

# 煤矿区煤层气利用潜力分析

赵路正

(煤炭科学研究总院 煤炭战略规划研究院,北京 100013)

**摘要:**针对“十一五”、“十二五”期间煤矿区煤层气开发利用量与规划目标差距较大,特别是井下抽采利用率与规划目标相差甚远的问题,从抽采量和抽采浓度、利用技术、利用模式、政策因素等方面开展利用潜力影响因素分析,构建开发规模、利用规模和利用率预测模型,采用情景分析方法预测“十三五”煤层气开发利用量和利用率,并提出发展目标。根据计算结果,取中情景,到2020年煤矿区煤层气抽采量达到257亿~289亿 $m^3$ ,利用量达到148亿~170亿 $m^3$ ,地面井煤层气利用率在80%以上,井下抽采煤层气利用率在45%以上,煤矿区煤层气综合利用率在58%以上。

**关键词:**煤矿区煤层气;潜力分析;利用预测

中图分类号:P618

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2017)02-0119-05

## Analysis of the utilization potential of coal mine methane

Zhao Luzheng

(Coal Strategic Planning Research Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

**Abstract:** In view of “11th Five-Year Plan” and “12th Five-Year Plan” period, the exploitation and utilization of coal mine methane (CMM) is far from the planning goal, especially the underground extraction efficiency. Based on the analysis of influencing factors, including concentration and quantity of exploitation, utilization technology, utilization pattern, policy, and so on, the prediction model of exploitation and utilization was built. The utilization amount and utilization rate of CMM in “13th Five-Year Plan” was thus predicted by using scenario analysis method, and development goals were proposed. According to the calculation results, the CMM exploitation will reach 25.7 billion–28.9 billion cubic meters, and the utilization amount will be 14.8 billion–17.0 billion cubic meters, as well the utilization rate of CMM in the surface wells and underground coal seam will be beyond 80% and 45%, respectively. Eventually the total CMM utilization rate will be more than 58% in 2020.

**Key words:** coal mine methane; potential analysis; utilization prediction

## 0 引 言

煤矿区煤层气属非常规天然气,约占我国非常规天然气资源量的13%,虽是诱发煤矿安全事故的灾害性气体和影响大气环境的温室气体,但也是优质的清洁能源和化工原料。因此,加大煤矿区煤层气开发利用,对从根本上减少煤矿瓦斯事故、增加清洁能源供给和促进节能减排等都具有十分重要的意义<sup>[1-3]</sup>。

2015年煤矿区煤层气井下抽采量136亿 $m^3$ ,是2006年的3.47倍;井下抽采利用量48亿 $m^3$ ,是2006年的3.8倍。“十二五”期间,煤矿区煤层气井

下抽采利用总量209亿 $m^3$ ,相当于节约标煤2530亿t,减排 $CO_2$ 3.1亿t。但煤矿区煤层气开发利用离规划目标仍有一定距离,特别是井下抽采利用率一直低于40%,与60%的规划目标相差甚远,如何科学制定未来煤矿区煤层气利用规划,亟需加强煤矿区煤层气利用潜力研究。

## 1 煤矿区煤层气利用现状分析

煤层气利用量处于增长趋势,“十二五”期间煤层气井下抽采利用累计量为209亿 $m^3$ ,比“十一五”增长1.56倍。尽管煤层气利用量逐年上升,但利用

收稿日期:2016-10-27;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2017.02.023

基金项目:国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”资助项目(2016ZX05045-007)

作者简介:赵路正(1984—),女,河南荥阳人,助理研究员,硕士,从事煤层气发展战略和能源领域软科学研究工作。E-mail:zhao@cct.org.cn

引用格式:赵路正.煤矿区煤层气利用潜力分析[J].洁净煤技术,2017,23(2):119-123.

Zhao Luzheng. Analysis of the utilization potential of coal mine methane[J]. Clean Coal Technology, 2017, 23(2): 119-123.

率偏低。“十二五”煤层气井下抽采利用量如图1所示。

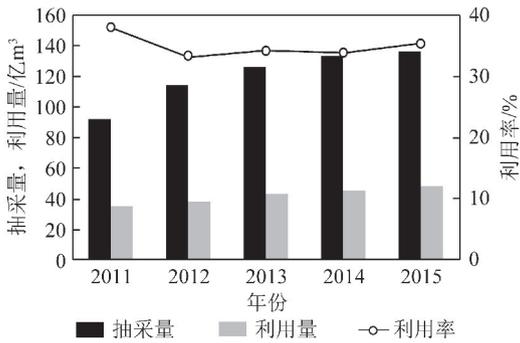


图1 “十二五”煤层气井下抽采利用量

Fig. 1 Exploitation and utilization of CMM in "12<sup>th</sup> Five-Year Plan" period

2014年,煤矿区煤层气井下抽采利用量超亿方的省(市)有山西、贵州、重庆、安徽、河南、四川、辽宁和河北,14个典型省(市)利用量占全国利用量的98%,平均利用率为35%,如图2所示。

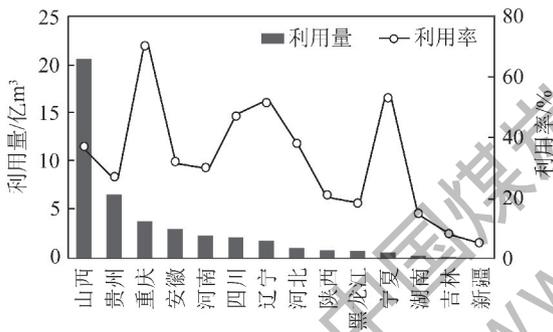


图2 14个典型省(市)煤层气井下抽采利用量和利用率

Fig. 2 Utilization amount and utilization rate of CMM about 14 typical provinces

## 2 煤矿区煤层气利用潜力影响因素分析

### 2.1 抽采量和抽采浓度

煤矿区煤层气利用规模与抽采规模、抽采浓度密切相关<sup>[4-6]</sup>。目前,地面煤层气抽采浓度在90%以上,利用方式是管道输送、制液化天然气/压缩天然气(LNG/CNG)运到用户市场。井下抽采煤层气浓度相对不高,浓度在30%~90%的井下煤层气约占抽采总量的45%,利用方式以发电为主,部分民用,少量制LNG/CNG;浓度在10%~30%的井下煤层气约占抽采总量的20%,利用方式以发电为主,少量浓缩提纯;浓度在1%~10%的井下煤层气约占抽采总量的35%,利用甚微,主要是与乏风掺混用来蓄热氧化供热/供电<sup>[7]</sup>。

### 2.2 利用技术

煤矿区煤层气利用技术及装备是影响煤层气利用的另一关键因素<sup>[8]</sup>。根据国内外煤层气利用技术发展趋势,不同浓度煤层气均能实现有效利用<sup>[9]</sup>。中高浓度煤层气(甲烷浓度>30%)利用技术相对成熟,但装备大型化、成套化、高效化、装备稳定性需突破。低浓度煤层气(1%<甲烷浓度<30%)利用技术是今后发展重点,安全输送、浓缩富集等技术需加强攻关,加大示范力度。极低浓度煤层气(乏风,甲烷浓度<1%)利用技术尚处于起步阶段,加大对极低浓度煤层气利用技术的研究与示范势在必行<sup>[10-11]</sup>。

### 2.3 利用模式

煤矿区煤层气利用模式主要有2种,一是煤层气抽采利用管路联网利用模式,适用于大型矿区规模化利用,建立地面集输系统,将采出煤层气经过集气、净化、增压等处理满足外输要求,实现远距离利用。二是煤矿区煤层气分布式利用,属于“分布式能源系统”,适用于在煤矿附近小规模利用,以自用为主。

### 2.4 政策因素

根据《关于利用煤层气(煤矿瓦斯)发电工作的实施意见》(发改能源[2007]721号),对煤层气发电实施补贴0.25元/kWh;《关于“十三五”期间煤层气(瓦斯)开发利用补贴标准的通知》(财建[2016]31号)，“十三五”期间,煤层气开采利用补贴标准从0.2元/m<sup>3</sup>提高到0.3元/m<sup>3</sup>。这些补贴政策一定程度上缓解了煤层气利用经济效益差的制约,促进了煤层气利用。

## 3 “十三五”煤矿区煤层气利用规模预测

### 3.1 预测模型

#### 1) 煤矿区煤层气开发预测模型

煤矿区煤层气开发量包括煤矿企业地面煤层气开发量和井下抽采煤层气量。地面煤层气开发量取决于地面井数、单井产量和气井投产率;井下抽采煤层气量取决于原煤产量和吨煤抽采量<sup>[12]</sup>。

$$Q_d = \sum_{GD} f(n, q, \lambda) + \sum_{UD} f(M, A) \quad (1)$$

式中, $Q_d$ 为开发量,亿m<sup>3</sup>;GD为地面开发量,亿m<sup>3</sup>;UD为井下抽采量,亿m<sup>3</sup>;n为地面井数,万口;q为单井产量,m<sup>3</sup>/d; $\lambda$ 为气井投产率,%;M为原煤产量,亿t;A为吨煤抽采量,m<sup>3</sup>/t。

## 2) 煤矿区煤层气利用预测模型

煤矿区煤层气利用量包括有经济效益的利用量和部分考虑社会效益的利用量。取基准收益率为12%,当内部收益率(IRR)大于12%,说明利用项目具有经济性。

$$Q_u = \sum_{IRR > 12\%} f(P, C, E) + K \sum_{IRR < 12\%} f(P, C, E) \quad (2)$$

式中,  $Q_u$  为煤矿区煤层气利用量, 亿  $m^3$ ;  $P$  为利用补贴(发电补贴, 元/kWh);  $C$  为碳交易价格, 元/t;  $E$  为技术等因素;  $K$  为边界利用系数。

## 3) 煤矿区煤层气利用率预测模型

$$\alpha = Q_u / Q_d \quad (3)$$

式中,  $\alpha$  为煤矿区煤层气利用率<sup>[13]</sup>。

## 3.2 开发规模预测

根据国内外煤矿区煤层气开发历程和发展趋势,2020年煤矿区煤层气开发规模预测进行如下情景设计<sup>[14-15]</sup>:

① 基准情景:针对地面煤层气开发,单井产量技术水平维持现状,为1 800~2 000  $m^3/d$ ;地面井数处于快速发展阶段,略超过现有水平,相对保守情况为1.3万~1.5万口;投产率不高,设置为65%。针对井下煤层气抽采,考虑我国近年来煤炭生产实际,相当于低原煤产量情景,为40亿t;吨煤抽采量

略高于我国现有水平,为较低抽采量情景,为4.0~4.2  $m^3/t$ 。

② 中情景:针对地面煤层气开发,单井产量技术水平有较大发展,为2 000~2 200  $m^3/d$ ;地面井数处于快速发展阶段,较大程度超过现有水平,属正常情况,为1.6万~1.8万口;投产率有所进步,设置为70%。针对井下煤层气抽采,考虑我国近年来煤炭生产实际,相当于正常原煤产量情景,为42亿t;在技术进步和国家强制性要求条件下,吨煤抽采量较大程度高于我国现有水平,为正常抽采量情景,为4.2~4.5  $m^3/t$ 。

③ 高情景:针对地面煤层气开发,单井产量技术水平有显著发展,为2 300~2 500  $m^3/d$ ;地面井数处于快速发展阶段,大规模发展,属超常情况,为1.9万~2.1万口;投产率大幅度提升,设置为75%。针对井下煤层气抽采,考虑我国近年来煤炭生产实际,相当于超常原煤产量情景,为45亿t;在技术进步和国家强制性要求条件下,吨煤抽采量大程度高于我国现有水平,为超常抽采量情景,为4.5~4.7  $m^3/t$ 。

通过不同情景设置,经模型计算,到2020年,我国煤矿区煤层气抽采量规模见表1。

表1 2020年不同情景下煤矿区煤层气开发量预测  
Table 1 Exploitation quantity prediction of CMM in different scenarios in 2020

情景	2020年煤矿区煤层气抽采量情景设置					抽采量/ 亿 $m^3$
	地面井数/万口	单井产量/( $m^3 \cdot d^{-1}$ )	气井投产率/%	原煤产量/亿 t	吨煤抽采量/( $m^3 \cdot t^{-1}$ )	
基准	1.3~1.5	1 800~2 000	65	40	4.0~4.2	215~238
中	1.6~1.8	2 000~2 200	70	42	4.2~4.5	257~289
高	1.9~2.1	2 300~2 500	75	45	4.5~4.7	320~353

基准情景下,煤矿区煤层气抽采量达215亿~238亿  $m^3$ ,其中地面煤层气开发量55亿~70亿  $m^3$ ,井下煤层气抽采量160亿~168亿  $m^3$ 。

中情景下,煤矿区煤层气抽采量达257亿~289亿  $m^3$ ,其中地面煤层气开发量81亿~100亿  $m^3$ ,井下煤层气抽采量176亿~189亿  $m^3$ 。

高情景下,煤矿区煤层气抽采量达320亿~353亿  $m^3$ ,其中地面煤层气开发量118亿~142亿  $m^3$ ,井下煤层气抽采量203亿~212亿  $m^3$ 。

## 3.3 利用规模预测

根据煤矿区煤层气利用补贴、碳交易价格和技术发展水平,2020年煤矿区煤层气利用规模进行如下情景设计:

下情景设计:

① 基准情景:考虑煤矿区煤层气利用现有补贴,发电补贴0.25元/kWh,碳交易价格为20元/t,利用技术进步维持现有水平情况下的煤矿区煤层气利用情景。

② 中情景:考虑煤矿区煤层气利用补贴有所提高,发电补贴0.36元/kWh以上,提高低浓度煤层气发电经济效益,碳交易价格为24.4元/t以上,利用技术取得较大发展下的煤矿区煤层气利用情景。

③ 高情景:考虑煤矿区煤层气利用补贴显著提高,发电补贴0.47元/kWh以上,显著提高低浓度煤层气发电经济效益,碳交易价格为45.6元/t以

上,利用技术取得显著发展下的煤矿区煤层气利用情景。

需要注意的是,本研究以2020年煤矿区煤层气

抽采量中情景为目标开展利用情景分析。通过不同情景设置,经模型计算,到2020年,我国煤矿区煤层气利用量规模,见表2。

表2 2020年不同情景下煤矿区煤层气利用量预测  
Table 2 Utilization prediction of CMM in different scenarios in 2020

情景	2020年煤矿区煤层气利用量情景设置			不同浓度抽采甲烷 利用比例/%	利用量/亿 m <sup>3</sup>
	补贴价格/(元·kWh <sup>-1</sup> )	碳交易价格/(元·t <sup>-1</sup> )	技术进步		
基准	0.25	20	技术进展一般	80(浓度>90%) 60(浓度30%~90%) 35(浓度10%~30%) 10(浓度10%以下)	131~151
中	0.36	24.4	技术进展顺利	85(浓度>90%) 65(浓度30%~90%) 45(浓度10%~30%) 20(浓度10%以下)	148~170
高	0.47	45.6	技术进展超预期	90(浓度>90%) 75(浓度30%~90%) 50(浓度10%~30%) 30(浓度10%以下)	168~192

基准情景下,煤矿区煤层气利用量达131亿~151亿 m<sup>3</sup>,其中地面煤层气开发利用量65亿~80亿 m<sup>3</sup>,井下煤层气抽采利用量66亿~71亿 m<sup>3</sup>。

中情景下,煤矿区煤层气利用量达148亿~170亿 m<sup>3</sup>,其中地面煤层气开发利用量69亿~85亿 m<sup>3</sup>,井下煤层气抽采利用量80亿~86亿 m<sup>3</sup>。

高情景下,煤矿区煤层气利用量达168亿~192亿 m<sup>3</sup>,其中地面煤层气开发利用量73亿~90亿 m<sup>3</sup>,井下煤层气抽采利用量96亿~103亿 m<sup>3</sup>。

### 3.4 利用率预测

根据上述煤矿区煤层气开发利用规模预测数据,经模型计算,得出2020年煤矿区煤层气综合利用率(表3)。

表3 2020年煤矿区煤层气综合利用率  
Table 3 Utilization rate of CMM in different scenarios in 2020 %

情景	地面井煤层 气利用率	井下抽采煤 层气利用率	综合利 用率
基准	80	38	50~52
中	85	45	58~59
高	90	54	65~67

① 基准情景下,2020年地面井煤层气利用率为

80%,井下抽采煤层气利用率为38%,综合利用率为50%~52%。

② 中情景下,2020年地面井煤层气利用率为85%,井下抽采煤层气利用率为45%,综合利用率为58%~59%。

③ 高情景下,2020年地面井煤层气利用率为90%,井下抽采煤层气利用率为54%,综合利用率为65%~67%。

## 4 结论与发展建议

1) 根据计算结果,取中情景为2020年煤矿区煤层气利用发展目标。到2020年,煤矿区煤层气抽采量达到257亿~289亿 m<sup>3</sup>,利用量达到148亿~170亿 m<sup>3</sup>,地面井煤层气利用率在80%以上,井下抽采煤层气利用率在45%以上,煤矿区煤层气综合利用率在58%以上。受技术研发与推广、煤炭行业经济形势、国家政策落实等多种因素影响,煤矿区煤层气开发利用目标可能会发生变化。

2) 应科学制定井下煤层气抽采利用率目标,“十三五”期间建议定在40%~45%。

3) 加大政策扶持力度,使煤矿区煤层气抽采利用有利可图。建议低浓度煤层气发电电价补贴0.36元/kWh以上,极低浓度煤层气发电电价补贴

0.47元/kWh以上。

### 参考文献(References):

- [1] 申宝宏,陈贵锋. 煤矿区煤层气产业化开发战略研究[M]. 北京:中国石化出版社,2013.
- [2] 吴立新,赵路正. 煤矿区煤层气利用技术[M]. 北京:中国石化出版社,2014.
- [3] 吴立新,赵路正. 煤矿区煤层气开发利用制约因素与发展建议[J]. 洁净煤技术,2014,20(5):24-27,52.  
Wu Lixin, Zhao Luzheng. Restrictive factors and development suggestions of coalbed methane and utilization[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(5): 24-27, 52.
- [4] 申宝宏,刘见中,赵路正. 煤矿区煤层气产业化发展现状与前景[J]. 煤炭科学技术,2011,39(1):6-10,56.  
Shen Baohong, Liu Jianzhong, Zhao Luzheng. Present status and outlook of coal bed methane industrial development in coal mine area[J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(1): 6-10, 56.
- [5] 宁宇. 我国煤矿区煤层气开发利用技术进展[J]. 煤炭科学技术,2013,41(1):12-15,73.  
Ning Yu. Progress on technology of coal bed methane development and utilization in China coal mining area[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(1): 12-15, 73.
- [6] 樊振丽,申宝宏,胡炳南,等. 中国煤矿区煤层气开发及其技术途径[J]. 煤炭科学技术,2014,42(1):44-49,75.  
Fan Zhenli, Shen Baohong, Hu Bingnan, et al. Coalbed methane development and technical access in China coal mining area[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(1): 44-49, 75.
- [7] 赵路正. 煤矿区煤层气利用途径技术-经济-环境综合评价[J]. 中国煤层气,2015,12(6):42-46.  
Zhao Luzheng. Technological-economical-environmental comprehensive evaluation on CMM utilization ways[J]. China Coalbed Methane, 2015, 12(6): 42-46.
- [8] 赵路正,姚飞,陈贵锋. 煤矿区煤层气发电技术评价指标体系的构建初探[J]. 洁净煤技术,2009,15(5):5-8.  
Zhao Luzheng, Yao Fei, Chen Guifeng. Study on the index system construction of CMM power generation technology evaluation[J]. Clean Coal Technology, 2009, 15(5): 5-8.
- [9] 姚成林. 煤层气梯级利用技术探讨[J]. 矿业安全与环保, 2016, 43(4): 94-97.  
Yao Chenglin. Discussion on gascade utilization technology for coal-bed methane[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2016, 43(4): 94-97.
- [10] 曲思建,董卫果,李雪飞,等. 低浓度煤层气脱氧浓缩工艺技术开发与应用[J]. 煤炭学报,2014,39(8):1539-1544.  
Qu Sijian, Dong Weiguo, Li Xuefei, et al. Research and application of the low concentrated coal bed methane upgrading technique[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(8): 1539-1544.
- [11] 宁成浩,陈贵锋. 我国煤矿低浓度瓦斯排放及利用现状分析[J]. 能源环境保护,2005,19(4):1-4,17.  
Ning Chenghao, Chen Guifeng. Status analysis of emission and utilization of coal mine methane of low concentration in China[J]. Energy Environmental Protection, 2005, 19(4): 1-4, 17.
- [12] 袁亮,秦勇,程远平,等. 我国煤层气矿井中-长期抽采规模情景预测[J]. 煤炭学报,2013,38(4):529-534.  
Yuan Liang, Qin Yong, Cheng Yuanping, et al. Scenario predication for medium-long term scale of coal mine methane drainage in China[J]. Journal of China Coal Society, 2013, 38(4): 529-534.
- [13] 许婷婷,郑爱华. 煤层气利用率对其开发综合效益的影响[J]. 矿产保护与利用,2010(1):55-58.  
Xu Tingting, Zheng Aihua. The impact of use efficiency on comprehensive benefits of coal-bed methane[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2010(1): 55-58.
- [14] 娄伟,李萌. 情景分析法在能源规划研究中的应用[J]. 中国电力,2012,45(10):17-21.  
Lou Wei, Li Meng. Application of scenario analysis in the research of energy economy[J]. Electric Power, 2012, 45(10): 17-21.
- [15] 任世华,罗腾,赵路正. 煤炭开发利用碳减排潜力分析[J]. 中国能源,2013,35(11):24-27.  
Ren Shihua, Luo Teng, Zhao Luzheng. The carbon emission reduction potential of coal exploitation and utilization in China[J]. Energy of China, 2013, 35(11): 24-27.