

四川盆地古生界—上元古界 天然气成藏条件及勘探技术

王一刚 陈盛吉 徐世琦 主编



石油工业出版社

四川盆地古生界—上元古界 天然气成藏条件及勘探技术

王一刚 陈盛吉 徐世琦 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是在“九五”国家重点攻关项目研究成果及作者多年来研究工作积累的基础上编写而成的。书中较为详细地论述了四川盆地二叠系生物礁、石炭系和震旦—寒武系气藏的形成条件及所应用的先进技术方法和手段。建立了川东上二叠统碳酸盐缓坡沉积相模式,发现并确定了礁发育的有利地区,指出了碳酸盐海槽的有利分布范围;成功地应用新开发的 CDT 储层预测技术,实现了对石炭系储层的半定量预测。

本书可供从事天然气地质学的生产和科研人员使用,也可作为相关院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

四川盆地古生界—元古界天然气成藏条件及勘探技术/王一刚等主编. —北京:石油工业出版社, 2001.8
ISBN 7-5021-3433-6

I. 四…

II. 王…

III. ①气藏—形成—四川盆地—古生代

②天然气—油气勘探—四川盆地

IV. P618.130.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 042643 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)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 14 印张 4 插图 355 千字 印 1—1200

2001 年 8 月北京第 1 版 2001 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3433-6/TE·2554

定价: 30.00 元

前 言

四川是我国也是全世界最早利用天然气的地方,其地下蕴藏着丰富的天然气资源。半个世纪以来,经过几代石油人的努力,在四川盆地震旦系到侏罗系共发现具有工业价值的油气储产层 21 层,油气藏数百个。到 2000 年以前,在盆地内所发现的天然气储量为 $9095.63 \times 10^8 \text{m}^3$,天然气产量也一直居全国第一,其中古生界—上元古界储层产出的天然气占年产量的 90% 以上。川、渝天然气工业的发展对促进四川省、重庆市及周边地区的经济发展起到了重要的推动作用。进入新世纪后,伴随着西气东输工程的启动,四川盆地丰富的天然气资源必将对我国经济的持续发展做出巨大的贡献。

四川盆地古生界—上元古界油气勘探开发始于 20 世纪 60 年代初期。1964 年 5 月在四川西南部的威远构造上首次发现了震旦系气藏。这次重大发现不但证实了我国最古老的地层中有工业气流存在,更重要的是开拓了古生界乃至上元古界找油找气的新领域。1977 年在川东相国寺构造钻获石炭系气藏,从此开辟了四川盆地天然气勘探的新局面。随后以石炭系为主要对象开展勘探开发历时 22 年,取得了丰富的成果。1984 年在川东石宝寨构造上发现上二叠统生物礁气藏,由此揭开了寻找川渝生物礁气藏的序幕。“九五”期间,为了开拓新的勘探领域,保持四川盆地天然气勘探储量稳定增长,在“八五”科技攻关研究的基础上,应用含油气系统新理论,对四川盆地古生界—上元古界的天然气成藏条件和勘探技术等进行了科技攻关,在天然气成藏理论和勘探技术等方面取得了新的认识与进展。通过“川东上二叠统生物礁气藏形成条件及勘探目标评价研究”,在川东生物礁地质分布规律研究方面取得了重大突破,首次圈出川东上二叠统开江—梁平碳酸盐海槽的分布范围,指出沿海槽展布的陆棚边缘相是生物礁发育的有利区,建立了川东乐平统长兴组—雷口坡组(!)含油气系统生物礁气藏成藏模式,总结出生物礁气藏“近源、早成、罐装”的成因特征。为川东生物礁气藏的勘探指明了方向。围绕“川东石炭系深化勘探及新领域研究”,应用断层相关褶皱理论对川东的构造演化特征及构造动力学环境进行了分析,提出川东的构造动力学环境经历了早期拉张、中期过渡、晚期挤压的过程,与其对应地存在着早期伸展构造、中期反转构造、晚期挤压构造。在此基础上建立了 5 种构造演化地质模式。并应用含油气系统新理论,将石炭系成藏系统划分为 5 类,建立了 3 种石炭系天然气成藏模式,丰富和完善了石炭系天然气成藏理论。通过“加里东古隆起震旦—寒武系天然气勘探目标评价”研究,应用油藏地球化学新方法研究了烃类演化热蚀变,对油气运移的途径进行追踪与判识,取得了重大进展。运用古岩溶作用理论,建立了两种古岩溶地貌模式,明确提出了在岩溶斜坡上的残丘—洼地地貌是储层发育的最有利地区。提出了两种成藏模式和 3 种成藏类型,丰富了古隆起的成藏理论。对四川盆地地下古生界碳酸盐岩气藏的成藏机制和富集规律有了新的认识。

在勘探技术方面提出了二叠系生物礁气藏勘探多元信息综合预测方法、地震二维模式识别技术、石炭系 DC1 薄层预测技术和 CDT 储层预测技术,以及震旦系 SEIS-LOG 储层预测技术,在生物礁气藏预测和薄层碳酸盐岩及隐藻白云岩储层预测等领域都展现了广阔的应

用前景。评价出了一批大中型气田勘探目标，经济效益和社会效益极为显著。

本书是在上述研究报告的基础上改写而成的。主要撰写者：第一章至第九章由王—刚、刘划一、文应初、张帆、成世琦、罗蓉、任兴国等编写，王—刚修改定稿；第十章至第十三章由路中侃、陈盛吉、李忠权、黄平、沈小忱、魏小微等编写，陈盛吉修改定稿；第十四章至第十七章由徐世琦、王廷栋、李国辉、包强、熊荣国等编写，徐世琦修改定稿。

在本书编写过程中，石油勘探开发科学研究院、西南油气田分公司及勘探开发研究院的领导、专家给予了指导和帮助，戴金星院士、宋岩教授给予了热情的支持和大力协助。戴金星院士为本书作序。谢姚祥总地质师对书稿提出了宝贵的修改意见，在此深表谢意。

作 者



责任编辑：谭忠心

封面设计：赛维钰

责任校对：张智琪

ISBN 7-5021-3433-6



9 787502 134334 >

ISBN 7-5021-3433-6/TE · 2554

定价：30.00 元



目 录

第一章 四川盆地古生界气藏地层概况	1
第一节 四川盆地东部上二叠统生物地层学	2
第二节 石炭系的地层特征	5
第三节 震旦、寒武系的地层特征	5
第二章 四川盆地东部上二叠统沉积相及沉积模式	8
第一节 概述	8
第二节 川东上二叠统沉积相	9
第三节 开江—梁平海槽	12
第四节 晚二叠世沉积发展史及沉积模式	15
第三章 四川盆地东部上二叠统层序地层学研究	20
第一节 川东地区上二叠统碳酸盐理想沉积序列	20
第二节 川东地区上二叠统单剖面层序分析	20
第三节 川东地区上二叠统层序划分与对比	25
第四节 川东上二叠统层序地层模式	29
第四章 四川盆地东部上二叠统生物礁分布规律	30
第一节 生物礁类型	30
第二节 生物礁岩相	31
第三节 生物礁发育的阶段性与旋回性	35
第四节 生物礁的形成条件及分布规律	37
第五章 四川盆地东部上二叠统生物礁气藏特征	39
第一节 生物礁气藏类型	39
第二节 生物礁气藏圈闭特征	40
第三节 生物礁气藏储层特征	47
第四节 生物礁气藏储层成岩作用	50
第六章 四川盆地东部乐平统一长兴组~雷口坡组 (!) 含油气系统特征	56
第一节 生物礁气藏的“近源”特征	56
第二节 生物礁气藏的“早成”特征	64
第三节 礁气藏的“罐装”特征	67
第四节 礁气藏成藏模式	68
第七章 四川盆地东部上二叠统生物礁气藏勘探方法	69
第一节 上二叠统生物礁地震响应	69
第二节 生物礁气藏预测失误的地质原因浅析	72
第三节 生物礁气藏多元信息综合预测勘探方法	74
第八章 四川盆地东部上二叠统长兴组生物礁地震资料精细处理解释技术	78
第一节 高分辨率及特殊剖面精细处理解释技术	78

第二节	突变信息论储层预测生物礁技术	80
第三节	Compak 技术预测评价生物礁研究	81
第四节	宽带约束反演预测生物礁研究	83
第五节	生物礁地震二维模式识别方法研究	85
第九章	四川盆地东部上二叠统生物礁测井响应特征及预测技术和方法	88
第一节	上二叠统长兴组生物礁测井响应特征	88
第二节	上二叠统生物礁相测井模式识别	92
第三节	上二叠统生物礁储层测井解释模型	96
第四节	上二叠统生物礁及礁气藏测井地质研究	100
第十章	四川盆地东部区域构造特征及构造动力学环境	103
第一节	区域构造特征及构造演化	103
第二节	构造动力学环境分析	108
第三节	构造垂向演化地质模式	114
第十一章	石炭系成藏系统和成藏模式	118
第一节	石炭系天然气成藏要素	118
第二节	石炭系天然气成藏系统	129
第三节	石炭系天然气成藏模式	143
第十二章	石炭系储层识别与预测技术	146
第一节	地层圈闭识别技术	146
第二节	岩性圈闭识别技术	155
第十三章	石炭系大中型气田形成条件及评价方法	161
第一节	大中型气田形成的地质因素	161
第二节	大中型气田评价方法	161
第十四章	加里东古隆起震武—震旦系的烃源岩特征	163
第一节	主要烃源岩的地质特征	163
第二节	震旦系气藏的天然气特征	163
第三节	烃源岩的有机质演化特征	168
第十五章	加里东古隆起古岩溶型储层特征	171
第一节	古岩溶作用特征	171
第二节	储集空间类型与储集类型	175
第三节	储层有效空间结构特征	177
第四节	储层具有低孔低渗、非均质性强的特征	179
第五节	影响储层发育的四大主要地质因素	180
第六节	地震预测的方法探索	182
第十六章	加里东古隆起圈闭类型特征	192
第一节	圈闭类型	192
第二节	圈闭评价条件分析	192
第三节	圈闭评价	195
第四节	主要圈闭评价	195
第十七章	加里东古隆起天然气的运移聚集特征	200

第一节	早期油气的运移聚集特征·····	200
第二节	早期油气的成藏特征·····	201
第三节	晚期油气的运移聚集特征·····	203
第四节	晚期油气的成藏特征·····	204
第五节	资阳、威远气藏油气有效运移聚集模式·····	206
第六节	古隆起天然气成藏的控制因素分析·····	207
参考文献	·····	209
图版说明及图版	·····	213

第一章 四川盆地古生界气藏地层概况

四川盆地处于扬子板块的西北缘，其沉积基底由元古界变质岩系和少量酸—基性岩浆组成，在此之上为厚约12000m的震旦系和第一系（图1-1）的沉积盖层。从震旦系到中三叠统是浅海相沉积，以碳酸盐岩为主，局部夹有海陆过渡相或交互相，厚4000~7000m；中生界三叠系上统须家河组及其以上大多数为陆相沉积。

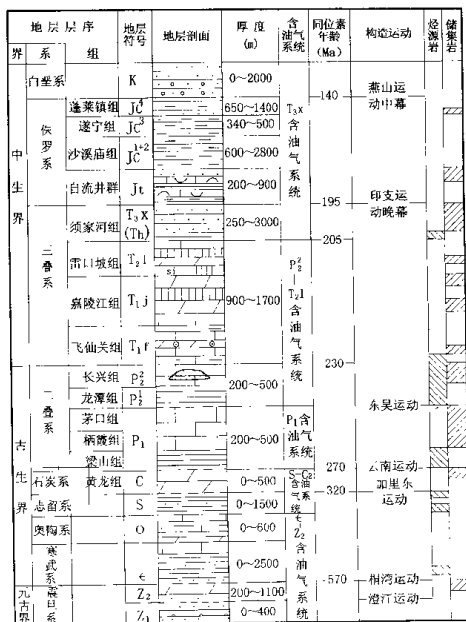


图1-1 四川盆地地层层序及含油气系统分布

四川盆地地层纵向上层系齐全，具有多层系、多旋回、厚度巨大等特点，形成了多套碳

酸盐岩系的储集层（上震旦统、上石炭统、上、下二叠统、上、下三叠统）及多套致密砂岩储集层（上三叠统、上、中、下侏罗统）。经过四十余年的勘探，截止1999年底，全盆地共探明天然气储量五千多亿立方米。通过“九五”前三年震旦—寒武系、石炭系、上二叠统的攻关研究，提出了一批大中型气田的勘探目标，为四川盆地天然气储量的增长和大中型气田的发现提供了可靠的依据。

第一节 四川盆地东部上二叠统生物地层学

一、上二叠统生物地层学

晚二叠世时四川地区属上扬子盆地。下二叠统沉积后东吴运动发生大规模海退，四川西部上升成陆，形成西南高、东北低、西陆东海的格局。在此基础上发生晚二叠世海侵沉积过程，造成了四川盆地上二叠统复杂的岩相及地层命名（图1-2）。由于沉积时基底断块升降的影响以及沉积物补给速率的差异，四川盆地东部地区上二叠统的厚度变化在局部范围内也很大。

四川盆地东部上二叠统主要是海陆交互相区及海相区沉积。在华蓥山地区主要根据岩性将上二叠统划分为龙潭组（ P_2^1 ）和长兴组（ P_2^2 ），龙潭组为夹2~3套海相生物灰岩的含煤砂泥岩组合，长兴组则为各种生物灰岩，多数含燧石结核。受海侵过程的影响，在华蓥山往东往北的区域海相灰岩的比例增加而下部陆源岩类的比例减小， P_2^1 由龙潭相区过渡为以海相灰岩为主的吴家坪相区，此时陆源岩类与海相灰岩的相变界线与华蓥山地区 P_2^1 和 P_2^2 的分界线是不等时的。

在区域地层研究中根据古生物来划分 P_2^1 与 P_2^2 ，通常以筳*Codonofusiella*的消失，*Palaeofusulina*开始出现来确定长兴组的底，同时出现的还有筳*Gallowayella*、菊石*Pseudotritolites*及牙形石*Enogondolella*、*Subcarinata*、*Subcarinate*等。在标准剖面中还进一步在 P_2^1 、 P_2^2 中各划出几个牙形石带。张继庆等（1990）认为在大巴山前缘二者界线应以筳*Codonofusiella* *Schudertelloides* 顶峰带的消失和筳*Gallowayella* *Meitiensis* 顶峰带及牙形石*Neogondolella* *Subcarinata*、*N. Changxingensis* 组合带的出现来划分。而在川东南部丰都、石柱一带，筳*Sphaerulina* - *Nankinella* 组合带与大巴山前缘*Gallowayella* *Meitiensis* 顶峰带相当。生物地层学的研究无疑为上二叠统的地层划分及沉积环境的研究奠定了可靠的基础。但这些研究主要是依赖于露良好的地面剖面进行的。对于川东地区的钻井剖面依赖生物地层学研究来划分地层几乎是不可能的。为了正确划分上二叠统地层，为生物礁分布规律研究奠定基础，考虑区内海侵过程造成的相变的影响，按沉积旋回从华蓥山、南江桥亭、石柱冷水溪等地面剖面出发，对川东地区180余口井逐次进行对比划分。

华蓥山地区上二叠统厚约350m，在岩性上龙潭组为夹海相碳酸盐岩的煤系地层，长兴组为海相生物灰岩，二者界线清楚。据张继庆等（1990）研究，龙潭组下部为*Edriostege* *Poyangensis* - *Transennatia* *Gratiosus* 组合，上部为*Squamularia* *Granddis* *Tyloplecta* *Yantzenensis* 组合。长兴组下部为含腕足类*Spinomarginifera* *Chengyensis* *Araxathyris* *Araxensis* 组合及*Sphaerulina* *Nankinella* 筳组合，上部富含*Palaeofusulina* *Sinensis* 等高级筳及有孔虫*Colaniella* 组合，两组地层的生物地层界线清楚。

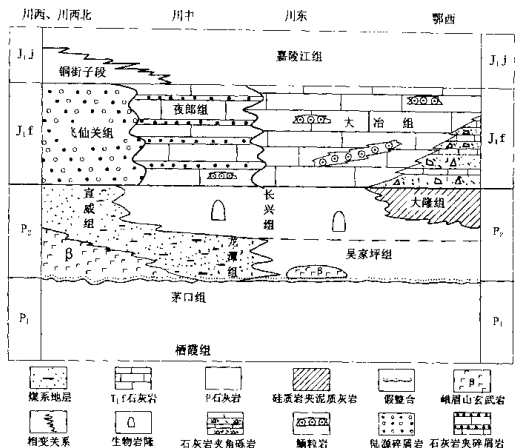


图 1-2 四川盆地上二叠统区域地层关系对比图

二、上二叠统的地层对比

(一) 上二叠统顶、底界划分

1. 底界

由于东吴运动的影响,川东地区上、下二叠统之间以一侵蚀面假整合接触,下伏阳新统因剥蚀作用侵蚀幅差多在 50m 左右。一般情况是阳新统石灰岩与龙潭组或吴家坪组底的粘土岩、凝灰岩/玄武质粉砂岩接触,在岩性及电测曲线上均易于划分。此时阳新顶部石灰岩显高阻、低自然伽马值而龙潭组(吴家坪组)上部为低阻、高自然伽马值。

2. 顶界

川东地区上二叠统长兴组与上覆下三叠统飞仙关组间没有明显的沉积间断,但在生物地层学上却有明显差异。二叠纪的大多数生物种属都未能延续到三叠纪,三叶虫、鲕及大多数腕足、钙藻灭绝,瓣鳃则繁盛起来。在许多地区飞仙关组底部为薄层状钙质泥岩或泥灰岩,它在电测上具有自然伽马值比长兴组高、电阻率比长兴组低的特征,据此很容易确定长兴组的顶界。

(二) 上二叠统地层划分对比

1. 龙潭组和吴家坪组

海侵沉积层序的相变是十分复杂的。海侵过程中海平面阶段性的上升(4 级旋回)形成大的沉积旋回则可以在大范围内进行对比。这种旋回在华蓥山南段龙潭组剖面中表现为含煤陆源碎屑岩与海相碳酸盐岩组合而成的约代尔(Yoredale)旋回层。经对比发现华蓥山地区

龙潭组剖面由一个覆于阳新统风化面上的底部沉积层和三个约代尔旋回层组成(图1-3),即龙潭期有三次大的海平面上升过程。它们形成的单个约代尔旋回厚在15~85m。在钻井剖面上这种约代尔旋回层由下往上自然伽马值由低变高,视电阻率则由高变低。根据这种旋回性来划分龙潭组的境界和在龙潭组内部进行地层对比,即底部沉积层(有的剖面中有玄武岩或辉绿岩)与下旋回组成的龙一段、中旋回层构成的龙二段及上旋回的龙三段。往东到吴家坪相区,虽然只有底部沉积层“王坡页岩”为陆源沉积,上部全相变为碳酸盐岩,但这种区域上海平面阶段性上升造成的三个沉积旋回层的特征仍然能依据电测曲线划分出来。因此,根据龙潭组和吴家坪组沉积的旋回性,可以较好地在川东地区进行地层对比划分并确定长兴组和龙潭组(吴家坪组)的地层界线

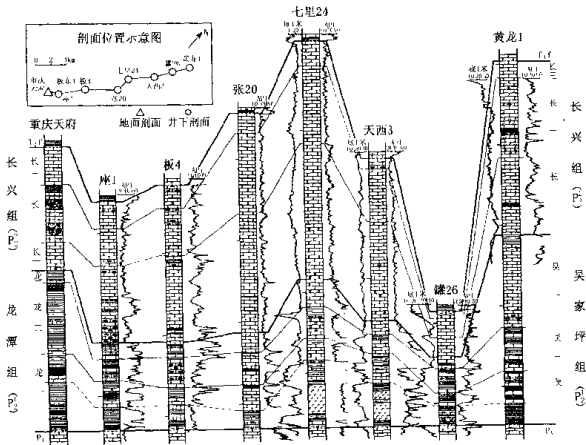


图1-3 四川盆地东部地区上二叠统对比图

2. 长兴组

长兴组是以碳酸盐岩为主的沉积层。在地层对比中缺乏岩性标志层和电性标志层,因此在组内作进一步的对比划分是有相当难度的。在一些非礁相的剖面中,长兴组的三分性比较明显。下部中—薄层状褐灰—深灰色生物泥晶灰岩,含燧石结核,自然伽马值相对较高。中部的石灰岩层厚增加,生物含量增加,色变浅而且燧石含量相对减少,有的剖面局部还有斑状亮晶胶结物出现,自然伽马值表现为相对低值。上部石灰岩又变为暗色薄到中层状生物泥晶灰岩,泥岩夹层及燧石结核或条带增加,有的还具有风暴作用形成的递变层理或假眼球状构造,自然伽马曲线由下往上逐渐增高。该长兴组的三段特征反映了沉积时海水由深逐渐变浅再变深的沉积过程。在地层对比中依次将这二段划分为长一段、长二段及长三段(图1-3)。

但在礁相的剖面中,长兴组的岩性和电性特征均随礁体发育情况不同而有明显变化。这种变化主要表现为:礁相灰岩质地较纯,少含泥质,不含燧石结核或燧石条带,自然伽马曲线表现为明显的低平。

当礁体生长发育在长三段顶,礁体生长速度大于海水变深速度时,长三段不会出现沉积水体变深的显示,相反表现出水体变浅的过程(如华蓥山老龙洞礁、洞水沟礁及铁山礁、卧龙河礁的礁核剖面)。

在四川盆地外缘地区如宣恩小关、广元长江沟、旺苍罐子坝、旺苍天台等剖面长兴组石灰岩相变为大隆组硅质岩及泥页岩,但向盆地内在九龙山龙4井、南江桥亭以及奉节、巫山等地剖面仅有长兴组上部相变为大隆组。这是晚二叠世海侵过程的反映。

第二节 石炭系的地层特征

石炭系在盆地内部大面积缺失,主要出露于盆地西北缘的龙门山一带,为一套较稳定的碳酸盐岩沉积,上、中、下统发育较全,下统岩关组、大塘组,中统威宁组,上统马平组。此外,在华蓥山亦有零星分布,近年经钻探证实川东地腹亦普遍存在,可与鄂西的石炭系连为一体,但仅存留了中石炭统黄龙组。

对于川东石炭系而言,可分为上石炭统和下石炭统。产标准化石:*Fusulinella*(薄克氏小纺锤瓣)、*Eostaffella chongzuocunus* Li(崇古始史塔夫瓣)及*Tolynaminuria* SP.(毛团虫)等。

石炭系厚0~76.2m,一般30~50m,与上覆 P_1l 、下伏 S_2h 呈假整合接触。主要由白云岩组成,仅部分地区于底部有硬石膏。根据岩性与电性特征,由下而上可划分为五段。

C_2hl^1 : 细—中晶去白云(膏)化灰岩、角砾灰岩及粉晶角砾白云岩,部分地区见硬石膏层。厚0~23m,一般5~10m。岩性致密,基质孔隙度一般小于1%,自然伽马与深浅双侧向电阻值特高,分别大于60~100API及1000~5000 $\Omega \cdot m$ 左右。

C_2hl^2 : 亮、粉晶有孔虫砂屑白云岩。厚3.5~29m,一般10~26m。白云岩内孔隙分布较普遍,为最佳储层段(称之下孔隙层)。自然伽马与深浅双侧向电阻特低,分别在30~60API及200~800 $\Omega \cdot m$ 左右。

C_2hl^3 : 粉晶角砾白云岩,部分于顶部或皆为粉晶灰岩。厚0~7.57m,一般3~5m。自然伽马双高峰值,40~80API,是石炭系中对比分段的重要标准层。

C_2hl^4 : 亮、粉晶有孔虫砂屑灰岩,夹生屑粉晶(角砾)灰岩与砂砾屑白云岩。厚0~20m,一般10~20m。自然伽马与深浅双侧向电阻中高值,15~50API及200~500 $\Omega \cdot m$ 左右。其中白云岩针状溶孔较发育,是石炭系储层段之一(称之上孔隙层)。

C_2hl^5 : 主要为生屑粉晶灰岩及砂屑粉晶白云岩。厚0~16.5m,一般10m左右。自然伽马30API左右,深浅双侧向1000~5000 $\Omega \cdot m$ 。(据罗洪模等,1994)

第三节 震旦、寒武系的地质特征

四川盆地内上震旦统至志留系是一套海相层系,埋藏很深,除华蓥山断层出露中上寒武统以上地层疏,露头地区主要分布在盆地边缘。盆地下古生界勘探程度低,仅有几口井钻穿

上震旦统。主要岩性为碳酸盐岩及碎屑岩,属于稳定的地台沉积。震旦、寒武系划分对比见表1-1、表1-2(据宋文海等,1995)。

一、震旦系的地层划分

(一) 下统

1. 莲沱组:

盆地东北部为紫红色长石石英砂岩、岩屑砂岩、含砾砂岩夹凝灰岩(莲沱组);盆地西南部,上部为砂岩、砂砾岩夹流纹岩(开建桥组),下部为玄武岩夹火山碎屑岩(苏雄组);盆地中部为花岗岩、闪长岩及流纹英安岩。

2. 南沱组:

分布于盆地边缘,为一套砾岩、含砾泥岩、粉砂质泥岩。甘洛—西昌一带为列古六组,由冰湖相凝灰岩、凝灰粉砂质泥岩组成,厚100~300m。城口一带为明月组,为一套火山碎屑岩,厚647m。

(二) 上统

1. 陡山沱组:

滨浅海至广海陆棚相砂岩、页岩夹石灰岩,盆地中部薄,向四周增厚(10~250m)。

2. 灯影组:

大套的藻白云岩、晶粒白云岩、砂(鲕)粒屑白云岩夹薄层砂、泥岩及硅质岩。根据岩性(藻类的富集程度)和结构特征进一步分为灯一(Z_2dn^1)、灯二(Z_2dn^2)、灯三(Z_2dn^3)和灯四(Z_2dn^4)4个岩性段,以“蓝灰色泥岩”底为界划分出灯四(Z_2dn^4)和灯三(Z_2dn^3)。灯影组的厚度和岩性在盆地内较为稳定(表1-1)。

表1-1 震旦系划分对比

地区		峨边	老龙1井	威15井	贺1井	女基井
层位						
上统	灯影组					
	Z_2dn^4	301.8m	250.5m	38m		79.5m
	Z_2dn^3	38.2m	38m	52m	50.5m	197.5m
	Z_2dn^2	510.7m	488m	476m	446.5m	409.5m
	Z_2dn^1	189.3m	161m	77m	60.57m(未完)	37m
下统	陡山沱组	22.5m		11m		9m
	南沱组					
	莲沱组	玄武岩	花岗岩	黑云母石英闪长岩、粗面岩		
下伏层		前震旦系基底				

二、寒武系的地层划分

四川盆地寒武系一般厚度为 600—1500m，共分四组一群。筇竹寺组为黑色页岩夹粉砂岩或石灰岩透镜体。沧浪铺组为砂岩、粉砂岩夹泥岩，局部为白云岩、石灰岩、砾岩。龙王庙组以碳酸盐岩为主，夹较多粉砂岩、泥岩。高台组为紫红色泥岩，黄灰色白云岩夹较多砂岩、粉砂岩和石膏，厚度稳定。洗象池群主要为一套浅色白云岩，而盆地东部夹石灰岩，西部夹砂岩、粉砂岩，可进一步分组（表 1—2）。

表 1—2 寒武系划分对比

地区		川西南	川南	川东	川北
原分层		省区域地层表 (1974)	省区域地层表 (1974)	四川石油局研究院 (1985)	省区域地层表 (1974)
中上统	洗象池群	洗象池群	梁山关群	毛田组	缺失
				后坝组	
				平井组	
	高台组	陡坡寺组	西王庙群	石冷水组	
下统	龙王庙组	龙王庙组	清虚洞组	清虚洞组	孔明洞组
	沧浪铺组	遇仙寺组	金顶山组	金顶山组	阎王庙组
			明心寺组	明心寺组	仙女洞组
	筇竹寺组	九老洞组	牛蹄塘组	牛蹄塘组	筇竹寺组

第二章 四川盆地东部上二叠统沉积相及沉积模式

第一节 概 述

多年来对四川盆地上二叠统的沉积相已有过许多研究。前期的研究均按照威尔逊(1975)提出的碳酸盐台地沉积模式进行。1989年强子同等在对四川及邻区的上二叠统沉积特征进行系统研究后指出四川盆地上二叠统的沉积是海侵型的碳酸盐缓坡沉积,整个川东地区吴家坪期为典型的碳酸盐缓坡环境,长兴期为向碳酸盐台地转化的碳酸盐缓坡环境,而长兴期生物礁是碳酸盐缓坡上发育起来的海侵生物礁系列。^①此后的一些有关研究大多认同吴家坪期的沉积属碳酸盐缓坡沉积,长兴期则认为是具有内部分化(台隆、台沟等)的碳酸盐台地(镶边陆棚)。

阿尔(Ahr, 1973)在研究阿拉伯海湾现代碳酸盐沉积环境时提出了碳酸盐缓坡(Carbonate Ramp)沉积模式。J.L. 威尔逊(1975)将其与碳酸盐台地(Carbonate Platform)模式并列,认为同属于碳酸盐陆棚沉积环境。J.L. 里德(1982、1985)、M.E. 塔克(1990)等则用“碳酸盐台地”(Carbonate Platform)一词来概括所有浅海碳酸盐岩沉积环境,细分了碳酸盐缓坡、镶边陆棚(Carbonate Rimmed Shelves)及陆表海台地(Epeiric Carbonate Platform)、淹没台地等,并对碳酸盐缓坡模式进行了更细的分类。

碳酸盐缓坡环境实质上是包括滨岸在内的狭义的陆棚沉积环境。将四川东部地区上二叠统沉积相确定为碳酸盐缓坡,主要是从总体上看它不具备碳酸盐台地相(镶边陆棚相)的基本特征(图2-1)。具体体现为:

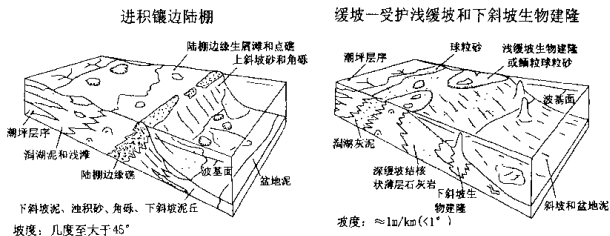


图2-1 碳酸盐镶边陆棚和碳酸盐缓坡沉积模式(据里德, 1982)

(1) 缺乏对连陆浅水台地区起障壁作用的高能边缘相带。即使在长兴中后期环深海槽的过渡带发育有陆棚边缘礁如见天坝生物礁、天东生物礁等,但这些礁是孤立分散的斜坡礁,

① 强子同等, 四川及邻区上二叠统含油气地质研究, 内部报告