第十四卷第三期 物 探 与 化 探 Vol. 14,No.3
1990年6月 GEOPHYSICAL & GEOCHEMICAL EXPLORATION Jun., 1990

我国固体矿产物探现状与展望

孙 文 珂
（地质矿产部勘查技术司）

摘 要

文章在分析了固体矿产形势之后指出我国普查找矿任务很大，而历年我国物探找矿效果也较好。我国物探技术水平与国外比虽有差距，但有自己特色，一些方面达到了国际水平。

为适应找隐伏矿、深部盲矿、难识别矿及新类型矿的需要，要把物探推进到新的发展阶段，即第二代物探阶段。第二代物探是使用先进水平的方法技术，运用目标物地质-地球物理模型指导整个工作的思路，系统地开展好物探工作，以解决更多更复杂的地质问题。文章指出第二代物探的五个方面要求及特点。

为了实现第二代固体矿产物探的目标，方法技术要有较大进步和有突破性进展。文章提出了十二个应开展的研究课题，涉及方法的改进和提高；新原理、新方法、新参数的研究；综合方法运用的研究等三大类课题。

一、国内外固体矿产地质工作的需要

（一）自80年代以来西方国家固体矿产勘查随着矿业的衰落也出现了不景气，美、加、澳等国用于固体矿产勘查费用在80年代初下降之后，近年有所回升，主要的原因是金矿的勘查占有重要比重。

同期苏联的矿业和地质勘查一直在发展。除1981—1982年以后增长率稍有下降，但总的是逐年增长，1987年和1988年计划增长率又有提高。1980年全苏地质勘查投资56.53亿卢布，1985年增加到72.01亿卢布。

西方固体矿产物探1985年比1984年减少了49%，1986年又略有回升，比1985年增加20%，1987年微有增加（表1）。由表中可见油气物探下降得也很多，水文、工程、环境物探方面的工作在这期间也未呈现上升之势，据知金矿物探是个例外；工作量一直在增长。

最近加拿大能源矿业资源部矿产政策处发出警告：矿业界过分强调黄金正在危及加拿大贱金属工业部门90年代中期以后的生存，必须加强贱金属矿产勘查，尽快找到可赢利开采的大矿床。以铜、镍、铅锌矿为例，加拿大的储量在1982—1987年的五年内分别下降21%、19%和24%。因此加拿大地调所矿产资源处的彼得胡德在其1988年的年评中提到了贱金属的价格在回升，他说“随着贱金属价格的增长，对具有深穿透力的时域地面电磁测量的需求也增大了，特别是在矿石储量不足的地区”。因此，我们可预见在下一个十年将再次兴起找贱金属矿的活动，届时物探将担负起找隐伏矿、盲矿的务任。

苏联在前一个五年计划（1981—1985）用于金属矿物探的直接费用增加35%，达到固体

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 西方地球物理勘查投资情况 （单位：万美元）

年份	石 油	固体矿产	环 境	工 程	地 热	地下水	海 洋	科 研	总 计
1980	220704	5369		1501	633	447	554	1019	300226
1981									
1982	406614.0	3900.5		2419.2	1093.4	247.6	917.6	1595.5	416787.8
1983	349677.1	4844.3		2764.3	799.2	153.8	597.6	894.4	359730.7
1984	342055.0	4416.0		1629.0	158.0	81.0	876.0	1341.0	350556.0
1985	295536.0	2238.0	359.0	687.0	127.0	168.0	922.0	2720.0	302757.0
1986	184071.4	2686.3	275.5	1071.6	114.9	225.5	357.0	1386.3	190188.5
1987	140562	2690	63	1091	113	179	176	1039	145912
1988	146176.7	3937.5	70.8	1389.9	321	251.1	414.1	2118.6	154679.8

矿产地质勘查工作投资的15.9%。在1986—1990年期间物探投资还要增加。最近考察时得知固体矿产物探占固体矿勘查总投资额比重较大（铁矿可达30%，有色金属为18～24%）。

（二）中国的情况与西方和苏联均不太相同。中国的矿业一直是发展的，几种主要矿产量逐年增加，而且随着四化建设的发展，对矿产品的需求将会更多。这就促使地质普查找矿要有不断的新发现。以有色金属矿而论，我国虽有较大储量，但需要更大，每年由国外进口的铜等有色金属矿产品所用外汇很大。国内的铜矿储量虽多，但基本已安排开采和新建矿山，现有储量满足不了到2000年所需；一些铅锌矿也急待找到接替矿山；铬、钾盐、金刚石均属急缺矿产。当前金、银矿储量并不多，正在大规模寻找中。我国地质工作面临较重的找矿任务。

二、国内外固体矿产物探找矿效果

（一）近年来国外新发现的几处大型重要矿床，不少是综合运用物探化探后发现的。在找深部盲矿时物探的作用十分突出。

例如澳大利亚根据重、磁和电磁法资料在阿布拉找到铅铜重晶石等铅锌矿盲矿。爱尔兰运用综合物探（电法和重力）检查化探异常在深处打到多金属矿。加拿大根据航空磁测及电磁法、地面磁测及激电法找到了通德拉金矿。加拿大根据航空电磁法和磁法进行覆盖区的填图并对地面电磁法异常进行检查发现了戈尔登庆德带金矿。日本菱割金矿深部大矿也是根据重力和电磁法的结果发现的。

在近十年中苏联约有65%的有色、稀有和贵金属以及非金属矿床是用物探方法发现的。所有的黑色金属矿，60%的有色、稀有和贵金属矿和70%的非金属矿在勘探中有效地应用物探方法。有62%矿床上的物探结果被用于苏联国家矿产储量委员会批准的储量报告中。

（二）近年来我国物探在发现多金属矿、铜矿和金矿以及煤矿方面效果显著。

我国固体矿产物探的最主要成就是在铁矿和煤矿上，其次是铜矿和多金属矿以及某些非金属矿。以地矿部为例，三十多年来根据物探方法，主要是航空及地面磁测发现的大中型铁矿多达120多处（80%以上的铁矿是靠物探发现或扩大的）；靠重力、电法及地震勘探发现的煤田近20多处；铜和多金属矿数十处；岩盐、天然碱矿多处。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

上一个五年计划期间，物探工作者根据物探异常提出建议验证发现的矿产地140处，其中大中型矿41处，涉及有色贵金属和非金属等矿产。

三、国内外固体矿产物探水平

（一）基础性地球物理调查是衡量地学科技水平的一个重要标志，西方和苏联均较重视全国的基础性地球物理调查。

到1987年底，加拿大的航磁测量（线距800m）已覆盖了陆地70%的面积。美国已完成了全国航磁、航放测量（线距4.8km）。1988年美、加完成了北美1:500万重力和磁力图。

到1985年澳大利亚完成了全国重力测量（平均每10平方公里一个点），航磁测量（线距1.6km）完成了全国75%的面积。

到1985年底巴西完成了航磁测量544万平方公里（占该国国土面积60%），39万个重力点。

到1988年苏联1:20万航磁已全部覆盖国土，1:20万重力已覆盖国土，1:5万航磁覆盖国土70—80%，1:5万重力覆盖国土30%。已编出全国小比例尺重、磁图件。

近十年来，由于计算机技术和其他技术的迅速发展，物探仪器的性能、数据处理、解释推断技术大为提高。有的仪器更新了两三代，由只用单板机控制发展为由微机控制、数字收录、实时处理的多功能仪器。如加拿大先达利公司的CG-3重力仪也实现了数字收录，该公司的IGS-2收录系统配上不同探头可用于磁测、甚低频电磁测量、激电法测量、重力测量等。又如美国宗地公司的GDP-12及GDP-16多道收录系统，可用于时域或频率域激电、复电阻率法、可控源声频磁大地电流法、瞬变电磁法等，增加了解决问题的能力。

室内大型计算机的应用，使得许多复杂的新兴的数据处理和解释方法成为可能。

近年来在方法技术方面虽无突破性进展，但不断有改进。例如浅层地震、跨孔地震、VSP地震技术和井中物探方法发展较快；各类有源电法、地震和声波法解释中的层析技术有较快的发展，探测深度大的电磁测深和激电法设备也有许多进展。

西方物探各种方法的仪器装备和数据处理技术均处于领先地位，特别是石油物探中的地震、测井、大地电磁测深等方法设备更为先进和发达；固体矿产和水文工程物探的重力、磁力测量仪器、各类电磁法、激电法仪器、浅地震仪也较先进，最近还发展了井中雷达技术。在方法的运用上较为灵活，不太讲究系统性和阶段性，特别注意经济效益。

苏联在仪器装备上不如西方，但在固体矿产物探方面做到系统地开展工作，注意综合方法的使用，物探广泛用于各种矿产和矿产勘查诸阶段，发展较均衡，重视资料的地质解释和新原理方法的开发，有的已成为苏联特有的金属矿物探方法，例如接触极化曲线法（КСПК）、人工磁化法（ИПМ）、压电法、大功率的建立场法、井中声波和无线电波法、金属偏提取法（ЧИМ）和正在研究中的脉冲射电法（或叫震电磁辐射法）等。

在找矿思路上，苏联较早提出要运用综合方法、物探方法的作用不仅在于直接发现矿体、矿床引起的异常，即所谓“直接”找矿，而且还要用于研究和了解成矿地质环境和控矿地质条件，即所谓“间接”找矿。近若干年西方物探工作者随着物探普查金矿和其他找矿难度大的矿所遇到的一系列难题，也认识到研究控矿因素物探进行间接找矿的必要性，而且大多数情况下，这些间接的找矿目标物的物性和体积更有利于物探的运用。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

（二）我国物探工作的技术水平近十年来有较大进步。我国也较重视区域性物探工作，到1989年底全国大陆航空磁测共覆盖850万平方公里。其中1:5万航磁达315万平方公里，已编出1:400万全国航磁图。1979年以来全国按统一要求，系统开展了1:20万—1:100万区域重力调查，到1989年覆盖面积近500万平方公里，其中1:20万达175万平方公里，在利用以往资料的基础上，经过半径为166.7km地形改正的1:400万全国大陆布格重力异常图也已编制完成。

在一些成矿远景及重点城市开展的1:5万重力调查达4.5万平方公里，这些重力成果为成矿预测提供了重要依据。

我国在固体矿产方面常用的方法有磁法、电法、重力和放射性，地震勘探法主要用于煤田和盐类矿。其中一些方法用于直接找矿（发现某些矿体、矿床引起的异常），而有一些方法只能用于间接找矿（矿化蚀变带和直接控矿因素等）。主要几个矿种上方法有效性列于表2。从表中可见用得最多的是磁法，其次是各类电法，而重力勘探法占第三位。

表 2 不同矿种上方法有效性一览表

矿种 / 方法	Fe	Cu	Pb,Zn	Sn	W	Ni	Cr	U	煤	盐	石墨	金刚石
磁法	#	#	○	*	*	#	*	*				*
重力	#	#	○	○	○	#	#		*	#		○
自电		#	#			#					#	
电剖面	○	#	#			○	*	○				*
电测深	*	○		○					*	#		
激电	○	#	#	○		#	○	○	○		#	○
电磁法		○	○						○			
放射性								#		○		
地震									*	○		
井中磁测	#	○		○	○							
井中电波	○	○					○					

直接找矿；* 间接找矿；○ 偶然用

用量大的物探仪器已能国内生产，性能普遍提高。例如较适合我国使用的仪器：DWD-1型微机激电仪，CZM-2型国产质子磁力仪（灵敏度1nT），ZSM-4型重力仪（灵敏度0.02mGal），HFS-1型α-卡法数字闪烁辐射仪，DDS-2型地面甚低频电磁仪，JWT-3型井中无线电波仪，微机数字测井仪JXW-1等。

通过引进和部分国内配套，全面更新了航空物探设备，使之达到了第二代水平要求（无线电导航、卫星导航、摄影定位、数字收录，灵敏度0.01nT，总精度可达1nT）；引进了浅层地震仪并发展了相应勘查技术，使工程物探得以开展，最近又开始用国内组装的MP-4地面高精度质子磁力仪（灵敏度0.1nT）装备野外队；主要省区建立了三级计算机体系，某些可程序计算器装备到分队。

我国（地矿部航空物探总队）研制的氦光泵磁力仪达到国际先进水平（灵敏度达到0.01nT），总体上来看仪器性能优于国外同类产品；运用卫星定位等多种导航定位技术成功地实现了外国公司想承包的塔里木盆地的高精度航空磁测；井中无线电波和静电α-卡法等技术已达国际先进水平；我国独立研究并建立的重磁数据处理和解释系统也达到国外同类系统

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的水平。

近两年来完成了几项方法技术的研究和开发，如井中声波透视法技术、井中无线电波法层析处理技术；电磁测深和高频地震研究铜陵地区金属矿构造；煤田数字测井定量解释技术；微机瞬变电磁仪的研究成功等均有较重要的实用意义和较高水平。

对找矿思路的问题已经引起注意，开始探索“直接”与“间接”找矿并举的路子，另外在建立矿床的地质-地球物理模型方面也已开始工作，在各类成矿预测中进行了试点。

四、我国固体矿产物探面临的问题

物探面临的最主要问题是客观上面临找矿难度大的形势，而物探的找矿战略思想、找矿方法技术和设备人员的素质与找矿难度大的形势很不相适应，另外，投入的资金也远满足不了需要。

地质工作自70年代中期以来，随着国民经济发展重点的转移，固体矿产的地质任务已由重点找铁矿转向各类矿产，特别是贵金属、非金属矿和有色金属、稀有金属矿；我国东部和西部一些地质工作程度较高的地区，地表矿和浅部矿愈来愈少，地质和物探均面临找隐伏矿、低品位矿和肉眼难识别矿的任务，找矿难度加大了。另外矿区勘探中研究复杂构造、圈定复杂矿体和了解小断层等勘探问题，也给物探增加了难度。

许多矿产，特别是贵金属矿、稀有金属矿和大量的非金属矿的矿体本身与围岩不具有磁性、密度、电阻率、极化率和放射性等物性的差异，物探不能发现由它们直接引起的异常；当一些与围岩有一定物性差异的有色金属矿、少数稀有金属矿和贵金属矿以及某些非金属矿的矿体埋藏较深时，现有的地面物探方法也较难于发现它们引起的异常。上述两种情况是物探遇到的找矿难度加大了的技术实质。

在这种形势下，物探工作者的找矿思路要突破物探“直接”探测矿床、矿体为目标的“直接”找矿模式，要开拓物探“间接”探测与矿床、矿体有直接联系（时空关系和物质的共生关系）的地质体(如含矿岩系、控矿构造、控矿侵入岩体、蚀变带等)为目标的“间接”找矿的路子。虽然在“间接”找矿方面已有起步，开展了不少工作，但我们尚未建立起有效的“间接”找矿体系—不同类型矿床上物探“间接”找矿标志和发展、研究出有效的方法技术（例如能进行立体填图的地震、电法的有关方法技术）。

对于可以“直接”找的深埋矿产也缺少适用的仪器和有效的方法技术，例如能探测深部矿的地面电法、能找井旁及井底盲矿的多种井中物探方法。另外也尚未探索新原理、新参数的方法以便用于找某些现在尚无法直接找的矿种和埋深较大的矿。

最近几年由于地质界的找金热，使地质工作的相当一部分投资转向金矿，而物探不能直接发现金矿线索，因此大比例尺物探工作减少了，出现了物探力量有过剩的“假象”。这种情况将随着找深部矿迫切程度的增加和技术的进步而得到改变。

五、我国固体矿产物探的发展战略及目标

1．为适应找隐伏矿、深部盲矿、难识别矿及新类型矿新形势需要，物探找矿的技术思想应该是：围绕找矿目的，积极采用较有效的方法进行“直接”找矿，大力探索和开辟“间接”找矿的路子，特别当矿体不足以产生为现有技术所能发现的异常时更应着力发挥“间

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

接”找矿的作用，积极开展中大比例尺矿产预测，利用区域物探资料系统研究区域成矿规律；充分发挥物探在地质详查和勘探阶段中的作用。

物探的技术发展战略是：依靠科技进步，把物探推进到一个新的阶段，也就是第二代物探的阶段。

第二代物探是使用先进水平的方法技术，运用目标物地质-地球物理模型指导整个工作的思路，系统地开展物探工作，以解决更多更复杂的地质问题。

第二代固体矿产物探的目标是物探在地质勘探工作的各阶段发挥重要作用。主要是在矿产普查的宏观决策中发挥作用，在找深部矿、隐伏矿时发挥作用；促进合理部署地质工作，缩短各类地质勘查的工作周期；提高钻探命中率和有效性，降低勘查工作的总成本。

第二代固体矿产物探主攻方向是找有色金属矿、贵金属矿、稀有金属矿和某些非金属矿，特别是它们的深部矿和隐伏矿；围绕这些矿开展中大比例尺矿产预测；解决详查和勘探中的地质问题。

2．第二代固体矿产物探的要求及特点

（1）要有较多的实用而先进的方法技术和设备，提供多种选择。航空、地面和井中物探根据自身的特点，采用电子计算机技术和其他先进技术，使方法技术和设备实现数字化、多参数、高精度、高灵敏度、高分辨率。航空物探采用高精度（磁测总精度达1nT以内）、数字收录的综合站，实现仪器导航定位和自动成图等要求；地面磁测工作精度达到1nT，根据需要进行梯度观测，逐步实现高精度分量测量；重力观测精度达到$10\times10^{-8}m/s^2$，工作精度可达$50\sim100\times10^{-8}m/s^2$，根据需要实现梯度测量；电法实现多功能系列化（时间域、频率域激电法，时间域、频率域电磁法，大小功率配套，天然场与人工场配套，形成系列产品）；井中物探形成系列化（数字化、高精度井中磁测、激电、无线电波、声波和电磁法形成系列化产品）；高频数字地震技术广泛用于固体矿产构造的调查。更重要的是开拓新参数、新原理的物探方法，提高物探方法解决地质问题的能力。虽然这一目的难度很大，一个新方法的出现并成功地用于实际勘查周期较长，但它是物探科技工作者必须努力奋斗的目标，是物探能不断有旺盛生命力的关键所在。当前我国固体矿产物探可供选择的方法不多，探索新原理、新参数方法的研究较少。

（2）用目标物的地质-地球物理模型指导整个工作。此处所说的地质-地球物理模型是勘查目标及其周围地质体的地质、地球物理特征现象综合到一起的抽象图式或图表。用它的有关方面指导整个勘查工作，以正确确定工作任务和合理选用工作方法（包括物探的方法、观测技术和数据处理、解释方法等）。为此，要建立起各类地质任务中目标物的地质-地球物理模型。

（3）物探要系统开展（在一个地区尽可能由小比例尺做到大比例尺），在各个阶段（区调、普查到详查、勘探各阶段）充分发挥作用。由于根据物探成果能对不同工作阶段的目标物做出预测、提出看法，因而物探工作本身有可能逐阶段提出下一阶段的工作选区及任务，因此物探要系统地开展工作。在一个地区系统地开展工作，使得有可能系统了解一个地区内的地质、地球物理特点，系统掌握各级别目标物的特点，以便更好地发挥物探的作用，提高效果，选用合适的方法技术还能较好地解决地质详查、勘探中的问题。这既是地质工作的需要，也是物探方法技术上的需要和可能。为做到这一点，要避免零打碎敲地部署工作，要建

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

立优化的工作程序和找矿的战略思想，要做好资料的综合研究，能提出有根据的预测意见和见解。

（4）地球物理解释工作应合理选用确定性的和统计性的解释方法，并有机地结合；各方法要进行综合解释，以便从各个侧面研究同一问题。当目标物能反映出足够强的异常现象并能有唯一定性解时，应用确定性的解释方法是可能的。当目标物异常现象较弱，有许多干扰且不易唯一定性解时，只能采用统计性的解释方法。要在单方法分别解释的基础上，开展多方法的综合解释，使各方法的信息得到全面利用和解释。通过建立数据库(包括各类地质-地球物理模型)和各类智能的专家系统，使国内外已有的地学知识能为大家所掌握及运用，只有这样才能提高解释水平和预测水平。当前解释中统计性解释方法运用得少，还未建立起一套方法，智能的专家系统也尚在研究和建立中。

（5）物探资料的地质解释应在全面消化已有地质资料的基础上进行，既合于地质学基本原理，又有新见解，达到地质推理的完整性和系统性。要编制各类推断地质图和目标物的预测图件，这些推断既要合于地学逻辑，又要根据物探成果敢于突破原有认识，有新发现。所做地质解释尽可能用地质演化的观点来研究地质现象及过程。在成果的表达方式上将更为直观和形象化（如彩色的影象图示、有透视感的立体图等)。当前的地质解释水平有待提高。

六、应该重点开展研究和探索的物探方法和技术

为了实现第二代固体矿产物探的目标，首先要采取若干措施，逐步推进，分阶段实现。这些综合性措施有：用第二代物探仪器更新现有设备，首先把承担重点和主要项目的队伍装备起来；建立起主要工作对象（矿床）的地质-地球物理模型;在地质工作的综合性技术规定中要明确物探的作用并提出具体要求；推广使用实用的现代化解释（包括单方法、多方法综合解释和地质解释）系统；按第二代物探要求培养一批具有现代化地学知识的人才；按第二代物探要求制定各物探方法技术规范、规定。

为了实现第二代固体矿产物探的目标，在方法技术方面必须有较大的进步，有许多突破性的进展。因此，要重点开展系统地研究和探索。此处提出一些应该开展研究的课题，基本上分为三大类，一类是现有方法的改进、提高，适应新的需要；另一类是开展新原理、新方法、新参数的研究，使物探的技术、能力有突破性的进展；第三类是综合运用物探方法开展不同类矿床普查找矿的研究。具体课题如下：

1．提高磁法的能力。磁法是物探方法中地质效果较好的方法之一，随着精度的提高，不仅找强磁性矿、圈定中基性岩体，而且也用于找弱磁性矿和蚀变带、研究各类构造、追索某些沉积地层等，但当前还只限于总场和垂直分量的观测，高精度的梯度测量和分量测量在野外尚未实现（这类测量可以解决更多地质问题和提高解释的精度)；定量解释工作精度不高，自动化程度也低（虽已有局部的人机联作系统)；现所观测的是地质体总磁化强度引起的场，从物性知如果能单独测到感磁或剩磁的异常场，就会使磁法的信息有质的变化。为此，应发展地面、航空高精度磁力梯度测量和分量测量，并研究相应的解释方法；设计专门观测岩矿感磁或剩磁异常的方法技术，发展相应的解释方法；提高定量解释的精度和自动化程度，开发统计性解释方法。

2．提高重力法的能力。现在重力法仍是研究深部地质情况、控矿地质构造和圈定隐伏岩

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

体的有效方法，一些情况下还用于直接找矿和圈矿化带，近年来在金属矿大比例尺成矿预测方面显示出重要的作用。但现在我国的重力仪达到的观测精度（$0.03\times10^{-5}m/s^2$）尚不够高，没有能高精度直接测量重力梯度的设备和方法；现在使用的划分重力场的方法也较简单和原始，推断方法也还不适应变密度复杂场的条件。因此，应提高仪器观测精度，发展新原理的重力梯度测量和相应的解释方法；改进划分重力场的方法和各种改正的方法，特别是山区重力改正方面的方法技术；提高定量解释自动化程度，开展统计性解释方法。

3．发展时间域和频率域电磁法。我国各类电磁法的直接找矿效果不突出。特别是频率域感应类电磁法找矿效果不如时间域好。但用频率域的各类方法（如多频航空电法、地面甚低频电磁法、频率测深）进行填图，研究控矿构造等方面有相当好的效果。时间域电磁法不论那一类我国均缺少较适用的仪器，特别是测深类仪器。为了提高找深部矿和进行立体填图的需要，要开展探测深度大的感应类时间域电磁法（航空、地面和井中）的研究，建立和完善相应的数据处理及解释系统；要开展探测深度大的频率域和时间域测深方法、设备的研究，建立相应的数据处理和解释系统。

4．发展各类激电法。我国激电法应用较广找矿效果也较好，时间域和频率域系统均在工作。方法和理论研究也有一定基础；对电磁耦合效应的研究、对频率域和时间域谱的研究均有一定进展。但激电的大面积普查能力差，探测深度也还小，一般只达200多米，区分异常的能力和定量解释水平均有待提高。为此，要研究能加大探测深度的激电方法和轻便的适于山区扫面的激电普查方法；提高定量解释的可靠性，开发统计性解释方法；运用新的电化学理论和非线性理论对激电机制和区分异常的方法开展深入研究；探索天然场源激电法的可能性。

5．发展井中物探方法技术，以适应找各类深部矿、盲矿的需要。（1）我国井中磁测可测量中精度的磁场三分量，由于精度低及井段范围所限，有时测不到完整曲线，影响效果。因此要研究高精度井中磁测或梯度测量技术以及多井和井—地磁场联合解释系统。（2）由于技术的进步，井中无线电波法已不再是两孔之间发现良导体的强吸收阴影区，可以通过层析和全息技术得到与围岩有电性差异的目标物的图象，并可在单孔中开展工作。为此，应研究宽频扫描、高分辨率、大穿透距的井中无线电波测量设备、工作技术以及层析、全息处理解释系统；开展在不均匀有耗介质中电波传播理论的研究；开展井中雷达的方法技术研究。（3）近年我国也研究了井中声波法，并取得野外实际的资料，但方法技术、理论等方面均尚未深入研究，解释也无系统的方法。为此，应开展非均介质中声波传播理论研究和井中声波法的基本方法理论研究；开展宽频发射和测量系统的研究；研究井中声波解释系统（包括井—地观测资料的解释）。（4）开展井中重力测量的研究。当前井中重力测量主要用于油气钻孔，研究井孔周围的密度变化，结合其他资料进而确定井孔周围一定范围岩石的孔隙度和油、气、水范围。但因下井探管直径太大，精度也还不够等原因，目前尚未用于金属矿。井中重力测量可有效地用于找井底致密矿。为此，要研究小口径高精度井中重力仪及相应的工作方法和解释系统。（5）开展常用方法（井中磁测、井中激电、井中电波法）单方法多井资料联合解释的研究，井中和地面同类物理场联合解释和多种井中物探方法资料综合解释的研究。

6．扩大放射性方法的应用范围。长期以来天然放射性方法主要用于找放射性矿产，近年开始利用岩矿中各类放射性矿物的不同含量进行地质填图、追索破碎带、蚀变带、寻找含有

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

放射性矿物的非放射性矿产，效果日益明显，所用的方法有γ-能谱测量和氡气子体的测量。有些含矿破碎带中氡气增高，矿化蚀变带中的铀、钍、钾含量发生变化，这些都是间接找矿的重要标志。另外方法、仪器方面也有发展，观测的高灵敏度和自动化使得扩大应用成为可能，但这只是开始，尚不广泛，一些技术问题尚未解决（如大范围工作中放射性本底不同的影响等）。为此要深入研究各种矿床上（矿体、围岩，特别是近矿围岩）放射性的特点，要研究提高航空和地面γ-能谱测量和氡气测量的灵敏度的方法和相应仪器，要研究一套进行填图、追索破碎带的数据处理方法及解释方法。

7．研究地温场方法用于找矿：地温场法测量已用于研究地热。但对地温场用于找矿，人们很少研究，一些人认为某些矿床（如硫化物矿床）或矿化带在氧化时会产生热，放射性矿的放射积累也会增温，一些控矿、含矿破碎带在地下水循环作用下形成导热带，这些都是与矿有关的局部热源。但人们对这些地下热源有多少热量，地表能否有反映，缺少系统的试验和理论的研究，因此，为了研究地温场法用于找矿，要开展一些基础研究，例如从理论和试验两个方面深入研究某些矿床的存在能产生或引起（由于某些矿的热导率如岩盐的热导率高于围岩）多大的温度异常，干扰因素有那些。实际工作中的方法技术及仪器装备的研究等等。

8．发展高分辨率地震勘探技术。近年我国在煤田勘查中采用高分辨率地震不仅较好地查明了小断距（10～30m）的断层，而且得到了煤层的直接反射。在金属矿区进行了追索深部地层及构造、圈隐伏岩体及形态的生产试验，取得了一定的效果。国外也较重视地震勘探用于研究金属矿构造。为适应找深部矿的需要，应研究能探测1500～2000m以内各类金属矿控矿构造和控矿地质条件的方法、技术；探索能直接探测某些矿（如致密矿或疏松矿）的方法技术。为此，首先应系统研究非均介质中地震波（纵波、横波）传播理论（反射、折射、透射、绕射、转换，运动学和动力学），开展各类地质体物理模型试验研究，以及新的反演理论研究。根据这些成果提出并设计适应于金属矿地震需要的数据采集、数据处理系统。要研究频带可调、能量可调、能多次激发且较轻便的震源和有较宽频带（达1000Hz）大动态范围（大于150dB）、高灵敏、抗干扰的收录系统。

9．开展能测定金属、某些非金属矿岩矿物质成分的测井方法研究。用测井测定岩矿物质成分基本上有两种方法，一是基于原子物理和核物理的一套直接测定元素特性的人工或天然放射性方法（自然伽玛能谱测铀、钍、钾，人工中子活化及X-荧光法测金属元素及某些非金属元素）；另一类是根据矿物量与某类物性的相关关系或矿物之间的相关关系测定某种物性间接求得某种矿物的含量（例如测磁化率求磁铁矿含量、测天然伽玛强度求沉积磷矿品位等）。我国在这两方面均开展了一定工作，并有一定效果，（如中子活化测萤石、硼矿，X-荧光测锡含量、磁化率求磁铁矿品位等）。但应用不广，尚有许多矿物未开展工作，一些深井及小口径钻孔也尚有许多设备和技术方面的问题有待解决。为此，应系统开展取芯不高的金属矿矿种求品位的测井方法技术研究。重点放在人工放射性方法的研究，其次是系统研究间接方法的规律性。

10．开展物性勘探学的机理和方法技术的研究。此处所说的物性勘探是指通过直接测定岩矿石的各种物性，进而用于找未出露的矿和解决某些地质问题（古地磁是用岩石磁性解决地质问题的一例）。一些内生矿床特别是热液矿，在矿的周围均会造成一种特殊的物性环境，

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

用这些特殊的物性现象或标志可以预测或发现未出露的矿。特别是岩石的磁性（各种剩磁、磁化率各向异性等各类磁性）、放射性的意义较大。在这方面我国已开展了一些研究，但还很不系统。为此，应开展利用岩矿物性找盲矿的研究，主要是开展机理（成矿过程中围岩物性变化规律的研究）和方法技术的研究。

11．开展岩矿压电压磁、震电磁辐射等现象用于矿产勘查方法技术的研究。岩石的压电、压磁、震电磁辐射是已知现象。苏联已将压电效应应用于物探，发展成了一种用于找石英脉的压电法，我国也有人在研究。岩矿压磁、震电磁辐射现象尚在研究中，国外也还未用于勘查。我国除要继续深入研究压电法外，要系统开展岩矿的压磁、震电磁辐射的研究（基础理论和方法原理的研究），并设计一套实用于勘查的方法和仪器。另外如震（弹性波）次超声波效应、震激电效应也应开展探索。

12．开展某些新的地电化学效应用于矿产勘查方法技术的研究。苏联研究成功的基于电化学反应电位的接触的和非接触的极化曲线法，可以用于确定金属矿化范围内矿物成分和矿物数量及矿体规模，但其中还有许多理论问题和方法技术问题有待解决。为此，我们应从理论问题入手研究含多种矿物的矿体上的电化学反应过程和特点，矿石结构和构造等等的影响，在无法直接接触矿物的情况下，如何有效地开展工作等。围绕方法原理的需要设计能取得可靠测量结果的设备；并研究一套解释方法。

此外还应探索其他电化学过程和电化学现象用于金属矿勘查的可能性。

13．开展新物理参数、新物理效应应用于矿产勘查的研究。对于岩矿的许多物理性质和物理效应，如半导体特性、霍尔效应等等尚很少加以研究，并设计出地球物理勘查的新方法。不论从学科还是找矿的需要均匀组织力量探索物探方法中的新参数、新原理方法。

14．系统研究国家急需的几种矿产（如铜、金、银、金刚石、钾盐、铬、富铅锌矿等矿产）不同类矿床的地球物理特点（物性、物理场的特点）；研究建立矿床的地质-地球物理模型的方法和技术；研究建立主要矿产的“预测和普查找矿的专家系统”。

如前所述，在找矿难度大的形势下，要突破物探“直接”找矿的模式，在积极采用较有效的方法进行“直接”找矿的同时大力探索和开辟“间接”找矿的路子；并提出运用目标物地质-地球物理模型指导整个工作的思想。在这方面我国虽已做了一些工作，但很不系统，尚未对主要矿产的地球物理特点进行研究、总结，没有建立起各种矿产的地质-地球物理模型，对于建立模型的一些技术问题也尚未解决。因此应开展下述研究：

（1）按矿种或成矿系列研究矿床及控矿因素的地球物理特点，总结其规律性，在此基础上按构造单元建立矿种的以矿床为目标物的地质-地球物理模型，先建“实际模型”，而后抽象，概括为“概括模型”。

（2）研究建立目标物地质-地球物理模型的方法技术，特别是研究各类模型（实际模型、概括模型等类模型）应具备的内容和有效的表达方式；研究如何选择和确立发现目标物的有效的综合信息标志；研究建立模型中需要进行物理和数学模拟的方法技术。

（3）研究建立主要矿产的“预测和普查找矿的专家系统”。在矿产预测和普查找矿过程中既有许多确定性的准则和办法，也有是经验性的，这些经验一时尚难上升为理论，因此把人们的知识、经验汇集到一起建立一个专家系统是必要的。

矿产预测和普查找矿的专家系统包括主要矿产的预测方法技术、预测的准则等；普查找

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

矿的合理方法组合，找矿时发现矿的综合信息标志等。

通过上述诸课题的研究，不仅有可能使物探在技术上达到第二代的要求，适应找矿难度大的需要，而且有可能使固体矿产物探达到国际先进水平，为固体矿产物探做出贡献。

（参考文献从略）

THE PRESENT SITUATION AND PROSPECTS OF GEOPHYSICAL PROSPECTING FOR SOLID ORE RESOURCES IN CHINA

Sun Wenke

(Department of Prospecting Technology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Based on an analysis of the present situation of solid ore resources, this paper points out that reconnaissance and ore prospecting task is very heavy in China and that geophysical prospecting has proved to be quite effective in China in these years. The geophysical technique of China, although somewhat lower in level compared with that abroad, shows its own distinctive features and has already reached international level in some aspects.

In order to meet the demand of prospecting for concealed deposits, deep blind deposits, deposits not easy to be recognized and deposits of new types, it is necessary to carry forward geophysical prospecting to a new stage, i. e. geophysical prospecting of the second generation. During this stage, advanced methods and techniques are to be used and objective geologic-geophysical models will be applied to guide train of thought of the whole work. In this way, geophysical prospecting will be carried out systematically and more complicated geological problem can be solved. The paper deals with five aspects of requirements for geophysical prospecting of the second generation and its characteristics.

The attainment of the aim of the second-generation geophysical prospecting for solid ore resources requires greater progress and breakthrough advance in methods and techniques. The paper suggests twelve topics for future research, which cover three classes: the improvement of the available methods; the study of new prinoiples, methods and parameters; the application of integrated methods.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net