

西藏措勤盆地的上古生界—下中生界： 潜在的油气沉积建造

纪占胜, 姚建新, 武桂春

Ji Zhan-sheng, YAO Jian-xin, WU Gui-chun

中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

摘要:新的地层和古生物学研究结果表明,措勤盆地在晚古生代—早中生代不存在长达75Ma以上的沉积间断,其中,晚二叠世—晚三叠世诺利期都是海相碳酸盐岩地层,晚三叠世瑞替期—早中侏罗世为陆缘碎屑岩地层,两者之间为角度不整合接触。措勤盆地在晚二叠世—晚三叠世诺利期一直处于海相碳酸盐岩盆地中,晚三叠世瑞替期—早中侏罗世仍然是接受巨厚沉积的低洼地区。从宏观的油气勘探的战略评价角度看,措勤盆地在二叠世—晚三叠世诺利期的海相碳酸盐岩地层具有生油层的性质,上三叠统瑞替期—中下侏罗统具有盖层的性质,两者之间的角度不整合具有储集层的性质。措勤盆地中二叠统—下侏罗统构成一个油气的有利勘探层系,称为古格层系。

关键词:西藏;措勤盆地;上古生界;下中生界;古格层系;互換构造域;油气勘探

中图分类号: P534.4; P534.5; P618.13 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2008)01-0036-28

Ji Z S, Yao J X, Wu G C. Upper Paleozoic—Lower Mesozoic in the Coqên basin, Tibet, China: A potential petroleum-bearing sedimentary sequence. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(1):36-63

Abstract: The latest stratigraphic and paleontological studies indicate that in the Coqên basin there was no >75 Ma sedimentary hiatus during the Late Paleozoic—Early Mesozoic. Among the deposits, marine carbonate rocks were deposited during the Late Permian to Late Triassic Norian and continental-margin clastic rocks were deposited during the Late Triassic Rhetian to Early—Middle Jurassic. They are in unconformable contact. The Coqên basin was a marine carbonate basin during the Late Permian to Late Triassic Norian and still a low-lying area that received very thick deposits during the Late Triassic Rhetian to Early—Middle Jurassic. In the context of the strategic evaluation of macroscopic petroleum exploration, the Middle Permian Qixiaian to Late Triassic Norian carbonate rocks in the basin have the properties of source rocks and the Late Triassic Rhetian to Early—Mid Jurassic clastic rocks have the properties of cover rocks; the unconformity between them has the properties of reservoir rocks. The Middle Permian—Lower Jurassic in the Coqên basin form a favorable sequence for petroleum exploration, which is named the Guge sequence.

Key words: Tibet; Coqên basin; Upper Paleozoic; Lower Mesozoic; Guge sequence; interchange tectonic domain; petroleum exploration

1 措勤盆地石油地质研究概况及存在的问题

1.1 石油地质研究概况

青藏高原夹持于塔里木、华北、扬子与印度刚性

地块之间,属于特提斯构造域中亚段的一部分,具备形成大、中型油气田的基本地质特征,是一个有勘探前景的有利区^[1],也是中国陆上未来油气资源的战略选区之一^[2-3]。其中,羌塘盆地的油气远景最好^[4-16],

收稿日期:2007-03-26;修订日期:2007-10-17

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:40772023、40502004和40572018)、中国地质调查局项目(编号:200313000054、1212010561605和1212010611702)、中石化项目《藏北戈木错盆地及其相关地区基本石油地质条件研究》和中国地质科学院地质研究所项目《西藏措勤盆地中二叠统—下侏罗统古生物研究》资助。

作者简介:纪占胜(1974-),男,博士,副研究员,从事地层学及古生物学方面的研究。E-mail: jizhansheng @ vip. sina. com

措勤盆地也有较好的油气远景^[5-9,11,16-17]。措勤盆地在面积、规模和生烃条件等方面是仅次于羌塘盆地的第二大盆地^[1]，早在1990年石油勘探家就对其进行了简略的定义和油气前景评价^[18]。21世纪初期，地质学家和石油勘探家对其进行了更为详细的石油地质研究^[5-9,11,16-17,19-21]。措勤盆地是根据中生代的中、上侏罗统和白垩系的出露范围圈定的盆地，处于西藏的中西部，跨措勤、班戈、申扎、改则、革吉、尼玛等县^[8]。在地质上，措勤盆地位于班公错—怒江缝合带和雅鲁藏布江缝合带之间的冈底斯—念青唐古拉地块（以下简称冈底斯地块）的中西段，北以班公错—怒江缝合带为界与羌塘地块相接，南以塔若错—查仓断裂为界与冈底斯岩浆弧相接，东以戈芒错—申扎断裂为界与比如盆地相邻，向西延至国境边界，盆地面积约 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[9]（图1）。

现将以往对措勤盆地的地质背景的研究和油气评价概述如下。①地层方面，从奥陶系到白垩系均有出露。奥陶纪—中二叠世均为海相地层，其中晚石炭世—早二叠世发育冰海相沉积。晚二叠世竖扎弄组为陆相地层。中生界缺失三叠系和下侏罗统，中、上侏罗统达雄群为砾岩、含砾砂岩、岩屑砂岩夹砂质页岩及火山凝灰岩。下白垩统为海相沉积，上统逐渐向陆相地层转化^[8]。地质学家和石油勘探家^[1,5-9,11,16-17,19-21]

对地层序列的认识基本相同，无重大差异。②盆地基底和盖层方面，认为盆地具有双层基底，前震旦系念青唐古拉群为结晶基底^[8-9]，但对褶皱基底的认识存在分歧，高瑞琪等^[8]认为褶皱基底是下古生界（奥陶系—志留系）的浅变质岩^[8]。在褶皱基底上，盆地盖层划分为4个构造层：泥盆系—上二叠统构造层、上三叠统构造层、中侏罗统—下白垩统构造层、上白垩统—古近系构造层。然而，王剑等^[9]认为二叠纪末的构造运动使古生界及以前的地层褶皱隆升为陆，形成了中生代措勤盆地的褶皱基底。③盆地演化历程方面，主要考虑中生代以来的地质演化历程^[1]（图2）。三叠纪—早侏罗世，措勤盆地主要受控于冈底斯古陆，地层缺失，为陆相剥蚀环境，构成此后形成的盆地的基底。中、晚侏罗世开始接受海陆过渡相沉积。在白垩纪—古近纪时期，措勤盆地成为冈底斯岛弧北侧的弧后盆地，早白垩世形成碳酸盐岩建造，晚白垩世又转化为海陆交互相或陆相沉积。④盆地性质方面，主要考虑中、晚侏罗世和白垩纪时期的盆地性质，存在多种认识^[9]。⑤盆地油气前景和有利勘探层系的评价方面，高瑞琪等^[8]认为，盆地周边的古生代地层有可能也具有一定的生烃能力，但在盆地内部，由于厚度巨大的中生代地层（ $>10000 \text{ m}$ ）曾将古生界深埋于地下，生烃能力已受到严重的影响。措勤

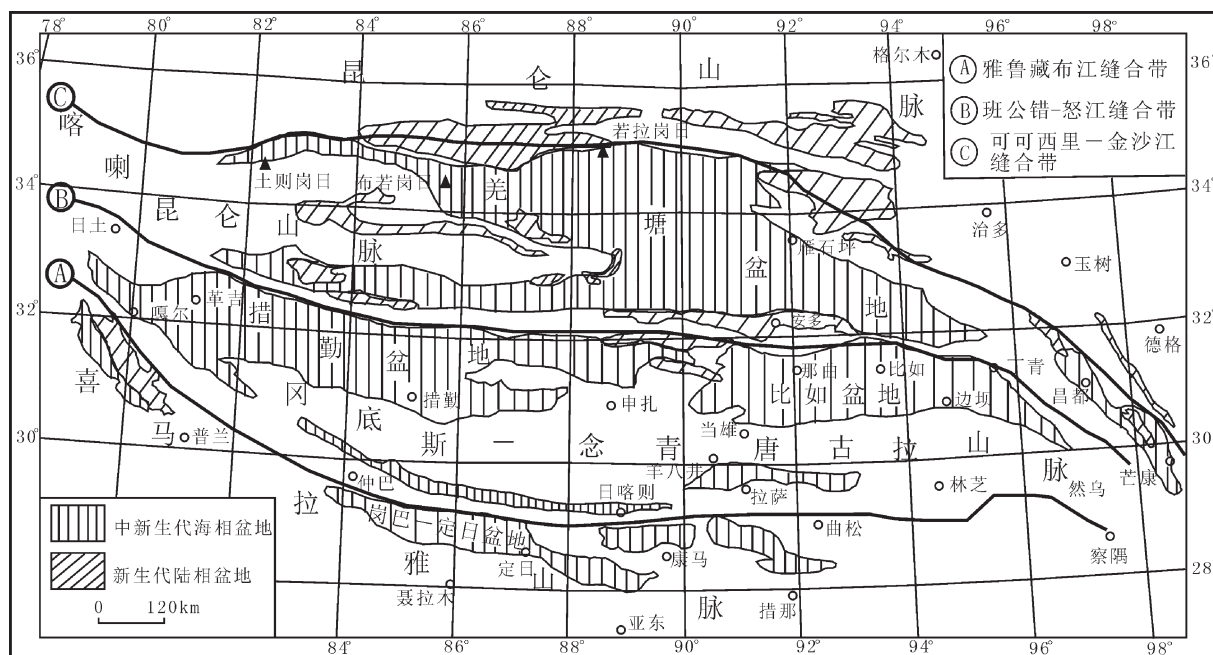


图1 措勤盆地位置示意图(参阅赵政璋等^[1]和王剑等^[9]的资料简化)

Fig. 1 Location map of the Coqên basin

盆地三叠系烃源岩层出露情况的资料较少,生烃强度尚不清楚^[1]。中生界烃源岩主要分布于下白垩统川巴组、多巴组和郎山组。下白垩统是目前唯一的有利勘探层系。其他地质学家和石油勘探家的观点相同^[1,5-7,9,11,16]。措勤盆地生烃量约为 16.24×10^{13} kg,油气远景资源量为 9.39×10^8 t,全部由下白垩统提供^[1](表1)。因此,措勤盆地油气勘探的主要方向在层系上主要考虑下白垩统,在空间上主要考虑措勤盆地西北缘下白垩统覆盖区。

1.2 存在的主要问题

青藏高原油气勘探和评价的整体战略思路是以中生代—新生代沉积盆地为主要研究目标,其中中生代盆地是最重要的勘探目标。根据赵政璋等^[1]的资料(表1),青藏高原中生界生烃量为 29948.78×10^8 t,占青藏高原总生烃量的78.55%,上古生界(昌都盆地)仅占总生烃量的21.26%。中生界有三叠系上统、侏罗系和白垩系下统三大套主要烃源层,上三叠统占中生界烃源层总生烃量的35.35%,侏罗系占28.96%,下白垩统占35.68%。虽然3套主要烃源层生烃量所占的比例几乎相当,但由于烃源层的演化程度和二次生烃的影响,油气远景资源量差别很明显,侏罗系占到中生界总资源量的63.6%,下白垩统占22.7%,上三叠统占12.8%。措勤盆地虽然综合排位处于第二位,但其远景油气资源量仅相当于羌塘盆地的18%,且全部由下白垩统提供。而羌塘盆地油气远景储量却都是由侏罗系和上三叠统提供的。为什么措勤盆地的侏罗系和三叠系对油气远景储量没有任何贡献呢?

青藏高原整体隶属于全球特提斯油气构造域,因此,青藏高原各个沉积盆地与特提斯构造域的含油气盆地的类比是战略评价的基本方法之一。但油气勘探家^[8]认为冈底斯地块北缘的措勤—比如盆地在特提斯构造域还无可类比的对象。为什么措勤盆地在特提斯构造域没有可类比的对象?

2 原有的地层认识限制了向下

寻找有利的油气勘探层系

(1)“上二叠统为陆相、三叠系和下侏罗统缺失”是目前的主流意见。仅以下4部重要的总结性专著就反映出上述地层学意见历史久远、影响广泛、迄今仍占据统治地

位。西藏地质矿产局^[21]1993年认为坚扎弄组的时代是早二叠世,达雄群的时代是中、晚侏罗世,其间上二叠统、三叠系和下侏罗统缺失,沉积间断的时间是100 Ma以上。夏代祥等^[23]1997年将坚扎弄组的时代提高到晚二叠世,下白垩统则弄群以下的三叠系和侏罗系仅以一个“?”表示约100 Ma的地层情况不明。赵政璋等^[19]2001年认为坚扎弄组的时代为中二叠世末期或者晚二叠世早期,但在地层柱状图中却没有表明其位置。同时,他们根据有孔虫和珊瑚化石,在中二叠世下拉组顶部划分出87 m厚的碳酸盐岩地层——桑穷组,作为晚二叠世地层的代表,沿用达雄群的中、晚侏罗世的时代意见。三叠系和下侏罗统缺失,沉积间断为75 Ma左右。中国地质调查局和成都地质矿产研究所^[24]2004年将坚扎弄组和敌布错组并列置于上二叠统,将接奴组的时代定为中、晚侏罗世。三叠系和下侏罗统缺失,沉积间断为75 Ma左右。

上述4部专著的共同点是:①认为含有夏岗江植物群的陆相碎屑岩地层(坚扎弄组和敌布错组)的时代是二叠纪,目前普遍趋于接受晚二叠世的时代意见;②认为三叠系和下侏罗统缺失,沉积间断约75 Ma或以上。这可以概括为一个地层学认识:“上二叠统为陆相,三叠系和下侏罗统缺失”。

(2)“古陆或弧背隆起剥蚀区”是上述地层学认识的衍生物。饶荣标等^[25]1987年指出:“在以前的一

表1 青藏高原主要盆地的油气资源量^[1]

Table 1 Petroleum resources in the main basins of the Qinghai-Tibet Plateau

盆地	层系	生烃量/ 10^8 t	远景资源量/ 10^8 t
羌塘盆地	侏罗系	4541	52.94
	上三叠统	5390	
措勤盆地	下白垩统	1624	9.39
比如盆地	下白垩统	9064	12.44
	中上侏罗统	3372	
	中侏罗统	763	
昌都盆地	上三叠统	5196	14.06
	上二叠统	4787	
	下石炭统	3318	
可可西里	新近系	75	0.75
合计		38129	89.58

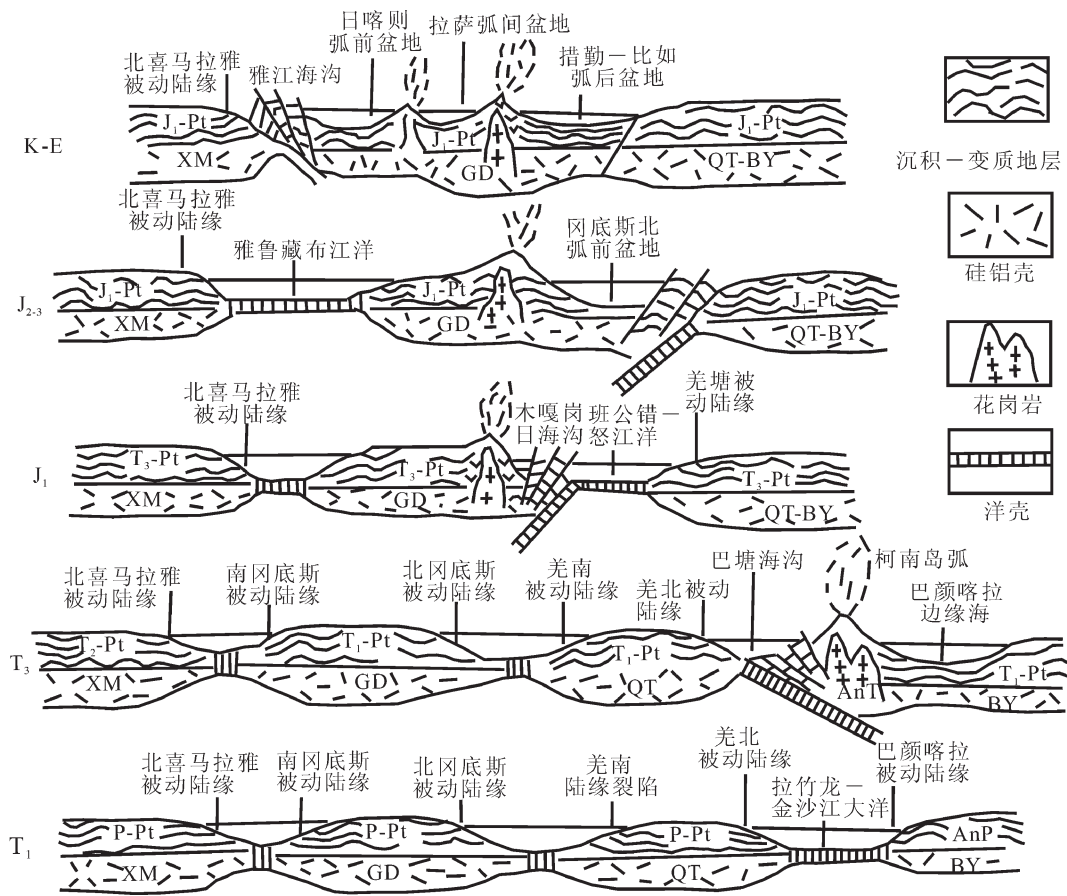


图2 青藏高原中新世的地质模型^[1]

Fig. 2 Meso-Cenozoic geological model of the Qinghai-Tibet Plateau

T₁—早三叠世; T₃—晚三叠世; J₁—早侏罗世; J₂₋₃—中、晚侏罗世; K-E—白垩纪—古近纪; Pt—元古宇;

AnP—前二叠系; P—二叠系; T₂—中三叠统; XM—喜马拉雅地块; GD—冈底斯地块;

QT—羌塘地块; BY—巴颜喀拉地块; QT-BY—羌塘-巴颜喀拉地块

些全国性或者区域性的古地理图集上,都将冈底斯-念青唐古拉地层区在三叠纪时期画出一个巨大的古陆,叫做唐古拉古陆。”刘增乾等^[26]1990年根据当时三叠系在冈底斯上很少发现,认为中二叠世地层与中侏罗世地层为不整合接触关系,因此,冈底斯存在一个从中二叠世末期开始,一直持续到早侏罗世,基本没有接受沉积的隆起区。蒋忠惕等^[1]1990年认为,在中—晚三叠世时期,冈底斯-念青唐古拉断块范围内是真正的陆地,缺失三叠系的沉积。西藏自治区地质矿产局^[22]1993年认为冈底斯西部的措勤-申扎地层分区存在早二叠世(坚扎弄组)和中、晚侏罗世(达雄群)之间的隆起。赵政璋等^[9]2001年认为,冈底斯-念青唐古拉地层区在早、中三叠世时冈底斯古陆依然存在,致使大部分地区未接受沉积,仅

其东南部的旁多地区继续为海水淹没。晚三叠世大片地域仍为冈底斯古陆所占据,仅在其北侧靠近班公湖-怒江构造带的革吉-班戈-比如一线和古陆南侧的旁多地区发育有晚三叠世沉积。赵政璋等^[9]和高瑞祺等^[8]2001年也都认为冈底斯地体的大部分地区缺失早—中三叠世沉积,为隆起剥蚀区。晚三叠世仍为广大的隆起剥蚀区,仅在南部地区沉积了一套具有相当厚度的火山岩系和浅海陆棚相碎屑岩、碳酸盐岩。翟光明等^[27]2002年认为,早、中三叠世沿着狮泉河—雄巴—措勤—申扎—嘉黎—玉仁—察隅一线存在一个冈底斯古陆,晚三叠世冈底斯古陆依然存在,但拉萨板块南部的被动大陆边缘出现了滨—浅海沉积。王剑等^[9]2004年认为,拉萨地块在晚古生代末期总体抬升,西部广泛暴露出水面,与南羌

塘及中央隆起带构成一个巨大的陆源剥蚀区。早、中三叠世沉积仅仅分布在东部的比如、旁多一带。自晚三叠世开始,整个青藏高原出现又一次广泛的海侵,并逐步扩大,地块南北两侧的洋盆相继打开。赵文津等^[15]2006年认为冈底斯在三叠纪时是古陆。潘桂棠等^[28]2006年认为冈底斯构造带在中二叠世末期—早侏罗世为弧背隆起区,以陆相剥蚀为主。

上述关于古地理和大地构造的认识可以概括为:包括措勤盆地在内的整个冈底斯地区在晚二叠世—早侏罗世是一个古陆,在大地构造上是一个弧背隆起区。其演化历史大致是:冈底斯在中二叠世末期开始隆升,海相碳酸盐岩(下拉组)沉积结束,晚二叠世成为海陆交互相或者陆相含植物化石的碎屑岩沉积(坚扎弄组/敌布错组),自三叠纪开始冈底斯成为大面积隆升出海平面的陆地剥蚀区,只有南北两侧的局部地区有零星的海相沉积,这个陆地一直持续到中侏罗世早期,此后才开始接受海陆交互相碎屑岩沉积(达雄群或者接奴组)。

(3)“措勤盆地晚古生代—早中生代无油气有利沉积建造”是上述地质学认识的必然结果。从2001年开始一直到2007年为止,石油地质学家^[15-9,16]在进行青藏高原中北部(主要为羌塘盆地和措勤盆地)的油气资源战略评价时,依据的大地构造模型和古地理、盆地演化模型(图2)都建立在“冈底斯地块的上二叠统为陆相,三叠系和下侏罗统缺失,古生代末期—中生代初期存在长达约75 Ma的沉积间断”的地层学认识的基础上。这个古地理模型暗含的意思是:①中二叠世形成的碳酸盐岩沉积盆地在随后的75 Ma期间长期暴露,失去了作为有利勘探目标的价值,因此措勤盆地的上古生界没有油气勘探价值。②三叠系—下侏罗统为陆相,无沉积盆地,因此也没有油气勘探价值。③中、晚侏罗世沉积分布区仅限于措勤盆地北部,为海陆交互相,缺乏大面积的、稳定的碳酸盐岩沉积,无太大的油气前景。④早白垩世才在措勤盆地北部出现有利于油气生成和聚集的大规模的碳酸盐岩沉积。⑤晚白垩世以来措勤盆地又以陆相沉积为主,不利于大规模的油气生成和聚集。因此,措勤盆地只有下白垩统1个最有利的油气勘探层系。

从上述分析可以看出,晚白垩世以来的整体陆相沉积背景是限制措勤盆地向上寻找有利勘探层系的障碍,“上二叠统为陆相,三叠系和下侏罗统缺失,曾经存在一个持续约75 Ma的古陆”的地层学和地质

学认识直接导致侏罗系、三叠系和二叠系不是油气勘探的有利目标,是限制措勤盆地向下寻找有利勘探层系的“瓶颈”。

3 地层的新发现为向下寻找油气勘探新层系奠定了基础

(1)措勤盆地的三叠系主体为稳定的海相碳酸盐岩地层,并非缺失。虽然中国地质学家目前普遍认为冈底斯地块西部缺失三叠系,但有一个三叠系存在的证据被长期忽略了,那就是王义刚等^[29]1981年在仲巴县麦拉附近的碳酸盐岩地层中发现的早三叠世菊石化石。这个资料仅饶荣标等^[25]在1987年引证过,是冈底斯地块三叠系为海相碳酸盐岩台地相沉积的西部地层学和古生物学证据。但后来的地质学家几乎就再也没有提及过这个资料,可能是认为相对于冈底斯西部偌大的空间范围,仅有这么1个位于冈底斯地块南侧、靠近雅鲁藏布江缝合带的孤立的“点”,并且顶底不全,仅有早三叠世海相地层存在,因此不足以否定大面积的、长期的沉积间断。

然而,新的证据表明:措勤盆地范围内的海相三叠系具有广阔的空间分布,并且海相沉积的时间不仅限于早三叠世。在措勤盆地西部,西藏地质调查院^[30]2005年在狮泉河地区新建立了中下三叠统满那勒组,并称发现了牙形石化石。随后,纪占胜等^[31]2007年在狮泉河左左乡原来的左左组白云质灰岩夹层中发现了早三叠世牙形石,进一步证明措勤盆地西部存在早三叠世海相沉积。措勤盆地中部,纪占胜等^[32]2006年在措勤县江让乡敌布错(湖)北缘的碳酸盐岩地层中发现了晚三叠世诺利期的典型牙形石——高舟牙形石,揭示了措勤盆地中部存在晚三叠世海相地层。随后,武桂春等^[33]2007年又在上述晚三叠世牙形石剖面1 km范围内的碳酸盐岩地层中发现了丰富的早、中三叠世的牙形石化石。至此,牙形石生物地层学研究证明了在措勤地区存在早三叠世—晚三叠世诺利期的海相地层。纪占胜等^[34]2007年提出冈底斯地块西部的海相三叠系自下而上的序列为:嘎仁错组、珠龙组和江让组(表2)。需要特别指出的是,措勤地区海相三叠系的发现地点恰好是原来地质学家和石油勘探家普遍认为的冈底斯古陆中心东、西一线陆相最发育的地带,是对以前三叠纪冈底斯古陆认识的最直接和彻底的否定。

(2)措勤盆地上二叠统为海相碳酸盐岩地层,而

表 2 冈底斯西部三叠系及其上下地层的划分沿革
Table 2 Historical review of the stratigraphic division of the Triassic and its overlying and underlying strata in the western Gangdise

资料来源	赵政章等 ^[19]		中国地质调查局和成都地质矿产研究所 ^[24]			本文	
地层分区	措勤		隆格尔—南木林	措勤—申扎	班戈—巴宿	措勤—申扎	
						南部	北部
侏罗系	上	达雄群	麻木下组	则弄群	拉贡塘组		
	中		缺失	接奴组	桑卡拉侖组 马里组		仁多组
	下	缺失		缺失		敌布错组/ 多布日组	竖扎弄组/ 多布日组
三叠系	上	缺失	缺失	多布日组	多布日组 确哈拉组		
	中					诺利阶	
				卞尼阶			
				拉丁阶			
	下	缺失	缺失	奥伦尼克阶 印度阶			
二叠系	上	桑穷组	敌布措组	竖扎弄组	木纠错组	桑穷组/木纠错组	
	中	下拉组	下拉组			下拉组	

非陆相碎屑岩地层。由于地层古生物学家认为含有植物化石的碎屑岩地层——竖扎弄组和敌布错组的时代为晚二叠世,所以地质学家普遍认为措勤盆地的上二叠统为陆相沉积。但目前有 2 点证据可以否定竖扎弄组和敌布错组的时代为晚二叠世:①牙形石生物地层学研究结果^[32-33]表明,敌布错组不整合面之下的“下拉组”的时代不是中二叠世,而是三叠纪,最晚可达晚三叠世诺利期。因此,敌布错组的时代应晚于晚三叠世诺利期,而不是晚二叠世。②竖扎弄组和敌布错组的孢粉学研究结果表明二者的时代为晚三叠世—早、中侏罗世^[35]。

否定了竖扎弄组和敌布错组的时代是晚二叠世,也就否定了措勤盆地晚二叠世沉积为陆相碎屑岩地层,并且还有地层和古生物学证据表明措勤盆地在晚二叠世为海相碳酸盐岩沉积。郭铁鹰等^[36]1991 年在改则夏岗江雪山地区发现了含有晚二叠世

珊瑚化石的灰岩滚石。陈清华等^[37]1998 年在改则县下(夏)东乡中二叠世下拉组顶部 87 m 处的地层中发现了晚二叠世的珊瑚和有孔虫化石,建立了晚二叠世桑穷组。程立人等^[38-39]2002 年在申扎地区发现了晚二叠世的珊瑚化石,建立了晚二叠世白云岩为主的木纠错组。纪占胜等^[31]2007 年在狮泉河地区发现了晚二叠世长兴期的舟形石。上述发现表明:措勤盆地西起狮泉河,经改则和措勤,东达申扎的广大区域内,上二叠统是海相碳酸盐岩,以桑穷组和木纠错组为代表(表 2)。

(3)措勤盆地下侏罗统并不缺失。前人认为竖扎弄组和敌布错组为同时代的地层^[24],敌布错组的时代晚于晚三叠世诺利期^[32-33]。同时,前人认为措勤盆地中、晚侏罗世地层为达雄群或者是接奴组,因此从地层学的角度推断,敌布错组的时代最可能是晚三叠世瑞替期—早侏罗世^[19,22,24]。从古生物学的角度,孢

粉学的研究表明坚扎弄组和敌布错组的时代为晚三叠世一早、中侏罗世^[35]。坚扎弄组和敌布错组在冈底斯地块中、西部地区具有广泛的分布^[35]。

上述的地层学和古生物学证据说明:①冈底斯地块西部海相三叠系分布广泛,在仲巴地区^[29]、措勤地区^[32-33]、狮泉河地区^[31]都有发现。措勤地区的发现^[32-33]表明,碳酸盐岩为主的海相沉积从早三叠世开始,一直持续到晚三叠世诺利期,在空间分布范围上已经超过了原来圈定的措勤盆地的范围。②措勤盆地晚二叠世海相沉积分布广泛,在狮泉河^[31]、改则^[36-37]、申扎^[38-39]等地都有发现。措勤盆地在晚二叠世时期不是陆相碎屑岩沉积,而是海相白云岩或碳酸盐岩沉积。③措勤盆地地下侏罗统并不缺失,坚扎弄组和敌布错组是其代表(表2)。上述认识可以归纳为:措勤盆地晚二叠世—晚三叠世诺利期为海相碳酸盐岩沉积,存在下侏罗统,措勤盆地在晚古生代末期—中生代早期不存在75 Ma或以上的沉积间断。

总之,上述认识突破了原来“上二叠统为陆相,三叠系和下侏罗统缺失”的认识,使得对古地理、古构造的认识发生了“从陆地到海洋,从弧背隆起区到沉积盆地”的转变。首先,含植物化石的碎屑岩地层——敌布错组(或坚扎弄组)的时代不是晚二叠世,晚二叠世沉积为浅海相碳酸盐岩地层(桑穷组),说明晚二叠世措勤地区是浅海碳酸盐岩沉积盆地,而非陆地。其次,三叠纪牙形石及其所在的碳酸盐岩夹硅质岩地层(嘎仁错组、珠龙组、江让组)说明早三叠世—晚三叠世诺利期措勤地区为海洋,中三叠世晚期—晚三叠世早期(珠龙组)的沉积环境更可能是深海。再者,晚三叠世瑞替期—早、中侏罗世沉积以敌布错组(或坚扎弄组)为代表,虽然其中含有植物化石,但有些剖面揭示的地层厚逾3000 m^[40],说明当时虽然结束了碳酸盐岩建造,接受了较多的陆源碎屑物质,但整体上仍然是接受了巨厚沉积的低洼地区,而非隆起剥蚀区。这些证据都在提示:措勤盆地所在区域在晚二叠世—三叠纪不是弧背隆起的陆地剥蚀区,而是海洋沉积盆地。

地层学和古生物学的新发现否定了措勤盆地在晚二叠世—早侏罗世存在一次使盆地建造遭破坏的构造事件,认为其处于相对稳定的盆地建造地质背景下。这就打破了原来制约措勤盆地向下寻找有利油气勘探层系的地层学认识的“瓶颈”。在理论上,下白垩统层系之下,至少还可能存在一套中二叠世—

晚三叠世诺利期的稳定的海相碳酸盐相盆地建造,与上覆的晚三叠世瑞替期—早中侏罗世碎屑岩地层构成一个潜在的油气勘探的有利目标层系。

笔者建议将中二叠统—下侏罗统层系暂时命名为“古格层系”。“古格”取意于公元9世纪至17世纪期间曾经长期雄踞西藏西部的一个名为古格的王国。其统治中心在扎达象泉河流域,北抵日土,最北界可达今天的克什米尔境内的斯诺乌山,南界达印度,西邻拉达克(今印占克什米尔),最东面势力范围一度达到冈底斯山麓。300年前,古格王朝突然由盛而衰,瞬间消失于茫茫沙海,狮泉河地区现在仍保留着古格王国恢宏的遗址和遗物。古格王朝曾为西藏的经济和文化发展做出了不可磨灭的贡献,笔者将中二叠统—下侏罗统层系命名为古格层系,也是寄希望于这个层系能够为西藏的油气勘探事业做出重要贡献。

措勤盆地是以中生代白垩系为主要勘探目标的盆地,古格层系无论在时间上还是空间上都和原始定义的措勤盆地有所不同。古格层系所代表的原生盆地建造由于尚未开展详细的区域地质调查而无法圈定其准确的盆地范围。如果将来石油勘探家认为有必要开展针对古格层系的油气地质调查工作,那么可以将以古格层系为主要勘探目标的盆地命名为“古格盆地”,这样既保持了原来措勤盆地资料的系统性和完整性,又便于开展新的石油地质工作,省却了很多不必要的讨论。由于目前在冈底斯地块西部仅划出了措勤盆地,所以本文暂时借用“措勤盆地”进行叙述和讨论。

古格层系在本文中是指分布在西藏西部,主要是冈底斯地块西部的中二叠统—下侏罗统构成的潜在的油气有利勘探层系。其生储盖的基本特征是:早二叠世末期空谷期(275 Ma)—晚三叠世诺利期(203 Ma)(地层以下拉组、桑穷组、嘎仁错组、珠龙组、江让组为代表)长达约72 Ma的沉积都是较为稳定的海相碳酸盐台地建造,持续时间大于中生代的下白垩统海相碳酸盐岩沉积建造(约45 Ma)。其中,中二叠世下拉组生物化石丰富,早期为特提斯暖水—冈瓦纳冷水混生生物群,中晚期为典型的特提斯暖水生物群。新发现的三叠纪牙形石化石非常丰富,也都是典型的特提斯暖水生物群,说明中二叠统和三叠系具有良好的生油潜力,具有生油层的性质。上覆的敌布错组(或者坚扎弄组)为海陆交互的砂页岩及砾岩的沉积建造,地层厚度大于830 m^[41],最厚

超过3000 m^[40],具有盖层的性质。生油层和盖层之间构成角度不整合接触关系,沉积间断的时间并不是很长,并且敌布错组(或者坚扎弄组)底部多发育粗碎屑岩(砾岩或者砂岩),具有储集层的性质。

4 中二叠统一下侏罗统层系是特提斯构造域的重要含油气层系

古格层系是否有油气前景、是否值得进一步工作呢?要想回答这一问题,首先要了解具有大致相同地质背景的已知油气区同一时代层系的油气勘探和生产现状。按照原来措勤盆地是在“晚二叠世—早侏罗世时期是一个沉积缺失的古陆或者弧背隆起区”上发展起来的中生代中晚期的弧后盆地的认识,石油勘探家在特提斯构造域很难找到可类比的对象。这是因为在特提斯构造域,特别是在中东和西亚地区,都没有经历晚二叠世—早侏罗世的造弧或者造陆事件,主要表现为稳定的海相沉积建造。然而基于新的地层结构、古地理和古构造背景的认识,措勤盆地可以和特提斯构造域的许多地区进行对比。

地层和古生物群的对比是远距离区域对比的最客观、最基础、最直接的方法,大地构造背景、沉积古地理背景、盆地演化阶段的对比都是建立在地层和古生物群对比的基础之上、经过主观综合加工的更高层次的方法。要想实现措勤盆地与特提斯构造域其他地区的对比,首先要把握措勤盆地正确的、特征明显的地层和古生物群的特征。长期以来,许多地层古生物学家为查清措勤盆地所在的冈底斯地块的地层和古生物群的特征做出了奠基性的重要贡献,笔者在近期的有关论文中详细引证过,限于篇幅,本文不再详细引述。

措勤盆地晚古生代—早中生代的地层序列和古生物群特征可以简要地概括如下:①晚石炭世—早二叠世发育冰海相碎屑岩夹灰岩沉积^[42],含典型的亲冈瓦纳生物群的腕足动物群,混杂特提斯类型的腕足分子^[43],还含有低丰度和低分异度的特提斯类型的牙形石化石^[44];②早二叠世—中二叠世之交,冈瓦纳相碎屑岩沉积结束,亲特提斯相的碳酸盐岩沉积开始,早期发育冈瓦纳—特提斯混生生物群,中晚期发育典型的特提斯相暖水动物群^[31],晚二叠世仍然为碳酸盐相和白云岩相沉积,含特提斯相生物群^[31];③三叠系基本连续沉积在二叠系之上,早三叠世早期—晚三叠世诺利期一直都是海

相碳酸盐岩沉积,发育特提斯型生物群^[31-34];④晚三叠世—早侏罗世发育海陆交互相或陆相碎屑岩沉积^[32],发育亲华夏植物群的大化石^[45]或冈瓦纳—华夏混生植物群的大化石^[41,46],微古植物化石也表现出亲华夏植物群的性质^[35]。

南面的冈瓦纳大陆、中间的特提斯海(或洋)和北面的欧亚大陆是青藏高原晚古生代以来涉及到的三大古地理学要素。“晚石炭世—早二叠世含亲冈瓦纳相冷水动物群的冰海相碎屑岩、中二叠世—晚三叠世早期含亲特提斯相暖水动物群的碳酸盐岩、晚三叠世晚期—早侏罗世含亲华夏植物群特征的碎屑岩”这种三段式的地层结构特征是比较特提斯构造域已知油气区与措勤盆地亲缘关系远近的基本原则。

确定了对比原则后,就要考虑具体与哪些国家和地区进行对比。措勤盆地所在的冈底斯地块大致位于前人划分的基墨里大陆^[47-51]、互换构造域^[52]和中间过渡陆块^[53]中段的南部。特别要指出的是,黄汲清先生长期从事地层学、古生物学和大地构造学研究,对亚洲的地质情况有着深刻的见解,是国内外公认的二叠系研究专家,是中国二叠系三分的最早的倡导者之一,为中国东部油田的发现做出了卓越的贡献。黄汲清先生晚年在特提斯研究方面,以二叠纪和三叠纪为主要时间片断,以西藏为主要讨论对象,以数十年对中国及周边地区的雄厚的地质研究成果为背景,开创性地提出了“互换构造域”的光辉思想(图3)。笔者在近年来的实际工作中和对国内外著作学习的过程中,越发觉得“互换构造域”的思想与笔者在青藏高原北部观察到的地质现象符合程度最大,是以活动论的观点动态地解释青藏高原北部构造演化问题、指导措勤盆地和羌塘盆地油气勘探评价的重要思想。

措勤盆地晚石炭世—早侏罗世的“三段式”地层和古生物群特征直观地反映了其经历了从冈瓦纳大陆北侧被动大陆边缘的碎屑岩沉积体系,经特提斯广海的碳酸盐岩沉积体系,最后到欧亚大陆南缘被动大陆边缘的碎屑岩沉积体系的“三段式”宏观转化历程。这种基于实际资料得来的地层、古生物群的特征和推导出的对冈底斯地块演化历程的认识,完全符合黄汲清先生当年提出的“互换构造域”的思想。因此,本文主要以“互换构造域”的思想为指导,探讨措勤盆地和羌塘盆地的二叠纪、三叠纪的地质背景和油气勘探前景。

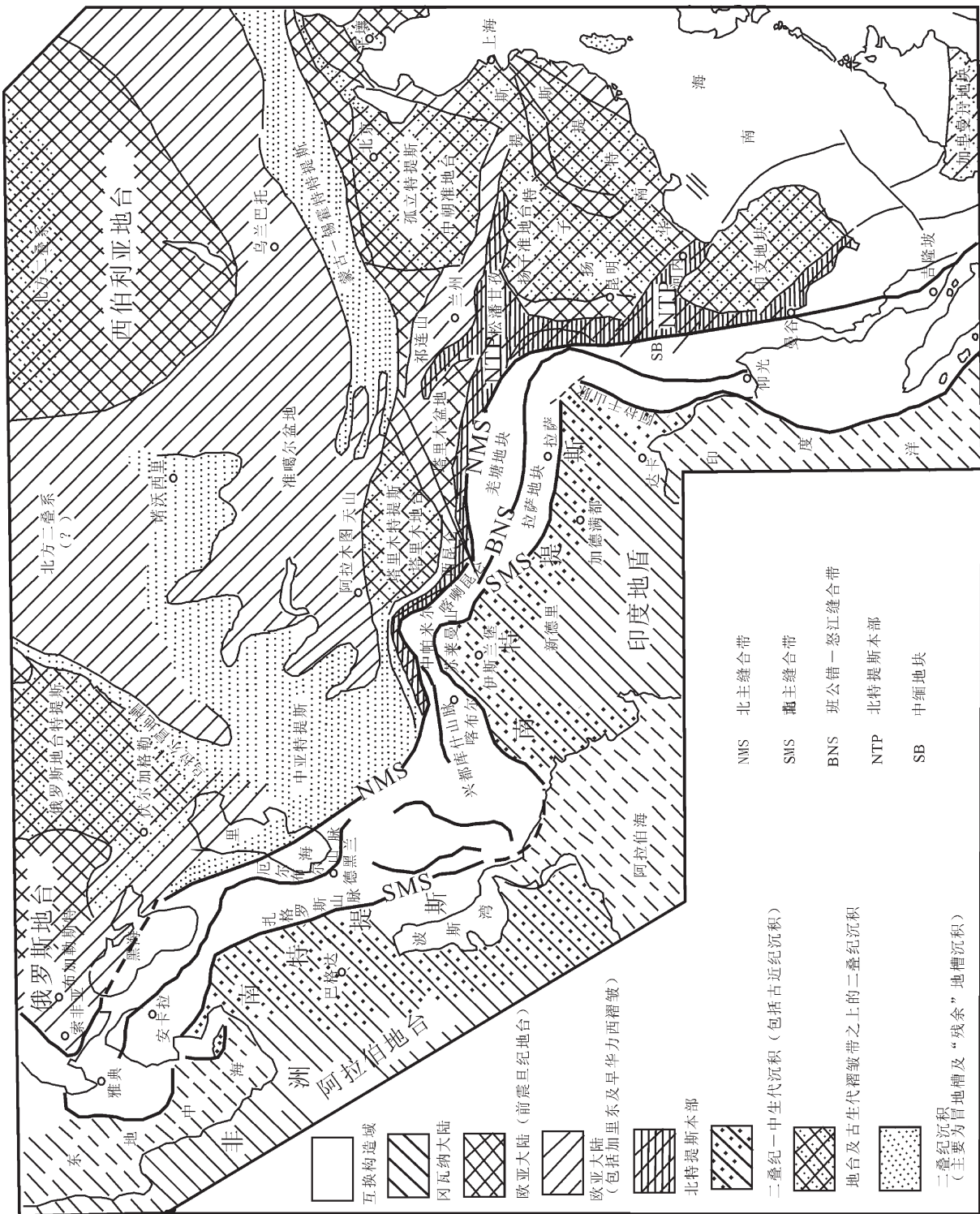


图3 特提斯各地质单元示意图 Fig. 3 Schematic map showing tectonic units of the Tethys

由于冰海相沉积和冷水动物群的显著特征,国内外地质学家对早二叠世冈瓦纳大陆北缘的古地理格局认识基本一致。黄汲清等^[52]指出,西藏(龙木错—玉树缝合带以南,包括羌塘块体、冈底斯块体和喜马

拉雅块体)在早二叠世与特提斯西段的土耳其、伊拉克、伊朗、阿富汗、巴基斯坦和特提斯东南段的中缅地块(西布马苏地块)、印度尼西亚、新几内亚共同构成冈瓦纳大陆北缘朝向特提斯大洋的“南特提斯”边

缘浅海(图4)。尹集祥^[53]进一步以班公湖-怒江断裂带一线为界,细分为受冈瓦纳相影响显著的南区和影响较弱的北区。冈底斯块体(拉萨地块)位于南区,与特提斯西段的土耳其、伊朗、阿富汗中南部、南帕米尔、喀喇昆仑、赫尔曼德块体和特提斯东南段的西缅甸块体、保山-西布马苏块体进行对比。詹立培等^[49]认为申扎地区的腕足动物群可以和巴基斯坦盐岭、克什米尔、阿富汗中部、中国滇西、泰国南部、帝汶岛、澳大利亚西部的腕足动物群进行对比。上述研究基本指明了措勤盆地需要对比的国家和地区。

中二叠世以来,互换构造域(国外学者所称的基墨里大陆)整体表现为向北漂移、与冈瓦纳大陆分离之势^[51](图5)。青藏高原北部仍与互换构造域的其他地区保持着同样的地质演化背景。

这些地区可以大致分成中东-西亚、东南亚、澳大利亚西部3部分。以下分别介绍有关国家和地区的中二叠统一下侏罗统层系的石油勘探和生产现状,相关的油气勘探和开采资料全部来源于童小光等^[54-55]、李国玉等^[56]的文献,部分国家的地层情况参考了中国地质科学院亚洲地质图编图组的文献^②。

4.1 中东和西亚

中东和西亚位于阿拉伯板块的北缘。阿拉伯板块原为冈瓦纳古陆的一部分,在二叠纪—侏罗纪时期一直隶属于冈瓦纳大陆北缘的特提斯海区,始新世前后与欧亚板块碰撞,形成西起伊兹密尔、东达阿曼湾3000 km(在中东部分西起土耳其托罗斯山脉以北(?以南),向东经扎格罗斯山脉以北,包括克罗卢-厄尔布尔士褶皱带)的环阿拉伯缝合带,缝合带北侧的里海、厄尔布尔士和中伊朗一带属于欧亚板块的边缘,又称北特提斯地槽;缝合带南侧的托罗斯褶皱带、东地中海和扎格罗斯褶皱带则属于阿拉伯板块的边缘,称为南特提斯地槽。在托罗斯-扎格罗斯褶皱带西南侧是有前寒武系结晶岩基底的阿拉伯地盾。地盾和褶皱带之间是地台前缘和山前拗陷组成的巨厚沉积区,是世界上油气资源最丰富的波斯湾油气区。阿拉伯盆地位于扎格罗斯盆地的南侧,是一个相对稳定区,盆地沉积岩厚约5000 m,基底由前寒武系结晶基岩组成,上覆古生代、中生代和新生代地层。中东地区的油气储量和资源大部分发现于阿拉伯盆地,盆地的古生界—中生界地层序列是最丰富的油气产层,而大规模的非伴生气则储集于中阿拉伯和东阿拉伯的古生界中。阿拉伯地台东

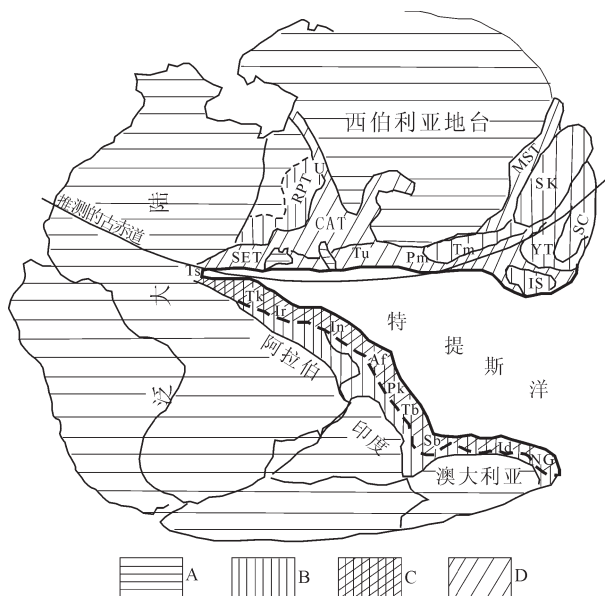


图4 早二叠世特提斯分布略图^[52]

Fig. 4 Distribution of the Early Permian Tethys tectonic domain

A—大陆或地台区;B—前震旦纪地台及地块上的沉积区;
C—将来的互换构造域(与基墨里大陆区大致相当);D—地槽或次稳定沉积区。北特提斯:RPT—俄罗斯地台特提斯;U—乌拉尔冒地槽;SET—南欧特提斯;CAT—中亚特提斯;Tu—图兰;Pm—北帕米尔;Tm—塔里木特提斯;MST—蒙古-锡霍特特提斯;SK—中朝准地台;YT—扬子特提斯;SC—华南特提斯(加里东褶皱之上);IS—印支地块。南特提斯:Ts—突尼斯;Tk—土耳其;Ir—伊拉克;In—伊朗;Af—阿富汗;Pk—巴基斯坦;Tb—西藏;Sb—中缅地块;Id—印度尼西亚;NG—新几内亚

缘,三叠系是重要的油气产层。

阿拉伯盆地又可划分为若干个次盆地。①鲁卜哈利(Rub al Khali)次盆地位于阿拉伯陆上和海域,包括沙特阿拉伯、卡塔尔、阿联酋、伊朗、阿曼和也门等国的部分地区,属于多旋回内克拉通到环克拉通型次盆地。盆地内储层的时代从晚石炭世到中新世,盆地西半部有大量厚的古生代层段未测试过。②中阿拉伯区(Central Arabian Province)位于阿拉伯陆上及海域地区,包括沙特阿拉伯、卡塔尔、巴林、中立区、科威特、伊拉克和伊朗的部分地区,盆地类型为大陆聚敛边缘多旋回盆地。盆地内最大沉积厚度约为12 km。中阿拉伯区是世界上油气最丰富的地区,产层以侏罗系和白垩系为主,此外还有古生界、三叠系、新生界等。③西阿拉伯地区(Western Arabian Province)位于阿拉伯陆上,包括伊拉克、约旦、黎巴

嫩、沙特阿拉伯和土耳其等国的部分地区,其中巴拉米槽地的三叠系Mulussa组海相石灰岩和白云岩是重要的储层。扎格罗斯盆地是中东地区的第二大盆地,是一个狭长的前陆盆地。盆地位于阿拉伯盆地的东北侧,在地史上该地区曾长期稳定下沉并接受沉积,形成古生界、中生界、新生界最厚可达12 km的沉积岩,二叠系和三叠系以海相碳酸盐岩为主。以下介绍几个国家晚古生代—早中生代的地层发育特征和油气勘探、生产情况(图6)。

(1)土耳其。土耳其主体位于欧亚板块阿尔卑斯造山带,其东南部是扎格罗斯山前褶皱带的组成部分。主要油气田集中在东南部地区的扎格罗斯盆地中,产层从古生界奥陶系至古近系古新统,主要产层为中、上白垩统和古生界。因此,土耳其东南部的地层和地质情况是我们重点需要了解的情况。土耳其东南托罗斯山脉缺失中、下石炭统,上石炭统为含煤的碎屑岩沉积。土耳其西部南端安塔利亚地区有中

二叠统灰岩,东部陶鲁斯造山带的卡腊苏河、埃拉泽地区下二叠统为片岩和石英岩,中、上二叠统为很厚的灰岩。土耳其东部的上二叠统不整合在石炭系陆相沉积之上,下部为15~20 m厚的碎屑岩地层,含晚二叠世属于欧亚大陆大羽羊齿植物群的大孢子化石,上部为250 m厚的含腕足类(长身贝)、夹褐煤的含藻灰岩和含石膏的粘土层。其上为含双壳类的三叠系。三叠纪时期土耳其开始海侵,西部和西北区晚三叠世或以后才开始海侵,多以不整合超覆在古老地层之上,东南部地区深钻孔中有厚约1000 m的白云岩,含石膏结核及泥质灰岩、黄铁矿页岩、鲕状或豆状灰岩,与伊拉克、叙利亚等深钻孔揭示的三叠系—侏罗系相对比。土耳其南面的叙利亚、约旦、黎巴嫩等地区三叠系都有相当的代表,概括起来有如下的特点。约旦北部和叙利亚南部三叠系可以三分:下部为碎屑岩相,中部为泥灰岩、灰岩和白云岩相,上部为盐类沉积相。叙利亚、伊拉克、土耳其东南等隆起区,下部碎屑岩不发育,上部沉积发育。上述2个地区之间的地区也可二分,下部为碎屑岩及灰岩、白云岩相,上部为盐类沉积及部分泻湖相沉积。晚三叠世整个地区普遍抬升,造成广泛的沉积间断。在土耳

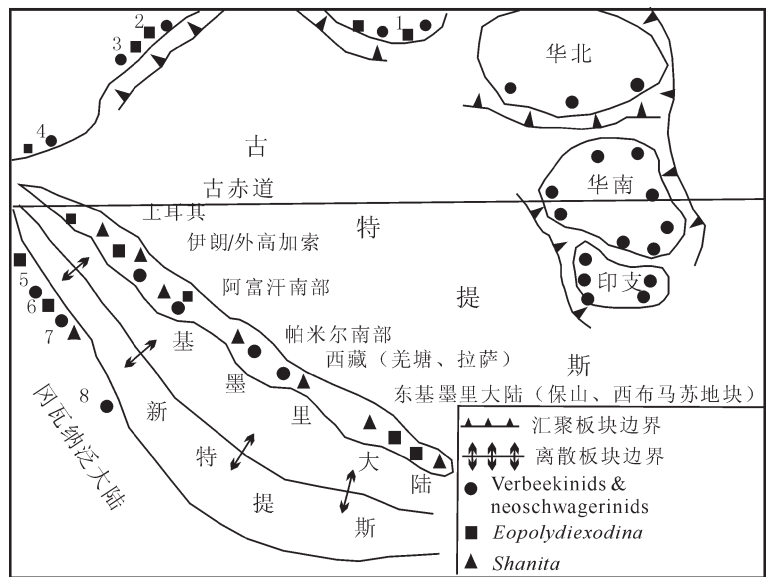


图5 中二叠世特提斯构造域古地理恢复框架图^[4]

Fig. 5 Paleogeographic reconstruction

of the Middle Permian Tethys tectonic domain

1—昆仑和青海;2—北帕米尔;3—北阿富汗;4—克里米亚;5—Hakkari (土耳其东南部);6—扎格罗斯;7—阿曼;8—盐岭(巴基斯坦)

其东南各处,侏罗系同三叠系一样,仅见于深钻孔,地面没有出露。在安卡拉北区,侏罗系下统有底砾岩,有泥灰岩、砂岩、灰岩,含菊石和箭石,部分沉积为复理石相,古生物学研究显示其时代为早侏罗世(里阿斯期)。安卡拉西北,在古生代的结晶片岩之上覆盖着侏罗系安山岩,侏罗系下部为厚层灰岩,古生物研究表明其为中上侏罗统。其他地区的下侏罗统则主要是灰岩。

土耳其的石炭纪—早侏罗世的地层情况表明:土耳其在晚石炭世—早二叠世位于冈瓦纳大陆上,沉积间断或者陆相地层发育,中二叠世开始海侵,形成特提斯相碳酸盐岩建造,发育筳类化石,晚二叠世在北部地区出现含有亲欧亚大陆植物群的孢粉组合的海陆交互相或者陆相沉积;三叠纪海侵,早期海水深度很浅,蒸发岩发育,经历中三叠世海侵和晚三叠世海退的过程,早侏罗世时期在西北部地区出现底砾岩,但大范围则是海相碳酸盐岩沉积建造。

措勤盆地与之相比,既具有相似性,又有不同之处。在晚石炭世—早二叠世阶段都受冈瓦纳大陆的控制,土耳其地区更为明显,这一时期地层多表现为沉积间断和陆相,而措勤盆地更接近特提斯海浅海

沉积区,发育冰海相碎屑岩沉积和冷水腕足类海相动物群;中二叠世两者同时经历海侵,出现特提斯相含暖水生物群的碳酸盐岩沉积;晚二叠世都经历了海退过程,但土耳其西部的中、北部地区,由中二叠世的浅海碳酸盐岩转变为海陆交互相或者陆相含煤碎屑岩沉积,而措勤盆地在晚二叠世时期为泻湖相白云岩或者灰岩沉积,土耳其西南部以北的中二叠世、晚二叠世和三叠纪的地层序列、古动物群和古植物群的特征更接近于措勤盆地以北的羌北盆地南缘双湖附近的热觉茶卡剖面所展示的特征。而措勤盆地似乎也经历了早三叠世初期的海退过程,在西部的狮泉河地区表现较为明显,由晚二叠世的浅海碳酸盐岩沉积转变为早三叠世的泻湖相白云岩沉积,但在措勤附近表现不明显,可能的上二叠统和下三叠统都为连续的碳酸盐岩沉积。中三叠世—晚三叠世早期措勤盆地经历了海侵过程,在措勤附近表现为碳酸盐台地向盆地相的转变。晚三叠世诺利期末期发生海退,碳酸盐岩沉积结束,出现晚三叠世瑞替期—早中侏罗世的含植物化石的碎屑岩沉积。措勤盆地与土耳其相比,三叠纪时期的海水深度普遍要深。早侏罗世措勤盆地与土耳其相比显得有些扑朔迷离,粗略地看,土耳其早侏罗世地层的特征似乎表明当时的总体古地貌特征为北高南低,而措勤盆地是原来认为早侏罗世为沉积缺失的陆相环境,但如果将敌布错组和坚扎弄组的时代都置于晚三叠世晚期—早侏罗世,从笔者观察的情况看,措勤盆地北面的坚扎弄组向上更多地表现为滨浅海相含植物化石的碎屑岩沉积,而中部的敌布错组沉积物更细、植物化石相对稀少,似乎也表现出北高南低的古地貌特征,这个问题需要以后详细研究,再做讨论。从目前的宏观情况来看,措勤盆地早侏罗世为碎屑岩沉积,而土耳其地区更发育碳酸盐岩沉积。

通过对土耳其地区与中国措勤盆地和羌塘盆地的二叠纪—早侏罗世地层序列的对比,笔者推测土耳其东南部地区的大地构造背景与措勤盆地相同或相近。因此,土耳其东南部的油气勘探情况在一定程度上可以给我们提供借鉴。土耳其在中二叠世和三叠纪海侵阶段形成的以海相碳酸盐岩为主的地层都产出油气(图6-(1))。土耳其东南部地区二叠系的Hazro组(岩性主要是砂岩、页岩和灰岩)构成一个完整的生储盖组合。未分的侏罗系—三叠系Cudi群的岩性为白云岩、灰岩夹蒸发岩地层(500~1000 m),是

油气的重要储层。三叠系的Ari1组是储集层。

(2)伊拉克。伊拉克西南部主要位于阿拉伯地台区,北缘为扎格罗斯冲断带(碰撞带),东北部为扎格罗斯山前褶皱带。伊拉克的油田主要分布在扎格罗斯盆地,在阿拉伯盆地也存在一些重要的油田。除褶皱带东北缘出露古近系外,伊拉克大面积为新近系和第四系覆盖,沉积岩厚度8000 m以上。扎格罗斯盆地的古近系相对较发育,为伊拉克最重要的油气产层,白垩系也是主要产层。伊拉克的大部分油气勘探在白垩系以上的地层中进行,但较深的侏罗系和三叠系含油层段可能有相当大的油气资源量,特别是在尚未勘探的西部沙漠地区。目前仅知道伊拉克北部三叠系以来的地层情况,三叠系下统为200 m厚的Mirgamir组白云岩,中统为330 m厚的Beduh组和Gfikhana组泥岩,上统下部为600 m厚的Chine组和Klrra组灰岩,上统上部为Baluti组泥岩。整个侏罗系主要以灰岩、泥岩、白云岩为主。

从三叠系的地层序列看,似乎也经历了中三叠世海侵、晚三叠世晚期海退的过程,这与措勤盆地三叠纪的整体演化趋势相同,不同之处是措勤盆地的海水深度要深于伊拉克地区。措勤盆地侏罗系下统主要是含植物化石的碎屑岩,而非灰岩。

伊拉克主要开采白垩系以来的地层中的油气,侏罗系也有一定产出,三叠系只有少量开采。伊拉克北部的布特迈(Butmah)油田(图6-(2)),中上三叠统Kurra Chine灰岩为储层,产少量轻质油,上统上部为Baluti组泥岩,构成区域盖层。古生代地层深埋于地下,基本没有动用,无油气开采的资料。

(3)伊朗。伊朗位于古特提斯及其两侧的欧亚大陆和冈瓦纳大陆。两大陆的古生界和三叠系都为稳定的克拉通沉积,其西南侧的扎格罗斯海槽连续沉积了直到新近纪的海相灰岩和页岩,至上新世—更新世发生了褶皱。在扎格罗斯冲断层的东北侧,自寒武系至三叠系为浅海、泻湖和陆相沉积,各层系之间均为整合接触关系。三叠纪末期的构造运动导致古特提斯海闭合,以后的沉积以陆相为主,其后受多次构造运动的影响,中、古生界发生轻微变质及岩浆的侵入、喷发。扎格罗斯山前褶皱带沉积岩厚达11 km以上,为伊朗丰富的石油天然气资源的形成奠定了物质基础。

伊朗全境大致可以分为9个大地构造单元:阿拉伯盆地、扎格罗斯前陆褶皱带、扎格罗斯冲断层带

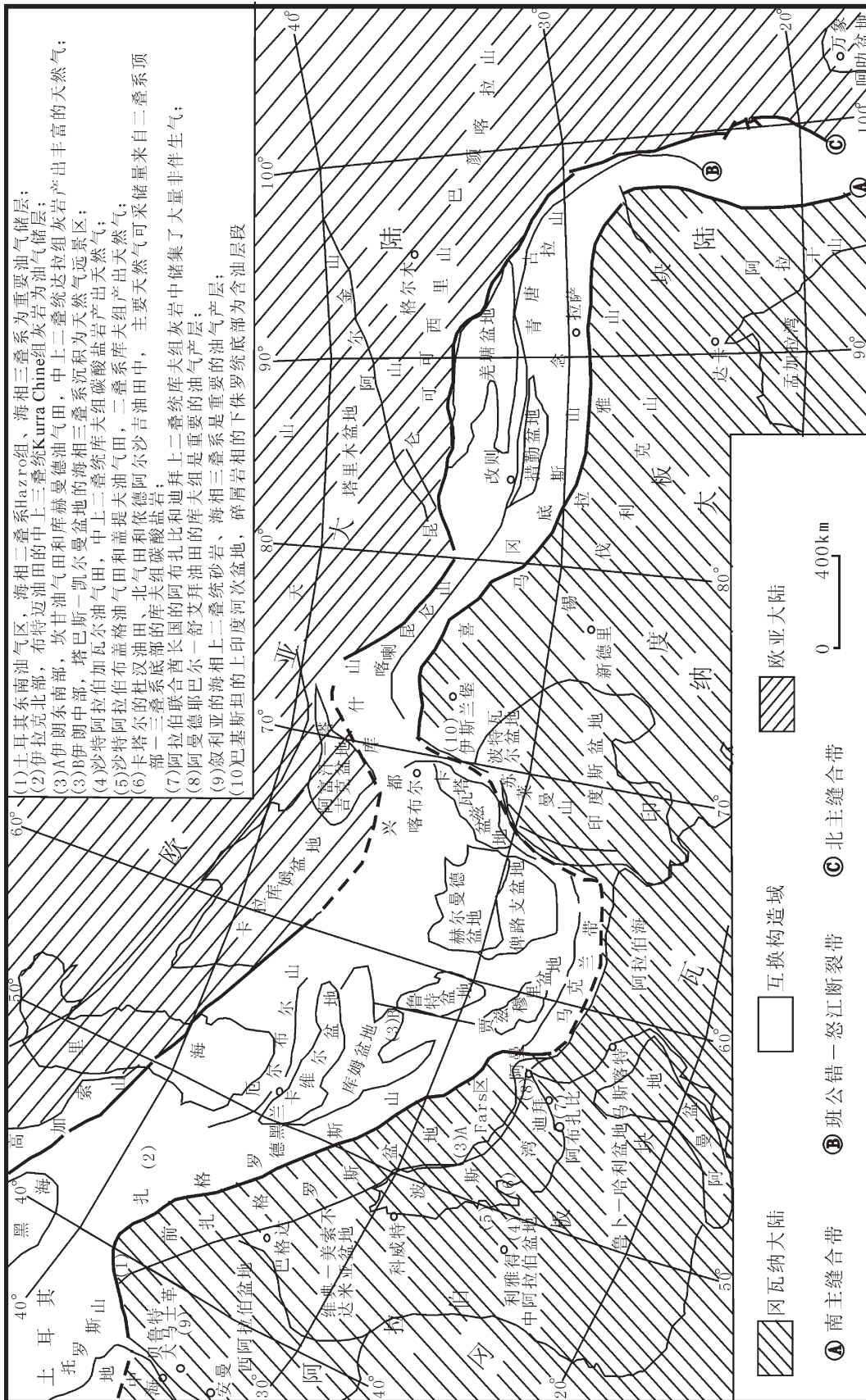


图6 交换构造域及南特提斯晚古生代—早中生代油气勘探和生产形势略图

(底图参考高瑞祺等^[4],构造划分参考黄波清等^[4],油气勘探参考董小光等^[5+6]和李国玉等^[6]的资料)

Fig. 6 Schematic map of exploration and production of Late Paleozoic to Early Mesozoic petroleum in the interchange tectonic domain and South Tethys

(造山带)、中央盆地群、鲁特地块、厄尔布尔士造山带、里海南缘前陆盆地、科佩特山前拗陷带和马(莫)克兰带。伊朗主要产油区的Fars油区、西南和西北油气区的地质演化历程都是泥盆纪之后构造抬升,石炭系沉积缺失,早二叠世开始海侵,下二叠统为泥岩沉积,中、上二叠统为灰岩、灰岩夹白云岩沉积,二叠纪末期出现短暂的构造抬升,早三叠世泥灰岩和白云岩不整合沉积在晚二叠世灰岩地层之上,中三叠世早期发育泥岩,中三叠世中晚期—晚三叠世以白云岩沉积为主,晚三叠世末期短暂构造抬升,早侏罗世地层在西南和西北地区为泥岩、在Fars油区为白云岩。

在伊朗北部里海南岸的厄尔布尔士山区,二叠系与下伏石炭系灰岩不整合接触,厚750 m,底部为砂质页岩,上部为灰岩夹火山岩;三叠系中、下部为厚达500 m的厚层白云岩,其上不整合一套上三叠统—下侏罗统的约500 m厚的砂岩夹煤层的地层,中侏罗世开始出现灰岩沉积。

国内外的大地构造对比都将扎格罗斯缝合带和西藏境内的雅鲁藏布江缝合带相对比,措勤盆地所在的冈底斯块体大体应该对比于扎格罗斯缝合带以北的中伊朗(中央盆地群)南部库姆(Qom)盆地所在的地区。库姆盆地基底为前寒武系结晶岩,沉积岩有未变质的古生界和中新世海相地层。盆地内唯一探明的储集层是古近纪库姆组,厚达1500 m。盆地内里阿斯统(下侏罗统)也有油气显示。

中央盆地群晚古生代—早中生代的地质演化历史(以库姆盆地为例)是:泥盆纪之后地壳抬升,在石炭纪—早二叠世出现长期沉积间断,中二叠世开始海侵,发育中晚二叠世最厚达1500 m的Jamal灰岩,二叠纪晚期出现白云岩沉积,晚二叠世末期构造抬升,三叠系下部缺失,上部为海相碳酸盐岩沉积,侏罗系开始海侵,出现最厚达5000 m的碎屑岩沉积。由于该盆地新生代地层巨厚,二叠系和三叠系被深埋于地下,因此二叠系和三叠系的油气情况不得而知。广大的伊朗中部大部分地区为沙漠覆盖,发育一系列盆地,是伊朗除了西南部以外的最大的含油远景区。

伊朗西南部主要为扎格罗斯盆地,是伊朗最重要的盆地和主要的油气富集区。伊朗的油气田集中在南部的胡齐斯坦地区,在伊朗的天然气资源中,油田伴生气和非伴生气均占相当的比重,非伴生

气田主要蕴含在陆上的坎甘地区和波斯湾的近海水域。坎甘(Kangan)气田(图6-(3)A)是世界第二大气田,位于伊朗西南部布什尔(Bushehr)省坎甘市,构造位置在扎格罗斯盆地的中心线上,属扎格罗斯山前褶皱带外缘的潜伏背斜带。产层是中上二叠统达拉(Dalan)组灰岩层,相当于阿拉伯区的库夫层,由上部厚285 m的鲕粒、微晶灰岩和下部厚达400 m的生物碎屑灰岩、白云岩组成,上下部之间被石膏层——拉尔(Nar)层分隔,气源层是寒武系及泥盆系浅海相页岩。本区在泥盆纪之后上升隆起广遭剥蚀,之后二叠系储层覆于不整合面上,其上连续沉积了三叠系的碳酸盐岩及硬石膏层,总厚度1200 m,其中硬石膏层厚达400 m,为二叠系气层的良好盖层。油田发现于1973年,天然气探明原始可采储量为 $5 \times 10^{12} \text{m}^3$,1977年开始采气,单井平均日产量 $113 \times 10^4 \text{m}^3$ 。此外,距离波斯湾滨岸约96 km的库赫曼德(Kuhi-Mund)油气田(图6-(3)A),1974年在二叠系灰岩中发现了巨大的气藏。

纵观伊朗的油气资源,无论是在Fars油区,还是在西南和西北地区,中上二叠统的达拉组都是油气的重要储层,也是推测的烃源岩层。在Fars油区,早三叠世的Kangan组白云岩是油气的储层,在西南和西北地区,早三叠世的Kangan组和中上三叠统的Dashtak(或Khanehkah)组都是重要的产层。在中伊朗地区,库姆盆地的碎屑岩相下侏罗统里阿斯阶有油气显示,东部塔巴斯—凯尔曼盆地的三叠系海相沉积为天然气远景区(图6-(3)B)。

伊朗的地质背景、油气勘探和生产经验非常值得我们在今后的工作中加以重视。措勤盆地与伊朗比较,在中二叠世以前的区别主要是,前者石炭系和下二叠统并不缺失,显示其距离冈瓦纳大陆更远,更接近冈瓦纳大陆北缘的特提斯海域。两者在中晚二叠世都出现了强烈的海侵,出现了大规模的碳酸盐岩建造,措勤盆地为下拉组和桑穷组,在伊朗为Dalan组或Jamal组。三叠纪时期两者都是海相沉积建造,伊朗的Fars油区和西南、西北地区海相三叠系厚度均为1170m,但白云岩和泥岩较为发育,而措勤盆地西部狮泉河地区为白云岩,向东到了措勤地区则全部相变为碳酸盐岩夹硅质岩地层,显示水体较深。措勤盆地与Fars油区相比,侏罗系差异明显,Fars油区侏罗系全部是白云岩和灰岩地层,厚960 m,措勤盆地与伊朗的西南、西北地区相比,侏罗系表现出一

定的相似性,伊朗的西南和西北地区的下侏罗统为厚290 m的泥页岩,与下伏三叠系为不整合接触,中上侏罗统为灰岩、白云岩和泥岩互层,顶部泥岩消失,灰岩增多,厚度为690 m,上侏罗统上部为厚约90 m的Hith组碎屑岩,与上覆早白垩世灰岩、泥岩呈不整合接触。伊朗的油气勘探和生产表明,中晚二叠世的碳酸盐岩建造是重要的烃源岩层和产层,海相三叠系也产出油气,碎屑岩相的下侏罗统有油气显示。

(4)阿富汗。阿富汗的主体属于阿尔卑斯-喜马拉雅造山带的一部分,阿富汗北部的卡拉库姆盆地的基底为古生代变质岩,部分为二叠纪、三叠纪的火山碎屑岩。侏罗纪至古近纪沉积岩盖层最厚达6 km,产层为白垩系和侏罗系灰岩、砂岩。阿富汗在晚石炭世—早二叠世多发育底砾岩沉积,中二叠世广泛海侵,至少持续到晚二叠世早期,普遍含盐,南部主要沉积白云岩,中部为白云岩和白云质灰岩,在特萨克(Tezak)东,中晚二叠世碳酸盐岩沉积厚度达1500 m以上。在兴都库什山西端巴米安盆地之北,二叠系向北逐渐减薄,在北部的潘其尔河谷地带尖灭。三叠系在中阿富汗哈札腊贾特东部直接覆盖在二叠系之上,未见间断,主要由白云岩及灰岩组成,厚度近1000 m,三叠系发育完全。北阿富汗活动型三叠系以兴都库什山西段北坡山区为代表,下部为砾岩组,上部为灰黑色粉砂岩、页岩和砂岩,厚度在几百米以上。在北阿富汗,侏罗系以陆相为主,下部含煤,上部为红色泥岩,有时含石膏,中部偶有海相夹层。阿富汗中部喀布尔地区的侏罗系以灰岩为主。

措勤地区的二叠系—下侏罗统与阿富汗中部偏北的地区大致相同。都经历了中晚二叠世的海侵,形成很厚的碳酸盐岩,三叠系和二叠系基本连续沉积,阿富汗中部三叠系以海相碳酸盐岩为主,北部三叠系以碎屑岩为主,措勤盆地的三叠系以碳酸盐岩为主,与阿富汗中部的情况更接近。侏罗系在阿富汗中部全部为碳酸盐岩,北部则以陆相地层为主,措勤盆地侏罗纪早期以海陆过渡相为主,中期可能发育浅海相碎屑岩。因此从地层发育特征上看,措勤盆地所在地块应该大体对比于阿富汗中部和北部之间。

就目前的油气勘探现状看,阿富汗的含油气盆地主要集中在西北部的卡拉库姆盆地,盆地内侏罗纪至古近纪沉积岩盖层最厚达6 km,产层为白垩系和侏罗系,其中最大的哈贾戈格达克气田产层是下白垩统阿尔比阶和阿普第阶,该气田最深探井

钻深2800 m,已钻入三叠系。目前由于尚未找到侏罗系的产层资料,因此无法进一步讨论。将措勤盆地的三叠系和侏罗系与阿富汗北部相比,前者三叠系海相碳酸盐岩更发育,后者则更接近陆相;前者侏罗系下统更接近海陆交互相,后者则更接近陆相。进一步了解阿富汗北部侏罗系的油气勘探现状、比较阿富汗北部和措勤盆地的地质背景,将会对探讨措勤盆地侏罗系的油气勘探前景有所帮助。

(5)沙特阿拉伯。沙特阿拉伯是世界上石油资源最丰富、出口量最大的国家,虽然不处于前人划分的基墨里大陆,而是处于其南面冈瓦纳大陆北侧的阿拉伯地块上,但在构造上仍然与特提斯具有一定的联系,因此,从沙特阿拉伯的油气勘探和生产实践中吸取经验,有益于青藏高原的油气勘探和研究。沙特阿拉伯西部为阿拉伯地盾,地表出露前寒武系结晶基底岩系,东北部为阿拉伯地台,由西向东依次出露下古生界、中生界和新生界,一般缺失泥盆系和石炭系。沙特阿拉伯西部为Widyan次盆地,存在巨厚的古生界、下中生界,是一个潜在的油气勘探领域。

沙特阿拉伯的晚古生代—早中生代地质演化历史是:约在泥盆纪,沙特阿拉伯地区地壳相对抬升,造成大部分地区缺失泥盆系和石炭系,局部地区出现未分石炭系—二叠系碎屑岩,不整合在泥盆系之上。在中二叠世开始全区广泛海侵,库夫组沉积开始,首先出现膏岩,然后出现碎屑岩,最后出现碳酸盐岩沉积(在鲁卜哈利盆地厚905 m)。二叠纪末期出现短暂的隆升,但三叠系和二叠系连续沉积,早三叠世发育泥岩,中、晚三叠世为碎屑岩夹白云岩或者纯白云岩,三叠纪时期整体沉积环境为浅海相。三叠纪以后直至晚白垩世,一直处于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘的演化阶段。晚三叠世末期发生一次构造抬升,造成早侏罗世地层缺失或者沉积了碎屑岩或泥岩,中侏罗世开始广泛海侵,出现巨厚的侏罗系碳酸盐岩,碳酸盐岩沉积建造一直持续到晚白垩世早期,甚至新生代中期。

从宏观地质演化的角度看,措勤盆地与沙特阿拉伯地区还有一定的可比性。两者在晚石炭世—早二叠世都发育碎屑岩,在中晚二叠世—三叠纪一直发育海相沉积。不同之处是,沙特地区海相碳酸盐岩沉积于拉丁期即告结束,晚三叠世卡尼期—早侏罗世发育碎屑岩沉积,而措勤盆地大约在诺利期海相沉积才告结束,晚三叠世瑞替期—早侏罗世出现含

植物化石的碎屑岩沉积;沙特地区中二叠世—中三叠世拉丁期虽然都是海相沉积,但整体岩性以白云岩和泥岩为主,相比措勤盆地的稳定浅海相—深海相碳酸盐岩沉积,显得古海水深度要浅,更靠近大陆边缘的滨浅海相碎屑岩建造和泻湖相白云岩建造。

沙特阿拉伯的侏罗系是主要的含油气系统,中、上侏罗统顶部的阿拉伯(Arab)组碎屑灰岩与石膏互层是主要的产油层段,其次还有白垩系、二叠系和中新统油气储层。最大的油气潜力可能是,在东部区域、阿拉伯湾的库夫组灰岩和中部的库夫组以前沉积的碎屑岩中寻找非伴生气。

沙特阿拉伯的石油储量大部分集中于少量的巨型油田:加瓦尔(Ghawar)、萨法尼亚、布盖格、贝利、玛尼法、祖卢夫、谢巴、阿布萨法和胡尔塞尼亚。在加瓦尔油气田(图6-(4))中,主要产层是侏罗系阿拉伯组D段和C段,在二叠系库夫组中发现了天然气。布盖格(Abqaiq)油田(图6-(5))位于沙特阿拉伯东海岸,主要产层为上侏罗统阿拉伯组C段、D段和哈尼法(Hanifa)组碳酸盐岩储层。另外深部二叠系库夫组产出天然气。拜里(Berri)油田是海上的超级大油田,主要产层是上侏罗统阿拉伯组A段和B段,二叠系库夫组也是8个含油层段之一。盖提夫(Qatif)油田(图6-(5))位于沙特最东部,产层是侏罗系碳酸盐岩储层,其中上侏罗统阿拉伯组的C段和D段最为重要,另外在二叠系库夫组中发现了气藏。

沙特阿拉伯的二叠系库夫组以白云岩夹页岩和灰岩为主,沉积时限为Kazanian—Tatarian,其中含有3个储层。中三叠统Jilh组下部和上部都是泥页岩,中段为白云岩,其中中段白云岩为储集层。在沙特阿拉伯库夫组既是储层也是烃源岩层,三叠系底部的碎屑岩构成区域上的盖层,库夫组内部的膏岩层也是重要的盖层。三叠系中间的白云岩是储层,内部的泥岩构成盖层,下侏罗统的粗碎屑岩构成储层。

(6)巴林、卡塔尔、阿拉伯联合酋长国、阿曼。

巴林位于阿拉伯地台的东缘,境内出露古近系始新统。巴林境内沉积了较厚的地层,从古生界至今,厚度大于6000 m,二叠系库夫组是除了侏罗系阿拉伯组以外最主要的天然气储层。二叠系库夫组气藏的烃源岩为志留系页岩或者二叠系碳酸盐岩本身。下三叠统的石膏质页岩对二叠系库夫组气藏的保存格外重要。阿瓦利(Awali)油气田是巴林的两大油田之一,二叠系库夫组是除了中白垩统巴林组油

藏、侏罗系阿拉伯组油气藏之外的重要气藏储层,库夫组由白云岩化的微鲕粒灰岩和细—粗粒的粒状灰岩组成。

卡塔尔位于波斯湾南岸的卡塔尔半岛、阿拉伯地台的东缘,堆积了自古生代以来的巨厚沉积,沉积岩厚度在5000 m以上,主要天然气可采储量来自二叠系顶部—三叠系底部的库夫组碳酸盐岩,其上部下三叠统的含石膏页岩和库夫组内部的硬石膏是库夫组气层的优质盖层。在杜汗(Dukhan)油田(图6-(6)),库夫组是除了侏罗系Arab组、Areaj(或Uwainant)组之外的主要油气产层之一。在世界上最大的气田之一的北气田(North Field)(图6-(6))中,主要产气层是二叠系库夫组灰岩,埋深2700~2900 m,由白云岩化灰岩和细晶白云岩组成,主要盖层是二叠系中部苏戴尔(Sudair)组的页岩及硬石膏层,主要气源岩是寒武系和奥陶系浅海相页岩。在依德阿尔沙吉(Idd-el-Shargi)油田(图6-(6)),库夫组是除了侏罗系Arab组、Areaj(或Uwainant)组之外的主要油气产层之一。另外库夫组也是布尔汉宁油田的重要储层。

阿拉伯联合酋长国位于阿拉伯板块东部,大部分地区被第四系覆盖。阿联酋在泥盆纪之后构造抬升,与上覆石炭系和下二叠统碎屑岩相地层不整合接触,中二叠世早期开始海侵,沉积了中上二叠统一下三叠统下部的库夫组白云岩夹膏岩地层,库夫组沉积之后,经短暂的构造抬升,下三叠统中上部的Sudair组泥岩夹白云岩地层不整合(或整合)在库夫组之上。中三叠统整体表现为白云岩夹膏岩沉积,上三叠统主要为白云岩和泥岩沉积。晚三叠世最末期发生短暂的构造抬升,下侏罗统为白云岩或灰岩沉积。在阿联酋,存在伴生气和非伴生气的有利环境位于中生代—古生代地层中,特别是二叠系库夫组砂岩中。在阿布扎比和迪拜上二叠统库夫组灰岩中储集了大量的非伴生气(图6-(7)),库夫组层间的硬石膏对气层起了封盖作用,而下三叠统Sudair组底部的泥质灰岩和页岩为库夫组上部的气层提供了盖层。

阿曼位于阿拉伯板块的东南缘,在阿曼的大油气田中,椰巴尔—舒艾拜(Yibal-Shuaiba)油田(图6-(8))的库夫组灰岩是除了主要产层下白垩统阿普第阶的舒艾拜白垩岩层外的另一产层。

(7)叙利亚。位于地中海东岸,主体为阿拉伯板块的组成部分。二叠系全部为碎屑岩相地层,与

下伏晚石炭世碎屑岩不整合接触,下部为Heil组,厚610 m,上部为Amanus组的下部砂岩段,厚165 m。三叠系与下伏二叠系整合接触,下、中三叠统为Amanus组的上部页岩段,厚360 m。上三叠统为Dolaa群Mulussa组(或Kurra Chine组),主要是白云岩、灰岩夹页岩,厚470 m。下侏罗统不整合在上三叠统之上,下侏罗统下部为Butmah组白云岩,上部为以Adaiyah组膏岩为主的沉积,两者总厚度为370 m,中侏罗统主要为白云岩,厚330 m。叙利亚的三叠系—侏罗系基本上由泻湖相碳酸盐岩、蒸发岩和陆相砂岩组成。叙利亚的海相上二叠统砂岩、海相三叠系是重要的油气产层(图6-(9))。晚二叠世的Amanus组砂岩为油气产层,三叠系晚期的Dolaa群Mulussa组(或Kurra Chine组)是重要的产层,下侏罗统下部的Butmah组为重要的储层。在几个主要的大油田中,苏违迪亚(Suwaidiyah)油田的产层为厚约260 m的白垩系、侏罗系和三叠系。三叠系是卡拉丘克(Karatchok)油气田、杰比塞(Jebissa)油田和泰耶姆(Al-Thayyem)油田石油产层之一。上三叠统Sergelu组(厚1000 m)白云岩是叙利亚 Palmyride槽地的主要油气产层。上三叠统含大量白云岩的地层(厚1300 m)是Euphrates槽地油气的主要产层之一。上三叠统以泥页岩和灰岩为主的地层(厚800 m)是Sinjar槽地Jubaissah油田重要的产层之一。在陶鲁斯(Taurus)—扎格罗斯(Zagros)褶皱带,上三叠统白云岩、灰岩与石膏互层的地层是重要的油气产层。在Levant断裂带,白云岩与石膏互层的上三叠统(厚1000 m)也是油气的重要产层。

(8)巴基斯坦。巴基斯坦东南部属印度克拉通,西北部属于喜马拉雅造山带及其分支苏莱曼—马克兰褶皱带。印度河盆地是巴基斯坦的主要含油气盆地。印度河次盆地经奥陶纪—石炭纪的沉积间断和剥蚀后,在局部地区发生了二叠纪裂谷作用,下部为冰碛和冰水沉积的碎屑岩,上部为海相碎屑岩、灰岩和页岩,随着裂谷系的进一步扩张,中生代广泛发育了海侵的边缘海碳酸盐岩沉积与河流—三角洲碎屑岩沉积。在北部的上印度河盆地中,二叠系不整合在中下寒武统之上,下二叠统为厚约365 m的冰碛和冰水沉积的碎屑岩,中上二叠统为海相泥页岩夹灰岩,下部泥页岩厚约145 m,中部灰岩厚183 m,上部泥页岩厚60 m。三叠系下部为厚187 m的泥页岩,中上部为厚165 m左右的以灰岩为主的地层,中下侏罗统下

部为厚800 m左右的碎屑岩沉积。其中侏罗系底部为含油层段。在中下印度河盆地,位于潘杰皮尔以北的布华纳的石油钻井完钻于侏罗系底部,在贾科巴巴德高以东的海尔普尔-2油井完钻于白垩系地层以下;在信德台地的Nabisar-1工业油井完钻于侏罗系底部,在巴基斯坦南部边境的印度河台地的Bhadmi-1井完钻于侏罗系中部。

巴基斯坦在二叠纪以前更多地表现为冈瓦纳大陆地台的性质,存在长期的沉积间断。早二叠世和措勤盆地一样发育冰海相碎屑岩沉积建造,中上二叠统和三叠系普遍发育滨浅海相碳酸盐岩和泥岩沉积建造,三叠纪末期发生构造抬升作用,碳酸盐岩沉积建造结束,中下侏罗统发育碎屑岩沉积建造。措勤盆地在二叠世—三叠纪末期与其不同之处在于:措勤盆地的沉积地层指示古海水深度要深,更接近特提斯浅海相,远离冈瓦纳大陆边缘,碎屑岩不发育,碳酸盐岩建造时间更长,地层更厚。巴基斯坦侏罗系底部的含油层段对于中国冈底斯地区侏罗系底部的含油性具有启示作用,但目前其油源是否来自于其下的二叠系和三叠系,还没有详细的资料。此外,在上印度河次盆地喜马拉雅前陆区,二叠系不整合在寒武系之上,不整合在古新统之下,其顶部的Wargal组灰岩为油气产层。

4.2 东南亚地区

根据资料^[55-56]分析,目前东南亚地区的油气勘探活动多集中在印支板块的新生界,中生代和晚古生代地层多作为油气的远景勘探层系,无重要的油气发现,无论在宏观的地质背景,还是在油气勘探的实践方面,对措勤盆地晚古生代—早中生代的油气勘探前景无太大启示,因此简略叙述。①老挝的沙拿湾到万象的西部地区是主体在泰国的呵叻盆地向东延伸的部分,二叠系和中生界是油气勘探的主要目的层。该层系由海相黑色页岩、砂岩和灰岩组成,黑色页岩是主要的烃源岩,主要含烃潜力可能是天然气。目前尚未发现油气田,也没有获得探明的可采储量。②柬埔寨西部的卡多蒙斯盆地为一中生代盆地,是从石炭系至中生界的张性裂谷盆地,沉积岩厚度大于3000 m,由灰岩、生物碎屑灰岩、凝灰质砂岩、页岩和凝灰岩互层组成,含气远景较好,也可能含油。其次是位于东部和东北部的暹邦盆地、格良河盆地和钟盆地,这些中生界盆地的储层是下侏罗统的底砾岩和灰屑砂岩,泥灰岩和页岩可能是烃源岩和盖

层。③缅甸目前主要开采新生代油气。④泰国东部呵叻盆地的石炭系—侏罗系为海陆过渡相和海相灰岩、砂泥岩,生油岩为二叠系—侏罗系页岩,主要储层是二叠系灰岩和三叠系、侏罗系砂岩。⑤印度尼西亚东部的中生界储层可能很重要,在布通地区的海陆过渡混合相三叠系中有油显示;在富拉姆地区的海陆过渡混合相三叠系—下侏罗统中有油显示;在帝汶地区的海陆过渡混合相三叠系—下侏罗统中有油气显示;在澳大利亚西北陆架区的海陆过渡混合相三叠系、下侏罗统中有油显示。⑥巴布亚新几内亚介于澳大利亚板块和太平洋板块之间,早中生代澳大利亚板块北部边缘拉张形成了被动大陆边缘,晚中生代走滑拉张形成了Corad海(珊瑚海)与北面洋盆的拉开,中渐新世太平洋板块与澳大利亚板块碰撞。从新几内亚岛西南部的巴布亚盆地的地质情况看,其基底是古生代变质岩,中生代裂解形成裂谷。三叠纪的沉积地层为Kana火山岩和Jimik硬砂岩,分布局限,厚度变化大。早中侏罗世沉积层有Bol长石砂岩、Magobu煤系、Balimbu硬砂岩和Barikewa砂泥岩层,是一个从陆相到海相的海进层系。中侏罗世—中白垩世,海底进一步扩张,形成澳大利亚大陆北部的边缘盆地,沉积了一套海相硅质碎屑岩。最老的生油岩为侏罗系,储层主要是侏罗系—白垩系的砂岩。

4.3 澳大利亚

澳大利亚虽然现在与中国相隔遥远,但在晚古生代曾是冈瓦纳古陆的组成部分,措勤盆地的晚石炭世—早二叠世冰海相碎屑岩地层中的腕足动物群与澳大利亚西部基本可以对比^[43]。因此,澳大利亚西部盆地的石油勘探和生产经验还有一定的借鉴意义。

澳大利亚西南缘的佩斯盆地是前寒武纪地盾边缘的断陷盆地。盆地早二叠世沉积了1200 m厚的冰川沉积物,其上为400~500 m厚的海相页岩夹石灰岩,可能是生油层;早、中三叠世海相钙质页岩向盆地中央逐渐加厚,厚达1000 m,是成熟的生油层,三叠系底部的砂岩则是主要的储集层;晚三叠世为裂谷发育期,上三叠统为河流相砂岩,下侏罗统为泛滥平原和沼泽相煤系沉积。其产层是二叠系顶部至下三叠统、下侏罗统砂岩。

澳大利亚西北部的卡纳尔文盆地东缘超覆在前寒武纪地盾上,古生代为平缓沉降的大陆架,沉积了河流相砂岩、粉砂岩、白云岩、硬石膏、岩盐和碳酸盐

岩。其中,澳大利亚最大的凝析气田之一的北兰金油气田的产层是上三叠统一下侏罗统砂岩。澳大利亚西北大陆架属于卡纳文盆地向海延伸的部分,已成为澳大利亚油气的主要产区之一。在戈冈油气田和西泰尔岩油气田产层为上三叠统。生油层为中三叠统的页岩、上三叠统的部分河流三角洲页岩和侏罗系的海相页岩。

澳大利亚西北部的坎宁(Canning)盆地的海上部分,在古生代盆地之上覆盖着中生代盆地,主力烃源岩为三叠系,储层为下三叠统一白垩统的5套砂岩,也有油田发现,总体上盆地的勘探程度较低。

根据对澳大利亚石炭系—侏罗系地层序列的分析,其整体地质背景受控于冈瓦纳大陆,沉积相所反映的古海水深度更接近于陆相—滨浅海相,澳大利亚西部和西北部地区的地质演化历程与措勤盆地接近,晚石炭世—早二叠世发育冰海相沉积,中二叠世—中三叠世为海相沉积,晚三叠世开始出现陆相碎屑岩沉积。

澳大利亚西部的中二叠统海相页岩夹灰岩是可能的生油层,海相三叠系是成熟的生油层,上三叠统一下侏罗统的陆相碎屑岩地层往往构成储层。这对于措勤盆地有很大的借鉴意义。澳大利亚西部三叠系的水体都较浅,发育泥岩、蒸发岩等,有利于形成三叠系内部的盖层;而措勤盆地整体水较深,内部缺乏泥页岩和蒸发岩,三叠系内部的盖层条件不如澳大利亚,但三叠系中部发育一套深海相的致密坚硬的硅质岩夹灰岩沉积段,有可能成为三叠系内部的一个盖层,这个盖层与海水变浅形成的蒸发岩盖层恰恰相反,是水体变深形成的致密硅质岩盖层,这套盖层之下的厚层砾屑灰岩可能构成内部的储层。

从上述资料可以看出,中、晚二叠世和三叠纪的碳酸盐岩建造在中东和西亚、澳大利亚的许多地区都是油气的储层和烃源岩,晚三叠世—早侏罗世的碎屑岩沉积建造是很多地区的重要储层,有时还是烃源岩层。中阿拉伯区有50多个油气区带,储量约 $750 \times 10^8 \text{t}$,古生界储量有 $135.75 \times 10^8 \text{t}$,占18.1%,三叠系有 $33.75 \times 10^8 \text{t}$,占4.5%。古生界天然气储量占全区的54%,凝析油占68%,大部分赋存于二叠系库夫组内。储量最多的10个油气区占全区烃总量的75%,其中,库夫组储层储量就达 $77 \times 10^8 \text{t}$ 。从上述数据看,中二叠统一三叠系是不容忽视的油气生成和储集的沉积建造。

5 新的地质信息有利于做出更积极乐观的油气远景评价

5.1 地质背景比以前认为的好

高瑞祺等^[8]指出,阿拉伯板块油气富集的基本因素是:①从始寒武纪—志留纪古生代洋、石炭纪—早二叠世古特提斯洋、晚二叠世—始新世—新特提斯洋都保持被动陆缘沉积—构造环境。②二叠纪—三叠纪时中特提斯洋的形成和晚白垩世新特提斯洋壳的俯冲,长期处于局限海与开阔海的反复发展中,因而形成多套生储盖组合。其中“长期的被动大陆边缘”、“二叠纪—三叠纪时中特提斯洋的形成”和“局限海与开阔海的反复发展”是3个重要的油气藏形成和保存的关键性要素。

地质学家和油气勘探家普遍承认喜马拉雅地块长期处于冈瓦纳大陆被动大陆边缘的构造背景下。如:高喜马拉雅分区和定日—江孜分区自震旦纪至白垩纪为典型的冈瓦纳大陆北部被动大陆边缘沉积,自晚始新世之后出现陆相磨拉石沉积^[9]。赵政璋等^[10]编制的奥陶纪—中二叠世的岩相古地理图,基本承认冈底斯地块与喜马拉雅地块一样,也处于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘,但从晚二叠世—早侏罗世的编图看,冈底斯长期被古陆所占据,它既不是冈瓦纳大陆的被动边缘,也不是欧亚大陆的被动大陆边缘,成为一个独立的构造体系,也就是说,在特提斯构造域的其他地区,在二叠纪—三叠纪处于特提斯洋盆扩张背景下的被动大陆边缘沉积—构造背景时,冈底斯地区却经历着晚二叠世—早侏罗世挤压构造背景下的造弧运动或造陆运动,形成了大面积隆升出海面的冈底斯古陆(有些地质学家认为还包括羌塘南部和羌中隆起带)。这样来看,冈底斯地块在中二叠世末期就结束了被动大陆边缘的地质背景,也没有经历二叠纪末期—三叠纪中特提斯洋的建造过程,因此,油气资源底蕴不足。中生代以来,羌塘、措勤—比如盆地只有在晚三叠世—侏罗纪较短暂的时间内才出现被动大陆边缘沉积^[8],并且措勤—比如盆地晚三叠世—侏罗纪的沉积盆地范围小,因此整体油气潜力远远小于阿拉伯地块。

根据对原来处于冈瓦纳大陆北缘的国家和地区的基本地质背景分析,不难看出:冈瓦纳大陆北缘在晚石炭世—早二叠世冰期之后,在大陆裂解和全球气候变暖的多重作用下,特提斯海(洋)表现出强烈

的扩张态势,形成了规模巨大的中二叠统海侵碳酸盐岩沉积建造,西到土耳其,东达澳大利亚,南抵沙特阿拉伯,侵入到原来的大陆剥蚀区。碳酸盐岩建造持续到晚二叠世末期。二叠纪—三叠纪之交,短暂的构造抬升致使一些地区的二叠系和三叠系不整合接触,但沉积间断的时间并不长。三叠纪早中期又出现一次特提斯海(洋)的海侵事件,形成了大范围的下中三叠统海侵碳酸盐岩沉积建造,晚三叠世的构造抬升作用影响明显,在很多地区形成了海退的陆相和海陆交互碎屑岩沉积。

措勤盆地和羌塘盆地晚石炭世—早侏罗世的地层、沉积、古生物群的特征与特提斯构造域一些已知的油气区具有宏观上的相同或相似性,没有表现出彼处“海洋”和此间“陆地”这样重大的环境差异,这表明措勤盆地与中东、西亚的一些已知油气区具有相同或相近的宏观地质演化历程。

以前的油气前景战略评价最根本的支柱是:措勤盆地上二叠统是陆相,三叠纪—早侏罗世为陆地剥蚀区,晚二叠世—早侏罗世长期处于挤压构造背景下的隆起或弧背区。措勤盆地晚二叠世—早侏罗世的最新地层学和古生物学研究结果表明,这个油气前景判断的地层学和地质学的“支柱”并不牢靠,甚至可能是完全错误的。因此原来关于油气前景的认识就被动摇了,措勤盆地乃至于羌塘盆地,在新的地层学认识基础上的油气前景评价就出现了乐观的迹象。

措勤盆地和羌塘盆地晚古生代—早中生代的地质背景是不是和阿拉伯板块完全一样一直处于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘呢?这是石油勘探家关心的另一个基本地质问题,也是将来需要着重研究的问题。目前国内外学者的观点并不一致,最大的分歧点在于三叠纪时期的洋盆中心到底是位于:①可可西里—金沙江一线,②龙木错—双湖一线,③班公错—怒江一线,还是④雅鲁藏布江一线。限于篇幅,不能一一引证前人的观点。如果按照①的观点,互换构造域和阿拉伯板块都位于冈瓦纳大陆北侧的被动大陆边缘;如果按照②的观点,冈底斯地块和羌塘南部与阿拉伯板块一样,位于冈瓦纳大陆北侧的被动大陆边缘,而羌塘北部则处于欧亚大陆南缘的被动大陆边缘;如果按照③的观点,冈底斯地块和阿拉伯板块一样,位于冈瓦纳大陆北侧的被动大陆边缘,而羌塘地块则位于欧亚大陆南缘的被动大陆边缘。本文仅

表3 青藏高原石炭纪—侏罗纪地层对比简表
Table 3 Summary of the stratigraphic correlation of the Carboniferous-Jurassic on the Qinghai-Tibet Plateau

	喜马拉雅地 块		冈底斯地 块	羌塘地 块		巴颜喀拉地 块
	高喜马拉雅	康马-隆子		羌南地 块	羌北地 块	
侏罗系	才里群	才里群	措勤-申扎	拉 萨	羌南地 块	羌北地 块
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
三叠系	才里群	才里群	措勤-申扎	拉 萨	羌南地 块	羌北地 块
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
二叠系	才里群	才里群	措勤-申扎	拉 萨	羌南地 块	羌北地 块
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
石炭系	才里群	才里群	措勤-申扎	拉 萨	羌南地 块	羌北地 块
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				
	才里群	才里群				

以黄汲清等^[52]“互换构造域”的思想为指导,结合实际地层资料,重点讨论④的观点,供地质学家参考。

“互换构造域”思想讨论的主要地质时代为二叠纪和三叠纪,讨论的主要地区是藏北(冈底斯地块和羌塘地块)。“互换构造域”思想的要点是:①早二叠世互换构造域(冈底斯地块和羌塘地块)都处于冈瓦纳大陆的北缘;②早二叠世末期互换构造域开始向北漂移,中二叠世末期其北缘俯冲消减到欧亚大陆之下,沿着现在的北特提斯主缝合带消减碰撞,中二叠世的洋盆消失;③晚二叠世冈瓦纳大陆、互换构造域、欧亚大陆联合在一起构成联合大陆,互换构造域还被陆表海所覆盖;④三叠纪开始,沿现在的印度斯-雅鲁藏布江河谷一线发生“地裂运动”(在此基础上发展成后来的南主缝合带),晚三叠世的沉积沿该河谷的两侧显示不一致性,尤其是在南侧出现优地槽沉积;⑤三叠纪时期以互换构造域以北的巴颜喀拉群为代表的巨厚类复理石沉积不是洋壳上的沉积,而是陆壳上的沉积,整体显示为冒地槽沉积。

回过头来看,黄汲清等^[52]提出“互换构造域”的思想时,藏北地区的地层学和古生物学资料并不丰富,这种思想主要基于对大区域(中国及邻区)、长时段(古生代—新生代)的宏观地质演化历程的逻辑判断。但20世纪末至21世纪初期的所有地层学和古生物学研究都没能进一步证实“互换构造域”的思想框架下藏北应该具有的地层学和古生物学特征。相反,却一致得出了不利于“互换构造域”思想的地层学认识:冈底斯地块(尤其是西部)上二叠统为陆相,三叠系和下侏罗统缺失。在这样的地层学认识的基础上,地质学家和石油勘探家不得不放弃“互换构造域”的思想,转而考虑冈底斯在晚古生代末期—中生代早期存在挤压背景下的造陆或造弧运动,因此就有了现在普遍使用的青藏高原中新生的地质模型(图2)。但如果将现在重新建立的冈底斯地块的石炭纪—早侏罗世地层序列(表2)和原来已经建立的相邻地块的地层序列^[19,22-24]统一考虑的话(表3)，“互换构造域”的思想比以“弧或陆”为主导的思想更合理,更符合实际的地层和古生物资料。

(1)青藏高原南部的喜马拉雅地块、北部的冈底斯地块和羌南地块在晚石炭世—早二叠世都处于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘,都受到了冈瓦纳大陆晚石炭世—早二叠世冰期事件的影响,沉积了含冷水腕足动物群的冰海相碎屑岩沉积体系(在喜马

拉雅地块以基龙组为代表,在冈底斯以永珠组上部、拉嘎组、昂杰组或旁多群为代表,在羌南地块以擦蒙组、展金组、曲地组为代表),古生物群的性质从南到北越来越表现出亲特提斯相的趋势^[57]。

(2)互换构造域(冈底斯和羌塘)在中二叠世开始向北边的特提斯海(洋)做相对运动,实现了从冈瓦纳大陆碎屑岩沉积体系向特提斯含暖水动物群的碳酸盐岩沉积体系(在冈底斯西部以下拉组为代表,在中部的拉萨附近以洛巴堆组为代表;在羌塘盆地以吞龙共巴组、龙格组或鲁谷组为代表)的转化。中二叠世时期的深海盆地相或者洋壳型沉积处于现在的北特提斯缝合带一线,那么,互换构造域整体在中二叠世就是冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘沉积。

(3)晚二叠世冈底斯仍然为含暖水动物群的碳酸盐岩沉积(以狮泉河地区的下拉组顶部^[31]、改则地区的桑穷组^[37]、申扎地区的木纠错组^[38-39]为代表),但是羌塘地块的北部出现了亲华夏植物群的植物化石与特提斯相的暖水动物群混杂的海陆交互碳酸盐岩和碎屑岩沉积(以双湖地区的热觉茶卡组为代表^[58])。这种地层现象实际上反映了黄汲清等^[52]的“互换”思想,就是“互换构造域”由早二叠世的亲冈瓦纳大陆,经中二叠世的亲特提斯海(洋),到中二叠世末期以现在的北特提斯缝合带为代表的深水洋盆完全消减,互换构造域北缘实现了与欧亚大陆的拼合,导致互换构造域的北部出现了晚二叠世亲欧亚大陆的植物群化石,实现了互换构造域从冈瓦纳大陆北缘到欧亚大陆南缘的“互换”。大约在晚二叠世,冈瓦纳大陆和欧亚大陆已经实现板块意义上的拼合,形成联合古大陆,但在古地理意义上2个大陆(陆地区)之间还存在着一个宽阔的陆表浅海区,这个浅海区在南部以喜马拉雅地块的色龙群顶部、巴嘎组、姜叶玛组为代表^[19],在中部冈底斯地块以桑穷组^[37]、列龙沟组为代表^[19],在北部以羌塘地块的吉普日阿组、热觉茶卡组为代表^[58],再向北,在巴颜喀拉地块仍有一定的地层和古生物学资料。

(4)三叠纪整体表现为海侵沉积,在喜马拉雅地区的南部表现尤为明显(晚二叠世色龙群碎屑岩夹灰岩地层向三叠纪土隆群碳酸盐岩地层的转化),在羌北热觉茶卡剖面表现明显(晚二叠世海陆交互的热觉茶卡组和早三叠世滨浅海相碎屑岩为主的康鲁组向中三叠世康南组浅海相碳酸盐岩为主的地层的转化),冈底斯西部在二叠纪—三叠纪之交整体维

持在海相碳酸盐岩沉积环境中,海侵现象不明显,基本连续沉积,中三叠世末期才表现出强烈的海侵(嘎仁错组以碳酸盐岩占优势的沉积向珠龙组以硅质岩占优势的沉积的转化)。冈底斯中部拉萨附近的晚二叠世列龙沟组向中下三叠统查曲浦组的转化也难以断定是海侵还是海退。羌北地块、冈底斯地块、喜马拉雅地块在三叠纪都以海相沉积为主,但喜马拉雅地块的北侧靠近雅鲁藏布江缝合带一线,三叠系地层整体表现为更强的活动型,以碳酸盐岩、碎屑岩、页岩等互层状地层为主。而在互换构造域的北部,出现了一套以巴颜喀拉群为代表的类复理石沉积建造。晚三叠世晚期羌塘盆地开始出现含亲华夏植物群的碎屑岩沉积(日干配错群顶部、肖茶卡群顶部),冈底斯地块也出现了含亲华夏植物群的碎屑岩沉积(改则、措勤及以西地区的敌布错组和坚扎弄组、申扎附近的多布日组、拉萨附近的甲拉浦组^[35]),与此同时,在喜马拉雅地区,尤其是靠近雅鲁藏布江一线,晚三叠世晚期仍然保持海相沉积(涅如群、修康群^[19]),没有出现植物化石沉积。

这种三叠纪的青藏高原地层和古生物特征可以在黄汲清等^[32]的“互换构造域”思想下得到很好的解释,那就是晚二叠世冈瓦纳大陆(包括喜马拉雅地块和互换构造域)与欧亚大陆的碰撞拼合,三叠纪时期喜马拉雅地块和互换构造域(冈底斯地块和羌塘地块)整体处于拉张的构造背景,形成了新的沉积盆地,盆地拉张的主域大致在雅鲁藏布江一线,形成了以穷果群、修康群或吕村组、涅如组为代表的较深海活动型沉积。在喜马拉雅地块形成了冈瓦纳大陆北缘的三叠纪被动大陆边缘沉积盆地,这一点是目前几乎所有地质学家都承认的。那么按照黄汲清等^[32]的“互换构造域”思想,互换构造域(冈底斯地块和羌塘地块)在三叠纪自然而然地就成为欧亚大陆南缘的被动大陆边缘,与喜马拉雅地块的被动大陆边缘隔雅鲁藏布江深海盆地遥遥相对,是“印支演化阶段的中特提斯海(洋)”欧亚大陆南缘的被动大陆边缘,理论上应该整体表现为北浅南深的岩相古地理特征。

巴颜喀拉群的大地构造性质是“互换构造域”思想体系中的一个难点,对于整个青藏高原,乃至整个中国来讲,也是一个有待于进一步解决的疑难问题。从近期了解到的有关1:25万地质填图的资料看,巴颜喀拉地块及北特提斯主缝合带一线,巴颜喀拉群(广义)的时代可能涵盖晚二叠世—三叠纪,其中

三叠系与二叠系连续沉积,三叠系底部的碎屑岩为主的地层中有灰岩夹层,产出早三叠世牙形石化石,三叠系的巴颜喀拉群在多处产出孢粉,在中三叠世末期—晚三叠世初期还有放射虫硅质岩,晚三叠世更多地表现出当时存在一个海退事件。黄汲清等^[32]当年对巴颜喀拉群的大地构造属性进行了阐述,他认为:晚二叠世互换构造域与欧亚大陆的碰撞拼合导致在互换构造域的北侧形成巨大的陆源剥蚀区,三叠纪时期,“印支演化阶段的中特提斯海(洋)”整体处于拉张沉降的构造背景,因此在中特提斯海(洋)的北侧靠近陆缘剥蚀区的俯冲带背景的基础上发展起来的欧亚大陆南部被动大陆边缘,形成了以巴颜喀拉群为主体的沉积。任纪舜等^[59]认为巴颜喀拉群是奠基在欧亚大陆南缘的浊积岩盆地的沉积产物。笔者为此还请教了王乃文研究员,他认为巴颜喀拉群的沉积类似于现在的印度次大陆南缘的孟加拉扇,它的存在指示当时存在一个宽阔的三叠纪大洋。笔者目前倾向于同意他们的观点,巴颜喀拉群虽然沉积厚度巨大,但岩石类型与典型的大洋型硅质岩、页岩的地层有很大差别,并且含有丰富的孢粉化石,整体反映靠近大陆区,虽然中三叠世末期—晚三叠世初期出现放射虫硅质岩,表明曾出现深水盆地相的演化阶段,但这种深水盆地相的沉积并不仅仅出现在巴颜喀拉地块和北特提斯缝合带一线,在互换构造域的羌塘盆地和冈底斯地区,以及南部的雅鲁藏布江一线都有发现,可见王乃文研究员的“巴颜喀拉群的存在指示当时存在一个三叠纪大洋”的观点具有合理性。但笔者认为,巴颜喀拉群沉积区本身和北特提斯主缝合带不代表消滅的三叠纪大洋,巴颜喀拉群的存在指示其南侧存在一个广阔的三叠纪洋盆,这个洋盆的中心在雅鲁藏布江一线。

互换构造域三叠纪的沉积整体反映了北浅南深的古地理特征。早三叠世,羌塘北部的康鲁组为滨浅海相碎屑岩沉积建造,羌塘南部新发现的孜狮桑组^[60]为浅海碳酸盐岩台地沉积建造,冈底斯中间的嘎仁错组为碳酸盐岩台地斜坡相沉积,雅鲁藏布江一线以南地区的穷果组为以碳酸盐岩、页岩为主的深海盆地相沉积。这样的沉积相的空间展布形态整体反映了早三叠世“中特提斯海(洋)”欧亚大陆一侧被动大陆边缘沉积北浅南深的特征。中三叠世,羌塘盆地的康南组为鲕粒滩发育的浅海相沉积,羌南盆地目前还未发现可靠的中三叠统沉积,冈底斯中

间的嘎仁错组上部为碳酸盐岩斜坡相沉积,雅鲁藏布江一线以南地区的穷果组上部仍然表现为以碳酸盐岩、页岩为主的深海盆地相沉积。这样的沉积相的空间展布形态整体也反映了中三叠世“中特提斯海(洋)”欧亚大陆一侧被动大陆边缘沉积北浅南深的特征。晚三叠世早中期(卡尼期和诺利期),中特提斯海(洋)处于拉张的鼎盛时期,当时海域规模最大、海水最深,海相沉积物遍布整个互换构造域,如:羌塘北部的肖茶卡群中下部,羌塘南部的日干配错群中下部,冈底斯地块的珠龙组、江让组、麦龙岗组。珠龙组的硅质岩与薄层灰岩的沉积特征表明冈底斯在卡尼期曾经出现了深海盆地相的环境。晚三叠世末期(瑞替期),中特提斯海(洋)受印支运动影响显著,盆地急剧萎缩,海域面积减小,海水深度变浅,在整个中特提斯海(洋)都出现了海退的层序,含亲华夏植物群化石分子的碎屑岩沉积向南侵进,占据了原来曾经是浅海的地区,在羌塘盆地表现为肖茶卡群和日干配错群顶部的含植物化石的碎屑岩沉积,在冈底斯表现为敌布错组、坚扎弄组、多布日组和甲拉浦组含植物化石的碎屑岩沉积。从雅鲁藏布江以南一线晚三叠世瑞替期仍然为海相沉积、没有出现植物化石的情况看,当时处于印支演化阶段的中特提斯海(洋)并没有完全封闭,在雅鲁藏布江一线还存在一个古地理意义上的海水覆盖区域。从互换构造域晚三叠世末期植物群中出现的一些亲冈瓦纳植物群分子看,晚三叠世末期中特提斯海(洋)的规模在西藏地区已经很小,无法构成古植物群的地理分隔。从互换构造域的地层和古生物群特征看,晚三叠世印支运动的规模、影响都要比晚二叠世末期的海西末期构造运动大。

按照黄汲清等^[52]的理解,侏罗纪时期中特提斯海(洋)又开始沿着雅鲁藏布江一线拉张裂解,成为新的沉积盆地中心,这样,和三叠纪时期一样,又形成了大致沿雅鲁藏布江一线南北对称分布的侏罗纪时期的2个被动大陆边缘。但最近地质学家对冈底斯花岗岩和羌塘中部榴辉岩的研究结果表明:晚三叠世末期的印支运动对互换构造域的影响远比黄汲清等^[52]认为的地质条件复杂,互换构造域在侏罗纪时期是否是欧亚大陆南缘的被动大陆边缘,是一个既重要又存在诸多疑点的问题,将在下面予以介绍。

根据上述以黄汲清等^[52]的“互换构造域”思想为指导的讨论,结合最新的地层和古生物研究情况的

分析,笔者认为:①中二叠世时期,冈底斯地块和羌塘地块都处于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘;晚二叠世时期,羌塘盆地北部处于欧亚大陆南缘的被动大陆边缘,羌塘南部和冈底斯处于2个大陆之间的陆表浅海,亲缘属性不明显;三叠纪时期,冈底斯地块和羌塘地块整体位于欧亚大陆南部的被动大陆边缘。②互换构造域经历了中二叠世、三叠纪大部分时间的2期特提斯海侵扩张和海西期末期(晚二叠世末期)、印支期末期(晚三叠世末期)2期海退缩的过程。③阿拉伯板块的“长期的被动大陆边缘”、“二叠纪—三叠纪时中特提斯洋的形成”和“局限海与开阔海的反复发展”这3个要素在藏北都是存在的。因此,在理论上,藏北的二叠纪和三叠纪油气前景应该比以前认为的好,而不是差。

以新的地层序列为基础、以“互换构造域”思想为指导,根据对新的互换构造域地质背景的认识,来比较一下冈底斯地块、羌塘地块和 中东、西亚地区的地质背景。扎格罗斯缝合带以南的阿拉伯板块二叠纪、三叠纪的地质背景大体相当于中国雅鲁藏布江缝合带以南的喜马拉雅地块,长期处于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘。冈底斯和羌塘地块在中二叠世时期也处于冈瓦纳大陆北缘的被动大陆边缘,晚二叠世为2个大陆之间的陆表海,相当于中东、西亚地区的基墨里大陆区,羌塘盆地北部在晚二叠世时期已经表现出一定的欧亚大陆南缘被动大陆边缘的特征。三叠纪时期,沿着雅鲁藏布江—扎格罗斯一线裂解拉张,形成三叠纪新的特提斯海(洋),阿拉伯板块位于这个海(洋)盆南侧冈瓦纳大陆一侧的被动大陆边缘,而冈底斯地块和羌塘地块位于这个海(洋)盆北侧欧亚大陆一侧的被动大陆边缘。

中东和西亚地区中二叠世—早侏罗世的油气开采活动主要限定在托罗斯—扎格罗斯缝合带以南的阿拉伯地台区,即中二叠世—三叠纪特提斯海(洋)靠近冈瓦纳大陆一侧的被动大陆边缘,在沉积相上限定在碳酸盐岩蒸发台地相和碎屑岩、碳酸盐岩的滨浅海相。但这并不意味着西亚地区的特提斯海(洋)更深水的碳酸盐岩建造和靠近欧亚大陆一侧的被动大陆边缘的浅海相沉积建造没有油气潜力,主要是因为这一相区的沉积主要分布在扎格罗斯缝合带以北,被中生代晚期—新生代的巨厚沉积覆盖,受新生代构造运动的影响小,中二叠世—早侏罗世层系深埋于地下,没有进行勘探而已。

措勤盆地在中二叠世—三叠纪整体主要处于特提斯海(洋)的中间,羌塘盆地在晚二叠世和晚三叠世则靠近欧亚大陆一侧的被动大陆边缘。目前的沉积相表明其主体为浅海相碳酸盐岩建造,特提斯型暖水型生物群发育,因此在宏观地质背景上,措勤盆地和羌塘盆地的中二叠统一三叠系具有良好的油气远景。必须特别强调的是,措勤盆地受新生代构造运动的影响显著,晚古生代和早中生代地层都不同程度地被抬升,埋藏深度变浅,有的甚至出露地表,这与西亚地区互换构造域同时代的地层整体埋藏深、无法实现钻探或者开采不经济的情况大为不同。

措勤盆地中二叠世—晚三叠世诺利期以浅海相碳酸盐岩沉积为主,与阿拉伯地台区的泻湖相—滨浅海相的白云岩、蒸发岩或者泥页岩沉积相比,在层系内部的盖层条件上要逊色得多,可能内部的生储盖组合不会很丰富,但在生油条件上不见得比它差,晚三叠世晚期—早侏罗世的黑色—灰黑色的泥岩、砂岩和砾岩沉积形成了区域上很好的盖层。

5.2 盆地规模、有利勘探层系要比以前认为的好

石油勘探家普遍认为特提斯构造域内,盆地面积越大,油气前景越好^[8]。按照以往的地质模型(图2),三叠纪时期的沉积盆地就被分隔成南侧的喜马拉雅海槽和北侧的班公湖—怒江海槽2个小盆地,这2个沉积盆地区随着后期缝合带的挤压闭合几乎消减殆尽,冈底斯“古陆”区三叠系没有一点油气前景,因此青藏高原三叠系的整体油气前景不好。但现在,冈底斯三叠纪为海相盆地的一部分,那么至少喜马拉雅地区、冈底斯地区、南羌塘地区就可以被理解为一个统一的盆地,这样三叠纪的盆地建造规模要比原来认为的大得多,并且没有完全被后期的2个缝合带的挤压闭合破坏,至少在缝合带的南北两侧及中间保留着三叠纪盆地的原始沉积建造,有保留下来的沉积建造,就有含油气的可能。

二叠纪的情况基本相同,如果消除冈底斯晚二叠世冈底斯古陆的影响,喜马拉雅地区、冈底斯地区、羌塘盆地就会构成统一的盆地,这样晚二叠世的盆地规模就大很多,油气前景就会更好。二叠系和三叠系在喜马拉雅地区是连续沉积的,在北羌塘地区和冈底斯地区也是连续沉积的,这就说明二叠纪的盆地和三叠纪的盆地是连续叠加在一起的,不存在大的沉积间断,这对油气的保存和运移都是很有利的条件。

措勤盆地中二叠世的碳酸盐岩建造,既有可能成为上覆地层的烃源岩,还可以将其作为下伏地层的储层考虑,因为在中二叠世下拉组之下还有昂杰组上部的黑色泥岩沉积,石炭纪—二叠纪的沉积间断时间并不是很长,永珠组中发育很厚的灰黑色—灰绿色泥岩,含有丰富的孢粉^[6],这些地层都可能是潜在的烃源岩层。在冈瓦纳大陆北缘的阿拉伯板块,油气资源丰富的重要原因之一就是除了中生代以外,在整个古生代都发育多套烃源岩层,中、晚二叠世的碳酸盐岩沉积,除了可以自身形成生储盖配置外,还可以是下伏古老烃源岩层的储集层。措勤盆地从奥陶系直至早二叠世海相沉积都十分发育,目前还无法在理论上完全排除这些地层的生油潜力,油气是固体地层中的流体,在地层向下沉降或经历构造运动时,油气完全可能向上覆地层中运移,中东地区的中二叠世碳酸盐岩地层中储集了大量的非伴生气,这值得在研究措勤盆地中二叠统碳酸盐岩地层的油气前景时借鉴参考。

地质学家依据中、上侏罗统和白垩系地层的分布范围,将措勤盆地的南界圈定在狮泉河—雄巴—达雄—邦多—申扎一线。然而,在肖序常等^[9]的早中侏罗世古地理图中,在冈底斯西部画出了较大面积的弧后盆地的碳酸盐岩—火山岩的沉积区。赵兵等^[6]在措勤盆地南部边界以南的仲巴县仁多乡发现了厚约900 m的中上侏罗统碳酸盐岩建造——仁多组。因此,即使只考虑中、晚侏罗世地层的分布,措勤盆地也要比原来认为的面积大。如果按照三叠系的出露范围,措勤盆地的南部边界向南可延伸到仲巴县的麦拉附近。因此即使不考虑晚古生代地层,仅考虑中生代地层的分布范围,措勤盆地的范围也只会比目前大,不会比目前小。

在原来的下白垩统层系和古格层系之间,仁多组所代表的中、晚侏罗世碳酸盐岩建造层系值得重视。因为在中东和西亚地区,中、晚侏罗世的海侵碳酸盐岩建造(阿拉伯组为主要代表)是重要的烃源岩层和储层,具有极为重要的油气经济价值,侏罗系在羌塘盆地中也占有非常重要的地位。原来认为措勤盆地中、晚侏罗世的古地貌为南高北低,沉积盆地仅限制在冈底斯北缘,但赵兵等^[6]的发现使我们不得不怀疑原来对中、晚侏罗世措勤盆地的构型认识。能不能也像三叠系的情况,恰恰与原来的认识相反,为北高南低,措勤盆地北缘为以接奴组为代表的海陆

过渡相,向南相变为以仁多组为代表的浅海碳酸盐岩台地相?能不能像黄汲清等^[52]当年认为的那样,侏罗纪时期中特提斯海(洋)又沿着雅鲁藏布江一线拉张,在互换构造域形成北浅南深、欧亚大陆一侧的被动大陆边缘沉积?这是一个非常值得检验的观点,这个观点背后可能隐含着巨大的经济价值。验证的关键是,在冈底斯地块南部、现在圈定的措勤盆地的范围以南,加强中、晚侏罗世地层和古生物的研究,查明仁多组的准确时代,有没有可能是古生物研究上的错误造成时代的误判?如果没有误判,其分布范围如何?南北向的沉积相变化如何?如果没有,要找到可靠的地层间断的证据,并分析其原因。如果按照积极乐观的结果,通过将来的进一步工作,能够在冈底斯南部找到更多与仁多组相当的中、晚侏罗世沉积存在的证据,那么,对措勤盆地中、晚侏罗世的盆地构型就要重新认识,中、上侏罗统海相碳酸盐岩沉积建造就有可能成为新的有利勘探层系。

总而言之,措勤盆地原来只计算了下白垩统的油气资源潜力,盆地面积仅计算了冈底斯地块北缘的狭小空间。如果古格层系和以仁多组为代表的中、上侏罗统碳酸盐岩沉积建造也能提供油气资源的话,那么措勤盆地无论在有利勘探层系的数量上,还是在盆地面积上都会比现在增加,油气资源远景储量势必会有很大的增长。

羌塘盆地原来的有利勘探层系最老为上三叠统,二叠系一下、中三叠统没有纳入有利勘探层系的考虑范围。刘家铎等^[60]指出,羌塘盆地古生界烃源岩露头少,在以往的研究中未引起重视。古生界出露地表的烃源岩以二叠系热觉茶卡组 and 鲁谷组为主,烃源岩测试样品较少,其中鲁谷组烃源岩以灰岩为主,总体评价为中等—差烃源岩,热觉茶卡组烃源岩为泥岩、煤、灰质泥岩,总体评价为中等—最好的烃源岩,在今后的勘探中应引起足够的重视。目前对羌塘盆地中、下三叠统的油气前景评价工作还没有开展,这实际上也是受当时所认为的“羌南早中三叠世为古陆,早中三叠世地层仅局限于羌北狭小的区域内,因此早中三叠世的沉积盆地规模不大,没有太大价值”这一观点影响的缘故。

对羌南早、中三叠世为古陆的认识,如同冈底斯早、中三叠世为古陆的认识一样,正在被新的地层古生物学发现所动摇。目前,羌南地区孜狮桑组碳酸盐岩地层中早三叠世牙形石的发现^[60](这些牙形石都

是笔者鉴定的,此外,在贵州省地质调查院送给笔者的羌南丁固幅和加措幅的牙形石样品中,在磨盘山地区的碳酸盐岩样品中有早三叠世的牙形石)证明至少羌南地区在早三叠世不是陆地而是浅海。如果考虑羌北双湖地区早三叠世发育碎屑岩,而羌南地区早三叠世碳酸盐岩更发育,羌塘盆地的古地貌形态就不是现在认为的南高北低,而是北高南低,羌北盆地中三叠世表现出相对于早三叠世的海侵层序,那么羌南地区在中三叠世也应该存在海相地层。这样看来,羌塘盆地的早、中三叠世海相沉积就不仅限于羌北盆地,羌南和羌北都存在,羌塘盆地早、中三叠世的沉积范围可能要比原来认为的大,这就增加了下、中三叠统的油气勘探价值。根据目前已经报道的中、下三叠统的岩性资料和笔者在羌中隆起带北缘对它利甘利克山地区三叠系的实际观察,三叠系下部碎屑岩地层发育,上部鲕粒、豆粒灰岩和砾屑灰岩等地层发育。因此,可以将其视为上二叠统热觉茶卡组(甚至包括中二叠统鲁谷组)烃源岩的优秀储层。同时上覆的上三叠统的泥岩、灰岩地层也有作为盖层的可能。笔者认为在理论上,羌塘盆地还可能存在一个二叠系为烃源岩、下中三叠统为储层、上三叠统为盖层的新层系。若将来能够证明二叠纪—早、中三叠世层系也能提供油气资源的话,羌塘盆地的油气远景储量也会有所增长。

总之,基于地层学和古生物学的新资料,在黄汲清等^[52]“互换构造域”的思想框架下,措勤盆地和羌塘盆地在整体地质背景、盆地性质、盆地规模和有利勘探层系方面都有利于做出更积极乐观的油气前景判断。

6 关于措勤盆地和羌塘盆地油气勘探工作的2点建议

除了加强对已经识别出来的有利勘探层系的进一步勘探研究、争取早日实现油气勘探的实质性突破外,笔者建议加强以下2个方面的工作。

(1)向下开拓新层系。要想扩大措勤盆地和羌塘盆地的油气远景资源储量,就必须开拓新层系。

羌塘盆地的上三叠统和侏罗系是目前已经确定的有利勘探层系,但盆地内侏罗系大面积出露地表,侏罗纪盆地已经遭受了一定程度的破坏,形成了暴露盆地^[1],这为侏罗系的油气前景蒙上了阴影。上三叠统一个层系的贡献是有限的^[1]。要想实现羌塘盆

地油气远景储量的进一步增长,最现实的选择就是向下开拓二叠系和下、中三叠统构成的层系。这个层系的理论埋藏深度并不深,又没有像侏罗系那样大规模出露地表,同时具备生储盖的基本条件。因此值得进一步探索研究,不应该过早放弃。

措勤盆地原来的有利勘探层系只有下白垩统,但由于中—上侏罗统、下白垩统,尤其是下白垩统上部的郎山组大面积出露^[8],因此有利勘探区域就被压缩在盆地西北部很小的区域内。但如果将古格层系作为潜在的有利勘探目标,至少在白垩系出露的地区还有油气资源潜力,冈底斯西部有利勘探区域在空间上就会拓展,油气远景储量就有增长的可能。此外,措勤盆地以仁多组为代表的中、上侏罗统海相碳酸盐岩建造的分布规律及其油气资源潜力还要加以注意。

(2)修订和完善原有的地质模型。要想向下开拓新层系,就必须突破现有地质模型的束缚,要想科学经济地对已经识别出的有利勘探层系进行勘探,就必须修订和完善目前已有的地质模型(图2)。地质模型是在各种地质学研究成果基础上高度概括的认识,是指导战略性油气勘探工作的理论基础之一。地质模型在油气勘探和开采的全过程中始终是动态变化的,它随油气勘探和生产活动的深入不断细化,随地质资料的丰富不断补充完善。当一个已有的地质模型无法合理解释新出现的地质现象时,就要考虑修改它,使之能合理地解释新的地质现象,更加逼近客观真实的地质原貌,从而科学地指导油气勘探工作。否则利用一个具有缺陷的地质模型指导油气勘探工作,就可能造成战略方向上的错误和人力、财力、时间的浪费。

地层学和古生物学资料是构建精细、合理的地质模型的重要支柱之一,地层古生物的研究工作是油气勘探和生产全过程中不可缺少的组成部分。支撑原来地质模型(图2)的地层学基础已经动摇,现有的地质模型(图2)已经无法解释措勤盆地新发现的二叠系、三叠系和中上侏罗统,无法合理地解释南羌塘盆地新发现的下三叠统碳酸盐岩沉积。现有的地质模型(图2)也没有对二叠纪沉积盆地和中生代盆地的演化关系进行清楚的阐述,无法指导对二叠纪盆地的油气勘探和评价工作。王剑等^[9]指出,对盆地性质和演化过程的认识直接影响对盆地油气资源潜力的分析和评价。但目前青藏高原地区还有许多关

系到对盆地性质和演化过程的认识有着决定性影响的地层学问题没有得到完全解决。以地层学和古生物学为基础的地质综合研究在揭示沉积盆地的原型建造、盆地性质和盆地演化方面的作用是无法用其他高科技手段取代的。

在目前的地质模型(图2)中,“冈底斯古陆”的影响最大,是制约措勤盆地和羌塘盆地油气前景评价向积极方向发展的最大障碍。对冈底斯古陆的认识阻碍了措勤盆地和羌塘盆地在特提斯构造域的盆地类比,导致石油勘探家认为措勤盆地三叠系没有油气前景,羌塘盆地也只有上三叠统有油气前景,完全掩盖了二叠系盆地的油气前景。冈底斯古陆的认识掩盖了青藏高原北部(包括冈底斯地块和羌塘地块)在二叠纪、三叠纪形成大型被动大陆边缘沉积盆地建造的可能性。目前需要进一步证明冈底斯在晚二叠世—早侏罗世不是“古陆”或者“弧”,消除“晚二叠世—早侏罗世冈底斯古陆”的负面影响,为在措勤盆地和羌塘盆地向下寻找新的有利勘探层系扫清认识上的障碍。

最新的地层发现已经部分动摇了原有大地构造和古地理模型的地层学基础,笔者基于这些新的地层学和古生物学资料,在“互换构造域”思想的指导下,提出了与原来截然相反、更有利于做出油气前景积极判断的地质背景认识。到底是以“弧和陆”为主导思想的地质模型正确,还是以“盆地和海洋”为主导思想的地质背景认识正确,措勤盆地和羌塘盆地的油气前景是维持在对原来地质模型认识的水平上,还是在现在提出的地质背景基础上有更乐观的前景?这都要求我们重视和加强对藏北晚古生代—早中生代地层的研究和地质综合研究。只有通过细致的地层学和古生物学工作,才能正确地恢复三叠纪和侏罗纪的古地理环境和大地构造背景,正确地恢复二叠纪盆地和中生代盆地的叠加和演化关系,建立更为科学的、精细的地质模型,科学地指导青藏高原北部的油气勘探和评价工作。

7 结 论

(1)措勤盆地晚二叠世—晚三叠世诺利期都是海相碳酸盐岩地层,晚三叠世瑞替期—早中侏罗世为陆缘碎屑岩地层,措勤盆地在晚古生代—早中生代不存在长达75 Ma以上的沉积间断。措勤盆地二叠纪和三叠纪的大地构造背景与特提斯构造域的整

体构造背景一致,都经历了中二叠世以来直至晚三叠世早期的特提斯海(洋)的扩张和建造阶段,在晚二叠世—早侏罗世不存在长期挤压背景下的“古陆”和“弧”。

(2)措勤盆地中二叠世栖霞期—晚三叠世诺利期的海相碳酸盐岩具有生油层的性质,晚三叠世瑞替期—一早、中侏罗世的陆缘碎屑岩地层具有盖层性质,两者之间的角度不整合面和盖层的下部具有储集层的性质。中二叠统—下侏罗统宏观上构成一个持续时间长、生储盖配置较好的有利油气勘探层系。碳酸盐岩相的中上二叠统、三叠系和碎屑岩相的上三叠统、下侏罗统在特提斯构造域是重要的油气烃源岩和储集层,因此措勤盆地的中二叠统—下侏罗统层系是潜在的油气沉积建造。

致谢:中国地质科学院地质研究所肖序常院士审阅了本文并提出宝贵的意见。与王乃文研究员的讨论使笔者获益匪浅。匿名评审专家的建设性意见促使笔者补充了大量的相关资料。在青藏高原的地质调查过程中,一直得到中国地质调查局拉萨工作站和西藏自治区国土资源厅地质培训中心的领导和同志的帮助。参加野外工作的还有中国地质调查局实物资料中心蒋忠惕研究员、吉林省地质调查研究院刘贵忠高级工程师和原中国地质大学(北京)的傅渊慧硕士。在此一并表示诚挚的感谢!

参考文献:

- [1]赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原海相烃源层的油气生成[M].北京:科学出版社,2001.
- [2]吴国干,门相勇,李小地,等.中国石油油气勘探面临的形势与陆上油气资源战略选区的五大领域[J].地质通报,2006,25(9/10):1017-1021.
- [3]张大伟.中国油气资源战略选区若干问题的思考[J].地质通报,2006,25(9/10):1013-1016.
- [4]王成善,尹海生.西藏羌塘盆地地质演化与油气远景评价[M].北京:地质出版社,2001.
- [5]赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原羌塘盆地石油地质[M].北京:科学出版社,2001.
- [6]赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原大地构造特征及盆地演化[M].北京:科学出版社,2001.
- [7]赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原中生界沉积相及油气储盖层特征[M].北京:科学出版社,2001.
- [8]高瑞祺,赵政璋.中国油气新区勘探,第六卷,青藏高原石油地质[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [9]王剑,谭富文,李亚林,等.青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M].北京:地质出版社,2004.
- [10]潘继平,金之钧.中国油气资源潜力及勘探战略[J].石油学报,2004,25(2):1-6.
- [11]付孝悦,张修富.西藏高原石油地质[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [12]潘继平.中国油气资源勘探现状与前景展望[J].地质通报,2006,25(9/10):1055-1059.
- [13]门相勇,赵文智,李小地,等.中国石油战略选区重点目标油气地质条件分析及勘探建议[J].地质通报,2006,25(9/10):1064-1067.
- [14]汤良杰,吕修祥,金之钧,等.中国海相碳酸盐岩层系油气地质特点、战略选区思考及需要解决的主要地质问题[J].地质通报,2006,25(9/10):1032-1035.
- [15]赵文津,赵逊,蒋忠惕.西藏羌塘盆地深部结构构造与含油气前景预测[M].北京:地质出版社,2006.
- [16]刘家铎,周文,李勇,等.青藏地区油气资源潜力分析与评价[M].北京:地质出版社,2007.
- [17]王冠民.西藏措勤盆地构造沉积演化及含油气远景[J].石油学报,2001,22(1):31-35.
- [18]青藏油气区石油地质志编写组.青藏油气区,中国石油地质志,卷十四[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [19]赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原地层[M].北京:科学出版社,2001.
- [20]宋全友,王冠民.西藏措勤盆地中、新生代岩相古地理特征[J].石油大学学报(自然科学版),2002,26(2):7-11.
- [21]李祥辉,吴铭,王成善.西藏措勤盆地古生界—中生界岩相古地理演化[J].成都理工学院学报,2001,28(4):331-339.
- [22]西藏自治区地质矿产局.西藏自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.
- [23]夏代祥,刘世坤.西藏自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [24]中国地质调查局,成都地质矿产研究所.青藏高原地质图(1:150万)说明书[M].成都:成都地图出版社,2004.
- [25]饶荣标,徐济凡,陈永明,等.青藏高原的三叠系[M].北京:地质出版社,1987.
- [26]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.
- [27]翟光明,宋建国,靳永强,等.板块构造演化与含油气盆地形成与评价[M].北京:石油工业出版社,2002.
- [28]潘桂棠,莫宣学,侯增谦,等.冈底斯造山带的时空结构及演化[J].岩石学报,2006,22(3):521-533.
- [29]王义刚,何国雄.西藏一些三叠纪菊石[C]//中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏古生物(第三分册).北京:科学出版社,1981:283-313.
- [30]西藏地质调查院.1:25万斯诺乌山幅、狮泉河幅地质调查成果 and 进展[J].沉积与特提斯地质,2005,25(1/2):57-61.
- [31]纪占胜,姚建新,武桂春.西藏西部狮泉河地区二叠纪和三叠纪牙形石的发现及其意义[J].地质通报,2007,26(4):383-397.
- [32]纪占胜,姚建新,武桂春,等.西藏措勤县敌布错地区“下拉组”中发现晚三叠世诺利期高舟牙形石[J].地质通报,2006,25(1/2):138-141.
- [33]武桂春,姚建新,纪占胜.西藏冈底斯西段措勤地区三叠纪牙形石

- 生物地层特征[J].地质通报,2007,26(8):938-946.
- [34]纪占胜,姚建新,武桂春.西藏冈底斯西段措勤地区海相三叠系的划分[J].地质通报,2007,26(8):947-952.
- [35]纪占胜,姚建新,武桂春.关于藏北改则地区夏岗江植物群及其地层时代的修订意见[J].地质通报,2007,26(8):953-959.
- [36]郭铁鹰,梁定益,张宜智,等.西藏阿里地质[M].武汉:中国地质大学出版社,1991.
- [37]陈清华,王建平,王绍兰,等.西藏措勤盆地上二叠统的发现及其地质意义[J].科学通报,1998,43(19):2111-2114.
- [38]程立人,武世忠,张予杰.藏北申扎地区晚二叠世早期的皱纹珊瑚[J].地质通报,2002,21(1):24-28.
- [39]程立人,王天武,李才,等.藏北申扎地区上二叠统木纠错组的建立及皱纹珊瑚组合[J].地质通报,2002,21(3):140-143.
- [40]李晓勇,谢国刚,徐银保,等.西藏中南部尼雄—文部地区中—晚二叠世坚扎弄组的发现及其地质意义[J].地质通报,2002,21(6):339-344.
- [41]周幼云,江元生,王明光.西藏措勤—申扎地层分区二叠系敌布错组的建立及其特征[J].地质通报,2002,21(2):79-82.
- [42]姚建新,纪占胜,武桂春,等.西藏申扎地区德日昂玛—下拉剖面:冈瓦纳和特提斯晚石炭世—早二叠世地层和古生物对比的桥梁[J].地质通报,2007,26(1):31-41.
- [43]詹立培,姚建新,纪占胜,等.西藏申扎地区晚石炭世—早二叠世冈瓦纳相腕足类动物群再研究[J].地质通报,2007,26(1):54-72.
- [44]纪占胜,姚建新,武桂春,等.西藏申扎地区晚石炭世牙形石 *Neognathodus* 动物群的特征及其意义[J].地质通报,2007,26(1):42-53.
- [45]蒋忠惕,徐正余.西藏夏岗江等地华夏植物群地质意义[J].中国地质,1983,(2):4.
- [46]李星学,吴一民,傅在斌.西藏改则夏岗江二叠纪混合植物群的初步研究及其古生物地理区系意义[J].古生物学报,1985,24(2):150-170.
- [47]Sengor A M C. The Cimmeride Orogenic system and the tectonics of Eurasia[J]. Geol. Soc. Amer., Special Paper, 1984, 195: 82.
- [48]Sengor A M C, Altiner D, Cin A. Origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwanaland [C]// Audley-Charles, Hallam A. Gondwana and Tethys. Geol. Soc. Spec. Publ., 37, Published for the Geol. Soc. Oxford Univ. Press, 1988: 119-181.
- [49]Metcalfe I. Late Palaeozoic and Mesozoic palaeogeography of Southeast Asia[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1991,87:211-221.
- [50]Metcalfe I. Palaeozoic and Mesozoic tectonic evolution and palaeogeography of East Asian crustal fragments: The Korean Peninsula in context[J]. Gondwana Research,2006,9:24-46.
- [51]Ueno K. The Permian fusulinoidean faunas of the Sibumasu and Baoshan blocks:their implications for the paleogeographic and paleoclimatologic reconstruction of the Cimmerian Continent[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2003,193:1-24.
- [52]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.
- [53]尹集祥.青藏高原及邻区冈瓦纳相地层地质学[M].北京:地质出版社,1997.
- [54]童小光,张刚,高永生.世界石油勘探开发图集(中东地区分册)[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [55]童小光,关增森.世界石油勘探开发图集(亚洲太平洋地区分册)[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [56]李国玉,金之钧.世界含油气盆地地图集(上、下册)[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [57]纪占胜,姚建新,武桂春,等.布卡拉曼加拉贝氏牙形石动物群在西藏日土地区的发现及其意义[J].地质通报,2006,25(1/2):142-145.
- [58]李星学,姚兆奇,朱家楠,等.西藏北部双湖地区晚二叠世植物群[M]//西藏古生物,第五分册.北京:科学出版社,1982:1-16.
- [59]任纪舜,肖黎薇.1:25万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱[J].地质通报,2004,23(1):1-11.
- [60]张树岐,蒋丽杰,冯德臣,等.藏北南羌塘孜狮桑地区早三叠世牙形刺化石新资料[J].地质通报,2005,24(12):1173-1174.
- [61]纪占胜,姚建新,高联达,等.藏北申扎地区下石炭统永珠组下部孢子组合的特征及意义[J].古生物学报,2006,45(3):399-409.
- [62]肖序常,李廷栋.青藏高原的构造演化与隆升机制[M].广州:广东科技出版社,2000.
- [63]赵兵,刘登忠,陶晓风,等.西藏措勤—申扎地层分区新建中—上侏罗统仁多组[J].地质通报,2005,24(7):637-641.
- ① 蒋忠惕,等.青藏高原北部地区含油气条件及前景预测(内部报告).1990.
- ② 中国地质科学院亚洲地质图编图组.亚洲地质资料汇编(第一、二、三册).1980.