


紫金矿业矿山 地质工作成就

陈景河 主 编
汪贻水 副主编
彭 觥 顾 问

 冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

紫金矿业矿山地质工作成就

陈景河 主 编
汪贻水 副主编
彭 觥 顾 问

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

图书在版编目(CIP)数据

紫金矿业矿山地质工作成就/陈景河主编. —北京: 冶金工业出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-5024-5512-5

I. ①紫… II. ①陈… III. ①矿山地质—中国—文集
IV. ①TD1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011) 第 026910 号

出版人 曹胜利

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 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 马志春 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5512-5

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2011 年 3 月第 1 版, 2011 年 3 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 20.25 印张; 491 千字; 317 页

66.00 元

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)

前 言

60多年来,我国矿山地质工作者为矿业可持续发展,提供矿山资源保障能力及实现开采生产中资源利用最优化做出了很大贡献。其中青年矿山地质人员表现更为突出,他们是生力军,发挥着骨干作用,备受企业领导和学术界重视与关怀。20世纪八九十年代,中国地质学会矿山地质专业委员会和有关部门先后召开了第一届和第二届全国青年矿山地质学术会议。会上,交流和推广了先进经验,表彰了优秀青年人才,促进了矿山地质队伍年轻化,为矿山地质事业发展、改革、创新起到了积极作用。

第三届(本届)青年矿山地质学术会议是在新世纪第一个10年即将过去、迎接新的10年的时候,即我国“十二五”国民经济与社会发展计划将要开局之际召开的,可以说是具有划时代的重要意义。

自1989年第二届青年矿山地质学术会议后,10多年来我国矿业和地质事业都有了长足进步。2009年,我国利用的矿种共有125个,各类生产矿山10多万个,其中大型矿山接近万个,年采量50多亿吨,其中煤炭10亿吨以上;铁矿石8亿吨;磷矿石、硫铁矿各为1000多万吨;萤石矿540万吨;水泥矿料达10多亿吨;滑石、高岭土和硅石等合计近1亿吨;大理石和花岗岩装饰用板材为5000万平方米以上。

以矿产资源总量和开采总量而论,我国可算得上矿业大国,但远不是矿业强国,如石油、铁矿石进口量高达数亿吨。进口依存度快速增长,如2001年铁矿石进口量为0.92亿吨,2008年高达4.54亿吨。氧化铝、铜、铅、锌等大宗有色金属原料的进口量也是有增无减。又如由于小矿山多(占全国矿山总数93%),技术装备水平低,开采资源总回收率为30%,共伴生资源综合利用不足20%,比国外低20%~30%。矿区环境保护和废石尾矿再开发利用等均有诸多问题。

针对我们面临的矿业形势,国家出台了一系列政策措施,如《国务院关于加强地质工作的决定》、有关解决危机矿山接替资源的指示和李克强副总理“关于利用国内外两种资源和两个市场的同时立足国内资源”的指示、减少矿山数量、关闭那些污染严重浪费资源的小矿山等。随着认真贯彻上述政策实

施,我国矿产资源开发事业定能有新发展,加快了由矿业大国向矿业强国前进的步伐。

近年来已涌现出一大批先进典型,如广东凡口铅锌矿、安徽铜陵有色集团公司、西部矿业集团公司、金川有色集团公司、湖北黄石地区大冶铁矿和铜录山铜矿以及福建紫金矿业集团等单位都是我们的良好榜样。

本书展现了全国矿山地质工作的先进经验和科技成果,福建紫金矿业集团关于重视培养与重用青年人才的成功经验,值得学习与推广。

第一,重用青年,壮大生力军。紫金矿业创建于1993年,与许多百年老矿山相比,是个年轻、充满朝气的矿山企业,在十多年的创业与发展中,锻炼成长起来一批年轻骨干,主要领导正处于壮年。在地质专业人员和领导中“70”后、“80”后是一大批。这支队伍学历高,高工、硕士、博士多,也是一大特点。

第二,重视科研,以理论指导生产(找矿、用矿)。论文中强调把找矿和采矿及管理遇到难题列为科研课题,研究成果有理论提高又有经济效益。对成矿规律认识的突破,让小矿成为世界级大矿。

第三,内外协作,产学研相结合。紫金矿业一贯以改革开放精神开展对外技术交流。吸引大专院校和科研及地勘单位参加各项技术活动,而且成效很大。

第四,以资源强矿,找矿、采矿兼顾。重视矿山深、边部找矿勘探,减少开采中资源浪费,实现矿山经营参数优化,力争资源利用最大化。

第五,科学规划,促进矿业与环保协调发展。按照社会主义市场经济规律抓好矿山生产建设,要尊重自然规律,加强生态保护。矿区环境治理坚持在环境质量评估基础上编制落实矿山发展和环保规划,做好矿区环境治理。

全国矿山地质战线的青年同行们!青出于蓝而胜于蓝,你们是生力军,祝你们获得更大的成就!更多贡献!向献身于矿山事业的青年同志们致敬、学习!

彭 颢 汪贻水
2010年8月于北京

目 录

I 生产矿山找矿理论与实践

矿山补充地质勘查是高收益低风险的投资	陈景河	1
创新地质工作方法 提高地质找矿效果	张锦章	5
更快更广泛地开展矿山经营参数优化的研究	陈希廉	13
品位换算系数与综合品位计算的改进	袁怀雨 刘保顺 李克庆	19
紫金山热液矿床大型矿集区深部成矿界面初步研究	邱小平	26
紫金山新一轮以企业为主导的地质科研新尝试	祁进平 苏建平 胡惟和 等	32
高精度磁法在萝卜岭斑岩铜钼矿勘探中的应用	王乾杰 李 晶 张锦章	45
地质勘查快速评价法应用	洪贞群	54
福建上杭温屋铜多金属矿区成矿条件、矿化信息及找矿方向	时明河 孙荣良	57
龙江亭铜矿综合工业指标确定方法	林连宝	63
上杭县乌岫地球化学异常特征及找矿前景浅析	冯雪峰 曾兴宝 林新仁 等	71
塔吉克斯坦塔罗矿区花岗岩闪长岩体含金性评价	隋延辉 Ш. Холиков X. Шаропов	81
紫金山矿田五子骑龙铜矿床矿化分带及找矿标志	薛 凯	85
便携式 XRF 分析仪在紫金山地质勘查中的应用试验	曾文灿 戴茂昌 冯雪峰	95
四川省红原县新康猫金矿床成矿规律及找矿方向探析	武剑锋	101
EH4 在空区探测中的应用	李小军 杨小聪 谭卓英	107
锚架注全封闭支护技术在千米深井软岩巷道支护中的应用	王国晋 李 帅 刘 勇	110
会东淌塘铜矿地质找矿研究	李云峰	116
基于矿床实体模型的地质储量计算方法研究	赵 浩 白润才 刘光伟 等	125
东南亚地区埃达克岩的含矿性和成因与东太平洋带埃达克岩对比	朱章显 杨振强	130
某银矿矿石工艺矿物学研究	肖仪武	140
中国钻探工程装备现状与未来	方啸虎 汪贻水	144
中国铂族元素矿床类型和地质特征	梁有彬 李 艺	152
危机矿山外围找矿地质与地球化学方法探讨	李 强	159
新疆哈尔隆一带硅质岩建造的发现及其成矿特征	黄建国 吕丰强 邱洪亮 等	167
胶东焦家金矿田构造形迹的分形研究	丁式江 翟裕生	172
青海省大柴旦青龙沟金矿床地质特征、找矿标志和找矿方向	林文山 范照雄 贺领兄	178
一个铀矿井储量变化的启示	曹鼎阶 刘 江	185
我国热液型铀矿找矿思路探讨	范洪海	193

青海德尔尼铜钴矿中深部找矿问题探讨	栗亚芝 宋忠宝 任有祥 等	198
薛城矿通风阻力测定及性能分析	张艳东 许振良 王志光	204
深部找矿理论方法的进展小结	张雨莲	210
安徽省琅琊山铜矿床资源潜力分析及深部勘查设计	邢善强 朱天好	214

II 生产矿山资源利用与环境生态

GIS 和 OpenGL 在矿业工程中的应用分析	罗钊雯	221
爆破振动测试现场试验回归分析	张袁娟	232
不同地质边坡稳定性数值分析及加固措施	杜春志 王亚东	235
东部平原矿区矸石充填开采保护耕地模式研究	王 磊 郭广礼 刘元旭 等	241
废弃矿山生态恢复与重建浅析	张卓燕	249
滑坡勘察的重点和难点	邵晓波 张红娟 龚巍峰	254
开滦矿山公园地质灾害防治与地质环境保护探讨	杜青松	258
矿山爆炸物品仓储配送管理系统程序开发	米雪玉 张云鹏 张 鹏 等	264
利用同位素与水文地球化学方法判别矿井突水水源	胡伟伟 马致远 李 婷 等	270
某露天矿边坡开挖过程数值模拟	刘 东 张宛君 于 明	276
中国西南煤炭资源开发与矿山环境地质问题及策略	胡君春	284
注采生产诱导应力张量计算模型	艾 池 赵翠玉 张 勇 等	289
粤北丹霞山风化作用研究	曹紫薇	294
福建省湿润半湿润低山丘陵景观区水系沉积(土壤)测量样品粒级实验	林新仁 冯雪峰 曾兴宝 等	296
中国矿地使用权取得制度研究	何 森 郝 举	301
一种很重要的非金属矿物原料——重晶石矿	宋忠宝 栗亚芝 张雨莲 等	308
我国绿色矿山政策综述	李 慧	314

I 生产矿山找矿理论与实践

矿山补充地质勘查是高收益低风险的投资

陈景河

(紫金矿业集团)

1 问题提出

作为矿山开发者和矿山地质工作者，经常会遇到以下问题：

- (1) 矿产资源的负变。
- (2) 矿床开采过程中发现地质状况与勘查报告有较大的差异。
- (3) 发现新矿体。

2 初始地质勘查与开发时期补充勘查的差异（见表1）

表1 初始勘查与补充勘查的差异

问 题	初始勘查	补充勘查
时 间	5~10年	20~50年（甚至百年）
投入工程	极为有限	大量持续投入
揭露矿体和地质体	极为有限	较为全面系统
地质认识	初步的	全面的

受时间和投资的限制，初始地质勘查工作是较为有限的，而开发时期能够获得的地质信息要大得多，只是人们对开发时期的矿山地质工作认识不足，重视不够。

3 个人经历和心得

3.1 个人经历

(1) 1982~1992年在地勘单位从事紫金山金铜矿的勘查，是紫金山金铜矿的主要发现勘查和研究者之一。

(2) 1993年至今，为紫金矿业集团的主要创始人，紫金山金铜矿和集团诸多矿山的

开发和补充勘查组织者。

3.2 心得

初始地质勘查,发现和探明一个矿床是极其困难和艰辛的;矿山的补充勘查和再认识,却可望获得令人惊喜的收获!

4 紫金矿业集团主要投入和勘查成果(2004年以来)

(1) 投入勘查资金约 10 亿元。

(2) 钻探 85 万米, 硃探 15 万米, 基本分析样 47 万件。

(3) 新增资源储量(333 以上, 经评审):

1) 补勘增量: 金 264t, 铜 80 万吨, 铅锌 335 万吨, 钨 11 万吨, 银 273t, 铁矿 7467 万吨。

2) 新探明: 钼 16 万吨, 镍 61 万吨, 铝土矿 4397 万吨, 煤 4.6 亿吨。

5 矿权和保有资源储量(2009 年底)

(1) 探矿权 241 个, 5880km²。

(2) 采矿权 45 个, 125km²。

(3) 保有资源储量: 金 715t (含伴生 122t), 银 1855t, 铜 1062 万吨, 钼 39 万吨, 铅锌 523 万吨, 钨 17 万吨, 铁 1.88 亿吨, 锡 9.9 万吨, 镍 60 万吨, 硫铁矿(标矿) 6673 万吨。

(4) 我国控制金属矿产资源最多的企业之一。

6 几个补充勘查成功案例

6.1 紫金山金矿

提交详查储量 5.45t, 平均品位 4.24g/t, 加上大于 1g/t 资源量, 总金属量 18.9t; 经过十几年的补充勘查, 投入 5 万多米的硃探和数千米钻探, 特别是选冶技术的突破, 紫金山金矿可利用的资源储量达 312t (0.2g/t 为边界品位), 该矿日处理矿石达 10 万吨, 平均入选品位约 0.55g/t, 年产金约 17t, 为世界级我国第一大金矿, 为紫金矿业的崛起, 作出了重大的贡献。

6.2 紫金山铜矿

投入约 10 万米钻探, 对紫金山深部和周边进行全面的补充勘查, 铜资源储量从 130 万吨增加到近 300 万吨, 并有望向 400 万吨规模发展。深部高品位矿体的控制, 外围斑岩型铜钼矿的发现。

6.3 吉林珲春金铜矿

通过补充勘查和工业指标调整: 金金属量从 2.82t 增加到 82.4t; 铜金属量从 7.69 万吨增加到 30 万吨; 最近外围勘查又有新的重要发现。中国最大原生金(铜)矿生产矿山, 日处理矿石 1.7 万吨, 金入选品位 0.6g/t, 铜 0.12%。

6.4 贵州水银洞金矿田

该矿是一个被外国公司放弃的项目，补充勘查投入十几万米钻探，金矿资源储量从不到 20t，增加到 100t 以上，矿田总资源储量可望向 200t 规模发展。难选冶金矿，首个成功采用化学预氧化工艺。

6.5 其他矿床的补勘成果

(1) 内蒙古三贵口锌矿，提交 252 万吨锌储量。

(2) 新疆阿舍勒铜矿深部的重大发现见矿厚度 40 ~ 70m，品位 2.5% ~ 3.0%，表明矿体往深部有明显延伸。

(3) 云南麻栗坡钨矿规模将超过 30 万吨。

(4) 河北东坪金矿、河南陆院沟金矿、甘肃杜家沟金矿、新疆蒙库铁矿中东矿段、新疆乌恰锌矿、云南烂泥塘铜矿等，均取得重要补充勘查成果，并预示有新的更大的突破。

7 补充勘查，高效益的投资

若把补充勘查新增资源储量开发后的 20% 利润作为勘查收益，紫金矿业补充勘查的投资收益率可达 10 倍以上。

矿山补充勘查主要优势：

(1) 就矿找矿，方向明确，技术难度小。

(2) 可与生产紧密结合，投资少，见效快。

(3) 新发现矿体，仅需投入少量资金，就可以得到开发利用，延长矿山服务年限，与大多新发现矿床难以开发利用成为鲜明对比。

(4) 特别在大型矿床深部和周边找矿，大有可为。大型超大型矿床一般不会孤立存在，成群、成带、成系列出现是普遍规律。

8 紫金矿业集团简要介绍

紫金矿业集团是以黄金为主的综合性金属矿业公司。矿产金产量最大，铜产量第二，锌产量第五。

总资产 349.42 亿元，净资产 231.1 亿元。

上半年销售收入 134.60 亿元；利润 37.73 亿元，净利润 31.33 亿元，归属紫金矿业公司净利润 27.07 亿元。

2010 年《福布斯》全球 2000 强企业（按销售收入、利润、市值综合）排名 1138 位；中国 500 强企业排名 283 位，利润排名 70 位，中国上市公司市值排名约 30 位。

9 紫金矿业的发展战略和优势

紫金矿业的发展目标：高技术效益型特大国际矿业集团。

(1) 资源优先战略。

(2) 人才战略。

(3) 资本市场的杠杆效应。

(4) 技术和创新优势。

(5) 企业文化。

新发展时期的重要特点：项目大型化、国际化、资本证券化。

10 铜矿湿法厂与“7.3”突发重大环境污染事件

中国第一个生物冶金规模工业化项目，对紫金山铜矿低品位资源利用，意义重大。

9100m³的含铜酸性溶液泄漏，导致汀江上杭段3天pH值不达标，但不影响自来水供应；铜最高检出值0.9mg/L，达地表二类水和饮用水标准以下，但导致下游部分网箱鱼死亡。通过媒体的放大，引发影响全国的污染事件，暴露出企业在认识、管理等方面一系列问题。该事件对企业品牌造成重大影响，今后我们一定要做好环保安全工作。

创新地质工作方法 提高地质找矿效果

张锦章

(紫金矿业集团 东南矿产地质勘查分公司 上杭 364200)

摘要: 本文总结了在紫金山矿田开展矿山地质和外围地质找矿工作的一些体会,认为以资源利用最大化为原则,以矿山企业经济效益为中心,依托技术创新,产品的市场变化,采用动态的工作指标或当量工业指标评价矿床,矿山日常生产过程中采用动态品位指标圈定矿体,管理资源储量,达到资源利用最大化的目的。外围找矿过程中,坚持科研来自勘查实践,目的是指导地质找矿;找矿增储是为了延长矿山的服役年限,能为生产开发的原则。最后提出了地质勘查也需要市场化,以提高地质找矿积极性。

关键词: 工业指标; 动态管理; 三维模型; 地质找矿

有位从事地质勘查的领导到紫金山考察时问笔者,“你从国有企业加盟紫金后从事地质勘查工作最大的感想是什么?”笔者回答:(1)找矿目的很明确是为了开发的;(2)地质科研成果是为地质找矿服务的;(3)不要把工业指标和矿体固定化,能被经济开发利用的就是矿,否则就是石头;(4)地质找矿也需要市场化。本文就上述问题与大家进行探讨和交流,以期能为大家提供点借鉴作用。

紫金矿业成立于1993年,经历了初创时期(1993~1999年)和高速发展时期(2000~2009年),实现了国内黄金矿山领先和国内金属矿业领先的目标,2009年在《福布斯》全球大企业排行榜中列1128位,现在进入第三个发展时期,目标到2020年把紫金矿业建设成高技术效益型特大国际矿业集团。紫金山金铜矿是紫金集团的核心企业,集团的发源地和标杆企业,创新管理、创新工作的实践基地,也是集团外部项目高管的培养、输送基地。紫金山地质工作是在创新工作思路下创新性地开展了矿山地质工作,通过合理、动态使用工业指标、动态管理资源储量、加大科研投入和新技术、新方法应用,加大矿床深、边部、外围的探矿工程投入,使一个被认为没有开采价值的小矿变成黄金资源储量超过300t、铜金属量超过200万吨的世界级特大型矿床。

1 动态管理工业指标

1.1 应用动态工业指标

采用固体矿产勘查规范推荐的工业指标法评价矿床是大部分矿床、矿点甚至生产矿山选用的主要方法和必须遵循的原则,不按传统推荐的工业指标圈定矿体是我们地质工作的一大创新,在实际工作中取得显著成果,更有生产实际意义。如紫金山金矿,矿床普查阶段金是按最低工业品位 $\geq 3 \times 10^{-6}$,边界品位 $\geq 1 \times 10^{-6}$,共圈定了表内金矿体45个,表外金矿体49个,为平行密集小矿体构成。批准储量为5451.15kg,平均品位 4.24×10^{-6} ,

属中小型金矿床，矿体规模小，密集分布，采矿难度大；可行性研究结果，采用井下开采，建设规模 150t/d，全泥氰化工艺，总投资 2900 万元，年产金 158kg，利润 69 万元，显然项目规模小，品位低，基本无利，方案不可行。此外位于金矿床下部的紫金山铜矿床按最低工业品位 $\geq 0.5\%$ ，边界品位 $\geq 0.3\%$ ，详查阶段探获铜金属 129.37 万吨，平均品位 1.02×10^{-2} ，属特大型矿床。但矿体密集，规模不大（见图 1）。

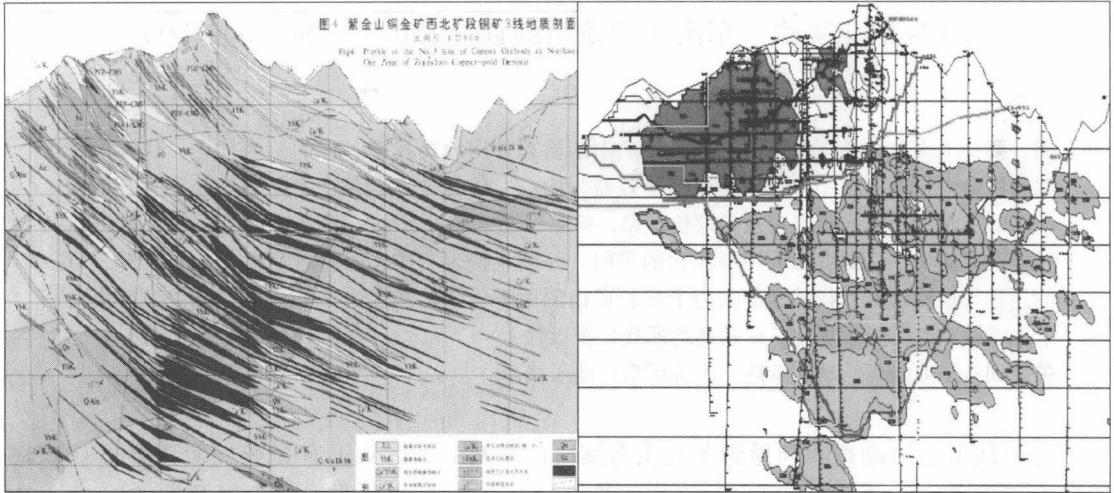


图 1 紫金山铜矿 3 号勘探线采用不同工业指标圈定矿体形态变化对比图

这种矿体地下开采难度大，而且矿石中含砷高，曾做 2000t/d、3000t/d 和 6000t/d 生产规模论证，都存在铜精矿含砷高、投资大、利润率低、回收期长等问题。如采选规模 6000t/d，总投资 11.4 亿元，年产铜 16140t，年利润 9400 万元，投资回收期 15 年，经济效益比较差。

矿床工业指标的确定往往与矿床的开采技术条件、矿石选冶性能、产品市场价格等关系密切，开采技术条件又与矿体的形态、产状、规模、开采方法等有关。由于产品市场价格是常变量，加上采选技术进步，矿床工业指标必将成为必然的动态因变量，也就是矿体最低工业品位是一个动态因变量。这个动态因变量的确定原则是资源利用最大化原则下的企业经济效益最大化原则，有经济开发利用价值的就是矿。如紫金山金矿，以北西向构造密集带为中心约 5km^2 范围全岩蚀变和矿化，矿体与围岩界线不清，须靠取样结果来圈定矿体。矿床采用露天开采，确定露采境界内最低圈矿品位是处理 1t 含金废石所花的直接成本等于处理含金废石可获得的经济价值（不管是否当矿石处理，穿爆、铲装运费均要发生）。据此原则，紫金山金矿圈定矿体的工业指标不断地在改变，圈定金矿体的边界品位从原来的 0.7×10^{-6} 下降为 0.5×10^{-6} 、 0.4×10^{-6} 、 0.3×10^{-6} 、 0.2×10^{-6} ，目前正在按 0.15×10^{-6} 的圈矿边界品位做准备工作。下部的铜矿体也是如此，铜工业指标从原来的边界品位 0.3%，工业品位 0.5%，变为 0.2% 和 0.4%，金按 0.2×10^{-6} 、铜按 0.2% 边界圈定矿体，同时提高矿石可采厚度和夹石剔除厚度，由指标变化前后矿体形态对比图（图 1）可以看出，矿体形态、产状、规模发生巨大变化，矿体形态变得更完整，更利于开采，利于降低采矿成本，所计算的块段品位或采矿场品位与出矿品位非常接近，提高了生产计

划编制的准确度。

1.2 应用当量工业指标

斑岩型（细脉浸染型）系列矿床具有矿石品位低、分布均匀、矿石成分简单、易选、可供综合利用的矿产多等主要特点。紫金山斑岩型系列矿床除了目前生产开采的西北矿段高硫型铜金矿床外，周边还分布悦洋银多金属矿床（低硫型），龙江亭、二庙沟铜多金属矿床（过渡型），萝卜岭、东南矿段铜钼矿床（斑岩型）等，均具品位低、有用组分含量多的特征，下面以龙江亭为例。

该矿床 1989 年投入普查工作，1992 年提交普查报告，矿床以铜为主，伴生金、银的小型矿床，矿体主要受断裂、裂隙控制，数量多（工业铜矿体 52 个），单个矿体规模小，矿体呈脉状、透镜状，大致平行产出。普查时采用的工业指标见表 1，取得的成果见表 2。

表 1 龙江亭矿区所用工业指标

元素名称	工业品位/%	边界品位/%	可采厚度/m	夹石剔除厚度/m
Cu	≥0.50	≥0.30	1	2
Ag	≥100 × 10 ⁻⁴	≥50.0 × 10 ⁻⁴	1	2
Pb	≥0.50	≥0.50	1	2
Zn	≥1.00	≥1.00	1	2

表 2 储量计算结果

矿种	储量类型	金属量/t	品位/%
铜	D	7556	0.82
	E	62898	0.85
伴生金	E	3277 (kg)	0.39
伴生银	E	168149 (kg)	20 (× 10 ⁻⁶)
共生银	E	23551 (kg)	208.1 (× 10 ⁻⁶)

在一个约 500m × 300m 范围内圈出 62 条工业矿体（参与储量计算 52 条），低品位矿体 60 条，规模仅有小型的矿床，单一指标圈定矿体影响了矿体的连续性，无法分采分选，主成分含量又不高，开发利用价值低。

在见矿工程中，铜含量在 0.2% ~ 0.5% 之间样品占 50% 以上，金、银能独立圈定矿体的也不多。选矿试验结果表明，伴（共）生金和银可以同步富集在铜精矿中，提高了矿石的利用价值；评价结果，可以把伴（共）金和银折算成当量铜参与矿体圈定，折算依据是产品金属价格、元素选矿回收率、产品（精矿）计价系数，结果见表 3。

表 3 折算系数计算

元素名称	品位	选矿回收率/%	计价系数	金属价格	价值/元	折算系数取值
1	2	3	4	5	7 = 2 × 3 × 4 × 5	6
Cu	1 × 10 ⁻²	86	0.83	50 元/kg	356.9	1
Au	1 × 10 ⁻⁶	80	0.71	150 元/g	85.2	0.238
Ag	1 × 10 ⁻⁶	70	0.78	2.65 元/g	1.44	0.004

按当量铜 0.2% ~ 0.5% 最小可采厚度 2m, 夹石剔除厚度 4m 重新圈定和估算资源储量, 共圈定工业矿体 23 个, 探获 (332 + 333 + 334) 矿石量 1350 万吨, 铜金属量 8.1 万吨、平均品位 0.60×10^{-2} , 金金属量 5764.86kg、平均品位 0.43×10^{-6} , 银金属量 238.47t、平均品位 17.60×10^{-6} 。

采用当量指标后, 圈定的矿体规模增大, 形态简单、完整 (见图 2), 利于生产开发。

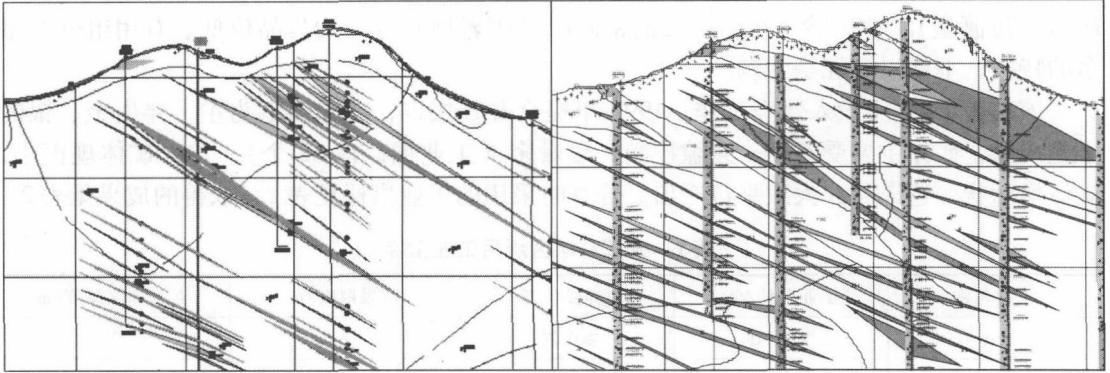


图 2 龙江亭 0 号勘探线剖面图采用当量综合指标前后对比图

采用当量指标进行勘查和评价的矿床还有萝卜岭斑岩型铜 (钼) 矿床, 自 1990 年开始至 2006 年分三个阶段开展野外地质工作, 用表 4 的工业指标开展矿床普查工作, 共施工钻孔 26 个, 总进尺 10702.45m。共圈定铜矿体 14 个, 估算 Cu 资源量 (333 + 334) 8.14 万吨, 平均品位 0.54%; 伴生钼矿体资源量 3964.58t, 平均品位 0.026%; 伴生银矿体资源量 33.10t, 平均品位 2.55×10^{-6} 。共生钼矿体资源量 (334) 711.41t, 平均品位 0.071%; 低品位铜资源量 6.99 万吨, 平均品位 0.30%。

表 4 选用工业指标

元素名称	工业品位/%	边界品位/%	可采厚度/m	夹石剔除厚度/m
Cu	≥ 0.40	≥ 0.20	2	4
Mo	≥ 0.03	≥ 0.06	1	2

从探获的成果看, 铜、钼矿体规模小, 互层产出 (见图 3), 品位低, 难分采分选, 难以开发利用。2008 年通过铜钼矿石的实验室流程选矿试验结果、铜钼近 10 年的产品市场价格, 把钼折算成铜来圈定矿体, 通过计算, 铜钼比是 6 : 1, 按当量铜 0.20%, 0.40%, 可采厚度 4m, 夹石剔除厚度 8m 的工业指标开展该区的详查工作, 通过重新圈定矿体, 对成矿规律有了新的认识, 勘查工作取得重大进展, 预期探获铜金属量 60 万吨以上, 钼金属量超过 5 万吨, 一跃成为大型铜钼矿床。

2 动态管理资源储量

动态管理工业指标主要是针对勘查项目, 动态管理资源储量则指生产矿山, 是动态管理工业指标的延续, 但不再用最低工业品位或最低边界品位来评价矿床, 不再分工业矿体和低品位矿体, 而是用生产二次圈定矿体的最低品位来区分矿与岩, 并估算资源储量, 其

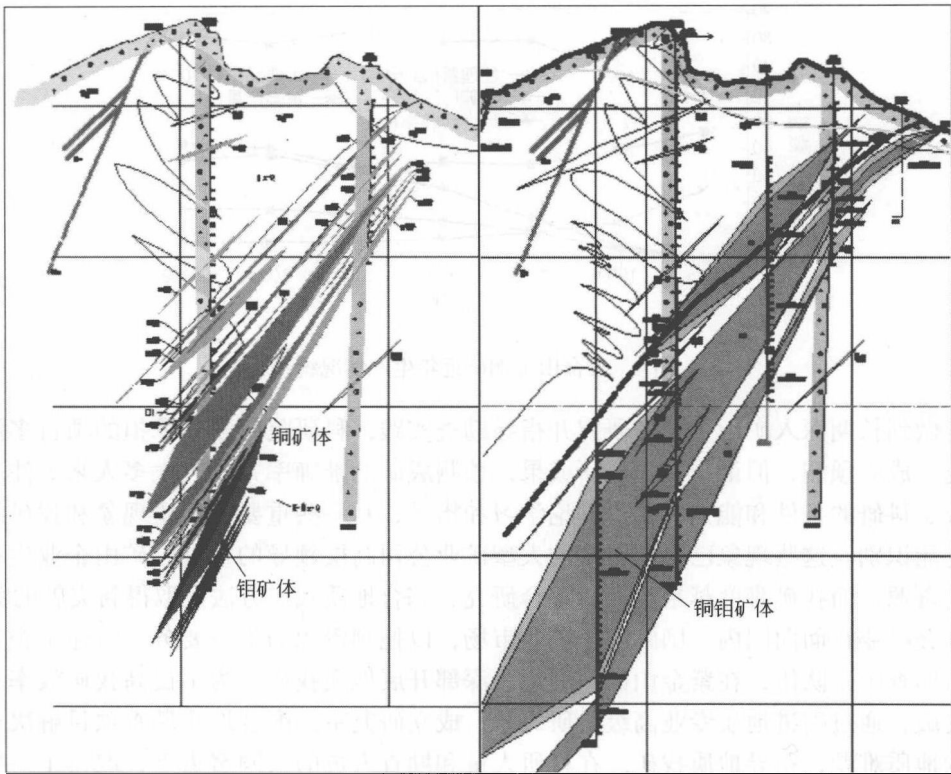


图3 萝卜岭铜钼矿床0号勘探线剖面采用当量指标圈定矿体对比图

目的就是要促进矿山企业珍惜和合理开发利用资源，最大限度地提高资源回采率，降低损失率。紫金山金矿对资源的管理和利用不限于不变的工业指标和工业矿体的采矿回收利用，而是依托科技进步，创新管理，降低生产成本，结合产品市场价格，建立了以矿床开采综合成本，产品市场价格为主要变量的动态指标评价体系，通过降低生产二次圈矿品位来实现最大限度回收矿产资源。如紫金山金矿生产在露采前和露采之初的1998~2000年，生产圈矿品位 $\geq 1 \times 10^{-6}$ ，2001年降至 0.7×10^{-6} ，2002~2003年采用 0.5×10^{-6} ，2004年降至 0.3×10^{-6} ，2005年开始降至 0.2×10^{-6} ，2008年临时又上调到 $(0.25 \sim 0.3) \times 10^{-6}$ ，目前正准备按 0.15×10^{-6} 来进行生产圈矿。圈矿品位降低，出矿品位自然也降低，但矿山利用地质资源不断增多，与2001年矿床最后一次提交勘探报告（金最低边界品位 0.5×10^{-6} ，累计探明黄金储量153.5t，保有138.1t）相比，9年时间已生产黄金145.48t，至2009年末，累计探明黄金储量312t，保有黄金储量123t。尽管生产能力每年不断提高，但生产服务年限没有因此而减少，矿山经济效益也没因此而下滑（见图4）。

3 科研必须与勘查有效结合

目前，矿业行业的科研与勘查的合作基本上是停留在表面上，更多的是各自为战。在一些合作项目中，科研技术人员走马观花式的研究，集中时间来矿山收集资料和采集样品，然后回去做分析测试和综合工作，最后提交科研报告，其间缺乏与企业的交流，很少

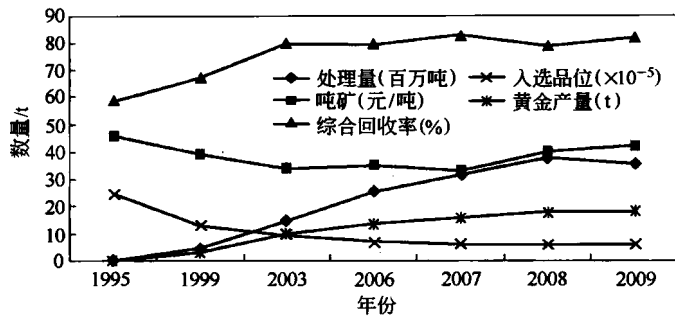


图4 紫金山金铜矿近年生产情况统计

有人能做到长期深入矿山企业做研究并指导勘查实践；科研院所独立承担的项目多注重理论研究、成矿预测，但谁来验证科研成果，预测成矿的准确率并没有太多人来关注。勘查人员缺少科研的条件和能力，缺少理论学习和指导，对一些重要的地质现象和找矿线索常不一定能识别。这些现象已引起更多的大型矿业公司高层领导的重视，矿山企业生存的基础就是资源，而找矿难度越来越大，综合研究、综合地质找矿方法是取得新突破的关键。

紫金矿业在面向国内、国际两个矿业市场，以控制资源为第一要务，组建了企业自己的地质勘查施工队伍，在紫金山矿田周边、深部开展地质找矿。为了提高找矿效率和寻找新的突破，通过引进地质专业高级科研人才，成立研究室，配合地质勘查项目解决过程中碰到的地质难题，指导地质找矿。在科研人员和勘查人员的共同努力下，取得了一些对勘查工作有指导意义的研究成果，如研究总结萝卜岭铜钼矿体一般分布于正磁异常与负磁异常交界处，利用磁异常图结合其他成矿规律指导钻孔设计和孔深确定；又如，利用已总结出的蚀变与成矿的空间关系，斑岩型矿床典型蚀变分带等，用短波红外光谱仪开展紫金山矿田三维蚀变模型填图，准确测定外围探索孔的三维蚀变变化特征，指导找矿方向；利用三维蚀变模型填图在萝卜岭矿区首次发现了高硫型蚀变矿物地开石化带及相关的蓝辉铜矿化，发现了厚度大、品位低的铜矿体，矿化范围还进一步向西部的东南矿段扩大，具有很好的找矿前景。通过对萝卜岭斑岩铜钼矿成矿绢云母蚀变特征发现，根据绢云母铝羟基波长变化特征，由浅至深可区分出三个带，即富铝绢云母带或钠-绢云母带（I带）、过渡绢云母带（II带）和贫铝绢云母带（III带），各带发育厚度与下伏的岩体产状有关，铜钼矿化主要产于II和III带。反应了一定的成因关系，具有重要的找矿意义（见图5）。

4 找矿是为了开发

找矿的目的是什么？公益性地勘队伍主要关心找出矿产的规模，而并不需要考虑开发价值及成本，只要按地质规范要求提交了勘查报告，任务就算完成了。而紫金矿业成立的找矿队伍，首要目的是找出能被开发利用的矿，能延长生产矿山服务年限的矿。

4.1 找能延长矿山的服役年限的矿

生产矿山如果没有探矿增储，地质保有储量逐年减少，最终会走向闭坑。紫金山金矿最后完成勘探报告是2001年，保有金金属量是138.1t，矿山生产从2004年开始就跨入年