

西藏仲巴县天宫尼勒矽卡岩型铜金矿床锆石 U-Pb 年代学和岩石地球化学特征: 对成因及其成矿构造背景的指示

黄瀚霄¹⁾, 李光明^{1)*}, 刘波¹⁾, 董随亮¹⁾, 石洪召¹⁾, 张智林²⁾, 范安辉²⁾

1)成都地质矿产研究所, 四川成都 610081;

2)西藏地质勘查局第五地质大队, 青海格尔木 816000

摘要: 天宫尼勒铜金矿床位于冈底斯成矿带北部, 是与花岗闪长岩关系密切的矽卡岩型矿床。花岗闪长岩锆石 ICP-MS U-Pb 年龄加权平均值为 102.6 ± 1.8 Ma, 指示该矿床形成于早白垩世。元素地球化学数据表明, 花岗闪长岩具有高 Al_2O_3 , 富 Na_2O , 低 TiO_2 等特点, 属于准铝质、钙碱性岩石系列, 微量元素富集大离子亲石元素(LILE), 亏损高场强元素(HFSE)和重稀土元素, 显示 Nb 和 Ta 的负异常, 具有明显的岛弧型岩石的地球化学特征, 岩石成因可能与班公湖-怒江洋壳板片俯冲所诱发的岩浆活动有关。结合区域构造演化, 天宫尼勒铜金矿床形成于班公湖-怒江洋向南(即冈底斯地块)俯冲碰撞闭合之前的岛弧环境。

关键词: 锆石 U-Pb 年代; 岩石地球化学; 成矿构造背景; 铜金矿; 冈底斯成矿带; 天宫尼勒

中图分类号: P597; P59; P618.51 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2012.04.04

Zircon U-Pb Geochronology and Geochemistry of the Tiangongnile Skarn-type Cu-Au Deposit in Zhongba County, Tibet: Their Genetic and Tectonic Setting Significance

HUANG Han-xiao¹⁾, LI Guang-ming¹⁾, LIU Bo¹⁾, DONG Sui-liang¹⁾, SHI Hong-zhao¹⁾, ZHANG Zhi-lin²⁾, FAN An-hui²⁾

1) Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu, Sichuan 610081;

2) Geological Party of Tibet Geological Exploration Bureau, Golmud, Qinghai 816000

Abstract: The Tiangongnile Cu-Au deposit located in the northern part of the Gangdise metallogenic belt is a skarn-type deposit closely related to granodiorite. Zircon ICP-MS U-Pb weighted average age of the granodiorite is 102.6 ± 1.8 Ma, indicating that the deposit was formed during the Early Cretaceous period. Element geochemical data indicate that the diorite is characterized by high Al_2O_3 , rich Na_2O and low TiO_2 , thus belonging to metaluminous calc-alkaline series. Trace elements are characterized by enrichment of large ion lithophile elements(LILE) and depletion of high field strength elements (HFSE) and heavy rare earth elements, with Nb and Ta negative anomalies, suggesting that the diorite has geochemical features of island arc rock and its petrogenesis

本文由国家重点基础研究发展计划(编号: 2011CB403100)、青藏专项“西藏铜铅锌国家级接替基地综合研究”(编号: 1212011121239)、“西藏大型矿床成矿专属性研究”(编号: 1212011221073)和“班公湖-怒江成矿带铜多金属成矿规律综合研究”(编号: 1212011086074)联合资助。

收稿日期: 2012-05-10; 改回日期: 2012-05-29。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 黄瀚霄, 男, 1982年生。硕士, 工程师。主要从事青藏高原地质矿产研究。通讯地址: 610082, 四川省成都市一环路北三段2号。E-mail: hanxiaohuang@126.com。

*通讯作者: 李光明, 男, 1965年生。博士, 研究员。主要从事青藏高原区域地质与矿产地质研究。通讯地址: 610082, 四川省成都市一环路北三段2号。E-mail: li-guangming@163.com。

may be related to magmatic activity induced by the subduction of Bangong Co-Nujiang River oceanic crust plates. In combination with regional tectonic evolution, it is held that the Tiangongnile Cu-Au deposit might have been formed in an island-arc environment before southward subduction and closure of Bangong Co-Nujiang River oceanic crust plates.

Key words: zircon U-Pb age; rock geochemistry; tectonic setting; Cu-Au deposit; Gangdise; Tiangongnile

冈底斯成矿带是一条资源潜力巨大的铜多金属成矿带(郑有业等, 2007), 在该成矿带北部及南部均具有寻找金矿巨大的潜力(冯孝良等, 1999; 唐菊兴等, 2012)。在冈底斯成矿带北部, 砂金矿点分布广泛, 矿化点、采金点比比皆是, 但独立的岩金矿点(床)却发现较少(杜光树等, 1993), 仅有达查、罗布日俄么等少数几个岩金矿床(冯孝良等, 1999; 肖润等, 2002), 因此, 对于系统、深入地探讨冈底斯成矿带北部的金矿特征和成矿规律带来了一定困难。在西藏自治区全面禁止开采砂金矿的时候, 寻找和评价岩金矿床尤为重要。天宫尼勒铜金矿床位于冈底斯成矿带北部, 具有明显的砂卡岩型矿化特征, 该矿床的发现和评价具有重要的经济和学术价值。本文试图从成矿关系密切的花岗闪长岩体入手, 利用同位素年代学、地球化学等手段, 初步确定矿床的形成时代及成矿环境, 为冈底斯成矿带北部金矿成矿规律研究以及藏北找金工作抛砖引玉。

1 矿床地质特征

天宫尼勒铜金矿位于日喀则地区仲巴县帕江乡西北约 30 km 处, 地理坐标为东经 $84^{\circ}08'25''$, 北纬 $31^{\circ}32'40''$ 。大地构造位置上处于冈瓦纳北缘冈底斯成矿带-喜马拉雅构造域的冈底斯成矿带构造岩浆岩带北部, 矿区出露的地层为二叠系日阿组(P_{1r})和下拉组(P_{1xl})(图 1)。其中日阿组(P_{1r})总体产状为 $215^{\circ}\angle 30^{\circ}$, 主要岩性为灰白色大理岩, 灰色结晶灰岩与灰岩。大理岩在岩体与围岩的接触带附近出露, 结晶灰岩和灰岩一般出露于大理岩的外侧, 与大理岩呈渐变过渡关系。下拉组(P_{1xl})由含燧石团块的厚层灰岩, 白云质灰岩和紫红色生物碎屑灰岩组成。断裂是矿区内构造主要表现形式, 其中北东向断裂明显控制了铜金矿体的产出。岩浆岩出露在矿区北东方向, 呈岩株的形式产出, 主要岩性为花岗闪长岩。岩体与围岩接触面内外接触带具不同程度大理岩化、砂卡岩化、黄铜矿化等。而在岩体附近的北东向断裂中, 发现碎裂岩化砂卡岩, 砂卡岩具有明显的铜金矿化。

经评价, 矿区内共发现三条铜金矿体, 均产于砂卡岩之中, 受北东向断裂控制。AuI 矿体走向延伸

较小, 厚度变化较大, 金平均品位 2.13 g/t。产状为 $157^{\circ}\angle 83^{\circ}$ 。AuII 矿体是矿区内主要矿体, 长 150 m, 平均厚度 4.43 m, 金平均品位 15.68 g/t; 伴生铜品位 2.22%, 总体产状为 $20^{\circ}\angle 82^{\circ}$ 。AuIII 矿体长 150 m, 平均厚度 3.15 m, 平均金品位 2.52 g/t, 矿体产状 $10^{\circ}\angle 45^{\circ}$, 延伸较浅。

矿石类型主要为含金孔雀石化石榴石绿帘石砂卡岩(图 2a), 具有粒状变晶结构, 浸染状、块状构造。矿石矿物主要有孔雀石、蓝铜矿、辉铜矿、黄铜矿以及自然金, 脉石矿物有石英、石榴石、绿帘石、方解石、阳起石等。其中大多数黄铜矿呈它形粒状, 与石英呈网格状、网脉状产出, 部分黄铜矿呈零星浸染状分布于矿石之中, 反映了岩浆期后热液成矿作用的特点。蚀变具有水平与垂向分带特征, 主要有砂卡岩化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化等。

2 样品及测试方法

在地表采集新鲜的花岗闪长岩, 进行精细的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄以及主微量稀土元素测定。花岗闪长岩呈灰黑色, 中细粒半自形粒状结构, 块状构造, 斜长石含量非常高, 约占 55%、石英含量约为 25%。暗色矿物主要是角闪石和黑云母, 角闪石与黑云母含量分别占 15%、5%。副矿物主要有磁铁矿和榍石等(图 2b)。

锆石的分选工作在廊坊诚信地质服务有限公司完成。在测试之前, 先分别在光学显微镜下用反光、透射光照相和在扫描电镜上进行阴极发光(CL)照相。U-Pb 同位素定年在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室(GPMR)完成。激光剥蚀系统为 GeoLas 2005, ICP-MS 为 Agilent 7500 a。分析流程见参考文献(Liu et al., 2010)。锆石加权平均年龄的计算和谐和图的绘制采用 ISOPLOT 3.0 程序。其分析结果见表 1。常量分析测试在国土资源部西南矿产资源监督检测中心完成, 采用 AXIOS AXIOS-X 荧光光谱仪测定。微量、稀土元素分析在国家地质实验测试中心采用等离子质谱(X-series)完成分析, 分析精度优于 5%。分析结果分别列于表 2 中。

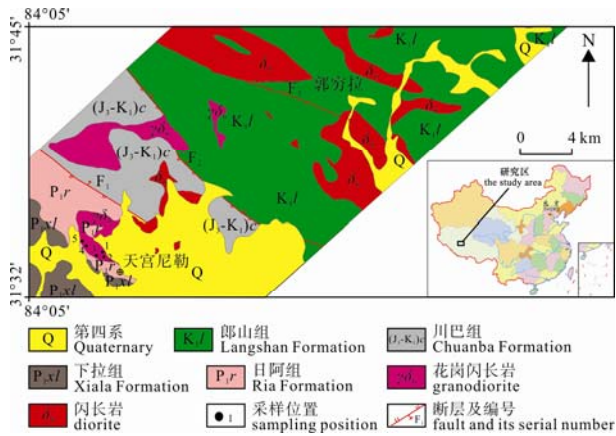


图1 天宫尼勒区域地质图

Fig. 1 Simplified geological map of Tiangongnile area

3 分析结果

3.1 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学

与天宫尼勒铜金矿床成矿密切相关的花岗闪长岩中的锆石无色透明, 粒度在 100 ~ 200 μm 之间, 具有长柱状晶形, 且发育明显的岩浆结晶环带(见图 2), 锆石的 Th/U 比值 > 1, 反映其岩浆成因的特点(宋彪等, 2002)。对闪长岩内的 16 个定年锆石样品进行了 U-Pb 同位素年龄分析。部分测点位置如图 2 所示。16 颗锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值介于 98.9 ~ 118 Ma 之间, 大部分锆石的数据点切割谐和线(图 3), 也有少部分锆石的数据点偏离谐和线, 可能是锆石的初始普通铅扣除不够准确导致数据点偏离谐

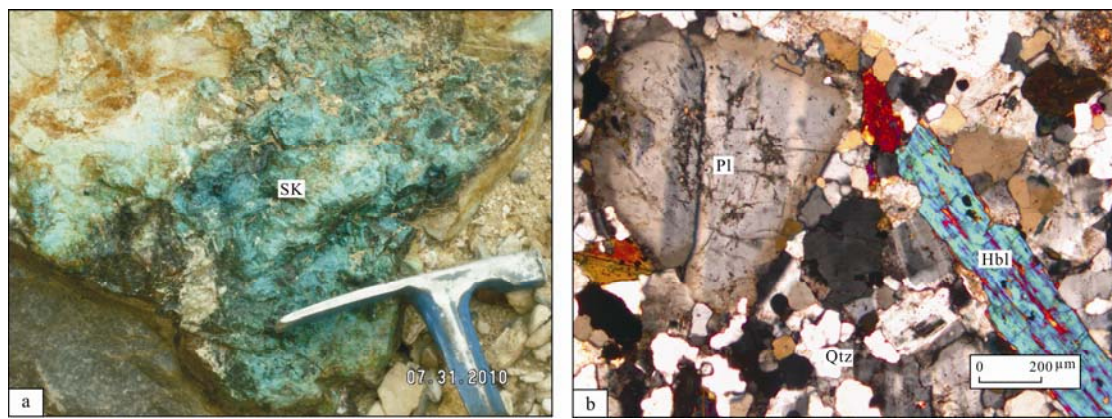


图2 野外矿石及花岗闪长岩显微照片

Fig. 2 Ore outcrop and microphotograph of granodiorite

a-砂卡岩矿石; b-花岗闪长岩显微照片(正交偏光); SK-砂卡岩; Qtz-石英; Pl-斜长石; Hbl-角闪石

a-skarn ore; b-granodiorite microphotograph(crossed nicols); SK-skarn; Qtz-quartz; Pl-plagioclase; Hbl-hornblende

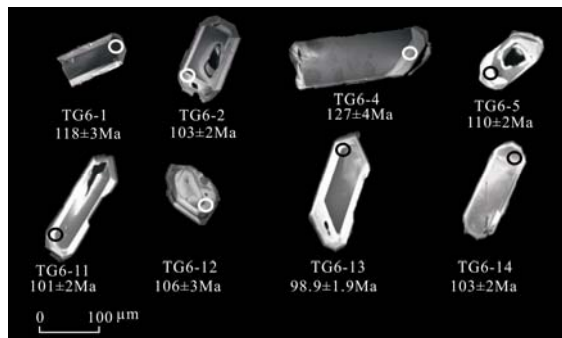


图3 天宫尼勒闪长岩岩体样品阴极发光照片及分析点位置

Fig. 3 Cathodoluminescence images of zircons from diorite sample of the Tiangongnile deposit

和线, 但这并不显著影响其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的精确度, 所测数据点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 102.6 ± 1.8 Ma(95%置信度, MSWD=2.3), 该年龄反映了花岗闪长岩体的侵位年龄或结晶年龄。锆石 U-Pb 年代学结果表明它们形成于早白垩世。

3.2 地球化学特征

花岗闪长岩主量、微量、稀土元素分析结果见表 2, 在岩石主量元素中(表 2), SiO_2 含量介于 61.3% ~ 66.77%。 Al_2O_3 含量较高, 15.01% ~ 15.97%, K_2O 与 Na_2O 的含量分别为 1.86% ~ 2.98%、3.83% ~ 4.22%, TiO_2 含量 0.47% ~ 0.75%。矿区岩石类型属于准铝质(图 4)、钙碱性系列(图 5)。

岩石的稀土元素总含量 $\sum\text{REE}$ 为 102.87×10^{-6} ~ 122.78×10^{-6} (表 2), 稀土元素球粒陨石标准化配分曲线为轻稀土富集型(图 6)。花岗闪长岩 δEu 为 0.65 ~ 0.75。总体看来, 花岗闪长岩轻重稀土分异明显, 具有较弱的负 Eu 异常(图 6)。

在原始地幔标准化微量元素配分曲线图(图 7)上, 花岗闪长岩表现为富集大离子亲石元素(LILE: 如 Rb、Ba、K、Sr)和活泼的不相容元素(如:U、Th), 相对亏损高场强元素(HFSE:如 Nb、Ta、Ti)的地球化学特征。花岗闪长岩具有明显的 Ba 负异常, 主要受斜长石结晶分异控制。

表 1 花岗闪长岩中的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 分析结果
 Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of granite diorite

点号	同位素比值									表面年龄/Ma									
	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1 σ	r	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1 σ
TG-1	0.1491	0.0100	0.4241	0.0382	0.0185	0.0004	0.0097	0.0006	0.2424	0.7521	1.00	2336	114	359	27	118	3	195	11
TG-2	0.0549	0.0036	0.1186	0.0072	0.0161	0.0003	0.0050	0.0001	0.2916	0.5758	1.00	406	146	114	7	103	2	100	3
TG-3	0.0595	0.0031	0.1337	0.0070	0.0166	0.0002	0.0052	0.0001	0.2730	0.6862	1.00	587	109	127	6	106	2	106	3
TG-4	0.2555	0.0187	0.6750	0.0480	0.0199	0.0006	0.0118	0.0007	0.4391	0.7963	1.00	3219	116	524	29	127	4	238	14
TG-5	0.1038	0.0055	0.2390	0.0117	0.0173	0.0003	0.0062	0.0002	0.3299	0.7408	1.00	1694	96	218	10	110	2	126	4
TG-6	0.1129	0.0060	0.2790	0.0168	0.0176	0.0003	0.0075	0.0003	0.2866	0.6450	1.00	1846	96	250	13	113	2	151	5
TG-7	0.0519	0.0022	0.1163	0.0049	0.0163	0.0002	0.0052	0.0001	0.2540	0.8010	1.00	283	94	112	4	104	1	105	2
TG-8	0.0586	0.0030	0.1226	0.0059	0.0155	0.0002	0.0051	0.0001	0.2628	0.4488	1.00	554	113	117	5	99.1	1.2	104	2
TG-9	0.0972	0.0069	0.2287	0.0150	0.0177	0.0003	0.0069	0.0002	0.2804	0.9005	1.00	1572	133	209	12	113	2	140	5
TG-10	0.0750	0.0077	0.1538	0.0128	0.0161	0.0004	0.0051	0.0002	0.2640	0.7712	1.00	1069	206	145	11	103	2	103	4
TG-11	0.0677	0.0048	0.1400	0.0090	0.0158	0.0004	0.0052	0.0002	0.3483	0.8344	1.00	861	147	133	8	101	2	104	4
TG-12	0.0923	0.0098	0.1858	0.0158	0.0166	0.0004	0.0049	0.0002	0.2967	0.8860	1.00	1473	203	173	14	106	3	99.4	4.8
TG-13	0.0740	0.0049	0.1534	0.0097	0.0155	0.0003	0.0055	0.0002	0.3062	0.8442	1.00	1043	135	145	9	98.9	1.9	111	4
TG-14	0.0653	0.0036	0.1451	0.0086	0.0160	0.0002	0.0051	0.0001	0.2481	0.5079	1.00	783	119	138	8	103	2	104	3
TG-15	0.0891	0.0060	0.2260	0.0169	0.0180	0.0002	0.0069	0.0002	0.1414	0.5440	1.00	1406	131	207	14	115	1	140	4
TG-16	0.0631	0.0041	0.1348	0.0079	0.0161	0.0003	0.0052	0.0002	0.2953	0.6948	1.00	722	138	128	7	103	2	105	3

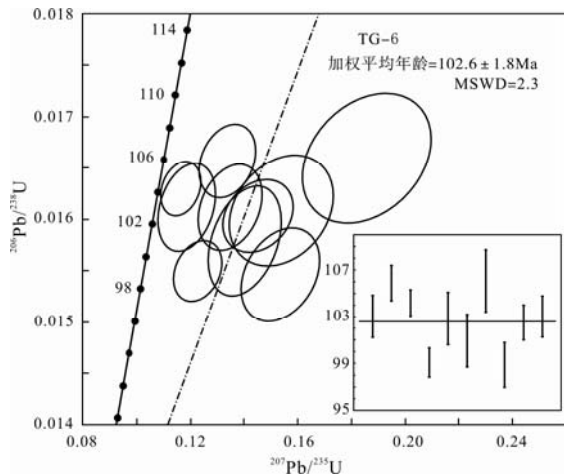


图 4 天宫尼勒花岗闪长岩中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 谐和图与 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均图

Fig. 4 LA-ICP-MS U-Pb concordia diagram and histogram of zircons of granite diorite samples from Tiangongnile

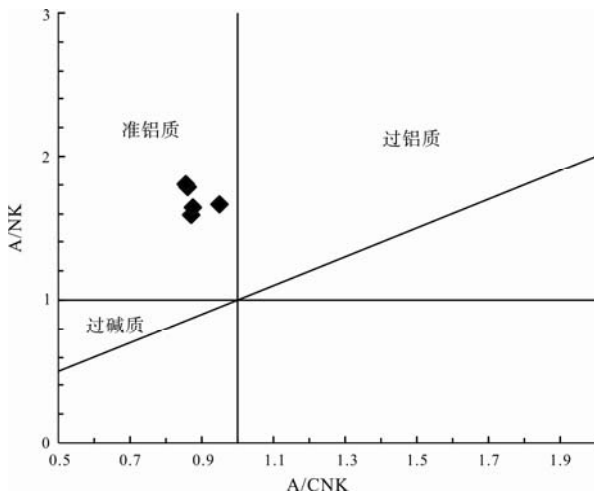


图 5 天宫尼勒矿区花岗闪长岩 A/CNK-A/NK 图解 (底图据 Maniar et al, 1989)

Fig. 5 A/CNK-A/NK diagram of granite diorite in the Tiangongnile deposit (base map after Maniar et al, 1989)

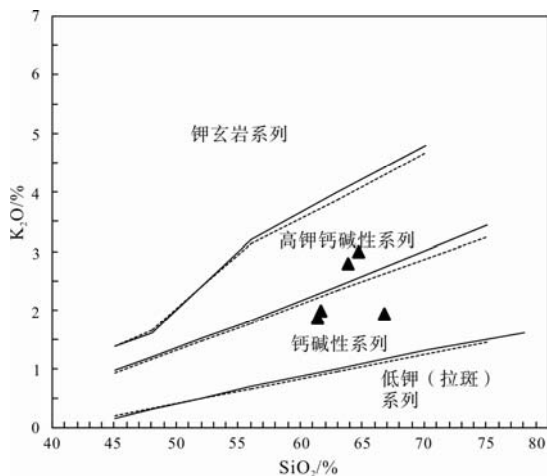


图 6 天宫尼勒花岗闪长岩 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 图解 (底图据 Le Maitre, 2002)

Fig. 6 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ diagram of granite diorite in the Tiangongnile deposit (after Le Maitre, 2002)

表 2 天宫尼勒花岗闪长岩的主要元素(wt%)和微量元素($\times 10^{-6}$)分析结果

Table 2 Major (wt%) and trace ($\times 10^{-6}$) elements compositions of Tiangongnile granite diorite porphyry

样品号	TG01	TG02	TG03	TG04	TG05
SiO ₂	61.57	61.3	64.66	66.77	63.8
Al ₂ O ₃	15.34	15.97	15.11	15.01	15.62
Fe ₂ O ₃	6.65	6.45	5.25	4.58	5.8
FeO	5.11	5.44	4.34	3.75	4.61
CaO	3.75	3.04	2.41	2.53	2.4
MgO	1.98	1.86	2.98	1.93	2.78
K ₂ O	3.92	4.15	3.83	4.22	3.96
Na ₂ O	0.7	0.75	0.61	0.47	0.68
TiO ₂	61.57	61.3	64.66	66.77	63.8
P ₂ O ₅	0.15	0.15	0.12	0.12	0.14
MnO	0.11	0.11	0.1	0.074	0.11
灼失	47.5	44.3	61.5	54.5	58.4
A/CNK	0.86	0.85	0.87	0.95	0.87
Lu	0.41	0.44	0.39	0.34	0.41
Ba	349	448	307	232	330
Sc	13.7	14.5	10.7	6.8	12.3
V	110	119	88.8	60.7	100
Cr	93.5	67.8	73.1	87.2	63.8
Co	15.5	14.6	10.9	9.52	12.1
Ni	91.6	47.5	38.6	75.1	29.1
Ga	17.3	17.8	16.6	16.4	17.4
Rb	69.2	71.5	89.3	96	89.9
Sr	286	314	239	262	261
U	1.37	1.26	1.65	3.09	0.98
Th	8.13	6.2	11.1	18.1	10.4
Nb	7.34	7.66	6.94	6.28	7.38
Ta	0.54	0.55	0.55	0.59	0.56
Zr	182	197	191	287	188
Hf	4.75	5.18	5.32	7.6	5.27
Cs	3.91	4.58	4.73	7.64	5.8
La	20.4	21.6	21.5	22.5	23.2
Ce	44.1	45.6	43.2	41.9	47.9
Pr	5.47	5.69	5.02	4.65	5.64
Nd	22.6	23.4	19.9	17.2	22.6
Sm	4.93	5.17	4.25	3.35	4.74
Eu	1.08	1.16	0.88	0.81	1.01
Gd	4.82	5.1	4.09	3.26	4.66
Tb	0.79	0.85	0.68	0.53	0.78
Dy	4.75	5.14	4.11	3.24	4.81
Ho	0.96	1.02	0.83	0.64	0.97
Er	2.79	3	2.43	1.99	2.79
Tm	0.43	0.44	0.37	0.33	0.44
Yb	2.74	2.85	2.49	2.13	2.83
Y	28.4	30.3	25	20.2	28.1

注: A/CNK= $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 摩尔数分数比。

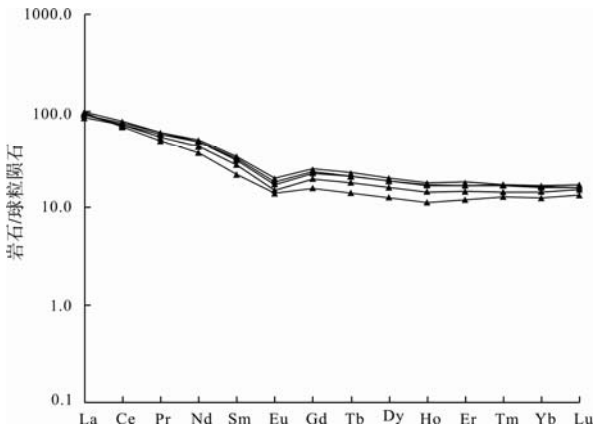


图 7 天宫尼勒花岗闪长岩球粒陨石标准化配分曲线图 (球粒陨石据 Boynton, 1984)

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns of granite diorite in Tiangongnile (chondrite values after Boynton, 1984)

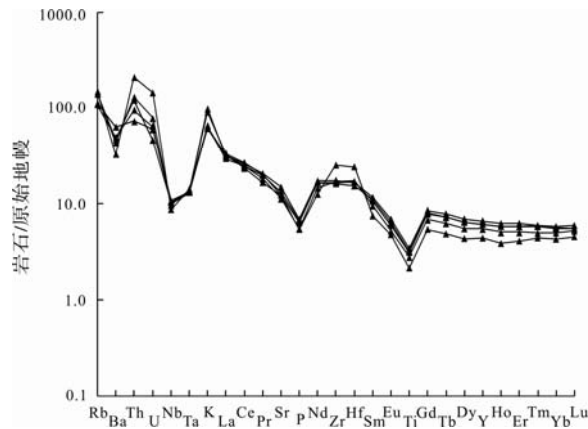


图 8 天宫尼勒花岗闪长岩微量元素原始地幔标准化配分曲线图(原始地幔数据 Sun et al., 1989)

Fig. 8 Primitive mantle-normalized trace element patterns of granite diorite in Tiangongnile (primitive mantle values after Sun et al., 1989)

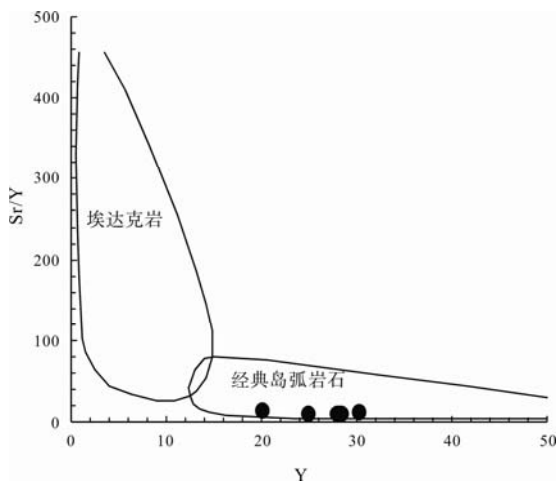


图 9 天宫尼勒花岗闪长岩 Sr/Y-Y 图 (底图据 Defant et al., 1990)

Fig. 9 Sr/Y-Y diagram of granite diorite in the Tiangongnile deposit (base map after Defant et al., 1990)

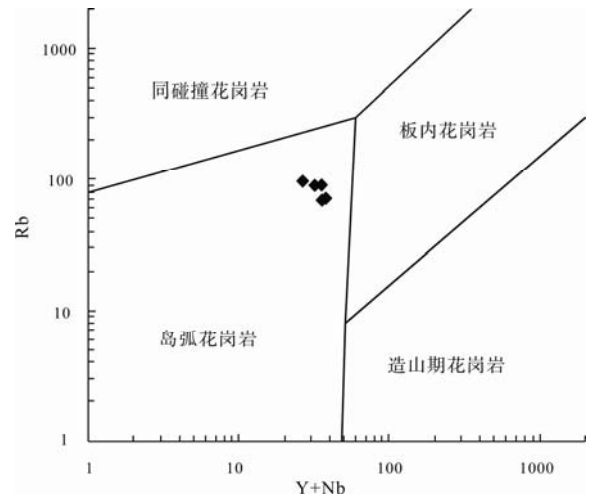


图 10 天宫尼勒花岗闪长岩微量元素构造环境判别图 (底图据 Pearce et al., 1984)

Fig. 10 Rare elements tectonic environment discrimination diagram of granite diorite in the Tiangongnile deposit (base map after Pearce et al., 1984)

4 讨论

4.1 天宫尼勒铜金矿成矿年龄

矿床的精确测年对于矿床模型的建立和成矿地球动力学背景研究具有重要的指示意义。天宫尼勒铜金矿(化)体产于接触带附近及断裂破碎带矽卡岩中, 矽卡岩显示了岩浆岩型矽卡岩的成因特点, 表明铜金矿化与花岗闪长岩岩体的侵入活动密切相关。由于矽卡岩型矿床中的岩浆岩与矿床大致同时形成。因此, 花岗闪长岩侵位年龄可代表铜金矿化时代, 指示天宫尼勒铜金矿床形成于早白垩世。

在冈底斯成矿带北部中西段发育大量的矽卡岩型铜金矿床, 尔尔穷矽卡岩型铜金矿床中与铜金矿化密切相关的闪长玢岩锆石 SHRIMP U- Pb 加权平均年龄为 112.0 Ma(曲晓明等, 2006), 舍索矽卡岩型铜多金属辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 116.2±1.9 Ma(赵元艺等, 2009), 这些数据均表明冈底斯成矿带北带中西段地区矽卡岩型铜金多金属矿床形成于早白垩世。由此可见, 本文获得天宫尼勒矽卡岩型铜金矿床的成矿时代略晚于尔尔穷、舍索矽卡岩型铜金多属矿床, 但三个矿床基本上形成于同一成矿事件。

4.2 岩石成因探讨

在冈底斯地块北部广泛发育近东西向的火成岩, 对其成因认识仍存在较大的分歧, 主要有三种观点: 1)新特提斯洋壳向北低角度或平板俯冲作用产物(Kapp et al., 2007; 马国林等, 2010); 2)与班公湖-怒江洋壳的南向俯冲有关(Zhu et al., 2010; 潘桂棠等,

2006); 3) 岩浆作用来源于拉萨地块和羌塘地块碰撞过程中增厚地壳的重熔或者是碰撞后软流圈上涌引起的地壳熔融(余红霞等, 2011)。近年来研究结果表明, 班公湖-怒江结合带两侧近似于平行于班公湖-怒江结合带走向的断续带状岩浆作用与班公湖-怒江洋中特提斯演化关系密切, 是班公湖-怒江洋壳双向俯冲与拉萨-羌塘地块碰撞的产物(康志强等, 2008; 朱弟成等, 2008; 余红霞等, 2011)。而在拉萨地块的中北部地区广泛分布的早白垩世火山岩则是与班公湖-怒江特提斯洋壳南向俯冲导致大洋岩石圈断离引发的软流圈上涌的结果(朱弟成等, 2009)。

本次研究的花岗闪长岩岩石矿物组分与ACG(富角闪石的钙碱性花岗岩)岩石类相同(张旗等, 2007)。从岩石地球化学特征来说, 花岗闪长岩属于准铝质, 钙碱性岩系, 富集大离子亲石元素和活泼的不相容元素, 亏损高场强元素, 具有明显的 Nb、Ta 负异常, 较弱的负 Eu 异常等特征, 反映出岛弧环境岩浆岩的特点(图 8), 其中 Nb、Ta 总体相对亏损, 显示花岗岩具有地壳物质部分熔融特征, 或者壳幔混合的特征。在花岗岩构造判别图解中(图 9), 样品均落入岛弧型花岗岩区范围内。

基于上述证据, 本文认为天宫尼勒铜金矿花岗闪长岩是由于班公湖-怒江洋壳南向俯冲有关的岩浆活动的产物, 且混有壳源物质。

4.3 成矿背景探讨

从侏罗纪至白垩纪, 冈底斯成矿带的形成受控于班公湖-怒江洋壳和雅鲁藏布洋壳分别由北和南两个方向的俯冲作用(李光明等, 2005)。冈底斯北带早白垩世矿床是雅鲁藏布洋壳向拉萨板块俯冲的产物, 或是班公湖-怒江洋向南俯冲的产物, 目前尚难定论。因此, 有些学者建议在冈底斯与班公湖怒江成矿带之间建立一个过渡带(赵元艺等, 2009)。但从大地构造位置来说, 冈底斯成矿带北部与班公湖-怒江缝合带比邻, 从成矿年代学和成矿岩体地球化学分析可以看出, 冈底斯北带的矿床的成矿年龄与班公湖-怒江成矿带的时代十分相近(赵元艺等, 2011), 而成矿岩体明显受班公湖-怒江缝合带的构造演化控制(高顺宝等, 2011; 余红霞等, 2011; 赵元艺等, 2011)。因此, 冈底斯成矿带北部的矿床与班公湖-怒江成矿带的关系更为密切(高顺宝等, 2011; 赵元艺等, 2011), 是班公湖-怒江缝合带俯冲-碰撞-碰撞过程的伸展等构造演化阶段成矿事件的重要体现。

班公湖-怒江缝合带是一条重要的缝合带(任纪舜等, 2004)。自古生代经历了复杂的地质构造演化历史, 先后经历特提斯洋扩张阶段、双向俯冲阶段、拉萨-羌塘陆块碰撞造山阶段(潘桂棠等, 2001; 卫万顺等, 2003; 曹圣华等, 2006)和后碰撞地壳伸展等阶段(辛洪波等, 2006; 江军华等, 2011)。对于班公湖-怒江洋盆闭合时间是在早白垩世初(卫万顺等, 2003)或者是早白垩世末(朱弟成等, 2008), 仍存在较大的争议。舍马拉沟蛇绿岩中辉长岩年龄测定(邱瑞照等, 2004)、则弄群、多尼组等火山岩的厘定(康志强等, 2008; 朱弟成等, 2008)等研究成果表明, 班公湖-怒江洋盆可能在早白垩世末才闭合(潘桂棠等, 2006), 且洋盆具有从东往西闭合的趋势(郑春子等, 2003)。因此, 从区域构造背景来说, 天宫尼勒铜金矿床形成于班公湖-怒江洋向南俯冲碰撞闭合之前的岛弧环境。

尔尔穷区铜金矿床闪长玢岩成岩年龄为 112 Ma, 辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 89.7 Ma(曲晓明等, 2006)。但从野外来看, 铜金矿化与辉钼矿化可能并不属于同一个成矿阶段, 铜金矿体与闪长玢岩关系更为密切, 而闪长玢岩具有显著的俯冲带岛弧岩浆岩特点, 为大陆和大洋板块俯冲消减的岛弧环境的钙碱性重熔型中酸性岩体, 矿床形成机制很可能与班公湖-怒江洋向拉萨地块之下俯冲有关(邓世林等, 2011); 舍索砂卡岩型铜金矿床为班公湖-怒江洋向南俯冲, 即板块碰撞闭合之前的岛弧环境形成(赵元艺等, 2011)。

综上所述, 天宫尼勒铜金矿床形成于俯冲环境。

4.4 区域找矿意义

冈底斯成矿带地块南部的矿化集中形成于 60 ~ 45 Ma、25 ~ 10 Ma, 与印度-亚洲大陆碰撞与后碰撞伸展作用密切相关(侯增谦等, 2006; 莫宣学等, 2006), 而冈底斯成矿带的北部的矿床则是与班公湖-怒江洋的构造演化关系更为明显(曲晓明等, 2006; 辛洪波等, 2006; 赵元艺等, 2009; 高顺宝等, 2011; 余红霞等, 2011)。近年来, 冈底斯成矿带北部形成约 90 Ma 矿床引起众多学者关注, 认为它们的构造背景为拉萨-羌塘陆块碰撞环境(余红霞等, 2011)或后碰撞环境(辛洪波等, 2006; 高顺宝等, 2011)。天宫尼勒、尔尔穷、舍索等矿床的发现, 表明在冈底斯成矿带北部, 存在一期早白垩世与班公湖-怒江洋俯冲作用有关的铜金成矿事件, 矿床且具有东西成带的分布特征。因此, 我们在关注约 90 Ma 成矿作用的

同时,也应该加强冈底斯成矿带北部早白垩世成矿作用的研究。

5 结论

1) 天宫尼勒铜金矿床花岗闪长岩锆石 U-Pb 加权平均年龄为 102.6 ± 1.8 Ma, 指示该矿床形成于早白垩世。

2) 花岗闪长岩具有岛弧花岗岩的地球化学特征, 是班公湖-怒江洋壳断裂所诱发的岩浆活动的产物。天宫尼勒铜金矿床与班公湖-怒江洋向南俯冲有关, 形成于俯冲碰撞闭合之前的岛弧环境。

3) 冈底斯成矿带北部存在早白垩世与班公湖-怒江洋俯冲作用关系密切的铜金成矿事件。

致谢: 在野外期间得到西藏地质勘查局地质五队陈红旗高级工程师的大力支持, 在文章创作中得到成都地质矿产研究所雍永源研究员、张斌辉工程师和中国地质科学院矿产资源研究所唐菊兴老师的帮助, 在此表示感谢!

参考文献:

- 曹圣华, 邓世权, 肖志坚, 廖六根. 2006. 班公湖-怒江结合带西段中特提斯多岛弧构造演化[J]. 沉积与特提斯地质, 26(4): 25-32.
- 邓世林, 唐菊兴, 李志军, 姚晓峰, 王友. 2011. 西藏尔穷铜金矿床岩体地球化学特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 38(1): 85-91.
- 杜光树, 冯孝良, 陈福忠, 刘宝田, 雍永源. 1993. 西藏金矿地质[M]. 成都: 西南交通大学出版社: 1-117.
- 冯孝良, 杜光树. 1999. 西藏金矿资源分布规律、矿化类型及找矿方向[J]. 特提斯地质, (23): 31-38.
- 高顺宝, 郑有业, 王进寿, 张众, 杨成. 2011. 西藏班戈地区侵入岩年代学和地球化学: 对班公湖-怒江洋盆演化时限的制约[J]. 岩石学报, 27(7): 1973-1982.
- 侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 莫宣学, 丁林, 高永丰, 董方浏, 李光明, 曲晓明, 李光明, 赵志丹, 江思宏, 孟祥金, 李振清, 秦克章, 杨志明. 2006. 青藏高原碰撞造山带: I. 主碰撞造山成矿作用[J]. 矿床地质, 25(4): 337-358.
- 江军华, 王瑞江, 曲晓明, 辛洪波, 王振中. 2011. 青藏高原西部班公湖岛弧带特提斯洋盆闭合后的地壳伸展作用[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 36(6): 1021-1032.
- 康志强, 许继峰, 董彦辉, 王保弟. 2008. 拉萨地块中北部白垩纪则弄群火山岩: S₁ainajap 洋南向俯冲的产物?[J]. 岩石学报, 24(2): 303-314.
- 李光明, 芮宗瑶, 王高明, 林方成, 刘波, 余宏全, 丰成友, 屈文俊. 2005. 西藏冈底斯成矿带甲马和知不拉铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其意义[J]. 矿床地质, 24(5): 481-489.
- 马国林, 岳雅慧. 2010. 西藏拉萨地块北部白垩纪火山岩及其对冈底斯岛弧构造演化的制约[J]. 岩石矿物学杂志, 29(5): 525-538.
- 莫宣学, 赵志丹, DEPAOLO D J, 周肃, 董国臣. 2006. 青藏高原拉萨地块碰撞-后碰撞岩浆作用的三种类型及其对大陆俯冲和成矿作用的启示: Sr-Nd 同位素证据[J]. 岩石学报, 22(4): 795-803.
- 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 朱弟成, 王立全, 李光明, 赵志丹, 耿全如, 廖忠礼. 2006. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩石学报, 22(3): 521-533.
- 潘桂棠, 王立全, 李兴振, 王洁民, 徐强. 2001. 青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆系的空间配置[J]. 沉积与特提斯地质, 21(3): 1-26.
- 邱瑞照, 周肃, 邓晋福, 李金发, 肖庆辉, 蔡志勇. 2004. 西藏班公湖-怒江西段舍马拉沟蛇绿岩中辉长岩年龄测定——兼论班公湖-怒江蛇绿岩带形成时代[J]. 中国地质, 31(3): 262-268.
- 曲晓明, 辛洪波. 2006. 藏西班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境[J]. 地质通报, 25(7): 792-799.
- 任纪舜, 肖黎薇. 2004. 1:25 万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱[J]. 地质通报, 23(1): 1-11.
- 宋彪, 张玉海, 万渝生, 简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 48(S1): 26-30.
- 唐菊兴, 多吉, 刘鸿飞, 郎兴海, 张金树, 郑文宝, 应立娟. 2012. 冈底斯成矿带东段矿床成矿系列及找矿突破的关键问题研究[J]. 地球学报, 33(4): 393-410.
- 卫万顺, 张宇辉, 路彦明, 刘桂阁. 2003. 西藏班公湖-怒江成矿带中段岩浆演化及其金矿成岩成矿动力学模式[J]. 黄金科学技术, 11(3): 1-10.
- 肖润, 李胜荣, 傅璐珈, 王勇, 杨伟光, 阎柏琨, 刘波. 2002. 西藏尼玛县达查金矿床同位素地球化学研究[J]. 现代地质, 16(2): 165-169.
- 辛洪波, 曲晓明. 2006. 藏西措勤县日阿与斑(玢)岩有关的铜矿床的矿床地质特征与成矿时代[J]. 矿床地质, 25(4): 477-482.
- 余红霞, 陈建林, 许继峰, 王保弟, 邬建斌, 梁华英. 2011. 拉萨地块中北部晚白垩世(约 90 Ma) 拔拉扎含矿斑岩地球化学特征及其成因[J]. 岩石学报, 27(7): 2011-2022.
- 张旗, 潘国强, 李承东, 金惟俊, 贾秀勤. 2007. 花岗岩构造环境问题: 关于花岗岩研究的思考之三[J]. 岩石学报, 23(11): 2683-2698.

- 赵元艺, 崔玉斌, 吕立娜, 石登华. 2011. 西藏舍索砂卡岩型铜多金属矿床年代学与地球化学特征及意义[J]. 岩石学报, 27(7): 2132-2142.
- 赵元艺, 宋亮, 樊兴涛, 石登华, 张天平, 陈红旗, 屈文俊. 2009. 西藏申扎县舍索铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 年代学及地质意义[J]. 地质学报, 83(8): 1150-1158.
- 郑春子, 曲永贵, 张树岐, 刘贵忠, 冯德臣. 2003. 西藏北部雄梅-曲松波地区早白垩世多尼组及沉积环境探讨[J]. 地质论评, 49(6): 638-645.
- 郑有业, 多吉, 王瑞江, 程顺波, 张刚阳, 樊子瑋, 高顺宝, 代芳华. 2007. 西藏冈底斯巨型斑岩铜矿带勘查研究最新进展[J]. 中国地质, 34(2): 324-334.
- 朱弟成, 莫宣学, 王立全, 赵志丹, 廖忠礼. 2008. 新特提斯演化的热点与洋脊相互作用: 西藏南部晚侏罗世-早白垩世岩浆作用推论[J]. 岩石学报, 24(2): 225-237.
- 朱弟成, 莫宣学, 赵志丹, 牛耀龄, 潘桂棠, 王立全, 廖忠礼. 2009. 西藏南部二叠纪和早白垩世构造岩浆作用与特提斯演化: 新观点[J]. 地学前缘, 16(2): 1-20.
- BOYNTON W V. 1984. Geochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies[M]/Henderson P (ed.). Rare Earth Element Geochemistry. New York: Elsevier.
- CAO Sheng-hua, DENG Shi-quan, XIAO Zhi-jian, LIAO Liu-gen. 2006. The archipelagic arc tectonic evolution of the Meso-Tethys in the western part of the bangong Lake-Nujiang suture zone[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 26(4): 25-32(in Chinese with English abstract).
- DEFANT M J, DRUMMOND M S. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere[J]. Nature, 347(6294): 662-665.
- DENG Shi-lin, TANG Ju-xing, LI Zhi-jun, YAO Xiao-feng, WANG You. 2011. Geochemical characteristics of rock mass in the gaerqiong Cu-Au deposit, Tibet[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 38(1): 85-91(in Chinese with English abstract).
- DU Guang-shu, FENG Xiao-liang, CHEN Fu-zhong, LIU Bao-tian, YONG Yong-yuan. 1993. Tibet Gold Deposit[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press: 1-117(in Chinese).
- FENG Xiao-liang, DU Guang-shu. 1999. The distribution, mineralization types and prospecting and exploration of the gold deposits in xizang[J]. Tethyan Geology, (23): 31-38(in Chinese with English abstract).
- GAO Shun-bao, ZHENG You-ye, WANG Jin-shou, ZHANG Zhong, YANG Cheng. 2011. The geochronology and geochemistry of intrusive rocks in bange area: constraints on the evolution time of the bangong Lake-Nujiang ocean basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 27(7): 1973-1982(in Chinese with English abstract).
- HOU Zeng-qian, YANG Zhu-sen, XU Wen-yi, MO Xuan-xue, DING Lin, GAO Yong-feng, DONG Fang-liu, LI Guang-ming, QU Xiao-ming, LI Guang-ming, ZHAO Zhi-dan, JIANG Sai-hong, MENG Xiang-jin, LI Zhen-qing, QIN Ke-zhang, YANG Zhi-ming. 2006. Metallogenesis in tibetan collisional orogenic belt: I. Mineralization in main collisional orogenic setting[J]. Mineral Deposits, 25(4): 337-358(in Chinese with English abstract).
- JIANG Jun-hua, WANG Rui-jiang, QU Xiao-ming, XIN Hong-bo, WANG Zhen-zhong. 2011. Crustal Extension of the Bangong Lake Arc Zone, Western Tibetan Plateau, After the Closure of the Tethys Oceanic Basin[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 36(6): 1021-1032(in Chinese with English abstract).
- KANG Zhi-jiang, XU Ji-feng, DONG Yan-hui, WANG Bao-di. 2008. Cretaceous volcanic rocks of zenong group in north-middle lhusa block: products of southward subducting of the slainajap ocean?[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(2): 303-314(in Chinese with English abstract).
- KAPP P, DECELLES P G, GEHRELS G E, HEIZLER M, DING L. 2007. Geological records of the Lhasa-Qiangtang and Indo-Asian collisions in the Nima area of central Tibet[J]. Bulletin of the Geological Society of America, 119(7-8): 917-933.
- LE MAITRE RW. 2002. Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms(2nd Edition)[M]. England: Cambridge University Press: 33-39.
- LI Guang-ming, RUI Zong-yao, WANG Gao-ming, LIN Fang-cheng, LIU Bo, SHE Hong-quan, FENG Cheng-you, QU Wen-jun. 2005. Molybdenite Re-Os dating of jiama and zhibula polymetallic copper deposits in gangdese metallogenic belt of tibet and its significance[J]. Mineral Deposits, 24(5): 481-489(in Chinese with English abstract).
- LIU Y, GAO S, HU Z, GAO C, ZONG K., WANG D. 2010. Continental and Oceanic Crust Recycling-induced Melt-Peridotite Interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb Dating, Hf Isotopes and Trace Elements in Zircons from Mantle Xenoliths[J]. Journal of Petrology, 51 (1-2):

- 537-571.
- TANG Ju-xing, Dorji, LIU Hong-fei, LANG Xing-hai, ZHANG Jin-shu, ZHENG Wen-bao, YING Li-juan. 2012. Minerogentic Series of Ore Deposits in the East Part of the Gangdise Metallogenic Belt[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 33(4): 393-410(in Chinese with English abstract).
- MA Guo-lin, YUE Ya-hui. 2010. Cretaceous volcanic rocks in northern lhasa block: constraints on the tectonic evolution of the gangdise arc[J]. *Acta Petrologica ET Mineralogica*, 29(5): 525-538(in Chinese with English abstract).
- MANIAR P D, PICCOLI P M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 101(5): 635-643.
- MO Xuan-xue, ZHAO Zhi-dan, DEPAOLO D J, ZHOU Su, DONG Guo-chen. 2006. Three types of collisional and post-collisional magmatism in the lhasa block, tibet and implications for india intra-continental subduction and mineralization: evidence from Sr-Nd isotopes[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(4): 795-803(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, MO Xuan-xue, HOU Zeng-qian, ZHU Di-cheng, WANG Li-quan, LI Guang-ming, ZHAO Zhi-dan, GENG Quan-ru, LIAO Zhong-li. 2006. Spatial-temporal framework of the gangdese orogenic belt and its evolution[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 521-533(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, WANG Li-quan, LI Xing-zhen, WANG Jie-min, XU Jiang. 2001. The tectonic framework and spatial allocation of the archipelagic arc-basin systems on the Qinghai-Xizang plateau[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 21(3): 1-26(in Chinese with English abstract).
- PEARCE J A, HARRIS N B W, TINDLE A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. *Journal of Petrology*, 25(4): 956-983.
- QIU Rui-zhao, ZHOU Su, DENG Jin-fu, LI Jin-fa, XIAO Qing-hui, CAI Zhi-yong. 2004. Dating of gabbro in the shemalagou ophiolite in the western segment of the bangong Co-Nujiang ophiolite belt, Tibet-with a discussion of the age of the bangong Co-Nujiang ophiolite belt[J]. *Geology in China*, 31(3): 262-268(in Chinese with English abstract).
- QU Xiao-ming, XIN Hong-bo. 2006. Ages and tectonic environment of the Bangong CO porphyry copper belt in western Tibet, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(7): 792-799(in Chinese with English abstract).
- REN Ji-shun, XIAO Li-wei. 2004. Lifting the mysterious VEIL of the tectonics of the Qinghai-Tibet plateau by 1:250000 geological mapping[J]. *Regional Geology of China*, 23(1): 1-11(in Chinese with English abstract).
- SONG Biao, ZHANG Yu-hai, WAN Yu-sheng, JIAN Ping. 2002. Mount making and procedure of the shrimp dating[J]. *Geological Review*, 48(S1): 26-30(in Chinese with English abstract).
- SUN S S, MCDONOUGH W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes[J]. //Saunders A D, Norry M J (eds.). *Magmatism in the Ocean Basins*. Special Publication Geological Society Lond, 42: 313-345.
- WEI Mo-shun, ZHANG Yu-hui, LU Yan-ming, LIU Gui-ge. 2003. Magmatic evolution and metallogenic model of gold deposits in the middle part of bangonghu-NUJIANG metallogenic belt, Tibet[J]. *Gold Science and Technology*, 11(3): 1-10(in Chinese with English abstract).
- XIAO Run, LI Sheng-rong, FU Lu-jia, WANG Yong, YANG Wei-guang, YAN Bo-kun, LIU Bo. 2002. Isotope Geochemistry of Dacha Gold Deposits in Tibet[J]. *Geoscience*, 16(2): 165-169(in Chinese with English abstract).
- XIN Hong-bo, QU Xiao-ming. 2006. Geological characteristics and ore-forming epoch of Ri'a copper deposit related to bimodal rock series in Coqen County, western Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 25(4): 477-482(in Chinese with English abstract).
- YU Gong-xia, CHEN Jian-lin, XU Ji-feng, WANG Bao-di, WU Jian-bin, LIANG Hua-ying. 2011. Geochemistry and origin of late cretaceous (~90Ma) ore-bearing porphyry of Balazha in mid-northern Lhasa terrane, Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(7): 2011-2022(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Qi, PAN Guo-jiang, LI Cheng-dong, JIN Wei-jun, JIA Xiu-qin. 2007. Are discrimination diagrams always indicative of correct tectonic settings of granites? Some crucial questions on granite study (3)[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(11): 2683-2698(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Yuan-yi, CUI Yu-bin, LÜ Li-na, DAN Deng-hua. 2011. Chronology, geochemical characteristics and the significance of shesuo copper polymetallic deposit, Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(7): 2132-2142(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Yuan-yi, SONG Liang, FAN Xing-tao, DAN Deng-hua, ZHANG Tian-ping, CHEN Gong-qi, QU Wen-jun. 2009.

Re-Os Dating of Molybdenite from the Shesuo Copper Polymetallic ORE in Shenzha County, Tibet and Its Geological Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 83(8): 1150-1158(in Chinese with English abstract).

ZHENG Chun-zi, QU Yong-gui, ZHANG Shu-qi, LIU Gui-zhong, FENG De-chen. 2003. On the Lithostratigraphy and Sedimentary Environment of the Lower Cretaceous Duoni Formation in the Xungmai and Qusongbo Areas, Northern Xizang[J]. Geological Review, 49(6): 638-645(in Chinese with English abstract).

ZHENG You-ye, DUO Ji, WANG Rui-jiang, CHENG Shun-bo, ZHANG Gang-yang, FAN Zi-hui, GAO Shun-bao, DAI Fang-hua. 2007. New advances in the study of the gigantic Gangdise porphyry copper metallogenic zone, Tibet[J]. Geology in China, 34(2): 324-334(in Chinese with English ab-

stract).

ZHU D C, ZHAO Z D, NIU Y L, MO X X, CHUNG S L, HOU Z Q, WANG L Q, WU F Y. 2010. The Lhasa Terrane: Record of a microcontinent and its histories of drift and growth[J]. Earth and Planetary Science Letters, 301(1-2): 241-255.

ZHU Di-cheng, MO Xuan-xue, WANG Li-quan, ZHAO Zhi-dan, LIAO Zhong-li. 2008. Hotspot-ridge interaction for the evolution of Neo-Tethys: insights from the late Jurassic-Early Cretaceous magnetism in southern Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(2): 225-237(in Chinese with English abstract).

ZHU Di-cheng, MO Xuan-xue, ZHAO Zhi-dan, NIU Yao-ling, PAN Gui-tang, WANG Li-quan, LIAO Zhong-li. 2009. Permian and Early Cretaceous tectonomagmatism in southern Tibet and Tethyan evolution: New perspective[J]. Earth Science Frontiers, 16(2): 1-20(in Chinese with English abstract).

1: 500 万国际亚洲地质图付梓出版

由中国地质调查局立项、中国地质科学院地质研究所组织实施、任纪舜院士为总联系人、联合 20 个国家近 100 名科学家共同编制完成的 1: 500 万国际亚洲地质图已于 2012 年 4 月通过国际专家评审, 成果将在 34 届地质大会上展示, 并于近日付梓出版。

1: 500 万国际亚洲地质图编制项目(IGMA5000)是任纪舜院士在世界地质图委员会(CGMW)2002 年例会上提出建议、2004 年立项、2005 年开始执行的一项大型国际合作项目。项目自开展以来, 已经完成的 1:500 万国际亚洲地质图创造了五个第一: 第一幅全面反映亚洲及相邻海域的地质图件; 第一份带数据库的国际亚洲地质图; 第一份由中国地质调查局负责, 由中国科学家主持编制的洲际性地质图件; 第一份既表示大陆地质, 又表示大洋地质的国际亚洲地质图; 国际地质图委员会旗下编制的第一份国际亚洲地质图。该图图幅西起欧洲比利牛斯山和阿尔卑斯山, 含欧洲大部 and 非洲东部; 东抵马里亚纳海沟, 包括西北太平洋和菲律宾海; 北起北冰洋, 包括北美洲北端; 南到爪哇海沟, 包括北印度洋和大洋洲西北部, 清楚地展示了亚洲与全球其他大陆和海洋的地质关系。

该图是目前世界上资料最新、最全的国际亚洲地质图, 是首次通过国际合作对亚洲大陆及其相邻大陆和海域进行系统性编图总结。图件编制按国际统一标准, 分工负责: 参与编图的各国学者首先编制各自国家或地区的地质草图并进行数据库建设, 然后由编辑组统一汇总。在编图过程中, 各国学者一般都使用了各个国家或地区的最新地质图件和资料, 并融入了针对亚洲一些关键时段和地区的地层、岩石和构造等专题研究成果, 重新厘定了若干地层、岩石等地质体的时代, 统一了亚洲一系列地层划分对比, 解决了岩石分类不一致等问题, 其内容已比过去的图件大大更新, 更为真实地反映了亚洲地质构造特征。

该图的出版不仅将为亚洲地球科学、资源科学和环境科学的发展做出贡献, 还将为我国的矿产资源和油气资源勘查走出去战略奠定坚实的基础。