

张广才岭东侧英城子金矿区花岗岩锆石 U-Pb 年龄及地质意义

陈雷^{1,2)}, 孙景贵²⁾, 陈行时³⁾, 赵雨君³⁾, 陈冬²⁾, 赵俊康²⁾

1) 中国科学院地质与地球物理研究所 中国科学院矿产资源重点实验室, 北京, 100029;

2) 吉林大学地球科学学院, 长春, 130026; 3) 黑龙江省地球物理勘查研究院, 哈尔滨, 150036

内容提要:英城子金矿床位于佳木斯地块西缘、张广才岭东侧, 是一个与韧性剪切带有关的金矿床。本文首次对矿区内出露的大面积黑云母碱长花岗岩, 进行了锆石 LA-ICP MS U-Pb 年代学精细研究。实验共获得四组单颗粒锆石 U-Pb 谐和年龄, 它们分别为 612 ± 4 Ma、 495.2 ± 2.7 Ma、 476.8 ± 5.5 Ma 和 431 ± 3 Ma; 其中 612 ± 4 Ma 的年龄值指示晚元古代地壳增生过程形成的花岗岩锆石特征, 495.2 ± 2.7 Ma 的年龄值与区域内麻山群的变质作用时间相吻合, 431 ± 3 Ma 的年龄值与早古生代晚期的区域变质作用时间吻合, 而 476.8 ± 5.5 Ma 的年龄值则代表黑云母碱长花岗岩的真实结晶年龄。这项成果记录了该地区在中-新元古代时期曾发生过重要的地壳增生事件, 增生后的地壳被打开形成大洋; 至早古生代早期, 两侧的地体发生拼贴, 引起区域麻山群麻粒岩相的变质作用、形成花岗质片麻岩; 到早古生代晚期, 佳木斯地块西缘的陆间洋最终闭合, 形成具有壳源特征的同碰撞花岗岩, 此后发生的韧性变形作用可能为金矿床的形成提供了有利条件。

关键词: 早古生代; 黑云母碱长花岗岩; 锆石 LA-ICP MS U-Pb 定年; 英城子金矿区; 黑龙江

长期以来, 人们一直关注中国东部张广才岭地区早古生代岩浆作用与地壳演化以及成矿等问题(黑龙江省地矿局, 1993; 孙白云等, 1983; 党延松等, 1993; 赵春荆等, 1996; 赵春荆等 1997; 李锦轶, 1999)。近年来, 随着工作深入, 张广才岭地区曾发育着大面积晚元古代、古生代花岗质岩石和早古生代内生热液金属矿床的地质事实逐渐被揭露出来(黑龙江省地矿局, 1993; 许文良等, 1994; 吴福元等, 1998; 吴福元等, 2001; 尹冰川等, 1997)。但是, 对花岗岩和成矿的精细年代学研究较少, 为了深入揭示这一地质事实, 我们对古生代花岗杂岩和具有古生代成矿特征的金矿区——英城子金矿床, 展开了矿床地质、成岩成矿年代学以及矿物流体包裹体等方面的精细研究, 报道英城子金矿床赋矿围岩黑云母碱长花岗岩的年代学研究成果。

1 区域地质和矿床地质概况

英城子金矿床是新近发现的一个与韧性剪切带有关的中型矿床, 它位于黑龙江省宁安县境内, 地处

华北板块、兴凯地块、佳木斯地块之间的兴蒙造山带东缘张广才岭岩浆褶皱带的东侧(图 1)。区内出露的地层有晚元古代、晚古生代、中生代地层, 侵入岩有晚元古代、古生代和中生代花岗杂岩, 并发育大面积新生代玄武岩。

矿区内出露的地层主要为晚泥盆纪老秃顶子组, 白垩纪上统的砂岩、粉砂岩和泥岩及第四系的冲积物等; 侵入岩主要为早古生代黑云母碱长花岗岩及少量的闪长岩、闪长玢岩与斜闪煌斑岩等脉岩; 矿区发育有近 EW 向的韧性剪切带(宽 15~20m) 和 NE、NW 向脆性断裂, 矿体产在韧性剪切带内, 赋矿围岩为黑云母碱长花岗岩。矿床的围岩蚀变强烈, 主要有绢云母化、绿泥石化、硅化和蛇纹石化等。矿石类型主要为蚀变糜棱岩型, 少量为石英脉型。矿石矿物由黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿、毒砂和方铅矿等组成, 脉石矿物主要由石英、方解石组成。

2 实验样品和实验方法

2.1 实验样品

本次实验样品采自矿区的 ZK1675 岩芯(坐标:

本文为国家自然科学基金项目(批准号:40472050, 40772052)和黑龙江省地球物理勘察院项目(编号:3J106H424422)资助的成果。

收稿日期:2009-03-24; 改回日期:2009-06-20; 责任编辑:郝梓国。

作者简介:陈雷, 男, 1982 年生。博士研究生, 矿床地质学专业。Email: chenlei@mail.iggcas.ac.cn。通讯作者:孙景贵, 男, 1961 年生。博士, 教授。长期从事矿床学教学和内生矿床的成矿作用研究。Email: sunjingui@jlu.edu.cn。

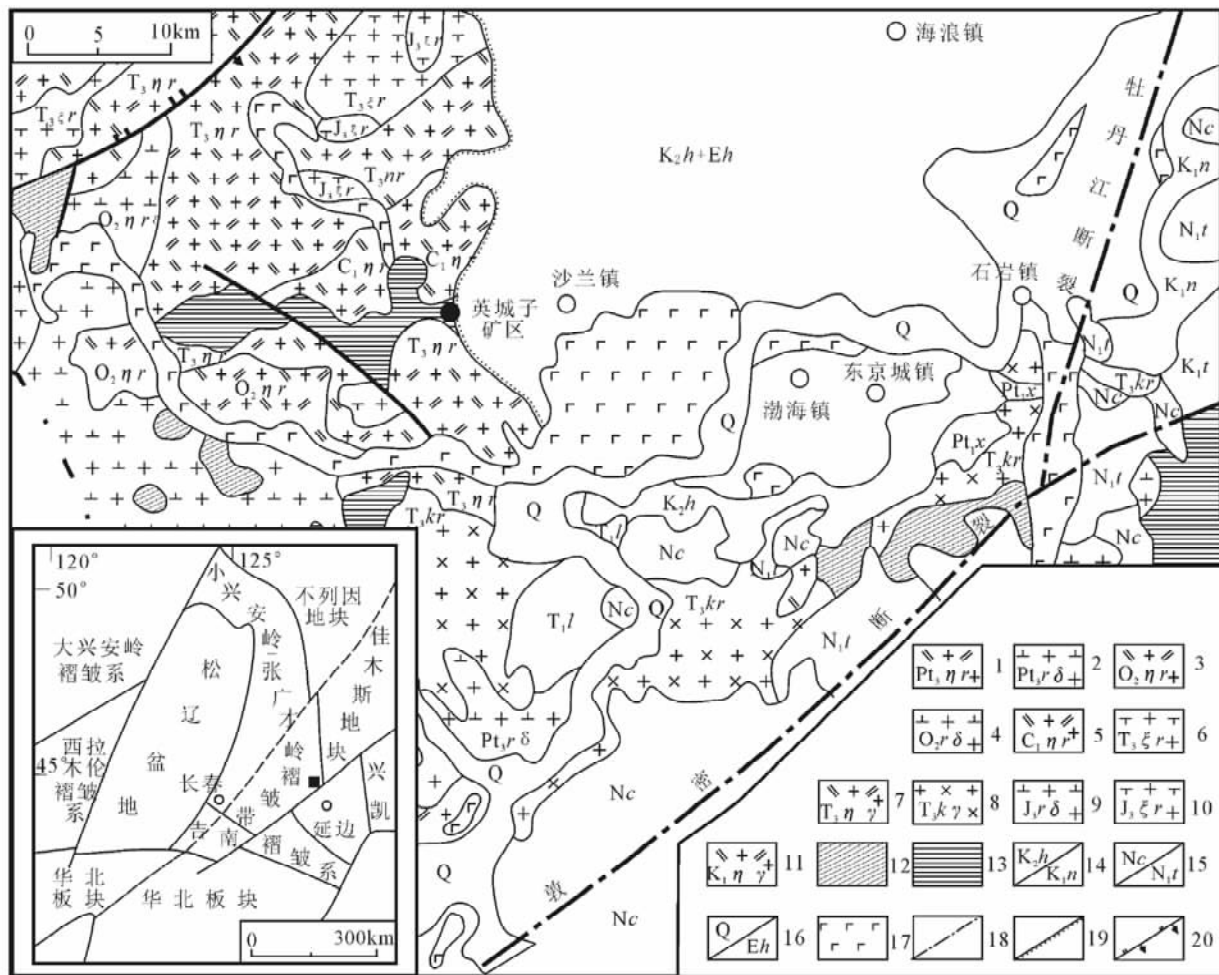


图1 英城子金矿床区域地质简图(据黑龙江地球物理勘查研究院修改^①,2006)
 Fig.1 Geological sketch map of Yingchengzi gold deposit (Modified from Geophysical of Exploration Institute in Heilongjiang^①, 2006)

1—晚元古代二长花岗岩;2—晚元古代花岗闪长岩;3—中奥陶世二长花岗岩;4—中奥陶世花岗闪长岩;5—早石炭世二长花岗岩;6—晚三叠世正长花岗岩;7—晚三叠世二长花岗岩;8—晚三叠世碱长花岗岩;9—晚侏罗世花岗闪长岩;10—晚侏罗世正长花岗岩;11—早白垩世二长花岗岩;12—晚元古代地层;13—晚古生代地层;14—白垩纪海浪组/宁远村组;15—新生代船底山组/土门子组;16—第四系现代沉积物和新生代虎林组;17—新生代玄武岩;18—隐伏断层;19—不整合界线;20—逆断层及倾向

1—Adamellite of late proterozoic; 2—granodiorite of late proterozoic; 3—adamellite of middle ordovician; 4—granodiorite of middle ordovician; 5—adamellite of early carboniferous; 6—orthogranite of late triassic; 7—adamellite of late triassic; 8—alkali feldspar granite of late triassic; 9—granodiorite of late Jurassic; 10—orthogranite of late Jurassic; 11—adamellite of early cretaceous; 12—upper Proterozoic strata; 13—late Paleozoic strata; 14—the Hailang group/ningyuancui group; 15—Chuangdishan group/Tumenzi group; 16—Hulin group and quaternary; 17—cenozoic basalts; 18—buried fault; 19—unconformable boundary line; 20—reverse fault and tendency

128°53'29", 44°08'36"), 样品号为 Ycz-2, 岩性为糜棱岩化黑云母碱长花岗岩(图2)。岩石呈肉红色, 花岗结构, 块状构造, 发育糜棱叶理, 可见有呈透镜状的残(碎)斑和呈星点状分布的黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等硫化物。岩石主要成分为: 石英(20%~25%)、钾长石(40%~45%)、斜长石(15%~20%, An=17~22)和黑云母(10%~15%)。其中石英破碎、变形现象明显, 多数破碎成小碎块, 甚至为细小碎粒、糜棱物质, 并表现出重结晶现象, 并且和长石

构成了残(碎)斑的主要成分, 透镜状残(碎)斑内部的石英可见有x型裂隙, 更多的已破碎成细小的碎粒或糜棱物质, 被新生的极细小的绢云母环绕; 长石破碎不如石英明显, 主要表现为裂纹发育, 局部出现破碎后的重结晶现象, 周围被绢云母环绕。残(碎)斑或残块(长英质)大者5~6mm, 少量小者1.5~2mm。它们总体被新生的极细小的绢云母和少量糜棱物质环绕。碎斑中有少量黑云母, 但已破碎成小细片, 沿解理被绢云母交代, 一部分保留原有轮

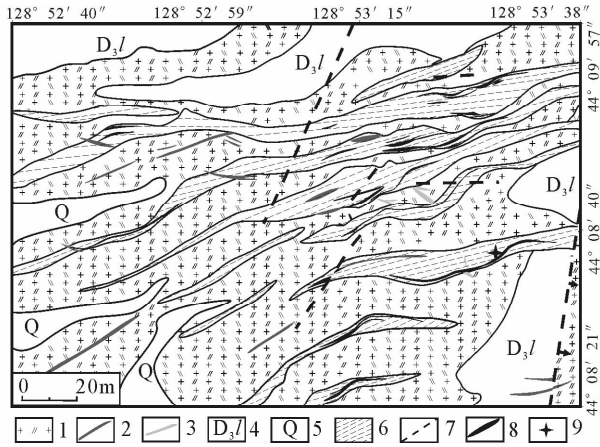


图 2 英城子金矿床地质简图

(据黑龙江地球物理勘察研究院修改^①, 2006)

Fig. 2 Geological of sketch map of Yingchengzi gold deposit (Modified from Geophysical of Exploration Institute in Heilongjiang^①, 2006)

- 1—黑云母碱长花岗岩; 2—闪长岩; 3—闪长玢岩; 4—老秃顶子岩组; 5—第四系; 6—韧性剪切带; 7—断裂; 8—矿体; 9—采样位置
- 1—Biotite alkali-feldspar granite; 2—diorite; 3—diorite porphyrite; 4—Laotudingzi Group; 5—Quaternary; 6—shearing zone; 7—fault; 8—orebody; 9—sampling location

廓,另一部分则在重结晶后与绢云母一起定向排列,环绕碎斑产出。副矿物主要有磁铁矿、磷灰石等。

2.2 实验方法

将采集的样品按常规方法进行碎样、并进行分离锆石,全部过程在河北省区域地质矿产调查研究所实验室完成。制靶是在双目镜下将锆石样品置于环氧树脂内,研磨至锆石露出一半,抛光、清洗制成样品靶,以用于阴极发光(CL)研究及锆石 U-Pb 年龄测定。CL 图像和锆石 LA-ICP MS U-Pb 年龄测定是在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成。实验采用的 ICP-MS 为美国 Agilent 公司生产的 Agilent7500a。激光剥蚀系统为德国 Lambda Physik 公司的 ComPex102 ArF 准激光器(波长 193nm)与 MicroLas 公司的光学系统组成。采样方式为单点剥蚀,数据采集选用一个质量峰一点的跳峰方式(peak jumping),在本次研究中激光剥蚀半径为 40 μ m。锆石年龄测定采用国际标准 91500 锆石作为外标,元素含量采用美国国家标样技术研究院的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST610 为外标,²⁹Si 作为内标。91500 锆石年龄值、人工合成硅酸盐玻璃 NIST610 为外标和²⁹Si 含量分别见参考文献 Wiedenbeck 等(1995),Pearce 等(1997)和 Anczkiewica 等(2001)。实验过程中具体的测试方法及流程见袁洪林等(2003)。数据处理采用 ISOPLLOT3.0 程序(Ludwig,2003)。



图 3 英城子金矿床黑云母碱长花岗岩锆石 CL 图像(圆圈标注分析点位置及²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄)

Fig. 3 CL images of zircon in biotite alkali-feldspar granite of Yingchegnzi gold deposit(the circle represent the analyse position and the age of ²⁰⁶Pb/²³⁸U)

表1 英城子金矿床黑云母碱长花岗岩(Ycz-2)锆石 LA-ICP MS U-Pb 定年结果

Table 1 LA-ICP MS U-Pb analytical date for zircons from biotite alkali-feldspar granite (Ycz-2) in Yingchengzi gold deposit

分析点	Pb*	²³² Th	²³⁸ U	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (Age, Ma)	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (Age, Ma)	1σ
Ycz2-22	45	131	386	0.34	0.0573	0.0013	0.7863	0.0168	0.0996	0.0008	589	10	612	4
Ycz2-02	44	338	464	0.73	0.1296	0.0023	1.4061	0.0211	0.0787	0.0006	892	9	488	4
Ycz2-03	192	600	2207	0.27	0.0566	0.0009	0.6266	0.0078	0.0803	0.0005	494	5	498	3
Ycz2-05	38	133	392	0.34	0.0593	0.0013	0.6552	0.0132	0.0801	0.0006	512	8	497	4
Ycz2-07	34	209	336	0.62	0.0569	0.0015	0.6236	0.0152	0.0795	0.0007	492	10	493	4
Ycz2-08	60	131	707	0.19	0.0608	0.0013	0.6911	0.0138	0.0824	0.0006	533	8	511	4
Ycz2-09	19	81	194	0.42	0.0574	0.0018	0.6335	0.0191	0.0800	0.0008	498	12	496	4
Ycz2-10	31	191	311	0.61	0.0582	0.0015	0.6357	0.0154	0.0793	0.0007	500	10	492	4
Ycz2-11	45	205	449	0.46	0.0571	0.0013	0.6308	0.0130	0.0801	0.0006	497	8	497	4
Ycz2-13	36	136	386	0.35	0.0562	0.0014	0.6136	0.0142	0.0792	0.0006	486	9	491	4
Ycz2-17	18	78	189	0.41	0.0592	0.002	0.6521	0.0205	0.0799	0.0008	510	13	495	5
Ycz2-18	39	160	414	0.39	0.0575	0.0014	0.6244	0.0136	0.0788	0.0006	493	9	489	4
Ycz2-20	31	131	323	0.41	0.0580	0.0016	0.6479	0.0163	0.0810	0.0007	507	10	502	4
Ycz2-21	80	291	848	0.34	0.0616	0.0011	0.6838	0.0107	0.0805	0.0005	529	6	499	3
Ycz2-04	32	212	319	0.66	0.0575	0.0014	0.6046	0.0137	0.0763	0.0006	480	9	474	4
Ycz2-12	62	501	623	0.81	0.0567	0.0012	0.5931	0.0113	0.0759	0.0005	473	7	471	3
Ycz2-14	30	138	317	0.44	0.0558	0.0016	0.5884	0.0154	0.0765	0.0006	470	10	475	4
Ycz2-15	36	147	375	0.39	0.0582	0.0014	0.616	0.0139	0.0768	0.0006	487	9	477	4
Ycz2-16	43	133	453	0.29	0.0628	0.0014	0.6655	0.0129	0.0768	0.0006	518	8	477	3
Ycz2-19	48	149	527	0.28	0.0571	0.0013	0.599	0.0123	0.0760	0.0006	477	8	472	3
Ycz2-23	29	106	332	0.32	0.0551	0.0016	0.5741	0.0159	0.0755	0.0007	461	10	469	4
Ycz2-24	46	169	530	0.32	0.0567	0.0014	0.5818	0.0128	0.0744	0.0006	466	8	463	3
Ycz2-01	37	170	334	0.51	0.1200	0.0021	1.2349	0.0186	0.0746	0.0006	477	17	431	3
Ycz2-06	29	109	322	0.34	0.0599	0.0015	0.5827	0.0134	0.0706	0.0006	440	10	438	3

注:表中 Pb* 为普通铅。

3 实验结果

本此实验共选出 1000 余粒锆石(全岩样品重约 3kg),共测定 24 个有效数据点,它们的 CL 图象列于图 2,实验数据列表于 1。由图 3 可见,锆石的晶体形态多为半自形短柱状,部分锆石呈长条状,它形粒状,粒径在 50~200 μm 之间,长宽比值变化较大。其 CL 图像显示绝大部分锆石具有明显的环带结构,只有个别颗粒环带结构不明显(如图 3 中 4 等),而且个别锆石表面还有裂纹出现(图 3 中 14, 16 等)。依据获得的锆石的形态、内部结构特征和年龄结果,可以划分出四组锆石:

第 I 组: 这组锆石数量较少,在本次测试中仅出现了一粒锆石(图 3 中 22)。该锆石成短柱状,环带结构发育,可见有明显的核、幔、壳结构,长 80 μm ,长宽比约为 1.5 : 1。测试结果显示其放射铅含量为 45 $\mu\text{g/g}$,Th/U 比值为 0.34,锆石 U-P 年龄为 612 \pm 4Ma,该点略偏离年龄谐和曲线,发生少量的铅丢失。根据其内部出现熔蚀空洞和 Th/U 比值特征,推测其可能为岩浆作用过程捕获的岩浆成因锆石。

第 II 组: 该组锆石数量较多,晶形主要为半自形短柱状、长条状和它形粒状(图 3 中 2,3,5 等),粒度在 50~100 μm 之间,最大者可达 200 μm 。这组锆石环带非常清晰,部分锆石表面发育有裂纹(如图 3 中 8,9,21 等),可能是受到后期的挤压作用形成的。该组锆石放射铅含量在 18~1925 $\mu\text{g/g}$ 之间,变化较大,Th/U 比值在 0.19~0.73 之间,具有岩浆锆石特征(吴元保等,2004)。测得 10 个年龄值都落在谐和线上或是在谐和线附近,变化范围在 488Ma~502Ma 之间,加权年龄为 495.2 \pm 2.7Ma(MSWD=1.2)(图 4, d-1),谐和年龄为 494.7 \pm 1.2 Ma(MSWD=0.34)(图 4, b)。

第 III 组: 该组锆石主要为半自形短柱状和它形粒状,粒径在 50~80 μm 之间。锆石表面发育有裂纹,有些裂纹贯穿了整个锆石(图 3 中 14,16 等),有的则具有多组交汇的现象(图 3 中 21)。在这组中有些锆石还包裹有早期的锆石(图 3 中 15),被包裹的锆石颗粒晶形清晰,依稀可见环带结构,但粒径较小未能测试。该组锆石放射铅含量在 29~62 $\mu\text{g/g}$ 之间,变化较大,Th/U 比值在 0.28~0.81 之间。测得 7 个年龄值都落在谐和线上或在谐和线附近,

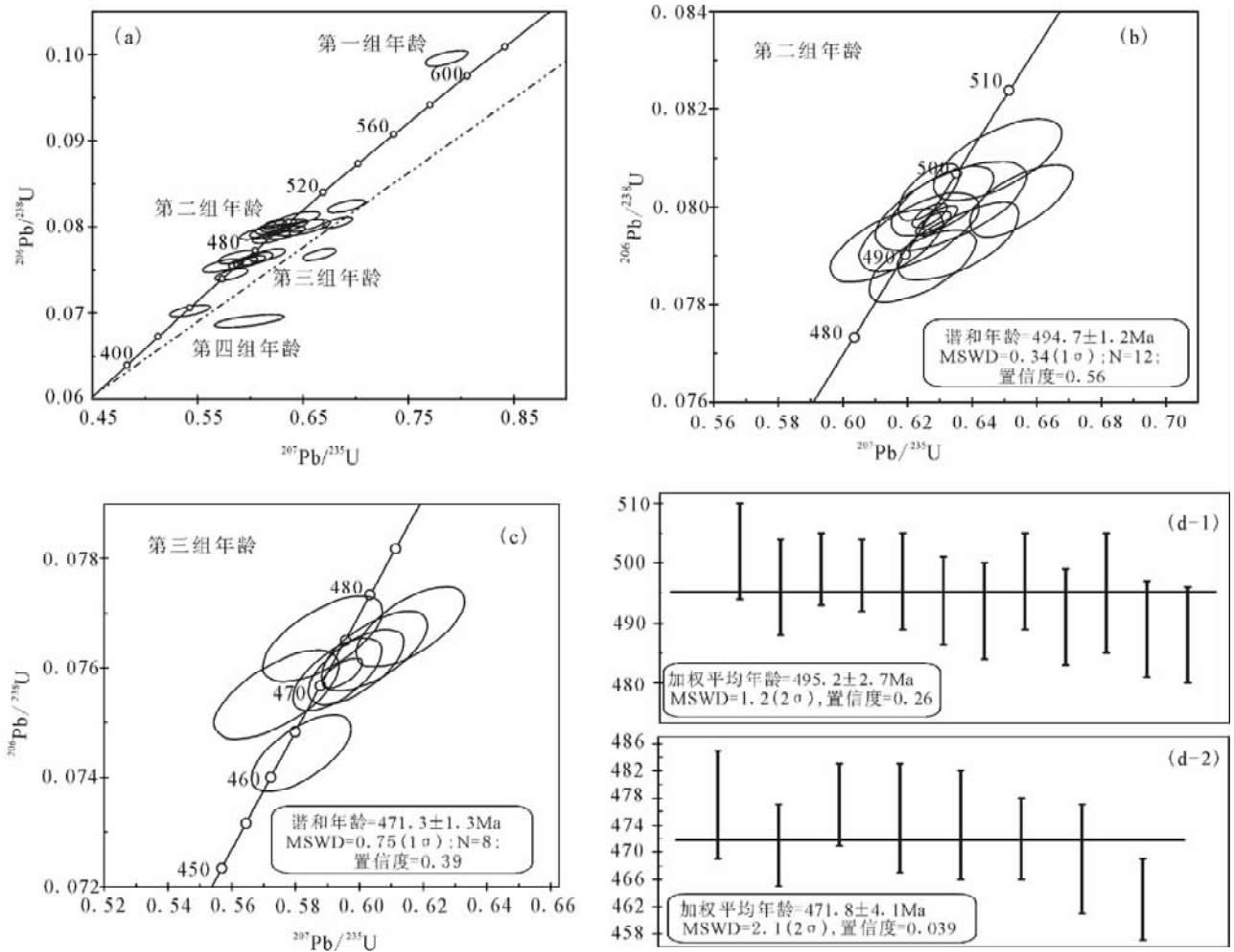


图 4 英城子金矿黑云母碱长花岗岩锆石 U-Pb 谐和年龄和加权年龄曲线图

Fig. 4 Concordia and average diagrams of U-Pb zircons from biotite alkali-feldspar granite of Yingchegnzi gold deposit

变化范围在 463~477Ma 之间,加权年龄为 471.8 ± 4.1Ma (MSWD=2.1) (图 4, d-2),谐和年龄为 471.3 ± 1.3Ma (MSWD=0.75) (图 4, c)。

第四组: 该组只有两颗锆石,颗粒呈不规则柱状,长 70~100 μm。锆石具有清晰的环带结构,色调较黑(普通铅含量较高),两颗粒的放射铅含量分别为 37 μg/g 和 29 μg/g, Th/U 比值分别为 0.51 和 0.34,具有热液成因的锆石特征。锆石 U-Pb 年龄为 431 ± 3Ma 和 438 ± 3Ma,其中 438 ± 3Ma 的年龄值略偏离谐和曲线,可能发生过铅的丢失。

4 讨论与结论

4.1 黑云母碱长花岗岩的成岩时代

许文良等(1994)对区域内的花岗岩进行了 Rb-Sr、Sm-Nd 和 Pb-Pb 法的测年,得出成岩年龄在 400~460 Ma 之间;Wilde 等(2000)对佳木斯地块的柳毛地区,三道沟地区和西麻山地区的夕线石片麻岩、

石榴石麻粒岩、变闪长岩及石榴石花岗岩进行锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测试,在每个地区的样品年龄谐和曲线中都得到了 500Ma 左右的谐和年龄,但是由于这些样品的 Th/U 比值较低,与经历了变质作用的岩石年龄相近,故他们将 500Ma 作为麻山群的变质时代。本次研究得到的四组锆石普遍具有岩浆成因锆石特征,说明在黑云母碱长花岗岩中不只是发育其形成过程的结晶锆石,还有在岩浆作用中捕获的碎屑锆石以及后期再生锆石。

4.2 捕获的晚元古代岩浆锆石与元古宙地壳增生

区域地质研究表明,研究区发育有晚元古代地层(图 1),而且在大兴安岭地区(葛文春等,2005;葛文春等,2007;隋振民等,2006;武广等,2005)、小兴安岭地区(刘建峰等,2008)被确立的早古生代花岗岩中普遍含有晚元古代岩浆锆石,其年龄变化大约在 643~866 Ma 之间(葛文春等,2007)。本文获得的第一组锆石年龄(612 ± 4Ma)基本与这组年龄相

当。这种特征与额尔古纳地块的早期地壳演化接近 (Sorokin, et al., 2004), 并且该组锆石具有典型花岗质岩浆结晶形成的锆石特征。这些说明, 该区在晚元古代亦曾经发生过地壳增生作用。广义地讲, 该区在元古代的地壳演化应与额尔古纳地块、兴安地块、松嫩地块、佳木斯地块等一致, 处于相同的地壳增生环境。

4.3 成岩结晶锆石、继承岩浆锆石与麻山群的深熔作用

在黑云母碱长花岗岩中, 第二、三组锆石的内部结构基本相同, 仅在年龄上有一定的差别, 即: 它们的年龄变化范围分别在 488~502Ma 和 463~477Ma 之间, 加权平均年龄为 495.2Ma、476.8Ma。这种差别有两种解释: (1) 同源岩浆二次脉动作用形成或多阶段岩浆演化所致; (2) 岩浆结晶后受到后期热液改造所致。事实上, 本次采集的样品为糜棱岩化黑云母碱长花岗岩, 476.8Ma 归属于岩浆结晶后受到后期热液改造年龄是可能的, 且部分锆石也发生了剪切破裂。但是, 我们注意到第三组锆石中还有没发生剪切破裂的锆石, 并且发生剪切破裂的锆石也在谐和线上。这些特征说明, 这组应解释为同源岩浆的第二次脉动作用或岩浆演化晚期形成, 而第二组锆石则是早期岩浆作用结晶的锆石。

区域地质研究表明, 第二组锆石的年龄与 Wilde 等 (2001) 确定的麻山群变质年龄相近, 但该组锆石的内部结构、较高的 Th、U 含量及 Th/U 比值符合典型的岩浆锆石特征 (吴元保, 2004), 显然不能简单解释为麻山群的变质作用过程形成。但是, 在麻山群的变质作用过程区域普遍发生深熔岩浆作用 (张兴洲^①, 1992; Wilde et al., 1997; Wilde et al., 1999; 宋彪等, 1997; 李锦轶等, 1999), 因而这组锆石极有可能是在麻山群变质作用过程中发生深熔作用, 由深熔岩浆结晶作用形成。即: 英城子黑云母碱长花岗岩可能是麻山群变质作用过程发生深熔作用所形成的深熔岩浆演化晚期的产物。

4.4 热液锆石与成矿作用时限

黑云母碱长花岗岩的第四组锆石年龄为 431±3Ma, 时代相当于晚奥陶世末, 它以长柱状、长宽比值高和色调较黑 (普通铅高) 区别于其它三组锆石 (图 2), 具有热液锆石特征 (Watson, 1997; Hoskin, 2003)。鉴于它与第二、三组锆石的晶形、内部结构以及年龄差别较大的特征, 并且取样在韧性变形带内, 不难推测它应是变质变形作用过程形成的。该组年龄与矿区内后期的脉岩年龄 (430Ma, 作者, 未

发表数据) 相比要略早或近乎一致, 根据脉岩和矿体之间的相互穿插关系, 认为脉岩的形成要稍晚或同时于矿化过程, 同时在矿区内我们发现脉岩体内也都发生了一些弱的蚀变现象, 结合这些特征我们推测这第四组锆石可能是在变质变形过程中形成的含矿流体在上升过程中形成的产物。并且该年龄与颧颧强等人 (2008) 在牡丹江地区获得的斜长角闪岩片岩的锆石 U-Pb 年龄 (437Ma) 一致, 暗示英城子花岗岩的韧性变形和金矿化应是这期区域变质事件的产物, 或在佳木斯地块西缘洋盆最终闭合过程形成; 并与区内缺失寒武纪、奥陶纪地层相一致。

此外, 本次测试得到了 476.8Ma 的锆石谐和年龄, 与牡丹江南部的钾长花岗岩 (461±6Ma, 颧颧强等, 2008) 相比要早, 得到该组年龄的锆石也都具有典型的岩浆锆石特征; 在地球化学特征方面, 英城子黑云母碱长花岗岩显示了同碰撞花岗岩的特征 (另文发表)。据此, 我们认为英城子花岗岩的真正结晶年龄应为 476.8Ma, 这是首次确定的佳木斯地块西缘古生代花岗岩的准确年龄, 该年龄也代表了佳木斯地块西缘洋盆的最终闭合时间, 要稍早于南缘 (461±6Ma, 颧颧强等, 2008)。结合英城子黑云母碱长花岗岩中含有大量与麻山群变质时代相一致的岩浆锆石等特征, 同时英城子黑云母花岗岩的 Nb/Ta 比值介于 10.61~13.76 之间, 与典型的壳源岩石 Nb/Ta 值 (12) 相近 (刘勇胜等, 2004; 作者, 另文发表), 我们推测英城子黑云母碱长花岗岩很可能是由壳源岩浆形成, 可能与麻山群有着密切关系。

5 结论

本文通过对英城子黑云母碱长花岗岩的单颗粒锆石的 U-Pb 年龄测试, 得到了 612±4Ma、495.2±2.7Ma、476.8±5.5Ma 和 431±3Ma 四组年龄, 得出的几点结论如下:

(1) 该区应属于佳木斯地块的一部分, 晚元古代和早古生代地壳演化处于相同的地壳增生环境中;

(2) 英城子黑云母碱长花岗岩由同源岩浆的两期脉动作用形成的, 是在麻山群 (期) 变质作用的基础上, 深熔作用产生的花岗质岩浆演化到晚期形成的, 岩浆结晶年龄为 476.8±5.5Ma, 早期深熔岩浆结晶作用发生在 495.2±2.7Ma;

(3) 英城子矿区的韧性变形作用和矿化蚀变作用年龄在 431±3Ma 左右, 发生在佳木斯地块西缘洋盆的最终闭合阶段;

上述成果深入揭示张广才岭早古生代以及之前

的地壳演化,为金成矿作用提供了重要线索。

致谢:中国科学院地质与地球物理研究所秦克章研究员在成文过程中提出了宝贵的意见;野外工作、锆石 U-Pb 年龄测试及数据处理过程中得到了吉林大学门兰静,张彦龙,梁树能,逢伟,常艳等研究生及黑龙江地球物理勘察研究院的各位工作人员的大力协助,在此一并表示衷心感谢!

注 释

- ① 黑龙江地球物理勘察研究院. 2006. 黑龙江省宁安市英城子岩金(银)矿产普查报告.
- ② 张兴洲. 1992. 佳木斯地体的早期碰撞史——黑龙江岩系的构造-岩石学证据. 长春地质学院博士学位论文.

参 考 文 献

- 葛文春,吴福元,周长勇, A A Abdel Rahman. 2005. 大兴安岭北部塔河花岗岩体的时代及对额尔古纳地块构造归属的制约. 科学通报, 50: 1239~1247.
- 葛文春,隋振民,吴福元,张吉衡,徐学纯,程瑞玉. 2007. 大兴安岭东北部早古生代花岗岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及地质意义. 岩石学报, 23(2): 423~440.
- 黑龙江地矿局. 1993. 黑龙江区域地质志. 北京,地质出版社.
- 颜颇强,张福勤,苗来成等. 2008. 东北牡丹江地区“黑龙江群”中斜长角闪岩与花岗岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义. 岩石学报, 24(6): 1237~1250.
- 李锦轶,牛宝贵,宋彪,徐文喜,张雨红,赵子然. 1999. 长白山北段地壳的形成与演化. 北京:地质出版社
- 刘勇胜,高山,王选策,胡圣虹,王建其. 2004. 太古宙-元古宙界限基性火山岩 Nb/Ta 比值变化及其对地球 Nb/Ta 平衡的指示意义. 中国科学(D), 34(11), 1002~1014.
- 刘建峰,迟效国,董春艳,赵芝,黎广荣,赵院冬. 2008. 小兴安岭东部早古生代花岗岩的发现及其构造意义. 地质通报, 27(4), 534~544.
- 孙白云. 1983. 黑龙江省东南部勃利-牡丹江一带前寒武纪花岗岩闪长岩及花岗岩体成因探讨. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, (6): 68~78.
- 宋彪,李锦轶,牛宝贵,徐文喜. 1997. 黑龙江省东部麻山群黑云斜长片麻岩中锆石的年龄及其地质意义. 地球学报, 18: 306~312.
- 隋振民,葛文春,吴福元,徐学纯,汪清海. 2006. 大兴安岭东北部哈拉巴奇花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及其成因. 世界地质, 25(3): 229~236.
- 党延松,李德荣. 1993. 佳木斯地块前寒武纪同位素地质年代学问题的讨论. 长春地质学院学报, 23: 312~318.
- 吴福元,孙德有,林强. 1999. 东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生. 岩石学报, 15(2): 181~189
- 吴福元,Wild S,孙德有. 2001. 佳木斯地块片麻状花岗岩的锆石离子探针 U-Pb 年龄. 岩石学报, 17(3): 443~453.
- Wildes SA,吴福元,张兴洲. 2001. 中国东北麻山杂岩晚泛非期变质的锆石 SHRIMP 年龄证据及全球大陆再造意义. 地球化学, 30(1): 35~50.
- 吴元保,郑永飞. 2004. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约. 科学通报, 49(6): 1589~1604.
- 武广,孙丰月,赵财胜,李之彤,赵爱琳,庞庆帮,李广远. 2005. 额尔古纳地块北缘早古生代后碰撞花岗岩的发现及其地质意义. 科学通报, 50: 2278~2288.
- 许文良,孙德有,周燕. 1994. 满洲里—绥芬河地质断面岩浆作用和地壳结构. 北京:地质出版社.
- 尹冰川,冉清仓. 1997. 小兴安岭地区—张广才岭地区区域成矿演化. 矿床地质, 16(3): 235~242.
- 袁洪林,吴福元,高山,柳小明,徐平,孙德有. 2003. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析. 科学通报, 48(14): 2411~2421.
- 赵春荆,彭玉鲸,党增欣等. 1996. 吉黑东部构造格架及地壳演化. 沈阳:辽宁大学出版社.
- 赵春荆,朱群,李之彤. 1997. 佳木斯地块基底地质构造. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所集刊, (526): 1~118.
- Anczkiewica R, Oberli F, Burg J P, Villa I M, Gunther D, Meier M. 2001. Timing of normal faulting along the Indus Suture in Pakistan Himalaya and a case of major $^{231}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ initial disequilibrium in zircon. Earth and Planetary Science Letters, 1991: 101~114.
- Hoskin P W O, Schaegger U. 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. In: Hanchar J M, Hoskin P W O, eds. Zircon, Reviews in Mineralogy and Geochemistry. Mineralogical Society of America, 53: 27~62.
- Ludwig K R. 2003. Users manual for Isoplot 3. 00: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication, (4): 25~32.
- Pearce N J G, Perkins W T, Westgater J A, Gorton M P, Jackson S E, Neal C R, Chenery S P. 1997. A complication of new and published major and trace element date for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 glass reference materials. Geostandards Newsletter; The Journal of Geostandards and Geoanalysis, 21: 115~141.
- Sorokin A A, Kudryashov N M, Li J Y. 2004. Early Paleozoic granitoids in the eastern margin of Argun' terrane, Amur area: first geochemical and geochronologic data. Petrology, 12: 367~376.
- Watson E B, Cherniak D J, Hanchar J M, Harrison T M, Wark D A. 1997. The incorporation of Pb in to zircon. Chemical Geology, 141: 19~31.
- Wilde S A, Dorsett-Bain H L, Liu J L. 1997. The identification of a Late Pan-African granulite facies event in northeastern China: SHRIMP U-Pb zircon dating of the Mashan Group at LiuMao, Heilongjiang Province, China. Proceedings of the 30th IGC, VSP International Science Publishers, Amsterdam, 17: 59~74.
- Wilde S A, Dorsett-Bain H L, Lennon R G. 1999. Geology setting and controls on the development of graphite, sillimanite and phosphite mineralization within the Jiamusi Massif: An exotic fragment of Gondwanaland located in the north-eastern China?

Gondwana Research, 2(1):21~46.

Wilde S A, Zhang X Z, Wu F Y. 2000. Extension of a newly identified 500 Ma metamorphic terrain in North East China; further U-Pb SHRIMP dating of the Mashan Complex, Heilongjiang Province, China. Tectonophysics, 328: 115 ~

130.

Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, Griffin W L, Meier M, Oberli F, Von Quadt A, Roddick J C, Spiegel W. 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REEanalyses. Geostandards Newsletter, 19: 1~23.

Zircon LA-ICP MS U-Pb Dating of Granite from the Yingchengzi Gold Deposit Area in the Eastern Zhangguangcailing Area and Its Geological Significance

CHEN Lei^{1,2)}, SUN Jinggui²⁾, CHEN Xingshi³⁾, ZHAO Yujun³⁾, CHEN Dong²⁾, ZHAO Junkang²⁾

1) Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029; 2) College of Earth sciences, Jilin University, Changchun, 130026; 3) Geophysical Exploration Institute of Heilongjiang Province, Haerbin, 150036

Abstract

The Yingchengzi gold deposit located at the western Jiamusi massif and the eastern Zhangguangcailing area is a deposit related to shearing zone. This study firstly carried out research by zircon LA-ICP MS U-Pb dating on the widely exposed biotite alkali-feldspar granite in the area. The analysis yielded four sets of U-Pb concordant ages for single zircons: 612 ± 4 Ma, 495.2 ± 2.7 Ma, 476.8 ± 5.5 Ma and 431 ± 3 Ma by LA-ICP MS. The age of 612 ± 4 Ma presents the characteristics of granitic zircon formed during the process of late Proterozoic crustal growth; the age of 495.2 ± 2.7 Ma is consistent with the time of Mashan Group metamorphism and the age of 431 ± 3 Ma with the regional metamorphism in the late Paleozoic; the zircon age of 476.8 ± 5.5 Ma represents the real crystallization age of the biotite alkali-feldspar granite. The result records the important event of crustal growth ever occurring during the mid-late Proterozoic, and the new crust was opened to form an ocean. Until the early Early Paleozoic, the terranes between the ocean were collided and aroused granulite facies metamorphism with the Mashan Group in the area. In the late Early Paleozoic, the intercontinental ocean was finally closed, forming syn-collisional granite in the western Jiamusi massif, which shows the features of crustal source. Since then, the ductile deformation with the collision offered some advantages for the formation of gold deposits.

Key words: Early Paleozoic; biotite alkali-feldspar granite; Zircon LA-ICP MS U-Pb dating; Yingchengzi gold deposit; Heilongjiang province