

酒泉中新世代断坳叠合盆地及控油作用

潘良云¹⁾, 曾佐勋²⁾, 李明杰¹⁾, 张宏伟¹⁾, 郑孟林³⁾, 张军勇¹⁾

1) 中国石油集团东方地球物理公司研究院地质研究中心, 河北涿州, 072751;

2) 中国地质大学地球科学学院, 武汉, 430074;

3) 中国石化石油勘探开发研究院, 北京, 100083

内容提要:基于盆地大地构造背景、盆地几何形态、沉积构造特征、古地温及火山岩等沉积盆地鉴别标志, 认为酒泉盆地中新世代断坳叠合盆地, 中生代早白垩世属伸展断陷盆地, 新生代为陆内挤压坳陷盆地和陆内前陆盆地。盆地叠合类型为陆内坳陷盆地和陆内前陆盆地与断陷盆地叠合, 叠合方式总体为正交式叠合, 其中陆内坳陷盆地与断陷盆地叠合方式可以划分为披盖叠合型、局部叠合型、未叠合型3类, 按照断陷盆地与陆内前陆盆地构造单元叠合位置, 将陆内前陆盆地与断陷盆地叠合方式划分为前陆冲断带与次级凹陷的叠合、前陆坳陷与次级凹陷的叠合、前陆斜坡与次级凹陷的叠合、隆后坳陷与次级凹陷的叠合4个亚类。中新世代盆地叠合控制了酒泉盆地油气成藏, 早白垩世断陷盆地控制了烃源岩分布, 决定了不同次级凹陷(含油气系统的)范围和优劣, 中新世代盆地叠合不仅加速了烃源岩成熟, 为油气运移提供了强大动力, 而且对构造圈闭、油气运移通道的形成、储层物性的改善(裂缝的发育)起关键的作用。由于不同的次级凹陷叠合方式和叠合强度的差异, 导致了油气运移、聚集成藏差异, 油藏特征和油气富集程度不同。

关键词:酒泉盆地; 中新世代; 断陷盆地; 陆内前陆盆地; 叠合盆地; 控油作用

“叠合盆地”是指同一盆地区在不同地质时期不同类型盆地的叠加, 该盆地区经历了多阶段运动体制(包括构造体制与热体制)的变革, 不同阶段的原型盆地发生叠合而形成的具有叠加地质结构的盆地系统(何登发等, 2004)。盆地运动体制受控于当时的构造体制与热体制, 不同的构造体制与热体制盆地其形成环境、沉降机制、沉积充填、变形样式不同, 盆地类型不同; 同一盆地区的运动体制随着地质历史的发展而改变, 当构造体制与热体制发生改变时, 形成新的盆地类型, 因而产生盆地相互叠加现象, 造成盆地叠合。盆地运动体制的变革是叠合盆地产生的根源。

国外学者提出了与叠合盆地相似的概念, Kingston等(1983)提出了“多期演化盆地”、“多期历史盆地”或“多旋回盆地”; Shannon等(1989)根据盆地的构造位置与成因划分出7种基本盆地类型, 再将它们进一步组合成多期的或复合的盆地; Kleinspehn等(1988)在研究英属哥伦比亚拼接碰

撞缝合带内发育的盆地时, 提出了“叠覆盆地”或“拼接盆地”的概念。国内学者根据各自对“叠合盆地”概念的理解和所研究盆地特征, 给出了不同的“叠合盆地”定义(贾承造等, 1992; 张渝昌, 1997, 1999; 汤良杰等, 2001; 庞雄奇等, 2002; 赵文智等, 2003; 金之钧, 2005)。

中国大陆是世界上地质构造最为复杂的区域, 表现为地块数量多、规模小, 造山带多、规模大, 小型块体和缝合带拼接形成复杂的镶嵌式和立交桥式结构(任纪舜, 2003), 受控于中国大陆形成过程中多种地壳运动方式的复合-联合作用和中国大地构造发展的多旋回性和叠加性, 这些盆地在地质结构上叠置, 中国境内的含油气沉积盆地多为叠合盆地, 例如西部的塔里木、准噶尔、吐哈、柴达木、鄂尔多斯、四川盆地和东部的渤海湾盆地等就具有叠加盆地特征(童晓光, 1992; 贾承造, 2003; 李景明等, 2003; 彭兆蒙等, 2010; 吕宝凤等, 2011)。前人对中国叠合盆地研究往往局限于盆地结构、叠合盆地类型、盆地叠合演化、石油地

注: 本文为中国石油勘探生产分公司油气勘探新领域综合研究项目(编号 28153009013)、玉门油田分公司油气勘探项目(编号 BGP200901967)资助的成果。

收稿日期: 2011-08-11; 改回日期: 2011-11-13; 责任编辑: 周健。

作者简介: 潘良云, 男, 1963年生。博士, 高级工程师, 主要从事地震地质解释和含油气盆地综合研究。通讯地址: 072751, 河北涿州市中国石油集团东方地球物理公司研究院地质研究中心。Email: 1980ply2004@163.com。

质特征、油气分布规律的研究(贾承造等,1992;童晓光,1992;汤良杰等,2001;贾承造,2003;李景明等,2003;赵文智等,2003;何登发等,2004,2005,2008,2010;金之钧,2005;康玉柱,2005;张光亚等,2007;彭兆蒙等,2010;徐忠美等,2010;吕宝凤等,2011),而对具体某个叠合盆地叠置关系和叠合方式及其对油气成藏的控制作用研究文献较少。

酒泉盆地是河西走廊盆地群西部的一个富油气盆地,位于祁连山褶皱带北缘,南界为祁连山褶皱带北缘逆冲断裂,西界为阿尔金山走滑断裂,北以北山断裂为界,西达红柳峡、东抵榆木山,面积 20800 km² (图 1),酒泉盆地中、新生代兼有中国东部断陷盆地和西部挤压拗陷盆地双重特征,是中国最早发现油气、勘

探历史最长的含油气盆地,被誉为中国石油工业的摇篮,中生代盆地演化控制了油气生成、运移、聚集成藏。

酒泉盆地中生代和新生代属不同的盆地类型,这已成为目前所有研究者的共识。中生代早白垩世为断陷(裂谷)盆地,但对盆地成因机制存在分歧,有的学者强调扭动应力作用,认为酒泉盆地中生代为扭动拉分盆地(王同和,1987;谢德宜等,1993),霍永录等(1995)认为是由于垂直于造山带的横推断层发生旋转掀斜作用形成的伸展断陷盆地,李奋其(2003)、李奋其等(2006)将酒泉白垩纪盆地放在统一的走廊盆地群及其邻区的白垩纪盆地,认为深部

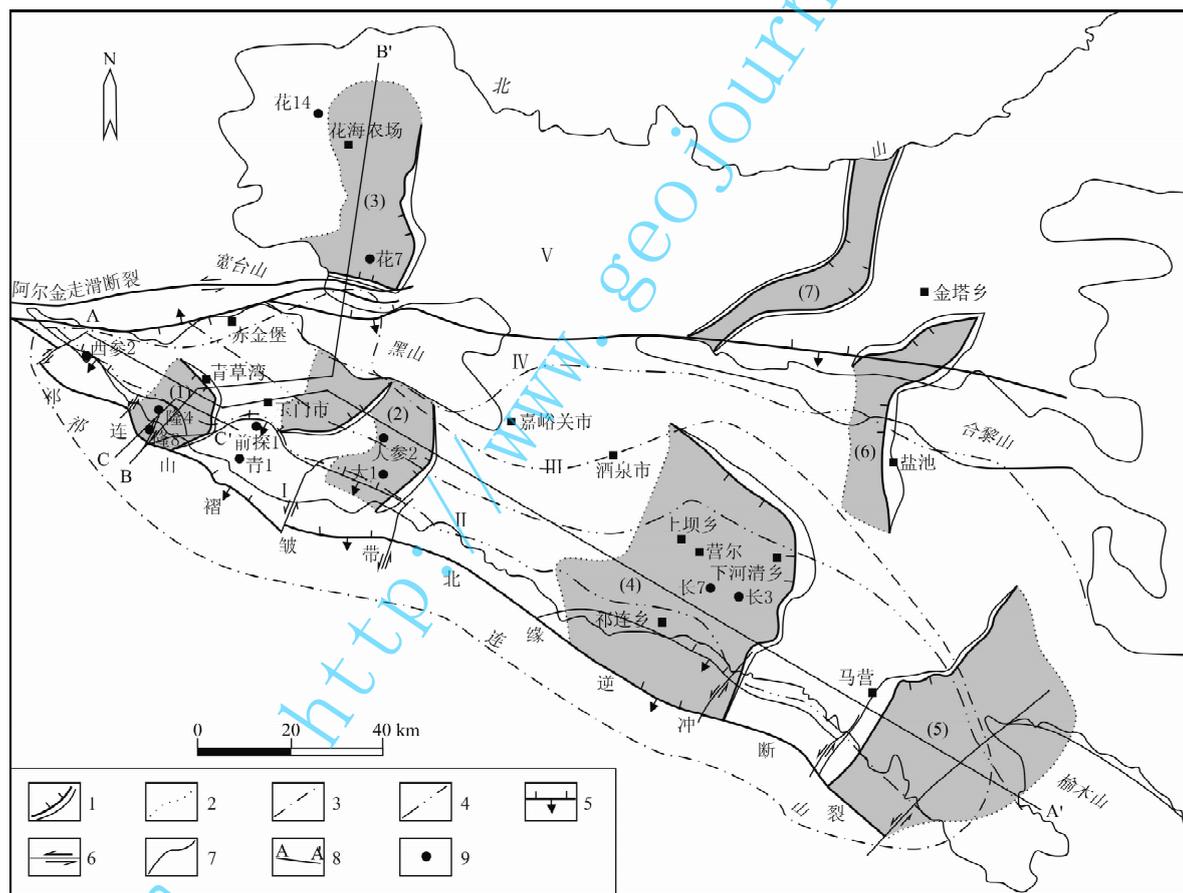


图 1 酒泉盆地简略构造图及中生代盆地叠合图

Fig. 1 Tectonic sketch map and superposed map of Jiuquan Mesozoic and Cenozoic basin

1—同沉积正断层;2—断陷盆地次级凹陷边界;3—陆内拗陷盆地边界;4—陆内前陆盆地二级构造单元边界;5—新生代逆冲断层;6—新生代走滑断层;7—现今盆地边界;8—剖面位置;9—探井名;(1)—青西凹陷;(2)—石大凹陷;(3)—花海凹陷;(4)—营尔凹陷;(5)—马营凹陷;(6)—盐池凹陷;(7)—金塔凹陷;I—南缘山前冲断带;II—中部前陆拗陷;III—前陆斜坡;IV—黑山—合黎山前陆隆起;V—花海—金塔隆后拗陷

1—Synsedimentary normal faults; 2—depression boundary of fault basin; 3—boundary of intracontinental depression basin; 4—secondary tectonic unit boundary of intracontinental foreland basin; 5—Cenozoic thrust fault; 6—Cenozoic strike-slip fault; 7—boundary of existing basin; 8—position of profile; 9—exploratory well name; (1)—Qingxi sag; (2)—Shida sag; (3)—Huahai sag; (4)—Yinger sag; (5)—Maying sag; (6)—Yanchi sag; (7)—Jinta sag; I—southern foreland thrust belt; II—middle foreland depression; III—foreland slope; IV—Heishan-Helishan foreland uplift; V—Huahai-Jinta depression after foreland uplift

地幔热隆是酒泉盆地早白垩世断陷形成机制,目前多数人认为走廊盆地群及其邻区的白垩纪盆地形成机制为区域拉张作用(郑孟林等,2003;李明杰等,2004;潘良云等,2006);所有研究者都认为新生代酒泉盆地与祁连褶皱带往北的挤压逆冲有关,为挤压拗陷挠曲盆地,上世纪90年代以来,随着国内外尤其是中国中西部前陆盆地研究升温,多数研究者将酒泉新生代盆地类型归为前陆盆地(赵贤正等,2004;李明杰等,2005;潘良云等,2006;王崇孝等,2005),但由于对祁连褶皱带隆升、逆冲变形时间认识存在差异,往往将始新世—渐新世挤压拗陷盆地也归为前陆盆地。

前人虽然认识到中、新生代酒泉盆地为不同类型盆地的叠合,但对不同盆地类型的鉴别标志、区域构造背景研究不够系统,缺乏对晚白垩世—古近纪的抬升、剥蚀和陆内拗陷盆地阶段的研究,有关中生代酒泉盆地叠合类型、方式的研究和盆地叠合演化对油气成藏的控制作用尚无文献资料。本文依据盆地构造背景、盆地几何形态、沉积构造特征、古地温及火山岩等沉积盆地鉴别标志,将酒泉盆地划分为中生代早白垩世断陷盆地、新生代古近纪挤压陆内凹陷盆地和新近纪以来陆内前陆盆地3种沉积盆地类型,对中生代盆地叠合类型、叠合方式进行了分类,讨论了中生代叠合演化及其盆地内叠合差异对区内油气成藏的控制作用。

1 中生代酒泉盆地类型

沉积盆地是地史某阶段地表下沉所形成且多被水体占据并接受沉积物填充的凹地,是沉积作用的主要场所和沉积物堆积的大型空间,是油气生成、运移、聚集的场所。根据国内外研究进展,按沉积盆地形成地球动力学背景,将中国陆内盆地的类型分为伸展断陷盆地、裂谷期后伸展拗陷盆地、弱伸展拗陷盆地、稳定大陆内拗陷盆地、陆内前陆盆地和弱缩短挠曲拗陷盆地等6类盆地,其主要鉴别标志包括沉积盆地区域大地构造背景、构造几何形态、沉积速率、古热流值和火山岩等(陈发景等,2004)。按照上述中国陆内盆地类型及其鉴别标志,将酒泉盆地划分为中生代早白垩世断陷盆地、新生代古近纪挤压陆内凹陷盆地和新近纪以来陆内前陆盆地3种沉积盆地类型,是3种不同类型盆地的叠合盆地(图1)。

1.1 早白垩世断陷盆地

从中国区域大地构造背景看,早白垩世期间,中蒙联合地块内部发生强烈的地壳伸展作用,在中蒙

边界地区形成了许多伸展断陷盆地,如海拉尔盆地、松辽盆地、二连盆地、银根盆地、走廊白垩纪盆地和蒙古的戈壁盆地等,这些盆地虽相互独立,被基底剥露区所分隔,但它们在早白垩世期间应是一个统一的断陷盆地体系,孟庆任等(2002)称之为中蒙边界地区早白垩世伸展盆地体系,认为其形成与地壳浅部的伸展作用相关,动力学成因机制很可能与增厚岩石圈的重力垮塌有关。张晓东等(2005)认为是由于西伯利亚板块向东南相对运动,产生一个从西到东发散的地幔对流应力场,使地幔对流物质向东流动,形成了早白垩世的伸展断陷盆地群。中蒙边界地区早白垩世伸展盆地体系位于中、蒙及俄罗斯边界地区,横跨兴蒙褶皱带、华北板块,为一NE—SW向延伸的裂陷盆地,向西南终止于青藏高原北缘的祁连褶皱带(图2)。

从酒泉早白垩世断陷盆地发育的区域构造背景和时空展布特征判断,酒泉盆地从早白垩世开始处于区域伸展构造环境,是上述伸展断陷盆地体系西南缘的一个断陷盆地。

酒泉早白垩世赤金堡期一下沟期发育一系列北北东、北东方向的张性正断层和与之伴生的北西西向张性正断层,形成了一系列北东向相对独立的次级凹陷,以嘉峪关隆起为界,发育酒西、酒东两大断陷区,酒西断陷区发育青西凹陷、石大凹陷、花海凹陷3个次级凹陷,酒东断陷区分布有营尔凹陷、马营凹陷、盐池和金塔等多个次级凹陷,嘉峪关隆起区没有白垩系沉积(图1)。剖面上,酒泉早白垩世赤金堡—下沟期具有典型断陷盆地隆、凹相间的结构特征,次级凹陷大都为东断西超的箕状凹陷,在控凹边界断层下降盘赤金堡组一下沟组地层厚度大,往次凹斜坡区地层逐渐超覆减薄,次凹之间以凸起和低凸起相隔(图3)。

中沟期,原始沉积范围扩大,酒西和酒东断陷区基本表现为两个统一的断陷区,地层沉积受北东东向正断层控制作用较弱,分割性不明显。酒西断陷区除青北低凸起、南部凸起外均有中沟组沉积;酒东断陷区内均有中沟组沉积,以营尔凹陷沉积最厚。上述中沟组地层特征反映在早白垩世中沟期,盆地伸展作用减弱,发生伸展后热回沉,形成了酒西和酒东两个统一的平缓碟形拗陷,此时的酒泉盆地处于断、拗转换期,盆地类型应属断陷期后伸展拗陷盆地。

李奋其(2004)利用钻井资料,得到各井区早白垩世的构造沉降曲线。认为酒泉盆地早白垩世构造沉降曲线具有由陡变缓两段式沉降和由快变慢的沉

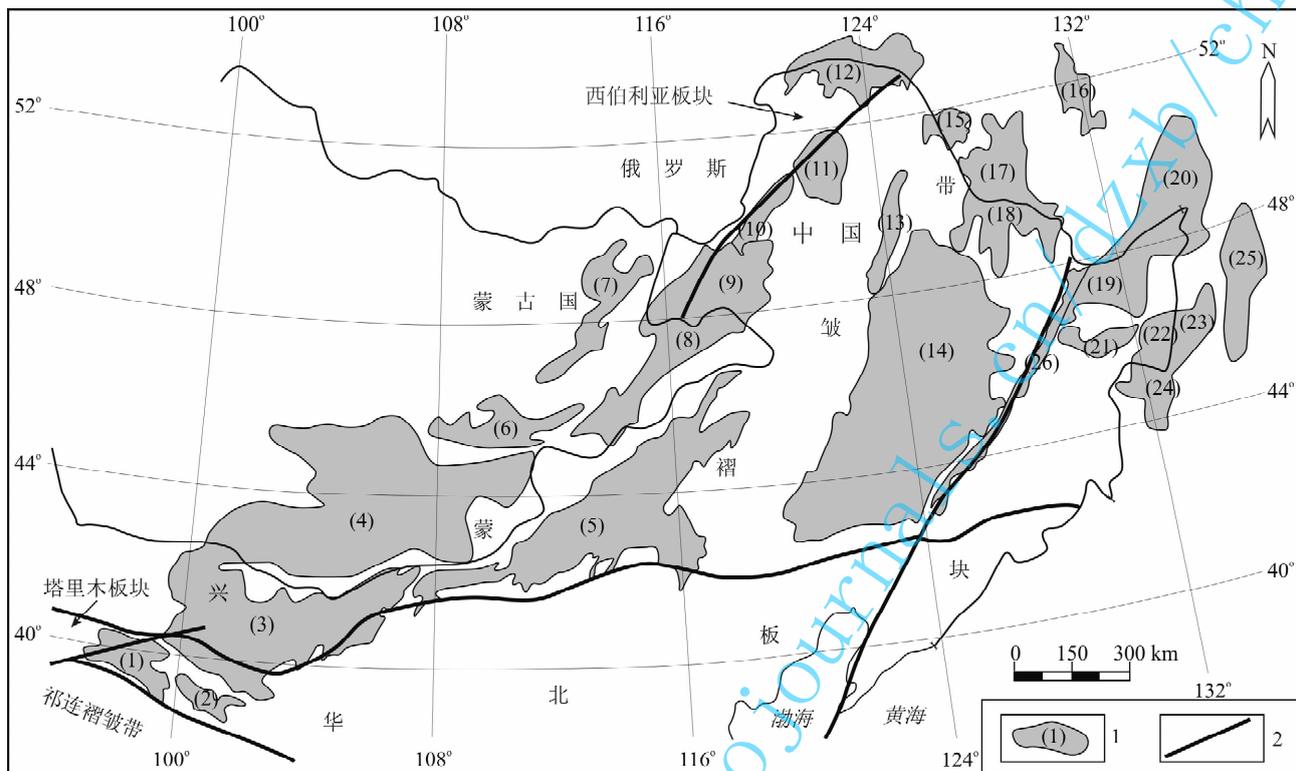


图2 中蒙边界地区早白垩世断陷盆地分布图

Fig. 2 Early Cretaceous fault basin distribution map of the China-Mongolia border region

1—早白垩世盆地;2—区域深大断裂;(1)—酒泉盆地;(2)—民乐盆地;(3)—银额盆地;(4)—戈壁盆地;(5)—二连盆地;(6)—内尔金盆地;(7)—乔巴山盆地;(8)—塔穆察格盆地;(9)—海拉尔盆地;(10)—拉布达林盆地;(11)—根河盆地;(12)—漠河盆地;(13)—大树河盆地;(14)—松辽盆地;(15)—呼玛盆地;(16)—布列亚盆地;(17)—结雅布列亚盆地;(18)—孙吴—嘉荫盆地;(19)—三江盆地;(20)—中阿穆尔盆地;(21)—勃利盆地;(22)—虎林盆地;(23)—比金盆地;(24)—兴凯盆地;(25)—锡霍特阿林盆地;(26)—伊兰—伊通盆地

1—Early Cretaceous basin;2—regional deep fault;(1)—Jiuquan basin;(2)—Minle basin;(3)—Yin'e basin;(4)—Gobi basin;(5)—Erlian basin;(6)—Nergin basin;(7)—Chobalsan basin;(8)—Tamtsage basin;(9)—Hailar basin;(10)—Labudalin basin;(11)—Genhe basin;(12)—Mohe basin;(13)—Dayangshu basin;(14)—Songliao basin;(15)—Huma basin;(16)—Bureya basin;(17)—Jieya-Bureya basin;(18)—Sunwu-Jiayin basin;(19)—Sanjiang basin;(20)—Middle Armu basin;(21)—Boli basin;(22)—Hulin basin;(23)—Bijin basin;(24)—Xingkai basin;(25)—Xihuote-Alin basin;(26)—Yilan-Yitong basin

积速率。其中赤金堡组一下沟组(140~119 Ma)斜率最大,反映构造沉降速率最大,具有强烈沉降的特征;中沟组(119~97.5 Ma)构造沉降曲线平缓,斜率较小,反映缓慢沉降的特征。总体表现为伸展断陷盆地(赤金堡期一下沟期)—断陷期后伸展拗陷型盆地(中沟期)的两段式构造沉降曲线特征。

利用早白垩纪次级凹陷沉积地层最大厚度对其最大沉积速率进行了估算,其结果与上述早白垩世的构造沉降曲线相似(表1)。酒泉盆地早白垩世断陷期最大沉积速率下沟期大于赤金堡期和中沟期,反映断陷盆地不同阶段沉降幅度,下沟期是盆地强烈断陷阶段,沉降速率最大,赤金堡期为盆地初始断陷期,沉降速率次之,中沟期为断陷过渡期,沉降速率最小。

火山岩发育特征也表明酒泉盆地及邻区早白垩

世处于区域伸展环境。李奋其(2004)在酒泉盆地西南部的早峡和阿尔金南缘红柳峡等露头区发现中生代火山岩,早峡火山岩以夹层产于早白垩世下沟组地层中,岩石类型主要为碱性玄武岩、橄榄粗玄武岩、碱玄武岩;红柳峡地区的火山岩与下沟组黑色泥页岩呈整合接触,同位素年龄 $106.6 \pm 2.2 \sim 112.0 \pm 0.6$ Ma,火山岩喷发时间在早白垩世下沟期,根据酒泉盆地早白垩世火山岩岩石类型、岩石组合、矿物学、岩石化学、稀土元素地球化学和微量元素地球化学等特征研究认为酒泉盆地早白垩世火山岩具有幔源岩浆的特征。

另外,酒泉盆地青西凹陷下白垩统发育一套白云岩、泥质白云岩,研究认为是“白烟型”喷流岩—热水沉积白云岩(范铭涛等,2003;郑荣才等,2003)。喷流岩包括“黑烟型”和“白烟型”两种类型,目前均

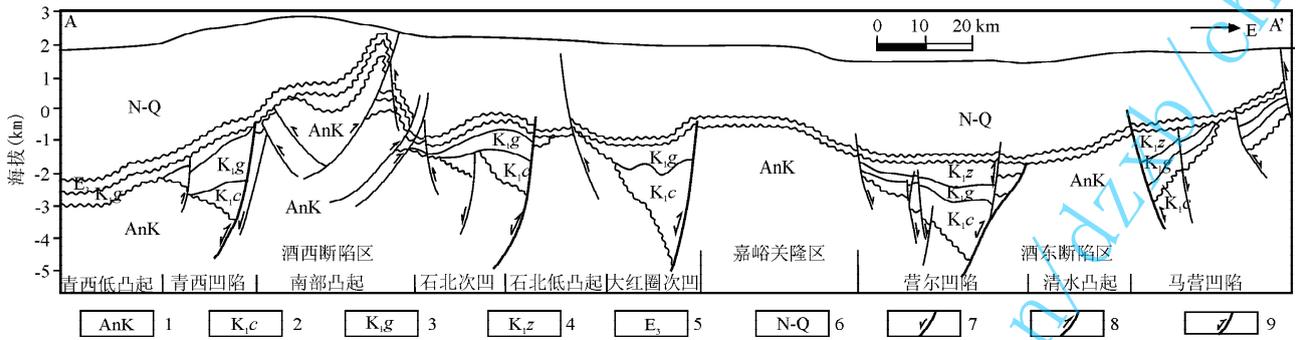


图 3 酒泉早白垩世断陷盆地东西向地质结构剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 3 E-W geologic structure profile of Jiuquan Cretaceous faulted basin (profile position shown in fig. 1)

1—前白垩系;2—下白垩统赤金堡组;3—下白垩统下沟组;4—下白垩统中沟组;5—古近系渐新统;
6—新近系、第四系;7—正断层;8—逆断层;9—反转断层

1—Pre-Cretaceous; 2—Chijinbu Formation of Lower Cretaceous; 3—Xiagou Formation of Lower Cretaceous; 4—Zhonggou Formation of Lower Cretaceous; 5—the Oligocene of Paleogene; 6—the Neogene—Quaternary; 7—normal fault; 8—reverse fault; 9—inverted fault

表 1 酒泉盆地早白垩世断陷期最大沉积速率表

Table 1 Maximum deposition rate of faulted period of Jiuquan Early Cretaceous basin

沉积地层	地层绝对年龄(Ma)	青西凹陷		营尔凹陷		石大凹陷		花海凹陷	
		最大沉积厚度(m)	最大沉积速率(m/Ma)	最大沉积厚度(m)	最大沉积速率(m/Ma)	最大沉积厚度(m)	最大沉积速率(m/Ma)	最大沉积厚度(m)	最大沉积速率(m/Ma)
赤金堡组(K _{1c})	140~125	3400	227	2200	147	1700	113	2000	133
下沟组(K _{1g})	125~119	2200	336	1200	200	1200	200	1600	266
中沟组(K _{1z})	119~97.5	130	60	1200	56	600	28	1200	56

被认为是产于伸展盆地内、与深部热流体密切相关的特殊岩类,既包括与洋中脊部位伸展作用有关的大洋盆地,也有大陆内部的裂谷盆地(Jean-Jacques et al., 1994)。酒泉盆地“白烟型”喷流岩-热水沉积白云岩空间岩石的矿物组合和结构、构造特征主要显示热水沉积性质,其展布与北东向控凹边界断裂一致,也暗示酒泉盆地在早白垩世强烈伸展作用的发生,而且表明深部热流活动较强。

据任战利等(2000)研究认为早白垩世酒泉盆地地温梯度远远高于现今地温,早白垩世花海凹陷古地温梯度为 3.75~4.5°C/100 m,石北凹陷古地温梯度约为 4.2°C/100 m,营尔凹陷古地温 3.5~4.1°C/100 m。而花海凹陷现今地温梯度与酒东营尔凹陷接近,地温梯度仅为 2.93~3.18°C/100 m;酒西地区地温梯度则较低,青西凹陷最低,为 2.20~2.34°C/100 m,石北凹陷为 2.51°C/100 m,仅老君庙背斜带地温梯度相对较高,达 2.80~2.91°C/100 m。世界上大多数裂谷盆地具有高的古地温异常,这是因为伸展作用常使地壳伸展变薄,深部热流上升,地温梯度升高。早白垩世酒泉盆地高地温梯度也反映了当时处于伸展断陷构造环境。

1.2 古近纪陆内挤压拗陷盆地

受印度板块向北与欧亚板块拼贴挤压、青藏高原远端逆冲作用的影响,北祁连褶皱带隆升并向北逆冲推覆,从晚白垩世开始,酒泉盆地由拉张构造环境转为挤压构造环境。对北祁连山褶皱带隆升、逆冲推覆时间研究文献较多,但目前说法不一,陆洁民等(2004)根据古流向分析和重矿物分析,认为北祁连山褶皱带在渐新世白杨河组(E_{3b})沉积时期开始隆升变形,据古地磁极性事件对比,白杨河组时代为 29.5~24.5 Ma 之间;多数研究者认为北祁连山由南向北逆冲推覆时间从新近纪开始(赵贤正等, 2004;李明杰等, 2005;陈汉林等, 2006;程晓敢等, 2006;杨树锋等, 2007),宋春晖等(2001, 2002)和方小敏等(2004)通过对酒泉盆地沉积相和沉积速率及沉积物重矿物的分析,结合磁性地层测量结果确定了北祁连山褶皱带开始隆起的确切时间分别为 8.3 Ma、8.26 Ma,认为北祁连山褶皱带隆升逆冲时间相当于新近纪上新世疏勒河群牛牯套组(N_{2n})开始沉积时期。

酒泉盆地新生代构造演化及盆地发育类型与北祁连褶皱带构造演化密切相关,笔者通过对酒泉盆地新生代沉积、构造研究和生长断层转折褶皱、生长

地层分析,认为北祁连褶皱带和酒泉盆地在晚白垩世和新生代可能经历3期构造演化过程。早白垩世末,北祁连褶皱带和酒泉盆地开始受挤压,整体隆升,遭受剥蚀,缺失了晚白垩世—始新世沉积;古近纪渐新世,北祁连褶皱带开始隆升,但此时并未发生往北的大规模逆冲推覆变形,北祁连褶皱带这期隆升对应于渐新世白杨河组(E_3b)这套生长地层,时间在29.5~24.5 Ma之间,这一过程持续到新近纪中新世,新近纪中新世弓形山组(N_{1g})、骆驼沟组(N_{1t})沉积时,祁连山已基本夷平;新近纪上新世,由于青藏高原剧烈抬升,远端强烈的碰撞挤压作用传递到北祁连褶皱带,祁连褶皱带北缘开始发生强烈隆升,并向北侧的酒泉盆地逆冲推覆,这期逆冲推覆变形对应于新近纪上新世疏勒河群牛胳膊套组(N_{2n})这套生长地层,变形开始时间在8.3~9 Ma之间,一直持续到现在。北祁连褶皱带新生代不同时期构造变形特征不同,控制了酒泉盆地演化和盆地类型。

古近纪渐新世由于北祁连褶皱带和阿尔金断裂带的隆升,酒泉盆地因山前岩石圈负荷增大而发生挠曲,盆地整体下沉,在北祁连造山北缘和阿尔金断裂带的南缘形成了狭长的挤压拗陷沉降带,形成了陆内挤压拗陷盆地,当时的盆山面貌与现今不同,盆地南缘在现今边缘以南30 km外(陆洁民等,2004),当时北祁连褶皱带北缘应该有渐新世沉积,只是由于后期的北祁连褶皱带的逆冲推覆,被剥蚀。剖面上,渐新世地层沉积不受断层控制,由拗陷向南部祁连山和西部的阿尔金山系或北部的斜坡区逐渐超覆减薄、尖灭,略呈不对称的碟形拗陷,平面上,酒泉盆地渐新世沉积主要沿祁连山呈北西西向或沿阿尔金山前呈近东西向展布,分布于酒西、酒东两个拗陷,沉积中心分别位于酒西拗陷的西部和酒东拗陷营尔地区(图1),由于阿尔金断裂强烈左行走滑扭动,在靠近该断裂带与北祁连褶皱带交汇的部位,即酒西拗陷的西部形成明显的拉分角,沉降加快,沉积较厚。地层厚度总体表现为酒西拗陷阿尔金山前厚度大,可达近千米,酒东拗陷沉积中心最大厚度300 m左右。渐新世酒泉陆内拗陷盆地沉降速率较早白垩世断陷盆地小得多,沉降速率最大的地区位于阿尔金山前,约80 m/Ma,青西地区最大沉降速率56 m/Ma,而酒东拗陷营尔地区沉降速率仅24 m/Ma,沉降速率反映盆地渐新世处于缓慢沉降阶段。

1.3 新近纪陆内前陆盆地

新近纪开始,尤其是上新世以来,由于青藏高原剧烈抬升,北祁连褶皱带发生强烈隆升,并向酒泉盆

地逆冲推覆,酒泉盆地演化为挤压型的陆内前陆盆地,控制盆地的断层为祁连山褶皱带北缘逆冲断裂。此时的酒泉盆地具有较典型的前陆盆地结构特征,由北祁连褶皱带往北依次发育前陆冲断带、前陆拗陷(前渊)、前陆斜坡、前陆隆起及隆后拗陷。前陆冲断带构造变形强烈,下古生界浅变质岩长距离逆掩在新近系之上,前陆拗陷中沉积了巨厚的新近系—第四系,在巨大的构造负荷和沉积负荷作用下,属于前陆拗陷的酒西、酒东地区沉降幅度大,新近系—第四系沉积巨厚,地层由前陆拗陷向前陆斜坡超覆减薄,在前陆隆起上超覆或剥蚀殆尽,隆后拗陷也沉积了较厚的新近系—第四系。剖面上表现为南厚北薄的不对称楔形(图4)。平面上,盆地呈北西西向平行北祁连褶皱带展布,前陆拗陷(前渊)紧邻北祁连褶皱带发育。

酒泉新近纪陆内前陆盆地的形成是北祁连褶皱带向酒泉盆地挤压逆冲推覆产生的构造负荷作用挠曲沉降的结果,因北祁连褶皱带的快速隆升、风化剥蚀及河流搬运的相互作用,在酒泉盆地南部快速堆积了巨厚的新近纪—第四纪陆相沉积物,以前陆拗陷区沉积厚度最大,存在两个沉积中心,一个位于前陆拗陷西部祁连山褶皱带与阿尔金走滑带交汇部位的红南地区,地层残余厚度达4000 m以上,另一沉积中心位于酒东营尔地区,最大残余厚度达3000 m以上。北部的隆后拗陷新近系—第四系最大厚度在1000 m左右,沉积中心位于花海地区和金塔地区。黑山—合黎山前陆隆起区地层较薄,大部分地区超覆或剥蚀缺失新近系—第四系。

2 中生代叠合盆地叠合类型及方式

2.1 盆地叠合标志与叠合类型

何登发等(2004)提出了叠合盆地鉴别标志,按照叠合盆地的概念和鉴别标志,酒泉盆地中生代为典型的叠合盆地,盆地叠合界面是古近系与下白垩统之间的区域不整合面。

(1)酒泉盆地在中、新生代动力学性质和构造体制发生了根本的改变。早白垩纪为伸展构造体制,晚白垩世时期,受印度板块向北与欧亚板块拼贴挤压的影响,盆地由拉张构造环境转为挤压构造环境,新生代随青藏高原的隆升和祁连褶皱带往北逆冲推覆作用,挤压作用愈来愈强烈。

(2)中、新生代盆地原型和盆地结构发生了根本的变化。中生代早白垩世断陷期酒泉断陷盆地发育酒西和酒东两个断陷区,由多个东断西超、呈北东向

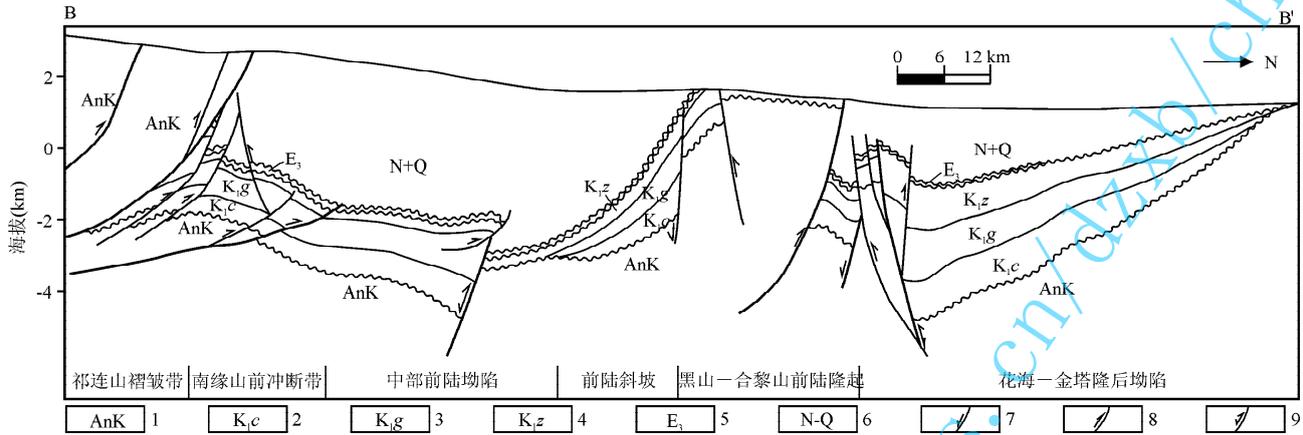


图4 酒泉前陆盆地南北向地质结构剖面(剖面位置见图1)

Fig. 4 N—S geologic structure profile of Jiuquan foreland basin (profile position shown in fig. 1)

1—前白垩系;2—下白垩统赤金堡组;3—下白垩统下沟组;4—下白垩统中沟组;5—古近系渐新统;6—新近系、第四系;
7—正断层;8—逆断层;9—反转断层

1—Pre-Cretaceous; 2—Chijinbu Formation of Lower Cretaceous; 3—Xiagou Formation of Lower Cretaceous; 4—Zhonggou Formation of Lower Cretaceous; 5—Oligocene of Paleogene; 6—Neogene—Quaternary; 7—normal fault; 8—reverse fault; 9—inverted fault

展布的次级箕状凹陷组成断陷群,区域上属于中蒙边界地区早白垩世伸展盆地体系;新生代为祁连褶皱带北缘的陆内拗陷盆地和前陆盆地,原型盆地呈北西西向平行祁连褶皱带展布,具有拗陷盆地和前陆盆地的结构特征。

(3)酒泉中生代叠合盆地之间相互作用、相互制约。一方面,中生代早白垩世断陷盆地对新生代陆内拗陷盆地和前陆盆地具有控制作用,如早白垩世断陷盆地隆凹格局对新生代陆内拗陷盆地和前陆盆地沉积具有一定的控制作用,前陆拗陷和隆后拗陷在酒东、酒西两个断陷区沉积厚度较嘉峪关隆起区大得多。前陆冲断带多条北北东向的新生代横向走滑调节断层利用了早期北东向的伸展断层;另一方面,新生代陆内拗陷盆地和前陆盆地改造了中生代早白垩世断陷盆地,如早期断陷期的张性正断层普遍由于挤压发生反转,或被北西西向的逆冲断层切割,除早期控凹边界断层和营尔凹陷内部次级张性正断层经改造后有所保存外,其他凹陷内部次级张性正断层几乎被后期改造消失殆尽。

依据前面讨论的酒泉盆地中生代区域构造背景、盆地结构、盆地类型,中生代酒泉盆地叠合类型属于中生代的伸展断陷盆地与新生代的挤压陆内拗陷盆地、陆内前陆盆地的叠合。

2.2 盆地叠合方式

酒泉中生代盆地叠合表现为正交叠合方式,早白垩世断陷为北北东向延伸,而古近纪陆内拗陷盆地和新近纪的陆内前陆盆地为北西西向展布。

关于盆地叠置方式,吴奇之等(1997)按照两期盆地叠置程度分为复合叠合、披盖叠合和局部叠合,结合叠合盆地类型,划分为10种基本的叠合方式。按照这一盆地叠合方式分类,分别将酒泉盆地陆内拗陷盆地与早白垩世断陷盆地和陆内前陆盆地与早白垩世断陷盆地叠合划分为不同的亚类。

(1)陆内拗陷盆地与断陷盆地叠合方式:酒泉盆地古近纪陆内拗陷盆地与早白垩世断陷盆地次级凹陷叠合方式可以划分为披盖叠合型、局部叠合型、未叠合型3类(图5)。古近纪陆内拗陷盆地与早白垩世青西凹陷、石大凹陷、营尔凹陷属于披盖叠合式叠合,而与马营凹陷属于局部式叠合,北部的花海凹陷、金塔凹陷和盐池凹陷没有古近纪沉积,陆内拗陷盆地不发育,属于未叠合类型(图1)。

(2)陆内前陆盆地与断陷盆地叠合方式:酒泉盆地新生代陆内前陆盆地范围远远大于早白垩世断陷盆地,断陷盆地所有凹陷和低凸起、隆起均被陆内前陆盆地覆盖,因此,陆内前陆盆地与早白垩世断陷盆地叠合方式应属披盖叠置断陷-前陆盆地叠合型(图6),这种披盖式叠合方式使得酒泉盆地成为我国油气富集程度较高的盆地之一。酒泉陆内前陆盆地构造变形和沉积厚度由南往北可划分南缘山前冲断带、中部前陆拗陷、前陆斜坡、黑山-合黎山前陆隆起、花海-金塔隆后拗陷5个二级构造单元(图1),按照早白垩世断陷盆地与陆内前陆盆地叠合二级构造单元叠合位置,酒泉盆地早白垩世断陷盆地次级凹陷与陆内前陆盆地叠合方式可以划分前陆冲断带与

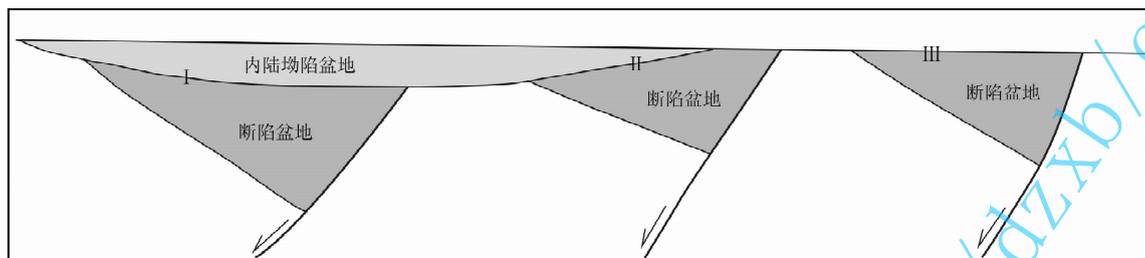


图 5 酒泉盆地古近纪陆内拗陷盆地与早白垩世断陷盆地叠合方式示意图

Fig. 5 Superposed structure model of Cretaceous faulted basin and Paleogene depression basin

I—披盖型叠合；II—局部叠合型；III—未叠合型

I—Drape superposition；II—local superposition；III—non-superposition

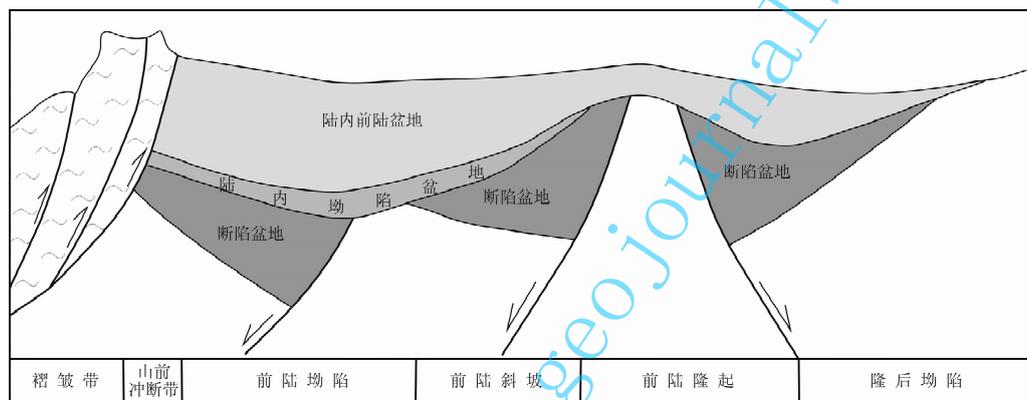


图 6 酒泉盆地陆内前陆盆地与早白垩世断陷盆地叠合方式示意图

Fig. 6 Superposed structure model of Early Cretaceous faulted basin and Neogene intracontinental foreland basin

次级凹陷的叠合、前陆拗陷与次级凹陷的叠合、前陆斜坡与次级凹陷的叠合、隆后拗陷与次级凹陷的叠合为 4 个亚类(图 1)。早白垩世青西凹陷、石大凹陷南部、营尔凹陷南部及马营凹陷东南部被前陆冲断带叠合,属于次级凹陷与前陆冲断带的叠合亚类;青西凹陷中北部、石大凹陷中部、营尔凹陷中部和马营凹陷中西部属于次级凹陷与前陆拗陷的叠合亚类;石大凹陷北部、营尔凹陷北部、马营凹陷北部和盐池凹陷南部属于次级凹陷与前陆斜坡的叠合亚类;花海凹陷、金塔凹陷、盐池凹陷北部属于次级凹陷与隆后拗陷叠合亚类(图 1)。

3 中生代盆地叠合控油作用

酒泉盆地是中国西部地区油气富集程度相对较高的盆地,中生代盆地叠合对油气生成、运移、聚集成藏起至关重要的作用。

3.1 中生代盆地叠合对油气生成的控制作用

早白垩世断陷盆地控制了烃源岩分布,决定了不同次级凹陷(含油气系统的)范围和优劣。酒泉盆地油气均来自早白垩世断陷期湖相沉积的生油岩,

主要烃源岩赤金堡组和下沟组沉积在彼此分隔的次级凹陷内,各次级凹陷的规模、厚度及沉积决定了烃源岩品质和油气资源规模,控凹边界断层控制了各次级凹陷沉积、沉降中心,从而控制了湖盆沉积及有效烃源岩分布范围。目前已确定的生油凹陷有青西凹陷、营尔凹陷、石大凹陷和花海凹陷 4 个,相应可划分为 4 个含油气系统。

青西凹陷烃源岩为湖相的暗色泥岩和白云质泥岩、泥质白云岩两套烃源岩,有效厚度分别为 1800 m、1400 m,面积约 400 km²,尤其是下白垩统赤金堡组和下沟组湖相沉积白云质泥岩、泥质白云岩中普遍发育的藻纹层,是一套好的生油岩,有机质类型以 I₂ 型干酪根为主,藻纹层有机碳含量和生烃潜量平均分别为 5.25% 和 9.45 mg,生烃潜量达到好烃源岩标准(马立元等,2007),青西凹陷烃源岩层厚度大、类型好、是酒泉盆地油气资源最富集的次级凹陷;营尔凹陷烃源岩主要为下沟组和赤金堡组的暗色泥岩,下沟组有效生油岩厚度 550 m,面积 643 km²,赤金堡组有效烃源岩面积要小于下沟组,据近年研究成果测算,营尔凹陷从规模上看要大于青西

凹陷,但有效烃源岩规模、资源规模只有青西凹陷的1/2(韩永科等,2007);石大凹陷下白垩统烃源岩条件类似于青西凹陷,主力烃源岩为下沟组 and 赤金堡组,但其地层厚度、有效烃源岩面积不及青西凹陷,且烃源岩质量较好的藻纹层不及青西凹陷发育,石大凹陷主体与新生代前陆盆地的叠合属于次级凹陷与前陆斜坡的叠合亚类,烃源岩埋深浅,下沟组大部分烃源岩处于低成熟或未成熟,凹陷有效烃源岩厚度、面积和资源量较青西凹陷和营尔凹陷小;花海凹陷有效烃源岩主要为下沟组,面积及厚度相对较小,资源量有限。

酒泉盆地中生代盆地叠合演化对下白垩统烃源岩演化有重要控制。早白垩世沉积后,盆地主要生油凹陷赤金堡组烃源岩开始进入生油门限,开始生烃,之后,由于晚白垩世—古近纪早期抬升剥蚀延缓了盆地大规模生烃和成藏时间,上新世以来的前陆盆地使南部前陆拗陷持续快速沉降,烃源岩埋深迅速增大,快速成熟排烃、成藏。

早白垩世断陷盆地沉积后,酒泉盆地主要生油次级凹陷(含油气系统)烃源岩埋深较大,进入生油门限,开始有油气的生成。青西凹陷中沟组沉积后,赤金堡组和下沟组最大埋深分别达到5500 m和3600 m,按陆相有机质成熟生油门限的镜质反射率 R_o 值在0.5%~0.6%之间,以青西凹陷现今生油门限埋深3600 m为标准(霍永录等,1995),赤金堡组烃源岩在中沟期末已进入生油门限,开始进入生油阶段,考虑断陷期古地温梯度远高于现今的地温梯度,推测下沟组也已进入生油门限,开始生烃;营尔凹陷在中沟组沉积后,在凹陷沉积中心,赤金堡组和下沟组最大埋深达到5500 m和3300 m,赤金堡组 R_o 值大于0.7%,赤金堡组烃源岩已进入生油门限,开始生烃;花海凹陷在中沟组沉积后,主要生油层下沟组埋深超过2600 m, R_o 值大于0.6%,进入生油门限。

晚白垩世—古近纪早期酒泉盆地整体抬升,普遍遭受剥蚀,使下白垩统烃源岩埋深减小,烃源岩演化程度降低。由于抬升规模、剥蚀程度差异,导致主要生油凹陷的烃源岩演化存在差异。酒泉盆地晚白垩世—古近纪早期的隆升幅度总体表现为南部小、北部大。北部花海凹陷中沟组地层剥蚀厚度达2000 m以上,总体由北到南剥蚀量逐渐减小,凹陷北部的花探13井剥蚀量达2040 m,到南部的花探7井所在的部位剥蚀量减小到1690 m左右;南部的青西凹陷、石大凹陷和营尔凹陷这期剥蚀量要较花

海凹陷小得多,霍永录等(1995)研究认为青西凹陷、石大凹陷最大剥蚀厚度为780 m,营尔凹陷最大剥蚀量仅400 m。另外,酒泉盆地古近纪中晚期发生陆内拗陷盆地与早白垩世断陷盆地叠合,盆地南部为披盖型叠合、沉积了较厚的古近纪中晚期地层,不同程度弥补了由于剥蚀造成的烃源岩成熟度的降低,因此酒泉盆地南部各次级凹陷烃源岩的演化在晚白垩世—古近纪基本上保持了断陷期成熟度,生烃并未停止。而北部的花海凹陷为未叠合和局部型叠合,中沟组沉积后已成熟的烃源岩抬升变浅,熟化作用停止,排烃和油气聚集过程也基本结束。

新近纪以来酒泉盆地进入陆内前陆盆地发展阶段,北祁连褶皱带急剧隆升,南部前陆拗陷持续快速沉降,这种持续快速沉降作用使区内下白垩统烃源岩埋深加大,快速成熟排烃,但由于前陆盆地与早白垩世断陷盆地次级凹陷叠合部位、类型不同,导致沉降幅度的不同,造成烃源岩成熟度不同。前陆冲断带和前陆拗陷与早白垩世次级凹陷的叠合,上伏巨厚的新近纪—第四纪沉积和逆冲推覆地层,使烃源岩埋深增大,可以生成大量原油聚集成藏。如在青西凹陷前陆拗陷部位新生界最大厚度大于4000 m,赤金堡组和下沟组烃源岩最大埋深达分别达到7000 m和5000 m,在前陆冲断带志留系浅变质岩推覆体厚度达2000多米,这大大加速了烃源岩成熟、排烃、生成油气的过程,增强了油气运移成藏动力;营尔凹陷在前陆拗陷部位新生代厚度一般在3000 m,赤金堡组和下沟组烃源岩埋深均大于4000 m, R_o 值均达到0.8%以上,在南部前陆冲断带上伏的花岗岩(金佛寺花岗岩)逆冲推覆体厚度最大达6000 m(潘良云等,2008),因此,该部位烃源岩成熟度可能更高;前陆斜坡带与早白垩世次级凹陷的叠合虽然上伏的新生代沉积厚度不及前陆拗陷,但早白垩世次级凹陷烃源岩埋深及演化都进入生油门限,可以生烃成藏,如石北次凹北部叠合于前陆斜坡上,新生代石北次凹生成的油气通过新生代逆冲断层往上运移至渐新统火烧沟组砂岩储层中形成了白杨河油田和单北油田,在白南3等井也发现了下白垩统自生自储的油藏;隆后拗陷与早白垩世次级凹陷的叠合由于上伏新生代沉积薄,加上晚白垩世—古近纪早期的隆升幅度大、剥蚀量大,烃源岩埋深没有达到中沟期末的深度,烃源岩演化表现为“熄火模式”,如花海凹陷新生代沉积最厚仅1000 m,未超过早白垩世剥蚀的厚度,烃源岩埋深和演化不及早白垩世末,新生代可能没有油气的生成和聚集成藏。

通过上述中生代盆地叠合演化对烃源岩演化的分析可以看出,酒泉盆地存在两个生、排烃期,即早白垩世末(97.5 Ma)和上新世至今(8.3~0 Ma)。花海凹陷多口井发现的低产油流和油气显示及营北1井发现的沥青可能是早白垩世末油气成藏的产物,因为花海凹陷不存在上新世至今的二次生烃可能,决定了花海凹陷不可能大规模生烃,形成大油藏的可能性小,下步应围绕早白垩世末的生烃中心、保存条件较好的区块,寻找自生自储的早期油藏;青西凹陷及其周缘地区生油高峰期和主要成藏期是在上新世以后,由于青西凹陷下白垩统烃源岩被迅速深埋,烃源岩成熟度迅速增高,开始大量生成成熟原油,形成的石油经初次、二次运移首先注入下白垩统储层中,形成青西白垩系油田、鸭西白垩系油藏,此后,油气顺断裂带继续向上运移,一部分进入古近系渐新统白杨河组储集层,形成鸭儿峡古近系油藏,大部分则穿过东部控凹边界断裂继续向东运移至南部凸起的鸭儿峡志留系、古近系储集层内,油气又进一步顺着古近系底部不整合面、断裂及古近系砂体继续向东运移至老君庙及石油沟地区,形成了老君庙和石油沟古近系油田。

3.2 中生代盆地叠合对油气运移、聚集成藏的控制作用

酒泉盆地新近纪以来前陆盆地与断陷盆地叠合,不仅加速了烃源岩成熟,为油气运移提供了强大动力,而且对构造圈闭、油气运移通道的形成、储层物性的改善(裂缝的发育)起关键的作用。

(1) 酒泉盆地新近纪以来前陆盆地与断陷盆地

叠合,发生冲断构造变形形成了大量的构造圈闭,为油气聚集提供了场所,但由于盆地叠合强度的差异,东西方向构造变形存在差异,构造圈闭发育程度存在差异。青西凹陷位于酒泉盆地的西部,夹持于祁连褶皱带和阿尔金走滑带之间,新生代前陆盆地期挤压构造应力最强,不仅在前陆冲断带和阿尔金走滑构造南缘逆冲推覆变形强烈,而且凹陷内冲断构造变形也十分强烈,形成了众多的构造圈闭,如窟窿山背斜、老君庙背斜、石油沟背斜、鸭西-柳北鼻状等构造圈闭;花海凹陷虽远离祁连褶皱带,但阿尔金走滑构造带穿过其南部,构造圈闭也较发育,形成了花海中央走滑构造带和花海南部走滑构造带;酒泉盆地逆冲构造变形具有西强东弱的特征,与青西凹陷相比,营尔凹陷新生代构造变形较弱,仅表现为南缘山前冲断带金佛寺花岗岩的逆冲推覆变形,凹陷内不发育逆冲断层,基本保持了中生代构造格局,营尔凹陷内构造圈闭类型为早白垩世断陷期形成的逆牵引构造和依附长沙岭古隆起形成的张性断块,不发育新生代挤压型构造圈闭,古近系底部总体表现为南倾斜坡。

(2) 酒泉盆地前陆盆地与断陷盆地叠合,在东西方向逆冲构造变形强度存在差异(赵贤正等,2004),控制了油气运聚成藏。青西凹陷逆冲构造变形强烈,形成了大量的沟通油源的逆冲断层、调节断层和裂缝,并且使早白垩世断陷期张性断层发生反转,为油气的运移提供了通道,同时为油气提供了动力,油气可以往上运移至中沟组和古近系成藏,因此,青西凹陷具有多层系连片含油的特征(图7);而东部的

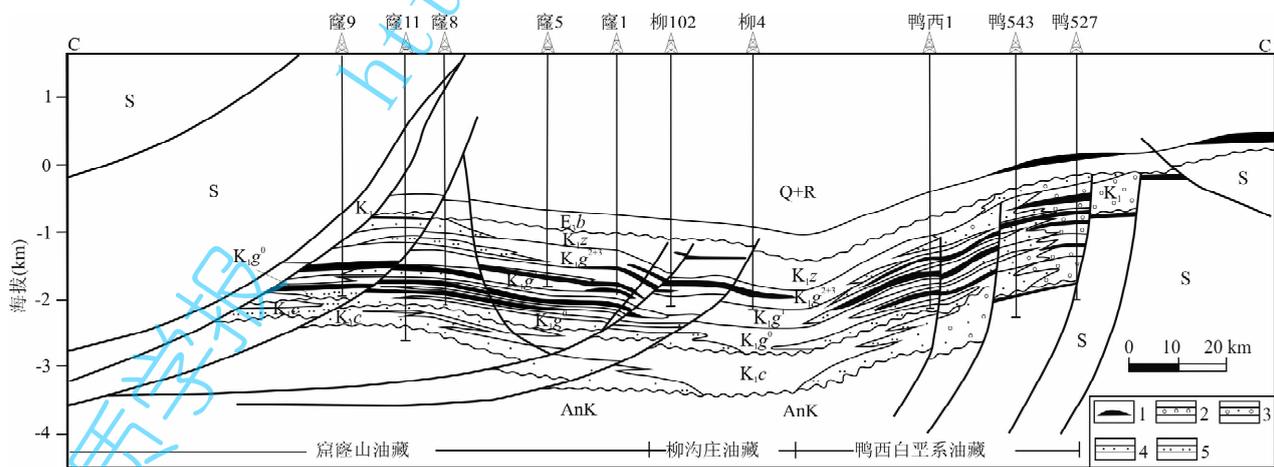


图7 青西凹陷窟窿山—鸭儿峡油藏剖面图(剖面位置见图1)

Fig. 7 Kulongsan—Yerxia reservoir profile of Qingxi sag (profile position shown in fig. 1)

1—油层;2—砾岩;3—砂砾岩;4—砂岩;5—粉砂岩

1—Reservoir;2—conglomerate;3—sandy conglomerate;4—sandstone;5—siltstone

营尔凹陷前陆盆地期逆冲构造变形和改造比青西凹陷弱,缺乏强大的侧向挤压应力,成藏动力较青西凹陷弱,制约了油气长距离的侧向运移,排烃效率和油气运聚条件显然不如青西凹陷,据第三次资源评价计算的青西凹陷油气运移聚集系数为16%,营尔凹陷油气运移聚集系数仅为8%(韩永科等,2007)。因此,营尔凹陷下步油气勘探方向为临近生油凹陷、早白垩世形成的古隆起或斜坡带,以寻找自生自储断块-岩性油气藏为主。

(3)前陆盆地与断陷盆地叠合改善了储层物性。酒泉前陆盆地逆冲变形形成的逆冲断层和与之正交的横向调节断层对裂缝储层的形成、储层物性的改善起关键作用。青西凹陷青西油田窟窿山油藏储层为下白垩统下沟组三角洲前缘的块状砂砾岩、砂岩,柳沟庄油藏储层为下沟组上段泥质白云岩、白云岩,这两套储层埋深均大于4000 m,物性较差,胶结致密,基质孔隙度一般小于8%,基质渗透率小于 $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于典型的特低孔低渗储层,几乎不具备储集能力,青西油田主要储集空间和运移通道为裂缝(杜文博等,2003;吴辉等,2004;程克明等,2007),岩芯观察、成像测井资料和地震属性对裂缝发育方向和概率预测表明青西油田裂缝方向主要为北北东和北西西向两组,与断裂方向一致,断裂带就是裂缝发育带,两组断层交汇处裂缝最发育,由裂缝发育方向可以看出青西油田裂缝储层主要沿北西西向逆冲断层和北北东的挤压调节断层发育,裂缝的形成是前陆盆地与断陷盆地叠合挤压逆冲变形的结果。

4 结论

(1)酒泉盆地中生代断拗叠合盆地,经历了早白垩世拉张断陷盆地、晚白垩世—古近纪挤压隆升与陆内拗陷盆地、新近纪以来的强烈挤压变形与陆内前陆盆地3种类型盆地叠合演化。

(2)酒泉中生代叠合盆地为北北东向早白垩世断陷与新生代北西西向陆内拗陷盆地和陆内前陆盆地正交式叠合,陆内拗陷盆地与断陷盆地次级凹陷叠合方式可以划分为披盖叠合型、局部叠合型、未叠合型3类,按照断陷盆地与陆内前陆盆地构造单元叠合位置,将断陷盆地与陆内前陆盆地叠合方式划分为次级凹陷与前陆冲断带的叠合、次级凹陷与前陆拗陷的叠合、次级凹陷与前陆斜坡的叠合、次级凹陷与隆后拗陷的叠合4个亚类。

(3)酒泉中生代断拗叠合盆地控制了油气的

生成、运移和聚集成藏,中生代盆地叠合差异,导致了酒泉盆地油气成藏的差异。规模大、沉积厚的早白垩世次级凹陷、晚白垩世—始新世抬升剥蚀程度低、与陆内拗陷盆地呈披盖型叠合、且与陆内前陆盆地前陆冲断带和前陆拗陷的叠合部位是油气成藏有利区,如酒西凹陷青南次凹及其周缘、营尔凹陷中部油气富集程度高。

参 考 文 献

- 陈发景,汪新文.2004.中国西北地区陆内前陆盆地的鉴别标志.现代地质,18(2):151~156.
- 陈汉林,杨树锋,肖安成,潘正中,程晓敢,陈建军,范铭涛,田多文.2006.酒泉盆地南缘新生代冲断带的变形特征和变形时间.石油与天然气地质,27(4):488~493.
- 程克明,熊英,马立元.2007.酒西拗陷青西凹陷窟窿山、柳沟庄油藏应属“源岩裂缝油藏”.沉积学报,25(3):461~466.
- 程晓敢,郑德文,杨树锋,肖安成,陈汉林.2006.酒泉盆地晚白垩世—古新世构造特征.石油与天然气地质,27(4):521~526.
- 杜文博,程少林,陈建军,杨麟科,方国玉,张建国,王满福.2003.青西油田下白垩统下沟组储集层特征.新疆石油地质,24(1):38~40.
- 范铭涛,杨麟科,方国玉,王满福,李铁锋,朱利东.2003.青西凹陷下白垩统湖相喷流岩成因探讨及其意义.沉积学报,21(4):560~564.
- 方小敏,赵志军,李吉均,颜茂都,潘保田,宋春辉,戴霜.2004.祁连山北缘老君庙背斜晚新生代磁性层与高原北部隆升.中国科学(D辑),34(2):9~106.
- 何登发,贾承造,童晓光,王桂宏.2004.叠合盆地概念辨析.石油勘探与开发,31(1):1~7.
- 何登发,贾承造,周新源,石昕,王招明,皮学军,张朝军.2005.多旋回叠合盆地构造控油原理.石油学报,26(3):1~9.
- 何登发,李德生,童晓光,赵文智.2008.多期叠加盆地古隆起控油规律.石油学报,29(4):475~488.
- 何登发,李德生,童晓光.2010.中国多旋回叠合盆地立体勘探.石油学报,31(5):695~709.
- 韩永科,胡英,王崇孝,杨智明.2007.酒泉盆地两个富油凹陷的区别与勘探潜力.新疆石油地质,28(6):691~693.
- 霍永录,谭试典.1995.酒泉盆地陆相石油地质特征及勘探实践.北京:石油工业出版社,1~205.
- Jean-Jacques T.王登红译.1994.东非裂谷坦葛尼喀湖的热液喷口.世界地质,13(4):12~14.
- 贾承造.2003.中国西部沉积盆地的石油地质特征与勘探新发现.见:中国工程院主编.21世纪中国暨国际油气勘探展望.北京:中国石化出版社,127~133.
- 贾承造,姚慧君,魏国齐,李良辰.1992.塔里木盆地板块构造演化和主要构造单元地质构造特征.见:童晓光主编.塔里木盆地油气勘探论文集.乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,207~225.
- 金之钧.2005.中国典型叠合盆地及其油气成藏研究新进展(之一)——叠合盆地划分与研究方法.石油天然气地质,26(5):553~562.

- 康玉柱. 2005. 中国西北地区叠加复合盆地油气成藏特征. 地质力学学报, 11(1): 1~10.
- 李景明, 魏国齐, 李东旭. 2003. 中国西部叠合盆地天然气勘探前景. 见: 中国工程院主编. 21世纪中国暨国际油气勘探展望. 北京: 中国石化出版社, 137~141.
- 李奋其. 2003. 中国西北部南北向伸展构造存在的新证据——酒泉早白垩世半地堑断陷成因初探. 沉积与特提, 23(2): 35~42.
- 李奋其. 2004. 酒泉盆地形成机制与演化. 成都理工大学博士学位论文.
- 李奋其, 王成善, 王崇孝. 2006. 酒泉早白垩世盆地群构造特征和成因. 地质学报, 80(2): 181~191.
- 李明杰, 郑孟林, 曹春潮, 张军勇. 2004. 北山—阿拉善地区侏罗纪—白垩纪盆地的叠合演化. 石油与天然气地质, 25(1): 54~57.
- 李明杰, 谢结来, 潘良云. 2005. 祁连山北缘冲断带西段构造特征. 地学前缘, 12(4): 438~444.
- 吕宝凤, 张越青, 杨书逸. 2011. 柴达木盆地构造体系特征及其成盆动力学意义. 地质论评, 57(2): 167~174.
- 陆洁民, 郭召杰, 赵泽辉, 张志诚. 2004. 新生代酒西盆地沉积特征及其与祁连山隆升关系的研究. 高教地质学报, 10(1): 50~61.
- 马立元, 程克明, 刘大锰, 熊英. 2007. 酒泉盆地地下白垩统藻纹层分布特征及其与油气的关系. 沉积学报, 25(1): 147~153.
- 孟庆任, 胡健民, 袁选俊, 靳久强. 2002. 中蒙边界地区晚中生代伸展盆地的结构、演化和成因. 地质通报, 21(4~5): 224~231.
- 庞雄奇, 金之钧, 姜振学, 左胜杰. 2002. 叠合盆地油气资源评价问题及其研究意义. 石油勘探与开发, 29(1): 9~13.
- 潘良云, 谢结来, 李明杰, 郑孟林. 2006. 酒泉盆地白垩纪——新生代区域构造演化与油气勘探. 石油与天然气地质, 27(1): 62~68.
- 潘良云, 张宏伟, 孙学栋, 赵建儒, 刘文利, 段新红, 同群. 2008. 酒泉盆地营尔凹陷金佛寺逆冲推覆带速度分析及掩伏构造形态研究. 石油地球物理勘探, 43(4): 467~472.
- 彭兆蒙, 吴智平, 彭仕宓. 2010. 华北东部中—新生代盆地叠合特征与上古生界天然气勘探. 中国石油大学学报(自然科学版), 34(2): 1~7.
- 任纪舜. 2003. 中国新一代大地构造图——中国及邻区大地构造图(1:5000000)附简要说明: 从全球看中国大地构造性. 地球学报, 24(1): 1~5.
- 任战利, 刘池阳, 张小会, 吴汉宁, 陈刚, 李进步, 马团校. 2000. 酒泉盆地群热演化史恢复及其对比研究. 地球物理学报, 43(5): 635~645.
- 宋春晖, 方小敏, 李吉均, 高军平, 赵志军, 范马洁. 2001. 青藏高原北缘酒西盆地 13 Ma 以来沉积演化与构造隆升. 中国科学(D辑), 31(增刊): 155~162.
- 宋春晖, 孙淑荣, 方小敏, 孙东. 2002. 酒西盆地晚新生代沉积物重矿物分析与高原北部隆升. 沉积学报, 20(4): 552~559.
- 汤良杰, 金之钧, 贾承造, 马宗晋, 曲国胜. 2001. 叠合盆地构造解析几点思考. 石油实验地质, 23(3): 251~255.
- 童晓光. 1992. 塔里木盆地的地质结构和油气聚集. 见: 童晓光主编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 17~22.
- 王崇孝, 马国福, 周再华. 2005. 酒泉盆地中、新生代构造演化及沉积充填特征. 石油勘探与开发, 32(1): 33~36.
- 王同和. 1987. 河西走廊拉分盆地的构造演化与油气分布. 石油与天然气地质, 8(3): 271~280.
- 吴辉, 谭修中, 孙万高, 曾利刚, 胡小勇. 2004. 窟窿山油藏下沟组裂缝型储集层测井评价. 新疆石油地质, 25(3): 274~276.
- 吴奇之, 王同和, 李明杰, 杨德垠. 1997. 中国油气盆地构造演化与油气聚集. 北京: 石油工业出版社, 229~232.
- 徐忠美, 龙胜祥. 2010. 叠合盆地油气成藏体系研究方法探讨. 重庆科技学院学报, 12(6): 9~12.
- 张光亚, 赵文智, 王红军, 李洪辉, 刘磊. 2007. 塔里木盆地多旋回构造演化与复合含油气系统. 石油与天然气地质, 28(5): 653~663.
- 张晓东, 王颖, 李桂荣. 2005. 北方侏罗、白垩系盆地形成、演化及地球动力学背景. 大庆石油地质与开发, 24(5): 6~9.
- 张渝昌. 1997. 中国含油气盆地原型分析. 南京: 南京大学出版社, 3~26.
- 张渝昌. 1999. 我国油气勘查的盆地评价系统. 见: 杨朴主编. 中国新星石油文集. 北京: 地质出版社, 177~185.
- 谢德宜, 王燮培. 1993. 酒泉盆地的扭动断裂体系初探. 石油勘探与开发, 20(6): 8~14.
- 杨树锋, 陈汉林, 程晓敢, 肖安成, 何光玉, 陈建军, 田多文. 2007. 祁连山北缘冲断带的特征与空间变化规律. 地学前缘, 14(5): 211~220.
- 赵文智, 张光亚, 王红军, 王社教, 汪泽成. 2003. 中国叠合含油气盆地石油地质基本特征与研究方法. 石油勘探与开发, 30(2): 1~8.
- 赵贤正, 夏义平, 潘良云, 谢结来. 2004. 酒泉盆地南缘山前冲断带构造特征与油气勘探方向. 石油地球物理勘探, 39(2): 222~227.
- 郑孟林, 曹春潮, 李明杰, 段书府, 张军勇, 陈元忠, 沈亚. 2003. 阿尔金断裂带东南缘含油气盆地群的形成演化. 地质论评, 49(3): 277~285.
- 郑荣才, 王成善, 朱利东, 刘红军, 方国玉, 杜文博, 王崇孝, 王满福. 2003. 酒西盆地首例湖相“白烟型”喷流岩—热水沉积白云岩的发现及其意义. 成都理工大学学报(自然科学版), 30(1): 1~8.
- Kingston D R, Dishroom C P, Williams P A. 1983. Global basin classification system. AAPG Bull., 67: 2175~2193.
- Kleinspehn K L, Paola C. 1988. New Perspectives in Basin Analysis. New York: Springer Verlag, 453.
- Shannon P M, Naylor D. 1989. Petroleum Basin Studies. New York: Springer Verlag, 200.

Mesozoic and Cenozoic Fault Superposition Basin in Jiuquan and Its Oil-controlling Significance

PAN Liangyun¹⁾, ZENG Zuoxun²⁾, LI Mingjie¹⁾, ZHANG Hongwei¹⁾,
ZHENG Menglin³⁾, ZHANG Junyong¹⁾

1) *Geological Research Center, Research Institute of BGP, CNPC, Zhuozhou, Hebei, 072751;*

2) *College of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, 430074;*

3) *Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing, 100083*

Abstract

Based on identification markers of sedimentary basins such as tectonic settings and geometry of the basins, sedimentary structures, paleogeotemperature and volcanic rocks, it is concluded that Jiuquan basin is a Mesozoic and Cenozoic fault superposition basin, which was an extensional fault basin during Early Cretaceous and an intracontinental compressional fault basin and intercontinental foreland basin during Cenozoic. The basin of this kind is characterized by orthogonal superposition of between intracontinental fault basin or foreland basin and fault basin. Superposition modes of intracontinental fault superposition basins can be classified into drape, local and non-superposed. Based on the superposed structure location of the Cretaceous fault basin and intracontinental foreland basin, the superposition can be divided into four types: the superposition of the Cretaceous secondary sag with Cenozoic foreland thrust belt, the Cretaceous secondary sag with Cenozoic foreland depression, the Cretaceous secondary sag with Cenozoic foreland slope and the Cretaceous secondary sag with Cenozoic depression after foreland uplift. During the Mesozoic and Cenozoic, superposition basins controlled oil and gas accumulation. Early Cretaceous fault basin controlled the distribution of hydrocarbon source rock, and scale and quality of various oil-and gas-bearing depressions. During Middle Cenozoic, basin superposition not only promoted source rock mature, provided strong forces for oil and gas migration, but also played a vital role in formation of structure traps and oil-gas migration and development of reservoirs fissures. It is the differences of superposition modes and various secondary depression intensities that jointly resulted in the differences of oil and gas migration and accumulation, reservoir characteristics and enrichment degree.

Key words: Jiuquan basin; Mesozoic and Cenozoic; fault basin; intracontinental foreland basin; superposition basin; oil and gas controlling