

新疆库鲁克塔格早志留世地层沉积学、 物源分析新认识

张英利¹⁾, 王宗起¹⁾, 闫臻²⁾, 王涛²⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037;

2) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

内容提要:库鲁克塔格地区早志留世地层主要由灰绿色砂岩和粉砂岩组成, 为浊流成因, 沉积环境为海底扇。运用 LA-ICP-MS U-Pb 方法, 对早志留世 2 件砂岩碎屑锆石进行 U-Pb 年龄测定, 共获得了 89 组 U-Pb 有效年龄, 获得了地层的物源、研究区区域对比和早古生代的构造演化资料。碎屑锆石的谐和年龄表明, 689~836Ma 为早志留世地层的主要物源区, 866~986Ma、1055~1463Ma 和 1708~2490Ma 为次要物源区, 部分为二次搬运。志留纪碎屑锆石的年龄概率图指出, 早志留世可能为岩浆活动的安静期, 早志留世之后, 库鲁克塔格地区中一晚奥陶世岩石大规模隆升。碎屑锆石年龄和 CL 图像揭示, 新元古代时期发育大量岩浆活动, 可能与南天山洋向塔里木板块俯冲相关。区域变质作用同样在碎屑锆石中有所反映。

关键词:库鲁克塔格; 早志留世; 碎屑锆石年代学; 沉积物源; 构造热事件

前人研究表明, 库鲁克塔格地区的志留纪地层主要为土什布拉克组(图 1 标示中—上志留统), 由于其没有准确的古生物化石和年龄限定, 根据地层对比将其划归为早志留世(新疆维吾尔自治区区域地层表编写组, 1981; 新疆地质矿产局地质矿产研究所, 1990; 王洪亮等, 2007)或早志留世—中泥盆世(徐学义等, 2009)。但最新的砂岩碎屑锆石 U-Pb 年龄测定结果显示, 土什布拉克组形成时代为中一晚志留世(张英利等, 2012)。因此, 库鲁克塔格地区真正意义上的早志留世地层研究成果一直少见报道, 仅徐学义等(2009)在东天山—北山地区成矿地质背景成果图件中, 在库鲁克塔格的穆赫来布拉克地区划分出早志留世地层(S_1), 区别于土什布拉克组($S_{2-3}t$)。但是, 对于早志留世地层的沉积特征和源区特征等方面研究甚少。

本次研究针对徐学义等(2009)在穆赫来布拉克地区界定的早志留世地层, 通过野外沉积学的研究, 分析沉积环境。并运用碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 方法, 对采自剖面上部和下部的 2 件砂岩碎屑锆石进行 U-Pb 年龄测定, 通过分析得到的年龄谱特征

阐述早志留世沉积物源区, 结合中一晚志留世土什布拉克组的年龄结果对比, 进而探讨库鲁克塔格地区的构造事件, 进而为库鲁克塔格地区的构造演化提供依据。

1 地质背景

天山造山带可以划分为北天山、中天山和南天山三部分, 主要是中生代时期碰撞形成现今的构造格局(Coleman, 1989; Allen et al., 1992; Chen Chuming et al., 1999)。在南天山造山带的南侧以辛格尔断裂和孔雀河断裂为界, 分别是库鲁克塔格地块和塔里木盆地(图 1b)。库鲁克塔格研究区内始元古界主要由石英岩、片岩和大理岩等变质岩组成, 新元古代地层下部主要由火山岩和碎屑岩组成的火山—沉积序列, 上部主要由砂岩、板岩以及灰岩组成, 局部夹火山岩。寒武系主要由深水环境的灰岩组成(白云凤等, 2006; 姜雪等, 2010), 夹少量砂岩; 奥陶系主要为浊流成因的砂岩(赵宗举等, 2010)。早志留世地层主要由灰绿色砂岩和粉砂岩组成, 发育滑塌构造、粒序层理和小型波纹交错层理, 指示浊流成因(详细描述见下文)。中一晚志留

注: 本文为国家自然科学基金(编号: 41302080)、中央级公益性科研院所基本科研业务费(K1313)和中国地质调查局地质调查项目(编号: 1212011121091, 12120114009401)资助成果。

收稿日期: 2013-10-25; 改回日期: 2014-02-10; 责任编辑: 郝梓国, 黄敏。

作者简介: 张英利, 男, 1979 年生。博士, 副研究员, 主要从事盆地构造与沉积学研究。通讯地址: 100037, 中国地质科学院矿产资源研究所。Email: yinglizh@126.com。

世的土什布拉克组主要由灰绿色砂岩和粉砂岩组成,夹少量泥灰岩和灰岩(张英利等,2012)。下志留统与下伏奥陶系和上覆中一晚志留世地层为平行不整合接触,与上覆石炭系为角度不整合接触[●]。石炭系主要为砂岩、砾岩、泥岩以及灰岩。中一新生代时期造山带隆升形成大量的砂砾岩(朱文斌等,2007;肖晖等,2011)。区域内广泛发育片麻状花岗岩和闪长岩,其中,花岗岩形成年龄为 $1048\pm19\text{ Ma}$ (Shu L S et al. ,2011),闪长岩的形成年龄为 $2470\pm24\text{ Ma}$ (Shu L S et al. ,2011)。

2 沉积学分析

穆赫来布拉克下志留统剖面起点坐标为 $40^{\circ}44'$

$30\text{N},89^{\circ}19'58\text{E}$,终点坐标为 $40^{\circ}44'54\text{N},89^{\circ}20'01\text{E}$ (图 1)。剖面描述和图 2 中岩相术语和代号主要参考 Miall(1996)。

穆赫来布拉克地区早志留世主要由中层砂岩(Ss)和薄层粉砂岩(Fl)组成(图 2)。砂岩呈灰绿色,发育粒序层理。砂岩底部含有少量砾石,显正粒序(图 3a),个别砂岩层发育包卷层理(图 3b)。砂岩底部见冲刷面(图 3c)。薄层粉砂岩(Fl)纹层薄,发育水平层理。个别粉砂岩层发育砂岩透镜体。

砂岩和粉砂岩共同组成了沉积序列的 4 个不同相组合(图 2)。砂岩底部含有少量砾石表明水动力条件较强。且砂岩发育粒序层理、底部含砾指示浊流沉积,薄层粉砂岩发育水平层理也指示浊流沉积,

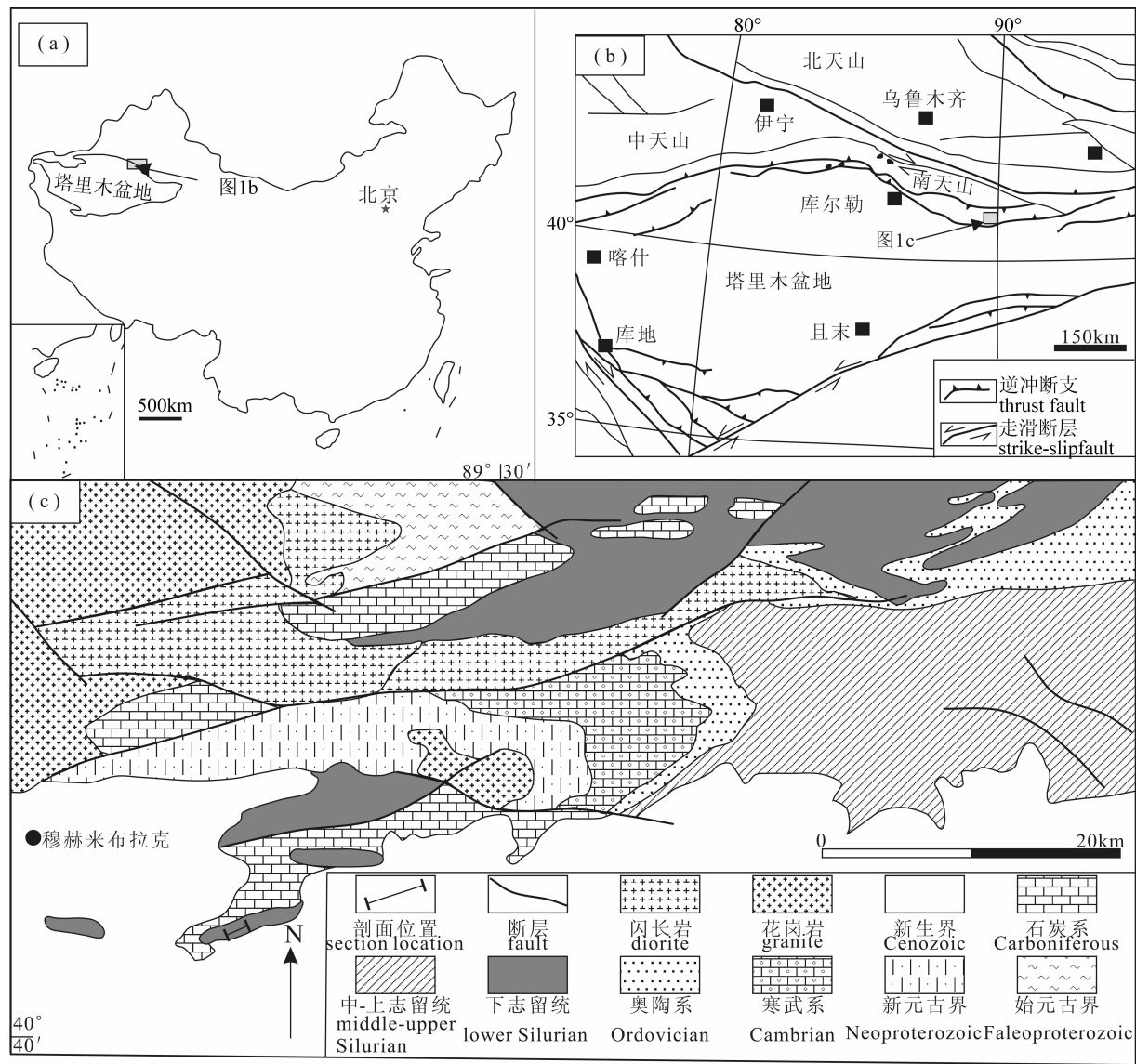


图 1 研究区位置图(a)、新疆库鲁克塔格及天山大地构造单元图(b)(据许志琴等,2011)和库鲁克塔格地质简图(c)[●]
Fig. 1 Location of the study area in China (a), tectonic units division of Quruqtagh and Tianshan in Xinjiang (b)
(after Xu Zhiqin et al. , 2011) and simplified geological map of Quruqtagh (c) [●]

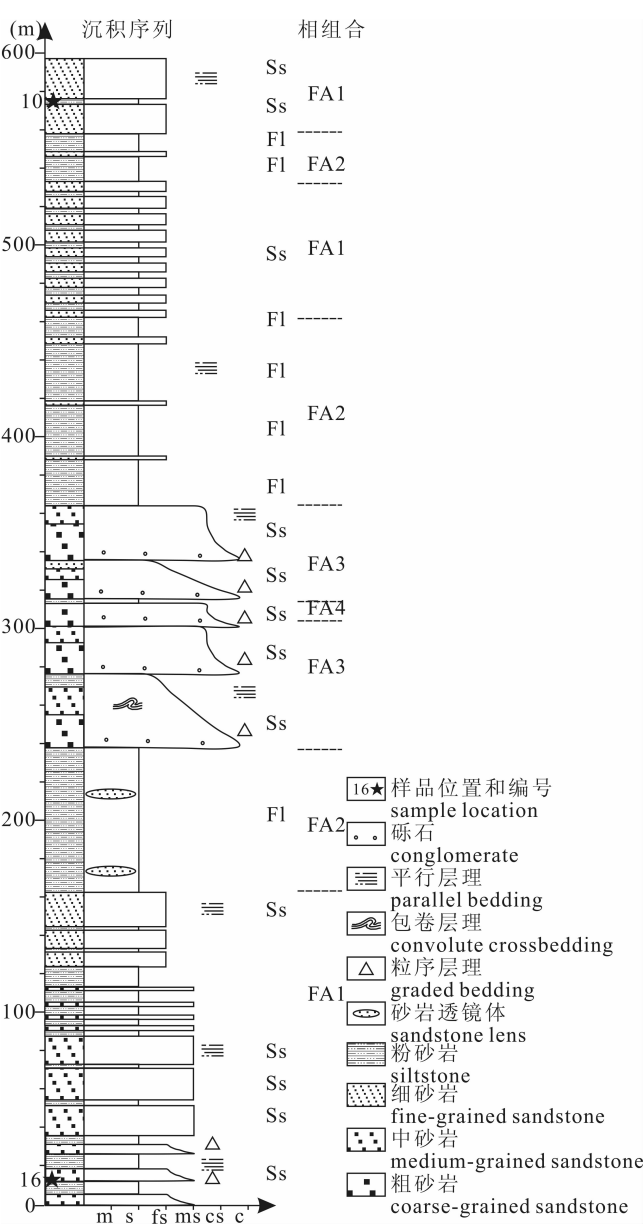


图 2 新疆库鲁克塔格穆赫来布拉克地区早志留世沉积序列
Fig. 2 Sedimentary successions of early Silurian
in Muhelaibulake, Quruqtagh, Xinjiang
m—泥岩;s—粉砂岩;fs—细砂岩;ms—中砂岩;
cs—粗砂岩;c—砾岩
m—Mudstone;s—siltstone; fs—fine-grained sandstone;
ms—medium-grained sandstone;
cs—coarse-grained sandstone; c—conglomerate

二者的不同组合形式构成鲍玛序列的 Ta、Td 段(图 3d)(相组合 FA1)或者 Ta、Tc 和 Td 段(相组合 FA4)或 Ta、Tb 段(相组合 FA3)。相组合 FA2 主要由薄层粉砂岩组成,发育砂岩透镜体,表明存在前期较粗粒物质沉积。粉砂岩纹层薄,发育水平层理,以背景悬浮沉积为主。

沉积剖面显示,下部(0~158m)主要是砂岩和

粉砂岩构成的鲍玛序列 Ta 和 Td 段(图 3d),根据岩性、砂/泥比和地层厚度变化,主要是扇中环境;向上(158~236m)逐渐过渡为发育砂岩透镜体的薄层粉砂岩,为扇缘沉积环境;再向上(236~361m)则转变为砂岩和粉砂岩构成鲍玛序列的 Ta、Td 段和 Ta、Tb 段及 Ta、Tb 和 Tc 段沉积,主要是扇中沉积环境;上部(361~456m)则以薄层粉砂岩沉积为主,夹薄层砂岩,沉积环境为扇缘;顶部(456~598m)则主要以厚层砂岩沉积为主,夹薄层泥岩,构成鲍玛序列的 Ta、Td 段,沉积环境为扇中。剖面自下向上沉积环境从扇中→扇缘→扇中→扇缘→扇中转变,虽总体水体较深,但仍然出现浅→深→浅→深→浅的动荡变化。根据滑塌褶皱轴恢复的古斜坡指示(Alsop et al., 2002, 2004; Strachan et al., 2006)(图 3b),主要沉积物源来自北部。

3 样品位置、分析方法和数据处理

本次研究对穆赫来布拉克早志留世细砂岩样品进行锆石年龄测试和分析。在剖面上部和下部分别采集 2 件样品,即样品 09MHL16 和 09MHL10,具体位置见图 2。样品 09MHL16 的点为北纬 40°44′31″,东经 89°19′57″,样品 09MHL10 的点为北纬 40°44′54″,东经 89°20′01″,(图 1c),每件样品重量约 8kg。

样品碎样和锆石挑选工作由河北省区域地质矿产调查研究所实验室完成。锆石样品的制靶工作由中国地质科学院矿产资源所成矿作用与资源评价重点实验室完成。锆石的阴极发光图像在中国地质科学院地质研究所的 HITACHI S3000-N 型扫描电子显微镜并配有 GATAN 公司 Chroma 阴极发光探头分析仪器上完成。锆石的 U-Pb 年龄测定前,依据透射光图像、反射光图像和阴极发光图像分析,对碎屑锆石样品随机圈定裂隙和包裹体不发育的颗粒。LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测试分析在中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室完成,锆石定年分析所用仪器为 Finnigan Neptune 型 MC-ICP-MS 及与之配套的 Newwave UP 213 激光剥蚀系统。详细实验测试过程可参见侯可军等(2009)。数据处理采用 ICPMSDataCal 程序(Liu Yongsheng et al., 2010),普通 Pb 校正采用 Anderson 方法(Anderson, 2002),锆石年龄谐和图由 Isoplot 3.0 程序完成(Ludwig, 2003)。

对于锆石年龄>1000Ma 的数据,采用²⁰⁷Pb/

^{206}Pb 年龄,而对于 $<1000\text{Ma}$ 的数据,采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(Gehrels et al., 1999; Sircombe, 1999)。以 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄和 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄比值为标准遴选 U-Pb 年龄数据(Gehrels et al., 1999; Nelson et al., 2007; Kalsbeek et al., 2008; González-Len et

al., 2009; Naipauer et al., 2010),不谐和度绝对值 $\leq 10\%$ 的数据为有效数据。表 1 和表 2 列出了全部测试数据。字体加粗数据为不谐和数据,谐和图和直方图绘制以及探讨源区和区域的构造事件时均不予考虑。

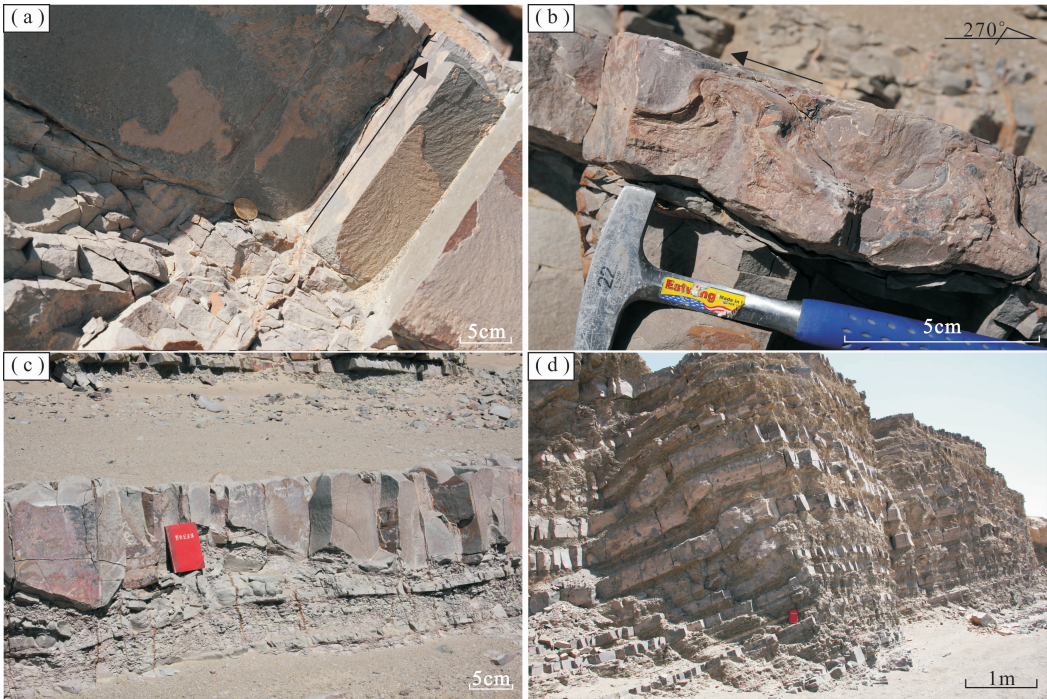


图 3 新疆库鲁克塔格穆赫来布拉克地区早志留世砂岩沉积构造

Fig. 3 Sedimentary structures of early Silurian sandstone in Muhelaibulake, Quruqtagh, Xinjiang

(a) —中砂岩,底部含砾,发育正粒序,箭头表示粒度向上变细;(b) —砂岩中发育包卷层理,箭头表示水流方向;

(c) —砂岩底部冲刷面;(d) —中层砂岩和粉砂岩,组成鲍玛序列的 Ta 和 Td 段

(a) —Medium-grained sandstone with graded bedding, conglomerate on the bottom. Arrow indicates a fining upward sequence;

(b) —sandstone exhibiting convoluted bedding. Arrow indicates the paleocurrent direction; (c) —scour-based sandstone;

(d) —sandstone and siltstone consisting of Ta, Td of Bouma sequence

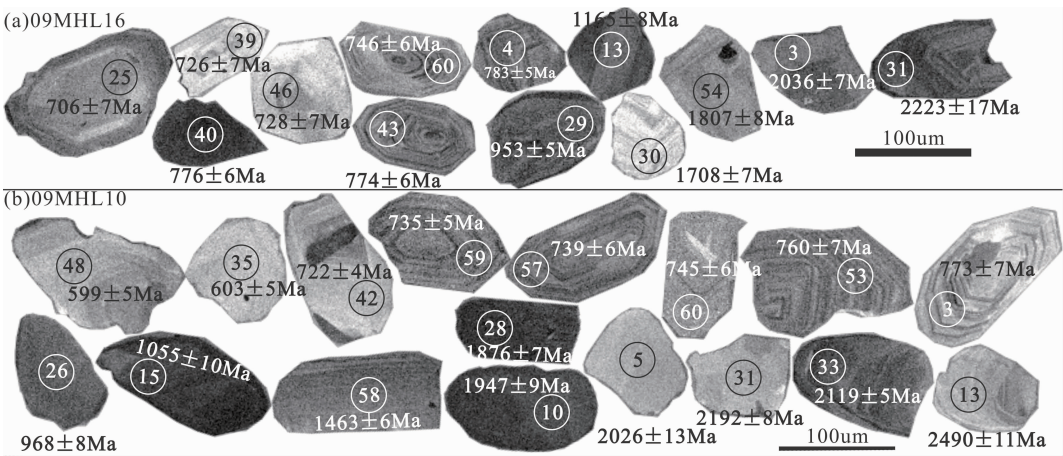


图 4 新疆库鲁克塔格志留纪砂岩样品代表性碎屑锆石阴极发光图像

(a) —样品 09MHL16;(b) —样品 09MHL10

Fig. 4 Cathodoluminescence (CL) images of representative zircons from sandstones of the Quruqtagh in Xinjiang

(a) —Sample 09MHL16; (b) —Sample 09MHL10

表 1 新疆库鲁克塔格早志留世砂岩 (09MHL16)碎屑锆石的 U-Pb 同位素数据

Table 1 U-Pb isotopic data for detrital zircons from the sandstone of Early Silurian (sample 09MHL16) in Quruqtagh, Xinjiang

点号	元素含量 ($\times 10^{-6}$)		元素 比值	同位素比值						年龄(Ma)						不谐和 度(%)
	Th	U	Th/U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	
1	246	120	2.04	0.0559	0.0003	0.6917	0.0072	0.0898	0.0007	447	11	534	4	554	4	25
2	171	130	1.32	0.0646	0.0002	1.0833	0.0085	0.1217	0.0009	761	8	745	4	740	5	-3
3	170	86	1.97	0.1255	0.0004	6.5328	0.0521	0.3773	0.0028	2036	7	2050	7	2064	13	2
4	171	198	0.86	0.0674	0.0003	1.2019	0.0119	0.1292	0.0009	850	11	801	5	783	5	-8
5	131	122	1.08	0.0626	0.0003	1.1085	0.0115	0.1284	0.0013	695	10	757	6	779	7	13
7	301	235	1.28	0.0647	0.0002	1.1655	0.0097	0.1306	0.0010	765	8	785	5	791	6	4
8	218	134	1.63	0.0635	0.0002	1.0855	0.0096	0.1240	0.0010	726	9	746	5	753	6	4
9	356	338	1.05	0.0704	0.0003	1.2613	0.0083	0.1302	0.0010	941	8	828	4	789	6	-17
10	100	440	0.23	0.1301	0.0006	6.5233	0.0603	0.3637	0.0035	2099	8	2049	8	1999	17	-6
11	235	329	0.71	0.0695	0.0004	1.2895	0.0159	0.1344	0.0010	913	14	841	7	813	6	-12
12	131	131	1.00	0.0640	0.0003	1.0997	0.0100	0.1247	0.0011	741	9	753	5	757	6	2
13	121	241	0.50	0.0787	0.0003	2.2120	0.0190	0.2038	0.0018	1165	8	1185	6	1195	10	3
14	312	499	0.63	0.1094	0.0004	4.4841	0.0355	0.2972	0.0025	1789	7	1728	7	1678	12	-7
15	648	687	0.94	0.0743	0.0003	1.3195	0.0115	0.1287	0.0010	1048	8	854	5	781	6	-27
16	134	103	1.30	0.0637	0.0003	1.1250	0.0128	0.1281	0.0013	732	11	765	6	777	7	7
17	149	60	2.51	0.0620	0.0005	1.0177	0.0157	0.1189	0.0012	674	17	713	8	724	7	8
18	115	71	1.62	0.0623	0.0003	1.0441	0.0119	0.1216	0.0011	684	12	726	6	740	6	9
19	361	895	0.40	0.0742	0.0003	1.5726	0.0122	0.1538	0.0012	1046	8	959	5	922	7	-13
20	365	165	2.22	0.0649	0.0003	1.1833	0.0141	0.1323	0.0014	770	12	793	7	801	8	4
21	147	76	1.95	0.0632	0.0003	1.0881	0.0112	0.1249	0.0010	714	10	748	5	759	6	7
22	160	217	0.74	0.1403	0.0005	7.4977	0.0628	0.3876	0.0034	2231	7	2173	8	2112	16	-6
23	117	434	0.27	0.1279	0.0010	5.5303	0.0912	0.3143	0.0056	2070	15	1905	14	1762	27	-17
24	186	109	1.70	0.0664	0.0003	1.0835	0.0123	0.1185	0.0012	817	11	745	6	722	7	-12
25	161	115	1.39	0.0649	0.0003	1.0335	0.0112	0.1158	0.0013	770	11	721	6	706	7	-9
26	178	93	1.92	0.0724	0.0005	1.2418	0.0163	0.1240	0.0011	998	14	820	7	754	6	-26
27	475	339	1.40	0.0668	0.0005	1.0130	0.0106	0.1109	0.0016	831	15	710	5	678	9	-20
28	121	261	0.46	0.1221	0.0009	5.4118	0.0863	0.3222	0.0053	1988	14	1887	14	1800	26	-11
29	646	701	0.92	0.0730	0.0002	1.6049	0.0098	0.1594	0.0010	1014	6	972	4	953	5	-6
30	72	62	1.16	0.1046	0.0004	4.5893	0.0382	0.3182	0.0026	1708	7	1747	7	1781	13	5
31	387	442	0.87	0.1397	0.0005	7.2304	0.0549	0.3754	0.0029	2223	6	2140	7	2055	14	-9
32	369	309	1.19	0.1375	0.0005	7.3608	0.0625	0.3883	0.0033	2195	7	2156	8	2115	15	-4
33	314	311	1.01	0.0679	0.0003	1.3453	0.0115	0.1437	0.0012	865	8	866	5	866	7	0
34	51	46	1.11	0.0635	0.0005	1.0886	0.0165	0.1243	0.0012	723	18	748	8	755	7	5
35	119	106	1.12	0.0675	0.0003	1.2174	0.0106	0.1309	0.0009	853	9	809	5	793	5	-8
37	466	344	1.36	0.0757	0.0003	1.5407	0.0115	0.1478	0.0012	1087	7	947	5	889	7	-20
38	84	417	0.20	0.1304	0.0005	6.4199	0.0551	0.3571	0.0030	2103	7	2035	8	1968	14	-7
39	72	46	1.58	0.0637	0.0005	1.0453	0.0149	0.1192	0.0011	732	16	727	7	726	7	-1
40	363	411	0.88	0.0659	0.0003	1.1640	0.0117	0.1279	0.0011	804	10	784	6	776	6	-4
41	155	116	1.34	0.1248	0.0005	6.2401	0.0539	0.3624	0.0029	2026	7	2010	8	1994	14	-2
42	112	66	1.70	0.0722	0.0006	1.2338	0.0179	0.1239	0.0011	993	15	816	8	753	6	-26
43	131	102	1.28	0.0637	0.0003	1.1206	0.0113	0.1276	0.0011	731	9	763	5	774	6	6
44	314	542	0.58	0.0654	0.0003	1.0930	0.0100	0.1212	0.0011	787	8	750	5	738	6	-7
45	184	166	1.11	0.0676	0.0005	1.1549	0.0182	0.1235	0.0013	855	16	780	9	751	8	-13
46	153	76	2.01	0.0633	0.0004	1.0448	0.0139	0.1196	0.0012	719	13	726	7	728	7	2
47	112	154	0.73	0.0659	0.0003	1.1855	0.0121	0.1307	0.0013	802	9	794	6	792	7	-1
48	51	50	1.03	0.0636	0.0005	1.0962	0.0171	0.1249	0.0013	728	16	751	8	759	7	4
50	365	139	2.62	0.0645	0.0003	1.0921	0.0105	0.1228	0.0010	758	9	750	5	747	6	-2
51	148	238	0.62	0.0635	0.0003	0.9886	0.0088	0.1128	0.0009	726	8	698	5	689	5	-52
53	258	256	1.00	0.0653	0.0003	1.1440	0.0117	0.1271	0.0011	783	9	774	6	771	6	-2
54	60	67	0.89	0.1105	0.0005	5.0349	0.0527	0.3305	0.0034	1807	8	1825	9	1841	16	2
55	103	164	0.63	0.0648	0.0003	1.0630	0.0108	0.1189	0.0008	767	10	735	5	724	5	-6
57	48	136	0.35	0.1288	0.0007	6.3335	0.0721	0.3566	0.0041	2081	9	2023	10	1966	19	-6
58	153	131	1.17	0.0688	0.0004	1.1756	0.0142	0.1237	0.0010	893	12	789	7	752	6	-17
60	351	220	1.59	0.0638	0.0003	1.0781	0.0104	0.1226	0.0011	734	9	743	5	746	6	2

表 2 新疆库鲁克塔格早志留世砂岩 (09MHL10)碎屑锆石的 U-Pb 同位素数据

Table 2 U-Pb isotopic data for detrital zircons from the sandstone of Early Silurian (sample 09MHL10) in Quruqtagh, Xinjiang

点 号	元素含量 ($\times 10^{-6}$)		元素 比值	同位素比值						年龄(Ma)						不谐和 度(%)
	Th	U	Th/U	$\frac{^{207}\text{Pb}/}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}/}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}/}{^{238}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}/}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}/}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}/}{^{238}\text{U}}$	1σ	
1	138	224	0.62	0.0647	0.0003	1.2265	0.0143	0.1374	0.0014	764	11	813	7	830	8	9
2	60	40	1.49	0.0648	0.0007	1.0726	0.0210	0.1205	0.0014	767	23	740	10	733	8	—5
3	375	239	1.57	0.0668	0.0003	1.1702	0.0113	0.1274	0.0012	831	9	787	5	773	7	—8
4	73	110	0.66	0.0649	0.0004	1.1700	0.0144	0.1311	0.0015	770	12	787	7	794	9	3
5	66	40	1.65	0.1248	0.0009	6.5169	0.1095	0.3777	0.0055	2026	13	2048	15	2066	26	3
6	46	37	1.25	0.0615	0.0007	1.0202	0.0242	0.1209	0.0020	657	26	714	12	736	11	12
8	68	100	0.68	0.0639	0.0004	1.1022	0.0140	0.1250	0.0012	739	13	754	7	759	7	3
9	175	72	2.43	0.0638	0.0004	1.0914	0.0151	0.1242	0.0013	735	14	749	7	755	7	3
10	148	231	0.64	0.1194	0.0006	5.8292	0.0620	0.3542	0.0037	1947	9	1951	9	1955	17	0
11	93	73	1.26	0.0649	0.0005	1.1685	0.0175	0.1305	0.0015	770	15	786	8	791	8	3
12	39	37	1.06	0.0639	0.0008	1.0847	0.0242	0.1239	0.0016	738	26	746	12	753	9	1
13	76	50	1.52	0.1633	0.0010	10.7720	0.1477	0.4769	0.0052	2490	11	2504	13	2514	23	2
14	144	111	1.30	0.0644	0.0003	1.0978	0.0112	0.1238	0.0010	753	10	752	5	752	6	0
15	72	114	0.63	0.0745	0.0004	1.8742	0.0192	0.1823	0.0014	1055	10	1072	7	1080	8	3
16	82	106	0.77	0.1622	0.0006	10.6289	0.0840	0.4751	0.0035	2479	6	2491	7	2506	15	1
17	48	36	1.36	0.0651	0.0008	1.0986	0.0231	0.1224	0.0015	778	25	753	11	744	8	—5
18	197	218	0.90	0.0653	0.0003	1.2065	0.0106	0.1342	0.0009	782	9	804	5	811	5	4
19	99	80	1.24	0.1232	0.0005	6.2801	0.0530	0.3698	0.0030	2003	7	2016	7	2028	14	1
20	36	28	1.27	0.0675	0.0012	1.1108	0.0329	0.1190	0.0018	854	37	759	16	725	11	—16
21	40	53	0.75	0.0655	0.0005	1.1704	0.0177	0.1295	0.0012	789	17	787	8	785	7	0
23	33	486	0.07	0.0715	0.0002	1.5959	0.0111	0.1620	0.0010	970	6	969	4	968	6	0
24	291	371	0.78	0.0607	0.0002	0.8674	0.0074	0.1036	0.0008	630	8	634	4	635	4	1
26	99	474	0.21	0.0708	0.0003	1.5815	0.0139	0.1621	0.0014	951	8	963	5	968	8	2
27	89	136	0.65	0.0645	0.0003	1.1236	0.0119	0.1264	0.0010	757	10	765	6	767	6	2
28	232	456	0.51	0.1148	0.0004	5.1641	0.0446	0.3263	0.0027	1876	7	1847	7	1821	13	—3
29	26	42	0.61	0.1282	0.0007	6.6772	0.0841	0.3783	0.0047	2073	10	2070	11	2068	22	0
30	86	54	1.60	0.0630	0.0006	1.0470	0.0180	0.1204	0.0013	708	19	727	9	733	8	4
31	39	54	0.73	0.1372	0.0006	7.7813	0.0787	0.4117	0.0038	2192	8	2206	9	2223	17	2
32	28	67	0.41	0.0690	0.0005	1.4780	0.0217	0.1553	0.0016	900	15	921	9	931	9	4
33	211	493	0.43	0.1316	0.0004	6.9329	0.0469	0.3821	0.0025	2119	5	2103	6	2086	12	—2
34	33	46	0.72	0.0671	0.0009	1.1245	0.0254	0.1218	0.0014	840	29	765	12	741	8	—12
35	41	57	0.71	0.0602	0.0005	0.8134	0.0130	0.0980	0.0009	611	20	604	7	603	5	—1
37	60	333	0.18	0.0723	0.0002	1.6472	0.0123	0.1652	0.0012	995	7	988	5	986	7	—1
40	109	197	0.55	0.0656	0.0003	1.1647	0.0106	0.1286	0.0010	795	9	784	5	780	5	—2
41	105	57	1.84	0.0643	0.0005	1.1318	0.0169	0.1277	0.0014	753	15	769	8	775	8	3
42	84	143	0.59	0.0640	0.0003	1.0456	0.0100	0.1186	0.0007	741	10	727	5	722	4	—3
43	115	212	0.54	0.0650	0.0003	1.0656	0.0127	0.1189	0.0013	774	11	737	6	724	7	—7
44	95	217	0.44	0.1294	0.0005	6.5226	0.0580	0.3657	0.0034	2090	7	2049	8	2009	16	—5
45	30	40	0.74	0.0650	0.0007	1.2437	0.0252	0.1385	0.0018	775	22	821	11	836	10	9
47	126	467	0.27	0.0753	0.0006	1.6845	0.0268	0.1614	0.0017	1077	16	1003	10	964	10	—10
48	34	109	0.31	0.0600	0.0003	0.8043	0.0101	0.0973	0.0009	605	13	599	6	599	5	—1
49	215	430	0.50	0.0649	0.0003	1.1409	0.0111	0.1275	0.0012	771	9	773	5	773	7	0
50	38	63	0.60	0.1063	0.0005	4.4635	0.0462	0.3047	0.0028	1736	9	1724	9	1715	14	—14
51	102	128	0.80	0.0653	0.0003	1.1220	0.0129	0.1245	0.0011	785	11	764	6	756	6	—4
52	53	59	0.90	0.0633	0.0007	1.0723	0.0202	0.1227	0.0013	720	23	740	10	746	7	4
53	27	317	0.08	0.0644	0.0003	1.1111	0.0113	0.1252	0.0012	754	10	759	5	760	7	1
54	37	48	0.76	0.0652	0.0006	1.1407	0.0208	0.1272	0.0017	779	19	773	10	772	9	—11
55	18	39	0.48	0.1055	0.0007	3.9873	0.0617	0.2743	0.0037	1723	13	1632	13	1562	19	—101
56	31	45	0.68	0.0637	0.0006	1.0485	0.0186	0.1199	0.0015	731	19	728	9	730	8	—1
57	111	155	0.72	0.0648	0.0003	1.0849	0.0118	0.1215	0.0011	768	10	746	6	739	6	—4
58	113	156	0.72	0.0918	0.0003	3.1693	0.0261	0.2504	0.0019	1463	6	1450	6	1440	10	—2
59	198	197	1.01	0.0641	0.0003	1.0658	0.0100	0.1207	0.0009	743	8	737	5	735	5	—1
60	107	167	0.64	0.0648	0.0003	1.0942	0.0115	0.1225	0.0010	767	9	751	6	745	6	—3

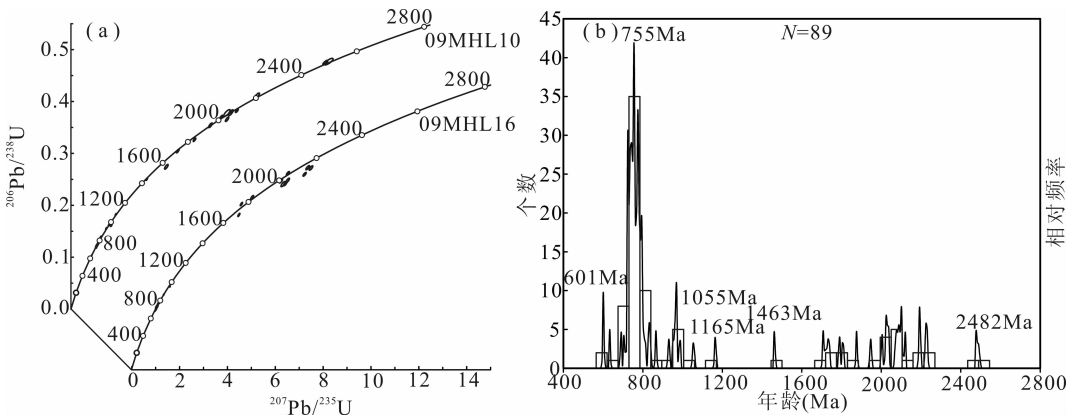


图 5 新疆库鲁克塔格志留纪砂岩碎屑锆石 U-Pb 谐和曲线(a)和直方图和相对频率图(b)
Fig. 5 Concordia plots (a) and histograms and relative probability plots (b) of detrital zircon U-Pb ages of sandstone samples in Quruqtagh, Xinjiang

4 分析结果

锆石颗粒呈自形、半自形结构,大部分锆石呈无色透明,少部分为玫瑰色。CL 图像显示,颗粒呈现出振荡环带和均质结构(图 4)。长度变化范围为 50~160 μm ,长宽比为 2:1。CL 图像强弱不等,部分呈黑色,这是不同锆石颗粒之间的 Th、U 等元素含量不同导致的成分差异所致(Rubatto et al.,2000; Corfu et al.,2003)。

样品 09MHL16 和 09MHL10 的锆石 U-Pb 年龄测试结果显示(表 1 和表 2),有效年龄数据分别为 39 组和 50 组。碎屑锆石的谐和图和全部有效数据的年龄频谱见图 5。直方图显示早志留世地层的多源区和区域多期构造事件的信息(图 5b)。

5 讨论

5.1 沉积物源区

由于野外露头风化较严重,很难保存原始的沉积构造。根据砂岩层发育的 4 组滑塌构造指示的古水流方向,物源主要来自于北部(图 3b)。

碎屑锆石的年龄统计表明,沉积物主要源自 599~635Ma 和 689~836Ma 的岩浆岩,而且锆石形态为次棱角状,为近源沉积,表明库鲁克塔格北部岩浆岩隆升遭受剥蚀,成为主要的沉积物源区。库鲁克塔格地区新元古代扎摩克提组安山岩锆石的 U-Pb 年龄为 615 $\pm$ 6Ma(Xu Bei et al.,2009),特瑞爱肯组的玄武岩锆石 U-Pb 年龄为 705 $\pm$ 10Ma(高林志等,2010),贝义西组锆石玄武岩、安山岩和流纹岩 U-Pb 年龄为 725~743Ma(Huang Baochun et al.,2005;Xu Bei et al.,2005,2009;徐备等,2008;高林

志等,2010;Zhang Yingli et al.,2013)。新元古代时期大量的花岗岩/闪长岩的年龄为 828.3 $\pm$ 5.8~795 $\pm$ 10Ma(Zhang Chuanlin et al.,2007;Shu L S et al.,2011;Ge Rongfeng et al.,2013),花岗岩和辉长岩年龄为 736.4 $\pm$ 4.9~734.1 $\pm$ 4.1Ma(Zhang Chuanlin et al.,2012)、698 $\pm$ 51Ma(Shu L S et al.,2011)、658.9 $\pm$ 3.4Ma 和 634.9 $\pm$ 3.4Ma (Ge Rongfeng et al.,2012a)。碳酸盐杂岩体的年龄为 802 $\pm$ 52Ma(孙宝生等,2007)、776.8 $\pm$ 8.9~760 $\pm$ 6Ma(Zhang Zhiyong et al.,2009,Zhang Chuanlin et al.,2011)、652.0 $\pm$ 7.4~628.7 $\pm$ 6.6Ma(Zhu Wenbin et al.,2008,2011)。这些岩浆岩为砂岩提供物源。

源自 866~986Ma、1055~1463Ma 和 1708~2490Ma 的岩石,成为次要物源区。这些碎屑锆石的 CL 图像以及 Th、U 含量指示部分锆石为岩浆成因,部分为变质成因。研究区内花岗岩(933 $\pm$ 11Ma,1048 $\pm$ 19Ma,Shu L S et al.,2011)、花岗片麻岩(2071 $\pm$ 37Ma,高振家等,1993)和花岗岩(2469 $\pm$ 12Ma 和 2470 $\pm$ 37Ma,Shu L S et al.,2011)成为物源区;库尔勒变质岩(1878 $\pm$ 26Ma 和 1852 $\pm$ 42Ma,董昕等,2011)、深沟片麻岩(2059 $\pm$ 14Ma,董富荣等,1999)、托格拉克布拉克地区的花岗片麻岩(2071 $\pm$ 37Ma)和辛格尔灰色片麻岩(2565 $\pm$ 18Ma,胡霭琴等,2006a)分布于研究区北部。这些岩石隆升遭受剥蚀,或者是二次搬运,为砂岩提供沉积物质。

碎屑锆石统计表明(图 6),自老到新,源自新元古代岩石比例增加,而且 09MHL10 出现 599~635Ma 的源区,表明沉积过程中物源区不断变化,且指

示物源区的剥蚀削顶过程。

5.2 志留纪地层对比

穆赫来布拉克早志留世地层主要为浊流成因砂岩和粉砂岩，中一晚志留世土什布拉克组也由浊流成因的砂岩、粉砂岩以及泥岩组成。为了更好的说明早志留世和中一晚志留世地层的源区变化，采用 Gehrels 等(2011)方法，将所有样品的碎屑锆石标准化，做成年龄相对概率图(图 6)。从图上可以看出，二者在早古生代物源区存在明显差异。

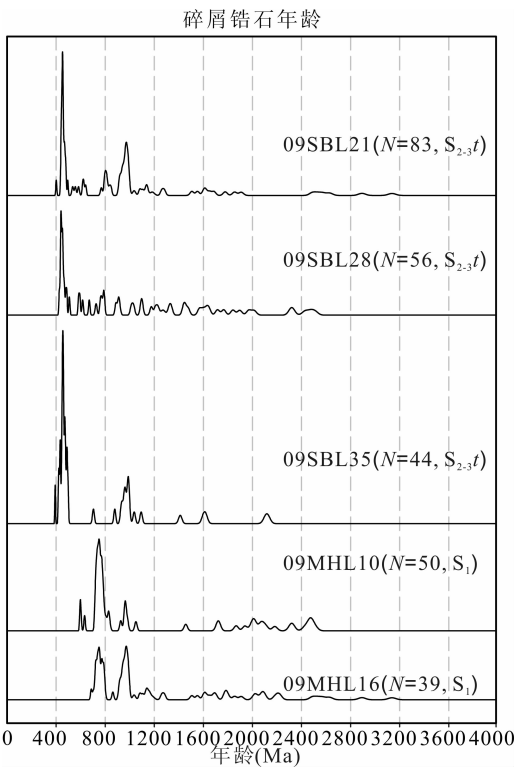


图 6 新疆库鲁克塔格志留纪碎屑锆石均一化相对年龄概率图[样品 09SBL21, 09SBL28, 09SBL35 引自张英利等(2012)]

Fig. 6 Normalized probability plots for Silurian strata from Quruqtagh, Xinjiang. Three samples (09SBL21, 09SBL28, 09SBL35) were analyzed and reported by Zhang Yingli et al. (2012)

年龄概率图表明(图 6)，新元古代的岩石为早志留世和中一晚志留世地层均提供沉积物源。可以看出图中物源的明显变化为，中一晚志留世地层的物源约 50% 由中奥陶世一早志留世岩石所供给，而早志留世碎屑锆石几乎没有该时期物源的反映。这说明，早志留世之后，中奥陶世一早志留世地层大规模隆升剥蚀，成为中一晚志留世地层的主要物源区。这与二者之间的接触关系为平行不整合相吻合。结合库鲁克塔格地区花岗岩的形成年代主要为晚奥陶

世($454.6 \pm 4.6\text{Ma}$ 和 $458 \pm 3\text{Ma}$ ，郭瑞清等，2013b)和中志留世($420.6 \pm 2.3\text{Ma}$ 、 $421.7 \pm 2.8\text{Ma}$ 和 $419.8 \pm 3.3\text{Ma}$ ，Ge Rongfeng et al. , 2012b; $419.2 \pm 3.1\text{Ma}$ ，郭瑞清等，2013a)，我们推测，早志留世时期可能为岩浆作用的安静期。

5.3 构造热事件

对于碎屑锆石反映新元古代的岩浆作用，记录了相应的构造事件。研究显示，新元古代时期，南天山洋向塔里木板块俯冲，形成岛弧性质的岩浆岩(Ge Rongfeng et al. , 2012a; Zhang Yingli et al. , 2013)，如贝义西组和扎摩克提组火山岩以及大量花岗岩(具体形成年龄见前文)。本文获得锆石年龄 $689 \sim 836\text{Ma}$ 反映的岩浆作用正是板块俯冲作用的体现。

区域变质作用事件主要发生在 $\sim 660\text{Ma}$ 、 $\sim 830\text{Ma}$ ($828 \pm 86\text{Ma}$)、 $1050 \sim 1400\text{Ma}$ 和 $1800 \sim 2000\text{Ma}$ ($\sim 1.85\text{Ga}$) (胡霭琴等，1995, 2006b; 张志诚等，1998; 董昕等，2011; Ge Rongfeng et al. , 2013)。砂岩样品的部分碎屑锆石环带较弱或呈均质无分带，锆石 U-Pb 年龄同样记录了变质作用事件。Ge Rongfeng 等(2013)解释 $\sim 1.85\text{Ga}$ 的变质作用主要由深熔作用产生，而 $\sim 830\text{Ma}$ 的变质作用源于新生地壳的部分熔融， $\sim 660\text{Ma}$ 的变质作用则是石英正长岩侵入导致混合化岩石的加热和重熔。董昕等(2011)把 $980 \sim 910\text{Ma}$ 的变质作用解释为 Rodinia 超大陆的汇聚过程，董昕等(2011)和 Shu L S 等(2011)认为 $1890 \sim 1850\text{Ma}$ 和 $1800 \sim 2020\text{Ma}$ 构造事件与哥伦比亚超大陆有关。

6 结论

(1)穆赫来布拉克地区早志留世主要由砂岩和粉砂岩组成，沉积构造和岩相组合反映海底扇的扇中和扇缘沉积环境。

(2)碎屑锆石的年龄谱特征分析表明，穆赫来布拉克地区早志留世沉积物主要来自于库鲁克塔格北部地区。物源主要源自 $689 \sim 836\text{Ma}$ ，次要物源区为 $866 \sim 986\text{Ma}$ 、 $1055 \sim 1463\text{Ma}$ 和 $1708 \sim 2490\text{Ma}$ 的岩石。

(3)与中一晚志留世碎屑锆石年龄对比表明，早志留世可能为岩浆作用的安静期。碎屑锆石反映了新元古代时期，南天山洋向塔里木板块形成岛弧岩浆岩。碎屑锆石同样记录了始一中元古界的变质作用。

致谢：野外工作得到了新疆地质矿产局陈国华

教授、第六地质大队贾红旭副总工程师、刘有峰等同志的热情帮助,在此深表谢意!同时感谢中国地质科学院矿产资源研究所侯可军博士在 LA-ICP-MS 测年过程中给予的帮助!感谢中国地质科学院地质研究所离子探针杨淳老师进行了锆石阴极发光图像照射。

注 释

① 新疆维吾尔自治区地质局地质科学研究所. 1977. 中华人民共和国地质调查报告,1:50 万铁干里克幅。

参 考 文 献

- 白云凤,程日辉,王璞珺,刘万洙. 2006. 库鲁克塔格地区巷古勒塔格组瘤状灰岩及其沉积环境. 新疆地质,24(4):361~365.
- 董富荣,李嵩龄,冯新昌. 1999. 库鲁克塔格地区新太古代深沟片麻杂岩特征. 新疆地质,17(1):82~87.
- 董昕,张泽明,唐伟. 2011. 塔里木克拉通北缘的前寒武纪构造热事件——新疆库鲁克塔格铁门关高级变质岩的锆石 U-Pb 年代学限定. 岩石学报,27(1):47~58.
- 高林志,王宗起,许志琴,杨经绥,张维. 2010. 塔里木盆地库鲁克塔格地区新元古代冰碛岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄新证据. 地质通报,29(2-3):205~213.
- 高振家,陈晋鑑,陆松年. 1993. 前寒武纪地质第 6 号 新疆北部前寒武系. 北京:地质出版社.
- 郭瑞清,秦切,木合塔尔·扎日,赵亮亮,孙敏佳,魏震. 2013a. 新疆库鲁克塔格西段奥陶纪花岗岩体地质特征及构造意义. 地学前缘,20(4):251~263.
- 郭瑞清,尼加提·阿布都逊,秦切,贾晓亮,朱志新,王克卓,李亚萍. 2013b. 新疆塔里木北缘志留纪花岗岩类侵入岩的地质特征及构造意义. 地质通报,32(2-3):220~238.
- 侯可军,李延河,田有荣. 2009. LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术. 矿床地质,28(4):481~492.
- 胡霁琴,韦刚健. 2006a. 塔里木盆地北缘新太古代辛格灰片麻岩形成时代问题. 地质学报,80(1):126~134.
- 胡霁琴,张国新,陈义兵. 2006b. 中国新疆地壳演化主要地质事件年代学和地球化学. 北京:地质出版社.
- 胡霁琴,张国新,李启新,张前锋,胡树荣,范嗣昆,郭陀珠. 1995. 新疆北部主要地质事件同位素年表. 地球化学,24(1):20~31.
- 姜雪,程日辉,王璞珺,刘万洙. 2010. 塔里木盆地库鲁克塔格地区下寒武统西大山组深水沉积序列. 地质科技情报,29(2):52~57.
- 孙宝生,黄建华. 2007. 新疆且干布拉克超基性岩—碳酸岩杂岩体 Sm-Nd 同位素年龄及其地质意义. 岩石学报,23(7):1611~1616.
- 王洪亮,徐学义,何世平,陈隽璐. 2007. 中国天山及邻区地质图(1:1,000,000). 北京:地质出版社.
- 肖晖,任战利,赵靖舟,王起琮,时保宏,宋立军. 2011. 新疆库鲁克塔格地区盆地构造—热演化史. 地学前缘,18(3):33~41.
- 新疆地质矿产局地质矿产研究所. 1990. 新疆古生界(上). 乌鲁木齐:新疆人民出版社,147~202.
- 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组. 1981. 西北地区区域地层表·新疆维吾尔自治区分册. 北京:地质出版社,335~345.
- 徐备,寇晓威,李彪,卫巍,王宇. 2008. 塔里木板块上元古界火山岩 SHRIMP 定年及其对新元古代冰期时代的制约. 岩石学报,24(12):2857~2862.
- 徐学义,何世平,王洪亮,陈隽璐. 东天山—北山地区成矿地质背景图(1:1,000,000). 北京:地质出版社,2009.
- 许志琴,李思田,张建新,杨经绥,何碧竹,李海兵,林畅松,蔡志慧. 2011. 塔里木地块与古亚洲/特提斯构造体系的对接. 岩石学报,27(1):1~22.
- 张英利,王宗起,闫臻,王涛. 2012. 库鲁克塔格下古生界土什布拉克组形成时代及源区:碎屑锆石 U-Pb 年代学证据. 地质学报,86(4):548~560.
- 张志诚,郭召杰,刘树文,郑海飞. 1998. 新疆库鲁克塔格阔克苏地区斜长角闪岩 Nd 同位素特征及其地质意义. 科学通报,43(19):2092~2095.
- 赵宗举,潘懋,杨海军,俞广,徐云俊. 2010. 塔里木盆地中—上奥陶统浊积岩物源分析及大地构造意义. 地质科学,45(3):681~697.
- 朱文斌,张志勇,舒良树,万景林,卢华复,王胜利,杨伟,苏金宝. 2007. 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. 岩石学报,23(7):1671~1682.
- Allen M B, Windley B F, Zhang C. 1992. Palaeozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tien Shan, central Asia. Tectonophysics, 220: 89~115.
- Alsop G I, Holdsworth R E. 2002. The geometry and kinematics of flow perturbation folds. Tectonophysics, 350: 99~125.
- Alsop G I, Holdsworth R E. 2004. The geometry and topology of natural sheath folds: a new tool for structural analysis. Journal of Structural Geology, 26: 1561~1589.
- Anderson T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb . Chemical Geology, 192: 59~79.
- Chen Chuming, Lu Huaifu, Jia Dong, Cai Dongsheng, Wu Shimin. 1999. Closing history of the southern Tianshan oceanic basin, western China: An oblique collisional orogeny. Tectonophysics, 302: 23~40.
- Coleman R G. 1989. Continental growth of northwest China. Tectonics, 8: 621~635.
- Corfu F, Hanchar J M, Hoskin P W O, Kinny P. 2003. Atlas of zircon textures. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 53: 469~500.
- Ge Rongfeng, Zhu Wenbin, Zheng Bihai, Wu Hailin, He Jinwen, Zhu Xiaoping. 2012a. Early Pan-African magmatism in the Tarim Craton: Insights from zircon U-Pb-Lu-Hf isotope and geochemistry of granitoids in the Korla area, NW China. Precambrian Research, 212-213: 117~138.
- Ge Rongfeng, Zhu Wenbin, Wu Hailin, Zheng Bihai, Zhu Xiaoping, He Jinwen W. 2012b. The Paleozoic northern margin of the Tarim Craton: Passive or active? Lithos, 142-143: 1~15.
- Ge Rongfeng, Zhu Wenbin, Wu Hailin, Zheng Bihai, He Jinwen. 2013. Timing and mechanisms of multiple episodes of migmatization in the Korla Complex, northern Tarim Craton,

- NW China: Constraints from zircon U-Pb-Lu-Hf isotopes and implications for crustal growth. *Precambrian Research*, 231: 136~156.
- Gehrels G E, Johnsson M J, Howell D G. 1999. Detrital zircon geochronology of the Adams Argillite and Nation River Formation, East-Central Alaska, U. S. A. *Journal of Sedimentary Research*, 69: 135~144.
- Gehrels G E, Kapp P, DeCelles P, Pullen A, Blakey R, Weislogel A, Ding L, Guynn J, Martin A, McQuarrie N, Yin A. 2011. Detrital zircon geochronology of pre-Tertiary strata in the Tibetan-Himalayan orogen. *Tectonics*, 30: TC5016.
- González-Len C M, Valencia V A, Lawton T F, Amato J M, Gehrels G E, Leggett W J, Montijo-Contreras O, Fernández M. 2009. The lower Mesozoic record of detrital zircon U-Pb geochronology of Sonora, Mexico, and its paleogeographic implications. *Revista Mexicana de Ciencias*, 26: 301~314.
- Huang Baochun, Xu Bei, Zhang Chunxia, Li Yong'an, Zhu Rixiang. 2005. Paleomagnetism of the Baiyixi volcanic rocks (ca. 740Ma) of Tarim, Northwest China: A continental fragment of Neoproterozoic Western Australia? *Precambrian Research*, 142: 83~92.
- Kalsbeek F, Frei D, Affaton P. 2008. Constraints on provenance, stratigraphic correlation and structural context of the Volta basin, Ghana, from detrital zircon geochronology: An Amazonian connection? *Sedimentary Geology*, 212: 86~95.
- Liu Yongsheng, Gao Shan, Hu Zhaochu, Gao Changgui, Zong Keqing, Wang Dongbing. 2010. 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. *Journal of Petrology*, 51: 537~571.
- Ludwig K R. 2003. User's manual for Isoplot 3.0: Geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4:1~70.
- Miall A. 1996. The geology of fluvial deposits—sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. Berlin: Springer-Verlag, 99~130.
- Naipauer M, Vujovich G I, Cingolani C A, McClelland W C. 2010. Detrital zircon analysis from the Neoproterozoic-Cambrian sedimentary cover (Cuyania terrane), Sierra de Pie De Palo, Argentina: Evidence of a rift and passive margin system? *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 306~326.
- Nelson J, Gehrels G E. 2007. Detrital zircon geochronology and provenance of the southeastern Yukon-Tanana terran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 44: 297~316.
- Rubatto D, Gebauer D. 2000. Use of cathodoluminescence for U-Pb zircon dating by ion microprobe: Some examples from the Western Alps. In: Pagel M, Barbin V, Blanc P, et al. eds. *Cathodoluminescence in geosciences*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 373~400.
- Shu L S, Deng X L, Zhu W B, Ma D S, Xiao W J. 2011. Precambrian tectonic evolution of the Tarim Block, NW China: New geochronological insights from the Quruqtagh domain. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42: 774~790.
- Sircombe K N. 1999. Tracing provenance through the isotope ages of littoral and sedimentary detrital zircon, eastern Australia. *Sedimentary Geology*, 124: 47~67.
- Strachan L J, Alsop G I. 2006. Slump folds as estimators of palaeoslope: a case study from the Fisherstreet Slump of County Clare, Ireland. *Basin Research*, 18: 451~470.
- Xu Bei, Jian Ping, Zheng Haifei, Zou Haibo, Zhang Lifei, Liu Dunyi. 2005. U-Pb zircon geochronology and geochemistry of Neoproterozoic volcanic rocks in the Tarim Block of northwest China: Implications for the breakup of Rodinia supercontinent and Neoproterozoic glaciations. *Precambrian Research*, 136: 107~123.
- Xu Bei, Xiao Shuhai, Zou Haibo, Chen Yan, Li Zhengxiang, Song Biao, Liu Dunyi, Zhou Chuanming, Yuan Xunlai. 2009. SHRIMP zircon U-Pb age constraints on Neoproterozoic Quruqtagh diamicites in NW China. *Precambrian Research*, 168: 247~258.
- Zhang Chuanlin, Li Xianhua, Li Zhengxiang, Lu Songnian, Ye Haimin, Li Huimin. 2007. Neoproterozoic ultramafic-mafic-carbonatite complex and granitoids in Quruqtagh of northeastern Tarim Block, western China: Geochronology, geochemistry and tectonic implications. *Precambrian Research*, 152: 149~169.
- Zhang Yingli, Wang Zongqi, Yan Zhen, Wang Tao. 2013. Neoproterozoic volcanic rocks in the southern Quruqtagh of northwest China: Geochemistry, zircon geochronology and tectonic implications. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 87: 118~130.
- Zhang Chuanlin, Yang, Dongsheng, Wang Hongyan, Takahashi Y, Ye Haimin. 2011. Neoproterozoic mafic-ultramafic layered intrusion in Quruqtagh of northeastern Tarim Block, NW China: Two phases of mafic igneous activity with different mantle sources. *Gondwana Research*, 19: 177~190.
- Zhang Chuanlin, Zou Haibo, Wang Hongyan, Li Huaikun, Ye Haimin. 2012. Multiple phases of the Neoproterozoic igneous activity in Quruqtagh of the northeastern Tarim Block, NW China: Interaction between plate subduction and mantle plume? *Precambrian Research* 222 - 223: 488~502.
- Zhang Zhiyong, Zhu Wenbin, Shu Liangshu, Su Jinbao, Zheng Bihai. 2009. Neoproterozoic ages of the Kuluketage diabase dyke swarm in Tarim, NW China, and its relationship to the breakup of Rodinia. *Geological Magazine*, 146: 150~154.
- Zhu Wenbin, Zhang Zhiyong, Shu Liangshu, Lu Huafu, Su Jinbao, Yang Wei. 2008. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of Neoproterozoic Korla mafic dykes in the northern Tarim Block, NW China: Implications for the long-lasting breakup process of Rodinia. *Journal of the Geological Society, London*, 165: 887~890.
- Zhu Wenbin, Zheng Bihai, Shu Liangshu, Ma Dongsheng, Wan Jinglin, Zheng Dewen, Zhang Zhiyong, Zhu Xiaoqing. 2011.

Geochemistry and SHRIMP U-Pb zircon geochronology of the
Korla mafic dykes: Constrains on the Neoproterozoic

continental breakup in the Tarim Block, northwest China.
Journal of Asian Earth Sciences, 42: 791~804.

**New Insights on Sedimentology, Provenance Analysis of the Early
Silurian in the Quruqtagh Area, Xinjiang**

ZHANG Yingli¹⁾, WANG Zongqi¹⁾, YAN Zhen²⁾, WANG Tao²⁾

1) *MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment ,
Institute of Mineral Resources , CAGS, Beijing, 100037;*

2) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

Abstract

The lower Silurian is composed of grayish green sandstones and siltstones, which was turbidity in origin, forming in submarine fan. Using the LA-ICP-MS U-Pb method, U-Pb ages of detrital zircons from two sandstone samples were measured. 89 groups of U-Pb effective age were yielded not only to constrain source area, the regional comparison but also to obtain tectonic evolution data in the Proterozoic and Paleozoic. The concordant ages of detrital zircons show that 689~836Ma magmatic rocks are mainly source area while 866~986Ma, 1055~1463Ma, and 1708~2490Ma rocks are secondary provenance. Normalized probability plots of Silurian sandstones indicate that magmatic activities are quiet in Early Silurian, and middle-late Ordovician rocks were uplifted after early Silurian. Detrital zircons and CL images indicate that there occurred a large amount of magmatic rocks during the Neoproterozoic, related to South Tianshan Ocean subduction to the Tarim plate. Regional metamorphism developed within the area is referred from detrital zircon results.

Key word: Quruqtagh; Early Silurian; Detrital zircon geochronology; provenance analysis; tectonic events