

A21

史元盛 编著

金矿床地质与勘查评价系列丛书

金矿地球物理找矿

中国地质大学出版社

金矿地球物理找矿

史元盛 编著

中国地质大学出版社

金矿地球物理找矿

史元盛 编著

责任编辑 刘先洲 李 平

责任校对 熊华珍

•

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山)

四七一印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

•

开本 787×1092 1/32 印张 9.75 插页12 字数 210千字

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数1—2000册

ISBN 7-5625-0427-X/P·133

定价：2.25元

前 言

《金矿地球物理找矿》，即综合地球物理方法（重力、磁法、电法、地震、核物探及地下物探）在寻找金矿床中的应用，简称为金矿物探。众所周知，地质学、地球物理学、地球化学是地学中的三大支柱，合理应用地质、物探和化探方法是当今解决重大地质问题的基本途径，对于寻找金矿床而言也不例外。金矿床类型繁多，地质情况复杂，需要解决的地质问题多种多样，目前寻找金矿床工作还处于综合信息找矿时代，因此，合理的综合应用地质、物探、化探方法是当前寻找金矿床的有效途径。

70年代以来，在世界范围内出现的找金热潮方兴未艾。自1980年以来，我国也出现了群众性的找金热，随着金矿勘查战略的转移，金矿物探在当前的找金热中再度兴起。到目前为止，我国从事金矿物探人数之多、地区之广、方法之全、成果之显著是前所未有的，同时也充分显示了物探方法在找金方面的优势和作用。但是，物探方法是一种间接找金的手段，有一定的局限性。有少数金矿地质工作者对物探方法在金矿地质工作中的作用和效能尚缺乏全面、系统的了解，甚至有人认为“物探方法能直接找矿”、“某些金矿床中含有磁性矿物或强磁性矿物，磁法具有直接找金的现实意义”，也有人认为“物探方法找金效果不好”，找金应“以化探为主，物探为辅”等等。本书较全面地讨论了物探方法在寻找金矿床工作中的作用和地位，指出了不要单从能否直接找金这一点来衡量，而应从

寻找金矿床的全过程和解决与金矿成矿有关的地质问题中评价金矿物探的重要性、地位和效能。书中强调了在寻找金矿床中，应以地质为基础，地质、物探、化探紧密配合，合理应用、综合分析各种方法所提供的信息，只有这样，才能加速金矿找矿的进程，缩短周期，提高找矿效果。书中还提出了用物探方法寻找金矿床的找矿模式。尽管这种模式不很完善，但可供野外从事金矿物探的人员参考和进一步的研究。

本书由中国地质大学出版社组织编写，在编写和出版过程中出版社的同志多方关心和大力支持。傅良魁教授对本书的编写给予了亲切指导和大力支持，并对全书初稿进行了全面审查，提出了宝贵意见。在本书的编写过程中还得到了应晓建同志支持，在此一并表示衷心感谢。

由于笔者水平有限，经验不足，实际工作不多，书中缺点错误肯定不少，敬请读者批评指正。

编 者

1988.8.

目 录

第一章 概论	(1)
§1.1 黄金资源形势的紧迫性和金矿资源勘查 的战略转移.....	(1)
§1.2 金矿成矿的地质特征.....	(11)
§1.3 金矿床的地球物理特征.....	(17)
§1.4 金矿区物性参数的应用.....	(31)
第二章 地球物理方法在金矿地质工作中的效能	(39)
§2.1 重力勘探在寻找金矿床工作中的效能...	(39)
§2.2 磁法勘探在寻找金矿床工作中的效能...	(54)
§2.3 电法勘探在寻找金矿床工作中的效能...	(69)
§2.4 地震勘探在寻找金矿床工作中的效能...	(98)
§2.5 核物探方法在寻找金矿床工作中的效能	(99)
第三章 物探方法寻找内生金矿床的找矿模式	(107)
§3.1 物探方法寻找内生金矿床的总体模式...	(107)
§3.2 金矿成矿远景预测阶段物探方法的效能	(110)
§3.3 金矿床区域性普查找矿阶段物探方法的 效能.....	(119)
§3.4 金矿床局部地区普查、详查找矿阶段物 探方法的效能.....	(132)

§3.5	金矿床勘探阶段物探方法的效能·····	(157)
§3.6	苏联对物探工作阶段性的划分·····	(163)
第四章	物探方法寻找砂金矿床的找矿模式·····	(168)
§4.1	砂金矿床的形成和富集规律·····	(168)
§4.2	砂金矿区的地球物理特征·····	(175)
§4.3	物探方法寻找砂金矿床的效能·····	(178)
第五章	地、物、化探综合方法在寻找金矿床中的效能·····	(192)
§5.1	概况·····	(192)
§5.2	合理利用地、物、化综合方法是当前寻找金矿床的有效途径·····	(194)
§5.3	地质、物探、化探综合方法寻找内生金矿床的找矿模式·····	(197)
§5.4	地质、物探、化探综合方法寻找砂金矿床的找矿模式·····	(200)
第六章	寻找金矿床的物探新方法·····	(201)
§6.1	压电勘探法·····	(201)
§6.2	地电化学提取法·····	(211)
§6.3	接触式直接找金法·····	(227)
第七章	金矿物探的应用实例·····	(236)
§7.1	山东招掖金矿带物探方法应用的地质效果·····	(236)
§7.2	日本菱刈金矿床物探方法应用的地质效果·····	(262)
§7.3	砂金矿床物探方法应用的地质效果·····	(274)
§7.4	层控金矿床地质填图中物探方法应用的	

	地质效果.....	(282)
§7.5	充电法在围山城金银矿床上应用的地质 效果.....	(290)
§7.6	核物探在寻找火山岩中近地表金银矿的 应用效果.....	(297)
参考文献		(302)

第一章 概 论

§1.1 黄金资源形势的紧迫性和 金矿资源勘查的战略转移

一、黄金资源形势的紧迫性

黄金是人类最早应用的贵金属之一，古代帝王将相用黄金做装饰品和用具，标榜自己的地位和权势。近代则用黄金作为国际贸易中的结算手段和货币的信用基础，其储量、产量的多少和增长速度直接影响着各国政治、经济的发展和在国际上的经济实力及地位。近年来在现代工业技术中黄金用量日增，各国竞相提高黄金的储量和产量。据1984年英国《矿产手册》公布的世界黄金储量为34245吨，资源量为71500吨。储量主要分布在南非、苏联、美国、加拿大和巴西等国，以上五个国家金的总储量占世界总储量的84.3%，其中南非储量最多，占世界总储量的52.7%。近十几年来，由于黄金价格上涨，兑换率很高，黄金正处于有利地位，因而本世纪70年代中期开始的风靡全球的找金热方兴未艾。各国均千方百计强化金矿勘查工作，大幅度增加用于金矿的勘查投资。据报道：美国在金矿勘查方面投资增长速度很快，1961~1981年的20年间，金矿投资

增加了一百倍。金矿在整个固体矿产勘查投资总额内的比例也迅速增加,1961年占0.9%,1971年占7%,1981年占40%,1983年已占55%,超过了固体矿产总投资的一半。1961~1983年的23年间,用于金矿勘查的总投资为14.5亿美元,共发现40~50个金矿床,总含金量为1446吨。加拿大用于金矿勘查投资也逐年增加,据美国公司人员推测,1983年加拿大金矿勘查投资已占金属矿产总投资的65%。80年代以来,加拿大每年用于金矿投资达1.85亿加元以上。据加拿大能源矿业资源部统计,1961~1982年加拿大发现的金矿至少有90个,总含金量约为2488吨,其中最重要的有安大略省的赫姆洛金矿,储量约590吨。

80年代以来,世界金矿在产量、需求量上都不如70年代头几年,看来在世界范围内70年代为黄金的高峰时期。80年代以来,世界黄金产量、需求量与70年代相比都减少了,因而价格下跌。尽管如此,由于黄金至今仍是国际贸易结算手段和货币信用的基础,因此世界各国对黄金的兴趣仍有增无减,竞相增加黄金的储备。根据国际货币基金资料,1984年美国黄金储备为8220吨,西德(联邦德国)为2925吨,瑞士为2603吨,法国为2559吨,意大利为2084吨,荷兰为1371吨,比利时为1069吨,苏联估计为1866吨。一个国家黄金储备的多少反映了其在国际贸易中的实力和地位。

目前,我国的黄金资源处于“等米下锅”状态,我国公布的黄金储备数字为400吨,与上述国家比较相差很远,显然与我国的国际地位是很不相称的,远远不能满足我国四化建设的需要,目前我国已探明的黄金储量绝大部分已被利用;一些正在开采的矿山资源不足,资源危机局面亟待解决,据黄金局对××个国营矿山统计,有×个矿山资源枯竭,即将关门,还有

×个矿山资源危急，工业储量不足五年使用。1975年以来，我国政府对黄金地质工作十分重视，制定了一套促进黄金生产的办法、政策，增加投资，使黄金生产得到较快发展。据1984年统计，我国探明储量超过千吨，占世界第四位。1981年我国黄金产量占世界第九位；1984年占世界第六位，但产量仅占世界黄金产量的2.4%，超万两县有14个。但是，目前我国金矿无论是储量还是产量都是很少的，黄金资源的形势很紧迫。因此，我们必须在当前改革、开放的大好形势下，大力加强黄金矿基础地质工作，采用综合找矿手段，开阔思路，勤奋工作，尽快扭转我国黄金生产的被动局面。

二、黄金资源勘查战略方针的转移

我国认识和利用黄金历史悠久，根据许多出土文物考证，我国在夏商时期就认识并加工金矿物，而且技艺十分高超。世界采金也已有几千年历史。从古代到本世纪初，人们寻找金矿床主要是应用单一的地质方法或手段，找到了大量的地表露头金矿或埋藏较浅且地表有显示的金矿床，为人类社会发展和文明做出了巨大贡献。迄今，地质方法或手段仍然是人们寻找金矿床的主要手段或基本手段。但是，随着金矿勘查工作的日益深入和金矿地质研究程度的不断提高，露头金矿大部分已为人们所发现和开采利用，而未被发现的露头矿愈来愈少，因此，除了继续寻找未被发现的露头矿，尤其是新类型金矿床和砂金矿之外，人们不得不把深部隐伏金矿床作为主要的寻找对象，使得找矿难度愈来愈大，成本愈来愈高。在这种情况下，仍然使用单一的地质手段寻找金矿床已不能完全适应当前金矿地质所面临的新形势和艰巨任务。

目前,金矿勘查战略已发生明显转变:即由寻找露头矿转向寻找深部隐伏金矿床;由寻找易辨的常规类型金矿床转向寻找难辨的新类型金矿床;由寻找单个金矿床转向寻找成矿区、成矿带。就找矿手段而言,要加强综合信息找矿;加强理论找矿;加强间接找矿。所谓综合信息找矿,即综合利用地质、地球物理、地球化学、遥感等方法,对所获得的各种资料和信息进行综合分析研究,选择有希望的找矿远景靶区或勘探靶区,通过在靶区中进一步工作探明金矿床或金矿田。理论找矿则强调用地质理论指导,建立成矿模型进行推断,寻找深部盲矿和难以识别的新类型金矿床。理论找矿同样需要综合信息。地球物理方法是综合信息找矿工作中必不可少的重要方法之一。

三、国内外金矿物探概况及地质效果

(一) 国外金矿物探概况及地质效果

1. 国外金矿物探概况

国外在本世纪初就已开展了金矿物探工作,目前应用较多的国家有苏联、加拿大、澳大利亚、美国、日本、印度等国。应用的主要物探方法有磁法、重力、电法(航空电磁法、甚低频电磁法、激发极化法、电阻率法和自然电场法等)、地震勘探、核物探及地下物探。各国应用的物探方法的种类和侧重点有所不同。苏联除了应用常规的物探方法之外,还利用航天照片普查金矿;应用压电法普查勘探石英脉型和伟晶岩型金矿床;应用航空和地面核物探方法,主要是航空 γ -能谱测量、井中核物探(中子-中子测井、中子 γ 能谱测井、中子活化测井、 γ 能谱测井和 γ - γ 测井等)。据不完全统计,1973~1981年的九年间发表有关金矿物探的重要文章近50篇。苏联金矿物探工

作者 М. И. Киселев 将金矿物探找矿的全过程分为四个阶段：构造—地质填图阶段；金矿田构造研究；详细普查；初步和详细勘探。苏联在70年代提出了将电法与化探相结合的一种直接找金的新的找矿方法——地电化学提取法，在找矿实践中取得明显的地质效果。

澳大利亚应用的物探方法主要有：磁法（航空磁法和地面磁法）、激发极化法、电阻率法和瞬变电磁法。航空磁法主要是在大面积红土覆盖地区进行快速扫面，寻找与金矿有关的超铁镁质岩层。激发极化法主要用于寻找含金硫化物矿床，地质效果良好。电阻率法主要用于寻找具有高阻特征的石英脉型金矿，地质效果明显。

加拿大应用航空磁法和航空电法进行扫面工作，地面物探则主要应用甚低频电磁法、激发极化法和磁法。根据物探工作结果选择勘探靶区，然后进行勘探工作。赫姆洛（Hemlo）金矿的发现，物探方法起了重要作用。

美国应用较多的物探方法有：磁法、浅层地震和电阻率法等。霍姆斯塔克（Home Stake）金矿在勘探过程中利用了物化探方法，特别是在磁异常变弱的地方寻找探矿工程遗漏的矿体获得良好效果。这是由于赋存金的碳酸盐相或硫化物相含铁建造的磁性比氧化物含铁建造磁性低所致。基于这点重新检查含铁建造分布区的航磁异常对寻找同类矿床具有重要意义。在拜哲山（Badger Hill）砂金矿、怀俄明州提敦县提敦国家森林区砂金矿上，应用浅层地震、重力、磁法、电阻率测深和测井方法取得了较好效果。

日本多用航空电磁法、电阻率法、磁法和重力等。目前日本最大的菱刈金矿床，就是根据航空电磁法异常经钻探工程发

现的。

此外，印度、尼加拉瓜、埃及等国均不同程度地应用了物探方法，找到了一批金矿床。

2. 国外金矿物探的地质效果

近几十年来，世界上发现了许多不同类型的特大型金矿，仅80年代以来，世界各国就发现了六个特大型世界级（储量大于100吨）的金矿床，其主要分布如下：

（1）美国金境金矿：储量127吨；（2）美国麦克劳林金矿：储量100吨；（3）日本菱刈金矿：储量120吨；（4）加拿大赫姆洛金矿：储量500~600吨；（5）巴布亚新几内亚波格拉金矿：储量100吨以上；（6）巴布亚新几内亚希尔岛金矿：储量100吨以上。

上述六个巨型金矿中，日本的菱刈金矿和加拿大的赫姆洛金矿在发现和勘探过程中，物探方法起了重要作用。例如，日本菱刈金矿的发现航空电磁法起了决定性的作用。I.N. Johnson曾发表了一篇文章，题目是《菱刈金矿是航空电磁法发现的》。该矿区早在日本藩政时代就已发现浅部金矿，断续开采，60年代浅部金矿已经采完。地质学家预言，若能采用先进手段搞清深部地质构造，有可能找到深部隐伏金矿床。1975~1979年间进行了重力测量、航空电磁法和地面物探测量，查明了深部地质构造，后经3个钻孔验证，孔孔都打到了高品位金矿脉。一个世界级特大型金矿床被发现了，这是日本目前最大的金矿床。

加拿大赫姆洛金矿是80年代以来发现的六个世界级大矿中最大的一个。它是由多个公司同时勘探的，为了加速金矿床的勘探进程和提高地质效果，各个公司除进行地质踏勘、地质测

量工作外，均首先开展物探工作。例如，科罗纳勘查公司1980年开赴该区后，首先进行了航空电磁法和磁法测量，根据磁异常选择出进一步勘探靶区，经钻探后发现了赫姆洛金矿床的东矿体。拉克矿产公司1981年7月开赴该区，进行了踏勘性地质填图后，即开始航空电磁法和磁法测量。1981年秋冬两季用甚低频电磁法、激发极化法和磁法进行航电地面检查，根据异常检查结果选择出勘探靶区。1982年验证激发极化法异常时，结果一钻见矿，最后发现了赫姆洛金矿床的B矿带和C矿带，即赫姆洛金矿床的西矿带。有人在该矿区勘查历史中这样写到：“在赫姆洛金矿床勘查过程中，某些物化探方法是行之有效的。可用激发极化法圈定靶区，然后对每一个异常区用钻探进行验证，这就是拉克、诺兰达公司矿产租地迅速发现金矿带的成功经验。”

苏联著名的穆龙套金矿田的发现，就是首先进行了地质和地球物理测量工作，确定了金矿化产于一定的构造单元和构造接合部位，然后根据金矿与毒砂有密切关系，提出依据砷的地球化学异常找金方案，结果发现了包括穆龙套金矿在内的一系列金矿床。

美国著名的霍姆斯塔克金矿在勘、采过程中利用了物化探方法，尤其是在磁异常变弱的地方寻找探矿工程遗漏的矿体取得了较好的地质效果。又如美国加利福尼亚州内华达县拜哲山地区的第三纪古河道的砂金矿，为了圈定含金层位的深度、厚度和范围，使用了折射地震法、重力法和测井方法，结果节约了40%的钻探工作量。南非维特瓦特兰德金铀砾岩矿床是举世闻名的大型金矿床。该区在未引入物探方法之前，人们只限于寻找露头矿，引入物探方法之后，使找矿工作取得重大突破，相继发现了三个隐伏金矿床。此外，在澳大利亚、印度、

尼加拉瓜等国，也不同程度地开展了金矿物探工作，取得了良好的地质效果。

(二) 国内金矿物探概况及地质效果

1. 国内金矿物探概况

我国从60年代初就已开始应用地球物理方法寻找金矿，至今已有近30年的历史。纵观我国金矿物探发展的历史可以看出，金矿物探发展具有以下几个特点：

(1) 起步晚，发展快：

国外本世纪初已开始应用物探方法寻找金矿床，我国仅在60年代初才开始，比国外起步至少晚20年。60年代初，金矿物探力量薄弱，方法单一，多限于在已知矿上的试验工作，例如辽宁省在1966~1967年间，在五龙金矿上就是利用电阻率法中间梯度装置追索已知石英脉的延长，寻找与已知石英脉平行的未知石英脉，取得了良好地质效果。

60年代初金矿物探工作刚刚起步，由于众所周知的十年动乱而被迫中断。党的十一届三中全会以后，国家工作重点转移到经济建设方面来，随着我国经济建设的发展和对矿产资源的需要，金矿物探工作再度起步和迅速发展，尤其是1980年以后发展更快，其主要标志是：

i. 金矿物探队伍迅速扩大，全国各地广泛应用。目前，我国地质系统、冶金系统、有色金属系统及武警部队等系统，均有相当一部分物探人员从事金矿物探工作。就地区而言，目前，差不多每个省都有一支金矿物探力量投入第一线工作。我国从南到北、从东到西都遍及着金矿物探工作者的足迹和汗水。

近年来，冶金部在沈阳成立了黄金学院，专门为黄金的勘

探、开采、冶炼培养高级人才。中国地质大学（武汉）成立了黄金研究所，其他一些研究院（所）都成立有黄金研究室等。大力加强黄金矿产资源的勘、采、选、冶方面的科研工作。教学、科研和生产紧密结合，将会大大促进我国黄金地质事业的发展。

ii. 金矿物探方法种类多样、齐全。80年代以来，我国使用的物探方法种类较多，目前国外应用的各种物探方法我国几乎都已应用，其中主要的物探方法有航空磁测、航空电法、地面电法（激发极化法、电阻率法、自然电场法、充电法及甚低频电磁法等）、地面磁法、重力、浅层地震、地下物探、核物探、x荧光法、地电化学提取法等。压电法正在研究之中。

iii. 地质、地球物理、地球化学紧密结合，取得了较好的地质效果。

（2）国家对黄金地质工作很重视，制定一套鼓励黄金事业发展的方针政策。

十年动乱之后，国家对黄金地质工作十分重视，自1975年以来，国务院曾多次召开黄金工作会议，研究黄金的勘、采、选、冶问题，制定了鼓励黄金生产的方针政策。专门成立了黄金办公室，加强管理，深化改革，增加投资，大力促进黄金生产工作。

2. 国内金矿物探的地质效果

近十年来，在国家的大力支持和广大金矿地质工作者的辛勤劳动下，发现了一批大、中、小型金矿床，增加了储量，扩大了生产。在这些矿床的发现过程中，物探方法都起到了重要作用。

山东物探队自1960年以来，在胶东地区进行了长期的、大