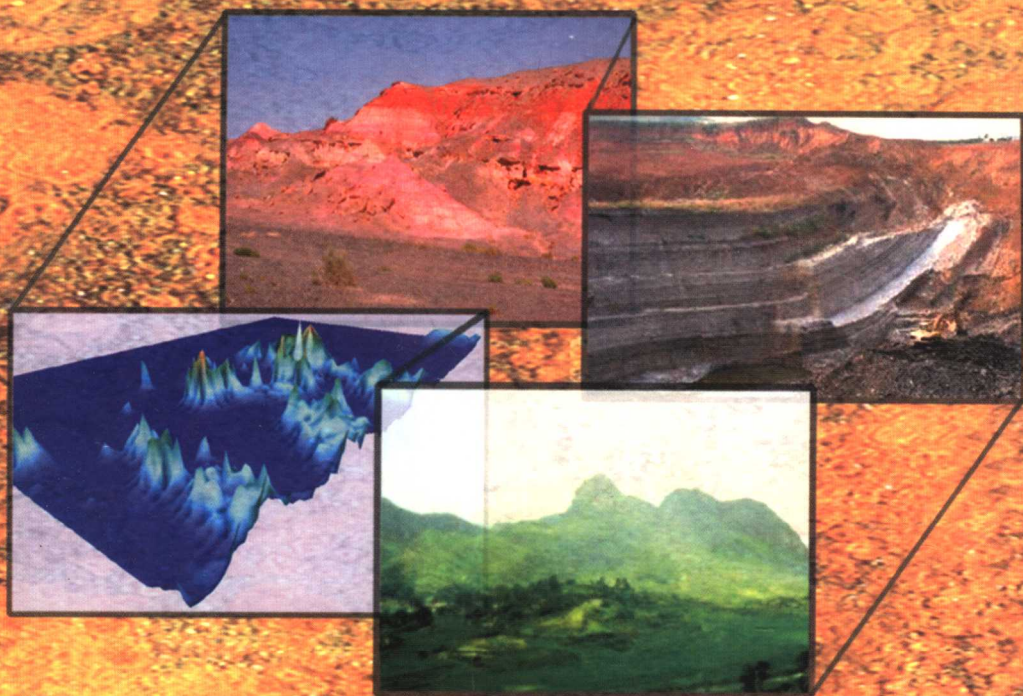


电吸附

地球化学找矿法

周奇明 卢宗柳 黄书俊 徐文超 等 著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

电眼附

地理化学找矿

中国科学院地质研究所 编



地质出版社

电吸附地球化学找矿法

周奇明 卢宗柳 黄书俊 徐文超 著
赖锦秋 黄华鸾 杨芳芳 陆一敢

北 京

冶金工业出版社

2006

内 容 简 介

本书主要介绍电吸附地球化学找矿法的原理、野外工作方法、室内电吸附条件的选择、电吸附步骤、在已知矿床上的找矿有效性试验、金属矿床和油气田电吸附异常理想模式及在未知区的应用效果。

本书介绍的科研成果先后得到“八五”~“十五”国家科技攻关(90051-10-F3、969140302、2001BA609A0603 和 2004BA615A003), 国家公益专项基金(2001D1B10054), 广西青年科学基金(桂科青 0135018)和广西自然科学基金(桂科自 0640181)的资助。

本书可供从事地质、地球化学找矿的生产、科研和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电吸附地球化学找矿法/周奇明等著. —北京:冶金工业出版社, 2006. 12

ISBN 7-5024-4108-5

I. 电… II. 周… III. 地球化学勘探 IV. P632

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 113352 号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 李 心 张媛媛

责任校对 杨 力 李文彦 责任印制 丁小晶

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006 年 12 月第 1 版, 2006 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 7.5 印张; 178 千字; 110 页; 1-2000 册

29.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序

随着找矿工作的不断深入,显露于地表及浅部易于发现的矿产资源越来越少,在厚层基岩和堆积物覆盖区寻找盲矿和掩埋矿已成为地质勘查工作亟需研究解决的重要课题,这就需要新的找矿思路和新的技术方法。

地球化学找矿的理论和方法在整个矿床勘查领域中占有极为重要的地位,找矿效果显著,特别是在寻找深埋藏隐伏矿方面发挥了独特的作用。例如,根据矿床原生晕的元素轴(垂)向分带规律预测矿床的剥蚀程度和深部盲矿取得了良好的效果;在寻找常规化探难以发现的,被厚层基岩和堆积物覆盖的盲矿和掩埋矿方面,非常规化探方法中的盐晕找矿法、偏提取找矿法、壤中汞气和土壤热释汞找矿法、地电化学勘探法等技术方法都发挥了重要的作用。

本专著作者所创立的电吸附地球化学找矿法是在探索研究寻找深部矿方法技术的过程中产生的,它的理论依据是深埋藏隐伏矿在各种地质、地电化学作用下发生溶解,溶解出来的矿物质在各种迁移动力的驱动下向上迁移扩散,在矿体围岩及地表土壤等介质中形成后生地球化学异常。电吸附找矿法是在室内用特殊的装置,对样品溶液进行通电处理,把含量很低的后生异常中的活动态组分解脱出来,并用吸附介质吸附富集,从而用来寻找深埋矿的一种方法。多年来,本书作者先后进行了电吸附异常形成机制、找矿依据及电吸附异常模式的研究。通过各种条件试验、干扰因素的研究,总结并提出了有效的野外及室内工作的方法和技术。

十几年来,本书作者先后在我国西北、华北、华东、华南和西南等十几个矿区,对不同埋深的典型盲矿和掩埋矿进行了电吸附找矿方法有效性的试验,涉及矿种有铜、钴、金、铅、锌、锡等金属矿和非金属矿——油气藏,成因类型包括高、中、低温热液型,沉积变质改造型,沉积型等矿床。大量的试验结果表明,不同地球化学景观条件下的不同矿种、不同成因的盲矿和掩埋矿都有很好的电吸附异常反映。作者还在多个地区应用电吸附找矿法寻找金属矿和油气藏工作,部分成矿预测靶区经深部地质工程验证已见金属矿体和工业油流,取得了明显的经济效益和社会效益。证实了电吸附找矿法是寻找隐伏金属矿和隐蔽油气

藏的一种有效的新技术、新方法。

虽然,电吸附找矿法与盐晕找矿法、偏提取找矿法、地电化学勘探法等一样,都是提取后生地球化学异常中的活动态组分,但本书作者在提取方法的研究上另辟蹊径,独树一格,具有开拓性和创新性。与其他类似方法相比,它具有室内设备简单,技术方法容易操作,成本低廉,工作效率高,易于普及推广和可大规模生产应用等优点。该专著是作者十几年来研究成果的总结,它的出版必将扩大地球化学勘探技术的应用领域,在当前正在开展的深部找矿工作中发挥一定的作用。

我祝贺这一专著的出版,并对作者们勇于开拓、锲而不舍的精神表示敬意!

刘永新

2006.5.25.

前 言

随着找矿工作的不断深入,易于发现的露头矿和浅埋藏矿已越来越少,找矿目标已逐渐转入到难以发现的深埋藏隐伏矿上,找矿的难度越来越大。为了解决这个难题,近几十年来,地球化学界许多研究者探索研究各种各样的新技术、新方法,有些新技术和新方法已经获得了成功,并得到推广应用。

电吸附地球化学找矿法(简称电吸附找矿法)是在探索研究寻找隐伏矿方法和技术的过程中产生的。该方法属地球化学找矿活动态组分提取法的一种,它是在室内用特殊的装置,对样品溶液进行通电处理,把含量很低的后生异常中的活动态组分解脱出来,用吸附介质吸附富集,从而利用它来寻找深埋矿的一种方法。该方法作者于1993年就开始进行试验研究,通过十余年坚持不懈的努力,该方法已基本成熟,近几年已开始应用于找矿实践,在寻找隐伏金属矿床和油气藏工作中取得较明显的效果。此前,作者曾陆续在有关刊物上发文阐述该方法的找矿原理及试验效果,但资料比较零碎,为了更好地与同行们进行技术交流和协作,共同推动寻找隐伏矿新技术、新方法的不断发展,我们将资料较系统地进行整理编辑成书,供有关人员参考。

本书共六章,第一章介绍目前国内外非常规地球化学找矿方法的研究现状;第二章介绍地电提取测量法国内外的发展现状并对其进行评述,在此基础上提出电吸附找矿法的可行性,并论述了电吸附找矿法寻找金属矿床和油气藏的原理;第三章介绍电吸附找矿法的工作程序,包括野外工作方法、室内电吸附条件的选择、电吸附步骤和样品的分析测试方法;第四章阐述电吸附找矿法在已知金属矿床和油气藏上的试验效果;第五章论述金属矿床和油气田电吸附异常理想模式;第六章阐述电吸附找矿法在未知区寻找金属矿床和油气藏的效果。

电吸附地球化学找矿方法的研究先后得到“八五”~“十五”国家科技攻关(90051-10-F3、969140302、2001BA609A0603和2004BA615A003)、国家公益专项基金(2001D1B10054)、广西青年科学基金(桂科青0135018)和广西自然科学基金(桂科自0640181)的资助项目以及若干横向课题项目的经费支持。该方法

的成功与这些基金和项目经费的大力支持以及桂林矿产地质研究院及其所属桂林矿产地质研究所各级领导的大力支持和鼓励是分不开的,是项目课题组全体成员共同努力的结果。在该方法的研究过程中得到国家科学技术部、中国石油天然气股份有限公司科学技术发展部、广西科学技术厅、大港油田、河南地质调查院洛阳分院、湖南康家湾铅锌金银矿、福建双旗山金矿、广西融安桥板乾旺铅锌矿等单位及桂林矿产地质研究所全体成员的大力支持和协作,我国化探界元老、冶金和有色金属系统化探创始人欧阳宗圻先生为本书写序,作者在此一并表示衷心的感谢!

本书第一章、第二章和第三章中的第一、二、四节由周奇明编写,第三章第三节由赖锦秋、黄华鸾编写,第四章由卢宗柳、周奇明、徐文超编写,第五章由黄书俊编写,第六章由杨芳芳、陆一敢编写,最后由黄书俊统稿,插图、文字录入等由杨芳芳、陆一敢完成。参加研究的人员有周奇明、卢宗柳、周立宏、周建生、王建华、杨仲平、赖锦秋、徐文超、王文革、祝文亮、黄华鸾、徐庆鸿,先后参加部分研究的有张茂忠、李水明、吴开华、何政才、李大德、姚锦其、黄念韶、杨芳芳、黄书俊、陆一敢。

由于作者水平所限,书中不足之处,敬请读者批评指正。

作者
2006年

目 录

第一章 目前国内外非常规地球化学找矿方法的研究现状	1
第一节 国外非常规地球化学找矿方法的研究现状	1
第二节 国内非常规地球化学找矿方法的研究现状	3
第二章 电吸附找矿法的依据	4
第一节 地电提取测量法的发展现状及评述	4
第二节 室内电吸附方法的可行性	10
第三节 电吸附找矿法寻找金属矿床的原理	11
第四节 电吸附找矿法寻找油气藏的原理	32
第三章 电吸附找矿法的工作程序	40
第一节 野外工作方法	40
第二节 室内电吸附条件的选择和电吸附步骤	42
第三节 室内电吸附样品的分析测试	48
第四节 背景值、异常下限、异常浓度分带的确定	52
第四章 电吸附找矿法在已知矿床上的试验效果	55
第一节 电吸附找矿法在金属矿床上的试验效果	55
第二节 电吸附找矿法在油气田(藏)上的试验效果	70
第五章 金属矿床和油气田电吸附异常理想模式	80
第一节 金属矿床电吸附异常理想模式	80
第二节 油气田地球化学异常理想模式及形成机理的讨论	81
第六章 电吸附找矿法在未知区的应用效果	88
第一节 电吸附找矿法寻找金属矿的效果	88
第二节 电吸附找矿法寻找油气的效果	95
结束语	107
参考文献	109

第一章 目前国内外非常规地球化学找矿方法的研究现状

第一节 国外非常规地球化学找矿方法的研究现状

随着找矿工作的深入开展,易于发现的露头矿和浅埋藏矿已越来越少,找矿目标已逐渐转入到地表上难以发现的被厚层基岩所覆盖的盲矿和被外来厚层堆积物所覆盖的掩埋矿。常规地球化学找矿方法对于寻找露头矿和浅埋藏矿无疑是有效的,但对于寻找深埋藏隐伏矿已显得无能为力。因此,20世纪70年代以来,寻找隐伏矿的难题逐渐被世界各国重视,其中地球化学找矿新方法新技术的研究也成为各国的重点研究方向。世界各国在对常规地球化学找矿技术进行改进的同时,先后开展了用于提取反映深部矿化信息的新方法和新技术的研究。用于寻找隐伏矿的地球化学找矿新技术和新方法主要有:盐晕找矿法、偏提取法、相态分析法、地气法、金属离子活动态方法、酶提取法、热磁法、有机络合物法、离子晕法、地电提取法、壤中汞气和热释汞测量方法、放射性勘探方法、生物测量探矿法、热释光法、有机烃气测量法等。目前,国外研究和使用的较多的是金属气体地球化学测量和弱信息偏提取技术。

金属气体地球化学测量是根据金属元素的气态形式能够存在于地壳表面而开展的。20世纪70年代初,加拿大巴林杰公司曾秘密从事气溶胶测量达十年之久,先后研究过空气中微迹元素测量系统(Airtrace)和地表微迹元素测量系统(Surtrace),他们采用ICP分析大气微尘中的20种金属组分,后因影响因素较多,测试结果重现性差而宣告失败。80年代初,瑞典波利德公司研究并提出一种新的“金属气体测量”技术(被动地气法),通过30多个已知矿床的试验研究,证明该方法有效。之后,捷克、俄罗斯、德国、澳大利亚、美国、加拿大等国先后进行过这方面的研究。但是,由于对该方法的理论基础认识分歧较大,加上手段所限,在20世纪90年代后,国外基本放弃了这方面的研究。

自20世纪70年代以来,国外勘查地球化学家对弱信息偏提取技术(活动态测量技术)进行了大量研究,T T Chao(1984)曾对此进行了全面论述。20世纪80年代以前,国外对偏提取方法技术的研究工作主要针对残坡积层覆盖地区,采样介质主要为残坡层土壤和基岩出露地区水系沉积物;分析方法研究主要集中在提取剂的选择和提取步骤的改进上,获得了不同提取剂、提取条件和提取步骤对提取结果影响方面的大量资料,并将这一技术应用于矿产勘查开发工作中,取得了很多有价值的成果。20世纪80年代以来,苏联学者对覆盖区矿体上方的上置晕进行了深入研究,他们研究并开发了三种偏提取方法:(1)化学法(水溶、焦磷酸钠提取等);(2)物理化学法(热磁法等);(3)电化学法(地电提取)。他们声称上述方法可在不同景观条件下发现深达500 m以上的隐伏矿体。

进入 20 世纪 90 年代,由于国外对覆盖区地球化学找矿的重视,偏提取技术与开发再次成为勘查地球化学界的研究热点。美国地质调查所 Clark 等(1994)将微生物引入偏提取技术——酶浸法,即利用葡萄糖酶淋滤浸出非晶质氧化膜中的金属元素,该方法主要用于运积物覆盖区的找矿工作,在 Basin 和 Range 地区,对 4 个山前冲积平原覆盖的隐伏银矿进行了酶提取试验研究,所获得的地球化学异常衬度大,如在 Rabbit Creek 埋深 180 m 的银矿上方一些指示元素异常衬度达 100;Mag 和 Clay Pit 金矿的 B 层土壤酶淋滤研究发现,已知矿上方出现高衬度的多元素异常。澳大利亚 Mann 等(1995)采用一种或几种弱的提取剂提取样品中所谓活动金属粒子(MMI),在 70 多个地区进行了试验,取得了非常好的效果,在被覆盖物覆盖几米到 700 m 的矿体上方均出现了一定强度的地球化学异常。

20 世纪末以来,偏提取技术研究更为活跃。加拿大 G E M Hall(1996,1998)就偏提取分析进行了专门研究和论述,特别是 ICP-MS 在偏提取分析中的应用进行了较多研究。1998 年,Journal of Geochemical Exploration 出版了偏提取研究专集,共收集论文 12 篇,其中 Gray 等(1998)观察了偏提取过程中金的再吸附现象并提出可能的解决方案;J R Yeager 等(1998)研究了密西西比型铅锌矿体上方酶提取金属元素的异常特征;A F Bajc(1998)对比研究了加拿大安大略省冰积物覆盖区酶提取金属元素与活动态金属元素含量之间的关系。

矿产勘查中偏提取技术的发展可分为两个阶段,1972~1985 年为第一阶段,1986~1999 年为第二阶段。在第一阶段(微量分析阶段),地球化学勘查主要集中在基岩出露区,采样介质主要为水系沉积物和残坡积层土壤,20 世纪 80 年代初,由于原子吸收光谱分析方法的发展,形成了偏提取技术的第一次高潮;当时的研究目的主要在于强化地球化学异常和研究元素表生地球化学分散规律。在第二阶段(痕量超痕量阶段),由于矿产勘查形势和勘查地球化学发展的需要,覆盖区找矿日益受到重视,同时,由于分析测试技术的发展,特别是无火焰原子吸收技术的成熟和 ICP-MS 技术的引进,使得痕量超痕量弱信息提取与测定有了技术保障;该阶段的研究目标主要是隐伏矿体的勘查问题,且本轮的研究热至今方兴未艾。

最近几年,西方学者进行了一项全面的“深穿透地球化学勘查技术研究”计划。该计划于 1998 年 4 月启动,由加拿大矿业研究会(CAMIRO)发起,26 家矿业公司(来自美国、加拿大、智利、英国和澳大利亚)联合资助,主要研究地气(气态金属即纳米气)和偏提取技术。该计划的第一阶段已经结束,从 1999 年 9 月开始,继续进行更大范围、更深程度的第二阶段研究。由此可见,上述方法的有效性已经得到西方勘查地球化学家的认可,但在地气形成机理、采样方法、室内分析、数据处理以及异常解释等方面都存在着较多问题,研究难度大,需要进行更进一步的探索。

前苏联最早应用了地电提取(CHIM)异常元素的找矿方法,并在找矿方面发挥了作用,如 IO C 雷斯(1986)在乌拉尔地区找铜矿获得了成功;A A Veikher 等(1990)在乌兹别克斯坦找金矿获得了成功;I S Gol Dberg 等(1990)在找铜、镍、铅、锌等矿中获得了成功。D B Smith 等(1993)在克罗里达地区野外地电提取法找金、砷、锡等获得了成功;在地电提取的机理方面,G R Webber(1975)、B Bolviken(1975)、G J S Govett(1987)、S G Alekseev(1996)、S M Hamilton(1998)等众多地质学家和地球化学家,先后对地电提取方法的异常模式及成因机理进行过探讨研究,从而使得地电提取方法得到了一定程度上的完善。

第二节 国内非常规地球化学找矿方法的研究现状

我国是世界上始终坚持开展覆盖区地球化学勘查技术方法研究的少数国家之一。“地气”法自 20 世纪 80 年代引进我国后,原成都地质学院和原地质矿产部地球物理地球化学勘查研究所先后开展了这方面的试验研究,在金、多金属和铜镍矿上进行了方法有效性研究的同时,对“地气”的形成机理也进行了一些试验研究。为了加强地气方法和理论的研究,原地质矿产部科技司“九五”期间重点资助了“气体地球化学测量方法技术研究”,在某些方面取得了一定程度的进展,但由于受时间和手段所限,在许多方面还存在一些问题。目前,我国“金属气体”测量已经形成具有自己特色的两套技术系列:一种以中子活化为分析手段,采用主动或被动的预富集方法,以勘查金为主要目标的方法技术组合;另一种是以常规原子吸收为分析手段,采用主动或被动的预富集方法,以勘查贱金属为主要目标的方法技术组合。但是,国内的研究也存在许多问题,如基础理论研究薄弱、测量精密度低、资料可比性差和测量方法不统一等,所以已经获得的一些成果受到国外学者的质疑,因此,迫切需要进行深入的理论基础和方法技术研究,使该方法技术走向成熟。

我国在偏提取技术开发和应用方面也进行了多角度的试验研究。20 世纪 60 年代冷提取的应用,在当时的技术水平条件下,对地球化学找矿起到了一定的推动作用。20 世纪 80 年代,任天祥等先后在铜矿、铜镍矿、铅锌矿等矿床上采用了偏提取技术,研究元素赋存状态、迁移富集规律和寻找隐伏矿试验研究,获得了较好效果。20 世纪 70 年代末期,原中国有色金属工业总公司矿产地质研究院、地质矿产部地球物理地球化学勘查研究所、冶金工业部地球物理探矿公司等单位几乎同时开展了壤中汞气和土壤热释汞找矿新方法的研究,从测汞仪的研制到已知矿找矿有效性试验和未知区的找矿应用都开展了工作,并获得了丰硕的成果,该方法的研究成功,对地球化学找矿工作起到了相当大的推动作用,该方法现已广泛应用于寻找金属矿床和油气藏中。在此同时及其后,原中国有色金属工业总公司矿产地质研究院还先后开展了盐晕、土壤电导率和 pH、卤素、热释 CO_2 、电吸附等找矿方法的研究,虽然这些方法不同程度地取得一定的试验效果,但由于种种原因,除电导率和电吸附找矿方法外,多数方法未被推广应用。

龚美菱(1993)进行了将相态分析技术应用于化探异常评价方面的尝试,获得了一些较好的认识。“八五”期间,熊昭春、周丽妍和杨少平等先后开展了不同价态金用于地球化学勘查的研究。“九五”期间,科技攻关项目重点研究了多种用于快速定位快速追踪的地球化学找矿方法,在许多方面获得了新的认识,并取得了一定的试验效果。另外,原核工业部、南京地质学校、地质矿产部、有色金属系统和冶金系统有关单位也先后进行了地电提取测量法的试验和应用研究,取得一定的成果。近年来,国内一些单位应用有机烃气测量法寻找金属矿也获得了一定的试验效果。

目前,多种找矿方法都存在一些问题,如偏提取由于不存在专属性的提取剂,提取结果只是在一定条件下,溶剂与样品体系综合化学反应的结果,所得结果无法用地球化学概念来解释,因此在地球化学理论研究中的应用受到很大限制;另外,各种方法由于没有统一的标准操作规程和完善的分析质量监控系统,导致测量精度低,测量结果可比性差。

第二章 电吸附找矿法的依据

第一节 地电提取测量法的发展现状及评述

电吸附找矿法是在室内用特殊的装置,对样品溶液进行通电处理,把含量很低的后生异常中的活动态组分解脱出来,用吸附介质吸附富集,从而利用它来寻找深埋矿的一种新方法。该方法是在地电提取测量法的基础上发展起来的,因这两种方法具有一些相似性,为了阐明电吸附找矿法提出的理由,有必要对地电提取测量法的发展现状进行一定的介绍和评述。

一、地电提取测量法的发展现状^[2]

地电提取测量法有人称“地电提取离子法”、“地电化学勘探法”、“电提取法”等,它是一种以电场形式,经人工通电激发而测定电化学反应结果的地电化学找矿方法。该方法是为了解决寻找深部矿的难题而产生的。

(一) 地电提取测量法国外的发展现状

地电提取技术在前苏联被称为“部分提取金属法”。该方法是 20 世纪 60 年代后期至 70 年代初期由圣·彼得堡的一些学者所创立的。索科洛夫(1967)在观察矿物电压的基础上进行了开创性的工作,Ю С 雷斯和 Н С 戈得堡(1973)发表了第一篇详尽的论文,论述了该方法的基本原理和野外技术方法及找矿实例。

在 20 世纪 70 年代中后期,该方法被广泛地应用于前苏联的鲁得内依阿尔泰、哈萨克斯坦南部、雅库特和乌兹别克斯坦等地区的找矿工作。实践证明,在普查阶段,该方法有助于发现厚层疏松沉积物覆盖之下的深部矿体;在勘探阶段,该方法测井能在钻孔中划分矿段和估计矿体品位。经过近十年的研究和找矿实践,该方法在前苏联逐步形成一套比较完整的理论,同时制造了配套的仪器设备,并在生产实践中形成了规范化的应用程序。Ю С 雷斯在 1983 年出版了《地电化学勘探法》专著,该专著详细论述了电化学反应的过程,为地电提取测量法提供了理论依据。20 世纪 90 年代至今,俄罗斯的地电化学家们利用地电化学法寻找油气藏,取得了明显的找矿效果,发现油气藏上方存在呈环带状分布的金属元素晕,并对这种环带晕的形成机制进行理论探讨,认为该方法是最有效的非地震油气勘探方法技术之一。

20 世纪 80 年代初,该方法被引入印度,A K Talapatra 于 1986 年在《Journal of Geochemical Exploration》上发表文章,介绍他们在印度阿拉达哈利附近模切卡纳塔克邦的一个铜硫化物矿床的矿化带上进行有效性和实用性研究成果。文中指出,该方法的野外试验取得令人鼓舞的成果,在矿化带上出现明显的电化异常,这对圈定隐伏的金属硫化物矿体是相当有用的。

20 世纪 90 年代初,随着前苏联对西方开放,IO C 雷斯开始把合作开发研究的目光转向加拿大和澳大利亚,通过讲学交流等方式,在西方勘查地球化学界产生一定的影响,引起了西方地质界同仁的重视。

20 世纪 90 年代,美国地质调查所在多种矿床类型上开展地电提取方法的试验,其中于 1991 年在科罗拉多 Kokomo 矿山进行了第一次野外试验,试验工作是在 2 m 宽的含铜、铅、锌硫化物和贵金属矿脉上进行的,矿脉被 3 m 厚的崩积物覆盖,常规的地球化学土壤测量仪在矿脉上方显示微弱的 Cu、Zn 异常,而用地电提取法则显示这些元素的异常更强,由此证实地电提取法在寻找隐伏矿方面比常规化探具有更大的优越性。

(二) 地电提取测量法国内的发展现状

早在 20 世纪 70 年代中后期,我国学者费锡铨等在探索物探异常多解性的过程中就萌发了利用地电化学找矿的思路。70 年代末至 80 年代中期,他们曾先后在江苏太平山铜矿、江西列石山铜矿、江苏石矸山含铜磁铁矿、甘肃白银厂多金属矿尝试应用地电提取的金属元素含量特征来区分激电异常源的性质,尝试判别矿致与非矿致的地电提取异常,并在应用技术方法上进行了一些改进。费锡铨等于 1989 年发表了论文,阐述其方法理论与野外应用技术和一些实例,以及与前苏联的方法不同的地方。1980 年,我国学者崔霖沛、郑康乐撰文介绍了前苏联的地电提取方法。较早开始吸收前苏联的成果并研制适合我国国情的仪器装备的是核工业部沈阳 240 所的高云龙等人,1983 年至 1984 年,他们在东北各种类型铀矿床上进行了地电提取寻找铀矿试验,1985 年,在河北张家口小营盘金矿和遵化马兰峪砂金矿开展找金矿试验,均取得较好的效果,1986 年,高云龙向国内物化探界推出几种型号的地电提取电场控制仪及专利产品——元素接收器。在基础理论上,他们接受前苏联学者的观点,在应用技术上主张大功率激发,强调地电化学时量曲线的观察。

罗先熔自 1985 年以来开展了地电提取方法的研究工作,并对不同景观条件下的不同类型金属矿床进行了大量的找矿有效性试验,同时在未知区开展了找矿工作,取得了较好的效果,并于 1996 年出版了《地球电化学勘查及深部找矿》专著。自 1985 年以来,原地质矿产部地球物理地球化学勘查研究所发展了以电提取法为主的多种分支方法,开展了配套仪器设备研制,在矿产普查评价,特别是在金矿勘查中获得了明显的效果。近年来,我国一些学者也开展了应用地电提取法寻找油气藏的试验研究,取得了一定的效果。

总之,自 20 世纪 80 年代至今,国内有不少科研单位、院校和生产部门在不同程度上进行了地电提取方法的找矿试验和应用技术研究,认为该方法是寻找隐伏矿较为有效的方法之一。

然而,有部分生产部门的试验者认为,该方法设备笨重,野外施工工序繁琐,工作效率极低,成本高,不同景观条件下地电提取条件难以控制,无法进行规模性生产勘探。

二、对地电提取测量法的评述

虽然,应用地电提取法找矿取得了一定的效果。但长期以来,同行们对地电提取法获得的元素异常的来源深度有不同的看法,一种看法认为异常来源于深部矿体,另一种看法认为异常仅来源于电极周围几米甚至几厘米范围。我们倾向于后者的观点,因此有必要进行一些讨论。

地电提取法的创立者 IO C 雷斯在其专著《地电化学勘探法》中就明确指出^[32],在地电提取测量中,随着时间的长短不同,地电提取的介质也不同,开始阶段是提取供电电极附近的介质,即第一介质,称为“分散晕方式”,这一阶段所提取的介质对找矿来说也是有用的,因为地电提取法能使强度低于分析测试灵敏度的元素得到积累富集,从而扩大次生分散晕进行地球化学普查的范围,例如,可以加大发现金属矿床的深度;随着时间的推移,才能相继提取到来自远方的第二和第三或更多阶段的介质,即相应来自深部金属矿体和含有原生深成晕的围岩介质。

中国地质大学李金铭等学者对地电提取法基础理论进行深入研究^[4],他们从电解质溶液的基本电化学性质出发,根据传导类电法的电场分布理论,分析了简单条件下,离子迁移一定距离所需的时间和接受电极提取的物质质量与有关因素的关系,给出了由时量关系计算离子淌度、迁移时间、迁移距离的方法。根据他们的研究,在三维空间条件下,假设在地面上有一点电流源 $B(-I)$ 供电,离供电点一定距离的 r 处,其面积 $S(r)$ 为 $2\pi r^2$,代入他们推导的有关公式得:

$$t = 2\pi r^3 / 3u_i \rho I$$

式中 t ——离子迁移时间;

ρ ——电阻率;

I ——电流强度;

u_i ——离子淌度。

假设,当有一点电流源 $B(-I)$ 在地面上供电,介质电阻率为 $200 \Omega \cdot m$,离子淌度为 $10 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{h})$ (一般值),供电电流强度为 50 A ,则地下深 1 m 、 10 m 、 100 m 处的离子迁移到供电点处所需时间按上式计算,结果分别是 12.6 min 、 8.7 天 和 23.9 年 。即使介质电阻率和离子淌度再增大一个数量级,分别为 $2000 \Omega \cdot m$ 和 $100 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{h})$,地下 100 m 深处的离子迁移到供电点处仍需要 87 天 的时间。

李金铭等根据理论推导,得出离子迁移距离的计算公式为:

$$r = nu_i \rho j t$$

式中 r ——离子迁移距离;

n ——维数(1,2,3);

u_i ——离子淌度;

ρ ——电阻率;

j ——电流密度;

t ——供电时间。

设某矿区铜离子淌度为 $10 \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{h})$,电阻率平均值为 $160 \Omega \cdot m$,电提取时供电电流强度为 0.4 A ,供电时间为 24 h ,由上面公式,令 $n = 3$,则有:

$$r = 3u_i \rho \frac{I}{2\pi r^2} t$$

即在所给条件下得出离子迁移距离为 90.18 cm 。

据此李金铭等人认为,在地电提取勘探中,想要在供电过程中提取到由深部迁移上来的离子实际上是困难的,一般来说,只是提取到供电电极附近的离子,而这些离子被认为是由地下深处经过漫长的地质年代运移到地表的。

费锡铨等在室内黏土(或细砂)中作实验:在每米电压为 147 V 的匀强电场中, CuSO_4 溶液中的铜离子在 2 h 内电迁移的距离测出值为 10~20 cm,而且还包括着浓度差扩散作用等因素。

B.W.Smee(1983)研究了冰湖沉积物离子迁移的特点并进行了模拟实验^[41],并用离子扩散系数代入相关方程式计算离子在电场中的扩散情况,计算结果表明,理论上 H^+ 可在 8000 年中透过沉积物扩散 20 多米,其他阳离子 Na^+ 、 K^+ 、 Mn^{2+} 、 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 在同样长的时间内运移距离一般小于 3 m。

根据上述不同学者的理论计算和模拟实验研究都证明,在人工电场作用下,离子迁移的速度是很缓慢的,迁移距离也是很有限的,这种情况也被下述野外地电提取结果所证实。

图 2-1 显示了不同供电条件下电提取的实测剖面^[2],从图中可明显看出,发电机(220 V)大电流供电的地电提取结果在矿体头部上方异常的宽度要比干电池(90 V 和 1.5 V)小电流供电提取的异常宽些,但其异常强度要比后者弱得多。从图 2-2 则可看出,用发电机(220 V)大电流供电与干电池(1.5 V)小电流供电所提取的异常宽度(矿体前缘上盘)和强度几乎完全一样。

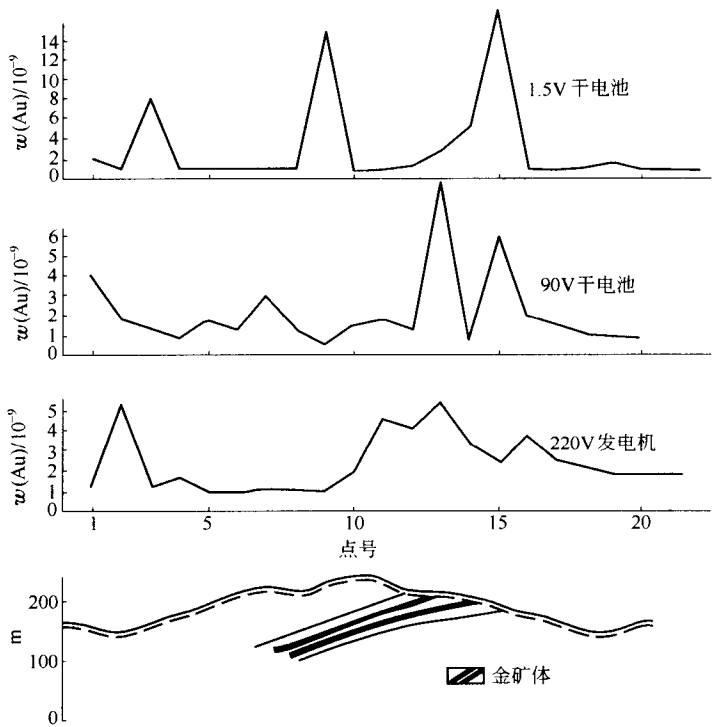


图 2-1 江西某金矿不同供电条件下地电提取 Au 异常剖面图
(据罗先熔,1996)

康明等人在广西横县南乡泰富金矿的试验结果表明^[5],在干电池(9 V)供电条件下所提取的 Au 含量比发电机(220 V)供电条件下所提取的 Au 含量还高,例如在干电池供电条件下,提取 Au 的平均值为 45.19×10^{-9} ,最高值为 125.89×10^{-9} ,最低值为 3.98×10^{-9} ;而在发电机供电条件下,提取 Au 的平均值为 30.44×10^{-9} ,最高值为 89.17×10^{-9} ,最低值为 3.50×10^{-9} 。在干电池小电流供电条件下所提取的异常比发电机大电流供电条件下所提取的异常更清晰连续(图 2-3)。据此康明等人认为,事实上,人为电场是不可能直接作用到

几百米深部的隐伏矿上,使得离子迁移至地表的。

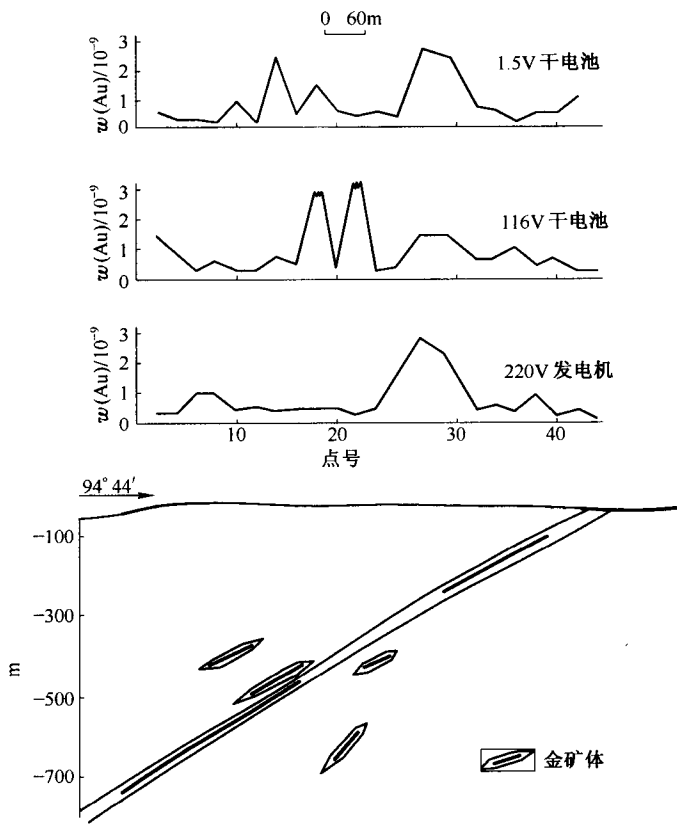


图 2-2 望儿山金矿不同供电条件下地电提取 Au 异常剖面图
(据罗先熔,1996)

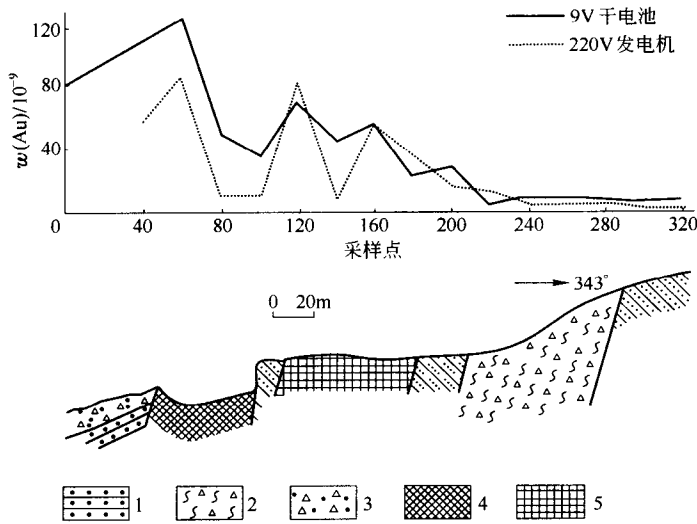


图 2-3 广西横县南乡泰富金矿 26.5 线地电提取 Au 异常剖面图
(据康明等,2003)

1—泥质粉砂岩;2—构造角砾岩;3—残坡积层;4—已知矿体;5—推测矿体