

# 洛带气田浅层常压低渗砂岩气藏的开发

曾焱\* 黎华继 杨宇

(中国石化集团新星石油公司西南石油局研究院)

曾焱等. 洛带气田浅层常压低渗砂岩气藏的开发. 天然气工业, 2002; 22(3): 66~68

**摘 要** 洛带气田蓬莱镇组气藏具有常压、低渗、低产能、非均质性强、气水关系复杂等特点, 具有不同于常规气藏开发的特殊性和困难性, 开发的工艺技术方法比常规气藏复杂, 气藏开发难度大。为改善气藏开发效果, 提高开发水平, 加快气藏的开发进程, 针对气藏特点和开发中存在的问题, 在深化对储层和气藏认识的基础上, 进行了以产能评价、开发层系、井网部署、开采规模等为重点的气藏工程论证, 充分发挥了气层潜在的优势, 制定了适合气藏特点和合理开发部署的初步开发方案; 同时采用以提高气藏单井产能为核心的配套工艺技术, 使其发挥整体效益, 提高气藏的整体开发水平和经济效益。

**主题词** 低渗透油气藏 气藏动态 开发方案 开发研究 四川盆地 西

## 气藏特征和试采简况

### 1. 气藏特征

洛带气田位于成都市龙泉驿区洛带镇, 其洛带构造处于川西坳陷中段东南隅龙泉山北北东向构造带西侧, 总体上为一个北东向展布、向北东倾伏, 南西仰起的鼻状构造, 顶部较为宽, 两翼不对称, 东南翼平缓, 西北翼较陡, 构造部位无大、中型断层, 局部见小型断层, 断裂系统不发育。

洛带气田蓬莱镇组气藏由 4 个含油气层系( $J_3 p_1 \sim J_3 p_4$ )、19 个砂层组组成, 其中已有 17 个获工业性气流。储层主要为三角洲—湖泊沉积环境下的水下分流河道、河口坝等微相沉积, 总体上表现为沉积微相不仅控制着砂体的展布、规模的大小, 而且也控制了储层的厚度和含气性的好坏。

储层岩性以细粒长石岩屑砂岩为主, 砂岩成分以石英为主, 粒度以细粒为主, 胶结物以方解石为主, 胶结类型以孔隙式为主, 分选中—好, 磨圆度为

1) 该系统实现了信息管理的系统化和标准化, 为信息的挖掘和整理提供了有力支持, 为提高全局的油气开发水平提供了充分的信息保证。

2) 系统的应用保证了全局的生产信息及汇总资料能在数小时内到达管理者手中, 从而有效地加强了油气田开发的动态管理, 极大地提高了生产管理水平及生产效率。

3) 系统提供了丰富的统计汇总及各种输出功能, 从而为技术人员进行油气田动态跟踪及分析提供了强有力的工具, 同时由于大量的基础数据入库, 科研人员的劳动效率得到较大幅度提高, 较大地降低了科研成本。

4) 该管理系统采用 Intranet 技术构建, 具有高效、易操作的特点, B/S 的数据管理模式使系统便于

维护, 从而有利于系统的推广应用。

5) 该系统以局现有网络硬件条件为基础, 具有经济、实用的特点, 同时对其可扩展性进行了充分考虑, 具有灵活、易扩充的特点, 能较好地适应技术发展的需要。

### 参 考 文 献

- 1 王宏琳. 石油勘探开发数据模型及其应用. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 2 王鹏, 董群. 数据库技术及其应用. 北京: 人民邮电出版社, 2000
- 3 邹旭凯, 杨晨光等. Intranet 技术及其应用. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998

(收稿日期 2001 - 12 - 06 编辑 韩晓渝)

\*曾焱, 1973 年生, 工程师; 1995 年毕业于西南石油学院石油工程系油藏工程专业; 主要从事气田开发方面的工作。地址: (610081) 四川省成都市青龙场。电话: (028) 83505925。

次棱角状;储层中粘土矿物有伊—蒙混层、伊利石和绿泥石,使得储层具有较强的水敏、盐敏;储层物性差,以中低孔低渗—近致密为特点,孔隙度和渗透率亦有随着埋深加大而呈减少的趋势;储层的主要储集空间以粒间孔为主,孔隙孔径平均值为  $40.42\ \mu\text{m}$ ,属细孔型,喉道中值半径平均值为  $0.31\ \mu\text{m}$ ,属中—小喉型;储层平面和层内非均质性强。

洛带气田蓬莱镇组气藏为浅层常压、低渗、低产能的构造—岩性气藏。其压力系数为  $0.95 \sim 1.1$ ,属常压气藏,各气层间的压力有微小的差异,主要产出优质天然气、低含量的凝析油和微量的地层水(残余地层水);蓬莱镇组天然气主要富集于有利储层微相,钻井揭示的高产井、中高产井大部分分布于储层有利微相带中,为构造控制下的岩性气藏。

## 2. 试采简况

洛带气田蓬莱镇组气藏自 1997 年 6 月龙 5 井首先投入试采以来,先后共有 35 口井相继投入试采,现有正常生产井 30 口,目前产能为  $21.55 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,单井平均产能为  $0.65 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$ ,历年累计采出天然气  $1.1 \times 10^8\ \text{m}^3$ ,凝析油  $8.2\ \text{t}$ ,水  $1\ 190\ \text{m}^3$ ,采出程度为 1% 左右,采气速度不足 0.5%,开发效果差。经过几年的试采,气藏表现出以下的动态特征:由于气藏的渗透率低,压前基本上无自然产能,尽管加砂压裂改造了储层,但压后有效渗透率也不高且有污染,加上可利用的生产压差小,由此决定了在生产中的产能也低;由于低渗气层渗流阻力大,生产压差大,能量消耗快,生产中初期压力和产量下降较快,到中后期较为稳定,但稳定产量小;单位井口压降采气量低,井控可动储量少;气井产出水较少,但较为稳定,井底积液普遍,目前产出水多为残余地层水,还未表现出边底水的特征。

# 气藏开发方案

## 1. 开发方式

洛带气田蓬莱镇组气藏属于封闭型,气藏拥有的能量主要是本身的弹性膨胀能。少量的残余地层水(凝析水)总要流进井底,可采用适当的采气工艺,利用自喷的气流将其带到地面。因此,蓬莱镇组气藏主要依靠气藏的弹性膨胀能在降压过程中自喷开采,但由于气藏地层压力低,开采过程中可利用的降压空间小,因而在开采中后期要进行增压开采。总的来说,气藏以天然能量衰竭式开采为主,后期低压状况下可辅以增压开采。

## 2. 开发层系

根据蓬莱镇组气藏的地质特点,既隐含着划分开发层系的必然性,也存在不划分开发层系的因素,如果把  $J_3 p_1 \sim J_3 p_4$  合为一个开发层系,层间矛盾肯定存在,再加上气层纵向上跨度较大,不利于开采工艺实施,也不利于开发管理,加之气层较多,一个开发层系也不利于充分动用储量和气藏的高速高效开发。因此,在综合考虑各气层物性的差别和纵向跨度、叠合面积和储量分配以及高效开发气藏等因素后,认为: $J_3 p_1 + J_3 p_2$  为一套开发层系, $J_3 p_3 + J_3 p_4$  为另一套开发层系,比较满足低渗气藏开发原则,也符合气藏地质特点。

## 3. 开发井网

根据蓬莱镇组气藏的地质特点,布井方式不宜采用正规井网,宜采用不规则方式布井,布井时应沿气层分布的方向布置,并根据“先肥后瘦,先稀后密”的原则,优选气层有效厚度较大,物性较好、地层压力高的部位,并尽量考虑各气层的重叠部位布井,以利于开采后期的层间调整。

井网系统除要满足有效的控制和动用储量外,还要满足储层压裂改造、采气速度、采收率和经济合理等的要求。对蓬莱镇组气藏从井距对砂体的控制程度、导压系数、单井控制储量、经济极限井距等方面论证井距,并借鉴国内外同类型气藏的开发经验和目前国外对低渗透气藏的开发井网发展趋势—密井网,确定出蓬莱镇组气藏  $J_3 p_1 + J_3 p_2$  开发层系井距选择为 650 m; $J_3 p_3 + J_3 p_4$  开发层系井距选择为 500 m。

## 4. 采气速度

### (1) 气井合理配产

气藏开采的实践已经证明,气井的产能高低,直接受井底储层的产能系数和井底污染堵塞情况的控制,试井解释的产能系数与无阻流量间存在一定的相关关系。采用 IPR 曲线交绘法、储层速敏对产能的限制、数值模拟法、试采评价以及经验比值法等综合认为蓬莱镇组气藏单井合理配产应为原始无阻流量的  $5\% \sim 8\%$ ,并且以数值模拟法预测的单井平均产量  $0.5 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$  作为目前储层改造技术条件下后期开发井的合理产量。

### (2) 采气速度

若按气田开发条例,其采速应为 3.0% 左右,稳产 8~10 年,但该气藏为低渗—近致密的气藏,只有在采取措施后才能进行规模开发,且都为低产井,并且生产中可利用的压差小,因而其采速不能过高。采用数值模拟法进行采气速度论证,结合国内外同

类型气藏的开发经验,其采气速度应控制在 2 % 左右,稳产 5 ~ 8 年(考虑增压稳产)。

5. 推荐方案

采用数值模拟法进行了方案设计,在开发指标预测和经济评价的基础上,选出了开采规模为 40 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,并在后期实施增压的方案作为推荐方案。

配套工艺技术

1. 加砂压裂改造技术

洛带气田蓬莱镇组气藏岩性致密,渗透性差,单井产能低。除少数井具自然产能外,其余井测试都为非工业井或干层,经加砂压裂后,具有了工业价值而投入开发,据统计单井产能可提高 10 余倍。加砂压裂技术不但提高了单井产能,而且增加了可采储量,因而洛带气田蓬莱镇组低渗气藏开发的关键技术便是依靠压裂技术的进步和发展。经过技术攻关和现场试验,逐步形成了适合洛带气田蓬莱镇组气藏特点的,以减少入地液量、低排量控制缝高、增强裂缝导流能力和提高返排效果为主要手段的、以“超低前置液、小排量、高砂比、强化返排”为特色的加砂压裂工艺技术,明显的提高了单井产能。

2. 气层保护技术

由储层的敏感性实验结果知,蓬莱镇组气藏储层具有较强的水敏、盐敏性,且孔喉半径又小,容易遭受污染和侵害,开发十分困难。蓬莱镇组气藏自然产能低,除了储层本身的特性外,还有一个重要因素就是气层受到了严重损害,试井解释的表皮系数高达 8 ~ 9,给开发该类气藏带来更大困难。因此,从钻井到开发全过程都进行了气层保护。

3. 采气工艺

洛带气田蓬莱镇组气藏生产中井底积液较普

遍,为防止影响气井的正常生产,采用了目前较成熟的泡沫排液或放喷排液技术及时排液,使气井能稳定生产。洛带气田蓬莱镇组气藏原始地层压力低,生产中可利用的压力资源有限,在开发后期要采用增压开采,用数值模拟进行了同一开采规模下增压与不增压开发指标的预测,增压开采要提高采收率 5 % ~ 10 % 左右。另外,数值模拟表明气藏以多层合采进行开采时,不存在层间干扰,蓬莱镇组气藏采用多层合采的工艺,可以提高产能和节约开发成本。

4. 地面工程

洛带气田目前已建成单井、多井集气站、集输站、配气站 20 余座,各种集气管线、集输管线 100 余公里,输气能力在 30 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 以上,基本建成了高低压管网,形成了洛带气田集输系统的基本框架。但随着气田的规模开发,目前的集输系统能力已不能满足气田生产规模的要求,还需进一步扩建、改建和完善气田目前的集输系统。由于地面建设工程在总投资中占比例较大,其指导思想便是在保证生产最基本需要的原则下,尽量简化流程,大力节约投资,争取最好的经济效益,同时又要使整个工程体现实用性、先进性、系统性和配套性。

参 考 文 献

1 中国石油天然气总公司开发生产局. 全国低渗透油田开发技术. 北京:石油工业出版社,1994  
2 杨通佑等. 石油及天然气储量计算方法. 北京:石油工业出版社,1998  
3 石油工业出版社编. 油气田开发标准合订本( ). 北京:石油工业出版社,1996

(收稿日期 2001 - 12 - 06 编辑 韩晓渝)

《天然气工业》相关人员电子邮件地址

姓 名	栏目及工作	E - mail 地址
陈 敏	来稿登记	trqgy @163. net
黄君权	地质勘探	huangjunquan @sohu. com
钟水清	钻井工程	zhongshuiqing @sohu. com
韩晓渝	开发试采	hxyngi @163. com
居维清	工程建设	juweiqing @sohu. com
赵 勤	经营管理	zqngi @163. com
申红涛	发 行	sht2151 @sohu. com

Yang Yu and Zhang Sheng ( Southwest Petroleum Bureau of Star Petroleum Corporation , Sinopec ). *NA TUR. GAS IND.* v. 22 ,no. 3 ,pp. 61 ~ 63 ,5/ 25/ 2002. ( ISSN 1000 - 0976 ; **In Chinese** )

**ABSTRACT:** Economic recovery factor is economic recoverable reserves to proved geological reserves ratio , which is only representative of the profitable portion in geological reserves and changes with the the change in economic parameters. In the paper , on the basis of summarizing the geological model and dynamic characteristics of the  $J_3 p_1$  gas reservoir in Xinchang field , the recoverable reserve estimation and production prediction of the reservoir are carried out by applying Onsager model and lognormality model ; then the economic recovery factor of the reservoir may be calculated by use of net present value method through applying current economic parameters and the production value forecasted by the lognormality model selected after contrasting the results predicted by the two mathematic models , thus providing reliable basis for turning reserves into assets and for gas reservoir management .

**SUBJECT HEADINGS:** Oil and gas reservoir , Recovery factor , Economic benefit , Sichuan Basin , West , Late Jurassic Epoch

**Yang Yu** ( *senior engineer* ) , born in 1957 , has been engaged in the research and management of reservoir engineering for a long time . Add : No. 116 , North Section 4 , Yihuan Road , Chengdu , Sichuan ( 610081 ) , China Tel : ( 028 ) 83332305 - 1149

## RESEARCH AND APPLICATION OF THE DATA AND INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM OF OIL AND GAS FIELD DEVELOPMENT

Zhang Shiqiang , Liu Zhengzhong , Chen Xiaohua and Gong Jiuhe ( Southwest Petroleum Bureau of Star Petroleum Corporation , Sinopec ). *NA TUR. GAS IND.* v. 22. no. 3 , pp. 64 ~ 66 , 5/ 25/ 2002. ( ISSN 1000 - 0976 ; **In Chinese** )

**ABSTRACT:** The data and information management of oil and gas field development is an important link in oil and gas exploitation and the effective data and information management can greatly raise the efficiency of the production management and scientific research and obviously increase the economic returns of oil and gas field development . In terms of the professional properties of the data and information management of oil and gas field development and by taking the Southwest Petroleum Bureau as an example , the database design and the realization of the functional modules of application software are introduced in the paper on the basis of analyzing the require-

ments of the data and information management system of oil and gas field development . Such a system has been applied in the field and a good result has been obtained at present .

**SUBJECT HEADINGS:** Oil and gas production , Information processing , Computer network , Data management , Database

**Zhang Shiqiang** ( *engineer* ) , born in 1971 , graduated in petroleum engineering at the Southwest Petroleum Institute and received his Master 's degree in 1997. Now he is engaged in the producing management of oil and gas development . Add : No. 116 , North Section 4 , Yihuan Road , Chengdu , Sichuan ( 610081 ) , China Tel : ( 028 ) 83332305 - 1172

## DEVELOPMENT OF THE SHALLOW NORMAL-PRESSURE LOW-PERMEABILITY SANDSTONE GAS RESERVOIR IN LUODAI FIELD

Zeng Yan , Li Huaji and Yang Yu ( Geological Research Institute of Southwest Petroleum Bureau , Sinopec ). *NA TUR. GAS IND.* v. 22 , no. 3 , pp. 66 ~ 68 , 5/ 25/ 2002. ( ISSN 1000 - 0976 ; **In Chinese** )

**ABSTRACT:** The Penglaizhen Formation gas reservoir in Luodai field has these properties as normal pressure , low permeability , low deliverability strong heterogeneity and complicated gas-water distribution , etc. , and it is difficult to be developed because of the particularity and complexity of the technological methods different from a conventional gas reservoir development . In order to raise gas reservoir development effect and standard and to speed up development process , a demonstration of gas reservoir engineering by taking productivity evaluation , development layer series , well pattern arrangement and recovery rate , etc. , as the key points was carried out on the basis of deeply recognizing the reservoir bed and gas reservoir in light of the gas reservoir properties and the problems existing in development ; a preliminary development plan suitable for the gas reservoir properties and reasonable development deployment was draw up so as to give full play to gas reservoir 's potential advantages ; and the matching technological methods of emphatically raising single-well deliverability were adopted to give play to their overall benefits , thus enhancing the whole development standard and economic returns of the gas reservoir .

**SUBJECT HEADINGS:** Low permeability reservoir , Gas reservoir performance , Development project , Development research , Sichuan Basin , West

**Zeng Yan** ( *engineer* ) , born in 1973 , graduated in reservoir engineering at the Southwest Petroleum Institute in 1995. He is mainly engaged in gas field development . Add : Qinglongchang , Chengdu , Sichuan ( 610081 ) , China Tel : ( 028 ) 83505925