

文章编号: 1001-6112(2007)03-0269-06

南大巴构造带中生代构造变形特征研究

裴振洪^{1,2}

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 中国石油化工股份有限公司 南方分公司, 长沙 410007)

摘要:南大巴构造带是一个自印支期以来长期发展的冲断推覆构造带,其发生发展主要受控于秦岭方向及雪峰方向的构造挤压及其联合作用。其组合主应力存在早期正旋、晚期反旋 2 个时期。由于应力的时空变化及区域多套滑脱层的存在,其中生代变形具有多期次、多方向、多层次、多期复合等特点。多期次性表现为印支晚期以来本区经历了晚印支的轻度褶皱、早燕山的褶皱发育、中燕山的冲断褶皱、早喜山的冲断作用、晚喜山的抬升剥蚀等多期构造变形或改造作用。本区的主导力源来自秦岭方向,其次来自雪峰方向以及米仓山和龙门山方向,多方向的力源联合或复合控制了本区的中新生代构造变形。应力传递的表层化以及塑性层的存在,使本区变形具有平面及纵向上多层次性的特点。多力源、多方向的交替与联合作用,使本区中生代变形呈现复杂性与复合性的特征。

关键词:滑脱构造;断褶带;构造变形;南大巴

中图分类号:P542.2

文献标识码:A

TECTONIC DEFORMATION CHARACTERISTICS OF THE SOUTH DABA TECTONIC BELT DURING MESOZOIC AND CENOZOIC

Pei Zhenhong^{1,2}

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. South Branch Company, SINOPEC, Changsha, Hu'nan 410007, China)

Abstract: Compressed from both Qinling and Xuefeng directions, the South Daba Tectonic Belt, known as a typical thrust and fold belt, has experienced long history of development ever since the Indo-Chinese period. The composite stress displays a clockwise movement during the early stage and an anticlockwise movement during the late stage respectively. Because of the time and spatial changes in stress direction and the existence of multiple layers of detachment, deformations during Mesozoic and Cenozoic are characterized by multiple phases, multiple directions, multiple layers and multiple phases' composition. The tectonic deformations include gentle fold (late Indo-Chinese), fold generation (early Yanshanian), thrust and fold (middle Yanshanian), thrust (early Himalayan) and uplift and erosion (late Himalayan). The major compression comes from Qinling and the minor from Xuefeng Mountain as well as Mican and Longmen Mountains. Tectonic deformations during Mesozoic and Cenozoic are controlled by either simultaneous or un-simultaneous composite actions. Due to the southward shoaling of stress in its transfer process and the existence of plastic layers, the deformation exhibits a vertical and planar pattern of multiple layers. Influenced by the multiple originated and multiple directional compression simultaneously or un-simultaneously, the deformation in this area is both complicated and complex.

Key words: detached tectonics; thrust and fold belt; tectonic deformation; the South Daba Tectonic Belt

1 区域地质格架

南大巴构造带位于四川盆地西北缘、扬子地块北缘,其北以城口深断裂与秦岭褶皱系为邻,南侧

大致以连片出露的上三叠统底界与四川盆地分开,西北延至米仓山凸起,东端到巫溪,总体走向为北西—南东向,呈现为向南西突出的弧形构造带(图 1),与其东南侧的向北西突出的川东构造带组成了

收稿日期:2006-09-30;修订日期:2007-04-30。

作者简介:裴振洪(1964—),男(汉族),湖北洪湖人,高级工程师,主要从事勘探选区及构造地质研究。

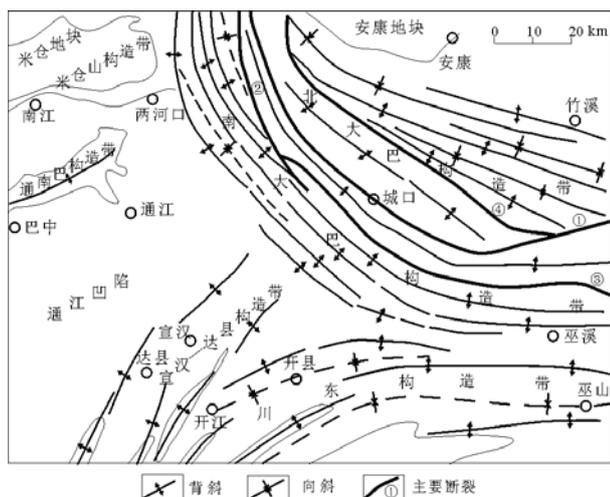


图 1 南大巴构造带构造位置

①城口断裂;②镇巴断裂;③鸡鸣寺断裂;④红椿坝断裂

Fig. 1 Tectonic location of the South Daba Tectonic Belt

向东收敛的双弧构造^[1,2],或称双突构造带^[3]。本构造带是一长期发展的构造带,但据其前缘的前陆盆地判断,主要发展时期为印支—燕山期^[4~6]。

2 构造变形特征

2.1 构造变形的多期次性

南大巴构造带是一个自印支期以来长期发展

的冲断推覆构造带。印支晚期以来,本区经历了晚印支的轻度褶皱、早燕山的褶皱发育、中燕山的冲断褶皱、早喜山的冲断作用、晚喜山的抬升剥蚀等多期构造变形或改造作用。

其发生发展主要受控于秦岭方向及雪峰方向的构造挤压及其联合作用。其节理发育共可划分为 7 个时期(表 1),根据节理的应力分析,其组合主应力存在早期正旋、晚期反旋 2 个时期。其转换时期对应于早中燕山期,说明双弧格局主要形成于早中燕山期。野外地质调查也表明,南大巴大部分褶皱具有南西翼陡、北东翼缓的特点,但最前排的背斜带总体上为南北对称形态,说明最前排构造的主要形成时期是两方向构造挤压应力的平衡时期。

在印支期以来的同位素年龄频谱图中^[67],秦岭—大巴山造山带有 2 个地质年龄高峰值,即 200~170 Ma 和 140~120 Ma,代表了印支晚幕—燕山早幕和燕山中晚幕 2 次重要的热事件和逆冲作用。前者主要发生在北大巴山,受深层次韧性台阶状滑脱制约,北大巴山盖层冲断变形更趋复杂;由于冲断变形扩展过程中的叠加褶皱作用强烈,使得古生界出露剥蚀^[8]。后者导致大巴山整体南冲,形成弧形构造带^[9]。

表 1 大巴山中生代节理期次划分

Table 1 Stage classification of joint in Daba Mountain during Mesozoic—Cenozoic periods

| 期次 | 性质 | ESR 年龄/ kaBP | 地质时代 | 应力方向/(°) | 地质运动 | 变形形迹 |
|----|---------------------|-----------------|---------------------------------|--|-------|--|
| 1 | 早期平面 X 型节理 | | T ₂ —T ₃ | $\sigma_1: 17.9 \angle 0.9$ $\sigma_2: 274.7 \angle 86$ $\sigma_3: 108 \angle 3.9$ | 晚印支期 | 早期平缓褶皱 |
| 2 | 早期断坪—断坡型节理 | | J ₂ 初 | $\sigma_1: 219 \angle 0.8$ $\sigma_2: 129 \angle 0.0$ $\sigma_3: 39.0 \angle 89.2$ | 早燕山早期 | 早期褶皱 |
| 3 | 具逆冲性质的纵节理,褶皱主期 | 132 | J ₂ 末—J ₃ | $\sigma_1: 231.7 \angle 0.7$ $\sigma_2: 321.7 \angle 0.2$ $\sigma_3: 62.1 \angle 88.7$ | 早燕山晚期 | 主要褶皱 |
| 4 | 具走滑性质的斜节理及横节理,晚褶皱主期 | 107 | K ₁ | $\sigma_1: 213 \angle 9.9$ $\sigma_2: 97 \angle 68$ $\sigma_3: 300 \angle 19$ | 中燕山期 | 褶皱及伴生断层 |
| 5 | 具右旋走滑趋势的纵节理 | | K ₂ | $\sigma_1: 175 \angle 9.1$ $\sigma_2: 70 \angle 57$ $\sigma_3: 259 \angle 32$ | 晚燕山期 | 本区逆冲断层开始发育。川东带独立发育,通南巴构造带主体形成 |
| 6 | 具逆冲趋势的斜节理 | 26.5~ 47.4 | E ₁ —E ₂ | $\sigma_1: 100 \angle 17$ $\sigma_2: 191 \angle 44$ $\sigma_3: 275 \angle 72$ | 早喜山期 | 本区冲断层发育。盆地腹地的北西向缓褶皱形成,通南巴构造带叠加北西向断层,米仓山与大巴山间的转折带定型 |
| 7 | 具左旋趋势的纵节理及张节理 | | N ₂ —Q | $\sigma_1: 32 \angle 85$ $\sigma_2: 281 \angle 1.8$ $\sigma_3: 191 \angle 11$ | 晚喜山期 | 秦岭与喜马拉雅方向的挤压构成左旋力偶,本区抬升剥蚀 |

2.2 构造变形力源的多方向性

本区的主导力源来自秦岭方向,其次来自雪峰方向以及米仓山和龙门山方向。多力源、多方向的交替与联合作用,是本区中生代变形呈现复杂性与复合性的原因。

在中新生代,多方向的应力以渐进方式传递到本区,且都对本区施加了影响。特别是燕山早中期的不长时期内,多种方向的应力有时以联合的方式对本区产生影响,使得本区的双弧体系得以形成,有时则以交替的方式发生作用。因此,本区的构造变形显得非常富有特色,基本上在同一时期,力学性质迥异的变形形迹常常并存或共生,如逆断层旁共生有指示左行走滑的倾竖小褶皱,还共生有指示右行的节理。这些都是构造力源多方向性的反映(图 2)。

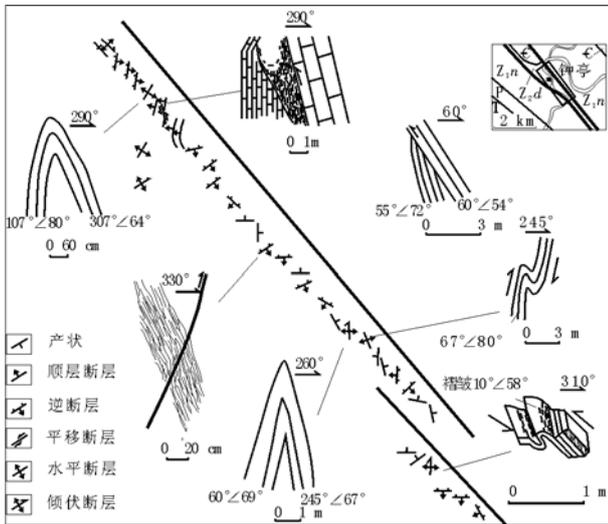


图 2 大巴山城口断裂钟亭观察点综合构造

Fig. 2 Sketch map showing the Chengkou Fault and its related micro-structures at Zhongting

2.3 构造变形的多层次性

控制本区构造变形的应力主要来源于秦岭方向,而该应力的压力方式主要为深部压榨式,因此在应力由北向南传递过程中,由于地球曲率的影响,必然存在不断表层化的趋势。故而随着距秦岭的远近不同,变形存在不同的层次(表 2,3)。

与其相适应,滑脱(断)层的发育深度或层次在不同段落有所不同。在北秦岭前缘,滑脱层位于中地壳;在北大巴中南部,滑脱层位于上地壳上部及震旦系底部,形成基底卷入型的大型推覆构造;在城口断裂与鸡鸣寺断裂间,滑脱层则位于震旦系、寒武系或志留系泥岩中,也形成基底卷入型的推覆构造,但推覆席片规模较小;而在镇巴—鸡鸣寺至铁溪—巫溪断层间,滑脱层主要位于志留系泥岩中,局部位于三叠系膏盐中,形成不同层次盖层滑脱构造。

通南巴构造带、宣汉—达县构造带的主要滑脱层则为三叠系膏盐,次要滑脱层为志留系泥岩(图 3,4)。至四川盆地腹地的通江向斜带,只有平缓的褶皱作用,没有滑脱作用的迹象。

可以说,应力分带的层次性,决定了滑脱层分布的层次性,并进而决定了变形分布的平面格局。

滑脱层的深度对变形的影响还表现在构造变形样式上。在北大巴,位于上地壳的滑脱作用形成了基底卷入型的推覆作用;而在南大巴,较浅的滑脱面形成盖层内幕滑脱断褶作用。

滑脱层的深浅还在一定程度上影响变形的复杂程度。在深度较大的情况下,应力主要用来克服上覆地层的强大重力,因此变形样式比较简单,主要为各类断片(如北大巴、南大巴北部)及断弯、断展褶皱(如南大巴地腹深部)等。而在滑脱层较浅的情况下,上覆地层较薄,重力也要小得多,因此可

表 2 大巴山主要构造单元及其构造特征

Table 2 Major units of Daba Mountain and their main tectonic characteristics

| 所处地(板)块 | 一级构造单元 | 二级构造单元 | 三级构造单元 | 主要滑脱层 | 主要构造特征 |
|----------|-------------|----------------|----------------|------------------------|--------------------------------|
| 秦岭地块 | 北大巴推覆构造带 | 平利推覆体 | | 中地壳 | 基底卷入高角度推覆 |
| | | 镇坪推覆体 | | 上地壳中部、上部 | 基底卷入高角度推覆 |
| 扬子地台(板块) | 南大巴滑覆构造带 | 北大巴推覆体 | | 上地壳上部 | 基底卷入高角度推覆 |
| | | 小洋坝—明通井前陆冲断褶皱带 | 小洋坝—城口叠瓦冲断带 | 震旦系、寒武系 | 基底卷入中角度推覆 |
| | | | 小洋坝—明通井前陆冲断褶皱带 | 震旦系、寒武系 | 基底卷入中低度推覆,与断层相关之褶皱 |
| | | | 西乡滑脱构造带 | 志留系 | 盖层滑脱型之梳状褶皱 |
| | | | 铁溪—万源滑脱构造带 | 三叠系、志留系 | 上部盖层滑脱型之隔档式褶皱,地腹断弯褶皱,上下不协调变形明显 |
| | 西乡—田坝前陆盆地斜带 | 白沙—田坝滑脱构造带 | 志留系、寒武系 | 断弯,箱状褶皱,有穹隆发育,褶皱幅度向下变缓 | |
| | 前陆盆地扩展带 | | | 三叠系 | 处于对冲平衡带,变形较弱 |

表 3 川东北及邻区构造旋回及构造层划分
Table 3 Tectonic cycles and tectonic layers in the northeastern Sichuan Basin and adjacent regions

| 地层时代 | | | 接触关系 | 构造旋回 | 构造运动 | 构造层 | 形变层 | | |
|----------------|---|----------------|-------|--------|-----------|----------|---------|-----|--|
| 代 | 纪 | 世 | | | | | 宣汉达县 | 通南巴 | |
| 新生代 | Q | | | 喜马拉雅旋回 | 喜山晚期 | | | | |
| | | R | N | | 喜山早期 | | | | |
| | | | E | | | | | | |
| 中生代 | K | K ₂ | 燕山旋回 | 燕山晚期 | 燕山层 | 上形变层 | | | |
| | | K ₁ | | 燕山早期 | | | | | |
| | | J ₃ | | | | | | | |
| | J | J ₂ | 印支旋回 | 印支晚期 | 印支层 | 主滑脱层 III | | | |
| | | J ₁ | | 印支早期 | | | | | |
| | | T ₃ | | | | | | | |
| | T | T ₂ | 印支旋回 | 东吴运动 | 海西—加里东构造层 | 中形变层 | 中形变层 | | |
| T ₁ | | 云南运动 | | | | | | | |
| | | 海西早期 | | | | | | | |
| 古生代 | P | P ₂ | 海西旋回 | 海西早期 | 海西—加里东构造层 | 次滑脱层 | 主滑脱层 II | | |
| | | P ₁ | | 广西运动 | | | | | |
| | C | C ₂ | | | | | | | |
| | D | | | | | | | | |
| | S | | | | | | | | |
| 元古代 | Z | Z ₂ | 加里东旋回 | 桐湾运动 | 澄江构造层 | 下形变层 | 下形变层 | | |
| | | Z ₁ | | 澄江运动 | | | | | |
| | | AnZ | | 晋宁运动 | | | | | |
| | | | 扬子旋回 | 晋宁构造层 | 主滑脱层 I | | | | |

塑性或流变性较强的滑脱层则为多种变形提供了可能。或许可以说,塑性滑脱层的顶面是一个半自由面。至于塑性层本身的变形,则是最为复杂多样的。

本区塑性最大的岩系为三叠系膏盐,其次为志留系泥页岩。但膏盐在地表风化为盐溶角砾岩,难以观察到其变形特征。志留系泥页岩则往往构成了背斜的核部,并表现出比上覆及下伏岩层远为复杂的形变特点。

事实上,本区较为复杂的变形多与这 2 个塑性滑脱层有关。北部叠瓦断裂带主要由北东倾的逆断层或走滑逆冲断层及其所夹的叠瓦状断块组成;南部滑脱褶皱带以紧闭或同斜褶皱、箱状褶皱、闭合到紧闭褶皱为主要构造样式;东段中部冲断褶皱带则主要由以北东倾为主的逆冲断层及相关褶皱组成。而侏罗系分布区,因为存在三叠系膏盐滑脱层,以隔档式褶皱为特征。

在通南巴构造带、宣汉—达县构造带,由滑脱层分隔为不同的构造层,特别是三叠系膏盐岩分隔的上、中构造层,表现出迥然不同的构造变形特征。如通南巴构造带的上构造层以近乎同心断弯褶皱为特征,而下构造层则以断展褶皱为特征。此外,中、上构造层之间的断裂体系也不同,表现为不同的区域走向与不同的排列组合,2 套断裂体系为膏盐岩层所分割,互不连通。宣汉—达县构造带也有类似的特点,只是不如通南巴构造带典型罢了(图 3,4)。

从现有 MT 资料解释看,本区所发育的断层多数是直通到基底或较深层位的,不存在上下层变形样式及断裂体系的较大差异。但这可能只是解释模式的原因。从通南巴构造带、宣汉—达县构造带,特别是盆缘的地震资料来看,单条地震剖面往往呈现为断层上下直通的假相,而成片的闭合解释则揭示了实则上下分属不同断裂体系的真相。

主要滑脱层的深度不仅在不同的构造带不同,在同一构造带的不同部位也可以有所变化。根据本区的地表地质调查,构造带西部、褶皱背斜核部的地层多为三叠系膏盐岩,而东部则为志留系泥岩,因此在推覆褶皱构造带,西部的主要滑脱层为三叠系膏盐岩系,而在东部则为志留系泥岩。

本区仅有的地震资料证实了这一点。本区存在 3 个内幕滑脱面,即三叠系膏盐岩、志留系泥岩和寒武系泥岩(图 5)。上下直通的断层较小,大多数断裂都受滑脱层限制。只有镇巴断裂及其伴生断裂等少数断裂断及地表,并断至沉积盖层顶部。

构造变形的层次,特别是滑脱作用的层次或深

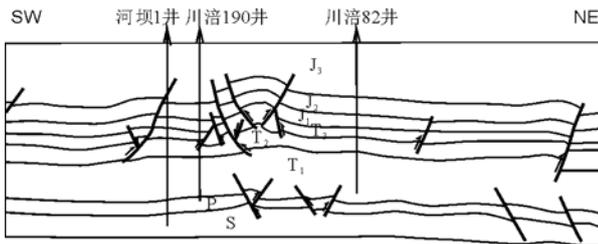


图 3 通南巴构造带北东向构造剖面
Fig. 3 NE trending cross section across the Tongnanba Tectonic Belt

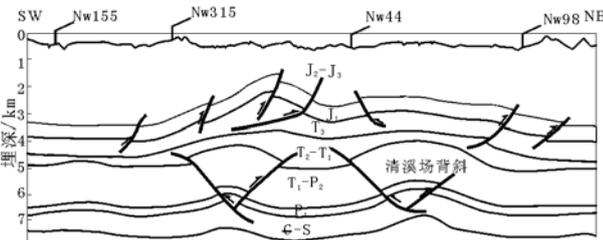


图 4 宣汉—达县构造带北东向构造剖面
Fig. 4 NE trending cross section across the Xuanhan-Daxian Tectonic Belt

以形成多样的构造样式,特别是在最浅层,上部为空气自由面,可以形成非常复杂的构造样式(如南大巴西南部)。此外,滑脱层岩系的塑性或流变性也是影响构造变形的因素之一。刚性较大的滑脱层限制了变形的自由度,因而变形相对简单。而

度,对勘探潜力有重大影响。一般而言,滑脱层之下的地层变形相对较弱,存在原生内幕油气藏或原生油气藏就近后期调整而成的油气藏的可能性远远大于上部层位。四川盆地及世界许多地区的油气勘探都说明了这一点。因此,对本区滑脱体系的研究要予以高度重视。

2.4 构造变形的叠加—复合性

构造变形力源的多方向性、构造变形的多期性以及不同展布方向变形形迹的交错,使得本区构造呈现出复杂的叠加与复合关系。

本区最为醒目的叠加关系是横跨关系,即北东向与北西向构造的正交叠加关系。在本区及邻近的通南巴构造带、宣汉—达县构造带,北东向与北西向2组构造的正交叠加关系都非常醒目(图6)。

本区的裴家庄—河口至满月—九重岩一带,北东、北西2组构造横跨叠加的关系也有比较明显的显示(图7)。

其他叠加关系,如斜接关系等也有发生,但远不及其明显和重要。邻区的五宝场盆地西侧,因为处于三角地带,北东、北西向2组构造分别调整为北北东、北北西方向,而横跨叠加也就变化为斜接关系了。依照目前的资料,叠加与复合关系主要可以分为2大类:一类是同尺度的叠加,2次(或2个方向)的褶皱波长相当,形成复合波形,横跨关系即属此类,盆地的侏罗—白垩系露头上表现得尤为明显;另一类为不同尺度褶皱的叠加,小尺度褶皱主要发育在软弱层中,与大尺度褶皱复合而成的复合褶皱一般非常复杂多变。

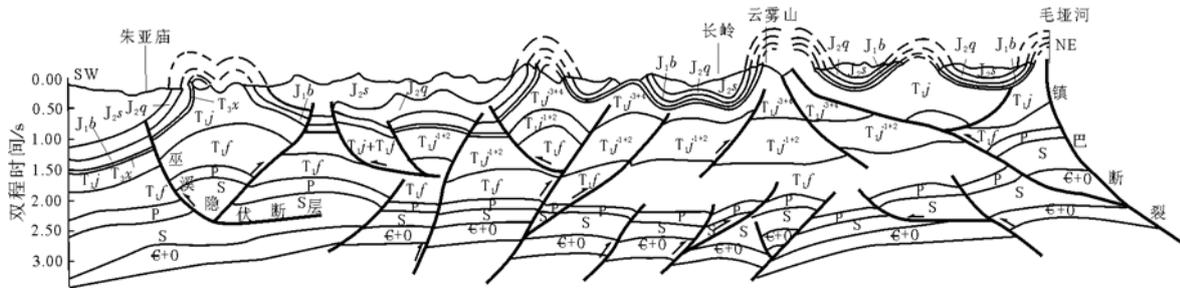


图 5 南大巴构造带西段地震剖面

Fig. 5 Interpreted seismic profile across the western segment of the South Daba Tectonic Belt

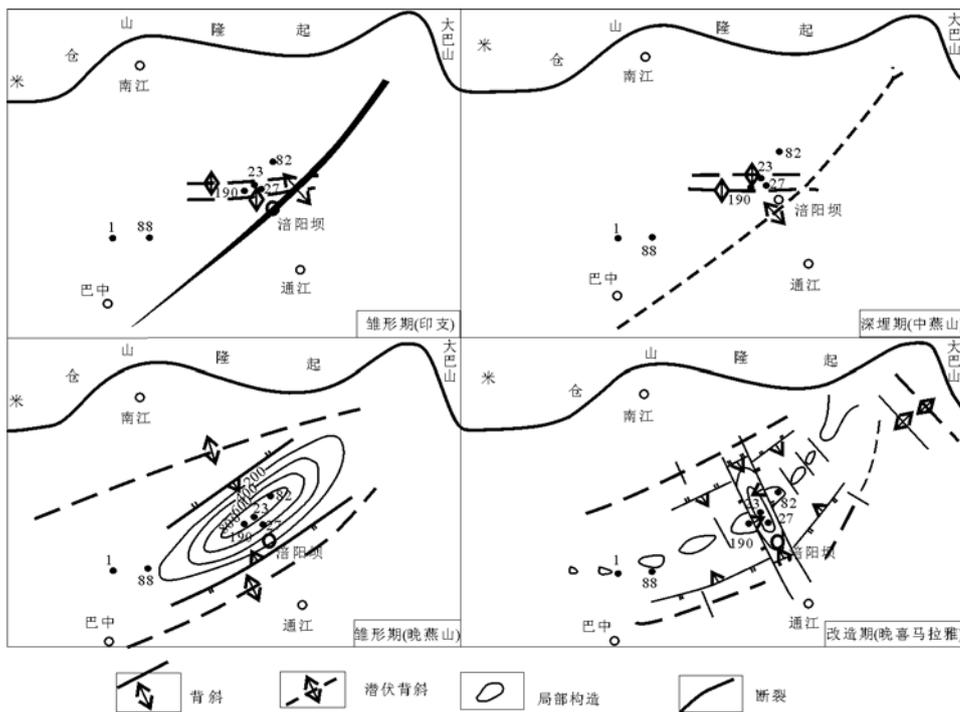


图 6 通南巴构造带演化

Fig. 6 Evolution history of the Tongnanba Tectonic Belt

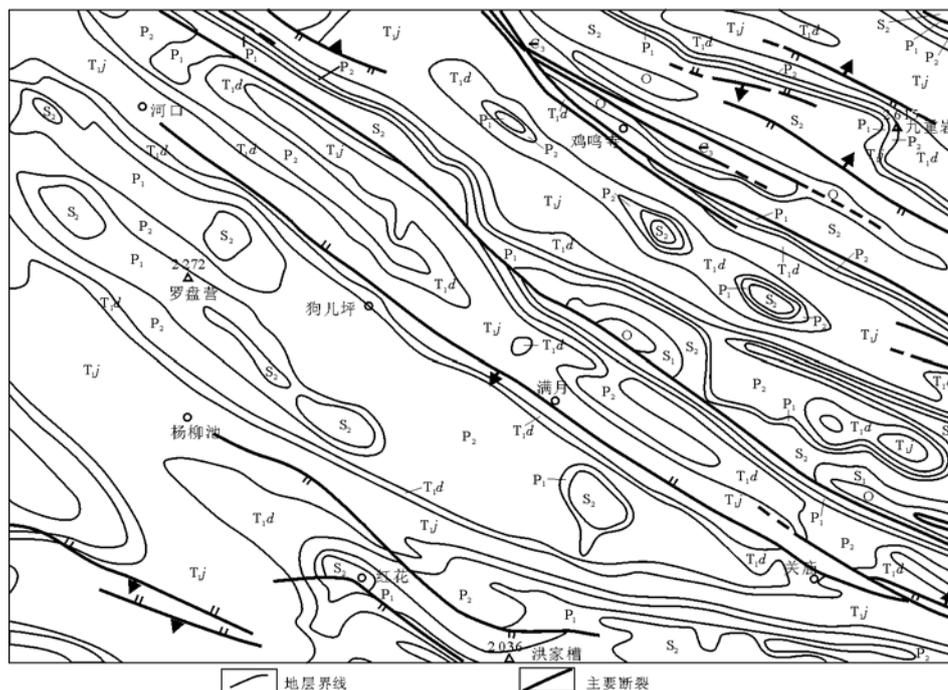


图7 南大巴地区北西、北东2组构造的叠加关系

Fig. 7 Overlying relationship between the major NW trend and the minor NE trend in the South Daba region

3 结论

南大巴构造带是印支期以来长期发展的前陆冲断褶皱带。根据四川盆地的勘探实践,早期构造(印支—早燕山期)有利于天然气的成藏,而晚期构造则仅对川中的中生界原油成藏(喜山中晚期)有一定的控制作用。本区的构造一般在晚印支期已具雏形,因此可视为早期构造,与三叠系油气成生的配置关系良好。此外,川东北地区和本区广泛发育二叠系长兴组生物礁及三叠系飞仙关组鲕粒滩白云岩储层^[10,11],而古油气藏解剖也表明,本区成藏具有与川东北宣汉—达县构造带相近的特点^[12,13],且处于油气区域聚集的山前构造带^[14],因此具有良好的勘探前景。

参考文献:

- 1 胡耀明. 试论八面山弧的构造形式及其形成机制[J]. 中国地质科学院院报, 1982, (4): 45~54
- 2 马宗晋. 鄂西中生代地质构造的力学分析[J]. 地质科学, 1964, (1): 78~92
- 3 陈明是, 张树淮. 长江三峡地区弧形对突构造特征及其形成机制[J]. 华南地质与矿产, 1998, (1): 47~55

- 4 孙肇才. 中国中西部中—新生代前陆类盆地及其含油气性[A]. 见: 中国石油学会石油地质专业委员会编. 油气盆地研究新进展(第一辑)[G]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 73~95
- 5 贾承造, 魏国齐, 李本亮等. 中国中西部两期前陆盆地的形成及其控气作用[J]. 石油学报, 2003, 24(2): 13~17
- 6 汪泽成, 邹才能, 陶士振等. 大巴山前陆盆地形成及演化与油气勘探潜力分析[J]. 石油学报, 2004, 25(6): 23~28
- 7 马杏垣. 中国大地构造论文集[G]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 23~45
- 8 何建坤, 卢华复, 朱 斌. 东秦岭造山带南缘大巴山构造反转及动力学[J]. 地质科学, 1999, 34(2): 139~153
- 9 孙肇才. 板内形变与晚期成藏; 孙肇才石油地质论文集[M]. 北京: 地质出版社, 2003. 104~128
- 10 王一刚, 文应初, 洪海涛等. 川东北三叠系飞仙关组深层鲕滩气藏勘探目标[J]. 天然气工业, 2004, 24(12): 5~9
- 11 王兴志, 张 帆, 马 青等. 四川盆地东部晚二叠世—早三叠世飞仙关期礁、滩特征与海平面变化[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 249~253
- 12 马永生, 傅 强, 郭彤楼. 川东北地区普光气田长兴—飞仙关气藏成藏模式与成藏过程[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 455~460
- 13 蔡立国, 饶 丹. 川东北普光气田成藏模式研究[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 462~467
- 14 李丕龙. “山前油气富集”与大油气田勘探方向: 再论山前油气富集[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 101~103