

文章编号: 1673-3363(2007)04-0383-08

# 中国煤矿区域性瓦斯治理技术的发展

程远平, 俞启香

(中国矿业大学 煤矿瓦斯治理国家工程研究中心, 江苏 徐州 221008)

**摘要:** 随着中国煤矿开采深度的增加, 煤与瓦斯突出矿井和突出煤层的数量不断增加, 以保护层开采及卸压瓦斯抽采技术和强化预抽煤层瓦斯技术为代表的区域性瓦斯治理技术, 得到了长足发展。通过中国煤矿煤与瓦斯突出灾害严重性分析, 阐述了煤与瓦斯突出灾害区域性治理的必要性, 在此基础上分析了中国区域性瓦斯治理技术的发展过程、保护层开采及卸压瓦斯抽采技术和强化预抽煤层瓦斯技术的发展现状, 还总结了淮南、淮北、阳泉和沈阳 4 个矿区区域性瓦斯治理技术的应用实例, 最后对中国区域性瓦斯治理技术的应用前景进行了展望。

**关键词:** 区域性瓦斯治理; 保护层开采; 卸压瓦斯抽采; 强化预抽煤层瓦斯; 煤与瓦斯突出

**中图分类号:** TD 712 **文献标识码:** A

## Development of Regional Gas Control Technology for Chinese Coalmines

CHENG Yuan-ping, YU Qi-xiang

(National Engineering Research Center for Coal Gas Control, China University of Mining & Technology,  
Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

**Abstract:** With the increase of mining depth in Chinese coalmines, the quantity of outburst mines and outburst coal seams keeps increasing. Regional gas control technologies, such as protecting seam exploitation, pressure-relief gas extraction, and strengthening gas extraction in advance, have gotten a great development. In this paper, we analyzed the ponderance of outburst disasters in Chinese coalmines, expatiates the necessity of regional gas control. Based on these, the developing process of regional gas control technology and the status of the technique of protecting seam exploitation, pressure-relief gas extraction, and strengthening gas extraction in advance were also analyzed. In addition, we also summarized the application prospect of the regional gas control in Huainan, Huaibei, Yangquan, and Shenyang diggings. Finally, the application foreground of regional gas control technology in China was predicted.

**Key words:** regional gas control; protecting seam exploitation; pressure-relief gas extraction; strengthening gas extraction in advance; coal and gas outburst

### 1 中国煤与瓦斯突出灾害的严重性

煤炭是中国的主要能源, 约占一次能源的 70%, 2006 年中国煤炭产量已达到 23.5 亿 t, 同时中国也是世界上煤与瓦斯突出灾害最严重的国家。据统计<sup>[1-2]</sup>,

从 1950 年吉林省辽源矿务局富国西二坑在垂深 280 m 煤巷掘进发生第一次有记载突出以来, 到 1995 年底, 国有重点煤矿中先后有 138 个矿井发生了 10 815 次煤与瓦斯突出, 死亡 1 266 人。在 10 521 次有突出煤量记录的煤与瓦斯突出中, 共突出煤炭

收稿日期: 2007 - 04 - 17

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2005CB221503); 国家自然科学基金重点项目(70533050); 国家自然科学基金项目(50674089); 国家“十五”科技攻关项目(2005BA813B-3-06)

作者简介: 程远平(1962-), 男, 吉林省集安市人, 教授, 博士生导师, 工学博士, 从事火灾防护理论及矿业安全工程方面的研究。

E-mail: ypc620924@163.com Tel: 0516-83995759

81.58 万 t, 平均突出强度为 77.5 t/次。在有瓦斯量记录的 4 675 次煤与瓦斯突出中, 共突出瓦斯量 6 798.3 万 m<sup>3</sup>, 平均每次突出瓦斯量 1.45 万 m<sup>3</sup>。

据统计分析\*, 45 户重点监控国有煤矿企业的 415 处矿井中高瓦斯及煤与瓦斯突出矿井 234 对, 占 56.4%, 煤与瓦斯突出矿井 142 对, 占 34.2%, 特大型煤与瓦斯突出矿井 33 对, 占 8.0%。45 户重点监控国有煤矿企业 2004 年煤炭产量为 5.02 亿 t, 占同年全国煤炭产量的 25.7%; 其中煤与瓦斯突出矿井产量为 15 831 万 t, 占 45 户重点监控国有煤矿企业产量的 34.2%, 占全国煤炭产量 8.1%; 特大型煤与瓦斯突出矿井产量仅为 1 945 万 t, 占 45 户重点监控国有煤矿企业产量的 3.9%, 占全国煤炭产量 0.99%。

2004 年, 全国大中型煤矿平均开采深度 456 m。平均采深华东约 620 m, 东北约 530 m, 西南约 430 m, 中南约 420 m, 华北约 360 m, 西北约 280 m。采深超过 1 000 m 的煤矿有 8 处, 超过 800 m 的有 15 处。采深大于 600 m 的矿井产量占 28.47%。全国煤矿开采以每年约 10~20 m (最快近 50 m) 的速度向深部延深<sup>[3]</sup>。随着矿井开采深度的增加, 传统的煤与瓦斯突出矿区, 如白沙、涟邵、南桐、松藻、六枝和英岗岭等, 突出危险性更加严重。一些过去煤与瓦斯突出不严重的矿区, 突出灾害日趋严重, 且发生了千吨级以上的特大型煤与瓦斯突出, 如淮南、淮北、郑州、平顶山等矿区。

## 2 煤与瓦斯突出灾害区域性治理的必要性

煤与瓦斯突出煤层防突技术措施主要分为区域性措施和局部措施。区域性措施是在煤与瓦斯突出煤层开采过程中, 由安全区域向不安全区域施工瓦斯治理工程, 均匀有效地降低不安全区域的瓦斯含量, 区域性消除煤与瓦斯突出危险性, 使不安全区域转变为安全区域的防突措施。局部措施是在煤与瓦斯突出煤层采掘工作面前方局部区域内采取防突措施, 经效果检验确认, 消除该局部区域的突出危险性, 形成防止突出的安全带后, 在留有足够超前距的条件下, 可在安全带内进行采掘作业。

我国煤矿瓦斯治理技术的发展可以分为 3 个阶段:

1) 探索阶段<sup>[4-5]</sup>, 20 世纪 50~80 年代, 主要摸清煤与瓦斯突出规律, 引进消化和吸收国外煤与瓦斯突出防治技术和经验, 研究适合中国特点的煤与

瓦斯突出预测方法和突出防治工程方法。

2) 局部措施为主阶段<sup>[6]</sup>, 20 世纪 80~90 年代末, 主要贯彻落实“四位一体”综合防突措施, 以 1988 年《防治煤与瓦斯突出细则》出版和 1995 年的修订为代表, 研究重点是煤与瓦斯突出危险性预测方法与预测指标, 同时兼顾突出防治工程方法的深化研究。

3) 区域性治理与局部治理并重阶段<sup>[7]</sup>, 自本世纪初开始, 淮南矿业集团在长期瓦斯治理经验总结的基础上, 提出了“可保尽保, 应抽尽抽”的瓦斯治理战略。2005 年 3 月国家发展改革委、国家安全生产监督管理局、国家煤矿安全监察局在总结淮南、阳泉、平顶山、松藻等煤矿瓦斯治理经验的基础上, 编写了《煤矿瓦斯治理经验五十条》, 在瓦斯治理的基本思想中明确提出区域性治理与局部治理并重, 实施“可保尽保, 应抽尽抽”的瓦斯治理战略。并在第三十三条中明确提出:“强制开采保护层, 做到可保尽保, 并抽采瓦斯, 降低瓦斯含量”。第三十五条中提出:“顶、底板穿层钻孔掩护强突出煤层掘进”。

长期理论研究和突出危险煤层的开采实践证明, 开采保护层和预抽煤层瓦斯是有效地防治煤与瓦斯突出的区域性措施。我国《煤矿安全规程》第一百九十二条规定<sup>[8]</sup>:“对于有突出危险煤层, 应采取开采保护层或预抽煤层瓦斯等区域性防治突出措施”。第一百九十三条规定:“在突出矿井开采煤层群时, 应优先选择开采保护层防治突出措施”。第一百九十八条规定:“开采保护层时, 应同时抽采被保护层瓦斯”。2005 年 1 月, 国家安全生产监督管理局、国家煤矿安全监察局下发了《国有煤矿瓦斯治理规定》<sup>[9]</sup>, 第五条明确规定:“突出矿井必须首先开采保护层, 不具备开采保护层条件的, 必须对突出煤层进行预抽, 并确保预抽时间和效果”。由此可见, 在现有技术条件下, 采用区域性瓦斯治理措施对有效地防治煤与瓦斯突出, 保障突出危险煤层的安全高效开采具有重要的现实意义。

## 3 中国区域性瓦斯治理技术

### 3.1 区域性瓦斯治理技术的发展过程

中国自 20 世纪 50 年代末期开始在北票、南桐、中梁山、天府、松藻矿务局试验开采保护层防止煤与瓦斯突出, 取得显著效果。20 世纪 60 年代在全国推广应用保护层开采防突措施, 尽管当时突出矿井数量增加, 但全国突出次数却明显下降<sup>[6,10]</sup>。

\* 国家安全生产监督管理局, 国家煤矿安全监察局. 煤矿安全技术“专家会诊”资料汇编, 2005.

1974 - 1975年,中国矿业大学、煤炭科学研究总院重庆分院和天府矿务局合作,在天府煤矿南井+110 m水平北段,对开采二号煤层保护远距离九号煤层的效果进行了系统考查研究(二号煤层平均厚度0.5 m,九号煤层平均厚度3.13 m,层间距80 m,煤层倾角 $60^{\circ}$ )<sup>[11]</sup>。在被保护层走向长135 m,倾斜长138 m的石门区间,共布置4个穿层钻孔和6个沿煤层钻孔。试验结果表明,远距离上保护层开采可使其下方的被保护层产生“卸压增透增流效应”,被保护层膨胀变形达到0.6%,煤层透气性系数增加300多倍,钻孔瓦斯流量增加80倍。但由于层间距较远,采动不能形成层间贯通裂隙,卸压瓦斯不能外泄,导致防止突出的“保护作用不足”,需要结合被保护层卸压瓦斯抽采,区域性消除煤与瓦斯突出危险性,降低煤层瓦斯含量。

1975 - 1976年,中国矿业大学和天府矿务局合作,在天府煤矿南井+110 m水平南翼8号和9号石门,对石门预排煤层瓦斯消除揭煤区域突出危险性的机理进行了系统考查研究,按每平方米3.5~4.5个钻孔布孔。试验结果表明,经过6个月左右排放瓦斯,煤层收缩变形量达到0.2%;瓦斯压力从4.0 MPa降到0.25 MPa以下;煤层透气系数约增大50倍;预排煤层瓦斯区域内瓦斯排放率达到75%。说明煤层瓦斯排放后,区域性消除突出危险性<sup>[5]</sup>。1977 - 1978年,中国矿业大学和阳泉煤业集团合作,在阳泉一矿3<sup>#</sup>煤层912和913工作面开展了大直径顺层长钻孔大面积预抽煤层瓦斯试验研究,钻孔直径300 mm,钻孔间距1.7~3.2 m,钻孔平均长度45 m,两个试验工作面钻孔控制范围内的瓦斯抽采率分别为22.5%和48.7%<sup>[12]</sup>。

1978 - 1979年,中国矿业大学和中梁山煤矿合作,在中梁山煤矿南井+280 m水平南东K10煤层,对穿层钻孔大面积预抽煤层瓦斯区域性防止煤与瓦斯突出的机理进行了系统考查研究,钻孔直径75 mm,钻孔间距8~14 m。试验结果表明,经过19个月左右预抽,煤层瓦斯含量由20 m<sup>3</sup>/t下降到10.4 m<sup>3</sup>/t,瓦斯抽采率达48%;煤层瓦斯压力由2.6 MPa下降到0.8 MPa;煤层收缩变形量达到0.26%;煤的相对硬度增加了3倍。试验区掘进结果证明,大面积预抽煤层瓦斯区域性地消除了煤与瓦斯突出危险性<sup>[13]</sup>。

1994 - 1995年,煤炭科学研究总院抚顺分院与焦作煤业集团合作,在焦作九里山矿13051工作面进行了交叉钻孔预抽本煤层瓦斯试验研究工作,平行钻孔和交叉钻孔相间布置,钻孔直径65 mm,

钻孔平均长度63.8 m,钻孔间距2.35~3.0 m,交叉钻孔与平行钻孔成 $15^{\circ}$ ~ $20^{\circ}$ 夹角。结果表明,在相同钻孔工程量条件下,采用交叉钻孔布孔较传统的平行钻孔提高瓦斯抽放量0.46~1.02倍<sup>[14]</sup>。

1998 - 2002年,中国矿业大学和淮南矿业集团合作,在淮南潘一矿东一采区的2151(1)工作面进行了远距离下保护层开采及卸压瓦斯强化抽采试验。首先开采瓦斯含量低、无突出危险的B11煤层,利用采动影响使处在其上部70 m(相对层间距35)的被保护层C13煤层卸压,煤层透气性系数增加近3000倍,形成瓦斯解吸流动的条件。通过在C13煤层底板沿走向布置的瓦斯抽采巷向C13煤层均匀打网格式上向穿层钻孔,钻孔间距40 m,C13煤层内的卸压解吸瓦斯向抽采钻孔汇集,从而取得良好的瓦斯抽采效果。结果表明,在卸压瓦斯抽采区域内C13煤层瓦斯抽采率达60%以上,不仅消除了煤与瓦斯突出危险性,而且相对瓦斯涌出量由原来25 m<sup>3</sup>/t下降到5 m<sup>3</sup>/t,工作面日产量由原来的1700 t提高到5100 t,成功地实现了煤与瓦斯两种资源的安全高效共采<sup>[15-16]</sup>。

2005 - 2006年,中国矿业大学和沈阳煤业集团合作,在沈阳红菱煤矿下四区-710北石门北11煤层工作面开展了极薄煤层保护层开采及卸压瓦斯强化抽采试验研究。由于红菱煤矿开采的7煤层和12煤层均为强突出危险煤层,经研究决定首先开采距12煤层顶板16 m的11煤(厚度0.4 m)做为12煤层保护层,同时通过12煤层底板岩巷施工网格式上向穿层钻孔抽采12煤层卸压瓦斯(钻孔间距16 m),取得良好的瓦斯抽采效果。试验结果表明,在卸压瓦斯抽采区域内12煤层瓦斯抽采率达70%以上,不仅消除了煤与瓦斯突出危险性,煤层瓦斯含量由22 m<sup>3</sup>/t降到7.5 m<sup>3</sup>/t以下,转变为低瓦斯煤层。

2005 - 2006年,中国矿业大学和阳泉煤业集团合作,在阳泉三矿K8206工作面开展了超远距离下保护层开采及卸压瓦斯强化抽采试验研究。首先开采低瓦斯无突出危险的15<sup>#</sup>煤层(平均厚度6.1 m),做为突出危险3<sup>#</sup>煤层(平均厚度2.3 m)的保护层,保护层与被保护层之间的平均层间距为138 m,采用3<sup>#</sup>煤层巷道法抽采卸压瓦斯。试验结果表明,在绝对瓦斯涌出量达200 m<sup>3</sup>/min条件下保证了保护层工作面的安全高效开采,在卸压瓦斯抽采区域内3<sup>#</sup>煤层巷道有效抽采半径大于100 m,被保护煤层瓦斯抽采率大于70%。

2005 - 2006年,中国矿业大学和淮北矿业集

团合作在淮北祁南矿 713 工作面开展了网格穿层钻孔孔群增透瓦斯抽采技术,钻孔间距 5 m(以煤层顶板为准),利用该技术在钻孔施工过程中采用水压诱导控制喷孔,提高了孔群范围内煤体的透气性,单孔平均喷煤量为 0.21 t,煤孔等效直径由原来的 94 mm 平均增加到 227 mm,为原钻孔直径的 2.41 倍,钻孔封孔长度 10 m,较长一段时间内单孔瓦斯流量平均为  $0.039 \text{ m}^3/\text{min}$ ,底板巷抽放管路平均瓦斯体积分数达到 47.3%,瓦斯预抽期为 5 个月,煤层巷道具备了综合机械化的掘进条件。

### 3.2 保护层开采及卸压瓦斯抽采技术

为消除邻近煤层的突出危险而先开采的煤层或岩层称为保护层;位于突出危险煤层上方的保护层称为上保护层,位于下方的称为下保护层。由于保护层开采的采动作用并同时抽采卸压瓦斯,可使邻近的突出危险煤层的突出危险区域转变为无突出危险区,该突出危险煤层称为被保护层。在中国保护层开采技术一般包括以下几个方面的内容:

- 1) 保护层开采及瓦斯抽采规划;
- 2) 保护层开采及瓦斯抽采;
- 3) 被保护层卸压瓦斯的强化抽采;
- 4) 被保护层保护效果及保护范围考察;
- 5) 被保护层区域性消除突出危险性认证;
- 6) 被保护层开采及瓦斯抽采。

保护层开采及瓦斯抽采规划要求具备保护层开采条件的突出矿井必须提前 3~5 a 制定保护层开采及瓦斯抽采规划,调整矿井开采部署,制定矿井开拓、掘进和回采接替计划,以及配套的瓦斯抽采和治理技术方案,保护层工作面应正常衔接,做到“抽、掘、采”平衡。保护层开采过程中的瓦斯抽采是保护层安全开采重要保障,被保护层卸压瓦斯强化抽采是区域性消除被保护层突出危险性,有效地降低煤层瓦斯含量,由高瓦斯煤层转变为低瓦斯煤层的必要条件。保护层开采、被保护层卸压瓦斯强化抽采,经被保护层区域性消除突出危险性认证后,才能在被保护层中进行采掘作业。为了实现被保护层的安全高效开采,一般需要采取相应的瓦斯抽采方法相配合。

下保护层开采之后,其上覆岩体将形成垮落带、断裂带和弯曲带。阳泉矿区缓倾斜煤层条件下,相对层间距 6~8 为垮落带的上限高度,相对层间距 10~30 为断裂带的上限高度。淮南矿区 B11 煤层平均采高 2.0 m,该煤层开采之后相对层间距 4~6 为垮落带的上限高度,相对层间距 15~20 为

断裂带的上限高度。如阳泉矿区开采 15 号煤层,平均采高 6.0 m,其上部约 50~70 m 的 10 号煤层,相对层间距 8~12,处在断裂带内;而淮南矿区开采 B11 煤层,平均采高 2.0 m,其上部约 70 m 的 C13 煤层,相对层间距 35,处在弯曲带内。上保护层开采之后,其下覆一定范围内的岩体将形成底鼓和膨胀变形,该区域成为底鼓变形带。

开采下保护层时不得破坏被保护层的开采条件,这就要求被保护层应在断裂带和弯曲带。而开采上保护层时,要求被保护层应在底鼓变形带内。被保护层所处的区域不同,煤(岩)体裂隙发育差异较大,瓦斯抽采方法也不尽相同。处于断裂带内的煤(岩)体即产生平行层理的裂隙,也产生垂直和斜交层理的裂隙,卸压瓦斯在抽采负压的作用下即可以沿平行层理方向流动,也可以沿垂直和斜交层理方向流动,比较有效的瓦斯抽采方法有:顶板或底板穿层钻孔(多用于急倾斜煤层)法、走向高位钻孔法、倾向高位钻孔法、走向高抽巷法、倾向高抽巷法、地面钻井法等。处于弯曲带内的煤(岩)体由于整体下沉,多产生平行层理的裂隙,卸压瓦斯沿平行层理方向流动相对容易,比较有效的瓦斯抽采方法有:顶板或底板巷道网格式上向穿层钻孔法和地面钻井法。处于底鼓变形带内的煤(岩)体,由于膨胀变形,多产生平行层理的裂隙,卸压瓦斯沿平行层理方向流动相对容易,比较有效的瓦斯抽采方法有:顶板或底板巷道网格式上向穿层钻孔法。上述瓦斯抽采方法及钻孔(或巷道)参数随煤层赋存情况、顶底板岩性、开采工艺方法等条件的变化而相应调整。

### 3.3 强化预抽煤层瓦斯技术

对于单一突出危险煤层,无保护层开采条件时,多采用强化预抽煤层瓦斯防止煤与瓦斯突出,同时降低煤层瓦斯含量。由于中国突出危险煤层多为松软低透气性煤层,目前应用该技术还存在以下技术难点:

- 1) 钻孔工程量大,煤层顺层钻孔的数量须达到每吨煤 0.1 m 以上;
- 2) 钻孔施工困难,目前煤层顺层钻孔长度平均为 50~60 m;
- 3) 抽采工期长,平均需几个月到 10 几个月不等。

目前常用的工程方法是:首先开拓突出煤层底板岩巷(急倾斜煤层也可为顶板岩巷),下一个阶段的岩巷需通过边界上山和上一个阶段岩巷连通构成全负压通风系统,在底板岩巷和边界上山内每隔

一定距离施工钻场,从钻场内向突出煤层施工网格式上向穿层钻孔,预抽煤层瓦斯,在工作面机巷和开切眼形成一个消除煤与瓦斯突出危险性的保护条带后,掘进煤层巷道形成工作面系统.然后从工作面机巷和风巷施工顺层钻孔(或交叉钻孔),预抽开采区域煤层瓦斯,区域性消除开采区域的突出危险性并降低煤层瓦斯含量.

对于单一突出危险特别严重煤层,如发生过千吨级以上特大型煤与瓦斯突出的煤层,也可采取双底板岩巷,网格式上向穿层钻孔预抽整个工作面区域内的瓦斯,区域性消除开采区域的突出危险性并降低煤层瓦斯含量.淮北芦岭8,9煤层,沈阳红菱12煤层,在没有保护层开采区域均采用这种区域性瓦斯治理方法.

为了提高网格式穿层钻孔的瓦斯抽采效果,可采用煤层压裂、松动爆破、水力冲孔、水力扩孔和水力割缝等煤层增透技术.淮北矿业集团祁南煤矿利用突出煤层钻孔内煤体的自喷特性,采用水压控制诱导喷孔技术,形成孔间裂隙,孔群增透效果良好.

采用保护层开采及卸压瓦斯抽采的被保护层工作面,由于受保护层开采卸压角的影响,工作面走向(或倾向)一定区域内未受到卸压保护,仍需要强化预抽煤层瓦斯技术进行补充.

## 4 中国区域性瓦斯治理技术应用实例

### 4.1 淮南区域性瓦斯治理技术应用实例

下面通过两个实例对淮南矿区瓦斯治理技术进行简要说明<sup>[15-17]</sup>.

#### 4.1.1 潘一矿远距离下保护层开采及卸压瓦斯抽采技术

潘一矿是年产400万t的煤与瓦斯突出矿井.C13煤层是矿井主采煤层,平均厚度6.0m,平均倾角 $9^{\circ}$ .620m水平实测煤层瓦斯压力为5.0MPa,煤层瓦斯含量 $13.0\sim 18.0\text{ m}^3/\text{t}$ ,煤层原始透气性系数为 $0.011\text{ m}^2/(\text{MPa}^2\cdot\text{d})$ ,是该矿煤与瓦斯突出危险最严重煤层.B11煤层位于C13煤层下部,平均层间距70m,煤层平均厚度2.0m,-700m水平实测该煤层瓦斯压力为3.1MPa,煤层瓦斯含量 $8.0\sim 10.0\text{ m}^3/\text{t}$ .B11煤层赋存稳定,地质构造简单,现属弱突出危险煤层.该矿开采B11煤层做为C13煤层的保护层.

B11煤层掘进采用“四位一体”综合防突措施,回采工作面采用顺层钻孔预抽煤层瓦斯和工作面短孔注水防突措施.采用综合机械化采煤,工作面设计平均日产2000t.工作面采用顶板走向钻孔

和采空区埋管相结合的瓦斯抽采方法.

在C13煤层工作面倾斜中部,距煤层底板15~20m的岩层中布置一底板瓦斯抽采巷,在底板瓦斯抽采巷内,在保护范围内每隔30~40m布置一长度5m的水平抽采钻场.在每个钻场内打一组扇形穿层钻孔,钻孔直径91mm,钻孔有效抽采半径15~20m,钻孔间距以C13煤层中厚面为准,孔底进入C13煤层顶板0.5m.在被保护层工作面倾向卸压边界附近需适当加密钻孔.这样在C13煤层的卸压区域内形成网格式上向穿层钻孔,卸压解吸的瓦斯在煤层残余瓦斯压力和抽采负压的作用下,沿顺层张裂隙向抽采钻孔汇集,经瓦斯抽采管路抽到地面.

为了区域性消除被保护层工作面倾向上的突出危险性,B11煤层工作面风巷采用沿空送巷,无煤柱开采,且要求保护层开采两个工作面后,才能开采一个被保护层工作面.

被保护层工作面卸压瓦斯抽采率达60%以上,由高瓦斯突出危险煤层转变为低瓦斯无突出危险煤层,可采用综合机械化放顶煤采煤方法,工作面具备日产万吨的生产能力.被保护层工作面采用顶板走向高抽巷和采空区埋管相结合的瓦斯抽采方法.

#### 4.1.2 新庄孜矿多重上保护层开采及卸压瓦斯抽采技术

新庄孜矿位于淮南矿区老区,是年产300万t的煤与瓦斯突出矿井.其中中煤组B8,B7,B6和B4煤层,平均厚度依次为1.93,2.0,2.91和2.54m,B8与B7煤层平均层间距为8.2m,B7与B6煤层平均层间距为12.4m,B6与B4煤层平均层间距为37.3m.B8和B7煤层为无突出危险煤层,B6和B4为突出危险煤层.实测B6煤层瓦斯压力为2.78MPa,瓦斯含量 $14.33\text{ m}^3/\text{t}$ ,B4煤层瓦斯压力2.78MPa,瓦斯含量 $12.07\text{ m}^3/\text{t}$ .采用由上向下的开采程序,即依次开采B8,B7煤层能够对B6和B4煤层形成多重卸压保护.

B8煤层保护层工作面是近距离煤组首先开采的工作面,其瓦斯涌出来源包括开采层本身、上邻近煤层、下邻近煤层和围岩中的瓦斯,一般情况下工作面瓦斯涌出量较大,随工作面开采速度绝对瓦斯涌出量可达到 $30\sim 50\text{ m}^3/\text{min}$ ,必须采用综合瓦斯抽采方法.如顶板走向高抽巷、采空区埋管和工作面尾抽等多种方法相结合的瓦斯抽采方法,在保护层工作面开采之前,瓦斯抽采工程必须达到瓦斯抽采的条件.特别是在工作面初采期间,一定要有

防止邻近层瓦斯突出大量涌出的措施。

为了区域性均匀有效地消除 B6 和 B4 煤层的突出危险性,降低煤层瓦斯含量,为被保护层开采创造有利条件,需通过底板岩巷网格式上向穿层钻孔抽采被保护层卸压瓦斯。B6 和 B4 煤层的瓦斯抽放巷可分别布置,也可联合布置,联合布置时可节省巷道工程量,但增加了钻孔工程量。瓦斯抽采半径为 10~15 m,考虑到多重保护和多次卸压抽采,瓦斯抽采半径可以偏上限取值。

被保护层工作面卸压瓦斯抽采率达 50% 以上,由高瓦斯突出危险煤层转变为低瓦斯无突出危险煤层。

#### 4.2 淮北区域性瓦斯治理技术应用实例

淮北矿区地质构造复杂、瓦斯压力大、瓦斯含量高、煤质松软、煤层透气性低,煤与瓦斯突出灾害严重。淮北矿业集团在瓦斯治理上坚持“强技术、严管理、高投入”,瓦斯治理技术取得重大突破,瓦斯灾害综合治理成效显著,2006 年瓦斯抽采量突破 1 亿  $\text{m}^3$ ,全年瓦斯超限仅 44 次。在此基础上集团公司提出了“以区域性治理为主、局部治理为辅”的瓦斯治理战略。下面通过两个实例对淮北矿区瓦斯治理技术进行简要说明。

##### 4.2.1 祁南矿底板岩巷穿层钻孔与倾斜顺层钻孔瓦斯抽采技术

祁南矿位于宿州市南部,是年产 240 万 t 的煤与瓦斯突出矿井。 $7_2$  煤层是矿井主采煤层,煤层平均厚度 2.64 m,平均倾角  $10^\circ$ 。550 m 水平实测煤层瓦斯压力为 3.5 MPa,煤层瓦斯含量 12.29~15.38  $\text{m}^3/\text{t}$ ,煤层原始透气性系数为 0.016  $\text{m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$ ,是该矿煤与瓦斯突出危险最严重煤层,曾发生过底板岩石与瓦斯突出、煤与瓦斯突出和延期突出。在  $7_2$  煤层上部存在 6 煤组( $6_1$ ,  $6_2$  和  $6_3$  煤层)的区域采用上保护层开采结合  $7_2$  煤层卸压抽采的瓦斯治理方案;而在无保护层可采的区域采用底板岩巷穿层钻孔与倾斜顺层钻孔瓦斯抽采的瓦斯治理方案。

底板岩巷布置在岩性较好、距  $7_2$  煤层底板 20~30 m 的岩层中,底板巷道断面设计为 9  $\text{m}^2$ ,距工作面机巷的水平距离为 20~30 m,底板岩巷通过边界上山与上一个阶段的底板岩巷相连接,构成矿井全负压通风系统。在底板岩巷内每隔 25 m 施工一垂直于底板巷道的水平钻场,在钻场内向工作面机巷(切眼)附近施工网格式穿层钻孔,钻孔间距 5 m(以煤层顶板为准),机巷(切眼)保护带宽度 35 m。同时利用该底板巷道向工作面中部施工穿

层钻孔,用于消除由于倾斜顺层钻孔打不到预定位置在工作面中部形成的空白带。

在钻孔施工过程中采用水压诱导控制喷孔,提高了孔群范围内煤体透气性的增透技术,单孔平均喷煤量为 0.21 t,煤孔等效直径由原来的 94 mm 平均增加到 227 mm,为原钻孔直径的 2.41 倍,钻孔封孔长度 10 m,较长一段时间内单孔瓦斯流量平均为 0.039  $\text{m}^3/\text{min}$ ,底板巷抽放管路平均瓦斯体积分数达到 47.3%,瓦斯预抽期为 5 个月,煤层巷道具备了综合机械化的掘进条件,月掘进速度达到 200 m 以上。

经消除煤与瓦斯突出危险性论证,工作面机巷和切眼区域已经消除煤与瓦斯突出危险性后,掘进机巷、风巷和切眼,形成工作面,在机巷和风巷内沿煤层施工倾斜顺层钻孔,钻孔直径 94 mm,钻孔间距 2~3 m,钻孔长度 60~80 m。瓦斯预抽期不低于 3 个月,可区域性消除工作面区域突出危险性。工作面开采期间需采用顶板走向钻孔和采空区埋管等瓦斯抽采方法。

##### 4.2.2 祁南矿下向顺层长钻孔递进掩护区域性瓦斯抽采技术

祁南矿  $3_2$  煤层厚度 0.66~4.54 m,平均 2.38 m,平均倾角  $10^\circ$ 。其开采的 34 下采区,瓦斯压力为 2.05~3.05 MPa,瓦斯含量为 8.76~10.07  $\text{m}^3/\text{t}$ ,煤的  $f$  值普遍大于 0.8,煤层赋存稳定,在地质构造带附近经常发生顶钻、卡钻和喷孔现象。经煤与瓦斯突出危险性鉴定认为,在目前的开采水平, $3_2$  煤层是典型的高瓦斯弱突出危险煤层。在这样的煤层内如果采用局部瓦斯治理技术,煤巷掘进需采用“四位一体”综合防突方法,掘进速度慢,工作面接替紧张;而如果采用上述  $7_2$  煤层所述的区域性瓦斯治理技术,工程量大,开采成本高。为此,祁南矿结合  $3_2$  煤层的赋存特点发明了向下顺层长钻孔递进掩护区域性瓦斯抽采技术,使  $3_2$  煤层得到了安全高效开采。

在上区段工作面机巷的下帮,向瓦斯抽采工作面上半区域施工钻孔,钻孔沿煤层倾向平行布置,覆盖瓦斯抽采工作面上半区域,钻孔间距为 2~5 m,直径为 90 mm,钻孔穿过设定工作面腰巷位置,继续钻进,保证孔底距工作面腰巷下帮不小于 10 m;封孔长度不小于 10 m,封孔管长度不小于 12 m,预抽时间不低于 3 个月。对工作面上半区域进行煤层突出危险性验证,消除煤与瓦斯突出危险性后,沿设定位置掘进工作面腰巷,在工作面腰巷的下帮,向瓦斯抽采工作面下半区域施工钻孔,钻孔沿煤层倾向

平行布置,覆盖瓦斯抽采工作面下半区域,钻孔间距为2~5 m,直径为90 mm,钻孔穿过设定工作面机巷位置,继续钻进,保证孔底距工作面机巷下帮不小于10 m;封孔长度不小于10 m,封孔管长度不小于12 m,预抽时间不低于3个月.对工作面下半区域进行煤层突出危险性验证,消除煤与瓦斯突出危险性后,沿设定位置掘进工作面机巷.下个区段工作面瓦斯抽采方法与上个区段相同.

该方法由浅部向深部、由低瓦斯区向高瓦斯区,由上阶段工作面机巷或腰巷施工下向倾斜顺层长钻孔、预抽煤层瓦斯,可以有效降低煤层瓦斯含量,区域性消除煤层的突出危险性,实现突出煤层巷道综合机械化掘进和安全高效开采;采用该方法还可大幅度降低瓦斯抽采工程量、缩短瓦斯治理时间,实现突出煤层巷道综合机械化掘进和安全高效开采.有效降低巷道掘进和工作面回采期间的瓦斯涌出量,保证工作面的安全生产.煤巷掘进速度由40~50 m提高到350 m以上,缩短了工作面准备时间,工作面日产量可达5 000 t以上.

#### 4.3 阳泉区域性瓦斯治理技术应用实例

阳泉煤业集团是我国典型的高瓦斯矿区和瓦斯抽采先进单位,提出了倾向高位抽放巷、走向高位抽放巷、倾向高位钻孔、走向高位钻孔等多种邻近层瓦斯抽采技术,以及外错式尾巷和内错式尾巷通风瓦斯治理方法.下面以阳泉煤业集团三矿为例,说明超远距离下保护层开采及卸压瓦斯抽采技术及其应用效果.

阳泉三矿主要开采3<sup>#</sup>和15<sup>#</sup>两个主采煤层.3<sup>#</sup>煤平均厚度为2.33 m,煤层原始瓦斯压力为1.3 MPa,瓦斯含量为18.17 m<sup>3</sup>/t,为煤与瓦斯突出煤层.3<sup>#</sup>煤层透气性系数为0.016 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d),属难抽采煤层.15<sup>#</sup>煤平均厚度为6.14 m,煤层原始瓦斯压力为0.2 MPa,瓦斯含量为7.13 m<sup>3</sup>/t,无煤与瓦斯突出危险.两煤平均层间距为138 m,大于《防治煤与瓦斯突出细则》规定的下保护层开采保护上限,属超远距离保护层.为了区域性消除3<sup>#</sup>煤层突出危险性,变高瓦斯突出危险煤层为低瓦斯无突出危险煤层,实现突出危险煤层的安全高效开采,阳煤集团决定,改变开采层序,首先开采无突出危险的15<sup>#</sup>煤层做为3<sup>#</sup>煤层的下保护层.15<sup>#</sup>煤层采用综合机械化放顶煤开采方法,工作面平均日产达11 000 t,工作面绝对瓦斯涌出量最大达200 m<sup>3</sup>/min,平均为160 m<sup>3</sup>/min.为了保证15<sup>#</sup>煤层工作面的安全高效开采,工作面采用顶板走向高抽巷和内错式尾巷相结合的瓦斯治理技术,顶板走

向高抽巷布置在9<sup>#</sup>煤层,巷道断面5 m<sup>2</sup>,距15<sup>#</sup>煤层60 m(10倍采高),距回风巷外帮50 m;内错式尾巷沿15<sup>#</sup>煤层顶板布置,距回风巷内帮10 m,巷道断面8 m<sup>2</sup>.顶板走向高抽巷最大瓦斯抽采量达175 m<sup>3</sup>/min,平均瓦斯抽采量达130 m<sup>3</sup>/min,内错式尾巷风排瓦斯量10~20 m<sup>3</sup>/min.

3<sup>#</sup>煤层卸压瓦斯抽采方法,在试验工作面采用煤层巷道抽采,即利用在被保护层工作面内已有的煤层巷道抽采卸压瓦斯.在瓦斯抽采的有效期内,瓦斯抽采量为10~32 m<sup>3</sup>/min,平均为20 m<sup>3</sup>/min,巷道有效抽采半径大于100 m,被保护煤层瓦斯抽采率大于70%.

#### 4.4 沈阳区域性瓦斯治理技术应用实例

沈阳煤业集团红菱煤矿是煤与瓦斯突出严重矿井,其主采煤层7<sup>#</sup>煤层和12<sup>#</sup>煤层均为突出危险煤层,历史上曾发生过136次煤与瓦斯突出,其中千吨级以上的特大型突出3次.1996年6月20日,南翼-620南小石门揭煤发生煤与瓦斯突出,突出煤(岩)5 390 t、瓦斯量42万 m<sup>3</sup>,死亡14人.2004年8月14日,-780中石门运输巷(煤巷)措施孔施工过程发生煤与瓦斯突出,突出煤量701 t,突出瓦斯量6.63万 m<sup>3</sup>,死亡5人.为了从根本上消除煤与瓦斯突出隐患,保证高瓦斯强突出煤层的安全开采,沈阳煤业集团决定,首先开采距12<sup>#</sup>煤层顶板16.0 m的极薄煤层11<sup>#</sup>煤层,做为12<sup>#</sup>煤层的上保护层,同时抽采12<sup>#</sup>煤层卸压瓦斯,消除突出危险性.

试验区12<sup>#</sup>煤厚平均4.0 m,煤层倾角40°,开采上限标高-600 m,开采下限标高-700 m;煤层瓦斯压力7.0 MPa,瓦斯含量22.5 m<sup>3</sup>/t,煤层透气性系数为0.014 m<sup>2</sup>/(MPa<sup>2</sup>·d).11<sup>#</sup>煤层上距12<sup>#</sup>煤层16.0 m,煤厚0.4 m,无突出危险性.由于保护层较薄,同时开采顶底板泥岩,采高1.4 m.11<sup>#</sup>煤层开采过程中,采用顶板走向钻孔和采空区埋管抽采邻近层的瓦斯.在12<sup>#</sup>煤层底板20~30 m布置两条底板岩巷,标高分别为-650 m和-710 m,并通过边界上山构成全负压通风.在底板岩巷内向12<sup>#</sup>煤层卸压区域打网格式上向穿层钻孔,钻孔间距16.0 m(1倍层间距),钻孔直径90 mm,用于抽采12<sup>#</sup>煤层的卸压瓦斯.

试验结果表明,被保护层卸压之后煤层透气性系数增大1 000倍,底板穿层钻孔卸压瓦斯抽采效果良好,平均抽采量为8.0 m<sup>3</sup>/min,煤层瓦斯抽采率达70%以上,实现了变高瓦斯突出危险煤层为低瓦斯无突出危险的目的.

## 5 中国区域性瓦斯治理技术展望

煤与瓦斯突出是一种复杂的矿井瓦斯动力现象,到目前为止,对各种地质、开采条件下突出发生的规律还没有完全掌握<sup>[18]</sup>。虽然煤与瓦斯突出机理方面的假说很多,但人们普遍认同综合作用说,即煤与瓦斯突出是地应力、瓦斯压力和煤的力学性质综合作用的结果。随着矿井开采深度的增加,煤与瓦斯突出的动力地应力和瓦斯压力不断增加,而煤与瓦斯突出阻力、煤体强度却不断下降,导致煤与瓦斯突出灾害日趋严重。中国已经成为世界上煤与瓦斯突出灾害最严重的国家。为了应对日趋严重的煤与瓦斯突出灾害,人们越来越清醒地认识到,在现有技术条件下,区域性瓦斯治理是技术的首选。为此,许多矿业集团结合自身特点,制定了区域性瓦斯治理战略并付诸实施。如:淮南矿业集团在“可保尽保,应抽尽抽”瓦斯治理战略目标的基础上,2006年全面实施岩巷计划,为区域性瓦斯治理创造条件。淮北矿业集团在近几年瓦斯治理成果的基础上,2006年明确提出“区域性治理为主,局部治理为辅”的瓦斯治理战略目标,并用3~5a时间实现这一目标。阳泉煤业集团在超远距离保护层成功开采实践的基础上,2007年明确提出,全面调整矿井采掘部署,改变开采层序,为实施保护层开采及卸压瓦斯抽采创造条件。

随着区域性瓦斯治理技术的推广和研究的深入,区域性瓦斯治理技术必将成为中国煤与瓦斯突出煤层的安全高效开采的重要技术保障。

### 参考文献:

- [1] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1992:66-79.
- [2] 付建华. 煤矿瓦斯灾害防治理论与工程实践[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2005:103-107.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 煤矿瓦斯治理与利用总体方案(发改能源[2005]1137号)[S]. 2005.
- [4] 于不凡. 煤和瓦斯突出机理[M]. 北京:煤炭工业出版社,1986:1-47.
- [5] 中国矿业学院瓦斯组. 煤和瓦斯突出的防治[M]. 北京:煤炭工业出版社,1979:1-4,160-165.
- [6] 王佑安. “四位一体”综合防突措施[J]. 煤矿安全,2003,34(增刊):61-63.
- [7] 国家煤矿安全监察局. 瓦斯治理经验五十条[M]. 北京:煤炭工业出版社,2005:1-15.
- [8] 国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局. 煤矿安全规程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2006:105-119.
- [9] 国家安全生产监督管理局,国家煤矿安全监察局. 国有煤矿瓦斯治理规定(第21号令)[S]. 2005.
- [10] 于不凡. 开采解放层的认识与实践[M]. 北京:煤炭工业出版社,1986:1-3.
- [11] 俞启香. 天府煤矿远距离解放层解放效果考察研究[C]//煤矿瓦斯灾害防治理论与工程实践. 徐州:中国矿业大学出版社,2005:12-46.
- [12] 赵以蕙. 阳泉七尺煤层预抽瓦斯参数的探讨[J]. 中国矿业学院学报,1979(2):13-18.  
ZHAO Yi-hui. Investigations of parameters of methane drainage from 7-ft coal seam in Yangquan mine[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1979(2):13-18.
- [13] 李瑞琼. 预抽瓦斯防止煤与瓦斯突出机理及其应用[J]. 中国矿业学院学报,1981(2):1-15.  
LI Rui-qiong. Mechanism and application of preliminary drainage of gas in preventing outbursts of coal and gas[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1981(2):1-15.
- [14] 王魁军. 提高本煤层瓦斯抽放的新方法-交叉钻孔预抽本煤层瓦斯试验研究[J]. 煤矿安全,1996(2):38-41.
- [15] 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):472-475.  
CHENG Yuan-ping, YU Qi-xiang. Application of safe and high-efficient exploitation system of coal and gas in coal seams[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2003,32(5):472-475.
- [16] 程远平,俞启香. 煤与远程卸压瓦斯安全高效共采试验研究[J]. 中国矿业大学学报,2004,33(2):132-136.  
CHENG Yuan-ping, YU Qi-xiang. Experimental research of safe and high-efficient exploitation of coal and pressure relief gas in long distance[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2004,33(2):132-136.
- [17] 袁亮. 低透气性煤层群瓦斯抽采理论与技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,2004:204-242.
- [18] 中华人民共和国煤炭工业部. 防治煤与瓦斯突出细则[M]. 北京:煤炭工业出版社,1995:1-2.