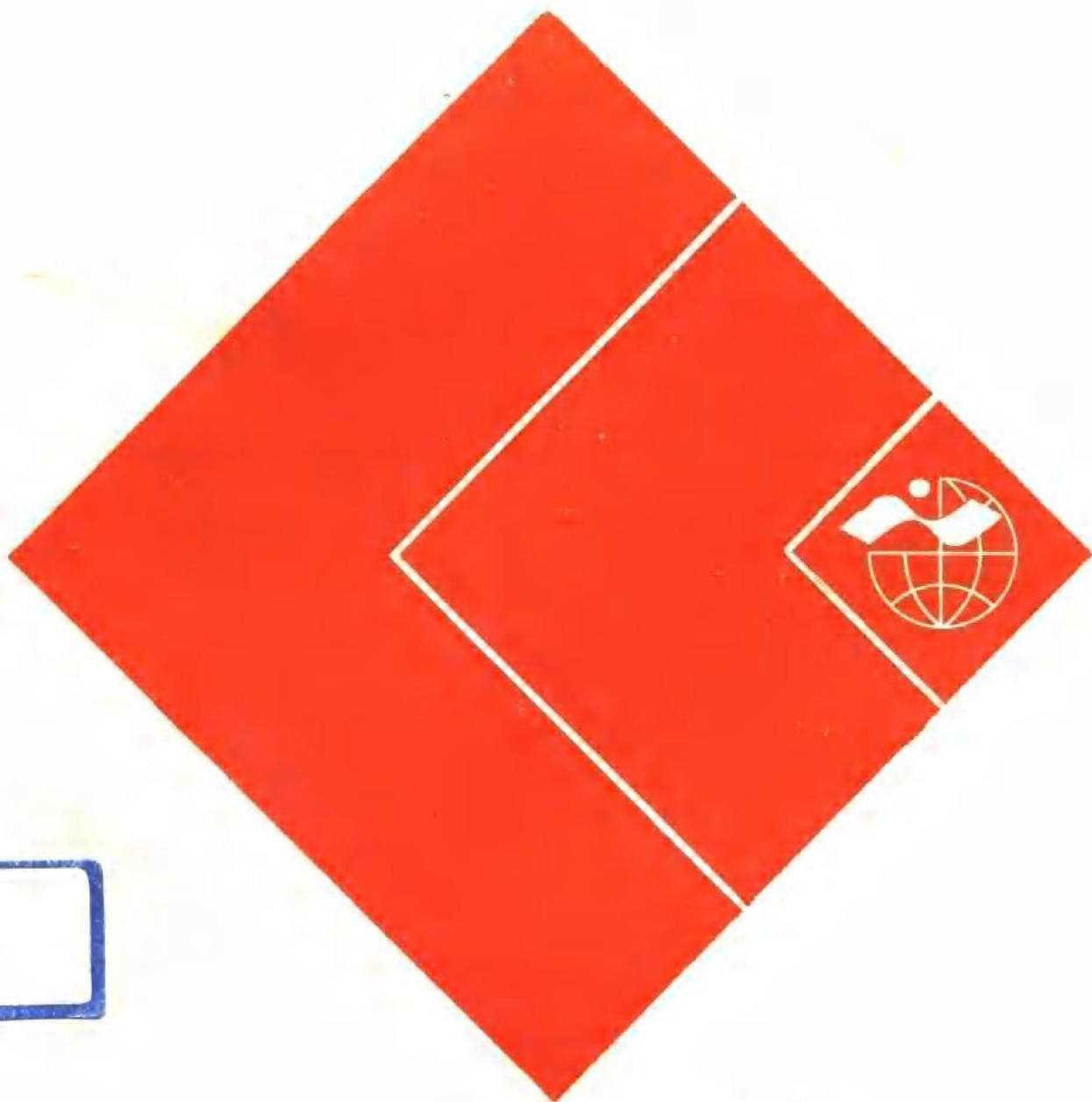


矿产经济学

— 自然资源开发与管理

● [美] O·鲁道斯基著



7.1

中国地质大学出版社

内 容 提 要

该书系统地概述了与矿产资源经济学和管理学有关的基本原理及其在生产实践中的应用。

全书分为四篇。第一篇对矿产资源的定义、分类、用途与作用作了一般性介绍。第二篇概述了资源短缺模型及其保护的概念，探讨了矿山生产所特有的最优化问题、矿山开发的社会目标及收益极大化的评价方法。第三篇讨论了诸如矿业组织、采掘活动场所、矿产品贸易以及矿业生产与利用对环境的潜在影响等当代矿产经济学问题。第四篇是综合性案例研究，说明了前几篇所涉及的许多具体问题。

该书不仅是矿产资源管理干部、矿床技术经济评价人员、矿产资源经济研究者以及矿产普查勘探工作者的有益参考资料，也是矿产资源经济与管理、矿产普查勘探专业学生的教学参考书。

矿产经济学

——自然资源开发与管理

〔美〕 O·鲁道斯基 著

杨昌明 李万亨 译

李万亨 校

责任编辑 赵颖弘

责任校对 陈爱玲

中国地质大学出版社出版

（武汉市喻家山）

中国地质大学出版社印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

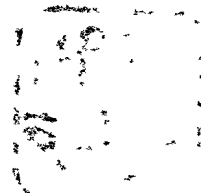
开本 787×1092 1/16 印张 8.625 字数 212 千字

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数 1—1500 册

ISBN 7-5625-0495-4/P·165

定价：3.30 元



序

由杨昌明和李万亨教授合译的“矿产经济学”的出版，对我国广大读者了解当今美国矿产资源经济分析和矿业组织及管理的基本原理、基本方法和主要问题颇有裨益。

当今，矿产资源勘查难度日益增大，风险日益提高，而且是在变化的环境中进行。在诸多变化因素之中，尤以经济环境的变化对矿产资源的勘查、评价、开发、生产、消费、利用、保护、储备以至贸易等方面的影响最为显著。可以毫不夸张地说，矿产资源经济问题是矿业的核心问题。经济分析不仅是现今矿产资源勘查和评价的主要内容和依据，而且是未来潜在的新资源和新能源利用可能性的前提和依据。众所周知，人们已经从技术上解决了从海水中提炼铀，从碱性岩中提取钾，从海底锰结核和软泥中回收铜、镍、钴及锰等多种有用金属等问题，然而它们之所以还不能成为上述矿产的现实恰在于经济方面的考虑。再者，经济参数不仅是评价矿产开发利用合理性的主要指标，而且甚至是决定某些类型矿床规模、形态的基本依据。著名的拉斯基品位—吨位模型就是从经济因素选择最佳品位吨位值的。凡此种种，都强调说明了矿产经济问题的重要性。

矿产经济问题在我国日益受到重视。现在已设有专门的研究机构。在一些高等地质矿业学校开设专业课程或设立近似的专业。有关这方面的论著也不时出现于地质文献之中。然而，熟知矿产经济的人员为数并不很多，地质院校也并未将矿产经济学列为必修课程，年青地质专家的培养在经济这一条腿上还太短。有人说我国的年青地质专家在技术上与西方国家年青专家相比毫不逊色，但最大的差距就在于缺乏经济头脑。这是否是事实，值得我们深思。从这一角度看，本书的翻译出版无疑具有很好的现实意义，因而是受欢迎的。

由于政治、经济和社会制度的不同，在矿产经济问题上也必然存在着不同的理论、观点和方法。然而，许多基本原理和方法是有普遍意义或是可以参考借鉴的。“它山之石可以改玉”，我们可以从书中获取有益的知识 and 启示。

“本书属于矿产经济学方面一本初级的、入门水平的教科书”（作者前言），因而它对于普及矿产经济学知识是很有用处的，对于不具有较深经济学基础的学生和地质勘查及矿业工作者将是一本有益的教材或参考书。

期待不久的将来会有更多既阐明矿产经济一般理论和规律，又反映我国特色和国情的专著问世。但愿此书能起到“抛砖引玉”的作用。

赵鹏大

1990年11月1日

于武汉

前 言

任何一位来访者一进入科罗拉多矿业学院矿产经济系总办公室，都会看到对面墙上有一个很大的美元符号。在其上方是一个木制的匾额，上面刻着这样一句话：“矿物经采掘而盈利者才是矿”。

几个世纪以来，自然资源的盈利性开发与开采是采矿业中许多个人和公司奋斗的目标。其中一些公司或个人因发现了金属富矿体和（或）大油气田而获得高额利润，但多数公司或个人的努力并未取得同样的成就。

今天，工业本身仍然对盈利性采矿经营抱有浓厚的兴趣。然而，还必须考虑几个新的目标。其中，最重要的是合理管理已发现的可再生的和不可再生的自然资源，这对整个社会至关重要。

从社会观点来看，则要考虑双重目标，即个人利益的经济可行性和自然资源的有效开发与利用。这是本书所涉及的内容。书中的素材来自于许多已公开发表的和未公开发表的资料，可用来说明与矿产资源经济学和管理学有关的基本原理。笔者不打算对各个专题进行深入的分析，而仅向读者介绍一些主要的基本概念及其在实际生活中的应用。读者如对更深入的分析感兴趣，可阅读书末所列的主要参考文献。

本书是矿产经济学方面一本初级的、入门水平的教科书。学习矿产工程规划、经济学和经营管理课程的，并对矿产和能源活动经济分析有特殊兴趣的高年级学生，会发现该书是他们学习的合适的起点。同样，学习工程规划、资源经济学、矿产经济学、自然资源管理、环境科学专业的一年级研究生和学法律的大学生也可使用这本书，借以初步了解矿产经济学的基本概念，弄清它们与一般经济管理理论的关系。这些读者最好具有经济学（宏观和微观经济学）原理的基本知识。我们鼓励缺乏这种基本知识的读者复习任何一本可得到的经济学教科书，使他们更加熟悉诸如供应和需求、成本和生产函数、边际利润、国民生产总值及收支平衡的概念。

本书分四篇。第一篇包括第一、二、三章，对矿产经济作了一般性介绍与概述。第一章一般性地介绍了自然资源，特别是矿产与能源燃料的定义和分类。第二章简略地讨论了矿产和能源资源在现代生活中的重要作用，以及这些资源不同于制造或服务业的特征。第三章概述了矿产和能源资源的可用性与用途。

第二篇探讨矿产资源的应用。第四章讨论资源短缺模型及其保护措施。第五章介绍与评价了使矿产和能源资源经营者收益更大的几种方法，还简略地讨论了矿产工程有关的风险和误差评价。第六章讨论了矿山所特有的一个理论问题——采掘速率和采掘水平的最优化问题。第七章概述了矿产开发的社会目标以及几种量化和测算社会目标的评价方法。

第三篇探讨的是当代矿产经济学的问题，共四章。第八章讨论了矿产和能源工业的行业组织。第九章讨论了矿业活动的特殊场所与空间问题。第十章论述了各国在矿物原料与矿产品国际贸易方面相互依赖程度的增长，以及这种增长趋势的经济与政治实质。最后一章（第十一章）探讨了矿产生产与利用对环境的潜在影响。

最后一篇是综合性案例研究，说明本书前面所提到的许多具体问题。读者根据实际地质资料，研习几个经济分析问题，如确定最优采掘速率和水平，经营规模，以及从社会福利

的角度评价工程项目经济可行性等。最后一章是本书内容的总结与几点结论性意见。接着是三个附录。附录A是贴现系数与复利系数表,附录B是一个露天煤矿可行性研究的完整例子,附录C是案例研究计算的详细内容。

笔者感谢在本书编写过程中给予直接和间接帮助的老师、同事和学生。正如书中所介绍的,若干结论和倾向性意见是受了许多人的启发并吸收了他们的建议而形成的。美国与国外30多个班级热心而天真的学生受了这些意见的影响。然而,本书在内容的逻辑性或简洁性方面仍有不足之处,笔者本人对此负有责任。在此,笔者将对给本书内容和描述方面提出意见与建议的导师、学生和热心的读者深表谢意。

本书献给我的妻子耶蒂达(Yedida)。在本书长期的酝酿过程中,她表现出非凡的耐心与勇气,在科罗拉多矿业学院给她的休假学年(1981—82)中,积极鼓励并协助我完成了这份手稿。

本书的清样稿的一部分是简·亚当斯·麦德琳(Jane Adams Medlen)夫人打印的。她工作做得很细致、专注且精益求精。在此,谨向她深表感谢。

美国科罗拉多州戈尔登

图 目

- 图1 特定矿产品的资源金字塔示意图
- 图2 麦克凯维分类法
- 图3 修改过的内政部分类法 (1976年)
- 图4 扩展的麦克凯维箱
- 图5 美国矿产和能源的流动 (1975年资料)
- 图6 美国经济对矿产和能源的依赖性 (1980年)
- 图7 品位和吨位分布模型
- 图8 储量和地壳丰度之间的关系
- 图9 利用率和地壳丰度之间的关系
- 图10 可耗竭资源的全生产周期
- 图11 美国1978年非燃料矿产的用量
- 图12 乌托邦资源——质量和数量的关系
- 图13 乌托邦增长迹线, 无资源短缺
- 图14 马尔萨斯资源——质量和数量的关系
- 图15 马尔萨斯增长迹线, 固定资源的利用
- 图16 李嘉图资源——质量和数量的关系
- 图17 李嘉图增长迹线, 直线轴
- 图18 世界模型的标准趋势
- 图19 修改过的世界模型
- 图20 复利息
- 图21 贴现
- 图22 经济评价程序
- 图23 决策树
- 图24 正态概率分布
- 图25 累积概率
- 图26 储备资源和流动资源
- 图27 改变回收速率, 使利润最大
- 图28 储备资源的品位-数量关系
- 图29 改变回收水平, 使利润最大
- 图30 卡利斯尔回收速率-回收水平变化模型
- 图31 多边形储量估算法
- 图32 里奥布兰科矿床贴现现金流量收益率结果

表 目

- 表1 麦克迪维特储量-资源术语
- 表2 矿产与能源在美国经济中的作用(1980年的估计值)
- 表3 金属按其克拉克值转换难易程度和利用率分类
- 表4 金属和非金属矿产的分类
- 表5 主要的投资资本项目
- 表6 主要经营成本
- 表7 直线折旧法
- 表8 余额递减折旧法
- 表9 年指数总计折旧法,基础方案不变
- 表10 露天煤矿的总收益
- 表11 对第3年从会计利润到净现金流量的调整
- 表12 返本期分析
- 表13 引自露天煤矿返本期分析
- 表14 净现值的计算
- 表15 现值比的计算
- 表16 假定的数例(卡利斯尔的第一种模型)
- 表17 不同回收速率下的最大收益率(卡利斯尔的第一种模型)
- 表18 假定的数例(卡利斯尔的第二种模型)
- 表19 改变回收水平,使收益率最大(卡利斯尔的第二种模型)
- 表20 报表(W县,1980年)
- 表21 技术系数表(W县,1980年)
- 表22 相关系数矩阵(W县,1980年)
- 表23 洪水控制和灌溉项目的效益/费用分析
- 表24 四个基本行业市场结构的特点
- 表25 美国矿产品概况,(集中比据1981年资料)
- 表26 采矿活动的国外投资——供求内容表
- 表27 里奥布兰科矿床勘探坑测试数据
- 表28 里奥布兰科红土型镍矿床的原地储量
- 表29 里奥布兰科矿床可回收的矿石与精矿量
- 表30 里奥布兰科矿床期望寿命期
- 表31 里奥布兰科矿床成本分类
- 表32 含镍20%的精矿价格(矿山离岸价格,里奥布兰科矿床)
- 表33 里奥布兰科矿床的收益,成本和利润
- 表34 里奥布兰科矿床的资本投资和残值
- 表35 里奥布兰科矿床年折旧费
- 表36 里奥布兰科矿床的年现金流量,净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率:3.0百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:11.9年)

- 表37 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 5.0百万吨矿石/年, 采矿水平 I, 服务期: 7.2年)
- 表38 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 6.5百万吨矿石/年, 采矿水平 I, 服务期: 5.5年)
- 表39 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 3.0百万吨矿石/年; 采矿水平 II, 服务期: 10.6年)
- 表40 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 5.0百万吨矿石/年, 采矿水平 II, 服务期: 6.3年)
- 表41 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 6.5百万吨矿石/年, 采矿水平 II, 服务期: 4.9年)
- 表42 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 3.0百万吨矿石/年, 采矿水平 III, 服务期: 8.1年)
- 表43 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 5.0百万吨矿石/年, 采矿水平 III, 服务期: 4.9年)
- 表44 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(采矿速率: 6.5百万吨矿石/年, 采矿水平 III, 服务期: 3.8年)
- 表45 里奥布兰科矿床的净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率结果一览表
- 表46 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(方案A, 服务期: 8.0年)
- 表47 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(方案B, 服务期: 7.2年)
- 表48 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(方案C, 服务期: 5.0年)
- 表49 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(方案D, 服务期: 4.9年)
- 表50 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(方案E, 服务期: 4.9年)
- 表51 里奥布兰科矿床的年现金流量, 净现值(贴现率为20%)和贴现现金流量收益率(方案F, 服务期: 4.4年)
- 表52 里奥布兰科矿床敏感性分析结果
- 表53 里奥布兰科矿床方案C的直接社会效益与费用

附录表目

- 表A-1 贴现系数表(年末)
- 表A-2 复利系数表(年末)
- 表A-3 年金贴现系数表
- 表B-1 资本投资与折旧费计划表(美元)
- 表B-2 投资成本一览表

- 表B-3 劳务需求及其费用
- 表B-4 估算的年经营费用
- 表B-5 采矿权益
- 表B-6 设备与机械的更换
- 表B-7 BDC公司露天煤矿净现金流量计算
- 表B-8 BDC公司露天煤矿净现值(贴现率为18%)与贴现现金流量计算
- 表C-1 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:3.5百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:10.2年)
- 表C-2 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:4.0百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:9.0年)
- 表C-3 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:4.5百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:8.0年)
- 表C-4 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:5.5百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:6.5年)
- 表C-5 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:6.0百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:6.0年)
- 表C-6 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:7.0百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:5.0年)
- 表C-7 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:7.5百万吨矿石/年,采矿水平I,服务期:4.8年)
- 表C-8 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:3.5百万吨矿石/年,采矿水平II,服务期:9.1年)
- 表C-9 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:4.0百万吨矿石/年,采矿水平II,服务期:7.9年)
- 表C-10 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:4.5百万吨矿石/年,采矿水平II,服务期:7.0年)
- 表C-11 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:5.5百万吨矿石/年,采矿水平II,服务期:5.8年)
- 表C-12 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:6.0百万吨矿石/年,采矿水平II,服务期:5.3年)
- 表C-13 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:7.0百万吨矿石/年,采矿水平II,服务期:4.5年)
- 表C-14 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:7.5百万吨矿石/年,采矿水平II,服务期:4.2年)
- 表C-15 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:3.5百万吨矿石/年,采矿水平III,服务期:7.0年)
- 表C-16 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:4.0百万吨矿石/年,采矿水平III,服务期:6.1年)
- 表C-17 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为20%),贴现现金流量收益率(采矿速率:4.5百万吨矿石/年,采矿水平III,服务期:5.4年)

- 表C-18 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为 20%),贴现现金流量收益率(采矿速率: 5.5 百万吨矿石/年, 采矿水平 III, 服务期: 4.4 年)
- 表C-19 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为 20%),贴现现金流量收益率(采矿速率: 6.0 百万吨矿石/年, 采矿水平 III, 服务期: 4.1 年)
- 表C-20 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为 20%),贴现现金流量收益率(采矿速率: 7.0 百万吨矿石/年, 采矿水平 III, 服务期: 3.5 年)
- 表C-21 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为 20%),贴现现金流量收益率(采矿速率: 7.5 百万吨矿石/年, 采矿水平 III, 服务期: 3.3 年)
- 表C-22 里奥布兰科矿床年现金流量,净现值(贴现率为 20%),贴现现金流量收益率(修正过的方案 A)(采矿速率 4.5 百万吨矿石/年, 采矿水平 I, 服务期: 8.0 年)
- 表C-23 里奥布兰科矿床的直接社会效益与费用(修正过的方案 A)

目 录

图目..... (I)

表目..... (I)

第一篇 引言和概论

第一章 自然资源——定义和分类..... (1)

一、自然资源——概念和应用..... (1)

二、矿产和能源资源的分类..... (3)

1. 麦克迪维特分类..... (4)

2. 美国地质调查所分类法..... (5)

3. 美国内政部统一分类法(1976年)..... (6)

4. 修改过的美国内政部资源和储量分类法..... (7)

5. 适于编制战略规划的分类..... (12)

第二章 自然资源的作用及其特点..... (13)

一、自然资源的作用..... (13)

二、矿产和能源的特点..... (16)

第三章 矿产和能源资源的可用性和用途..... (18)

一、资源可用性与供应评述..... (18)

二、能源和矿产的用途..... (21)

第二篇 矿产资源的利用

第四章 资源短缺和资源保护..... (23)

一、资源的利用..... (23)

1. 传统短缺模型..... (24)

2. 乌托邦短缺模型..... (24)

3. 马尔萨斯短缺模型..... (25)

4. 李嘉图短缺模型..... (26)

5. 资源短缺效应分析..... (27)

6. 增长的极限..... (28)

二、资源保护和储备..... (30)

三、作者对各派观点的评价——短缺、工艺和保护..... (31)

第五章 矿业和能源工业的经济可行性研究..... (32)

一、经济分析的必要性..... (32)

二、自然资源的开发——具体特点..... (33)

三、货币的时间价值..... (33)

1. 利率..... (34)

四、资金来源和资金成本..... (34)

1. 单利和复利..... (34)

2. 贴现..... (35)

3. 年金和永续年金	(36)
五、资料评估	(37)
1. 资源估算	(37)
2. 产率和边际品位	(38)
3. 资本投资需求	(38)
4. 经营成本	(40)
5. 折旧和摊销	(40)
6. 折耗减免	(41)
7. 价格信息——收入估算	(43)
8. 税金	(43)
9. 其它有关资料	(45)
10. 现金流量与会计利润	(45)
六、投资评价方法	(46)
1. 会计收益率 (ARR)	(46)
2. 返本期 (PB)	(47)
3. 净现值 (NPV)	(48)
4. 现值比 (PVR)	(49)
5. 多个贴现率的评价公式	(50)
6. 贴现现金流量收益率 (DCF)	(51)
7. 各种方法的优缺点	(52)
8. 连续评价过程	(53)
七、风险分析	(54)
1. 误差和风险	(54)
2. 按风险调整的收益率	(55)
3. 敏感性分析	(55)
4. 主观概率分布	(57)
5. 客观概率分布 (蒙特卡洛模拟法)	(58)
八、归纳和结论	(60)
1. 可接受的收益率	(61)
2. “最优”经济评价法	(61)
第六章 可耗竭矿床的最优回收规划	(62)
一、定义	(62)
1. 第一种情况：回收水平不变，选择回收速率	(63)
2. 第二种情况：选择回收水平	(66)
3. 第三种情况：改变回收速率和回收水平	(68)
二、总结和评价	(68)
第七章 社会对私人权益的经济评价	(69)
一、投入-产出分析 (I-O)	(69)
二、效益-费用分析 (B/C 比)	(71)

第三篇 当代矿产经济学问题

第八章 矿产工业的行业组织	(74)
一、市场结构.....	(74)
二、市场导向.....	(77)
三、市场功能.....	(78)
第九章 采掘活动的场所和空间问题	(79)
一、区位理论.....	(79)
二、对经济基础设施的需要.....	(80)
第十章 矿物原料和矿产品的国际投资和贸易	(81)
一、外国投资者和东道国关于矿产开发的谈判.....	(81)
二、矿物原料和矿产品的国际贸易——谁将受益.....	(82)
第十一章 矿产生产和环境	(84)

第四篇 实例研究和附录

第十二章 可耗竭矿山规划的最优化 ——以里奥布兰科(Rio Blanco)红土型镍矿床为例.....	(85)
一、地质数据.....	(85)
二、采矿和选矿.....	(88)
三、会计成本.....	(88)
四、价格和利润.....	(90)
五、现金流量和现值计算.....	(90)
六、敏感性分析.....	(94)
七、开发里奥布兰科矿床的社会经济影响.....	(96)
八、特许权谈判	(102)
九、总结	(103)
附录	(104)
附录A. 贴现、复利和年金贴现系数表.....	(104)
附录B. 假想的露天煤矿工程项目的可行性研究	(107)
附录C. 里奥布兰科矿床的可行性研究	(112)
参考文献	(120)

第一篇 引言和概论

第一章 自然资源——定义和分类

每一本关于经济学原理的教科书都要列举商品生产与服务行业中直接采用的几个要素。这些要素也可称为投入生产要素或资源，通常可分为三大类（有时也分为四类）：

(1) 土地——包括对人类有用的天然产出的所有物质。据应用最广的定义，土地还包括地表与地下的产物与矿产（如森林、鱼类和能源燃料），以及水与空气。

(2) 劳动力——也称人力资源，包括可利用的人力，以及工人能提供的技术和专业知识。

(3) 资本——指人造的资产，例如生产过程中正在使用的设备、机器和建筑物。这类投入物通常用其货币价值来表示（如固定资产投资）。

(4) 某些经济学家还加上第四类——企业家。虽然这个要素由劳动力与资本组成，并和前述的投入物有关，但为了使生产过程可行，当它以适当的比例，在适当的时间与地点，和其他投入物相结合时，还是很有意义的。

在研究自然资源的过程中，以往有关投入物的一般性分类是不合适的。虽然，我们在此主要对土地类感兴趣，但是，对这一术语仍有必要进行更详细的分析与推敲。各种土地成份（例如可再生的和不可再生的）与其特有的技术和经济特点之间要有明显的区别。同时，还应对土地与其他所有生产要素间的相互作用进行研究。所有这些方面本章都要作简要的介绍与讨论，尤其要强调的是矿产资源与能源。

一、自然资源——概念和应用

对自然资源下定义不是一件轻而易举的事。流行的定义如下所述。

“……所谓资源，就是在我们发现它时，是有用的、有价值的东西。用其原始的或未加工的状态，就可投入某种有价值的生产过程，也可直接进入消费，从而获得使用价值……”（兰德尔(Randall)⁽¹⁾，1981年，第13—14页）。

查尔斯·W·豪(Charles W·Howe)认为自然资源是：

“……地球上一切有生命的和无生命的天赐之物，……传统上把这个术语限于：对人类有

(1) 姓名与地名第一次出现时，皆注上原文。

用的或者是在合理的技术、经济与社会环境下对人可能有用的天然产出的资源与系统……”（1979年，第1页）。

自然资源有很多种不同的分类方法。豪列举出了以下自然资源的主要种类：

“……（1）农用土地。（2）森林土地及其各种产品与服务。（3）为艺术、娱乐或科学服务的自然保护区。（4）淡水与咸水水产。（5）包括矿物燃料与非燃料的矿产资源。（6）可再生的非矿物能源，如太阳、潮汐、风与地热系统。（7）水资源。（8）环境吸收废物的各种能力……”（第1页）。

第五与第六类资源是本书的研究重点，而其他资源，尤其是人口资源（不知何因未列入豪的资源分类中）皆未研究。

矿业人员常用的一个矿产资源定义是：

“……天然赋存于地壳内或地壳上的固态、液态或气态物质的富集物，以其作为一种商品的经济开采在目前是可行的或潜在可行的……”（美国内政部，1974年，第2页）。

该定义是不同工业部门所采用的几个类似定义之一，下面的例子可以说明：

“……该术语（矿产资源）包括所有无生命的、人类使用的、天然产出的无机或有机物质。因而，所有天然结晶的固体、诸如石油与天然气等化石燃料，以及地球上的水与大气层中的气体，都可定义为矿产资源……”〔麦克迪维特（McDivitt），1965年，第10页〕。

上述定义都有其局限性。尤其是：（1）它们皆忽视了诸如太阳能、森林、水产这样的非矿物资源，还忽略了在自然资源开发与利用中起着重要作用的人口要素。（2）上述定义把自然资源看作一批静态存货，即一堆有形物质的数量有限的存货。

一些学者认为上述定义的狭义观点正在引起更大的误解。例如，埃里克·W·齐默尔曼（Erich W·Zimmermann）教授在其《世界资源与工业》一书中强烈抨击了上述定义的局限性。他引用了数年前在英格兰约翰·布尔（John Bull）小酒店所看到的四行诗句，说道：

“……世界是一捆干草，
人类是拖草的驴，
人人都在以不同的方式拖它，
约翰·布尔是其中最伟大的一个……”

“世界是全人类实际的和潜在的资源的总和，把世界比作一捆干草实在荒谬。干草是死的，不会生长，只会消耗殆尽。人类也不是拖草的驴……”（1951年，第7页）。

相反，齐默尔曼的资源观点是：

“……资源是一个动态概念，它随人类的努力与行为而变化（扩大与缩小）。……在很大程度上，它是人类自己创造的。人类的智慧是首要资源——揭示宇宙的关键资源……”（第7页）。

齐默尔曼的资源概念往往被概括⁽¹⁾成下述短语：

“……资源不是……它们成为”⁽²⁾

在创造资源的过程发生之前，似乎有三个必要条件。

(1) 必须存在某些物质，即天然产出的“中性材料”。

(1) 例如：AIME，1976年，第127页。

(2) 实际上，齐默尔曼一书中没有所引用的完整短语，只有该短语的第二部分，在第11页能看出。不过，完整的短语准确地反映了齐默尔曼思想与观点的精髓。

(2) 这些物质必须是人类需要的物质。

(3) 必须具有加工这些物质、并使其有益于人类的工艺技术。

当这三个条件都满足时，中性材料转变成有用资源的过程就会发生：

中性材料→资源

该过程肯定是可逆的。当现有条件变化时（例如，工艺技术开发了良好的代用品；兴趣或需要的改变），那么资源也会转化成中性材料：

资源→中性材料

齐默尔曼在其著作中列举了几个证明上述可逆过程的例子。这里我们将增加一些近期与齐默尔曼所概述的形式相同的实例研究成果。

(1) 1789年以来，人类就知道有铀化合物存在，并于1842年以前分离出铀元素。然而，人类多年来并不需要它——它仅仅是一种“中性材料”。当人类最终需要它（这里不打算主观评价用铀制造核武器是如何的必要），发展了加工工艺之后，中性材料就转化成资源。人们希望（这是一个很主观的意愿）这种特殊资源将来只能用于建设，把它作为燃料，在工业、农业、医学或科学方面为人类造福。

(2) 第二次世界大战期间，明尼苏达州东北部梅萨比山脉高品位铁矿石的加速开采加大了该区矿床迅速耗尽的可能性。50年代早期，由于人们改进了钻探工艺，创造出了利用该区铁燧岩矿石（低品位矿石）的选矿流程，并将精矿粉烧结成球，使铁燧岩矿成为炼铁鼓风机的好原料，从而解决了资源耗尽的部分问题，于是人类从中性材料中创造出新的资源。

(3) 冰晶石是生产金属铝的重要配料。许多年来，它主要由格陵兰的一个工业矿床提供。由于该区交通不便，矿床难以全年开采，故迫使铝业公司开发钠、氟、铝的合成材料。由于新工艺的开发，满足了人类的需求，使绝大多数天然冰晶石又转换成中性材料。

(4) 美国近来严厉的空气污染法规限制了传统（蒸气）电厂高硫煤炭的使用。由于社会与法律的限制，大量高硫煤炭资源再也不能被充分利用了，除非采用一种经济有效的处理方法，把有害杂质除去。否则，一部分高硫煤炭就可能转换成中性材料。

自然资源广义的动态观点确实具有许多优点。可是这种发展的和经常变化的广义概念在任何时候都是很难量化的。然而，现代科学却要求在制定当前和未来的政策与战略规划时，要用数字来表示。为了促进自然资源的量化，资源的范围就必须窄一点。如果资源主要指有形物质，则其定量就较容易。尽管如此，还存在资源分类与公用术语使用混乱的严重问题。下面将简要地讨论这一点。

二、矿产和能源资源的分类

采矿与能源工业人员以及外部人员在使用资源术语时，一直不统一并且混乱。现在需要有一个共同的、普遍接受的有关资源及其亚类的术语。我们经常“……发现许多不同的资源评价所用的术语似乎是统一的，但是较严格的考察说明，所用术语的含义与计算中的假定却很不相同。同时，评价值在数字上相互间似乎也是统一的，而实际上却是用不同的资源名称表明一致的假定与描述……”〔尚策（Schanz）1975年，第10页〕。

储量（reserves）与资源（resources）术语，以及如何区别它们是引起混乱的主要原因。这种区别在实际应用时，无论是对于利用矿产与燃料的个人及企业，还是对制定法规与计划的当局都是很重要的。下面介绍四种不同的分类方法，并举例说明它们的实际应用。还

要说明第三种方法的扩展。

1. 麦克迪维特分类

詹姆斯·麦克迪维特 (James McDivitt) 是试图根据各种矿产资源的性质, 将其分类的几个作者之一。麦克迪维特在未来资源公司 (Resources for the Future, Inc.) 以前研究的基础上, 根据地质产状、经济与技术可行性三个方面, 对矿床进行分类。他采用三个术语——储量、资源⁽¹⁾与资源基础 (Resource base) ——描述全部矿产资源 (麦克迪维特, 1965年, 第69页)。矿床分类的标准如表1所示。

表1 麦克迪维特储量-资源术语

名称	赋存状况	经济	技术
储量	已知	当前成本水平	当前可行的
资源	已知与未知	规定的任何成本水平	当前可行的与将来可行的
资源基础	已知与未知	无关	可行与不可行的

(据J. 麦克迪维特, 《资源与人》, 1965年, 第69页)

储量 (有时也称矿石量) 是指矿床中满足以下三个条件的矿物, 这三个条件是地质上是已知的 (数量与品位), 当前生产它们是经济合理的, 采选工艺和利用是可行的。大多数在经营的矿山、采石场与油气田都属于这一类。

资源类系指潜在储量 (potential reserves)。当前, 资源在一个或多个方面还达不到储量的标准, 或是地质产状不完全清楚, 估算的成本比市场价格要高, 或是工艺技术还不完全成熟, 尽管在将来有可能进一步成熟。科罗拉多州, 犹他州与怀俄明州的许多油页岩矿都可作为麦克迪维特资源类型的典型例子。虽然地质产状基本上都已了解, 但其经济合理性尚未确定, 若干技术与环境问题 (例如回收率, 废弃页岩的处置与水的利用) 也未得到满意的解决。然而我们认为这些问题在不远的将来会得到解决, 商品油页岩工业的经济前景也将好转。用粘土生产氧化铝可作为一个类似的例子。今天, 主要铝工业所用的氧化铝都是由铝土矿生产的, 绝大部分铝土矿石都被输入美国。因为, 近几年铝土矿石价格受国际卡特尔组织的控制而上涨, 所以, 为了减少对国外资源的依赖, 许多科学家都在积极研究和努力开发用非铝土矿生产氧化铝的途径。虽然问题还不少, 但在技术与经济方面突破的可能性很大。

资源基础包括地壳上的全部矿产与燃料, 不论其富集程度如何。此时, 它与经济方面和技术加工程度皆无关系。你们后院岩石中所有矿物的经济利用乃是许多年以后的事。可是, 资源基础为我们提供了地壳上与地壳内矿产与燃料最终供应量的估计值。

表示特定矿产品的麦克迪维特分类法中的一个简单方法是运用资源“锥”或“金字塔”的方法 (见图1)。

图上清楚地表明了三类矿产资源。任何两类资源间的界线很可能是非常不明确的, 采用过渡区来表示更为恰当。除此之外, 由于地质认识、经济环境与技术水平的变化, 界线总会发生上下移动, 它可能从较低的资源类型向较高的资源类型移动, 也可能相反。

麦克迪维特分类法的三个要点是:

(1) 除了考虑对矿床的地质认识程度外, 还要考虑经济的合理性与技术的可行性。

(1) 这是一个应用较少的术语。在麦克迪维特的分类结构中, 资源实际上是潜在储量, 其范围比齐默尔曼所包含的整个概念或其分类方法更为有限。