

内蒙古大井铜多金属矿床脉岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及成矿时代

刘铭涛¹, 刘建明², 薛春纪³, 陈向平¹, 陈志国¹, 冯宝山¹

LIU Mingtao¹, LIU Jianming², XUE Chunji³, CHEN Xiangping¹,

CHEN Zhiguo¹, FENG Baoshan¹

1. 天津华北地质勘查局, 天津 300170;

2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083

1. Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300170, China;

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

3. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

摘要: 内蒙古林西县大井矿床是与次火山岩有关的热液脉型矿床, 矿体受NW向、NWW向断裂控制, 产出在二叠系林西组中。用LA-ICP-MS技术, 测得成矿前的霏细岩脉和安山玢岩脉中的锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄分别为 164.1 ± 0.8 Ma (MSWD=0.60, $n=16$) 和 253.8 ± 1.1 Ma (MSWD=0.96, $n=14$)。其中霏细岩锆石年龄表明, 其形成可能与西伯利亚板块和蒙古-华北板块之间的鄂霍茨克洋碰撞造山有关; 安山玢岩可能与华北板块与西伯利亚板块碰撞造山有关。通过成矿前脉岩的锆石年龄, 可以限定大井矿床的成矿时代晚于164Ma。结合前人研究结果, 推测大井铜多金属矿床的形成主要受控于晚侏罗世—早白垩世岩浆活动。

关键词: 大井; LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年; 成矿年代; 晚侏罗世—早白垩世; 霏细岩; 安山玢岩

中图分类号: P618.41; P597+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2019)08-1306-08

Liu M T, Liu J M, Xue C J, Chen X P, Chen Z G, Feng B S. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of dikes in the Dajing copper-polymetallic deposit and a discussion on the metallogenic epoch. *Geological Bulletin of China*, 2019, 38(8):1306-1313

Abstract: The Dajing deposit was previously regarded as a magmatic hydrothermal type deposit. The orebodies are controlled by the NW- and NWW-trending faults and occur in Permian Linxi Formation. The zircon samples collected during the research were dated by using LA-ICP-MS zircon U-Pb method, and the authors obtained the following results: the zircon U-Pb ages are 164.1 ± 0.8 Ma (MSWD=0.60, $n=16$) and 253.8 ± 1.1 Ma (MSWD=0.96, $n=14$) for felsite dikes and andesite porphyry dikes, respectively. Felsite dikes were formed in a collisional setting probably related to the closure of Mongolia-Okhotsk Ocean and post collision, while andesite porphyry dikes were formed in a tectonic setting possibly related to the collision between Siberian Plate and North China Plate. Based on the zircon U-Pb ages of dikes obtained, the authors have reached the conclusion that the ore-forming process of the Dajing polymetallic deposit occurred later than 164Ma. The most intense volcanic-magmatic activities of the Da Hinggan Mountains took place during Middle Yanshanian period. It is therefore held that the ore-forming process of the Dajing polymetallic deposit occurred approximately in Late Jurassic—Early Cretaceous.

Key words: Dajing; LA-ICP-MS zircon U-Pb dating; metallogenic epoch; Late Jurassic—Early Cretaceous; felsite; andesite porphyry

收稿日期: 2018-04-07; 修订日期: 2018-08-22

资助项目: 地方政府委托中国科学院地质与地球物理研究所项目《赤峰市有色金属成矿规律研究》

作者简介: 刘铭涛(1983-), 男, 硕士, 工程师, 从事矿产勘查及研究工作。E-mail: 187373385@qq.com

内蒙古自治区林西县大井矿床是大兴安岭南段的一个铜、铅、锌、锡、银已达大型,金、硫、砷、镉、铍、钴、钼等可供综合利用的多金属矿床,燕山期火山侵入岩广泛出露。多数学者认为,成矿与深部隐伏岩体及次火山岩、岩浆流体有关^[1-7]。近年来,针对大井矿床成矿年代学方面的研究比较有限。笔者在前人研究的基础上,对矿区内与成矿关系密切的浅成岩、超浅成侵入体,通过 LA-ICP-MS 技术测定锆石 U-Pb 年龄,以期约束其成矿时代、认识成岩成矿地质环境,

为明确大井地区找矿方向提供帮助。

1 地质概况

大井地区位于大兴安岭南段,大地构造位置为中亚造山带东部、西拉沐伦河断裂以北(图 1)。

区域上前寒武系以一套片岩、片麻岩为主,出露于大井矿区南部,近东西向带状产出^[8],其北侧为志留系灰黑色板岩夹灰岩;上二叠统林西组湖相细碎屑岩大面积出露,是大井矿床的赋矿围岩。围绕

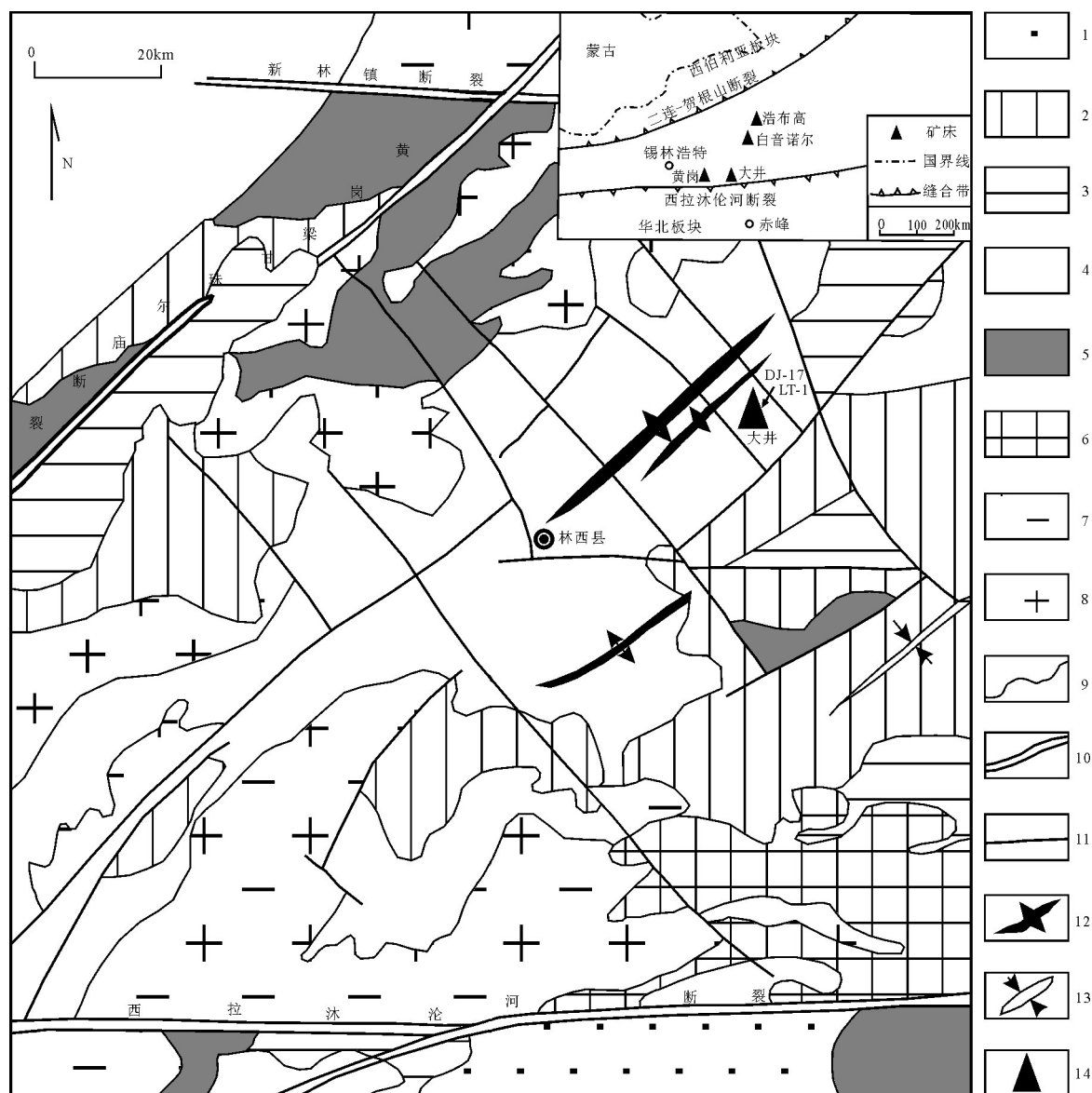


图 1 大井矿区域地质简图(据参考文献[7-9]修改)

Fig. 1 Regional geological sketch map of the Dajing deposit

- 1—古近系—新近系泥岩、粉砂岩、砂砾岩;2—上侏罗统酸—中性火山岩;3—中侏罗统砂砾岩、酸性碎屑火山岩;
4—上二叠统林西组砂岩、粉砂岩、板岩;5—下二叠统砂岩、粉砂岩;6—志留系片麻岩、板岩、粉砂岩;7—花岗岩;
8—花岗岩;
9—地质界线;10—深大断裂;11—一般大断裂;12—背斜;13—向斜;14—矿床位置

二叠系东部和南部外围产出中侏罗统砂砾岩及上侏罗统兴安岭组火山岩(以安山岩、流纹岩和角砾熔岩为主)。地层褶皱强烈,以北东向背斜、向斜为主。地层与岩体受构造控制明显。

侵入岩主要出露于二叠系南北两侧,岩性以花岗岩类为主,呈岩株状产出。大井地区未发现明显的深成侵入体,但浅成-超浅成岩脉大量出露,以中酸性-酸性岩脉最显著,包括霏细岩、英安斑岩、花岗斑岩等,大量的矿区脉岩 K-Ar 年龄为 120~177Ma^[4,10-12], LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法获得年龄为 162Ma、170Ma 和 240Ma^[8-9]。

2 成岩年龄

2.1 脉岩地质特征

脉岩大多具较强蚀变,主要有绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化和白云石化。在脉岩与矿体的接触带上,靠近矿体的脉岩中常发育平行矿体的细脉,常见浸染状和细脉-浸染状矿化,如黄铜矿、黄铁矿等星点状、细脉状浸染其中,局部富集成工业矿体^[6]。坑道中可见矿体穿切脉岩现象,有的矿体与

脉岩平行,并以脉岩为顶底板。这些现象表明,岩脉先侵位到构造裂隙、破碎带发育部位,为后期热液充填提供了良好的容矿空间,成矿期断裂再次活动,成矿物质可能沿脉岩入侵的同一通道上升,充填岩脉的裂隙再次张开,矿液随之充填形成矿脉^[9]。矿脉与岩脉的形成时间相近,矿脉略晚于岩脉。因此,笔者通过对脉岩进行定年,限定其成矿时代。

2.2 分析方法及结果

2.2.1 分析方法

本次采用 LA-ICP-MS 测定技术,对大井地区浅成侵入体中的锆石进行 U-Pb 同位素测定,2 件样品均采自大井铜多金属矿床内。其中, DJ-17 号样品(图 2-b)采自大井一区(西区)650 中段 1 号脉上盘的霏细岩脉(图 2-a),岩脉宽 1~2m,紧靠 1 号矿脉产出。 LT-1 号样品(图 2-d)采自利拓矿段 525 中段,被 98 号矿脉切穿的安山玢岩(图 2-c),脉宽 0.1~0.6m。

在河北省地质矿产局区域地质矿产调查大队实验室分选出锆石单矿物。原岩破碎成 80~100 目

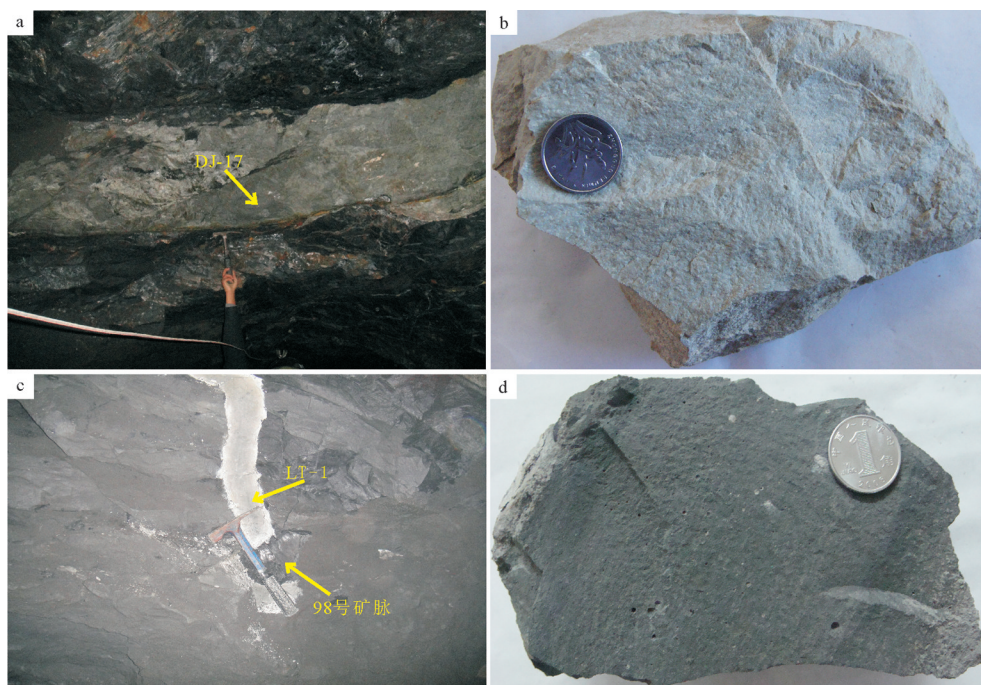


图2 大井矿床脉岩照片

Fig. 2 Photographs of dikes in the Dajing deposit

a—大井650中段,1号矿体顶板霏细岩脉,脉宽1~2m,蚀变强烈,DJ-17取自此处;b—DJ-17样品,霏细岩,灰白色,微晶,主要成分为长石、石英、黑云母,蚀变强烈;c—利拓矿段525中段,被98号矿脉切穿的安山玢岩脉,脉宽0.1~0.6m,蚀变强烈,LT-1取自此处;d—LT-1样品,安山玢岩,深灰色,细晶质,主要成分为长石、角闪石,石英主要以斑晶形式存在,蚀变强烈

粉末,经淘洗后得到重砂,在去除其中的磁性矿物后,用重液分选出锆石部分,最后在实体显微镜下挑选出锆石颗粒。将未知锆石样品和标准锆石样品一起制作成环氧树脂样品靶,打磨和抛光至大部分锆石颗粒中心暴露。在反射光、透射光、背散射和阴极发光下观察、拍照(图3)并选择内部无裂隙和包裹体的锆石样品进行U-Pb测年。

同位素测定在中国地质科学院成矿作用和资源评价重点实验室 LA-ICP-MS 实验室完成,所用仪器为 Finnigan Neptune 型 MC-ICP-MS,激光器为 Newwave UP 213 型,激光剥蚀所用斑束直径为 $25\mu\text{m}$,用锆石标样 GJ-1 调试仪器,U、Th 含量以锆石标样 M127($U=923\times 10^{-6}$, $Th=439\times 10^{-6}$, $Th/U=0.475^{[13]}$)为外标进行校正。数据处理使用 ICPMSDataCal 程序^[14],U-Pb 谐和图绘制用 Isoplot 3.0 程序完成^[15]。大井地区 2 组侵入岩锆石的测定结果见表 1 和图 4。

2.2.2 分析结果

霏细岩样品 DJ-17 锆石自形-半自形长柱状,长 $40\sim 200\mu\text{m}$,宽 $30\sim 80\mu\text{m}$,长宽比为 $1:1\sim 5:1$,岩浆结晶环带清晰(图3),锆石 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 值为 $0.31\sim 1.31$ (表1),显示岩浆锆石成因^[16]。25 个分析点

的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄介于 $146.0\sim 297.4\text{Ma}$ 之间,有 6 个点年龄偏大,介于 $220.2\sim 297.4\text{Ma}$ 之间,可能代表霏细岩岩浆在上升过程中捕获的锆石,大多数年龄在 $155\sim 166\text{Ma}$ 附近,除去异常偏高或偏低的 9 个测点的年龄数据,其余 16 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 $164.13\pm 0.79\text{Ma}$ ($\text{MSWD}=0.60$)(图4),可能代表了霏细岩的侵位年龄。安山玢岩样品 LT-1 锆石多为自形-半自形柱状,长 $30\sim 120\mu\text{m}$,宽 $20\sim 60\mu\text{m}$,长宽比为 $1:1\sim 4:1$, $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 值为 $0.55\sim 2.39$ (表1),显示岩浆锆石成因。20 个分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值介于 $250.5\sim 828.0\text{Ma}$ 之间,除去年龄偏高的 6 个测点的年龄数据,锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄集中在 $250\sim 257\text{Ma}$,其余 14 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 $253.8\pm 1.1\text{Ma}$ ($\text{MSWD}=0.96$)(图4),可能代表安山玢岩的侵位年龄。

3 讨论

对于成矿年代,大井矿床蚀变矿物绢云母的 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 年龄为 $138.3\text{Ma}^{[17]}$,但是大井矿床热液活动频繁,无论成矿前还是成矿后都有热液活动,均导致绢云母化。因此,绢云母的年龄代表成矿年龄不可信。

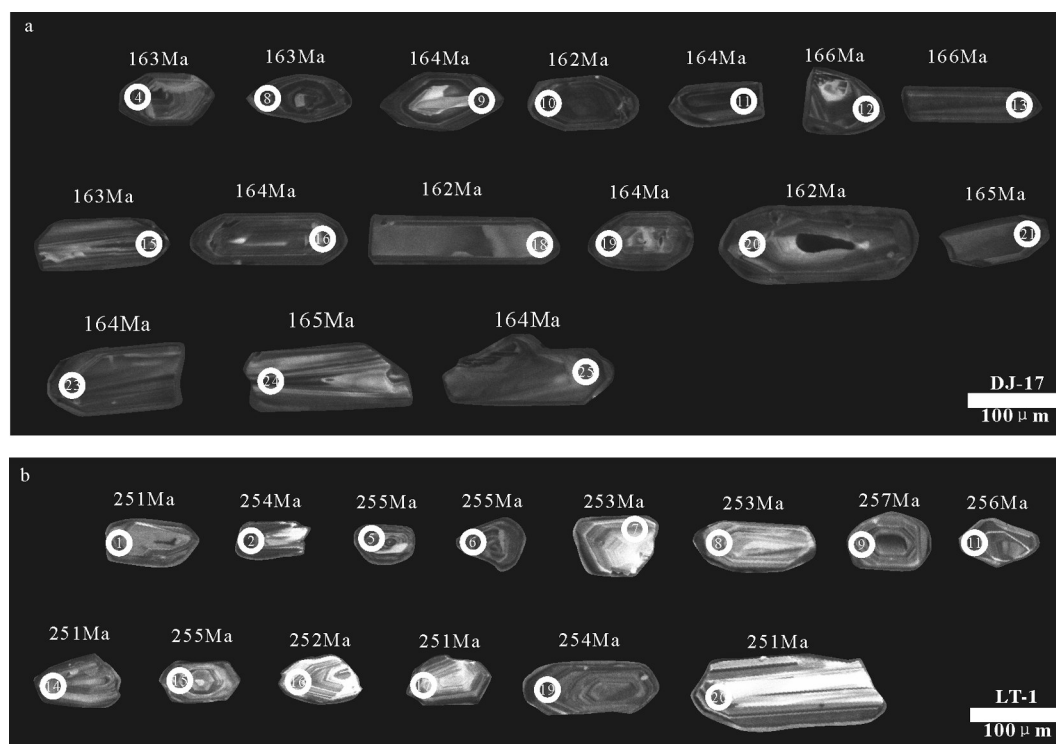


图3 霏细岩(DJ-17)(a)和安山玢岩(LT-1)(b)锆石阴极发光图像、测点编号及 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄

Fig. 3 CL images, analytical point number and ages of zircons from felsite (a) and andesitic porphyrite (b)

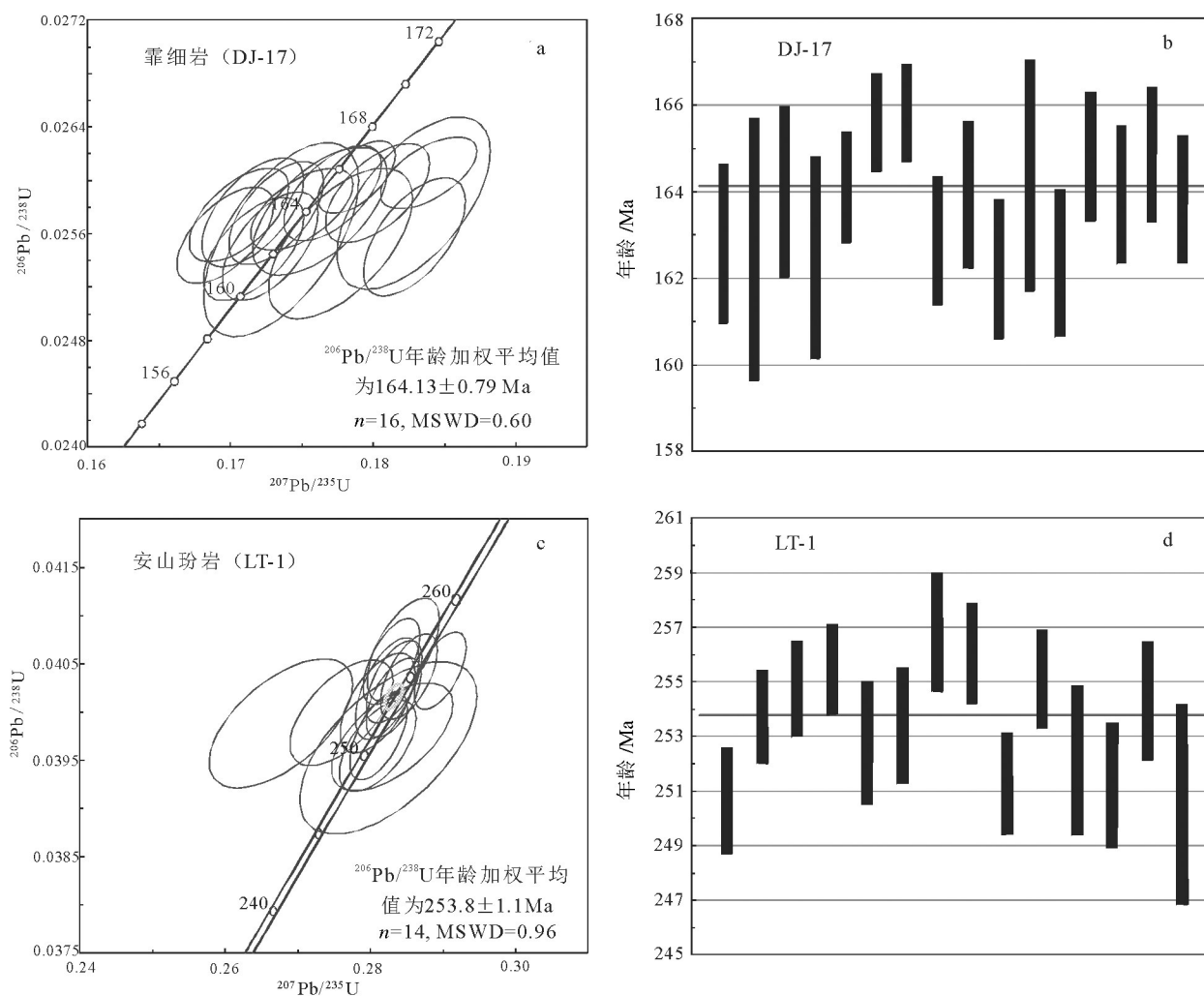


图4 霏细岩(a、b)和安山玢岩(c、d)锆石U-Pb谐和图和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄

Fig. 4 U-Pb concordia plots and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age diagrams of zircons from the felsite (a, b) and andesite porphyry (c, d)

关于脉岩的年龄,大量的K-Ar法研究获得矿区岩脉的年龄为 $120 \sim 177 \text{ Ma}$ ^[4,10-12]。但K-Ar法测年对样品要求程度高,矿区内脉岩普遍蚀变强烈,容易造成元素的流失或增加,不如锆石U-Pb封闭体系稳定,本文测年结果可信。可靠的脉岩年龄是7个锆石U-Pb年龄,分别为 $170.7 \pm 1.4 \text{ Ma}$ 、 $170.7 \pm 1.1 \text{ Ma}$ ^[8]、 $240 \pm 1 \text{ Ma}$ 、 $239 \pm 1 \text{ Ma}$ 、 $162 \pm 1 \text{ Ma}$ ^[9],以及本次测得的 $164.13 \pm 0.79 \text{ Ma}$ 和 $253.8 \pm 1.1 \text{ Ma}$,表明矿区至少有海西晚期、印支早期、燕山早期和燕山中期4次岩浆活动。

本次测得安山玢岩年龄为 $253.8 \pm 1.1 \text{ Ma}$,与江思宏等^[8]获得的矿区外围唐家营子附近安山玢岩的年龄 $252.0 \pm 1.8 \text{ Ma}$ 一致,反映了区域内一次较广泛的岩浆活动事件。华北板块与西伯利亚板块之间

的缝合位置和缝合时间一直存在争议^[18-22]。其闭合位置有西拉沐沦河缝合带和贺根山缝合带之争,缝合时间有石炭纪和二叠纪末之争。最近,获得贺根山蛇绿岩中花岗闪长岩脉的年龄为 $244 \pm 4 \text{ Ma}$ ^[23],获得西拉沐沦河缝合带上的同碰撞花岗岩大玉山花岗岩侵位时代为 248 Ma ,结合呼兰群变质岩的主变质年龄为晚二叠世,基本确定该缝合带缝合于二叠纪末期^[18]。无论板块的闭合位置是贺根山缝合带还是西拉沐沦河缝合带,最后闭合的时间基本可定为晚二叠世末(250 Ma左右)。因此,安山玢岩应该形成于华北板块与西伯利亚板块碰撞造山的构造背景。

本次获得的霏细岩年龄为 $164.1 \pm 0.8 \text{ Ma}$,与廖震等^[9]获得的矿区霏细岩年龄($162 \pm 1 \text{ Ma}$)相符,此时正处于古亚洲洋与古太平洋2个构造体制的转变

表 1 大井矿床脉岩 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 dating data of the Dajing deposit dikes

测点 号	含量/ 10^{-6}				同位素比值						年龄/Ma					
	Pb	^{232}Th	^{238}U	$\text{Th}^{232}/\text{U}^{238}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ
DJ-17																
1	138	193	164	1.17	0.02576	0.00207	0.1756	0.0180	0.04944	0.00274	163.94	13.01	164.30	15.58	169	132
2	35.2	35.8	45.1	0.79	0.03526	0.00054	0.2510	0.0057	0.05166	0.00095	223.37	3.38	227.41	4.64	333	47
3	217	334	286	1.17	0.02290	0.00031	0.1578	0.0031	0.04994	0.00067	145.97	1.94	148.74	2.72	191	36
4	73.0	114	216	0.53	0.02558	0.00029	0.1829	0.0024	0.05188	0.00033	162.80	1.83	170.56	2.04	280	15
5	53.4	76.8	108	0.71	0.03476	0.00049	0.2461	0.0051	0.05144	0.00091	220.24	3.08	223.41	4.18	261	41
6	11.5	19.6	52.3	0.38	0.02439	0.00030	0.1635	0.0054	0.04873	0.00158	155.37	1.92	153.78	4.72	200	76
7	76.7	111	115	0.96	0.03589	0.00057	0.2715	0.0062	0.05484	0.00083	227.32	3.57	243.91	4.94	406	33
8	40.7	95.7	149	0.64	0.02556	0.00048	0.1735	0.0036	0.04937	0.00070	162.67	3.02	162.49	3.10	165	33
9	48.1	55.2	108	0.51	0.02577	0.00031	0.1763	0.0031	0.04955	0.00062	164.00	1.98	164.85	2.70	172	34
10	92.1	185	276	0.67	0.02552	0.00037	0.1777	0.0033	0.05058	0.00087	162.48	2.34	166.12	2.87	220	36
11	85.6	170	141	1.20	0.02578	0.00020	0.1750	0.0024	0.04927	0.00057	164.10	1.27	163.75	2.04	161	28
12	64.4	154	155	0.99	0.02602	0.00018	0.1789	0.0018	0.04989	0.00040	165.60	1.13	167.08	1.53	191	19
13	62.7	153	154	0.99	0.02605	0.00018	0.1839	0.0022	0.05118	0.00050	165.81	1.12	171.40	1.90	256	19
14	35.9	30.3	55.8	0.54	0.03684	0.00041	0.2706	0.0057	0.05335	0.00103	233.21	2.53	243.18	4.59	343	44
15	48.6	127	122	1.04	0.02559	0.00024	0.1697	0.0022	0.04812	0.00046	162.86	1.49	159.13	1.94	106	22
16	39.9	66.2	114	0.58	0.02576	0.00027	0.1715	0.0024	0.04851	0.00057	163.93	1.69	160.76	2.04	124	28
17	12.7	31.6	33.9	0.93	0.03774	0.00064	0.2784	0.0085	0.05361	0.00140	238.79	3.97	249.42	6.74	354	59
18	22.9	41.3	111	0.37	0.02548	0.00026	0.1716	0.0023	0.04889	0.00048	162.21	1.61	160.82	2.00	143	22
19	60.1	79.9	200	0.40	0.02583	0.00043	0.1829	0.0035	0.05141	0.00061	164.38	2.68	170.52	3.04	261	28
20	53.0	74.5	178	0.42	0.02550	0.00027	0.1728	0.0022	0.04917	0.00039	162.35	1.70	161.85	1.92	167	-12
21	34.1	62.8	171	0.37	0.02590	0.00024	0.1771	0.0023	0.04960	0.00042	164.83	1.49	165.60	1.94	176	14
22	180	144	127	1.14	0.04721	0.00081	0.3601	0.0081	0.05532	0.00079	297.37	4.97	312.33	6.04	433	31
23	37.3	60.5	166	0.36	0.02576	0.00025	0.1732	0.0022	0.04880	0.00040	163.93	1.60	162.23	1.89	139	23
24	51.2	137	105	1.31	0.02590	0.00025	0.1803	0.0024	0.05058	0.00054	164.85	1.55	168.34	2.06	220	29
25	6.4	27.8	89.4	0.31	0.02574	0.00023	0.1706	0.0023	0.04814	0.00054	163.82	1.46	159.97	1.99	106	26
LT-1																
1	15.8	40.1	71.5	0.56	0.039646732	0.00031	0.2810	0.0035	0.05150	0.00059	250.64	1.94	251.47	2.76	265	32
2	70.8	164	187	0.88	0.040142328	0.00027	0.2832	0.0025	0.05117	0.00031	253.72	1.69	253.21	2.00	256	13
3	111	77.4	92.7	0.83	0.137054038	0.00106	1.2408	0.0105	0.06569	0.00032	827.98	5.98	819.25	4.78	798	9
4	33.5	55.0	119	0.46	0.056741431	0.00042	0.4188	0.0041	0.05354	0.00036	355.78	2.56	355.21	2.94	350	12
5	59.6	119	133	0.89	0.040309774	0.00028	0.2832	0.0025	0.05098	0.00033	254.75	1.76	253.23	2.01	239	10
6	63.2	133	243	0.55	0.040422304	0.00027	0.2897	0.0024	0.05198	0.00029	255.45	1.66	258.29	1.85	283	13
7	13.3	30.2	34.5	0.88	0.03999033	0.00036	0.2761	0.0047	0.05026	0.00082	252.77	2.24	247.53	3.71	206	37
8	30.7	52.2	72.4	0.72	0.040090713	0.00034	0.2810	0.0034	0.05085	0.00049	253.40	2.12	251.46	2.72	235	22
9	45.0	96.2	141	0.68	0.040641293	0.00035	0.2846	0.0033	0.05074	0.00038	256.81	2.17	254.26	2.57	228	21
10	19.8	36.0	73.2	0.49	0.046366291	0.00041	0.3315	0.0038	0.05191	0.00045	292.17	2.54	290.72	2.87	280	20
11	132	223	154	1.44	0.040519224	0.00029	0.2830	0.0026	0.05067	0.00033	256.05	1.83	253.00	2.02	233	17
12	167	86.9	79.6	1.09	0.124374173	0.00100	1.1164	0.0100	0.06510	0.00031	755.69	5.76	761.27	4.80	777	9
13	119	145	116	1.25	0.054195981	0.00038	0.4030	0.0038	0.05394	0.00038	340.23	2.32	343.80	2.75	369	15
14	64.5	106	132	0.80	0.03974916	0.00030	0.2812	0.0026	0.05134	0.00035	251.28	1.86	251.60	2.09	257	17
15	76.3	111	145	0.77	0.040364173	0.00029	0.2854	0.0026	0.05132	0.00034	255.09	1.80	254.93	2.04	254	47
16	96.3	156	71.0	2.20	0.039882294	0.00044	0.2677	0.0065	0.04862	0.00087	252.10	2.74	240.84	5.23	128	43
17	26.5	38.6	40.0	0.96	0.039738781	0.00037	0.2830	0.0055	0.05179	0.00097	251.21	2.29	253.04	4.36	276	43
18	69.9	54.4	89.0	0.61	0.070886621	0.00053	0.5458	0.0051	0.05586	0.00034	441.50	3.17	442.25	3.32	456	15
19	77.6	105	142	0.74	0.040236769	0.00035	0.2823	0.0029	0.05097	0.00038	254.30	2.16	252.51	2.28	239	19
20	64.2	124	51.9	2.39	0.039626503	0.00059	0.2825	0.0081	0.05199	0.00174	250.52	3.66	252.62	6.39	283	81

时期。三叠纪发育的蒙古-鄂霍茨克洋于侏罗纪(160Ma左右)闭合,标志着2种动力学体制的转换承接^[24-27]。受此影响,大兴安岭地区发生了大面积的岩浆、火山活动。因此,霏细岩可能产出于蒙古-鄂霍茨克洋闭合碰撞造山的背景。

大兴安岭地区的岩浆侵入活动主要发生在燕山期和海西期,也有少量加里东期和兴凯期岩浆活动^[25]。本次获得的大井矿区2个脉岩样品年龄为 $164.1 \pm 0.8\text{Ma}$ 和 $253.8 \pm 1.1\text{Ma}$,分别为燕山期和海西期。结合前人获得的大井矿区可靠的脉岩年龄数据,矿区岩浆活动主要为燕山期。燕山期也是大兴安岭地区火山-岩浆活动最强烈的时期。大井矿床位于大兴安岭中南段,该区燕山期火山岩主要于晚侏罗世一早白垩世形成,时代为160~122Ma^[28]。

大兴安岭地区与成矿关系最密切的是燕山期中酸性火山侵入岩和二叠纪中基性火山岩,其次是海西期花岗质侵入岩。其主成矿期为燕山期和海西期^[25]。在林西地区,大部分花岗岩侵位于早白垩世,少部分侵位于早三叠世和晚侏罗世。林西地区在晚侏罗世末一早白垩世发生了强烈的花岗质岩浆活动^[29]。

根据脉岩与矿体的接触关系,可以明确脉岩侵位时间早于成矿时间。因而,根据LA-ICP-MS锆石U-Pb定年结果,可以限定大井铜多金属矿的成矿年代晚于164Ma。结合研究区的火山-岩浆活动的情况与成矿的关系,大井矿床的成矿时代在晚侏罗世一早白垩世。

4 结 论

(1)内蒙古大井铜多金属矿区成矿前的霏细岩脉和安山玢岩脉LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄分别为 $164.1 \pm 0.8\text{Ma}$ 和 $253.8 \pm 1.1\text{Ma}$ 。

(2)霏细岩是在蒙古-鄂霍茨克洋闭合碰撞造山的背景下产出的;安山玢岩是在华北板块与西伯利亚板块碰撞造山的构造背景下产出的。

(3)研究区所在的大兴安岭地区最强烈的火山-岩浆活动期为燕山中期,大井矿床的成矿年代晚于164Ma,进而限定大井成矿时代大致在晚侏罗世一早白垩世。

致谢:野外工作中得到大井子矿业副总范国有、吴井辉,工程师叶田祖、胡玉民、高宏玉、尹竹连、王志伟、王敬伟等的大力支持,审稿专家提出了建设性的

修改意见及建议,在此一并致以衷心的感谢。

参考文献

- [1]黄世乾,林达富,晏汝逊,等.大井锡-银-铜矿床及其成因[J].地质与勘探,1986,22(6):28-32.
- [2]艾霞,冯建忠.内蒙大井锡多金属矿床成矿地质特征及成因探讨[J].有色金属矿产与勘查,1992,(2):82-92.
- [3]冯建忠.大井锡多金属硫化物矿床地质特征及成因[J].地质与勘探,1992,(1):69-77.
- [4]张德全.大井银铜锡矿体——一个潜火山热液矿床的特征和成因[J].火山地质与矿产,1993,14(1):37-46.
- [5]任耀武,曹倩雯.再论内蒙古大井锡铜多金属矿床成因[J].吉林地质,1996,15(2):45-51.
- [6]郑波.内蒙古大井锡多金属矿床次火山岩脉与成矿[J].矿产与地质,2009,23(4):335-339.
- [7]张会琼,王京彬,王玉往,等.内蒙古大井锡多金属矿床脉岩的成矿与找矿意义[J].地质与勘探,2011,47(3):344-352.
- [8]江思宏,梁清玲,刘翼飞,等.内蒙古大井矿区及外围岩浆岩锆石U-Pb年龄及其对成矿时的约束[J].岩石学报,2012,28(2):495-513.
- [9]廖震,王玉往,王京彬,等.内蒙古大井锡多金属矿床岩脉LA-ICP-MS锆石U-Pb定年及其地质意义[J].岩石学报,2012,28(7):2292-2306.
- [10]冯建忠,艾霞,吴俞斌,等.内蒙大井多金属矿床稳定同位素地球化学特征[J].吉林地质,1994,13(3):60-66.
- [11]赵一鸣,王大畏,张德全,等.内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式[M].北京:地震出版社,1994.
- [12]赵一鸣,张德全.大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价[M].北京:地震出版社,1997.
- [13]Nasdala L, Hofmeister W, Norberg N, et al. Zircon M257 - a homogeneous natural reference material for the ion microprobe U-Pb analysis of zircon[J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2008, 32: 247-265.
- [14]Liu Y S, Hu Z C, Gao S, et al. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard[J]. Chemical Geology, 2008, 257: 34-43.
- [15]Ludwig K R. User's Manual for Isoplot 3.0: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M]. Berkeley Geochronology Center. Special publication, 2003, 4: 1-71.
- [16]吴元保,郑永飞.锆石成因矿物学研究及其对U-Pb年龄解释的制约[J].科学通报,2004,49(16):1589-1604.
- [17]艾永富,张晓辉.内蒙大井矿床的脉岩与成矿[C]//中国地质学会.“八五”地质科技重要成果学术交流会论文选集.北京:冶金工业出版社,1996:231-234.
- [18]孙德有,吴福元,李惠民,等.小兴安岭西北部造山后A型花岗岩的时代及与索伦山-贺根山-扎赉特碰撞拼合带东延的关系[J].科学通报,2000,45(20):2217-2222.
- [19]孙德有,吴福元,张艳斌,等.西拉木伦河-长春-延吉板块缝合带的最后闭合时间——来自吉林大玉山花岗岩体的证据[J].吉林大学学报(地球科学版),2004,34(20):174-181.

- [20]尚庆华. 北方造山带内蒙古中、东部地区二叠纪放射虫的发现及意义[J]. 科学通报, 2004, 49(24):2574-2579.
- [21]施光海, 苗来成, 张福勒, 等. 内蒙古锡林浩特 A 型花岗岩的时代及区域构造意义[J]. 科学通报, 2004, 49(4):384-389.
- [22]刘永江, 张兴洲, 金巍, 等. 东北地区晚古生代区域构造演化[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 943-951.
- [23]Miao L C, Fan W M, Liu D Y, et al. Geochronology and geochemistry of the Hegenshan ophiolitic complex: Implications for late-stage tectonic evolution of the Inner Mongolia-Daxinganling Orogenic Belt, China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2008, 32(5/6):348-370.
- [24]赵越, 徐刚, 张栓宏, 等. 燕山运动与东亚构造体制的转变[J]. 地学前缘, 2004, 11(3):319-328.
- [25]刘建明, 张锐, 张庆洲. 大兴安岭地区的区域成矿特征[J]. 地学前缘, 2004, 11(1): 269-277.
- [26]胡健民, 刘晓文, 赵越, 等. 燕山板内造山带早期构造变形演化——以辽西凌源太阳沟地区为例[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 255-271.
- [27]邓晋福, 赵国春, 苏尚国, 等. 燕山造山带燕山期构造叠加及其大地构造背景[J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(2): 157-165.
- [28]张吉衡. 大兴安岭中生代火山岩年代学及地球化学研究[D]. 武汉:中国地质大学博士学位论文, 2009.
- [29]刘伟, 潘小菲, 谢烈文, 等. 大兴安岭南段林西地区花岗岩类的源岩:地壳生长的时代和方式[J]. 岩石学报, 2007, 23(2):441-460.