

低透气性煤层群无煤柱煤气共采理论与实践

袁 亮

(煤矿瓦斯治理国家工程研究中心,安徽淮南 232001)

[摘要] 在淮南矿区复杂地质条件低透气性煤层群卸压开采抽采瓦斯多年创新和实践的基础上,提出了首采卸压层无煤柱沿空留巷 Y 型通风煤气共采新思路;通过对采空区边缘岩体结构变形破坏和裂隙演化规律的分析,揭示了采动影响区内顶底板岩层裂隙的动态演化规律、Y 型通风方式下采空区的空气压力场分布及卸压瓦斯的流动规律,通过分析沿空留巷围岩大小结构的变化规律,提出了基于锚杆支护的“三位一体”留巷围岩控制技术;研发成功新型 CHCT 充填材料、强支撑自移模板液压充填支架、干混料集装箱以及充填泵上料系统,建立机械化快速构筑充填墙体工艺系统,发展和创新了低透气性煤层群无煤柱煤气共采的理论及关键技术。

[关键词] 低透气性煤层;无煤柱;沿空留巷;煤层气;煤气共采

[中图分类号] TD163+.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2009)05-0072-09

1 前言

深部资源开采已成为国内外采矿工程界一个十分重要的研究课题。1983 年,原苏联的权威学者就提出对超过 1 600 m 的深(煤)矿井开采进行专题研究。原西德还建立了特大型模拟试验台,专门对 1 600 m 深矿井的三维矿压进行了模拟试验研究。1989 年岩石力学学会曾在法国专门召开“深部岩石力学”问题国际会议,并出版了相关的专著。近 20 年来,国内外学者在岩爆预测、软岩大变形机制、隧道涌水量预测及岩爆防治措施、软岩防治措施以及深部矿井的瓦斯灾害治理等各方面进行了深入的研究。

我国 20 世纪 80 年代末就开始了深部开采方面的研究,一些学者和科研院所对深部开采的理论和 技术进行研究,并取得了不少研究成果。文献[1]对采场围岩的移动特性进行了系统研究,并首次提出了岩层控制中的关键层理论,建立了关键层的判别准则,深入研究了在关键层作用下岩层的变形、离层及断裂规律;文献[2]强调深部开采中主要在三个方面面临的科学问题:a. 岩石力学基础科学问题;

b. 重大灾害机理、预测和控制的科学问题;c. 深部开采的理论与关键技术;文献[3]围绕煤矿瓦斯灾害预防的关键基础科学问题特别是瓦斯灾害的非线性科学问题进行了深入广泛的研讨;文献[4]对煤矿安全技术基础管理作了系统研究;文献[5]从沉积岩石学和工程地质力学的观点出发,以软岩巷道为研究对象,进行了大量岩石物理力学性质试验,深入研究了岩石物化、水理性质,探讨了地应力对软岩巷道的控制作用,得出了软岩巷道变形破坏力学机制的新认识。

深部煤与瓦斯(煤层气)两种资源的安全开采应与社会经济需求相适应。从安全开采角度看,应先采瓦斯,但不符合我国大多数矿区的客观条件,技术上也面临诸多困难。我国大多数煤矿区煤层气赋存具有低压力、低渗透率、低饱和度及非均质性强的“三低一强”的特性,尤其是低渗透率和非均质性,很不利于直接抽采^[6],因此,在现有技术工艺条件下,直接从地面开采煤层气技术上还有相当大的难度,经济上缺乏风险投资渠道,难以形成规模。因此,瓦斯抽采应走煤矿井下全面卸压开采、煤与瓦斯安全高效共采^[7]的技术路线。

[收稿日期] 2008-12-12; **[修回日期]** 2009-02-11

[作者简介] 袁 亮(1960-),男,安徽金寨县人,博士生导师,主要研究方向为煤矿瓦斯防治与安全高效开采;E-mail: yuanl-1960@sina.com

针对进入深部后开采还面临瓦斯含量和突出威胁显著增加、巷道矿压显现剧烈,支护难度剧增;围岩温度持续升高、热灾严重等问题,特别是面临深部瓦斯重大灾害隐患,卸压开采保护层抽采瓦斯效果固然好,但是预留煤柱给被卸压层对应区域带来应力集中,容易造成煤与瓦斯动力灾害,难以实现全面卸压消除瓦斯灾害威胁。经过长期研究认为类似淮南资源条件的矿区,特别是深部高瓦斯、低透气性煤与瓦斯突出煤层群开采走无煤柱沿空留巷 Y 型通风煤与瓦斯共采的道路是一个发展的新方向;利用煤层群开采条件,首采关键卸压层(研究表明,利用首采关键卸压开采形成的卸压作用,可几十倍、几百倍甚至数千倍地提高被保护煤层的透气性,为直接抽采创造条件),采用无煤柱开采技术,实现全面卸压开采,消除煤柱应力集中,真正实现大面积区域消突;沿采空区边缘人工构筑高强支撑体将回采巷道保留下来,解决深部开采中高地应力问题和使巷道在最低的应力环境下长期维护的问题;创新卸压抽采卸压方法,形成以留巷钻孔法连续抽采卸压替代浅部专用巷道法为主的抽采卸压瓦斯技术;改工作面传统的 U 型通风方式为 Y 型通风方式。

为此,结合淮南矿区煤层群开采条件提出低透气性煤层群煤与瓦斯共采技术思路:首采关键卸压层,沿首采面采空区边缘快速机械化构筑高强支撑体将回采巷道保留下来,形成无煤柱连续开采;在留巷内布置上下向高低位抽采钻孔直达卸压瓦斯富集区域,实现连续抽采卸压瓦斯与综采工作面采煤同步推进,构建以留巷钻孔替代多岩巷的抽采卸压瓦斯的煤气共采技术体系。这一技术思路回避了深井开采面临的很多技术难题,是深部安全高效开采的一个重大技术方向。

2 低透气性煤层群无煤柱煤气共采理论基础

2.1 无煤柱开采矿压显现特征

无煤柱开采技术是将工作面运输平巷或回风平巷靠采空区一侧进行充填形成充填条带,整个充填带在采空区里面,从而将所留巷道与采空区隔离开,无煤柱开采沿空留巷矿压模型如图 1 所示。

随着工作面推进,悬臂梁急剧转动,悬臂梁的沉降量与一次开采厚度呈正比关系。沿空巷道煤帮作为悬臂梁的一个支撑点承受较为集中的支撑压力,所以沿空留巷煤帮会产生严重破裂。这不仅导致煤帮强烈位移,而且随悬臂梁的回转角增加,会引起巷

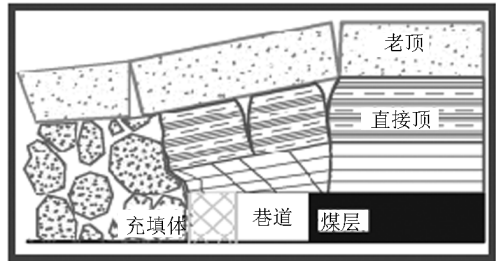


图 1 沿空留巷矿压模型

Fig. 1 Schematics of a goaf edge roadway

道顶板急剧沉降。因此,制止煤帮强烈位移是控制整个巷道围岩大变形的关键之一。

充填体上方的直接顶板在工作面前方超前支撑压力的作用下,一般已比较破碎,刚度和强度都比较低。如果顶板比较破碎,漏冒严重,充填体不能将支撑阻力传递给直接顶,导致老顶回转下沉量加大,因而造成巷道顶板和巷道煤帮严重破坏,则沿空留巷难以成功。因此,充填体上方顶板完整性的控制是沿空留巷成功的又一关键。

巷道围岩的稳定性主要取决于围岩强度、应力状况及支护系统性能。沿空留巷围岩赋存状况和应力状态明显不同于其他煤层巷道,不能简单地描述沿空留巷围岩处于低值应力区,实际上其围岩应力场在留巷过程中复杂多变,并从根本上决定着留巷围岩的稳定性。已有的研究表明,沿空留巷从开掘到留巷,显现出如图 2 所示的阶段特征,各阶段围岩的稳定及变形特点不尽相同。

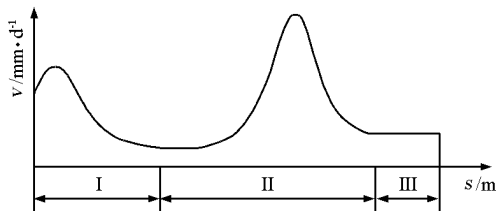


图 2 沿空留巷的阶段特征

Fig. 2 Stability characteristics of a retained roadway

第 I 阶段,在巷道开掘后,破坏了掘巷前的原始应力状态,在巷道围岩内出现应力集中,在形成塑性变形区的过程中,围岩内巷道显著变形,随着掘后时间的延长,围岩的变形速度将日趋缓和,围岩应力重新分布,逐渐趋向稳定。

第 II 阶段,受回采工作面的影响,支撑压力不断增长,巷道围岩的应力进入重新调整阶段,再次重新分布,此阶段内,围岩塑性区显著扩大,围岩变形急剧增长。在工作面推过一段距离,回采引起的支承

压力和巷道的围岩变形速度都达到最大值。远离工作面后,随着支撑压力的降低,巷道围岩变形速度会逐渐衰减。巷道的支护和充填墙体的承载性能对该时期的围岩稳定及变形有很大影响。

第Ⅲ阶段,回采引起的应力重新调整,趋向稳定后巷道处于采空侧应力低值区,但围岩已发生大范围破坏,仍保持一定速度流变。

2.2 沿空留巷围岩稳定性控制原理

2.2.1 沿空留巷内外层围岩结构稳定性分析

板的塑性极限分析、板破断的相似材料模拟试验以及现场观测均已证明,长壁工作面自开切眼向前推进一段距离后,暴露的基本顶关键块体出现断裂,断裂线相互贯通,块体沿断裂线回转、下沉进而形成结构块,接触矸石后形成沿空留巷外层结构,顾

桥 1115(1)工作面采空侧顶板回转破断模拟如图 3 所示,关键块 B 的触矸情况和受力特点分析大结构的稳定性,在给定下沉量的条件下,块 B 下部的矸石和采空侧煤体将对其形成强大的支撑作用;同时该块还将受到相临块 A、C 的夹持,显然,此时关键块 B 是稳定的,因此沿空留巷外层岩体大结构是自稳定的。据此建立了基于基本顶岩层的上覆岩体关键块体的结构模型,计算出顶板岩体结构中关键块体基本尺寸。在顶板稳定程度较差,直接顶厚度在 5~8 m 变化时,断裂位置距上区段采空侧煤壁的距离一般在 5~8 m;当直接顶的性质位于 15~25 MPa 时(指其单轴抗压强度),断裂距离一般在 5~7 m。顾桥矿 1115(1)基本顶侧向断裂距离约为 6 m^[8]。

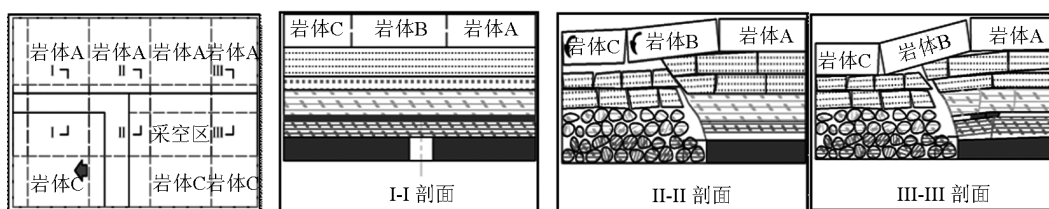


图 3 沿空留巷围岩外层结构形成过程图示

Fig. 3 Movement of roof rocks above a mined seam

2.2.2 沿空留巷合理支护原则

受人工影响的、由巷道周围锚杆组合支护、巷旁充填墙体、巷内辅助加强支护与围岩构成的内层岩体称为沿空留巷支护围岩小结构(见图 4)。研究表明,支护围岩小结构在外层大结构形成过程中不能自稳,其稳定性主要取决于巷内支护的抗剪切性能、充填墙体承载性能、巷内辅助支护的主动承载能力。由于巷道所处的应力环境呈现明显的不均衡性,沿空留巷支护围岩小结构的变形与破坏也将呈现非均匀的特点,其破坏失稳类型包括顶板诱导型破坏、实体煤帮诱导型破坏、底板诱导型破坏及其组合型式,针对这些破坏特征提出保持小结构稳定的技术原则:采用锚杆支护作为留巷巷内基本支护保持掘进及掘后稳定期间的变形阶段(Ⅰ阶段)的稳定;在应力调整阶段(Ⅱ阶段),必须采取强有力的辅助加强支护,以确保强采动影响下顶板锚固区与上位岩层紧密相接,消除离层,以保持应力平衡后的阶段(Ⅲ阶段)内层围岩结构的整体稳定。

2.3 采动影响区内顶底板岩层裂隙动态演化规律

煤层群首采关键卸压层开采后,采空侧冒落带

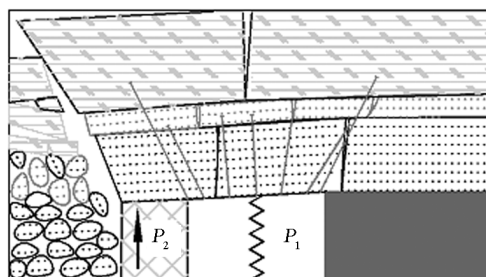


图 4 沿空留巷内层人工支护围岩小结构

Fig. 4 Small support structure in a retained roadway

岩体呈不规则堆积(见图 5),沿工作面推进方向,采空侧空隙分布呈“O”型,由于煤层气比重轻,气体上浮,采空区瓦斯易于富集在上部沿空留巷采动冒落空隙区。规则冒落带和裂隙带中顶板岩层产生卸压膨胀,存在竖向裂隙发育区,该区域离层裂隙和竖向破断裂隙发育,横向和竖向裂隙贯通,并和不规则冒落带相连通,为围岩卸压瓦斯和本煤层工作面采空区积聚的瓦斯提供良好的储集场所。弯曲下沉带内由于煤体发生膨胀变形,弯曲下沉带内煤体中离层裂隙为主,煤层的透气性显著增加,处于弯曲下沉带

远程竖向卸压裂隙区的煤层中富含高压卸压瓦斯,煤层离层裂隙发育,为远程卸压抽采瓦斯提供了良好的通道。这些研究为卸压煤层气抽采钻孔的布置提供了理论依据。

现场考察表明:淮南新区 11 煤和 13 煤层间距约 70~90 m, 11 煤层开采后,在相对层间距(层间距与开采煤层采高之比)35 倍条件下,在顶板远程卸压区煤层膨胀变形达到 2.633% 时,上部远程卸压煤层透气性系数由 $0.01135 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$ 增加到 $32.687 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,增加了 2880 倍;淮南老区 B8 煤层与 B4 煤层层间距 41.92 m,在相对层间距(层间距与开采煤层采高之比)20.9 倍条件下,首采卸压煤层 B8 开采后,下部远程 B4 卸压煤层膨胀变形最大值达 2.71%,下部 B4 卸压煤层透气性能大大增加到了 $22.2 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$,即是原始透气性系数的 600 倍。由于远程卸压煤层距离首采关键卸压煤层距离远,远程卸压煤层与首采卸压层中间具有致密隔气性较好的泥岩,远程煤层中的高压煤层气不能通过中间卸压层流入首采关键层的采动空间。

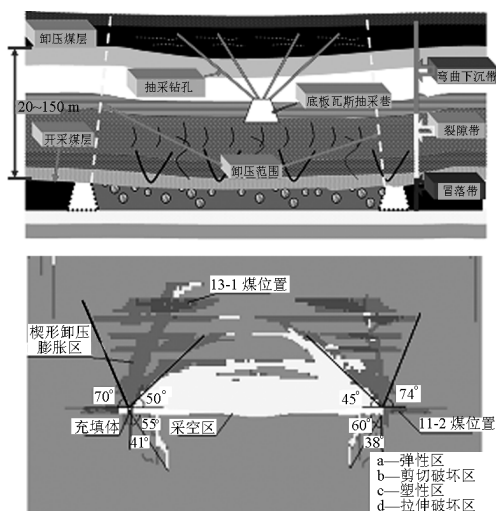


图 5 远程卸压开采模拟图

Fig.5 Long distance presswre - relieved mining

2.4 无煤柱煤与瓦斯共采机理

2.4.1 无煤柱沿空留巷钻孔法抽采卸压瓦斯原理

根据煤层赋存条件,如图 6 所示,首采关键卸压层,沿采空区边缘沿空留巷实施无煤柱连续开采,通过快速机械化构筑高强支撑体将回采巷道保留下来,沿空留巷与综采工作面推进同步进行,在留巷内布置上(下)向高(低)位钻孔,抽采顶(底)板卸压瓦斯和采空区富集瓦斯,工作面埋管抽采防止采空区瓦斯大量向工作面涌出,以留巷替代多条岩巷抽采卸压瓦

斯,大大减少岩巷和钻孔工程量,实现煤与瓦斯安全高效共采。该方法已成功应用于全国十几个典型工作面,为今后深井低透气性高瓦斯煤层群煤与瓦斯共采及瓦斯利用提供了科学可靠的技术保障。

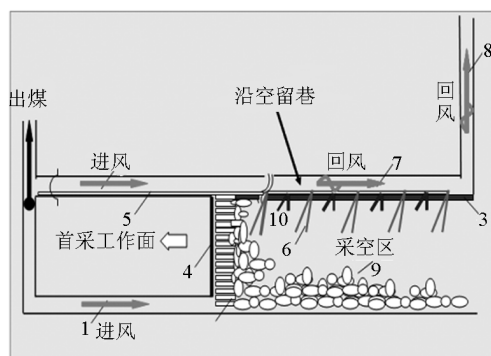
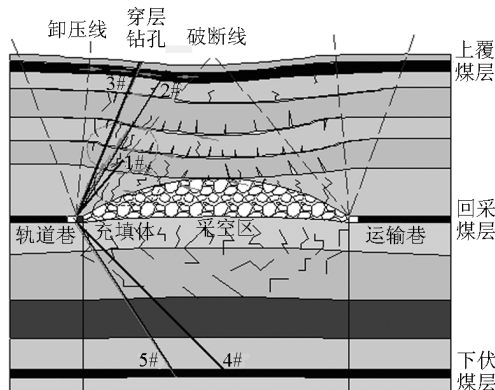


图 6 无煤柱沿空留巷钻孔法抽采瓦斯原理图

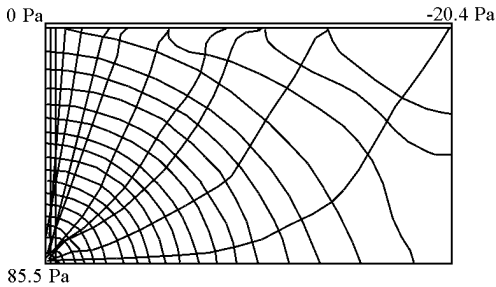
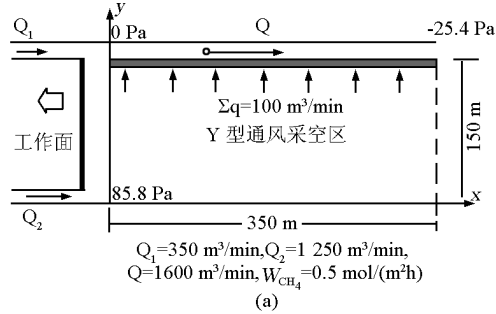
Fig.6 Gas extraction of pillar-less gob-side roadway retained borehole

2.4.2 无煤柱留巷 Y 型通风采空区瓦斯分布规律

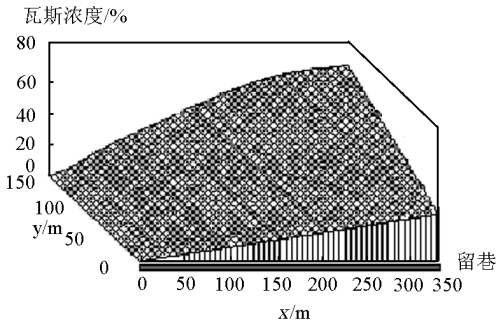
文献[9]根据新庄孜 52210Y 型通风工作面的煤层赋存和巷道布置条件,数值计算 Y 型通风工作面采空区瓦斯浓度场分布规律,模拟工作面倾向长度 150 m,采空区走向长 350 m,为近水平煤层,采空区空隙 $n=0.13 \sim 0.33$,冒落碎胀系数 $K_p=1.15 \sim 1.50$;采空区瓦斯涌出强度为 $W_{\text{CH}_4}=0.50 \text{ mol}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,采空区连续漏风总量 $100 \text{ m}^3/\text{min}$,Y 型通风采空区瓦斯浓度场分布见图 7。

Y 型通风采空区瓦斯浓度场模拟结果表明,在采空区瓦斯涌出强度一定和有效控制采空区漏风条件下,Y 型通风易于在采空区积存高浓度瓦斯,在工作面上部留巷采空区后部 50 m 瓦斯浓度超过 10%,100 m 位置瓦斯浓度超过 20%,300 m 位置采空区瓦斯浓度达到 40%。因此,对于两进一回 Y 型通风系统,在留巷后部一定位置区采空区内部富

集大量高浓度瓦斯,同时,Y型通风采空区与采场顶板竖向裂隙区连通,为采场顶板富集瓦斯区连续提供高浓度瓦斯,利于采场顶板瓦斯富集区瓦斯抽采,因此,在留巷内向采空区顶板竖向裂隙区或采空区施工抽采瓦斯钻孔,可以抽采采空区高浓度的瓦斯资源,为首采关键卸压层煤与瓦斯共采创造良好的安全保障。



采空区深度方向/m
(b) 流线及风压等值线



采空区深度方向/m
(c) 采空区瓦斯浓度分布

图7 Y型通风采空区瓦斯浓度场

Fig. 7 Gas content field of gob of Y-type ventilation system

3 无煤柱煤气共采关键技术

3.1 沿空留巷支护技术

3.1.1 巷内新型强化锚杆支护技术

巷道顶板的应力调整期源于采空侧围岩活动及阶段性的分期活动,必须在支护方式选择时充分考虑如何保护这个时期的巷道顶板,实现稳定。一方面维持顶区岩层自身的完整性,对岩体进行有效加固,显然锚杆支护比仅仅提供外围低约束的棚式支护优越;另一方面通过辅助加强支护的主动支撑力来平衡上位岩体压力,防止外层结构形成过程中产生的垂向支撑压力对下位支护顶板的破坏。该原理包括巷道破裂围岩体强度强化、锚杆支护承载性能强化和围岩承载结构强化。该项技术是指超高强度杆体、高预紧力、系统高刚度为核心的“三高”锚杆支护技术。选择超强杆体、高刚度护网、超大托盘、超强大扭矩阻尼螺母,实施大扭矩安装、维持锚杆的荷载,并向围岩扩散,形成高强主动高阻稳定的锚杆支护围岩承载结构。

图8是顾桥煤矿1115(1)沿空留巷采用新型三高锚杆的实际支护状况。顾桥1115(1)轨道巷属于典型的深井三软复合顶板煤巷,在围岩强化控制原理指导下开展参数设计,采用“三高”性能锚杆支护和配套护表支护材料,配合使用气扳机,实测掘巷期间两帮移近量多在100~200 mm,最大移近量仅为328 mm;顶板下沉量多在50~80 mm,最大下沉量仅为150 mm。超前采动阶段锚固体变形控制在200~300 mm以内,为后续留巷创造了非常有利的条件。

3.1.2 巷内辅助加强技术

采用仿液压支架结构设计巷内辅助加强支护,由立柱支撑顶梁和底座,用四连杆机构增强支架的抗扭性,采用相邻的前后两架由伸缩梁和推移千斤顶连接的方式,对前、后架进行相互推拉自移行走,根据实际需要的铺设长度增减架数。采用等效替换液压单体支柱的方法计算辅助加强控顶支架的工作阻力,经计算巷道辅助加强支架4根立柱工作阻力8 000 kN,每一架为4 000 kN。它具有高的主动支撑能力、大的护表面积和自移功能。自移式主动强力控顶支架如图9所示。



图8 顾桥煤矿 1115(1) 沿空留巷采用新型三高锚杆的实际支护状况

Fig.8 1115(1) panel tailgate after it is retained



图9 自移式主动强力控顶支架

Fig.9 Advance self-moving chock

3.2 巷旁充填技术

3.2.1 巷旁充填材料性能确定

1) 泵送性能和拆模时间。受井下环境条件制约,充填泵站往往只能布置在距离工作面较远的位置,并且输送管道高程变化复杂,因此,要求充填材料需具有良好的泵送性能,能满足复杂高程变化条件下的远距离泵送要求。拆模时间应满足综采工作面快速推进的要求,保证沿空留巷支护墙体能紧随工作面及时快速构筑。

2) 固结体强度。根据顾桥矿 11-2 煤层的矿压观测,其周期来压步距约 20 m,按日推进度 10 m 计,在工作面后方 20 m 处,充填墙体即经受 1 次来压,此时充填墙体刚脱模 1 d,3 d 后基本顶二次垮冒,顶板回转下沉更充分,因此,充填材料固结体 1 d,2 d,3 d 强度是留巷初期保持顶板稳定的关键。当垮落的矸石充满采空区时,更上位岩层在矸石、煤体、巷内支护与巷旁充填体的共同支撑作用下取得运动的平衡,此时巷旁充填体的支护阻力应能维持巷道上方已被切断岩层的平衡,将巷道顶板下沉量控制在设计要求的范围内。

3) 可缩性能。从所留巷道两侧介质的刚度匹配来说,巷道一侧是具有一定可缩量的弹塑性介质

的煤体,另一侧是巷旁充填带,若巷旁充填体所具有的可缩量很小或基本上是刚性的,则会造成顶板下沉不均衡,对巷道维护不利。因此充填体材料应具有可压缩性,压缩率应达到 10 % 以上。

3.2.2 新型 CHCT 巷旁充填材料

沿空留巷巷旁充填材料,采用煤矿瓦斯治理国家工程中心自主研发的 CHCT 系列充填材料。CHCT 充填材料由水泥、粉煤灰、石子、砂、水和复合外加剂组成,复合外加剂由减水剂、保水剂、引气剂和早强剂等组成。原材料按设定的配比混合后可进行远距离泵送施工,硬化后具有良好的承载特性和变形性能,形成的充填体能控制直接顶的离层和及时切断直接顶及下位基本顶,使垮落矸石在采空区中充填较密实,减少基本顶的弯曲、下沉,以减少巷内支护所受的载荷和巷道围岩的变形,保持巷道的稳定性;同时及时封闭采空区,防止漏风和煤的自然发火,避免采空区中有害气体进入工作空间。

快速留巷巷旁充填工艺系统包括:地面干混充填料制备系统、干混充填料由地面至井下泵站运输系统、干混充填料送至充填泵料斗上料系统、充填料浆的制备与泵送系统和充填模板支架系统。工艺流程如图 10 所示。

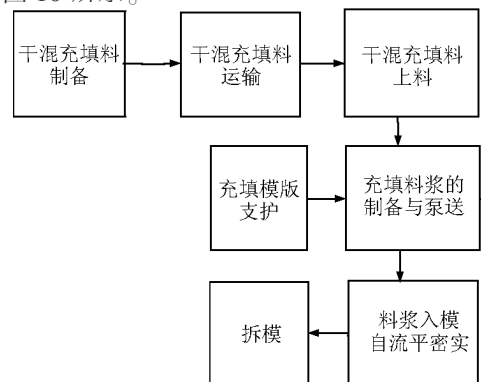


图10 快速留巷巷旁充填工艺流程

Fig.10 Fill operation system

3.3 留巷钻孔法瓦斯抽采技术

3.3.1 低位钻孔抽采采空区富集瓦斯技术

在沿空留巷中设置抽采瓦斯管道,各倾向抽采瓦斯钻孔与抽采瓦斯管道形成连通,构成采空区上部及环形裂隙圈内的解吸游离瓦斯通过倾向抽采瓦斯钻孔,并通过抽采瓦斯管进入瓦斯抽采系统。中近距离保护层开采工作面,由留巷回风巷中施工的抽采瓦斯钻孔可直接穿过上保护层,进行被保护层卸压瓦斯抽采。

3.3.2 高位钻孔抽采顶底远程卸压煤层瓦斯技术

淮南矿区煤层赋存为煤层群,主要为 A、B、C 三组煤层群,组间间距超过 70 m,实践表明:淮南矿区首采关键卸压煤层后,老区开采上卸压层倾向卸压范围($K < 1.0$)向底板方向发展的深度达到 100 m,新区开采上卸压层倾向卸压范围向底板方向发展的深度达到 80 m。老区开采下卸压层倾向卸压范围($K < 0.9$ 区域)向顶板方向发展的高度达到 130 m,新区开采下卸压层倾向卸压范围向顶板方向发展的高度达到 150 m。

当远程卸压煤层与首采卸压层中间具有致密隔气性较好的泥岩,远程煤层中的高压煤层气不能通过中间卸压层流入首采关键层的采动空间。传统的远程卸压煤层瓦斯卸压抽采方法是在首采卸压煤层开采前,在远程卸压煤层底板布置走向岩石巷道,在底板巷中每间隔一定距离设置钻场,在钻场中成组布置上向穿层抽采瓦斯钻孔,利用采动卸压进行远程卸压煤层瓦斯高效抽采。沿空留巷 Y 型通风方式的留巷为远程卸压煤层提供了抽采远程卸压煤层瓦斯抽采钻孔的布置空间,在留巷内布置上向穿层钻孔抽采上部远程卸压煤层瓦斯,下向穿层钻孔抽采下部远程卸压煤层瓦斯。

3.3.3 留巷钻孔法抽采瓦斯保障技术

在沿空留巷段实施埋管抽采瓦斯技术,通过控制采空区埋管抽采管道口的数量和开启程度控制采空区瓦斯抽采量和抽采瓦斯浓度,改变采空区瓦斯流场和瓦斯浓度场分布,控制采空区瓦斯涌出,实现工作面的安全生产;采用沿空留巷 Y 型通风方式,可通过工作面上、下进风巷风量,将留巷排放瓦斯的浓度合理控制在安全值以下,提高了工作面瓦斯管理的安全可靠性。

3.3.4 卸压瓦斯抽采及利用

在沿空留巷中设置瓦斯主抽采管道,抽采钻孔组的各抽采瓦斯钻孔连接到集气装置,通过软管连

通到瓦斯主抽采管,进入瓦斯抽采系统,在抽采瓦斯钻孔与集气装置连接处设置控制闸阀,根据倾向顶、底穿层抽采瓦斯钻孔的单孔抽采瓦斯流量、浓度情况,决定控制闸阀的开启或关闭,实现高浓度瓦斯分开连续抽采;首采关键卸压层沿空留巷 Y 型通风工作面的瓦斯抽采系统分两路;一路为高浓度瓦斯抽采系统,与高位钻孔抽采管、下向穿层钻孔抽采管连通,接通永久抽采系统;一路为低浓度瓦斯抽采系统,与低位钻孔抽采管、采空区埋管连通,接通井下移动抽采系统,即:永久抽采系统抽采穿层钻孔高浓度瓦斯,井下移动抽采系统抽采倾向顶板钻孔和采空区低浓度瓦斯。抽采的高浓度瓦斯(浓度 $\geq 25\%$)经永久抽采系统输送到地面可直接用于:民用燃气、工业锅炉燃气、瓦斯发电等;抽采的低浓度瓦斯经井下移动抽采系统直接排入回风大巷,进入风排瓦斯利用范畴。

4 技术应用效果

顾桥煤矿 1115(1)综采面回采 11 煤层,上部 80 ~ 90 m 存在 13 煤层,预计回采时相对瓦斯涌出量 $5.4 \text{ m}^3/\text{t}$,绝对瓦斯涌出量为 $37.4 \text{ m}^3/\text{min}$ 。其中约 $7.1 \text{ m}^3/\text{min}$ (19%) 为工作面落煤时瓦斯涌出量, $30.3 \text{ m}^3/\text{min}$ (81%) 为采空区遗煤、邻近层等采空区瓦斯涌出量。

图 11 是顾桥煤矿远程煤层群卸压瓦斯抽采钻孔布置图。低位抽采钻孔终孔位置位于 11-2 煤层顶板竖向裂隙区,终孔位于 13-1 煤层底板(距 11-2 煤层 45 ~ 55 m)的稳定的砂岩内。图 12 是正常生产时期留巷卸压抽采钻孔抽采瓦斯浓度和抽采瓦斯量关系曲线,图 13 是 1115(1)工作面正常生产时

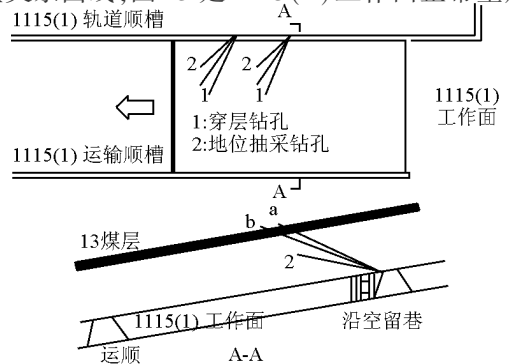


图 11 1115(1)工作面沿空留巷瓦斯抽采钻孔布置示意图
Fig. 11 Layout of methane drainage boreholes of panel 115(1)

期瓦斯涌出情况及瓦斯抽采率。由图 11,12 可以看出,穿层钻孔抽采远程卸压瓦斯,具有抽采浓度高(基本能保持在 30 % 以上)、抽采纯量大的特点(10 ~ 25 m³/min);低位钻孔由于其与冒落带连通,抽采的浓度相对要低一些(8 % ~ 10 %),抽采纯量相对小(5 ~ 8 m³/min);总的抽采量维持在 15 ~ 25 m³/min,风排瓦斯量 10 m³/min 以下,抽采率平均达 72 %。取得了较好的安全生产效果。

顾桥煤矿首采关键卸压层沿空留巷 Y 型通风煤气共采实践表明:1115(1)综采工作面采用沿空留巷 Y 型通风卸压抽采瓦斯技术,远程穿层钻孔替代传统的 C13 煤层底板抽放巷及其在该巷内施工的抽采钻孔;留巷内施工的低位抽采钻孔替代传统的抽采本煤层瓦斯的高抽巷,取得了较好的瓦斯治理效果,留巷回风流瓦斯浓度在 0.4 % 以下,消除了上隅角瓦斯超限现象,综采生产的安全可靠性显著提高。

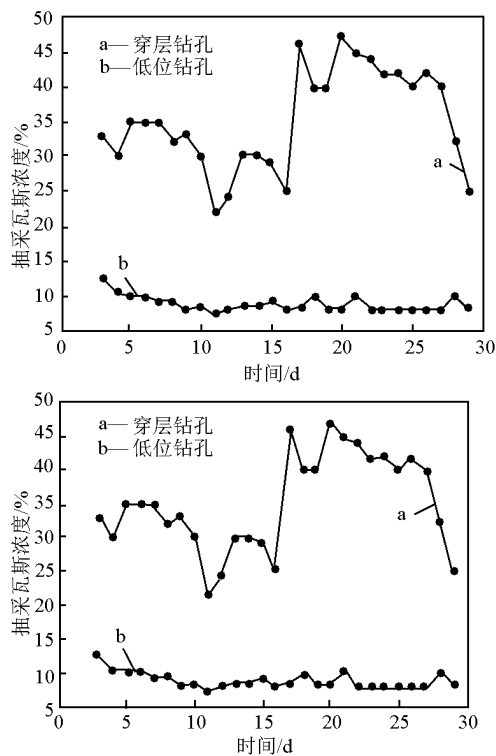


图 12 1115(1)工作面正常生产时期留巷卸压抽采钻孔抽采瓦斯浓度和抽采瓦斯量关系曲线
Fig. 12 Methane flowrate and concentration in normal retreat of panel 1115(1)

5 结语

低透气性煤层群无煤柱煤与瓦斯共采研究课题

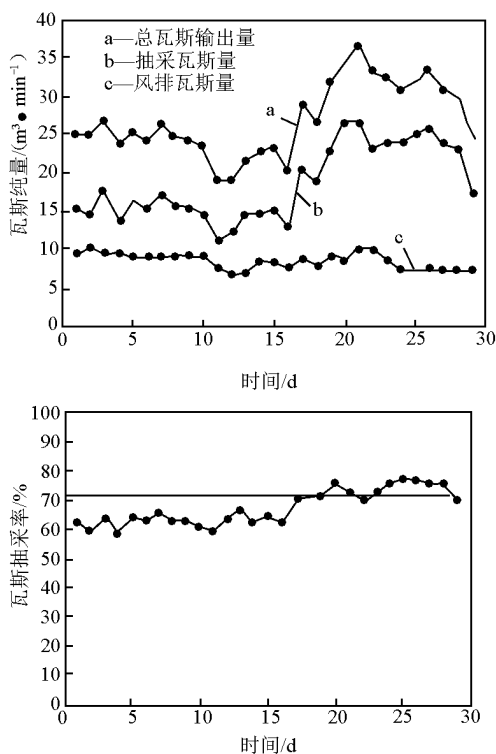


图 13 1115(1)工作面正常生产时期瓦斯涌出情况及瓦斯抽采率
Fig. 13 Methane emission and drainage ratio in normal retreat of panel 1115(1)

早已于 2007 年 12 月通过了行业鉴定。研究课题采用无煤柱沿空留巷 Y 型通风卸压开采,解决了深井高瓦斯、低渗透率、高地应力等复杂地质条件矿区煤与瓦斯共采的技术难题,创造了深井复杂地质条件下沿空留巷综采工作面月产 36×10^4 t,采区瓦斯抽采率 70 % 以上的喜人纪录。截止 2008 年 12 月底,该技术已在两淮矿区的 9 个煤矿 16 个采面工作面成功推广应用,2008 年,淮南矿区瓦斯抽采量 2.5×10^8 m³,抽采率 48 %,利用率 70 %,减排 1.75×10^8 m³,直接节约煤炭生产成本 8.81×10^8 元。正在推广应用此项的矿区有重庆能源集团、冀中能源集团、辽宁铁煤集团、山西华晋焦煤集团等,预计 2009 年此项技术可覆盖煤炭行业领域约 3×10^8 t 的煤炭开采量,节约煤炭生产成本 10 亿元。研究成果集成创新了沿空留巷 Y 型通风煤与瓦斯共采关键技术所涉及的理论、技术、材料、装备及工艺系统,初步实施取得了显著的经济、社会和环境效益,达到了国际领先水平,标志我国煤矿安全开采技术取得重大突破^[10]。

参考文献

- [1] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林, 等. 岩层控制的关键层理论[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003
- [2] 谢和平. 深部高地应力下资源开采与地下工程—机遇与挑战[R]. 北京: 第175次香山科学会议报告. 2002: 179 - 191
- [3] 周世宁. 煤矿瓦斯灾害防治理论战略研讨[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001
- [4] 张铁岗. 煤矿安全技术基础管理[M], 北京: 煤炭工业出版社, 2003
- [5] 彭苏萍, 刘咸卫. “三软”煤巷锚杆支护技术研究[J]. 煤炭学报, 2001, (02): 149 - 151
- [6] 袁亮. 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004
- [7] 俞启香, 程远平, 蒋承林, 等. 高瓦斯特厚煤层煤与卸压瓦斯共采原理及实践[J]. 中国矿业大学学报. 2004, 33(2): 128 - 131
- [8] 袁亮. 深井巷道围岩控制理论及淮南矿区工程实践[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004
- [9] 袁亮. 低透气煤层群首采关键层卸压开采采空侧瓦斯分布特征与抽采技术[J]. 煤炭学报, 2008, (12): 1362 - 1367
- [10] 杜祥琬. 创新工程技术支撑科学发展 [N]. 科学时报, 2009 - 01 - 09

Theory and practice of integrated pillarless coal production and methane extraction in multiseams of low permeability

Yuan liang

(National engineering research center for coal mine gas controlling, Huainan, Anhui 232001, China)

[Abstract] This thesis, based on innovations and practices of methane drainage in multiseams of low permeability and complicated geology in Huainan mining district, systematically describes theories and key technologies of integrated pillarless coal production and methane extraction with “Y” type ventilation system in multiseams of low permeability. Through analyses of deformation, fracturing and failure of rocks around goaf, methane movement and accumulation in and around the goaf are revealed, technologies to retain goaf edge roadways with innovative fill technologies are developed, and technological innovations in methane extraction are made with the retained goaf edge roadways and “Y” type ventilation systems.

[Key words] coal seams of low-permeability; integrated pillarless; retained roadway; methane; coal production and methane extraction