

河北省科技计划项目 (11277106D、12276709D)

河北省自然科学基金项目 (D2013403005)

资 助

加权特征分析在综合 信息找矿预测中的应用

JIAQUAN TEZHENG FENXI ZAI ZONGHEXINXI ZHAOKUANG YUCE ZHONGDE YINGYONG

李英杰 李红阳 杨秋荣 王金芳 宋立军 著

208



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

河北省科技计划项目(11277106D、12276709D)

资助

河北省自然科学基金项目(D2013403005)

加权特征分析在综合信息 找矿预测中的应用

李英杰 李红阳 杨秋荣 王金芳 宋立军 著



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

内容摘要

本书在系统总结课题组近年来研究成果及国内外矿产资源定量预测研究方法的基础上,将加权特征分析这一多元统计定量预测方法应用于综合信息找矿预测中,本书以甘肃大水金矿床,内蒙古维拉斯托银、铅、锌多金属矿床以及内蒙古中部狼山-渣尔泰山地区铜多金属矿床找矿实践为例,在分别总结其成矿规律、找矿标志和建立综合信息成矿与找矿模型基础上,运用加权特征分析方法进行找矿靶区定量预测。由于数学模型在变量匹配矩阵中增加了矿床或矿体的储量权,有效提高了加权特征分析方法在找矿靶区定量预测中的准确性。

本书资料翔实,内容丰富,视角独特,丰富和发展了找矿靶区定量预测方法,可以有效地指导找矿实践。本书可供地学界广大科技人员及相关高等院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

加权特征分析在综合信息找矿预测中的应用/李英杰,李红阳,杨秋荣,王金芳,宋立军著.
—武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2013.4

ISBN 978-7-5625-3085-5

I. ①加…

II. ①李…②李…③杨…④王…⑤宋…

III. ①数学模型-应用-多金属矿床-找矿-研究

IV. ①P618.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 070144 号

加权特征分析在综合信息找矿预测中的应用

李英杰 李红阳 杨秋荣 著
王金芳 宋立军

责任编辑:马新兵 刘桂涛

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(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.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:224 千字 印张:8.75

版次:2013 年 4 月第 1 版

印次:2013 年 4 月第 1 次印刷

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-3085-5

定价:28.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

一方面,国民经济的可持续发展急需矿产资源;而另一方面,地质找矿预测工作的难度在逐渐加大。因此,如何提高矿产资源靶区预测的准确性和有效性,已成为地质找矿预测工作的一个重要研究课题。目前,我国找矿预测仍处于定性到定量的过渡阶段。本书在总结国内外综合信息找矿预测和矿产资源靶区定量预测的基础上,对加权特征分析这一多元统计定量预测方法做了一定的尝试和探索,以期丰富和发展找矿靶区定量预测方法,指导找矿实践。

自 20 世纪 70 年代中期矿床统计预测方法引进国内以来,矿产资源定量预测工作逐步开展起来。实践表明,在找矿难度日益增大的情况下,开展矿产资源定量预测工作是提高找矿效果的有效途径。矿产资源定量预测方法是找矿预测研究的重要前沿课题,目前仍处在探索阶段。特征分析方法作为矿产资源定量预测方法中的一种多元统计方法,已被应用在许多方面,如决策、专家系统、神经网络、模糊系统控制和交互神经网络等。但是,特征分析方法,特别是加权特征分析方法应用在找矿预测实践中,在国内、外案例极少,具有很强的探索性。加权特征分析方法,与一般特征分析方法的不同之处,就在于“加权”。“加权”主要指的是显示矿床或矿体规模大小的储量权,由于数学模型在变量匹配矩阵中增加了储量权,使加权特征分析模型具有功能强、优选高与矿化程度、矿床规模大小关联密切等突出优点,由于涵盖了更多成矿找矿信息,可以大大提高找矿靶区预测的准确性与有效性。

本书在总结甘肃大水金矿床、内蒙古维拉斯托多金属矿床,以及内蒙古中部狼山-渣尔泰山地区铜多金属矿床成矿规律、找矿标志和建立综合信息成矿与找矿模型基础上,首次将加权特征分析方法应用到综合信息找矿靶区预测中,指出了进一步找矿方向,探索了找矿靶区定量预测方法,取得了较好的找矿效果。

第一章综合信息找矿预测理论体系,介绍了综合信息找矿预测的概念、对象、目的和任务、综合信息找矿预测发展的必然性、综合信息找矿预测的基本特征。

第二章着重论述了综合信息矿产预测图系编制原则和方法、综合信息图系分类及内容、综合信息地层、岩性、岩体空间分布图的编制、综合信息构造空间模拟图的编制、汇水盆地网系图的编制、重砂、水系沉积物、土壤金属量综合信息图系的编制。

第三章综合信息矿产资源靶区定量预测着重介绍了地质统计单元的划分、地质变量的研究、矿产资源靶区定量预测方法、矿产资源评价综述、综合信息矿产资源定量评价的简化模型。

第四章在综合分析总结甘肃大水金矿床地质特征与成矿规律的基础上,建立了大水金矿床综合信息找矿模型,将加权特征分析应用在大水金矿床找矿靶区预测中,指出了进一步找矿方向,取得了较好的找矿效果。

第五章在总结内蒙古维拉斯托多金属矿床地质特征和矿床成矿规律基础上,建立了维拉斯托多金属矿床综合信息找矿模型,将加权特征分析应用在维拉斯托多金属矿床找矿靶区预测中,指出了进一步找矿方向,取得了较好的找矿效果。

第六章论述了内蒙古中部狼山-渣尔泰山地区铜多金属矿床为一典型的多金属成矿系列。

运用综合信息成矿控矿构造地球化学理论与方法,建立了该成矿系列的综合信息找矿模型,应用了适合多矿种成矿系列找矿靶区定量预测的数学模型-多维加权特征分析,指出了找矿靶区。

本书在野外调查和写作过程中得到中国地质调查局天津地质调查中心谷永昌、刘永顺等的热情指导和帮助,石家庄经济学院董培培、贺秋利、张红晨、宋鹏、张宗超、郭垚嘉、王立考、武鹏、杨飞等也做了大量工作,在此一并表示感谢。

应当指出,加权特征分析在综合信息找矿预测中的应用与研究,仅仅是一种尝试,还有待进一步完善与发展。由于本书出版较为匆忙,加之作者的水平和经历有限,本书难免会有不足或是错误之处,敬请读者批评指正。

著者

2013年3月

目 录

第 1 章 综合信息找矿预测理论体系	(1)
1.1 综合信息找矿预测的概念、对象、目的和任务	(1)
1.2 综合信息找矿预测发展的必然性	(2)
1.3 综合信息找矿预测的基本特征	(5)
第 2 章 综合信息找矿预测图系的编制	(15)
2.1 概述	(15)
2.2 综合信息地层、岩性、岩体空间分布图的编制	(18)
2.3 综合信息构造空间模拟图的编制	(23)
2.4 汇水盆地网系图的编制	(27)
2.5 重砂、水系沉积物、土壤金属量综合信息图系编制	(27)
2.6 综合信息矿产靶区定量预测模拟图的编制及找矿模型建立	(29)
第 3 章 综合信息矿产资源靶区定量预测	(34)
3.1 地质统计单元的划分	(34)
3.2 地质变量的研究	(39)
3.3 矿产资源靶区定量预测方法	(41)
3.4 矿产资源评价综述	(47)
3.5 综合信息矿产资源定量评价的简化模型	(49)
第 4 章 加权特征分析在甘肃大水金矿靶区预测中的应用	(53)
4.1 大水金矿床地质特征与成矿规律	(53)
4.2 加权特征分析在找矿靶区预测中的应用	(75)
4.3 结论	(84)
第 5 章 加权特征分析在内蒙古维拉斯托银铅锌多金属找矿预测中的应用	(85)
5.1 维拉斯托银铅锌多金属矿床地质特征	(85)
5.2 加权特征分析在维拉斯托银铅锌多金属矿找矿靶区预测中的应用	(101)
第 6 章 多维加权特征分析在内蒙古中部铜多金属成矿系列与找矿靶区预测中的应用	(106)
6.1 成矿系列找矿预测工作的主要特点与步骤	(106)
6.2 内蒙古中部铜多金属成矿系列特征	(106)

6.3 内蒙古中部铜多金属成矿系列综合信息找矿模型 (108)

6.4 内蒙古中部铜多金属成矿系列找矿靶区定量预测数学模型——
多维加权特征分析 (112)

6.5 内蒙古中部铜多金属成矿系列找矿靶区定量预测 (114)

参考文献 (117)

第1章 综合信息找矿预测理论体系

1.1 综合信息找矿预测的概念、对象、目的和任务

1.1.1 综合信息找矿预测的概念

综合信息找矿预测以找矿预测系统为对象,运用系统的科学理论方法,对地质、地球物理、地球化学、遥感等各种找矿理论、方法、信息进行系统地、综合地、定性、定量地分析和有机地关联及有效地控制,是使找矿系统在有限的资料、有限的资金条件下能获得最佳预测找矿效果的一门新兴学科。它是地质学中一门新兴的边缘学科,也是应用系统工程学的一个重要分支(图1-1)。

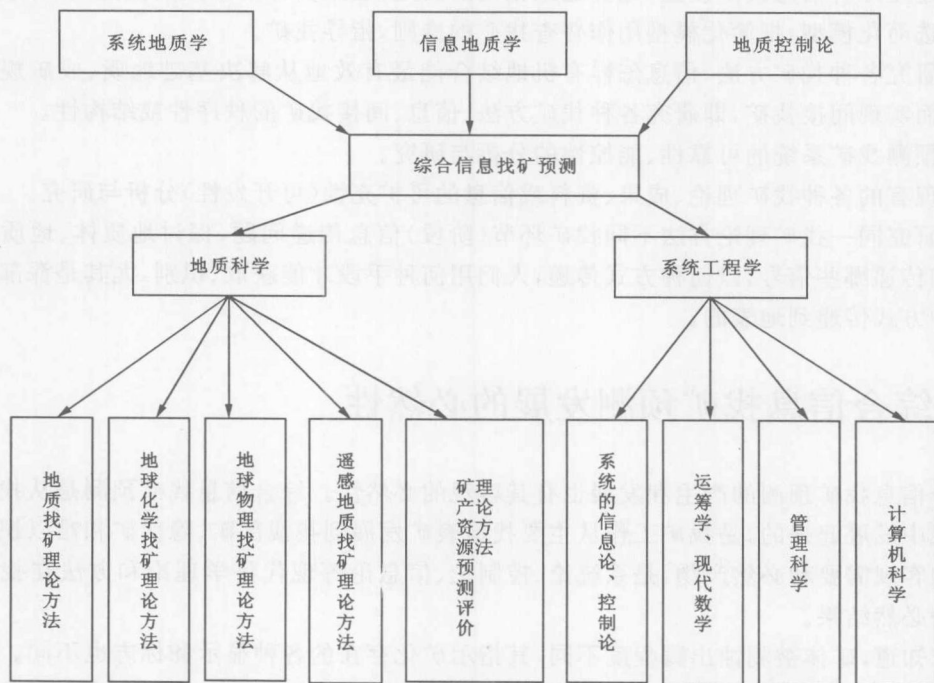


图 1-1 综合信息找矿预测的学科地位示意图

1.1.2 综合信息找矿预测的对象

综合信息找矿预测的研究对象包括找矿预测对象和预测找矿过程,是由地质找矿理论、方法、信息,地球物理找矿理论、方法、信息,地球化学找矿理论、方法、信息,遥感地质找矿理论、方法、信息等所构成的一个复杂的找矿理论、方法、信息的整体,在此整体中的各个预测找矿环节、各个理论、方法、信息之间相互依存又相互影响,并为实现同一预测找矿的目的而协同作用,这样的整体称之为“系统”。

1.1.3 综合信息找矿预测的目的

综合信息找矿预测的目的是针对预测找矿区的具体情况,采用最佳合理有效的预测找矿途径和方法,经济而迅速地发现矿点、矿化区或矿床,并初步评价,为矿产普查勘探提供后备基地或靶区,为编制国民经济发展远景规划提供必要的矿产资源和地质、技术经济资料。从整体最优地解决整个找矿过程中找什么矿、到哪里去找、怎样找、找到后怎么办的基本问题。

1.1.4 综合信息找矿预测的任务

综合信息找矿预测的任务是:

(1)建立综合信息找矿模型,定性远景靶区的圈定;建立资源定量预测模型,设计最佳模型方案;优选简化模型,把简化模型用作普查找矿的准则,指导找矿。

(2)研究各种找矿方法、信息怎样有机地结合能最有效地从解决基础地质、成矿规律等问题入手,而实现间接找矿,即研究各种找矿方法、信息、间接找矿的秩序性或结构性。

(3)预测找矿系统的可靠性、能控性的分析与研究。

(4)现有的各种找矿理论、成果、资料或信息的可扩充性(可开发性)分析与研究。

(5)研究同一找矿理论方法不同找矿环节(阶段)信息传递问题,探讨地质体、地质过程可能向人们传递哪些信号,以何种方式传递,人们用何种手段才能获取、识别,尤其是深部信息是通过何种方式传递到地表的。

1.2 综合信息找矿预测发展的必然性

综合信息找矿预测的产生和发展也有其客观的必然性。综合信息找矿预测是从找矿预测生产实践中发展起来的,是找矿工作从主要找地表矿发展到找浅部矿、隐伏矿和难以识别矿的新阶段的客观需要和必然产物,是系统论、控制论、信息论等现代科学理论和方法在找矿预测中应用的必然结果。

大家知道,矿体被剥蚀出露程度不同,其指示矿化存在的各种显示和标志也不同。在主要找地表矿或露头矿的时代,依据矿体和围岩之间存在着各种差异的地质理论,建立了各种找矿方法。它们的理论体系本身是直接找寻,其所述内容均是围绕着直接找寻展开的,是从不同的侧面来发现、研究、评价不同的矿化信息。这些找矿方法在当时均达到了找矿的目的,尤其是地质方法效果最佳,因为地质人员仅用他们的罗盘、锤子、放大镜和简单的测试仪器就可直接见矿了。也正因为如此,地质人员对物化探成果视而不见,也可能由此而阻碍了地质科学的发展。

展。但是,随着找矿预测深度的加大,用肉眼直接找矿已几乎不可能了。地质人员开始让物化探人员提供物化探异常,从而便开始了异常简单叠加的“综合”找矿。同时,人们用数理统计方法进行定量化,又找出了一批矿床。可是,随着物化探明显异常的逐个检验,而低缓异常又不显著,因而异常套异常的办法也要结束了。人们终于认识到单一找矿方法或各种找矿方法简单叠加而直接找矿的局限性、片面性,开始认识到各种找矿方法之间存在着内在本质的联系,认识到各门地质学科之间是相互渗透、紧密联系的,开始了间接找矿的探索工作。比如地质学家用地质、物探、化探、遥感等技术方法开始研究基础地质和成矿规律,建立了各种地质-地球物理模型、地质-地球化学模型、矿床(地质)成因模型等。特别是产生了以“各种找矿信息综合化”为特色的综合信息矿产资源定量评价,以“统计矿床”为特色的矿床统计预测,以“评价方法体系化”为特色的矿产资源评价方法学导论,以“成矿规律分析”为特色的成矿规律与成矿预测等矿产资源预测与评价理论和方法,使普查找矿工作得到了发展。但是,这些预测找矿方法均缺乏整体化,未能从预测找矿整体出发,把找矿对象作为一个整体,把预测找矿过程也视为一个整体;未能从整体与部分相互依赖、相互制约的密切关系中考考虑问题。比如预测找矿的可靠性这一本质性问题,没有任何一种理论和方法从整体出发,对预测找矿的各个环节可靠性逐级逐次实施有效地控制;没有对获得的各种信号、数据等的可辨状态或可能性空间及其可控性进行研究。它们仅仅注意到了地质工作的定量化,当然这是一个重要环节,但是定性环节的可靠性是定量化的可靠保证。长春地质学院王世称教授提出的以地质为先验前提,以地质体为单元对物探成果解释克服了某些物探解释的多解性问题;以地质为先验前提,配合汇水盆地圈定化探异常,克服了某些化探异常的多解性,取得了显著的找矿效果。但是,预测找矿是一个复杂的系统,涉及到许多密切相关的定性、定量环节,只有从整体出发,应用现代控制理论和方法,建立可靠性控制系统,才能从根本上解决预测找矿的可靠性问题,改变那种“搞数学地质就是玩数学游戏”的难看局面。另一方面,这些预测找矿理论远没有解决各种找矿方法如何有机地结合起来,从研究基础地质、区域成矿规律入手,达到预测找矿整体效益最优的问题。虽然长春地质学院王世称教授提出了“在地质先验前提下,在重、磁解释的基础上,把矿化信息放到构造格架中去解释,而化探和重砂的主要任务是研究成矿时的构造”的观点,并取得了显著的找矿效果,但是,是否还存在其他更有效的结合方式或秩序,能否进行系统化、理论化等问题尚未解决。实际上,各种找矿方法、信息有机结合问题是通讯系统中的编码问题,因而运用信息理论和方法有可能解决这些问题,但需要进一步研究。再一方面,这些预测方法对预测找矿目标的最优化问题提出了许多定性定量模型或者普查找矿准则,但是远没有解决如何在有限资料和经费的条件下,达到最佳预测找矿效果的问题。因为这里涉及到复杂信息转换问题,比如化探中的原生晕→次生晕→分散流→水化学等其矿化信息如何传递。只有弄清楚了直接信息与间接信息之间的相互传递关系,建立传递函数,才能达到由点到面、面中求点,这实际上是信息理论中的信息传递过程。

总之,由于找矿预测对象深度在变(从地表矿到隐伏矿),其找矿标志或矿化信息也随之而变,而且这种找矿标志或信号变化由于干扰的客观存在不是越来越清晰,而是越来越不确切。各种找矿方法的多解性越来越强,涉及到的问题越来越复杂,牵涉到的学科越来越多。因而,各种找矿方法、信息的综合性,学科之间的相互渗透、紧密联系,既高度分化又高度综合的整体化趋向越来越明显。当前预测找矿工作内容和特点的这种根本变化,客观上需要不同于传统方法的新的科学研究方法与之相适应。二战后崭新的系统理论的崛起,如控制论、信息论、系

统论等从不同侧面揭示了客观物质世界新的本质联系和运动规律,为现代科学技术的发展提供了新思路、新方法。它使人们摆脱了传统方法的束缚,而是按照客观事物本身的系统性,把我们所要研究的对象放在系统的形式中加以考虑的科学方法,即从系统的观点出发,着眼于整体与部分、整体与环境的相互联系和相互作用中综合地、精确地考察对象,求得整体的最佳功能的科学方法。它是从整体上最优来解决生命世界、技术领域和人类社会等多因素动态复杂系统或大系统中信息和控制问题的有效工具,它成功地把定量分析方法引入当今盛行的只进行定性考察的学科中,使科学研究方法产生了质的飞跃。所以,任何传统方法都无法与之相比和取而代之。有人认为,控制论、系统论在继相对论和量子力学之后,又一次彻底地改变了世界的科学图景和当代科学家的思维方式。因而,运用系统论、控制论、信息论等现代理论和方法解决预测找矿这一多因素动态复杂系统问题,形成一门独立的、完善的综合信息找矿预测理论,是地质科学和现代科学技术发展的必然产物,也是地质科学与系统学、信息论、控制论等结合产生系统地质学、信息地质学、地质控制论的起点(图 1-1,表 1-1)。但是,综合信息找矿预测作为一门独立的学科,仍处于形成和初创阶段,许多找矿系统工程学理论和方法仍具有探索性质,它们解决实际预测找矿地质问题的有效性还有待于更多的生产实践检验。

表 1-1 找矿发展简表

找矿对象 (难度)动态变化	露头矿 (见原生矿)	地表矿 (见铁帽)	浅部矿 (见蚀变等)	难识别的矿	隐伏矿
找矿途径 动态变化	群众报矿、 地质找矿	地质找矿	地质找矿为主, 物化探、遥感找 矿	以地质为基础, 物化探、遥感找 矿	地质为先验前提, 遥感、物化探找矿
找矿手段或 工具动态变化	眼睛	眼睛、罗盘、锤 子、放大镜、简 单测试分析仪器	罗盘、锤子、放 大镜、较高级测 试分析仪器、计 算机、飞机等	飞机、卫星、火 箭、高级测试分 析仪器、大型计 算机	宇宙飞船、卫星、 航天飞机、飞机、 计算机自动处理, 高精度测试分析 仪器
找矿方式 动态变化	直接见矿	直接见矿	直接找矿	(配合地质,异 常重叠)直接- 间接找矿	(遥感、物化探解 决基础地质、成矿 规律)间接找矿
找矿思维方式 动态变化	自发唯物论	朴素的、直观的 地质整体概念	孤立、静止、片 面的分析,单一 找矿方法仔细 研究,由下而 上,由细而总	机械唯物主义, 机械地总和由 下而上,由细而 总	辩证唯物主义,系 统的、整体的、联 系的综合。由上 而下,由总而细, 先见森林,后见树 木
找矿理论、方法间 的渗透性,与其他 科学的渗透性动态 变化	无	较少	地质学科间开 始渗透,分析技 术,数理统计分 析	地质学科间相 互渗透性较明 显,数学地质、 电子计算机	地质学科间相互 渗透、紧密联系, 既高度分化又高 度综合的统一整 体,系统工程学
找矿科学性 动态变化	人类一般 常识	科学性不明显, 知识面较窄	有一定科学性, 知识面开始拓 宽	比较科学,知识 面较广	科学性强,知识 面很广

1.3 综合信息找矿预测的基本特征

与传统找矿预测理论方法相比,综合信息找矿预测有如下几个基本特征。

1.3.1 研究方法的整体化

整体化是综合信息找矿预测的基本出发点,整体的概念也是系统概念的精髓,综合信息找矿预测的研究方法是从矿床的找寻过程整体出发,它不仅把找矿对象——矿产资源或矿床作为一个整体,而且把找矿过程——不同精度或比例尺的成矿预测、矿床统计预测、矿产资源定量评价、区域地质调查、矿产普查、各种找矿技术等也视为一个整体。从整体与部分相互依赖、相互制约的密切关系中考虑问题,用具体过程和步骤把设想变为现实。一方面,把矿产资源体或矿床作为一个子系统,把成矿及其有关元素的地球化学特征、蚀变分带、矿石品位、储量、成分、磁性、导电性、密度等作为矿床系统的要素,而把控制矿床形成的各种地质前提条件作为环境。从系统、要素、环境的相互关系中探求矿床系统整体找矿规律,将矿床外部各种找矿前提条件标志与矿床内部自身矿化标志相结合。因而,找矿的研究对象就包括了矿产资源体(或矿床)和控矿地质前提条件。所以,各种找矿方法和技术不仅要研究矿床自身矿化信息,还要研究矿床外部环境控矿地质前提条件信息,只有这样,才能获取矿床的整体找矿信息。另一方面,预测、找矿、评价、勘探等找矿过程也是一个有机整体。

为了提高整体效益,实现整体最优,找矿系统结构必须合理。首先,预测必须具有实用性,要直接为找矿服务;既要为普查找矿提供较可靠的勘探后备基地,又要为普查找矿提出最经济、迅速、有效的普查找矿准则。其次,找矿过程的已知矿床、矿点等研究矿床模型,也必须具备实用性,要直接为找矿服务,要适应地质工作程度较低的预测找矿地区;建立模式时必须考虑地质工作的不平衡性,要建立统计性的矿床成岩、成矿、成晕、找矿模型。将矿区找矿信息与区域地质、遥感、物探、化探等信息相关联,实现两种找矿信息相互转换,从而反过来为矿产资源预测服务,提高预测效果。最后,评价与勘探,一方面论证勘探对象的地质、技术经济等依据,进一步确定矿床规模大小、品位、种类等特征,验证预测找矿的可靠性;而另一个重要方面是从找矿的角度,研究合理的找矿方法,总结综合信息找矿标志,丰富和充实预测找矿理论方法,提高预测找矿效果。显而易见,预测、找矿、勘探是一个相互联系、相互作用的有机找矿过程整体。如果人为地把这一整体割裂开,既达不到预测的效果,也达不到找矿的目的,对已知矿床的认识也不会深刻。为了掌握矿产资源体或矿床的整体属性,达到找矿系统整体的效益最优化,综合信息找矿预测需要将各种找矿方法、技术、信息综合化。

1.3.2 应用找矿技术、信息的综合化

与传统的地质、物探、化探、遥感等找矿技术方法着重分析相反,综合信息找矿预测则着眼于综合,是综合使用找矿的技术和信息,是运用系统方法将几种现有的找矿理论方法和技术成果作为组成要素,按预先确定的找矿系统目的,相互联系地组合成为一个新的有机整体,从而形成在功能上与原有地质找矿技术成果完全不同的新成果。综合信息找矿预测的精髓也就是将某一找矿方法获得的指示某一种控矿前提条件或矿化的信息和另一找矿方法获得的指示第

二种控矿前提条件或矿化的信息巧妙地组合,从整体上实现找矿的目的,即实现系统“整体大于它的各部分(要素)之和”的系统找矿目的。它不只限于个别找矿方法、信息的可靠性、有效性优良与否,而是要求巧妙地利用各种找矿技术、信息间的联系提高整体预测找矿效果。传统找矿的考虑方法是“由下而上,由细而总”的方法。这种观点的逻辑结论是组成整体的元素性能优良,其整体性能才能优良。但综合信息找矿预测思考是一种“由上而下,由总而细”的方法。是先见森林,后见树木,先用望远镜,再用显微镜。具体地讲就是,首先从矿床的整体属性出发,运用遥感遥测、区域物探、化探、地质等信息,对矿床的外部环境找矿前提地质条件和内部自身矿化标志进行综合研究,得出有关矿床存在与否的总体认识;然后以综合为指导,对矿床的具体成矿条件和矿床本身进行野外检查和室内分析,探讨它们之间的内在联系;最后又以分析为基础回到整体的综合研究,达到对矿床存在的确切的整体认识,提出普查找矿准则。即采取综合—分析—综合的模式,定性—定量—定性的模式。

大家知道,传统的找矿预测理论方法主要特征是分析,是把复杂的找矿预测问题分解为简单要素和不同的侧面分别加以精确的研究,这种思维方法确实也起了很大作用,找了不少矿。但是,随着找矿预测工作的不断深入,易于寻找的露头矿和近地表矿已愈来愈少,盲矿和难以识别的矿日显重要,各种单一方法或信息预测找矿的局限性愈来愈明显。一方面,对岩(矿)石的露头用肉眼直接进行观察的地质方法已变得几乎不现实了。物探、化探、遥感等直接找矿方法也已尽尾声。另一方面,地质观察研究的不统一性,地质工作的不平衡性,物探、化探、遥感等成果的多解性,都是单一找矿方法自身无法解决的问题。传统的单一方法面对现实的找矿预测难度逐渐增大的新形势,几乎到了“山穷水尽疑无路”的艰难境地,而系统科学的产生和广泛运用,方才使我们进入“柳暗花明又一村”的新天地,这是因为系统理论和方法为复杂找矿预测系统提供了最有效的科学思维方法。它强调找矿预测本身是相互联系的整体,各种找矿预测方法、信息也不是孤立的,找矿预测的发展要求人们揭示不同找矿预测方法、信息内在的共同属性与共同规律,这就需要综合的方法。所谓综合是指资料(信息)、方法和人员等的高度综合,尤其起关键作用的是资料或信息的高度综合。综合信息是指反映矿床形成、分布规律、变化特征的地质、地球物理、地球化学及遥感等一系列方法所获得的有关联的信息的综合。综合信息的研究是地质找矿模型的核心内容,而地质找矿模型的中心任务是建立综合信息找矿模式。但是,综合信息找矿预测中的找矿方法、技术、信息的高度综合,又不同于传统的“综合”找矿。虽然“综合”找矿是单一找矿方法的发展,但是它的基本思想仍未摆脱直接找矿,是将各种找矿方法、技术获得的反映矿化存在的各种异常简单地、机械地叠加在一起,是总和不是综合。不过,这种机械的异常套异常的找矿方法,在矿床出露地表或近地表时,因各种物探、化探、遥感等异常都较显著,其效果也比较显著。但随着资源体埋藏不断加深,传统方法划分的显著异常逐个被查证,且低缓异常又不明显,因而用各种方法技术获得的各种异常重叠直接找矿的方法也将持续不了多久。所以,除对异常下限重新研究和新技术突破外,各种找矿预测方法相对而言都将是间接找矿信息的研究,重点研究对象将是矿床的外部环境控矿前提条件。但并不是要求各种找矿方法技术都独自研究所有控矿前提条件信息与矿化信息,来达到单一方法最佳找矿的效果,而是从找矿整体出发,依据各种找矿方法、技术、信息的不同特点,分配其要解决的地质问题,并实施有效地组织和控制,达到整体找矿的目的。比如,物探反映深部信息较多,尤其深部构造;遥感解决地表或部分深部线性构造和环形构造比较有效;化探主要反映地表和浅部成矿元素聚集和分布规律的信息;地质则反映地表或近地表地质体及地质规律的信

息。显而易见,单一找矿方法、技术、信息几乎不可能达到整体找矿的目的。实质上存在着一个各种信息如何关联的问题,即信息的结构性和序次性的问题,这也是综合信息找矿预测的最优化问题。

1.3.3 寻找找矿效果的最优化

综合信息找矿预测研究如何在现有的地质、物探、化探、遥感等资料和有限的资金条件下达到最佳预测找矿效果。最优化是综合信息找矿预测进行预测找矿时所能达到的目标,这一点是任何传统找矿方法所不能及的。它把分散的成果加以系统化与综合化,由此而达到系统综合的最佳化。它首先确定找矿系统总体的最佳目标,并运用最新技术手段和处理方法把整个找矿系统逐个分为不同等级和层次结构。在动态中协调整体和部分的关系,使部分功能和目标服从系统总体的最佳目标,以达到总体最优,从而为系统提出具体实施的最优方案。比如,用最少的信息量获取最佳预测找矿效果就是综合信息找矿预测确定的最优目标。实质上就是用经济、迅速、信息量大的遥感、区域物探、区域化探、区域地质等技术方法获得的间接信息实现预测找矿。其中,各种找矿技术方法就是综合信息找矿预测的几个子系统或要素,属较高的层次但在子系统中又有更低级的层次。比如,化探包括区域化探和矿区化探,矿区化探可再分为原生晕、次生晕。找矿系统这种典型的等级性和层次性,促使我们用层次分析与层次综合的方法解决地质找矿问题。因为不同层次具有不同的性质,而且层次间是相互影响、相互作用的。比如,化探中的原生晕、次生晕、分散流等各层次既具有不同的特征,又具有相互联系、相互作用和影响。那么层次间又是如何联系和作用的?这就是综合信息找矿预测中的结构与功能问题。所谓结构,是指系统诸要素相互联系、相互作用的方式或秩序,亦即诸要素在时空连续区上相对稳定的排列组合问题;所谓功能,是指系统与环境的相互作用所呈现的能力,即系统从环境接受信息,经过系统的变换,向环境输出的信息。比如,化探中的原生晕→次生晕→分散流的秩序,就是矿区化探与区域化探的结构;信息从原生晕传递和变换到分散流构成区域化探矿化信息输出。很显然,地质、物探、化探、遥感等信息之间也同样存在着一个结构性问题,即相互联系、相互作用的秩序性问题。大家知道,同一种物质由于其结构不同会有完全不同的功能,因而为了达到最佳预测找矿目的,就必须找出各种找矿方法和信息的最佳结构或秩序。综合信息找矿预测能解决这一问题,它的出发点是使各种找矿技术、方法、信息的功能和目标服从找矿系统总体的最佳目标。具体讲就是以地质和物探、遥感为背景,研究化探,探索构造化探。在地质先验前提下,以地质体为单元,在重、磁、遥感解释的基础上,把矿化信息放到构造格架中去解译。即用物探、遥感主要解决构造格架,用化探和重砂(配合汇水盆地)主要任务是研究和确定成矿时的构造,是在综合信息找矿模型建立的基础上,以找矿模型为指导,进行矿化信息的提取,从而编制预测找矿对象的矿化信息构造地球化学图,进而达到整个预测找矿的目的。很显然,整个优化组合过程都离不开信息的转换问题,而这个问题仅仅用定性的分析是不够的,必须将定性定量两者结合起来分析,才能达到优化的目的,因而定量化也是综合信息找矿预测的一个重要特征。另一方面,优化组合过程也是一个各种找矿技术、方法、信息由无序到有序、由多解到单一解的过程,是综合信息找矿预测解决多因素动态复杂找矿系统的有效性问题的。

1.3.4 解决物化探、遥感多解性和动态立体预测的有效性

找矿预测是多因素复杂的动态系统。随着预测的立体化和深度的加大,不仅要求如实地把系统作为有机整体来对待,而且还要从中找出系统的运动规律。这一系统涉及许多变量,而且是随机的,用传统的方法根本不可能解决。因为以往的找矿方法只能解决单因素、静态、简单的系统,而对多因素、动态、复杂系统的问题则无能为力,有时硬把这种问题简化或分解为单因素的静态问题来处理。例如,物探方法使用的是一种确定性的数学模型,主要是以场论、数理方程为基础。即以确定性的数学模型为理论依据,并和地质结合,形成了现在的“磁法”、“重力”和“电法”等课程。从理论上来看,目前最成熟的是磁法,但磁法课程的理论体系本身是直接找寻,其所述内容均是围绕着直接找寻展开的,所以说磁法的基本思想是直接找矿,是确定性模型。而在生产实践中,我们所寻找的地质体大多数并不是直接可以发现的,这就出现了“学科”与“实际”之间的差异。同时,磁法课程有4条基本假设,即地形是水平的;地质体的形态是单一的;地质体的磁性是均匀的;地质体与围岩之间的磁性差异是明显的。在这种假设条件下,才推导出一系列的磁法理论公式。而实际上,在解决客观问题时,上面的假设一般都不是很理想,这些条件只能“弱化”,于是就有一个解释的“程度”问题出现。区域性物探异常就有了多解性,常常出现同一地质体可以有不同的物理场,不同地质体也可能有相同或相似的物理场。场与地质体之间并非一一对应,这就需要一个统计性的概念。只有在地质先验前提的配合下,以地质体为单元,才能正确认识地质体、地球物理场全貌,才能分辨出具有同样或相似地球物理场的多种不同地质成因背景,从而克服物探的多解性,此即地质-地球物理法。对于地球化学场也存在类似的问题,例如,同一类重砂矿物组合异常可能是不同地质体中的产物,同一类水系沉积物中的元素组合异常也可能是不同源区原岩中的物质。化探的另一个问题是背景的确定,地球化学背景分析是化探中的一个基础问题。最早确定的背景值上限(即异常下限)是均值加上几倍的方差。这种思想,长期以来是化探确定背景的一个很重要的根据。很显然,这种思想实质上就是均值加上一个幅值,而这个幅值就是方差。当这个幅值(方差)高到一定程度时,就可划分异常。我们过去就是用这种思想来圈定化探异常,并且就是运用这种模式来解释化探异常的。但是,不同矿床可以出现含量不同的同一种元素的异常,其背景值应该是不同的。所以不能用统一的背景去处理同类异常,因我们所处的已不是用单一元素找矿的那个年代了。上述思想遇到如此困难,其主要原因是没有顾及到客观实际的复杂性,没有顾及到背景本身的可变性,没有顾及到随着找寻对象不同,异常也是变化的这一事实。如果就用上述模式去解释化探异常,那显然是简单化了。虽然移动平均和趋势分析作了改进,但仍未解决找什么矿、异常怎样解释的问题。解决这些问题,只有在地质先验前提下进行异常的解译,此即地质-地球化学法。

加深资源预测深度,实现立体预测,须用统计的观点,借助于获得深部地球物理场和地球化学场的异常信息,承认在相似的成矿地质条件下可能发生相似的矿床,建立从已知到未知,从直接到间接和从浅部到深部的普遍联系,区别矿致异常和非矿致异常,非散性矿化和工业矿体,确定靶区。我们知道,磁场具有明显的三度空间的透视性,可以理解为在航磁、地磁平剖面上反应的磁场是不同方向、不同等级、不同深度磁性体的叠加场,故可以采用上延或下延计算对叠加场进行分解,并研究不同深度的水平方向和垂直方向的导数,达到对不同方向、不同等级、不同深度磁场分解的目的。通过对航磁地磁求导延拓化极电算图系的系统解释,达到对

磁场的立体化分割,编制磁法构造纲要图、重力构造纲要图及遥感解释构造纲要图。在地质先验前提下,通过对重磁场解释构造纲要图和遥感解释构造纲要图的系统关联和地质解释,编制出综合构造纲要图,此即地球物理、遥感-构造地质学法,这种方法获得的综合构造纲要图,虽然能反映预测找矿区基本构造格架特征,但不能区分出成矿前构造、成矿时构造和成矿后构造。当然,这种构造的划分只能相对某矿化而言,因为同一构造可能是某矿床的成矿前构造,而同时又是另一矿床的成矿时构造,还可能是第三者的成矿后构造,可见其可能性空间相当大。因而,要想达到预测找矿的目的,必须实施有效的控制,从复杂的构造格架中提取预测找矿对象的矿化信息,即编制构造地球化学图系。因为各种矿化信息均受构造格架所控制,不同矿种、不同类型的矿产资源预测实质是提取所研究预测找矿对象的矿化信息构造格架的解释过程。对内生矿产资源体的形成,均有相应的主矿化阶段的显示标志,这些矿化信息的捕捉通过运用各种地球化学方法等方能实现。但各种捕捉矿化信息方法的研究程度永远是不平衡的。比如原生晕、次生晕等一般应用于大比例尺,精度高,而水系沉积物测量、重砂、水化学等方法应用于中小比例尺。它们之间的关系是矿化信息的传递和转换问题,以矿产资源体的主矿化阶段的信息转换规律研究达到信息转换和信息关联的目的。而各种比例尺的构造地球化学图,均是以构造纲要图为底图,把预测对象地球化学场的矿化信息放到构造格架中去解释,研究与预测找矿对象有关的化探、重砂等异常在构造带上的不同反映,研究地球化学场组合异常与构造格架的对应关系。这种预测找矿对象的矿化信息构造地球化学图编制,必须首先建立综合信息找矿模型,以找矿模型为指导,进行矿化信息的提取。也就是用已知区矿床、矿点、矿化点的化探和重砂等信息,在某级汇水盆地内,按主矿化阶段的思路,研究确定成矿时构造,然后对预测找矿区进行类比,确定预测找矿区成矿时构造,从而达到预测找矿的目的,此即构造-地球化学法(图1-2)。

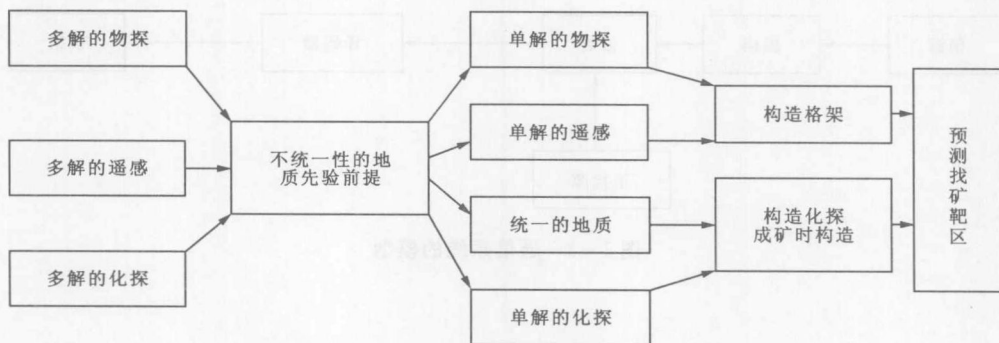


图1-2 综合信息找矿预测解决化探、遥感、地质多解性立体预测找矿过程示意图

由上可见预测找矿是一个十分复杂的系统工程,它涉及很多有关系统、控制、信息等理论和方法方面的问题。

1.3.5 信息化

综合信息找矿预测解决问题时的着眼点与传统方法不同,它不是着眼于矿床的物质成分和成因的研究,而是着重于找矿系统中信息的考察,它完全撇开了矿产的具体运动形态,运用

信息论的观点把预测找矿过程看成是信息的获得、传递、转换、加工、处理的过程,通过对信息流程的分析和处理达到对矿床的规律性认识。它不是建立确定性的矿床成因模型,而是建立一个统计性的综合信息找矿模型。第一,根据预测找矿对象与由它发出的信息之间某种确定的对应关系,把研究对象抽象为信息及其转换过程。第二,对抽象出来的信息过程中的信息作出定性和定量的分析研究。一方面是要判明信息过程中的信息类属,它是确定信息,还是概率信息、模糊信息,是确定矿床有无的信息,还是确定矿床规律大小和矿床种类的信息。另一方面要对信息过程中信息的储存方式、传递方式、接收方式、转换方式、处理方式、使用方式等进行定性和定量的研究。比如计算化探原生晕→次生晕→分散流的信息传递函数,加深对信息过程本质的认识。综合信息找矿预测只有通过直接信息和间接信息转换才能达到预测找矿的目的,才能克服地质普查勘察程度的不平衡性问题,才能达到区域展开、重点突破的目的,才能在研究程度低的地方做到预测找矿。

我们知道,物探方法很多,可分为区域物探方法和矿区物探方法。区域物探方法包括航磁和重力,主要用于区域地质和成矿规律的研究;矿区物探方法包括地磁、电法等,主要用于矿体、矿床的评价工作。物探工作的这种不平衡性只有通过信息转换才能解决,因为点对面的工作是有用的。如果不进行矿区物探场和区域物探场的转换,就不能解决区域展开问题。同理,区域化探(重砂、水系沉积物、水化学等)和矿区化探(原生晕、次生晕)也存在着一个信息转换问题。要把矿区的化探模型展开到外围,没有信息转换,不能形成区域化探信息模型,那么化探模型就弄不明白,只能是高值找矿。另外,要在上一步分析过程中所取得第一手材料的基础上,综合整理这些材料,建立各种信息模型(图 1-3、图 1-4、图 1-5、图 1-6、图 1-7),这是科学地质找矿理论方法的关键一步,也是最棘手的一步。

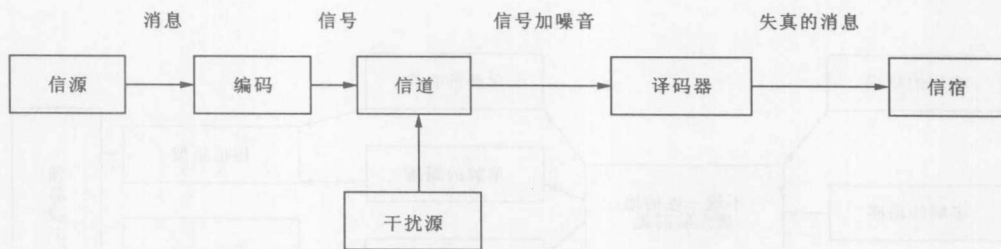


图 1-3 通信系统的模型

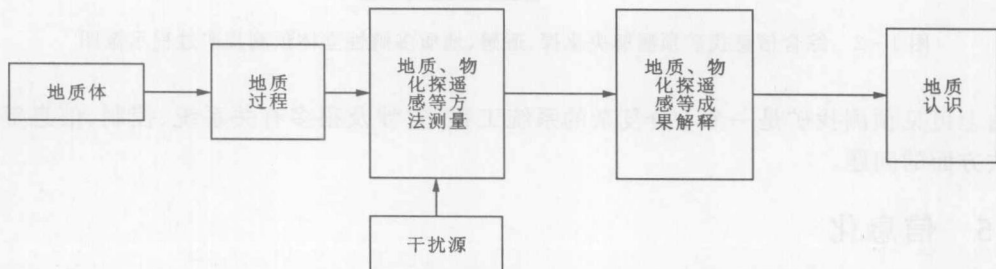


图 1-4 地质信息系统的模型