土壤地球化学测量在智利第一大区的应用

成静亮[1]　王明国[1]　王安[2]　陈建光[1]

（1.450052、河南省有色金属地质勘查总院;2. 450016、河南省有色金属地质矿产局第一地质大队）

摘　要:土壤地球化学测量在智利第一大区(阿塔卡马沙漠北部)的应用表明,该方法能进一步明确找矿方向,缩小找矿靶区。同时通过本次工作,圈定了以铜为主的A级综合异常2个,并进行了异常查证。

关键词:土壤地球化学测量;智利第一大区;异常查证;

智利共和国的阿塔卡马沙漠,位于南纬18°~27°之间,沿秘鲁-智利边界的太平洋海岸山脉和中央谷地向南伸延至科皮亚河。这里是世界上最干燥的地区之一,也是丘基卡马塔等世界超大型铜矿分布区。2011年,河南省有色金属地质勘查总院选择在第一大区海岸山脉的沙漠地区开展了土壤地球化学测量工作,发现综合异常11处,通过对以铜为主的3处综合异常进行查证,发现了较好的铜矿线索,缩小了找矿靶区。

1　.成矿地质背景

1.1　区域地质特征

工作区位于南纬20°~南纬21°,智利阿塔卡玛沙漠北部地区,区域构造属于太平洋板块向美洲板块俯冲的接触带西缘——海岸山脉褶皱带,其总体构造线方向呈近南北向,即活跃期是晚三叠纪——早白垩纪的阿塔卡玛(ATACAMA)断裂带,局部方向有所变化。阿塔卡马断裂带(ATACAMA)及其两侧次级韧性-脆性断裂系统控制着海岸山脉的区域地形、地貌、地层、岩浆活动及系列大型矿床的分布,尤其是北西向、北东向断裂与南北向大断裂交汇部位控矿作用更为明显。这些韧性-脆性的断裂为矿液的运移和就位提供了良好的通道和空间,各矿化带多以断裂构造为边界[1]。

工作区自西向东出露的区域地层主要有:泥盆系、石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系、新近系和第四系。区域内铜异常与侏罗统地层套合较好,为区域内主要找矿地层。

区域岩浆活动强烈,形成广为分布的火山岩。主要岩性为安山质、玄武质、流纹质、英安质的各类凝灰岩、角砾岩及火山杂岩、火成碎屑岩,同时多处夹有少量沉积岩盐。

区域内的斑岩铜矿大规模成矿时代集中在新近纪—白垩纪。经作者收集统计,在智利北部的32个斑岩铜矿成矿时代数据中,新近纪(1.8-23.8百万年)占比7%,古近纪(23.8-65.0百万年)占比78%,白垩纪(65-135百万年)占比15%。

1.2　矿区地质特征

工作区出露地层比较简单,由老到新主要有:侏罗系上统(J_3i)陆相和海相火山岩。岩性为玄武质至安山质熔岩和集块岩,流纹质凝灰岩夹有砂岩、海相凝灰岩和陆相砾岩及安山质凝灰岩;

侏罗系中上统(Jslm):滨海沉积、砂岩、钙质页岩。部分含沥青层,夹有蒸发盐岩层。大面积出露于工作区西北部;

白垩系下统上部(Kia):陆相火山杂岩玄武质至安山质熔岩和角砾岩,安山质至流纹质火成碎屑岩,夹有少量沉积岩。在工作区中南部少量出露;

作者简介:成静亮(1979-)男,2005年毕业于中南大学地质系,硕士,工程师,主要从事地质与矿产勘查研究工作。

[基金项目]国家2010年国外矿产资源风险勘查专项

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

渐新统－中新统(OMlc):陆相沉积或冲积岩。砾岩、砂岩、页岩夹有蒸发盐岩。工作区内广泛分布。

区内构造为阿塔卡玛断裂带的次级断裂。主要有 F1 和 F2 两条较大的断裂。其中 F1 断裂走向北西,延伸至矿区中部,长数十公里,影响宽度 120m;F2 断裂带在矿区出露长约 4km,近东西方向。断裂带呈负地形,凹陷明显,覆盖相比周围较厚。地表风化强烈,较难判断断裂带倾向及倾角。

区内岩浆岩发育,主要为侏罗纪－白垩纪的酸性喷出岩——玄武岩之安山岩、安山玢岩。岩脉则出露较少,多为中性岩及少量花岗细晶岩。

1.3 景观地球化学特征

工作区位于南纬 20°左右,距智利第一大区首府城市伊基克(Iquequi)约 60km,属智利海岸山脉系,大部分地区海拔在 800～1100m。总体上山势平缓,一般相对高差 50～100m。属热带沙漠气候:极端干旱,少雨多雾,相对湿度较高,可达 70% 以上;年雨量一般在 50mm 以下,局部尚不到 10mm,常年气温变化不大,地表多见蒸发盐岩。工作区内无河流发育,大部地区呈荒漠景观,基本无植物,大型植物仅见少量的苔藓类植物及仙人掌,通视条件较好。

工作区为典型干旱荒漠地区,降水稀少,化学风化作用很弱,物理风化较强,地形高差小,岩石风化后就近堆积。工作区土壤发育厚度约 10～30cm,局部地段发现 A 层,基本无风力搬运,土壤为原地岩石风化形成的残坡积物,宜开展土壤地球化学测量工作。

2 土壤地球化学测量工作

本次工作方法与技术要求执行《土壤地球化学测量规范》[2] 相关要求。

2.1 技术试验

根据 2010－2011 年在该地区进行的采样层位(深度)和加工方案试验工作(图 1),除 －20—＋40 目粒级外,其他四种粒度中 Cu 元素的分布具有相似的特征。在异常区域,－20— ＋40 目粒级中 Cu 无显示异常,说明在该粒级土壤中 Cu 显示亏损。而 －10—＋20mu 粒级中 Cu 的分布形态与 －40—＋60 目、－60— ＋80 目及 －80 目粒级相似的,可能是由于该粒级范围内含有富含铜元素的的颗粒(如孔雀石)。结果显示,－40—＋60 目、－60—＋80 目及 －80 目粒级中 Cu 的分布相似,均能较好与铜矿体的范围吻合,并能明显反应异常,且每组数据内离差较大。由此,结合矿体特征和工作的易操作性,本次土壤地球化学测量工作确定 1:5 万土壤测量采集样品的工作采样层位为 B 或 B＋C 层,采样深度 20cm 左右,粗加工过筛最佳粒度为 －40 目。

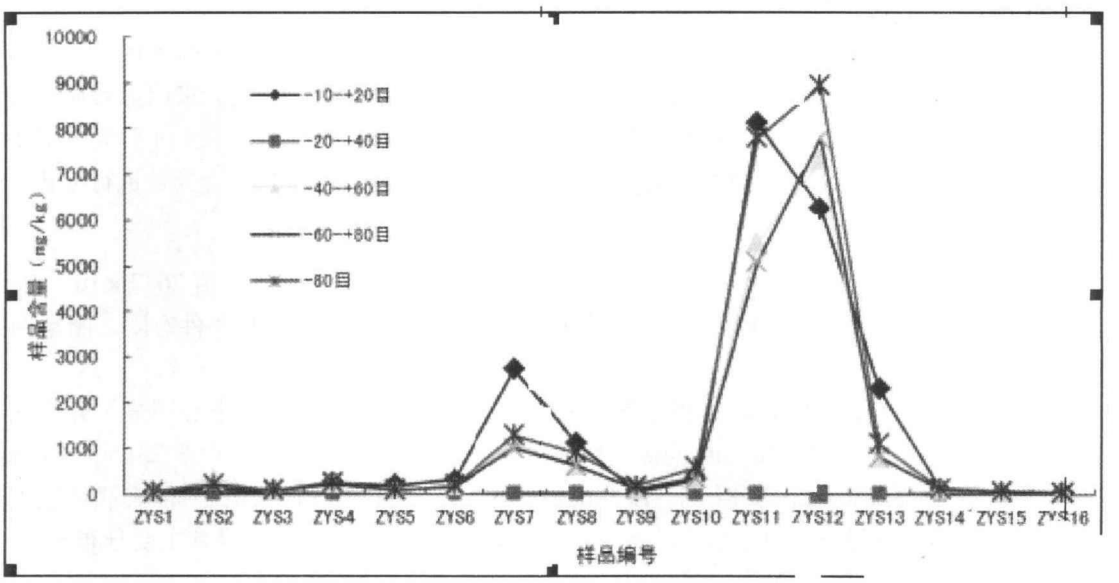


图 1 不同粒度中 Cu 元素的分布

Fig1. Cu element distribution in different particle size

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.1 采样点布设

依据项目要求和矿区构造线总体方向，依照500m×200m测网密度布设采样点，采样密度9.91/km^2，测线方向为180°。按“点号/测线号”统一编号，并按采样点总数的4%均匀安插重分析样，最后制成采样点布置图。全区共布置28条侧线，3048个基本采样点，141个重分析样，70个重采样，141个Ⅱ级标样。

2.2 定点、采样与记录

参照有关技术要求，利用1:50000地形图配合手持GPS确定采样点位。在点位10m范围内采集3~5处B层或B+C层土壤样品组合成一个样品。采样应尽量采自同一介质、同一层位物质。若遇有废石堆、崩积物、堆积物等不能取样时可适当移点最大移动距离为点距的1/2，线距的1/3，并备注移动后的采样点坐标，若移点仍无法采集样品时可弃点，但在记录中应注明原因。野外样品重量500g（保证过筛后样品重量不小于100g），并避免盐积的混入，重分析样样品重量加倍。采集的土壤样品按统一的土壤测量记录卡的栏目和要求填写。

2.3 样品加工

加工人员按样品登记编码表格式进行登记。每100件样品安插4件重分样品、2件重采样品、4件Ⅱ级标样（参照）。野外样品自然干燥后，用不锈钢筛过筛（-40目），对角线折迭法均匀缩分后100g（重分析样品200g）装入纸袋[3]。样品送加工间，用无污染玛瑙球磨机细碎至-200目送化验室分析。

2.4 分析项目

根据工作区成矿地质条件并结合区域矿产分布特点，确定样品分析项目为Au、Ag、As、Sb、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Ba、W、Pb、Bi十七种元素。

2.5 资料整理

整理完成1:5万土壤地球化学测量调查面积308km^2，采集样品3048件的分析结果进行质量认定，并结合数理统计结果和区域地球化学特征确定异常下限，编制实际材料图、单元素异常图、综合异常图。

3 土壤地球化学测量应用效果

通过本次土壤地球化学测量工作工作区共圈定综合异常11个，依据找矿远景将异常分为三大类四亚类（A2，B2，B3，C2），其中A2类2处，B2类3处，B3类2处，C2类4处。采用异常面积、强度、浓度分级及面规格化金属量值对上述异常评序[4]，A2类两个铜异常排序前两位（由于本区主要目标矿种为铜、金。在此，仅对Cu、Au两种元素的异常特征和异常排序前三位的综合异常进行分析）。

3.1 Cu异常分析

全区Cu元素最高值3380×10^{-6}，最低值5.6mg/kg，相差约600倍，平均值26.7×10^{-6}，标准离差为291.73，变化系数0.31。表明Cu元素在该区呈富集和分异均较弱，成矿条件有限。圈定铜异常17处，如图2。

如图所示，Cu异常面积较大，呈近似等轴状形态，浓度分带清晰，浓集中心明显。异常区主要位于HN5（Henan5）、Maria铜矿和Cats铜矿三地，三区异常面积分别为8.41km^2、3.23km^2、4.03km^2。其中HN5铜异常主要分布于下侏罗统中，该地层岩性主要为陆相和海相火山岩，以玄武质至安山质熔岩和集块岩、流纹质凝灰岩夹有砂岩、海相凝灰岩为主。Maria铜矿和Cats异常主要分布于上、中侏罗统，岩性以滨海沉积石灰岩、砂岩、钙质页岩为主，部分夹蒸发盐岩。

3.2 金元素异常分析

Au元素最小值为0.15×10^{-9}，最大值为32.81×10^{-9}，相差200倍，平均值为2.79×10^{-9}，标准离差为2.18，变化系数0.78，呈较强富集和分异分布。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

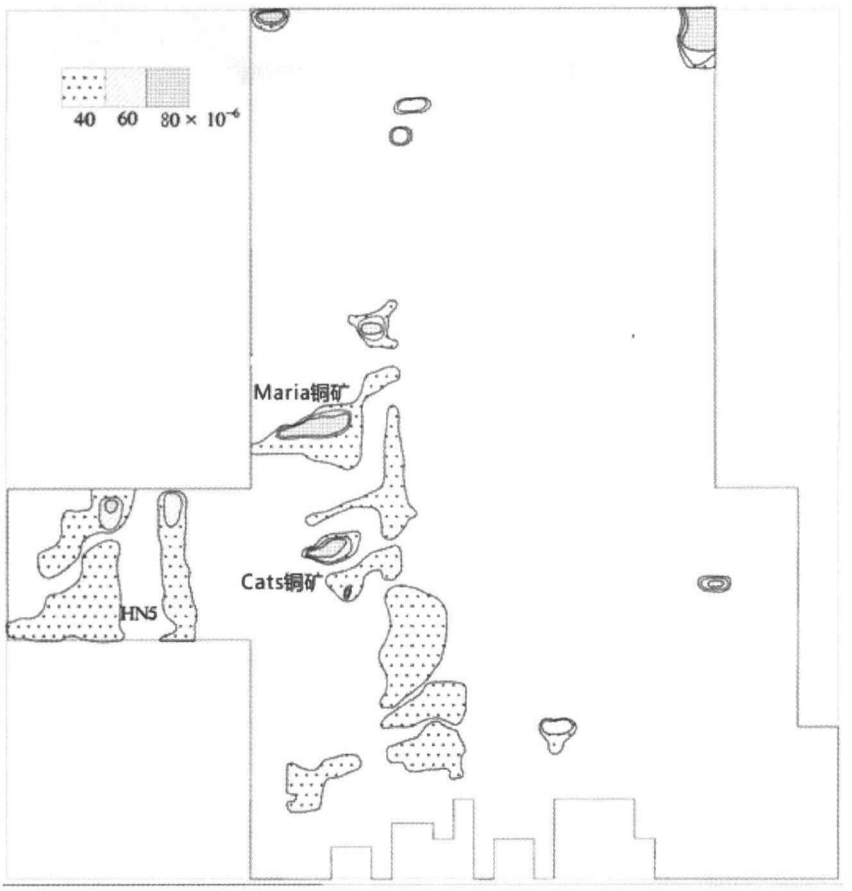


图2 工作区1:5万土壤地球化学测量Cu异常图

Fig2: Cu anomaly map of soil geochemical measurements in the project(1:50000)

从图3可以看出,Au异常分布面积较广,但主要分布于三个较集中的区域内:测区北西部异常区,测区北东部异常区,测区中南部异常区。区内断裂主要由北西向、近东西向为主,多其次构造活动相互穿插。Au异常主要分布于第四系、下侏罗统地层中。工作区采集的铜矿石样品中Au的含量分别为$0.008-0.014\times10^{-6}$,显示出良好的含Au性。工作区Au-Mo-Bi显著相关,显示高低温元素的组合,推测区域内Au的异常系区内多期构造活动造成。依据目前的野外踏勘,工作区外北侧约50km处有民采金矿,结合工作区Au的异常特征,区域内具有找金的潜力。其他主要元素Ag、Zn、Pb异常呈岛弧状,部分椭圆形,但均不具有三级浓度分带,异常中心不明显。CoMo异常多呈岛弧状分布,规模小,强度弱,异常中心不明显,多与Au伴生,且位于Au外围。

3.3 异常查证

Maria铜矿异常位于测区中西部,评序值40.27,评序2,异常类别A2。铜矿化主要集中于凝灰岩地层及砂岩的层间裂隙中,在石灰岩、硅质岩的裂隙中也有发育。矿化主要为孔雀石化,褐铁矿化,绿帘石化,矿化层厚1m~5m不等,厚度之和大于10m。北西-南东向断裂穿过该区侏罗统(Jeg)。本异常元素组合以铜为主,伴生金、钴、铅、钼、银、镍等。主要成矿元素Cu异常强度高,面积大,呈近似等轴状分布,浓度分带清晰,中心明显。Cu和Au元素具有均具有水平分带性特征。其他伴生元素异常规模较小且零星分布于Cu和Au异常边缘或外围。异常中心工程揭露矿体沿走向约550m,宽20~60m,矿石均位于氧化带中,未见原生硫化铜。采集的矿石中铜的含量2.671%,金的含量0.012×10^{-6}。建议对该异常开展大比例尺矿床、地球物理和区域构造等方面的调查研究,以进一步发现矿体。

Cats异常位于测区中部,评序值41.1,评序1,异常类别A2。区内地表出露的主要为上、中侏罗统(Jeg),铜异常即主要分布于该地层。赋矿岩层为主要为凝灰岩,矿化以孔雀石化为主,主要矿化发育于凝灰岩裂隙中,呈点状、面状或侵染状,在砂岩、石灰岩和硅质岩的层间及砂岩层内也见孔雀石化,

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图3　工作区1:5万土壤地球化学测量Au异常图

Fig3: Au anomaly map of soil geochemical measurements in the project(1:50000)

绿帘石化。本异常组合以铜为主,伴生金、铬、钴、铅、钼、银、镍、锰、钨等。主要成矿元素Cu异常强度高,面积大,强异常区呈近似等轴状分布,浓度分带清晰。异常中心为目前工程揭露的"Cats"矿,"Cats"铜矿主要产于安山质凝灰岩中,少部分产于其上覆砂岩中,走向北东-南西向,受断裂控制,较为稳定,铜矿层厚数米至数十米,呈单层或多层状,各层厚1m~5m不等。目前地表有一条的采坑,沿走向长约600m,宽15~70m,深5~21m。铜矿开采的矿石均位于氧化带中,未见原生硫化铜。铜矿化主要沿火山凝灰岩的裂隙中分布,或呈浸染状。矿石以孔雀石为主。矿石的品位0.6%~1.5%,平均0.8%。

CY-HN5异常位于测区西部,评序值35.33,评序3,异常类别B3。异常区出露侏罗统(Jov)、第四系(Qal)及部分下白垩统晚期(Kpb)。异常呈北东向带状展布,异常元素组合以锌、钴、铜、锰为主,其次为铅、钨、钼、银、镍、金等。可能主要由该区南部北西-南东向断裂引起,在断裂的北东盘存在沿断裂长5.5km,宽1km的铁帽。同时在异常区中北部存在较高值的Cu异常区,中心存在微弱零星铜矿化。该异常整体上MO、Ni处以内带,Cu、AU处于中带,Co、Pb、Zn、Ag和Mn则分布在外带,元素种类多,套合较好,具有斑岩型铜矿的异常分带特征。

4　结论

通过1:5万土壤地球化学测量,综合分析研究,得出以下结论:

1、针对第一大区阿塔卡玛干旱沙漠气候景观,研究了地球化学勘查采集的介质和方法。介质:通过已知矿区土壤粒度加工试验,采集地表B层或B+C层(20cm)的-40目土壤。方法:采用土壤地球化学测量,几乎所有的矿床或矿化点均有异常分布,较好的客观反应矿体的地球化学异常。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2、地质单元丰度和含矿性研究[4]揭示早侏罗世(Jov)火山喷发旋回成矿元素浓集率高,变化范围大,是区内矿床成矿物质来源。

3、相对较小的海拔落差和极端干旱的气候,不利于成矿物质的搬运和元素的迁移、转化,使得区域的风化以物理风化为主。由于常年无雨,难以形成运移成矿物质或者成矿信息的含矿溶液,难以在地表形成较高的异常值[5]。同时,由于工作落差较小,亦不利于地表岩屑、土壤等的物理搬运,难以由物理搬运形成较大规模的异常。所以,虽然主要异常的强度和规模相对小,在进一步工作仍然应适当布置适当磁法和电法测量,如果化探异常与物探(磁法或激发极化法)异常相吻合,则可以进一步证实成矿系统的存在。

参考文献

[1] 成静亮等 智利北部成矿规律及靶区优选研究报告 2011

[2] 《地球地球化学普查规范(1:5万)》(DZ/T 0011—2010);

[3] 罗正传 土壤地球化学测量在智利阿尔法矿区的应用效果 2010 《物探与化探》

[4] 超大型矿床成矿模式 2000

[5] geological devepment and mineralization in the Atacama segment of the south American Andes, northern Chile , GEOL Rundsch 1993(652 - 662)

Application of Soil Geochemical Survey in the First Zone of Chile

Cheng Jingliang[1], Wang Mingguo[1], Wang An[2], Chen Jianguang[1]

(1. *General Institute of Non - ferrous Metals Geological and Exploration, Henan* 450012; 2. *No.* 1 *Branch of Nonferrous Metals Geological and Henan Provincial Bureau of Geo - exploration and Mineral Development* 450016)

Abstract: The application of Soil geochemical survey in the first Zone of Chile(North Atacama Desert) shows that, the survey can be used to further define the orientation and, reduce target area. Through this work, Outlining two A - class integrated anomalies of copper - based have been circled, and some progress in anomaly Verification have been made.

Key words: Soil geochemical survey, the first Zone of Chile, anomaly Verification

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net