

宁夏金属矿

勘查物化探技术进展

尹秉喜 刘建兵 余秋生 李建国 编著



黄河出版传媒集团
阳光出版社

作者简介

尹秉喜，地球探测与信息技术工学博士，教授级高工，出生于1965年，宁夏中卫市人。长期从事地球物理勘探工作，先后在《地学前缘》、《物探与化探》等重要刊物发表论文20余篇，主持完成多项中国地质调查及宁夏回族自治区科技攻关项目，2010年荣获自治区地矿局十大优秀科技工作者称号。现为中国地质调查局及中央地勘基金专家库成员。

图书在版编目 (C I P) 数据

宁夏金属矿勘查物化探技术进展 / 尹秉喜等编著
— 银川 : 阳光出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-5525-1171-0

I. ①宁… II. ①尹… III. ①金属矿—地球物理勘探—宁夏 ②金属矿—地球化学勘探—宁夏IV.
①P618.208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 318783 号

宁夏金属矿勘查物化探技术进展 尹秉喜 刘建兵 余秋生 李建国 编著

责任编辑 屠学农

封面设计 方 勇 马 冬

责任印制 郭迅生

黄河出版传媒集团 出版发行
阳 光 出 版 社

地 址 宁夏银川市北京东路 139 号出版大厦 (750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 yangguang@yrpubm.com

邮购电话 0951-5044614

经 销 全国新华书店

印刷装订 宁夏报业传媒印刷有限公司

印刷委托书号 (宁)0013656

开 本 880mm×1230mm 1/32

印 张 5

字 数 100 千字

版 次 2013 年 12 月第 1 版

印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5525-1171-0/TD·1

定 价 38.00 元

版权所有 翻印必究

内 容 简 介

本书是宁夏回族自治区科技攻关计划项目——物化探技术在宁夏金属矿勘查中应用的最终成果,是一部区域性金属矿勘查的物化探技术应用研究专著。作者以丰富的金属矿地球物理、地球化学勘查应用成果资料,全面系统地论述了宁夏主要金属矿成矿带较为适用的物化探勘查技术方法基本原理、应用条件,对指导宁夏金属矿勘查方法技术运用具有潜在价值。全书除前言、绪论外共 5 章,分金属矿勘查中的主要物化探方法、区域成矿地质背景及物化探特征、矿产勘查中物化探方法组合模式研究、黄土覆盖区磁异常查证方法组合探讨和展望。本书内容丰富,论据充分,图文并茂,基本反映了宁夏地区金属矿物化探勘查技术现状和研究水平,填补了宁夏至今尚未出版金属矿勘查物化探技术方法研究专著的空白。

本书可供物化探工作者、勘探地质工作者以及大专院校有关专业师生参考阅读。

前 言

未来 10~20 年是我国工业化进程的重要时期，矿产资源保障已成为我国经济社会发展的重大战略之一，事关国家核心利益，事关中华民族伟大复兴。2011 年国务院下发了《国务院办公厅关于转发国土资源部等部门找矿突破战略行动纲要（2011-2020 年）的通知》（国办发[2011]57 号），各省区随之出台了找矿突破战略行动方案，加快了找矿勘查力度。目前，随着已知矿、露头矿、浅部矿的渐趋枯竭，找矿难度在日趋增大，深部找矿的勘查技术创新与新技术新方法联合攻关的重要性和必要性日趋显著。现代地球物理、地球化学勘查新技术作为地质找矿不可或缺的重要手段和有效勘查方法，以其经济、快速、高效等优点越来越受到广大地质工作者的重视，其作用和成就日益凸显。

本书是作者在研究前人区域地质、物化探成果资料的基础上，选择典型示范区，充分应用大比例尺地质矿产、物化探资料，借助国内外金属矿勘查中的物化探勘查技术最新成果，对示范区地质、物化探特征进行深入研究，结合地质勘探成果和区内已实施的物化探勘查技术，通过综合分析，建立示范区多金属地质—地球物理综合找矿模型和行之有效的物化探勘探方法组合模式，在此基础上，以区内物化探异常

特征为依据，提出自治区金属矿找矿靶区和物化探勘查方法组合建议。

全书共分五章，其中绪论由余秋生、李建国执笔，主要介绍了宁夏金属矿勘查中物化探方法研究背景、国内外研究现状及其研究思路和创新方面内容；第一章由尹秉喜执笔，主要介绍了当前金属矿勘查中的主要地球物理勘探、地球化学勘探方法简介及其基本原理；第二章由尹秉喜、刘建兵执笔，主要介绍了宁夏区域成矿地质背景、区域地球物理特征和区域地球化学特征；第三章由尹秉喜、刘建兵执笔，以矿产勘查中物化探方法组合模式为研究线索，选择典型的示范区，重点介绍了示范区研究程度、地质及物化探特征，在此基础上对示范区主要物化探异常进行了解释，并对矿产勘查中的物化探方法组合模式进行了探讨，建立了地质—物化探综合找矿模型；第四章由尹秉喜、余秋生、李建国执笔，在对黄土覆盖区地质背景、地球物理特征及地球化学特征研究的基础上，对黄土覆盖区主要磁异常进行了解释及其异常查证情况进行了介绍，探讨了磁异常查证中的物化探方法组合模式；第五章由余秋生、李建国执笔，对宁夏金属矿勘查中的物化探方法应用前景做一个展望；相关图件由杨勇完成；尹秉喜、刘建兵最后对全书进行了统稿。

在本书的编写过程中，得到了宋新华、孟方等专家的悉心指导和帮助。得到了宁夏卫宁北山地区多金属矿调查项目组全体成员、中卫市二人山—黄石坡沟银铅矿资源普查项目组全体成员、宁夏西吉盆地航磁异常查证项目组全体成员、

中卫市卫宁北山大铜沟铜钴矿资源普查项目组全体成员，在野外实验和资料提供上给予大力支持和帮助，在此致以最衷心的感谢！

由于编写时间仓促，作者水平所限，不当之处敬请读者批评指正。

编 者

2013年8月

目 录

绪 论	1
第一章 金属矿勘查中的主要物化探方法	24
第一节 地球物理勘探	24
第二节 地球化学勘探	35
第二章 区域成矿地质背景及物化探特征	46
第一节 区域成矿地质背景	46
第二节 区域地球物理特征	52
第三节 区域地球化学特征	62
第四节 金属矿产找矿远景区	65
第三章 矿产勘查中物化探方法组合模式研究	70
第一节 示范区基本概况	71
第二节 示范区物化探异常解释	86
第三节 矿产勘查中的物化探方法组合模式	106
第四章 黄土覆盖区磁异常查证方法组合探讨	109
第一节 地质背景	109
第二节 地球物理及地球化学特征	113

第三节 重磁异常解释	119
第四节 磁异常查证	124
第五章 展 望	134
参考文献	136

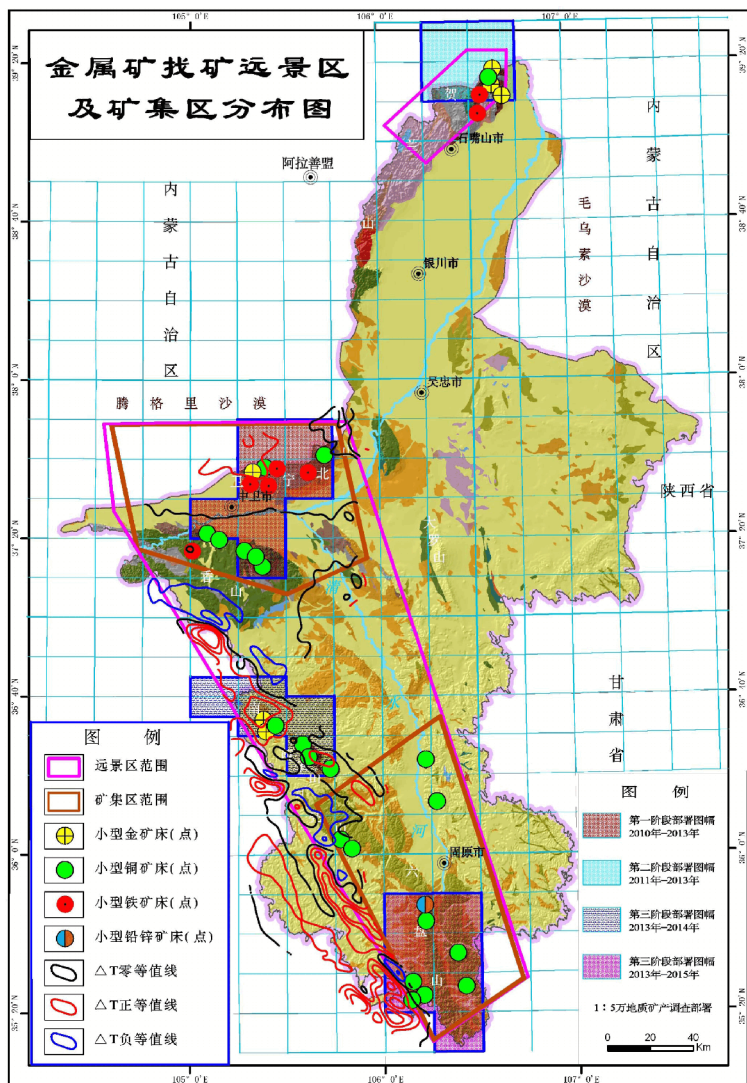
绪 论

一、研究的背景及问题的提出

(一)研究背景

宁夏矿产资源基本特征是:已发现矿产种类少、位次低,能源和非金属矿产资源丰富而金属矿产资源贫乏。目前,金属矿产发现的较少,查明资源储量的矿种主要有金、铜、铅锌和铁等,资源量较少,依据发现的矿床(点)和所处大地构造位置,宁夏大致可划分为两个找矿远景区,即宁南铜、铅、锌、金、银、铁多金属矿找矿远景区和贺兰山北段铜、金铁多金属矿找矿远景区^[1]。前者地处秦祁昆造山系北祁连造山带(北祁连古生代弧盆系)东段,是北祁连多金属成矿带的组成部分;后者地处华北陆块鄂尔多斯地块西缘被动陆缘裂陷区的贺兰山北段基底杂岩带,紧邻阿拉善多金属成矿带。以上区域不仅发现了较多的金属矿床、矿(化)点,还分布有大量的地球物理、地球化学异常,且多数异常与已发现矿床、矿(化)点叠加成带展布,并与区域构造和侵入岩——热液蚀变带密切相关,成矿地质条件优越,具备良好的成矿前景。

宁夏是我国少数民族自治区之一,也是革命老区和集中连片贫困地区。成立 50 多年来,经济建设和社会事业取得了令人瞩目的成就,特别是进入“十一五”以后,宁夏经济社会发展明



金属矿找矿远景区及矿集区分布图

显加快,进入了历史上最好的发展时期。但宁夏在发展中还存在一些特殊的困难和问题。为进一步促进宁夏经济社会又好又快发展,2008年9月7日,国务院出台了《国务院关于进一步促进宁夏经济社会发展若干意见》(国发[2009]29号),为贯彻落实国发[2009]29号文件,2008年9月23日,国土资源部结合宁夏实际出台了《国土资源部关于贯彻国务院进一步促进宁夏经济社会发展若干意见的政策措施》。为进一步落实国土资源部22条措施,建立部区联络机制,探索构建保障和促进科学发展的国土资源管理新机制,更好地促进宁夏经济社会发展,2009年5月31日,国土资源部和宁夏回族自治区人民政府在银川签署了《合作构建国土资源科学发展新机制、共同促进宁夏经济社会跨越式发展协议书》(简称“513协议”),协议旨在充分发挥国土资源部和宁夏回族自治区各自优势,通过科学规划、整体实施宁夏基础地质、矿产勘查等急需紧缺矿产资源保障工程,使宁夏基础地质工作程度整体提高、服务社会功能进一步拓展、群众生产生活条件得到改善、资源保障能力显著增强,促进自治区民族团结,经济社会和谐发展。并成立了由国土资源部地质勘查司牵头、相关司局及宁夏国土资源厅、宁夏地质矿产勘查开发局、中国地调局西安地调中心相关人员组成的地质找矿办公室。之后,宁夏国土资源厅牵头完成了“513协议”总体部署方案,为自治区地质找矿勘查工作做了全面规划和科学部署,且进行了工作项目的安排;以宁夏回族自治区矿产资源潜力评价项目为依托,加强宁夏成矿地质背景、成矿规律与成矿预测研究,不断注视新的地质矿产信息或成果,注重新理论、

新方法的应用,加强综合研究,以指导、调整地质找矿、勘查评价和开发利用的方向、方法与进程。逐步加强对宁南铜、铅、锌、金、银、铁多金属找矿远景区和贺兰山北段铜、金铁多金属矿产找矿远景区开展整装勘查。勘查坚持面上展开、点上突破、综合勘查评价的原则,远用新理论、新方法、新技术,采用地质、遥感、物探、化探、钻探和化验等多种手段,以“多兵种联合作战”的方式,有序推进地质矿产勘查工作^[2]。目前这些地区正在开展中国地质大调查及自治区地质勘查基金项目工作,这些项目不同程度均涉及了相应的物化探勘查技术,这为本项研究提供了必要的背景条件和必要的资料来源。因此,在全面收集前人矿床、矿(化)点成果和已有的物化探勘查技术方法应用成果的基础上,通过对其进行细微分析对比,用已捕捉到的物化探勘查信息与已知矿床(点)之间的联系,最终确定宁夏地区较为有效的勘查技术方法组合,以此为宁夏地区金属矿勘查方法布置提供依据。

(二)问题的提出

金属矿寻找中物化探技术方法在国内外已广泛应用。多年来,地球物理学家已应用了一些间接找矿的准则,如圈定断裂带作为可能的金属成矿带的标志等。这些间接找矿标志常常有参考价值而且到处可用,但是由于特大型矿是非常稀少的,找到它们的概率也极低,因此这些间接大众化的找矿准则对它未必有效。目前国内外通过一些与特大型成矿有直接联系的地球物理、地球化学特征总结发现了隐伏盲矿体实例较多,除磁性特征用于直接发现磁性矿产外,其他均为间接找矿。据杨文

采、侯遵泽对目前发现的较大金属矿研究表明,地壳上部高密度($>2.8\text{g/cm}^3$)和高纵波速度(6km/s 以上)是金属矿寻找的重要标志^[3]。例如,内蒙古满都拉—江苏响水地学断面的白云鄂博特大型矿段,地壳存在很高的密度,在 $2.81\sim 2.95\text{g/cm}^3$ 之间,同时,在成矿域附近地壳顶层的横波速度亦较高,大于 3.7km/s ,而其他地区则为 3.5km/s ,为什么特大型金属矿床与高密度地壳有关?这是个复杂的问题,其中至少有一个原因,即特大型金属矿床需要大量的重金属物质供应,而重金属物质通常密度高,原始地壳经历了陨石冲击或地壳早期的火山爆发,以及熔融物行的侵入或洋壳的推覆,这些活动促成特大型成矿域初型的形成。

目前,国内外勘查技术方法种类繁多,尤其以地球物理勘查技术,具有场源形式多样、方法变种多样化,如何有效应用物化探勘查技术方法,国内外学者进行了大量的探索,也取得了好的进展,但金属矿由于赋存条件复杂,且受区域背景控矿条件制约明显,对国内金属矿产发现史统计,除磁性铁矿床外,其他矿种尚没有发现完全一致或近似的地球物理勘探应用技术。因此本文通过物化探勘查技术方法应用系统研究,借助国内外较为有效的勘查技术方法组合,并通过已知矿床、矿化点的方法有效性实验,以资料比较丰富的卫宁北山地区为示范研究区,利用多尺度综合研究,以此回答宁夏物化探异常与成矿条件、金属矿勘查中的勘查方法优选和组合问题。通过对宁夏西南部分布的航磁异常进行优选,定性、定量分析,以此确定进一步找矿勘查靶区。

二、国内外研究现状

(一)地球物理研究现状

1960 年,瑞典人首次尝试用罗盘寻找磁铁矿,开辟了利用磁场变化寻找矿产的新途径^[4]。1987 年,瑞典人泰朗(Thalen)和铁贝尔(Tibeng)制造了万能磁力仪后,磁法勘探才作为一种地球物理方法建立起来^[5]。电法勘探是 19 世纪初开始进行实验研究的,1835 年,P·佛克斯开始试图用电法寻找金属矿,直到 20 世纪初自然电场法才较正规投入生产找矿^[6]。1957 年苏联首先研制出第一台用于大地电磁测探法的地磁仪,之后许多不同的频率域和时间域电磁(FEM 和 TEM)勘探系统先后被开发出来,用于圈定块状硫化物矿床引起的低电阻率异常。20 世纪 60 年代和 70 年代的斑岩铜矿勘查时期,许多地球物理勘探方法都获得了不同程度的成功。如重力、磁法、激发极化法和自然电位法等,至今这些方法仍在使用。近 20 年来,随着电子技术的高速发展,这些方法技术特别是电法/电磁法和地震勘探技术,具有了更高的精度和灵敏度。例如,激发极化法(IP)从传统时间域演变成为复电阻率或频谱多频 IP 技术,并用于区分蚀变、硫化物类型和人工引起的电磁耦合异常。垂直测深法,如可控源音频大地电磁测深法(CSAMT)和瞬变电磁法(TDEM 和 TEM),用来圈定地质结构和块状硫化物矿体;井中物探技术,特别是跨孔地球物理层析成像技术,用于评价孔间矿化和蚀变带的空间分布特征;地震仪器和数据处理解释技术的发展,大大增加了深部和浅部勘探的分辨率和解释能力。

新中国成立以来,我国地球物理勘查技术在资源勘探中发

挥了重要作用,取得了举世瞩目的成绩,为国民经济的发展做出了巨大的贡献。在技术方面,形成了针对不同勘查目的的勘探方法技术系列。但是,我国目前处于经济快速发展阶段,资源需求与供给的矛盾日益突出。在新一轮地质调查和找矿勘探中,地球物理勘查技术面临的问题与发展趋势^[7]体现在:一是提高微弱地球物理信号的采集与处理水平。物探的发展历史充分说明,数据采集精度的提高使地球物理探测的应用效果、应用范围不断扩大,地球物理方法和理论的进展需要数据采集技术的进步作保证才能得以实现。二是非均匀地质体的探测与描述。目前找矿面临的多是岩性不均匀、结构与构造复杂、物理性质在纵向和横向上均有较大变化,并且埋藏较深、地质条件复杂的勘探对象。为了清晰地显示研究对象的空间特征,近 20 年来各种物理场的成像研究取得了很大的进展,包括地震波成像、电磁波成像、位场成像等。成像技术的特点是未知数多、观测数据量大,只有观测信息对每个未知数的覆盖次数足够多,才能使解出的未知数比较可靠。同样,地球物理勘探结果可视化的需求也推动了计算机技术的进步,并且计算机将在今后的地球物理数据的运算中起主要作用。三是综合利用多种信息,减少地球物理反问题的多解性。物质形态和性质变化对地球物理场影响的等效现象使得反问题解答不唯一。如果再考虑观测误差和干扰因素的影响,以及描述物理场的数学表达式和计算方法的不精细,问题就进一步复杂化。地球物理探测的对象越复杂,表征其性质、结构和构造的变数越多。可以预计,复杂探测对象的不断出现将推动物探综合信息找矿方法技术的进一

步发展。

传统地球物理方法主要包括电法、磁法等手段。随着科技水平的不断提高,经过广大地球物理学工作者的努力,金属矿物探迎来了新的发展机遇,传统物探方法得到进一步发展,各种物探新方法、新技术层出不穷。地球物理新技术和新方法(包括:地面高精度重力勘查技术、地面高精度磁测技术、瞬变电磁法勘查技术、可控源音频大地电磁法、频谱激电法、井中声波透视、地下电磁波法、金属矿地震法等)和高光谱遥感技术等,并提出了今后勘查技术与方法上最紧迫的研究课题^[8]。我国物探工作中的薄弱环节是岩石物性的测定和研究工作,从 1991~1994 年,美国的 Geophysics 期刊上发表了一系列有关岩石磁性测定和研究的结果,其中心论点是解决磁法勘探在直接找油田方面的作用,从这些文章中可以清楚地看出,在对磁异常作地质解释时,首先是要确定磁异常是什么地层或岩石所引起的,其次是引起磁异常的地层中的磁性矿物是什么矿物(例如磁铁矿、磁黄铁矿、磁赤铁矿或镜铁矿),最后则是这些磁性矿物的生成原因(对正的磁异常)或是这些磁性矿物消失(或磁化强度变弱)的原因(对负的磁异常),并将这些原因与成矿期或成矿前、或成矿后的地质过程后相联系。这样就将磁异常的地质解释建立在一个可靠的物理和地质基础之上^[9]。

重磁勘探方法理论国内外研究的比较多,俄罗斯、乌克兰、欧美和我国重磁勘探学者其前沿性的研究成果可概括如下^[10]:

①B.H.Цпaxоб 及其研究集体的系列研究^[11-15]。他们论述了“20 世纪位场解释理论与实践的发展”并建议 21 世纪应该建立统