

中生代天山隆升及其南北盆地分异与沉积环境演化

高志勇^{1,2} 周川闽^{1,2} 冯佳睿^{1,2} 吴昊³ 李雯⁴

(1.中国石油勘探开发研究院实验研究中心 北京 100083;

2.提高石油采收率国家重点实验室(中国石油勘探开发研究院) 北京 100083;

3.中国地震局 北京 100036; 4.中国地质大学地球科学与资源学院 北京 100083)

摘要 明确中生代以来天山隆升的时间顺序、隆升范围,及其与南北两侧盆地的沉积环境演化之间的关系,是天山两侧准噶尔盆地、吐哈盆地与塔里木等盆地原型恢复研究的重要需求。通过分析天山南北主要盆地类型、沉积充填、古气候变化、物源属性、边缘相带迁移反映的物源区远近变化与古水流特征,以及大量磷灰石裂变径迹测年数据认为,中生代天山主要存在晚三叠世—早侏罗世、晚侏罗世—早白垩世、晚白垩世—始新世、中新世—第四纪的四期阶段隆升。在此基础上,编制了早侏罗世早期—第四纪的天山隆升范围及其南北盆地的沉积环境演化图,表明天山的四阶段隆升控制了北疆与南疆盆地由早、中侏罗世统一泛湖盆至晚侏罗—早白垩世盆地开始分异,再到新近纪以来彻底分割成独立盆地的沉积演化过程。同时,明确了天山南北两侧各盆地储层、烃源岩及盖层的重要形成期与天山隆升的关系,对有效拓展油气勘探范围有所启示。

关键词 天山隆升 中生代 新疆地区 沉积环境 储层与烃源岩

第一作者简介 高志勇 男 1974年出生 高级工程师 沉积学及油气储层地质 E-mail: gzybox@163.com

中图分类号 P548 P618.13 **文献标识码** A

我国西部的塔里木盆地、准噶尔盆地在中新生界的油气勘探取得了重要进展。在印支运动、燕山运动及喜马拉雅运动作用下,天山大规模隆升强烈的改造了其南北盆地的沉积原貌。开展中生代以来天山南北两侧盆地沉积原貌的恢复研究,对明确烃源岩及储层的分布具有重要意义,同时亦能有效的拓展油气勘探范围。前人在以下几方面取得了重要进展:①对我国西北地区侏罗纪进行了盆地沉积原型的恢复,并对控制因素进行了研究^[1-3];②何光玉等^[4]对库车盆地中生代、谷云飞等^[5]对准噶尔盆地白垩纪均开展了沉积盆地的原型恢复;③大量学者对原盆恢复的研究方法进行了系统总结^[6-10]。然而,从沉积学研究角度出发,开展中生代天山隆升的时间顺序、隆升范围及其与南北两侧准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地库车坳陷、焉耆等盆地的沉积演化、盆地的统一与分异之间的关系研究相对薄弱。因此,加强此方面的研究,特别是明确中生代天山隆升与各盆地内烃源岩、储层、盖层的形成期与分布之间的关系,对天山两侧盆地原型恢复以及拓展油气勘探范围具有重要启示。

1 天山南北主要盆地类型、沉积充填与古气候

1.1 盆地类型与演化

现今天山南北发育塔里木、准噶尔、吐哈、焉耆、伊犁等多个盆地,盆地基底结构和形成时期颇为复杂,从结构组成上可分为2种类型^[11]:①以前寒武系变质岩为基底,如塔里木盆地以及邻区的中亚阿莱盆地、伊塞克—库里盆地等;②具有双层结构特征,盆地基底一般下部由前寒武系变质岩组成,上部为上古生界或下古生界褶皱岩系,如准噶尔盆地、吐哈盆地等^[11]。塔里木盆地开始发育于寒武纪、奥陶纪,准噶尔盆地开始发育于石炭—二叠纪。天山南北盆地的发育程度明显受大地构造背景的控制,盆地基底固结越早、规模越大,其上的盆地发育就越完善、盆地面积也越大,如塔里木盆地、准噶尔盆地等;盆地基底固结晚、稳定性差,上覆盆地发育时期短、规模小,如天山褶皱带中的若干中—新生代盆地^[11]。

李江海等^[12]指出,天山南北的多个盆地与中亚邻区的盆地均形成于古生代末—中生代初中亚造山带增生碰撞造山后,是区域大断裂走滑—伸展调整的

产物,普遍与大规模的断裂走滑—伸展发育密切相关。准噶尔盆地主要经历了古生代末期残余洋盆—前陆盆地、中生代走滑—伸展盆及新生代前陆盆地三大构造演化阶段^[12-13](表1)。库车坳陷晚二叠世—三叠纪是前陆盆地的主要发育时期,三叠纪晚期,库车坳陷以持续松弛沉陷为主,至侏罗纪已演化为较宽阔的湖盆,南天山因长期风化剥蚀已成为低缓的残丘或准平原。塔里木盆地北部进入伸展构造环境下的

断拗型盆地演化阶段,并延续至古近纪。新近纪晚期—第四纪形成陆内造山晚期前陆盆地^[14](表1)。二叠纪末期到三叠纪是吐哈盆地由洋转陆的重要转化期和定型期,早期受南缘的觉罗塔格山隆升影响在山前形成挤压挠曲,北部博格达山挤压不明显。早—中侏罗世盆地开始稳定沉积,地势差减小,构造活动减弱,以伸展环境为主。侏罗世晚期,盆地北部挤压活动加强,基底抬升,沉积、沉降中心向南迁移,湖水

表1 天山南北主要盆地的盆地性质与演化、沉积充填、古气候与山体隆升关系表

Table 1 The relationship between basin evolution, deposition, paleoclimate and the mountainuplift in Xinjiang area

隆升期次	时代	库车坳陷			准噶尔盆地			吐哈盆地			焉耆盆地		
		沉积充填 [18,21,27-30]	古气候 [22,23,31]	盆地性质 [14]	沉积充填 [1-3,5,12-19]	古气候 [1-3,5,18,24,31-32]	盆地性质 [12-13]	沉积充填 [15,20,33]	古气候 [25,26,31,34-35]	盆地性质 [15-16]	沉积充填 ^[17]	古气候 ^[17]	盆地性质 [17,36]
第四期隆升 25 Ma 以来	第四纪	季节性河流—沙漠	干旱	再生前陆盆地	季节性河流—沙漠	干旱	再生前陆盆地	冲积扇—咸水湖	干旱	背驮式山间盆地	湖泊—河流	干旱	山间压陷盆地
	新近纪	扇三角洲、冲积扇	干旱		湖泊—扇三角洲—冲积扇	温暖干旱—炎热潮湿		河流—咸水湖泊	温暖干旱—炎热潮湿	挤压型盆地	缺失	/	挤压型盆地
第三期隆升 96~46 Ma	古近纪	扇三角洲—海湾潟湖	干旱	伸展环境下的断拗型盆地	湖泊—扇三角洲	湿润	伸展环境下的断拗型盆地	河流—滨浅湖	炎热湿润	挤压型盆地	缺失	/	挤压型盆地
	晚白垩世	缺失	/		滨浅湖—三角洲—河流	干旱		河流—滨浅湖	干旱		缺失	/	
第二期隆升 150~100 Ma	早白垩世	季节性河流—三角洲—冲积扇	温暖干旱		滨浅湖—三角洲—河流	湿润		滨浅湖—三角洲—河流	湿润		缺失	/	
晚侏罗世	冲积扇—滨浅湖	半干旱—干旱	冲积扇—季节性河流	半干旱—干旱	河流—滨浅湖	半干旱—干旱	缺失	/					
第一期隆升 220~180 Ma	中侏罗世	沼泽—滨浅湖	半干旱—半潮湿	河流—湖泊—沼泽	半干旱—半潮湿	沼泽—滨浅湖	半干旱—半潮湿	伸展环境下断拗型盆地	沼泽—滨浅湖	半干旱—半潮湿	伸展断陷盆地		
	早侏罗世	滨浅湖—河流相	潮湿	滨浅湖—河流相	潮湿	滨浅湖—河流相	潮湿		滨浅湖—河流相	潮湿			

注:表中部分数据来自参考文献[1-3,5,12-36]。

变浅。侏罗纪末期的中燕山运动对全盆地影响很大,造成盆地明显萎缩,台北凹陷东部整个白垩纪以抬升剥蚀为主,一直持续到晚燕山运动以后。早喜马拉雅运动以来,全盆地沉积了巨厚的第三系冲积扇和磨拉石相碎屑物。晚喜马拉雅运动对盆地构造变形起到了关键作用,形成了中央隆起带的基底抬升,塑造了现今的四面环山中央隆起的背驮式山间盆地^[15-16](表1)。焉耆盆地侏罗纪—早白垩世属伸展断陷盆地阶段,早侏罗世开始盆地范围逐步扩大,在八道湾组沉积中期和三工河组沉积晚期,发生两次湖侵事件,后者是侏罗纪最大规模湖进。早白垩世沉积范围再次扩大。白垩世新特提斯构造带与欧亚大陆的碰撞拼贴,南天山于晚白垩世隆升,新疆地区处于区域挤压环境中,各盆地开始萎缩,普遍缺失晚白垩世地层(表1)。焉耆盆地于晚白垩世开始剧烈抬升,不仅早白垩世地层被剥蚀,还将中晚侏罗世地层剥蚀掉^[17]。

1.2 地层与岩性特征

1.2.1 准噶尔盆地

下侏罗统八道湾组发育冲积扇相浅灰绿色砾岩、含砾粗砂岩,河流相及沼泽相灰绿色中—粗砂岩、细砂岩及灰黑色碳质泥岩和煤层,以及湖泊相和三角洲相暗色泥岩夹薄层砂岩、粉砂岩和泥灰岩。三工河组发育三角洲相灰绿、黄绿色砂岩、砾岩与暗色泥岩、粉砂岩互层,半深湖—深湖亚相暗色泥岩、页岩^[18]。中侏罗统西山窑组为湖沼相的含煤地层,头屯河组主要为河流相黄绿、灰绿色砂砾岩与杂色泥岩、粉细砂岩互层沉积。上侏罗统齐古组发育河流相及滨浅湖亚相的褐红、紫红色砂质泥岩夹灰绿色薄层砂岩及粉红、白色凝灰岩。喀拉扎组为一套冲积扇相、季节性辫状河相灰褐色砾岩夹褐色泥岩与砾状砂岩(表1、图1)。下白垩统吐谷鲁群发育灰绿色底砾岩层,灰绿、棕红色泥岩、砂岩不均匀互层。上白垩统东沟组在盆地南缘主要分布于昌吉—沙湾县之间,南安集海以西缺失,岩性主要为灰棕色、灰红色、灰色砾岩,夹红褐色砂质泥岩。在盆地的腹部地区,井下均见该组地层,且地层厚度自北向南逐渐增大^[5]。古近纪的沉积范围较晚白垩世有所扩大,盆地沉积中心由盆地中央迁移至盆地南缘西部安集海—独山子一带。淮南古近系紫泥泉子组沉积中晚期,气候干旱炎热,湖盆退缩,湖平面下降引起扇三角洲大规模进积,在山前带形成4个扇三角洲朵状体沉积^[19]。安集海河组以河流—湖泊相沉积为主(图2)。新近纪中新世至

上新世初期,整个天山开始剧烈隆起,盆地进一步沉降扩大。上新世中晚期气候干旱,降雨量减少,湖盆变小变浅,最后分隔为几个小而孤立的浅水、半咸水湖泊,宛如现在的艾里克湖、玛纳斯湖和艾比湖分布在半荒漠区中^[20]。

1.2.2 吐哈盆地

下侏罗统八道湾组为一套河流—湖沼相含煤沉积,三工河组湖盆扩张,以灰绿—灰黑色湖泊沉积为主(图1)。中侏罗统西山窑组与八道湾组类似,盆地西北部煤层多而厚。晚侏罗世气候干热,发育红层沉积,水体浅,沉积范围进一步缩小,喀拉扎组沉积的湖区只淹及七克台及火焰山南部,吐鲁番以西沉积一套长石质红色砂岩,主要为河流相^[20]。下白垩统普遍以巨厚的底砾岩不整合于中、上侏罗统之上,沉积中心进一步向西南转移到胜金口以南的三堡地区。胜金口组沉积期为静水湖泊相弱还原环境,发育灰绿色细碎屑岩。连木沁组 and 上白垩统沉积期,湖盆进一步收缩,发育红层沉积。古近纪湖盆水域范围扩大超过侏罗纪,沉积中心西移至雁木西和吐鲁番一带(图2)。中新世蒸发岩发育,属干旱气候下内陆咸水湖泊沉积,红色细碎屑岩和化学岩交替沉积。上新世,盆地开始抬升,盆地内和周边地形高差加大,山麓洪积与河流相广泛分布,盆地被分割为数个闭塞性浅水湖泊,沉积一套含钙砂砾岩、砂岩和泥岩。上新世末的喜马拉雅运动使博格达山急剧上升,第四纪沉积中心向南转移至艾丁湖区,广大地区发育近800 m的洪—冲积砾石层和咸水湖泊沉积(表1)。

1.2.3 库车坳陷

下侏罗统阿合组主要为一套河流相浅灰、灰白色厚层块状砾岩、粗砂岩。阳霞组发育灰色、灰白色砂砾岩与深灰、灰黑色粉砂质泥岩及煤层的河流相—三角洲相,以及半深湖—深湖亚相的黑色碳质泥岩沉积。中侏罗统克孜勒努尔组岩性为灰白、灰绿色细砂岩与绿灰、灰黑色粉砂岩、泥页岩及煤层互层。恰克马克组为半深湖—深湖亚相的鲜绿、灰绿色及紫色泥岩、页岩、灰色泥灰岩和油页岩沉积。上侏罗统齐古组主要为干旱气候下滨浅湖亚相的紫红色泥岩沉积。喀拉扎组为一套冲积扇相砂砾岩沉积^[18](表1)。下白垩统呈平行不整合、局部角度不整合于侏罗系之上,具有北厚南薄的特点,坳陷内地层平均厚度为100~1 200 m。东部在白垩纪沉积后,由于构造隆起剥蚀而缺失下白垩统巴西改组—巴什基奇克组,舒善河组也发育不全^[21]。古近纪塔里木盆地进入新的沉

积阶段,海水多次入侵,远及库车坳陷西部,形成海湾潟湖沉积。盆地经历古近纪末的上升剥蚀后,于中新世再度沉降,河流发育,形成巨厚的山麓堆积(图2)。

上新世末,构造运动席卷全盆地,各山系明显剧烈上升,沉积物明显向盆地内推进,更新世地层不整合在上新统之上^[20]。

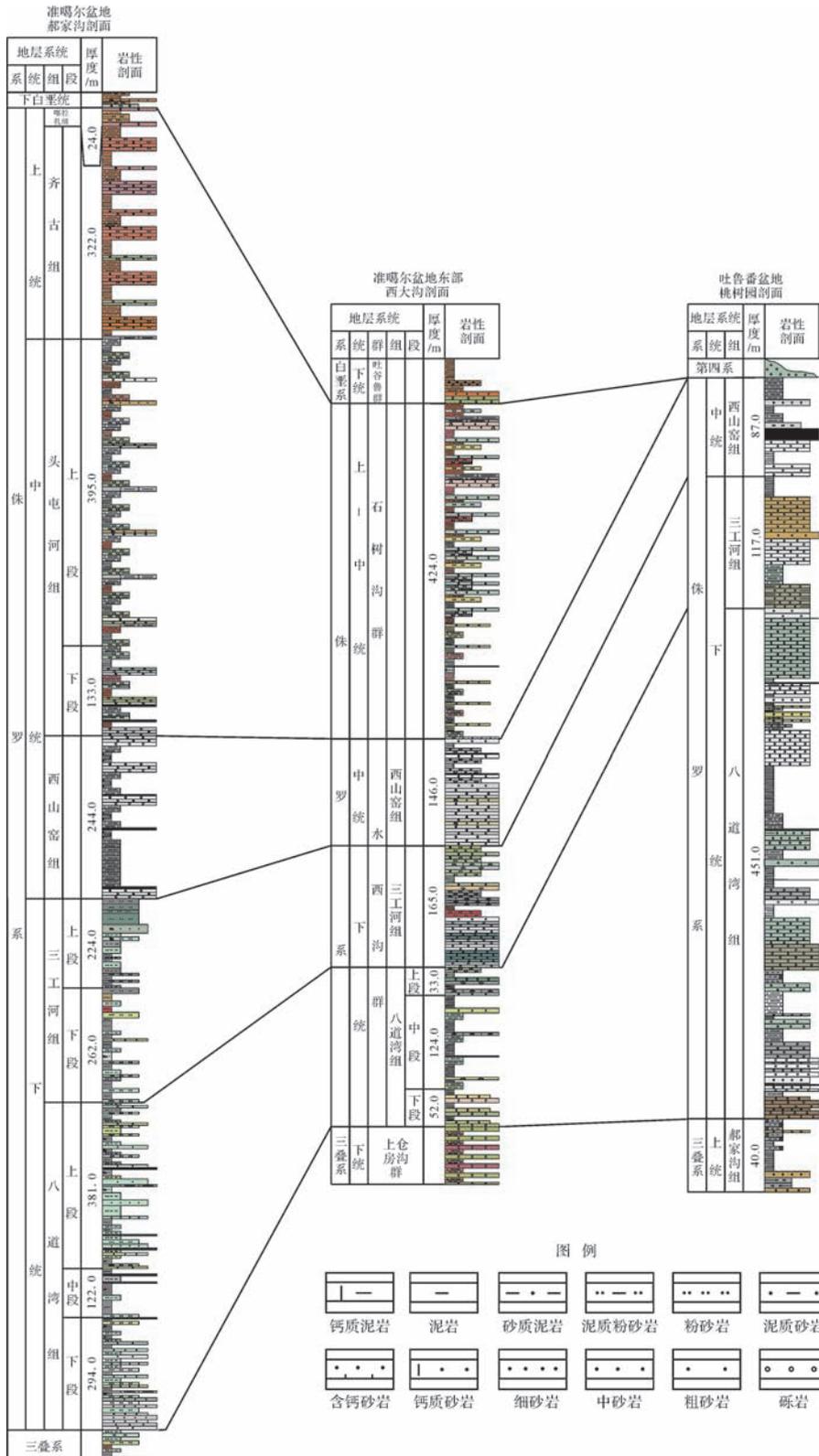


图1 天山北部准噶尔盆地—吐哈盆地侏罗系岩性与地层对比图

Fig.1 The maps shows the lithologic and stratigraphic correlation of Jurassic in Junggar Basin and Tuha Basin

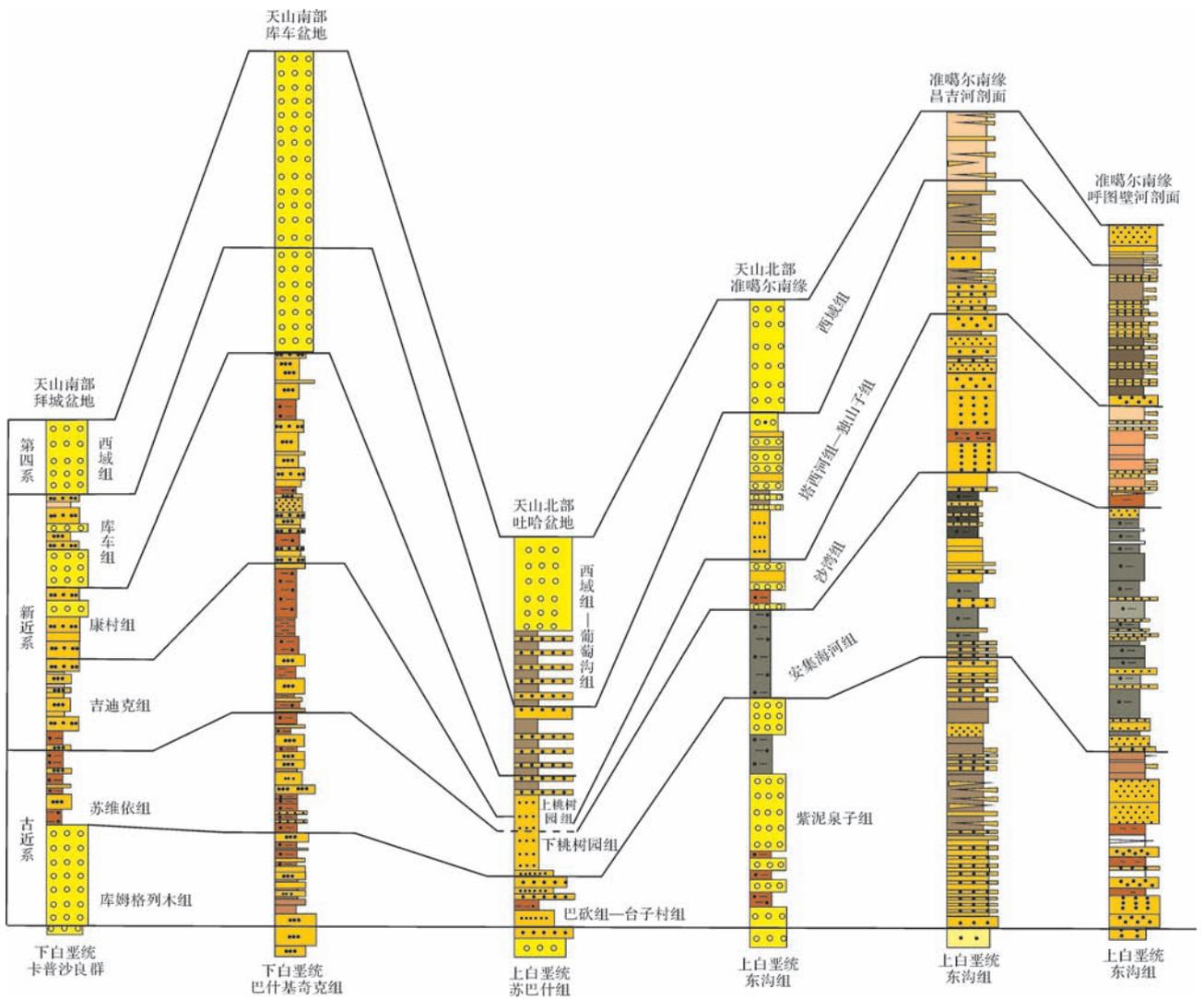


图2 天山南北各盆地古近系—新近系主要岩性与地层对比图(据柳永清^[38]修改)

Fig.2 The maps shows the lithologic and stratigraphic correlation of Paleogene to Neogene (after Liu *et al.*^[38], modified)

1.2.4 焉耆盆地

中生代残留地层在盆地内仅分布于南部的博湖拗陷,其他地方缺失。地层具有南厚北薄特征,下侏罗统和中侏罗统西山窑组主要分布于南部的博湖凹陷,中侏罗统中上部和上侏罗统仅残留于盆地东部干草湖地区,焉耆盆地大多缺失中上侏罗统和白垩系(表1)。侏罗纪开始新疆处于伸展环境中,盆地北部准平原化。物源区位于北部,碎屑由北向南搬运,盆地南部库鲁克塔格山及北部红山上残留有中、下侏罗统,表明在中生代盆地沉积范围远超出现今盆地范围^[37]。

1.3 古气候变化

早侏罗世—中侏罗世中期新疆大陆的准噶尔、塔里木及天山地区属温暖湿润气候带,自中侏罗世晚期

新疆地区的古气候逐步发生变化,表现为半湿润—半干旱气候^[22,39],晚侏罗世新疆地区普遍变得干燥,属干旱—半干旱亚热带气候带,植物大量减少。自早白垩世始,天山南北主要盆地的古气候特点出现明显不同,南天山前的塔里木盆地属于亚热带干燥或半干燥型,早期气候温暖干燥,晚期气候暖热半干燥^[23]。古近纪—第四纪,塔里木盆地一直属干旱气候环境。早白垩世,北天山前的准噶尔盆地气候适宜,植物生机勃勃,与晚侏罗世干热的气候形成对比,气候环境为湿润的亚热带—暖温带^[24]。古近纪早期为干旱气候环境,晚期则为温暖湿润的气候环境。晚中新世孢粉植被类型为针叶林,所处的气候环境为湿润的暖温带^[24]。吐哈盆地白垩纪晚期至古新世早期,气候由干旱转向湿润,而在古新世晚期又向干旱化方向发

展^[25]。在晚古新世和晚始新世,吐哈盆地气候炎热湿润,但后者波动比较频繁。在渐新世,气温相对降低,气候温暖干旱。中新世的气候变化与全球气候变化比较一致,明显分成两个阶段,早期气温回升,炎热潮湿,晚期则温暖干旱。到了上新世,吐鲁番盆地气候异常干旱,而且早期的气温可能比晚期高^[26](表1)。

2 物源属性、物源区远近变化与古流向

2.1 沉积物源属性

砾岩主要分布在盆地边缘,接近于物源区,砾石成分可直接反映物源区的母岩成分^[40-41]。李忠等^[41]将来自于天山的砾石划分为3类组合,成分为片岩、千枚岩、板岩、硅质岩、大理岩及石英岩的砾石,物源区归属于前石炭系变质岩;将成分为片麻岩、花岗岩、石英脉的砾石,物源归属于前石炭系或前中生界结晶基底;将成分为中基性火山岩、灰岩、砂岩、粉砂岩的砾石,物源归属于天山的石炭—二叠系和中生界盖层。笔者对库车坳陷与准噶尔盆地南缘多条野外剖面的侏罗系—新近系砾岩中砾石成分进行了分析^[42](表2),库车坳陷北部下侏罗统阿合组—阳霞组沉积时期砾石为河流相河道滞留沉积,成分主要为耐磨损的变质石英岩、中酸性喷出岩、花岗岩、硅质岩等,反映其物源归属为前石炭系变质岩和前石炭系或前中生界结晶基底,表明天山造山带早侏罗世的隆升剥蚀活动;上侏罗统喀拉扎组—下白垩统巴什基奇克组砾石成分主要为变质石英岩、中酸性喷出岩、灰岩、硅质岩、少量砂岩砾石等,反映其物源归属为前石炭系变质岩、石炭—二叠系和中生界盖层,表明天山造山带晚侏罗世—早白垩世的隆升剥蚀活动以及沉积盖层已经揭顶的特点;古近系砾石成分主要为灰岩、膏岩砾石等,反映其物源归属为石炭—二叠系和中生界盖层,表明天山造山带古近纪隆升剥蚀活动较弱;新近系吉迪克组砾石成分主要为砂岩、硅质岩、灰岩等砾石,反映其物源归属为前石炭系变质岩、石炭—二叠系和中生界盖层。表明了天山造山带新近纪更为强烈的构造隆升剥蚀活动(表2)。

准噶尔盆地南缘下侏罗统八道湾组砾石成分主要为花岗岩、凝灰岩、英安斑岩等,中侏罗统西山窑组砾石成分为凝灰岩、凝灰质砂岩、脉石英等,反映了早侏罗世—中侏罗世早期物源归属为前石炭系或前中生界结晶基底、石炭—二叠系,表明天山造山带有隆升剥蚀活动;中侏罗统头屯河组砾石成分为凝灰质砂岩、花岗岩、脉石英、泥页岩等,上侏罗统喀拉扎组砾

石成分为凝灰质砂岩、凝灰岩、花岗质糜棱岩、脉石英等,反映其物源归属于前石炭系或前中生界结晶基底、中生界盖层,表明中侏罗世晚期—晚侏罗世天山造山带隆升剥蚀活动以及沉积盖层已经揭顶;下白垩统砾石成分为中酸性火山岩、沉积岩、变质岩砾石等,反映其物源归属于石炭—二叠系和中生界盖层、前石炭系变质岩,表明早白垩世天山造山带隆升剥蚀活动强烈,以及沉积盖层已经揭顶的特点;古近系砾石成分为安山岩、花岗岩、灰岩、砂岩等,反映其物源归属于前石炭系或前中生界结晶基底、石炭—二叠系和中生界盖层,表明古近纪天山造山带仍有隆升剥蚀活动;新近系砾石成分为安山岩、花岗岩、灰岩、砂岩、板岩等,反映其物源归属于前石炭系变质岩、前石炭系或前中生界结晶基底、石炭—二叠系和中生界盖层,表明天山造山带新近纪更为强烈的构造隆升剥蚀活动(表2)。由表2可知,准噶尔盆地南缘来自于北天山砾石成分较库车坳陷北部来自于南天山的砾石成分更为复杂,反映了多期的剥蚀活动及沉积盖层揭顶特点,表明北天山隆升幅度更高、剥蚀活动更为强烈。

2.2 物源区远近变化

砾岩是对形成条件反应最为敏感以及分布区域较为局限的岩石,属沉积盆地边缘相^[43]。砾石沉积搬运距离的变化反映了边缘相带的迁移,同时也反映了物源区的远近变化^[44]。依据库车坳陷与准噶尔盆地南缘下侏罗统—新近系砾岩的沉积相类型、主要砾石径范围及砾石成分的变化,对南北天山前各组砾岩中砾石的沉积搬运距离进行了定量计算^[42]。原则如下:①计算公式。万静萍^[45]对我国发育最好的现代洪积扇—祁连山北麓昌马洪积扇的研究,建立了冲积扇沉积中砾石直径与搬运距离的关系式: $H = 69.7 - 26.3 \ln G$, H —搬运距离, km, G —平均砾石直径, cm; 吴锡浩^[46]等建立了长江泸州至重庆段河流沉积砾石搬运距离关系式: $S = (9.5 - D) / 0.064$, S —搬运距离, km, D —平均砾石直径, cm; ②砾岩结构及砾石磨圆度。如普拉姆利研究黑山河地区河流中石灰岩砾石,由源区搬运 18 km 乃至 37 km 时变成极圆状;昂路格在研究杜纳耶茨河砾石中的花岗岩砾石搬运 125 km 达到极圆状^[47]。依据上述原则,笔者计算了库车坳陷北部露头剖面侏罗系—新近系砾石搬运距离(表2):①下侏罗统阿合组—阳霞组沉积时期砾石为河流相河道滞留沉积,成分主要为耐磨损的变质石英岩、中酸性喷出岩、花岗岩、硅质岩等砾石,且砾石径较短,平均砾石径只有 11~25 mm。采用吴锡浩

表 2 库车坳陷与准南侏罗系—新近系砾石结构、成分、沉积相、沉积搬运距离及物源区属性统计表(据高志勇等^[42], 有修改)

Table 2 The Jurassic-Neogene conglomerate gravel structure, composition, transportation distance and provenance characteristics (after Gao, *et al.*^[42], modified)

库车坳陷					准噶尔盆地南缘					天山隆升 时间				
地层	沉积相	砾石径 /mm	砾石结构	砾石成分	搬运距离 /km	物源区 属性	地层	沉积相	砾岩结构		砾石成分	主要 剖面	搬运距离 /km	物源区属性
新近系 吉迪克组	冲积扇	最大 220 平均 58	颗粒支撑 次棱角状	砂岩、硅质岩、灰岩等砾石, 少量的大理岩及脉石英	约 24	前石炭系变质岩、石炭—二叠系和中生界盖层	新近系 独山子组	冲积扇	砾石径一般 15 cm, 最大 50~80 cm	安山岩、花岗岩、灰岩、砂岩、板岩	玛纳斯河	20.5	前石炭系变质岩、前石炭系或前中生界结晶基底、石炭—二叠系和中生界盖层	25 Ma 以来
古近系	扇三角洲 前缘水下 分流河道	最大 175 平均 64	颗粒支撑 棱角—次棱角状	主要为膏岩砾石, 少量中酸性喷出岩、变质石英岩、砂岩砾石	约 21	石炭—二叠系和中生界盖层	古近系紫 泥泉子组	冲积扇	平均砾石径 5 cm, 最大 20 cm	安山岩、花岗岩、灰岩、砂岩	玛纳斯河	27.4	前石炭系或前中生界结晶基底、石炭—二叠系和中生界盖层	96~ 46 Ma
下白垩统 巴什基奇 克组	冲积扇中 辫状河道	最大 56 平均 26	颗粒支撑 次棱—次圆状	变质石英岩、中酸性喷出岩、灰岩、硅质岩、少量砂岩砾石	约 45	前石炭系变质岩、石炭—二叠系和中生界盖层	下白垩统	冲积扇	磨圆、分选差、砾石径 2~8 cm, 平均 5.2 cm	中酸性火山岩、沉积岩、变质岩砾石增加	玛纳斯河 郝家沟	26.3	石炭—二叠系和中生界盖层、前石炭系变质岩	150~ 100 Ma
下白垩统 亚格列木组	冲积扇中 辫状河道	最大 53 平均 28	颗粒支撑 次棱—次圆状	变质石英岩、中酸性喷出岩、灰岩、硅质岩、少量千枚岩、变质砂岩、砂岩砾石	约 43	前石炭系变质岩、石炭—二叠系和中生界盖层	上侏罗统 喀拉扎组	冲积扇	砾石径 2~13 cm 不等, 平均 5.5 cm	凝灰质砂岩、凝灰岩、花岗质糜棱岩、脉石英	玛纳斯河 郝家沟	24.9	前石炭系或前中生界结晶基底、中生界盖层	
下侏罗统 阳霞组	曲流河道	最大 36 平均 20	颗粒支撑 次棱—次圆状		约 118	前石炭系变质岩、前石炭系或前中生界结晶基底	中侏罗统 西山窑组	河流相	砾石径 0.6~3 cm 磨圆、分选差	凝灰质砂岩、花岗岩、脉石英、泥页岩	玛纳斯河 郝家沟	101.5~ 139.0	前石炭系或前中生界结晶基底、中生界盖层	
下侏罗统 阿合组	晚期辫 状河道	最大 25 平均 11	颗粒支撑 次棱—次圆状	变质石英岩、中酸性喷出岩、花岗岩、硅质岩等	约 131	前石炭系变质岩、前石炭系或前中生界结晶基底	中侏罗统 西山窑组	河流相	磨圆、分选差	凝灰岩、凝灰质砂岩、脉石英	塔西河 郝家沟	/	前石炭系或前中生界结晶基底、石炭—二叠系	220~ 180 Ma
	早期辫 状河道	最大 80 平均 25	颗粒支撑 次棱—次圆状		约 109		下侏罗统 八道湾组	河流相	磨圆、分选差、砾石径 1.7~2.7 cm	凝灰质砂岩、花岗岩、凝灰岩、英安斑岩	玛纳斯河	106.3~ 121.9		

等^[46]建立的河流沉积砾石搬运距离关系式: 公式 $S = (9.5 - D) / 0.064$, 计算所得砾石沉积搬运距离可达 109~131 km。其中, 阿合组上部与阳霞组砾石搬运距离最远; ②上侏罗统喀拉扎组—下白垩统巴什基奇克组砾石搬运距离较近, 此三组主要发育近源冲积扇沉积, 且砾石成分主要为变质石英岩、中酸性喷出岩、灰岩、硅质岩、少量砂岩砾石, 且灰岩砾石含量一般介于 10%~20% 之间, 且最大砾石径可达 600 mm, 平均砾石径为 26~78 mm。故采用万静萍^[45]建立的冲积扇砾石沉积搬运距离的关系式计算所得砾石搬运距

离可达 20~45 km 左右; ③古近系砾石的沉积相类型为冲积扇—扇三角洲, 砾石主要为灰岩、膏岩砾石, 砾石呈棱角—次棱状, 砾石径最大可达 175 mm, 平均砾石径为 21~64 mm。同样采用万静萍^[45]建立的关系式计算得出砾石搬运距离可达 20~50 km 左右; ④新近系吉迪克组砾石的搬运距离最短, 该组砾石成分主要为砂岩、硅质岩、灰岩等砾石, 砾石径增大明显可达 220 mm, 平均砾石径为 58 mm。砾岩主要呈次棱角状, 且巨厚的砾岩主要为冲积扇沉积, 采用万静萍^[45]建立的关系式计算所得砾石搬运距离 20 km 左右。

区,章惠^[50]、李玮^[51]、张传恒^[52]、薛良清等^[2]认为从早侏罗世—中侏罗世西山窑沉积早期,吐哈盆地南北缘的古流向呈现北和南东2个不同的方向,表明物源来自盆地南侧觉罗塔格山和北西盆缘两侧(图3)。此时,古水流均指向博格达地区,表明博格达山并未隆起,相反是汇水区,表明准噶尔盆地和吐哈盆地在早—中侏罗世时是连通的。中侏罗世晚期—晚侏罗世,昌吉南部古水流为由南向北^[53],阜东地区古水流为东南—西北方向^[54],表明沉积物源分别来自北天山和初步隆升的博格达山(图3)。白垩纪,吐哈盆地西北缘、博格达山北缘均显示向北古水流,博格达山南侧则显示为向南方向的古水流,表明此时博格达山已强烈隆升,分割了准噶尔盆地和吐哈盆地^[51-52](图3)。

南天山前库车坳陷古水流的研究较少,陈戈^[55]认为在拜城北部—轮台西北部地区,早白垩世古水流主要为向南、东南及西南方向,北部物源主要来自于天山(图3)。张志亮^[56]等认为克拉苏河地区古近系库姆格列木群沉积时古水流方向为北东东—南西西向,至苏维依组沉积时,流向变为北北东—南南西向。新近系吉迪克组至库车组下段,古流向均为北北西—南南东向,但逐渐偏东(图3)。笔者对库车河剖面侏罗系—下白垩统沉积砂岩中层理的倾角倾向和岩层产状等进行了多点测量,对多组数据进行统计分析,计算并绘制出古水流流向的玫瑰花图,为该区的古流向研究提供参考数据。认为库车河剖面下侏罗统阿合组沉积古水流的方向为南偏西 7° ,阳霞组沉积古水流的方向为南偏东 2.5° ,下白垩统巴西改组沉积古水流的方向为南偏东 1° ,下白垩统巴什基奇克组沉积古水流的方向为南偏东 8° (图3)。古流向的逐渐偏向东方,暗示天山在此处的隆升是由东部向西部过渡的。

3 中生代天山的隆升顺序与范围

天山为一典型的复合型造山带,分别经历了古生代初始造山和晚中生代—新生代再造山过程^[38]。李忠等^[57]通过碎屑锆石 U-Pb 年龄构成分析表明,天山南北的山盆构造分异活动可划分为4个阶段:中晚三叠世—中侏罗世平稳或渐弱,天山主分水岭位于南天山;晚侏罗世—早白垩世天山区域整体抬升剥露加剧,并伴随主分水岭相对北移;晚白垩世—古近纪相对较弱,而新近纪再度活跃并达到最强,南、北天山强烈隆升,分水岭各成系统。前人^[38,58-68]运用磷灰石裂

变径迹测年技术,分析了天山在不同地区的隆升时间。笔者对这些数据进行了统计与整理^[42](表3),依据表3中的天山在不同地区隆升时间,编制了新疆地区中生代天山隆升时间顺序与隆升范围平面图^[42](图4)。由图可知,天山并非同一时间的隆升,而是按照时间先后顺序隆升。中生代以来,天山的隆升同样可划分为4个阶段,隆升的山体范围两小两大:①第一期隆升发生在距今220~180 Ma的晚三叠世—早侏罗世,最早隆升地点在昭苏—伊宁一线的中天山和奎屯南至玉希莫勒盖达坂地区,以及塔里木盆地北缘的库鲁克塔格山的兴地、辛格尔地区,山体隆升范围较小;②第二期隆升发生在距今约150~100 Ma的晚侏罗世—早白垩世,主要的隆升地点位于中天山琼博拉森林公园、北天山玛纳斯河上游—博格达山、南天山独库公路欧西达坂等地区,以及塔里木盆地北缘的库鲁克塔格山的北部地区,该时期的山体隆升范围较大。该时期的隆升,揭开了天山南北盆地开始分异的序幕;③第三期隆升发生在距今96~46 Ma的晚白垩世—始新世,山体隆升范围比较小,隆升地点主要位于北天山的头屯河及乌库公路后峡地区、南天山库车坳陷北部捷斯德里克背斜等地区、库鲁克塔格山西缘的库尔勒东部地区,以及吐哈盆地南部觉罗塔格山的雅满苏地区;④第四期隆升发生在距今25 Ma以来的中新世至第四纪,该时期可以说是天山全面隆升时期,并逐步形成现今的天山形态(图4)。

4 天山隆升与南北两侧盆地分异、沉积环境演化

4.1 早、中侏罗世天山隆升阶段

中生代以来,天山的第一期隆升发生在距今220~180 Ma的晚三叠世—早侏罗世的晚印支运动,隆升地区主要在昭苏—伊宁一线的中天山、奎屯南至玉希莫勒盖达坂地区,以及塔里木盆地北缘的库鲁克塔格山的兴地、辛格尔地区。新疆区早侏罗世位于古亚洲大陆南部边缘,区内地形与现今相比平缓得多,古天山可能处于中低山、丘陵状态。天山南北大型沉积盆地有准噶尔—吐哈、伊宁、塔里木北缘等盆地,盆地为菱形或梭形,近东西向分布。山丘之间和山丘与大盆地之间又分布着众多中、小型盆地^[39]。盆地在印支运动之后处于相对稳定、单一的沉积构造背景,准噶尔盆地基本上为北浅南深的箕状盆地,吐哈盆地为近东西向的长条形,古地势南高北低,沉降沉积中心位于盆地北部。塔里木北缘发育一近东西向大型沉

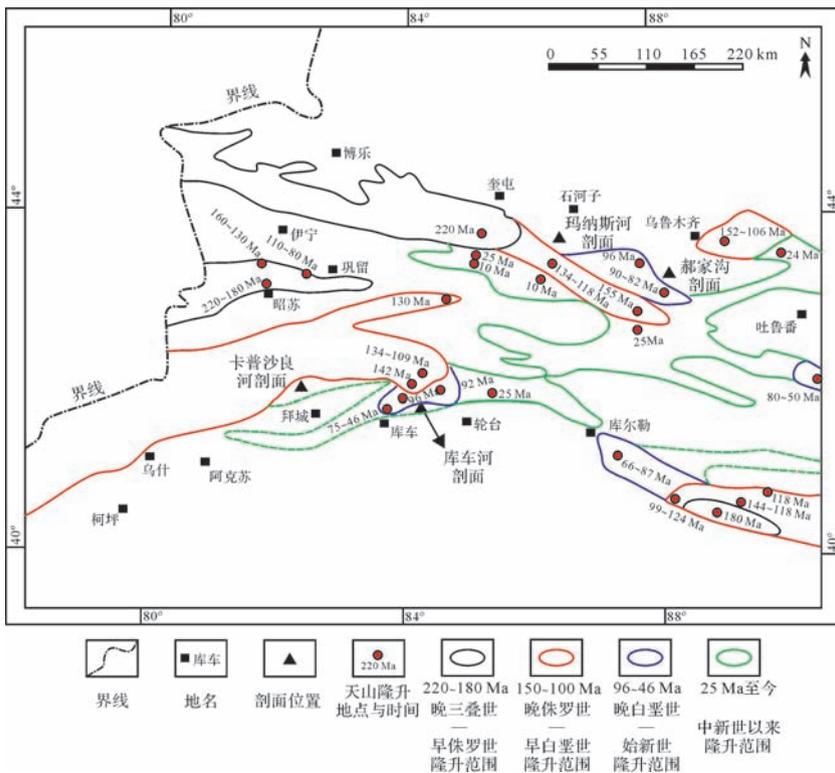
积盆地,沉积沉降中心分别在库车拗陷和罗布泊以北地区,盆地内地势北深南浅。早侏罗世—中侏罗世早期,准噶尔盆地和吐哈盆地沉积巨厚,分布范围广阔。

南北天山之间的伊宁、昭苏、焉耆、库米什盆地等不同程度的发育早侏罗世—中侏罗世早期地层,特别是伊宁盆地和焉耆盆地,此套地层巨厚,并有钻井揭露^[18]。

表3 新疆地区天山山脉隆升年龄与地点统计表(据高志勇等^[42],有修改)

Table 3 Ages of tectonic uplift of Tianshan Mountains(after Gao *et al.*^[42], modified)

山脉	具体隆升位置	隆升距今年龄/Ma	参考作者
中天山	昭苏煤矿	220~180	陈正乐等 ^[59]
	琼博拉森林公园	160~130	
	雅玛渡南	110~80	
北天山	依连哈比尔尕山玛纳斯河上游	134~118,65,37,23.8,10	沈传波等 ^[58]
	博格达山乌市东	152~106,65,45,24	
	头屯河	96	
	乌库公路后峡地区	90~82	
	乌库公路冰达坂南乌拉斯台	155,25	
	奎屯市南至玉希莫勒盖达坂	220,25,10	
南天山	巴音布鲁克盆地	130	郭召杰等 ^[61]
	库车河独库公路欧西达坂	134~109	
	库车河剖面亚格列木群至库姆格列木群	142,96,75~46	
	库车拗陷北部捷斯德里克背斜	92	
	阳霞煤矿	25	
库鲁克塔格山	库鲁克塔格山兴地、辛格尔	180,144~118,94~82,10	朱文斌等 ^[66]
	库鲁克塔格山北缘	118,101	
	库鲁克塔格山西缘库尔勒东南	99~124,66~87,28~63	
	库鲁克塔格山西缘库尔勒东北	99,87	
觉罗塔格山	雅满苏地区	80~50	高红雷等 ^[68]



注:图中的虚线为推测的相应时代天山隆升范围

图4 中生代以来天山隆升顺序平面图(据高志勇等^[42],有修改)

Fig.4 The uplift sequence of the Tianshan Mountains (after Gao *et al.*^[42], modified)

早侏罗世早期是天山南北两侧盆地内巨厚的砂砾岩储层形成期(图5), 冲积扇—河流相砾岩夹砂泥岩广泛分布于准噶尔、吐哈、三塘湖、焉耆、库米什、博乐等盆地的八道湾组底部。塔里木盆地库车坳陷早侏罗世早期, 发育阿合组辫状河沉积的砂砾岩。该时期为温暖潮湿型气候, 准噶尔盆地、吐哈盆地及库车坳陷南部发育广泛的滨浅湖、沼泽沉积^[39]。早侏罗世晚期—中侏罗世是烃源岩重要形成期, 天山南北湖盆扩张明显, 烃源岩沉积范围宽广。侏罗纪烃源岩发育期长, 煤层厚度大, 成煤时间存在南北差异。北疆从早侏罗世早期开始—中侏罗世早期, 以八道湾组、西山窑组为主要含煤地层。吐哈盆地中侏罗世晚期的三间房组、七克台组局部地区发育薄煤层或煤线。南疆地区从早侏罗世晚期至中侏罗世晚期的克孜勒努尔组都有煤层, 以下统上部阳霞组为主要含煤地层。中侏罗世中晚期, 天山南北主要为湖泊相沉积。北疆的准噶尔盆地、吐哈盆地连通为统一的泛湖盆, 南疆的库车坳陷、北部坳陷东部、焉耆盆地等组成统一的泛湖盆, 天山内部的伊宁盆地同样处于湖水面宽广时期(图6)。

总体而言, 以中天山为界, 北部的准噶尔—吐哈地区的基底由阿尔泰增生褶皱带和哈萨克斯坦板块东延部分组成, 自印支运动开始准噶尔盆地就发育成

大型陆相坳陷盆地, 早—中侏罗世盆地继承性发展成为我国北方最大的侏罗纪盆地。中天山南部基底由塔里木克拉通和天山增生褶皱带组成, 包括塔里木、伊宁、焉耆等盆地。持续的沉降使本区各盆地具有更大的地层厚度和更发育的湖相泥岩, 成为我国北方侏罗系烃源岩最发育地区^[39]。由于该时期天山的隆升范围较小, 整个中天山以东地区, 包括准噶尔—吐哈盆地、库车坳陷与北部坳陷东部地区、焉耆盆地以及其他小型盆地还处于较为统一的沉积演化阶段。

4.2 晚侏罗世—早白垩世天山隆升阶段

第二期隆升发生在距今约 150~100 Ma 的晚侏罗世—早白垩世, 该时期也是天山南北两侧的盆地沉积演化产生分异的转型期。受早燕山运动影响, 山体隆升范围较大, 北天山持续隆升并向东延伸, 博格达山开始大规模隆升, 南天山中段、东段与库鲁克塔格山也开始大规模隆升(图7)。博格达山的隆升开始使北疆的准噶尔盆地与吐哈盆地沉积演化产生了分异, 同时, 南天山与库鲁克塔格山的隆升也使南疆和北疆盆地的沉积环境演化产生了分异。

中侏罗世晚期—晚侏罗世, 中国北方气候不断变热、变干, 沉积区域与前期相比有所缩小, 沉积以杂色和红色占主导地位^[18]。早燕山运动造成盆地区域抬升, 博格达山的隆升使准噶尔盆地与吐哈盆地分割为

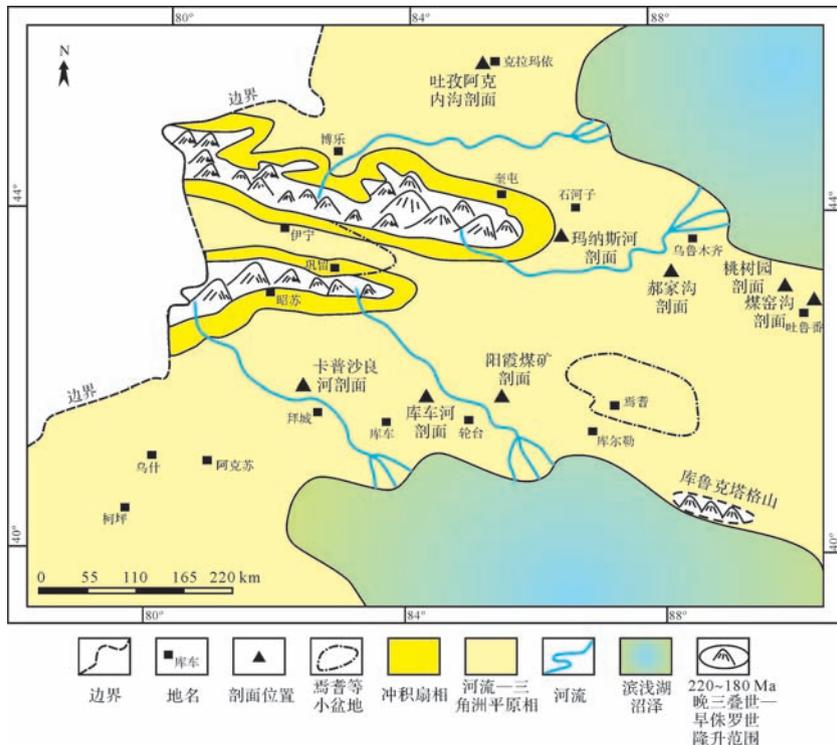


图5 早侏罗世早期天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.5 Early Jurassic to the Tianshan uplift area to its north and south sedimentary facies characteristics

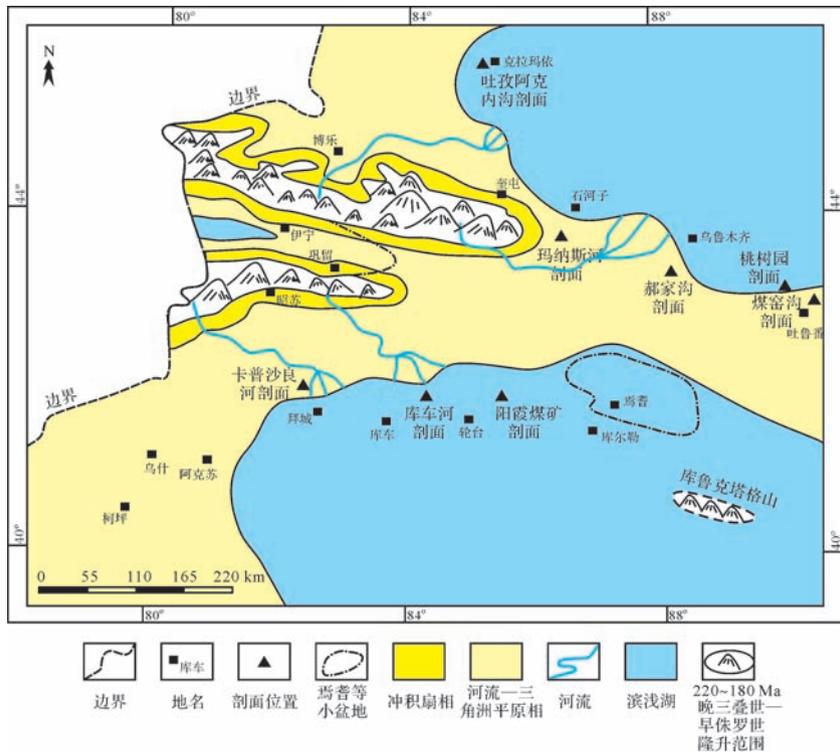


图6 中侏罗世天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.6 Middle Jurassic Tianshan uplift area to its north and south sedimentary facies characteristics

两个盆地(图7)。准噶尔盆地西北部则大幅度隆升,缺失中侏罗统上部和上侏罗统,东部中侏罗统上部和上侏罗统相对发育。博乐盆地、后峡盆地、柴窝堡盆地等均有分布。吐哈盆地中侏罗统上部和上侏罗统巨厚,沉降中心在吐鲁番拗陷,均以大套杂色、红色砂泥岩为特点。伊宁盆地和昭苏盆地中侏罗统上部和上侏罗统在地表出露零星,但钻井皆钻揭该套地层。焉耆盆地西端的干草湖一带、库米什盆地等均有出露^[18]。齐古组在准噶尔盆地与中侏罗世晚期沉积范围相当,主要为河流相—滨浅湖亚相沉积,紫泥泉子以东普遍发育凝灰岩。吐哈盆地分布范围较小,主要在台北拗陷,为滨浅湖亚相沉积。喀拉扎组沉积时期,准噶尔盆地主要为冲积扇—季节性河流沉积^[69],吐哈盆地台北凹陷西部岩性相对较细,为河流相及滨浅湖亚相沉积^[18]。晚侏罗世随着南天山、库鲁克塔格山的进一步隆升,库车拗陷与北部拗陷东部地区古气候炎热干燥,湖泊迅速萎缩,沉积范围大面积缩小^[39],各地区以季节性河流相的红色砂砾岩沉积为主^[29]。

早白垩世早期,北天山继续隆升并向东延展,博格达山、南天山及库鲁克塔格山的隆起,导致准噶尔盆地边界北移、库车拗陷的边界南移,沉积物源发生明显变化(表2),各盆地的古气候特征也发生变化,

盆山格局也随之发生改变,此阶段可以与欧亚板块南缘拉萨地块的拼合作用相对应,是天山南北两侧盆地由局部张性构造背景开始向局部挤压构造背景转变的重要时期^[70]。早白垩世早期,天山南北各盆地沉积了一套砂砾岩,在准噶尔盆地表现为下白垩统底部砾岩,库车拗陷表现为下白垩统亚格列木组底砾岩沉积。之后,大规模的湖侵发生,准噶尔盆地表现为吐鲁番群宽而浅的湖盆沉积为主,湖盆沉积范围较晚侏罗世时期稍有扩大。吐鲁番群岩性主要为湿润气候环境下沉积的灰绿色、黄绿色泥岩、砂质泥岩等,并含有大量动植物化石,是烃源岩的发育时期。南天山前库车拗陷气候干旱,舒善河组—巴西改组发育红色的湖相泥岩与三角洲沉积(图8)。中天山的伊宁盆地、南天山的焉耆盆地可能也以湖泊沉积为主。早白垩世,准噶尔盆地、库车拗陷沉积演化产生了分异,准噶尔盆地在早白垩世有烃源岩发育,但是储层的分布范围较小^[5]。此时的库车拗陷气候干旱炎热(表1),先前统一的宽浅型湖泊的湖平面下降,导致早先沉积的宽浅型湖泊出现了分化,在古天山前出现了多个小型湖泊。天山前季节性河流沉积大规模出现(图9),河流进入小型湖泊后也可形成大量的小型季节性河流三角洲,塔里木盆地北部形成了大面积分布的巴什基

奇克组砂岩,该时期是储层的重要发育时期^[29]。晚白垩世在准噶尔盆地沉积了上白垩统东沟组的红色砂砾岩,准噶尔盆地东部、西部均不同程度缺失上白

垩统,残余厚度仅限于盆地中央,邻近盆地如柴窝堡、吐哈、塔里木、柴达木和酒西盆地等不同程度缺失上白垩统^[70]。

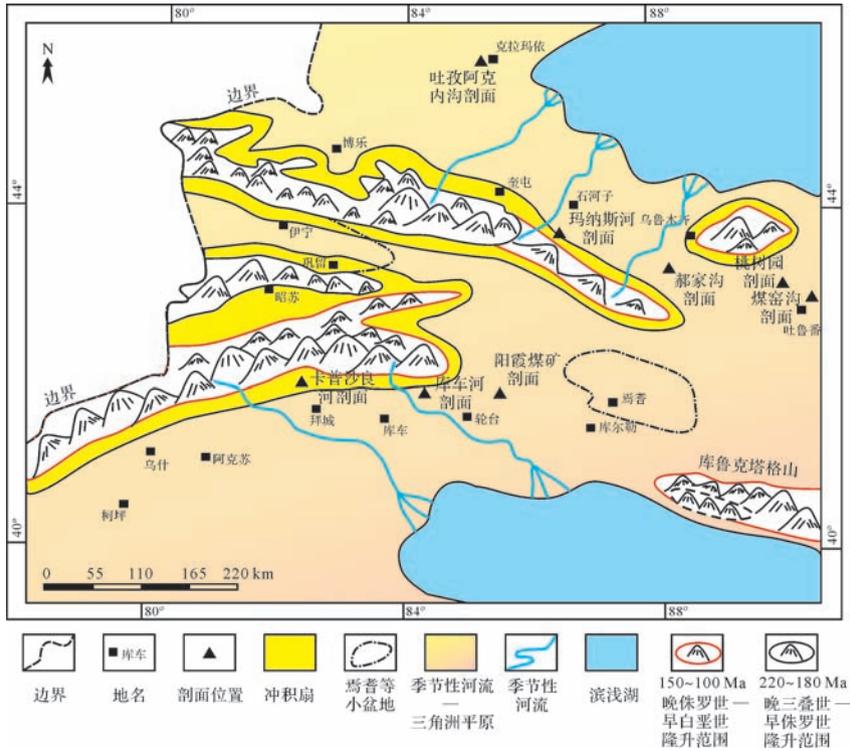


图7 晚侏罗世天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.7 Lately Jurassic Tianshan uplift area to its north and south sedimentary facies characteristics

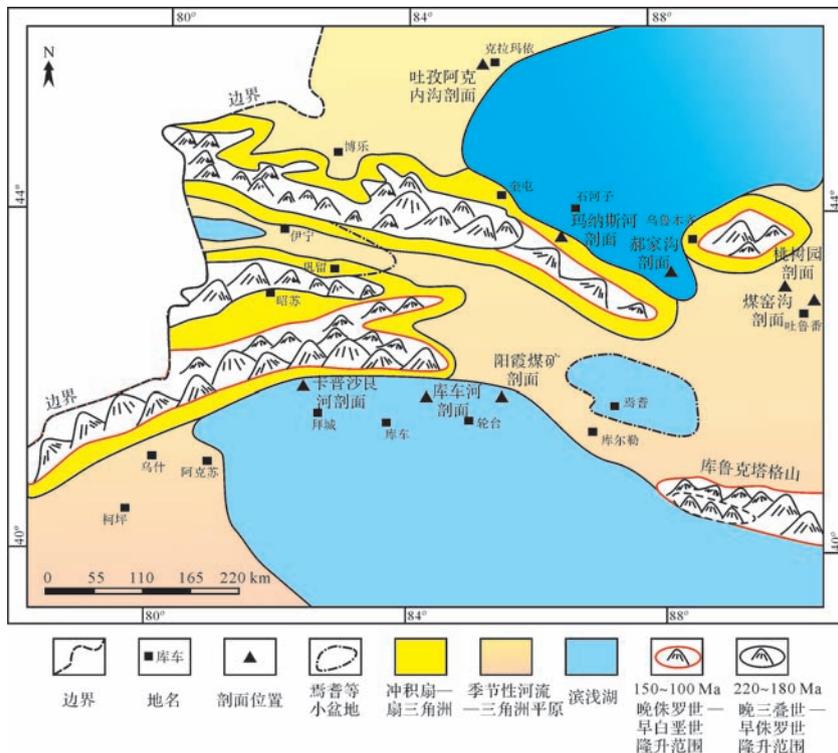


图8 早白垩世早期天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.8 The Early Cretaceous Tianshan uplift area to its north and south sedimentary facies characteristics

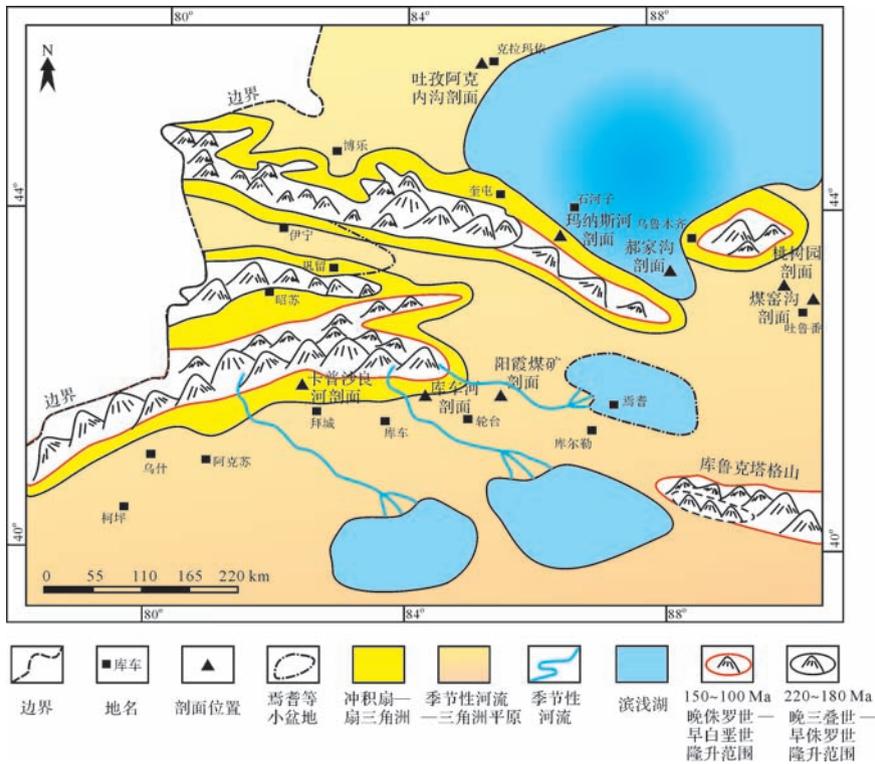


图9 早白垩世晚期天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.9 Late Early Cretaceous Tianshan uplift area to its north and south sedimentary facies characteristics

4.3 晚白垩世—始新世天山隆升阶段

第三期隆升发生在距今 96~46 Ma 的晚白垩世—始新世, 山体隆升范围比较小, 隆升地点主要位于北天山的头屯河及乌库公路后峡地区、南天山库车坳陷北部捷斯德里克背斜等地区, 库鲁克塔格山西缘的库尔勒东部地区, 以及吐哈盆地南部觉罗塔格山的雅满苏地区(图 10)。该时期天山南北两侧盆地的沉积出现了显著的不同, 北天山前的准噶尔盆地是紫泥泉子组砂砾岩储层与其上覆的安集海河组烃源岩发育时期, 而南天山前的库车坳陷是古近系库姆格列木群膏盐岩有效盖层和苏维依组砂岩储层^[30,37]的重要发育时期(图 10)。

准噶尔盆地以陆相沉积为主, 古新世至始新世普遍发育红色沉积, 湖区范围很小。古近系紫泥泉子组发育冲积扇、扇三角洲等砂砾岩沉积, 在山前带形成 4 个扇三角洲朵状体。其中, 西湖—独山子与吐谷鲁—玛纳斯为砂体主要沉积区, 而霍尔果斯与呼图壁则为次要发育区。安集海河组沉积时期, 由于湖平面的快速上升, 灰绿色泥岩较发育, 扇三角洲的扇体规模较紫泥泉子组变小^[19]。古近纪早期, 库车坳陷进入新的沉积阶段, 海水多次由塔西南入侵至库车坳陷西部, 形成海湾潟湖相膏盐岩、膏泥岩和泥岩沉积

(图 10), 巨厚的膏盐岩成为库车坳陷最好的一套盖层, 对盐下深层大规模天然气的保存发挥了重要的作用。始新世—渐新世的苏维依组沉积时期, 库车坳陷演化为内陆湖相沉积, 砂泥岩的沉积范围较库姆格列木组沉积时期产^[21]。

4.4 新近纪以来天山隆升阶段

第四期的隆升发生在距今 25 Ma 以来的中新世至第四纪, 该时期可以说是天山全面隆升时期, 并逐步形成现今的天山形态。天山南北两侧的盆地分化较为彻底, 北疆的准噶尔盆地、吐哈盆地, 南疆的库车坳陷、焉耆盆地等均进入了各自的沉积演化过程(图 11, 12)。该时期也是新生代储层形成的重要时期, 北疆的准噶尔盆地新近系沙湾组与南疆库车坳陷新近系吉迪克组的底部均发育大规模的砂砾岩储层, 并有较丰富的油气发现。

新近纪以来, 印度与亚洲板块碰撞的远程效应^[71], 使天山造山带再次活跃, 天山地区发生快速地壳缩短和强烈的逆冲推覆, 在两侧形成与陆内造山带相关的再生前陆盆地。准噶尔盆地南缘新近系沉积巨厚, 天山山脉及盆地南缘发生快速隆升, 形成大规模的前陆冲断带^[49]。中新世至上新世初期, 整个天山开始剧烈隆起, 盆地则进一步沉降扩大。上新世中

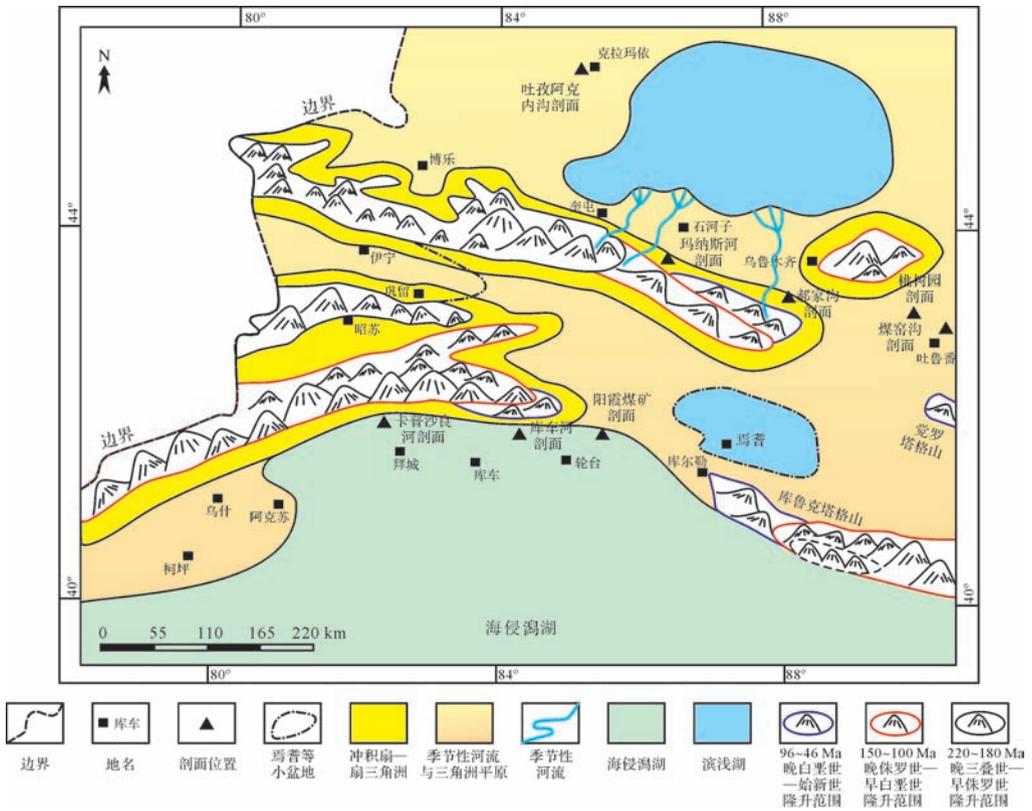


图 10 古近纪早期天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.10 Early Paleogene Tianshan uplift area to its north and south in sedimentary facies characteristics

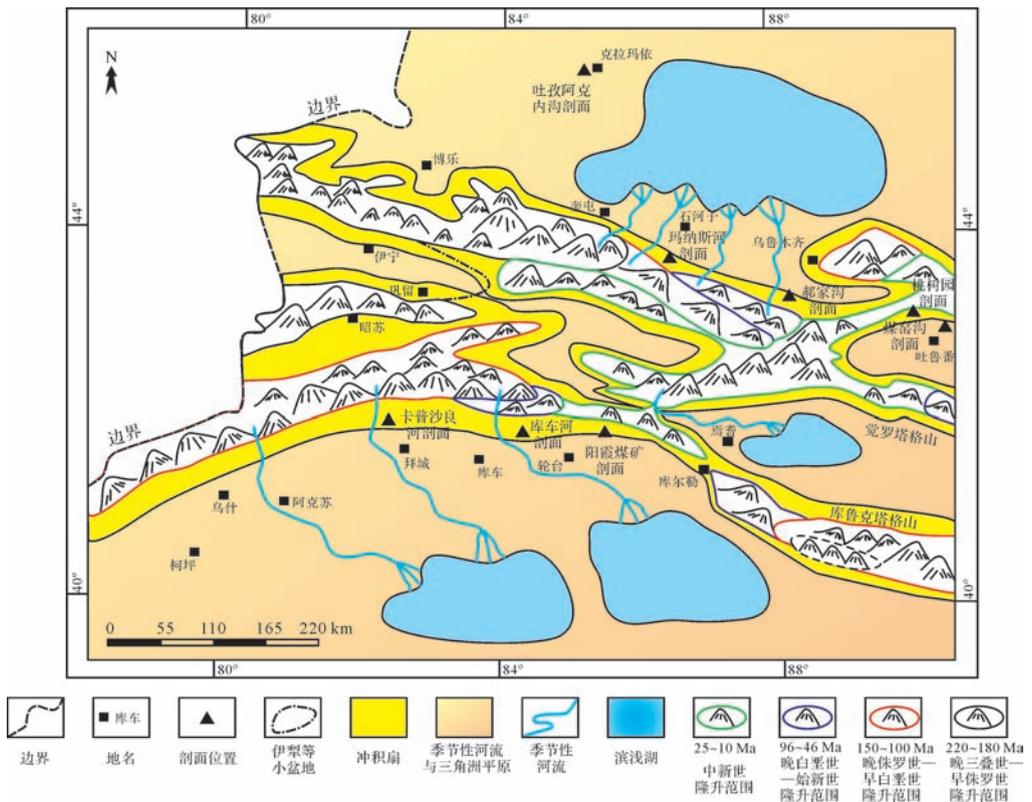


图 11 新近纪早期天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.11 Early Neogene Tianshan uplift area to its north and south sedimentary facies characteristics

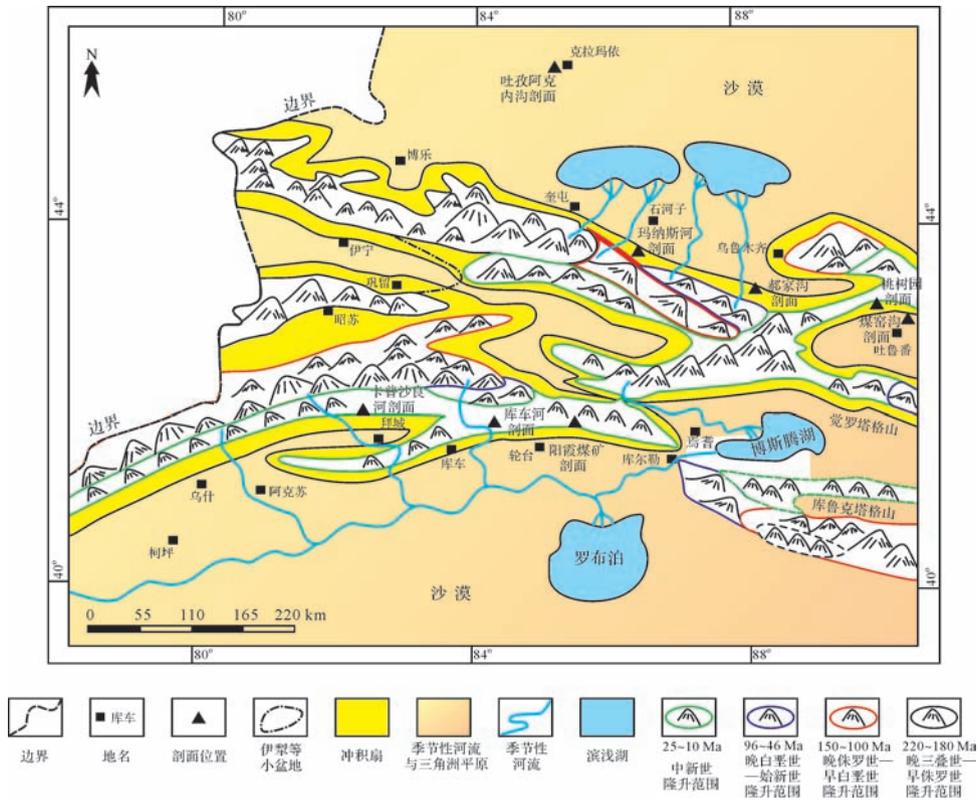


图 12 第四纪天山隆升范围及其南北沉积充填特征

Fig.12 Quaternary Tianshan uplift area to its north and south sedimentary facies characteristics

晚期—第四纪气候干旱,降雨量减少,山前发育大面积的冲积扇砾石沉积^[72]。再向前发育大面积季节性辫状河—曲流河沉积,盆地腹部则是广泛的沙漠沉积。该时期湖盆变小而浅,最后分隔为几个小而孤立的浅水和半咸水湖泊(图 11,12)。新近纪—第四纪库车盆地周边山体剧烈上升,盆地边缘的冲积扇、季节性河流发育,向盆地输入大量碎屑物质。在塔里木盆地北部,由西部的柯坪—乌什向东至库尔勒,由北部南天山向南至阿拉尔—塔里木乡及其以南的广大区域,发育大面积的季节性河流与沙漠(风成)沉积体系,在此广大区域内发育了塔里木河、渭干河、卡普沙良河、库车河、迪那河等多条季节性河流沉积。焉耆盆地内发育开都河—博斯腾湖的河流—三角洲—湖泊沉积体系(图 12)。

5 结论

中生代天山的 4 阶段隆升控制了北疆与南疆各盆地烃源岩、储层及盖层的重要形成期与分布范围。

第一阶段,晚三叠世—早侏罗世天山隆升范围较小,中天山以东的准噶尔—吐哈盆地、库车坳陷与北

部坳陷东部地区、焉耆盆地以及其他小型盆地处于统一的沉积演化阶段,该时期也是下侏罗统储层与中侏罗统烃源岩形成的重要时期。

第二阶段,晚侏罗世—早白垩世天山山体隆升范围较大,南天山与库鲁克塔格山的隆升使南疆和北疆盆地产生了分异,北疆内博格达山的隆升使准噶尔盆地与吐哈盆地的沉积演化产生了分异。该时期北疆是上侏罗统砂砾岩储层与白垩纪湿润气候环境下烃源岩的形成期,南疆盆地则主要是白垩纪干旱气候环境下砂砾岩、特别是巴什基奇克组储层的重要形成期。白垩纪以来,北湿南干的古气候差异、北天山隆升幅度高于南天山造成的淮南盆深库车盆浅以及此基础上的沉积相差异是控制该阶段天山南北生储盖组合差异的主要原因。

第三阶段,晚白垩世—始新世山体隆升范围比较小,天山南北两侧盆地的沉积出现了显著的不同,北天山前是砂砾岩储层与湖相烃源岩发育时期,南天山前则是海湾泻湖相膏盐岩有效盖层和砂岩储层的重要发育期。

第四阶段,中新世至第四纪天山南北两侧的盆地分化较为彻底,北疆的准噶尔盆地、吐哈盆地,南疆的

库车坳陷、焉耆盆地等均进入了各自的沉积演化过程。

致谢 本文的完成得到了邓胜徽教授、卢远征高工的帮助,同时审稿专家也提出了宝贵的意见与建议,在此深表谢意!

参考文献(References)

- 靳久强,赵文智,薛良清,等. 中国西北地区侏罗纪原型盆地与演化特征[J]. 地质论评, 1999, 45(1): 92-104. [Jin Jiuqiang, Zhao Wenzhi, Xue Liangqing, et al. Proto-types and evolution of Jurassic basins in NW China[J]. Geological Review, 1999, 45(1): 92-104.]
- 薛良清,李文厚,宋立珩. 西北地区侏罗纪原始沉积区恢复[J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 539-543, 566. [Xue Liangqing, Li Wenhou, Song Liyan. Reconstruction of original sedimentary province of the Jurassic in the northwestern China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(4): 539-543, 566.]
- 吴朝东,全书进,郭召杰,等. 新疆侏罗纪原型盆地类型[J]. 新疆地质, 2004, 22(1): 56-63. [Wu Chaodong, Quan Shujin, Guo Zhaojie, et al. The prototype basins in Xinjiang, western China[J]. Xinjiang Geology, 2004, 22(1): 56-63.]
- 何光玉,卢华复,杨树锋,等. 库车中生代盆地沉降特征[J]. 浙江大学学报:理学版, 2004, 31(1): 110-113, 120. [He Guangyu, Lu Huafu, Yang Shufeng, et al. Subsiding features of the Mesozoic and Cenozoic Kuqa Basin, northwestern China[J]. Journal of Zhejiang University: Science Edition, 2004, 31(1): 110-113, 120.]
- 谷云飞,马明福,苏世龙,等. 准噶尔盆地白垩系岩相古地理[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 337-342, 347. [Gu Yunfei, Ma Mingfu, Su Shilong, et al. Lithofacies paleogeography of the Cretaceous in the Junggar Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(4) 337-342, 347.]
- 田在艺,张庆春. 中国含油气沉积盆地论[M]. 北京:石油工业出版社, 1996: 1-200. [Tian Zaiyi, Zhang Qingchun. Study on Oil and Gas Basins in China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 1-200.]
- 张渝昌. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京:南京大学出版社, 1997: 3-26. [Zhang Yuchang. Analysis of Proto-Type Petroliferous Basins in China[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1997: 3-26.]
- 杜远生. 关于造山带动力沉积学若干问题的思考[J]. 地学前缘, 1998, 5(增刊): 135-140. [Du Yuansheng. A thinking about dynamic sedimentology of orogenic belts[J]. Earth Science Frontiers, 1998, 5 (Suppl): 135-140.]
- 童晓光,何登发. 油气勘探原理和方法[M]. 北京:石油工业出版社, 1999: 10-30. [Tong Xiaoguang, He Dengfa. Principle and Methodology of Petroleum Exploration[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999: 10-30.]
- 何登发,贾承造,李德生,等. 塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. 石油天然气地质, 2005, 26(1): 64-77. [He Dengfa, Jia Chengzao, Li Desheng, et al. Formation and evolution of polycyclic superimposed Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(1): 64-77.]
- 雷振宇,杜社宽,张朝军. 中亚地区与中国西部盆地类比其他油气勘探潜力[J]. 地球学报, 2004, 25(1): 67-72. [Lei Zhenyu, Du Shekuan, Zhang Chaojun. A comparison of the basins in western China with those in central Asia and the oil-gas exploration potential of western China[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004, 25(1): 67-72.]
- 李江海,程雅琳,李维波,等. 中国及邻区沉积盆地群结构与构造演化探讨——来自长剖面的研究对比[J]. 中国地质, 2013, 40(1): 74-85. [Li Jianghai, Cheng Yalin, Li Weibo, et al. A discussion on architecture and tectonic Evolution of basins in China and its adjacent areas: Evidence from new progress of the long profile[J]. Geology in China, 2013, 40(1): 74-85.]
- 刘和甫,汪泽成,熊保贤,等. 中国中西部中、新生代前陆盆地与挤压造山带耦合分析[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 55-72. [Liu Hefu, Wang Zecheng, Xiong Baoxian, et al. Coupling analysis of Mesozoic-Cenozoic foreland basin and mountain system in central and western China[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 55-72.]
- 何登发,李德生,何金有,等. 塔里木盆地库车坳陷和西南坳陷油气地质特征类比其他及勘探启示[J]. 石油学报, 2013, 34(2): 201-218. [He Dengfa, Li Desheng, He Jinyou, et al. Comparison in petroleum geology between Kuqa depression and southwest depression in Tarim Basin and its exploration significance[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34(2): 201-218.]
- 张明山,张进学,于拥军,等. 吐哈盆地地质结构和油气聚集规律的新认识[J]. 新疆石油地质, 2002, 23(3): 189-192. [Zhang Mingshan, Zhang Jinxue, Yu Yongjun, et al. New understandings about geological structures and hydrocarbon accumulation mode in Turpan-Hami Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2002, 23(3): 189-192.]
- 肖冬生,陈旋,康积伦,等. 博格达山构造演化对吐哈盆地台北凹陷西缘油气成藏的控制作用[J]. 中南大学学报:自然科学版, 2014, 45(11): 3877-3885. [Xiao Dongsheng, Chen Xuan, Kang Jilun, et al. Controlling functions of tectonic evolution of Bogeda Mountain on petroleum accumulation in western Taipei sag, Turpan-Hami Basin[J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2014, 45(11): 3877-3885.]
- 陈建军,刘池阳,姚亚明,等. 中生代焉耆盆地演化特征[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2007, 37(2): 287-290. [Chen Jianjun, Liu Chiyang, Yao Yaming, et al. The evolution characteristic of Yanqi Basin in the Mesozoic[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2007, 37(2): 287-290.]
- 邓胜徽,姚益民,叶得泉,等. 中国北方侏罗系(I)地层总述[M]. 北京:石油工业出版社, 2003: 1-399. [Deng Shenghui, Yao Yimin, Ye Dequan, et al. Jurassic System in the North of China Volume I Stratum Introduction[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 1-399.]
- 高志勇,韩国猛,朱如凯,等. 准噶尔盆地南缘古近纪—新近纪前陆盆地沉积格局与演变[J]. 古地学报, 2009, 11(5): 491-502. [Gao Zhiyong, Han Guomeng, Zhu Rukai, et al. Depositional setting and evolution of the Paleogene-Neogene foreland basin of southern margin of Junggar Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(5): 491-502.]

- 20 吴崇筠,薛叔浩. 中国含油气盆地沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,1992:1-484. [Wu Chongyun, Xue Shuhao. *Petroliferous Basin Sedimentology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 1-484.]
- 21 朱如凯,郭宏莉,高志勇,等. 塔里木盆地北部地区中、新生界层序地层、沉积体系与储层特征[M]. 北京:地质出版社,2009. [Zhu Rukai, Guo Hongli, Gao Zhiyong, et al. *Mesozoic-Cenozoic Sequence Stratigraphy, Sedimentary System and Reservoir Characteristics in Northern Tarim Basin* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009.]
- 22 黄克难,詹家祯,邹义声,等. 新疆库车河地区三叠系和侏罗系沉积环境及古气候[J]. 古地理学报,2003,5(2):197-208. [Huang Kenan, Zhan Jiazhen, Zou Yisheng, et al. Sedimentary environments and palaeoclimate of the Triassic and Jurassic in Kuqa river area, Xinjiang[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2003, 5(2): 197-208.]
- 23 江德昕,王永栋,魏江. 新疆乌恰早白垩世孢粉植物群及其环境意义[J]. 古地理学报,2007,9(2):185-196. [Jiang Dexin, Wang Yongdong, Wei Jiang. Palynofloras and their environmental significance of the Early Cretaceous in Wuqia, Xinjiang Autonomous Region [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2007, 9(2): 185-196.]
- 24 王长轩. 新疆车排子地区孢粉植物群与古气候[J]. 微体古生物学报,2014,31(1):75-84. [Wang Changxuan. Spore-pollen flora and paleoclimate of the Chepaizi area, Xinjiang, NW China[J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 31(1): 75-84.]
- 25 续晓璟,咎立宏,程捷. 新疆吐鲁番盆地陆相白垩纪与古近纪界线的环境指标[J]. 现代地质,2006,20(3):423-428. [Xu Xiaojing, Zan Lihong, Cheng Jie. Environmental proxies from the terrestrial Cretaceous-Paleogene boundary in the Turpan Basin, Xinjiang[J]. *Geoscience*, 2006, 20(3): 423-428.]
- 26 张西娟,程捷,王海芝,等. 吐鲁番盆地古近纪和新近纪的气候变化[J]. 地质力学学报,2004,10(4):319-326. [Zhang Xijuan, Cheng Jie, Wang Haizhi, et al. Paleogene and Neogene paleoclimatic changes in the Turpan Basin, Northwest China[J]. *Journal of Geomechanics*, 2004, 10(4): 319-326.]
- 27 高志勇,郭宏莉,安海亭,等. 库车坳陷东部山前带古近系不同体系域内扇三角洲沉积砂体的对比研究[J]. 地质科学,2008,43(4):758-776. [Gao Zhiyong, Guo Hongli, An Haiting, et al. Paleogene fan-delta sandbodies of different system tracts in foreland of the eastern Kuqa depression: a comparative study[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2008, 43(4): 758-776.]
- 28 高志勇,冯佳睿,李小陪,等. 天山南北前陆盆地冲断带沉积砂体对构造逆冲作用响应动力学[J]. 石油与天然气地质,2013,34(2):248-256. [Gao Zhiyong, Feng Jiarui, Li Xiaopei, et al. Kinetics of sedimentary process response to thrusting in the thrust belts of foreland basins in southern and northern Tianshan[J]. *Oil & Gas Geology*, 2013, 34(2): 248-256.]
- 29 高志勇,冯佳睿,周川闽,等. 干旱气候环境下季节性河流沉积特征——以库车河剖面下白垩统为例[J]. 沉积学报,2014,32(6):1060-1071. [Gao Zhiyong, Feng Jiarui, Zhou Chuanmin, et al. Arid climate seasonal rivers deposition: A case of Lower Cretaceous in Kuche river outcrop[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2014, 32(6): 1060-1071.]
- 30 Gao Zhiyong, Guo Hongli, Zhu Rukai, et al. Sedimentary response of different fan types to the Paleogene-Neogene basin transformation in the kuqa depression, Tarim Basin, Xinjiang province[J]. *Acta Geologica Sinica: English Edition*, 2009, 83(2): 411-424.
- 31 朱秉启,于静洁,秦晓光,等. 新疆地区沙漠形成与演化的古环境证据[J]. 地理学报,2013,68(5):661-679. [Zhu Bingqi, Yu Jingjie, Qin Xiaoguang, et al. Formation and evolution of sandy deserts in Xinjiang: the palaeo-environmental evidence[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(5): 661-679.]
- 32 刘桤颖. 准噶尔盆地哈山南缘层序地层格架内的沉积环境演化研究[J]. 地层学杂志,2014,38(3):347-354. [Liu Yaying. Jurassic sequence stratigraphy and paleoclimate evolution on the southern margin of the Hala'alat mountain, Junggar Basin[J]. *Journal of Stratigraphy*, 2014, 38(3): 347-354.]
- 33 曹代勇,邵龙义,张鹏飞. 吐哈盆地早、中侏罗世聚煤期古构造[J]. 古地理学报,1999,1(2):46-52. [Cao Daiyong, Shao Longyi, Zhang Pengfei. Palaeotectonics in the Early and Middle Jurassic coal-forming periods of the Turpan-Hami Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 1999, 1(2): 46-52.]
- 34 张代生,付国斌,秦恩鹏,等. 新疆吐哈盆地侏罗纪古植被与古气候及古环境的探讨[J]. 现代地质,2002,16(2):147-152. [Zhang Daisheng, Fu Guobin, Qin Enpeng, et al. Jurassic palaeoclimate, palaeovegetation and palaeoenvironment in the Tuha Basin in Xinjiang [J]. *Geoscience*, 2002, 16(2): 147-152.]
- 35 尹凤娟,华洪,张子福. 新疆吐鲁番—哈密盆地托克逊凹陷早侏罗世孢粉植物群及其意义[J]. 中国地质,2004,31(2):186-191. [Yin Fengjuan, Hua Hong, Zhang Zifu. Early Jurassic sporopollen assemblages from the Toksun subbasin in the Turpan-Hami Basin, Xinjiang and their significance[J]. *Geology in China*, 2004, 31(2): 186-191.]
- 36 姚亚明,刘池阳,赵增录,等. 焉耆盆地构造演化与油气聚集[J]. 新疆石油地质,2003,24(2):115-117. [Yao Yaming, Liu Chiyang, Zhao Zenglu, et al. Structural evolution and hydrocarbon accumulation in Yanqi Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2003, 24(2): 115-117.]
- 37 陈建军,刘池阳,姚亚明,等. 新疆焉耆盆地中生代原始面貌探讨[J]. 沉积学报,2007,25(4):518-525. [Chen Jianjun, Liu Chiyang, Yao Yaming, et al. Discussion on primary morphology of Yanqi Basin, Xinjiang in Mesozoic[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(4): 518-525.]
- 38 柳永清,王宗秀,金小赤,等. 天山东段晚中生代—新生代隆升沉积响应、年代学与演化研究[J]. 地质学报,2004,78(3):319-331. [Liu Yongqing, Wang Zongxiu, Jin Xiaochi, et al. Evolution, chronology and depositional effect of uplifting in the eastern sector of the Tianshan mountains[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2004, 78(3): 319-331.]
- 39 钟筱春,赵传本,杨时中,等. 中国北方侏罗系(II)古环境与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003:1-201. [Zhong Xiaochun, Zhao Chuanben, Yang Shizhong, et al. *Jurassic System in the North of China Volume II Palaeoenvironment and Oil-Gas Source* [M]. Beijing:

- Petroleum Industry Press, 2003: 1-201.]
- 40 刘宝珺,曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法[M]. . 北京:地质出版社,1985:1-442. [Liu Baojun, Zeng Yunfu. Lithofacies Palaeogeography and Working Method[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985: 1-442.]
 - 41 李忠,王道轩,林伟,等. 库车坳陷中—新生界碎屑组分对物源类型及其构造属性的指示[J]. 岩石学报,2004,20(3):655-666. [Li Zhong, Wang Daoxuan, Lin Wei, et al. Mesozoic-Cenozoic clastic composition in Kuqa depression, Northwest China: implication for provenance types and tectonic attributes[J]. Acta Petrologica Sinica, 20(3): 655-666.]
 - 42 高志勇,朱如凯,冯佳睿,等. 库车坳陷侏罗系—近新系砾岩特征变化及其对天山隆升的响应[J]. 石油与天然气地质,2015,36(4):534-544. [Gao Zhiyong, Zhu Rukai, Feng Jiarui, et al. Jurassic-Neogene conglomerate characteristics in Kuqa depression and their response to tectonic uplifting of Tianshan mountains[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(4): 534-544.]
 - 43 余素玉. 砾岩和角砾岩的组分-成因分类[J]. 地质科技情报,1984(3):37-40. [Yu Suyu. Components of conglomerate and breccia-genetic classification[J]. Geological Information Science and Technology, 1984(3): 37-40.]
 - 44 李小陪,高志勇,李书凯,等. 库车前陆盆地上侏罗统—白垩统砾岩特征与构造演化关系[J]. 沉积学报,2013,31(6):980-993. [Li Xiaopei, Gao Zhiyong, Li Shukai, et al. Relationship between conglomeratic characteristics and tectonic evolution of Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Kuqa Foreland Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(6): 980-993.]
 - 45 万静萍,马立祥,周宗良. 恢复西酒地区白垩系变形盆地原始沉积边界的方法探讨[J]. 石油实验地质,1989,11(3):245-249. [Wan Jingping, Ma Lixiang, Zhou Zongliang. Approach on the method for restoration of original sedimentary boundaries of the Cretaceous deformed basin in Jiuxi area [J]. Experimental Petroleum Geology, 1989, 11(3): 245-249.]
 - 46 吴锡浩,钱方. 川江徐家沱—金刚沱河段现代河床砾石粒度和形态变化的初步分析[J]. 地质论评,1964,22(4):289-297. [Wu Xihao, Qian Fang. Preliminary analysis of modern riverbed gravel particle size and morphology of Yangzi river [J]. Geological Review, 1964, 22(4): 289-297.]
 - 47 张庆云,田德利. 利用砾石形状和圆度判别第四纪堆积物的成因[J]. 长春地质学院学报,1986(1):59-64. [Zhang Qingyun, Tian Deli. The identification of the origin of Quaternary accumulative material by shape and roundness of gravels[J]. Journal of Changchun College of Geology, 1986(1): 59-64.]
 - 48 万延周,周立发,白斌,等. 准噶尔盆地南缘水西沟群物源分析[J]. 岩性油气藏,2009,21(2):35-41. [Wan Yanzhou, Zhou Lifa, Bai Bin, et al. Provenance analysis of Shuixigou Group in southern margin of Junggar Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(2): 35-41.]
 - 49 郭召杰,吴朝东,张志诚,等. 乌鲁木齐后峡地区侏罗系沉积特征、剥露过程及中生代盆地关系讨论[J]. 高校地质学报,2005,11(4):558-567. [Guo Zhaojie, Wu Chaodong, Zhang Zhicheng, et al. Mesozoic-Cenozoic relationships between Tianshan mountain and Peripheral basins: Evidence from sedimentology and exhumation of Jurassic in Houxia area, Urumchi [J]. Geological Journal of China Universities, 2005, 11(4): 558-567.]
 - 50 章惠,旷红伟,柳永清,等. 北疆东部三塘湖与吐哈地区中侏罗统西山窑组沉积差异性及对博格达山隆升时间的约束[J]. 地质通报,2013,32(2/3):443-455. [Zhang Hui, Kuang Hongwei, Liu Yongqing, et al. The sedimentary differences of the Middle Jurassic Xishanyao Formation between Santanghu area and Turpan-Hami area and their constraint on the uplifting of the Bogda Mountain [J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(2/3): 443-455.]
 - 51 李玮,胡健民,黎敦朋,等. 新疆博格达山北缘晚古生代—中生代古水流样式转折及其构造意义[J]. 沉积学报,2007,25(2):283-292. [Li Wei, Hu Jianmin, Li Dudpeng, et al. Analysis of the Late Paleozoic and Mesozoic paleocurrents and it's constructional significance of the northern Bogdashan, Xinjiang [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(2): 283-292.]
 - 52 张传恒,刘典波,张传林,等. 新疆博格达山初始隆升时间的地层学标定[J]. 地学前缘,2005,12(1):294-302. [Zhang Chuanheng, Liu Dianbo, Zhang Chuanlin, et al. Stratigraphic constraints on the initial uplift age of Bogda Shan, Xinjiang, north-west China [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(1): 294-302.]
 - 53 杨潮,赵霞飞. 新疆昌吉南部侏罗系中统头屯河组河流沉积特征及古河流的重塑[J]. 沉积学报,1988,6(4):33-43. [Yang Chao, Zhao Xiafei. Depositional features and palaeohydraulic conditions of the fluvial sediments of Toutunhe Formation, Middle Jurassic, in southern Changji prefecture, Xinjiang [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1988, 6(4): 33-43.]
 - 54 刘亚因,王甘露,王延章,等. 新疆阜东地区齐古组物源方向分析[J]. 沉积与特提斯地质,2015,35(2):60-65. [Liu Yanan, Wang Ganlu, Wang Yanzhang, et al. Provenance analysis of the Qigu Formation in the eastern Fukang region, Xinjiang [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2015, 35(2): 60-65.]
 - 55 陈戈,黄智斌,张惠良,等. 塔里木盆地库车坳陷白垩系巴什基奇克组物源精细分析[J]. 天然气地球科学,2012,23(6):1025-1033. [Chen Ge, Huang Zhibin, Zhang Huiliang, et al. Provenance analysis of clastic rocks in the Cretaceous Bashijiqike Formation at Kuqa depression [J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(6): 1025-1033.]
 - 56 张志亮,沈忠悦,汪新,等. 库车坳陷克拉苏河新生代沉积岩磁组构特征与古流向分析[J]. 地球物理学报,2013,56(2):567-578. [Zhang Zhiliang, Shen Zhongyue, Wang Xin, et al. Characteristics of magnetic fabrics and paleocurrent directions of Cenozoic sediments in the Kelasu river, Kuqa depression [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2013, 56(2): 567-578.]
 - 57 李忠,彭守涛. 天山南北麓中-新生界碎屑锆石 U-Pb 年代学记录、物源体系分析与陆内盆地山演化[J]. 岩石学报,2013,29(3):739-755. [Li Zhong, Peng Shoutao. U-Pb geochronological records and provenance system analysis of the Mesozoic-Cenozoic sandstone detrital zircons in the northern and southern piedmonts of Tianshan, Northwest China: responses to intracontinental basin-range evolution [J]. Acta

- Petrologica Sinica, 2013, 29(3): 739-755.]
- 58 沈传波,梅廉夫,张士万,等. 依连哈巴尔尕山和博格达山中新世代隆升的时空分异: 裂变径迹热年代学的证据[J]. 矿物岩石, 2008, 28(2): 63-70. [Shen Chuanbo, Mei Lianfu, Zhang Shiwan, et al. Fission-track dating evidence on space-time difference of Mesozoic-Cenozoic uplift of the Yilianhabierga Mountain and Bogeda Mountain [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2008, 28(2): 63-70.]
- 59 陈正乐,万景林,刘健,等. 西天山山脉多期次隆升—剥露的裂变径迹证据[J]. 地球学报, 2006, 27(2): 97-106. [Chen Zhengle, Wan Jinglin, Liu Jian, et al. Multi-stage uplift and exhumation of the west Tianshan Mountain: Evidence from the apatite fission-track dating [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2006, 27(2): 97-106.]
- 60 杜治利,王清晨. 中生代天山地区隆升历史的裂变径迹证据[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1081-1101. [Du Zhili, Wang Qingchen. Mesozoic and Cenozoic uplifting history of the Tianshan region: insight from apatite fission track [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(8): 1081-1101.]
- 61 郭召杰,张志诚,吴朝东,等. 中、新生代天山隆升过程及其与准噶尔、阿尔泰山比较研究[J]. 地质学报, 2006, 80(1): 1-15. [Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Wu Chaodong, et al. The Mesozoic and Cenozoic exhumation history of Tianshan and comparative studies to the Junggar and Altai mountains [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(1): 1-15.]
- 62 杨庚,钱祥麟. 中生代天山板内造山带隆升证据: 锆石、磷灰石裂变径迹年龄测定[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 1995, 31(4): 473-478. [Yang Geng, Qian Xianglin. Mesozoic-cenozoic uplift of the Tianshan intraplate orogenic belt: evidence from zircon and apatite fission track dating [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 1995, 31(4): 473-478.]
- 63 杜治利,王清晨,周学慧. 中生代库车—南天山盆山系统隆升历史的裂变径迹证据[J]. 岩石矿物学杂志, 2007, 26(5): 399-408. [Du Zhili, Wang Qingchen, Zhou Xuehui. Mesozoic and Cenozoic uplifting history of the Kuqa-South Tianshan Basin-Mountain System from the evidence of apatite fission track analysis [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2007, 26(5): 399-408.]
- 64 周宇章,陈汉林. 新疆库车坳陷晚白垩世隆升的裂变径迹证据[J]. 资源调查与环境, 2002, 23(3): 179-184. [Zhou Yuzhang, Chen Hanlin. The fission track evidence of the uplift in Late-Cretaceous in the Kuche Basin, Xinjiang [J]. Resources Survey & Environment, 2002, 23(3): 179-184.]
- 65 杨树锋,陈汉林,程晓敢,等. 南天山新生代隆升和去顶作用过程[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2003, 39(1): 1-8. [Yang Shufeng, Chen Hanlin, Cheng Xiaogan, et al. Cenozoic uplifting and unroofing of southern Tien shan, China [J]. Journal of Nanjing University: Natural Science, 2003, 39(1): 1-8.]
- 66 朱文斌,张志勇,舒良树,等. 塔里木北缘前寒武基底隆升剥露史: 来自磷灰石裂变径迹的证据[J]. 岩石学报, 2007, 23(7): 1671-1682. [Zhu Wenbin, Zhang Zhiyong, Shu Liangshu, et al. Uplift and exhumation history of the Precambrian basement, northern Tarim: Evidence from apatite fission track data [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(7): 1671-1682.]
- 67 肖晖,任战利,赵靖舟,等. 新疆库鲁克塔格地区盆山构造-热演化史[J]. 地学前缘, 2011, 18(3): 33-41. [Xiao Hui, Ren Zhanli, Zhao Jingzhou, et al. The tectonic-thermal evolution history in the Kuruketage uplift, Xinjiang province, China [J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(3): 33-41.]
- 68 高洪雷,刘红旭,何建国,等. 东天山地区中—新生代隆升—剥露过程: 来自磷灰石裂变径迹的证据[J]. 地学前缘, 2014, 21(1): 249-260. [Gao Honglei, Liu Hongxu, He Jianguo, et al. Mesozoic-Cenozoic uplift-exhumation history of east Tianshan: evidence from apatite fission track [J]. Earth Science Frontiers, 2014, 21(1): 249-260.]
- 69 高志勇,周川闽,冯佳睿,等. 盆地内大面积砂体分布的一种成因机理——干旱气候下季节性河流沉积[J]. 沉积学报, 2015, 33(3): 427-438. [Gao Zhiyong, Zhou Chuanmin, Feng Jiarui, et al. Distribution of a large area of sandbody formation mechanism: ephemeral streams in arid climate [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2015, 33(3): 427-438.]
- 70 方世虎,郭召杰,贾承造,等. 准噶尔盆地南缘中—新生代沉积物重矿物分析与盆山格局演化[J]. 地质科学, 2006, 41(4): 648-662. [Fang Shihu, Guo Zhaojie, Jia Chengzao, et al. Meso-cenozoic heavy minerals' assemblages in the southern Junggar Basin and its implications for Basin-orogen pattern [J]. Chinese Journal of Geology, 2006, 41(4): 648-662.]
- 71 贾承造,何登发,陆洁民. 中国喜马拉雅运动的期次及其动力学背景[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 121-125, 169. [Jia Chengzao, He Dengfa, Lu Jiemin. Episodes and geodynamic setting of Himalayan movement in China [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 121-125, 169.]
- 72 史兴民,李有利,杨景春. 玛纳斯河流域地貌初步研究[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2007, 30(3): 406-410. [Shi Xingmin, Li Youli, Yang Jingchun. Study on the landform of Manas river valley [J]. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science, 2007, 30(3): 406-410.]

Relationship between the Tianshan Mountains Uplift and Depositional Environment Evolution of the Basins in Mesozoic-Cenozoic

GAO ZhiYong^{1,2} ZHOU ChuanMin^{1,2} FENG JiaRui^{1,2} WU Hao³ LI Wen⁴

(1. Petroleum Geology Research and Laboratory Center, RIVED, Beijing 100083, China;

2. State Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery (Research Institute of Petroleum Exploration and Development), Beijing 100083, China;

3. China Earthquake Administration, Beijing 100036, China;

4. China University of Geosciences, Beijing, 100083, China)

Abstract: Clearing the relationship among since Mesozoic Tianshan uplift of time sequence, scope, and north and south on both sides of the basin sedimentary evolution, which shows on both sides of Tianshan mountain, Tuha Basin in Junggar Basin and Tarim Basin has important demand to recovery basin protoeype. Through the analysis of a large number of previous apatite fission track dating data, quantitative calculation of gravel transport distance and provenance, the nature of the basin, depositional filling and palaeoclimate changing and the ancient flow, it is believed that of there are four periods of stage uplift of Miocene to Quaternary. They are Late Triassic to Early Jurassic, Late Jurassic - Early Cretaceous and Late Cretaceous to Eocene. The uplift range are two small and two large ones. On the analysis of the Tianshan mountains north and south on both sides of the basin on the basis of lithologic, stratigraphic and sedimentary characteristics, combination of Tianshan uplift mountain range and time, compiled the Early Jurassic to the early - to the south of Tianshan uplift area and its quaternary sedimentary facies evolution, it is considered that Tianshan uplift controlled the four phases of the unified by the early and Middle Jurassic in northern and southern Xinjiang Basin flood lake basin to the Late Jurassic and Early Cretaceous basin began to differentiation, to thoroughly split into independent sedimentary evolution of the basin since Neogene. At the same time, it is clear about the Tianshan mountains between the north and the south on both sides of the basin, hydrocarbon source rocks, reservoir and cap rock important formation to the Tianshan uplift. The understanding of clear and distribution of hydrocarbon source rock, reservoir rock development period is of great significance, also some enlightenment to effectively expanding the scope of oil and gas exploration.

Key words: Tianshan mountains uplift; Mesozoic-Cenozoic; Xinjiang area; depositional environment; reservoir and hydrocarbon source rock