面覆岩运动规律及支护技术[J].煤炭科技,2019,40(6):110-113.
- [11]孟腊梅.塔山煤矿高位钻孔布置参数优化研究[J].华北自然资源,2024,(4):58-61.
- [12]王御军;张学锋;卢硕;杨敬轩.塔山矿8305工作面无煤柱开采留巷支护设计[J].山西焦煤科技,2022,46(6):14-16.

Strata Pressure Behavior Law and Comprehensive Control under Residual Coal Pillars in Fully Mechanized Caving Mining of Extra-Thick Coal Seams — A Case Study of Tashan Coal Mine of China National Coal Group

GAO JINGZHI¹, GAO YUHANG²

1.China National Coal Group Corp,Shanxi,Datong; 2.Huzhou College,Zhejiang,Huzhou

Abstract: This research aims to deeply analyze the problem of mine pressure control in Tashan Coal Mine of China Coal Datong Energy Co., Ltd. Through field research, it comprehensively grasps the geological and mining conditions of the coal mine, uses data analysis methods to reveal the law of mine pressure behavior, and then proposes targeted control measures. The research uses methods such as field observation, data collection and analysis to make a detailed record and in - depth analysis of the mine pressure behavior phenomenon in Tashan Coal Mine. The research results show that reasonable roadway support technologies and other control technical measures have effectively improved the mine pressure behavior and significantly enhanced the safety production level of the coal mine. This not only provides a strong guarantee for the sustainable and stable development of Tashan Coal Mine, but also provides valuable experience for the mine pressure control work of similar mines, which is of great significance for promoting the safe production of the coal industry.

Keyword: Tashan Coal Mine; Mine Pressure Control; Support Technology; Monitoring System