

文章编号: 1001-1986(2008)03-0067-04

# 平衡剖面技术在地震资料解释中的应用

周竹生<sup>1</sup>, 马翠莲<sup>1</sup>, 胡文武<sup>1</sup>, 孟 葵<sup>2</sup>

(1. 中南大学信息物理工程学院, 湖南 长沙 410083;

2. 长沙通讯职业技术学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 地震资料解释的正确与否直接关系到储层预测的结果与精度, 所以平衡剖面解释作为一种辅助手段, 对地震解释的多解性起到很好地制约效果, 并为其定量化解释研究上开辟了道路。介绍了平衡剖面技术的基本原理和解释机理; 以依奇克里油田阿依库木齐剖面为例, 阐述了平衡剖面技术在地震解释中的应用效果。结果显示, 该剖面构造复原效果较好。并针对平衡剖面技术在地震资料解释中的应用提出了需注意的问题。

**关键词:** 平衡剖面技术; 地震资料解释; 正演法; 复原法

**中图分类号:** P631.4 **文献标识码:** A

## Application of balanced cross-section technique in seismic data interpretation

ZHOU Zhu-sheng<sup>1</sup>, MA Cui-lian<sup>1</sup>, HU Wen-wu<sup>1</sup>, MENG Kui<sup>2</sup>

(1. School of Info-Physics Geomatics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Changsha TEL and Vocation College, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Correctness of seismic data interpretation straightly affects the results and precision about reservoir prediction in exploration. As a sort of assistant means, balanced section interpretation makes multifarious-results of seismic-interpretation restricted and brazes a way in its quantitative analysis. This paper gives a presentation of fundamental and interpretation-mechanism about cross-section technique, expatiates background of and specially introduces application in seismic data interpretation and some problems at present. Briefly speaking, cross-section technique has widely developing foreground.

**Key words:** cross-section technique; fundamental principle; forward method; recovering method;

在地震资料解释系统中, 由于地震资料的质量差异、解释人员的经验等原因, 使得解释人员对地质层位及构造的解释存在着推测性, 这就造成多种不同的解释结果。所以, 现在多采用综合物探法, 利用一些辅助解释方法可以提高结果的准确性。以往结合地质资料和钻探资料来限制和指导地震资料解释, 而平衡剖面技术的诞生为地震勘探提供了一种

新途径。平衡剖面解释作为一种新方法和辅助工具在地震解释中得到了应用。通过计算机应用技术和地震处理解释技术的结合, 平衡剖面技术已成为解决复杂构造地质问题的有效方法<sup>[1]</sup>。

## 1 平衡剖面技术研究现状[2]

平衡剖面技术起源于 20 世纪 50—60 年代。Dahls-

收稿日期: 2007-10-19

作者简介: 周竹生(1965—), 男, 湖南祁阳人, 博士, 从事地震数字信号处理、储层描述及油气横向预测等方面的研究工作。

## 参考文献

- [1] CANDES E J, DONOHO D L. Ridgelets: a key to high-di-mensional intermittency [J]. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A, 1999, 357: 2495–2509.
- [2] DONOHO D L. Ridge functions and orthonormal ridgelets [J]. Journal of Approximation Theory, 2001, 111: 143–179.
- [3] ARIVAZHAGAN S, GANESAN L, SUBASH KUMAR T G. Texture classification using ridgelet transform [J]. Pattern Recognition Letters, 2006, 27: 1875–1883.
- [4] 吴健生. 拉东变换在探地雷达资料处理中的应用[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2005, 33(9): 1270–1273.
- [5] PHILIPPE C, ERIC A. Discrete analytical Ridgelet transform [J]. Signal Processing, 2004, 84: 2165–2173.
- [6] CHEN G Y, KÉGL B. Image denoising with complex ridgelets [J]. Pattern Recognition, 2007, 40: 578–585.
- [7] 李晖晖. 基于脊波变换的 SAR 与可见光图像融合研究[J]. 西北工业大学学报, 2006, 24(4): 418–420.

torm (1969 年)第一次系统地提出平衡剖面的概念和基本几何原理, 后来经过众多学者的研究, 该技术理论逐渐趋于完善。到了 70 年代末期已有恢复法、面积平衡法及剩余面积法等产生。此后, 平衡剖面技术得到了迅速的发展, 同时也开始在石油地质勘探中取得成功。80 年代, 在美国召开的 28 届国际地质大会上, 以 Woodward 的讲义为代表, 主要介绍了该技术的应用, 对平衡剖面技术的实践作了总结, 被公认为是地质研究与勘探的一种重要方法。到目前为止, 经过地质学家们大量的实践, 积累了丰富的研究资料, 为该技术建立了较完善的理论系统。伴随着计算机技术的发展和该技术的应用, 平衡剖面技术也逐渐从二维发展到三维模拟, 真正成为了油气勘探的一项实用技术。

在进行油气勘探的过程中, 剖面的平衡解释作为一项必备工作, 相继开发了一些很有价值的应用软件<sup>[3]</sup>。目前的计算机模拟软件分为正演软件和反演软件两类, 分别以 Thrustbelt 和 Balsec 软件为代表。如今运用最广泛的是 Cogneseis 公司出产的集正反演功能于一身的 Geosec(Geological Section)软件系统和由 AGIP、IFP、SNEA、TOTALCFP 4 家公司联合开发的 Lcace 软件系统。Geosec 软件包是在 UNIX 操作环境下运行的, 具备强大的地质绘图功能, 平衡剖面的制作只是多功能中的一项; Lcace 软件系统是适用于剖面复原的应用软件, 提供了多种手段, 具有很大的灵活性。这方面国内的有关介绍还很少, 能代表比较领先水平的是植于 SUM 工作站上的 OSESM 系统。该软件是人机联作式的, 包含正演法和复原法两大技术方法, 其优点在于灵活方便, 不受构造范围的限制。

## 2 平衡剖面的原理和解释机理

### 2.1 平衡剖面的概念和几何原则

平衡剖面技术的推出是以物质守恒定律为基础的, 旧平衡的破坏一定伴随新平衡态的产生, 自然界的物质和能量都是力求达到平衡的。平衡剖面的解释遵循基本的几何学法则: 面积守恒、层长一致、位移一致和缩短量一致。

简单的说, 平衡解释就是提供一系列的限制条件以保证剖面解释的合理性, 既真实又合理的剖面就是平衡剖面, 不平衡的剖面一定是错误的。所以, 平衡地质剖面原理可以看作是, 一个确实存在的合理的剖面, 在垂直构造走向上遵循岩层变形前后长度、面积(二维)及体积(三维)的不改变原则, 将变形剖面恢复到沉积地层的初始状态或者从其初始状态剖面按照变形顺序得出最终变形剖面。

### 2.2 平衡剖面的解释机理

平衡剖面不等同于简单的复原剖面。因为, 任

何一条剖面, 不管其合理与否, 都能进行复原; 同时一条剖面可以有多种不同的解释就有多种不同的复原结果。所以, 剖面的复原必须结合大量资料, 经过严格计算得到<sup>[4]</sup>。目前为止, 所用的剖面平衡计算方法有正演法和复原法(恢复法)。这些计算方法都是建立在“具有一条平衡的剖面”的基础上的。建立平衡剖面是解释的基础, 其建立的基本步骤如图 1。

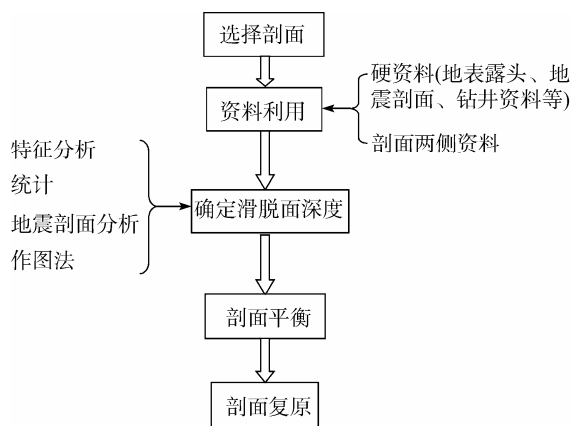


图 1 制作平衡剖面的步骤图

Fig.1 Chartographic program of balanced section

剖面的平衡过程其实是一个反复调整的过程, 利用守恒原则互相检验, 增加对解释的制约, 减少随意性, 提高解释质量。剖面的复原主要取决于解释是否合理, 而且通过复原剖面可以进一步检验剖面解释的合理性。

## 3 平衡剖面在地震资料解释中的实现方法及应用

### 3.1 平衡技术在地震资料解释中的实现方法

将平衡技术应用于地震解释是对地震解释系统的一个很重要的补充和制约<sup>[5]</sup>。一方面可以检验地震剖面的合理性, 评价并修正地震解释, 另一方面结合地震解释精确地描绘储集层的几何形状和范围, 使地震解释达到定量化解析的水平。

#### 3.1.1 正演法的应用

正演模拟采用的流程如图 2 所示。

可以看出, 运用正演法模拟并不是具体的平衡一个剖面, 只是根据一种思路去做出一个变形的剖面, 然后用计算机模拟剖面与地质资料进行比较做出取舍。其最大的优点在于, 可以迅速的检验不同方案的假设, 为地质学家的解释提供可靠的依据。同时可以直观地、动态地显示不同构造形态的形成和演化。在已完成构造解释的地段, 如塔里木盆地、鄂尔多斯盆地等各种构造的解释, 正演模拟取得了较好的效果。但由于正演法实现起来复杂, 涉及几何模型和变形模式的不确定性, 所以目前广泛应用

复原法进行平衡剖面的制作。

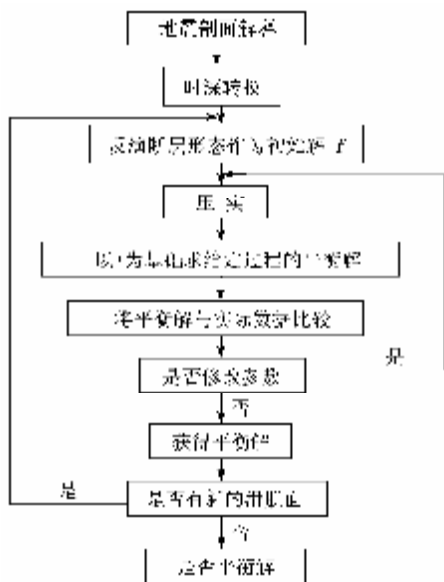


图 2 反演模拟流程图  
Fig. 2 Flow chart of conversion

### 3.1.2 复原法的应用

其流程如图 3 所示。

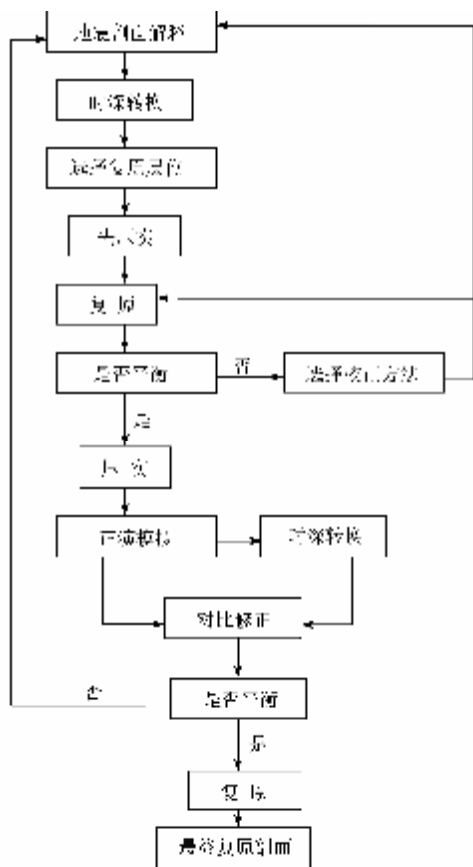


图 3 复原法制作平衡剖面流程图  
Fig.3 Flow chart of balanced section with recovering method

### 3.2 平衡技术在地震资料解释中的应用效果

以库车拗陷内最早发现的依奇克里克油田阿依库木齐剖面为例(图 4)。从剖面上看,中生界整体抬起呈向南倾斜,表明下伏地层在后期卷入了变形。剖面北段穿过背斜,为断层夹持的穹隆构造;剖面南端构造幅度变小,表现为一明显的断弯褶皱。作为滑脱的软弱层,在背斜处发生局部加厚。该背斜以滑脱面为界,与上覆地层形成了明显的不协调。由于其上有发育完整的滑脱面作为盖层,有利油气圈闭。

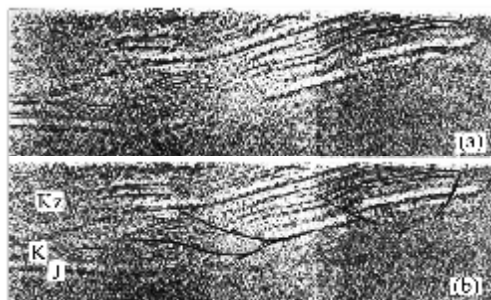


图 4 阿依库木齐剖面原始地震剖面(a)和解释剖面(b)  
Fig.4 Initial seismic section(a) and interpreted seismic section(b) of Aikumuqi section

从模拟结果看来,剖面上中生界缩短量为 10 km,缩短率为 20%,并且构造复原效果较好,为该剖面的地震解释提供了很多有效的资料(图 5)。

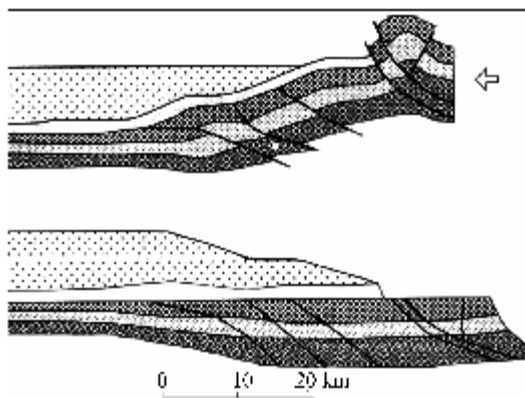


图 5 阿依库木齐剖面的构造复原图  
Fig.5 Structural recovering map of Aikumuqi section

### 4 存在问题

毋庸置疑,平衡剖面已成为一门新兴技术发展起来,也在实践中取得了较好的效果。但平衡剖面解释技术发展至今还没有很完整的理论模式,甚至有些学者还不能认同这门技术,特别是平衡观点与地震观点,两者解释的剖面存在差异时,会给解释

工作带来很多困难<sup>[6]</sup>。

a. 不能将平衡剖面作为唯一的标准去判断地震解释的准确性<sup>[7]</sup>。很多学者偏重学术性研究,但在实践过程中由于各种未知性使得解释结果与理论推导存在很大的差异。即使平衡也不代表正确,合理也不代表真实。处理好平衡解释与地震解释的关系,要考虑平衡剖面自身的应用条件,应从实际出发,既要满足地震解释的原理,又能符合平衡剖面的机理,使两者相互补充,互相制约。

b. 从平衡剖面的原理和解释机理看,剖面的平衡应该是三维的<sup>[8]</sup>,地质体实际也是多维变化的,但由于资料的缺乏和软件水平的限制,三维平衡剖面技术还不成熟,现在广泛应用的二维模拟软件还存在着很大的精度问题。

c. 在平衡和复原地震剖面时,一些地震剖面上的构造具有多解性和不真实性,要与地质剖面上的构造区分开。另外,如何选择剖面线,只是凭着地质学家们的经验判断,至今没有很系统完整的介绍。

d. 注意地震假象的干扰,尤其是不要把回转波和绕射波当作是背斜的反射,把侧面波和偏移画弧当作有效波来解释。

e. 剖面不平衡的因素到底是地质因素还是地震解释假设的错误,这一点在解释过程中应特别注意。

f. 模式化解释具有局限性,也太过于复杂化和偏重学术性。

g. 早期的研究主要是在压性地区,但就张性盆地的同沉积变形特点而言,不能简单的用压性盆地

中平衡剖面技术的几何学法则来套用。

## 5 结语

平衡剖面技术是地质构造研究与油气勘探工作的一项重要方法,而地震解释方法有其它解释方法不可替代的作用,两者相辅相成,相互制约,取长补短。平衡剖面作为一门新兴的解释技术,还有待实践的检验。相信只有不断深入的研究和探索,理论定会转为实践的工具。

## 参考文献

- [1] 梁慧社,张建珍,夏义平. 平衡剖面技术及其在油气勘探中的应用[M]. 北京:地震出版社,2002.
- [2] 张向鹏,杨晓薇. 平衡剖面技术的研究现状及进展[J]. 煤田地质与勘探,2007,35(2): 78-80.
- [3] 何维刚,王权锋. 平衡剖面技术中 Suppe 模型的求解及应用[J]. 物探化探计算技术,2005,27(4): 348-351.
- [4] 王运所,刘亚洲,张孝义,等. 平衡剖面的制作流程及其地质意义[J]. 长安大学学报(地球科学版),2003,25(1): 28-32.
- [5] 梁顺军. 平衡观点与地震观点的解释效果分析与评价[J]. 石油物探,2002,41(3): 377-384.
- [6] 张明山,陈发景. 平衡剖面技术应用的条件及实例分析[J]. 石油地球物理勘探,1998,33(4): 532-540.
- [7] 刘光炎,蒋录全. 平衡剖面技术与地震资料解释[J]. 石油地球物理勘探,1995,30(6): 834-845.
- [8] 张永华. 三维地震资料综合解释方法探讨[J]. 石油物探,2004,43(1): 49-54.

## 我国井下水水平定向钻进技术研发取得重大进展

煤矿井下水水平定向钻进技术是实现煤矿现代化生产和高效治理煤矿瓦斯的一项重大关键技术,近年来也一直是国际上关注和积极发展的关键技术。2008年4月初,由煤炭科学研究总院西安研究院承担的国家发改委煤矿瓦斯综合治理与利用关键技术研发和装备研制项目“井下水水平长钻孔钻机研制及配套工艺开发”,在陕西彬长亭南煤矿一盘区 113 工作面进行了现场工业性试验,经课题和现场技术专家共同认定,试验钻进主孔长度 1 046 m、终孔直径 96 mm,平均钻进效率 160 m/d,在 1 000 m 的设计目标位置,钻孔纵向偏差不足 1 m,横向摆动不超过 8 m,

这一结果创造了我国煤矿井下瓦斯抽放水平定向钻孔的最高记录,也体现出了定向设备和工艺较高的研发水平。

下一阶段的工业性试验将在亭南煤矿和大佛寺煤矿继续进行,进一步总结和完善不同地质条件下随钻测量定向钻进工艺和分支孔施工工艺,为煤矿井下瓦斯抽放(采)孔、探放水孔、超前勘探孔的钻进提供精确、可靠的定向技术。随钻测量定向钻进技术装备的国产化和工艺水平的提高,对我国煤矿安全技术水平的提升和安全高效开采将产生意义深远的积极促进作用。

(梅新)