doi: 10.3969/j.issn.1007-3701.2014.04.007

# 印尼苏门答腊岛苏利特河铜矿地质特征

向文帅,高小卫,程 湘

XIANG Wen-Shuai, GAO Xiao-Wei, CHENG Xiang

(中国地质调查局武汉地质调查中心,武汉 430205) (Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan, 430205)

摘要:印尼苏门答腊岛西部的苏利特河铜矿床代表了侏罗纪 - 早白垩世岩浆弧相关的铜金成矿期次。为了总结其特征并指 导该区找矿实践,本文对其地质背景、岩相学和主量及微量元素特征进行了研究。岩石地球化学特征表明:该矿床砂卡岩主 量元素与岩浆岩相比,其 CaO 含量增多,SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O 以及 Na<sub>2</sub>O 含量降低;在 FAM 图解和 FeOt-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 图解中,矿 化砂卡岩落在变质闪长斑岩附近,但是二者的 REE 配分模式不尽相同:闪长斑岩岩体具有更高的 Σw(REE)含量和 Eu 正 异常,而砂卡岩普遍表现为 Eu 负异常。综合主量元素地球化学和年代学的证据,苏利特河矿床时代可能为早侏罗世以后, 属于造山后和碰撞后阶段的板内岩浆活动的产物。 关键词:苏利特河铜矿;矽卡岩;稀土元素;苏门答腊岛 中图分类法:P618.41 文献标识码:A 文章编号:1007-3701(2014)04-361-07

### Xiang W S, Gao X W and Cheng X. Geological characteristics of Sulit Air Copper deposit in Sumatra Indonesia. Geology and Mineral Resources of South China, 2014, 30(4):361-367.

Abstract: Sulit Air copper deposit belongs to the Jurassic- early Cretaceous magma arc related copper-gold metallogenic period of Sumatra, Indonesia. In order to summarize the characteristics of this deposit and to guide the prospecting in this area, this article study the geology, petrology and geochemistry of Sulit Air. Geochemistry characteristic shows that the skarn rocks have more CaO and less Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O content than the igneous rock; In the FAM diagram and FeOt-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram, the skarn rock dropped near the igneous rocks area. However, the REE pattern of those two rocks are different, the  $\Sigma$  w (REE) of igneous rock is higher than skarn rock; the skarn rocks have negative europium anomalies rather than positive anomalies in the igneous rock. In conclusion, the age of Sulit Air deposit is later than early-Jurassic and its ore-forming setting belongs to the post-orogenic and post-collisional volcanism.

Keywords: Sulit Air copper deposit; geochemistry; skarn; Sumatra

境较好的国家之一,其矿产开发及投资前景良好。 且该国金属矿产资源丰富,已经发现了多个世界级

印度尼西亚作为我国大陆周边距离较近且环的超大型矿床。印尼的矿产资源主要分布在板块过 渡带和稳定地台区<sup>11</sup>,而位于印度洋板块与巽他陆 块俯冲碰撞过渡带的苏门答腊岛,自古以来就有悠

收稿日期:2014-5-15;修回日期:2014-7-17.

基金项目:中国地质调查局项目"印度尼西亚中苏门答腊岛铜、金等多金属矿产成矿规律研究(1212011120339)".

第一作者:向文帅(1986—),男,助理研究员,长期从事地质矿产勘查与研究,E-mail: oldwenzi@163.com.

久的矿产开发史,特别是金、银等贵金属以及铜、铅、锌、锡等有色金属<sup>[2]</sup>。本文研究的苏利特河(Sulit Air)铜矿位于苏门答腊岛中部一个重要的矿集区 内(周边还有若干其他矿床),是苏门答腊岛比较典 型的矽卡岩型矿床。

### 1 地质背景

苏门答腊岛位于东南亚,是印度尼西亚最大的 岛屿。该岛含有丰富的金属矿产资源和石油、天然 气等能源。苏门答腊岛具有"金岛"的美称,据统计 截至 1994 年该岛共产出 91 t 的金和 937 t 的银 (Van Leeuwen, 1994),还有大量的斑岩型铜矿及热 液型锡矿及铅锌矿床<sup>[3]</sup>。

苏门答腊岛的主要地貌格局为西南部巴里散 (Barisan)山脉区和东北部的弧后盆地区(图1)。在 构造上,该岛以中央构造带(MSTZ)为界可分为东 苏门答腊块体和西苏门答腊块体<sup>14</sup>。晚石炭 – 早二 叠世东苏门答腊地块伴随"暹缅马苏地块"一起从 冈瓦纳大陆分离出去(Metcalfe,1996)<sup>15</sup>;随后暹缅 马苏地块和印支地块在晚二叠世拼合,古特提斯洋 随之关闭消失;早三叠世,西苏门答腊地块与东苏 门答腊地块走滑碰撞、拼合,构成了苏门答腊岛的 主要地质格架<sup>16</sup>。

该岛上广泛出露前第三纪结晶基底,结晶基底 被二叠 - 晚白垩世的花岗质岩浆岩所侵入,在巴里 散山脉局部出露有第三纪的火山岩<sup>[7]</sup>。区内花岗岩 分布广泛,主要可以划分为两个阶段。第一个阶段 是石炭 - 二叠纪与锡相关的 S 型花岗岩,来源于下 地壳,主要分布在巴里散山脉附近及其东部;第二 个阶段为晚三叠世 - 早侏罗世花岗岩,主要分布在 巴里散山脉西部,具有广泛的成分范围,从闪长岩 到二长花岗岩不等,为陆缘火山弧成因<sup>[8-9]</sup>。苏门答 腊断裂带为岛上最大的断裂带,其走向大致与巴里



图1 苏门答腊岛构造简图 Fig. 1 Simplified tectonic map of Sumatra

#### 散山脉平行。

### 2 矿床地质特征

苏利特河铜矿位于西苏门答腊省巴东市东北 50 km 的巴里散山区,产于侏罗纪苏利特河岩体与 中晚三叠世灰岩接触带上。1949 年, Van Bemmelen 在苏利特河岩体周边进行研究时即发现有砂卡岩 型矿化及与侵入岩有关的矿化作用<sup>[10]</sup>。苏利特河岩 体的特殊意义在于,它代表了苏门答腊岛上较为重 要的一次成矿时代,即侏罗纪 – 早白垩世岩浆弧相 关的铜金成矿期。在中苏门答腊岛上,这一成矿期 内有数个以侵入体为中心的矿床,其中包括麻拉西 邦基,克拉扬湖以及苏利特河。这些 I 型花岗岩体 形成的铜金矿床与其邻区的东苏门答腊地块内的 与锡矿相关的 S 型花岗岩有明显差异。

苏利特河铜矿为矽卡岩型矿床,接触带上主要 岩性为大理岩,多孔状石榴石矽卡岩,石榴石化大 理岩,硅灰石透辉石石榴石砂卡岩以及斑铜矿化透 辉硅灰钙铝榴石砂卡岩等。矿体呈透镜状,矿石矿 物为斑铜矿、黄铜矿、辉铜矿、铜蓝、孔雀石。原生金 属矿物主要为斑铜矿,呈细脉浸染状分布。受研究 区新生代碰撞造山运动以来频繁的构造活动影响, 导致矿体被强烈挤压破碎和改造。

3 岩石学特征

苏利特河矿区岩浆岩为闪长斑岩,略变质。岩石具有清晰可见的石英和被绿泥石化和绿帘石化的片状黑云母斑晶,斑晶粒径 0.09~0.40 mm;基质中,显微板条状钠奥长石嵌布于它形粒状变晶的石英之中,石英变晶粒径 0.09~0.12 mm,其大小与石英斑晶相差不多,板条状斜长石粒径 0.01 mm × 0.06 mm,于变晶石英之中杂乱分布,于变嵌晶中有显微鳞片状绢云母分布,局部板条状斜长石略具定向性;基质中有微量呈针柱状暗色绿帘石化的角闪石,钾长石少见。

砂卡岩为灰色至褐灰色,岩石中各种矿物呈它 形粒状互相混杂产出。钙铝榴石或被包于硅灰石和 透辉石之中,或成集合体呈条带状产出,硅灰石粒 径 0.24 mm×4.80 mm。透辉石粒径 2.80 mm×4.80 mm。钙铝榴石粒径 0.16~0.48 mm。

大理岩主要矿物为近等轴粒状方解石,含少量

豆粒状浅褐色石榴石变斑晶,方解石粒径 0.08~0.56 mm,变斑晶状石榴石含量约占 15%左右,豆粒 粒径 2~5 mm 左右,分布不均匀。

### 4 样品采集与分析

本次研究分别在该地岩浆岩区和砂卡岩区对 不同类型的岩石进行了地球化学采样,每件样品质 量大于 500 g,样品带回国内后,送华北有色地质勘 查局燕郊中心实验室进行测试。

测试方法:通过比色法,氟盐取代-EDTA 容量 法,火焰光度法等方法分别测试主量元素的各项氧 化物百分比含量;并通过电感耦合等离子体质谱法 测定了样品中 14 种稀土元素的含量。

### 5 岩石地球化学特征

#### 5.1 主量元素

采集的样品进行主量元素分析结果如表1所 示,同时与苏门答腊岛其他类型岩浆岩进行对比。

矿区内变质的闪长斑岩 SiO<sub>2</sub>含量(42.68%)偏低,较富集 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(17.41%)、FeO 和 K<sub>2</sub>O<sub>0</sub>SiO<sub>2</sub>含量与 其 NW 方向的卢布西卡平幅(1:25 万)中的印支 期劳劳闪长岩比较接近,而与麻拉西邦基闪长岩体 比较,则明显降低<sup>111</sup>。因此,其原岩岩性可能偏向于 基性至超基性(铁镁质)岩。同时,矿区砂卡岩相比 岩浆岩,CaO 含量明显增多,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和 K<sub>2</sub>O 以及 Na<sub>2</sub>O 含量则相对降低。由于岩浆演化晚期,随着挥 发分的增加,以及冷凝和压力减小等作用,导致成 矿流体进入岩浆和围岩接触带,而这种 CaO 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的反向趋势变化,很有可能代表了接触 交代作用为双交代模式。

矿区内的变质闪长斑岩样品在 FAM 图解(图 2a)上与劳劳闪长岩相同,主要落在拉斑玄武岩系 列的范围内,而区域上的麻拉西邦基闪长岩样品则 落在钙碱性系列的范围内。在 FeOt-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 图 解(图 2b)上,变质闪长斑岩的样品落在大陆溢流 玄武岩的范围内,而麻拉西邦基闪长岩和劳劳闪长 岩则落在造山带的范围内。这表明矿区内变质闪长 斑岩的主量元素特征与区域上的闪长岩相比较略 有不同,可能形成于不同的构造背景。其原岩应该 是大陆板内裂陷盆地中的中基性 – 超基性浅成侵 入岩,可能与裂陷槽中下地壳岩浆侵入有关。

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
岩浆旋回	燕山早期		印 支一燕 山 早 期			印う	ち 期	印支期		
	(T <sub>3</sub> -J <sub>1</sub> ) 沃伊拉群由-基性水山岩			(203~183 Ma) 和(149~138 Ma)				(197	Ma)	(三叠纪)
岩体	打巴端	纳巴纳	本塔洛	苏利特河				麻拉西邦基		劳劳
样号	R27	R6105	R5	H(DA02 1)-2	H(DA02 2)-1	H(DA023)-1	H(DA023) -2	R3107	R3304	R6138
岩性	玄武岩	细 碧 岩	玄武岩	变闪长 斑岩	石榴石 矽卡岩	透辉石石榴 石矽卡岩	矿化矽卡 岩	闪 -	长 岩	堆晶闪长岩
$SiO_2$	51.55	56.90	49.80	42.68	28.50	28.13	57.49	57.84	60.23	46.9
$Al_2O_3$	13.39	13.7	11.70	15.01	5.30	7.63	6.03	16.56	16.21	25
CaO	9.91	7.56	11.24	0.92	21.26	33.04	27.45	6.60	6.67	14.80
MgO	5.38	2.9	7.16	3.88	1.04	4.36	1.66	3.20	3.27	4.66
K <sub>2</sub> O	0.32	0.53	0.84	2.54	0.036	0.051	0.028	1.70	1.70	0.51
Na <sub>2</sub> O	4.11	2.94	3.42	0.11	0.020	0.050	0.030	2.96	2.96	1.08
MnO	0.18	0.16	0.18	0.25	0.96	0.25	0.46			
$P_2O_5$	0.22	0.25	0.21	0.086	0.082	0.99	0.069	0.15	0.15	0.03
TiO <sub>2</sub>	1.24	0.79	0.86	0.61	0.22	0.27	0.18	0.61	0.63	0.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.11	4.6	5.10	17.41	33.05	6.40	1.41	2.61	2.45	1.80
FeO	7.5	4.7	6	6.39	3.20	2.16	2.06	4.10	4.00	3.10
烧失量				7.47	2.55	7.82	2.51			
资料来源	Crow, 2005 <sup>[12]</sup>			本文			Rock, 1983			

表1苏利特河矿床矽卡岩和岩浆侵入岩与区域火成岩的岩石主量元素化学分析结果对比(%)

Table 1 Major elements content comparison among regional volcanic rocks and Sulit Air intrusion rocks and skarn



图2 岩浆侵入岩的FAM图解(左)和FeOt-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>图解(右)

Fig. 2 FAM and FeOt-MgO- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> plots for intrusion rocks

TH-拉斑玄武岩系列;CA-钙碱性系列;b)I-洋中脊或洋底;Ⅱ-洋岛;Ⅲ-大陆;Ⅳ-扩张性中央岛;V-造山带;▲-苏利特河变闪长斑 岩,◆-麻拉西邦基闪长岩,■-劳劳闪长岩,●-沃伊拉群中-基性火山岩.

#### 5.2 稀土元素分布模式

对采自该矿区的不同地质体的样品进行测试 后获得的稀土元素数据如表 2 所示,各地质体的稀 土元素分布模式有所不同,他们的稀土元素蛛网模 式图如图3所示。

岩浆岩的稀土配分模式整体上为较为平缓的 右倾曲线,具轻微正铕异常的轻稀土富集型分布模式 (图 3)。其稀土总量较高,为Σw(REE)为70.76×10<sup>-6</sup>,

	0				
样号	H(DA022)-1	H(DA023)-1	H(DA023)-2	H(DA021)-2	
岩性	变闪长斑岩	石榴石矽卡岩	透辉石石榴石矽卡岩	矿化矽卡岩	
La	18.80	13.00	20.30	11.30	
Ce	22.40	17.60	24.40	22.80	
Pr	2.92	2.36	2.37	3.26	
Nd	12.50	10.70	9.04	16.20	
Sm	2.71	2.38	1.94	3.90	
Eu	0.59	0.52	0.51	1.35	
Gd	2.02	1.84	1.19	3.24	
Tb	0.33	0.28	0.19	0.53	
Dy	2.09	1.76	1.16	3.31	
Но	0.38	0.32	0.19	0.61	
Er	1.30	1.01	0.64	1.88	
Tm	0.15	0.13	0.07	0.23	
Yb	1.22	1.03	0.59	1.92	
Lu	0.16	0.12	0.07	0.23	
LREE	59.917	46.563	58.564	58.810	
HREE	7.641	6.482	4.095	11.947	
LREE/HREE	7.842	7.183	14.301	4.923	
δΕυ	0.735	0.736	0.959	1 128	



Fig. 2 Rare earth elements content of alteration rocks in Sulit Air area





Fig. 3 Chondrite–normalized REE pattern for alteration rocks in Sulit Air area

具有弱铕正异常(铕异常指数 δ Eu=1.128)。这种配 分模式为大陆边缘裂谷盆地常见的中基性 – 超基 性岩 REE 配分模式。

矽卡岩的各样品的配分模式大致相同,均为轻

稀土富集的右倾式曲线,都是表现为轻稀土元素段 曲线较陡,而重稀土元素段较缓,具有负铕异常的 特点。其稀土总量  $\Sigma$ w(REE)与岩浆岩相比略低(为 53.05×10<sup>-6</sup>~67.56×10<sup>-6</sup>),铕异常指数普遍小于1 ( $\delta$ Eu变化在 0.735–0.959之间),为弱铕负异常。 这种配分模式为大陆边缘常见的 REE 配分模式。

### 6 讨论

#### 6.1 变质闪长斑岩和矿化矽卡岩的构造环境

岩石主量元素结果表明, 砂卡岩与岩浆岩相 比, CaO 含量增多, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和 K<sub>2</sub>O 以及 Na<sub>2</sub>O 含量降 低, 有可能发生了双交代作用。矿区内的石榴石砂卡 岩和变质闪长斑岩特别富集 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。变闪长斑岩与邻 区的劳劳闪长岩一样, 属于拉斑玄武岩系列(图 2a)。其原岩应该相当于大陆板内裂陷盆地中常见的 变质的浅成铁镁质基性 – 超基性侵入岩, 与纳塔尔 地区燕山早期沃伊拉群中 – 基性火山岩相似<sup>14</sup>, 类 似于大陆边缘裂谷中的大陆溢流岩浆,形成构造环 境可能与碰撞后的地壳伸展运动有关(图 2b)。这种 大陆溢流岩浆常常出现在古特提斯构造带的裂谷盆 地或古大陆板块内边缘中,与青藏高原北羌塘盆地 二叠纪高钛玄武岩的大陆溢流性质相似<sup>15]</sup>。

#### 6.2 矽卡岩 REE 分布模式的控制因素

砂卡岩与岩浆岩的稀土元素数据表明,二者具 有相似的 REE 配分模式,但岩浆岩 Σw (REE)更 高,同时砂卡岩普遍具有 Eu 负异常而岩浆岩则为 正异常。

据徐明钻(2011)研究,随着岩石中亲铜成矿元 素的增加,稀土元素含量将表现出特有而一致的变 化:一般为轻稀土较岩浆岩贫化而重稀土较为富 集,且随 Cu 的含量增加,稀土总量将降低。他提出 Cu 矿化越强,稀土元素越贫化<sup>16]</sup>。而本次研究的测 试结果显示,闪长岩 DA021-2 中 Cu 含量为 2.37%,而砂卡岩 DA022-1 中 Cu 含量则高达 3.45%;同时,在表 2 上所显示的稀土元素变化特点 也和我国北山地区典型 Cu 矿稀土元素特点相同。

由于砂卡岩 REE 分布模式受多方面影响,岩 浆岩、碳酸盐岩和流体的作用都控制着其分布模 式。由于双交代作用,本区砂卡岩的 REE 总量降 低,同时其分布模式也继承了岩浆岩的轻稀土富集 特点。砂卡岩与岩浆岩相比,REE 具有 Eu 的负异 常特点,可能是由于流体中 Ca<sup>2+</sup>的作用,与原岩中 斜长石的 Eu<sup>2+</sup>进行类置同象,导致铕亏损。

#### 6.3 构造-岩浆旋回和成矿过程

Imtihanah (2000)利用 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 方法获得了 9 个苏利特河深成岩套侵位的同位素年龄数值<sup>117</sup>,集 中分布在 203±6~189±13 Ma 和 149±3~138± 3 Ma 两个范围内,分别落在早侏罗世和晚侏罗世 时代间隔里,而缺乏中侏罗世的同位素年龄数。因 此苏利特河岩体应该是一个多期次的复合岩体,其 侵位时间分别发生于印支期造山后期和燕山早期 碰撞后期(即 Post-collision)两个构造 - 岩浆旋回。 同时根据岩相古地理的恢复重建,苏利特河地区在 晚三叠世末至早白垩世时期是属于 Tuhur 盆地的 范围内。这种大陆裂陷盆地环境有利于下地壳或上 地幔基性 - 超基性岩浆侵入和岩浆演化末期流体 的加入。随着岩浆不断上侵,温压降低,岩浆末期的 矿浆 - 气液混合体沿着接触带的薄弱位置就位,冷 凝释放的热量促使围岩与岩体接触带间发生双交 代作用形成矽卡岩。

### 7 结论

苏利特河矿床的砂卡岩岩性主要为多孔状石 榴石砂卡岩,硅灰石透辉石石榴石砂卡岩以及斑铜 矿化透辉硅灰钙铝榴石砂卡岩等。矿石矿物为斑铜 矿、黄铜矿、辉铜矿、铜蓝、孔雀石。综合主量元素地 球化学和年代学的证据,苏利特河矿床时代可能为 早侏罗世以后,属于造山后和碰撞后阶段的板内岩 浆活动的产物。

感谢印尼项目组的所有成员,以及湖北省地球 物理勘查院和湖北省第四地质大队的专家们给予 野外工作和室内研究的帮助和指导;感谢杨振强教 授提供的指导。

#### 参考文献:

- [1] 冯连顺. 印度尼西亚苏门答腊LOGAS砂金矿床地质特征 [J]. 矿产与地质, 1997. 11(4): 232-235.
- [2] Crow M J, Van Leeuwen T M. Metallic mineral deposits [M]// In: Barber A J, Crow M J and Milsom J S (eds.). Sumatra, Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society, London, Memoir, 2005, 31: 234 259.
- [3] Van Leeuwen T M. 25 years of mineral exploration and discovery in Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1994, 50, 13–90.
- [4] Hutchison C S. Gondwana and Cathaysian blocks, Palaeotethys sutures and Cenozoic tectonics in South-East Asia[J]. Geologische Rundschau, 1994, 82: 388-405.
- [5] Metcalfe, I. Pre-Cretaceous evolution of SE Asian terranes[M] //In: Hall, R. and Blundell, D.J. (Eds.). Tectonic evolution of Southeast Asia. Geol. SOC. London, Spl. Publ. 1996. NO. 106: 97–122.
- [6] Barber A J., Crow M J and De Smet M E M. Tectonic evolution [M]. In: Barber A J, Crow M J and Milsom J S (eds.). Sumatra, Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society, London, Memoir, 2005, 31: 234 259.
- [7] Barber A J, Crow M J. Pre-Tertiary stratigraphy[M]// In: Barber A J, Crow M .J and Milsom J S (eds.). Sumatra, Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society, London, Memoir, 2005, 31: 24–53.
- [8] Gasparon M, Varne R. Sumatran Granitoids and their relationship to Southeast Asian terranes[J]. Tectonophysics, 1995,

251: 277-299.

- [9] Cobbing E J. Grannite[M]. In: Barker A J, Crow M J and Milson J S (eds), Sumatra – Geology, Resources and Tectonics. Geological Society, London, Memoir, 2005, 31: 54–62.
- [10] Van Bemmelen R W. The Geology of Indonesia [M]//Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands, 1949.
- [11] Rock N M S, Aldiss D T, Aspden JA, et al. The Geology of the Lubuksikaping Quadrangle (0716).Sumatra Scale 1:250 000 [M]. Geological Survey of Indonesia, Directorate of Mineral Resources, Geological Research and Development Centre, Bandung.
- [12] Crow M J. Tertiary volcanicity[M]// In: Barker A J, Crow M J and Milson J S (eds). Sumatra: Geology, Resources and Tectonics. Geological Society, London, Memoir, 2005, 31: 98–119.

- [13] Sun S S and McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // in: Saunders A D, and Norry MJ, (eds), Magmatism in the ocean basins [M]. Geological Society, London, Special Publication, 1989, 42: 313-345.
- [14]高小卫,杨振强,吴秀荣,苏门答腊(印度尼西亚)火山岩的地层时代及其中、新生代地球化学-构造环境判别[J]. 华南地质与矿产,2012,28(2):107-113.
- [15] 段其发,杨振强,王建雄,白云山,牛志军,姚华舟.青藏 高原北羌塘盆地东部二叠纪高Ti玄武岩的地球化学特 征[J].地质通报,2006,25(1-2):156-162.
- [16] 徐明钻. 北山地区典型Cu矿中元素地球化学分布规律及 成矿预测方法技术研究[D].北京:中国地质科学院, 2011.
- [17] IMTIHANAH. Isotopic dating of igneous sequences of the Sumatra Fault System [D]. London University, 2000.

## 《华南地质与矿产》参考文献著录格式

本刊按引用文献在正文中出现的先后顺序连续编码,以阿拉伯数字排序,并用方括号标注。引用格式举例:"花岗岩成矿问题研究近年来取得了不少进展<sup>[1,23-27]</sup>。""高山和金振民<sup>[1]</sup>最早将'拆沉作用'的概念引入国内。""原始地幔数据引自文献[26]。"

文后参考文献著录格式如下:

#### 1 普通图书

[序号](顶格,下同)作者(全部列出).书名[M]. 版次(第1版不写).出版地:出版者,出版年:起止页 码.例如:

- [1] 史明魁,傅必勤,靳西祥,周雪昌.湘中锑矿
  - [M]. 长沙: 湖南科学技术出版社,1993: 56-67.

#### 2 普通图书、会议论文集等中析出的文献

[序号]作者(全部列出).题名[文献类型标识]//原文献编者(全部列出).原文献题名.版次 (第1版不写).出版地:出版者,出版年:起止页码.例如:

[1] 陈丕基,万晓樵,曹流,等.中国陆相白垩系富 饶阶研究进展[M]// 王泽九,黄枝高.中国主 要断代地层建阶研究报告(2001-2005).北 京:地质出版社,2008:65-73.

#### 3 连续出版物中析出的文献

[序号]论文作者(全部列出).题名[J].连续出版

物名,出版年,卷号(期号):起止页码.例如:

[1] 李献华.扬子地块南苑四堡群 Sm-Nd 同位素体 系及其地壳演化意义[J].地质科学,1996,31(3): 218-228.

#### 4 学位论文

[序号]作者. 题名[D].保存地点:保存单位,年份. 例如:

- [1] 刘锐.华夏地块前海西期地壳深熔作用[D].武汉:中国地质大学(武汉),2009:65-69.
- 5 参考文献类型及其标识

文献类型	类型标识
普通图书	М
会议论文集	С
报纸文章	Ν
期刊文章	J
学位论文	D
报 告	R
汇编	G
档 案	В
标 准	S
专利	Р
参考工具	K
其 他	Z