

金矿成矿与找矿现代理论与技术丛书(一)

中国金矿床成矿预测的 理论与方法

沈远超 刘铁兵 等著
曾庆栋 李光明

科学出版社

2001

内 容 简 介

本专著以金矿床成矿预测为主线,介绍了金矿成矿预测的基本原理;通过大量金矿床成矿预测实例,系统阐明了目前金矿成矿预测工作中的常用方法(相似类比法、成因模式法、理论找矿法、构造解析法等),重点探讨了新技术、新方法(地电化学参数法、X 荧光光谱分析法、植物地球化学法、铀地球化学法、数学分形法等方法)及其在金矿成矿预测中的应用;建立了金矿床成矿预测的科学体系。上述金矿床成矿预测的理论和方法已在实际找矿工作中取得了显著的效果。

本书内容丰富、新颖,资料翔实,是一本关于金矿床成矿预测理论及方法的综合性专著,对从事矿山地质、金矿勘查教学、科研工作的地质人员有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中国金矿床成矿预测的理论与方法/沈远超等著. -北京:科学出版社,2001
(金矿成矿与找矿现代理论与技术丛书(一))

ISBN 7-03-009339-9

I. 中… II. 沈… III. 金矿床-成矿预测-中国 IV. P618.510.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 23145 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencecp.com>

西源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



*

2001年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2001年8月第一次印刷 印张:13 3/4

印数:1-1 200 字数:313 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

20 世纪 80 年代以来,经济发展成为时代的主旋律。黄金光彩夺目,璀璨绚丽,不仅可做美化人们生活的装饰品,而且更是发展经济必不可少的“硬通货”。世界各国都很重视黄金的找矿工作,陆续发现了若干超大型金矿床。我国经过数十年来的努力,黄金事业也有了长足的发展。特别是近十余年来,金矿的成矿预测工作受到了较大的重视,得到了快速的发展,金矿的成矿预测成为当前矿床学研究的重要与前沿课题之一。我们课题组十余年来对我国新疆、山东、吉林、河北、云南等产金大省(自治区)的重要金矿区及成矿有利地段开展了不等尺度的成矿预测。从基础地质研究出发,建立矿床成因模式,总结成矿规律,综合运用了地电化学、伽马能谱、X 荧光光谱、浅层地震、CSAMT、遥感等多种物化探技术和方法。本书就是上述研究工作及其成果的总结。

全书共分 10 章。第一章绪论,简要讨论了中国黄金开发研究现状、存在问题及对策,金矿预测理论及新技术方法研究概况;第二章对中国金矿床进行了分类,提出了新的划分方案;第三章简述了当前用于金矿成矿预测的理论;第四章为相似类比法及其在新疆天山地区穆龙套型金矿成矿预测中的运用;第五章为成因模式法及其应用实例——新疆哈图金矿的研究;第六章介绍了层间滑动成矿理论及山东乳山蓬家乔金矿成功的定位预测工作;第七章讨论了几种典型的构造控矿作用以及矿体的定位预测;第八章利用现代数学的分支学科——分形理论,阐述了隐爆角砾岩型金矿的预测;第九章讨论了当前成矿预测工作中几种野外地球化学找矿技术方法在金矿预测中的应用;第十章根据地面伽马能谱测量在金矿研究工作中的应用,总结出了不同金矿类型的伽马能谱参数特征,对找矿预测具有重要指导意义。

本书第一章由沈远超撰写,第二章由张连昌撰写,第三章由曾庆栋撰写,第四章、第五章由沈远超、杨金中撰写,第六章由沈远超、杨金中、刘铁兵撰写,第七章、第八章由曾庆栋撰写,第九章第一节由李光明撰写,第九章第二节由曾庆栋、李慎之撰写,第九章第三节由杨金中撰写,第十章由曾庆栋、刘铁兵撰写。全书最后由沈远超统一定稿。参加本书有关工作的还有孙秀英、张启锐、孟庆慧、谢宏远、邹为雷、李厚民、杨忆等。

另外,本书撰写过程中得到了许多单位的支持与帮助,并引用了一些单位和个人的资料,在此表示感谢。

本书出版得到了中国科学院创新工程项目“金矿资源战略接替基地若干靶区预测(KZCX1-Y-03)”、重大项目“山东重要金成矿区的成矿模式及找矿预测(KZ951-A1-404-02-02)”、国家重点科技攻关 305 项目“东昆仑大型矿床成矿地质条件及远景预测(96-915-06-01A)”及省(云南省)院(中国科学院)合作项目“云南省黄金找矿战略规划和矿山增储研究(YK98008-3)”的联合资助。

目 录

前 言

第一章 绪 论	1
第一节 中国黄金工业发展的科技战略研究	1
第二节 促进我国黄金工业高速、可持续发展的对策和建议	7
第三节 当前金矿勘查的理论和方法评述	10
第二章 中国金矿床主要类型及分布规律	12
第一节 中国金矿床类型划分现状及存在问题	12
第二节 中国主要类型金矿床成矿地质特征	14
第三节 中国金矿床分布规律	27
第三章 金矿床成矿预测理论	28
第一节 金矿床成矿预测理论概述	28
第二节 隐伏金矿床(体)定位预测的基本原则及工作流程	33
第四章 相似类比找矿法——以西南天山穆龙套型金矿为例	35
第一节 穆龙套金矿地质	35
第二节 西南天山地区区域地质	38
第三节 西南天山区域地球化学	60
第四节 西南天山穆龙套型金矿成矿远景	63
第五章 成因模型法——以哈图金矿为例	66
第一节 概述	66
第二节 区域地质概况	67
第三节 哈图金矿矿区地质	69
第四节 矿床地质特征	77
第五节 矿床成因及矿化规律	94
第六节 成矿预测	99
第六章 理论预测法——以蓬家芥式层间滑动角砾岩型金矿床为例	104
第一节 蓬家芥层间滑动角砾岩型金矿的成矿地质背景	105
第二节 蓬家芥矿区地质特征	106
第三节 蓬家芥金矿矿体地质特征、成矿规律及成矿机理	110
第四节 成矿预测	117
第五节 蓬家芥式金矿的找矿方向及前景	121
第七章 成矿构造解析法	129
第一节 矿体侧伏构造	129
第二节 断层扩容带构造	133
第三节 火山机构(构造)	139
第四节 复式侵入体构造	142
第五节 断裂交叉构造	148

第八章 数学分析法	152
第一节 分形学几个基本概念	152
第二节 分形理论在山东平邑某金矿预测中的应用	154
第九章 野外简易地球化学找矿技术方法	169
第一节 地电化学参数法在金矿深部定位预测中的应用	169
第二节 铀法	174
第三节 植物地球化学方法	177
第四节 野外 X 荧光测量	182
第五节 汞量测量法	186
第十章 伽马能谱测量与隐伏金矿定位预测	188
第一节 伽马能谱测量找金理论	188
第二节 地面伽马能谱测量找金应用实例	195
第三节 结论	202
主要参考文献	203
英文摘要(ABSTRACT)	208

第一章 绪 论

第一节 中国黄金工业发展的科技战略研究

黄金是一种具有货币功能的贵金属,在国家金融、工业、人民生活中起着不可替代的作用。黄金储备是国家财富和国力的象征,历来受到各国政府的高度重视。

一、世界金属矿业发展走向

20 世纪 80 年代,美、日及欧洲的一些工业国家先后进入了以计算机为代表的“后工业社会”。工业产品由“长、大、重、厚”逐渐转向“短、小、轻、薄”,加之新材料的大量涌现,废旧金属的大量回收,引起了金属矿业的极大变化。首先是金属产品的产量与消耗量增长减缓,价格下降,多数矿产品市场供大于求,保有储量增长,各种矿产资源的静态保证年限空前提高。与此截然不同的是,在社会生产结构发生急剧变化的时代,黄金作为一种特殊的矿产品,它的货币功能得到强化,黄金生产呈现了飞速发展的形势,可称之为“百矿萧条,黄金一花独秀”(沈远超,1995)。

二、世界黄金生产高速发展

随着“冷战时代”的结束,东西方政治壁垒的消除,世界由“对立”走向“对话”,和平与发展成为国际社会的两大主题,世界各国的经济关系更加密切。进入 20 世纪 90 年代,各国政府纷纷调整政策,把发展经济、增加贸易、消除贫困作为主要目标,开始了新一轮的竞争。国与国之间的竞争,实际上就是经济实力的竞争。作为国际贸易重要支付手段的黄金价格不断上涨,从 1970 年到 1986 年黄金价格上涨了 10 倍,因此世界各国都极为重视黄金的生产。80 年代中后期,美国、加拿大和澳大利亚等国将固体矿产勘探经费的 60%~80% 用于金矿勘探,使得黄金生产出现了前所未有的新局面。1985 年到 1994 年的 10 年时间里,全世界的黄金年产量增长了约 50%,除美国、澳大利亚、加拿大这三个产金大国外,10 年间又涌现出一批新的黄金生产国,其产量增长之快,增幅之大,都是前所未有的。其中,以巴布亚新几内亚、印度尼西亚、加纳、智利的崛起最引人注目。在持续增产的主要产金国中,美国、澳大利亚、巴西已进入稳定生产阶段,中国、巴布亚新几内亚、印度尼西亚、加纳、智利等国仍处于上升阶段,而南非、前苏联则在走下坡路。中国虽亦处于上升阶段,然而就储量与产量方面而言,多年处于第 6、第 7 位之间,甚至每年尚需进口大量黄金,与我国的大国地位不相适应。

三、中国黄金资源开发现状

近 20 年来,我国黄金业得到了迅速发展,发现了若干较有价值的金矿床,如山东平邑来庄金矿床、河北东坪金矿床等。我国目前黄金探明储量中以原生的岩金和伴生金为主,各占 40%左右,砂金次之。岩金主要分布在山东、河南、陕西、吉林、河北、新疆、云南、辽宁、四川、广东、湖南等省区。其中山东招远金矿床、玲珑金矿床、焦家金矿床、黑岚沟金矿床、河南陕西之间的小秦岭金矿床、河北金厂峪金矿床、广东河台金矿床、黑龙江团结沟金矿床、吉林夹皮沟金矿床都是著名的特大型和大型矿产地。伴生金矿主要位于各种类型的铜多金属矿床中,分布广泛。砂金主要分布于黑龙江、四川、陕西、甘肃、青海、内蒙古等地。近年来,黄金找矿工作又取得了重大进展,在新疆、云南、海南、及川陕甘、滇黔桂两个“金三角”都发现了重要的金矿床(中国科学院黄金科技工作领导小组办公室,1994;孙培基和韦永福,1997)。在鲁西、冀西北等地还发现了新的金矿类型——与碱性岩有关的金矿,如鲁西归来庄金矿、河北东坪金矿(林景仟等,1997;中国人民武装警察部队黄金指挥部,1996)。另外,在胶东莱盆地周边发现了一系列具有较大成矿前景的“层间滑动角砾岩型金矿床”(沈远超等,1998)。

四、当前黄金生产中存在的主要问题

近十余年来,我国在金矿地质研究及找矿工作方面有了长足的发展。但由于基础薄弱,起步较晚,与世界其它国家相比,黄金工作形势仍很严峻,问题较多,黄金价格连续下降,黄金生产遇到了更大的困难,问题集中体现在 9 个方面。

1. 以中小型矿山为主,缺乏大型、超大型金矿床

超大型金矿(储量大于 100t)的发现和开发,对国民经济的意义重大。据统计,世界上储量大于 200t 的超大型金矿就有 50 个(表 1-1),主要集中分布在南非、美国、澳大利亚、加拿大、前苏联、巴西、巴布亚新几内亚、加纳、日本等。其中南非的维特瓦特斯兰德金矿田及乌兹别克斯坦的穆龙套金矿最具典型意义。

表 1-1 世界超大型(>200t)岩金矿床一览表

序号	国家	矿床或矿区	储量/t	品位/(g·t ⁻¹)	矿床类型
1	南非	维特瓦特斯兰德	54040	9.8	变质砾岩型
2	加拿大	霍恩	297	5.3	绿岩型
3	加拿大	基德克里克	222	1.86	绿岩带状块硫化物型
4	加拿大	凯尔安德逊	307.5	16	绿岩型
5	加拿大	多姆	333	7.5	绿岩型
6	加拿大	麦金太尔	400	—	绿岩型
7	加拿大	耶洛奈夫	215	11.3	绿岩型

续表

序号	国家	矿床或矿区	储量/t	品位/(g·t ⁻¹)	矿床类型
8	加拿大	赫姆洛	597	7.78	绿岩型
9	加拿大	埃斯凯河	205	15.86	火山岩型
10	美国	霍姆斯塔克	1218	6.53	绿岩带条状铁建造中金矿床
11	美国	马瑟洛德	1000	8.4	火山沉积岩系中不整合矿床
12	美国	圣胡安	245	9.89	火山岩型
13	美国	克里普尔克里克	594	11.88	火山岩型
14	美国	科姆斯托克	265	37.86	火山岩型
15	美国	朗德芒廷	261	1.34	火山岩型
16	美国	朱诺	267	2.83	火山岩型
17	美国	宾厄姆	1000	0.22	斑岩型
18	美国	金坑	306	1.3	卡林型
19	美国	波斯特贝茨	551	6~12	卡林型
20	墨西哥	卡托尔赛	249	41.5~82.93	火山岩型
21	墨西哥	帕丘卡	210	2.66	火山岩型
22	墨西哥	塔约尔提塔	240	18.47~40	火山岩型
23	阿根廷	巴若德拉卢姆布雷拉	210	0.7	斑岩型
24	多米尼加	旧普韦布洛	600	4.97	火山岩型
25	菲律宾	远东南	440	1.24	斑岩型
26	菲律宾	碧瑶	287	9.58	斑岩型
27	巴布亚新几内亚	波儿盖拉	420	3.7	火山岩型
28	巴布亚新几内亚	利希儿岛	500	3.5	火山岩型
29	巴布亚新几内亚	潘古纳	507	1.9	斑岩型
30	巴布亚新几内亚	弗里达	234	0.28	斑岩型
31	巴布亚新几内亚	奥克特迪	128	0.5	斑岩型
32	新西兰	豪拉基地区	1362	87.34	火山岩型
33	法国	萨尔西涅	200	14.23	变质碎屑岩型
34	印度	科拉尔	805	10.3	绿岩带条状铁建造中的金矿床
35	澳大利亚	奥林匹克坝	1200	0.6	奥林匹克坝型
36	澳大利亚	芒特摩根	295	3.47	斑岩型
37	澳大利亚	金哩	1250	6	绿岩型
38	澳大利亚	本迪戈和巴拉腊特	600	12.4~27.9	变质碎屑岩型
39	巴西	莫罗韦洛	600	10~14	绿岩带条状铁建造中的金矿床
40	加纳	奥布阿西	360	11.8	绿岩带条状铁建造中的金矿床
41	加纳	普雷斯特阿	200	10.26	绿岩带条状铁建造中的金矿床
42	加纳	塔夸	200	6.22	变质砾岩型
43	朝鲜	天麻	200	2~3	变质热液型

续表

序号	国家	矿床或矿区	储量/t	品位/(g·t ⁻¹)	矿床类型
44	日本	菱刈	260	70	火山岩型
45	印度尼西亚	格拉斯贝格	1 216	1.8	斑岩型
46	乌兹别克斯坦	穆龙套	4 000	—	变质碎屑岩型
47	吉尔吉斯斯坦	库姆托尔	316	4.4	变质碎屑岩型
48	俄罗斯	迈斯科耶	227	12	变质碎屑岩型
49	俄罗斯	宗豪巴	600	—	变质碎屑岩型
50	俄罗斯	欧林匹雅德	—	—	变质碎屑岩型

南非是世界黄金产业的霸主,其黄金保有储量约占世界总储量的45%。储量54 040t的维特瓦特兰德金矿是迄今世界上独一无二的特大型金矿,约占世界总储量的50%。南非黄金的98%都产自兰德金矿田,它为全世界提供的黄金占世界供应量的一半(沈远超,1992)。乌兹别克斯坦的穆龙套金矿是1969年投产的一个世界级超大型金矿床,储量4 000t以上,其年产黄金量在80t以上,相当于目前我国黄金年产量的一半。

我国金矿床分布的特点是“只见星星,不见月亮”。在全国7 000多个金矿床(点)中,真正形成一定规模的只有1 061个(1993年),仅占全国金矿床(点)总数的15%。中、小型金矿居多,大型矿床少,超大型矿床极少。胶东金矿集中区虽然分布有7个大型矿床(大于50t)(表1-2),是我国超大型矿床首选找矿区,但到目前为止,仅焦家、玲珑、新城金矿储量达到超大型的级别,与世界上储量达几万、几千吨的超大型矿床相比,不过是小巫见大巫。

表 1-2 中国大型(>50t)金矿床一览表

序号	政区位置	矿床名称	成矿类型	含金岩石
1	山东招远-掖县	焦家金矿	构造蚀变岩型	绢英岩化、黄铁矿化、破碎蚀变岩
2	山东莱州市	新城金矿	构造蚀变岩型	绢英岩化、黄铁矿化、破碎蚀变岩
3	山东招远市	岭南金矿	构造蚀变岩型	绢英岩化、黄铁矿化、破碎蚀变岩
4	山东莱州市	三山岛金矿	构造蚀变岩型	绢英岩化、黄铁矿化、破碎蚀变岩
5	山东招远市	大尹格庄金矿	构造蚀变岩型	绢英岩化、黄铁矿化、破碎蚀变岩
6	山东招远-黄县	玲珑金矿	浅部含金石英脉型,深部构造蚀变岩型	含金石英脉 黄铁绢英岩
7	山东招远市	台上金矿	浅部含金石英脉型,深部构造蚀变岩型	含金石英脉 黄铁绢英岩
8	广东省高要县	河台高村金矿	糜棱岩型	混合岩化片岩、千糜岩
9	河北省迁西县	金厂峪金矿	含金石英脉型	片理化构造岩、石英脉
10	河南省灵宝县	灵宝金矿	同上	石英脉、构造岩
11	陕西省凤县	八卦庙金矿	同上	绿绢千枚岩
12	陕西省太白县	双王金矿	微细浸染型	钠长石化角砾岩
13	四川省松潘县	东北寨金矿	微细浸染型	碳质板岩

续表

序号	政区位置	矿床名称	成矿类型	含金岩石
14	贵州省贞丰县	滥泥沟金矿	微细浸染型	构造蚀变岩
15	黑龙江省嘉阴县	团结沟金矿	岩浆岩型(斑岩型)	花岗闪长斑岩
16	台湾省基隆市	北港金矿	火山岩型	石英安山岩
17	四川省白玉县	麻邛金矿	火山岩型	流纹质凝灰质角砾岩
18	甘肃省金昌市	金川金矿	岩浆岩型	辉石橄榄岩
19	河北省崇礼县	东坪金矿	碱质类金矿	钾长蚀变岩
20	河北省宣化市	小营盘金矿	变质热液型	斜长角闪岩、角闪片麻岩
21	河南省桐柏县	围山城金矿	变质热液型	碳质绢云母石英片岩
22	江西省德兴县	金山金矿	变质热液型	中基性火山碎屑岩、石英脉
23	云南省镇源县	镇源金矿	伴生金型	多金属矿化蚀变岩
24	青海省海西藏族自治州	锡铁山金矿	伴生金型	绿片岩
25	湖南省常宁县	水口山金矿	伴生金型	夕卡岩
26	湖北省大冶县	铜录山金矿	伴生金型	多金属夕卡岩
27	湖北省阳新县	鸡笼山金矿	伴生金型	夕卡岩

2. 开采深度浅,危机矿山多

纵观世界各国金矿床,勘探深度与开采深度一般皆大于1 000m,著名的南非的金矿,无论从规模、产量、开采深度等处于世界领先地位,金矿山近年来开采深度平均为1 600m,1980年盎格鲁矿业集团在举世闻名的兰德金矿田内投资7亿美元,布置了一个2 734m的深井追索金矿体(1986年完成,探明储量2 000t);1992年又完成了一个4 000m的深井,创下了人类历史上从未有过的深井纪录。作为世界第二大产金国的美国,目前矿井深度也达2 440m。而我国勘探深度不超过1 000m,多在500~800m;开采深度一般不超过700m,多在300~500m左右。由于勘探深度浅,深部矿体可能被遗漏,从而使矿床规模变小,服役年限缩短。我国金矿山多建于20世纪70、80年代,多年来地质探矿跟不上矿山的发展,多数矿山已处于洞老山空,出现了后备储量不足,矿山资源濒危的局面。

3. 资源储备不足,地质勘探工作落后于黄金矿山生产

我国经济改革不断深化,在矿山运作体制上也有较大变化。在计划经济年代,地质勘探工作由国家投资,成果无偿交给矿山使用,这无疑增加了国家的经济负担,同时也不利于发挥矿山的积极性。目前正处于经济转型时期,由计划经济的国家负担矿区勘探转为市场经济的由矿业自主主进行地质勘探。由于矿业主在转型期缺乏足够的思想准备、技术准备和经费准备,使得地质勘探工作大大落后于生产的发展。保有储量中D级所占比重过大,致使提交的储量与矿山基建期或投产后经工程加密实际揭露的情况相比,普遍存在储量减少,品位负变现象,有的储量几乎落空。这是由于勘探经费不足,地质勘探程度较低,提交的地质储量可靠性(精确度)较差引起的。

4. 回收率低,资源严重浪费

我国金矿石类型繁多,矿石成分复杂,入选矿石品位又日趋降低,使选冶回收率的进一步提高受到了影响,在国营岩金选厂中回收率低于80%的还占总数的20%,砂金回收率更低(1992年砂金采金船回收率为69%)。全国岩金选厂尾矿品位大于1g/t的,1991年还有45个。至于群采中的开采回收率只有30%左右(国家要求国营企业这一指数为90%),由于只有一道选矿工艺,选冶回收率只有50%(国营企业至少应为80%),使本来就不宽裕的国家资源大量损失浪费。国外技术发达国家对 0.6×10^{-6} 矿石已利用,而我们丢掉的尾矿中有的品位在 0.27×10^{-6} ,甚至高达 3×10^{-6} 以上,仅此一项就浪费了大量宝贵资源。

5. 找矿勘探方法落后

我国经历了新中国成立后的50年发展,各种找矿勘探技术已经取得长足进展,但与发达国家相比,仍存在较大差距。首先,在装备上,由于地质行业的主要装备专业性较强,更新批量小,所以更新成本也比较高,导致地质技术装备更新很慢。我国主要装备的技术水平比同为发展中国家的印度还低,国外已投入使用的铝合金钻杆、电子控制液压钻机等技术装备在我国尚未投入使用。海洋资源勘探、遥感技术、深钻技术也较国外落后。另一方面,地质行业内一些主要设备又重复添置、引进,分散管理,导致设备的使用率低。其次,在技术方法上,地质勘查和科研工作中使用的新技术、新方法也几乎全部从国外引进,理论和方法上引进、模仿的多,而创新的少。找矿勘探方法的落后,使得我们对矿产资源的勘探、开发利用率低,达不到最大有效利用资源的目的。

6. 矿山布局不合理

我国的大部分金属矿山多分布于沿海发达省区,而中西部地区较少,这是由于地质工作程度决定的。新中国成立后的地质勘探与研究,总体上是东部地区工作程度高,大部分矿产基地位于东部,但其资源濒临枯竭。中部仍有相当部分地区工作程度不高,矿产资源潜力较大,而西部除少数交通便利地区工作程度较高外,大部分地区缺乏足够的详细的地质勘探与研究,其巨大的矿产资源潜力还未发挥出来。因此,我国今后地质工作的部署,应将重点向中西部地区转移,切实加强中西部地区的战略地质工作。

我国中西部及其边远地区,特别是西部地区,地质工作程度普遍偏低,但矿产资源潜力大,现有的地质工作即显示出良好的资源前景,“八五”和“九五”期间又取得重要进展,完全有可能成为我国矿产资源最重要的后备基地,并可建成若干新的国家级原材料和能源矿产资源基地。此外,由于历史及其它诸多因素的影响,我国中西部,尤其是西部地区在发展过程中与东部沿海地区的差距逐渐拉大,虽然这种发展不平衡在大国经济发展过程中往往难以避免,但缩小地区间的差距不仅对于提高我国综合国力的整体水平意义重大,而且对于促进民族团结、巩固边疆、保持社会稳定、实现长治久安有重要的政治意义。

7. 矿山生产造成的污染严重

在我国的矿业发展中,集体和个体采矿业泛滥。由于技术水平低、管理落后、环境意识

薄弱,这些小采矿企业除了造成矿产资源采选回收率低和极大的浪费外,还致使大片土地和水资源污染;即使是我国的国有矿山,多数在设计、建设时期,也没有充分考虑到矿山开发对环境的影响,矿山环境的严重污染问题极为突出。因此,迫切需把矿山资源与环境地质勘查紧密结合起来,把环境效应作为矿产资源开发利用的一个重要经济指标,将矿业开发与环境保护紧密结合起来。

8. 新类型金矿没有大的突破

国外金矿开发的实践表明,黄金产量的飞跃都伴随着金矿类型的重大突破。20世纪80年代以来,美国陆续找到了麦克劳林火山热泉型金矿、卡林型微细粒浸染型金矿;加拿大也找到了赫姆洛绿岩型金矿;巴布亚新几内亚找到了波特拉和利海尔浅成低温热液型金矿。这些新型矿床的发现,迅速提高了上述国家的储量和产量。而我国由于重视不够,至今新类型金矿的研究与找矿未见明显成果。

9. 卡林型等难选冶的金矿床的选冶技术未彻底解决

我国是世界上第二大产有卡林型金矿的国家,这种矿床储量高、规模大,但难选冶。我国现已有该类型矿床地质储量数百吨,远景储量近千吨,过去由于选冶技术不过关,使之成为呆矿。

第二节 促进我国黄金工业高速、可持续发展的对策和建议

一、找大型、超大型金矿,建规模化企业

国家应坚定找大矿、建大矿、形成黄金规模生产的战略思想。超大型金矿的效益往往会改变一个国家和地区的经济状况,甚至改变国家经济战略的布局,国外一些超大型金矿的建设为我们提供了有益的思路。南非年产10t的金矿有17座,1~10t的有22座,维特瓦特斯兰德金矿1886年发现至今100多年已产黄金3万多吨,平均年产297t,这些超大型金矿为南非经济发展立下了汗马功劳。

世界找矿经验表明,寻找超大型金矿床的关键是重视超大型金矿床成矿理论研究,优选有利靶区,搞好总体规划,组织联合攻关,发挥科学技术优势,集中人力和物力,率先突破2~3个超大型金矿床。专家分析认为,我国在寻找超大型金矿方面有以下主要的成矿远景区:胶东金矿区、小秦岭金矿带、华北板块北缘赤峰-张家口地区、华南造山带古陆隆起区及中亚成矿域的各远景区带等。

二、加强危机矿山地质科研、勘探工作

黄金科研走向国民经济主战场的基本形式是与金矿山结合,目前,我国多数矿山发生资源危机,濒临闭矿的困境,因此,地质科研、勘探工作的当务之急是挽救危机矿山。经验表明,已采矿山的周边和纵深是理想的找矿目标,已知矿带是寻找新矿的优选靶区。涂光炽院士指出,岩金矿床延深往往大于延长,因此,我国金矿深部找矿潜力巨大。目前的关键

是加强研究寻找深部隐伏矿体、盲矿体的技术手段,总结危机矿山扩大资源的规律,组织多学科多手段联合解决金矿山资源危机。

老成矿带(区)仍然是矿产勘查的重点。美国内华达州卡林型金矿带、加拿大阿比第比金-多金属成矿带、南美安第斯金-铜成矿带、中亚天山金-多金属成矿带、赞比亚-民主刚果铜-钴成矿带、西南太平洋金铜成矿带、西澳伊尔冈和芒特艾萨金-多金属成矿带等世界著名的老成矿带(区),集中了国际上60%左右的勘探投资。1997年国际上100个最重要的勘查区中一半在老成矿带(区)。近十年来,在老成矿带(区)勘查由于重视新的思路,不断有新的矿床发现。例如,在赞比亚-民主刚果铜-钴成矿带,1996年以来,加拿大和南非的矿业公司通过研究发现,在以砂页岩型沉积成因为主的铜-钴矿带中含有后生成矿的特点,进而改变勘查战略,在赞比亚一侧发现了多个具有后生成矿特征的铜-钴矿床。在加拿大阿比第比绿岩带金-多金属成矿带,由于加拿大岩石圈探测科学计划的实施,对该地区地质构造演化及其与金和块状硫化物的关系有了新的认识,促使了该地区一系列金矿床和多金属矿床的发现。美国卡林型金矿带自20世纪60年代发现以来,由于勘查思路的不断创新,30多年来不断有新的金矿床发现,成为在已知成矿带持续成功勘查的典范。60年代,在卡林型金矿带,最初J. S. 利弗莫尔根据金英亩矿山和格彻尔矿山模式在罗伯茨逆冲断层本身找矿,但并无结果,转而在位于逆冲断层下部的罗伯茨山组底板被剥露的构造窗内寻找,发现了著名的卡林型金矿,提出了构造窗模式。70年代后期和80年代,转向土壤和岩石地球化学分析,确定了寻找有利钙质物沉积的热液硅化等一系列地球化学找矿标志,又发现了一连串地表矿。80年代后期和90年代初,通过深部钻探,发现了十多个深部金矿床。近几年由于具有深穿透能力的化探技术的研制,发现了地下500m以下深度的许多金矿床。1990年以来新探明金储量约350t,成为同时期探明金最多的矿带之一。在加拿大萨德伯里盆地镍铜矿区,通过大量的低成本深钻勘探(超过2000m),发现“镍环深部”、维克多等多个镍铜矿。通过上述分析,我们认为,在我国的已知成矿带(区)上,应进一步加强理论研究,不断引进和使用先进的勘查技术手段,力争“老树发新芽”。

三、加强金矿地质理论和找矿新技术新方法研究

黄金工业是资源型产业,黄金储量是黄金生产的基础和保障。美国、加拿大、澳大利亚等国黄金生产量和储量的大幅度增长,靠的是先进的科技指导,靠的是对卡林型、绿岩带型、红土型、变质碎屑岩型等金矿类型找矿的突破。我们应吸收他们的经验,根据我国的实际地质情况,加强区域地质背景和成矿规律的综合研究,建立、应用成矿模式和综合信息找矿模式,形成以我国大陆地壳演化为基础的金成矿理论。科研工作应当放在对石英脉型、蚀变岩型、陆相火山岩型及浅变质碎屑岩型等金矿的研究上,要特别注意找矿方法和找矿标志的研究。要注意在含碳陆源碎屑岩中寻找穆龙套型金矿,注意在碱性岩中寻找金矿,注意在老矿的纵深和侧翼寻找新矿,注意在已知金矿带上寻找新矿,注意在工作程度较低的地区寻找金矿等。要充分发挥高技术手段,如综合物探法、放射测量法、地气法等,在找矿中的应用;同时,总结矿物学标志、植物标志、地层标志、地球化学标志等标志法找金的经验,为确定金成矿远景区、为增储增产提供科学依据和技术保障。

20世纪80年代以来,受这一时期找矿新发现的驱动,世界矿床学理论研究也取得了

长足的进展。近年,R. H. 西利托根据菲律宾和智利安第斯山铜金矿带勘查的新发现,系统总结了这些地区铜(金)矿的特征,提出了一个斑岩型铜(金)矿在下、浅成低温热液型金矿在上的套叠找矿模式;1992年D. I. 格罗夫斯等人根据澳大利亚绿岩带金矿勘查新进展,提出了“太古代脉状金矿床的地壳连续成矿模式”,认为从次绿片岩相到麻粒岩相的变质岩中都可有脉状金矿床产出,矿化深度可达15km以上。上述类型的矿床在我国均有相似的成矿地质背景,对我国同类矿产的勘查具有现实的指导意义。此外,国外找矿的实践还证明,卡林型金矿矿体埋深可大于550m,铜镍硫化物矿床矿体埋深可达1200~2700m,而且两者深部矿体品位均很富,而我国目前同类矿床发现的矿体一般都没有超过这一深度。因此应在已知矿区、矿带上进一步加强深部找矿的力度。

目前,在世界矿产勘查方面,由于计算机和与计算机相关的技术的广泛使用和先进仪器设备的引进,地质、物探、化探勘查技术已经获得飞跃性的发展,不仅增加了矿产发现的机会,而且大大降低了勘查成本。美、加、澳等国政府的矿业和地质调查部门一直很重视矿产勘查开发中的科学技术发展。加拿大地质调查所1994年推出了新一轮为期5年的勘查和技术(EXTECH-2)计划,以新不伦瑞克巴瑟斯特贵金属和贱金属老采矿区为研究基地,组织多学科的综合队伍进行勘查,通过开发、实验和应用新的地质、地球物理和地球化学方法,查明埋藏的硫化物矿床,最终解决该地区的储量下降问题,以及获得对硫化物矿床地质背景和硫化物形成和降解过程更深入的了解,形成一套行之有效的地质、地球物理、地球化学勘查方法,并建成数据库,对社会开放。4年来,在基岩地质、块状硫化物矿床、热液蚀变、长英质岩浆作用、生物地球化学和航空、地面、钻孔地球物理等11个主要研究领域中,一大批新的地质、成矿作用、地球物理、地球化学理论或找矿方法得以确立并投入试验和应用,其中一些已取得了较好的效果,发现了一些矿化迹象。澳大利亚联邦和州地质、矿业机构在大的矿产勘查开发计划中,也设置了多项勘查物化探技术项目,取得了很好的找矿效果。

近10年来随着找矿难度增大和可供开发的高品位、易采选矿的减少,利用常规方法进行矿产勘查开发的效果不断降低。因此,积极推进和发展我国矿产勘查开发的科学技术,促进我国地质和矿产品开发技术的现代化,是一项十分重要、经济意义巨大的迫切任务。

四、进一步加大对我国中、西部地区矿产勘查的力度

寻找新区(即勘查程度低的地区或未被重视和忽视的地区)是矿产勘查不断发展的主要动力,很多国家对此比过去更为重视。在美国,勘查程度最低的阿拉斯加州已日益成为美国固体矿产资源和油气勘查的重点。经过近10年的重点勘查和开发,阿拉斯加石油产量已占美国的四分之一;在固体矿产资源(主要是金、银、多金属矿)方面,在著名的红狗铅锌矿露天采坑北侧又发现一特大型铅锌银矿床,新探明金矿床储量近250t。在加拿大,世界级的西北地区金刚石矿床和纽芬兰沃伊塞湾镍铜钴矿床的发现,就是勘查者在不被人们看好的、勘查程度很低的地区找到的。在澳大利亚,联邦政府计划出资12亿澳元,利用4年时间研究3个新的有远景的矿产勘查地区,以提高澳大利亚资源工业的出口潜力。在俄罗斯,勘查程度低的西伯利亚远东地区矿产勘查和开发也在升温,西方矿业公司对这一

地区兴趣增大。

如前所述,由于历史的以及其它诸方面因素的影响,我国中、西部地区,尤其是西部地区是矿产勘查程度较低的地区。随着我国社会、经济的不断发展和国家经济发展战略的西移,加快查明我国中、西部地区的矿产资源潜力应该摆上认识议程。从地质条件分析,中西部地区成矿地质条件优于东部,已有许多矿产在全国占有优势,如能充分发挥,就会大大加快西部地区的经济发展,变资源优势为经济优势。以新疆为例,在“七五”期间国家“305”项目设立以来,新疆固体矿产资源的勘查成就令人瞩目,仅北疆地区就相继发现或勘查出了数十个大型、超大型规模的金、银、铜铅锌多金属矿床,成为北疆地区经济发展的支柱产业。我们相信,随着勘查力度的加大,随着勘查技术手段的不断提高,我国中、西部地区必将成为 21 世纪我国矿产资源的重要产出基地。

五、对危机矿山进行深部预测

我国科技工作者近年来在矿山深部预测方面已取得一些成功的经验,如:在河北金厂峪金矿、新疆哈图金矿、云南北衙金矿、山东乳山地区金矿都成功地开展了成矿预测,为矿山扩大了远景。今后应对我国濒于采尽的危机矿山进行分类排队,选择一些危机矿山进行深部预测,扩大储量,取得成功经验再全面推广。

六、重视和加强低品位、难选冶矿床的勘查和利用

随着高品味、易选冶矿床的不断减少,大量低品位、难选冶矿床的利用问题将成为人们越来越重视的问题。我们在继续寻找大吨位、高品味、易选冶矿床的同时,应千方百计改进矿床在采、选、冶方面上的工艺,以使大量低品位矿和难选冶矿变得可以被利用,从而达到充分利用资源、保护环境的目的。自 20 世纪 80 年代中期以来,由于若干新技术、新工艺、新方法的引进,已使过去一些被认为没有效益和难利用的矿床成为有利益、好利用的矿床,例如随着铜提取技术的改进和开采机械化程度的提高,许多国家,尤其美国大量低品位铜矿和大量难选冶氧化铜矿得到了充分的开采和利用;随着矿石堆浸法和生物氧化技术的采用,世界各地许多以往不利用的低品位金矿和难选冶金矿正得到越来越多的勘查和开发等。事实上,自 20 世纪 50、60 年代以来,许多金属矿床如铜、铅、锌等的经济技术指标一降再降,许多以往被认为是低品位、无效益的矿床正得到越来越多的勘查和开发,这无疑是采、选、冶等技术的进步导致了对矿产利用条件降低的缘故。不难想象,本世纪,随着世界经济发展对矿产资源需求的进一步增加,随着富矿和易选冶矿的日益减少,随着科学技术的更大进步,各种采、选、冶新技术的开发和采用,各种低品位矿床和难选冶矿床,如地球上众多的低品位锰矿、低品位铁矿、低品位铅锌矿、低品位金刚石矿以及难选冶夕卡岩型金矿、稀土矿等的勘查利用将得到进一步重视和加强。

第三节 当前金矿勘查的理论和方法评述

在过去数十年中,随地表找矿工作的不断深入,许多出露地表和近地表矿床已被发

现,今后找矿的主体将进入隐伏矿阶段。随着隐伏区勘探难度的加大,找矿勘探的风险正在逐渐增加。据 Mackenzie(1989)统计,1951~1974 年间,加拿大一个贱金属矿产勘查项目的经费一般为 683 000 加元,但其成功的概率只有 0.019;在西澳大利亚,1955~1972 年间,一个镍矿勘查计划平均投入的经费为 190 000 澳元,成功的概率只有 0.0046。找矿风险如此之大,是因为矿产分布的复杂性和找矿方法的不确定性所致,如何解决这一难题有赖于新理论与新技术的提出和应用。

近 10 年来,国内外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(赵鹏大和孟宪国,1993)、地质异常理论(赵鹏大等,1995)、矿床系列理论(陈毓川等,1998)、层间滑动成矿理论(沈远超等,1998)、矿床结构模型理论(蔡新平和张宝林,1998)及综合信息预测理论(王世称、王於天,1989)等已被广泛接受并广为应用。然而,某一地质理论在某一勘查项目中是否有用很不易给以客观评价。地质学家往往对他偏爱的理论热情奉献,而在勘查高潮中很难再去查考其他可代替的理论。由于勘查的成功需要很长的时间才能给以判断,因而存在一种风险,就是尽管勘查不断失败,一个错误的理论仍被坚持使用,理由是还没有足够的时间去考验它。任何理论或模式都只是过去某段时间实践和经验的总结,并非终极真理。因此地质学家的首要任务就是认真反省自己所应用的理论和方法,不断学习,同时敢于破旧立新,尽可能地降低找矿勘探的风险。沈远超等在哈图金矿、蔡新平等在金厂峪金矿就是在打破前人经验模式重新评价矿床成因的基础上预测成功的。

另一方面,由于成矿作用的复杂性,有时我们很难应用某一技术方法对矿体的赋存位置作出精确的预测。目前,我国在金矿勘查领域应用了大量的物化探方法(朱裕生等,1997)。然而,作为金矿体,单纯以金的含量而言,不足以引起金矿体与其围岩的物性差异以形成可探测的物探异常(包括地表的化探异常)。换句话说,现今的各种物化探方法多不能直接找金。我们认为,每个地区的地质环境并不完全相同,金矿床的特征及其标志也不完全一致,所需的技术方法也非千篇一律;某一技术方法对某一类矿床的预测可能十分有效,而对另一类矿床则未必有效,有时甚至同一类矿床的预测,所使用的方法也不尽相同。因此,在对某一矿床进行矿体定位预测时,必须谨慎地选择勘查技术,并对其勘查出来的结果进行认真的求证;要尽可能地运用多种物化探手段,采取多学科联合攻关。同时,我们还应该大力开发新的勘查技术,在传统技术方法研究的基础上,加强新技术方法的深入研究和应用,使我们的找矿勘探手段日臻完善。

在近年的实际找矿工作中,我们既采用了传统的研究方法如相似类比法、成因模式法、理论预测法,又采用了数学分析法——分形理论。在找矿过程中,我们已经有了些新技术、新方法和新装备,如:多层次、多波段的遥感设备和方法,已组成了空对地预测系统;地球物理方法已完成 20 世纪 90 年代的更新换代,出现了地震 CT、浅层地震、震电效应信号测量等新方法;地球化学方法发展了生物地球化学、地电化学、野外 X 荧光光谱、伽马能谱及铀法等新的找金技术。这些都在某些地区成功地进行了找金试验。今后应针对不同地区、不同地质条件、不同矿化类型进行方法给合研究,为我国金矿找矿提供有效的方法组合。