

气藏开发阶段划分及最佳开发指标确定的研究

王 阳* 华 桦 钟孚勋

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

摘 要 文章在对四川气田地质开发特征和生产情况分析的基础上,应用计算机仿真模拟技术和经济分析方法,借鉴国外相似气田的开发经验,提出气藏开发阶段的划分依据及开发阶段的划分;总结各开发阶段的动态特征,研究它们的制约因素,确定出气藏的最佳开发指标,以达到提高气藏开发水平的目的。

主题词 气藏 开发方案 开发阶段 方法

近年来我国的天然气工业得到了飞速的发展,在气藏开发部署、工艺技术等方面积累了大量实践经验,但由于气藏类型繁多,沉积相态复杂,储层变化频繁,以及裂缝、断块等非均质情况特别严重,因而其开发有着特殊的困难,目前还不能充分预测开发全过程中可能出现的问题,在气藏开发阶段的划分、气藏最佳开发指标的研究方面尚显不足,这影响到气藏的开发效果和经济效益,为提高气藏开发的决策性和科学性,开展对气藏开发阶段的划分及最佳开发指标确定的研究,对指导气藏开发具有重要意义。

气藏开发阶段的划分

1. 阶段划分依据

根据我国气藏长期的开发实践,提出开发阶段的划分应按气藏的开采动态及产量变化来进行,即根据气藏动态曲线的变化来划分,其理由为:动态曲线能反映气藏开发全过程的动态特征(图1);动态曲线体现了各阶段对气藏的认识及一系列工艺措施,动态曲线反映了开发各时期的开发指标。

按该划分方法,一个气藏的开发一般应经历试采及产能建设阶段、稳产阶段、产量递减阶段及低压小产阶段。四川裂缝—孔隙型气藏的开采一般也存在上述四个阶段(图2)。

2. 各阶段的制约因素及合理指标

(1)气驱气藏

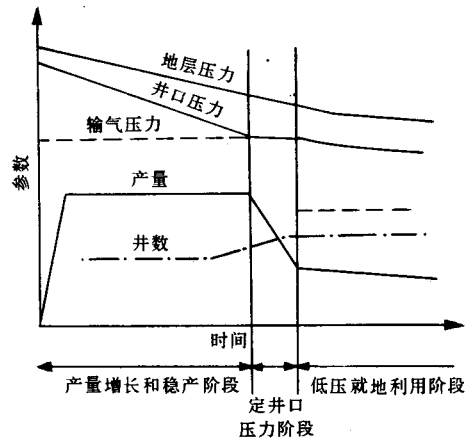


图 1 气藏开发过程示意图

Fig. 1. Gas reservoir development history.

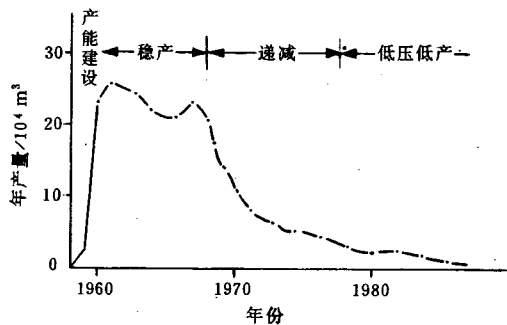


图 2 四川邓井关嘉三气藏开发过程图

Fig. 2. Development history of Jia-3 reservoir in Denjing gas field, Sichuan.

* 王阳,工程师;1990年获西南石油学院开发系油藏工程硕士学位,现从事油藏工程研究工作。地址:(610051)四川省成都市府青路一段1号。电话:(028)3324911 转 215652。

1) 产能建设期的长短取决于钻开发井和地面工程建设的快慢。

2) 采气速度是决定气藏稳产期长短、递减快慢的重要因素。

3) 采气速度与稳产年限呈反比关系；稳产期末采出程度与稳产年限呈指数曲线关系。

4) 裂缝—孔隙型气藏的低压小产阶段延续时间长。

5) 采气速度对气藏最终采收率基本无影响。

通过对气藏生产特征、稳产及递减规律、各种不同因素对开发效果影响的研究，认为气驱气藏的合理开发指标为：稳产年限一般在8~13年，稳产期末的采出程度在50%~60%，气藏到工业期开采结束的年限在20年左右，其采出程度为70%~80%。由于气驱气藏在开采过程中不会受到水的侵害，气藏

的最终采收率都较高，可达89%以上。

(2) 水驱气藏

1) 开发阶段划分为产能建设、稳产(无水采气、带水采气)、递减、排水采气四个阶段。

2) 自喷生产的各个开发阶段都要控制生产压差。

3) 采气速度对最终采收率有明显影响。

4) 气藏生产无低压小产阶段。

5) 排水采气是减小地层水危害气藏，提高气藏采收率的根本措施。

碳酸盐岩气藏开发阶段划分实例

据前述，对相国寺石炭系等四个气藏的开发阶段作如表1的划分。

表1 4个气藏开发阶段划分表
Table 1. Division of development stage for 4 gas reservoirs

气 藏 名 称	开 发 阶 段				
	稳 产 阶 段		递 减 阶 段		低 压 小 产 量 生 产 阶 段
相国寺石炭系气藏	1980年1月~1987年12月		1988年1月~2000年		2000年以后
卧龙河嘉五 ¹ —嘉四 ³ 气藏	试 采 1973年8月 ~1976年12月	产 能 建 设 1977年1月 ~1979年	稳 产 1980 ~1985年	递 减 1986 ~1988年8月	增 压 开 采 1988年9月 ~1992年12月
威远震旦系气藏	小 产 气 量 生 产 1965年8月 ~1968年9月	无 水 采 气 1968年10月 ~1972年12月	带 水 自 喷 1973年10月 ~1976年12月	排 水 采 气 1985年1月至目前	
纳溪多裂缝系统气田	产 能 上 升 1958~1974年	产 能 递 减 1975~1982年	产 能 恢 复 1983~1987年	低 压 低 产 1988~1992年	

裂缝—孔隙型气藏开发指标

气藏开发指标的确定是气藏开发的一项重要内容。气藏不同开发阶段基本开发指标的变化特点主要由气藏的采气速度变化来决定。此外，气藏驱动类型对开发指标也有显著的影响。工作中选用了相国寺石炭系气藏和卧龙河嘉五¹气藏为地质模型，利用数值模拟技术，对裂缝—孔隙型气藏的采气速度、井网部署、合理配产等气藏工程问题进行了研究。

1. 合理采气速度的确定

气藏的合理采气速度由国家用气的急需程度和气藏本身的特点来决定，其衡量标准是：

(1) 气藏具有较长的稳产期，达到较高的最终采

收率；

(2) 具有最佳的经济效益；

(3) 能够满足国家对用气量的需求。

对相国寺石炭系气藏13个采气速度的开发方案进行计算，以8%及9%采气速度的开采方案较为合理，表现在稳产年限长(8.6~7.4年)，稳产期末的采出程度高(69.34%~66.32%)，最终采收率达到85.88%~85.92%(图3)。

对卧龙河嘉五¹气藏进行计算，较为合理的采气速度在5%左右，它可以保证稳产年限在8年以上，稳产期末的采出程度达到50%(图4)。

2. 开发井网部署

(1) 均质或似均质气藏宜采用均匀布井在气驱和产层储集性较为均质的情况下，采用

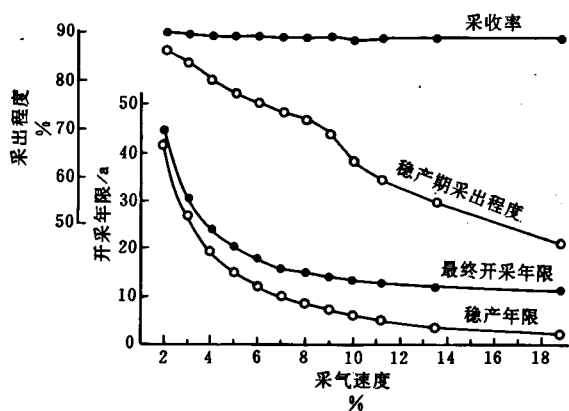


图 3 相国寺石炭系气藏采气速度与开发指标关系图

Fig. 3. Relation between gas production rate and development index of Carboniferous reservoir in Xianguoshi gas field.

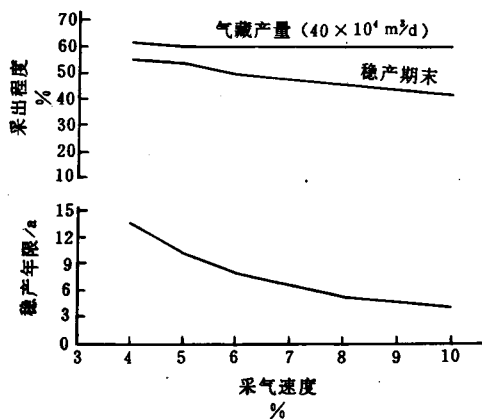


图 4 卧龙河嘉五¹气藏采气速度与开发指标关系图

Fig. 4. Relation between gas production rate and development index of Jia-5 reservoir in Wolonghe gas field.

均匀布井方式,在开发过程中不会形成共同的压降漏斗。任一时刻井点与远离井点的地层压力差异很小,并接近于平均地层压力。因此均匀布井时气井的产量要大于其它布井方式,其开发效果较好。相国寺气田石炭系气藏就是典型的似均质气藏,经数模计算其最佳的布井方式是沿轴线等距布井。

(2) 裂缝—孔隙型非均质气藏以在高产区集中布井为优

以卧龙河嘉五¹气藏为地质模型,根据其非均质特点,设计了高渗区轴线布井、高低渗区同时布井、高低渗区边界环形布井三种布井方式。数模计算表明最佳布井方式为高渗区轴线上布井(表 2)。

表 2 不同布井方式数值模拟结果表
Table 2. Numerical simulation results of different well patterns

	高渗区 轴线上布井	高低渗区 同时布井	高低渗区边 界环形布井
井数 口	7	18	16
稳产年限 a	7.5	8	7
稳产期末采出量 10^8 m^3	45.9	48.96	42.81
稳产期末采出程度 %	42.05	44.85	39.22
气藏日产 $40 \times 10^4 \text{ m}^3$ 关闭时的产出量 10^8 m^3	63.21	68.83	61.12
气藏日产 $40 \times 10^4 \text{ m}^3$ 关闭时的采出程度 %	57.91	63.06	56
生产年限 a	13	14.5	13.5

气藏开发应有合理的生产井数。同一气藏在已确定合理采气速度的情况下,井网密度大,则单井产量相对较低,稳产期较长。但是,井网决非越密越好,井网太密,就会产生井间干扰,并不增产,另外方案的合理性最终还要以经济效益来衡量。数模计算表明,相国寺石炭系气藏的合理井数为 4~5 口,卧龙河嘉五¹气藏的合理井数为 10~12 口。

(审稿人 教授级高级工程师 王鸣华)
(本文收稿 1995-03-01 编辑 钟水清)