

# 辽宁弓长岭含铁建造年代学研究\*

宋彪 赵敦敏 万渝生

(地质矿产部地质研究所, 北京 100037)

**主题词** 弓长岭含铁建造 太古代 年代学研究 锆石

**提要** 用热离子质谱计双带源蒸发—沉积测定单个锆石晶体年龄的方法<sup>[1-3]</sup>对弓长岭含铁建造中黑云变粒岩、混合岩化浅粒岩和石英岩中的锆石作了测定, 获得了 2.60—2.54 Ga, 3.36—2.62 Ga 和 3.53—3.08 Ga 等年龄数据。结合已有的研究资料可以认为, 黑云变粒岩的原岩来自 2.7 Ga 左右的中酸性火山物质, 浅粒岩和石英岩的原岩来自 3.0 Ga 以上的花岗质地壳物质; 含铁建造形成于陆壳基底之上, 形成时间约 2.7 Ga, 并于 2.5—2.7 Ga 之间发生首次变质作用。

弓长岭位于辽宁省辽阳地区, 是我国鞍山式铁矿典型矿床之一。整个含铁建造以巨型捕虏体形式位于“花岗岩海”中。该矿床被断层分为二矿区和岭东矿区两个部分。区内出露的主要岩石为磁铁石英岩、斜长角闪岩、黑云变粒岩、石榴云母石英片岩及石英岩、浅粒岩等。有关矿区详细地质背景, 可见程裕淇等(1951)及陈光远等(1983)有关论著。

用热离子质谱计双带源蒸发—沉积测定单个锆石晶体年龄的方法<sup>[1-3]</sup>(以下简称单锆石测年)对一些岩石中的锆石进行了测定。所用仪器为 MAT 261。标定仪器用的是美国的 NBS 982 铅标准。

## 1 黑云变粒岩的锆石年龄

黑云变粒岩主要分布于二矿区含铁建造中部及岭东矿区的相应层位。组成矿物主要为斜长石、石英、钾长石和黑云母。野外特征表明, 其原岩由沉积方式形成, 但在化学组成上却与中酸性火山岩(英安岩)十分相近。SiO<sub>2</sub> 含量 64% 左右, Na<sub>2</sub>O > K<sub>2</sub>O (表 1)。稀土总量偏低, 具轻重稀土有一定分异、弱负铈异常的稀土模式。因而可以认为黑云变粒岩的原岩为火山碎屑沉积岩。岩石的副矿物组合为磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石、电气石等。锆石类型单一, 主要为浅紫色短柱状复杂晶形, 长宽比为 2; 内部发育密集的环带, 表明其为岩浆成因。锆石表面有弱的磨蚀现象。所测定的样品采自岭东矿区, 测定结果见表 2 和图 1。

## 2 混合岩化浅粒岩特征及其锆石年龄

混合岩化浅粒岩分布于二矿区含铁建造底部, 最大厚度达 150m 以上。与年龄为 2.5 Ga

\* 地质矿产部行业基金(编号 89035)资助项目。  
本文於 1991 年 10 月收到, 1992 年 1 月改回。

表 1 岩石常量元素含量 (重量%)  
Table 1 Major element contents of the rocks (wt%)

	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	总计
黑云变粒岩 (39)	64.15	1.90	4.71	14.90	2.15	2.59	0.39	0.10	3.75	2.78	0.10	—	—	—	—
混合岩化浅 粒岩 (1)	72.60	0.89	0.91	14.66	1.44	0.49	0.23	0.02	4.87	3.34	0.09	0.25	0.58	0.10	100.47
含绿泥石石 英岩 (1)	94.96	0.34	0.45	2.58	0.06	0.00	0.02	0.00	0.50	0.70	—	—	0.42	0.00	100.03

注: 括号中的数字为样品数。含绿泥石石英岩样品的数据引自陈光远 1983 年资料。

左右的弓长岭钾质花岗岩呈边缘混合岩化过渡关系, 并被改造。岩石呈灰白色, 中细粒, 具层状或面状构造, 局部夹有厚薄不等的石英岩层。野外特征表明, 其原岩由沉积方式形成。

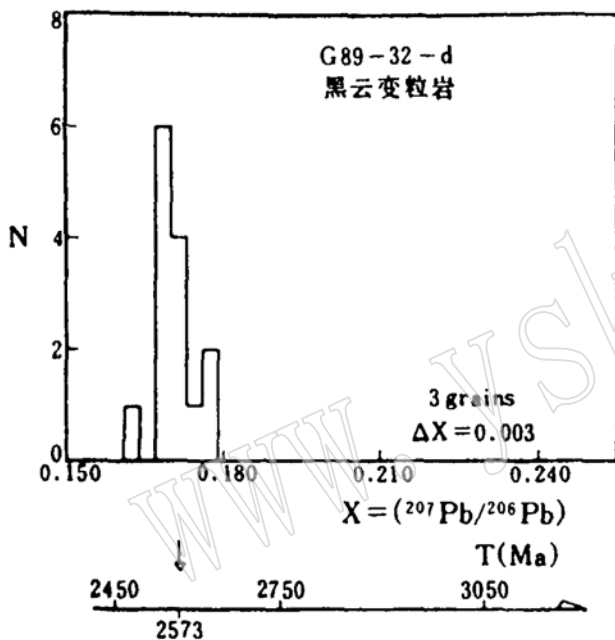


图 1 黑云变粒岩中单锆石测定结果直方图  
Fig. 1 <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb apparent-age frequency histogram for a single zircon from biotite-leptynite

镜下观察, 发现样品虽已遭受了一定程度的混合岩化作用, 但仍保留有较好的三连点稳定变质结构。矿物组合为斜长石、钾长石、石英和少量黑云母。化学组成上, 以 SiO<sub>2</sub> 含量较高、Na<sub>2</sub>O 明显大于 K<sub>2</sub>O 为特征 (表 1)。稀土总量较高, 轻重稀土强烈分异, 有一定的负铕异常, 稀土模式与英云闪长岩相似。副矿物为锆石、磷灰石、磁铁矿、黄铁矿、电气石等。依晶形的差异可将锆石划分为两类。一类为浅紫色短柱状锆石, 长宽比为 2, 晶面复杂, 由 (100)、(110)、(111)、(311) 晶面组成。锆石表面有不很明显的磨蚀 (溶蚀) 现象, 且锆石内部可以见到密集环带。此类锆石占总体锆石的 95%。另一类为细粒长柱状, 长宽比为 3 左右, 晶面简单, 由 (110) (111) 晶面组成, 有浅紫色和乳白色两种。此类锆石约占总体锆石的 5%, 是变质作用或混合岩化作用的产物。

测定得到了 11 个数据 (表 2, 图 2)。这些数据大致可分为三组。一组为大于 3.2 Ga (4 个数据), 锆石呈短柱状、晶面复杂, 碎屑成因。另一组 (5 个数据) 其值为 2.73—2.86 Ga, 锆石类型同上。第三组 (2 个数据) 其值分别为 2.62 和 2.71 Ga, 锆石是后期变质作用或混合岩化作用形成的, 呈细长柱状, 具简单晶型, 这种锆石晶体仅几十微米, 故将 5—7 粒晶体装载于同一灯丝上同时测定, 得到一个数据。

### 3 石英岩的锆石年龄

样品采自二矿区东南。石英岩分布于二矿区含铁建造上部的硅质层中, 与云母石英片岩

表 2 单颗粒锆石年龄测定结果  
Table 2 The dating of single zircon in the rocks

No	锆石编号	组数	锆石中铅的同位素测定值				计算结果			锆石描述 (长×宽×颗粒数)			
			208/206	$\sigma$	207/206	$\sigma$	204/206	$\sigma$	207/206		年龄 (Ma)	$\sigma$	
G 89-32-d (黑云变粒岩)	B	2	.1356	48	.179	7	.0004	8	.1741	52	2597	+49 -50	220 × 140 μm <sup>2</sup> × 1
	2	5	.1190	33	.1733	43	.000042	30	.1727	13	2585	± 13	220 × 140 μm <sup>2</sup> × 1
	A	6	.2259	14	.1686	17	.000041	33	.1681	10	2539	± 10	260 × 160 μm <sup>2</sup> × 1
G 89-33-d (混合岩化浅 粒岩) 其中 A、C 是 蒸发时测定	B	6	.1725	15	.2834	14	.0004	9	.2787	13	3356	± 7	260 × 170 μm <sup>2</sup> × 1
	6	7	.1751	10	.2744	12	.00065	7	.2675	12	3291	± 7	140 × 100 μm <sup>2</sup> × 2
	E	6	.1400	7	.2636	9	.000060	36	.2629	6	3264	± 4	240 × 120 μm <sup>2</sup> × 1
	D	6	.1463	30	.2617	47	.00010	32	.2598	21	3246	± 13	230 × 180 μm <sup>2</sup> × 1
	F	4	.1323	36	.2153	53	.0007	40	.2066	40	2862	± 31	180 × 140 μm <sup>2</sup> × 1
	G	4	.1284	39	.2030	35	.000050	50	.2024	38	2846	+ 30 - 31	240 × 100 μm <sup>2</sup> × 1
	A	4	.156	19	.2118	30	.00138	24	.1952	20	2786	± 17	250 × 170 μm <sup>2</sup> × 1
	5	5	.1147	8	.1968	8	.000189	23	.1945	7	2780	± 6	250 × 170 μm <sup>2</sup> × 1
	C	5	.0850	23	.1896	21	.000093	34	.1885	23	2729	± 20	200 × 180 μm <sup>2</sup> × 1
	1	3	.2063	12	.2048	15	.00150	12	.1864	15	2711	± 13	50 × 30 μm <sup>2</sup> × 7 浅紫色, 长柱状
	3	7	.2642	29	.2148	13	.00313	17	.1759	17	2615	± 16	50 × 30 μm <sup>2</sup> × 5 乳白色, 长柱状
G 89-23-d (石英岩)	3	5	.1357	7	.3136	9	.000042	21	.31324	45	3530	± 2	100 × 50 μm <sup>2</sup> × 2
	1	6	.0971	6	.2661	10	.000040	14	.26577	40	3281	± 2	100 × 50 μm <sup>2</sup> × 3
	B	4	.0943	13	.2558	39	.000060	21	.2538	42	3209	± 26	210 × 150 μm <sup>2</sup> × 1
	A	8	.1093	42	.2350	47	.000016	9	.2348	48	3085	+ 32 - 33	200 × 130 μm <sup>2</sup> × 1
	2	7	.0982	6	.2352	8	.000045	20	.23460	48	3084	± 3	90 × 50 μm <sup>2</sup> × 5

1. 采用常数:  $\lambda_{238} = 1.5513 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$ ,  $\lambda_{235} = 9.8485 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$ ,  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U} = 137.88$ 。
2. 组数, 某次测得的数据组数 (Block 数目), 每个 Block 由八次扫描构成。
3. 结果一栏中的 207/206 是指放射成因的铅同位素比值。
4.  $\sigma$  值与所对应比值的末两位或一位数字对齐, 例如,  $208/206 = .1356, \sigma = 48$ , 为  $208/206 = 0.1356 \pm 0.0048$ 。

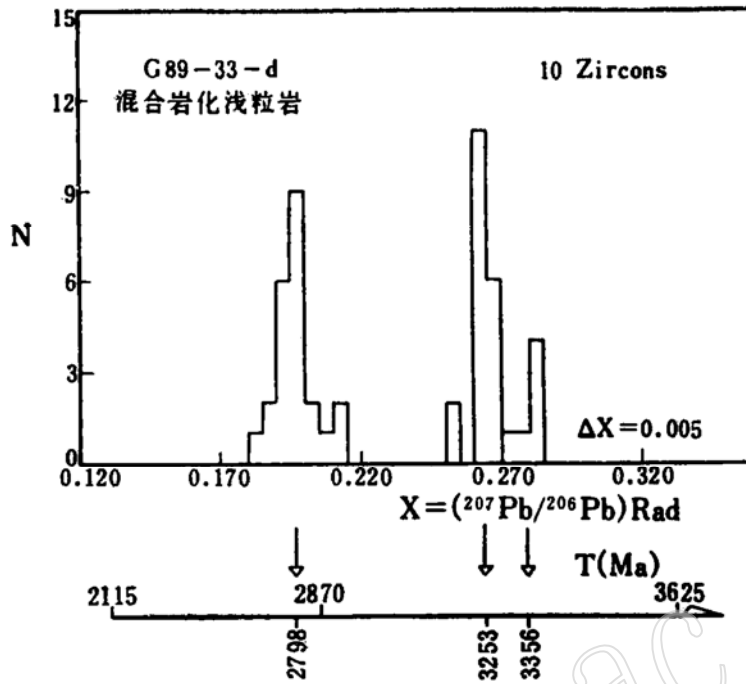


图 2 混合岩化浅粒岩中单锆石测定结果直方图

Fig. 2  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  apparent-age frequency histogram for a single zircon from migmatized-leplite

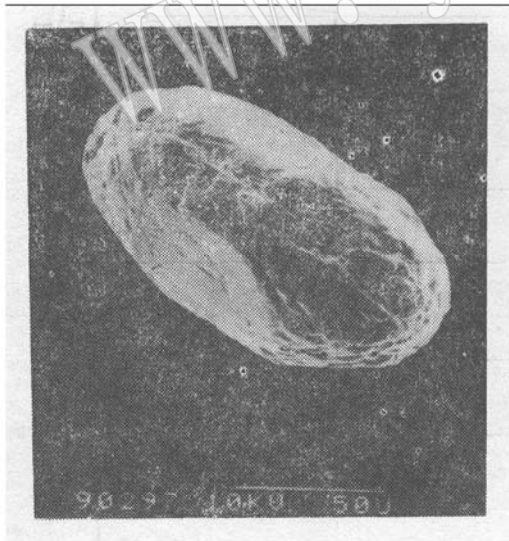


图 3 石英岩的锆石电子显微镜照片 (浅紫色, 透明或半透明。×378 倍)  
Fig. 3 Photograph of electron microscope of zircon in quartzite

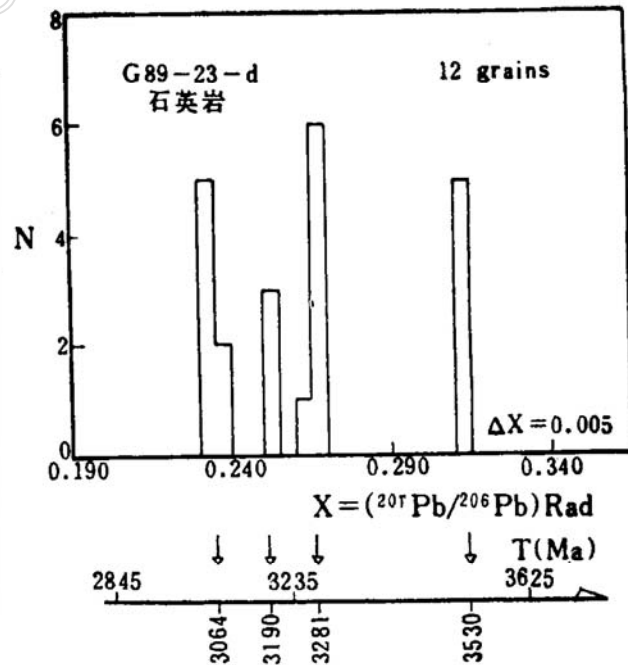


图 4 石英岩中单锆石测定结果直方图  
Fig. 4  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  apparent-age frequency histogram for a single zircon from quartzite

呈过渡关系,具层状构造。主要由石英组成,另有少量的绿泥石、白云母,无长石类矿物,以 $\text{SiO}_2$ 含量高为特征(表1)。锆石含量较高,有两种主要类型。一为浅紫色,多有溶蚀,亦见磨蚀,晶面可能较复杂(图3)。其中部分锆石已重结晶而生长出新晶面。另一类为乳白色,晶形亦与前者不同。所测定的锆石是前者,得5个数据。测定结果大于3.0 Ga(图4)。

## 4 讨 论

1. 所测岭东黑云母变粒岩中碎屑锆石年龄为2.5—2.6 Ga,与用离子探针所测结果2.5—2.7 Ga(刘敦一等,未发表资料)一致。可以认为,虽然黑云变粒岩曾遭受一定的后期地质作用,但锆石仍反映自身结晶年龄,即2.5—2.7 Ga代表源区岩石年龄的下限。岩石的化学组成和其中的锆石特征表明,黑云变粒岩由中酸性火山岩经短距离搬运并快速沉积而后再经变质作用形成。因而碎屑锆石的年龄能大致代表沉积年龄,这说明本区沉积盆地中沉积作用和火山作用密切相关<sup>(5,6)</sup>①。

2. 浅粒岩原岩尽管是沉积形成的,但其化学组成和云英闪长岩、石英二长岩类岩石十分相似。另外,碎屑锆石种类单一,磨蚀很弱,表明是由花岗质母岩经快速剥蚀、近距离搬运和沉积形成的。所以,碎屑锆石3.35—3.25 Ga的结果能大致代表源区母岩形成的年龄,同时暗示这期酸性岩浆作用的存在。乔广生等对本地区变质沉积岩作年代学研究时,测得了3.2 Ga的Sm-Nd等时年龄,并认为沉积物可能源于3.2 Ga前形成的古地壳<sup>(5)</sup>。

鞍山地区3.3 Ga的花岗岩(陈台沟花岗岩)的化学成分、稀土模式与浅粒岩相似,且两者的锆石特征也相似。而浅粒岩在野外看起来和花岗岩没有差别,但在大的空间范围内可以观察到层状构造(沉积特征)。故有人认为浅粒岩就是花岗岩,3.35—3.25 Ga代表花岗岩的结晶年龄。

浅粒岩中细长柱状锆石是后期变质作用形成的,其年龄2.62—2.71 Ga,代表了含铁建造遭受变质作用及混合岩化作用的时间。而外观看来和年龄较老的锆石(3.35—3.25 Ga)相似的较年轻的锆石(2.86—2.73),可能的成因是:

- 1) 其原岩和3.35—3.25 Ga锆石的原岩是不同的;
- 2) 受相邻花岗岩(2.99 Ga)的影响形成;
- 3) 锆石(3.35—3.25 Ga)铅丢失的结果,但可能性不大。

究竟是何种原因,有待于进一步的工作。

3. 石英岩中锆石的年龄范围较宽,即3.53—3.09 Ga,这表明了其源区不是单一的。值得一提的是,3.53 Ga这个值,是同时测定两粒锆石得到的。若这两粒锆石是完全相同或基本相同,则3.53 Ga是其年龄的最小估计值(其年龄 $\geq 3.53$  Ga);反之,若这两粒锆石是不相同的,则3.53 Ga是两者的平均值,即一粒锆石年龄大于3.53 Ga而另一粒小于3.53 Ga。这暗示存在3.5 Ga左右或更老的源区。

石英岩中已测得的锆石年龄为3.5 Ga, 3.3 Ga, 3.2 Ga, 3.1 Ga。而鞍山地区已测得的花岗质岩石的年龄有3.8 Ga(白家坟花岗质糜棱岩)、3.3 Ga(陈台沟岩体,花岗质糜棱

① 据伍家善等最新研究成果。

岩为主)、2.9 Ga (铁架山花岗岩和东鞍山花岗岩) 和 2.5 Ga (齐大山花岗岩, 可延至弓长岭铁矿一带)。其中铁建造沉积于东鞍山花岗岩之上, 又为齐大山花岗岩所侵入, 即铁建造形成于 2.9—2.5 Ga 之间。如果石英岩中的碎屑物质源于鞍山地区, 则其中应有 3.8 Ga, 3.3 Ga 和 2.9 Ga (或 3.0 Ga) 的锆石 (当然不排除有其它的来源)。

目前为止, 鞍本地区已获得许多 2.9 Ga 以上的年龄数据:

1) 3.8 Ga 的白家坟花岗质糜棱岩和 3.3 Ga 的陈台沟花岗质糜棱岩 (刘敦一, 1991)<sup>[4]</sup>; 2) 2.9 Ga 的铁架山和东鞍山花岗岩; 3) 3.0 Ga 左右的弓长岭片麻状花岗岩; 4) 3.35—3.25 Ga 的锆石, 产出于弓长岭混合岩化浅粒岩; 5) 3.5—3.0 Ga 的锆石, 产于弓长岭石英岩中; 6) 3.4—3.1 Ga 的锆石, 产于弓长岭铬云母石英岩中; 7) 3.2 Ga 的变沉积岩。这些结果, 或为岩石结晶年龄, 或为其母岩形成年龄。它们表明, 鞍本地区早太古代酸性岩浆活动十分强烈, 并且具有多期次、多成因的特点。本区广泛存在的 2.9 Ga 以上的花岗质岩石为铁建造提供了部分物质来源。铁建造中部分物质的组成特征表明, 铁建造形成于酸性陆壳基底之上, 而非洋壳基底。发生于 2.7 Ga 左右的后期中酸性岩浆作用则可能提供了另部分物质来源。

本文在写作过程中, 先后得到沈其韩、刘敦一、伍家善先生的指导。倪广深、潘森协助进行了矿物分选工作, 在此谨表谢意。

#### 参 考 文 献

- 1 Bernd Kober. Whole-grains evaporation for  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age-investigations on single zircons using a double-filament thermal ion source. *Contrib. Mineral Petrol.* 1986, 93: 482—490.
- 2 Bernd Kober. Single-zircon evaporation combined with  $\text{Pb}^+$  emitter bedding for  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications to zirconology. *Contrib. Mineral Petrol.* 1987, 96: 63—71.
- 3 刘敦一, 赵敦敏. 用热离子发射质谱计直接测定单颗粒锆石  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄. *地质论评*, 1988, 34(6): 496—505.
- 4 刘敦一. 中国38亿年古陆壳的发现. *中国地质*, 1991, (5): 30.
- 5 乔广生, 翟明国, 阎月华. 鞍山地区太古代岩石同位素地质年代学研究. *地质科学*, 1990, (2): 158—164.
- 6 朱永正等. 早太古代鞍山式铁矿及层位. *长春地质学院学报增刊*, 1982, 47—56.

## Geochronology Research of the Iron Formation of Gongchangling, Liaoning Province

Song Biao Zhao Dunmin Wan Yusheng

(Institute of Geology, CAGS)

**Key words:** geochronology; iron formation; Gongchangling; zircon

### Abstract

The zircon was dated by using the technique of single-zircon stepwise evaporation-deposition with a thermal ion mass spectrometry (Bernd Kober, 1986 and 1987). The zircon ages are 2.60—2.54 Ga for biotite-leptynite (BL), 3.36—2.62 for migmatized leptite (ML), and 3.53—3.08 Ga for quartzite(Q) from the iron formation. Combined with available data, it is considered that the source rock of biotite-leptynite might be intermediate-acid volcanic material of ca. 2.7 Ga, and that of migmatized leptite and quartzite might come from granitic crust older than 3.0 Ga. The iron formation was formed on the continental crust base at about 2.7 Ga, and was immediately metamorphosed for the first time.