

青藏特提斯板块构造与含油气盆地

付孝悦

(中国石化 南方勘探开发分公司, 云南 昆明 650200)

摘要: 青藏特提斯是由 5 大地壳块体、3 条板块缝合带经多期碰撞拼合而组成的复杂构造系统, 由于新生代以来的强烈陆内汇聚作用, 现今主要表现为 2 个构造结点、3 条汇聚边界和 2 大剪切带的构造运动学特征, 边界的强烈汇聚与板内的强烈升降、挤压剪切、伸展剥离组成复杂而统一的动力学系统, 具有厚壳和热壳特点。青藏特提斯含油气盆地可划分为海相复合型、海陆叠复合型和陆相上叠型等 3 种基本类型, 多含油气层系的复合与叠置、多期次构造运动的改造和岩浆热液活动的影响导致这些盆地具有地温场高、地层压力低、储层致密和油气氧化界面深等显著特点。

关键词: 构造结点; 汇聚边界; 剪切系统; 缝合带; 地块; 含油气盆地; 板块构造; 青藏特提斯

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

1 青藏特提斯板块构造基本格局和主要特征

1.1 多块体、多期次的碰撞拼合, 组成了复杂而独特的特提斯构造系统

青藏地区显著的地质构造特征是区内由几条不

同时期的巨型板块缝合带以及它们分隔的稳定陆壳地块或微板块组成。如图 1 所示, 自北而南发育的主要地壳块体或微板块有秦—祁—昆微板块(I)、巴颜喀拉微板块(III)、羌塘—三江微板块(V)、冈底斯—念青唐古拉微板块(VII)和喜马拉雅微板块(IX), 主要板块缝合带有阿尼玛卿缝合带(II)、拉竹龙—金沙江缝合带(IV)、班公湖—怒江缝合带(VI)和雅鲁藏布江缝合带(VIII)^[1,2]。

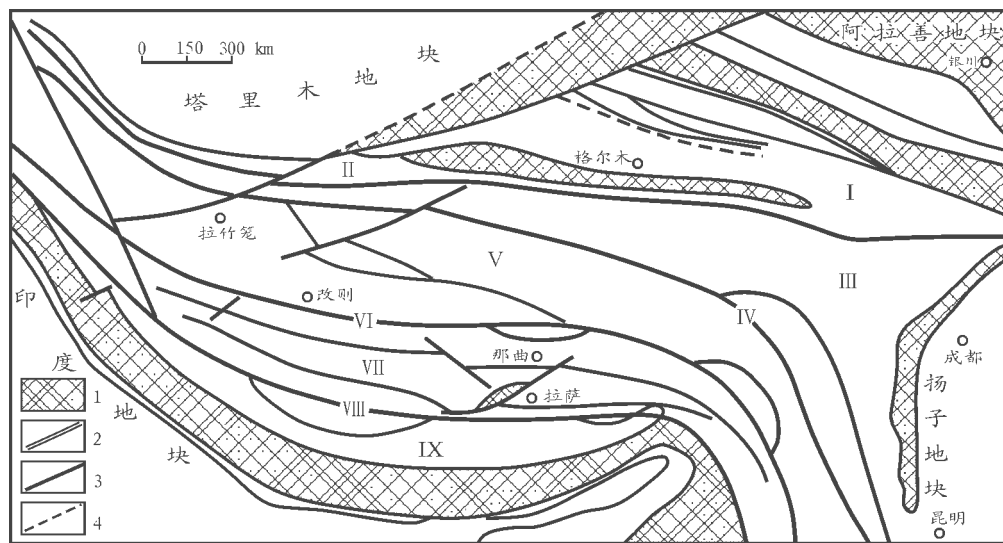


图 1 青藏特提斯构造域大地构造单元划分(据刘增乾^[1], 略有修改)

1. 前寒武系结晶及褶皱基底; 2. 板块缝合带; 3. 主要断裂; 4. 隐伏断裂

I. 秦—祁—昆板块; II. 阿尼玛卿缝合带; III. 巴颜喀拉微板块; IV. 拉竹龙—金沙江缝合带; V. 羌塘—三江微板块
VI. 班公湖—怒江缝合带; VII. 冈底斯—念青唐古拉微板块; VIII. 雅鲁藏布江缝合带; IX. 喜马拉雅微板块

Fig. 1 Division of geotectonic elements in the Tethyan tract structure of the Qinghai Tibet Plateau

收稿日期: 2004 - 03 - 10; 修订日期: 2004 - 08 - 31.

作者简介: 付孝悦(1962—), 男(汉族), 湖南宁乡人, 硕士, 高级工程师, 主要从事油气勘探评价工作。

上述 4 条主要板块缝合带代表了不同时期特提斯洋壳的扩张与闭合的过程。尽管有关洋壳的规模和性质在国内学术界还存在较大争论,但它们都留下了洋壳残余和洋底沉积的记录。

1.1.1 阿尼玛卿缝合带

该缝合带也称昆仑南缘缝合带,沿麻扎、木孜塔格、秀沟、玛沁、扎陵湖、阿尼玛卿、花石峡一带东西分布,构成南昆与松潘甘孜地块的边界,主要由蛇绿岩和混杂岩组成。蛇绿岩套由下向上包括变质橄榄岩、辉长岩、枕状熔岩和放射虫硅质岩,地幔岩透镜化和蛇纹石化较强;混杂岩基质主要为三叠纪浊积岩,外来岩块为蛇绿岩和石炭纪至二叠纪灰岩。姜春发等^[3]认为,该蛇绿岩带形成于二叠纪到三叠纪,在玛沁一带出露强烈蛇纹石化和透镜状化的变质橄榄岩,下二叠统灰岩中有枕状熔岩夹层,玄武岩的 Rb-Sr 等时年龄值为 260 Ma,可能代表二叠纪裂谷发育过程中的过渡型或初始快速转换,应是古特提斯多岛洋盆中的一个分支。从三叠纪的复理石沉积来看,阿尼玛卿缝合带的最终闭合的时间应为晚印支期无疑。

1.1.2 拉竹龙—金沙江缝合带

沿拉竹龙—西金乌兰—沱沱河一带零星出露透镜状超镁铁质和镁铁质岩体,变形和变质均很强。西金乌兰湖北岸蛇绿岩剖面较完整,硅质岩中含有早石炭世和早二叠世放射虫化石^[4]。据 1:100×10⁴ 改则幅区调资料,沱沱河缝合带蛇绿岩由方辉橄榄岩、辉长岩、辉绿岩、玄武岩和硅质岩组成,混杂岩表现为三叠纪复理石基质中分布有志留纪和石炭—二叠纪的灰岩、硅质岩等外来岩块。东段蛇绿岩十分发育,可分为金沙江缝合带和甘孜—理塘缝合带 2 个亚带。金沙江蛇绿岩层序较全,蛇绿岩带的西南盘出现由蓝闪石、黑硬绿泥石等高压变质矿物组成的高压低温变质带,在低级的葡萄石—绿帘石带中发现高压变质矿物^[5]。此外中侏罗世—早白垩世的碰撞型花岗岩也十分发育。甘孜—理塘缝合带蛇绿岩带变形强烈,混杂岩发育,基质是以玄武质为主的火山岩和火山角砾岩,片理化明显,外来岩块主要是早二叠世灰岩和砂岩。该缝合带代表的海盆形成于早二叠世,于晚三叠世封闭^[6]。

拉竹笼—金沙江缝合带称北主缝合带,它是古亚洲构造域与特提斯构造域的重要分界。其北侧为晚古生代—三叠纪的海槽相沉积(有人称为古特提斯),厚度上万米。晚三叠世该海槽关闭,导致巴颜喀拉岛弧带逆掩于羌塘—昌都地块之上。

1.1.3 班公湖—怒江缝合带

该缝合带西起班公湖,经日土、改则,向东分散呈两支或多支。北支大致沿东巧、安多、澜沧江河谷分布,南支沿申扎、纳木错、依拉山、怒江河谷延伸。地表出露的蛇绿岩主要沿班公湖、东巧、安多、丁青一带分布。班公湖蛇绿岩由蛇纹石化橄榄岩、辉长岩、辉绿岩、基性火山岩和晚侏罗世含放射虫硅质岩组成,南侧混杂岩中无序分布石炭—二叠纪灰岩外来岩块。东巧蛇绿岩层序较完整,变质橄榄岩塑性变形,蛇绿岩与围岩之间以及蛇绿岩内部主要岩性界面之间均为逆冲断层接触,透镜状超镁铁质和镁铁质岩体中含有豆荚状铬铁矿,侏罗纪复理石沉积物中卷入二叠系和三叠系砂岩、灰岩等外来岩块。安多蛇绿岩中变质橄榄岩不发育,主要为辉长岩、辉绿岩岩墙和枕状熔岩。丁青蛇绿岩下部为蛇纹石化方辉橄榄岩和二辉橄榄岩,中部是辉长岩、辉绿岩和石英闪长岩,上部为枕状玄武岩和深海放射虫硅质岩。蛇绿岩构造侵位时代大致为早侏罗世早期。

班公湖—怒江缝合带代表了中生代的特提斯洋(称中特提斯),自晚三叠世打开,早白垩世早期关闭。其中晚三叠世—侏罗纪海槽相沉积厚度近万米,有人认为它是随南部的特提斯洋的向北俯冲作用而打开的小洋盆,具边缘海性质,侏罗—白垩纪属弧后盆地^[7]。

1.1.4 雅鲁藏布江缝合带

该缝合带又称南主缝合带,东西走向展布于冈底斯地块与喜马拉雅地块之间,绵延千余公里,自北而南发育蛇绿岩带、混杂岩带和高压变质带。其中蛇绿岩带发育较完整,自下而上由放射硅质岩、枕状熔岩、席状岩床(墙)、堆积杂岩和变质橄榄岩组成。蛇绿岩经历了地幔韧性剪切、挤压透镜体化和脆性断层改造,呈复杂的变形面貌。蛇绿岩边界和内部主要岩性界面之间均为逆断层接触^[8,9]。中侏罗世—白垩纪特提斯海相沉积层中伴生大量的玄武岩、细碧岩、安山岩和凝灰岩。混杂岩的基质一般为蛇纹化岩石和泥砂质类岩,不同时代的外来岩块成分复杂,主要是由辉长(绿)岩、硅质、结晶灰岩、角闪岩、片岩和板岩组成的大小不同的岩块。高压变质带自北而南可划分为含蓝闪石类或黑色硬绿泥石的蓝片岩带和绿片岩带,具有压降低和温度升高的趋势。

雅鲁藏布江缝合带是印度次大陆与欧亚板块的主要缝合带,也是特提斯构造域的主缝合带。其南侧的喜马拉雅地块上的古生界—中下三叠统为古冈瓦拉大陆北缘的被动大陆边缘稳定型沉积,晚三叠

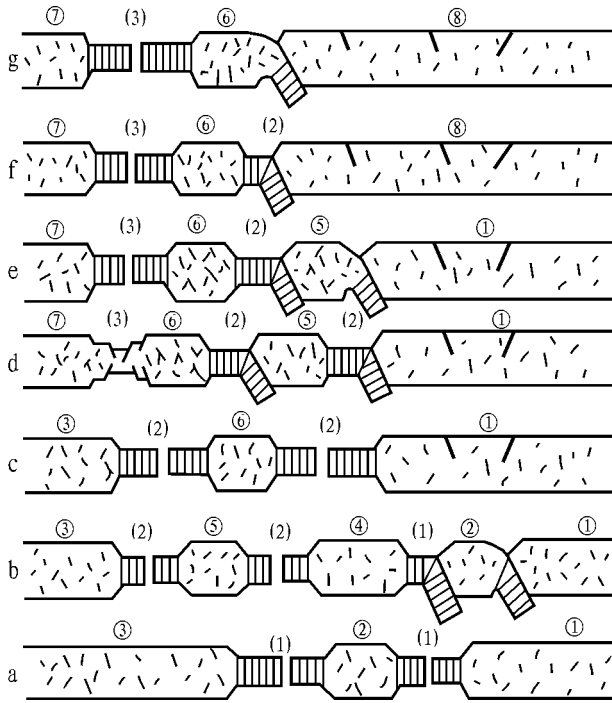


图 2 青藏特提斯板块构造演化示意图

a. P-T₂; b. T₃; c. J₁₊₂; d. J₃; e. K₁; f. K₂; g. E₁

- ① 古亚欧大陆; ② 巴颜喀拉地块; ③ 冈瓦拉大陆 ④ 羌塘地块;
- ⑤ 冈底斯地块; ⑥ 印度次大陆; ⑦ 南极洲大陆; ⑧ 亚欧大陆
- (1) 古特提斯洋; (2) 特提斯洋; (3) 新特提斯洋(印度洋)

Fig. 2 Sketch map of tectonic evolution for the Tethyan Plate of the Qinghai Tibet Plateau

世—白垩纪为收缩洋盆沉积, 早第三纪为残留洋沉积。该缝合带最终于始新世关闭。

青藏高原陆洋转换及板块构造演化历程如图 2 所示。

1.2 五大地壳块体各自有其发生发展过程和形成演化历史, 但它们又都属特提斯构造体系中的微陆块, 有其个性, 也有共性

1.2.1 秦—祁—昆微板块

该地块由西秦造山带、东昆造山带、祁连造山带及其围限的柴达木地块组成, 北界为祁连北缘主推覆断层, 南界为阿尼玛卿缝合带, 西界为阿尔金走滑断层。在柴北、柴南和阿尔金造山带分别出露中晚元古界深变质岩, 构成柴达木地块古老基底。古生代为稳定型沉积, 卷入造山带部分已变质。北部祁连造山带于早古生代加里东期褶皱回返, 完成柴达木地块与阿拉善地块的拼合。南部的西秦、东昆则是海西至印支期褶皱回返的, 主缝合带为阿尼玛卿深大断裂, 与南侧巴颜喀拉松潘地块的碰撞拼合时间为中晚印支期。

1.2.2 巴颜喀拉—松潘微板块

该地块北界为阿尼玛卿深大断裂, 南界为金沙江深大断裂, 东为龙门推覆断层, 由巴颜喀拉优地槽

带、松潘地块、甘孜—理塘造山带和龙门推覆隆起几部分组成。地块内以三叠纪的冒地槽沉积广泛发育分布为特征, 西部的巴颜喀拉可能发育优地槽沉积, 已普遍变质。古老变质基底和古生代沉积地层仅在东部龙门推覆隆起出露, 其基底性质和古生代沉积地层可与扬子区对比, 可能是由扬子分离出来的。最近的地球物理勘探资料显示, 松潘—若尔盖地区具稳定陆壳性质, 可能存在扬子型变质基底和古生代沉积地层, 由此也就可以推测甘孜—理塘蛇绿混杂岩带应是金沙洋向松潘地块俯冲消减的结果。

1.2.3 羌塘—三江微板块

该地块早古生代至元古代(?) 变质基底出露于地块中西部的冈玛错至西亚尔岗带, 其基底性质可与华南区类比, 泥盆纪至早中三叠世地层为稳定台地碳酸盐岩至被动陆缘硅质碎屑夹碳酸盐岩层序, 其沉积特征和古生物面貌也与扬子、华南类似, 二叠纪茅口期的海底喷发相玄武岩也可在羌塘地区找到, 表明羌塘—三江微板块确实是古特提斯洋中的一个微陆块。晚三叠世至侏罗纪的陆缘海沉积覆盖在羌塘微板块之上, 沉积厚度约 4 000 ~ 5 000 m, 为该区一套主要的油气勘探层系。

1.2.4 冈底斯—念青唐古拉微板块

该地块以元古代念青唐古拉群片岩、片麻岩和混合岩为基底, 但出露非常局限, 仅分布于念青唐古拉山。盖层以古生代稳定浅海碳酸盐岩和碎屑岩建造以及中生代的海陆交互沉积为主, 夹有中基性火山岩。冈底斯地块结构和沉积以火山—岩浆弧为典型特征, 深成侵入岩和火山喷发岩非常发育。前者包括辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩和花岗岩, 形成时代主要为 40 ~ 95 Ma, 属燕山晚期至喜马拉雅期, 具壳幔混源性质; 后者主要是晚白垩世至始新世的陆缘火山弧钙碱系列的安山岩—英安岩—流纹岩组合, 也包括青藏高原隆升过程中所产生的、分布广泛的 S 型花岗岩和火山岩、火山碎屑岩。这两期侵入岩和火山岩代表了新特提斯洋壳向北俯冲、碰撞以及青藏高原强烈隆升的结果, 同时也反映了冈底斯弧的长期活动性和后来的高热流特征。

1.2.5 喜马拉雅微板块

该地块是从冈瓦拉大陆北缘分离出来的, 新生代最终完成其与欧亚大陆的拼合碰撞。其南部强烈向南逆冲于印度板块的一个裂离地块之上, 基底和古生代沉积盖层都明显具有冈瓦拉的性质。南部高喜马拉雅杂岩带广泛出露中, 晚元古代聂拉木群的片岩、片麻岩、混合岩、石英岩、大理岩等, 局部深剥露区出现麻粒岩和榴辉岩, 中深变质岩中出现壳源

S 型二云母花岗岩的侵位,少数花岗岩沿拆离断层呈板状分布。基底发育韧性剪切带和流变带,具有典型的眼球状磨棱岩。大量的剪切和旋转标志指示具正断层性质的韧性剪切带,基底结晶岩系古生界间是大规模拆离断层,古生界内部也发育次级剥离断层。

1.3 2 个构造结点、3 条汇聚边界、2 大剪切系统是现今青藏特提斯的主要构造运动学特征(图 3)

2 个构造结点是指帕米尔构造结和滇西构造结,它们是由于印度板块向北的强烈挤压并受欧亚板块上的塔里木和哈萨克斯、扬子和华南等稳定地块阻挡作用而形成的强挤压带。结点内部以强挤压缩减为特征,旁侧则发生剪切走滑,块体被挤出。

3 条汇聚边界是喜马拉雅逆冲推覆构造带、祁北推覆构造带和龙门山逆冲推覆构造带。南部的喜马拉雅推覆构造带强烈地逆冲于印度恒河平原上,龙门山逆冲推覆构造带强烈地向川西平原逆掩,两者的汇聚规模明显大于祁北构造带。其原因主要有两点:一是印度和扬子地块刚性大;二是构造动力的主动性。

2 条剪切带是阿尔金和滇西剪切带。阿尔金走滑剪切带在中新生代发生大规模左旋剪切,其走滑距离至少达 600~700 km;滇西剪切带包括金沙江、怒江、哀牢—红河等剪切走滑断层,也应包括西昌—元谋走滑断层,主要为右旋走滑,走滑距离约 100~300 km 不等。龙门山推覆带虽更多地具汇聚边界特点,但也明显具有左旋剪切走滑作用。

1.4 边界或周边的强烈汇聚与系统内的大规模隆升拆离、挤压剪切和推覆作用是其动力学特征

边界的汇聚,如上述龙门、塔里木西南、印度恒河平原的汇聚作用,都表现相当明显。由于四周的

汇聚,导致高原内部强烈的挤压隆升。多位学者研究表明,青藏高原的隆升主要发生在晚第三纪以来,尤其是 2~4 Ma 以来的隆升幅度最大。

在边界强烈汇聚挤压的同时,板内发生大规模的隆升拆离和挤压剪切及推覆作用。西藏的 3 个主要刚性块体在新第三纪—第四纪都形成相应的隆升拆离系统。

藏南拆离系沿高喜马拉雅带和拉轨岗日带展布,南北有别。高喜马拉雅变质杂岩核广泛出露中、晚元古代聂拉木群片岩、片麻岩、混合岩、石英岩和大理岩,局部深剥露麻粒岩和榴辉岩,中深变质岩中出现壳源 S 型二云母花岗岩的侵位,少数花岗岩体沿拆离断层呈板状分布,基底发育韧性剪切带和流变褶皱^[8]。具有典型的眼球状磨棱岩和 S—C 糜棱岩,以长英质糜棱岩为主。基底结晶岩系与古生代沉积盖层之间是大规模的拆离断层系,晚古生界内部也发育次级剥离断层^[8,10]。这种地壳尺度的伸展作用和强烈的地层减薄与印度板块的强烈的陆内俯冲和喜马拉雅地块的强烈隆升并向南逆冲推覆是统一的动力学体系。

藏北拆离系出露在念青唐古拉隆起和西亚尔岗隆起一带,前者出露元古代念青唐古拉群片岩、片麻岩和混合岩,后者剥露前泥盆系浅变质岩,在古生界沉积盖层与基底岩系之间为伸展拆离断层,同时隆起两翼发育切割很深的张性正断层。水平的挤压剪切则主要表现在各块体上发育 WS—NE 和 NW—SE 两组交叉断裂系,将这些地块切割为众多的菱形地块。沿东西向深大断裂也明显有走滑分量。板内大规模的逆冲推覆断裂系则主要出现在柴达木地块南北、羌塘盆地北缘、冈底斯地块北缘及喜马拉雅推覆系。

1.5 厚壳与热壳同时并存

区域布格重力异常场(图 4)表明,青藏高原腹部存在一个巨大、完整、宽缓、封闭的负异常,说明地壳内部有大量低密度物质存在、地壳厚度大。重力梯度带位于青藏高原与周边盆地的过渡带。藏北高原位于这个“重力盆地”的中心部位,内部重力值变化很小,说明有相对稳定地壳区的存在^[11]。

由布格重力异常反演的莫霍面埋深如图 5 所示,青藏高原主体地壳厚度大于 70 km,介于 70~75 km 之间,周边山系地壳厚度介于 55~70 km 之间。这种双倍于正常大陆的地壳厚度是由于新生代以来强烈的陆内汇聚作用和高原不断隆升的结果。青藏高原岩石圈结构存在“厚壳薄幔”的特征,高原内部莫霍面埋深大多在 60~75 km 之间,而岩石圈

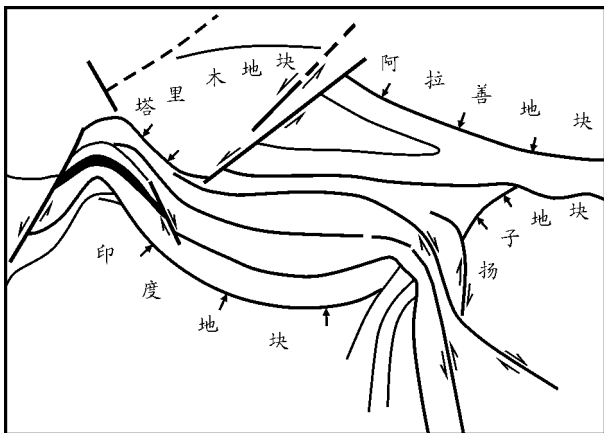


图 3 青藏高原及邻区主要构造边界性质示意图

Fig. 3 Schematic map showing the main structure boundary features of the Qinghai Tibet Plateau and adjacent areas

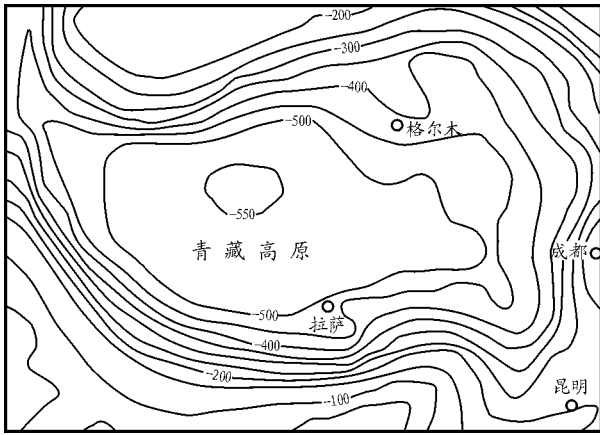


图 4 青藏高原布格重力异常图^[11]

Fig. 4 Map of Bouguer gravity anomalies for the Qinghai Tibet Plateau^[11]

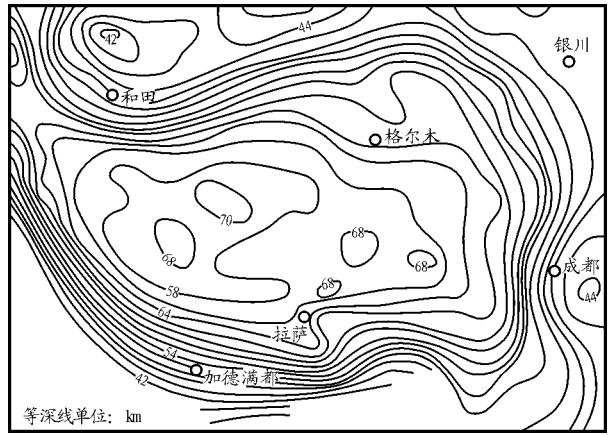


图 5 青藏高原地壳厚度等值线图^[11]

Fig. 5 Contour diagram of crustal thickness for the Qinghai Tibet Plateau^[11]

厚度一般为 90~120 km。

大地电磁探测表明, 青藏高原不同地段地壳内部出现 2 个低阻层(图 6, 7)。上部低阻层埋深一般为 10~25 km, 从南至北横贯整个高原, 电阻率为

10~80 Ω·m; 下部低阻层深度一般为 40~70 km, 出现在雅鲁藏布江缝合带及以北地区, 另外还出现在班公湖—怒江缝合带以北的南羌塘地区。而在藏南、冈底斯稳定块以及羌北区则只有一个低速层^[12, 13]。

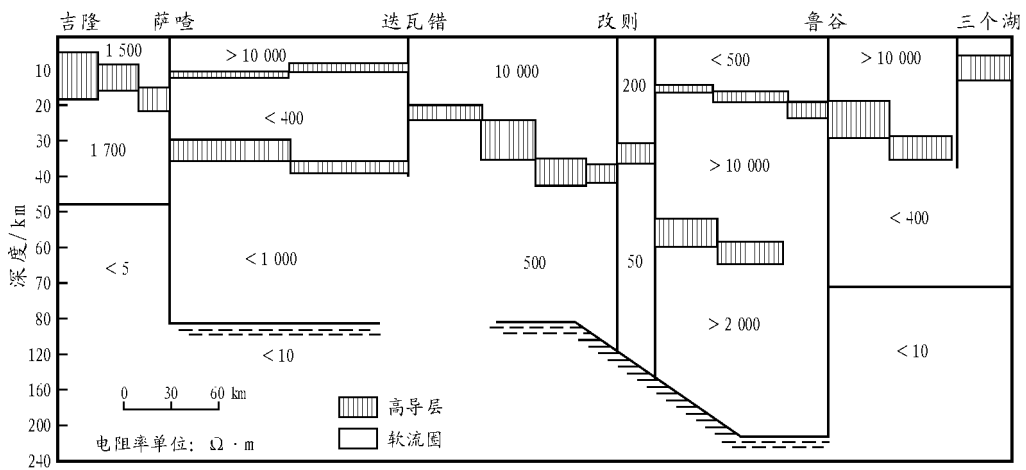


图 6 吉隆—鲁谷—三个湖大地电磁电性结构剖面^[12]

Fig. 6 Magnetotelluric electrical structural profile of Jilong-lugu-Sangehu area^[12]

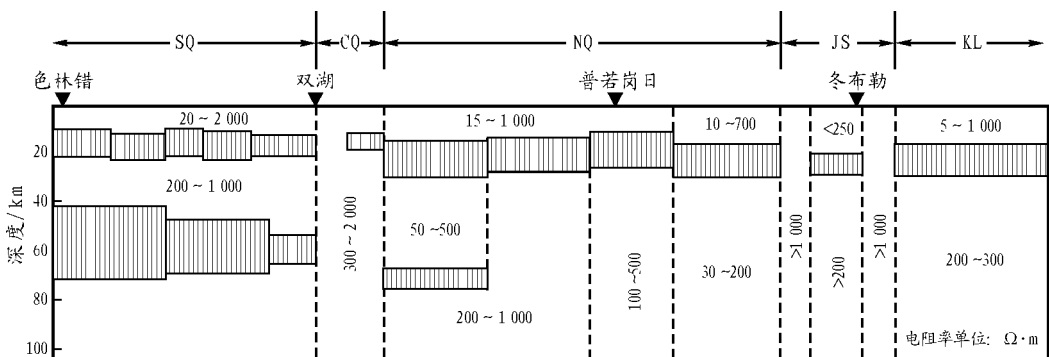


图 7 色林错—冬不勒大地电磁电性结构剖面图^[13]

SQ. 南羌塘盆地; CQ. 中羌塘隆起; NQ. 北羌塘盆地; JS. 拉竹龙—金沙江缝合带; KL. 昆仑造山带

Fig. 7 Magnetotelluric electrical structural profile of Selincuo-Dongbule area^[13]

深地震反射表明,壳内存在强地震反射,尤其是下地壳。在藏南出现多层向北缓倾的地震反射,地壳底部为新生的莫霍面反射,高喜马拉雅 30~40 km 连续的反射层可能是由喜马拉雅南缘逆冲断层系根带的韧性剪切带引起的,而上部 10 km 左右的反射层基本上代表了藏南拆离系延伸至深部的伸展断层系。青藏高原地壳内部普遍发育多个低速层,一般在上地壳下部发育数公里厚的低速层,从南至北均有分布。喜马拉雅地块至少在上地壳底部和下地壳发育两个较厚的低速层,下地壳厚度近 40 km, P 波速度只有 6.0~8.0 km/s;冈底斯地块下地壳厚度仅为 30 km,平均速度为 7.4 km/s;羌塘地块下地壳厚度仅为 15~20 km,地震波速度向北减小,一般从 8.0 km/s 至 7.1 km/s;昆仑地块下地壳厚度只有 10 km,速度与羌塘类似^[14,15]。

青藏高原地壳内部的低阻层和低速层的存在可能与板块俯冲作用导致的物质成分和岩石物理状态的变化以及构造活动和热作用有关。双低速层和低阻层的出现是否代表青藏高原的双地壳特征,有待进一步研究。

西藏大部分地区具有异常高的地热场。大地热流测量资料表明,从南到北大地热流值呈准正态分布(图 8),地热异常主要分布在冈底斯地块,大地热流值达 300 mW/m² 以上;伦坡拉盆地大地热流值为 140 mW/m²,该盆地地温梯度高达 4.5×10⁻²~6.0×10⁻² °C/m;藏南地区地表热流值虽然远远低于冈底斯构造带,但仍比正常值高,热流值在 60~146 mW/m² 之间;藏北的羌塘地区,尤其是北羌塘地区表现为稳定且较低的热流特征,地表热流值仅 40~47 mW/m²,比大陆平均热流值 65 mW/m² 还要低,反映了该区地壳构造稳定、岩浆热流活动不强的地质背景^[16]。

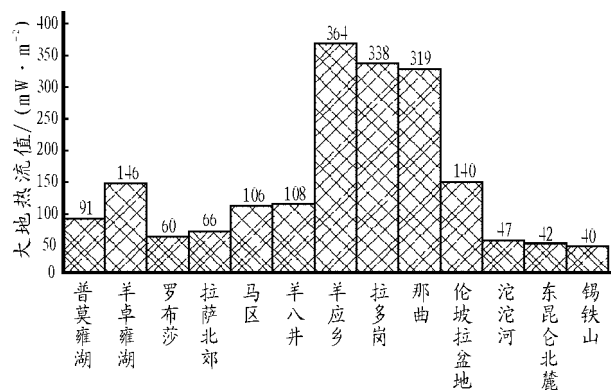


图 8 青藏高原不同区块大地热流值分布图^[16]

Fig. 8 Distribution of geothermal flux values for different districts of the Qinghai Tibet Plateau

1.6 强烈的新构造运动

青藏高原新构造运动十分强烈,表现于多方面,如高原隆升与剥蚀、地震与火山活动、热泉、活动构造以及新生代断陷沉积等。

1.6.1 多级夷平面

青藏高原常见两级夷平面。一级夷平面分布在各大山脉的顶部,保存面积小,海拔高度在 5 500 m 以上;二级夷平面出现在几大河流的源头和分水岭,海拔高度大多为 4 500~5 000 m。二级夷平面削蚀了早第三纪沉积,形成于渐新世以后。

1.6.2 地震活动

以雅鲁藏布江断裂带和三江构造带地震活动最多,沿班公湖—怒江断裂和可可西里构造带也有一些震中分布。地块内也零星分布,主要是沿北西和北东两组剪切断层分布。

1.6.3 火山活动

第四纪的火山活动主要分布在冈底斯和羌塘地块。前者以中酸性火山喷发为主,后者以基性为主。在羌塘地区广泛分布更新世至全新世的火山锥和火山岩冒等正地形。

1.6.4 热泉

以冈底斯地块热泉最多,大部分沿北西和北东两组剪切断裂系出现。著名的羊八井温泉已开发利用,同处一个断裂带的那曲温泉也在开发利用中。

1.6.5 活动构造

青藏高原的晚近期构造主要包括上些与热泉、地震和火山活动有关的正断层和剪切断层系,常伴有晚第三纪至第四纪的断陷湖盆和断陷盆地。有些具有明显走滑性质东西走向的深大断裂,如班公湖—怒江断裂和雅江断裂也有晚近期活动,沿断裂带有热泉和地震活动。

2 青藏特提斯含油气盆地的主要类型及分布

青藏地区发育 3 类含油气盆地:一类是伴随板块开合演化过程形成的海相多旋回复合盆地;第二类位于海相多旋回复合盆地之上并继承发育了中新生界陆相盆地,可称为海陆叠复合盆地;第三类是板块碰撞拼合以后由于伸展和剪切而形成的陆内断陷盆地,可称为陆相上叠盆地。3 类盆地都具有一定的成油地质条件和找油前景,但都在新构造运动中遭受了较强的改造与破坏。尤其是海相盆地经历了多期次构造运动改造,一般为在稳定区内保存的残留型或残块型盆地。3 类盆地的成油气地质条件

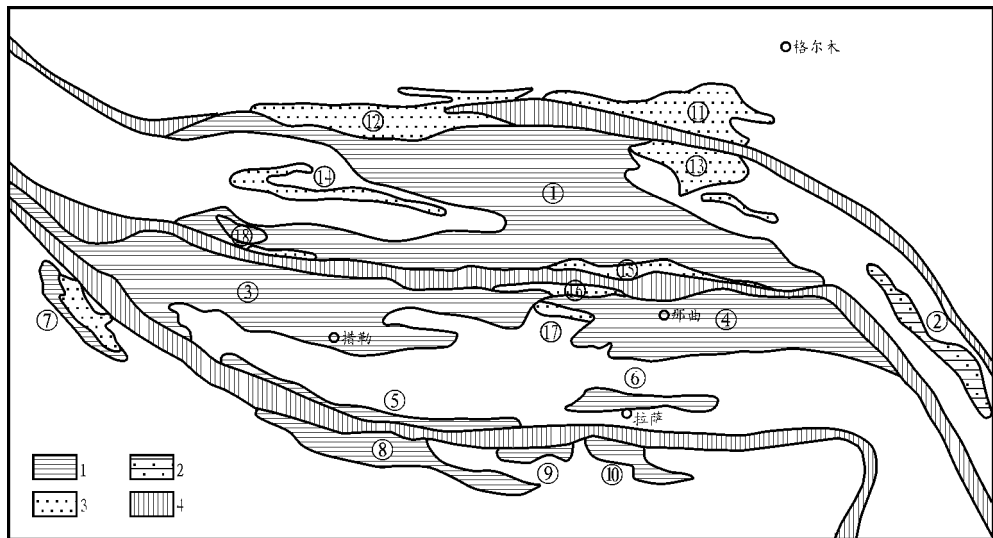


图9 西藏地区中生代含油气盆地分布图

1. 海相盆地; 2. 海陆相盆地; 3. 陆相盆地; 4. 缝合带
 ①羌塘盆地; ②昌都盆地; ③昂拉仁错盆地; ④比如盆地; ⑤日喀则盆地;
 ⑥拉萨盆地; ⑦扎达盆地; ⑧岗巴—一定日盆地; ⑨江孜盆地; ⑩羊卓雍盆地; ⑪风河盆地; ⑫羊湖盆地;
 ⑬沱沱河盆地; ⑭戈木日盆地; ⑮伦北盆地; ⑯伦坡拉盆地; ⑰班戈错盆地; ⑱康托盆地

Fig.9 Distribution of the Meso Cenozoic petroliferous basins in the Tibet area

以海陆叠复合盆地和弱改造的陆相上叠盆地较好。

青藏高原中生代含油气盆地的主要类型和分布情况见图9。

2.1 海相复合含油气盆地

西藏地区海相含油气盆地是在青藏特提斯构造背景下形成的晚古生界至新生界多旋回复合盆地,受板块构造演化和构造格局的控制,形成了3个复合盆地,即发育于羌塘—三江板块上的羌塘—昌都复合盆地、发育于冈底斯—拉萨块体上的川巴—比如复合盆地和发育于喜马拉雅块体上的扎达—岗巴复合盆地。自北而南,3个复合盆地形成的时代越来越新、改造的程度也越来越强,因此石油地质条件和油气勘探前景也有所差异。

2.1.1 羌塘—昌都复合盆地

该区是在晚元古代—早古生代陆壳基础上发育的晚古生代—中生代多旋回复合盆地。

羌塘盆地的沉积盖层为中泥盆统至侏罗系海相沉积层序,沉积总厚度逾万米。发育3套含油层系。

1) 二叠—中三叠统为一套以硅质碎屑沉积为主夹浅海陆棚碳酸盐岩的沉积层序,沉积厚度2000~4000 m,其中下二叠统鲁谷组为主力生油层。2) 上三叠统,为一套海相碎屑与碳酸盐岩交互层序,厚度愈4000 m,发育2套生储盖组合。3) 侏罗系中南羌塘侏罗系为连续沉积,厚度约4000~5000 m,是以碎屑岩为主夹碳酸盐岩及泥灰岩的沉积,生油岩厚度大,有机质丰度高、类型好,演化程度偏高;北羌塘

仅发育中上侏罗统,为碎屑岩与碳酸盐岩组成的两个旋回层序,沉积总厚度超过5000 m,其中生油岩主要发育在两个碳酸盐岩发育层段^[17]。

昌都盆地的基底性质、海相沉积层及构造发展经历大致与羌塘盆地相同,不同的是该区块侏罗纪—白垩纪为陆相盆地所覆盖。就海相盆地而言,可与羌塘盆地划归一个复合盆地;就叠覆有陆相沉积盆地而言,则可划归另一类盆地即海陆叠复合盆地。

2.1.2 川巴—比如复合盆地

该区位于冈底斯—念青唐古拉地块的北部及班公湖—怒江缝合带以南,为东西向展布的侏罗—白垩纪多旋回复合盆地。其中侏罗纪为被动大陆边缘沉积,白垩纪为弧后前陆盆地。主要勘探目的层为下白垩统。由于后期构造挤压和抬升剥蚀作用,现今残余了川巴、措勤、班戈、比如等稳定区块,具有一定的找油前景。

2.1.3 扎达—岗巴复合盆地

该区位于雅鲁藏布江缝合带以南,是在前震旦纪结晶基底上发育的古生代至新生代多旋回海相盆地。其中下古生界已经微变质,没有找油前景,主要勘探目的层为中生界。晚三叠世至早白垩世为收缩洋盆沉积,晚白垩世至早第三纪为残余海沉积。由于后期构造作用大部分地区卷入强烈褶皱,断裂发育,丧失了油气潜力,仅残余了札达和岗巴两个稳定区块。其中札达盆地南部上叠有晚第三纪的陆相断

陷沉积, 油气勘查前景更好些。

2.2 海陆叠复合含油气盆地

这类盆地一般以稳定陆块为基础, 中生界挤压造山活动中下陷, 周缘造山带向盆地逆冲推覆, 一般为中生界大型挤压拗陷叠加于古生界拗陷之上, 具有继承发育的特点, 其典型代表有柴达木盆地、库木库里的晚古生界至侏罗系、昌都盆地的晚古生界至侏罗—白垩系。其中柴达木盆地在侏罗系、白垩系及新第三系甚至第四系找到油气藏; 库木库里和昌都盆地的侏罗系也有含油显示的报道。

2.3 陆相上叠含油气盆地

中生代的陆相盆地在西藏地区分布甚多。据不完全统计, 区内发育大小不同的陆相盆地 20 个, 盆地总面积近 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其盆地性质包括拉张断陷和拉张剪切断陷 2 种, 发育晚白垩世、早第三纪和晚第三纪—第四纪 3 个盆地旋回。这些盆地大部分发育的是红色磨拉石建造, 没有找油前景, 目前只证实伦坡拉等少数盆地具有找油前景。

3 青藏特提斯含油气盆地的主要地质特征

由于多旋回板块构造演化和造高原作用, 包括陆相盆地在内的青藏特提斯含油气盆地经历多期构造运动的改造, 表现为典型的残留盆地的特点。这种残留盆地在成油控油地质规律上与简单的原型盆地相比发生了深刻的变化, 具有一些独特的特点。

3.1 多旋回构造演化形成了多套含油气层系的复合与叠置

羌塘盆地至少经过 4 个成盆期的发展演化历程: 泥盆纪到早二叠世从陆内裂谷发展为广海陆棚, 发育了以早二叠世鲁谷组为代表的第一套生储盖组合; 晚二叠世至中三叠世为被动大陆边缘沉积, 发育有上二叠统煤系烃源岩和泥质烃源岩; 晚三叠世南部为陆缘浅海到深水盆地, 北部为前陆盆地, 至少发育 2 套生储盖组合; 侏罗纪南部为广海陆棚到深水盆地, 北部为陆表海或海湾性质的盆地, 也发育 2 套生储盖组合。冈底斯北缘侏罗纪至早白垩世为弧后盆地, 早期以碎屑岩夹火山碎屑岩为主, 晚白垩世为残余海盆, 以碳酸盐岩为主; 藏南侏罗纪至早白垩世由被动大陆边缘转为滞留海盆, 晚白垩世至始新世为残余海盆, 发育两套生储盖组合^[17~19]。

值得指出的是 3 个块各套含油气层系中都以最上一套含油性最好, 如羌北的雁石坪二段, 冈底斯北缘的上白垩统发育的一套园笠虫灰岩及岗巴盆地始

新统的一套瘤状灰岩。

3.2 多期次构造运动的改造, 现今主要表现为残块型残留盆地

羌塘盆地至少受到东吴运动、印支早晚期、燕山和喜马拉雅期多旋回构造运动的影响, 其中后 2 期影响最大, 现今以上三叠统和侏罗系剥蚀线为盆地边界; 冈底斯北缘的侏罗纪至白垩纪盆地主要受晚燕山和喜马拉雅各期构造运动的改造, 现今以侏罗—白垩系剥蚀线为残留盆地边界, 有上白垩统连片分布的地区油气前景较好。

3.3 盖层形变各地不一, 稳定区变形相对较弱

羌塘盆地南部拗陷比北部拗陷变形强, 南部以紧闭褶皱较多, 北部以同心褶皱为主, 可能主要与边界条件、基底刚性和沉积盖层的岩性组合有关。

3.4 多期、多类型的岩体侵入影响

羌塘盆地和冈底斯北缘盆地受后期岩体侵入影响较大。前者主要受燕山期各类侵入岩的影响以及喜山期玄武质火山喷发活动的影响; 后者则主要是燕山至喜山期的中酸性侵入岩和喷发岩。这些岩体对盆地及油气的影响规模和程度如何, 有待进一步研究。

3.5 盆地地温场高, 地层压力系数低

以伦坡拉盆地为例, 地温梯度为 $4.5 \times 10^{-2} \sim 6.0 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$, 罗玛迪库油田的地温梯度为 $4.5 \times 10^{-2} \sim 5.2 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$, 红星梁油田的地温梯度为 $5.6 \times 10^{-2} \sim 6.0 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$, 平均地温梯度在 $5.5 \times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$ 左右。高地温场导致油气演化程度高, 如牛二段生油岩大部分处于过成熟阶段^[20, 21]。

压力系数低主要与断裂裂隙的发育程度有关。从目前所获地压系数来看, 孔隙性地层压力系数一般接近于 1, 而裂缝发育层段地压系数一般较低。压力系数低从一个侧面反映了盆地的开启程度高, 保存条件差。

3.6 承压流体动力特征

盆地经历较大幅度抬升剥蚀以后, 其岩层现今所处的埋藏深度明显地小于地史上经历的最大埋深, 这导致岩层不再有压实流体的排出, 地层水处于静水压力状态。到目前为止, 藏北伦坡拉盆地尚未发现有异常高压带存在, 钻井中实测的地层压力梯度上下无变化, 压力系数低于或接近于 1。

盆地从压实流体转化为承压流体, 其关键的问题是生油岩不再有生油排油的过程, 承压流体是控制油气再分配的主要动力系统。另外, 由于部分地区岩层暴露地表, 接受地表水的渗入, 地下水与地表水交替作用强, 这导致油藏的水洗氧化作用加剧, 油

气保存条件变差。

3.7 早期生烃成藏、晚期次生改造, 原生油藏组合与次生、残余油藏组合同时并存

成藏史分析表明, 该盆地主力生油层(牛二段、牛三段下部)在丁青湖沉积时期为大量生排烃期, 这样主要成藏时期为原盆沉积时期, 早于渐新世末的构造运动。可以认为伦坡拉盆地的油气分布主要受原盆沉积-构造格局的控制, 渐新世末的构造运动导致了原生油气藏的改造, 使油气再分配, 在晚期构造中形成次生油藏。如红星梁浅层稠油藏, 其油源来自深部逆掩推覆体下的原地系统, 它们是改造深部原生油藏、油气沿逆断层向上运移形成的次生油藏。

无论是早期原生油藏还是晚期次生油藏, 在盆地抬升剥蚀过程中都可能遭受破坏形成残余油藏。残余油藏的特点是原油轻质组分散失, 留下重质组分形成稠油藏。由此导致该盆地深层仍然保存有原生油气藏组合, 浅层分布大量次生和残余油藏, 形成3类油藏组合同时并存的复杂局面。

伦坡拉盆地浅层已发现一批残余油藏, 其预测储量约占该盆地资源量的一半, 这表明盆地后期改造对油气保存有重大影响。

3.8 盆地开启程度高, 油气氧化界面深、保存条件差

现有分析资料表明, 伦坡拉盆地在1500 m左右的中深层, 原油仍遭受了一定程度的水洗氧化作用, 原油稠化, 地层水矿化度不高, 不含气。这些特点表明盆地开启程度高, 保存条件比较差。这是受残留盆地性质决定的。渗透性地层暴露地表以及断裂裂隙发育, 由此导致地表水渗漏深度大, 水的交替作用强, 油气氧化界面加深。油气保存条件在纵向上表现出一定的分异性^[24]。

3.9 储层致密化

经过多期构造运动的改造, 伦坡拉盆地的储层致密化相当明显。尤其是牛堡组碎屑岩储层, 其孔隙度和渗透率偏低。大部分储层孔隙度低于10%, 有些甚至在1%~5%左右。这些低孔低渗储层, 镜下观察表现为矿物颗粒次生加大, 重结晶现象明显, 孔隙被矿物质、胶结物充填堵塞。储层的致密化通常与正常的埋藏压实作用不相称, 而主要是与岩石经构造应力作用而导致的矿物重结晶及地下水活动引起的矿物质充填堵塞作用有关。其它地区亦应不例外。

3.10 藏南地形切割大, 对油气保存不利

雅鲁藏布江河谷切割深度达2000 m, 而喜马

拉雅北麓与印度恒河平原的高差则至少达4000 m以上。有人研究过河流切割与潜水面的关系, 其结论是河流切割深度即潜水面深度。由此可得出结论, 藏南地区残留盆地基本不具油气保存条件。

4 西藏地区的资源潜力与勘探领域

“九五”期间原地矿部和中石油都对西藏地区有关勘探区块的油气资源作过预测, 其中中石油预测羌塘盆地油气总资源量为 52.95×10^8 t^[25], 地矿部预测的羌塘盆地油气总资源量为 51×10^8 t, 昂拉仁错盆地油气总资源量为 17×10^8 t, 岗巴盆地总资源量为 4×10^8 t。上述预测都是采用生聚系数法作出的, 该方法对低勘探程度地区是适应的, 但关键是生聚系数的取值问题。西藏地区均为强改造型盆地, 保存条件的评价是关键, 如何评价这类地区的保存条件及生聚系数如何取值是油气潜力研究中需要进一步研究的问题。像西藏地区这类强改造型盆地, 尤其是藏南和冈底斯区的残留盆地, 是否有这么大的油气资源量, 值得怀疑。从西藏地区各块的成油地质条件的比较来看, 羌北盆地的西部是相对保存较好的一块, 不仅构造活动性小, 含油气层系全, 而且具有内流地貌盆地的特点, 应视为重点勘探领域。其次是陆相伦坡拉盆地, 经两轮勘探已发现7个浅层稠油藏和一个中深层稀油藏, 建立了资源序列, 其中预测浅层稠油地质储量约 4600×10^4 t, 约占该盆地远景资源量的1/2。昌都盆地作为海陆叠复合盆地的代表, 侏罗-白垩系陆相沉积盖层的叠覆应有利于海相油气的保存, 但因更接近于三江挤压-剪切带, 海相油气系统的保存状况究竟如何有待进一步研究。

5 西藏油气勘探面临的主要问题

西藏是我国中生界海相沉积最发育的地区, 分布着几个大型的海相残留盆地。它能否成为我国未来的一个油气战略接替区, 要不要展开大规模的勘探工作, 目前还面临几大问题。首先是这些强改造型盆地的资源潜力究竟有多大、如何正确地预测和估计, 这还需重新认识, 需要做大量的前期性和基础性工作; 其次是经多期改造, 盆地构造复杂, 勘探难度大不言而喻, 同时勘探技术可能也面临诸多难点; 其三是勘探和地质基础研究程度较低, 一些基础地质问题和基本油气地质条件还远没有解决, 需要从基础工作做起; 第四是区内气候条件差, 交通不

便, 供应线长, 无疑给勘探工作带来较大的困难和增加勘探成本; 另外就是资源开发与环境保护问题, 资源开发势必对环境产生破坏, 西藏是唯一没有工业污染的地方, 是国家和世界环境保护的重点地区, 资源开发与环境保护如何取舍, 当然关键还是看资源潜力有多大, 同时在资源开发中要十分重视对环境的保护。

参考文献:

- 1 刘增乾, 徐 宪, 潘桂棠等. 青藏高原大地构造与形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1990. 8~50
- 2 黄汲清, 陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化[M]. 北京: 地质出版社, 1987. 1~76
- 3 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵等. 昆仑开合构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992
- 4 潘裕生, 孔祥儒. 青藏高原岩石圈结构演化和动力学[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998
- 5 张 旗, 李绍华. 西藏的变质带和变质作用[M]. 北京: 科学出版社, 1981
- 6 王连诚, 李达周, 张 旗等. 四川理塘蛇绿混杂岩——一个以火山岩为基质的蛇绿混杂岩[J]. 岩石学报, 1985, 1(2): 17~27
- 7 余光明, 王成善. 西藏特提斯沉积地质[A]. 地质专报(岩石地球化学第 12 号)[C]. 北京: 地质出版社, 1990. 70~93
- 8 李德威. 喜马拉雅造山带的构造不对称演化[J]. 地球科学, 1992, 17(5): 539~545
- 9 李德威. 古生代末期以来青藏特提斯构造域的演化轮廓[A]. 地矿部岩石圈构造与动力学开放实验室专报[C] 北京: 地震出版社, 1994
- 10 陈智梁, 刘宇平. 藏南拆离系[A]. 特提斯地质(第 20 号)[C]. 北京: 地质出版社, 1996. 31~51
- 11 杨 华, 梁明月, 王 岚等. 青藏高原东部航磁特征及其与构造成矿带的关系[A]. 地质矿产部地质专报(第 7 号)[C]. 北京:

- 地质出版社, 1991. 1~181
- 12 孔祥儒, 王谦身, 熊绍柏. 青藏高原西部综合地球物理与岩石圈结构的研究[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4): 308~315
 - 13 张胜业, 魏 胜, 王家映等. 西藏羌塘盆地大地电磁测深研究[J]. 地球科学, 1996 21(2): 198~202
 - 14 吴建功, 肖序常, 李廷栋. 青藏高原亚东—格尔木地质断面[J]. 地质学报, 1989, 63(4): 285~296
 - 15 曾融生, 朱介寿, 周 兵等. 青藏高原及其东部邻区的三维地震波速结构与大陆碰撞模型[J]. 地震学报, 1992, 4(增刊): 523~533
 - 16 沈显杰. 岩石圈热结构[A]. 见: 中国地质科学院岩石圈研究中心, 地质矿产部地质研究所编. 青藏高原岩石圈结构构造和形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 114~125
 - 17 付孝悦, 张修富, 罗本家. 藏北羌塘盆地海相沉积构造特征与油气前景评价[A]. 石油与天然气地质文辑(第五辑)[C]. 北京: 地质出版社, 1996
 - 18 雷清亮, 戴国汗, 付孝悦. 西藏油气远景分析[J]. 石油与天然地质, 1997, 21(2): 22~26
 - 19 张修富, 付孝悦, 江月星. 藏南岗巴—定日盆地石油地质特征及前景评价[J]. 海相油气地质, 1997
 - 20 穆 青. 藏北油气远景及勘探方向[J]. 石油实验地质, 1992, 14(2): 142~151
 - 21 雷清亮, 付孝悦. 伦坡拉第三纪陆相盆地油气地质特征分析[J]. 地球科学, 1996 21(2): 147~153
 - 22 卢亚平. 藏北伦坡拉盆地藏 1 井原油地球化学特征[J]. 石油实验地质, 1997, 19(4): 377~381
 - 23 袁彩萍. 西藏伦坡拉盆地地温场特征及烃源岩热演化[J]. 石油实验地质, 2000, 22(2): 156~160
 - 24 付孝悦, 卢亚平, 肖秋苟. 含油气盆地油气氧化界面与保存条件纵向分带性讨论——以西藏伦坡拉陆相第三系盆地为例[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 773~776
 - 25 赵政璋, 李永铁, 费宝生. 青藏高原羌塘盆地石油地质[A]. 见: 赵政璋编. 青藏高原石油地质学丛书[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 355

TETHYAN PLATE STRUCTURES AND PETROLIFEROUS BASINS IN THE QINGHAI TIBET PLATEAU

FU Xiao yue

(South Company of Oil & Gas Exploration And Development, SINOPEC, Kunming Yunnan 650200, China)

Abstract: The Tethys in the Qinghai Tibet Plateau is a complex structural system which is formed by multiple collisions and coherences of five crustal blocks and three plate sutured belts. Due to strong inner continental convergences since the Cenozoic, the Tethys in the Qinghai Tibet Plateau presently has the structural kinematic features of two structural knots, three convergence boundaries and two great shear belts. The strong convergence of boundaries combined with inner continental uplifting, compression shearing and extension-stripping led to a complex and uniform kinematic system, characterized by a thick and hot

(to be continued on page 524)

stage of reservoir management and development in maturing oil fields, and this is related to the study on reservoirs heterogeneity. The fundamental reason of all these results is the mechanisms forming depositional sandbody depositional processes. The relationship between depositional process and response of reservoir heterogeneity is for the geologists and petroleum engineers to resolve. Based on the previous research, 8 major depositional processes (vertical accretion, progradation, lateral accretion, overbank accretion, sieve accretion, winnowing accretion, channel filling, and turbidity deposition) have been defined and the sedimentary features, reservoir characteristics, architecture, log and seismic responsibility of the sediments formed mainly by these depositional processes have been described in detail, in order to get a better understanding of reservoir heterogeneity and occurrences of residual petroleum on clastic rocks and to provide basis for analyzing genetic mechanism.

Key words: sweep efficiency; residual oil; heterogeneity; spatial stacking pattern of sandbody; reservoir characterization; depositional processes

(continued from page 516)

crust. The petroliferous basins in the Qinghai Tibet Plateau can be divided into three basic types as the marine compound basin, the superposed basin of marine and continent and the continental overlapped basin etc. These basins have some notable features such as high geothermal field, low formation pressure, tight reservoirs, deep oxidized hydrocarbon boundaries and so on, which were resulted from impressions brought about the re combinations and overriding of multiple petroliferous strata, the reconstruction of multiple structural movements and the activities of hot magma.

Key words: structural knot; convergence boundary; shear system; sutured belt; block; petroliferous basin; plate structure; the Tethys in the Qinghai Tibet Plateau

《石油实验地质》影响因子大幅提升

据中国科学技术信息研究所最新公布的 2004 年中国科技期刊引证报告, 由中石化石油勘探开发研究院主办、无锡实验地质研究所承办的《石油实验地质》期刊影响因子为 0.741, 比去年提高了 0.189, 在全国 30 种“地质科学类”期刊中列第 14 位, 在 1 576 种中国科技论文统计源期刊中列第 133 位; 总被引频次为 574, 比去年提高了 252, 在全国 30 种“地质科学类”期刊中列第 9 位, 在 1 576 种中国科技论文统计源期刊中列第 262 位。这表明, 该刊的学术地位与学术影响力日益提高, 越来越受到我国地学界及广大读者的关注与厚爱。

中国科技期刊引证报告, 是中国科学技术信息研究所受国家科技部的委托, 从 1987 年开始对中国科技人员在国内外发表的论文数量和被引用情况等进行分析, 从而评价出期刊的学术水平、学科地位、编辑状况、交流范围以及读者满意程度。影响因子和总被引频次是两个国际通行的期刊评价指标。通过期刊的影响因子排序表和总被引频次排序表可确定该期刊在同类期刊中所处的位置, 从而对该期刊的学术影响力和学科地位进行评价和评估, 是确定核心期刊的重要指标。

(杨建超)