

四川盆地天然气储量增长趋势预测

陈礼平* 蒋伟雄

(西南油气田分公司勘探开发研究院)

陈礼平等. 四川盆地天然气储量增长趋势预测. 天然气工业, 2001; 21(5): 44 ~ 46

摘 要 文章以四川盆地历年上报探明储量为基础, 采用泊松模型预测了四川盆地未来 30 年的天然气探明储量。通过对四川盆地历年上报的探明储量序列分析, 认为可以分为两个阶段: 1956 ~ 1976 年, 为探明地质储量缓慢增长阶段; 1977 年至今, 正处于探明地质储量快速增长阶段。另一方面, 探明储量的增长趋势呈现显著的周期性特征, 伴随着新区或新层的突破和探明, 大致每 6 年左右出现一次高峰年, 此时的探明储量是平常年的数倍。文章最后预测了四川盆地未来天然气探明储量趋势特征: 在未来 30 年里, 将维持在每年 $300 \times 10^8 \text{m}^3$ 上下; 在 2015 年左右将达到高峰, 此后开始下降趋势; 四川盆地天然气最终探明储量达到 $20\,000 \times 10^8 \text{m}^3$ 左右。

主题词 四川盆地 天然气 探明储量 泊松变换 预测

四川盆地大规模油气勘探始于 1953 年, 自 1956 年钻获天然气以来, 天然气探明地质储量逐年递增, 截止 2000 年底, 获得天然气探明地质储量约 $6\,300 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

历年天然气新增探明地质储量概况

根据四川盆地历年新增天然气探明地质储量分

布图(见图 1), 四川盆地天然气探明地质储量增长趋势具有几个特点:

(1) 探明地质储量大致可划分为缓慢增长段和快速增长段两个阶段。1956 年 ~ 1976 年, 为探明地质储量缓慢增长阶段, 探明地质储量从每年 $20 \times 10^8 \text{m}^3$ 缓慢上升到 $80 \times 10^8 \text{m}^3$ 左右, 年均增长为 $3 \times 10^8 \text{m}^3$ 。1977 年发现川东石炭系气藏, 经过 5 年徘徊

构造转换波的闭合差和准各向异性系数大于乐东 11 - 1 构造。这说明: 乐东 8 - 1 构造北部的各向异性强于南部; 乐东 8 - 1 构造的各向异性强于乐东 22 - 1 构造; 乐东 22 - 1 构造的各向异性稍强于乐东 11 - 1 构造; 乐东 8 - 1 构造的裂缝走向为北东 - 西南向, 乐东 22 - 1 构造中浅层 (3 000 ms 以上) 的裂缝走向为北东 - 西南向, 深层裂缝走向为北西 - 南东向, 乐东 11 - 1 构造的裂缝走向难以定论, 从浅至深走向不断发生变化。

泊松比反映了地层各向异性的强弱

一般情况下, 岩石的泊松比是正的。但当岩石介质存在各向异性时, 泊松比将是负值。我们计算了主要层位的泊松比, 发现乐东 8 - 1、乐东 22 - 1 构造的多个层位的多个层段的泊松比存在负值, 这说明上述构造存在较强的各向异性。

参 考 文 献

1 张树林. 横波地震技术. 见: 联邦德国深部地球物理研究. 成都地质学院, 1991: 182 ~ 190
2 牛毓荃主编. 石油物探新技术系列调研成果. 北京: 石油工业出版社, 1996
3 范伟粹等编. 横波地震勘探译文集. 中国石油天然气总公司情报所, 1992
4 王维佳. 各向异性与多分量地震勘探. 石油物探译丛, 1990; (4): 38 ~ 43
5 Danbom S H *et al.* Shear-wave exploration. Society of Exploration Geophysicists, 1987; (1): 159 ~ 165
6 Winterstein D F. Shear-wave polarization and subsurface stress directions at lost hills field. Geophysics, 1991; (9): 328 ~ 340

(收稿日期 2001 - 05 - 18 编辑 韩晓渝)

*陈礼平, 1962 年生, 高级工程师; 1984 年毕业于重庆大学应用物理系, 现在西南油气田分公司勘探开发研究院从事勘探工作。地址: (610051) 四川省成都市府青路一段 1 号。电话: (028) 6015637。

后,探明地质储量进入到快速增长阶段,1983~1995 年年均增长超过 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$,目前维持在每年 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,且这种良好的势头还将继续下去。

(2) 探明地质储量的快速增长主要是因为新区、新层系的突破及探明。年度探明地质储量增长高峰有 6 个,1959 年探明的川东南三叠系气藏,1965 年探明的川西南威远震旦系气藏,1972~1974 年探明的川西北三叠系须家河组等气藏,1988 年探明的川中磨溪中三叠统雷口坡组气藏,1993 年探明的川东五百梯石炭系气藏以及 2000 年探明的川西白马庙蓬莱镇组浅层气藏。新区、新层一旦突破,探明地质储量增长即发生一次飞跃。

(3) 探明地质储量呈现周期性增长趋势。从探明地质储量出现的高峰年,1959~1965~1972 年,1988~1993~2000 年,分别相距 6、7、5、7 年来看,探明地质储量大致在 6 年左右出现一次高峰,而高峰年通常是一般年度的数倍。

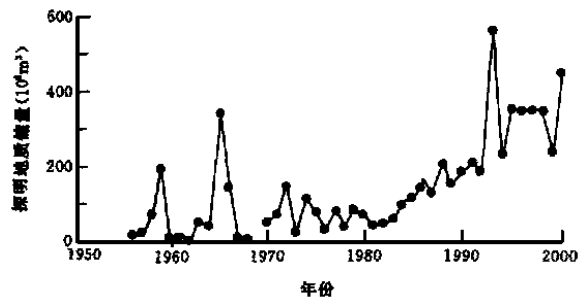


图 1 四川盆地历年新增天然气探明地质储量分布图

建立探明地质储量增长趋势预测模型

从上面的分析可以看出,四川盆地目前探明地质储量的增长趋势是良好的,那么这种良好的趋势究竟还能持续多久呢?笔者将以泊松模型为基础进行探索性研究。

油气资源是不可再生的一次性能源,油气勘探必然经历从兴起、盛极而衰亡的过程,这种过程也形象地称为生命轮回,在数学上可用泊松函数来描述:

$$Q_t = A t^n e^{-t} \quad A = \text{常数}$$

它表示探明地质储量 (Q_t) 正比于时间 (t) 的 n 次方函数兴起,又随着 t 的负指数函数衰减。进一步还可以得出:

$$\frac{dQ_t}{dt} = Q_t \left[\frac{n}{t} - 1 \right] \tag{1}$$

当 $t < n$ 时, $\frac{dQ_t}{dt} > 0$, 为增长段;

当 $t = n$ 时, $\frac{dQ_t}{dt} = 0$, 达到极大值;

当 $t > n$ 时, $\frac{dQ_t}{dt} < 0$, 为下降段。

$$\frac{d^2 Q_t}{dt^2} = Q_t \frac{1}{t^2} [(t - n)^2 - n] \tag{2}$$

当 $t = n \pm n$ 时, $\frac{d^2 Q_t}{dt^2} = 0$, 为快速增长转化稳定增长之拐点。

根据四川盆地历年新增天然气探明地质储量的特征,在拟合其参数 A 、 n 时作下列简化处理:

时间 t 的起始年 (y_0) 为 1955 年, 设 $t = \frac{y - 1955}{10}$, $y > 1955$ 。

探明地质储量快速增长转入稳定增长年度为 1993 年,即 n 可取值为 6.0;

为简化计算,取值 1980~1999 年探明地质储量以最小偏差拟合预测因子 (A),取 $A = 3.6$ 。

据此,四川盆地年度新增天然气探明地质储量趋势预测模型为:

$$\begin{cases} Q_t = 3.6 t^{6.0} e^{-t} \\ t = \frac{y - 1955}{10}, y > 1955 \end{cases} \tag{3}$$

探明地质储量增长趋势分析

根据四川盆地年度新增天然气探明地质储量趋势预测图(见图 2)可知:

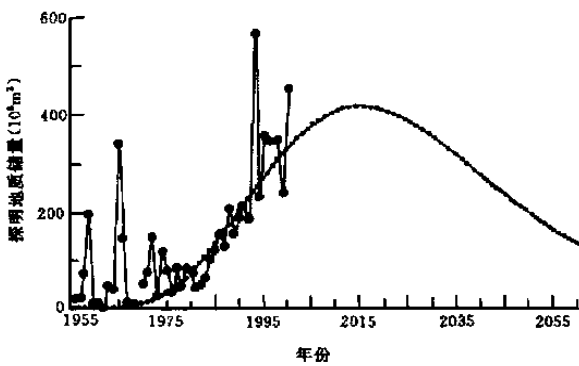


图 2 四川盆地年度新增天然气探明地质储量趋势预测图

(1) 四川盆地天然气年度探明地质储量增长高峰出现在 2015 年左右,按照 6 年左右出现一次高峰的规律,最有可能出现的高峰年年份有 2003、2009、2015、2021、2027 年等;

(2) 在今后 30 年内,四川盆地年新增天然气探明地质储量将维持在 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 上下。

下部钻具组合的应力分布规律研究^{*}

石晓兵^{***} 施太和

(西南石油学院)

石晓兵等. 下部钻具组合的应力分布规律研究. 天然气工业, 2001; 21(5): 46~48

摘 要 绝大多数的钻具失效都是疲劳引起的。而交变应力集中是疲劳破坏的一个关键因素。因此定量分析研究钻具在井下所承受的应力水平及其分布规律, 是研究钻具疲劳失效的一项重要内容。文章以固体力学有限元理论为基础, 建立了带扶正器下部钻具组合在弯曲井眼或斜直井眼中的有限元力学模型, 求解并得到了下部钻具组合的应力场。揭示了扶正器附近是应力集中区, 而远离扶正器的两跨之间应力水平相对较低的应力分布规律。现场的资料分析也表明, 正是扶正器或配合接头这些高应力水平的部位是最容易失效的部位; 从钻具的结构上看, 钻具连接螺纹正处在这些最大应力集中区, 这是连接螺纹疲劳失效的根本原因, 扶正器或配合接头的失效多发生在连接螺纹部位。文章的研究结果揭示了下部钻具组合失效的力学机理。

主题词 钻井 钻具组合 钻柱稳定器 有限元 应力 研究

在钻井过程中, 钻具的受力状况和井下环境异常恶劣, 处在内、外充满钻井液的狭长井眼里工作, 通常承受压、弯、扭、液力等载荷, 钻具在井下的受力情况复杂。据统计^[1], 我国各油气田每年发生钻具事故约五、六百起, 经济损失巨大。对某油田的钻具失效统计分析表明^{***}, 在 161 次钻具失效中, 下部钻具组合 126 次, 占 78.3%, 其中与扶正器、配合接头相关的失效 85 次, 占 52.3% (扶正器和配合接头螺纹失效 86 次, 占 60%)。研究下部钻具组合失效的力学机理具有针对性和现实意义。

下部钻具组合应力分析研究的有限元力学原理

对于许多工程问题, 诸如带扶正器或配合接头的下部钻具组合, 由于扶正器和配合接头的影响, 造

成整个结构的几何形状不规则。对于这种情况, 用连续梁法, 要得到问题的解析解, 往往是十分困难的。而有限元法则从研究有限大小的单元力学特性着手, 最后得到一组以节点位移为未知量的代数方程组。应用现成的计算方法, 可以得到节点处需求量的近似值。在用有限元法分析下部钻柱组合之前, 有必要作一些假设: 井壁刚性, 井眼是圆形的; 井壁与扶正器间的摩擦不考虑; 钻柱组合为一弹性梁, 在每个单元内, 钻柱的几何特性和材料特性保持不变; 钻头位于井眼中心, 钻头处无横向位移, 但可以自由转动; 稳定器与井壁间为点接触, 且只限制接触点处的径向位移。

取下部钻柱作为研究对象, 从钻头处起往上分成多个梁单元, 即把结构离散化。划分单元时, 应保证每个单元的几何特性和材料特性在同一个单元内

(3) 预计 2030 年后, 四川盆地天然气探明储量呈逐渐下降趋势, 而最终探明储量将达到 $20\ 000 \times 10^8 \text{m}^3$ 左右。

本文承蒙原四川石油管理局勘探开发研究院总地质师谢姚祥教授审阅, 提出的宝贵意见均一一采纳, 深表谢意。

参 考 文 献

- 1 翁文波. 预测论基础. 北京: 石油工业出版社, 1984

(收稿日期 2001 - 06 - 18 编辑 韩晓渝)

^{*} 本文系中国石油天然气集团公司“九五”科研项目 (项目编号: 部 140)。

^{**} 石晓兵, 讲师, 博士, 1967 年生; 现从事教学、钻柱力学和钻井工艺技术的研究。地址: (637001) 四川省南充市。电话: (0817) 2643801。

^{***} 施太和等, 钻柱失效机理及预防技术研究, 西南石油学院技术合作开发阶段研究报告, 1998 年。

valuating the downhole gravel packing quality and provides an entirely new scientific method and basis for the sand control quality evaluation of the completed wells, providing a successful example available for reference for the well completion sand control and the development construction of Bohai oil field.

SUBJECT HEADINGS: Well logging, Photon, Offshore completion, Gravel packing, Bohai gulf, Cluster wells

Jiang Wei's introduction: See no. 4, 1999. Add: Hekou Road, Tanggu District, Tianjin (300450), China Tel: (022) 25801737

AN INITIATIVE STUDY AND DISCUSSION ON ROCKS' ANISOTROPY BY USE OF MULTI-WAVE SEISMICS

Li Xuxuan (Nanhai West Research Institute, China Offshore Oil Research Center). *NA TURAL GAS IND.* v. 21, no. 5, pp. 41 ~ 44, 9/25/2001. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: The study of the anisotropy of subsurface rocks is a challenging subject in the exploration and development of oil and gas. The development of fractured oil and gas fields by use of shear wave data becomes a popular topic of conversation. In this paper, the anisotropy of the subsurface rocks in the four structures in Yinggehai basin is studied and discussed by fully utilizing the multiwave seismic data acquired on the Chinese sea for the first time and it is concluded that the subsurface rocks in the three structures (Ledong 8-1, 11-1 and 12-1) have the anisotropy with varying degrees, of which, the anisotropy in 8-1 structure is very serious. It is also proved that this method is feasible for distinguishing the anisotropy of subsurface rocks.

SUBJECT HEADINGS: Seismic wave, Shear wave-compressional wave, Closure, Rock, Anisotropy, Seismic data processing

Li Xuxuan (*senior engineer*), born in 1955, graduated in geophysical exploration from Shandong Marine College in 1982. He is engaged in the research on seismic data interpretation method and his many achievements in scientific research were awarded. He is now director of Nanhai West Research Institute, China Offshore Oil Research Center. Add: P. O. Box 11, Potou District, Zhanjiang City, Guangdong (524057), China Tel: (0759) 3900512

FORECASTING ON NATURAL GAS RESERVES INCREASEMENT TREND

Chen Liping, Jiang Weixiong (Southwest Oil and

Gas Field Company, Petro-China). *NA TURAL GAS IND.* v. 21, no. 5, pp. 44 ~ 46, 9/25/2001. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Based on years of reported proved reserves in Sichuan Basin, the proved gas reserves in the next 30 years have been forecasted by use of Poisson distribution. Through sequence analysis on years of reported proved reserves in Sichuan Basin, it is thought that it can be divided into two periods: one is slow increase stage of proved reserves during the period from 1965 to 1976; the other one is rapid increase stage during the period from 1977 till now. The increase trend of proved reserves is characteristic with periodicity. While new zone or new reservoir discovered and proved, there appears one summit year every six years or so, when its proved reserves is increased to several multiples of that in usual years. This paper at last forecasts some features of proved gas reserves in Sichuan Basin in the future. In the next 30 years, proved reserves will be kept about 30 billion m³ or so; The summit year will be in 2015 probably, after which the proved reserves will tend to decrease; The total proved gas reserves in Sichuan Basin is predicted to be 2 trillion m³ or so.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan Basin, Natural gas, Proved reserves, Poisson exchange, Forecast

Chen Liping (*senior engineer*), born in 1962, graduated in applied physics from Chongqing University. Now he has been engaged in exploring and development in Southwest Oil and Gas Field Company, Petro-China. Add: No. 1, Sec. 1, Fuqing Rd., Chengdu, Sichuan (610051), P. R. China Tel: 028-6015637

STUDIES ON STRESS DISTRIBUTION LAWS OF BHA

Shi Xiaobin, Shi Taihe (Southwest Petroleum Institute). *NA TURAL GAS IND.* v. 21, no. 5, pp. 46 ~ 48, 9/25/2001. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Fatigue usually results in performance failure of drilling tools. The concentration of alternate stress is a key factor of fatigue destruction. One of the most important project in studying on fatigue and failure of drill string is to quantitatively analyze the stress level and distribution rules of drill stem which is burdened at the bottom hole. Based on finite element theory of solid mechanics, finite element mechanics model is set up for BHA (bottom hole assembly) with centralizer in bending and slant borehole. Stress field of BHA can be obtained from solution. It is discovered that stress zones is gathered around the centralizer, while stress is relatively low on both two sides away