

·专家论坛·

中国《页岩气资源/储量计算与评价技术规范》 计算方法存在的问题与建议

陈元千,周 翠

(中国石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:页岩气在国际上是重要的后续战略资源。目前中国已进入页岩气的规模勘探和工业试采阶段,并取得了明显成果。然而,因经验不足,致使在2014年6月1日发布实施的《页岩气资源/储量计算与评价技术规范》中,有关页岩气藏地质储量和可采储量的计算方法,存在不正确性和不可靠性,甚至是错误的问题,值得大家关注。由于地质储量和可采储量的计算方法是该技术规范的核心内容,应尽量避免因计算方法带来的评价结果的失误和投资风险,具体来说,该技术规范提出的有关页岩气藏基质吸附气地质储量、裂缝系统自由气地质储量和两者总地质储量的计算方法,以及相应的可采储量计算方法都是不正确的,或者说是错误的。其次是,将汉语拼音字母x,y和z等作为不同储量符号的下角或储量参数符号的下角,均有背于采用英语专业术语字头作为下角的原则。为此,建议针对页岩气藏地质储量和可采储量计算方法及使用符号的科学性和合理性进行技术讨论,考虑制定动态法的计算细则和应用范例,并考虑引入预测模型法和其他方法计算与评价页岩气藏的地质储量和可采储量。

关键词:页岩气藏 地质储量 可采储量 计算方法 问题 建议

中图分类号:TE313.8

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2015)01-0001-04

Problems and recommendations for the Regulation of shale gas resources/reserves estimation in China

Chen Yuanqian, Zhou Cui

(Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing City, 100083, China)

Abstract: As an important follow-up strategic resource, shale gas is now explored and industrially produced in China, and obvious results have been obtained. However, the inexperience in evaluating the shale gas resources/reserves estimation leads to incorrectness, unreliability and even error in estimating geological and recoverable reserves of shale gas in the Regulation of shale gas resources/reserves estimation published on June 1, 2014, which deserves more attention. The core of the regulation is to estimate the reserves of the shale gas, and great importance should be attached to insure its correctness in order to avoid mistake in evaluation results and even investment risk. The estimating method of the adsorption gas reserves in the shale gas reservoir, free gas reserves in fractural system are incorrect and the corresponding estimating method of the recoverable reserves is incorrect or even mistake. Moreover, using the initials of Chinese Pinyin x, y and z as subscript of different symbols is irrational, which doesn't maintain the principle of using English professional terms as the subscript. Existing problems in estimating geological reserves and technical recoverable reserves of shale gas were analyzed. It is suggested to discuss about the estimating method of shale gas reserves and the scientificity and reasonability of its symbols. Also, rules of dynamic estimating methods and application case are recommended. Other methods, such as prediction model, may be introduced at the same time.

Key words: shale gas; GIIP; recoverable reserves; estimating methods; problems; recommendations

根据中国当前页岩气的勘探与开发的形势,国土资源部于2014年6月1日发布实施的《页岩气资

收稿日期:2014-11-03。

作者简介:陈元千(1933—),男,河南兰考人,教授级高级工程师,从事油气藏工程、油气田开发和油气储量评价方面的科研、教学与评估工作。联系电话:(010)62398212, E-mail:1099690612@qq.com。

源/储量计算与评价技术规范》^[1](简称为《技术规范》),属于国家地质矿产行业标准。地质储量和可采储量的计算方法是《技术规范》的核心,它会直接影响到页岩气的开发和投资的风险程度。在对《技术规范》研读后发现,页岩气藏地质储量和可采储量的计算方法存在不正确性和不可靠性,甚至是错误的问题,实在令人感到遗憾及不安。作为一名油气储量评估和评价工作者,有责任对《技术规范》中有关地质储量和可采储量计算方法存在的问题予以提出,并期待与大家一起讨论。

1 页岩气藏地质储量计算方法存在的问题

在《技术规范》中,页岩气藏地质储量主要采用静态法(即体积法)和动态法2类方法计算。笔者将2类方法存在的问题予以简要评论。

1.1 静态法存在的问题

1.1.1 页岩气藏吸附气地质储量计算公式是错误的

在《技术规范》的5.3.1中,计算页岩气藏吸附气地质储量的公式为

$$G_x = \frac{0.01A_g h \rho_y C_x}{Z_i} \quad (1)$$

式(1)的主要错误是,在等号右边不应该除以原始气体偏差系数。由于页岩气藏的吸附气含量,是在地面标准条件下,质量为1t的页岩的含气量,因此,不需要像天然气藏那样除以原始气体体积系数,将地下体积转换到地面标准条件下的体积;更不能除以表示真实气体体积与理想气体体积偏差的原始气体偏差系数。作为国家行业标准的《技术规范》,在式(1)中出现除以 Z_i 的错误,实在不应该!

1.1.2 页岩气藏游离气地质储量计算公式不准确

在《技术规范》5.3.1中,关于游离气(应称为自由气)地质储量的计算是这样表述的:在页岩基质孔隙和夹层孔隙中游离气的地质储量计算公式为

$$G_y = \frac{0.01A_g h \phi S_{gi}}{B_{gi}} \quad (2)$$

应当指出,式(2)中的 ϕ 为基质和夹层的有效孔隙度。对于只能用纳米级和纳米平方级描述的颗粒半径和渗透率的页岩基质,目前的岩心分析仪,根本无法测定其孔隙度和渗透率,哪会有储集游离气的基质孔隙度呢?事实上,在页岩的基质中,只有以分子吸附状态存在的吸附气,根本没有

游离气。而游离气只存在于孔隙度为 ϕ_f 的页岩裂缝系统中,其地质储量计算式应为

$$G_y = \frac{0.01A_g h \phi_f S_{gi}}{B_{gi}} \quad (3)$$

1.1.3 页岩油藏的地质储量不能用常规油藏的公式计算

在《技术规范》的5.3.1中,当页岩气藏存在含油层段时,提出可利用《石油天然气储量计算规范》^[2]中计算常规油气地质储量的公式,这是不正确的。同时,对于同一地质环境条件下形成的页岩气层,一般不会存在页岩油层;即使存在,也应该应用页岩油藏的计算公式,即

$$N_o = 100A_o h_o \rho_o C_o \quad (4)$$

页岩油藏的溶解气地质储量的计算公式为

$$G_s = 10^{-4} N_o R_{si} \quad (5)$$

1.1.4 页岩气藏吸附气和游离气总地质储量的计算公式不正确

在《技术规范》的5.3.1中,页岩气藏吸附气和游离气的总地质储量计算公式为

$$G_z = 0.01A_g h \rho_y C_x \quad (6)$$

由于页岩气藏吸附气和游离气是以不同的状态分别储存于页岩气藏的基质和裂缝之中,因此,两者的计算公式是不同的,故不能用式(6)计算,页岩气藏的总地质储量计算公式应为

$$G_z = 0.01A_g h \rho_y C_x + \frac{0.01A_g h \phi_f S_{gi}}{B_{gi}} \quad (7)$$

1.2 动态法存在的问题

在《技术规范》的5.3.2中,规定可以利用物质平衡法、弹性二相法和产量递减法计算页岩气藏的地质储量,但没有给出具体的计算公式,只是要求利用《天然气可采储量计算方法》^[3]规定的方法。应当指出,在《天然气可采储量计算方法》标准中,计算天然气可采储量的物质平衡法、弹性二相法和产量递减法,均存在比较严重的错误和问题^[4],根本不能应用,而且产量递减法仅适用于可采储量的计算。由于页岩气藏与天然气藏是2种完全不同性质和类型的气藏,决不能套用《天然气可采储量的计算方法》中规定的有关方法。

2 页岩气藏技术可采储量计算方法存在的问题

页岩气藏技术可采储量的计算,是评价页岩气藏地质储量和可采储量的重要内容。它的可靠性

和可利用性,直接关系到上、中、下游企业的投资效益。在《技术规范》的7.4.1中提出,页岩气藏技术可采储量的计算方法也分为静态法和动态法2类。尽管对计算方法的规定很简单,但存在的问题却非常突出,有必要加以讨论。

2.1 计算页岩气藏技术可采储量的静态法是错误的

在《技术规范》的7.4.1中,页岩气藏技术可采储量的计算式为

$$G_R = G_{xx} E_R \quad (8)$$

其中

$$G_{xx} = 0.01 A_{gx} h \rho_g C_z \quad (9)$$

正如前述,将页岩气藏的总地质储量写为式(6)是错误的。而将 G_z 改为 G_{xx} 的式(9)也是错误的。因此,用式(8)计算技术可采储量是不正确的。

关于页岩气藏采收率的确定方法,在《技术规范》7.4.3中提出:“根据气藏类型、储层特征和开发方式、废弃压力等情况,应用水平井(组)动态生产资料和储层资料与开发成熟地区相似条件页岩气田类比,选择经验公式、经验取值法、类比法和数值模拟法求取(SY/T 6098—2010)”。这些方法,除类比法外,其他方法并不适用于页岩气藏。因此,页岩气藏吸附气和自由气的采收率的计算式^[5]应分别为

$$E_{Ra} = 1 - \frac{p_a(p_L + p_i)}{p_i(p_L + p_a)} \quad (10)$$

$$E_{Rf} = 1 - \frac{\frac{p_a}{Z_a}}{\frac{p_i}{Z_i}} \quad (11)$$

2.2 计算页岩气藏技术可采储量的动态法是空洞且不现实的

在《技术规范》的7.5.1和7.5.2中,只是空洞地规定可以利用产量递减法和物质平衡法计算页岩气藏的技术可采储量,并提出参考《天然气可采储量计算方法》中规定的计算方法,而完全没有涉及到计算方法的具体内容和要求。然而,《天然气可采储量计算方法》中规定使用的产量递减法和物质平衡法都是不正确的^[4],甚至是错误的,完全不能有效地用于页岩气藏技术可采储量的计算。关于如何计算页岩气藏的地质储量、可采储量和井控可采储量的方法和实例,可参考文献[5]的内容。在《技术规范》的7.5.3中,规定可以利用数值模拟法计算页岩气藏的技术可采储量,这既不现实,又不可靠。以吸附气为主的页岩气藏,完全不同于储藏在多孔介质中的常规气藏。迄今为止,由于尚没有描

述页岩气藏基质吸附气的解吸、扩散、聚集、膨胀和流动的理论方法,以及难以描述的页岩气藏裂缝系统分布的不确定性,因此,根本谈不上利用数值模拟技术计算页岩气藏吸附气和游离气的技术可采储量的问题。

3 几点建议

第一,鉴于《技术规范》是国家地质矿产行业标准,它的重要性不言而喻,它的影响不可低估。应该考虑尽快召开一次相关的研讨会,评估问题的所在,商讨改进的办法。由于《天然气可采储量计算方法》^[3]和《石油可采储量计算方法》^[6]均存在较严重的问题,已经影响到《技术规范》的正确使用,因此,应考虑一并研讨解决。对于笔者已发表的相关论文^[4-5,7],也希望大家提出宝贵意见。

第二,《技术规范》中有关页岩气藏地质储量和可采储量计算公式中所使用的符号实在是太随意、太不严谨了。尤其是引用汉语拼音字母x表示吸附或泄气,y表示页岩或游离,z表示总和自由等,将 G_x 表示为页岩气藏吸附气的地质储量, G_y 表示为页岩气藏游离气的地质储量, G_z 表示为页岩气藏吸附气和游离气的总地质储量, G_{xx} 表示为页岩气藏泄气面积内的总地质储量等。这种物理量下角规定,既未考虑它的科学性、实用性和国际性,也不符合中国现行按国际标准规定的油气下角符号。这种独出心裁、自成一家的规定是不可能为大家所认同的。建议参考文献[5]中使用的有关符号。

第三,动态法尤其是产量递减法,是计算页岩气藏井控可采储量的重要方法。然而,在《技术规范》中几乎没有涉及到产量递减法的公式和具体要求。应当考虑制定页岩气藏动态法的计算细则和应用范例。

第四,目前,针对页岩气藏地质储量和可采储量的计算方法的相关文献^[8-11]很少且存在不确定性,甚至是“错误”的问题,应进一步研究。除注重产量递减法的应用外,还应考虑预测模型法^[12]和其他方法^[13]的引入。

4 结束语

中国是一个油气生产、进口和消费的大国,也是一个向国外大量投资和拥有一定油气资源的大国。因此,所制定的国家行业标准应当考虑其科学性、实用性和国际性,并与中国的地位相符。应以

慎之又慎的态度把规范制定好、实施好。只有掌握科学实用的技术规范,才能得到可信度较高的油气地质储量和可采储量评价结果。

符号解释:

G_g ——页岩气藏吸附气的地质储量, 10^8 m^3 ; A_g ——页岩气藏的含气面积, km^2 ; h ——页岩气藏的有效厚度, m ; ρ_y ——页岩密度, t/m^3 ; C_x ——在地面标准条件下, 质量为 1 t 的页岩的原始吸附气含量, m^3/t ; Z_1 ——原始地层压力下页岩气藏的原始气体偏差系数; G_y ——式(2)中为页岩气藏中游离气的地质储量, 式(3)中为裂缝系统中游离气的地质储量, 10^8 m^3 ; ϕ ——页岩气藏基质和夹层的有效孔隙度; S_{g0} ——式(2)中为页岩气藏的原始含气饱和度, 式(3)中为页岩气藏裂缝系统的含气饱和度; B_g ——页岩气藏的原始气体体积系数, Rm^3/SCm^3 ; ϕ_f ——页岩气藏裂缝系统的孔隙度; N_o ——页岩油藏的地质储量, 10^4 t ; A_o ——页岩油藏的含气面积, km^2 ; h_o ——页岩油藏的有效厚度, m ; C_o ——在地面标准条件下, 质量为 1 t 的页岩的含油量, m^3/t ; G_s ——页岩油藏溶解气的地质储量, 10^8 m^3 ; R_{s1} ——页岩油藏的原始溶解气量, m^3/t ; G_z ——页岩气藏吸附气和游离气的总地质储量, 10^8 m^3 ; C_z ——在地面标准条件下, 质量为 1 t 的页岩的总含气量, m^3/t ; G_R ——页岩气藏的技术可采储量, 10^8 m^3 ; G_{xs} ——页岩气藏泄气面积内的地质储量, 10^8 m^3 ; E_R ——页岩气藏的采收率; A_{gs} ——页岩气藏的泄气面积, km^2 ; E_{Rn} ——页岩气藏基质中吸附气的采收率; p_a ——废弃地层压力, MPa ; p_L ——兰氏压力, MPa ; p_1 ——原始地层压力, MPa ; E_{Rf} ——页岩气藏裂缝系统中自由气的采收率; Z_o —— p_a 下页岩气藏裂缝系统中自由气的气体偏差系数。

参考文献:

- [1] 陈永武, 王少波, 韩征, 等. DZ/T 0254—2014 页岩气资源/储量计算与评价技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
Chen Yongwu, Wang Shaobo, Han Zheng, et al. DZ/T 0254—2014 Regulation of shale gas resources/reserves estimation [S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [2] 吕鸣岗, 程永才, 袁自学, 等. DZ/T 0217—2005 石油天然气储量计算规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
Lü Minggang, Cheng Yongcai, Yuan Zixue, et al. DZ/T 0217—2005 Regulation of petroleum reserves estimation [S]. Beijing: Standards Press of China, 2005.
- [3] 张伦友, 黄嘉鑫, 吴娟. SY/T 6098—2010 天然气可采储量计算方法[S]. 北京: 石油工业出版社, 2011.
Zhang Lunyou, Huang Jiabin, Wu Juan. SY/T 6098—2010 The estimated methods of natural gas recoverable reserves [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2011.
- [4] 陈元千, 张霞林. 中国新版《天然气可采储量计算方法》标准存在的主要问题及建议[J]. 断块油气田, 2014, 21(6): 735-741.
Chen Yuanqian, Zhang Xialin. The existed main problem and recommendation for new edition standard of *The estimated methods*

of natural gas recoverable reserves in China[J]. *Fault-Block Oil & Gas Field*, 2014, 21(6): 735-741.

- [5] 陈元千, 李剑, 齐亚东, 等. 页岩气藏地质储量、可采储量和井控可采储量的评价方法[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(5): 547-551.
Chen Yuanqian, Li Jian, Qi Yadong, et al. The determination methods of geological reserves, recoverable reserves and well-controlled recoverable reserves in shale gas reservoir [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2014, 35(5): 547-551.
- [6] 侯建锋, 李军诗, 纪淑红, 等. SY/T 5367—2010 石油可采储量计算方法[S]. 北京: 石油工业出版社, 2010.
Hou Jianfeng, Li Junshi, Ji Shuhong, et al. SY/T 5367—2010 The estimated methods oil recoverable reserves [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010.
- [7] 陈元千, 李剑. 中国新版《石油可采储量计算方法》标准中存在的主要问题及建议[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(5): 8-13.
Chen Yuanqian, Li Jian. Reviews on problems and recommendations for new edition standard of *The estimated methods of oil recoverable reserves in China* [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2014, 21(5): 8-13.
- [8] 张金华, 魏伟, 钟太贤. 国外页岩气资源储量评价方法分析[J]. 中外能源, 2011, 16(9): 38-42.
Zhang Jinhua, Wei Wei, Zhong Taixian. Evaluation methods analysis about resources and reserves of foreign shale gas [J]. *Sino-Global Energy*, 2011, 16(9): 38-42.
- [9] 李艳丽. 页岩气储量计算方法探讨[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(3): 466-470.
Li Yanli. Calculation methods of shale gas reserves [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2009, 20(3): 466-470.
- [10] 聂海宽, 张金川. 页岩气聚集条件及含气量计算——以四川盆地及其周缘下古生界为例[J]. 地质学报, 2012, 86(2): 349-361.
Nie Haikuan, Zhang Jinchuan. Shale gas accumulation conditions and gas content calculation: a case study of Sichuan basin and its periphery in the lower Paleozoic [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2012, 86(2): 349-361.
- [11] 马宁, 侯读杰, 包书景, 等. 页岩气资源潜力评价方法[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(6): 25-29.
Ma Ning, Hou Dujie, Bao Shujing, et al. Evaluation method of shale gas resource potential [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2012, 19(6): 25-29.
- [12] 陈元千, 李剑. 威尔布模型的典型曲线及应用[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(1): 33-35, 39.
Chen Yuanqian, Li Jian. Application and type curves and of Weibull's Model [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2014, 21(1): 33-35, 39.
- [13] 曲占庆, 林珊珊, 张杰, 等. 多组分和吸附对页岩气储量计算的影响[J]. 特种油气藏, 2012, 19(2): 114-116.
Qu Zhanqing, Lin Shanshan, Zhang Jie, et al. Impacts of multi-component and adsorption on shale gas reserve estimation [J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2012, 19(3): 114-116.