

文章编号: 0253-9985(2007)04-0485-06

龙门山构造带印支期构造递进变形与变形时序

邓康龄

(中国石化 西南分公司 勘探开发研究院, 四川 成都 610081)

摘要: 据盆山耦合关系, 以四川盆地西缘须家河组沉积特点, 推演出龙门山在印支期的变形分为三期, 自北而南发生幕式递进冲断推覆构造。印支早幕发生在须二时期, 构造变形局限于龙门山北段的北部后龙门山; 印支中幕发生在须四时期, 构造变形域局限于龙门山中段以北地区; 印支晚幕发生在须家河期末, 是本区变形强度大, 波及范围最广的一期。四川盆地西部普遍缺失瑞替期沉积, 并有不同程度的变形。

关键词: 印支期; 构造递进变形; 变形时序; 龙门山构造带

中图分类号: TE111.2 **文献标识码:** A

Indosinian progressive deformation and its chronogenesis in Longmenshan structural belt

Deng Kangling

(Exploration and Development Research Institute, SINOPEC Southwest Company, Chengdu, Sichuan 610081)

Abstract According to the coupling relationship between basins and mountains and the depositional characteristics of the Xujiahe Formation in the western margin of Sichuan basin, it is deduced that Indosinian deformation occurred in three episodes in Longmenshan, with episodic progressive overthrust nappes developed from north to south. The early Indosinian episode happened during the deposition of the second member of Xujiahe Formation when the deformation was confined to the north section of Longmenshan; the middle Indosinian episode was within the deposition of the fourth member of Xujiahe Formation when the deformation was limited on the north part of the middle section of the mountain; and the late Indosinian episode was at the end of deposition of the Xujiahe Formation when the deformation was the strongest and most extensive in the study area. It is also noted that the Rhaetian deposits are generally absent in the western Sichuan basin with deformation of various degrees.

Key words Indosinian episode; progressive deformation; chronogenesis; Longmenshan structural belt

龙门山构造带系指茂汶断裂以东, 江油-关口断裂以西区域, 其中部的北川-映秀断裂以西又称为后龙门山, 以东至江油-关口断裂称为前龙门山(或龙门山前山)。龙门山因盖层、褶皱与断层发育被称为龙门山陷褶断束^[1]。又因发育推覆构造与滑覆构造, 又被称为薄皮叠瓦冲断带和双层冲断带^[2]。龙门山是一个历经印支期、燕山期和喜马拉雅期多期次叠加变形的产物, 早期构造变形多被后期构造变形改造、湮没或被剥蚀。为认识、推演龙门山早期构造变形时期及变形域, 本文试

图通过毗邻龙门山的扬子地台川西坳陷晚三叠世沉积和龙门山山前形变分析, 探讨龙门山构造带印支期构造带变形时序和变形范围。

印支期中龙门山地区受到松潘-甘孜特提斯造山带的挤压, 形成了构造面倾向北西的单向逆冲推覆构造, 形成时序是由北西而南东的递进发展, 即所谓前展式冲断推覆构造。这一特点已为前人所论述^[2-4]。龙门山变形时序的另一特点是自北而南的递进演化, 即率先变形的是龙门山北段, 尔后是中段, 最后是南段, 此一特点尚未为人们所注意。

收稿日期: 2007-06-11

作者简介: 邓康龄(1933-), 男, 教授级高级工程师, 石油地质与油气评价

龙门山的基本变形样式是推覆构造(滑覆构造是喜马拉雅期形成的)。褶皱推覆、冲断推覆都是使位于相对低位的岩层叠覆成为巍峨群山,这就为山前盆地提供了大量粗碎屑沉积物。当本区地壳活动进入相对宁静期,经历一个地质时期的风化侵蚀之后,群山大体被夷平,盆地接受的沉积物变细。反之,分析盆缘地区沉积相带展布、演化,可以推演毗邻山系的隆升变迁和构造变形,即所谓盆、山耦合关系。

龙门山地区在上三叠统中存在以砾岩、砂岩发育为代表的三套粗碎屑岩,它们是须家河组的二段、四段和六段。

1 印支期早幕

“四川盆地”在经历卡尼期和早诺利期(即:马鞍塘期和小塘子期)陆棚边缘海细碎屑沉积后,盆周山系变形隆升成山,为盆地带来大量陆源粗碎屑物,形成了以河道砂为主的粗碎屑沉积,形成了须二段。须二段主要为砂岩,夹少量泥质岩,局部夹煤层和砾岩(表 1)。砂岩的主要岩性为中-细粒岩屑石英砂岩、长石岩屑石英砂岩和岩屑砂岩。据分析须二段碎屑物的物源来自四川盆地以北和以东的秦岭、雪峰山系^[5-7]。

值得注意的是在四川盆地西北的江油、剑阁地区,须二段中上部出现了厚度达 7.5~28.5 m 的砾岩、砂砾岩层,以及厚度不等的含砾砂岩(图 1、表 1)。砾岩的砾石成分主要为石灰岩、白云岩,另有少量燧石、石英岩等。这些砾石主要为微-粉晶灰(云)岩、砂屑灰(云)岩、生物灰(云)岩等,部分含有孔虫、介形虫、腕足类等。结合邻区出露地层分析,物源主要来自龙门山区的上古生界和中、下三叠统。安县、梓潼以南的龙门山前缘一带,须二段尚未发现上述砾岩。据盆、山耦合关系推测,龙门山北段的北部已发生了构造变形,形成了以新古生界与中、下三叠统碳酸盐岩为主组成的山岭,为四川盆地西北隅提供了新的粗碎屑物沉积物源。

须二段沉积之后,本区进入地壳活动相对平静期。历经一段时期的风化侵蚀作用,盆缘山系大体被夷平,龙门山北段也不例外,带给盆地的陆源碎屑量减少,粗碎屑物锐减,盆地进入以湖沼间河流的湿地环境。这一时期(须三时期)除沉积了河流相粗碎屑外,广泛发育了湖沼相、泛滥盆地相(含少量湖泊相)的泥质岩和含煤岩系。盆地西部江油、安县、绵竹、德阳、罗江、金堂、双流和彭州等地 10 口井的岩类统计:粗碎屑岩含量占段厚平均值为 47.33%,其中砂质岩(个别井含有少量砾

表 1 四川盆地西部须家河组二段岩类统计
Table 1 Petrographic statistics in the 2nd member of Xujiahe Formation in the western Sichuan basin

地区	井号	井深 /m	钻遇 厚度 /m	岩类厚度 /m						粗碎屑岩 含量, %	
				砾岩、砂 砾岩	含砾 砂岩	砂岩	粉砂岩	泥质岩	煤层		碳酸 盐岩
剑阁	鱼 1井	4 303~ 4 552	249.0	12.5	27.5	196.5	5.5	7.0			97.19
江油	青林 1井	2 823.5~ 3 225	401.5	20.0		334.0	33.0	13.5	1.0		96.39
江油	中 8井	2 498~ 2 923	425.0	14.0	100.5	295.5	1.0	10.0	4.0		96.71
江油	中 27井	2 575.5~ 2 710	143.5 [*]	28.5	7.0	108.0					100.00
江油	中 22井	2 819.5~ 3 073	253.5 [*]	28.0	17.5	200.5		7.5			97.04
江油	川参 1井	2 541~ 2 875	334.0	7.5	123.5	145.0	4.5	52.0	1.5		83.98
梓潼	关基 1井	4 205~ 4 592.5	387.5			338.5	25.5	21.5		2.0	93.94
罗江	川合 100井	4 527.5~ 5 068	540.5			416.5	47.5	76.5			85.85
彭州	川鸭 95井	4 529~ 5 065	536.0			439.5	31.5	65.0			87.87
	什邡市金河(露头)		558.3			475.2	53.9	27.2		2.0	94.77

注: * 为未完钻井, 空格代表无此类岩石

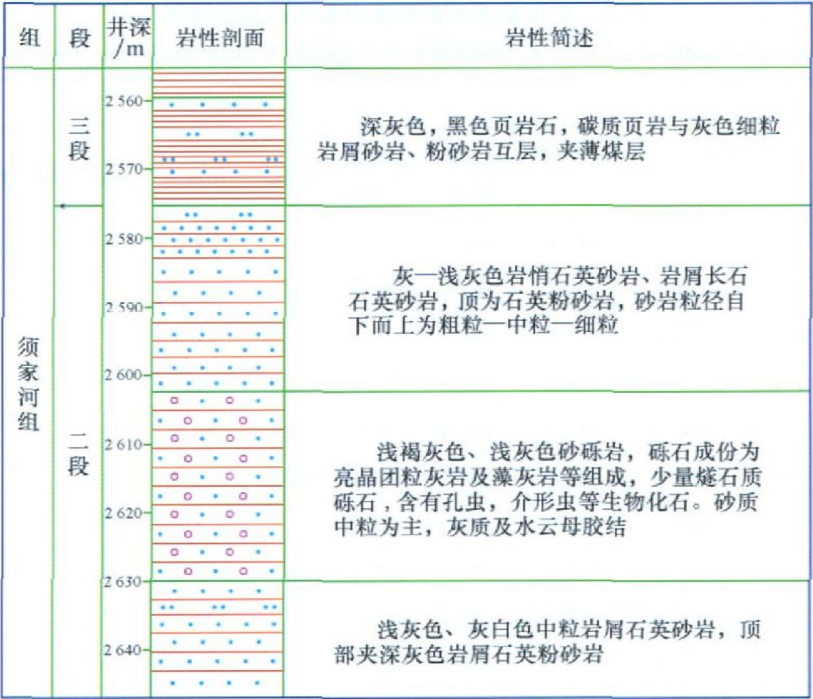


图 1 江油市 ZH 27 井上三叠统须家河组二段上部岩性剖面

Fig. 1 Lithological profile of the upper 2nd member of the Upper Triassic Xujiache Formation in Well ZH-27, Jiangyou City, Sichuan

岩)占段厚 35.02%, 粉砂岩占 12.31%; 泥质岩占段厚 51.6%, 煤层占段厚 1.07%。须三段中砂质岩占段厚的比值与表 1 所示段相比较, 仅是其二分之一。

2 印支期中幕

龙门山区在经历须三时期的相对宁静之后, 又进入构造活跃时期——须四时期。龙门山北段北部除继续强烈隆升外, 龙门山北段南部和龙门山中段, 也发生了冲断推覆构造运动, 形成了新的山系。新山系因自身载荷压弯下伏岩石圈, 于山前形成拗陷^[3]。新山系受强烈风化侵蚀作用, 经河道搬运带来大量粗碎屑物沉积于山前盆地, 于是在川西拗陷形成了冲积扇。由于拗陷区的下降速度快, 在冲积扇扇间、扇缘发育了湖沼, 因此, 须四段除砾岩、砂砾岩、砂岩发育外, 还有泥质岩和少量煤层发育 (表 2)。表中所示, 剑阁至彭州的须四段都有砾岩、砂砾岩, 其中剑阁县双鱼石鱼 1 井和安县秀水地区砾岩层最发育, 反映了两条较

大河流所形成的冲积扇的扇首。表中还反映出, 砾岩、砂砾岩层除发育于江油、剑阁地区外, 还向南延续到了安县、绵阳、绵竹、德阳、罗江、彭州等地。须四段中砾岩、砂砾岩中的砾石仍为碳酸盐岩。另外, 彭州市磁峰场须四段碳酸盐岩砾石中含早二叠世—晚三叠世的有孔虫和筳科: *Schwagerinidae*, *Palaeomilian* sp., *Dustoninidae*。据盆地、山前关系认识, 反映了龙门山的中段和北段发生了强烈构造变形, 使晚三叠世早期沉积物和中三叠统一新古生界碳酸盐岩冲断推覆形成了新的山系, 为毗邻的川西拗陷提供了大量粗碎屑沉积物。

须四时期龙门山北段和中段虽发生了强烈变形, 但其变形地域局限于江油—关口—灌县断裂之西。迄今为止, 龙门山前缘进行的大面积地质调查, 川西拗陷进行的大量地震勘探和油气勘探井表明: 四川盆地内不存在须四段与须三段之间的不整合接触; 须四段除盖在须三段之上外, 没有盖在其它更老层系之上, 也无 T₅₂反射层 (反映须四段底) 对下伏多个反射层的削蚀所反映的不整

邓岗. 四川盆地中坝构造 27 井完井地质总结报告. 四川石油管理川西北矿区. 1978

表 2 四川盆地西部须家河组四段岩类统计

Table 2 Petrographic statistics in the 4th member of Xujiache Formation in the western Sichuan basin

地区	井号	井深 /m	钻厚 /m	岩类厚度 /m						碎屑岩 含量, %	泥质岩 含量, %
				砾岩砂、 砾岩	含砾砂 岩、砂岩	粉砂岩	泥质岩	煤层	碳酸盐岩		
剑阁	鱼 1 井	2 671.5~4 113.0	441.5	251.0	103.0		78.0	9.5		80.18	19.82
梓潼	关基井	3 461.0~3 834.0	373.0	91.5	173.5	6.0	102.0			72.65	27.35
江油	川参 1 井	1 931.0~2 103.0	172.0	37.0	43.5	10.0	81.5			52.62	47.38
安县	川 36 井	2 178.0~2 626.0	438.0	168.5	71.0	19.0	179.5			59.02	40.98
安县	川 34 井	2 077.0~2 592.5	515.5	414.0	39.5	13.0	49.0			90.49	9.51
绵竹	川绵 39 井	3 250.5~3 938.5	688.0	59.5	222.5	94.0	310.0	2.0		54.65	45.35
绵竹	川孝 93 井	3 190.5~3 849.0	658.5	46.0	225.5	67.5	318.5	1.0		51.48	48.52
德阳	新 851 井	3 330.5~3 885.0	554.5	49.0	197.0	21.5	283.0	3.5		48.29	51.76
绵阳	川丰 125 井	3 455.0~3 910.0	455.0	20.5	273.0	18.0	135.5	2.0	6	68.46	30.22
彭州	川鸭 95 井	2 807.0~3 525.0	718.0	41.0	262.0	82.0	328.0	5.0		53.62	46.38

注: 空白处代表无此类岩石

合关系^[8]。

龙门山区在经历须四时期的构造活跃期之后, 又转入地壳相对宁静期——须五时期。四川盆地再次进入湿地环境。与须三时期相似, 沉积物除发育河流相的粗碎屑外, 更广泛地、大量地沉积了湖沼相、泛滥盆地相和少量湖泊相的泥质沉积物和煤层。安县、梓潼、绵竹、德阳、罗江、中江和彭州等地 8 口井岩类统计显示, 须五段岩类厚度与段厚度之比的平均值是: 粗碎屑岩占 46.24%, 其中砂质岩类占 24.07%, 粉砂岩占 22.17%; 泥质岩类占 53.7%, 其中煤层厚度占 2.22%。段中无砾岩或砂砾岩, 反映了须四时期龙门山中段、北段形成的高山峻岭, 被风化侵蚀之后, 地形起伏不大, 为地壳活动性较弱的构造环境。

3 印支期晚幕

甘孜—松潘弧后盆地在晚三叠世晚期发生了全面褶皱、岩浆侵入和区域变质^[3 9]。强大地应力传导至龙门山地区, 产生了剧烈变形, 形成了冲断推覆构造。这一地应力传导至龙门山前缘——关口断裂, 通过该断裂传导至川西坳陷, 使坳陷区产生了低幅度的构造变形, 形成中坝背斜、孝泉—新场构造带中的北东向构造等(图 2)^[3 10 11]。

晚三叠世晚期的构造运动, 使川西坳陷的北

部和中部停止了沉积, 演变成为了风化侵蚀区。据四川盆地上三叠统的孢粉研究成果显示, 自下而上存在 3 个孢粉组合: 1) *Corollisporites-M jchystridium* 组合, 分布于卡尼期的马鞍塘组; 2) *Kyrtm isporis-Canalizonospora* 组合, 分布于小塘子组和川西地区的北部、中部的须家河组, 川中地区须五段以下地层, 时代为诺利期; 3) *Marat-tisporites-R icciisporites* 组合, 分布于川中地区须六段, 个别地区须五段也有发现, 时代为瑞替期^[12]。川西坳陷北部和中部已获得大量孢粉鉴定成果, 惟缺第三孢粉组合, 即缺瑞替期的沉积。Harland(1982)对地质年代的研究成果, 瑞替期延续时间为 6Ma。川西坳陷中部或北部, 超覆于须家河组之上的为下侏罗统中部地层, 江油市中坝地区是自流井组东岳庙段的超覆, 缺珍珠冲段。此超覆在川西坳陷是由东向西进行的, 至龙门山前缘一带超覆层位为中侏罗世的千佛崖组或沙溪庙组, 并与下伏须家河组呈角度不整合接触(图 3)。据江油—大邑间龙门山前一带 1:50 000 区域地质调查报告所述: 超覆于三叠系之上的侏罗系下部砂岩采用 ESP 测年, 其值在 169~188Ma(中侏罗世中期—早侏罗世晚期)。由此可见, 印支晚期构造运动, 使川西坳陷北部和中部造成的沉积间断在 6Ma 以上, 有的地区逾 10Ma。这说明印支晚期构造事件是影响四川

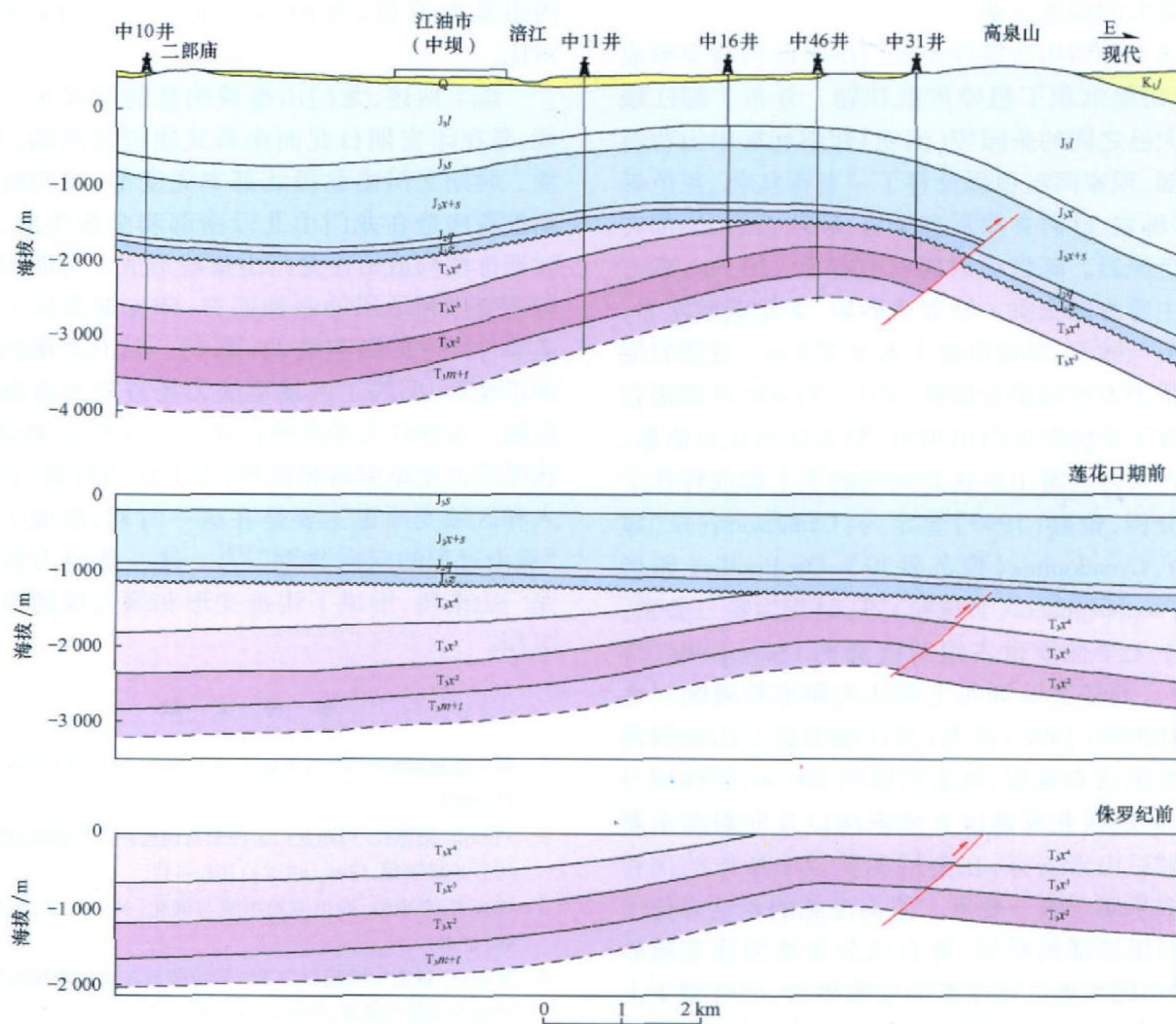


图 2 中坝背斜构造演化

Fig. 2 Map showing structural evolution of the anticlines in Zhongba area

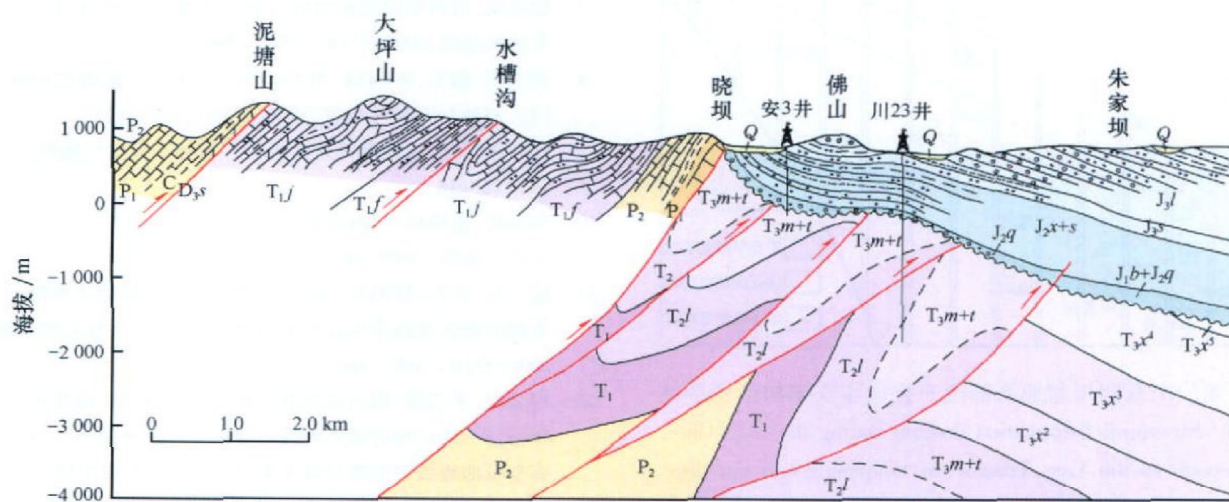


图 3 安县晓坝塘山-朱家坝构造横剖面

Fig. 3 Structural cross section of Xiaobatangshan-Zhujiaba in An county, Sichuan

盆地最大的构造运动。

印支晚期构造事件使龙门山南段构造变形成山,于山麓沉积了粗碎屑沉积物。分布于都江堰市一大邑之间的茶园坪(河坝)背斜和雾中山背斜的翼部,须家河组顶部发育了一套深灰色、灰色砾岩、砂砾岩、砂岩夹深灰色页岩、碳质页岩,局部夹紫红色泥岩。砾岩中的砾石直径 2~10 cm,砾石成分主要为微变质-轻变质砂岩、少量碳酸盐岩、脉石英与燧石,厚度由数十米至 270 m。这套岩层与下伏须家河组整合接触,而 1:50 000 区调报告将其置于早侏罗世白田坝组,但无任何化石依据。笔者在大邑县雾山乡这套地层的中上部取样作了孢粉分析,曾凝(1993)鉴定为:Canalizonspora(壕环孢)、Cycadopites(拟苏铁粉)、Ovalipollis(卵形粉)、Psophosphaera(皱球粉)等,时代为晚三叠世,孢粉中无早侏罗世占绝对优势的 Classopollis(环沟粉)。刘桂芸及刘兆生都认为卵形粉属晚三叠世。郑祖燕(1998)认为:都江堰市赵公山向斜两翼发育的这套地层,砾岩层厚约 200 m,岩性组分相似,向斜西北翼麻溪乡蒲家沟以及向斜南东翼的青城后山泰安寺,在夹层泥质岩中所作的孢粉鉴定成果属于晚三叠世。值得注意的是这套位于须家河组顶部的砾岩,砾石成分主要为浅变质砂岩,颇似阿坝地区西康群的变质砂岩,而有别于上述须四段以碳酸盐岩砾石为主组成的砾岩,不能与须四段对比,故暂划为须六段,并置于川西须家

河组最高层位,与四川盆地中、东部的须六段对比。

综上所述,龙门山推覆构造的形成非一蹴而就,是在印支期自北而南幕式递进发展的。首先须二时期龙门山北段北部率先变形,须四时期冲断推覆构造在龙门山北段南部和中段生成,须六时期推覆构造始在龙门山南段形成。对四川盆地构造变形和地层的剥蚀而言,印支期最后一次构造事件对它的影响最大(图 4)。从北而南的幕式递进变形,反映了区域地应力场首先来自秦岭构造域。金沙江大洋关闭在晚三叠世末期,松潘-甘孜弧后盆地结束海相沉积,发生强烈褶皱、岩浆侵入和区域变质也主要是在这一时期,形成了该区“造山过程的双向收缩”^[13]。这一地应力传导至龙门山南段,形成了构造变形和须六段的粗碎屑沉积。

参 考 文 献

- 1 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1991
- 2 刘和甫,梁惠社. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化 [J]. 地质学报, 1994, 68(2): 101~117
- 3 郭正吾,邓康龄. 四川盆地形成与演化 [M]. 北京:地质出版社, 1996
- 4 罗志立. 试论中国型(C-型)俯冲带及其油气勘探问题 [J]. 石油与天然气地质, 1984, 5(4): 86~93
- 5 邓康龄. 四川盆地西部晚三叠世早期地层及其沉积环境 [J]. 石油与天然气地质, 1982, 3(3): 53~64
- 6 林良彪,陈洪德,翟常博,等. 四川盆地西部须家河组砂岩组分及其古地理探讨 [J]. 石油实验地质, 2006, 28(6): 511~517
- 7 杨克明. 川西坳陷须家河组天然气成藏模式探讨 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 786~793
- 8 唐建明,杨军,张峭楠. 川西坳陷中,浅层气藏储层识别技术 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 879~893
- 9 赵友年. 龙门山推覆构造初析 [J]. 石油与天然气地质, 1985, 6(4): 12~18
- 10 邓康龄,余福林. 川西坳陷的复合构造与油气关系 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 214~219
- 11 陈竹新,贾东,魏国齐,等. 川西前陆盆地南段薄皮冲断构造之下隐伏裂谷盆地及其油气地质意义 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 460~466
- 12 卢孟凝,王若珊. 四川盆地晚三叠世至早侏罗世孢粉组合及分布特征-兼论相应地层界线划分 [A]. 见:地层古生物学会编委会石油地层古生物会议文集 [C]. 北京:地质出版社, 1987
- 13 许志琴,候立玮. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程 [M]. 北京:地质出版社, 1992

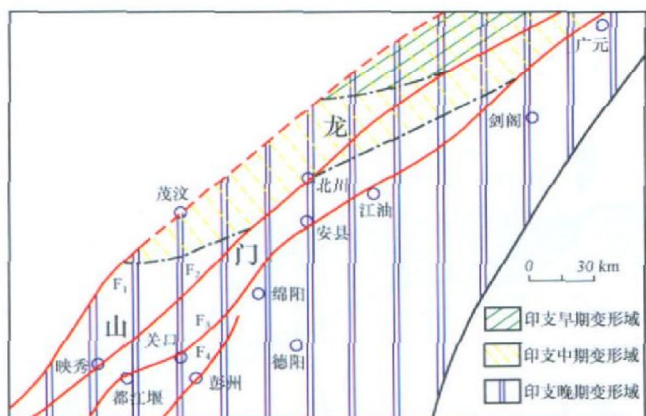


图 4 龙门山及四川盆地西部晚三叠世印支期构造变形域
Fig. 4 Structural deformation domain during the Indo-Chinese epoch of the Late Triassic in Sichuan

F₁. 茂汶断裂; F₂. 北川-映秀断裂; F₃. 江油-关口断裂;

F₄. 彭县断裂

(编辑 武新民)