

地电提取测量法在水泄地区的实验及应用

李晓勇

(中国科学院 长沙大地构造研究所, 湖南 长沙 410013)

摘 要: 地电化学提取测量法是应生产需要而发展起来的一种轻便、快捷的寻找隐伏矿床的方法, 对于探测隐伏的矿体有其优势, 是地电化学勘探方法的一种。在水泄地区进行实验研究, 取得较好的效果, 并在未知矿区圈定了远景规划区, 为进一步的探矿打下了基础。

关键词: 地电化学提取测量法; 地电异常; 隐伏矿; 水泄铜钴矿; 云南省

中图分类号: p631.3; p618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002)01-0058-05

近年来人类工业化对矿产资源需求不断增长, 而地表易寻找的出露矿或浅部矿逐年减少, 目前的物探和化探及常规的地质方法对于埋藏较深的矿床寻找勘探效果不明显或不好, 在此基础上产生和发展起来的一种以电场形式激发, 以物质形式记录电化学反应结果的地电化学找矿法, 该方法在上世纪70年代初首先由前苏联学者 M. C. 雷斯等提出并发展起来, 80年代中国和印度开始引进该方法, 90年代初开始引起西方学者的重视。

1 地电提取测量法在国内外的的发展状况

地电提取技术(PEM法)是20世纪60年代后期至70年代初期由圣彼得堡的一些学者创立的。M. C. 雷斯和戈德堡描述了PEM法的基本原理和野外技术方法及找矿实例。实践证明, 在普查阶段PEM法有助于发现厚层稀疏沉积覆盖物之下深部目标和筛选物探异常; 经过近十年的研究和实践, PEM法在前苏联逐步形成一套比较完整的理论, 制造出配套的仪器设备, 并在生产实践中形成了规范化的应用程序。国内高云龙等人80年代在东北各种类型铀矿上进行了地电提取寻找铀矿试验, 取得较好的效果。罗先熔等对方法的机制及找矿预测做了很多工作。费锡铨等吸取了解技术中的一些概念, 创造了以高电压、低电流和长时间的激发方式, 发展了一套适合野外经济快速提取理论和野外工作技

术。谭克仁等利用该方法在金矿上从事研究, 取得了较好的成果。由于新的高灵敏度的分析方法(ICP-MS等)的发展运用, 人们对离子晕的形成有了更深的了解, 近几年在俄罗斯很多文献展示了这些方法应用的成果。

2 地电提取测量法的基本原理

对于埋藏浅的矿体及在地下水面上的矿体, 主要以机械、化学、生物溶液为主, 形成各种金属离子。当矿体埋藏较深、位于潜水面下或在裂隙水等发育的条件下, 矿体主要以电化学溶液为主。这是由于在金属硫化物中各矿物组成不同, 其电极电位也不同, 不可避免地产生原电池。如果一种矿物的电极电位与另一种矿物的电极电位相比为负, 则多余的电子将从第一种矿物向第二种矿物迁移, 使得离子导电介质中的两种矿物界面上的物质交换与电荷交换的平衡受到破坏。为了恢复平衡, 第一种矿物中组分不断破坏, 放出电子, 并在其矿物表面形成正电荷带。各组分由于放电则发生氧化反应; 而第二种矿物界面附近的正离子放电, 得到电子, 或者是矿物中的组分发生电荷转移, 得到电子, 也就是发生还原反应, 并在其矿物表面形成负电荷带。由于矿物电极电位不同, 组成原电池的电动势存在, 使得反应不断进行, 直到反应平衡为止。在这过程中, 产生各种金属离子, 在地温梯度和压力梯度的作用下以射流的形式沿垂直方向向上运移, 金属离子可能吸附在气泡

中向上迁移,形成离子晕。当加入外来电场时,矿体发生电化学反应,形成的离子与原来的离子一起迁移,并改变不同金属元素存在形式,使得这些离子进入提取电极,显示了矿体的各种信息。根据前人的研究可知,离子晕中的元素成分一般对应于矿石的化学成分,通常位于深部矿化带的正上方,说明离子以垂直迁移为主。

地电提取测量法是利用多个阴极和一个阳极组成回路,在外加电场作用下,使覆盖层及深部矿体附近处于孔隙溶液中与固相形成动态平衡的离子产生两极分化,即阳离子向地表阴极运动,而阴离子向地表阳极迁移。离子在进入阴极提取接收器时,每一单元体积内离子的移出必须由相邻的同体积的离子移入来补充,如此形成一个动态循环。我们选用电源为干电池 180 伏,在所选的剖面上不等距,每隔 25~50 m 设点,埋入提取电极(负极),将正极埋入几倍于剖面长的远处。供电 48 小时后,依次收集提取电极,编号,再送去分析,然后绘出剖面的离子提取异常分布图,异常对应部位可能指示了矿体的信息。

3 矿区地质

水泄铜钴矿区位于云南省永平县水泄乡。矿区出露地层较为完全,主要为上三叠世麦初箐组(T_{3m})、花开左组(J_2h)地层,表层为第四系浮土。矿区内构造发育,下别列地区及阿林地区断裂多呈 NW 向成群出现。在小团山一带,断裂多呈 NE 向出现,并且在小团山 NNW 向背斜发育,核部地层为麦初箐组(T_{3m}),两翼为花开左组(J_2h),漾江组(J_1y)地层。

矿区已发现 40 余条矿体,分布于 3 个矿化带内,分别与大致平行产出的东、中、西三组断裂相对应。东、中矿化带断裂出露长 400 m 以上,蚀变带宽几米至几十米,中带分布于小团山—纸房河一带,东带分布于水泄街—阿林一带。矿体主要赋存于三叠系上统麦初箐组的顶部砂岩层间破碎带中。矿体多呈大脉状产出,矿脉一般长 50~600 m,厚为 1~5 m,产状与岩层产状一致或微斜交,走向多呈 20~30°;倾向为 40~80°。原 14 队在该区提交了 C_{1+2} 级表内储量,铜金属量为 25 843 t, $w(Cu)$ 平均品位为 0.163%,主要为硫化矿,矿物组合为菱铁矿—重晶石—褐铁矿。

4 在已知矿体上的地电提取法可行性测量

在水泄铜钴矿区的纸房河矿段选一条已有工程控制的已知剖面,沿其开展地电提取法找矿可行性测量,结果在剖面中矿体的上方测出了明显的多元素异常。在剖面上的 Cu, Pb, Zn 几个元素异常主要集中出现于剖面的 3~11 号测点间,吻合程度好(图 1)。几个元素的最高异常值也是分布在这约 100 m 的范围内,特别是 Cu 异常分布范围达 150 m,而且异常强度大,形态清晰规整。从地质剖面 and 异常提取曲线对比图可看出几个元素异常的分布范围正是两组铜钴矿体的赋存部位,即地电提取 Cu, Pb, Zn 元素异常非常准确地指示了铜钴矿体的赋存部位。在 8~9 号测点, Zn 和 Pb 异常基本上同步,且异常峰值均高出背景值几倍,而对应区的 Cu 不呈现异常,相应的地质区域不存在大的矿体,出现多峰异常的原因可能是由于矿体斜向平行分布使得某些部位矿体在水平方向上发生重叠,影响了整个矿体的离子晕,使离子分布更不均匀。

5 水泄铜钴矿区未知地段找矿预测结果

在水泄铜钴矿区北部马拜河测区布置一条约 500 m 剖面,在此剖面上开展地电提取测量法找矿评价。该区出露地层与纸房河矿段相似,为上三叠世麦初箐组(T_{3m})和中三叠世花开左组(J_2h)地层,均为含矿地层,主要为紫色泥岩、砂岩等。在测点间出露 3 条蚀变矿化带,地表土少,多为碎屑。在剖面上按不等距设置 16 个测点,采用电压 186 伏左右的干电池供电,初始电流为 1.1 A,连续供电 72 小时后,终电压为 20 伏,终电流为 8 mA,供电效果良好,提取分析 Cu, Pb, Zn, Au, Ag 等 5 个元素,除 Au, Zn 元素无明显的异常反映外, Cu, Pb, Ag 都有异常(图 2)。

5.1 地电提取多元素异常特征:

(1) Cu 异常特征:在马拜河测区剖面上测出了 3 个清晰的 Cu 异常。

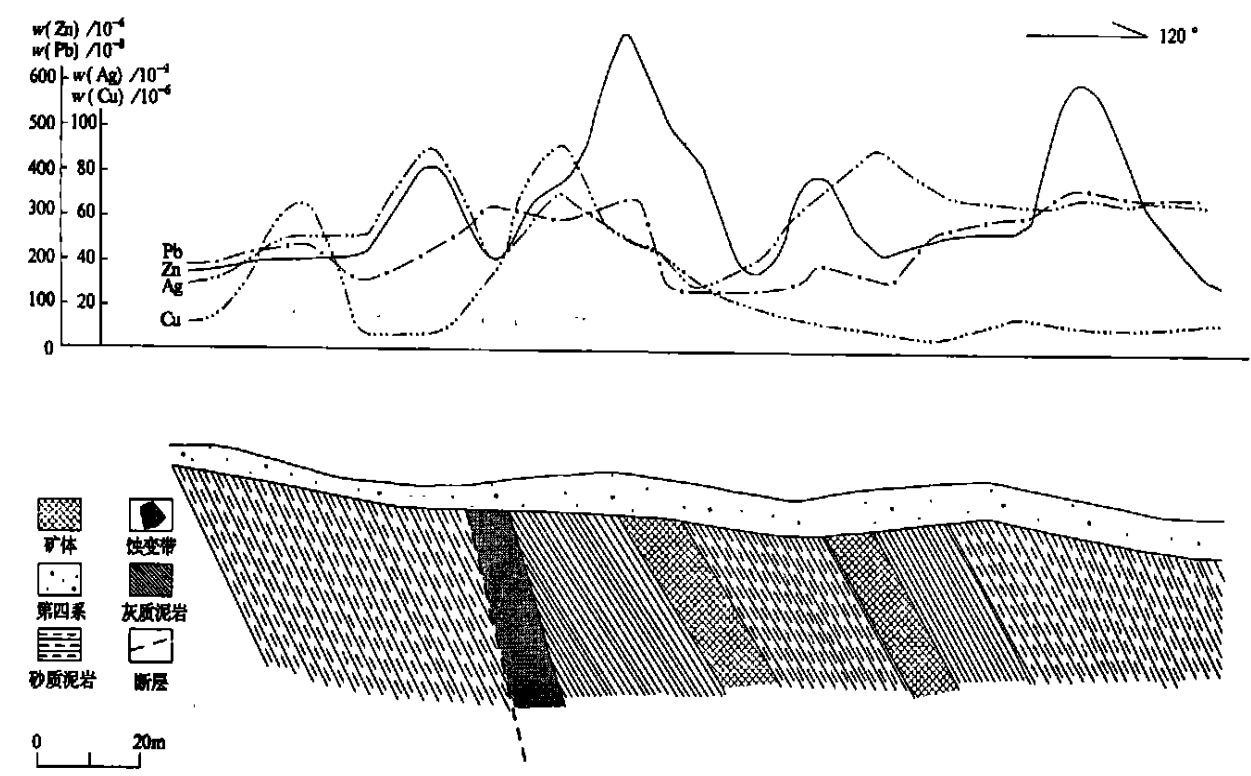


图 1 水泄铜钴矿纸房河段 9 号勘探线离子提取图

Fig. 1 Plot showing ion data extracted along Zhifanghe segment of the 9th line shuixie Cu mine

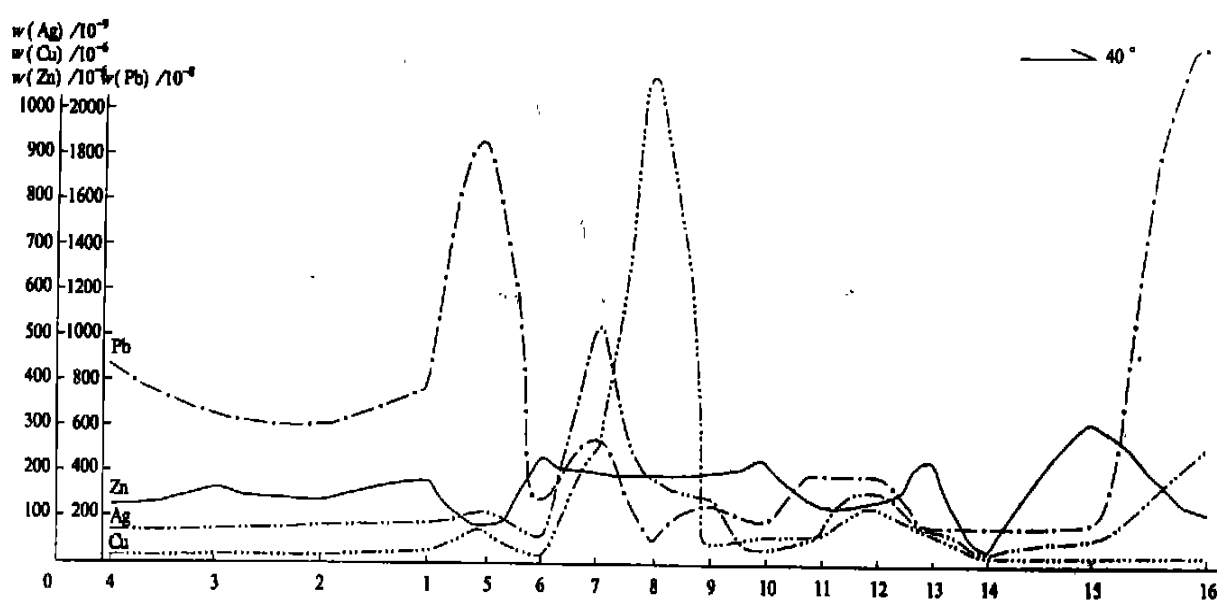


图 2 水泄铜钴矿马拜河测区离子提取异常图

Fig. 1 Plot showing anomaly of ion data extracted along an unknown line, Shuixie Cu mine

第一铜异常位于剖面的 10~14 号测点间, $w(\text{Cu})$ 强度 $662 \times 10^{-6} \sim 135 \times 10^{-6}$, 高出背景值 (20×10^{-6}) 3~6 倍, 最高异常值出现在剖面的 12 号测点,

异常幅值变化不大, 较稳定。

第二个铜异常分布在剖面的 6~9 测点间, 异常呈阶梯状, 表现为高耸的山峰状分布, 异常强度为 w

(Cu) = $46 \times 10^{-6} \sim 1\,094 \times 10^{-6}$, 异常高出背景值 2 ~ 54 倍, 最高异常值 $1\,094 \times 10^{-6}$ 出现在剖面的 8 号测点, 由于在 8 号点土壤极少, 多为碎屑, 故推测如此高峰异常值可能部分是由于岩石背景造成。次高异常值 255×10^{-6} 出现在剖面的 7 号测点。

第三个铜异常呈单峰形态, 出现在剖面的 5 号测点, 异常值 $w(\text{Cu}) = 75 \times 10^{-6}$, 高出背景 3 倍多。

(2) Pb 异常特征: 铅异常反映不明显, 在第一、二个铜异常区域内仅有微弱的铅异常反映。

(3) Ag 异常特征: 在剖面上测出了两个较明显的银异常。

第一个银异常分布在剖面的 10~14 号测点间, 最高异常值 $w(\text{Ag}) = 0.16 \times 10^{-6}$, 出现在剖面的 12 号测点, 与第一铜异常的最高值点相重合。

第二个银异常分布在剖面的 6~9 号测点间, 最高异常值 $w(\text{Ag}) = 0.53 \times 10^{-6}$, 出现在剖面的 7 号测点, 异常幅值变化不大, 分布范围与第二个铜异常部位基本吻合。

另在剖面的 16 号测点处测出了 $w(\text{Ag})$ 强度为 0.26×10^{-6} 的单点单峰值异常, 高出背景值 6 倍。

5.2 马拜河测区地电提取多元素异常特征评价与解释

根据各个元素在剖面上的分布范围, 将马拜河测区剖面上的各元素异常划分为 3 个组合异常区。

第一组合异常由 Cu, Ag 两个元素为主组成, 另有微弱的铅异常, 分布在剖面的 10~14 号测点间, Cu, Ag 异常的最高异常值同步出现在剖面的 12 号测点, 两元素的异常吻合得十分完好。

第二个组合异常同样由 Cu, Ag 两个元素为主构成, 另也有微弱的铅异常, 分布在剖面的 7~9 号测点间, 在该组合异常范围内, 分布有全区最高的铜异常值($1\,094 \times 10^{-6}$) 和次高的铜异常值(255×10^{-6}), Cu, Ag 两元素的异常同步出现, 吻合程度较为完好。

第三个组合异常由 Cu, Pb 两个元素组成, 分布在剖面的 5 号测点, 两元素异常均呈单点单峰形态, 吻合程度较为完好。

从地质剖面上看, 异常出现的部位对应于含矿地层上三叠世麦初箐组(T_{3m}) 的泥质砂岩。在此区内出露了几条矿化带。对照纸房河的异常曲线图可知, Cu, Pb, Zn, Ag 等元素吻合度较好的部位常对应于矿体的赋存部位。综上所述, 在马拜河测区测出的

3 个地电提取多元素组合异常推测第一、二组合异常分别是由两组隐伏的铜矿体引起, 值得进一步解剖验证, 第三个组合异常规模小, 可能是由于矿化体及异常迁移所引起的, 找矿意义不大。

6 结论

通过在水泄有工程控制的剖面进行方法可行性研究, 可知该方法找矿效果良好, 元素异常范围与矿体的存在和赋存部位吻合度较好, 虽在有些部位出现异常迁移及假异常, 但总体情况还是不错的。而在水泄马拜河区没有工程控制的未知剖面上进行找矿预测, 根据测出的元素异常及地层出露情况, 再对比纸房河 2 号剖面元素异常曲线图与矿体的对应情况和对小团山 9 号剖面的研究, 可知马拜河区未知剖面上的两个元素高异常区对应部位可能存在铜矿, 并推测该矿体可是纸房河和小团山矿体向南延伸的部分引起的, 这为以后的进一步勘探提供了远景标靶区。

参考文献:

[1] 雷斯 Ⅲ C. 地电化学勘探法[M]. 北京: 地质出版社, 1979.

[2] 费锡铨. 地电提取离子法[M]. 北京: 地质出版社, 1992.

[3] 罗先熔. 地球电化学勘查及深部找矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996. 1-221.

[4] 李江, 高明海, 王士梅, 等. 地电化学提取法寻找金矿的应用[J]. 地质与勘探, 1989, (1): 52-54.

[5] 罗先熔, 杨晓. 地电化学测量法寻找隐伏矿床的研究及找矿预测[J]. 地质与勘探, 1989, (12): 43-51.

[6] 罗先熔. 地电提取离子异常形成机理探讨[J]. 地质与勘探, 1992, (10): 48-50.

[7] Govett G J S. Soil conductivity assessment of an electro-chemical technique[J]. Geochemical exploration, 1974, (4): 101-118.

[8] 付良魁. 地电化学找矿法——国外电法勘探的发展概况[J]. 国外地质勘探技术, 1982, (3): 44-47.

[9] 阿列克谢耶夫 C T. 实际应用中地电化学方法勘查深部矿化的一些问题[J]. J. Geoch. Explor., 1996, 56(1): 79-86.

[10] 施俊法. 地气勘查寻找隐伏矿的新工具, 金属气相迁移新机制[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1997, 36-46.

[11] 谭克仁. 部分电提取法和吸附提取法在隐伏金矿普查找矿勘查中的应用[J]. 黄金科学技术, 2000, 8(2): 26-29.

EXPERIMENT AND APPLICATION OF GEOELECTROCHEMICAL-EXTRACTION METHOD TO HIDDEN ORE SEARCHING IN SHUXIE

LI Xiao-yong

(Changsha Institute of Geotectonics, Chinese Academy of Science, Changsha 410013, China)

Abstract: Geoelectrochemical-extraction method is a new quick、economic、effective and convenient way to find hidden ore deposits. We got a good effect through experiments on known orebody in the area of Shixie and got important information for predicting hidden ore deposits in Shixie for further exploration.

Key words: Geoelectrochemical-extraction method; geoelectrical anomaly; hidden ore deposit; Shuixie Cu-Co mine; Yunnan province

欢迎订阅 2002 年《地质找矿论丛》

《地质找矿论丛》为国家科技部和新闻出版总署批准,由天津地质研究院主办的地学科技期刊,1986 年创刊,国内外公开发行,现为季刊,每期 72 页,A4 国际开本。中国标准刊号:ISSN 1001-1412;CN 12-1131/P。

《地质找矿论丛》是天津市一级期刊、中国科技论文统计源期刊和《中国科学引文数据库》来源期刊,并已成为美国《化学文摘》(CA)收录期刊,期刊全文入编《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和《万方数据系统科技期刊群》,以多种形式为读者服务。

《地质找矿论丛》主要报道矿产成矿理论与成矿预测、物质成分及综合利用、水文地质和工程地质、环境地质调查与治理、资源勘查工程、矿产品深加工技术、地质矿产技术经济等方面的科研成果、进展评介、研究简报,并不断开拓报道领域与深度。

《地质找矿论丛》面向从事地质科研、矿产勘查、矿山企业、矿产品开发工作的科技人员和地学院校的师生。热忱欢迎地矿行业、地学院校、文献信息部门的单位与个人踊跃订阅《地质找矿论丛》。

《地质找矿论丛》每季末月出版,每期订价 5.00 元,全年订价 20.00 元,订户可向本刊编辑部函索订单订阅,订购款一律通过邮局汇寄。也可通过“全国非邮发报刊联合征订服务部”订阅。

《地质找矿论丛》编辑部地址:天津市河西区友谊路 42 号《地质找矿论丛》编辑部;

邮编:300061; 联系电话:022-28367243; 联系人:王书辉