

文章编号:0253-9985(2010)04-0511-07

储采比与油田稳产关系 ——以中石化探区为例

赵庆飞, 凡哲元, 魏海峰

(中国石油化工股份有限公司, 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 为了全面认识储采比与油田稳产的关系, 分析了目前有关储采比与油田稳产相关的认识或观点形成的背景及依据, 通过对中石化 200 个已开发油田的分析, 从中筛选了 38 个油田对其分油田类型进行了储采比统计分析, 同时进行了稳产期末储采比的理论推导。研究表明, 储采比与油田稳产的关系决定于油田的开发阶段、油田类型、开发政策等, 而不能单纯由储采比的大小来判断是否能够稳产。

关键词: 储采比; 递减率; 稳产期末; 稳产; 油田类型

中图分类号: TE33

文献标识码: A

Relationship between reserve-production ratio and stable production: an example from SINOPEC's producing oilfields

Zhao Qingfei, Fan Zheyuan and Wei Haifeng

(SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: Currently, the common understanding of reserve-production ratio is contrary to the actual production in oilfields. To understand the relationship between reserve-production ratio and stable production, we analyze the existing views and their background and basis. We select 38 out of SINOPEC's 200 producing oilfields and make a statistics on reserve-production ratio according to the type of oilfields. Their hypothetical reserve-production ratio at the end of stable production is also deduced. The results show that the relationship between reserve-production ratio and stable production depends on the development phase of an oilfield, oilfield type and the development policy. Whether an oilfield can keep stable production cannot be judged only from reserve-production ratio.

Keywords: reserve-production ratio, decline rate, end of stable production, stable production, oilfield type

储采比(ω)是描述油气田生产潜能和油气田产量保证程度的一项重要指标, 是石油工业内部一个重要比例关系。在国外, 它已被用于分析、判断油气田建设规模、生产形式、稳产形势和合理开发方案; 在我国, 也有很多学者、专家对这一重要油气田参数进行过分析、研究。通过储采比可以分析、判断油田所处开发阶段、生产形势、稳产状况及其资源保证程度。

根据国际上通用的定义, 储采比是指一个国家、一个地区或一个油气田, 在某年份剩余的可采

储量与当年年产量的比值^[1~4]。

$$\omega = \frac{N_{RR}}{Q} \quad (1)$$

式中:

ω ——储采比, a;

N_{RR} ——油田的剩余可采储量, 10^4 t;

Q ——油田的年产量, 10^4 t/a。

自 20 世纪 80 年代我国引入储采比概念后, 很多学者和研究机构开展了储采比的研究工作, 取得了一些成果和认识^[5~9]。但在目前油田实际

收稿日期: 2010-05。

第一作者简介: 赵庆飞(1972—), 男, 高级工程师, 油藏工程、储量评价、开发规划。

生产中往往存在有悖于以往的认识或结论,如有的油田在较低储采比条件下产量高速上产、低渗透油田在较高储采比条件下进入递减期等。因此,为了更好地利用好这个指标,有必要对储采比与稳产的关系进行更深入的研究。

油田稳产存在两种概念:一种是绝对稳产,即从油田整个生命周期上划分,大体可分为产量上升期、稳产期、递减期(图 1)^[1];一种是相对稳产,是与上一年度相比较是否能够保持产量稳定。研究储采比与稳产的关系指的是绝对稳产,而不是相对稳产。

1 目前对储采比的普遍认识

储采比概念由苏联学者在 20 世纪 80 年代提出,主要用于确定石油工业各部门基本建设投资的比例。在苏联石油工业中规定有最低必要的储采比,如果低于这个储采比,原油产量便不可能增加了。国内对于储采比的研究始于 20 世纪 90 年代,提出了保持稳产的储采比警戒值(临界值)等认识^[1~5,10]。目前,对储采比与油田稳产关系的认识主要有以下两点。

1.1 油田在保持目前产量规模下能稳产的年数

这个比较容易理解,我们也往往以储采比的

大小来衡量油田能稳产的年数。但是这样的理解并不全面,因为:1) 可采储量是一个变量,不是常量,随着勘探程度的提高、技术的进步,会不断有新的发现、提高采收率来增加可采储量;也可能随着勘探程度的提高,因油气分布的非均质性而减少可采储量。2) 某一年的产量是以某一剩余可采储量的储采比或采油速度为基础的,随着剩余可采储量的下降,年产油量不会是一个常量,它也是要递减的,是一个不断递减的变量。因此,储采比仅仅是一个表示油田潜在能力大小的指标,如果没有新的可采储量补充或通过提高采收率增加可采储量,则油田的产量必然是要递减的,从而也就说明了储采比并不表示油田以当年年产水平开采下去还能稳产的年限。

1.2 储采比为 12a 左右时,油田将进入递减期

万吉业教授根据中国产量规律与储采比建立了其对应统计关系式,并提出了 12a 作为油田进入递减的警戒值^[10]。

$$\omega = 11.96 + 0.4669 \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

式中:

ω ——储采比, a;

Q ——油田的年产量, 10^4 t/a;

t ——开发时间, a。

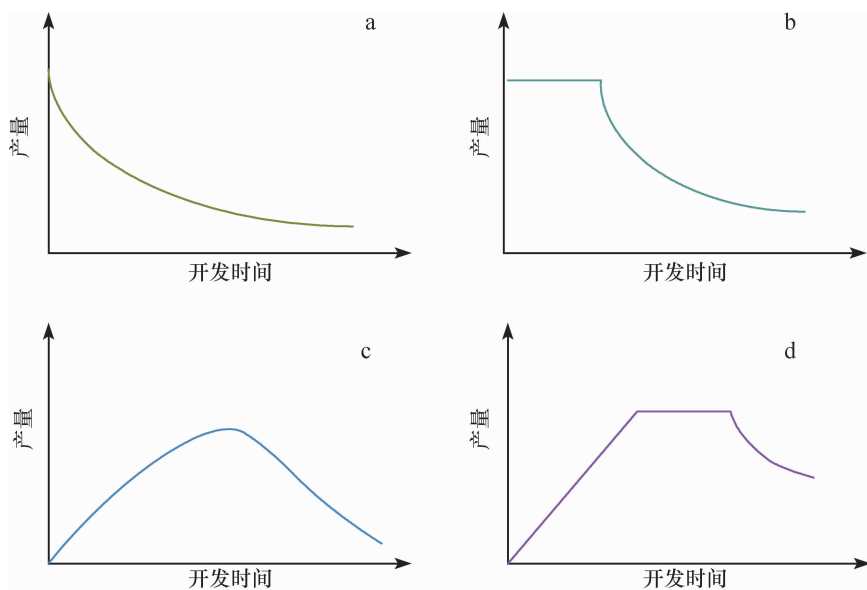


图 1 油田开发阶段划分示意图

Fig. 1 Sketch maps showing the division of development phases of an oilfield

由此,在我国普遍应用了 12a 作为油田、油区的警戒值,但是这个结论与目前很多油田的生产实际不相符合。同时,这个关系式是根据 1977—1993 年全国产量数据建立的,并发现在储采比约为 12a 时,产量增长率为 0,由此得出了以上结论的。这个结论的不充足性还表现在:1)只是用我国的一个样本点,论据不足或样本点不足;2)从我国产量发展趋势来看,在 1993 年之后,虽然我国储采比已低于 12a,但是由于不断有新油田发现以及科学技术进步,我国产量仍保持了增长态势,从 2000 年到 2008 年一直保持增长,2008 年产量已达到 1.897×10^4 t。

2 储采比与油田稳产关系研究的新认识

为了解决目前对储采比的认识往往不能解释目前油田生产实际的问题,笔者对中国石化具有一定储量规模并明显进入递减期的油田进行了油田分类、储采比数据统计分析,并从实质上解释了塔河等上产阶段的油田与储采比的对应关系。最后,从理论上推导了储采比与递减率的关系,可为合理制定油田开发政策提供

依据。

2.1 不同类型油田稳产期末储采比的值不同,差别比较大

笔者对中石化 200 个已开发油田进行了分析,并从中筛选部分油田进行储采比统计,统计结果见表 1。筛选条件有两个:

1)截至到 2007 年 12 月底动用地质储量大于 500×10^4 t 的油田;

2)明显进入递减阶段的油田。

根据表 1 的统计结果,可以明显看出:

1)进入递减时油田的储采比都小于 20a,说明储采比的大小会影响油田的稳产基础;

2)进入递减时油田的储采比分布范围变化较大,从最小的 1.3a 到最大值 19.2a,几乎平均分布,因此,很难判断进入递减时储采比的具体大小,也没有较好的统计规律性;

3)不同类型油田进入递减时储采比的大小有差异:低渗透油田普遍比较高,平均为 10.5a,整装油田平均为 6.4a,断块油田平均为 7.7a,稠油油田平均为 2.2a。由此表明了具体油田进入递减时的储采比受油田类型、开发方式及开发政策的影响。

表 1 中石化部分油田稳产期末储采比统计

Table 1 Statistics of reserve-production ratios at the end of stable production for some of SINOPEC's oilfields

序号	油区	油田	油田类型	储采比/a	序号	油区	油田	油田类型	储采比/a
1	胜利	胜坨	整装	8.60	20	中原	濮城	断块	6.48
2	胜利	孤岛	整装	6.20	21	中原	卫城	断块	9.55
3	胜利	孤东	整装	5.40	22	中原	胡状集	断块	8.11
4	胜利	埕东	整装	5.00	23	江苏	真武	断块	11.26
5	河南	双河	整装	7.20	24	河南	下二门	断块	8.35
6	江汉	王场	整装	6.10	25	中原	文明寨	断块	8.78
7	胜利	东辛	断块	9.70	26	胜利	飞雁滩	断块	4.90
8	胜利	永安	断块	6.22	27	胜利	垦西	断块	7.18
9	胜利	广利	断块	6.69	28	胜利	尚店	低渗透	15.40
10	胜利	郝家	断块	5.53	29	胜利	五号桩	低渗透	19.20
11	胜利	现河庄	断块	7.13	30	胜利	渤南	低渗透	5.40
12	胜利	史南	断块	5.87	31	中原	文东	低渗透	6.60
13	胜利	王家岗	断块	4.72	32	胜利	滨南	低渗透	9.30
14	胜利	利津	断块	7.61	33	中原	文南	低渗透	10.00
15	胜利	梁家楼	断块	6.22	34	胜利	大王北	低渗透	10.40
16	胜利	纯化	断块	15.17	35	胜利	临南	低渗透	4.30
17	胜利	长堤	断块	3.12	36	胜利	平方王	低渗透	13.7
18	胜利	临盘	断块	12.60	37	胜利	乐安	稠油	1.30
19	中原	文中	断块	7.38	38	胜利	单家寺	稠油	3.10

2.2 逐步投入开发、处于建产阶段的油田在较低储采比条件下可能保持产量的高速增长

中石化西北油田分公司从2003年产量为 301×10^4 t迅速增加到2008年的 600×10^4 t, 储采比也从2003年的4.86a, 到2008年增加至7.88a。不但实现了在较低储采比条件下产量大幅度增加, 储采比也持续增加, 其原因主要是年储量替代率维持在200%以上, 每年都有较大的储量投入开发。新区产量不但弥补了老区递减, 而且能使油区产量大幅度提高。同时, 剩余可采储量也逐年增加^[11~13] (图2, 图3)。

埕岛油田与西北油田分公司具有相类似的规律, 在1993年时埕岛油田产量为 10×10^4 t, 储采比为1.74a。而到1999年时, 其产量为 $201 \times$

10^4 t, 储采比为9.87a, 其根本原因就是每年都有较大的储量投入开发、储量替代率每年都维持在300%~400% (图4, 图5)。

2.3 稳产期末储采比可以影响油田产量递减率, 储采比越大, 递减率越小; 反之亦然

当油田进入开发中后期, 产量将出现递减, 进入递减期。在递减阶段, 大多数油田都遵循双曲线递减规律, 下面以双曲递减为例说明其储采比与递减率的关系。

双曲递减基本公式为:

$$Q = Q_i (1 + nD_i t)^{-\frac{1}{n}} \quad (3)$$

$$N_p = \frac{Q_i}{D_i} \left(\frac{1}{1-n} \right) [1 - (1 + nD_i t)^{\frac{n-1}{n}}] \quad (4)$$

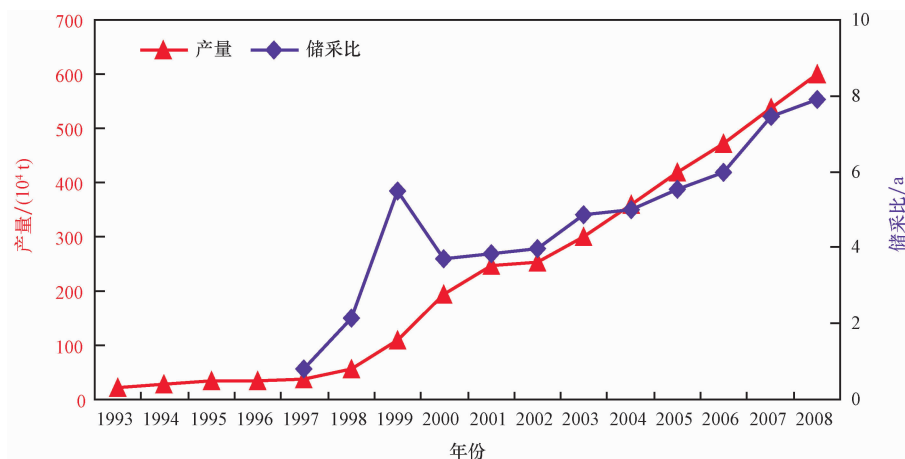


图2 西北油田储采比变化规律

Fig. 2 Change patterns of reserve-production ratio of Northwest oilfield

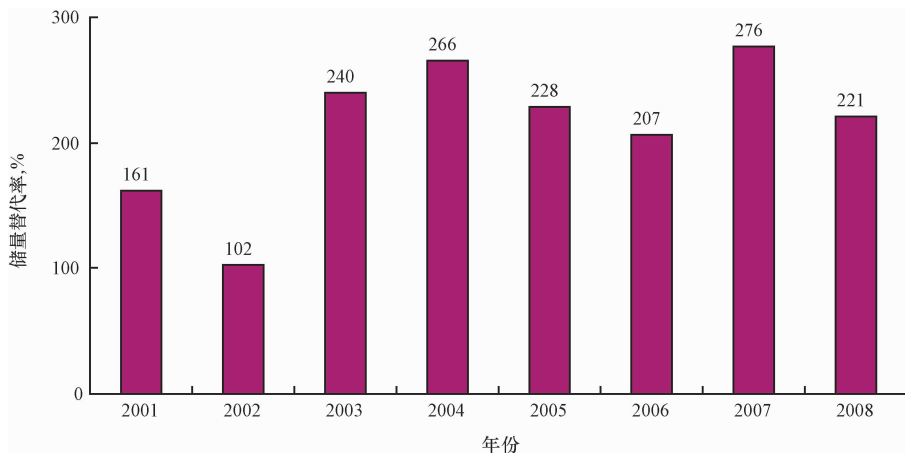


图3 西北油田历年储量替代率

Fig. 3 Reserve replacement ratio of Northwest oilfield during past eight years

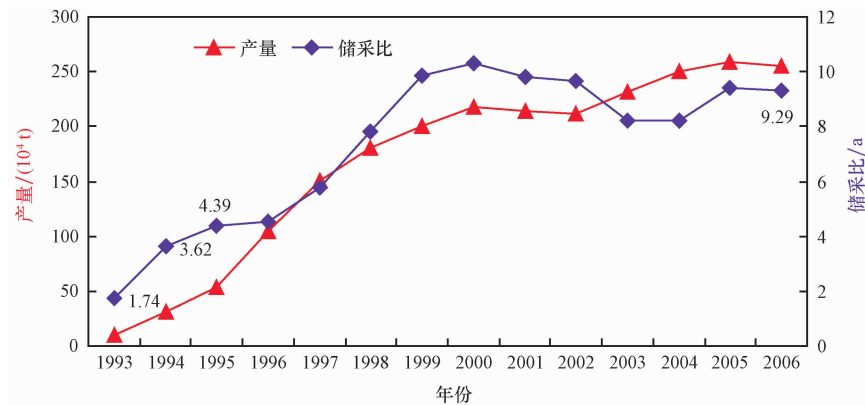


图4 埕岛油田储采比变化规律

Fig. 4 Change patterns of reserve-production ratio for Chengdao oilfield

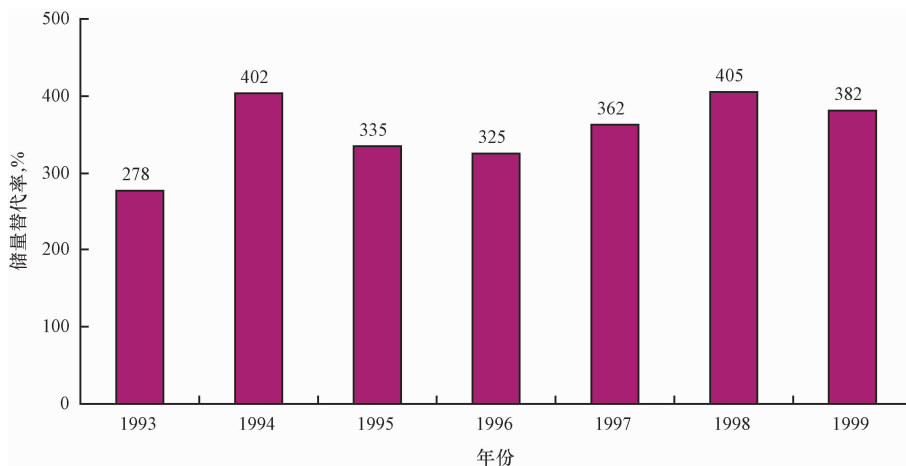


图5 埕岛油田历年储量替代率

Fig. 5 Reserve replacement ratio of Chengdao oilfield during 1993–1999

王俊魁研究认为在油田进入产量递减阶段后,大多油田都遵循 $n=0.5$ 的规律^[14],当 $n=0.5$ 时,则式(3)、式(4)可变形为:

$$Q = Q_i (1 + 0.5 D_i t)^{-2} \quad (5)$$

$$N_p = \frac{2Q_i}{D_i} [1 - (1 + 0.5 D_i t)^{-1}] \quad (6)$$

由式(5)得

$$(1 + 0.5 D_i t)^{-1} = \sqrt{Q/Q_i} \quad (7)$$

将式(7)代入式(6)得:

$$N_p = \frac{2Q_i}{D_i} (1 - \sqrt{Q/Q_i}) \quad (8)$$

当油田开发结束时, $Q \rightarrow Q_e, N_p \rightarrow N_R$,代入式(8)得:

$$N_R = \frac{2Q_i}{D_i} (1 - \sqrt{Q_e/Q_i}) \quad (9)$$

则稳产期末储采比为:

$$\omega = \frac{N_R}{Q_i} = \frac{2}{D_i} \left(1 - \sqrt{\frac{Q_e}{Q_i}}\right) \quad (10)$$

式中:

Q ——油田的年产量, 10^4 t/a;

Q_i ——递减时的初始产量, 10^4 t/a;

n ——递减指数($0 < n < 1$);

表2 中石化部分油田不同储采比范围对应递减率

Table 2 Decline rates corresponding to different reserve-production ratios for some of SINOPEC's oilfields

储采比分类	油田数/个	平均储采比/a	平均综合递减率, %	平均自然递减率, %
$\omega > 12$	5	15.2	12.2	20.8
$12 \geq \omega \geq 8$	20	9.4	16.0	25.9
$\omega < 8$	13	5.5	22.4	32.4
总计	38	7.6	19.7	29.4

D_i ——递减阶段的初始递减率, a^{-1} ;

N_p ——油田的累积产量或预测起始点之后的累积产量, $10^4 t$;

Q_e ——油田的废弃产量, $10^4 t/a$;

N_R ——油田的可采储量, $10^4 t$;

ω ——储采比, a ;

t ——油田的开发时间, a 。

由式(10)可以看出:稳产期末的储采比直接关系到油田进入递减时的产量递减率大小,进入递减时的储采比越大,则产量递减率越小;反之,进入递减时的储采比越小,则产量递减率越大。

同时,根据表1所筛选的38个油田,统计了这些油田在不同储采比范围时其对应的平均综合递减率和平均自然递减率(表2)。

从统计结果可以明显看出,储采比越大,油田对应的平均综合递减率和平均自然递减率越小(表2;图6,图7),这与前面公式(10)的理论推导

结果是相一致的。

3 结论及认识

保持油田在合理储采比条件下进行开发,是油田开发必须遵循的客观规律,通过对储采比的理论及统计分析,澄清了目前对储采比相对模糊的或不确切的认识,并明确了以下几点结论和认识:

1) 不能单纯依靠储采比的大小确定油田是否能够稳产,稳产期末储采比的大小决定于具体油田类型、开发方式和开发政策。

2) 逐步投入开发储量、处于建产阶段的油田在较低储采比条件下也能保持产量的高速增长。

3) 稳产期末储采比的大小影响递减率的大小,稳产期末储采比越大,初始递减率越小;反之,初始递减率越大。

参 考 文 献

- 1 陈元千,赵庆飞. 油气田储采比变化关系的研究[J]. 断块油气田,1999,6(6):23~26
- 2 陈元千,赵庆飞. 注水开发油田储采比的分析方法[J]. 断块油气田,2000,7(1):31~33
- 3 赵庆飞. 储采比在勘探开发中的应用[J]. 新疆石油地质,2001,24(6):569~571
- 4 赵庆飞. 世界储采比的分析与研究[J]. 石油勘探与开发,2001,28(6):60~63
- 5 高文君. 油气田合理储采比的确定与应用[J]. 新疆石油地质,2003,24(1):65~67
- 6 张正卿. 关于石油储采比、储采平衡率的研究[J]. 石油勘探与开发,2000,27(3):53~54
- 7 陈淦,杨新玲. 关于储采比研究中的几个问题[J]. 中国海上油气(地质),2003,17(5):350~354
- 8 王天智. 不同递减条件下储采比变化分析[J]. 大庆石油地质与开发,2004,23(1):31~32
- 9 张抗. 中国大油田的构成及20年变化分析[J]. 石油与天然气地质,2006,27(4):542~548
- 10 万吉业. 石油天然气“资源量-储量-产量”的控制预测与评价系统[J]. 石油学报,1994,15(3):51~60
- 11 张抗. 近20年中国石油储量变化分析[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):584~588
- 12 徐向华,周庆凡,张玲. 塔里木盆地油气储量及其分布特征[J]. 石油与天然气地质,2004,25(3):300~303
- 13 翟晓先,云露. 塔里木盆地塔河大型油田地质特征及勘探思路回顾[J]. 石油与天然气地质,2008,29(5):565~573
- 14 王俊魁. 油田产量递减类型的差别与观测[J]. 石油勘探与开发,1983,10(6):65~71

(编辑 张亚雄)

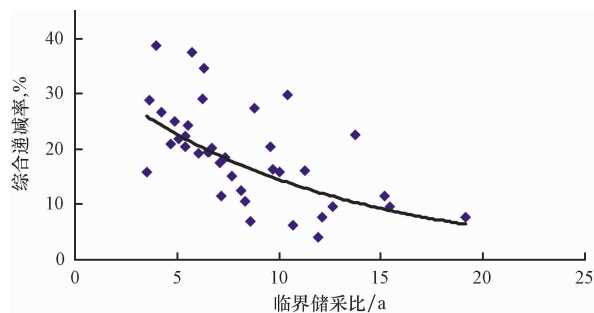


图6 中石化已开发油田稳产期末储采比与综合递减率关系

Fig. 6 Interrelation between reserve-production ratio at the end of stable production and composite decline rate of SINOPEC's producing oilfields

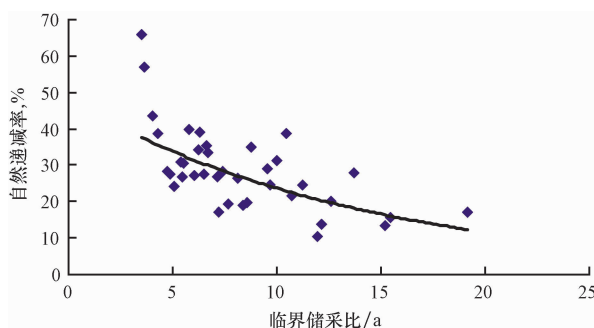


图7 中石化已开发油田稳产期末储采比与自然递减率关系

Fig. 7 Interrelation between reserve-production ratio at the end of stable production and natural decline rate of SINOPEC's producing oilfields