

龙门山推覆构造初析

赵友年 赖祥福 余如龙

(四川省地质矿产局区域地质调查队)

近年来,随着人们对石油资源需求的急剧增长,国内外掀起了对逆冲断层和推覆构造研究的热潮。美国在落基山脉的逆冲构造中发现了19个油气田;国内,准噶尔盆地西缘推覆构造的下盘也发现了丰富的油气。这些重大发现更激发了人们研究推覆构造的兴趣。美国大陆反射剖面测量协会应用可控震源装置,令人信服地探测出大陆地壳的深处,存在近于水平的滑脱面(detachment surface),不同层次的壳体沿滑脱面可以发生长距离的滑移;而地表的所谓“深大断裂”者,向下往往呈铲状(listric),汇交于滑脱面。地壳的这种拆离结构,在亚欧的一些地区也陆续被发现。这些发现,不仅使人们对大陆构造的认识大大深化了,而且拆离构造中油气藏的发现,还开拓了寻找油气资源的新领域。

龙门山的飞来峰名闻遐迩,通常被作为逆掩构造的典型而载入地质教科书。事实上,龙门山脉是一个由若干形态奇绝、大小各异的推覆体、推覆岩块或岩片堆叠而成的复杂构造带,飞来峰仅是其中的一种现象。它主要成生于重力滑脱。在这样的构造带中有无发现油气藏的可能呢?为说明这个问题,必须对龙门山推覆构造带作一初步的探讨。

一、推覆体

按照1979年国际逆冲断层和推覆体讨论会的定义,逆冲推覆体是指沿着逆冲断层面移动过的外来构造席体。显然,它并未包含规模和移动距离的限制。我们认为,龙门山是个大型逆冲推覆带,它由若干次级构造单元——推覆体所组成,推覆体又由更次级的推覆岩块或岩片组成。推覆体大致和Ⅱ—Ⅳ级大地构造单元相当,龙门山推覆构造带中比较肯定的推覆体有8个(图1)。

1. 彭-淮推覆体(t_1)

位于龙门山中段,是个为断裂四周环顾、貌似“地垒”的硬性地块。主体是前震旦系“彭淮杂岩”,由混合岩化的中酸性结晶岩石组成,其岩性和扬子准地台基底一致。盖层中,晚震旦世灯影组白云岩见于其边缘,寒武系—中泥盆统全部缺失,上泥盆统一二叠系均为石灰岩,超覆在震旦系之上。

该推覆体呈北东走向,长120公里,宽30公里。地势险峻,巅峰林立,位居龙门山脉最高处。在地质发展史中亦长期凸出海面之上。其南东侧的映秀断裂带,由多条断层组成,断面倾向北西,倾角20—60度。挤压带宽100米,影响范围宽达1000余米,显示强烈破碎状态。北西盘之前震旦纪混合花岗岩向东南逆冲于晚三叠世须家河组煤系

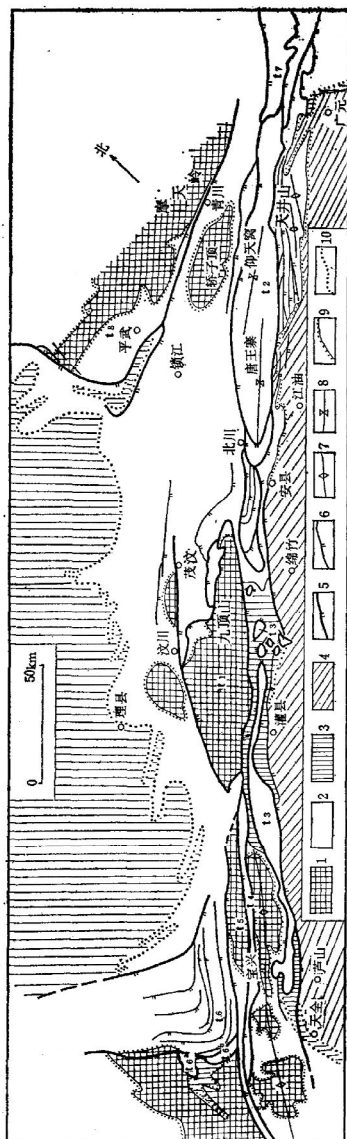


图1 龙门山推覆构造带简图

1—前震旦系结晶岩块, 2—古生界(包含上震旦统及中、下三叠统), 3—上三叠统, 4—侏罗一下第三系, 5—主要逆冲断层, 6—一般逆冲断层, 7—背斜轴部, 8—向斜轴部, 9—不整合地界线, 10—地槽界线, 11—唐王寨—仰天窝推覆体, 12—唐王寨—仰天窝推覆体(飞来峰群), 13—五龙推覆体, 14—大面包推覆体, 15—金矿推覆体, 16—青林堆推覆体, 17—天全—芦山推覆体

之上(图2)。据上三叠统沉积等厚图, 晚三叠世的沉积地陷约有一半被掩盖在推覆体下。断裂带之南由古生界组成的飞来峰, 据岩性判断, 当是从断裂带冲出的, 据此推测, 推覆体至少向东南方向移动了40公里。

推覆体北西侧的茂汶断裂带, 倾向北西, 倾角45—80度。断裂北西盘为冒地槽型的志留系茂县群及泥盆系危关群浅变质岩系, 向东南逆冲盖在推覆体 t_1 之上, 破碎带宽100余米, 2000余米内可见糜棱岩化。

推覆体北侧的九顶山断裂带, 为一向北缓倾断裂。由其围限而成一夹块, 由震旦系和石炭一二叠系碳酸盐岩组成。推测它们沿基底顶面滑脱, 以10—20度的低角度从北向南移动; 在它的内部, 若干岩片沿次级逆冲断层多层次地逆冲, 造成瓦片状叠覆, 成为 t_1 之上的另一个推覆体。

不难看出, t_1 是从地表斜向插下的楔形体。推覆体之下, 应存在古生界的碳酸盐岩和晚三叠世须家河组煤系。

2. 唐王寨—仰天窝推覆体(t_2)

位于龙门山中北段, 推覆体走向北东, 长150公里, 宽20公里。其中包含两个完整的向斜: 唐王寨向斜和仰天窝向斜。由志留系一下石炭统组成。该推覆体构造形态比较完整, 在沉积物特征上它与周围岩片的不连续性是明显的, 沉积厚度特别大, 是个古地陷, 逆冲断层可能就是

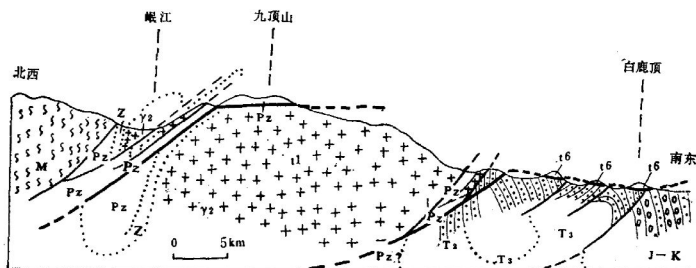


图2 彭-淮推覆体剖面图

沿着拗陷的边界而发育的。

东南侧的江油断裂带, 由若干大致平行的断裂组成(图3)。1942年, 朱森在江油县武都之北所命名的江油断层、苦竹沟断层和望乡台断层皆属此列^[1]。它们向东北延展直达广元之北, 断层数目有多有少, 共宽10公里, 各断层面均倾向北西, 倾角30—50度。顺走向追索, 这组断裂在一些地段切割了侏罗系, 另一些地段则为侏罗系所不整合覆盖。

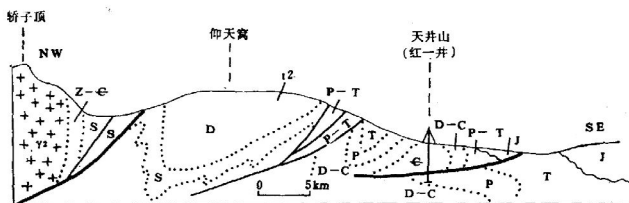


图3 唐王寨-仰天窝推覆体剖面图

推覆体北侧的北川断裂, 常被作为台、槽的分界, 古生代即有活动。断裂倾向北西, 倾角50度左右, 有数十米宽的破碎带, 地槽型下古生界浅变质岩逆冲于地台型中、上古生界之上。

推覆体的西南端被弧形断裂圈闭而形成另一推覆岩块——播鼓坪推覆岩块, 它位于 t_2 之下, 经过剪切逆冲, 出露于地表, 便是江油断裂中的推覆岩片。因此, t_2 向东南至少逆冲10公里。

播鼓坪推覆岩块的西南还有一个太平场推覆岩块, 它内部为三条逆冲断层进一步分

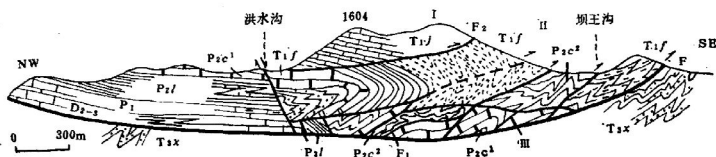


图4 马鞍山飞来峰之内部结构 (据刘肇昌, 简化)

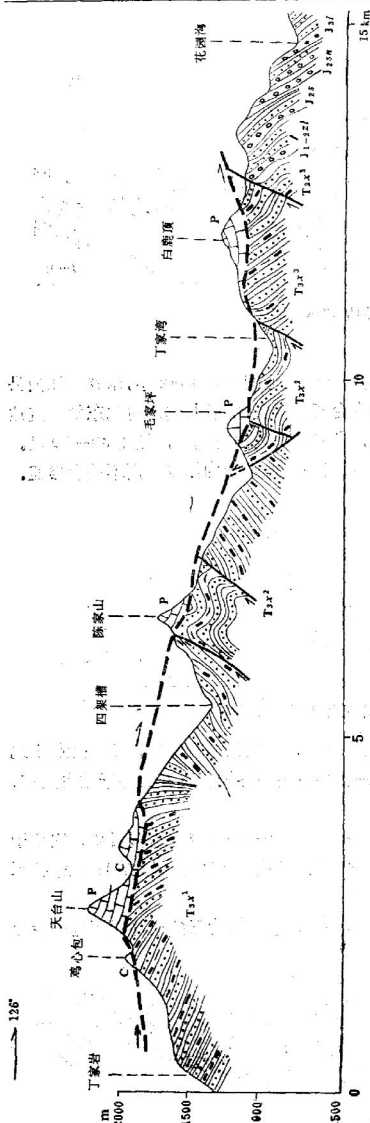


图5 彭县天台山—白鹤顶飞来峰构造剖面图

割为四个岩片，平面上显示为从北东向南西层层叠覆，实际上是北西侧的古生界向南东侧的三叠系逆冲的结果。这种组合型式，正是龙门山推覆构造带的缩影。

3. 灌—宝推覆体(飞来峰群)(t_3)

位于龙门山南西段之南东缘。从灌县东北部的红白场到宝兴县灵关一带，长180公里，宽5—20公里，有大小飞来峰近20个，它们原是一体，因剥蚀而分离。飞来峰少部分为简单的褶曲构造，多数是陡立或倒转层序，伴有许多逆冲断层，并出现有重滑构造特有的“倒叠堆积”层序(图4)。逆冲断层和褶轴面均倾向北西。飞来峰底部滑动面多为波浪起伏，总的向南东倾，倾角10—20度(图5)。飞来峰的根带¹⁾，前已述及，北东段伏在彭—灌推覆体之下，而南西段则位于宝兴背斜北西侧。

4. 五龙、大圆包推覆体(t_4 , t_5)

五龙推覆体(t_4)，长130公里，宽3—5公里。其地层(志留—泥盆系)之岩相、建造及所含古生物群，介于北西侧地槽和南东侧地台之间。推覆体南东侧边缘断层是条逆掩断层，倾角20—30度，倾向北西，过渡型的志留—泥盆系逆冲于地台型古生界和三叠系之上。该推覆体和灌—宝飞来峰南西段源归一体，其关系如图6所示²⁾。

五龙推覆体北西侧为大圆包推覆体(t_5)，其间为盐井断裂带。它是一条陡倾断裂，倾角50—70度，倾向北西。沿断裂上盘有2—3公里宽的糜棱岩带，指示断裂具有韧性剪切性质，下盘则多塑性揉皱和小冲断。组成 t_5 的岩石建

1)指推覆体(含飞来峰)未移位以前所占据的位置。

2)赵友年、姚孟祺，1977，天、芦、宝、康交界地带之构造解析，四川地质科技情报，第3期。

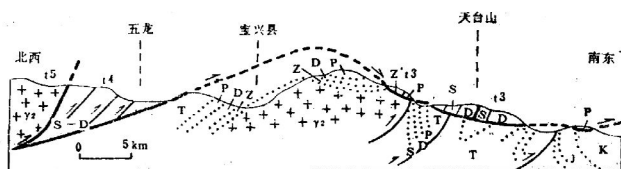


图6 五龙推覆体剖面图

造接近地槽型,厚度很大,受强裂挤压,逆冲在五龙推覆体之上。

5. 金汤推覆体 (t_6)

金汤弧形构造带位于龙门山西南端北侧。其南缘弧形断裂的位置大致相当古生代坳陷的边缘。古生代时,南、南东和南西是古陆,北西有障壁岛。因而,海槽处于半封闭状态,沉积物具有泻湖相特征,震旦系至三叠系,基本上全为碳酸盐岩,以发育巨厚的白云岩及膏盐层为特征。

印支运动使其变形,因外力方向由北而南,故而形成向南凸出之弧形褶皱和弧形逆冲断层,推覆岩片层层向南逆推,彼此叠覆,断面一律倾向弧内,倾角 30° — 70° 度不等。弧之前缘,一些岩块向弧外推出,覆于三叠系之上,形成小型飞来峰。如:二郃飞来峰和长河坝飞来峰(图1之 t_6 -a, b)即是。

此外,尚有青林推覆体(t_7)、摩天岭推覆体(t_8)等。上述一系列推覆体,共同组成了龙门山推覆构造带。

二、原地体系

推覆体下伏的地体,称为原地体系。因为它一般没有大规模的位移,故在组成上、结构上和推覆体有所差异。原地体系和推覆体系又是相对的概念,两者的不连续性也就没有绝对的规定。原地体系的结构构造,同样能说明推覆构造的活动方式。下面对龙门山推覆构造带的原地体系作简要描述。

1. 宝兴背斜

位于推覆带的西南部分。背斜中,前震旦系结晶基底裸露地表。盖层中,上震旦统分布广泛,且上部多遭侵蚀。奥陶—二叠系不同层位于不同地点超覆在上震旦统之上,说明宝兴背斜长期存在低古陆,由于它没有长距离位移,保留完整,和彭—灌推覆体以推覆夹块的形式出现在构造带中,完全不同。背斜轴向东北,轴部宽缓,地层倾角一般 5° — 20° 度。其北西翼为五龙推覆体覆盖,南东翼出现冲断及陡立或倒转的地层层序,由晚三叠世须家河组煤系组成的倒转褶皱,占据了较大的空间。褶皱面和冲断面均倾向北西。灌—宝飞来峰南西段的主体部分位于陡立的带上,少部分覆盖在背斜轴部的平缓地层之上(图6)。背斜向东北延伸,似盲肠状夹在五龙推覆体和大圆包推覆体之间,好似一个“构造窗”。

2. 大渡河背斜

系康滇地轴主背斜向北的倾没部分,前震旦系杂岩大片裸露,背斜边缘见到少量古

生界和三叠系,构造线皆为南北向,上覆之金汤推覆体的构造线与之斜交或直交,推覆体的飞来峰之下的地层保留着正常层序。

3. 灌县北—安县一带

这里原地体系以三叠系为主,有部分震旦系和古生界,其中晚三叠世须家河组占据空间最大。地层发生强烈褶皱和冲断,褶皱以同斜倒转者为主,部分为俯卧褶皱,褶皱轴面和冲断面一律倾向北西。飞来峰高踞其上并占领山头,它的西延部分在三江一带构成半构造窗。

4. 江油—广元一带

这里组成原地系统的地层大多为三叠系,部分为古生界、侏罗—白垩系。其中,有一个重要的不整合面:侏罗系以高角度超覆在三叠系及更老层位之上,显示出这一带印支运动特别强烈(图7)。古生界见于天井山至矿山梁一带,以寒武系或二叠系组成背斜或向斜,褶曲对称舒展而甚少断裂,其上有侏罗系不整合覆盖。据四川石油管理局钻井资料,圈闭完好的天井山背斜,核部为下寒武统,由其中钻进,至井深855米出现二叠系,说明天井山背斜本身亦可能是个外来体。

三叠系分布较广,多形成陡立带,但为侏罗系超覆,总体构造面貌不清。

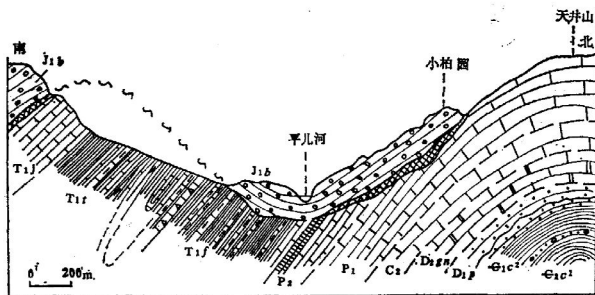


图7 广元小柏园地质剖面图

三、滑脱面就位机制的探讨

上面分析了推覆体和原地体系,两者间的界面即是推覆体籍以运移的滑脱面。龙门山推覆构造带的滑脱面,目前因缺乏深部资料,很难正确认识,这里只能从天然地震震源资料和地表露头观察作些推测,以供今后深入工作参考。

龙门山及其西部地槽区的地震较多,这些地震,尤其是强震,多是沿着现今活动的老断裂发生。震源总是产生在易于聚集和释放地震能的场所,震源最深处不应超过活动断裂带和主滑脱面相交点。因此,可应用天然地震的震源深度资料来推测主滑脱面的大致深度。

据地震震源深度资料:马边(15—20公里),大邑(13公里),松潘、平武(15—

22公里),康定西(塔公)(19—22公里),炉霍(17—20公里),南坪(18公里),盐源(20公里),甘孜、理塘(20—32公里),巴塘(20公里)。

由于震源资料较少,还看不出明显规律性。总的来看,从上述随机参数中,以17—22公里代表深部主滑脱面,看来是比较合适的。此外,在推覆构造带的内部还存在若干次级滑脱面,为次级逆冲断层发育之所在,次级滑脱面计有:(1)前震旦系结晶基底的顶面。沿此滑脱面逆冲形成的推覆体如 t_1 中的九顶山岩块。(2)下寒武统泥砂质岩滑脱层。沿此面形成的推覆体如 t_2 中的太平场推覆岩块、青林推覆体(t_1)等。(3)志留系泥质岩滑脱层。沿此滑脱层形成唐王寨-仰天窝推覆体(t_2)等。(4)二叠系滑脱层。沿此形成 t_1 内部的次级小推覆体。(5)下三叠统粉砂质页岩及上二叠统煤系滑脱层。沿此形成许多飞来峰。

从上可以看出,次级滑脱面和岩层的物理强度有关,沿着软弱岩层容易产生滑脱。这里所说的“软弱”,含义很广,且系相对而言。因为岩层的强度不仅取决于它的物理性质,还与其长宽比、受力的大小、状态等因素有关。因而,有时沿“硬岩层”也可出现滑脱与冲断。诸种复杂因素,更增加了龙门山推覆构造带的复杂组合形式。

沿着滑脱面,各推覆体是以何种形式实现其位移的?我们认为,龙门山构造带的变形机制类似板块缝合带的碰撞机制:北西盘类似板块仰冲盘,南东盘类似板块俯冲盘。但是,龙门山构造带的活动没有深部地幔动力学背景,不受地幔活动的影响,只是壳层内侧压力作用下的“薄壳碰撞”^[2,3]。究其动力来源,从它所处构造背景是位于扬子板块的前陆地带来看,它是在青藏板块和扬子板块碰撞时,因青藏高原急剧隆起,地壳加厚,引起势能平衡的破坏,上部地壳在重力作用下作横向扩散的结果。龙门山推覆构造带中,一排排的逆冲断层沿着构造运移的方向,有序次地向前陆扩展,是属于后叠式的组合方式。因此,龙门山构造带的就位模式是重力扩张(gravitational spreading)模式。彭-灌一带,有典型的倒叠层序,它是重力滑动模式的特征,这是构造带形成晚期的派生现象,形成了举世瞩目的飞来峰群。整个构造带的就位过程可由图8表述。

图8-A:位于扬子准地台西缘的龙门山地区,古生代时发生裂陷作用,导致地壳减薄,形成坳拉槽式海槽。物屑从两侧推入,形成巨厚冒地槽型沉积,海槽边缘则为台坪沉积。

图8-B:印支中幕运动使龙门山冒地槽褶皱。褶皱效应是由地壳沿主滑脱面HBE从北西向南东逆推来实现的。在AB、DE等构造薄弱带,继承发育的高角度逆冲断层通向地表,如青川断裂和北川断裂;向下,倾角变缓,呈铲式汇交于主滑脱面。褶皱带的前缘,即DF之间,是山前坳陷带,接受了晚三叠世的煤系沉积。

图8-C:印支晚幕运动,由西而东的构造运移继续进行,褶皱进一步加强,逆冲断层的发展,使地壳发生拆离,并沿各级滑动面继续向南东滑移。同时,龙门山前缘地带(DF)发生褶断,褶皱带的前缘又形成新的山前坳陷,接受早侏罗世的山麓沉积。

图8-D:燕山-喜山期,逆冲断层和推覆构造进一步向东南扩展,山前坳陷(四川盆地西缘)褶皱。

图8-E:由于逆冲与推覆构造的继续发展,龙门山和四川盆地的地形对比更趋悬殊,地块因破裂而强度减弱。随着重力势能差的不断加大而引起重力滑动,岩块从西北向东南下滑,形成重滑模式的推覆体。后来的侵蚀作用,使推覆体支离破碎而形成飞来

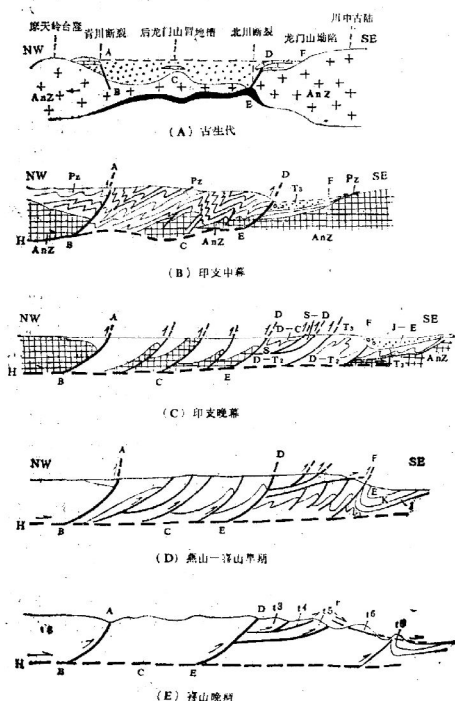


图8 龙门山推覆构造就位机制图解

H—假定的主滑脱面, AB—前川断裂带, DE—北川断裂带,
AD—后龙门山, DF—前龙门山

进行, 影响所及, 远达苏联贝加尔地区, 形成一个宽广的所谓“弥散型碰撞带”(dispersal collision zone)^[7,8]。龙门山地区正在该带范围之内。三次板块碰撞和龙门山构造带三次强烈活动期相呼应, 由此可以认为, 形成龙门山推覆构造带的驱动力, 主要来自西面的板块碰撞作用。

关于龙门山推覆构造带的受力方式, 作者提出以下几点认识:

(1) 地质力学的研究认为^[9], 龙门山褶皱带呈北东向平行展布, 表明它是北西—南东向挤压的结果。但是, 褶皱和断裂在平面上的组合形式, 又表现为南西斜列, 东西间错, 即为“右行雁列式”, 说明南北向(反时针)力偶的主导作用。应该说, 这对力偶是北西—南东挤压派生的。

(2) 龙门山的推覆体, 总体上是从北西向南东逆冲的。但从北东—南西向剖面看, 一个推覆体的南西端又总是推覆在另一推覆体之上, 其北东端则掩伏在又一推覆体

峰群和构造窗。

上述就位过程说明了, 随着时间的推移, 龙门山构造带自北西向南东步步推进扩展, 地壳层层褶皱和推覆, 即从后龙门山带开始, 经过前龙门山带, 最后卷入四川盆地的边缘部分。所以, 从扩展序列来看, 它是属于下叠式(piggyback)的^[4]。

龙门山推覆构造带明显受到印支、燕山和喜山三期运动的强烈影响^[2,3]。近期研究又表明龙门山以西又发生过三次板块碰撞作用^[5,6]。即: ①印支末期, 巴颜喀拉海闭合, 形成甘孜—理塘缝合带, 此时, 龙门山地区是前陆褶皱带东缘; ②燕山中、晚期, 古特提斯海最后关闭, 产生班公湖—怒江缝合带, 其时, 龙门山地区仍是一个前陆褶皱带; ③喜山期, 新特提斯海消亡, 印度板块和欧亚板块拼合, 形成雅鲁藏布缝合带。两大板块拼合后引起的陆内会聚(intracontinental convergence)作用仍在

之下。这说明构造带的形成不仅有向南东的推覆, 还伴有反时针的旋扭, 更进一步说明南北向力偶作用的存在。

(3) 在龙门山的北西侧, 有一系列弧形褶皱, 如金汤弧、小金弧、红原弧、石太关弧、白马弧、文县弧和武都弧等等。这些弧形构造的弧顶均突向南, 弧形冲断层向南逆冲, 褶曲轴面倾向弧的内侧, 各弧的弧顶逐一向西南方向错移。此特征也同样表明存在着南北向力偶的作用。

综上所述, 可以认为, 造成龙门山构造带的直接作用力方式是南北向力偶。因为, 在印度板块和欧亚板块的南北向碰撞中, 欧亚板块的南移, 由于地壳结构的不均匀, 南移速率是不同的; 扬子地台的抵制, 使其速度变小, 在扬子地台和其西侧的地槽间存在速度差, 导致两者分界上的龙门山地区产生局部的南北向力偶。

龙门山推覆构造带的研究, 对在该区普查勘探油气资源无疑会有指导意义。因为, 只有对推覆构造带的推覆体、原地体系及其就位机制有正确的理解, 才能对生油层系的分布、储油构造的结构有一个正确的认识, 不至于发生前文所述的, 在天井山背斜下面寻找震旦系目的层那样的失误。前已述及, 龙门山构造带, 从震旦纪至三叠纪, 处于冒地槽型拗拉槽式海槽的边缘, 即扬子准地台前缘, 多为大陆架环境, 各时代生物繁盛, 具有较好的生油条件。现在的 t_2 、 t_3 等推覆体都分布有良好的生油建造。它们, 以及它们的根带和推覆体前缘褶皱带, 都可列为找油气的对象。我们的工作不能仅局限在地表, 对推覆体掩盖下的原地系统的地质结构亦应进一步地工作, 那些在推覆体掩盖下, 保留比较完整的震旦—三叠系组成的背、向斜, 寻找油气的前景更佳。

(收稿日期 1985年3月11日)

主要参考文献

- [1] 朱森、吴景祺、叶连俊, 1942, 四川龙门山地质。地质丛刊, 第4号。
- [2] 赵友年、李春生、赖祥藩, 1983, 四川省大地构造及其演化。中国区域地质, 第八号, 地质出版社。
- [3] 赵友年, 1983, 龙门山及其邻区大地构造若干基本问题。天然气工业, 第3期。
- [4] Butler, R.W.H., 1982, The terminology of structures in thrust belts. J. Struct. Geol., Vol. 4, No. 3, P. 239—245.
- [5] 刘增乾等, 1983, 从地质新资料讨论冈瓦纳北界及青藏高原地区特提斯的演变。青藏高原地质文集, 第12卷, 地质出版社。
- [6] 郝子文、余如龙, 1983, 论昆仑—巴颜喀拉海及其与特提斯洋演化关系。青藏高原地质文集, 第12卷, 地质出版社。
- [7] Tapponnier, P. et al., 1982, Propagating extrusion tectonics in Asia, New insights from simple experiments with plasticine. Geology, Vol. 10, No. 12, P. 611—616.
- [8] Deuey, J.F., 1977, Suture zone complexities, a review. Tectonophysics, Vol. 40, No. 1, P. 53—67.
- [9] 李宗凡, 1982, 论龙门山构造体系。中国地质科学院562集刊, 第3期, 地质出版社。

A NOTE ON LONGMENSHAN NAPPE

Zhao Younian Lai Xiangfu Yu Rulong

(Regional Geological Survey Brigade, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Longmenshan tectonic nappe belt is situated on the northwestern margin of Sichuan Basin, and is approximately 450 km long and 40–80 km wide, striking in northeast direction.

This belt comprises variety of various size of nappes, nappe fragments and slices. These different size tectonic units are separated by diverse overthrusts, which were developed along tectonically weakened bedding planes in the crust. It is inferred from depth of seismic focuses that the major decollement plane is lying about 17–22 km beneath the surface. In addition, some second class of decollement planes are also found at the top of pre-Sinian crystalline basement and within Silurian, Permian and Lower Triassic rocks.

The Longmenshan nappe belt was progressively developed from northwest to southeast in close relation with three successive collisions between Indian and Eurasian plates. Namely the mechanics which result in the formation of Longmenshan was exerted from the eastward compressional component of this collisions, or it may be presumed that the uplifting of the Qinghai-Tibet plateau and the thickening of the crust that gravity dispersion and the subsequent gravity sliding happened, leads to the formation of series of klippe in the front of Longmenshan mountains. Typical reverse stratigraphical sequences can be noticed in the domain of this nappe belt.

It is suggested that the underlying Sinian to Triassic rocks may contain oil and gas, because they were sedimented in the front of Yangtze para-platform, a condition favourable to oil and gas generation.