

大兴安岭南段安乐锡多金属矿床锡石 U-Pb 年龄及对成矿时代的限定*

于灵艳¹, 王丰翔^{2,3,4}, 王磊^{2,4}, 刘翼飞⁴, 栾卓然², 宋泽峰²

(1.河北地质大学华信学院, 河北 石家庄 050702; 2.河北省战略性关键矿产资源重点实验室 河北地质大学 河北 石家庄 050031; 3.内蒙古自治区岩浆活动成矿与找矿重点实验室 内蒙古自治区地质调查院 内蒙古 呼和浩特 010020; 4. 河北省光电信息与地球探测技术重点实验室河北 河北地质大学 石家庄 050031)

Cassiterite LA-MC-ICP-MS U-Pb age of Anle Sn-polymetal deposit occurred in the southern part of Great Xing'an Range: Restriction on the age of Sn-polymetal mineralization

YU Lingyan¹, WANG Fengxiang^{2,3,4}, WANG LEI^{2,4}, LIU Yifei⁴, LUAN Zhouan², SONG Zefeng²

(1.Huaxin College of Hebei GEO University, Shijiazhuang 050702, Hebei, China; 2.Hebei Key Laboratory of Strategic Critical Mineral Resources, Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, Hebei, China; 3.Inner Mongolia Key Laboratory of Magmatic Mineralization and Ore-Prospecting, Geological Survey Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China; 4 Hebei Key Laboratory of Optoelectronic Information and Geo-detection Technology, Hebei GEO University, China, Shijiazhuang 050031 Hebei, China)

1 研究目的 (Objective)

安乐锡多金属矿床位于大兴安岭南段, 是一个以“S型”断裂控制的 Sn(W)-Cu-Ag (Pb-Zn)多金属矿化为特征的典型锡多金属矿床。锡多金属矿化主要寄宿在斑状花岗岩体内, 在空间上与高分异的早白垩世花岗斑岩密切相关。然而, 由于缺乏高精度的锡多金属的成矿时代, 安乐矿床的成矿时代和成因机制尚不明确, 在成因上是否与花岗斑岩系统有关仍然存在较大的争论。本研究提供了新的 In situ LA-MC-ICP-MS 锡石 U-Pb 年龄, 为综合研究锡多金属矿化的成因提供了高精度的年代学依据。

2 研究方法 (Methods)

锡石原位 LA-ICP-MS U-Pb 测年分析利用 Neptune、Thermo Fisher Scientific MC-ICP-MS 在天津地质矿产研究所测试完成。激光采样使用 ESIUP193FX ArF 准分子激光烧蚀系统, 操作波长为 193 nm, 脉冲宽度为 5 ns。使用内部标准样品(GJ-1 和 SRM 610), 用于纠正仪器质量偏差和激光诱导的 U-Pb 分馏。利用 Ludwig(2003)的 ISOPLOT 程序对 $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 值进行了 2σ 水平的校正。

3 研究结果 (Results)

31 个锡石样品分别采自于矿床的下段 Sn(W)矿化段 (A 带) 和中部的 Sn(Cu) (B 带), 用于锡石 LA-ICP-MS U-Pb 测年。阴极发光图形显示, 锡石主要呈自形-自形粒状 (1~1.5 mm) (图 1a), 多以浸染状和集合体形式赋存在石英脉和花岗斑岩内。31 个测试点的 U 和 Pb 的质量分别介于 $1.99 \sim 567.11 \times 10^{-6}$ (平均值为 76.11×10^{-6}) 和 $0.93 \sim 13.87 \times 10^{-6}$ (平均值为 6.60×10^{-6} , 附表 1)。 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的比值分别介于 1.38 ~ 481.89 和 0.0333 ~ 3.9782 之间。校正后的比值具有良好的线性关系, 得到可靠的等时线年龄为 $144 \pm 13 \text{ Ma}$ (MSWD =

作者简介: 于灵艳, 女, 1988 年生。讲师, 主要从事矿物学、岩石学、矿床学教学与科研工作。E-mail:327716979@qq.com

通讯作者: 王丰翔, 男, 1984 年生。助理研究员, 矿产勘查专业, 主要从事大型-超大型矿床研究。E-mail:wfx0316@163.com。

0.37;图 1a), 与赋矿的斑状花岗岩的锆石 U-Pb 年龄($144 \pm 3\text{Ma}$, $\text{MSWD} = 3.2$)非常吻合, 说明锡多金属成矿与斑状花岗岩具有成因联系。

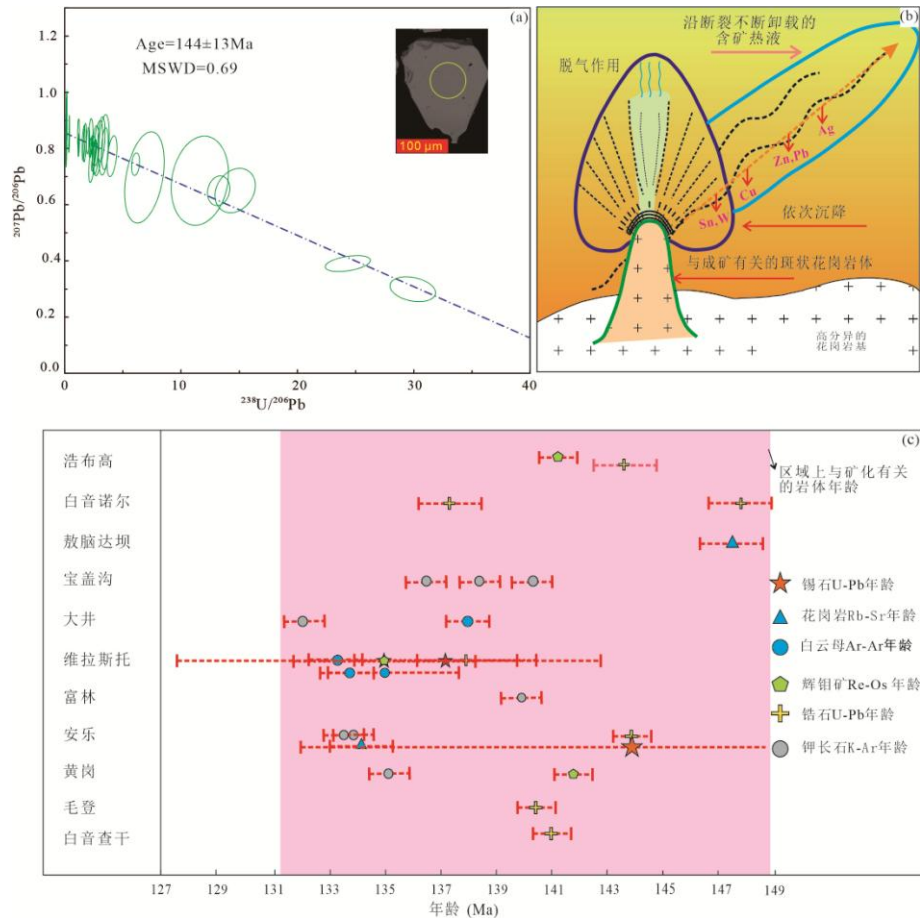


图 1 (a) 锡石 $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 等时线图; 并显示典型的锡石阴极发光照片和 U-Pb 测试位置 (黄色圆圈); (b) 高分异花岗岩斑岩与安乐成矿系统的成因联系及成矿系统 Sn、W、Cu、Zn、Pb、Ag 等成矿元素的卸载顺序和空间定位; (c) 大兴安岭南段区域性富锡侵入岩体和典型锡多金属矿床年代学构架。

Fig.1 Cassiterite: (a) images from the the Anle, the yellow circles indicate the locations of U-Pb dating analyses; and $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ isochron diagram; (b) Carton showing temporal and spatial evolution of ore-forming element, such as Sn, W, Cu, Zn, Pb and Ag in the Anle Sn-polymetal mineral system; (c) the chronology of regional Sn-rich intrusions and typical Sn-polymetallic deposits in the south segment of the Great Xing'an Range.

4 结论 (Conclusions)

本研究测得的锡石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄 ($144 \pm 13\text{Ma}$) 与赋矿的花岗斑岩的锆石 U-Pb 年龄 ($144 \pm 3\text{Ma}$) 高度一致。这表明, 安乐锡多金属矿床与高分异的斑状花岗岩的侵位具有时空和成因学上的联系。Sn-W-Cu-Pb-Zn-Ag 多金属矿化可能是岩浆热事件不断演化的结果, 结晶分异可能在其演化过程中发挥了重要作用 (图 1b)。随着温度、压力、氧逸度等物化条件的不断变化, Sn-W、Cu、Pb-Zn-Ag 不断卸载, 形成了多金属矿化的特征。

本次测得的锡石 U-Pb 年龄 ($\sim 144\text{Ma}$) 与大兴安岭南段锡多金属成矿峰值期 ($149 \sim 131\text{Ma}$) 基本一致 (图 1c)。这一时期在大兴安岭形成了大量的与板内构造-岩浆演化有关的锡多金属矿床, 典型矿床包括大井 Fe-Sn、沙麦 Sn-W、查木罕 Sn-Mo、维拉斯托 Sn 多金属、白音查干 Sn 多金属、双尖子山 Ag-Pb-Zn-Cu-Sn、白音诺尔 Pb-Zn-Ag-Sn (腰尔压段)、宝盖沟锡多金属、毛登 Sn 多金属和本次研究的安乐 Sn 多金属矿床 (图 1c)。这些矿床均以多金属成

矿为特征，并处于造山后伸展的构造环境。

一般认为，蒙古-鄂霍次克洋在中侏罗（~160 Ma）闭合，晚侏罗-早白垩世，矿区进入了后碰撞伸展的阶段。于此同时，在~145 Ma，古太平洋板块的俯冲方向也由 N-NNW 向 NW 方向转变。由此可见，安乐大规模矿化可能为蒙古-鄂霍次克和古太平洋构造体系共同作用的产物。

5. 基金项目(Fund support)

本研究由地质大调查项目(DD20221795 和 DD20221684)和河北地质大学博士科研基金(BQ2018032)联合资助。

附表 1: 安乐锡多金属矿床锡石 LA-ICP-MS U-Pb 测年结果

Attached table 1: LA-ICP-MS U-Pb dating results of Anle Sn-polymetal deposit

Spot	Pb	Th 10 ⁻⁶	U	U-Pb isotopic ratios						rho
				²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1sigma	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1sigma	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1sigma	
AL-19-9-2	28.1279	0.0393	9.0414	0.73075	0.01624	16.67537	0.73136	0.16227	0.00571	0.802726
AL-19-9-4	1.9854	0.0017	1.7941	0.61890	0.04158	6.10759	0.59756	0.06795	0.00526	0.790889
AL-19-9-5	10.7752	0.0070	6.7446	0.63009	0.01967	6.75755	0.44657	0.07522	0.00359	0.722222
AL-19-9-6	32.9133	0.0197	1.8287	0.83563	0.01482	83.21276	3.13266	0.73332	0.02906	1.052516
AL-19-9-7	77.0739	0.0379	4.1034	0.85465	0.02456	90.91101	3.83146	0.77658	0.02833	0.865659
AL-19-9-8	3.6718	0.0032	7.9138	0.39808	0.01645	2.21326	0.12214	0.04099	0.00215	0.952459
AL-19-9-9	60.3567	0.0332	6.7794	0.78587	0.01694	43.36147	3.09803	0.41248	0.03466	1.176245
AL-19-9-10	113.1511	0.0555	13.8663	0.80058	0.01278	41.43624	1.71018	0.38074	0.01719	1.09391
AL-19-9-12	22.6207	0.0217	3.7826	0.77804	0.02034	32.86179	3.36609	0.29282	0.02638	0.879463
AL-19-9-13	51.9938	0.0455	6.1035	0.79905	0.01084	37.86014	3.41844	0.34223	0.03131	1.01312
AL-19-9-14	140.3074	0.0578	6.9426	0.86777	0.03636	94.17740	4.62017	0.80065	0.03364	0.856344
AL-19-9-17	44.5670	0.0166	7.2326	0.77603	0.01400	31.46080	2.33011	0.28499	0.01692	0.801804
AL-19-9-18	135.7870	0.0354	9.7114	0.82046	0.00927	66.09969	3.71417	0.58388	0.03270	0.996604
AL-19-9-19	72.3196	0.0396	7.0635	0.80626	0.00872	48.94569	1.63124	0.44118	0.01455	0.989259
AL-19-9-20	7.9359	0.0022	4.4165	0.48882	0.03846	8.10324	1.52161	0.08560	0.01179	0.733455
AL-19-9-21	116.2126	0.0287	8.8373	0.81968	0.01121	63.35347	3.89114	0.55898	0.03400	0.990299
AL-19-9-22	37.7042	0.0395	3.8570	0.83173	0.02423	50.65832	3.11575	0.43606	0.02161	0.805828
AL-19-9-25	4.6739	0.0039	0.9323	0.82652	0.04813	25.76901	1.80873	0.24150	0.01636	0.965242
AL-19-9-27	37.3673	0.0712	3.4900	0.88211	0.05476	54.23255	4.68686	0.43856	0.01475	0.389147
AL-19-9-28	79.1352	0.0662	9.3580	0.78631	0.01034	39.01181	1.42647	0.36296	0.01399	1.054127
AL-19-9-29	56.6636	0.0315	9.6219	0.80094	0.01545	28.39659	0.86232	0.29675	0.04450	4.937911
AL-19-9-30	12.1736	0.2412	3.9783	0.67676	0.03478	13.90179	2.49744	0.14449	0.02331	0.898080
AL-19-9-31	3.6125	0.0062	12.9664	0.28036	0.01548	1.38312	0.16028	0.03335	0.00143	0.370655
AL-19-9-32	77.1064	0.0340	7.7728	0.81267	0.01078	47.04451	1.44420	0.41897	0.01161	0.902469
AL-19-9-33	67.9792	0.0248	7.2881	0.78433	0.01089	40.45361	3.45489	0.36871	0.02729	0.866768
AL-19-9-34	67.0447	0.0274	8.9903	0.81827	0.02874	35.78800	2.66119	0.31099	0.01999	0.864475
AL-19-9-35	54.7256	0.0539	6.5567	0.80066	0.01268	41.55674	1.47728	0.38921	0.02216	1.601663
AL-19-9-36	183.9872	0.0604	3.3866	0.84844	0.01020	264.28850	15.26640	2.24563	0.12694	0.978623
AL-19-9-37	567.1051	0.1030	6.4905	0.88567	0.02778	481.88926	53.96785	3.97819	0.44920	1.008252
AL-19-9-38	79.4492	0.0451	4.3902	0.81955	0.01067	85.94972	3.16484	0.76608	0.02879	1.020525
AL-19-9-39	110.7616	0.0834	9.2944	0.83467	0.00977	55.17796	2.26601	0.48286	0.02040	1.028966