

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

西藏查藏错—申扎南北向活动构造带运动学特点

李才, 翟庆国, 徐锋, 朱志勇

吉林大学地球科学学院, 长春, 130061

内容提要: 查藏错—申扎南北向裂陷带是横贯冈底斯山脉谢通门—申扎南北向断裂带的北段, 格仁错北西向断裂为查藏错—申扎裂陷盆地的转换边界。裂陷盆地内没有发现前更新世沉积物, 该裂陷带断开了上新世地层和 5.45 Ma 的白云母花岗岩体。从查藏错到申扎, 裂陷带两侧的岩体、地层和构造线完全可以恢复和拼接。查藏错—申扎裂陷盆地获得 130 ka 沉积物年龄, 为裂陷盆地已知最早的沉积物年龄。推测裂陷带的初始发育时间为晚更新世晚期。根据地质和定年研究, 130 ka 以来查藏错—申扎裂陷带东西向裂开的宽度为 6750~12500m, 以此计算裂陷盆地东西向扩张速率大于 51.9mm/a。南北向挤压和东西向伸展是冈底斯地区地壳力学系统的两种表现形式。

关键词: 活动构造; 南北向裂陷带; 东西向伸展; 查藏错—申扎; 西藏

南北向活动构造是青藏高原地壳表层最显著的构造形式之一, 冈底斯地区又是南北向构造最为集中区域 (Armijo et al., 1986, 1989; Molnar et al., 1989; 国家地震局地质研究所, 1992; 蔡宏祥等, 1997; 刘经南等, 1998, 2000; 魏顺民等, 2000; 马宗晋等, 2001a, 2001b; 杨德明等, 2001; 汪一鹏等, 2001; 张培震等, 2001, 2002a; 王淇等, 2002; 赵文津等, 2002, 2004; 李秋生等, 2004)。GPS 测量定量刻画了现今青藏高原地表地壳运动方向和速率 (刘宇平等, 1994; 蔡宏祥等, 1997; 朱文耀等, 1998; 刘经南等, 1998, 2000; 党亚民等, 1998; 王淇等, 1998, 2002; 宋成骅等, 1998; 周硕愚等, 1998; 陈智梁等, 1999; Chen et al., 2000; 江在森等, 2001; 游新兆等, 2001; 张培震等, 2001, 2002b; 王小亚等, 2002)。高原地理地貌、卫星资料等形象真实地反映了新生代以来南北向构造形态 (Molnar et al., 1984; Peltzer et al., 1988; 国家地震局地质研究所, 1992; Coleman et al., 1995; Yin An, 2000; 马宗晋等, 2001a, 2001b; 汪一鹏等, 2001; 杨德明等, 2001; 袁道阳等, 2001; 张培震等, 2002b)。印度板块沿西瓦里克带持续俯冲, 导致青藏高原到天山间数千千米的地壳缩短、青藏高原的隆升和青藏高原东部沿大规模的走滑断裂向东挤出, 对高原现今地貌格局的形成和环境演化变迁产生重大影响, 是地学界关注的热点科学问题之一 (Molnar et al., 1975; Tapponnier et al., 1982;

England et al., 1986; Houseman et al., 1993; Coleman et al., 1995; 江在森等, 2001; 熊熊等, 2001, 2002; 张健等, 2002; 张培震等, 2002a, 2002b)。对于发生在最近地质时期东西向地表伸展产生的构造位移能否进行量化, 能否定量描述现今运动方向和速率, 是当前新构造研究的一个新课题。

1 查藏错—申扎裂陷带地质概况

查藏错—申扎南北向裂陷带南北向长 100 余千米 (图 1), 裂陷带宽 6750~12500m, 平面呈折线状, 裂陷带的两侧均为高角度伸展正断层, 尤其西侧现代活动断层发育密集。裂陷带西侧的甲岗山脉呈南北向展布, 呈快速隆升状态 (国家地震局地质研究所, 1992; Yin, 2000), 最大高差达 1800m, 大量的垂向沟谷由于断层作用形成悬谷, 活动断层多处断开全新世的洪积扇扇体 (图 2), 甚至一个洪积扇被多条断层断开, 断层的垂直落差数十米到数百米, 控制了晚更新世以来的湖积、洪积和冰积物堆积 (国家地震局地质研究所, 1992)。洛波错活动断层断开了现代温泉泉华 (图 3), 这些特点在 TM 卫星遥感图像上有明显反映 (图 4)。对查藏错—申扎南北向裂陷盆地的实地填图发现, 裂陷盆地内没有发现新近纪地层 (国家地震局地质研究所, 1992), 显然裂陷作用发生在上新世以后, 通过热释光对第四纪沉积物定年研究, 只在甲岗山北侧和东侧发现有晚更新世少

注: 本文为中国地质调查局青藏高原地质调查项目 (编号 2000130000914; 200313000054) 的成果。

收稿日期: 2003-06-15; 改回日期: 2005-02-20; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 李才, 男, 1953 年生, 教授, 主要从事青藏高原大地构造与区域地质研究。通讯地址: 130061, 吉林省长春市建设街 2199 号, 吉林大学地球科学学院; Email: lcail@jlu.edu.cn。

量沉积物,可能为裂陷盆地最早的沉积物年龄。

查藏错—申扎裂陷带内分布南北向的热泉群、现代沉积物中发育的南北向伸展断裂、南北向甲岗山脉快速隆升和东西向很高的扩张数率等反映了该裂陷带正处于活动的高峰时期。据不完全统计,近百年来查藏错—申扎裂陷带及附近发生3级以上地震达17次之多(西藏地震局,1998),至今仍是地震频发区。甲岗南侧经巴勒到新吉一带发育长达百余千米的地震反坎,在卫星图像上十分醒目。

格仁错北西向断裂是冈底斯地区一条最重要的平移大断裂,查藏错—申扎裂陷盆地东西向的位移量被其吸收。断裂以北,南北向构造不明显,格仁错

断裂显然为查藏错—申扎裂陷带的重要转换边界。

2 伸展量估算与裂陷带的拟合

2.1 初始伸展时间的确定

在申扎以南的甲岗山北侧打个龙弄巴古湖阶地获得96.73 ka的热释光年龄,在其下的另一个阶地获得了62.9 ka的热释光年龄。甲岗山东侧冰积物中获得29.67 ka的热释光年龄。甲岗山东侧获得130 ka的洪积物热释光年龄(马宗晋等,2001a, 2001b)。以上四组年龄为晚更新世,在裂陷带中目前尚未发现更早年轮的沉积物。在甲岗山东侧裂陷盆地沉积物中获得6.53 ka、5.82 ka、5.74 ka、2.46

ka、1.07 ka的全新世湖积物和冲积物年龄。裂陷带断开了上新世地层,也断开了5.45 Ma的白云母花岗岩,初步确定这个裂陷带的形成很晚,可能在晚更新世才形成,即形成年代晚于130 ka。

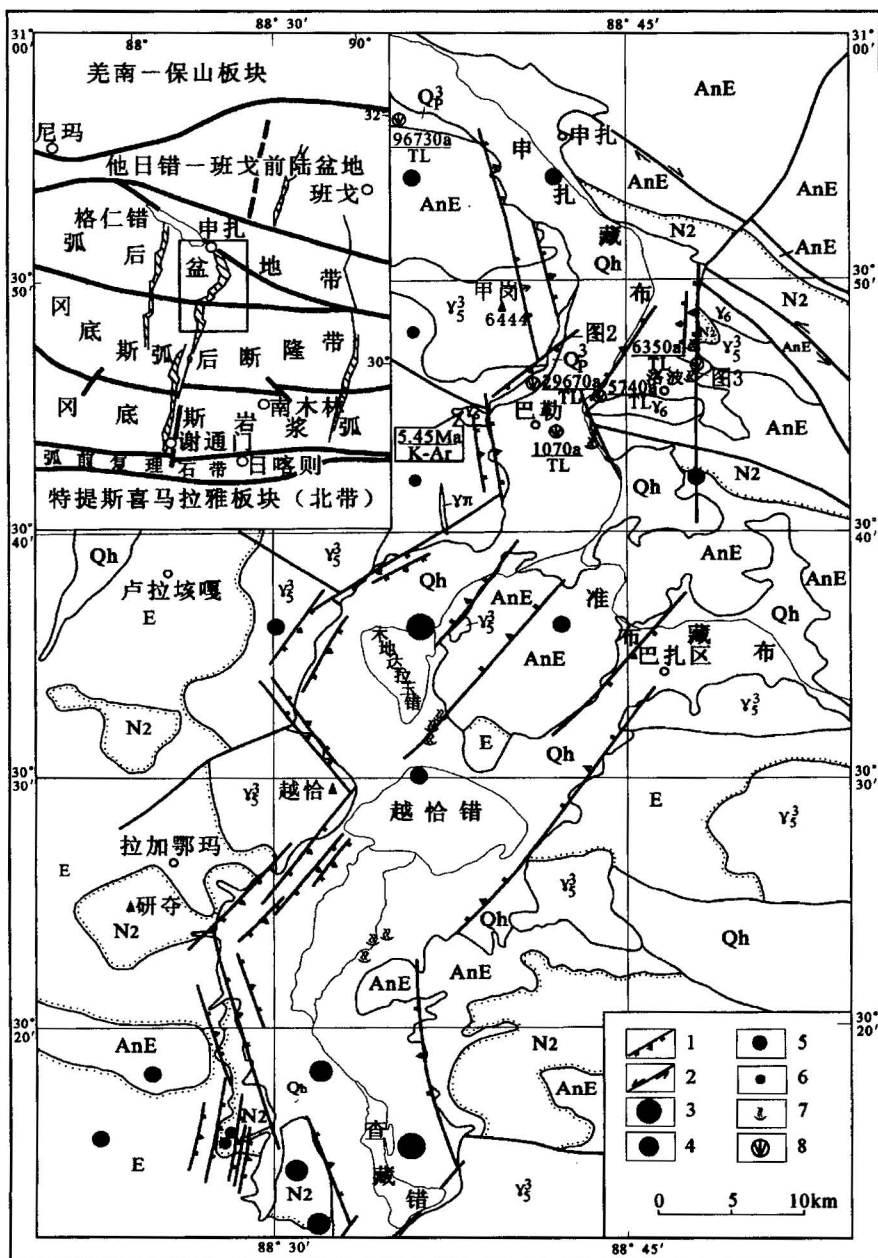


图1 西藏查藏错—申扎南北向裂陷带地质简图

Fig. 1 The geological map of Chazang Co—Shantsa north-south-trending fault-depressing belt, Xizang (Tibet)

Qh—全新统; Qp—上更新统; N₂—上新统乌郁群; E—古近系林子宗群; AnE—前古近纪地层; γ_3^3 —燕山期花岗岩闪长岩、花岗岩; γ_6 —喜马拉雅晚期花岗岩; 1—张性(正)断层; 2—压扭性断层; 3—M>6级地震震中; 4—M5~5.9级地震震中; 5—M4~4.9级地震震中; 6—M3~3.9级地震震中; 7—温泉群; 8—同位素年龄 K-Ar 法/TL(热释光)法

Qh—Holocene; Qp—Pleistocene; N₂—Pliocene Wuyu Group; E—Paleogene Linzizong Group; AnE—Pre-Paleogene; γ_3^3 —Yanshanian epoch granodiorite, granite; γ_6 —Late-Himalayan granite; 1—extension (normal) fault; 2—compress shear fault; 3—M>6 earthquake epicenter; 4—M5~5.9 earthquake epicenter; 5—M4~4.9 earthquake epicenter; 6—M3~3.9 earthquake epicenter; 7—hot spring; 8—isotopic age; K-Ar dating/thermoluminescent dating

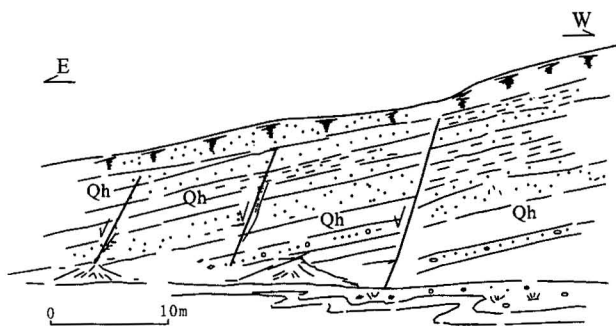


图2 甲岗山东侧第四系中的高角度正断层
(位置见图1)

Fig. 2 High angle normal fault in Quaternary at east of Jiagang Hill(location seen fig. 1)

申扎以南的新沟一级阶地和洛波错以东获得的孢粉组合为晚更新世—全新世,未见更早的孢粉组合(国家地震局地质研究所,1992)。

当穷错—许如错裂陷带内发育中新世早中期白榴石响岩,K-Ar 年龄 19.04 Ma、14.22 Ma、12.6 Ma,并在高角度正断层带的方解石中获得 11 ka 的 ESR 年龄,说明自中新世以来持续活动^①。夏康地垒块断山的成型时间主要为中更新世,全新世活动性明显减弱^②。显然各个断陷带的发育时间上存在先后差异,因查藏错—申扎裂陷带内没有获得大于 130 ka 的沉积物年龄,其发育的时间晚于其他南北向构造带,各裂陷盆地发育时间的不一致。Armijo 等(1986)认为西藏中南部南北向地堒的形成和裂谷运动开始于 2.0 ± 0.5 Ma。吴珍汉等(2001)研究认为区域性的伸展裂陷与差异升降事件的开始时代约为 8~6.5 Ma。

2.2 伸展量的估算

从查藏错到申扎,裂陷带两侧的岩体、地层和构造线完全可以拼接,可以直接从图1和卫星影像上测量出东西向的伸展量。根据地质依据和沉积物定年研究,130 ka 以来东西向裂开的宽度为 6750m(巴勒)、查藏错以北裂开的宽度为 12500m(昂扎)。以此计算裂陷盆地东西向双向扩张速率为北部 51.9mm/a;南部 94.2mm/a,南部伸展速度明显快于北部(图2)。

2.3 裂陷带的拟合

查藏错—申扎裂陷带具有明显的双断式伸展特点,两侧正断层高角度向内倾斜,在查藏错以北裂陷带分成东西两支,中间夹持一个约

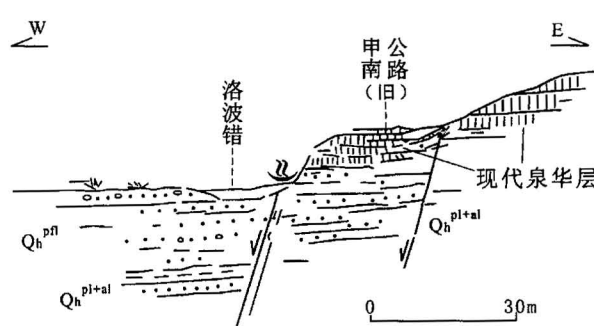


图3 洛波错活动断层断开了现代温泉泉华
(位置见图1)

Fig. 3 Luobo Co active fault cuts current hot spring sinter(location seen fig. 1)

40km 的半岛状块体。裂陷带两侧地质体没有发生明显南北向位移,西侧以甲岗山脉为固定的参照体系,东侧向西复原拼贴。复原的结果两侧地质体基本对接,吻合程度很好(图5)。除去与裂陷作用无明显



图4 查藏错—申扎裂陷带遥感影像特征

Fig. 4 The remote sensing feature of Chazang Co—Shantsa fault-depressing belt

关系的第四系外,约 800km²的裂陷带面积中,只有约 120km²左右不能完全拟合。如按等高线进行拟合复原,吻合程度会更高。拟合前后的面积差为 677km²,扩展出的面积呈正梯形(图 5),反映出南北伸展的不均衡性。

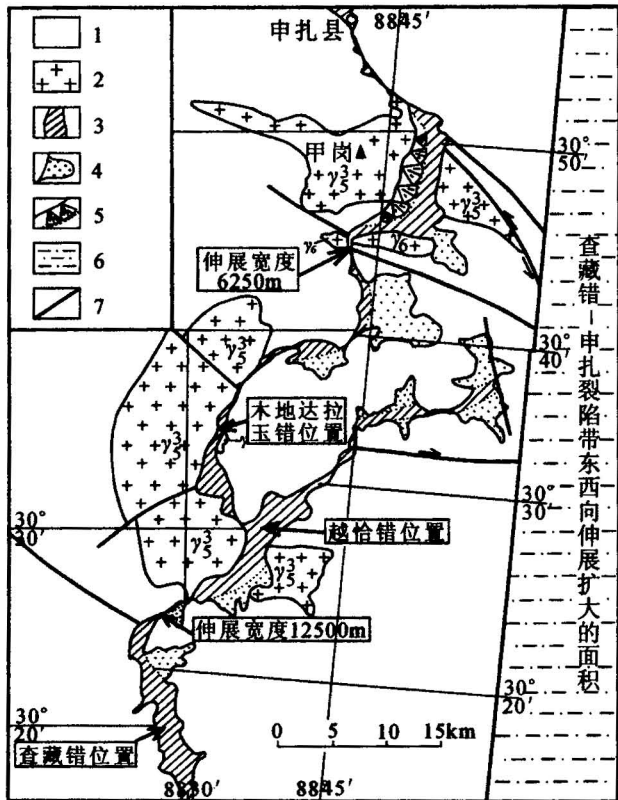


图 5 查藏错—申扎裂陷带拟合复原图

Fig. 5 The recovered map of Chazang Co—Shantsa fault-depressing belt

1—前第四纪地层; 2—花岗岩类(γ_3^3 , γ_6); 3—不能完全拼合的部分; 4—与裂陷作用无关的第四系冲积扇; 5—甲岗山东侧现代洪积扇; 6—伸展裂陷带伸展前后面积差; 7—(走滑)断层
1—Pre-Quaternary; 2—granitoid (γ_3^3 , γ_6); 3—incomplete combined parts; 4—Quaternary pluvial fan unrelated with rift; 5—pluvial fan east to Jiagang hill; 6—change of extensional fault-depressing belt during extensional time; 7—fault (strike-slip fault)

3 南北向构造运动学分析与讨论

3.1 青藏高原南北向构造展布规律

以班公湖—怒江板块缝合带为界,青藏高原南北向构造具有明显不同特点,该带以北的羌塘地区为北西和北东两组大型走滑断裂组成的菱形网络系统,伴有近南北向的追踪张性断裂,沿断裂发育断陷盆地和新近纪以来的碱性火山岩。班公湖—怒江板块缝合带以南的喜马拉雅和冈底斯地区则发育近南北向的大型断陷带为特征(Armijo et al., 1986,

1989; Molnar et al., 1989; 国家地震局地质研究所, 1992; 马宗晋等, 2001a, 2001b; 汪一鹏等, 2001; 杨德明等, 2001), 尤以冈底斯地区的南北向裂陷带更为显著, 狮泉河—羊八井贯穿冈底斯的南北向构造带超过 7 条^⑨。有的南北向构造横跨喜马拉雅和冈底斯, 切穿山脉和雅鲁藏布江板块缝合带, 长度达 500km 以上。有的裂陷谷地呈斜列状, 多数呈近南北的追踪张性折线状发育。冈底斯地区的南北向裂陷带由西向东大致 120km 一条, 其中规模最大的为许如错—当穷错裂陷带^⑩, 长 190 余千米, 最大宽度约 30 km, 几个大型现代湖泊呈南北向展布^⑪。

3.2 东西向伸展机制

青藏高原沿主要走滑断裂向东挤出, 作为“大陆逃逸”理论的重要基础, 在上世纪 80 年代被提出 (Molnar et al., 1975, 1984, 1989; Tapponnier et al., 1982; Armijo et al., 1986, 1989), 认为以数条大规模的走滑断裂为边界的青藏高原内部刚性块体向东挤出逃逸, 其挤出量占欧亚和印度板块相对增加体积的 30%~50% (Peltzer et al., 1988; Armijo et al., 1989; King et al., 1997; 王小亚等, 2002)。GPS 研究结果表明, 青藏高原向东的运动不是以断裂边界所限的刚性块体整体直线运动为特征, 而是以连续和渐变的剪切为特征, 围绕东喜马拉雅构造结呈顺时针旋转, 并形成 1400 多千米的地壳物质向东的流动带 (Chen et al., 2000; 张培震等, 2001; 王淇等, 2002)。尽管青藏高原与四川盆地存在巨大高差, 却不存在地壳的缩短, 青藏高原向东的挤出没有超出东部边界, 高原向东的运动量被以东喜马拉雅构造结呈顺时针旋转所调节和吸收 (Molnar et al., 1984; 蔡宏祥等, 1997; 刘经南等, 1998; 陈智梁等, 1999; 王淇等, 2002)。对冈底斯晚第四纪构造变形反映的近东西向的伸展和右旋剪切作用, Armijo 等 (1989) 获得了东西向长期扩张速率为 $10 \pm 5 \text{ mm/a}$; Molnar 等 (1989) 利用地震记录获得了 $18 \pm 9 \text{ mm/a}$ 的东西向扩张速率。GPS 测量揭示拉萨地块的优势运动方向为 $\text{NE}29^\circ \sim 47^\circ$, 平均速率为 $27 \sim 30 \text{ mm/a}$ (张培震等, 2001)。冈底斯地区多条南北向裂陷带显然是深部物质向东流动的地表表现形态之一, 表层地壳的运动反映出刚性块体是沿着大型断裂走滑运动特点, 从深部到地表青藏高原向东运动由塑性流变 (熊熊, 2001; 熊熊等, 2001) 到刚性变形来完成的, 查藏错—申扎裂陷带是地表刚性伸展作用的产物。

3.3 查藏错—申扎南北向构造的基本特点

平面上呈折线状延伸, 并有分支现象, 裂陷带两

侧为密集发育的活动高角度伸展正断层,裂陷盆地内没有发现早于 130 ka 的第四纪沉积物,反映出可能是晚更新世以来发展起来的南北向裂陷带,裂陷带两侧的地层、岩浆岩和构造线可以完全对比,裂陷带内发育众多现代温泉,并是现代地震的多发区。通过拟合分析裂陷带两侧没有明显的错动,伸展宽度 6750~12500m,估算东西双向平均扩张速率为 51.9mm/a,与前人通过地震和 GPS 测量得出的拉萨地块扩张速率(Armijo et al., 1986, 1989; Molnar et al., 1989; Chen et al., 2000; 王淇等, 1998; 张培震等, 2002a, 2002b)基本吻合。

冈底斯南坡强烈切割,植物子遗物种密枝圆柏最高分布已达 5400m,反映出冈底斯山脉正处于快速隆升期^①,甲岗山脉同样由于快速隆升在山脉的东侧形成了多期相互叠加并被伸展正断层错开的巨大的洪积扇体,表明伸展作用正持续进行中(吴珍汉等, 2001)。另外,沿裂陷带由南向北排列的查藏错、越恰错、木地达拉玉错、格仁错原是一个统一的古湖,现今湖面高度由南向北依次降低,古湖面阶地也由南向北降低,这种现象在许如错—当穷错裂陷带同样出现,同一最大湖泛面沉积物南高北低,反映了冈底斯板块在隆升过程中南高北低掀斜作用特点。诸多地质记录证明查藏错—申扎裂陷带正处于活动的高峰期。

致谢:本文中的热释光年龄由中国地震局地质研究所计凤桔研究员测定;吴珍汉研究员审阅了全文,提出了许多宝贵意见,一并表示诚挚的谢意。

注 释

- ① 徐祖丰,邹爱建,黄传冠,等. 2003. 冈底斯地区新近纪—第四纪南北向地堑基本特征及成因讨论——以当穷错—许如错地堑为例. 见:青藏高原及邻区地质与资源环境学术讨论会(成都, 2003)论文摘要汇编. 108.
- ② 陶晓风,刘登忠,朱利东,等. 2003. 西藏阿里夏康坚雪山构造地貌特征及其形成机制. 见:青藏高原及邻区地质与资源环境学术讨论会(成都, 2003)论文摘要汇编. 115.
- ③ 雍永源. 2003. 青藏高原西南部的南北向构造及其意义. 见:青藏高原及邻区地质与资源环境学术讨论会(成都, 2003)论文摘要汇编. 109.

参 考 文 献

蔡宏祥,宋成骅,刘经南. 1997. 青藏高原 1993 和 1995 年地壳运动的 GPS 监测结果. 中国科学(D 辑), 27(3):233~238.

陈智梁,张选阳,沈凤,等. 1999. 中国西南地区地壳运动的 GPS 监测. 科学通报, 44(8):851~854.

党亚民,陈俊勇,刘经南,等. 1998. 利用国家 GPS A 级网资料对中国大陆现今水平形变场的初步分析. 测绘学报, 3(3):267~273.

国家地震局地质研究所. 1992. 西藏中部活动断层. 北京:地震出版社, 105~115.

魏顺民,江在森,张崇立. 2000. 青藏高原东北缘晚第四纪地块划分与运动态势研究. 地震地质, 22(3):219~231.

江在森,张希,崔笃信,等. 2001. 青藏块体东北缘近期水平运动与变形. 地球物理学报, 44(5):636~644.

李秋生,彭苏萍,高锐. 2004. 青藏高原莫霍面的研究进展. 地质论评, 50(6):598~612.

刘经南,许才军,宋成骅,等. 1998. 青藏高原中东部地壳运动的 GPS 测量结果. 地球物理学报, 41(4):518~524.

刘经南,许才军,宋成骅,等. 2000. 精密全球卫星定位系统多期复测研究青藏高原现今地壳运动与应变. 科学通报, 45(24):2658~2663.

刘宇平,陈智梁. 1994. 喜马拉雅造山带南北向伸展构造变质岩的压力—温度(P—T)轨迹证据. 特提斯地质, 18:52~60.

马宗晋,张家声,汪一鹏. 2001a. 青藏高原地壳结构和新构造运动的东西差异——论青藏高原构造变动的非均一性. 见:马宗晋,等,主编. 青藏高原岩石圈现今变动与动力学. 北京:地震出版社, 75~87.

马宗晋,张家声,汪一鹏. 2001b. 青藏高原三维变形运动随时间的变化——论青藏高原构造变动的非平稳性. 见:马宗晋,等,主编. 青藏高原岩石圈现今变动与动力学. 北京:地震出版社, 88~105.

宋成骅,许才军,刘经南,蔡宏翔. 1998. 青藏高原块体相对运动模型的方法确定与分析. 武汉测绘科技大学学报, 23(1):21~25.

汪一鹏. 2001. 青藏高原活动构造基本特征. 见:马宗晋,等,主编. 青藏高原岩石圈现今变动与动力学. 北京:地震出版社, 251~262.

王淇,游新兆,王文颖,等. 1998. 跨喜马拉雅的 GPS 观测与地壳形变. 地壳形变与地震, 18(3):43~50.

王淇,张培震,Freymueller J T,等. 2001. 中国大陆现今地壳运动和构造变形. 中国科学(D 辑), 31(7):529~536.

王淇,张培震,马宗晋. 2002. 中国大陆现今构造变形特征与 GPS 观测数据与速度场. 地学前缘, 9(2):415~428.

王小亚,朱文耀,符奔,等. 2002. GPS 监测的中国及其周边现时地壳变形. 地球物理学报, 45(2):198~209.

吴珍汉,江万,周继荣,等. 2001. 青藏高原腹地典型岩体热历史与构造—地貌演化过程的热年代学分析. 地质学报, 75(4):468~476.

西藏自治区地震局. 1998. 西藏自治区地震目录. 成都地图出版社.

熊熊. 2001. 青藏高原隆升的地幔动力学机制研究进展. 见:马宗晋,等,主编. 青藏高原岩石圈现今变动与动力学. 北京:地震出版社, 214~222.

熊熊,许厚泽,藤吉文. 2001. 青藏高原物质东流力学背景探讨. 地壳变形与地震, 21(2):1~7.

熊熊,藤吉文. 2002. 青藏高原东缘地壳与动力深部过程的研究. 地球物理学报, 45(4):507~514.

杨德明,李才,王天武. 2001. 西藏冈底斯东段南北向构造特征与成因. 中国区域地质, 20(4):292~297.

游新兆,杜瑞林,王淇,等. 2001. 中国大陆地壳现今运动的 GPS 测量结果与初步分析. 地壳形变与地震, 21(3):1~8.

袁道阳,张培震. 2001. 青藏高原新生代构造和第四纪研究的进展及问题探讨. 西北地震学报, 23(2):199~205.

张健,石耀林. 2002. 青藏高原隆升及伸展变形中的重力位能. 地球物理学报, 45(2):226~232.

张培震,王淇. 2001. 中国大陆现今地壳运动和构造变形——速度场与活动地块. 见:马宗晋,等,主编. 青藏高原岩石圈现今变动与动力学. 北京:地震出版社, 21~35.

张培震,王淇,马宗晋. 2002a. 青藏高原现今构造变形特征与 GPS 速度场. 地学前缘, 9(2):442~449.

- 张培震,王洪,马宗晋. 2002b. 青藏高原现今构造变形特征与 GPS 速度场与活动地块. 地学前缘, 9(2):430~438.
- 赵文津,赵逊,史大年,等. 2002. 喜马拉雅和青藏高原剖面 (INDEPTH) 研究进展. 地质通报, 21(11):691~700.
- 赵文津,吴珍汉. 2004. 加强地表层与深层调查的结合,深化对中国大地构造特征的认识——纪念黄汲清先生 100 周年诞辰. 地质论评, 50(3):256~266.
- 周硕愚,张跃刚,丁国瑜,等. 1998. 依据 GPS 数据建立中国大陆板内块体现时运动模型的初步研究. 地震学报, 20(4):347~355.
- 朱文耀,程宗颐,熊永清,等. 1998. 用 GPS 技术监测的青藏高原地壳变形的初步结果. 中国科学(D 辑), 41(3):314~318.

References

- Armijo R, Tapponnier P, Mercier J L, et al. 1986. Quaternary extension in southern Tibet: field observations and tectonic implications. J. Geophys. Res., 91:13803~13972.
- Armijo R, Tapponnier P, Han Tonglin, 1989. Late Cenozoic right-lateral strike-slip faulting in southern Tibet. J. Geophys. Res., 94: 2787~2838.
- Cai Hongxiang, Song Chengye, Liu Jingnan. 1997. Result of monitoring crustal motion and deformation in Tibetan Plateau by GPS in 1993 and 1995. Science in China(D), 27(3):233~238 (in Chinese).
- Chen Z, Burchfiel B C, Liu Y, et al. 2000. Global Positioning System measurements from eastern Tibet and implications for India/Eurasia intracontinental deformation. J. Geophys. Res., 105(B7): 16,215~216,227.
- Chen Zhiliang, Zhang Xuanyang, Chen Feng, et al. 1999. GPS monitoring for crustal movement in the southern China. Chinese Sci. Bull., 44(8):851~854(in Chinese).
- Coleman M, Hodges K. 1995. Evidence for Tibetan Plateau uplift before 14 Myr age from a new minimum age for east—west extension. Nature, 374:49~52.
- Dang Yamin, Chen Junyong, Liu Jingnan, et al. 1998. The preliminary results of the present-day horizontal deformation field in China by using national A-order GPS network. Acta Geodaetica et Cartographica, 3(3): 267~273 (in Chinese with English abstract).
- England P, Houseman G A. 1986. Finite strain calculations of continental deformation: Comparison with the India—Asia collision. J. Geophys. Res., 91:3 664~3 667.
- Guo Shunmin, Jiang Zaisen, Zhang Chongli. 2000. Division and motion status of blocks for the northeastern Tibetan Plateau in Late Quaternary. Seismology and Geology, 22(3): 219~231 (in Chinese with English abstract).
- Houseman G A, England P. 1993. Crustal thickening versus lateral expulsion in the India—Asian continental collision. J. Geophys. Res., 98:12233~12249.
- Institute of Geology, State Seismological Bureau. 1992. Active fault in central part of the Tibetan plateau. Beijing: Seismological Press, 105~115(in Chinese).
- Jiang Zaisen, Zhang Xi, Cui Duxin, et al. 2001. Recent horizontal movement and deformation in the northeast margin of Qinghai—Tibet block. Chinese J. Geophys., 44(5): 636~644 (in Chinese with English abstract).
- King R W, Shen F, Burchfiel B C, et al. 1997. Geodetic measurement of crustal motion in southwest China. Geology, 25:179~182.
- Li Qiusheng, Peng Suping, Gao Rui. 2004. A review on the Moho discontinuity beneath the Tibetan plateau. Geological Review, 50(6):598~612(in Chinese with English abstract).
- Liu Jingnan, Xu Caijun, Song Chengye, et al. 1998. Study of the crustal movement in the middle east region of Qinghai—Xizang Plateau with GPS measurement. Chinese J. Geophys., 41(4):518~524(in Chinese with English abstract).
- Liu Jingnan, Xu Caijun, Song Chengye, Shi Chuang, Jiang Weiping, Dong Lixiang. 2000. Strain and present crustal movement of Tibetan Plateau obtained by accurate Global Positioning System measurements. Science Bulletin, 45(24): 2658~2663 (in Chinese).
- Liu Yuping, Chen Zhiliang. 1994. SN-directed extension in Himalayan orogenic belt: Evidence from P—T path of metamorphic rocks. Tethyan Geology, 18:52~60(in Chinese with English abstract).
- Ma Zongjin, Zhang Jiasheng, Wang Yipeng. 2001a. Differences of the Structure and Neotectonic Movement in the west and the east part of the Qinghai—Xizang Plateau — Review on Inhomogeneous Deformation in the Qinghai—Xizang Plateau. In: Ma Zhongjin, et al., ed. Study on the Recent Deformation and Dynamics of the Lithosphere of Qinghai—Xizang Plateau. Beijing: Seismological Press, 75~87(in Chinese).
- Ma Zongjin, Zhang Jiasheng, Wang Yipeng. 2001b. Changes of the 3-d movement sense along with time in the Qinghai—Xizang Plateau—Review on Non-smooth deformation in the Qinghai—Xizang plateau. In: Ma Zongjin, et al., ed. Study on the Recent Deformation and Dynamics of the Lithosphere of Qinghai—Xizang Plateau. Beijing: Seismological Press, 88~105(in Chinese).
- Molnar P, Tapponnier P. 1975. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. Science, 189:419~426.
- Molnar P, Deng Q. 1984. Faulting associated with large earthquakes and the average rate deformation in central and eastern Asia. J. Geophys. Res., 89(S7):6203~6227.
- Molnar P, Lyon-caen H. 1989. Fault plane solution of earthquakes and active tectonic of the Tibetan Plateau and its margin. J. Geophys. Res., 99:123~153.
- Peltzer G, Tapponnier P. 1988. Formation and evolution of strike-slip fault, rifts, and basins during India—Asia collision: an experimental approach. J. Geophys. Res., 93:15085~15117.
- Seismological Bureau of Xizang (Tibet). 1998. The Earthquake List of Xizang (Tibet). Chengdu: Map Press of Chengdu(in Chinese).
- Song Chengye, Xu Caijun, Liu Jingnan, Cai Hongxiang. 1998. The determination and analyses of the Kinematic model of relative motion between blocks in the Qinghai—Tibet plateau by GPS measurements. Journal of Wuhan Mapping Science and Technology University, 23(1):21~25(in Chinese with English abstract).
- Tapponnier P G, Palzer A T, Le Dain, et al. 1982. Propagating extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiments with plasticine. Geology, 10:611~616.
- Wang Qi, You Xinzhaoh, Wang Wenying, et al. 1998. GPS measurement and current crustal movement across the Himalaya. Crustal Deformation and Earthquake, 18(3): 43~50 (in Chinese).
- Wang Qi, Zhang Peizhen, Freymueller J T, et al. 2001. Crusta movement and tectonic deformation of continental China. Science in China(Series D), 31(7):529~536(in Chinese).
- Wang Qi, Zhang Peizhen, Ma Zongjin. 2002. GPS database and

- velocity field of contemporary tectonic deformation in continental China. *Earth Science Frontiers*, 9(2):415~428 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xiaoya, Zhu Wenyao, Fu Yang, et al. 2002. Present-Time crustal deformation in China and its surrounding regions by GPS. *Chinese J. Geophys.*, 45(2):198~209 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yipeng. 2001. Principal feature of the active tectonics in Qinghai—Xizang plateau. In: Ma Zongjin, et al., ed. *Study on the Recent Deformation and Dynamics of the Lithosphere of Qinghai—Xizang Plateau*. Beijing: Seismological Press, 251~262 (in Chinese).
- Wu Zhenhan, Jiang Wan, Zhou Jirong et al. 2001. Thermal—Chronological dating on the thermal history of plutons and tectonic—landform evolution of the central Tibetan plateau. *Acta Geologica Sinica*, 75(4):468~476 (in Chinese with English abstract).
- Xiong Xiong, Xu Houze, Teng Jiwen. 2001. Investigation for the mechanical background of the mass eastern flow in Tibetan Plateau. *Crustal Deformation and Earthquakes*, 21(2):1~7 (in Chinese).
- Xiong Xiong, Teng Jiwen. 2002. Investigation of crust and deep dynamical process in the east margin of Qinghai—Tibet plateau. *Chinese J. Geophys.*, 45(2):226~232 (in Chinese with English abstract).
- Yang Deming, Li Cai, Wang Tianwu. 2001. Feature and genesis of the north—south-trending tectonic belt in the eastern sector of the Gangdise Mountains, Tibet. *Regional Geology of China*, 20(4):292~297 (in Chinese with English abstract).
- Yin An. 2000. Neogene east—west extension and the origin of Asian rift during collision between India and Asia. *J. Geophys. Res.*, 105(B9):21745~21759.
- You Xinzha, Du Ruilin, Wang Qi, et al. 2001. GPS results of current crustal movement of China continent and primary analysis. *Crustal Deformation and Earthquake*, 21(3):1~8 (in Chinese).
- Yuan Daoyang, Zhang Peizhen. 2001. Discussion on progress and problems in the research of Cenozoic structure and Quaternary geology of Qinghai—Xizang plateau. *Northwest Acta Seismologica Sinica*, 23(2):199~205 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Jian, Shi Yaolin. 2002. The role of gravitational potential energy in raising and spreading of Qinghai—Xizang plateau. *Chinese J. Geophys.*, 45(2):226~232 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Peizhen, Wang Qi. 2001. Present-day crustal movement and tectonic deformation in continental China GPS velocity field and active tectonic blocks. In: Ma Zhongjin, et al., ed. *Study on the Recent Deformation and Dynamics of the Lithosphere of Qinghai—Xizang Plateau*. Beijing: Seismological Press, 21~35 (in Chinese).
- Zhang Peizhen, Wang Qi, Ma Zongjin. 2002a. GPS velocity field and active crustal blocks of contemporary tectonic deformation in continental China. *Earth Science Frontiers*, 9(2):430~438 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Peizhen, Wang Qi, Ma Zongjin. 2002b. GPS velocity field and active crustal deformation in and around the Qinghai—Tibet plateau. *Earth Science Frontiers*, 9(2):442~449 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Wenjin, Zhao Xun, Shi Danian, et al. 2002. Progress in the study of deep (INDEPTH) profiles in the Himalayas and Qinghai—Tibet plateau. *Geology Bulletin of China*, 21(11):691~700 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Wenjing, Wu Zhenhan. 2004. Strengthening combination of the survey on surface and in depths, deepening understanding of tectonic characteristics of China—in commemoration of the 100th anniversary of Prof. Huang Jiqing's (T K Huang's) birth. *Geological Review*, 50(3):256~266 (in Chinese).
- Zhou Shuoyu, Zhang Yuegang, Ding Guoyu, et al. 1998. The primary investigation of setting up movement model of block in Chinese continent based on GPS data. *Acta Seismologica Sinica*, 20(4):347~355 (in Chinese).
- Zhu Wenyao, Cheng Zongyi, Xiong Yongqing, et al. 1998. Preliminary results of measuring the crustal deformation in Qinghai—Xizang area GPS technique. *Science in China (D)*, 41(3):314~318 (in Chinese).

Kinematics of the Active North—South-trending Chazang Co—Xainza Tectonic Belt, Xizang (Tibet)

LI Cai, ZHAI Qingguo, XU Feng, ZHU Zhiyong

College of Earth Science, Jilin University, Changchun, Jilin, 130061

Abstract

The Chazang Co—Xainza fault belt is the northern segment of the Xaitongmoin—Xainza fault belt that traverses Gangdise. The northwest-striking Gyaring Co fault is a transform boundary of the Chazang Co—Xainza basin. There are no pre-Neogene sediments in the basin, which cuts Pliocene strata and a two-mica granite of 5.45 Ma. Intrusions, strata and structural lines can be correlated on the two sides of the basin from Chazang to Xainza. Sediments of 130 ka are the oldest in the basin. The basin started 30000 a ago and reached a width of 6750~15250 m. So, the extensional speed is more than 5.19 cm/a, which is consistent with the result of GPS. Longitudinal compression and latitudinal extension are two modes of crustal dynamic system in the Gangdise area.

Key words: active tectonics; latitudinal extension; Xizang (Tibet); Chazang Co—Xainza