

# 矿山深部找矿新论

KUANGSHAN SHENBU ZHAOKUANG XINLUN

主 编 李水明

副主编 汪贻水 彭 觥

吕 智 罗先熔 肖仪武



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 矿山深部找矿新论

主 编 李水明  
副主编 汪贻水 彭 觥  
吕 智 罗先熔 肖仪武

冶金工业出版社

2013

## 内 容 提 要

该书内容包括两部分：第一部分为矿山深部找矿理论与实践，介绍了各种矿床地质特征及找矿方向、成矿规模与找矿标志，拓展新理念、采用新技术，实现地质找矿新突破；第二部分为工艺矿物学在矿山开发中的应用，介绍了矿石的工艺特征、矿产的分布与赋存状态及在选矿中的指导作用、矿石回收利用及矿山可持续发展。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿山深部找矿新论/李水明主编. —北京: 冶金工业出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-5024-6099-0

I. ①矿… II. ①李… III. ①矿山—找矿 IV. ①P624

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 014458 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 马志春 姜晓辉 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6099-0

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京百善印刷厂印刷

2013 年 1 月第 1 版, 2013 年 1 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 26.75 印张; 647 千字; 419 页

90.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)



## 《矿山深部找矿新论》编辑委员会

顾 问	何继善	裴荣富	孙传尧	沃廷枢	王道隆
委 员	杨 兵	肖垂斌	方啸虎	王静纯	饶玉学
	张会琼	贾国相	孙振家	黄明然	张木毅
	姚 曙	陈 进	王建青	邓金灿	王小文
	袁怀雨	巩恩普	杜运斌	杨志刚	梁新权
	刘全坤	沈远超	刘金平	常玉刚	李义邦
	张锦章	王训清	王 峰	王玉往	莫江平
	韩润生	胡建明	宋晓军	刘慎波	党新生
	刘代喜	聂容锋	韩秀丽	王海龙	樊继平
	陈新旺	周尚国	屈绍东	陈军峰	李升福
	潘 才	雷时斌	郑小礼	范洪海	叶樟良
	邱小平	彭润民	江新华	申 萍	高 林
	彭建堂	黄 诚	沈建忠	何军生	陶 勇
	李克庆	王建国	刘建雄	文美兰	魏俊浩
	程 春	汪 宏	孙信牙	刘铁兵	保吉欢

# 目 录

## I 矿山深部找矿理论与实践

论矿山深部找矿新途径(代前言) .....	方啸虎 汪贻水 彭 航	1
“十二五”与矿山地质学的全方位发展 .....	彭 航 汪贻水 杨保疆 等	3
发展中国矿山地质学 .....	王静纯 汪贻水 彭 航 等	11
构造叠加晕预测金矿盲矿的共性与特性 .....	李 惠 禹 斌 李德亮 等	16
伊犁盆地乌库尔其地区腐殖酸与铀成矿关系研究 .....	张玉燕 修晓茜 邱峻挺	20
大力重视矿山生产勘探 .....	汪贻水 彭 航 肖垂斌 等	27
云南兰坪盆地地区铅锌铜银矿床地质特征及找矿方向 .....	李广伟	29
陕西太白双王角砾岩型金矿床构造叠加晕研究跟踪 及预测效果 .....	禹 斌 李 惠 李德亮 等	34
广西珊瑚钨锡矿资源接替勘查项目找矿效果及找矿 前景分析 .....	徐文杰 刘运锴 谭少初 等	43
拓展新理念 采用新技术 实现地质找矿新突破 .....	方啸虎 汪贻水	52
戈壁滩上建“绿洲”——西部矿业锡铁山铅锌矿建设国家级 绿色矿山之路 .....	张春云 王凌辉 岳宵雁	62
循环经济助腾飞——云南驰宏锌锗股份有限公司10年发展纪实 .....	马 芸	65
3DMine 软件在辽西康杖子区地质勘查中的应用 .....	于泽新	68
基于3DMine 软件的三维建模技术 .....	胡建明	76
勘查技术在金矿找矿中的应用——以澳大利亚 Stawell 金矿勘查 为例 .....	李万伦 王学评 张 凡 等	84
矿产资源开发的环境补偿价值核算方法 .....	李克庆 张 强 吴 峰	92
连山关铀矿地质特征与深部找矿 .....	周洪生 吴志强	98
地质-地球化学在广西大化县岩桃金矿区的找矿研究 .....	黎译阳 罗先熔 李世铸	107
建材工业助推非金属矿采选业快速发展 .....	何军生	115
相山铀矿田深部找矿实践与前景 .....	胡荣泉	122
花岗岩型钨锡铋钼矿床成矿规律与找矿标志 .....	余大良 王静纯 徐翠香	127
紫金山矿集区矿床模型与勘查实践 .....	张锦章	134

地电化学新方法寻找隐伏多金属矿研究——以青海三岔矿区 为例·····	黄 标 罗先熔 覃斌贤 等	148
河南周庵矿区铜镍多金属矿床地电化学异常特征及 找矿预测·····	姚 岚 罗先熔 黄志昌 等	154
无底柱分段崩落法在尖山铁矿露天转地下开采中的应用·····	王秀远	162
地测采生产管理系统在朱家包包铁矿的应用·····	钱永聪	168
霍各乞铜矿储量管理实践与探索·····	霍红亮 保吉欧	174
高峰公司巴力-龙头山矿区资源潜力调查探讨·····	邓金灿 张 清 甘文志	179
河北金厂峪金矿床成矿规律研究及深部找矿预测·····	高永军 杨志刚	185
江西相山地区地电方法寻找隐伏铀铅锌矿预测研究·····	李世铸 罗先熔 唐志祥 等	197
山东招远栾家河断裂金矿普查区多种化探新方法综合找矿研究·····	唐志祥 罗先熔	205
间歇性及特殊工况余热回收利用技术·····	胡友山 赵尚武 翟冻冻	215
凡口铅锌矿地质找矿进展与找矿方向·····	陈尚周	219
广西佛子冲铅锌矿成矿规律与成矿预测·····	覃明飞 陈有大 杨俊杰 等	225
广西宾阳县某锑矿区地球物理特征及构造研究·····	黄理善 敬荣中 刘雯婷 等	235
广西恭城县栗木锡矿接替资源勘查·····	覃宗光 姚锦其 林德松 等	242
华北克拉通古元古代金矿床成矿作用探讨·····	邱小平 张长青 姜志幸	266
山西堡子湾-九对沟隐爆角砾岩型金矿和钼矿成矿关系 探讨·····	龙灵利 王玉往 廖 震	275

## II 工艺矿物学在矿山开发中的应用

铝电解废旧阴极的工艺矿物学研究·····	袁 威 金自钦 杨 毅	281
还原焙烧对某“宁乡式铁矿”矿石回收利用的影响·····	金建文	287
红土型镍矿工艺矿物学研究·····	肖仪武	293
津巴布韦某地金矿石工艺矿物学研究·····	于宏东	299
梅山尾矿工艺矿物学研究·····	陈 平	307
柿竹园30号矿体铜锡多金属矿工艺矿物学研究·····	王明燕 肖仪武 金建文 等	315
某难选镜铁矿工艺矿物学研究·····	李 磊 王明燕 李艳峰	322
某难选铁矿石的工艺特性研究·····	王 玲	328
某铜钼尾矿工艺矿物学研究·····	郜 伟 王 玲	335
某金矿工艺矿物学研究·····	方明山 肖仪武 董捷夫	341
某原生金矿的工艺矿物学研究·····	杨 毅 李和平 袁 威	348

国外某氧化铜矿工艺矿物学研究·····	付 强 李艳峰 贾木欣	352
工艺矿物学研究在复杂矿中的应用·····	马 驰 卞孝东 王守敬	357
我国铌钽钨锡矿产分布与赋存状态研究·····	王静纯 余大良 徐翠香	363
广西珊瑚钨锡矿床矿化特征及钨矿物研究·····	李 莉 王滋平 刘运锴 等	368
河北某难选钼矿工艺矿物学研究·····	马 驰 卞孝东 王守敬	374
铜铅锌矿电化学溶解机制探讨·····	黄蔚阁 罗先熔 黄学强	382
某氧化矿石的金赋存状态研究·····	杨 洪	388
某金矿金工艺矿物学特征研究及在选矿生产中的指导作用·····	王军荣	392
无机微晶材料是矿山工艺矿物学的发展和矿山可持续发展的方向·····	李章大 周秋兰	399
浅谈坑内钻探在生产勘探中的作用·····	刘靖宇	404
AMT 与 CSAMT 在金属矿勘探中的对比研究·····	曾高福 敬荣中 蒋婵君 等	411
编后记·····		418

# I 矿山深部找矿理论与实践

## 论矿山深部找矿新途径（代前言）

方啸虎 汪贻水 彭 航

（中国地质学会矿山地质专业委员会 北京 100814）

我们说资源兴矿，一是找到大量的接替资源，二是要提高资源的利用率。这是本书的主旨。2011年是“十二五”开局的第一年，全国地质勘查投入超过1200亿元。全年完成钻探工作量2000多万米，新增的各项资源储量巨大，对缓解国内资源紧缺的局面有重要意义。随着国民经济的高速发展，国家对矿产资源的需求不断加大，因此国务院批准了2012~2020年《找矿突破战略行动纲要》。我们矿山地质工作者是主力军之一，要达到“三年有新进展，五年有重大突破，8~10年改变矿产开发布局”，为矿山开源节流做出新贡献。

### 1 建立新理念，落实找大矿新矿

（1）认真总结矿山找矿经验。回顾“十一五”，全国地质项目在“十一五”期间荣获科技进步奖项近300项。其中，国家级奖14项。在危机矿山接替资源找矿成效显著，已经对全国铁、铜及铝等30个矿种矿产，1010个大中型生产矿山进行了资源潜力调查。截至2010年末，在230个项目中有多项取得突破性进展，探明资源量达到大型矿床规模47个，达到中型矿床82个，达到小型矿床88个。2012年是“十二五”的第二年，中央对国民经济发展有所调整，但资源的需求从来不会停止，反而呈上升趋势。现在作为矿山地质工作者的一项极为重要的任务是：继续解放思想，树立找大矿、找新矿的新理念，运用新技术、新装备，取得新成效。近几年，矿山地质专业委员会推广凡口铅锌矿、锡铁山矿、铜陵矿区、紫金矿业等典型矿山找矿经验，以及广西某些矿山找矿与研究相结合模式，是想发挥示范作用，也是落实一些创新的找矿思路，新的找矿理论。

（2）深部找矿大有可为。在这里我们还要特别地强调一下深部找矿问题，深部找矿其实并不是新鲜事。早在1982年举行的联合国地区间矿产工业钻探学术讨论会上，深孔钻探就是主要议题之一。1984年，在南非钻探协会召开的学术年会上，该协会主席在开幕词中指出：由于钻进硬岩的孕镶金刚石钻头与绳索取心方法的进展，意味着钻进3000m深的钻孔将会是很普遍的。1986年3月，加拿大勘探与开发协会在多伦多举行的第54届



探矿会议上也指出,加拿大在地质勘探方面,过去是在寻找浅部矿床上做了大量工作,最近的发展趋势是寻找深部矿床。在加拿大,一般把1500m以上的钻孔视为深孔。例如加拿大的萨德贝里因乔镍矿,该矿区有三个矿带,上部主矿带为镍,下部为镍铜矿带。早在1929年就开始开采,已经有80多年的矿龄,在中国可能早就是一个废矿了,但他们不断向深部发展,目前正常开采深度不小于1000m,计划1700m,已经掌握的矿化深度为3000m。该矿开始投产时的矿量为7000万吨,到目前为止已开采矿量为1亿吨,矿产保有量仍1.6亿吨以上,该矿不仅大而且深,这充分说明深部找矿的重要性和价值意义。

我国是一个矿业大国,以前有些人认为,深部找矿似乎没有必要。时至今日,我国的采矿技术已经有了很大进步,深井已经可以开采到1000~1500m,固体钻探用钻机已在开发研制1500~2500m,深孔探矿与国外一样提到了极为重要的课题上来了。我们应该强调,任何一个矿业大国,都把深部找矿放到重要议事日程上来。

(3) 坚决落实走出去的策略。这是实现两个资源市场重要途径。我国坚持长期发展经济的道路,实施国内外两个市场、两个资源将是必然的,这将会是我国基本国策之一。

第一,目前国家政策是:以国内为主,但必须做到“两个市场、两个渠道”同时重视。第二,非洲、南美洲以及澳大利亚和北美地区,这些地区对于我国急需的矿种都有较好的成矿背景。我们应建立一些国际性的地质友好组织,通过所在国进行行业交流,友好合作,这样比单打一的独资更为有利。第三,建立全球矿产资源信息数据库。

## 2 采用新技术、新方法,拓宽矿产资源范围

(1) 矿产资源需求日益突出,除了常规矿产资源,必须重视开发生产过程中产生的废料,我们称为补充资源,包括矿山废石尾矿和炉渣以及“城市矿产”再利用。这是地质、矿冶人员新的重大课题,是我们应该引起重视的重点。特别是要在找大矿、找新矿上下工夫。

(2) 矿山工艺矿物学研究得到广泛重视。矿物研究与应用是矿山企业集约、节约利用资源的基础,是确定选冶加工工艺技术的先决条件,是合理利用矿山企业各类矿产资源的前提工作,要为我国工艺矿物学在矿石、尾矿和炉渣含金属废料与应用方面做出创新性贡献,赶上世界先进水平。

(3) 在找矿工作中必须重视一批基础工作。这里包括成矿理论和空中、地面、深部矿产勘查以及矿产综合利用等关键技术的研发和仪器的研制,涉及勘查技术的物探、化探、遥感、钻探、分析测试和矿产综合利用等领域。这对基本建成卫星-空间-地面-地下立体的对地勘查技术体系、研发并保持世界领先地位极为重要。

(4) 要提出新观点、新理念、新理论。在找矿中必须随时进行总结,如盲矿体和隐伏矿床与已探采矿床(体)矿化特征及对比等研究,这是一项非常重要的任务,这对于我们找大矿、找新矿更具重要意义。这些新观点、新理念、新理论更能解决我国的实际问题,要坚决落实到今后找矿工作中去。

(5) 要坚持综合找矿方法。综合找矿特别是在找深部矿体,更要注意探索。运用综合找矿信息,综合分析,优化数据得到最佳预测靶体、靶区找矿线索。

作为地质科技智库的学术团体,我们的学术活动要坚持为矿业发展服务和为矿山地质找矿服务一贯的方针,在当前找矿突破战略行动中要发挥更大的作用。

# “十二五”与矿山地质学的全方位发展

彭 舫 汪贻水 杨保疆 肖垂斌 王静纯

(中国地质学会矿山地质专业委员会 北京 100814)

## 1 矿山地质发展演变历史

100 多年前西方现代工业化发达国家, 在实现大规模机械化开采的矿山中, 因生产需要才有了专业矿山地质工作。随后, 以地质学原理及方法与采矿工程学结合的学科(专业)——矿山地质学应运而生。最早建立矿山地质部门并用于生产实践的企业是美国安那康达(Anaconda)铜矿公司和所属生产矿山(始于1900年), 同期组建矿山地质机构有加拿大肖得贝里(Sudbury)镍业公司等, 1908年俄国乌拉尔(Ural)博格斯基矿山等开始进行矿山地质工作。

国外早期矿山地质从业者多由采矿工程师和矿产勘探学者构成, 他们的专业基础知识相通, 经过简短培训和现场练习, 在“跨行”实践中转变为专业矿山地质“先行者”。20世纪50年代, 苏联出版一本《矿山地质学》是由地质学教授与采矿工程师合作撰写的。

在我国冶金系统组建矿山地质机构和人员队伍时, 一些技术骨干也是由采矿人员和地质勘探单位选调的。当时, 经过苏联专家讲课及现场指导, 以及翻译参考苏联技术规程并结合我国矿山实际加以试行应用。回顾中外漫长矿山地质发展演变历史, 人们可以看到下列几个特点:

(1) 矿山地质是应现代化矿山生产科技发展需要而产生, 并随地质科技进步而演变, 内涵、外延得以不断充实, 并以开放式发展。在矿区成矿与找矿和提高矿产资源开采利用方面贡献显著。

(2) 矿山地质在矿山企业内部发挥着科技与经营管理(主要矿产储量及采矿、出矿等)多种指标优化技术等作用, 并按管理体制转型而作相应调整。

(3) 在矿产开发利用的产业链中处于上游环节, 有开源节流作用。在为保障经常性生产提供地质资源数据、信息的同时, 为矿山长远发展提供找矿规划和组织实施。

(4) 矿山地质是我国地质事业重要组成部分, 矿山找矿的勘探资金、技术人员等向市场化整合。有些危机矿山找矿项目, 政府资助对企业起了鼓励示范作用。

(5) “跨行”与流动。矿山地质不只在—矿—井小天地, 也不仅限于坑道采矿场的地质编录、取样及储量管理与保护等日常业务。与相关学科专业交叉融合, “开放式”发展已成大趋势。矿业市场专业化(勘查、采矿分包外包)和国家找矿突破战略新机制, 即三项核心要求; 鼓励高风险找矿勘查优先, 技术与资本结合, 形成利益共同体, 坚持探采一体化(详见2012年全国探矿者年会有关文件)以及矿产资源集约节约利用与循环利用。“城市矿产”将促进矿山地质学向集成化创新与演变和全方位发展。

## 2 危机矿山接替资源找矿是集成式找矿范例

(1) 全国危机矿山接替资源找矿效益显著。至2010年末,已经对煤、铁、铜、铝等30个矿种1010个大中型生产矿山进行了资源潜力调查。在230个项目中,许多项取得突破性进展,探明资源量达到大型矿床规模的有47个,达到中型矿床规模的82个,小型矿床88个。这项历经数年的矿山找矿工作是在政府主管部门统一策划指导下,地勘、科研、高校参加和矿山地质部门积极配合,大力协同又按承包、分包、自营等方式运营操作,是一次规模大、专业广、单位多的“集成”创新。据2012年4月5日《中国工业报》报道,荣获中国地质学会2011年度十大地质找矿成果表扬的弓长岭铁矿,是找矿范例。为保障鞍钢对矿产资源特别是对高品位富铁矿的需求,按照全国危机矿山接替资源找矿规划,从2005年12月开始,国家和辽宁省投入地质勘查资金1760万元,在辽阳市弓长岭铁矿二矿区外围和深部开展铁矿资源特别是富铁矿资源勘查。经过几年的勘查,辽阳市弓长岭铁矿接替资源勘查共计新探明铁矿资源量1.2亿吨,其中富铁矿7400多万吨,平均品位达63%,最高品位达68%,成为该省近40年来发现的最大的富铁矿,也是继海南石碌铁矿之后我国发现的最大的富铁矿。在当前国家找矿突破战略行动中,明确要求进一步加强老矿山找矿,对矿山地质学集成创新意义重大,影响深远。

(2) 矿山与地勘单位长期合作进行矿区地质工作。青海省锡铁山矿与驻矿地质队按协议承担矿区井上井下各项地质工作任务,同时按有偿服务邀请科研和高校参加矿山地质物探和成矿及找矿研究,进一步指导深部外围找矿工作,并获得巨大成果。显示出“外包外委”的活力,累计共增加探明储量数以百万吨。

(3) 在矿山企业内部集中主要地质力量组建找矿勘探队伍,靠自己力量开展扩大后备资源找矿工作,同时聘请院校、科研院所协作指导。成绩最突出的有福建紫金矿业公司金矿储量的增长,投产时仅为18.09t,经过边生产边探矿技术经济不断改进,至2010年金矿的储量达到313t成为国内第一大金矿山。广东凡口矿和安徽铜陵公司长期坚持深部外围找矿,分别增加储量铅锌200万吨、铜数十万吨。

从国外近百年找矿的成果和找矿勘查技术及成矿研究历史演变进程来看,地质科技进步、理论创新,是以实践与理性思维集合而取得的。如物理学,化学同地学交叉融合的物探、化探技术对深部找矿具有划时代意义(见表1)。因各矿矿情不同而有差别。矿山找矿及矿山地质需要开放式发展,也要走集合创新之路。当今处于信息化时代,科技进步日新月异。在办公室综合野外各项数据资料,应用计算机等技术手段进行模拟成矿规律和提高找矿技术,呈现的正是最佳集成创新成就。

表1 勘查技术百年演变

阶 段	勘查技术及特征
1900~1950年	由找矿人提供勘探区,在矿体附近填图和采样。大多数勘探是通过竖井、平巷及少量钻探进行的
1950~1960年	由采样、地质填图提供勘查区,进行相当多的钻探。开始采用一些地面和航空磁、电磁法和放射性测量,进行一些早期的化探
1960~1970年	草根勘查 <sup>①</sup> 开始盛行,发展了区域物探和区域化探,研制了激发极化法,采用了一些探测性钻进和航摄地质学的成果

续表 1

阶 段	勘查技术及特征
1970 ~ 1980 年	主要是进行草根勘查, 采用更多的区域化探和区域物探方法, 矿床模型盛行, 勘探工作很少
1980 ~ 1990 年	板块构造、遥感和计算机模拟成为时尚手段
1990 ~ 2000 年	在办公室里增加高技术的应用, 野外工作量减少, 勘查成功率低下
2000 ~ 现在	办公室里的高技术室内工作进一步增加, 矿床的发现成本也增加

资料来源: J. David Lowell, 2000。

① 草根勘查 (Grass root exploration) 是指在未知有矿化的地区, 从踏勘开始的勘查。

戴自希、王家枢在 2004 年评述近百年矿产勘查演变时指出, 20 世纪西方找矿勘查大体上可以划分 3 个主要阶段: 第一阶段是 1900 ~ 1940 年, 勘查工作是以直接观察为主, 找矿人在矿床发现中起了非常重要的作用。西方所谓找矿人是指那些以找矿、采矿为职业, 一般没有经过比较系统的地质学教育和训练的找矿者。他们主要依据经验法则行事, 发现的大多数矿床或者出露地表, 或者有明显的地表标志。这一阶段的重大发现例子有赞比亚的罗安安提洛普 (Roan Antelope) 铜矿床 (1902 年)、澳大利亚的芒特·艾萨 (Mount Isa) 铅-锌-银矿床 (1923 年) 和南非的布什维尔德 (Bushveld) 杂岩体中的梅林斯基 (Merenske) 铂族金属矿床 (1925 年) 等。第二阶段为 1940 ~ 1965 年, 其特点是引入间接观察的方法, 特别是地球物理方法进行区域调查。地球物理方法在加拿大地处受过冰川作用的地区特别成功, 发现了许多新矿床, 如加拿大基德克里克 (Kidd Creek) 铜-锌-银矿床 (1964 年) 等。第三阶段为 1965 年以后直至现在, 这个时期大量使用地球物理、地球化学、遥感等各种方法, 而且其技术、装备越来越先进。同时对运用地质理论解决勘查实际问题必要性的认识日益加深, 矿床模型找矿显示出巨大威力。这一时期发现了大量铜矿、铅-锌矿、金矿和铀矿, 如智利埃斯康迪达 (Escondida) 铜矿 (1981 年)、印度尼西亚格拉斯贝格 (Grasbem) 铜-金矿 (1988 年)、加拿大赫姆洛 (Hemlo) 金矿 (1981 年) 和西加湖 (Cigar Lake) 铀矿 (1981 年)、澳大利亚奥林匹克坝 (Olympic Dam) 铜-铀-金矿 (1976 年) 和“世纪” (Century) 铅-锌矿 (1990 年)、美国“红狗” (Red Dog) 铅-锌矿 (1975 年) 等。

著名的美国斑岩铜矿勘查学家洛厄尔 (J. David Lowell) 在 2000 年撰写的《矿床是怎样发现的》一文中, 对过去的一个世纪矿床勘查技术的演变作了总结。

他认为, 1950 年标志着现代矿产勘查的起步。1950 ~ 2000 年这 50 年的时间跨度可分为两个阶段, 前一阶段以勘查钻进逐渐增加为特征, 后一阶段则以普查逐渐减少、高科技应用和间接勘查不断增多、发现成本迅速增加为特征。从过去 50 年间有效的矿产勘查技术演变来看, 二战后到 20 世纪 50 年代和 60 年代, 突出的进展是物探中的电法和电磁法测量系统, 由此发现了许多块状硫化物矿床, 放射性测量发现了大量铀矿, 磁法测量发现了一些铁矿。目前全球矿产资源总体上保障程度尚可, 与 20 世纪五六十年代的大力勘查、发现大量矿床有关。下一个技术突破是地球化学技术的发展, 用地球化学方法发现了大量矿床。在 60 年代晚期, 肯奈科特 (Kennecott) 公司在美国西部和加拿大西部开展了大规模的区域化探测量。据他们统计, 当时使用化探技术发现了 14 个斑岩铜矿和斑岩钼矿。同时由于高精度分析方法 (质谱、原子吸收等) 的进展, 使一些化探技术和测量技术成为可能。

1941年,南非在政府组织的地质调查中发现了卡拉哈里(Kalahari)锰矿区的矿石露头;1976年,巴西政府组织综合勘探,巴西人Nuclebras发现了伊塔泰亚(Itataia)铀矿;1977年,Docegeo发现了萨洛甲(Salobo)铜矿等。在计划经济国家中,政府负责从区域调查到采矿和加工的整个过程,如苏联1921~1991年发现的所有大矿床,苏联由政府组织的地质考察队发现的重要矿床有1920年发现的诺里尔斯克(Norilsk)镍-铜矿、1925年发现的阿尔马累克(Almalyk)铜-钼矿、1928年发现的科翁腊德(Kounrad)铜-钼矿、1937年发现的肯皮尔赛(Kempirsal)铬矿、1956年发现的穆龙套(Muruntau)金矿、1961年发现的塔尔纳赫(Talnakh)镍-铜矿、1968年发现的霍洛德宁(Kholodnina)铅-锌-银矿、1978年发现的瓦西里科夫斯克(Vasilkovskoe)金矿、1978年发现的库姆托尔(Kumtor)金矿和20世纪60年代发现的苏霍依洛克(Sukhoilog)金-铂矿等。

矿业公司有组织、有队伍的科研项目找矿,如澳大利亚1976年发现的奥林匹克坝(Olympic Dam)铜-铀-金矿床,1977年葡萄牙发现的内维斯科尔沃(Neves Corve)铜矿和1981年在智利发现的埃斯康迪达(Escondida)铜-钼矿床等。实际上公司发现的矿床中进行成矿特征,同时还对古代采矿史与矿山遗迹等综合考察,采矿的活动遗迹存在。因此,公司的贡献主要不在于发现,而是在已有发现的基础上深入勘查、探明储量并开采资源。这些矿化在早期没有被人们认识,不经过公司坚持不懈地勘查,不会成为如今的巨型矿床。

从拉兹尼卡对这些矿床的发现状况的统计中可以看出,私人公司通过组织项目的找矿和由政府组织的找矿,发现多是依靠先进技术和通过复杂勘探而实现的,两者合计占总发现的45.5%。若把时间跨度缩短至从1900~1982年,则共计发现96个巨型矿床,其中通过公司参加组织找矿的发现计66个,占总数的68%(大致相当于采用先进的勘查理论和先进的勘查技术找矿的发现)。可见,先进的勘查和各种先进的勘查技术在现代矿床发现中越来越起着重要作用。

指导矿产勘查的新概念、新理论、新思想、新认识,如板块构造理论、层控矿床理论、火山构造控矿理论、剪切带金矿理论、矿床模型、成矿系列等。勘查技术包括各类地球物理方法、地球化学方法、遥感技术、计算机技术、各类钻探技术、地质填图等。20世纪一些重大发现,尤其是近50年来的勘查发现多是综合运用地质物探、化探、遥感和钻探方法发现的,也包括常规的地质测量、各种比例尺的地质填图和大量的野外地质观察等手段。总之,现代勘查项目实施是以集成创新、市场开放与专业化为前提。

### 3 在市场化探索中发展

当前,矿山合同采矿、选矿工艺矿物研究、矿山废石尾矿开发、露天采场边坡加固工程、环境地质和复垦绿化正在市场化探索中发展。

合同采矿也称矿山外包,发展较快,这是矿业市场专业分工进一步细化和市场竞争加剧的结果。改变了投资建设经营的单一传统模式。矿业通过把矿山生产外包给专业的承包商,使自己能够集中精力在矿产资源与技术研发、市场开拓、资本运作等核心业务上更好更快发展,降低风险与成本,优化效益。

在澳大利亚20世纪90年代末期的金矿业中合同采矿已占80%,必和必拓的岩地铁矿一直由HWE公司承包开采,年采掘量达2800万立方米,年产原矿石5500万吨。

在我国广东和新疆的一些矿山企业推行合同采矿运营管理模式，已见成效。实例有：

广东云浮硫铁矿。广东云浮硫铁矿是国家“六五”计划重点建设项目之一，是我国最大硫铁矿生产基地，素有“东方硫都”之美誉。

2004年，宏大爆破与云浮硫铁矿业集团达成采矿及剥离工程总承包协议，采用灵活的合同采矿模式，矿山原有可用设备租给宏大爆破使用，按规定缴纳设备折旧费给矿山，矿山留用技术及工作人员，其工资、资金及福利均由宏大爆破负责支付。同时，宏大爆破投入新的钻机、挖掘机及运输车辆，以提升矿山能力。2005年，采剥总量创造了历史最高，全年总剥离量1200万吨，总采矿量320万吨的骄人成绩。通过科技创新和技术改造，使矿石生产成本降低10%~20%，通过对生产管理的激励制度，年平均劳动生产率提升20%。

河南舞钢经山寺铁矿。在河南舞钢经山寺露天铁矿，为了满足业主增加矿石的需求，宏大爆破通过实施高强度合同采矿。2007年12月至2008年4月，5个月共采出矿石550.87万吨；平均月采出矿石110.17万吨，月最高采出矿石量141万吨，是初步设计的2倍多，达到了高强度开采的要求，为合作双方取得了良好的经济效益。

经山寺露天铁矿按原设计要开采12年，现在强化开采后只需用5年半时间就可以完成矿山的全部开采计划，运营全部开采计划，运营时间缩短，相应费用大减。

一是边坡成本方面。由于矿山服务年限的缩短，边坡处理采用缓冲爆破代替原设计的预裂爆破可以满足矿山对边坡的要求，仅此一项节省费用800万元；

二是排水成本方面。设备投资方面节省一半，而且强化开采后在时间上减少一半以上，排水费用只有原设计的1/4。

广东大宝山金属矿地下开采转露天开采。广东省大宝山矿业有限公司于1975年正式投产，矿区为铁、铜、铅锌及硫等多金属矿区，目前矿山从地下开采转到露天开采。2009年，宏大爆破承担了大宝山矿业有限公司的年产330万吨铜硫原生矿露天采剥工程。

20世纪80年代，周边居民对井下铜硫铅锌资源进行了掠夺式开采，民窿多达112条，加上该矿的原地下开采留下的采空区，给施工作业人员和设备带来严重的安全隐患，所以采空区的探测、监测及处理是确保该工程顺利安全施工的必要条件。此外，大宝山矿区海拔高，全年有1/3时间笼罩在雾气和阴雨天气中，道路湿滑泥泞，部分采区出现积水、烂泥，严重影响了工程的正常进度。

赵强在《评述新疆库铁矿工程外包生产管理》一文指出：

由于采矿工程劳务属于分段发包4家施工队伍，所以在公司的生产管理、技术管理难度较大。采矿劳务外分包后，采掘计划相当于其他工程管理中的设计，是检查和考核承包单位的依据，显得非常重要。新疆库矿生产技术人员在根据矿山设计制定采掘计划时，要了解不同承包单位设备的实际生产能力；考虑同一采场内各承包单位的采掘进度及超前关系、相互干扰和影响等因素。因而采掘计划的制订要经过多少次修改，同时在执行过程中也会有局部的调整，采掘计划编制和调整的工作量比较大，同时还要保证矿山整体各施工劳动区域的进度衔接关系，难度较大。

采矿管理方面，按照新疆库铁矿根据初步设计、采矿劳务合同书及采矿技术协议内容对劳务施工队伍进行矿山采掘管理。新疆库铁矿公司依照生产中合同项作业规程和安全生产规定及合同约束条款内容，监督承包商的执行情况，对违规行为进行经济杠杆管理。

矿山地质管理工作是矿山的重要工作之一。矿石的损失率、贫化率等技术指标,依据地质工作确定,是考核承包单位的重要依据之一。新疆库铁矿矿石指标较复杂,品位变化区间 TFe20%~45%,矿体内贫富矿交错分布。为充分利用资源,根据实际生产情况,确定的损失率为5%、贫化率为10%。对承包单位按损失率和贫化率考核的办法,实际操作比较方便,同时也相对较合理。矿山测量是剥岩工程验收的依据,新疆库铁矿矿石开采费用按实际过磅量,结合回采率和贫化率,与承包单位结算;剥岩工程的结算按实际发生量测量验收为准,后期采用岩石过磅验收,作为结算的依据。每月测量技术人员分水平、分单位测量验收,工作量和责任很大。目前,采用每月测量验收和台阶验收结合的办法,确定剥岩量。同时,每年年底进行台阶综合验收,以验证矿山测量的工作量和准确性。

该矿取得经济效益明显。主要包括:矿山建设的投资减少。矿山的投资主要是道路建设、电力外网、爆破器材库、防排水和管理人员的生活设施等,而设备及维护设施、设备材料库、生产人员及生活设施等投资由采矿承包单位承担。

建设速度加快。采矿承包单位依据矿山下达的生产任务配置设备,不足时还可以租赁或调用更多设备,加快矿山建设的速度。充分利用承包单位、矿山生产和建设、技术人员的经营管理工作优势。

外包已经作为一种新的、应用广泛的经营管理模式在各企业运用,要因矿而异,边干边改,进一步完善为矿业及地质找矿新路。关于工艺矿物学为矿山选矿冶金生产服务,尤其在20世纪下半叶,北京矿冶研究总院的成果丰硕,在国家科技攻关项目中,金川、包头、攀枝花三大矿产资源综合利用,提高回收率及共生伴生组分(铂、钨、稀土、钒钛等)与主体矿物在选冶过程富集与分散变化,矿物相解离度关联性等,从宏观到微观为全面开发复杂矿床提供了有力支撑。

环境绿化土地复垦外包新进展。在2011年9月于安徽黄山市召开的“矿山地质环境保护与土地复垦生态重建技术交流研讨会”上,围绕建设绿化矿山的主题有:(1)矿山生态环境保护与恢复治理新技术;(2)矿山地质环境调查、监测与恢复治理;(3)矿山“三废”综合利用与环境保护;(4)矿区土地复垦、复绿与生态重建评价;(5)矿区重金属污染土地的修复技术;(6)矿区复垦环境安全监测与评价技术;(7)矿山环境生态与人体健康;(8)矿山环境生态补偿机制的探索与实践;(9)矿区废弃土地复耕与生态重建施工技术;(10)煤矸石山等废弃地抗旱栽植等林地重建技术;(11)微生物复垦关键技术;(12)绿色矿山建设的典型实例与矿区农业先进技术(栽培节水技术)示范。

上述单位众多,其中有绿化和生态环境修复工程公司以及农业研发企业等,是矿山地质市场化专业分工发展的大趋势。

矿山地质环境评价项目外委外包已广为进行其评价体系的日益细化,如四川拉拉矿区矿山环境系统是一个因素众多、关系复杂的庞杂系统,所建立的矿山地质环境计划评价指标体系要立足于资源、环境、经济和社会的可持续发展。拉拉铜矿区可持续发展评价指标体系的构建及指标构权研究已取得了一些进展,作者构建的矿区在可持续发展指标体系基础上,对比其他矿区地质环境评价指标体系,并结合矿山生产实际,构建拉拉铜矿山地质环境评价指标体系(图1),本指标体系包括3个层次、9个指标。

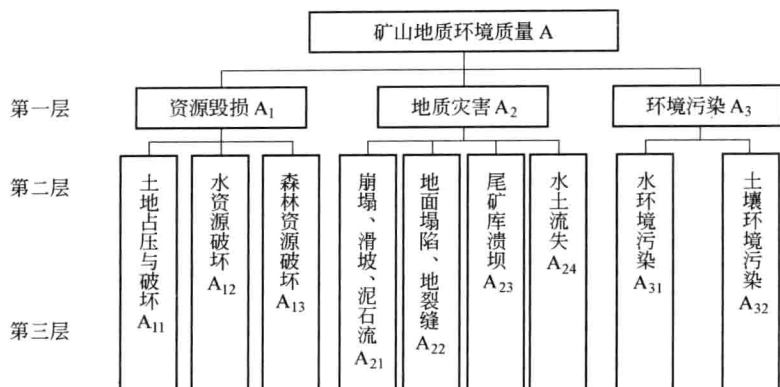


图1 四川拉拉铜矿地质环境评价指标体系

#### 4 由粗放向集约节约转变

两年来，地质和矿业在实现“十二五”规划纲要中有关加强矿产资源勘查，保护和合理开采，矿山生产由粗放向集约节约转变等方面取得显著进展。

国土资源部领导指出：为落实找矿突破战略行动总体方案，已成立跨部门领导小组及办公室、技术指导中心。

找矿突破战略行动任务非常艰巨。要完成这样的任务，就要制度创新。找矿突破战略行动，既不同于计划经济体制下的会战，也不同于目前很多工程规划采用的传统模式，它是用公益性工作提供优选靶区，利用市场导向引进社会、企业资金。这是一次超常规、创新型、风险与回报并存的行动，需要制度创新。在这个过程中，必须坚持资本与技术相结合。在市场经济条件下，资本与技术的结合不是一个简单的过程。好的方式是矿山企业、社会出资人和地勘单位结合、合资，形成利益共同体，很好地促进地质找矿。加快找矿突破应该考虑契约式找矿，这样激发探矿权人的积极性，使资本与技术加快结合。落实地质找矿必须要坚持探采一体化和坚持“358”的目标，还要重视科技成果的转换，在找矿实践中不断发展理论、方法和装备。

为了贯彻矿产资源节约集约利用，节约是大战略。国土资源是发展之本，节约与集约利用是发展之基，把节约矿产资源优先放在更突出位置。

在矿山生产建设的产业链条中，重要一环的矿山地质工作肩负着重要责任，面临开源（找矿）节流（用矿）各种机遇与挑战，要多元式、多方位、多层次思考，集成创新方式来应对和全方位探索。

要按矿山探、采、出、运、碎、磨、选（冶）生产流程的各道工序，进行资源节约集约回收利用，做好矿产主体资源、提高矿体、矿块、矿石的精细化研究，用微观技术开展工艺矿物查定，为废料矿物材料匹配的开发提供依据。

探讨改变矿山运营管理，与外包、分包强化补充资源（含城市矿产）的研究和矿山企业、矿山地质工作关联性可操作性的研究，见表2。

总结交流技术密集型与劳动密集型生产矿山地质工作的共同性与差异性的发展经验及实例。



表 2 城市矿产循环经济重点工程简表

序 号	项 目
1	资源综合利用 支持共生伴生矿产资源, 粉煤灰、煤矸石、工业副产石膏、冶炼和化工废渣、尾矿、建筑废物等大宗固体废物以及秸秆、畜禽养殖粪便、废弃木料综合利用。培育一批资源综合利用示范基地
2	废旧商品回收体系示范 建设 80 个网点布局合理、管理规范、回收方式多元、重点品种回收率高的废旧商品回收体系示范城市
3	“城市矿产”示范基地 建设 50 个技术先进、环保达标、管理规范、利用规模化、辐射作用强的“城市矿产”示范基地, 实现废旧金属、废弃电器电子产品、废纸、废塑料等资源再生利用、规模利用和高值利用
4	再制造产业化 建设若干国家级再制造产业集聚区, 培育一批汽车零部件、工程机械、矿山机械、机床、办公用品等再制造示范企业, 实现再制造的规模化、产业化发展。完善再制造产品标准体系
5	餐厨废弃物资源化 在 100 个城市(区)建设一批科技含量高、经济效益好的餐厨废弃物资源化利用设施, 实现餐厨废弃物的资源化利用和无害化处理
6	产业园区循环化改造 在重点园区或产业集聚区进行循环化改造
7	资源循环利用技术示范推广 建设若干重大循环经济共性、关键技术专用和成套设备生产、应用示范项目与服务平台

注: 摘自“十二五”规划纲要。

按学术分类细化交流活动。矿山地质专业委员有必要恢复设立非金属矿山地质小组, 加强行业纵横联系, 改变不均衡现状, 全方位提高科技学术水平, 充分发挥全国性矿山地质学术团体优势和组织引导作用。

## 参 考 文 献

- [1] 人民出版社. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要, 2011.
- [2] 戴自希, 王家枢, 矿产勘查百年 [M]. 北京: 地震出版社, 2004: 89~92.
- [3] 唐涛, 赵博深, 吴昊. 合同采矿模式及宏大爆破的探索 [J]. 矿业装备, 2011, (11~12): 42~47.
- [4] 赵强. 矿山露天采矿工程外包生产运营实践及管理的探讨 [J]. 矿业装备, 2011, (11~12): 51~53.
- [5] 钟文丽, 邓江红, 肖庆. 拉拉铜矿矿山地质环境综合评价及持续发展对策 [C]. 全国大型矿山地质成果暨学术交流会议论文集, 2012: 274~286.
- [6] 彭觥, 汪贻水, 中国实用矿山地质学(下) [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010: 6~9.
- [7] W. C. 彼得斯. 勘查和矿山地质学 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1988.