

综合评述

## 危机矿山深部找矿研究现状与建议\*

王金亮<sup>1,2,3</sup>, 李俊平<sup>2,3</sup>, 李永峰<sup>2,3</sup>, 郑洪涛<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京, 100083; 2. 河南省有色金属地质矿产局, 郑州, 450016; 3. 河南省有色金属矿产探测工程技术研究中心, 郑州, 450016)

**摘要:**分析了危机矿山深部找矿的意义,介绍了危机矿山的分类,论述了危机矿山深部找矿的科学依据,从理论上、技术上分析了危机矿山深部找矿的可行性,提出了危机矿山关键找矿技术,并从四个方面提出了我国资源危机矿山深部找矿的建议。

**关键词:**危机矿山;深部找矿;研究现状;建议

**中图分类号:**P62;F205 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0076(2010)02-0045-05

### The Current Research Situation and Suggestions of Deep Exploration for Crisis Mines

WANG Jin-liang, LI Jun-ping, LI Yong-feng, et al.

(Faculty of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The paper analyzed the significance of deep exploration for crisis mines, and introduced the classification of crisis mines. It also elaborated the scientific basis of deep exploration for crisis mines. The feasibility of deep exploration for crisis mines was analyzed from theoretical and technological perspectives. And some key technologies regarding exploring resources in crisis mines were put forward. From four aspects, the paper had put forward suggestions regarding deep exploration for crisis mines.

**Key words:** crisis mines; deep exploration; current research situation; suggestions

## 1 引言

矿产资源是人类生存与发展的物质基础,我国矿业提供了95%以上的一次性能源和80%以上的工业原料。我国正处于工业化进程中,人口增长和经济发展的双重需要,对矿产资源的消费与需求持续强劲。以有色金属为例,1990年以来10种有色金属产量年增长率一直在10%,并连续10年位居世界第一位,与此同时,相应的矿产资源储量一直较为紧缺,尤其是20世纪90年代以来,国家调整了地

质工作的投入政策,即国家只进行基础性、公益性地质工作,详查和勘探阶段的工作由企业按市场化机制运作。由于前期基础地质工作投入不足,致使新发现的矿产地不断减少,导致目前可供进一步勘查和利用的资源储量严重不足,直接导致新建矿山数量锐减。同时由于公益性地质勘查、科研资料不能共享和边探边采等原因,致使生产矿山后备资源也严重不足。同时,多年来资源的高强度消耗,使多数矿山陷入资源危机困境,资源问题已成为制约矿业可持续发展的瓶颈<sup>[1]</sup>;资源危机不仅使企业走入困

\* 收稿日期:2010-02-27;修回日期:2010-03-11

基金项目:河南省有色金属地质矿产局技术创新项目(编号:YSD2009-01)

作者简介:王金亮(1966-),男,河南省滑县人,高级工程师,中国地质大学(北京)在读博士生,河南省有色金属地质矿产局局长助理,工商管理硕士,主要从事地矿经济管理与研究工作。

境,也给社会带来不稳定因素。

面对矿产资源的严峻形势,2002 年 9 月 27 日温家宝副总理批示:“要把解决矿山的资源接替问题作为重点,通过对具备资源条件和市场需求的大中型矿山深部和外围探矿,提高矿山经济效益,延长矿山服务年限。”2004 年 9 月 6 日国务院正式通过了找矿规划纲要,对大中型矿山的找矿工作进行了系统规划和全面部署。2006 年 1 月 2 日国务院颁布了《关于加强地质工作的决定》,提出以国内急缺的重要矿产资源为主攻矿种,兼顾部分优势矿产资源,按照东部攻深找盲、中部发挥特色、西部重点突破、境外优先周边的方针,实施矿产资源保障工程<sup>[2]</sup>。随后又将重点成矿区带矿产资源评价、寻找大型矿产资源的新理论和新方法,列为国家中长期(2006~2020)科学和技术发展规划纲要中的重点领域和优先主题。这对推动我国资源危机矿山找矿工作,促进矿业可持续发展具有里程碑意义。

## 2 危机矿山的基本分类

危机矿山是指供应矿山正常生产的矿产资源较为紧张的矿山,简单地说,就是资源短缺、面临闭坑的矿山。危机矿山的分类,涉及地质技术、矿业开发生产经营、生态环境和社会稳定等众多领域,是受多种因素、多种条件和多种作用影响与制约的复杂研究对象,学者从不同角度给出了不同的分类方案<sup>[3]</sup>。

吕古贤等<sup>[4]</sup>根据矿山保有服务年限、储采比、储产比等技术经济指标所确定的矿山危机程度,根据矿区成矿地质条件分析、相似类比法则和成矿预测方法所评估的矿区资源潜力,根据矿区地质勘查程度和地质研究程度所确定的矿区工作程度,将资源型危机矿山(即矿山保有的储量已经枯竭,或矿产品市场竞争力明显下降,矿山生产面临停产的矿山)分为:严重危机、中度危机、潜在危机和尚无危机 4 大类 36 种类型,这一分类已经被国土资源部采纳,应用于“我国大中型矿山危机程度与资源潜力评价”项目之中,并取得了良好的效果和肯定的评价。

赵鹏大等<sup>[5]</sup>从矿山保有储量的服务年限与矿山设计的生产规模和服务年限的比例程度,将危机矿山分为(危机程度的等级划分):已关闭的矿山(保有储量枯竭,矿山失去生产能力)、严重危机矿

山(保有储量的服务年限小于设计服务年限的 1/6)、中度危机矿山(保有储量的服务年限小于设计服务年限的 1/3)、潜在危机矿山(保有储量的服务年限小于设计服务年限的 1/2)。

根据裴效渤、王世称<sup>[6]</sup>的研究,危机矿山还可以分为假危机和真危机两大类,前者是指危机矿山的保有储量已经枯竭,但还有可能发现潜在资源,还可以通过寻找新矿床和新矿种拯救该矿山;而后者指危机矿山的潜在资源量真的接近枯竭,没有办法拯救。

## 3 危机矿山深部找矿的科学依据

矿床成矿规律、成矿理论及找矿预测理论是指导危机矿山深部找矿的理论基础。传统的成矿预测是地质工作者应用其掌握的地质理论和找矿经验,在成矿规律图上圈出不同的成矿远景区,目前的成矿预测是在传统预测的基础上发展起来的,它有自己的预测理论、技术方法,可归纳为三个方面:(1)就矿找矿;(2)按成矿理论和模式找矿;(3)应用新技术、新方法综合找矿。危机矿山成矿预测是一个复杂的科学系统工程,其关键是建立寻找隐伏矿床(体)预测的理论和科学技术方法。隐伏矿床(体)预测与一般成矿预测的差别在于其预测对象的差异,隐伏矿床(体)预测的对象是具体的,是隐伏的矿体。而一般成矿预测的对象则是笼统的、模糊的和抽象的。它们所应用的预测理论和技术方法也不完全相同。隐伏矿床(体)预测工作的难度更大,所需要的理论、技术方法和工作原则有其自己的特点,形成一个独特的体系。

近 20 年来,国内在成矿理论和预测理论研究方面取得了长足的进展,相似类比理论(赵鹏大,1993)、地质异常理论(赵鹏大等,1995)、矿床系列理论<sup>[7]</sup>、成矿系统理论<sup>[8]</sup>、大型矿床理论(涂光炽等,1989;1994;1998;2000;裴荣富等,1999;2001)、大规模成矿理论<sup>[9-11]</sup>、层间滑动成矿理论(沈远超等,2001)、矿床结构模型理论(蔡新平等,1998)、“三源”成矿理论(季克俭等,1989)、热卤水成矿理论(姜齐节,1976)及综合信息预测理论<sup>[6]</sup>等已被广泛接受并广为应用。赵鹏大等以地质异常、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,2002,2003)、彭省临等以国家“十五”科技攻关项目为依托,以大型矿山为研究基

地,以地、物、化、遥等多种探查方法为手段,进行隐伏矿体定位预测研究等<sup>[9]</sup>。

我国多数有色金属矿山勘查深度,受到勘查技术与装备限制,仅达到地表之下 500~800 m,开采深度大多不超过 700 m,对于矿山深部找矿(地表之下 1 000~2 000 m)存在着极为有利的巨大空间。矿业发达国家,矿产勘探与开采深度一般已超过 1 000 m,有些国家的矿山,如南非兰德金矿的探采深井已达 4 000 m。

大量的同位素研究表明:矿石里的许多流体物质来自深源;地球化学动力学试验也证明,深部成矿作用对于金属来源、迁移和矿石堆积起了关键作用<sup>[11-13]</sup>。频繁的地壳运动和大规模的流体活动导致了金属(或围岩蚀变)的分带性、成矿的系列性、多期次性、套叠性、脉动性等特点。矿山深部找矿更多的是以已知矿床成矿规律为依据,寻找那些与浅部为同一成矿系统的矿产,部分可能是另一成矿空间或不同成矿系统的矿产。上述矿床成矿理论与成矿规律研究,为开展深部找矿提供了依据,拓宽了思路。

## 4 危机矿山找矿可行性分析

新中国成立以来,经过系统的地质找矿工作,我国发现了大量的矿床,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寻找深部隐伏矿为主。在新形势下,加强老矿山已探明矿体深部及外围的隐伏矿体预测找矿工作,已日益显示出其紧迫性和重要性。

### 4.1 从理论上分析

首先,危机矿山大多处于成矿有利地带,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,特别是矿山经历了几十年的大规模机械化开采,积累了大量地质信息,解剖并检验了地质勘查阶段对矿床成矿、控制因素和赋存规律的认识,或探到了地质勘查阶段漏掉的矿体,或发现了新类型、新成矿系列的矿床,对已有地质认识产生了这样那样的问题与疑问。

其次,过去的勘探工作由于受生产技术的局限,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,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它类型的矿体,因而老矿山的周边和外围也是今后寻找隐伏矿体的一个重点。

### 4.2 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。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。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,是老矿区深部找矿取得突破的理论保障。

## 5 危机矿山深部找矿关键技术

危机矿山关键找矿技术主要体现在三个方面:一是如何解决生产矿山对物探仪器和设备测量的干扰问题和对化探样品的污染问题;二是针对危机矿山寻找深部和隐伏矿体的深部定位问题,目前国内所使用的物探仪器设备的探测深度较浅,如何解决物探仪器设备的“攻深”问题;三是加强资料的综合研究,开拓找矿新思路,探索新矿种和新类型的找矿突破。

### 5.1 中大比例尺成矿预测技术

深部找矿存在着信息获取难度大,地质要素叠加层次多、常规手段效果不佳等诸多困难,必须要有先进的成矿理论作指导,应用现代成矿学理论,开展成矿特征、区域成矿规律和成矿系统研究,建立区域成矿模式,总结控矿因素和找矿标志。在此基础上,

加强已知矿床的矿床模型和找矿模型研究,选择优越的找矿靶区,充分利用地质、物探、化探和深部工程验证的信息,通过矿田构造对矿体控矿—导矿—容矿三级定位构造研究,选择少数大型矿集区开展三维立体填图,借助 GIS 技术进行多元综合找矿信息提取,开展危机矿山深部和外围大比例尺成矿预测,对矿山找矿潜力进行综合评价。

## 5.2 精细地球物理、地球化学探测技术

深部含矿性及矿体定位要依靠物探技术和深穿透地球化学技术,传统的物探电法和磁法技术无法满足要求,近几年物探方面新采用和试验的方法主要有瞬变磁测量、金属矿地震、大地电磁法、双频激电法、高密度电法、地下及井中物探、重力勘探等。利用这些方法或几种方法的组合,可以获得 1 000 m 以下的深部地质体信息,辅以多信息比对和筛选,实现对矿化信息的定位。开展矿山强干扰环境下物探方法的有效性试验研究,特别是井中物探、高精度磁测、CT 成像技术等的应用研究;加强大探测深度物探方法的应用研究和推广,如瞬变电磁法、大功率高分辨率电磁法、可控源音频大地电磁法、大功率井中充电法、井中激发极化法等关键技术方法的研究。化探方面,开展岩石地球化学、矿床地球化学模型、金属活动态地球化学、汞气测量、钻孔或坑道原生晕填图等精细找矿方法研究。

## 5.3 深部钻探技术

钻探技术是深部找矿实现对矿体控制和评价的有效手段,我国钻探技术和设备远落后于西方等先进国家,普遍存在着千米以深钻孔施工困难、进度缓慢、成功率低和成本过高等问题,1 500 m 以深钻孔施工更加困难。这些问题制约了深部找矿的实施,必须尽快加以改进和重视,开展深部探矿技术研究,发展坑道钻探技术,加强精密定向钻进系统、金刚石绳索取心钻探技术、反循环中心取样系统、空气泡沫钻进系统、全液压岩心钻探和全液压坑道岩心钻探技术的研究与推广应用,满足矿山深部及外围寻找盲矿体的需要<sup>[14]</sup>。

## 5.4 勘查技术方法的集成与示范

结合不同的矿床类型和矿山地质条件,研究获取不同深度找矿矿体及相关地质信息的最佳技术方法组合,如高精度磁法和重力测量在铁矿勘查中的应用,特别是利用地面磁测资料反演矿体埋深、形

态、规模,利用井中磁测寻找井旁和井底盲矿;瞬变电磁法、大功率高分辨率电磁法、电测深及高精度磁法等组合在有色金属勘查中的应用等,大力推广危机矿山找矿新理论和有效方法技术组合的应用。

## 5.5 地质空间信息可视化技术

以大比例尺矿产预测技术为基础,应用现代信息技术开展适用于矿山资源勘查的三维可视化 GIS 系统研制,能够将地球物理间接找矿信息、地质与地球化学直接找矿信息有效综合与融合,三维立体展现矿区地质与矿床特征,形象准确地表达预测盲矿体的空间位置,提高深部找矿的效率。

## 6 我国深部找矿的建议

我国目前的矿产勘查工作中还存在许多问题,有效适应我国社会经济快速发展的勘查体制尚未建立健全。当前我国地质工作有效投入严重不足,矿产勘查工作程度不高,科技创新能力薄弱,每年新增探明储量与开采量的比例严重失调,公益性与商业性地质工作之间缺乏有效衔接等<sup>[15~17]</sup>。解决好这些问题,可从以下几个方面考虑:

### 6.1 加强深部成矿作用与成矿预测理论研究

应用现代成矿、预测理论,冲破传统认识误区,建立新的成矿、找矿模式,使用现代预测技术,大胆验证,是危机矿山深部找矿取得突破的成功之路。深入研究矿区成矿地质条件和成矿作用的主导因素,透彻剖析成矿控制条件和找矿标志,应用切合矿区实际的成矿理论与有利的找矿信息,建立找矿模型,圈定找矿靶区,制定适用于矿区的勘查方案,筛选有效的技术方法手段。在工程验证过程中,密切关注勘探施工效果与异常解译,特别要重视那些与预测相左的地质现象和新情况,及时修订找矿思路与勘查方案,不断深化和完善对矿床成矿规律的认识,勇于实践,善于探索,敢于创新,是取得深部找矿突破的重要保证。

### 6.2 加强深部找矿勘查技术方法的自主创新

由于深部矿床的隐蔽性、复杂性,找矿要有大的突破,很大程度上依赖于勘查技术的进步。利用科技进步完善和发展勘查技术是当前世界矿产勘查发

展的一个重要趋势,新技术和新方法的应用可明显降低勘查成本,大幅度提高生产率。为此我们要在深部找矿技术方法研究、深部找矿装备研制开发和深部找矿信息的提取与处理技术研究上下功夫,自主创新。

### 6.3 地质教育与人才培养

人是生产力中最重要的因素,没有出类拔萃的地质专业人才,要实现深部找矿新突破非常难。而目前我国中高级地质找矿专业人才不足,尤其是在地质勘查一线能够独当一面的领军人物更是缺少。地质学、地球物理学、地球化学、勘探工程学等,从来没有象今天一样需要彼此互相帮助、互相依靠。因此,地质专业人才的培养应成为我国高等教育的一个重要发展方向和战略,从而为我国矿产勘查事业的大发展提供可靠的人才保证。

### 6.4 政策支持

深部成矿的巨大风险和复杂性,需要政府营造一种有利于深部找矿的环境和氛围,建议我国有关政府部门加大对深部找矿的支持力度。一是建立深部找矿示范区,在勘查的技术方法领域,应积极引导和鼓励自主研发仪器设备,自主开发信息处理软件,为勘查工作提供可靠的技术支撑,提高我国矿产勘查的水平和竞争力。在政策、管理和资源整合等方面总结经验、吸取教训,以利于全面推广。二是在勘查战略部署方面,应继续加大矿产勘查的投入,尤其要增加公益性地质工作对深部成矿工作的支持力度,建议两权价款地勘项目每年有一定的项目设置深部找矿项目;三是在矿业权管理上,在现行法律、法规框架下,鼓励矿业权人在勘查或开采范围内进行深部探矿,在经济机制上建立鼓励矿业权人进行深部找矿的税费减免机制,对国有地勘单位进行深部找矿要给予探矿权设置特惠;四是以市场为导向,政府引导矿山企业、地勘单位和金融企业的联合,构建矿业权、资本和技术的战略联盟体,多渠道地增加深部找矿投入,化解风险,持续推进深部找矿。

### 参考文献:

- [1] 李永峰. 河南省铝土矿资源约束及发展对策[J]. 中国矿业, 2004, 13(12): 37-40.
- [2] 国务院. 国务院关于加强地质工作的决定[M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [3] 李永峰. 资源危机矿山成矿预测研究[R]. 北京: 中国地质大学(北京)地质工程博士后流动站出站科研报告, 2006.
- [4] 吕古贤, 郑大瑜. 资源型危机矿山的概念与分类[J]. 地质找矿论丛, 2004, 19(1): 1-4.
- [5] 赵鹏大, 张寿庭, 陈建平. 危机矿山可接替资源预测评价若干问题探讨[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(2): 111-117.
- [6] 王世称, 叶水盛, 等. 综合信息成矿系列预测专家系统模型[M]. 长春: 长春出版社, 1999.
- [7] 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐, 等. 中国矿床成矿系列初论[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 1-104.
- [8] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 13-27.
- [9] 毛景文, 华仁民, 李晓波. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J]. 矿床地质, 1999, 18(4): 291-299.
- [10] 彭省临, 邵拥军. 隐伏矿体定位预测研究现状及发展趋势[J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(3): 329-334.
- [11] 李永峰, 毛景文, 胡华斌, 等. 豫西公峪金矿床流体包裹体及其 He、Ar、S、H、O 同位素组成对成矿流体来源的示踪[J]. 岩石学报, 2005, 21(5): 1347-1358.
- [12] 毛景文, 李晓峰, 张荣华, 等. 深部流体成矿系统[M]. 北京: 中国大地出版社, 2005.
- [13] 李永峰. 豫西熊耳山地区中生代花岗岩类时空演化与钼金成矿作用[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2005.
- [14] 王静纯. 矿山深部找矿思路与成就[A]. 中国地质学会. 地质学学科发展报告[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 2009. 99-110.
- [15] 王金亮. 发挥优势探索合作实现地勘单位经济快速发展——中外合作河南发恩德矿业公司的发展启示[J]. 资源与产业, 2009, 11(4): 25-27.
- [16] 贺建委. 浅析地勘单位面临的形势及工作重点[J]. 中国国土资源经济, 2008, 21(4): 40-42.
- [17] 郑洪涛. 国有地勘单位应对勘查主体多元化的策略[J]. 中国国土资源经济, 2009, 22(3): 39-40.