

玻璃沟煤矿井下保水开采的技术模式探讨

王瑞龙

国能蒙西矿业有限责任公司, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 煤矿井下保水开采技术作为实现绿色开采的关键途径, 对于煤炭资源的可持续开发以及水资源的有效保护具有极其重要的作用。论文主要探讨煤矿井下保水开采的技术模式, 进而深入的聚焦分析内蒙古准格尔矿区玻璃沟煤矿保水开采方法。通过详细阐述相关技术的原理, 精准剖析其特点, 以及系统梳理应用现状, 为后续的研究奠定坚实基础。尤其重点围绕矸石充填和膏体充填这两种具有代表性的技术, 对新建的国家能源集团玻璃沟煤矿的保水开采方法进行细致入微的分析研究, 旨在揭示这些技术在实际应用中的优势与不足, 为玻璃沟煤矿乃至整个行业提供有益的参考和借鉴, 推动煤矿保水开采技术不断发展和完善, 以实现煤炭资源开发与水资源保护的协同共进。

关键词: 玻璃沟煤矿; 保水开采; 充填; 技术模式

Discussion on the Technical Mode of Water Conservation Mining in Glass Gully Coal Mine Underground

Ruilong Wang

Guoneng Mengxi Mining Co., Ltd., Erdos, Inner Mongolia, 017000, China

Abstract: As a key way to achieve green mining, water conservation mining technology in coal mines plays an extremely important role in the sustainable development of coal resources and effective protection of water resources. The paper mainly explores the technical mode of underground water conservation mining in coal mines, and then focuses on in-depth analysis of the water conservation mining method in the Glass Gully coal mine in the Zhungeer mining area of Inner Mongolia. By elaborating on the principles of relevant technologies in detail, accurately analyzing their characteristics, and systematically reviewing their application status, a solid foundation is laid for subsequent research. Especially focusing on the two representative technologies of gangue filling and paste filling, this paper conducts a detailed analysis and research on the water conservation mining method of the newly built National Energy Group Glass Gully Coal Mine, aiming to reveal the advantages and disadvantages of these technologies in practical applications, provide useful references and inspirations for Glass Gully Coal Mine and the entire industry, promote the continuous development and improvement of coal mine water conservation mining technology, and achieve the coordinated progress of coal resource development and water resource protection.

Keywords: glass gully coal mine; water conservation mining; filling; technical mode

0 前言

煤炭作为重要的能源资源, 长期以来为中国的经济发展提供了强大动力。然而, 随着开采规模的不断扩大, 在煤炭开采过程中, 一系列问题也随之而来, 传统开采方式对地下水资源的影响日益严重, 给矿区及周边地区的可持续发展带来了严峻挑战。玻璃沟煤矿作为新建的国家能源集团旗下的重要煤矿, 其煤炭资源丰富。在当前注重绿色发展、生态文明建设的大背景下, 探索适合玻璃沟煤矿的井下保水开采技术模式具有重要的现实意义和长远价值。保水开采技术的应用不仅关乎煤炭资源的合理开发利用, 更是保护生态环境、实现人与自然和谐共生的必然要求。通过对多种保水开采技术模式的深入研究和实践经验的总结分析, 期望能够为玻璃沟煤矿找到一条既能保障煤炭产量, 又能有效保护地下水资源的可持续发展之路, 为煤炭资源的开采提供有益的借鉴和参考。

1 保水采煤思路和方案

1.1 保水采煤思路

煤炭作为中国的主要能源之一, 在国民经济发展中发挥着重要作用。然而, 传统的煤炭开采方式往往导致水资源破坏、地表沉陷等一系列环境问题。为了实现煤炭资源的绿色开采, 保护生态环境, 煤矿井下保水开采技术应运而生。地下开采对含水层的影响主要体现在地下水位下降, 污染源等。通过对井田内构造分布以及煤矿生产过程中的开采裂隙、煤系地层含水层的水文地质特征等对地下水赋存情况的分析, 确定矿井各类充水因素(包括充水水源、充水通道、充水强度), 评价煤矿生产对含水层的影响程度, 并提出保护性开采措施, 减小对水质及含水层的影响。根据《保水采煤技术规范》, 保水采煤是指“通过控制岩层移动维持具有供水意义和生态价值的含水层(岩组)结构稳定或水位变化

在合理范围内, 寻求煤炭开采量与水资源承载力之间最优解的煤炭开采技术”。保水采煤的总则是: 坚持“生态优先”的原则, 将水资源与生态环境保护贯穿煤炭开发全过程。根据煤—水空间赋存关系, 含水层及地表水体保护需求, 合理确定开采区域, 优化开采顺序和采煤技术方法。

目前, 保水采煤的技术途径主要有两类途径: 其一是在煤层开采的同时利用岩层的隔水能力阻止被保护的水源向矿井充水, 从而实现保水开采, 这样做的前提是岩层必须具备有效的隔水能力并且可以利用; 其二是通过人工主动干预方式, 阻止或尽可能减少被保护的水源向矿井充水, 其中的人工干预方式包括隔水层注浆加固改造、河流铺底导流、侧向帷幕截流、通道封堵、覆岩破坏带后修复、充填开采等多种技术途径及其组合。

需要说明的是, 保水采煤技术途径的选择是灵活的, 不是一成不变的, 有时还会随着具体条件和实际需求的变化而改变。即使是在同一个矿井, 所采取的保水采煤技术途径也不是单一的, 往往是多种技术途径并存。选择保水采煤技术途径的原则, 应该是因地制宜, 辨证施治, 根据具体条件和实际需求合理选取。

1.2 保水采煤方法

1.2.1 自然保水

自然保水采煤是在煤炭自然赋存条件下, 对回采工艺及受保护水体不采取任何措施, 煤层按实际厚度开采后, 覆岩破坏高度不会波及受保护的水体, 且在覆岩破坏范围以上、受保护水体以下有稳定沉积的厚层隔水岩层, 采动破坏未改变隔水岩层原有隔水性能, 可以实现自然保水开采。《保水采煤技术规范》要求自然保水技术应用区域应当满足目标含水层与设计开采界限之间的最小距离, 符合《“三下”规范》中对各水体采动等级要求留设的相应类型安全煤(岩)柱尺寸的要求。即留设防水煤(岩)煤柱是可划归于自然保水, 如图 1 所示。自然保水采煤是相对理想的保水开采方法, 其适用条件一般有: ①煤层埋深不大, 但煤厚较薄, 煤层开采后, 在受保护水体边界与覆岩破坏范围边界之间能够起到阻水保护作用的隔水岩层的隔水能力不会遭受采动破坏。②煤层虽然较厚, 但煤层与受保护水体的距离较远, 受保护水体位于地表或采动后的弯曲下沉带内, 在受保护水体边界与覆岩破坏范围边界之间能够起到阻水保护作用的隔水岩层的隔水能力不会遭受采动破坏。③矿区地表虽有水体, 但水体位于采动影响范围以外, 采动破坏不会波及该水体。

1.2.2 限厚开采

限厚开采是为减缓采动破坏, 而限制采高一种开采方式。限厚开采的优点是不改变现有的生产系统, 并且可在一定程度上减小地表移动变形值和对地表建(构)筑物的损坏, 缺点是煤炭资源采出率低。限厚开采有时只需要在工作面的局部地段采用。例如, 煤层厚度局部增大地段、垮落带偏高的开切眼地段、仰上开采的停采线地段以及松散层底部局部

强富水性的地段等。在煤矿生产中, 为了使限厚开采能发挥作用, 一般应采取保留底煤的方法; 在采用综采放顶煤方法的情况下, 可以在需要减厚的地段采取“只采不放”的方法, 如图 2 所示。该种保水采煤方法仅对煤层开采厚度有一定限制, 对工作面生产能力的制约主要取决于限高的高度, 对煤炭资源的开采成本影响不大。

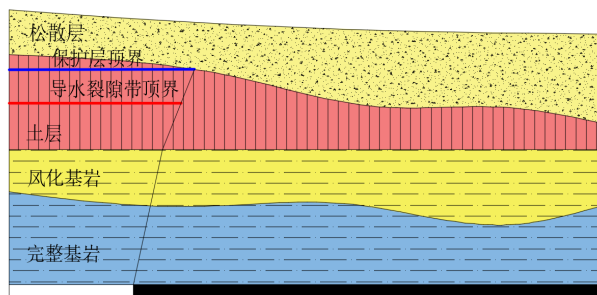


图 1 留设防水煤柱示意图

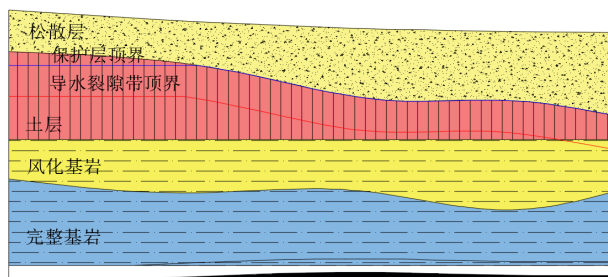


图 2 限厚开采示意图

1.2.3 注浆保水

侧方注浆隔离保水采煤技术, 主要是针对采煤工作面附近有重要含水层或地表水体的区域, 采取注浆帷幕方法, 隔离含水层或水体, 实现采煤工作面边侧含水层(水体)保护。如张家峁煤矿在工作面边侧实施注浆帷幕, 防止常家沟水库地表水通过透水层涌入矿井, 实现保水采煤目标。西湾露天煤矿在东边帮附近实施注浆帷幕, 保护了东侧烧变岩含水层地下水。底板注浆加固保水采煤技术, 是针对华北型煤田底板岩溶水含水层保护而研发的。以陕西澄合矿区为例, 5号煤层开采与底板岩溶水含水层距离只有 25~30m, 遇到小断层发育、底板破碎带等地段注浆加固, 保护岩溶含水层, 效果良好。

1.3 河床防渗

河床防渗处理是指在河床底部施工一层或多层具有防渗功能的保护层, 隔断河水下渗入矿井内。根据防渗材料选择不同, 工程中还有土料防渗、混凝土防渗、砌石防渗、沥青材料防渗、水泥土防渗等。

1.4 充填开采

充填开采是利用顶板管理方法实现等效采后的降低, 控制导水裂隙带发育高度、减少地表沉降, 其实质是利用砂子、碎石或炉渣等材料充填采空区, 借以支撑围岩, 达到减

少沉降的目的。根据充填材料的不同,分为矸石充填、水砂充填、高水充填、膏体充填。

1.4.1 矸石充填技术

指将矿井生产中产生的废石作为充填材料,先粉碎使其粒度缩小到合适粒径,再经严格筛分工序剔除不合格成分。处理后的矸石由专用充填机精确送入采空区进行充填,此工艺费用较低。煤炭开采会产生大量煤矸石,开采费用低且加工简便,大幅降低了整体开采成本。然而,该方法存在不足:受自身物理和机械性质限制,充填体密度不够,对采空区的支护与稳定效果不佳,对覆岩运动和变形的控制能力较弱,导致地面沉降较大。

1.4.2 膏体充填技术

将粉煤灰、水泥、矸石等按一定比例均匀混合形成膏体充填体,物料配比在生产工艺中至关重要,直接影响膏体性质。膏体充填物经特殊管道送至采空区进行充填,强度较

高,能良好支撑采空区,有效承受覆岩应力,减少岩体运动与变形可能。此外,膏体充填在采空区应用效果佳,可紧密黏结采空区顶板,降低空洞,减少安全风险。但该填料有局限,成本远高于其他填料,因材料选用和配比中含高价材料如水泥,且膏体的制备、输送和充填工艺要求繁琐精细,致成本居高不下。

1.4.3 高水材料充填技术

利用高水速凝材料来实现的充填技术。其突出特点是能够在短时间内形成具有一定强度的充填体。高水材料充填技术的优势明显,凝固速度极快,能迅速发挥支撑作用;流动性良好,便于填充到复杂的空间中。然而,该技术存在一个显著的缺点,即材料成本较高。这在一定程度上限制了其广泛应用,但在一些对充填速度和质量有较高要求,且经济条件允许的情况下,高水材料充填仍具有独特的价值和前景(见图3)。

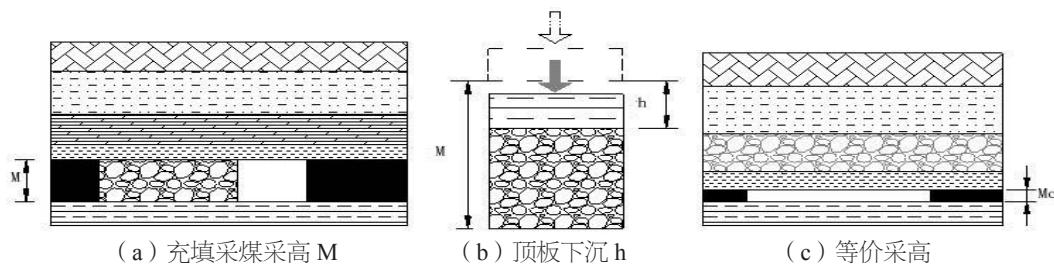


图3 充填开采等效采高模型

1.5 条带开采

煤层开采前,将煤层区域划分条带,采一条、留一条,利用保留的煤柱支撑上覆岩层,从而减少覆岩沉降,控制地表移动与变形,达到保护地面的目的。条带开采从顶板管理方法上分为冒落(冒落和分层冒落)条带和充填(水砂充填和矸石充填等)条带;从工作面布置形式上分为倾斜条带和走向条带;从开采方案设计上分为定采留比条带和变采留比条带;从条带形状上分为规则条带和不规则条带;从煤层间距分为近距煤层群条带和单一煤层条带。条带开采技术的优点主要有:①不改变原有采煤方法。从煤矿管理的角度看,不改变采煤工艺具有显著优势,由于有相应的配套设备和熟悉采煤方法的工人,就能保证原有的生产进度;②可依据保护体要求设计开采方案,灵活确定采宽和留宽。缺点主要有:①采出率低。必须留设一定宽度的煤柱以支撑上覆岩层,且应保证煤柱的长期稳定,统计表明我国条带开采的平均采出率小于50%;②为保证地表不出现波浪变形,我国条带开采平均采宽约为1/8采深,使得生产效率相对较低;③正因为采宽相对较小,从而使得巷道掘进工程量大,大约是正规长壁开采工作面的2~3倍。“条带”采煤方法其煤炭生产主要受掘进速度的影响,由于该技术的煤炭资源回收率较低,所以只能适用于特定条件,目前,单井煤炭生产能力可达1.0Mt/a,生产成本较高,中国目前应用较少。

2 玻璃沟煤矿保水采煤方案

2.1 矿井基本概述

玻璃沟煤矿为内蒙古准格尔矿区的新建矿井,已于2024年4月开工建设,行政区划隶属内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗,井田面积18.1447平方千米,可采储量2.24亿吨,服务年限41.5年,主采5号煤层平均厚度2.37m,6号煤层平均厚度12.59m。2015年5月,国家能源局以国能煤炭〔2015〕160号文件核准玻璃沟煤矿建设规模400万吨/年,配套建设相同规模的选煤厂。玻璃沟煤矿根据水利部黄河水利委员会《内蒙古准格尔矿区玻璃沟矿井及选煤厂项目取水许可审批准予行政许可决定书》(黄许可决〔2023〕163号)和《关于国家能源集团内蒙古平庄煤业(集团)有限责任公司鄂尔多斯准格尔矿区玻璃沟矿井及选煤厂变更(400万吨/年)环境影响报告书的批复》(环审〔2022〕23号)要求,玻璃沟煤矿投产后以自身矿井水作为生产取水水源,以水务公司自来水和经深度处理的矿井水作为生活取水水源;煤矿建立矸石充填系统,并要与矿井同步建成投运,煤矿投产后矸石不出井,并且要加强矸石充填系统运行管理,适时优化充填方案,确保矸石及时井下充填处置。

2.2 玻璃沟煤矿保水采煤措施

根据鄂尔多斯市能源局印发《全市煤矿推广保水采煤措施实施方案》的通知要求,玻璃沟矿井按照文件要求完成

了《玻璃沟煤矿保水采煤措施实施方案》。依据保水采煤工作的相关要求并结合 DB61/T1295—2019《保水采煤技术规范》，在分析准格尔矿区煤炭地质条件、可采煤层及其赋存特征；查明矿区含水层、隔水层及其水文地质工程地质条件；研究煤—水空间赋存关系的基础上，分析了矿区煤炭开采可能引起的水文地质工程地质问题，并开展了地下水动态及成因分析、矿井充水因素分析及涌水量预测、地下水水资源评价及开采动态影响预测研究，确定了水资源保护目标层，提出减轻采煤对目标含水层及地表水体影响的采煤技术方案和水资源综合利用方案。主要结论如下：①白垩系下统志丹群孔隙、裂隙承压水含水层为玻璃沟煤矿水资源主要保护目标，主要采取充填开采、局部注浆加固和自然保水相结合的保水方法。②正常情况下石炭系~二叠系碎屑岩类承压水含水层和第四系松散层孔隙含水层对煤层开采影响较小。但不排除局部存在陷落柱等隐伏构造，揭露、导通第四系松散层孔隙含水层而引发突水的可能性。为实现石炭系~二叠系碎屑岩类承压水含水层的保护，在上述含水层开采区内采取局部注浆加固、充填开采和自然保水相结合的保水方法。③矿床疏干与排供相结合的矿井水资源化利用模式，将煤矿疏干水用于井下生产用水、地面生产用水及非人口生活用水等的矿井水资源化利用方向。④玻璃沟煤矿是以白垩系下统志丹群孔隙、裂隙承压水含水层为主要目标层，兼顾 5 号煤层以上基岩含水层和地表水体，以及参照相邻的生产矿井保水采煤方法，综合采用充填开采工艺、结合自然保水、注浆加固保水采煤技术方案，初步论证是合理可行的。另外，加强含水层水文地质勘探工作，建立健全水文地质观测网，查清含水层的情况，以及补给来源、补给量及补给通道等，为保水开采和带压开采进一步提供水文地质依据。

2.3 玻璃沟煤矿的充填方案

矸石充填方案：在玻璃沟煤矿的生产过程中，产生的矸石经过破碎和筛选处理，使其粒度符合充填要求。采用专门的矸石输送设备，将矸石准确地填充到采空区。为了提高充填效果，在矸石充填过程中，根据采空区的实际情况，合理调整充填速度和充填量，确保矸石能够充分填充采空区，达到支撑顶板和减少地表下沉的目的。膏体充填方案：对于一些对稳定性要求较高的区域，采用膏体充填方案。将粉煤灰、水泥、矸石等按照精心设计的配比混合成膏体。通过高性能的输送管道，将膏体精准地输送至指定位置。在膏体充填时，严格控制膏体的质量和充填工艺，确保膏体能够迅速凝固并形成高强度的充填体，有效控制岩层移动和地表变形。综合运用矸石充填和膏体充填方案，根据不同区域的地质条件和开采要求进行灵活选择和搭配，以实现最佳的保水采煤效果和经济效益。

2.4 玻璃沟煤矿保水采煤技术的实施与监控

为了确保保水采煤技术的有效实施，玻璃沟煤矿规划

建立严格的监控体系。即在玻璃沟煤矿开采过程中，对地下水位、水质、岩层移动等关键指标进行实时监测，具体措施为安装高精度的传感器和监测设备，实现保水采煤技术数据的自动采集和传输，确保信息的及时性和准确性，对监测的保水采煤数据进行分析 and 评估。一旦发现异常情况，立即采取相应的措施进行调整和改进。例如，若地下水位出现明显下降，会及时优化充填方案或增加注浆量，以保障含水层的稳定。

3 玻璃沟煤矿周边矿井井下保水开采技术模式的应用现状

目前，煤矿井下充填保水开采技术在我国部分矿区得到了应用，并取得了一定的成效。例如，准格尔矿区属于严重缺水地区，对水资源保护要求极高，而采用膏体充填技术能有效地保护含水层，减少水资源的损失；并且准格尔旗当地主要开采煤层较厚，煤层夹矸较多，矸石产量较大，在采用矸石充填技术后能够解决矸石排放难、无地方排放的问题。玻璃沟矿井周边的国家能源集团黄玉川煤矿、大唐集团龙王沟煤矿、淮河集团唐家会煤矿等大中型煤炭企业都已经建成并投运了充填开采系统。然而，在实际应用中，仍存在一些问題，如充填成本较高、充填设备可靠性有待提高、技术管理难度较大、企业思想僵持不愿意上马建设（或改进）保水充填开采系统等，这些问题在一定程度上限制了充填保水开采技术的广泛推广应用。

4 结语

煤矿井下充填—保水采矿工艺对于实现煤炭资源的绿色开采，保护水资源和保护生态环境具有十分重要的意义。通过对矸石充填、膏体充填和高含水物料充填三种工艺方式入手，对其特性及使用情况进行了分析，我们可以看出，虽然这些技术在实际应用中取得一定的成果，仍存在一些问題需要解决。在今后的工作中，随着科技水平的提高和政策的引导，煤矿井下充填保水开采技术将得到进一步的改进与发展，从而为国家煤炭工业的可持续发展和生态环境作出更大的贡献。

参考文献：

- [1] 郝忠君.井下采煤技术及采煤工艺的选择[J].内蒙古科技与经济, 2015(13):78.
- [2] 李强.煤矿综合信息化系统实施方案的研究[J].煤矿机械,2013(2):213-215.
- [3] 张修民.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探究[J].现代工业经济和信息化,2022,12(5):168-169.

作者简介:王瑞龙(1988-),男,中国内蒙古鄂尔多斯人,在读硕士,工程师,从事煤矿开采管理研究。