

文章编号: 1000-1964(2004)02-0127-05

# 高瓦斯特厚煤层煤与卸压瓦斯共采原理及实践

俞启香, 程远平, 蒋承林, 周世宁

(中国矿业大学 能源科学与工程学院, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** 论述了高瓦斯低透气性有煤与瓦斯突出危险特厚煤层和上覆采动断裂带有高瓦斯涌出的特厚煤层两种煤与瓦斯高产高效卸压共采模式、原理及其实践所取得的丰硕成果。阐明了现场考察得出的煤层采动引起远程上覆煤层卸压变形规律与卸压瓦斯抽采规律。

**关键词:** 高瓦斯; 低透气性; 卸压; 煤与瓦斯高效共采

**中图分类号:** TD 823 **文献标识码:** A

## Principles and Applications of Exploitation of Coal and Pressure Relief Gas in Thick and High-Gas Seams

YU Qi-xiang, CHENG Yuan-ping, JIANG Cheng-lin, ZHOU Shi-ning

(School of Mineral and Energy Resources, CUMT, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

**Abstract:** The high-gas and low permeability thick seam were studied, where exist some danger of coal-gas outburst and high gas inflow. Two kinds of exploiting models of coal-gas and the principles were proposed, with which some program has been made in practice. In the course of site investigation, the discharging deformation rule of distant upper rock stratum s caused by seam mining was obtained; at the same time, the rule of pressure relief gas rush was tested.

**Key words:** high gas; low permeability; discharge; high-efficient exploitation of coal and gas

煤炭是我国的主要能源,在国民经济能源结构中占据很重要的位置。煤炭生产的高产高效、安全、洁净和减少环境破坏,是现代煤炭企业可持续发展必由之路,是现代煤炭生产最活跃的因素和最重要的推动力量。我国井工煤矿都是瓦斯矿井,瓦斯灾害严重威胁着煤矿的安全生产,极大制约着高产高效技术的采用与效果。传统的风排瓦斯方法有时不仅不合理,限制生产而且还污染大气环境加重温室效应。煤矿瓦斯灾害防治已成为公众关注的热点问题。瓦斯是一种洁净高热值能源和化学原料,研究既能有效地防止瓦斯灾害的发生,又能把瓦斯资源高效安全的抽采出来造福于人类是人们长期以来的追求。瓦斯是与煤共生并赋存于煤层内的气藏,抽采煤层瓦斯的难易程度决定于煤层透气性的好

坏,我国大多数煤层的透气性非常差,在自然条件下抽采这类煤层瓦斯很难,这也是世界性难题。近年来,淮南、阳泉等高瓦斯矿区,贯彻“先抽后采、监测监控、以风定产”方针,依靠科技进步,在特厚煤层采用综合机械化放顶煤开采技术的同时,创造出煤与瓦斯共采模式,取得令人瞩目的效果,本文将论述两种模式、原理及其实践效果。

### 1 有煤与瓦斯突出危险特厚煤层的煤与卸压瓦斯共采

#### 1.1 理论基础

煤层的采动会引起其周围岩层产生“卸压增透”效应,即引起周围岩层地应力封闭的破坏(地应力降低、卸压、孔隙与裂缝增生张开)、层间岩层封

收稿日期: 2003-10-16

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50134040); 国家“十五”重点科技攻关项目(2001BA803B0412)

作者简介: 俞启香(1935-),男,江苏省宜兴市人,中国矿业大学教授,博士生导师,从事安全技术及工程、矿井瓦斯防治与抽采方面的研究。

闭的破坏(上覆煤岩层垮落、破裂、下沉;下伏煤岩层破裂、上鼓)以及地质构造封闭的破坏(封闭的地质构造因采动而开放、松弛),三者综合导致围岩及其煤层的透气性系数大幅度增加,为卸压瓦斯高产高效抽采创造前提条件

从卸压瓦斯流动通道观点看,采动破坏的造缝作用在采空区上方垂向方向上形成“三带”:垮落带(形成贯通采场的空洞与裂缝网络通道)、断裂带(形成层向与垂向裂缝网络通道)和弯曲下沉带(形成层内层向裂缝网络通道)。煤层开采在上覆岩层中形成的采动裂缝垂向分带模型如图 1 所示。从卸压瓦斯流动观点看,岩层的垮落、自然充填的支撑和压实等作用,在采空区上方的横向方向上也产生“三带”:初始卸压增透增流带、卸压充分高透高流带和地压恢复减透减流带,这横向的“三带”在垂向的“断裂带”和“弯曲下沉带”内都存在,煤层开采在其上覆岩层中形成的采动裂缝横向分带模型如图 2 所示

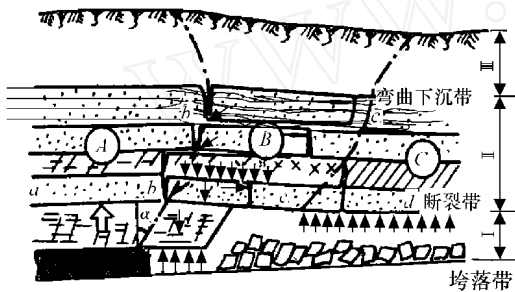


图 1 煤层采动在上覆岩层中形成的采动裂缝垂向分带模型

Fig. 1 The vertical distribution of mining cracks in upper rock stratum s

A (a- b) 煤壁支撑影响区; b 初始断裂点;  
B (b- c) 断裂离层区; C (c- d) 重新压实区

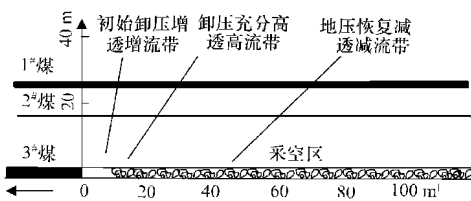


图 2 煤层采动在上覆岩层中形成的采动裂缝横向分带模型

Fig. 2 The horizontal distribution of mining cracks in upper rock stratum s

### 1.2 淮南潘一矿 C13 煤层煤与卸压瓦斯共采技术

淮南潘一矿设计生产能力为 300 万 t/a, 是煤与瓦斯突出矿井, 地面建有瓦斯抽采系统, 矿井一水平(- 530 m) 以上的主采煤层(C13 煤层) 临近采完, 现已转入下山开采。C13 煤层的特点是, 采深超过 600 m, 地应力大, 煤层瓦斯压力高(- 620 m

水平瓦斯压力达 5.6 MPa)、瓦斯含量大、煤层透气性差(煤层透气性系数  $0.0392 \text{ m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$ )、煤质松软, 厚度较大(6 m)、已发生多次煤与瓦斯突出。C13 煤层卸压前瓦斯抽放困难, 致使煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸等重大事故时有发生, 瓦斯灾害还严重制约着矿井不能采用综采放顶煤采煤法, 效益低下。为根治瓦斯灾害, 变突出煤层为低瓦斯煤层, 实现 C13 煤层的瓦斯和煤炭两种资源高产、高效、安全共采, 必须设法大幅度地提高 C13 煤层的透气性, 预抽 C13 煤层瓦斯。其技术途径是, 预先开采远距离下保护层 B11 煤层, 使 C13 煤层卸压增透, 同时抽采 C13 煤层的远程卸压瓦斯, 并使之变为无突出危险的低瓦斯煤层, 为综放开采创造安全条件。

### 1) C13 煤层煤与卸压瓦斯共采技术构成与过程

淮南潘一矿 C13 煤层煤与瓦斯共采技术构成与过程如图 3 所示

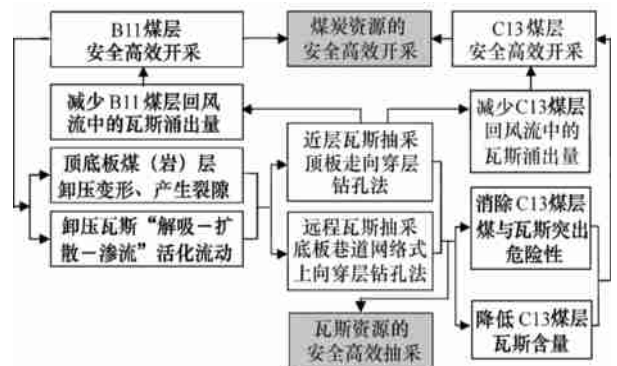


图 3 C13 突出煤层煤与卸压瓦斯共采技术构成框图

Fig. 3 The schematic diagram of the exploitation technology of coal and gas in C13 coal seam

### 2) 卸压煤层(B11 煤层) 开采与瓦斯治理技术简介

B11 煤层为无瓦斯突出危险煤层, 采用综合机械化走向长壁采煤法开采, 采煤工作面斜长 190 m, 采厚 1.9 m, 煤层倾角 9°。

采用通风与瓦斯抽采技术相结合的方法治理瓦斯, 即: 采煤工作面通风系统为 U 型, 供风量为  $1100 \sim 1300 \text{ m}^3/\text{min}$ , 风排瓦斯量  $9 \sim 10 \text{ m}^3/\text{min}$ , 回风瓦斯浓度  $0.8\% \sim 0.9\%$ ; 采用如图 4 所示的顶板走向钻孔方法抽采垮落拱上方的卸压瓦斯, 以降低采空区瓦斯涌出, 保证 B11 煤层工作面安全顺利回采, 抽采瓦斯纯量为  $3 \sim 10 \text{ m}^3/\text{min}$ ; 利用位于弯曲下沉带内 C13 煤层底板的专用瓦斯巷和网格式穿层钻孔抽采 C13 煤层的远程卸压瓦斯, 如图 5 所示, 它既可以减少向 B11 煤层回采工作面的瓦

斯涌出, 又可以降低 C13 煤层的瓦斯含量

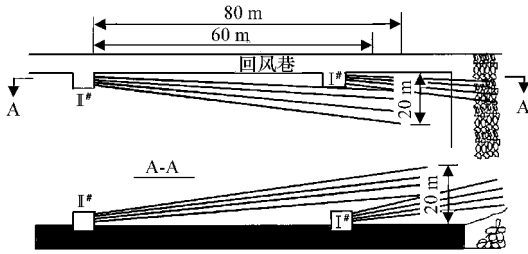


图 4 抽采垮落拱上方卸压瓦斯的顶板走向钻孔布置示意图

Fig 4 The schematic diagram of pressure relief gas suction from caving zone by strike boreholes in roof

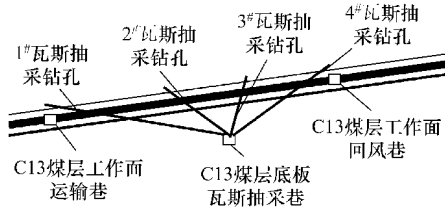


图 5 抽采远程卸压瓦斯的专用底板巷和穿层钻孔布置示意图

Fig 5 The schematic diagram of pressure relief gas sucked by floor roadway and crossing holes

### 3) B11 煤层采动过程中 C13 煤层变形与卸压瓦斯抽采规律

**C13 煤层变形规律** 采用深部基点法测定了 B11 煤层采动过程中 C13 煤层的厚度变形与 B11 煤层回采工作面推进距离的关系, 如图 6 所示 从中可以看出, 当 B11 煤层工作面位于 C13 煤层深部基点前方约 50 m 时, C13 煤层厚度开始产生压缩变形, 最大压缩变形达 27 mm, 最大的相对压缩变形为 0.337%; 当工作面推过深部基点正下方时, C13 煤层急速膨胀, 最大膨胀点位于工作面推过深部基点约 30 m, 最大膨胀量达 210.44 mm, 最大膨胀变形为 2.63%.

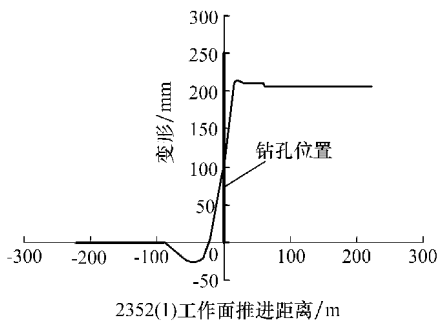


图 6 C13 煤层厚度变形与 B11 煤层回采工作面推进距离的关系曲线

Fig 6 The relation curve between the deformation of C13 coal seam and the advance of working face

**C13 煤层卸压瓦斯抽采规律** 在 34# 钻场考察了一组 (4 个钻孔) 抽采远程卸压瓦斯钻孔瓦斯

流量与 B11 煤层工作面推进时间的关系, 如图 7 所示 从中可以看出 B11 煤层开采在 C13 煤层中形成采动裂隙与卸压瓦斯流动活化的横向“三带”时间, “初始卸压增流带”约 5~10 d; “充分卸压高流带”超过 60 d; “地压恢复瓦斯流量衰减带”约在 75 d 以上, 三带总长度超过 200 m, 相当于 3 倍层间距 处于卸压瓦斯活化带内的瓦斯抽采钻场有 4~5 个, 钻孔总数为 16~20 个, 单孔瓦斯流量平均值约 1.0 m<sup>3</sup>/min.

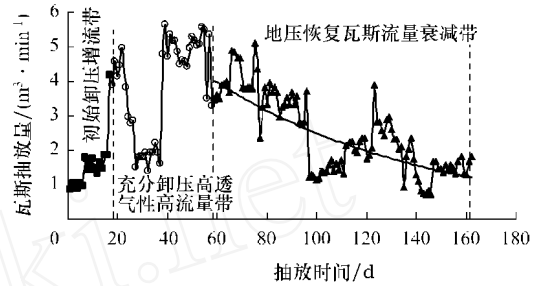


图 7 C13 煤层卸压瓦斯流量与 B11 煤层回采工作面推进时间关系曲线

Fig 7 The relation curve between the pressure relief gas flow of C13 coal seam and the advance

### 4) 抽采与未抽采卸压瓦斯工作面有关指标对比

进行远程卸压抽采与未进行抽采的回采工作面相对瓦斯涌出量情况如图 8 所示 未进行远程卸压瓦斯抽采的工作面是同一煤层相毗邻的 2312 (3) 工作面, 地质采矿条件相似, 其供风量 1 800 m<sup>3</sup>/min, 风排瓦斯量 13.9~24.6 m<sup>3</sup>/min, 平均为 19.0 m<sup>3</sup>/min, 回风流瓦斯浓度为 0.83%~1.42%, 平均为 1.15%, 顶板走向钻孔抽采瓦斯量 3~15 m<sup>3</sup>/min, 平均为 8 m<sup>3</sup>/min, 总涌出量 22.7~33.1 m<sup>3</sup>/min, 平均为 27.0 m<sup>3</sup>/min; 工作面产量为 1 087~2 450 t/d, 平均为 1 700 t/d; 相对瓦斯涌出量为 14.8~38.6 m<sup>3</sup>/t, 平均为 25.0 m<sup>3</sup>/t 此值为进行远程卸压瓦斯抽采的 2121 (3) 综放面的 5 倍

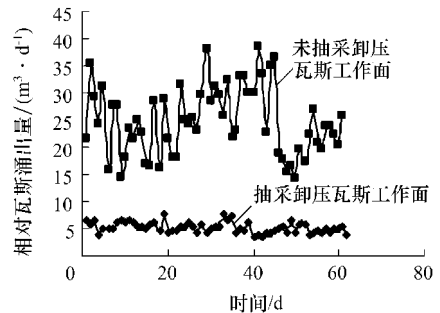


图 8 抽采与未抽采卸压瓦斯工作面相对瓦斯涌出量对比 Fig 8 The relation curve between the pressure relief gas flow of C13 coal seam and the advance time

抽采与未抽采卸压瓦斯工作面有关指标如表

1 所示

表 1 抽采与未抽采卸压瓦斯工作面有关指标对比  
Table 1 The relative indexes contrast between the discharging gas suction working face and discharging gas non-sucked ones

对比参数		远程卸压瓦斯	远程卸压瓦斯
		抽采工作面 2121(3)/综放开采	未抽采工作面 2312(3)/综放开采
产量/(t·d <sup>-1</sup> )	范围	3 772~ 6 335	1 087~ 2 450
	平均	5 100	1 700
相对瓦斯涌出量/(m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> )	范围	3.7~ 7.6	14.8~ 38.6
	平均	5.0	25.0
回风流瓦斯浓度/%	范围	0.32~ 0.70	0.83~ 1.42
	平均	0.5	1.15
配风量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	平均	1 800	1 850

2 上覆采动断裂带有高瓦斯涌出的特厚煤层煤与瓦斯共采

采用综合机械化放顶煤方法开采特厚煤层时,上覆岩层采动断裂带高度大大增加,使更多的上覆含瓦斯煤岩层的卸压瓦斯通过采动裂缝网大量地涌入综放工作面,严重地威胁着安全生产并制约着高产高效能力的发挥。阳泉矿区采用“高抽巷”方法不但有效的保证了煤炭生产的安全、高产和高效,而且还实现了瓦斯资源的高效抽采,对这种方法可称为阳泉矿区模式。

2.1 阳泉矿区模式

阳泉矿区放顶煤综采煤层为 15# 煤层,厚约 6.5 m,一次采全厚,煤层倾角 3~ 10°;无煤与瓦斯突出危险,其上覆采动断裂带内的煤岩层有高瓦斯层,需要抽采卸压瓦斯才能保证 15# 煤层安全高效开采。阳泉 15# 煤层煤与瓦斯共采模式构成框图如图 9 所示。15# 煤层回采时,其上覆 10# 高瓦斯煤层(层间距 65 m,即 15# 煤层采高的 10 倍)陷入采动断裂带,10# 煤层等煤岩层被卸压,透气性成千倍地增加并通过纵横裂缝网与 15# 煤层采空区连通,卸压煤岩层的高压吸附瓦斯受采动作用与流动作用所激活,大量瓦斯解吸、卸压瓦斯沿纵横裂缝网流向处于负压状态的高抽巷,从而瓦斯资源可高效地得到开发。

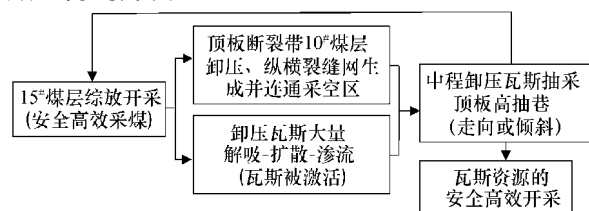


图 9 特厚煤层煤与瓦斯共采阳泉模式构成框图  
Fig 9 The schematic diagram of exploitation technique of coal and gas in Yang Quan mining district

2.2 “高抽巷”的布置

阳泉矿区的“高抽巷”有两种布置形式,如图 10 所示。例如,阳泉五矿 8102, 8202, 8204 三个综放面开采 15# 煤层,厚 6.5 m,走向高抽巷布置在 10# 煤层,其距开采层 58~ 80 m,为 15# 煤层采厚的 9~ 12 倍。五矿 8108 综放面采用倾斜高抽巷,共布置 4 条倾斜高抽巷,其间距 230~ 240 m,1# 高抽巷打到 11# 煤层,垂高 60 m,最大抽采瓦斯量达 70.6 m<sup>3</sup>/min,其余 3 条高抽巷都打到 12# 煤层垂高 50 m,最大抽采瓦斯量 40.3 m<sup>3</sup>/min,伸入采空区的距离 25~ 40 m。应用表明,打在 11# 煤层比打在 12# 煤层的高抽巷抽采瓦斯量和抽采率都较高。从图 10 可以看出,倾斜高抽巷要在配有专用瓦斯巷(俗称尾巷)的条件下使用,能有效地解决瓦斯超限问题。高抽巷掘进的工程量大,施工工期长,成本较高,现在已试验成功用大直径岩石钻孔代替。

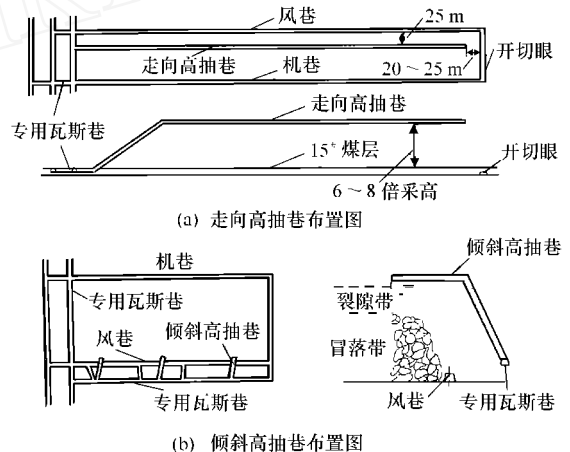


图 10 抽采上覆断裂带卸压瓦斯的高抽巷布置示意图  
Fig 10 The schematic diagram of pressure relief gas suction from upper fracture zone by the roadway on the stope

2.3 阳泉五矿走向高抽巷抽放卸压瓦斯参数

五矿走向高抽巷抽采卸压瓦斯参数如表 2 所示

表 2 阳泉五矿走向高抽巷抽采卸压瓦斯情况  
Table 2 The discharging gas suction by the roadway on the stope in Yang Quan mining district

工作面	开始卸压距离/m	抽采瓦斯纯流量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )			平均瓦斯浓度/%
		最小	最大	平均	
8204	35	40	90	64	65
8102	18	10	30	19	40
8202	28	28	50	32	71

2.4 抽采上覆采动断裂带卸压瓦斯的巷道与钻孔位置优化

阳泉根据大量地实践与研究得出,抽采上覆采动断裂带内卸压瓦斯的钻孔与高抽巷最佳位置如图 11 所示

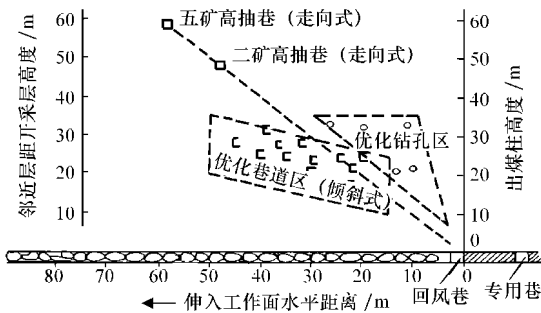


图 11 抽采上覆采动断裂带内卸压瓦斯的钻孔与高抽巷最佳位置图

Fig. 11 The best place of boreholes and roadway on the slope used for discharging gas suction from upper fracture zone

### 3 结 论

1) 高瓦斯特厚煤层, 煤与瓦斯都是宝贵的资源、能源, 实行两种资源的共采具有重大意义, 是发展方向。

2) 高瓦斯特厚煤层煤与瓦斯共采, 是安全生产的需要; 是高产高效的需要; 是开采两个资源的需要; 是保护环境的需要。

3) 利用先采煤层的卸压增透增流效应, 采用专用瓦斯巷与穿层钻孔的方法, 可以使处于弯曲下沉带的远距离有煤与瓦斯突出

危险煤层消除突出危险, 能够实现煤与瓦斯两种资源安全、高产、高效共采; 采用高抽巷方法, 可以对处于上覆采动断裂带的中距离卸压瓦斯实施抽采, 能够实现煤与瓦斯两种资源安全、高产、高效共采; 实践证明, 两种煤与瓦斯卸压共采模式、原理是可行的, 正确的。

4) 淮南和阳泉矿区在高瓦斯特厚煤层群开采中创造的煤与瓦斯两种资源高产高效共采模式, 取得了重大的社会、经济和环境效益, 现已得到推广, 具有更广泛的推广应用前景

### 参考文献:

[1] 程远平, 俞启香. 煤层群煤与瓦斯安全高效共采体系及应用[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(5): 471-475

[2] 包剑影, 苏 燧, 李贵贤, 等. 阳泉煤矿瓦斯治理技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996. 174-188

[3] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992. 95-104, 170-187.

[4] 俞启香, 王 凯, 杨胜强. 中国采煤工作面瓦斯涌出规律及其控制研究[J]. 中国矿业大学学报, 2000, 29(1): 9-14

[5] 袁 亮, 刘泽功. 淮南矿区开采煤层顶板抽放瓦斯技术的研究[J]. 煤炭学报, 2003, 28(2): 149-152

(责任编辑 王玉浚)