藏北羌塘盆地反射地震剖面与叠加速度研究

卢占武[1] 高 锐[1] 李秋生[1] 匡朝阳[1,2]
刘金凯[1,2] 李朋武[1] 管 烨[1] 贺日政[1] 王海燕[1]

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;2. 中国石化集团华东石油局第六物探大队,江苏 南京 210007)

提要:本文主要阐述藏北羌塘盆地龙尾错区块的二维反射地震试验的数据采集和处理的过程。分析两条剖面的反射特征,并对叠加剖面进行了初步解释:羌塘盆地中央隆起北侧存在大规模的深凹陷构造;盆地浅部不同方向的构造变形存在较大差异;出现较强的基底反射特征;中生代、古生代地层的反射特征差异较大。文中尝试对数据处理过程中的叠加速度变化进行研究,获得了与叠加剖面较一致的结果,并进一步对某探井的构造背景提出见解。

关 键 词:西藏;羌塘盆地;反射地震剖面;试验;叠加速度;初步解释
中图分类号:P631.4+4 文献标志码:A 文章编号:1000-3657(2009)03-0677-05

羌塘盆地位于青藏高原中北部, 南北宽 300 km,东西长近 640 km,面积约 185×104 km^2。夹持于金沙江缝合带和怒江缝合带之间[1,2],总体呈现"两坳夹一隆"的构造格架[3]。目前已查明侏罗系是盆地内发育最全、分布最广泛的海相沉积层系[4-5],且岩层变形剧烈,褶皱发育[6]。由于地质条件复杂,以往工作表明羌塘盆地地震勘探难度较大。中国地质调查局在继 2004 年在南羌塘盆地完成了 2 条地震反射试验剖面[7-8]之后,2006 年又在北羌塘盆地部署了 2 条长约 57 km 的地震剖面,以期对羌塘地区的二维反射地震技术进行更广泛的探索研究。

笔者主要阐述北羌塘盆地两条剖面数据采集和处理过程,分析剖面的反射特征,并对叠加剖面进行初步解释。同时针对数据处理过程中形成的叠加速度值进行分析,获得沿测线的叠加速度剖面,并结合叠加剖面对测线上某探井的构造环境提出分析。

1 研究区概况及测线位置

研究区位于青藏高原北羌塘盆地, 地处龙尾错西侧、距双湖特别区约 100 km。区内平均海拔 4900~5500 m,多为干寒和半荒漠草场,分布着湖泊、山丘和沼泽等地貌。

部署二维地震测线 2 条,近南北向的 QT06-01 线长 42 km,南端检波点进入中央隆起区;与之相交的 QT06-02 线长 15.12 km,近东西向展布,如图 1 所示。沿测线出露的主要地层包括中侏罗雀莫错组(J_2q)砾岩、砂砾岩,中侏罗布曲组(J_2b) 泥晶灰岩、生物碎屑灰岩、礁灰岩,新生界覆盖(Q)半固结粘土、粉砂与砂岩互层,以及少量的晚侏罗索瓦组(J_3s)粉砂岩、泥灰岩。

2 地震数据的采集与处理

反射剖面为共深度点(CDP)叠加剖面,使用 408XL 数字地震仪; 前放增益 12 dB; 采样间隔 2 ms;用硝铵炸药做震源,每 120 m 放一炮,每炮 16~18 kg 炸药量;井深为 16~18 m;组合井激发为 2 口×10 m×8 kg。180 m 偏移距,360 道接收; 道间距 40 m;采用自然频率 10 Hz 的陆地检波器,组合方式为 24 个检波器线形组合;组合高差不超过 3 m。检波器挖坑埋置。

收稿日期:2008-10-07;改回日期:2009-01-13
基金项目:科技部国际合作重点项目(2006DFA21340)、国土资源部青藏高原油气专项(XQ2004-06)地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室(中国地质大学, 北京)开放课题项目 (GDL0603)和国家深部探专项(Sinoprobe-02)资助。
作者简介:卢占武,男,1978 年生,博士,主要从事岩石圈结构探测与油气资源调查研究;E-mail:luzhanwu78@163.com。
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

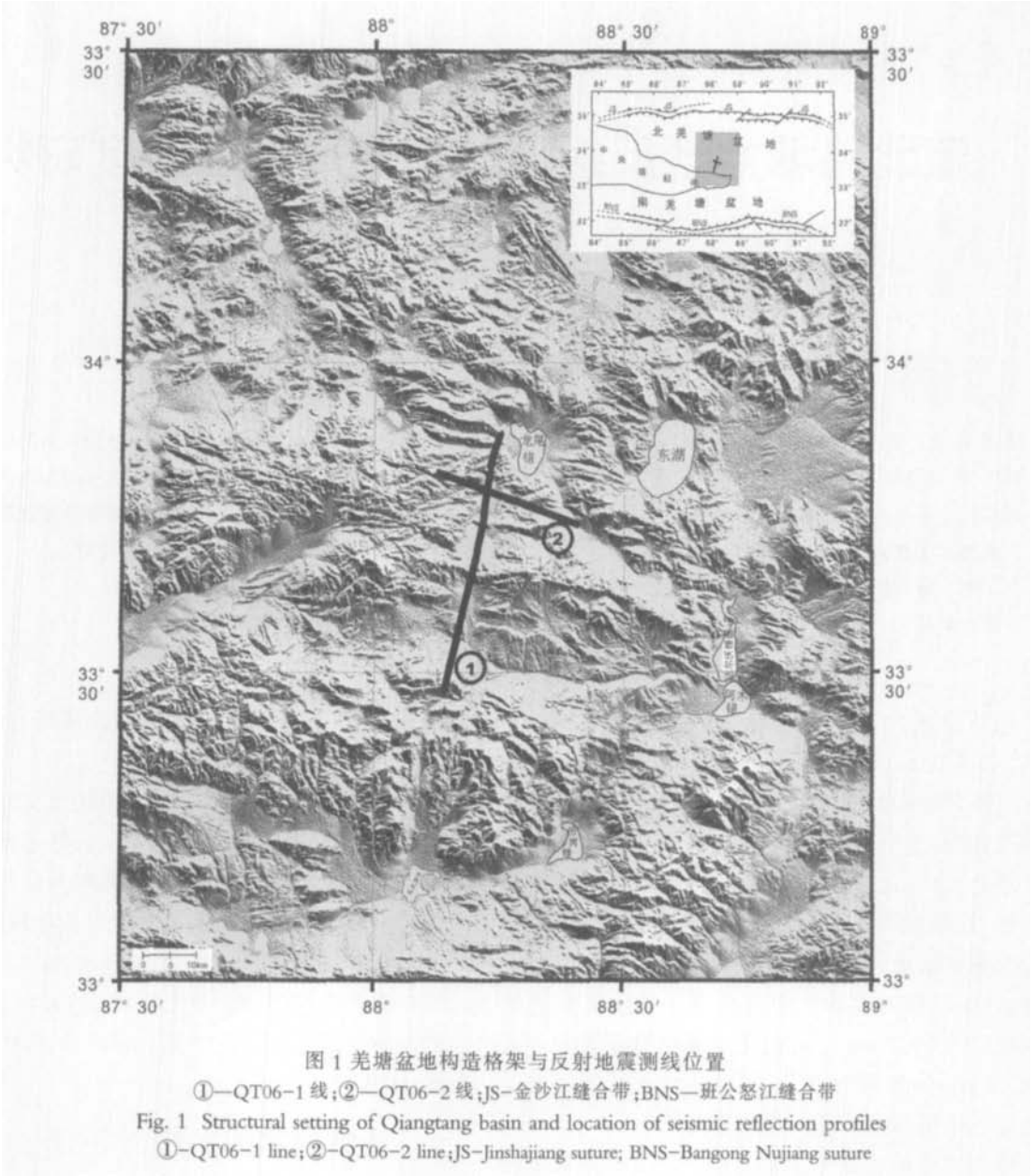

图 1 羌塘盆地构造格架与反射地震测线位置

①—QT06-1 线;②—QT06-2 线;JS-金沙江缝合带;BNS—班公怒江缝合带

Fig. 1 Structural setting of Qiangtang basin and location of seismic reflection profiles

①-QT06-1 line;②-QT06-2 line;JS-Jinshajiang suture; BNS-Bangong Nujiang suture

资料处理流程包括数据输入、数据解编、道编辑、静校正、真振幅恢复、去噪、地表一致性振幅补偿、地表一致性反褶积、速度分析、剩余静校正、动校正、叠加、剖面输出。常规处理中针对高程、近地表条件的突变,采用广义互换折射静校正方法进行野外一次静校正;采用地表一致性补偿与频率一致性处理方法解决因浅层激发条件变化引起的记录能量不均问题;采用时空变切除技术以适应整个地区动校正畸变切除的变化。精细处理中采用了复杂地区无射线层析成像静校正技术和地表一致性相关差分静校正技术。这些高精度静校正技术是获得高精度成像剖面的关键。

主要处理参数为:带通滤波 2-53-90-100,叠后滤波 6-10-45-55;静校正基准面 5100 m,替换速度 2000 m/s;振幅恢复应用时间 5000 ms;反褶积预测距离 D=24,算子长度 L=160;速度谱 CDP 间隔 25,分析距离 500 m;自动剩余静校正最大允许量 36 ms。

3 地震剖面基本反射特征与初步解释

经过严格的野外数据采集和精细的室内数据处理获得了质量较高的反射地震剖面。剖面上所显示出的反射波组丰富,揭示了盆地基底及其以上各构造层的空间展布特征。

(1) 中央隆起北侧规模较大的南倾反射特征。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从 QT06-1 线反射地震剖面(图 2)可见,在 QT06-1 剖面的南段,发育一个规模较大的深凹陷,凹陷内部为数套向下挠曲并向南倾斜的连续强反射,底部反射近乎水平。横向距离从剖面最南端 CDP1921 至地表 CDP2571 处,跨度共 650 个 CDP,约 13 km。纵向最深达 TWT 3.3 s,按速度为 6 km/s 折算深度接近 10 km。在中国石油集团公司西藏项目经理部公布的 880 线地震剖面上也存在这种深凹陷[9],赵文津等认为凹陷底部的界面是一个削蚀不整合面,是盆地内部的一个标志性界面[10]。由于剖面最南端并未进入中央隆起,因此 QT06-1 剖面南段发现的可能只是深凹陷的北侧一翼。2007 年的工作证实中央隆起北侧确实存在一个大规模的深凹陷,且凹陷两翼南陡北缓(有关 2007 年反射地震剖面的结果将另文发表)。因凹陷内部聚集巨厚的中生界沉积,并且规模较大,可能作为油气保存的有利地区。

(2)南北向与东西向剖面反射特征差异较大。QT06-1 剖面浅部多表现为挤压褶皱变形,在叠加剖面上反映为上隆的反射。在 TWT 0~3 s 存在几组隆起反射,可能是由于中生界地层受到强烈南北向挤压作用变形所致。从 QT06-2 线的叠加剖面(图 3)上看,反射同相轴比 QT06-1 线舒缓,构造作用明显变弱。剖面上普遍可见变形较弱的近水平反射层位,说明羌塘盆地的构造变形受南北向挤压作用力的影响可能大于东西向作用力影响。

(3)盆地基底表现为强反射特征。在 QT06-1 剖面上 TWT5.5 s 左右还存在一组近水平反射,能量稍强于其上、下地层,不能连续追踪。这套反射在 2004 年采集的南羌塘盆地的地震剖面上也有发现[8-9],说明其是普遍存在的,很可能是盆地老基底的反映。

(4)中生代、古生代地层的反射特征差异较大。两条剖面的叠加结果都显示出大致以 3 s TWT 为界,上、下反射底层的反射特征差异较大。在 TWT 0~3 s,反射波组连续,可清晰识别,可连续追踪距离长。与之形成鲜明对比的是在 TWT 3 s 以下,总体反射变弱,连续的反射同相轴非常少。笔者认为:TWT 0~3 s 可能是中生代地层,5.5 s 左右的强反射为羌塘盆地的结晶基底。在 TWT 3~5.5 s,可能反映了古生代地层的反射,特点是总体反射弱,变形不强烈。

4　叠加速度剖面的相关研究

通常意义下的叠加速度是将共中心点(共反射点)道集内反射同相轴校平、叠加后反射波振幅能量出现最大值对应的速度[11],在数据处理中起着至关重要的环节,甚至影响到叠前偏移的效果。因此,叠加速度是否准确,关乎整个数据处理剖面的质量。当前地震资料处理中水平叠加速度的确定方法是先分段作速度扫描、动校叠加并显示,然后根据层位叠加效果或叠加能量分布来人工拾取叠加速度。其优点是每段速度的拾取能充分发挥人的智能作用。

受地层构造影响,本区速度变化很大,地震资料对叠加速度非常敏感。因此,速度分析在长波长静校正的基础上进行以提高速度的准确性。首先对全区叠加速度变化规律进行分析总结,确定主要目的层的速度变化范围,再进行常规速度扫描,然后将扫描速度与速度谱分析进行综合,得到准确的叠加速度。

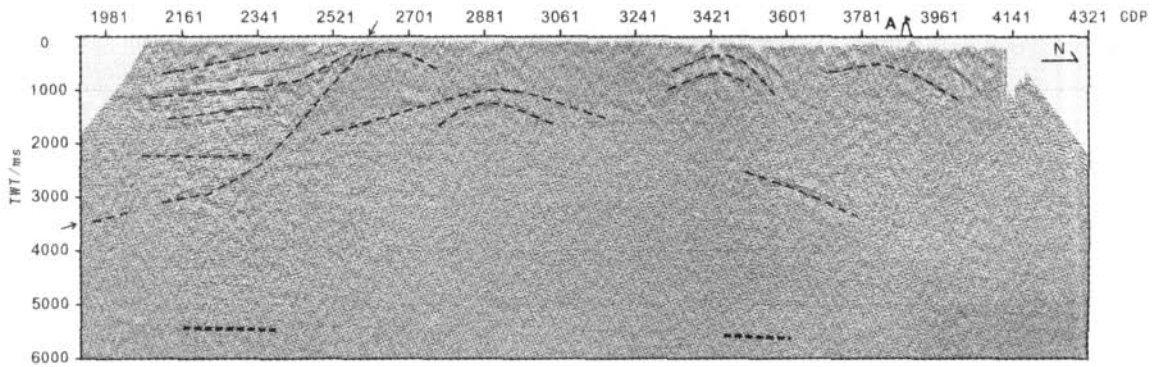

图 2　北羌塘盆地 QT06-1 线反射地震叠加剖面

Fig.2　Stack profile of QT06-1 in northern Qiangtang basin

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

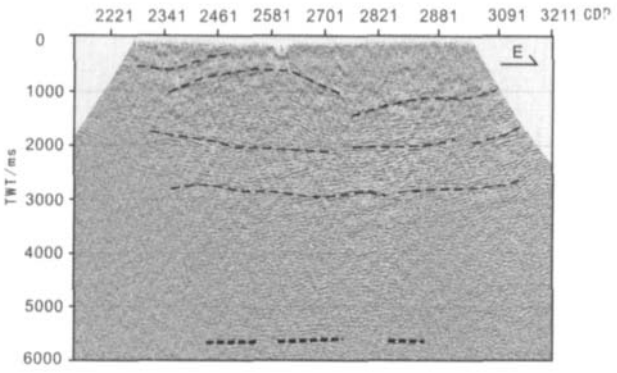

图 3 北羌塘盆地 QT06-2 线反射地震叠加剖面

Fig.3 Stack profile of QT06-2 in northern Qiangtang basin

对所得到的叠加速度进行插值计算，获得叠加速度剖面。

近存在明显的低阻异常，反映此处的岩石可能发生强烈破碎充水(据方慧等❶项目交流)。高角度倾斜的构造背景、低速高导区(体)的存在表明该处经历过一系列强烈的构造事件并导致岩层破碎，这可能是这口地质浅钻 400 m 深度以下严重放空的重要原因之一。

5 结 语

通过精心的采集与处理，获得了质量较好的反射地震剖面，为探明羌塘盆地地下结构提供了有重要价值的科学依据，为羌塘盆地的油气地震勘探提供了有意义的经验借鉴。由于特殊的条件，羌塘盆地可用于地震剖面解释的钻井资料非常少。在这种情况下，利用地震波的叠加速度剖面与处理的地震剖

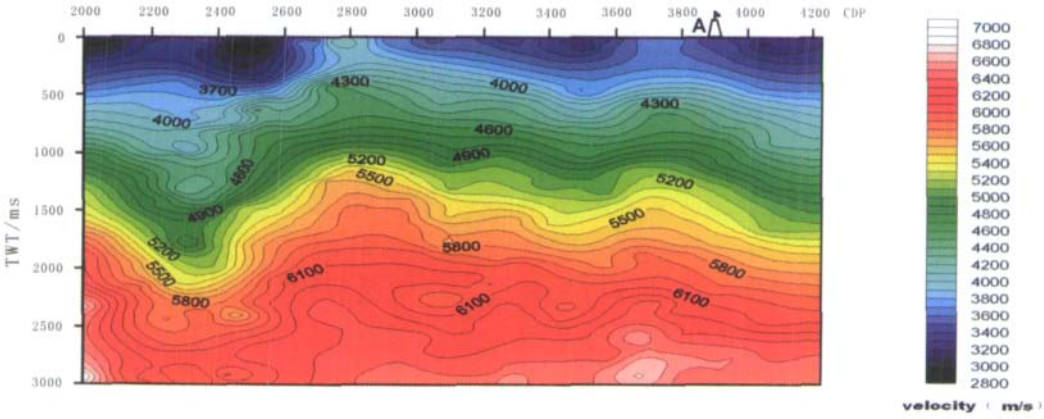

图 4 北羌塘盆地 QT06-1 线的叠加速度剖面

Fig.4 Stack velocity profile of QT06-1 in northern Qiangtang basin

如图 4 所示为 QT06-1 线的叠加速度剖面。剖面南部为一个大规模的低速凹槽，中部的相对高速隆起的形态与位置均与图 2 所反映的沿线地下结构有很好的对应性。

值得关注的是，在 QT06-1 线北部，龙尾错西曾布设一口地质浅钻。在井深约 400 m 以下，岩石破碎强烈，钻遇强烈放空现象，严重影响了钻井施工。通过图 2 及图 4(图中 A 点为钻井位置)可以看出，钻井所在的位置并非隆起顶部，而是向北高角度倾斜的隆起一翼，同时又处于一个低速带的范围内。根据连续电磁剖面测量结果，该处深度约 500 m 附面相结合应用于构造解释是一种很好的尝试。

参考文献(References)：

[1] 尹安. 喜马拉雅-青藏高原造山带地质演化 [J]. 地球学报, 2001, 22(3):193-230.
Yin An. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen-Asia continetal growth when Phanerozonic [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2001, 22(3):193-230 (in Chinese with English abstract).

[2] 高锐, 吴功建. 青藏高原亚东-格尔木地学断面地球物理综合解释模型与现今地球动力学过程 [J]. 长春地质学院学报, 1995, 25(3):241-250.
Gao Rui, Wu Gongjian. Geophysical model and geodynamic

❶方慧，等. 羌塘盆地龙尾湖区块连续电磁剖面(CEMP)测量成果报告, 2007.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

process of Yadong-Ge´ermu geoscience transect in Qinghai-Tibet plateau[J]. Journal of Changchun University of Earth Science, 1995, 25(3):241-250 (in Chinese with English abstract).

[3] 黄继钧, 伊海生, 林金辉. 羌塘盆地构造特征及油气远景初步分析[J]. 地质科学, 2003, 39(1):1-10.
Huang Jijun, Yi Haisheng, Lin Jinhui. Structural features of the Qiangtang basin and preliminary analysis on oil-gas potentials [J]. Chinese Journal of Geology, 2003, 39 (1):1-10 (in Chinese with English abstract).

[4] 王成善, 伊海生, 李勇, 等. 羌塘盆地地质演化与油气远景评价[M]. 北京:地质出版社, 2001.
Wang Chengshan, Yi Haisheng, Li Yong, et al. Geological Evolution and Prospective Evaluation for Oil and Gas of the Qiangtang basin, Tibet [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2001 (in Chinese).

[5] 贾建称, 吴新国, 王根厚, 等. 羌塘盆地东部中生代沉积特征与构造演化[J]. 中国地质, 2006, 33(5):999-1004.
Jia Jiancheng, Wu Xinguo, Wang Genhou, et al. Mesozoic sedimentary characteristics and tectonic evolution in the eastern part of the Qiangtang basin[J]. Geology in China, 2006, 33(5):999-1004 (in Chinese with English abstract).

[6] 和钟铧, 杨德明, 李才. 藏北羌塘盆地褶皱形变研究[J]. 中国地质, 2003, 30(4):357-360.
He Zhonghua, Yang Deming, Li Cai. Folds in the Qiangtang basin, northern Tibet [J]. Geology in China, 2003, 30 (4):357-360 (in Chinese with English abstract).

[7] 卢占武, 高锐, 薛爱民, 等. 羌塘盆地石油地震反射新剖面及基底构造浅析[J]. 中国地质, 2006, 33(2):286-289.
Lu Zhanwu, Gao Rui, Xue Aimin, et al. New seismic reflection profiles and basement structure in Qiangtang basin , Northern Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33 (2):286-289 (in Chinese with English abstract).

[8] 卢占武, 高锐, 匡朝阳, 等. 青藏高原羌塘盆地二维地震数据采集方法试验研究[J]. 地学前缘, 2006, 13(5):382-390.
Lu Zhanwu, Gao Rui, Kuang Zhaoyang, et al. Acquisition technique test of 2-D seismic survey in Qiangtang basin of Tibet[J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13 (5):382-390 (in Chinese with English abstract).

[9] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原羌塘盆地石油地质[M]. 北京:科学出版社, 2000.
Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. Petroleum Geology of Qitang Basin in Tibet [M]. Beijing:Science Press, 2000 (in Chinese with English abstract).

[10] 赵文津, 赵逊, 蒋忠惕, 等. 西藏羌塘盆地的深部结构特征与含油气远景评价[J].中国地质, 2006, 33(1):1-13.
Zhao Wenjin, Zhao Xun, Jiang Zhongti, et al. Deep structure and petroleum prospect evalution of the Qiangtang basin, Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33(1):1-13(in Chinese with English abstract).

[11] Chakraborty A 著, 徐炎东译. 利用小波变换法对地震数据进行频率—时间域分解[J]. 勘探地球物理进展, 1996, (3):0-21.
Chakraborty A (translated by XuYandong). Analysis on seismic data in frequency-time domain using wavelet transform [J]. Preogress in Exploration Geophysics, 1996(3):10-21(in Chinese).

A study of seismic reflection profiles and stack velocities in Qiangtang basin, northern Tibet

LU Zhan-wu[1], GAO Rui[1], LI Qiu-sheng[1], KUANG Zhao-yang [1,2], LIU Jin-kai[1,2], LI Peng-wu[1], GUAN-Ye[1], HE Ri-zheng[1], WANG Hai-yan[1]

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100037, *China;*
2. *No. 6 Geophysical Party, East China Petroleum Bureau, Sinopec, Nanjing* 210007, *Jiangsu China*)

Abstract: This paper deals with the test conducted along two 2-D seismic reflection profiles in Longweicuo area of north Qiangtang basin, Tibet. Flows and parameters of seismic data acquisition and processing are discussed, and the main characteristics of the two profiles are interpreted tentatively. Some conclusions have been reached: there is a large-sized deep depression on the north wedge of the central uplift in Qiangtang basin; there exist obviously different reflections of structural deformation in different directions, with the basement showing strong reflections and Paleozoic strata displaying weak reflections; there also exist apparent differences between Mesozoic strata and Paleozoic strata. The authors studied stack velocity from data-processing and obtained a result consistent with the stack seismic data. Furthermore, some opinions were put forward on the structural background of a drilling hole arranged near one of the seismic profiles.

Key words: Tibet; Qiangtang basin; seismic reflection profile; test; stack velocity; tentative interpretation

About the first author: LU Zhan-wu, male, born in 1978, postdoctoral student, mainly engages in the study of lithospheric structure detection and oil-gas resource investigation; E-mail: luzhanwu78@163.com.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net