

塔里木新生代复合再生前陆盆地 构造特征与油气

魏国齐¹⁾ 贾承造²⁾ 施央申¹⁾ 卢华复¹⁾ 王良书¹⁾

1) 南京大学地球科学系, 210093; 2) 塔里木石油勘探开发指挥部, 新疆库尔勒, 841000

内容提要 再生前陆盆地是针对中国地质特点研究提出的, 与周缘前陆盆地、弧后前陆盆地并列的第三种典型前陆盆地类型。本文在讨论再生前陆盆地概念的基础上, 以塔里木新生代复合再生前陆盆地为例, 从其形成的构造背景、构造—沉积演化、断裂褶皱构造变形, 以及基本石油地质条件与含油性等方面, 详细阐述了再生前陆盆地的基本构造特征、构造变形样式、优越的油气地质条件及良好的油气勘探前景, 以便今后深入研究这一根据中国地质特点提出的前陆盆地新类型, 指导塔里木盆地以及中国西部相关盆地的油气勘探。

关键词 再生前陆盆地 塔里木 晚第三纪—第四纪 构造—沉积演化 再生前陆冲断带 油气地质

1 关于复合再生前陆盆地

前陆盆地是指位于造山带前缘与相邻克拉通之间的沉积盆地(刘和甫, 1995), 也是世界上油气资源十分丰富的一种盆地类型。近20年来, 随着前陆盆地油气勘探和研究的不断深入, 以板块构造理论为基础的分类方案不断涌现(Dickinson, 1976; Bally et al., 1980; Kingston et al., 1983; Ingersoll, 1988), 前陆盆地的分类研究日趋完善, 其中以Dickinson (1976)的分类最为流行、典型, 把前陆盆地划分为周缘前陆盆地和弧后前陆盆地两种类型, 它们主要有两个显著特点: ①其板块位置均与同时代的蛇绿岩或岩浆弧较近; ②早期(前前陆)均发育有被动大陆边缘的海相沉积(前前陆层序)。然而由于这些盆地分类均出自于欧美盆地的研究总结, 不能概括中国西部中、新生代, 特别是新生代以来的盆地性质、特点, 以前统称之为山前盆地或山间盆地(刘和甫, 1995)。近些年来, 中国的地质学家从中国西部的地质实际出发, 在对西部中、新生代, 特别是新生代盆地地质构造特征研究基础上, 提出了再生前陆盆地的概念(Lu et al., 1994; 刘和甫, 1995), 它是与弧后前陆盆地、周缘前陆盆地并列的第三类前陆盆地。关于这类盆地, 陈发景(1991)认为是一种挠曲类前陆盆地, 钱祥麟等^①认为是挠曲盆地。从而完善了前陆盆地类型。

再生前陆盆地除在沉降特征、构造变形与样式、含油性等方面与典型前陆盆地基本相似外, 一般独具以下特征: ①在时间上不与其相邻板块缝合带相关; ②空间上不与其同时期的碰撞缝合带直接紧靠, 而是远离碰撞缝合带; ③远距离碰撞作用导致古A型俯冲带的再生和复

① 钱祥麟等. 1994. 塔里木板块北缘东段及塔北隆起东部构造特征. 北京大学.

本文1999年7月收到, 12月改回, 周健编辑。

带(图1c)。这些早期构造形迹的发育和后期活化对塔里木复合再生前陆盆地的形成起了重要的控制作用(图1)。

晚第三纪—第四纪塔里木盆地已处于欧亚大陆板块内部,远离板块边缘活动带,属大陆板块内部构造。此时欧亚大陆板块南缘板块构造活动性主要表现为始新世末以来印度大陆板块与欧亚大陆板块开始碰撞拼贴并向北持续推移,以及第三纪末—早更新世全面碰撞拼贴等。自始新世末以来,两大陆板块以5 cm/a的速率持续聚合,导致陆壳至少缩短了1500 km^①,始新世末印度板块与欧亚大陆板块开始碰撞拼贴及其后持续的向北推移事件,对塔里木盆地及周缘构造产生了深刻的影响,新疆及西藏地区特提斯海最终闭合,海水自东向西退出新疆及西藏境内,开始了陆相沉积发展阶段。由于强烈的碰撞挤压作用,在塔里木盆地及周缘形成区域挤压构造环境,使侏罗纪—早第三纪原已被夷平的晚古生代和三叠纪天山、昆仑山、阿尔金山等碰撞造山带迅速隆升,再度崛起,塔里木盆地成为大陆内部造山带环绕的大型山间盆地。持续的挤压作用,使塔里木盆地与周边山系之间的差异性运动显著增强,并在早期构造形迹的基础上,在周边山系前产生大规模陆内A型俯冲,形成一系列向盆地方向逆掩的冲断岩席,在冲断岩席的构造载荷和前陆堆积的沉积载荷影响下,由于岩石圈的挠曲特性,地壳发生挠曲变形,在周边山系前形成再生前陆盆地,盆地内则形成前缘隆起。

因此,塔里木复合再生前陆盆地的形成主要与盆地南缘志留纪—泥盆纪、三叠纪和盆地北缘二叠纪存在的古A型俯冲作用等早期构造,以及始新世末以来南缘印度板块与欧亚大陆板块碰撞及其持续强烈活动有关,是印度板块与欧亚大陆板块碰撞的远距离效应,引起塔里木早期古A型俯冲的复活和再生的结果。

3 塔里木复合再生前陆盆地构造—沉积演化特征

据钻探、地震资料及地层接触关系,结合盆地新生代周边地球动力学特征,塔里木新生代复合前陆盆地可划分为4个构造—沉积演化阶段,即早第三纪古、始新世及前早第三纪的前再生前陆盆地发展阶段、早第三纪渐新世—晚第三纪吉迪克期(N_{1j})复合再生前陆盆地发展初期阶段、晚第三纪康村期—库车期复合再生前陆盆地发展阶段和晚第三纪康村末期—早更新世复合再生前陆构造变形阶段(图2)。

3.1 早第三纪古、始新世及前早第三纪——前再生前陆盆地发展阶段

塔里木盆地经历了早二叠世晚期—三叠纪长期挤压构造环境后,由于喀喇昆仑地区残余特提斯海的俯冲活动、大陆板块内部的均衡调整及一度活动的岩石圈冷却等(贾承造,1997),侏罗纪—早第三纪始新世总体进入应力松弛的伸展构造发展阶段。侏罗纪—早第三纪始新世(前再生前陆时期)随着伸展构造作用的加强,前再生前陆层序构造—沉积主要具以下两个特点:①在侏罗系准平原化的基础上,塔里木盆地在侏罗纪沉积了一套煤系地层,以煤层和碳质泥岩为主,这套煤系地层有机质丰度较高,构成盆地主要烃源岩;②晚白垩世—早第三纪始新世经历了局部海浸—较大范围海侵的沉积发展过程。晚白垩世由于伸展构造作用加强,沉降速率加快,随全球性的海浸,海水从喀什西部的阿赖谷地进入塔西南地区,上白垩统主要为潟湖相的膏泥岩和碳酸盐岩,沉积物和生物群与费尔干盆地一致,说明海水通过中亚地区与特提斯海相通,第三纪海侵规模不断扩大,已从晚白垩世的西昆仑隆起山前,扩大至古天山隆起中西

① 马瑞士等,1995.塔里木板块西南缘构造演化.南京大学.

部山前,即在古天山隆起中西部、西昆仑隆起山前断陷控制下,海水分两支自西向东进入塔里木盆地,一支由喀什沿西昆仑隆起山前进入盆地西部和田及以东地区,但范围已扩大至现今麦盖提斜坡地区,另一支由喀什经柯坪北、阿克苏沿古天山隆起中西部山前进入库车地区,形成两支海湾,海湾之间为隆起分隔阻挡。其中前者早第三纪古、始新世具有3次明显的海侵,出现了相应的浅海相与咸化潟湖相沉积的3次交替,并局部出现潮上带环境沉积的白云岩,沉积厚度200~1800 m;后者为潟湖相的钙质砂砾岩、膏泥岩等,沉积厚度一般200~900 m。而塔里木盆地东部则主要为河流—滨浅湖相的碎屑岩沉积,沉积厚度一般100~200 m,塔东南坳陷地区400~800 m(图2a)。

3.2 早第三纪渐新世—晚第三纪吉迪克期(N_{1j})——复合再生前陆盆地发展初期阶段

始新世末,塔里木盆地南缘印度板块开始与欧亚大陆板块碰撞,受远距离碰撞影响,使经过侏罗纪—早第三纪始新世趋于夷平的古天山隆起、西昆仑隆起和东昆仑—阿尔金隆起再度隆起,早期古A型俯冲活化,盆地周缘发生陆内A型俯冲作用,渐新世—中新世吉迪克期(N_{1j})塔里木盆地进入复合再生前陆盆地发展初期阶段,其北部为天山山前的阿瓦提—库车再生前陆坳陷,南部为昆仑—阿尔金山前的塔西南、且末—若羌再生前陆坳陷,中部为南北再生前陆坳陷的共同前缘隆起—中部复合前缘隆起,它们在平面上构成复合再生前陆盆地雏形。此时塔里木复合再生前陆盆地沉积为洪、冲积—河流相的红色碎屑岩沉积,沉积中心与沉降中心在库车北—阿瓦提和英吉沙—叶城—和田一线,最大沉积厚度分别为1700 m和2800 m,最大沉积速率180 m/Ma和300 m/Ma,而复合前缘隆起沉积厚度较薄(100~200 m)、沉积速率较低(11~22 m/Ma),且具东西两端隆起相对较高、中部相对较低的特征(图2b)。

3.3 晚第三纪康村期(N_{1-2k})—库车期(N_{2k})——复合再生前陆盆地发展阶段

中、上新世康村期(N_{1-2k})—库车期(N_{2k}),受印度板块与欧亚大陆板块持续碰撞的影响,天山、昆仑山向盆地方向的强烈逆掩,并急剧沉降,塔里木盆地进入复合再生前陆盆地发展阶段。它与吉迪克期相比,具3个显著特点:①天山山前的阿瓦提—库车再生前陆盆地和昆仑山前的塔西南再生前陆盆地得到空前发展,沉积了巨厚的洪冲积—河流相细磨拉石建造,山前的最大沉积厚度分别达4500 m和5500 m(包括第四系),最大沉积速率分别大于350 m/Ma和380 m/Ma,并分别向南东方向和北东方向减小,箕状坳陷特征十分明显。②统一的前缘隆起不再存在,同时由于早期先存构造形迹的存在,表现为两种前缘隆起与前陆坳陷的关系,即随着前陆地区构造负载和沉积负载的增加,前缘隆起向前迁移(塔东前缘隆起)和前缘隆起位置不变(巴楚前缘隆起),仅表现为隆起幅度加大。③受东昆仑—阿尔金山ENE向左行走滑断裂系影响,东昆仑—阿尔金山前的塔东南地区形成一系列拉分盆地(图2c)。

3.4 第三纪末—早更新世——复合再生前陆盆地构造变形阶段

第三纪末—早更新世,塔里木南部发生了印度板块与欧亚大陆板块全面碰撞(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993),塔里木复合再生前陆盆地进入强烈褶皱、断裂构造变形发展阶段。构造变形一方面由于受碰撞产生的强大水平挤压应力影响,周边山系急剧隆起并向盆地内逆掩,在天山、昆仑山前形成复杂断裂褶皱变形的再生前陆冲断带,另一方面表现为大规模的走滑活动及与走滑活动有关雁列式断裂、褶皱及拉分盆地等。

第三纪末—第四纪塔里木复合再生前陆盆地南北周缘分别为巍峨耸立的喀喇昆仑山、昆仑山、阿尔金山和天山,其周缘分别为ENE向阿合奇、阿尔金左行走滑断裂和WNW向西昆仑山前、天山东段山前右行走滑断裂,它们共同组成现今盆地菱形形态。盆地内主要为库车再

生冲断带、塔西南再生冲断带、柯坪冲断带、巴楚断隆、塔东前缘隆起以及与走滑活动有关的雁列式断裂、拉分盆地等(图 2d)。其中,塔西南、库车再生前陆冲断带主要表现为以断坪—断坡台阶状逆断层及相关褶皱组成的中、新生界复杂构造变形带,发育多个成排成带的构造带,深部(中生界)主要为双重构造,浅部(新生界)主要为断层传播褶皱。

4 塔里木复合再生前陆盆地构造变形特征

第三纪末—第四纪受印度板块与欧亚大陆板块全面碰撞影响,塔里木复合再生前陆盆地发生强烈逆冲、褶皱构造变形。盆地内主要表现为再生前陆冲断带、前缘隆起以及与走滑活动有关的拉分盆地等。

4.1 再生前陆冲断带

主要包括库车再生前陆冲断带(贾承造,1997;陈楚铭等,1999)、塔西南再生前陆冲断带和柯坪再生前陆冲断带。

库车再生前陆冲断带 库车再生前陆冲断带位于塔里木盆地北部天山山前,主要表现为以断坪—断坡台阶状逆断层及相关褶皱组成的中、新生界复杂构造带,自北向南可划分为北部边缘冲断—单斜带、斯的克背斜带、直线背斜带、秋里塔格背斜构造带及英买 7—提尔根张性构造带。其中直线背斜带东段和中、西段构造变形差异明显,东段(依奇克里克背斜)为主体发育于前中生界中向南逆冲的断坪—断坡台阶状逆断层所构成的大型断层转折褶皱背斜,浅层是在背斜北翼三叠系中发育的向南逆冲断层所控制的断层传播褶皱(fault-propagation fold)背斜,并叠置在主体背斜之上。中西段深浅层构造变形不一致,浅层发育南北两个背斜带,北带由坎牙肯背斜、巴什基奇克背斜、库姆格列木背斜和喀拉巴赫背斜组成,南带包括吉迪克背斜、喀桑托开背斜、吐孜玛扎背斜;深层西部和东部分别为克拉苏背斜和巴深背斜。巴深背斜位于坎牙肯和巴什基奇克两个地表背斜之间,为一中、新生界断层转折褶皱;克拉苏背斜位于地表背斜之间的向斜之下(西、中段)和地表南背斜带之下(东段),克拉苏背斜西段是多条向南逆冲的断层和向北逆冲的反向逆断层所控制的中生界双重逆冲构造(图 3a),东段构造变形较简单,是一条盲断层控制的中、新生界断层转折褶皱。秋里塔格背斜带表层(新生界)是南翼近于直立的典型断层传播褶皱,深层是发育在侏罗系和白垩系中的向南逆冲断层所控制的断层转折褶皱。英买 7—提尔根张性构造带是由一系列 ENE、NE 向正断层控制的中、新生界断裂构造带,自东向西依次为轮台—提尔根、牙哈、哈拉库姆、齐姆根、红旗、英买 7、羊塔克和玉东等断裂构造带,以断背斜发育为特征。

塔西南再生前陆冲断带 塔西南再生前陆冲断带位于塔里木盆地西南部的昆仑山前,据构造变形特征的不同自西向东可划分为帕米尔北缘弧形构造带、齐姆根构造带、柯克亚—桑株构造带和皮牙曼—和田构造带。其中齐姆根构造带、柯克亚—桑株构造带深浅构造不协调变形,深层(古生界及中生界)为复杂的双重构造体系,顶板断层为下第三系底界的膏泥岩层,底板断层为古生界(寒武系)底面;浅层(新生界)为深层岩层堆叠所形成的被动上拱构造(图 3b)。皮山—和田构造带构造样式明显不同,表现为以长距离推覆为主所形成的大型推覆体,该推覆体深浅两套构造层序完全重复,古生界地层垂向上两次出现,深层原地岩体(古生界及中生界和下第三系)各层系均可向盆地内部连续追踪,浅层外来岩体(古生界及下第三系和始新统)从南向北推覆,其底滑脱面与原地岩体的顶端滑脱面接触在一起,形成上下盘断坪接触关系,推覆体前端可以见到上盘断坡与下盘断坪的对接情况,初步估算,该推覆体推覆距离超

过 50 km。

柯坪再生前陆冲断带 南天山南缘西段主要指阿克苏以西地区。研究表明,南天山南缘西段冲断带主要是以古生界底面为滑脱面,沿古生界底滑脱的复杂构造变形带,其前缘地区由浅层和深层等不同层次变形组成,浅层为第三系底部滑脱褶皱,深层基底岩性卷入变形,总体为一逆序变形的冲断带,自南而北可划分为喀什构造带(I)、阿图什构造带(II)、康苏—喀尔果

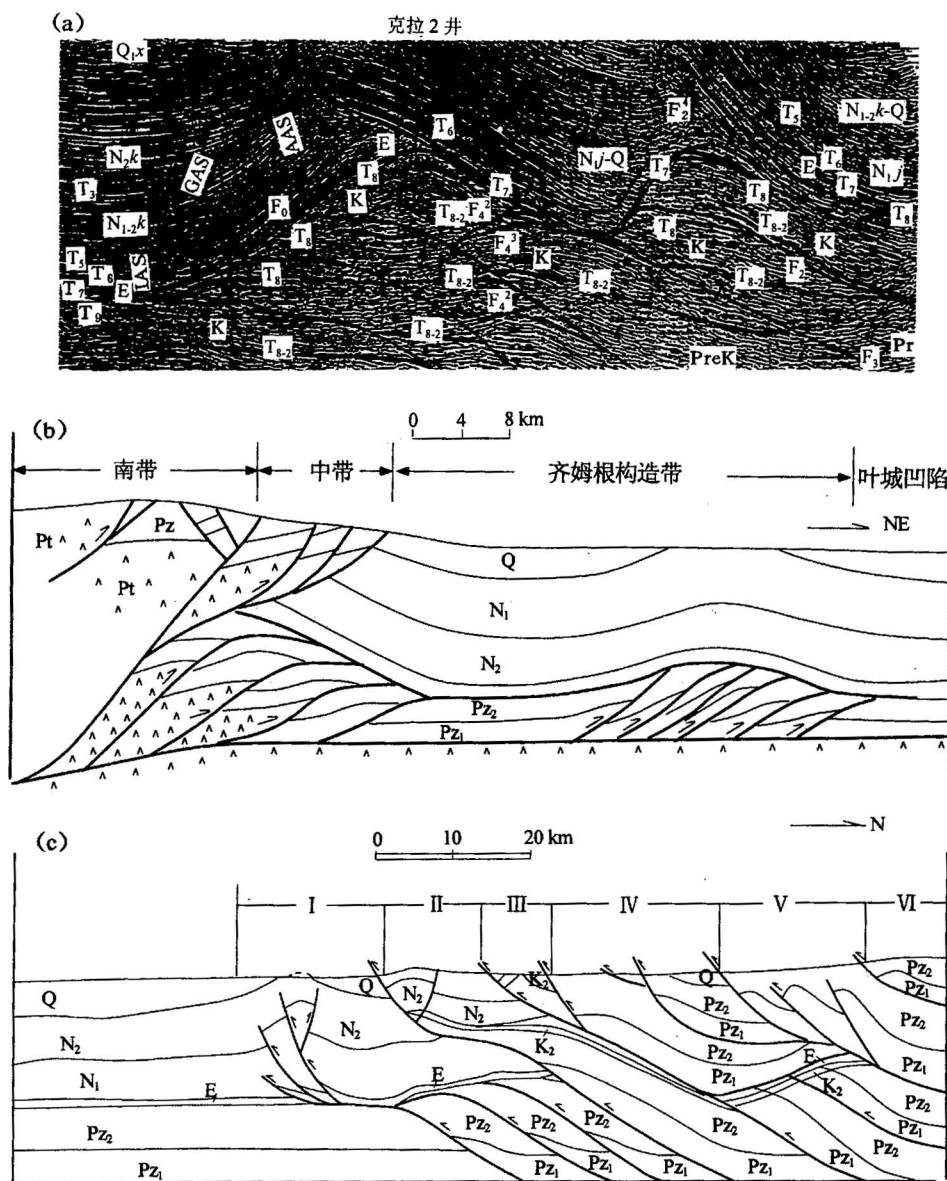


图 3 塔里木盆地新生代再生前陆冲断带剖面图

Fig. 3 Profiles of thrust belts of the Cenozoic foreland basin, Tarim

(a)—库车再生前陆冲断带; (b)—塔西南再生前陆冲断带; (c)—柯坪再生前陆冲断带

(a)—Kuqa thrust belt; (b)—southwest Tarim thrust belt; (c)—Kalpin thrust belt

勒构造带(Ⅲ)、阿其克推覆体(Ⅳ)、巴音布鲁提—喀拉峻推覆体(Ⅴ)和阿克彻依—巴克苏盖特推覆体(Ⅵ)等 6 个构造带,各构造带特征见图 3c。

4.2 前缘隆起构造

晚第三纪—第四纪塔里木复合再生前陆盆地构造演化研究表明,从中新世吉迪克期至中、上新世—第四纪,由于岩石圈的挠曲特性,随着前陆地区构造负载和沉积负载的增加,发育两种前陆拗陷与前缘隆起的配置关系,一种表现为前缘隆起向远离前陆方向迁移(如库车再生前陆盆地的塔东前缘隆起),另一种为前缘隆起位置不变,仅表现为隆起幅度加大(如塔西南再生前陆盆地的巴楚前缘隆起或巴楚断隆),前者反映了前陆盆地发展的一般规律,后者则反映了叠合复合盆地中前陆盆地发展的特性,主要是由于该地区先存构造形迹的存在,随着塔西南前陆地区构造和沉积负载的急剧增加,岩石圈的挠曲特性仅表现为挠曲幅度的加大,即前陆地区沉降越大,前缘隆起幅度就越大,这就是晚第三纪以来巴楚地区急剧隆升,具强烈构造活动性的主要原因之一。重点对巴楚前缘隆起构造变形特性简述如下。

巴楚前缘隆起(巴楚断隆)是塔西南再生前陆盆地的前缘隆起(贾承造,1997;谢晓安等,1998),是由卡拉沙依—吐休克断裂和色力布亚—玛扎塔格断裂夹持并向 ESE 向倾没的巨型鼻状断隆构造。由古生界和薄的上新统组成,缺失中生界与大部分第三系,主体上第三系直接不整合在古生界之上。在西部鼻状隆起的核部寒武系—奥陶系、志留系—泥盆系、石炭系—二叠系等古生界出露地表。发育多个晚第三纪以来形成的断裂构造,如控制其北界的吐木休克断裂、阿恰断裂、巴东断裂,控制其南界的色力布亚断裂、康塔库木断裂、海米—罗斯断裂、玛扎塔格断裂等,这些断裂均为基底断裂,具左行雁列式的分布,显示了走滑构造变形特征。巴楚前缘隆起前新生界构造演化主要经历了寒武纪—泥盆纪满加尔拗陷北倾斜坡、石炭纪—二叠纪沉降沉积、三叠纪—白垩纪整体隆起剥蚀等 3 个演化阶段。构成再生前缘隆起的先存构造形迹,并控制着后期构造发展。巴楚前缘隆起局部构造发育,主要表现为与晚第三纪以来断裂有关的断裂背斜构造。目前在巴楚前缘隆起南部的色力布亚—玛扎塔格断裂构造带奥陶系、石炭系天然气勘探取得突破,并探明了 $624 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气地质储量。

4.3 与走滑活动有关的构造

晚第三纪—第四纪,受印度板块与欧亚大陆板块碰撞影响,在塔里木盆地发生上述再生前陆冲断带及前缘隆起构造的同时,由于塔里木盆地为不规则的刚性菱形块体,印度板块与欧亚大陆板块全面碰撞并向北移过程中,不同的地区地壳缩短量不同,在盆地边缘形成 ENE 向左行和 WNW 向右行大型走滑构造系。受东昆仑—阿尔金山 ENE 向左行走滑断裂系活动影响,在东昆仑—阿尔金山前形成拉分盆地等构造变形,民丰凹陷可能就属阿尔金左行走滑断裂系内的拉分盆地,由 ENE 向左行走滑并弯曲的昆仑—阿尔金山前断裂和民丰南断裂夹持,呈菱形形态,盆地内中、上新统一更新统沉积厚度大于 4000 m 以上。此外,盆地内亦发育与走滑活动有关的雁列式断裂、褶皱等。

5 塔里木复合再生前陆盆地油气地质条件与含油气性

5.1 油气地质基本条件

烃源 塔里木复合再生前陆盆地的库车和塔西南地区烃源岩均发育在前再生前陆层序中。库车再生前陆盆地烃源岩主要为三叠系—侏罗系,为一套半深湖—深湖相和湖泊—沼泽相烃源岩,源岩类型包括暗色泥岩、碳质泥岩和煤。东部侏罗系和三叠系暗色泥岩、煤厚度分别为

664 m、70 m 和 643 m、65 m,西部侏罗系和三叠系暗色泥岩、煤分别厚 524 m、10 m 和 445 m、60 m,其中煤及碳质泥岩有机碳含量最高达 73.5%、生烃潜量最高达 240.04 kg/t,暗色泥岩有机碳含量最高达 12.76%、生烃潜量最高达 70.1 kg/t,总体评价为较差—较好生油岩,目前均已达成熟—过成熟阶段。区内的克拉 2 号气田、依南气田、大宛齐油田以及牙哈气田等均与此套烃源岩有关。塔西南再生前陆盆地烃源岩坳陷区和前缘隆起区不同,坳陷区烃源层主要为石炭系—二叠系和侏罗系,前者分布广泛,灰岩和泥岩类有机碳含量平均分别为 0.373% 和 0.6% 以上,均达较好—好生油岩标准,前者已达过成熟阶段;后者分布比较局限,仅分布在山前一带,柯克亚气田可能主要与该套烃源岩有关。前缘隆起区烃源岩主要为下寒武统和下石炭统,玛扎塔格断裂带天然气主要来自南部斜坡区高过成熟的寒武系烃源岩,玛 4 井凝析油主要源自低成熟的石炭系海陆交互沉积的烃源岩。

储层 塔里木复合再生前陆盆地储层既发育在前再生前陆层序,又发育在再生前陆层序中。库车再生前陆盆地主要包括三叠系、侏罗系、白垩系、下第三系和上第三系等多套储层,主要为三角洲、河流相、滨浅湖相及冲积扇砂岩体、砂砾岩体,其中侏罗系储层厚一般 400~1300 m,孔隙度一般 10.7%~17.25%,最大值为 19.44%,渗透率一般 $0.71 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 418 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最大值为 $3075 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;白垩系砂岩厚度一般 200~420 m,孔隙度一般为 10%~16%,渗透率 $8 \times 10^{-3} \sim 252 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,均为中—好储层,这两套储层是目前库车坳陷发现的主要油气储层。塔西南再生前陆盆地坳陷区储层主要为白垩系和第三系,其中下白垩统发育大套砂岩,孔隙度 3.35%~20.38%,上白垩统发育开阔台地相的碳酸盐岩储层,并有台缘生物礁、滩出现,孔隙度 4.44%~6.51%;下第三系以白云岩储层物性较好,孔隙度一般 8%;上第三系砂岩储层孔隙度 10.6%~18.2%,是柯克亚凝析气田的主要产层。前缘隆起区储层主要为寒武系、奥陶系、石炭系生屑灰岩、石炭系东河砂岩,是和田河气田等的主要产层。

盖层 塔里木复合再生前陆盆地的库车再生前陆盆地主要发育侏罗系煤系和下第三系膏盐岩两套区域盖层,及三叠系和上第三系泥岩等局部盖层;塔西南再生前陆盆地在坳陷区以新生界膏盐层和泥质岩为主,前缘隆起区则包括寒武系盐膏层、石炭系膏盐层两套区域性盖层。

圈闭 塔里木再生前陆盆地除上述的库车冲断带、塔西南冲断带发育多个成排成带的中、新生界背斜构造带外,塔西南再生前陆盆地的前缘隆起(巴楚断隆)区发育多个与断裂活动相关的古生界构造带,如玛扎塔格构造带、海米罗斯构造带、群苦恰克构造带、色力布亚构造带等;前缘斜坡区发育石炭纪、二叠纪地层削蚀不整合等非构造圈闭,这些众多的构造与非构造圈闭的发育为油气聚集创造条件。

5.2 含油气性

勘探实践证明,塔里木复合再生前陆盆地具良好的油气地质条件,近年来,天然气勘探取得一系列重大突破,发现了一系列大中型气田,探明了一批天然气地质储量,展示了良好的油气勘探前景。

自 1958 年在库车再生前陆冲断带发现侏罗系依奇克里克油田以来,由于油气地质认识和地震、钻井技术等原因,该区油气勘探曾长期处于停滞状态。进入 90 年代以来,随着山地震、高温、高压钻井技术、复杂构造地震处理、地质建模与解释技术的提高,库车再生前陆盆地油气勘探接连取得重大突破,油气勘探特别是天然气勘探形势越来越好。1992 至今先后在侏罗系、白垩系、第三系发现了英买 7、牙哈、羊塔克、大宛齐、玉东 2、克拉 2、依南 2 等多个大中型油气田,探明和控制一批规模可观的油气地质储量,其中牙哈、克拉 2 号、依南 2 等为上亿吨级的大

型油气田, 探明控制或预测油气地质储量分别达 10433.6×10^8 吨油当量、 $2007 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $2450 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。塔西南再生前陆盆地 70 年代在冲断带内发现浅层上第三系柯克亚凝析气田以来, 1995 年钻探的柯深 1 井又在下第三系海相碳酸盐岩取得重大发现, 获日产油 246.5 m^3 、天然气 508952 m^3 的高产油气流; 1990 年在巴楚前缘隆起上的奥陶系风化壳和石炭系生屑灰岩发现和和田河大气田, 探明天然气地质储量 $624 \times 10^8 \text{ m}^3$; 1994 年在群苦恰克构造带石炭系发现巴什托普油气田, 探明一定规模的油气地质储量。充分证实了塔里木复合再生前陆盆地具有优越的石油地质条件, 具有巨大的油气勘探潜力, 相信经过广大石油地质工作者和勘探人员的努力, 塔里木复合再生前陆盆地必将成为我国一个特大型的天然气生产基地。

参 考 文 献

- 蔡东升, 卢华复, 贾东等. 1995. 南天山古生代板块构造演化. 地质论评, 41(5): 432~441.
- 陈楚铭, 卢华复, 贾东等. 1999. 塔里木盆地北缘库车再生前陆褶皱逆冲带中丘里塔格前缘带的构造与油气. 地质论评, 45(4): 423~433.
- 陈发景, 陈全茂, 孙家振等. 1991. 塔北地区盆地构造演化及其与油气关系. 见: 贾润胥主编. 中国塔里木盆地北部油气地质研究第三辑构造与油气. 北京: 中国地质大学出版社, 29~36.
- 贾承造. 1997. 中国塔里木盆地构造特征. 北京: 石油工业出版社, 205~389.
- 贾承造, 魏国齐, 姚慧君. 1996. 塔南志留—泥盆纪古逆冲构造带地质构造特征. 见: 童晓光, 梁狄刚, 贾承造主编. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京: 科学出版社, 217~223.
- 刘和甫. 1995. 前陆盆地类型及褶皱—冲断层样式. 地学前缘, 2(3): 59~67.
- 卢华复, 贾东, 蔡东升等. 1996. 塔里木和西天山古生代板块构造演化. 见: 童晓光, 梁狄刚, 贾承造主编. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京: 科学出版社, 235~243.
- 魏国齐, 贾承造, 姚慧君. 1995. 塔北地区海西晚期逆冲走滑构造与含油气关系. 新疆石油地质, 16(2): 96~101.
- 魏国齐, 贾承造. 1998. 塔里木盆地逆冲带构造特征与油气. 石油学报, 19(1): 11~17.
- 谢晓安, 胡素云, 卢华复. 1998. 探讨塔里木盆地巴楚断隆的正反转构造. 地质论评, 44(1): 1~5.
- 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 743~75.
- Bally A W, Snelson S. 1980. Realms of subsidence. In: Mail A D, ed. Facts and principles of world petroleum occurrence. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 56: 9~94.
- Dickinson W R. 1976. Plate tectonic evolution of sedimentary basins. In: Plate tectonic and hydrocarbon accumulations. Tulsa, ok, AAPG Continuing Education Course Notes, Series 1, 1~87.
- Ingersoll R V. 1988. Tectonics of sedimentary basins. Geol. Soc. Amer. Bull., 100: 1704~1719.
- Kingston D R, Dishroon C P, Williams P A. 1983. Global basin classification system. AAPG Bull., 67: 2175~2193.
- Lu Huafu, Howell G, Jia Dong, et al. 1994. Rejuvenation of the Kuqa foreland basin, northern flank of the Tarim basin, north-west China. International Geology Review, 36: 1151~1158.

Tectonic Characteristics and Petroleum Prospects of Cenozoic Compound Rejuvenated Foreland Basins in Tarim

Wei Guoqi¹⁾ Jia Chengzao²⁾ Shi Yangshen¹⁾ Lu Huafu¹⁾ Wang Liangshu¹⁾

1) Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing, 210093

2) Tarim Petroleum Exploration and Development Bureau, Korla, Xinjiang, 841000

Abstract

The term "rejuvenated foreland basin" is proposed in view of the geological features of China, which is the third important type of foreland basins. The other two are the peripheral foreland and back-arc foreland basins. This type of basins belongs to the internal structure of a conti-

nental plate. With the new concept explained, this paper discusses in detail the basic structural features and deformation styles as well as favourable conditions and prospects for oil and gas in the basins by taking the Cenozoic compound rejuvenated foreland basins in Tarim as an example. This may provide guidance for oil and gas exploration in the new type of basins in Tarim and relevant basins in western China. It could be concluded as follows: ① the Kuqa and southwest Tarim rejuvenated foreland basins are formed in front of the Tianshan and Kunlun Mountains since Cenozoic, both are typical rejuvenated foreland basins compounded on a plane. Their formation is mainly related to the early structural traces such as palaeo-A subduction existing in the southern margin of basins during Silurian to Devonian and Triassic and the northern margin during Permian, and also the collision between the India and Eurasia plates and their continuous movement. It is a long-distance effect of the collision that resulted in the revival and regeneration of the palaeo-A type subduction in Tarim in the early time. ② The evolution of Cenozoic rejuvenated foreland basins in Tarim could be divided into four stages: The first is the development stage of pre-rejuvenated foreland basins during the Palaeocene and Eocene as well as the early Tertiary. The second is the early stage of rejuvenated foreland basins from Oligocene to late Tertiary. The third is the development stage of rejuvenated foreland basins from Kangcun age to Kuqa age in late Tertiary, and the fourth is the structurally deformation stage from the end of Kangcun age to the early Pleistocene. ③ The structural deformation styles of rejuvenated foreland basins in Tarim are characterized by rejuvenated foreland thrust belts, frontal uplifting and structures related to strike-slip and other activities. Among them, the rejuvenated foreland thrust belts include the Kuqa, southwest Tarim and Kalpin thrust belts, which are all Meso-Cenozoic complex structural belts of faults and folds. ④ The rejuvenated foreland basins in Tarim have favourable conditions for oil and gas. The source rocks are coalbeds and lacustrine mudstones developed in Mesozoic sequences of rejuvenated foreland basins, and the reservoirs are found not only in sequences of pre-rejuvenated foreland basins, but also in the rejuvenated foreland basins. They are mainly sandbodies of great thickness of fluvial and shallow lacustrine facies. Two regional caprocks are deposited in Jurassic coalbeds and lower Tertiary gypsiferous-saline rocks. In recent years, a great deal of progress has been made in natural gas exploration in rejuvenated foreland basins in Tarim, and a large quantity of natural gas reserves have been proved and a number of large-medium gas fields discovered, which demonstrate the good potential for oil and gas exploration in rejuvenated foreland basins in Tarim.

Key words: rejuvenated foreland basin; Tarim; Neogene to Quaternary; structural-depositional evolution; rejuvenated foreland thrust belt; petroleum geology

作者简介

魏国齐,男,1964年生。1986年毕业于江汉石油学院石油物探专业。现为南京大学地球科学系构造地质专业博士研究生,中国石油天然气集团公司石油勘探开发科学研究院廊坊分院高级工程师。通讯地址:065007,河北廊坊市万庄44号信箱。