

羌塘盆地石油地震反射新剖面及基底构造浅析

卢占武¹ 高 锐¹ 薛爱民² 匡朝阳^{1,3} 李秋生¹ 贺日政¹ 李鹏武¹

(1. 中国地质科学院地质研究所岩石圈中心, 北京 100037; 2. 北京派特森科技发展有限公司, 北京 100081;
3. 中国石化集团华东石油局第六物探大队, 江苏 南京 210007)

提要:针对羌塘盆地地表地质条件复杂,地震资料信噪比低,取得高质量的地震剖面存在很大困难等问题,中国地质调查局在羌塘布设了总长约 52km 的试验剖面,初步摸索出一套适用于羌塘地区地震资料采集与处理的方法技术。处理后的地震叠加剖面上反射信息丰富,揭示出盆地基底以上各构造层的空间展布特征,为查明构造圈闭和构造界面,确定地层的组合等方面,提供了高质量数据。文中在对地震反射特征分析的基础上对两条剖面显示的盆地基底的埋深、形态等方面进行了初步研究。

关键词:羌塘盆地;地震新剖面;反射特征;基底;构造

中图分类号:P315.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)02-0286-05

羌塘盆地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”的构造格局^[3]。羌塘盆地构造位置位于全球著名的产油构造带——特提斯构造带东段中部^[4,5],是目前中国陆内尚未取得石油勘探突破的最大的海相盆地。

新生代以来由于欧亚板块与印度板块的汇聚作用在青藏高原区域内发生多种形式的地壳运动,为油气资源的形成提供了良好的地质条件。在当今油气资源日益紧张的情况下,开展新一轮油气资源调查评价,在科学的战略调查基础上发现新的油气资源战略接替区,已刻不容缓。羌塘盆地成为油气评价的重点研究区。

含油气盆地的构造格局主要由盆地基底结构所决定,它控制着含油气建造的展布规律、厚度变化及宏观控油构造,因此盆地基底构造的研究意义重大。前人已经在羌塘盆地完成了一些反射地震剖面工作,但获得可靠的用于基底研究的反射剖面不多,资料信噪比低。2004 年 9 月,中国地质调查局在羌塘盆地开始试验了 2 条总长约 52km 的地震反射剖面。针对羌塘地表条件复杂,地震资料信噪比低等特点,初步试验摸索出一套适合羌塘地区的二维反射地震勘探的技术方法,经过精细处理得到的剖面获得了丰富的反射信息,为羌塘盆地的基底研究提供了可靠数据。笔者主要介绍地震剖面的反射特征及盆地基底构造。

1 地震反射资料的采集与处理

测线分布在羌塘南部坳陷内,平均海拔 4800~5300 m。QT-1 测线起点坐标为 89°34',32°30', 终点坐标为 89°31',32°67',长 33.78 km,其南端位于班公—怒江缝合带附近。QT-2 测线的起点坐标为 88°87',32°70',终点坐标为 88°89',32°90',长 17.46 km,位置接近盆地中央隆起带的前缘(图 1)。

反射剖面为共深度点(CDP)叠加剖面,使用 I/O IMAGE 数字地震仪,仪器前放增益 36db;用硝酸铵炸药做震源,每 150 m 放一炮,每炮 16 kg 炸药量;井深约 18 m;180 m 偏移距,480 道接收;道间距 30 m;检波器组合间距 10 m,组合内距 2 m(每组 24 个检波器)、2 ms 的采样间隔和 15 s 的记录时间。

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、地表一致性褶积、速度分析、剩余静校正、动校正、叠加和剖面输出。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

收稿日期:2005-11-29;改回日期:2006-02-16

基金项目:国土资源部油气资源战略选区项目(XQ2004-06)和国家自然科学基金重点项目(40334035)资助。

作者简介:卢占武,男,1978 年生,博士生,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。

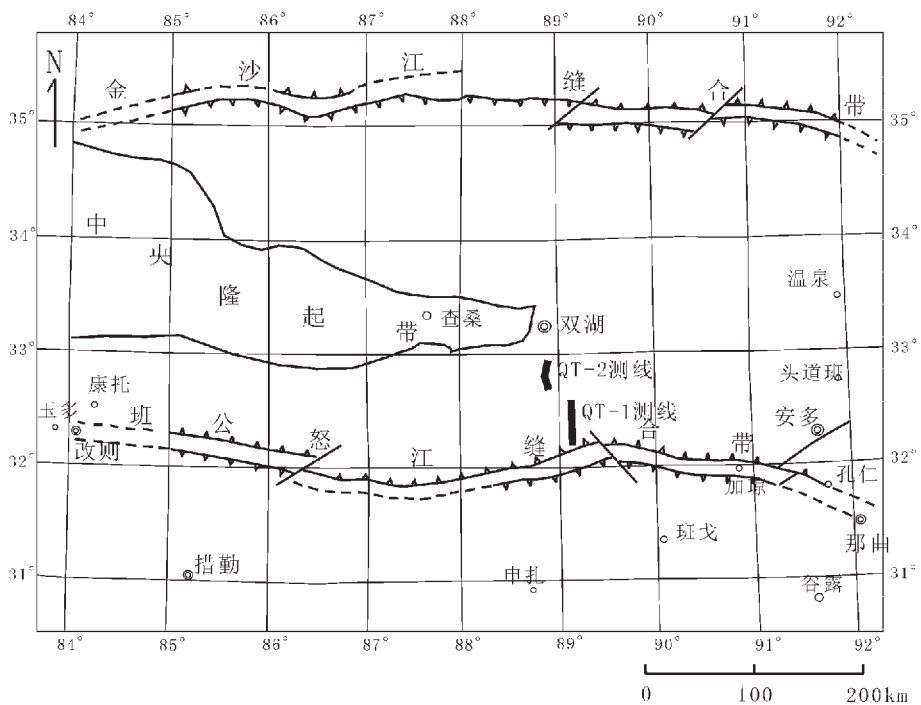


图 1 羌塘盆地构造格架与测线位置

Fig.1 Tectonic sketch map showing the tectonic framework of the Qiangtang basin and location of the seismic lines

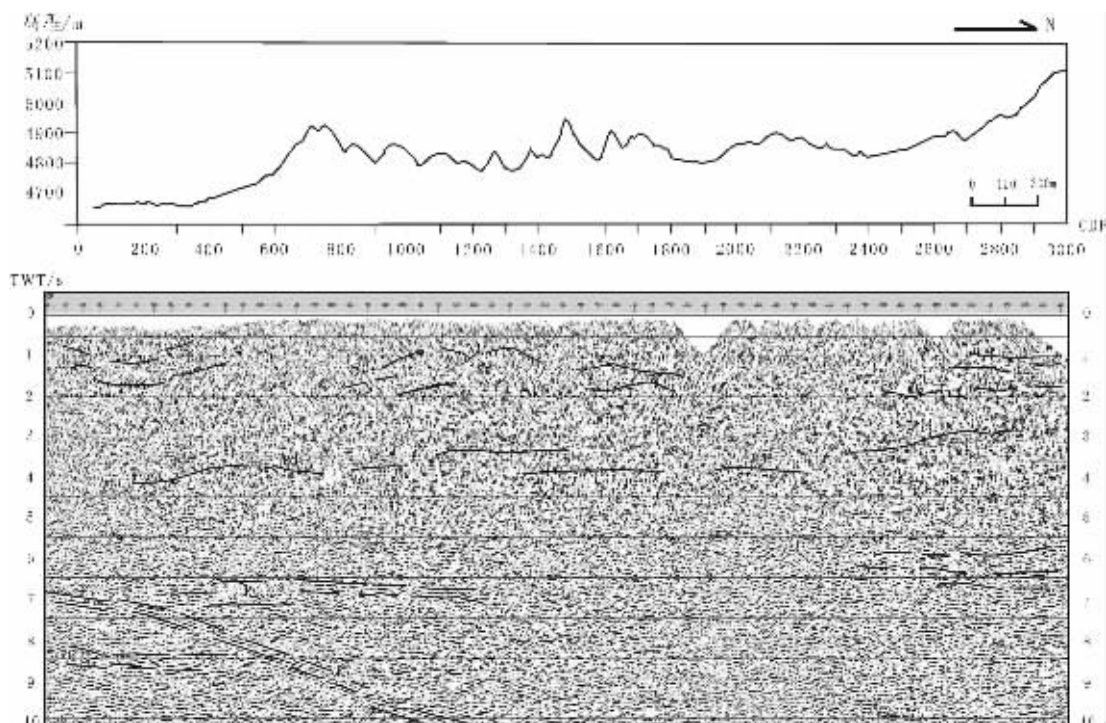


图 2 羌塘盆地 QT-1 测线反射地震剖面

Fig.2 Seismic reflection profile QT-1 in the Qiangtang basin

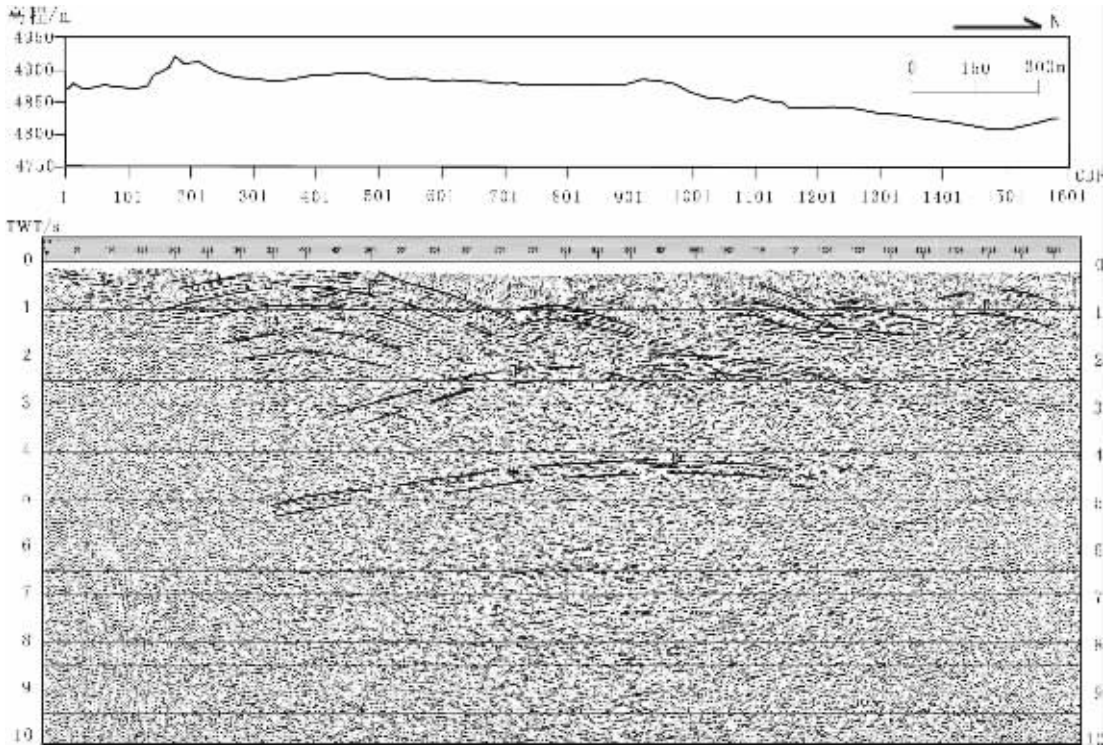


图3 羌塘盆地 QT-2 测线反射地震剖面

Fig.3 Seismic reflection profile QT-2 in the Qiangtang basin

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。

2 地震反射特征分析

按照上述采集参数进行施工,获得总长为 51.24 km 高质量的地震叠加剖面。叠加剖面显示出的丰富信息揭示出盆地基底以上各构造层的空间展布特征,为查明构造圈闭和各地质界面,确定地层组合等方面,提供了高质量数据。在叠加剖面上,从 0.5~7.50 s 能够清楚地识别出多组振幅较强、同相轴连续的反射层。

2.1 QT-1 测线反射特征

在 QT-1 测线反射剖面(图 2)上,可把 TWT(双程旅行时)0~2 s 范围内的浅层反射划为 3 组,即 R1、R2 和 R3。R1 位于剖面的南段,CDP(Common Depth Point,共深度点)号在 100~500,R2 反射位于剖面中段,R3 位于剖面北段,CDP 范围为 2400~3000。R1、R2 反射形迹清楚,能量较强,R3 反射能量稍弱,但层位平缓。反射能量的变化与 QT-1 测线北端的灰岩地层有关。在中深层也捕捉到了有效的反射信息。在 TWT 3~4 s 范围内,在贯穿整个剖面的南北都存在一系列不连续的反射 R4,这可能是盆地基底的反映。在剖面北段

CDP 范围 2200~3000,TWT 在 6 s 左右发现一套波组特征明显的反射 R5;剖面南端在 CDP 0~1200 范围内,发现 R6 反射层,在 CDP 400 附近 R6 被另一组明显北倾的强反射层 R7 错断。错断的 R6 反射的下盘位于 TWT 8 s 左右,上盘位置在 TWT 6 s 左右。北倾的 R7 反射震相清楚,连续性好,可以连续追踪到 10 s 以下,可能与拉萨地体向北运动有关。

2.2 QT-2 测线反射特征

QT-2 测线浅部反射信息整体上比 QT-1 测线更丰富(图 3)。R1 为剖面南部一组具有相同轴向的隆起,至少由 3 套上隆反射层位组成,CDP 范围 200~700,而且越靠近地表,上隆变形尺度越大,不同层位之间存在一定的继承性。这与和钟铨等^[9]的看法一致。R2、R3 为另外两组浅层反射。剖面中部 3 s 处存在一套能量相对较弱的微隆反射 R4。4.5 s 处发现的一个大规模向上隆起的强反射界面 R5,同相轴连续性好,能量集中,稍向南倾,最深可延深到近 5 s 处,可能是羌塘盆地的基底。

综合分析两条剖面,不难看出纵向上从浅层到中深层反射面貌差异较大,横向上的反射波组特征变化也很明显。体现出羌塘盆地由于受多期构造活动的影响形成多个构造层,不同构造层的变形特征存在明显差异。中深层反射层位的发

现对研究羌塘盆地构造演化、变形特征以及解释浅层剖面非常有价值。能够获得这些有效信息,表明这次的采集方案是相当成功的。

3 对基底构造的初步认识

在中国西部寻找油气资源应考虑深部构造对盆地构造背景的控制^[7]。含油气盆地基底结构影响着盆地的构造格局,制约着含油气建造的展布规律、厚度变化以及宏观控油构造。

印度板块与欧亚板块碰撞作用造成了青藏高原基底构造的复杂多样性。熊绍柏等^[8]认为班公—怒江缝合带以南的洞错盆地结晶基底上部的沉积层速度为 4.0~5.9 km/s,厚度可达 11 km;INDEPTH 成果^[9]认为青藏高原内部沉积厚度变化明显,班戈沉积厚度只有 4 km,向北到班公—怒江缝合带之下,突然加深到 25 km,向北变浅,到双湖北变为 5 km。李秋生等^[10]认为巴颜喀拉地体结晶基底最深为 10 km。滕吉文等^[11]的研究表明青藏高原北缘的柴达木地区沉积厚度可以达到 15~19 km。

本次完成的反射地震剖面上几处明显的反射层位,有可能反映研究区内盆地基底的埋深和形态。QT-1 测线剖面上,TWT 3~4 s 范围内,存在一系列不连续的反射 R4(图 2),贯穿整条剖面的南北,这可能是羌塘盆地基底的反映。如果上覆沉积层的地震波速度按照 5.8~6.0 km/s 计算,折合深度为 8.7~12 km。在 QT-1 测线剖面北端 6 s 处出现的一组清晰的反射层位(图 2 中 R5),振幅较强。剖面南端 CDP 在 0~1 200 范围内,发现了 R6 反射层。这两套强反射可能是构造滑脱层。已有地球物理探测结果表明,青藏高原地壳在 20±5 km 深度范围内普遍存在低速高导层,横向分布不连续,低速高导层起到构造滑脱的作用^[2]。南侧 7 s 以下出现的北倾连续强反射(图 2 中 R7)可能是受怒江缝合带对盆地构造的影响,是拉萨地体向北运动的反映,这组强反射将一套近水平的反射层(图 2 中 R6)错断,说明拉萨地体向南俯冲到羌塘地体之下的行为已经对羌塘盆地构造背景产生了影响。值得进一步研究。

QT-2 测线的 4.5 s(折合深度约为 12 km)出现的规模较大,微向上隆的反射层位(图 3 中 R5),推测为盆地基底。该隆起有微向南倾的趋势,最深处到了 TWT 5 s 处,折合深度 15 km。QT-2 测线总体上表现出南北挤压变形特征,基底受强烈挤压向上隆起变形,上覆地层又受挤压重复出现逆冲叠置。最南部的隆起构造最为典型,隆起中心已接近地表(图 3 中 R1)。保存较好的局部隆起位于剖面中部 2.5 s 处左右出现的轴向平行的一组隆起反射,隆起幅度较大(图 3 中 R4),分析可能是基底隆起的继承。

QT-1 测线与 QT-2 测线的基底反射面貌存在较大差异。靠近班公—怒江缝合带的 QT-1 测线具有较深较平缓的基底。由于 QT-2 测线靠近中央隆起,基底表现为南深北浅的特征。表明此剖面已经受到中央隆起的影响。综上所述,羌

塘盆地的基底起伏受构造影响变化较大;基底不连续起伏可能是后期构造演化时的强烈改造作用的结果。

4 结 语

虽然羌塘地区地表条件复杂,但选择有效的采集方法,精心处理数据,是能够获得丰富的地震反射信息的。这些有效的地震反射可以为揭示盆地基底及其上各构造层的空间展布特征,查明构造圈闭,确定地层的组合等方面提供依据。通过剖面反射特征分析,可以看出:

(1)南羌塘盆地的沉积盖层厚度为 8~12 km。

(2)盆地基底不连续起伏,接近中央隆起带附近,基底变浅。

(3)拉萨地体向北运动的动力学作用已经影响到羌塘盆地的构造背景。

盆地基底构造的研究对于揭示盆地沉积厚度,含油气建造的展布规律等方面有重大意义^[12]。由于羌塘盆地复杂的构造环境,对其基底构造特征及盆地含油气评价的研究,有待进一步加强。

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 continental growth when Phanerozoic[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 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] 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).
- [5] 叶和飞, 罗建宁, 李永铁, 等. 特提斯构造域与油气勘探[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(1): 1~27.
Ye Hefei, Luo Jianning, Li Yongtie, et al. Tethyan tectonic domain and petroleum exploration [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2000, 20(1): 1~27 (in Chinese with English abstract).

- [6] 和钟铎, 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] 袁学诚. 论中国西部岩石圈三维结构及其对寻找油气资源的启示[J]. 中国地质, 2005, 32(1):1~12.
Yuan Xuecheng. 3D lithospheric structure of western China and its enlightenment on petroleum prospecting[J]. Geology in China, 2005, 32(1):1~12 (in Chinese with English abstract).
- [8] 熊绍柏, 刘宏兵. 青藏高原西部的地壳结构[J]. 科学通报, 1997, 42(12):1309~1312.
Xiong Shaobai, Liu Hongbing. Crustal structure in the west Tibetan plateau[J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(12):1309~1312 (in Chinese with English abstract).
- [9] 赵文津, 刘葵, 蒋忠惕, 等. 西藏班公湖-怒江缝合带-深部地球物理结构给出的启示[J]. 地质通报, 2004, 23(7):623~635.
Zhao Wenjin, Liu Kui, Jiang Zhongti, et al. Bangong Co-Nujiang suture zone, Tibet—a suggestion given by deep geophysical structure[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(7):623~635(in Chinese with English abstract).
- [10] 李秋生, 彭苏萍, 高锐, 等. 青藏高原北部巴颜喀拉构造带基底隆起的地震学证据[J]. 地质通报, 2003, 22(10):782~788.
Li Qiusheng, Peng Suping, Gao Rui, et al. Seismic evidence of the basement uplift in the Bayan Har tectonic belt, Qinghai, and its tectonic significance[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(10):782~788(in Chinese with English abstract).
- [11] 滕吉文, 张中杰, 杨顶辉, 等. 青藏高原地体划分的地球物理标志研究[J]. 地球物理学报, 1996, 39(5):629~641.
Teng Jiwen, Zhang Zhongjie, Yang Dinghui, et al. The study of geophysical criterion for dividing terranes in Qianghai-Xizang plateau[J]. Acta Geophysica Sinica, 1996, 39(5):629~641 (in Chinese with English abstract).
- [12] 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, 2005, 33(1):1~13.
Zhao Wenjin, Zhao Xun, Jiang Zhongti. Deep structure and petroleum prospect evaluation of the Qiangtang basin, Tibet [J]. Geology in China, 2005, 33(1):1~13 (in Chinese with English abstract).

New seismic reflection profiles and basement structure in the Qiangtang basin, northern Tibet

LU Zhan-wu¹, GAO Rui¹, XUE Ai-min², KUANG Zhao-yang^{1,2},

LI Qiu-sheng¹, HE Ri-zheng¹, LI Peng-wu¹

(1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. Petrosound Tech. Dev. Co., Ltd. Beijing 100081, China;

3. No.6 Geophysical Prospecting Party, East China Petroleum Bureau, Sinopec, Nanjing 210007, China)

Abstract: It is hard to acquire high-quality seismic sections in the Qiangtang basin because of complex surface geological conditions and a low signal-noise ratio. In regard to this problem, the authors deployed test seismic profiles with a total length of ~52 km in Qiangtang and preliminarily developed a set of seismic data acquisition and processing techniques suited to the features of this area. The two processed stacking profiles show informative reflection and reveal the features of spatial distribution of various structural layers above the basement, which provides high-quality data for ascertaining the structural traps and tectonic boundaries and determining the stratigraphic grouping. On the basis of an analysis of the seismic reflection characters, a preliminary study of the burial depth and morphology of the crystalline basement of the Qiangtang basin displayed by the two profiles has been undertaken.

Key words: northern Tibet; Qiangtang basin; new seismic profile; reflection character; basement; structure

About the first author: LU Zhan-wu, male, born in 1978, Ph.D candidate, majors in the lithospheric structure study and petroleum resource survey; E-mail: luzhanwu78@163.com.