

金矿的地球物理勘探综述

曲 赞

(中国地质大学·武汉)

摘要 物探方法作为间接找金手段,目前越来越受到人们的重视。本文根据各种物探方法的特点,综述了国内外金矿物探的发展状况和应用效果,并结合一些实例阐述了物探方法在金矿勘探各阶段的必要性及有效性。最后,笔者提出了如何提高金矿物探地质效果的若干想法。

关键词: 金矿; 地球物理勘查; 综述

尽管金本身具有无磁性、高密度($19.3\text{g}/\text{cm}^3$)和高导电率($5 \times 10^7\text{S}/\text{m}$)的物理性质,但是,由于其在地壳中的丰度极低,在天然或人工场的作用下,不会产生用现有物探仪器能观测到的明显的地球物理场变化。因此,不论是空中的还是地面的任何物探方法,要达到直接找金的目的都是不大可能的^{〔1〕}。然而,金矿床的形成、富集过程并非是孤立的,它与当时的地质构造、岩层、岩体及周围环境密切相关。这主要表现在赋金岩矿石成分、特有的矿物共生组合、特殊的地层标志层及空间上的构造控制等方面。而正是这些相关因素与相邻岩石单元间存在的明显物理性质差异,提供了指示金矿床存在的地球物理场变化的信息,使得物探方法间接找金成为可能。由此可见,物探方法只能作为寻找金矿床的一种间接手段。

通过多年来的实践证明,物探方法作为一种间接找金手段效果较好。特别是在国外,出现了一些使用物探方法找到大型金矿的成功实例。在我国金矿种类繁多,并具有与国外主要类型金矿相似的地质条件。因此,我们有必要吸收国内外使用各

种物探方法找金的成功经验,进一步提高我们物探工作的地质效果。

本文将综合介绍国内外各种物探方法找金的发展及应用效果。并根据每种物探方法的特点,提出金矿勘探各个阶段应投入的有效方法。

一、磁 法

磁法是金矿勘探中最常用的物探方法,特别是航空磁测,由于其具有速度快、成本低的优点,历来受到一些产金国的重视。目前美国、加拿大、澳大利亚、芬兰及日本等国在金矿田的普查、勘测的初级阶段均利用航磁开展工作。例如加拿大较大的鲁平金矿,就是利用航空磁测发现的^{〔1〕}。澳大利亚全国范围内的小比例尺航磁编图结果表明,西澳大利亚许多金矿与具磁性的基性、超基性岩有关。在该地区十个最大的金矿床中,除一个外,其他均在1/25万航磁图上有所显示。澳大利亚西方矿业公司还在该区Mt.Magnet绿岩带上发现了几个金矿体,母岩是20米厚的铁质层。他们还利用航磁资料预测了条带铁质层的走向、延伸和倾向。史密斯

(Smith) 等人根据航磁数据编制了澳大利亚维多利亚地区古水系分布图来预测追踪金矿田的分布范围⁽²⁾。

近年来, 加拿大首先使用了航磁水平梯度测量来进行金矿床普查, 并在西魁北克地区, 依据金与闪长岩的内在关系, 用梯度测量圈定闪长岩的范围, 进而使找金取得了良好的效果。由于梯度测量具有消除地磁场日变化和区域场变化的影响以及使近地表浅源异常突出等优点, 芬兰和澳大利亚等国也相继在进行这方面的尝试⁽²⁾。

总之, 要想利用航磁获得更详细的金矿地质信息, 首先要采用高灵敏度的仪器, 选择较小的线距 (小于 250 米) 和尽可能低的探头高度。

地面磁法可以用来圈定与金矿成矿有关的石英脉和各种岩脉的位置和分布范围。因为这些脉状体是找金的标志层, 有时脉状体本身就是金矿。例如西非加纳某矿区的含金石英脉就处于有磁性的绿岩带中, 磁测表明, 在绿岩带磁场特征变化明显之处和被构造切割之处出现了金矿化。有些与黄铁矿、磁黄铁矿共生的金矿, 用磁法不但能寻找和圈定伴生金矿的范围、埋深和大致的产状, 还可通过理论计算来确定金矿床的空间赋存状态和寻找盲矿体, 为工程验证提供依据。例如美国怀俄明州提敦国家森林区金矿, 就是用磁法成功地圈定出了磁性矿物的高集带, 由电阻率测深法确定出含金砂砾层厚度的。加拿大阿比提比金矿位于局部火山杂岩地区, 大部分靠近绿岩带中强磁性地带边缘, 矿体的赋存位置就是根据磁异常强度明显变化的地方确定的。

二、电 法

电法的种类很多, 可根据不同的地质

任务和条件具体选择。国内外在金矿勘探中主要应用的方法有:

1、电阻率法

电阻率低的地区往往是硫化物矿物、石墨或盐类覆盖层所引起的, 有时可见少量硫化物矿物或石墨与金矿床有关, 如加拿大安大略的迪图尔湖金矿。我国胶东的焦家式金矿主要赋存于构造断裂带中, 并与硫化物矿物共生, 金与硫大致呈正消长关系。在该区已进行了大面积的电阻率法测量, 并圈出了许多不同规模的构造断裂带和硫化物矿化带与富集带, 从而进一步确定了金矿床的赋存空间和可能的产出位置⁽³⁾。另一方面, 高电阻率带也可能是与金富集有关的近地表硅化带的标志。在北美, 电阻率填图可以反映硅酸蚀变的型式, 高电阻率区可以确定为地表钻探的靶区。西方矿业工司在澳大利亚维多利亚应用电阻率法来确定远景区的玄武岩厚度。为了进一步的金矿勘探, 加拿大先达利公司专门为澳大利亚因广泛分布电导性覆盖层而发展了磁电阻率法。

2、激发极化法

激发极化测量是近些年来才用于找金的。加拿大发现的金矿大多数与金属硫化物伴生, 硫化物通常是黄铁矿或毒砂, 偶尔也有磁黄铁矿, 利用激发极化法效果良好。当工作地区存在中等导电性覆盖层时, 可采用传统的偶极-偶极、单极-偶极或梯度等各种排列的频率域和时间域激发极化法。在尼加拉瓜利用时间域激发极化法和磁法圈出了受热带风化作用蚀变的第三纪火山角砾岩中含金的浸染状黄铁矿和闪锌矿, 而未蚀变的玄武岩可以从磁场图上辨认出来, 其反映为高电阻率, 而大多数的主要矿带为低电阻率。对小的局部矿体来讲, 偶极-偶极排列的效果要比其他几种排列好, 因此值得推广, 并注意选择较短的电极间距⁽¹⁾。

频谱激电法应用时间常数具有进一步分辨矿体的优点。频谱包括六种或多种频率的振幅谱和相位谱。在加拿大赫姆洛金矿的测量表明,凡有金矿出现的地段,激发极化谱的时间常数似乎都比较大。韦伯斯特和约翰逊(Webster & Johnson, 1985)应用时间常数在加拿大各种火山岩矿床上进行地质填图,用来发现较细颗粒的浸染状硫化矿床⁽¹⁾。

3. 电磁法

电磁法测量用于与金伴生的块状硫化物、破碎带中的导电性断裂和高阻的硅质岩石。澳大利亚一些金矿床就是与半块状一块状的硫化物伴生,因而采用电磁法成为明智的选择。早在1937年北澳大利亚探测队就在威卢纳地区做过电磁测量,使用的是长发射电缆,频率为300和600赫兹。这种早期工作主要是用于确定主要的断裂带,因为这些断裂切断了与金矿化有关的火山岩。甚低频是一种快速的电导率填图方法,用来寻找破碎带和蚀变带。此方法在北美应用的较普遍。

此外,航空电磁法在找金方面的作用也不能忽视。加拿大安大略的迪图尔金矿在勘测中,首先用空中INPUT电磁系统圈定出硫化物块体范围,然后确定工作靶区,进而达到找金的目的。日本金属矿业协会委托加拿大先达利公司于1979年在日本的菱刈地区进行直升机载吊舱式频率域电磁系统测量。工作频率735和3220赫兹,探测器离地高度40米,测线间距250米。由实、虚分量响应值,根据均匀大地模型反演计算视电阻率值,并按1/2.5万比例尺成图。依据图中指示的低阻带位置,首先布设了3个钻孔,结果均见到高品位的金矿脉。之后,加密钻探,在18个钻孔中,金的含量与开始的3个钻孔几乎一致。预计金储量达120吨,一举成为日本的特大型金矿⁽⁴⁾。

实践工作表明,空中甚低频电磁系统与航磁或航电系统组成综合站进行地质普查,经济而有效。该方法在北美用来确定硫化物块体范围或高阻带,明显的高阻带很可能预示着近地表存在与金有关的硫化带。不过鉴于甚低频系统具有较高的工作频率(20千赫)和较小的穿透深度,在有高导性盖层区应慎重使用。

三、重力法

目前在金矿勘探中虽然使用重力测量没有磁法测量普遍,但重力测量的作用不可低估。南非威特沃特斯兰德金矿的发现,重力测量起了决定性作用。该矿的分布与构造盆地型式和基底花岗岩穹隆有关。金矿处于穹隆之间的高地上,为冲积扇和扇形三角洲。采用重力和磁力法清楚地反映出了该盆地的基本特征,从而进一步控制了金矿的范围。澳大利亚用重力测量成功地在卡尔根(Culgong)地区寻找出被冲积物覆盖的第三纪含金水系沉积物。美国在加利福尼亚用重力法寻找被覆盖的早第三纪水系,并研究水系中的含金砾岩也取得了成功。

金矿地质研究者认为,许多重要的金矿带或金矿化带的分布受深大断裂的控制。例如苏联东部一些重要金属矿带分布在莫霍面落差大的变异带上。我国河北、河南等省根据物探资料建立了深部地壳模型,分析了深部构造与成矿的关系后发现,这些地区的主要金矿带出现在莫霍面的变异带和深大断裂带附近。小秦岭金矿带处在莫霍面变异带与东西向延伸的深断裂交汇处,或东西向断裂与北东向断裂交汇处。国内外的实践表明,在金矿远景区预测中,了解莫霍面的埋深、变化特点和地壳厚度是很重要的。而这些问题的解决主要靠重力测量和航磁测量这两种物探方

法⁽³⁾。

四、地震和雷达反射法

地震和雷达反射技术在解决金矿地质构造问题方面效果较好。在南非,研究人员采用该技术圈定了威特沃特斯兰德盆地中与金矿有关的深部反射界面。在北美和澳大利亚一些地区,使用地震折射法来圈定与砂金矿有关的埋藏古河道。近年来,他们又开始应用地震反射法和雷达技术来探测金矿。他们将雷达发射天线安装在地面上,并成最大的地面耦合,因为这样可以穿透厚达 30 米的砂石和砾石层。

最近在西澳大利亚泰尔费 (Telfer) 地区成功地进行了用于寻找金矿的高分辨率地震反射法实验。其工作任务就是确定断裂及古河道的位置⁽³⁾。

实验证明,用浅层地震方法可以获得河床下基岩的起伏、河流底槽的形态和规模以及基岩中的地质构造、岩性、地层等信息,从而进一步了解其与砂金矿富集的关系。

五、测井

金矿测井技术是金矿勘探的手段之一,常用的方法有电阻率、自然电位、自然伽马、自然伽马能谱、激发极化、磁化率、井温等。它们可以提供多方面的地质资料⁽⁵⁾。金矿测井在国外应用比较普遍。例如南非和加拿大已开始用小口径金刚石钻孔进行深部测井,用以确定交叉的矿化带。早在 1951 年辛普森 (Simpson) 就开始在南非奥兰治自由邦省金矿应用区域放射性测井来揭示和确定威特沃特斯兰德系中含金和含铀砾岩的分布。

加拿大于 1983 年在蒂明斯地区利用伽马射线谱测量、激发极化和电阻率测井法

获得了钻孔附近的岩石物性变化的资料。

苏联 1984 年开始对井中测量的压电效应进行实验。加拿大还于 1983 年在贾恩特耶洛奈夫 (Giant Yellow Knife) 金矿做过激电测井,效果较好。在 8 千赫频率时,含金石英透镜体中所产生的信号,与实验室中石英样品所产生的压电信号相似。近来澳大利亚发展了由 3 个正交的磁通门磁力仪构成的井中磁力仪系统,用来寻找滕南特克里克金矿的含金磁铁矿矿体⁽¹⁾。

金矿测井在我国使用的还不多,目前还处在发展阶段。但可以借鉴石油、煤田测井的经验,进一步指导金矿测井。

六、卫星图象和航空扫描

卫星图象技术是一门促进采金工业发展的新技术,它的主要作用是为地质填图提供详细的信息。尽管有些卫星资料的分辨率较低,但也能对区域地质构造填图提供资料。一般陆地卫星都包括几个波段的多光谱扫描,有的卫星上还有热红外频道,这些装备可进一步改变资料的清晰度。

卫星图象的解译,需用计算机将此处理成彩色合成图象。在这些合成图象上,较小的变化可以反映出地质上极大的差异。另外,多光谱扫描合成的彩色图象(假彩色),在一般性的地质填图中很有用,比单一波段提供的信息量大得多。经过专门图象处理,还可增强构造上的差异,能够识别出与金有关的蚀变带、线性构造带及破碎带⁽¹⁾。

七、白钨矿发光法

许多金矿都与白钨矿有关,例如加拿大苏必利尔的阿比提比金矿带、印度的科

拉尔金矿、津巴布韦的绿岩带以及西澳大利亚的金矿。白钨矿是一种用肉眼很难鉴别的矿物，人们只能通过它发出的荧光来识别。

加拿大先达利公司已开发出在白天条件下可探测其发光的荧光仪器。该项技术是根据一个紫外线源所产生的时间分解光(发光寿命)效应设计而成的，用来探测含白钨矿的各种矿床^[1]。

八、结束语

多年来的找金实践证明，物探方法可以解决工作地区深部构造格架、岩层、岩体的分布以及金矿分布与构造、岩层、岩体之间的关系等问题，并能圈定矿源层、矿化带及硫化物矿物富集带，以及在被覆盖区进行地质填图，从而达到找金的目的。上述的几种物探方法都有各自的特点，至于哪种方法能够成功，在很大程度上取决于含矿母岩和构造的性质，因此要

认真考虑不同的地质条件和工作任务，针对具体情况投入有效的物探方法。在地质条件复杂的地区，可考虑采用综合物探方法进行勘测。同时还要求金矿物探人员和金矿地质工作者紧密配合，进一步提高物探资料的解释水平。

参考文献

- [1] Hugh A. Doyle. Geophysical exploration for gold—A—review. *Geophysics*, 1990, Vol.55, №2, pp.134—144.
- [2] I. M. Johnson. The Hishikari gold deposits: an airborne EM discovery. *CIM Bulletin*, 1985, Vol.78, №.876, pp.61—66.
- [3] 史元盛. 金矿物探的特点及效能. 《地质科技情报》, 1988年, 第2期.
- [4] 徐龙强. 国外航空物探找金综述. 《航空物探技术》, 1988年, 第2期.
- [5] 周远田. 金矿测井. 《地质科技情报》, 1990年, 第4期.

