卸压瓦斯抽取及煤与瓦斯共采技术研究

李树刚[1]，李生彩[2]，林海飞[1]，成连华[1]

(1.西安科技学院能源科学与工程学院，陕西西安 710054；2.窑街煤电公司天祝煤矿，甘肃窑街 730084)

摘要：强调指出瓦斯不只是煤矿的一大危害，而且它还是一种宝贵的清洁能源。提出了基于采动影响下煤层瓦斯产生“卸压增流效应”的煤与瓦斯共采的理论认识，并依此提出了几种井下抽取卸压瓦斯的方法，最后分析了煤与瓦斯共采产生的社会经济效益。

引言

我国高瓦斯矿井频发的瓦斯灾害严重地威胁着矿井工作人员的生命安全，制约着矿井生产的发展，给煤炭企业带来沉重的经济负担，迫使许多高瓦斯突出矿井长期亏损经营，甚至濒临破产。我国煤矿防治瓦斯灾害的主要措施是强化矿井通风、围绕安全目的抽排瓦斯、加强火源控制、瓦斯监测、建立防爆抑爆和个人防护体系。而国外先进国家却把瓦斯(煤层气)作为一种优质能源进行工业化开发利用，并使之达到规模化、商业化。

煤层瓦斯，其主要成分为甲烷(沼气)。煤层甲烷是赋存于煤层及其邻近岩层之中的一种自生自储式天然气。瓦斯是威胁煤矿安全的一种有害气体，煤炭开采时需要花费大量人力和物力将其从井下排除，排至地表后又污染大气环境。

但同时甲烷又是经济的可燃气体，是一种清洁、方便、高效的能源，其发热量为33.5～36.8MJ/m^3，并且烧甲烷比烧煤的热效率高。每1m^3甲烷相当于1kg多标准煤。瓦斯除做民用燃料外，还可作为化工原料生产氨气、化肥和碳黑等。因此瓦斯集利与害于一身，是煤矿特有的宝贵资源，应该作为煤矿的第二能源加以积极开发和利用，变废为宝。

大力开发煤层气，既可以充分利用地下资源，又可以改善矿井安全条件和提高经济效益，并有利于改善地方环境质量和全球大气环境。美国和澳大利亚的实践表明，只要政府对这种产业给予政策扶持，煤层气开发利用不仅能给社会提供一种优质能源和化工原料，而且能极大地降低煤矿开采的瓦斯排放量，减少大气污染，降低矿井通风中能量消耗，为煤层气开发和煤炭开采带来显著的经济效益，为社会提供更多的就业机会，并带动相关产业的发展[1]。因此，我国煤矿在防治瓦斯灾害方面应彻底转变观念，从采掘部署上把瓦斯抽取纳入正规生产的工艺流程，从时间和空间上给予充分保证，促进煤层瓦斯开发和利用达到规模化生产。只有这样，我国煤矿瓦斯灾害才会得到有效控制，高瓦斯突出矿井才会随着治理瓦斯灾害费用的减低，生产效率的提高而获得新生，宝贵、清洁的能源不会被白白地浪费掉。

1煤与瓦斯共采技术的理论基础

限制我国高瓦斯突出矿井井下瓦斯抽放的原因，主要是煤层的低渗透率和高可塑性，使得沿煤层打钻孔困难，煤层采前预抽效果较差。由于我国含煤地层一般都经历了成煤后的强烈构造运动，煤层内生裂隙系统遭到破坏，塑变性大大增强，因而成为低透气性的高延性结构，其透气性比美国和澳大利亚低2～3个数量级，这使得地面钻孔完井后采气效果差，水力压裂增产效果不明显。按美国地面煤层气开发选区标准，认为煤层渗透率在(3～4)×10^{-3}μm^2最佳，但不能低于1×10^{-3}μm^2且要求煤层内生裂隙发育良好。我国煤层渗透率一般在(0.1～0.001)×10^{-3}μm^2范围内，渗透率最大的抚顺煤田也仅为(0.54～3.8)×10^{-3}μm^2，水城、丰城、霍岗、开滦、柳林等渗透率较好的矿区也仅为(0.1～1.8)×10^{-3}μm^2，远远不如美国圣胡安和勇士盆地。抚顺井下水平钻孔与美国同类条件比较，抚顺钻孔影响范围仅50m，而美国达到100m。煤层的低渗透率特点，决定了我国地面开发煤层气的难度很大[2]。

鉴于我国煤层的赋存特点，我国煤层气开发生产的重点应放在井下，利用煤矿井下的采掘巷道，并尽量利用煤层采动影响，通过打钻孔和其它各种有效技术强化煤层的瓦斯抽放，同时应进一步研究和不断完善提高煤层渗透率的技术和钻孔技术，研究提高气体质量的技术，研究井下煤炭与瓦斯的协调开采配套技术以及煤矿瓦斯利用技术，使之与井下煤层气开发产业配套，实现煤与瓦斯的安全共采。

现场测定和实验研究表明 [3~4]，采动后支承压力对开采煤层的渗透系数变化起主要作用，采场前方应力集中带煤层的渗透系数极低而瓦斯压力在增大，故其内部瓦斯涌出量会下降；当开采煤层卸压、围岩松动后瓦斯涌出量会急剧增加，渗透系数值增大很多，可达数百倍，并使解析流量也增加很多，此即“卸压增流效应”。由此得出结论，不论原始渗透系数怎样低的煤层，在采动影响煤层卸压后，其渗透系数会急剧增加，煤层内瓦斯渗流速度大增，瓦斯涌出量也随之剧增，漏风影响会使涌出瓦斯升浮扩散至覆岩的采动裂隙带。初次来压前采动导气裂隙带的空间分布如图1所示，采动裂隙带内外边界为一椭圆抛物面形状，故称此裂隙带为椭抛带[5]。

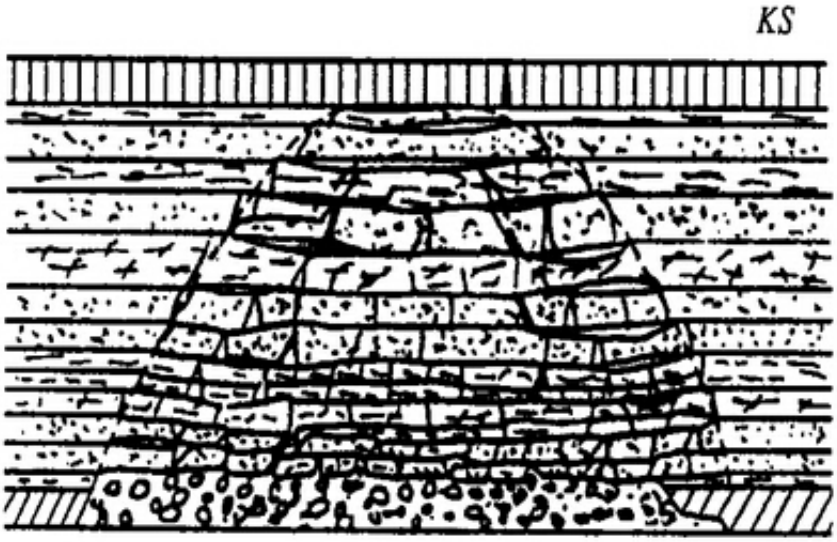

图 1　覆岩采动裂隙带分布

Fig.1　Fissurezonedurin ginitiall yminin g period

在三维直角坐标系下，椭抛带几何形状可用数学方程表示为

$$\frac{x^2}{2a^2}+\frac{y^2}{2b^2}=\frac{z}{c}$$

式中　a 为椭圆长轴之半，即采煤工作面推进距离之半，m；b 为椭圆短周之半，即工作面长之半，m；c 为岩层破断碎胀系数，可由模拟实验确定。

在这里采动裂隙带不仅是瓦斯运移完成时的聚集场所，而且还是瓦斯的运移通道。搞清采动裂隙带的分布规律则可进一步研究瓦斯的运移通道，进而研究瓦斯在覆岩采动裂隙带内的运移规律。在确定瓦斯运移聚集区的基础上，合理地布置钻孔位置和其它有关参数，完全能够高效地抽取高浓度卸压瓦斯。

2卸压瓦斯钻孔抽取方法

因我国含瓦斯煤层普遍存在着“两高三低”的特征，即煤层渗透系数低、煤层瓦斯压力较低、煤层在水力压裂等强化措施下形成常规破裂裂隙所占比例低、煤层吸附瓦斯能力高、煤层瓦斯贮存量高。直接从地表钻井抽取瓦斯，虽成本低廉，但效果不佳。煤层开采及瓦斯抽放实践及理论研究表明[5]，在含瓦斯矿井，因采动引起煤系地层矿山压力发生变化，其中孔隙裂隙也有相应变化，结果瓦斯解析运移过程加速，同时，裂隙为瓦斯提供了运移后的聚集场所。

合理地利用采动矿山压力引起的围岩活动规律，有效地抽取瓦斯，实在是实现既开采煤炭资源又开采瓦斯资源(即煤与瓦斯共采)，还能保证矿井安全生产，减少环境污染的理想途径。

2.1采动区井抽取

采动区井是从地表向工作面上方覆岩施工的地面铅直钻孔(井)，以抽取工作面开采上覆岩层中因受采动影响而解析、游离出来的瓦斯。由于开采影响下覆岩产生变形和移动而形成垮落带、规则移动带和弯曲下沉带，在垮落带和规则移动带内，受卸压松动影响会产生许多破断裂隙和离层裂隙并相互贯通。而岩层在采空区中部的离层裂隙趋于压实，从而在采空区上部形成层面展布为椭圆形圈的导气裂隙带。裂隙带内煤岩层垮落移动，支承压力减弱，瓦斯储层压力降低，煤体膨胀表面积增大，渗透性增加，本煤层和邻近层(含围岩)瓦斯得以解析运移。据升浮和扩散理论，在裂隙带上部离层裂隙发育区漂浮、聚集着大量卸压瓦斯，在其周边(即层面上呈现的椭圆形圈)破断裂隙发育区则有大量游离瓦斯运移。因此，采动区井(孔)在施工时应根据裂隙带形成的特点，将井(孔)的终孔位置确定在导气裂隙带内，则易于抽取瓦斯[5]。

2.2顶板水平钻孔抽取

虽然顶板高位抽放巷对放顶煤开采工作面瓦斯防治具有良好的作用，尤其赋有上邻近层的放顶煤工作面，其效果更为明显。但因其独头巷的距离长、工程量大、造价高等制约了它的推广使用。因此，基于研究结果，可用顶板大直径水平钻孔代替高抽巷，提高泵站抽放能力，即可达到抽出率高、抽取量大的目的。

2.3钻孔抽取本煤层瓦斯

煤层瓦斯抽取难易程度取决于两方面因素，一是煤层瓦斯压力，它是煤层中瓦斯运移的动力或势能，瓦斯压力越小，则煤层瓦斯所具有的势能越小；二是煤层本身的渗透性，它反映瓦斯在煤层运移的难易程度，渗透性越差，瓦斯在煤层中运移需要克服的阻力越大，抽取就越困难。但煤体卸压后，其透气性系数会大大增加。放顶煤开采时，采场前方支承压力峰值降低且向深部移动，煤壁前方卸压瓦斯涌出活跃区范围亦扩大[5]，这给有效抽取瓦斯提供了新的途径。将钻孔位置布置在卸压瓦斯活跃区内，可以高效地抽取瓦斯。

3煤与瓦斯共采的社会经济效益

煤层中抽取出来主要成分为甲烷的瓦斯，具有其它能源无法比拟的无污染、无油污等多种优点。实现煤与瓦斯两种资源有效、安全共采，已经在生产实际中获得了良好的社会、经济效益。

以靖远魏家地煤矿为例，该矿属煤与瓦斯突出矿井，煤层瓦斯含量8.1m3/t。自投产至1999年的矿井瓦斯涌出量在30.37～46.73m^3/min之间。其西一采区一分层大部分已经采完，形成一层煤全层采空区4个，采区煤层瓦斯已卸压，采空区内卸压瓦斯浓度高。该矿利用采空区瓦斯浓度高的特点，同时在多个巷道布置穿层钻孔，采用掘前预抽、边掘边抽和采后再抽的方法抽取聚集于采空区的卸压瓦斯。目前抽取钻孔291个，单孔流量0.012～0.030m^3/min，矿井总抽放量6～8m3/min，年抽放瓦斯量3×10^6m^3以上。用该瓦斯量折算的节煤量为482万t，利用抽取的瓦斯可节支724万元，并且解决了瓦斯排放对大气环境的污染。

再以淮北芦岭矿为例，该高瓦斯矿煤层瓦斯含量为15m^3/t，1200m以上水平可采储量3.71亿t，瓦斯储量64亿m^3。现年产煤达185万t，瓦斯涌出量3162万m^3/a。该矿针对煤层厚、煤质酥松及透气性低(0.067md)等特点，充分利用煤层开采后形成的采动裂隙椭圆形发育区特征，采取地面垂直采动区孔、顶板长距离水平钻孔和顶板穿层钻孔相匹配的措施抽取瓦斯，供4000户居民燃用[6]。每年减少燃煤节支180万元，燃用瓦斯增收146万元，两项合计为326万元，经济效益十分可观；以等效发热量计，1000m^3瓦斯相当于4t原煤，若年平均瓦斯涌出量之80%能充分利用，可节约原煤10.12万t/a，并且解决了瓦斯排放对环境的污染，以芦岭矿每年节燃煤1.2万t计，则全年减少排放SO_2约96t，烟尘768t，从而提高了大气环境质量。

参考文献：

[1]李树刚，钱鸣高.我国煤层与甲烷安全共采技术的可行性[J].科技导报，2000，(6)：39-41.

[2]胡千挺，蒋时才，苏文叔.我国煤矿瓦斯灾害防治对策[J].矿业安全与环保，2000，27(1)：1-4.

[3]李树刚，刘士琦，梁俊芳.含瓦斯特厚软煤层顶煤运移特征观测[J].西安矿业学院学报，1998，18(2)：103-106.

[4]李树刚.关键层破断前后覆岩离层裂隙当量面积计算[J].西安矿业学院学报，1999，19(4)：289-292.

[5]李树刚.综放开采围岩活动及瓦斯运移[M].徐州：中国矿业大学出版社，2000.

[6]许家林.采空区瓦斯抽放钻孔布置的研究[J].煤炭科学技术，1997，(4)：28-30.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/90834.html