

柴达木盆地西部中生界原型盆地及其演化

段宏亮¹⁾ 钟建华^{1,2)} 马 锋¹⁾ 张跃中³⁾ 李 勇¹⁾ 温志峰⁴⁾

1) 中国石油大学资源与信息学院, 山东东营 257061; 2) 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640; 3) 青海油田公司勘探开发研究院, 甘肃敦煌 736202; 4) 胜利油田地质科学研究院, 山东东营 257061

摘 要 柴达木中生界盆地形成时间及其盆地原型研究存在很大争议, 主要原因在于对盆地内有无三叠系陆相沉积及其与上覆下侏罗统地层接触关系和中生界原型盆地形成的构造背景等问题认识不清。区域地质调查在盆地西部月牙山北发现中、上三叠统陆相地层与上覆下侏罗统地层整合接触, 在此基础上, 结合地表露头、古流分析及地震解释资料研究认为: 柴达木中生界盆地起始于中三叠世。中生代在古阿拉巴斯套山与古昆仑山间发育一个大的近东西向展布的活动型山间盆地, 盆地经历了中—晚三叠世、早—中侏罗世和晚侏罗世—白垩纪三个演化阶段, 分别对应发育了中—晚三叠世坳陷型盆地、早—中侏罗世断陷型盆地和晚侏罗世—白垩纪坳陷型盆地三种原型盆地类型。中—晚三叠世盆地分布比较局限, 沉积以氧化环境下的红色碎屑岩建造为主, 不具生烃能力; 早—中侏罗世盆地范围扩大, 沉积物以暗色含煤建造为主, 主要分布于现今的阿尔金山地区及其山前地带, 沉积中心在阿尔金山地区。晚侏罗世—白垩纪阿尔金山快速隆升, 成为主要物源区, 开始分割塔里木和柴达木盆地沉积, 沉积物为红色磨拉石建造。该研究对于准确评价柴达木盆地生烃潜力及合理进行勘探部署具有重要意义。

关键词 柴达木盆地西部, 阿尔金山, 中生界, 原型盆地, 古流向

Prototypes and Evolution of the Mesozoic Basin in Western Qaidam

DUAN Hongliang¹⁾ ZHONG Jianhua^{1,2)} MA Feng¹⁾ ZHANG Yuezong³⁾

LI Yong¹⁾ Wen Zhifeng⁴⁾

1) College of Geo-resources and Information, University of Petroleum China, Dongying, Shandong 257061; 2) Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640; 3) Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Qinghai Oil Field Company, Dunhuang, Gansu 736202; 4) Earth science institute of Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257061

Abstract Based on an investigation of Mesozoic outcrops as well as paleocurrent and seismic interpretation data, the authors studied the prototypes and evolution of the Mesozoic Qaidam basin. The results show that the Mesozoic Qaidam basin started with Middle Triassic small intermontane depressions. There also developed an intermontane basin between the old Alabashao Mountain and the Kunlun Mountains in Mesozoic, trending in E-W direction. The basin underwent three tectonic evolution stages, i. e., Middle-Late Triassic, Early-Middle Jurassic and Late Jurassic-Cretaceous, corresponding to the development of three prototype basins. The Middle-Late Triassic basin was of the depression type, the Early-Middle Jurassic basin was of the fault basin type, and the Late Jurassic-Cretaceous basin was of the depression type. The Middle-Late Triassic depression was restricted in the Yueyashanbei region, and the sediments were red clastic rocks which deposited under an oxidizing environment with no hydrocarbon-generating potential. The Early-Middle Jurassic fault type basin was characterized by the coal-bearing formation, which was widespread in the present Altun Mountains and the neighboring areas in the Qaidam basin. The depocenter was in the present Altun Mountain area. During Late Jurassic - Cretaceous, the Altyn Mountains

本文由国家自然科学基金项目“柴达木盆地西部叠层石纹层的成因与地球化学研究”(编号:40503003)资助。

责任编辑:刘志强;收稿日期:2006-03-19;改回日期:2007-02-01。

第一作者简介:段宏亮,男,1977年3月生,博士研究生,主要从事含油气盆地分析工作;通讯地址:257061,山东省东营市北二路271号;电话:0546-8391866; E-mail:duanhongliang313@163.com。

uplifted rapidly and, as the major provenance, began to separate the Tarim basin from the Qaidam basin. The Late Jurassic-Cretaceous sediments were coarse clastic formations. This study is of significance in the exact evaluation of hydrocarbon potential and the rational arrangement of the exploration work in the Qaidam basin.

Key words the western Qaidam Basin, Altyn Tagh, Mesozoic, proto-type basin, paleocurrents

柴达木盆地是我国西部地区的主要含油气盆地,对其研究和勘探已有近 70 年的历史,但地质研究工作和油气勘探程度仍然较低,特别是对于中生界盆地的起始时间、原型盆地及演化等问题仍存在很大的争议,影响了盆地的油气勘探进程。目前对于中生界盆地起始时间主要有早侏罗世(狄恒恕等, 1984; 黄汉纯等, 1989; 王明儒等, 1997; 胡授权等, 1999; 席萍等, 1999; 门相勇等, 2001)和晚三叠世(顾树松等, 1990; 青藏油气区石油地质志编写组, 1990; 刘桂侠等, 2003)两种观点。而对于中生界原型盆地性质的认识目前争议较大,主要有四种认识:一种观点认为属于挤压型盆地、前陆盆地或造山型盆地(车自成, 1986; 翟光明等, 1997; 夏文臣等, 1998; 胡授权等, 1999; 和钟铎等, 2002);第二种观点认为是区域伸展构造背景下的裂陷型盆地(高先

志等, 2003);第三种观点认为是与阿尔金断裂的走滑活动有关的拉分盆地(郭召杰等, 1998);第四种观点认为是由早、中侏罗世伸展断陷型盆地和晚侏罗世(至白垩纪)挤压拗陷盆地叠加而成(曾联波等, 2002; 金之钧等, 2004)。存在上述争议的主要原因在于对柴达木盆地内有无三叠系陆相沉积及其与上覆下侏罗统地层接触关系和中生界原型盆地形成的构造背景等问题认识不清。

最新区域地质调查在月牙山北地区发现了一套中、上三叠统陆相碎屑岩层(图 1),其顶部与下侏罗统地层整合接触(图 2、图 3)。在此基础上,主要应用地表露头、地震及钻井资料,通过柴达木盆地西部中生界露头剖面地质特征、古流向特征及中生代构造背景分析,探讨了柴达木盆地西部中生界盆地形成时间、盆地原型和演化特征。

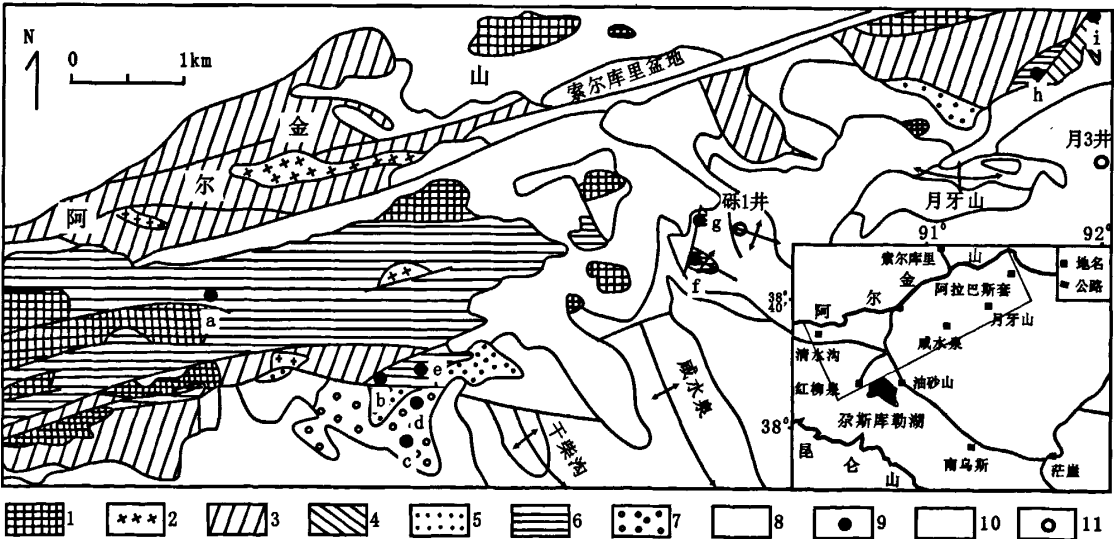


图 1 研究区及剖面位置图
Fig. 1 Locations of the study area and cross sections

a-清水沟剖面; b-煤沟剖面; c-犬牙沟剖面; d-犬南 1 井西剖面; e-采石岭剖面; f-黑石山剖面; g-三脚架剖面; h-月牙山北剖面; i-煤窑沟剖面;
1-元古界; 2-花岗岩; 3-奥陶系; 4-三叠系; 5-上侏罗统; 6-中、下侏罗统; 7-白垩系; 8-新生界; 9-剖面位置; 10-研究区; 11-井位
a-Qingshuigou cross section; b-Meigou cross section; c-Quanyagou cross section; d-Quan nan 1 cross section; e-Caishiling cross section;
f-Heishishan cross section; g-Sanjiaojia cross section; h-Yueyashanbei cross section; i-Meiyagou cross section; 1-Proterozoic; 2-granite; 3-Ordovician;
4-Triassic; 5-Upper Jurassic; 6-Lower-Middle Jurassic; 7-Cretaceous; 8-Cenozoic; 9-location of cross section; 10-study area; 11-location of well

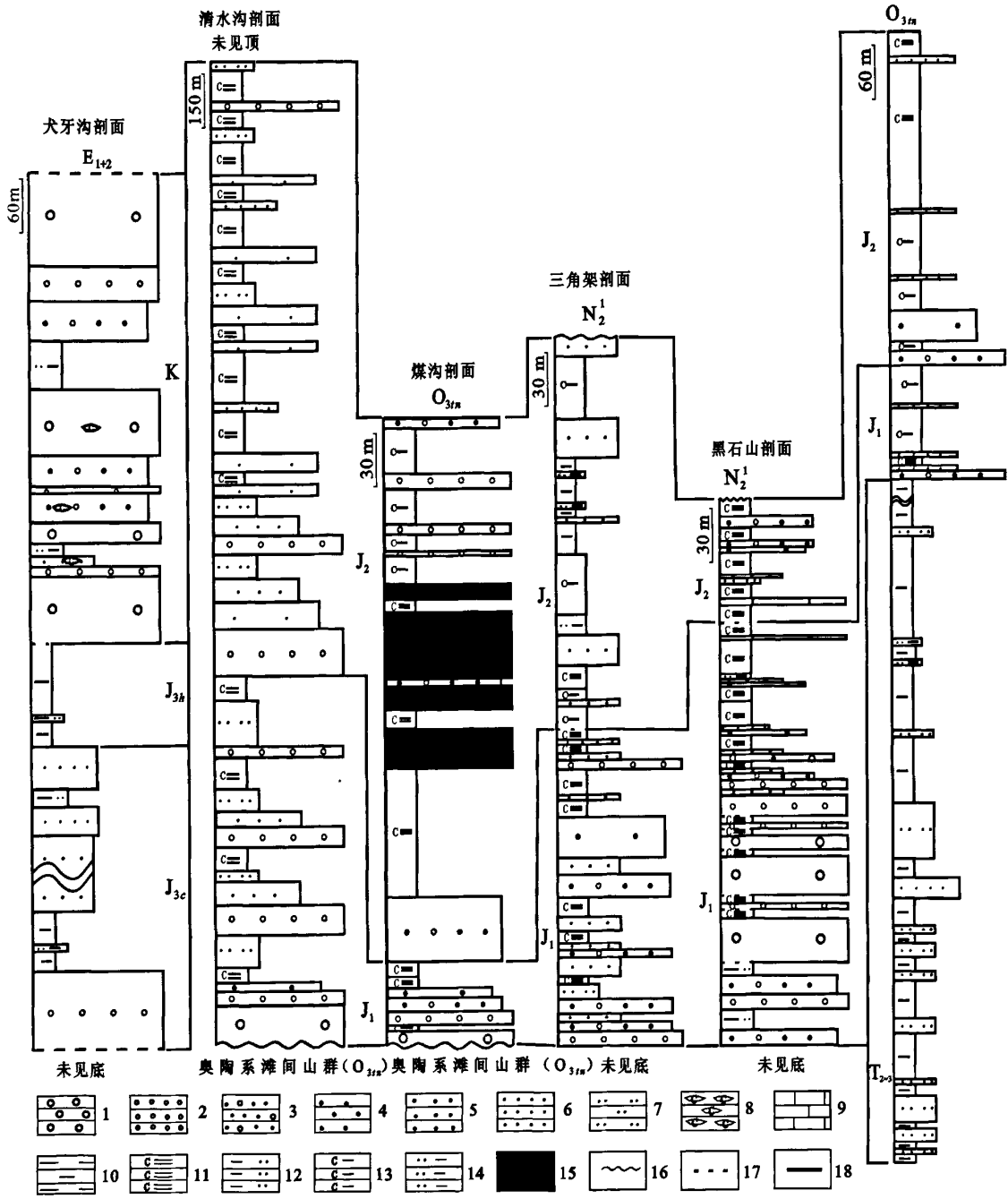


图 2 中生界岩性对比图

Fig. 2 Stratigraphic correlation of Mesozoic strata

1-中一粗砾岩;2-细砾岩;3-含砾砂岩;4-粗砂岩;5-中砂岩;6-细砂岩;7-粉砂岩;8-钙质结核;9-灰岩;10-泥岩;11-炭质页岩;

12-泥质粉砂岩;13-炭质泥岩;14-粉砂质泥岩;15-煤层;16-不整合面;17-假整合面;18-逆冲断层

1-middle-coarse grained conglomerate;2-fine-grained conglomerate;3-conglomeratic sandstone;4-coarse-grained sandstone;5-medium-grained sandstone;6-fine-grained sandstone;7-siltstone;8-calcareous nodules;9-limestone;10-mudstone;11-carbonaceous shale;12-argillaceous siltstone;

13-carbonaceous mudstone;14-silty mudstone;15-coal;16-unconformity;17-pseudoconformity;18-thrust fault

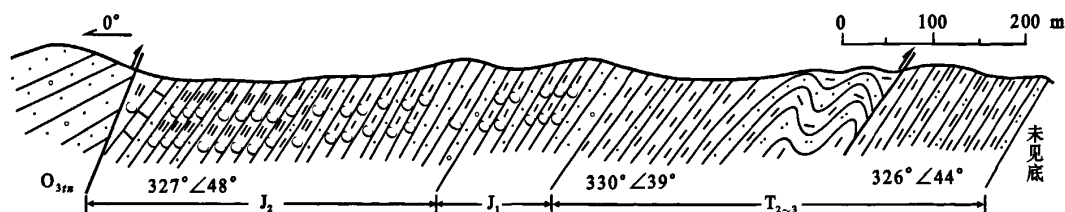


图3 月牙山北实测剖面图(图例见图2)

Fig. 3 Measured cross section through the Yueyashan area (legend see Fig. 2)

1 露头剖面地质特征

柴达木盆地西部中生界露头丰富,沿阿尔金山前呈近东西向条带状断续出露,本次研究详细观察和测量了清水沟等9条露头剖面,其具体位置见图1,岩性见图2。

1.1 地层及岩性特征

研究区中生界垂向上发育中、上三叠统,中、下侏罗统,上侏罗统一白垩系三套地层(图2)。中、上三叠统为氧化环境下沉积的红色碎屑岩层,岩性以紫红色泥岩为主,夹粉、细砂岩。中、下侏罗统为暗色含煤碎屑岩层,岩性下部以灰绿色砾岩、含砾砂岩为主,偶夹炭质页岩(月牙山北剖面该层不发育,黑石山剖面砾岩底部发育多套假整合面(图2));上部为灰白色砂砾岩、砂岩及炭质页岩、煤互层,而以炭质页岩为主(煤沟及煤窑沟剖面煤层发育,黑石山剖面泥页岩中夹有多套远源浊积岩)。上侏罗统一白垩系(包括上侏罗统采石岭组、红水沟组及白垩系犬牙沟群)为红色磨拉石沉积,岩性以紫红色砾岩、砂砾岩为主,夹粉砂质泥岩,含有大量钙质结核。总体来说,研究区下侏罗统一白垩系岩性粒度变化由粗→细→粗,显示了断陷盆地一个完整的沉积旋回。

1.2 沉积分布特征

研究区中生界平面分布存在较大差异,中、上三叠统仅分布于阿拉巴斯套山前月牙山北地区。中、下侏罗统广泛分布于阿尔金山前,且具有山前厚、盆内薄的特征。盆地内部煤沟、黑石山及煤窑沟等地区,地层沉积厚度较小(最厚为390 m),岩性较粗,以冲积扇—扇三角洲、河流—沼泽等边缘相粗碎屑岩为主,在煤沟和黑石山剖面底部形成86~162 m厚的冲积砾岩,在煤沟剖面上部和煤窑沟剖面形成厚层可采煤层;向北相变较快,岩性变细,采石岭、三

角架剖面沉积以河流、三角洲相含砾砂岩、砂岩、泥岩互层为主;至阿尔金山前清水沟和月牙山北地区沉积厚度增大(清水沟剖面达2700 m),岩性更细,以三角洲一半深湖等近湖泊中心相暗色泥页岩为主,地层沉积连续,月牙山北剖面中三叠统一侏罗统间均为整合接触(图3),表明该处自中三叠世以来一直处于沉积中心或近中心接受沉积,发育了256 m厚的湖相暗色泥质烃源岩。而上侏罗统一白垩系地层主要分布于盆地内部红柳泉—红沟子—月3井一线。

2 古流向分析

古流向分析是推断物源区、盆地边界和形态、盆地性质及历史演化的一种十分有效的方法,根据古水流向的分布,可以判别古盆地物源区及沉积中心的位置,也可以推测盆地的形态和边界,从而了解古盆地的沉积格局(薛良清等,2000)。研究区中生界露头丰富(图1),指示古流向的沉积构造发育(表1),为原型盆地研究提供了依据。

2.1 早、中侏罗世

研究区西部清水沟古流总体优势方向为NNE向(图4(a)),反映物源区在西南部古昆仑山区。南部煤沟地区古流向以NW向为主,露头沉积相为冲积扇、沼泽化冲积平原等边缘相,揭示了干柴沟一带在早、中侏罗世极有可能为物源区。而黑石山一带早、中侏罗世的古流格局则非常紊乱,表明了其物源区可能存在多源性,反映该处可能接近沉积中心,但古流优势方向为正N方向,说明沉积中心在其北部地区。黑石山剖面下侏罗统底部冲积砾石定向排列指示古流向为NE向,说明该处已接近早侏罗世盆地边缘,进而说明柴达木盆地腹部为主要物源区。北东部月牙山北地区古流自中三叠世—中侏罗世均为SW向,表明其物源区在NE方阿拉巴斯套地区,

表 1 中生界古流示踪构造特征
Table 1 Structural characteristics showing Mesozoic paleocurrent directions

测量位置	时代	古流示踪构造特征	沉积环境	古流向统计
月牙山北	T ₂ -J ₂	爬升层理:细层厚 1 mm 左右,层系厚 3 cm 左右,爬升角 20°,有 10 余个层系。	三角洲分流河道	145°-285°/(31)
		小型板状交错层理:细层厚 1 mm 左右,层系厚 2 cm 左右,有 10 余个层系。		
		大型槽状交错层理:细层厚 5 mm 左右,层系厚 0~60 cm 不等,有 2~9 个层系。		
黑石山	J ₁₊₂	小型槽模、底模:槽模宽 6~8 cm,可见部分长 28 cm,高 1 cm;略弯曲,一侧内凹成槽状;发育有次级细槽,宽 1 cm,深 1~2 mm。	浊流	0°,180°,240°-315°/(22)
		大型槽状交错层理:细层厚 3~4 cm 左右,层系厚 50~60 cm,有 5~6 个层系。	冲积扇扇端	0°-15°/(2)
		大型槽状交错层理:细层厚 2~3 cm 左右,层系厚 50~60 cm,有 4 个层系。	扇三角洲分流河道	20°-40°/(5)
		砾石定向排列:中厚层状砾石呈叠瓦状排列,砾石成分复杂,分选差,磨圆差,结构、成份成熟度低。	冲积扇	10°-75°/(55)
		爬升层理:细层厚 1~2 mm 左右,层系厚 4.5~5 cm 左右,爬升角 20°,有 10 余个层系。	扇三角洲分流河道	230°-245°/(4)
		小型板状交错层理:含砾砂岩,纹层厚 1~2 mm,层系厚 4 cm,有 7~8 个层系。	扇三角洲分流河道	50°-53°/(2)
煤沟	J ₁₊₂	大型槽状交错层理:细层厚 1 cm 左右,层系厚 10~20 cm,有 2~3 个层系。	河流-沼泽相	270°-320°/(11)
		植物茎干铸模:宽度多在 5~10 cm,长 0.4~2.0 m 不等,长轴定向排列。		
清水沟	J ₁₊₂	大型槽状交错层理:细层厚 1~3 cm 左右,层系厚 15~27 cm,有 3~6 个层系。	扇三角洲分流河道	317°-100°/(10)
月牙山西	J ₃	爬升层理:细层厚 2~3 mm 左右,层系厚 3~6 cm,有 5~6 个层系,爬升角 17°左右。	角洲分流河道	240°-265°/(25)
		小型板状交错层理:细层厚 1 mm 左右,层系厚 2~4 cm 左右,有 2~5 个层系。		
采石岭	J ₃	爬升层理:细层厚 1~2 mm,层系厚 1~2 cm 左右,层系呈板片状,爬升角 4°~25°。	三角洲分流河道	210°-360°/(63)
		小型板状交错层理:细层厚 1~2 mm,层系厚 1~2 cm 左右,细层与层面夹角 25°,有 4 个层系。		
犬牙沟	K	大型板状交错层理:细层厚 2 mm,最大可达 4 mm 左右,层系厚 1 m 左右,细层与层面夹角 35°~40°;扁平或长条状砾石一般顺层面分布,一般具有正粒序性。	河流泛滥平原相	80°-245°/(21)

注:古流向分布区间/(测点数),所有古流向数据均已经过地层校正。

地表露头显示该区煤窑沟剖面沉积以河流—沼泽等边缘相为主,表明该处已接近拗陷东部边界。

研究区早、中侏罗世古流格局显示物源总体来自南部及北东部,但以南部为主,反映南高北低,东高西低的沉积格局。古流格局显示早、中侏罗世阿尔金山尚未隆升,为主要沉积区。昆仑山和柴达木盆地腹部(包括干柴沟地区)在早、中侏罗世为隆起物源区,阿拉巴斯套山也为一个物源供应区。拗陷的沉积中心可能位于黑石山以北,古流格局显示清水沟和黑石山—月牙山北发育两个较大的汇水区域(图 4(a)),早、中侏罗世可能为两个次级沉积中心。

2.2 晚侏罗世—白垩纪

晚侏罗世采石岭一带古流格局比较紊乱,但总体优势方向以 NW 向为主(图 4(b)),地表露头揭示为氧化环境下沉积的滨、浅湖相和三角洲前缘相,说明当时沉积水体较浅,古流向较动荡,昆仑山及柴

达木盆地腹部仍为物源区。月牙山西地区古流向与中、晚三叠世及早、中侏罗世古流向一致,表明该区自中三叠世以来,一直为物源区。

白垩纪犬牙沟地区古流向为 SE 向,与阿尔金山南缘吐拉盆地白垩纪古流向一致(Bradley D R et al., 2000),说明白垩纪古水流动已发生反转,进一步说明盆地格局发生改变,阿尔金山已隆升为物源区。

3 中生代构造背景

盆地形成的构造背景分析是研究原型盆地的基础,不同的构造动力学背景下,形成不同类型的原型盆地(郑建京等,1995)。

中—晚三叠世中国西北地区整体处于挤压构造环境,已被众多研究者所公认。东昆仑南、北缘成对分布的晚三叠世白云母花岗岩与钾玄岩系列火山岩,反映本区处于挤压构造背景之下(郭正府等,

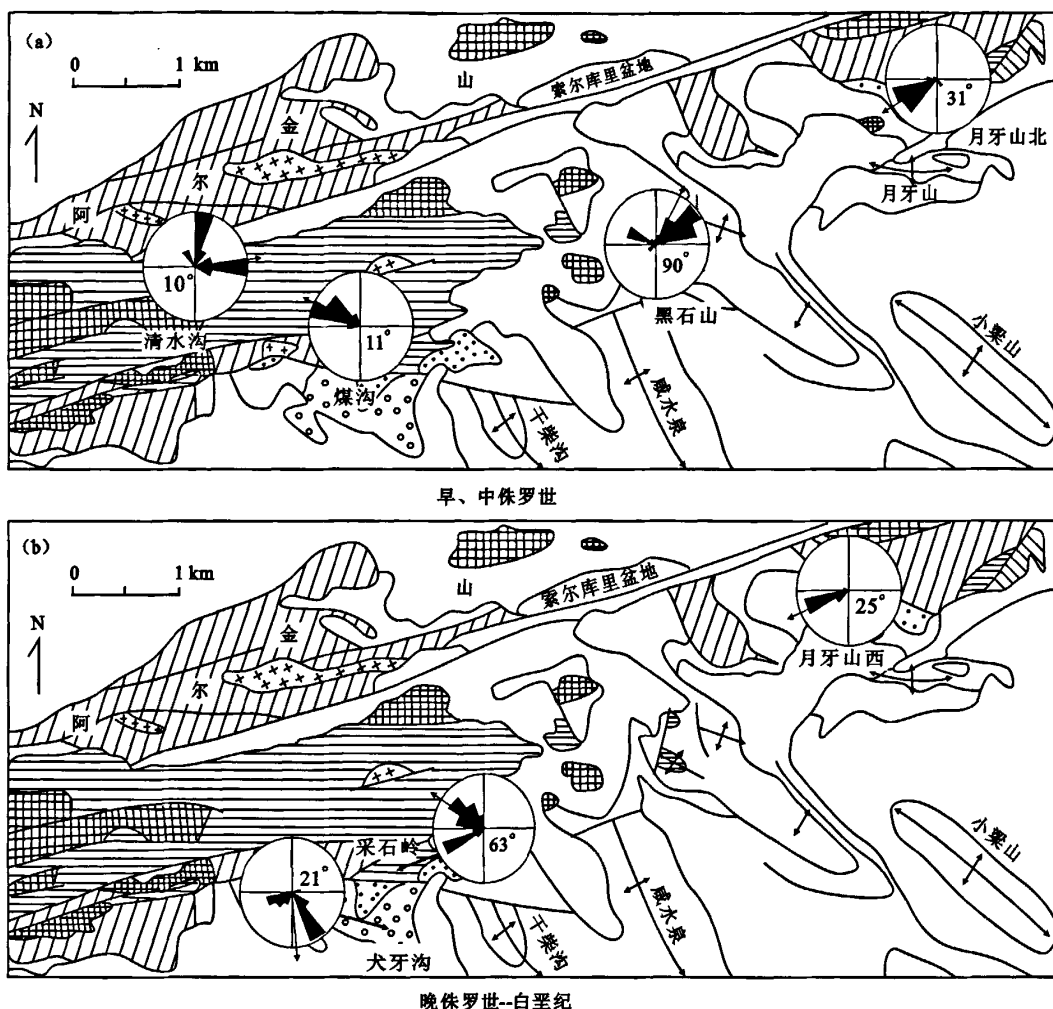


图4 中生界古流向平面分布图(箭头指示古水流方向,n为测点数;图例见图1)

Fig. 4 Mesozoic paleocurrent directions

(arrowhead shows paleocurrent direction;n-numbers of measured points;legend as for Fig. 1)

1998;罗照华等,1999;陈发景等,2000)。

早一中侏罗世中国西北地区处于羌塘地体和拉萨地体分别向北拼贴于欧亚板块南缘之间的相对松弛阶段,而处于伸展构造环境(靳久强等,1999;郭召杰等,1998;左国朝等,2004)。柴达木盆地邻区安西—敦煌地区中侏罗统碱性玄武岩系列火山岩(郭召杰等,1998;张志成等,1998)及拉配泉早、中侏罗世巨型正断层(陈宣华等,2002)的发现,均反映早、中侏罗世区域上曾经经历过有限的地壳伸展作用。最新地震解释资料发现研究区早、中侏罗世活动断层下降盘沉积厚度明显大于上升盘,表现出同生正断

层的特征(图5(a)),中生界地层残留厚度也呈山前厚、盆内薄的不对称楔形(图5(b)),显示了伸展断陷型盆地的典型沉积特征。此外,黑石山剖面下侏罗统底部冲积砾岩中多套冲刷—假整合面及其上滨浅湖—半深湖相泥、页岩中远源浊积岩的频繁出现,反映早、中侏罗世构造运动比较动荡,在总的比较稳定的沉降运动中发生着频繁的上升和下降运动。

晚侏罗世—白垩纪,拉萨地体、喜马拉雅地体先后向北发生拼贴、碰撞,与碰撞有关的连续缩短一直持续到晚白垩世(尹安,2001),中国西北地区整体

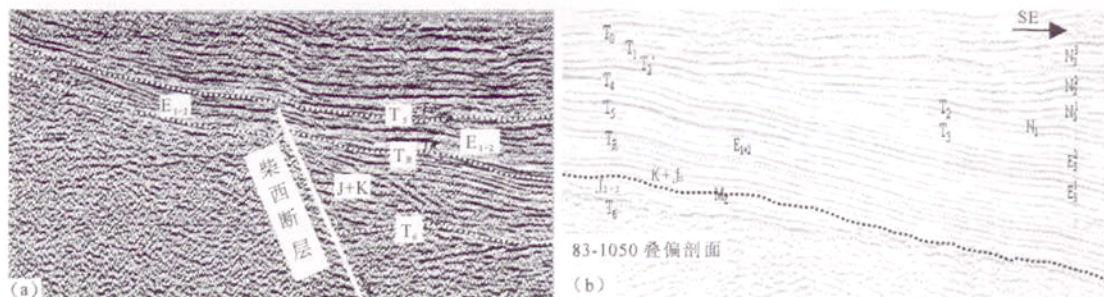


图5 地震解释剖面

Fig. 5 Seismic interpretation cross sections

(a)-过柴西断层地震解释剖面;(b)-83~1050测线地震解释剖面; T_6 -基岩顶部界面; T_R -中生界顶部界面;

T_5 -路乐河组(E_{1+2})与下干柴沟组(E_3)之间的界面

(a)-seismic interpretation profile through Chaixi fault;(b)-seismic interpretation profile along 83—1050 line; T_6 -top boundary of basement; T_R -Mesozoic top boundary; T_5 -boundary between Lulehe Formation and Xiaganchaigou Formation

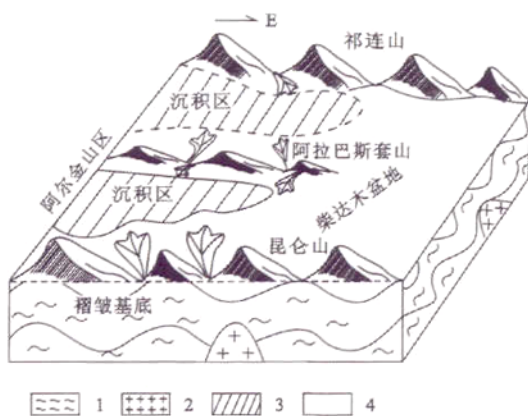


图6 中生界原型盆地沉积模式图

Fig. 6 Sedimentary model of the Mesozoic proto-basin

1-基底;2-火山岩;3-沉积区;4-剥蚀区

1-basement;2-volcanics;3-sedimentary province;4-denuded province

处于挤压构造环境。研究区上侏罗统采石岭组底部区域不整合面、红水沟组底部假整合面及白垩系底部区域不整合面的存在,均反映研究区处于持续的挤压构造环境,柴北缘冷湖构造带白垩纪花岗岩岩石化学分析结果也证明了这一点^①。此外,晚侏罗世—白垩纪,研究区沉积突变为红色磨拉石建造,沉

积区域向盆地内部迁移及白垩纪古流向反转等,均充分表明此时研究区沉积背景及构造格局发生了明显的变化,盆地受到挤压隆升以及晚侏罗世—白垩纪的挤压构造背景。

4 原型盆地及其演化

综合中生界露头沉积特征、古流格局及构造背景,我们认为中生代在古阿拉巴斯套山与古昆仑山间发育一个大的近EW向展布的内陆山间盆地(图6),盆地经历了中—晚三叠世、早—中侏罗世和晚侏罗世—白垩纪三个演化阶段,分别对应发育了山间拗陷、山间断陷及山间拗陷三个原型盆地类型。

4.1 中—晚三叠世山间拗陷

过去一直认为柴达木盆地三叠纪主要处于隆升状态,没有接受陆相沉积(高先志等,2003),因此,认为柴达木中生界盆地形成于早侏罗世(狄恒恕,1984;黄汉纯等,1989;王明儒等,1997;胡授权等,1999;席萍等,1999;门相勇等,2001)。本次研究在牙牙山北剖面下侏罗统暗色含煤地层之下发现一套红色河流—三角洲相陆相碎屑岩地层(图2、图3)。金之钧等区域地质填图为中、上三叠统^②,虽未见其划分依据,但从以下4点可以推断该套地层为中、上

① 金之钧,杨绍清,李京昌,等.2003.柴达木盆地形成演化及其对油气控制作用.中国石油青海油田分公司勘探开发研究院内部报告.

② 金之钧,张兵山.1997.柴达木盆地地质图(1:500000).中国石油青海油田分公司勘探开发研究院内部资料.

三叠统:

(1)在该剖面红色碎屑岩段上覆暗色含煤地层中采集到了大量孢粉资料,确认为下侏罗统地层;野外露头发现两套地层(暗色含煤段和红色碎屑岩段)间为相变过渡关系而非不整合或者断层接触(图3);地震解释资料揭示该套红色碎屑岩底部与奥陶系基底为不整合接触关系。

(2)钻井资料揭示北缘冷湖构造带井下存在上三叠统陆相碎屑岩沉积,孢粉组合以宽肋粉及少量罗汉松型多肋粉为特征(青海油气区石油地质志编写组,1990;巫礼玉,1992;杨永泰等,2002;刘桂侠等,2003)。

(3)区域地质调查在柴北缘大头羊沟、五采山及湖西山均发现有中—上三叠统陆相碎屑岩沉积(巫礼玉,1992),并且在湖西山剖面下侏罗统之下发育的红色碎屑岩中发现了本体具肋条的双气囊花粉(如宽肋粉属、单脊双囊粉属和罗汉松型多肋粉属)和少量疣四粉属及个别的卵形粉属等三叠纪常见分子。该剖面内部地层间均为整合接触,说明上三叠统与下侏罗统很可能为连续沉积(席萍等,1999)。盆地北缘小煤沟剖面下侏罗统底部见有产于二叠—三叠纪的牙遗分子——宽肋粉(青海油气区石油地质志编写组,1990),而该套地层内部为整合接触,也说明上三叠统与下侏罗统可能为连续沉积。

(4)塔东南拗陷侏罗系之下也存在上三叠统陆相地层,并且在其格勒克剖面发现保存完好的晚三叠世植物化石(陈荣林等,1994)。研究认为中生代塔东南和柴西可能属于同一个沉积区(葛肖虹等,1998;Bradley et al., 2000;黄立功等,2004),古流分析资料也显示早、中侏罗世古阿尔金山尚未隆升,对塔东南和柴西沉积不起分隔作用。

因此,我们认为月牙山北剖面侏罗系之下发育的红色陆相碎屑岩层属于中、晚三叠世沉积,但该认识只是在野外露头及邻区研究所得出的推论,尚需来自该套地层的古生物资料的支持及勘探实践的证实。

以上资料显示中、晚三叠世陆相地层在柴达木盆地及其邻区零星分布,但厚度较大,月牙山北地区厚度大于925 m,冷湖三号构造带也达1000余米(青海油气区石油地质志编写组,1990),说明具有一定的沉积规模。据此认为柴达木盆地形成于中三

叠世,而非早侏罗世。虽然目前露头所见的只是辫状河—三角洲相的红色细粒沉积,推测盆缘可能有粗粒的边缘相磨拉石沉积。中、晚三叠世挤压构造背景下,在祁连山、阿拉巴斯套山及昆仑山间发育零星的小型山间拗陷。拗陷分布比较局限,仅见于月牙山北、冷湖三号构造带和塔东南地区。由于该套地层为氧化环境下的碎屑岩,不具生烃能力,但厚度较大,因此在地震解释中应慎重,将其剔除。

4.2 早—中侏罗世山间断陷

多数学者认为早、中侏罗世柴达木盆地属于挤压型盆地、前陆盆地(车自成,1986;翟光明等,1997;夏文臣等,1998;胡授权等,1999;和钟铎等,2002),或是与阿尔金断裂带走滑活动有关的拉分盆地(郭召杰等,1998)。前已述及,早、中侏罗世柴达木盆地西部不仅处于伸展构造背景之下,而且具有典型伸展断陷型盆地的沉积特征。据此,我们认为早、中侏罗世盆地应属伸展断陷盆地,而不是挤压型盆地、前陆盆地或拉分盆地。

早、中侏罗世盆地主要表现为三个相互分割的小型箕状断陷(至中侏罗世连成统一湖盆),分别发育在清水沟、长春沟、黑石山—月牙山北(图7)。该时期物源主要来自于南部的昆仑山、柴达木盆地腹部及东北部阿拉巴斯套山,沉积中心在现今的阿尔金山地区,沉积厚度大于2700 m,总体显示南高北低,东高西低的沉积格局。拗陷西北部边界越过阿尔金山区与塔东南地区相通;南部边界在煤沟—采石岭—黑石山—月牙山一线;东北部边界至于阿拉巴斯套山前。西部清水沟及东北部阿拉巴斯套地区地形较缓,发育辫状河流—三角洲相,而在昆仑山前及盆地内部煤沟、黑石山一带坡度较陡,冲积扇相发育,形成煤沟和黑石山等几个扇体,扇间发育沼泽化冲积平原相,扇前则依次发育滨浅湖相及半深湖相,滨浅湖相带较窄,半深湖相一般靠近断层发育(图7)。

4.3 晚侏罗世—白垩纪山间拗陷

该时期研究区由于处于挤压构造背景之下而表现为三面环山的小型山间拗陷。物源主要来自西北部的阿尔金山及东北部的阿拉巴斯套山,南部昆仑山也为主要物源区,沉积—沉降中心由现今的阿尔金山地区迁移至盆地内部,其南部边界已迁移至阿拉尔—红柳泉—红沟子—月3井一带,月3井钻井资料揭示上侏罗统地层510 m,表明沉积边界还

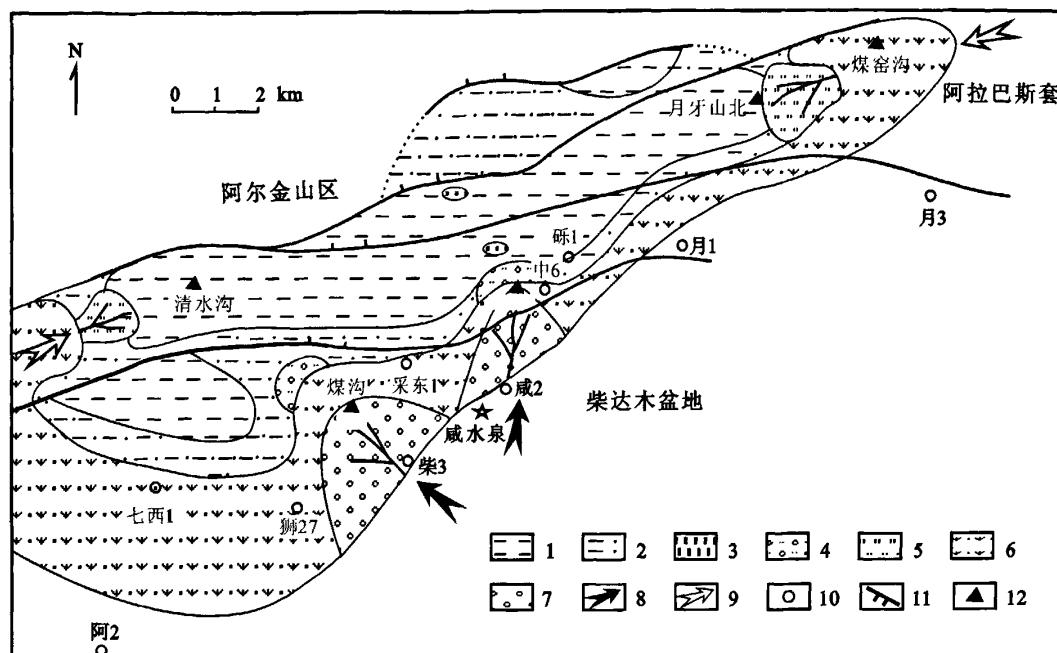


图7 中、下侏罗统沉积展布图

Fig. 7 Distribution of Lower-Middle Jurassic sediments

1-半深湖;2-滨浅湖;3-湖底扇;4-扇三角洲;5-三角洲;6-沼泽化冲积平原;7-冲积扇;8-主要物源;9-次要物源;10-井位;

11-正断层;12-剖面位置

1-lake of medium depth;2-shallow lake;3-sublacustrine fan;4-fan delta;5-delta;6-swamp alluvial plain;7-alluvial;8-major provenance;
9-minor provenance;10-well location;11-normal fault;12- location of cross section

在月3井以南。

4.4 原型盆地演化

柴达木盆地中生界原型盆地演化与特提斯—喜马拉雅构造域的演化息息相关。三叠纪古特提斯洋向北俯冲关闭与碰撞(靳久强等,1999;高先志等,2003),研究区整体处于挤压构造环境(图8),盆地基底呈现南高北低、东高西低的构造格局(翟光明等,1997;刘桂侠等,2003),形成了三叠纪中、晚期零星分布的小型山间挤压拗陷,分布于月牙山北地区及北缘冷湖三号构造带。

早、中侏罗世,西北地区处于羌塘地体和拉萨地体分别与欧亚板块碰撞之间的应力松弛及造山后伸展垮塌阶段而整体处于伸展环境(郭召杰等,1998;靳久强等,1999;左国朝等,2004)(图8),在研究区形成了一系列近东西向的同生正断层。这些断层将研究区分割成三个相互分割的北断南超的断陷盆地群,分别发育在清水沟、长春沟、黑石山—月牙山北,其中清水沟和黑石山两个断陷较大,形成两个次级

沉积中心(图8)。中侏罗世,断陷作用进一步增强,沉积范围明显扩大,早侏罗世分割的小型断陷盆地相继连成统一的盆地,湖盆演化进入广盆发展期。

晚侏罗世,新特提斯洋关闭,拉萨地体和羌塘地体发生碰撞(图8),这次构造事件使得研究区沉积格局发生了变化。在强烈的挤压构造背景下,早期同生正断层发生反转,盆地整体抬升,阿尔金山开始隆升。至白垩纪,在柴达木盆地西部已初步形成了一个四周为阿尔金山、阿拉巴斯套山、昆仑山三大山系所环绕自成体系封闭式山间拗陷。拗陷东北部阿拉巴斯套山和西北部阿尔金山成为主要物源区,在拗陷内部沉积了红色磨拉石建造。

进入新生代,阿尔金山断裂开始发生大规模隆升和走滑运动,将原来塔东南—柴达木盆地西部中生界原型盆地破坏、迁移,从而形成了现今的盆山格局。

5 结果及讨论

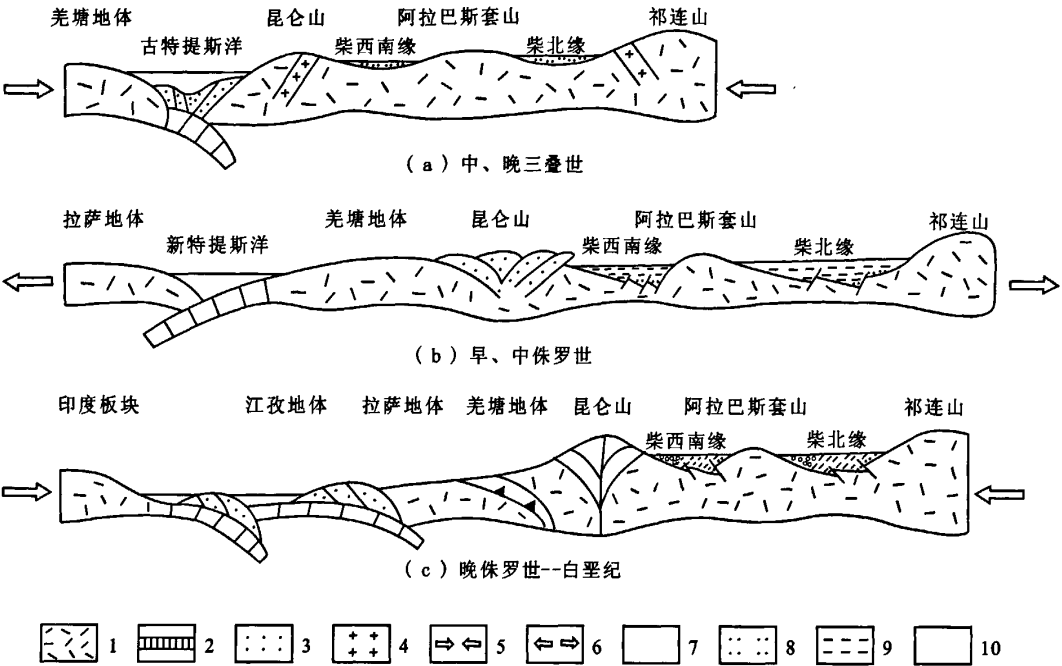


图8 柴西及邻区中生界原型盆地演化示意剖面图

Fig. 8 Sketch cross sections showing evolution of western Qaidam basin and adjacent areas in Mesozoic

1-陆壳;2-洋壳;3-碎屑岩;4-火山岩;5-挤压方向;6-伸展方向;7-海水;8-三叠系;9-中、下侏罗统;10-上侏罗统—白垩系

1-continental crust;2-ocean crust;3-clastic rock;4-volcanics;5-compressive direction;6-extensional direction;7-marine;8-Triassic; 9-Lower-Middle Jurassic;10-Upper Jurassic-Cretaceous

(1)柴达木中生界盆地起始于中三叠世零星分布的小型山间拗陷。

(2)中生界在古阿拉巴斯套山与古昆仑山间发育一个大的近东西向展布的内陆山间盆地,盆地经历了中—晚三叠世、早—中侏罗世和晚侏罗世—白垩纪三个演化阶段,分别对应发育了中—晚三叠世山间拗陷、早—中侏罗世山间断陷和晚侏罗世—白垩纪山间拗陷三种原型盆地类型。中、晚三叠世沉积物以红色碎屑岩为主;早、中侏罗世以暗色含煤建造为主;晚侏罗世—白垩纪以干旱气候下的红色磨拉石建造为主。

(3)早、中侏罗世阿尔金山尚未隆升,为主要沉积区;晚侏罗世—白垩纪,阿尔金山快速隆升,成为物源区,并开始分割塔里木盆地和柴达木盆地的沉积。

上述研究表明柴达木中生界盆地形成于中三叠世,为一个多隆多拗的活动型山间盆地,而不是统一的泛盆,因此在地震解释中应注意中、上三叠统的存在及中、下侏罗统烃源岩分布的局限性,为准确评价

柴达木盆地生烃潜力及合理进行勘探部署提供理论依据。

参考文献

车自成. 1986. 从青藏高原的隆起看柴达木盆地的形成与演变. 石油与天然气地质, 7(1): 87~94.

陈发景, 汪新文. 2000. 中国西北地区早—中侏罗世盆地原型分析. 地质前缘(中国地质大学, 北京), 7(4): 459~468.

陈荣林, 朱洪发, 陈跃, 等. 1994. 塔里木盆地东南断陷区侏罗系沉积特征及含油性研究. 石油实验地质, 16(4): 339~344.

陈宣华, 尹安, George E G, 等. 2002. 青藏高原北缘中生代伸展构造⁴⁰Ar/³⁹Ar测年和MDD模拟. 地球学报, 2002, 23(4): 305~310.

狄恒恕. 1984. 柴达木盆地北缘逆掩断裂带及其找油前景. 石油与天然气地质, 5(2): 79~87.

高先志, 陈发景, 马达德, 等. 2003. 中、新生代柴达木北缘的盆地类型与构造演化. 西北地质, 36(4): 16~24.

葛肖虹, 张梅生, 刘永江, 等. 1998. 阿尔金山断裂研究的科学问题与研究思路. 现代地质, 12(3): 295~301.

顾树松, 狄恒恕. 1990. 柴达木盆地形成机理及其对油气的控制. 见: 朱夏主编, 中国中生代沉积盆地. 北京: 石油工业出版社, 186~195.

- 郭召杰, 张志诚. 1998. 阿尔金盆地群构造类型与演化. 地质论评, 44(4): 357 ~ 364.
- 郭正府, 邓晋福, 许志琴, 等. 1998. 青藏东昆仑晚古生代末—中生代中酸性火成岩与陆内造山过程. 现代地质, 12(3): 344 ~ 352.
- 和钟铎, 刘招君, 郭巍, 等. 2002. 柴达木北缘中生代盆地的成因类型及构造沉积演化. 吉林大学学报(地球科学版), 32(4): 333 ~ 339.
- 胡受权, 曹运江, 黄继祥, 等. 1999. 柴达木盆地侏罗纪盆地原型及其形成与演化探讨. 石油实验地质, 21(3): 189 ~ 195.
- 黄汉纯, 周显强, 王长利. 1989. 柴达木盆地构造演化与石油富集规律. 地质论评, 35(4): 314 ~ 322.
- 黄立功, 钟建华, 郭泽清, 等. 2004. 阿尔金造山带中、新生代的演化. 地球学报, 25(3): 287 ~ 294.
- 靳久强, 赵文智, 薛良清, 等. 1999. 中国西北地区侏罗纪原型盆地与演化特征. 地质论评, 45(1): 92 ~ 104.
- 金之钧, 张明利, 汤良杰, 等. 2004. 柴达木中新生代盆地演化及其控油气作用. 石油与天然气地质, 25(6): 603 ~ 608.
- 刘桂侠, 杨永泰, 管全俊. 2003. 从冷科 1 井下部地层的归属探讨柴达木盆地成盆时间. 地球学报, 24(2): 133 ~ 136.
- 罗照华, 邓晋福, 曹永清, 等. 1999. 青海省东昆仑地区晚古生代—早中生代火山活动与区域构造演化. 现代地质, 13(1): 51 ~ 56.
- 门相勇, 李伟, 席萍, 等. 2001. 柴达木盆地北缘沉积凝灰质岩段的地层时代. 地质科学, 36(2): 229 ~ 233.
- 青藏油气区石油地质志编写组. 1990. 中国石油地质志(卷十四). 青藏油气区. 北京: 石油工业出版社, 20 ~ 59.
- 王明儒, 胡文义, 彭德华. 1997. 柴达木盆地北缘侏罗系油气前景. 石油勘探与开发, 24(5): 20 ~ 24.
- 巫礼玉. 1992. 柴达木盆地晚三叠世孢粉组合. 见: 中国油气区地层古生物编辑委员会. 中国油气区地层古生物论文集(3). 北京: 石油工业出版社, 144 ~ 149.
- 席萍, 唐伦和. 1999. 柴达木盆地北部地区下侏罗统湖西组孢粉化石. 见: 朱宗浩, 郑国光, 赵付本编. 中国含油气盆地孢粉学论文集. 北京: 石油工业出版社, 139 ~ 144.
- 夏文臣, 张宁, 袁晓萍, 等. 1998. 柴达木侏罗系的构造层序及前陆盆地演化. 石油与天然气地质, 19(3): 173 ~ 180.
- 薛良清, 李文厚, 宋立珩, 等. 2000. 西北地区侏罗纪原始沉积区恢复. 沉积学报, 18(4): 539 ~ 543.
- 杨永泰, 刘桂侠, 贾兴友, 等. 2002. 柴达木盆地北缘上三叠统一侏罗系层序特征与含油气系统划分. 地球学报, 23(1): 67 ~ 72.
- 尹安. 2001. 喜马拉雅—青藏高原造山带地质演化——显生宙亚洲大陆生长. 地球学报, 22(3): 193 ~ 230.
- 曾联波, 金之钧, 张明利, 等. 2002. 柴达木侏罗纪盆地性质及其演化特征. 沉积学报, 20(2): 288 ~ 292.
- 翟光明, 徐凤银, 李建青, 等. 1997. 重新认识柴达木盆地, 力争油气勘探获得新突破. 石油学报, 18(2): 1 ~ 7.
- 张志成, 郭召杰, 韩作振. 1998. 敦煌盆地中侏罗世火山岩的地球化学特征及其地质意义. 北京大学学报(自然科学版), 34(1): 72 ~ 79.
- 郑建京等, 彭作林. 1995. 中国主要含油气盆地运动学过程与油气. 沉积学报, 13(2): 160 ~ 168.
- 左国朝, 刘义科, 李相博, 等. 2004. 蒙甘青宁地区侏罗纪开合盆地构造格局及原型盆地沉积特征. 地质通报, 23(3): 261 ~ 271.

References

- An Yin. 2001. Geologic Evolution of the Himalayan-Tibetan Orogen in the Context of Phanerozoic Continental Growth. Acta Geoscientia Sinica, 22(3): 193 ~ 230 (in Chinese).
- Bradley D R, Ulderico B. 2000. Magnitude of post-Middle Jurassic (Bajocian) displacement on the central Altyn Tagh fault system, northwest China. GSA Bulletin, 112(1): 61 ~ 74.
- Che Zicheng. 1986. The formation and evolution of Qaidam basin in relation to the uplift of Qinghai-Tibet plateau. Oil & Gas Geology, 7(1): 87 ~ 94 (in Chinese with English abstract).
- Chen Fajing, Wang Xinwen. 2000. Prototype analysis of early-middle Jurassic basins in northwestern China. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing), 7(4): 459 ~ 468 (in Chinese with English abstract).
- Chen Ronglin, Zhu Hongfa, Chen Yue, et al. 1994. A study of sedimentary characteristics and petroliferousness in the Jurassic sequences of the fault region, the SE Tarim basin. Experimental and Petroleum Geology, 16(4): 339 ~ 344 (in Chinese with English abstract).
- Chen Xuanhua, An Yin, George E G, et al. 2002. Mesozoic Extension in Northern Tibetan Plateau: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Analyses and MDD Modeling. Acta Geoscientia Sinica, 23(4): 305 ~ 310 (in Chinese with English abstract).
- Di Hengshu. 1984. Overthrust belts on the northern margin of Qaidam basin and their oil prospecting. Oil & Gas Geology, 5(2): 79 ~ 87 (in Chinese with English abstract).
- Editorial Committee of "Petroleum Geology of Qinghai-Tibet of China". 1990. Petroleum Geology of China. Vol. 14. Qinghai-Tibet Region. Beijing: Petroleum Industry Press, 20 ~ 59 (in Chinese).
- Gao Xianzhi, Chen Fajing, Ma Dade, et al. 2003. Tectonic evolution of the Northern Qaidam basin during Mesozoic and Cenozoic eras. Northwestern Geology, 36(4): 16 ~ 24 (in Chinese with English abstract).
- Ge Xiaohong, Zhang Mmisheng, Liu Yongjiang, et al. 1998. Scientific problems and thought for research of the Altun Fault. Journal of Graduate School, China University of Geosciences, 12(3): 295 ~ 301 (in Chinese with English abstract).
- Gu Shusong, Di Hengshu. 1990. Formation Mechanism and its controlling on oil and gas in the Qaidam basin. See: Zhu Xia. The sedimentary basins of Mesozoic and Cenozoic in China. Beijing: Petroleum Industry Press, 186 ~ 195 (in Chinese).
- Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng. 1998. Structural style and tectonic evolution of basins in the Altun region. Geological Review, 44(4): 357 ~ 364 (in Chinese with English abstract).
- Guo Zhengfu, Deng Jinfu, Xu Zhiqin, et al. 1998. Late Paleozoic-Mesozoic intracontinental orogenic process and intermediate-acidic igneous rocks from the eastern Kunlun mountains of northwestern China. Geoscience, 12(3): 344 ~ 352 (in Chinese with English abstract).

- He Zhonghua, Liu Zhaojun, Guo Wei, et al. 2002. The genetic type of the Mesozoic basin in northern Chaidamu and its tectonic-sedimentary evolution. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 32(4): 333 ~ 339 (in Chinese with English abstract).
- Hu Shouquan, Cao Yunjiang, Huang Jixiang, et al. 1999. Discussion on formation and evolution of Jurassic basin-prototype of Qaidam basin. *Experimental and Petroleum Geology*, 1999, 21(3): 189 ~ 195 (in Chinese with English abstract).
- Huang Hanchun, Zhou Xianqiang, Wang Changli. 1989. Geological Review, 35(4): 314 ~ 322 (in Chinese with English abstract).
- Huang Ligong, Zhong Jianhua, Guo Zeqing, et al. 2004. Evolution of the Altun Orogenic Belt in the Mesozoic and Cenozoic. *Acta Geoscientia Sinica*, 25(3): 287 ~ 294 (in Chinese with English abstract).
- Jin Jiuqiang, Zhao Wenzhi, Xue Liangqing, et al. 1999. Proto-types and evolution of Jurassic basins in NW China. *Geological Review*, 45(1): 92 ~ 104 (in Chinese with English abstract).
- Jin Zhijun, Zhang Mingli, Tang Liangjie, et al. 2004. Evolution of Mesozoic Qaidam basin and its control on oil and gas. *Oil & Gas Geology*, 25(6): 603 ~ 608 (in Chinese with English abstract).
- Liu Guixia, Yang Yongtai, Guan Qianjun. 2003. Inquiry of initiation age of the Qaidam basin based on stratigraphic study of the lower part of the well Lengke 1. *Acta Geoscientia Sinica*, 24(2): 133 ~ 136 (in Chinese with English abstract).
- Luo Zhaohua, Deng Jinfu, Cao Yongqing, et al. 1999. On Late Paleozoic-Early Mesozoic volcanism and regional tectonic evolution of Eastern Kunlun, Qinghai province. *Geoscience*, 13(1): 51 ~ 56 (in Chinese with English abstract).
- Meng Xiangyong, Li Wei, Xi Ping, et al. 2001. Stratigraphic time of sedimentary tuffaceous bed in north Qaidam basin. *Chinese Journal of Geology*, 36(2): 229 ~ 233 (in Chinese with English abstract).
- Wang Mingru, Hu Wenyi, Peng Dehua. 1997. Oil and gas potential of Jurassic strata in northern margin of Qaidam basin. *Petroleum exploration and development*, 24(5): 20 ~ 24 (in Chinese with English abstract).
- Wu Liyu. 1992. Late Triassic Spore-pollen assemblages in the Qaidam Basin, Qinghai Province. See: Editorial committee of stratigraphy and palaeontology of oil and gas bearing areas in China. *Stratigraphy and palaeontology of oil and gas bearing areas in China*(3). Beijing: Petroleum Industry Press, 144 ~ 149 (in Chinese).
- Xi Ping, Tang Lunhe. 1999. The fossil Sporopollen of Huxishan Formation of the lower Jurassic in the northern region of the Qaidam basin. See: Zhu Zonghao, Zheng Guoguang, Zhao Fuben. *Symposium on palynology of petroliferous basins in China*. Beijing: Petroleum Industry Press, 139 ~ 144 (in Chinese).
- Xia Wenchen, Zhang Ning, Yuan Xiaoping, et al. 1998. Jurassic tectonics sequences of Qaidam and foreland basin evolution. *Oil & Gas Geology*, 19(3): 173 ~ 180 (in Chinese with English abstract).
- Xue Liangqing, Li Wenhui, Song Liheng, et al. 2000. Reconstruction of original sedimentary province of the Jurassic in the Northwestern China. *Acta Sedimentaria Sinica*, 18(4): 539 ~ 543 (in Chinese with English abstract).
- Yang Yongtai, Liu Guixia, Jia Xingyou, et al. 2002. Characteristics of stratigraphic sequence and classification of petroleum systems in the northern Qaidam basin. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(1): 67 ~ 72 (in Chinese with English abstract).
- Zen Lianbo, Jin Zhijun, Zhang Mingli, et al. 2002. The Jurassic basin type and its evolution characteristic in Qaidam Basin. *Acta Sedimentaria Sinica*, 20(2): 288 ~ 292 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Guangming, Xu Fengyin, Li Jianqing, et al. 1997. A reconsideration of Qaidam basin for a great breakthrough in oil and natural gas exploration. *Acta Petrolei Sinica*, 18(2): 1 ~ 7 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zhicheng, Guo Zhaojie, Han Zuozhen. 1998. Geochemistry and Geological Significance of the Mid-Jurassic Volcanic Rocks in Dunhuang Basin. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 34(1): 72 ~ 79 (in Chinese with English abstract).
- Zhen Jianjing, Pen Zuolin. 1995. Tectonic Kinematic Process of Chief Oil-gas Bearing Basin and the Formation of Oil-gas in China. *Acta Sedimentaria Sinica*, 13(2): 160 ~ 168 (in Chinese with English abstract).
- Zuo Guochao, Liu Yike, Li Xiangbo, et al. 2004. Jurassic basin-range tectonic pattern and depositional features of prototype basins in the inner Mongolia-Gansu-Qinghai-Ningxia region. *Geological Bulletin of China*, 23(3): 261 ~ 271 (in Chinese with English abstract).

图版说明

图版 I

- 1 爬升层理, T_{2-3} , 指示古水流方向 240° , 摄于月牙山北;
- 2 大型槽状交错层理, J_{1+2} , 指示古水流方向 15° , 摄于黑石山;
- 3 植物茎杆铸模, J_{1+2} , 指示古水流方向 320° , 摄于煤沟;
- 4 大型槽状交错层理, J_{1+2} , 指示古水流方向 0° , 摄于三脚架;
- 5 浊积岩槽模, J_{1+2} , 指示古水流方向 315° , 摄于黑石山;
- 6 爬升层理, J_3 , 指示古水流方向 255° , 摄于月牙山西;
- 7 爬升层理, J_3 , 指示古水流方向 290° , 摄于采石岭;
- 8 大型板状交错层理, K, 指示古水流方向 240° , 摄于犬牙沟侧沟。

图版 I

