

# 鸡西盆地梨树煤矿煤层气储量计算及经济评价

李 林

(中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710054)

**摘 要:**为了论证梨树煤矿地面煤层气开发的经济性,按照煤层气资源/储量规范,划定了储量计算单元,采用体积法计算了 14 号煤层的地质储量,显示全区控制地质储量  $3.58 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,探明地质储量为  $0.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,为埋深中等的小型煤层气藏。在此基础上,设计了煤层气开发方案,并进行了经济评估。结果表明:煤层气开发各项经济评价指标良好,项目税后财务内部收益率为 12.23%,大于财务内部基准收益率 8%,税后财务净现值为 6 048.03 万元,税后投资回收期为 6.60 年,小于基准投资回收期 8 年,地面煤层气开发可行;煤层气井排采 15 a,单井累计产量达  $422.64 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,采收率达 48.94%,相应平均含气量降低为不到  $8 \text{ m}^3/\text{t}$ ,瓦斯压力降至 0.74 MPa 左右,可达到区域消突的目的。

**关键词:**梨树煤矿;煤层气;储量计算;经济评价

中图分类号:P618.11

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2017)05-0205-06

## Calculation of coalbed methane reserves and economic evaluation of Lishu Coal Mine in Jixi Basin

Li Lin

(Xi'an Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710054, China)

**Abstract:**To demonstrate the economy of developing surface CBM in Lishu Coal Mine, according to the standards of coalbed methane resources and reserves, units of reserves calculation were demarcated, and the coalbed methane reserves of No.14 coal seam in Lishu Coal Mine was also calculated by the volume method, which showed the control reserves of the whole region was  $3.58 \times 10^8 \text{ m}^3$ , the proven geological reserves was  $0.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ , which belonged to medium depth, small reservoir. On the basis, the coalbed methane development project was designed, relevant economic evaluation was also carried out. The results showed that all economic indicators of CBM development were good, the financial internal rate of return after tax was 12.23%, higher than the benchmark rate of return (8%), the financial net present value after tax was 60.480 3 million, the investment recovery period after tax was 6.60 years (less than 8 years). The development of coalbed methane was feasible. After drainage 15 years, single well cumulative production reached  $422.64 \times 10^4 \text{ m}^3$ , the recovery rate reached 48.94%, correspondingly, gas content (average) was reduced to less than  $8 \text{ m}^3/\text{t}$ , gas pressure was reduced to about 0.74 MPa, which has achieved the purpose of eliminating regional gas outburst.

**Key words:**Lishu Coal Mine; coalbed methane; reserves calculation; economic evaluation

## 0 引 言

2012—2014 年,梨树煤矿单井、小井组地面煤层气试验取得成功,单井高产气量突破  $3\ 000 \text{ m}^3/\text{d}$ ,稳产  $2\ 000 \text{ m}^3/\text{d}$ ,体现了较好的地面抽采前景。为进一步推动该区地面煤层气开发,查清区内煤层气

储量及评判设计的煤层气开发项目经济性是否合理显得尤为重要,亟待解决。煤层气储量计算遵循 DZ/T 0216—2010《煤层气资源/储量规范》。煤层气项目经济评价,截至目前还未有专业的标准和指导规范。国外 20 世纪 30 年代起美国开始了项目经济评价<sup>[1]</sup>,至 20 世纪中期,开始了勘探开发项目经

收稿日期:2016-12-12;责任编辑:曾康生 DOI:10.13199/j.cnki.est.2017.05.034

基金项目:国家重大科技专项资助项目(2011ZX05040-003);国家自然科学基金资助项目(41402140)

作者简介:李 林(1984—),男,陕西澄城人,助理研究员,硕士。Tel:15191461569, E-mail: liloser@163.com

引用格式:李 林. 鸡西盆地梨树煤矿煤层气储量计算及经济评价[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(5): 205-210.

Li Lin. Calculation of coalbed methane reserves and economic evaluation of Lishu Coal Mine in Jixi Basin[J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(5): 205-210.

济评价研究。1996年Bernstein将风险分析引入了项目经济评价,为项目评价增加了科学性与准确性。2001年Matha Amram, Nalin Kulatilaka将综合评价法引入项目投资分析,开辟了项目投资分析新途径<sup>[2-4]</sup>。

国内20世纪引入西方先进评价模式<sup>[5]</sup>,2006年国家发展改革委、建设部制定了建设项目经济评价方法与参数。同年,中国石油天然气股份有限公司规划计划部、规划总院,参考国家发改委标准推出了石油工业建设项目经济评价方法与参数,为油气类开发项目经济评价提供了依据。项目评估领域,国内大量学者对项目经济评价进行研究。1998年范龙振<sup>[5]</sup>研究了经营柔性对投资决策的影响,指出经营柔性与金融期权同样具有价值。2000年赵秀云<sup>[6]</sup>、2002年马义飞<sup>[7]</sup>将实物期权法引入对风险项目投资决策中。2004年简德三<sup>[8]</sup>在项目评估与可行性研究领域,采用净现值法从内部收益率、财务净现值、投资回收期、投资利税率和投资利润率5个财务指标对项目进行了综合评价。2004年李玉荣<sup>[9]</sup>将模糊综合评价法在石油勘探类开发项目评价中运用。2005年许仁忠<sup>[10]</sup>将模糊数学引入项目经济性评价中,解决大型工程项目定性指标的量化问题。

笔者按照国家发改委、建设部发布的《建设项目经济评价方法与参数》(第三版)<sup>[2]</sup>,对梨树煤矿煤层气开发项目进行了经济评价。

## 1 工程概况

梨树煤矿位于鸡西盆地南部条带西南部,属老穆棱矿东扩区(深部)。受鸡西盆地整体构造控制,整体为一走向近NE倾向近ES的单斜,断层较发育,构造复杂程度中等。区内含煤地层为白垩系下统穆棱组和城子河组,含煤10余层,编号由上至下依次为1、2、3(3上、3下)、5、6、7、12、13、14、15,均属薄煤层。其中仅3、14号煤层为全区基本开采煤层,其余为局部可采煤层。全区可采煤层平均总厚2.42 m,含煤系数0.04%。根据梨树煤矿井下瓦斯实测数据,3号煤层属低瓦斯煤层,14号煤层属高瓦斯煤层。故区内可供地面煤层气开发的目标煤层为14号煤层。此外,为提高资源利用率,在12、13号煤层发育的区域还可兼顾这2层。

14号煤层厚度为1.0~3.4 m,平均约2.0 m。含气量为10~19 m<sup>3</sup>/t。煤层变质程度中等,煤阶为肥煤~焦煤,埋深多在1 000 m以内。2012—2014年,

受龙煤鸡西分公司和龙煤地勘公司先后委托,中煤科工集团西安研究院有限公司在梨树煤矿实施了2期地面煤层气井施工,井型包括直井和丛式井,获取了高产气量突破3 000 m<sup>3</sup>/d,稳产在2 000 m<sup>3</sup>/d(图1),体现了该区较好的抽采前景。

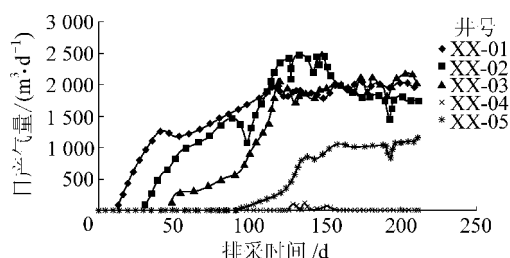


图1 梨树煤矿地面煤层气单井日产气量曲线

Fig. 1 Gas production curve of single well in Lishu Mine

区内煤炭勘查达到勘探阶段,以往的煤层气试验研究也取得了相应的煤储层参数,故区内煤层特征、含气性、渗透率及抽采潜力等特征认识基本清楚,据此计算的控制及探明储量可靠。

梨树煤矿地处鸡西市南部,具有较好的区位优势,采出的煤层气除供本市城市燃气、供热所需之外,还可供周边牡丹江、七台河及穆棱等地、县级市,市场前景广阔。

## 2 煤层气储量计算

根据《煤层气资源/储量规范》的规定,煤层气资源/储量可划分为探明储量、控制储量、推断储量和潜在资源量4类。结合区内各块段的构造复杂程度、储层稳定程度及目前已施工的地面煤层气井(排采井)情况,认为梨树煤矿14号煤层煤层气勘查程度达到控制级别,并部分达到探明级别,可计算相应的控制地质储量和探明地质储量。

### 2.1 计算方法

本次采用体积法进行地质储量计算。地质储量计算公式为

$$G_i = 0.01AhDC_{ad} \quad (1)$$

式中: $G_i$ 为煤层气地质储量,10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>;  $A$ 为煤层含气面积,km<sup>2</sup>;  $H$ 为煤层净厚度,m;  $D$ 为煤的空气干燥基质量密度,t/m<sup>3</sup>;  $C_{ad}$ 为煤的空气干燥基含气量,m<sup>3</sup>/t。

### 2.2 储量计算参数确定

1) 含气面积。依据资源储量规范,梨树煤矿含气面积应根据矿权边界、采空区边界、煤层净厚度下

限值(0.7 m)及气含量下限值(中阶煤,4 m<sup>3</sup>/t)等参数圈定。在此基础上,考虑到区内区域性断层发育,将含气面积划分为6个块段(图2、表1)。各个块段内地层产状平缓,构造以宽缓褶曲为主,断层稀少,煤层厚度变化小,满足Ⅰ类Ⅰ型的特点。其中块段1达到了煤层气探明储量的基本井距要求,可计算煤层气探明储量。

表 1 梨树煤矿 14 号煤层含气面积划分块段数据  
Table 1 Bearing area block segment division data of No. 14 coal in Lishu Mine

块段编号	边界范围	面积/km <sup>2</sup>
1	西以 DF <sub>3</sub> 正断层为界;东以 DF <sub>28</sub> 正断层为界;北为矿界;南以 DF <sub>15</sub> 逆断层为界(除采空区)	2.27
2	西以 F <sub>凤3</sub> 正断层及矿界为界;东以 DF <sub>3</sub> 正断层为界;北以矿界为界;南以 DF <sub>B</sub> 正断层为界(除采空区)	2.22
3	北以 DF <sub>B</sub> 正断层为界;西以 F <sub>8</sub> 正断层为界;南以 DF <sub>3</sub> 及 DF <sub>15</sub> 逆断层为界	0.53
4	北、西以 F <sub>凤3</sub> 正断层及矿界为界;南以 DF <sub>3</sub> 逆断层为界;东以 DF <sub>8</sub> 正断层为界	0.73
5	西以 F <sub>凤3</sub> 正断层为界;北以 DF <sub>3</sub> 及 DF <sub>15</sub> 逆断层为界;东、南以矿界为界	2.55
6	分两部分,东北部以 DF <sub>28</sub> 正断层及矿界为界;西南部以 F <sub>凤3</sub> 正断层及矿界为界	0.28
合计		8.58

备注:块段划分主要依据 14 号煤层发育的 3 条 NW 向正断层(F<sub>8</sub>、DF<sub>3</sub>和 DF<sub>28</sub>)和 2 条东西向逆断层(DF<sub>3</sub>和 DF<sub>15</sub>)所划分的,其中块段 1 和块段 2 含有采空区(合计 1.60 km<sup>2</sup>)需扣除。

2)煤层厚度。煤层厚度指扣除夹矸层的纯煤厚度。区内煤田勘查程度达到勘探阶段,煤层厚度分布得到了有效控制。根据规范,煤层净厚度下限值为 0.7 m,夹矸起扣厚度为 0.05 m,当夹矸厚度大于 0.05 m,需剔除夹矸厚度。各块段煤层厚度是在厚度等值线图上划网格读节点值后计算算术平均值。

3)含气量。梨树煤矿煤层气含量包括井下瓦斯数据和地面煤层气含量测试数据。整理、分析大量井下瓦斯测试数据,分析认为底板标高为控制区内气含量赋存的主控因素,据此建立气含量与底板标高的线性关系,确定气含量随底板标高增大的梯度为 1.39 m<sup>3</sup>/t。据此预测,14 号煤层气含量为 8~15 m<sup>3</sup>/t。对比分析地面煤层气气含量测试数据与

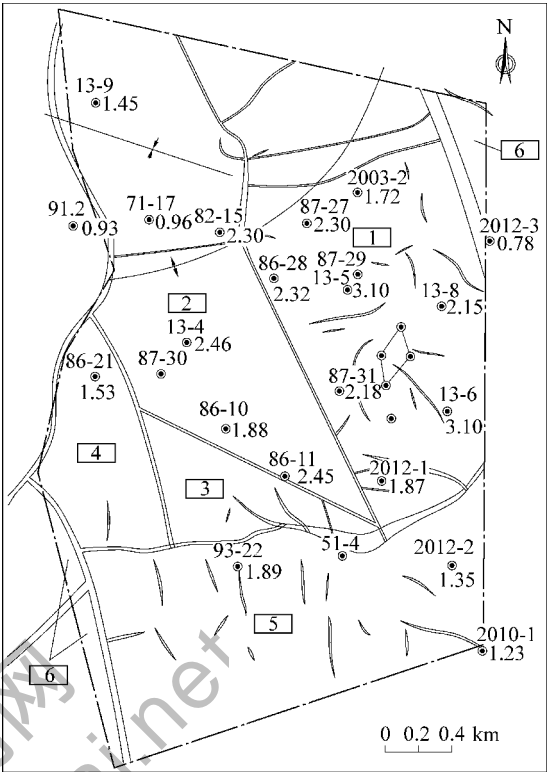


图 2 梨树煤矿 14 号煤层含气面积块段划分

Fig. 2 Bearing block segment division of No. 14 coal in Lishu Mine

预测值,确定修正系数为 1.30,故区内 14 号煤层气含量为 10~19 m<sup>3</sup>/t。各块段煤层气含量是在气含量等值线图上划网格读节点值后计算算术平均值。

4)煤密度。区内各块 14 号煤层视密度均采用 1.45 t/m<sup>3</sup>。

2.3 煤层储量计算结果

根据式(1)和前述确定的计算参数,梨树煤矿 14 号煤层地质储量计算结果见表 2。可看出,全区控制地质储量 3.58×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,为埋深中等的小型煤层气藏,其中块段 1 达到了探明级别,其探明地质储量 0.91×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。

表 2 梨树煤矿 14 号煤层储量计算结果  
Table 2 Results of No. 14 coal reserves in Lishu Mine

块段编号	面积/km <sup>2</sup>	煤层厚度/m	含气量/(m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup> )	煤密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	地质储量/(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )
1	2.27	2.11	13.13	1.45	0.91
2	2.22	1.82	14.72	1.45	0.86
3	0.53	1.98	17.60	1.45	0.27
4	0.73	1.58	18.51	1.45	0.31
5	2.55	1.59	19.51	1.45	1.15
6	0.28	1.27	16.81	1.45	0.08
合计	8.58	—	—	—	3.58



3 煤层气储量经济评价

3.1 开发项目设计

经济评价必须基于一定的项目规划。煤矿区煤层气开发需要与煤炭生产紧密结合。基于梨树煤矿目前的煤炭生产情况、煤层气勘探现状,以及地质条件,设计区内煤层气开发工程。区内煤层气开发工程部署在未来10 a后煤炭采掘区域。考虑地形地貌(林地为主)因素,煤层气开发采用“丛式井为主,直井为辅”开发方式;采用矩形井网,优化井间距为300 m×250 m;历史拟合修正储层参数,产能预测数据见表3。可看出,抽采15年,单井累计产量达422.64×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,采收率达48.94%,相应14号平均煤层气含量由15.50 m<sup>3</sup>/t降低至不到8 m<sup>3</sup>/t,瓦斯压力降至0.74 MPa左右,可达到区域消突的目的。据此设计施工73口煤层气生产井,基建期分2 a。第1年,考虑到区内大断层发育,井位设计除块段1沿已有试验井滚动开发外,其余各块段均设计2口煤层气参数井(兼生产井),共计24口,日均产气量3.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d;第2年,完成49口煤层气井施工,年均日产气量累计达到10.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,实现年产3 000×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>的规模。

表3 井间距300 m×250 m煤层气单井产气量预测  
Table 3 Gas production prediction of single well in well spacing 300 m×250 m

时间/ a	累计产气量/ (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	年产气量/ (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	平均日产气量/ (m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	采收率/ %
1	76.81	76.81	1 645.55	15.10
3	191.19	47.06	1 307.35	30.39
5	258.48	30.16	837.76	37.59
7	305.32	21.62	597.34	41.72
9	341.40	17.07	470.45	44.40
11	371.54	14.52	401.01	46.32
13	398.20	13.00	359.21	47.78
15	422.64	11.95	335.16	48.94

3.2 项目投资估算

项目投资估算包括2个部分,勘探阶段投资和地面集输工程投资。前者主要包括井场平整、修路、青苗赔偿及复垦、钻井、测井、固井、测试、射孔压裂及排采等费用;考虑到区内煤层气终端利用方向为CNG,后者主要包括集气站、中央处理厂(脱水增压站)、集气管线、通信部分及生产管理调度指挥中心等涉及的设备费、安装费及建筑费。

经计算,项目总投资为37 425.39万元。其中区内勘探阶段投资23 575.42万元(考虑规模开发,并参考当地市场,生产井单井投资为342.82万元,生

产试验井单井投资为386.82万元);地面集输工程投资为5 684.30万元;基本预备费投资为3 511.16万元(按固定资产投资的12%计算);建设期贷款利息为3 484.12万元(考虑项目总投资的70%采用银行贷款,贷款5 a,年利率为6.15%);流动资金为1 170.39万元(按固定资产投资的4%计算),在投产年一次性投入(表4)。

表4 项目总投资构成  
Table 4 Total investment constitutes of project

项目		费用/万元
建设 投资	开发井工程投入	21 875.42
	固定资产投资	
	地面建设工	1 700.00
	地面集输及利用工程	5 684.30
	基本预备费用	3 511.16
合计		32 770.88
建设期贷款利息		3 484.12
流动资金		1 170.39
总计		37 425.39

3.3 项目生产收入

项目生产收入包括直接销售收入和政府补贴收入2部分。前者按商品率96%,煤层气销售价格2.9元/m<sup>3</sup>(市场调研)计算,排采15 a,累计销售收入95 591.80万元;后者根据财建[2007]114号文件,对煤层气开发企业按0.2元/m<sup>3</sup>进行补贴,故补贴收入为5 462.39万元。综上项目生产收入共计101 054.19万元。

3.4 项目财务评价

根据全部投资的财务现金流量表和损益表,对项目进行财务盈利能力分析,经计算,项目税后财务内部收益率为12.23%,大于财务内部基准收益率8%;税后财务净现值为6 048.03万元,大于0;税后投资回收期为6.60年,小于基准投资回收期8年。因此,项目具有一定的财务可行性和经济合理性。

3.5 项目敏感性分析

敏感性分析是分析全部投资内部收益率指标对单个或多个影响因素的敏感程度。影响煤层气开发项目收益的主要有投资成本、产量和气价等因素。本次开发项目内部收益率敏感性分析如图3所示及表5。可看出建设投资敏感性系数绝对值最大,表明建设投资是项目经济最敏感因素,其次气产量,最后气价。故建设投资成本的降低,可使项目获得更好的经济效益。

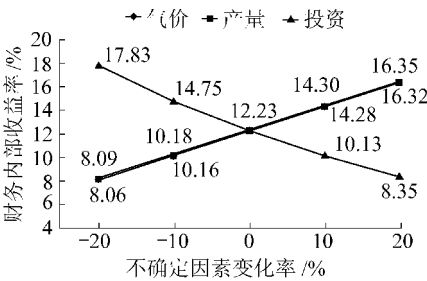


图 3 项目敏感性分析

Fig. 3 Sensitivity analysis chart of project

表 5 项目敏感性分析数据

Table 5 Sensitivity analysis data sheet of project

不确定因素	变化率/%	财务内部收益率/%	敏感性系数
基本方案	—	12.23	0
气价	-20	8.09	1.69
	-10	10.18	1.68
	10	14.28	1.68
	20	16.32	1.67
气产量	-20	8.06	1.70
	-10	10.16	1.69
	10	14.30	1.69
	20	16.35	1.68
建设投资	-20	17.83	-2.29
	-10	14.75	-2.06
	10	10.13	-1.72
	20	8.35	-1.59

4 结 论

1)梨树煤矿 14 号煤层控制地质储量为  $3.58\times 10^8\text{ m}^3$ ,探明地质储量储量为  $0.91\times 10^8\text{ m}^3$ ,整体为埋深中等的小型煤层气藏。

2)开发项目采用“丛式井为主,直井为辅”的开发方式,采用矩形井网(井间距为  $300\text{ m}\times 250\text{ m}$ ),共计部署 73 口煤层气井,基建期 2 a。产能预测显示,可实现日产气量达到  $10.5\times 10^4\text{ m}^3$ ,年产  $3\,000\times 10^4\text{ m}^3$  的规模。

3)煤层气井排采 15 a,单井累计产量达  $422.64\times 10^4\text{ m}^3$ ,采收率达 48.94%,相应 14 号煤层气含量(平均)由  $15.50\text{ m}^3/\text{t}$  降低为不到  $8\text{ m}^3/\text{t}$ ,瓦斯压力降至 0.74 MPa 左右,可达到区域消突的目的。

4)开发项目经济评价显示,各项经济指标良好。项目税后财务内部收益率为 12.23%,大于财务内部基准收益率 8%(天然气行业难采气田基准收益率);税后财务净现值为 6 048.03 万元,大于 0;税后投资回收期为 6.60 年,小于基准投资回收期 8 年,地面煤层气开发可行。

参考文献(References):

[1] 刘泽江.煤层气开发项目的经济评价研究[D].成都:成都理工大学,2012:2-3.

[2] 国家发展改革委员会.建设项目经济评价方法与参数[M].北京:中国计划出版社,2006.

[3] Bernstein. Investment with Risk Analysis[M].New York:John Wiley,1996.

[4] Matha Amram,Nalin Kulatilaka.实物期权-不确定环境下的战略投资管理[M].张 伟等译.北京:机械工业出版社,2001.

[5] 范振龙.经营柔性与投资决策[J].预测,1998(3):66-68. Fan Zhenlong. Operating flexibility and investment decisions[J]. Forecasting,1998(3):66-68.

[6] 赵秀云,李敏强,寇纪淞.风险项目投资决策与实务期权估价方法[J].系统工程学报,2000,15(3):243-246. Zhao Xiuyun, Li Minqiang, Kou Jisong. Investment decision on risky project and real option pricing method[J].Journal of Systems Engineering,2000,15(3):243-246.

[7] 马义飞,张瑞莲.实物期权在油气储量价值评估中的应用[J].中国矿业,2002,11(5):16-21. Ma Yifei,Zhang Ruilian. Application of forward right price theory in assessment of value of petroleum-natural gas reserve[J].China Mining,2002,11(5):16-21.

[8] 简德三.项目评估与可行性研究[M].上海:上海财经大学出版社,2004:56-60.

[9] 李玉荣,陈光海,胡兴中.国际石油勘探开发项目经济评价指标体系与综合评价[J].勘探地球物理进展,2004;27(5):384-387. Li Yurong,Chen Guanghai,Hu Xingzhong. Indices of economic evaluation and comprehensive assessment of international petroleum E&P project[J].Progress in Exploration Geophysics,2004:27(5):384-387.

[10] 许仁忠.模糊数学及其在经济管理中的应用[M].成都:西南财经大学出版社,2000:74-75.

[11] 侯丁根,周效志.黔西松河井田煤层气成藏特征及资源可采性研究[J].煤炭科学技术,2016,44(2):62-67. Hou Dinggen,Zhou Xiaozhi. Research on reservoir forming characteristics and recoverability of CBM resources in Songhe Mine Field,West Guizhou[J].Coal Science and Technology,2016,44(2):62-67.

[12] 张新民.煤层气资源量计算中几个问题的探讨[J].中国煤层气,1996(2):98-101. Zhang Xinmin. Discussion on some problems in the calculation of coal-bed methane resource extent[J].China Coalbed Methane,1996(2):98-101.

[13] 张文忠,许 浩,傅小康,等.利用等温吸附曲线估算柳林区块煤层气可采资源量[J].大庆石油学院学报,2010,34(1):29-32,114. Zhang Wenzhong,Xu Hao,Fu Xiaokang,et al. Estimation of coal-bed methane recoverable resources in Liulin Block by means of adsorption isothermal curves[J]. Journal of Daqing Petroleum Insti-

- tute, 2010, 34(1): 29-32, 114.
- [14] 林大杨, 陈春琳. 煤层气可采资源量计算有关问题的探讨[J]. 中国煤田地质, 2004, 16(3): 19-21.  
Lin Dayang, Chen Chunlin. Discussion on exploitable CBM resources calculation et cetera[J]. Coal Geology of China, 2004, 16(3): 19-21.
- [15] 李明宅, 杨秀春, 徐文军. 煤层气探明储量计算中的有关技术问题讨论[J]. 中国石油勘探, 2007(1): 87-90.  
Li Mingzhai, Yang Xiuchun, Xu Wenjun. Discussion on related technical issues of estimating proven CBM reserves[J]. China Petroleum Exploration, 2007(1): 87-90.
- [16] 王红岩, 刘洪林, 李贵中, 等. 煤层气储量计算方法及应用[J]. 天然气工业, 2004, 24(7): 26-28.  
Wang Hongyan, Liu Honglin, Li Guizhong, et al. Methods of estimating CBM reserves and their application[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(7): 26-28.
- [17] 罗东坤, 褚王涛. 煤层气地面工程投资估算和参数确定方法研究[J]. 油气田地面工程, 2008, 27(3): 27-29.  
Luo Dongkun, Chu Wangtao. Research on surface engineering investment estimation and parameter determination methods[J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2008, 27(3): 27-29.
- [18] 杨文静. 煤层气开发项目经济评价研究[J]. 中国煤层气, 2008, 5(1): 38-40.  
Yang Wenjing. Study of economic evaluation of CBM development project[J]. China Coalbed Methane, 2008, 5(1): 38-40.
- [19] 刘金剑, 蔡云飞. 山西柳林煤层气开发经济评价[J]. 天然气工业, 2001, 21(S1): 113-116.  
Liu Jinjian, Cai Yunfei. CBM development economic evaluation of Liulin Block in Shanxi[J]. Natural Gas Industry, 2001, 21(S1): 113-116.
- [20] 王成, 姜在炳. 煤矿区煤层气抽采项目经济评价方法及其应用[J]. 煤田地质与勘探, 2012, 40(5): 27-30.  
Wang Cheng, Jiang Zaibing. Economic evaluation methods and their application in CBM extraction project in coal mining area[J]. Coal Geology & Exploration, 2012, 40(5): 27-30.
- [21] 徐峤, 徐晓燕, 贾佳, 等. 山西沁水盆地煤层气开发经济评价分析[J]. 中国煤层气, 2015, 12(5): 36-38.  
Xu Qiao, Xu Xiaoyan, Jia Jia, et al. Economic evaluation analysis of CBM development in Qinshui Basin of Shanxi Province[J]. China Coalbed Methane, 2015, 12(5): 36-38.
- [22] 曹艳, 王秀芝. 煤层气地面开发项目经济评价[J]. 天然气工业, 2011, 31(11): 103-106.  
Cao Yan, Wang Xiuzhi. CBM surface development project economic evaluation[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(11): 103-106.
- [23] 王宪花, 卢霞, 蒋卫东, 等. 沁水煤层气田樊庄区块煤层气开发经济评价[J]. 天然气工业, 2004, 24(5): 137-139.  
Wang Xianhua, Lu Xia, Jiang Weidong, et al. CBM development economic evaluation of Fanzhuang Block in Qinshui Basin[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(5): 137-139.
- [24] 李贵红, 葛维宁, 张培河, 等. 晋城成庄煤层气探明储量估算及经济评价[J]. 煤田地质与勘探, 2010, 38(4): 21-24.  
Li Guihong, Ge Weining, Zhang Peihe, et al. Estimation and economic assessment of proved reserves of coalbed methane in Chengzhuang Block in Jincheng[J]. Coal Geology & Exploration, 2010, 38(4): 21-24.
- [25] 刘静. 白坪煤矿瓦斯赋存规律及影响因素分析[J]. 中州煤炭, 2014(2): 96-98, 101.  
Liu Jing. Analysis on gas occurrence law and its influence factors in Baiping Coal Mine[J]. Zhongzhou Coal, 2014(2): 96-98, 101.
- [26] 闫海丰. 影响煤层瓦斯含量的多地质因素线性回归分析[J]. 中州煤炭, 2010(7): 6-8.  
Yan Haifeng. Linear regression analysis on multiple geological factors affecting content of coalbed gas[J]. Zhongzhou Coal, 2010(7): 6-8.
- [27] 陈永民, 王苏健, 冯海, 等. 水力封堵对煤层瓦斯赋存的影响[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(5): 78-80, 134.  
Cheng Yongmin, Wang Sujian, Feng Hai, et al. Hydraulic sealing affected to seam gas deposition law[J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(5): 78-80, 134.