

青海西部祁漫塔格山卡尔却卡铜多金属矿床似斑状黑云二长花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄

陈 博^{1,2}, 张占玉³, 耿建珍⁴, 贾群子¹, 宋忠宝¹,
张晓飞¹, 陈向阳¹, 全守村¹, 张雨莲¹, 栗亚芝¹

CHEN Bo^{1,2}, ZHANG Zhan-yu³, GENG Jian-zhen⁴, JIA Qun-zi¹, SONG Zhong-bao¹,
ZHANG Xiao-fei¹, CHEN Xiang-yang¹, QUAN Shou-cun¹, ZHANG Yu-lian¹, LI Ya-zhi¹

1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012; 4. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170

1. Xi'an Center of China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

3. Qinghai Geological Survey, Xining 810012, Qinghai, China;

4. Tianjin Center of China Geological Survey, Tianjin 300170, China

摘要:祁漫塔格卡尔却卡铜多金属矿体主要产于花岗闪长岩、似斑状黑云母二长花岗岩体与寒武纪—奥陶纪滩间山群接触部位的矽卡岩带和二长花岗岩中。本次对矿区 号带矽卡岩与矿体紧邻的似斑状黑云母二长花岗岩体进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年, 获得年龄为 $410.1\text{Ma} \pm 2.6\text{Ma}$ 。结合前人获得的花岗闪长岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 ($237\text{Ma} \pm 2\text{Ma}$) 和矿石矿物辉钼矿 Re-Os 模式年龄 (239Ma), 认为岩体成岩和成矿时代都发生在印支期, 卡而却卡铜多金属矿成矿作用不仅与印支期中酸性侵入岩有关, 也与加里东晚期酸性侵入岩有关。祁漫塔格地区矿床形成时代主要集中于加里东中晚期和印支晚期, 尽管加里东期岩体在地表出露规模远没有印支期岩体规模宏大, 但是加里东晚期岩体对成矿作用的贡献也应该引起足够的重视。

关键词: LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄; 祁漫塔格; 卡尔却卡; 二长花岗岩

中图分类号: P597+.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2012)02/03-0463-06

Chen B, Zhang Z Y, Geng J Z, Jia Q Z, Song Z B, Zhang X F, Chen X Y, Quan S C, Zhang Y L, Li Y Z. Zircon LA-ICP-MS U-Pb age of monzogranites in the Kaerqueka copper-polymetallic deposit of Qimantag, western Qinghai Province. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(2/3):463-468

Abstract: The Kaerqueka copper-polymetallic ore bodied in Qimantage region can mainly be found in monzonitic granite and skarn belts located in the contact zones between granodiorite, porphyritic biotitic monzogranite and Cambrian-Ordovician strata. Based on LA-ICP-MS U-Pb chronological study of zircons, the authors obtained the age ($410.1\text{Ma} \pm 2.6\text{Ma}$) of biotitic monzogranite close to ore belt. Nevertheless, other researchers hold that the rock-forming and ore-forming processes took place in Indo-Chinese period based on the age of granodiorite ($237\text{Ma} \pm 2\text{Ma}$) and the Re-Os model age (239Ma) of molybdenite. A comparison of the geochemical characteristics between the two rock bodies has led the authors to reach the conclusion that the mineralization was related not only to the Indo-Chinese intermediate-acid intrusive rocks but also to the late Caledonian acid intrusive rocks, and there existed a difference in magma origin between porphyritic biotitic monzogranite and granodiorite, suggesting that they were formed in different peri-

收稿日期: 2011-03-04; 修订日期: 2011-10-26

资助项目: 中国地质调查局项目《青海省地质调查综合研究》(编号: 1212010918044) 和《青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究》(编号: 1212011121089)

作者简介: 陈博(1977-), 男, 在读博士, 助理研究员, 从事固体矿产勘查和成矿规律研究。E-mail: cb@crri.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

ods of tectonic evolution. Ore deposits in Qimantag region were formed in late Caledonian and in Indo-Chinese period. Although the outcrop of late Caledonian period is not so apparent as the one of Indo-Chinese period, due attention should be paid to the contribution of late Caledonian intrusives to mineralization.

Key words: LA-ICP-MS zircon U-Pb age; Qimantag; Kaerqueka; monzogranite

青海省祁漫塔格地区位于柴达木盆地西缘、东昆仑造山带西段。近年来在该区的找矿工作取得了重要的进展,新发现多处大、中型铁、钴、铜、钼、铅、锌多金属矿床,卡尔却卡铜多金属矿床就是其中之一。该矿床位于青海、新疆两省区交界处(图 1),由青海省地质调查院于 2003 年发现,成矿元素为 Fe、Cu、Mo、Zn 等,深部有锡矿产出。目前矿床规模已达到中型,正在开展的矿产勘查工作已揭示进一步找矿潜力巨大。卡尔却卡铜多金属矿体主要产于花岗闪长岩、似斑状黑云母二长花岗岩体与寒武纪—奥陶纪滩间山群接触部位的矽卡岩带和似斑状二长花岗岩中。前人获得花岗闪长岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $(237 \pm 2) \text{Ma}$ ^[1],矿石矿物辉钼矿 Re-Os 模式年龄 (239Ma) ^[2],但未见关于似斑状黑云母二长花岗岩年龄的报道。本次通过对矿区号带与矿体紧邻的似斑状黑云母二长花岗岩体进行 LA-ICP-

MS 锆石 U-Pb 测年,以准确厘定该区似斑状黑云母二长花岗岩的形成时代,探讨花岗闪长岩、似斑状黑云母二长花岗岩与成矿作用的关系,指导区内的地质找矿工作。

1 矿床地质特征

卡尔却卡铜多金属矿区出露岩石以花岗质侵入岩为主(占基岩面积的 90%以上),其次为寒武纪—奥陶纪滩间山群大理岩和基性火山岩,以剥蚀残留体的形式零星地分布于侵入岩体中(图 1)。第四系为河谷冲积砂、砾和粘土,分布于河谷和山前地区。

侵入岩主要有似斑状黑云母二长花岗岩和花岗闪长岩,前者以岩基状产出,后者以岩株状产出,后者侵入前者,均呈北西西向展布,与区域构造线基本一致。此外,还有一些闪长岩、闪长玢岩、花岗岩等小岩枝或岩脉产出。

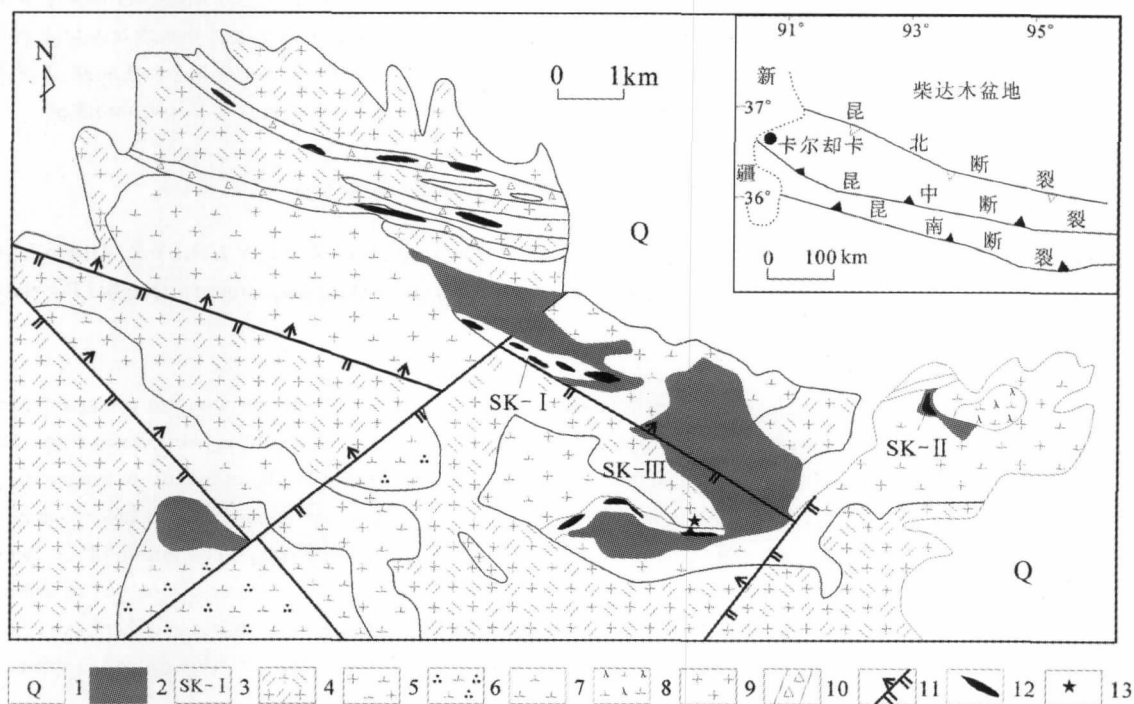


图 1 卡尔却卡多金属矿区地质简图^[3]

Fig. 1 Geological sketch map of the Kaerqueka polymetallic ore district

1—第四系;2—滩间山群;3—矽卡岩带及编号;4—似斑状黑云母二长花岗岩;5—花岗闪长岩;6—石英闪长岩;
7—闪长岩;8—闪长玢岩;9—花岗岩;10—破碎蚀变带;11—断层;12—矿体;13—采样位置

矿区构造以断裂为主,褶皱构造不发育。断裂有北西西向和南东向 2 组,以前者为主。北西西向断裂集中分布于野拉赛以西,挤压强烈,断裂破碎带一般宽 50~300m 不等,长度一般大于 10km,是重要的控岩和控矿构造。南东向断裂显示张性特征,构造带宽 50~350m 不等,长度大于 15km,该组断裂切穿北西西向断裂和花岗岩类岩体。

卡尔却卡成矿元素为 Fe、Cu、Mo、Zn 等,深部有锡矿产出。矿体主要产于花岗闪长岩、似斑状黑云母二长花岗岩体与寒武纪—奥陶纪滩间山群接触部位的矽卡岩带及似斑状二长花岗岩中,严格受北西西向断裂的控制。

2 岩相学特征

矽卡岩型多金属矿床是卡尔却卡矿区最主要的成矿类型,本次研究选取矿化规模最大的 号矽卡岩带,样品取自 号矽卡岩带与矿体紧邻的似斑状黑云母二长花岗岩(采样位置见图 1、图 2)。

岩石新鲜面灰白色,似斑状结构,斑杂状构造,由黑色或暗绿色和灰白色组成斑块,浅色部分可见长石和石英斑晶。主要矿物成分(图 3):石英(30%~40%)、碱性长石(30%~40%)、斜长石(20%~30%)、黑云母(10%~15%)、磷灰石(1%)、锆石(<1%)。其中,石英为它形粒状晶体,常呈聚晶出现,粒径偏小,偶尔见细粒(0.1~0.3 mm)变晶集合体残留;碱性长石为条纹长石,它形粒状,交代斜长石和石英,其内常见斜长石和石英交代残留,粒径小到巨大(710mm);斜长石呈半自形、它形,粒径小到大,可见被碱性长石和石英交代;黑云母呈细粒鳞片状集合体出现,部

分呈它形,部分板状或叶片状。

岩石化学成分:SiO₂ 含量为 71.00%、Al₂O₃ 13.58%、Fe₂O₃ 0.66%、FeO 1.96%、CaO 1.88%、MgO 0.84%、K₂O 5.82%、Na₂O 2.58%、TiO₂ 0.45%、P₂O₅ 0.15%、MnO 0.032%。岩石属钙碱性系列、强过铝质,全碱总量较高(>8%),反映其岩浆源于深部地壳,显示出 S 型花岗岩的特征。

3 二长花岗岩锆石 U-Pb 同位素测试

3.1 分析方法

采集卡尔却卡矿区 号矽卡岩带与矿体紧邻的似斑状黑云母二长花岗岩样品约 30kg,锆石的挑选工作在河北省廊坊区域地质调查所实验室完成。首先用水将样品表面清洗并晾干,粉碎至 80 目,然后用水粗淘、强磁分选、电磁分选和用酒精细淘之后,在实体显微镜下手工挑选锆石。锆石的制靶工作是在北京奥金顿科技有限公司完成的,在实体显微镜下挑选裂隙相对少、表面尽量洁净、透明度相对较高的锆石约 100 粒制作环氧树脂样品靶,并对其进行打磨和抛光。锆石的阴极发光图像照相在北京离子探针中心完成,锆石的反射光和透射光图像拍摄在天津地质矿产研究所同位素实验室完成。锆石 U-Pb 测年工作在天津地质矿产研究所同位素实验室利用激光烧蚀多接收器等离子体质谱法(LA-MC-ICPMS)完成。仪器性能、分析方法、测试过程见李怀坤等^[4]的报道。

3.2 分析结果

根据锆石阴极发光图像(图 4)和镜下特征,选择晶形完整、颗粒较大的锆石颗粒进行锆石 U-

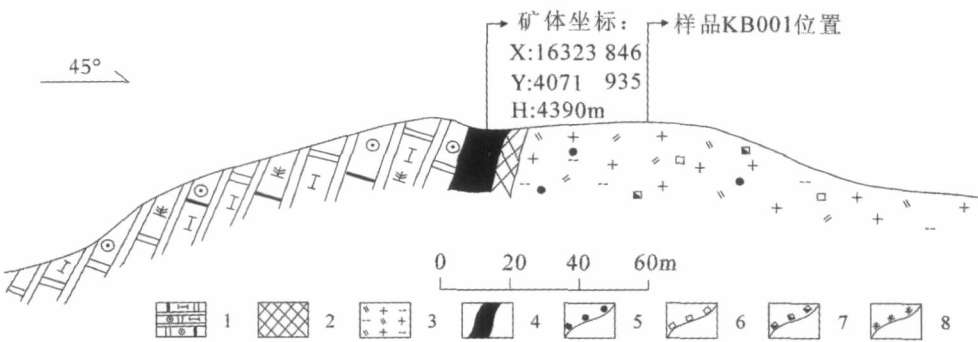


图 2 卡尔却卡矿区Ⅶ号蚀变带采场 4390m 平台信手地质剖面

Fig. 2 Geological section along the 4390m platform of VII alteration zone in the Kaerqueka ore district

1—含透辉石石榴子石矽卡岩;2—矽卡岩;3—黑云母二长花岗岩;4—块状、条带状铜矿;
5—黄铜矿化;6—黄铁矿化;7—褐铁矿化;8—孔雀石化

表 1 卡尔却卡似斑状黑云母二长花岗岩(KB001) LA-ICP-MS 锆石 U-Th-Pb 同位素测试数据

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Th-Pb isotope analytical results of porphyroid biotite monzogranite in the Kaerqueka ore district

测点	含量/ 10^{-6}		同 位 素 比 值			年 龄 /Ma		
	Pb	U	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ
1	57	807	0.0655	0.0011	0.5030	0.0109	0.0557	0.0007
2	48	679	0.0642	0.0006	0.4931	0.0140	0.0557	0.0014
3	84	1239	0.0664	0.0006	0.4927	0.0048	0.0538	0.0004
4	28	399	0.0650	0.0007	0.5084	0.0147	0.0567	0.0016
5	25	366	0.0662	0.0007	0.5147	0.0167	0.0564	0.0017
6	91	1391	0.0653	0.0008	0.4931	0.0070	0.0548	0.0004
7	28	392	0.0661	0.0007	0.5058	0.0218	0.0555	0.0021
8	94	1462	0.0656	0.0006	0.5130	0.0072	0.0567	0.0007
9	58	833	0.0666	0.0008	0.5114	0.0068	0.0557	0.0006
10	147	2467	0.0588	0.0005	0.4751	0.0066	0.0586	0.0005
11	69	989	0.0679	0.0007	0.5095	0.0061	0.0544	0.0006
12	63	370	0.1597	0.0016	1.5925	0.0163	0.0723	0.0006
13	40	593	0.0663	0.0006	0.5041	0.0092	0.0551	0.0010
14	153	2252	0.0645	0.0004	0.4926	0.0051	0.0554	0.0005
15	88	1315	0.0670	0.0006	0.4958	0.0068	0.0537	0.0005
16	740	5257	0.1354	0.0012	1.4520	0.0205	0.0778	0.0006
17	145	857	0.1656	0.0047	2.7000	0.1084	0.1183	0.0031
18	43	670	0.0655	0.0008	0.5023	0.0167	0.0556	0.0017
19	37	549	0.0658	0.0005	0.4954	0.0113	0.0546	0.0011
20	17	237	0.0670	0.0006	0.5037	0.0226	0.0545	0.0024
21	260	4083	0.0645	0.0005	0.4944	0.0071	0.0556	0.0007
22	65	979	0.0665	0.0007	0.5033	0.0066	0.0549	0.0004
23	78	1129	0.0662	0.0010	0.4905	0.0082	0.0538	0.0010
24	20	287	0.0672	0.0006	0.5048	0.0209	0.0545	0.0021
25	39	584	0.0663	0.0007	0.4939	0.0093	0.0540	0.0008
26	80	1146	0.0667	0.0008	0.5068	0.0065	0.0551	0.0006
27	30	436	0.0662	0.0016	0.5069	0.0200	0.0555	0.0018
28	105	1610	0.0659	0.0006	0.5070	0.0097	0.0558	0.0007
29	122	1906	0.0648	0.0006	0.4941	0.0072	0.0553	0.0007
30	36	556	0.0637	0.0005	0.4819	0.0103	0.0549	0.0011

Pb 同位素组成分析。

锆石 U-Pb 同位素测试数据经普通铅校正后,测试结果列于表 1,锆石有效测试点共 30 个。所有数据 Th/U 比值较高,在 0.24~0.67 之间,多数大于 0.3,具岩浆结晶锆石的特征^[5],锆石的结晶年龄可以代表似斑状黑云母二长花岗岩的成岩年龄。在 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和图(图 5)上,有 26 个数据点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄数据较集中分布于谐和线上,表明这些锆石几乎没有 U 或 Pb 的丢失和加入,将这 26 个数据的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值 $410.1\text{Ma}\pm 2.6\text{Ma}$ (MSWD=2.8)作为锆石的生成年龄,同时解释为似斑状黑云母二长花岗岩的生成年龄。12、16、17 号数据点的锆石明显老于其它数据点的锆石,其中 16、17 号数据点落在谐和曲线下,这些锆石可能是岩石中的捕获锆石或残留的继承性锆石。9 号数据点的锆石明显年轻于其它数据点的锆石,且不在谐和线上,表明这一锆石已受到污染,该数据点的年龄同样不能代表似斑状黑云母二长花岗岩的生成年龄。

4 讨论与结论

本次研究首次厘定了卡尔却卡似斑状黑云母二长花岗岩的形成年龄为 $(410.1\pm 2.6)\text{Ma}$ 。该岩体内有不同程度的矿化,在 号砂卡岩带内从矿体到该岩体矿化程度逐渐减弱,说明矿体的形成与该岩体的侵入有关,岩体和矿体的成岩成矿时代均为加里东晚期。前人获得与砂卡岩型铁铜铅锌多金属矿化具有密切成因联系的花岗闪长岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $(237\pm 2)\text{Ma}$ ^[1],属印支期岩浆活动的产物;对其中的索拉吉尔砂卡岩型铜钼矿床辉钼矿进行了 Re-Os 同位素定年,获得模式年龄和等时线年龄结果一致,为 $(239\pm 11)\text{Ma}$ ^[2],表明铜钼成矿作用发生于中三叠世。综合而论,卡尔却卡铜多金属矿成矿作用不仅与印支期中酸性侵入岩有关,也与加里东晚期酸性侵入岩有关。

关于祁漫塔格地区花岗岩的时空划分,前人做过系统的研究^[6]。根据已有的大量有关该岩体和矿石的同位素测年资料^[1-2,7-8]可知,祁漫塔格地区与矿床形成有关的岩体的时代主要集中于加里东中晚

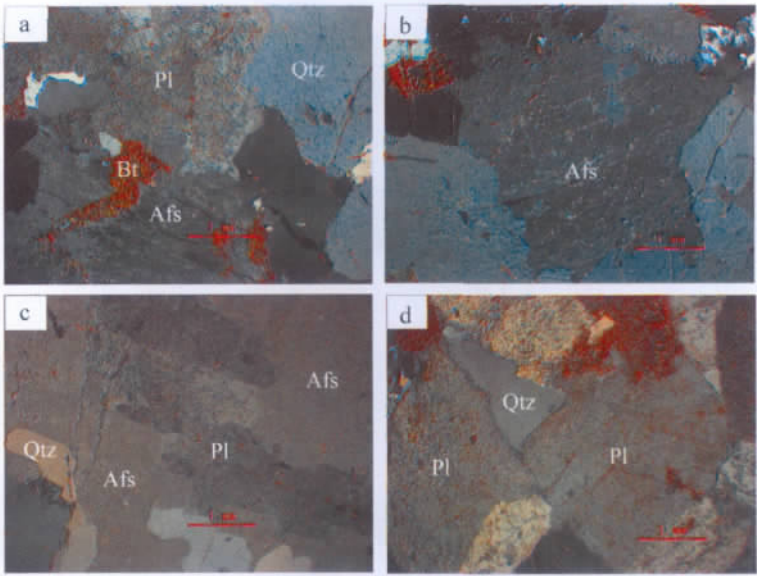


图 3 卡尔却卡似斑状黑云母二长花岗岩显微照片(正交偏光)
Fig. 3 Photomicrographs of Kaerqueka porphyroid biotite monzogranite
Pl—斜长石;Afs—碱性长石;Bt—黑云母;Qtz—石英

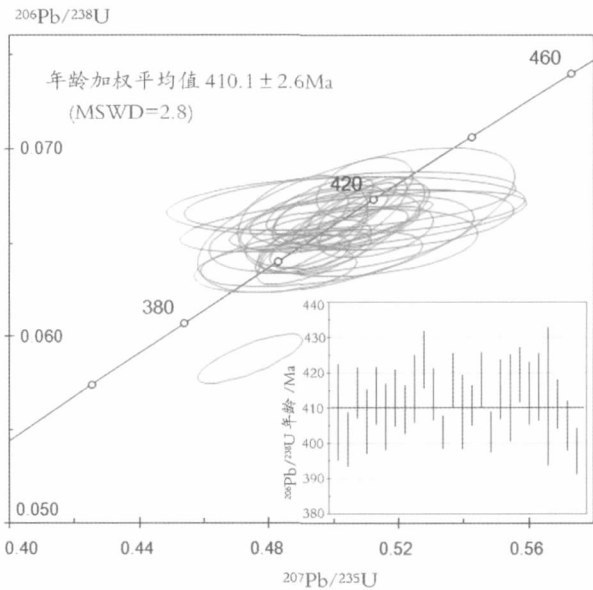


图 5 卡尔却卡似斑状黑云母二长花岗岩锆石 U-Pb 谐和图和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄图谱
Fig. 5 Zircon U-Pb concordia diagrams and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age spectrum of Kaerqueka porphyroid biotite monzogranite

期和印支晚期,这也是卡尔却卡矿区的 2 个成矿高峰期。在整个祁漫塔格地区,尽管加里东期岩体在地表出露规模远没有印支期岩体规模宏大,但是加里东晚期的岩体对成矿作用同样存在贡献,在地质找

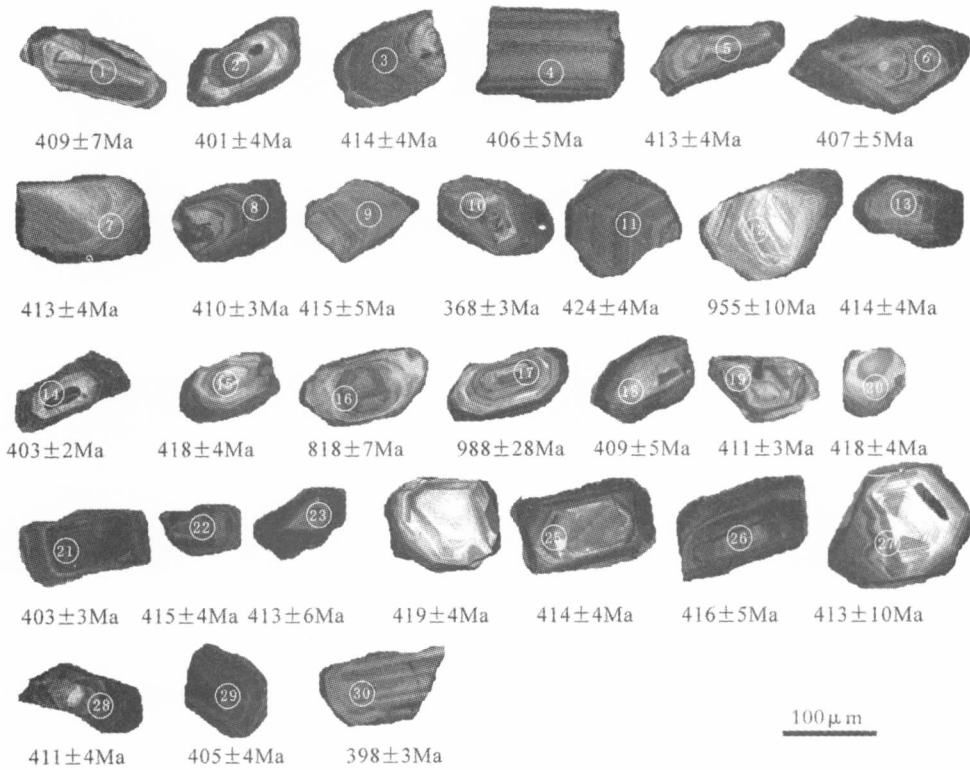


图 4 卡尔却卡似斑状黑云母二长花岗岩锆石阴极发光图像

Fig. 4 CL images of zircon from Kaerqueka porphyroid biotite monzogranite

矿工作中也应给予足够的重视。

致谢：野外工作期间得到青海地质调查院苏生顺、李华等同志的协助，测试过程中李怀坤研究员给予支持，在此一并表示感谢。

参考文献

[1]王松, 丰成友, 李世金, 等. 青海祁漫塔格卡尔却卡铜多金属矿区花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质, 2009,36(1):74-84.

[2]丰成友, 李东生, 屈文俊, 等. 青海祁漫塔格索拉吉尔砂卡岩型铜钼矿床辉钼矿铼-钨同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试, 2009,28(3):223-227.

[3]李世金, 孙丰月, 王力, 等. 青海东昆仑卡尔却卡多金属矿区斑岩型铜矿的流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2008,27(3):399-406.

[4]李怀坤, 耿建珍, 郝爽, 等. 用激光烧蚀多接收器等离子体质谱仪(LA-MC-ICPMS)测定锆石 U-Pb 同位素年龄的研究[J]. 矿物学报, 2009,1(增刊):77.

[5]Claesson S V, Vertin, Bayanova H D. U-Pb zircon ages from a Devonian carbonatite dyke, Kola peninsula, Russia: a record of geological evolution from the Archaen to the Palaeozoic[J]. Lithos, 2000, 51:95-108.

[6]伍跃中, 王战, 过磊, 等. 东昆仑祁漫塔格地区花岗岩类时空变化的构造控制[J]. 地质学报, 2009, 83(7): 964-981.

[7]李洪茂, 时友东, 刘忠, 等. 东昆仑山若羌地区白干湖钨锡矿床地质特征及成因[J]. 地质通报, 2006,25(1/2):277-282.

[8]余宏全, 张德全, 景向阳, 等. 青海省乌兰乌珠尔斑岩铜矿床地质特征与成因[J]. 中国地质, 2007, 34(2):306-314.

① 吉林大学地质调查研究院. 东昆仑成矿带重大找矿疑难问题研究. 2009.