

西藏曲水县达布斑岩铜(钼)矿床成岩成矿年代学研究

高一鸣¹⁾, 陈毓川²⁾, 唐菊兴¹⁾, 罗茂澄³⁾, 冷秋锋⁴⁾, 王立强¹⁾,
杨海锐⁴⁾, 普布次仁⁵⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037;

2) 中国地质科学院, 北京 100037;

3) 中国地质大学(北京), 北京 100083;

4) 成都理工大学, 四川成都 610059;

5) 西藏自治区地质矿产勘查开发局, 西藏拉萨 850000

摘 要: 本文采用锆石 LA-ICP-MS 微区 U-Pb 测年技术, 对冈底斯成矿带东段曲水县达布斑岩 Cu(Mo)矿床北部达布矿区含矿斑岩体、南部显角囊含矿花岗岩闪长斑岩岩体进行了年代学研究, 通过对 3 件岩体样品中单颗粒锆石的分析, 达布主矿体花岗岩闪长斑岩样品 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 $16.5 \pm 0.05 \text{ Ma}$ ($n=15$, $\text{MSWD}=3$), 达布主含矿体二长花岗岩斑岩样品年龄为 $16.1 \pm 0.13 \text{ Ma}$ ($n=15$, $\text{MSWD}=1.03$), 南部显角囊矿体花岗岩闪长斑岩年龄为 $16.2 \pm 0.04 \text{ Ma}$ ($n=13$, $\text{MSWD}=0.0064$)。对达布矿床斑岩 Cu(Mo)矿床主矿体中 4 件辉钼矿样品, 显角囊矿体中 6 件辉钼矿样品, 分别进行了 Re-Os 同位素测试, 等时线年龄分别为 $14.6 \pm 0.50 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD}=0.35$, 主矿体)、 $14.8 \pm 0.23 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD}=1.3$, 显角囊)。结合前人研究以及本次测年结果认为: 1) 达布斑岩铜(钼)矿床岩体侵位的年龄应限定在 16 Ma 左右, 成矿时代为 14 Ma 左右, 成矿时间差小于 0.86 Ma, 与区域上“成矿瞬时发生”的成矿规律是一致的; 2) 矿床产出印度-亚洲大陆板块后碰撞伸展环境。

关键词: 西藏; 冈底斯; 达布斑岩 Cu(Mo)矿床; 锆石 U-Pb 年龄; 辉钼矿 Re-Os 年龄; 后碰撞伸展

中图分类号: P618.41; P597 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2012.04.21

A Study of Diagenetic and Metallogenic Geochronology of the Dagbo Cu (Mo) Deposit in Quxur County of Tibet and Its Geological Implications

GAO Yi-ming¹⁾, CHEN Yu-chuan²⁾, TANG Ju-xing¹⁾, LUO Mao-cheng³⁾, LENG Qiu-feng⁴⁾,
WANG Li-qiang¹⁾, YANG Hai-rui⁴⁾, Phurbu Tsering⁵⁾

1) MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

2) Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

3) China university of Geosciences(Beijing), Beijing 100083;

4) Chengdu University of technology, Chengdu, Sichuan 610059;

5) Geological and Mineral Resources Exploration Bureau of Tibet, Tibet, Lasa 850000

Abstract: Located in Quxu County of Tibet, the Dabu porphyry Cu-Mo deposit lies in the eastern part of the Gangdise belt. The authors made high-precision magmatic zircon dating of the granodiorite from the Dabu deposit. The U-Pb dating analyses show that the weighted mean ages of the porphyry from the main ore body are

本文由 973 项目“青藏高原南部增生造山成矿系统发育机制”(编号: 2011CB403103)和青藏专项“西藏冈底斯东段中生代斑岩成矿系统与找矿预测”(编号: 1212011085529)联合资助。

收稿日期: 2012-07-01; 改回日期: 2012-07-16。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 高一鸣, 男, 1981 年生。博士, 助理研究员。主要从事青藏高原矿床学、区域成矿学研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号。电话: 010-68999866。E-mail: rob8153@126.com。

16.5±0.05 Ma(n=13, MSWD=3, granodiorite) and 16.1±0.13 Ma(n=15, MSWD=1.03, monzonitic granite-porphyry) respectively. The U-Pb dating analyses indicate that the granodiorite from the Xianjiaonang ore body has the weighted mean age of 16.2±0.04 Ma(n=13, MSWD=0.0064). For the purpose of determining the mineralization time of the deposit, 4 molybdenite samples from the north and 6 molybdenite samples from the south were selected to conduct Re-Os dating. The Re-Os dating yielded isochron age of 14.6±0.50 Ma(MSWD=0.35, N) for the samples from the northern part and 14.8±0.23 Ma(MSWD=1.3, S) for the samples from the southern part of the deposit, respectively. Based on the results mentioned above in association with data available, it is proposed that crystallization of the porphyry occurred at about 16Ma, and the mineralization age of the deposits is about 14Ma, in a short period with time span shorter than 0.86Ma, implying the speciality of paroxysmal mineralization in the post-collision extension environment.

Key words: Tibet; Gangdise; Dabu Cu(Mo) deposit; zircon U-Pb dating; post-collision; molybdenite Re-Os dating

西藏冈底斯成矿带中部的达布铜(钼)矿床, 位于曲水县南木乡达布村, 也叫做南木铜矿, 其地理坐标为: 东经 90°45'00" ~ 90°51'00", 北纬 29°27'00" ~ 29°33'30", 其与冲江、厅工、驱龙、甲玛等构成了一条东西向的资源潜力巨大的斑岩型铜(钼)成矿带(曲晓明等, 2001; 侯增谦等, 2003), 一直以来受到社会各界的广泛关注。从 1995 年矿点开发前期开始, 前人开展了一系列的科学研究: 认为与成矿有关的斑岩 K-Ar 年龄为 13.3 ~ 14.6 Ma(夏抱本等, 2007); 辉钼矿 Re-Os 年龄为 14.67±0.2 Ma(曲晓明等, 2001; 侯增谦等, 2003); 岩体侵位年龄和成矿年龄限定其成矿对应于印度-亚洲大陆碰撞造山之后碰撞伸展阶段(侯增谦等, 2003); 流体包裹体研究表明, 成矿流体属于高盐度, 高温岩浆流体, 岩浆热液提供了主要的金属物质(张绮玲等, 2003); 流体包裹体中高 Cr、Cu、Pb, 低 Ni、Fe、Zn, 晚期有 Au 富集, Cu 倾向于在高盐度流体中富集, 区内斑岩在物质来源上和甲玛矿区斑岩具有亲缘性, 但二者是平行演化的(连玉等, 2008); 含矿斑岩属钾玄岩至高钾钙碱性岩系, 富集大离子不相容元素 Rb、Ba、Th、Sr, 亏损高场强元素 Nb、Ta 和重稀土元素 Yb, 轻、重稀土分馏明显呈平滑右倾型式(曲晓明等, 2001); 其地球化学组成与典型的埃达克岩的地球化学组成非常类似, 是中新世后碰撞构造环境中, 板片断离软流圈热源上涌, 触发富钾增厚下地壳部分熔融形成的(夏抱本等, 2007); 与冈底斯成矿造山带含矿埃达克岩特征一致(曲晓明等, 2010)。但是由于矿床开发阶段的限制, 始终没有对矿区成矿岩体、矿石中的辉钼矿进行系统的成岩成矿年代学研究, 随着矿床开发进程的推进, 达布矿床已经发现两个含矿斑岩体, 分属两个矿权所有, 主矿体位于矿区北部, 矿权属金川矿业公司(图 1-M 区域), 2009—

2010 年金川矿业公司开展了一系列的勘查工作, 基本查明该矿床是一个低品位斑岩型铜钼矿床; 矿区南部矿权属西藏地质六队所有, 2010—2012 年西藏地质六队在达布矿区南部及外围地区实施了西藏达布铜钼矿调查评价项目, 重点在南部显角囊地区(图 1-X 区域)实施了钻探工作, 初步探明南部矿化以 Cu 矿化为主, Mo 品位变化较大且不连续, 很难圈出矿体, 整个矿区形成了北部为 Cu+Mo 矿化, 南部为 Cu 矿化为主的局面。本文对达布主矿体(图 1-M 区域)和显角囊矿体(图 1-X 区域)中的锆石和辉钼矿进行了具有针对性的系统取样, 希望通过精确测年对比研究, 以及岩石地球化学特征研究, 深入讨论成矿地球动力学背景及成矿环境, 揭示矿床成因。

1 地质概况及矿化特征

达布斑岩 Cu(Mo)矿床位于冈底斯岩浆岩带中段的南部, 隶属拉萨市曲水县南木乡管辖, 其南距雅鲁藏布江结合带约 30 km。区内仅见少量沿沟谷分布的第四系, 其余均为岩体分布区, 达布矿区外围为曲水岩基, 岩体侵位年龄为 56~44 Ma(Mo et al., 2005), 主要岩性有灰白色-浅肉红色中粗粒黑云母二长花岗岩、灰白色中粗粒似斑状角闪黑云二长花岗岩、灰白色中粗粒花岗闪长岩以及灰白色细粒白岗岩等, 分布范围广、面积大, 多呈岩基产出。矿区内出露的侵入岩主要为灰白色中细粒花岗闪长斑岩、灰白色花岗斑岩、灰白色二长花岗斑岩以及灰白色细粒斑状花岗岩, 而直接参与成矿的是灰白色花岗闪长斑岩与灰白色二长花岗斑岩, 二者均为研究区的含矿斑岩。根据本文最新测年结果, 其侵入年代集中在中新世, 所以达布矿床是一个独特的, 含矿斑岩体侵入于早期形成的岩基的斑岩型铜钼矿床, 成矿岩体的围岩也为中酸性岩体, 即所谓的“体

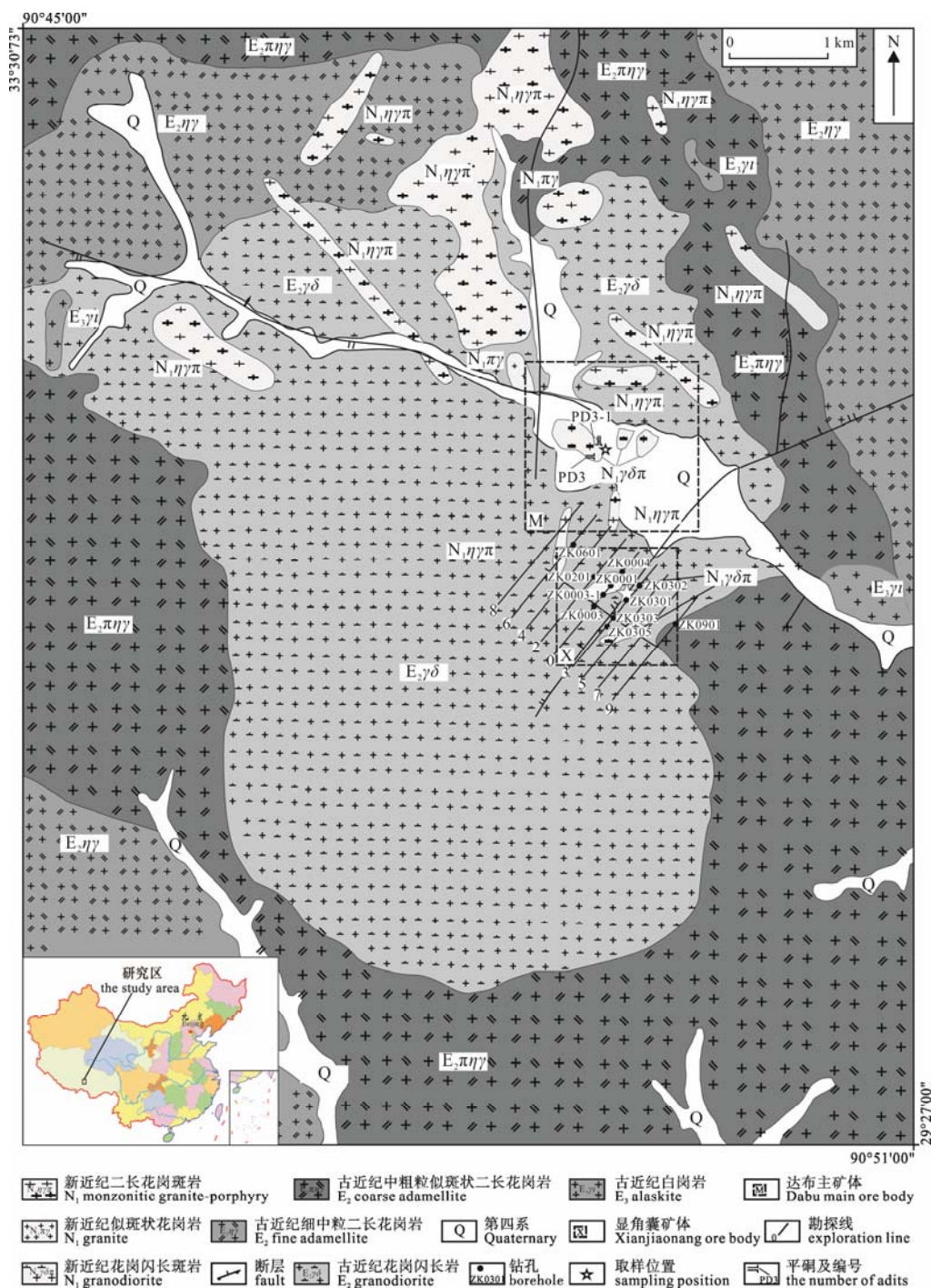


图 1 达布 Cu(Mo)矿床地质略图
Fig. 1 Geological map of the Dabu Cu (Mo) deposit

中体”矿床(图 1)。

达布主矿体位于矿区北部(图 1-M 区域), 主要由花岗闪长斑岩和二长花岗斑岩组成, 花岗闪长斑岩多发育泥化(高岭土化)、钾化、硅化、青盘岩化、黄铁绢英岩化等, 二长花岗斑岩以泥化(高岭土化)为主, 其他蚀变较弱。总体上, 含矿岩体蚀变较弱, 分带性较差, 多呈岩株、岩滴状产出。显角囊矿体位于矿区南部(图 1-X 区域), 为花岗闪长斑岩, 蚀变

主要有泥化(高岭土化)、钾化、硅化、青盘岩化等。

达布铜钼矿区矿石中金属矿物和非金属矿成分均较为简单, 主要金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、斑铜矿、锌砷黝铜矿、闪锌矿、方铅矿、铜蓝、孔雀石及钼华等; 非金属矿物成分主要为斜长石和石英, 次为钾长石、黑云母、角闪石、绿帘石、方解石; 次生矿物主要为绢云母、高岭土和绿泥石。铜钼矿体矿石结构主要为半自形-它形粒状结构。矿

石构造主要为星散浸染状、细脉浸染状、细脉状、网状状和角砾状。

2 岩浆岩锆石 U-Pb 测年

2.1 采样位置及样品简述

本研究(锆石 LA-ICP-MS 测年)样品采于西藏曲水县达布铜(钼)矿床花岗闪长岩中, 样品质量约 2 kg。取样位置见图 1, 其中 PD3-1YT 采自达布主矿体 PD3-1 平硐洞口, 洞口坐标为 X: 2931159, Y: 9648445, H: 4201 m, PD3-23 采自达布主矿体 PD3 平硐洞口, 洞口坐标为: X: 2931151, Y: 9048452, H: 4188 m; NMP-1 取自矿区南部显角囊矿体钻孔 ZK0301(图 1)。

2.2 样品处理及测试结果

岩体锆石 U-Pb 测年是在中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室 Neptune 多接收等离子质谱和 Newwave UP213 紫外激光剥蚀系统(LA-MC-ICP-MS)上进行的, 相关仪器运行条件及详细分析流程见侯可军等(2007)。数据处理采用 Ludwig 的 SQUID1.02 及 ISOPLOT 程序自动完成(Ludwig, 2000, 2001)。采用年龄为 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄。普通铅根据实测的 ^{204}Pb 进行校正。

对达布铜(钼)矿床主矿体花岗闪长斑岩和二长花岗斑岩 2 块样品, 南部显角囊含矿花岗闪长斑岩 1

块样品中的锆石测定了 41 颗锆石 41 个分析点, 锆石测试结果见表 1, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和图解见图 3。图 2 为被测锆石的阴极发光(CL)图像、测定点位和相应的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 视年龄。锆石的阴极发光(CL)图像研究显示(图 2): 分选的单颗粒锆石均较完整, 为柱状自形晶, 长度约 100~220 μm , 宽度约 100~150 μm , 长宽比约为 1:1~1.47:1。锆石均发育典型的震荡环带结构。总体上岩体锆石的 Th、U 含量变化范围较大, Th 含量变化范围为 87.69×10^{-6} ~ 1501.12×10^{-6} 。U 含量变化范围为 47.34×10^{-6} ~ 1148.01×10^{-6} , Th/U 比值变化范围为 0.7702~3.0969。结合离子探针的位置可以看出, 锆石的阴极发光图像上灰度越深, 则 Th、U 的含量越高。

样品 PD3-1YT 的 13 个测年点所获年龄数据在 $(15.76\pm 0.61) \sim (16.99\pm 0.11)$ Ma 之间, 较为集中, 在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上样品点均投影在谐和线上或谐和线附近(图 3A), 其加权平均值为 16.5 ± 0.05 Ma($n=13$, MSWD=3)。样品 PD3-23 的 15 个测年点所获年龄数据在 $(15.61\pm 0.69) \sim (16.44\pm 0.17)$ Ma 之间, 较为集中, 在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上样品点均投影在谐和线上或谐和线附近(图 3B), 其加权平均值为 16.1 ± 0.13 Ma($n=15$, MSWD=1.03)。样品 NMP-1 的 13 个测年点所获年龄数据在 $(16.17\pm 0.05) \sim$



图 2 西藏达布铜(钼)矿床花岗闪长斑岩 PD3-1YT, NMP-1)、二长花岗斑岩(PD3-23)锆石 CL 图像、分析点位及 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 视年龄, 1.1-14.1 为分析点号, 15.79 ± 0.74 Ma 和类似标注为 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 视年龄

Fig. 2 Cathodoluminescence photomicrographs (CL), measuring points and age data ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) of zircons from granodiorite (PD3-1YT, NMP-1) and monzonitic granite-porphyry (PD3-23) of the Dabu Cu(Mo) deposit, 1.1 to 14.1 represent analyzed spots, 15.79 ± 0.74 Ma and similarly-marked data represent $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ apparent ages

表 1 西藏达布铜(钼)矿床花岗闪长斑岩(PD3-1YT, NMP-1)、二长花岗斑岩(PD3-23)中锆石 U-Pb 测年分析结果
Table 1 U-Pb zircon data from granodiorite (PD3-1YT, NMP-1) and monzonitic granite-porphyry (PD3-23) in the Dabu Cu(Mo) deposit, Tibet

分析 点号		Pb (Total) (×10 ⁻⁶)	Th (×10 ⁻⁶)	U (×10 ⁻⁶)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄(Ma)		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	
						测值	误差	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ
PD3-1YT	1.1	15.90	414.39	139.38	2.9732	15.79	0.74	0.04630	0.00400	0.01569	0.00152	0.00245	0.00011
	2.1	0.34	212.90	130.13	1.6361	15.76	0.61	0.04741	0.00900	0.01595	0.00281	0.00245	0.00010
	3.1	25.38	159.95	110.57	1.4466	16.28	0.49	0.04839	0.00289	0.01678	0.00089	0.00253	0.00008
	4.1	7.24	87.69	47.34	1.8522	16.83	0.36	0.04922	0.00498	0.01748	0.00175	0.00261	0.00006
	5.1	18.65	122.63	58.40	2.0999	16.94	0.34	0.04888	0.00760	0.01758	0.00263	0.00263	0.00005
	6.1	3.27	393.34	250.30	1.5715	16.60	0.34	0.04850	0.00352	0.01730	0.00146	0.00258	0.00005
	7.1	2.95	358.61	191.30	1.8746	16.46	0.23	0.04824	0.00228	0.01700	0.00085	0.00256	0.00004
	8.1	0.32	474.67	166.84	2.8451	16.59	0.42	0.04752	0.00454	0.01683	0.00159	0.00258	0.00007
	9.1	22.95	114.81	49.91	2.3001	16.95	0.60	0.05402	0.02950	0.01923	0.01002	0.00263	0.00009
	10.1	4.33	248.31	119.69	2.0746	16.89	0.58	0.04732	0.00458	0.01700	0.00125	0.00262	0.00009
	11.1	10.17	249.34	126.61	1.9694	16.69	0.14	0.04700	0.00133	0.01673	0.00049	0.00259	0.00002
	12.1	16.69	441.83	256.87	1.7200	16.99	0.11	0.04858	0.00072	0.01766	0.00028	0.00264	0.00002
	13.1	0.27	155.14	85.70	1.8102	16.77	0.30	0.04651	0.00261	0.01668	0.00096	0.00260	0.00005
PD3-23	1.1	51.43	1204.86	646.72	1.8630	16.29	0.63	0.0476	0.0018	0.0166	0.0001	0.0025	0.0001
	2.1	55.97	1474.62	829.35	1.7780	16.39	0.28	0.0467	0.0016	0.0164	0.0006	0.0025	0.0000
	3.1	11.56	773.20	456.54	1.6936	16.12	0.31	0.0484	0.0015	0.0167	0.0005	0.0025	0.0000
	4.1	51.77	1501.12	1148.01	1.3076	16.44	0.17	0.0490	0.0004	0.0172	0.0002	0.0026	0.0000
	5.1	4.82	1105.07	557.34	1.9828	16.13	0.48	0.0475	0.0036	0.0165	0.0017	0.0025	0.0001
	6.1	45.34	929.31	635.28	1.4628	15.61	0.29	0.0485	0.0019	0.0162	0.0007	0.0024	0.0000
	7.1	22.40	452.53	203.89	2.2194	15.67	0.27	0.0476	0.0021	0.0160	0.0007	0.0024	0.0000
	8.1	32.67	148.64	192.99	0.7702	15.65	0.84	0.0489	0.0075	0.0162	0.0021	0.0024	0.0001
	9.1	21.13	476.69	276.00	1.7271	16.07	0.23	0.0466	0.0014	0.0160	0.0005	0.0025	0.0000
	10.1	58.14	738.26	425.94	1.7333	16.31	0.61	0.0479	0.0017	0.0168	0.0011	0.0025	0.0001
	11.1	0.44	282.05	204.28	1.3807	16.43	0.32	0.0481	0.0060	0.0169	0.0021	0.0026	0.0001
	12.1	34.50	676.36	515.59	1.3118	16.24	0.22	0.0478	0.0011	0.0166	0.0004	0.0025	0.0000
	13.1	22.94	592.74	512.34	1.1569	16.13	0.25	0.0475	0.0013	0.0164	0.0004	0.0025	0.0000
	14.1	15.38	167.33	108.41	1.5435	16.23	0.30	0.0467	0.0042	0.0162	0.0015	0.0025	0.0000
	15.1	52.74	774.48	442.44	1.7505	15.94	0.13	0.0475	0.0014	0.0162	0.0005	0.0025	0.0000
NMP-1	1.1	19.11	329.55	135.81	2.4265	16.46	1.28	0.0462	0.0052	0.0165	0.0031	0.0026	0.0002
	2.1	23.30	140.09	92.16	1.5200	16.60	0.41	0.0468	0.0049	0.0166	0.0017	0.0026	0.0001
	3.1	40.94	569.44	317.39	1.7941	16.42	0.23	0.0472	0.0031	0.0166	0.0009	0.0026	0.0000
	4.1	39.31	659.80	253.41	2.6037	16.64	0.30	0.0465	0.0017	0.0165	0.0006	0.0026	0.0000
	5.1	0.40	312.47	100.90	3.0969	16.43	0.25	0.0484	0.0063	0.0171	0.0024	0.0026	0.0000
	6.1	17.65	343.41	159.07	2.1589	16.57	0.53	0.0476	0.0066	0.0167	0.0018	0.0026	0.0001
	7.1	4.23	170.27	105.70	1.6108	16.86	0.31	0.0463	0.0037	0.0167	0.0016	0.0026	0.0000
	8.1	20.81	204.44	128.68	1.5887	16.60	0.27	0.0466	0.0044	0.0166	0.0016	0.0026	0.0000
	9.1	0.42	263.19	146.29	1.7992	16.69	0.53	0.0473	0.0051	0.0169	0.0018	0.0026	0.0001
	10.1	13.91	422.20	194.21	2.1740	16.63	0.26	0.0485	0.0013	0.0173	0.0008	0.0026	0.0000
	11.1	19.57	413.17	178.64	2.3129	16.47	0.61	0.0505	0.0034	0.0178	0.0018	0.0026	0.0001
	12.1	59.03	882.58	287.89	3.0657	16.17	0.05	0.0461	0.0063	0.0160	0.0022	0.0025	0.0000
	13.1	19.51	225.09	80.22	2.8058	16.49	0.36	0.0467	0.0067	0.0163	0.0022	0.0026	0.0001

注: 误差为 1 σ , ^{206}Pb 为放射性成因铅, 应用实测 ^{204}Pb 校正普通铅。

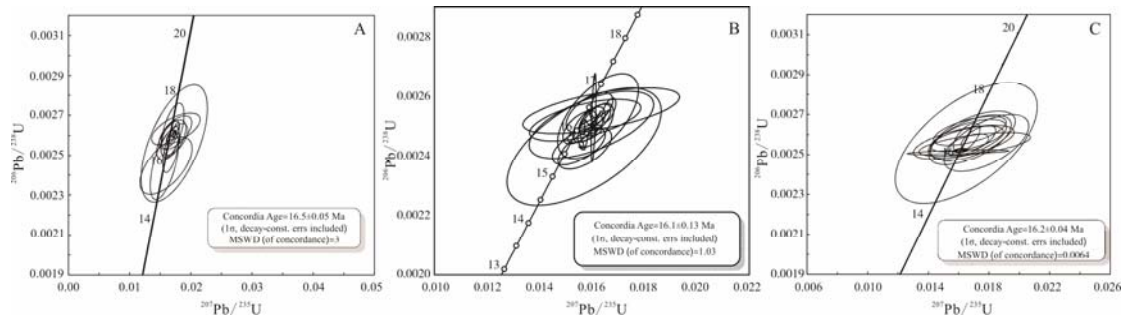


图3 西藏达布铜(钼)矿床花岗闪长斑岩(PD3-1YT), 二长花岗岩斑岩(PD3-23), 花岗闪长斑岩(NMP-1)的锆石 U-Pb 测年 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和图解

Fig. 3 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ concordia diagrams showing U-Pb dating results of zircons from granodiorite (PD3-1YT), monzonitic granite-porphyry (PD3-23) and granodiorite (NMP-1) in the Dabu Cu (Mo) deposit, Tibet

(16.36 ± 0.31) Ma 之间, 较为集中, 在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上样品点均投影在谐和线上或谐和线附近(图 3C), 其加权平均值为 16.2 ± 0.04 Ma($n=13$, MSWD=0.0064)。

3 辉钼矿 Re-Os 同位素年龄

3.1 样品采集及样品特征

对达布矿床南北两个矿权区矿石中的辉钼矿进行了分别采样, 北部金山矿权的辉钼矿呈细脉浸染状分布于花岗斑岩、二长花岗斑岩中, 本次研究采集了辉钼矿 4 件, 样品采自平硐 PD3, PD3 洞口坐标为 X: 2931151, Y: 9048452, H: 4188 m; 矿区南部六队矿权辉钼矿呈浸染状产于花岗闪长斑岩中, 样品采自达布显角囊地区 ZK301 钻孔岩心的不同深度。这些辉钼矿样品可代表矿区主要的辉钼矿类型。两个矿权区辉钼矿样品的产出特征见表 2。

3.2 Re-Os 同位素测定

Re-Os 同位素分析测试在国家地质实验测试中心 Re-Os 同位素实验室进行, 数据由电感耦合等离子体质谱仪 TJA X-series ICP-MS 进行测量而得到的。Re-Os 化学分离步骤和质谱测定等分析方法详见文献(杜安道等, 1994, 2001; Wieser et al., 2006; Du et al., 2004)。

3.3 分析结果

达布矿床金山矿权区 4 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测定结果, 以及达布矿床六队矿权区 6 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测定结果列于表 3。

达布主矿体 4 件辉钼矿样品的 Re 含量为 (394 ± 3)~(711 ± 10) $\mu\text{g/g}$, ^{187}Re 的含量为 (247 ± 2)~(447 ± 6) $\mu\text{g/g}$, ^{187}Os 的含量为 (61 ± 0.6)~(109 ± 1) ng/g 。辉钼矿的模式年龄分布在 (14.68 ± 0.6)~(14.71 ± 0.22) Ma 的范围内, 在误差范围内模式年龄较为一致。4 件样品所获得的等时线年龄为

(14.6 ± 0.50) Ma(MSWD=0.35; 图 4A), 加权平均年龄为 (14.7 ± 0.11) Ma(MSWD=0.22; 图 4B), 成矿年代属新近纪。显角囊 6 件辉钼矿样品的 Re 含量为 (222 ± 2)~(804 ± 8) $\mu\text{g/g}$, ^{187}Re 的含量为 (140 ± 1)~(505 ± 5) $\mu\text{g/g}$, ^{187}Os 的含量为 (35 ± 0.3)~(124 ± 1) ng/g 。辉钼矿的模式年龄分布在 (14.74 ± 0.24)~(15.05 ± 0.22) Ma 的范围内, 在误差范围内模式年龄较为一致。6 件样品所获得的等时线年龄为 (14.8 ± 0.23) Ma(MSWD=1.3; 图 4C), 加权平均年龄为 (14.9 ± 0.09) Ma(MSWD=0.96; 图 4D), 成矿年代亦属新近纪。可以看出达布矿区主矿体和显角囊矿体不同产状的辉钼矿基本属于同一时代成矿作用的产物。

4 讨论

4.1 成岩年龄

一般来说, 岩浆锆石的封闭温度高($>850^\circ\text{C}$), 锆石 U-Pb 年龄可以代表岩体的侵位年龄。本文选取的岩浆岩锆石的晶体柱面平直发育, 多数具有亮色的阴极荧光, 在阴极发光下具有明显的震荡环带结构, 显示出岩浆锆石具有的典型环带特点(图 2), 样品中锆石 Th/U 比值均高于 0.4, 这表明其具有一般岩浆成因锆石的特点(吴元保等, 2004)。在达布铜(钼)矿床三块斑岩样品的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上, 锆石测年点所获年龄数据点均投影在谐和线上或谐和线附近(图 3), 这一特征指示被测锆石未遭受明显的后期热事件的影响, 亦说明没有或较少的 Pb 丢失。结合谐和图以及两块样品年龄的加权平均值分析, 达布铜(钼)矿床南北两部岩体侵位时间几乎一致, 其中偏中性的花岗闪长斑岩稍早, 偏酸性的二长花岗斑岩稍晚, 结合前人获得区内二长花岗斑岩 3 个样品的 K-Ar 全岩稀释法同位素年龄值(分别为 13.3 Ma, 13.6 Ma 和 14.6 Ma, 夏抱本等, 2007), 考

表 2 达布矿区辉钼矿样品产出特征
Table 2 Modes of occurrence of molybdenite from the Dagbo Cu (Mo) deposit

样品编号	赋存岩性	采样位置	产状	形态	矿物组合
PD3-1	二长花岗斑岩	金川矿权区 PD3 平硐	石英脉中浸染状	细粒状	石英+辉钼矿
PD3-7	二长花岗斑岩	金川矿权区 PD3 平硐	石英脉中浸染状	细粒状	石英+辉钼矿
PD3-13	二长花岗斑岩	金川矿权区 PD3 平硐	裂隙中浸染状	细粒状	辉钼矿
PD3-14	二长花岗斑岩	金川矿权区 PD3 平硐	石英脉中浸染状	细粒状	石英+辉钼矿
NMP-ZK301-181	花岗闪长斑岩	显角囊 Zk301-181m	裂隙中浸染状	细粒状	辉钼矿
NMP-ZK301-51.4	花岗闪长斑岩	显角囊 Zk301-51.4m	裂隙中浸染状	细粒状	辉钼矿
NMP-ZK301-155.5	花岗闪长斑岩	显角囊 Zk301-155.5m	裂隙中浸染状	细粒状	辉钼矿
NMP-ZK301-329	花岗闪长斑岩	显角囊 Zk301-329m	石英脉中浸染状	细粒状	石英+辉钼矿
NMP-ZK301-343	花岗闪长斑岩	显角囊 Zk301-343m	裂隙中浸染状	细粒状	辉钼矿
NMP-ZK301-344.2	花岗闪长斑岩	显角囊 Zk301-344.2m	石英脉中浸染状	细粒状	石英+辉钼矿

表 3 达布铜(钼)矿床辉钼矿 Re-Os 分析结果
Table 3 Results of Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Dagbo Cu (Mo) deposit

样品编号	岩性	样品重量 (g)	Re (μ g /g)		普 Os (ng/g)		¹⁸⁷ Re (μ g /g)		¹⁸⁷ Os (ng/g)		模式年龄 (Ma)	
			测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度
PD3-1	二长花岗斑岩	0.00341	394	3	0.234	0.053	247	2	61.0	0.6	14.79	0.22
PD3-7	二长花岗斑岩	0.01114	711	10	0.055	0.021	447	6	109	1	14.68	0.27
PD3-13	二长花岗斑岩	0.00222	539	5	0.304	0.123	339	3	83.1	0.7	14.71	0.22
PD3-14	二长花岗斑岩	0.00187	430	3	0.318	0.214	270	2	66.1	0.5	14.68	0.20
NMP-ZK301-181	花岗闪长斑岩	0.00315	322	2	0.251	0.141	203	2	50.4	0.4	14.92	0.21
NMP-ZK301-51.4	花岗闪长斑岩	0.00631	376	3	0.073	0.037	236	2	58.4	0.5	14.85	0.21
NMP-ZK301-155.5	花岗闪长斑岩	0.00498	222	2	0.112	0.038	140	1	35.0	0.3	15.01	0.22
NMP-ZK301-329	花岗闪长斑岩	0.00633	233	3	0.069	0.028	147	2	36.3	0.3	14.87	0.25
NMP-ZK301-343	花岗闪长斑岩	0.00616	412	4	0.085	0.043	259	2	64.9	0.5	15.05	0.22
NMP-ZK301-344.2	花岗闪长斑岩	0.00244	804	8	0.207	0.079	505	5	124	1	14.74	0.24

注：样品由中国地质科学院国家地质实验测试中心 Re-Os 同位素实验室完成。

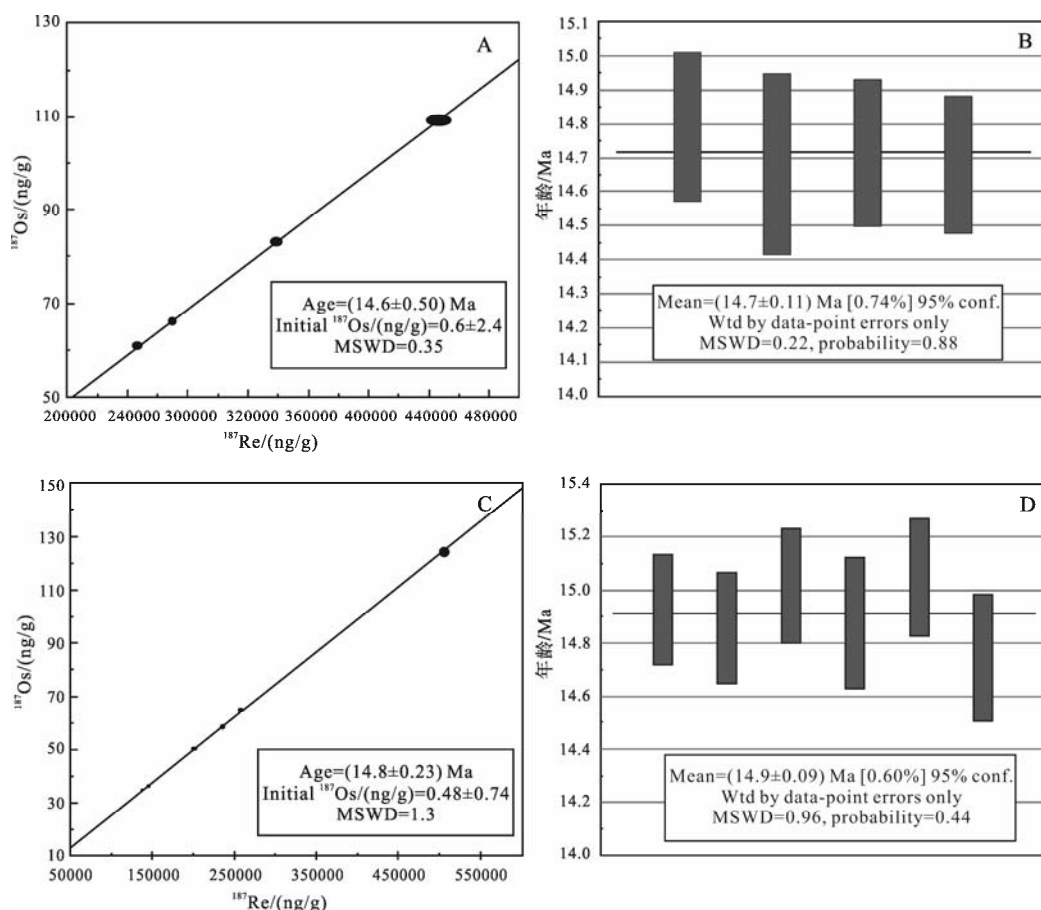


图4 达布铜(钼)矿床主矿体辉钼矿(PD3), 显角囊辉钼矿(NMP-ZK301)Re-Os 等时线年龄及加权平均年龄
Fig. 4 Re-Os isotopic isochron diagram and Re-Os weighted mean model age diagram of molybdenite (PD3) in the main ore body and molybdenite (NMP-ZK301) in the Xianjiaonang ore body of the Dabu Cu (Mo) deposit

考虑到这些 K-Ar 年龄可能反应的是岩浆热液后期叠加蚀变事件的年龄, 岩体侵位的年龄应限定在 16 Ma 左右。

4.2 成矿年龄

本文利用 Re-Os 法定年得到矿床北部的辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 $(14.68 \pm 0.6) \sim (14.71 \pm 0.22)$ Ma, 平均模式年龄 (14.7 ± 0.11) Ma, 等时线年为 (14.6 ± 0.50) Ma (MSWD=0.35)。矿床南部的辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 $(14.74 \pm 0.24) \sim (15.05 \pm 0.22)$ Ma, 平均模式年龄 (14.9 ± 0.09) Ma, 等时线年为 (14.8 ± 0.23) Ma (MSWD=1.3), 与侯增谦等(2003)得到的南木(达布)铜矿辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 $(14.7 \pm 0.1) \sim (14.9 \pm 0.2)$ Ma, 等时线年龄为 14.76 ± 0.22 Ma (MSWD=1.08) 这一结果高度一致。达布铜(钼)矿床中辉钼矿具有类似的模式年龄, 说明成矿作用的时限与岩浆系统的维系时间相比是一个爆发式的瞬时过程, 但是模式年龄的最大值和最小值之间还是具有一定的差值(0.86 Ma), 该差值是否就代表了成矿事件的持续时间还有待于进一步讨论。由辉钼矿 Re-Os 同位素测年原理可知, 该差值

产生的原因可能是以下三种因素之一, 或者是三种因素共同作用的结果: (1) 辉钼矿 Re-Os 体系中初始 ^{187}Os 是一个接近于 0 的相对均匀的值, 各个辉钼矿单晶形成封闭体系在时间这一维度上有先有后, 其成矿时间差是真实存在的; (2) 各个辉钼矿单晶形成封闭体系的时间是一致的, 而 Re-Os 体系中初始 ^{187}Os 的不均一性导致了这些差值的出现; (3) 实验误差(包括化学处理误差和测量误差等), 由辉钼矿 Re-Os 模式年龄的计算公式可知, 区内辉钼矿模式年龄的误差主要来源于实验获得的两个实测值 ^{187}Re , ^{187}Os 的实测误差的传递, 为 1.5% 左右。三种因素共同作用下得到了 0.86 Ma 的差值, 初始 ^{187}Os 不均一, 实验误差都会导致这一差值的增大, 所以实际上辉钼矿单晶成为封闭体系的时间差可能是很小的。由南北两区辉钼矿 Re-Os 等时线拟合计算可见, 初始 ^{187}Os 的误差达到了 154.17%~400%, 说明了本区辉钼矿 Re-Os 体系中很可能存在初始 ^{187}Os 含量的不均一性, 或各个辉钼矿单晶封闭时间存在一定的时间差, 而辉钼矿 Re-Os 体系中初始 ^{187}Os 的含量通常是不均匀的, 即实际上辉钼矿单晶封闭时

间差很小,即使我们假设体系中初始 ^{187}Os 是均匀的,将这一差值归咎于各辉钼矿单晶封闭的真实时间差和实验误差传递,即真实时间差是一个远小于0.86 Ma的值,相对岩浆体系维持时间2 Ma来说也是一个较短暂的一个过程,同时矿床南北两部辉钼矿成矿年龄在误差范围内相同,说明矿区南北两部虽然存在矿石物质成分的差异,但是其成矿年代是一致的,产出于统一的成矿环境与成矿事件环境。这与侯增谦等(2003)在整个冈底斯成矿带得到的斑岩Cu-Mo成矿系统的“岩浆热液可维系几个百万年,成矿瞬时发生”的区域成矿规律是一致的。暗示着成矿流体的大量排放和成矿作用的同时发生受控于统一的地球动力学背景(侯增谦等, 2003)。

4.3 成矿动力学背景、构造环境及矿床成因

达布斑岩型铜(钼)矿床成岩成矿年龄的精确测定结果表明,矿床产出于印度-亚洲大陆板块后碰撞伸展环境。曲晓明等(2001),侯增谦等(2003)通过研究认为,虽然初始伸展时间存在争议(Molnar et al., 1978; England et al., 1989; Pan et al., 1992)但一系列地质事实的支持初始伸展作用发生在冈底斯快速隆升之后,如:冈底斯花岗岩基在21 Ma快速隆升(Harrison et al., 1992),且红河断裂在~23 Ma发生大规模走滑(Tapponnier et al., 1990);在冈底斯造山带发育南北成群分布的受南北向裂谷控制大量花岗岩小岩体和含矿斑岩,岩浆侵位年龄为10~20 Ma(曲晓明等, 2001; 侯增谦等, 2003),这些小岩体的初始侵位年龄与冈底斯花岗岩基的快速隆升时间(~21 Ma; Harrison et al., 1992)的一致性,表明东西向伸展作用发育于冈底斯大规模隆升以后,其地球化学特征揭示岩浆或者起源于被俯冲并残留于地幔某一部位的洋壳板片部分熔融与拆沉作用有关,或者起源于加厚并变质呈榴辉岩的下地壳,部分熔融与软流圈物质上涌有关(侯增谦等, 2003);同时西藏高原发育一系列冈底斯含矿斑岩密切伴生钾质-超钾质基性岩脉(Yin et al., 1994),受南北向正断层系统控制呈南北向展布的岩墙群,其同位素年龄为13~18 Ma(Williams et al., 2001)反映东西向初始伸展可能现于20 Ma前后。其地球化学特征揭示其来自岩石圈地幔,部分熔融与岩石圈减薄有关(Williams et al., 2001),不论是岩石圈减薄还是软流圈上涌,均将导致西藏高原特别是冈底斯在21 Ma快速隆升(Molnar et al., 1978; Pan et al., 1992; Kay et al., 1994)。综上,20~18 Ma的高原快速隆升和东西向的初始伸展,控制着岩体的侵位时空分布和岩浆物质来源,14 Ma左右的强烈伸展导致成矿事件大规

模发育(侯增谦等, 2003),东西向伸展产生的南北向裂谷,为斑岩侵位提供了空间,促进了成矿斑岩岩浆-热液系统的发育(曲晓明等, 2001)。

夏抱本等(2007)对达布铜(钼)矿床含矿斑岩地球化学进行了系统的研究,认为达布矿区的含矿斑岩具有埃达克质岩的特征,高度富集大离子不相容元素Rb、Ba、Th,强烈亏损高场强元素Nb、Ta、P、Ti和重稀土元素Yb,缺少Eu负异常,含矿斑岩 $\omega(\text{K}_2\text{O})$ 较高,与板片熔融形成的埃达克岩特征不同,区内岩体的产状以及其地球化学特点使其很难用基性岩浆的AFC作用来解释它们的成因,这套埃达克质岩岩浆可能为增厚下地壳玄武质岩石部分熔融的产物,由于其还有高 $\text{Mg}^\#$ 特征,所以达布地区埃达克质含矿斑岩可能是因加厚的拉萨地块下地壳相对富钾的玄武质物质交代部分富集地幔物质然后通过部分熔融而形成的。在底侵作用下,富 K_2O 质沉积物熔体对岩石圈地幔交代形成埃达克质岩浆的源区,埃达克质岩浆含水且氧逸度高,其萃取富 K_2O 质岩浆中金属元素,富含Cu、Mo等成矿元素在浅部地壳由于温压的快速变化形成斑岩铜钼矿床(Furman et al., 1999; 王强等, 2003; 夏抱本等, 2007)。

5 结论

(1)达布斑岩铜(钼)矿床岩体侵位的年龄应限定在16 Ma左右,成矿时代为14 Ma左右,成矿时间差小于0.86 Ma,与区域上“成矿瞬时发生”的成矿规律是一致的。

(2)达布斑岩型铜(钼)矿床成岩成矿年龄的精确测定结果表明,矿床产出于印度-亚洲大陆板块后碰撞伸展环境。

参考文献:

- 杜安道, 何红廖, 殷宁万, 邹晓秋, 孙亚利, 孙德忠, 陈少珍, 屈文俊. 1994. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究[J]. 地质学报, 68(4): 339-347.
- 杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 孙德忠, 刘敦一. 2001. Carius管溶样-负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-钨同位素地质年龄[J]. 岩矿测试, 20(4): 247-252.
- 侯可军, 李延河, 邹天人, 曲晓明, 石玉若, 谢桂青. 2007. LA-MC-ICP-MS 锆石 Hf 同位素的分析方法及地质应用[J]. 岩石学报, 23(10): 2595-2604.
- 侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 高永丰, 杜安道, 黄卫. 2003. 西藏高原冈底斯斑岩铜矿带辉钼矿 Re-Os 年龄: 成矿作用时限与动力学背景应用[J]. 中国科学, 33(7): 509-618.

- 连玉, 徐文艺, 杨丹, 陈伟十, 曲晓明, 陈栋梁. 2008. 西藏冈底斯甲马和南木矿床流体包裹体 SR-XRF 研究[J]. 岩石矿物学杂志, 27(3): 185-198.
- 曲晓明, 侯增谦, 黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿(化)带: 西藏第二条“玉龙”铜矿带?[J]. 矿床地质, 20(4): 355-366.
- 曲晓明, 江军华, 辛洪波, 陈华. 2010. 西藏冈底斯造山带几乎同时形成的两套埃达克岩, 为什么一套含矿一套不含矿?[J]. 矿床地质, 29(3): 381-394.
- 王强, 许继峰, 赵振华. 2003. 强烈亏损重稀土元素的中酸性火成岩(或埃达克质岩)与 Cu、Au 成矿作用[J]. 地学前缘, 10(4): 561-572.
- 吴元保, 郑永飞. 2004. 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, 49(16): 1589-1604.
- 夏抱本, 夏斌, 王保弟, 赵守仁. 2007. 冈底斯中段达布埃达克质含矿斑岩: 增厚下地壳熔融与斑岩铜钼矿成因[J]. 地质科技情报, 26(4): 21-26.
- 张绮玲, 曲晓明, 徐文艺, 侯增谦, 陈伟十. 2003. 西藏南木斑岩铜钼矿床的流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 19(2): 251-259.

References:

- DU An-dao, HE Hong-liao, YIN Ning-wan, ZOU Xiao-qiu, SUN Ya-li, SUN De-zhong, CHEN Shao-zhen, QU Wen-jun. 1994. A study on the rhenium-osmium geochronometry of molybdenites[J]. Acta Geologica Sinica, 68(4): 339-347(in Chinese with English abstract).
- DU An-dao, WU Shu-qi, SUN De-zhong, WANG Shu-xian, QU Wen-jun, STEIN R M H, MORGAN J, MALINOVSKIY D. 2004. Preparation and Certification of Re-Os Dating Reference Materials: Molybdenite HLP and JDC[J]. Geostandard and Geoanalytical Research, 28(1): 41-52.
- DU An-dao, ZHAO Dun-min, WANG Shu-xian, SUN De-zhong, LIU Dun-yi. 2001. Precise Re-Os Dating for Molybdenite by ID-NTIMS with Carius Tube Sample Preparation[J]. Rock and Mineral Analysis, 20(4): 247-252(in Chinese with English abstract).
- ENGLAND P, HOUSEMAN G. 1989. Extension during continental convergence, with application to the Tibetan Plateau[J]. Journal of Geophysical Research, 94(B12): 17561-17579.
- FURMAN T, GRAHAM D. 1999. Erosion of lithospheric mantle beneath the East African Rift system: Geochemical evidence from the Kivu volcanic province[J]. Lithos, 48(1-4): 237-262.
- HARRISON T M, COPELAND P, KIDD W S F, YIN A. 1992. Raising Tibet[J]. Science, 255(5052): 1663-1670.
- HOU Ke-jun, LI Yan-he, ZOU Tian-ren, QU Xiao-ming, SHI Yu-ruo, XIE Gui-qing. 2007. Laser ablation-MC-ICP-MS technique for Hf isotope microanalysis of zircon and its geological applications[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(10): 2595-2604(in Chinese with English abstract).
- HOU Zeng-qian, QU Xiao-ming, WANG Shu-xian, GAO Yong-feng, DU An-dao, HUANG Wei. 2003. The Re-Os dating of Molybdenites from Gangdese Cu-porphyry metallogenic belt: duration of the mineralization and metallogenic geodynamics background[J]. Science in China (Series D), 33(7): 509-618(in Chinese with English abstract).
- KAY R W, KAY S M. 1994. Delamination and delamination Magmatism[J]. Tectonophysics, 219(1-3): 177-189.
- LIAN Yu, XU Wen-yi, YANG Dan, CHEN Wei-shi, QU Xiao-ming, CHEN Dong-liang. 2008. SR-XRF studies of fluid inclusions from the Jiama and Nanmu deposits in the Gangdise copper-polymetallic metallogenic belt of Tibet[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 27(3): 185-198(in Chinese with English abstract).
- LUDWIG K R. 2000. User's manual for isoplot/Ex: A geochronological toolkit for microsoft excel[M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication. Berkeley, CA, USAA. 53.
- LUDWIG K R. 2001. Squid 1.02: A user manual[M]. Berkeley: Berkeley Geochronological Center Special Publication: 219.
- MO X X, DONG G C, ZHAO Z D, GUO T Y, WANG L L, CHEN T. 2005. Timing of magma mixing in the gangdis magmatic belt during the India-Asia collision: zircon SHRIMP U-Pb dating[J]. Acta Geologica Sinica, 79(1): 66-76.
- MOLNAR P, TAPPONNIER P. 1978. Active tectonics of Tibet[J]. Journal of Geophysical Research, 83(B11): 5361-5375.
- PAN Y, KIDD W S F. 1992. Nyainqentanglha shear zone: A late Miocene extensional detachment in the southern Tibetan Plateau[J]. Geology, 20(9): 775-778.
- QU Xiao-ming, HOU Zeng-qian, HUANG Wei. 2001. Is Gangdese Porphyry Copper Belt the Second “Yulong” Copper Belt?[J]. Mineral Deposits, 20(4): 355-366(in Chinese with English abstract).
- QU Xiao-ming, JIANG Jun-hua, XIN Hong-bo, CHEN Hua. 2010. A study of two groups of adakite almost simultaneously

- formed in Gangdese collisional orogen, Tibet: Why does one group contain copper mineralization and the other not?[J]. Mineral Deposits, 29(3): 381-394(in Chinese with English abstract).
- TAPPONNIER P, LACASSIN R, LELOUP P H. 1990. The Ailao Shan/Red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and South China[J]. Nature, 343(6257): 431-437.
- WANG Qiang, XU Ji-feng, ZHAO Zhen-hua. 2003. One kind of strong depletion of heavy rare earth elements intermediate-acid intrusive rocks (Adakitic Rocks) and Associated Met-allogenesis[J]. Earth Science Frontiers, 10(4): 561-572(in Chinese with English abstract).
- WILLIAMS H, TURNER S, KELLEY S, HARRIS N. 2001. Age and composition of dikes in Southern Tibet: New constraints on the timing of east-west extension and its relationship to postcollisional volcanism[J]. Geology, 29(4): 339-342.
- WU Yuan-bao, ZHENG Yong-fei. 2004. Zircon genetic mineralogy and It's Restriction in analysis of Zircon U-Pb dating[J]. Chinese Science Bulletin, 49(16): 1589-1604(in Chinese with English abstract).
- WIESER M E. 2006. Atomic Weights of the Elements. 2005. (IUPAC Technical Report)[J]. Pure Appl. Chem., 78(11): 2051-2066.
- XIA Bao-ben, XIA Bin, WANG Bao-di, ZHAO Shou-ren. 2007. Ore-Bearing Adakitic Porphyry in the Middle of Gangdese: Thickened Lower Crustal Melting and the Genesis of Porphyry Cu-Mo Deposit[J]. Geological Science and Technology Information, 26(4): 21-26(in Chinese with English abstract).
- YIN A, HARRISON T M, RYERSON F J, WENJI C, KIDD W S F, COPELAND P. 1994. Tertiary structural evolution of the Gangdese thrust system, southeastern Tibet[J]. Journal of Geophysical Research, 99(B9): 18175-18201.
- ZHANG Qi-ling, QU Xiao-ming, XU Wen-yi, HOU Zeng-qian, CHEN Wen-shi. 2003. Study of the fluid inclusions from Nanmu Porphyry Cu-Mo deposit in Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 19(2): 251-259(in Chinese with English abstract).

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所 高温超导弱磁测量传感器获国家实用新型专利

由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所自主研发的“高温超导弱磁测量传感器”获得国家知识产权局实用新型专利。

高温超导弱磁测量传感器是一种基于高温超导量子干涉器的弱磁信号测量传感器,由高温超导器件和锁相闭环电路组成,具有低噪声、高稳定性、高灵敏度、抗干扰能力强的特点,是目前已知最灵敏的磁场测量仪器,可以取代传统的感应线圈作为瞬变电磁法的接收传感器,实现在瞬变电磁法中直接测量磁场的目的,能大大提高勘探深度和精度,为寻找深部金属矿、油气资源等提供了新的高技术手段。

该传感器还可在地球物理电磁法的其他方法中实现对微弱磁场的测量,也可以用于医学上的心、脑磁测量和材料、工程检测中的无损检测等。

本刊编辑部 采编