

南大巴山西北段镇巴—下高川地区地质构造解析

刘战庆^{1,2}, 裴先治^{1,2}, 丁平^{1,2}, 李佐臣^{1,2}, 李瑞保^{1,2},
陈有忻^{1,2}, 刘智刚^{1,2}, 张晓飞^{1,2}, 陈国超^{1,2}, 王学良^{1,2}

(1 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054;

2 长安大学 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘要: 在南大巴山西北段镇巴—下高川地区进行 1 : 50 000 地质填图基础上, 通过对地质构造现象野外的详细观测, 运用持平投影的构造几何学和运动学等方法对主要断层擦痕和断层两侧不对称褶皱枢纽以及褶皱两翼产状进行统计分析和构造解析, 结合区域沉积资料和地质年代学资料, 对该区构造进行构造序列分析, 并探讨南大巴山构造带的变形时限、动力学机制及其演化。研究表明: 南大巴山西北段镇巴—下高川地区断裂构造特征表现为高角度逆冲推覆兼有右行走滑性质的叠瓦式逆冲推覆构造; 与逆冲推覆构造相关褶皱多为轴面东倾西倒的同斜褶皱和斜歪褶皱, 而且由东向西褶皱紧闭程度逐渐减弱, 表明逆冲推覆方向由东向西, 扩展方式为前展式。该区是在印支期扬子地块与秦岭造山带全面碰撞造山作用基础上, 在燕山期中—晚期整个大巴山构造系由北东向南西方向大规模的陆内造山, 形成了现今的构造几何形态, 其中右行走滑构造是燕山期中—晚期(J_3-K_2)逆冲推覆构造持续向西南推移过程中形成的。

关键词: 南大巴山; 镇巴—下高川地区; 构造解析; 逆冲推覆; 右行走滑; 动力学机制

中图分类号: P541 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2011)01-0054-10

Geological Structure Analysis of Zhenba-Xiagaochuan Area in the Northwest Section of Southern Dabashan

LIU Zhan-qing^{1,2}, PEI Xian-zhi^{1,2}, DING Sa-ping^{1,2}, LI Zuo-chen^{1,2}, LI Rui-bao^{1,2},
CHEN You-xin^{1,2}, LIU Zhi-gang^{1,2}, ZHANG Xiao-fei^{1,2}, CHEN Guo-chao^{1,2}, WANG Xue-liang^{1,2}

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Key Laboratory of Western Mineral Resources and Geological Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract On the basis of geological mapping with the scale 1 : 50 000 of Zhenba-Xiagaochuan Area in the northwest section of Southern Dabashan, the field occurrences of the hinge lines and two limbs of the asymmetry folds were analyzed in tectonic statistics by the means of detailed wild-field observations and measurement and stereographic method. With regional sedimentary and geological age data, the mechanism of tectonics and dynamics and the evolution of Southern Dabashan were discussed with structural sequences analyzing of its structural geometry and kinematics. The results showed that the northwest section of Southern Dabashan in Zhenba-Xiagaochuan Area was characterized by high-angle thrust with imbricate thrust fan-type nappe of right-type strike-slip in structure; the folds related to thrust fan-type nappe were predominated by the syncline and inclined ones with its axis planes indine to the east and the angles between limbs of which became larger and large from east to west, representing their thrust direction and indicating forward developing. Thus, it is believed that the thrust in the area, which inherited from previous complete collision between Yangtze Plate and Qinling orogenic belt in Indosinian, was ultimately forged through large-scale thrust of intra-continental collisions of the whole Dabashan tectonic belt from northeast to southwest during middle-late period of Yanshanian, in which the present structural model of Zhenba-Xiagaochuan Area was brought out, and the right-type strike-slip structure grew in the continuous process of

收稿日期: 2010-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(40972136; 40572121); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2009JC053; CHD2009JC070); 中国石油化工股份有限公司海相前瞻性研究项目(YPH08006)

作者简介: 刘战庆(1975-), 男, 陕西蒲城人, 理学博士研究生, 从事构造地质和区域地质研究。E-mail: liu_zq100157@sohu.com

movement of the thrust towards southwest during middle-late period of Yanshanian(J_3-K_2).

Key words: Southern Dabashan; Zhenba-Xiagaochuan Area; structure analysis; thrust; right-type strike-slide; dynamic mechanism

0 引言

镇巴—下高川地区位于南大巴山西北段,是米仓山构造带、南大巴山构造带及勉略带的交接地区,也是研究四川盆地与秦岭造山带盆-山耦合关系的重要场所。前人研究认为,印支期扬子地块向秦岭造山带之下俯冲并发生碰撞,而后进入陆内造山阶段,特别是燕山期扬子地块由南向北向秦岭地块之下的陆内俯冲,在地表表现为秦岭向扬子地块之上逆冲推覆,加之扬子地块的顺时针旋转,致使该区表现为现今的构造叠加复合形态^[1-5]。然而笔者在完成“陕西省镇巴县—下高川地区 1:50 000 区域地质矿产调查项目和扬子北缘现今盆山结构构造及其油气潜力”课题过程中,发现该区地层出露特征和大量的构造形迹除了具有逆冲推覆性质外,还具有显著的右行走滑特征,而且这种右行走滑特征与区域上秦岭造山带和龙门山构造带的左行走滑现象不一致。这种局部与整体不协调现象的原因究竟何在,笔者从野外构造几何学和运动学特征进行分析,探讨其形成的动力学机制。

1 区域地质概况

巴山弧形断裂、兴隆断裂、镇巴断裂将镇巴—下高川地区分为 4 个构造-地层小区:北大巴山构造-地层小区、高川构造-地层小区、星子山构造-地层小区、米仓山构造-地层小区(图 1)。各小区中地层及断裂多呈南北向、北北西—南南东向展布。

巴山弧形断裂以东地区属于北大巴山构造带,发育青白口纪耀岭河群变质火山岩系、南华纪浅变质含砾碎屑岩系和寒武纪—志留纪碳硅质板岩、细碎屑岩、碳酸盐岩系及基性岩墙群和少量正长岩脉。

高川构造-地层小区,发育寒武系、上泥盆统、石炭系、二叠系和中下三叠统,缺失上寒武统、奥陶系、志留系,其中上泥盆统与下覆地层呈平行不整合接触。星子山构造-地层小区,发育南华系、震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、二叠系和中下三叠统,缺失泥盆系、石炭系。米仓山构造-地层小区,发育中新元古代基底岩系和震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、二叠系、三叠系、侏罗系,缺失泥盆系、石炭系。地层发育特征显示,高川构造-地层小区与星子山构造-地层小

区、米仓山构造-地层小区具有显著差异,前者的地层发育特征显示晚古生代处于裂陷盆地构造-沉积环境,而后两者地层发育特征与整个上扬子地区基本一致,表明两者之间具有相同的构造-沉积环境。

2 构造几何学和运动学特征

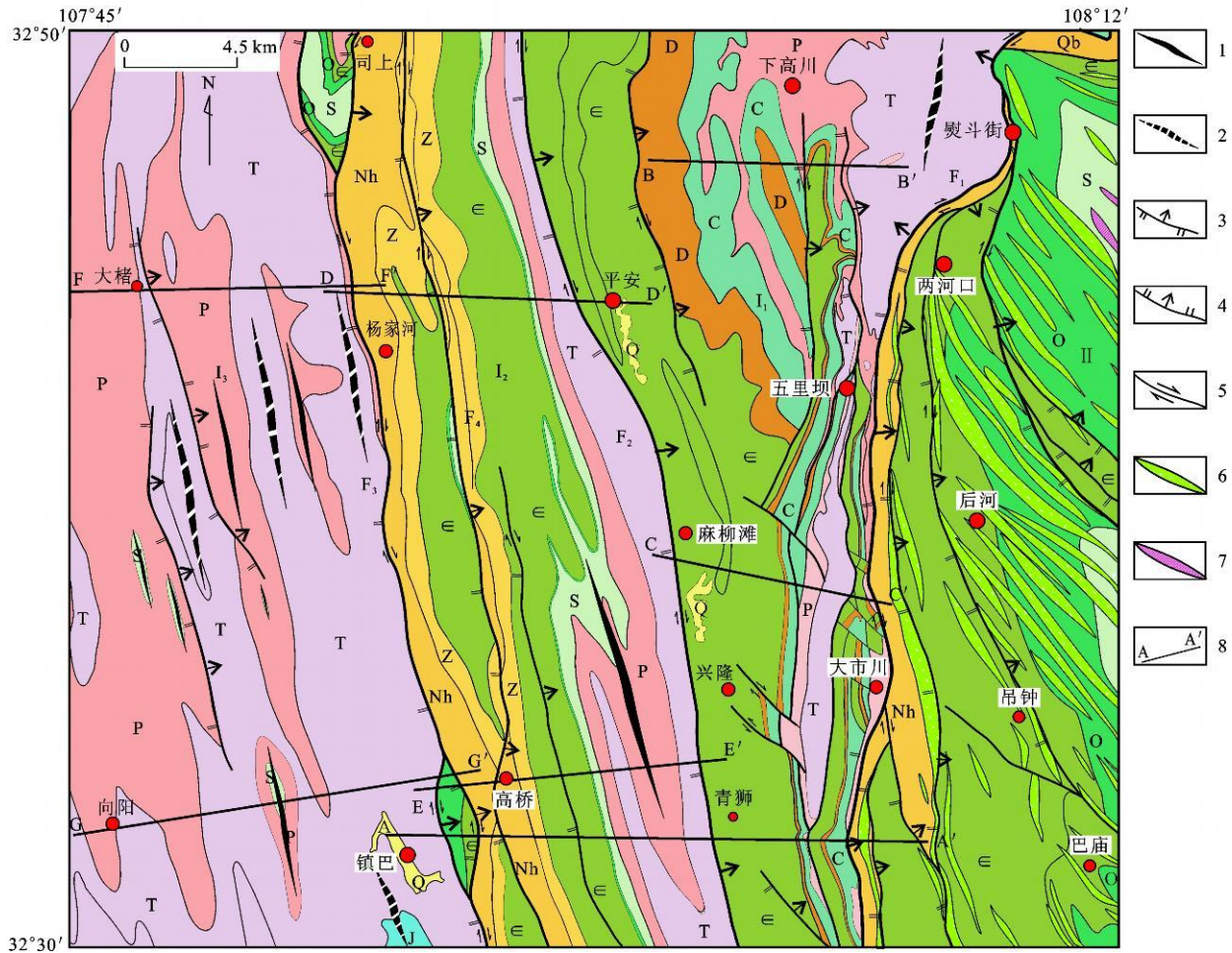
2.1 断裂构造性质及组合形式

2.1.1 断裂构造性质

巴山弧形断裂(F_1):区域上是秦岭造山带与扬子地块的分界断裂,向北延伸到石泉县南,向南东经重庆城口,东延到湖北房县,呈向南西突出的弧形^[6]。巴山弧形断裂在研究区分割了北大巴山构造-地层小区与高川构造-地层小区,该断裂由东沟河沿熨斗街向南,经两河口西、五里坝东、大市川,向南延伸到观音镇,呈波状南北向展布。断裂破碎带宽 10~100 m,局部有断层泥和炭化带,断层面倾向多变,主体东倾,倾角 $40^\circ \sim 80^\circ$ 。断层东盘主要为新元古代耀岭河群浅变质火山碎屑岩和南华系含砾细碎屑岩,西盘主要为三叠系碳酸盐岩和二叠系郭家垭组黑色岩系。除东沟河—董家河段,断层面西倾,三叠系灰岩反冲推覆到北大巴山构造带奥陶系之上外,其余均为东盘逆冲到西盘较新地层上。断层面上有明显擦痕、阶步构造(图 2a),靠近断层两侧地层中发育大量的不对称倾竖褶皱(图 2b),其特征均指示了巴山弧形断裂具有右行走滑性质。对擦痕及不对称倾竖褶皱枢纽产状测量统计,经赤平投影等密线图(图 3)分析,得出优势产状分别为 $359^\circ \sim 10^\circ \angle 19^\circ \sim 30^\circ$ 和 $135^\circ \sim 140^\circ \angle 35^\circ \sim 80^\circ$,表明该断裂右行走滑方向呈近南北向。

兴隆断裂(F_2):区域上向北延伸,在西乡县与镇巴断裂交汇,南端在麻柳坝与巴山弧形断裂交汇,是勉略带东延部分的西界^[7]。研究区内,该断裂分割了星子山构造-地层小区和高川构造-地层小区,在兴隆—高川一线以西,呈南北向至北北西向延伸,断面东倾,倾角 $60^\circ \sim 80^\circ$ 。断层东盘地层为寒武纪黑色碎屑岩系,岩层强烈变形、破碎;西盘为台地相三叠纪碳酸盐岩地层。地貌上呈西高东低突变特征。断裂两侧地层中发育大量不对称倾竖褶皱和劈理(图 4),指示断裂的右行走滑性质。

镇巴断裂(F_3):该断裂是星子山构造-地层小区



注：1—背斜褶皱；2—向斜褶皱；3—逆冲断层；4—正断层；5—走滑断层；6—辉绿岩脉；7—正长岩脉；8—剖面位置；I—南大巴山构造带；I₁—高川构造-地层小区；I₂—星子山构造-地层小区；I₃—米仓山构造-地层小区；II—北大巴山构造带。

图 1 镇巴—下高川地区地质构造

Fig. 1 Geological Sketch Map of Zhenba-Xiagaochuan Area

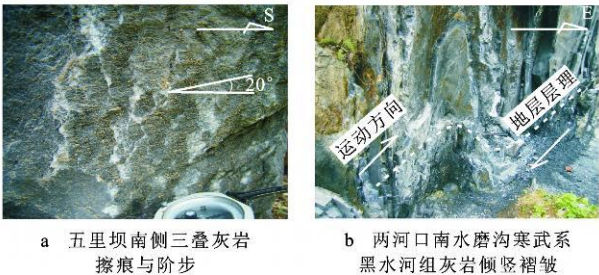


图 2 大巴山弧形断裂面擦痕与阶步及不对称倾竖褶皱
Fig. 2 Scratches and Asymmetric Plunging Vertical Folds Besides of Dabashan Curvic Fault

与米仓山构造-地层小区的分界断裂。走向北北西至南北向，断层面东倾，倾角 $45^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，北端止于西乡县城东，向东南在万源与鸡鸣寺断裂相接。在研究区，镇巴断裂沿司上—杨家河—镇巴鹿子坝一线展布，由东盘南华系碎屑岩逆冲于西盘二叠纪—三叠纪碳酸盐岩地层之上。在小洋坝沟口，断裂破碎

带呈线状延伸的负地形地貌，发育平行主断面的小型逆冲断层和具水平擦痕的小型滑动面(图 5)。在镇巴县鹿子坝处断裂分叉又合并，形成夹有寒武纪和奥陶纪地层，平面上形似透镜体状的岩片，称之为鹿子坝岩片(图 6)，岩片内奥陶系、寒武系南北两端均明显被错动，与断裂外侧的地层呈斜交关系，其几何形态表明镇巴断裂明显具右行走滑性质。以上现象说明镇巴断裂由北东向南西逆冲，同时兼有右行走滑性质。

坪坝断裂(F₄)：该断裂位于镇巴断裂东侧，是平行于镇巴断裂的次级断裂。该断裂经西乡司上东侧罗家湾、梨子园、高桥乡，经过干沟河向南延伸，其西盘地层由东向西依次为志留系、奥陶系、寒武系、震旦系、南华系，东盘地层由西向东依次为南华系、震旦系、寒武系，地层重复出露，且较老地层由东向西逆冲于较新地层之上。区域上向南延伸至万源县大

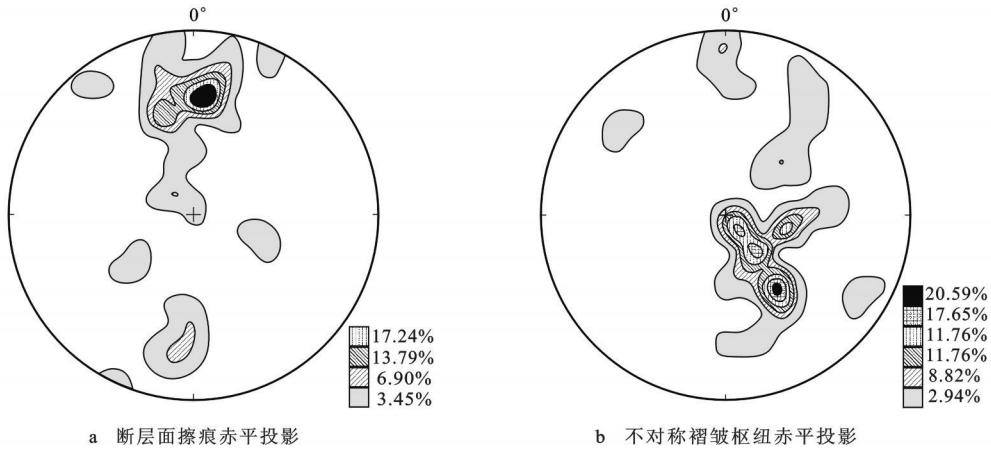


图 3 大巴山弧形断裂擦痕及不对称褶皱枢纽赤平投影

Fig 3 Stereographics of Scratches and Axis for Asymmetric Folds Besides of Dabashan Curvic Fault

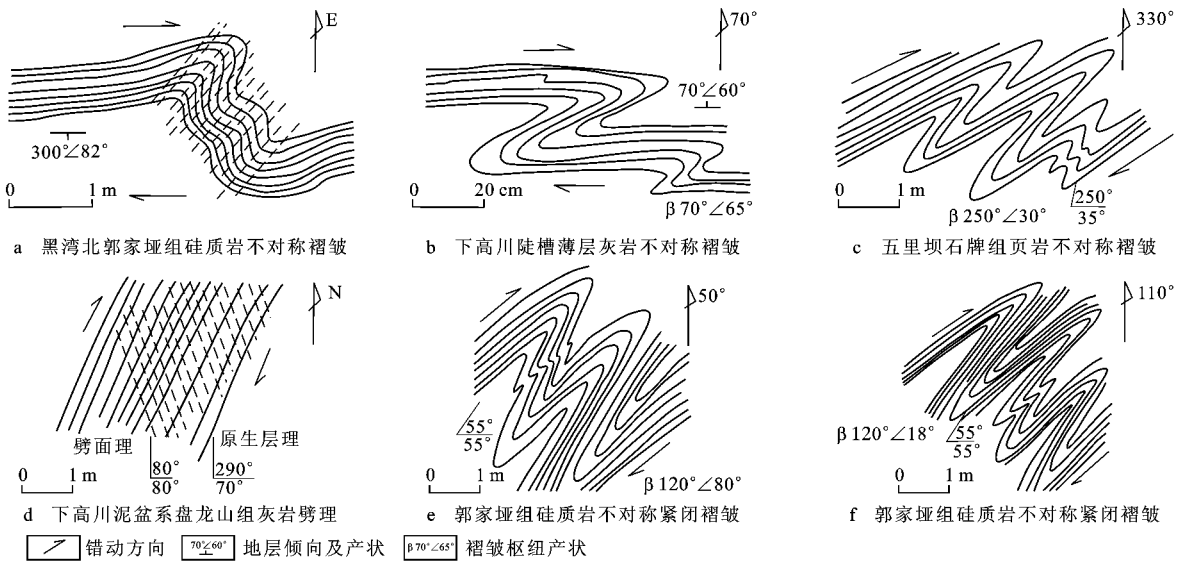


图 4 兴隆断裂两侧不对称褶皱构造与劈理素描

Fig 4 Sketch Map of Asymmetric Folds and Cleavage in Both Sides of Xinglong Fault

竹镇, 并转向北西—南东向, 最后归并于巴山弧形断裂。通过野外实地观察确认该断裂性质也具由东向西逆冲推覆兼具右行走滑性质。

2.1.2 断裂构造组合样式

上述各断裂构造具有共同的性质: 断层上盘均为较老的南华系—寒武系, 而下盘均为较新的二叠系—三叠系, 且为倾角较陡的高角度逆冲推覆兼右行走滑性质的断裂。据深部地震剖面和前人研究并结合野外调研^[7-8], 笔者认为研究区内断裂向深部延伸向下归并到南华系—下寒武统泥质粉砂岩组成的统一滑脱层, 形成叠瓦状逆冲推覆构造系(图 7), 扩展方式为前展式。

逆冲断层是位移量很大的低角度逆断层, 倾角一般在 30°左右或者更小^[9]。而本区内各断裂除了

局部位置倾角较小外, 大多数为高倾角甚至反转, 形成高角度逆冲断层, 此特征可能与该区普遍存在的走滑作用有关。

2.2 逆冲推覆构造系内褶皱特征

逆冲推覆构造常有褶皱伴生, 而且褶皱变形强烈并与逆冲推覆构造在几何学上具有相关性, 在成因上又有统一性。在许多逆冲推覆构造带中, 这种关系明显表现为褶皱倒向与逆冲方向一致以及变形强度的共同衰减^[9-10]。在研究区内也不例外, 褶皱几何形态上表现为轴面多为东倾西倒的同斜褶皱和斜歪褶皱形态, 表明逆冲推覆构造的方向是由东向西逆冲, 且由西向东褶皱紧闭程度逐渐加强, 在平面上也多呈线状近南北向展布, 而西侧褶皱形态变得越来越宽缓, 甚至形成箱状褶皱, 这在米仓山构造

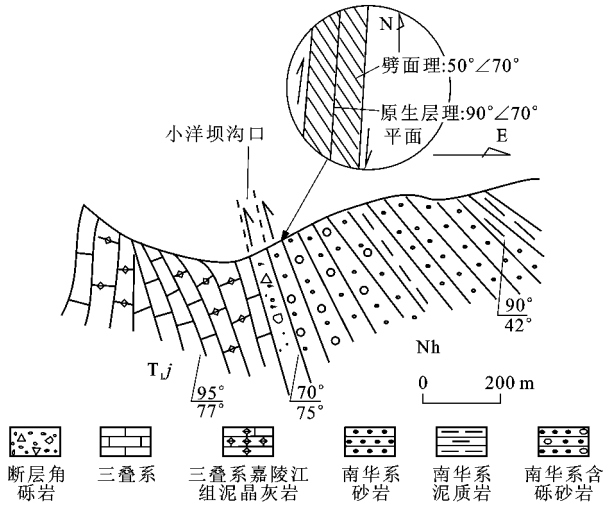


图 5 镇巴县小洋坝沟口剖面

Fig. 5 Section for Gutter Mouth of Xiaoyangba in Zhenba County

地层小区内特别显著。在叠瓦式逆冲推覆系中, 褶皱多被断裂逆冲、错断, 具有残破特征, 但褶皱轴面西倒东倾的趋势依然具有规律性(图 7)。

2.2.1 高川构造-地层小区褶皱构造特征

高川构造-地层小区的褶皱展布受巴山弧形断裂和兴隆断裂限制, 出露最新地层为三叠系, 最老地层为寒武系, 除寒武系上统娄山关组与泥盆系上统铁矿梁组之间为平行不整合接触外, 其余地层按层序均为整合接触关系。平面上, 褶皱总体为北宽南窄的南北向延伸特征。由于次级逆冲-走滑断裂十分发育, 大多将褶皱东翼被错断并逆冲掩盖, 形成几个近南北向展布的复式残破向斜。这些向斜仅西翼保留完整, 由寒武系、泥盆系、石炭系和二叠系组成, 核部由三叠纪碳酸盐岩地层组成, 靠近其东侧断裂分布。主向斜核部被断裂错断成 3 段。北段位于熨斗街—漩坑垭—五里坝罐子垭西侧, 桅杆垭—草帽子—木城寨以东, 呈近圆形, 向北延伸出研究区, 褶皱轴长超过 15 km。在平溪沟—漩坑垭构造剖面

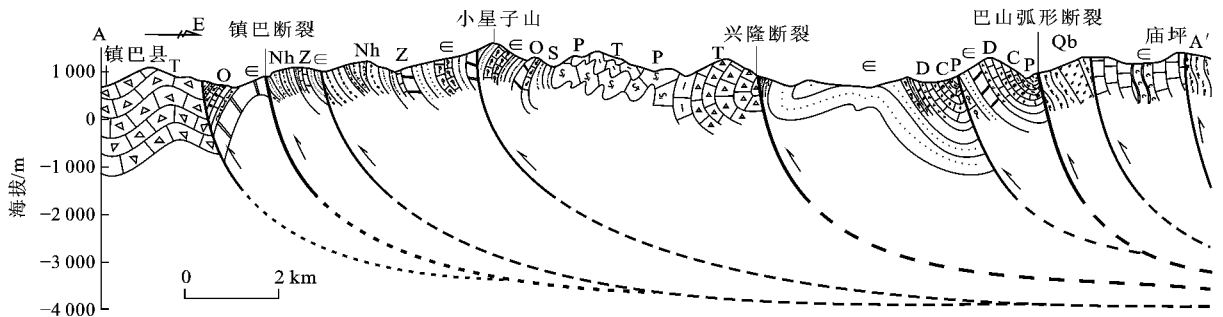


图 7 镇巴—庙坪构造剖面

Fig. 7 Structural Section for Zhenba-Miaoping

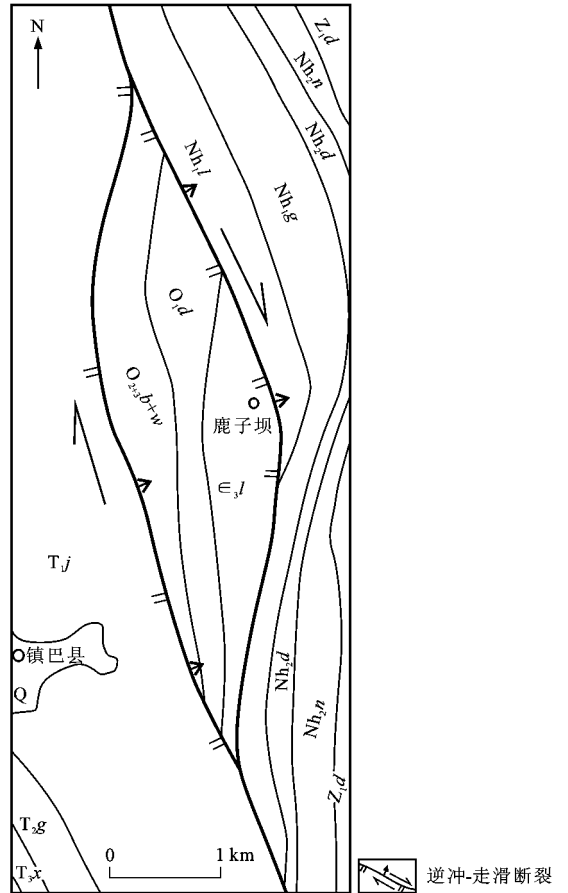


图 6 鹿子坝岩片构造

Fig. 6 Structural Map of Luziba Slab

(图 8)上, 雷鸣山—漩坑垭以三叠系为主的复式向斜相对较为开阔, 向东有反向逆冲的特征。平溪沟—受溪河石炭系、二叠系中褶皱紧闭, 而泥盆系中褶皱为开阔箱状褶皱, 轴面产状较陡, 略东倾。中段分布于五里坝—马鞍山, 呈短轴状南北向延伸, 长约

注: T₂x—三叠系须家河组; T₂g—三叠系关岭组; T₁j—三叠系嘉陵江组; O₂₊₃b+w—奥陶系宝塔组+五峰组; O₁d—奥陶系大湾组; ∈₃l—寒武系娄山关组; Z₁d—震旦系陡山沱组; Nh₂n—南华系南沱组; Nh₂d—南华系大塘坡组; Nh₁g—南华系古城组; Nh₂l—南华系莲沱组。

4 km。南段位于大市川石人山—梅子垭—陡咀子—庄子山, 呈狭窄长条状南北向延伸, 长约

18 km; 夹持在该区两条次级断裂间为一背向斜褶皱, 东翼紧闭, 产状较陡, 西翼较宽缓(图 9)。

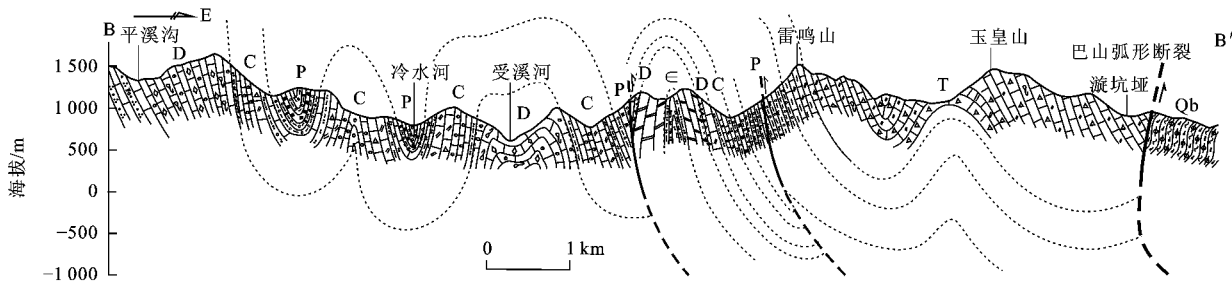


图 8 平溪沟—漩坑垭构造剖面

Fig. 8 Structural Section for Pingxigou-Xuankengya

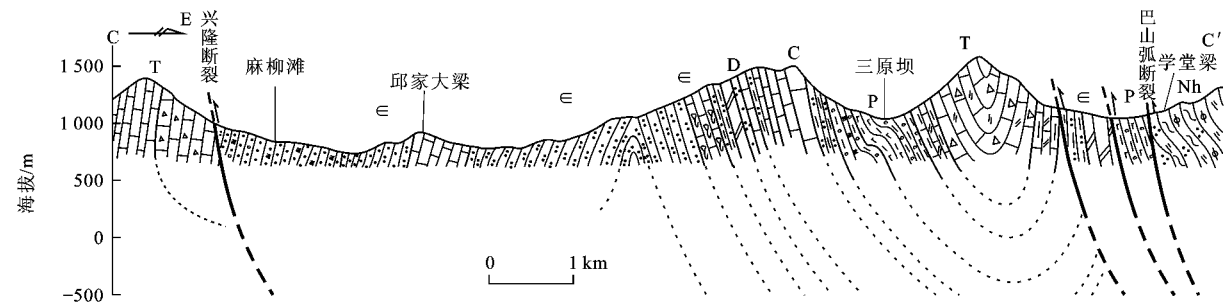


图 9 麻柳滩—学堂梁构造剖面

Fig. 9 Structural Section for Maliutan-Xuetangliang

在高川构造-地层小区, 特别是高川—观音段发育一系列次级断裂, 将区内地层错断切失(图 1)。大量不对称褶皱、劈理(图 4)指示兴隆断裂及次级断裂均有右行走滑性质。

2.2.2 星子山构造-地层小区褶皱构造特征

星子山构造-地层小区褶皱展布受兴隆断裂和镇巴断裂限制。在平面上褶皱轴平行断裂南北向延伸, 因受到兴隆断裂、坪坝断裂、店子坪断裂逆冲推覆-走滑作用的影响而被冲断破坏且掩盖, 形成不对称的残破褶皱(图 1、10、11)。

该区褶皱几何学形态明显受到右行走滑剪切作用影响, 并具有复式褶皱特征, 可能因受到多期构造活动改造, 早期为宽缓褶皱, 晚期受到挤压作用而形

成次级紧闭褶皱, 层内褶皱发育使地层加厚。而各次级褶皱轴面为西倾东倒, 倾角为 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$, 轴面劈理发育(图 12)。这种与整体不协调的构造特征反映了该区与高川构造-地层小区同样具有反向逆冲作用。

2.2.3 米仓山构造-地层小区褶皱构造特征

米仓山构造-地层小区以二叠纪和三叠纪的碳酸盐岩地层出露为主, 局部出露少量志留系和侏罗系, 山势陡峻, 切割较深。志留系与二叠系呈平行不整合接触, 并在背斜核部出露。其余地层均整合接触, 共同卷入变形, 形成复式褶皱。平面上呈长轴状近南北向展布, 两翼倾角较陡, 多为紧闭-中常褶皱, 轴面东倾, 倾角 $75^{\circ} \sim 85^{\circ}$, 南段较开阔, 呈箱状(图 13、14)。平行褶皱枢纽发育两条北北西—南北

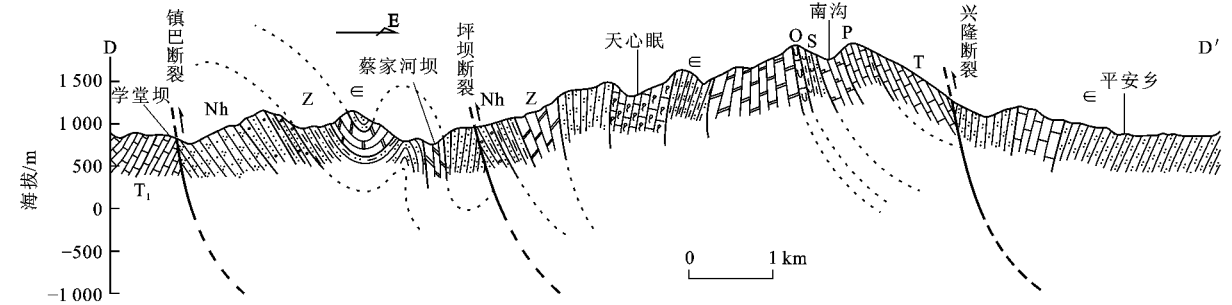


图 10 学堂梁—平安构造剖面

Fig. 10 Structural Section for Xuetangliang-Ping'an

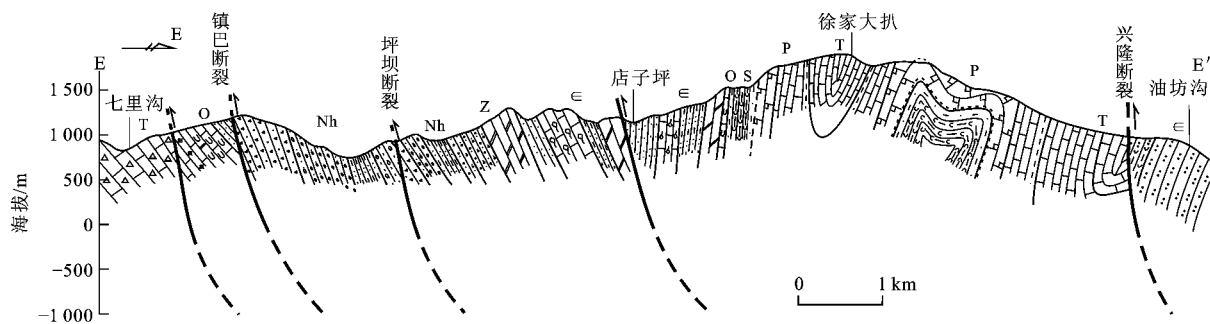


图 11 七里沟—油坊沟构造剖面

Fig. 11 Structural Section for Qiligou-Youfanggou

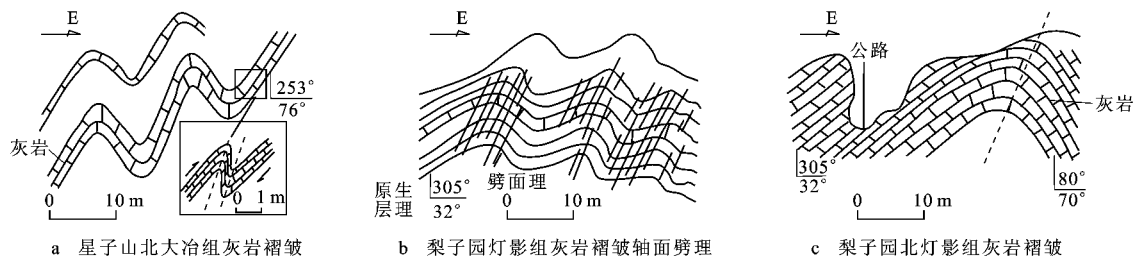


图 12 星子山构造-地层区内褶皱变形

Fig. 12 Sketch Map of Folds Deformation for Xingzishan Strata-structure Area

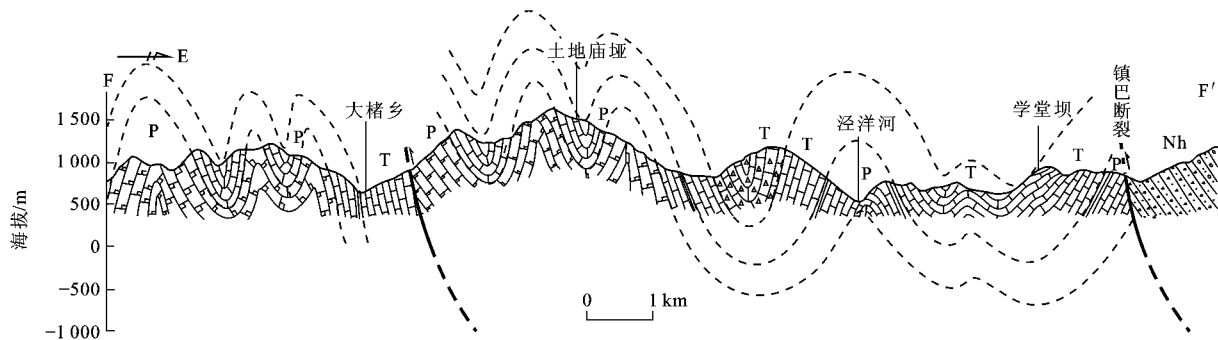


图 13 大楮乡—土地庙垭—学堂坝构造剖面

Fig. 13 Structural Section for Dachuxiang Tudimiaoya-Xuetangba

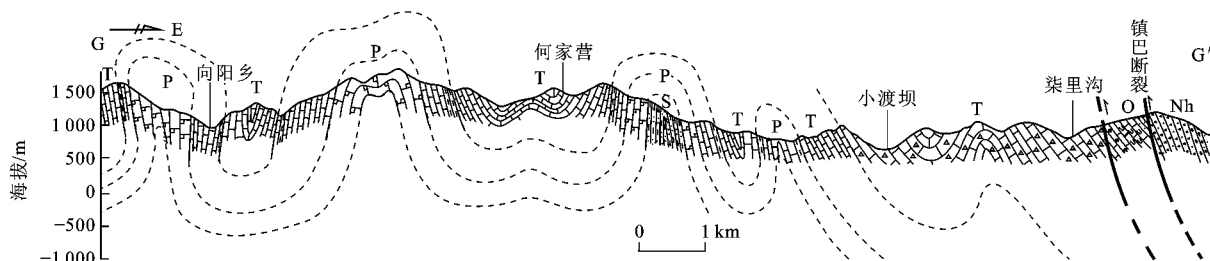


图 14 向阳乡—何家营—柴里沟构造剖面

Fig. 14 Structural Section for Xiangyangxiang Hejiaying Qiligou

向次级断裂将褶皱破坏,但褶皱两翼较为完整。通过褶皱两翼产状统计的赤平投影极密图得出,向阳乡东侧向斜东西两翼优选产状分别为 $252^{\circ} \angle 60^{\circ}$ 和 $88^{\circ} \angle 69^{\circ}$,枢纽产状为 $172^{\circ} \angle 16^{\circ}$,轴面产状为 $93^{\circ} \angle 75^{\circ}$,计算获得古应力场:最大主应力 $\sigma_1 =$

$260^{\circ} \angle 4^{\circ}$,中间主应力 $\sigma_2 = 351^{\circ} \angle 16^{\circ}$,最小主应力 $\sigma_3 = 24^{\circ} \angle 73^{\circ}$ (图 15a);大楮乡东侧背斜东西两翼优选产状分别为 $73^{\circ} \angle 58^{\circ}$ 和 $262^{\circ} \angle 52^{\circ}$,枢纽产状为 $347^{\circ} \angle 6^{\circ}$,轴面产状为 $91^{\circ} \angle 79^{\circ}$,计算获得古应力场: $\sigma_1 = 257^{\circ} \angle 3^{\circ}$, $\sigma_2 = 347^{\circ} \angle 7^{\circ}$, $\sigma_3 = 12^{\circ} \angle 83^{\circ}$

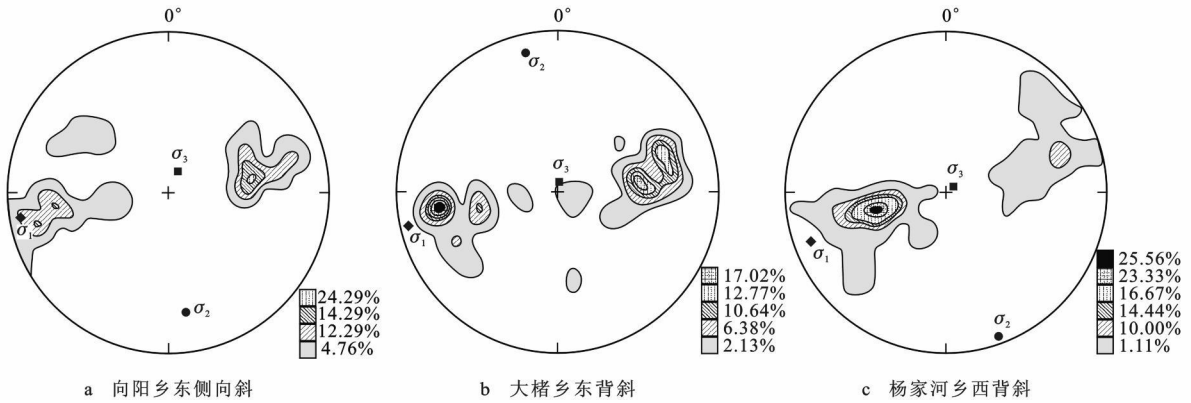


图 15 米仓山构造-地层小区内褶皱两翼产状赤平投影极密

Fig. 15 Stereographic Predomination Map for Sideway Strata of Folds in Micangshan Strata-structure Area

(图 15b); 杨家河西背斜东西两翼优选产状分别为 $72^{\circ}/53^{\circ}$ 和 $249^{\circ}/64^{\circ}$, 枢纽产状为 $160^{\circ}/2^{\circ}$, 轴面产状为 $87^{\circ}/85^{\circ}$, 计算获得古应力场: $\sigma_1 = 250^{\circ}/6^{\circ}$, $\sigma_2 = 160^{\circ}/3^{\circ}$, $\sigma_3 = 44^{\circ}/84^{\circ}$ (图 15c)。以上产状参数及构造剖面图显示, 褶皱轴面均为东倾西倒, 表明了由东向西的逆冲推覆特征。位于该套复式背斜核部的志留系地层出露共 4 处, 出露面积不大, 在平面上呈现右行斜列式排列 (图 1), 表明该区褶皱也具有明显的右行走滑性质。

西乡司上地区发育一典型的横跨叠加褶皱 (图 1、16)。该褶皱夹持于镇巴断裂与其次级断裂之间。早期近东西向背斜核部出露寒武系西王庙组和娄山关组、奥陶系大湾组和宝塔组以及五峰组, 翼部出露二叠系。该背斜被两条断裂错断, 似乎看不

出褶皱轴倾伏方向。晚期向斜核部出露中下二叠统梁山组与阳新组, 翼部出露寒武系西王庙组和娄山关组、奥陶系大湾组和宝塔组以及五峰组、志留系龙马溪组与新滩组, 该向斜向北倾伏。早期近东西向背斜褶皱明显再度弯曲, 轴迹平面上呈“V”字型, 晚期褶皱轴迹与区域构造走向基本平行呈近南北向展布。两期褶皱枢纽呈现直交现象, 表现出横跨叠加褶皱特点。显然, 后期近南北向褶皱叠加改造早期米仓山地区近东西向褶皱, 致使区域地层呈近南北向产出 (图 16)。另外, 在杨家河西双龙洞和陈家湾地区, 近南北向背斜核部呈现出向东凸出的鼻状构造样式, 除受地形影响外, 可能是晚期近南北向构造对早期近东西向褶皱叠加改造的结果。

上述特征揭示南大巴山西北段镇巴—下高川地

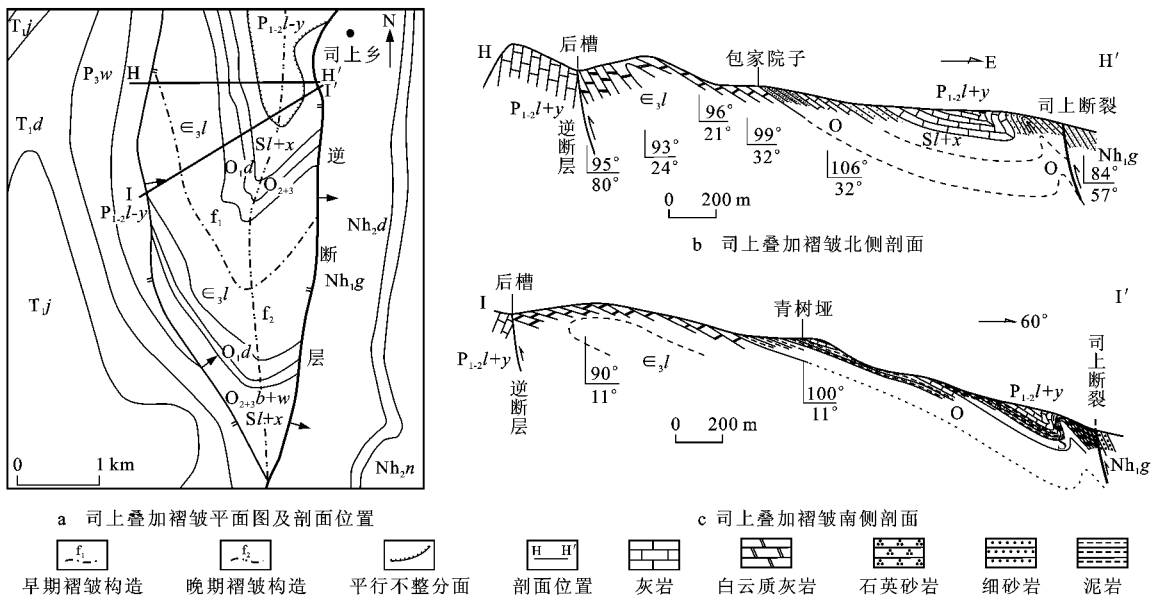


图 16 西乡县司上地区叠加褶皱平面和剖面

Fig. 16 Plane and Section of Sishang Superposed Fold in Xixiang County

区断裂构造及夹持于断裂之间的构造-地层小区组成的逆冲推覆构造系在几何学和运动学特征上表现为由东向西逆冲推覆、兼近南北向的右行走滑性质。

3 构造动力学分析

现有对弧形构造研究及大巴山弧形构造的形成机制研究认为:大巴山逆冲推覆构造由北东向南西方向逆冲挤压,受到汉南、黄陵两个刚性基底阻挡,推覆系内不同部位的非均匀位移量,在平面上形成了向南西凸出的弧形构造形态(图 17)^[2, 11-19]。区域上,龙门山构造带和秦岭造山带的断裂均具明显左行走滑性质^[2, 18]。对这种左行走滑现象有多种解释,而用扬子地块顺时针旋转机制解释龙门山和汉南—米仓山地区及宁陕断裂的左行走滑已被普遍接受^[20-21]。若按扬子地块顺时针旋转机制解释,那么处于扬子地块周边的地质体相对扬子地块皆应为左行走滑,而研究区右行走滑构造性质与扬子地块顺时针旋转并不协调。有学者认为大巴山西部的汉南—米仓山构造带向北巨大推挤,使巴山弧形地区前陆和推覆前锋带的断裂和褶皱均具明显右行走滑特征^[2]。

笔者认为,镇巴—下高川地区本身处于特殊的构造位置,扬子地块顺时针旋转作用对其影响甚微,形成这种独特构造的主导作用是由于秦岭造山带与扬子地块在印支期俯冲碰撞造山之后,在燕山期大规模的陆内造山背景下,大巴山发生由北东向南西向的逆冲推覆作用并形成巴山弧形逆冲推覆系。镇巴—下高川地区由于位于弧形构造系西翼,由北东向主应力(F)分解为在东西方向上挤压分量(F_1)和南北方向上剪切分量(F_2),其挤压分量导致了逆冲推覆构造系自东向西的逆冲作用,剪切分量造成区域内数条断裂构造的右行走滑特征(图 17)。

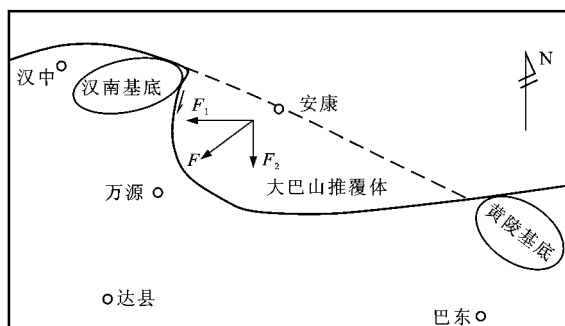


图 17 大巴山弧形构造形成及右行走滑作用

Fig. 17 Demonstration for Structural Formation and Right type Strike-slip of Dabashan Curvic Fault

4 构造序列分析及时限

南大巴山西北段镇巴—下高川地区至少存在两期挤压构造变形和一期走滑剪切构造变形。结合区域沉积资料和地质年代学资料,可将构造变形分为两个主构造期次——印支期晚期(232~195 Ma)和燕山期中—晚期(133~100 Ma)^[8, 22-23]。

(1)印支期晚期代表了扬子地块与秦岭造山带全面碰撞时期。北大巴山强烈的挤压变形变质作用,形成北大巴山逆冲推覆构造带^[24]。在南大巴山构造带北缘坪坝地区表现为上三叠统须家河组角度不整合在下三叠统嘉陵江组及更老地层之上。研究区内星子山构造-地层小区较为宽缓的褶皱构造形态和褶皱轴面具有西倾东倒的反向逆冲特征(图 7、11、12),均反映了这期构造前陆逆冲变形。虽然这期构造变形对镇巴—下高川地区影响较小,但却奠定了整个大巴山逆冲推覆的基础。

(2)燕山期中—晚期代表了北大巴山构造带的再次活动和南大巴山构造带以及镇巴地区褶皱变形时限,这期构造是扬子地块与秦岭造山带之间陆内造山的产物。最新研究成果表明,米仓山构造-地层小区内的两期叠加褶皱(图 16)是这期构造活动的反映,其中两期变形时代分别为晚侏罗世和晚侏罗世—早白垩世^[25-26]。南大巴山前缘侏罗系和下白垩统间的平行不整合也可能是对本期构造活动的响应^[27]。

(3)南大巴山西北段镇巴—下高川地区普遍发育的右行走滑构造也应属于燕山期中—晚期。前人对高川地区构造研究表明其右行走滑发生时限为燕山期中—晚期(J_3-K_1)^[28]。本次研究发现镇巴断裂右行走滑作用将鹿子坝岩片斜切(图 6),可以认为右行走滑作用应不早于断裂的形成时间。裂变径迹和电子自旋共振地质年代学资料揭示镇巴断裂形成于 70 Ma 左右,由此认为镇巴断裂右行走滑作用时代应稍晚于早白垩世^[8]。节理构造及测年研究表明,南大巴山地区发生右行走滑的时限为燕山晚期(K_1-K_2)^[22]。由此可以推断,镇巴—下高川地区右行走滑作用发生的时限应该是燕山期中—晚期(J_3-K_2)。

因此,南大巴山西北段镇巴—下高川地区逆冲推覆是在印支期碰撞造山作用基础上,燕山期扬子地块与秦岭造山带之间陆内造山作用的产物;而右行走滑构造是燕山期中—晚期逆冲推覆构造持续向南西方向推移过程中形成的。

5 结语

(1)南大巴山西北段镇巴—下高川地区断裂构造特征为:具有高角度逆冲推覆兼右行走滑性质,各断裂与其上盘构造-地层小区组成的推覆体组合成的叠瓦扇式逆冲推覆构造,向深部延伸归并到统一滑脱层,形成叠瓦状逆冲推覆构造系,扩展方式为前展式。

(2)与断层相关褶皱虽多被冲断破坏且掩盖,形成不对称的残破褶皱,在剖面上仍表现为轴面东倾西倒的同斜褶皱和斜歪褶皱,而且由东向西褶皱紧闭程度逐渐减弱,在平面上也多呈线状近南北向展布,具有南北向的右行走滑性质。米仓山构造-地层小区发育横跨叠加褶皱,是晚期近南北向构造对早期近东西向褶皱叠加改造的结果。

(3)镇巴—下高川地区由于位于大巴山弧形构造系西翼,由北东向主应力在南北方向上剪切分量造成断裂构造和褶皱构造的右行走滑特征。

(4)在印支期扬子地块与秦岭造山带全面碰撞造山作用基础上,在燕山期中—晚期整个大巴山构造系由北东向南西方向大规模的陆内造山,形成了现今南大巴山西北段的镇巴—下高川地区的构造几何形态,其中右行走滑构造是燕山中—晚期(J_3-K_2)逆冲推覆构造持续向西南推移过程中形成的。

参考文献:

- [1] 张二朋,牛道钊,霍有光,等.秦巴及邻区地质-构造特征概论[M].北京:地质出版社,1993.
- [2] 张国伟,张本仁,袁学诚,等.秦岭造山带与大陆动力学[M].北京:科学出版社,2001.
- [3] 李三忠,赖绍聪,张国伟,等.秦岭勉略带康县—高川段现今结构与岩片性质[J].华南地质与矿产,2001(3):1-8.
- [4] 张国伟,董云鹏,赖绍聪,等.秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带[J].中国科学:D辑,2003,33(12):1121-1135.
- [5] 董云鹏,查显峰,付明庆,等.秦岭南缘大巴山褶皱-冲断推覆构造的特征[J].地质通报,2008,27(9):1493-1508.
- [6] 赖绍聪.南秦岭勉略蛇绿构造混杂带辉绿岩类微量-稀土元素地球化学[J].地球科学与环境学报,2005,27(3):5-9.
- [7] 李岩峰,曲国胜,刘殊,等.米仓山、南大巴山前缘构造特征及其形成机制[J].大地构造与成矿学,2008,32(3):285-292.
- [8] 沈传波,梅廉夫,汤济广,等.大巴山逆冲推覆带构造扩展变形的年代学制约[J].原子能科学技术,2008,42(6):574-576.
- [9] 朱志澄.逆冲推覆构造[M].武汉:中国地质大学出版社,1989.
- [10] 孟庆任,张国伟,于在平,等.秦岭南缘晚古生代裂谷——有限洋盆沉积作用及构造演化[J].中国科学:D辑,1996,26(增):28-33.
- [11] 刘战庆.陕南镇巴—紫阳地区构造特征及构造演化[D].西安:长安大学,2008.
- [12] 李岩峰,曲国胜,张进.弧形构造研究进展[J].地球科学进展,2007,22(7):708-715.
- [13] 钟嘉猷.实验构造地质学及其应用[M].北京:科学出版社,1998.
- [14] Coward M P, Daly M C. Crustal Lineaments and Shear Zones in Africa: Their Relationship to Plate Movements[J]. Precambrian Research, 1984, 24(1): 27-45.
- [15] Marshak S, Flottmann T. Structure and Origin of the Fleurieu and Nackara Arcs in the Adelaide Fold-thrust Belt, South Australia: Salient and Recess Development in the Delamerian Orogen[J]. Journal of Structural Geology, 1996, 18(7): 891-908.
- [16] 曲国胜,Canerot J,王宗起,等.造山带弧形构造[J].地质科学,1996,31(4):313-326.
- [17] Hindle D, Burkhard M, Strian. Displacement and Rotation Associated with the Formation of Curvature in Fold Belts: the Example of the Jura Arc[J]. Journal of Structural Geology, 1999, 21(8/9): 1089-1101.
- [18] 郭正吾,邓康龄,韩永辉.四川盆地形成与演化[M].北京:地质出版社,1996.
- [19] 刘殊.前陆褶皱冲断带构造特征研究:以米仓山、龙门山前陆盆地及其褶皱带为例[D].北京:中国地震局地质研究所,2007.
- [20] 王二七,孟庆任,陈智樑,等.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,2001,8(2):375-384.
- [21] Meng Q R, Wang E, Hu J M. Mesozoic Sedimentary Evolution of Northwest Sichuan Basin: Implication for Continued Clockwise Rotation of the South China Block[J]. GSA Bulletin, 2005, 117(3/4): 396-410.
- [22] 刘树根,李智武,刘顺,等.大巴山前陆盆地:冲断带的形成演化[M].北京:地质出版社,2006.
- [23] 石文斌.南大巴构造特征及演化[D].武汉:中国地质大学,2007.
- [24] 许志琴,卢一伦,汤耀庆,等.东秦岭复合山链的形成:变形、演化及板块动力学[M].北京:中国环境科学出版社,1988.
- [25] 裴先治,李瑞保,丁仁平,等.陕南镇巴地区大巴山与米仓山构造交接关系[J].石油与天然气地质,2009,30(5):576-583.
- [26] 董树文,胡健民,施炜,等.大巴山侏罗纪叠加褶皱与侏罗纪前陆[J].地球学报,2006,27(5):403-410.
- [27] 胡健民,董树文,孟庆任,等.大巴山西段高川地体的构造变形特征及其意义[J].地质通报,2008,27(12):2031-2044.
- [28] 李智武,刘树根,罗玉宏,等.南大巴山前陆冲断带构造样式及变形机制分析[J].大地构造与成矿学,2006,30(3):294-304.