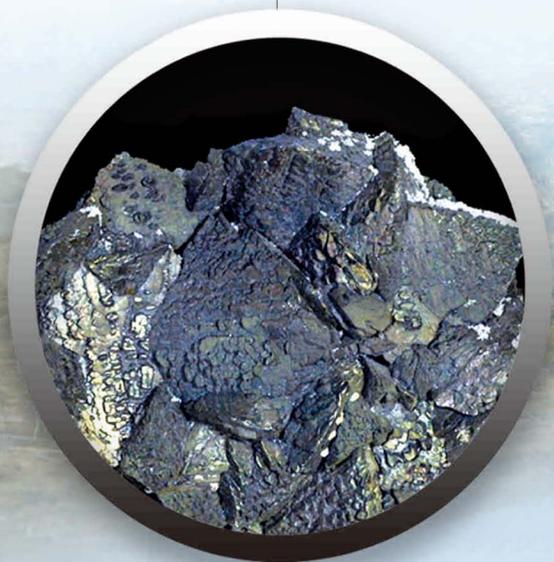


河南省国土资源厅地质矿产科技攻关项目成果
河南省矿产资源潜力评价项目资助

内生金属矿产 大比例尺成矿预测 及综合勘查技术 方法研究

*Neisheng Jinshu Kuangchan
Da Bilichi Chengkuang Yuce Ji
Zonghe Kancha Jishu
Fangfa Yanjiu*

彭翼 张寿庭 等著



河南省国土资源厅地质矿产科技攻关项目成果
河南省矿产资源潜力评价项目资助

内生金属矿产大比例尺成矿预测 NEISHENG JINSHU KUANGCHAN DA BILICHI CHENGKUANG YUCE 及综合勘查技术方法研究 JI ZONGHE KANCHA JISHU FANGFA YANJIU

彭 翼 张寿庭 燕长海 高 阳 王功文
程志中 宋要武 曾 涛 钟江文 何玉良 著
许国丽 杨瑞西 王纪中 金 胜 鲁玉红



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内 容 提 要

本书以现代成矿预测理论为指导,以地质物探、化探、遥感综合技术方法为依托,选择河南省斑岩系列钼铅锌银金矿、层控铅锌银矿和构造蚀变岩-石英脉型金矿3种主要成矿类型,分陆缘褶皱带、复杂造山带和山麓浅覆盖区3种地质背景。考虑密林中山区和丘陵两种地貌条件,在栾川钼(钨)铅锌银矿集区、卢氏钼(钨)铅锌银成矿远景区、老和尚帽银多金属异常区和崆山山麓浅覆盖区开展了内生矿产大比例尺成矿预测及综合勘查技术方法研究。涉及高精度磁测、可控源音频大地电磁(CSAMT)、EH-4连续电导率、频谱激电(SIP)、甚低频(VLF)、大功率激电(IP)、裂隙地球化学测量、气体测量(CO₂、Rn)、金属活动态测量、热释Hg测量和遥感(ETM+、ARST、SPOT5、IKONOS、QUICKBIRD)等众多方法试验。

该书可供从事地质找矿、教学与研究人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

内生金属矿产大比例尺成矿预测及综合勘查技术方法研究/彭翼,张寿庭等著. —武汉:中国地质大学出版社,2015.5

ISBN 978-7-5625-3601-7

I. ①内…

II. ①彭… ②张…

III. ①内生矿床-金属矿床-成矿预测-研究②内生矿床-金属矿床-勘探-研究

IV. ①P618.201

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第098227号

内生金属矿产大比例尺成矿预测及综合勘查技术方法研究

彭 翼 等著
张寿庭

责任编辑:胡珞兰

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cug.edu.cn

开本:787毫米×1092毫米1/16

字数:260千字 印张:10.25 插页:1

版次:2015年5月第1版

印次:2015年5月第1次印刷

印刷:武汉中远印务有限公司

印数:1—1000册

ISBN 978-7-5625-3601-7

定价:38.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

20 世纪 80 年代后期至 21 世纪初,地质矿产勘查队伍经历由事业单位逐步向企业转变的改革,地质装备的更新不再有国家计划。在地质矿产勘查单位转向多元化经营的过程中,传统地质矿产勘查工作步履维艰,地质矿产勘查设备的更新趋于停滞。21 世纪初,我国经济的高速发展引发了国内外矿产品价格的飞速上涨,出现了国家资源保障与安全问题。相应地,地质找矿与勘查技术方法体系在找矿难度日益加大的新形势下面临全面地更新。2006 年,出台了《国务院关于加强地质工作的决定》,河南省国土资源厅启动了包括“内生金属矿产大比例尺成矿预测选区及综合勘查技术方法研究”在内的一批地质矿产科技攻关招标项目。与此同时,中国地质调查局和各省(区)国土资源厅开始组织全国分省(区)矿产资源潜力评价工作。河南省地质调查院承担了上述两项重大技术工程项目,本书即是成矿预测方法和勘查技术方法方面的研究成果。在研究过程中,中国地质大学(北京)、中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所和安徽省勘查技术院给予了技术支持和协作,赵鹏大院士、叶天竺教授、任天祥研究员等对研究工作进行了指导。成矿预测与综合勘查技术方法是具有示范性、前缘性和长久性的重大课题,本书反映的成果只是应当时找矿技术方法革新的一次探索,还有待开展长期不断地研究。

作者

2015 年 2 月

目 录

第一章 绪 言	(1)
第一节 研究背景	(1)
第二节 研究概况	(3)
一、任务来源与目的任务	(3)
二、主要研究内容、研究方法及技术路线	(4)
三、研究工作情况	(7)
第二章 大比例尺成矿预测研究	(9)
第一节 大比例尺成矿预测的研究现状	(9)
一、国外研究现状	(9)
二、国内研究现状	(10)
第二节 成矿预测理论与方法概述	(11)
一、地质建造理论与成矿预测	(12)
二、成矿系列理论与成矿预测	(13)
三、成矿系统理论与成矿预测	(15)
四、“三联式”成矿预测	(15)
五、综合信息矿产预测理论与方法	(17)
六、GIS 在矿产预测中的应用	(18)
第三节 木桐沟幅(1: 5 万)成矿预测研究	(18)
一、成矿地质背景	(18)
二、区域地球物理场	(22)
三、区域地球化学场	(23)
四、遥感影像特征	(25)
五、典型矿床特征	(25)
六、基于地质异常理论的综合信息成矿预测	(27)
七、基于矿床模型的综合信息成矿预测	(34)
第四节 栾川赤土店地区(1: 5 万)成矿预测研究	(46)
一、成矿地质背景	(46)
二、区域地球物理场	(49)
三、区域地球化学场	(50)
四、典型矿产地特征	(52)
五、矿床模型综合信息成矿预测	(53)

第三章 基岩出露区综合勘查技术方法研究	(59)
第一节 内生金属矿产勘查技术方法研究进展	(59)
一、矿产勘查技术方法回顾	(59)
二、勘查地球物理方法研究进展	(60)
三、勘查地球化学方法研究进展	(74)
第二节 木桐沟地区矿产勘查技术方法研究与矿体定位预测	(82)
一、马渠沟靶区	(82)
二、石门沟靶区	(86)
三、地球化学勘查元素选择研究	(90)
第三节 栾川矿集区 CSAMT、SIP 技术方法应用	(96)
一、CSAMT 技术方法应用	(96)
二、CSAMT-SIP 技术方法应用研究	(98)
第四节 桐树庄地球化学异常查证与金(钼)矿的发现	(100)
一、异常查证工作回顾	(100)
二、异常区地质地球化学特征	(103)
三、CSAMT 测量与钻探验证	(106)
四、启示	(107)
第四章 山麓浅覆盖区综合勘查技术方法研究	(108)
第一节 覆盖区矿产勘查研究现状	(108)
一、研究进展	(108)
二、覆盖区勘查技术方法原理	(108)
三、覆盖区勘查技术方法应用实例	(111)
第二节 研究区成矿地质背景	(118)
一、地质背景	(118)
二、成矿特征	(120)
三、地球物理特征	(120)
四、地球化学特征	(120)
第三节 覆盖区综合勘查技术方法应用研究	(122)
一、研究思路与工作布置	(122)
二、高精度磁法测量	(122)
三、甚低频电磁法(VLF) 测量	(123)
四、大功率激电方法测量	(125)
五、气体地球化学测量	(125)
六、金属活动态测量	(126)
七、小结	(127)
第五章 遥感地质技术应用研究	(128)
第一节 遥感地质技术应用概况	(128)

一、常用遥感地质数据	(128)
二、遥感地质技术应用	(128)
第二节 卢氏研究区遥感蚀变信息提取	(129)
一、ASTER 数据特点	(129)
二、遥感图像干扰信息处理	(131)
三、遥感图像蚀变信息提取	(133)
第三节 遥感地质解译	(136)
一、遥感数据及其解译流程	(136)
二、遥感解译概述	(137)
三、研究区遥感解译	(138)
第六章 结 论	(145)
第一节 研究进展和取得的主要成果	(145)
一、研究进展	(145)
二、取得的成果	(145)
第二节 有关研究结论	(146)
一、关于大比例尺成矿预测	(146)
二、关于基岩出露区有效综合勘查技术方法	(146)
三、关于山麓浅覆盖区综合勘查技术方法	(147)
四、关于遥感技术方法应用	(147)
第三节 今后工作建议	(147)
参考文献	(148)

第一章 绪 言

第一节 研究背景

大比例尺成矿预测是成矿预测体系中的最高层次,也是我国当前实施找矿战略的主要任务。我国在 1979—1985 年间开展第一轮成矿远景区划,以小比例尺($<1:20$ 万)成矿预测为主;1992—1995 年间开展第二轮成矿远景区划时,总体上以中比例尺($1:2$ 万~ $1:10$ 万)成矿预测为主;近年来,全国矿产资源潜力评价确定开展大比例尺($\geq 1:5$ 万)成矿预测,是成矿预测体系中的最高层次,它是基础地质工作转入矿产勘查的基本途径,属于矿产勘查的前期工作,是实现地质找矿点上突破,快速、有效发现矿床(体)的主要途径,因此,也是我国当前实施找矿战略的主要任务。

勘查技术创新与新技术、新方法联合攻关,是当前大比例尺成矿预测尤其是隐伏矿和深部矿找矿预测的技术关键。Laznica(1997)对全世界 140 个大型矿床的发现史进行总结表明,截至 1995 年,应用先进技术发现的矿床占 30%,传统技术发现的矿床占 24%,凭机遇偶然发现的矿床占 39%,依地质填图及后续工作发现的矿床占 14.5%。但以近 30 年(1965—1995)发现的矿床统计,应用先进技术发现的矿床占 71%,偶然发现的矿床占 14.5%(彭省临等,2004)。随着已知矿、露头矿、浅部矿的渐趋枯竭,找矿难度增大,勘查技术创新与新技术、新方法联合攻关的重要性与必要性日趋显著。近些年,国内外在大比例尺成矿预测中,开展地、物、化、遥联合攻关已成共识;但如何更有效地识别、发现和提取新型的、深层次的、隐蔽的、间接的找矿信息,如何更有效地进行多元信息的有机关联与集成研究,以及如何在不同地区与不同成矿地质背景下优选最佳的勘查技术方法组合等问题,则是当今矿产预测尤其是隐伏矿产预测中亟待解决的关键问题。

河南省内生金属矿产成矿地质条件优越,找矿潜力巨大,迫切需要开展大比例尺成矿预测选区研究。该省处于古亚洲成矿域、秦-祁-昆成矿域与滨西太平洋成矿域的叠加部位,既有特定沉积建造的火山喷流、沉积喷流成矿作用,又有多期次构造-岩浆活动的岩浆(潜)火山成矿作用,还有伴随造山运动的变质成矿作用,成矿地质条件十分优越。截至 2004 年底河南省共发现各类矿产 126 种,查明金属矿产地 370 处,矿产资源综合蕴藏量居全国前列。已发现的内生金属矿产主要为露头矿、浅部矿和半隐伏矿,勘查对象集中在强度高的物化探异常,主要矿产地的勘查深度一般在 500m 以内。相对应的是,我国当前部分金属矿产的经济采矿深度已达到 1000km;一些重要成矿类型,如造山型金矿的成矿深度在 2~20km;形成于海底火山-沉积建造中的块状硫化物矿床在造山带中亦可以有非常大的埋深;斑岩系列矿床的成矿深度也不仅是以往浅成侵入体的概念,河南省大量深成花岗岩基中补充期侵入体的普遍钼矿化,大别山深剥蚀区斑岩系列矿床的存在,均说明其成矿深度是人类经济活动远不能及的;种种迹象表

明,河南省 1000m 以浅的隐伏、覆盖金属矿床找矿潜力巨大,是我国东部重要的中深部“第二找矿空间”。然而,来自隐伏矿床的各种信息远没有出露矿床强烈,甚至为不同的表现形式,采集信息的方法、种类也不完全一致。如何更有效地识别、发现和提取新型的、深层次的、隐蔽的、间接的找矿信息,如何更有效地进行有机关联与集成研究,在不同地区与不同成矿地质背景下有着不同的方法选择,存在方法的适应性和优选问题。隐伏矿预测要求有相应的工作程度和深入的成矿规律研究,限于平面上的预测仅具有战略意义,加上精准的深度定位才有望实现找矿突破。因此,以隐伏矿、覆盖矿为对象的大比例尺成矿预测选区及方法研究是面临的新课题,是深部找矿迫切需要研究的问题。

内生金属矿产找矿难度越来越大,迫切需要更新找矿方法技术。以往地质工作偏重于浅埋藏强矿化信息的采集,对于可能指示深部矿化的微弱信息和间接指示目的矿种的其他种类的矿化研究较少。我国当前普遍使用的内生金属矿地球物理推测方法已沿用了几十年,以磁法和电法为主,其中磁法已更新了高精度的仪器,电法也实现了多功能无纸化操作,有关物探工作为河南省的地质找矿作出了历史的贡献。随着已知矿、露头矿、浅部矿的渐趋枯竭,当前河南省物探工作突出存在的问题是:以往使用电法的有效探测深度多在 300m 左右,且碳质层及其他激电干扰难以排除。缺乏对深部综合成矿信息的定位,有关高精度大探测深度的物探方法仅有少数几个单位进行过试验,如河南省地质调查院初步进行的可控源音频大地电磁测量试验,河南省地质调查院和河南省有色地勘总院等进行的瞬变电磁法试验,河南省物探队进行的浅层地震试验。河南省物探方法实验远不能满足目前的找矿需求,迫切需要试验推出针对地质目的不同边界条件下的有效物探方法组合。河南省已系统进行了基岩区 1: 20 万水系沉积物地球化学测量工作(分析 39 种元素),部分成矿远景地带开展了 1: 5 万水系沉积物(土壤)地球化学测量(分析 10 余种元素),重要异常区部分进行了 1: 2.5 万水系和 1: 1 万土壤地球化学测量(分析 10 余种元素),这些化探工作促进了一批矿产地的发现,出露矿产地基本圈定在不同比例尺的化探异常中。然而对大量异常(尤其是微弱异常)尚缺乏深穿透信息的研究,即是已圈定的异常在剖面解剖时分析元素也过少,缺少 Ba、Hg、F、Cl、I、K₂O、CO₂ 等深穿透特征元素成分的分析,仅有河南省地质调查院开展过极少的地气测量和有关研究单位进行的偏提取实验。在覆盖区,河南省地质调查院正在进行的多目标生态地球化学测量部分涉及了山麓浅覆盖区,在 54 项分析中有 Ag、As、Au、Ba、Be、Bi、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、I、Mn、Mo、Ni、Pb、S、Sb、Sn、W、Zn 共 22 项可供矿产调查使用。但对初步圈出的异常以及以往水系沉积物(土壤)地球化学异常在山麓前的未封闭区,尚有待做深穿透地球化学方法适应性研究,并需针对不同成矿类型研究适宜的物探测深方法。如同地质图的不同比例尺一样,不同分辨率的遥感数据包含了不同比例尺地质结构构造的变化信息。高空间分辨率的遥感数据已可以实现 1: 1 万、1: 5000 地质草测,其对地质构造和隐伏构造的判断是地表填图所不能及的。高光谱分辨率的遥感数据分析甚至可以实现蚀变矿物填图。该省 1: 5 万小比例尺的地质工作已基本普及了遥感解译工作,近年来河南省地质调查院在铝土矿调查评价工作中,成功应用了高分辨率遥感浅覆盖区辅助填图(1: 1 万),但在造山带中的高分辨、高光谱遥感应用还是空白,有关重要成矿区带高分辨、高光谱遥感找矿方法技术有待研究后推广。总之,找矿对象由露头矿、浅部矿变为覆盖矿、深隐伏矿,原地表赖以推深的依据已发生变化,针对浅部矿的工作方法已不适应深部空间,迫切需要更新找矿技术方法。需要指出的是,不是在已知矿床实验提出一些方法或方法组合就能解决深部找矿问题,而是要将已附带属性的方法和方法组合,运用

到不同地质、地球物理和地球化学背景中的不同成矿类型,因此方法技术比技术方法更重要。

国内外内生金属矿成矿预测和综合方法技术为在河南省开展此项研究提供了理论基础和经验借鉴。近年来全球范围内一些大型和特大型金属矿床的发现无不与矿床模型的先导作用有关,也是地、物、化、遥联合攻关的结果。这些成功的实例为河南省开展此项研究提供了理论基础和经验借鉴,有优越的成矿地质条件作基础,内生金属矿产大比例尺成矿预测方法实验和综合勘查技术方法的研究,目的就是推出适合河南省主要矿床类型的隐伏(覆盖)矿找矿方法体系,推动重大的找矿突破。

正在实施的地质调查和矿产勘查项目为本项研究提供支撑,对实现内生金属矿产找矿重大突破和保持河南省在内生金属矿产勘查技术方面的国内先进水平具有重要意义。2000年以来,中国地质调查局部署的新一轮地质矿产调查评价工作将豫西南地区列为我国16个重点找矿片区之一。先后完成了“河南省桐柏地区银多金属矿调查评价”“河南省平氏-竹沟地区铅锌银矿评价”“河南省湍源地区铅锌银矿评价”“河南省栾川赤土店地区铅锌银矿评价”“河南济源一带铜铅锌矿评价”“河南省豫西南地区1:5万水系沉积物测量”等调查评价项目。配合调查评价工作开展了“豫西南地区铅锌银矿成矿规律研究”和“东秦岭(河南段)二郎坪群成矿规律研究”项目,与此同时系统进行了数据库建设。这些项目涵盖了河南省大部分的重要成矿区带。豫西南地区的多金属矿评价工作和1:5万矿产地质调查工作仍在延续进行,为本项目的研究打下了基础并提供支撑。地质大调查工作全面推进了河南省地质勘查工作的科学进步,引入的“3S”技术已在全省推广,地质勘查主流程信息化技术也基本推广,目前正在推广地质勘查三维模拟可视化技术。有关工作重视系统的区域成矿规律的研究和成矿预测,如在全省推进了新一轮的1:5万矿产地质调查工作和国土资源部部署的“全国矿产资源潜力评价”工作。重视新方法的运用,促使全省高精度磁测方法的普及运用,浅层地震、可控源音频大地电磁测深、地气和土壤热释汞等方法也已运用在河南省的地质大调查工作中。因此地质大调查工作为本项目的研究工作提供了很好的支撑。本项目的研究对象为中深部隐伏矿、覆盖矿,将促使一批隐伏矿产的发现,可望使当前500m以内的勘查深度延向1000m的经济深度,极大地拓展了找矿的空间,对实现内生金属矿产找矿重大突破有重要意义。河南省为国家地质找矿工作的大省,先后探明了在国内外有重要影响的小秦岭金矿田、栾川钼矿、破山银矿、银洞坡金矿、东沟钼矿等著名大型和超大型矿床,曾编写了我国钼矿、银矿勘探规范,在金属矿产勘查技术方面一直保持国内先进水平。本项目的研究旨在寻求适合河南省的快捷、高效、实用的地质找矿系列方法技术,对保持河南省在内生金属矿产勘查技术方面的国内先进水平有重要意义。

第二节 研究概况

一、任务来源与目的任务

“内生金属矿产大比例尺成矿预测及综合勘查技术方法研究”为河南省2006年地勘基金科技项目之一。2006年11月17日,河南省国土资源厅通过中国远东招标公司以公开招标方式发布“河南省国土资源厅地质矿产科技攻关项目”(豫财招标采购[2006]264号),河南省地

质调查院中标承担其中的该项目,协作单位为中国地质大学(北京)。2006年12月30日,河南省国土资源厅与河南省地质调查院签订了“河南省国土资源厅科技招标项目委托研究与开发合同书”,合同编号:豫财招标采购(2006)26411号。

根据豫财招标采购[2006]264号科技项目任务书(科研项目编号:11),本项目的目的任务是:在有前景的成矿预测区,开展基岩和山麓浅覆盖区以及隐伏内生金属矿产遥感、地球物理、地球化学综合信息找矿技术方法研究,提出验证靶区。

具体任务:在选定的成矿远景区开展大比例尺综合物探勘查技术方法试验,筛选先进适用技术方法;在选定的成矿远景区开展大比例尺遥感地质调查技术方法试验;总结不同类型矿床和不同地区,不同的地球物理、地球化学、遥感方法的找矿效果及适应性;综合各种技术方法,开展多元信息融合隐伏矿信息提取技术试验研究,筛选找矿验证靶区。

本研究与中国地质调查局和河南省国土资源厅“河南省矿产资源潜力评价”项目(2007—2013)前期工作同时进行,亦是该项目成矿预测课题研究内容之一,两项目共同开展了此项研究工作。

二、主要研究内容、研究方法及技术路线

(一) 成矿远景区选择与主要研究对象

本次研究的具体任务服务于基岩区综合勘查技术方法、山麓浅覆盖区综合勘查技术方法和内生金属矿产大比例尺成矿预测三大主题,并以中深部隐伏内生金属矿产为主要研究对象。要求所选择的成矿远景区已开展过面积性物化探工作,并以正在进行的矿产资源勘查项目为依托。根据研究任务和要求,成矿远景区的选择考虑如下因素:选择河南省优势矿种钼铅锌银金;选择斑岩系列钼铅锌银金矿、层控铅锌银矿和构造蚀变岩-石英脉型金矿3种主要成矿类型;分陆缘褶皱带、复杂造山带和山麓浅覆盖区3种地质背景;考虑密林中山区和丘陵两种地貌条件。基于以上因素选择栾川钼(钨)铅锌银矿集区、卢氏钼(钨)铅锌银成矿远景区(1:5万木桐沟幅)、老和尚帽银多金属异常区和崤山山麓浅覆盖区开展内生矿产大比例尺成矿预测选区及综合勘查技术方法研究(图1-1)。

(二) 主要研究内容和研究方法

围绕具体研究任务相应设置了3个研究课题:基岩区综合勘查技术方法研究、山麓浅覆盖区综合勘查技术方法研究、内生金属矿产大比例尺成矿预测。

1. 基岩区综合勘查技术方法研究

选择河南省成矿地质条件好的钼金银铅锌矿种,开展了地质与地球化学、综合物探、遥感勘查技术综合方法试验。试验选在已有大比例尺($\geq 1:5$ 万)地、物、化工作基础,并具代表性的不同成因类型和不同地质边界条件的成矿远景区,根据地质条件与地形地貌,分别采取了不同方法或不同组合方法的试验研究。

(1) 大比例尺遥感地质调查技术方法试验:在选定的卢氏、栾川成矿远景区,开展了1:5万、1:1万遥感地质解译、遥感蚀变信息提取和线环构造提取试验,研究了隐伏断裂、隐伏岩体和蚀变的分布特征。

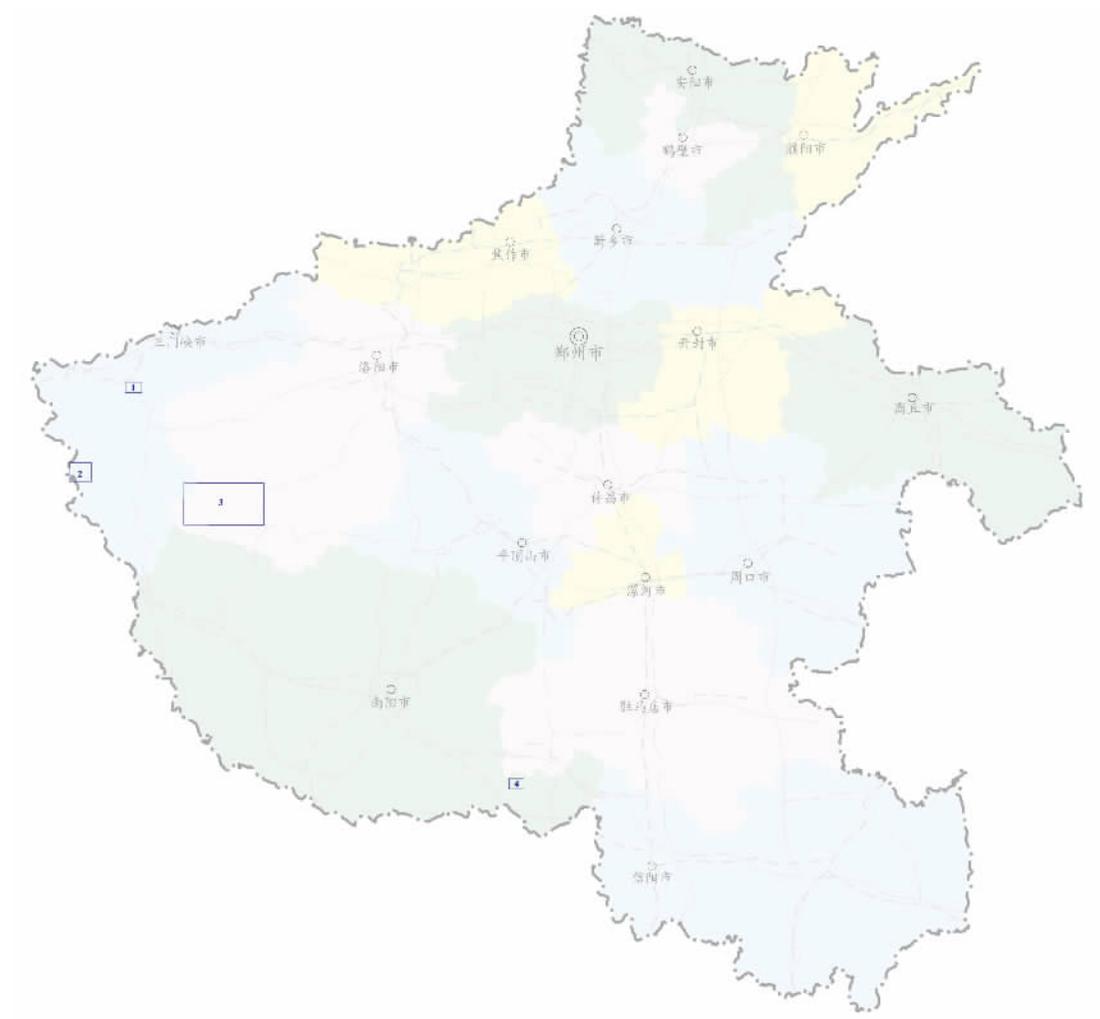


图 1-1 研究区分布图

1. 崤山麓浅覆盖区; 2. 卢氏钼(钨)铅锌银成矿远景区; 3. 栾川钼(钨)铅锌银矿集区; 4. 老和尚帽多金属异常区

(2) 地球化学研究: 在已往 1: 5 万水系沉积物地球化学测量和 14 种元素分析的基础上, 选择卢氏县夜长坪钼钨矿区和相邻的拐峪异常区, 补充进行了 22 种元素分析并进行了相应的元素地球化学研究。对圈定的主要靶区开展了裂隙地球化学剖面研究。

(3) 多金属矿综合物探勘查技术方法试验: 进行了高精度磁测、可控源音频大地电磁剖面测量(CSAMT)、EH-4 连续电导率剖面测量(EH-4)、频谱激电剖面测量(SIP)、大功率激电中梯剖面测量(IP)方法试验和综合方法找矿适应性研究, 总结了不同类型矿床和不同地区, 不同的地球物理、地球化学、遥感方法的找矿效果及适应性。有关物化探方法的试验按常理应布置在已知矿床, 但有关矿床均已开采, 存在采空、离散电流和污染等因素的干扰, 因此不适宜合作物化探方法试验的对象。试验尽量避免干扰因素, 选择有已知成矿线索, 或经大比例尺成矿预测成矿可信度高的靶区, 有关试验效果用正在实施的其他项目的钻探工作量来验证, 取得了科研与找矿双丰收。

2. 山麓浅覆盖区综合勘查技术方法研究

选在崮山山麓浅覆盖区,针对构造蚀变岩型金矿,进行了高精度磁测,甚低频电磁法测量(VLF-TM),地气、热释汞和活动态偏提取技术方法试验,评价了不同方法的找矿效果和适应性。

3. 内生金属矿产大比例尺成矿预测

选择1:5万木桐沟幅,基于1:5万地质、高精度磁测及水系沉积物地球化学数据库以及1:20万重力数据库和遥感(ASTER)蚀变信息与线环构造,进行了内生金属矿产大比例尺(1:5万)成矿预测研究。根据预测区数据特点和数学地质条件,采用了“地质异常成矿预测”和“矿床模型综合地质信息预测”两种预测方法。通过在预测靶区中进一步开展的解剖性综合物化剖面工作,实现了矿体定位预测。

(三) 技术路线

研究的技术路线如图 1-2 所示。以现代成矿理论为指导,以区域成矿规律研究为基础,通

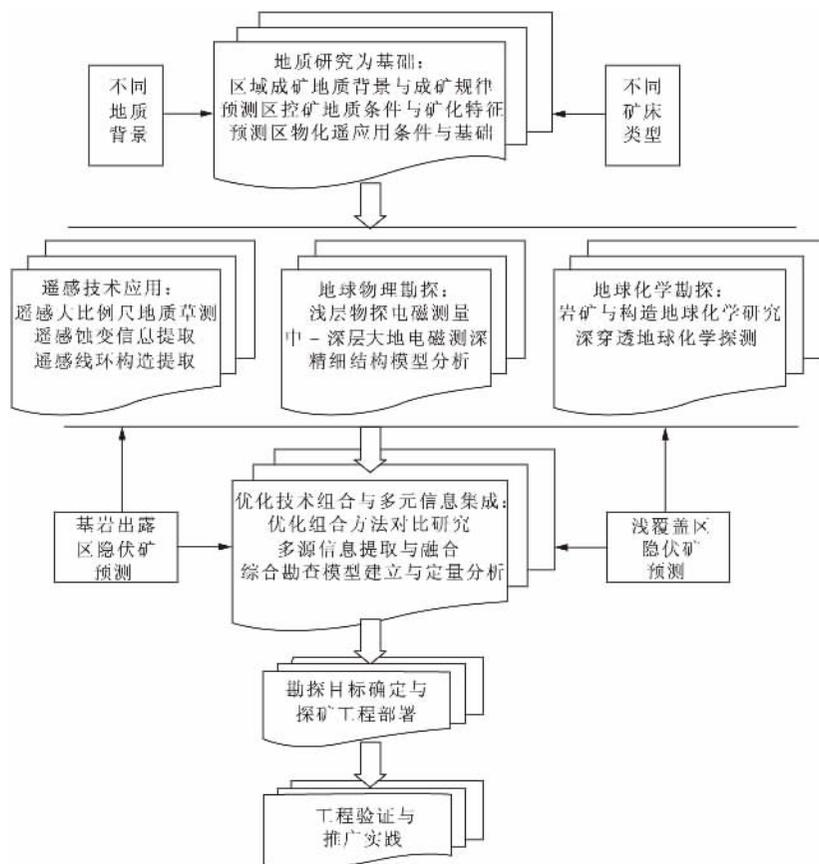


图 1-2 技术路线图

过区域对比研究思路和地质、地球物理、地球化学、遥感地质的综合研究思路,明确找矿方向和主攻目标;以地、物、化、遥多元找矿信息研究为基础,通过数学建模和当代计算机技术、数据库技术、3S 技术的结合,实现区域矿产资源远景定量评价和找矿靶区定量圈定的新突破;以典型矿床地质模型和找矿勘查模型建模研究为指导,通过大比例尺、高分辨率的电磁测深技术,深穿透地球化学探测技术,高分辨遥感技术等新技术和新方法的联合攻关与示范研究,实现找矿靶区隐伏矿床(体)找矿预测的新突破,系统总结隐伏矿找矿预测的最佳组合技术方法,并予以推广实践。

在综合物探方法试验方面,以详细的地质矿产、地球物理背景研究为基础,充分考虑地貌有关方法的适用范围,尊重前人大量的勘查实践,首先从理论和实际上排除不适合的方法;在入选的方法中以地质目的和方法原理为理念,以国内最新研究为起点,针对不同地貌、干扰因素和成矿类型进行最佳效绩组合与经济组合的实验,从中优选针对性的经济实用的不同物探方法组合。综合物探方法的试验与综合化探方法,特别是与深穿透的化探方法相接合,推出先进有效的综合方法体系。

三、研究工作情况

1. 研究实施情况

2007 年 1~3 月,完成了设计编制并通过了审查。2007 年 12 月,在选定的成矿远景区初步开展了区域重力、高精度地面磁测、水系沉积物地球化学和遥感(SPOT5、ASTER、QUICK-BIRD)等综合数据处理,基于综合成矿信息研究和弱异常提取,圈定了系列隐伏金属矿找矿靶区。由于招标采购的 V8 电法设备到货太晚,当年仅完成了 CSAMT 剖面设计工作。计划以匹配工作量的形式资助本科项目的“河南省卢氏-栾川地区铅锌银钼矿评价”项目在当年结题,继续开展工作的中国地质调查局矿产资源调查增量项目“河南杜关-云阳地区钼铅锌多金属矿评价”延迟于 2009 年实施,致使野外工作顺延。

2008 年实验掌握了 SIP 工作方法,采购 EH-4 设备后完成了相应工作,完成了大功率 IP、气体测量(CO₂、Rn)、金属活动态测量、土壤热释汞剖面测量工作。调整开展了 1:1 万高精度磁测、甚低频、裂隙地球化学和 22 种元素地球化学测试工作。

2009 年 1~7 月,通过“河南杜关-云阳地区钼铅锌多金属矿评价”项目,补充完成了 SIP 测量,初步进行了钻探验证工作,逐于 2009 年 7 月底完成科研成果报告编写。2009 年 8 月 16 日,研究成果报告通过了河南省国土资源厅组织的审查验收和科学技术成果鉴定。

2. 完成实物工作量

本研究完成的主要实物工作量如表 1-1 所示。

表 1-1 实物工作量

名称	工作量
1: 5000 高精度磁测剖面	240km
可控源音频大地电磁测深(CSAMT)	350 点
频谱激电(SIP)	100 点

续表 1-1

名称	工作量
EH-4 连续电导率	200 点
大功率激电中梯(IP)	100 点
甚低频地磁测量(VLF-TM)	5km
1: 1 万土壤(岩石) 测量	10km
裂隙地球化学剖面测量	10km
1: 5 万水系沉积物化探样品分析	327 件
1: 2000 地气(CO ₂ 、Rn 气) 测量剖面	5km
1: 2000 土壤采气测量剖面	5km
1: 2000 活动态偏提取测量剖面	5km
1: 5 万遥感解译	600km ²
1: 1 万遥感解译	150km ²

3. 研究分工

项目技术指导为叶天竺研究员,项目顾问为赵鹏大院士、任天祥教授。项目负责人彭翼高级工程师、张寿庭教授。课题负责人金胜副教授、程志中研究员、王功文副教授分别负责 3 个课题,及物探、化探和遥感专业研究工作。河南省地质调查院主要研究人员为彭翼、燕长海、何玉良、宋要武、付少英、王纪中、杨瑞西、马振波、许国丽、王丰收、曾涛、钟江文。中国地质大学(北京)主要参研人员为张寿庭、王功文、程志中、金胜、高阳、杜家茂、陈燕琼。张燕平、赵荣军等参与了投标和设计编制。物探工作由河南省地质调查院矿调中心承担,河南省地质调查院信息中心大部分人员参与了 GIS 工作,在研究区开展其他项目工作的院基础中心、矿调中心的很多人员参与了项目工作。样品测试工作主要由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所完成。

在立项论证与项目实施过程中,王建平、张良、徐成翔、魏丹斌、王厚民、张克伟、宋峰、王志宏、张宗恒、左玉明、焦守敬等省内专家给予了点评和指导,安徽省勘查技术院(原地质矿产部第一综合物探大队)汪青松高级工程师、徐善修教授级高级工程师、崔先文教授级高级工程师对项目物探工作给予了指导和帮助。很多参与过项目工作的同事和给予过指导帮助的专家、学者无法一一列举,在此表示衷心的感谢。

本书由彭翼、张寿庭主笔,王功文执笔第五章。高阳博士在张寿庭教授的指导下完成了题为“豫西内生金属矿床隐伏矿综合勘查技术方法实践”的博士论文,该论文的部分内容改编在本书中。燕长海、程志中、宋要武、曾涛、钟江文、何玉良、杨瑞西、许国丽、王纪中、曾涛、钟江文、金胜、鲁玉红、马振波等参与了本书的编写或数据处理和插图编制。

第二章 大比例尺成矿预测研究

成矿预测是矿床勘查工作的重要环节和先行步骤,它对提高找矿成效、规划经济发展和部署勘查力量都有重要的意义(卢作祥等,1982)。按照比例尺和预测目的的不同,大比例尺预测又分为矿田预测、矿床预测和矿体预测3个层次。1:5万比例尺的预测即是矿田预测,主要在V级成矿区中或中比例尺预测所圈定的A类预测区内进行。1:1万比例尺的预测是进行矿床尺度的预测。而大于1:1万比例尺的成矿预测则是对矿体进行预测。

大比例尺成矿预测以成矿预测理论为指导,强调成矿模式的研究、矿田构造的研究、成矿地质异常的研究及成矿预测的定量立体研究(肖克炎,1993),强调地质、地球物理、地球化学、遥感等技术方法的最佳组合,从中获取找矿信息,圈出预测靶区,经工程验证达到发现矿床的目的,为进一步地质勘探找矿提供依据。

第一节 大比例尺成矿预测的研究现状

一、国外研究现状

世界矿产勘查已经进入隐伏矿预测勘查时代,当前提出的“深部找矿”正是寻找隐伏矿的集中体现。寻找隐伏矿要依靠大比例尺成矿预测。国外对大比例尺隐伏矿预测进行研究由来已久,研究比较深入的国家当属苏联以及美国、加拿大、澳大利亚等矿业较发达国家。

苏联自1958年以来,在一些重要矿区开展了隐伏矿预测工作,经过多年努力已经形成了比较完整的矿产预测理论和方法体系。理论研究成果尚不多,以某种成因概念和类比原则为基础的经验方法仍占主导地位。在进行大面积1:5万区域调查时,他们大量应用遥感、地球物理、地球化学等方法,同时进行成矿预测,明显地提高了区调质量和找矿效果。苏联多次召开专门性的隐伏矿产预测学术讨论会(1958,1971,1986,1987),发表了很多专门探讨隐伏矿预测问题的文章和专著,如《隐伏矿研究及普查勘探问题》《以热液矿床分带为基础的隐伏矿预测》和《热液矿床详细预测图的编制》等。1971年12月,苏联地质科学研究所召开的“金属矿床与非金属矿床科学预测的基础”讨论会指出:“成矿预测只能以事实为基础,研究成矿元素含矿建造、控矿断裂及侵入体的分布特点和找矿经验奠定的规律。”1974年,苏联地质工作者提出“地质异常”的概念,通过编制地质异常图来确定储矿构造,强调综合构造、岩浆、地貌、地球化学、地球物理异常的特征,抓住“地质异常”的综合特征来预测大型矿床。1986年10月召开的“建造分析是有色、稀有和贵金属矿床大比例尺预测和普查的基础”学术讨论会和1987年5月召开的“提高矿床局部预测科学论证效果”全苏科技会议,专门讨论制定了局部预测方法和合理的“预测普查组合”。随着寻找隐伏矿工作的开展,三维空间综合性地质调查和立体成矿预测也得到了一定程度的发展,苏联在地质工作研究程度较高的土尔盖和鲁德内依阿尔

泰地区,运用局部成矿预测的理论和方法及综合性立体地质方法,成功找到了4个隐伏的多金属矿床。

美国、加拿大等国也对隐伏矿预测问题给予了极大关注。从1975年起,美国地质调查所的主要活动转向寻找隐伏矿和低品位矿的预测评价方法与勘查技术。现代地质工作开展较晚的澳大利亚也开始了寻找隐伏矿。美国、加拿大、法国等国在1:5万填图工作中广泛采用遥感地质和航空物探等方法,大大提高了工作效率并取得较好的找矿成效。从1975年开始,美国执行完成了“美国尚未发现的石油和天然气可回收资源的地质估计”“阿拉斯加矿产资源评价计划”“国家铀资源评价计划”“美国本土矿产资源评价计划”四大计划。近年来,西方勘查界在积极发展各种找矿勘探新方法和新技术的同时,普遍重视运用成矿模式进行矿产区域评价和靶区选择。1980年,在《加拿大地学》杂志上先后发表了12个矿床类型的成因模式。加拿大地质调查所总结出版了《加拿大矿产类型》,书中详细介绍了矿床模式。1985年,在美国召开的“公有土地矿产资源评价展望”专题讨论会,肯定了矿床模式是进行矿产预测和评价的有效方法。美国地质调查所的科克斯、巴顿、辛格等一批矿床学家在总结了世界上4000多个矿床的地质特征,出版了包括85个矿床模式、60个品位-吨位模式的《矿床模式》一书,书中强调了在理论指导下,矿床模式在找矿预测中的作用。西方国家运用成矿模式理论指导找矿,获得了一些重大突破,发现了一批重要的隐伏矿床,如美国新密苏里铅锌矿(埋深330m)、卡拉马祖斑岩铜钼矿(埋深600m)、亨得逊钼矿床(埋深900m)。美国矿产资源评价方面比较有代表性的理论“三部曲”定量评价,亦是建立在矿床模型的基础上。成矿模式是迄今成矿学中最有生命力的研究内容之一。作为类比找矿的标准与知识模型,成矿模式详尽、精细地刻画了包括成矿环境在内的成矿物质来源、成矿作用等成矿的全部过程,在矿床学理论与找矿预测领域占有无法取代的重要地位,是矿床理论研究向实际生产转化的必要途径,体现了矿床理论的预测功能,是理论找矿的集中体现。

在成矿预测和勘查评价方面,西方国家已经形成了比较成熟的预测理论和评价方法,在预测隐伏矿床和大比例尺预测方面,取得了一定的进展和成就,但其方法和理论仍有待进一步的发展与完善,其理论和方法还是以传统的“相似类比”理论为指导,只能预测同种类型的矿床,如关于成矿模式的研究在预测大型、超大型矿床方面就受到了限制(王安建等,2000)。

二、国内研究现状

在我国,对隐伏矿床大比例尺成矿预测的探索工作在20世纪50年代即已开始。典型案例如1956年甘肃小铁山黄铁矿型多金属矿床的成功预测。当时主要依据地质构造和成矿特点的分析,在已知矿床外围进行简单的类比预测。20世纪60年代初期,华南钨矿地质工作者对一部分钨矿总结出“五层楼”模式,揭示了成矿规律与成矿模式,用来指导寻找隐伏矿获得了很好效果。云南个旧锡矿,根据花岗岩突起控矿的认识,采用大面积电测深方法,并结合化探构造原生晕和岩石变质特征研究,探索隐伏花岗岩突起的位置,有效地指导了隐伏锡矿体的预测。20世纪60年代中后期到70年代,地质力学理论与方法指导矿床预测,取得了一定成效,江西大余木梓园隐伏钨钼矿床、河南卢氏夜长坪隐伏钨钼矿床的预测成功都是典型案例。“七五”期间国家科委组织了“中国东部隐伏矿预测”的专门性科研攻关课题,在长江中下游地区的铜陵狮子山矿田、九江城门山-瑞昌武山矿田、大冶铁东矿田等地开展成矿预测,取得了较好的成效。与此同时选择了地质工作研究程度较高的地区,开展三维立体统计预测的试点。