

文章编号: 0254 - 5357(2015)06 - 0712 - 07

DOI: 10. 15898/j. cnki. 11 - 2131/td. 2015. 05. 017

藏南努日铜 - 钨 - 钼矿床晚白垩世石英闪长岩 U - Pb 定年及其地球化学特征

董随亮, 黄勇*, 李光明, 张丽, 黄瀚霄, 张晖

(中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

摘要: 藏南努日矿床位于冈底斯成矿带南缘, 前人获得的辉钼矿 Re - Os 同位素年龄为 23 Ma, 与明则和程巴矿床成矿时代一致, 但矿区内至今未发现与矿化有关的成矿斑岩体。本文报道了努日矿区新发现的与矿化关系密切的石英闪长岩的地球化学特征, 获得石英闪长岩的 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 年龄为 93.42 ± 0.76 Ma, 与同一成矿带内桑布加拉和克鲁铜金矿成矿时代一致 (90 ~ 93 Ma), 表明矿区可能存在两期成矿事件。石英闪长岩的主量微量元素 SiO_2 含量为 57.19% ~ 58.23%, Al_2O_3 含量为 15.78% ~ 16.03%, MgO 含量为 4.74% ~ 5.32%, $\text{Mg}^\#$ 指数为 65.2 ~ 67.3; 富集大离子亲石元素 (Rb、Sr、Ba、U 等) 及轻稀土元素, 亏损高场强元素, 显示出埃达克岩特征。研究表明石英闪长岩形成于洋壳俯冲阶段的弧岩浆岩, 洋壳熔融形成的母岩浆侵入近地表形成早期铜多金属矽卡岩矿化。晚白垩世成矿事件的发现进一步佐证了研究区存在两期矿化叠加事件, 拓展了研究区找矿方向。

关键词: 藏南努日铜 - 钨 - 钼矿床; 石英闪长岩; LA - ICP - MS U - Pb 定年; 洋壳俯冲

中图分类号: P588.122; P597.3

文献标识码: A

西藏冈底斯成矿带是我国最为重要的铜多金属成矿带之一。冈底斯成矿带北部念青唐古拉弧背断隆带发育大量的矽卡岩型铅锌银多金属矿; 中部以碰撞伸展阶段的斑岩型铜多金属矿为主^[1]; 南部则发育矽卡岩型铜金矿和钨钼矿。一直以来, 前人对北部铅锌成矿带和中部斑岩型铜多金属矿带的矿床地质、成矿年代学、地球化学等都进行了详细的研究^[2-3], 然而对南部矽卡岩型铜多金属矿带研究十分薄弱。近年来在冈底斯南部成矿带新发现了一大批斑岩 - 矽卡岩型铜多金属矿, 如程巴、克鲁、冲木达、桑布加拉、努日、洛村等铜多金属矿, 对于这些矿床的成矿时代和成矿背景至今仍存在争议, 程巴岩浆和成矿时代在 30 Ma 左右, 桑布加拉岩体和成矿时代在 93 Ma 左右, 而努日矿区存在多期次的岩浆活动, 晚白垩世的岩浆活动至今还没有报道。

前人对努日矿区进行辉钼矿的 Re - Os 同位素定年的年龄结果为 23.4 Ma, MSWD 为 0.6, 可以代

表矿区内最晚一期成矿作用^[4]。本文对冈底斯南缘具有代表性和大型规模的努日铜 - 钨 - 钼金属矿床进行了详细研究, 采集矿区南部的石英闪长岩进行锆石 LA - ICP - MS 定年研究和地球化学分析, 探讨努日矿区铜多金属矿的多期叠加成矿作用, 以进一步丰富该区域的找矿方向。

1 研究区地质背景

西藏冈底斯成矿带, 位于雅鲁藏布江弧陆碰撞结合带北侧的冈底斯火山 - 岩浆弧带内^[5] (图 1), 潘桂棠等^[6] 将冈底斯及邻接区划分为班公湖 - 怒江缝合带等 6 个不同的构造单元, 晚侏罗世 - 早白垩世桑日群以大量岛弧型钙碱性火山岩和弧缘碎屑岩、碳酸盐重力流沉积为特征。桑日群底部的麻木下组安山岩具有埃达克岩成分特征, 上部的比马组具有正常岛弧火山岩特点^[7]。

矿区地层主要为下白垩统比马组 (K_1b)、上白

收稿日期: 2014 - 04 - 03; 修回日期: 2015 - 11 - 07; 接受日期: 2015 - 11 - 10

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目——西藏扎西康地区铅锌矿调查评价 (12120113036000), 西藏扎西康铅锌多金属矿整装勘查区专项填图与技术应用示范 (1212011221073)

作者简介: 董随亮, 工程师, 主要研究方向为矿床学。E-mail: dongsuiliang@163.com。

通讯作者: 黄勇, 博士, 工程师, 主要研究方向为矿床学与成矿规律。E-mail: yong.huang@hotmail.com。

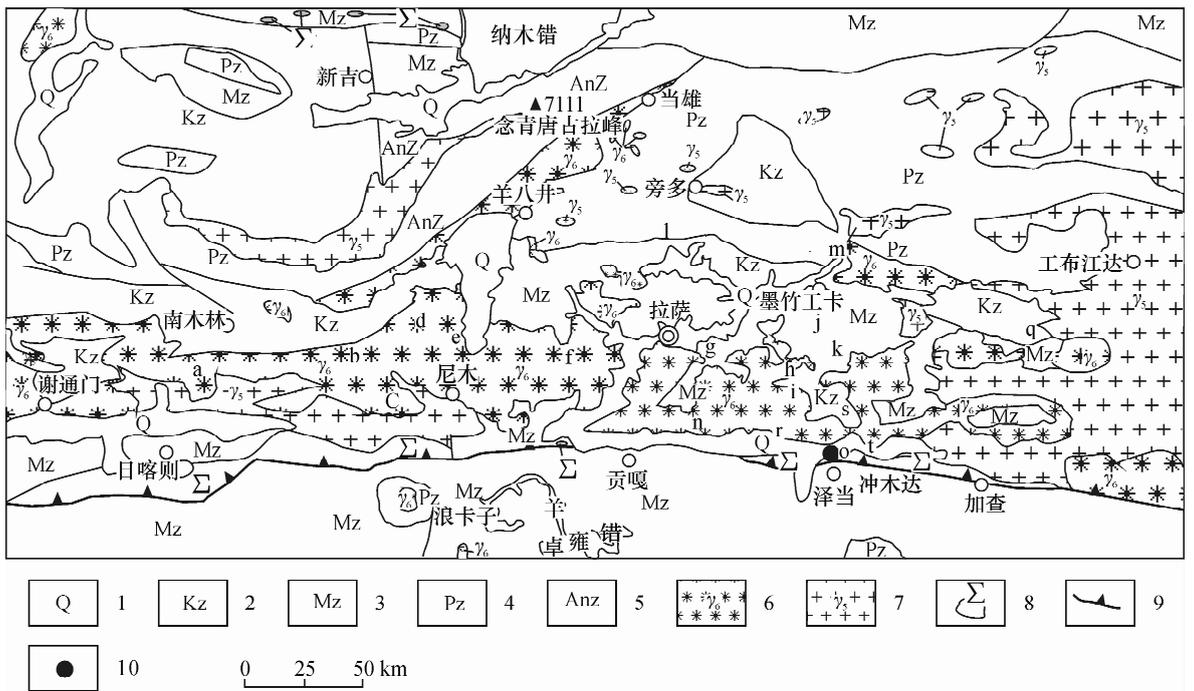


图1 区域地质简图(据文献[5]修改)

Fig.1 Regional geological map (after Reference [5])

1—Q(第四系); 2—Kz(新生界); 3—Mz(中生界); 4—Pz(古生界); 5—Anz(前震旦系); 6—喜马拉雅期花岗岩; 7—燕山期花岗岩; 8—超基性岩; 9—结合带; 10—研究区位置。

统统一古近系旦师庭组($K_2 - E$) d 及第四系风成砂。比马组区域上可划分为5个岩性段^[8-9],矿区范围内仅出露3个岩性段分别为 K_1b^3 、 K_1b^4 和 K_1b^5 。 K_1b^3 岩性以泥晶灰岩、变质粉砂岩、砂岩为主; K_1b^4 为矽卡岩型矿体的主要赋矿层位,岩性以大理岩及泥质灰岩为主,夹少量砂岩、凝灰岩,发育矽卡岩化; K_1b^5 岩性以角岩化凝灰岩为主,夹安山质熔岩。矿区发育4组断裂构造,分别为NWW向F1断层、近EW向F2断层、NNW向F3断层及NE向F4断层。矿区岩浆岩岩性较复杂,出露面积较大,主要为始新世中酸性岩体以及本文新发现的晚白垩世石英闪长岩。努日铜-钨-钼矿主要产于比马组四段碳酸盐岩和碎屑岩的过渡地带,受地层岩性和层间剥离断层控制^[10]。

2 石英闪长岩样品采集和 LA-ICP-MS 分析

本文样品采自努日矿区南段与矽卡岩关系密切的石英闪长岩,石英闪长岩与矽卡岩接触部位存在矽卡岩化,风化后可见孔雀石充填于岩体裂隙中。锆石 U-Pb 定年以及主微量元素分析点均采集于离接触带较远的新鲜岩石样品。

石英闪长岩样品 LB-5 的 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 测年在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成。首先,采用配备有阴极发光探头的 JXA-8100 进行阴极发光图像拍摄以揭示锆石内部结构。然后,进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素分析,测试所用激光剥蚀系统为配备有 193 nm ArF-excimer 激光器的 GeoLas 2005,激光斑束直径为 30 μm 。电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)型号为 Agilent 7500a(美国 Agilent 公司)。运用玻璃标准样品 NIST610 来计算 Th、U 含量,标准锆石 91500 对 U、Th、Pb 同位素分馏校正。数据处理采用 ICPMS 软件。锆石测试分析结果普通铅校正采用 ComPbCorr #3.15,最后的数据用 Isoplot 3.0 进行计算。

石英闪长岩中的锆石无色透明,多为短柱状,部分颗粒有一定的磨圆,大部分锆石可见典型的韵律环带结构,反映了岩浆成因的结构特点,并且所有锆石均为原生岩浆锆石,不具有老核新壳的特征。锆石 U-Pb 共分析 20 个点,其中 LB-5-14 号点偏离谐和线较远,未参加加权平均计算(表 1),其余 19 个分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} - ^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄十分谐和,加权平均年龄为 $93.4 \pm 0.8 \text{ Ma}$ (图 2),该年龄代表了石英闪长岩的侵入结晶年龄。

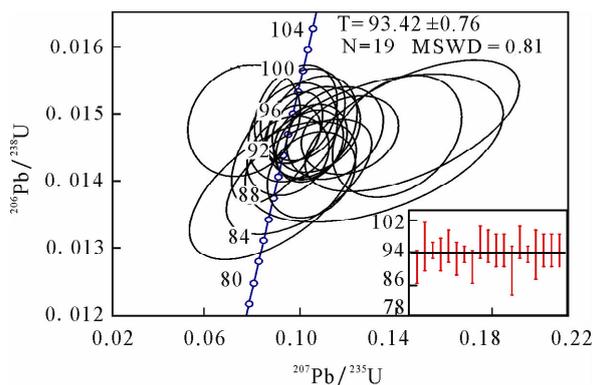


图2 努日石英闪长岩锆石 U - Pb 谐和图

Fig. 2 U-Pb concordia diagram of quartz diorite in Nuri deposit

3 石英闪长岩的主量和微量元素地球化学特征

努日石英闪长岩主量元素分析数据显示:SiO₂ 含量为 57.19% ~ 58.23%, 平均含量 57.47%; Al₂O₃ 含量为 15.78% ~ 16.03%, 平均含量 15.93%; Na₂O 含量为 3.31% ~ 3.56%, 平均含量 3.47%, K₂O/Na₂O 比值较低(0.50 ~ 0.66, 平均值 0.57)。里特曼组合指数 σ 介于 1.87 ~ 2.15 之间, 平均值 2.06。MgO 含量为 4.74% ~ 5.32%, 平均含

量 5.09, Mg[#] 指数为 65.2 ~ 67.3, 平均值 66.2 (表略), 并含少量角闪石。这些数据表明石英闪长岩具有低硅、富钠、高镁特征, 里特曼指数平均值小于 3.3, 属中基性钙碱性岩体。

微量元素分析表明: Sr 含量为 945 ~ 1056 $\mu\text{g/g}$, 平均含量 1001 $\mu\text{g/g}$; Y 含量为 12.2 ~ 13.5 $\mu\text{g/g}$, 平均含量 12.84 $\mu\text{g/g}$; Yb 含量为 1.12 ~ 1.23 $\mu\text{g/g}$, 平均含量 1.17 $\mu\text{g/g}$ 。微量元素蛛网图显示石英闪长岩富集大离子亲石元素(LILE) Rb、Sr、Ba、U 等及轻稀土元素(LREEs), 亏损高场强元素(HFSE) Nb、Ta、Zr、Hf、Ti 等(图 3a), 显示明显的俯冲消减带火成岩特征。稀土元素球粒陨石配分图显示石英闪长岩明显富集轻稀土元素(图 3b), 具高的 La/Yb 值(20.51 ~ 22.03, 平均值 21.07), 表明轻稀土元素强烈分异的端员。Eu^{*} 值为 0.93 ~ 0.98, 平均值 0.95, 有弱的负铕异常。另外, 石英闪长岩具较高的 Sr/Y 值, 在 (Sr/Y) - Y 及 (La/Yb)_N - Yb_N 图中, 样品全落入埃达克岩区域(图 3c, d)。

以上主量和微量元素数据结果显示, 石英闪长岩轻重稀土分馏较弱, 稀土呈右倾模式特征, 表明石英闪长岩具有弧岩浆岩特征, 形成与新特提斯洋向北俯冲的弧环境。

表1 石英闪长岩锆石 U - Pb 同位素年龄分析结果

Table 1 Zircon U-Pb isotope data of quartz diorite

测量点号	Pb 含量 ($\times 10^{-6}$)	Th 含量 ($\times 10^{-6}$)	U 含量 ($\times 10^{-6}$)	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	
					比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	年龄 (Ma)	1 σ	年龄 (Ma)	1 σ	年龄 (Ma)	1 σ
LB-5-01	2.65	121	134	0.902964	0.05248	0.00611	0.10171	0.01309	0.01406	0.00035	307	240	98	12	90	2
LB-5-02	1.94	77.5	92.9	0.833778	0.07416	0.00840	0.15157	0.01927	0.01482	0.0004	1046	225	143	17	95	3
LB-5-03	12.38	735	574	1.280539	0.04932	0.00239	0.09893	0.00495	0.01469	0.00018	163	105	96	5	94	1
LB-5-04	3.49	195	161	1.20958	0.04607	0.00359	0.09204	0.00821	0.01449	0.00034	2	152	89	8	93	2
LB-5-05	2.67	109	139	0.784713	0.03861	0.00495	0.07756	0.0101	0.0149	0.00034	-372	232	76	10	95	2
LB-5-06	5.58	372	251	1.484033	0.05125	0.00384	0.09678	0.00743	0.01437	0.00024	252	159	94	7	92	2
LB-5-07	6.17	423	272	1.556396	0.05429	0.00325	0.10662	0.0066	0.01458	0.00023	383	127	103	6	93	1
LB-5-08	4.08	176	214	0.824164	0.05688	0.00408	0.1071	0.00794	0.01409	0.00026	487	151	103	7	90	2
LB-5-09	4.03	180	203	0.884685	0.05066	0.00364	0.10033	0.00747	0.01499	0.0003	226	152	97	7	96	2
LB-5-10	5.37	249	264	0.94481	0.05502	0.00402	0.10741	0.00816	0.0148	0.00031	413	155	104	7	95	2
LB-5-11	3.70	144	197	0.731058	0.04936	0.00388	0.09898	0.00803	0.01472	0.0003	165	164	96	7	94	2
LB-5-12	4.11	172	214	0.805408	0.05894	0.00422	0.11755	0.00873	0.01471	0.00028	565	149	113	8	94	2
LB-5-13	2.39	118	111	1.066502	0.04717	0.00716	0.09009	0.01506	0.01385	0.00042	58	256	88	14	89	3
LB-5-14	4.09	140	134	1.050307	0.11557	0.01609	0.32843	0.05582	0.01662	0.00058	1889	257	288	43	106	4
LB-5-15	4.98	217	255	0.850507	0.05218	0.00371	0.10328	0.00758	0.01498	0.00028	293	152	100	7	96	2
LB-5-16	7.02	325	349	0.930867	0.05361	0.00295	0.10637	0.00608	0.01452	0.00022	355	118	103	6	93	1
LB-5-17	1.53	59.6	77.2	0.772481	0.06746	0.01083	0.13477	0.02322	0.01449	0.00045	852	330	128	21	93	3
LB-5-18	4.98	297	229	1.295082	0.06229	0.00426	0.12415	0.00873	0.01468	0.00024	684	139	119	8	94	2
LB-5-19	5.52	319	255	1.252934	0.05441	0.00382	0.10935	0.00791	0.01476	0.00026	388	150	105	7	94	2
LB-5-20	2.60	106	130	0.812055	0.07417	0.00567	0.14473	0.01164	0.01466	0.00037	1046	147	137	10	94	2

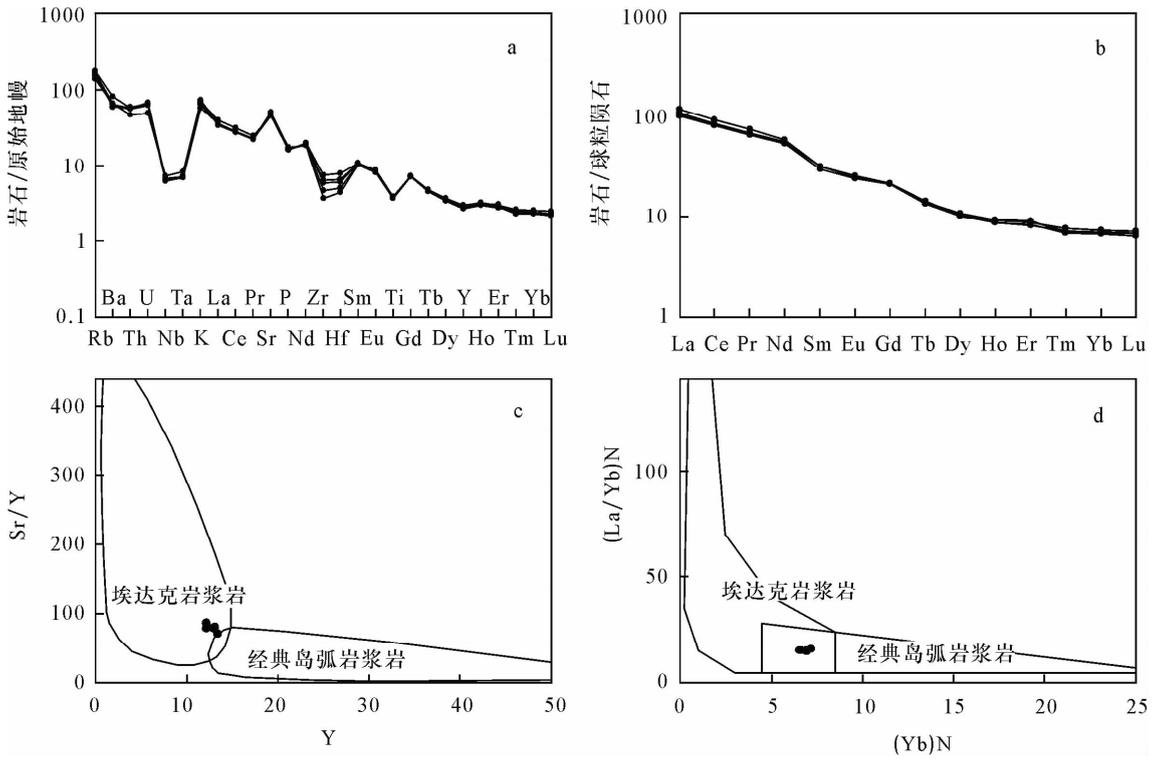


图3 (a) 努日石英闪长岩的原始地幔标准化微量元素蛛网图; (b) 球粒陨石标准化稀土元素配分图; (c) ~ (d): $(\text{Sr}/\text{Y}) - \text{Y}$ 和 $(\text{La}/\text{Yb})_N - \text{Yb}_N$ 判别图解(底图据 Defant 等^[11])

Fig. 3 (a) Primitive mantle normalized trace element spider diagram for the Nuri quartz diorite; (b) Chondrite-normalized rare earth element distribution pattern; (c) - (d) Diagrams of $(\text{Sr}/\text{Y}) - \text{Y}$ and $(\text{La}/\text{Yb})_N - \text{Yb}_N$ of Nuri quartz diorite (after Defant, et al^[11])

4 晚白垩世石英闪长岩构造背景和成矿作用讨论

4.1 构造背景

桑日群大量的岩石学、地球化学的研究表明其麻木下组火山岩均具有埃达克岩的特征^[7,12-14]。康志强等认为这些火山岩是洋壳初始俯冲的产物,其上部的比马组火山岩具有正常岛弧的特征^[7],而在马门采取的酸性侵入岩(93.4 Ma)也具有埃达克岩的特征,是新特提斯洋平板俯冲的产物^[15]。本次采集的石英闪长岩化学分析结果显示努日石英闪长岩地球化学特征与麻木下组火山岩的特征较为相似^[7,14],为俯冲阶段的产物,而 MgO 含量及 $\text{Mg}^\#$ 值明显高于直接来自俯冲板片熔融形成的埃达克质熔体的 MgO 含量及 $\text{Mg}^\#$ 值,说明岩浆在上升过程中与地幔楔发生反应,具有高镁特征。

对于与努日石英闪长岩同时代的马门侵入岩(93.4 Ma),马门侵入岩有更高的 SiO_2 和全碱含量,而 MgO (0.57% ~ 0.63%)、Cr (11 ~ 12.3 $\mu\text{g}/\text{g}$)、Ni (3.37 ~ 4.85 $\mu\text{g}/\text{g}$)^[15] 明显偏低。董彦辉等^[16]

在分析叶巴组火山岩的过程中发现中基性火山岩与酸性火山岩具有不同的来源,其中,中基性岩是岩石圈地幔在热作用下或富流体作用下岩石圈发生部分熔融的产物;相反,酸性火山岩则是这次热事件引起的地壳深熔作用的产物。努日侵入岩为中酸性岩,是俯冲阶段的产物,且在岩浆上升过程中与地幔楔发生了反应。马门侵入岩为酸性岩,为加厚的下地壳受这次热事件引起的熔融作用的产物。

新特提斯洋自中生代开始向北俯冲,晚白垩早期仍然处于俯冲阶段,不可能是冈底斯地壳通过拆沉而形成,从空间上分析石英闪长岩与比马组呈侵入接触关系,其不可能是通过比马组玄武岩经过 AFC 过程形成。结合地球化学特征及其时间空间状态说明石英闪长岩是新特提斯洋壳向北俯冲消减发生部分熔融而成。张旗等^[17]认为埃达克岩与成矿有着密切的关系,尤其是与板块俯冲有关的埃达克岩,目前已报道的与晚白垩纪早期有关的马门侵入岩具有埃达克岩特征^[15]、桑布加拉铜矿形成与洋壳俯冲构造环境^[16],努日石英闪长岩也具有埃达克岩特征,说明冈底斯存在一期俯冲阶段的成矿作用。2007年张宏飞

等^[18]在冈底斯识别出了一套90 Ma左右的花岗岩带。对于这个时代的成矿作用应该加强关注。

4.2 成矿作用

冈底斯南部铜矿及多金属矿同位素年龄大多小于41 Ma,然而,新特提斯洋自侏罗系就开始俯冲,在其俯冲过程中不断形成火成岩^[16,18-20],在长期的岩浆活动中是否存在与俯冲作用有关的矿床?藏南克鲁—冲木达铜金矿带上与努日铜金矿矿化密切相关的石英闪长岩锆石U-Pb年龄(93.42 Ma)大于碰撞期开始的时代65 Ma,说明在努日矿区93 Ma的石英闪长岩侵位后,与比马组灰岩发生了接触交代作用,形成了最早期的矽卡岩,对成矿元素进行了初步富集。另外在藏南克鲁—冲木达铜金矿带上,梁华英等^[21]对桑布加拉矽卡岩型铜金矿的含矿岩体的U-Pb锆石定年获得了类似的结果年龄为 92.1 ± 1 Ma,也认为与洋壳俯冲构造岩浆事件有关,Jiang等^[22]研究克鲁铜金矿发现,90 Ma埃达克质侵入岩与铜金矿有着密切的关系。所以冈底斯南部90 Ma的岩浆作用对矽卡岩型的铜多金属矿具有一定的贡献。

闫学义等^[10]认为努日层矽卡岩铜钨钼矿年龄为40~68 Ma,而叠加的斑岩型矿床的形成阶段为23.62~30.26 Ma,矿区测试的辉钼矿Re-Os同位素等时线年龄为 23.62 ± 0.97 Ma。明则矿区也划分为早期层矽卡岩型铜矿和晚期隐爆角砾岩型钼矿、斑岩型钼(钨铜)矿,晚期斑岩型钼矿的Re-Os同位素等时线年龄为 30.3 ± 0.69 Ma^[19]。另外,区域地球化学特征也显示Cu、Au和W、Mo并没有很好的套合趋势。由此可见:藏南矽卡岩型铜多金属矿和斑岩型及矽卡岩型钨钼矿存在两期或多期成矿作用,层状矽卡岩型铜金矿经历了晚白垩早期到古近纪—新近纪的多次叠加改造作用。而斑岩型钼矿主要为碰撞期形成,矽卡岩型铜钨钼矿为早期铜金矿叠加晚期钨钼矿而成。

5 结论

努日矽卡岩铜-钨-钼矿床是冈底斯南缘首个大型铜钨钼矿床,因此详细研究矿区成岩成矿作用对于区域找矿工作具有标杆意义。本文在前人获得的成矿时代基础上新发现了一期与矿化关系密切的成矿岩体,研究结果表明,与矿化密切的石英闪长岩锆石LA-ICP-MS U-Pb年龄为 93.4 ± 0.8 Ma,与同一区域内桑布加拉和克鲁铜金矿成矿岩体年龄一致,明显早于矿区辉钼矿Re-Os年龄,岩石地球

化学特征指示岩体具有高Sr低Y的埃达克岩特征,为洋壳俯冲熔融的产物。石英闪长岩的发现表明了努日矿区存在两期矿化叠加事件,早期成矿作用与新特提斯的俯冲有关,这一发现将有助于拓展冈底斯南缘的找矿方向。

致谢: 本文在野外工作中得到中国冶金总局第二地质勘查院西藏分院李秋平教授级高级工程师的支持和帮助,在文章撰写过程中成都地质调查中心王保弟研究员提供了宝贵的建议,在此对他们表示衷心的感谢。

6 参考文献

- [1] 侯增谦,曲晓明,杨竹森,等. 青藏高原碰撞造山带: III. 后碰撞伸展成矿作用[J]. 矿床地质, 2006, 25(6): 629-651.
Hou Z Q, Qu X M, Yang Z S, et al. Metallogenesis in Tibetan Collisional Orogenic Belt: III. Mineralization in Post-collisional Extension Setting [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(6): 629-651.
- [2] 曲晓明,侯增谦,李佑国. S、Pb同位素对冈底斯斑岩铜矿带成矿物质来源和造山带物质循环的指示[J]. 地质通报, 2002, 21(11): 768-776.
Qu X M, Hou Z Q, Li Y G. Implications of S and Pb Isotopic Compositions of the Gangdise Porphyry Copper Belt for the Ore-forming Material Source and Material Recycling within the Orogenic Belt [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11): 768-776.
- [3] 黄勇,丁俊,李光明,等. 西藏朱诺斑岩铜-钼-金矿区侵入岩锆石U-Pb年龄、Hf同位素组成及其成矿意义[J]. 地质学报, 2015, 89(1): 99-108.
Huang Y, Ding J, Li G M, et al. U-Pb Dating, Hf Isotopic Characteristics of Zircons from Intrusions in the Zhuluo Porphyry Cu-Mo-Au Deposit and Its Mineralization Significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(1): 99-108.
- [4] 张松,郑远川,黄克贤,等. 西藏努日矽卡岩型铜钨钼矿辉钼矿Re-Os定年及其地质意义[J]. 矿床地质, 2012, 31(2): 337-346.
Zhang S, Zheng Y C, Huang K X, et al. Re-Os Dating of Molybdenite from Nuri Cu-W-Mo Deposit and Its Geological Significance [J]. Mineral Deposits, 2012, 31(2): 337-346.
- [5] 李光明,刘波,余宏全,等. 西藏冈底斯成矿带南缘喜马拉雅早期成矿作用——来自冲木达铜金矿床的Re-Os同位素年龄证据[J]. 地质通报, 2006, 25(12): 1481-1486.

- Li G M, Liu B, She H Q, et al. Early Himalayan Mineralization on the Southern Margin of the Gangdise Metallogenic Belt, Tibet, China: Evidence from Re-Os Ages of the Chongmuda Skarn-type Cu-Au Deposit [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(12): 1481-1486.
- [6] 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 等. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩石学报, 2006, 22(3): 521-533.
- Pan G T, Mo X X, Hou Z Q, et al. Spatial-temporal Framework of the Gangdise Orogenic Belt and Its Evolution [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(3): 521-533.
- [7] 康志强, 许继峰, 陈建林, 等. 藏南白垩纪桑日群麻木下组埃达克岩的地球化学特征及其成因[J]. 地球化学, 2009, 38(4): 334-344.
- Kang Z Q, Xu J F, Chen J L, et al. Geochemistry and Origin of Cretaceous Adakites in Mamuxia Formation, Sangri Group, South Tibet [J]. Geochimica, 2009, 38(4): 334-344.
- [8] 夏代祥, 刘世坤编著. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 1-200.
- Xia D X, Liu S S. Lithostratigraphy of Tibet Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 1-200.
- [9] 江化寨, 江善元. 西藏劣布铜矿的基本特征及成因初探[J]. 地质找矿论丛, 2006, 21(增刊): 10-14.
- Jiang H Z, Jiang S Y. Geological Characteristic and Preliminary Discussion on Genesis of Liebu Copper Deposit in Tibet [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2006, 21(Supplement): 10-14.
- [10] 闫学义, 黄树峰. 冈底斯东段泽当大型钨铜钼矿新发现及走滑型陆缘成矿新认识[J]. 地质论评, 2010, 56(1): 9-20.
- Yan X Y, Huang S F. Discovery of Large Zedang Tungsten-Copper-Molybdenum Orefield, Eastern Gangdise Arc, and New Understanding on Strike-slip Type Epicontinental Mineralization [J]. Geological Review, 2010, 56(1): 9-20.
- [11] Defant M, Drummond M. Derivation of Some Modern Arc Magmas by Melting of Young Subducted Lithosphere [J]. Nature, 1990, 347: 662-665.
- [12] 李海平, 张满社. 西藏桑日地区桑日群火山岩岩石地球化学特征[J]. 西藏地质, 1994, 13(1): 84-92.
- Li H P, Zhang M S. Litho-geochemical Features of Sangri Group Volcanite in Sangri Area, Tibet [J]. Tibet Geology, 1994, 13(1): 84-92.
- [13] Zhu D C, Zhao Z D, Pan G T, et al. Early Cretaceous Subduction-related Adakite-like Rocks in the Gangdise, South Tibet: Products of Slab Melting and Subsequent Melt-peridotite Interaction? [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009, 34: 298-309.
- [14] 姚鹏, 李金高, 王全海, 等. 西藏冈底斯南缘火山-岩浆弧带中桑日群 Adakite 的发现及其意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(3): 612-620.
- Yao P, Li J G, Wang Q H, et al. Discovery and Geological Significance of the Adakite in Gangdise Island Arc Belt [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(3): 612-620.
- [15] 康志强, 许继峰, 陈建林, 等. 西藏南部桑日群火山岩的时代: 来自晚期马门侵入体的约束[J]. 地球化学, 2010, 39(6): 520-530.
- Kang Z Q, Xu J F, Chen J L, et al. The Geochronology of Sangri Group Volcanic Rocks in Tibet: Constraints from Later Mamen Intrusions [J]. Geochimica, 2010, 39(6): 520-530.
- [16] 董彦辉, 许继峰, 曾庆高, 等. 存在比桑日群弧火山岩更早的新特提斯洋俯冲记录么? [J]. 岩石学报, 2006, 22(3): 661-668.
- Tong Y H, Xu J F, Zeng Q G, et al. Is There a Neo-Tethys' Subduction Record Earlier than Arc Volcanic Rocks in the Sangri Group? [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(3): 661-668.
- [17] 张旗, 秦克章, 王元龙, 等. 加强埃达克岩研究, 开创中国 Cu、Au 等找矿工作的新局面[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 195-204.
- Zhang Q, Qin K Z, Wang Y L, et al. Study on Adakite Broadened to Challenge the Cu and Au Exploration in China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(2): 195-204.
- [18] 张宏飞, 徐旺春, 郭建秋, 等. 冈底斯南缘变形花岗岩锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素组成: 新特提斯洋早侏罗世俯冲作用的证据[J]. 岩石学报, 2007, 23(6): 1347-1353.
- Zhang H F, Xu W C, Guo J Q, et al. Zircon U-Pb and Hf Isotopic Composition of Deformed Gualte in the Southern Margin of the Gangdise Belt, Tibet: Evidence for Early Jurassic Subduction of Neo-Tethyan Oceanic Slab [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(6): 1347-1353.
- [19] 闫学义, 黄树峰, 杜安道. 冈底斯泽当大型钨铜钼矿 Re-Os 年龄及陆缘走滑转换成矿作用[J]. 地质学报, 2010, 84(3): 398-406.
- Yan X Y, Huang S F, Du A D. Re-Os Ages of Large Tungsten, Copper and Molybdenum Deposit in the Zedang Ore Field, Gangdis and Marginal Strike-slip Transforming Metallogenesis [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(3): 398-406.
- [20] Hs K J, Pan G T, Sengr A M C. Tectonic Evolution of the

- Tibetan Plateau: A Working Hypothesis Based on the Archipelago Model of Orogenesis [J]. *International Geology Review*, 1995, 37: 473 – 508.
- [21] 梁华英, 魏启荣, 许继峰, 等. 西藏冈底斯成矿带南缘矽卡岩型铜矿床含矿岩体锆石 U – Pb 年龄及意义 [J]. *岩石学报*, 2010, 26(6): 1692 – 1698.
Liang H Y, Wei Q R, Xu J F, et al. Study on Zircon LA-ICP-MS U-Pb Age of Skarn Cu Mineralization Related
- Intrusion in the Southern Margin of the Gangdese Ore Belt, Tibet and Its Geological Implication [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(6): 1692 – 1698.
- [22] Jiang Z Q, Wang Q, Li Z X, et al. Late Cretaceous (ca. 90Ma) Adakitic Intrusive Rocks in the Kelu Area, Gangdese Belt (Southern Tibet): Slab Melting and Implication for Cu-Au Mineralization [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 53(7): 67 – 81.

LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating and Geochemistry of Late Cretaceous Quartz Diorite in the Nuri Cu-Mo-W Deposit, South Tibet

*DONG Sui-liang, HUANG Yong**, *LI Guang-ming, ZHANG Li, HUANG Han-xiao, ZHANG Hui*
(Chengdu Geological Survey Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, China)

Abstract: The Nuri deposit is located at the south margin of the Gangdese metallogenic belt in Tibet. Its mineralization age revealed by Re-Os dating of molybdenite is 23 Ma, which is consistent with that of the Mingze and Chengba deposits. However, the ore-related rocks have not yet been identified. In this study, we report the age and geochemistry of the newly discovered quartz diorite related to mineralization. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating indicates that the diorite intruded at 93.42 ± 0.76 Ma. The age is consistent with the ages of Shangbujiala (93 Ma) and Kelu (90 Ma) copper-gold deposits in the same metallogenic belt. These ages and previous ages indicate a two-stage ore-forming process. Major elemental analysis shows that quartz diorites contain 57.19% – 58.23% SiO_2 , 15.78 – 16.03% Al_2O_3 , and 4.74% – 5.32% MgO , with $\text{Mg}^\#$ indicators of 65.2 – 67.3. Trace element composition suggests that these rocks are rich in large ion lithophile elements and light rare earth elements, but are poor in high field-strength elements, characteristic of adakite. This study indicates that quartz diorites are arc magmatic rocks formed in the stage of oceanic crust subduction. The primary magma formed by melting of oceanic crust intruded at the shallow crust, resulting in the formation of early skarn copper deposit. The identification of two stages of mineralization in the Nuri deposit expands the prospecting direction of the study area.

Key words: Nuri Cu-Mo-W deposit in South Tibet; quartz diorite; LA-ICP-MS U-Pb dating; subduction of oceanic crust