

山东济宁许厂煤矿下组煤瓦斯与二氧化碳开发利用前景及存在的问题

田立强¹, 范士彦²

(1.山东省煤田地质局第三勘探队, 山东 泰安 271000; 2.山东省煤田地质局, 山东 泰安 271000)

摘要:许厂煤矿下组煤中蕴藏着较为丰富的瓦斯、二氧化碳资源。下组煤位于瓦斯风化带内, 含瓦斯、二氧化碳和氮气等气体, 瓦斯含量与埋藏深度呈正相关关系, 主要存在低含量瓦斯、二氧化碳抽采率、二氧化碳资源化转换等技术方面的问题。从国家相关优惠政策、资源优势、煤与煤层气一体化开发技术、近水平长钻孔定向钻进技术、煤层压裂造缝技术、煤层注气增产技术和瓦斯、二氧化碳气体提纯技术等关键技术的发展程度, 结合煤矿的下组煤层的开采方案, 认为许厂煤矿有着较好的煤炭与瓦斯、二氧化碳一体化开发利用前景。

关键词:下组煤; 瓦斯; 二氧化碳; 开发利用前景; 许厂煤矿; 山东济宁

中图分类号:TD713 **文献标识码:**A

引文格式:田立强, 范士彦. 山东济宁许厂煤矿下组煤瓦斯与二氧化碳开发利用前景及存在的问题[J]. 山东国土资源, 2016, 32(10): 21-24. TIAN Liqiang, FAN Shiyan. Development and Utilization Prospect and Existing Problems of Gas and Carbon Dioxide in Xuchang Coal Mine in Jining City of Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(10): 21-24.

0 引言

2015年, 我国煤矿瓦斯抽采量达到了136亿 m^3 , 利用量48亿 m^3 , 利用率35.3% (国家能源局2016年数据), 离利用率达60%的“十二五”目标相去甚远; 美国环保局煤层气办公室主任 Felicia Ruiz 表示, 目前美国煤层气抽放系统抽出的80%的甲烷得到回收利用。因此, 加快建设瓦斯利用设施, 有效提高瓦斯抽采利用率, 是我国“十三五”期间的当务之急。以往的煤矿“开发利用方案”未将瓦斯及二氧化碳的抽采纳入计划, 不但会浪费宝贵、优质的气体资源, 而且将向大气中排放大量的温室气体, 破坏大气臭氧层。因此, 加强下组煤层中瓦斯、二氧化碳的开发利用, 具有预防灾害、利用能源和环境保护等多重意义。

许厂煤矿下组煤(16_上、17煤层)煤层含气量(甲烷)达到5.18~6.38 m^3/t 。根据《煤层气资源/储量规范》(DZ/T0216-2010), 全矿井下组煤(16_上、

17煤层)保有瓦斯地质资源/储量 $8.57 \times 10^8 m^3$, 其中内蕴经济的推断地质储量 $4.97 \times 10^8 m^3$, 内蕴经济的潜在资源量 $3.60 \times 10^8 m^3$ 。同时, 下组煤层中保有二氧化碳地质储量 $34.28 \times 10^8 m^3$, 其中内蕴经济的推断地质储量 $19.88 \times 10^8 m^3$, 内蕴经济的潜在资源量 $14.40 \times 10^8 m^3$ 。

1 许厂煤矿下组煤层瓦斯地质特征

许厂煤矿下组煤主要指位于石炭-二叠系太原组下部的16_上和17煤层。16_上煤层厚度0.39~2.67 m, 平均厚度1.24 m, 井田范围内全区可采, 属稳定煤层; 17煤层上距16_上煤层1.01~10.35 m, 平均4.53 m, 煤层厚度0.60~1.61 m, 平均0.90 m, 井田范围内全区可采, 属稳定煤层。16_上、17煤层的煤类均为气肥煤。16_上和17煤层的普氏硬度系数 $f=1.42$, 属软煤; 真密度 $1.42 t/m^3$, 视密度 $1.29 \sim 1.32 t/m^3$, 断口棱角状、贝壳状, 内生裂隙发育。煤岩类型以半亮型煤为主, 半暗型煤次之。线理状—宽条带状结

收稿日期: 2016-03-16; 修订日期: 2016-05-01; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 田立强(1968—), 男, 山东文登人, 高级工程师, 主要从事煤田地质勘查工作; E-mail: 15053813980@139.com

构,层状构造。煤层显微煤岩组分及镜煤反射率见表 1。在有机显微煤岩组分中,凝胶化组分平均占

80%,无机组分以粘土矿物为主,其次为氧化物、碳酸盐和硫化物。

表 1 煤层显微煤岩组分及镜煤反射率

煤层	镜质组	半镜质组	丝质组	半丝质组	稳定组	无机总量	粘土类	氧化物	碳酸盐	硫化物	镜煤反射率 $R_{0\max}$
16 _上	78.1	7.1	1.5	8.8	6.7	5.2	3.3	0.3	1.0	0.6	0.683
17	80.1	7.3	1.9	8.6	2.4	6.4	4.3	0.2	1.0	0.9	0.692

根据钻孔煤样测试结果:煤层中气体成分主要为瓦斯、二氧化碳和氮气。其中,二氧化碳两极值为 8.63~65.50%;甲烷两极值 0.13%~37.56%。16_上和 17 煤层位于瓦斯风化带的中上部。根据许厂煤矿的瓦斯实测值,结合瓦斯地质图综合分析,下组煤层的相对瓦斯涌出量与埋深呈正相关关系,预测 16_上煤层不同埋深平均相对瓦斯涌出量为 5.18~6.38 m³/t(表 2)。17 煤层目前尚未开采,根据地质报告资料,其瓦斯含量与 16_上煤层大致相当,略有增加。

表 2 16_上煤层相对瓦斯涌出量预测值与埋深的关系

煤层埋深(m)	相对瓦斯涌出量(m ³ /t)	煤层埋深(m)	相对瓦斯涌出量(m ³ /t)
150	5.18	550	5.82
200	5.26	600	5.90
250	5.34	650	5.98
300	5.42	700	6.06
350	5.50	750	6.14
400	5.58	800	6.22
450	5.66	850	6.30
500	5.74	900	6.38

2 许厂煤矿开发利用瓦斯和二氧化碳资源的有利条件

2.1 可以获得政策扶持

2014 年底,国务院颁布的《能源发展战略行动计划 2014—2020》指出,我国优化能源结构的途径是:降低煤炭消费比重,提高天然气消费比重。到 2020 年,天然气比重达到 10% 以上(2015 年,中国天然气消费在一次能源消费中占比仅有 5.8%);煤炭消费比重控制在 62% 以内(2015 年,在一次能源消费中占比 64%)。因此,煤矿由煤炭生产转向煤、气一体化生产是大势所趋。煤矿的煤、气一体化生产不仅符合国家能源产业政策,同时在节能减排、环境保护和安全生产等方面均满足国家的相关政策,可以获得国家政策扶持。主要扶持政策包括《关于加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的若干意见》(国办发[2006]47 号)《关于加快煤层气抽采有关税收政策问题的通知》(财税[2007]16 号)《关于煤层气

(瓦斯)开发利用补贴的实施意见》(财建[2007]114 号)《关于加强煤炭和煤层气资源综合勘查开发管理的通知》(国土资发[2007]96 号)等。2014 年 9 月国务院办公厅颁布的《关于进一步加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用意见》,则确认了煤层气发电上网电价“成本加利润”的形式,让以往较为微薄的煤层气发电利润有了提高的空间,为煤层气发电的发展打下又一层基础。

2.2 许厂煤矿资源优势

全矿井下组煤(16_上、17 煤层)保有瓦斯地质资源/储量 8.57×10⁸ m³,保有二氧化碳地质储量 34.28×10⁸ m³。结合市场价格分析,瓦斯与二氧化碳价格相当,按山东省外销市场价约为 2 元/m³,我国不同煤田瓦斯抽放率为 9.30%~80.24%,平均 30.09%,下组煤蕴含的资源价值非常可观。加上国家在资源勘查及开发的补贴政策,瓦斯、二氧化碳的抽采具有很好的开发前景。

2.3 我国开发利用煤层气的关键性技术基本成熟

制约煤矿煤层气抽采的主要问题在于煤层气的采收率比较低。随着地面、井下煤层气(瓦斯)综合开发技术、近水平长钻孔定向钻进技术、煤层压裂造缝技术、煤层注气增产技术和瓦斯、二氧化碳气体提纯等技术的发展成熟或基本成熟(表 3),煤矿的煤、气一体化生产具备了协调开发的条件。

2.4 有利于建立井下和地面联合抽采系统

根据许厂煤矿综合开发方案,16_上、17 煤层联合开拓、分层开采,采用炮采工艺、条带式采煤方法;16_上煤层-90~-280 m 标高全部回采(建筑物下条带开采),-280~-530 m 标高采用条带式开采;-530~-900 m 标高为暂不能利用部分,未列入开采计划。17 煤层-130~-230 m 标高全部回采(建筑物下条带开采),-230~-455 m 标高采用条带式开采;-455~-910 m 为暂不能利用部分,未列入开采计划。

表 3 煤层气抽采关键技术发展水平分析

关键性技术	代表性技术	适用范围、特点	技术水平评价
煤与煤层气一体化开发技术	地面井压裂、井下长钻孔联合抽采技术 ^[1-4]	初步形成了晋城、两淮、松藻三种典型地质条件下的煤与煤层气协调开发体系 ^[1]	2013 年松藻矿区综合利用率达到 72.4% ^[1]
近水平长钻孔定向钻进技术	定向羽状分支水平井钻井技术 ^[2,10]	适合于厚且连续分布的低渗透性煤层中	研制成功松软突出煤层等各种地质条件下钻进成孔的技术和装备
	空气欠平衡钻井技术 ^[2]	适合于特低渗、低压煤层气体开发	
完井技术	裸眼洞穴完井技术 ^[2]	适合于含水和高渗透性煤层	国内目前已经掌握了大部分关键技术,有待于继续提高 ^[2]
	套管射孔压裂完井技术 ^[2]	国内 98% 的煤层气井采用该方法	
煤层压裂造缝技术	泡沫、清洁压裂液技术	适用于低压、低渗储层	技术比较完善 ^[2]
煤层注气增产技术	注入氮气或二氧化碳的气体注入驱替技术	适用于压裂造缝后及天然裂隙发育的煤层,使低产井增产	注入氮气和二氧化碳开采时最大理论回收率分别达 54% 和 76% ^[7]
井、孔抽采技术	有杆抽油泵技术	适用于各种深度、排量的直井,不适合斜井、水平井	适应性强,易保养
	螺杆泵技术 ^[2]	适合于直井,在斜井、水平井应用有局限性	低投资、低能耗,介质适应性强
	潜油电泵技术 ^[2]	适用范围广(直井、斜井和水平井均可)	排量高,扬程高 ^[2]
矿井下抽采技术 ^[3-12]	本煤层煤层气抽采	未卸压煤层的穿层、顺层抽采;卸压煤层的边采边抽、边掘边采	煤层气抽放率 10%~30%
	邻近煤层煤层气抽采	开采层内、外巷道钻孔抽采	煤层气抽放率 30%~60%
	采空区瓦斯抽采	全封闭、半封闭式采空区抽采	煤层气抽放率 15%~30%
气体提纯技术 ^[6,8,9]	真空变压吸附法(VPSA)等	运行压力低,工艺流程简单,运营成本较低	两级提纯后 CH ₄ 浓度达 90% 以上,收率达到 98%

16_上、17 煤层倾向为 SW 向,暂不能利用的深部煤层位于井田的中、南部,其煤炭资源/储量分别占全井田的 46% 和 65%。适合布置地面钻孔,配合井下钻孔建立井上、井下瓦斯与二氧化碳立体抽采系统;浅部煤层开采区域适合井下煤层开采与瓦斯、二氧化碳协调开采系统,提高资源利用率。

2.5 条带开采的采煤方法有利于气体资源的排出

由于条带开采的煤层回采率只能达到 35%~60%,因此,煤炭回采后矿井内剩余 40%~65% 的煤炭呈条带状分布于采空区周边,煤层内部应力场随着开采后发生的一系列变化,有利于煤层中气体向压力低的采空区逸出。因此,利用采空区抽取瓦斯、二氧化碳,将成为井下瓦斯抽采的重要组成部分。

2.6 有效降低地下水头压力

结合煤矿生产计划和采区规划,合理布置钻孔,优化设计、运用参数模拟及产能预测技术,使地面钻孔可以一孔多用,既是煤层气勘查井,又是瓦斯、二氧化碳生产井,还是水文地质观测孔和降水钻孔。可以有效地降低水头压力,辅助煤矿安全生产。

16_上 煤层的顶板为 10_下 灰岩含水层,富水性一

般为弱—中等,但水压往往较高,通过地面采气井对气、水混合液的抽采,可以达到有效降低水压,释放煤层内部压力,促进煤层内气体涌出的效果。

2.7 二氧化碳的循环使用和资源化使用

当煤层中注入二氧化碳气体后,由于二氧化碳的吸附力大于煤对甲烷的吸附能力,它与煤基质微孔隙中的甲烷产生了竞争吸附,经过一段时间后,二氧化碳可置换出煤中吸附的甲烷^[7]。将其作为煤层增产工艺的注入气体,可以提高瓦斯产量。二氧化碳提纯净化后可广泛应用于机械加工、化学合成、石油开采、烟丝膨化、农业施肥、消防灭火、食品及医药卫生等多种领域^[13]。随着二氧化碳资源化转化技术的不断进步,还可以将二氧化碳催化氢化为甲烷、甲醇等清洁能源。

3 瓦斯和二氧化碳开发利用存在的技术问题

(1) 解决在煤炭开采前的原始煤层中进行瓦斯、二氧化碳预抽的效率问题。

(2) 尽量减少对采煤安全生产的影响,既要有利于开发煤层中气体,又要有利于开采煤炭,效益才

会显著提高。

(3) 提高瓦斯、二氧化碳气体资源的抽采效率。

(4) 二氧化碳资源化开发利用技术有待提高。

二氧化碳资源化利用技术主要包括生物转化、电化学还原、光催化还原以及催化氢化等。在较温和条件下具有高转化效率的催化氢化技术,即将二氧化碳转化为甲烷、甲醇等清洁能源,是二氧化碳资源化利用领域的主要研究方向^[11]。

4 结语

制约许厂煤矿煤炭、瓦斯、二氧化碳一体化生产的关键技术问题是低含量瓦斯、二氧化碳的抽放率问题和二氧化碳的资源化利用问题。需要在技术研发、勘查施工、瓦斯与二氧化碳抽采、提纯、运输和商业化应用等方面形成一条龙式的运作模式下,使煤矿在经济效益、资源利用、安全生产和环境保护等方面取得更大的成果。

参考文献:

[1] 申宝宏,刘见中,雷毅.我国煤矿区煤层气开发利用技术现状及展望[J].煤炭科学技术,2015,2(2):1-4.

- [2] 康园园,邵先杰,石磊,等.煤层气开发技术综述[J].中国煤炭地质,2010,22(S1):43-46.
- [3] 李宾.我国煤矿瓦斯抽采技术现状及发展[J].山西煤炭,2015,2(2):76-78.
- [4] 师百锁.采煤采气一体化开发模式的价值分析[J].科技风,2014,18(18):94-94.
- [5] 陈志胜.煤矿区煤层气综合开发与利用存在问题探讨[J].煤炭科学技术,2009,7(7):5-8.
- [6] 柴国梁.二氧化碳的开发利用前景[A]//机械部气体分离设备科技信息网第十二次全网大会暨学术交流会议论文集[C].2001.
- [7] 李玺,尹淮新.对乌鲁木齐七道湾背斜煤层气中二氧化碳含量较高问题的解决思路[J].中国西部科技,2009,7(7):37-38.
- [8] 张增平.煤矿低浓瓦斯提纯技术及经济性分析[J].中国煤层气,2010,1(1):42-44.
- [9] 张正旺,杨华伟,张东辉,等.新型真空变压吸附法模拟分离 $N_2/CH_4/CO_2$ [J].现代化工,2014,34(3):147-151.
- [10] 冉辉,王治磊,林家显.煤层气羽状分支水平井钻井难点及对策[J].中国石油和化工标准与质量,2014,(14):155.
- [11] 赵毅,钱新风,张自丽.二氧化碳资源化技术分析及应用前景[J].科学技术与工程,2014,14(16):175-183.
- [12] 陈继刚,王广帅,王刚.综放采空区瓦斯抽采技术研究[J].煤炭工程,2014,46(1):66-67.
- [13] 姜小毛,梁玉.二氧化碳:应用市场有待深掘[A]//全国镁化合物行业年会暨技术设备交流会议论文集[C].2014.

Development and Utilization Prospect and Existing Problems of Gas and Carbon Dioxide in Xuchang Coal Mine in Jining City of Shandong Province

TIAN Liqiang¹, FAN Shiyan²

(1.No.3 Exploration Brigade of Shandong Bureau of Coal Geology, Shandong Tai'an 271000, China; 2. Shandong Bureau of Coal Geology, Shandong Tai'an 271000, China)

Abstract: There are abundant gas and carbon dioxide resources in Xuchang coal mine. According to characteristics of gas geology, it is regarded that the lower group coal is located in the weathering zone. It includes gas, carbon dioxide and nitrogen gas, and gas content and buried depth are positively correlated. The existing problems are low content of gas, carbon dioxide extraction rate, the conversion of carbon dioxide and other technical aspects. From national related preferential policies, resource advantages, coal and coal seam gas integration development technology, near horizontal drilling technology, coal seam fracturing technology, gas injection production technology and gas, carbon dioxide gas purification technology and other key technologies, combining with coal mining plan and other aspects of coal mine, it is concluded that there is coal and gas, carbon dioxide integrated development and utilization prospects.

Key words: Lower group coal; gas; carbon dioxide; development and utilization prospect; Xuchang coal mine; Jining city in Shandong province