

文章编号: 1000-0550(2013)03-0421-09

# 塔里木盆地北部地区下志留统柯坪塔格组 物源分析与物源区母岩年龄确定<sup>①</sup>

牛 露 于炳松 张文博

(中国地质大学 北京 100083)

**摘 要** 根据柯坪(KP)大湾沟剖面及塔北地区 TP3、TP7 和 KQ1 等井下志留统柯坪塔格组砂岩样品岩石薄片、重矿物、锆石 SHRIMP U—Pb 测年分析结果,应用 Dickinson 三角图法,结合区域地质背景分析,认为塔北西部地区和中东部地区的志留系柯坪塔格组砂岩物源明显不同。西部地区物源构造背景为大陆岛弧环境,物源物质为大陆上地壳,年代为元古代,推测物源区为塔北隆起;中东部地区物源构造背景为再旋回造山带环境,年代为奥陶纪,推测物源区为库鲁克塔格隆起带。物源母岩普遍含深成中酸性侵入岩。塔北西部物源距离远于塔北中东部地区,这对于恢复当时的沉积古地理环境以及塔里木盆地的类型和盆地演化有重要意义。

**关键词** 塔北地区 柯坪塔格组 物源分析 锆石 SHRIMP U—Pb 定年

**第一作者简介** 牛露 女 1990 年出生 硕士研究生 矿物学岩石学、矿床学 沉积学 E-mail: niulu1990@126.com

**中图分类号** P512.2 **文献标志码** A

## 0 引言

近年来,塔里木盆地志留系一直是油气勘探的重点层位;围绕该套地层的沉积相类型、沉积砂体展布、储层分布、油气成藏期次等方面已做过大量研究工作,也取得了许多重要进展,对于沉积相类型及微相组合分布已取得了较为一致的认识,总体认为是一套滨岸沉积环境,发育海滩、潮坪、陆棚等沉积相类型<sup>[1-4]</sup>。但对其物源体系、岩相古地理分布等方面分歧较大。曹守连与陈发景<sup>[5]</sup>认为塔东北坳陷志留纪物源来自再旋回造山带,物源区为北部古塔北隆起、库鲁克塔格隆起;张希明<sup>[6]</sup>等认为碎屑岩物源区以盆地边缘再旋回造山带为主;李曰俊等<sup>[7]</sup>认为巴楚断隆志留纪到石炭纪属于稳定的大陆克拉通盆地,沉积物源来自成熟大陆区;周新源等<sup>[8]</sup>认为塔里木盆地西北缘早志留世形成的大地构造背景为被动大陆边缘,物源区为成熟大陆石英质物源区;郭战峰等<sup>[9]</sup>认为柯坪、巴楚断隆志留系沉积来自相对稳定的再旋回碰撞造山带—前陆隆升区及大陆块物源区;张金亮和张鑫<sup>[10]</sup>认为志留系物源来自周边塔中、塔北及塔东隆起区的沉积地层,母岩为花岗岩类。邬光辉等<sup>[11]</sup>通过碎屑锆石测年判断塔北北部志留系具有复

杂的沉积物源,东部地区主要来自阿尔金地区奥陶纪火山岩,西部地区物源为库车—塔北前寒武纪基底。上述研究主要从碎屑岩组份、全岩化学分析进行判识<sup>[5,7,10]</sup>。

本文采用经典 Dickinson 三角图解法、重矿物分析法、锆石定年三种方法,对塔北地区下志留统柯坪塔格组砂岩碎屑组分特征及源区背景开展研究,包括物源区方位、构造背景、母岩性质及组合特征以及沉积物搬运距离、路径等,这对于分析塔里木盆地北部地区志留系柯坪塔格组砂岩源区背景、盆地类型和盆地演化,恢复沉积古地理环境有重要理论意义;同时对推动塔里木盆志留系油气藏勘探也有重要指导意义。

## 1 区域地质概况

塔里木盆地北部地区西起阿克苏,东至库尔勒,南到塔里木河,北至南天山,面积约  $13 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,包括塔北隆起、满加尔凹陷北部和阿瓦提凹陷东北部(图1)<sup>[12]</sup>。

塔北地区的盆地构造演化经历了前震旦纪“古克拉通”形成阶段;震旦纪—奥陶纪时期的强烈伸展作用阶段,包括克拉通内岩石圈减薄作用、裂谷作用及形成洋盆的漂移作用,之后发生岩石圈减薄和裂解

<sup>①</sup>国家 973 项目(编号:2011CB201100-03,2006CB202302);国家重大专项(编号:2011ZX05005-004-Hz06,2011ZX05009-002)资助  
收稿日期:2012-02-20;收修改稿日期:2012-06-20

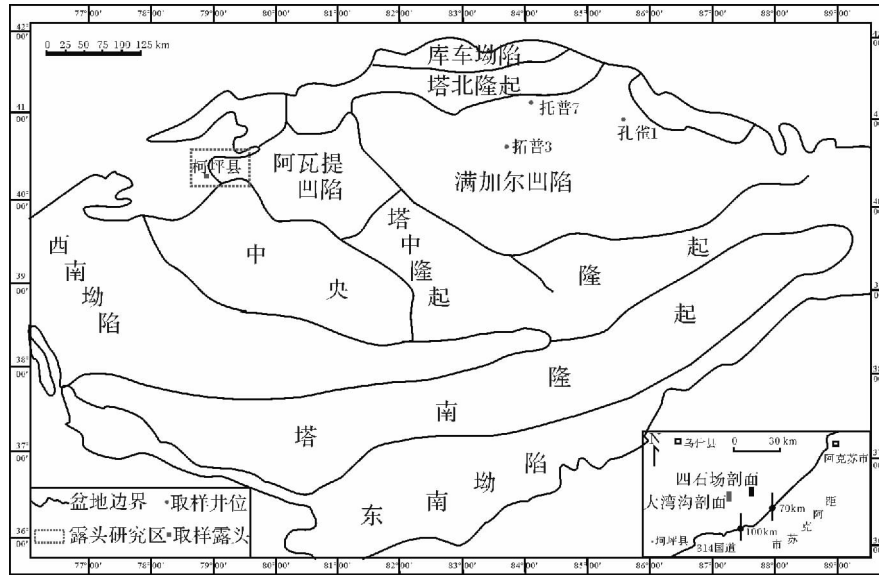


图 1 研究区及取样位置图(底图据张鑫等(2007))

Fig. 1 Location of the study area and the sampling sites

等 在奥陶世末期,受加里东运动影响,构造受力达到最大,盆地大面积被抬升剥蚀,并隆起构造格局,为后期志留系的沉积提供了古地理背景;志留—泥盆纪南天山洋俯冲—闭合引起的挤压作用阶段,加里东中期运动使其北侧的老虎台—铁门关—库鲁克塔格北部海台一带可能上隆为陆而遭受剥蚀;石炭纪—早二叠世再伸展阶段以及晚二叠世—第四纪前陆盆地发育阶段,最终形成了前陆型挠曲盆地和克拉通内挤压挠曲盆地<sup>[13]</sup>。

塔里木盆地志留系自下而上分为柯坪塔格组、塔塔埃尔塔格组和依木干他乌组 3 个组,下伏地层为中上奥陶统灰岩和泥岩,上覆地层为泥盆系克孜尔塔格组红砂岩。塔北地区柯坪塔格组地层发育较全,下段为浅海—陆棚相绿灰色泥岩、粉砂质泥岩;中上段为滨岸—陆棚相的砂泥岩互层<sup>[12]</sup>。

## 2 样品采集与实验分析

在塔北地区中部 TP3 井、TP7 井和东部 KQ1 井,以及西部柯坪(KP)大湾沟剖面(图 1,图 2),共采集样品 26 块,采集层位是柯坪塔格组,岩性为砂岩,其中 20 块样品进行铸体薄片观察,18 块进行重矿物组合及含量测试,3 块进行锆石 LA—ICP—MS U—Pb 定年。18 块样品重矿物组合测试由河北区调队(廊坊)完成;并挑选其中三块样品进行锆石挑选,反复破碎至 80 目,经过浮选、磁选和重液分选,在双目镜

下手工挑选锆石颗粒。将挑选出的锆石粘贴制成环氧树脂样品靶,经过打磨抛光使锆石露出中心。所有锆石均采集透射光、反射光显微图像和阴极发光图像来揭示其内部结构特征。其中 CL 图像是在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室采用扫描电镜获得。锆石 U—Pb 同位素定年和微量元素含量的测定在中国地质大学(北京)实验室利用 LA—ICP—MS 同时完成,详细分析流程和原理见文献<sup>[14,15]</sup>。锆石定年数据采用锆石标准 91500 作为外标进行 Pb/U 校正(Wiedenbeck, *et al.*, 1995),每 5 个样品点用两个 91500 数据进行控制<sup>[16]</sup>。采用 Andersen (2002)<sup>[17]</sup>描述的方法进行普通铅校正。较为年轻的锆石中测出的<sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U 年龄具有较大不确定度,对于 < 1 Ga 的岩浆锆石采用<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄,对于 > 1 Ga 的锆石采用<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄<sup>[18]</sup>。

在中国地质大学(北京)薄片观察开放实验室,通过对铸体薄片观察进行砂岩成分统计,每个薄片随机统计 500 个成分点,然后计算各成分百分比。采用迪金森 Dickinson 1976 年三角图法进行砂岩成分点投图<sup>[19]</sup>,同时结合矿物学分析、重矿物分析及锆石测年法来进行物源分析。

## 3 测试结果

### 3.1 砂岩成分统计结果

20 块样品砂岩成分点统计结果见表 1。

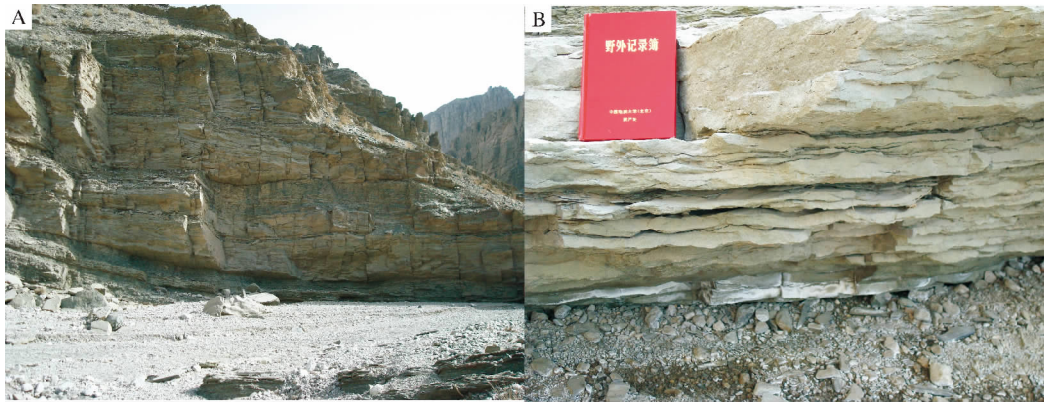


图2 柯坪塔格组下砂岩段( ( a) 为下砂岩段下部 ( b) 为下砂岩段上部)

Fig.2 Lower sandstone of Kepingtage Formation

表1 塔北地区柯坪塔格组砂岩碎屑矿物含量(%)

Table 1 The detrital mineral compositions of sandstones in the Kepingtage Formation in the northern Tarim Basin

井号	标本号	深度/m	Qm	Qp	Q	K	P	F	L	Lt	Lm	Ls	Lv
TP3	TP3-S5-2	5729.5	75	11	87	1	6	7	6	18	4	1	2
	TP3-5	5460.8	35	10	45	1	11	12	43	53	42	1	0
	TP3-9	5375.7	46	23	69	1	15	16	15	38	15	0	0
TP7	TP7-1		57	16	73	2	5	8	20	35	18	2	0
	TP7-2	5918.5	30	28	57	1	14	15	28	56	22	6	0
	TP7-3	5778.2	36	13	49	0	9	10	41	54	41	0	0
	TP7-4	5799.5	34	25	58	0	8	9	33	58	27	6	0
	TP7-5	5802.3	42	17	59	3	8	11	30	47	29	1	0
	TP7-6	5921.8	41	23	64	3	8	11	25	48	24	1	0
KQ1	KQ1-1	2932.97	42	11	53	2	27	29	19	30	18	1	0
	KQ1-2		39	24	63	2	16	18	19	42	19	0	0
	KQ1-S5-1	2342.0	19	13	31	0	8	9	60	73	49	1	10
	KQ1-S5-2	2403.2	22	20	41	1	9	9	49	69	38	1	10
	KQ1-S5-3	2403.8	25	17	42	2	8	10	49	66	39	2	8
KQ1-S5-4	2406.6	27	18	45	1	6	7	48	66	37	1	10	
Kp	Kp1	露头剖面	78	5	83	4	9	12	5	9	2	1	2
	Kp3		80	4	84	2	10	12	4	8	2	1	1
	Kp4		84	5	90	2	3	5	5	10	3	1	1
	Kp7		79	5	84	2	9	11	5	10	3	1	1
	Kp9		82	7	89	2	5	6	5	12	3	1	2

注: 碎屑类型 Qm. 单晶石英; Qp. 多晶石英; F. 长石; K. 钾长石; P. 斜长石; Lm. 变质岩岩屑; Ls. 沉积岩岩屑; Lv. 火山岩岩屑; L = Lv + Ls + Lm, Lt = Lv + Ls + Lm + Qp; Q. 所有石英碎屑颗粒, Q = Qm + Qp

### 3.1.1 岩石成分及类型

根据砂岩分类方案<sup>[20]</sup>,塔北地区柯坪塔格组砂岩类型主要为岩屑砂岩和长石岩屑质石英砂岩,含少量长石石英砂岩、岩屑石英砂岩(图3)。砂岩碎屑成分主要为石英、长石和岩屑。其中石英含量31%~90%,平均为63%,石英碎屑中单晶石英占大部分,Qm/Q为51.9%~94.9%,颗粒多成棱角次棱角到圆状,来自花岗岩及火山岩;燧石等多晶石英含量变化很大,Qp/Q为5.1%~47.5%。岩屑含量4%~

60%,平均为25%。长石含量为5%~29%,平均含量为11%,其中以聚片双晶和卡式双晶最为常见,斜长石的含量高于钾长石,P/F为62.5%~96.0%。岩屑以变质岩岩屑为主,Lm/L为45.8%~100.0%,主要为千枚岩和板岩等变质岩岩屑;其次为火山岩岩屑,Lv/L为0~33.3%,主要是花岗岩岩屑;沉积岩岩屑含量较少,Ls/L为0~20.8%,主要由泥岩及碳酸岩组成。

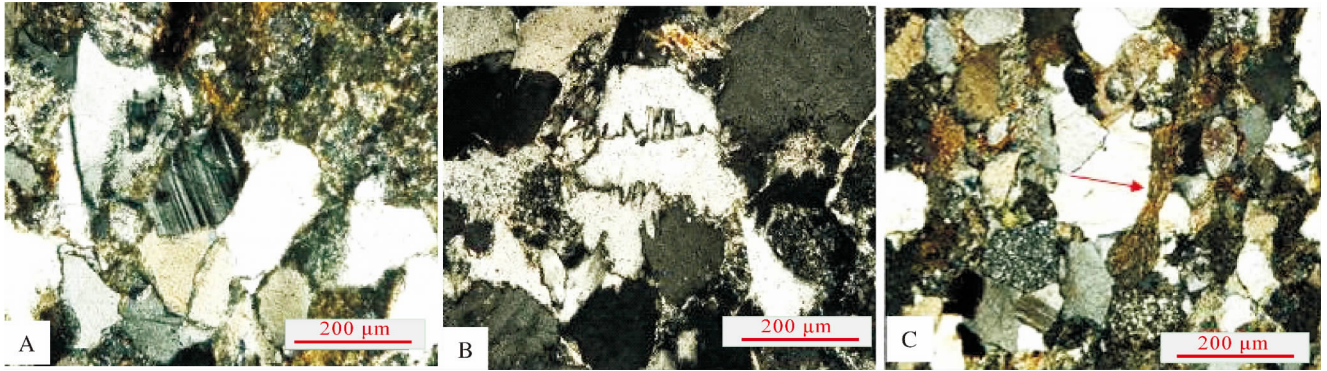


图3 柯坪塔格组砂岩显微照片

(A 为 Kp9 长石岩屑质石英砂岩 B 为 KQ1-1 岩屑长石砂岩 C 为 TP7-1 岩屑砂岩)

Fig. 3 The microphotographs of the sandstones in Kepingtage Formation

3.1.2 塔北志留系源区构造背景及环境分析

由砂岩成分统计数据投影得到迪金森 Dickinson (1983) QLF 主图解及辅助图解 QmFLt 三角图(图4)<sup>[19]</sup>。整体上样品落入再旋回造山带和大陆克拉通区。西部柯坪(KP)大湾沟剖面样品投点集中分布于大陆克拉通边缘区;塔北中部 TP3、TP7 和东部 KQ1 钻井岩芯样品投点均落在再旋回造山带区,点混合分布,反映二者物源区具一致性。

3.2 重矿物测试结果

18 块样品重矿物组合及含量统计结果见表 2 和图 5。

重矿物种类共 22 种,主要重矿物类型为锆石、磷灰石、黄铁矿、金红石、锐钛矿、白钛石、电气石、石榴石、磁铁矿、赤褐铁矿、尖晶石等。主要常见稳定矿物

组合以锆石、电气石、白钛石、锐钛矿为主,非稳定矿物主要由磷灰石、石榴石及磁铁矿等组成。其中锆石含量 1% ~ 43%,多成浅、深玫瑰色,滚圆一次滚圆的粒状、柱状,粒度大小主要为 0.02 ~ 0.15 mm;磷灰石含量 0.4% ~ 11%,多为白色次滚圆粒状、柱状,粒度大小主要为 0.03 ~ 0.12 mm;金红石含量 0% ~ 8%,黄铁矿含量 0% ~ 54%,锐钛矿含量 0% ~ 14%,白钛石含量 0% ~ 17%,电气石含量 0.5% ~ 25%,多为茶褐色、绿色,次滚圆状、粒状,粒度大小主要为 0.03 ~ 0.15 mm;石榴石含量 0% ~ 23%,主要为粉色不规则粒状,粒度大小主要为 0.03 ~ 0.15 mm;磁铁矿含量 0% ~ 23%,赤褐铁矿含量 0% ~ 36%,尖晶石含量 0% ~ 4%,铬铁矿含量 0% ~ 3%,独居石含量 0% ~ 1%。

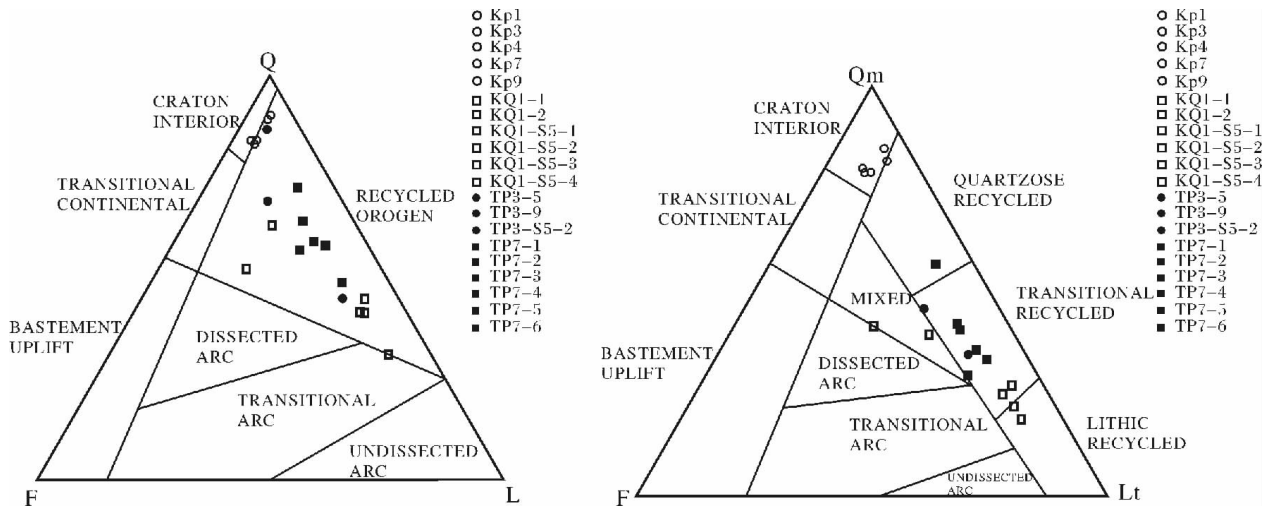


图4 塔北地区志留系柯坪塔格组砂岩 QLF 大地构造背景判别图(底图据迪金森,1983)

Fig. 4 Diagrams showing the tectonic setting of the sandstones in Kepingtage Formation of Silurian in the Northern Tarim Basin (Base diagram from Dickinson, 1983)



表 2 塔北志留系柯坪塔格组砂岩重矿物含量统计(%)

Table 2 Heavy mineral contents of sandstones in Kepingtage Formation of Silurian in the northern Tarim Basin (%)

样品号	深度/m	锆石	磷灰石	金红石	黄铁矿	锐钛矿	白钛石	电气石	石榴石	赤褐铁矿	磁铁矿	尖晶石	铬铁矿	独居石
TP7-2	5918.5	9	4	0	24	5	8	3	13	2	5	0	3	0
TP7-3	5778.2	6	0.4	0.4	27	1	9	25	6	14	4	0	0	0
TP7-4	5799.5	12	6	0	22	0.4	1	2	0.3	0	0	0	0	0
TP7-5	5802.3	16	11	1	0.3	1	1	1	7	36	23	0	0	0
TP7-6	5921.8	7	6	0.1	1	0.1	11	1	1	0	0	0	0	0
TP3-5	5460.8	3	3	0	54	0.4	0.4	10	18	2	0	1	0	0
TP3-9	5375.7	1	2	0	43	1	1	17	19	5	0	4	0	0
KP6	露头样品	43	5	2	0	14	10	7	3	8	0	0	0	0
KP7		29	3	3	29	4	11	4	1	7	0	0.2	0	0
KP8		21	2	1	29	3	9	10	7	9	0	1	0	0
KP9		25	1	4	0	3	9	13	15	15	0	1	0	0
KP10		28	3	4	0	3	17	13	7	11	0	1	0	0
KP11		43	4	3	0.3	3	15	7	5	4	0	0.5	0	0.3
KP1		40	5	7	0	14	0	16	0	0	1	0.4	0	0
KP2		33	9	8	0	1	7	10	23	0	2	0.2	0	0.2
KP3		29	10	4	0	2	10	13	14	0	1	0	0	1
KP4		25	5	4	0	1	13	11	14	0	2	0	0	0
KP5		31	2	3	0	0	0.5	0.5	4	0	0	0	0	0

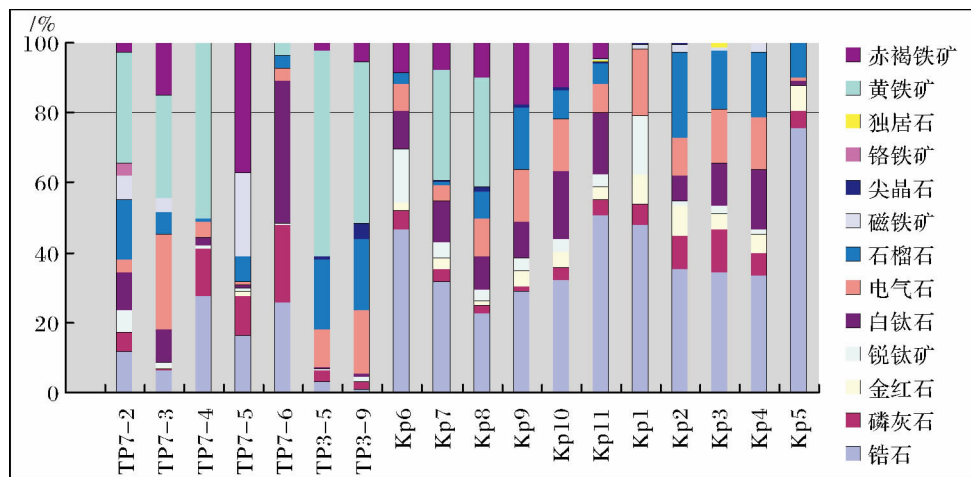


图 5 塔北志留系柯坪塔格组砂岩重矿物分布图

Fig. 5 Heavy minerals distribution map of the sandstones in Kepingtage Formation of Silurian in the northern Tarim Basin

### 3.3 锆石 U—Th—Pb 测年结果

分别选取塔北东部和中部的钻井 KQ1 和 TP3 岩芯,以及塔北西部柯坪(KP)大湾沟剖面志留系柯坪塔格组砂岩样品各 1 块做锆石 U—Pb 测年分析,分别获得 80 个碎屑锆石的年龄数据。数据不存在 U—Pb 丢失现象,说明锆石多未蚀变。由于锆石年龄段比较集中,间隔区间大,因此测试数据能满足统计分析需要,绘得年龄频谱图见图 6。

锆石测年样品中大多数锆石呈柱状、近等轴状,CL 阴极发光图像结构均匀,具有岩浆环带,晶型完整,少数具有暗色增生边。志留系碎屑锆石 U—Pb

表面年龄分布值范围宽,主要分布在 400 ~ 2 600 Ma 之间,反映物源区岩石组成的复杂性(图 6)。

西部柯坪(KP)大湾沟剖面样品中碎屑锆石表面年龄存在三个明显集中段,分别为 800 ~ 1 200 Ma, 1 800 ~ 2 000 Ma 以及 2 400 ~ 2 600 Ma,计算得年龄平均值分别(885 ± 12) Ma 和(2 458 ± 83) Ma。800 ~ 1 200 Ma, 1 800 ~ 2 000 Ma 以及 2 400 ~ 2 600 Ma 三个年龄群分别反映晚元古代早期青白口纪发生的强大构造运动,早元古代末兴地期至中元古代早期的强烈构造运动,晚太古代至早元古代早期的大量火山喷发和岩浆侵位<sup>[21]</sup>。认为塔北西部地区主要物源为前

寒武纪的古老的克拉通基底岩类, 年龄为元古代。构造背景应为较古老的陆内克拉通环境, 如大陆岛弧等, 该区可能为塔里木盆地沉积区与南天山洋盆沟通的通道。

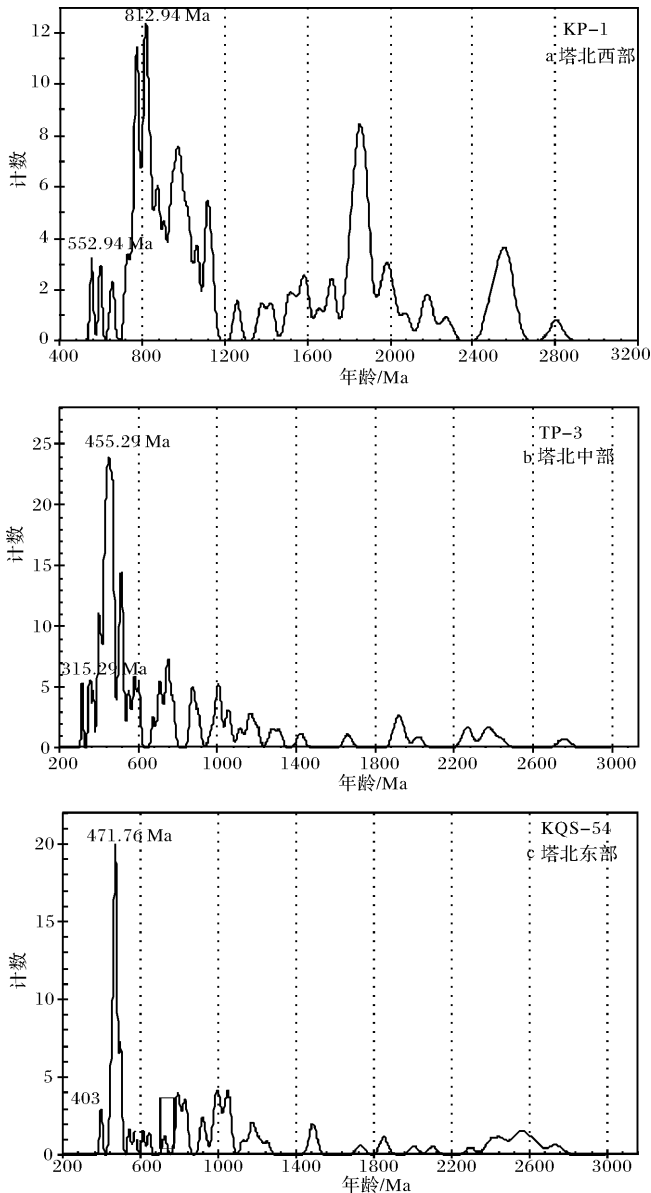


图6 塔北志留系柯坪塔格组碎屑锆石 U—Pb 年龄频谱  
Fig. 6 Frequency spectrum of U—Pb age of clastic zircon of the sandstones in Kepingtage Formation of Silurian in the northern Tarim Basin

TP3 井和 KQ1 井样品中碎屑锆石表面年龄均比较集中于 400 ~ 600 Ma 和 800 ~ 1 000 Ma, 说明塔北的中部和东部下志留统柯坪塔格组砂岩物源具一致性。计算得到年龄平均值为  $(437 \pm 80)$  Ma, 很可能反

映晚奥陶世至早志留世的加里东中期构造热事件, 比塔北西部地区新。物源区既有较老结晶基底岩类发育, 但更多发育较年轻的岩类, 年龄为奥陶纪, 为再旋回造山带构造背景下边缘造山带。满加尔东北区可能不存在向东北开口的与南天山洋相连的洋盆入口。

## 4 讨论

### 4.1 距源区距离及物源性质分析

#### 4.1.1 砂岩成分结构分析

西部柯坪(KP)大湾沟剖面样品成分和结构成熟度高, 石英含量高, 磨圆和分选好, 岩屑极少, 经历了远距离搬运。砂岩成分均由大陆克拉通物质组成; 北部地区中部 TP3、TP7 和东部 KQ1 钻井岩芯样品具中等程度成熟度, 砂岩大部分均由再旋回的沉积物质组成, 石英含量中等, 石英对长石的比值高, 具丰富的变质岩岩屑和火山岩岩屑。说明塔北西部距离源区远于塔北中东部。

#### 4.1.2 重矿物分析

塔北西部柯坪(KP)大湾沟剖面样品和塔北中部地区的 TP3 和 TP7 岩芯样品中重矿物种类不同, 前者锆石含量明显高于后者, 但是黄铁矿、赤褐铁矿等含量低于后者(表2)。后者在沉积和成岩的过程中经历较强烈的氧化作用, 推测前者距离源区远于后者。从外观形态看, 塔北西部柯坪地区样品锆石磨蚀程度较高, 椭圆状较多, 磨圆度较高, 分选较好, 表明其经历长距离搬运, 距物源区较远; 塔北中东部钻井岩芯样品锆石多遭受一定磨蚀, 但多保持较好的晶形, 尖棱较多, 磨圆度较低, 分选较差, 表明其经历搬运距离较近, 距物源区较近。因此, 塔北西部距离源区比塔北中东部更远。

重矿物组合是源区母岩性质的重要指示剂(表3表4)。ZTR 值在 8.1 ~ 53 之间, 均值为 34, 说明样品成熟度不高; 塔北西部地区的 KP 露头样品 ZTR 均值为 45, 塔北中部地区 TP3 和 TP7 钻井样品 ZTR 均值为 16, 前者成熟度明显高于后者, 即前者距离物源区远于后者。ATi 值为 1.6 ~ 91.7, 均值为 41, 与 ZTR 值变化趋势相反, 说明物源区既有变质岩又有火成岩。GZi 值为 0 ~ 95, 各样品间分异明显, 均值为 31。RuZi 值为 0 ~ 19.5, MZi 值基本为零, 反映物源区高级变质岩的分布比中酸性火成岩分布小, 且来自基性岩的金红石比来自中酸性岩的锆石少, 即物源区基性岩分布小, 酸性深成侵入岩类型较普遍。

表3 塔北志留系柯坪塔格组砂岩重矿物颗粒指数  
Table 3 Heavy minerals index table of sandstones in Kepingtage Formation of Silurian in the northern Tarim Basin( in percentage)

样品号	MZi	GZi	RuZi	ATi	RZi	ZTR
TP7-2	0	59.1	0	57.1	59.1	12
TP7-3	0	50	6.25	1.6	63.4	31.4
TP7-4	0	2.4	0	75	10.4	14
TP7-5	0	30.4	5.9	91.7	15.8	18
TP7-6	0	12.5	1.4	85.7	61.5	8.1
TP3-5	0	85.7	0	23.1	21.1	13
TP3-9	0	95	0	10.5	66.7	18
KP6	0	6.5	4.4	41.7	37.7	52
KP7	0	3.3	9.4	42.9	38.3	36
KP8	0	25	4.5	16.7	38.2	32
KP9	0	37.5	13.8	7.1	39	42
KP10	0	20	12.5	18.8	46.2	45
KP11	0.7	10.4	6.5	36.4	32.8	53
KP1	0	0	14.9	23.8	34.4	63
KP2	0.6	41.1	19.5	47.4	32.7	51
KP3	3.3	32.6	12.1	43.5	35.6	46
KP4	0	35.9	13.8	31.3	41.9	40
KP5	0	11.4	8.8	80	10.1	34.5

表4 重矿物颗粒指数(据 Morton 等) (%)

Table 4 Heavy minerals index( in percentage)

重矿物指数	重矿物组合类型	指数含义
MZi	独居石—锆石	独居石/(独居石+锆石)
GZi	石榴石—锆石	石榴石/(石榴石+锆石)
ATi	磷灰石—电气石	磷灰石/(磷灰石+电气石)
RZi	TiO <sub>2</sub> 矿物—锆石	TiO <sub>2</sub> 矿物/(TiO <sub>2</sub> 矿物+锆石)
ZTR	锆石—电气石—金红石	锆石+电气石+金红石
RuZi	金红石—锆石	金红石/(金红石+锆石)

4.2 塔里木盆地志留系古构造演化与物源区判别

奥陶纪末期塔里木盆地遭到强烈挤压和隆升, 遭受强烈剥蚀, 随后进入了志留纪克拉通内滨浅海陆源碎屑拗陷和周缘或弧后前陆拗陷盆地发育阶段。具有南、北高, 中部低的南北分带古构造格局<sup>[22]</sup>。塔东隆起为蚀源区, 塔中古隆起表现为东高西低的大斜坡背景<sup>[23]</sup>, 西部巴楚地区发生沉降, 广泛接受志留系沉积。从东南向西北方向, 形成了以河流—三角洲和碎屑海岸沉积为主的古地理格局(图7)。

塔中古隆起从早元古代开始至前震旦纪长期隆起, 古老结晶基底不发育, 在早志留世柯坪塔格组沉积期表现为东高西低的大斜坡背景, 不可能为塔北西部提供物源; 沙雅隆起即现今塔北隆起是一个基底隆起, 先存基底断裂带形成, 其最初形成时期可以追溯到塔里木运动, 在加里东时期, 沙雅隆起继承性发育, 一直持续到泥盆纪晚期<sup>[21]</sup>。古老克拉通构造背景的塔北隆起可能为塔北西部地区柯坪塔格组砂岩物源。晚奥陶纪到志留纪期间, 南天山洋盆处于俯冲消减直至闭合阶段, 塔北地区为构造挤压环境, 此时期加里东中期运动使得北侧的老虎台—铁门关—库鲁克塔格一带开始上隆为陆, 形成板块边缘造山带构造环境并遭受剥蚀, 基底为前震旦纪变质岩系组成, 盖层为古生界碳酸盐岩和碎屑岩建造<sup>[13]</sup>, 为塔北中东部志留系柯坪塔格组砂岩提供物源, 甚至东南部阿尔金隆起带也可能成为物源区。在志留纪沉积初期, 海水主要从西北、东北两个方向侵入, 塔北地区和孔雀河地

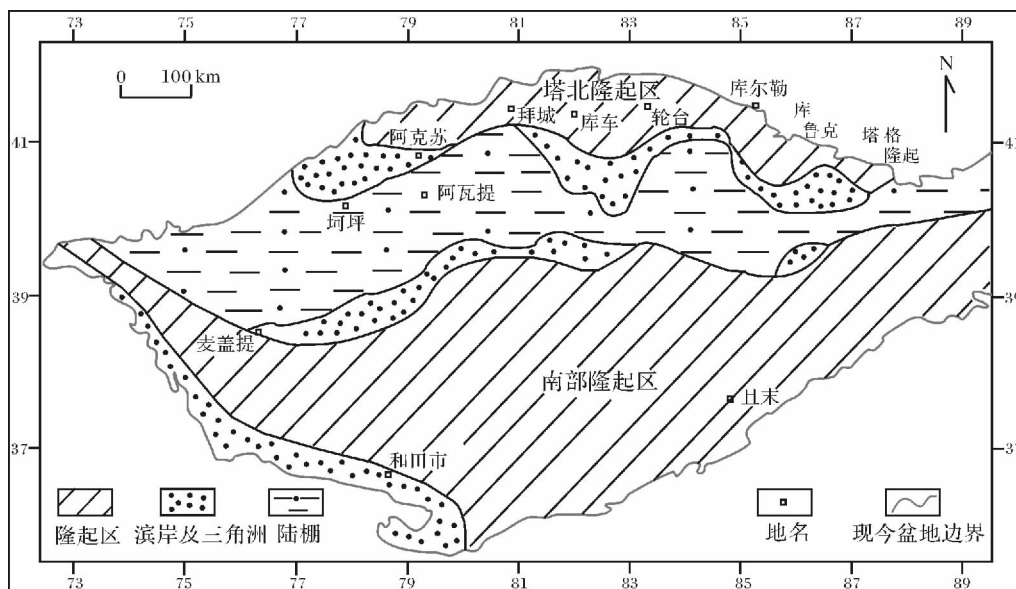


图7 塔里木盆地早志留世柯坪塔格组沉积期构造古地理背景(底图据邢凤存等 2011)

Fig. 7 Tectonic palaeogeographic setting during the Early Silurian Kepingtage stage in the northern Tarim Basin

区为隆起区,两者之间存在浅水沉积区,整个塔北和库鲁克塔格地区地势相对较高,西北和东北方向为洋盆入口,塔北和孔雀河为一个沉积整体,具有相同沉积环境,库鲁克塔格隆起带可能为塔北中东部源区(图8)。

## 5 结论

塔北地区柯坪塔格组岩石类型复杂。塔北地区西部和中东部志留系柯坪塔格组砂岩物源不同,柯坪(KP)大湾沟剖面所在的塔北西部地区物源构造背景为大陆克拉通环境,物源物质为大陆上地壳,推测物源区为塔北隆起;钻井TP和KQ所在的中部和东部地区物源构造背景为再旋回造山带环境,推测物源区为库鲁克塔格隆起带。物源类型普遍为深成中酸性侵入岩;前者距离源区距离要近于后者。志留纪沉积初期,海水主要从西北、东北两个方向侵入,塔北地区和孔雀河地区为隆起区,两者之间存在浅水沉积区,西北和东北方向为洋盆入口。

致谢 感谢中国石油勘探开发研究院朱如凯老师对于本文提出的宝贵意见,感谢沉积学报编委及专家们对于本文的评审。

## 参考文献(References)

- 朱如凯,罗平,何东博,等.塔里木盆地塔中地区志留系柯坪塔格组沉积相与沉积模式[J].古地理学报,2005,7(2):197-206 [Zhu Ru-kai, Luo Ping, He Dongbo, et al. Sedimentary facies and models of the Kepingtage Formation of Silurian in Tazhong Area, Tarim Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(2): 197-206]
- 贾进华,张宝民,朱世海,等.塔里木盆地志留系地层、沉积特征与岩相古地理[J].古地理学报,2006,8(3):339-352 [Jia Jinhua, Zhang Baomin, Zhu Shihai, et al. Stratigraphy, sedimentary characteristics and lithofacies palaeogeography of the Silurian in Tarim Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(3): 339-352]
- 侯会军,王伟华,朱筱敏.塔里木盆地塔中地区志留系沉积相模式探讨[J].沉积学报,1997,15(3):41-47 [Hou Huijun, Wang Weihua, Zhu Xiaomin. Study of depositional model of Silurian system in Tazhong area, Tarim Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(3): 41-47]
- 朱筱敏,王贵文,谢庆宾.塔里木盆地志留系沉积相及分布特征[J].石油大学学报:自然科学版,2002,26(3):5-12 [Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, Xie Qingbin. Characteristics and distribution of depositional systems of Silurian in Tarim Basin [J]. Journal of the University of Petroleum China: Edition of Natural Science, 2002, 26(3): 5-12]
- 曹守连,陈发景.塔里木盆地东北部地区充填序列的物源分析[J].新疆地质,1994,12(3):201-208 [Cao Shoulian, Chen Fajing. Provenance analysis of the basin-deposited sequence in the Northeastern Tarim [J]. Xinjiang Geology, 1994, 12(3): 201-208]
- 张希明,刘青芳,王贵全.塔里木盆地北部三叠—侏罗系砂岩碎屑组分与板块构造位置关系的研究[J].新疆地质,1995,13(3):251-255 [Zhang Ximing, Liu Qingfang, Wang Guiquan. Triassic-Jurassic sandstone detrital components related with plate tectonic position in the Northern Tarim Basin [J]. Xinjiang Geology, 1995, 13(3): 251-255]
- 李曰俊,买光荣,罗俊成,等.塔里木盆地巴楚断隆古生代沉积构造背景和物源区性质的探讨[J].古地理学报,1999,1(4):45-53 [Li Yuejun, Mai Guangrong, Luo Juncheng, et al. Palaeozoic tectonic setting and provenance nature discrimination of Bachu Fault-Uplift, Tarim, Northwest China [J]. Journal of Palaeogeography, 1999, 1(4): 45-53]
- 周新源,李曰俊,王招明,等.塔里木盆地西北缘下志留统沉积构造背景初探[J].地质科学,2002,37(增):57-63 [Zhou Xinyuan, Li Yuejun, Wang Zhaoming, et al. A preliminary study on tectonic setting of the lower Silurian in NW Tarim [J]. Chinese Journal of Geology, 2002, 37(supp): 57-63]
- 郭战峰,刘新民,刘颀.塔里木盆地柯坪、巴楚断隆志留—泥盆系砂岩碎屑组分与构造背景关系分析[J].河南石油,2004,18(4):7-10 [Guo Zhanfeng, Liu Xinmin, Liu Jie. Silurian-Devonian sandstone detrital components related with plate tectonic position in the Keping and Bachu Faulted Uplifts in the northern Tarim Basin [J]. Henan Petroleum, 2004, 18(4): 7-10]
- 张金亮,张鑫.塔里木盆地志留系古海洋沉积环境的元素地球化学特征[J].中国海洋大学学报,2006,36(2):200-208 [Zhang Jinliang, Zhang Xin. The element geochemical features of ancient oceanic sedimentary environments in the Silurian period in the Tarim Basin [J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(2): 200-208]
- 邬光辉,张宝收,郭春利,等.塔里木盆地北部志留系碎屑锆石测年及其地质意义[J].大地构造与成矿学,2009,33(3):418-426 [Wu Guanghui, Zhang Baoshou, Guo Chunli, et al. Detrital zircon U-Pb dating for the Silurian in Northern Tarim Basin and its significance [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 33(3): 418-426]
- 张鑫,张金亮,覃丽娟.塔里木盆地志留系柯坪塔格组砂岩岩石学特征与物源分析[J].矿物岩石,2007,27(3):106-110 [Zhang Xin, Zhang Jinliang, Qin Lijuan. Petrological characteristics and provenance analysis of sandstones in the Kepingtage Formation of Silurian in the Tarim Basin [J]. Journal of Mineral Petrology, 2007, 27(3): 106-110]
- 陈发景,汪新文,张光亚,等.新疆塔里木盆地北部构造演化与油气关系[M].北京:地质出版社,1996:1-16,36 [Chen Fajing, Wang Xinwen, Zhang Guangya, et al. The Tectonic Evolution Related with Oil and Gas in the Northern Tarim Basin in Xinjiang [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 1-16, 36]
- Campston W, Williams I S, Meyer C. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccias 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe [J]. Journal of Geophysical Research, 1984, 89: 525-534
- Williams I S. Some observations on the use of zircon U-Pb geochronology in the study of granitic rocks [J]. Transaction of the Royal Society



- of Edinburgh Earth Sciences ,1992 ,83: 447-458
- 16 Wedenbeck M , Alle P , Corfu F , *et al.* Three natural zircon standards for U-Th-Pb , Lu-Hf , trace element and REE analyses [J]. Geostandards Newsletter ,1995 ,19( 1) : 1-23
- 17 Tom Andersen. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$  [J]. Chemical Geology ,2002 ,192: 59-79
- 18 Yongsheng Liu , Shan Gao , Zhaochu Hu , *et al.* Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb Dating , Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths [J]. Journal of Petrology ,2010 ,51( 1-2) : 537-571
- 19 William R Dickson. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting [J]. Geological Society of American Bulletin ,1983 ,94: 222-235
- 20 赵澄林 ,朱筱敏. 沉积岩石学 [M]. 北京: 石油工业出版社 ,2008: 99-103 [Zhao Chenglin , Zhu Xiaomin. Sedimentary Petrology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press ,2008: 99-103]
- 21 丁道桂 ,汤良杰. 塔里木盆地形成与演化 [M]. 南京: 河海大学出版社 ,1996: 55-69 ,148-271 [Ding Daogui , Tang Liangjie. Formation and Evolution of the Tarim Basin [M]. Nanjing: Hohai University Press ,1996: 55-69 ,148-271]
- 22 林畅松 ,李思田 ,刘景彦 ,等. 塔里木盆地古生代重要演化阶段的古构造格局与古地理演化 [J]. 岩石学报 ,2011 ,27( 1) : 210-218 [Lin Changsong , Li Sitian , Liu Jingyan *et al.* Evolution of the Tarim Basin during the Paleozoic major evolutionary stages [J]. Acta Petrological Sinica ,2011 ,27( 1) : 210-218]
- 23 邬光辉 ,李启明 ,肖中尧 ,等. 塔里木盆地古隆起演化特征及油气勘探 [J]. 大地构造与成矿学 ,2009 ,33( 1) : 124-130 [Wu Guanghui , Li Qiming , Xiao Zhongyao , *et al.* The evolution characteristics of palaeo-uplifts in Tarim Basin and its exploration direction for oil and gas [J]. Geotectonica et Metallogenia ,2009 ,33( 1) : 124-130]

## Provenance Analysis and Dating of Parent Rocks of the Sandstones from Kepingtage Formation( Silurian) in the Northern Tarim Basin

NIU Lu YU Bing-song ZHANG Wen-bo

( China University of Geosciences , Beijing 100083)

**Abstract:** According to the observation of petrographic thin sections , the approaches of the heavy mineralogy analysis and the analysis of SHRIMP U-Pb ages of detrital zircons , which is of the sandstone samples taken from the Dawangou outcrops of Keping area and the drill cores of TP3 , TP7 and KQ1 in northern Tarim Basin , as well as using the classic Dickinson Ternary Diagram method and combining with regional geology background analysis , we make a conclusion that the provenance of the sandstones in the Kepingtage Formation of Silurian in the west area of northern Tarim Basin is different from that in the center and east area of northern Tarim Basin. The tectonic setting of the former provenance is the continental island arc environment , and it is composed of the materials from the Proterozoic upper crust. Thus the provenance is inferred to be Tabei uplift. However , the tectonic setting of the latter provenance is the recycled orogens environment and it is composed of the Ordovician materials. So , the provenance is inferred to be Kuluketage uplift. The type of provenance is widely igneous rock. Compared with the center and east area of northern Tarim Basin , the west area is farther to the provenance. These conclusions are of great importance to the reconstruction of paleogeography deposition environment and the analysis of the type and evolution of Tarim Basin.

**Key words:** northern Tarim Basin; Kepingtage Formation; provenance analysis; SHRIMP U-Pb ages of detrital zircons