

庆祝童光煦教授八十华诞暨回国执教五十周年

现代 采矿 科技 论

文

集

杨 鹏 蔡嗣经 主编

冶金工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代采矿科技论文集: 庆祝童光照教授八十华诞暨回国执教五十周年/杨鹏, 蔡嗣经主编. —北京: 冶金工业出版社, 1998. 11

ISBN 7-5024-2294-3

I. 现… II. ①杨… ②蔡… III. 矿山开采-技术-文集
IV. TD8 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 31830 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 田锋 美术编辑 李心 责任校对 侯理

北京新兴胶印厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1998 年 11 月第 1 版, 1998 年 11 月第 1 次印刷

850×1168mm 1/32; 8.75 印张; 1 插页; 232 千字; 267 页; 1-800 册

28.00 元

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

谨以此书敬祝童光煦教授八十华诞

暨回国执教五十周年



童光煦 教授

祝賀童光煦教授

五十年教學科研工作中
取得的成績和作出的貢獻。

劉淇

1990.10.1

光
沐
桃
李

泽
惠
矿
业

王

愛國敬業為確也
献身
愿為春雨之月桃李成行

子生

范維唐

九七年三月

童光煦教授八十华诞誌庆

八十载风雨人生

硕果累累

五十年矿业教育

桃李芬芳

楊天鈞敬題

一九九七年三月

童光煦教授简历

童光煦教授，男，1919年4月4日生，湖北省蕲春县人。1946年获美国 Colorado School of Mines 采矿工程师学位，1947年获 University of Colorado 矿地质硕士。曾先后在南非金矿、美国 Climax Molybdenum 公司、美国 North Dakota Geological Survey 等处工作。1948年回国后曾在武汉大学、北京工业学院任教授，并在北洋大学、北京大学和清华大学兼任教授。现任北京科技大学采矿教授，曾兼任北京科技大学采矿教研室主任、采矿系主任和矿业研究所所长。

童光煦教授长期从事采矿教学和科研工作，是新中国首批副博士生和博士生导师，获1991年政府特殊津贴。先后主编大学教材2本、专著2本，发表论文80余篇。1956年参加撰写新中国第一部12年长期科学规划，任矿业组副组长。还曾于1980年参加主办在我国召开的第一届国际矿山设计和开发研讨会；又在1983年倡议、组织和主办第一届全国采矿会议，深受采矿学术界的欢迎。在国际学术交流中，参加1979年巴基斯坦的 International Seminar on Mineral Exploitation Technology，1981年美国的 International Symposium on Design and Operation of Caving and Sublevel Stopping Mines，1983年瑞典的 International Symposium on Mining with Backfill，并于1985年赴澳大利亚 Wulonggong University 进行学术交流。他所提出的数篇论文，均引起了同行重视，并得到了好评。

童光煦教授曾长期担任中国金属学会、中国煤炭学会和中国劳动保护科学技术学会的常务理事以及中国金属学会采矿学会的理事长，还曾任国务院学位委员会学科评议组成员、国家黄金管理局高级技术顾问、中国黄金学会名誉理事、中国矿业协会顾问、荷兰发行的《Mining Science and Technology》编委、《矿山技术》

主任编委和《中国矿业》副总编等职务。他对采矿专业技术学识渊博，经验丰富，深受人们尊重；尤其在高效率、技术密集的地下崩落采矿技术和理论方面，更有较高造诣；并对当前发展的新领域，如矿区评价、人工智能在采矿中应用、溶浸采矿、海洋采矿、月球开发等，也有深入的探讨。他在科研中，已经完成部级课题10项，曾荣获全国科学大会、冶金工业部、国家教委和国家黄金管理局等科技进步奖等奖励。其中篦子沟铜矿有底柱分段崩落采矿法和武钢程潮铁矿无底柱分段崩落采矿法都得到应用和推广。他现在仍从事矿体构模、地下采矿方法优选和矿区技术经济评价的研究；承担了冶金工业部理论研究课题和国家教委博士点基金项目。

目 录

采矿与采矿科学.....	1
刍议我国铁矿开采技术发展途径	28
世界矿业动态和展望	36
高生产率采矿方法的研究	49
迎接 21 世纪的挑战——采矿科学和技术向智能化的发展.....	56
地下矿实体矿化模型的研究	67
斜块、任意块模型的克立格法估值研究	78
矿体形态模拟的研究	85
分形理论在距离幂次反比法中的应用	93
新的采矿方法选择系统.....	101
地下采矿方法 CAD 系统	111
基于神经网络的采矿方法选择专家系统的研制.....	118
电算模拟放矿.....	129
放矿计算机模拟.....	143
放矿动力学方程初探.....	153
放矿计算机辅助管理系统的研制开发.....	165
配矿专家决策支持系统 EDSS 的设计	178
岩体削弱工程对矿体崩落进程影响的研究.....	194
自然崩落法放矿过程中底部结构的受力分析 ——离散元法和 CAD 的应用	207
Grey System Theory Applied to Rock Mechanics	218
新城金矿二期工程矿区稳定性的分析.....	232
岩体分级评价系统.....	244
影响台阶爆破参数选择的因素分析及其权重确定.....	253
附录 童光煦教授指导过的博士、硕士、研究生一览表.....	263

采矿与采矿科学

童光煦

(北京科技大学, 北京, 100083)

摘要 本文简要地论述了采矿工业的发展历史以及影响采矿工业发展的政治、法律、经济、环境保护等社会性因素, 较为详尽地阐述了作为现代采矿科学理论组成部分的地质统计学、工程地质学、数值分析方法、运筹学、近代数学及计算机技术等的基本原理和应用现状。

关键词 采矿工业 采矿科学

1. 采矿工业发展和变革^[1]

采矿是一种生产过程和作业, 把有用矿物开采出来, 并运送到选矿厂或其它使用地点。采矿工程则是应用工程学知识和科学方法, 来圈定、设计、开拓和回采有用矿物的矿床, 它是运用多学科的理论、技术和方法, 来系统研究和解决有关采矿方面的问题, 其所包括的内容见图 1^[2]。而采矿工业是开采有用矿物的原材料工业, 其活动是从赋存于地壳的矿床中进行矿物原料的初级生产, 提供社会进步的物质财富, 满足人类对各种矿物的需求。根据统计资料介绍, 目前我国有 95% 以上的能源、80% 以上的工业原料、70% 以上的农业生产资料、30% 农田灌溉用水和 1/3 人口饮水, 均来自矿产资源^[3]。由此可以说, 矿产对生活的影响很深, 生活中不可能没有矿产。有人估计世界人口增长, 每 35 年增加一倍, 而矿产的消耗, 大约只要 25 年就增加一倍^[4]。

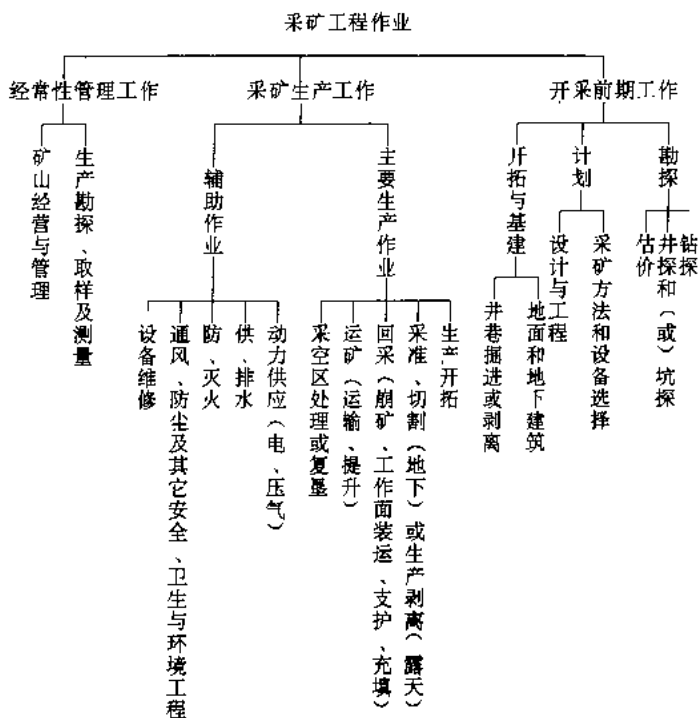


图1 采矿工程作业关系图

采矿开采对象——矿床，它是含有一种或多种有用矿物的集合体，并具有开采价值，即该矿床所含有用矿物很富，或者是比其它矿床易于开发，或者是该矿床的地理位置有利，或者是大量需要这种矿产品。因此，矿床的价值并不是固定不变的，而是根据人们对它的需要而变化。

矿床一般分三类，即金属矿床、非金属矿床和燃料矿物。金属矿床又分为铁金属、贱金属、贵金属和放射性金属。非金属矿床为工业矿物，即石灰石、白云石、粘土、石膏、石棉、石墨、滑石、花岗岩、大理石、海泡石、金刚石等。燃料矿物有煤、石油和天然气。这三类矿物，在过去都是采矿所包括的范围。由于近代科学发达，技术进步，使行业间的作业差异愈来愈大，由此使

采矿的名词含义，仅是对金属和非金属矿床开采，则称之为硬岩采矿。由于煤炭开采，在技术、装备和方法上与硬岩开采是大同小异，有时虽也称为采矿，但当前则常称之为采煤。至于石油和天然气，因其方法、设备和工艺完全不相同，早在 40 年代就分出，称为采石油和采天然气。

历史证明，在自然界只有农业和矿业才能提供人类社会发展的物质财富，是人类文明两个不可缺少的基础，从史前到现在，采矿已经为人类的衣食住行提供了矿物原料。由于人类物质文明的高度发展，对矿产资源的需求与日俱增，从 19 世纪到本世纪 50 年代，一直保持在每年平均增长率为 4% 左右。虽然以后逐渐衰减，到 80 年代平均仍有 1.9% 的年增长率。因此，目前世界矿物产量还是在增长，包括油、气及砂石等建筑和路面材料在内，已达到年产 500 亿 t 左右。我国在 1992 年产量近 70 亿 t，除去燃料矿物和砂石，硬岩矿石仍有 14 亿 t。像这样大的产量，矿山必须加强机械化、自动化和计算机管理，集中一切可以利用的先进技术、来改造现有矿山的面貌。虽然近几年来世界经济不景气，金属价格下跌，矿物原料生产，还正受到物料重复利用的威胁，因而引起采掘活动滑落。另外，富矿面临枯竭，开采品位普遍下降，开采深度加大，地区越来越偏僻，也增加了采矿成本。但是对矿物原料的需要，仍在继续增长，既要提高产量，还要降低成本，只有依靠技术进步，才有可能达到，未来矿山的现代化水平，将比今天有较显著的改观。

再从采矿技术发展来看，原始社会人们是靠双手及其木制、骨制、石制的工具来进行采矿，后来改用简易的金属器具，如斧头和锤子，有所进步。16 世纪采用了黑色火药爆破矿石，19 世纪出现了风动凿岩机，20 世纪初期露天矿采用蒸汽铲和蒸汽机车，都促进了采矿事业向前迈进。到了 20 世纪中期，露天矿在设备大型化的基础上，实现了多排微差爆破，推广了间断—连续开采工艺，即电铲—汽车—破碎机—运输机装运方式，大大提高生产效率，扩大了产量，走向计算机化生产管理，使露天矿年产量增大，有的

达到了几千万吨，开采深度也大幅度增加了。地下矿在广泛采用自行设备、锚喷支护和微差爆破后，开拓方式在改变，推广了斜坡道技术；采矿方法也在变，旧的方法改进了，如出现充填法、分段法、崩落法、留矿法等的新方案以及它们之间的联合采矿方法；新的方法在产生，有了 VCR 采矿法。分段—留矿法等。这些使劳动生产率大幅度地提高，生产成本也不断降低，如出现了年产千万吨以上的大型地下矿山。现在还要向海洋要矿，发展溶浸采矿，向月球开发，并都已提到日程，其在开采设备、方法、技术和工艺，将有一个很大的改变，可以说一个崭新的采矿领域正在等待我们去开发，采矿工业一场大革命正在紧锣密鼓了。

2. 采矿工业中社会性因素评述

采矿工业有很强的社会性，即与政治、法律、经济和环保都有密切的关系。首先是政治问题，不论国家的社会制度如何，都有保护和发展本国的矿产资源的方针政策，其中有一般性的，也有特殊的。如美国矿产企业都是私营的，其在国家利益范围内，于 1970 年提出国家的采矿和矿物政策条例是：（1）经济上可靠地和稳定地发展本国的采矿、矿物原料、金属和矿物回收工业；（2）有计划地和经济地开发国内矿产资源、矿产储量以及回收金属和矿物，达到充分保证在工业、安全和环保上的需要；（3）开展采矿、矿产和冶金的研究，包括废石的利用和再循环利用的研究，以促进合理地 and 有效地利用本国自然的和可回收的矿产资源；（4）研究和发展矿物废物的处理、控制和回收方法以及开采地区的复田工作，以便减少矿物开采和加工对自然环境的任何有害影响，这种影响是由于采矿活动所引起的。要知大多数国家的矿产政策，都是大同小异，在研究政策时，都必须根据本国的具体状况和矿产资源条件，其所考虑的因素，面广而很复杂。以加拿大为例，分为国际和国内两部分：（1）国际因素有：世界矿产供应基地，海洋采矿，消费国对矿产的需求，贸易集团，生产者国家的协定，关

税及贸易总协定，国际股份有限公司，国际货币协定和货币稳定程度；（2）国内因素有：对社会需求所要履行的义务，社团、就业和收入的稳定程度，土地使用竞争和环境质量，原材料出口或进一步加工，矿产企业受外来控制的增加程度，增加行市波动的情况，以及改进国家协调的机制。虽然许多国家都在鼓励所有各种采矿活动，但缺乏资助措施，成效不大。近年来多数西方国家，由于本国资源日趋枯竭，很难摆脱对国外矿山的依赖，再加上本国环保要求十分严峻，国际贸易又十分活跃，海运船只吨位猛增，既方便又便宜，使一些国家成为矿产资源出口大国和基地，使矿产资源供应走上国际化途径，因而改变了很多国家的矿产资源政策，利用本国矿产资源的优势，开展国际贸易，促进本国经济繁荣。如澳大利亚，在澳西北地区富铁矿尚未开发之前，法律上是禁止铁矿出口；但在 60 年代初期，由于利用外资开发比尔巴拉（Pilbara）富铁矿区，矿石出口日本，把人迹罕至、荒凉偏僻的地区，建成世界上一流的铁矿石供应中心，像这样的例子，还有巴西等其它国家^[4,5]。因此，可以看出矿产资源的开发与合理利用，是与本国矿产资源政策有密切联系的。

采矿企业的法律性也很强。法律与政治有联系，但还有自己的特点。美国在 1872 年把西部地区采矿者所建立的习惯，以及来自英国、西班牙、德国的某些特征，形成了一部《矿业法》。它立足于两项基本原则：（1）一个入可以由子在土地上有发现有用矿产，而获得矿产权；（2）并必须能继续开发土地上的矿产，才可保持所有权。按照此法律，要在地面上标定出边界，以获得这块土地上的矿产权。这部法律后来多次修订，被称为《通用矿业法》。法律上所规定的边界，是矿体的开采范围。对于顶点在边界内，而沿倾斜向下扩展到边界垂直线以外的矿脉或层状矿床，法律上仍享有开采权，但不包括水平矿床。这种权利的范围，则限定在端部所形成的两个假想垂直面之间，被断层切断或矿化变薄的，还是允许有超越边界线开采权。但是矿脉消失了或者失去线索不能再追踪的，就失去了这种权利。法律还规定，当两条或更多条矿

脉交会或彼此穿越，则先标界者有权开采位于交会点范围内的全部矿石；但后标界者为了便于开采工程，有通过交会点的通道权。如果是两条矿脉合并，先标界人有权开采合并点下的矿脉和交会点部分的矿脉。另外，对于经济储量不明确的地区，可以获得勘探许可证和2~6年的使用期。在西方国家作为矿产所有者和地产主一样，国家允许其勘探和采矿，一般都是采用以下的形式：（1）法定式，要求发现者呈报消息和完成一定的工作量，在美国、加拿大、墨西哥和许多优秀“勘探者”传统国家的采矿申请，都是采用这一方案；（2）契约式，是表示其具有的权利和义务，在美国按照1920年的出租法令和离海岸（一般为3海里）矿产租约执行，并在许多国家是唯一获得矿产权的方法。到本世纪60年代，世界上大部分地方的矿产法发生了根本的变化；在工业化国家中，长期以来仅是考虑从社会和经济效益来开采矿产，要求保护矿产资源，则矿产法变为资源保护法；而不发达国家中的变化，是直接朝向独立和鼓励自己的工业化道路发展。我国在1986年公布施行了《矿产资源法》，也是为了加强对矿产资源的统一管理、保护和合理的开发和利用。该法在经历了10年的社会实践检验，并于1996年进一步作了修改：从法律制度上强化了国家对矿产资源的所有权；肯定了探矿权、采矿权的财产属性，确定了有偿取得和可转让制度；完善了矿权审批管理基本制度；明确了多种经济成份、多种经营方式企业并存的制度；增加了有利矿业进一步对外开放的条款；以及增加了强化执法力度的条款；使其更为完善，更有法律意识。不论是哪个国家，按照法律，矿产资源是要征税的，征收种类，在西方如美国等主要有三种类型：（1）从价税（Ad Valorem Tax），即按值计税，是建立在对厂矿和矿石储量进行估价的基础上，其所交付的款项是一种固定的经营费，适用于所有的矿山，与生产水平无关；由于不论矿山是否作业，都要征收从价税，这对政府提供了稳定的和可靠的税收来源；（2）专项税（Severance Tax）或专利税（Royalty），是按开采和装运的矿石数量来征收，为一种可变而不固定的经营费用，但对不作业的矿山不征收；（3）所

得税 (Income Tax)，一般是按等级比例从利润中征收，既不是固定的，也不是可变的矿山费用。在我国自 1994 年开始，也对矿产资源征收土地使用税、增值税、资源税和资源补偿费，这对合理利用和保护矿产资源，会有所保证^[2,4,6]。

矿产资源的经济价值是十分重要的。它对确定资源是否有经济意义，是否能算成储量，并作为开采对象起决定性的作用。所以在每一个勘查阶段或矿床开发技术方案实施以前，要估出它的经济价值，并比较分析不同技术方案的经济效益，帮助选用符合本地区自然经济条件和本矿床地质特点的技术方案，为下一步地质勘查工作或矿床开发提供依据。通常把评定矿床地质效果，叫做地质评价；把评价矿床开发利用的经济价值和经济效益，称为矿山评价；而两者的联合，总称为矿区经济评价或矿床评价。它的基本任务，是对投资建设的各个方面，进行详细的调查研究，对是否投资建设，作出最后的决策。要知一个矿山，甚至于在遥远的荒僻无人峡谷中的矿山遗迹，都可证明在此特定地点，矿产在某一时间对某个企业是有价值的。如果现在该矿产在某一地点还有足够的价值，那么此已报废矿山，就可获得新生。另外，必须注意矿产的价值，常是以某一时间内市场的价格来表示，而时间是关键，使勘探对于矿产价值随时间的变化特别敏感。但是矿产价格反映市场的需要，而且与政治相关，是极为不稳定的，这与生产国家的操纵、生产者的控制等许多因素有关。国家的利益及国际市场，赋予矿产以时间价值。战争和战争威胁引起建立紧张的经济状态，生产和进口所需要的矿产，就很少考虑成本、储量减少或正常市场的特点。在大多数国家，即使那里矿产价格不是由政府完全控制，在一定时期内，也对进口矿产采用限额和苛税以及采用刺激本国生产的办法，以支持和推动本国工业的发展。在国际贸易中，有些时间和有些地方，差不多每种有适当有用成分含量的矿产，都有市场可以交易；大部分金属矿石和特殊的工业矿物，只要它们能精选达到有经济价值的品位，就能在国际市场范围内，以反映国际供求平衡的价格出售。另一方面，较为普通