

昆明盆地中深层地震剖面地震资料解释^{*}

杨润海, 张建国, 解 丽, 郭若瑾, 赵晋明, 郑定昌

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 讨论了昆明盆地中深层地震剖面的反射层标定、地震剖面的追踪对比、速度分析等资料解释工作, 结果发现以前被多数人忽视的盘龙江断裂是控制昆明盆地形成、发展的一条重要断裂, 昆明盆地不是典型的地嵌地垒型结构, 而是西断东超的结构。

关键词: 昆明盆地; 盘龙江断裂; 地震勘探

中图分类号: P315.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0666(2008)增刊-0564-04

0 引言

昆明是我国为数不多的高烈度省会城市, 是云南省经济、政治、文化中心。而昆明盆地是位于中国南北构造带南端的一个构造盆地, 地质构造复杂(姜朝松等, 2003)。昆明基底断裂构造的研究不仅是昆明盆地地震危险性评价的重要工作, 也是昆明盆地形成、演化、发展以及矿产资源研究的重要内容。

1962年以来, 煤炭、石油、地质、化工等系统在昆明盆地做了大量的地球物理探测、钻探及地表地质调查工作, 积累了较丰富的资料, 为分析昆明盆地的构造特点、新生代沉积特征及可燃有机矿产的聚积分布规律提供了有利条件。尤其是在 1983 年滇池北部地区的煤田地震勘探中, 从呈贡至南坝的 4 条近 EW 向地震反射剖面反映, 沿盘龙江有一近 SN 向的张性断裂存在, 断面东倾, 落差 180~360 m, 并向滇池方向增大。断裂带附近, 新生界等厚线密集, 变化大(王振荣, 1986)。这是首次对昆明盆地隐伏断裂的比较肯定的认识。

昆明盆地地热勘探与开发积累的深钻资料以及对深钻的科学研究为昆明盆地地层和隐伏断裂研究提供了宝贵的资料, 但总体上昆明盆地基底断裂研究始终是一个薄弱环节。

前人完成的昆明地球物理勘探和钻探资料显示, 昆明盆地基底构造为多组 NS、EW 及 NE

NW 向断裂构成棋盘格式, 形成多个断块, 组成复式地堑地垒体系(晏贤富, 1982; 姜朝松等, 2003^{a)})。从区域应力场的结果分析, 昆明地区新生代以来应力场以 NW 向压应力活动为主, 由普渡河—西山断裂和大春河—一朵云断裂所围限的昆明三角地区, 产生 NE 向张应力活动, 导致由普吉—韩家村断裂、黑龙潭断裂和白邑断裂分别控制的 4 个次级地块相继向北拉出。各断裂带固结的程度不同, 各块拉出的距离亦不相同, 形成拉张区的昆明盆地产生普吉、黑龙潭凹陷及蛇山隆起区的“两凹夹一隆”的构造格局(姜朝松等, 2003^{b)}; 荆振杰等, 2008)。

前人对昆明盆地的周边断裂有较详细的研究(姜朝松等, 2003^{a)}; 2003^{b)}; 俞维贤等, 2004), 经野外考察及年代学样品的采集测试, 给出了断裂活动的时代。但由于技术手段限制, 对盆地内隐伏断裂研究较少, 尤其是盘龙江断裂。

为了研究昆明盆地的断裂构造, 我们布置了一条 EW 向、横跨盆地西边的普渡河—西山断裂到盆地东边的白邑—横冲断裂的测线(KM4), 对盆地内的基底断裂进行反射地震勘探。地震测线位于盆地北部, 西起西山太华寺, 往东经官渡镇至果林水库(图 1)。深钻结果表明, 昆明盆地基底地层类型复杂, 从震旦系到上古生代的地层均有分布。地震测线附近钻探的昆 6 井、昆 8 井、昆油 1 井等均证实基底为下寒武系, 测线两端为中、下寒武系。测线西段滇池以西基岩出露, 地形较陡,

^{*} 收稿日期: 2008-10-20.

其余相对平坦。测线满覆盖长度 22 6 km，道距 20 m，水平叠加次数 20 次，爆炸源，经处理获得良好的叠加时间剖面（杨润海等，2008）。本文对所获得叠加时间剖面的解释方法以及所得到的主要结论进行论述。

1 昆明盆地地质概况

昆明盆地大地构造上位于扬子准地台康滇古隆起东缘。盆地基底主要由早古生代地层构成，盆地边缘则由元古界昆阳群至第三系始新统路美邑组地层组成。盆地西侧安宁地区大片出露震旦系地层，其上叠置有 EW 向的晚三叠纪到白垩纪的中生代拗陷，堆积了巨厚层红色含盐地层。盆地北部出露由古生代地层组成的褶皱构造，褶皱轴向近 SN，其上还叠置有同方向的中生代拗陷，上部又被晚新生代地层所覆盖。盆地东缘出露 NE 走向的古生代地层，其上叠置有同方向展布的晚三叠世到侏罗纪拗陷。盆地南缘为晚新生代沉积盖于 SN 向分布的昆阳群至路美邑组地层之上。盆地内部堆积有数百米厚的晚新生代松散地层（姜朝松等，2003 a）。

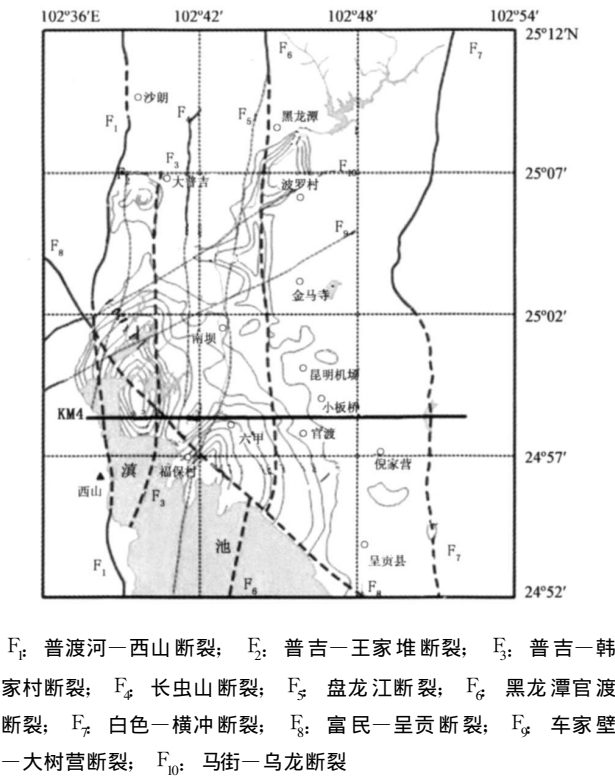


图 1 KM4 测线位置图

2 地震资料解释

2.1 地震反射层的识别标定

合成地震记录是层位标定工作的基础，是转换地质模型与地震信息的媒介。由于在本次勘探中没有进行测井工作，解释中采用昆油 1 井测井曲线中的电阻率测井曲线制作合成地震记录（图 2），对 KM4 地震剖面反射层标定识别，同时参考地面出露地层、地震反射的地层信息（相位、振幅、频率、速度等）进行综合标定。

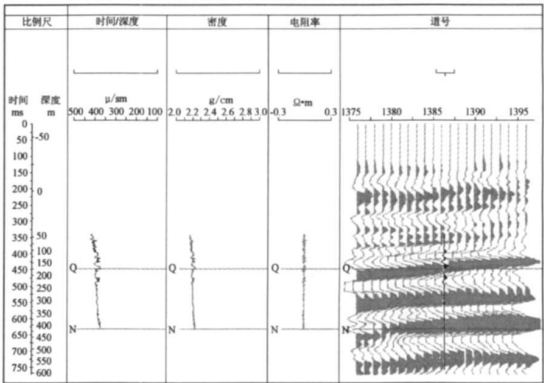


图 2 昆油 1 井测井曲线人工合成地震记录标定

对昆明盆地新生代地层的认识历来存在分歧，有人认为仅发育第四系沉积层，有人认为第四系覆盖下还发育上第三系地层。KM4 地震探测表明昆明盆地上第三系地层发育，主要依据为：（1）第四系成岩胶结程度不高，在地震反射剖面上没有很好的波阻抗界面，反射特征不明显，连续性差。而第三系地层由于成岩胶结作用较高，因此具有明显的波阻抗反射界面；（2）通过 KM4 地震速度谱的拾取分析，发现第四系地层层速度较低，一般在 1 800 m/s 以下，而第三系地层层速度一般在 2 000 ~ 3 000 m/s，具有明显的分界特征。层速度在 2 000 m/s 以上的地层，与云南的陆良、曲靖、保山等盆地的第三系层速度相当（彭劲等，2005；戴苏兰等，1998；孙晗森，1998；刘树根等，1997），因此我们认为昆明盆地存在第三系；（3）由解释分析并经钻探证实的云南诸多盆地来看，曲靖、陆良、保山等盆地的地震反射特征与昆明盆地地震反射特征相比较，它们的第三系地震反射特征及变化规律均十分相似，说明昆明盆地存在上第三系的沉积。

2.2 地震剖面的追踪对比

根据合成地震记录,对地震叠加时间剖面(图3)进行标定,找出相应的层位,同时结合区域地质图的地层出露点进行分析,通过分析相似

反射层界面及对超覆假整合等特征的综合判断、追踪整个地震剖面,可以划分出不同的地质界面。
KM4地震剖面共对比4个地震反射层位,分别是 T_N 、 T_C 、 T_E 、 T_Z (图4)。

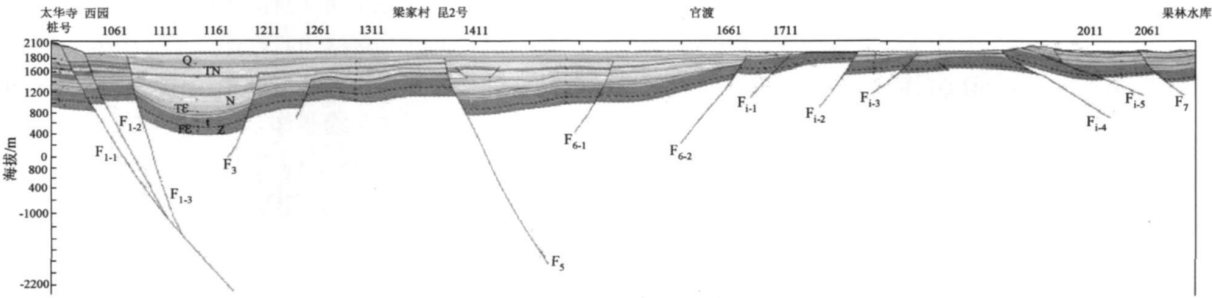


图3 昆明盆地 KM4测线剖面

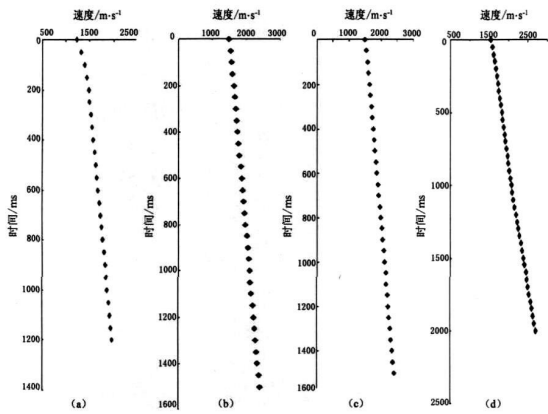


图4 T_N (a)、 T_C (b)、 T_E (c) 和 T_Z (d) 平均解释速度曲线

T_N 反射层:相当于上第三系顶界反射,其波组特征一般表现为1~2个强相位,波形稳定易辨,中强振幅,连续性较好,易于识别追踪。以第一个相位作为反射层界面,反射层之上为第四系地层,没有明显的波阻抗界面,反射层之下为上第三系地层,波阻抗界面明显,相位较多。

T_C 反射层:相当于石炭系顶界反射,在KM4地震测线上主要分布于测线西端,其波组特征一般表现为一组强相位的顶界,西部较明显,波形较稳定,中强振幅,连续性较好,易于识别追踪。以强相位的顶部作为反射层界面,反射层之上为二叠系灰岩地层,反射杂乱,反射层之下为石炭系、泥盆系灰岩、页岩夹层,波组丰富。

T_E 反射层:相当于寒武系顶界反射,其波组特征表现为一个中低频强相位,波形较稳定,强振幅,连续性较好,反射层之上可见明显的地层

超覆现象,反射层之下为寒武系灰岩、砂岩夹页岩地层,相位清楚,反射层易于识别追踪。

T_Z 反射层:相当于震旦系顶界反射,其波组特征在KM4测线上东西差异较大,官渡以西波组特征表现不明显,一般以寒武系灰岩、砂岩夹页岩地层组成的清楚相位底界作为对比追踪的反射界面,官渡以东波组特征表现为1~2个高频强相位,波形较稳定,强振幅,连续性较好,相位清楚,反射层易于识别追踪。

2.3 速度分析

由于昆明盆地KM4地震测线范围内地层岩性、层位的埋深在横向上变化较大,因此采用分层平均速度进行时—深转换,即不同反射层采用不同的平均速度曲线计算。方法是:从速度谱上确定能量团,画出速度曲线,拾取叠加速度,结合水平叠加剖面上目的层的反射时间,经时差校正、倾角校正后,用DIX公式求出层速度,再计算出平均速度,用于速度分析及及时—深转换(图3)。各反射层速度变化具有以下特点:①第四系地层层速度一般为1400~1800 m/s;②第三系地层层速度一般为2000~3000 m/s;③古生界地层层速度一般为3500~6000 m/s。

3 KM4地震测线解释及综合分析

根据地震剖面对比解释,同时参考昆6井、昆8井、昆油1井等钻井深度,采用分层平均速度曲线进行时—深转换,得到各反射层的海拔深度,绘制地质剖面地层界线,然后依据钻井地层岩性,

波阻抗反演结果, 层速度反演结果, 以及瞬时频率、瞬时相位、瞬时振幅、二维相干等特殊处理剖面, 综合分析充填地质剖面各层岩性, 完成综合地质剖面图的制作。

从图 4 上可以看到, 昆明盆地的范围主要从普渡河—西山断裂 (F_{1-3}) 到黑龙潭—官渡断裂 (F_6), 即西园至官渡之间, 到第四纪晚期东界可扩大到 F_{1-4} 附近。普渡河—西山断裂 (F_1) 和盘龙江断裂 (F_5) 主要控制着盆地的发育发展。

结合 KM4 地震测线附近的昆 6 井、昆 8 井、昆油 1 井等钻井资料, 分析发现盆地基底主要为下寒武统地层, 盆地内部下寒武统地层较薄, 东、西两端较厚, 部分地区还有中寒武统地层出露。

中新世中晚期在局部拉张应力的作用下, 造成 F_{1-3} 至 F_6 之间断陷, 形成昆明盆地并接受了上第三系、第四系的沉积地层, 而从上第三系、第四系的沉积厚度上看, 上第三系沉积早期, 盆地沉积以填平补齐为主, 之后盆地进入稳定期, 盆地沉降速度与沉积速度基本持平, 反映为上第三系中后期沉积厚度变化不大, 第四系沉积期盘龙江断裂 (F_5) 断层活动相对明显, 使两盘第四系沉积厚度差异较大, 达 140 m。

在 KM4 地震测线上昆明盆地总体呈现西断东超的特征, 整个沉积地层向东超覆于 F_6 断层之上。

从昆明盆地 KM4 测线综合地质图上看, 现今

活动的断裂有由 F_{1-1} 、 F_{1-2} 、 F_{1-3} 组成的普渡河—西山断裂带, 而 F_5 、 F_{6-1} 断层的主要活动时期在第四纪早、中期, 普吉—韩家村断裂 (F_5) 断层活动终止于第三纪末期。

参考文献:

- 戴苏兰, 刘树根, 赵永胜, 等. 1998. 云南保山盆地的形成与演化 [J]. 石油实验地质, 20 (2): 116—128.
- 姜朝松, 周瑞琦, 胡耀雄. 2003 a. 昆明盆地的地质构造特征 [J]. 地震研究, 26 (1): 67—74.
- 姜朝松, 周瑞琦, 王绍晋. 2003 b. 昆明盆地形成模式及其演化 [J]. 地震研究, 26 (2): 172—175.
- 荆振杰, 杜义, 谢富仁. 2008. 昆明周边地区活动断层滑动与现代构造应力场 [J]. 地震学报, 30 (3): 230—239.
- 刘树根, 戴苏兰, 赵永胜, 等. 1997. 云南陆良盆地的形成与演化 [J]. 成都理工学院学报, 24 (4): 9—22.
- 彭劲, 陈昭全, 邵昌明, 等. 2005. 曲江盆地的新生代地层认识 [J]. 南方油气, 18 (4): 13—17.
- 孙晗森, 刘树根. 1998. 云南保山盆地的形成与演化 [J]. 矿物岩石, 18 (增刊): 164—166.
- 王振荣. 1986. 昆明盆地地质构造特征及矿产资源 [J]. 云南地质, 5 (1): 70—80.
- 晏贤富. 1982. 云南某些断陷盆地的地质特征及物探的应用效果 [J]. 云南地质, 1 (1): 47—58.
- 杨润海, 张建国. 2008. 昆明盆地基底断裂反射地震勘探数据处理 [J]. 地震研究, 31 (4): 377—381.
- 俞维贤, 谢英情, 张建国, 等. 2004. 昆明盆地周边地区主要断裂活动时代研究 [J]. 地震研究, 27 (4): 357—362.

Interpretation of Seismic Reflection Exploring Data of Kunming Basin

YANG Run-hai ZHANG Jian-guo XIE Li GUO Ruo-jin ZHAO Jin-ming ZHENG Ding-chang
(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

We introduce the reflecting layer calibration, reflector trace and velocity analysis for the reflection exploring in Kunming Basin and give the result of data interpretation. The Panlongjiang fault is an important fault controlling the development of Kunming Basin but neglected by previous investigators, and Kunming Basin is faulting in the west and overlapping in the east, not the typical graben-horst style.

Key words: Kunming Basin; Panlongjiang Fault; seismic reflection exploration