四川盆地构造与天然气聚集区带综合研究

刘德良　宋　岩　薛爱民　李一平　罗志立
沈修志　杨晓勇　张正伟　陶士振　著

石　油　工　业　出　版　社

内 容 提 要

本书是在国家“八五”科技攻关成果的基础上经较大修改补充而成的。主要论述了四川盆地的地质构造特征,盆地内六大天然气聚集区带的构造类型及形成机制,大中型气田的构造制约因素,并应用磷灰石裂变径迹资料对古地温与排烃时间进行了分析。最后对四川盆地勘探新领域进行了预测。

本书可供从事复杂地区天然气勘探的科研、生产科技工作者使用,也可作为大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

四川盆地构造与天然气聚集区带综合研究/刘德良等著.
北京:石油工业出版社,2000.11
ISBN 7-5021-3201-5

Ⅰ.四…
Ⅱ.刘…
Ⅲ.①四川盆地-地质构造-研究
②石油天然气地质-油气聚集-研究-四川盆地
Ⅳ.P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 77896 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
北京施奈德自动化录入排版中心排版
北京密云华都印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
*
787×1092 毫米 16 开本 7 印张 171 千字 印 1—1000
2000 年 11 月北京第 1 版 2000 年 11 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3201-5/TE·2428
定价:12.00 元

序

四川盆地是我国天然气工业的摇篮。在历史上,世界上第一个开发的气田——四川盆地自流井气田,在 13 世纪就大规模进行开采了;在现代,这里有产自最老沉积岩储层的气田——威远气田;目前,全盆地发现气田 105 个、探明天然气储量 $6429\times10^8 m^3$,可采储量为 $4476\times10^8 m^3$。其气田、探明储量和可采储量分别占全国的 61%、31%和 34%;1999 年产气量占全国气层气产量的 47%。历史的和现代的事实,充分说明四川盆地是中国当之无愧的功勋含气盆地。四川盆地不仅在资源上对中国天然气工业发展作出功勋卓著的贡献,而且为天然气工业发展人才的培育也建树非凡,"凡有气田处,就有四川人"是对其恰当的评价。

《四川盆地构造与天然气聚集区带综合研究》是"八五"国家科技攻关"大中型天然气田形成条件、分布规律和勘探技术研究"项目属下一个专题的成果,经过修改和补充升华的一部专著。全书在论述四川盆地构造的基础上,分别论述了盆地内六大天然气聚集区的特征及其划分原则、天然气聚集区带的分布、天然气聚集带的形成机制及各聚集区中天然气聚集有利区带,探讨了天然气聚集区带与构造的关系、天然气聚集区带及其对大中型气田控制;同时概述了利用磷灰石裂变径迹成果讨论四川盆地古地温与排烃时间;最后论及四川盆地天然气新领域探寻。《四川盆地构造与天然气聚集区带综合研究》专著的精华是对天然气聚集区带的研究,这是我国第一部专门对一个含气盆地的天然气聚集带进行专门研究的力著。世界天然气勘探阐明,气田主要富集在天然气聚集区带中,特别是大中型气田几乎全发现在天然气聚集区带中。因此,研究天然气聚集区带对提高天然气勘探效益具有重要意义,无疑对发展天然气工业有促进作用。故该专著的出版对四川这个功勋含气盆地的天然气勘探成果进一步扩大和发展,乃至我国天然气工业更快的发展起锦上添花作用。所以,《四川盆地构造与天然气聚集区带综合研究》出版是可喜可贺的。

该专著第一作者刘德良教授,现为中国科技大学教授、博士生导师。他是我在南京大学的同班同大地构造专业的同学,他是我们同一年级的最年轻者之一,也是我们年级 100 多位同学中至今未退休的四位同学者之一。他毕业后首先从事地质谱查工作,故有丰富的野外地质经验,之后到安徽石油部门工作,在近 20 年前授教于中国科技大学至今,从事地质构造教育和石油地质及构造地球化学研究。他是一位地质实践和研究密切结合的造诣很高的学者,同时著作等身。我有幸先睹他和合作者的新著受益匪浅,十分高兴,并推荐从事油气地质和构造地质的同行们和老师们阅读该专著,也必收获不浅。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

目　　录

第一章　四川盆地地质构造特征综述……(1)
第一节　四川盆地的基底和盖层……(1)
第二节　四川盆地深部岩石圈结构……(7)
第三节　四川盆地的构造格架……(11)
第四节　四川盆地含油气构造分区及含油气地质条件……(17)
第二章　四川盆地天然气聚集区带的构造类型与分带……(20)
第一节　四川盆地天然气聚集区带的划分原则……(20)
第二节　四川盆地气藏特征及分布规律……(23)
第三节　四川盆地天然气聚集区带的构造类型……(25)
第四节　四川盆地天然气聚集区带分带特征……(39)
第三章　四川盆地天然气聚集区带形成机制及大中型气田构造制约和预测……(49)
第一节　四川盆地天然气聚集区带形成机制……(49)
第二节　四川盆地天然气聚集区带对大中型气田的构造制约和预测……(65)
第四章　应用磷灰石裂变径迹资料模拟古地温方法和四川盆地上三叠统古地温模拟……(75)
第一节　磷灰石裂变径迹资料模拟古地温的研究方法……(75)
第二节　四川盆地磷灰石样品裂变径迹测试资料的初步分析……(80)
第三节　四川盆地上三叠统古地温模拟……(85)
第四节　四川盆地古地温和构造剥蚀……(92)
第五章　四川盆地天然气在新领域探寻远景……(95)
参考文献……(107)

第一章　四川盆地地质构造特征综述

第一节　四川盆地的基底和盖层

四川盆地是指龙门山—峨眉山—大凉山一线以东整个四川省东部地区。盆地的北面以秦岭—米仓山—大巴山推覆造山带为界和华北板块相接;东南面以武陵山—雪峰山推覆造山带为界和“江南古隆起区”为邻;西面则以龙门山—攀西推覆造山带为界紧邻青藏高原地块,构造上属(上)扬子板块的一部分。全区盆地面积约 $19\times10^4\,km^2$,是一个以海相碳酸盐台地沉积和陆相盆地碎屑沉积叠合的大型含油气盆地区(图 1 - 1)。

图 1 - 1　四川盆地及邻区构造略图

一、基底

四川盆地的褶皱基底形成于龙川—晋宁期,具双重结构。较古老的基底由太古界—早元古界深成变质作用形成的混合片麻岩系组成,在各地分称为康定杂岩(康滇区)、崆岭群(神农架区)和后河群(川陕区)等。岩石的变质程度均达到角闪岩相,主要由角闪紫苏麻粒岩、角闪混合岩、斜长角闪岩、英云闪长质片麻岩、花岗质片麻岩、混合片麻岩等组成。其原岩为一套火山—沉积岩组合,下部以基性熔岩、绿岩为主,上部以中酸性火山岩、火山碎屑岩为主,共同组成上扬子板块的古陆核;同位素年龄值约为 1760～3100Ma(康定杂岩)、2850±15Ma(锆石 U—pb 法、崆岭群),大致相当于龙川运动期;物性上属高速、高阻、高磁、高密度的"四高层"特点。较新基底由中—上元古界一套浅成变质绿片岩系组成,各地分称为昆阳群(康滇区)、黄水河群(川西)、火地垭群(川北区)、神农架群(川鄂区)和梵净山群(川黔区)、板溪群(川东区)等,岩性为绿片岩相云母片岩、石英片岩、千枚岩、变粒岩、大理岩等。原岩为一套深、浅海相碎屑岩、火山碎屑浊积岩、枕状拉斑玄武岩、硅质岩和碳酸盐岩等,物性上属低速、低阻、低磁、低密度的"四低层"特点。它们不整合于下伏深成变质岩系之上,并经晚期热构造事件(晋宁运动、梵净运动),约在 800Ma 左右产生了区域构造轴向呈南北和东西二组方向的褶皱、断裂及隆坳活动,经岩浆岩侵入和区域变质作用,与下伏深成变质岩系共同奠定了四川盆地盖层发展的基础。

四川盆地中钻到基底的深井只有两处:一为威远构造上的威 28 井,于井深 3630m 处进入灯影组前的花岗岩,用 Rb—Sr 法测得同位素年龄为 740 .99Ma;一为龙女寺构造上的女基井,于井深 5934m 处进入灯影组前的火山岩,为流纹英安岩,Rb—Sr 法测得同位素年龄值为701 54Ma。除此之外,四川盆地基底岩性特性、基岩层在平面上分布等,多系根据该区航磁和重力、地震等地球物理和地壳断面资料,结合盆地边缘出露的基岩性质,作出综合地质解释获得的。据此四川盆地基岩层在平面上可划分为三大区,它们反映出盆地基底岩层组成和分布的不均一性(图 1 - 2)。

二、盖层

四川盆地的沉积盖层由上元古界震旦系、古生界至中、新生界各时代沉积岩层组成。自下而上可划分为二个主要构造层和若干亚构造层。其中震旦系至三叠系(Z_1—T_3)为全套海相、浅海相碳酸盐岩和碎屑沉积组成,中夹火山碎屑岩、冰碛层等,称中、古生界构造层(即下构造层),内尚可细分为震旦至下古生界(Z_1—S_3)的下亚层和上古生界至中生界三叠系(D_1—T_3)的上亚层;由侏罗系至第四系(J_1—Q)全套陆相碎屑沉积岩系组成的称中新生界构造层(即上构造层),亦可细分为若干亚构造层(表 1 - 1)。

四川盆地的沉积盖层大致经历了两个主要发展阶级,即震旦纪至中三叠世(Z—T_2)海相碳酸盐台地相沉积发展和构造演化阶段与晚三叠世至始新世(T_3—E_2)陆相盆地碎屑沉积发展和构造演化阶段。由于它们都是在四川盆地最终形成以前形成的,故其沉积物不受现今盆地所围限,而盆地形成之后,本区即进入以风化剥蚀为主的新的发展阶段。

1. 震旦纪至早、中三叠世海相碳酸盐台地相沉积发展和构造演化阶段

该阶段大致经历了两个主要演化期。

震旦纪至石炭系(Z—C_3)为台地早期沉积—构造期。晋宁构造热地质事件使本区古陆块地体拼接增生,形成统一褶皱基底,为上扬子板块。震旦纪初基底下沉,板块由陆变海,形成台地,几经海侵海退,沉积物多属潮坪—浅海相物质,为陆源碎屑和碳酸盐沉积,在时、空上作有

图 1 - 2　四川盆地前震旦系基底构造图

(据周熙襄等 1993 年资料修改)

1—推测大断裂;2—基岩埋深等高线(m);3—岩体边界线;4—基性杂岩;5—中基性火山岩;6—花岗岩;7—上元古界板溪群;8—中元古界黄水河群;9—太古界—下元古界康定群

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

表 1-1　四川盆地地层简表

地质时代 代	地质时代 纪	地层名称 统	地层名称 组	地层符号	主要岩性描述	地层厚度(m)	含油气情况	构造层划分		构造旋回	构造运动
新生代	第四纪			Q	粘土及砾石层	0～360		中新生界构造层	上亚层	喜山旋回	喜山运动
	第三纪	上	芦山组	N	棕红色泥岩,砂质泥岩,夹粉砂岩	0～550				燕山旋回	燕山运动晚幕
		下	名山组	E	紫红色砂砾岩夹泥质粉砂岩,上有泥岩与硬石膏、钙芒硝互层	0～800					
中生代	白垩纪	上	灌口组	K_2^{2-2}	紫红色砂砾岩、岩屑砂岩、泥岩夹石膏	400～1200			中亚层		燕山运动早幕
			夹关组	K_2^{2-1}	砾岩、岩屑砂岩夹泥岩	560					
		下	天马山组	K_1	紫红色砂岩、含砾砂岩、长石砂岩	>800					
	侏罗纪	上	重庆群 蓬莱镇组	J_3^2	棕色块状厚层砂岩和泥岩互层	650～1400			下亚层		印支运动晚幕
		中	重庆群 遂宁组	J_3^1	紫红色泥岩夹中、薄层粉砂岩	200～600					
			自流井群 沙溪庙组	J_2	灰紫色长石石英砂岩、粉砂岩、泥岩	100～1300	含油气				
		下	自流井群 凉高山组	J_1^2	煤及灰色泥岩、介壳灰岩及黑色页岩互层	200～600	含油气				
			自流井群 白田兴组	J_1^1	底砾岩,上含煤、泥页岩夹砂岩、杂色砂泥岩	300	含油气				
	三叠纪	上	须家河组	T_3	深灰色砂岩与页岩互层夹煤层	250～3000	含油气	中古生界构造层	三叠—上古生界亚构造层	印支旋回	印支运动早幕
		中	雷口坡组	T_2	泥岩、泥灰岩、硅质岩	150	含油气				
					白云岩、白云质灰岩	0～100	含油气				
					灰绿色粘土岩	230～340	含油气				
		下	嘉陵江组	T_1^{2-5}	白云岩夹岩溶角砾岩、石膏层	94～270	含油气				
				T_1^{2-4}	白云岩、白云质灰岩	60～190	含油气				
				T_1^{2-3}	微晶灰岩、生物碎屑灰岩	300	含油气				
				T_1^{2-2}	白云岩、灰岩及石膏	100～150	含油气				
				T_1^{2-1}	白云质灰岩夹泥岩	210～250	含油气				
			飞仙关组	T_1^{1-2}	紫红、紫灰色泥岩夹介壳灰岩	150～220	含油气				
				T_1^{1-1}	灰紫、紫红色泥岩夹泥质灰岩、粉砂岩	300～380	含油气				
古生代	二叠纪	上	长兴组	P_2^2	厚层泥晶灰岩夹黑色钙质页岩、硅质层	70～100	含油气		震旦—下古生界亚构造层		东吴运动
			龙潭组	P_2^1	粘土岩、页岩夹粉砂岩、煤层	90～140	含油气			海西旋回	加里东运动
		下	茅口组	P_1^3	灰色泥晶灰岩夹泥岩、硅质薄层	200～260	含油气				
			栖霞组	P_1^2	泥晶灰岩、石灰岩夹燧石结核	86～120	含油气				
			梁山组	P_1^1	碳质页岩夹粉砂岩、煤层	4～24	含油气				
	石灰纪	上	马平组	C_3	灰岩、泥灰岩夹钙质泥岩	120					
		中	威宁组	C_2	厚层块状灰岩夹泥灰岩、硅质岩、角砾白云岩	100～400	含油气				
		下	马角坝组	C_1	杂色泥质灰岩夹紫红色泥岩	12～161					
	泥盆纪	上	沙窝子组	D_3	钙质白云岩夹藻灰岩、灰岩	40～622					
		中	养马坝组	D_2	钙质砂岩及泥晶生物碎屑灰岩、粉砂岩	100～500					
		下	平驿铺组	D_1	灰色石英砂岩、粉砂岩,底部含砾砂岩	2083					
	志留纪	中	韩家店组	S_2	砂岩、杂色页岩、生物灰岩	105～770				加里东旋回	
		下	石牛栏组	S_1^2	生物碎屑灰岩、页岩、砂质页岩	100～360					
			龙马溪组	S_1^1	灰黑色碳质页岩、硅质页岩夹粉砂岩	160～310					
	奥陶纪	上	五峰组	O_3^2	硅质页岩、碳质页岩、硅质岩、泥灰岩	6～14	含油气				
			临湘组	O_3^1	灰岩、泥质条带灰岩、页岩夹硅质页岩	5～180	含油气				
		中	宝塔组	O_2^2	瘤状、龟裂纹灰岩、夹生物碎屑灰岩	60～170	含油气				
			庙坡组	O_2^1	灰岩、泥质条带灰岩、页岩夹硅质页岩	20～50	含油气				
		下	湄潭组	O_1^2	页岩、粉砂岩、灰岩、生物碎屑灰岩互层	200～390	含油气				
			桐梓组	O_1^1	灰岩、白云质灰岩、页岩夹粉砂岩	30～157	含油气				
	寒武纪	上	三游洞组	$\in_3$	白云岩夹角砾状白云岩、灰岩	370					
		中	洗象池组	$\in_2$	泥质白云岩夹页岩、灰岩、膏盐岩	250					
		下	仓浪铺组	$\in_1^2$	杂色泥岩、粉砂岩,上为灰岩、生物碎屑灰岩	160～410					
			筇竹寺组	$\in_1^1$	深灰色粉砂岩夹泥质白云岩、泥岩	150～300					

续表

地质时代		地层名称		地层符号	主要岩性描述	地层厚度(m)	含油气情况	构造层划分		构造旋回	构造运动
代	纪	统	组								
上元古代	震旦纪	上	灯影组	Z_2^2	厚层白云岩、灰岩夹硅质条带泥岩	200～800	含油气				
			陡山沱组	Z_2^1	粉砂质页岩、碳质页岩夹白云岩	100～360	含油气				
		下	南沱组	Z_1^2	冰碛砂砾岩、杂色砂页岩	400～800					
			澄江组	Z_1^1	长石石英砂岩、砾岩夹酸性火山岩	540～740					晋宁运动
中元古代			板溪群	Pt_2	变质绿色片岩、千枚岩、板岩、大理岩	> 3100		基底	上		康定运动
下元古—太古代			康定群	Pt_1 | Art	混合岩、角闪岩、片麻岩	不详			下		

图 1 - 3　早寒武世广元—怀化间沉积相示意剖面

(据郭正吾等,1996,略修改)

Ⅰ—滨岸盆地相;$Ⅱ_1$—开阔台地相;$Ⅱ_2$—台内浅滩相;$Ⅲ_1$—台地边缘礁滩相;$Ⅲ_2$—台地边缘斜坡相;Ⅳ—盆地相

序组合,常以陆源碎屑沉积伊始,碳酸盐岩沉积结束,形成厚达 3～5km 堆积物;地域上西和西北部濒临古陆,沉积较薄,东和东南部毗连斜坡和盆地,故沉积厚度较大(图 1 - 3)。加里东运动,使本区隆起,由于北部秦岭—大巴山造山区隆升,促使川中地区和川黔地区相继隆起组成近东西向的二个古隆起区,周边形成古坳陷区;更因西部松潘—康滇古隆起影响,又在四川盆地内部形成次级南北向古隆起和古坳陷,它们和东西向的古隆起和古坳陷共同构成本区构造格架,这一古地理格局控制了四川盆地整个海相沉积。故在泥盆—石炭纪间,本区仅在隆升为主格局的若干零星坳陷区有少量厚度较薄的碳酸盐、碎屑沉积,东部保存,西部基本剥蚀缺失。

早二叠世至中三叠世(P_1—T_2)为台地晚期沉积构造演化期。广泛的海侵使本区下降接受厚度较稳定的台地相沉积,更因海西期区域拉伸作用,发育北东和北西两组方向的交叉断裂,形成台坪和台槽沉积,至二叠纪晚期达到高峰。结果有大量峨眉山玄武岩、辉绿岩沿追踪断裂喷溢和上侵,并超覆于不同岩石之上。这种伸展构造作用形成模式,到后期往往又被改造为性质不同的压缩构造。

2 .晚三叠世至始新世陆相碎屑沉积盆地发展和构造演化阶段

四川盆地受印支—燕山期构造事件的影响。北侧川北地区因秦岭—大巴山海域关闭,上扬子

板块和华北板块发生碰撞、拼接造山,形成雄伟山系,山前的川北区发生沉降形成巨厚的山前坳陷沉积;西侧川西区受古特提斯海关闭影响,龙门山及康滇区褶皱造山形成山系;而其东侧下降形成山前坳陷和前陆盆地沉积(图 1 - 4、图 1 - 5);东南侧川东区因受太平洋域地质事件影响,武陵—雪峰山地区褶皱推覆造山,于是川东地区出现山前沉积。显然此时的四川盆地由于四周不同构造域中拼贴造山作用而隆起,盆地转化为下降内陆坳陷盆地。坳陷区内沉积巨厚,粗碎屑物质丰富,以河湖相为主。沉积中心和沉降中心常不吻合,随邻区造山带具体发展而变化。坳陷内部起伏、迁徙频繁。自晚三叠世起大致经历陆内坳陷盆地沉积期(J_1—J_2)、山前坳陷盆地沉积期(J_2—K_1)和盆地萎缩期(K_2—E)三个阶段,出现本区自早中三叠世结束海相沉积史后转化为陆相沉积史的大变革。图 1 - 6 示四川盆地(龙门山—雪峰山间)形成演化示意图。

图 1 - 4　四川盆地上三叠统沉积构造剖面图(据何天华,1981)

图 1 - 5　四川盆地上三叠统烃源岩等厚图

图 1 - 6　四川盆地(龙门山—雪峰山间)形成演化示意图

(据郭正吾,1996)

第二节　四川盆地深部岩石圈结构

一、岩石圈结构

四川盆地的岩石圈结构特征,主要是通过跨越四川盆地的黑水—彭水地学剖面综合解析来探讨的,郭正吾等(1996)作了进一步论述。四川盆地内岩石圈纵向厚度一般在 85km 左右,局部最厚处可达 140km,而川中古隆起区最薄只有 42km。盆地内整个岩石圈共划分为 8 套层圈构造(图 1 - 7)。

1 .上地壳壳层

①陆相中、新生界上叠盆地壳层。此层大部分埋于盆地地下,在川西最厚达 6～7km,往川中、

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

图 1 - 7　黑水—彭水地壳地震测深断面图

(据崔作舟等,1987;郭正吾等,1996)

1—板岩类;2—片岩类;3—玄武类;4—花岗岩类;5—岩浆房;6—花岗质糜棱岩;7—中酸性凝灰岩;8—中酸性角闪岩;9—基性角闪岩;10—基性麻粒岩;11—中酸性麻粒岩;12—地幔岩;13—上地幔软流圈顶部;14—莫霍面;15—壳幔过渡层;16—近期地震震源

川东区变薄至尖灭,川东和龙门山区可见此层露头,底界面为低角度不整合面或假整合面。

②海相中、古生界及震旦系壳层,以志留系顶部低角度不整合或假整合面分上、下二套亚壳层。上层厚 0～4km,深埋于盆地地下,但在龙门山区和川东高陡背斜轴部可见露头;下层厚 2～5km,顶界埋深 0～8.5km,在川西成都平原埋深可达 9km,该层底部有一套中酸性火山岩夹玄武岩、火山碎屑岩与下伏基底为角度不整合。

③浅变质褶皱基底壳层。此层在盆地内部古隆起区基本缺失,但在古坳陷区呈不规则槽状体保存,埋深 7～14km(图 1-8)。基岩裸露于盆地周边造山带内,如川西北的龙门山区、川北的米仓山区、川东南八面山及湘西武陵山区,厚可达 8～13km。

④深变质结晶基底壳层。此层盆内及四周山区基本无出露,但康滇裂谷区古隆起轴部可见露头,厚 11～15km,顶界埋深 7～12km。

图 1-8　四川盆地及邻区元古界绿片岩系顶界面深度略图

1—元古界绿片岩系;2—板块边界;3—断层;4—等深线(m)

上地壳层在甘孜—阿坝地区的底界埋深约 38km。在 25km 深处中元古界的变质岩底部,出现厚约 6km 的低速度、低电阻的塑性层,向东上倾方向可与茂汶—汶川韧性剪切断裂带相连,近期所见地震源多在此塑性层上,它不仅是本区印支—燕山期岩浆体的来源地,也是龙门山推覆构造的滑脱层。

在川南和川中地区,上地壳厚约 25～30km,在川中底部出现厚约 6km 的低速层,可能由花岗质的糜棱岩层组成具塑性的滑脱层。

在川东上地壳厚约 30km,岩石圈断裂较为发育,特别是华蓥山地区出现东倾断裂。错开岩石圈,可能成为上二叠统玄武岩的来源通道。

2.下地壳壳层

①塑性构造壳层,呈低速、低阻层性质,断续展布于盆地内,厚 0～5km,顶面埋深 18～22.5km。为部分熔融岩石构成塑性糜棱花岗岩质层,形成大型水平韧性剪切带或局部重熔型岩浆房。

②波状柔变壳层,以低速层为顶,莫霍面为底,厚 35～46km(图 1-9),顶界埋深 21～30km,具有一定柔性波状结构。由于内有高速高密层,分析岩性为玄武岩质层。

此构造层以川中壳内低速层为顶、莫霍面作底,厚约 23km;在甘孜—阿坝地区埋深 38～67km,厚约 29km,从波速推测为高温高压下的麻粒岩组成。在其底部近莫霍面处出现厚约 5km 的壳幔混合层,可能由麻粒岩与橄榄岩互层组成的滑脱层。

图 1-9　四川盆地及邻区地壳等厚图(单位:m)

在川西和川中地区,埋深约 30～45km,厚 18～

23km,显然比龙门山断裂带以西的甘孜—阿坝地区地壳减薄 5～8km。造成如此差异,可能因下地壳为塑性流变层,川西物质沿莫霍面底部滑脱层向甘孜—阿坝地区流动加厚所致。

川东下地壳埋深 26～42km,厚约 16km,其岩石成分仍为麻粒岩相。在重庆附近下壳层出现壳—幔混合层,这在大地电磁测深剖面上也可见到 26Ω·m 的低阻层的反映。由于它的存在,导致本区上地壳加厚、下地壳减薄,并出现方向相反而有抬升趋势的逆断层,见图 1 - 7。

3 .上地幔壳层

①上地幔块状壳层,其顶界面为莫霍面,底界面为高导层,埋深 85～140km,厚 40～100km。在华蓥山以西地区由橄榄岩和石榴石橄榄岩组成,华蓥山以东地区由尖晶石二辉橄榄岩和石榴二辉橄榄岩组成,是为橄榄岩层。

②上地幔高导壳层,厚 8km 以上,埋深起伏变化一般为 50km 左右,造山带区可达 150km 以上。该层是熔融物质富集、塑性流动热动力源层位,其起伏带为局部上溢或下流的对流圈层部位(表 1 - 2)。

表 1 - 2　上扬子板块四川盆地地质—地球物理特征参数简表

岩石圈构造分层				地球物理特征						地质特征	
				岩石密度(g/cm³)	层速度(km/s)	岩石电性大地电磁测深电阻率(Ωm)	磁化率	全壳地震测深反射波组	特性综述	沉积特征	滑脱层(面)
岩石圈	上地壳	沉积盖层	陆相中、新生界构造层	2.53	4.0	100～1000	25～55	R2	低密、低速、低磁	厚 0～7km,盆地河湖相砂泥堆积	E
			海相中古生界震旦系构造层 中、上古生界上亚层	2.60		1000	6～20	R3	中密、中速、低磁、低阻	厚 0～4km,湖相碳酸盐岩台地相沉积	S
			海相中古生界震旦系构造层 下古生界震旦系下亚层	2.70		几十至1000	14～41	R4	中密、中速、低磁、低阻	厚 2～5km,浅海相碳酸盐岩和碎屑岩沉积	G
		变质基底	浅变质褶皱基底	2.45～2.70		几十至几百	<150	R6(R7)	低密、低速、低磁、低阻	厚 0～13km,基—酸性火山岩、沉积岩组成板岩片岩等绿片岩系	J
			深变质结晶基底	2.81		几千	1500	R9(R11)	高密、高速、高磁、高阻	厚 0～15km 角粒岩相—麻粒岩相	C
	下地壳		塑性构造层	2.85		50～2000		R12	高密、低速、高磁、低阻	厚 0～5km,糜棱花岗岩层、重熔型岩浆层	H
			波状柔变构造层	2.87					高密、高速、高磁、高导	厚 0～23km,玄武岩质层	
	上地幔		团块状构造层	3.36～3.41		10 万		M 面	低密、高速、高导、高磁	厚 1～100km,团块状结构层,橄榄岩组成刚性岩	M
			高热高导层	3.60					高导层	熔融物质富集层	L

注:①R2、R3 等系地壳地震测深波组反射层代号,M 面为莫霍面;②E、S、G、J、C、H、M、L 为壳层间滑脱层(面)代号;③本简表据地矿部西南石油局(1996)资料汇编而成。

上地幔壳层埋深在川中为 85km,向川西降为 103km,过龙门山断裂带后再降到 145km,从川中向川东顶部降为 135km,形成川西—川中为幔隆区,甘孜—阿坝地区和川东为幔坳区。上地幔岩石一般由尖晶石二辉橄榄岩和石榴石二辉橄榄岩组成,简称地幔岩。

从上述岩石圈结构特征和图 1 - 7 所示,可看出软流圈在横向上隆起幅度的高低控制地壳活动性,如川中为幔隆区,地壳表现较稳定,川西次之;而甘孜—阿坝地区和川东地区为幔坳区,则地壳活动性强。在纵向上岩石圈存在多个塑性滑脱层,从上至下有全盆地内盖层与基底之间的塑性层,

川东发生的盖层滑脱褶皱即与此塑性层有关;在甘孜—阿坝地区上地壳内存在花岗质塑性层,与龙门山冲断层形成有关;在川中上地壳底部存在古老的糜棱岩层;在甘孜—阿坝地区和川东地区,下地壳底部存在壳幔过渡塑性层;在全盆地软流圈顶部普遍存在塑性层。它们的存在,不仅为大陆地壳水平运动提供条件,也为岩石圈加厚和地壳变形起着重要作用,如龙门山地区冲断带特别发育和地壳加厚,即与此作用有关。

二、各层圈间滑脱作用和滑脱构造

由于盆内深处岩石圈各层圈间组成物质不同,存在物性差异,构成各种软弱面,在水平拉张或挤压剪切等综合应力作用诱导下,发生滑脱作用,形成各种拆离构造,自地表至深处各层圈间依次有沉积盖层内部各种滑脱面、盖层和基底间滑脱面、基底内部滑脱面、上、下地壳间塑性层滑脱面、莫霍面上滑脱面和上地幔软流圈顶部滑脱面。滑脱面(层)上岩石呈高应变塑性状态发生连续递进变形,于浅表产生脆性破裂剪切带形式出现,深部则以韧性剪切带形式表现,其间尚有脆—韧性剪切带过渡类型,规模巨大。

川西龙门山造山带在山区出现多条叠瓦式排列的浅层次脆性断层剪切带,倾角较陡,向山区深部过渡为深层次低角度韧性断层剪切带,并在上下地壳壳层间滑脱,深度 20km 左右,于是造山带出现断层双层结构模式,和其下的滑脱拆离构造。除此之外,造山带深处还出现更深层次韧性剪切和滑脱作用,将下地壳诸壳层剪切并在莫霍面上滑脱(见图 1 - 7)。

川东华莹山—金佛山—七曜山区断层的剪切破裂和滑脱表现了另一种形式,沉积盖层顺着盖层与褶皱基底,上、下基底间,上、下地壳间,甚至莫霍面间的滑脱作用,由剪切滑动结构沉积层内强弱岩层界面上发生顺层和切层调节,形成表皮式、侏罗山式褶皱和断裂,即滑脱构造。因沉积岩层间顺层滑动,常依断坪—断坡形式进行调节,出现台阶状逆断层和一系列无根背向斜褶皱如断展褶皱和断弯褶皱、双冲构造、盐拱构造、对冲构造等。

显而易见,四川盆地在所有这些深浅滑脱面中,以沉积盖层内部发育的滑脱构造对油气的形成以及圈闭成藏影响最大。盆地中中元古界板溪群上部泥质岩和膏盐层常组成基底和盖层间区域性滑脱层(面);志留系的泥岩、页岩和砂岩 、泥岩层是加里东期上、下古生界的区域性滑脱层;三叠系中、上统泥岩夹煤层是作为古生界和中、新生界的区域性滑脱层即印支期滑脱层。除此之外,震旦系陡山沱组页岩、下寒武统泥质岩、中寒武统泥岩和膏盐层、下奥陶统泥质岩和泥灰岩、二叠系煤岩、下三叠统富膏盐岩以及侏罗系、白垩系、第三系各层中泥岩、膏盐岩层等均属局部地区滑脱层。在这些相对厚层砂岩、石灰岩、白云岩较软弱的岩层,其变形的抗剪、抗拉抗压强均较上、下硬岩层低 1～2 个数量级,受力易发生变形,形成剪切滑脱,出现各种滑脱拆离构造,并对其内油气圈闭和保存。

第三节　四川盆地的构造格架

一、盆地基本构造格架

四川盆地发育有南北向、东西向和北东向三组主要方向的构造,共同组成盆地的基本构造格架。

最早在盆地发育的应是前中元古代的近南北向构造,拼贴的基底形成古隆起和古坳陷为后期沉积服务,如在盆地西侧发育康滇区高古隆起,在川中和川鄂汀边区则发育低古隆起,它们之间则有川西古坳陷和川东古坳陷,古坳陷内部尚可有次级隆起、坳陷,对后期构造进行控制,如川东古坳陷中有开江—染平次级古隆起及两侧古坳陷(图 1 - 10)。总观此类南北向构造形迹,除西部康滇

区外,由于后期东西向和北东向的叠加改造,一般表现不明显,而康滇区却因后古、新特提斯构造运动不断影响(海西期的伸展裂谷作用、印支—燕山期的向东推覆作用以及喜山期走滑作用等),使本区南北向构造不断加强而显现。

其次是发育于前三叠纪的近东西向构造,由此形成川陕边区高古隆起、川中和川滇黔边区低古隆起以及川北和川南两个古坳陷。东西向构造虽遭后期北东向的叠加改造,以及南北向先成构造的控制干扰,但其构造形迹仍比南北向构造清楚,且北部区比南部区更清晰些。如川陕古隆起由于扬子板块和华北板块俯冲拼贴碰撞造山,故在造山带地表即可见东西向分布构造形迹;而乐山—龙女寺—遂宁川中古隆起则陷伏于地下,经揭露,古隆起基底埋深6～9km,下震旦统苏雄组沉积直接不整合于下伏太古代深成变质岩系上,中元古代隆起缺失浅变质岩系层位,形成单层基底结构,震旦纪至中三叠世沉降时,其浅海台地相沉积较二侧薄,其间还缺失局部寒武系和泥盆系、石炭系及中三叠统之一部分,白垩系及其上地层沉积薄或缺失,表明本区长期古隆起的面貌。图1-11示川中古隆起区中三叠世末震旦系顶面呈东西向展布古构造;图1-12示乐山—龙女寺东西向古隆起上震旦统顶在石炭纪—侏罗纪时各时期古构造发展概况。而川北和川南二个古坳陷基底埋藏较深,达13km以上,下震旦统苏雄组下分别有中元古代浅变质岩系和早元古代—太古代的深变质岩,构成双层基底结构。晋宁构造热事件前后,该区抬升总幅度不大,但此后的沉降较大,以致浅海台地相和陆相盆地沉积较厚,且各层次间地层缺失较少,岩石变形中等。故四川盆地的东西向构造总轮廓以区域性大隆和大坳为主要特征,它与扬子板块和华北板块发育演化相关联。

图1-10　川东中石炭统储层厚度图所显示的开江—梁平隆起位置
(据陈子恩,1993)
1—海西期隆起区;2—渗透性屏障;3—储层有效厚度(m);4—中石炭统剥蚀区;5—水井

图1-11　中三叠世末震旦系顶面古构造略图(单位:m)
(据刘仲宣等,1993)

最后在盆地内发育的是三叠纪末以来(印支、燕山、喜山运动)所形成的北东向构造。它的成生使特提斯洋关闭,引起自南向北的推挤和南北向走滑,秦岭—大巴山洋(广义特提斯一部分)关闭引起的自北向南推挤和走滑以及武陵山-雪峰山海关闭引起推挤的三重作用,结果形成了西北区龙门山推覆造山带并向东南四川盆地挤压;东南区武陵山-雪峰山推覆造山带形成并向西北四川盆地挤压,共同的挤压作用,在造山带(上盘)发育多个层次的推覆构造带;不但将深处盖层地层,甚至基底岩块乃至地表组成一系列以北东向构造为主的复杂褶皱断裂山系;在造山带下盘即盆地内部,沉积盖层发生滑脱,形成一系列北东向为主导的薄皮构造,这种薄皮构造的内带,递进变形挤压结

图 1 - 12　乐山—龙女寺古隆起南部 Z_2 顶古构造发展图(单位: m)

1—石炭纪末时; 2—早二叠世末时; 3—中三叠世末时; 4—早侏罗世末时

果形成隔槽式褶皱,外带则形成隔挡式褶皱。它们在四川盆地东南侧川黔湘接界区发育最好。川西成都地区则因地块大部俯冲掩覆于龙门山造山带下遭受破坏,发育不如东南侧(见图 1 - 7)。由此可见,四川盆地北东向构造发育和二侧造山带的形成息息相关,其分布密度以邻近造山带密集、远离稀疏,故川中地区发育就较差,展布方向亦随造山带变化而改变,川东可见由北东向北北东向变化(图 1 - 13)。

二、盆地主要大断裂带

据地壳地震测深资料显示,四川盆地及其邻区发育 6 条最主要区域性大断裂带。它们是龙门山 - 攀西区断裂带、龙泉山区断裂带、武陵山—雪峰山区断裂带、七曜山—华蓥山区断裂带、金佛山—大娄山区断裂带和米仓山—大巴山区断裂带(图 1 - 7、图 1 - 13)。上述断裂切深较大,断开层位较多,常是区域性构造分区界线。除米仓山—大巴山区断裂带为 NW 向(近 E—W 向)外,其余均以 NE 向为主。

图 1 - 13　四川盆地构造分区及构造线略图

(据吴承业等资料修改补充)

Ⅰ—川西构造区; Ⅱ—川中构造区; Ⅲ—川东构造区;

Ⅳ—川西南构造区; Ⅴ—川南构造区; Ⅵ—川滇黔构造区

(1)龙门山—攀西区断裂带; (2)龙泉山区断裂带; (3)华蓥山区断裂带;

(4)金佛山—大娄山区断裂带; (5)米仓山—大巴山区断裂带

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com