

东昆仑早古生代花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

陆 露¹⁾, 张延林²⁾, 吴珍汉^{1)*}, 胡道功³⁾

1) 中国地质科学院, 北京 100081;

2) 青海省第一地质矿产勘查院, 青海西宁 810600;

3) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081

摘 要: 应用激光烧蚀多接收器电感耦合等离子体质谱(LA-MC-ICPMS)方法, 对东昆仑五龙沟地区花岗岩样品进行了锆石 U-Pb 定年研究。结果表明, 黄龙沟中部的糜棱岩化二长花岗岩(B20-14)中岩浆锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄平均值为(417.7±2.0) Ma, 黄龙沟上部的糜棱岩化二长花岗岩(B21-2)中岩浆锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄平均值为(419.7±2.3) Ma, 深水潭粗中粒二长花岗岩(B20-8)中岩浆锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄平均值为(419.9±2.0) Ma, 红旗沟中部的粗中粒二长花岗岩(B25-9)岩浆锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄平均值为(419.0±2.0) Ma。它们代表了五龙沟地区所研究花岗岩的形成年龄, 其形成时代均为晚志留世, 记录了东昆仑早古生代的岩浆活动。本文获得的东昆仑五龙沟地区的晚志留世花岗岩可能与东昆仑早古生代洋盆闭合后的碰撞造山作用有关。花岗岩中 1861 Ma、1666 Ma 古元古代继承锆石的发现, 表明东昆仑造山带的基底物质为古元古代。

关键词: 花岗岩; 锆石 U-Pb 年龄; 早古生代; 五龙沟地区; 东昆仑造山带

中图分类号: P588.121; P597.3 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2013.04.07

Zircon U-Pb Dating of Early Paleozoic Granites from the East Kunlun Mountains and Its Geological Significance

LU Lu¹⁾, ZHANG Yan-lin²⁾, WU Zhen-han^{1)*}, HU Dao-gong³⁾

1) Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

2) Qinghai No.1 Academy of Geology and Mineral Exploration, Xining, Qinghai 810600;

3) Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081

Abstract: Zircon U-Pb dating was conducted for four granite bodies in Wulonggou area by LA-MC-ICPMS. The mylonitized monzogranite (sample B20-14) from the middle of Huanglonggou yielded an average zircon U-Pb age of (417.7±2.0) Ma, the mylonitized monzogranite (sample B21-2) from the upper part of Huanglonggou yielded an average zircon U-Pb age of (419.7±2.3) Ma, the middle-coarse grained monzogranite (sample B20-8) from Shenshuitan yielded an average zircon U-Pb age of (419.9±2.0) Ma, and the middle-coarse grained monzogranite (sample B25-9) from the middle of Hongqigou yielded an average zircon U-Pb age of (419.0±2.0) Ma. These ages should represent the formation epoch of the four granite bodies in Wulonggou area i.e., Late Silurian, and thus record magmatic activities of the Early Paleozoic period. It is held that granites of the late Silurian period in Wulonggou area might have been concerned with the collisional orogeny after the closure of the Early Paleozoic Ocean. The discovery of 1861 Ma and 1666 Ma zircons of the Palaeoproterozoic epoch in the granite shows that the metamorphic basement materials of the East Kulun orogenic belt should be of Palaeoproterozoic period.

本文由中国地质调查局国土资源大调查项目(编号: 1212010711510; 1212011120182)和科技部国际科技合作重点项目(编号: 2006DFB211330)联合资助。

收稿日期: 2013-01-16; 改回日期: 2013-03-25。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 陆露, 女, 1985 生。博士研究生。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号。E-mail: yangchunyulu@163.com。

*通讯作者: 吴珍汉, 男, 1965 生。研究员, 博士生导师。长期从事青藏高原区域地质调查、活动断裂勘测与大陆动力学研究工作。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号。E-mail: wuzhenhan@sohu.com。

Key words: granites; zircon U-Pb age; Early Paleozoic; Wulonggou area; East Kunlun orogenic belt

东昆仑造山带作为青藏高原北部重要的地质构造单元(刘成东等, 2003), 一直以来都受到地质学家的关注。研究资料表明, 东昆仑造山带是一个经历多期构造活动的复杂造山带(丰成友等, 2004; 古凤宝, 1994), 前人根据早古生代镁铁质-超镁铁质岩、中酸性侵入岩、相关的沉积建造和东昆仑造山带的早泥盆世磨拉石沉积等, 指出东昆仑存在早古生代造山作用(李荣社等, 2007)。由于东昆仑造山带是由加里东和印支期叠置变形形成的复合造山带(许志琴等, 2007), 同时燕山运动、喜马拉雅运动在东昆仑也有不同程度的表现(潘裕生等, 1996), 因此, 东昆仑早古生代造山作用的“遗迹”受到后期造山运动特别是印支期造山运动的强烈改造, 使得地质工作者对东昆仑早古生代造山作用的认识与研究存在不足。本文通过对东昆仑五龙沟地区的花岗岩进行 LA-MC-ICPMS 锆石 U-Pb 测年研究, 显示出该区具有早古生代岩浆事件, 这将为东昆仑早古生代的构造演化提供新的年代学依据。

1 地质背景及样品特征

五龙沟地区位于东昆仑造山带东段的东昆仑北地体内, 昆北断裂带的南侧(图 1), 研究区以出露古老变质岩为特征, 主要由古元古界白沙河组、中元

古界小庙群和新元古界的一套浅变质岩组成。古元古界白沙河组主要是一套角闪岩相-麻粒岩相变质岩, 由黑云母斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩及石英片岩、黑云斜长片岩等组成; 中元古界小庙群主要由一套中深变质的角闪斜长岩、黑云母片岩、变粒岩和大理岩组成; 新元古界主要是一套浅变质的碎屑-火山岩, 主要由上部的变粒岩、砂砾岩、千枚岩夹大理岩和下部的安山岩、安山质火山角砾岩、晶屑凝灰岩、板岩组成。区内构造变形强烈, 断裂发育, 岩浆岩广布, 其中以晚元古代和古生代的中酸性侵入岩为主(图 2)。

研究区内岩浆岩广布, 本次研究在五龙沟北侧的不同位置采了 4 个花岗岩样品用于 U-Pb 测年(图 2)。在原 1:20 万五龙沟矿区地质图中, 这 4 个花岗岩样品分别位于不同时代的岩体中, 样品 B20-14 和样品 B21-2 样品为晚元古代灰色中粗-细粒花岗闪长岩, 样品 B20-8 为寒武纪灰绿色中粗粒花岗岩, 样品 B25-9 为泥盆纪浅灰色中粗粒花岗岩。

样品 B20-14 取自黄龙沟中部的糜棱岩化二长花岗岩, 经纬度坐标为 $N36^{\circ}13'27''$, $E95^{\circ}55'29''$ 。岩石为灰白色、灰黑色, 块状构造, 中粗粒结构(图 3A), 岩石由半自形板状的斜长石、钾长石、片状云母和它形的石英组成, 大小一般为 0.5~4 mm 不等, 其中

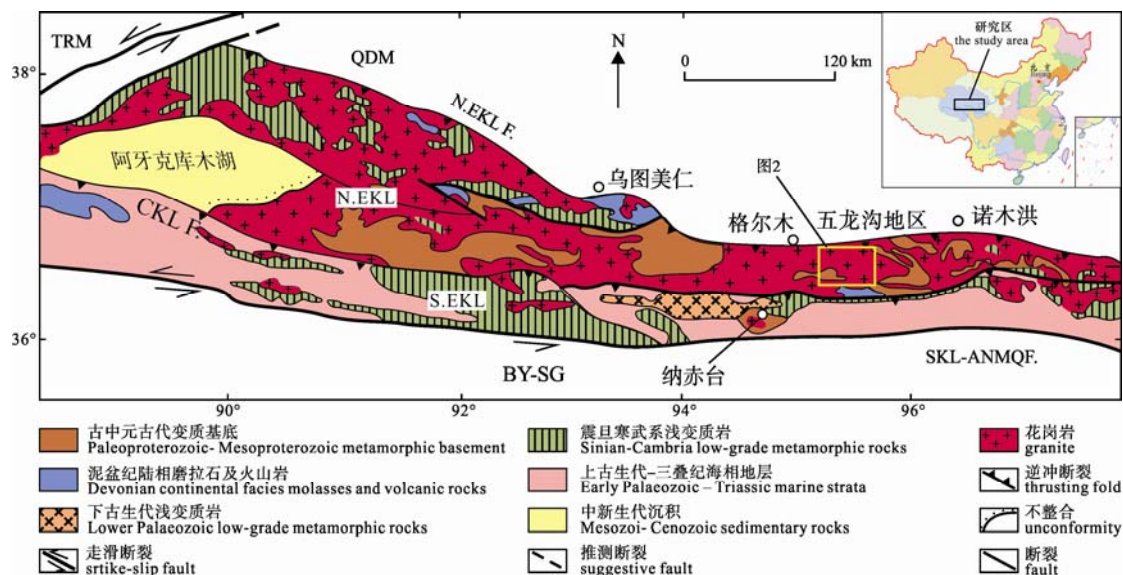


图 1 东昆仑构造图(据许志琴等, 2007 修改)

Fig. 1 Structural map of the East Kunlun Mountains (modified after XU et al., 2007)

QDM-柴达木盆地; TRM-塔里木盆地; N.EKL-东昆仑北地体; S.EKL-东昆仑南地体; BY-SG-巴颜喀拉—松潘甘孜地体;

N.EKL F.-东昆仑北缘逆冲断裂; CKL F.-昆中断裂; SKL-ANMQ F.-昆南—阿尼玛卿断裂

QDM- Tsaidam Basin; TRM-Tarim Basin; N.EKL-North terrane of the east Kunlun; S.EKL-south terrane of the east Kunlun;

BY-SG-Songpan-Garze terrane; N.EKL F.-north of the east Kunlun thrusting fold; CKL F.-center of Kunlun fault;

SKL-ANMQ F.-south Kunlun-A'nyenmaqen fault

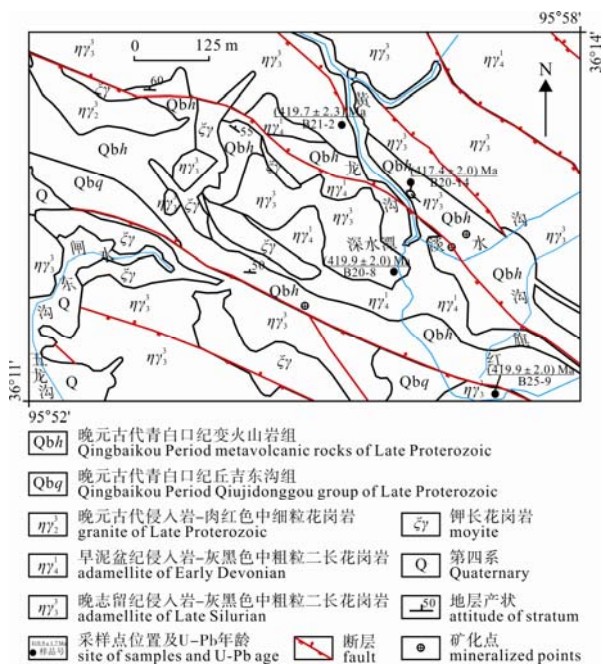


图 2 五龙沟地区地质简图(据五龙沟金矿内部资料修改)
Fig. 2 Geological sketch map of Wulonggou area (after internal material of the Wulonggou gold ore deposit)

斜长石双晶发育, 钾长石有时呈巨斑状产出, 云母弱定向分布。斜长石含量为 30%, 钾长石含量为 40%, 云母含量为 5%, 石英大小一般为 0.001~0.01 mm, 呈集合体状分布, 含量为 25%。

样品 B21-2 取自黄龙沟上部的糜棱岩化二长花岗岩, 经纬度坐标为 N36°13'45", E95°55'15"。岩石为灰黑色、褐红色, 块状构造, 中粗粒结构(图 3B), 岩石由半自形板状的斜长石、钾长石、片状云母和石英组成, 大小一般为 0.5~3 mm 不等, 斜长石含量为 30%, 钾长石含量为 40%, 云母含量为 5%, 其中斜长石双晶发育, 钾长石有时呈巨斑状产出, 云母弱定向分布, 石英呈它形, 大小一般为 0.001~0.05 mm, 呈集合体状分布, 石英为 25%。

样品 B20-8 采自深水潭的粗中粒二长花岗岩, 经纬度坐标为 N36°13'01", E95°55'31"。为灰黑色、灰白色, 块状构造, 粗中粒结构(图 3C)。岩石主要由斜长石、钾长石、石英、黑云母组成, 副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石。其中斜长石为半自形板状, 大小一般 2~5 mm, 含量为 30%~35%, 发生绢云母化。

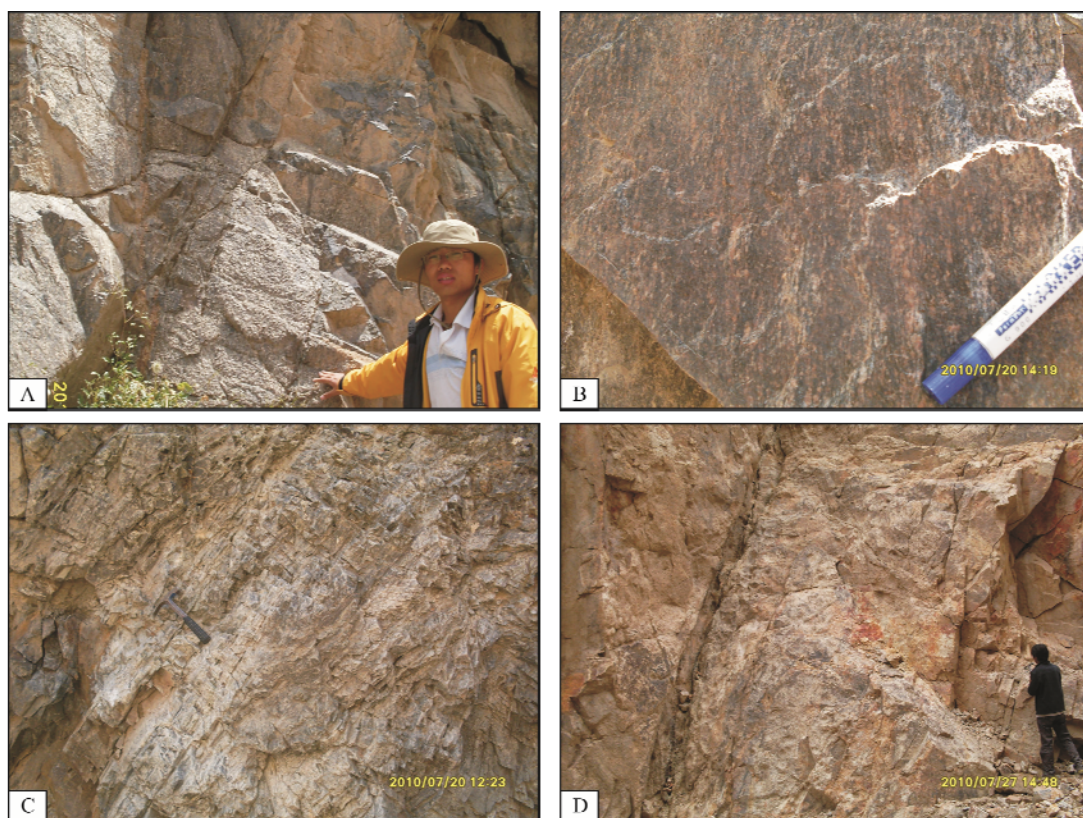


图 3 五龙沟地区花岗岩样品野外特征

Fig. 3 Field characteristics of granite samples in Wulonggou area

A-块状构造糜棱岩化二长花岗岩(样品 B20-14); B-弱定向的糜棱岩化二长花岗岩(样品 B21-2);

C-块状构造中粗粒二长花岗岩(样品 B20-8); D-块状构造中粗粒二长花岗岩(样品 B25-9)

A-massive tectonic mylonitized monzogranite (sample B20-14); B-weakly oriented mylonitized monzogranite (sample B21-2);

C-massive tectonic and middle-coarse grained monzogranite (sample B20-8);

D-massive tectonic and middle-coarse grained monzogranite (sample B25-9)

钾长石含量为 25%~30%，半自形板状，大小一般 2~5 mm。石英含量为 25%~30%，它形粒状，大小一般为 0.5~1 mm，波状消光强烈。黑云母含量为 10%~15%，呈片状，片直径 0.1~0.5 mm，定向分布，集合体似条痕状定向分布，常见解理弯曲。

样品 B25-9 取自红旗沟中部的粗中粒二长花岗岩，经纬度坐标为 N36°12'09"，E95°56'15"。岩石为灰白色、浅黄白色，块状构造，中粗粒结构，劈理发育(图 3D)。岩石主要由斜长石、钾长石、石英、黑云母组成。斜长石含量为 40%~45%，半自形板状，大小一般 2~5 mm，杂乱分布。钾长石含量为 30%，呈半自形板状，大小一般 1~7 mm，杂乱分布，内常见双晶，局部被绢云母交代。石英含量为 25%~30%，为半自形-它形粒状，大小一般 1~5 mm，杂乱分布。可见波状消光。副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石。

2 测试方法

锆石按常规方法分选，最后在双目镜下挑纯。将分选锆石用双面胶粘在载玻片上，罩上 PVC 环，然后将环氧树脂和固化剂进行充分混合后注入 PVC 环中，待树脂充分固化后将样品靶从载玻片上剥离，并对其进行打磨和刨光，然后对靶上样品进行显微镜下的反射光和透射光照相以及阴极发光(CL)照相。

锆石 U-Pb 测年在中国地质大学(北京)地学实验中心元素地球化学研究室完成。其分析仪器为美国 New Wave Research Inc. 公司生产的激光剥蚀进样系统(UP193SS)和美国 AGILENT 科技有限公司生产的 Agilent 7500a 型四级杆等离子体质谱仪联合构成的激光等离子质谱仪(LA-ICP-MS)。本次分析激光器工作频率为 10 Hz，剥蚀物质载气为高纯度 He 气，流量为 0.7 L/min；Agilent 等离子质谱仪工作条件：冷却器流量 15 L/min，辅助气(Ar)流量 1.13 L/min，采集时间为 45 s；测试点束斑直径为 36 μm ；锆石 U/Pb 比值及年龄校准选用标准锆石 91500；数据处理采用 Glitter 4.4。年龄值选用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄，单个数据点误差均为 1 σ ，加权平均值误差为 2 σ (郭丽爽等, 2009)。由于数据太多占据篇幅较大，在此只列举部分数据，见表 1。

3 分析结果和解释

3.1 黄龙沟中部的糜棱岩化二长花岗岩(B20-14)

黄龙沟中部的糜棱岩化二长花岗岩(B20-14)中的锆石形态为长柱状晶体，个别为短柱状晶体，CL 图像显示锆石的颜色为灰白色、灰黑色，Th、U 含量

较低，锆石内部结构复杂，按其结构可以划分为两类锆石，一类锆石普遍发育增生结构，新生锆石以再生边形式围绕老的锆石内核生长，与锆石内核之间界限明显；另一类锆石无增生核，边部发育细密或宽的震荡环带结构(图 4)，显示了岩浆锆石的特征。各个锆石的 Th/U 比值变化范围在 0.15~0.63 之间，均大于 0.1，同样表现为岩浆锆石特征。

使用 LA-MC-ICPMS 测年方法对该岩石样品的 30 颗锆石的 30 个测点进行了 U-Pb 同位素定年。其中 3 号点、16 号点和 24 号点的锆石均为继生锆石，CL 图像上可见其发育增生结构，它们的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄分别为 1861 Ma、741 Ma、1666 Ma，记录了基底岩石年龄的信息。除了 4 号、9 号、29 号测点有明显的铅丢失外，其余 24 个测点皆位于谐和曲线上或邻近谐和曲线(图 5)，各测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的表面年龄变化于 413~419 Ma 之间，各测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的加权年龄平均值为(417.7 $\pm$ 2.0) Ma，代表了糜棱岩化二长花岗岩的形成年龄，其时代为晚志留(S_3)。

3.2 黄龙沟上部的糜棱岩化二长花岗岩(B21-2)

黄龙沟上部的糜棱岩化二长花岗岩中(B21-2)的锆石形态各异，为椭圆形或是中、短柱状晶体，自形程度较好，从 CL 图像上可以看到，锆石的颜色为灰白色、灰黑色，Th、U 含量较高。各个锆石的 U/Th 比值变化范围在 0.12~0.49 之间，均大于 0.1，表现出岩浆锆石的特征。岩石中的锆石内部结构简单，除个别锆石内部可见老的继生锆石核外，一般均发育细密或宽的震荡环带结构(图 4)，显示岩浆锆石的特征。

对该岩石样品的 30 颗锆石的 30 个测点进行了 U-Pb 同位素定年，从测试结果可以看出，除了 3、4、7、11、14、15、17、20、21、22 号测点有明显的铅丢失外，其余 20 个测点皆位于谐和曲线上或邻近谐和曲线(图 5)，20 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的表面年龄变化于 415~421 Ma 之间，20 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的加权年龄平均值为(419.7 $\pm$ 2.3) Ma，代表了二长花岗岩的形成年龄，形成时代为晚志留(S_3)。

3.3 深水潭地区的粗中粒二长花岗岩(B20-8)

深水潭地区的粗中粒二长花岗岩(B20-8)中的锆石大小不等，形态为中、短柱状晶体，自形程度较好，个别为椭圆形晶体，锆石的 Th、U 含量较低，Th/U 比值变化范围在 0.29~0.49 之间，均大于 0.1，表现为岩浆锆石的特征。锆石按其内部结构可以划分为两类，一类锆石发育老的增生核，沿着增生核边部发育细密的震荡环带结构，表明这类锆石是在岩浆

表 1 花岗岩样品 U-Pb 同位素年龄测定部分数据
Table 1 Partial U-Pb dating results of granites

点号	Th/U	同位素比值						年龄/Ma			
		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ
糜棱岩化二长花岗岩(样品 B20-14)											
3	0.53	0.28305	0.00356	4.44209	0.07253	0.1138	0.0017	1607	18	1861	14
5	0.63	0.06714	0.00084	0.51098	0.00937	0.05518	0.00095	419	5	420	20
8	0.38	0.06712	0.00084	0.50888	0.00883	0.05497	0.00088	419	5	411	19
13	0.30	0.06624	0.00086	0.51403	0.01464	0.05628	0.00176	413	5	463	71
16	0.15	0.18766	0.00235	2.6476	0.04311	0.1023	0.00152	1109	13	1666	14
17	0.30	0.06703	0.00084	0.51034	0.00961	0.05521	0.00098	418	5	421	21
25	0.38	0.06703	0.00085	0.50832	0.0095	0.05499	0.00096	418	5	412	21
糜棱岩化二长花岗岩(样品 B21-2)											
7	0.26	0.0552	0.00102	0.5779	0.06	0.07592	0.00801	346	6	1093	220
8	0.42	0.06752	0.00097	0.51262	0.01758	0.05505	0.00189	421	6	414	51
9	0.41	0.06771	0.00086	0.51658	0.0103	0.05532	0.00105	422	5	425	23
10	0.29	0.06745	0.00086	0.5142	0.00982	0.05527	0.001	421	5	423	22
11	0.39	0.12164	0.00264	1.592	0.15795	0.09492	0.00964	740	15	1527	199
26	0.41	0.06725	0.00086	0.51211	0.01014	0.05521	0.00103	420	5	421	23
27	0.31	0.06756	0.00129	0.51483	0.03618	0.05526	0.00394	421	8	423	123
28	0.49	0.06736	0.00093	0.51229	0.016	0.05515	0.00171	420	6	418	45
二长花岗岩(样品 B20-8)											
2	0.34	0.06738	0.00084	0.51265	0.00884	0.05517	0.00088	420	5	419	19
12	0.33	0.0673	0.00084	0.51147	0.00866	0.05511	0.00086	420	5	417	18
18	0.36	0.06742	0.00086	0.51418	0.01019	0.0553	0.00104	421	5	424	23
20	0.35	0.06745	0.00087	1.50512	0.02595	0.1618	0.00262	421	5	2475	14
30	0.37	0.06742	0.00084	0.51283	0.00854	0.05516	0.00084	421	5	419	18
31	0.37	0.0674	0.00088	0.51369	0.01247	0.05527	0.00131	420	5	423	31
33	0.38	0.06732	0.00084	0.51326	0.00907	0.05528	0.00091	420	5	424	19
二长花岗岩(样品 B25-9)											
3	0.47	0.0618	0.0009	0.85743	0.03721	0.10062	0.0046	387	5	1636	87
5	0.41	0.06742	0.00087	0.51361	0.01165	0.05524	0.00121	421	5	422	28
7	0.60	0.06733	0.00087	0.51393	0.01154	0.05534	0.0012	420	5	426	28
10	0.57	0.06738	0.00086	0.51309	0.01046	0.05522	0.00107	420	5	421	24
20	0.46	0.06732	0.00088	0.5188	0.01389	0.05587	0.00146	420	6	447	37
21	0.61	0.06739	0.00087	0.52136	0.01131	0.05609	0.00117	420	5	456	26
22	0.60	0.06336	0.00082	0.50432	0.01058	0.05771	0.00116	396	5	519	24
27	0.55	0.06732	0.00086	0.5117	0.01043	0.05511	0.00107	420	5	417	24

喷发过程中直接捕获围岩锆石形成的; 另一类锆石内部结构简单, 发育清晰的细密环带结构(图 4), 显示岩浆锆石的特征。

使用 LA-MC-ICPMS 测年方法对该岩石样品的 34 颗锆石的 34 个测点进行了 U-Pb 同位素定年, 测试结果中, 3、5、9、20、21、26、27 号测点均有明显的 Pb 丢失, 其余的 27 个测点皆位于谐和曲线上或邻近谐和曲线(图 5), 它们的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的表面年龄变化于 415~421 Ma 之间, 其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的加权年龄平均值为(419.9±2.0) Ma, 代表了二长花岗岩的形成年龄, 其形成时代为晚志留(S₃)。

3.4 红旗沟中部的粗中粒二长花岗岩(B25-9)

红旗沟中部的粗中粒二长花岗岩(B25-9)中的锆

石大小均一, 自形程度较好, 为椭圆形或是中、短柱状晶体, 从 CL 图像上可以看到, 锆石的颜色为灰白色, Th、U 含量较低。岩石中的锆石内部结构复杂, 个别锆石内部可见老的继生锆石核, 均发育细密或宽的震荡环带结构(图 4), 显示岩浆锆石的特征。锆石的 Th/U 比值变化范围在 0.4~0.61 之间, 均大于 0.1, 同样表现为岩浆锆石的特征。

对该岩石样品的 32 颗锆石的 32 个测点进行了 U-Pb 同位素定年, 从测试结果可以看出, 32 个测点中 25 个测点皆位于谐和曲线上或邻近谐和曲线(图 5), 其余 7 个锆石测点均有明显的 Pb 丢失, 这 25 个测点的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的表面年龄变化于 411~421 Ma 之间, ²⁰⁶Pb/²³⁸U 的加权年龄平均值为

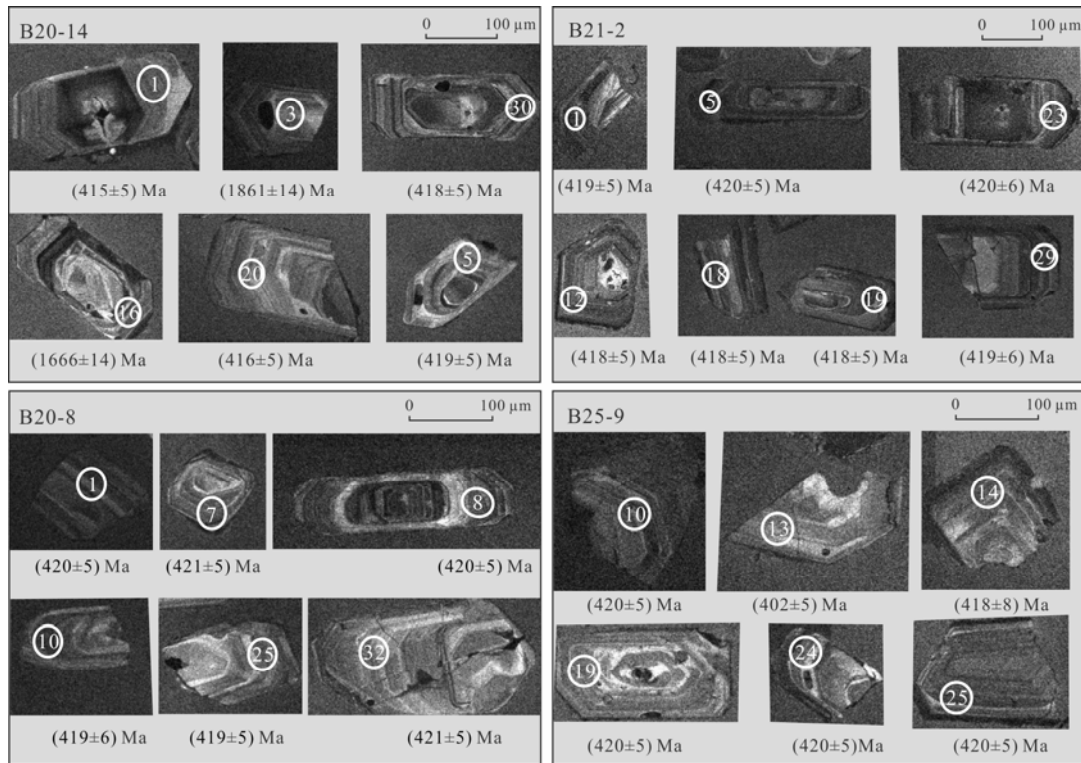


图 4 五龙沟地区花岗岩的代表性锆石阴极发光图像
Fig. 4 CL images of zircons from granites of Wulonggou area

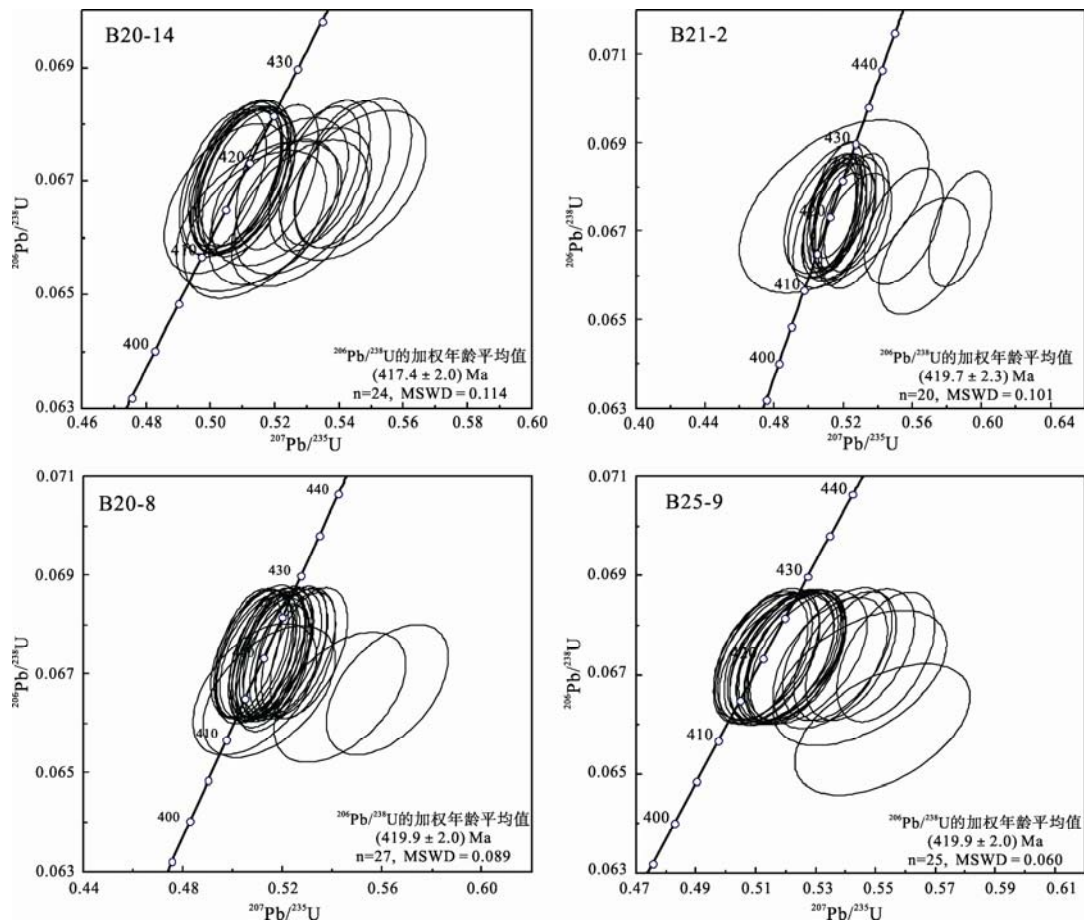


图 5 五龙沟地区花岗岩锆石 U-Pb 年龄谐和曲线图
Fig. 5 Concordia diagrams of U-Pb ages of zircon from granites of Wulonggou area

(419.0±2.0) Ma, 代表了二长花岗岩的形成年龄, 其形成时代为晚志留(S₃)。

4 讨论与结论

东昆仑造山带经历了漫长的地质演化, 其地质情况极其复杂, 由于气候交通条件与研究技术手段的限制, 使得该研究区内的基础地质研究程度较低, 研究区内的岩浆岩缺乏测年数据, 导致该地区的岩浆岩时代划分混乱。本文研究获得的五龙沟地区早古生代 4 个花岗岩锆石的 LA-ICP-MS 年龄分别为 (417.7±2.0) Ma(样品 B20-14)、(419.7±2.3) Ma(样品 B21-2)、(419.9±2.0) Ma(样品 B20-8)、(419.0±2.0) Ma(样品 B25-9), 表明它们均为晚志留世(S₃), 明确了五龙沟地区花岗岩体的形成时代, 同时记录了东昆仑早古生代的岩浆活动。

东昆仑造山带是一个经历了多旋回造山运动和岩浆活动的造山带(袁万明等, 2000), 构造运动主要分为 4 个阶段(旋回), 分别与 4 个岩浆岩活动时段相对应: 前寒武纪(元古宙); 早古生代(∈-D₃); 晚古生代—早中生代(D₃-T₃); 晚中生代—新生代(J₁-E)(范丽琨等, 2009; 莫宣学等, 2007), 最新研究资料表明, 以纳赤台群为代表的具混杂岩特征的早古生代活动类型沉积建造指示了东昆中构造带存在早古生代的洋盆, 并将此洋盆闭合的时间限定在 446~408 Ma(王国灿等, 2004), 东昆仑诺木洪地区的玄武岩岩片和变火山岩片中的玄武岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年结果(玄武岩岩片的 U-Pb 年龄为 (419±5) Ma, 变火山岩片中的玄武岩的 U-Pb 年龄为 (401±6) Ma)表明东昆仑地区存在早古生代的洋陆转换(朱云海等, 2005), 东昆仑牦牛山组火山岩锆石年龄(399.6±2.8) Ma ~ (423.2±1.8) Ma, 结果表明中志留世洋盆已经基本闭合(陆露等, 2010; 张耀玲等, 2010), 晚志留世-早泥盆世东昆仑主体造山隆起。综上所述, 本文获得的东昆仑五龙沟地区的晚志留世的花岗岩可能与东昆仑早古生代洋盆闭合后的碰撞造山作用有关。

五龙沟地区黄龙沟中部的糜棱岩化二长花岗岩(B20-14)的锆石中保存有古元古代的信息, 有 1861 Ma、1666 Ma, 反映了基底主要为古元古代物质。研究资料表明, 东昆仑前寒武纪基底以昆中断裂为界划分为北部基底和南部基底, 昆中断裂带以北的北部基底(白沙河岩群和小庙岩群)的形成时间为古元古代—中元古代(白沙河岩群的形成时代为 1900~2000 Ma, 小庙岩群形成时代为 1000~1900 Ma)(王国灿等, 2007); 并且大约在 1600~

1800 Ma 柴达木陆块(新太古代—中元古代早期昆北、昆中带同属柴达木地块南缘的陆缘活动带)及其陆缘发生区域热动力变质作用形成统一的变质结晶基底构造层(范丽琨等, 2009), 诺木洪地区火山岩中存在年龄为 1734 Ma 的继承锆石(朱云海等, 2005), 东昆仑金水口群中变质基性辉长岩的锆石 U-Pb 年龄为(2468±46) Ma(陆松年等, 2002), 侵位于金水口群的片麻状花岗岩类的 Rb-Sr 等时年龄为 1846 Ma(青海省区域地质志, 1991), 富铝的堇青石花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄为(1955±6) Ma(陆松年等, 2002), 综上所述, 结合本文获得的继承锆石年龄, 表明东昆仑造山带的基底物质为古元古代。

五龙沟地区所研究的花岗岩的形成时代为 (417.7±2.0) Ma、(419.7±2.3) Ma、(419.9±2.0) Ma、(419.0±2.0) Ma, 表明东昆仑造山带在晚志留世发育酸性岩浆活动, 记录了早古生代造山作用, 其形成可能与东昆仑早古生代洋盆闭合后的碰撞造山作用有关。五龙沟地区花岗岩中存在年龄为 1861 Ma、1666 Ma 的继承锆石, 表明东昆仑造山带的基底物质为古元古代。

参考文献:

- 范丽琨, 蔡岩萍, 梁海川, 李宏录. 2009. 东昆仑地质构造及地球动力演化特征[J]. 地质调查与研究, 33(3): 181-186.
- 丰成友, 张德全, 王富春, 余宏全, 李大新, 王彦. 2004. 青海东昆仑复合造山过程及典型造山型金矿地质[J]. 地球学报, 25(4): 415-422.
- 古凤宝. 1994. 东昆仑地质特征及晚古生代-中生代构造演化[J]. 青海地质, 1: 4-14.
- 郭丽爽, 张锐, 刘玉琳, 许发军, 苏犁. 2009. 新疆东准葛尔铜华岭中酸性侵入岩体锆石 U-Pb 年代学研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 45(5): 819-824.
- 李荣社, 计文化, 赵振明, 陈守建, 孟勇, 于浦生, 潘小平. 2007. 昆仑早古生代造山带研究进展[J]. 地质通报, 26(4): 373-381.
- 刘成东, 莫宣学, 罗照华, 喻学惠, 谌宏伟, 李述为, 赵欣. 2003. 东昆仑造山带花岗岩类 Pb-Sr-Nd-O[J]. 地球学报, 24(6): 584-588.
- 陆露, 吴珍汉, 胡道功, BAROSH P J, 郝爽, 周春景. 2010. 东昆仑牦牛山组流纹岩锆石 U-Pb 年龄及构造意义[J]. 岩石学报, 26(4): 1150-1158.
- 陆松年. 2002. 青藏高原北部前寒武纪地质初探[M]. 北京: 地质出版社.
- 莫宣学, 罗照华, 邓晋福, 喻学惠, 刘成东, 谌宏伟, 袁万明, 刘云华. 2007. 东昆仑造山带花岗岩及地壳生长[J]. 高校地质学报, 13(3): 403-414.
- 潘裕生, 周伟明, 许荣华, 王东安, 张玉泉, 谢应雯, 陈挺恩,

- 罗辉. 1996. 昆仑山早古生代地质特征与演化[J]. 中国科学(D 辑), 26(4): 302-307.
- 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 1991. 北京: 地质出版社.
- 王国灿, 王青海, 简平, 朱云海. 2004. 东昆仑前寒武纪基底变质岩系的锆石 SHRIMP 年龄及其构造意义[J]. 地学前缘, 11(4): 481-490.
- 王国灿, 魏启荣, 贾春兴, 张克信, 李德威, 朱云海, 向树元. 2007. 关于东昆仑地区前寒武纪地质的几点认识[J]. 地质通报, 26(8): 929-937.
- 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 张建新, 吴才来. 2007. 造山的高原-青藏高原地体的拼合、碰撞造山及隆升机制[M]. 北京: 地质出版社.
- 袁万明, 王世成, 王兰芬. 2000. 东昆仑五龙沟金矿床成矿热历史的裂变径迹热年代学证据[J]. 地球学报, 21(4): 389-395.
- 张耀玲, 胡道功, 石玉若, 陆露. 2010. 东昆仑造山带牦牛山组火山岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及构造意义[J]. 地质通报, 29(11): 1614-1618.
- 朱云海, 林启祥, 贾春兴, 王国灿. 2005. 东昆仑造山带早古生代火山岩锆石 SHRIMP 年龄及其地质意义[J]. 中国科学(D 辑)地球科学, 35(12): 1112-1119.
- Isotope Characteristics of Granitoids in East Kunlun Orogenic Belt[J]. Acta Geoscientia Sinica, 24(6): 584-588(in Chinese with English abstract).
- LU Lu, WU Zhen-han, HU Dao-gong, BAROSH P J, HAO Shuang, ZHOU Chun-jing. 2010. Zircon U-Pb age for rhyolite of the Maoniushan Formation and its tectonic significance in the EAST Kulun Mountains[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(4): 1150-1158(in Chinese with English abstract).
- LU Song-nian. 2002. Precambrian Geology in Northern Tibetan Plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- MO Xuan-xue, LUO Zhao-hua, DENG Jin-fu, YU Xue-hui, LIU Cheng-dong, CHEN Hong-wei, YUAN Wan-ming, LIU Yun-hua. 2007. Granitoids and Crustal Growth in the East-Kunlun Orogenic Belt[J]. Geological Journal of China Universities, 13(3): 403-414(in Chinese with English abstract).
- PAN Yu-sheng, ZHOU Wei-ming, XU Rong-hua, WANG Dong-an, ZHANG Yu-quan, XIE Ying-wen, CHENG Ting-en, LUO Hui. 1996. Geological characteristics and evolution of the Early Paleozoic Kunlun[J]. Science in China (Series D), 26(4): 302-307(in Chinese with English abstract).
- WANG Guo-can, WANG Qing-hai, JIAN Ping, ZHU Yun-hai. 2004. Zircon SHRIMP ages of Precambrian metamorphic basement rocks and their tectonic significance in the eastern Kunlun Mountains, Qinghai Province, China[J]. Earth Science Frontiers, 11(4): 481-490(in Chinese with English abstract).
- WANG Guo-can, WEI Qi-rong, JIA Chun-xing, ZHANG Ke-xin, LI De-wei, ZHU Yun-hai, XIANG Shu-yuan. 2007. Some ideas of Precambrian geology in the East Kunlun, China[J]. Geological Bulletin of China, 26(8): 929-937(in Chinese with English abstract).
- XU Zhi-qin, YANG Jing-sui, LI Hai-bing, ZHANG Jian-xin, WU Cai-lai. 2007. Orogenic Plateau-Terrane amalgamation, collision and uplift in the Qinghai-Tibet Plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- YUAN Wan-ming, WANG Shi-cheng, WANG Lan-fen. 2000. Met-allogenic Thermal History of the Wulonggou Gold Deposits in East Kunlun Mountains in the Light of Fission Track Thermochronology[J]. Acta Geoscientia Sinica, 21(4): 389-395(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yao-ling, HU Dao-gong, SHI Yu-ruo, LU Lu. 2010. SHRIMP zircon U-Pb ages and tectonic significance of Maoniushan Formation volcanic rocks in East Kunlun orogenic belt, China[J]. Geological Bulletin of China, 29(11): 1614-1618(in Chinese with English abstract).
- ZHU Y H, LIN Q X, JIA C X, WANG G C. 2005. Zircon SHRIMP ages for volcanic rocks of the Early Paleozoic and their geological significance in the eastern Kunlun orogenic belt[J]. Science in China (Series D) Earth Science, 35(12): 1112-1119(in Chinese).

References:

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. 1991. Regional Geology of Qinghai Province[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- FAN Li-kun, CAI Yan-ping, LIANG Hai-chuan, LI Hong-lu. 2009. Characters and Evolution of the Geodynamics in the Eastern Kunlun[J]. Geological Survey and Research, 33(3): 181-186(in Chinese).
- FENG Cheng-you, ZHANG De-quan, WANG Fu-chun, SHE Hong-quan, LI Da-xin, WANG Yan. 2004. Multiple Orogenic Processes and Geological Characteristics of the Major Orogenic Gold Deposits in East Kunlun Area, Qinghai Province[J]. Acta Geoscientia Sinica, 25(4): 415-422(in Chinese with English abstract).
- GU Fen-bao. 1994. Geological Characteristics of East Kunlun and Tectonic Evolution in Late Palaeozoic-Mesozoic Era[J]. Qinghai Geology, 1: 4-14(in Chinese).
- GUO Li-shuang, ZHANG Rui, LIU Yu-lin, XU Fa-jun, SU Li. 2009. Zircon U-Pb Age of Tonghualing Intermediate-Acid Intrusive Rocks, Eastern Junggar, Xinjiang[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 45(5): 819-824(in Chinese).
- LI Rong-she, JI Wen-hua, ZHAO Zhen-ming, CHEN Shou-jian, MENG Yong, YU Pu-sheng, PAN Xiao-ping. 2007. Progress in the study of the Early Paleozoic Kunlun orogenic belt[J]. Geological Bulletin of China, 26(4): 373-382(in Chinese with English abstract).
- LIU Cheng-dong, MO Xuan-xue, LUO Zhao-hua, YU Xue-hui, CHEN Hong-wei, LI Shu-wei, ZHAO Xin. 2003. Pb-Sr-Nd-O