柴达木盆地北缘中生代盆地性质研究 ——对大柴旦凹陷的解剖

楼谦谦^{1,2}, 肖安成^{1,2*}, 杨 浩³, 黄宏升⁴, 丁卫星⁴, 沈中延^{1,2}, 王 亮^{1,2}, 陈元忠⁵, 沈 亚⁵, 汪立群⁶, 周苏平⁶

(1. 浙江大学 地球科学系,杭州 310027; 2. 教育部含油气盆地构造研究中心,杭州 310027;
3. 广东省地震局,广州 510070; 4. 中国石化 江苏油田公司,扬州 225009;
5. 中国石油 东方地球物理公司敦煌分院,敦煌 736200; 6. 中国石油 青海油田分公司,敦煌 736200)

摘要:柴达木盆地北部地区的中生代地层是柴达木盆地油气勘探的重点层系之一。利用地震剖面解释成果和野外地质资料绘制了侏罗纪与白垩纪的地层残余分布图和断裂分布图;利用平衡剖面对地震剖面进行了平衡恢复,恢复了侏罗纪与白垩纪的原始与剥蚀后形态。通过对中生代各期(主要是侏罗纪和白垩纪)残余地层、断裂的分布和地震剖面构造演化的综合分析,认为柴达木盆地北部地区中生代经历了三个不同性质的盆地演化阶段:早侏罗世为伸展环境下的(箕状)断陷盆地,主要表现为一系列小型断陷盆地群;中侏罗世一早白垩世为伸展型坳陷盆地;晚白垩世末盆地受挤压整体隆升,形成古隆起。

关键词:柴达木盆地;中生代;残余地层;断裂;地震剖面中图分类号:TE121.2文献标识码:A

文章编号: 1006-7493(2009)-03-0407-10

Characteristics of Mesozoic Basin of the Northern Qaidam: A Case Study on Dachaidan Depression

LOU Qian-qian^{1,2}, XIAO An-cheng^{1,2*}, YANG Hao³, HUANG Hong-sheng⁴, DING Wei-xing⁴, SHEN Zhong-yan^{1,2}, WANG Liang^{1,2}, CHEN Yuan-zhong⁵, SHEN Ya⁵, WANG Li-qun⁶, ZHOU Su-ping⁶

 Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. Research Center for Structures in Oil and Gas Bearing Basins, Ministry of Education, Hangzhou 310027, China; 3. Guangzhou Seismology Bureau, Guangzhou 510070, China; 4. Jiangsu Petroleum Exploration Bureau, Yangzhou 225009, China; 5. Dunhuang Branch of Eastern Geophysics Company, PetroChina, Dunhuang 736200, China; 6. Qinghai Petroleum Company, PetroChina, Dunhuang 736200, China;

Abstract: The Mesozoic strata are the key of hydrocarbon target in the northern Qaidam Basin. Combined the seismic data and geologic field materials, the residual distribution maps of Jurassic and Cretaceous strata and the fault system maps were generated. Meanwhile, the cross sections before and after erosion in Jurassic and Cretaceous times were revealed by cross section restoration. Based on the synthetic analyses of Jurassic and Cretaceous residual strata distribution, faults systems and cross-section evolution, we proposed that the northern Qaidam Basin experienced three phases of basinal evolution during the Mesozoic: A series of small faulted-basins developed in the Early Jurassic northern Qaidam in an extensional environment; Afterwards, these small fault-bounded basins were covered by a larger depression basin in the Middle Jurassic to Early Cretaceous; During the Late Cretaceous,

收稿日期: 2009-05-27; 修回日期: 2009-07-02

作者简介:楼谦谦,1984年生,女,浙江大学地球科学系在读硕士研究生,主要从事构造地质、石油地质方面研究。E-mail: lou4253315@163.com *通讯作者:肖安成,1957年生,男,浙江大学地球科学系教授,从事盆地构造分析、复杂构造解释和石油地质综合研究工作。

基金项目:国家"十五"科技攻关资助项目(2004BA616A-04-01);中国石化江苏油田公司资助项目(JS06004)

E-mail: xiaoanch@zju.edu.cn

the northern Qaidam basin was reversed and wholly uplifted, resulting in formation of palaeo-uplifts.

Key words: Qaidam Basin; Mesozoic; residual strata; faults; seismic cross-section

1 前言

柴达木盆地北部地区(以下简称柴北缘) 中、新生代在阿尔金山和南祁连山两个不同走向 构造体系的制约之下,地质情况复杂,形成了多 期不同类型的盆地。因此,柴北缘中、新生代的 盆地性质,尤其是中生代的盆地类型一直是有众 多争议的一个问题。前人对中生代柴北缘的盆地 性质主要有以下4种观点: (1) 侏罗纪一白垩纪 为伸展断陷盆地(马金龙等, 2002; 胡受权等, 2001; 陈蟒蛟等, 2002); (2)从早侏罗世开始 一直处于挤压构造背景的挤压盆地或类前陆盆地 (Xia et al, 2001; 和钟桦等, 2002; 夏文臣等, 1998;周建勋等,2003);(3)早、中侏罗世 为伸展断陷盆地,晚侏罗世一白垩纪形成挤压盆 地(汤良杰等, 2000; 金之钧等, 2004; 曾联波 等, 2002; 高先志等, 2003; 吴光大等, 2006; 刘林等,2008);(4)早侏罗世为断陷盆地,中 白垩世大范围抬升遭受剥蚀(陈志勇等, 2005; 肖安成等, 2005; Shen et al, 2009)。

柴北缘侏罗纪盆地是柴达木盆地油气勘探的 重要基地,因此对于作为主要油气聚集层的中生 代盆地性质和变形特征的研究具有重要意义。柴 北缘中生界不同时期层序的残余分布研究程度较 低,主要原因在于低品质的地球物理资料和对于 分层标准的认识差异。不过近年来,中石油及中 石化对柴北缘区域范围内的层序分布和层序划分 进行了较详细的研究^{①2},并且在柴北缘中部地区 开展了高密度的地球物理勘探,局部的测线密度 达到了2 km×2 km和1 km×1 km的线距。在此基础 上,作者通过对大柴旦地区、绿梁山南侧地区、 欧南地区和锡铁山西部及南部的地震资料解释, 绘制了中生代中晚期层序的残余分布与断裂平面 分布图,完成了主要剖面的构建,并利用平衡剖 面技术对剖面进行构造演化阶段的恢复,认为柴 北缘地区中生代盆地经历了3个演化阶段:(1) 早侏罗世伸展型断陷盆地;(2)中侏罗世一早白 垩世的伸展型坳陷盆地;(3)晚白垩世盆地挤压 隆升被剥蚀等演化过程。

2 区域地质概况

柴北缘中生界残余分布不均一,三叠系主 要为零星分布的火山凝灰岩,侏罗系与下伏地层 (上奧陶统滩间山群O₃tn和其它层序)呈角度不整 合接触,上覆新生代地层(路乐河组)与下白垩 统呈角度不整合关系,侏罗系与下白垩统相对完 整,盆地范围整体缺失上白垩统(青海省地质矿 产局,1991)。侏罗系大煤沟组分为七段,前三 段的沉积相与下伏地层相似,第四段开始沉积相 类型却发生较大变化,因此,在划分地层层序中 将大煤沟组的前三段($J_{2d}^{-1}-J_{2d}^{-3}$)归为下侏罗统, 即早侏罗世地层,而第四段(J_{2d}^{-4})到第七段则归 为中侏罗统,即中侏罗世地层(表1)(杨永泰 等,2000;刘云田等,2007)。

在我们研究的柴北缘四个地区中,大柴旦地 区是柴北缘罕有的中生界相对完整的残余凹陷, 且具有丰富的地球物理资料,因此,文中以大柴 旦地区的构造演化、残余地层分布及断裂分布为 例来说明柴北缘中生代的构造演化。

大柴旦地区位于柴北缘中部,即现今的大柴 旦镇一带,是一个被南北山系(北为柴达木山, 南为绿梁山)挟持,中部为第四系所覆盖(依克 柴达木湖)的新生代凹陷区(图1)。研究区分布 有约1000 km²的地震剖面,线距为4~5 km。

3 地球物理资料的解释

3.1 层位的确定和解释

在地震剖面解释过程中,作者根据研究区 的基本情况,做到分区控制,统一联层,综合分

① 青海油田分公司. 2006. 柴达木盆地柴北缘中生界中、下侏罗统的分布及控制因素.

②浙江大学. 2006. 江苏油田柴达木区块分析报告.

地层					厚	4/ #+ 44, 년	代表		
代	系	统	组	段	(m)	石饪司闻	石性抽迹	升或 剖面	l
新生代	第三系		路乐河组(E ₁₊₂)						
	白垩系	下白垩统	犬牙沟组(K _{1q})		572		岩性主要为砂砾岩, 夹泥岩。	路 乐 河	 ○ ○ 研岩 ・・・ 砂岩
中	侏	上	红水沟组(J _{3e}) 采石岭组(J _{3h})		2077		红水沟组岩性主要为 泥岩、粉砂质泥岩及 粉砂岩为主;采石岭 组岩性主要为砂岩、 砾状砂岩和页岩为主。	红水	
		统		I.F几				沟ー采石岭	 泥岩
生	罗	中	大煤沟组(J _{1-2d})	<u>七段</u> 六段 五段	923		第七段主要发育油页 岩,为浅湖-半深湖相; 第六段为砂泥岩间互, 为三角洲相;第五段 以煤层为主,为沼泽 相;第四段以砂砾岩 为主,为冲积扇相; 第三段至第一段岩性 以砂质泥岩、砂岩、 含砾砂岩和砾岩互层。 为扇三角洲相、河流 相及沼泽相。	大	 粉砂岩 □□□□ 页岩
		统		四段				煤 沟 剖	□ 煤层 □ · 〕 一 · 〕 一 · 〕 一 · 〕
		下		三段二段				面	00日 ● ○ 合砾 砂岩
				一段					
代	系	统	小煤沟组(J _{1x})		1727		小煤沟组岩性以砂质 泥岩、砂岩、含砾砂 岩和砾岩互层为主; 湖西山组以泥岩、粉 砂质泥岩、煤层及砂 砾岩为主。	石 深 1 土	炭质 泥岩
			湖西山组(Jո,)					デー 冷 科 1 井	泥质 粉砂岩 ↓ 岩 省略
古生代	奧陶系		滩间山群(0)						1

表1 柴北缘中生代地层层序 Table 1 The Mesozoic stratigraphic sequence of northern Qaidam

注: 表1据青海油田资料及搜集的野外资料绘制。

析。对研究地区的四个不同区块,按照不同的方 法,灵活的进行地震解释,最终达到全区层位的 统一和真实性。

对大柴旦地区的地震层位标定来自于两个方面: 一是间接从邻区引入层位, 西侧标定数据来自于鱼卡凹陷, 东侧则由隶属于马海构造带的小柴旦 湖地区的层位引入; 二是地面资料揭示的层序关系 和不同区块之间的横向对比。最后确定大柴旦地区 现今残余分布的地层有下侏罗统(J₁—J_{2d}³)、中侏罗 统一下白垩统(J_{2d}⁴—K₁)、古近系路乐河组(E₁₊₂)和

下干柴沟组(E₃¹),其层序标定如图2。

3.2 残余地层与断裂平面分布图的绘制

平面图件的绘制是在对研究区地震资料解释的基础上完成的,下侏罗统和中侏罗统一下白垩统残余分布图(图3a,b)是将地层边界利用垂直投影的方式投影到地表完成的。

同样利用地震资料结合研究区域地质调查图件,完成了早侏罗世和晚白垩世形成的断裂分布图(图3c,d)。对于晚白垩世断层,识别准则如下:(1)断层上下盘"对应"的J₃—K₁地层厚度明显不同,并



图1 柴北缘大柴旦地区地质图(据青海地质局第一区调队, 1980)





T₆-下侏罗统底界反射; T₁₂-中侏罗—下白垩统底界反射; T_R-古近系路乐河组底界反射; T₅-下干柴沟组底界反射 T₆- reflection of bottom interface of the Lower Jurassic; T₁₂- reflection of bottom interface of the Middle Jurassic-Lower Cretaceous; T_R- reflection of bottom interface of the Paleogence Lulehe Formation; T₅- reflection of bottom interface of the Lower Ganchaigou Formation

图2 A—A' 地震测线层位标定图(剖面位置图见图1) Fig. 2 The horizon calibration of A-A' seismic section (the location of A-A' shown in Fig. 1)



 95° 00'
 95° 00'
 95° 00'
 95° 00'
 95° 30'

 1
 2
 3
 4
 0
 10
 20 km

 1. 正断层; 2. 逆断层; 3. 早侏罗世残余地层; 4. 中侏罗世一晚白垩世残余地层;
 1. ormal fault; 2. reverse fault; 3. Early Jurassic residual strata; 4. Middle Jurassic-Early Cretaceous residual strata

(a) 早侏罗世地层残余分布图;(b) 中侏罗世一晚白垩世地层残余分布图;(c) 早侏罗世断裂分布图;(d) 晚白垩世断裂分布图
 (a) Distribution map of the Early Jurassic residual strata; (b) Distribution map of the Middle Jurassic-Early Cretaceous residual strata;
 (c) Distribution map of the Early Jurassic faults; (d) Distribution map of the Late Cretaceous faults

图3 中生代大柴旦地区沉积与断裂分布图

Fig. 3 Distribution map of the Mesozoic sediments and faults in Dachaidan depression

且被同一套新生代的地层所覆盖;(2)沿着某个断 层J₃—K₁地层断距明显大于新生界的断距,则该断 层可能是晚白垩世形成的断层而在新生代重新活 动。从极端情形来说,第二种情况也可能是由走滑 作用造成,但一般情况下,如果没有很明显走滑的证 据,我们就认为它在晚白垩世是活动的,后期再重新 活动(Shen et al, 2009)。

3.3 中生界残余地层与断裂的分布

从平面分布图可以看出,位于柴达木山与绿梁

山之间狭长地带的大柴旦地区下侏罗统残余分布极 广,东至柴达木山山前区,西至绿梁山山前区,以依 克柴达木湖为中心被周围山系所包围的约1000 km² 的区域都有分布(图3a),反映出原始沉积的广泛性 和保存的完整性。中侏罗统一下白垩统残余则主要 分布在依克柴达木湖西北的局部区块和绿梁山山前 呈北西向的条带状分布(图3b),明显反映出是受到 晚期构造控制,被强烈剥蚀后的残余分布。

早侏罗世的断裂性质主要为正断层,且大

多都是成对分布,主要分布在大柴旦镇西北、依 克柴达木湖西部及绿梁山前地带,走向多为北西 向,局部为南北向,与现今中生代地层分布和周 围山系的走向相似,代表了早侏罗世控制沉积分 布的同生断裂格局(图3c)。晚白垩世断裂性质 多为逆冲断层,走向为偏北西向,与现今凹陷两 侧的山系走向近于一致,反映出同期古构造的方 向性(Shen et al, 2009;肖安成等,2005)。这些 残余断裂主要集中在依克柴达木湖以西和大柴旦 镇以南两个地区(图3d)。

4 剖面的构建及恢复

4.1 剖面的构建

为了更加清楚地了解研究区的盆地性质,我 们选取了北西和北东两个方向的剖面(A—A", B—B⁻)进行剖面构建和演化历史的恢复工作(图 4,图5)。

图4为研究区的A—A" 剖面, 剖面线方向为北 北东向, 与现今北西向的北缘山系的走向不同, 这可能是后期南北向的挤压对剖面的原始形态产 生了直接影响。剖面浅层整体(新生界)表现出 为一系列由北向南冲断的收缩构造叠加在深部厚 度快速变化的中生界残余层序之上, 剖面的北侧 (右侧)深部可见到早期的控制断陷的边界正断 裂; 南侧(左侧)一条小型正断裂控制的中生界 断陷和中生界直接超覆在基底变质岩之上,中生界 往断陷边缘渐次减薄以至于尖灭的沉积接触关系 是地震剖面中显示的最为典型的特征。

图5a为北西西向的通过大柴旦凹陷长轴的 剖面,该剖面更加清楚地揭示出本期伸展断陷盆 地的格局。两个多条早侏罗世正断层控制的向着 中心渐次发育的地堑系统控制了剖面深部结构和 中生界层序分布,地堑之间是被后期冲断所改造 的基底抬升地块(可能是中生代形成的地垒构 造)。地堑的顶部是新生代沉积残余。

4.2 剖面的恢复

柴达木盆地新老地层的变形历史各不相同,本 文采取了分层计算,即对各地层单元单独进行计算 的方法,这样就可把误差限定在各地层单元内部。 此外,如果同一地层因埋深差异较大、以至于引起变 形机制的差异时采取分段分层恢复的方法。 图4和图5是分别完成的早侏罗世、早白垩 世、晚白垩世和晚白垩世剥蚀后的多期剖面恢复 图,代表了同期的盆地性质及其层序分布状况。 根据这些系列演化剖面,可以将大柴旦地区(代 表整个柴北缘地区)中生代盆地的演化概括为: 早侏罗世($J_1-J_{2d}^3$)伸展型断陷盆地(图4e,图 5e);中侏罗世一早白垩世($J_{2d}^4-K_1$)伸展型坳 陷盆地(图4d,图5d);晚白垩世(K_2)冲断改 造,整体隆升遭受剥蚀(图4b, c和图5b, c);新 生代开始大范围沉降和晚期挤压冲断的多期盆地 演化过程(图4a,图5a)。

5 柴北缘中生代盆地性质的讨论

柴达木盆地三叠纪时主要为一套海相陆源碎 屑夹中酸性火山岩系及煤线,表明三叠纪晚期, 随着南昆仑洋的最终闭合,柴达木及邻区反转成 陆,海水退出本区,开始了中、新生代陆相盆地 演化阶段(汤良杰,1999)。

5.1 早侏罗世 (J₁—J_{2d}³) 盆地性质

早侏罗世大柴旦地区以发育正断层和同沉 积的地堑系统为主,在经历了新生代强烈挤压以 后的今天,仍然可以清楚地识别出下侏罗统的 残余分布(图3a)和早侏罗世的正断层体系(图 3c)。这些正断层的走向多为北西向和南北向, 所控制的地堑系统为多断陷的组合。

从主测线A—A"的剖面构造演化图中我们可 以清晰的看到,早侏罗世末测线所在区域发育多断 层控制的断陷,剖面的左、中、右侧分别发育了一条 正断层控制着早侏罗统的分布,其中中部的断层经 历了构造反转,断陷形态呈箕状(图4e)。从联络线 B—B⁻ 剖面我们可以更清楚地看到早侏罗世时大 柴旦地区发育两个断陷系统。图左侧的断陷系统较 小,由一系列小型正断层所控制,呈箕状断陷;图右 侧的断陷系统由F₁, F₂和F₃三条较大的正断层和一系 列小型正断层所控制,断陷形态较不规则,可能是由 于断层F₂的断距较大且断层F₁和F₃后期经历了构造 反转造成的(图5e)。

综上所述,笔者认为在早侏罗世大柴旦地区 处于拉张状态,其盆地性质为小型断陷盆地群, 虽然经过后期改造,但从部分剖面上还能看出其 具有箕状断陷的特点。



⁽a) 现今前闻; (b) 砚曰垩叵刺浊后; (c) 砚曰垩叵; (d) 平曰垩叵; (e) 平体罗匹 (a) present day cross-section; (b) Late Cretaceous denudation cross-section; (c) Late Cretaceous; (d) Early Cretaceous; (e) Early Jurassic

图4 A—A" 原始剖面与A—A" 剖面构造演化图(剖面位置见图1) Fig. 4 The geologic evolution of A–A" cross-section (the location of A–A" shown in Fig. 1)

А



(d) Early Cretaceous; (e) Early Jurassic

图5 原始剖面与B—B´剖面构造演化图(剖面位置见图1) Fig. 5 The geologic evolution of B-B´ cross-section (the location of B-B´ shown in Fig. 1) 在地震剖面解释中发现,中侏罗世一早白 垩世地层是位于早期断陷层序之上的超覆层序。 其分布有两个特点:一是在下侏罗统的发育区, 中、上侏罗世地层与下伏地层为正常的接触关 系,在下侏罗统的边缘和缺失部位,中、上侏罗 统开始超覆在更大的范围(图4c,图5c);另外 一个特点是中、上侏罗统与上覆的新生界为角度 不整合关系(图4a,图5a)。

从平面分布图看,中侏罗统一下白垩统的分 布范围明显小于下侏罗统的分布(图3a,b), 分析其沉积特征与晚白垩世断裂的分布特征(图 3d),判断其应受到晚白垩世末晚燕山运动的影 响,地层抬升遭受剥蚀的结果。剖面的构造演化 图清晰展示了中侏罗统一下白垩统的沉积和被剥 蚀过程(图4,图5),从构造演化图我们可以看 到,中侏罗世一早白垩世盆地处于坳陷阶段,中 侏罗统一下白垩统广泛沉积,晚白垩世末受晚燕 山运动的影响,地层整体抬升,遭受剥蚀。

早侏罗世的断陷结构,中侏罗统一下白垩统与 下侏罗统的整合关系,说明了早侏罗世断陷盆地结 束,开始进入整体坳陷阶段,沉积上是区域连续的 一套地层沉积。现今的残余分布则说明了晚白垩世 的强烈构造活动造成了和路乐河组底界的角度不整 合关系。这些均构成了柴北缘剖面结构的共同点。

5.3 晚白垩世(K₂)盆地性质

整个柴达木盆地未见上白垩统(青海省地局 矿产局,1991),由于缺乏沉积物证据,所以现 在尚无法判别晚白垩世地层究竟是被剥蚀的还是 未沉积。但我们判断在晚白垩世大柴旦地区处于 挤压环境,已沉积的中生代地层抬升遭受剥蚀, 原因有以下两点:(1)大柴旦地区的断裂平面分 布图(图3d)中显示的晚白垩世大柴旦地区发育 一系列北西-南东走向的逆冲断层;从构造剖面演 化图也可以看出,在晚白垩世末一系列北东和南 东倾向的逆冲断层活动,使早期地层冲断抬升和 遭受剥蚀(图4b, c和图5b, c);(2)中侏罗统 及其晚期的中生界与上覆新生界呈角度不整合接 触(青海省地局矿产局,1991)。 肖安成等(2005)对柴北缘晚白垩世的古构造 活动特征进行了详细研究指出晚白垩世构造活动控 制了柴北缘现今中生代残余层序的分布,形成了一系 列北西走向的,以断块差异隆升为特点的古构造。

6 结论和认识

根据新的地球物理资料,重新对柴达木盆地 北缘中生代盆地性质进行了厘定,认为中生代以 来,柴达木盆地经历了多期的盆地演化历程和盆 地叠加历史:

早侏罗世($J_1 - J_{2d}^3$)为伸展型断陷盆地(箕 状断陷),发育一系列小型断陷盆地群;

中-晚侏罗世(J_{2d}^4 — K_1)盆地在断陷的基础上 沉积,边沉积边坳陷,形成伸展型坳陷盆地;

晚白垩世(K₂)盆地所受应力由拉张转变为 挤压,在晚白垩世末盆地受晚燕山运动影响整体 隆升,形成一系列古隆起;

新生代开始大范围坳陷沉降,晚期冲断改造,形成了现今的柴达木盆地(图4a,图5a)。

大柴旦地区中生代的盆地构造特征,在很大程 度上反映了柴达木盆地北部乃至于全盆地中生代的 演化过程及构造变形机制。早侏罗世发育的的小型 箕状断陷,其圈闭类型和成藏模式与现今我国东部 断陷盆地(秦伟军,2006)相似,亦即应该以断层圈 闭和断块圈闭为主,并辅以滚动背斜圈闭、岩性圈 闭、地层圈闭、古潜山圈闭等多种圈闭类型,而油气 的运移成藏则应该主要表现为短距离垂向运移为 主。因此,上述小断陷中勘探潜力较大。晚白垩世形 成的一系列古隆起也是成藏的有利条件^①。

References:

- Chen Mangjiao and Bai Shuyan. 2002. Types, characteristics and control factors of hydrocarbon pools in northern Qaidam Basin [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 24 (2): 8–11. (in Chinese with English abstract)
- Chen Zhiyong, Xiao Ancheng, Zhou Suping, et al. 2005. The main control factor for Jurassic distribution in Qaidam Basin [J]. Earth Science Frontiers, 12 (3): 149–155. (in Chinese with English abstract)
- First Geological Survey Team, Bureau of Geology and Mineral Resources, Qinghai Province. 1980. The Geology Survey Report: Dachaidan sheet [R]. Beijing: Geological Publishing House. (in Chinese)
- Gao Xianzhi, Chen Fajing, Ma Dade, et al. 2003. Tectonic evolution of

①浙江大学.2006.江苏油田柴达木区块分析报告.

the Northern Qaidam basin during Mesozoic and Cenozoic eras [J]. Northwestern Geology, 36 (4): 16–23. (in Chinese with English abstract)

- He Zhonghua, Liu Zhaojun, Guo Wei, et al. 2002. The Genetic type of the Mesozoic Basin in northern Qaidam and its tectonic-sedimentary evolution [J]. Journal of Jilin University, 32 (4): 333–339. (in Chinese with English abstract)
- Hu Shouquan, Guo Wenping, Cao Yunjiang, et al. 2001. Tectonic framework and structure evolution of Mesozoic and Cenozoic in northern margin of Qaidam Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 22 (1): 13–16. (in Chinese with English abstract)
- Jin Zhijun, Zhang Mingli, Tang Liangjie, et al. 2004. Evolution of Meso-Cenozoic Qaidam basin and its control on oil and gas [J]. Oil and Gas Geology, 25 (6): 603–608. (in Chinese with English abstract)
- Liu Lin, Song Zhe, Song Xiansheng, et al. 2008. Study on the relationships between the structural evolution and sandstone-type uranium mineralization in Mesozoic era and Cenozoic era in the Northern of Chaidam Basin [J]. Journal of Eastern China Institute of Technology, 31 (4): 306–312. (in Chinese with English abstract)
- Liu Yuntian, Yang Shaoyong, Hu Kai, et al. 2007. Organic geochemical feature of mudstone rock from member 7 strata of Middle Jurassic age in the northern margin of Qaidam Basin and its hydrocarbongeneration potential [J]. Geological Journal of China Universities, 13 (4): 703-713. (in Chinese with English abstract)
- Ma Jinlong, Li Fengjun and Jia Qingjun. 2002. Collisional structures and basinal deformation in the north Qaidam Basin [J]. Petroleum Geology and Experiment, 24 (4): 291–295. (in Chinese with English abstract)
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. 1991. Regional Geology of Qinghai Province [M]. Beijing: Geological Publishing House. (in Chinese)
- Qin Weijun. 2006. Distribution of potential petroleum resources and invert potential of geologic reserves in the eastern fractured basins of China [J]. Petroleum and Petrochemical Today, 14 (8): 21–25. (in Chinese with English abstract)
- Shen Zhongyan, Xiao Ancheng, Chen Zhiyong, et al. 2009. Characteristics of late Cretaceous faults of the eastern segment of the northern Qaidam Basin, NW China [J]. Mining Science and Technology, 19 (1): 108–114.
- Tang Liangjie, Jin Zhijun, Zhang Mingli, et al. 1999. Tectonic evolution of Qaidam Basin in Sinian–Triassic [J]. Scientia Geologica Sinica, 34 (3): 289–300. (in Chinese with English abstract)
- Tang Liangjie, Jin Zhijun, Zhang Mingli, et al. 2000. Tectonic evolution and oil (gas) pool-forming stage in northern Qaidam basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 27 (2): 36–39. (in Chinese with English abstract)
- Wenchen Xia, Ning Zhang, Xiaoping Yuan, et al. 2001. Cenozoic Qaidam basin, China: A stronger tectonic inversed, extensional rifted basin [J]. AAPG Bulletin, 85 (4), 715–736.
- Wu Guangda, Ge Xiaohong,Liu Yongjiang, et al. 2006. Mesozoic– Cenozoic structural evolution in Qaidam Basin and its control on hydrocarbon occurrence [J]. Global Geology, 25 (4): 411–417. (in Chinese with English abstract)
- Xia Wenchen, Zhang Bingshan, Zhang Ning, et al. 1998. Jurassic tectonic sequences of Qaidam and foreland basin evolution [J]. Oil and Gas Geology, 19 (3): 173–180. (in Chinese with English abstract)
- Xiao Ancheng, Chen Zhiyong, Yang Shufeng, et al. 2005. The study of Late Cretaceous paleostructural characteristics in northern Qaidam

Basin [J]. Earth Science Frontiers. 12 (4): 451–457. (in Chinese with English abstract)

- Yang Yongtai, Zhang Baoming, Li Wei, et al. 2000. Study of Jurassic stratigraphic sequence and sedimentary facies in north of Qaidam Basin [J]. Earth Science Frontiers, 7 (3): 145–151. (in Chinese with English abstract)
- Zeng Lianbo, Jin Zhijun, Zhang Mingli, et al. 2002. The Jurassic basin type and its evolution characteristic in Qaidam basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 20 (2): 288–292. (in Chinese with English abstract)
- Zhou Jianxun, Xu Fengyin and Hu Yong. 2003. Mesozoic and Cenozoic tectonism and its control on hydrocarbon accumulation in the northern Qaidam Basin of China [J]. Acta Petrolei Sinica, 24 (1): 19–24. (in Chinese with English abstract)

参考文献:

- 陈蟒蛟,白淑艳. 2002. 柴达木盆地北缘油气藏类型、特征及其控制 因素探讨[J]. 江汉石油学院学报, 24 (2): 8-11.
- 陈志勇,肖安成,周苏平,等.2005.柴达木盆地侏罗系分布的主控因 素研究[J].地学前缘,12(3):149-155.
- 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[J].西北地质,36(4):16-23.
- 和钟桦, 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[J]. 吉林大学学报, 32 (4): 333-339.
- 胡受权, 郭文平, 曹运江, 等. 2001. 柴达木盆地北缘构造格局及在中、新生代的演化[J]. 新疆石油地质, 22 (1): 13-16.
- 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[J]. 石油与天然气地质, 25 (6): 603-608.
- 刘林, 宋哲, 宋宪生, 等. 2008. 柴达木盆地北缘中新生代地质构造演 化与砂岩铀成矿关系[J]. 华东理工大学学报, 31 (4): 306-312.
- 刘云田,杨少勇,胡凯,等.2007.柴达木盆地北缘中侏罗统大煤沟组 七段烃源岩有机地球化学特征及生烃潜力[J].高校地质学报, 13 (4):703-713.
- 马金龙,李凤君,贾庆军. 2002. 柴达木盆地北部碰撞构造与盆地改造变形[J]. 石油实验地质, 24 (4): 291-295.
- 秦伟军. 2006. 中国东部断陷盆地石油潜在资源量分布与转化地质 储量潜力[J]. 当代石油化, 14 (8): 21-25.
- 青海省地质局第一区调队. 1980. 区域地质调查报告——大柴旦幅 [R]. 北京: 地质出版社.
- 青海省地质矿产局. 1991. 青海区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.
- 汤良杰, 金之钧, 张明利, 等. 1999. 柴达木震旦纪—三叠纪盆地演化 研究[J]. 地质科学, 34 (3): 289-300.
- 汤良杰, 金之钧, 张明利, 等. 2000. 柴达木盆地北缘构造演化与油气 成藏阶段[J]. 石油勘探与开发, 27 (2): 36-39.
- 吴光大, 葛肖虹, 刘永江, 等. 2006. 柴达木盆地中、新生代构造演化 及其对油气的控制[J]. 世界地质, 25 (4): 411-417.
- 夏文臣, 张兵山, 张宁, 等. 1998. 柴达木侏罗系的构造层序及前陆盆 地演化[J]. 石油与天然气地质, 19 (3): 173-180.
- 肖安成, 陈志勇, 杨树锋, 等. 2005. 柴达木盆地北缘晚白至世古构造 活动的特征研究[J]. 地学前缘, 12 (4): 451-457.
- 杨永泰,张宝民,李伟,瞿辉. 2000. 柴达木盆地北缘侏罗系层序地层 与沉积相研究[J]. 地学前缘,7(3):145-151.
- 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[J]. 沉积学报, 20 (2): 288-292.
- 周建勋, 徐凤银, 胡勇. 2003. 柴达木盆地北缘中、新生代构造变形 及其对油气成藏的控制[J]. 石油学报, 24 (1): 19-24.