

矿床无废开采的 规划与评价

彭怀生 古德生 董鸿翮 著

冶金工业出版社

矿床无废开采的规划 与评价

彭怀生 古德生 董鸿翔 著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2001

内 容 简 介

本书对矿业和矿区的可持续发展做了全面的论述,特别是对矿床无废开采这一实现矿业可持续发展的最重要途径,从其概念、意义、实现条件及实现途径等方面进行了系统的介绍。

本书借鉴了矿山项目技术经济评价的方法与成果,对矿产资源的再次评价及矿山废料资源化评价进行了讨论;提出了应用综合指数法对无废开采实现程度进行评价的理论体系;应用神经网络系统对矿业可持续发展进行评价,建立了相应的模型及标准。从理论到实践建立了完整、系统的无废开采评价体系。同时对无废开采的统筹设计进行了论述。最后,通过实例介绍提出了在矿山规划设计阶段就必须着重解决无废开采的问题,使矿山开采的经济效益、社会效益与生态环境效益达到协同增长的新思路。

本书可供矿业工程技术人员、环保工作者、可持续发展研究人员及相关工程院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿床无废开采的规划与评价/彭怀生,古德生,
董鸿翮著. —北京:冶金工业出版社,2001.4
ISBN 7-5024-2741-4

I. 矿… II. ①彭…②古…③董… III. 矿山开采
—研究 IV. TD8

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第10666号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)
责任编辑 郭富志 美术编辑 熊晓梅 责任校对 卿义春
北京源海印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2001年4月第1版,2001年4月第1次印刷
850mm×1168mm 1/32:4.875印张;130千字;150页;1-1500册
14.50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(100711) 电话:(010)65289081
(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)



作者简介

彭怀生，男，1964年出生，工学博士，现为北京有色冶金设计研究总院副院长，教授级高工。社会兼职有：中国矿业联合会常务理事，中国有色金属学会理事，中国黄金学会常务理事，北京金属学会理事，中国有色金属采矿学术委员会副主任委员，中国国际工程咨询公司专家委员会委员。参加过冬瓜山铜矿、匈牙利赖奇克铜矿、清平磷矿、安庆铜矿等20多个不同类型、不同规模的矿山工程设计及科研攻关。获国家科技进步奖 1项，部级科技进步奖 2项。发表《狮子山矿区的井田划分》、《我国有色矿山的无废开采实践》等论文10余篇。

目 录

1 绪论	(1)
1.1 无废开采是 21 世纪矿业可持续发展的重大课题	… (1)
1.2 国内外研究矿床无废开采的现状	… (2)
1.3 本书的主要研究内容	… (4)
2 资源开发与矿业可持续发展	… (6)
2.1 矿业开发在国民经济中的地位与作用	… (6)
2.2 矿业开发的现状及发展趋势	… (11)
2.3 矿山开采与环境负效应	… (17)
2.4 矿产资源的开发利用	… (22)
2.5 矿业可持续发展的战略研究	… (26)
2.6 小结	… (37)
3 矿床无废开采的可行性评估	… (38)
3.1 无废开采的概念	… (38)
3.2 无废开采对矿业可持续发展的意义	… (40)
3.3 无废开采的可行性评估	… (44)
3.4 实现无废开采的途径	… (49)
3.5 少废工艺实例	… (54)
3.6 小结	… (59)
4 无废开采的评价理论	… (60)
4.1 矿产资源的再次评价	… (60)

4.2	废料资源化的评价·····	(68)
4.3	无废开采实现程度评价及矿区环境评价·····	(81)
4.4	矿业可持续发展的神经网络评价·····	(88)
4.5	小结·····	(95)
5	矿床无废开采的统筹设计·····	(96)
5.1	矿产资源的特征·····	(96)
5.2	无废开采的科学思维基础与特征·····	(97)
5.3	矿山无废开采设计原则·····	(102)
5.4	矿床无废开采的设计及应用·····	(108)
5.5	小结·····	(113)
6	无废开采与矿山充填·····	(114)
6.1	无废开采与矿山充填的关系·····	(114)
6.2	深井开采的特殊性与充填作用·····	(115)
6.3	矿山废料用于充填的实践·····	(127)
6.4	工业废料充填废旧坑巷·····	(133)
6.5	小结·····	(134)
7	大型矿山的无废开采设计实践·····	(136)
7.1	矿区概况与开采技术条件·····	(136)
7.2	设计原则的确立·····	(138)
7.3	设计方案简述·····	(139)
7.4	冬瓜山铜矿实现无废开采程度评述·····	(141)
7.5	小结·····	(148)
	主要参考文献·····	(149)
	后记·····	(150)

1 绪论

1.1 无废开采是 21 世纪矿业可持续发展的重大课题

可持续发展已成为当今世界各国社会与经济发展的共同课题。矿业可持续发展也成为本行业的重要课题,并且必将是 21 世纪矿业发展的重大课题。但迄今为止,更多的是停留在理性上的探索与讨论,还未提出一套完整的理论体系。

本书旨在从矿业可持续发展到可操作性较强的矿区可持续发展,系统地进行论述,并建立一套完整的无废开采理论体系及评价体系,对矿业可持续发展的具体实施提出了作者的独到见解,无疑会对矿业可持续发展起到较好的促进作用。

有色金属矿山采选行业是国民经济中废料产出最多的行业之一。这些废料堆存或处理不当往往会对经济效益和社会效益造成较大的损失。

堆存尾矿与废石占用很多土地,其中不少是耕地,而我国的人均耕地面积仅占世界平均水平的 28%,因此,企业必须投入较多的资金征购土地,致使投资增加,严重影响了企业的经济效益。

废石与尾矿的堆存,必然会带来环境问题,如废石场的泥石流问题、尾矿库的环境污染问题等。解决这些问题,同样需要投入较大的人力、物力,而一旦解决得不好,便会导致更为严重的后果,如尾矿库渗漏、尾矿坝决堤等,给矿山的正常生产带来严重的安全与环保隐患。地表水与废石或尾矿相互作用形成酸性水以及尾矿库

渗漏,均会对周围的环境造成严重的污染。

为了解决日益严重的环境问题,也为了延长非再生资源的使用年限,提高矿山的综合经济效益,使矿业走上可持续发展的良性轨道,加速无废采矿工艺的研究与推广,尽快使之走向实用阶段,是人类当前乃至今后相当长一段时间内的一项重要任务。毋庸置疑,今后的采矿已不再是通过自然资源的简单开发来创造财富,而是必须严格按照环境保护及可持续发展的战略要求来开发资源、创造财富。

在世界范围内,无废生产工艺已受到极大的重视。1984年联合国欧洲经济委员会在塔什干召开了无废工艺国际会议,专门研究了有关无废工艺方面的一系列问题。在此次会议上,讨论通过了关于无废工艺的定义:“无废工艺是一种生产产品的方法(流程、企业、区域生产联合体)。用这种方法,在原料资源——生产——消费——二次原料资源的循环中,原料和能源能得到最合理的综合利用,从而对环境的任何作用都不会破坏环境的正常功能。”

我国计划在1996~2000年期间投资1888亿元人民币,落实进行1591个环境综合治理项目。这不仅是建国以来最大的环境投资,也是发展中国家最大的环保投资。这是一个目标明确,项目落实、资金有保障的环境计划,无疑会对无废开采的发展起到巨大的推动作用。可以肯定地讲,无废开采的发展前景非常广阔。

1.2 国内外研究矿床无废开采的现状

出于环保与可持续发展的要求以及提高矿山企业经济效益的需要,无废开采已愈来愈受到人们的重视,目前,国内外主要从以下几方面对无废开采开展研究。

1.2.1 加强资源综合利用,减少尾矿量

有色金属矿床大多是多金属矿床,共生和伴生着许多种有用矿物,对其综合回收问题愈来愈受到人们的重视。美国、日本的铜、铅、锌、镍等多金属矿山综合利用率为76%~90%。美国杜拉铝等7座铜选厂分别综合回收了铜、金、银、铝、钼中的部分元素,

综合利用率为 88% - 91%；日本的小坂内之多金属矿综合利用率在 85% 以上(回收了铅、铜、锌、硫、金、银、重晶石等)；前苏联的胡杰斯克矿回收了铜、锌、镉、钴、铁、硫、碲、硒等 8 种有用成分,利用率在 87% 以上；加拿大从曼托巴 伟晶岩矿石中综合回收了锂、铯、铍、镓。这些国家的综合利用程度均达到了相当高的水平。

我国的综合利用水平目前还很低。据对 1845 个重要矿山的调查统计,综合利用有用组分在 70% 以上的矿山仅占 2%,综合利用有用组分在 50% 以上的矿山不到 15%,综合利用有用组分低于 25% 的矿山占 75%。在 246 个共生、伴生大中型矿山中,有 32.1% 的矿山未综合利用有用组分。这些未被利用的有用组分都被带入尾矿中排走,造成资源的极大浪费,增加了对环境的负面影响。

与发达国家相比,目前我国的综合利用技术及水平还有很大的差距,资源综合利用尚有许多工作要做。

1.2.2 尾矿和废石用做建筑材料

有色金属矿山的许多尾矿中都含有石英,因而比较适宜于用做玻璃原料,而且其粒度较细,与某些添加剂一起制作瓷砖及建筑用砖等建筑材料,工艺简单,投资较低,在这个方面,国内外许多矿山进行了大量工作,取得了明显的效果。

矿山掘进、剥离的废石用于铺路、建房等。

1.2.3 废石和尾矿用做充填材料

在地下开采矿山,废石和尾矿用做井下充填材料是最为广泛的做法。传统的分级尾砂充填未能从根本上解决环境污染的问题,常常引起细砂堆积尾矿坝困难、充填料浆浓度低、充填质量受影响、充填体脱水造成坑内污染等问题。全尾砂充填新工艺的产生,不仅为解决充填本身存在的一些问题提供了有效的途径,而且为实现无废开采开辟了广阔的前景。以全尾砂或全尾砂为主制成的各类充填材料用于矿山充填,既可减小或取消尾矿库、降低水泥消耗及充填成本,又可大大改善坑内外的环境,彻底解决了尾矿这一废料的处理问题。如我国的金川及凡口已成功地实现全尾砂充

填。

废石全部回窿充填也是目前彻底解决废石排放的主要途径,而且,废石胶结充填可有效地提高充填体的质量,在深井开采中更为实用。

目前,国内外使用块石胶结充填的矿山也逐步增多,如我国的大厂铜坑矿、加拿大的基德·克里克矿以及南非的许多深部开采金矿。全尾砂与块石胶结充填为无废开采开辟了更为广阔的前景。

露天开采中,采用就地排废工艺,剥离废石及尾砂堆放于已采露天坑内,最后复垦,也是解决矿山废料行之有效的办法。

1.2.4 其他

此外,目前还探索了以下一些途径:

(1) 尾矿及废石用于填沟造地,或者,矿山生产一定时间后对尾矿库或废石场进行复垦。

(2) 浸出采矿。在有条件的矿山采用就地浸出的方法,用生物或化学的方法将有用矿物或元素提取出来,但该方法一般回收率较低,而且综合回收率较差。

(3) 尾矿用作肥料或填充原料。有些尾矿中往往含有一些微量元素,可用于生产微肥或混合肥;另外,有些尾矿中含有某些具有特种性能的非金属矿物,经一定处理后,可作为塑料、橡胶、涂料等产品的填充料,能大大改善其强度、电性等。

1.3 本书的主要研究内容

无废开采与矿产综合利用,涉及到不少领域,已愈来愈受到人们的重视,是一项新兴的边缘科学技术,也是一项具有战略意义的系统工程。严格地讲,目前的做法并未真正实现无废开采,多数的做法只能属于综合利用与综合治理的范畴。无废开采还未形成完整的理论。

并不是任何一个矿山都可以实现无废开采,有时,经济因素、矿山开发条件、矿山所处地理环境、采矿方法的可变性、废料产出的数量及其性质以及目前的技术水平和其他要求均有可能成为实

现无废开采的制约因素。每个矿山的开采技术条件各异,同样,每个矿山实现无废开采的条件也不同。

本书将在以下几方面进行探讨:

(1)对矿业可持续发展及矿区可持续发展进行探讨,并在此基础上对我国的矿业可持续发展提出建议。

(2)从资源的再次评价、废料资源化的评价及无废开采实现程度的评价与矿业可持续发展的神经网络评价等出发,建立一套较为完整的无废开采评价理论体系,并建立无废开采与矿业可持续发展的评价模型

(3)对无废开采的统筹设计进行初步研究。

(4)对无废开采的实现与充填的关系及其相互作用进行论述。

(5)作为理论探讨的应用,对大型矿山的无废开采设计实践将进行总结与介绍。

2 资源开发与矿业可持续发展

2.1 矿业开发在国民经济中的地位与作用

矿产资源是人类社会的宝贵财富,是人类文明发展必不可少的物质基础,矿业开发在国民经济中起着重要的作用。

2.1.1 矿产资源是制定国民经济发展计划和长远规划的重要依据

统计资料表明,我国国民经济发展中 95% 的能源、80% 的工业原材料以及 70% 以上的农业生产资料都来自矿物资源。经济发展的速度相应地对矿物资源的需求产生重大影响。以铜、铝两大有色金属为例,1985 年至 1995 年的 10 年间,全球铜需求量由 960 万 t 增长到 1190 万 t,增幅为 23%。同期美国、日本和德国的铜需求量增长了 31.8%,而中国增长了 1 倍多,印度增长了 38.2%。1995 年,发达国家的人均铜消耗量是中国的 15 倍,是印度的 100 多倍。全球铝需求量由 1985 年的 1580 万 t 增长到 1995 年的 1980 万 t,增幅为 25%。同期美国、日本和德国对铝的需求量增长了 24.6%,而中国增长了将近 3 倍,印度增长了将近 2 倍。据预测,今后 10 年,全世界将消耗 1 亿 t 铜、11 亿 t 铝、1200 万 t 镍。由此可见,国民经济发展与其对矿物原材料的需求之间的相互促进与制约的关系。

2.1.2 矿业是国民经济的基础产业之一

随着社会的进步,人类对各种矿物原料的需求量急剧增加,并

呈现出对各种矿物原料的需求多样化趋势。矿业作为提供最基本原料的行业,为国民经济的发展提供了最基本的原材料,没有这些原材料,经济的发展就无从谈起,世界各国在经济发展中对矿物原材料的依赖程度也不断提高。可以讲,在某种程度上,矿业已构成了影响国家工业化和现代化的一个根本性因素,对一个国家的发展起着重要的推动作用。

2.1.3 采矿业对国民经济增长潜力的影响巨大

据世界银行和国际货币基金组织称,南部非洲发展共同体(SADC)各成员国正在执行新的政策,必将为 SADC 地区的发展做出积极的贡献。这些国家依靠矿业获取急需的外汇和提供就业机会。随着非洲成为世界大市场,外国公司因 SADC 拥有大量未开发的矿产资源被很快地吸引到该地区。外资基础设施开发项目和一些独资企业纷纷涌入这些国家。仅以南非为例,南非的矿业是国民经济的主体工业,1996 年,采矿和采石业总收入达 91.19 亿美元,占国内生产总值的 8.1%,1996 年采矿和采石业投资总额 18.88 亿美元,占当年全国固定资产投资总额的 8.8%。向国家缴纳的税收占国家财政总收入的 1.6%。1996 年,南非矿物总销售额为 140.82 亿美元,其中出口收入占 75%以上,而矿业出口占总出口额的 47%。原生矿物创汇占国家外汇收入的 42.3%,如果统计经过加工的矿产品的出口创汇,这一数字超过 50%。1996 年,南非采矿业共雇佣员工 565637 人,占该国从事经济活动人数的 4%,其产品出口到 80 个国家。

据第三次工业普查结果,我国有色金属产量于 1995 年达到 496.6 万 t,有色金属工业生产企业(销售收入在 100 万元以上的)已达 10887 家,从业人员达到 230 多万人,年末资产总额 2323 亿元,全年有色金属产品销售收入 1885 亿元,实现利税 95.53 亿元,其中利润 43.14 亿元。10 种常用有色金属产量达到 496.6 万 t。进出口量达 133.26 万 t,进出口贸易总额达到 68 亿美元,是 1985 年的 3.04 倍,平均年递增 11.8%,其中有色金属产品出口额达到 27.52 亿美元,是 1985 年的 6.34 倍,平均年递增 20.2%;有

色金属产品进口额为 40.27 亿美元,是 1985 年的 2.26 倍,平均年递增 8.5%。我国 1995 年与 1985 年有色金属产量比较、消耗量比较及进出口量比较分别见表 2-1、表 2-2、表 2-3。

表 2-1 1995 年与 1985 年有色金属产量比较

品 种	产 量/万 t		增长倍数
	1985 年	1995 年	
10 种有色金属合计	155.77	496.62	2.19
铜	41.52	107.97	1.62
铅	52.47	186.97	2.56
铝	22.25	60.79	1.73
锌	30.62	107.67	2.52
镍	2.27	3.89	0.71
锡	2.84	6.77	1.38
锑	3.51	12.95	2.69
汞	0.1005	0.0779	0.22
镁	0.2902	9.3593	31.25
钽	0.1577	0.1723	0.09
6 种精矿金属含量	96.83	220.44	1.28
铜精矿含铜	23.98	44.52	0.86
铅精矿含铅	23.05	51.98	1.26
锌精矿含锌	39.50	101.09	1.56
镍精矿含镍	2.72	4.18	0.54
锡精矿含锡	2.98	6.19	1.08
锑精矿含锑	4.60	12.50	1.72
铜加工材	38.38	157.19	3.10
铝加工材	31.00	174.23	4.62

表 2-2 1995 年与 1985 年有色金属消费量比较

品 种	消 费 量 / 万 t		增 长 倍 数
	1985 年	1995 年	
铜	85.0	119.3	0.40
铝	84.4	191.7	1.27
铅	24.3	44.2	0.82
锌	34.9	75.5	1.16
锡	1.80	2.02	0.12
铜材	41.6	124.8	2.00
铝材	25.1	115.2	3.59

2.1.4 矿产资源已成为各国发展国民经济的最基本条件

现代社会中,任何离开矿产资源供需的社会发展计划和规划,实际上都将成为“空中楼阁”和“无米之炊”。即使在当今已进入“信息时代”和“知识经济时代”,对矿物原材料的需求也是最基本的条件。

有些国家之间的战争就是为了争夺矿产资源而引发的。发达国家对资源的战略地位以及为争夺资源而制定的全球战略与本国发展战略,无不体现出资源及采矿工业在国民经济中的重要地位与作用。美国前总统卡特在给国会的报告中曾指出,第三次世界大战有可能是为了争夺中东的石油而爆发。现代战争也是资源的战争。美国前总统里根也很重视战略资源的开发,并积极增加战略资源的储备。而以“沙漠风暴”命名的海湾战争,不能不说是与石油资源的争夺有关。像日本这样的经济发达、资源比较贫乏的国家,更重视矿产资源的形势分析,加强国内外矿产资源的探查与开发,并推进未来矿产资源的探查与开发工作的研究,以期获得矿产资源的长期稳定供应,保证其经济的持续发展。

表 2-3 1995 年与 1985 年有色金属进出口情况比较

项 目	年 份		1995 年比 1985 年 的增、减(—)量
	1985	1995	
进出口总额/亿美元	22.15	67.79	45.64
进口额/亿美元	17.78	40.27	22.49
出口额/亿美元	4.34	27.52	23.18
铜精矿进口量/万吨	28.27	48.43	20.16
粗铜进口量/万吨	4.52	8.00	3.48
铜及铜合金进口量/万吨	31.04	10.77	-20.27
铜及铜合金出口量/万吨		3.93	3.93
铜材进口量/万吨	3.83	34.02	30.19
铜材出口量/万吨	0.41	8.39	7.98
废杂铜进口量/万吨	0.48	118.89	118.41
氧化铝进口量/万吨	14.38	119.04	105.02
铝及铝合金进口量/万吨	48.79	38.79	-10
铝及铝合金出口量/万吨		19.13	19.13
铝材进口量/万吨	9.02	22.76	13.74
铝材出口量/万吨	0.57	6.5	5.93
废杂铝进口量/万吨		35.72	35.72
铅及铅合金进口量/万吨	0.75	0.46	-0.29
铅及铅合金出口量/万吨		18.53	18.53
锌精矿进口量/万吨	4.94	10.24	5.30
锌精矿出口量/万吨		15.48	15.48
锌及锌合金进口量/万吨	26.86	6.67	-20.19
锌及锌合金出口量/万吨	0.24	19.15	18.91

综上所述,对于各国来讲,矿产资源是象征其综合国力并关系到其发展的重要因素。

2.2 矿业开发的现状及发展趋势

尽管与其他领域相比,采矿技术的发展速度比较缓慢,但近10年来,随着采矿理论的深入研究,先进采、掘、运设备的开发和研制,新技术的不断发展,采矿工业及其科技水平都有了长足的进步与提高。总体来讲,采矿工业及技术的现状与发展趋势可概括为以下几个方面。

2.2.1 开采规模向大型化发展

国外有色金属矿山露天开采量的比重不断增大,这不仅仅是因为露天开采具有较多优点,也是为了追求大规模生产和低成本所致。美国和前苏联露天开采产量均占58%左右,而我国则占46%。国外年产矿石1000万t以上和4000万t左右的矿山分别有60~70个左右和20个左右。我国的德兴铜矿年产量达1500万t左右。而正在建设的冬瓜山铜矿与扩建的铜矿峪两座大型地下开采矿山的年产矿石量分别达到330万t与600万t。瑞典的基鲁纳铁矿,矿山产量从1983年的1120万t增加到1993年的1870万t,而世界上最大的地下矿山——智利的特尼恩特铜矿,其日产矿石量超过10万t。

综观目前采矿业,绝大多数国家及业内人士均趋向于大规模开采,把矿山开采看成是对土地资源的临时占用,从指导思想上趋于速战速决,采完后便尽快恢复到原来的生态环境,对一些储量不大的矿山也设计成较大的规模,服务年限很短,逐步摒弃了受服务年限限制的概念。毫无疑问,大规模开采极有利于新技术、新装备的应用,尤其有利于提高劳动生产率、降低生产成本,使矿山企业获得较好的经济效益,特别是在可开采资源的品位呈总体下降趋势的情况下,更是如此。

2.2.2 装备趋向大型化、自动化、无轨化

无论是露天开采还是地下开采,开采设备的大型化、自动化都将成为必然的趋势,并有力地推动开采工艺技术的发展与提高。