

突破,仅留下了深刻的经验与教训。

2 油气成藏条件分析

滇黔桂地区中古生界海相油气地质特点,总体可概括为“多、残、高、广”四个字。多,即构造发展演化具多旋回,有多种类型的含油气盆地,存在着多套生储盖组合,并发现了多种类型的圈闭;残,即后期经历多次强烈构造形变与改造,现今多为残留盆地(区块),其油气演化复杂,对油气保存条件要求严格,而勘探目标隐蔽,勘探手段与技术成为制约油气发现的“瓶颈”;高,即烃源岩演化程度高,以天然气为主,储层成岩程度高,成岩作用复杂,且地形地质条件复杂,勘探成本与风险较高;广,即勘探领域、勘探层序、勘探对象广阔,资源潜力巨大,具有良好的发展空间。因此,勘探目标的优选成为勘探成败的关键。

2.1 构造发展演化阶段与构造单元区划

2.1.1 构造发展演化阶段

滇黔桂地区中、古生代海相沉积盆地经历了前加

里东期大陆裂解、被动大陆边缘沉降阶段,加里东期原特提斯与被动大陆边缘沉积阶段,海西期古特提斯发展、多岛洋与弧后扩张—弧后盆地阶段,印支期中特提斯演化与前陆盆地形成阶段,燕山期新特提斯形成与周缘前陆盆地的转化阶段和喜山期板内形变推覆、走滑改造与定形阶段等 6 大构造发展演化阶段^[2,3]。

2.1.2 构造单元区划

滇黔桂地区构造区划特点是具有众多重要构造单元边界,可划分出 5 个一级单元,32 个二级单元。主要的构造单元边界有 6 个板块缝合带、3 个岩浆岛弧带和一条重要拼接线:即怒江缝合带、昌宁—双江缝合带、金沙江缝合带、理塘缝合带、哀牢山缝合带、博白—岑溪缝合带;维西岩浆岛弧带、澜沧江岩浆岛弧带、云开岩浆岛弧带;师宗—弥勒—垭紫罗断裂。可划分出上扬子、特提斯、华南、印度—喜马拉雅、东南等 5 大构造域,细分为 32 个二级单元(表 1,仅列出主要二级单元)和 51 个三级构造单元,其中的 9 个中古生界海相油气勘探区块,由于所处构造环境不同,它们在沉积发展、盆地演化、形变改造、

表 1 滇黔桂地区构造单元划分表

Table 1 Classification of the structural units in Yunnan-Guangxi-Guizhou Region

一级	二级	
西部印度-喜马拉雅构造域	腾冲地块	
滇西冈瓦那-特提斯构造域	1 保山-耿马-临沧地块	
	2 中甸地块	
	3 兰-坪思茅盆地(弧间前陆盆地)	3-1 兰坪拗陷 3-2 无量山隆起 3-3 思茅拗陷
	4 哀牢山-红河造山带	
上扬子构造域	1 丽江台缘拗陷	
	2 华坪隆起	
	3 宁蒗盆地(周缘前陆盆地)	
	4 楚雄盆地(前陆盆地)	4-1 西部推覆隆起区 4-2 中部深拗陷区 4-3 东部浅拗陷区
	5 滇中隆起	
	6 滇黔北部克拉通拗陷	
	7 武陵拗陷	
	8 滇东-黔中隆起	
	9 黔南拗陷(碰撞前渊盆地)	
	10 雪峰中生代基底拆离隆起	
华南构造域	1 盘县-罗甸断坳	
	2 南盘江盆地(拉张-弧后前陆盆地)	
	3 马关中生代推覆造山隆起带	
	4 桂中拗陷(碰撞前渊盆地)	
	5 大瑶山中生代造山隆起带	
	6 桂平盆地(前陆盆地)	
	7 十万大山盆地(弧后前陆盆地)	
	8 灵山中生代碰撞花岗岩带	
东南构造域	云开岩浆岛弧带	

含油气性等方面存在差异, 成为滇黔桂地区丰富多样的油气勘探对象。

2.2 烃源岩与储集岩体

2.2.1 烃源岩

从滇黔桂海相碳酸盐岩沉积的事件出发, 可归纳为 14 个主要海侵期, 形成了 14 期烃源岩^[4], 其中最主要的烃源岩有 4 套, 为下寒武统、中、下泥盆统、二叠系、三叠系烃源岩(表 2)。

2.2.2 储集岩体

从震旦系至三叠系, 滇黔桂碳酸盐岩地区存在 13 个层段的高水位体系域沉积(表 3)^[5], 成为该区重要的油气储集层段。此外, 在楚雄盆地及兰坪—思茅盆地的上三叠统一侏罗系地层中, 存在三角洲

及浅海、浅湖相砂体等重要的高水位体系域碎屑岩型储层。

2.3 油气保存条件

楚雄、兰坪—思茅、南盘江及十万大山盆地都是在海相碳酸盐原型盆地基础上经弧后阶段发展起来的前陆盆地, 不仅对下伏海相油气成藏与保存具有重要意义, 其前陆沉积本身也具有油气勘探前景。

滇黔桂地区共发育 3 套主要的区域性盖层: 1) 中三叠统泥质岩(南盘江盆地); 2) 侏罗系泥质岩(楚雄盆地、兰坪—思茅盆地、十万大山盆地); 3) 白垩系—第三系泥质岩和膏盐岩(楚雄盆地、兰坪—思茅盆地)。此外, 下寒武统、石炭系及二叠系泥质岩亦是较好的地区性盖层。

表 2 滇黔桂地区中古生界主要烃源岩特征简表

Table 2 Characteristics of the main Mesozoic-Palaeozoic source rocks in Yunnan-Guangxi-Guizhou Region

层位	烃源岩	厚度/m	残余有机碳, %	类型	演化程度	分布范围
T ₃	泥质岩	800	0.2~ 3.20	以 型为主	以成熟后期 (1.0% < R _o < 1.3%) 为主	兰坪—思茅盆地、楚雄盆地
T ₂	碳酸盐岩	100~ 1 672	0.1~ 0.3			除楚雄地区以外
	泥质岩	10~ 1 667	0.2~ 3.88			
T ₁	碳酸盐岩	20~ 769	0.1~ 1.64			康滇古陆东侧
	泥质岩	10~ 632	0.2~ 2.01			
P ₂	碳酸盐岩	100~ 250	0.1~ 3.14	以 型为主	从成熟前期 (0.5% < R _o < 1.0%) 至超成熟 (R _o > 3.0%) 均见分布	兰坪—思茅、南盘江、盘县—水城、钦州—上思
	泥质岩	> 100	0.4~ 11.53			
P ₁	碳酸盐岩	> 100	0.1~ 1.84	- 型		滇黔桂全区
	泥质岩		0.3~ 2.02			零星分布
D ₁₋₂	泥质岩	25~ 673	0.32~ 3.17	型为主	高成熟度 (1.3% < R _o < 2.0%) 至超成熟 (R _o > 3.0%)	黔南、桂中、滇东、南盘江及十万大山地区
	碳酸盐岩	50~ 781	0.12~ 0.41			
Є	泥质岩	9~ 762	0.37~ 6.63	型为主	高成熟至超成熟	黔东、黔北及滇东

表 3 滇黔桂地区高水位体系域层位(储层)及沉积岩特征与海平面变化关系表^[5]

Table 3 Relationship of sea level variation, highstand system tract and the characteristics of sedimentary rocks in Yunnan-Guangxi-Guizhou Region

时代	层位	沉积岩特征	厚度/m	海平面变化
Z ₂	灯影组	鲕状白云岩、砂砾屑云岩	50~ 200	有抬升剥蚀
Є ₁	清虚洞组	白云岩、灰岩、鲕粒向上变细	100~ 250	向上变浅
Є ₂	石冷水组	微粒、角砾白云岩、溶塌角砾岩	240	西变浅东变深
Є ₃	追屯组	颗粒白云岩、藻屑灰岩	320	海平面有升、降
O ₂	红花园组	生物屑灰岩、干裂、鸟眼构造发育	32	有抬升暴露标志
D ₂	独山组	生物屑灰岩、鲕粒球粒灰岩、礁灰岩、礁角砾岩	90~ 700	海平面有升、降
D ₃	尧梭组	灰岩、鲕状灰岩、具鸟眼构造、白云化、溶蚀现象明显	374	有抬升暴露标志
C ₁	德坞组	生物屑灰岩, 含缝石灰岩、白云岩海退系列	148	海水变浅, 次生白云化
C ₂	马平组	生物屑灰岩, 含砾屑灰岩, 球粒结构	182	具抬升暴露标志
P ₁	茅口组	礁灰岩、礁角砾岩、生物屑灰岩、砂屑藻屑灰岩	598	具抬升暴露标志
P ₂	长兴组	生物礁灰岩、生物屑灰岩	149	出现海平面下降
T ₂	永宁镇组	生物屑灰岩、溶塌角砾岩、白云岩偶见鲕状结构	369	斑脱岩化、具暴露标志
T ₁	关岭组	白云岩、生物屑灰岩、砾屑灰岩	505	具抬升标志

印支以前形成的油气藏(前期成藏),具有先期成藏规模大,后期遭受剥蚀破坏程度也大 2 个特点。其油气圈闭多为背斜、岩性、生物礁等常规类型圈闭(原生圈闭),如麻江、大厂等古油藏均是很好的实例。这类油气藏与圈闭在现今各勘探区块中能否保存以及能否有效地被识别至今仍是关键。

印支期及其以后形成的油气藏(后期成藏),包括原生油气藏和原生油气藏经改造调整后发生再配置而形成的次生油气藏,在构造活动强度较小即相对稳定的地区大多得以保存,这类油气藏是滇黔桂油气勘探的重点。它具有油气藏类型多,油气圈闭复杂,以气为主,成藏与破坏同步等 4 个特点,圈闭类型主要以断层封挡、裂缝及缝洞、次生孔隙、致密砂岩等非常规储集体为主(次生圈闭)。因此,应用油气运聚动平衡新理论、特殊储层评价与预测等新

技术将是滇黔桂海相新区油气勘探的主要途径。

2.4 油气资源潜力和勘探目标

2.4.1 油气资源潜力

第三次油气资源评价结果表明,滇黔桂海相新区具有丰富的油气资源,仅楚雄、南盘江、十万大山及兰坪—思茅等 4 大盆地内主要评价层系的天然气资源量就达 $28\ 357 \times 10^8\ \text{m}^3$ (表 4)。

2.4.2 勘探目标

经过数十年的油气勘探,逐步形成了楚雄盆地等 9 个油气勘探区块(盆地),它们分属于前陆盆地、弧后盆地、拉张盆地、克拉通边缘拗陷、碰撞前渊盆地等多种类型的盆地原形,现今存在多套勘探目的层^[6~8]。经过多年勘探选区,近期的勘探方向逐渐明确,近年来的勘探已发现多个有利的勘探目标(表 5)。

表 4 滇黔桂中生界海相主要盆地油气资源量表

Table 4 Resources of the hydrocarbon in the main marine Mesozoic-Palaeozoic basins in Yunnan-Guangxi-Guizhou Region

盆地名称	评价面积/km ²	资源量/10 ⁸ m ³	总资源量/10 ⁸ m ³
楚雄盆地	36 600	7 963	28 357
南盘江盆地(秧坝—田林)	32 900	5 875	
十万大山盆地	11 500	8 021	
思茅拗陷	47 000	6 498	

表 5 滇黔桂中生界海相新区综合评价简表

Table 5 Integrated evaluation of the new Mesozoic-Palaeozoic marine blocks in Yunnan-Guangxi-Guizhou Region

地区	面积/km ²	盆地类型	主要目的层	勘探方向	主要勘探目标	评价级别
楚雄盆地	36 600	前陆盆地	T ₃ , G	永仁、东山、云龙、黑井凹陷	发窝、大姚、果纳、环洲、小团山、板桥	
南盘江盆地	66 710	拉张—弧后前陆盆地	P, D	秧坝—向阳凹陷	秧坝、花冗、双江、百地、潞城、坝林	
十万大山盆地	11 500	弧后前陆盆地	P, P ₂	南部地区峙浪—上思褶皱冲断带	那瑞、白马、龙因、东安	
兰坪—思茅盆地	77 200	弧间前陆盆地	P ₂ , T, J ₂	景勐凹陷	那武、何家寨、中寨、大会子	
黔南拗陷	30 000	碰撞前渊盆地	P ₂	安顺—长顺	安顺、广顺	
桂中拗陷	49 000	碰撞前渊盆地	D	宜山凸起、来宾凹陷	待落实	
宁蒭盆地	2 100	克拉通边缘拗陷	D	东部断陷	待落实	
桂平盆地	2 500	前陆盆地	K ₁ , D	北部地区	待落实	
绥江凹陷	2 400	克拉通拗陷	P ₁ , P ₂	中部低背斜区	待落实	

3 油气勘探方向与科研思路

数十年的勘探、科研以及近期3口井的钻探,进一步表明滇黔桂中生界具有良好的油气勘探前景,但亦是一个复杂的油气勘探对象。“在高演化中找低演化,在活动中找保存”是该区油气勘探与科研的主要方向,勘探的主体指导思想应调整为“深源浅找,古源新找,多源兼探,立体勘探”。油气综合研究的指导思想应立足于“以构造演化为主线,油气系统为核心,保存条件为关键,有效成藏组合的动态分析为内容,目标评价优选与预测为目的”。

3.1 油气勘探方向

根据目前的勘探条件与研究认识,近期滇黔桂地区9个主要含油气盆地(区块)可按4个层次开展勘探。

第一层次:加快评价与积极寻找新的钻探目标,并以尽快获得油气突破为目的的盆地——南盘江盆地、楚雄盆地。近期主要的勘探方向有:南盘江盆地秧坝凹陷内D—P生物礁(滩)与构造型原生油气藏,次生孔隙与裂隙型次生油气藏;楚雄盆地永仁、黑井、东山、云龙等4个凹陷内膏盐岩覆盖下的构造型油气藏,以及中浅层裂缝型次生油气藏。

第二层次:开展区带与圈闭评价及目标准备,争取油气发现的盆地——十万大山盆地。近期主要的勘探方向是盆地南部区块中央的峙浪—上思冲断褶皱带。

第三层次:进行盆地评价及区带准备,以形成战略接替为目的的盆地——兰坪—思茅盆地。有利的勘探区块为思茅坳陷的景勐凹陷。

第四层次:目前暂不开展实质性勘探,进行综合研究后适时开展勘探侦察的地区——黔南坳陷,桂中坳陷,宁蒗盆地,桂平盆地,绥江坳陷等。

3.2 科研思路

根据滇黔桂地区的地质特点及油气勘探中暴露

出来的问题,近期应紧密围绕构造、保存条件、特殊储层、目标评价优选4个方面开展综合研究。

楚雄盆地:在两口新探井基础上深化盆地评价和北部地区的区带与圈闭评价,高度重视油气保存条件、致密砂岩与裂缝储层、中浅层及多成因天然气的研究。

南盘江盆地:加快秧坝一向阳区块的整体评价,开展生物礁及裂缝等特殊储层的评价与预测研究。

十万大山盆地:深入开展构造研究与目标评价,注意有效成藏组合的分析与预测。

兰坪—思茅盆地:在进行石油地质调查、盆地评价基础上,开展保存条件与区带评价研究,应十分重视喜山期新构造运动对油气成藏与破坏的影响。

其它盆地或区块:应用新理论、新技术、新方法,坚持石油地质综合研究,逐步提高认识并为后续勘探做好技术储备。

总之,滇黔桂海相新区的油气勘探虽然历尽曲折与艰难,面临着诸多的地质与技术难题,但也逐步显示出了良好的勘探前景。持续的勘探与研究,必将迎来油气的突破和发展。

参考文献:

- 1 滇黔桂石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷十一)[M]. 北京:石油工业出版社,1992
- 2 李长青. 滇黔桂地区印支期构造特征及前陆盆地形成演化[J]. 云南地质,1999,18(3):239~247.
- 3 夏邦栋,吴运高. 滇黔桂裂谷[J]. 石油实验地质,1992,14(1):20~30
- 4 周明辉. 南盘江坳陷油气系统研究[J]. 云南地质,1999,18(3),248~265
- 5 杨惠民. 滇黔桂海相碳酸盐岩地区最佳油气保存单元的评价与优选[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1999
- 6 陆黄生,周荔青. 滇黔桂地区新生代盆地生物气成藏分区性[J]. 石油实验地质,2004,26(6):525~530
- 7 范砚荣,童吉福. 滇黔桂地区中生界油气地质条件及勘探选区[J]. 海相油气地质,1997,2(4):35~42
- 8 陈跃昆,廖宗廷,魏志红等. 兰坪—思茅中生代盆地的特征及构造演化[J]. 石油实验地质,2004,26(3):219~222

ANALYSIS ON THE FORMING REGULARITY OF HYDROCARBON ACCUMULATION AND EXPLORATION PROSPECTS OF THE MARINE BASINS IN YUNNAN-GUANGXI-GUIZHOU REGION

Zhou Minghui^{1,2,3}, Ma Jianming³, Zheng Bing⁴

(1. Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 3. Southern Exploration and Development Branch Company, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200, China; 4. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

(下转第352页)

BASIN EVOLUTION STAGES AND OIL AND GAS ENRICHMENT —TAKING THE LOWER TERTIARY BASINS IN THE EASTERN CHINA AS AN EXAMPLE

Liu Bin¹, Zhou Xiaojin², Wang Guoshou²

(1. *Research Institute of petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;*

2. *Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)*

Abstract: According to petroleum geology evolution of several typical Tertiary basins in the east of China, the process of basin evolution may be divided into three stages of whole descending, whole ascending and whole adjusting. Basin descending stage is the process of material accumulation and energy storage, which causes hydrocarbon formation. Basin ascending stage is the process of energy release and oil and gas reservoir formation. Basin adjusting stage is the process of energy adjusting and material equalization. Based on the analysis of each depression's characters in the basins during the above different evolution stages, we compared the differences of petroleum geology evolution of the oil-rich depressions in the eastern China, and summarized the main control factors of oil and gas enrichment in depressions in the eastern China. It is considered that oil and gas enrich in the basins with full stratigraphic system, moderate sedimentation and denudation.

Key words: petroleum geology evolution; whole descending; whole ascending; whole adjusting; control factors of oil and gas enrichment; Tertiary basin; East China

(continued from page 337)

Abstract: In this paper, the regional tectonics, sedimentation, source-reservoir-overlying formations, preservation conditions, hydrocarbon accumulation and resource extent about the marine oil and gas-bearing basins in Yunnan-Guangxi-Guizhou Region were discussed in accordance with the petroleum geologic characteristics of the basins. The main conditions of oil and gas pool forming in the basins were summed up, and the drilling effect analysis on the recent three important exploration wells in the basins was made. Then, the direction and focal points of oil and gas exploration as well as the ideas of comprehensive research about the marine basins in Yunnan-Guangxi-Guizhou Region for the future were put forward.

Key words: oil and gas pool forming conditions; analysis on exploration prospect; exploration direction; marine basins; Yunnan-Guangxi-Guizhou Region