

doi:10.3799/dqkx.2013.058

上扬子三江地区中新生代构造变形的油气地质意义

杨 鑫^{1,2}, 王亚东¹, 刘兴旺¹, 姜海健², 郑建京^{1*}

1. 中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃兰州 730000

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏无锡 214126

摘要: 上扬子地台是我国南方的海相油气富集区, 其周缘地区分别处于不同的构造带中, 构造变形差异显著, 致使海相油气的盖层和保存条件各异。在揭示上扬子三江地区中新生代构造变形特点的基础上, 结合岩相古地理和油气成藏要素的演化, 探讨后期构造活动对海相油气分布和高原低熟油气形成的控制。研究认为, 印支运动的推覆挤压破坏了早期的海相生储盖组合, 同时也导致山前带挠曲下陷, 发育新的成藏组合。燕山运动期间, 在稳定的盆地裂陷过程中沉积了一套区域性海泛湖相泥岩, 既是优质源岩, 也是有效的区域盖层。在白垩纪至古近纪的盆地萎缩过程中, 发育了区内最重要的景星组(K_1j)储层, 以及古近系膏泥岩层, 该套地区性盖层对高一过成熟的裂解气有重要保存意义。新近纪以来, 强烈的走滑断陷和高原隆升过程对海相油气的后期保存十分不利, 同时, 控制了一系列小型山间断陷盆地的形成, 这些盆地陆源和水生有机质都很丰富, 在低热演化阶段, 源岩遭受微生物降解, 形成未熟—低熟油气, 尽管该类油气资源有限, 但对于青藏高原低演化油气的勘探有所借鉴。

关键词: 上扬子; 海相油气; 高原油气; 未熟—低熟油气; 构造。

中图分类号: P548

文章编号: 1000-2383(2013)03-0581-11

收稿日期: 2012-08-19

The Petroleum Geological Significance of Meso-Cenozoic Tectonic Deformation in the Sanjiang Region of Upper Yangtze Block

YANG Xin^{1,2}, WANG Ya-dong¹, LIU Xing-wang¹, JIANG Hai-jian², ZHENG Jian-jing^{1*}

1. Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2. Wuxi Institute of Petroleum Geology, Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Wuxi 214126, China

Abstract: The upper Yangtze platform of South China is rich in marine oil and gas. As located in different tectonic zones, its adjacent areas have distinct deformation styles, which leads to various cap rock and preservation conditions of marine hydrocarbon. Based on revealing the Meso-Cenozoic tectonic deformation characteristics of Sanjiang region in upper Yangtze block, and combined with the evolution of lithofacies and hydrocarbon accumulation factors, this paper discusses on the process that post-tectonic events controls on the distribution of marine hydrocarbon and formation of low mature oil & gas in plateau. It is suggested that early marine source-reservoir-cap assemblages were destructed in Indo-China movement which resulted in growth of new reservoir forming assemblages in foreland subsidence as well. During the time of Yansinan movement, the basin rifting led to marine-flooding lacustrine mudstone deposition, not only acting as excellent source rocks, but also as regional cap rocks. From Cretaceous to Paleogene, the reservoir rocks of Jingxing Formation (K_1j) and plaster rock grew in the process of basin atrophy. The critical cover of plaster rock is very important to marine over mature cracked gas. After Neogene, the strong strike-slip activity and plateau uplift has been unfavorable to the later preservation of the marine oil and gas, controlling the formation of a series of small mountain intermittent depression basin which are rich in land-based sources and aquatic organic matter, and the source rock are subjected to microbial degradation, generated immature-low mature oil and gas in low thermo evolution stage. This type of oil and gas resources is limited, but it provides a reference for the low evolution oil and gas exploration of the Tibetan Plateau.

Key words: Upper Yangtze; marine hydrocarbon; plateau oil and gas; immature and low mature; tectonics.

基金项目: 中国科学院知识创新工程青年人才类重要方向项目(No. KZCX2-EW-QN112).

作者简介: 杨鑫(1985—), 男, 在站博士后, 主要从事构造地质和石油地质学研究工作. E-mail: xyang85@126.com

* 通讯作者: 郑建京, E-mail: jjzheng@lzb.ac.cn

我国南方海相油气的长期勘探实践表明,盖层和保存条件决定了海相油气的富集程度(金之钧和蔡立国,2006;张抗,2007).古生界源岩层系多,展布广,烃源条件优越,但后期强烈的构造活动对原生气藏破坏严重,因此,中生代稳定分布的泥质和膏盐层对这种高演化程度的以裂解气为主的油气后期成藏和保存有重要意义(Guo *et al.*, 2004;梁狄刚等,2009).南方大陆由扬子板块和多个微地块拼合而成,上扬子地台具典型的海—陆相双层结构(王永标和徐海军,2001;王清晨和林伟,2008),勘探程度较高,与之不同,克拉通周缘处于不同构造带,中生代构造变形十分强烈,后期陆相盖层分布局限,多发育于小型断陷盆地.

三江地区位于扬子地块西南缘(图 1),中生代以来,特提斯域多期叠加的构造变形特点远较克拉通其他部位复杂:一方面不利于古生界海相油气的保存,另一方面又使油气勘探领域扩展至中生代陆相大中型盆地和小型第三系盆地(张恺,2003).自大陆碰撞挤出模式提出以来,三江地区由于构造位置的独特性,其新生代逃逸构造成为近年来国内外学者关注的热点,相关研究主要集中于韧性剪切带

的走滑活动、年代学依据及其对挤出过程的响应(季建清等,2000;Gilley *et al.*, 2003; Anne and Manuel, 2005; 刘俊来等,2006).另外,也有少数学者对研究区中生代盆地原型及其演化作出过有益探讨(谭富文,2002;廖宗廷和陈跃昆,2005),但对研究区多期构造变形条件下的油气地质特征还缺乏系统认识.因此,揭示三江地区中生代多期叠加的构造变形特点,将为海相油气和高原低熟油气的勘探提供新的思路.

1 海相油气的保存与破坏

1.1 海相油气地质特征

三江地区已发现的海相油气地表显示主要分布在兰坪—思茅盆地,层位贯穿石炭系—白垩系,以沥青为主,原油与天然气较少,除个别井喷以外,未见工业油气流.该区地质历史上长期与海域连通,沉积环境与我国南方地区基本类似,中生代期间,海相沉积与陆相沉积交替发生,进入白垩纪以后才彻底与外海隔绝(廖宗廷和陈跃昆,2005).中侏罗统泥灰岩段和始新统膏盐层段是区内最重要的两套盖层,如

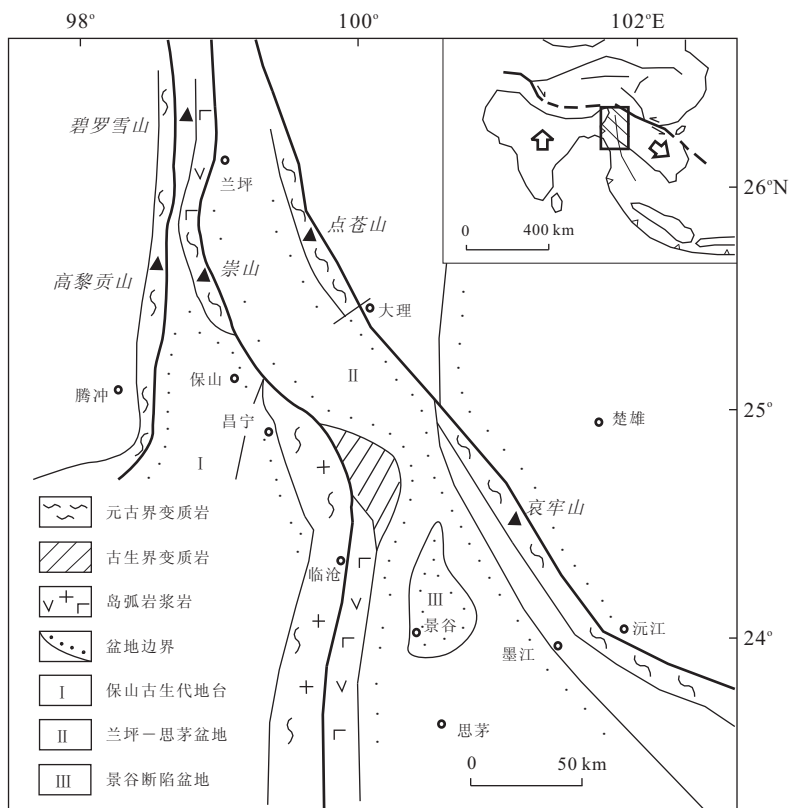


图 1 三江地区构造单元

Fig. 1 Tectonic units in the Sanjiang area

图 2,中侏罗统与下伏地层内部虽存在多套次级生储盖单元,但均以海相沉积为主,整体上具有相似性,本文将其作为下部成藏组合,上侏罗统一始新统称为中部成藏组合,中新统以上地层与走滑构造盆地有关,作为上部成藏组合。

源岩对比表明区内存在多套源岩,从泥盆系至侏罗系均有分布,岩石类型以暗色泥岩和碳酸盐岩

为主,主要发育于弧后边缘海环境,一般与快速海侵或滞留封闭环境有关(汪建国等,2007),另外上二叠统龙潭组煤系地层发育于沼泽环境。钱年奕(2009)对各层位源岩评价认为,除龙潭组煤系地层外,其他层位源岩有机质类型为腐泥型和混合型;各层位的源岩的 TOC 含量一般为 0.5%~1.0%,二叠系和上三叠统较高,最高在 3.0%以上;成熟度均较高,

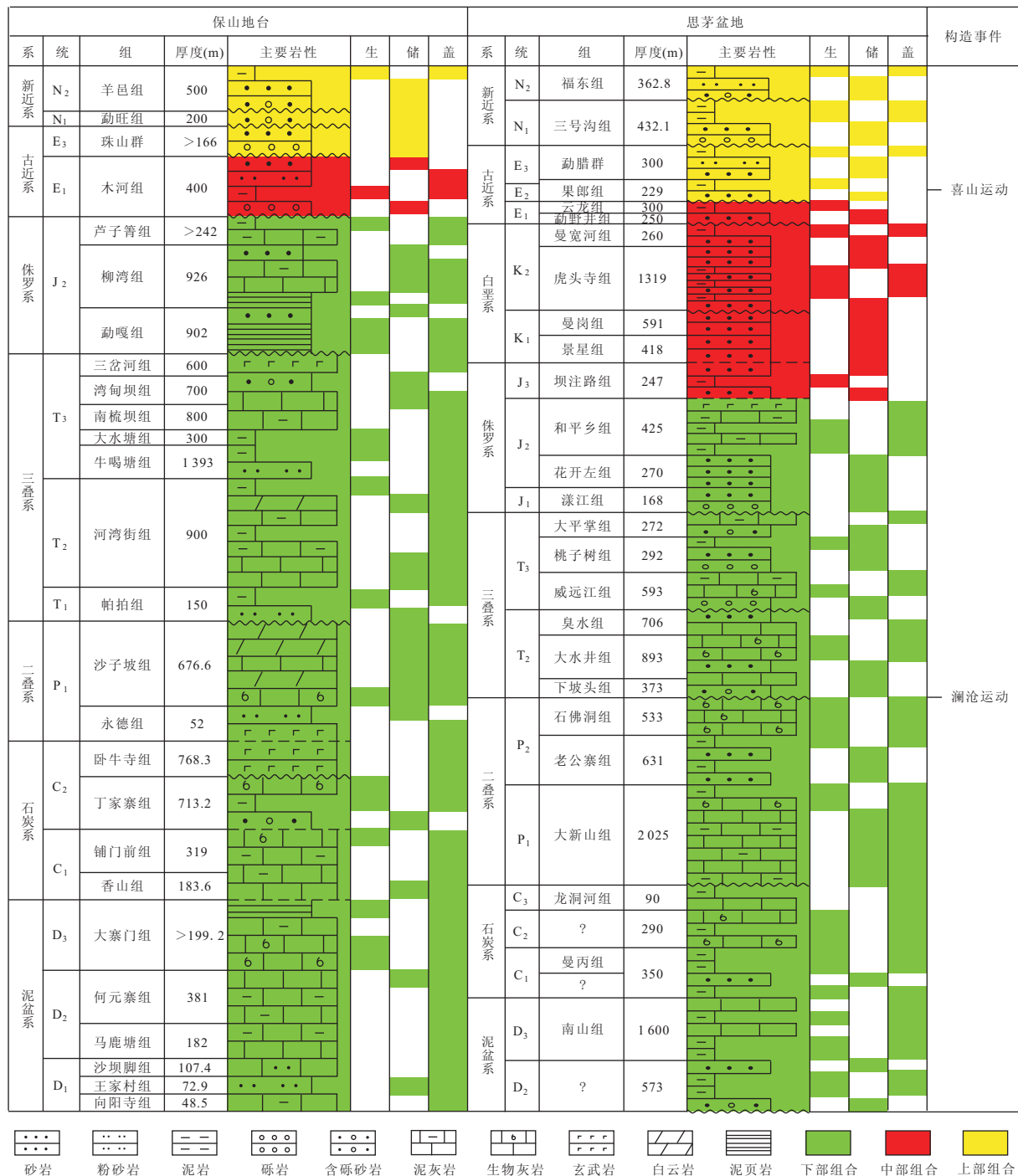


图 2 保山地台与思茅盆地生储盖组合对比

Fig. 2 Comparison of source-reservoir-cap assemblage between Bashan and Simao block

中三叠统以下地层的 R_0 在 2.0% 以上, 上三叠统和中侏罗统为 1.0%~2.2%。整体上看, 中侏罗统、三叠系和二叠系源岩是区内的主力源岩, 烃类产物应该以裂解气为主。

已发现的油气显示主要在碎屑岩和碳酸盐岩内, 可能还有凝灰岩类储层。碎屑岩储层主要发育于滨—浅海环境和盆地边缘斜坡带, 岩性以砂岩、砾岩为主, 层位主要分布在泥盆系、三叠系、侏罗系和白垩系。孔隙类型以次生成因为主, 包括粒间溶孔、粒间基质溶孔、晶间溶孔、粒内溶孔和铸模孔等, 孔隙度一般在 3.8%~13.8% 之间, 以低孔低渗为主(梁兴等, 2005), 与成岩作用有关, 储集性能较好的层位是下白垩统景星组及中侏罗统和平乡组。

与海相油气直接相关的盖层相当发育, 层位遍及泥盆系一下白垩统。中侏罗统海泛湖相厚层泥岩是重要的区域性盖层, 后期被断裂活动频繁破坏, 而发育于盆地萎缩期的古近系膏盐层具良好韧性, 对海相地层来源的裂解气有重要的封堵作用, 分布局限在普洱—墨江以南的勐腊坳陷内, 是重要的地区性盖层。另外, 二叠系龙潭组煤系地层和上三叠统坳陷带内的大套泥岩可作为地区性盖层。

1.2 构造活动对海相油气富集的控制

目前, 思茅盆地一带钻井深度不够, 均没有对新生界有系统的揭示, 但是与三江地区东部相接的楚雄盆地在长期构造演化过程中与思茅盆地有相似性(张宏远和刘俊来, 2011; 许中杰等, 2012), 二者盆地构造—热活动也相近(王国力等, 2005), 已有学者利用不同深度镜质体反射率数据对楚雄盆地中生代古地温及源岩生烃史进行过分析(缪卫东等, 2010), 因此, 研究区内源岩的热演化过程可由楚雄盆地类比推断。早三叠世以后, 澜沧运动以东西向挤压推覆为主, 区域抬升造成区内普遍缺失下三叠统, 临沧复式岩体向东推覆于二叠系源岩之上, 早期的碳酸盐岩地层也遭受岩溶、淋滤作用, 储集性能得到改善。如图 3, 中三叠世期间, 海水自西进入, 在碰撞挤压作用下, 思茅以西的澜沧江南段和北部的德钦—维西一带基底挠曲下陷, 发育深水环境的复理石沉积(谭富文, 2002), 岩性以泥岩—细砂岩为主, 成为又一套地区性盖层, 并具有一定的生烃能力。

晚三叠世早期, 在思茅盆地内发育上三叠统威远江组—桃子树组三角洲和扇三角洲碎屑岩储层, 晚期在西侧的坳陷内发育上三叠统太平掌组泥页岩

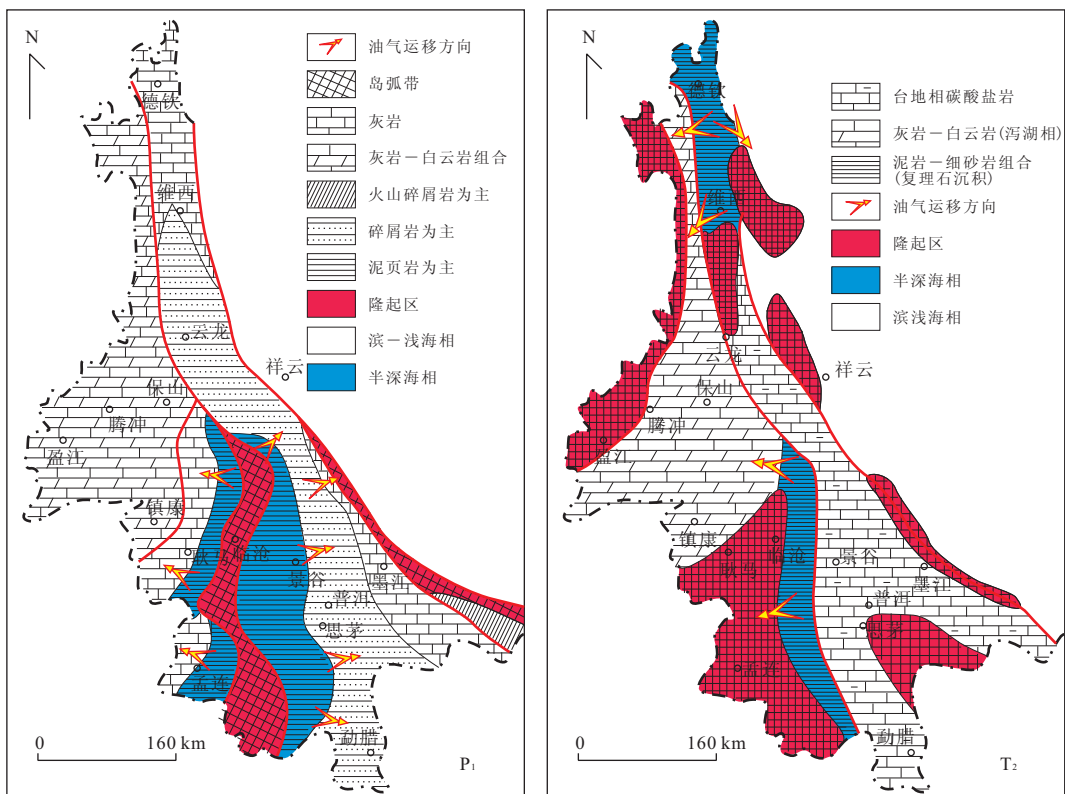


图 3 三江地区下二叠统、中三叠统相带分布与油气运移关系

Fig. 3 Distribution of lithofacies and hydrocarbon migration of P_1 and T_2 in the Sanjiang region

沉积,既是源岩也是地区性盖层.该时期思茅盆地内广泛分布双峰式火山岩(廖宗廷和陈跃昆,2005),反映了盆地的裂谷性质,地温梯度较高,促进了二叠系源岩的热演化,生成大量的原油和湿气,难以突破上覆泥岩和碳酸盐岩的封盖,向构造高部位侧向运移,主要进入二叠系滨浅海砂体和溶蚀的碳酸盐岩中聚集(图3).

侏罗纪以后裂陷作用加强,思茅盆地水体加深,沉积中心向东部迁移.二叠系源岩进入高一过成熟阶段,三叠系源岩进入成熟阶段,油气除了向古隆起部位运移外,也进入上覆的上三叠统碎屑岩储层内.如图4,中侏罗世期间,海水自南部侵入(朱利东等,2001),思茅盆地内主要发育厚层的海泛湖相泥岩和泥灰岩,成为区域性盖层和又一套烃源岩.与思茅盆地不同,二叠纪至侏罗纪期间,保山地台一直接受稳定的台地碳酸盐岩沉积,岩性单一,有机质含量低,储层物性差,亦无有效盖层.

如图4,白垩纪期间,来自二叠系的原油裂解成干气,中三叠统源岩进入生气高峰,上三叠统和中侏罗统源岩处于原油和湿气的生烃阶段.该时期盆地开始萎缩,构造稳定,保山地台全面抬升遭受剥蚀,

兰坪一思茅盆地内沉积物早期以三角洲砂岩为主,下白垩统景星组内发育盆地内物性最好的一套储层;晚期以河流相为主,仅在南北两端局部发育湖泊相沉积,成为区域性盖层,但与油源断裂沟通的河道砂体也能形成岩性油气藏.

如图5,进入古新世以后,上三叠统和中侏罗统源岩处于生油高峰期.盆地全面萎缩,沉积局限于兰坪一思茅盆地的中轴断裂以东,岩性以滨浅湖相砂岩和盐湖相的含膏盐泥岩为主,与我国西北地区第三纪膏盐层相似,古新统一始新统是三江地区重要的地区性盖层,对下部高一过成熟的天然气具有有效封盖作用.中新世以来,上三叠统和中侏罗统源岩仍在生烃,沉积格局发生改变,以遍布腾冲地块、保山地台和思茅盆地内零星展布的山间盆地群为特色(图6),作为盖层对海相油气的保存意义不大,另外,后期走滑活动强烈,肢解了原生气藏,十分不利于油气的保存.

综上所述,从源岩条件看,二叠系和中三叠统源岩在中新世以前就已进入过成熟阶段,以干气为主,保存难,在后期隆升、挤压、走滑和伸展构造变形下多被逸散.而上三叠统和中侏罗统源岩现今仍处于

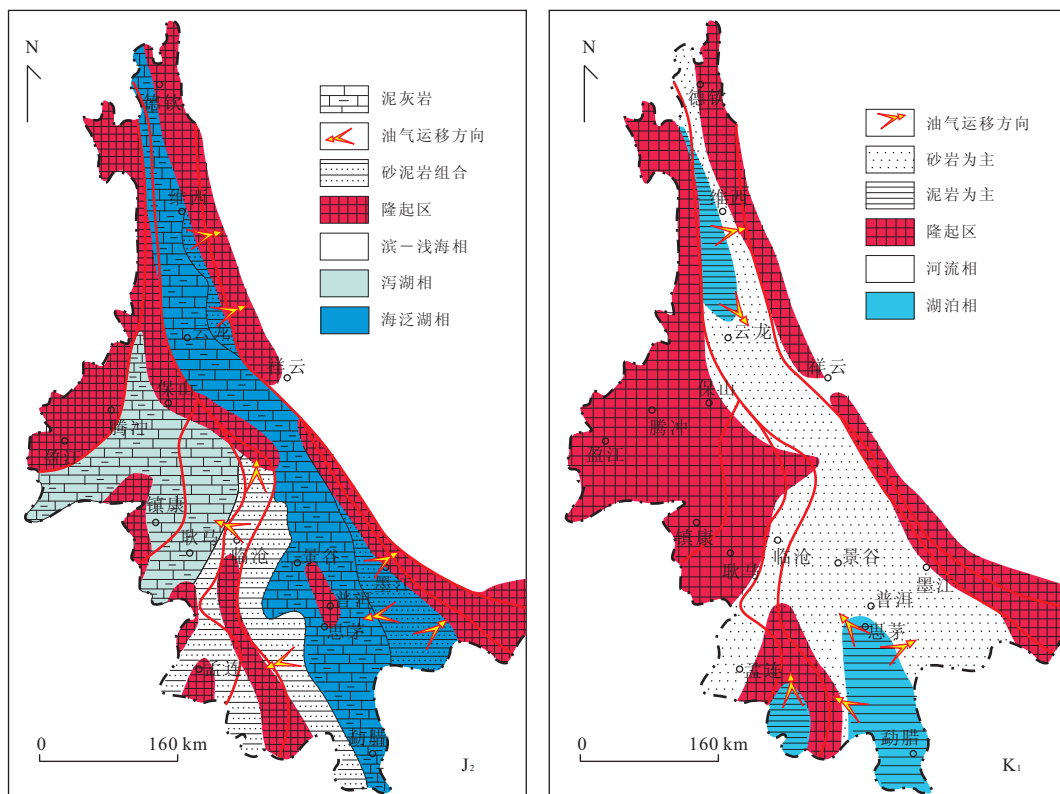


图4 三江地区中侏罗统、下白垩统相带分布与油气运移关系

Fig. 4 Distribution of lithofacies and hydrocarbon migration of J₂ and K₁ in the Sanjiang region

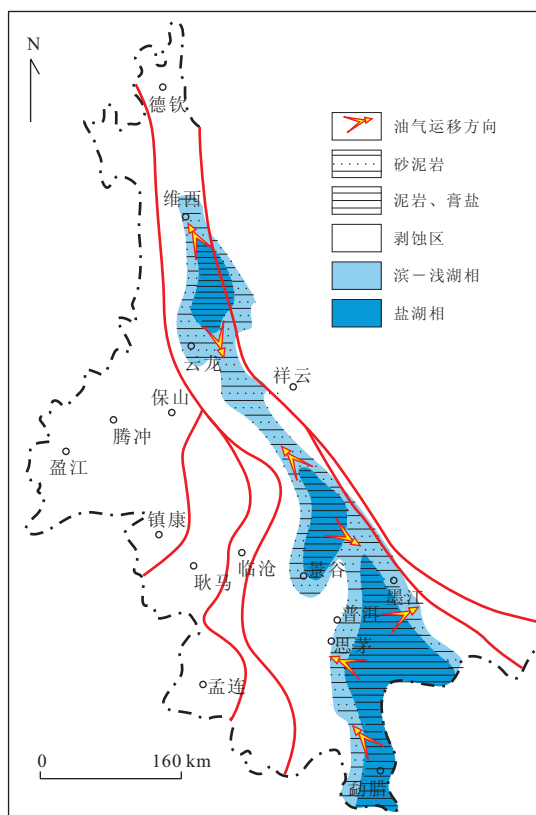


图 5 三江地区古新统相带分布与油气运移关系

Fig. 5 Distribution of lithofacies and hydrocarbon migration of E_1 and R in the Sanjiang region

大量生烃阶段,是区内应被重视的有效源岩,以渐新世—中新世作为区内圈闭定型期来看,成藏配置关系稍好.另外,从盖层和保存条件来看,以营盘山—普洱断裂(中轴断裂)为界,思茅拗陷西部有侏罗系泥岩和古近系膏盐层覆盖,断裂活动相对较弱,是海相油气勘探有利区带,而中轴断裂以东的墨江区块及北部的兰坪区块盖层多剥蚀,断裂活动较强,是次级勘探区域,而包括保山地台在内的其他地区缺少源岩、盖层条件,基本无勘探意义.

2 高原低演化油气的形成

新生代强烈的走滑活动又控制了一套新的含油气系统的形成,三江地区新生界分属两大构造层,即古新世—始新世(E_1 - E_2^2)的裂谷拗陷期和晚始新世(E_2^3)以来的山间断陷期.与青藏高原和中南半岛等周边地区不同,三江地区的古近系岩性以滨浅湖相砂岩和盐湖相的含膏盐泥岩为主,烃源岩不发育,而新近系断续发育有半深湖—深湖相泥岩和沼泽相煤系地层,能提供一定的油气来源,相对重要.区内

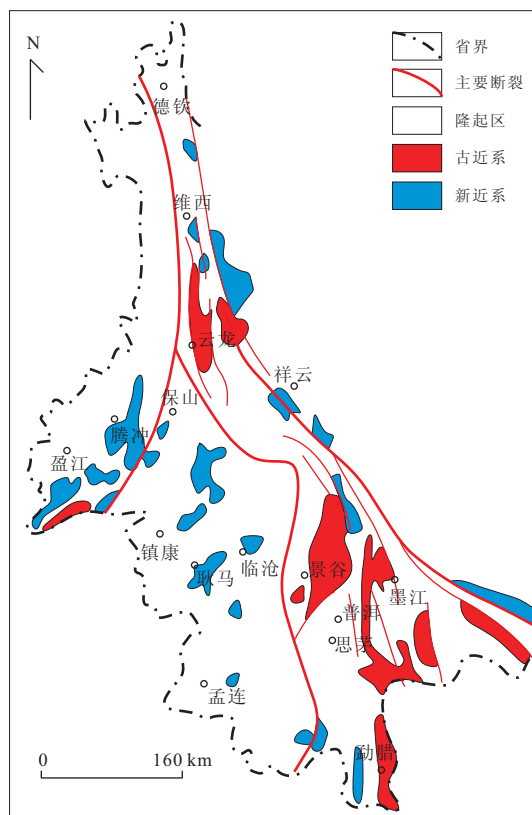


图 6 三江地区新生界分布

Fig. 6 Distribution of Cenozoic in the Sanjiang region

新近纪盆地数量较多,规模较小,不超过 1 000 km^2 ,分布零散,性质相似,一般可见工业油气流或油气显示,如景谷盆地、保山盆地,以及见到油砂的陇川盆地.对于该类盆地而言,煤系地层较为常见,且以热演化程度低的褐煤为主,缺少优质源岩,成熟度也低,曾一度被认为无勘探意义,但在过渡带气(低熟气)、未熟—低熟油等新理论(王铁冠等,1995;刘文汇和徐永昌,2005)认识下,该地区尽管勘探潜力有限,但其成烃作用可为高原油气勘探提供借鉴.

2.1 低演化油气及源岩的地球化学特征

三江地区新生界已发现的油气主要位于景谷盆地,另外,保山盆地也有一定规模的天然气资源.景谷盆地叠加于思茅拗陷之上,盆地演化经历了中新世中期(N_1^2)断陷阶段和中新世晚期(N_1^3)盆地萎缩阶段,发育三号沟组和回环组地层,其中三号沟组三段的 2、3 号砂组为主要储层,回环组既是源岩层,也是盖层.

景谷盆地原油密度偏高,油质偏重,达 0.87~0.93 g/cm^3 ,粘度为 46~78 $mPa \cdot s$,含蜡量为 33%~41%,为典型的高蜡原油.王大锐等在“九五”期间,对景谷盆地油气资源进行了系统的地球化学

研究(王大锐等,2001;王大锐和张抗,2003). 成果显示,饱和烃和芳烃总量(71%~78%)比成熟原油低,高碳数正构烷烃占优势,OEP值大于1.10,Pr/Ph值较高为1.88~2.85,表明有高等植物来源,并且成熟度较低. 生物标志物方面,原油中的C₂₉甾烷参数与源岩一样,也显示未熟—低熟特征(图7). 原油碳同位素组成较轻,其 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-32.2‰~-31.0‰,表明原油主要来自湖相烃源岩. 另外,原油伴生气的碳同位素 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值为-57.8‰~-53.8‰,具有过渡带气特点,根据低演化阶段油型气 $\delta^{13}\text{C}_1$ 值与 R_o 关系计算, R_o 在0.3%~0.5%,与地质背景基本一致.

新近系回环组暗色泥岩与三号沟组暗色泥岩累计厚度在300 m以上,二者的TOC含量分布在0.41%~4.00%,大多在0.80%左右,有机质类型方面,三号沟组夹有薄层煤系,而非煤系源岩以混合型为主,偏腐泥型有机质略多于偏腐殖型,源岩热演化程度较低, R_o 值一般在0.4%~0.5%. 油气源对比发现,原油产自三号沟组和回环组,其中,三号沟组是主力生油岩.

景谷盆地原油的形成有别于干酪根热降解生烃模式,属未熟—低熟油(王铁冠等,1995). 丰富的有机质来源是物质基础,在成烃机制方面,景谷盆地以陆源有机质经细菌改造早期生烃机制为主,也包括富硫干酪根早期降解生烃和可溶有机质早期生烃(王大锐和张抗,2003),广泛可见源岩中孢子体与藻类体均有不同程度的明显降解,另外,有机质丰度高、类型好,以及微生物生源总量高、微生物活动强烈的层段,一般具有异常高的氯仿沥青“A”含量.

2.2 构造活动对气候、源岩的控制

生物生存条件、岩层和沉积矿床的形成均与气候密切相关,在全球性气候演化背景下,海拔和纬度

直接影响气候变化,而二者又在很大程度上受控于构造活动. 古气候变化研究主要通过地层中生物化石和沉积物等特性,阐明地质时期气候的分布和变化规律. 同时,源岩的有机质类型、丰度和数量,直接与生态环境和埋藏条件有关,间接受控于气候变化和构造过程.

三江地区处于青藏高原东南缘,构造位置特殊,逃逸构造十分显著,新生代以来构造样式复杂,包括隆升夷平、褶皱反转、伸展断陷、块体旋转和走滑剪切等,而对区内气候变化最为重要的无疑是高原隆升过程,另外板块在纬度方向的漂移也有一定的影响.

2.2.1 三江高原的隆升时间 王国芝等(2000)通过莺歌海盆地在沉积速率、沉积通量和层序界面方面的沉积响应,结合陇川盆地的沉积速率与充填序列的变化,反推新生代滇西高原的隆升过程,研究认为,滇西高原隆升过程经历了初始隆升(23~19 Ma)、快速隆升(16.2~11.0 Ma)、剥蚀夷平(11.0~5.3 Ma)、急剧隆升(5.3~1.6 Ma)和剥蚀隆升加速期(1.6 Ma至今)5个阶段. 而何科昭等(1996)认为,滇西高原的隆升始于始新世中晚期,相继经历了褶皱反转期(E_2^3 - E_3 ,隆升高度接近1 000 m)、夷平期(N_1 - N_2^1 ,隆升高度低于1 000 m)、隆升期(N_2^2 ,隆升高度超过2 000 m)和高原裂解期(Q,隆升高度在4 000 m左右).

上述观点显然对滇西高原的初始隆升时间存在争议,一般认为,印度—欧亚大陆是自西向东穿时性侧向碰撞的,时间跨度约为10 Ma,西侧巴基斯坦北部始于56 Ma(Klootwijk *et al.*, 1994),而东构造结附近始于45 Ma(Rowley, 1998; 尹安, 2001; 李德威, 2003). 三江地区古新世—中始新世延续了早期的裂谷拗陷沉积,作为对该碰撞事件的响应,该套地层普

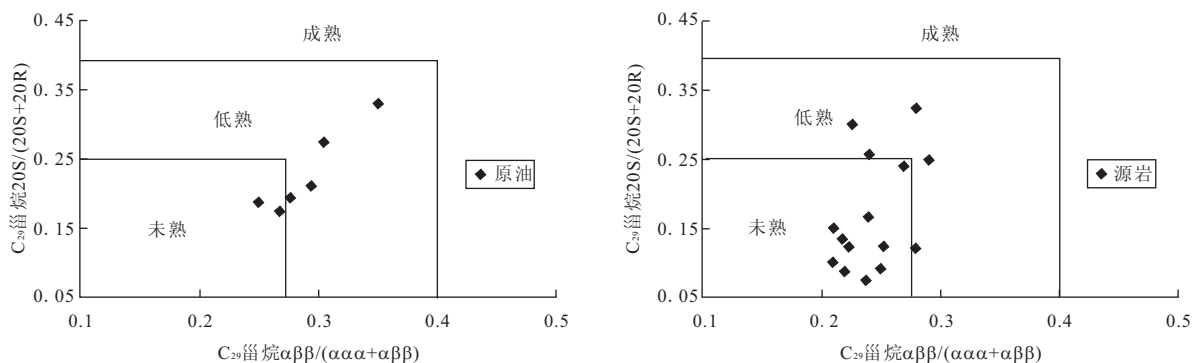


图7 景谷盆地原油—源岩甾烷C₂₉参数相关图(据王大锐等,2001)

Fig. 7 Relation between C₂₉ Parameter of oil and source rock of Jinggu basin

遍发生了褶皱、断裂变形,并且在镇源县、景谷县和勐腊县等地广泛可见晚始新世—渐新世地层不整合于该套地层之上(何科昭等,1996).另外,刘善印等(1998)认为,在该碰撞事件控制下,澜沧江断裂、酒房断裂、无量山—营盘山断裂之间的景谷—镇沅地区发生沉降,形成走滑挤压盆地.据此可知,三江地区初始隆升应该追溯到 45 Ma 左右的晚始新世,隆升高度可能不大,隆升范围主要在澜沧江断裂以西地区.

2.2.2 三江地块的古纬度变化 在古纬度变化方面,如图 8, Klootwijk *et al.* (1994) 根据印度洋位于 90°E 洋脊沉积岩的古地磁数据分析,认为大约 55 Ma 时,印度板块向北运动的速度从 18~19 cm/a 急剧衰减为 4.5 cm/a, 指示了初始碰撞时间,此时,碰撞带位于赤道附近.至 25 Ma 左右的中新世时期,东构造结位于 15°N, 现今东构造结位于 30°N. 另外,杨振宇等(1998)通过印支地块及其周边地区的古地磁对比重组了青藏高原及邻区的古构造位置,与东构造结毗邻的三江并流地区位于印支地块北端,在中中新世期间位于 20°N, 现今位于 30°N. 因此,可以推测,三江地区自 45 Ma 的初始碰撞以来,古纬度自赤道向北变化达 30°左右.

2.2.3 新生代区域性气候变化 另外,新生代期间青藏高原及其周边地区气候以干旱为主,气候演化在不同阶段成因不同(秦建华等,2000),古近纪开始大陆性气候范围扩大,基本延续了白垩纪的气候特征,青藏高原及周边地区位于当时行星风系的副热带高压带,表现为干旱炎热气候;新近纪以来全球气候开始变冷,海陆热力差异加大,仅在沿海地区出现古季风环流,内陆地区气候以干暖为主,山系隆起,地势高差显著,气候分异明显.第四纪以来,全球气温进一步下降,青藏高原的强烈隆升激发了现代亚洲季风环流,冰期和间冰期分别以干温和干冷气候为主.三江地区在新生代的气候变化,一定程度上也与这种区域性气候变化过程有关.

2.2.4 构造活动与气候、源岩的关系 源岩中一般含有丰富的介形类、腹足类、植物、孢粉和轮藻等生物化石,这些化石不仅是确定盆地内地层时代的基础,同时对古生态、古环境的揭示也具有重要意义.介形类生活于水体中,其化石特征与水体深度、盐度、营养状态等关系密切,与孢粉化石一起常用于古生态的恢复(李军和余俊清,2001).景谷盆地为一新近纪含油气断陷,不同时期均有厚度不等的泥岩段发育,对新近系三号沟组、回环组和大红猫村组的介

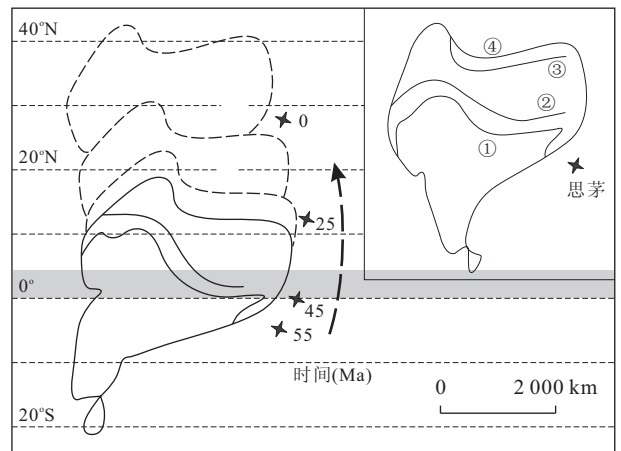


图 8 晚白垩世以来印度大陆运动轨迹(据 Klootwijk *et al.*, 1994 修改)

Fig. 8 Northward movement of India continent from the Late Cretaceous

① 喜马拉雅山前锋;②雅鲁藏布江缝合带;③喜马拉雅地区的南界;④大印度板块的北界

形虫、孢粉和植物化石组合研究发现(滇黔桂石油地质科学研究所,1990,云南省景谷盆地上第三系研究),该区新近纪气候演化具有以下特点:早中新世为热带气候,由炎热潮湿向温暖潮湿转变,水体由酸性半咸水环境,向弱碱性微咸水环境变化,有机质丰富,并在还原条件下快速深埋;晚中新世气候又变得炎热潮湿,水体为弱碱性的微咸—半咸水环境;进入上新世后,气候开始变凉,由潮湿转向干旱,向亚热带气候过渡,水体为弱碱—碱性的微咸水环境.

古近纪膏泥岩缺少古生物化石,古生态、古环境的恢复主要依赖于沉积建造特征.古新世—始新世中期,区内发育了一套陆相湖盆红色含盐碎屑岩建造,反映了炎热干旱的盐湖环境.始新世末期—渐新世期间,沉积建造以磨拉石为主,可能为炎热干旱向炎热潮湿的过渡环境.

综上所述,45 Ma 以前的新近纪早期,三江地区气候炎热干旱,主要与全球性气候有关,有机质极不发育;新近纪晚期气候向炎热—潮湿过渡,主要受全球性气候影响,可能与高原初始隆升有关,有机质很少;早中新世为由炎热潮湿向温暖潮湿转变的热带气候,主要受控于纬度变化和山体隆升,有机质迅速增加;晚中新世气候又变得炎热潮湿,可能与全球性气候有关,有机质极为丰富;上新世以来,气候开始变凉,向亚热带气候过渡,主要与高原强烈隆升有关,也与全球性气候变化和纬度变化有一定的关系,有机质丰度逐渐降低.

2.2.5 构造活动对成烃过程的控制 王大锐等(2001)指出,景谷盆地油气类型属未熟—低熟油和过渡带气,成烃机制与微生物降解作用有关。景谷盆地为一小型山间断陷盆地,靠近物源区,富含陆源和水生有机质。造山带高部位地温梯度一般较低,山间盆地往往为“冷盆”,决定了源岩的低热演化程度。另外,盆地处于热带—亚热带气候范围,适于微生物繁殖,加之断裂发育,强水动力条件使源岩与微生物广泛接触,降低了源岩的生烃活化能,促进了有机质的早期生烃,形成未熟—低熟油气。

3 结论与认识

晚古生代至侏罗纪期间,位于上扬子地台西南缘的三江地区沉积了多套海相油气的生储盖组合,并在中生代多期叠加的构造变形条件下遭受破坏。印支运动的推覆挤压虽然对油气成藏破坏严重,但同时也造成了兰坪—思茅盆地两侧挠曲下陷,发育新的成藏组合。燕山运动期间,区内构造条件稳定,上覆的裂谷盆地与外海时有相连,沉积了一套稳定分布的海泛湖相泥岩,既是优质源岩,也是有效的区域盖层,并且在白垩纪的盆地萎缩期,发育了区内重要的景星组碎屑岩储层。古近纪延续了盆地萎缩期稳定的构造条件,所沉积的一套膏泥岩层对高一过成熟的裂解气有重要保存意义。新近纪以来,强烈的走滑断陷和高原隆升过程肢解了中生代期间良好的海相油气局面,对海相油气的后期保存十分不利,仅在思茅盆地具有一定的勘探潜力。

另外,新生代后期的走滑活动控制了一系列小型山间断陷盆地的发育,使油气领域又扩大到新近系,由于沉积物中有机质丰富,在低热演化阶段就遭受微生物降解,形成景谷盆地、保山盆地等地区的资源量有限的未熟—低熟油气,为青藏高原低演化油气的形成提供参考。

References

Anne, S., Manuel, P., 2005. Cenozoic Deformation in Western Yunnan (China-Myanmar Border). *Journal of Asian Earth Sciences*, 24(4): 495—515. doi:10.1016/j.jseaes.2004.03.006

Gilley, L. D., Harrison, T. M., Leloup, P. H., et al., 2003. Direct Dating of Left-lateral Deformation along the Red River Shear Zone, China and Vietnam. *Journal of Geophysical Research*, 108(B2): 2127—2148. doi:10.1029/

2001JB001726

Guo, T. M., Wu, B. H., Zhu, Y. H., et al., 2004. A Review on the Gas Hydrates Research in China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 41(1—3): 11—20. doi:10.1016/S0920—4105(3)00139—6

He, K. Z., He, H. S., Cai, H. B., 1996. Formation and Evolution of the Western Yunnan Orogenic Belt. *Geological Review*, 42(2): 98—105 (in Chinese with English abstract).

Ji, J. Q., Zhong, D. L., Zhang, L. S., 2000. Kinematics and Dating of Cenozoic Strike-slip Faults in the Tengchong Area, West Yunnan: Implications for the Block Movement in the Southeastern Tibet Plateau. *Scientia Geologica Sinica*, 35(3): 336—349 (in Chinese with English abstract).

Jin, Z. J., Cai, L. G., 2006. Exploration Projects, Problems and Strategies of Marine Oil and Gas in China. *Oil & Gas Geology*, 27(6): 722—730 (in Chinese with English abstract).

Klootwijk, C. T., Conaghan, P. J., Nazirullah, R., et al., 1994. Further Palaeomagnetic Data from Chitra (Eastern Hindukush): Evidence for an Early India-Asia Contact. *Tectonophysics*, 237(1—2): 1—25. doi:10.1016/0040—1951(94)90156—2

Li, D. W., 2003. A New Model for Uplifting Mechanism of Qinghai-Tibet Plateau. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 28(6): 593—600 (in Chinese with English abstract).

Li, J., Yu, J. Q., 2001. Lacustrine Ostracodes as Environmental Change Indicators: Application and Advance. *Journal of Lake Sciences*, 13(4): 367—375 (in Chinese with English abstract).

Liang, D. G., Guo, T. L., Bian, L. Z., et al., 2009. Some Progresses on Studies of Hydrocarbon Generation and Accumulation in Marine Sedimentary Regions, Southern China (Part 3): Controlling Factors on the Sedimentary Facies and Development of Palaeozoic Marine Source Rocks. *Marine Origin Petroleum Geology*, 14(2): 1—19 (in Chinese with English abstract).

Liang, X., Ye, Z., Xu, K. D., et al., 2005. Oil and Gas Geological Characteristic and Exploration Potential in Simao Depression. *Natural Gas Industry*, 25(6): 1—6 (in Chinese with English abstract).

Liao, Z. T., Chen, Y. K., 2005. Nature and Evolution of Lanping-Simao Basin Prototype. *Journal of Tongji University*, 33(11): 1527—1531 (in Chinese with English abstract).

Liu, J. L., Song, Z. J., Cao, S. Y., et al., 2006. The Dynamic

- Setting and Progress of Tectonic and Magmatic Evolution of the Oblique Collision Zone Between Indian and Eurasian Plates: Exemplified by the Tectonic Evolution of the Three River Region, Eastern Tibet. *Acta Petrologica Sinica*, 22(4): 775–786 (in Chinese with English abstract).
- Liu, S. Y., Zhong, D. L., Wu, G. Y., 1998. Jinggu-Zhenyuan Transpressional Basin During Continent-Continent Collision of Early Tertiary in Southwest Yunnan, China. *Scientia Geologica Sinica*, 33(1): 1–8 (in Chinese with English abstract).
- Liu, W. H., Xu, Y. C., 2005. Bio-thermocatalytic Transitional Zone Gases. *Petroleum Exploration and Development*, 32(4): 30–36 (in Chinese with English abstract).
- Mou, W. D., Shi, X. Y., Zhang, Z. L., et al., 2010. Characteristic of Source Rock and Analyses on Resource Potentialities of Chuxiong Basin. *Journal of Oil and Gas Technology*, 32(1): 6–8 (in Chinese with English abstract).
- Qian, N. Y., 2009. The Geological Characteristics and Exploration Prospects of Oil and Gas in Simao Basin. *Yunnan Geology*, 28(2): 103–112 (in Chinese with English abstract).
- Qin, J. H., Pan, G. T., Du, G., 2000. The Effects of Cenozoic Tectonic Uplift on Earth Surface Chemical Weathering and Global Climate Change. *Earth Science Frontiers*, 7(2): 517–525 (in Chinese with English abstract).
- Rowley, D. B., 1998. Minimum Age of Initiation of Collision between India and Asia North of Everest Based on the Subsidence History of the Zhepure Mountain Section. *The Journal of Geology*, 106(2): 229–235.
- Tan, F. W., 2002. The Sedimentary Characteristics of Simao Triassic Rear Arc Foreland Basin, Yunnan Province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 20(4): 560–566 (in Chinese with English abstract).
- Wang, D. R., Gao, J. K., Luo, H. Z., et al., 2001. Geochemical Characteristics and Significance of Low Matured Oil in Jinggu Basin, Yunnan Province, Southwest China. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 11–15 (in Chinese with English abstract).
- Wang, D. R., Zhang, K., 2003. The Oil and Gas in Cenozoic Basin in Yunnan Region. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Wang, G. L., Cai, L. G., Wang, J. Y., et al., 2005. Paleogeothermal Field and Tectonic Thermal Evolution in the Chuxiong Basin of China. *Petroleum Geology & Experiment*, 27(1): 28–34 (in Chinese with English abstract).
- Wang, G. Z., Wang, C. S., Zen, Y. F., et al., 2000. The Uplift of the Western Yunnan Plateau and the Sedimentary Response of the Yinggehai Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 18(2): 234–240 (in Chinese with English abstract).
- Wang, J. G., Chen, D. Z., Wang, Q. C., et al., 2007. Platform Evolution and Marine Source Rock Deposition during the Terminal Sinian to Early Cambrian in the Middle Yangtze Region. *Acta Geologica Sinica*, 81(8): 1102–1109 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Q. C., Lin, W., 2008. Main Deformation Phases of the Paleozoic Marine Hydrocarbon Source Rocks in South China. *Oil & Gas Geology*, 29(5): 582–622 (in Chinese with English abstract).
- Wang, T. G., Zhong, N. N., Hou, D. J., 1995. Genetic Mechanism and Occurrence of Immature Hydrocarbon. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Wang, Y. B., Xu, H. J., 2001. Relations between Evolution of Sedimentary Cycles and Tectonic Uplift around Sichuan Basin from Jurassic to Early Cretaceous. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 26(3): 241–246 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Z. J., Chen, R. H., Zhang, L., et al., 2012. The Geochemistry Records of Sea-Level Relative Movement and Paleoclimatic Evolution of the South China Continental Margin in Late Triassic-Early-Middle Jurassic. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 37(1): 113–124 (in Chinese with English abstract).
- Yang, Z. Y., Besse, J., Sun, Z. M., et al., 1998. Tertiary Squeeze-out of the Indo-China Block and Lithospheric Evolution of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Geologica Sinica*, 72(2): 112–125 (in Chinese with English abstract).
- Yin, A., 2001. The Geological Evolution of Himalaya-Tibet Plateau Orogenic Belt—Growth of Asian Continent in Phanerozoic. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(3): 193–230 (in Chinese).
- Zhang, H. Y., Liu, J. L., 2011. Plate Tectonics and Mineralization of the Tethyan Ophiolite in the Southern Sanjiang and Indo-China Peninsular Area. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 36(2): 262–276 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K., 2003. Evolution of Plate Tectonics and Its Hydrocarbon Bearing Property in Yunnan Petroliferous Region. *Xinjiang Petroleum Geology*, 24(3): 181–187 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K., 2007. Research on the Characteristics of Marine

Hydrocarbon Evolution and Accumulation in China. *Oil & Gas Geology*, 28(6): 713—720 (in Chinese with English abstract).

Zhu, L. D., Liu, D. Z., Wang, G. Z., et al., 2001. On Jurassic Continental Sequence Stratigraphy of the Lanping Basin. *Journal of Stratigraphy*, 25(1): 40—43 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

何科昭, 何浩生, 蔡红飘, 1996. 滇西造山带的形成与演化. 地质论评, 42(2): 98—105.

季建清, 钟大赉, 张连声, 2000. 滇西南新生代走滑断裂运动学、年代学及对青藏高原东南部块体运动的意义. 地质科学, 35(3): 336—349.

金之钧, 蔡立国, 2006. 中国海相油气勘探前景、主要问题与对策. 石油与天然气地质, 27(6): 722—730.

李德威, 2003. 青藏高原隆升机制新模式. 地球科学——中国地质大学学报, 28(6): 593—600.

李军, 余俊清, 2001. 湖相介形类壳体地球化学在环境变化研究中的应用与进展. 湖泊科学, 13(4): 367—375.

梁狄刚, 郭彤楼, 边立曾, 等, 2009. 中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(三): 南方四套区域性海相烃源岩的沉积相及发育的控制因素. 海相油气地质, 14(2): 1—19.

梁兴, 叶舟, 徐克定, 等, 2005. 思茅坳陷油气地质特征与勘探远景展望. 天然气工业, 25(6): 1—6.

廖宗廷, 陈跃昆, 2005. 兰坪—思茅盆地原型的性质及演化. 同济大学学报, 33(11): 1527—1531.

刘俊来, 宋志杰, 曹淑云, 等, 2006. 印度—欧亚侧向碰撞带构造·岩浆演化的动力学背景与过程——以藏东三江地区构造演化为例. 岩石学报, 22(4): 775—786.

刘善印, 钟大赉, 吴根耀, 1998. 滇西南景谷—镇沅地区早第三纪陆—陆碰撞期走滑挤压盆地. 地质科学, 33(1): 1—8.

刘文汇, 徐永昌, 2005. 论生物—热催化过渡带气. 石油勘探与开发, 32(4): 30—36.

缪卫东, 史晓颖, 张志林, 等, 2010. 楚雄盆地烃源岩特征及资源潜力分析. 石油天然气学报, 32(1): 6—8.

钱年奕, 2009. 思茅坳陷油气地质特征与勘探前景. 云南地质, 28(2): 103—112.

秦建华, 潘桂堂, 杜谷, 2000. 新生代构造抬升对地表化学风化及全球气候变化的影响. 地质前缘, 7(2): 517—525.

谭富文, 2002. 云南思茅三叠纪弧后前陆盆地的沉积特征. 沉积学报, 20(4): 560—566.

王大锐, 高建昆, 罗怀章, 等, 2001. 云南景谷盆地低熟石油地球化学特征与意义. 石油学报, 22(5): 11—15.

王大锐, 张抗, 2003. 云南地区新生代盆地含油气性. 北京: 地质出版社.

王国力, 蔡立国, 汪集旸, 等, 2005. 楚雄盆地构造—热演化与古地温场研究. 石油实验地质, 27(1): 28—34.

王国芝, 王成善, 曾允孚, 等, 2000. 滇西高原的隆升与莺歌海盆地的沉积响应. 沉积学报, 18(2): 234—240.

汪建国, 陈代钊, 王清晨, 等, 2007. 中扬子地区晚震旦世—早寒武世转折期台—盆演化及烃源岩形成机理. 地质学报, 81(8): 1102—1109.

王清晨, 林伟, 2008. 中国南方古生界海相烃源岩的主变时期. 石油与天然气地质, 29(5): 582—622.

王铁冠, 钟宁宁, 候读杰, 等, 1995. 低熟油气的形成机理与分布. 北京: 石油工业出版社.

王永标, 徐海军, 2001. 四川盆地侏罗纪至早白垩世沉积旋回与构造隆升的关系. 地球科学——中国地质大学学报, 26(3): 241—246.

许中杰, 程日辉, 张莉, 等, 2012. 华南陆缘晚三叠世—早、中侏罗世海平面相对升降与古气候演化的地球化学记录. 地球科学——中国地质大学学报, 37(1): 113—124.

杨振宇, Besse, J., 孙知明, 等, 1998. 印度支那地块第三纪构造滑移与青藏高原岩石圈构造演化. 地质学报, 72(2): 112—125.

尹安, 2001. 喜马拉雅—青藏高原造山带地质演化——显生宙亚洲大陆生长. 地球学报, 22(3): 193—230.

张宏远, 刘俊来, 2011. 三江南段—中南半岛特提斯蛇绿岩大地构造与成矿. 地球科学——中国地质大学学报, 36(2): 262—276.

张恺, 2003. 云南含油气区板块构造演化及其含油气性. 新疆石油地质, 24(3): 181—187.

张抗, 2007. 中国海相油气演化成藏特点研究. 石油与天然气地质, 28(6): 713—720.

朱利东, 刘登忠, 王国芝, 等, 2001. 兰坪盆地侏罗纪陆相层序地层研究. 地层学杂志, 25(1): 40—43.