

地球化学勘查回顾与展望

牟 绪 赞

(中国地质调查局, 北京 100083)

1 地球化学勘查进展概况

原地矿部系统固体矿产地球化学勘查在最近十几年有了很大的发展, 积累了大量找矿资料及丰富的地球化学找矿经验, 方法不断改进, 技术水平不断提高, 理论体系逐步完善, 特别是区域化探的发展及近年化探异常的查证工作均取得了可喜的成果与经验。区域化探及异常查证发现了一大批新的矿产地和成矿远景区, 在很多地质找矿久攻不破的地区化探发现了一批新的矿产地或新的矿床类型。地球化学勘查为地质找矿工作实现“区域展开、重点突破”、加速矿产普查进程和提高找矿效果已经作出了巨大贡献。

区域化探(1:20万~1:50万)截止到1997年底, 全国已覆盖面积575万 km^2 , 占全国可扫面积650万 km^2 的88%, 有21个省、自治区的山区及丘陵地区已全部覆盖, 西部和边缘省、自治区的区域化探仍在继续进行。已经完成区域化探扫面的省、自治区, 近年来正在编制全省多元素地球化学图或按成矿区(带)编制地球化学图。通过编图工作, 为固体矿产勘查找矿综合资料的应用研究、成矿预测以及基础地质、构造研究提供了极其丰富、比较直观、信息量巨大的最新地球化学资料。

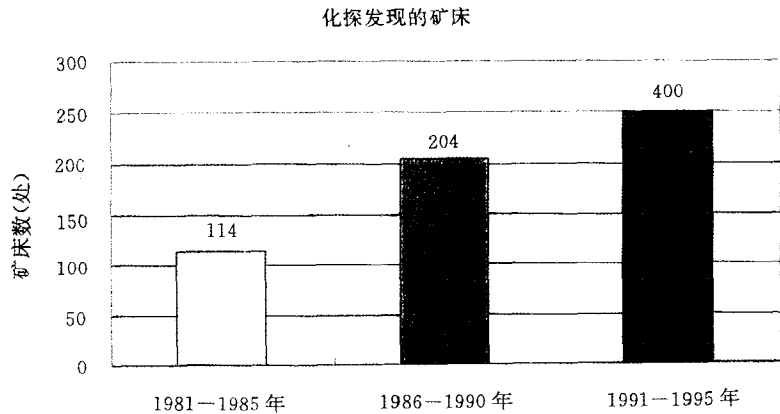
化探普查、详查(1:5万~1:1万)工作, 是化探找矿的重要阶段, 现已开展了100多万 km^2 , 此项工作主要是用于缩小1:20万区域化探异常范围, 进一步圈定成矿有利地段和找矿靶区, 此项工作是化探异常查证中不可缺少的工作, 并取得了显著找矿成果。

化探各类异常的查证, 通过各项化探工作已发现各类元素综合异常约4.3万处, 到目前已检查了三分之一, 各级主管部门多年来已将异常查证列入年度计划, 每年仅Ⅱ级查证项目就达100多处以上。此项工作基本上是采用中大比例尺化探、物探、遥感先行, 紧密结合地质特征综合解释评价异常, 然后经地表和深部工程验证发现矿体(化)。系统地查证各类化探异常是当前乃至今后地质找矿的重要工作。

地球化学勘查方法技术研究, 近年来在包括区域化探异常优选和评价, 异常形成的表生地球化学机制, 不同地理景观条件下的异常查证方法技术(包括现场(驻地)分析方法技术), 区域化探数据库软件的研制, 地球化学多元素编图方法技术, 寻找隐伏矿、盲矿的综合气体、地气、水电化学、地电化学等方面均不同程度地取得了新的成果。在化探样品标准物质的研制, 多元素测试方法技术包括铂、钯分析技术研究, 典型矿床地球化学找矿模式(型)的研究等方面也有了新的进展。

2 近十几年来地球化学勘查成果

近十几年来，地球化学勘查在固体矿产方面取得了丰硕的找矿成果，特别是在找金、银矿方面取得了突破性成果。据统计，1981~1995年三个五年计划期间，在区域化探、中大比例尺化探普查、详查发现异常的基础上，经过异常优选和查证，地表和深部工程验证异常，共发现具有工业价值的大、中、小型矿床达569处，其中大型矿床50多处。异常见矿率和发现的矿床数逐年增加（见下图）。按不同矿种，金、银矿床420处，有色金属矿床140处，其他矿床9处。



化探找矿效果突出的矿种主要是：金、银、铜、铅、锌、锡、钨、钼、镍、钴、锑、铋、钽、汞、稀土和某些非金属矿产等20余种。化探寻找金矿在很大程度上扭转了以往金矿勘探基地的紧张局面，发现了很多新的成矿远景区（带）和新的金矿类型。全国已有22个省、自治区采用化探方法技术找到大、中型独立金矿床。金矿的勘查不仅取得突破性成果，而且给地勘队伍带来明显的经济效益。

值得注意的是，近几年随着化探工作不断深入，在寻找铜、银、铅、锌、钴矿方面取得了明显效果。例如，四川夏塞银铅锌矿，广东富湾银矿，云南拖顶铜矿，三山乐马厂银矿，吉林大横路钴铜矿等。

3 地球化学勘查找矿实践经验与体会

- (1) 坚持“区域展开、重点突破”的找矿方针；
- (2) 统一规划、合理部署区域化探、普查化探和异常查证工作；
- (3) 严格执行“异常查证的要求和考核标准”，提高异常查证质量；
- (4) 注意化探异常查证紧密结合地质、物探、遥感资料；
- (5) 重视化探异常的优选和评价方法技术研究；
- (6) 重视Ⅲ级（踏勘性）异常检查工作；

- (7) 重视化探异常查证的工作方法技术和仪器设备研究与推广；
- (8) 重视化探异常查证技术骨干的培训；
- (9) 重视异常查证工作的组织与管理；
- (10) 保证化探异常查证项目逐年列入计划。

4 地球化学勘查发展前景展望

- (1) 地球化学勘查在寻找金属矿方面仍是我国今后重要的勘查方法；
- (2) 系统地查证化探异常仍是今后发现新成矿带、新矿产地、新矿床类型的重要途径；
- (3) 地球化学勘查在今后寻找贵金属矿（包括铂族矿）方面仍是主要的工作方法；
- (4) 寻找隐伏矿的地球化学勘查方法技术将会有新的突破；
- (5) 地球化学勘查在国土调查、环境调查等领域将大展宏图。

冶金化探的发展现状及趋势

李 惠 常凤池

(原冶金部地球物理勘查院物化探研究所, 河北保定 071051)

冶金化探是从 1956 年开始的, 在冶金部的领导下, 通过广大化探工作者的努力, 40 多年来冶金化探队伍不断壮大, 化探方法、手段不断增强, 1980~1992 年为最兴盛时期。1992 年以后, 化探随地质事业的衰落而进入低谷。自 80 年代末以来, 冶金化探科研的发展逐渐形成了两个方面的重点或优势, 一是在研究矿床, 特别是金矿床的原生叠加晕模型和找矿模型方面取得了一批高水平的成果, 为开拓矿山, 特别是危机矿山深部盲矿预测, 使矿山增储提供了有效的方法和手段, 为化探占领这个广阔市场打下了基础, 而且已取得了好的效益; 二是化探在环保(环境评价和治理)方面的研究和开拓, 取得了显著成果, 拓宽了化探的服务领域, 开拓了新的市场, 而且取得了很好的社会 and 经济效益。

1 冶金化探的发展情况

冶金化探从 1956 年开始, 1983 年随着有色总公司的建立, 原冶金化探也分为冶金和有色两个系统。冶金化探的发展划分为七个阶段, 前五个阶段是据欧阳宗圻教授对 1983 年以前冶金、有色未分家时的论述编写的。后两个阶段是冶金、有色分家后冶金化探的发展情况。

(1) 1956~1962 年是引进阶段, 边干边学。应用简单的比色分析方法, 主要开展次生晕工作, 编写了次生晕工作手册, 举办了学习班, 随后开展了一些原生晕工作, 对分散流和水化学找矿方法进行了试验。

(2) 1962~1966 年, 是巩固提高阶段。冶金部地质局设专人管理化探工作, 各省冶金地质勘探公司都开展了化探找矿工作, 工作方法基本配套, 除第一阶段应用的化探方法外, 还应用岩石地球化学找岩浆型 Cr、Ni 矿床, 试验了露头评价。分析方法也有较大进展, 可进行多元素分析, 增加了光谱和冷提取方法。

(3) 1966~1970 年, 受“文革”动乱干扰, 化探处于低潮, 化探技术力量散失。

(4) 70 年代初到末期, 化探工作和技术水平得到了恢复和发展, 举办了各种学习班及经验交流会。化探的方法技术的发展主要表现在: 在资料整理和异常评价中引进了多元统计分析方法和广泛应用了电子计算机技术; 开展了汞气找矿、矿物地球化学和包体地球化学找矿及卤素地球化学找矿的研究和应用; 分析仪器设备已初具规模, 能分析 20 多个元素。

(5) 80 年代前三年, 化探处于发展时期, 根据国家对有色金属矿产的急需, 1981 年冶金化探组织了 12 个重点区带化探的普查找矿工作, 并制定了区带化探规范, 购制了 7

台直读光谱仪，使化探分析数据由半定量走上了定量分析，提高了化探质量。为了提高异常解释水平和提高找矿效果，1981~1984年组织了17个科研、生产和大专院校协作，研究并总结了有色金属矿床（田）的地球化学异常模式。化探新方法除了汞气、热释汞方法继续研究和应用外，在厚层覆盖区还开展了热释CO₂、热释卤素、盐晕和地电化学方法等的试验，并取得了可喜进展。

(6) 1983~1992年是冶金化探大发展的10年，1983年分为冶金和有色两个系统之后，冶金化探人员虽少，但孕育着一个大发展的趋势，因为冶金系统地质任务主要是找Fe、Mn、Cr、Au，鉴于当时全国找金矿热的发展，应用化探找金已引起人们的重视，各省在找金中都普遍开展了化探工作，而且对化探找金的要求越来越高，这就促进了化探找金科研工作。“六五”末期开始到“七五”至“八五”前二年，围绕找金，除组织开展区域化探找金之外，重点开展了主要金矿床类型地球化学异常模式及盲矿预测指标的研究，开展了在厚层覆盖区找隐伏金矿的新方法研究，并开展了锰矿地化找矿模式的研究。区域化探以每年完成近2万km²扫面速度增长，而且在找金、锰矿，特别是找金矿中，化探发挥了极其重要作用，从冶金部地质总局到各省区冶金地勘局及冶金地质科研单位，都加强了化探队伍的建设和投资，化探科技人员由1983年冶金与有色分家后的不足200人到1992年增加了两倍多，作为冶金化探科研中心的冶金部地球物理勘查院物化探研究所也形成了一支较强大的化探科研力量。冶金化探测试中心配合化探找金、锰，研制了化探相应指示元素的配套分析方法技术，特别是对金矿化探19个指示元素，研究了定量分析最佳配套分析方法，该阶段为冶金化探最兴旺时期。

(7) 冶金化探大调整时期，1993年之后，随着国家的改革，地质走向市场所面临的重重困难，地质队伍大调整、优化、精减，化探队伍也只留下了少而精的骨干，每个局物探队或地质队只留1~5名化探技术人员及少量化探分队，化探也处于衰落时期，但由于化探在找矿中直接、效果好，已被人们所公认，所以化探还是很有生命力的。目前除继续开展一些区域化探之外，主要是对已取得的金矿化探资料进行处理，对发现的异常进行评价，或在金矿带及矿山周围开展地球化学找矿，配合冶金地质队选点、找矿、开金矿。

(8) 80年代末到90年代，冶金化探科研承担了国家重点黄金地质攻关的两个项目（金矿找矿模型和找金新方法、新技术研究）、国家攀登计划和西部紧缺矿产资源等四项国家科委攻关项目的专题，是冶金化探承担国家攻关项目最多的阶段，也是冶金化探科研最兴盛时期。所承担的主要课（专）题都是围绕金矿（大型、特大型）盲矿预测，特别是矿区深部及外围盲矿预测的地球化学异常模型及盲矿定位预测的新方法研究。科研密切结合找矿实践，先后承担并完成国家黄金局、金矿山项目20多个，取得了好的找矿效果，为矿山增储缓解矿山危机做出了贡献，取得了好的经济效益，为化探走向市场打下了基础。

2 80年代以来冶金在固体矿产化探方面取得的主要成果

在冶金部地质总局及各局院领导下，通过冶金化探人员的努力奋斗，80年代以来取得了下面几方面成果：

2.1 区域化探在找金中发挥了重要作用

冶金的区域化探主要开展成矿区带的1:5万水系沉积物测量，只开展了少量的1:10

万~1:20万区域化探,据不完全统计,到1993年冶金系统完成了近30万km²区域化探扫面,区域化探主要定量分析Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg,一些地区要求测试Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、Bi、Mo、Mn、Co、Ni、V、Ti、Cr、Sn、W、B等19个元素。发现的区域化探异常上万个。

区域化探找金取得了很好效果,据了解,冶金系统各局在河北、山西、内蒙古、山东、安徽、陕西、甘肃、新疆、湖北、湖南、广西、浙江、福建等省、市、自治区,根据区域化探异常都找到了一大批金矿床(点),例如西南冶金地勘局根据1:10万分散流异常发现了丘洛金矿(估计为大型金矿)。山东蓬莱金矿事业的发展,化探起了先导和重要作用,冶金部地球物理勘查院物探队,1986~1988年在蓬莱地区开展了1:2.5万次生晕600km²扫面,发现了几百个异常,在异常检查中发现了黑岚沟金矿,经冶金528队勘探为特富的中至大型金矿床,此外还发现了觅鹿沟、曲家庵等十几个小型金矿床;冶金部第一地勘局在河北的三家子、牛山心、后沟、北沟、金家庄等很多大、中型金矿的找矿中,化探都起重要作用;中南冶金地勘局在鄂东地区采用化探发现了一批铁铜矿、铜金矿;冶金部第三地勘局在山西支家地大型银矿的发现过程中,1:5万水系沉积物测量发现的异常,发挥了重要作用。目前区域化探资料已成为冶金各地勘局找矿,特别是找金的最宝贵、最“绝密”的资料。

2.2 金矿床原生晕-叠加晕模式研究取得了一批成果

多年来,冶金化探科研一直围绕为金矿山特别是危机矿山深部及外围盲矿预测这个急待解决的问题进行立项,研究和建立金矿床地球化学异常模式是解决化探异常评价,盲矿预测及矿体剥蚀程度的判别的重要途径,重点是在研究金矿床的地球化学垂直分带规律的基础上,建立异常模型和找矿模型。

随着80年代以来找金热潮的发展,金矿床地球化学异常模式研究,引起了勘查地球化学家和国家的高度重视,“六五”至“九五”国家计划的国家攻关项目中都有相应课题,而且取得了突破性进展,在研究金矿原生晕基础上,逐渐深化了对金矿成矿受构造控制和具有多期多阶段叠加成矿成晕的认识,建立了热液金矿典型矿床的叠加晕的理想模型,开拓性地研究了构造叠加晕找矿新方法。

(1)“六五”和“七五”期间研究和建立了石英脉和蚀变岩型金矿床的地球化学异常模式

“六五”和“七五”期间,金矿地球化学异常模式研究已引起重视,而且研究和建立了一批典型金矿床的地球化学异常模式,并出版了几部专著,最有代表性的专著有:《典型有色金属矿床地球化学异常模式》(欧阳宗圻、李惠、刘汉忠主编,北京,科学出版社,1990)其中包括吉林夹皮沟金矿床的地球化学异常模式和山东金矿带金矿床地球化学异常模式;《石英脉和蚀变岩型金矿床地球化学异常模式》(李惠编著,北京,科学出版社,1991)是国家“七五”黄金地质攻关项目(77-55-金)的一个研究课题成果的总结,它是在研究了胶东牟乳金矿、河北金厂峪金矿、广西龙水金矿和内蒙古赛乌素金矿等典型矿床地球化学异常模式的基础上,总结了石英和蚀变岩型金矿地球化学异常模式的共性和特性,建立了共性模型,并确定了相应的找矿标志。

(2)“八五”期间参与了建立我国主要类型金矿的地质-地球物理-地球化学找矿模型

“八五”期间,国家科委把“建立我国主要类型金矿地质-地球物理-地球化学异常模

式和找矿模型”作为国家黄金地质重点攻关项目的重要课题，由地矿部、中国有色金属工业总公司、冶金部、核工业部、武警黄金部队 5 个部门的 150 多名物化探专家参加的联合攻关项目，共设有 30 个专题，研究了胶东地区、冀东、冀北、陕西小秦岭、桐柏-大别山、川西北、黔西南、桂西北、内蒙古乌拉山-大青山、西秦岭、甘南、甘肃北山、湘中、河南熊耳山-崤山、海南、云南、吉林夹皮沟等 21 片金矿区带的 68 个典型金矿床的地质-地球物理-地球化学异常模型，总结出了绿岩型、变质碎屑岩型、沉积岩型和火山-次火山岩型等 4 种主要类型金矿床（田）的地球物理-地球化学特征、异常模型（四种主要类型金矿床及其综合地质-地球化学找矿标志），其中冶金系统研究和建立了胶东、川西北、河北张宣、晋东北和鄂东地区等 5 个金矿区带的十几个典型金矿床的地球化学异常模式和找矿模型，并著有“中国主要类型金矿床找矿模型”（邹光华、欧阳宗圻、李惠等著，北京，地质出版社，1996）。在承担国家黄金局的科研项目中建立了胶东原生金矿地球化学专家预测系统。

“八五”末期，随着对金矿原生晕研究的深入，发现了很多问题难以解释，如一些矿床前缘晕特征指示元素 Hg、As、Sb 等除出现在前缘外，在矿体中部或下部又出现了强异常、在轴向分带序列中前缘指示元素出现在中、下部，地化参数轴向变化多次转折等，用一次主成矿形成的观点很难解释，而用多期多阶段形成矿的矿体（晕）在空间上的叠加则可得到满意的解释。为此以研究金矿多期多阶段叠加成矿成晕为基础，初步建立了热液金矿床的原生晕叠加晕理想模型（李惠，1993），但具体研究和解剖典型矿床很少。多数典型金矿床的地球化学异常还未来得及用叠加晕观点去分析、研究。

（3）“九五”期间，研究和建立了大型、特大型金矿床的叠加成矿成晕模式

“九五”期间，承担了国家攀登计划 B-85-34 项目设立的子课题“胶东大型、特大型金矿床的叠加成矿成晕模型及盲矿预测研究”，是在“八五”期末初步建立的“金矿床原生叠加晕理想模型”的基础上，系统地研究和建立了一大批大型、特大型金矿床的叠加成矿成晕模型，建立了金矿床四种典型矿床的叠加成矿成晕理想模型，确定了盲矿预测的叠加晕准则。使作者原来建立的模式更趋于完善，内容更丰富充实，更接近于实际，实用性更强，其水平又提高了一步，并著有“大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型”（李惠、张文华、常凤池等著，冶金工业出版社，1998）。应用模式找盲矿取得了好的效果。

2.3 化探找金矿的新方法研究

（1）研究了应用包裹体地球化学找金的新方法，在研究了金矿床的热晕、蒸发晕基础上，进一步研究金矿床石英包体的离子晕和气晕，并据金矿多期多阶段叠加成矿成晕的特点建立了金矿包体气晕和离子晕及其叠加晕的理想模型及其用于盲矿的预测准则。

（2）进一步研究了运积物覆盖寻找隐伏矿的新方法有：除研究汞气外，还研究了土壤热释相态汞法；土壤热释卤素法；土壤后生叠加晕提取新技术；土壤电导率法等方法。

3 冶金固体矿产化探发展趋势

（1）继续开展一些区域化探扫面发现新的矿床点，但重点是对已取得的区域化探异常

进行评价，进行地、物、化综合找矿预测，并在金矿带及矿山周围开展构造地球化学找矿，自己找矿自己开，或形成商品。

(2) 充分利用冶金系统多年来研究和建立的矿床地球化学异常模式，特别是金矿盲矿预测的原生叠加晕模型，为矿山特别是危机矿山服务，由矿山立项在矿区深部及外围进行盲矿预测，使矿山增储，或使矿山规模升级或缓解矿山矿量危机延长矿山寿命，实际情况表明，矿山深部及外围找矿的市场是很大的，化探在这个市场上大有可为。

(3) 化探科研：有待进一步研究立项课题有：

进一步研究我国主要类型金及有色金属矿床，特别是大型、特大型矿床的原生叠加晕模型，总结其共性和特性，确定盲矿预测标志；

研究隐伏矿床定位预测的新方法、新技术；

建立主要类型金矿床的地质-地球物理-地球化学异常模型库及专家预测系统。

黄金部队化探找矿工作的回顾与展望

郭 瑞 栋

(武警黄金指挥部 北京 100012)

1 我部化探工作回顾

1.1 发展的几个阶段

(1) 起步阶段 (1980 ~ 1984 年), 有以下三个特点:

各地质支队多以专业小组形式围绕矿区开展零散的金矿区物化探工作;

物探与化探完成的工作量比重两者大体相当;

金矿化探工作由于测试技术所限, 只能以金的伴生元素作为找金指示元素。

(2) 突破和推广痕量金分析, 重视“依金找金”的区域化探阶段 (1985 ~ 1991 年), 有以下四个特点:

加强物化探队伍建设, 各地质支队相继成立物化探专业连队;

努力突破和解决痕量金测试技术并积极推广该项技术;

坚持“依金找金”原则, 开展金矿区(带) 1:5 万 ~ 1:10 万大面积地球化学普查;

物探工作量比重呈下降趋势。

(3) 抓区域化探的同时, 注重矿区物化探阶段 (1992 至今), 有以下三个特点:

区域化探坚持以收集消化前人成果资料为主, 自营项目慎重选区立项、稳妥实施的原则;

突出综合方法、综合手段, 有侧重地注重开展矿区物化探和异常的查证工作;

积极研究和推广计算机在物化探技术及管理工作中的应用。

1.2 主要成果

十几年来, 我部先后在全国许多重点金矿成矿区(带) 开展不同比例尺的物化探工作。据不完全统计, 共完成项目 300 余项, 其中区域化探项目占 60%, 完成各种比例尺面

表 1 黄金部队以物化探为主发现金矿产地、金矿床统计表

矿产地数 (个)	其中: 矿床数				矿 产 地
	大型	中型	小型	合计	
34	6	4	7	17	砂宝斯、富强、杨家堡、东坪、金龙山、星星印、万庄、望峰、恰奔布拉克、后大雪、马庄山、吉戈庄、平里店、马厂箐、大坪、阳山、南洞

注: 化探异常工程验证见矿, 但尚未查明工业意义和矿床规模为矿产地。

表 2 黄金部队“八五”期间新发现、新进展勘查区

方 法	数 量	勘 查 区
化探为主发现和发展	13	后大雪、金龙山、马庄山、砂宝斯、吉戈庄、平里店、望峰、阿沙勒、富强、杨家堡、南洞、阳山、冷水泉—洛地坪
化探与地质共同发现和进展	5	东坪 70 号脉、康山、洪源、东宁金厂、大黑山

积性工作 20 余万平方公里，获以金为主的异常 5000 余个，验证异常 260 余个，发现金矿产地 34 处，发现金矿床 17 个（表 1、表 2）。

2 几个值得推广的经验及成果

2.1 严格遵循普查、详查循序渐进的找矿程序

金矿物化探合理的找矿程序是按区域普查—矿区详查的步骤分阶段逐步实施、有机配合的。化探异常具有两个基本特征，一是研究区具有矿田晕—矿床晕—矿体晕套合模式的异常比仅有其中单独出现的非套合模式异常更具有找矿前景，尤其是金矿。二是同一区带的化探详查 Au 异常下限比区域化探的要高一个数量级，特别是详查 Au 异常浓度 $> 100 \times 10^{-9}$ 时很可能为金矿体异常。例如：

（1）东坪金矿：区域物化探成果表明，水泉沟碱性杂岩体显示重力低缓异常和低缓负 ΔT 航磁异常及 Au、Sb、Bi、As 水系沉积物异常；开展 1:1 万土壤地球化学测量 30km^2 ，对所发现的 15 个以金为主的异常进行了土壤、 γ 能谱、X 荧光等地物化综合方法检查评价和地质工程验证工作，找到并初步勘查了“东坪式超大型金矿床”。土壤异常验证评价结果见表 3。区域化探成果表明，东部的水系沉积物金异常与东坪金矿床吻合。经评价，该区土壤地球化学异常中：

- ① Au 异常质量分数 $> 50 \times 10^{-9}$ 时，基本反映有工业矿体赋存；
- ② Au 异常质量分数 $> 20 \times 10^{-9}$ 时，显示金矿脉范围及展布特征。

表 3 东坪土壤 Au 异常评价结果表

异常性质及编号		地质解释与推测
金矿异常	土壤 Au1、2、3、5、9、15 号	分别对应于 1、2、3、5、70、22、25 号金矿体
	土壤 Au7、10、14 号	推测为隐伏工业矿体引起
	土壤 Au4、6、8 号	为金矿脉引起
无找矿	土壤 Au13 号	为花岗岩高背景值引起
意义异常	土壤 Au11、12 号	为干扰因素引起的假异常

（2）金龙山金矿田：陕南金龙山金矿田是从发现水系沉积物金异常开始，经运用地质地球化学综合方法对异常反复踏勘、检查的关键环节、到系统开展大比例尺化探详查的找矿程序找到的。

本区为 60 年代初发现的 Hg—Sb 成矿带，自 1982 年起，多次在该带开展金矿勘查，

但未有突破。1986 年开展 1:5 万水系沉积物测量,发现四个以金为主的多元素组合异常,因主要注意对破碎带和蚀变体中寻找金矿化,且化探取样间距过大而未发现金矿化富集地段。1989 年再次对 IV 号水系沉积物金异常采用地质、化探综合剖面、多点组合、连续取样、点距一般为 10 m 的异常检查方法进行踏勘检查,发现了金矿化新的富集地段,使地质找矿在认识上有重大突破。1990 年开展 100m×10m 网度岩石(土壤)测量,圈出 17 个金异常,其中 2 个已圈出金矿体,6 个乙类异常经地表工程验证见金矿化。后来,曾试图越过 1:1 万化探详查阶段而直接针对 1:5 万水系沉积物异常,结合地质特征进行槽探工程验证,但均未有进展。在总结经验教训的基础上,针对 4 个以金为主的水系沉积物异常,遵循找矿程序,1992~1995 年又相继系统完成 1:1 万化探详查 40 km²,发现金土壤(岩石)异常 108 个,筛选出有望异常 39 个。经异常检查、工程验证和地质勘查工作,该区已圈出 4 个重要矿段,60 余条金矿(化)体,形成远景储量可观的微细浸染型金矿田。

(3) 砂宝斯岩金矿:大小兴安岭地区属残坡积物覆盖森林沼泽景观区。几年来,我部在该地区系统开展小比例尺水系沉积物测量 6000~7000km²,先对所获异常进行踏勘检查,继而针对经检查筛选的有望区域化探异常开展 1:2 万土壤地球化学测量,然后再对获得的土壤地球化学异常中金高含量部位进行“探槽坑点”式工程探查,有所发现后再系统布设地质探矿工程验证,这样才能为进一步开展地质、化探找金勘查工作提供了扎实可靠的依据。砂宝斯中型岩金矿床的发现和勘查,不但是我国北陲厚层覆盖区岩金找矿的突破,同时也是我部在厚覆盖区开展化探普查、详查及异常验证这一行之有效的技术方法和工作程序所取得明显找矿效果的典型一例。

2.2 方法有机配合,信息综合找矿见效益

坚持地、物、化结合原则,注重相互借鉴、补充和转化。地质物化探由于找矿机制不同,就方法本身不能综合,但综合应是野外工作的同步实施(同测区、同矿区、同剖面、同地质探矿工程等),是各种技术资料的综合、研究工作的综合。在物化探找矿全过程中,尤其是查证、解释评价异常阶段,应加强各专业技术人员在专业上的相互渗透、信息成果的相互转化。

两个例子。

(1) 我部 1993 年完成的马庄山构造地球化学找矿实验工作,在这方面取得一些有益的尝试和经验。该项目以地质、物化探技术人员同步实施,同组工作的组织形式,在马庄山百余平方公里范围内,将同测区中比例尺的遥感地质构造解译成果与地质图和野外观察相结合,开展中比例尺构造地球化学普查找金工作。探讨了在岩石裸露较好的地球化学景观条件地区如何把遥感地质解译、化探和地质三种找矿信息相互转化、有机综合的思路和方法,取得当年实施、当年出成果、当年检查验证的初步找矿效果。构造地球化学成果提供的各种信息和线索,促进了马庄山金矿床的地质勘查和矿业开发工作。

(2) 我部 1995 年完成的河北省迁西县董家口土壤测量,旨在找矿,途径简捷。施工生产一异常查证一异常源(矿脉)地质评价一提交远景储量,采用一次性一年完成。当年施工获三条金异常带,Au 土壤地球化学异常 20 个(其中甲类 2 个,乙类 6 个)。异常查证结果发现金矿脉 4 条,当年就对其中 2 条矿脉进行地质初步勘查,获远景地质储量,提供了进一步开展地质勘查工作的矿产基地。这种化探-地质一条龙的形式和举措,值得推广。

2.3 为金矿勘查、开发提供靶区和信息的“短、平、快”成果

东宁金厂岩金矿床属厚层覆盖景观条件下，赋存于蚀变花岗斑岩中的蚀变岩型金矿床。1994年底发现 1 号金矿体后，曾在其外围投入大量地质槽探工程，以期寻找新矿脉。但由于残坡积厚层覆盖，又无更多找矿信息，所投入均落空。1995 年，坚持化探先导，集中力量迅速开展 1:10 万水系沉积物测量和矿区 1:2 万土壤地球化学测量，获 10 个有望水系沉积物金异常。其中，10 号异常强度高，面积达 120 km²，包括已发现的两个金矿体及金矿（化）点；后经 1:2.5 万水系沉积物异常查证，缩小靶区 4 处；在矿区范围获 5 个 1:2 万土壤金异常。当年，对其中 8 个金异常浓集中心进行检查和地表验证工作，不但找到了已知两个金矿体的延展范围和地段，而且相继新发现多个金矿（化）体。在此基础上，又相继开展了激电中梯测量、电测深等物探工作和浅钻工程，为矿区地质勘查和矿业开发提供找金信息和靶区。

2.4 重视异常检查方法的正确选择和物化探成果资料的多次开发利用

区域化探异常提供了发现新矿带、新矿产地、新类型矿床的信息和机遇，但由于认识或工作方法不当，也会错失发现的良机与新发现擦肩而过。对此，我们有五点体会和认识。

(1) 大量事实说明，化探找金工作虽然在某一区域范围内有一定的地层、岩性、地质时代、构造等方面找矿的地质标志，但从广义上讲，化探找金既无地质时代的专属性，也无地层、岩性、构造专属性，并且对寻找难识别新类型金矿更具优越性。

(2) 在检查异常，尤其是地质工作程度较低地区的异常、地表矿化不成气候的低缓异常，提倡地质、物探、化探综合手段，不受地质某些认识框框或地质检查矿点的传统观念和方法的束缚。

(3) 异常检查评价的准则坚持先地表、后深部，先易后难原则；认真，追根溯源，切忌蜻蜓点水、走马观花；坚持反复评价，忌“一锤定音”，要有新思路、新方法进行多次开发利用的原则。

(4) 在异常检查踏勘初期阶段应以地球化学基础资料 and 认识为主进行，采用化探系统小点距、多点连续组合取样的采样方法，剖面要按异常基础图件的高含量点地段布设。检查异常时要注意追求异常总体的重现性，而不是单纯追求单个数据的重现性。

(5) 在异常的评价解释阶段，要充分密切结合地质、地球物理资料，以地质认识为主进行，体现化探和地质工作的内在联系和紧密配合。

举三个例子。

金龙山金矿田

前面介绍的金龙山金矿田就是经过运用地质地球化学综合方法对 1:5 万水系沉积物金异常反复踏勘、检查发现的。

丁-马 Hg、Sb 成矿带是 60 年代初发现的，曾提交的大型 Hg、Sb 矿床中伴生有金矿化。1982 年起多次在该带开展金矿勘查，但未有突破。1986 年发现了四个以金为主的多元素组合的水系沉积物异常，曾进行多次异常检查，但因只停留在与 Hg、Sb 矿化有关的破碎带和蚀变体中寻找金矿化的认识上，而以地质认识为主的方法进行检查，始终未有新发现。1989 年再次对 IV 号水系沉积物金异常采用地质、化探综合剖面、多点组合、连续取样（10m 点距），以化探为主的方法进行踏勘检查，发现金矿化新的富集地段，才使地

质找矿在认识上有重大突破。

阿沙勒金矿

1992 年开展西天山 1:20 万水系沉积物测量发现Ⅶ号甲类异常,面积 7km²,金按 5×10^{-9} 、 10×10^{-9} 、 20×10^{-9} 浓度分带明显,1992 年先后两次检查异常未果;1993~1994 年用综合剖面法再次检查,发现少硫化物的含金蚀变破碎带;1994~1995 年经地质勘查发现多条金矿化体。

阿沙勒金矿床目前已成为地质勘查、矿业开发重点工作区。

阳山金矿

该金矿床是从川北陇南 1994 年检查 1:20 万低缓金异常始,经针对追索异常源锲而不舍的多次检查工作,至 1997 年下半年终于在该异常区碳酸岩地层中发现了该矿床。阳山金矿床的发现是随着化探工作不断开展,认识不断深入,根据化探异常源进行追索发现突破的。为及时总结和推广阳山金矿化探找矿经验,指挥部 1998 年召开了“阳山化探找矿现场会”。目前,该矿床正深入开展地质勘查工作。

2.5 建立物化探找矿标志和找矿模式,开展异常评价及深部找矿预测

在研究和总结区域及矿区地质、物探、化探特征基础上,从金矿床(体)典型勘查剖面的钻探、坑探、槽探地质工程岩石地球化学测量工作入手,研究金矿床(体)地球化学分带序列,建立寻找盲矿、判断矿体剥蚀程度、定性定位评价异常的各项指标,是物化探方法指导合理布置探(采)矿工程,进行深部找(采)矿预测的重要工作。哈达门沟和东坪金矿在这方面取得了较好成果。

(1) 哈达门沟金矿。利用矿区 13 号脉群、24 号脉群的地质勘探资料及其他脉体地表工程,运用地质地球化学综合研究手段,以矿床原生晕的研究为基础,综合地质、物探、化探信息,建立该矿床的地球化学分带模式。

根据轴向分带及分带性指数的研究,确定 $\gamma_1 = w(\text{Mo}) \times w(\text{Pb}) \times w(\text{W}) / w(\text{Ni}) \times w(\text{Co}) \times w(\text{As})$ 为主要评价指标,并用其建立哈达门沟金矿床的典型矿体预测模型。对已知矿体尾部界线的确定和 1 号、55 号、59 号、烂召沟、柳坝沟 313 号等五条未知脉进行评价预测,取得较为明显的找矿效果。

(2) 东坪金矿。矿区开展激发极化法、视电阻率法、地面 γ 能谱法测量和土壤、岩石地球化学法测量工作。围绕 1 号脉群进行金矿体地质-地球物理-地球化学异常模型及找矿标志的综合研究工作。主要成果如下。

东坪金矿区综合异常评价。研究区 10km² 范围划分成 100×100 的单元共 1000 个,依据视极化率、视电阻率、土壤地球化学异常和 γ 能谱 K 道异常的规模、形态和矿体的实际资料,对东坪金矿区矿床异常特征进行了判别分析。

元素组合及分布规律。

a. 元素的轴向分带:总体上自上而下为 As→Cu→Pb→Au→Zn→Sb→Ag→Bi→Hg→Mo;海拔 1500m 以下由上而下为 As→Hg→Cu→Pb→Au→Zn→Ag→Sb→Mo→Bi。

b. 元素的纵向分带:以 7 线为界,7 线以北元素组合较复杂,主要为 Au、Pb、Zn、Sb、Cu、Mo 组合;7 线以南主要为 Au、Cu、Ag、Te 组合。

c. 元素的横向分带: Au、Ag、Mo 为内带, Cu、Zn、Sb、Bi 为中带, Pb、Hg、As 为外带。

d. 判别矿体、矿化异常的标志：矿体：Au 异常大于 50×10^{-9} ，Zn、Cu、Pb、Mo、Ag、Te 含量相对增高，且与 Au 异常叠加、相交或相切。矿化：Au 异常大于 10×10^{-9} ，且与其他元素异常相邻。

e. 隐伏矿体的判别：As、Hg 为头晕，该区头晕经剥蚀后不发育；Cu、Pb、Au、Zn、Ag、Sb 为矿晕；Mo、Bi 为尾晕。

东坪金矿找矿标志。矿床普查、详查、勘探阶段的地质、物探、化探找矿标志。

(3) 小秦岭东闯金矿。在研究 507 脉 I、II 号矿体 4 个典型剖面原生晕资料基础上，建立了东闯 507 脉 I、II 号金矿体元素轴向分带序列和金矿化评价指标及矿体剥蚀程度评价指标等找矿预测标志，并在未知区开展了预测应用。指出了东闯 507 脉东延—西长安岔地区的深部找金重点区为 28—36 线一带的认识，所建立的预测指标可适用于小秦岭金成矿带其他地区的找矿预测工作。

3 问题及展望

3.1 问题

(1) 对物化探工作偏重或停留在纯生产性的层次上，忽略技术性的综合研究工作和项目中科技含量的提高。

(2) 物化探技术工作的投向仍囿于找矿方面，缺乏不断拓宽工作领域、走向社会市场的思路和举措。

(3) 存在“一少、二弱、三简”现象。“一少”，区域化探和矿区化探指示元素分析过少，大部分项目仅分析 Au，使大量信息丢失。“二弱”，物化探技术队伍弱化，矿区化探工作薄弱。“三简”，工作项目实际运行过程简单化，检查筛选异常的方法简单化（往往采用检查地质矿点的观念和方式），成果报告编写简单化。

3.2 展望

(1) 众所周知，当前我国矿产资源总体形势存在“三个越来越大”，即需求量越来越大，现有和潜在缺口越来越大，找矿难度越来越大。地质勘查工作具有以下特征：

地质找矿已进入综合方法找矿阶段。不再孤立地研究单个矿床矿带，而是研究矿床、矿带的形成环境和演化历史，并沿地质历史演化的轨迹追寻不同矿床类型形成的时空规律，总结出宏观和微观标志指导找矿实践。开展战略性快速大面积普查。④寻找浅表难识别矿产。⑤寻找隐伏矿床。⑥计算机信息处理技术广泛应用于地质找矿预测等。

勘查地球化学在现代矿产勘查思维体系发展和现代勘查技术方法进步中具有重要的、不可或缺的地位和作用，显示出广泛的应用领域和可持续发展前景。

(2) 重视和研究几个关键课题和任务。充分收集和利用区域物化探成果，避免重复投入。提高地球化学异常评价的思路与途径。针对我部工作区域的不同景观条件，研究特殊景观物化探找金工作的技术和方法。

(3) 不断开拓物化探工作的新领域，提出适应地质市场和社会大市场需求的思路和举措，不断提高物化探工作生存和发展的能力，增强自身造血功能，赢取更好的经济效益和社会效益。

(4) 研究和探讨物化探工作规范和技术要求如何满足和适应矿权流转，商业地质项目

和矿业主要求的改革思路和途径。

(5) 重视和加强矿区，尤其是探采结合或矿业开发（矿山）地区运用岩石地球化学、物探测井等技术手段和方法，开展深、盲、周边矿体的找矿工作。

(6) 在实践中，不断修改、完善我部已初步建立的异常卡片动态管理微机网络和 GIS 工程，努力实现资料的适时、多次开发、利用的现代化管理。

铀矿勘查地球化学的简要回顾和展望

李 家 俊

(核工业地质总局, 北京 100013)

核地质系统是以铀业为主的综合地质找矿队伍。研究的对象是天然放射性核素及其衰变产物和人工放射性核素, 并利用放射性核素的特殊性质确定其在地壳中的分布来寻找天然放射性原材料。采用的主要技术手段为放射性测量、水化学及其他地化测量等。放射性测量有化探和物探两种性质, 国内外目前尚无统一论。众所周知, 地球化学普查方法是在矿床的分散晕和分散流概念的基础上创立的, 而放射性测量恰恰是发现放射性矿床的次生晕、盐晕及气体分散晕, 并测定其核素含量而找铀矿的。从这点出发, 本文将其列在勘查地球化学范畴, 并以铀矿勘查地球化学为中心进行回顾和讨论。

1 回 顾

1.1 放射性测量

自然界中只有 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 、 ^{147}Sm 和 ^{187}Re 放射性核素可形成矿床。除 ^{238}U 、 ^{232}Th 以外, 所有放射性核素及其一些同位素含量都很低。对其最灵敏的探测方法是放射性测量—— γ 、 ρ 和 α 测量。测量的灵敏度取决于辐射源体的放射性、覆盖层的厚度、成分以及仪器的测量灵敏度。

1.1.1 航空放射性测量

(1) 概 况

——我系统于 1955 年开始, 首先进行的是 γ 总量测量, 1972 年步入 γ 能谱测量 (FD-123), 1980 年后陆续引进美国 GR-800D 和加拿大 MAC-2 型 256/512 道高灵敏度航空 γ 能谱测量系统六台套, 采用 NaI (Tl) 方晶体探测器, 体积 50 升; ^{137}Cs 能量分辨率优于 10%, 测量 K、U、Th 放射性核素含量的精度分别达到 0.25%、 1×10^{-6} 和 2×10^{-6} 。

——1955~1997 年我局总共完成航测面积 (1:5 万~1:20 万) 322 万 km^2 , 占全国可查面积的 59.6%。其中 γ 能谱测量面积 176 万 km^2 占全国可查面积的 32.6%。1981~1997 年完成高灵敏度航空 γ 能谱测量面积 121 万 km^2 , 占全国可查面积的 22.4%。

——1988 年编制完成 1:100 万航空 γ 等值线图; 1989 年编制完成 1:100 万中国航空放射性测量工作程度及异常点成果图; 1995 年内部发行出版 1:100 万中国 γ 辐射照射量率图, 并陆续编制了 1:20 万航空 γ 能谱系列图件。

——航空放射性测量成果总体分析表明, 我国目前发现的铀矿床 (多近地表矿床) 的分布和形成与高照射量率带密切相关, 75% 的铀矿床分布在高值带, 13.8% 的铀矿床分布在高值带的边缘, 高值带总控矿率达 88.8%。有色金属、稀有-稀土金属等大部分也在放

射性增高带中呈有规律分布的。总之，能直接显示地表铀矿化和间接指示隐伏铀矿床及其他多金属矿产。

(2) 方法技术

——除采用了先进的多道高灵敏度航空 γ 能谱测量系统外，1990 年实现了 GPS 加航迹彩色录相导航定位；Prime550 计算机数据处理成图系统升级为 Prime4050，实现了全过程的自动化；1994 年引进 CAICOMP-68436 彩色绘图系统；次年又进行了微机工作站软件移植、开发和利用。

——为精确标定航空 γ 能谱测量系统，实现计量标准化，1983 年建立了河北石家庄黄壁庄水库动态测试带和天津渤海湾海域本底测试区，测定仪器空中灵敏度及其他系数。

1986 年在石家庄大郭村机场建立了我国第一个航空放射性测量标准模型，进行仪器静态测试，标定 γ 能谱仪系统和测定康普顿散射的修正系数。

——近年来，深入研究了航放弱信息的提取和数据处理及图像的软件开发和应用，仪器静态测试替代动态测试的标定，并探索航放异常地面反演方法的变革，提高航空 γ 能谱测量的探测能力，获得更好的找矿和其他应用的效果。

(3) 应用和开拓

航放测量在我国铀矿资源勘查中发挥了重要的作用，我国利用航放测量直接发现的铀矿床占已知铀矿床的 14.8%，其中包括我国最大的相山铀矿田。同时，航放提供的系统区域性 γ 能谱资料，已成为铀矿战略选区、铀成矿地质条件分析、铀及多金属成矿远景区的划定和铀资源总量预测的主要依据。此外，还有许多开拓性的应用：

——放射性元素在石油中溶解度大，石油构造边缘的放射性气体往往上迁形成异常高，而储油构造顶部由于屏蔽作用往往形成低于周围背景的异常。我系统已承揽石油航放（磁）任务 45 万 km^2 ，并利用多年 γ 能谱数据二次开发分析研究评价和寻找石油天然气藏，已在多处见到工业油气流。

——岩金矿常伴有钾长石化，利用航放高 K 贫 U、Th 的特征可给定金矿定位，并在河北、安徽等地发现多个金矿床。利用与成矿有关的滞后热液蚀变放射性特征信息，建立特征变量组合模型，在满洲里一新巴尔虎石旗找矿研究中指出的大坝靶区，揭露到了多个金、银矿体。对比福建上杭紫金山上金下铜的矿床模式，有可能在这里发现大的铜矿。

——利用 K 元素中同位素 ^{40}K 的放射性，根据 K 高，U、Th 低的航空 γ 能谱特征发现异常，在新疆发现了一个硝酸钾矿床。

——利用 γ 能谱数据和 TM 图像假彩色合成有效地进行了地质填图；利用航空 γ 能谱测量提供的放射性元素的空间分布，也可有效地进行全球地球化学填图。

——用于核事故应急和环境质量评价及地质调查，实地测量了秦山核电站及上海地区的放射性本底，为评价核电站的安全运行及核事故应急准备和处理奠定了基础。

1.1.2 地面放射性测量

(1) 概况

我系统 1955 年便开始了小比例尺大面积 γ 总量区调普查和局部氡气及铀量测量。1965 年陆续开展 γ 总量普查、 γ 能谱详查、氡及其子体测量，钋法、氡法、伴生元素及同位素地球化学测量，探测铀矿化弱信息；1978 年后上述方法在铀矿区普查中得到了深入的普及和发展。尤其实现了地面 γ 测量能谱化，广泛开展了汽车 γ 能谱、钋法、