

延边东部五道沟岩群的单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及其地质意义

逢 伟 孙景贵 门兰静 陈 雷
陈 冬 常 艳 梁树能 张 朋 聂喜涛

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要:通过对延边地区东部五道沟岩群黑云阳起石片岩的单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定, 获得 21 个单点年龄, 其中包括 7 组谐和年龄和 1 组不谐和年龄。谐和年龄分别为 1347.8 Ma、844.8 Ma、340.2~313.7 Ma (平均值为 323 ± 23 Ma, $N=4$, $MSWD=0.23$, 置信度=0.88)、292.9~288.3 Ma (平均值为 291 ± 25 Ma, $N=3$, $MSWD=0.031$, 置信度=0.86)、279.2~266.2 Ma (平均值为 279 ± 28 Ma, $N=4$, $MSWD=0.031$, 置信度=0.86)、127.4~124.2 Ma ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄平均值为 126.5 ± 3.7 Ma, $N=5$, $MSWD=0.12$; 置信度=0.97)、116.1~106.3 Ma (平均值为 115 ± 39 Ma, $N=2$, $MSWD=1.2$, 置信度=0.27), 不谐和年龄的下交点年龄为 (451 ± 120) Ma、上交点年龄为 (1811 ± 400) Ma ($MSWD=7.2$); 这一结果表明: 阳起石片岩的原岩主要是来自中元古代、新元古代和早古生代的碎屑物, 指示五道沟群的沉积成岩作用发生在石炭世 (323 ± 23 Ma), 变质作用发生在晚二叠世 (291 ± 25 Ma), 之后在 279.2~266.2 Ma、126.5~106.3 Ma 先后受两次岩浆作用和蚀变作用的改造。

关键词:单颗粒锆石; CL 图像; SHRIMP U-Pb 年龄; 五道沟岩群; 延边

中图分类号: P597+.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2008)06-1178-07

延边五道沟岩群是指分布于珲春地区的马滴达、五道沟、小西南岔一带, 由变质碎屑岩和变质火山-沉积岩组成的地质单元。它呈近南北向分布, 北延至黑龙江省后进入俄罗斯远东地区^[1,2]。长期以来, 有关该群的形成时代一直存在着较大的争议。最初依据毗邻俄罗斯远东地区的可比岩石地层中含有志留纪笔石化石^[3], 和它被晚二叠世似斑状二长花岗岩侵入(257.13 Ma)的特征, 将其归属为志留纪; 而后根据五道沟岩群的红柱石板岩 Rb-Sr (580 Ma)、Sm-Nd 全岩等时线年龄(540 Ma), 将其归属为新元古代, 与区域青龙村(岩)群的桃山组的上、中段相当^[4]。鉴于上述争议和同位素测年方法的不确定性, 笔者选取锆石为测试对象, 进行 SHRIMP U-Pb 年代学研究; 进一步确定五道沟岩群的沉积成岩作用发生在石炭纪 (323 ± 23) Ma, 而变质变形作用发生

在 (291 ± 25) Ma, 其物质来源主要是来自元古宙的碎屑物。

1 区域地质概况和实验样品

延边地区位于吉林省东部, 与俄罗斯、朝鲜毗邻。在大地构造位置上, 地处天山—兴蒙造山带东端, 狭于佳木斯地块、兴凯地块、和龙地体(华北板块)之间(图 1-a), 是一个经历了古亚洲洋演化和兴蒙造山带对接、中生代古太平洋板块俯冲以及新生代超壳断裂作用叠加的复合构造区^[4]。区内出露的地层有五道沟群变质火山-沉积岩、中生代陆相火山-沉积岩/碎屑岩, 广泛发育海西期晚期的中基性侵入岩和印支、燕山期中酸性岩(图 1)。

五道沟岩群发育在延边东部地区, 呈大小不等的岩片分布在岩体之间或被包裹在岩体内部。岩石

收稿日期: 2008-11-20; 改回日期: 2008-12-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(40472050; 40772052)、南京大学内生金属成矿机制国家重点实验室基金项目资助。

作者简介: 逢伟, 女, 1985 年生, 硕士生, 地球化学专业; E-mail: angela911_007@126.com。

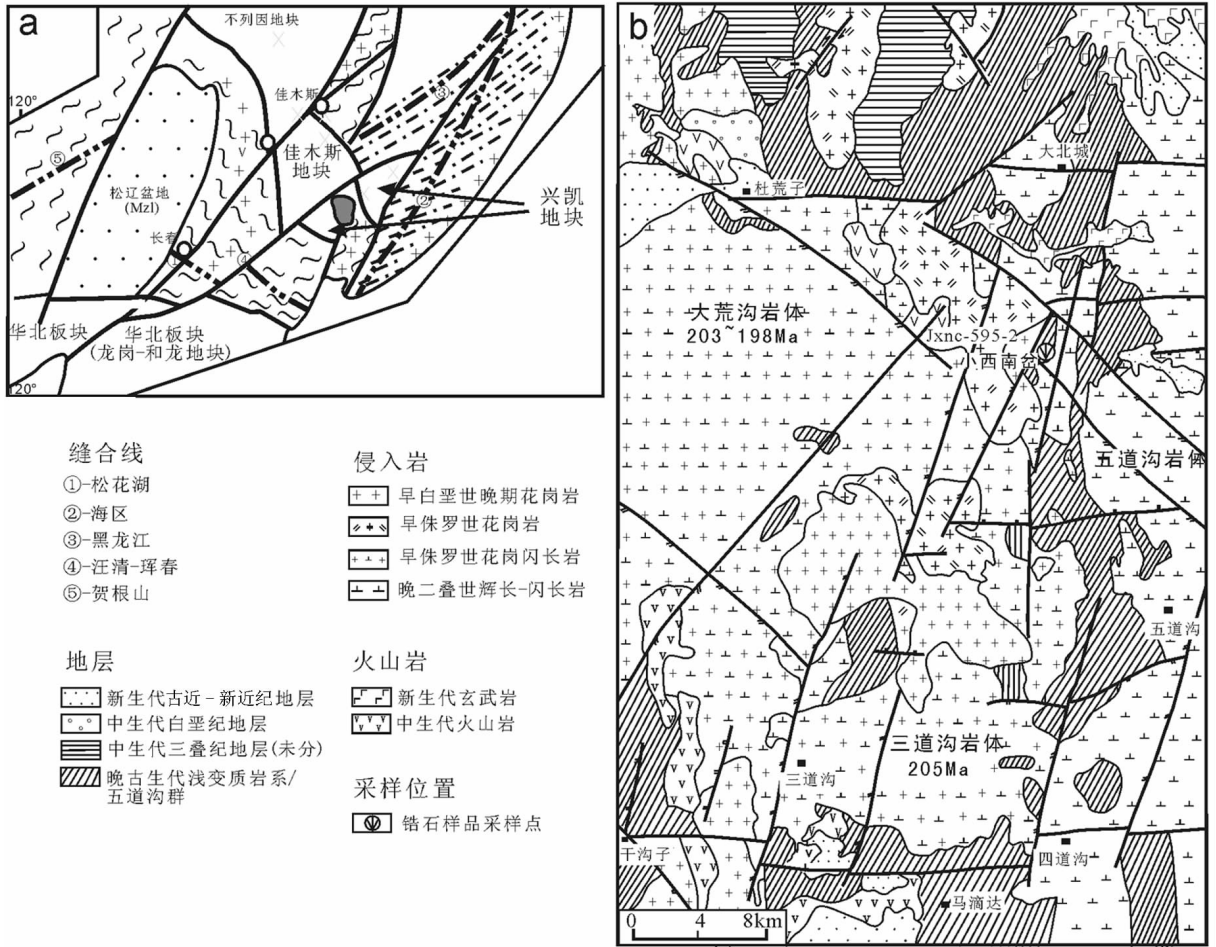


图 1 研究区的大地构造位置以及采样位置简图(图中标定的花岗岩年龄引自文献[14])
 Fig.1 Simplified map showing sampling location and the tectonic position of the Wudaogou rock group in Yanbian area (the marking age of granite from Reference[14])

地层学研究表明:其下部为马滴达组,以变质砂岩、粉砂岩为主,夹有变安山质、英安质火山岩和火山碎屑岩;中部为杨金沟组,岩石组合为灰黑色角闪石英片岩、绿色角闪片岩、黑云片岩夹条带状大理岩和变质砂岩;上部地层为香房子组,以黑色、灰黑色板状红柱石二云片岩、红柱石二云石英片岩、黑云角闪石英片岩为主,夹变质细砂岩及粉砂岩。

实验样品为香房子组的黑云阳起石片岩,采自小西南岔矿区北山矿段 I 号矿带 595 m 标高的露天矿采区。岩石呈灰色,鳞片粒状变晶结构,块状构造,主要矿物是阳起石(75%)和黑云母(20%),含有少量的斜长石(5%)和磁铁矿、锆石等副矿物。其中:阳起石呈长柱状、半自形晶,多数颗粒在 1~1.5 mm,大者可达 2 mm,少数 0.6~0.8 mm;黑云母多呈片状集合体产出,交代阳起石现象发育,颗粒在 0.1~0.2 mm;

斜长石分布于阳起石间,呈板状半自形,可见隐约的聚片双晶,粒径为 0.4~0.7 mm;此外,局部可见透镜状长石、石英集合体,与周围界线不清楚,可能为早期产物。因此,从岩石结构角度分析,它至少经历了两期以上的热过程。

2 实验条件和实验方法

锆石单矿物分离采用常规方法完成,分离过程是将采集样品洗净、进行碎样,在浮选、重磁分离后,于双目镜下手选挑纯;样品实验样品制备(靶)是将分选的锆石和标准锆石参考样(TEM)放在玻璃板上,用环氧树脂固定、抛光后制成。样品分离在河北省区域矿产地质调查院实验中心完成,样品靶制备及其锆石可见光照相和 CL 照相、SHRIMP 年龄测定在北京离子探针中心进行。应用标准锆石 TEM

(417 Ma) 进行元素间的分馏校正,并用标准锆石 SL13 (572 Ma;U=238 $\mu\text{g/g}$) 标定样品的 U、Th 及 Pb 含量^[9]。测试的实验原理和流程详见参考文献^[6,7], 数据处理采用 Ludwig SQUID1.0 及 ISOPLOT 程序自动完成^[8]。

3 分析结果和解释

所选 60 余粒锆石的 CL 图像分析结果表明,这些锆石多数呈半自形柱状,少数为他形粒状,颗粒长度多在 80~120 μm ,少数可达 200 μm ;既有环带结构发育的锆石,还有部分锆石内部成分环带结构不发育。鉴于此,笔者选取 19 个代表性的锆石进行了 SHRIMP U-Pb 单颗粒锆石年龄测定,共获得 21 组

测试数据。基于 CL 图像分析和测年结果,将锆石分为 6 组进行讨论。

第 I 组:该组锆石仅有 1 粒,呈半自形或他形碎裂状分布在相对年轻的锆石内部,粒径为 90 μm ,不发育内部成分环带结构(图 2—a),普通铅和放射铅的含量为 66.5 $\mu\text{g/g}$,Th/U 值为 0.48 (表 1),²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 (1348 \pm 28)Ma,考虑到它的谐和年龄(图 3—a)和内部环带结构不发育的特征,笔者认为它应是中元古代变质作用形成的锆石。

第 II 组:该组锆石也只有 1 个颗粒,呈浑圆状分布在年轻锆石内部,长约 150 μm ,长宽比为 2.5:1(图 2—b);CL 图像较暗、具有弱的成分环带,其普通铅和放射铅的含量为 0.37 $\mu\text{g/g}$,53.0 $\mu\text{g/g}$, Th/U 比值为

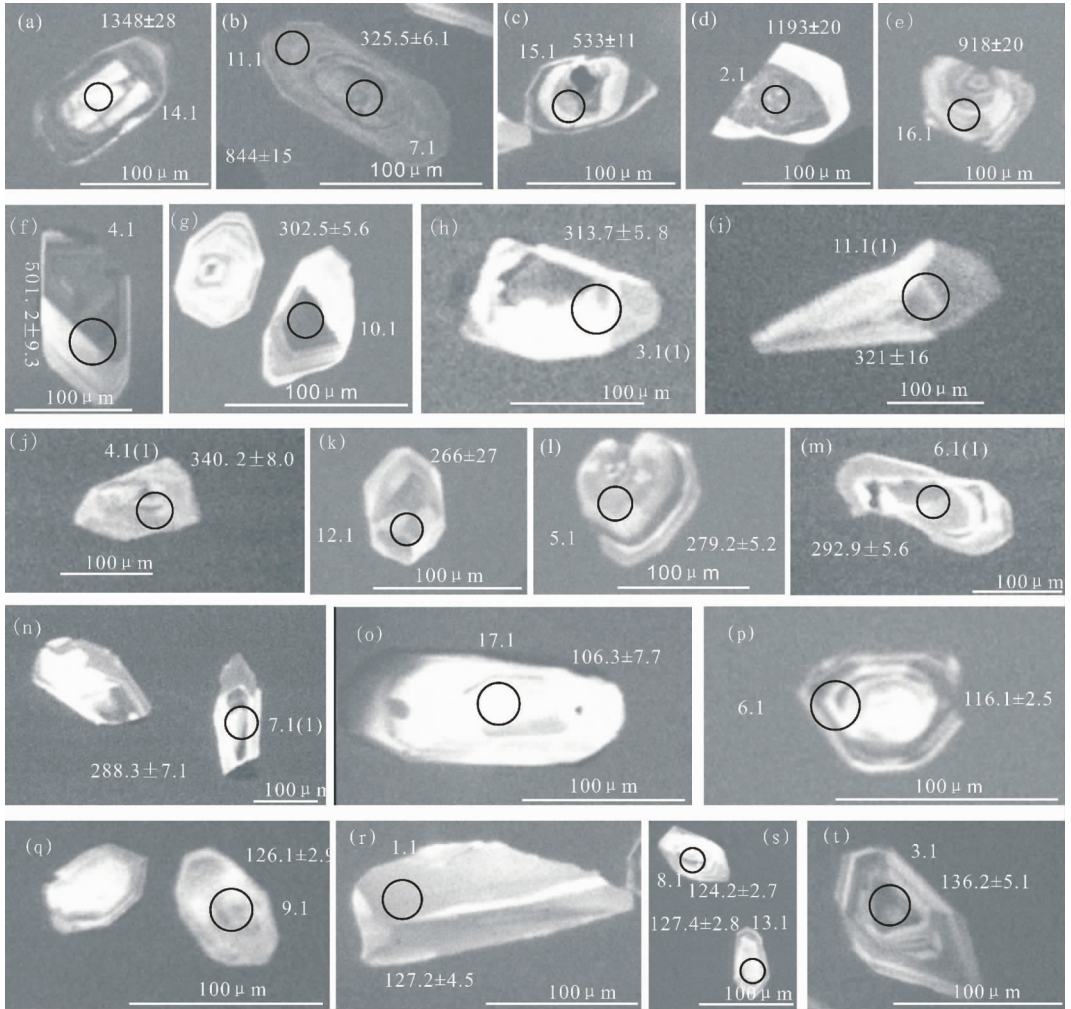


图 2 黑云阳起石片岩中锆石 CL 图像和单颗粒锆石年龄(Ma)
Fig.2 The CL images of the zircon and the age of the single zircon of the Biotite-actinolite schist(Ma)

表 1 黑云阳起石片岩中的单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 测年结果
Table 1 SHRIMP U-Pb data for zircons from the Biotite-actinolite schist

测点号	U ($\mu\text{g/g}$)	Th ($\mu\text{g/g}$)	Th/U	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\mu\text{g/g}$)	$T_{90}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	
					年龄(Ma)	误差($\pm 2\sigma$)	比值	误差($\pm 2\sigma$)	比值	误差($\pm 2\sigma$)	比值	误差($\pm 2\sigma$)
1.1	77	53	0.72	1.3	127.2	4.5	0.0504	9.3	0.14	9.8	0.0199	3.0
2.1	967	112	0.12	168.7	1193	20	0.1017	1.4	2.85	2.2	0.2033	1.8
3.1	212	506	2.46	3.8	136.2	5.1	0.0745	3.2	0.22	3.8	0.0213	2.1
4.1	679	225	0.34	47.8	501.2	9.3	0.0608	1.6	0.68	2.4	0.0808	1.8
5.1	611	193	0.33	23.2	279.2	5.2	0.0510	1.8	0.31	2.6	0.0443	1.8
6.1	774	615	0.82	12.1	116.1	2.5	0.0519	2.6	0.13	3.2	0.0182	1.9
7.1	439	192	0.45	53.0	844	15	0.0642	1.2	1.24	2.2	0.1400	1.8
8.1	308	140	0.47	5.2	124.2	2.7	0.0502	4.3	0.13	4.8	0.0195	2.0
9.1	261	140	0.56	4.5	126.1	2.9	0.0443	5.9	0.12	6.3	0.0198	2.1
10.1	1620	665	0.42	66.8	302.5	5.6	0.0527	1.0	0.35	2.1	0.0481	1.8
11.1	463	137	0.31	20.7	325.5	6.1	0.0550	2.0	0.39	2.7	0.0518	1.8
12.1	313	160	0.53	11.3	266	27	0.0563	2.3	0.33	9.9	0.0422	9.7
13.1	329	187	0.59	5.6	127.4	2.8	0.0551	3.8	0.15	4.3	0.0200	2.0
14.1	332	154	0.48	66.5	1348	28	0.0856	1.8	2.74	2.8	0.2325	2.1
15.1	1262	130	0.11	96.5	533	11	0.0715	2.0	0.85	2.8	0.0861	2.0
16.1	442	151	0.35	59.6	918	20	0.0827	5.2	1.74	5.6	0.1530	2.2
17.1	246	121	0.51	3.6	106.3	7.7	0.0514	15.1	0.12	16.4	0.0166	6.4
3.1(1)	521	232	0.46	22.4	313.7	5.8	0.0403	2.4	0.27	3.0	0.0492	1.9
4.1(1)	127	62	0.51	6.0	340.2	8	0.0496	2.5	0.35	5.6	0.0512	5.1
6.1(1)	599	217	0.37	23.7	292.9	5.6	0.0528	1.8	0.34	2.6	0.0465	1.8
7.1(1)	642	237	0.38	25.6	288.3	7.1	0.0483	2.2	0.3	3.2	0.0457	2.3
11.1(1)	400	107	0.28	17.6	321	16	0.0520	3.7	0.39	4.4	0.0549	2.4

注: * 为放射成因铅; ^{206}Pb 校正。

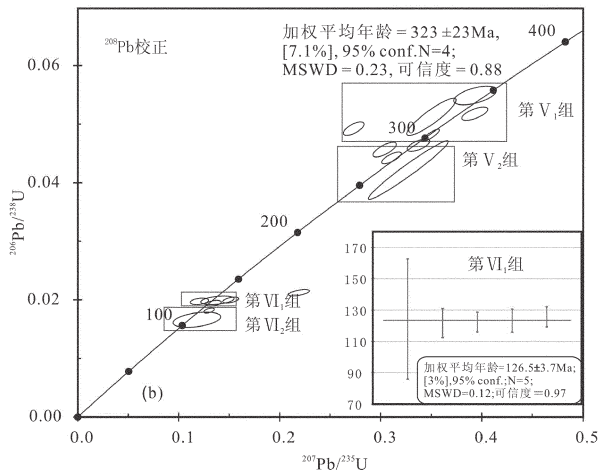
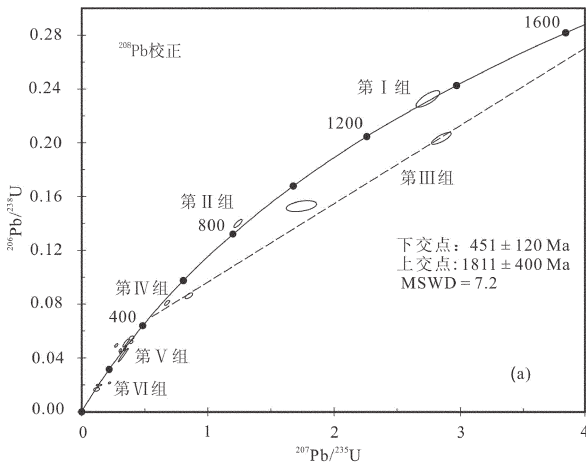


图3 延边地区东部五道沟岩群黑云阳起石片岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 谐和曲线图

Fig.3 The zircon SHRIMP U-Pb concordant curve of the Biotite-actinolite schist in the Wudaogou group in the Yanbian area

0.44(表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 (844 ± 15) Ma, 在 U-Pb 年龄谐和线附近 (图 3-a) CL 图象显示弱的成分环带特征, 指示它是在晚元古代受变质火成岩中形成的锆石^[10]。

第 III 组: 这组锆石多为半自形-他形粒状, 粒径为 $70 \sim 100 \mu\text{m}$, 有被包在相对年轻的锆石内部、环带结构不发育的锆石 (图 2-c, d), 和孤立、发育成分环带结构的碎屑锆石 (图 2-e); 其放射成因铅在 $59.6 \sim 168.7 \mu\text{g/g}$, Th/U 值为 $0.12 \sim 0.35$ (表 1), $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄在 $1192.8 \sim 532.6$ Ma。

第 IV 组: 这组锆石呈半自形板状 ($120 \mu\text{m} \pm$), 内部成分环带结构不发育 (图 2-f), 测得放射铅含量为

$47.8 \mu\text{g/g}$, Th/U 值为 0.34 ; $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 (501.2 ± 9.3) Ma, 在 U-Pb 年龄谐和线附近和内部成分环带结构具不发育的特征, 暗示这个锆石是早古生代寒武纪时期沉积或变质作用形成^[11-12]。

第 V 组: 这组锆石可细分为两组, 即: V_1 呈半自形粒状和不规则粒状, 粒径 $80 \sim 200 \mu\text{m}$, 内部成分环带不发育 (图 2-g, h, i, j, b); V_2 半自形粒状、发育不均匀成分环带结构的锆石 (图 2-k, l, m, n)。SHRIMP U-Pb 年龄实验获得 V_1 的放射成因铅的含量为 $6 \sim 22.4 \mu\text{g/g}$, Th/U 值为 $0.28 \sim 0.51$, 5 个单点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄在 $302.5 \sim 340.2$ Ma。去掉一个高 U、Th 样品 (302 ± 5.6 Ma), 其余 4 个锆石加权平均年龄为 (323 ± 23) Ma ($N=4$, $\text{MSWD}=0.23$, 置信度为 0.88)。结合锆石的内部结构特征, 显示其应是石炭纪沉积或热液作用形成的锆石。 V_2 的放射成因铅的含量为 $11.3 \sim 25.6 \mu\text{g/g}$, Th/U 值为 $0.33 \sim 0.53$, 年龄为 $292.9 \sim 266.2$ Ma, 它的谐和年龄和内部结构特征揭示其形成时代为晚二叠世, 且具有被岩浆热液混染作用形成的锆石的特点。

第 VI 组: 此组锆石呈自形粒状、半自形晶, 颗粒大小不一, 小者 $10 \sim 20 \mu\text{m}$, 大者可达 $200 \mu\text{m}$, 其内部结构有发育成分环带 (VI_1) 和不发育成分环带 (VI_2) 两种 (图 2-o, p, q, r, s, t)。 VI_1 的放射成因铅为 $1.3 \sim 5.6 \mu\text{g/g}$, Th/U 值为 $0.47 \sim 2.46$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $124.2 \sim 136.2$ Ma, 去掉其中高 U、Th 锆石测点, 其余加权平均年龄为 (126.5 ± 3.7) Ma, $N=5$, $\text{MSWD}=0.12$, 置信度为 0.97); VI_2 的放射成因铅为 $3.6 \sim 12.1 \mu\text{g/g}$, 而 Th/U 比值为 $0.51 \sim 0.82$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $116.1 \sim 106.3$ Ma (VI_2), 它们具有在 U-Pb 年龄谐和线上。不具备沉积和变质成因的锆石特征, 说明是在中生代早白垩世形成, 极有可能是岩浆、热液作用过程形成的混生锆石 (图 2)。

4 讨论与结论

上述有关黑云阳起石片岩的锆石成因类型和 SHRIMP U-Pb 年龄论述可知, 它不仅记录了岩石物质组成复杂, 而且反映了自成岩以来经历多期构造热事件改造, 这一成果为我们深入探讨该区的地壳演化提供了重要线索。

根据彭玉鲸等^[4]对该区地壳演化的论述, 认为古、中元古代变质岩系是该区的结晶基底, 属过渡型陆壳, 石炭纪进入沉积和强烈的海相火山喷发阶段。

本文的第 I、II、IV 组锆石的内部结构和谐和年龄 (1347.8 ± 27.9)Ma、(844.5 ± 15.4)Ma、(501.2 ± 9.3)Ma 佐证了该区古、中元古代变质结晶基底的存在和早古生代寒武纪碎屑沉积物的存在;第 V 组锆石较多,其中 V₁ 锆石的热液或负变质成因的锆石 (323 ± 23 Ma)与石炭纪的沉积、海相火山作用相匹配,V₂ 组锆石的年龄($292.9 \sim 266.2$ Ma)与获得的青龙村群斜长角闪岩中锆石 U-Pb 同位素年龄或兴蒙造山作用晚期 (274 ± 6) Ma^[13]以及随后的石英闪长岩的就位时间(笔者待发表成果, 265 Ma)相吻合;而 VI 组的两个年龄段 (126.5 ± 3.7)Ma 和 $116.1 \sim 106.3$ Ma 与该区早白垩世岩浆作用(130 Ma)^[14,15]以及早白垩世晚期浅成岩浆和金铜成矿作用相匹配^[15]。

(1)五道沟群中黑云阳起石片岩的原岩组成复杂,包括了中元古代、新元古代和古生代寒武纪的碎屑物,其沉积成岩作用可能发生在石炭纪(323 ± 23) Ma,具有混杂堆积沉积岩特征;

(2)五道沟岩群的变质变形主要发生在晚二叠世或兴蒙造山作用时期,之后于中生代早白垩世被岩浆热侵所改造(126.5 ± 3.7)Ma、 106.3 Ma)。

以上成果,对于理解五道沟岩群的物质组成和该区热演化史以及与之相关的小西南岔金铜成矿具有重要的价值。

谨以此文献给我国著名矿床学家胡受奚先生诞辰 80 周年。

参考文献 (References):

- [1] 李东津, 万清海, 许良久, 等. 吉林省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
Li Dongjin, Wan Qinghai, Xu Liangjiu, et al. Lithostratigraphy of Jilin Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences, 1997.
- [2] 毕振刚, 李必奇. 浑春-春化一带第三纪含金砾岩普查报告[R]. 吉林省地质矿产局延边大队第二地质队, 1965.
Bi Zhengang, Li Biqi. The Report on survey of Tertiary Gold-Bearing Conglomerate in Hunchun-Chunhua Area [R]. the second Geological Brigade of Yanbian Brigade of Jilin Bureau of Geology and Mineral resources, 1965.
- [3] 孟庆丽, 周永昶, 柴社力. 中国延边东部斑岩-热液脉型铜金矿床[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001: 1-162.
Meng Qingli, Zhou Yongchang, Chai Sheli. The Porphyry and Hydrothermal Lode Gold and Copper Deposits in Eastern Yanbian Region of China. Changchun: Jilin Science & Technology Publishing House, 2001: 1-162(in Chinese with English abstract).
- [4] 彭玉鲸, 纪春华, 辛玉莲. 中俄朝毗邻地区古吉黑造山带岩石及年代记录[J]. 地质与资源, 2002, 11(2): 65-75.
Peng Yujing, Ji Chunhua, Xin Yulian. Petrology and geochronology of the Paleo-Jilin-Heilongjiang orogenic belt in the adjacent areas of China, Russia and Korea [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2002, 11(2): 65-75(in Chinese with English abstract).
- [5] Black L P, Kamo S L, Allen C M, et al. TEMORA1: A new zircon standard for Phanerozoic U-Pb geochronology [J]. Chemical Geology, 2003, 200(1/2): 155-170
- [6] Compton W, Williams I S, Meyer C. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution microprobe[J]. J. G. R., 1984, 89: 525-534.
- [7] 宋彪, 张玉海, 刘敦一. 微区原位分析仪器 SHRIMP 的产生与锆石同位素地质年代学[J]. 质谱学报, 2002, 23 (1): 58-62.
Song Biao, Zhang Yuhai, Liu Dunyi. The origination if the sensitive high resolution iron microprobe and zircon isotopic geochronology[J]. Mass Spectrometry Journal, 2002, 23 (1): 58-62 (in Chinese with English abstract).
- [8] Williams I S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe, Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes (eds. McKibben, M A, Shanks III, W C, Ridley W I)[J]. Reviews. Economic Geology, 1998. 7: 1-35.
- [9] 程昊, 陈道公, Deloule E, 等. 变质锆石拉曼光谱研究——以大别造山带为例[J]. 矿物学报, 2002, 22 (4): 353-358.
Cheng Hao, Chen Daogong, Deloule E, et al. Laser-raman spectroscopy of metamorphic zircons from Dabie mountains[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2002, 22 (4): 353-358(in Chinese with English abstract).
- [10] Watson E B, Cherniak D J, Hanchar J M, et al. The incorporation of Pb in to zircon[J]. Chemical Geology, 1997, 141: 19-31.
- [11] Hoskin P W O, Schaltegger U. The composition of zircon and igneous and metamorphic Petrogenesis [C]//Hanchar J M, Hoskin P W O (eds.). Zircon, Reviews in Mineralogy and Geochemistry. Mineralogical Society of America, 2003, 53: 27-62.
- [12] 张春艳, 张兴洲, 邱殿明. 延边地区青龙村群斜长角闪岩中锆石 U-Pb 同位素年龄及地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37 (4): 672-677.
Zhang Chunyan, Zhang Xingzhou, Qiu Dianming. Zircon SHRIMP U-Pb isotopic age and the geological significance of the amphibolites in Qing longcun rock group, Yanbian [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2007, 37 (4): 672-677(in Chinese with English abstract).
- [13] 张艳斌. 延边地区花岗岩质岩浆活动的同位素地质年代学格架[D]. 吉林大学博士论文, 2002. 1-132.
Zhang Yanbin. Isotopic Geochronology Framework of the Granitic Magmatic Activity in Yanbian Area [D]. Doctoral dissertation of Jilin University, 2002. 1-132(in Chinese with English abstract).
- [14] 张艳斌, 吴福元, 李惠民, 等. 吉林黄泥岭花岗岩体的单颗粒锆石 U-Pb 年龄[J]. 岩石学报, 2002, 18 (4): 475-481.
Zhang Yanbin, Wu Fuyuan, Li Huimin, et al. Single grain zircon U-Pb ages of the Huangniling granite in Jilin Province[J]. Acta petrologica Sinica, 2002, 18 (4): 475-481(in Chinese with English abstract).

- [15] 孙景贵, 陈雷, 赵俊康, 等. 延边小西南岔富金铜矿田燕山晚期花岗杂岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2008, 27 (3):319-328.
Sun Jinggui, Chen Lei, Zhao Junkang, et al. Zircon SHRIMP U-Pb

chronology and the geological significance of the granitic complex during the late Yanshanian period in gold-copper rich deposit of Xiaoxinancha, Yanbian [J]. Deposit Deposits, 2008, 27 (3):319-328(in Chinese with English abstract).

Single grain zircon SHRIMP U-Pb chronology the geological significance of the Wudaogou rock group, Yanbian

PANG Wei, SUN Jing-gui, MEN Lan-jing, CHEN Lei, CHEN Dong,
CHANG Yan, LIANG Shu-neng, ZHANG Peng, NIE Xi-tao

(College of Earth science, Jilin university, Changchun, 130061 Jilin, China)

Abstract: The single grain zircon CL images and the SHRIMP U-Pb zircon dating for the Biotite-actinolite schist of the Wudaogou Group in the east of Yanbian, yield seven sets of concordant ages and one set of discord ages for 21 zircon spots. The concordant ages are 1347.8 Ma, 844.8 Ma, 340.2~313.7 Ma (Mean=323±23Ma, MSWD = 0.23, reliability = 0.88), 292.9~288.3 Ma (Mean=291 ±25 Ma, MSWD = 0.031, reliability=0.86), 279.2~266.2 Ma (Mean=279 ±28 Ma, MSWD = 0.031, reliability=0.86), 127.4~124.2 Ma (Mean =126.5 ±3.7 Ma, N =5, MSWD =0.12; reliability=0.97) and 116.1~106.3 Ma (Mean= 115 ±39 Ma, N=2, MSWD =1.2, reliability= 0.27), respectively; and the discord ages show that the lower and upper intercept ages are 451±120 Ma and 1811±400 Ma (MSWD = 7.2), respectively. The results indicate that the provenance of the biotite-actinolite schist is clastic materials from Mesoproterozoic, Neoproterozoic and early Paleozoic; the sedimentary diagenesis and metamorphism of Wudaogou Group occurred in Carboniferous and lower-Permian. The wudaogou Group has been reworked two times by magmatism and alteration during the periods of 279.2~266.2 Ma and 126.5~106.3 Ma.

Key words: Single grain Zircon; CL images; SHRIMP U-Pb age; Wudaogou rock group; Yanbian

About the first author: PANG Wei, female, born in 1985, master candidate, mainly engages in the study of geochemistry; E-mail: angela911_007@126.com.