

# 新疆博格达地区中—新生代碎屑成分特征与盆山分异过程

方世虎<sup>1)</sup>, 宋岩<sup>1)</sup>, 贾承造<sup>1)</sup>, 王绪龙<sup>2)</sup>, 袁庆东<sup>1)</sup>

1) 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083; 2) 新疆油田公司, 克拉玛依, 834000

**内容提要:**新疆博格达地区中—新生界碎屑成分自中侏罗世的中晚期开始发生了巨大变化, 主要表现在: 自中侏罗世晚期开始, 沉积重矿物组合及相对含量发生较大变化, 不稳定重矿物、较高级别变质岩岩屑明显增多, 显示此时发生的物源属性变化及构造活动的存在; 自侏罗系西山窑组沉积晚期开始, 砂岩碎屑成分中的沉积岩碎屑明显增加, 显示盆缘沉积岩物源的隆升和剥蚀作用。结合前人研究成果, 笔者认为, 博格达地区的盆山分异过程主要对应于中晚侏罗世—早白垩世早期、晚白垩世和新近纪以来, 其中中侏罗世的中晚期是博格达地区开始发生盆山分异的初始时期。

**关键词:** 博格达地区; 中—新生代; 碎屑成分; 构造活动; 盆山格局

目前对于博格达—东天山地区的研究多集中在晚古生代构造演化(肖序常等, 1992; 何国琦等, 1994; 顾连兴等, 2000; 顾连兴等, 2001ab; 李涛等, 2004; 李锦轶, 2004; 左国朝等, 2006; Wartes et al., 2002)及成矿研究(姬金生等, 1994; 刘伟等, 2002; 熊小林等, 2005)上, 对中生代以来的研究相对较少。虽然诸多学者已对研究区及邻区的碎屑成分特征进行了研究(李忠等, 2004; 柳永清等, 2004; Graham et al., 1993; Hendrix, 2000), 但目前尚停留在大尺度研究范围, 且仅限于区域上物源属性差异的对比分析。博格达山在古生代期间并没有卷入到古天山造山带(Wartes et al., 2002; 张传恒等, 2005), 早中侏罗世准噶尔盆地南缘边界位于现今的后峡以南(方世虎等, 2005a), 柴窝堡凹陷隶属于准噶尔盆地(张传恒等, 2005; 方世虎等, 2005a), 表明博格达地区的盆山分异活动主要形成于中生代以来, 但是对博格达地区中、新生代的盆山分异过程尚有待于进一步研究。本文拟从中、新生界碎屑成分特征及其反映的物源属性变化方面讨论博格达地区中、新生代构造活动及盆山分异过程, 工作剖面见图1所示, 主要研究层系为侏罗系—新近系。

## 1 中、新生代区域沉积特征对比

博格达山南、北剖面及其与乌鲁木齐以西郝家沟—头屯河剖面的沉积特征对比(图2)表明: 早、中侏罗纪是该地区盆地发育的极盛时期, 准噶尔盆地、博格达北缘、柴窝堡盆地均发育可对比的煤系地层, 以潮湿、还原环境下的河湖相沉积为特征, 准噶尔盆地、柴窝堡盆地处于统一的沉积体系(张传恒等, 2005; 方世虎等, 2005a); 中、晚侏罗世开始, 湖盆逐渐萎缩, 沉积了一套半干旱—干旱环境下的、以红色为主的河湖相—冲积体系, 特别是晚侏罗世喀拉扎组砾岩的发育及其分布显示沉积环境发生了剧变; 早白垩世总体显示为宽、浅湖盆沉积特征, 与侏罗系形成广泛不整合, 以干、湿交替环境下形成的泥岩为主的泥、砂岩组合, 喀拉扎组砾岩、白垩系底砾岩在盆地南缘的广泛分布(方世虎等, 2005b)显示早白垩世的盆地边界显著向北迁移, 头屯河剖面发育的喀拉扎组砾岩较细且不发育白垩系底砾岩(向东、向西均有不同程度发育)表明此时准噶尔盆地南缘可能还与南部的柴窝堡盆地局部相连; 晚白垩世, 准葛尔东、柴窝堡盆地经历了较为重要的隆升(曹守连等, 1994; 张传恒等, 2005; 方世虎等, 2005b), 绝大

注: 本文由中国石油集团中青年石油科技创新基金(编号 05E7036, 07E1028)、中国博士后科学基金(编号 2005037101)、中国石油重点科技攻关资助项目(编号 0601A-02-01)资助的成果。

收稿日期: 2007-06-28; 改回日期: 2007-08-02; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 方世虎, 男, 1975年生。博士, 高级工程师, 主要从事盆地构造与油气成藏综合研究。通讯地址: 100083, 北京 910 信箱实验研究中心; 电话: 010—62097301; Email: shfang@pku.org.cn。

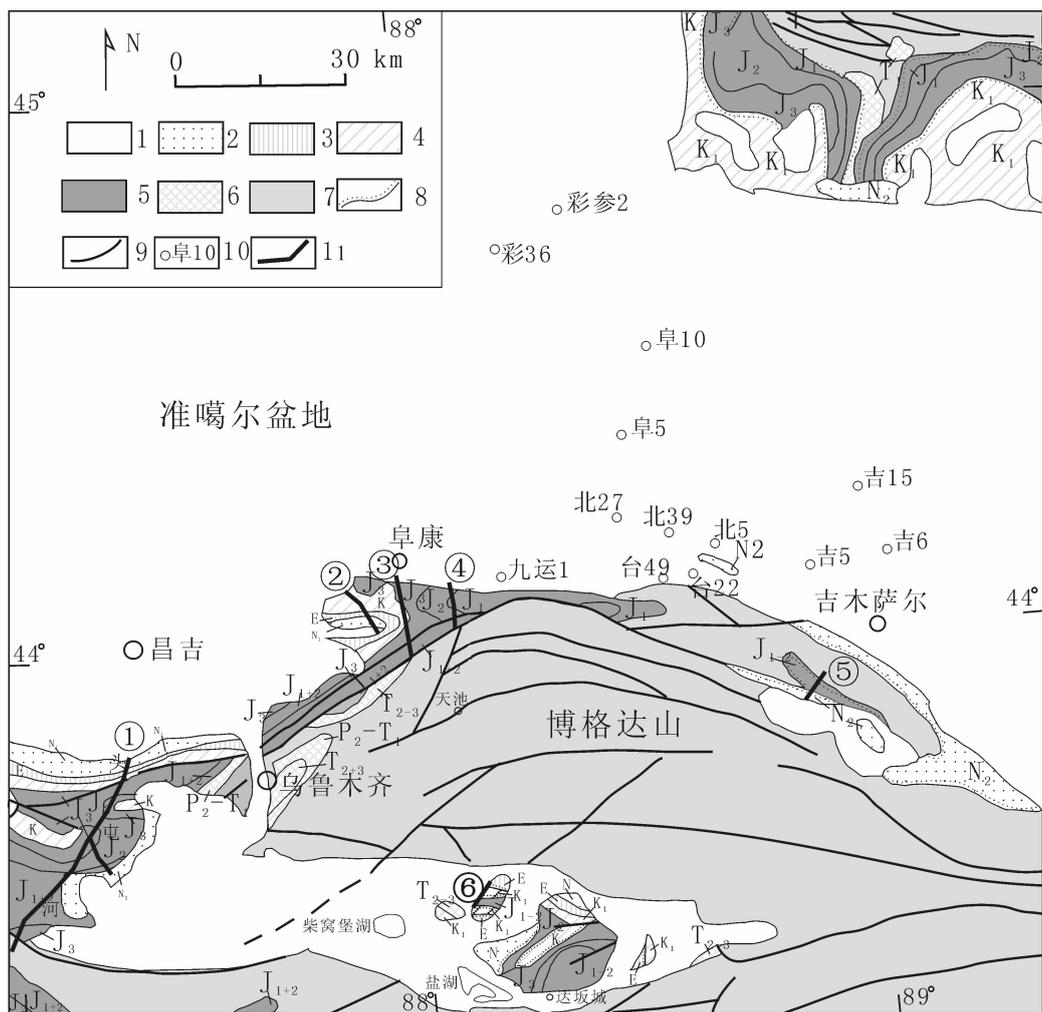


图1 博格达地区地质简图及野外工作剖面位置(据新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993,修改)

Fig. 1 Simplified geological map of Bogda area showing the positions of field sections

(modify from Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region, 1993)

- 1—第四系(Q); 2—新近系(N); 3—古近系(E); 4—白垩系(K); 5—侏罗系(J); 6—三叠系(T); 7—三叠系以老地层; 8—不整合面; 9—断层;  
10—钻井位置; 11—野外剖面。①—头屯河剖面; ②—大红沟剖面; ③—水磨沟剖面; ④—三工河剖面; ⑤—水西沟剖面; ⑥—达坂白杨沟剖面  
1—Quaternary (Q); 2—Neocene; 3—Eocene; 4—Cretaceous; 5—Jurassic; 6—Triassic; 7—pre-Triassic; 8—unconformity; 9—fault;  
10—well position; 11—field section. ①—Tuntunhe section; ②—Dahonggou section; ③—Shuimogou section; ④—Sangonghe section;  
⑤—Shuixigou section; ⑥—Daban Baiyanghe section

部分地区缺失上白垩统,形成重要的角度不整合,而乌鲁木齐以西则沉积了较厚的上白垩统东沟组河流—冲积体系的砂砾岩,与早白垩世相比气候变得干旱;古近纪—新近纪,区域上沉积范围有所扩大,博格达南、北缘形成了古近系与下伏下白垩统之间的角度不整合,以河流—湖泊相沉积为主,这种沉积格局一直延续至中新世;上新世以来,构造活动明显增强,沉积速率明显增加,早期以砂、泥岩组合为主的沉积特征逐渐被冲积体系的砂砾岩所代替,区域上发生快速隆升(Hendrix et al., 1994; Dumitru et al., 2001; 柳永清等, 2004; 郭召杰等, 2006),是该

地区构造变形的重要时期。(注:图2中,博格达山北缘综合剖面的八道湾组( $J_1b$ )主要参照水西沟剖面、三工河组( $J_1s$ )主要参照三工河剖面、西山窑组( $J_2x$ )—头屯河组( $J_2t$ )—齐古组( $J_3q$ )—喀拉扎组( $J_3k$ )主要参照三工河剖面和水磨沟剖面、白垩系(K)—古近系(E)—新近系(N)主要参照水磨沟剖面和大红沟剖面)。

## 2 取样及分析方法

沉积重矿物分析样品一般采集野外剖面的中—粗砂岩,本次研究以头屯河剖面、博格达北缘综合剖

面为主要分析剖面,其中博格达北缘综合剖面的取样与图 2 中综合剖面的建立相对应,八道湾组样品主要取自水西沟剖面、三工河组样品主要取自三工河剖面、西山窑组—喀拉扎组样品主要取自三工河剖面和水磨沟剖面、白垩系—新近系样品主要取自水磨沟剖面和大红沟剖面。限于适合分析的中—粗砂岩较少、风化严重,博格达南缘仅在侏罗系有部分分析样品。采集样品以新鲜的块状中—粗砂岩为主,重约 1.0~1.5kg。室内分析步骤包括:①首先经无污染粉碎至 10 目,利用标准干筛筛选 40~80 目,约 0.45~0.18mm 粒级(近似大于砂岩分析样品的最小平均粒度),以保证分离出的重矿物为碎屑成因颗粒;②通过重液、精淘分离和电磁分离出电磁、无磁和强磁三部分重矿物;③通过双目镜鉴定分离出不同的重矿物;④采用高精度天平完成计量。钻井取心重矿物的分析方法与此相似。表 1~3 中的“其它”表示通过重液、精淘分离和电磁分离无法分离的其它重矿物及未列出的含量极少的矿物(以石英、长石及次生蚀变的矿物、铁屑为主)。

砂岩碎屑成分分析样品采集与重矿物分析样品相似,分析方法采用 Gazzi-Dickinson 显微镜统计法(Ingersoll et al., 1984),单个薄片统计 300~400 个颗粒。Gazzi-Dickinson 法和传统方法的主要区别在于:大岩屑中包含的粒径大于 0.0625mm 的单颗粒矿物或小岩屑记为各自本身,而不是记为大岩屑。也即不管统计点位于深成岩岩屑的任何部位,都记录为石英、长石、云母等矿物组分,其他岩屑中的基质、矿物晶体和颗粒(>0.0625mm)分别记入相应的岩屑和矿物组分中。使用这种方法有两个原因:①实际矿物组分不会因为颗粒的简单破碎而变化;②由于不必确定矿物属于何种岩屑,整个统计过程可以在高倍镜下完成,能大大提高分选性差或颗粒粗、经过成岩改变或压碎砂岩的碎屑成分统计速度。

### 3 中、新生界碎屑重矿物相对含量及其组合特征

#### 3.1 野外剖面重矿物相对含量及其组合特征

准噶尔南缘头屯河剖面(图 1)主要重矿物有:钛铁矿、赤/褐铁矿、磁铁矿、绿帘石、石榴石、锆石;其次为白钛石、金红石、磷灰石、海绿石、辉石、重晶石等。不稳定重矿物含量相对较少,以绿帘石的出现为标志可以看出,侏罗系头屯河组—喀拉扎组的绿帘石含量快速增加,与此相应,辉石、角闪石也少量出现(表 1)。下白垩统底部含有一定量的角闪

石,并含有海绿石、辉石颗粒。上白垩统的绿帘石含量增加幅度较大,并有少量角闪石颗粒出现(表 1)。此外,新近系中的绿帘石含量急剧增加,且伴随着辉石、角闪石的少量出现(表 1)。

博格达山北缘的样品主要位于大红沟剖面、水磨沟剖面、三工河剖面和水西沟剖面,博格达南缘仅在达坂白杨沟的中下侏罗统有部分分析样品(图 1,表 2)。博格达北缘中、新生界的主要重矿物有:锆石、钛铁矿、磁铁矿、石榴石、绿帘石;其次为电气石、褐铁矿、黄铁矿、铬铁矿、金红石、锐钛矿、辉石、楣石等,不含角闪石。不稳定重矿物相对含量较高,以绿帘石为主并含有黄铁矿和极少量的海绿石(表 2)。自下而上,中下侏罗统较上覆的上侏罗统及以新地层的重矿物含量呈现规律变化的特征,如锆石、铬铁矿含量快速减小;楣石相对含量有所上升、钛铁矿和绿帘石的相对含量在晚侏罗世发生了较明显的增加,等等(表 2)。博格达南缘仅在达坂白杨沟的中下侏罗统有部分分析样品,重矿物中不能分离的次生蚀变矿物含量较多(以石英、长石为主),主要重矿物有钛铁矿、磁铁矿、锆石和磷灰石等,分析结果显示与博格达北缘的物源有较大差异,如锆石的相对含量较低、钛铁矿的相对含量较高、白钛石的相对含量较低等(表 2)。

#### 3.2 钻井取心重矿物含量及组合特征

博格达地区的钻井岩心重矿物分析数据见表 3,自南向北包括阜康断裂带、三台凸起、北三台凸起、阜东斜坡带、白家海凸起(南、北部)及柴窝堡盆地盆地的部分资料。分析结果与剖面分析结果有良好的对应性,表现在主要重矿物的种类及相对含量相似、不稳定重矿物相对含量的增加主要与晚侏罗世—早白垩世早期对应,并伴有其它不稳定重矿物(如辉石、角闪石)的出现和相对增加,显示构造活动较为活跃。这种变化突出的表现在自西山窑组沉积晚期及其以来,沉积物源属性发生了较大转变:除阜东斜坡带、北三台地区外,绿帘石相对含量剧增,锆石、钛铁矿、白钛石等含量也发生相应改变(表 3),可能是盆山分异活动的直接反映。博格达南缘样品较少,其对应层位的重矿物特征与北缘差异不大。值得提出的是,以阜东斜坡带—北三台为交汇处,其南、北的重矿物特征均存在一定变化规律且二者之间存在明显差异,特别是自西山窑组沉积晚期以来的重矿物特征差异较大,显示该地区应为南、北物源的汇聚处,物源体系复杂。

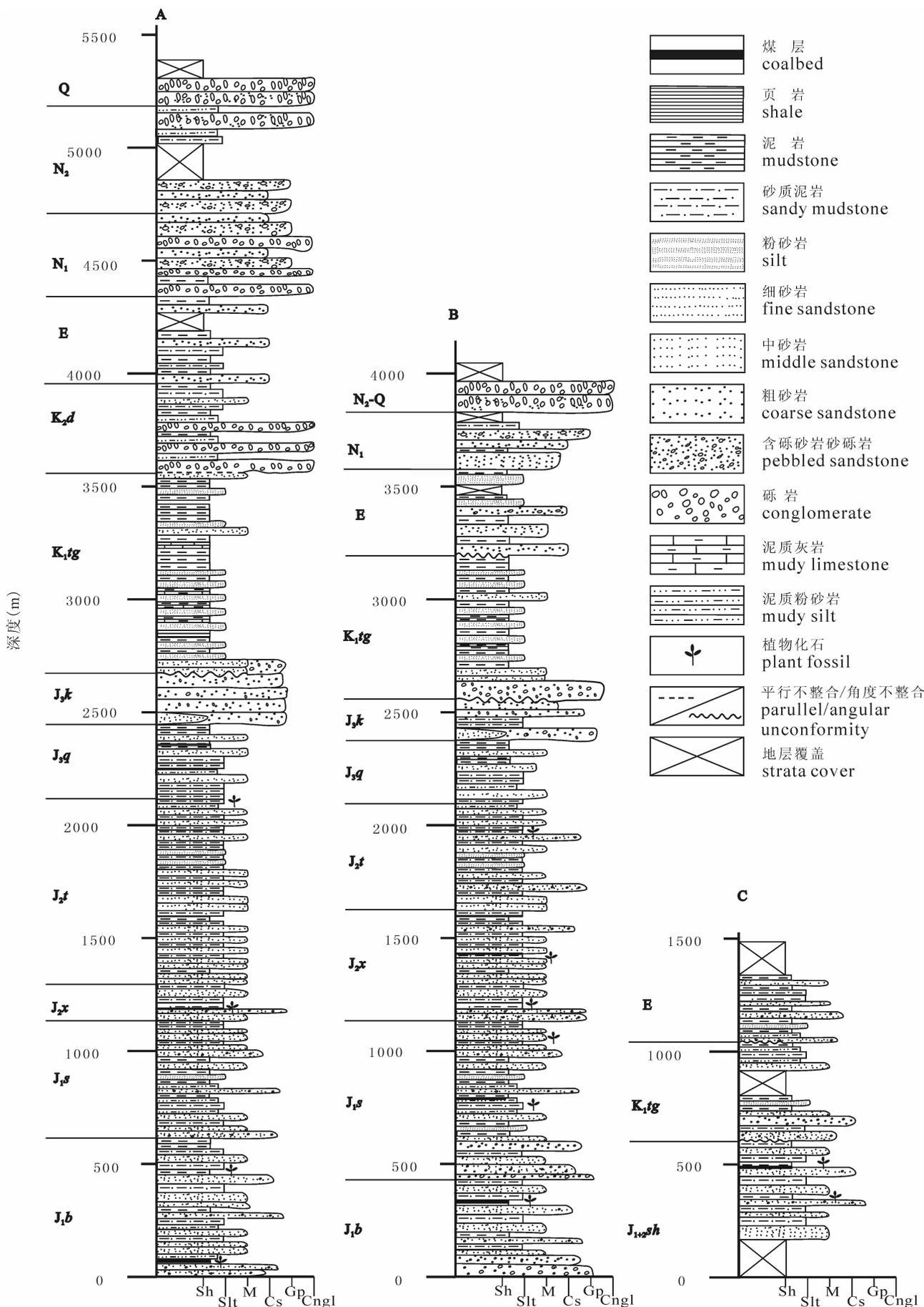


图 2 博格达地区中、新生界剖面地层柱状图

Fig. 2 Representative detailed stratigraphic columns of the sections around the Bogda area

A—郝家沟—头屯河剖面; B—博格达山北缘综合剖面; C—博格达山南缘达坂城白杨沟剖面; Sh—泥(页)岩; Slt—粉砂岩; M—中砂岩; Cs—粗砂岩; Gp—砂砾岩、含砾砂岩; Cngl—砾岩  
 A—Haojiagou—toutunhe section; B—composite section of the northern Bogeda Mountains; C—Baiyanggou section at Daban city of the southern Bogeda Mountains; Sh—shale or mudstone; Slt—siltstone; M—medium sandstone; Cs—coarse sandstone; Gp—glutenite or pebbled sandstone; Cngl—conglomerate

表 1 准噶尔盆地南缘头屯河剖面主要重矿物组成及含量

Table 1 Heavy mineral composition and content of Toutunhe River section, Southern Junggar Basin

层位		稳定重矿物(%)										不稳定重矿物(%)					其它
		锆石	金红石	石榴石	赤/褐铁矿	钛铁矿	磁铁矿	白钛石	铬铁矿	锐钛矿	磷灰石	绿帘石	海绿石	角闪石	辉石	重晶石	
新近系	独山子组 N <sub>2</sub> d(1)	3.5	<0.1	0.16	11.58	32.16	12.77	<0.1	0.00	<0.1	0.87	21.72	0.00	<0.1	<0.1	0.00	17.12
	塔西河组 N <sub>1</sub> t(1)	2.98	0.11	5.49	15.69	37.26	12.9	0.16	<0.1	0.22	0.16	15.69	0.00	<0.1	<0.1	0.00	9.20
古近系	沙湾组 E <sub>3</sub> s(1)	8.74	0.45	0.59	13.88	29.41	19.06	0.33	0.00	0.33	0.55	6.76	<0.1	<0.1	<0.1	0.00	19.79
	安集海河组 E <sub>2-3</sub> a	14.41	0.52	0.78	1.59	35.6	24.6	0.53	0.00	0.23	3.15	1.21	<0.1	0.00	<0.1	0.13	17.11
	紫泥泉子组 E <sub>1-2</sub> z(3)	8.52	0.01	7.04	26.87	4.54	11.86	2.12	<0.1	<0.1	0.01	17.87	<0.1	<0.1	0.00	0.00	21.05
白垩系	东沟组 K <sub>2</sub> d(1)	27.67	0.63	11.98	17.27	5.66	7.32	1.31	2.41	0.33	4.71	0.00	<0.1	1.26	<0.1	0.00	19.32
	吐谷鲁群 K <sub>1</sub> tg(3)	9.84	0.72	16.35	30.11	2.35	6.14	4.39	6.18	0.17	2.37	0.00	<0.1	<0.1	<0.1	0.00	21.35
侏罗系	喀拉扎组 J <sub>3</sub> k(3)	4.42	0.62	5.02	41.82	4.43	10.13	<0.1	<0.1	0.06	0.36	19.97	<0.1	<0.1	<0.1	0.00	13.08
	齐古组 J <sub>3</sub> q(2)	23.6	0.81	9.76	18.46	2.47	1.46	2.12	8.89	1.72	2.24	6.69	6.27	<0.1	<0.1	0.00	15.47
	头屯河组 J <sub>2</sub> t(6)	31.46	1.04	17.98	6.33	0.85	0.28	0.42	12.17	1.99	4.45	0.00	0.00	0.00	<0.1	0.00	22.97
	西山窑组 J <sub>2</sub> x(2)	17.2	0.15	1.28	1.17	0.00	0.00	2.55	50.7	9.24	4.78	<0.1	<0.1	0.00	0.00	0.00	12.81
	三工河组 J <sub>1</sub> s(2)	17.6	0.99	4.13	<0.1	21.96	10.05	1.05	13.51	0.25	3.40	0.00	<0.1	<0.1	0.00	0.00	26.93

注:本次实验结果由河北地质区调研究所提供重矿物分离及鉴定,括号内数字为样品数(同表 2,表 3)。

表 2 博格达山前野外剖面重矿物组合及相对含量

Table 2 Heavy mineral composition and content of the filed sections in the front of the Bogda Mountain

层位		稳定重矿物(%)										不稳定重矿物(%)					其它	
		锆石	金红石	电气石	石榴石	榍石	锐钛矿	钛铁矿	白钛石	褐铁矿	铬铁矿	磁铁矿	磷灰石	绿帘石	海绿石	重晶石		黄铁矿
博格达北缘	N(2)	2.10	0.00	0.70	0.70	0.00	0.00	41.40	0.00	21.40	0.00	0.70	0.00	19.00	0.00	12.61	0	1.39
	E(2)	3.00	0.00	0.00	1.90	0.4	0.00	42.10	0.00	7.80	0.00	0.40	0.00	36.6	0.00	7.50	0	0.30
	K <sub>1</sub> tg(13)	4.57	0.04	1.06	3.01	0.24	0.00	34.12	0.44	9.13	0.00	1.26	0.00	35.88	0.00	2.69	0.00	7.55
	J <sub>3</sub> k(3)	3.14	0.07	1.99	7.08	0.00	0.00	22.45	4.14	15.00	0.00	4.45	1.41	25.88	0.00	0.00	9.35	5.02
	J <sub>3</sub> q(4)	6.92	0.21	0.30	7.76	3.83	0.00	26.00	2.13	0.92	0.00	31.39	1.31	16.54	0.00	0.00	0.00	2.68
	J <sub>2</sub> t(4)	19.72	0.24	1.11	5.45	3.41	3.34	3.54	21.02	0.00	5.93	7.38	4.08	22.24	0.09	0.00	0.00	2.46
	J <sub>2</sub> x <sup>1</sup> (3)	46.09	0.00	3.30	5.21	0.00	0.49	0.00	18.40	0.00	18.16	0.00	4.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33
	J <sub>1</sub> s(4)	25.05	1.31	1.95	2.95	0.00	2.32	5.86	23.96	3.59	6.54	14.94	8.13	0.00	0.14	0.00	0.10	3.16
J <sub>1</sub> b(3)	38.41	3.17	2.17	5.09	0.00	6.31	0.00	15.26	0.00	11.75	0.00	13.65	0.00	0.00	1.05	0.00	3.14	
博格达南缘	J <sub>2</sub> x(3)	1.02	0.03	<0.1	<0.1	<0.1	0.00	73.21	0.71	0.00	<0.1	8.93	1.40	0.00	<0.1	0.00	0.00	13.87
	J <sub>1</sub> (2)	5.61	<0.1	0.08	0.30	0.00	<0.1	18.96	1.29	0.00	<0.1	8.31	0.48	<0.1	<0.1	4.44	<0.1	60.45

### 4 砂岩碎屑成分特征

博格达山北缘侏罗系在单条剖面上出露不够完整,因此研究中选取水西沟、三工河剖面、水磨沟剖面和大红沟剖面进行取样,以下侏罗统、中侏罗统和上侏罗统的样品为主(图 1)。总体来看,博格达山

北缘侏罗系成分成熟度较低,岩屑含量高,其中以火山岩占有较大优势;石英含量较低,多晶石英的相对含量普遍很低(图 3)。碎屑成分 Qm-F-Lt 三角图上显示博格达山北缘侏罗系的物源主要为再旋回造山带、弧造山带和晚古生代岩浆弧(图 3)。Qp-Lvm-Lsm 三角图上数据点主要靠近 Lvm 端,自西山窑

表3 博格达地区钻井岩心重矿物组成及相对含量

Table 3 Heavy mineral composition and content of the drilling cores around the Bogda area

构造单元	层位	稳定重矿物相对含量(%)										不稳定重矿物相对含量(%)					其它	
		锆石	黑云母	电气石	石榴石	楣石	钛铁矿	白钛石	褐铁矿	磁铁矿	绿帘石	角闪石	辉石	尖晶石	重晶石	黄铁矿		
白家海凸起	北部彩参2	J <sub>2</sub> x <sup>2</sup> (5)	5.96	0.28	0.78	2.30	1.52	9.25	0.46	20.58	0.00	56.70	0.00	0.00	0.26	1.42	0.14	0.35
		J <sub>2</sub> x <sup>1</sup> (9)	20.74	0.32	4.20	9.70	0.17	7.39	32.60	19.02	0.00	1.57	0.00	0.00	1.96	0.88	0.76	0.70
		J <sub>1</sub> s(27)	7.74	0.00	3.83	19.32	0.05	7.50	50.49	1.87	0.00	0.34	0.00	0.00	0.31	5.89	2.24	0.41
		J <sub>1</sub> b(3)	0.60	0.00	1.10	0.40	0.05	57.30	35.25	1.90	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.55
		T <sub>1</sub> ch(7)	4.86	0.00	0.83	1.57	0.10	66.00	12.99	4.67	0.00	6.89	0.00	0.00	0.20	1.64	0.11	0.14
	南部彩36	K <sub>1</sub> tg(1)	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	27.90	0.00	3.80	0.00	65.1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00
		J <sub>2-3</sub> (4)	0.40	0.00	0.40	0.60	0.20	10.13	0.00	1.23	0.00	86.0	0.13	0.63	0.00	0.00	0.18	0.10
		J <sub>2</sub> x <sup>1</sup> (6)	25.70	0.00	3.07	21.40	1.43	39.03	0.15	0.37	0.00	1.47	0.00	0.00	0.68	6.65	0.03	0.02
		J <sub>1</sub> s(4)	1.50	0.00	0.63	4.65	0.08	9.05	0.00	10.78	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	12.73	60.35	0.18
		J <sub>1</sub> b(23)	17.28	0.00	4.63	10.8	0.69	38.05	0.00	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	26.20	0.82	0.02
阜东斜坡带(阜5、10)	J <sub>1</sub> s(14)	18.50	0.25	5.36	8.69	0.79	16.89	25.45	6.02	0.00	0.64	0.00	0.34	3.95	3.77	8.93	0.43	
	J <sub>1</sub> b(6)	16.93	0.05	1.30	16.58	0.87	55.20	1.20	5.10	0.00	0.00	0.00	0.32	1.08	0.67	0.18	0.52	
	T <sub>2-3</sub> (8)	26.54	0.05	5.33	16.16	0.36	8.49	31.76	6.89	0.00	0.04	0.00	0.00	2.95	0.90	0.13	0.41	
北三台(北27、39、5)	J <sub>2</sub> t(9)	4.03	0.33	1.69	19.34	0.03	24.09	26.94	1.59	3.75	0.61	0.00	0.03	0.15	0.00	16.64	0.81	
	J <sub>1</sub> b(6)	8.58	0.58	0.82	7.46	0.00	30.28	34.87	0.80	8.16	0.88	0.00	0.00	0.56	0.00	6.50	0.51	
	T <sub>2-3</sub> (8)	0.34	0.05	0.09	0.28	0.01	37.01	4.71	37.26	6.38	10.56	0.04	0.05	0.34	0.20	0.36	2.33	
三台(台49、台22)	J <sub>3</sub> q(8)	1.69	0.30	0.43	0.80	0.64	12.85	0.06	0.28	0.69	58.35	0.01	11.26	0.09	0.11	12.38	0.06	
	J <sub>2</sub> t(19)	1.63	0.41	0.17	0.83	1.98	3.77	11.61	1.06	0.03	54.52	0.14	0.02	0.03	0.00	23.80	0.00	
	J <sub>2</sub> x(17)	8.82	0.21	2.07	4.25	0.28	24.81	31.09	19.35	1.23	5.34	0.44	0.00	0.55	0.06	1.33	0.17	
	J <sub>1</sub> s(14)	11.04	0.81	3.96	7.95	2.23	27.54	30.83	4.84	0.29	3.35	0.16	0.14	3.72	2.45	0.69	0.02	
	J <sub>1</sub> b(2)	3.60	0.00	0.20	2.70	0.10	0.00	5.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.60	0.10	
	T <sub>2-3</sub> xq(9)	21.90	0.00	7.32	4.11	1.43	38.09	12.64	6.51	0.00	0.47	0.00	0.00	3.12	1.67	2.71	0.03	
阜康断裂带(九运1、牧7、牧6)	K <sub>1</sub> tg(12)	6.99	0.05	1.38	7.28	1.16	46.83	0.15	16.90	0.45	15.73	0.00	0.00	0.31	0.02	2.68	0.07	
	J <sub>3</sub> q(10)	2.45	0.00	0.28	2.16	0.26	15.84	0.00	21.97	0.58	44.83	0.39	0.00	0.56	7.89	2.71	0.09	
	J <sub>2</sub> t(54)	1.33	0.09	0.36	1.51	1.40	5.36	0.78	1.95	0.18	40.31	0.28	0.00	0.11	0.29	47.02	0.03	
	J <sub>2</sub> x <sup>2</sup> (6)	4.12	0.20	0.24	1.16	0.24	9.25	0.00	11.90	0.36	16.62	0.76	0.00	0.18	0.60	54.32	0.05	
柴窝堡(柴参1)	J <sub>1</sub> b(6)	8.73	0.10	0.15	0.92	0.85	44.57	7.03	14.88	10.48	4.77	0.07	0.00	0.32	0.00	7.00	0.13	
	T <sub>2</sub> ch(10)	5.91	0.01	0.07	0.30	0.59	30.70	14.17	27.08	14.31	1.98	0.02	0.00	0.14	0.00	3.89	0.83	
	T <sub>1</sub> ch(5)	5.46	0.00	0.08	0.34	0.36	40.68	0.90	37.62	12.36	2.10	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.06	

组沉积晚期开始,沉积岩岩屑含量发生较明显增加(图3b),沉积岩岩屑或变质沉积岩岩屑的增加显示盆缘沉积岩物源的隆升、剥蚀作用,显示构造活动的存在和较强的盆山分异作用。

## 5 讨论

不同的碎屑重矿物组合往往是不同母岩类型的反映(Pettijohn et al., 1987; Morton, 1985),地层中重矿物组合、重矿物相对含量可与特定的物源、沉积环境以及古气候条件相联系,并为认识构造演化提供可靠信息。博格达地区与天山内部、盆地南缘西部的中、新生界重矿物相对含量及其组合差异较大(表1~3,方世虎等,2006),表明物源属性存在较大差异。根据重矿物组合与物源属性的对应关系(和钟铎,2001)、不稳定重矿物与构造活动的关系(宋春辉等,2002;李忠等,2004;方世虎等,2006)及天山地区重矿物组合与物源属性的对应关系(李忠

等,2004;方世虎等,2006),笔者发现,自晚侏罗世以来,以石榴石、绿帘石、绿泥石组合代表的中-高级变质岩物源增加;以粒状白钛石、滚圆的锆石、原生重晶石及少量金红石代表的沉积岩母岩也发生明显增加;以绿帘石为主要代表的不稳定重矿物的出现和增加、赤褐铁矿的增加显示晚侏罗世一早白垩世早期、晚新生代氧化环境增强、构造活活动较为活跃,而博格达地区上白垩统的区域缺失特征、重矿物特征及西部砂砾岩沉积特征均显示晚白垩世较强的剥蚀、隆升作用。此外,砾石成分统计表明博格达南、北缘的物源在晚侏罗世以后近乎相似(张传恒等,2005),晚侏罗世一早白垩世早期、晚白垩世、晚新生代博格达山前发育的巨厚砾岩,砾岩中近源沉积岩岩屑明显增加,与此相应,砂岩碎屑成分中的近源沉积岩岩屑、中-高级变质岩岩屑也显著增加,反映博格达地区盆缘沉积岩物源和深层变质岩的隆升、剥蚀作用,显示较强的盆山分异作用。

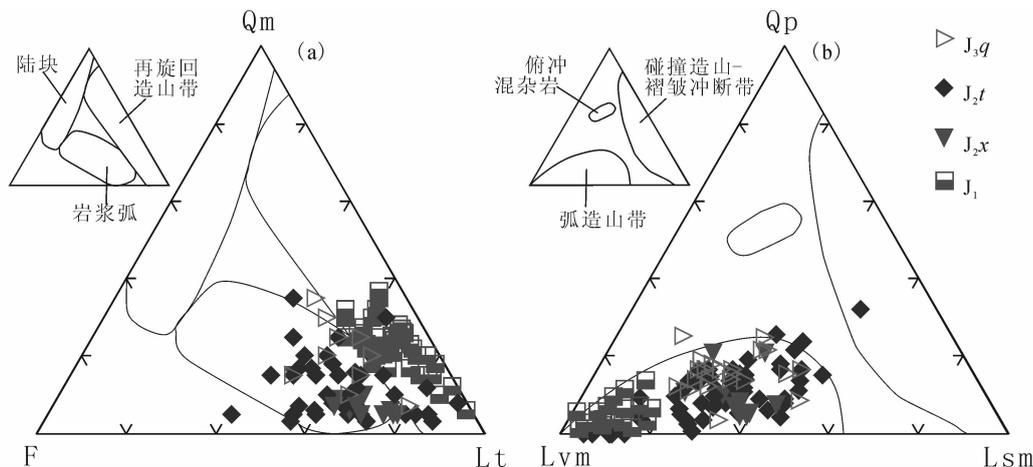


图 3 博格达山前侏罗系砂岩碎屑成分三角投影图

Fig. 3 The Jurassic sandstone compositional data at sections of northern Bogda Mountains

(a)—Qm-F-Lt 三角图; (b)—Qp-Lvm-Lsm 三角图; Qm—单晶石英; Qp—多晶石英; F—长石; Lvm—火山岩及变质火山岩岩屑;

Lsm—沉积岩及变质沉积岩岩屑; Lt—所有岩屑; 空白三角图中的构造区域参见 Dickinson et al. (1979)

(a)—Qt-F-L; (b)—Qm-F-Lt; (c)—Qp-Lvm-Lsm ternary diagrams; Qm—monocrystalline quartz; Qp—polycrystalline quartz; F—total feldspar; Lvm—lithic volcanic grains plus metavolcanic grains; Lsm=lithic sedimentary plus metamorphic grains; Lt=Lv+Lm+Ls+Qp, total lithic grains; See Fig. 1 for the positions of field sections. Tectonic field of Dickinson and Sucek (1979) are included on unfilled triangles for comparison

区域上,晚侏罗世—早白垩世早期也形成了广泛的不整合,准噶尔盆地(方世虎等,2005b)、塔里木盆地(贾承造等,1997)、吐哈盆地(吉让寿等,2000)、三塘湖盆地(赵泽辉等,2003)、酒东盆地(吉让寿等,2000)、酒西盆地(赵应成,1998)均形成了白垩系与侏罗系之间的角度不整合,表明晚侏罗世—早白垩世期间构造活动较为活跃。位于博格达山前喀拉扎组砾岩和白垩系底砾岩的广泛分布(方世虎等,2005b)证明博格达山在晚侏罗世—早白垩世时期可能具有一定的正地形并构成盆地的重要物源之一。而且,从天山南北两侧盆地的沉积特征对比来看,塔里木盆地、准噶尔盆地在晚侏罗世均显示了相似的干旱、氧化的沉积环境,特别是发育了晚侏罗世晚期可对比的砾岩沉积,但是自从早白垩世开始,两盆地的沉积环境及沉积特征开始存在明显的差异,如塔里木盆地北缘下白垩统主要为红色碎屑岩系,砂、砾岩中常见硬石膏胶结物,反映干热的气候条件(顾家裕,1996),而准噶尔盆地的下白垩统是一套以泥质岩为主的湖相—湖沼相沉积,杂色条带状泥岩夹薄—中层中—细砂岩和薄层粉砂岩。从沉积厚度来看,塔里木盆地白垩系沉积厚度薄,塔西南的沉积厚度更薄,而准噶尔盆地,白垩系沉积厚度平均在1000m左右,最厚达2800m。这些证据表明,天山地貌在早白垩世可能具有一定的规模,造就了天山南北盆地中早白垩世沉积环境、沉积厚度的巨大差异,反映晚侏罗世晚期—早白垩世早期天山地区

构造活动增强,是天山快速隆升的一个重要时期。因此,中、新生代区域沉积特征对比、砾岩发育及分布特征等证据反映博格达地区盆山分异活动主要发生在中侏罗世中晚期(始自西山窑组沉积晚期),晚侏罗世—早白垩世早期是盆山分异的重要时期,并导致天山南北沉积环境的巨大差异(顾家裕,1996; Hendrix et al., 1992)。

综合分析,中、晚侏罗世开始的砂岩碎屑特征差异、沉积特征演化、不整合发育等特征表明博格达地区的盆山分异作用大约始于中侏罗世的中晚期;博格达南北及邻区上白垩统的缺失显示该地区经历了晚白垩世较强的剥蚀—隆升作用;新近纪以来(特别是上新世以来)强烈的构造作用导致山前构造带的强烈变形(方世虎等,2007),表现为砂岩碎屑特征的较大变化及山前巨厚的磨拉石堆积。这三次重要的盆山分异活动在沉积碎屑特征上均有较明显的反映,与准噶尔盆地内发育的角度不整合及快速砂砾岩堆积(方世虎等,2005b)、年代学响应(朱文斌等,2004,2006;郭召杰等,2006)也具有良好的对应关系,且分别对应于欧亚板块南缘晚侏罗世—早白垩世早期的拉萨地块与欧亚板块碰撞(Jolivet et al., 2001)、晚白垩世的科希斯坦地块与拉萨地块碰撞(Hendrix et al., 1992; Vincent and Allen, 1999)以及晚新生代以来印度板块与欧亚板块碰撞产生的远程效应(Molnar and Tapponnier, 1975; Tapponnier and Molnar, 1979;贾承造等,2003)。

## 6 结论与认识

博格达地区发育以再旋回造山带和晚古生代岩浆弧物源为主,物源体系变化、物源属性变化(如近源物源成分的增加、变质岩级别增高、不稳定重矿物增加等)显示中、新生代主要存在三次较为重要的构造活动,对应于中-晚侏罗世一早白垩世早期、晚白垩世和晚新生代以来。因此,博格达地区中、新生代盆山分异活动始自中侏罗世的中晚期(西山窑组沉积晚期)且主要与上述三个时期相对应,其中晚侏罗世一早白垩世早期的盆山分异作用较强,物源属性及物源体系发生明显改变,是博格达地区盆山格局发生转变的重要时期。

### 参 考 文 献

曹守连,何登法. 1997. 柴窝堡盆地的构造演化. 大地构造与成矿学, 21(3): 262~269.

方世虎,郭召杰,宋岩,等. 2005a. 准噶尔盆地南缘侏罗系沉积相演化与盆山格局. 古地理学报, 7(3): 347~356.

方世虎,贾承造,宋岩,等. 2005b. 淮南前陆盆地燕山期构造响应及其成藏意义. 地学前缘, 12(3): 67~76.

方世虎,郭召杰,张志诚,等. 2006. 准噶尔盆地南缘侏罗系碎屑成分及其对盆山格局、构造属性的指示意义. 地质学报, 80(2): 196~209.

方世虎,宋岩,贾承造,等. 2007. 天山北缘晚新生代快速变形时间的确定及其成藏意义. 地学前缘, 14(2): 205~214.

顾家裕. 1996. 塔里木盆地沉积层序特征及其演化. 北京:石油工业出版社, 8~9, 206~225.

顾连兴,胡受奚,于春水,等. 2000. 东天山博格达造山带石炭纪火山岩及其形成地质环境. 岩石学报, 16(3): 305~316.

顾连兴,胡受奚,于春水,等. 2001a. 博格达陆内碰撞造山带挤压-拉张构造转折期的侵入活动. 岩石学报, 17(2): 187~198.

顾连兴,胡受奚,于春水,等. 2001b. 论博格达俯冲撕裂型裂谷的形成与演化. 岩石学报, 17(4): 585~597.

郭召杰,张志诚,吴朝东,等. 2006. 新生代天山隆升过程及其与准噶尔-阿尔泰山比较研究. 地质学报, 80(1): 1~15.

何国琦,李茂松,刘德权,等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 香港:香港文化教育出版社, 1~437.

和钟铎,刘招君,张峰. 2001. 重矿物在盆地分析中的应用研究进展. 地质科技情报, 20(4): 29~32.

姬金生,陶洪祥,曾章仁,等. 1994. 东天山康古尔塔格金矿带地质与成矿. 北京:地质出版社.

吉让寿,钱一雄,范小林,等. 2000. 中国西北地区中生代盆地与油气. 西安:西安地图出版社, 1~239.

贾承造. 1997. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京:石油工业出版社, 1~419.

贾承造,魏国齐,李本亮,等. 2003. 中国中西部两期前陆盆地的形成及其控气作用. 石油学报, 24(2): 13~17.

李锦轶. 2004. 新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变. 地质论评, 50(3): 304~322.

李涛,王宗秀,周高志,等. 2004. 新疆博格达山分段及深浅构造转

换关系. 地学前缘, 11(3): 103~114.

李忠,王道轩,林伟,等. 2004. 库车坳陷中-新生界碎屑成分对物源类型及其构造属性的指示. 岩石学报, 20(3): 655~666.

刘伟,李新俊,邓军. 2002. 东天山金窝子石英脉金矿床成矿流体和成矿物质的来源. 中国科学(D辑), 32(s): 105~119.

柳永清,王宗秀,金小赤,等. 2004. 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. 地质学报, 78(3): 319~331.

宋春晖,孙淑荣,方小敏,等. 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.

肖序常,汤耀达,冯益民,等. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社, 1~169.

新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志, 1:100万地质图. 北京:地质出版社.

熊小林,蔡志勇,牛贺才,等. 2005. 东天山晚古生代埃达克岩成因及铜金成矿意义. 岩石学报, 21(3): 967~976.

张传恒,刘典波,张传林,等. 2005. 新疆博格达山初始隆升时间的地层学标定. 地学前缘, 12(1): 294~302.

赵泽辉,郭召杰,张臣,等. 2003. 新疆东部三塘湖盆地构造演化及其石油地质意义. 北京大学学报, 39(2): 219~228.

赵应成. 1998. 酒西盆地含油气系统与油气勘探方向. 石油实验地质, 20(4): 362~367.

朱文斌,万景林,舒良树,等. 2004. 吐鲁番-哈密盆地中新生代热历史: 磷灰石裂变径迹证据. 自然科学进展, 14(10): 1194~1198.

朱文斌,舒良树,万景林,等. 2006. 新疆博格达-哈尔里克山白垩纪以来剥露历史的裂变径迹证据. 地质学报, 80(1): 16~22.

左国朝,梁广林,陈俊,等. 2006. 东天山罗塔格地区夹白山一带晚古生代构造格局及演化. 地质通报, 25(1~2): 48~57.

Dickinson W R, Suczek C A. 1979. Plate tectonic and sandstone compositions: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 63: 2164~2182.

Dumitru T A, Zhou D, Chang E Z et al. 2001. Uplift exhumation, and deformation in Chinese Tian Shan. In Hendrix eds., Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution of central Asia: From continental assembly to intracontinental deformation. Geological Society of America Memoir 194. 71~99.

Graham S A, Hendrix M S, Wang L B et al. 1993. Collision successor basin of western China: impact of tectonic inheritance on sand composition: Geological Society of America Bulletin, 105: 323~344.

Hendrix M S, Dumitru T A, Graham S A. 1994. Late Oligocene-early Miocene unroofing in the Chinese TianShan: an early effect of the India-Asia collision. Geology, 22: 487~490.

Hendrix M S, Graham S A, Carroll A R, et al. 1992. Sedimentary record and climatic implications of recurrent deformation in the Tianshan; Evidence from Mesozoic strata of the north Tarim, South Junggar, and Turpan basins, northwest China. GSA Bulletin, 104: 53~79.

Hendrix M S. 2000. Evolution of Mesozoic sandstone compositions, southern Junggar, Northern Tarim, and Western Turpan basins, Northwest China: A detrital record of the ancestral Tian Shan, Journal of Sedimentary Research, 70(3), 520~532.

Ingersoll R V, Bullard T F, Ford R L, et al. 1984. The effect of grain size on detrital modes; a test of the Gazzi-Dikison point-

- counting method. *Journal of Sedimentary petrology*. 54: 103~116.
- Jolivet M, Brunel M, Seward D, et al. 2001. Mesozoic and Cenozoic tectonics of the northern edge of the Tibetan plateau; Fission-track constrains. *Tectonophysics*. 343:111~134.
- Molnar P, Tapponnier P. 1975. Cenozoic tectonics of Asia; effects on a continental collision. *Science*. 189: 419~426.
- Morton A C. 1985. A new approach to provenance studies—electron microprobe analysis of detrital garnets from Middle Jurassic sandstones of the northern North Sea. *Sedimentology*, 32: 553~556.
- Pettijohn F J, Potter P E, Siever R. 1987. Sand and sandstone (second edition). New York; Spronger-Verlag, 553.
- Tapponnier P, Molnar P. 1979. Active Faulting and Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia, and Baykal Regions. *J. Geophys. Res.*, 84: 3425~3459.
- Vincent S J, Allen M B. 1999. Evolution of Minle and Chaoshui Basin, China: Implications for Mesozoic Strike-slip basin formation in entral Asia, *GSA Bulletin*, 111(5): 725~742.
- Wartes M A, Carroll A R, Greene T J. 2002. Permian sedimentary record of the Turpan-Hami basin and adjacent regions, northwest China: Constraints on postamalgamation tectonic evolution. *G. S. A.*, 114(2): 131~152.

## The Mesozoic-Cenozoic Clastic Composition of Bogda Area, Xinjiang: Implications on the Evolution of Basin-Range Pattern

FANG Shihu<sup>1)</sup>, SONG Yan<sup>1)</sup>, JIA Chengzao<sup>1)</sup>, WANG Xulong<sup>2)</sup>, YUAN Qingdong<sup>1)</sup>

1) *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing, 100083*

2) *Xinjiang oilfield Company, Petrochina, Kelamay, 834000*

### Abstract

It is an important method to understand provenance types, basin-range evolution and tectonic attributes of Bogda area through detrital composition of sandstones. The Mesozoic-Cenozoic detrital compositions utterly differ from the upper Mid-Jurassic ones, which suggests an intense change of basin-range pattern initiated. Increase of that clast of sedimentary rock, high-grade metamorphic rock and unstable heavy minerals shows tectonically active setting and obvious uplift of Bogda Mountain during the Late Jurassic to early Early Cretaceous, Late Cretaceous and Late Cenozoic, led to the widely different sedimentary succession and rapid evolution of basin-range pattern around the Bogda area. In terms of the three tectonic events, that of Middle-Late Jurassic to Early Cretaceous is the initial period for differential evolution of basin-range pattern, and the provenance system changed intensely, following by episodic rapid uplifting of Bogda Mountain during the Late Jurassic to early Early Cretaceous, Late Cretaceous and Late Cenozoic.

**Key words:** Bogda Mountain; Mesozoic-Cenozoic; clastic composition; tectonism; basin-range pattern