doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2015.04.008

湖南铜山岭岩体地球物理特征及勘探方法评价

罗士新,刘 慧,陈长敬,程顺波

LUO Shi-Xin, LIU Hui, CHEN Chang-Jing, CHENG Shun-Bo

(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:本文从岩石物性(密度、磁化率、剩余磁化强度、电阻率、极化率)和1:5万重力、航磁、综合剖面等方面资料,分析了 铜山岭岩体地球物理特征并进行综合解释,认为铜山岭岩体为半隐伏岩体,总体向北倾伏,在北侧有一宽板状分枝凸起,上 顶埋深约 200 m。结果表明,铜山岭花岗闪长斑岩与不同类别岩性的围岩,存在不同的物性差异,重磁电各项异常均有所反 映。在南岭地区,根据实际情况可选择多方法组合,能有效圈定该类型隐伏岩体的空间位置。 关键词:隐伏花岗岩;物性;重力;航磁;电测深;铜山岭岩体 **中图分类法:**P631 **文**载标识码:A **文章编号**:1007-3701(2015)04-398-08

Luo S X, Liu H, Chen C J and Cheng S B. Geophysical characteristics of Tongshanling granodiorite in Hunan Province and the evaluation of exploration method. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2015, 31(4):398–405.

Abstract: In this paper, the petrophysical property (density, susceptibility, residual magnetization, electrical resistivity and polarizability parameters), the 1:50000 scale gravity and aeromagnetic data, the integrated geophysical profile and the geology information are analyzed, the profile is interpreted and the geological characteristics of Tongshanling granodiorite in South Hunan Province are summarized. The conclusion is drawed that Tongshanling granodiorite is a half concealed rock mass, which generally north dipping and has a branch of wide slab bulge in the north side, bump at the top of the depth of 200 m. The results show that Tongshanling granodiorite and various surrounding rocks have different petrophysics properties, which reflecting on gravity, aeromagnetic and electrical anomaly. In the Nanling region, diverse geophysical combined methods can efficiently delineate the underground space position of this type of concealed rock mass.

Key words: concealed granite; petrophysical property; gravity; aeromagnetic; electrical sounding

南岭及邻区岩浆活动频繁,岩浆活动与成矿的 密切关系已得到广泛共识,特别在燕山期,是华南成 岩成矿的高峰期,大规模金属成矿作用与燕山期酸 性岩浆侵入和活动有密切的成因联系¹¹⁻⁴。南岭成矿 带近年找矿地质工作表明,隐伏花岗岩体内部及其 内外接触带的一定部位是找矿的有利部位,深部、隐 伏矿床定位预测是找矿突破的关键⁽⁴⁻⁶⁾。因此,探测和 圈定深部隐伏花岗岩体空间位置显得尤为重要。

收稿日期:2015-09-24;修回日期:2015-11-18.

基金项目:中国地质调查局项目"南岭地区深部隐伏花岗岩定位技术方法评价"(编号:12120114084301),"区域地球物理调查成果集成及 方法技术研究"(编号:1212011120919)

第一作者:罗士新(1963一),男,高级工程师,长期从事找矿和工程地球物理勘探及研究工作,E-mail:hbwkylsx@163.com.

铜山岭岩体位于永州市江永县北东十余公里, 岩体北东侧有铜山岭矿床和祥霖铺魏家矿床。铜山 岭矿床是一个以铜、铅、锌、银为主的矽卡岩型多金 属矿床,已开采多年。祥林铺魏家矿床是 2010 年发 现的一个以白钨矿为主的斑岩 – 矽卡岩复合型大型 多金属矿床⁷⁻⁸。

区域重力调查资料显示,铜山岭剩余重力异常 比已知出露岩体规模大得多,表明岩体深部及外围 可能存在隐伏部分,并且与其东北侧 11~13 km 处 的祥霖铺斑岩群可能深部相连¹⁹。魏家钨矿的发现, 显示该地区深部有巨大找矿潜力。

本次研究是在前人1:5万重力、航磁资料研究 基础上,进一步开展的物性测量、物探综合剖面勘 探,同时研究铜山岭岩体的物性及重磁电异常特征, 并总结该类隐伏岩体定位的方法技术,为南岭地区 找矿工作部署提供依据。

1 地质概况

区内地层除志留系缺失,自三叠系上统一奥陶 系上统均有出露(图1),以泥盆系为主、石炭系次 之,其它地层只有零星分布。各地层岩性简述如下。

三叠系上统(T₃):上部:紫红、灰绿、灰黄色粉砂 质页岩,夹细砂岩及砾岩。中部:浅灰、灰褐色泥质灰 岩、含炭泥质灰岩,夹炭质页岩、粘土页岩,含 2-5 层,仅一层可采煤,厚 0-1.5 m,最厚 5-6 m。下部:浅 灰、深灰色砾岩,局部夹砾状含泥质灰岩、砂砾岩、粉 砂质泥岩。

二叠系下统(P_Iq):灰黑、浅灰色含燧石结核隐 晶质灰岩,夹黄褐色泥质砂岩及泥灰岩。



图1 铜山岭岩体地质略图及物探剖面位置

Fig. 1 Schematic geologic map of Tongshanling granite and the lacation of the geophysical prospecting line 1-三叠系上统;2-二叠系下统栖霞组;3-石炭系上中统壶天组;4-石炭系下统大堂阶;5-石炭系下统岩关组;6-泥盆系上统锡矿山组;7-泥盆 系上统佘田桥组;8-泥盆系中统棋子桥组;9-奥陶系上统;10-花岗闪长斑岩中心相;11-花岗闪长斑岩过渡相;12-花岗闪长斑岩边缘相;13-煌斑岩脉;14-花岗斑岩;15-细晶岩脉;16-石英脉;17-大理岩化;18-砂卡岩化;19-地层界线;20-断裂;21-矿点;22-物探剖面. 石炭系上中统壶天群(C₂₋₃ht):灰、浅灰色中 – 细粒结晶白云岩,偶夹白云质灰岩或灰岩。

石炭系下统大塘阶梓门桥段(C₁d):深灰、浅灰 色隐晶 – 细晶灰岩夹白云质灰岩,局部含白云岩团 块。

大塘阶测水段(C₁d²):上部:黄灰色含菱铁质结核页岩,夹泥灰岩及硅质岩,含煤线一层。下部:黄灰 色页岩、粉砂岩,夹泥质灰岩 2-3 层,局部含不稳定 煤 2 层,厚 0.2~0.66 m。

大塘阶石磴子段(C₁d¹):上部:深灰、黄灰色粉 砂质泥质灰岩及灰色微粒灰岩,夹钙质页岩及白云 质灰岩,普遍含燧石条带。中部:深灰 – 灰黑色隐晶 质灰岩,夹白云质灰岩及白云岩,局部含燧石结核。 下部:深灰色含燧石条带凝块灰岩夹紫灰色泥质灰 岩及钙质页岩。局部为不含燧石结核的深灰色白云 岩及隐晶灰岩。

岩关阶上段(C₁y²): 浅灰黑、紫灰色泥灰岩、泥质 灰岩、硅质岩,夹灰岩及钙质页岩,局部地区含不稳 定胶磷矿 2-4 层。

岩关阶下段(C_ty¹):上部:灰、深灰色隐晶 – 微粒 灰岩夹细粒白云岩、生物碎屑灰岩,局部夹石英粉砂 岩。下部:深灰、灰黑色白云质灰岩及隐晶 – 微粒灰 岩。

泥盆系上统锡矿山组上段(D₃x²):黄褐、黄灰、 黄绿色夹紫红色粉砂岩、页岩、泥灰岩及砂质灰岩, 局部相变为灰黄、浅灰色灰质白云岩或团块灰岩。

锡矿山组下段(D₃x¹):灰黑色隐晶质灰岩及含 燧石结核癞痢状条带白云质灰岩夹泥灰岩、泥质灰 岩,局部相变为浅灰、灰白色夹白云岩团块的致密团 块灰岩。

佘田桥组(D₃s):深灰 - 灰色隐晶质灰岩、白云 质灰岩夹白云岩团块,局部相变为浅灰色粗粒白云 岩或致密泥灰岩。

泥盆系中统棋子桥组(D₂q):灰黑、深灰色白云 质灰岩夹隐晶灰岩,局部夹粗粒石英砂岩、泥岩。

泥盆系中统跳马涧组(D_{2t}):

①本组可进一步分为:上段为黄灰、浅灰绿色粉砂岩、石英砂岩夹灰绿色、紫红色粉砂质页岩、泥岩,含状或豆状铁矿粉砂岩 1-3 层。下段为浅灰绿、灰黄色粉砂岩、粉砂质页岩,夹石英砂岩及灰紫色页岩,偶夹 1-2 层不稳定的粉砂泥质白云岩。

②局部地区本组超复于加里东期花岗岩或前泥

盆系上,厚度为 4.7~11 m。

泥盆系下统(D₁):紫红色夹灰黄、灰绿色石英砂 岩、粉砂岩、砂质页岩及含砾石英砂岩。测区西部底 砾岩分布稳定,东部主要为含砾粗粒石英砂岩或粗 砂岩。

奥陶系上统下组(O₃¹):灰绿、深灰色薄 – 厚层 状浅变质细粒石英砂岩、粉砂岩,及长石石英砂岩与 板岩、砂质板岩互层。

岩浆岩:工区内出露面积最大的为铜山岭花岗 闪长斑岩(γδπs²),其次为二十余个小型花岗斑 岩,这些花岗斑岩出露面积单个都不足 0.5 km²。铜 山岭岩体为燕山期第二次侵入岩体。

铜山岭岩体位于南岭东西向构造岩浆带中段北 缘、北东向和北西构造岩浆带的复合部位,是湘东南 水口山一宝山—铜山岭中生代花岗闪长质岩浆岩带 的重要组成部分,是湘东南地区铜、铅、锌、金、银矿 化集中区之一⁽⁴⁾。锆石 U-Pb 年龄测量^[10],铜山岭岩体 为 149 ± 4 Ma,属于燕山早期构造岩浆活动的产物。 主要岩性为细(中)粒角闪黑云花岗闪长(斑)岩,其 次为细粒角闪黑云二长花岗(斑)岩。

铜山岭岩体呈水母状向北东和北西、西部延伸。 其中向西部的分枝在地表出露呈弧立的几个岩体, 岩体面积自东向西逐渐减小;向北东、北西的深部延 伸两个隐伏分支^[11]。

岩体围岩主要为石炭系、泥盆系,围岩广泛大理 岩化、砂卡岩化,蚀变带宽 200~1000 m。

2 岩石地球物理特征

岩石物性是地质与地球物理之间的桥梁,也是 地球物理解释的前提。本次研究围绕铜山岭岩体区 域开展岩石物性调查,采集的物性标本为新鲜岩石 标本,基本涵盖了区内所有地层的不同岩性及铜山 岭岩体不同岩相。物性测量包括密度、磁化率、剩余 磁化强度、电阻率和极化率等五个参数,本文中仅涉 及前四个。密度用电子天平测量;磁参数使用 G-858Sx 铯光泵磁力仪梯度装置测量,采用高斯第 一位置;电参数用重庆地质仪器厂微功率发射仪和 接收机测量。仪器测量前均经过性能测试以保证观 测质量。

本次物性测量各参数统计结果具有以下特征: ① 密度方面可分三个层次(表 1),砂岩类密度最低 (2.34~2.50 g/cm³),花岗岩类密度较低(均值 2.53 g/cm³),碳酸盐岩类密度最高(2.62~2.76 g/cm³)。

②磁参数统计结果见表 2, 碳酸盐岩类基本无磁性,花岗岩类和砂岩、页岩具有弱磁性。

③电阻率方面分三个层次(表 3)。砂岩和页岩 属于低阻体(1179~8625 Ω·m),电阻率为 n×10³ Ω·m;泥岩属于中高阻体(11601 Ω·m);碳酸盐岩 类和花岗岩类为高阻体,电阻率在 n×10⁴~n×10⁵ Ω·m之间。极化率花岗岩最高,砂岩、页岩次之,灰 岩最低。

由上可知,本区花岗闪长斑岩与以晚古生代碳酸盐岩类为主的围岩在密度、磁性上有较大区别,相较而言,花岗闪长斑岩具有低密度、弱磁性特征,具有重力和磁法测量的地球物理前提。

在岩石电性参数方面,碳酸盐岩类和花岗岩都

具有高阻特征,似乎是难以区分的。细加分析,二者 电阻率特征还是有差别的,见表4。花岗闪长斑岩电 阻率较稳定,标本电阻率均为n×10⁴Ω·m数量级, 也就是说花岗闪长斑岩整体呈高阻特征。碳酸盐岩 电阻率测量结果分散,标本电阻率在n×10³~n× 10⁵Ω·m之间变化,也就是说碳酸盐岩层电性不均 匀,局部会呈低阻或高阻异常特征。结合宏观上实 际地质情况,本区碳酸盐岩岩溶、断裂较发育,而花 岗岩体内断裂构造相对较少。因此可以预测,实际 电法工作中,花岗闪长斑岩会呈现高电阻异常,而 碳酸盐地区会表现为电性不均匀性,出现局部低电 阻异常。

3 重磁电异常分析

	时任	ьц. М .	标本块数 -	密度(g/cm³)		
	ערנים 	石吐		平均密度	变化范围	
	燕山期	花岗闪长斑岩	22	2.53	2.33~2.63	
		灰岩	26	2.62	2.48~2.77	
	石炭纪	大理岩	2	2.71	2.64~2.78	
		页岩、粉沙岩	6	2.50	2.39~2.61	
		灰岩	15	2.70	2.62~2.89	
	3月45-47	大理岩	2	2.76	2.72~2.79	
	化益纪	泥岩	3	2.64	2.62~2.66	
		粉砂岩	8	2.34	2.10~2.50	

表1 铜山岭地区岩石密度统计表

Table1 Statistics of density for main rocks in Tongshanling area

表2 铜山岭地区岩石磁参数统计表

Table 2 Statistics of magnetic parameters for main rocks in Tongshanling area

时代	岩性 —	标本	标本 磁化率(10 ⁻⁶ ×4π·SI)		剩余磁化强度(10 ⁻³ A/m)	
		块数	平均值	变化范围	平均值	变化范围
燕山期	花岗闪长斑岩	17	26	8~56	29.7	2.2~185.3
	灰岩	26		无疑	兹性	
<u>구</u> 남. 2리	大理岩	2		无确	兹性	
有灰纪	粉砂岩	3		无破	兹性	
	页岩	3	16	4 ~ 27	9.2	6.0~12.4
	灰岩	15		无确	兹性	
海分灯	大理岩	2		无确	兹性	
ル鱼纪	泥岩	3	18	16~19	1.4	0.8~2.1
	粉砂岩	8	18	$1 \sim 42$	4.0	2.3 ~ 7.2

表3铜山岭地区岩石电参数统计表

Table 3 Statistics of electrical parameters for main rocks in Tongshanling area

	<u>بريد بريد م</u>	卡卡古券	电	电阻率(Ω·m)	
ካ በ በ	人 石注	你平达致	平均值	变化范围	_
燕山	期 花岗闪长斑岩	20	31951	11658 ~ 75061	
石岩。	灰岩、大理岩	32	56458	3674 ~ 213264	
有火:	纪 粉沙岩、页岩	6	1179	726~1803	
	灰岩、大理岩	15	46010	3162 ~ 149961	
泥盆	纪 粉砂岩	8	8625	1122 ~ 26034	
	泥岩	3	11601	5462 ~ 16143	

表4 铜山岭—都庞岭地区花岗岩及碳酸盐岩电阻率分布统计表

Table 4 Distribution of apparent electrical resistivity of main rocks in Tongshanling -Dupangling area

岩性	标本总块数	$n \times 10^{3} \Omega \cdot m$	$n \times 10^4 \Omega m$	$n \times 10^5 \Omega \cdot m$
铜山岭花岗闪长斑岩	20		100%	
石炭-泥盆系碳酸盐岩	49	33%	45%	22%

3.11:5万重力、航磁异常

铜山岭地区的1:20万重力测量工作完成于上 世纪九十年代,由于岩体规模较小,在1:20万区域 重力异常图上,岩体整体呈北东向椭圆状低重异常, 细节不清晰。2011年武汉地质调查中心开展了该地 区1:5万重力测量工作。

1:5 万剩余布格重力异常图(图 2)显示,铜山 岭岩体的低重异常总体呈长轴北东向的近似椭圆 形,有两个异常中心,异常幅值达 5×10⁻⁵ m/s²。在低 重异常周缘(图中推断岩体边界处),呈等值线密集 的梯度带,与重力垂向二阶导数零值线基本吻合,据 此可推断岩体深部边界。

岩体出露部分位于低重异常的南西部位,与低 重异常中心不吻合。重力异常显示岩体总体向北倾 伏,两个异常中心反映岩体向北西和北东深部延伸 的两个分支。低重异常范围远大于岩体出露范围,岩 体出露不及异常范围的 1/3,说明岩体深部可能存在 较大的岩基;且北部存在次一级的局部高重和局部 低重异常,表明北部有小规模的岩枝延伸至近地表。

1:5 万航磁资料为 70 年代航遥中心测量数 据,ΔT 异常(图 2)仅对应岩体出露部位有异常显 示,航磁异常总体呈南正北负伴生磁异常,与低重异 常中心位置一致。航磁异常较平缓,正负异常极值之 差约 50 nT。根据物性测量结果,花岗闪长斑岩磁性 很弱,航磁 ΔT 异常主要反映了岩体出露或埋深很 浅的部分。

3.2 重磁电综合剖面

考虑地形等施工条件,综合剖面设置于岩体西 部,与1:5万重磁异常长轴基本垂直,在剖面中部 两侧均有花岗闪长斑岩出露。重力异常为从1:5万 剩余布格重力异常图上截取数据。磁异常剖面为用 G-858Sx 铯光泵磁力仪地面测量数据,点距40 m。 音频大地电测测深视电阻率为用 EH4 连续电导率 仪测量数据,点距100 m。

物探综合剖面图见图 3。

剖面上重力异常呈两侧对称的低重异常。

整条剖面上 ΔT 异常变化幅值不大,不超过 60 nT。在低重异常区外,磁场平稳,南段较北段 ΔT 异常高出约 20 nT。在低重异常区内,沿测线 2200 m~9200 m 处,磁场呈现连续波动,分别在 2600 ~ 3400 m、4800 ~ 5400 m 两处出现较清晰的局 部磁异常。

音频大地电磁测深反演^[12-13]电阻率断面图较好 地揭示了区内地下 200~-1400 空间的电性特征。 测线中部有两个较完整的异常区,分别位于 3100~ 4500 m、5200~7900 m 之间,两段高阻异常深部有 相连趋势。3100~4500 m 段高阻异常呈深至浅凸 起,两侧及顶部均为低阻异常。5200~7900 m 段高









图3铜山岭物探综合剖面图

Fig. 3 Geophysical and geological composite section of Tongshanling area

阻异常南北两侧均呈向北倾斜,北侧陡立,南侧较缓,浅部向南延伸至地表。

总的来说,剖面中段低重异常、磁场连续波动、 整体高阻异常位置吻合,结合物性、地质等资料判 断,重磁电组合异常反应深部隐伏岩体的存在。1:5 万重力异常为单一低重异常,磁剖面及电测深揭示 了较多的细节。

根据物性测量结果,花岗闪长斑岩并无较强磁

性,未蚀变的围岩中仅石炭纪页岩和泥盆纪泥岩、粉 砂岩有微弱磁性,且比花岗闪长斑岩磁性更弱,剖面 上波动的磁异常区反映了岩体接触带附近围岩因受 热蚀变和花岗岩的接触交代作用产生的不均匀磁 性。剖面上2600~3400处磁异常位于1:5万岩体 低重异常的北缘梯度带上,对应3100~4500m段高 阻异常北侧,磁异常为隐伏岩体北接触带部位异常。 4800~5400m处局部磁异常尽管位于低重异常中 部,但对应的电阻率异常特征一致,位于 5200~ 7900 m 段高阻异常的北侧,推断为接触带部位异 常。

电测深反演电阻率断面图更直观的揭示了隐伏 花岗岩的产状。5200~7900m段高阻异常,在该段 剖面两侧均有岩体出露,异常揭示岩体总体北倾,产 状北陡南缓。这一结果与1:5万重力异常推断结果 一致。除此之外,在其北侧,3100~4500m段高阻异 常反映一隐伏岩体分枝呈近直立的板状凸起,深部 与南侧岩体相连。

区内除石炭系粉砂岩、页岩具有较低电阻外,其 余以碳酸盐岩为主的地层应为高阻异常特征,实际 勘探结果区内也是以大于 2000 Ω·m 的高阻为主, 二者相符。围绕隐伏岩体两侧及上顶部位呈明显的 低阻异常,反应了岩体接触带部位地层破碎、蚀变矿 化等现象。

笔者以音频大地电测测深反演结果作为建模基础,利用 RGIS2012 软件进行 2.5 D 重力反演。计算中,以剖面地层及岩石物性测量结果赋值,推断岩体如图 3 所示,重力拟合曲线与实测曲线基本吻合。

根据反演结果,结合地质剖面资料,综合推断铜 山岭岩体分南北两块,在深部约 1300 m 处相连。南 侧岩体,呈北西向楔形延伸到近地表,部分出露,产 状较缓,倾角小于 45°;北侧在 3100~4500 m 段呈 直立宽板状凸起,上顶埋深约 200 m,有较强的磁 异常。南侧以外有一个隐伏的小岩株,上顶埋深约 200 m,有局部低重异常,两侧有低阻异常和磁异 常。

4 结论

本项研究结果可见,从物性统计规律来看,与围 岩相比,铜山岭岩体具有低密度、弱磁性和高电阻的 特点,而实际重磁电勘探揭示出相同的规律。因此, 以物性调查作为地球物理工作的基础,可以指导勘 探设计,并可将物性参数运用到定量地球物理反演 解释中,精细刻画地下地质结构。

每种地球物理方法均有其自身的适用性和局限 性,从本次勘探结果分析,重磁电各方法特点如下:

在以碳酸盐岩为主的围岩区,用重力勘探能够 有效的圈定隐伏岩体的范围并大致确定产状。分辨 率较低,定量计算解释应结合钻探、电测深等资料建 模。 电测深能够有效的划分低阻的砂岩与花岗岩的 界限,而对同为高阻体的碳酸盐岩和花岗岩,因二者 整体异常特征有差别而可以区分。围绕岩体接触带 部位一般呈低阻特征。

尽管岩体磁性很弱,不利于定量计算岩体的有 关参数,但高精度磁测经济、高效,选用面积性的高 精度磁测仍然是辅佐重力、电测深识别隐伏岩体异 常首选方法。

在华南地区,金属矿成矿与花岗岩体密切相关, 寻找深部隐伏花岗岩体并确定其形态对指导深部找 矿具有重要的意义。在对铜山岭花岗闪长斑岩型的 隐伏岩体立体结构探测时,建议首选面积性重力测 量和高精度磁测,圈定岩体异常并初步计算隐伏岩 体的埋深及产状,然后选择合适的电法做剖面测深, 并根据电测深结果进一步对重力异常进行反演计 算,使重磁电结果互为约束、互相印证,并使地球物 理勘探结果更符合地质事实。

参考文献:

- [1]华仁民,陈培荣,张文兰,刘晓东,陆建军,林锦富,姚军明,戚 华文,张展适,顾晟彦.华南中、新生代与花岗岩类有关的 成矿系统[J].中国科学(D辑), 2003,33(4):335-343.
- [2] 陈骏,陆建军,陈卫锋,王汝成,马东升,朱金初,张文兰,季俊峰.南岭地区钨锡铌钽花岗岩及其成矿作用[J].高校地质学报,2008,14(4):459-473.
- [3] 王登红,陈振宇,黄凡,侯可军,刘善宝,赵 芝,赵 正.南岭岩 浆岩成矿专属性及相关问题探讨[J].大地构造与成矿学, 2014,38(2):230-238.
- [4] 付建明,徐德明,杨晓君,马丽艳,蔡明海,刘云华,魏君奇,刘 国庆,魏道芳,陈希清,程顺波,梅玉萍.南岭锡矿[M].武汉:中 国地质大学出版社,2011:82-91.
- [5] 付建明,马丽艳,程顺波,卢友月.南岭地区锡(钨)成矿规律 及找矿[J].高校地质学报,2013,19(3):202-212.
- [6] 程顺波,付建明,马丽艳,卢友月.南岭地区成钨、成锡花岗 岩组合的几个判别标志 [J]. 华南地质与矿产, 2014,30(4): 352-360.
- [7] 李福顺,康如华,胡绪云,马武良,黄新华,曾永红,唐俊彬,朱 贤,秦志伟,赵杰,何立斌.2012.南岭魏家钨矿床地质特征 及找矿前景分析[J].中国地质, 39(2):445-457.
- [8]屈利军,李波,胡绪云.综合电法在南岭魏家钨矿深部勘查 中的应用[J].工程地球物理学报,2015,12(2):183-189.
- [9] 湖南省地调院. 湖南省矿产资源潜力评价重力资料应用 成果报告[R].2013.
- [10] 魏道芳,鲍征宇,付建明.湖南铜山岭花岗岩体的地球化

2007,31(4):482-489.

- 莹. 湖南铜山岭矿区花岗闪长岩岩石成因: 岩石地球化 学、U-Pb年代学及Hf同位素制约[J].矿物岩石, 2013,33 (1):43-52.
- 学特征及锆石SHRIMP定年 [J]. 大地构造与成矿学, [12] 陈乐寿,王光锷.大地电磁测深法[M].北京:地质出版社, 1990:1-31.
- [11] 全铁军,王高,钟江临,费利东,孔华,刘仕杰,赵志强,郭碧 [13] 谭红艳,吕骏超,刘桂香,马诗敏,舒广龙,席振铢. EH4音频 大地电磁测深方法在鄂东南地区寻找隐伏矿体的应用 []].地质与勘探, 2011, 47(6):1133-1141.

《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[1.23-27]。""高山和金振民[1]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.扬子块体南缘四堡群 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	N
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