

文章编号: 1001-1986(2006) 06-0027-03

波兰煤矿瓦斯高效抽放技术特点

员争荣^{1,2}, Stanislaw NAWRAT³

(1. 煤炭科学研究总院西安分院, 陕西 西安 710054; 2. 西安科技大学, 陕西 西安 710054; 3. 克拉科夫理工大学, [波兰] 克拉科夫 30-058)

摘要: 目前, 在波兰 41 对主要生产矿井中, 有 23 对高瓦斯矿井进行了瓦斯抽放。2004 年瓦斯平均抽放率为 30%, 平均利用率为 39%。根据瓦斯地质条件、瓦斯涌出特点和采区通风方式, 着重介绍了波兰煤矿强化煤层、围岩和采空区瓦斯抽放, 提高矿井瓦斯抽放效率的工艺技术特点。在工作面的瓦斯排放中, 注重开采、通风与瓦斯抽放一体化, 通过优化抽放钻孔布置, 取得钻孔瓦斯抽放的最佳效果, 是波兰煤矿瓦斯治理的一项成功经验, 成为煤矿持续安全高效生产的重要技术保障。

关键词: 煤矿瓦斯; 抽放; 技术; 波兰

中图分类号: TD712.6 **文献标识码:** A

Technical characteristics of high efficient CMM drainage in Poland

YUN Zheng-rong^{1,2}, Stanislaw NAWRAT³

(1. Xi'an Branch of China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China;

2. Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China;

3. AGH University of Science and Technology in Krakow, Krakow 30-058, Poland)

Abstract: Methane drainage is being performed in 23 gassy coal mines of total major 41 coal producing mines in Poland at present. The average methane drainage efficiency is 30 percent in 2004, with average utilization efficiency of 39 percent. In accordance with the coalbed methane geological condition, the gas emission feature and ventilation methods in mining districts, the techniques of intensive methane drainage from coal seams, surrounding strata and goaf so as to increase the methane drainage efficiency is introduced generally in this paper. The program of the degasification in longwall face highlights the integration of coal mining, ventilation and methane drainage. By means of optimization of the location of drill holes for drainage, the best methane drainage effect is obtained, which has been an expertise for coal mine methane control, and an important technical guarantee for sustaining coal safety production.

Key words: coal mine methane(CMM); drainage; technology; Poland

1 波兰煤矿瓦斯抽放与利用现状

波兰是世界上煤炭生产大国之一。波兰煤矿瓦斯地质条件同中国相似, 矿井瓦斯、火等灾害十分严重。按照中国煤矿瓦斯等级鉴定标准(绝对瓦斯涌出量 $\geq 40 \text{ m}^3/\text{min}$ 时, 属高瓦斯矿井), 波兰 41 个重点煤矿中, 近一半为高瓦斯矿井, 其中有 23 对进行了井下瓦斯抽放。目前, 世界主要采煤国(包括波兰)采用的井下瓦斯抽放技术仍以钻孔抽放为主。根据矿井瓦斯来源评估结果, 瓦斯抽放对象集中于开采煤层、邻近层和采空区; 根据抽放与煤层开采顺序关系, 分为采前预抽、边采(边掘)边抽和采后抽放(即对采空区抽放)。各抽放矿井在地面建有瓦斯抽放泵站, 通过管道系统与井下不同区段的抽放钻孔

连结, 实施负压抽放, 抽放与监测系统完善。

2004 年, 波兰煤矿 23 对抽放矿井的瓦斯抽放总量为 227.1 Mm^3 , 平均抽放率为 30%。其中, Pniówek、Krupiński、Jankowice、Brzeszcze、Zoflowka、Budryk、Wesła 和 Ryduhowy 8 个重点矿年抽放量超过 10 Mm^3 , 且 Jankowice 矿抽放率高达 46.8%。这些抽放矿井的瓦斯利用总量为 128.1 Mm^3 , 平均利用率为 39%。一般而言, 抽放量大的矿井, 其瓦斯利用率也较高, 如 Brzeszcze、Zoflowka 和 Jas-Mos 3 个矿瓦斯利用率超过 90%, 其中, Brzeszcze 矿高达 100%。

井下瓦斯抽放集中于采区工作面、掘进巷道和采空区, 其瓦斯抽放量分别占 59%、4% 和 37%。

此外, 波兰已在全国建立起了包括瓦斯抽放在内的统一瓦斯治理体系。煤矿只从事直接的煤炭开

收稿日期: 2006-05-30

作者简介: 员争荣(1966—), 男, 山西运城人, 研究员, 在读博士研究生, 波兰克拉科夫矿业大学访问学者, 从事煤、煤层气资源开发及煤矿瓦斯防治研究。

采, 煤矿瓦斯的治理与利用(包括瓦斯治理方案的设计、井下施工抽放、瓦斯地面站及瓦斯发电等)委托给专门的国家煤矿瓦斯抽采公司(ZOK)完成。由于拥有完备的瓦斯抽放技术与体系, 加之严格的安全法律保障、管理措施和其他如监测、通风等配套技术措施, 所有瓦斯矿井的瓦斯治理效果良好。2003 年死于瓦斯事故的仅有 1 人, 2004—2005 年全国共发生瓦斯燃爆事故 4 起, 但无 1 人死亡。

2 影响瓦斯抽放率的主要因素

如何提高煤层特别是低渗煤层钻孔瓦斯的抽放效率, 是矿井瓦斯抽放技术的核心问题。波兰专家通过生产实践认为^[1], 矿井瓦斯抽放率主要与煤层甲烷含量、煤层的透气性、抽放钻孔的布置、抽放设备系统和采区通风方式等因素有关。

上述 5 个因素中, 煤层甲烷含量和透气性是含气煤层的固有特性。对于高含气量的瓦斯矿井, 决定瓦斯涌出量大小和抽放难易程度的关键因素则是煤层的透气性。尽管煤层的透气性在长期地质作用下已经定型, 但它可以通过改变煤层的局部裂隙和孔隙分布等人工干预措施得到改善, 从而提高瓦斯的抽放率。在波兰, 有关提高煤层透气性的方法试验很多, 如煤层水化学处理、水的电解作用、水力压裂煤层、高压抽水、水力割槽和孔内爆破等, 但这些试验皆因工艺复杂和技术难度大等原因, 未能从试验走向推广应用。实际上, 如何提高井下低渗透煤层的瓦斯抽放率, 已成为一项世界性难题。

瓦斯抽放钻孔的布置, 主要指设计钻孔的位置、方位、密度、组合和单孔深度等参数。采区瓦斯抽放效果与所在块段抽放钻孔的布置方式有直接关系。瓦斯抽放设备系统, 包括钻机具的性能、井下管道输送系统、地面抽放泵站设备及抽放参数设置等。

采区通风配制^[3]主要指, 围绕长壁式工作面开采煤层及采空区瓦斯的抽放与该区通风的匹配关系。瓦斯的高效抽放可以解决由通风对大涌出量瓦斯驱除不彻底的问题。同时, 考虑到抽放(出)瓦斯的利用问题, 即为了确保抽出瓦斯的浓度, 所以, 在瓦斯抽放钻孔设计时必须考虑通风因素。

3 提高采区瓦斯抽放率的技术措施

众所周知, 在相同的抽放技术条件下, 工作面瓦斯抽放效率与煤层开采及通风方式关系很大。根据煤矿采煤工艺特点和煤层瓦斯含量, 在预测瓦斯涌出量的基础上, 制定出有利于瓦斯抽放的采区通风方式, 即抽放钻孔的布置要结合通风方式整体考虑,

以取得最优的抽放通风效果。波兰专家在煤矿采区瓦斯治理工作中, 特别注重开采、通风与抽放三者的协调性, 优化布置抽放钻孔, 最大程度地发挥现有技术条件下瓦斯排放的效果^[1, 3-4]。

对于长壁式工作面顶板垮落法开采, 研究和实践表明, 采区开采层及邻近层的瓦斯抽放率, 很大程度上依赖于工作面开采方向和通风方式。在长壁式后退式开采中, 当采空区上风巷不保留时, 瓦斯抽放效率最低; 当采用双上风巷及组合式瓦斯抽放(即煤层抽放+采空区抽放)方式时, 瓦斯抽放效率最高。

a. 当工作面瓦斯涌出量不大于 $10 \text{ m}^3/\text{min}$ 时, 可采用后退式(开采)、U 形通风方式, 在上风巷钻孔中抽放瓦斯, 采后不保留上风巷。但其抽放率较低, 一般在 $20\% \sim 30\%$, 且钻孔利用期短(图 1)。若利用钻窝和小角度抽放孔抽放瓦斯, 可提高瓦斯抽放率, 且钻孔使用期变长(图 2)。

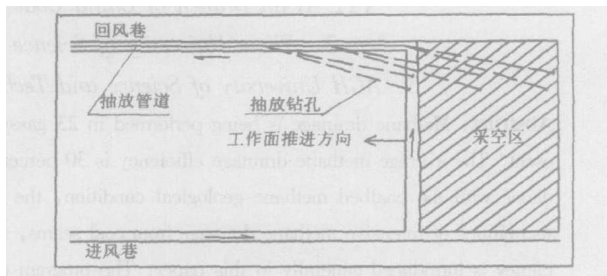


图 1 U 型通风及瓦斯抽放系统

Fig. 1 The "U" pattern of ventilation with methane drainage

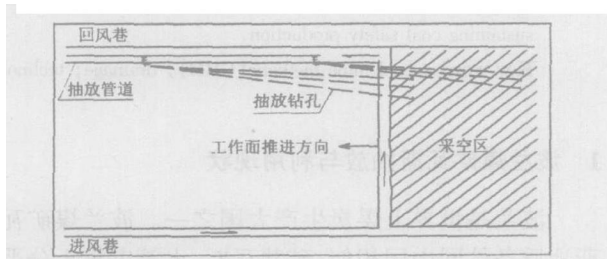


图 2 U 型通风小角度钻孔瓦斯抽放系统

Fig. 2 The "U" pattern of ventilation with methane drainage hole at narrow angle

b. 采用后退式或前进式(开采), 且保留上风巷时, 瓦斯抽放率一般在 $30\% \sim 50\%$ 。采用后退式开采及双上风巷通风系统时, 抽放率达 $40\% \sim 60\%$; 采用后退式(开采)、组合式抽放方式时, 抽放率可达 $50\% \sim 60\%$ 。

c. 当工作面瓦斯涌出量大($\geq 50 \text{ m}^3/\text{min}$)时, 采用后退式开采及平行双上风巷通风加平行风巷中瓦斯抽放, 可获得相对最好的瓦斯排放效果。如 Poinwek 矿瓦斯抽放率最高可达 75% , 抽出的瓦斯浓度相对较高, 而且钻孔易维护, 利用时间长(图 3)。

d. 对于瓦斯涌出量在 $20 \sim 40 \text{ m}^3/\text{min}$ 时, 也可

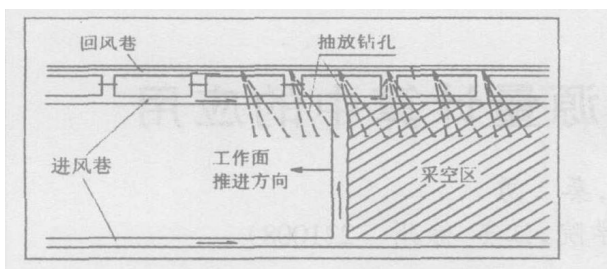


图 3 平行双上风巷通风及瓦斯抽放系统

Fig. 3 Ventilation with double upper laneways and methane drainage

采用前进式开采系统, 抽放钻孔则只能布置在回风巷中, 此种情形往往能获得很高的抽放效率(最高可达 90%), 但采空区巷道维护是个问题(图 4)。

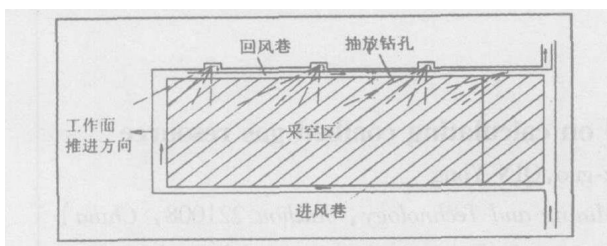


图 4 前进式开采通风及瓦斯抽放系统

Fig. 4 Ventilation for advancing mining with methane drainage

e. 对于瓦斯涌出量在 $10 \text{ m}^3/\text{min}$ 时, 采用后退式开采, 沿煤体进风, 沿采空区回风, 在回风巷中抽放瓦斯(图 5)。这种方式对于已卸压采空区的瓦斯排(抽)放十分有利, 其抽放率较高, 因而在煤矿中经常被采用。

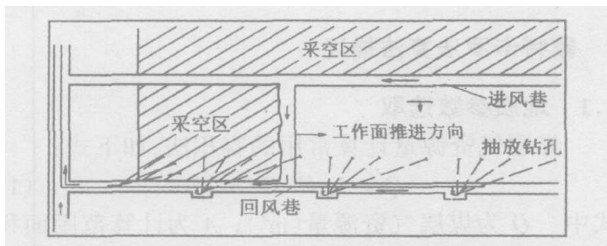


图 5 一种特殊 Y 型通风抽放瓦斯系统

Fig. 5 A special "Y" pattern ventilation with methane drainage

图 6 为 Pniówek 矿通过在 U 型通风系统中调节风压, 来提高采空区瓦斯的抽放效果。若按常规情况, 只从上风巷中打钻抽瓦斯, 这样抽放效果较差。因而, 尝试在斜巷 1 中打孔抽放瓦斯。通过干预风流(采用风门和密闭墙)来调节采空区瓦斯流向, 以便在斜巷 1 中获得较好的瓦斯抽放效果。

此外, 未卸压的煤层瓦斯抽放率一般较低。但负压通风对未卸压煤岩层抽放影响不大, 而对开采冒落层抽放影响较大。

4 瓦斯抽放系统优化研究

研究表明, 抽放系统压力参数及钻孔密度直接影响钻孔瓦斯的抽放效率^[1]。波兰专家通过调查某

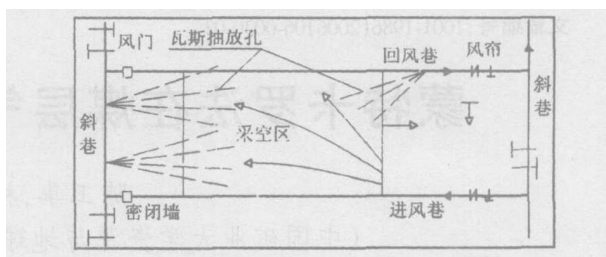


图 6 回风巷及斜巷中抽放瓦斯

Fig. 6 Methane drainage in return airway and inclined way

高瓦斯矿井的瓦斯抽放系统, 得出了如下规律: 钻孔瓦斯的抽放率分别与抽放负压和钻孔密度呈线性关系, 即抽放率分别随负压值和钻孔密度的增大而增加。但是, 三者的函数关系在空间上则是一个曲面, 最大抽放率并不出现在最大负压值和最大钻孔密度交汇部位(图 7)。该曲面的回归方程为:

$$Z = 4.2778 + 10.6877x + 0.4554y - 0.2081x^2 - 0.0716xy + 0.0008y^2$$

式中 Z ——钻孔瓦斯抽放效率, %; x ——钻孔密度; y ——钻孔负压, kPa。

根据这一规律, 对于煤矿瓦斯抽放中负压较低的情形, 可以通过增大钻孔密度的办法来提高瓦斯抽放率。

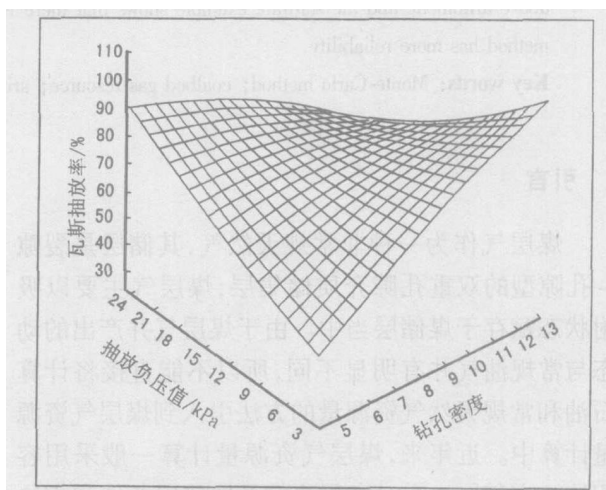


图 7 瓦斯抽放率与抽放负压和钻孔密度的关系

Fig. 7 Methane drainage rate vs its negative pressure and borehole density

参考文献

- [1] Janusz Roszkowski, Bernard Nowak. Optymalizacja Sieci Odmetanowania [C] // Katedra Górnictwa Podziemnego. Krakowie: Akademia Górniczo-Hutnicza, 2003.
- [2] Stanisław Nawrat. Systems of fighting against methane threat in coal mines [C] // The First China International Conference Proceedings on Coal Mine Gas Control & Utilization. Beijing: Coal Industry Publishing House, 2005: 224-232.
- [3] Dziurzyński W, Nawrat S, Roszkowski J. The influence of ventilation parameters on the effectiveness of the methane drainage system [C] // The Proceedings of 5th International Mine Ventilation Congress. Johannesburg: [s. n.], 1992.
- [4] Stanisław Nawrat. Drainage and economical utilization of methane from coal seams in the mining field Jastrzebie coal company [C] // The Proceedings of Second International Conference Methane Mitigation. Novosibirsk: [s. n.], 2000.