维普资讯 http://www.cqvip.com

低电压偶极子供电方式下的“偶极 CHIM”应用效果

康 明[1],岑 况[2],罗先熔[3]
(1. 长安大学地球科学与国土资源学院,西安 710054;2. 中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083;3. 桂林工学院资源与环境工程系,桂林 541004)

[摘 要]CHIM 法自提出以来,一直在进行着不断的改进,但依然存在缺陷,主要表现在设备笨重、操作复杂、成本高、工作效率低,且大多数情况下只提取阳离子态的金属元素。在新的成晕理论的指导下,通过在已知矿区进行低电压(9V 干电池)偶极子供电方式下的阴极提取实验,证实其方法有效性的基础上,考虑到阴离子和阳离子都可以提供找矿有用信息的条件下,首次提出了低电压(9V 干电池)偶极子供电方式下的“偶极”提取法,并在山东招远尹格庄金矿和新疆 210 金矿进行了实验研究,结果表明,在已知矿体上方阴离子态元素异常也很发育,将阴离子异常与阳离子异常累加,可清晰地反映深部隐伏矿体的赋存位置。该改进的方法轻便、成本较低,可同时提取阴离子和阳离子态的金属元素,所获信息量大、提取率高,在野外工作方式灵活,适合于野外地质勘查和科研工作。

[关键词]偶极地电提取法 浅部离子晕 隐伏矿床
[中图分类号]P631.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2006)04-0081-05

0 引 言

地电提取法在前苏联称为部分提取金属法(俄文缩写为:ЧИМ;英文缩写为:PEM——Partial Extraction of Metals;其商业代号为:CHIM)。20 世纪 70 年代初期,俄罗斯学者 Yu s Ryss 等率先提出了“部分提取金属法”等一系列地电化学勘探技术,研制了用于地电提取法野外工作的大功率 CHIM-10 工作站[1]。20 世纪 70 年代以来,俄罗斯应用 CHIM 法在有色金属、贵金属、稀有金属矿床普查找矿方面取得了显著的效果[2-3]。自从 CHIM 法提出以来,各国研究者一直在关注其方法的进展,并在探索中前进。1981 年,俄罗斯学者 Milkov et al 首先提出扩散提取法(MDE)[4];1987 年伍宗华运用水电化学测量法在我国胶东西部金矿区进行了首次试验[5];1993 年张茂忠、周奇明等人提出了室内电吸附法[6];我国研究者刘吉敏、费锡铨、罗先熔、谭克仁等经过试验研究,提出了吸附—电提取法,并取得了显著的找矿效果[7-10];1993 年以色列学者 A Levitski 提出“偶极提取法”(“Dipole CHIM”)[11];1994 年美国地质调查局的 R W Leinz 和 D B Hoover 提出 NEOCHIM 法[12]。

1 低电压偶极子工作方式下的“偶极 CHIM”法的提出

1)以往地电提取方法技术改进存在的问题集中表现为:① 寄希望通过大电流提取地下几百米深的金属离子,所以通常使用功率较大的发电机或民用电,通常使用长电线连接各测点的终点及无穷远处布设正极,使得方法技术变得十分繁琐,而且操作上很不方便,在供电过程中也容易被人为因素或其他因素(如车辆、动物以及人的行走等)所破坏,造成供电中断。② 以溶液为载体的提取器,过程后载体溶液的剩余量差异极大,进而影响各测点电场的稳定;直接刮取电极表面电沉积物结层的方式,存在人为操作误差。这些都将造成结果的一致性失真。③ 泡塑吸附式元素提取器虽避免了液体式提取器的缺点,但长期以来一直使用阴极提取,选择提取的全是带正电荷的元素。事实上,很多金属元素都可形成负离子络合物,尤其是存在氯化物时,地表土壤中更易于形成金属元素的负离子络合物[13]。Levitski(1993)提出了“偶极 CHIM”法,可同时提取带正电和带负电的元素,在元素提取器上有很大改进,

[收稿日期]2006-06-15;[修订日期]2006-02-20;[责任编辑]曲丽莉。
[基金项目]“十五”国家科技攻关计划课题(编号:2001BA609A-03)资助。
[第一作者简介]康 明(1965 年—),男,2004 年毕业于中国地质大学,获博士学位,研究生,副教授,现主要从事地球化学专业工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

但由于设备笨重、操作复杂、成本高、工作效率低而难以在生产中推广使用。

2）低电压偶极子工作方式下的“偶极 CHIM”法提出的理论基础及实验研究基础。地电提取法是将地球物理、地球化学和电化学综合交叉为一体组成一新的找矿方法。它是利用地球物理手段，在人为电场的作用下，与矿有关的金属离子平衡发生了变化，其中的金属阳离子在电场作用下向负极移动，阴离子向正极移动，并形成电解物，收集并分析电极上吸附的电解物，可发现与矿有关的金属离子异常，从而达到找矿和评价的目的。

在地电提取法的研究初期，研究者们一直认为在电场的作用下，电流通过大地形成供电回路，赋存于地下几百米深的金属正离子以及带正电荷的水溶物质将向负极迁移，在负极位置上预先设置有专门的接收装置，对迁移到负极来的物质进行接收。

事实上，人为电场是不可能直接作用到几百米深部隐伏矿，使得离子迁移至地表。原苏联学者认为，人工电场是驱使金属离子从深部上升的动力，为加大探测深度，他们使用装在汽车上的大功率电源向下供电，而中国和美国的学者都认为电提取的能力是有限的，用 500mA 的电流所得结果与用 20mA 电流并无大的差别[14]。根据地电化学离子晕的形成机理可知[15]，地电提取法只是提取近地表的浅部离子晕，这种离子晕是由各种地质营力（如电化学场、地球气、地下水等）搬运至地表，然后人工电场驱使这些离子沉积在电极上。

基于上述理论基础，在广西横县泰富金矿和广西大瑶山西侧北段盘龙铅锌矿进行了低电压“偶极子”供电方式的阴极提取实验研究[16-17]，实验结果表明：低电压（9V）“偶极子”地电提取方法和高电压（220V）无穷远极地电提取方法均能较准确地反映深部矿体的赋存位置。但在已知矿体上方，低电压（9V）“偶极子”地电提取方法所得异常比高电压（220V）无穷远极地电提取方法更清晰。说明方法的改进是有效的。

在吸收前人方法技术改进研究成果的基础上（如固体吸附电极（泡塑电极）的研制、“偶极”提取等），根据地电提取方法技术存在的不足（如设备笨重、操作复杂、成本高、工作效率低，不能满足普查工作的需要等），考虑到地质勘查的实用性、可操作性和工作量大等特点，必须对其方法技术作进一步改进，使之适用于地质勘查的详查和普查阶段，并且提高提取率，获得更多的找矿信息。改进的方法技术为：低电压（9V 干电池）“偶极子”供电方式下的“偶极”提取。

2 工作方法

1）将无穷远极供电方式改为作用区域供电方式。即：在每一测点上挖一长方形采样坑为作用区域，阴极和阳极均为泡塑电极制成，间隔 30cm 摆放在采样坑底部，阴极和阳极通过导线分别与 9V 干电池的正极与负极相连，这样将电场能量集中作用在有效提取域范围。

2）强调电场形态强度的一致性。即在各测点的提取器上施加同样大小的电压（9V 干电池），并保持每一测点作用区域的形状和大小一致（因为 $E = -Kur/2\pi r^3$）。

3）以作用区域为对象，在其中倒入一定量的酸性提取液，以碳棒上裹已经过特殊处理的泡塑和滤纸组成的离子接收器，取代直接刮取碳棒表面电沉积物结层。

这种方法的特点是轻便、成本较低，可同时提取阴离子和阳离子，因而所获信息量大、提取率高，在野外工作方式灵活，适合于野外地质勘查和科研工作。

3 应用效果

3.1 山东招远尹格庄金矿低电压偶极子方式下的“偶极 CHIM”实验研究

山东大尹格庄金矿床属于中低温热液裂隙充填破碎带蚀变岩型金矿床，它除具有蚀变岩型金矿床的一般特征外，矿体还具有“深、大、贫、难”之突出特点[18]，即深：矿体埋藏深，矿体埋藏深度 220m，矿体赋存标高在 -100 ~ -600m 之间；大：矿体规模、地质储量大，1#、2# 两个主矿体走向延伸各 600 ~ 900m，工程控制矿体斜长 600 余米，最大水平厚度上百米，其储量之大在全国名列前茅；贫：矿石品位低，在中段生产勘探样品中 1.5×10^{-6} ~ 3×10^{-6} 者占 30% 以上，大于 5×10^{-6} 的样品不足 15%。在采场中 1.5×10^{-6} ~ 3×10^{-6} 的样品占 25% 以上；难：开采难度大。矿体直接赋存于区域性的招—平断裂带中，次级断裂构造、裂隙发育，矿岩破碎，极易坍塌。

矿床范围内的蚀变带以黄铁绢英岩、绢英岩化碎裂岩、黄铁绢英岩化碎裂状花岗岩为主，其分布明显受断裂构造及岩性的控制，主要发育在大的断裂蚀变带内花岗闪长岩一侧，以及断裂下盘花岗闪长

维普资讯 http://www.cqvip.com

岩体内的次级构造中。矿体严格受断裂构造的控制。矿区内已发现蚀变带20余条,其规模较大的分别为1#、2#、3#、4#蚀变带,1#、2#、3#蚀变带均位于招—平断裂带中,其他分布于招—平断裂带的下盘,规模一般较小。

区内的主要含矿蚀变带为招—平断裂带。它位于矿区中间,南北纵贯全区,分别被道头、南周家、大尹格庄断裂截断,该区出露长度8000m,宽40~140m,走向20°,倾向南东,倾角28°~50°。主要由黄铁绢英岩、绢英岩化花岗闪长质碎裂岩和绢英岩化花岗闪长岩组成,局部地段绢英岩化糜棱岩或变粒岩质碎裂岩发育。

1#矿体呈隐伏状态分布于54~68线之间,-100~-630m标高范围内。矿体在深部仍未封闭。矿体的总体走向与招—平断裂一致,走向NE20°,倾向SE,倾角27°~40°,平均倾角30°。矿体最大走向长度740m,平均品位4.03×10^{-6},矿体厚度一般为2~10m,最大20m。矿体受招—平断裂的控制,均分布其下盘0~60m的范围内。

在1#矿体64线已知剖面上进行了地电化学"偶极"提取实验(图1)。该剖面均为第四纪残—坡积物覆盖,无矿化污染,所测剖面上有5个钻孔见矿。

可以看得出,在隐伏金矿体上方有清晰的地电提取阳离子和阴离子异常显示。Au的阳离子异常(阴极提取)只在富矿体上方显示出高值异常,而Au的阴离子异常(阳极提取)在隐伏矿体上方异常值较连续,峰值明显。这二者结合应用,可起到相互补充的效果。阳离子和阴离子含量累加,所得异常图既在富矿体上方显示出高值异常,又可大致反映隐伏矿体的宽度。所以,在充分调查地质成矿背景的前提下,将阳离子异常和阴离子异常分别成图,尔后对阳离子和阴离子总和进行成图,结合地质背景综合解释,将会提高异常评价的效果。

3.2　新疆210金矿低电压偶极子方式下的"偶极CHIM"实验研究

新疆210金矿床位于星星峡东南24km处,金窝子凸起南西部的210单斜中,产于上泥盆统金窝子组的糜棱岩化炭质层凝灰岩及凝灰角砾岩中,已查明6条工业矿体,金总储量10t[19]。

I号矿体为主矿体,赋存于210层间构造破碎带下部,受黄铁矿化糜棱岩、糜棱岩化、黄铁矿化角砾岩控制,矿体呈似层状,走向北东,倾向北西,倾角13°30′~19°30′。全长950m,厚0.57~15.46m,平

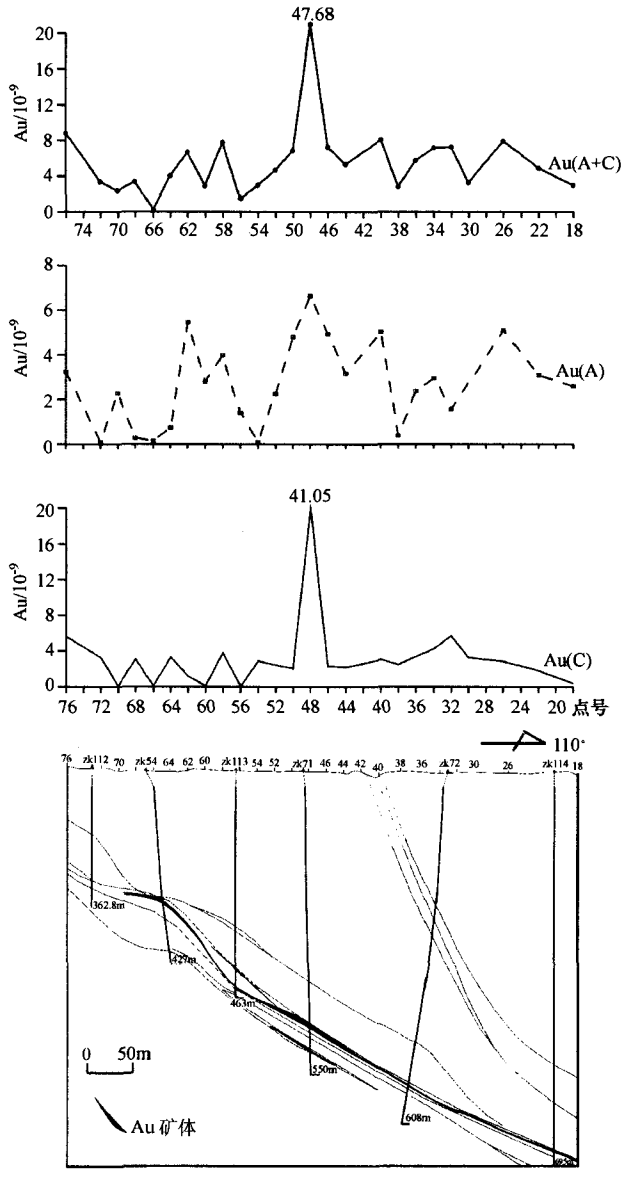

图1　山东招远尹格庄金矿1号矿体64线地电"偶极"提取异常剖面图

Au(C)—阳离子类(阴极提取);Au(A)—阴离子类(阳极提取);Au(A+C)—阳离子和阴离子总和

均厚2.88m,厚度变化系数为99%,属不稳定类型。金分布很不均匀,一般为$3\times10^{-6}\sim10\times10^{-6}$,最高品位达$121.96\times10^{-6}$,平均品位$4.11\times10^{-6}$,品位变化系数为219%。

矿石矿物主要是自然金和黄铁矿,少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、白钨矿、褐铁矿、孔雀石、蓝铜矿、菱锌矿、针铁矿等;自然金粒度0.027~0.068mm,石英中偶尔可见明金。

该次选择210金矿的I号剖面进行地电化学方法研究,剖面长1400m,点距100m。以矿体为中心向两边延伸。采用改进的地电提取法——"偶极

维普资讯 http://www.cqvip.com

子"供电方式下的"偶极"提取。

图 2 为新疆 210 金矿区低电压(9V 干电池)"偶极子"供电方式下的"偶极"提取实验剖面,可以看出,在金矿体上方阳离子异常(阴极提取)不发育,只是在矿体的延深部位有异常显示;而阴离子异常以"双峰"式展布在矿体上方,且异常幅值较阳离子异常高,具一定的连续性。阳离子和阴离子总和所得异常在矿体上方和矿体的延深部位均以"双峰"式展布,异常幅值较高,连续性较好,显示出较好的找矿效果。

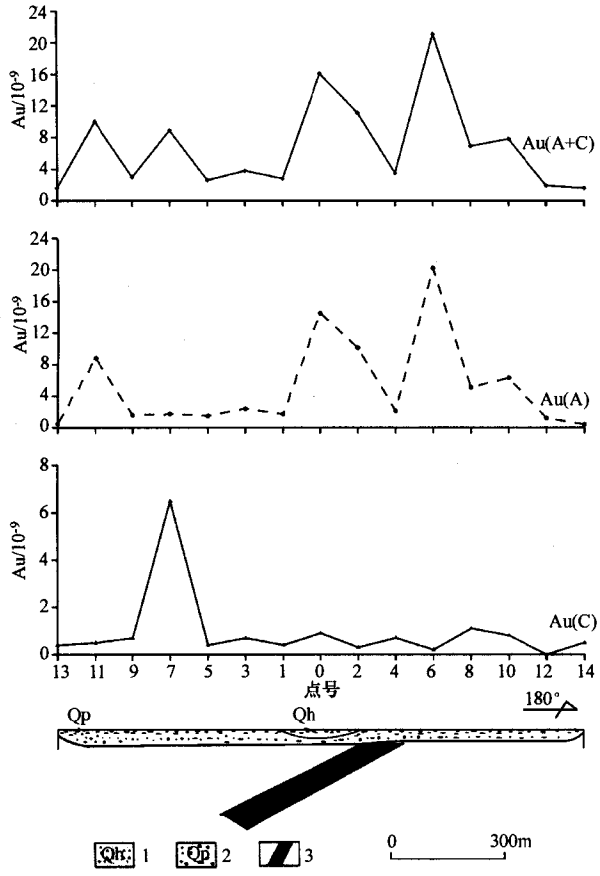

图 2 新疆 210 金矿区 I 线地电"偶极"提取异常剖面图
1—第四系全新统;洪积,风积、冲积砂、砾、细砂;2—洪积砂砾;3—矿体;Au(C)、Au(A)、Au(A+C)标注同图 1

由以上两个实验研究结果可以看得出,在地电提取过程中,只提取阳离子异常是不够的,因为在自然界金属元素以阴离子形式或络阴离子形式的赋存状态是很多的,所以同时提取阳离子和阴离子会大大提高提取效率。

4 结 论

1) 在地电提取法初步改进的基础上,提出了进一步的改进方法——低电压(9V 干电池)偶极子供电方式下的"偶极"提取法。称之为"偶极 CHIM"技术,是因为所用电极类似于由等值的正、负电荷组成的电偶极。将元素接收器接入正极和负极,其间距与相邻点间距相比可忽略不计。这样的几何条件可同时提取活动态的正离子和负离子。

2) 通过在山东招远尹格庄金矿、新疆 210 金矿等已知矿区的实验研究,对地电提取方法进行了改进,首次提出了低电压"偶极子"供电方式下的"偶极"提取方法技术,经过实验研究,应用效果较好。

3) 在矿体上方,将阴离子异常与阳离子异常累加,可清晰地反映深部隐伏矿体的赋存位置。

[参考文献]

[1] Ryss Yu S, Goldberg I S. The method of partial extraction of metals (CHIM) for exploration of ore deposits[J]. Methods Tech. Explor., 1973, 84: 5 - 19.

[2] 谭克仁. 金矿地电化学新技术、新方法研究进展[J]. 黄金科学技术,2000,8(1):23 - 31.

[3] В Ю Заичеко. управления геофизических работ Мингео СССР, Рекомендации опыт использования геоэлектрохимических методов при пои сках и разведкерудных месторождений, методы разведочной, геофизики, испо льзование геоэлектрохимических методов при поисках и разведке рудных местож дений[M]. 1988:121 - 125.

[4] Milkov G V, Chvanov B F, Vinogradov V N, et al. Mineral exploration technique[J]. USSR Patent No. 894660, Bulletin No. 48, 1981 (in Russion).

[5] 伍宗华,金仰芬,黄宏库. 水电化学方法寻找运积物覆盖区的金矿床[J]. 物探与化探,1987,11(4):251 - 255.

[6] 周奇明,张茂忠,李水明,等. 电吸附找矿方法寻找隐伏金矿床的研究[J]. 矿产与地质,1996,10(3):212 - 216.

[7] 刘吉敏,刘占元. 地电化学勘探法在厚层覆盖区应用研究[J]. 物探与化探,1990,14(4):255 - 264.

[8] 徐邦梁,费锡铨,王和平. 一种新的金矿找矿法——地电化学取样测金[J]. 地质与勘探,1984,20(10):55 - 59.

[9] 罗先熔,杨 晓. 地电化学测量找寻隐伏矿床的研究及找矿预测[J]. 地质与勘探,1989,25(2):43 - 51.

[10] 谭克仁,蔡新平. 吸附电提取技术野外实验研究[J]. 大地构造与成矿学,2000,24(2):189 - 192.

[11] Levitski A. A new version of geoelectrochemical exploration technology[A]. Gavrieli I (Editor). GSI Annu. Meet. (Abstr.) [C]. 1993.

[12] Leinz R W, Hoover D B. Ideal CHIM with newly developed NEOCHIM electrode[J]. Explore, 1994, 83: 10 - 15.

[13] Levitski A, Filanovski B, Bourenko T, et al. "Dipole" CHIM: concept and application[J]. J. Geochem. Explor., 1996, 57: 101 - 114.

[14] Leinz R W, Hoover D B. The Russion CHIM method—electrically or diffussion - driven collection of ions? [J]. EXPLORE, 1993, 79(1):5 - 9.

[15] 康 明. 金属矿床地电化学成晕机制及其在矿产勘查中的应

维普资讯 http://www.cqvip.com

用研究[D]. 北京:中国地质大学,2004.
[16] 康　明,罗先熔. 地电化学方法的改进及应用效果[J]. 地质与勘探,2003,39(5):63-66.
[17] 康　明,罗先熔,庞保成,等. 地电化学法在广西横县泰富金矿的应用效果[J]. 桂林工学院学报,2004,24(1):24-27.
[18] 姜新强,张瑞忠,姜新德,等. 大尹格庄金矿床构造及控矿特征[A]. 林吉照. 山东招金集团公司矿山地质论文集[C]. 北京:地震出版社,2001:173-180.
[19] 王学求,聂凤军. 西部荒漠戈壁区大型铜镍金矿勘查评价技术及综合示范[R]. 廊坊:中国地质科学院地球物理地球化学研究所,2003.

APPLICATION OF "DIPOLE CHIM" ELECTRIFIED BY LOW VOLTAGE DIPOLE

KANG Ming[1], CEN Kuang[2], LUO Xian-rong[3]
(1. *School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an* 710054;
2. *Fancalty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083;
3. *Department of Resources and Environment Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin* 541004)

Abstract: CHIM has been constantly improved since it was proposed, but there are still many disadvantages. Main disadvantages of the current CHIM reduce its value as an exploration tool. The previous CHIM has heavy equipment, complicated operation procedures, high cost and low working efficiency, and in most cases only positively charged mobile forms are collected. With the new halo-formation theory, tests of extract in the cathode electrified by low voltage "dipole" was carried out at known mine areas, and their feasibility and availability were verified. According to anionic as well as cationic species may provide useful information, "dipole" CHIM electrified by low voltage dipole was firstly proposed, and field tests of this improved technique have enabled identification of distinct multi-element anomalies at Yingezhuang gold deposit in Shandong and at 210 gold deposit in Xinjiang. The test data indicated that anionic species anomalies of elements are very obvious above the existing ore bodies, and the sum of anionic species anomalies of elements and cationic species anomalies of elements enables identification of the position of the deeply buried ore body. The improved CHIM has simple equipment, convenient operation procedures, low cost and enables simultaneous extraction of anionic and cationic species of elements. Thus, much useful information can be obtained, and the rate of extraction is high. So it can be applied at geological survey and researches.

Key words: "dipole CHIM" method, epigenetic ionic halo, concealed deposit

江西探明国内最大钽铌矿

据《地持勘查导报》报道。7月5日召开的全国有色金属行业地质找矿成果交流会显示,我国有色地质行业在重点成矿区带找矿取得重大突破,江西横峰县钽铌矿,钽储量近3万t,为目前国内最大钽铌矿储量的3倍。

各有色地质勘查单位近几年加强了所在省(区)重点金属成矿区带的地质勘查工作,提供了一批中一大型矿产勘查基地,在多个矿种实现了找矿突破。江西有色地勘局在横峰县找到了相当于此前我国最大的宜春钽铌矿3倍的大型钽铌矿——葛源钽铌矿,钽的储量近3万t;新疆有色地勘局通过加强阿尔泰蒙库铁矿的工作,探获铁矿储量1亿多吨,新增优质富铁矿储量8000多万吨,使其上升为我国目前发现的西北地区第二大、新疆第一大铁矿床;辽宁有色地勘局在青城子外围找金也获得新突破,新增黄金储量十几吨;湖南有色地勘局加强科技创新,在郴州找到了新类型的锡矿,对于扩大我国找锡的目标范围具有非常重要的示范意义。

在地勘队伍不断取得找矿成果的同时,有色金属矿山企业也高度重视地质找矿,许多矿山企业还建立了自己的地质勘查队伍,出台了鼓励找矿的相关措施,取得了在老矿区深边部找矿的重大进展。金川集团利用井下巷道进行深部探矿,在镍矿体深部新发现了厚大的矿体,新增资源储量1270多万吨;云南铜业集团通过加强深部和外围找矿,4年共探获铜资源量48.77万t,相当于为自己又增加了一个大型铜矿床。