

文章编号: 1007 - 3701(2009) 02- 0052- 09

龙门山构造带中段实测剖面的古应力恢复

吴建勋¹, 周祖翼¹, 许长海¹, 郭彤楼²

(1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092; 2 中石化股份有限公司南方勘探开发分公司, 成都 610041)

摘要: 龙门山逆冲构造带由茂汶断裂带、北川-映秀断裂带和安县-灌县断裂带及其间夹块组成, 这一 NE 向构造带印支期以来遭受了多期构造活动, 形成了川西前陆盆地的多套粗碎屑岩记录。本文大致垂直主构造线走向, 沿都江堰至耿达剖面进行了断裂滑动分析和古应力恢复。通过 9 个观测点 12 组断裂数据的古应力反演, 并结合区域热年代学研究成果, 获得了龙门山构造带三条主要断裂活动阶段的认识, 包括早期 NNW 向区域挤压、中期 SEE 向区域挤压, 以及晚期 NNE、NNW 两个方向区域挤压, 推测它们依次与秦岭晚造山挤压 (T_3)、江南隆起挤压与青藏构造域联合 (K_1) 及青藏构造域为主体 (K_2 以来) 的区域构造控制有关。

关键词: 断裂滑动分析; 古应力重建; 三期主构造; 龙门山构造带

中图分类号: P548 71 文献标识码: A

四川盆地以西的龙门山构造带处于松潘-甘孜褶皱带和扬子板块的结合部位, 由一系列的叠瓦状褶皱和逆冲断裂带所构成, 区域上受到羌塘、华北和扬子等陆块之间作用, 地质构造活动较复杂。以往研究主要是通过地层、构造、地貌特征等来判断其构造演化特点, 但由于该地区多期的演化过程使得很多地层、构造特征有着不确定性^[1~7], 虽然近年来对龙门山构造带地震、地质综合解释增多^[8~9], 但在龙门山地区一直很难得到较好的地震资料, 制约了该地区的研究。但近几年来很多热年代学定年方法在龙门山地区的应用^[10~14], 给该地区构造演化事件的研究起到很大的促进作用。本文在综合研究分析区域热年代分布特点的基础上, 主要应用断裂滑动分析和古应力重建技术^[15~17], 初步研究和分析了龙门山构造带断裂活动的特点与期次, 讨论了多期构造与区域构造环境的控制关系。

1 断裂滑动与古应力重建技术

断裂滑动分析是进行古应力重建的一种有效手段^[18~19], 主要用于古应力状态的恢复, 包括三个应力轴的方向、大小或相对大小。Wallace (1951) 和 Bott (1959) 提出的两个假设为断层滑动分析重建古应力提供了理论基础: (1) 断层面上的断层滑动方向与性质与最大剪切应力的方向和性质是一致的或者近似一致; (2) 产生的各断层都独立地受控于应力张量, 并不存在很强的相互关联。之后, 应用断裂滑动进行古应力分析的反演方法被不断的改进^[15~19]。本文根据 Angelier (1994) 提出的直接反演法进行古应力恢复, 即应用断裂滑动分析进行古应力反演。

实际工作主要包括三个步骤, 即野外露头断层数据采集和分析、断层数据计算机处理和反演计算结果的误差评估。

(1) 断裂数据采集主要是识别断裂性质, 断层面产状、断层空间分布与滑动标识, 并根据野外露

收稿日期: 2008- 12- 18

作者简介: 吴建勋 (1984-), 男, 在读硕士, 从事构造地质和海洋地质研究。

头初步确定出变形期次。断层滑动分析包括共轭断层分析、单一断层分析及复杂断层系分析。对于复杂的断层系,如果众多断层属于多期应力作用的产物,这时还要明确断层形成的顺序,可以依据断层所切割的地层时代来判断,也可以根据断层之间的相互关系来相对确定其新老,或者通过对比断层破碎特点的一致性来确定同一应力场条件下形成的断层组。

(2)断层滑动数据测量主要包括断面倾向、倾角、擦痕线理的侧伏向、侧伏角,按照规定格式输入 Angelier 古应力反演软件,反演结果主要包括表征古应力方向和应力椭球体形状四个变量,即 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 和 Φ 。

(3) Angelier 方法对误差估计有 RUP 和 ANG^[18] 两个标准。RUP 是直接反演方法使用的一种误差参数,它的大小既取决于剪应力与滑动方向间的角度偏差,又取决于剪应力的相对大小,变化范围是 0~200%; ANG 是指剪应力与滑动方向之间的角度偏差,变化范围是 0~180°, ANG 一般是在四维搜索方法计算中使用的误差估计参数。本文对断层滑动和古应力反演中采用直接反演法 (NVD),因此采用相应的误差评价参数是 RUP,同时给出相应的 ANG 作为参考。一般 $RUP \leq 50\%$ 或 $ANG \leq 22.5^\circ$ 的数据,被认为是误差较小匹配较好的数据。在数据收集过程中,如果数据测量过程比较精确可靠,那么一般数值古应力方向反演的理论误差值在 5~15° 之间。

2 区域地质概况

实测剖面从川西凹陷西缘穿越龙门山中段进入松潘-甘孜地区,长约 100 km,横穿了茂汶断裂带、北川-映秀断裂带和安县-灌县断裂带,中部为彭灌杂岩体(图 1)。该地区从志留系到下第三系地层均有出露,其中志留系和泥盆系地层类似,主要为灰色千枚岩夹结晶灰岩、石英岩;石炭系到下二叠系地层以灰岩为主,夹泥灰岩;三叠系下统

为千枚岩夹少量的灰岩和粉细砂岩,而上统以岩屑灰岩为主,内夹砾岩、粉砂岩和煤层;侏罗系地层以陆相沉积为主,多为砂岩和粉砂岩,夹砾岩和泥岩;白垩系和下第三系的沉积环境与侏罗类似,主要沉积了砂岩、粉砂岩和泥岩。

地层分布特点,由西往东总体有个变新的趋势,茂汶断裂以西露头上大多出露志留系和泥盆系千枚岩,说明该地区经历过复杂的演化过程;中间的彭灌杂岩体再往东南方向,岩性以碎屑岩为主,中生代到新生代分布着多套砂砾互层的现象,揭示龙门山逆冲带时强时弱多期次性活动的特点。该地区的岩浆岩主要分布于茂汶断裂带和北川-映秀断裂带之间(图 1),即上述的彭灌杂岩体,岩性以花岗闪长岩为主。

观测剖面茂汶断裂带分隔彭灌杂岩体与西北褶皱带,该断裂通过耿达、汶川、茂汶等地呈 NE-SW 向展布,倾向 NW,倾角 50(~ 80(。该断裂带印支期属于古特提斯海和华南地块之间的一个转换断层^[6],表现为韧性剪切性质,断裂内发育拖曳褶皱、钩状褶皱、不对称斜列褶皱等,糜棱岩组构造显示向南逆冲和左旋两个分量,晚三叠世是断裂主要活动期。北川-映秀断裂带位于彭灌杂岩体和东南褶皱带之间,呈 NE-SW 向展布,总体倾向 NW,倾角约 70(。该断裂是一条韧性变形叠加后期脆性改造、以脆性变形为主的多期逆冲断裂带^[20],构造岩类型包括脆性碎裂岩类和韧性糜棱岩类以及构造片岩类,断裂主要活动期为印支期,喜马拉雅期又再度强烈活动。安县-灌县断裂分布在龙门山构造带前缘,呈 NE-SW 向展布,总体倾向 NW,倾角上陡下缓,发育角砾岩、碎裂岩,是一条多期次继承性逆冲推覆断裂带^[20],断裂活动从晚侏罗世一直到喜马拉雅期。

3 断裂滑动和古应力分析

在野外 10 余个构造露头观测基础上,通过分析断裂滑动切割的地层、断裂滑动多期次交切关系

以及断裂活动的性质特点等,可将龙门山构造带断裂挤压、中期 SEE 向区域挤压及晚期 NNE 和 NNW 裂滑动划分为三个主构造期,即早期 NNW 向区域两个方向的挤压作用。

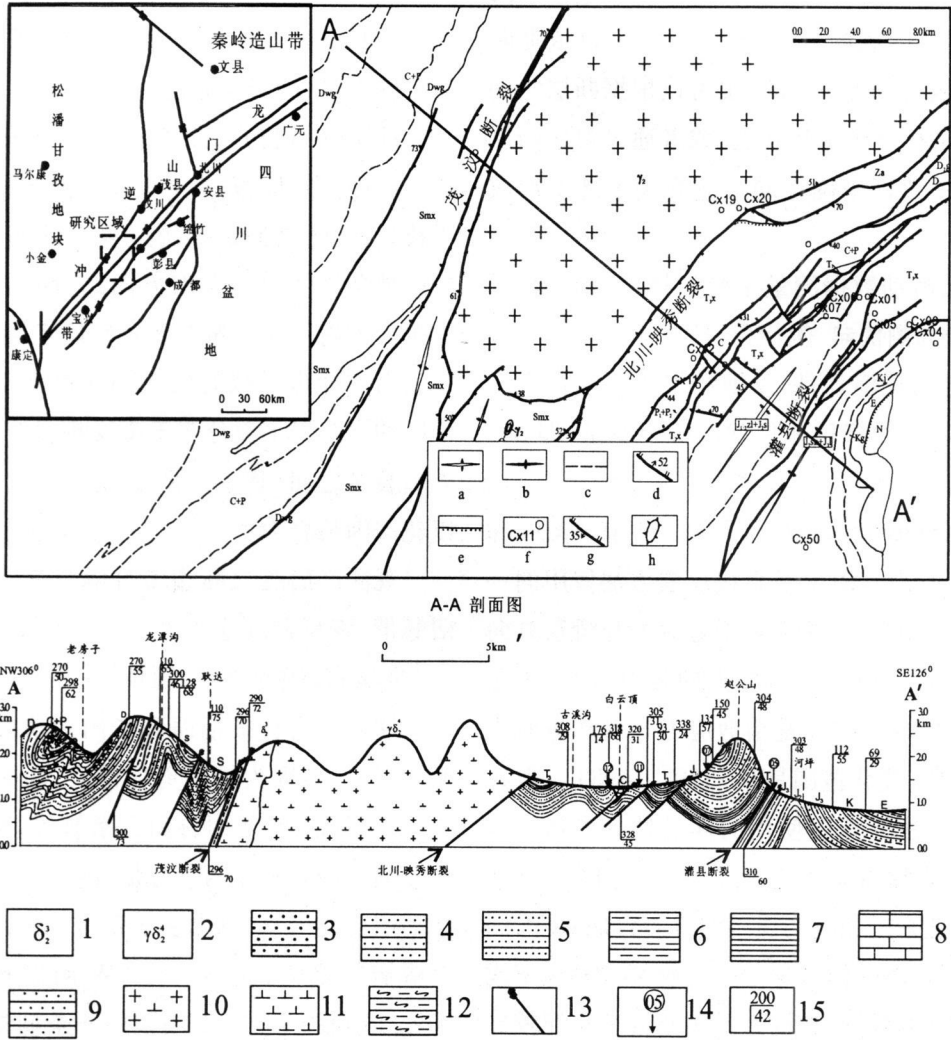


图 1 龙门山构造带构造纲要图与野外地质剖面图

Fig 1 Structural sketch of the Longmenshan Thrust Zone and a geological cross section

a 向斜轴迹; h 背斜轴迹; c 平行不整合; d 拉伸断裂; e 角度不整合; f 断裂观测点; g 逆冲断裂; h 飞来峰; 1. 闪长岩; 2 花岗闪长岩; 3 砾岩; 4 细砂岩; 5 粉砂岩; 6 泥岩; 7 页岩; 8 石灰岩; 9 砂岩; 10 花岗闪长岩; 11 闪长岩; 12 千枚岩; 13 逆冲断裂; 14 露头观测点; 15. 岩层产状

3 1 早期 NNW 向区域挤压作用

这期 NNW 挤压作用是根据 CX 05、CX 06 和 CX 20 三个观测点的断层滑动数据反演获得的 (图 2)。观测点 CX 05 卷入断裂的地层为上三叠统须家河组, 断裂性质以逆冲为主, 兼左滑, 多顺层发育。反演出来的古应力方向为 σ_1 : $D = 340^\circ$ 、 $P = 7^\circ$; σ_2 : $D = 245^\circ$ 、 $P = 33^\circ$; σ_3 : $D = 81^\circ$ 、 $P = 56^\circ$; $\Phi = 0.92$ 。这期断裂组可能与秦岭造山带挤压引发龙门山发生压扭性构造有关, 9 个数据的反演误差除

了有一个数据 ANG 略超范围, 其余均在允许范围之内。观测点 CX 06 卷入断裂的地层也为上三叠统须家河组, 斜切层理发育一组右旋断裂, 获得的反演结果是 σ_1 : $D = 157^\circ$ 、 $P = 4^\circ$; σ_2 : $D = 266^\circ$ 、 $P = 78^\circ$; σ_3 : $D = 66^\circ$ 、 $P = 12^\circ$; $\Phi = 0.86$ 。该观测点除去两个误差较大的数据, 其余 8 个较好的数据进行了反演; 此外, 该点还发现两处斜切层理的近 EW 向逆断层, 由于数据偏少无法进行古应力恢复, 推测其与右旋断裂组属于同期。观测点 CX 20 点断裂所

处的岩性为晋宁期花岗闪长岩, 左旋、右旋断裂组成共轭断裂组, 获得的古应力反演结果是 σ_1 : $D = 153^\circ$ 、 $P = 5^\circ$; σ_2 : $D = 59^\circ$ 、 $P = 35^\circ$; σ_3 : $D = 251^\circ$ 、 $P = 55^\circ$; $\Phi = 0.50$ 。该观测点数据处理结果中, 只有一个数据 RUP 值略超误差需求。

3.2 中期 SEE 向区域挤压作用

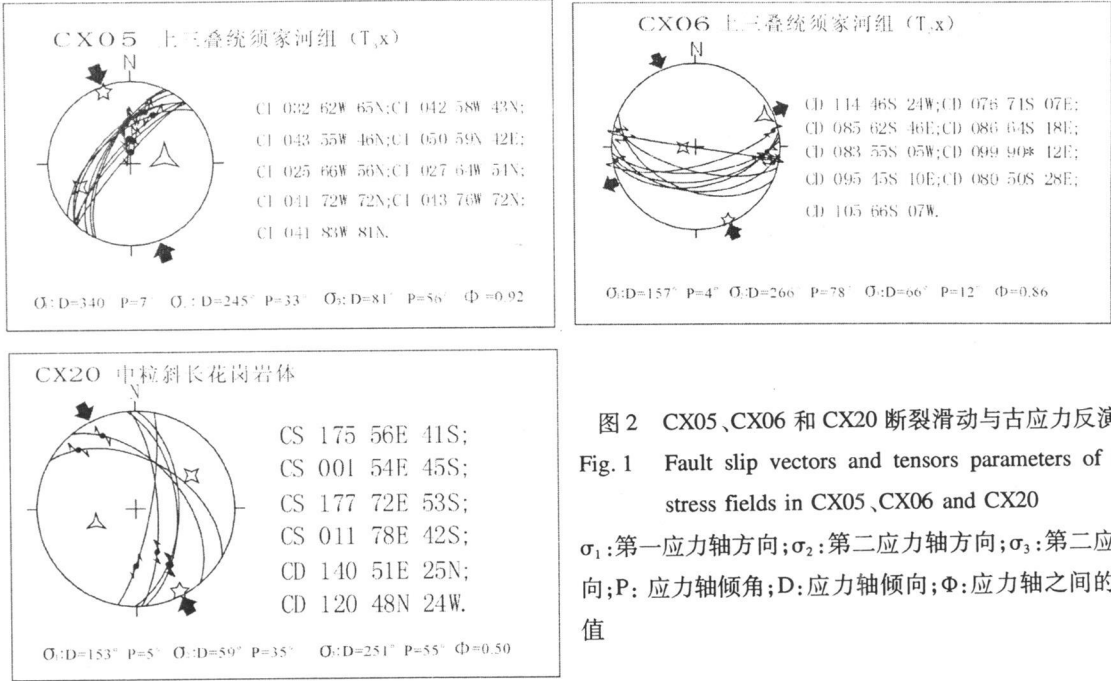


图 2 CX05、CX06 和 CX20 断裂滑动与古应力反演结果
Fig. 1 Fault slip vectors and tensors parameters of tectonic stress fields in CX05、CX06 and CX20

σ_1 : 第一应力轴方向; σ_2 : 第二应力轴方向; σ_3 : 第二应力轴方向; P : 应力轴倾角; D : 应力轴倾向; Φ : 应力轴之间的差异比值

这期 SEE 向区域挤压主要根据 CX01- 1、CX 11、CX 12- 1和 CX 50四个观测点的断裂滑动数据获得。古应力反演结果除了 CX11有一个数据 ANG 略超误差范围, 其余数据均在误差范围之内 (图 3)。观测点 CX01可识别出两期断裂, CX01- 1属于晚期断裂组, 而 CX01- 2为早期断裂组。卷入 CX01- 1断裂的地层为上三叠统须家河组, 断裂性质为左旋和右旋共轭断裂组合, 反演获得的古应力为 σ_1 : $D = 92^\circ$ 、 $P = 11^\circ$; σ_2 : $D = 0^\circ$ 、 $P = 6^\circ$; σ_3 : $D = 241^\circ$ 、 $P = 78^\circ$; $\Phi = 0.11$ 。观测点 CX 11断裂所处的地层为下二叠统石灰岩, 露头上共见三组断裂, 包括左旋走滑断层、正断层和逆冲断层, 其中走滑断裂最为发育, 而且贯通性较好, 属于晚期形成的断裂组; NE 向逆冲断裂形成于早期 (兼有左旋分量), NE 向正断裂期次不明。这里根据 12 个走滑断裂数据反演处理获得的古应力为 σ_1 : $D = 279^\circ$ 、 $P = 14^\circ$; σ_2 : $D = 51^\circ$ 、 $P = 70^\circ$; σ_3 : $D = 186^\circ$ 、 $P = 15^\circ$; $\Phi = 0.50$ 。观测点 CX12断裂发育在下二叠统厚层石灰岩中, 包括 CX 12- 1压扭性右旋与左旋组成早期

共轭断层组和 CX12- 2晚期共轭断裂组, CX 12- 1早期断裂滑动与古应力分析结果是 σ_1 : $D = 78^\circ$ 、 $P = 8^\circ$; σ_2 : $D = 342^\circ$ 、 $P = 38^\circ$; σ_3 : $D = 178^\circ$ 、 $P = 50^\circ$; $\Phi = 0.49$ 。观测点 CX 50逆冲断裂沿层面发育, 卷入的地层为上侏罗统莲花口组, 古应力恢复的结果是 σ_1 : $D = 92^\circ$ 、 $P = 13^\circ$; σ_2 : $D = 1^\circ$ 、 $P = 6^\circ$; σ_3 : $D = 246^\circ$ 、 $P = 76^\circ$; $\Phi = 0.61$ 。此外, 对观测点 CX01- 2单独进行古应力分析, 共 6 个数据包括右旋和逆冲断裂两种类型, 三大主应力轴的方向为: σ_1 : $D = 296^\circ$ 、 $P = 6^\circ$; σ_2 : $D = 203^\circ$ 、 $P = 26^\circ$; σ_3 : $D = 38^\circ$ 、 $P = 63^\circ$; $\Phi = 0.39$, RUP、ANG 均在允许误差范围内 (图 4), 推测这期挤压作用介于早期 NNW 挤压和中期 SEE 挤压之间。观测点 CX 19卷入断裂的岩性为晋宁期花岗闪长岩体, 包括早期断裂 CX 19- 1组和晚期左旋断裂 CX 19- 2组, CX 19- 1的 6 个断裂数据拟合的古应力结果为: σ_1 : $D = 202^\circ$ 、 $P = 72^\circ$; σ_2 : $D = 29^\circ$ 、 $P = 18^\circ$; σ_3 : $D = 298^\circ$ 、 $P = 2^\circ$; $\Phi = 0.72$ 。推测这期 SEE 向拉张代表了 SEE 区域挤压之后短暂的松弛作用。

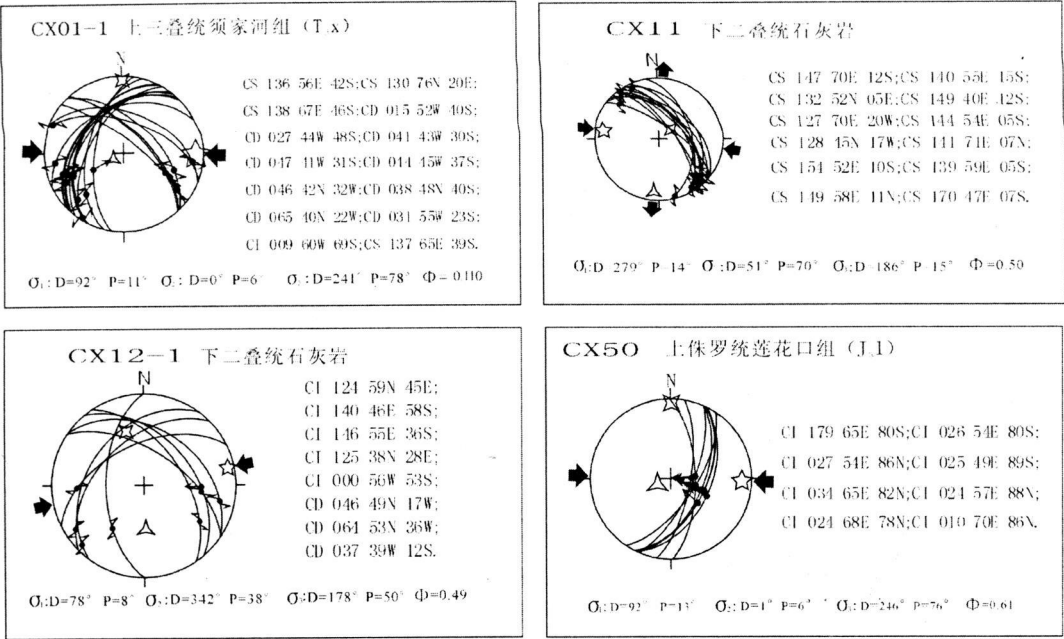


图3 CX01-1、CX11、CX12-1和CX50断裂滑动与古应力反演结果

Fig. 3 Fault slip vectors and tensors parameters of tectonic stress fields in CX01-1, CX11, CX12-1 and CX50
 σ_1 :第一应力轴方向; σ_2 :第二应力轴方向; σ_3 :第三应力轴方向;P:应力轴倾角;D:应力轴倾向; Φ :应力轴之间的差异比值

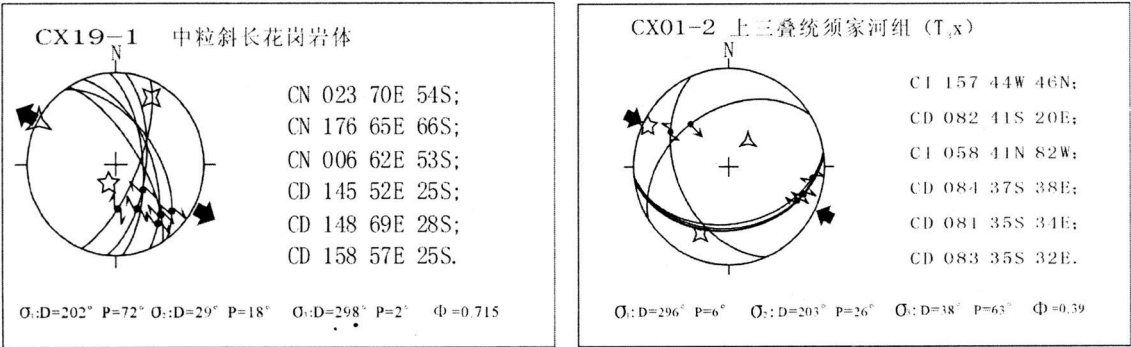


图4 CX19-1和CX01-2断裂滑动与古应力反演结果

Fig. 4 Fault slip vectors and tensors parameters of tectonic stress fields in CX19-1 and CX01-2
 σ_1 :第一应力轴方向; σ_2 :第二应力轴方向; σ_3 :第三应力轴方向;P:应力轴倾角;D:应力轴倾向; Φ :应力轴之间的差异比值

3.3 晚期 NNW、NNE两个方向挤压作用

期古应力分析根据 CX07、CX12-2、CX19-2三个断层观测点获得,古应力反演的结果除了CX12-2中两个数据RUP值略超误差要求,其余结果均在允许误差范围之内(图5)。CX07点位上三叠统须家河组上段砂岩中,主要发育了一系列压扭性断裂,并且左旋和右旋分量可能共轭;获得的古应力结果是 σ_1 : $D = 214^\circ$ 、 $P = 3^\circ$; σ_2 : $D = 304^\circ$ 、 $P = 12^\circ$; σ_3 : $D = 111^\circ$ 、 $P = 78^\circ$; $\Phi = 0.11$ 。CX12-2是观测点CX12处两期断裂中较晚的一期共轭断裂

组,断裂发育于下二叠统厚层石灰岩中,古应力反演结果是 σ_1 : $D = 209^\circ$ 、 $P = 32^\circ$; σ_2 : $D = 89^\circ$ 、 $P = 39^\circ$; σ_3 : $D = 324^\circ$ 、 $P = 34^\circ$; $\Phi = 0.76$ 。观测点CX19-2断裂在晋宁期花岗闪长岩体中发育,断裂性质为左旋,古应力反演结果是 σ_1 : $D = 346^\circ$ 、 $P = 32^\circ$; σ_2 : $D = 88^\circ$ 、 $P = 18^\circ$; σ_3 : $D = 202^\circ$ 、 $P = 52^\circ$; $\Phi = 0.70$ 。

4 结论与讨论

龙门山构造带经历了多期构造热演化, 图 6 汇总了前人的热年代数据, 包括锆石、独居石、榍石和磷灰石 U /Pb 角闪石、黑云母和白云母 Rb /Sr 角闪石、黑云母和白云母 Ar /Ar 年代以及锆石、磷灰石裂变径迹和 (U - Th) /He 等年龄数据等^[2 10~ 13 21~ 23], 根据这些热年龄数据和区域地质背景, 龙门山构造带可以识别和划分出四个构造热事件, 包括印支期碰撞造山与中高温剥露事件、早燕山期区域挤压与中低温剥露事件、晚燕山期低温抬升剥露事件、以及喜山期区域挤压和中低温剥露事件。

根据断裂滑动与古应力分析, 龙门山构造带经历了三个重要的断裂活动构造期 (图 7), 包括早期 NNW 向区域挤压、中期 SEE 向区域挤压、以及晚期 NNE、NNW 两个方向区域挤压。这里, 我们将早期 NNW 向区域挤压与印支晚期的中高温热年龄 (200~ 170 M a) 对应起来, 将中期 SEE 向区域挤压与早燕山期中低温热年龄 (140~ 110 M a) 对应起来, 将晚期两个方向区域挤压与 40 M a 以来的热年龄对应起来。这样, 龙门山构造带大的区域构造演化可以归结为:

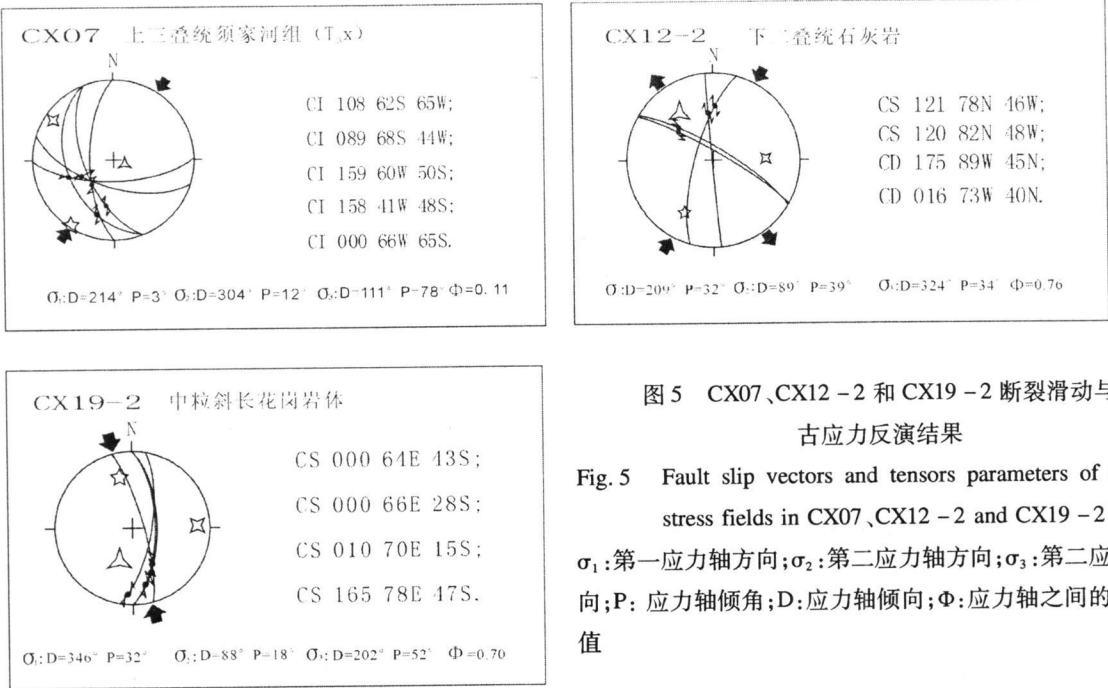


图5 CX07、CX12 - 2 和 CX19 - 2 断裂滑动与古应力反演结果

Fig. 5 Fault slip vectors and tensors parameters of tectonic stress fields in CX07、CX12 - 2 and CX19 - 2
σ₁:第一应力轴方向;σ₂:第二应力轴方向;σ₃:第二应力轴方向;P: 应力轴倾角;D:应力轴倾向;Φ:应力轴之间的差异比值

(1)早期 NNW 向挤压与秦岭域晚造山和沿甘孜 - 理塘缝合带的造山联合作用有关, 该阶段龙门山构造带更多为压扭性, 水平滑动分量表现为左旋, 而且愈接近北段挤压分量愈大; 而在松潘 - 甘孜地区更多形成轴向 NNW 延伸的紧闭 - 倒转褶皱群。

(2)中期 SEE 向挤压与早白垩世三大构造带的联合作用有关, 即秦岭造山域向南挤压、青藏碰撞域向北挤压联合引发松潘 - 甘孜地区向东挤压冲断、以及江南隆起向北西推挤引发四川盆地基底向龙门山深部的陆内造山。由于这三个构造域的

联合作用, 区域应力场在相互挤压过程了发生过由 SE 转向 SEE 向的转换。其中要强调江南隆起向 NW 推挤的重要性, 而且龙门山构造带在经历区域挤压之后还有过短暂的伸展塌陷作用。

(3)晚期 NNE、NNW 两个方向区域挤压是晚燕山以来的产物, 包括来自西南方向青藏造山域与来自东南方向双重挤压作用, 推测这种区域挤压更可能发生在 40M a 以来。

参考文献:

[1] 刘树根. 龙门山冲断带与川西前陆盆地的形成演化 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993 1—167

[2]刘树根, 罗志立, 戴苏兰, 等. 龙门山冲断带的隆升和川西前陆盆地的沉降 [J]. 地质学报, 1995, 9(3): 205—213 =

[3]陶晓风. 龙门山南段推覆构造与前陆盆地演化 [J]. 成都

理工学院学报, 1999, 26(1): 73—77

[4]李勇, 孙爱珍. 龙门山造山带构造地质学研究 [J]. 地层学杂志, 2000, 24(3): 201—206

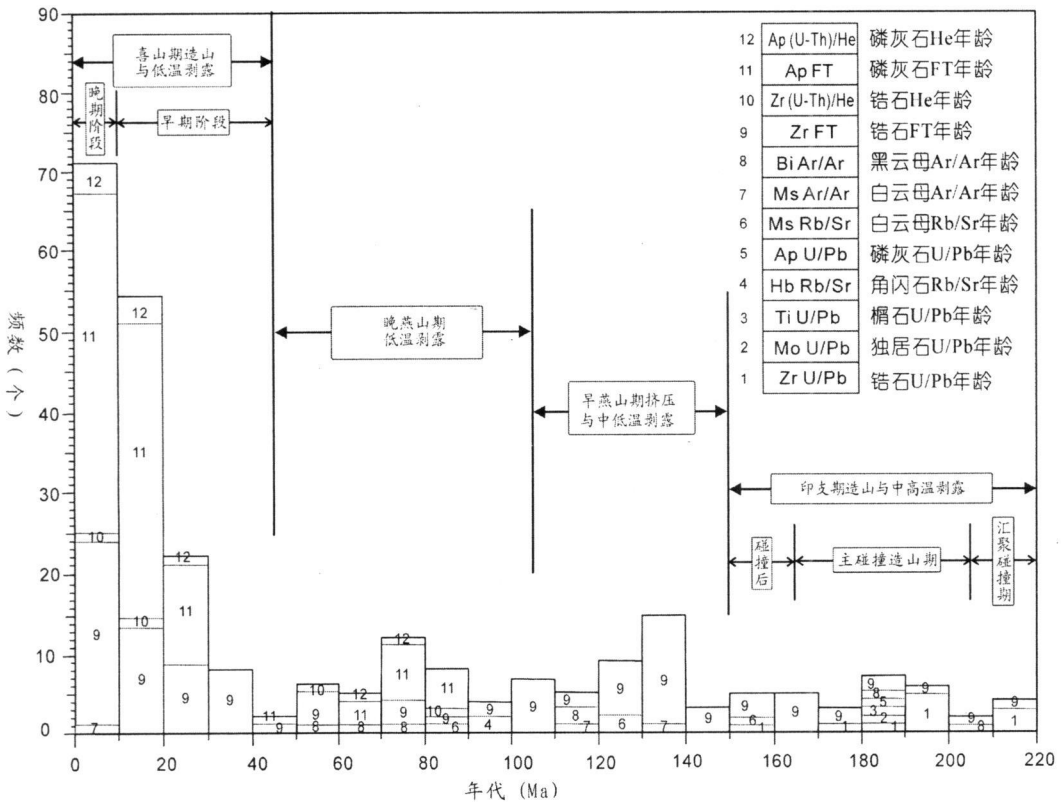


图 6 龙门山和松潘—甘孜地区热年代数据分布图

Fig. 6 Distributions of the thermochronologic data from the Longmenshan thrust zone and the Songpan-Ganzi area

[5]李勇, 周荣军, Densmore A L. 青藏高原东缘龙门山晚新生代走滑挤压作用的沉积响应 [J]. 沉积学报, 2006 24 (2): 153—164

[6]王二七, 孟庆任, 陈智. 龙门山断裂带印支期左旋走滑运动及其大地构造成因 [J]. 地学前缘, 8(2): 375—384

[7]周建文, 曾庆, 徐世琦. 龙门山北端推覆构造带变形特征研究 [J]. 天然气工业, 2005 25(A): 66—71

[8]钟锺, 徐鸣洁, 王良书. 川西两期前陆盆地南北两端构造演化的地球物理特征. 石油学报, 2004, 25(6): 29—37.

[9]陈竹新, 贾东, 张愷. 龙门山前陆褶皱冲断带的平衡剖面分析 [J]. 地质学报, 2005 79(1): 38—45

[10]Arne D, Worley B and Wilson C J L. 1997 Differential exhumation in response to episodic thrusting along the eastern margin of the Tibetan Plateau. Tectonophysics 280: 239—256

[11]Huang M, Mias R and Buick I S. 2003 Crustal response to continental collisions between the Tibet and

an, South China and North China Blocks: geochronological constraints from the Songpan-Garze Orogenic Belt, western China. J. metamorphic Geol., 21: 223—240

[12]Wallis S, Tsujimori T and Aoya M. 2003 Cenozoic and Mesozoic metamorphism in the Longmenshan orogen: Implications for geodynamic models of eastern Tibet. Geology, 31(9): 745~748

[13]Roger F, Malavieille J and Lebrun P H. 2004 Timing of granite emplacement and cooling in the Songpan-Garze Fold Belt (eastern Tibetan Plateau) with tectonic implications. Journal of Asian Earth Sciences, 22: 465—481.

[14]刘树根, 赵锡奎, 罗志立. 龙门山造山带—川西前陆盆地系统构造事件研究 [J]. 2001, 成都理工学院学报, 28 (3): 221—230

[15]Angelier J, Colletta B and Anderson R E. Neogene paleostress changes in the basin and range: A case study at Hoover Dam, Nevada—Arizona [J]. Geological Society of America Bulletin, 1985 96: 347—361

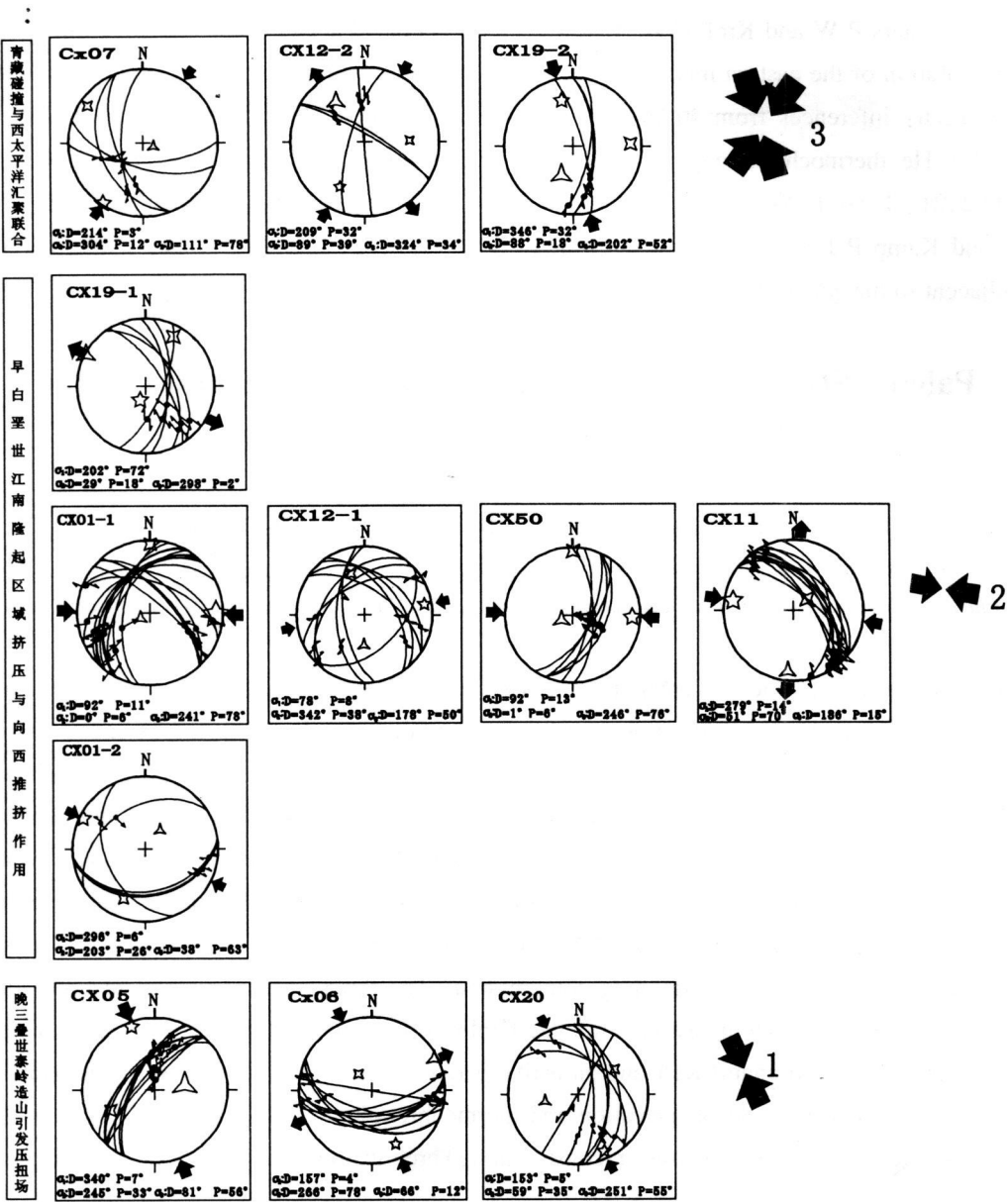


图 7 龙门山地区古应力反演与构造事件关联图

Fig 7 Sketch showing relationships between paleo stress sequences and tectonic events in the Longmenshan thrust zone

[16] Delvaux D, Moëys R, and Stapel G, et al. Paleostress reconstructions and geodynamics of the Bakal region, Central Asia, Part1: Paleozoic and Mesozoic pre-rift evolution[J]. Tectonophysics, 252: 61—101.

[17] Delvaux D, Moëys R and Stapel G, et al. Paleostress reconstructions and geodynamics of the Bakal region, Central Asia, Part2: Cenozoic rifting[J]. Tectonophysics, 1997, 282: 1—38.

[18] Angelier J. 1994. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In: Hancock P L, eds. Continental Deformation. Oxford: Pergamon Press, 53—100.

[19] Almendinger R W, Gephart J W, Marrett R A. 1989. Notes on Fault Slip Analysis (Prepared for the Geological Society of America Short Course on "Quantitative Interpretation of Joints and Faults"): Department of Geological Sciences, Cornell University, New York.

[20] 马永旺, 杨尽. 龙门山中段推覆构造的变形特征[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(3): 236—240.

[21] Kirby E, Reiners P W and Krohn A. Late Cenozoic evolution of the eastern margin of the Tibetan Plateau: inferences from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and $(\text{U} - \text{Th}) / \text{He}$ thermochronology [J]. Tectonics, 2002, 21(1): 1—120

[22] Xu G and Kamp P J J. Tectonics and denudation adjacent to the Xianshuihe fault, eastern Tibetan Plateau: constraints from fission track thermochronology [J]. Journal of Geophysical Research, 2000, 105: 19231—19251

[23] 胡健民, 孟庆任, 石玉若, 等. 松潘—甘孜地体内花岗岩锆石 $\text{SHRIMP U} - \text{Pb}$ 定年及其构造意义 [J]. 岩石学报, 2005, 21(3): 867—880

Paleo- Stress Reconstruction of a Crossing Section in the Middle Longmenshan Thrust Zone

WU Jian-xun¹, ZHOU Zu-yi¹, XU Chang-hai¹, GUO Tong-lou²

(1. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2 China Southern Exploration and Development Company, SINOPEC, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract Composed of Mao-Wen fault zone, Beichuan-Yingxiu fault zone, Anxian-Guanxian fault zone and some blocks among them, the Longmenshan thrust fault zone has changed by many tectonic events since the Indo-Sinian Epoch. Many sets of coarse clastic rocks have formed in the West-Sichuan foreland basin, as the result of tectonic events here. Based on analysis of structural feature along the geologic section vertical to them, a structural line from Dujiangyan to Gengda, the paper focuses on paleostress reconstruction with the fracture data from major faults here. The result of the paleostress reconstruction shows us three main periods of tectonic compression: the earlier NNW-trending compression, the middle SEE-trending compression, and the latest NNE&NNW-trending compression. The three main periods of tectonic compression are related to the three major tectonic events: the late Qinlin orogenesis (T3), extrusions from Jiangnan uplift and Qinghai-Tibet tectonic domain (K1) and an active period of Qinghai-Tibet tectonic domain (since K2) respectively, constrained from field observation and thermochronologic data.

Key words Fault analysis; Paleostress reconstruction; Three tectonic events; Longmenshan