2003 年云南采矿年评*

郭忠林

(昆明理工大学国土资源工程学院，云南 昆明 650093)

摘 要：根据 2003 年云南矿业期刊和云南采矿界在全国矿业期刊和会议上发表的论文，以及有关云南矿业发展的论文，对矿业可持续发展等 10 个方面进行评述。

关键词：云南；采矿；年评；2003 年

中图分类号：TD8 **文献标识码**：A **文章编号**：1006-0308 (2004) 02-0003-11

2003 Annual Review of Mining in Yunnan

GUO Zhong-lin

(Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650093, China)

ABSTRACT: Based on papers published or published in periodicals or presented at symposiums, the mining industry in Yunnan in 2003 is reviewed from ten aspects including sustainable development.

KEY WORDS: Yunnan; mining industry; annual review; 2003

2002 年，云南冶金集团总公司完成 10 种有色金属 28.3 万 t，同比增长 1.71 %，其中完成电铝 12.58 万 t、电锌 8.53 万 t、电铅 7.19 万 t；完成锗产品含锗8 844 kg，同比增长 4.89 %；黑色产品共完成铁合金 4.49 万 t、锰粉 1.24 万 t、高锰酸钾 3 069 t。产品产销率达 98 %。完成工业总产值 24.69 亿元，同比增长 4.81 %；完成销售收入 32.8 亿元；进出口总额 1.44 亿美元，其中出口额首次突破 1 亿美元。实现利税总额 3.69 亿元，利润 1.82 亿元，同比增长 10.91 %，确保了云南冶金集团总公司的持续稳定发展[1]。

1 矿业的可持续发展

人口、资源和环境是实现社会持续发展的三要素，而资源又是实现可持续发展的关键要素。我国人均资源不足世界平均水平的一半，除煤以外，所有的矿产资源都处于紧张状态，将在 20～30 年内面临包括石油和天然气在内的各种资源的短缺[2]。解决我国资源匮乏危机的基本对策有：发现新资源、探索新技术、保护环境、坚持可持续发展[3,4]。海洋是一个巨大资源宝库，是大自然留给 21 世纪人类的新资源，也是 21 世纪重要的陆地可接替资源。所以，开发利用好海洋资源才可能实现资源的持续发展和社会的可持续发展[5]。

我国是世界上非金属矿物种类齐全、资源丰富的少数几个国家之一。但目前，我国非金属矿工业面临着：资源匮乏；应用基础研究投入严重不足；生产工艺落后；产品质次价低；大中型非金属矿山企业亏损严重；乱采滥挖、资源浪费严重、生态环境问题突出；竞相压价，外贸秩序混乱的严重问题。但是，只要能够加强统一管理，克服生产技术单调化、产品初级化、市场单一化、企业小型化的弊病，通过技术开发、技术改造和改变营销方式，注重深加工技术和市场的开发，同时，矿产资源规划应遵循市场经济规律，弥补运行机制的缺陷、以人为本、突出战略性、宏观性和政策性，坚持科学

* 收稿日期：2004-03-02
作者简介：郭忠林 (1963-)，男，四川广元人，教授。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性和可操作性。这样就完全可以摆脱资源型的发展模式，而步入一个崭新良性发展的新世纪[6,7,8]。

四矿问题：四矿问题受到党和政府的关心和支持，在矿业、矿城、矿山和矿工四矿问题中，矿山又是核心。目前，我国矿山的生存及发展仍存在着：国家投入和优惠政策越来越少；国有矿山和民营矿山竞争越来越激烈；矿山企业税费太高；社会负担沉重的严重困境。解决了大中型矿山的生存和发展，也就基本上解决了矿山问题[9]。中晚期国有矿山面临着七大困境：①矿石储量枯竭，生产能力急剧下降；②出矿品位逐步降低；③开采作业状况复杂化；④经济效益低下，许多矿山连年亏损；⑤技术进步缓慢，人才流失严重；⑥矿山企业管理能力弱化；⑦企业与地方关系矛盾重重。中晚期国有矿山摆脱困境的四大策略为：矿产资源扩充型策略；人力资源整合型策略；产业多元化发展策略；产权结构改造策略[10]。要使“矿竭企犹存”，就必须实行矿山转产战略。国家和地方政府对转产矿山可采取的扶持政策有：①建立矿山企业的反哺机制与转产基金；②对矿山企业的转产项目免征或减征税费；③实行特别优惠的转产扶持政策；④解决矿山职工社会保险的准入问题；⑤解决企业办社会的历史遗留问题。矿山转产应做到四个结合：①矿山转产与地方经济发展相结合；②产业转移与机制转换相结合；③稳定矿业与发展非矿产业相结合；④就地转产与易地发展相结合[11,12,13]。政府为矿山企业创造和维护市场环境的同时，应以经济手段完善市场机制、以政策引导调整矿业结构、以市场动作替代行政操作、以依法行政强化市场监督[14]。

矿业资本：在经济全球化的时代，应该充分发挥政府、企业、国内外金融组织以及中介组织的积极作用，建立健全矿业资本市场，合理勘探开发我国矿产资源。矿业资本的主要来源有：①矿业企业直接上市；②从公司所得中切出一块作为勘查资金；③小规模勘查公司或找矿人出资勘查；④国家设置的勘查补助资金和国家直接投入的勘查资金；⑤发行债券，向社会筹资；⑥银行与非银行金融机构贷款；⑦政府贷款；⑧其它来源，如公共基金机构、短期资本市场、租赁公司等。利用资本市场直接融资，可以低成本（2 %～3 %）筹集到公司发展的长期资本、降低企业的资产负债率，促进企业的未来发展[15,16]。

矿业人才培养：随着社会的发展，市场竞争越来越强，决定一个企业不仅要有技术专长的尖子人才，还要有管理、市场、金融、法律等方面的人才。因此，必须珍惜、用好人才，加快制度创新、重奖人才。在生产实践中奉献多的人，应得到更高的报酬和更多的锻炼学习机会。因此，矿业教育必须适应人才市场的需求，培养有：创新精神、团队精神、良好的心理素质、扎实的学科知识和相关学科知识的人才[17]。

21 世纪矿山发展方向：目前，国外露天矿开采钻孔孔径已达 455 mm，电铲斗容 40 m^3，卡车吨位 272 t～360 t，大量应用皮带运输和移动式破碎机，成功应用了机载计算机适时监控系统，GPS、GIS 和高性能数据通讯网络技术，实现了设备自动化、智能化控制管理和无人采矿的智能矿山。地下开采中，装备大型化、微型化、系列化、标准化、通用化程度较高，无轨化、液压化、自动化程度高。矿山已采用计算机及相应软件制定矿山的战略规划及长期、中期、短期计划；采用 GPS 定位技术、无线数字通讯技术、网络技术和优化高度软件系统来指挥、调度生产。21 世纪矿山发展方向是：①矿山设备逐步大型化。②矿山设备遥控、智能化。③矿山实现数字化与智能化[18]。

2 矿产资源开发与利用

矿产资源开发是关系国家安全、影响社会经济可持续发展的重要问题。矿产资源开发中应加大地矿勘查和科研力度，采用高新技术方法，争取在最短时间内查明区域矿产资源潜力，发现矿产资源战略储备基地。保证一定的有效投入，依靠科技进步，搞好矿产资源开发工作[19,20]。在我国实行全球能源战略，建立全球能源供应体系应采取的战略方针有：①以煤为主，多元发展，实行煤油气水核并举方针；②国内为主，国外为辅，实行利用两种资源方针；③加强勘查，降低能耗，实行开源与节流并重方针；④发展贸易，扩大开发，实行多渠道供给方针；⑤适度开发，增加储备，实行消费与储备并举方针；⑥以我为主，扩大引进，实行合作勘查国内资源方针；⑦按需进口，以出补进，实行有序进出口方针；⑧既要开发，又要保护，实行开发与保护并重方针；⑨一业为主，多种经营，实行综合发展方针；⑩政企分开，城矿分建，实行矿社分离方针等措施[21]。

世界铁矿工业经历了 1998 年减产经济危机后，现已过渡到稳定发展阶段。从当前与长远看，世界最大的铁矿产品出口商，仍是澳大利亚与巴西，最

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大的进口商是日本、中国和西欧国家。据预测，2007 年全球钢材消费量将增加 1.67 亿 t，铁矿石需求将增加 2 亿多 t。随着我国钢铁工业的快速发展，铁矿石的供需矛盾也越来越大，目前我国铁矿石的自给率仅为 40 %～50 %，2003 年铁矿石进口增量达2 300万 t，国产铁矿石资源不足[22,23]。

我国锡矿资源丰富，且集中分布于云南、广西、江西、广东及湖南 5 省，占全国已利用储量的 98 %，云南和广西占 50 %。锡矿资源中脉锡矿储量约占 90 %，砂锡矿占 10 %，而砂锡矿中又以难选的含铁高的残积砂锡矿为主，在原生脉锡矿中，85 %为多金属硫化矿床。锡矿企业目前仍面临着，资源基础薄弱[24]，因此，应加强地质勘探力度，提高选矿技术，扩大资源潜力。

我国铝工业要实现经营国际化战略发展目标，在全球范围内开发铝资源，适应铝产业全球化的趋势，应努力发展技术创新能力强、主业突出，创建具有持续盈利能力和抗御风险能力的重点大型企业集团[25,26,27]。

铌广泛应用于冶金、航天、电子等高技术领域。世界铌氧化物资源储量仅有2 500万 t，巴西铌储量为1 000万 t，居世界第一位。我国铌储量居世界第二位[28]。我国已探明钼资源矿产储量为 493 万 t，占世界总钼量的 34.17 %，居世界第二位[29]。我国钛资源储量占世界储量的 60 %以上，但钒钛磁铁共生矿占了主导地位。昆明地区钛资源主要分布在富民、禄劝、安宁和西山区[30]。加强对铌、钼、钛稀有金属的开发利用，减少进口量，有利于资源优势向经济优势的发展。

磷是制肥工业的重要原料，我国是世界产磷大国，已探明的资源储量仅次于摩洛哥、美国，居世界第三位，分布在云南、贵州、湖北和四川。我国磷资源富矿少、中低品位矿多；开采难度大；难选矿多，易选矿少。提高利用水平和保障程度的对策有：①加大地勘投入，增加资源储量；②磷资源立足国内，对出口实行总量控制；③调整结构，引导中小矿山走集约化、资源节约型的发展路子，促进其健康发展；④推广高新技术，提高资源的回收利用率；⑤完善磷资源市场规范动作，促进磷矿的健康发展；⑥加大行业协调建设力度，实现资源的优化配置；⑦加强法制建设，促进矿业开发的健康发展[31]。

3　地下开采

矿山自动化：在国外地下开发的大型铁矿山中，已广泛采用了机械化与自动化装备，使凿岩、装载与运出作业实现了自动化。分段崩落法阶段高达到了 100 m，采下的矿石，用铲运机由采场运送溜矿井下到主水平坑，又用载重汽车，通过主水平坑道转运给竖井提升到地表；或矿石运输用胶带运输机出溜矿井直接传送到箕斗提升竖井。瑞典“基鲁纳”矿已实现了凿岩过程的自动化。凿岩工位于距掌子面 150 m 的控制室内操作，由计算机提供钻机工作的全部信息。载重 25 t/台的 5 台铲运机，其整个运转作业，也在矿中心控制室内进行操作。1 台铲运机，当动载距离为 320 m 时，每天可铲运原矿5 000 t[32]。

相似模似试验：目前，应用三维采矿物理模拟试验技术，研究地下采矿工程诱发的地层空间应力场的变化规律和岩层活动规律，是适合采矿物理模拟的应力应变测量手段和测量方式[33]。无废开采是 21 世纪矿业发展的必然趋势。曾志伟等参照国际通用的方法，建立了无废开采综合评价数学模型及其指标评价体系，并根据矿山的一般情况，将评价系统分为矿区经济发展、矿区社会发展、矿区环境保护、矿区资源综合利用与矿区发展协调水平五个子系统。并应用模糊数学与层次分析法对该指标体系、权值的分析处理与系统进行组合分析评价决策。根据无废开采与可持续发展的内涵，建立了无废开采综合评价数学模型[34]。

空场采矿法：易门矿务局在倾角大于 60°，厚度 2～3 m、品位较高的薄小矿体中，采用有底柱浅孔留矿法回采，经试验，将采高由原来的 20～30 m，提高到 40～60 m，省去一个分段的底部结构和电耙联络道及 20～30 m 的溜井工程，降低了采切比。翁春林等还提出以倾斜工作面取代水平工作面的留矿回采方案，经凤山矿生产试验，也取得成功[35,36,37]。大吉山钨矿在生产实践中采用爬罐留矿法开采极薄矿脉，采场高 52.8 m，沿走向长 50 m，底柱高 3 m，顶柱高 3 m，漏斗间距 7 m，房间矿柱厚 2 m，实际采幅 1.62 m。利用沿脉探矿平巷作运输平巷，利用爬罐掘沿脉中央先进天井贯穿上部中段，天井规格为 2.5 ×1.8 m^2。还采用留底柱的漏斗电耙出矿留矿法，采场以中央天井为界，两侧各为一个回采工作面，即两台班同时作业，随采场的上采，在采场两端安装金属小井，作通风和安全出口[38]。

柏坊铜矿在倾角大于 35°，倾向延伸 100 m 的脉状矿体中，生产试验了分段空场留矿法。把两个

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中段之间的矿体作为一个回采单元，以中部探矿斜井为界，划分左右两区，将采场划分为 4 个分段，分段高度约 7.5 m，实行分段分区回采。沿矿脉自上而下掘各分段拉底电耙道。在脉内或脉外再布置一个辅助斜井，作为行人、通风及备用出矿井。回采工作由上部分段开始，首先从分段拉底电耙道的末端进行后退式压矿回采，并逐步形成阶梯形状工作面。在回采过程中，可留下夹石或贫矿作为不规则的矿柱。每次爆破后的矿石留下部分作为下次凿岩爆破的工作台，待上分段回采结束后，再依次回采以下各分段，直至整个单元回采结束。矿块生产能力 70 t/d，矿石贫化率 19 %，矿石损失率 2.7 %[39]。

虎沟金矿 21# 矿脉受构造控制，呈脉状或扳状产出，平均倾角 75°、走向长 1 500 m，厚度平均 0.97 m，品位 5.7 g/t。矿体与顶板之间有一层 0.1～2.0 m 随矿体厚度而变化的蚀变围岩，f = 4～6，不稳固。矿石以含金构造角砾岩为主，泥砾岩化较强，遇水塑性增大，失水极易结块，f = 5～6，不稳固。阶段运输巷道毁坏严重、采场安全难以保证、放矿困难。故生产试验了“脉外开拓、平底结构、废石墙支护的浅孔留矿法”方案。中段高 40 m，采场长度 40 m，不留底柱，间柱宽 3～8 m，顶柱厚 2～4 m，联络道间距 5～6 m，采用平底底部结构。中段运输平巷布置于下盘脉外 4～6 m 处，沿中段平巷隔 4～6 m 掘装矿横巷直通矿体。回采中在矿房中央构筑废石墙。采下的矿石在横巷中装运，矿块生产能力 45 t/d，采矿工效 5.8 t/工·班，矿石损失率 7.8 %，贫化率 20 %，采切比 41.5 m/kt。每年增收节支达 51 万元，大大提高了矿山经济效益[40]。

卡尔纳苏尔矿在厚度 0.7～0.8 m，倾角 12～14°的层状矿体中进行了深孔崩矿留矿法工业试验。试验矿块长 120 m，每隔 30 m 掘一个凿岩天井，将矿块分成 4 个矿段，每个矿段从下向上逐次崩落，而后从上向下出矿。采准工程包括掘进断面为 7.5 m^2 的平巷，断面为 6.0 m^2 的凿岩天井，断面 5.6 m^2 侧翼天井和矿溜子。切割工程有在矿块下部开掘断面积为 3.0 m^2 的切割槽。深孔崩矿留矿法凿岩比浅孔凿岩劳动生产率提高 50 %，出矿劳动生产率提高 25 %[41]。

柏坊铜矿在倾角 35°、倾斜长 30 m 的倾斜薄矿脉中生产试验了房柱全面矿块空场采矿法。将整个矿脉作为一个回采单元，并以中部探矿斜井为界，把采场分为左右两个区段，实行分区回采。利用原探矿天井作为行人通风兼出矿天井。在探矿天井中沿矿脉左右拉开，掘拉底电耙道至无矿为止，然后在拉底电耙道中掘 1#、2# 切割上山与上中段通风平巷贯通。以切割上山为中心，沿矿脉向上全面推进，逐步形成阶梯状工作面，中间阶梯超前两边阶梯。采用浅眼崩矿，爆破后，部分矿石被抛至电耙道内。在电耙道内安设 7.5 kw 的电耙，将矿石耙至出矿天井，最后在天井底部用装岩机装矿。矿块生产能力 80 t/d，矿石贫化率 24 %，矿石损失率 2.9 %[42]。

金平镍矿应用低分段空场采矿法开采宽 89 m，厚 35.5 m，倾角 22.5°，矿石坚硬，f = 6～8，平均品位 Ni 大于 0.76 %、Cu0.65 %的矿体。矿房宽 12 m，采场工 35 m，高 25 m，分段高 5 m，分段平巷断面高 2.5 m，宽 2.2 m，底柱高 5.5～6 m，漏斗间距 6 m。在矿柱回采的采准工程的基础上，自联络道向矿房掘电耙道和斗穿、斗颈、人行天井和分段平巷，在矿房南端开切割天井并扩大成切割槽，作为矿房回采爆破自由面。在各分段平巷中用扇形浅眼爆破落矿，孔深 1.5～1.7 m，最小抵抗线 0.6 m，每次爆破 2～3 排。或者先用水平浅孔扩大分段凿岩平巷宽度，缩小同一分段上两条凿岩平巷间的距离，然后在分段凿岩平巷中打上向平行孔和扇形浅眼爆破落矿，这样可以减少最大孔深，提高凿岩速度，崩落矿石自行落入漏斗中，然后用电耙扒到溜井装车运至地表矿仓。采切比 12.1 m/kt、采切费 7.26 元/t、采场生产能力 150 t/d、回收率 88.63 %、贫化率 8.75 %、采矿成本 28 元/t[43]。

崩落采矿法：无底柱分段崩落法的结构参数可以根据采矿技术及经济的需要在较大范围内进行调整，分段高度从 10～12 m 增加到 15～20 m 以上，进路间距从 8～10 m 增加到 12～20 m 以上，崩矿步距从 1.5～1.8 m 增加到 2.0～3.0 m 以上[44,45]。目前，无底柱分段崩落采矿法的研究方向为：覆盖岩层的性质及自然分级；矿石崩落体形态；崩落矿岩移动规律；放出体—松动体—崩落体三者关系；把放矿与爆破作为一个有机整体进行综合研究，以优化采场结构参数、降低矿石损失贫化，提高矿山经济效益[46,47,48]。许多使用崩落采矿法的矿山均存在着含矿覆盖层的回收问题，但大部分却被丢弃。乔登攀等在分析了含矿覆盖层的形成原因及可行的调查方法后，结合工程实例提出了利用正常采矿实行含矿覆盖层的顺带回收方案，值得崩落法矿

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

山借鉴[49,50]。弓长岭铁矿针对无底柱分段崩落法沿脉布置采矿巷道存在混岩率大、回收率低的问题，试验了将沿脉断面从 3.4 m ×3 m 提高到 6.5 m ×3 m 的大断面，试验结果表明，矿石回收率可由原来的 55 %提高到 75 %～80 %，每年可多回收矿石 15.94 万 t，年创经济效益近 400 万元[51,52]。

王村铝土矿在矿体倾角 26～30°，厚 2.55 m 的单层矿体中，采用沿倾向长壁式下向崩落采矿法，矿块沿走向布置，长 250 m，沿倾向 50 m。解决了生产难题，取得了试验成功[53]。

丰山铜矿在南缘矿带 11 线以东开采技术条件复杂的难采矿体中，进行了自然崩落采矿法的生产试验。将矿块分为 3 个分区，按分区实施中深孔爆破拉底和控制放矿，确保了拉底爆破质量，有效降低了爆破冲击波。采用 X 射线荧光分析技术进行出矿品位现场快速测定，为放矿管理及时提供了准确的数据。获得了采矿损失率 21.4 %、采矿贫化率 25.43 %、矿石视在回收率 104.10 %、金属回收率 80.63 %、采切比 57.778 m/万 t、采矿直接成本 28.59 元/t、矿山直接经济效益 467 万元的较好技术经济指标[54]。铜矿峪矿在实施自然崩落回采工艺 10 多年来，矿石产量不断提高，目前已达设计产量 400 万 t/a，掘采比为 230m³/万 t，生产成本比有底柱分段崩落法下降了 30 %，原矿单位成本处于国内同类矿山先进水平[55]。镜铁山矿采用盘区推进自然崩落法回采倾斜厚大破碎矿体，矿体倾角 50°～70°，节理裂隙发育、破碎，走向长 431 m，根据斜坡道的开口位置，沿走向自西向东将矿体划分为 3 个盘区，盘区长 162 m，宽 54 m，阶段高 58 m，平底底部结构，WK—2 型 2 m³ 柴油铲运机出矿，出矿巷道间距和出矿漏斗间距 16 m。拉底巷道间距 10 m。在每个水平的上下盘布置边界削弱工程和部分辅助崩落工程。边界削弱、拉底与扩漏均采用中深孔进行，先进行拉底与边界削弱，后进行中深孔扩漏，也取得良好效果[56]。

充填采矿法：充填采矿法在我国有色金属矿山中所占比重已达 22.37 %，是近 30 年来发展最快的一种采矿方法。一些采用充填法回采的老矿山，其最大回采深度已达1 000 m 左右，如果通过管道直接向深部采空区输送高浓度的充填料浆，当料浆堵满管时，充填料浆对充填管产生的最大压力将超过 15 MPa。为减少对管道的压力，使钢管受压不大于 8 MP，可在井下建立充填减压站[57,58]。

元阳大坪金矿，应用削壁充填法回采厚度 0.3～0.8 m、倾角 75°～80°、含金 5.91～7.73 g/t、上下盘围岩稳固的层状矿体。阶段高 45 m，矿房走向长 60 m，顶柱 3 m，不留间柱，漏斗间距 10 m。矿房两端天井沿矿体掘进，底部开掘拉底平巷，由下而上水平分层浅孔回采，先崩落矿石，人力运搬出矿、清扫粉矿、拆除胶垫、接高顺路溜井、彻筑天井隔墙、再爆破围岩、削壁充填空场，落矿或削壁后均进行通风、平场，依次循环。此法采矿回收率高、损失率较低，废石不出坑，效益好[59]。画眉坳钨矿，在矿脉密集成群，脉厚 0.33 m，倾角 75°～80°，也采用了上向分层削壁充填法。该法在矿块中部沿倾斜方向开凿了一条中央天井，两端设顺路井。回采时以中央天井为界，一端钻回采眼，另一端钻削壁眼，下一循环交换过来。在各漏斗上架设铁破溜矿筒，基本无粉矿损失，该法方便迅速、效果好、成本低[60]。

金平镍矿在富矿体中，采用上向分层胶结充填采矿汉进行开采。阶段高 30 m，矿块宽 18 m，其中矿房宽 12 m，矿柱宽 6 m，采场长 25～40 m，采场高 20～30 m。回采分层高 2～2.5 m，一次充填高度 4～5 m。浅眼回采，孔间距 0.6 m，排间距 0.5 m，一次崩矿步距 5 m，崩矿量 140 t，采下矿石用 15 kw 绞车配 0.2 m³ 耙斗扒运至采场溜矿井，用木模板接高人行天井和溜矿井后进行采场分层胶结充填。每 m³ 胶结充填料用碎石 1 m³、砂 0.4 m³、425# 水泥 210 kg、水灰比 0.6，胶结充填体强度 150 kg/cm² 以上，自立性很好。采切千吨比 11.5 m/kt，回收率 91.28 %，贫化率 6.36 %，采矿总成本 69.9 元/t[61]。

刘坚等研究表明：粉煤灰可以作为一种胶凝材料用于矿山充填，而且可以提高充填体强度和节省水泥用量；减少粉煤灰的堆存占地和环境污染，为矿山企业创造良好的经济效益与社会综合效益[62,63]。

残矿回采：为缓解资源危机，延长矿山寿命，焦家金矿在老中段，通过生产系统的恢复和完善、采矿方法的研究与应用、探矿力度的加大及残矿工程对外经济承包等方法，使老中段的资源得到了很好的开发和利用，降低了生产成本，延长了矿山服务年限，减缓了下部中段的生产压力，创造了较好的经济效益和社会效益[64]。漂塘矿区采用分段矿房法和浅孔留矿法开采主矿体后，留下挂壁矿、矿柱矿和存窿残矿矿量达 377 万 t，矿区在“安全第一、讲究效益、统筹规划”的原则下，对 496、

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

448、388 三个中段的残矿进行了可行性方案论证和残矿回采试验，取得成功[65,66]。寿王坟铜矿针对井下空区残留矿柱存在状况，制定了具体的回采工艺方案，并进行了综合回采实践，安全高效的回收了矿产资源[67]。我国矿业历史悠久，老矿山很多，为缓解资源枯竭、充分利用资源、延长矿山寿命、扩大就业面，在保证安全的前提下，研究残矿回采，有一定的现实价值。

4 露天开采及露天转地下开采

露天铁矿开采的循环工艺、铰链衔接的自御式汽车、电动机械铲、自行式与移动式的破碎装备与生产能力大的轮式转载机都已获得广泛的推广应用。电子电雷管与程序爆破装置、无人驾驶的自御汽车正处于工业试验阶段[68,69]。

南芬露天矿采用以大孔径和重铵油炸药为主的爆破技术治理了下盘根底的产生，取得了较好效果[70]。对露天矿爆破后冲采用的控制措施有：优化爆破参数；合理选取炮孔用药高度和微差间隔时间；合理布孔；合理安排起爆顺序[71]。21 世纪我国露天矿作为重要的原料生产基地，面临着更加艰巨的任务和严峻挑战，只有跟踪世界矿业发展方向，充分依靠技术进步和技术创新，加大采矿作业的技术含量，应用新理论、新技术和新方法，才能克服自身的薄弱环节，缩小与国外同类矿山差距，保证我国矿产资源开发的可持续发展[72,73]。

马鞍山矿山研究院针对国内露天转地下开采的技术要求及今后的发展趋势，研究了露天与地下联合开采的工艺技术和关键技术。金属矿山露天转地下开采应考虑的技术问题有：合理确定露天开采的极限深度；露天转地下开采过渡时期的产量衔接；露天开采的边坡管理；露天开采残留矿柱的回采；地下开采的通用系统与防洪排水措施；地下转露天或露天与地下联合开采的地下空间问题[74]。

江苏凤凰山铁矿在露天转地下开采的过渡期采用：露天与地下同时建设，先采露天部分，待转入地下开采时，使露天有足够的时间回采残柱，地下有充分的时间进行试采，这样既保证了露天残柱回采，也给过渡期的持续稳产创造了条件[75]。浙江海诸铁矿在走向长 300 m，倾角 55°～75°，矿体埋深 335 m，矿体平均厚度 60 m，露天开采结束后，沿矿体走向留下了三个露天坑和顶底板三角矿带，转入地下开采后，先采用无底柱分段崩落法回采顶底盘残矿，然后采用大爆破的方式一次性将顶底板围岩崩落后形成 20 m 以上的废石覆盖层，作为地下开采时的上覆岩层，确保了地下采矿的安全。铜陵铜山露天矿利用原 - 40 m 阶段作为露天矿的主运输巷道，采用多排孔微差爆破技术，每段药量控制在 500 kg 内，保证了地下巷道的稳定性[76]。

5 溶浸采矿技术

金的非氰化浸出是黄金提取技术的发展趋势，世界上很多学者都在积极探索金的非氰浸出剂。目前，比较有前途的浸出剂有硫脲、溴和碘等，但还有待于进一步完善，尤其是进行工业试验研究[77]。细菌浸出难浸金矿的生物浸出技术，能从低品位矿石中把有价值的贵金属提取出来。细菌浸出硫化矿，特别是难处理金矿，在许多国家和地区已经得到了广泛的研究和应用，相对于其它预处理工艺，如加压氧化、焙烧氧化等来说，细菌氧化具有成本相对较低、资源利用充分、基本无污染、金的回收率高、流程灵活、操作简单等优点[78]。

原地破碎浸出采矿法是近年来迅速发展起来的一种溶浸采矿法，是融采、选、冶于一体的一种新型采矿方法，它具有投资小、见效快、回收率高，能回收低品位矿石的优点，正在我国矿山推广应用[79]。原地破碎浸出的关键是爆破筑堆的质量，既要使矿堆渗滤均匀，又不能出现隔水层和矿石离析现象。爆破筑堆应根据原地爆破浸出的特点和硬岩浸出的物理—化学机理，采取有效的技术措施，使待浸矿堆的矿石裂隙发育、块度适中、粒级匹配合理、孔隙度均匀、渗透性能良好。采取的主要控制措施有：①采用分段或阶段落矿方法，尽量避免采用分层落矿方法；②采用小补偿空间一次挤压爆破筑堆技术；③合理确定切割槽的距离及崩矿步距[80,81]。某低温热液矿床赋存在花岗岩中，矿石和围岩完整、稳定，爆破性能较好，局部地段岩石破碎。矿岩稳固性 f = 8～10，体重 2.57 t/m^3，矿岩松散系数 1.6，矿石平均温度 1.32 %。矿床水文地质条件简单。试验采用扇形中深孔分段挤压爆破落矿筑堆工艺；阶段高度 40 m，采场长 50 m，分段高 12 m。在每一分段上采用小补偿空间微差挤压爆破。设计采用分段布液方案，即在脉外布液巷道中钻凿布液孔，同时将布液管通过钻孔埋入矿堆。布液网度：2 m ×1 m。布液孔孔底距 2 m，布液管 Φ25 ×2.5 mm 聚乙稀管加工成多孔出流管，开口间距 1 m。溶浸液的硫酸浓度：0.5 %～3 %；布液强度：15～20 L/m^2. h；酸耗：矿石重量的 2.0 %；

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

液固质量比：21；浸出 PH 值为 2.0；浸出时间：300 d；浸出率：75 %。采场中采用巷道集液，即将穿脉封堵后作为集液巷道。集液系统为配液池 —高位池 —主布液管 —脉外天井（或采场顺路井） —布液管 —矿堆 —集液巷道 —浸出液输送管 —地表中转池。实践证明，该法可行，值得广泛应用[82,83]。

6　地下工程及边坡稳定性

尖山铁矿破碎机硐室采用新奥法设计与施工，围岩以石英岩、石英角闪岩和磁铁矿为主，基本稳定。破碎机硐室尺寸为：长 ×宽 ×高 = 36.00 × 15.60 ×17.75（m），属于高墙大跨度地下硐室；设计硐室埋深 338.71 m。采用上、下导硐分层开挖工艺施工，先拱后墙支护顺序。根据对硐室周边收敛值、拱顶下沉值、围岩深部位移值等得出的围岩的力学指标，进而对破碎机硐室的围岩稳定性进行了分析和评价，并经现场开挖后的围岩状态所证实。该计算分析方法简便实用，对各类大硐室工程的设计与施工具有较大参考价值[84]。荆各庄矿业公司在高应力膨胀软岩的硐室中，采用锚网喷锚带锚索的两次联合支护形式，即：一次支护全断面采用喷锚网、锚带支护，再根据围岩变形观测结果，在变形量小于 0.5 mm/ d 时，进行二次支护。二次支护时底板以上先打锚索，再喷 50 mm 厚混凝土达到设计值，底板采用浇筑 150 mm 厚混凝土。锚杆直径 22 mm，锚杆间排距 500 mm，锚杆长2 000mm。有效地维护了硐室的稳定、保证了硐室的安全[85]。

徐卫亚等通过对边坡稳定性分析中模糊因素的研究，提出了一种工程边坡模糊稳定性分析的新方法，建立了边坡稳定性分析的模糊数学模型，并给出了相应的求解方法。在分析岩土力学参数试验资料的基础上，结合专家经验提出了岩土力学参数的隶属函数松造方法，利用统计资料构造了边坡稳定性评价的隶属函数，并提出了边坡稳定性评价的具体分类指标和模糊安全系数隶属度的计算方法[86,87]。

7　矿井通风与安全

我国现有在役矿山中，通风系统普遍有效风量率低，漏风严重，采场没有贯穿风流，井下风流乱窜，烟尘倒流，井下作业条件恶劣和风机效率低。为了解决井下通风系统中存在的主要问题，必须进行通风系统调查，通风系统信息采集和通风系统诊断等工作。为此，杨振宏等建立了井下通风系统论断模型，可以随时调整、改善井下开采作业的大气条件，主要包括通风系统风量诊断、通风阻力诊断和通风主扇性能诊断等，能快速诊断出通风系统中存在的安全生产隐患[88,89]。

影响矿井通风经济效益的主要因素有：①通风机设计选型不合理；②通风机运行状况及管理不好；③通风网路布置不合理、漏风严重；④采后不充填的采空区漏风；⑤风道中障碍物多减小了通风断面增加了通风阻力；⑥矿井通风网路特性与通风机不匹配；⑦与通风相关的电气、机械、安全等辅助装置存在问题[90]。夏建波等在对通风网络解算程序进行认真分析研究的基础上，采用 Visual Basic 对其进行了可视化开发和设计，并新增了数据库管理功能，大大提高了运算效率及使用的方便性[91]。

安庆铜矿为一矽卡岩型铁铜矿床，位于长江中下游铁铜成矿带中部，埋藏深度在 - 185～ - 780 m 之间。自 1991 年投产以来，采用大直径深孔充填采矿法，实行强化开采，日采选能力为3 500 t/ d，是铜陵有色金属公司主力矿山，也是水文地质条件最为复杂的矿山。随着向深部开采，地下水的不断疏排，降落漏斗不断扩大，雨季井下最大涌水量不断增大，矿区岩溶覆盖区产生了大面积的地表塌陷和地表水下灌。为了防止矿坑水害，控制矿区地面塌陷及河水倒灌，对井下出水点进行封堵及地表综合治理，使最大涌水量的增势得以控制，从而得出上堵下排、避免矿井带压开采的防治措施，取得了显著效果[92]。

针对不容乐观的矿山安全形势，必须牢固树立起“安全重于泰山”的意识，狠抓责任制的落实，切实加强监督管理，其对策有：①要从矿山企业源头抓起，提高矿山业主的责任意识，按照矿山安全生产设计要求抓好安全生产。②要完善安全生产监督管理规则，进一步理顺管理机制，做到权责统一。③要依法处罚矿山事故责任人。④要推进矿业秩序治理整顿，大力消除无证开采和证照不全小矿[93]。

8　工程爆破技术

拆除爆破：某轧钢厂在复杂环境下采用定向倒塌、梯形缺口的拆除爆破技术，爆破拆除 56 m 高烟囱。缺口园心角 210 度，缺口位置距地面 0.5 m 以上，倾离中心线位于南偏东 6 度。人工开定向窗 30 个炮眼，最后起爆 60 个炮眼，用炸药 4.8 kg，8# 瞬发工业电雷管串联齐发起爆。在爆破缺口方

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

向，距烟囱 0.5 m 处，用沙袋遮挡，其范围超出炮眼 0.5 m。在烟囱的倒塌范围内，垫上 20 cm 厚的炉渣，且每隔 10 m 用沙袋筑一条 0.5 m 高的缓冲墙，在斜坡上距烟囱 60 m 处，筑一条 1.5 m 高、1.5 m 宽、60 m 长的挡墙，以保护围墙。烟囱按预定方向倾倒，无后座，并完全解体。没有明显的震感，爆堆集中在 50 m 范围内。爆破时没有出现飞渣，烟囱倒地时，未出现飞溅。周围建筑物安然无恙[94]。梁开水等根据单自由面炮眼装药正、反起爆法中动、静态应力场的特点，在分析了具有两个相对自由面墙爆破应力场情况，在建筑物拆除爆破工程中综合应用正、反起爆技术，提高了拟爆体部位的爆破质量[95]。

爆破地震对结构的危害很大，为了降低爆破地震效应，可采取的技术措施有：①限制最大一段的用药量；②采用微差爆破技术；③采用减震沟、减震孔和预裂缝的工程技术；④改变装药结构；⑤构造临空面；⑥选择最小抵抗线方向；⑦控制传爆方向；⑧减少炮次[96]。文雪峰等应用事故致因理论，从理论上对拆除爆破的危险性预先分析进行了探讨，并根据危险性等级的划分与确定方法的原则，结合厂房、烟囱拆除爆破实例，制定了厂房、烟囱拆除爆破危险性预先分析表，以确定各危险因素和预防措施，确保施爆安全[97]。

硐室爆破：铜室爆破中产生个别飞石的原因是多方面的，预防飞石的措施有：认真勘察地形及地质构造，对特殊地质岩体采取相应措施；提高地形地质条件的测量精度；正确选取爆破参数；确定合理的起爆顺序和间隔时间；保证药室内炸药的稳定传爆；提高装药质量和堵塞质量[98]。

在土石方爆破和矿山爆破中，爆破的岩体是一个非常复杂的范畴和系统，它的性质取决于多种因素，从而构成了岩体的极端复杂性。易建坤等用灰关联分析法来评价岩体天然因素对爆破效果（块度）的影响，确定出对爆破效果起控制作用的因素，并提出了改善爆破效果的途径[99]。

爆破参数优化：狮子山铜矿针对中深孔落矿嗣后充填采矿法中，扇形中深孔炸药分布不均，爆破后大块产出率高、炸药单耗大、爆破效果差的生产现状，在进行了系列爆破漏斗的生产试验基础上，采用小抵抗线的爆破技术，对采场中深孔爆破参数进行了优化试验，炮孔排距 1.2～1.4 m，最大孔底距 1.7～1.9 m，单位炸药消耗量 0.48～0.55 kg/t。即在保持孔网面积和单位炸药消耗量基本不变的情况下，减小抵抗线、增大孔间距，使炮孔的密集系数增大，从而降低了炸药消耗量和大块产出率[100,101]。对露天矿破碎带的边坡提出采用孔间微差预裂爆破技术来保护其稳定[102]。

9 矿山环境保护

矿业是发展国民经济的支柱产业，矿业开发给人类社会带来了文明和繁荣，但是它对自然生态环境的破坏也相当严重[103]。矿产资源的开发利用，势必造成生态环境的破坏，废弃物占地、地表塌陷、建筑物破坏、水污染等。矿产资源的开发对生态环境的影响主要表现为：矿区废水、废气和固体废料对环境造成的污染；矿山生产对植被、土地、水生态造成破坏；矿山生产诱发各类次生地质灾害，造成人员伤亡和重大经济损失[104]。据统计，截止至 2001 年，因煤炭地下生产而造成的地表塌陷面积达 50 hm^2，并且将以 2 hm^2/a 的速度增加，露天采掘场挖损和外排土场占地大约为25 100 hm^2。实现矿产资源与环境一体化是解决矿山环境保护问题的根本措施，也是矿产资源开发企业实现可持续发展的一个主要途径[105]。①对于新建设的矿山，要树立环境意识，在立项、可行性研究和项目评估阶段，要把环境治理与保护列为一项重要内容。对可能产生的环境破坏要有预防措施和治理方案，有人员和资金投入计划，还要有经济效益；②已投入生产的矿山，要将矿山环境保护作为一个产业来开发，边开发资源边建设环境，使环境建设成为矿山的一个经济增长点。积极开发清洁生产，减少矿山生产对大气的污染和对矿山的污染；充分利用金属矿山中的尾矿，在开发矿石的同时也减少尾矿占地；利用矿山闭坑后的景观，开发旅游资源。③开展土地生态复垦，建立良性循环生态，对废弃矸石进行泥化分析，寻找适合动植物生长的土壤环境，建立农业—林业—牧业—渔业的生态循环系统，使资源开发与环境建设互相协调、补充，共同发展[106]。采取的措施有：强化“三废”治理和综合利用工作；开采与恢复同步进行；实施清洁生产。做到人类、资源、环境协调发展才是实现矿业可持续发展的必由之路[107]。

砂金矿床多分布于河谷低地，湖岸地带，经露天开采，采场范围内耕作层或自然植被被剥离，使采区变成一片砂砾石堆，使地下水的补给、逕流和排泄条件发生改变，大气降水和地表水向地下渗透也失去了过滤层，使地下水水质恶化，水源直接遭

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

受破坏，给工农业生产和人民生活造成危害，使地面形成坍陷，破坏地表环境，毁坏耕地或危及建筑物的安全[108]。当前，砂金露天开采环境保护的突出问题是沉淀污水和复土造田。沉淀污水的方法有：①筑坝挡水沉淀；②利用旧采池净化污水；③用化学法加速悬浮物絮凝沉淀。复土造田遵循的原则是复田后的堆积层位，其物质颗粒组成和采前自然沉积特点应基本一致，使之不影响作物种植和草木生长，并努力缩短复田周期，及早恢复利用，减少经济损失。复田的实施步骤是：机械剥离、采区回填和种植覆盖。复田可采用边采边复田的方法，经复田处理的地段，如果暂时不适合种植农作物，可以种草植树，绿化采区，维持生态平衡[109]。

矿山开采塌陷治理的控制技术有：①实行保护性开采，改革矿井开拓部署，采用条带开采，利用粉煤灰井下充填，实行井下矸石直接填充采空区工艺，减小地表下沉和塌陷破坏；②整治利用，挖深垫浅。将较深的塌陷区再挖深些，用于淡水养殖或作为农业灌溉水源。较浅塌陷区则采取垫浅方式进行矿山土地复垦[110]。矿山地土复垦技术有：①平整土地与修造梯田复垦技术，通过土地平整辅表土层，可作为农业用地、林业用地、建筑用地或文化娱乐用地；②利用坑口电厂粉煤灰全部用于充填塌陷区的粉煤灰充填复垦技术；③应用复垦工程技术和生态工程技术的生态农业复垦技术；④利用生物措施恢复土壤肥力与生物生产能力的生物复垦技术；⑤利用微生物活化药剂或微生物与有机物的混合剂，恢复土壤肥力和活性的微生物复垦技术[111]。

矿山地质防治：地质灾害不仅给人类生命带来威胁，而且对环境、资源、财产等均具有破坏性。由于地质灾害的发生具有区域化、突发性、分布广、频率高等主要特点，地质灾害所造成的损失十分严重。我国是世界上地质灾害损失最严重的国家之一，如 98 年，全国共发生滑坡、崩塌和泥石流等突发性地质灾害 18 万处，较大规模的有 447 处，造成1 157人死亡，1 万多人受伤，50 多万间房屋被毁坏，经济损失 270 亿元人民币。现有 400 多个县级城镇、1 万多个夺庄受到滑坡、崩塌、泥石流等灾害的威胁。虽然我国在地质灾害领域的理论研究和防治水平有了很大提高，但灾害威胁依然存在，而且越来越严重，归纳起来可以概括为三个主要原因：①预防性、区域性研究远远跟不上治理工程需要；②治理工程偏重工程技术方面忽略地质灾害发生的地质机理研究；③人类因素的参与，造成自然地质体平衡状态的恶化、自然生态环境的破坏等加速了大区域范围内地质灾害的发生频率和规模。因此，作为我国地质灾害综合防治的一条有效道路，就是要加强开展地质灾害危险性和风险区划，开展预防性研究，圈定地质灾害危险性区域和灾害高风险区域，为国土规划、减灾防灾、灾害管理与决策提供可靠依据，从而达到综合防灾与减灾的目的[112]。

环境影响评价：矿山现行的环境影响评价及其提交的环境影响报告书，是将矿山开发视为单个建设项目且只注重污染物排放和简单数量分析的单要素评价。饶运章等将矿山开发视为统一系统，充分考虑系统内矿石开采、废石场、尾矿库等岩土工程及其矿岩氧化淋滤产生的毒害物质对矿区及其区域水土环境潜在而长期的影响，建立了矿山岩土工程系统环境质量评价的指标体系，以改变矿山环境评价的传统模式，规范和监督矿山开采行为，以实现矿业开发与环境保护的协调发展[113]。

10　计算机应用

矿山信息化：在矿山产、销等活动中，充分利用现代信息技术，一切利用信息资源，优化矿山活动全过程，可提升矿山的管理水平与技术水平，提高矿山企业的竞争能力。我国是矿业大国，全国有 8 000多座大、中型矿山，20 多万个小型矿山，国内矿山的设计、生产、管理体系是在原苏联模式的基础上发展起来的。随着国家改革开放政策的不断深入，我国矿业得到长足的发展，在许多方面都有创新和改进。为促进矿业高速发展，应加强矿业信息化的建设步伐[114]。钱亚鹏等根据矿业系统的特点，从经济、社会和环境三方面构造了相应的动态模型，建立了矿业可持续发展系统的评价指标体系；从系统协调发展能力和系统的承载能力两方面，采用多指标综合评价方法确定矿业的可持续发展度，从而对矿业可持续性进行了可行的评价[115]。

模糊决策：矿床地下开采中的采矿方法选择是一个典型的模糊决策问题，它需要从许多模糊的、不够确切的地质因素和开采技术条件中判断。如矿体形态、产状、规模、矿岩物理力学性质、矿石价值、水文地质条件、采矿过程中的安全和对地表的影响程度等因素本身具有模糊性[116,117]。淡永富应用模糊数学矩阵最终优化决策原理对金矿床开采中

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的几种技术经济比较优劣不明显的采矿方法进行了综合评判分析研究，确定了合理的采矿方法，达到了选优目的，实现了安全、高效、低耗采矿的目的，取得了满意的效果[118,119]。

人工神精网络：叶加冕等应用人工神精网络系统对合理的地下采矿方法技术经济指标进行了预测，有效地解决了采矿方法选择评价时指标获取难的“瓶颈”问题[120]。夏建波等将人工神精网络系统应用来解决非确定性的井巷支护方式选择及参数优化问题，并建立了专用的神精网络模型，实现了地下矿山各种井巷工程支护设计，经对比研究，与实际相符[121]。小官庄铁矿利用数值模拟方法来对回采巷道的地压显现特征进行分析和研究，直观的看到了所要开挖回采巷道的地压分布情况，且与地压变形观测的结果相符合，有效地指导了矿山的生产[122]。

三维有限元：采矿是一门极为复杂的工程，其复杂性既在于开采结构的复杂性，也在于开采条件和环境的复杂性。随着开采规模的不断扩大和开采深度的逐渐增加，经验类比方法已经失去了意义[123]。为了保证开采的安全，提高开采的效益和效率，必须进行采矿设计的定量计算和分析，确定合理的采场结构参数、开采顺序等，从而实现采矿决策科学化和设计优化。云锡塘子凹采用三维有限元对 31 - 1 矿体进行了六种采矿设计优化方案的模拟，模拟结果经首采矿块的实验验证，与实际基本吻合。为该矿的采矿决策和采矿设计优化提供了一定的技术支持，为其它矿山的采矿优化设计提供了一条途径[124]。会泽铅锌矿运用三维有限元模拟计算方法对 6 号矿体上向进路分层开采的采场和围岩稳定性进行了详细的计算分析，为选择合理的开采顺序和采场结构参数、有效控制地压活动、保证安全回采提供了依据[125]。

矿山资源管理：矿山资源是矿山企业生存和发展的基础，资源管理工作贯穿于矿产开发的全过程。科学管理矿山资源包括：资源的储量、品级分布，资源技术经济指标的动态优化，采掘作业顺序的合理布局，生产、地质探矿工程布设，以及矿区深部、外围有利成矿地段的科学预测、资源接替等方面的工作[126]。应用矿床数学经济模型，克服了矿山技术人员在资源管理工作中的顾此失彼，有机地建立起矿山资源参数空间上的本质联系，可以科学、有效地处理矿山生产过程中的关键性难题，提高生产作业的预见性。模型建立的过程包括：原始资料数据库的建立；矿体变化性的定量分析研究；实验变异函数的计算、理论拟合；结构参数的确定及交叉检验；矿区二维、三维数学经济模型的建立；品位估值和储量计算；技术经济方案参数的对比、优化；最优矿床经济模型的建立。多家生产矿山的应用，在增加矿产储量、有效开发矿山资源及实现矿山生产动态管理等方面起到了很好的作用。促进了矿山资源管理工作的现代化、科学化、运用地质统计学理论，建立的矿床数学经济模型，用于指导矿山资源的合理开发，取得了令人满意的成果[127]。

参考文献：

[1] 陈 智. 云南冶金 [J]. 2003, (1): 1-6.
[2] 于留春. 中国矿业 [J]. 2003, (10): 1-3.
[3] 李浙昆, 等. 矿业研究与开发 [J]. 2003, (5): 1-3.
[4] 马 娟, 等. 昆明理工大学学报 (理工版) [J]. 2003, (3): 1-5.
[5] 吕森林, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (8): 34-37.
[6] 苏德辰, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (10): 4-7.
[7] 胡福祥. 中国矿业 [J]. 2003, (11): 21-23.
[8] 刘骊光. 矿产保护与利用 [J]. 2003, (5): 1-4.
[9] 连民杰, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (11): 1-4.
[10] 谢英亮, 等. 中国钨业 [J]. 2003, (3): 3-5.
[11] 张应红, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (5): 9-13.
[12] 李柏林, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (5): 20-22.
[13] 李修志, 等. 矿业快报 [J]. 2003, (9): 1-3.
[14] 方 敏, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (5): 23-25.
[15] 贾 丰. 中国矿业 [J]. 2003, (4): 19-22.
[16] 邱景来, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (4): 23-25.
[17] 吴玉兰, 等. 有色冶金设计 [J]. 2003, (1): 10-11.
[18] 吴玉兰, 等. 有色冶金设计 [J]. 2003, (1): 10-12.
[19] 王建平, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (9): 19-22.
[20] 曾 勇, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (12): 1-3.
[21] 朱 训. 中国矿业 [J]. 2003, (5): 1-8.
[22] 王泗代. 有色冶金设计 [J]. 2003, (1): 33-34.
[23] 阴树标, 等. 昆明理工大学学报 (理工版) [J]. 2003, (5): 20-23.
[24] 张 岚. 有色冶金设计 [J]. 2003, (3): 1-5.
[25] 周 勉. 云南冶金 [J]. 2003, (3): 56-58.
[26] 王文彬, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (10): 24-26.
[27] 柴 峰. 中国矿业 [J]. 2003, (8): 40-43.
[28] 张去非. 中国矿业 [J]. 2003, (6): 30-33.
[29] 薛康营. 中国钼业 [J]. 2003, (2): 15-17.
[30] 沈强华, 等. 昆明理工大学学报 (理工版) [J]. 2003, (5): 15-19.
[31] 袁俊宏. 中国矿业 [J]. 2003, (4): 4-9.
[32] 王泗代. 有色冶金设计 [J]. 2003, (1): 4-5.
[33] 刘长武, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (8): 6-8.
[34] 黄志伟, 等. 中国矿业 [J]. 2003, (6): 39-42.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[35] 翁春林，等. 有色冶金设计 [J]. 2003，(2)：20-22.
[36] 刘华武，等. 有色冶金设计 [J]. 2003，(1)：17-20.
[37] 丁士垣. 金属矿山 [J]. 2003，(8)：16-17.
[38] 况世华，等. 云南冶金 [J]. 2003，(6)：2-3.
[39] 伍衡山，等. 矿业工程 [J]. 2003，(4)：22-23.
[40] 狄卫民. 矿业快报 [J]. 2003，(1)：9-12.
[41] 况世华，等. 云南冶金 [J]. 2003，(6)：6-7.
[42] 伍衡山，等. 矿业工程 [J]. 2003，(4)：23-24.
[43] 李云华，等. 云南冶金 [J]. 2003，(4)：8-10.
[44] 张国建，等. 中国矿业 [J]. 2003，(11)：41-43.
[45] 张志贵. 中国矿业 [J]. 2003，(11)：31-34.
[46] 张国建，等. 中国矿业 [J]. 2003，(12)：38-42.
[47] 张国联，等. 中国矿业 [J]. 2003，(12)：49-51.
[48] 程海军. 金属矿山 [J]. 2003，(12)：5-7.
[49] 乔登攀，等. 中国矿业 [J]. 2003，(5)：35-38.
[50] 张运山，等. 有色矿山 [J]. 2003，(6)：14-17.
[51] 韩文成，等. 金属矿山 [J]. 2003，(8)：12-13.
[52] 梁　敏，等. 矿业快报 [J]. 2003，(12)：8-10.
[53] 邱慎前，等. 矿业快报 [J]. 2003，(5)：16-18.
[54] 高文德，等. 矿业研究与开发 [J]. 2003，(1)：9-11.
[55] 张树茂. 金属矿山 [J]. 2003，(2)：12-14.
[56] 王贻明. 矿业快报 [J]. 2003，(2)：10-11.
[57] 淡永富. 有色冶金设计 [J]. 2003，(1)：5-8.
[58] 于亦亮，等. 有色金属（矿山部分） [J]. 2003，(1)：11-12.
[59] 况世华，等. 云南冶金 [J]. 2003，(6)：3-4.
[60] 况世华，等. 云南冶金 [J]. 2003，(6)：5-6.
[61] 李云华，等. 云南冶金 [J]. 2003，(4)：6-7.
[62] 刘　坚. 矿产保护与利用 [J]. 2003，(5)：43-44.
[63] 吴　浩. 粉煤灰综合利用 [J]. 2003，(4)：17-19.
[64] 卢国栋，等. 中国矿业 [J]. 2003，(8)：31-33.
[65] 宋永国. 中国钨业 [J]. 2003，(4)：23-25.
[66] 李宏平，等. 有色金属（矿山部分） [J]. 2003，(1)：5-8.
[67] 余　斌，等. 有色金属（矿山部分） [J]. 2003，(4)：10-13.
[68] 王泗代. 有色冶金设计 [J]. 2003，(1)：3-4.
[69] 杨春城. 云南冶金 [J]. 2003，(2)：15-18.
[70] 刘振东. 矿业快报 [J]. 2003，(1)：15-16.
[71] 刘振东. 矿业快报 [J]. 2003，(2)：12-14.
[72] 刘双伟，等. 矿业工程 [J]. 2003，(3)：25-27.
[73] 于汝绶. 中国矿业大学学报 [J]. 2003，(1)：1-7.
[74] 郭金峰. 云南冶金 [J]. 2003，(1)：7-8.
[75] 刘占魁，等. 中国矿业 [J]. 2003，(12)：54-56.
[76] 郭金峰. 云南冶金 [J]. 2003，(1)：9-10.
[77] 李桂春，等. 中国矿业 [J]. 2003，(3)：1-5.
[78] 袁利伟，等. 有色冶金设计 [J]. 2003，(1)：21-25.
[79] 刘　永，等. 中国矿业 [J]. 2003，(9)：49-51.
[80] 李广悦，等. 矿冶 [J]. 2003，(3)：9-12.
[81] 张　峰，等. 有色金属（矿山部分） [J]. 2003，(4)：5-6.
[82] 钟永明，等. 中国矿业 [J]. 2003，(12)：47-48.
[83] 王小波，等. 有色金属（矿山部分） [J]. 2003，(4)：7-9.
[84] 郝　哲，等. 中国矿业 [J]. 2003，(4)：56-59.
[85] 于景泉，等. 煤炭科学技术 [J]. 2003，(8)：9-11.
[86] 徐卫亚，等. 岩土工程学报 [J]. 2003，(4)：409-413.
[87] 许传华，等. 金属矿山 [J]. 2003，(2)：34-37.
[88] 杨振宏. 安全与环境学报 [J]. 2003，(6)：53-55.
[89] 郭斯旭，等. 工程设计与建设 [J]. 2003，(2)：40-44.
[90] 李万隆，等. 煤炭科技 [J]. 2003，(1)：1-2.
[91] 夏建波，等. 矿业研究与开发 [J]. 2003，(3)：40-42.
[92] 袁小明. 有色冶金设计 [J]. 2003，(1)：13-16.
[93] 赖进益. 矿产保护与利用 [J]. 2003，(5)：5-8.
[94] 王　勇，等. 云南冶金 [J]. 2003，(5)：7-9.
[95] 梁开水，等. 爆破器材 [J]. 2003，(1)：32-35.
[96] 方　向，等. 爆破器材 [J]. 2003，(3)：22-25.
[97] 文雪峰，等. 云南冶金 [J]. 2003，(4)：1-5.
[98] 闵国清，等. 云南冶金 [J]. 2003，(3)：1-3.
[99] 易建坤，等. 矿冶 [J]. 2003，(1)：15-17.
[100] 沈慧明，等. 中国钼业 [J]. 2003，(1)：14-17.
[101] 李吉利. 矿业快报 [J]. 2003，(9)：7-10.
[102] 杨春城. 中国矿业 [J]. 2003，(5)：42-44.
[103] 李新冬，等. 中国钨业 [J]. 2003，(3)：30-32.
[104] 赵　方. 中国矿业 [J]. 2003，(6)：8-12.
[105] 赵国忱，等. 中国矿业 [J]. 2003，(8)：38-39.
[106] 闫旭骞，等. 中国矿业 [J]. 2003，(8)：22-25.
[107] 闫旭骞，等. 有色金属（矿山部分） [J]. 2003，(4)：2-4.
[108] 傅瑞时. 有色冶金设计 [J]. 2003，(2)：17-19.
[109] 胡振琪，等. 金属矿山 [J]. 2003，(6)：53-56.
[110] 周桂铨. 矿业快报 [J]. 2003，(11)：1-3.
[111] 彭高辉，等. 安全与环境工程 [J]. 2003，(1)：22-25.
[112] 殷坤龙，等. 安全与环境工程 [J]. 2003，(1)：32-35.
[113] 饶运章，等. 中国矿业 [J]. 2003，(3)：18-22.
[114] 吴玉兰，等. 有色冶金设计 [J]. 2003，(1)：9-10.
[115] 钱亚鹏，等. 有色冶金设计 [J]. 2003，(3)：11-14.
[116] 淡永富. 有色冶金设计 [J]. 2003，(2)：11-16.
[117] 黄光球. 中国矿业 [J]. 2003，(4)：15-18.
[118] 肖木恩. 矿业研究与开发 [J]. 2003，(1)：15-17.
[119] 李学锋，等. 昆明理工大学学报（理工版） [J]. 2003，(6)：1-3.
[120] 叶加冕，等. 云南冶金 [J]. 2003，(1)：11-14.
[121] 夏建波，等. 云南冶金 [J]. 2003，(2)：11-14.
[122] 赵兴东，等. 中国矿业 [J]. 2003，(3)：42-45.
[123] 侯克鹏，等. 中国矿业 [J]. 2003，(4)：32-35.
[124] 贾明涛，等. 工程设计与建设 [J]. 2003，(5)：8-13.
[125] 吉学文，等. 矿业研究与开发 [J]. 2003，(2)：7-9.
[126] 普传杰，等. 云南冶金 [J]. 2003，(3)：4-6.
[127] 严　晖. 中国矿业 [J]. 2003，(8)：14-17.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net