

# 川西坳陷中段天然气勘探开发模式研讨<sup>\*</sup>

王亮国

(成都理工大学能源学院)

王亮国.川西坳陷中段天然气勘探开发战略研讨.天然气工业,2006,26(3):6-8.

**摘要** 四川盆地西部坳陷中段天然气勘探取得了巨大成就,但随着勘探开发的深入,工作难度愈来愈大。目前,正处于储量、产量、效益徘徊的局面,特别是深层上三叠统须家河组天然气勘探遇到了巨大的困难。文章从勘探战略与勘探模式上进行思考与研究,根据川西天然气勘探开发特点,研究了该区勘探潜力,提出了具有针对性的天然气勘探战略与模式,以使川西坳陷天然气勘探开发获得新的突破,保持川西天然气工业的可持续发展。

**主题词** 四川盆地 西 坳陷 天然气 勘探开发 战略

## 一、油气勘探开发现状

### 1. 勘探开发现状

中国石化西南分公司在以川西坳陷中段探区(西至龙门山,东达龙泉山以东,北到安县—绵阳,南抵大邑—成都,面积 10565 km<sup>2</sup>)为重点的油气勘探开发中,取得了陆相致密碎屑岩领域的成功突破。“六五”以来在浅、中深、深层已建成 2 个大型气田(新场气田、洛带气田,其中新场气田为全国前十强的大型气田),1 个中型气田,4 个小型气田。

2001 年生产天然气 13.36×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,2002 年 15.01×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,2003 年 17.01×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,平均每年以 2×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> 的幅度增长,且具以下特点:①天然气产量以川西探区为主,占总产量 97% 以上,全产自陆相碎屑岩;②浅层和中深层“并驾齐驱”,深层贡献甚微(低于 0.4%),与天然气资源量极不相称;③新区、新层位产量少且呈下降趋势,产量过分依赖老区(老区贡大于 92.5%);④单井产能低、优质储量逐年减少,后备储量严重不足。

### 2. 天然气勘探开发潜力分析

至 2003 年底,川西坳陷中段探区拥有探明储量 1106.68×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>(占总量的 99.36%)、控制储量 591.94×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>、预测储量 1022.79×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。据资源评价结果,上三叠统、侏罗系天然气总资源量 10905×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,其中浅、中、深层分别占总量的

8.67%、29.56%、61.77%。但浅、中、深层分别占探明储量的 44.5%、51.9%、3.5%,占控制储量的 20.8%、72.5%、6.7%。浅层探明率已经较高,达 52.08%,中深层探明率 17.83%,深层资源量巨大,而深层探明率仅 0.58%,说明深层有很大的勘探潜力<sup>[1]</sup>。川西探区探明程度尚低,目前资源探明率为 10.15%,但勘探潜力巨大,其中尤以深层最为突出。

## 二、勘探开发模式研讨

油气勘探与开发主要有 2 种模式:远景模式和挖潜模式。远景模式的最佳方式是寻找新的资源来降低总成本;挖潜模式追求通过改善已知油气资源的效益状况获得最佳的解决方案<sup>[2]</sup>。

中国石化西南分公司采用远景勘探模式。

### 1. 中深层勘探开发战略

#### (1) 战略选择及主导思想

川西探区拥有探明储量 1106.68×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,中深层占 51.9%,产量占总产量的 50%。中深层以拥有稳定的天然气储量可以选择挖潜模式,通过最大程度地减少固定投资来提高效益,以仔细评估和对现有资源的精心经营来提高经济效益<sup>[3]</sup>。挖潜模式不需要像远景模式那样,在“资源是否存在上”打赌,而是通过高水平的管理使技术改进,从而提高天然气勘探开发的经济效益。技术应用是挖潜模式的战略核心,挖潜模式的技术战略更多的在于技术实施而

<sup>\*</sup> 本研究成果内容属于国家科技攻关课题“川西上三叠统高产气田勘探开发关键技术研究”(课题编号 2004DA616A-05)。

**作者简介:**王亮国,1971 年生,工程师;1994 年毕业于中国地质大学(北京),现为成都理工大学矿产普查与勘探专业硕士研究生;从事油气资源评价、勘探开发经济评价与决策等领域的研究工作。地址:(610081)四川省成都市青龙场石油研究院。电话:13808015173,(028)83503824。E-mail:liangguo01@163.com

不在于技术概念本身<sup>[4]</sup>。

(2)勘探开发特色技术。①加砂压裂技术对低渗气藏的开发意义重大,中深层储层以低渗透致密砂岩为主,沙溪庙组的渗透率多在 $(0.1\sim 0.5)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间,绝大多数气井自然产能均在 $1\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 以下。新场沙溪庙组气藏就是由于该工艺取得全面突破后,天然气储、产量才获得快速增长,至2003年底已拥有探明储量 $413.04\times 10^8\text{m}^3$ ,据328井次统计压裂后产量提高2.6~296倍。区域上属盖层的上侏罗统遂宁组,在洛带地区由于采用压裂工艺技术,使气井平均增产19.9倍。②多层合采。川西坳陷中段单层、单井产量普遍较低,采气速度、采出程度、储量动用程度均低。根据气藏呈多气层上下叠置特征,适合多层合采或多油管分采。其结果会增加单井产量、节约钻井成本。③水平井技术。由于中深层特殊的地质特征,裂缝对气藏产量的影响非常大。由于裂缝分布的不均匀性,很难有效捕获裂缝发育部位,严重制约了气井特别是高产井的成功率。水平井可在储层内穿行,可增加钻遇裂缝带的机会,提高钻井成功率。近年来,水平井技术在国内外得到日益广泛的应用,在川西应抓紧实施这项技术,获取良好经济效益。④储层横向预测技术。针对中深层低渗致密非均质气藏的特征,储层横向预测技术在气藏拓展和高效开发中具有不可替代的作用,将促进产量提高、储量升级。

## 2. 深层须家河组勘探开发战略

### (1)战略模式选择

随着浅、中深层油气勘探的成熟和整体投入开发,为川西坳陷中段天然气可持续发展和稳步增长的战略需要,迫切要求寻找深层上三叠统须家河组深层油气勘探的大规模突破,使之尽快成为浅、中深层气藏的后备接替领域。

深层须家河组天然气勘探曾取得诸如C100井无阻流量 $35\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 、X851井 $341.145\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 的辉煌业绩,但缺乏广泛的区域性突破。须家河组具有资源丰富( $6736\times 10^8\text{m}^3$ )、探明率低(0.58%)、储集岩厚大且分布广的特征。但由于储层超致密、超埋深、超压以及圈闭形成、演化地史经历复杂,对该领域气藏形成机制和富集规律认识尚有不足,致使勘探开发难度极高,严重制约了深层油气勘探的发展。

川西在深层勘探领域寻找到低成本天然气储量的机会明显,适合使用远景勘探模式。由于油气前期勘探成本巨大和开发时间漫长,远景模式存在着

投资上升的潜在可能性,企业需筹集足够资金,并具备高超的科技水平和卓越的经营管理能力,才能获得较高的投资回报。

### (2)勘探开发战略

关于川西坳陷主体。①有效圈闭带勘探开发。所有有经济效益的油气都聚集在有效圈闭中,由于川西坳陷深层致密化的作用,油气聚集时的有效圈闭是勘探主攻方向。因此,油气聚集地质时期的鸭子河—孝泉—新场—丰谷构造带与合兴场—石泉场—龙宝梁构造带就是勘探开发目标,特别是古今叠合的构造部位,更值得作为勘探开发目标。②天然气运移的优势通道带勘探。川西坳陷中段须家河组深层从勘探开发成果来分析,多口天然气高产井揭示出气源不仅局限于传统上认为的来自须家河组本身。从气源分析资料、含He天然气的存在等分析,均认为有下部深层气源存在。因此,更增强了须家河组深层勘探开发的意义与实效。通过统计分析,勘探开发80%的天然气是通过优势通道运移并在优势通道上及附近获得的,因此应把勘探开发重点放在天然气运移的优势通道带上。从前述可以知道,天然气运移的优势通道有须家河组本身与下部地层气源运移的优势通道考虑。从目前研究成果来看,应在关口、彭县、青杠嘴等断裂运移通道带进行重点勘探。

关于勘探新领域。①龙门山彭灌飞来峰地区具有极大的勘探前景。历来认为飞来峰地区构造作用强,不具备油气赋存的条件。但近年来研究认为飞来峰以下尽管有上千米厚的极其复杂的紧密倒转褶皱构造,但其以下却是相对稳定的原地构造系统。加上这里地处上三叠统生烃凹陷中心,其勘探远景已引起重视。2003年,中国石化西南分公司在该区天台山飞来峰之下发现了大型穹隆背斜,初步测算,仅须二、雷三两层的圈闭资源量,就达到 $760\times 10^8\text{m}^3$ 。地震勘探进一步发现该构造附近还存在一个背斜构造,表明这里发现油气聚集带的概率较高<sup>[3]</sup>。由于这里隆升早,后期埋藏浅,加上可能存在的冰川环境,有机质热演化程度低于川西坳陷中心,除天然气外,还存在原油富集的可能。②具有形成含He天然气藏的环境。C39井在须三段发现了He、Ar含量高异常的天然气(He、Ar含量分别为0.13%、2.23%),而背景值He、Ar含量是0.00065%、微量,其中He含量是工业经济下限值的2倍(前苏联、法国分别从含He 0.05%~0.07%、0.05%的天然气中生产He)。He是一种重要的战略物质,至今含

He 天然气仍是国内外大规模生产 He 的唯一有经济价值的来源,如川中威远气田的震四气藏。通过进一步的探索,川西极可能找到工业 He 储量。③川西坳陷中段东坡地层岩性圈闭领域。上三叠统地层厚度变化很大,从西侧凹陷中的 4000 m,向东到川中地区逐渐减薄为 500 m。在厚度变化较大的地带,逐层超覆和砂体尖灭都能形成圈闭。2004 年 C562 井在须五段所夹砂体中,就发现了日产  $(5.25 \sim 7.48) \times 10^4 \text{ m}^3$  的气层。区域气层须二段向川中地区沉积尖灭,这一面积达几千平方公里的上倾尖灭带,虽然目前勘探尚未涉足,但在生烃期早、利于形成早期聚集的川西地区,其天然气资源前景是巨大的。

### (3) 配套技术

川西坳陷中段油气成藏跨越了若干构造期,地质条件异常复杂,致使勘探开发工作难度很大,王金琪等提出普遍认同的“四超”(超深、超压、超低孔渗和超晚期构造)问题,并确认“四超”是勘探开发工作中的症结。针对四超特征,应研究相应技术。①超深。川西深层须二段,埋深一般超过 4500 m,钻井周期长,测井、测试手段跟不上,费用昂贵,需要改善钻井的工艺技术方法与测井、测试手段。②超压。川西坳陷是挤压构造盆地,普遍存在地层超压的现象,压力系数可达 2.15~2.27。这引发了安全施工、井壁保护、储层防损害和钻井速度等系列问题。特别是多压力系统,地层压力不易预测,井喷等事故时有发生。对超压问题,除了继续研究超压成因、分析压力演化外,需要进一步完善地压预测、检测技术,为完善设备、欠平衡钻井等提供准确参数。③超低孔渗。深层储层普遍致密化,须二段储层平均孔隙度为 3.8%,平均渗透率小于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。要获得油气产能,就要寻找裂缝带和次生孔隙发育带,进行储层的酸化压裂改造。裂缝带的预测技术明显不足的是难以排除其中的无效裂缝,识别裂缝的有效性,是一种极为有用的方法技术。尽管次生孔隙对含气的重要性已有共识,但次生孔隙发育带的预测技术尚未形成配套的方法。加砂压裂工艺对致密砂岩领域勘探开发的重要性是明显的,但深层压裂难度大。应完善压裂液研制与设备配置,尽快形成深层致密储层压裂改造技术。④超晚期构造。识别早

期圈闭是选择勘探目标的关键,因此古构造研究和古圈闭识别是一项有实用价值和挑战意义的技术,应该着力开发、建立并完善这一技术。

### (4) 天然气勘探开发研究

在上述四超问题之间,存在着种种相关性。但就对勘探成功率的影响而言,超晚期构造则是最明显的原因。应结合勘探开发的实践和动态资料,深入开展以下有针对性的综合研究。①天然气聚集带与古构造的关系;②沉积、成岩圈闭评价与勘探技术;③裂缝及储层含气性预测技术。

## 三、结束语

川西坳陷中段天然气经过 20 多年的勘探开发,取得了巨大的成就。但随着勘探开发的进程,难度也愈增加。目前,正处于储量、产量、效益徘徊的局面,特别是深层须家河组遇到了巨大的困难,勘探步伐出现了停滞不前的局面,如何保证勘探开发的成功与实行可持续发展,这需要进行认真的思索与研究<sup>[5]</sup>。根据川西勘探开发特点,须从事关大局的战略上进行思考与研究,解决影响勘探开发的战略性问题<sup>[6]</sup>。文中提出的针对川西坳陷中段中深层、深层的勘探开发战略与模式,是解决勘探开发下一步且有效的途径,使川西天然气获得勘探开发新的突破,实现勘探开发新的腾飞。

## 参 考 文 献

- [1] 唐立章,王亮国,曹烈,等.四川探区油气资源评价[R].四川成都:中国石化西南分公司,2002.
- [2] AI ESCHER. 21 世纪石油勘探开发战略模式探析[J].国际石油经济,2003,11(2):28-33.
- [3] 陈新华,李文.中国天然气市场开发将面临能源政策挑战[J].国际石油经济,2003,11(8):5-10.
- [4] 王亮国,周文英,唐立章,等.川西坳陷中段天然气资源评价[C]//川西坳陷致密碎屑岩领域天然气成藏理论与勘探开发方法技术.北京:地质出版社,2004:91-97.
- [5] 俞志华,俞明.我国油气资源可持续发展战略思考[J].国际石油经济,2003,11(8):32-34.
- [6] 周毅.跨世纪国略:可持续发展[M].安徽合肥:安徽科学技术出版社,1997.

(收稿日期 2005-11-20 编辑 黄君权)