

新疆焉耆盆地早侏罗世八道湾期 原始沉积边界探讨

陈建军¹ 刘池洋¹ 杨兴科² 陈建荣³ 孟献海³ 韩鹏¹

(1.大陆动力学国家重点实验室(西北大学),西北大学地质系,陕西西安710069;

2.长安大学成矿作用及其动力学开放实验室,陕西西安710054;

3.新疆地质矿产勘探开发局第三地质队,新疆库尔勒841000)

摘要:新疆焉耆盆地是一中、新生代盆地,通过对盆地地下侏罗统八道湾组野外调研及地层岩石化学特征分析,笔者认为其物源区位于盆地北部,碎屑由北向南搬运,在北部为粗碎屑堆积,南部为细碎屑堆积;盆地北部为辫状河相沉积,南部为滨浅湖相沉积;最新完成的磷灰石裂变径迹数据显示西、南、北缘山体隆升较晚;在盆地周缘山体上,现今仍残留有侏罗纪地层;这都显示盆地原始沉积边界比现今盆地要广。通过以上分析及与库车盆地对比发现,两者于八道湾期是相连通的,为塔里木大型盆地的一部分。

关键词:岩石地球化学;含砾碎屑百分比;成熟度指数;重矿物稳定系数;磷灰石裂变径迹;盆地原始边界

中图分类号:P588.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2007)03-0506-09

1 引言

焉耆盆地是新疆一小型含油气盆地,面积13000 km²,具两坳一隆的构造格局,自南而北依次为博湖坳陷、焉耆隆起和静坳陷。博湖坳陷又分为北部凹陷、中央构造带和南部凹陷(图1)。沉积盖层由中生界中上三叠统和侏罗系陆相含煤建造以及新生代陆相碎屑岩组成。侏罗系包括下侏罗统八道湾组和三工河组、中侏罗统西山窑组和三间房组及七克台组,分布于焉耆盆地南部博湖坳陷,其余地方缺失。

自1995年焉参1井首次获得工业油气流以来,已发现并探明宝浪、本布图2个油田、4个含油区块(宝中、宝北、本布图、本布图东),主力烃源岩为下侏罗统八道湾组炭质泥岩、泥岩和煤,油气主要储集于下侏罗统三工河组,少量储集于八道湾组和西山窑组。

焉耆盆地现今为山间改造残留盆地,后期强烈改造使焉耆盆地古今面貌迥异,造成对侏罗纪盆地属性认识不一,目前存在前陆(类前陆)盆地、伸展断陷(转换伸展)盆地和拉分盆地3种认识^[1-9];同时认为物源来自于盆地北部和南缘库鲁克塔格山^[10-12]。

焉耆盆地中生代地层在强烈的后期改造过程中遭受到严重剥蚀,但下侏罗统八道湾组地层在盆地中分布最广,几乎没有遭到剥蚀。对焉耆盆地早侏罗世八道湾期原始面貌的研究不仅为厘定盆地的属性提供较充足的地质证据,还对探讨新疆山间小型盆地油气藏的形成具有重要的地质意义。

研究焉耆盆地早侏罗世八道湾期原始面貌的基础资料和科学依据是:通过盆地内现今八道湾组地层岩石地球化学特征的统计鉴定和测试分析及沉积环境探讨其沉积古地理和物源关系;对周邻山体充分采用不受地层时代的限制、近年已成功用于高原、造山带和盆地隆升-剥蚀过程和时限研究的裂变径迹分析方法;在此基础上,通过与周邻中生代盆地对比进而探讨焉耆盆地八道湾期原始沉积边界。

2 岩石地球化学分析及沉积环境

焉耆盆地八道湾组岩性主要为灰色砾状砂岩、含砾砂岩与深灰色泥岩、灰黑色炭质泥岩不等厚互层,夹煤层、粉砂岩和细砾岩。盆地于八道湾中期发生湖侵,湖相较发育。该时期在盆地北部向1井地区为辫状河相沉积环境,宝北地区为辫状河三角洲平原相沉积环境,宝中地区及西部哈满沟地区为

收稿日期:2007-01-08;改回日期:2007-04-16

基金项目:国家自然科学基金项目(40372096)、教育部长江学者和创新团队发展计划项目(IRTO559)资助。

作者简介:陈建军,男,1973年生,博士,研究方向为矿产普查与勘探;E-mail:cjxs112@163.com。

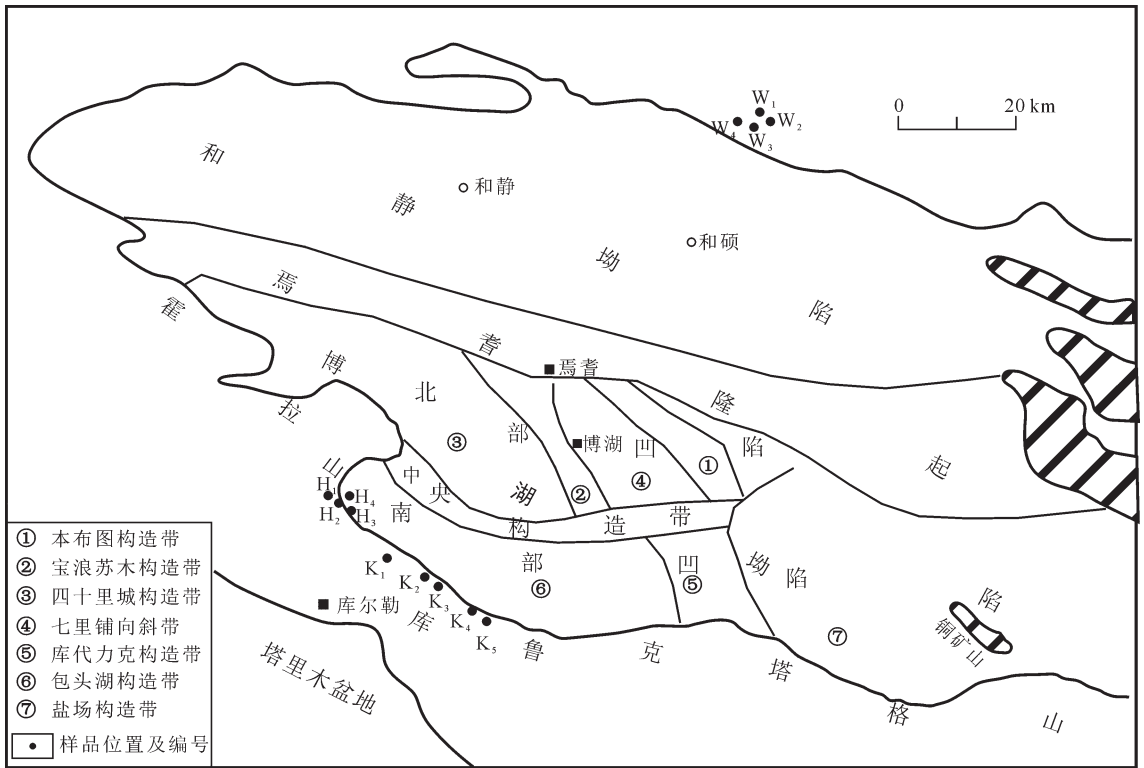


图 1 焉耆盆地构造单元划分及样品位置

Fig.1 Tectonic units and sample location in the Yanqi basin

辫状河三角洲前缘-湖沼相沉积环境,中、南部为滨浅湖相沉积环境。

笔者所研究的焉耆盆地八道湾组沉积地层的岩石地球化学特征,包括含砾碎屑百分比(即砾岩厚度、砂砾厚度、砾状砂岩厚度和含砾砂岩厚度与地层厚度的比值再乘以百分之百)、碎屑矿物成熟度指数(即石英含量与长石及岩屑含量之和的比值)和碎屑重矿物稳定系数(即碎屑岩中稳定重矿物相对含量与不稳定重矿物相对含量的比值,焉耆盆地中稳定重矿物为锆石、电气石、石榴石、磁铁矿、榍石、金红石、锡石、板钛矿、刚玉、萤石、锐钛矿,不稳定重矿物为云母、绿帘石、黝帘石、角闪石、透闪石和钠闪石)。一般来说,含砾碎屑百分比越大,碎屑搬运距离越近,离物源区越近;而碎屑矿物成熟度指数和碎屑重矿物稳定系数越大,碎屑搬运的距离越远,离物源区较远。

2.1 含砾碎屑百分比

焉耆盆地 14 口钻井有早侏罗世八道湾期含砾碎屑百分比数据,其中博湖坳陷中央构造带有 2 口井,南部凹陷有 4 口井,余者分布于北部凹陷。

八道湾组地层中砾石成分以变质岩为主,主要为石英岩、千枚岩、板岩和片岩等,也常见花岗岩和喷出岩,砾石的粒径为 2~35 mm,但以 2~5 mm 和 8~15 mm 为主,砾石分布多具正韵律序变化,大粒径砾石主要分布于盆地西缘哈满沟

一带。

(1)北部地区:盆地焉耆 1 井以北地区各井数据都大于 50%(图 2),其中以焉耆县东南向 1 井的值为全区最大值,这与分区统计各类岩石含量中砾石含量最高的结果一致(图 3),表明该地区碎屑搬运距离较短,距物源区较近。

(2)中南部:在盆地中南部八道湾组地层含砾碎屑含量为 23.46%~29.7%,为全区最低值分布区(图 2),这说明中南部碎屑搬运距离最长,距物源区最远。

(3)西南部:在盆地西南部,马 1 井八道湾组含砾碎屑含量为 38.2%;在按地区统计的八道湾组各类岩石含量中,在哈满沟区砾岩类含量为 42.2%,砂岩类为 32.5%,两种岩石含量可达 74.7%(图 3),比中南部含砾碎屑百分比值要高;相应该区的泥岩类和煤岩又比中南部要低很多。因此,哈满沟地区碎屑搬运距离比盆地中南部要短,但与盆地北部相比,碎屑搬运距离相对较长。

2.2 矿物成熟度指数

盆地内有 6 个矿物成熟度指数数据,南部凹陷有 2 个数据,其中 1 个为露头,其余分布于北部凹陷。

(1)北部地区:在盆地焉耆 1 井以北(包括焉耆 1 井),碎屑矿物成熟度普遍较低,特别是位于焉耆县东南的向 1 井仅 0.16,为全区最小值(图 4)。可见,北部地区碎屑搬运距离短,离物源区较近。

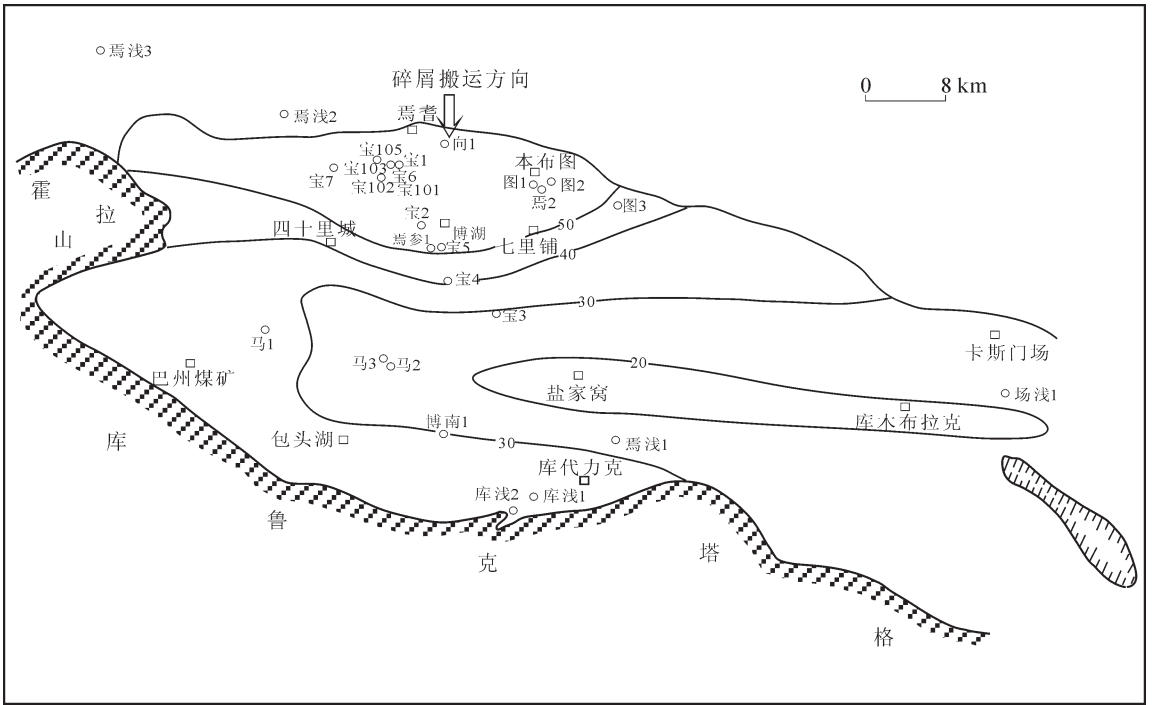


图2 八道湾组含砾碎屑百分比等值线

Fig.2 Isoline map (%) of gravel-sized fragments in the Badaowan Formation

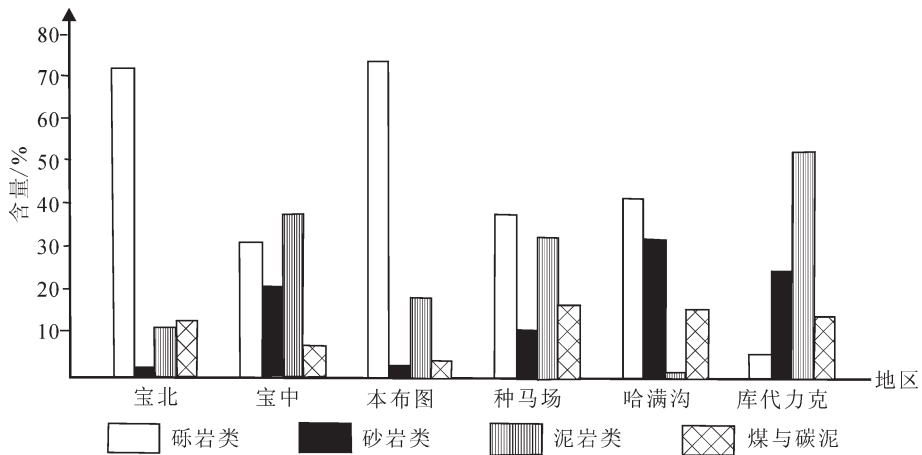


图3 早侏罗世八道湾组各岩类含量变化

Fig.3 Contents of various rock types in the Early Jurassic Badaowan Formation

(2)中南部地区:在盆地中南区碎屑岩成熟度指数值为0.73~0.84,为全区的高值分布区。说明该区碎屑岩成熟度较高,碎屑搬运距离较长,距物源区较远。其中西区哈满沟区碎屑岩矿物成熟度指数为0.84,焉浅1井为0.79,两者相差不大,但焉浅1井的碎屑重矿物稳定系数要远大于哈满沟区,故认为盆地南部东区碎屑搬运距离比西部哈满沟距的要远。

2.3 重矿物稳定系数

焉耆盆地有9个重矿物稳定系数数据(其中两个为露

头),其中南部凹陷有4个,北部凹陷有5个。地层中稳定重矿物主要为锆石、石榴石、磁铁矿、锡石、电气石、榍石、金红石、板钛矿,不稳定矿物主要为云母、绿帘石、黝帘石、角闪石,在所有重矿物中锆石、石榴石、磁铁矿、锡石、电气石的含量占主导地位。

(1)北部地区:在盆地北部,地层中重矿物稳定系数小于20,其中向1井重矿物稳定系数最小,其值仅为3.03(图4)。说明该区碎屑搬运距离近,距物源区近(图5)。

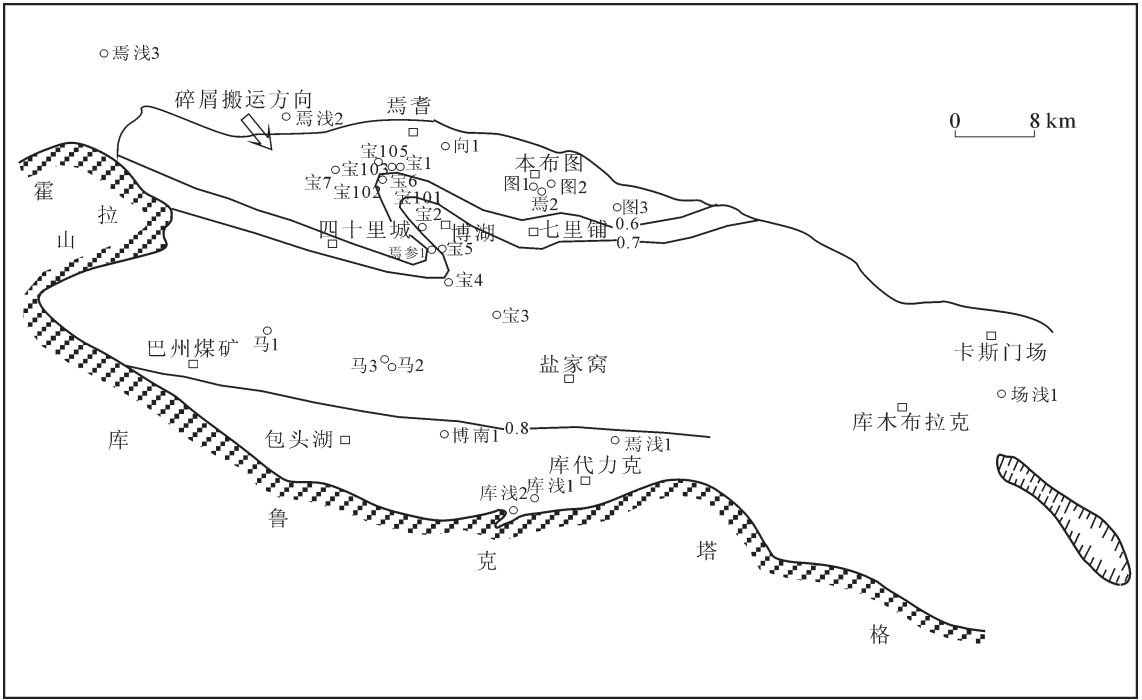


图 4 八道湾组成熟度指数等值线

Fig.4 Isoline map of the maturation index in the Badaowan Formation

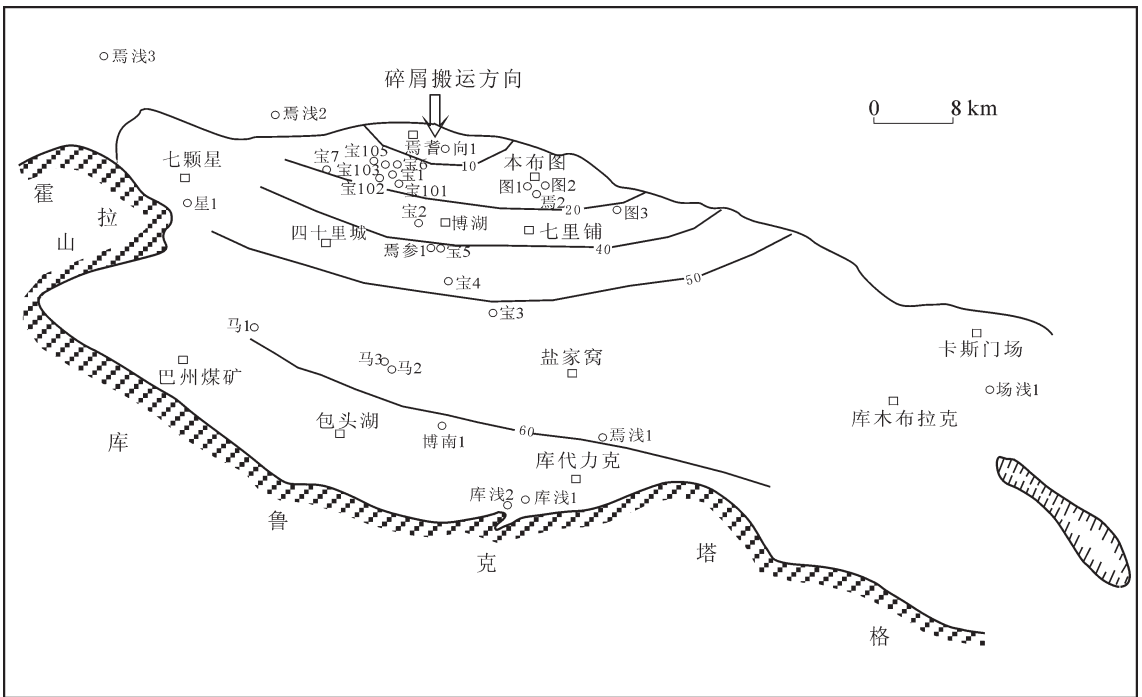


图 5 八道湾组重矿物稳定系数等值线

Fig.5 Isoline map of stability coefficients of heavy minerals in the Badaowan Formation

(2)中南部:在西南部哈满沟区的重矿物稳定系数比北部要高,特别是比临近北部边缘的向1井要大许多;但又比东部焉浅1井小得多;这与本组地层的碎屑岩矿物成熟度指数分布特征相一致。说明,哈满沟碎屑物搬运距离较远;南部中东区碎屑物搬运距离最远。

综上所述,在现今盆地中,八道湾组地层碎屑含砾含量、矿物成熟度指数和重矿物稳定系数,从南到北的变化具有明显的规律性,都表现出现今盆地北部距物源区近,搬运距离短,水动力活跃;南部距物源区远,搬运距离远,水动力不很活跃。

3 周邻山系隆升时限

焉耆盆地周邻山系隆升时限的确定对研究盆地原始沉积边界具有重要的指导意义,但以往该盆地的研究并没有意识到此方面的研究的重要性。为了准确划定山体的隆升时限,所采的样品包括中生代的砂岩和前中生代的砂岩、变质岩和花岗岩,采样位置兼顾山体中和山前地带,共采12块样品(表1,图1),样品由中国科学院高能物理研究所完成测试。

本文根据样品测试年龄与裂变径迹长度、地层年龄的关系及泊松检验概率大小对样品数据进行分析。当样品年龄大于地层年龄时,样品未经历退火作用,其年龄代表物源抬升年龄,对山体抬升研究意义不大,故不用其年龄。当样品年龄小于地层年龄时,表明样品经历了退火作用裂变径迹和后期的抬升冷却作用,但要结合泊松检验概率进行分析:泊松检验概率大于5%时,裂变径迹年龄属于同组年龄;当泊松检验概率小于5%时,其年龄属于不同年龄组,为混合年龄。此时,结合裂变径迹长度分布图、单颗粒年龄放射图、单颗粒年龄直方图及高斯拟合曲线,给出的不同组分的拟合年龄代表了

不同时期的构造抬升冷却年龄。

3.1 西缘霍拉山

西缘霍拉山样品H₁和H₄磷灰石属于中心年龄明显小于地层年龄且泊松检验概率大于5%的情况(表1)。雷达图指示样品的所有单颗粒年龄均落入同一组,样品的中心年龄可视为冷却年龄,分别为(87±6)Ma和(99±8)Ma。这两个样品的中心年龄与高斯拟合年龄(82.5Ma±和102.5Ma±)(图6)相当一致,且径迹长度呈右偏不对称分布、平均径迹长度分别为(12.6±2.1)μm~(13.0±1.8)μm,总体表现为经历完全退火后反弹至未退火带的冷却年龄,表明这一地区至少在102.5Ma左右已经抬升到了AFT-封闭温度以浅的位置,指示一次重要的构造抬升事件。

样品H₂和H₃磷灰石属于中心年龄明显小于地层年龄且泊松检验概率小于5%的情况,相当于混合年龄。径迹长度分布偏向长径迹一侧、平均径迹长度分别为(11.9±1.5)μm~(12.3±2.1)μm,中心年龄分布在94Ma左右和99Ma左右,总体上代表了样品经历部分退火之后的最大抬升冷却时间。从单颗粒年龄分布的雷达图和高斯拟合曲线上可以看出,H₂样品磷灰石年龄应该包含两个年龄组(图6),分别对应23.7Ma左右和105.5Ma左右两个高斯拟合年龄,前者代表了新生代喜山期构造抬升事件的冷却年龄,后者则代表早白垩世末晚燕山期构造抬升事件的冷却年龄;H₃样品磷灰石拟合出一个年龄(62.5Ma左右),代表了新生代喜山期构造抬升事件的冷却年龄。

西缘霍拉山地区磷灰石年龄显示该区至少共同经历了3次构造抬升事件,中生代燕山晚期构造事件主要发生在105.5~82.5Ma,新生代喜山构造时间发生在62.5Ma左右和

表1 焉耆盆地周缘山体磷灰石裂变径迹分析

Table 1 Apatite fission-track data for mountains around the Yanqi basin

采样位置	样号	层位岩性	颗粒数	$\rho_d(10^5/cm)$	$\rho_i(10^5/cm)$	$\rho_d(10^5/cm)$	泊松检验 概率(%)	中心年龄 /Ma	$L\mu m(N)$
西缘霍拉山	H ₁	华力西期花岗岩	25	3.781	5.481	7.226	47	87±6	12.6±2.1(100)
	H ₂	中侏罗统西山窑组砂岩	22	5.07	7.779	8.423	3.4	94±8	11.9±1.5(104)
	H ₃	下侏罗统八道湾组砂岩	20	3.177	4.195	7.359	0.3	99±8	13.0±1.8(105)
	H ₄	石英片岩	16	2.443	5.272	8.689	47.3	75±9	12.2±2.2(95)
南缘库鲁克塔格山	K ₁	华力西期花岗岩	20	5.735	11.649	7.093	1.3	61±5	13.0±1.7(103)
	K ₂	华力西期花岗岩闪长岩	8	2.427	9.915	8.024	0.14	35±7	11.9±2.4(28)
	K ₃	华力西期花岗岩	19	3.118	8.7	9.354	6.6	60±5	12.3±2.0(104)
	K ₄	华力西期花岗岩	25	3.981	8.692	7.226	1.5	59±5	12.8±1.9(103)
北缘红山	W ₁	下侏罗统八道湾组砂岩	23	7.57	18.759	7.891	0.4	54±5	11.9±2.7(104)
	W ₂	下侏罗统三工河组砂岩	12	11.134	15.493	9.088	0	112±13	12.9±2.0(105)
	W ₃	中泥盆统砂岩	19	2.341	9.054	8.423	0.4	34±5	12.5±1.9(101)
	W ₄	中侏罗统西山窑组砂岩	20	6.939	10.562	7.492	0	73±11	12.6±2.0(106)

注: ρ_d -自发径迹密度, ρ_i -外部探测器中的诱发径迹密度, ρ_d -标准径迹密度, L -径迹长度, N -参与统计的径迹数。

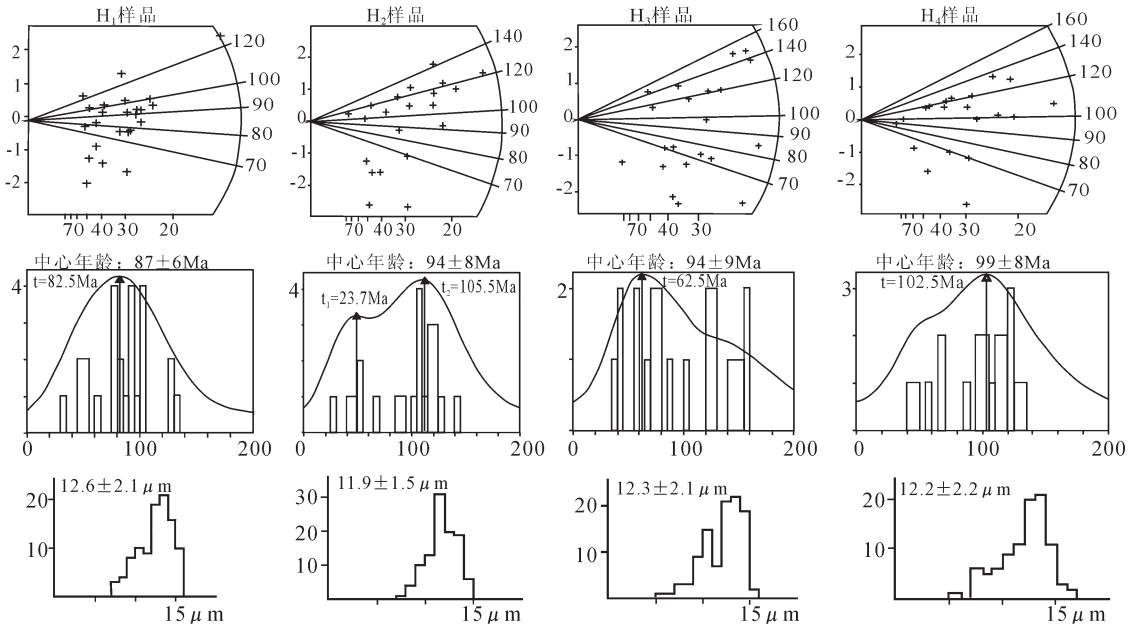


图 6 霍拉山磷灰石样品年龄组分

Fig.6 Age component diagram for apatite samples from the Horo Mountains

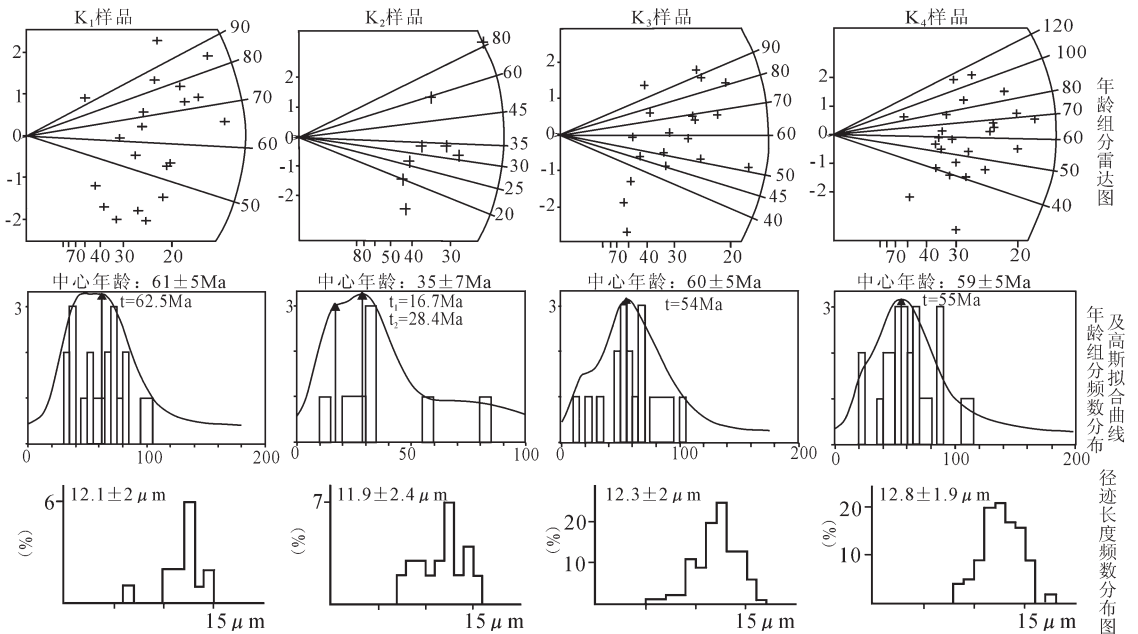


图 7 库鲁克塔格山磷灰石样品年龄组分

Fig.7 Age component diagram for apatite samples from the Kuruktag Mountains

23.7 Ma 左右。

3.2 南缘库鲁克塔格山

南缘库鲁克塔格山 K_3 样品为中心年龄明显小于地层年龄且泊松检验概率大于 5% 的情况(表 1),雷达图指示样品的所有单颗粒 FT 年龄均落入同一组,样品的中心年龄 (60 ± 5

Ma) 可视作冷却年龄,样品的中心年龄与高斯拟合年龄 ($54 \text{ Ma} \pm$)(图 7)相当一致,且径迹长度呈右偏不对称分布、平均径迹长度为 $12.3 \pm 2.0 \mu\text{m}$,总体表现为经历退火后反弹至未退火带的冷却年龄,表明这一地区至少在 54 Ma 左右已经抬升到了封闭温度以浅的位置,指示一次重要的构造抬升事件。

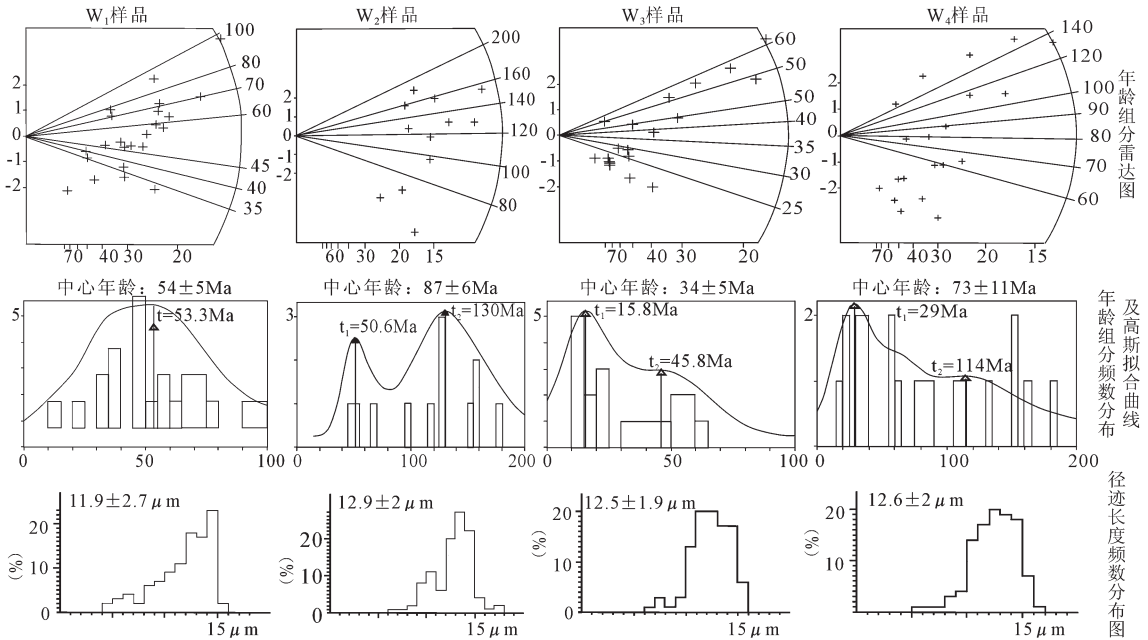


图8 红山磷灰石样品年龄组分图

Fig.8 Age component diagram for apatite samples from the Hongshan Mountains

其余3个样品磷灰石属于中心年龄明显小于地层年龄且泊松检验概率小于5%的情况,中心年龄分布在61~35 Ma,相当于混合年龄。径迹长度分布偏向长径迹一侧、平均径迹长度分别为 (13.0 ± 1.7) – (11.9 ± 2.4) – $(12.8 \pm 1.9) \mu\text{m}$,显示高温退火的短径迹与后期冷却过程新生长径迹的叠加特征。从单颗粒 AFT 年龄分布的雷达图和高斯拟合曲线上可以看出,3个样品的拟合年龄(分别为 $62.5 \text{ Ma} \pm$ 、 $28.4 \text{ Ma} \pm$ 和 $55 \text{ Ma} \pm$)都小于地层年龄,代表该区新生代喜山期2期构造抬升事件的冷却年龄。

因此,裂变径迹年龄显示库鲁克塔格地区至少共同经历了2次构造抬升事件,分别为62.5~54 Ma和28 Ma左右,表明库鲁克塔格山隆升时间晚,主要隆升于新生代。

3.3 北缘红山

红山3个样品磷灰石属于中心年龄明显小于地层年龄且泊松检验概率小于5%的情况,中心年龄分布在61~35 Ma,相当于混合年龄。径迹长度分布偏向长径迹一侧、平均径迹长度分别为 (11.9 ± 2.7) – (12.9 ± 2.0) – (12.5 ± 1.9) – $(12.6 \pm 2.0) \mu\text{m}$ (图8),显示高温退火的短径迹与后期冷却过程新生长径迹的叠加特征。从单颗粒磷灰石年龄分布的雷达图和高斯拟合曲线上可以看出,4个样品拟合出的年龄都小于地层年龄,拟合年龄显示该区经历了4期构造抬升事件,中生代抬升于早白垩世中晚期(130~114 Ma),新生代经历了3次构造抬升事件,分别发生于始新世(51~45.8 Ma)、渐新世(29 Ma±)和中新世(15.8 Ma±)。

综上所述,样品磷灰石年龄显示焉耆盆地西、南、北缘山

体隆升较晚。北缘红山和西缘霍拉山于早白垩世中、晚期相继隆升,而南缘库鲁克塔格山隆升于新生代。

4 与库车拗陷对比

早侏罗世八道湾期,焉耆盆地物源区位于北部,周缘山体隆升较晚,兼之西、南山上残留有中下侏罗统,都表明在该时期焉耆盆地沉积范围在现今的基础上向外较广的延伸,原始沉积边界超出今盆地范围。与周邻库车盆地进行对比,是进一步探讨和厘定该时期焉耆盆地原始沉积边界的基础和重要途径。

塔里木盆地北部的库车拗陷(盆地)下侏罗统在天山山前广泛出露,自南而北,地层剥蚀强度增大,北部边缘已剥蚀殆尽,缺少边缘沉积相带。库车拗陷下侏罗统及沉积相带展布于库车河之东被截断,较深湖相沉积直接与山体老地层接触,其北半部已被完全剥蚀。焉耆盆地八道湾组烃源岩层为近东西展布且向西开口,而与焉耆盆地可对比的库车拗陷阳霞组烃源岩呈近东西向展布且向东开口,同时它也在库车河之东被截断。以上现象证明当时在库车河之北东方向,即今库车和焉耆盆地之间的霍拉山一带,应分布有与库车拗陷一同沉积的湖相和湖沼相地层及其相关的过渡相和边缘相沉积,两者之间缺失的地层后期改造剥蚀造成的。

5 结论和讨论

侏罗纪早期,古天山被剥蚀夷平为准平原化,周边地区处于伸展环境^[3],盆地沉积范围扩大,是统一泛盆发育期。根

据焉耆盆地岩石矿物特征、沉积环境、周缘山体磷灰石裂变径迹年龄及与库车坳陷对比分析,早侏罗世八道湾期,焉耆盆地与库车坳陷之间相连或相通,两者均应为塔里木大型盆地北部的组成部分,现今焉耆盆地西、南缘山体上至今残留有侏罗纪地层就是证据之一。焉耆盆地与库车坳陷之间霍拉山在八道湾期局部存在低矮的丘陵,是焉耆盆地次要物源区;南部与塔里木盆地间存在一水下低隆起。

早白垩世中、晚期—晚白垩世在新疆构造运动史中具有重要意义,不仅表现在天山山体开始急剧隆升^[14-16],同时新疆诸盆地抬升剥蚀,造成普遍缺失上白垩统。焉耆盆地周缘霍拉山于此时期隆升,塔里木大型盆地开始解体,库车坳陷和焉耆盆地分离成独立的盆地,进入各自的演化阶段。新生代由于印度板块和欧亚板块碰撞,天山再次抬升^[17-18],并在周边盆地边缘形成一系列的褶皱、逆冲及推覆构造^[19],焉耆盆地南缘库鲁克塔格山隆升。

参考文献 (References):

- 袁政文, 何明喜, 宋建华, 等. 新疆焉耆挤压逆冲型残留盆地与油气勘探[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1):11-16.
Yuan Zhengwen, He Mingxi, Song Jianhua, et al. The Yanqi compression-thrust residual basin in Xinjiang province and its oil-gas exploration [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(1): 11-16(in Chinese with English abstract).
- 刘和甫. 前陆盆地类型及褶皱-冲断层样式 [J]. 地学前缘, 1995, 2(3):59-68.
Liu Hefu. Classification of foreland basin and fold thrust style [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2 (3):59-68 (in Chinese with English abstract).
- 吴富强. 焉耆中生代原型盆地性质及形成机制[J]. 新疆石油地质, 1998, 20(4):298-301.
Wu Fuqiang. Characteristics and formation mechanism of Yanqi Mesozoic prototype basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20 (4): 298-301(in Chinese with English abstract).
- 姚亚明, 刘池阳, 何明喜, 等. 焉耆盆地博湖坳陷油气成藏的主控因素及成藏模式[J]. 新疆石油天然气, 2005, 1(3):1-6.
Yao Yaming, Liu Chiyang, He Mingxi, et al. Main control factors and models of pool formation in Bohu depression, Yanqi Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 1 (3):1-6 (in Chinese with English abstract).
- 袁正文. 焉耆盆地构造演化分析[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25 (4):33-35.
Yuan Zhengwen. Analysis of structural evolution in Yanqi Basin [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2003, 25 (4):33-35 (in Chinese).
- 李永林, 陈文学, 赵德力, 等. 焉耆盆地含油气系统的演化 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(4):357-359.
Li Yonglin, Chen Wenxue, Zhao Deli, et al. Evolution of petroleum system in Yanqi Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21 (4):357-359(in Chinese with English abstract).
- 郭召杰, 张志诚, 钱祥麟. 塔里木东北缘的一个早-中侏罗世拉分盆地-焉耆盆地[J]. 地学前缘, 1995, 2(4):255-256.
Guo Shaojie, Zhang Zhicheng, Qian Xianglin. An early-middle pull-apart basin in the northeast of Tarim-Yanqi basin [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2 (4):255-256 (in Chinese with English abstract).
- 刘新月, 林社卿, 何明喜, 等. 焉耆盆地中生代原型盆地性质判定 [J]. 新疆石油地质, 2002, 23(5):392-393.
Liu Xinyue, Lin Sheqing, He Mingxi, et al. Identification of characteristics of Yanqi Mesozoic prototype basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2002, 23(5):392-393(in Chinese with English abstract).
- 吴富强, 刘家铎, 吴梁宇, 等. 焉耆盆地侏罗系碎屑化学成分与原盆地性质分析[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(5):391-393.
Wu Fuqiang, Liu Jiaduo, Wu Liangyu, et al. The Jurassic clastic chemical constitute in Yanqi basin and analysis of its proto-basin properties[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(5):391-393.
- 刘新月, 李永林, 何明喜, 等. 焉耆中生代原型盆地沉积演化特征[J]. 新疆石油地质, 2002, 23(2):130-133.
Liu Xinyue, Li Yonglin, He Minxi, et al. Characteristics of sedimentary evolution in Yanqi Mesozoic prototype basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2002, 23(2):130-133(in Chinese with English abstract).
- 姜在兴, 吴明荣, 陈祥, 等. 焉耆盆地侏罗系沉积体系[J]. 古地理学报, 1999, 1(3):19-27.
Jiang Zaixing, Wu Mingrong, Chen Xiang, et al. Jurassic sedimentary systems in Yanqi Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 1999, 3(1):19-27(in Chinese with English abstract).
- 邱荣华, 陈文礼, 林社卿, 等. 焉耆盆地中生界层序地层和沉积体系分析[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2001, 26(6):615-620.
Qiu Ronghua, Chen Wenli, Lin Sheqing, et al. Mesozoic sequence stratigraphy and depositional systems in Yanqi Basin [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2001, 26(6): 615-620(in Chinese with English abstract).
- 罗金海, 车自成, 周新源, 等. 塔里木盆地西部中生代早期伸展作用的辉绿岩证据[J]. 中国地质, 2006, 33(3):566-571.
Luo Jinhai, Che Zicheng, Zhou Xinyuan, et al. Diabase evidence for the early Mesozoic extension in the western Tarim basin, NW China [J]. Geology in China, 2006, 33(3):566-571(in Chinese with English abstract).
- 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 Mountain [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(3): 319-331(in Chinese with English abstract).
- 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 exhumation history of Tianshan and comparative studies

- to the Junggar and Altai Mountains[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(1):1-15(in Chinese with English abstract).
- [16] 朱文斌, 舒良树, 万景林, 等. 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[J]. *地质学报*, 2006, 80(1):16-22.
Zhu Wenbin, Shu Liangshu, Wan Jinglin, et al. Fission-track evidence for the exhumation history of Bogda-Harlik Mountain, Xinjiang since the Cretaceous [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(1):16-22(in Chinese with English abstract).
- [17] 袁学诚. 新疆岩石圈三明治结构与油气资源[J]. *中国地质*, 2007, 34(1):1-7.
Yuan Xuecheng. Sandwich lithospheric structure of Xinjiang and its relation to petroleum resources [J]. *Geology in China*, 2007, 34(1):1-7(in Chinese with English abstract).
- [18] 秦胜飞, 贾承造, 陶士振. 塔里木盆地库车坳陷油气成藏的若干特征[J]. *中国地质*, 2002, 29(1):103-108.
Qin Shengfei, Jia Chengzao, Tao Shizhen. Some characteristics of oil and gas accumulation in the Kuqa depression, Tarim basin[J]. *Geology in China*, 2002, 29(1):103-108(in Chinese with English abstract).
- [19] 陈正乐, 李细根, 宫红良, 等. 新疆库车黑英山地区晚新生代构造运动及其对砂岩型铀矿成矿的控制作用初析 [J]. *中国地质*, 2006, 33(3):572-581.
Chen Zhengle, Li Xigen, Gong Hongliang, et al. Late Cenozoic tectonic movement in the Keyir Mountain area, Kuqa, Xinjiang, and its controls on sandstone-type uranium deposits[J]. *Geology in China*, 2006,33(3):572-581(in Chinese with English abstract).

Primary boundary of Early Jurassic Badaowanian sediments in the Yanqi basin Xinjiang

CHEN JIAN-jun¹, LIU CHI-yang¹, YANG Xing-ke², CHEN Jian-rong³,
MENG Xian-hai³, HAN Peng¹

(1. *State Key Laboratory of Continental Dynamics (Northwest University), Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China*; 2. *Open Laboratory of Mineralization and Dynamics, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China*;
3. *No. 3 Geological Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Korla 841000, Xinjiang, China*)

Abstract: The Yanqi basin of Xinjiang is a Meso-Cenozoic basin. According to the field survey and strata/rock geochemical analysis of the Lower Jurassic Badaowan Formation in the basin, the authors think that: the source area lies in the north of the basin and fragments were transported from north to south, with coarse fragments deposited in the north and fine fragments in the south; braided stream facies sediments occur in the north of the Yanqi basin, while lakeshore and shallow lake facies sediments in the south; and the new apatite fission track data show that the mountains on the western, southern, and northern margins of the Yanqi basin were uplifted late; and Jurassic strata still remain in mountains around the Yanqi basin at present. All these show that the primary sedimentary boundary of the basin is wider than that of the present basin. Based on the above analysis and its comparison with the Kuqa basin, the authors find that the Yanqi basin was connected with the Kuqa basin and that the two basins were a part of the Tarim basin in the Badaowanian period.

Key words: rock geochemistry; percentage of gravel-sized fragments; maturation index; stability coefficient of heavy minerals; apatite-fission track; primary basin boundary

About the first author: CHEN Jian-jun, male, born in 1973, doctor candidate, engages in mineral prospecting and exploration; E-mail: cjjxs112@163.com.