第30卷 第1期
2012年2月

青海大学学报(自然科学版)
Journal of Qinghai University(Natural Science Edition)

Vol. 30 No. 1
Feb. 2012

两种深穿透地球化学勘查方法的研究现状及存在的主要问题

赵 景[1,2],邱 炜[1,2,3],罗先熔[4]

(1.青海省地质调查院,青海 西宁 810012;2.青海省青藏高原北部地质过程与矿产资源重点试验室,青海 西宁 810012;
3.青海省地质矿产研究所,青海 西宁 810012;4.桂林理工大学,广西 桂林 541004)

摘要:通过对地气提取测量法和地电提取测量法的发展历史回顾、理论支撑和野外工作方法的阐述,提出了目前存在的关于异常物质来源、异常物质迁移机制以及野外采样方法三个方面需要解决的相关问题,以促进深穿透地球化学勘查方法的不断研究、完善和提高。

关键词:深穿透地球化学;地气提取测量;地电提取测量

中图分类号:P593 文献标志码:A 文章编号:1006-8996(2012)01-0049-04

Research status and problems on two methods of deep-penetrating geochemical exploration methods

ZHAO Jing[1,2], QIU Wei[1,2,3], LUO Xianrong[4]

(1. Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, China; 2. Provincail Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources of Northern Qinghai-Tibetan Plateau, Xining 810012, China; 3. Qinghai Institute of Geology and Minerals Resources, Xining 810012, China; 4. Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The history of Geogas-extraction measure and geoelectrochemical-extraction was reviewed, and the theoretical base and field investigation for the two methods were expatiated. The related issues of sources, migration mechanism of abnormal substances as well as field sampling methods were addressed. The objective is to promote the ongoing research of deep-penetrating geochemical exploration methods to be improved and perfected.

Key words: Deep-penetrating geochemistry; geogas-extraction measure; geoelectrochemical-extra-ction measure

深穿透地球化学(Deep-penetrating geochemistry)这一概念,自从谢学锦等[1]在1997年召开的耶路撒冷第16届国际化探大会期间提出后,距今已有十余年,该概念被定义为——探测深部隐伏矿或地质体发出的直接信息的勘查地球化学理论与方法。其特点是:(1)探测深度大,可达数百米;(2)所测量的主要是来自深部矿体的直接信息;(3)这种信息极为微弱,往往在亿分之几至百亿分之几;(4)这种微弱信息反而更可靠,因为常规化探中起干扰作用的物质显示不出这种信息[2]。

地气提取测量法和地电提取测量法均属于深穿透地球化学勘查方法,这两种方法在寻找隐伏矿体的应用中,日益显现出其方法的优越性,当然,任何一种方法都不可能在各种条件下都具有广泛的适用性,地气提取测量法和地电提取测量法也存在诸多问题。本文对该两种方法的研究现状与存在的主要问题做出了阐述。

收稿日期:2011-11-11

基金项目:广西地质工程中心重点实验室项目"有色金属矿床地物化遥多元地学信息找矿研究"资助

作者简介:赵 景(1982—),男,藏族,青海西宁人,助理工程师。

1 发展历史

1.1 地气提取测量法

1978年瑞典学者K. kristiansson等人开始从氡的微粒迁移进行研究，并于1984年基于纳米微粒的迁移，提出了地气提取测量法。目前已知的应用国家有20多个，如：瑞典、前捷克斯洛伐克、德国、美国、前苏联、芬兰、蒙古、中国、新西兰、加拿大、澳大利亚等。应用领域主要是找金属矿，如Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Ni等；其次是找油气藏；第三是深部构造和地热田；第四是其他用途的多种元素，如，Cl、S、Fe、Si、K等。地气提取测量法在我国是由童纯菡教授于1987年首先引入，开展了找矿的探索性研究。尹冰川等[1]也相继进行了大量的研究与试验工作。随后的一系列的研究成果表明，地气提取测量法在寻找隐伏断裂带[4-5]和金属矿床[6]，甚至是油气田勘查评价[7-8]都取得了良好的效果，并在这一过程中使得地气提取测量方法的机理研究得到了进一步的发展。

1.2 地电提取测量法

地电提取测量技术是二十世纪60年代后期至70年代初期由圣．彼得堡的一些学者创立的。雷斯和戈德堡描述了方法的基本原理和野外技术方法及找矿实例。经过近10年的研究和实践，该方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。崔林沛、郑康乐在二十世纪八十年代开始向中国物化探界介绍了该方法。经过多年来多位学者不懈的试验研究和摸索实践，地电提取测量技术已经发展成为一套经济实用的理论和方法，并已取得了较明显的效果。目前，该方法已推广到美国、加拿大、英国、澳大利亚、印度以及东南亚等地区，它已成为世界隐伏有色金属、贵金属矿床、稀有金属矿床、放射性元素矿床和石油天然气矿床普查找矿和勘探的重要手段之一[9]。

2 理论支撑及野外工作方法

2.1 理论支撑

地气提取测量法是通过捕集并测定地下上升气流中痕量金属和非金属元素的异常来揭示较深部地层的信息。其主要机理是地壳中上升气流作垂向运移时，将成矿元素、伴生元素携带至地表[10]。通过国内外诸多专家多年的试验研究，对地气异常的形成机制已取得了初步的认识：(1) 关于地气流的产生。从不同地质作用和不同地质体中排放的气体及来自大气成因的气体，在温度、压力和浓度梯度作用下，均可呈微细气流或气泡流自深部向地表迁移。(2) 地气流携带至地表的固体颗粒可能主要是纳米级粒径的物质。其物理化学性质与原来的结晶块体有很大的差异，具有很强的固态迁移能力，极高的扩散速度和化学活性。当迁至近地表氧化和有机环境时，可形成粒径更大的各种气溶胶颗粒。(3) 纳米级金属组份来自同生和后生两部分。金属矿床形成过程中，往往有金属气停滞、聚集、分散在矿床周围和蚀变围岩中。金属矿床形成后，金属矿物在地下水和地下气流作用下部分氧化分解，形成少量纳米级金属微粒。(4) 地下纳米级金属颗粒携带至地表后形成三个部分。一部分停滞在壤中气中（地气法测量的部分），一部分被土壤颗粒吸附或结合，成为土壤中的活动态金属部分，另一部分向大气逸散。三者在一定的条件下，形成复杂的动态平衡体系。

地电提取测量法是以地下岩石中的离子动态平衡状态为基础的地球化学方法。矿石的电化学溶解作用及溶解了的离子，在电流驱动下向上迁移并在测点处形成积累。在人工电流场的作用下，使深部处在动态平衡的离子产生两极分化，阴阳离子分别向两极迁移。离子的迁移并非指从深部直接迁移至地表，而是相邻单元体积内的离子沿电流场的方向移出和移入，并最终形成离子收集器中的离子积累。收集器中离子积累的浓度与供电时间、介质中离子的浓度及离子的迁移速度成正消长关系。实际上，岩石中的离子，大多数是以络合离子状态存在的，在人工电场的作用下，形成解离作用，人工地促使离子富集到离子收集器中，经过对离子收集器中样品的测试分析，得到每个测点上指示元素的地电提取含量变化规律，从而达到探测隐伏矿床的目的[11-12]。

2.2　野外工作方法

地气提取测量工作方法分累积测量(被动吸附)和瞬时测量(主动吸附)二种,地气累积测量是将装有地气捕集器的装置埋入地下,被动吸附上升地气流中的成矿金属微粒;累积测量时间一般需要二十天以上,异常的稳定性较好,但工作效率较低;瞬时测量则是在现场打孔抽气,用地气捕集器吸附地气中的成矿金属微粒,工作效率高,方法灵敏度相对累积测量方法并不差[6]。

地电提取测量工作方法与地气提取测量工作方法最明显的不同是地电提取测量通过外加人工电场,来促使成矿金属离子运移至已埋入地下的离子收集器中,由于收集离子的整个过程要经过不断地累积,所以该方法一般需要将离子收集装置放置一段时间(一般为一天或两天)。

3　存在的问题

3.1　异常物质来源

只有建立异常物质来源与隐伏矿体之间的关系,这两种深穿透地球化学勘查方法才能有可靠的理论基础。然而,地壳岩层可以在地幔脱气、地壳应力变化等驱动力的作用下向地表释放出造岩元素以及微量元素,通过多次的异常物质来源研究都表明异常物质来源不仅仅是隐伏矿体所致的,而且也有上覆岩石、土壤等多方面的来源。所以,进行物质来源方面的示踪研究具有很强的理论意义和非常重要的实际意义。

3.2　异常物质迁移机制

地气提取测量异常物质迁移机制需要更多实验研究来证实。K. Kristiansson 等人认为异常物质是由地气流向上携运迁移;童纯菡等后继研究者进行的地气流存在性的实验观测和形成机理的理论探讨,得出地气流存在并可以在垂向迁移过程中载入和搬运矿致异常物质到达地表的结论,童纯菡地气纳米存在形态的实验观测结果又有力支持了地气异常物质通过地气流垂向迁移的设想。然而,谢学锦等[9]提出的深穿透地球化学理论及其迁移模型,又形成对地气垂向搬运隐伏矿致纳米物质的质疑。据其理论模型,矿致异常物质向地表运移的搬运营力包括除地气流迁移以外的多种地球化学作用,认为异常物质向地表的迁移可能存在一种多应力接力迁移模型。这种质疑极大印证了人们对矿致异常物质向地表迁移机理的怀疑[13]。

相比地气来说,地电提取测量异常物质的迁移机制较为成熟,并得到了多数人的认同。金属矿床周围形成地电化学晕的机理主要包括以下几个过程:矿物溶解 → 离子迁移 → 离子在地表的转化 → 形成离子晕(场)。矿物溶解主要包括机械溶解、氧化溶解、电化学溶解、生物溶解等。金属矿体的氧化溶解和电化学溶解实质上都是一种由于氧化 _ 还原电位差异而导致的电化学过程。所以深部矿体的矿物溶解主要表现为电化学溶解[14-17]。

电化学溶解产生的金属离子,在各种自然营力的作用下向近地表迁移。迁移方式主要有风化过程中元素的物理和化学释放、离子扩散作用、蒸发作用、毛细管作用、植物的根系吸收、地下水循环、氧化 _ 还原电位梯度差引起的离子对流、气载迁移等。前几种机制是很难将深部几百米的矿体金属元素迁移至地表的,唯有氧化 _ 还原电位梯度差引起的离子对流和气载迁移可以解释厚层覆盖区形成的金属元素异常。迁移到近地表松散层中的离子呈多种赋存状态,在外加电场作用下,土壤中元素的各种相态的赋存形式会互相转变。即,外加电场一方面激活了土壤中金属元素的赋存状态,使得大量的不可溶相态转化为可溶相态;另一方面,外加电场可加速离子的迁移速度和阴阳离子的两极分化,使阴离子向阳极迁移,阳离子向阴极迁移。因此,大量浓集的离子最终被提取电极所提取。同时大量试验也证明,外加电压在通电时将深部矿体或来自深部的离子直接提取到提取电极上是难以实现的。

3.3　野外采样方法

地气提取测量和地电提取测量的野外采样方法至今都还没有一套规范系统的仪器装置和工作方法,不同的工作者一般也都使用着不同的仪器装置和工作方法,导致找矿效果也优劣不齐。野外采样是整个地质找矿工作的重要前提和基础,作为应用前景广阔的深穿透地球化学勘查方法,为了使其以后能

够更加有利地发展和应用于地质找矿工作，必须研究出一套适合这两种深穿透地球化学勘查方法的野外采样工作方法操作规范，对采样的工具、时间、材料、规格等各方面参数都要有明确的规范要求。

4 讨论

地气提取测量法由于其自身理论及实际操作的复杂性和多解性，目前仍处于百家争鸣阶段，不同捕集介质对不同元素捕集效率差异较大，而且不同的操作方法对相同元素捕集效率差异也较大，因此，需要系统地研究出一套针对不同矿种、不同景观条件下的捕集介质和采样方案。经过多年来在国内外数十个矿区的不同矿种针对地电提取测量法的深入实例研究，罗先熔等[17]对地电提取测量法的采样深度、采样时间、极距、提取电压和提取液浓度等有关参数均做出了定量的规定，并在此基础上取得了显著的找矿成果。

随着地表矿的日益殆尽，寻找隐伏矿、深部矿和难识别矿是新时期广大地质工作者所要面临的一场新的挑战，深穿透地球化学勘查方法是较好的方法之一。地气提取测量和地电提取测量在寻找隐伏矿方面已取得了较多成果，在寻找深部盲矿的应用效果较好。相对于地电提取方法，地气提取方法由于理论和技术上尚存在一些问题，在地质勘查上并没有得到大规模地推广应用。相信这两种深穿透地球化学勘查方法技术在科技发展日新月异的将来一定会朝着实用性、灵活性、高效性等方向发展。

参考文献：

[1] 谢学锦，王学求. 深穿透地球化学新进展[J]. 地学前沿，2003，10(1)：225.

[2] 王学求. 深穿透地球化学[J]. 物探与化探，1998，22(3)：166－167.

[3] 尹冰川，伍宗华，金仰芬. 地气溶胶测量——一种寻找隐伏矿床、研究深部构造地质的新方法、新技术[J]. 地质地球化学，1997(3)：25－30.

[4] 葛良全，童纯菡. 隐伏断裂上方地气异常特征及其机理研究[J]. 成都理工学院学报，1997，24(3)：29－35.

[5] 葛良全，童纯菡. 地气测量技术寻找隐伏断裂带的研究[J]. 核技术，1998，21(4)：238－241.

[6] 李怀渊. 勘查隐伏砂岩型铀矿物化探方法的研究与应用[D]. 北京：中国地质大学，2001：12－13.

[7] 杨凤根，童纯菡. 地气测量在宣汉气田上的应用[J]. 矿物岩石，1998，18(3)：99－105.

[8] 杨凤根，童纯菡. 宣汉气田的地气测量及其机理研究[J]. 中国地质大学学报：地球科学，2000，25(1)：103－106.

[9] 罗先熔，康明，欧阳菲，等. 地电化学成晕机制、方法技术及找矿研究[M]. 地质出版社，2007：2－5.

[10] 童纯菡，李巨初，葛良全，等. 地气法机理研究之一：地气上升气流携带的纳米级微粒的观测及其意义[M]. 成都：四川大学出版社，1996：33.

[11] 费锡铨. 地电提取离子法[M]. 北京：地质出版社，1992：20.

[12] 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，1996：32.

[13] 张祥年，汪明启，高玉岩，等. 地气勘查方法研究现状与存在的主要问题[J]. 科技咨询导报，2007：(21)：71.

[14] 罗先熔. 再论地球电化学测量法寻找隐伏矿床[J]. 桂林冶金地质学院学报，1994，14(3)：295－302.

[15] 罗先熔. 多种新方法寻找隐伏矿的研究及效果[J]. 地质与勘探，1995，31(1)：44－49.

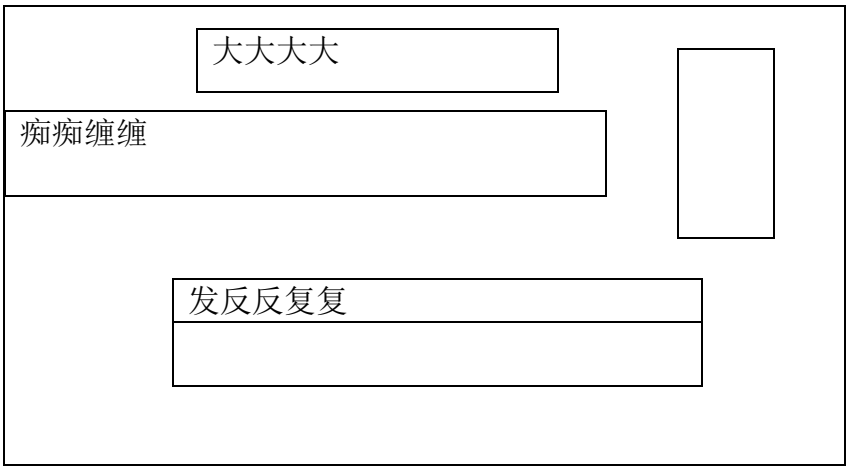
[16] 罗先熔，段冶. 我国地电提取测量法的应用现状及研究方向[J]. 桂林工学院学报，1995，15(1)：34－39.

[17] 罗先熔，王卫民，张佩华. 隐伏金矿地电化学异常形成机制及异常形态特征[J]. 有色金属矿产与勘查，1997，6(6)：364－367.

（责任编辑　杨君丽）

dedededed

滴滴滴滴滴滴



Drdrdr 打扰打扰打扰