

四川盆地成盆前地质结构 及其向盆地转化*

韩永辉 郭正吾

(地质矿产部西南石油地质局)

一、成盆前地质结构特征

上扬子地台周边出露的前震旦纪地层是崆岭群、大别群和黄水河群下伏的条带状混合岩系。它们呈东西向展布在北纬 30° — 32° 之间。航磁资料是一个东西向展布的强磁异常带,为组成基底的基性—超基性岩体的反映。从江汉到四川为基性—超基性岩及其间的最老沉积物构成的一套地层,它们于17—19亿年经变质作用、混合岩化和花岗岩化作用固结并转为陆壳。在其北侧平行分布一个冒地槽和一个优地槽,晋宁运动使其关闭,形成陆壳,镶嵌于四川—江汉陆壳区的北缘。在其南侧广大地区四堡期为洋壳上的优地槽沉积,四堡运动(14亿年)强烈褶皱固结并使其具有过渡性地壳性质;晋宁期为以板溪群为代表的冒地槽沉积,并超复到川东及江汉地区,晋宁运动在康滇一带形成许多中酸性杂岩体,使其基底不均一,潞江运动则对晋宁运动已基本固结定形的上扬子地台基底进行局部改造(图1)。

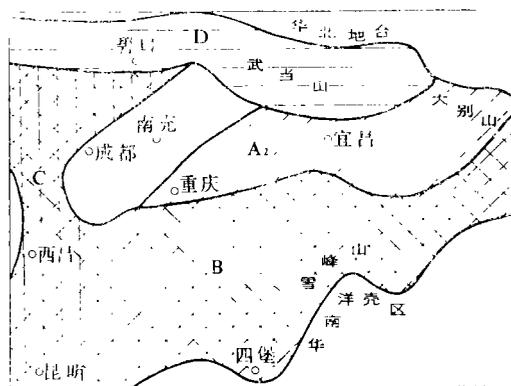


图1 上扬子地台基底特征区划图

*本文为《中国含油气盆地形成,发展机制及其对油气生成、运移、聚集的控制作用》子题论文之一。

盆地基底固结早，强度大，厚度小，缺失四堡期和晋宁期的沉积，表现为基底隆起的特点。

震旦纪在隆起的背景上发育，地台区绝大部分没有早震旦世的沉积，从晚震旦世开始普遍具有地台盖层沉积，以灯影组碳酸盐岩分布最广，厚度稳定，1000米左右，川中隆起区仅600余米。龙门山以西康定，丹巴等地震旦系上统的特点和四川盆地一致，与下伏前震旦纪呈角度不整合或直接与前震旦纪花岗岩接触，推断震旦纪时期地台应越过龙门山向西延伸。

寒武纪上扬子地台普遍接受一套碳酸盐岩—碎屑岩为主的沉积，湘鄂西厚达3000余米，向西变薄，川中仅900米，龙门山、盐源一线厚度稍大并含火山岩，岩性和古生物组合也与地台区相同。阿坝—雅江地区为剥蚀区。巴塘—得荣一带中、下寒武统可与保山地区对比，为一套碎屑岩—中基性火山岩建造，厚4000余米，属优地槽沉积；上寒武统为地台型沉积，含丰富的三叶虫化石，未变质或轻变质，厚1000米，可能是扬子地台的西延部分。寒武纪是以川中—康滇—雅江为中心，呈现出一个大型的地台型隆起。

奥陶纪的沉积格局与寒武纪基本一致，川中地区缺失。沿龙门山带的平武、北川、理县等地奥陶纪很薄，扬子地台上“宝塔灰岩”在这里仅厚13米，康滇地区缺失，盐源地区仅有中、下奥陶统、化石丰富，属华中—西南型笔石及介壳混合相，灰岩具类似“宝塔灰岩”的龟裂构造，晚奥陶世转为古陆。巴塘地区奥陶系发育齐全^[1]，为一套碳酸盐岩，中、上统所含化石具我国南方型种属特徵，与扬子地台关系密切，与金沙江西的青泥洞群地槽型复理石沉积截然不同。雅江、丹巴间仍为古陆，显然，奥陶纪川—中康滇—雅江隆起进一步扩大，东西两侧分别为湘西和巴塘地台型沉积拗陷区。

志留纪发生广泛海侵，沉积以页岩为主，桑植、溁浦一带沉积最厚，达2500余米，向西变薄，川中可能是剥蚀区。康滇古陆依然存在，向北与雅江古陆相连，向东北与川中古陆相接（图2）。巴塘—盐源为沉积拗陷区，志留系沉积齐全，以碳酸盐岩为主，含丰富的化石，组合与扬子地台相同，厚414—1822米，属地台型沉积拗陷。

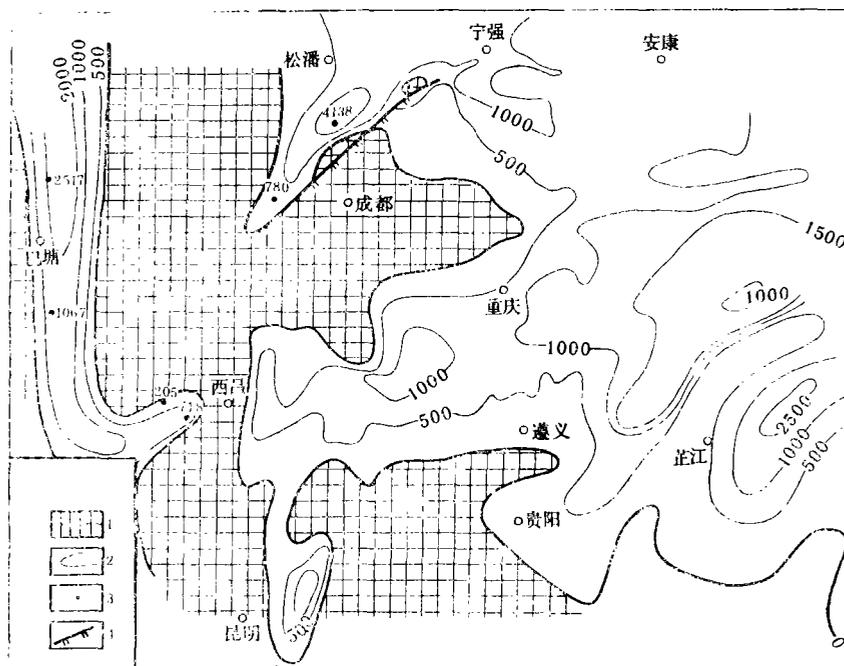


图2 上扬子地台及其周边志留纪古构造轮廓图

1. 古陆 2. 等厚线 3. 厚度点 4. 断裂

综上所述,早古生代扬子地台已延伸到金沙江一线,其主要沉积特点继承前震旦纪基底隆起,有所扩大和发展,构成一个规模较大的地壳隆起地质单元。东为川湘拗陷,西为巴塘—盐源拗陷,其外围又被地槽所环绕,北为秦岭海槽,东南为南华地槽,西有金沙江—昌都地槽。

志留纪末的加里东运动,使外围地槽部分或全部关闭,并褶皱成山;而地台区由于基底固结程度高等原因没有形成强烈褶皱,仅表现为川中—康滇—雅江地壳隆起地质单元的加强。促使泥盆纪沉积范围大为减小(图3)。同时沿龙门山带发生张裂断陷,使

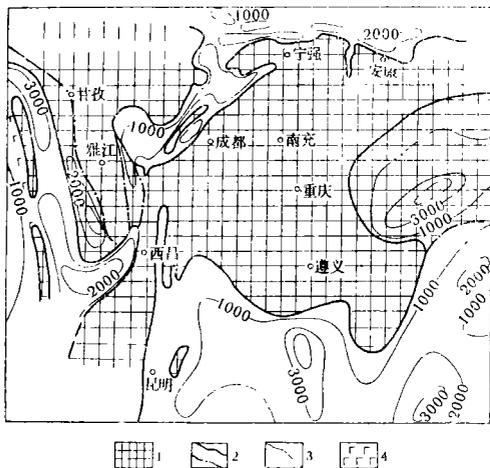


图3 上扬子地台及其周边泥盆纪古构造轮廓图

1.古陆 2.古陆边界 3.等厚线 4.玄武岩

隆起单元的枢纽地带—丹巴、冕宁一线结束了自震旦纪以来的古陆状态,接受了早、中泥盆世的沉积,不整合复于晋宁期花岗岩和灯影组之上,龙门山断陷与盐源拗陷可能连通,以海峡形式分割隆起地质单元,直到晚泥盆世又重新隆起,联合成为统一的隆起单元。

石炭纪时期基本不接受沉积,仅龙门山以西有沉积,松潘等地为稳定的碳酸盐岩台地沉积,厚约600余米;雅江、义敦地区主要为碎屑岩;沿金沙江一带泥盆纪时已有基性海底喷发,到中晚石炭世喷发进一步加强,预示着大规模地壳张裂和地台隆起单元中互解的开始。

综观前二叠纪主要地质结构特征是在地台上经长期发展而形成的地壳隆起地质单元。它影响着以后的地质发展,推断其形成原因有:(1)重力均衡作用。沉积厚度不同的地区地壳下沉的幅度是不同的,隆起单元长期经受剥蚀或沉积很薄,在重力均衡调整过程中,相对周围厚沉积区地壳沉降幅度要小,仍为相对上隆。(2)水平挤压作用。加里东运动强大的水平挤压,使地壳隆起单元,得以加强。(3)热隆起作用。由于地台区,特别是川中地区前震旦纪基底形成早,并具花岗质层,而相对周围洋壳区或形成较晚的过渡性地壳区,可以对地幔热流起到保护作用,这种“热毯作用”在几亿年漫长的时间内可以聚集较多的热量¹⁾;热传导具有向隆起顶部集中的特性,形成对地幔物质的抽吸作用,造成地幔物质和热量的集中。据四川盆地区不同时期的镜煤反射率推算²⁾,二叠纪前古地温梯度(5°C/100米)远高于侏罗纪(2°C/100米)和侏罗—三叠纪(2.5—4.5°C/100米)的古地温梯度,这也可说明前三叠纪地壳构造热隆起的存在。

1)哈兰德,1982年,在成都地质学院讲学笔记

2)王庭斌,1982年,古地温方法在四川盆地的应用(未刊)

二、隆起的互解和向盆地的转化

从二叠纪起始，前述的川中—康滇—雅江地壳构造热隆起开始互解，其西半部以地壳张裂和伴随玄武岩的喷溢为特色，东半部结束隆起剥蚀状态转为沉降，开始向盆地形成机制过渡，这个转变受控于古特提斯海的发展。

简略地探讨特提斯海的形成与演化，J·Stocklin把伊朗和中亚地区特提斯海演化形成的构造带分为北朵梅、中朵梅和南朵梅三个带¹⁾。延伸到中国境内，笔者认为昆仑—秦岭褶皱系及其以北的天山褶皱系（海西—印支）对应于北朵梅；新特提斯海于始新世关闭形成雅鲁藏布江古缝合线，喜马拉雅褶皱带对应于南朵梅。中朵梅延伸到中国变得比较复杂。Stocklin认为中朵梅是二叠至三叠纪古特提斯海关闭并与亚洲大陆碰撞而形成的狭长大陆或一组微大陆，是由冈瓦纳大陆分裂出来的。笔者认为古特提斯海在中国分为南、北两支。南支是形成斑公湖—怒江缝合线前存在的海，在冈底斯地台上发现石炭二叠纪含砾冰成沉积和冷温水生物群，显然属冈瓦纳大陆的一部分。代表北大陆特点的华夏植物群的南界在羌塘地块之南缘^[2]，斑公湖—怒江缝合线可能就是南、北大陆的分界线，其形成时代为侏罗到白垩纪。北支指金沙江—哀牢山缝合线形成前存在

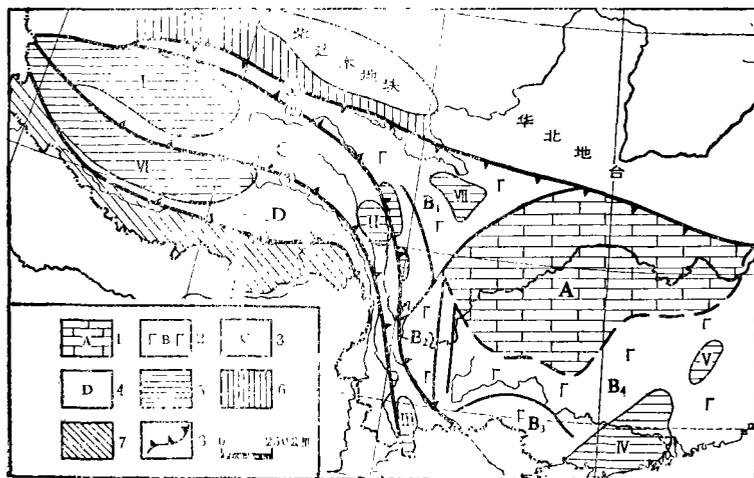


图4 中国特提斯构造域分布略图

（参考王鸿祯中国大地构造分区简图修改编成）

1. 上扬子地台沉降区 2. 古特提斯北支及张裂区 3. 古特提斯海南支 4. 新特提斯海 5. 地块或稳定隆起
6. 海西褶皱带 7. 喜马拉雅褶皱带 8. 地壳对接消减带
- B₁ 松潘—甘孜边缘海 B₂ 康滇裂谷带 B₃ 右江边缘海 B₄ 湖挂边缘海
- I 羌塘地块 II 昌都地块 III 临苍地块 IV 云开隆起 V 诸广隆起 VI 冈底斯地块 VII 松潘地块
- ① 东昆仑—阿尼玛卿带 ② 金沙江—哀牢山带 ③ 斑公湖—怒江带 ④ 雅鲁藏布江带

1) J·Stocklin, 尼泊尔及其邻区地质构造, 青藏高原及邻区地质矿产译文集, 1982年2期, 地质部高原研究所。

的海，包括巴颜喀拉印支褶皱系和松潘—甘孜印支褶皱系的分布范围，右江边缘海和湘桂边缘海也可能是北支的延伸部分（图4）。北支的南缘分布许多北大陆的碎块或稳定隆起，把南、北支隔开。古特提斯海北支在二叠纪打开，经早、中三叠世扩张，晚三叠世关闭形成金沙江—哀牢山缝合线，它处在北大陆内部。其演化过程中不仅有南大陆碎块的北移，而且有北大陆碎块先向南，再向北漂移的复杂发展过程。

沿金沙江带二叠纪玄武岩喷溢更加剧烈，并发生大规模的陆壳拉开，在裂谷带沉积巨厚的以嘎金雪山群和额阿钦群为代表的下二叠系复理石建造，伴以来自裂谷两侧岩壁上大小不等的志留纪、泥盆纪和石炭纪岩块的混杂堆积。沿哀牢山断裂，堆积数千米厚的玄武岩，并有大洋拉斑玄武岩出现。这些说明沿金沙江—哀牢山二叠纪开始已经出现洋壳，古特提斯海北支初具规模，昌都地块也于二叠纪与北大陆分离，直至中三叠世北支继续扩张。受此影响在康滇、雅江等地形成康滇裂谷带，于晚二叠世玄武岩的喷溢最为剧烈，但据接触关系和夹层中古生物组合，主要喷溢时代自西向东有推迟之趋势，而厚度相应变小。140余块岩样的分析资料表明，自西向东沿几条主要断裂分布的岩类有

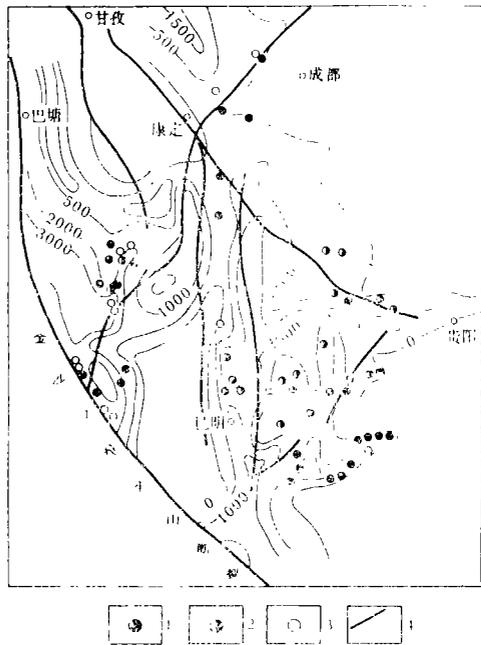


图5 西南地区二叠纪玄武岩岩类
展布及等厚图

- 1.弱碱性玄武岩 2.大陆拉斑玄武岩
- 3.大洋橄榄拉斑玄武岩 4.断裂等厚线

明显的分带性（图5），由以大洋橄榄拉斑玄武岩为主到大陆拉斑玄武岩到以弱碱性玄武岩为主，碱及钛含量增高，这反映张裂体系从西向东先后依次裂开，裂谷发育的程度依次降低。康滇裂谷带一支向北延伸达龙门山中段，另一支与孚道—炉霍断裂连接，形成雅江裂谷带，该裂谷带发育有晚二叠世玄武岩，早、中三叠世以浊流相为主的硬砂岩、放射虫硅质岩和大小不等时代各异的灰岩岩块构成的混杂堆积。

与此同时，巴塘—支敦地块与松潘地块分离。松潘地块东缘沿龙门山在晚二叠世可能已脱离扬子地块，早、中三叠世其北缘发育一套类复理石建造夹细碧角斑岩，这是由昆仑—秦岭南缘深断裂发生剪切—引张而形成的裂谷带—阿尼玛卿裂谷带¹⁾，该带形成，使松潘地块最终从北大陆分离出来，并可能有向西南的漂移。该地块上二叠纪仍为碳酸盐台地，直到中三叠晚期（拉丁期）开始强烈沉下。

1) 李小壮，1982年，论松潘—甘孜褶皱系的演化，川西区测，总六期。

沿华莹山分布的和川东、川东北钻井中所发现的弱碱性玄武岩和辉绿岩，也是古特提斯海北支形成过程的影响所致。

综上所述，在古特提斯北支打开形成过程中，由西向东因其影响减弱，陆壳张裂和玄武岩厚度减少，张裂的时间略有依次推迟之势，由此而引起昌都地块、巴塘—义敦地块和松潘地块依次先后脱离北大陆，形成谷，块相间的构造格局。这一发展有类似于手风琴的拉开，可能是“大陆蠕散”作用^[3]，引起陆壳粘性流动使其外缘向洋推进和伸展，而使后面陆壳被牵动拉薄或拉开。

由于古特提斯海北支的打开使前二叠纪“热隆起”的西半部被瓦解，东半部受其影响转化为大面积的下沉。二叠纪为碳酸盐台地相沉积，岩性均一，厚度稳定；中、下三叠统仍为碳酸盐岩，但岩相差异明显，厚度变化大，沉积中心频繁迁移，沉降速率由二叠纪的9米/百万年增加到80米/百万年。据此，推测可能有以下几种因素促成向盆地形成过程转化的态势。（1）二叠纪开始一反以前的区域挤压转为区域引张，使构造热隆起失去对岩柱的向上支撑力。表现为上扬子地台大面积下沉。（2）西部大规模幔源物质上涌和玄武岩的喷溢，促使该地地幔物质和热能的亏损，具有与此有统一热动力体制的东半部隆起的地幔物质和热能向西区补充，使川中等地地幔物质和热能的减少，地幔枕冷却收缩引起地壳下沉。随着热能的消耗，冷却的不均一性变得明显，到早、中三叠世，岩相和厚度也变得越来越不均一，沉积中心迁移频繁。（3）重力作用加速了地壳下沉，沉降速率加快。（4）“大陆蠕散”作用，主要表现为上部地壳的脆性引张和下部地壳的热蠕动所导致的黏性引张，二叠系内拖拉构造多，正断层多且断距大¹⁾”。这是区域性引张的表现，华莹山等地玄武岩的出现可能是与下部地壳的热蠕动有关。

在向盆地转化过程中，发生了应力场的逆转（热聚集→热释放）；出现前二叠纪热隆起的互解，西半部表现为地壳拉开和玄武岩的喷溢，由稳定地台发展为活动带（再生地槽）；东半部则表现为结束长期隆起剥蚀状态转化为连续沉积区，地壳由相对上隆转为相对沉降。这些变化的根本原因都与古特提斯海北支的形成演化有关。

三、晚三叠世四川盆地的形成演化

从晚三叠世开始，金沙江东侧的巴塘—义敦地块上堆积了大量火山岩和火山碎屑岩，开始火山岛弧的发育阶段，向东由基性变为中酸性火山岩，厚度相应变薄，在巴塘拉纳山图姆沟组与中、下三叠统为高角度不整合接触（图6），这说明古特提斯海北支结束扩张，开始了沿金沙江向东俯冲的新阶段，以板块俯冲为动力的印支运纪在这里拉开了序幕。

印支运动在中国南方，使上扬子地台周围分布的地槽先后褶皱造山，构成四川盆地的边缘，而盆地西部松潘—甘孜印支褶皱系的发展过程对于四川盆地形成演化具有明显的相关性。

1) 罗志立，1981年，中国西南晚古生代以来地裂运动对石油等矿产形成的影响，四川地质学报，2卷1期。

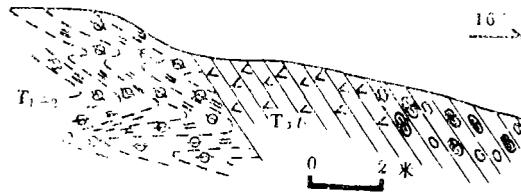


图 6 巴塘昌拉纳山则日西YD775T₁₋₂与T_{3t}不整合关系剖面图

印支早幕在地台区形成北东向展布的隆凹相间的构造格局，从东向西为雪峰隆起，巴东—贞丰凹陷、泸州—开江隆起，川西凹陷、龙门山岛链和康滇隆起。在龙门山以西印支早幕形成巴塘—义敦岛弧造山带和松潘—甘孜边缘海。由于西部岛弧造山带的形成，迫使海水由松潘—甘孜边缘海穿过龙门山岛链进入川西拗陷，连续沉积马鞍塘组、垮洪洞组和小塘子组，这套地层总的特点是，在纵剖面上由海相向海陆过渡相变化，为水退的沉积序列；在横向上随时代变新沉积范围逐渐扩大，为逐层超复的水进序列。在松潘—甘孜边缘海卡尼期沉积一套巨厚的深海复理石建造，罗松空多组和雅江组是一套砂泥岩的大段互层，雅江组上部出现淡水，微咸水相的化石组合，此时海水变浅并向三角洲相过渡。可见松潘—甘孜边缘海纵向的沉积相序与作为它的海湾的川西拗陷的沉积相序是一致的，仅厚度大得多。在早—中幕之间，形成上述沉积特征的主要因素是重力均衡作用，其次可能还有弧后的扩张作用。

印支中幕发生在诺利中期和晚期之间，在盆内未见角度不整合，但从构造状况和超复关系分析须家河组与下伏地层分属两个不同构造层。松潘—甘孜区诺利晚期沉积分布局限，地层对比如表1。

上 三 叠 统 对 比 简 表

表 1

运 动 幕	时 期	巴 塘 地 区 义 敦	雅 江 地 区 松 潘	川 西 拗 陷
印支晚幕	瑞 替 期	英 珠 娘 阿 组		“须 四” 段
	印支中幕	诺 晚	喇 嘛 哑 组	格 底 村 组
利 中		拉 纳 山 组	雅 江 组	小 塘 子 组
期 早		图 姆 沟 组	罗 松 空 多 组	垮 洪 洞 组
印支早幕	卡 尼 期	曲 卡 寺 组	新 都 桥 组 侏 倭 组	马 鞍 塘 组
	拉 丁 期 安 尼 西 期	T ₂	T ₂	T ₂

格底村组是一套碎屑岩，下部为典型的造山后磨拉石堆积，据此，雅江裂谷带是印支中幕褶皱造山的。喇嘛组沉积相对较细，为砂页岩夹煤层，与下伏地层呈整合接触；须家河组与下伏地层也是整合接触，可见印支中幕在巴塘—义敦，龙门山区都没有褶皱造山。

印支中幕雅江褶皱带的形成，又一次逼使海水东侵，越过泸州—开江古隆起遍及川东、鄂西和康滇等地，沉积须家河组二段、三段及其相当的地层，在川西须二段以复矿质砂岩为主，须三段为黑色泥页岩夹煤层，含东京植物群的分子及少量半咸水瓣鳃化石，川西拗陷可能是与外海相连的半封闭海湾三角洲。

印支晚幕发生在诺利期末，使龙门山褶皱升起，其上缺失瑞替期的沉积，侏罗纪与下伏地层角度不整合接触，在川西拗陷“须四段”为大套石灰质块状砾岩夹岩屑砂岩，靠近龙门山山前带砾岩比较发育，向东砾岩减少但仍不失粗碎屑特征。显然，属造山后的磨拉石堆积无疑¹⁾。地震资料安县—绵竹地震剖面上“须四段”和须三段之间为角度不整合，向东变为假整合或整合接触，并展示出瑞替期的川西拗陷为一个西陡东缓的勺形拗陷，这些均说明龙门山是印支晚期褶皱升起的，并构成了四川内陆盆地的西部边界。龙门山以西的地槽区，大部分地区缺失瑞替期的地层，仅在理塘附近的新龙发现喇嘛组之上沉积了英珠阿娘组，为一套底部夹多层砾岩的硬砂岩沉积，二者平行不整合接触，晚幕在此仅为微弱的造山运动。

综观印支运动各幕在松潘—甘孜地槽区形成各个主要褶皱带，具有随时代的推迟依次向东迁移的特点，每个褶皱带均由一对优地槽和冒地槽组成^[4]。这一特点的形成过程类似于二叠—中三叠世地块从西向东依次分割的逆过程，即手风琴拉开后的闭合过程。由于特提斯海的俯冲挤压，使原来的裂谷带从西向东依次闭合，裂谷内沉积物厚并有火山活动，经受挤压强烈褶皱，裂谷间的地块沉积物薄并且相对稳定，则不易发生褶皱，所以谷、块之间褶皱强度不同，构成褶皱带强弱相间的构造格局，这一格局的形成和各幕褶皱带的东迁均受控于古特提斯海的俯冲挤压和前期该区的构造背景。

印支各幕褶皱带的东迁，控制了四川盆地的发展演化（图7）印支早幕、中幕形成与西部边缘海连通的具不同特点的海湾盆地，即川西油气普查勘探中所称的“须下盆”。印支晚幕沿龙门山发生基底对盖层的“A型”俯冲，上冲盘的龙门山地区形成强烈褶皱带并向东推掩，在推复体的前缘形成前渊—瑞替期勺形拗陷。至此四川盆地发展为壮年期典型内陆盆地阶段，这便是川西勘探中所称的“须上盆”。

综上所述，四川盆地成盆前经历了从前震旦—石炭纪地壳构造热隆起发展阶段，它受控于热聚集体制和挤压应力场；二叠—中三叠世古特提斯形成发展过程中，使热聚集体制转化为热释放体制，区域挤压应力场转为引张应力场，从而促成热隆起互解和向盆地转化；晚三叠世古特提斯海向东俯冲挤压，在地槽区前期形成的裂谷带从西向东依次闭合，促成印支各幕主要褶皱带依次东迁，从而控制四川盆地的形成演化。

1) 冯福圃等，1980年，印支运动与四川含油气盆地的形成，四川石油普查，总第8期。

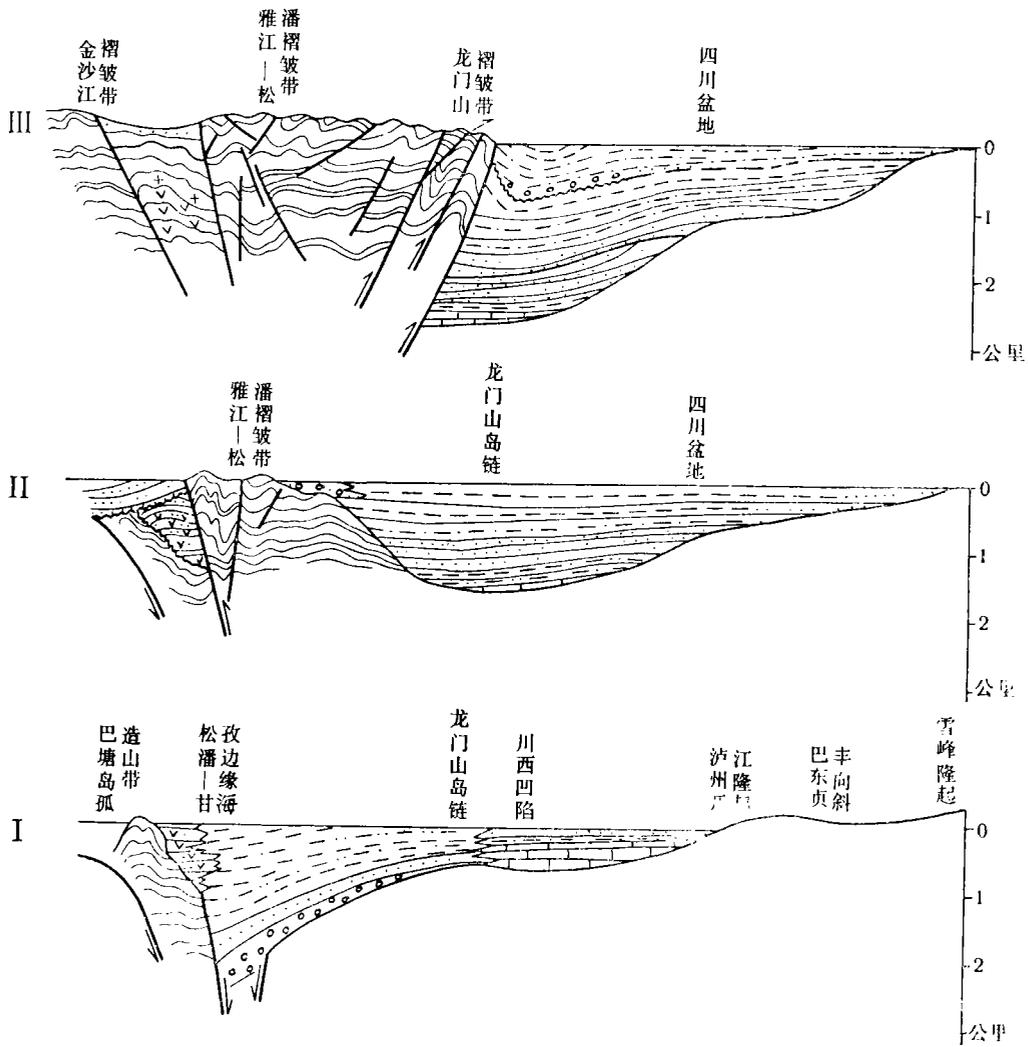


图 7 晚三叠世四川盆地形成演化示意剖面图

I 长尼—诺利中期 II 诺利晚期 III 瑞替期

本文使用袁学勤等本队同志整理的一些资料。

(收稿日期: 1984年2月9日)

参 考 文 献

[1] 四川省地质局区调队等, 川西藏东地区地层与古生物(第一册), 四川人民出版社, 1982年。
 [2] 王鸿祯, 中国地壳构造发展的主要阶段, 地球科学, 总18期, 1982年。
 [3] 朱夏, 试论古全球构造与古生代含油气盆地, 石油与天然气地质, 4卷1期, 1983年。
 [4] 黄汲清等, 中国大地构造及其演化, 地质出版社, 1980年。

PRE-BASINING CONSTRUCTION OF SICHUAN BASIN AND ITS TRANSFORMATION

Han Yonghui

Guo Zhengwu

(Southwest China Bureau of Petroleum Geology, Ministry of
Geology and Mineral Resources)

Abstract

By reviewing comprehensive geological data from Sichuan basin and adjacent areas, pre-basining construction and main factors affecting them are studied. In the light of opening and closing of the ancient Tethys in China, the mechanism of formation and transformation of the basin is discussed and four relevant stages are identified as follows,

- 1) Stage of formation of the basement (pre-Sinian), when the basement was consolidated and turned into continental crust through pre-Sibao orogeny (1,700m.y.—1,900m.y.), Sibao orogeny (1,400m.y.) and Jinning movement (800m.y.).
- 2) Stage of uplifting of Chuanzhong-Kangdian-Yajiang crustal rise (pre-Permian) which, according to depositional characteristics, thicknesses, bio-assemblages and tectonic features of strata from Sinian to Carboniferous, is believed to be the westerly extension of Upper Yangtze platform.
- 3) Stage of initiation of basinning (Permian to Middle Triassic), represented by disintegration of the thermogenic tectonic rise proposed above, the opening of the north branch of the ancient Tethys, the reversion of regional stress field (from compressional to tensional) and the variation of thermo-regime, all of which influenced the Chuanzhong rise in such a way that denudation there was converted into subsidence, resulting in initiation of formation and evolution of the basin.
- 4) Stage of formation and evolution of the basin (Late Triassic), when predominant controlling factors for the basinning were the opening and closing of the ancient Tethys.

Moreover, influences of other factors and margins on the evolution of the basin elsewhere are briefly described, characteristics of the basin during each stage and mechanism of subsidence are discussed and, subsequently, three promising prospects for petroleum are recommended.