

文章编号: 0253—9985(2009)02—0177—11

中、上扬子地区地质结构类型与 海相层系油气保存意义

沃玉进, 汪新伟

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 在前人研究的基础上, 综合野外构造剖面、地震—地质解释、钻井资料等, 总结出中、上扬子地区发育单层、双层和三层结构等 3 大类共计 11 小类的地质结构类型, 分 5 个区带剖析了区内褶皱—冲断带的构造分带性与地质结构类型的展布特征, 并简要讨论了不同地质结构的成因, 认为地质结构类型差异与变形带内主控断层所滑脱的深度密切相关。不同的滑脱深度决定了该地质结构类型中区域盖层的剥蚀程度及断层对油气保存的性质, 从而决定了其油气保存条件。其中, 单层稳定结构、双层结构的深部构造、三层结构的中部构造因区域盖层保存完好、主控断层多为烃源断层而具有良好的保存条件, 是油气勘探的有利构造带。

关键词: 地质结构类型; 褶皱—冲断带; 保存条件; 中、上扬子地区

中图分类号: TE122.2 **文献标识码:** A

Geologic configuration types of the middle-upper Yangtze region and their significance for hydrocarbon preservation in marine strata

Wo Yujin Wang Xinwei

(SINOPEC Exploration and Production Research Institute Beijing 100083 China)

Abstract: Three types (i.e. single, double, and three layer structures) and eleven sub-types of geologic configurations are recognized in the middle-upper Yangtze region based on the previous study and combining field tectonic profiles, seismic-geological interpretations and drilling data. The structural zonation of the fold-thrust belts and the distribution of these geological configuration types in the study area are expounded in terms of five structural provinces and the genesis of these configuration types is briefly discussed. The differences among these geologic configuration types are closely related to the detaching depths of the major faults within deforming zones, and the latter determines the erosion of regional cap rocks and the role of faults in hydrocarbon preservation for this type of geologic configuration. Among these geologic configuration types, the stable single layer configuration, the deep structure in the double layer configuration and the middle structure in the three layer configuration have excellent preservation conditions and therefore are potential exploration targets.

Key words: geologic configuration type; fold-thrust belt; preservation condition; the upper-middle Yangtze region

中、上扬子地区中、古生界海相地层分布面积约 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$, 震旦系—中三叠统海相沉积地层累计厚度最大超过 10 000 m, 发育多套生储盖组

合, 原始成油气条件优越, 并有过大量油气生成、运移、聚集与成藏过程^[1,2]。但由于经历了多旋回构造运动特别是印支期后的强烈改造, 在中、上扬

收稿日期: 2008—09—28

第一作者简介: 沃玉进 (1966—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 石油地质。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科研项目 (G0800—06—ZS—288)。

子周缘形成了构造展布线各异、变形强烈程度与期次明显不同的多个褶皱—冲断带(图 1),致使油气地质条件地区差异性明显^[3~5]。其差异性主要表现在构造样式与地质结构、有效烃源、盖层与保存条件、埋藏演化史特征和有效成藏组合等方面。其中,构造样式与地质结构的差异不仅反映了多期次构造运动对不同地区所产生的影响不同,还直接控制了不同地区的油气保存条件和有效成藏组合的差异,进而在很大程度上影响了不同地区的油气勘探前景。本文在前人研究的基础上^[6~9],综合野外构造剖面、地震—地质解释和钻井资料等,分析了中、上扬子区不同构造区带的构造变形特征,重新划分了地质结构类型,并简要讨论了不同地质结构的成因及断层和剥蚀

作用在不同地质结构类型区对油气保存条件的影响。

1 中、上扬子区地质结构类型

本文所讨论的地质结构类型是指本区海相层系经印支、燕山—喜马拉雅期等多期次、不同应力作用,所形成的构造变形的联合与叠加之现今赋存状态。依据海相层系形变层分布与组合特征,即海相层系的保存状况、构造样式、组合特征及相互关系,将中、上扬子区海相构造层的地质结构划分为单层、双层和三层 3 大类。其中,单层结构可分为单层逆冲推覆、单层叠瓦冲断、单层冲褶、单层稳定(包括稳定单斜、稳定向斜和复向斜)、单层

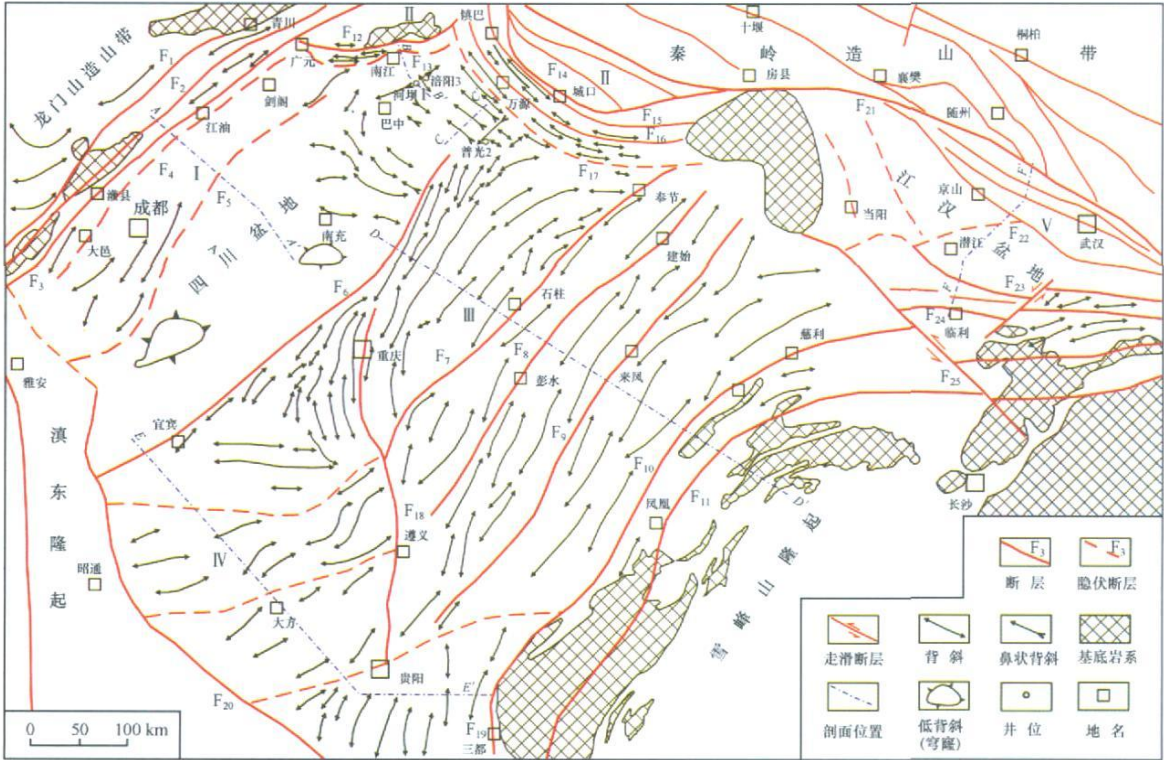


图 1 中、上扬子地区构造纲要及分区

Fig 1 Structural outline and division map of the upper middle Yangtze region

- I. 龙门山前陆褶皱—冲断带; II. 米仓山—南大巴山褶皱—冲断带; III. 川东—鄂西—雪峰山基底拆离带; IV. 川南—黔中—黔南褶皱—冲断带; V. 大洪山—江汉盆地挤压—伸展反转带
- F₁. 青川—茂汶断层; F₂. 北川—映秀断层; F₃. 安县—灌县断层; F₄. 广元—大邑断裂; F₅. 龙泉山断层; F₆. 华蓥山断层; F₇. 齐岳山断层; F₈. 建始—彭水断层; F₉. 来凤—假浪口断层; F₁₀. 慈利—大庸—保靖断层; F₁₁. 桃源—辰溪—怀化断层; F₁₂. 正源—朱家坝断层; F₁₃. 米仓山南缘隐伏断层; F₁₄. 城口—钟宝断层; F₁₅. 镇巴断层; F₁₆. 万源—巫溪断层; F₁₇. 铁溪—固军隐伏断层; F₁₈. 遵义—贵阳断层; F₁₉. 三都断层; F₂₀. 垭都—紫云断层; F₂₁. 襄樊—广济断层; F₂₂. 纪山寺—潜北—天门河断层; F₂₃. 通海口断层; F₂₄. 监利—蒲圻—咸宁—阳新断层; F₂₅. 洪湖—湘阴走滑断层

叠瓦反转结构等 5 小类, 双层结构可分为双层断褶叠加、双层隐伏断褶、双层滑脱断褶、双层滑脱反冲、双层断褶反转结构等 5 小类, 三层结构目前只识别出三层断滑改造结构 1 类, 共计 11 个小类 (图 2 表 1)。地质结构类型的差异除与各构造带

的板块构造背景和应力作用的方式及影响范围不同有关外, 主要受变形区带滑脱层的控制。不同的地质结构类型既反映了原生油气藏不同的保存条件, 也决定了现今成藏组合不同的类型与存在形式。

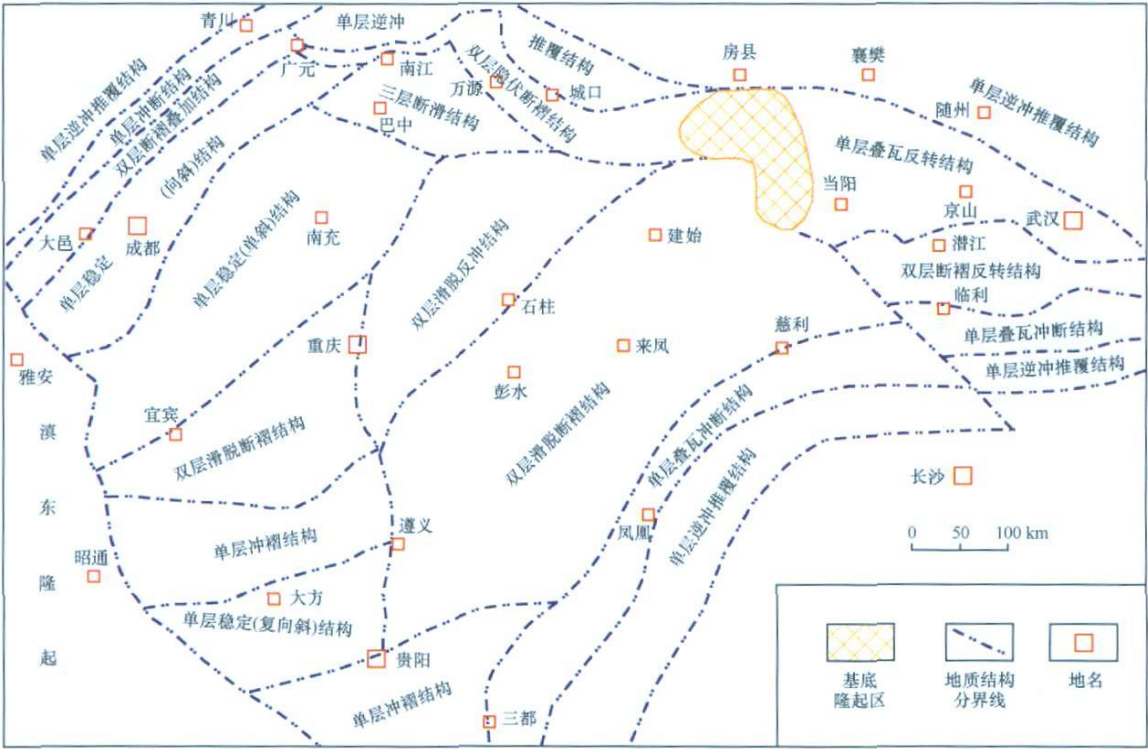


图 2 中、上扬子地区地质结构类型分布
Fig 2 Distribution of the geologic configuration types in the upper-middle Yangtze region

表 1 中、上扬子地区地质结构类型
Table 1 Geologic configuration types in the upper-middle Yangtze region

分层结构	地质结构类型	构造带实例	海相地层保存状态
单层结构	单层逆冲推覆结构	龙门山、米仓山—南大巴山与雪峰山逆冲推覆带	极差
	单层叠瓦冲断结构	龙门山前陆、武陵山单层叠瓦冲断带	差
	单层冲褶结构	黔北、黔南单层冲断—褶皱带	较好
	单层稳定结构	川西稳定向斜、川中稳定单斜、黔中稳定复向斜带	好
	单层叠瓦反转结构	江汉盆地北部单层叠瓦冲断—反转带	较差
双层结构	双层断褶叠加结构	龙门山前陆双层断褶叠加带	较好—好
	双层隐伏断褶结构	米仓山—南大巴山前陆双层隐伏断褶带	好—良好
	双层滑脱反冲结构	川东北双层滑脱褶皱反冲带	浅层较好、深层优
	双层滑脱断褶结构	湘鄂西、川南双层滑脱断褶带	好
	双层断褶反转结构	江汉盆地南部双层断褶反转带	好
三层结构	三层断滑结构	通南巴改造型三层断层滑脱—褶皱带	浅层较好、中层良、深层优

2 中、上扬子区地质结构特征与分布

中、上扬子区在地质历史时期,尤其是印支期以来经历了多期次、不同方位的构造应力作用,形成了特征各异的构造分区。依据其变形样式、构造线展布与地质结构类型的差异,将中、上扬子区划分为龙门山前陆褶皱—冲断带、米仓山—南大巴山前陆褶皱—冲断带、雪峰山—川东基底拆离带、川南—黔中—黔南褶皱—冲断带、大洪山—江汉盆地挤压—伸展反转带等 5 个特征各异的构造分区(图 1)。根据褶皱—逆冲断层系位移纵向传递的观点以及基底卷入型(亦称块断逆冲断层型)和滑脱型^[10-11]分类方案,将各构造分区又大致划分为逆冲推覆构造带、基底卷入型褶皱—冲断带、盖层滑脱型褶皱—冲断带(简称逆冲推覆带、基底卷入带和盖层滑脱带,下同)及前陆稳定带等 4 个变形带。

2.1 龙门山前陆褶皱—冲断带

该带涵盖了龙门山山前变形带与较稳定的川

西—川中前陆带,范围为西至青川—茂汶断裂以西,东到华蓥山断裂。印支晚期运动形成早期褶皱—冲断带,印支末期、燕山—喜马拉雅期运动使早先的褶皱—冲断带定型或被改造。以前人的工作为基础^[6-12-13],根据构造变形特征,自西而东将其划分为 4 个构造带(图 1、图 3)。

2.1.1 逆冲推覆带

逆冲推覆带分布于青川—茂汶断裂带以西,由巨厚的三叠系西康群复理石组成。其特点是地层遭受强烈的变形和相当于绿片岩相至角闪岩相的浅—中等变质作用。沿青川—茂汶断裂带有糜棱岩展布,同一构造中出现多种显微构造,具明显的叠加性。该带为典型的造山带内深层次构造变形特征,且印支期—早燕山期发育有重溶花岗岩侵入,其地质结构表现为单层的逆冲推覆结构。

2.1.2 基底卷入带

基底卷入带分布于青川—茂汶断裂和北川—映秀断裂之间,由前震旦系变质岩和下古生界组

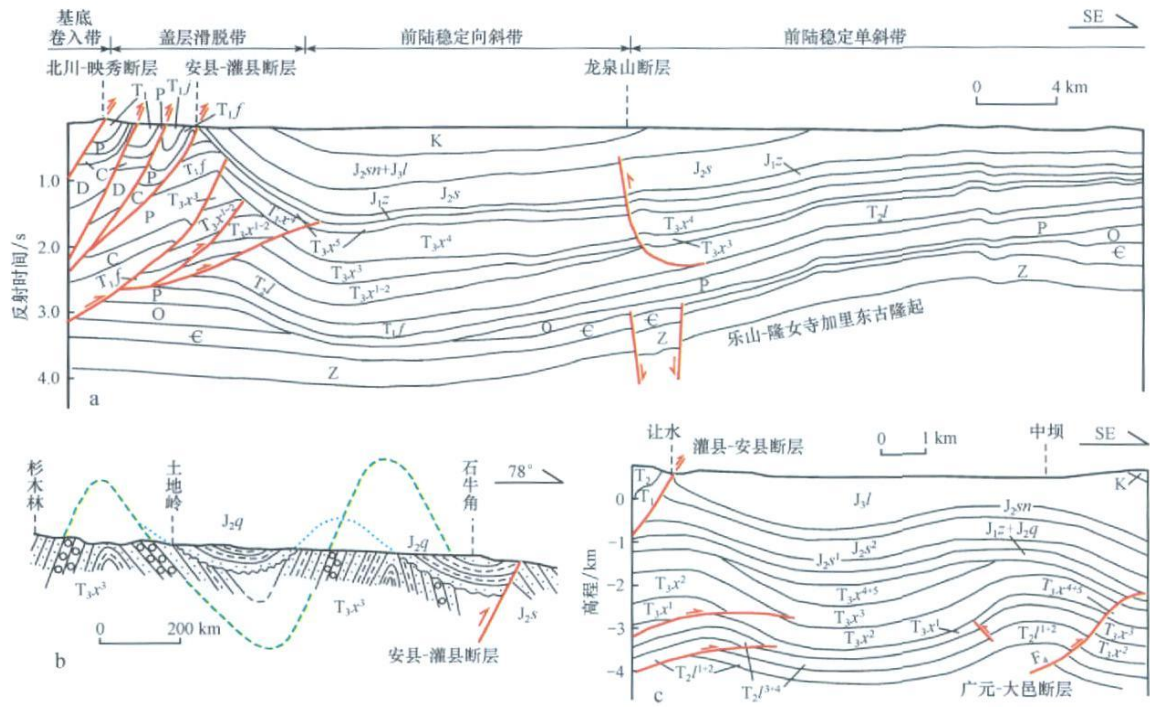


图 3 龙门山前陆地质构造剖面^[14]
Fig 3 Geological structure profiles across the Longmenshan foreland
a 安县—遂宁地震地质剖面(位置见图 1 中的 A—A'); b 土地岭地质剖面; c 让水—中坝地震地质剖面
(b、c 示叠加褶皱)

成。该带属造山带前缘构造韧性剪切—脆性相似褶皱—冲断带, 为厚皮构造。基底杂岩具拉伸线理, 下古生界发育背斜和复向斜相似褶皱。从青川—茂汶断裂至北川—映秀断裂, 断层的性质由韧性到脆—韧性再到脆性。野外可见两断裂间的志留系茂县群具典型的“S—C”组构。北川—映秀断层在近地表处断面倾角为 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$, 往深处变缓, 沿深层次韧性层滑脱。北西盘的浅变质岩系逆冲在古生界—三叠系未变质的岩系之上。构造变形以单层的叠瓦状冲断结构为特征。

2.1.3 盖层滑脱带

盖层滑脱带分布于北川—映秀断层至广元—大邑断层之间, 属于薄皮构造。该带又以灌县—安县断层为界分为 2 个次级构造带。西部带主要由上古生界和三叠系组成, 在叠瓦状冲断席和紧闭倒转褶皱带的上面发育变形较弱的晚古生代灰岩的滑覆体, 逆冲在宽缓的侏罗系褶皱之上, 由于地表剥蚀程度不等而发育飞来峰; 东部带被侏罗纪以来的地层覆盖, 在较宽缓的三叠系褶皱带之上叠加了更加宽缓的侏罗系—新生界褶皱。总体上看, 该带的构造变形具有多期叠加的特点, 表现为双层断褶叠加结构。带内西部变形强, 东部变形弱 (图 3)。

2.1.4 前陆稳定带

前陆稳定带分为稳定向斜带与稳定单斜带, 包括广元—大邑断层至川中华蓥山断层的广大地区, 被中—新生代地层所覆盖, 变形极其微弱。以龙泉山断层为界, 西部为向斜带, 东部为单斜地层带。向斜带的构造样式为广元—大邑正向冲断层与龙泉山反向冲断层组成的“对冲冲凹”; 东部单斜地层带是指覆盖在乐山—隆女寺加里东古隆起之上的二叠—侏罗系沉积盖层, 呈单斜岩层形式向北西倾斜, 基本未变形。因此, 本区的地质结构类型表现为单层稳定向斜结构与单层稳定单斜结构。

2.2 米仓山—南大巴山前陆褶皱—冲断带

构造线呈北东东向的米仓山前陆褶皱—冲断带与南大巴山向西南凸出的弧形推覆构造带显然不是同期形成的 (图 1), 地表地质揭示了南大巴山弧形推覆构造对早期形成的米仓山褶皱—冲断

带的叠加与改造。但本文根据二者在垂直走向的次级构造带中所形成的构造变形样式基本一致、且在共有的盖层滑脱带形成了近直角叠加的“立交”结构, 暂把二者归在一起加以讨论。

米仓山—南大巴山前陆褶皱—冲断带总体自北而南可分为逆冲推覆带、基底卷入带和盖层滑脱带 (图 4), 相应的地质结构表现为单层逆冲推覆结构、双层隐伏断褶结构和三层断滑改造结构。

2.2.1 逆冲推覆带

米仓山推覆构造带向南推覆的主推覆断层是正源—朱家坝断裂。推覆带前缘发育变形极为强烈的单层叠瓦逆冲断层系, 致使前震旦纪基底的变质岩系——岩浆岩逆冲推覆在震旦系—侏罗系沉积盖层之上。带内既有前寒武纪的韧性变形、变质作用, 也有中、新生代的脆性、韧—脆性改造作用^[15]。

南大巴山弧形推覆构造带的主推覆断层为城口—钟宝断裂, 具典型的“弧形推覆结构”, 弧顶凸出的方向指示了逆冲 (推覆) 作用向前方传递的方向即南西向 (图 1)。表现为断层上盘的早古生代—前寒武纪地层形成紧密—倒转褶皱, 向南西呈弧形推覆 (或逆掩) 在震旦系—下三叠统之上。野外地质调查亦证实, 城口—钟宝断裂带内可见强烈劈理带、透镜体化带、糜棱岩化带、碳质泥化带、硅化灰岩带、尖棱—倒转褶皱带等, 具地壳深部变形之特征。

2.2.2 基底卷入带

基底卷入带构造变形以发育双层隐伏的断褶结构为特征。

米仓山南缘基底卷入带是指正源—朱家坝断裂至米仓山南缘隐伏断裂之间的区域, 构造变形具双层结构 (图 4^a)。上层结构表现为寒武系—下白垩统总体呈单斜状由北至南依次变新, 野外观察在下三叠统和下志留统泥质岩内发育小型层内滑脱断层。下层由一系列南倒北倾的逆断层组成, 呈台阶状由南向北逆冲, 断距逐渐变大, 并使基底逐步被抬升; 逆冲断层系向上多滑脱于下寒武统泥质岩而未出露地表。

南大巴山基底卷入带是指城口—钟宝断裂至铁溪—固军隐伏断裂之间的区域, 卷入的地层为震旦系—侏罗系沉积盖层, 亦具双层结构。上构造

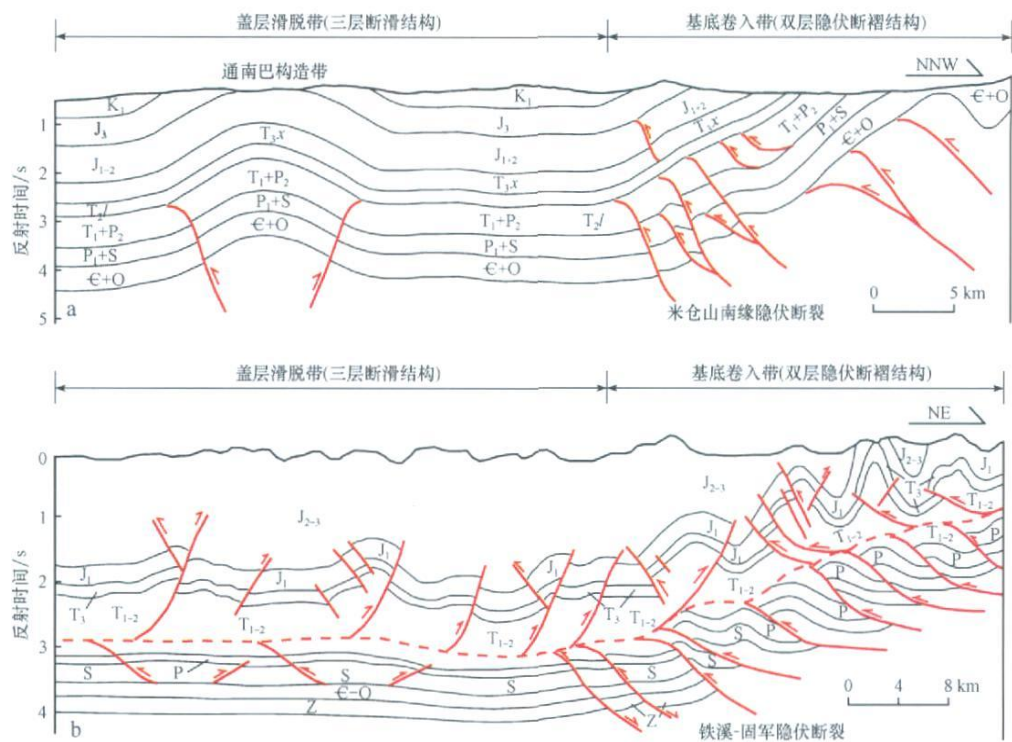


图 4 米苍山—南大巴山地震地质解释剖面^[8]

Fig. 4 Geophysical interpretation of the seismic reflection profiles across the Mianchangshan-Southern Dabashan
a 米仓山 F-87-6 测线与 TNB-03-148 测线 (位置见图 1 中的 B-B'); b 大巴山 db008 测线 (位置见图 1 中的 C-C')

层总体为一复式单斜,变形强度由北东向南西依次递减,构造变形所依托的滑脱层位也向南西变浅、变新,形成多排沿弧形展布的断展褶皱对。下构造层亦为一系列的逆断层以隐伏冲褶的形式使基底渐进抬升,因变形强度、地层缩短量比米仓山强烈而发育被动双重构造^[8]。

2.2.3 盖层滑脱带

盖层滑脱带反映了南大巴山弧形推覆构造带在燕山期—喜马拉雅期向盆地扩展时对早期形成的北东东向构造带的叠加与改造。在米苍山南缘通南巴地区至南大巴山铁溪—固军隐伏断裂西南的盆地区域,构造变形具有 3 层结构的特征。在大巴山地震测线 db008 地质解释图上 (图 4 b) 表现为,浅层构造主要由上三叠统须家河组—侏罗系及白垩系组成,总体构造样式表现为近同心褶皱,受下伏雷口坡组膏盐滑脱层的控制,其构造样式主要发育北西向断展褶皱,叠加在早期北东向构造之上,形成近乎正交的叠加褶皱;中构造层主要由下寒武统至中三叠统雷口坡组构成,以北东

向构造走向为主,与上构造层差异较大,构造层变形较强,断裂发育,主要构造样式为一系列的背冲断层及所夹持的冲起构造 (pop up);下构造层主要由震旦系及基底组成,构造平缓,基本未卷入变形。

2.3 川东—鄂西—雪峰山基底拆离带

丁道桂等 (2007)^[9] 根据江南—雪峰基底拆离推覆在扬子板块内所引起的递进变形特征,由东向西把雪峰—川东的褶皱冲断带依次划分为基底拆离带、冲断层—断层弯曲褶皱带、逆掩断层—断层扩展褶皱带、滑脱断层—滑脱褶皱带和共轭冲断层—膝折褶皱带。本文依据前述的构造变形逆冲位移与力矩沿逆冲方向纵向传递的观点,依次划分为逆冲推覆带、基底卷入带和盖层滑脱带。其中,盖层滑脱带又分为断层显露的盖层滑脱带与断层隐伏的盖层滑脱带。相应的地质结构分别表现为单层逆冲推覆结构、单层叠瓦冲断结构、双层滑脱断褶皱结构与双层滑脱反冲结构 (图 5)。

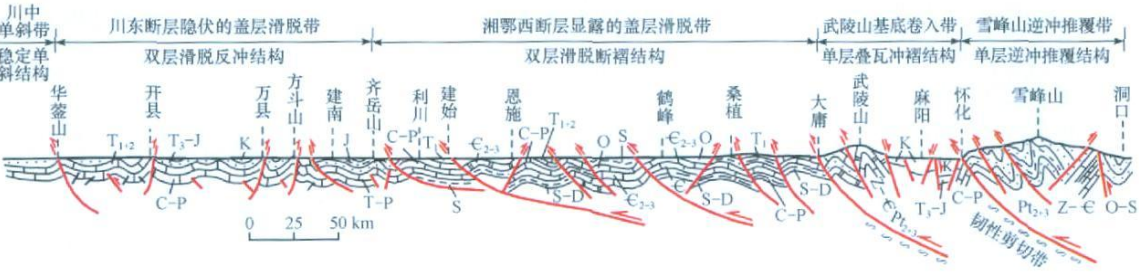


图 5 雪峰山—华蓥山地质构造剖面示意图^[9]
Fig 5 Sketch map showing the geological structure profile across Xuefengshan-Huayinshan
(剖面位置见图 1 中的 D-D')

2.3.1 雪峰山逆冲推覆带

雪峰山逆冲推覆带主要由中、上元古界板溪群、冷家溪群绿片岩变质相的板岩系与震旦系至中、古生界地层构成复背斜隆起带。其西侧的逆冲前缘是沿桃源—辰溪—怀化—竹田一线的韧性剪切断裂带^[9]。在中方县城东中元古界冷家溪群形成数十米厚的糜棱岩带，向西逆冲在下二叠统地层之上；在桃源镇逆冲断裂带中冷家溪群地层高度片理化，形成一系列向由南东向北西推覆所引起的剪切破裂之流劈理。

2.3.2 武陵山基底卷入带

武陵山基底卷入带由南东向北西冲断的前缘断裂具韧—脆性高角度（大于 65°）冲断层性质，展布范围从武陵山前的慈利—大庸—保靖断裂向西南连接到梵净山前缘断裂，向东则与华容—监利推覆体前缘断裂相连接，再向东过洪湖—湘阴走滑断层后，沿着大磨山前缘向庐山北坡延伸。带内的构造样式表现为主要是由震旦—寒武系、奥陶系地层构成的同斜倒转（南翼缓北翼陡）的不对称长轴线状纵弯褶皱，由几条高角度冲断层沿构造线依次排列组成若干由南向北叠瓦状排列的冲断—褶皱系，构成了本区的单层叠瓦冲褶结构。

2.3.3 湘鄂西断层显露的盖层滑脱带

断层显露的盖层滑脱带是指慈利—大庸—保靖断裂至齐岳山断裂之间的湘鄂西隔槽式褶皱带，总体呈北东—北东东向的向北西方向凸出的弧形。尽管被众多次级断层复杂化，但总体构造样式表现为由坡坪式滑脱断层所控制的断层扩展相关褶皱系（包括断展背斜及其后缘向斜），坡坪式

滑脱断层所滑脱的层位由东至西依次变浅，分别为震旦系、下寒武统泥质岩、下志留统泥质岩与中一下三叠统膏岩层，致使背斜核部出露的地层由震旦系至三叠系亦依次变新。由此，该带的地质结构表现为滑脱层以下的地层变形微弱，滑脱层以上的地层发生相应的滑脱褶皱变形，呈现双层滑脱断褶结构。

2.3.4 川东断层隐伏的盖层滑脱带

川东断层隐伏的盖层滑脱带是指从华蓥山到齐岳山之间的 10 余排北东—北东走向的“高陡背斜带”和其间开阔的箱状向斜带，共同构成了类似于阿尔卑斯山前所谓的“隔档式”褶皱带。构造变形具双层结构，上、下构造不协调。浅层构造为由北西向南东反冲的主控断层所形成的断展背斜，其东南翼地层陡峻、直立至倒转，西北翼宽缓；深部构造由 2~3 个隐伏的由南东向北西逆冲的主控断层在不同时期所形成的断弯褶皱叠加而成。也正是由于深部滑脱断层面深埋地下，其多期形成的断弯褶皱叠加、堆垛，使浅部地层在被动抬升的过程中沿滑脱面向上发育反冲断层及其相关背斜，形成双层滑脱反冲结构（图 5）。

2.4 川南—黔中—黔南褶皱—冲断带

川南—黔中—黔南褶皱—冲断带是在加里东期黔中古隆起的基础上，接受了晚古生代—中三叠世的伸展背景下的沉积作用后，经印支期及其之后的构造挤压变形形成，总体构造线近东西至北东向。受黔中古隆起强硬基底的影响，在后期的构造变形中本区总体表现为逆冲断层及其相关褶皱，而无大规模的逆冲推覆构造。故本文把川南—黔中—黔南褶皱—冲断带按构造变形差异从南向北

依次划分为黔南冲褶带、黔中稳定带、黔北冲褶带和川南盖层滑脱带,相应的地质结构类型分别为黔南单层冲褶结构、黔中单层稳定复向斜结构、黔北单层冲褶结构和川南双层滑脱断褶结构(图 6)。

2.4.1 黔南冲褶带

该带位于安顺—贵阳—镇远断裂以南, 岷紫罗断裂东北, 雪峰隆起西缘三都断裂以西, 平面上呈倒三角形, 构造线以北北东走向为主。构造上由东向西发育了 3 个宽缓大背斜即麻江—王司背斜、黄丝背斜、龙里背斜和 3 个狭窄的向斜即都匀向斜、贵定向斜、花溪向斜。受东侧雪峰山逆冲推覆的影响, 基底地层被较大幅度地抬升, 背斜核部出露地层由东向西依次为寒武系、奥陶系、泥盆系。控制此 3 个背斜形成的主控断层分别为都匀断层、贵定断层和花溪断层, 南东倾、北西冲, 向下均切穿基底进入板溪群, 致使本区的构造变形均属基底卷入型的冲断褶皱。总体受力程度由东向西依次减弱, 地质结构类型表现为单层冲断褶皱变形特征。

2.4.2 黔中稳定带

黔中稳定带系指由岷紫罗断裂与贵阳—镇远断层所夹持的区域, 即加里东期黔中隆起区。该区大部分地区缺失志留系—石炭系, 二叠纪地层超覆于奥陶系—寒武系不同的剥露层位之上。因现今的黔中隆起区地层产状比较平缓、地层倾角一般小于 10°, 盖层较薄、基底埋深浅, 且基本不属于褶皱成山、而是由于地壳上升、地表水下切而形成的“丹霞型”地貌山^[16], 故本文把黔中隆起称为构造变形

的相对稳定区, 表现为单层稳定复向斜结构。

2.4.3 黔北冲褶带

黔北冲褶带位于黔中隆起北部, 总体上基底埋深深于黔中隆起, 是晚古生代—中三叠世伸展拗陷沉积时黔中隆起至川南盆地的过渡带, 故构造区划上称之为黔北斜坡。在印支期以来的构造变形中, 该带表现为基底卷入型的褶皱与冲断, 构造样式总体呈一复式背斜, 主背斜轴为大银构造与仁怀构造, 呈北东向。可能受黔中隆起强硬基底的影响, 后期构造变形时发生压扭型逆冲, 致使复背斜核部及期两翼发育近 10 个雁列式排列的小背斜, 如威信构造、普宜构造等。地质结构总体仍表现为单层的冲断—褶皱类型。

2.4.4 川南盖层滑脱带

川南盖层滑脱带在构造区划上属华蓥山深断裂带向南呈扇形展布的中—低缓背斜带, 南起叙永县高木顶和珙县长宁背斜, 西至南溪县莲花寺、宋家场背斜及泸县古佛山背斜, 北界为东山背斜, 东界为中梁山至石龙峡背斜之间的南北向隐伏深断裂带。

总体来说, 该带的变形程度相对较弱, 以中、低缓背斜为主。构造变形为双层结构, 泸州以北的北东向梳状背斜的滑脱层为中三叠统膏岩层, 泸州以南的近东西向背斜的滑脱层位为下寒武统泥质岩。

2.5 大洪山—江汉盆地挤压—伸展反转带

根据本区早期强烈挤压、后期伸展反转的构

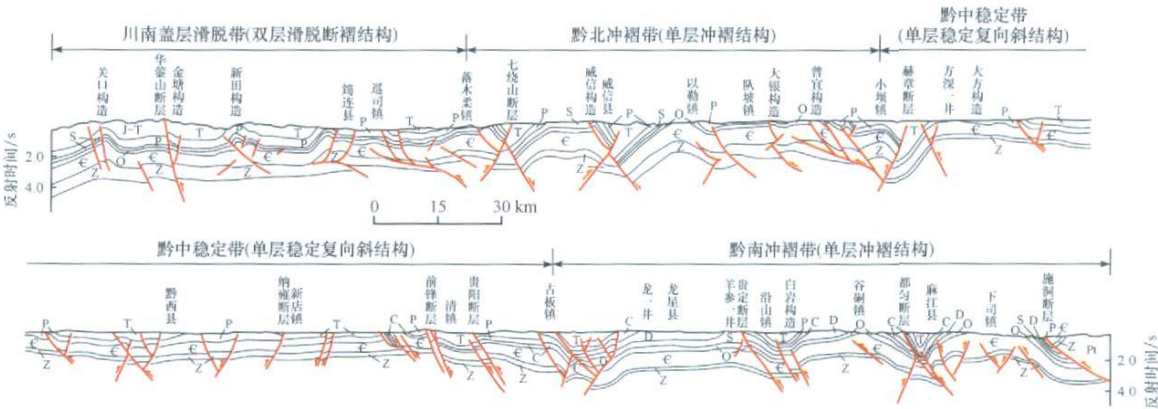


图 6 川南—黔北—黔中—黔南地质构造剖面示意图

Fig 6 Sketch map showing the geological structure profile across the southern Sichuan, the northern central and southern Guizhou (据地震测线 QZ2004—40 剖面位置见图 1 中的 E—E')

造演化特征, 本文把该区的构造变形带由北至南依次划分为大洪山逆冲推覆构造带、当阳—京山叠瓦冲断—反转带、江陵—仙桃双层断褶—反转带和监利—通山叠瓦冲断带, 其地质结构分别表现为单层逆冲推覆结构、单层叠瓦反转结构、双层冲褶反转结构和单层叠瓦冲断结构(图 7)。

2.5.1 大洪山逆冲推覆构造带

大洪山逆冲推覆构造带是指襄樊—广济断裂以北的南秦岭造山带, 出露地层为元古界—下古生界。该带发育了几条北西西向排列的主干逆掩断层, 从北东往南西呈后展式逆冲推覆^[17]。沿新坡—黄坡一线发育一系列的韧性剪切带, 在随州地区发育有“飞来峰”和“构造窗”, 且在主逆掩断层面上盘广泛发育牵引褶皱、主断层带发育鞘褶皱等, 均表明了逆冲断层由北向南的强烈挤压作用^[18], 表现为单层逆冲推覆结构。

2.5.2 当阳—京山叠瓦冲断—反转带

该带位于襄樊—广济断裂以南、黄陵背斜(基底隆起区)以东、纪山寺—潜北—天门河断裂以北的江汉平原北部地区。在印支—早燕山期的挤压变形中, 在来自大别造山带由东北向西南方向的挤压作用下, 形成了向南西递进减弱的叠瓦状逆冲断层带, 发育了一系列北北西向延伸的西翼陡立、东翼宽缓的紧闭线性冲断褶皱。地震剖面上可见变形层位向下前震旦基底地层被卷入褶皱, 向上卷入地层以志留系及上古生界为主, 具有向北变形强度大、出露层位老等特点。在晚白垩世—古近纪, 该区的区域应力场反转为伸展环境, 早期的逆冲断层带因其为应力作用的不连续面和构造薄弱带而发生构造负反转, 形成了一系列南、西断

北、东超的箕状凹陷^[18], 形成单层叠瓦反转结构。

2.5.3 江陵—仙桃双向断褶—反转带

该带北部以纪山寺—潜北—天门河为界, 南部以监利—蒲圻—咸宁—阳新断层为界。在印支—早燕山运动中的构造变形作用应力主要是来自江南—雪峰山基底拆离体由南向北的推覆和挤压作用及来自大别造山带通过巴洪冲断带由东北向西南方向传递的挤压作用。由于南、北作用力的干涉, 通海口断裂以西地区以南部挤压应力影响为主, 构造线走向呈东西向, 断层倾向南, 同时存在北西向构造; 通海口断裂以东, 南、北作用力影响大致相当, 形成了一系列北东—北东东向的压扭断层, 平面上构成南、北对冲的构造格局(图 1)。晚燕山—喜马拉雅期, 构造发生反向下滑, 使该区进入大规模拉张、断陷, 沉积了巨厚的白垩—古近系地层, 形成双层冲褶反转结构。

2.5.4 监利—通山叠瓦冲断带

该带位于天阳坪—公安断裂、监利—蒲圻—咸宁—阳新断裂以南, 南界为江南基底拆离隆起带的北缘断裂, 构造线大致为近东西向。由于九岭基底拆离作用强烈, 褶皱平面形态多为线状, 向北倒转, 形成了十分壮观的倒转褶皱群。地质结构类型属单层叠瓦冲断结构, 出露地层以下古生界为主, 从而跟南侧的江南隆起以蓊县系出露为主具有明显的区别。

3 地质结构成因与油气保存意义

南方海相层系油气保存的影响因素主要有以下 5 个方面, 即盖层及其封盖性能、断层封闭性、

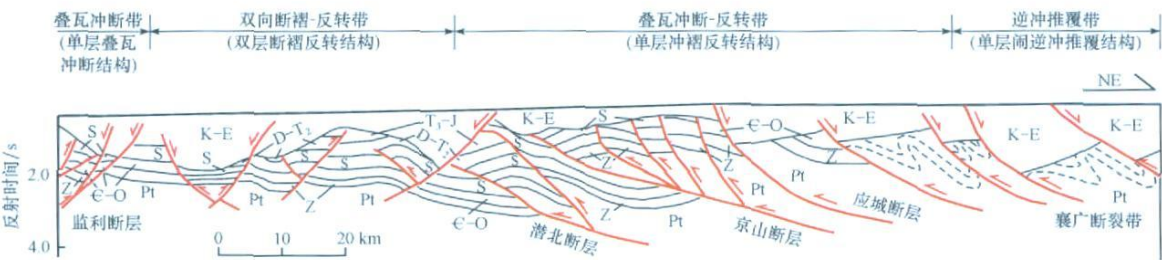


图 7 江汉盆地监应测线地震地质解释剖面
Fig 7 Geological interpretation of the Jianyin seismic reflection profile in Jianghan Basin
(剖面位置见图 1 中的 E—F')

后期构造作用强度、水文地质和地下流体化学—动力行为特征等^[19]。其中,后期构造作用在不同的地区形成了不同的变形样式与不同的地质结构类型,由此所反映的油气保存条件亦存在着较大的差异。

由上述的分析可知,中、上扬子地区褶皱—冲断带内所表现的地质结构类型差异,除与变形前的大地构造背景及变形期挤压应力的影响程度等因素有关外,主要受控于变形带内主控断层所滑脱的深度。不同的滑脱深度决定了该地质结构类型内区域盖层的剥蚀程度与断层对油气保存的性质(即“通天”断层或“烃源”断层),从而决定了其油气保存条件。

3.1 单层结构

单层逆冲推覆结构的主控断层滑脱于上地壳深部的韧性剪切带部位,强烈的逆冲推覆致使地层抬升过高,基底岩层出露,油气早已不复保存。单层(叠瓦)冲断结构的滑脱层为基底中、上部的脆—韧性剪切带(地表发育“S—C”组构)至脆性破裂剪切带,地层剥蚀强烈,较深部的区域盖层下志留统泥质岩亦被剥蚀、剥尽,而且断层规模大,多为“通天”断层,油气散逸快,故保存条件差,绝大部分地区油气藏已被破坏,失去保存意义,只在局部的构造低凹处可能存在着由局部盖层(如寒武系泥质岩等)所保存的残余油气藏。江汉盆地北部的单层叠瓦反转结构在印支晚期—燕山早期的油气保存条件与单层叠瓦冲断结构类似,大部分油气均已散失,但因白垩纪—新生代发生构造反转及陆相碎屑岩的沉积与覆盖,使得该构造带保存系统在一定程度上得以重新建立。发育在黔南、黔北的单层冲褶结构,其滑脱层为基底浅部,脆性变形,抬升剥蚀作用相对较弱,尽管断层多为散逸断层,但浅部的三叠系优质区域盖层在黔北大部分地区 and 黔南局部地区得以保存,而深部区域盖层志留系泥质岩基本存在,可能具有一定的保存条件。单层稳定结构基本不发育基底与盖层内的滑脱层,变形微弱,抬升剥蚀相对较少,深、浅部的区域封盖层基本保留,故海相层系的保存条件良好。如在四川盆地的单层稳定向斜与稳定单斜结构内,大致以须家河组(T_3x)为界,存在一个明显的水性界面,在此界面以上的地层水与大气降水关系密切,矿化度低,主要为 Na_2SO_4 和 $NaHCO_3$ 型水,同位素 $\delta^{18}O$ 值小于 4‰,该界面以下震旦系

至三叠系海相地层矿化度一般大于 100 g/L,变质系数(K_{Na+}/K_{T-})比值最低达 0.5,主要为 $CaCl_2$ 型水,表明整体处于长期的水文地质封闭环境。

3.2 双层结构

双层结构主要受基底与盖层间以及盖层内滑脱层的控制。龙门山前陆的双层断褶叠加结构的浅层构造,滑脱层主要为寒武系—志留系泥质岩及三叠系膏盐层,因褶皱变形强烈且发育密集的通天断层,油气多已逸出,保存情况较差;而深层构造因区域性的盖层均未剥露,且发育与烃源沟通的断层及微裂隙,油气保存条件相对较好。米仓山—南大巴山前陆双层隐伏断褶结构的隐伏构造,因隐伏断层系均向上滑脱于三叠系膏岩层、构成了一个良好的顶板盖层,且断层系向下切穿基底、有效地沟通了纵向上的各层烃源岩,故油气保存条件良好。湘鄂西双层滑脱断褶结构因滑脱层较深($Z-S_1$),区域盖层(S_1-T_2)剥蚀严重,且断层多为散逸断层,故总体保存条件较差,在区域盖层残存的局部地区保存条件较好。川东双层滑脱反冲结构的浅层反冲背斜带,滑脱层为志留系泥岩层与三叠系膏岩层,其显著特征是表层发育由反冲断层所控制的高陡背斜群,尽管控制背斜形成的断层多为散逸断层,在一定程度上破坏了油气保存条件,但区域盖层保存相对完整,总体保存条件较好;深层的构造因断层均为烃源断层,滑脱层为良好盖层,其保存条件更好。如川东大池干井池 7 井深部构造的上寒武统地层水,矿化度 346.39 g/L,变质系数 0.57,脱硫系数接近 0,水型为 $CaCl_2$ 型,属于典型的高矿化度沉积封存水,其封闭条件无可置疑。川南的双层滑脱断褶结构的剥蚀程度与区域盖层保留情况与川东类似,只是所滑脱的层位分别为震旦系泥岩、三叠系膏岩与侏罗系泥岩层,总体保存条件良好。江汉盆地南部的双层断褶反转结构,因印支晚期—燕山早期的构造运动使中、下三叠统以上区域盖层剥露,且断层多为散逸断层,油气大部分可能已散失,但因后期的构造反转及沉积的陆相碎屑物厚度大、面积广,形成了二次生烃和保存系统的重建。

3.3 三层结构

米仓山—南大巴山前缘的三层断滑结构中,主

要发育两套盖层内滑脱层。浅层构造因滑脱层为中、下三叠统膏岩层与上三叠统底部的泥岩、煤层, 故其成藏、保存的对象为陆相地层, 在靠近造山前缘的构造带因盖层 (J_2) 剥蚀严重且断层“通天”, 保存条件较差, 而远离造山带的构造带剥蚀量少且发育烃源断层, 保存条件较好; 中层构造沿上、下滑脱面 (即 T_2 和 S 滑脱, 封盖性好, 且断层均沟通了烃源岩, 故保存条件良好, 是油气勘探的有利构造带; 下层构造平缓, 其上的滑脱层 (S) 封盖性能好, 故其保存条件好, 但断层不很发育, 油 (气) 源沟通可能不畅, 是油气勘探的较有利区带。该区川付 85 井录井显示, 中侏罗统凉高山组和下侏罗统大安寨组陆相地层中的 Cl 浓度不足 100 mg/L 反映了陆相地层中水动力环境活跃, 受渗流淡化作用明显; 而滑脱层中三叠统雷口坡组的地层水矿化度达 $206.93 \sim 255.84\text{ g/L}$ 变质系数为 $0.81 \sim 0.93$ 脱硫系数为 $0.45 \sim 0.81$ 为 $CaCl_2$ 型水, 表明交替阻滞带向下延伸不超过雷口坡组, 滑脱层之下的油气保存条件良好。

4 结论

1) 中、上扬子地区的地质结构类型可分为单层、双层和三层结构 3 大类。其中, 单层结构可分为单层逆冲推覆、单层叠瓦冲断、单层冲褶、单层稳定、单层叠瓦反转结构等 5 小类, 双层结构可分为双层断褶叠加、双层隐伏断褶、双层滑脱断褶、双层滑脱反冲、双层断褶反转结构等 5 小类, 三层结构只识别出三层断滑结构 1 类, 共计 11 小类。

2) 按构造线展布、变形期次与变形样式的差异, 中、上扬子地区的褶皱—逆冲断层带可以分为 5 个成因与特点上有联系的构造区带, 即龙门山前陆褶皱—冲断带、米仓山—南大巴山前陆褶皱—冲断带、雪峰山—川东基底拆离带、川南—黔中—黔南褶皱—冲断带和大洪山—江汉盆地挤压—伸展反转带。地质结构类型的差异与变形带内主控断层滑脱层的深度密切相关。

3) 中、上扬子地区各构造分带的保存条件因地质结构类型的不同而相差颇大。各地质结构类型中主控断层不同的滑脱深度决定其区域盖层的剥蚀程度与断层对油气保存的性质, 从而决定了其油气保存条件。其中, 单层稳定结构、双层结构

的深部构造、三层结构的中部构造因区域盖层保存完好、主控断层多为烃源断层而具有良好的保存条件, 是油气勘探的有利构造带。

参 考 文 献

1 李大成, 赵宗举, 徐云俊. 中国海相地层油气成藏条件与有利勘探领域分析 [J]. 中国石油勘探, 2004 9 (5): 3 ~ 11, 52

2 戴少武, 贺自爱, 王津义. 中国南方中、古生界油气勘探的思路 [J]. 石油与天然气地质, 2001 22 (3): 195 ~ 202

3 肖开华, 沃玉进, 周雁, 等. 中国南方海相层系油气成藏特点与勘探方向 [J]. 石油与天然气地质, 2006 27 (3): 316 ~ 325

4 沃玉进, 肖开华, 周雁, 等. 中国南方海相层系油气成藏组合类型与勘探前景 [J]. 石油与天然气地质, 2006 27 (1): 11 ~ 16

5 王根海, 赵宗举, 李大成, 等. 中国南方海相油气地质及勘探前景 [A]. 见: 高瑞琪, 赵政璋, 编. 中国油气新区勘探第五卷 [C]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 1 ~ 321

6 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化 [J]. 地质学报, 1994 68 (2): 101 ~ 110

7 蔡立国, 刘和甫. 四川前陆褶皱—冲断带构造样式与特征 [J]. 石油实验地质, 1997 19 (2): 115 ~ 120

8 汪泽成, 赵文智, 徐安娜, 等. 四川盆地北部大巴山山前带构造样式与变形机制 [J]. 现代地质, 2006 20 (3): 429 ~ 435

9 丁道桂, 刘光祥. 扬子板内递进变形——南方构造问题之二 [J]. 石油实验地质, 2007 29 (3): 238 ~ 246

10 Harding T P, Lowell J D. Structural styles, their plate habitats and hydrocarbon traps in petroleum provinces [J]. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1979 63 (8): 1 016 ~ 1 058

11 刘和甫. 前陆盆地类型及褶皱—冲断层样式 [J]. 地学前缘, 1995 2 (3—4): 59 ~ 68

12 曾允孚, 李勇. 龙门山前陆盆地形成与演化 [J]. 矿物岩石, 1995 15 (1): 40 ~ 49

13 陈发景, 汪新文, 陈昭年. 前陆盆地分析 [M]. 北京: 地质出版社, 2007. 1 ~ 282

14 何鲤, 刘莉萍, 罗潇, 等. 川西龙门山推覆构造特征及有利油气勘探区块预测 [J]. 石油实验地质, 2007 29 (3): 247 ~ 252

15 吴德超, 魏显贵, 杜思清, 等. 米仓山叠加型推覆构造几何结构及演化 [J]. 矿物岩石, 1988 18 (增刊): 16 ~ 20

16 田海芹, 郭彤楼, 胡东风, 等. 黔中隆起及其周缘地区海相下组合与油气勘探前景 [J]. 古地理学报, 2006 8 (4): 509 ~ 518

17 郭华, 吴正文, 柴育成. 大别山造山带中生代逆冲推覆构造系统 [J]. 现代地质, 2002 16 (2): 121 ~ 129

18 刘云生, 杨振武, 陈红, 等. 东秦岭大别造山带南缘隐伏前峰构造与盆地成生关系 [J]. 江汉石油学院学报, 2004 26 (3): 21 ~ 24

19 马永生, 楼章华, 郭彤楼, 等. 中国南方海相地层油气保存条件综合评价技术体系探讨 [J]. 地质学报, 2006 80 (3): 406 ~ 417