

露天矿规划与设计

克劳福德、哈斯特路黎德



露天矿规划与设计

约翰·T·克劳福德第三 主编
威廉·A·哈斯特路黎德

编辑委员

C·D·布罗德本特	M·K·麦卡特
L·T·克劳福德第三	B·L·赛格米勒
W·A·哈斯特路黎德	M·斯内德克
S·P·温克尔曼	

美国采矿冶金石油工程师学会采矿工程师分会出版
1979年 纽约

长沙黑色冶金矿山设计研究院
《露天矿规划与设计》翻译组译

1980年 长沙

内 容 简 介

本书主要叙述露天开采的历史、现状和展望,地质钻探,露天矿境界设计,最终露天矿境界的经济分析,露天矿经济评价,边坡设计、生产计划、装备,最佳化设计等内容,并介绍了电子计算机在矿山设计中的运用,可供矿山生产、设计和科研人员,高(中)等院校师生,及地质勘探人员等参考。

本书在国内同行业中交流,请勿对外。

〔 内 部 发 行 〕

Open Pit Mine Planning and Design

露 天 矿 规 划 与 设 计

John T. Crawford, III

William A. Hustrulid

Editors

〔 美 〕 约翰·T·克劳福德第三 主编
威廉·A·哈斯特路黎德

Editorial Committee

C. D. Broadbent

M. K. McCarter

J. T. Crawford, III

B. L. Seegmiller

W. A. Hustrulid

M. Snedeker

S. P. Winkelmann

编 辑 委 员

C. D. 布罗德本特

M. K. 麦卡特

J. T. 克劳福德第三

B. L. 赛格米勒

W. A. 哈斯特路黎德

M. 斯内德克

S. P. 温克尔曼

Published by Society of Mining Engineers, of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. New York,

New York, 1979

美国采矿冶金石油工程师学会采矿工程师分会出版

1979年 纽约

长沙黑色冶金矿山设计研究院

《露天矿规划与设计》翻译组 译

1980年6月

阳城县印刷厂印刷

译 者 说 明

本书由长沙黑色冶金矿山设计研究院《露天矿规划与设计》翻译组译校。第一、二、三、七章唐涛译，第四章龚航虚、符文华译，第五章唐涛、符文华译，第六、十一、十二章及索引龚航虚译，第八章叶玉池译，第九章贾魁武译，第十章唐涛、贾魁武译，第十三、十四章吴先双译，第十五章龚航虚、颜如苏译，第十六章颜如苏译，第十七章曾传仪译，第十八章曾传仪、贾魁武译，第十九章刘芝兆、叶玉池译，第二十、二十一章黄启流译，第二十二章柳正璧译。第一至十四章柳正璧、颜如苏校，第十五至二十二章唐涛、龚航虚校。由曾传仪、贾魁武主持。徐基磐、袁文彬、赵绵武、谭回开等参加了部分校对工作。

对本书翻译工作过程中给予各种支持的同志，表示衷心感谢。

由于翻译组人员水平所限以及时间仓促，难免有错误，请读者批评指正。

1980年6月

前 言

本书系于科罗拉多州丹佛市召开的“露天开采规划与设计”专题讨论会连同美国矿冶石油工程师学会1978年年会的成果，其内容包括上述会议期间所提出的论文和与会者的讨论记录。

举行专题讨论会及编写本书的道理很简单。我们这些人，无论是从事采矿业的，还是为其培养新的采矿工程师的，都一直感受到，作为工程师，我们很有能力为我国和全世界提供所需的各种矿物，然而，在记载那些构成露天矿规划和设计原理的技术原则和经验方法方面，我们是做得不够的。

过去已经说明过，其所以没有仔细地将我们所做过的工作以及那样做的原因记载下来，有这样一些理由：（1）每一地方的特点均不相同，在一个地方是正确的东西，在其他地方则不一定适用；（2）现在所有的工作都是由计算机来完成的；（3）资料属于公司的机密。在这方面，另外一些理由或许是，我们缺乏适用于今日采矿业的令人满意的现有技术资料。

我们出版过的许多文献，既有概括性的综合论述，也有一些十分专业化的（工序的）详细论述。尽管那些论文很有意义，并且有助于使我们对情况有全盘了解，但是很少论述有关的技术原则。

不久以前，有人询问一家炸药公司的高级职员，他们是怎样培养其推销人员从事炮孔排列设计，以及怎样帮助顾客解决爆破中的难题的。他回答说：“噢，我们把新的工程技术人员派出去，让他与公司代表一同外出。他跟那个人一起，花上大约两年的时间跑上一圈，努力学会那个人在从事炸药专业期间所掌握的一切知识和技能。此后，他就随时可以出去，告诉世界各采矿公司如何搞爆破。”

尽管许多东西只能通过经验来学习，但也有很多东西却并不需要，或并不表明花费时间和金钱去一对一地跟有经验的人学习或在实际经历中学习是值得的。假如事先能阅读到一些指导性的书籍和资料的话，许多高代价的错误和弯路本来是可以避免的。

我们必须有人将其经验记载下来，以便能使我们大家从其知识中有所得益。

然而，很少有人能够认真而全面地就一个专题在一篇论文中写下他所认识的和认识还不够的东西（即评价因素等），然后指出他可以怎样继续进行下一步工作，尽管还拿不准，但这至少是一个成果——一项设计、一个计划，或一个方案。

我们认为，读者将会发现，本书各章的作者相当成功地将这种资料为我们编在一起，这种编辑形式在未来许多许多年中都将是有益的。他们的著作是一些用便于理解的方式写出来的、理论上和实际应用上的、包括多方面内容的文献。对于这些作者为我们采矿业所作的贡献，对于各主办公司以及那次专题讨论会的与会者，谨致衷心的感谢。

组织委员会

I

I

论文作者名单

犹他州盐湖城马文·巴恩斯联合公司

马文·P·巴恩斯

犹他州盐湖城肯尼科特矿产公司采矿工程经理

卡尔·D·布罗德本特

亚利桑那州塔克森市平科克, 艾伦和霍尔特有限公司副总裁

理查德·D·考尔

亚利桑那州塔克森市平科克, 艾伦和霍尔特有限公司矿山规划经理

托马斯·R·考逊斯

犹他州盐湖城肯尼科特矿产公司经营管理一采矿经理

约翰·T·克劳福德第三

蒙大拿州比尤特, 阿纳康德公司, 比尤特经营规划董事

艾伦·戴尔斯特兰

犹他州宾厄姆峡谷肯尼科特矿产公司犹他铜矿分公司技术主管人

罗德里克·K·戴维

亚利桑那州塔克森市加利福尼亚石油学会矿物勘探公司矿山发展经理

杰拉尔德·C·小多姆

科罗拉多州丹佛市德雷弗公司高级采矿工程师

R·H·海宁

蒙大拿州比尤特, 阿纳康德公司伯克利露天矿生产总工程师

唐·亨德里克斯

犹他州盐湖城福特, 培根和戴维斯公司高级矿山系统工程师

威廉·E·休斯

科罗拉多州戈尔登科罗拉多矿业学院采矿工程教授

威廉·A·哈斯特路黎德

得克萨斯州达拉斯市弗尔普斯煤矿公司发展经理

迈克尔·B·卡尔

亚利桑那州塔克森市亚利桑那AMAX有限公司采矿和地质经理

本杰明·C·科斯金尼米

科罗拉多州埃弗格森(常青树)市工业矿物咨询公司

斯坦利·J·莱芬德

犹他州盐湖城犹他大学教授

迈克尔·K·麦卡特

犹他州盐湖城采矿咨询工程师

斯坦利·D·米切尔森

印地安纳州埃文斯威尔AMAX煤矿公司维修工程经理

唐纳德·C·迈恩蒂

新墨西哥州阿尔伯克基联合原子核公司科学和工程体系经理

艾伦·C·诺布尔

新墨西哥州阿尔伯克基联合原子核公司高级采矿工程师

R·M·(麦克)罗布

科罗拉多州福特·科林斯科学应用有限公司高级采矿工程师

德蒙特·M·罗斯—布朗

犹他州盐湖城博伊尔斯兄弟勘探公司总裁

费里斯·R·赛恩斯伯里

爱达荷州博伊西·莫里森—克努森有限公司高级采矿工程师

弗雷德·J·谢弗

犹他州盐湖城赛格米勒协会

本·L·赛格米勒

科罗拉多州利特尔顿美国矿冶石油工程师学会采矿工程师分会出版经理

玛丽安·斯内德克

科罗拉州丹佛市AMAX勘探有限公司矿山评价工程师

布鲁斯·T·斯坦利

科罗拉多戈尔登科罗拉多矿业学院矿物经济学教授

富兰克林·J·斯特摩尔

犹他州宾厄姆峡谷肯尼科特矿产公司犹他铜矿分公司铁路施工凿岩爆破总工长

斯蒂芬·L·温克尔曼

亚利桑那州塔克森市平科克·艾伦和霍尔特有限公司采矿副总裁

罗伯特·D·温克尔

目 录

前 言	组织委员会 (I)
论文作者名单	(II)

第 1 篇

引 言	组织委员会 (1)
第 一 章 露天开采的过去、现在和未来	斯坦利·D·米切尔森 (2)

第 2 篇

露天矿境界设计	(20)
A 开发钻探	M·K·麦卡特 编 (22)
第 二 章 钻探承包人的作用	费里斯·E·赛恩斯伯里 (23)
第 三 章 开发钻探	理查德·D·考尔 (30)
B 矿块模型	M·K·麦卡特 编 (46)
第 四 章 矿物模型结构：建立矿体模型的原理	布鲁斯·T·斯坦利 (47)
第 五 章 钻孔插入法：矿化带的内插技术	威廉·E·休斯和罗德里克·K·戴维 (58)
第 六 章 钻孔插入法：估计矿物总量	马文·P·巴恩斯 (77)
C 经济学	C·D·布罗德本特 编 (98)
第 七 章 矿块评价原则	罗德里克·K·戴维 (100)
第 八 章 露天开采的费用记录	罗伯特·F·温克尔 (118)
第 九 章 露天矿最终境界经济分析中的价格预测及敏感性分析	艾伦·C·诺布尔 (155)
第 十 章 露天矿的经济评价	富兰克林·J·斯特摩尔 (164)
D 露天矿境界边坡设计	B·L·赛格米勒 编 (177)
第 十 一 章 总论，资料收集，边坡稳定性的补救措施	B·L·赛格米勒 (179)
第 十 二 章 分析性设计	德蒙特·M·罗斯—布朗 (194)
E 露天矿境界的形成	B·L·赛格米勒 编 (224)
第 十 三 章 手工方法	本杰明·C·科斯金尼米 (226)
第 十 四 章 确定最终露天矿境界的自动化方法	R·M·(麦克)罗布 (236)

第 3 篇

生产规划	(245)
A 采掘计划和分期计划	S·P·温克尔曼 编 (247)

第十五章	选择的生产规划情况——伯克利露天矿	唐·亨德里克斯 艾伦·戴尔斯特兰	(248)
第十六章	生产计划的编制：生产规划和分期计划	托马斯·R·考逊斯	(259)
B	不同矿石生产率的生产进度计划	S·P·温克尔曼 编	(277)
第十七章	生产进度计划	迈克尔·B·卡尔和弗雷德·J·谢弗	(278)
C	设备及辅助设施	J·T·克劳福德第三 编	(286)
第十八章	钻机计算	理查德·H·海宁	(288)
第十九章	电铲和汽车计算	约翰·T·克劳福德第三	(302)
第二十章	维修及辅助设施	唐纳德·C·迈恩蒂	(320)

第 4 篇

露天矿最佳化设计	W·A·哈斯特路黎德 编	(328)
第二十一章 循环相关分析——露天矿最佳化设计	G·C·小多姆	(330)
第二十二章 专题小组讨论会	编辑委员会专题讨论小组成员	(375)
索 引	斯坦利·J·莱芬德	(433)

第 1 篇

引 言

组 织 委 员 会 编

目 录

第一章 露天开采的过去、现在和未来

..... S·D·米切尔森(2)

第一章 露天开采的过去、现在和未来

采矿咨询工程师 斯坦利·D·米切尔森

斯坦利·D·米切尔森(Stanley D. Michaelson)曾任金属采矿分公司的总工程师和肯尼科特铜矿有限公司工程中心(the Engineering Center for Kennecott Copper Corp.)的董事,于1976年退休。米切尔森先生作为冶金、采矿界的一位活跃的顾问,现在还是犹他大学的采矿工程副教授。他于1934年获得了利海大学(Lehigh University)采矿工程学士学位,1961年获得蒙大拿矿业学院(Montana School of Mines)荣誉采矿工程师称号。

米切尔森先生1962年膺获美国矿冶石油工程师学会(AIME)的罗伯特·H·理查德奖,并于1975年被命名为美国矿冶石油工程师学会采矿工程师分会(the Society of Mining Engineers of AIME)的杰出会员。他一直担任美国矿冶石油工程师学会董事会的董事和副总裁,是采矿工程师分会的前任总裁,1978年成为美国矿冶石油工程师学会的荣誉会员。

引言

本章的主要目的是打算对二十世纪初期到现在的露天采矿实践作一历史的回顾，特别集中于效率较高而又较可靠的采矿运输设备和较经济的露天矿设计的运用情况。然而遗憾的是，这些进展的综合效果一直未能在矿石平均品位、剥采比、单位生产率和成本（就可销售的最终产品而言）等方面克服采矿工业的衰退趋势。因此，本章还要介绍一些一般新兴技术方面的可望引起兴趣的基本原理，这种新兴技术是露天开采需要发展、修正和采用的。没有充分有效的、重要的技术成就，采矿工业就完全不可能获得和保持所需的长期生存能力，这种生存能力取决于这种投资集中的企业的稳定而又充分的财政利润，而不管采矿业所固有的周期性销路好坏、不断增长的外界紧张状态及政治、技术风险如何。

历史的回顾

众所周知，露天开采并非二十世纪的创举。最早的规模较大的天然铜矿露头开采（公元前5000~15000年之间）是今日露天矿的前身。那时，相当于今天凿岩爆破的原始方法是交替使用水和火；今天的电铲装载和汽车、铁路及胶带机运输，那时是借助人力用石、木和青铜制的挖掘工具来完成的，而动物和人则从事搬运工作。与我们今天相对来说技术先进的采矿法的绝对费用相比，所有这些都是在花去大概微不足道的劳动力和材料费用的情况下完成的。

几个世纪以来，露天采矿技术的进步如同传说中神轮的滚动一般极为缓慢，而且直到十九世纪初期开始将蒸汽机用于铲装和铁路运输设备以前，还局限于手工操作的简单的机械轮式工具方面的小改小革。图1和图2所表示的为1892年前后在宾厄姆峡谷（Bingham Canyon）所使用的运输方法。图2中的矿车是用于特里格拉弗、加仓那和康麦歇尔等矿山的矿车。

真正大规模的露天开采是在1904~1907年间D·C·杰克林（Jackling）在犹他州创建现在世界闻名的厄宾姆铜矿时开始的。图3表示宾厄姆铜矿几年以前的概貌。



图1 1892年前后宾厄姆铜矿的运输情况



图2 1892年前后矿车下山的情形。矿车系1872年左右，当肯·麦克维奇为特里格拉弗、加仑那和康麦歇尔等矿山创制的。



图3 1972年青尼科特公司的宾厄姆铜矿概貌



图4 上宾厄姆和1904年矿山初创前的铜矿区

图4为1904~1906年间矿山初创前宾厄姆铜矿区。从平峒中打出的地下矿石大样供往试验选矿厂。从冲击式钻进、坑内作业和试验性经营所取得的数据表明，杰克林的关于大规模机械化开采露天铜矿的想法，对于比当时任何其他开采矿区品位还要低的宾厄姆矿区的矿石来说是可行的。资金筹妥了，设备弄到了，矿山开办起来了。图5和图6为1906~1907年间的初期露天矿。所采用的最早的矿山设备包括一些从巴拿马运河工程购得的全回转式蒸汽挖掘机，如图7所示。



图5 1906~1907年间的初期露天矿开拓区



图6 1907年7月的波士顿联合公司的采石场水平(Boston Consolidated at Q level).注意左前方为蒸汽挖掘机。系犹他州历史学会C·C·帕森的收藏品,哈里·希普勒所摄。



图7 1907年前后犹他铜矿的挖掘装载机。一些全回转式蒸汽挖掘机是从巴拿马运河工程购买的。



图8 废石中的底部药壶炮孔(爆破)

原始冲击式钻机逐步为更大的、更为笨重的回转式钻机所代替。爆破实践的演变过程是：从小型点火线引爆手工装填和捣实的炮孔，到底部药壶炮孔（图8）中按顺序的电气和无烟火药起爆药包起爆，一直到在以高级自动推进的大直径动力回转钻机钻成的炮孔内进行浆状炸药的机械化装填和爆破（图9~11）。



图9 现代爆破方法中所使用的浆状炸药



图10 浆状炸药的机械化装填和爆破



图11 宾厄姆铜矿爆破一瞥