

煤层气储量计算方法及应用*

王红岩^{1,2} 刘洪林¹ 李贵中¹ 李隽³

(1. 中国石油勘探开发科学研究院廊坊分院 2. 中国地质大学·北京 3. 中国石油华北油田分公司)

王红岩等. 煤层气储量计算方法及应用. 天然气工业, 2004; 24(7): 26~28

摘 要 研究了煤层气储量计算方法, 研究表明, 煤层气储量计算中最重要的参数是含气量。影响含气量的主要因素包括盖层分布、地层压力及水动力条件等, 含气量的分布随上述条件的变化而有所不同。煤层气的储量计算要考虑到煤层气的特殊性, 同时参照流体矿藏(天然气)和固体矿藏(煤炭)储量计算方法。煤层气藏的储量计算不同于常规天然气, 其含气边界的确定是以煤层含气量等值线确定的。圈定含气面积的最低含气量值根据煤层气藏地质条件、采用煤层储量历史模拟软件进行模拟确定, 并参考国外煤层气开发选区的含气量标准煤层气储量计算方法有体积法和数值模拟法。数值模拟方法适合开发中期或者是生产试采资料很丰富的情况下使用。通过沁水煤层气田储量的计算验证了计算方法的可行性。

主题词 煤层气储量 储量分类 储量评价

煤层气储量是指地层原始条件下, 在现有的经济技术条件下具有产气能力的煤储层中的天然气量总和。

煤层气工业气流标准见表 1。

表 1 煤层气工业气流标准

煤层埋深(m)	工业气流下限($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)
<500	0.15
500~1000	0.20
1000~1500	0.25
1500~2000	0.40

上述标准受价格、工业需要、生产成本及技术水平等多种因素的影响^[1], 因而只适用于一般情况, 如遇特殊情况, 需报请全国储量委员会批准后进行适当的调整。

气井中含量大于以下标准者, 也应计算储量: 硫化氢含量大于 0.5%, 二氧化碳含量大于 5%, 氮气含量大于 0.1%。

煤层气储量分类

煤层气田从发现起, 经过勘探到开发, 大体经历预探、评价钻探和开发 3 个阶段, 根据勘探开发各个

阶段对气藏的认识程度, 将煤层气储量划分为探明储量、控制储量和预测储量 3 个级别。

1. 探明储量

探明储量是在气田评价钻探阶段完成或基本完成后计算的储量, 并在现代技术和经济条件下可提供开采的并能获得经济效益的可靠储量。它是编制气田开发方案, 进行气田开发建设投资决策和气田开发分析的依据。

计算探明储量时, 应尽可能充分利用已有的煤田钻孔资料和室内分析化验资料, 查明煤层分布特点、煤层物性特征、煤岩煤质特征、含气性特征和煤岩顶底板封盖特征等。要精选评价井井位, 用最少的井数控制最大的含气面积, 获得较多的探明储量。

探明储量按勘探开发程度和气藏复杂程度分为以下三类。

(1) 已开发探明储量(简称 I 类, 相当于其他矿种的 A 级), 指在现代的技术经济条件下, 通过开发方案的实施, 已完成井组和开发设施建设, 并已投入开发的储量。该储量是提供开发分析和管理的依据, 新气田在开发井网钻完后, 即应计算已探明储量, 并在开发过程中定期复核。

(2) 未开发探明储量(简称 II 类, 相当于其他矿种的 B 级), 指已完成评价钻探, 并取得可靠的储量

* 国家 973 计划项目(编号: 2002CB211705, 2002CB211704)资助。

作者简介: 王红岩, 1971 年生, 中国地质大学在读博士; 长期从事天然气综合地质研究。地址: (065007) 河北省廊坊市万庄 44 号信箱天然气地质所。电话: (油网) 9033277。E-mail: wanghongyan69@petrochina.com.cn

参数后所计算的储量,它是编制开发方案和进行开发建设投资决策的依据,其相对误差不得超过20%。

(3)基本探明储量

对于构造及含气性复杂的含煤区,通过钻探评价井后,在储量计算参数基本取全,含气面积基本控制的储量为基本探明储量。这类储量是进行继续勘探的依据,不断进行勘探查明高产富集规律,进而对全区进行储量计算,不断使储量级别上升。

气田开发井钻完后,通过气田生产验证复算的储量误差是各级储量误差对比的标准。

2. 控制储量

控制储量是预探井在某一煤储层发现工业气流后,以建立探明储量为目的,在评价钻探过程中钻了少数评价井后所计算的储量。该级储量大体控制含气面积和煤储层厚度的变化趋势,对气田的复杂程度及产能大小作出初步评价。所计算的储量误差不超过50%。

3. 预测储量(相当于其它矿种的D—E级)

预测储量是在某一含煤区主和煤储层获得工业气流后,其它非主力煤层即煤层厚度小于0.6~1.0 m的煤层或埋深大于1500 m的煤层中所计算出的煤层气储量。

煤层气储量计算

1. 计算方法

目前国内外进行煤层气储量计算的方法一般有体积法和数值模拟法。数值模拟方法是在气田开发中期或者是生产试采资料很丰富的情况下使用,因此目前较多采用体积法。

在计算煤层气储量之前,首先应当利用已钻井和煤田钻孔资料,按照煤层厚度、含气量、煤层埋深划分不同等级的区块,然后按照煤层厚度、含气量加权平均计算储量。

具体计算公式如下:

$$G_n = A_n \times h_n \times D_n \times C_n$$

总储量: $G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$

式中: G_n 为第 n 块煤层气储量 10^8 m^3 ; A_n 为第 n 块含气面积 km^2 ; h_n 为第 n 块煤层加权平均厚度 m ; D_n 为第 n 块煤层的平均密度 t/m^3 ; C_n 为第 n 块煤层平均含气量 t/m^3 ; G 为煤层气田总储量。

数值模拟法是煤层气储量计算的方法之一,适用于概算(含)以上级别的储量计算。这种方法是在计算机中利用专用软件(称为数值模拟器)对已获得的储层参数和早期的生产数据(或试采数据)进行拟

合,最后获取气井的预计生产曲线和可采储量。

2. 地质参数评价

计算煤层气储量需要的地质参数是:含气面积、煤储层厚度、煤层含气量及煤的密度。

(1)含气面积

利用地震、煤层气钻井、煤田钻孔、测井、录井等资料综合研究控制煤层分布的地质规律,确定煤层分布范围,根据煤层含气量测试结果,通过煤层气数值模拟和经济评价,确定极限含气量,并参考国外煤层气开发选区的含气量标准,由极限含气量等值线确定煤层气的含气边界,以此计算煤层气田的含气面积。

(2)煤储层厚度

煤储层厚度是指在现代工艺技术条件下,在工业煤层气井内具有产气能力的煤层厚度。确定煤层厚度必须先确定煤层厚度的下限标准。确定煤层厚度下限标准,要综合研究煤储层的各种物性参数及含气性参数,以单层测试为依据,确定煤储层厚度。煤层倾角小于 15° 时,可用煤层的视厚度计算;当倾角大于 15° 时,必须以煤层真厚度计算。

煤储层厚度的下限值为:单煤层厚度要大于0.6 m,累计厚度应大于10 m。

(3)煤层含气量

煤层含气量是指每吨原煤中所含煤层气的量。煤层含气量是计算煤层气储量的关键参数,测试方法繁多,差异较大^[2,3]。进行煤层气储量计算时应当采用现场钻井实测数据,采样点密度应高于1点/0.5 m,吸附等温线相应的实验密度为1个/1.5 m样品,满足计算的要求。

煤层含气量的计算下限值要根据不同的地质条件而定,主要是根据含气饱和度及甲烷含量而定^[4]。

①确定含气量的煤层气甲烷含量的下限标准。进行含气量测试后,应当进行煤层气组分测定,进行煤层气储量计算的甲烷含量的下限值是甲烷含量为80%^[5]。②确定含气量的煤层气含气饱和度的下限值标准。含气饱和度是煤层实际含气量与理论含气量的比值,是决定煤层气产量高低的关键参数之一。一般含气饱和度大于60%。③含气量的下限值标准。一般采用产量预测和经济评价技术才能确定含气量的下限值。目前,国内外一般计算煤层气储量的含气量的下限值是 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

(4)煤的密度

煤的密度一般采用涂蜡法测定,即先测定煤样重量,再涂一层蜡,投入水中,测量其体积,具体公式

如下:

$$d = P_1 / [V - (P_2 - P_1) / d_{\text{蜡}}]$$

式中: d 为煤密度; P_1 为涂蜡前重量; V 为涂蜡后体积; P_2 为涂蜡后重量; $d_{\text{蜡}}$ 为蜡比重。

3. 储量可靠性评价

(1) 经济评价。运用各个阶段煤层气成本投入及最终产能、收益情况, 分析储量财务可行性和经济合理性, 以获得最佳的经济效益。经济评价包括: 地质可行性分析, 技术可行性分析, 确定经济下限并计算经济下限平均气井产气量, 经济可行性分析, 社会效益分析等^[6]。

(2) 储量可靠性评价。①分析各种资料的齐全、准确程度, 看其是否达到本级储量的要求; ②分析确定储量的计算方法及各种图件的准确性; ③分析储量参数的计算与选用是否合理; ④分析气田的地质研究工作是否达到本级储量要求的认识程度。

煤层气储量计算实例

截止到2004年3月份, 国家储委已审查批准了4个区块 575.95 km², 1023.08 × 10⁸ m³ 的煤层气探明储量(表2)。

我国煤层气探明储量80%集中在沁水煤层气田。该气田总面积约3630 km², 煤层气远景资源量约4500 × 10⁸ m³ (含中石油登记区外资源量), 煤层气有利勘探面积为2350 km²^[7~9]。全区共划分为郑庄、樊庄、潘庄3个区块; 寺头断层以西为郑庄区块, 寺头断层以东北部为樊庄区块, 南部为潘庄区块, 樊庄区块与潘庄区块以登记区南界为分界线(亦大体上是樊庄煤田普查区与潘庄详查区分界线)^[10]。中石油(中国石油天然气股份有限公司)登记区主要包括樊庄区块及郑庄区块。

表2 全国煤层气探明储量统计表

地区	层位	含气面积 (km ²)	探明储量 (×10 ⁸ m ³)	可采储量 (×10 ⁸ m ³)	采收率 (%)
沁水 (中国石油)	C ₂ t—P ₁ s	182.22	352.26	176.13	50
沁水(中联)	C ₂ t—P ₁ s	164.2	402.18	402.18	54.3
铁法	J ₃	135.49	77.3	77.3	/
阳泉	C ₂ t—P ₁ s	94.04	191.34	191.34	39.2
合计		575.95	1023.08	469.57	45.8

利用本文方法计算中石油探矿权登记区内, 煤层气勘探面积1090.87 km², 其中郑庄区块692.64

km², 煤层气资源量1612.68 km²; 樊庄区块398.23 km², 煤层气资源量1043.3 × 10⁸ m³; 合计总资源量2655.98 × 10⁸ m³。

沁水煤层气田已向国家提交了樊庄区块探明地质储量352.26 × 10⁸ m³, 可采探明储量为176.13 × 10⁸ m³, 探明面积182.22 km²; 据目前郑庄区块控制储量计算结果, 控制煤层含气面积477.10 km², 控制储量911.20 × 10⁸ m³; 整个沁水煤层气田中油股份公司矿权登记区内, 探明+控制+预测煤层气地质储量为2196.30 × 10⁸ m³, 潜在资源量为459.68 × 10⁸ m³, 总资源量为2655.98 × 10⁸ m³, 总含气面积1090.87 km², 资源丰度为2.43 × 10⁸ m³ / km², 属中丰度大型煤层气田。若再加上晋城矿务局登记的潘庄区块和中联煤登记的枣园区块, 沁水煤层气田煤层气资源量可达4500 × 10⁸ m³, 煤层气资源十分丰富, 具有非常好的开发潜力。

感谢中国石油天然气股份有限公司煤层气勘探项目经理部和廊坊分院天然气地质所的大力协助, 感谢赵庆波经理、李景明教授的精心指导和帮助。

参 考 文 献

- 1 王洪林, 唐书恒, 林建法. 华北煤层气储层研究与评价. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2000: 20~140
- 2 孙茂远. 煤层气开发利用手册. 北京: 煤炭工业出版社, 1998: 10~29
- 3 王红岩等. 煤层气吸附特征研究. 天然气工业, 1997; 17 (增刊): 44~46
- 4 张建博, 王红岩, 赵庆波. 中国煤层气地质. 北京: 地质出版社, 2000: 1~96
- 5 张新民等. 中国的煤层甲烷. 西安: 陕西科学技术出版社, 1991: 10~125
- 6 叶建平, 秦勇, 林大杨. 中国煤层气资源. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1999: 2~14
- 7 张建博, 王红岩. 沁水煤层气有利区预测. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1999: 5~89
- 8 刘焕杰等. 山西煤层气地质. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1998: 12~80
- 9 杨起, 汤达祯. 华北煤变质作用对煤层含气量和渗透率的影响. 地球科学, 2000; 25(3): 273~278
- 10 赵庆波等. 中国煤层气研究与勘探进展勘探. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001: 1~95

(收稿日期 2004-03-20 编辑 黄君权)