

综 述

缓倾斜厚煤层综放回采巷道布置方式的现状分析

郭灵飞¹, 康天合², 陈世江¹, 潘月军³

(1. 内蒙古科技大学 矿业工程学院, 内蒙古 包头 014010; 2. 太原理工大学 采矿工艺研究所, 山西 太原 030024;

3. 神东煤炭集团 补连塔选煤厂, 内蒙古 鄂尔多斯 017209)

摘 要 针对缓倾斜厚煤层综放开采回采巷道布置方式进行了研究分析, 研究表明: 我国缓倾斜厚煤层综放回采巷道主要的布置方式是沿煤层底板两巷式布置, 在此基础上为解决瓦斯超限问题演变出 U+L 外错型、U+L 内错型、U+I 型、J(或 h 或 Y) 型、“吕”字型、W 型、B(E) 型、双 U 型、U+L+高抽巷、J+E 型等巷道布置方式; 为解决“两硬”煤层问题, 主要是沿工作面中部煤层顶板布置 1 条或 2 条工艺巷; 为解决松软破碎煤层中巷道支护难的问题, 采用双向“凹字型”布置方式; 为提高采出率, 主要采用沿空留巷、沿空掘巷和错层位布置等。由此, 对各种类型的巷道布置方式进行了比较, 分析了各自的优缺点及其使用条件等, 该研究成果对煤矿选择合理巷道布置方式有一定指导意义。

关键词 缓倾斜; 厚煤层; 综放; 回采巷道布置方式

中图分类号 TD822.2 **文献标识码** B **文章编号** 1006-6225(2014)02-0001-04

Status Analysis of Layout Manner of Full-mechanized Caving Roadway in Soft-inclined Thick Coal-seam

综放技术于 20 世纪 80 年代初引进我国, 经过 30 多年取得了迅速发展与创新, 回采巷道的布置方式也在不断地发展与完善, 一种适合矿井生产的巷道布置方式, 能够易于瓦斯排放、利于弱化顶煤顶板、提高采出率、解决巷道掘进与支护的困难等。

本文对缓倾斜厚煤层综放回采巷道布置方式进行总结分析, 从高瓦斯矿井、“两硬”煤层、松软破碎煤层、小煤柱或无煤柱护巷等方面考虑, 总结目前各种类型回采巷道的布置方式, 分析各自的优缺点、适用条件, 有助于煤矿选择合理的回采巷道布置方式。

1 专用排放瓦斯巷的布置

由于综放开采一次采出煤炭量大, 工作面的瓦斯超限是影响安全高效回采的主要问题, 而目前解决该问题的主要方法是矿井通风。

U 型通风系统^[1] (或两巷式) 是应用较为广泛的方式, 即只沿煤层底板布置 1 条运输巷和 1 条回风巷, 具有巷道的掘进和维护费用低、向采空区漏风少、风流稳定、易于管理等优点, 但易引起上隅角瓦斯积聚, 形成涡流区, 造成工作面上隅角瓦斯浓度大, 易超限, 制约采煤工作面的安全生产。

我国学者和工作人员经过多年研究和实践, 在 U 型通风系统的基础上, 增加 1 条或多条用于治理

瓦斯超限的专用瓦斯巷道。

1.1 增加 1 条专用瓦斯巷

U+L 型外错式通风系统^[2] 包括 U 型通风系统和与回风巷外错 20m 左右的专用瓦斯巷, 这条瓦斯巷可以沿顶板布置, 也可沿底板布置, 回风巷与瓦斯巷之间间隔一定距离 (30~50m) 用联络巷沟通。瓦斯巷沿顶板布置更有利于上隅角瓦斯的排放, 而沿底板布置的瓦斯巷在上工作面回采结束后可作为下工作面的巷道使用。但不管何种布置都增加了大量的采区煤柱。

U+L 型内错式通风系统^[2] 包括 U 型通风系统和与回风巷内错 20m 左右的专用瓦斯巷, 使工作面采空侧产生负压区来控制上隅角瓦斯的积聚。但该瓦斯巷经常受到放煤的影响, 提前冒落坍塌, 不能真正发挥治理上隅角瓦斯的作用。

U+I 型通风系统也称顶层瓦斯巷外错小煤柱护巷技术^[3], 包括 U 型通风系统和与回风巷平行并外错回风巷 0~5m 并联布置顶板专用瓦斯巷。该布置方式能解决放顶煤工作面上段、上隅角和采空区的瓦斯与煤尘积聚, 特别是上隅角上部空间瓦斯与煤尘的积聚, 并实现小煤柱放顶煤开采, 提高煤炭采出率创造了良好的力学环境。但该布置方式易向采空区漏风, 对于易自燃煤层可能发生火灾。

J(或 h 或 Y) 型通风系统^[4-6] 包括 U 型通风

收稿日期 2013-09-11

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2014.02.001

作者简介 郭灵飞 (1984-), 男, 山西吕梁人, 硕士, 讲师, 主要从事综放开采、巷道支护和煤层注水方面的教学和研究。

引用格式 郭灵飞, 康天合, 陈世江, 等. 缓倾斜厚煤层综放回采巷道布置方式的现状分析 [J]. 煤矿开采, 2014, 19(2): 1-4, 23.

系统和 U 型通风系统的回风巷在进入采空区后继续保留作排瓦斯专用巷。其中 J (或 h) 通风系统构成“一进两回”通风方式,即运输巷进风,经工作面,由回风巷和专用瓦斯巷回风。而 Y 型通风构成“两进一回”的通风方式,即运输巷和回风巷同时进风,由专用瓦斯巷回风。沿空排瓦斯巷纵贯采空区,改变了采空区瓦斯源的流向,消除了采空区瓦斯引起工作面和上隅角局部地点积聚的可能性。但是该布置方式易向采空区漏风,对于易自燃煤层可能发生火灾。

“吕”字形巷道布置^[5]包括两巷式和回风巷的正上方沿煤层顶板布置的专用瓦斯巷。该瓦斯巷比内错或外错瓦斯巷的排放瓦斯效果更好,而且对回风巷有卸压作用,这种作用随瓦斯巷宽度的增加而增加。但是要求煤层较厚(一般在 9m 以上),特别对于软煤层来说,上下巷道间距不能过小,以免漏风。对于回风巷的支护提出了更高的要求,不易于采用锚杆支护。

W 型通风系统^[6]包括 U 型通风系统和布置于工作面中间沿煤层顶板掘进的瓦斯巷,该瓦斯巷直接与回风上山沟通。为了防止工作面风速和上隅角瓦斯超限,采用两巷进风,瓦斯巷回风的“两进一回”的通风方式,但瓦斯巷也会受采动影响使其通风不畅。

B (E) 通风系统^[7]包括 U 型通风系统和与回风巷内错 10 ~ 15m 的专用瓦斯巷,该瓦斯巷直接与回风上山连通。在回风上山中设置 1 个风窗,可以调节风窗的开启面积,使得专用瓦斯排放巷和回风巷内的瓦斯排出浓度降低至 1% 以下。

还有一种用于排放瓦斯通风系统布置方式是在 U 型通风系统的基础上,在本煤层顶板上邻近煤层中,沿煤层走向或倾向布置 1 条高抽巷^[8]。该布置方式适用于本工作面或邻近层瓦斯涌出量较大,采空区瓦斯含量较高,回风流瓦斯浓度无法降低的开采条件。

1.2 增加多条抽排瓦斯巷

双 U 型通风系统^[9]是 2 个 U 型系统叠加,形成“两进两回”的通风方式。该布置方式由外侧的大“U”嵌套内侧的小“U”,外侧的“U”型通风巷道 1 条巷用作进风巷、1 条巷用作专用排瓦斯巷,这 2 条巷通过通风联络巷连接;内侧的小“U”型通风巷道 1 条巷道用作运输兼进风巷,1 条巷用作工作面回风巷,这 2 条巷道通过工作面连通;进风巷与运输巷、回风巷与专用排瓦斯巷之间每隔 100 ~ 120m 设置了调节风窗或密闭的横川,

便于调节使用。

U + L + 高抽巷^[10]是 U + L 型通风系统和高抽巷的叠加。该布置方式是在 U + L 内错式或外错式通风系统的基础上,在本煤层顶板或上邻近煤层中布置高抽巷。

J + E 型通风系统^[11]是 J 和 E 通风系统的叠加。运输巷、回风巷及相邻工作面切眼构成 J 型通风系统,运输巷、回风巷及瓦斯巷构成 E 型通风系统。J + E 型通风系统具有 J 型通风系统排放瓦斯量大和风量的可调节控制以及 E 型通风系统简单可靠的优点,解决了工作面特别是上隅角瓦斯超限的问题,使工作面的通风系统得到了优化,进一步降低了瓦斯给生产带来的危害。

对于增加多条抽排瓦斯巷的系统,能够很好地解决瓦斯积聚的问题,但是无疑增加了多条巷道,从而增加了大量的掘进费用。

表 1 为缓倾斜厚煤层专用排放瓦斯巷的布置方式。

2 “两硬”厚煤层综放回采巷道布置方式

“两硬”是指:顶板 $f > 11$; 顶煤 $f > 3$ 。顶煤强度高,且层、节理通常不发育,顶煤的块度大,自然破碎效果较差,不易放出,降低采出率;坚硬顶板在初次来压和周期来压期间支柱载荷过大,支柱初撑力不足或有较大悬顶,直接顶冒落后不能充满采空区或离层后与上覆坚硬岩层冒落不同步,是工作面易发生压垮型冒顶事故的主要原因。为了提高“两硬”厚煤层综放开采的采出率,保障工作面的安全高效回采,必须采取相应的弱化顶煤和顶板的措施。实施这一措施的主要方法是工艺巷内进行深孔松动爆破。

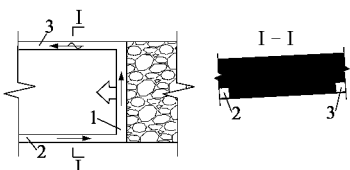
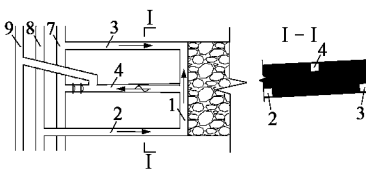
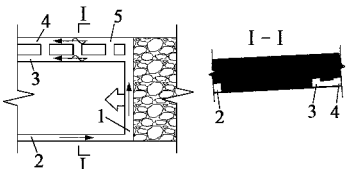
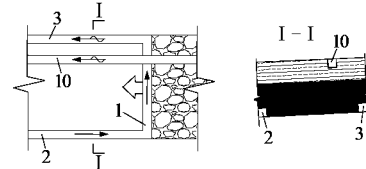
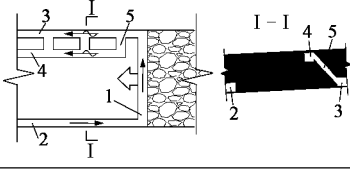
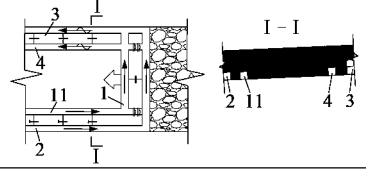
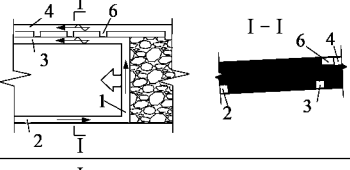
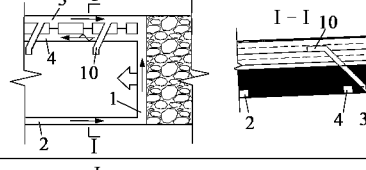
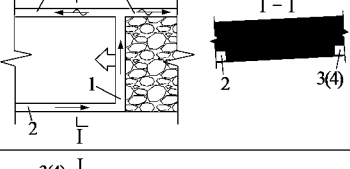
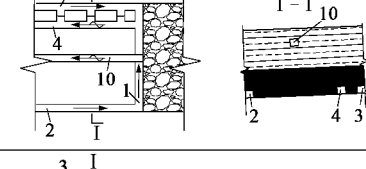
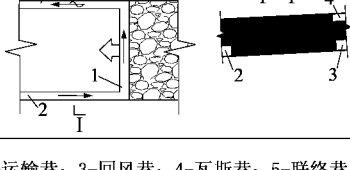
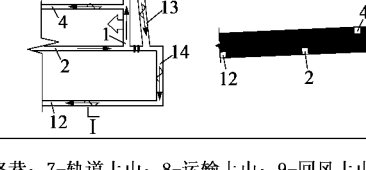
回采工作面只布置 2 条巷道,在巷道中直接间隔一定的距离打深孔松动爆破钻孔,以弱化顶煤和顶板。该布置方式减少了掘进率,但是对 2 条巷道支护提出了更高的要求。

专用工艺巷^[14-15]的布置:综放工作面沿煤层底板布置 2 条巷道,沿煤层顶板布置工艺巷,作为顶煤松动预爆破和顶板弱化预处理专用巷。若工作面较短,只需布置 1 条工艺巷,若工作面较长,可布置 2 条工艺巷。图 1 为缓倾斜厚煤层专用工艺巷的布置方式。

3 松软破碎厚煤层综放回采巷道布置方式

若回采巷道沿松软破碎煤层底板布置,巷道掘进与支护十分困难,甚至会引起煤层自然发火,此

表 1 缓倾斜厚煤层专用排放瓦斯巷的布置方式

名称	简图	名称	简图
U型		W型	
U+L外错式		高抽巷	
U+L内错式		双U型	
U+I型		U+L+倾向高抽巷	
J型		U+L+走向高抽巷	
“吕”字型		J+E型	

1-工作面; 2-运输巷; 3-回风巷; 4-瓦斯巷; 5-联络巷; 6-瓦斯巷与采空区的联络巷; 7-轨道上山; 8-运输上山; 9-回风上山
10-高抽巷; 11-进风巷; 12-相邻工作面运输巷; 13-尾巷; 14-相邻工作面切眼

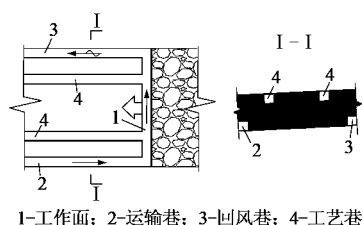


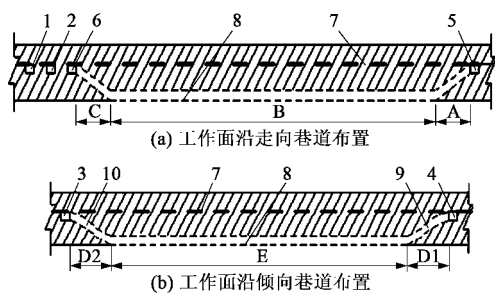
图 1 缓倾斜厚煤层专用工艺巷的布置方式

时可将回采巷道沿煤层的稳定层掘进（稳定层可为厚煤层的稳定矸石层或较坚硬的煤层分层或煤层顶板），即将工作面运输巷、回风巷、开切眼均沿稳定层布置，形成在工作面长度方向和推进方向的双向“凹字型”布置方式^[14]，在工作面长度方向，上下巷及工作面两端头位于稳定层，工作面中间大部分沿煤层底板布置，变坡段连接工作面长度方向

上下三段（图 2（a））；在工作面推进方向，开切眼与终采线处的设备回撤通道位于稳定层，工作面正常推进期间沿煤层底板布置，以 $\theta = 15^\circ$ 变坡角连接工作面推进方向的上下三段（图 2（b））。该布置方式巷道的顶板较完整坚硬，有利于巷道掘进与支护；巷道沿煤层稳定层布置，由于煤层或岩层稳定和工作面上下端头采高高低，有利于实现小煤柱或无煤柱护巷，减小区段煤柱损失；工作面上下巷和设备回撤通道比工作面正常回采段层位高，有利于工作面特别是其上隅角内的瓦斯排放。

4 小煤柱或无煤柱巷道布置方式

煤炭资源在我国一次能源消费结构中占 75%，而且煤炭是一种不可再生资源，因此，必须合理利



1—采区回风巷;2—采区进风巷;3—运输巷;4—回风巷;5—开切眼;
6—设备回撤巷;7—稳定层;8—煤层底板;9—变坡道 I;
10—变坡道 II;A—初采区段;B—中间回采区段;C—末采区段;
D1—变坡回采段 I;D2—变坡回采段 II;E—沿底回采段

图 2 厚煤层双向“凹字型”巷道布置

用煤炭资源走可持续发展之路。实施小煤柱或无煤柱的巷道布置是实现可持续发展的一项措施。

沿空留巷和沿空掘巷属于区段无煤柱护巷技术,区段平巷沿采空区布置,能够避开或减小支承应力对巷道的影响,提高采区采出率。沿空留巷不仅可减少区段煤柱的损失,而且可大量减少平巷的掘进工程量,但是巷道需要经常进行维修,故要求上区段结束回采后立即转入下区段回采。沿空掘巷是区段平巷沿着已采工作面的采空区边缘掘进,与沿空留巷相比,这种方法没有减少区段平巷的掘进量,但是减少了巷道维修费用,而且对巷道支护要求也不太严格。这两种巷道布置的方式在回采的过程中均向采空区漏风,易引起煤层发火,故适用于不易自燃的煤层^[1]。

错层位布置^[8]是将工作面的运输巷和回风巷分别布置在厚煤层的不同层位,见图 3。

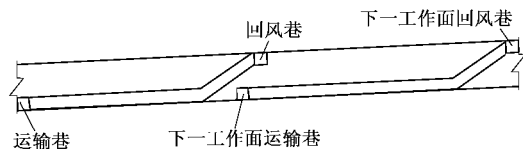


图 3 缓倾斜厚煤层错层位巷道布置方式

当煤层倾角较小时,区段运输巷沿煤层底板,回风巷沿煤层顶板布置,下工作面的运输巷布置在上工作面回风巷之下的三角煤柱中。当煤层倾角较大时,回风巷沿底板布置,运输巷沿顶板布置,下工作面的回风巷布置在上工作面运输巷之下的三角煤柱中。该布置方式消除了区段煤柱,只是留下少量的三角煤柱,提高了采出率,但是对于三角煤柱中布置的巷道,其巷道支护有一定的要求,对于实施锚杆支护技术有一定的困难。

5 结论

我国缓倾斜厚煤层综放回采巷道主要的布置方

式是沿煤层底板两巷式布置,其通风方式是 U 型通风系统,在能满足矿井安全高效回采的前提下,尽量应用该布置方式。但在特定条件下,为解决各类问题在此基础上演变出处理多种巷道布置方式,现总结如下:

(1) 解决瓦斯超限问题,增加 1 条专用瓦斯巷的布置方式有:U+L 外错型、U+L 内错型、U+I 型、J (或 h 或 Y) 型、“吕”字型、W 型、B (E) 型等;增加多条专用瓦斯巷的布置方式有:双 U 型、U+L+高抽巷、J+E 型等。

(2) “两硬”条件下,厚煤层综放回采巷道布置方式主要是沿煤层顶板掘进工艺巷,工艺巷可以根据工作面长度布置 1 条或 2 条。

(3) 松软破碎厚煤层综放回采巷道布置方式主要是双向“凹字型”布置,但该布置方式在矿山应用较少。

(4) 小煤柱或无煤柱巷道布置方式有:沿空留巷、沿空掘巷和错层位布置等。

本文分析了缓倾斜厚煤层综放回采巷道各种布置方式的优缺点及其适用条件,为煤矿选择合理的布置方式,促进安全高效回采提供一些依据,具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 林柏泉,张仁贵. U 型通风工作面采空区瓦斯涌出及其治理[J]. 煤炭学报,1998,23 (2): 155-160.
- [2] 贾德毅,武建国. 高产综放工作面瓦斯治理技术[J]. 煤炭科技,2008 (2): 30-32.
- [3] 康天合,杨永康,王开,等. 一种放顶煤工作面 U+I 型通风系统[J]. 中国专利:1648412A,2009-08-05.
- [4] 王凯,吴伟阳. J 型通风综放采空区流场与瓦斯运移数值模拟[J]. 中国矿业大学学报,2007,36 (3): 277-282.
- [5] 张琰东. Y 型通风方式治理高产综采面瓦斯研究[J]. 煤,2005,14 (2): 17-18.
- [6] 王凯,俞后香,缪协兴,等. 综放采场 J 型通风系统治理高瓦斯涌出的研究[J]. 中国矿业大学学报,2004,33 (4): 365-369.
- [7] 茅献彪,缪协兴,钱鸣高. “吕”字形巷道布置的卸压机理分析[J]. 力学与实践,2000,22 (6): 39-41.
- [8] 王彦凯,李兵,郝福锁,等. W 型和 U 型通风方式的比较[J]. 煤,2000,9 (6): 46-47.
- [9] 金龙哲,石晶,刘双跃. 利用 B 型通风方式治理瓦斯的理论计算与研究[J]. 矿业安全与环保,2006,33 (3): 28-30.
- [10] 李青柏,李文洲. 高抽巷布置优化设计及分析[J]. 煤矿开采,2010,15 (5): 28-29.
- [11] 吴玉国,邬剑明,王俊峰,等. 双 U 型通风系统综放开采采空区瓦斯分布规律[J]. 煤炭学报,2011,36 (10): 1704-1708.

(下转 23 页)

这是因为其能获得地震属性与速度曲线间更好的非

3 结论

(1) 利用经验公式法预测声波测井曲线, 只是对一种或几种测井曲线进行数学转换, 因此预测结果较快且容易掌握, 但得到的预测结果精度不高。其主要适用于缺失测井曲线或地震数据极差的地区。

(2) 地震属性分析法是利用整个地震数据体进行预测, 利用横向和纵向的线性拟合来建立地震属性与目标测井曲线的线形关系, 其预测精度要高于经验公式法。

(3) 神经网络法可以建立地震数据和测井数据间的非线性关系, 训练时间较长, 但在煤田中, 其预测声波测井曲线的精度要高于上述 2 种方法。神经网络法是预测声波测井曲线的最佳方法。

(4) 利用神经网络预测声波曲线之前, 需要做属性分析, 在计算上两者有一定的继承性。进一步改善多属性拟合的预测精度, 可以得到更高的神经网络预测精度, 能够为后续的地震反演提供可靠的声波速度曲线。

参考文献

- [1] 杨志力, 周路, 彭文利, 等. BP 神经网络技术在声波测井曲线重构中的运用 [J]. 西南石油大学学报 (自然科学版), 2008, 30 (1): 63-66.
- [2] 张兴岩, 潘冬明, 张华, 等. 波阻抗反演在提高煤层分辨率上的应用 [J]. 煤炭科学技术, 2009, 37 (1): 96-98.
- [3] 陈亮, 熊琦华, 王才经. 虚拟井预测法及其应用 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 1997, 21 (5): 16-20.
- [4] 彭苏萍, 孔炜, 杨瑞召, 等. 煤田反演的声波测井曲线重构 [J]. 北京工业职业技术学院学报, 2003, 2 (4): 11-16.
- [5] 孔炜, 杨瑞召, 彭苏萍. 地震多属性分析在煤田拟声波三维数据体预测中的应用 [J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32

线性关系。

(4): 443-446.

- [6] 张永军, 程超, 梁涛, 等. 基于 BP 神经网络的测井曲线构建 [J]. 西部探矿工程, 2006, 18 (2): 82-85.
- [7] 张丽红, 师素珍, 袁莉, 等. 多属性技术在底板砂岩富水性预测中的应用 [J]. 北京工业职业技术学院学报, 2011, 10 (3): 1-3.
- [8] 张亚斌, 瞿亦斌, 陈忠云. 神经网络技术在测井曲线重构中的应用 [J]. 石油天然气学报, 2011, 33 (3): 89-94.
- [9] 沈向存, 杨江峰. 声波曲线重构技术在地震反演中的应用 [J]. 中国西部油气地质, 2006, 2 (4): 436-439.
- [10] 李忠荣, 马先林, 周坤瑞, 等. 虚拟井测井曲线的预测技术 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 1994, 18 (4): 20-25.
- [11] Faust L Y. A Velocity Function Including Lithology Variation [J]. Geophysics, 1953, 18 (2): 271-288.
- [12] 贺懿, 刘怀山, 毛传龙, 等. 多曲线声波重构技术在储层预测中的应用研究 [J]. 石油地球物理勘探, 2008, 43 (5).
- [13] 石双虎, 何樵登, 滕吉文, 等. 利用多元地震属性预测测井特性 [J]. 西北地震学报, 2006, 28 (4): 309-313.
- [14] Schultz P S, Ronen S, Hattori M, et al. Seismic-guided Estimation of Log Properties, Parts 1 [J]. The Leading Edge, 1994, 13 (5): 305-310.
- [15] Hampson D P, Schuelke J S, Quirein J A. Use of Multiattribute Transforms to Predict Log Properties from Seismic Data [J]. Geophysics, 2001, 66 (1): 220-236.
- [16] Draper N R, Smith H. Applied Regression Analysis [M]. Michigan: John, Wiley & Sons, Inc., 1966.
- [17] Ronen S, Schultz P S, Hattori M, et al. Seismic-guided Estimation of Log Properties, Parts 2 [J]. The Leading Edge, 1994, 13 (6): 674-678.
- [18] LIU Zheng-ping, LIU Jia-qi. Seismic-controlled Nonlinear Extrapolation of Well Parameters Using Neural Networks [J]. Geophysics, 1998, 63 (6): 2035-2041.
- [19] 彭苏萍, 邹冠贵, 李巧灵. 测井约束地震反演在煤厚预测中的应用研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2008, 37 (6).
- [20] LIN Qing-xi, SHI Su-zhen, LI Shan-shan, et al. Application of Well Log Normalization in Coalfield Seismic Inversion [J]. Journal of Coal Science & Engineering, 2013, 19 (2).

责任编辑: 施红霞

(上接 4 页)

- [2] 刘庆礼. 高瓦斯综采放顶煤工作面瓦斯抽放设计 [J]. 中州煤炭, 2007 (4): 88-90.
- [3] 简俊杰, 吴增光. “J+E”型通风方式在王庄煤矿的应用 [J]. 煤, 2008, 17 (1): 51-52.
- [4] 赵军. 大同云冈矿“两硬”条件下综采放顶煤开采探讨 [J]. 华北科技学院学报, 2004, 1 (4): 65-66.
- [5] 孟凡龙. “两硬”综放工作面综合防灭火技术 [J]. 煤炭工程, 2007 (10): 58-60.
- [6] 康天合, 郭灵飞, 柴肇云, 等. 厚煤层沿稳定层布巷的双向凹字型采煤方法 [J]. 中国专利: 101915099A, 2010-12-15.
- [7] 徐永圻. 煤矿开采学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社.

1999.

- [8] 赵景礼. 厚煤层错层位巷道布置采全厚采煤法的研究 [J]. 煤炭学报, 2004, 29 (2): 142-145.
- [9] 邵昊. 高瓦斯易自燃采空区双层遗煤均压通风系统研究 [J]. 徐州: 中国矿业大学, 2011.
- [10] 宋万新. 含瓦斯风流对煤自燃氧化特性影响的理论及应用研究 [J]. 徐州: 中国矿业大学, 2012.
- [11] 简俊杰, 吴增光. “J+E”型通风方式在王庄煤矿的应用 [J]. 煤矿开采, 2008, 13 (1): 75-76.
- [12] 张飞, 巩志忠, 许国平, 等. 大采高综采设备在斜沟煤矿厚煤层回采中的应用 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (10): 45-48.

责任编辑: 邹正立