

煤层气勘探开发现状及展望^①

李汉林, 马士坤, 连承波

(中国石油大学地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要:近年来,煤层气开发取得了较大进展。截至 2005 年,美国煤层气年产量达 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$,我国共施工地面煤层气井 287 口,登记煤层气区块 56 个,面积 $6.577 \times 10^4 \text{ km}^2$,井下开发煤层气约 $16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。综合阐述了国内外煤层气开发现状及进展,并对国内煤层气的开发进行了预测性分析,预测 2015 年我国煤层气年产量将达到 $26.22 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

关键词:煤层气;勘探开发;技术进展;展望

煤层气属于自生自储式的非常规天然气,俗称瓦斯,是有机质在煤化作用过程中生成的、主要以吸附状态赋存于煤层及其围岩中的可燃气体,其主要成分是 CH_4 ,其次为 CO_2 、 N_2 等,热值为 35800 kJ/m^3 (相当于 1.22 kg/m^3 标准煤),燃烧过程中基本无烟尘,可以说是一种非常洁净、热值高、优质、安全、开发利用前景广阔的新能源。

2002 年底,世界探明天然气剩余可采储量为 $155.78 \times 10^{12} \text{ m}^3$;世界煤层气资源总量为 $82 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占天然气剩余可采储量的 52.6%,其中可采总储量为 $13 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。对各国煤层气资源量虽众说纷纭,但都承认资源量最多的国家分别是俄罗斯、中国、加拿大、美国和澳大利亚。

1 国外煤层气开发利用现状

美国是世界上开采煤层气最早的国家,也是第一个率先成功实现煤层气商业性开发的国家,其煤层气的开发利用无论在技术水平上还是在产业化方面均居世界前列。1953 年美国在圣胡安盆地进行地面开采煤层气试验,成功钻获第一口煤层气试验井,因受勘探技术的限制,未能形成煤层气的规模性开发,年产量仅 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3$;20 世纪 70 年代以来,美国开始重视并鼓励煤层气勘探开发技术的研究攻关,并于 1980 年颁布了《原油意外获得法》,使得煤层气成为政府鼓励和支持的主要气体能源,煤层气产业飞速发展,煤层气年产量从不足 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增到 $1.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1983 年),1995 年猛增至 $285 \times 10^8 \text{ m}^3$,基本形成产业化规模,到 2002 年底,全美煤层气生产井达 14200 余口^[9],年产量达 $410 \times 10^8 \text{ m}^3$,比我国常规天然气产量还高,2004 年产量达 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$,占天然气能源总量的 8%~10%,成为重要的能源。美国目前开采的煤层气主要是输入天然气管道系统,除民用、发电外,少量作为汽车燃料和化工原料,在一定程度上缓解了常规天然气供需紧张的局面^[2,4~6]。

在美国煤层气商业性开发成功范例的鼓舞下,各主要产煤国也纷纷开展煤层气勘探开发试验,取得了一定的进展。

2 国内煤层气勘探开发利用现状

我国是继美国之后第二个大规模进行地面煤层气勘探的国

家。陆上埋深 300~2000m 的煤层气资源量约 $31.46 \times 10^{12} \text{ m}^3$,与常规天然气资源量 ($38 \times 10^{12} \text{ m}^3$) 相当,相当于 $450 \times 10^8 \text{ t}$ 标准煤或 $310 \times 10^8 \text{ t}$ 石油,已探明煤层气储量 $1023.08 \times 10^8 \text{ m}^3$,位列世界前三,具有很大的开发、利用潜力。

我国煤层气资源主要分布在中部、西部和东部地区,各地区煤层气总量及其所占比例如图 1 所示^[21]。

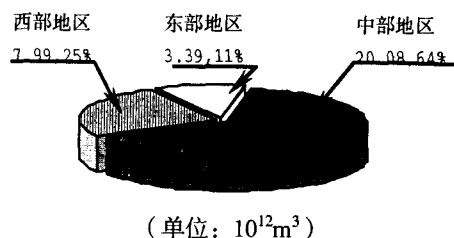


图 1 各含气大区煤层气资源量分布图 (单位: 10^{12} m^3)

从煤矿安全角度出发,我国早在 1952 年就在抚顺矿务局龙凤矿建立了瓦斯抽放站,但直到 1989 年煤层气的勘探开发停留在瓦斯抽放及利用、煤的吸附性能和煤层气含气量测定阶段,对预排煤层气技术开展了初步的试验研究工作。1989 年 12 月沈阳第一届“全国开发煤层气研讨会”的召开,掀起了全国煤层气地质研究及勘探开发的热潮。经国务院批准,1996 年 5 月成立中联煤层气有限责任公司,标志着我国煤层气勘探开发工作步入了规范化发展的新阶段。

1996~2002 年的 6 年间,各主要含煤盆地施工煤层气井由 80 口增加到 212 口,建成煤层气井组 10 个,据不完全统计,截至 2005 年初,全国共施工地面煤层气井 287 口,正式登记煤层气区块 56 个,面积 $6.577 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[3],已在 31 个区块进行过不同程度的试验,主要集中在华北、东北和华南聚气区,建成煤层气井组 12 个^[7],2005 年全国井下开发煤层气约 $16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。前不久,中原油田钻井三公司 32601 钻井队在山西成功完钻我国煤层气领

① “973”国家重点基础研究发展规划项目资助(2002CB211702)

域具有历史意义的第一口多分支煤层气水平井(DNP02井)。该井的成功钻探,为煤矿地面抽放瓦斯气的技术难题开辟了一条全新的途径,推广应用前景十分广阔。我国煤层气资源的大规模开发计划引起了世界的关注,目前,我国已和世界近10个国家合作开发近20个项目^[1,8,10~12]。

3 国内煤层气勘探开发技术进展

我国煤层气地质研究始于20世纪80年代,经过近20年的地质研究和勘探实践,在煤层气成因、储层特性、成藏、区域展布规律、控气地质因素等方面均取得显著进展,初步形成了一套煤层气富集地质理论和选区评价技术,20世纪90年代初开始研究煤层气地面勘探开发技术,经历了十几年来对国外技术设备的引进、消化、吸收和发展,也取得了实质性的进展^[7,13~20]。

(1)煤储层评价技术:应用以乘积原则、加权平均原则、“木桶效应”原则、类比原则和综合评价原则为基本原则的煤储层评价技术,分析煤体几何特征、煤岩组成和煤质特征、煤层气解吸特征等。

(2)储层模拟技术:引进国外先进的煤层气储层模拟技术,对完井方法和开采方式进行生产拟合和储层参数敏感性分析,预测各项开采指标;引进国外COALGAS储层产量历史模拟软件,对开采中气、水产量进行预测,确定合理井距、井网几何形态和最佳开采方案。

(3)钻井技术:引进煤层气空气(泡沫)钻井和定向羽状水平井技术,并进行了试验测试^[17]。

(4)完井技术:引进了裸眼洞穴完井技术,以提高煤层气产量,减小风险,但有待进一步深入研究。

(5)钻井取心技术:研制出煤层半合式取心和大通径绳索式全封闭快速取心技术,准确求取煤层含气量、提高煤层取心收获率。

(6)试井技术:引进国外先进的注入/压降试井技术(高压低排量注入泵),建立了适用于不同试验区的测试工艺技术,已形成较为成熟的试井技术规范。

(7)压裂技术:主要采用清水加砂压裂和瓜胶压裂。

(8)评价技术:研制出煤层气测井评价技术,对含气量、封盖层、工业分析、岩石力学等参数进行定量解释。

(9)监测技术:研制了大地电位法煤层压裂裂缝监测技术,对煤层压裂裂缝延伸方位和长度进行现场直接动态监测和定量解释;采用井间地震声波层析成像技术,描述声波穿过剖面内煤层物性的变化特点,检测和评价压裂后的井间连通情况。

(10)增产技术:通常采用射孔压裂增产技术,又引进了注气增产法,提高煤层气产量,目前正在试验阶段。

(11)储运与集输技术:“西气东输”工程的实施,解决了煤层气的集气与储气的管网建设问题。

4 展望

随着市场经济体制的不断深化,绿色环境工程的启动,煤层气开发利用必将进入一个新的大发展时期。按照国内近三年能源消费增长趋势,到2020年,我国能源需求量将高达40余亿吨标准煤,因此,煤炭、石油、天然气、电力供应及能源安全等方面都面临严重考验。煤层气作为洁净的新能源,若得到有效的开发利

用,将成为重要的能源。2004年12月2日,西气东输主力气田—塔里木油田克拉2气田正式向“西气东输”管道进气,实现了西气东输工程源头供气,年输量 $108 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。该工程解决了制约中国煤层气大规模地面开发的主要市场瓶颈,进一步加速了我国煤层气产业的发展步伐。西气东输和其他输气管网等基础设施的建设,将解决因缺乏输气管网等基础设施和用户市场遥远等因素带来的选区难度大的问题,给煤层气选区带来勘探开发机遇。

参考文献:

- [1] 刘洪林,刘洪建,李贵中. 中国煤层气开发利用前景及其未来战略地位[J]. 中国矿业,2004,13(9):11~15.
- [2] 宫诚. 国外煤层气发展现状[J]. 中国煤炭,2005,31(3):74~75.
- [3] 孙茂远. 煤层气资源开发利用的若干问题[J]. 中国煤炭,2005,31(3):5~8.
- [4] David G. Hill. Changing perceptions of coalbed methane reservoirs[J]. SPE, 2002;1~36.
- [5] E. Syahrial, Lemigas. Coalbed methane simulator development for improved recovery of coalbed methane and CO₂ sequestration[J]. SPE, 2005;1~14.
- [6] X R Wei, et al. A review on recent advances in the numerical simulation for coalbed methane recovery process[J]. SPE, 2005;1~10.
- [7] 宋岩,等. 中国煤层气基础研究和勘探开发技术新进展[J]. 天然气工业,2005,25(1):1~6.
- [8] 杨立雄. 我国煤层气勘探存在的问题及其建议[J]. 中国煤炭,2004,30(3):48~49.
- [9] 翟光明,何文渊. 煤层气是天然气的现实接替资源[J]. 天然气工业,2004,24(5):1~3.
- [10] 孙茂远. 中国煤层气勘探开发现状、问题及其建议[J]. 中国能源,2002,(11):27~30.
- [11] 郭利君. 中国煤层气资源勘查开发现状与政策探讨[J]. 矿产保护与利用,2001,(4):1~4.
- [12] 王生维,等. 我国煤层气勘探研究的回顾与展望[J]. 中国煤田地质,2000,12(3):32~38.
- [13] 王生维,等. 煤层气勘探开发中的煤储层评价[J]. 天然气工业,2004,24(5):82~84.
- [14] 舒秋贵,等. 国内外煤层气的钻采技术[J]. 西部探矿工程,2003(8):104~105.
- [15] 张艳玉,等. 煤层气开采技术与发展趋势[J]. 江汉石油,2001,15(2):24~27.
- [16] 鲜保安,等. 中国煤层气开发关键技术及综合利用[J]. 天然气工业,2004,24(5):104~106.
- [17] 江山,等. 定向羽状水平井开发煤层气现状及发展趋势[J]. 钻采工艺,2004,27(2):4~6.
- [18] 王红岩,等. 煤层气成藏模拟技术及应用[J]. 天然气地球科学,2004,15(4):349~351.
- [19] 穆青,等. 煤层气勘探开发技术现状[J]. 能源工程,2001(1):4~6.
- [20] 李文阳,等. 中国煤层气地质评价与勘探技术新进展[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2001.
- [21] 张新民,等. 中国煤层气地质与资源评价[M]. 北京:科学出版社,2002.

分层注水的油藏适应性分析

胡熙平¹, 袁世昌²

(1. 中石化胜利油田东辛采油厂工艺所, 山东 东营 257000; 2. 大庆油建新疆分公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘 要: 为了研究分层注水的油藏适应性, 将单井分注措施的影响因素分成油藏地质特征、生产、工艺参数三类, 用现场效果统计和数值模拟相结合的方法对各种因素对措施效果的影响逐一分析, 把各种因素对分层注水的效果给出了定性和定量的分析。最后提出分注措施实施的建议, 为现场分层注水措施实施的选井提供理论指导。

关键词: 分层注水; 措施效果; 影响因素; 适应性

分层注水是解决油田开发中的层间矛盾, 实现有效注水, 保持地层能量, 维持油田长期稳产、高产, 提高水驱动用储量和采收率的重要手段。但是分层注水的效果部分不明显或不见效。

为了对提高分注措施的成功率以及为分注措施选井提供参考, 有必要对影响调剖效果的各种因素进行分析。通过统计分析结合油藏数值模拟从油藏地质因素、开发动态因素和施工参数三方面对措施效果的影响进行定性和定量的分析。

1 油藏地质因素

在进行增产措施之前一定要认清油藏的地质情况, 而且不同的地质情况对措施的效果影响是不同的, 油藏的沉积相, 韵律性和隔夹层情况等。

1.1 沉积相的影响

相同条件下, 河流相内的水流速度要比三角洲相中的水流速度大, 吸水能力较三角洲相强。这样更容易形成注入水的突进, 造成大面积的剩余油。统计东辛油田的分注效果发现河流相的措施成功率明显高于三角洲相, 而且措施的无因次增油量也高于三角洲相。

1.2 韵律性的影响

正韵律油层顶部形成剩余油富集, 反韵律油层底部形成剩余油富集, 统计东辛油田的分注措施表明, 正韵律油层的分注效果好于反韵律油层, 结果见表 1。

1.3 隔层稳定性的影响

分层注水要求隔层的厚度大于 2m, 这主要考虑到井下工具的卡封稳定, 而隔层的分布稳定性对分层注水效果的影响从数

值模拟的结果得出。

表 1 不同韵律条件下井组的平均生产情况

沉积环境	无因此增油量	措施成功率(%)
正韵律	0.24	85
反韵律	0.16	72

注采井组内分布稳定的夹层, 将油层分成若干个流动单元, 易形成多段水淹。若夹层分布不稳定, 则表现为注入水下窜。

建立分层注水的数值模拟概念模型, 工艺为 1 级 2 段, 两段间的渗透率级差为 10, 正韵律分布。数值实验为隔层稳定分布于注采井中间和只分布于注水井周围两组对比明显的情况下进行, 两段的注水量为原来注水量的一半。结果见表 2:

表 2 不同隔夹层情况下的井组采出程度(%)

	隔层稳定分布	隔层不稳定分布
不分注	30.65	28.55
分注	32.13	29.18

如果隔层不稳定分布那么分层注水开采效果比稳定分布的情况效果差, 而且措施的有效期较短, 这是因为当隔夹层不稳定分布, 尤其是只分布于注水井周围的时候, 油水运动在短时间内就能达到新的平衡。

Current Situation and Prospect for Exploration and Development of Coal Bed Methane

LI Han-lin, MA Shi-kun, LIAN Cheng-bo

(College of Geo-resources and Information, China

University of Petroleum, Dongying Shandong 257061, China)

Abstract: The development of Coal bed Methane (CBM) has made greater progress in recent years. Up to 2005, CBM annual production in United States of America is 500 hundred million cubic meters. In our country 287

CBM wells have been constructed, 56 CBM blocks are registered which cover 65.77 thousand square kilometers, and the underpit extraction of CBM is about 16 hundred million cubic meters. This article synthetically expounds the current situation and advance of CBM development and research at home and abroad; moreover, makes a prediction analysis on the domestic CBM development, and predicts that CBM annual production in our country will reach 3135 million cubic meters up to 2015.

Key words: coal bed methane; exploration and development; technology advance; prospect