

辽宁凌源柏杖子金矿区花岗岩 SHRIMP 锆石 U - Pb 年龄

罗镇宽¹, 李俊建², 关 康¹; 裘有守¹ Y. M. Qiu³, N. J. McNaughton³, D. I. Groves³

(1. 天津地质研究院, 天津 300061; 2. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 3. Centre for Strategic Mineral Deposits, Department of Geology and Geophysics, the University of Western Australia, Nedlands 6907, Australia)

摘 要:采用 SHRIMP 测年方法测得柏杖子金矿区含矿花岗岩的锆石 U - Pb 年龄为 (222 ± 3) Ma, 与区内都山花岗岩基和三家子金矿区花岗斑岩的年龄一致, 属中生代印支期后碰撞花岗岩。该年龄限定了金矿化年龄的下限, 即金矿化不可能早于印支期, 但并不能确定金矿化的精确年龄。根据金矿脉与后期岩脉伴生的特征, 矿化可能发生在中生代燕山期。

关键词:柏杖子金矿; 花岗岩; SHRIMP 年龄; 辽宁凌源
中图分类号: P597 + . 1 **文献标识码:** A

文章编号: 1007 - 6956(2004)02 - 0082 - 04

柏杖子金矿床位于辽宁省凌源县城西南 65 km 的刀尔登乡, 大地构造位置为燕山台褶带。区内出露地层主要是中元古界长城系串岭沟组、团山子组、大红峪组和高于庄组的砂岩、页岩、灰岩, 其中最主要的是大红峪组灰岩、燧石条带灰岩、硅质灰岩、石英砂岩、泥质白云岩、钙质石英砂岩。石英砂岩和钙质石英砂岩是金矿体的容矿围岩之一。此外还有少量太古宙变质岩和侏罗纪火山岩层出露。

矿区岩浆岩主要是闪长岩和花岗岩两大类, 此外还有大量的脉岩。闪长岩形成早, 花岗岩形成较晚, 是最主要的金矿容矿围岩, 柏杖子的主要金矿体赋存在花岗岩中。为了确定金矿化的时代、金矿化与花岗岩的成因联系, 本次研究采用 SHRIMP 测年技术对花岗岩的锆石进行了 U - Pb 年龄测定。

1 柏杖子花岗岩主要特征

柏杖子花岗岩沿北北东向断裂侵入中元古代长城系大红峪组厚层砂岩、团山子组钙质白云岩、串岭沟组页岩和闪长岩中。花岗岩在地表呈厚大的岩墙, 出露长 5 000 m, 宽 20 ~ 50 m, 向下延伸逾 600 m 以下, 深部膨大部分宽达 200 m, 倾向大致 120° , 倾角 $60^\circ \sim 70^\circ$, 深部倾角

变缓为 $40^\circ \sim 50^\circ$, 向下有逐渐过渡为岩株的趋势。岩体总的产状上陡下缓, 上窄下宽, 形态特征上部简单, 下部复杂。岩体的浅部和边部为花岗斑岩相, 中、深部膨大部位为中粒花岗岩相。岩石为斑状结构, 基质为细粒、等粒花岗结构, 斑晶为钾长石, 具有典型的浅成岩特征。岩石主要由石英(25%)、钾长石(40% ~ 50%)、斜长石(20% ~ 25%)和少量黑云母组成。

柏杖子花岗岩的岩石化学成分见表 1。该花岗岩 SiO_2 的含量较低, 不超过 70%, 平均 67.67%; K_2O 从 4.10% ~ 6.57%, 平均 5.68%; Na_2O 从 2.74% ~ 4.92%, 平均为 3.75%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1.5$, 属钾长花岗岩。

岩体的稀土元素含量和配分型式见表 2 和图 1, BZH5 - 6 为未蚀变岩石的稀土含量。

REE 为 249 ~ 220, 轻重稀土分馏明显, 富集轻稀土, 亏损重稀土, 配分型式为右倾曲线, 无明显的铈异常。BZH8 为硅化花岗岩的稀土含量, 显示蚀变后稀土总量明显降低。表 2 和图 1 中的 HTSH1 - 3 为金矿区外围虎头石花岗岩体的稀土含量, 稀土总量明显小于柏杖子花岗岩, 但配分型式与柏杖子花岗岩一致(图 1), 可能是同源产物。

收稿日期: 2004 - 01 - 26

基金项目: 中国和澳大利亚经济技术合作研究基金项目

作者简介: 罗镇宽(1937 -), 男, 教授级高级工程师, 矿床地质地球化学专业。

张成喜, 张惠滨. 辽宁柏杖子金矿几个地质问题的讨论. 金银矿产选集, 1984, (2): 131 - 140.

武警黄金地质研究所. 中国典型金矿床实例. 1985, 246 - 256.

表 1 柏杖子花岗岩岩石化学成分(%)

Table 1 Analyses from Baizhangzi granite(%)

样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	其他	总量
BZHZ- 4	69.03	0.29	14.18	1.16	0.65	0.15	0.65	1.41	3.37	5.79	0.15	2.82	99.36
BZHZ- 5	68.87	0.27	14.24	0.93	0.77	0.13	0.63	1.35	2.74	6.57	0.13	2.72	99.08
BZHZ- 6	69.50	0.28	13.96	0.39	1.11	0.15	0.62	1.42	3.23	5.76	0.15	2.89	99.18
E8	68.62	0.50	15.00	1.49	1.29	0.05	0.48	1.45	3.70	6.22	0.26	1.08	99.64
E13	66.60	0.36	14.90	1.27	1.24	0.14	0.65	1.39	3.40	6.30	0.22	2.82	98.93
A65	66.98	0.32	14.69	1.40	1.70	0.02	0.89	2.24	4.92	4.10	0.12	1.19	98.25
B65	64.06	0.30	14.08	0.71	1.54	0.04	1.37	2.13	4.88	5.00	0.10	2.69	96.60
平均值	67.67	0.33	14.44	1.05	1.19	0.10	0.76	1.63	3.75	5.68	0.16	2.32	98.72

表 2 柏杖子花岗岩稀土元素含量(μg/g)

Table 2 Rare - earth elements from Baizhangzi granite(μg/g)

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE
BZHZ4	58.48	108.07	11.30	33.63	5.38	1.29	3.59	0.39	1.73	0.30	0.75	0.13	0.68	0.13	225.85
BZHZ5	57.25	106.09	11.03	32.96	5.00	1.30	3.04	0.37	1.47	0.24	0.69	0.10	0.63	0.10	220.27
BZHZ6	65.38	118.71	12.60	38.04	5.55	1.42	3.52	0.44	1.74	0.23	0.71	0.09	0.60	0.13	249.16
BZHZ8	13.87	25.59	2.29	6.30	0.83	0.38	3.59	0.39	1.73	0.30	0.75	0.13	0.68	0.13	52.13
THSH1	40.92	63.38	6.12	17.81	2.56	0.93	2.26	0.22	1.32	0.23	0.72	0.09	0.56	0.10	96.30
THSH2	38.12	61.81	5.82	16.77	2.44	1.02	2.24	0.28	1.35	0.20	0.52	0.10	0.34	0.11	93.00
THSH3	48.48	72.77	6.67	20.55	2.92	1.07	2.72	0.31	1.31	0.29	0.75	0.12	0.63	0.10	110.2

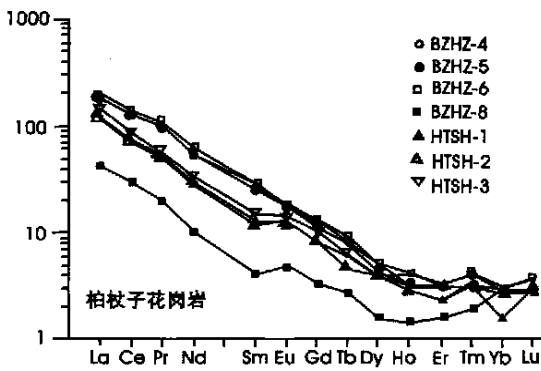


图 1 柏杖子花岗岩稀土配分型式图

Fig. 1 Rare - earth element distribution patterns from Baizhangzi granite

2 花岗岩 SHRIMP 锆石 U - Pb 年龄

被测样品 (BZHZ - 4) 采自柏杖子金矿

150 m中段的 107 线新鲜的柏杖子花岗岩,样品重量在 10 kg 左右。分选出的锆石呈极淡的褐色,个别颗粒呈深褐色,油脂光泽,晶形较差,多呈它形粒状,少量呈柱状,双锥不发育,长宽比为 2 : 1。锆石 U、Th、Pb 的测定是在西澳 Curtin 大学、西澳地质调查所和西澳大利亚大学三家共同拥有的 SHRIMP 上进行的。

对该样品中锆石分两阶段共进行了 26 个点的分析,在第一阶段对标样进行了 21 次分析,其 U/ Pb 比值的标准离差为 1.09 % (1);第二阶段对标样进行了 5 次分析,得到的 U/ Pb 标准离差为 1.72 % (1)。被测样品 26 个点分析结果列于表 3,并示于图 2。

在 26 个分析中,有 6 个分析给出较小的年龄,并具有高的普通铅含量(表 3)和不一致年龄,被认为发生了放射成因铅丢失;有 20 个分

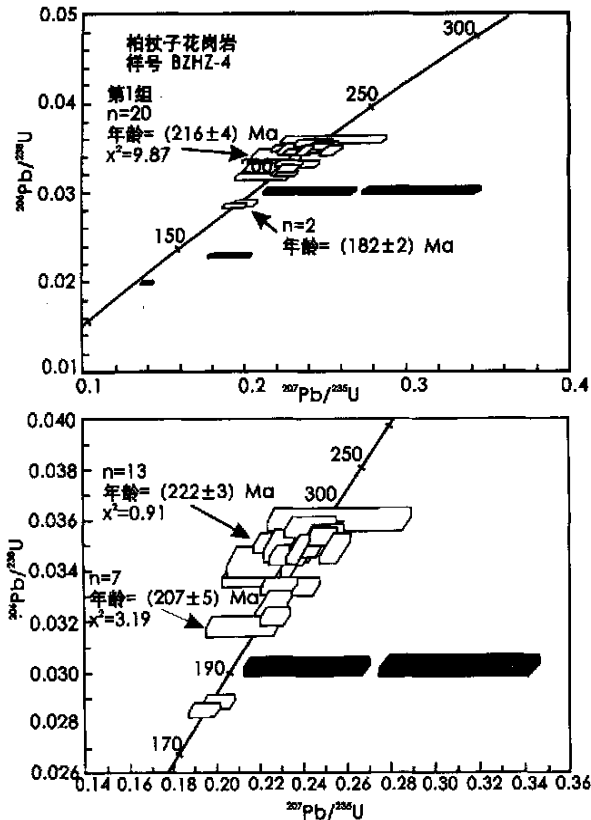


图 2 柏杖子花岗岩 (BZHZ-4) SHRIMP 锆石
年龄 U-Pb 年龄图

fig. 2 SHRIMP U-Pb zircon concordia diagram of sample
BZHZ-4 from Baizhangzi granite

析点落在一致曲线上约 220 Ma 附近(图 2), 给出的加权平均年龄为 (216 ± 4) Ma, 但 x^2 值高达 9.87。因此, 对这些锆石进行了再分组, 其中 13 个相关性最好的较大年龄给出 (222 ± 3) Ma 的加权平均年龄, x^2 值为 0.91; 另外相关性较差的 7 个具较小年龄者给出 (207 ± 5) Ma 的加权平均年龄, x^2 值为 3.19。因此 (222 ± 3) Ma 被认为是该岩体的侵位年龄。该年龄与区域范围内都山岩体、三家子金矿区花岗斑岩脉的年龄基本一致, 属同期产物, 柏杖子花岗岩可视为都山岩基外围的“卫星”岩体。

3 讨论

近年在华北克拉通北缘及以北的造山带中发现了越来越多的印支期花岗岩^[1~3], 但这些印支期花岗岩形成的大地构造背景目前还存在不同的认识。虽然对古亚洲洋的关闭时代存在晚古生代早期和晚期的不同认识, 但可以肯定,

到印支期古亚洲洋已经封闭, 因此, 柏杖子等印支期花岗岩不太可能是同碰撞造山花岗岩, 在中国东部目前也没有发现印支期太平洋板块向亚洲大陆下俯冲的地质证据。这类印支期花岗岩也不太可能是与太平洋板块有关的俯冲造山花岗岩, 最大的可能是这些花岗岩属后碰撞花岗岩 (post collisional granite)。Liegeois^[4]对“后碰撞”环境和相关术语作了解释, 首先认为陆—陆碰撞发生后, 虽然海洋已经消失并进入到陆内环境, 但大陆之间还经历了一段相当长的与碰撞作用有关的会聚作用, 它是大陆之间沿巨大的剪切带发生大规模的水平运动为特征; 第二点是, 大陆主碰撞期(最大会聚期)不利于岩浆上升, 而所谓板内时期的岩浆作用虽然分布广泛, 但非常稀少, 大量的岩浆作用发生在主碰撞期后, 板内时期之前。因此许多研究者建议, 把主碰撞事件本身与海洋关闭后时间更长的仍然与碰撞作用相关的板块会聚作用区别开来, 称之为后碰撞作用 (post collision), 这样就把“后碰撞”作用单独划分出来, 作为一个独立的地球动力学环境^[5]。华北克拉通北缘和以北造山带大量的印支期花岗岩, 应当是在这种后碰撞环境下形成的。

4 结论

1) 柏杖子花岗岩 (222 ± 3) Ma 的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄代表了该岩体的侵位年龄。该年龄与区域范围内都山花岗岩基 (223 ± 2) Ma、三家子金矿区花岗斑岩脉 (222 ± 4) Ma 的年龄^[1]一致, 在误差允许范围内, 可视为同一次岩浆活动的产物, 柏杖子花岗岩可视为都山岩基外围的“卫星”岩体。这个年龄限定了金矿化年龄的下限, 即金矿化不会早于印支期。根据金矿体与后期岩脉伴生的特征推测, 金矿化可能发生在燕山期。

2) 柏杖子、都山等印支期花岗岩属后碰撞花岗岩, 是后碰撞作用的产物。“后碰撞作用”被定义为: 主碰撞期(大洋关闭, 陆—陆碰撞)到板内环境之间一段相当长的、与碰撞作用有关的会聚作用, 这段时间更有利于花岗岩的生成。这种后碰撞花岗岩广泛分布在华北克拉通北缘及以北的造山带。

表 3 冀东柏杖子花岗岩 BZHZ-4 号样 SHRIMP 锆石 U - Pb 年龄测定结果

Table 3 SHRIMP U - Pb zircon data of sample BZHZ 4 from Baizhangzi Granite

测点 编号	U ($\mu\text{g/g}$)	Th ($\mu\text{g/g}$)	4f206 %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age (Ma)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age (Ma)	谐和率 %
22 - 1	1252	1221	0.265	0.0512 \pm 13	0.2954 \pm 34	0.0352 \pm 4	0.248 \pm 7	0.0107 \pm 2	250 \pm 58	223 \pm 2	89
22 - a	344	329	0.745	0.0466 \pm 28	0.2770 \pm 71	0.0337 \pm 4	0.217 \pm 14	0.0098 \pm 3	40 \pm 129	214 \pm 3	531
23 - 1	927	1555	12.830	0.0746 \pm 84	0.4404 \pm 200	0.0302 \pm 4	0.310 \pm 36	0.0079 \pm 4	1057 \pm 230	192 \pm 3	18
24 - 1	290	342	0.112	0.0497 \pm 23	0.3658 \pm 64	0.0356 \pm 4	0.244 \pm 12	0.0110 \pm 2	179 \pm 105	225 \pm 3	126
19a	1696	2457	1.951	0.0495 \pm 18	0.2582 \pm 42	0.0285 \pm 3	0.194 \pm 7	0.0051 \pm 1	172 \pm 82	181 \pm 2	105
19b	1247	1238	3.584	0.0515 \pm 26	0.3061 \pm 62	0.0348 \pm 4	0.247 \pm 13	0.0107 \pm 2	262 \pm 115	221 \pm 2	84
20a	1173	2043	1.234	0.0506 \pm 18	0.3319 \pm 46	0.0288 \pm 3	0.201 \pm 8	0.0055 \pm 1	223 \pm 83	183 \pm 2	82
20b	970	842	2.523	0.0513 \pm 26	0.2558 \pm 62	0.0332 \pm 4	0.235 \pm 13	0.0098 \pm 3	252 \pm 118	211 \pm 2	84
21 - 1	553	489	1.918	0.0485 \pm 38	0.2182 \pm 89	0.0317 \pm 4	0.212 \pm 17	0.0078 \pm 3	122 \pm 173	201 \pm 2	165
18a	1594	1870	1.102	0.0506 \pm 16	0.2878 \pm 39	0.0323 \pm 3	0.225 \pm 8	0.0079 \pm 1	224 \pm 72	205 \pm 2	91
18b	1528	1424	0.544	0.0505 \pm 13	0.2940 \pm 33	0.0327 \pm 4	0.228 \pm 7	0.0103 \pm 2	218 \pm 59	208 \pm 2	95
18c	693	656	1.522	0.0500 \pm 27	0.2950 \pm 66	0.0354 \pm 4	0.244 \pm 14	0.0110 \pm 3	196 \pm 124	224 \pm 3	114
16a	567	732	9.633	0.0518 \pm 65	0.3068 \pm 152	0.0359 \pm 5	0.256 \pm 33	0.0085 \pm 4	277 \pm 264	227 \pm 3	82
16b	1307	1453	20.927	0.0580 \pm 68	0.3563 \pm 159	0.0302 \pm 4	0.241 \pm 29	0.0097 \pm 4	529 \pm 259	192 \pm 2	36
14a	648	523	0.136	0.0503 \pm 15	0.2537 \pm 38	0.0348 \pm 4	0.241 \pm 8	0.0109 \pm 2	210 \pm 67	221 \pm 2	105
14b	649	605	0.184	0.0492 \pm 18	0.2916 \pm 47	0.0345 \pm 4	0.234 \pm 9	0.0108 \pm 2	159 \pm 84	218 \pm 2	138
12a	1438	1286	0.449	0.0513 \pm 14	0.2892 \pm 39	0.0321 \pm 4	0.227 \pm 7	0.0104 \pm 2	253 \pm 64	204 \pm 2	81
11a	333	471	0.785	0.0478 \pm 26	0.4482 \pm 72	0.0350 \pm 4	0.231 \pm 13	0.0111 \pm 2	92 \pm 123	221 \pm 3	240
8a	1197	1590	6.582	0.0606 \pm 42	0.3985 \pm 100	0.0229 \pm 3	0.191 \pm 14	0.0069 \pm 2	624 \pm 149	146 \pm 2	23
8b	2952	4002	1.630	0.0510 \pm 14	0.3617 \pm 34	0.0199 \pm 2	0.140 \pm 4	0.0053 \pm 1	242 \pm 62	127 \pm 1	53
2 - 1	966	880	1.014	0.0514 \pm 16	0.2884 \pm 40	0.0353 \pm 4	0.250 \pm 9	0.0112 \pm 2	259 \pm 72	224 \pm 2	86
1 - 1	726	861	0.915	0.0499 \pm 17	0.3148 \pm 45	0.0333 \pm 4	0.229 \pm 9	0.0088 \pm 2	190 \pm 81	211 \pm 2	111
3 - 1	1559	1194	0.047	0.0497 \pm 7	0.2345 \pm 18	0.0347 \pm 6	0.238 \pm 5	0.0107 \pm 2	180 \pm 31	220 \pm 4	122
4 - 1	345	366	0.205	0.0489 \pm 25	0.3218 \pm 64	0.0348 \pm 6	0.235 \pm 13	0.0106 \pm 3	144 \pm 112	221 \pm 4	153
5 - 1	356	280	0.000	0.0532 \pm 10	0.2435 \pm 31	0.0347 \pm 6	0.255 \pm 7	0.0108 \pm 2	335 \pm 42	220 \pm 4	66
6 - 1	313	378	0.442	0.0464 \pm 27	0.3642 \pm 72	0.0342 \pm 6	0.219 \pm 14	0.0103 \pm 3	31 \pm 122	217 \pm 4	692

f_{206} 为非放射性成因铅在总的 ^{206}Pb 中所占的百分比; 谐和率为年龄值与谐和线的一致程度; 表中数据为连续 7 次分析的平均值, 误差为 1, 最终年龄的误差为 2

参考文献:

- [1] 罗镇宽, 苗来成, 关康, 等. 冀东都山花岗岩基及相关花岗岩 SHRIMP 锆石 U - Pb 法定年及其意义[J]. 地球化学, 2003, 32(2): 173 - 180.
- [2] 吴福元, 孙德在, 林强. 东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生[J]. 岩石学报, 1999, 15(2): 181 - 189.
- [3] 刘红涛, 翟明国, 刘建明, 等. 华北克拉通北缘中生代花岗岩: 从碰撞到非造山[J]. 岩石学报, 2002, 18(4): 433 - 448.
- [4] Liegeois J P. Some words on the post collisional magmatism[J]. Lithos, 1998, 45: XV - XVII.
- [5] 肖庆辉, 邓晋福, 马大钊, 等. 花岗岩研究思维与方法[J]. 北京: 地质出版社, 2002, 30 - 33.

(下转第 128 页)

take place easily. The strata from lower Proterozoic to Cenozoic all exist here, especially coal system stratum with relation to the geologic hazards distribute widely. In addition to the tectonic activities, the main geologic hazards, surface collapse has already formed, resulting in great economic damage and person wounded and death. So it is urgent to prevent and control them. All kinds of geologic hazard sites totally are 110, including surface collapse 93 (7.7 per 100 km²). Based on the study on the geologic hazard developing types, distributing features, harmful degrees, forming conditions and the effecting factors, the authors put forward the suggestions of the preventing and controlling methods in this paper.

Key words: geological hazards; Coal field; collapse; Yuzhou city; Henan province

(上接第 85 页)

SHRIMP Zircon U-Pb Age of the Granite at Baizhangzi Gold Field in Lingyuan, Liaoning Province

LUO Zhen kuan¹, LI Jun jian², GUAN Kang¹,
QIU You shou¹, Y. M. Qiu, N. J. McNaughton³, D. I. Groves³

(1. Tianjin Geological Insititute, Tianjin 300170; 2. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170; 3. Centre for Strategic Mineral Deposits, Department of Geology and Geophysics, the University of Western Australia, Nedlands 6907, Australia)

Abstract: The zircons of ore bearing granite at Baizhangzi gold field in Lingyuan, Liaoning Province yield a SHRIMP U-Pb age of (222 ± 3) Ma, the same with the ages of Dushan granitic batholith in the same region and the granite porphyry in Sanjia gold field. It is suggested that the granites belong to post collision granites of Indo Chinese epoch. This age may be the lower limit of the gold ore formation, which means the mineralization time is not earlier than Indo Chinese epoch. According to the associated features of the gold veins and late aged dikes, the mineralization probably took place during the Yanshan epoch in Mesozoic era.

Key words: Baizhangzi gold field; granite; SHRIMP age