

SEC 准则下煤层气证实储量评估方法

丁 蓉¹ 曹毅民¹ 董海超¹ 徐 强² 温声明¹ 李明宅¹

1. 中石油煤层气有限责任公司 2. 中国煤炭地质总局勘查研究总院

摘 要 为了确定我国煤层气储量的资产属性,掌握其剩余经济可采储量,并在国际证券交易市场上进行价值对比,在深入理解和梳理美国证券交易委员会的油气储量评估准则(SEC 准则)油气证实储量评估方法基础上,结合煤层气自身特点及近几年的评估实践经验,摸索出 SEC 准则下煤层气储量评估方法,提出了煤层气储量的评估思路、基本原则及采收率确定方法。研究结果表明:① SEC 准则储量是利用国际准则评估出的储量,是上市油公司的核心资产,也是各油公司年度业绩考核指标之一;② SEC 准则下煤层气储量评估的风险性较大,界定原则和方法较常规气藏更为严格和苛刻;③在充分掌握煤层气田开发情况的前提下,基于所建立的评估方法,中石油煤层气有限责任公司 2014—2017 年煤层气储量自评估结果与美国 D&M 公司的评估结果符合率超过 95%。

关键词 煤层气 可采储量 产量递减法 概率统计分析法 类比法应用 符合率

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2018.S1.010

0 引言

美国证券交易委员会的油气储量评估准则(以下简称“SEC 准则”)^[1]以满足世界各大油公司在纽约证券交易所的上市需求为目的,其注重的是储量资产属性和统一规则下的可对比性。经过几年的合作评估实践和总结,我国已逐步建立了一套比较完整的油气 SEC 准则证实储量评估技术体系,形成了以油气扩边新发现评估、证实已开发储量(PD)更新评估、证实未开发储量(PUD)更新评估、价值评估和权益劈分技术为核心的技术系列^[2-5]。但在煤层气储量评估方面,还没有真正开展 SEC 准则储量评估工作。我国已逐步建成了沁水盆地和鄂尔多斯盆地东缘两大煤层气产业基地,截至 2015 年底,煤层气探明地质储量合计约 $6\,300 \times 10^8 \text{ m}^3$,但无法确定这些储量的资产属性,也无法掌握剩余经济可采储量家底,更无法在国际证券交易市场上进行价值对比。因此,本文旨在通过对国际通用准则的梳理,结合煤层气自身特点,探讨在 SEC 准则下煤层气证实储量评估的工作思路、基本原则及方法,以期满足企业发展的需要。

1 SEC 油气准则简述

1.1 储量分级分类

根据 SEC 在 2009 年 1 月正式发布的油气披露新准则,SEC 准则储量按照确定性分为 3 级,即:证实储量(P1)、概算储量(P2)和可能储量(P3)。开发状态的分类适用于各个级别的储量,按照开发状态分为已开发储量和未开发储量。已开发储量又按生产状态分为已开发正生产(DP)和已开发未生产(DNP)^[6](图 1)。

1.2 证实储量内涵概述

证实储量是指在合同规定的经营权到期之前(或有证据表明延期具有合理性),在现行经济条件、操作方法和政府法规下,依据地质和工程资料的分析,采用确定性法或概率法,以合理的确定性,可以从已知油气藏中经济采出的石油和天然气量。证实储量按开发状态分为证实已开发储量(PD)和证实未开发储量(PUD)。

定义要求,油气开采活动必须已经启动,或者作业者确信将在合理时间范围内启动。如果采用确定

基金项目: 国家科技重大专项“鄂东缘深层煤层气与煤系地层天然气整体开发示范工程”(编号:2016ZX05065)。

作者简介: 丁蓉,女,1987 年生,工程师;主要从事煤层气勘探开发及储量管理工作。地址:(100028)北京市朝阳区太阳宫南街中油丰和大厦。E-mail: 25670030@qq.com

通信作者: 徐强,1988 年生,工程师,博士;主要从事非常规油气勘探开发研究工作。地址:(100039)北京市丰台区靛厂路 299 号。E-mail: 454123526@qq.com

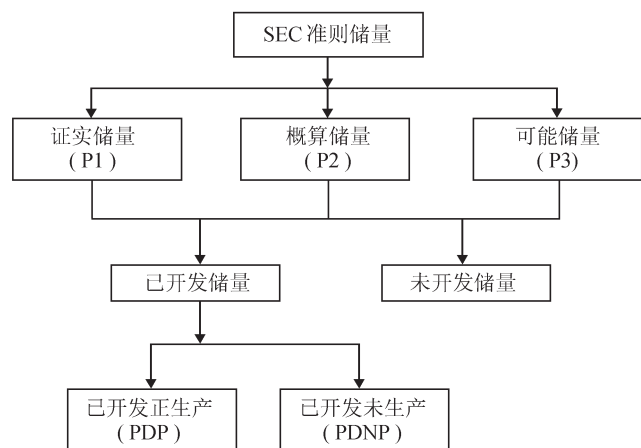


图1 SEC 准则储量分级分类框架图

性法进行评估，则未来的实际采出量具有高置信度，即评估量采出的可能性比采不出的可能性大；而且，随着时间和资料增加，最终可采量很可能增加或保持恒定。如果采用概率法，则实际采出量等于或超过评估值的概率在 90% 以上。

可以看出，证实储量至少包括已经发现、高确定性、可以开采、经济效益、项目合法等 5 个要素，这 5 个要素须同时满足，且具有动态变化的特点，即随生产时间延长，储量数增减变化，经济可采储量与不经济可采储量间相互转变，PD 与 PUD 间相互转变，等等。与国内的探明地质储量相比，二者由于评估单元、评估方法和评价理念不同，其数量也不相等。

证实 PD 的空间范围：按照生产状态，又分为：证实已开发正生产（PDP）和证实已开发未生产（PDNP）。

PDP 是指在评估时，预计从开启且正在生产的完井井段可采出的储量。对于提高采收率项目，只有在项目实施有效果后才可认为是正生产储量。

PDNP 含关井储量和管外储量。前者包括：在评估时，开启但尚未生产的完井层段；由于市场条件或管线连接原因而关闭的井；由于机械原因而停产的井。后者包括预计从现有井的层段可采出的储量。该层段在开始生产之前，需要进一步的完井工作，或将来要重新完井。

PUD 的空间范围：证实未开发储量包括：预计从未钻井部位的新井中采出的储量；现有井，但需较大花费再完井后采出的量（较大花费指超过单井成本的 10% ~ 30%）；未钻井面积限定在紧邻的（1 个）开发井距范围，钻井后肯定能生产；除非利用可靠技术，合理确定了更大范围内具有经济生产能力；

未钻井区的 PUD，要求开发计划必须在 5 年内实施，除非有特定情况证明在更长的时间内实施。

2 评估技术思路和基本原则

2.1 煤层气井生产特点概述

为了理清煤层气 SEC 准则储量的评估工作思路，需要在国际性 SEC 准则下，根据煤层气的赋存和产出特点，确定煤层气储量的 SEC 准则，然后进一步确定评估原则。

煤层气与常规天然气相比，在赋存状态、产出机理、排采工艺等方面均存在很大差异。煤层气的生产机理概括为解吸—扩散—渗流、排水—降压—采气。其产出的驱动力是，通过排出地层水，造成地层与井底之间的压力差，从而诱导气体流出煤层，而常规天然气的驱动力主要是气体自身的弹性能量或地层水动力。

从产气规律来看，常规砂岩气井前期产气量比较高，总体递减相对快一些。根据当前的经济技术条件和价格因素，能够在较短时间确定是否达到经济开采要求；或者开采一段时间后，根据递减规律预测剩余经济可采储量。而煤层气井在产气前需要较长排水时间，前期产气量低、上升速度较慢、延续时间长，需要较长时间才可判定能否达到经济开采要求。因此，在评估 SEC 准则煤层气储量时，不能完全照搬油气储量准则，需要在 SEC 准则下，根据煤层气自身的特点，制定工作思路和确定评估原则。

2.2 技术思路

SEC 准则煤层气储量评估技术思路如图 2 所示。

技术思路大致分为 6 个步骤：

1) 根据煤层气产区的具体情况，确定评估区的范围和评估截止日期，明确 SEC 准则储量的评估目标区。

2) 根据确定范围和截止日期，准备相关的基础资料。主要包括：参与评估煤层的厚度等值线图、含气量等值线图、煤密度等值线图，评估范围内煤层气井的产气状况图、各井的采气曲线图、测井解释成果图和每口井的基础数据表等。

3) 开展煤层气生产动态研究。确定评估区块的煤层气经济极限产量和经济采收率。前者是确定区内哪些储量属于证实储量可纳入的范围，后者是确定有多少地质储量属于经济可采储量。

4) 参照 SEC 准则油气储量的定义和内涵，结

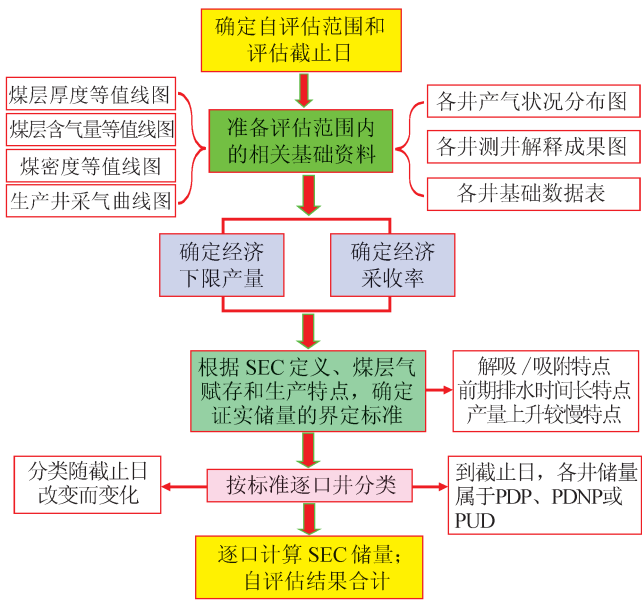


图 2 煤层气 SEC 准则储量评估流程图

合煤层气的赋存条件、产气特点、生产规律等，在 SEC 准则框架下确定煤层气证实储量范围界定原则。

5) 根据经济极限产量和界定标准，确定到评估截止日，确定可以划入证实储量范围的煤层气井。

6) 静态法逐口井圈定 PDP、PDNP 和 PUD 的原地量。利用圈定范围内的煤层气井进行产量剖面预测，确定经济采收率。从而获得 SEC 准则煤层气储量。

2.3 范围确定的基本原则

在综合分析煤层气生产特点的基础上，考虑目前国内已有煤层气产区的实际状况，提出了确定煤层气证实储量范围的基本原则。

2.3.1 确定证实已开发正生产储量范围的基本原则

1) 到评估截止日，达到经济产量下限的井控范围。

2) 煤层气达产井稳定生产 3 个月及以上。

3) 合层排采达到经济产量下限，开发层系全部划为证实已开发。

4) 所产的煤层气具备销售条件。

符合条件的单井以开发井距 1/2 外推划证实已开发面积。符合条件的连片井以最外边井外推 1/2 个开发井距连片圈定证实已开发面积。单井控制面积采用平均值。

下面两种情况也纳入证实已开发正生产储量的范畴：

1) 第一种情况。到评估截止日，产气井未达到经济下限产量，但位于连片达产区中间，根据已有

的地质、工程资料判断，其未来具有经济生产能力的井控范围。

2) 第二种情况。位于达产区内或紧邻达产区的连续排采井，曾经产气效果良好，达到经济产量下限，由于设备、安全等原因，评估日暂时停排的井控范围。证实已开发正生产储量 (PDP) 范围圈定如图 3 所示，证实已开发未生产储量 (PDNP) 范围圈定如图 4 所示。

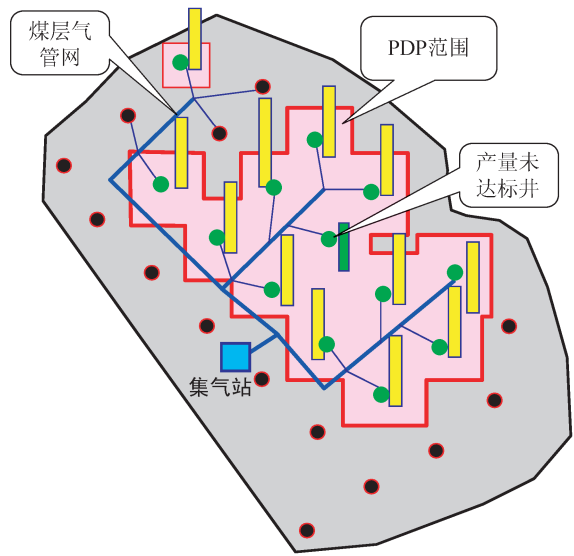


图 3 证实已开发正生产储量 (PDP) 范围圈定示意图

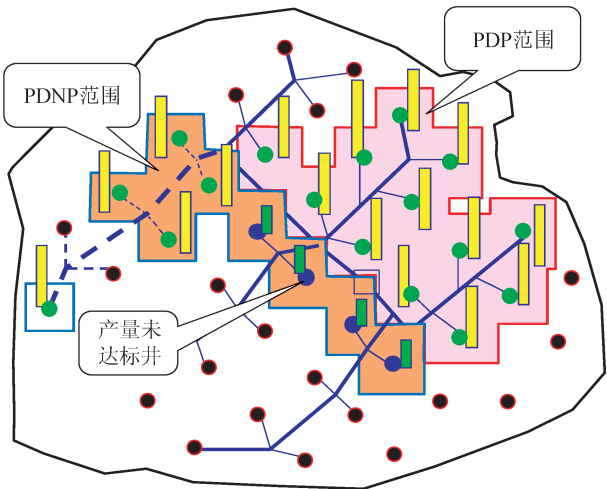


图 4 证实已开发未生产储量 (PDNP) 范围圈定示意图

2.3.2 确定证实已开发未生产储量范围的基本原则

紧邻达产区的连续排采井，若见套压未产气或者产气未达到经济产量下限，但根据已有地质、工程资料判断，其未来仅通过排采，可以达到经济极限产量的井控范围。要开展已开发未生产区与正生产区的地质特征和生产特征对比。或者紧邻达产区的达产井区，但到评估日时仍不具备销售条件，计

划 2 年内可销售, 其范围划为证实已开发未生产储量范围。

2.3.3 确定证实未开发储量范围的基本原则

紧邻达产区的初始排采未产气井或未钻井区, 外推一个开发井距圈定为未开发储量。紧邻已开发正生产或者已开发未生产区, 地质一致可类比。这些排采井产气需要进一步实施措施才具经济性, 下一步改造花费高于前期成本的 1/3 的生产井井控范围。长期排采且产量不达标或不产气的井, 其井控范围从证实未开发储量中扣除。证实未开发储量 (PUD) 范围圈定如图 5 所示。

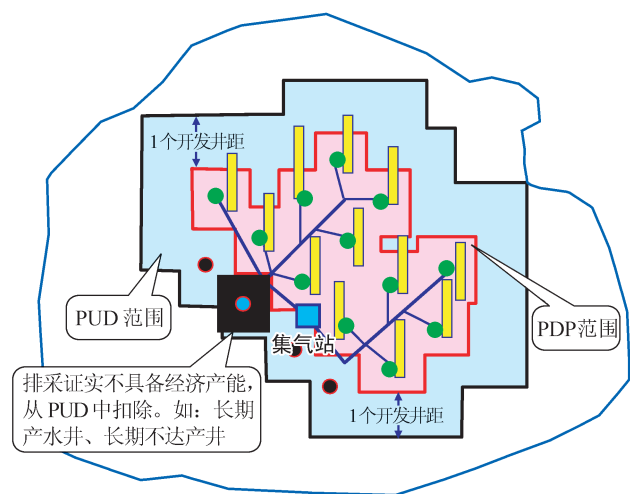


图 5 证实未开发储量 (PUD) 范围圈定示意图

3 煤层气区块生产动态研究

在 SEC 准则煤层气储量评估中, 实际生产资料的应用和研究工作具有很重要的作用。主要针对投入开发时间较长, 有一定煤层气产气规律的区块进行评估。利用煤层气排采井的实际资料, 如: 产气量、产水量、储层压力、解吸压力、压降范围、采出程度等数据的变化规律, 分析预测煤层气的未来发展趋势。根据实际生产经营数据, 测算证实储量经济极限产量, 利用动态资料预测采收率、解剖开发单元、确定采气速度和生产阶段等, 为动态法评估 SEC 储量提供参数依据。

3.1 证实储量经济极限产量的确定

证实储量经济极限产量的确定, 常规油气与煤层气评价方法和计算公式都是一致的, 但是应用方法上有些差别。由于煤层气排采方式和产出机理的特殊性, 生产阶段基本为上产—稳产—递减 3 个阶段, 不同于常规油气初始高产, 一直递减。确定储量是

否具有经济效益, 煤层气井上产的产量要超过经济极限产量, 这类煤层气井圈定的范围才可以作为证实已开发储量。经济极限产量不仅作为生产后期产量递减到不能回收操作成本的节点, 还作为生产初期确定储量是否有经济效益的门槛。

煤层气经济极限产量计算公式为:

$$Q_{\text{gmEL}} = \frac{10^{-1} C_{\text{fg}}}{(P_{\text{g}} - T_{\text{axg}} - C_{\text{vg}}) Y_{\text{g}}} \quad (1)$$

式中 Q_{gmEL} 表示经济极限产量, $10^4 \text{ m}^3/\text{月}$; C_{fg} 表示气固定成本, $10^4 \text{ 元}/\text{月}$; P_{g} 表示含增值税气价, 元/ 10^3 m^3 ; T_{axg} 表示气税费, 元/ 10^3 m^3 ; C_{vg} 表示气可变成本, 元/ 10^3 m^3 ; Y_{g} 表示天然气商品率。

在计算经济极限产量时, 要利用实际气价和成本费用来测算。在操作成本中, 固定成本和可变成本具体包含哪些项目很难统一界定 (表 1)。比如运输费、动力费和燃料费, 都存在固定和可变两类成本。所以在评估工作中, 固定和可变的成本经过反复测算, 往往采用经验的比例关系, 固定成本基本上占到总成本的 60% ~ 80%。此外, 由于煤层气排采的特殊性, 排水期和上产期, 排采费应不计入成本。一般确定的排水期和上产期不超过 3 年。也就是说, 在评估中, 最多前 3 年的排采费不计入成本。

3.2 动态资料预测采收率

3.2.1 排采时间较长的煤层气区块

评估区块的煤层气井排采时间较长, 尽量采用本区内实际生产数据, 对每一口排采井根据实际日产气量、井底压力、套压、日产水量的关系, 参考临近的煤层气井, 进行合理的未来产量剖面的预测。然后把所有井进行分类评价, 汇总形成总产气井的产量预测模型, 利用软件对平均日产气量的递减资料进行拟合回归, 建立递减模型。根据递减模型, 预测递减到经济极限产量的时间、预测煤层气井生命周期内的采出量, 据此进一步确定经济采收率。详细系统的对气田的开发单元进行划分, 有利于合理预测产量, 有效提高采收率。

3.2.2 开发早期排采时间较短的煤层气区块

评估区块的煤层气井排采时间较短, 可以采用类比法来确定采收率、开发指标等参数。类比法作为体积法储量评估方法的补充。从地质特征 (构造、埋深、含气量、密度、反射率)、气藏特征 (渗透率、含气饱和度、气体组分、压力) 和开发特征 (产气量、产水量、开发井型、增产措施、完井方式、排采方

表 1 公司特定储量评估数据统计表

类型	数据项目	单位	备注
价格及补贴	煤层气销售价格	元 /m ³	不含增值税价格
	煤层气补贴	元 /m ³	
操作成本	材料费	万元	可变成本
	燃料费	万元	可变成本
	动力费	万元	可变成本
	人员费用	万元	固定成本
	维护及修理费	万元	固定成本
	运输费	万元	固定成本
	外包作业支出	万元	固定成本
	其他支出	万元	固定成本
固定成本			
可变成本			
固定成本比例		%	
可变成本比例		%	
单位操作成本		元 /m ³	
单位固定成本		元 /m ³	
单位可变成本			
税费	增值税	万元	
	城市维护建设税	万元	
	教育费附加	万元	
	资源税	万元	
	矿产资源补偿费	万元	
产量及商品量	产量	10 ⁴ m ³ /d	
	商品率	%	
	商品量	10 ⁴ m ³ /d	
	生产井数	口	
单井经济极限产量		m ³ /d	

式) 方面进行类比方和被类比方比较。一般情况下, 类比方的采收率取值结果不大于被类比方的采收率值^[7-8]。

煤层气田在评估时, 大多处于开发早期, 煤层气井还未出现递减甚至稳产规律。在用静态法评估时, 应深入解剖开发单元, 合理确定采气速度和生产阶段, 掌握单井控制资源, 使评估人员可以更加清晰评估气田的优劣, 评估中根据资源分布情况和采出情况, 结合类比对象, 适度延长稳产时间, 从而提高评估单元的采收率。

4 方法应用及查新

2014—2017 年, 中石油煤层气公司参加了中国石油天然气股份公司组织的油气储量特定资产评估, 与美国 D&M 评估公司进行了对接, 详细沟通了评估方法、生产动态特征及评估参数确定依据, 自评估结果与美国 D&M 公司的评估结果符合率超过 95%, 得到 D&M 评估公司高度肯定。

2015 年 1 月, 在国土资源部地学科技查新站进行了成果科技查新(编号 2015BJCGL0025)。查新结果: SEC 准则煤层气储量评估方法在国内未见报道, 属国内首次。

5 结论

SEC 准则储量是利用国际准则评估出的储量, 是上市油公司的核心资产, 也是各油公司年度业绩考核指标之一。SEC 准则煤层气储量评估的风险性较大, 所以界定原则和方法较常规气藏相比尤为严格。煤层气井钻探、压裂甚至排采初期, 都不能看出井的产气情况以及煤层气井是否有经济效益, 控制的储量是否是证实储量。所以应用本文方法的过程中, 只能更加严格和苛刻。整体开发效果好坏, 会影响评估人员对圈定情况和采收率选取的宽或严。在评价过程中, 自评估人员对外方评估人员介绍气田的整体情况、产气效果、开发单元、气藏的采出程度、产气效果等方面情况, 有利于评估人员对气田的综合了解。

参 考 文 献

[1] 贾承造. 美国 SEC 油气储量评估方法 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.

[2] 胡允栋, 萧德铭, 王永祥. 按 SEC 标准进行油气证实储量评估的基本原则 [J]. 石油学报, 2004, 25(2): 19-24.

[3] 毕海滨, 李建忠, 张君峰, 周明庆. SEC 准则证实储量评估中可靠技术应用 [J]. 石油学报, 2013, 34(6): 1212-1217.

[4] 赵文智, 毕海滨. 储量研究中油藏边界的确定方法 [J]. 中国海上油气, 2005, 17(6): 379-383.

[5] 赵文智, 李建忠, 王永祥, 毕海滨. SEC 标准确定证实储量边界的方法 [J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(6): 754-758.

[6] 王永祥, 张君峰, 段晓文. 中国油气资源 / 储量分类与管理體系 [J]. 石油学报, 2011, 32(4): 645-651.

[7] 李明宅, 孙晗森. 煤层气采收率预测技术 [J]. 天然气工业, 2008, 28(3): 25-29.

[8] 张新民, 韩保山, 李建武, 董敏涛. 煤层气技术可采资源量预测方法 [J]. 天然气工业, 2005, 25(1): 8-12.