



# 老矿山接替资源 勘查理论和技术方法及找矿示范

◎ 卿 敏 王文成 等著



地 质 出 版 社

# 濒危黄金矿山接替资源 勘查理论和技术方法及找矿示范

卿 敏 王文成 葛良胜 张继林 著  
李文良 张永祥 唐明国 李思田

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

危机黄金矿山接替资源勘查是一项理论性和实践性都非常强的工作。本书重点介绍了适合黄金矿山接替资源找矿的一些理论和技术方法,包括矿床模型预测法、构造分析及“断面波形模拟预测法”、找矿矿物学等地质方法,“多元素泡塑偏提取化探方法”、“构造叠加晕地球化学预测法”等地球化学方法,以及“高密度电法”、“EH4 连续电导率剖面测量法”等地球物理方法。选择内蒙古自治区苏尼特右旗毕力赫金矿、陕西省潼关县东桐峪金矿、山西省阳高县堡子湾金矿和河北省宽城县峪耳崖金矿,利用地质理论、构造分析、找矿矿物学以及地球物理、地球化学等方法开展接替资源勘查,在理论认识和勘查突破方面均取得显著进展,对(危机)矿山深部找矿具有示范作用。

本书可供从事黄金矿山地质、金多金属矿产勘查地质人员以及相关院校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

濒危黄金矿山接替资源勘查理论和技术方法及找矿示范 / 卿敏等著. —北京:地质出版社, 2012. 5

ISBN 978 - 7 - 116 - 07707 - 2

I. ①濒… II. ①卿… III. ①金矿床—找矿—研究—中国 IV. ①P618. 510. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 098041 号

BINWEI HUANGJIN KUANGSHAN JIETI ZIYUAN KANCHA LI LUN HE JISHU FANGFA JI ZHAOKUANG SHIFAN

责任编辑:李莉

责任校对:关风云

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010) 82324519 (办公室); (010) 82324567 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: [zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787 mm × 1092 mm <sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张:15.5

字 数:400 千字

印 数:1—600 册

版 次:2012 年 5 月北京第 1 版

印 次:2012 年 5 月北京第 1 次印刷

定 价:50.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 07707 - 2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 序 言

矿产资源是我国经济和社会发展的物质基础。未来 10~20 年，我国将处于工业化、城镇化发展的关键阶段，对能源、矿产资源的需求仍将持续攀高，供需矛盾亦将进一步加剧，对外依存度居高不下。21 世纪矿产资源的供需矛盾更加突出，这将深刻影响中国及世界矿产品价格及市场格局。

新形势需要新对策。2009 年 8 月 17 日，李克强副总理到国土资源部视察，明确指出加大地质勘查力度，立足国内，提升地质矿产工作对国民经济和社会发展的保障能力。国务院先后于 2004 年、2011 年讨论通过了《危机矿山接替资源找矿规划纲要（2004—2010）》和《找矿突破战略行动纲要（2011—2020 年）》，发出了“举全国之力推进找矿突破”的号令。全面提高能源资源保障能力，实现资源开发与环境保护相协调，保障我国经济社会可持续发展，成为时代赋予地质工作者工作的新的历史使命。

黄金作为一种特殊的矿产资源而倍受重视。1997 年亚洲金融风暴和时下的全球经济危机，造成几乎所有金融资产和实物资产的大幅缩水，但黄金却逆势而上，成为少数保持价格上涨和需求上升的资产之一，再一次显示出它对维护国家经济安全、金融安全和保障国民财富的安全稳定增长，具有特殊的不可替代的作用。2011 年我国黄金产量已超过 360 t，成为全球最大的黄金生产国和黄金消费国。黄金产业的提升和发展，从战略层面提高了国家宏观调控和对抗金融风险的能力。

随着开发力度加大，与其他矿产一样，80% 以上的国家支柱性黄金生产矿山面临不同程度的资源危机。加强矿山深部及外围找矿，是解决矿山资源危机，延长矿山服务年限的有效途径。卿敏同志和其合作者多年来开展危机黄金矿山接替资源找矿经验和成果的系统总结，有勘查工作思路和具体工作方法，有理论指导和生产具体实践，还有预测效果评述和方法总结，特别是多学科、多方法的有效组合，理论和实践的密切结合，必将对矿山接替资源勘查工作起到示范推动作用。



2012 年 5 月 6 日

# 目 录

## 序言

第1章 引言 .....	(1)
1.1 我国黄金矿山资源现状及选题依据 .....	(1)
1.2 金矿勘查发现趋势及其启示意义 .....	(1)
1.3 深部接替资源找矿的理论研究现状和实践基础 .....	(3)
1.4 危机矿山接替资源找矿工作思路和方法 .....	(4)
1.5 本次工作取得的主要成果指标 .....	(5)
第2章 危机矿山接替资源找矿理论及技术方法概述 .....	(7)
2.1 地质预测理论与方法 .....	(7)
2.2 勘查地球化学找矿理论与方法 .....	(19)
2.3 构造叠加晕盲矿预测理论与方法 .....	(20)
2.4 地球物理探矿理论与技术方法 .....	(21)
2.5 遥感技术找矿理论与方法 .....	(24)
2.6 基于计算机技术的综合信息预测技术 .....	(24)
2.7 钻探技术 .....	(25)
第3章 内蒙古自治区苏尼特右旗毕力赫金矿接替资源勘查 ——地质理论方法预测实例 .....	(26)
3.1 矿床勘查发现及研究史 .....	(26)
3.2 区域及矿田地质概况 .....	(28)
3.3 矿床地质特征 .....	(32)
3.4 本次接替资源找矿思路及找矿工作部署 .....	(38)
3.5 成矿地质环境再认识 .....	(40)
3.6 围岩蚀变类型及其空间分带性 .....	(55)
3.7 勘查主攻矿床(化)类型 .....	(57)
3.8 矿田构造控矿模型及找矿预测 .....	(61)
3.9 II矿带勘查发现过程及勘查成果 .....	(68)
3.10 II矿带矿体地质地球化学特征及成因 .....	(72)
3.11 矿田综合模型及找矿方向 .....	(88)
3.12 本次接替资源找矿的经验教训及启示意义 .....	(90)

## 第4章 陕西省潼关县东桐峪金矿接替资源勘查

——构造分析及构造叠加晕方法预测实例 .....	(95)
4.1 区域成矿地质背景 .....	(95)
4.2 矿区地质概况 .....	(98)
4.3 东桐峪矿区主要矿脉、矿体的地质特征 .....	(100)
4.4 本次接替资源找矿理论基础和找矿方法选择 .....	(114)
4.5 控矿构造及其控矿规律分析 .....	(117)
4.6 矿脉产状变化及构造控矿模型 .....	(125)
4.7 “断面波形模拟预测”方法预测 .....	(130)
4.8 构造叠加晕方法预测 .....	(145)
4.9 预测效果及方法评价 .....	(155)

## 第5章 山西省阳高县堡子湾金矿接替资源找矿

——找矿矿物学方法预测实例 .....	(156)
5.1 区域及矿区地质概况 .....	(156)
5.2 矿体地质特征 .....	(159)
5.3 矿床类型及矿床成因 .....	(164)
5.4 本次接替资源找矿思路及找矿方法选择 .....	(167)
5.5 成因矿物学及找矿矿物学研究 .....	(167)
5.6 矿物填图与成矿预测 .....	(188)
5.7 综合信息成矿预测 .....	(192)
5.8 预测效果评述 .....	(193)

## 第6章 河北省宽城县峪耳崖金矿接替资源找矿

——地球物理方法、地球化学方法预测实例 .....	(195)
6.1 矿区地质概况 .....	(195)
6.2 矿体地质特征 .....	(195)
6.3 矿床类型及矿床成因 .....	(198)
6.4 控矿地质条件及控矿地质模型 .....	(199)
6.5 本次接替资源找矿思路及找矿部署 .....	(213)
6.6 矿区勘查地质-地球物理模型 .....	(217)
6.7 长河测区电法测量及成矿预测 .....	(221)
6.8 矿区南西部镇矿测区电法测量及成矿预测 .....	(224)
6.9 泡塑快速偏提取化探异常 .....	(226)
6.10 峪耳崖金矿区隐伏矿体找矿的方法组合 .....	(229)

参考文献 .....	(232)
致谢 .....	(242)

# 第1章 引 言

我国目前正处于传统农业、手工业向工业化和城镇化持续转型、高速发展的关键历史时期，经济社会发展对矿产资源的需求进一步加大，而且这种现状在短期内无法得到改变。黄金具有货币和商品双重属性，作为一种重要的全球性战略资源，在保证货币稳定，应对金融危机，抑制通货膨胀，维护国家经济安全和金融安全，保障国民财富的安全稳定增长方面，具有特殊的不可替代的作用，而且这种作用将在今后相当长一段时间内持续。

由于全球竞争加剧和国家经济利益博弈，利用国外资源的风险进一步加大。2009年8月17日，李克强副总理在听取国土资源部工作汇报时指示，“加大地质勘查力度，立足国内开发利用资源”。为保持国民经济持续、健康、稳定发展，必须加强包括金矿在内的重要矿产资源勘查工作，努力实现找矿的重大突破，提高矿产资源对社会经济可持续发展的保障程度，解决制约黄金行业可持续发展的资源“瓶颈”问题。

## 1.1 我国黄金矿山资源现状及选题依据

在过去50年中，随着大规模全球填图和矿产勘探的发展，地壳表层出露的大多数矿产已被探明，在地壳深部寻找新的矿产资源的紧迫性日益增加。据最近由全国危机矿山接替资源找矿项目管理办公室主持，武警黄金地质研究所完成的“我国主要固体矿产矿山资源潜力调查”（黄金矿山部分）（2007.10）报告统计，在全国参加黄金矿山调查的123个大中型金矿山，其中有107座存在不同程度（包括严重、中度和轻度）的资源危机，占全部参加调查矿山总数的89.2%。尽管参加调查的金矿山只占我国现有金矿山的一小部分，但这些矿山均为大中型矿山，集中于我国中东部胶东、小秦岭、冀北等几个主要金矿床集中区和重要的黄金生产基地内，发现时间早、开采历史长、矿山规模大、就业人员多、社会影响大，其资源现状基本上代表了我国其他金矿山的总体现状。由此可以看出，我国绝大部分金矿山均面临着不同程度的资源危机，其他一些暂不存在资源危机的金矿山也将随着国家经济发展需要，加大开采进度，迅速进入枯竭状态。如果不加快矿山接替资源勘查的力度，迅速发现后备资源，其中很多矿山将面临倒闭的严峻局面，并引发不同程度的社会问题，威胁着社会的可持续发展。为此，国家为缓解矿山资源危机而部署了全国危机矿山接替资源找矿勘查战略。

本次研究工作，紧密结合国家经济建设发展，根据合作博士后工作站中金黄金股份有限公司发展需求，开展“大、中型黄金危机矿山接替资源找矿的理论、技术方法及找矿实例”研究工作，选择4个具有典型意义的黄金矿山开展接替资源找矿工作，为企业其他矿山资源勘查工作提供示范。

## 1.2 金矿勘查发现趋势及其启示意义

综观中国金矿勘查发现史，以我国黄金专业找矿队伍武警黄金部队金矿勘查找矿历史为

例，有几个趋势需要我们把握。

一是金矿勘查找矿由简单、易识别矿向复杂多样、难识别矿的转变。早期中国以寻找砂金矿为主，独立岩金矿多以石英脉、破碎带蚀变岩型金矿为主，之后逐渐向寻找微细浸染状、角砾岩型、斑岩型等复杂矿床类型的转变。统计资料表明，1985~1998年期间，黄金部队发现超大型金矿1处（河南东闯-老鸦岔石英脉型），特大型金矿2处（黑龙江团结沟斑岩型和河北东坪钾长石石英脉-蚀变岩型）；大型金矿15处，其中砂金矿床7处，其他8处岩金矿床也多以石英脉型等简单类型为主，唯一发现的金龙山微细浸染型金矿，其真正的潜力也没有得到正确认识。1999~2008年期间，黄金部队新发现3处超大型、大型细微浸染型金矿（甘肃文县阳山、陕西镇安金龙山、黑龙江漠河砂宝斯），2处大型、特大型火山浅成低温-斑岩型金矿（黑龙江东宁金厂、新疆哈密马庄山），2处大型斑岩型金-钼矿、铜-金-钼矿（河南深川狮子庙、云南弥渡宝兴厂）等，其他7处韧性剪切带型、破碎带蚀变岩型等大型金矿。

二是找矿领域和突破地区逐渐向矿区深部、覆盖区拓展，尤其是中东部老矿区找矿。河南东闯金、铅矿区最早于1964年由河南省地质局豫01地质队首次发现，并开展地表和浅部地质勘查工作；1981年黄金部队进驻该矿区开展深部找矿，并于1985年实现突破，部署的第一钻孔，在孔深370m处见到厚3m、金品位 $18 \times 10^{-6}$ 的富矿体；至此之后，黄金部队分别在西长安岔-东漫、枪马、老鸦岔、文峪、仓珠峪等金矿区深部，实现一轮又一轮的找矿新突破，深部探明的资源量/储量是前期地表浅部的2倍多。金龙山金矿勘查史也表明，一个超大型金矿的诞生，也是在深部找矿突破后实现的。胶东位于招-平主断裂带上的山后-北泊大型金矿区主矿体，豫西位于马超营主断裂带上的狮子庙大型金矿田96234号脉中的金矿体，都为深部隐伏矿体。甘肃寨上矿区寨上河以西第三系（古、新近系）黄土覆盖区覆盖层厚度达30~100m，通过“攻深找盲”，新增资源量接近40t。2004年国家实施危机矿山接替资源找矿规划以来，新增金资源储量400余吨，大都是在已知矿区深部发现的，如胶东焦家深部、寺庄金矿，河南灵宝秦岭金矿，内蒙古包头哈达门沟金矿等。

三是主要大型以上规模的矿区勘查工作大都是经历不断反复，多次认识，坚持不懈的结果，尤其是新的理论和找矿方法的有效应用起到突出作用。如阳山超大型金矿区勘查工作始于20世纪80年代初期，先后有四川地质一〇八队、甘肃化探队和西北冶金地质局在矿区开展金矿勘查工作，之后放弃；黄金部队于1997年在该矿区开展找矿工作，应用卡林-类卡林型金矿模型，尤其是创造性认识到斜长花岗斑岩在成矿中的理论和实际意义，历经10余载，终于探获目前中国最大的类卡林型金矿床。黑龙江东宁县金厂金矿区也先后有黑龙江有色金属702地质队和黑龙江地质局第一地质调查所开展过金矿找矿工作，之后放弃；黄金部队随后继续开展工作，应用火山岩区浅成低温-斑岩型金矿成矿理论，目前探明资源量达到特大型规模。金龙山特大型金矿发现也不是一帆风顺的，从1986年发现，到1994年完成地表勘查工作后，由于品位低，而深部钻孔见矿又不好（主要是钻探工艺不过关造成的），之后搁置，中断地质工作长达10年，直到2005年认识到深部含矿性，改进钻探工艺，重新开展探矿工作，一座特大型金矿才得以重见天日。

金矿勘查发现史表明，金矿勘查中寻找地表矿更加让位于寻找隐伏矿、难识别矿；找矿区域向工作程度低、成矿条件好地区（西部）、深部和覆盖区转移；金矿勘查应以全局、发展的视角，立足大带找大矿，立足现有有利黄金矿山、生产基地，“攻深找盲”、“探边摸底”，改变传统找矿思路，应用新的成矿理论和找矿技术方法手段，不断地试验、验证，不



断修正认识, 加大人力、财力的投入, 从而获得找矿突破。

## 1.3 深部接替资源找矿的理论研究现状和实践基础

### 1.3.1 深部成矿理论研究现状

从成矿理论分析, 成矿有利空间在地下 5 ~ 10 km 的深度范围, 这个空间正好是地壳内外动力的复合场, 也是多种成矿要素发生突变与耦合的转折带, 适于大量岩浆矿床、热液矿床的产出。据对一些成矿区带的综合研究, 一个大型热液成矿系统的垂直延深可达 4 ~ 5 km 或更深 (裴荣富等, 1999)。在俄罗斯科拉半岛的科学钻探中, 在 6 ~ 12 km 发现了硫化物矿化细脉, 在 10 km 上下发现了变超基性岩中的 Cu-Ni 硫化物和基性岩中的 Fe-Ti 矿化, 在 9.5 ~ 11 km 发现了含大量银的自然金 (Ю·Н·亚科夫列夫等, 1999)。幔源的金刚石矿可能最初形成在岩石圈底部。这说明热液成矿作用的下限可以下降到 10 km 以下。矿床形成的深度和垂直范围则与矿床类型有关, 按照周圣华等 (2006) 的研究成果, 矿床形成深度和垂直范围由浅到深, 由小到大的顺序大致为: 浅成热液矿床 → 中高温热液矿床 → 斑岩矿床 → 矽卡岩矿床 → 伟晶岩矿床 → 中温脉状金矿。理论研究以及超深钻探资料显示在地壳中相当大的深度间隔内, 具有形成金属矿床的有利空间和相应条件, 矿集区深部找矿潜力巨大。

### 1.3.2 深部找矿实践基础

在国外的找矿、勘探与开发中, 其勘探和开采深度可以是很深的, 据不完全统计, 国外金属矿资源 (大型) 开采超过 1 000 m 的约有 80 多座。如: 目前世界具开采最深的矿床是南非的 Western Deep Level 金矿, 现已开采到 4 800 m; 加拿大肖德贝里 (Sudbury) 铜-镍矿床, 现已开采到 2 000 m, 目前探测最深的矿体位于地下 2 430 m; 南非金矿开采深度最深达 3 600 m, 勘探最深达 4 256 m; 加拿大诺兰达 (Noranda) 矿田的米伦贝齐、科伯特、安西尔等矿床, 主矿体深度均为 700 ~ 1 280 m; 澳大利亚奥林匹克坝铜-金-铀矿床, 在深 1 000 m 处发现了隐伏的几乎直立的铜-金-铀矿体; 达拉松金矿开采了 70 多年没超过 700 m, 近几年经 10 多个深钻证实, 在 1 200 m 深处仍存在矿体; 而在宗毫巴金矿, 目前开采深度为 600 ~ 700 m, 但在 1 100 m 深处仍有大量矿石。

在美国卡林金矿区, 1987 年以前发现金矿床 20 余个, 探矿深度多在 100 ~ 300 m 以内, 多为低品位金矿床。1987 年以后, 美国矿业公司研究成矿规律发现, 浅部细脉浸染型金矿床和深部 (主要脉状) 富金矿床可能有着密切的成因联系, 它们极可能是一个完整的热液成矿体系中的不同矿化部分, 是一个有机的整体, 浅部细脉浸染型金矿 (化) 有可能只是作为其深部更为强烈的金矿化的衰弱相或边缘相存在的, 于是公司及时转变找矿思路, 确定运用物化探异常加钻探验证的方法在该矿带 300 m 以下的深度 (主要为 350 ~ 600 m) 进行探矿, 先后在矿区深部发现一系列高品位大型金矿床, 1987 年首先在矿区深部 (550 m) 粉砂质灰岩中发现高品位、大吨位的波斯特-贝茨硫化物金矿床, 金储量达 311 t, 品位达  $12 \times 10^{-6}$ ; 之后, 1989 年又在 398 m 深部发现了米克尔矿床, 含金至少 140 t, 品位  $21.6 \times 10^{-6}$ ; 进入 20 世纪 90 年代先在浅部科特兹金矿近侧深部发现了派普莱恩矿床, 金储量为 115 t, 品位  $7.2 \times 10^{-6}$ ; 随后又在派普莱恩矿床南侧 150 m 处发现了南派普莱恩矿床, 储量 136 t,

品位  $1.6 \times 10^{-6}$ ；近年来，又在深度 450 m 以下发现了“高沙漠”金矿和“绿松石岭”金矿，“高沙漠”金矿储量至少 60 t，品位为  $10.3 \times 10^{-6} \sim 20.6 \times 10^{-6}$ ，“绿松石岭”金矿储量为 155 t，品位为  $12 \times 10^{-6}$ 。理论研究和找矿实践认为卡林金矿带深部仍有巨大的找矿潜力。卡林金矿带找矿工作的成功经验告诉我们，成矿规律研究引起找矿思路转变是寻找深部及隐伏矿的关键。

反观我国，由于现代找矿勘查工作起步晚，过去的地质勘查能力有限，造成现有的金属矿山勘探深度一般不超过 500 ~ 800 m，采深 500 m 左右，只有少数几座铁、铜和金矿山开采已进入 1 000 m 深度。最新的成矿理论研究和深部定位预测验证结果均表明，地下 500 ~ 1 500 m 深度见矿范例众多，表明我国大陆深部蕴藏着潜力巨大的矿产资源。以长江中下游铜矿远景区的铜陵地区为例，浅部已知铜-铁矿体大多是中小型规模，而就在大团山等中型铜矿的深部，在深达 900 m 左右发现冬瓜山铜矿，查明铜金属储量近百万吨。不仅如此，近来在其更深处还发现有新的铜矿线索。在其临近外围的庐江沙溪 600 m 以下已发现大型斑岩型铜矿。广西桂北锡-多金属矿远景区的大厂锡矿，深部的 100 号矿体等的锡金属储量远远超过浅部矿体的总量，而在更深部的 105 号矿体其规模又超过了 100 号矿体。在已知成矿带上也不断有新的发现。如湘南-粤北钨锡-多金属成矿带，21 世纪初在骑田岭大花岗岩岩体中突破了大型锡矿，又在大义山大岩体中也突破了大型脉状锡矿，还有可能找到规模更大的云英岩型锡矿。大义山地区开发近百年的水口山铅-锌矿深部已查明的康家湾和鸭公塘铅-锌矿，规模比浅部矿大得多。江西赣南是我国闻名于世的采矿历史悠久的石英大脉型黑钨矿集中产地，在 20 世纪 70 年代后期至 80 年代，该地区一度找矿难度很大，但后来在已知矿周围及附近相继发现了大型钨、锡矿、大中型银-铅-锌矿等。我国重要铜矿产地山西中条山铜矿区的南部，本世纪初也找到了中等规模的与基性岩有关的新类型富铜矿。辽宁省青城子铅-锌矿开发历史悠久，经过多年研究总结，运用成矿分带等理论，在原铅-锌矿深部及外围，发现多个大中型银矿和单个金矿的资源储量超过百吨的特大金矿床。胶西北许多金矿床的矿体延伸到 1 000 m 以下或在深部又发现了新的隐伏矿体。

现有成矿理论（翟裕生等，2004）和国内外找矿实践均说明老矿区深部（>500 m）具有巨大的找矿潜力。

## 1.4 危机矿山接替资源找矿工作思路和方法

### 1.4.1 危机矿山接替资源勘查方向

矿产勘查发展趋势表明，解决危机矿山资源紧张局面的路子主要有 2 条：一条在矿区范围内或外围发现新的矿床；另一条加强现有矿山深部资源勘查的力度，以发现深部矿体。前者可以视为找矿的水平空间，后者可以视为找矿的垂直空间。同样还有研究表明，在过去 50 年中，随着大规模全球填图和矿产勘探的发展，地壳表层出露的大多数矿产已被探明，矿区外围发现新矿床的可能性已越来越小，难度也越来越大，同时还面临着耕地、森林、环境、湿地等保护区的限制，找矿的水平空间已难有拓展和发挥的余地。地质学家 R. Sillitoe 从 13 个国家选择了过去 25 年间发现的有代表性的 54 个矿床，研究这些矿床的勘查及发现史，结果表明，只有 2 个矿床是在生产矿山附近通过地表露头发现的，约 31% 的贱金属矿床和 26% 的金矿床是在发育地表露头但那里从来没有关于矿化报道的地区发现的，其余大

多数矿床都是隐伏的，说明寻找隐伏矿床是当前矿产勘查的发展趋势。

因此，将危机矿山接替资源勘查目标锁定在现有矿山深边的垂直空间上，开展“探边摸底”、“攻深找盲”。根据我国绝大部分矿山地质勘查不超过 500 m 的深度，而将 500 ~ 2 000 m 勘查深度空间称为第二成矿空间，亦称第二找矿空间或第二富集带/成矿带。

2007 年由中国地质调查局在安徽合肥组织召开了全国深部找矿工作地质研讨会，与会专家通过讨论，进一步明确了加强我国中东部重要金属富集区带深部第二成矿空间找矿工作的重要性，并提出了相应的对策和总体规划，第二成矿空间找矿问题因而成为重大的地质科学问题，吸引了大量矿床地质学家的目光，变成当代成矿和找矿学领域的研究和探索热点。

### 1.4.2 危机矿山接替资源找矿工作思路

危机矿山找矿范围厘定：现有矿床深、边部或矿田尺度范围。矿田是指地壳中某一地段，在相同的地质构造环境条件下，空间上邻近、时间上接近、成因上密切有联系的一种或一组矿床类型组合。矿田的形成和分布受控于同一构造应力场条件下形成的构造体系，范围一般十几到几十平方千米。在这个限定的找矿空间内找矿，需要针对各个矿区特点规律，开展接替资源找矿工作。

1) 首先要把握生产矿山接替资源找矿中的有利和不利因素。有利因素是开展过多年的地质工作，矿山生产和勘查找矿过程中积累了比较系统的地质资料，为我们开展工作奠定了基础，要充分利用好这些资料。不利因素是矿山以及地勘单位、科研单位已经围绕找矿开展过大量工作，地表或中浅部资源大部分已经查明，进一步找矿难度大，找矿对象以深部矿、隐伏矿和难识别矿为主；同时，由于是生产矿山，地表景观受到破坏，深部坑道纵横交叉、金属类管道密集，矿区电网遍布，这些不利因素限制了地球物理等一些找矿方法手段的有效使用。

2) 理论支撑是危机矿山接替资源找矿突破的基础。应用科研引路，理论与实践的有机结合，才能实现找矿突破。在老矿山，应用老观念、老方法是找不到矿的。只有找矿理论、观念突破了，新的找矿方法使用了，才有可能实现找矿突破。因此，找矿理论的支撑是找矿突破的关键。必须深入开展成矿背景研究，确立矿区矿床类型，建立全新的找矿模型。以理论为支撑，开展矿区资源潜力评价，判定成矿潜力和找矿方向。应用矿床模型、成矿系列及成矿系统等最新成矿找矿理论思路，进行矿区找矿理论创新，开阔找矿思路，拓展找矿空间。

3) 选择合适的技术、方法是尽快实现找矿突破的捷径。要根据拟探测对象地球物理、地球化学响应，以及矿区实际的地貌景观和地质条件，制定合理的勘查技术方法组合，尤其是高精度物探方法、深穿透勘查地球化学方法等新的勘查技术方法的应用。

## 1.5 本次工作取得的主要成果指标

1) 通过对矿田形成的大地构造环境和成矿地质背景、矿体地质特征的重新认识，确认毕力赫金矿区形成于安第斯型活动大陆边缘，属于晚古生代浅成低温-斑岩成矿系统，次火山杂岩体是矿田成矿最主要的因素；查明矿区存在石英脉型、构造破碎带蚀变岩型、爆破角砾岩型和斑岩型 4 种矿化类型，其中前 3 种受断裂构造、角砾岩筒（脉）等火山机构及配套构造控制的（次）火山热液型金矿化类型目前已经遭受比较强烈的剥蚀，斑岩型金矿化

是矿田重点找矿方向；利用建立的矿田“菱形”格子状构造格局“节点”控矿模型，结合地球化学、地球物理信息，预测重点找矿靶区4处。通过工程揭露，在新圈定的Ⅱ矿带实现找矿重大突破，首次在华北陆块北缘发现大型独立斑岩型金矿，累计探明（122b）+（333）金资源量24 t，预测远景资源量50 t。

2) 对小秦岭金矿田造山型金矿的认识，为深部找矿奠定理论基础；提出“空间-物质”成矿预测新思路，优选出构造分析结合构造叠加晕地球化学方法开展成矿预测工作；具体分析了金矿区4个成矿阶段断裂构造活动方式及其控矿性，总结了以Q8号脉为代表的北西西走向、南倾组矿脉和以Q12号脉为代表的北东走向、南东倾组矿脉构造控矿模型；利用“断面波形模拟预测”方法，结合构造叠加晕预测方法，Q8号脉预测Ⅰ级靶区（位）3处，Q12号脉预测7个Ⅰ级靶区和2个Ⅱ级靶区。通过工程验证，在Q8号脉Ⅰ-1靶区勘查取得突破，探明金资源储量6 t，预测远景资源量40 t。根据预测结果编制的勘查规划方案目前矿山正在实施。

3) 确定堡子湾金矿属于高硫型（明矾石-高岭土型）浅成中低温热液型金矿床，是我国目前发现的一种特殊的线型隐爆角砾岩型金矿床。成矿与印支期二长花岗斑岩和石英二长斑岩（245 Ma，<sup>39</sup>Ar/<sup>40</sup>Ar法）及其相关的隐爆角砾岩有关。就是目前矿区剥蚀程度的判断成为矿区成矿预测最关键的因素。选择找矿矿物学方法，利用矿物学表性特征学说，建立矿区找矿矿物学模型。通过系统矿物学工作，结合其他找矿信息，综合圈定找矿靶区4处。布置了生产探矿井巷工程和深部钻探工程，对这些预测靶区进行了初步验证，新增加（122b）+（333）级别金资源量约4 t。通过矿物学标型特征判断，认为矿床剥蚀程度较大，深部金矿成矿潜力有限，但各种信息显示深部或者外围可能存在斑岩型Cu（Mo）矿化。

4) 通过成岩、成矿机理研究，认识到寻找“峪耳崖式岩体”成为峪耳崖金矿接替资源找矿的关键；根据矿区已控制地段地质、矿化和地貌情况，选择EH4连续电导率剖面测量和高密度电法测量这两种各具优势、又有互补性的地球物理方法和泡塑偏提取化探方法开展找矿工作；建立了矿区成矿预测的地质-地球物理（地球化学）模型；利用地球物理、地球化学方法在矿区北部长河测区和南西部镇矿测区实现找矿突破，预测靶区3处，查明资源量1.5 t，预测远景资源量10 t。

## 第2章 危机矿山接替资源找矿理论 及技术方法概述

国内外金矿勘查发现史表明,和国内外其他金属矿产勘查一样,地质找矿由地表露天矿、浅部矿和易识别矿为主,向寻找隐伏矿、盲矿和难识别矿转变,勘查风险越来越高,勘查成本越来越大。为避免高风险带来的严重后果,必须依靠科学的资源预测,在地质找矿中以先进的地质理论为指导,利用最有效的、最经济的勘查技术来提高地质勘查的成功率。

### 2.1 地质预测理论与方法

#### 2.1.1 地质理论预测方法

大规模的勘查活动的成果之一,导致了一些重要成矿理论的产生,它们的发展和肯定,又指导了许多重要矿床的发现。成矿理论的重新认识,往往成为一些老矿区出现新突破的关键。人类思想方法和科学理论的进步,促使矿产勘查工作由过去的“经验找矿”向以“理论找矿”的转变。

地质理论预测是指应用现代科学方法,如系统科学和地球动力学的思路和方法,充分吸取地质基础学科的最新成果,基于基本地质规律来开展区域成矿预测。如开展成矿系列和成矿模式等成矿理论研究,为矿产勘查提供新的推动力。

在地质勘查工作中,地质人员并不否认理论的指导作用,事实上,几乎所有找矿工作均遵循一定的理论思想,只是有些是经验性规律(理论),有些是搬用了“纯粹的”理论概念而已。由于潜心研究理论的科研部门和从事实际找矿的生产部门的人为分割状态,造成理论和实际的严重脱节,导致了“理论找矿”与“经验找矿”之争。这样,我们面临一个如何估价、如何对待、如何应用理论的问题。

首先要看到,一种较为成熟的并有实际意义的理论,多是建立在扎实的野外观测资料和实验室数据的基础上的,是多方面资料的系统化和条理化,其中也注意吸收其他学科的最新知识。火山成矿理论是20世纪50年代提出的,众所周知,火山成因块状硫化物矿床在所有矿床类型中均占有十分重要的地位。从经济上看,它是铜、铅、锌、银、金以及锡、镉、铋等系列产品的主要来源;从科学上看,它冲击了传统的占主导地位的热液观点,所以与这些矿床的特征和成因有关的问题要比任何其他类型更多地引起地质学家们的注意。建立这种理论的基本依据,是西欧(如葡萄牙-西班牙黄铁矿带等)、日本(黑矿型矿床)、前苏联(哈萨克斯坦的多金属矿床等)等国家许多重要矿床实际的观测资料和实验资料,并通过后来大量涌现的实际资料(1960年以后发表5000篇以上直接与这类矿床有关的文献)而得到进一步完善,近年在东太平洋扩张海岭上发现高温(350℃)热液喷口和现代块状硫化物矿床,又得到实际的验证。这种理论为新的找矿工作提供了一种有力工具。有些老矿区,用传统的热液成矿理论为指导,发现了地表矿以后,就往往进入了勘查工作的

“沉寂”时期，一旦引进这种新的火山成矿理论，就导致一系列新的突破。在葡萄牙-西班牙黄铁矿带和前苏联阿尔泰矿区所获得的成果，可以充分说明创新成矿理论对于老矿复苏和寻找隐伏矿床中的指导作用。

哈萨克斯坦阿尔泰地区是一个铜、铅、锌多金属成矿带。20世纪50年代中期以前，运用传统的侵入成矿理论找到地表有显示的几乎全部的矿床和矿点。按照这种观点，多金属矿床的形成与晚古生代花岗杂岩和石英斑岩侵入体有成因联系；并且认为，依据成矿分带性，浅部是多金属矿化，向下应转化为稀有金属矿化，所以勘查深度比较浅。普查工作主要采用地表和浅部的矿化显示，热液蚀变、地球物理异常和地球化学晕等“直接”找矿标志。这套方法，前期收效大，后期找矿效果逐渐降低，1945~1970年间未发现一个出露地表的有工业价值的矿床。到20世纪60年代，火山成因假说已为前苏联地质人员普遍接受，尤其是1967年在著名的列宁诺戈尔斯克矿床上发现了火山-沉积型的“里杰尔Ⅱ号”矿层，才最终形成阿尔泰型矿石建造是在花岗岩类侵入之前、产在泥盆纪火山-沉积岩（玄武岩-流纹岩建造）中的同生层控矿床的概念。这种火山成矿理论提供了新的普查准则：①矿化受一定的火山-沉积地层层位控制，并根据火山作用的多期性，至少有4个含矿层位，从而揭示寻找深部矿床的前景；②火山成因和火山-构造成因的构造控制着矿化，因此不是首先找侵入岩体，而是要进行古火山再造，查明不同类型、不同规模的火山构造与矿结、矿田和矿床分布的关系。按照这种成矿理论部署新的找矿和预测远景区取得重要成果，发现了“新列宁诺戈尔斯克”、“十月”等一批大型的隐伏多金属矿床，打破了该区找矿工作25年的沉寂局面，并且使该区已知矿床金属储量中，隐伏矿床占50%，因此，A. M. 贝博奇金（前苏联国家储委主任）指出：“这些矿是由于重新审查和纠正了以前曾对发展原料基地起了积极作用、最近10年已变成发展原料基地障碍的理论观点而发现的”。

应当看到，现有的绝大部分成矿理论是不完善的，不少理论只符合或只依据部分实际资料，而不符合或不能解释同一矿床类型中其他观测资料，所以在1种类型或1个矿床上出现多种理论概念是不奇怪的。这样，我们在预测和找矿中运用某种理论时，心里要有准备，思想上要开放，一不宜滥用，二不能绝对化。即使科学的理论，一经滥用，超出了合理的范围，将导致错误的勘查思想。例如，如果滥用层控理论，把与不整合面有关的矿床看成是层状矿床，在勘查时去找地层单位，而不是去找不整合面。把成矿理论绝对化也是有害的，火山成因块状硫化物矿床理论的建立，完全排除了花岗岩成矿理论。事实上有许多矿床是多成因的，即使是在火山成因矿床中，“花岗岩”近年又以各种形式从“后门”回来了。在加拿大地盾的块状硫化物矿床（弗兰克林矿床等）底板有英云闪长岩-花岗闪长岩岩席存在，在塔斯马尼亚的罗斯贝里矿床下面有埋藏岩基存在，前苏联阿尔泰多金属矿床受到花岗岩后期改造，形成脉状矿化等。由此可见，任何科学理论都有一定用处，但可以单独应用的为数不多，也没有一种理论适用于所有矿种。在运用各种理论时，必须思想开阔，不拘泥于一种看法，善于提出问题，尤其要注意那些不协调的现象（美国克莱梅克斯斑岩钼矿床，就是从“反常地质现象”着眼，建立多期成矿论，“打倒”一次成矿论的），才能有效地发挥理论的指导作用。

#### 2.1.1.1 成矿地球动力学环境与矿床类型、矿床规模

不同的地球动力学过程决定着不同类型金成矿作用的发生，形成不同类型金矿床（A. H. G. 米切尔等，1981；Sawkins, 1990）。区域成矿地球动力学环境是矿化集中（金属）区、成矿专属性等区域成矿规律的最根本控制因素，是划分成矿区带，开展金矿找矿选区最

需要考虑的最重要的条件之一（朱裕生等，1997；赵鹏大等，2004），也是不同矿床类型形成最根本的控制因素。Kerrich 等（1998）总结了造山型金矿、卡林-类卡林型金矿、浅成低温热液型金-银矿、斑岩型铜-金矿、铁氧化物型铜-金矿、富金火山块状硫化物型及沉积喷流型矿床（SEDEX）等 6 种具有形成超大型金矿潜力的金矿类型及其形成的成矿地球动力学背景。陈衍景等（2008）将矿床作为探针反演地球动力学背景。

可见，金矿，尤其是一些具有重要工业价值的金矿的形成是受地球动力学环境控制的。矿床类型是矿床成矿潜力评价的关键因素，选择能够形成大型、超大型金矿的矿床类型，是国内外金矿找矿、开发的趋势。

#### 2.1.1.2 成矿系列、成矿系统与勘查找矿

矿床的成矿系列和成矿系统是我国自主创新形成的成矿地质理论（陈毓川等，1998，1999；翟裕生等，1998），在金多金属矿产勘查工作中发挥了重要作用。

成矿系列从系统论的观点出发，研究一个区域中与一定成矿事件有关的，在不同演化阶段、不同控矿条件下形成的各类型矿床之间的相互关系，研究这些矿床的总的区域地质构造背景及其发展历史，研究各种控矿因素（构造、沉积、岩浆、变质等）的相互联系和相互作用。因而将传统矿床学着重对单一类型、单一成因、单一模式的研究提高到区域的、综合的、历史的研究。

成矿系列是矿床学理论与矿产勘查实践之间的桥梁，具有科学的预见性和较高的实用价值，在危机矿山接替资源找矿方面发挥了理论指导作用。根据每一个成矿系列所包含的不同类型矿床在空间上或时间上相伴生的特点和相似地质背景条件下可大致重复出现的规律，当在一个地区发现某种矿床类型时，即可根据成矿系列理论寻找属于同一成矿系列的其他类型矿床，利用 2 个成矿系列和 2 个端元矿床之间的过渡性规律，可能发现过渡类型矿床。利用成矿系列，可对该区的资源潜力作出全面评价，从而提高成矿预测的综合预见性。

翟裕生（1998）将成矿系统定义为一定的时空域中，控制矿床形成变化和保存的全部地质要素和成矿作用的过程，以及所形成的矿床系列，矿化异常系列构成的整体，具有成矿功能的自然系统。

成矿系统不同于成矿系列，成矿系列（或称矿床成矿系列、矿床组合）主要从矿床类型组合的角度去研究相关矿床之间的联系，而成矿系统是由矿质来源、控矿因素、成矿过程、成矿产物（矿床组合及有关异常）和成矿后改造保存等一系列要素组成的一个自然场体系。它主要从成矿要素、成矿作用过程、成矿作用动力学研究成矿的总体特征，包括矿床组合及有关地质异常之所以形成的原理，即研究成矿系列的成因、动力和过程。成矿系统在理论内容探索上更为全面，从系统观点看，可以认为成矿系列是成矿系统中的一个重要组成部分。研究成矿系统的实际意义在于全面、有效地指导矿产勘查工作。

以一个成矿系统所形成的矿床系列（组合）作为找矿的总体目标，预测和发现新的矿种和矿床类型。成矿系统的研究对象主要是区域尺度的矿床形成和分布。全面认识区域成矿系统，及其所包括的各类型矿床的关系，以一个成矿系统中所形成的矿床系列（组合）作为找矿的整体目标，有利于建立起区域找矿的战略眼光，可以胸有全局、举一反三，线索较多，信息量大，回旋余地也大。这就增强了找矿工作的主动权，与“单打一”的找寻单个矿种和矿床类型来比较，更有利于提高找矿命中率。

矿化网络（包括矿床、矿点和各种异常）入手逐步缩小靶区，强调异常系列在找矿勘查中的重要作用。矿化网络是进行区域找矿的总体对象。由于矿致异常一般比矿体占有更大

的空间，能显示更多的有关成矿的信息，因此常是有效的找矿标志。充分运用地质成矿理论，区分和筛选这些有关异常，一步步地缩小找矿靶区，可以达到发现矿床的目的。

成矿系列和成矿系统理论的创立主要是针对区域尺度成矿预测的，但其理论基础、研究思路和工作方法对矿田找矿也有借鉴和启示意义，尤其是对厘定矿床类型、类比矿床模型方面具有直接指导作用。

### 2.1.1.3 应用矿床模式找矿

以矿结、矿田和矿床为目标的成矿预测和找矿工作中，国内外学者已经取得一致的看法，即矿床模式的研究起着重要的指南作用，它是找矿突破的重要手段。

J. W. Babcock (1984) 阐述了矿床模型对于成矿预测的指导意义：①矿床模式能为地质类比和矿床地质研究提供思路，给予启迪，帮助勘查人员把注意力集中在靶区内与矿床有联系的关键性地质特征上；②矿床模型可以集中归纳复杂的地质现象，在具体勘查过程中，使地质人员明白再探寻矿床的哪个部位，还能使研究人员指明典型矿床研究工作中缺少哪几部分有关内容；③模型提供有关成矿作用的完整概念，有助于研究整个成矿环境并区分成矿环境和非成矿环境，发展区域成矿学和矿床学理论，为成矿预测提供地质理论依据；④模型帮助领导人员增进对勘查项目的了解程度，洞察全局，把握重点，制定合理的勘查战略和最佳勘查技术方法组合，是提高勘查效益的决策依据。

在实际应用中，地质学家、地球物理学家、地球化学家和数学地质学家都按各自的要求，建立不同技术门类的成矿模式，如矿床成矿模式和区域成矿模式、地质-地球物理模式、地质-地球化学模式、综合技术方法找矿模式、地质-数学模式和品位-吨位模式等。运用成矿模式进行隐伏矿床寻找获得成功的实例常有报道。如斑岩铜矿同心圆状蚀变分带模式、不整合型铀矿模式、火山成因块状硫化物矿床“上层下脉”的描述性模式、斑岩铜金矿“上金下铜”的套叠模式、“黑矿模式”等都在寻找隐伏矿床中发挥着有效的作用。

应用矿床模型理论进行成矿预测，关键是建立与矿床模型相匹配的矿床勘查模型。所谓勘查模型，是突出某类矿床的基本要素和找矿过程中具有特殊意义的地质、物化探和遥感影像等信息及其在空间的变化情况，总结发现该类矿床的基本标志和找矿使用的方法手段。勘查模型与矿床模型的关系，是实际勘查技术和理论指导的关系，它是缩小勘查区（或靶区）甚至发现矿床的择优技术。

矿床模型只代表某特定地质环境中特定类型矿床的综合研究成果，仅展示一定成矿区带内成矿地质作用，它受区域地质变化限制，具有局限性；矿床模型仅为阶段性成果，故包含有较大不确定性和主观推断性（假说性）。一个最大的问题是，模型的概念可能束缚勘查人员思想，这将导致一些未知的、但可能很重要的矿床类型（如点式分布的超大型矿床）在勘查工作中被遗漏。

Hodgson (1990) 指出：模式好比一把双刃剑，一方面它是组织资料的有效方法，可以提高理解力和预测能力；但另一方面在应用中，模式可能会排除不适合自身的一些资料和信息，而具有“催眠效应”，导致在应用中不恰当的依赖模式。因此，我们要坚持有模型（理论），但不唯模型（理论）。

## 2.1.2 传统的地质观测方法

成矿的直接信息在找矿实践中仍具有战略意义，尤其是在一些工作程度低的地区和勘查区地质工作早期，传统的地质观测方法仍是发现矿床的有效途径和方法。统计资料表明，地



质资料的综合分析研究，古采迹、民采点追索，路线地质调查，尤其是矿区大比例尺精细的地质填图、矿山填图和岩心编录，野外精细的地质调查“查脉找脉”，在我国金矿床的发现以及勘查的不断突破过程中起到重要作用，需要引起我们更多的关注。这是最基础的预测方法，是获取第一手资料、尤其是最新信息必不可少的方法，其获得的认识和资料是其他任何预测方法中均要充分考虑的因素。

### 2.1.3 构造分析方法

在内生体制成矿的诸多因素中，构造环境占有突出地位，尤其是包括金矿在内的热液矿床。而矿田、矿床构造研究对于普查、勘探和矿山开采工作有着更直接的意义。构造及其控矿规律研究，是危机矿山接替资源勘查中最重要、最有效的手段。以构造体系为指导，研究构造与矿产分布的关系，进行矿体定位预测。

主要控矿构造类型包括节理和劈理、断裂、褶皱、火山机构以及岩浆侵入接触构造。其中断裂对金矿勘查具有更加重要的意义。下面根据陈国达等（1979）、翟裕生等（1991）资料，总结主要控矿构造类型及其控矿规律。

#### 2.1.3.1 节理和劈理控矿规律

节理是切割岩石的一种裂隙，是地壳岩石里存在的各种裂隙里比较简单而又分布很广的裂隙，是控制脉状矿体最常见最主要的一种构造。节理是一种很重要的容矿构造，有时成为良好的导矿构造；节理是一种很好的找矿标志，对于节理裂隙含矿性分析，可以用来追索有工业意义的矿体。

如我国提出的“五层楼”模式，无论在平面上或是在剖面上，在一端或近地表处多发育充填于节理中的细脉，向下或向另一端逐渐密集归并，形成具有重要工业意义的大型矿体。根据这种关系，可以利用微细矿化寻找大型矿体。

两组或两组以上的节理，无论是同期或是不同期，属不属于同一个构造体系，节理的交切部位往往出现矿化富集，这是节理控矿中常见的现象。节理与其他层间裂隙相交，尤其是其与两种不同性质的岩层接触面相交时，对矿化富集更为有利，是形成矿体、矿柱的有利构造部位。

在一定的区域内，在同一应力作用下，由于岩性层的相对稳定，形成的节理呈现出大体上具有等距离的关系，其所控制的矿体也常常具有等距性的特点，矿体的这种空间分布规律，可作为预测盲矿体的依据。

节理成群出现，构成组系，并作边幕式排列是节理的主要特征之一，一条或一组节理快要尖灭的时候，另一条或另一组节理在旁边出现，即尖灭侧现。沿走向可分为左灭右现和右灭左现2种。沿倾向可分为上灭下现和下灭上现2种。这种边幕式排列规律可作为寻找盲矿体的依据。

劈理是指岩石易于沿着一定方向劈开的一种特性。劈理构造是研究褶皱、断层等的辅助性构造。劈理作为矿体、矿柱直接的、低级的控矿构造，由于劈理常常伴生褶皱或断层而发育，因此，褶皱和断层则是间接的、较高级的控矿构造。

#### 2.1.3.2 褶皱控矿规律

褶皱是一种较广泛性的构造，分布较为普遍，对矿产的形成和改造具有直接的、间接的控制作用。在褶皱的倾伏端、褶皱轴面沿走向弯曲、转折的部位、褶皱与成矿期岩脉、断裂交接复合地段以及轴面倾角发生变化部位，应力易于集中，导致岩石破碎强烈，是矿液运移