

低效气藏资源特征及高效开发战略思考*

田昌炳^{1,2} 罗凯² 朱怡翔^{2,3}

(1. 石油大学·北京 2. 中国石油勘探开发研究院 3. 中国地质大学·北京)

田昌炳等. 低效气藏资源特征及高效开发战略思考. 天然气工业, 2004; 24(1): 4~6

摘要 我国天然气总资源量构成中有着相当数量的低效天然气藏资源量, 后者储量约占全国天然气总储量的70%。这些天然气在储量的级别上大多隶属于基本探明的Ⅲ类储量, 且在各盆地的分布极不均衡, 同时还具有地质因素复杂、储量级别低、储量丰度低、气井产能低等特点。要开发利用好这些低效的气田或气藏, 在技术和经济层面上都有着较大的难度。但低效气藏毕竟也是一种宝贵资源, 对这种特殊资源的开发: 第一必须做好开发早期的地质研究, 搞清其地质特征及分布规律, 依靠技术进步提高开发采收率; 第二对低效气藏应做出客观可行的评价, 分析低效气藏中相对高效气藏形成的主控因素, 差中择优; 第三坚持走可持续发展的道路, 保持经济和社会的同步持续发展, 以持续的方式使用低效天然气这一不可再生的资源。

关键词 低 综合效益 气藏 资源 特征 开发 效果 气藏形成

天然气勘探开发实践表明, 我国天然气资源既丰富(总量达到 $38 \times 10^{12} \text{ m}^3$), 资源品位又差异悬殊^[1,2]。据初步统计预测, 全国已探明天然气储量中, 高丰度且千米井深产量高的天然气储量仅占总探明储量的约30%, 而低丰度且千米井深产量低的低效气田气储量约占70%; 在尚未探明的剩余天然气资源中, 属高丰度、高效的天然气资源量约占总量的1/3, 而低效资源量占2/3。预测显示, 未来10~20年我国天然气需求量将大幅度增长, 到2010年天然气年需求量将超过 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。要满足天然气需求量的快速增长, 天然气开发就必须面对如何对低效天然气资源进行高效开发的重大难题。

低效天然气藏分布广泛, 具有地质因素复杂、储量级别低、储量丰度低、气井产能低等特点。此类气储量勘探开发难度较大, 经济效益较差。虽然初期产能可达到工业气流标准, 但递减较快, 难以稳产。因此笔者将这部分经济效益低下的天然气储量统称为低效天然气。据此统计, 我国的低效天然气储量约占总储量的70%。

低效天然气藏的资源特点

我国的低效天然气藏主要分布在地质条件极其

复杂, 构造因素、岩性因素变化较剧烈的地区, 储量丰度低、产能低是其突出特征。

1. 储量丰度低

由于储量丰度的高低直接关系到勘探开发的成本, 关系到气田开发效益, 所以储量丰度是构成开发评价指标十分重要的参数之一。我国《储量规范》中将丰度小于 $2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 的储量定为低(或特低)丰度储量, 而我国储量丰度小于 $3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 的天然气储量大都属于低效气藏。

根据2001年全国天然气储量评审表的数据统计结果可以看出, 我国目前气田的储量丰度平均为 $2.26 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 说明低效气藏占有很大比例。

中国各盆地的天然气储量丰度相差较大, 在8大盆地中, 鄂尔多斯盆地和松辽盆地平均储量丰度相对最低, 分别只有 $0.94 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 和 $1.11 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 柴达木盆地和塔里木盆地较高, 分别达到 $10.83 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 和 $9.19 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。

由于松辽盆地天然储量数值本身很小, 而鄂尔多斯盆地的天然气储量占全国的比重大于50%, 所以我国的低丰度天然气储量主要集中在鄂尔多斯盆地。

2. 储量级别低

* 本成果得到国家重大基础研究发展规划(973)项目(2001CB209100)基金资助。

作者简介: 田昌炳, 1964年生, 高级工程师; 1986年毕业于江汉石油学院地质系, 主要从事油气田开发地质研究工作, 现为石油大学博士研究生。地址: (100083)北京市学院路20号910信箱开发所。电话: (010)62097791。E-mail: tcb@petrochina.com.cn

截至2001年底,我国天然气的I类探明储量只占总储量的23.2%,II类探明储量占总储量的31.5%,III类储量占总储量的45.3%,这说明我国低级别储量占有相当大的比重。I类储量丰度为 $2.29 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,II类储量丰度 $5.33 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,III类储量丰度则只有 $1.61 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。这说明III类储量基本上均属于低效气藏。

从各盆地III类储量占各个盆地天然气总储量的比例可知,鄂尔多斯盆地的III类储量所占比例超过50%,高达74.44%。

3. 储量规模小

储量规模直接影响到基本建设投资、生产规模、供气年限等多项技术经济指标。我国《储量规范》中将小于 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 作为小规模的上限,称这样的气藏为小型气田。据此统计可知,在全国有相当数量的气田为小型气田,最小的只有 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。全国2001年上报探明储量区块数369个,各盆地的小型气田个数共有280个,占全国气田总数的75.9%。

4. 岩性复杂

中国天然气藏的主要岩石类型为碎屑岩,其次为粒屑碳酸盐岩、生物灰岩和白云岩;还有部分特殊岩类储集层,如泥岩裂缝储气层,岩浆岩、变质岩及其裂缝性储气层,以及少量的煤层和风化壳储气层。从低效气藏在典型环境中的储量分布状况可以看出,低效天然气储量主要集中在陆相碎屑岩储层中,而陆相储层中的低效天然气储量又主要集中在河流、河流—三角洲相的沉积环境中。

低效天然气藏的开发特点

低效天然气藏由于其特殊的资源特点,使其开发效果较差,具体表现在以下两方面。

1. 产能低且递减快

中国低效气藏的另一显著特点就是产能低且递减快,低效气藏中有些井虽然初期可获得暂时高产,但产量一般递减快,难以稳产,甚至很快枯竭。总的来看,这类气井的单井累积采出量很小,经济效益较差。另外从气藏总体看,气井因受储层非均质性的影响,产能变化很大。这就提示人们思考一个问题——如何差中选优开发好这类气藏。

低效气藏中的千米井深产能小于 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km} \cdot \text{d}$ 的储量占了整个低效气藏的53.5%,充分说明我国低效气藏的产能是很低的。

在约70%的低效天然气藏储量中,虽然还有大约23%低效天然气藏的千米井深产能大于 $5 \times$

$10^4 \text{ m}^3/\text{km} \cdot \text{d}$,但由于储量丰度低、递减快致使其开发效果差。

2. 采出程度低

中国的低效气藏大部分属于III类探明储量,这部分属于未开发的基本探明储量,占全国总天然气储量的45.3%。截至2001年底全国已开发的天然气藏累计采出量 $3136.36 \times 10^8 \text{ m}^3$,原始地质储量的采出程度为10.3%,可采储量的采出程度也只有15.6%。天然气藏的开发现状意味着大部分气藏还没有被开发。图1给出了各盆地天然气的可采储量、累计产量和剩余可采储量,可以看出,除四川盆地的采出程度稍高以外,其他各盆地的采出程度均很低。由此说明加快天然气开发是当务之急。

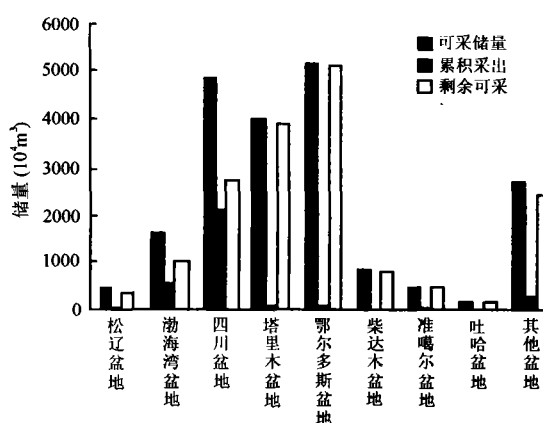


图1 中国各盆地天然气采出程度示意图

低效天然气的高效开发策略

截至目前,我国大批低效气藏基本上还没有正式投入开发,仅有的也只是对部分井进行过试采,而且缺乏系统研究和配套技术,尤其是地质研究,尚属先期开发准备阶段。为适应天然气工业的发展,尤其是提供“西气东输”的资源保障,必须有效的开发好低效天然气资源,应该尽快做好低效气藏的形成机理及地质模式的研究工作,研究低效气藏中的富集规律,差中选优,走资源有效利用、规划气藏近期开发与长远开发兼顾之路^[3]。

1. 做好地质综合研究,分析其地质模式,依靠科技进步提高采收率

要经济有效地开发低效气藏,关键在于应该尽可能提高单井产量和扩大单井控制储量。对储层而言,前者涉及储层的产能系数 Kh 值(渗透率与厚度的乘积)的问题,后者涉及储层的连续性和连通性的问题。这两个问题的主要地质影响因素受沉积

条件和成岩条件的控制,所以必须高度重视对气藏形成机理及地质模式的研究。

气层保护技术和酸化压裂等改造储层技术的发展,在减少储层渗透率伤害和改善渗透率上取得了许多成就。同时水平井技术又为提高这类气藏单井钻遇有效厚度提供了强有力的技术手段。这些技术很多成就。同时水平井钻井技术又为提高这类气藏单井钻遇有效厚度提供了强有力的手段。这些技术已在低渗透油藏的开发中取得了很好效果,对低效气藏的开发利用肯定也应是一个重要的发展方向,同时也是目前我们天然气开发研究中应更加重视的一个新课题。例如,欧洲北海 Hyde 气田就成功地采用水平井钻井技术使气田得到了高效开发^[4]。

2. 搞好对低效储层中相对高渗砂岩体的识别与预测

在地质模式的指导下研究低效气藏中的富集规律,差中选优,优化开发程序,制定可持续发展的近期开发与长远开发相结合的战略是开发好低效气藏,确保生态环境及经济可持续发展的有效途径。

我国绝大多数低效气藏由沉积后成岩作用的强烈改造而成,成岩作用是低效气藏的主要控制因素。而单纯由沉积作用导致的低效储层一般有两种原因:近物源且分选极差和远物源的碎屑粒度极细。

因此在低效气藏中寻找相对高渗储层必须先成岩演化的研究入手,分析那些原生孔隙保存较好和次生孔隙相对发育的具有特殊矿物组成的岩石相类型,然后再研究这种岩石相类型的沉积微相,确定其高效储层的发育部位。

另外,低效气藏寻找相对高渗储层也可由裂缝分析入手,裂缝的存在可以在很大程度上改善渗流能力。因此,对裂缝系统的定量预测研究也将是开发所面临的关键问题之一。

3. 做好有效储层的连续性和连通性评价,加强测试的动静态综合分析

对各类砂岩体的连续性与连通性问题,储层沉积学已经有了较丰富的地质认识,对高渗透砂岩储层,应用效果都是很好的。最简单的宽厚比、砂岩密度的方法已在中国石油各分公司中得到了广泛应用。然而,对于低渗透储层遇到了一个新问题,这就是整个沉积砂岩体并不完全是有效储层,只是其中一部分岩石相才是有效储层,有时甚至只是一小部分,如河流砂体可能只是滞留沉积部分或下点砂坝部分才是有效储层。这样砂岩体的连续性和砂岩体间的(叠置)连通性就变成了一个假象,而有效储层

的连续性和连通性会缩小很多,有时甚至不连续和连通。为此,如何建立砂岩体—有效储层概念模型就成为了一个新问题。解决的途径应该是:对岩石相—沉积微相的精细解剖和随机建模技术的应用^[5]。

对于气藏开发,由于井距大、井数少,气藏认识难度很大,加上低效气藏本身地质特征复杂多变,所以根据气井测试和试采动态资料,并结合地质特征综合评价气藏产能、砂岩体的连续性和连通性非常重要^[3~5]。

4. 采用先进的地震预测技术

目前对于高渗储层的油气藏,其储层预测技术已经得到了长足的发展,但对于较大井距的低渗透砂岩气藏而言,面临的难题主要是:有效储层在剖面上分散和储层相对较薄对分辨率要求较高,这直接关系到地震采集的质量;同时由于砂岩储层致密低渗,砂岩体、有效砂岩体的波阻抗偏大,甚至与泥质岩层难于区分,所以又成为反演中的一个障碍。

怎样从地质研究出发,与测井响应密切结合,提取有效地震属性,采取有效反演技术,正确描述砂岩体和有效储层的空间分布,正是开发地震工作者面临的一个攻关课题。低效气藏的高效开发期待着这一技术上的突破。

总之,综合应用地质、地震、测井及地质力学等气藏描述技术,以及气藏工程、试井分析等手段和成果对高渗砂岩体和裂缝系统、气藏产能和砂岩体的连续性、连通性的预测研究和定量评价将是高效开发低效气藏所面临的关键技术难题。

参 考 文 献

- 1 王涛. 中国天然气地质理论基础与实践. 北京:石油工业出版社,1997
- 2 李剑. 中国重点含气盆地气源特征与资源丰度. 江苏徐州:中国矿业大学出版社,2000
- 3 胡永乐,何鲁平,罗凯等. 不同类型气田开发主体技术. 见:中国石油天然气股份有限公司油气田开发技术文集. 北京:石油工业出版社,2001:570~585
- 4 Sweet M I, Blewden CJ, Carter A M, Mills C A. Modeling heterogeneity in a low - permeability gas reservoir using geostatistical techniques, Hyde field, southern North Sea. AAPG Bulletin, 1996, 80(11): 1719~1735
- 5 Deutsch C V. Geostatistical reservoir modeling. USA: Oxford University Press, 2001

(收稿日期 2003-05-09 编辑 居维清)