

地球物理和 地球化学找金属矿 史例部分

[加] 彼得·胡德 编辑



地质出版社

地球物理和地球化学 找金属矿

史 例 部 分

张肇元 等译

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书为1977年10月在渥太华召开的金属矿地球物理和地球化学国际科学讨论会的论文汇编。原书由彼得·胡德博士编辑,共编入四十篇文章。由于篇幅较大,中译本将分三集出版,即地球物理部分、地球化学部分、史例部分。本集为史例部分,共15篇文章。内容包括有关综合勘探的若干问题,以及在加拿大、芬兰、澳大利亚、墨西哥、南非、尼加拉瓜等有色金属矿床上综合应用地球物理和地球化学探矿的史例。还介绍了我国金属矿物探和化探的概况。内容比较丰富,值得我国物化探和地质人员以及地质院校有关专业师生阅读参考。

Geological Survey of Canada
Economic Geology Report 31

Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores

edited by Peter J. Hood

Proceedings of Exploration 77—an international symposium held in
Ottawa, Canada in October 1977

Minister of Supply and Services Canada, 1979

地球物理和地球化学找金属矿

史例部分

张肇元 等译

*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑:张怀素

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 16 3/4 字数: 396,000

1983年4月北京第一版·1983年4月北京第一次印刷

印数: 1-2,488册 定价: 2.70元

统一书号: 15038·新878

目 录

综合勘探的若干问题(25)*.....	J.A.库普 M.J.戴维森 (1)
加拿大魁北克省诺兰达地区的勘探发现(26).....	J.鲍尔迪 (20)
艾索和新因斯科矿体勘探史例(27).....	W.M.特尔福德 A.贝克尔 (31)
魁北克莱萨德有色金属矿床的发现和确定(28).....	L.E.里德 (63)
加拿大西北地区伊佐克湖矿床:物探史例(29).....	G.波多尔斯基 J.斯兰基斯 (76)
加拿大西北地区派因波因特矿山公司铅锌矿点上的地球物理勘探(30)	J.J.拉乔伊 J.克莱因 (92)
在芬兰硫化铜矿间接勘查中物探方法的利用(31).....	M.凯托拉 (106)
在发现不列颠哥伦比亚温哥华岛爱兰德铜矿中所用的地球物理和地球化学方法(32)	K.E.威瑟利 (127)
澳大利亚塔斯马尼亚奎河矿床地球物理和地球化学史例(33)	S.S.韦伯斯特 E.H.恩基 (141)
地球物理和地球化学在墨西哥索诺拉州拉卡里达德斑岩铜矿床的发现和开发中的作 用(34).....	D.F.库尔鲍 (171)
墨西哥萨卡特卡斯州雷尔德安吉利斯银-铅-锌硫化矿床的勘探(35)	L.R.斯托瑟 J.B.尼托 (178)
在沙漠地区利用地面脉冲电磁法勘探块状硫化矿(37).....	D.克龙 (187)
在南非用航空和地面物探方法寻找与磁铁矿-石英岩有关的有色金属矿床(38)	G.坎贝尔 R.梅森 (200)
地球物理和地球化学方法在尼加拉瓜用于含金构造的填图工作(39)	R.S.米德尔顿 E.E.坎贝尔 (224)
中国金属矿物探和化探概况(40).....	中华人民共和国物化探代表团 (247)

* 括号中数字为原书论文编号。

综合勘探的若干问题^①

J.A. 库普 M.J. 戴维森

摘 要

多年来,采用区域性矿产勘探技术,结合航空地球物理方法和遥感技术,在各种地质和地貌条件下判别出了许多主要的地质参数,从而对原来按物性和含矿远景等一般特征为依据划分的地区作了广泛的分类。

对成矿地质作用的深入了解,以及近年来地球物理、地球化学和其他勘探手段的进取性发展,为以较大比例尺综合应用各项技术提供了基本格局,并且有可能使成本降低,勘探效率提高。

地球物理和地球化学背景的变化能够提供关键性的数据,以阐明地质解释和对异常条件的评价。这些变化通常同主要的地质特征或较大规模的成矿作用有关,认识到这种关系并且恰当地加以解释,就能得到极为重要的信息。磁法、电阻率法、电法、岩石地球化学法及其他一些经过挑选的技术方法,特别适合于比较详测性的综合应用。

不同学科和学科中不同的数据采集方法,可以为地质解释提出相同的或等价的信息。然而要认识一种成矿环境的物理-化学印迹,需要用多学科的综合手段,因为从任何一种学科观测到的特征都是捉摸不定的,只靠它们本身达不到适当的置信水平。在任何特定的情况下,都有一套应用和扫面的程序能以最低的费用圈定靶区。

引 言

有效的“综合勘探”,要求在各种矿产勘探学科之间进行交流和合作。综合应用勘探方法和手段的概念可以用于各种比例尺——从大面积的区域性踏勘到在已知矿体外围找矿。论述这个涉及面很广的问题时,需要探讨在勘探77讨论会上谈过的和未谈过的各种勘探技术方法。后者包括槽探、冲击钻探、金刚石钻探以及同位素地质和地球化学。

本文阐述综合勘探的一些基本问题,并结合成功的勘探实例,详论和说明一些原则。

地质学的重要性

勘探77讨论会的主要注意力集中在地球化学和地球物理方法上,但不应忽略对矿产勘探的基础,即对成矿环境的地质学的了解和掌握。过去20到25年里,对成矿环境的地质了解有了显著的进展。这些进展反映出人们对于矿化作用的过程以及具有经济价值的金属量

① J.A. Coope (Newmont Exploration of Canada Ltd., Toronto, Ontario), M.J. Davidson (Newmont Exploration Ltd., Tucson, Arizona, U.S.A.): Some aspects of integrated exploration.

的赋存部位有了较深入的了解，从而为发展、改进和完善矿产勘探技术打下了基础。无论是根据地球物理还是地球化学测量所作的解释，都必须同地质学结合起来才有意义；因此，不论是勘探地球化学人员或是勘探地球物理人员，都不能离开勘探地质人员而独立活动。

勘探工作在前进着。在世界上许多地方，近二十年的标志是，许多勘探地球物理和勘探地球化学的技术都取得了迅速的发展和应用。其中许多发展效果卓著，曾经直接找到了有隐伏出露的或近地表的矿体，使找矿的可能性扩展到广泛覆盖和难以通行的地区。

在这一迅速发展和成功的时期，除了其他成就外，还依靠航空电磁法或水系沉积物法或某些其他技术来判定“异常”，以便作地质详查。有些地方，如新不伦瑞克的巴瑟斯特基地(Bathurst Camp)，在对矿床的地质控制因素所知甚少或有误解的地区，由于采用了这种勘探办法，确立了一些采矿作业区。在这些地区接着进行的研究工作纠正了这种不平衡状态。随着时光的流逝，越来越清楚，这些地区的附加矿量将只能在盲矿中发现，而其埋藏深度会越来越超出常规物化探方法的探测范围，于是地质学的重要性就变得日益突出，因而只好根据对有意义的成矿环境的最新地质认识采用新的勘探手段。

已经多次证明，由于地质的或其他原因的某种综合影响，拟寻类型的矿体不会对某种特定的勘探技术发生惹人注目的响应，因而也不会产生突出的异常。因此，在一项勘探项目中，光是依靠一种地球物理或地球化学手段作为主要的技术方法将注定是不完善的。

安大略西北部联盟湖(Confederation Lake)南湾(South Bay)矿体的发现就提供了这样一个实例。那里有一个比较弱的航空因普特异常，由于按与附近露头的地质关系进行解释，该异常的重要性得以增强。这个例子说明把地质填图和解释综合用在勘探序列中的好处。对地质学的知识和对成矿环境的了解，可用以对物化探异常进行分类，这要比依靠某一种物理或化学浓度值的大小令人满意得多。

对于多数人来说，这些意见是不言而喻的。然而，为了取得成功的勘探实践，必须强调对地质学的基本考虑。这是为了说明，如何把地质专业知识同有成效地发展和应用地球化学和地球物理方法紧密地结合起来，才能满足我们这个不断扩大着的社会对在许多可供选择的环境中发现难以捉摸的有经济价值的矿床的需要。此外，有许多例子说明，对地球物理和地球化学数据的透彻解释，将会如何扩大对深部或覆盖层下地质情况的了解，而这是地质工作者直接观察不到的。

综 合 勘 探

关于什么是“综合勘探”，意见纷纭。实际上，有许多人自命为拥护者，但是他们只得到了全面综合所能提供的利益和经济效果的一部分好处。真正的综合勘探不是在一个勘探项目的后期，在地球物理或地球化学（或其他）测量完成之后开始的。只有在项目的最初阶段就有效地进行综合，才能获得全部效益。这时地质人员应能提出对于完成该项目具有重要意义的所有可能出现的地质问题；而地球物理人员和地球化学人员则应考虑在预计的测量条件下有可能对这些问题作出部分或全部解答的各种技术方法。只要测量的计划人员能及时了解这些复杂的问题，从而设计出适当的野外工作方法，那么很少会发生某种既定的地球物理或地球化学测量只能回答一个地质问题的情况。

用地球物理方法辅助地质填图

地球物理人员必须把野外数据转换成可以互通的、并同一般地质原则和已知地质情况相一致的物性图件。从物性到地质解释这一步，最好由地质人员和地球物理人员共同完成。为了在这方面有效地发挥作用，地质工作者必须了解与各种地质单元有关的物理性质，甚至要在野外对这些物性进行填图，不管它们是否具有经济意义。其中包括这些特征，如磁铁矿含量，硫化物总含量，膨润土、石墨、磁钛铁矿(magilmenite)析离晶体、孔隙度和视电阻率差的有无。在解释过程中，地球物理人员要意识到各种物性图示的置信水平，并有充分的思想准备修改这些图示，使之与地质情况有更大的一致性。另一方面，地质工作者也要有充分的思想准备评定地质资料的置信水平，并作出与所有的观测结果最相符合的综合地质模型或几个模型。

通常把探测具有经济价值矿化的地球物理方法称为“直接”方法，而把提供一般性地质资料的方法称为“间接”方法。重要的是要认清这样一点：这种划分并不是方法本身所固有的，而是由对方法提出的问题决定的。同样，还必须意识到，许多好象会掩盖直接找矿的异常响应，有可能给出重要的地质信息。只要问题提得正确，所谓的“地质噪声”可以转换成为地质信号。

例如，试探讨一个史例，其中拟用激发极化法在厚层白云岩中圈定硫化矿。在已知矿化区内发现的大片激发极化响应是由在黑而臭的白云岩中的炭质物质引起的，因为认识到白云岩的沉积环境对于金属硫化物的沉淀是很理想的（设若金属离子进入了还原盆地），所以扩大了激发极化的工作计划，用大间距的区域性测线来圈定并填绘古化学环境。

在沉积盆地中寻找含铀的矿卷前缘时，第一阶段通常采用地下水水文地球化学方法，以确定铀和氢的异常区。第二阶段可以进行电阻率测量，以迅速而廉价地填绘蜿蜒的砂道，并确定砂层厚度。在一定环境下，在矿卷前缘附近有黄铁矿沉积而膨润土并不常见的地方，用激发极化法可以减少需要钻探的面积。

在岩性变化和主要的岩石单元可以根据电阻率差加以分类的地方，可以广泛利用在进行常规激发极化测量时取得的电阻率测量结果，对这些单元进行填图。这种办法可以直接用于广泛的覆盖地区，因为在这些地方露头之间的距离甚大，以致不能以令人满意的精度填绘出这些地质单元。

在岩石单元之间有足够磁性差的地区，显然可广泛应用磁测协助地质填图工作。在1967年的讨论会上博伊德(Boyd, 1969)和莫利(Morley, 1969)的两篇文章说明了用磁法、重力和地震方法提供重要地质信息的能力。在1977年讨论会期间提交并于本论文集内发表的文章，描述了航测技术如 γ 射线能谱（在某些地区填绘蚀变现象）测量和电场相位法、无线电相位法及其他甚低频电磁法，以及高分辨率的航磁测量进行地质填图的能力。

磁力梯度仪和梯度测量技术是一种有建设性的发展，它能把合成的或复杂的磁异常分解为单个的组成部分，并在同样的基础上自动地消除区域性磁力梯度，以便能更好地确定出可能有意义的浅部特征。在实际工作中，用这个方法可以把有磁化率差的地质单元明显地圈定出来。图25·1和图25·2上对安大略南部某地区的磁力梯度数据与总强度磁测数据作了对比(Hood et al., 1976)，很明显，梯度图能更精确地反映出地质细节(图25·3)。走向接近西—西北、横穿花岗岩体的晚期岩墙在磁测数据中很突出，但在地质测量时却没



图 25•1 安大略南部NTS31F/7的一部分的总磁场图
(据Hood et al., 1976)

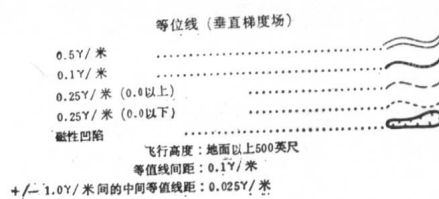


图 25•2 安大略南部NTS31F/7的一部分的垂直磁力梯度图
(据Hood et al., 1976)

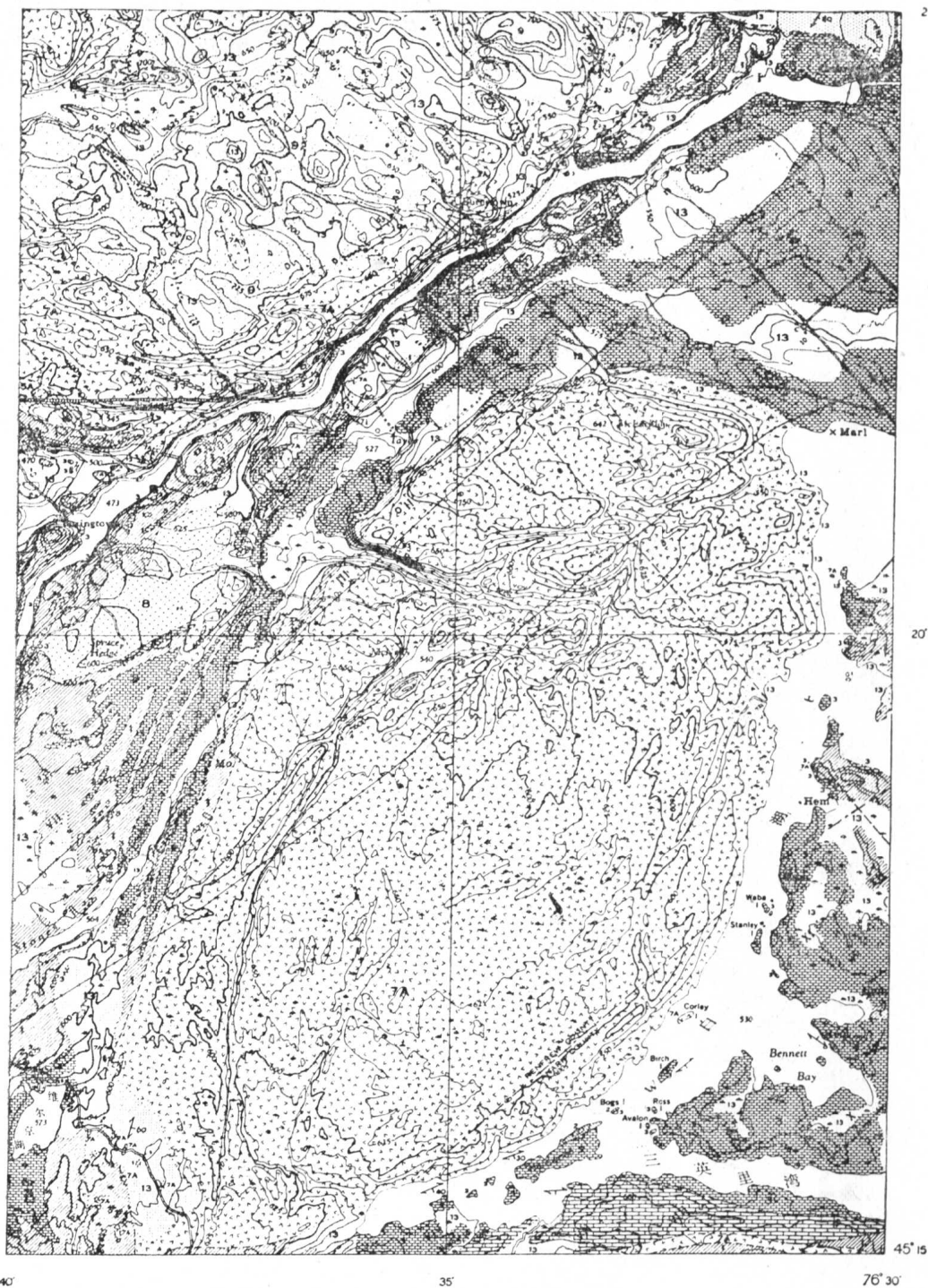


图 25.3 安大略南部NTS31F/7的一部分的地质图
(据Hood et al.,1976)

有被观测到。

上述三个例子都使用了激发极化和电阻率测量的响应，其他地球物理技术也适合于作类似的填图工作。

佩尔顿在最近的文章 (Pelton, 1977) 中说明，如何仔细研究激发极化相位角与频

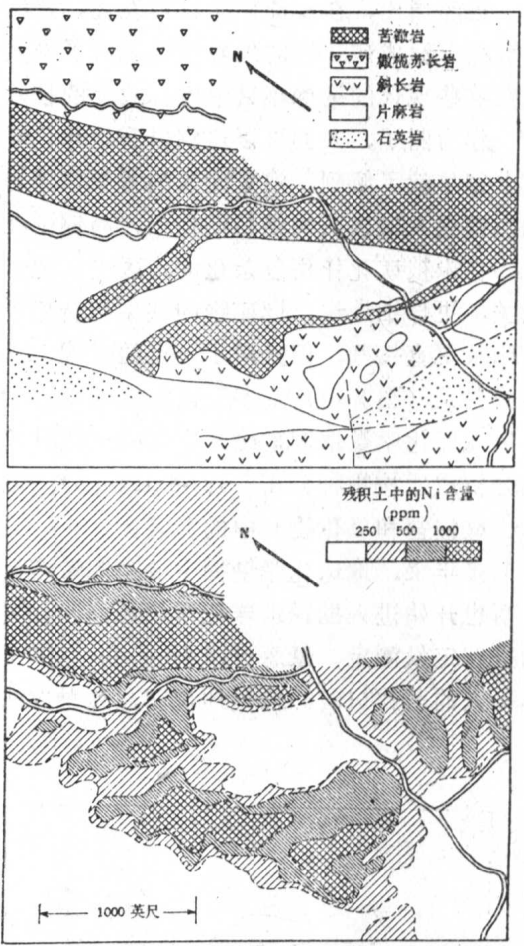
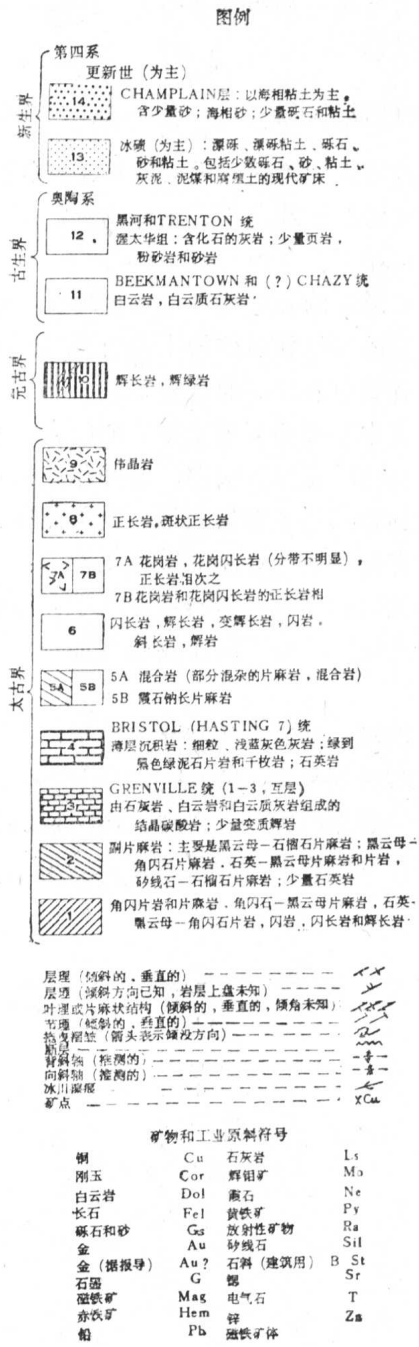


图 25.4 坦桑尼亚恩古奇 (Nguge) 区地质情况与残积土中镍模式之间的关系
(主要河流两侧的崩积和冲积覆盖层)。据库普 (Coope, 1958), 经作者霍克斯和韦布 (Hawkes H.E. and Webb J.S., 1962) 同意 (《矿产勘探中的地球化学》, Harper and Row, New York, N.Y.)

率曲线图上的峰值位置和大小以区别石墨和块状硫化矿，磁铁矿和含镍的磁黄铁矿，以及在某些斑岩铜矿系统中区分无矿的黄铁矿晕和浸染状的有经济价值的矿化。

这几个实例大体上说明了，比较客观地解释和恰当地应用常规技术方法如何能充实地质图象，并增添在评价可能与矿有关的真正异常响应方面具有直接意义的信息。

为了满足仔细研究已知矿床的广大外围地区并表征其地球物理特性的要求，显然需要发展地球物理技术的“间接”用途。这种专门知识一旦发展到满意的水平，随着找矿的勘探工作扩展到一百米以下，就能适用于井下地球物理测量。

用地球化学方法辅助地质填图

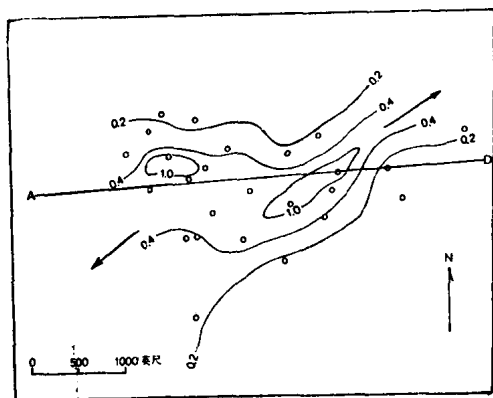
已经指出，在浅部矿床已被发现，要向深部寻找盲矿的地区，随着勘探工作的进展，了解和掌握成矿环境的地质情况就成了发展和应用先进的地球化学、地球物理，以及其他能在这些现代的勘探项目中发挥效能的技术方法的基础。

作为例子，人们可以追溯岩石地球化学勘探方法最近的发展情况。在地球化学勘探历史上很早就了解到，痕量元素的背景值随着各类岩石的岩性和组成的不同而有变化。例如，镍进入橄榄石的结晶结构中，而铜则在一定的辉石中有较高的含量。

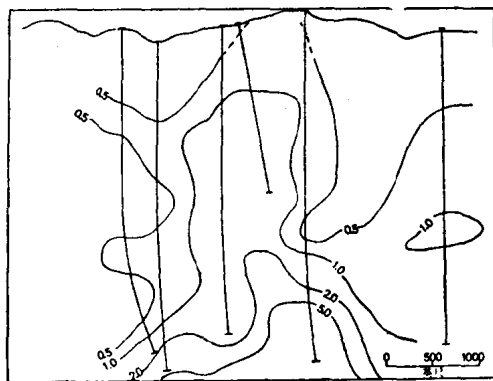
在未被矿化作用复杂化的地区内，地球化学数据中不同的背景水平可能同岩石的岩性相关，更详细地说，同矿物的共生组合相关。在岩石地球化学方法中，这种相关关系显然会比较更直接些，但是对于一定的土壤、水系沉积物和其他数据集来说，也可能有类似的相关关系（图25.4）。多元素数据和计算机程序会有助于使这些相关关系更精确。

地球化学数据同矿物学之间的相关性比较容易说明和理解。岩石地球化学样品物质的偏分析或“按物种分析”（speciation），可以用来定性地区分不同矿物相（如一定的硫化物、硅酸盐和氧化物）中的元素。

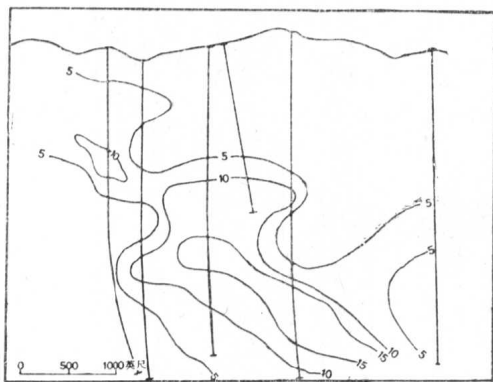
多年来，地球化学勘探主要是测量痕量元素的数量。随着分析技术的发展，主要元素分析也开始进入勘探地球化学领域。较新的仪器方法，特别是X荧光衍射法（XRD），能对矿物进行定量测定。豪森（Hausen）和克尔（Kerr）的著作，图25.5A到25.5D以及富兰克林等人的著作（1975）清楚地说明，这种方法适于对蚀变矿物的分布进行定量的填图工作。



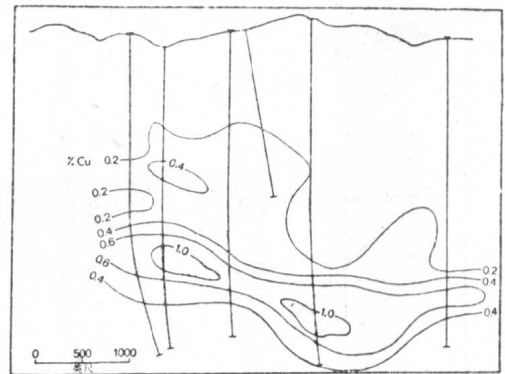
A 亚利桑那铜矿谷铜分布百分数——1000
—1900英尺高程钻孔分析结果



B 亚利桑那铜矿谷沿A—D剖面的钾长石
蚀变



C 亚利桑那铜矿谷沿A—D剖面的绢云母蚀变（等值线按绢云母百分数计）



D 亚利桑那铜矿谷沿A—D剖面的铜分布%

图 25.5 铜、绢云母蚀变、钾长石蚀变的百分数，铜矿谷，亚利桑那
(据Hausen and Kerr, 1971)

富兰克林及其合作者(1975)利用XRD技术，识别出一条岩筒状含锰的菱铁矿蚀变带，它直接在马塔比(Mattabi)块状硫化矿床的下面，延伸至少有300米。在岩筒的中上部，铜和锌有异常的富集量。菱铁矿和白云石的分布情况示于图25.6和图25.7。图25.8是根据富兰克林等人的研究而绘制成的表示蚀变和矿化分布的综合概图。

定量的XRD地球化学测量，再加上痕量和大量元素的数据，可以从地球化学的角度来描述地质环境，并通过描述细致的或难以觉察的变化来弥补地质观察和了解的不足。不然的话，这些变化有可能被忽略掉。例如，在火山成因的块状硫化矿床的矿化环境中，这种作法可以揭示出绿泥石、绢云母、长石、碳酸盐和二氧化硅强度的蚀变模式；一个训练有素的地质人员有时能够看出这些模式，有时则看不出来。此外，还可以揭示出大量和痕量

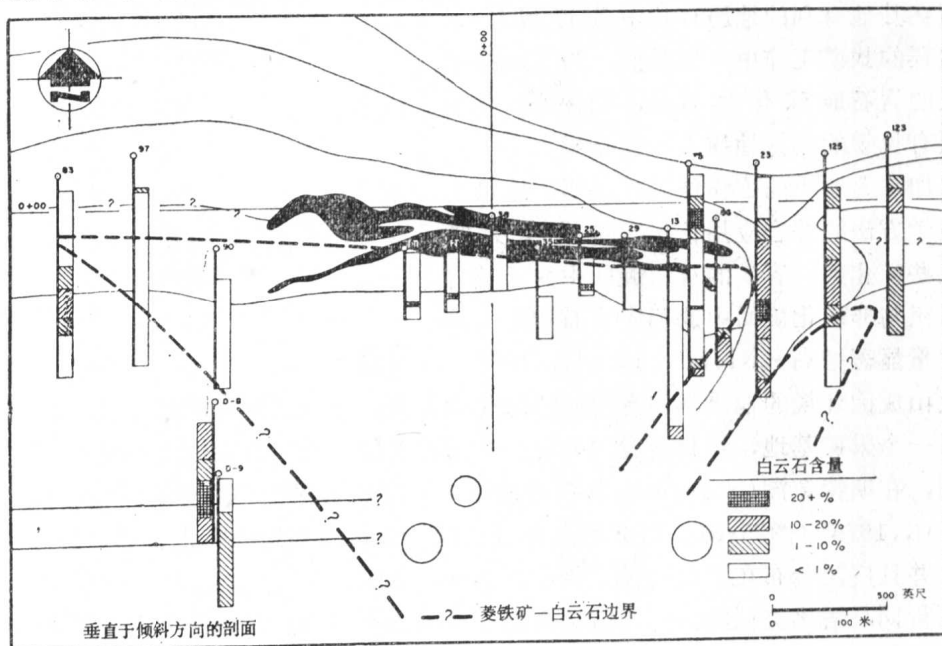


图 25.6 马塔比矿区白云石的分布
(据Franklin et al., 1975)

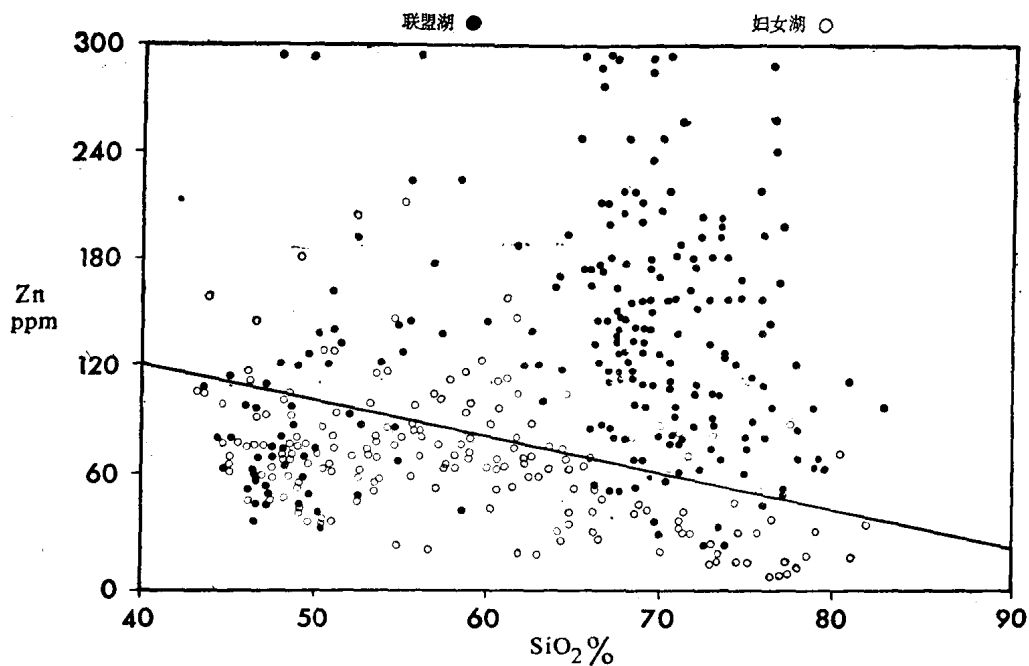


图 25·9 安大略乌奇 (Uchi) 湖区矿化的联盟湖火山旋回和未矿化的妇女湖火山旋回之间锌与 SiO_2 的比较
(据 Govett and Nichol, 1978)

在其他基地也未必还会出现, 但是从对这些环境的地质认识出发, 这类和有关各类的关系

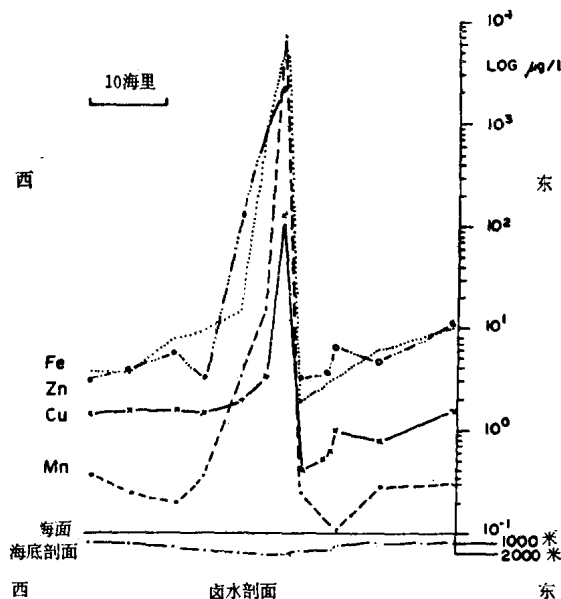


图 25·10 大西洋 I 海渊东西剖面上近底部海水中已分解金属的变化情况
(没有卤水样品)
(据 Holmes and Tooms, 1972)

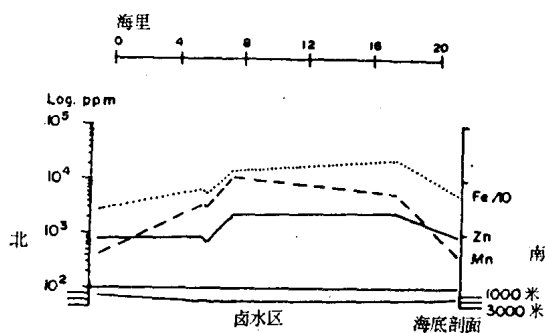


图 25·11 内勒斯海渊南北剖面上近底部海水中颗粒性金属含量的变化情况
(据 Holmes and Tooms, 1972)

在其他火山成因地区内预期有可能存在。

在探讨火山成因环境的文献中可以选出一些文章, 说明对成矿环境的地质认识如何能提出一些有效的勘探技术。

可以证明, 金属的异常含量出现在与火山成因块状硫化矿床同时形成的 喷气岩层

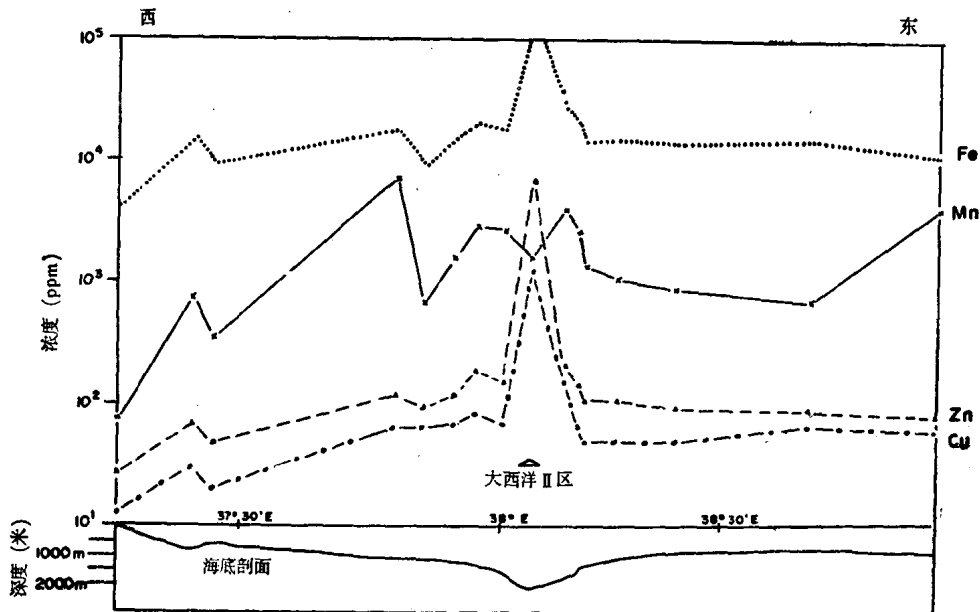


图 25.12 大西洋Ⅰ海渊沿横测线的地表沉积物中Cu, Zn, Fe, Mn的含量

(据Holmes and Tooms, 1972)

位。霍姆斯和图姆斯 (Holmes and Tooms, 1972) 在研究来自红海海底喷气体的金属扩散作用中, 证明来自含金属卤水的金属扩散作用是经由正常的海水发生的。此外, 这种扩散作用不论是呈水溶液状态或是以悬浮的物质颗粒状态出现, 都可以被探测出来 (图25.10和图25.11)。扩散作用的总效应反映在地表沉积物上部几厘米范围内 (图25.12), 很明显, 异常扩散作用的距离以英里计。

近年来发表的比格奈尔 (Bignell, 1975) 和比格奈尔、克龙南 (Cronan) 和图姆斯 (1976) 的文章, 记述了在大西洋Ⅰ海渊和内勒斯 (Nereus) 海渊, 在距金属矿床 3 公里至 10 公里的地表沉积物中测到的 Fe、Mn、Cu、Zn 和 Hg 的地球化学异常晕 (图25.13和 图25.14)。这些图中的背景值是在离开矿化海渊很远的红海的范围内, 沿着轴向谷两侧采集沉积物, 根据它们的数据计算的。

按红海现代环境的证据, 明显地支持由许多观测古老岩层中块状硫化矿床的人员所提出的、有关喷气作用的概念; 并且认为, 在古老喷气环境中与多金属块状硫化矿同时沉积的沉积物可能含有异常的金属量, 并在空间上与有工业价值的矿床有关。这种同时期的沉积物包括化学沉淀的喷气岩。

图25.15是卡梅伦 (Cameron) 发表的一幅火山成因块状硫化矿床的地质图, 这个矿床最早是在西北地区的湖泊沉积物采样测量中发现的 (Cameron and Durham, 1974a)。矿体称为亚瓦辛迪凯特 (Yava Syndicate) 或阿格里科拉湖泊矿床。与矿化有关的喷气岩层 (当地称为 “B” 层) 已强烈绢云母化, 该区大致的地质情况示于图25.16。

在图25.16范围以外岩石露头采样证明, 沿着含块状硫化矿的地层延伸方向存在着 Zn, Cu 和 Pb 的异常值 (Cameron and Durham, 1974b)。沿着 “B” 层喷气岩及其投影或在

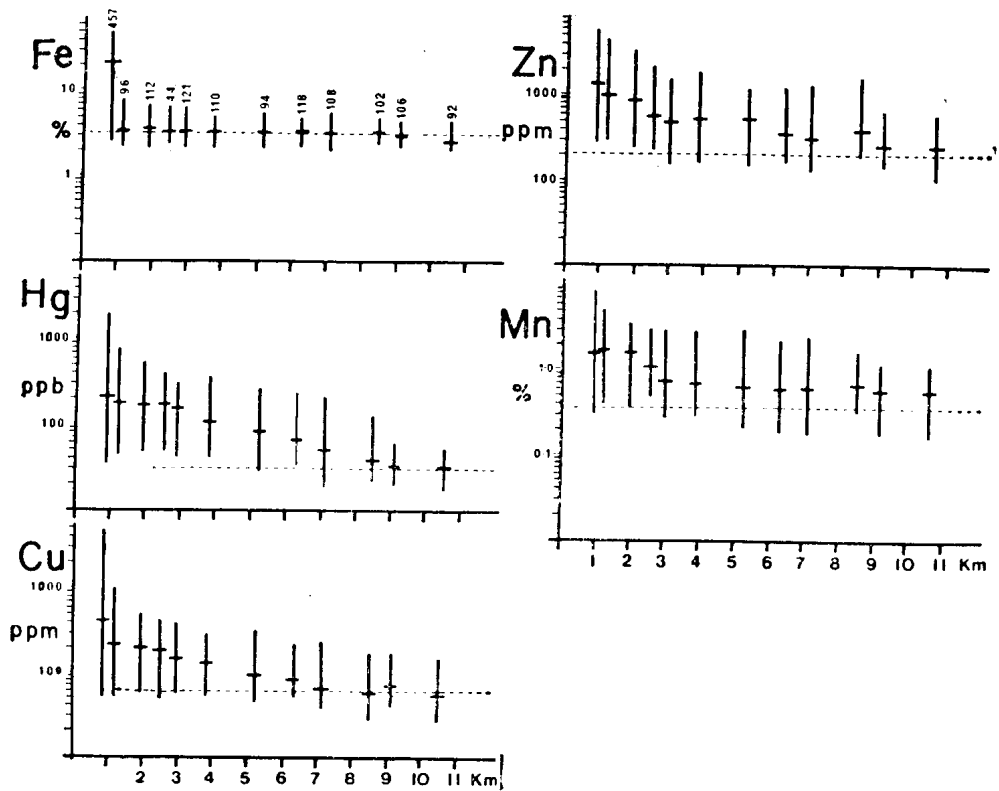


图 25-13 离主要含金属沉积物越来越远时，沉积物岩心中矿石金属的范围(竖线)和平均值(横线)，大西洋Ⅱ海渊
(据Bignell et al., 1976)

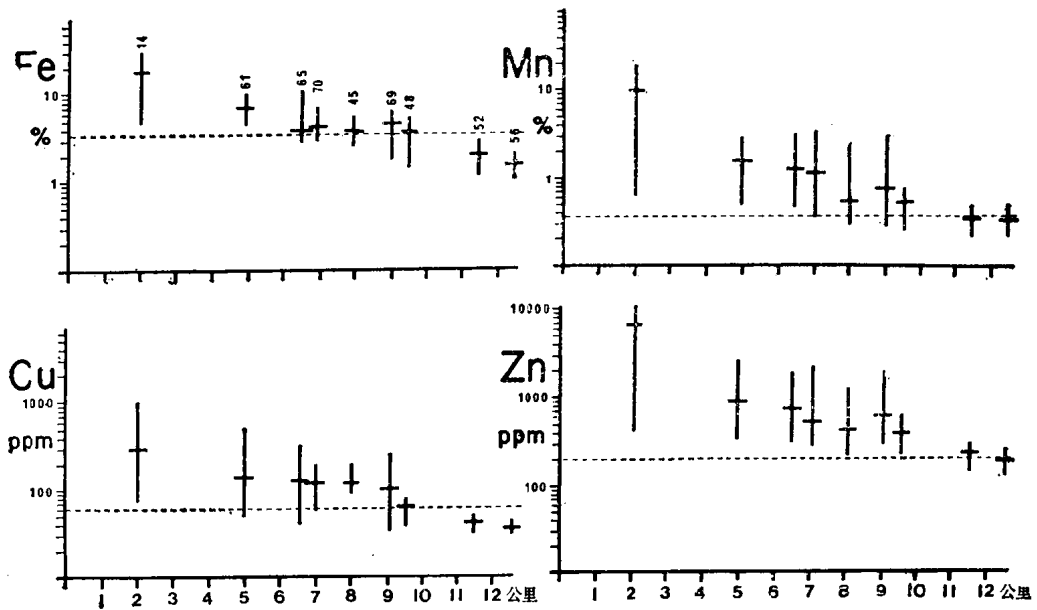


图 25-14 离主要含金属沉积物越来越远时，沉积物岩心中矿石金属的范围(竖线)和平均值(横线)，内勒斯海渊
(据Bignell et al., 1976)