

# 沉积盆地古应力场研究的新方法——波动分析法

李京昌

(石油大学, 北京 102200)

波动分析方法认为沉积盆地的演化过程受不同的周期波所控制。实际应用表明:盆地内不同地区同一类周期波之间存在着差异,本文对造成这种差异的原因进行了分析,提出了应用这种差异解决盆地古应力场问题的研究思路和方法,应用这一研究方法对柴达木盆地第三纪古应力场恢复表明,压应力由南西 $220^{\circ}$ 向东北 $40^{\circ}$ 方向传播。

**关键词** 周期波 沉积速度 滑动窗口 古应力场 柴达木盆地

**作者简介** 李京昌 男 32岁 讲师 硕士 构造地质

沉积盆地波动分析方法由前苏联学者缅斯尼高娃(1982)、施比伊曼(1991)提出,该方法是在时间尺度上计算各地质时期地层的沉积速度直方图,通过滤波处理,获得控制和影响沉积盆地不同区域沉积过程的周期与振幅(刘国臣等,1994),在此基础上,通过不同区域之间沉积速率曲线的对比,探讨沉积中心的迁移规律。近年的实践结果表明这一方法是有效的(B.施比伊曼等,1994)。而如何应用这些不同区域的周期、相位资料探讨盆地古应力场,是本文探讨的主要内容。

## 1 研究思路

盆地沉积量是盆地基底沉降量的反映,盆地基底沉降为沉积物提供了可容空间,如果这一空间不消失,它最终将被沉积物所充填,因此不同时期盆地的沉积速率是盆地在不同时期沉降速率的反映。如果两个井或多个井之间存在着相同的沉积周期和初始相位,说明这两个井的基底具有相同的沉降水平,相反,如果两个井或多个井之间存在着不同的沉积周期和初始相位,说明这两个井的基底具有不同的沉降水平。如果将更多的井沉积周期和初始相位进行对比,即可以划分出沉降水平相同的区域和沉降水平不同的区域。沉降水平的差异,无疑是基底挠曲程度不同的反映,因此可以说不同井沉积波动周期和初始相位存在差异的本质是基底挠曲程度差异造成的,而基底的挠曲是空间尺度波存在的佐证。因此,可以通过时间尺度波来研究空间尺度波的规律,

并分析其波长、振幅及传播方向,进而得到古应力场的方位(传播方向与古应力场方位相同)。

## 2 工作方法

在工作方法上包括两方面的内容,即单井周期波分析和空间尺度波分析,工作流程如下。

### 2.1 研究井(区)的选择

井(区)的选择主要依据构造位置及地层发育情况,各井(区)的分布尽可能均匀。

### 2.2 对每口井的原始资料进行统计

这里所指的原始资料主要包括综合录井图、声波测井、密度测井及研究区有关的其它地质资料。其中最主要的是对各组、段岩性厚度进行统计,厚度资料的统计结果直接影响着波动曲线方程。

### 2.3 将岩性—深度剖面转化为岩性—时间剖面

在岩性—深度剖面上反映的是岩层厚度,为计算沉积速率还必须将它转化为岩性—时间剖面,这时需要建立一个时间坐标——地质年代表。其目的是将地层置于地质发展的时间序列中。

### 2.4 恢复单井原始厚度、计算沉积速率

因为目前所观察到的各组、段厚度是经过地质历史时期压实后残余的厚度,为计算沉积速率还必须恢复残余地层原始厚度。残余地层原始厚度的恢复是精确计算沉积速率的关键,残余地层原始厚度的概念是指现今残余的某一组、段地层恢复到近地表一定深度下的平均厚度,一般将其恢复到地下100m处。

残余原始厚度恢复是根据其压实状态分不同岩性进行,对灰岩与白云岩、盐岩类来说,其成岩作用较早,不做原始厚度恢复,火山活动作为一种突发事件,一般在计算原始沉积速率时将火山岩厚度扣除。碎屑岩地层恢复原始厚度时可根据其孔隙度与深度的变化关系逐层恢复,传统的模型是连续压实剖面模型:

$$\Phi(h) = (\Phi_0 - \Phi_1)e^{-Kh} + \Phi_1$$

其中: $\Phi(h)$ 为某一深度处的孔隙度(%), $h$ 为地层埋深(m), $K$ 为压实系数, $\Phi_0$ 为地表孔隙度, $\Phi_1$ 为压实极限孔隙度。 $\Phi_0$ 、 $\Phi_1$ 、 $K$ 值根据工作区声波测井资料来确定。

原始厚度的计算公式为:

$$H_0 = H[1 - \Phi(h)] / (1 - \Phi_0)$$

其中: $\Phi(h)$ 为某一地层现埋深处的平均总孔隙度, $\Phi_0$ 为近地表 100m 深处的孔隙度, $H$ 为现今地层观测厚度, $H_0$ 为残余地层原始厚度。

将各组、段的原始厚度除以各组、段的沉积时间,就可以获得各组、段沉积速率,以横坐标作为沉积速率,纵坐标作为时间,便可绘制出各组、段的沉积速率直方图。

### 2.5 单井周期波的提取

仅仅从沉积速率直方图上观察不出有规律的波动特征。为此,必须对沉积速率直方图进行数学处理,使之变为有周期性的曲线。这里我们应用滑动平均的办法,即设定一个滑动窗口,对窗口内不同组、段的沉积速率取平均值,并将这一平均值投在窗口中央所对应的位置上(图 1)。

在滑动的时候从时间坐标的零点开始,每次移

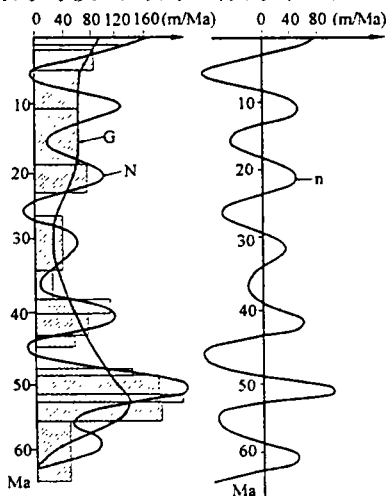


图 1 滑动窗口使用方法示意图

动一个时间单位(时间单位的长短视研究精度而定)依次下滑,这样就得到一系列沉积速率平均值的点,将这些点连接后,即得到一条圆滑的曲线  $N$ (高频),无疑这条曲线消除了周期小于该窗口尺寸的波。改变窗口尺寸又可以得到另一条曲线  $G$ (低频)。如果所做出的两条曲线之间差是周期波  $n$ ,则周期波  $n$  的周期与初始相位即可确定。如果所做出的两条曲线之差不存在周期波。则变换滑动窗口的尺寸,直至找到这样一个周期波为止。改变窗口的大小,重复以上过程,将  $G$  曲线依次分解,可以得到不同级别的周期波。总之,从单井地质剖面上分解周期波是一个复杂的过程,往往经过多次反复调整窗口的尺度,两个窗口长度的搭配不合适,分解出的两条曲线的差值就不是周期波。应用滑动窗口时应注意的问题是不同尺度的窗口要相互衔接,即寻找长周期时的小窗口应为寻找相邻短周期时的大窗口。

### 2.6 空间尺度波研究

通过前述时间尺度的单井周期波研究,可以获得各单井不同级别的周期波及其相应周期,笔者将不同井同一级别周期波的周期和初始相位分别称为周期系列(如前述的  $n$  波周期系列和  $g$  波周期系列)和初始相位系列。将各井同一系列的周期值和初始相位展布于平面图上,确定空间尺度波。

## 3 实例——柴达木盆地

柴达木盆地以第三纪地层为主,基底的认识尚有争议,对第三纪地层下部是否存在石炭系及中生界一直没有定论。柴达木盆地第三纪地层由老至新分别为路乐河组(52.5~65Ma)、下干柴沟组(40.5~52.5Ma)、上干柴沟组(24.6~40.5Ma)、下油砂山组(21~24.6Ma)、上油砂山组(5.1~21Ma)、狮子沟组(2.5~5.1Ma)、七个泉组(0~2.5Ma),研究时选择了 27 口井,对每口井第三纪不同组、段的原始厚度进行了恢复,对沉积速率直方图滤波处理后可以得到两个系列的周期波(图 2),第一是  $20 \pm Ma$  的周期波,第二是  $10 \pm Ma$  的周期波(表 1)。可以看到  $20 \pm Ma$  的周期在  $10 \sim 23$  之间变化, $10 \pm Ma$  的周期在  $5 \sim 12$  之间变化,如果将  $20 \pm Ma$  系列的周期展布于平面上,可见  $20 \pm Ma$  系列的周期在走向  $130^\circ$  方位上具有一致性(图 3),而在与其垂直的  $50^\circ$  方位上,该系列的周期具有渐变特征,这种渐变呈周期性,即由小变大,后又变小,即  $20 \pm Ma$  周期由南

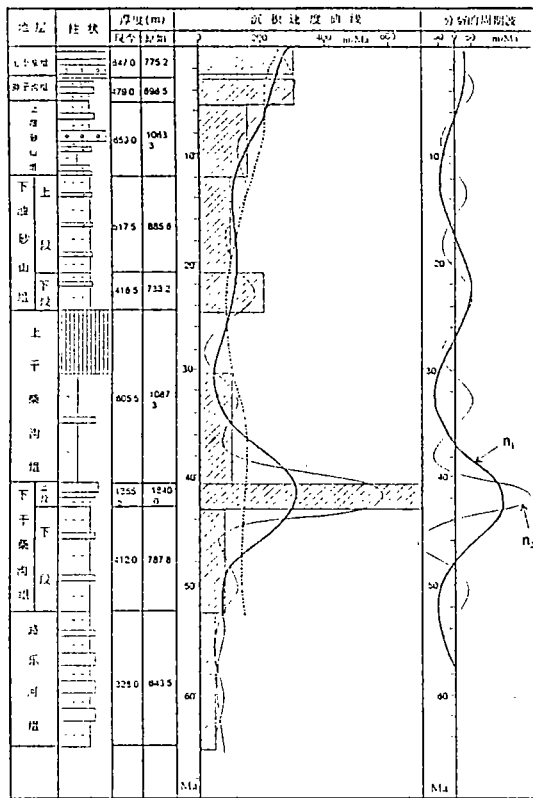


图 2 绿参 1 井分解的周期波  $n_1$  与  $n_2$

表 1 柴达木盆地第三纪不同井(区)两个周期系列对比表

井名	第 1 周期系列 (Ma)	第 2 周期系列 (Ma)	井名	第 1 周期系列 (Ma)	第 2 周期系列 (Ma)
柴 3	20	10	月 1	14	6
红深 4	16	10	油 6	14	6
阿参 1	19.2	9.6	湾西 1	16	8.4
狮 23	10	5	尖 5	26	8.2
建参 1	22	9.6	尖 6	23.2	10
跃 123	18	9.5	风 2	20.4	12
绿参 1	20	9.6	碱 2	24	12
南参 2	22	10	早 2	22	7
北参 1	16	6	鸭参 3	20	8
切 2	19.2	9.6	鄂 2	18	8
扎 1	20	6	牛参 1	17.9	10
乌 8	20	10	潜参 2	20.4	8
东 3	18	8	深 83	18	6
跃参 2	22	9.6			

缘的 20~22Ma 向北东 50° 方位, 渐变为 A-A' 一线 14Ma。再向北东 50° 方位, 又渐变为 B-B' 一线的 20~22Ma, 最后渐变为 C-C' 一线的 18Ma (图 3)。10±Ma 的周期在平面上的分布也有这样的特点。可以认为, 柴达木盆地存在着两组空间尺度波, 它们具有相同的走向, 在这一走向线方位上, 盆地具有相同的沉降水平, 地质质点在空间波控制下, 具有相同

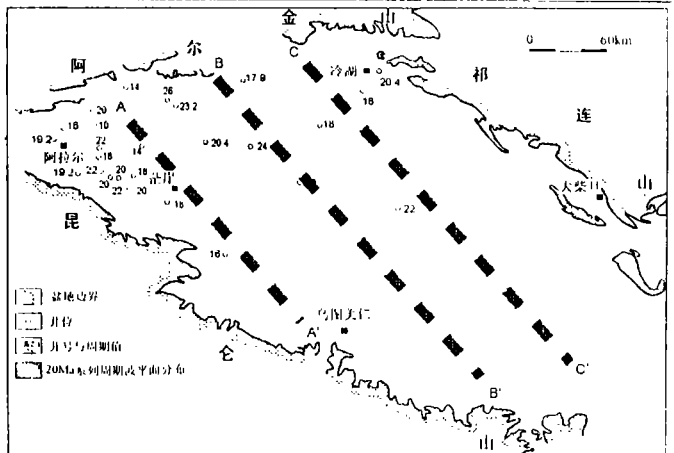


图 3 柴达木盆地与 20±Ma 周期波相对应的空间尺度波

相近的垂直运动状态, 即处于空间尺度波同相位位置上, 而在与 320° 垂直的 50° 方位上, 地质质点的运动状态不同, 处于不同的相位上。通过上述分析, 说明柴达木盆地存在两组波, 它们向 50° 方向传播, 这一方向即代表了柴达木盆地的主应力传播方向。

古应力场的恢复是对盆地力学性质下定义的关键因素, 因构造应力场方位不明确, 往往造成沉积盆地力学性质认识上的相反结论。从盆地单井时间尺度周期波的分析入手, 来探讨空间尺度波问题, 并进而确定古构造应力场, 这一方法对柴达木盆地第三纪应力场恢复表明是可行的。该方法克服了沉积盆地内构造形迹不易直接观测的困难, 为沉积盆地古应力场恢复提供了新手段, 尤其在断裂与褶皱变形形迹不发育的沉积盆地更是如此。应该看到, 在地质历史时期古构造应力场是多期变化的, 对于一个多期复合型盆地(如塔里木盆地)不同时期古应力场的恢复, 恐怕应在地层详细划分的基础上, 按上述的方法分构造层进行。

致谢: 本文写作过程中得到金之钧教授、刘国臣博士及李儒峰博士帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 Шпильман В. И. Коллчественный прогноз нефтегазоносности. М.: Недра, 1982
- 2 Мясниква Г. П. Динамика развития осадочных бассейнов как основа оценки их нефтегазоности. Авморфеам экморской эссемачц. М.: [s. n.], 1991
- 3 刘国臣, 李京昌, 金之钧. 波动地质学研究中资料的收集与整理. 石油大学学报, 1994, 18(6): 1~7
- 4 В. 施比伊曼, 张一伟, 金之钧等. 波动地质学在黄骀坳陷演化分析中的应用——再论地壳波状运动. 石油学报, 1994, 15(增刊): 19~26

成文中得到刘瑾璇教授、郑俊茂教授的悉心指导,石油勘探开发研究院郭宏莉、张敏老师给予了大力帮助,在此一并致谢!

参 考 文 献

- 1 Wang Q M 等. 中国西部塔里木盆地的成因和石油地质学. 国外油气勘查, 1993, 1
- 2 唐天福等. 新疆塔里木盆地西部晚白垩纪至早第三纪海相沉积特征及沉积环境. 北京: 科学出版社, 1992
- 3 周志毅、陈立基主编. 塔里木生物沉积和地层演化. 北京: 科学出版社, 1990
- 4 刘宝瑞、张锦泉主编. 沉积成岩作用. 北京: 科学出版社, 1992

- 5 E. Rodder 著. 卢焕章等译. 流体包裹体. 长沙: 中南工业大学出版社
- 6 施继锡. 用包裹体研究碳酸盐及碎屑岩古地温的若干问题. 天然气勘探与开发, 1991, (1)
- 7 郑俊茂等. 碎屑储积岩的成岩作用研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989
- 8 丁孝忠等. 塔里木盆地西部库孜贡苏地区白垩纪—早第三纪沉积特征及沉积环境探讨. 新疆地质, 1993, (3)
- 9 Goldstein R H. Reequilibration of fluid inclusion in temperature calcium-Carbonate cement. *Geology*, 1986, 14
- 10 James B. Systematics of fluid inclusion in diagenetic minerals. *Geology*, 1988, 14

(收稿日期: 1997 年 7 月 5 日)

STUDY ON THE DIAGENESIS OF CLASTIC ROCK  
IN THE KEZILESU GROUP OF THE TARIM BASIN

Li Changcun Fian Xiuli

(Hebei College of Science and Engineering, Tangshan 063009)

Abstract

Based on the study of petrology, the diagenesis of sand rock in the Kezilesu Group of the Tarim Basin is studied in detail in this paper by means of Scanning Electron Microscopy (SEM), X-ray Analysis, Cathodoluminescence and Section Staining Method. Combined with the study of fluid inclusion, the stages of diagenesis are divided.

(上接 151 页)

UNDULATION ANALYSIS SERVED AS A NEW METHOD  
TO THE PALEOSTRESSFIELD STUDY OF A SEDIMENTARY BASIN

Li Jingchang

(University of Petroleum, Beijing 102200)

Abstract

The method of the Undulation Analysis believes that the evolutionary process of a depositional basin is controlled by different cyclic waves. Practical application shows that there are differences between the same types of cyclic waves in the different regions of a basin. In this paper, the causes which result in such differences have been analysed, and the research thinking and method using the differences to solve the paleostressfield problems of basin are suggested. The restoration of Tertiary paleostressfield in the Qaidam Basin by means of this method indicates that the compressive stress spreads from SW220° to NE40°.