

综放开采“原位”沿空掘巷探讨*

孟金锁

(煤炭科学研究总院 北京 100013)

摘要 在分析综放开采工艺特点的基础上,首次提出了综放“原位”沿空掘巷的概念,即在上区段原废弃巷道位置开挖为下区段工作面服务的巷道。并从理论和技术上对其可行性进行了初步探讨;认为“原位”沿空掘巷可以最大限度地减少综放工作面“两巷”煤损,其位置处于悬臂平衡岩梁保护之下的免压区内,掘进、采放的人为扰动对巷道的影 响很小,因而巷道受力、变形亦很小;“原位”沿空巷道的掘进成巷及防漏风是需重点解决的技术问题。“原位”沿空掘巷是一种有发展前途、有理论探讨价值和很有必要进行现场试验的新的巷道布置方式。

关键词 综放开采,“原位”沿空掘巷,理论技术分析

分类号 TD821

1 引言

综采放顶煤在我国自80年代初试验研究以来,经过试验、发展、推广、完善、提高几个阶段,技术水平已处世界领先地位,并达到高产高效水平。但是,由于综放开采的采区回收率还比较低,在一定程度上制约着这一新技术在我国的推广应用。据统计,在综放采区损失的煤炭中,工作面区段煤柱损失约占9.5%,仅次于工作面顶煤损失(约占12.9%),而位于第二^[1],因而实现综放采区无煤柱开采和最大限度地提高“两巷”煤损的回收量,对提高采区回收率具有重要的意义,对我国综放开采技术的健康发展具有巨大的推动作用。

尽管综放开采技术近几年才得以广泛应用,但为了降低煤炭损失,兖州、开滦、枣庄、抚顺、郑州、阳泉等矿区都对综放沿空掘巷做了有益的尝试,为综放无煤柱开采积累了经验^[2~4]。

2 综放沿空掘巷矿压显现的一般规律

与中厚煤层和厚煤层分层开采一样,综放工作面采放以后,在其相邻的煤体(柱)上和一定范围的冒落区内将形成增压区、减压区、免压区,见图1。沿空掘巷时间掌握的原则是:采空区岩层活动已经终止,回采引起的应力重新分布已趋稳定。沿空巷道

从开掘到废弃,其变形要经历3个时期:(1)开掘巷道引起的支承压力重新分布而导致的巷道变形,称掘进影响期;(2)掘巷引起的围岩应力重新分布趋向稳定后,由于围岩(煤)的流变而引起的巷道变形,称为变形稳定期;(3)巷道受本区段工作面采放影响,重迭支承压力引起巷道围岩应力又一次重新分布导致的巷道变形,称为采放影响期。

在沿空掘巷前,岩层运动已经稳定的采空区附近的煤体,其支承压力分布及煤体应力处于极限平衡状态。支承压力峰值的深部煤体原有裂隙已经扩展(I_1),峰值压力外侧的煤体裂隙比较发育(I_2),煤体边缘减压区(II_1)的煤体裂隙已经贯通,而位于煤体外侧采空区为冒落后已经压实、胶结再生的顶煤和顶板岩石。从力学介质可将其划分为: I_1 —弹性区、 I_2 —塑性区、 II_1 —破裂区、 III —散体区。

在现场生产实际中,沿空掘巷又有沿采空区煤体边缘掘巷和与采空区之间保留小煤柱(2~5m)掘巷二种情况。无论何种情况,在掘进巷道时将破坏煤体原有的极限应力平衡状态,煤(岩)体应力在寻求新的平衡过程中,巷道周边煤体将出现新的破裂区、塑性区,支承压力将向煤体深部转移;当留小煤柱护巷时,小煤柱越宽,巷道就越靠近支承压力峰值,支承压力移动的范围就越大,而小煤柱随支承压力向深部转移遭到进一步破坏。巷道周边围岩(煤)体应力经过一段时间的重新分布后,达到了新的平衡。工作面采放将引起采场周围的岩层运动,在工作面前

1997年6月9日收到初稿,1997年12月14日收到修改稿。

* 国家自然科学基金资助项目(59874015)。

作者 孟金锁 简介:男,1962年生,硕士,1982年毕业于山西矿业学院采矿系,现任高级工程师,主要从事采煤工程方面的研究工作。

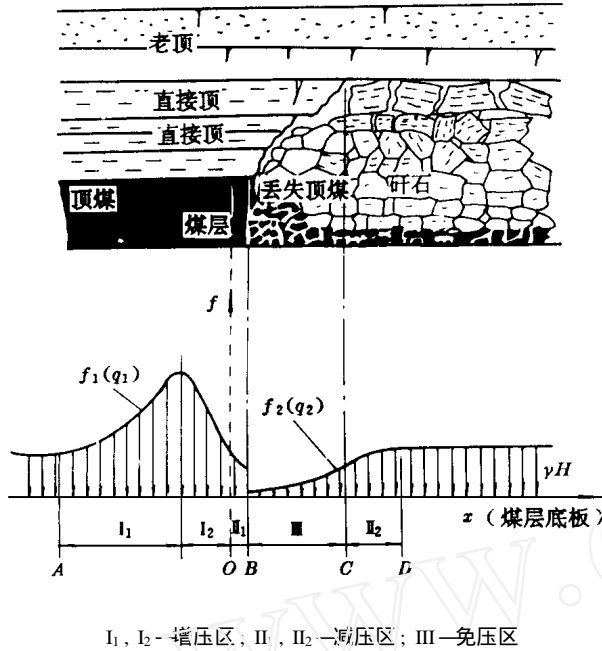


图1 综放面采放后采空区岩层冒落状况及底板应力分布示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the strata caving state in the goaf after top coal caving and the stress distribution on the floor

方形成的支承压力将与原有支承压力重叠, 由于重叠支承压力数倍于原有支承压力, 从而引起工作面前方巷道更大规模应力重新分布, 并导致小煤柱的剧烈破坏, 巷道两侧破裂区、塑性区范围加大。

围岩(煤)体应力重新分布的过程, 表现为围岩(煤)体产生变形的过程, 其结果是向处于相对自由面(体)的巷道产生位移。集中应力越大, 集中应力移动范围越大, 巷道周边煤岩体的强度(或自承能力)越低, 巷道变形也就越严重。采放引起的工作面前方支承压力数倍于相邻工作面回采后在煤体上形成的支承压力, 工作面采放期间对巷道变形的影响远大于掘进影响; 留小煤柱沿空掘巷时, 集中应力移动范围随小煤柱尺寸的增加而增大, 而且小煤柱在支承压力作用下已遭破坏, 强度很低, 因而小煤柱愈宽, 巷道变形愈严重, 也表现在小煤柱侧巷道的内移量大于另一侧。

从另一角度分析, 无论是掘进还是采放, 巷道变形都是人为撬动而导致支承压力重新分布的结果。安全沿空掘巷对支承压力重新分布的撬动较小, 留小煤柱次之, 而采放引起大范围的岩层运动必然是大规模的人为撬动。因而巷道布置、掘进都要尽量避免对相邻工作面采放后煤体上处于临界平衡状态的支承压力的撬动, 设法减弱采放撬动对巷道的影响。

3 “原位”沿空掘巷分析

如图1所示, 综放采区工作面由于巷道上方及过渡支架不放顶煤, 靠近煤体采空区一定范围内(4~6 m)被冒落顶煤所充填, 煤体以上顶板岩层以一定的垮落角度依次向采空区延伸, 并呈悬空或与其下部冒落岩石基本无力的传递状态, 悬空顶板岩层及部分上覆岩层的重量要转移到采空区侧的煤体上, 重量转移的过程即为支承压力形成的过程。靠近煤体侧的采空区由于上覆岩层悬臂梁式平衡结构的保护, 其下部冒落顶煤(岩)的重量在底板形成的应力远远低于原岩应力, 因而出现免压区; 随着接近平衡结构的边缘, 采空区底板应力逐渐接近原岩应力, 因而又出现一个减压区(II₂)。从平面模型力的平衡角度, 增压区高于原岩应力部分的压力, 应该等于减压区和免压区低于原岩应力部分的力, 即

$$F_1 = \int_0^A f_1(q_1) dx - H \cdot OA \cdot 1 \tag{1}$$

$$F_2 = H \cdot OD \cdot 1 - \left[\int_0^B f_1(q_1) dx + \int_B^D f_2(q_2) dx \right] \tag{2}$$

$$F_1 = F_2 \tag{3}$$

式中: $f_1(q_1)$, $f_2(q_2)$ ——分别为煤体和采空区在煤层底板上的应力分布函数;

——煤层及上覆岩层的平均容重/ kN m^{-3} ;

H ——煤层及上覆岩层的厚度/ m 。

由图2可以看出, 综放采区上区段综放工作面的下顺槽(运输巷)及其顶部、侧部已经被冒落顶煤所充填, 并处于悬臂平衡梁保护之下的免压区, 我们可以将综放工作面的上顺槽(回风巷)布置于此。为了区别于传统的完全沿空掘巷、留小煤柱沿空掘

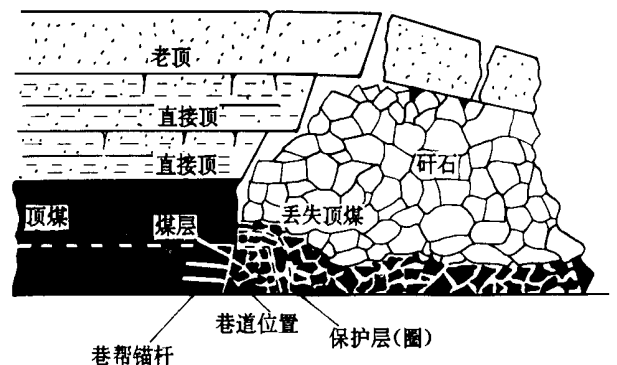


图2 原巷道顶煤及顶板冒落状况和“原位”沿空掘巷位置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the top coal and roof collapse states in the original roadway and the position for driving the “original site” gate road

巷,而称之为“原位”沿空掘巷,即沿上区段原(运输)巷道位置布置、开挖为下区段工作面服务的(回风)巷道。“原位”沿空掘巷就其位置而言基本等同于沿空留巷,但其避开了上区段采放工作面前后支承压力的作用,其变形仍是:掘进影响期、变形稳定期、采放影响期3个阶段。

传统的沿空掘巷都是在煤体内布置和开挖巷道,都无法避免掘巷对煤体支承压力的挠动,而“原位”沿空掘巷是在松散煤中掘巷,对煤体支承压力的挠动极小;巷道支架仅承受悬臂平衡梁以下巷道松动圈以内的岩重,受力很小,所以掘巷期间巷道的变形很小。

综放工作面采放引起煤层上覆岩层冒落和运动,老顶岩层的平衡结构及其上位岩层的部分重量、该平衡结构下悬臂岩梁的部分重量要转移到工作面前方,在由这二部分岩体重量转移形成的工作面前方支承压力作用和影响下,免压区原悬臂平衡岩梁的部分下位岩层将脱落,由于免压区的悬臂平衡岩梁与下部冒落岩石基本上没有力的传递关系,同时冒落松散岩石的承载能力远低于煤体,因而重叠支承压力将主要引起煤体的应力重新分布,所以工作面采放对“原位”沿空巷道的挠动也不大,其挠动主要是引起巷道煤体侧巷帮的内移。

由以上分析可知:“原位”沿空巷道处于悬臂岩梁平衡结构的保护之下,基本上避开了掘巷对煤体支承压力的挠动,工作面采放对“原位”沿空掘巷的挠动影响很小,因而其巷道变形应该很小,巷道的支护强度(支架支护阻力、密度)也应该相应降低;可以节约巷道的支护和维修费用。综放采区无煤柱开采的主要目的是提高采区回收率,“原位”沿空掘巷不仅避免了传统沿空掘巷时巷道顶煤及小煤柱的煤炭损失,而且能将原巷道丢失的大部分顶煤掘出,从而最大限度地降低了综放工作面“二巷”的煤炭损失。另外在冒落松散的煤体内掘巷,掘进机功率消耗低。

4 “原位”沿空掘巷技术措施分析

“原位”沿空掘巷是在冒落松散的煤中掘巷,由于松散煤及周围岩石的整体性较差,能否掘进成巷是“原位”沿空掘巷成败的关键,因而必须在掘巷前和掘巷过程中采取必要的技术措施,以防止掘进端面及服务期间巷道冒落空洞的形成。

(1) 为了促进冒落煤岩的胶结再生,提高巷道围岩的整体性、稳定性,在上区段回采过程中,向已冒落的巷道上方及采空区侧喷、注水;对胶结性差的煤岩,可以向上述区域喷、注高压水泥浆液,同

时起防漏风作用。为提高煤体自承能力,减小煤体破坏范围,在上区段工作面掘巷时,就应向煤体打非金属锚杆,以减少煤帮在巷道服务期间的内移量(见图2)。

(2) 掘巷时间:传统沿空掘巷的理论和实践已经证实,采空区岩层活动已经终止,回采引起的应力重新分布已趋稳定后,沿空掘巷的顶板和两帮变形将处于相对稳定状态。尽管“原位”沿空掘巷位置处于上位岩层平衡结构的保护之下,掘巷对煤体应力的挠动很小,采空区岩层运动对掘巷的影响较小,掘巷时间对“原位”掘巷的要求较宽松,但对处于冒落煤(岩)内的“原位”沿空掘巷来讲,采空区岩层运动的影响仍不可小视,而且煤层倾角越大,影响越明显。因而“原位”沿空巷道仍然要等采空区岩层活动终止后再进行掘巷作业。另一方面,间隔时间越长,越有利于冒落煤岩的胶结再生。

(3) 巷道断面可以是梯形、拱形或其他形状。为了保证巷道支架具有良好的受力状态,防止巷道周边煤岩的冒、脱落,“原位”沿空巷道掘进支护时必须挂网,并且要有及时、可靠的临时支护措施。由于煤体会产生较大位移,巷道下帮将会出现较大变形,甚至可能出现巷道的整体水平外移。

(4) 在自燃发火比较严重的兖州矿区,工作面采准巷道周边普遍采用喷水泥砂浆层(50~100 mm)作为防止漏风和自燃发火的手段。在这类条件下,“原位”巷道可以采用锚喷(网)支护、注浆锚杆网支护及混合支护方式;自燃发火危险不严重的条件可采用全长锚固锚杆网支护、支架网支护及混合支护方式。巷道上位岩层的悬臂平衡梁与冒落煤岩之间的不接顶(或非压实)空间,形成了一个漏风通道,该漏风通道在一定程度上消除了综放工作面上隅角的瓦斯积聚及其造成的危害,但同时带来了自燃发火的隐患,该漏风通道附近区域将成为自燃发火严重矿区的重点防治区域之一。

(5) 作为防治巷道冒落的手段,可采用聚氨酯化学加固巷道周边围岩,充填掘进、采放及整个服务期间巷道的冒落洞穴。

(6) 当冒落煤岩的胶结再生性很差,无法保证大断面“原位”巷道掘进成巷时,也可将部分断面布置、开挖在煤体内。但这将加剧巷道的非对称受力,相应引起支护结构也非对称受力,这对巷道支护十分不利。

5 结 论

综放沿空掘巷与厚煤层分层开采一样,要等采空区岩层活动终止后进行掘巷;“原位”沿空掘巷由

于巷道位置处于免压区, 巷道受掘进、采放的影响较小, 巷道变形亦很小; 而且不仅避免了传统沿空掘巷巷道顶煤及小煤柱的煤损, 还可将上区段巷道所丢失的大部分顶煤掘出, 从而最大限度地减少了“二巷”煤损, 所以巷道位置最为合理; 目前已有的技术措施和手段也为实现“原位”沿空掘巷提供了基本保证, 因而我们认为, 实现“原位”沿空掘巷从理论和技术上都是可行的; 我们也相信: “原位”沿空掘巷将会逐步在综放无煤柱开采中发挥重要作用, 并最终取代综放开采中的传统沿空掘巷方式。但是, “原位”沿空掘巷作为无煤柱开采领域的一项新技术, 本文的探讨还是比较初步的, 还有许多问题有待从理论和技术上做进一步探索、研究。

致谢 本文写作得到了刘天泉院士、吴健教授、张玉卓研究员的指导, 兖州(矿业)集团有限责任公司

副总工程师黄福昌高级工程师给予了支持和帮助, 谨致谢意!

参 考 文 献

- 1 孟金锁. 综放采区煤炭损失构成及对策分析. 煤炭学报, 1998, 23(3): 305~309
- 2 袁鲁义, 魏建青, 姚建国等. 采用智能型数值模型对 63_上10 采面矿压及巷道变形作超前趋势分析. 煤矿开采, 1996, (专辑): 23~30
- 3 林 西. 提高综放工作面回采率的几点做法. 煤矿开采, 1997, (1): 18~20
- 4 庄玉伦, 赵桂先, 张克法等. 无煤柱综放开采旁路式注氮防火技术. 煤炭科学技术, 1996, 24(4): 22~25
- 5 陈炎光, 陆士良. 中国煤矿巷道围岩控制. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1994, 133~157
- 6 陆士良. 无煤柱护巷的矿压显现. 北京: 煤炭工业出版社, 1982, 57~71

STUDY ON DRIVING GATEROAD ON "ORIGINAL SITE" IN FULLY MECHANIZED TOP COAL CAVING MINING

Meng Jinsuo

(Central Coal Research Institute, Beijing 100013)

Abstract The new concept of driving the gate road on "original site" in fully mechanized top coal caving mining is first put forward on the basis of the analysis about the technical features of this mining method. That is, the gate road for the face in next district is on the site where the original roadway was excavated and abandoned for the last district. Meanwhile, the feasibility of this method is preliminarily analyzed from theoretical and technical aspects. It is considered that the gate roads driven on the "original site" can extremely reduce the coal loss along the maingate and tailgate in the fully mechanized top coal caving face. The gate road is situated in the stress relief zone under the protection of the equilibrium cantilever rock beam, so the roadway is almost not influenced by driving and mining activities with small deformation and stresses around it. The key technical problems are the roadway support in driving state and air leakage protection. Driving the gate road on the "original site" is a new promising roadway layout method. It deserves to be studied theoretically and tested in fields.

Key words fully mechanized top coal caving mining, driving the gate road on "original site", theoretical and technical analyses