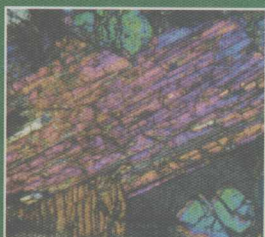


RESEARCH ON THE CONCEALED
OREBODIES LOCATION PREDICTION

——TAKING THE YIXINGZHAI GOLD DEPOSIT FOR EXAMPLE



隐伏矿体 定位预测研究

——以义兴寨金矿为例

◎ 邵拥军 杨自安 席振铎 等著

HUNAN UNIVERSITY
PRESS

湖南大学出版社

隐伏矿体定位预测研究

——以义兴寨金矿为例

邵拥军 杨自安 席振铎 刘悟辉 著
和志军 薛军平 张贻舟 胡荣国

湖南大学出版社

2008年·长沙

内 容 简 介

根据义兴寨金矿寻找接替资源的实际需要,以含金石英脉以及与金矿脉有关的控矿构造为主要研究对象,以含金石英脉和控矿构造的三维定位空间为核心研究内容,开展了隐伏金矿体的三维空间产出特征、地质控制条件、形成机理、定位机理以及空间预测标志研究,对隐伏的深、边部金矿体进行了找矿空间预测、找矿靶位优选,对义兴寨金矿下一步的找矿勘探和工程验证提供了有依据的建议。并在此基础上进行了隐伏矿体定位预测的理论研究,探索了一套适合于金属矿山深、边部和外围寻找接替资源的新思路、新技术和新方法组合。

本书以山西繁峙县义兴寨金矿深、边部找矿实践为例,进行大型生产矿山深、边部隐伏矿体定位预测的探索性研究,对资源危急矿山接替资源的寻找具有一定的借鉴意义,对指导同类矿床的找矿和成矿潜力评价具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

隐伏矿体定位预测研究:以义兴寨金矿为例/邵拥军,
杨自安,席振铎等著. —长沙:湖南大学出版社,2008.9

ISBN 978-7-81113-318-9

I. 隐... II. ①邵... ②杨... ③席... III. 金矿床:隐伏矿床

一定位法—山西省 IV. P612

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第143859号

隐伏矿体定位预测研究

——以义兴寨金矿为例

Yinfu Kuangti Dingwei Yuce Yanjiu

——Yi Yixingzhai Jingkuang Weili

作 者:邵拥军 杨自安 席振铎 等著

责任编辑:丁 莎

装帧设计:吴颖辉

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山

邮 编:410082

电 话:0731-8821691(发行部),8820008(编辑室),8821006(出版部)

传 真:0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱:dingsha008@126.com

网 址: <http://press.hnu.cn>

印 装:湖南东方速印科技股份有限公司

开本:710×1000 16开

印张:9

彩页:16

字数:157千

版次:2008年9月第1版

印次:2008年9月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-81113-318-9/P·1

定价:30.00元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

序

矿产资源是人类生产和生活资料的基本源泉,作为人类社会发展的重要物质基础,它具有不可再生性、耗竭性和分布不均匀性等特点。随着现代科学技术的迅猛发展以及人类对矿产需求的日益增长,各种地表矿、浅部矿和易识别矿已有较多发现,找矿工作正面临着一场新的革命,正由寻找地表矿、浅部矿和易识别矿转向寻找隐伏矿、深部矿和难识别矿。隐伏矿体定位预测因而已成为当代成矿学领域中研究的前沿和热点,对推动整个成矿学领域的发展和新形势下世界范围内的找矿工作具有重大的理论和经济意义。

全书较系统地阐述了隐伏矿体定位预测的研究意义、国内外研究现状、基本途径和基本准则,针对具体的找矿实例,分析了成矿的主导控制因素、成矿定位规律和金矿化富集规律,对矿床成因和成矿过程提出了新的看法,指出了矿区内有利的找矿空间及其主要矿脉产出的典型识别标志,建立了针对性的综合信息勘查模型,在此基础上进行了隐伏矿体定位预测的理论研究,探索了一套适合于金矿山深、边部和外围寻找接替资源的新思路、新技术和新方法组合。

隐伏矿体定位预测是一项长期的、复杂的、多学科的综合研究工作。牵涉到众多的理论和方法技术难题。近年来,虽然我国在找矿勘查方面取得了不少可喜的成果,但是要真正在找矿理论以及技术革新方面实现突破性的进展,还有很长的路要走,需要地质同行们不断实践、不断探索、认真总结、创新务实才能实现。

本书以山西义兴寨金矿深、边部找矿实践为例,进行大型生产矿山深、边部隐伏矿体定位预测探索性研究,对资源危急矿山接替资源的寻找具有一定的借鉴意义,对指导同类矿床的找矿和成矿潜力评价具有一定的参考价值。

戴塔根

2008年6月20日

前 言

本书以山西繁峙县义兴寨金矿深边部找矿实践为例,进行了大型生产矿山深边部隐伏矿体定位预测探索性研究,对资源危急矿山接替资源的寻找具有一定的借鉴意义。

研究目标主要根据义兴寨金矿寻找接替资源的实际需要,以含金石英脉以及与金矿脉有关的控矿构造为主要研究对象,以含金石英脉和控矿构造的三维定位空间为核心研究内容,针对以往研究中存在的关键问题和薄弱环节,开展隐伏金矿体的三维空间产出特征、地质控制条件、形成机理、控制机理以及空间预测标志研究,目的是对隐伏的深边部金矿体进行找矿空间预测、找矿靶位优选以及对义兴寨金矿下一步的找矿勘探和工程验证提供有依据的建议。在此基础上进行隐伏矿体定位预测的理论研究,探索一套适合于金属矿山深部、边部和外围寻找接替资源的新技术、新方法组合,开展隐伏矿体预测研究和评价,为生产矿山寻找可接替资源。

研究内容主要包括以下几个方面:

1. 隐伏矿体定位预测的理论研究

包括隐伏矿体定位预测的研究意义、国内外研究现状、指导思想、技术路线、主要技术方法、基本途径以及基本准则等。

2. 成矿规律和控矿因素的调查研究

在认真总结分析前人已有资料的基础上,对与成矿有关的重要的地质现象重点调研,结合典型矿脉的解剖,进行控矿因素和矿体富集规律的研究,建立矿区的找矿勘查模型。

3. 高频大地电磁测深法地球物理探矿研究

采用具有大探测深度的高频大地电磁测深法进行深部地球物理找矿信息的采集,探测含金石英脉在走向和倾向上的延伸情况以及与成矿密切相关的断裂带在三维空间的展布情况。

4. 激电扫面测量地球物理探矿研究

采用中南大学自行研制的多频激电仪进行地表附近地球物理信息的采集,探测含金石英脉在近地表附近引起的硫化物异常的展布地带,为寻找深

部隐伏矿脉的定位空间提供依据, 弥补地表黄土覆盖下化探工作的不足。

5. 地球化学探矿研究

地球化学勘查采用具有一定深穿透性能的构造地球化学方法进行, 目的是圈定有利的构造地球化学多元素综合异常带, 为寻找深部隐伏矿脉的定位空间提供依据。

6. 隐伏矿体综合预测

应用现代信息处理技术对上述各项工作所取得的找矿信息进行合成处理, 根据现代成矿预测理论对上述各项调查研究结果进行综合分析, 对工作区内的隐伏矿体进行综合定位预测和评价。

在总结分析前人已有资料的基础上, 开展了地表和井下与成矿有关的地质现象的重点调研, 并结合典型矿脉和控矿构造的解剖, 进行了成矿控制因素、矿体定位和富集规律以及矿床成因、成矿过程的研究。在此基础上, 对优选区段进行了地质、物探和化探的综合勘查和综合预测研究工作。完成的主要实物工作量有:

- (1) 1:2 000 针对性地质修图: $1\ 600\text{ m} \times 900\text{ m} = 1.44\text{ km}^2$;
- (2) 路线地质调查: 20 km;
- (3) 地质观察点: 600 个 (井下地表调研与矿化有关的典型地质现象及岩脉矿脉追索);
- (4) 标本: 54 块 (采集矿化) + 80 块 (过渡研究) = 134 块;
- (5) 光、薄片: 50 + 50 块;
- (6) 野外相片: 280 张;
- (7) 地球化学勘查: 调研 71 点/线 $\times$ 6 线 = 426 点, $1\ 400\text{ m} \times 500\text{ m} = 0.7\text{ km}^2$, 采集样品 235 件;
- (8) 样品测试: 238 件 (内检 3 件), 测试元素 12 个, 包括 Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Hg, Sb, As, Sn, Mo, Bi 和 Mn (由桂林矿产地质研究院测试中心完成);
- (9) EH-4 测量: 71 点/线 $\times$ 6 线 = 426 点, $1\ 400\text{ m} \times 500\text{ m} = 0.7\text{ km}^2$;
- (10) 激电扫面: 71 点/线 $\times$ 6 线 = 426 点, $1\ 400\text{ m} \times 500\text{ m} = 0.7\text{ km}^2$;
- (11) 数据处理及计算机成图 1 000 小时。

取得的主要成果与认识如下:

- (1) 分析了地层、构造、岩浆岩以及角砾岩筒与成矿的关系, 总结了成矿的主导控制因素;
- (2) 对主要矿化类型、控矿构造类型以及各类构造控矿机理进行了分析

和总结;

(3) 查清了矿床(体)的成矿定位规律和金矿化富集规律;

(4) 对矿床成因和成矿过程提出了新的看法;

(5) 指出了矿区内有利的成矿地段和找矿空间及其主要矿脉产出的典型识别标志;

(6) 对勘查区进行了综合勘查和综合预测,建立了综合信息勘查模型;

(7) 发现了新的找矿综合异常,分析了各类异常的特征,确定了新的找矿和验证靶位,提出了验证工程的施工顺序。

本书的研究工作得到了国家重点基础研究发展规划 973 课题“长江中下游地区及邻区花岗岩成矿系统”(编号:2007CB411405)、973 计划前期研究专项课题“危机矿山接替资源大比例尺定位预测基础研究”(编号:2007CB416608)、国家“十一五”科技支撑计划课题“铜陵地区危机铜矿山大比例尺定位预测技术示范研究”(编号:2006BAB01B07),以及横向课题“山西省繁峙县义兴寨金矿深边部找矿预测研究”的联合资助,在此致以衷心感谢。由于水平有限,书中不妥之处,恭请批评指正。

作 者

2008 年 6 月 20 日于长沙

目次

第1章 绪论

1.1 大型矿山隐伏矿体定位预测研究意义	001
1.1.1 重要性分析	001
1.1.2 可行性分析	002
1.2 隐伏矿体定位预测国内外研究现状	004
1.2.1 找矿思维的拓展	004
1.2.2 模型找矿的进展	006
1.2.3 新技术、新方法的引用	008
1.2.4 GIS 空间数据平台的介入	011
1.2.5 非线性科学技术的应用	011
1.3 隐伏矿体定位预测指导思想、技术路线和方法	013
1.3.1 指导思想	013
1.3.2 技术路线	013
1.3.3 主要技术方法	013
1.4 隐伏矿体定位预测的基本途径	014
1.4.1 重视资料的二次开发	014
1.4.2 重视细致的野外基础地质工作	014
1.4.3 新的找矿思路	014
1.4.4 运用矿床成因新理论	014
1.4.5 运用新技术、新方法	015
1.4.6 建立综合信息找矿预测模型	015
1.4.7 在验证工程的指引下不断完善找矿模型, 提高预测的 准确性	015
1.5 隐伏矿体定位预测的基本准则	016
1.5.1 最低成本原则	016
1.5.2 高效快速原则	017
1.5.3 综合勘查原则	017

1.5.4 地质牵头原则	017
1.5.5 异常优选原则	018
1.5.6 工程反馈原则	018
1.6 金矿床成因理论综述	018
1.6.1 金矿床主要类型划分方案	018
1.6.2 金矿床主要类型特征评述	022

第2章 成矿地质背景

2.1 自然地理经济概况	027
2.2 前人地质工作概述	028
2.3 大地构造背景	029
2.4 区域地质概况	031
2.4.1 区域地层	031
2.4.2 区域构造	032
2.4.3 区域岩浆岩	034
2.5 矿区地质	036
2.5.1 地层	036
2.5.2 构造	036
2.5.3 岩浆岩	037

第3章 成矿控制因素、定位规律及矿床成因

3.1 矿床简介	038
3.2 典型矿脉特征分析	038
3.2.1 含金石英脉带特征	038
3.2.2 典型矿脉解剖及类型划分	042
3.2.3 矿石特征	045
3.2.4 围岩蚀变及矿化阶段	047
3.3 成矿控制因素分析	048
3.3.1 角砾岩筒与成矿的关系	048
3.3.2 地层及其与成矿关系	051
3.3.3 岩浆岩及其与成矿关系	053
3.3.4 构造控矿机制分析	057
3.4 成矿定位规律研究	059

3.4.1 成矿定位规律	059
3.4.2 矿脉产出的典型识别标志	060
3.4.3 金矿化富集典型标志及其控制因素	061
3.5 矿床成因和成矿过程	062
3.5.1 矿床成因	062
3.5.2 成矿过程	064

第4章 测区地质地球化学地球物理找矿预测研究

4.1 测区概况及工作布置	066
4.2 地表调查矿化蚀变出露情况	068
4.3 构造地球化学找矿研究	075
4.3.1 方法原理	075
4.3.2 元素统计分布特征	076
4.3.3 元素相关性及其聚类分析	077
4.3.4 异常特征及其评价	079
4.4 地球物理测量结果及其解译分析	089
4.4.1 岩矿石地球物理特征	089
4.4.2 EH-4 电磁测深方法原理、技术及质量评价	094
4.4.3 EH-4 电磁测深结果分析	098
4.4.4 SQ-3 双频激电方法原理及野外工作技术	108
4.4.5 激电测量结果分析	111
4.5 综合预测与勘查模型	112
4.5.1 综合预测分析	112
4.5.2 综合信息勘查模型	117

结束语

参考文献

图版说明

图 版

第1章 绪论

1.1 大型矿山隐伏矿体定位预测研究意义

1.1.1 重要性分析

矿产资源是人类生产和生活资料的基本源泉,作为人类社会发展的重要物质基础,它具有不可再生性、耗竭性和分布不均匀性等特点。我国的有色金属矿山大多数是上个世纪50~60年代发现的,目前除少数几个矿山(如青海锡铁山铅锌矿、湖南黄沙坪铅锌矿、湖南瑶岗仙钨矿和安徽铜陵冬瓜山铜矿)外,大中型国有有色金属矿山由于各种原因,如超量开采、采富弃贫、综合利用水平偏低和后续找矿工作投入太少等,导致资源迅速减少,大都已较早地进入到危机矿山的行列,面临着可采储量减少、服务年限将至、地质找矿难度加大和后续资源严重不足的尴尬境地。

闻名中外的赣南四大钨矿山,岿美山钨矿业已闭坑,西华山钨矿濒临闭坑,盘古山和大吉山钨矿资源严重不足,前景不容乐观(谭运金,2000);有中国“古铜都”之称的安徽铜陵,除安庆铜矿和狮子山铜矿外,其余如凤凰山铜矿、铜山铜矿、铜官山铜矿和金口岭铜矿都已进入了闭坑阶段。

面对资源危机的严峻形势,许多大型危机矿山采取转产的办法以求解脱困境,但大量的尝试表明,转产不是挽救矿山的有效办法。矿山大多处于交通闭塞的山区,信息反馈慢,缺乏新产业所需要的优势技术和专业人才,各类相关和配套的系统不全,新开发的矿业产品市场需求不大,缺乏专门的市场营销人才,因而在激烈的市场竞争中很难立足。只有立足于矿产资源,发

挥自身优势,加强矿山周边和深部接替资源的地质找矿工作,才是大型矿山彻底解困脱贫的唯一出路。

由国家计委等有关单位对 21 世纪初期我国 45 种主要矿产的供需形势进行了详细分析后表明,2010 年我国矿产资源形势将更加严峻,关系到国计民生的大宗矿产的保证程度严重不足,除钨、锡、锑、铅、锌、汞仍有相对较高的保证程度外(W 100%; Sn 100%; Sb 81%; Pb 85%; Zn 100%; Hg 100%),其余有色金属的保证程度均为 0%;而到了 2020 年除了钨、锡、锌仍有一定的保证程度外(W 11%; Sn 11%; Zn 11%),其余有色金属的保证程度也均为 0% (赵震宇等,2002)。

随着社会主义现代化进程的不断推进,对矿产资源的需求必将大幅增加。虽然我国是资源大国,已探明的矿产资源总量约占世界的 12%,居世界第三位。但是必须清楚地看到,我国人口众多,人均资源占有量不足,仅为世界水平的 58%,居世界第 53 位(汪东坡,2001),某些矿产资源由于不能满足需要,不得不从国外大量进口(如铜),紧缺资源的短缺已成为了制约我国经济可持续发展的“瓶颈”。

因此在当前形势下,大型矿山接替资源的寻找是国民经济快速发展和解决大型矿山和矿产品相关产业可持续发展和生存的需要,同时也是保证国有大中型矿山企业职工就业和维护社会稳定局面的需要,更是摆在我们地质工作者面前一项刻不容缓的科研工作。

1.1.2 可行性分析

新中国成立以来,经过系统的地质找矿工作,发现了大量的矿床,截止到 1983 年底,我国共找到 378 个大型矿床,其中大多是露头矿(301 个,占 80%),很少盲矿体(77 个,占 20%);其中后 15 年找到的矿床数仅占 30 多年来找到的矿床数的 26%,但盲矿体所占比例有所增加为 50% (池三川,1998)。另据国外报道,20 世纪 80 年代发现一个有经济价值的矿床要比 50 年代增加投资 7~9 倍,以加拿大为例,1950~1955 年间,发现一个矿床约需 500 万美元,而到了 1971~1975 年间已上升为 2 500 万美元(刘家远,2002)。以上情况表明随着找矿工作的不断深入,地表露头矿已越来越少,找矿费用日益增长,找矿难度日益增大,新发现矿床数量明显减少,找矿主体对象已由原来的露头矿转向深部隐伏矿为主。

因此在新形势下,大型矿山接替资源探查的主体主要是老矿山中已探明矿体的周边、深部及矿体外围的隐伏矿体,加强隐伏矿体的预测找矿工作已

日益显示出其紧迫性和重要性。隐伏矿体定位预测的系统研究已成为了当代成矿学和成矿预测学的科学前沿和研究重点,引起了国内外勘查学家的普遍关注。

从理论上分析:首先,老矿山基本上都处于成矿有利地带,具有良好的成矿地质条件,是区带找矿过程中发现的地质、地球物理和地球化学以及遥感异常的良好叠加部位,而且大多已进行过一些前期地质工作,并有大量已揭露矿体的与成矿有关的各种信息显示,因而对后续找矿工作的进行提供了良好的前提条件。其次,过去的勘探工作由于生产技术的局限,基本上都停留在 500 m 以上,因而对大多数老矿山而言,500 m 以下是深部盲矿体良好的找矿空间。国外许多矿业公司都对我国 500 m 以下的找矿有利空间表示出了极大的兴趣,俄罗斯自然科学院院士斯塔罗斯金教授在考察完铜陵矿集区后也发表了深部有可能找到比浅部更多矿量的看法,因而老矿山深部的探查应是今后寻找隐伏矿体的一个重点。再次,过去的找矿工作多以“相似类比”理论为指导,并且多以一种矿床模型为指导,因而在已知矿体的周边和外围容易漏掉一些与“相似类比”理论不太明显相符的矿体或同一成矿系列中其他类型的矿体,因此老矿山的周边和外围也是今后寻找隐伏矿体的一个重点。

从技术上分析:随着矿产资源的开发,地质工作程度的提高,对成矿地质规律的认识会不断深入,有利于促进对矿床形成机制和定位机制的客观规律的重新认识,是老矿区新一轮找矿取得突破的前提和基础。各种矿床成因新理论的提出有助于更新观念、拓宽找矿思路,而找矿新思路恰恰是老矿区新一轮找矿取得突破的关键,正如国际石油界的帕克·迪基所说的那样:“我们一般用旧思想在新地方发现石油,有时也用新思想在老地方发现石油,而很少用旧思想在老地方发现大量石油。过去我们不止一次认为石油找完了,实际上是我们的思想贫乏而已。”各种综合找矿新模型与成矿系列的建立,有助于综合研究矿床成因,成矿规律,主要控矿因素和地、物、化、遥综合找矿标志,借助于 GIS 系统处理海量数据,筛选最主要的控矿信息,从中挖掘出最优化的信息组合来指导隐伏矿体找矿。未来学家阿尔温·托夫勒曾经说过:“当代的一系列重大突破常常不是来自孤立的单项技术,而是来自并列的几项技术或其组合。”(张均,1999)综合信息找矿预测目前在隐伏矿体预测中应用最广、效果最好,是老矿区新一轮找矿取得突破的理论保障。各种新技术、新方法的出现,克服了常规物、化探方法探测深度不够、抗干扰能力不强等一些弊端,借助于高精度的仪器和分析测试技术能够提取

隐伏矿体的微弱深部信息并使之突出显化,是老矿区新一轮找矿取得突破的技术保障。

从经济效益上分析:大型矿山接替资源寻找的基地和有利靶区一般在老矿山附近或深部,紧靠原生产系统,若找到新的隐伏矿体,马上就可利用,缓减矿山的资源危机,并且不需投资太多,开采成本相对较低,经济效益非常显著。

从实践上看,已经有许多老矿山在其周边和深部发现了大型的隐伏矿床(体)。据统计,北美洲近年来发现的39个斑岩型铜矿,其中90%是在已知矿区发现的。苏联也在地质研究程度较高的鲁特内依阿尔泰地区运用局部成矿预测原则成功地找到了较多的多金属隐伏矿床(如斯捷普罗伊、塔洛夫斯克、鲁布佐夫斯克和扎哈罗夫斯克等隐伏矿床)(池三川,1988)。我国有色系统近年来发现的8个大中型铜矿也有6个是老矿山寻找接替资源时在其矿区范围内发现的(栾辉,1999)。

以上分析不难看出,大型矿山周边和深部接替资源(主要是隐伏矿体)的寻找不仅关系着矿山企业和职工的生存与发展,而且也是国民经济快速发展的重要支柱。因此,在当前矿产资源严重紧缺的形势下,隐伏矿体定位预测的系统研究和运用具有重要的理论意义和现实意义(邵拥军等,2004,2005)。

1.2 隐伏矿体定位预测国内外研究现状

1.2.1 找矿思维的拓展

当代科学技术已明显朝着整体化的综合性研究、应用性研究的方向发展,因而在隐伏矿体定位预测过程中,必须强调对有利成矿地段进行系统性的、整体性的研究。

成矿系列(程裕淇等,1979,1983;陈毓川等,1993,1998)是在一定地质时期和一定的地质环境中,在一定的主导地质成矿作用下形成的,时间、空间和成因上有密切联系,但其具体生成条件有差别的一组矿床类型的组合。成矿系列着重研究成矿区带中一个主导地质作用形成的诸矿床之间时、空、成因联系,对于同一成矿区带中各种有成因联系的不同矿床类型的隐伏矿体的定位预测具有重要的意义。

成矿系统(翟裕生,1999,2000;朱创业,2000)是指在一定地质时、

空域中,控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用过程,以及所形成的矿床系列和异常系列构成的整体,它主要从成矿要素、成矿作用过程、成矿作用动力学来研究成矿的总体特征,包括矿床组合及有关地质异常形成的原理。这种整体性的、全方位思维对已有矿山的深、边部隐伏矿体进行综合定位预测具有现实的意义。

以“相似类比”原理为基础,通过研究某一类矿床的成矿规律进行成矿预测是过去几十年来惯用的思维。这种思维对发现同类矿床具有重要意义,但是也有其局限性,即不能发现新类型矿床,随着地表矿、浅部矿、易识别矿的日益减少,找矿正向着寻找隐伏矿、深部矿、难识别矿的趋势发展,为适应新的找矿形势,弥补“类比”原理找矿的不足,自20世纪90年代以来,赵鹏大等(1991,1993,1995)提出了以“求异”原理为基础的“地质异常理论”,强调有利成矿地段往往都处于地质异常单元之内;苏联学者也曾有相似的论断:“最重要的矿床赋存于地壳中具有最大异常地质结构性质组合的地段。因此,对象的异常性应该是最有远景的。”但真正使“求异”理论得到发展、完善并运用到实践中去,则是最近几年的成果。陈永清等(1999)运用“求异”理论在鲁西铜石金矿田对矿体潜在地段进行了圈定,并取得了一定成功。曹瑜等(1998)在云南某地区运用“求异”理论成功地圈定了“5P”找矿地段,并建立了GIS成矿预测空间模型。对于隐伏矿体定位预测来说,“求异”理论打破了已有观念,提供了一种全新的思维。

裴荣富等(1999)在总结国内外300多个大型矿床的基础上,提出中国特大型矿床的形成具有时空偏在性,主要表现在对矿种、矿床类型、成矿时间和成矿背景的特殊选择,这种成矿偏在性主要取决于地、物、化、遥等多种控矿要素非常罕见的耦合汇聚。“偏在性”理论的提出为特大型隐伏矿床的定位预测提供了新的思路。

以“多物质来源、多成矿阶段、多成矿作用、多成因类型和多控矿因素”为特征的“多因复成矿床”理论(陈国达,1982,1992,2000;彭省临等,1991,1992)是由陈国达院士最早提出的,是地洼递进成矿理论的重要组成部分。强调在研究矿床的形成过程中,除了要重视矿床形成的有利空间因素外,还应考虑矿床形成的有利时间因素;同时提出对矿床的形成应该用四维的方法来研究矿床的形成过程、特点和分布规律。

“层控矿床”是指产在一定地层单元内的包括层状矿体在内的各式各样的矿体,矿床的成矿物质具有多来源的特征,矿床的形成经历了多种成矿作用,具有多成因特点的矿床类型。涂光炽院士提出的“层控矿床”理论,冲

破了传统的“一元成矿论”的思想束缚,使几百年来的“水、火”之争停息,调和了内生—外生、同生—后生等认识上的矛盾,促进了多元成矿思想的迅速发展(涂光炽,1984;吴延之,1979,1985;胡受溪等,1983)。

这两种成矿理论都重视矿床形成过程中的继承性和递进性,因而都强调应该从多元成矿的角度来考虑矿床的形成,这种“多元”的思维对于同时具有内生和外生特点的隐伏矿床(体)的定位预测具有十分重要的意义。

美国阿波罗登月飞船总设计师韦伯曾说:“阿波罗登月船所使用的没有一项是新技术,都是现成技术,关键在于系统地综合。”未来学家阿尔温·托夫勒也曾经说过:“当代的一系列重大突破常常不是来自孤立的单项技术,而是来自并列的几项技术或其组合。”(张均,1999)这种“组合创新”的观念提供了一种全新的创新思维方式和工作思路,为隐伏矿体综合信息定位预测奠定了良好的方法学基础。

此外,“在新的地区用老的观点可以找到矿,在老的地区用新的观点也可以找到矿,唯独在老的地区用老的观点是很难找到矿的”这种经验式论点也已被大多数找矿专家所接受,对于老矿山周边和深部隐伏矿的寻找具有重要的启迪意义。

1.2.2 模型找矿的进展

隐伏矿体定位预测中,尽管有各种各样的新思路、新方法,但在具体指导找矿的实践过程中都或多或少地受到了“模型思想”的影响,模型找矿仍是当今寻找隐伏矿体的主要方法和手段。

20世纪60年代末期,苏联开始物理—地质模型研究。70年代中期以来,苏联的地球物理工作者在乌拉尔和阿尔泰矿区做了大量工作,先后提出了铁矿床、内生稀有金属矿床、含铜黄铁矿床、硫化铜镍矿床、斑岩铜矿床及铅锌矿床的地质、地球物理、地球化学模型。目前,他们研究的模型很多,有地质成因模型、分类—标志模型、同等要素组合模型(地质—地球物理模型、物理—地质模型、几何化模型)、地质—工业定量模型、形态模型、富集模型以及多因素模型等。这些模型均是结合找矿实践在先进的成矿理论的指导下建立的,其目的就是要对各种成矿信息进行综合分析,抓住最主要的控矿要素,进而提高预测效果。

西方国家则侧重于矿床理想成因模型和次生环境地球化学异常理想模型的研究,代表性的研究工作有Cox、Singer、Hodgson、Wyborn等人的成果,最成功的应用实例是美国地质调查局(1996)对美国境内距地表1 km

以上范围内发现的金、银、铜、铅、锌等矿产资源的预测和估计。我国的地学专家从20世纪80年代以来,也开始探索模型找矿。从早期的地质—地球物理模型、地质—地球化学模型,发展到现在的地质—地球物理—地球化学综合地学找矿模型,而且还加入了遥感及其他方面的内容,进行多元信息综合找矿预测。代表性的研究工作有赵鹏大院士以地质异常、成矿多样性和矿床谱系定量化为基础的“三联式”成矿预测方法(赵鹏大等,2003)、王世称教授跟踪“863”计划完成的综合信息矿产预测方法(王世称等,2000)、张均教授以脉状金矿隐伏矿体定位预测为例提出的组合预测方法(张均,1999)、彭省临教授结合国家“十五”攻关项目,以大型矿山为依托基地,以地、物、化、遥等多种探查方法为手段,所进行的隐伏矿体定位预测研究(彭省临等,2001,2003,2004;邵拥军等,2003,2007),以及徐强等(2003)在西部地区结合国家“九五”攻关项目提出的主要类型铜矿床综合信息快速定位预测方法等。另外,袁奎荣等(1990)通过对隐伏花岗岩及其深部找矿的地、物、化、遥等各种方法的应用和研究,总结出了一整套对隐伏花岗岩及其矿体定位预测行之有效的方法和手段;王钟等(1996)通过对铜陵铜矿、新疆铜镍矿、滇东南锡多金属矿等矿床模型的研究,建立了一批具有中国特色的综合地学找矿模型。所有这些代表性的研究不仅完善了模型找矿理论,而且对隐伏矿床的找矿预测形成了明确的方法技术体系,是隐伏矿体综合信息地学找矿模型建立的坚实基础。

随着找矿难度的加大,综合地学找矿模型也面临着严峻的挑战。因为地球是个复杂的巨大系统,找矿实际上也是个系统工程,需要多种新理论、新技术和新方法的综合应用,这也在客观上促进了综合地学找矿模型的发展,并且在实用性和快捷性方面提出了更高的要求。综合地学找矿模型是地学研究中的一个深层次的、跨学科的新领域,它主要是通过对各种与矿化有关的信息相关性和制约性的研究,进而找出最佳的找矿标志组合,来指导找矿预测。它既可用于已有矿山深、边部的找矿预测,也可为新地区隐伏矿体定位预测服务。在当前隐伏矿体定位预测中它应用最广泛、作用最明显,是成矿领域中研究的热点。

模型找矿,就其本质而言,就是按照先进的成矿理论结合地质实践建立模型进而指导找矿,是针对过去理论研究脱离、超前找矿实践弊病提出的,它以先进的成矿理论为指导来收集、分析和研究与成矿有关的各类信息,进而总结出最客观的认识,最主要的控矿要素,最有利的找矿标志,进而进行找矿预测的一种方法。由于模型找矿是理论与实践相结合的产物,因而得到