

文章编号:1673-9469(2011)03-0058-06

龙门山北段阳平关地区构造变形序列特征

任清军,刘 顺

(成都理工大学 地球科学学院,成都 610059)

摘要:龙门山造山带和米仓山造山带是中国大陆颇有影响力的造山带。阳平关地区位于前两者之间,阳平关断层的形成以及后期的构造变形均受这二者的明显控制和影响。通过对阳平关断层面上盘、断层面以及下盘的实测研究,对阳平关地区的构造变形期次与区域构造应力场作了探讨。认为主要区域构造应力场有六期,第一期为NE-SW向挤压,第二期为NW-SE向挤压,第三期为S-N向挤压,第四期为NE-SW向挤压,第五期为NW-SE向挤压,第六期NE-SW向拉伸。阳平关地区构造变形从印支晚期一直持续到喜马拉雅期。

关键词:构造应力场;阳平关;构造应力场;龙门山北段;米仓山

中图分类号: P542

文献标识码: A

Longmen Mountains region north deformation sequence features over Yangpingguan zone

REN Qing-jun, LIU Shun

(College of Earth Science, Chengdu University of Technology, Sichuan Chengdu 610059, China)

Abstract: Yangpingguan area is located between the Longmen Mountain orogenic belt and Micang Mountain orogenic belt, which are well known as mainland of orogenic belts. The tectonic deformation of Yangpingguan faults is effected obviously by above two orogenic belts during the faults formation. Based on research on the plates and fault plane of Yangpingguan fault, tectonic deformation times and regional tectonic stress field were discussed. It is concluded that there are six tectonic stress field, such as the first period with EN-SW squeeze, the second period with NW-SE squeeze, the third period with S-N squeeze, the fourth period with EN-SW squeeze, the fifth issue period with NW-SE squeeze and the sixth period with EN-SW stretch. Tectonic deformation of Yangpingguan region continued progressed from late Indosinian to Himalayan periods.

Key words: deformation sequence; Yangpingguan; tectonic stress field; the northern section of Longmen; Micang Mountain

阳平关地区位于龙门山北段,处于龙门山造山带与米仓山推覆构造带之间,地区内最主要的构造表现为龙门山断裂带之青川断层,阳平关地区受龙门山造山带及米仓山推覆构造带之间相互作用而表现相对应的构造变形特征。本文通过野外观测和对构造现象的描述整理,运用小构造解析的方法分析了阳平关地区几何学、运动学特征,反演了地区的构造应力场的更替序列,对阳

平关地区的两个问题有了初步的认识,建立阳平关地区的变形序列,初步解释阳平关地区受龙门山与米仓山对阳平关地区的控制以及构造叠加的效应。

1 地质概况和已有的研究认识

龙门山构造带北段主要指平武-青川断裂、

观测点 1 位于阳平关往双河乡之间(图 1)。观测点内出露的构造现象能较好的说明阳平关地区的构造变形序列。观测点内千枚理产状稳定,走向 NW-SE,反映早期的动力变质作用效果。韧性断层以及枢纽走向 NE-SW 的褶皱反映了该地区较早的 NW-SE 构造应力场。同时,E-W 走向的平卧褶皱以及倾向正 S 的层间牵引褶皱反映了区域内 S-N 的受力。产状 $65^{\circ}/61^{\circ}$ 正断层, s_3 NE-SW。在此小型断层上盘出露了下元古界的东房沟组(Pt_1d)灰绿色-深灰色千枚岩,夹顺层石英脉,千枚岩内见三组切割关系较为明显的节理,节理 I ($332^{\circ}/90^{\circ}$)、节理 II ($270^{\circ}/20^{\circ}$)、节理 III ($205^{\circ}/36^{\circ}$),依据三组节理之间的互切关系以及充填石英脉的差别判断出节理 II 在早期呈右旋下滑运动,而在较晚时期呈左旋逆冲,反映了晚期至少两次构造应力场的变动。断层下盘则出露了上元古界震旦系上统的灯影组(Z_6dn)块状白云质灰岩、灰质硅质、钙质板岩。观测点 1 构造要素统计以

及相应的构造序列关系见表 1。

观测点 2(图 2)位于阳平关镇 SW 处宁强二中对面对面(图 1)。出露下元古界的东房沟组(Pt_1d)的千枚岩,千枚岩理倾向 SSE,倾角从 $9^{\circ}-70^{\circ}$ 不等(表 2-①-(2)),表明此观测点处 S-N 受力明显。发育一组产状较为稳定的褶皱理 $340^{\circ}/35^{\circ}$ (图 2-a), s_1 为 NW-SE 向。露头见一组切层节理 I $150^{\circ}/25^{\circ}$ (图 2-b)以及变形强烈的节(劈)理(图 2-g)。节理中充填早期石英脉(图 3-c),呈 S-C 组构造(S-C Fabrics)运动性质为上盘向 20° 逆冲加右旋,系 S-N 受力的产物。偶见顺层节(劈)理,多为切层节(劈)理,其内部充填石英脉。见两组产状分别为 $35^{\circ}/72^{\circ}$ 与 $220^{\circ}/40^{\circ}$ 的节理,均反映后期 NE-SW 受力。露头出露具正断(滑)性质的断层 $320^{\circ}/57^{\circ}$ 和节理 $305^{\circ}/45^{\circ}$, s_1 方向均为 NW-SE,断层和节理均无石英脉充填,推测为较晚期的变形。观测点 2 构造要素统计以及相应的构造序列关系见表 2。

表 1 观测点 1 构造要素相对构造序列关系
Tab.1 The sequence of structural relations of structural elements in observation point 1

构造序列	①	②	③	④	⑤
构造要素	(1) 千枚理 $200^{\circ}-220^{\circ}$ $\angle 30^{\circ}-65^{\circ}$	(1) 韧性断层 $340^{\circ}/65^{\circ}$ (2) 褶皱枢纽 $36^{\circ}/12^{\circ}$ (3) 褶皱枢纽 $240^{\circ}/10^{\circ}-20^{\circ}$	(1) 褶皱枢纽 $103^{\circ}/5^{\circ}$ (2) 层间牵引 $180^{\circ}/73^{\circ}$	(1) 劈理 $225^{\circ}/31^{\circ}$, 见石英脉透镜体 (2) X 节理 (3) 节理 $20^{\circ}/34^{\circ}$, $21^{\circ}/65^{\circ}$	(1) 节理 $240^{\circ}/66^{\circ}$, $205^{\circ}/36^{\circ}$ (2) 断层 $65^{\circ}/61^{\circ}$, $55^{\circ}/46^{\circ}$
运动性质	-	(1) 逆冲	-	(1) 逆冲 (3) 逆冲	(1) 正滑 (2) 正断
s_1 方向	(1) NE-SW	(1)(2)(3) NW-SE	(1)(2) S-N	(1)(2)(3) NE-SW	(1)(2) s_3 NE-SW

表 2 观测点 2 构造要素相对构造序列关系
Tab.2 The sequence of structural relations of structural elements in observation point 2

构造序列	①	②	③	④	⑤
构造要素	(1) 千枚理 $220^{\circ}-257^{\circ}$ $\angle 15^{\circ}-65^{\circ}$ (2) 千枚理 $165^{\circ}-174^{\circ}/9^{\circ}-70^{\circ}$	(1) 褶皱劈理 $340^{\circ}/35^{\circ}$	(1) 节理 $170^{\circ}/55^{\circ}$ (2) 节理 $150^{\circ}/25^{\circ}$ (3) 片理化带 $6^{\circ}/60^{\circ}$	(1) 节理 $35^{\circ}/72^{\circ}$ (2) 石英脉透镜体	(1) 断层 $320^{\circ}/57^{\circ}$ (2) 节理 $305^{\circ}/45^{\circ}$, $220^{\circ}/40^{\circ}$
运动性质	-	(1) 逆冲	(1)(3) 顺层 (2) 逆冲 + 左旋	(1) 逆冲 (2) 顺层	(1) 正断 (2) 正滑
s_1 方向	(1) NE-SW (2) NNW-SSE(N-S)	(1) NW-SE	(1)(3) S-N (2) NNW-SSE	(1)(2) NE-SW	(1)(2) s_3 NE-SW

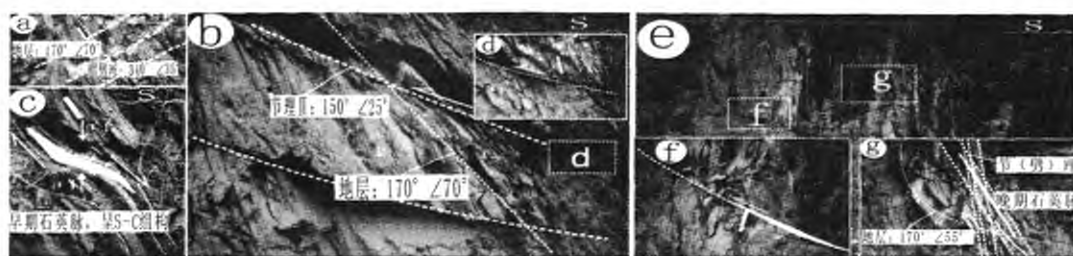


图2 阳平关地区观测点2构造要素素描图

Fig. 2 Geologic construction drawing of observation point 2 in Yangpingguan region

综合阳平关附近两观测点的数据,确定构造序列为:在动力变质作用下的千枚岩理形成阶段(s_1 为 NE-SW 向)→褶皱理以及褶皱的变形阶段(s_1 为 NW-SE 向)→枢纽近 E-W 的平卧褶皱和节理和片理化带形成阶段(s_1 为 S-N 向)→较早的脆性变形阶段,逆冲型节理和断层见石英脉充填(s_1 为 NE-SW 向)→较晚的脆性变形阶段,断层、节理多表现为正断(滑)性质且无脉(s_2 为 NE-SW 向)。

观测点 3(图 3)位于阳平关镇擂鼓台村口(图 2)。该观测点位于阳平关断层 SE 盘,出露寒武系下统石牌组块状灰岩、灰质砾岩、风化褐色千枚岩。观测点 3 在露头上可明显观察到被断层所切割平卧褶皱、断层中发生强烈变形的直立透镜化带,变形带 S 侧边缘见断层泥指示为脆性变形的挤压性质,同时也指示了此观测点的断层系新构造运动的产物。观测点 3 的构造序列为:由北侧小型平卧褶皱所反映的区域 S-N 受力→逆冲断层Ⅲ和Ⅳ所反映的 NE-SW 受力→见断层泥的直立断层Ⅰ和Ⅱ所反映晚期 NW-SE 挤压。

燕子砭剖面(图 4)为燕子砭镇沿康河长约 4Km 的剖面(图 1)。燕子砭剖面位于阳平关断层 NW 盘。剖面露头均出露蓟县系管子沟组地层,岩性为绢云千枚岩、千枚变质砂岩、变质砂岩。岩层均倾向 NW,倾角为 $40^\circ-75^\circ$,指示该区域地层受龙门山主期次 NW-SE 方向的构造应力场影响较大。剖面上可清楚地观察到强化变形带和劈理、节理等构造要素。

观测点 4(图 5)出露蓟县系管子沟组变质砂岩及千枚岩。据野外观测和记录,此露头的构造要素均表现为燕山-喜马拉雅期脆性断层特征,指示较晚期的应力场作用。露头 NW 侧见三组有明显擦痕以及运动方向明确的节理Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ,经 Setereonett 计算反演结果(图 5-a 右侧),此三组节理系同时受 NW-SE 挤压形成。在 NE 侧见千枚

岩中逆冲节理Ⅳ(图 5-d),节理未见石英脉充填,故形成时间较晚。节理Ⅳ中发育顺层劈理化与透镜体(图 5-f),均为强烈变形的产物。同时见更晚期形成的逆冲型节理Ⅴ(图 5-e)切节理Ⅳ,根据其运动性质以及切割关系,判断其系 NNE-SSW 受力影响的结果。露头见产状为 $215^\circ/71^\circ$ 的逆冲断层(图 5-b),断带宽约 10cm,断带内发育透镜体(图 5-c)。观测点 4 的构造序列为:逆冲断层的形成阶段(s_1 为 NE-SW 向)→发育于脆性变质砂岩中的三组节理以及石英脉节理Ⅳ的构造变形(s_1 为 NW-SE 向)→节理Ⅴ所反映的 NE-SW 挤压应力。

观测点 5(图 6)出露蓟县系管子沟组变质石英岩及千枚岩。露头处观测到较早的韧性剪切作用的构造证据。观测点内千枚理的走向为 NE-SW(图 6-c)。褶皱理(图 6-d)走向 NNW-SSE,图中可见褶皱理被水平石英脉切割。反映 NW-SE 挤压应力的逆断层Ⅰ(图 6-b)切褶皱理,断层两盘可见清晰的牵引现象。受 NE-SW 向挤压逆的断层Ⅱ $215^\circ/49^\circ$ 被具有潜在正断性质的膝折Ⅱ切(图 6-a),表明后期 NW-SE 方向上的拉张应力存在。观测点 5 的构造序列为:千枚岩理变形与褶皱理形成阶段所反映的 NW-SE 受力→断层Ⅱ所反映的 NE-SW 向挤压→脆性断层Ⅰ所反映的 NW-SE 受力→膝折Ⅱ所反映的 NW-SE 拉张应力。

3 变形期次及区域构造应力场讨论

位于龙门山北段的阳平关地区最主要的构造表现为一条形成于中深构造层次的韧性剪切带,既青川断裂带,并且具有多期构造叠加与改造的特点。同时,青川断裂带作为一条重要的构造边界,经历了不同构造层次的变形与改造^[6]。阳平关地区从印支期直到喜马拉雅期均有活动,在不同的构造背景下有着不同的构造表现。综合各个观测点的

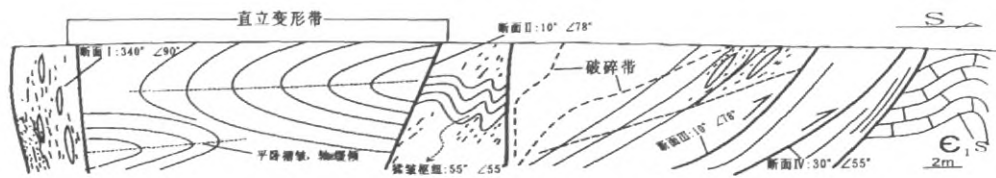


图3 阳平关地区观测点3露头剖面构造要素素描图

Fig.3 Geologic construction drawing of observation point 3 in Yangpingguan region

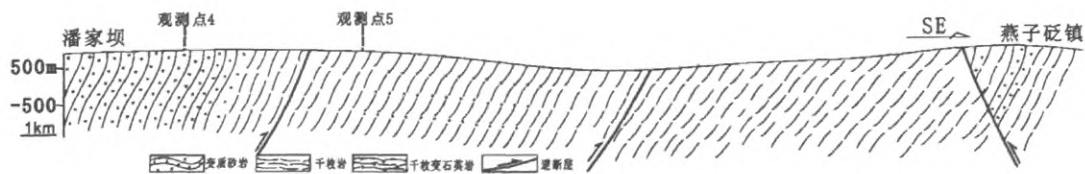


图4 燕子砭剖面简图

Fig.4 Profile sketch of Yanzhibian area

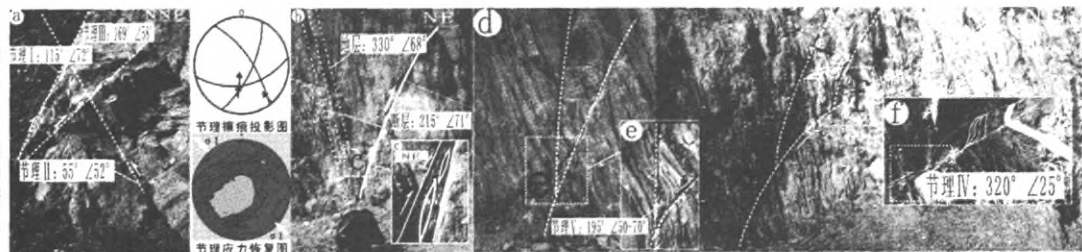


图5 阳平关地区观测点4构造要素素描图

Fig.5 Geologic construction drawing of observation point 4 in Yangpingguan region

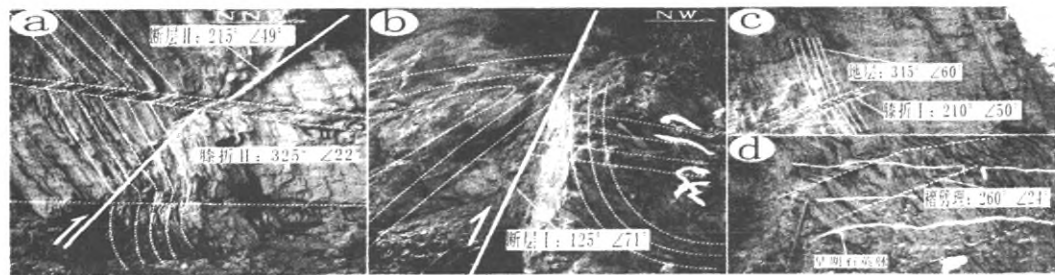


图6 阳平关地区观测点5构造要素素描图

Fig.6 Geologic construction drawing of observation point 5 in Yangpingguan region

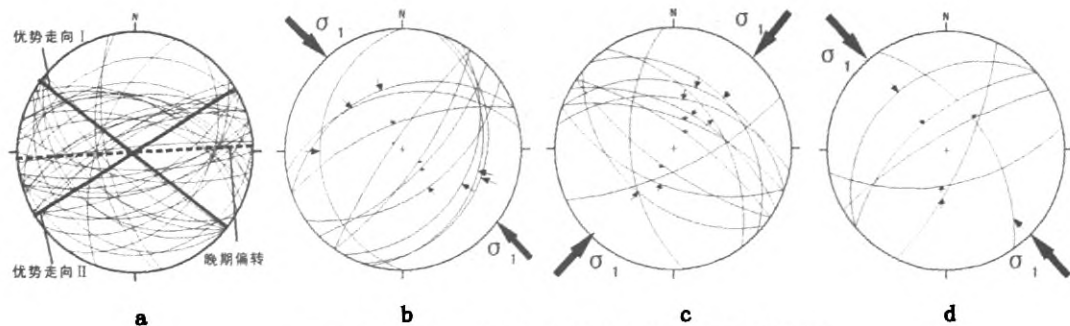


图7 阳平关地区研究区内构造要素赤平投影图解

Fig.7 Stereographic projection diagram of structural elements in Yangpingguan regional

观察和分析再结合前人所做的区域构造应力场成 果得出阳平关地区的构造变形序列(图 7)。

阳平关地区早期受到来自 NE-SW 的动力变质作用下形成走向 NW-SE 的千枚理(图 7-a, 优势走向 I)。晚三叠世前期, 在 NW-SE 向强水平挤压力作用下, 四川盆地岩石圈向龙门山区作 A 型俯冲^[7], 龙门山造山带相对作仰冲运动^[8]。由于处于中上的构造层次所发生的均以褶皱理、韧性断层为主的韧性变形为主(图 7-b) 由于受到来自 NW 的构造应力场作用, 阳平关地区的千枚理的产状发生变化(图 7-a, 优势走向 II)。至早白垩世, 在 S-N 向挤压应力场作用下^[5] 早第三纪末的四川运动, S-N 向挤压应力场作用增强, 米仓山推覆体向 S 逆冲推覆, 阳平关地区早期形成的千枚理受到来自米仓山的构造叠加, 表现在千枚理以及褶皱理的走向 E-W 方向偏转(图 7-a, 晚期偏转)。在燕山期至喜马拉雅期阶段内, 龙门山至少经历了三次构造变形(表 1-⑤, 表 2-⑤), 第四期 NE-SW 向挤压(图 7-c)、第五期 NW-SE 挤压(图 7-d) 以及第六期的 NE-SW 方向上的拉张变形, 这三期均以脆性变形为主, 表现为大量的节理和脆性断层以及断层内的透镜化带。根据节理以及断层之间的相互切割关系和有无充填石英脉划定后三期构造变形的序列关系。另外在野外观测中发现, 阳平关断层至少发生两次充脉(石英脉), 依据褶皱理以及节理的充脉情况, 判定早期充脉发生在第三期以前, 晚期充脉发生于第四期至第五期之间。第六期形成时间最晚, 且无石英脉充填, 多表现为正断或正滑性质的断层和节理。

通过此次对于阳平关地区的构造变形研究, 印证了青川断层在印支晚期的中深部构造层次的韧性剪切变形被其后燕山-喜马拉雅期不同构造体制下浅层次脆性叠加的成果^[2]。处于中构造层次的千枚理原始倾向被 NW-SE 叠加发生走向的偏转可以证实这一结论。阳平关地区的东部米仓山也对该地区的影响较大, 表现为 S-N 方向上的构造叠加^[9]。在新生代以来, 青川断裂的右行走滑所形成拉张应力区, 造成正断层的发育^[2], 这在野外观测和分析中也得以证实。

4 结束语

研究阳平关地区, 能加深对龙门山北段构造变形和应力序列的认识, 同时, 地处龙门山北段的青川断层也是地震的高发区, 通过对此区域的构造认识再结合前人论述龙门山北段构造演化的资料对认识青川断层的活动性以及在地震灾害预报中能起到一定的积极作用。汶川大地震的发生表明龙门山北段的青川断层乃至龙门山断裂带仍然有很强的构造活动性。本研究区作为秦岭-龙门山-米仓山的交接部位, 研究其构造变形特征以及演化序列显得举足轻重。

参考文献:

- [1] 文德华. 龙门山北段断裂活动特征[J]. 四川地震, 1994 (1): 53-57.
- [2] 樊春, 王二七. 龙门山断裂带北段晚新近纪以来的右行走滑运动及其构造变换研究-以青川断裂为例[J]. 地质科学, 2008, 43(7): 417-419.
- [3] 代建全. 四川省青川断裂的特征及形成的物理条件[J]. 四川地质学报, 1992, 12(4): 311-319.
- [4] 王二七, 孟庆任. 龙门山断裂带印支期左旋走滑运动及其大地构造成因[J]. 地学前沿, 2001, 8(4): 375-384.
- [5] 吴德超. 米仓山叠加推覆构造几何结构及演化[J]. 矿物岩石, 1998, 18(9): 16-20.
- [6] 王全伟. 青川地区青川断裂带的显微构造及其变形条件研究[J]. 矿物岩石, 2000, 20(3): 87-90.
- [7] 巴利 A W. 油气产状的地质动力背景[M]. 北京: 石油化学工业出版社, 1975.
- [8] 刘顺. 论龙门山中北段东缘印支运动晚幕的性质[J]. 成都理工学院学报, 1992, 25(4): 524-528.
- [9] 李岩峰, 曲国胜. 米仓山、南大巴山前缘构造特征极其形成机制[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(8): 285-292.
- [10] 彭华, 马秀敏. 龙门山北端青川断层附近应力测量与断层稳定性[J]. 地质力学学报, 2009, 15(6): 114-130.

(责任编辑 刘存英)