

- 陈遵 编著
- 中南工业大学出版社

露天矿 设计原理

LUTIANKUANG
SHEJIYUANLI

- 封面设计 颜平平
- 责任编辑 王锡范

露天矿 设计原理

LUTIANKUANG
SHEJIIYUANLI

ISBN7-81020-359-2 / TD·023 定价: 2.70 元

TD802/C-964

陈遵编著

中南工业大学出版社

LUTIANKUANG SHEJIYUANLI LUTIANKUANG SHEJIYUANLI

露天矿设计原理

露天矿设计原理

前 言

《露天矿设计原理》的前身是《露天矿设计》，曾作为采矿专业的选修课教材于1982年首次付印，经修改和补充后于1984和1986年先后两次印刷。1985年中南工业大学设立露天开采专业，《露天矿设计原理》列为该专业的主要专业课之一，根据该课程的教学大纲，作者在《露天矿设计》的基础上，重新进行了编写，增加和充实了许多新的内容。

在本书的定稿过程中，王英老师对文稿做过修改、并承担了全部缮写与校对等工作。

在编写过程中参阅了部分兄弟院校和单位的教材及资料，还得到了中南工业大学露采教研室老师们及兄弟院校老师们，如青岛冶金矿山大学许清源老师等的大力支持，特向这些老师们致谢。

由于作者水平有限，本教材中欠妥或错误之处，在所难免，希读者和专家们提出批评和建议。

编著者 1990年7月

ABE84/06

内 容 提 要

《露天矿设计原理》共九章，比较系统地介绍了露天矿设计领域内的基本原理和基本知识。主要内容
包括露天矿的设计程序及原始资料；露采设计经济效益的评价；可行性研究；露天开采境界的确定；生产
剥采比及其均衡；露天矿的生产能力及两级矿量；露天矿采剥进度计划的编制及基建工程量的确定；露天
矿的技术改造；露天矿的总平面布置等。

本书可作大专院校、电大、函大、职大的教材，亦可为冶金矿山、煤炭、化工、建材矿山及其有关的
科研、设计单位和生产现场科技人员的参考书。



目 录

第一章 露天矿的设计程序及原始资料.....	(1)
第一节 设计的原始资料.....	(1)
第二节 露天矿设计的程序及内容.....	(2)
第三节 设计方法.....	(4)
第四节 原始资料的可靠性.....	(7)
第二章 露采设计经济效益的评价.....	(9)
第一节 动态法.....	(9)
第二节 静态法.....	(15)
第三节 最优方案的选择.....	(16)
第三章 可行性研究.....	(18)
第一节 概述.....	(18)
第二节 可行性研究的内容.....	(19)
第三节 可行性研究的经济计算.....	(22)
第四节 可行性研究的技术经济分析.....	(25)
第四章 露天开采境界的确定.....	(30)
第一节 概述.....	(30)
第二节 境界剥采比的确定.....	(33)
第三节 经济合理剥采比的确定.....	(39)
第四节 确定露天开采深度的原则.....	(46)
第五节 确定露天开采境界的步骤及方法.....	(52)
第五章 生产剥采比及其均衡.....	(62)
第一节 概述.....	(62)
第二节 露天矿的开采程序.....	(64)
第三节 工作帮及工作帮坡角.....	(70)
第四节 生产剥采比的确定.....	(73)
第五节 生产剥采比的影响因素及变化规律.....	(83)
第六节 生产剥采比的均衡.....	(89)
第六章 露天矿的生产能力.....	(95)
第一节 现行设计的一般做法.....	(95)
第二节 露天矿生产能力对其经济效益的影响.....	(97)
第三节 确定露天矿合理生产能力的原则及方法.....	(98)
第四节 按技术可能性验证露天矿可能的生产能力.....	(107)
第五节 露天矿的两级矿量.....	(115)
第七章 露天矿采剥进度计划的编制.....	(125)
第一节 概述.....	(125)

第二节	编制采剥进度计划的基本要求.....	(126)
第三节	编制采剥进度计划的原始资料.....	(126)
第四节	编制采剥进度计划的内容.....	(128)
第五节	编制采剥进度计划的步骤及方法.....	(132)
第六节	基建剥岩量的确定.....	(135)
第七节	基建投资的确定.....	(140)
第八章	露天矿的技术改造.....	(142)
第一节	概述.....	(142)
第二节	技术改造的基本方向.....	(144)
第三节	地下开采转露天开采.....	(146)
第四节	露天矿的重复开采.....	(150)
第九章	露天矿的总平面布置.....	(153)
第一节	概述.....	(153)
第二节	总平面布置的要求.....	(154)
第三节	减少露天矿占地的技术经济意义.....	(155)
第四节	露天矿的环境保护.....	(157)

第一章 露天矿的设计程序及原始资料

第一节 设计的原始资料

露天矿设计所需的基础资料，主要分为以下三类：

一、党和政府以及上级主管部门的方针政策性文件，例如：

1. 党和政府有关的指示性文件，一般以正式文件为准。

2. 设计规程和规范，例如《冶金矿山建设的若干规定》（第二次讨论稿）、《基本建设设计工作管理暂行办法》等。

3. 已批准的《设计任务书》。

二、地质资料

《总体设计》或《方案设计》，可以《详查勘探地质报告》为依据。《初步设计》，必须以《精查勘探地质报告》为依据。各种勘探阶段所提交的地质报告，应符合有关地质专业的规范要求，并应经相应的储委审查批准。报告提交的高级储量比例，应满足露天矿对高级储量的要求，在首采区更应如此。地质资料主要包括以下几个方面：

1. 地质资料：

矿区的地理位置；

矿区的气候特征：年平均气温、年最高和最低气温、年最大和最小降雨量、最大暴雨量及持续时间、最高洪水位、风向、风速以及地震方面的资料；

矿区的工业、农业、能源、供水及建材来源情况；

矿床的勘探情况、详勘方法及勘探程度；

矿床地质构造及成矿特点等；

有用矿物、付产矿物及有害成份的特性等。

在这部分资料中，露采设计主要使用的地质图有：

（1）矿区地形地质图；

（2）勘探线剖面图，即横剖面图；

（3）分层平面图；

（4）纵剖面图；

（5）矿体顶板和底板等高线图；

（6）矿体等厚线图；

（7）剥离物等厚线图；

（8）剥采比等值线图。

前四种图主要用于倾斜及急倾斜矿体，后四种图主要用于水平及缓倾斜矿体。

2. 水文地质和工程地质资料；

这部分资料主要有：

矿石和围岩的物理力学性质；

含水层及其补给水来源的资料、矿岩的渗透性能、可能的涌水量等资料。

这部分资料的图件有：

- (1) 含水层的等厚线图；
- (2) 含水层的顶板和底板等高线图；
- (3) 含水层的剖面图；
- (4) 抽水试验图。

对于水文地质和工程地质特别复杂的矿山，需要提交这方面的专门报告。

三、设计人员需要收集的资料

设计人员在接到设计任务书后，应有计划地到有关地区、部门及矿区收集资料，此时应特别注意以下几点：

1. 地形特点：注意地形有无变化；村庄和耕地有无扩大；河流、公路及铁路有无改变；是否增加了新厂矿、输电线路和水利工程等。
2. 气象特点：需补充了解矿区的气象特点。
3. 交通运输方面的特点及变化情况。
4. 地质资料的校核：在现场应对地质资料进行校核，例如钻孔位置、矿体出露位置、断层位置，指出存在的问题，并提出改进意见，供上级主管部门参考。

第二节 露天矿设计的程序及内容

我国目前通行两阶段设计制，即初步设计和施工图设计。对技术复杂的大型矿山，可根据主管部门的要求，按初步设计、技术设计和施工图设计三阶段进行。对于有些牵涉面广的大型矿区应做总体规划设计。对技术简单的小型矿山，经主管部门同意，在完成简化的初步设计（即方案设计）后，就可进行施工图设计。

初步设计应根据批准的设计任务书（或可行性研究报告）和可靠的设计基础资料进行编制。技术设计应根据批准的初步设计进行编制。施工图设计应根据已批准的初步设计（或技术设计）和主要的订货情况进行编制。

目前冶金矿山为了贯彻国家计委关于严格执行建设程序的指示，强调设计前的准备工作，其主要的有：

1. 加强勘探、科研和可行性研究工作；
2. 设计任务书的编制；
3. 初步设计。

苏联的设计程序与我们是一样的。美国等西方国家对设计程序没有明确的规定，时间可长可短，内容可多可少，主要根据对方的要求而定。但各个公司都有一套自己的作法，例如美国的福录公司，他们的设计一般按四个阶段进行，即可行性研究、概念性设计、基本性设计、详细设计。

我们国家矿山工程项目的建设程序如图1.1所示。

露天矿设计的主要内容

一、露天矿设计的主要任务

1. 确定矿床开采在技术上的可能性和经济上的合理性；

2. 确定露天矿的生产能力；
3. 选定和论证露采主要的工艺过程和工艺参数；
4. 解决露天矿的能源、供水、取暖等问题；
5. 确定露天矿的建设地点、方法及建设期限等问题；
6. 确定露天矿的总投资及主要的技术经济指标；
7. 解决外部运输及其他一些问题。

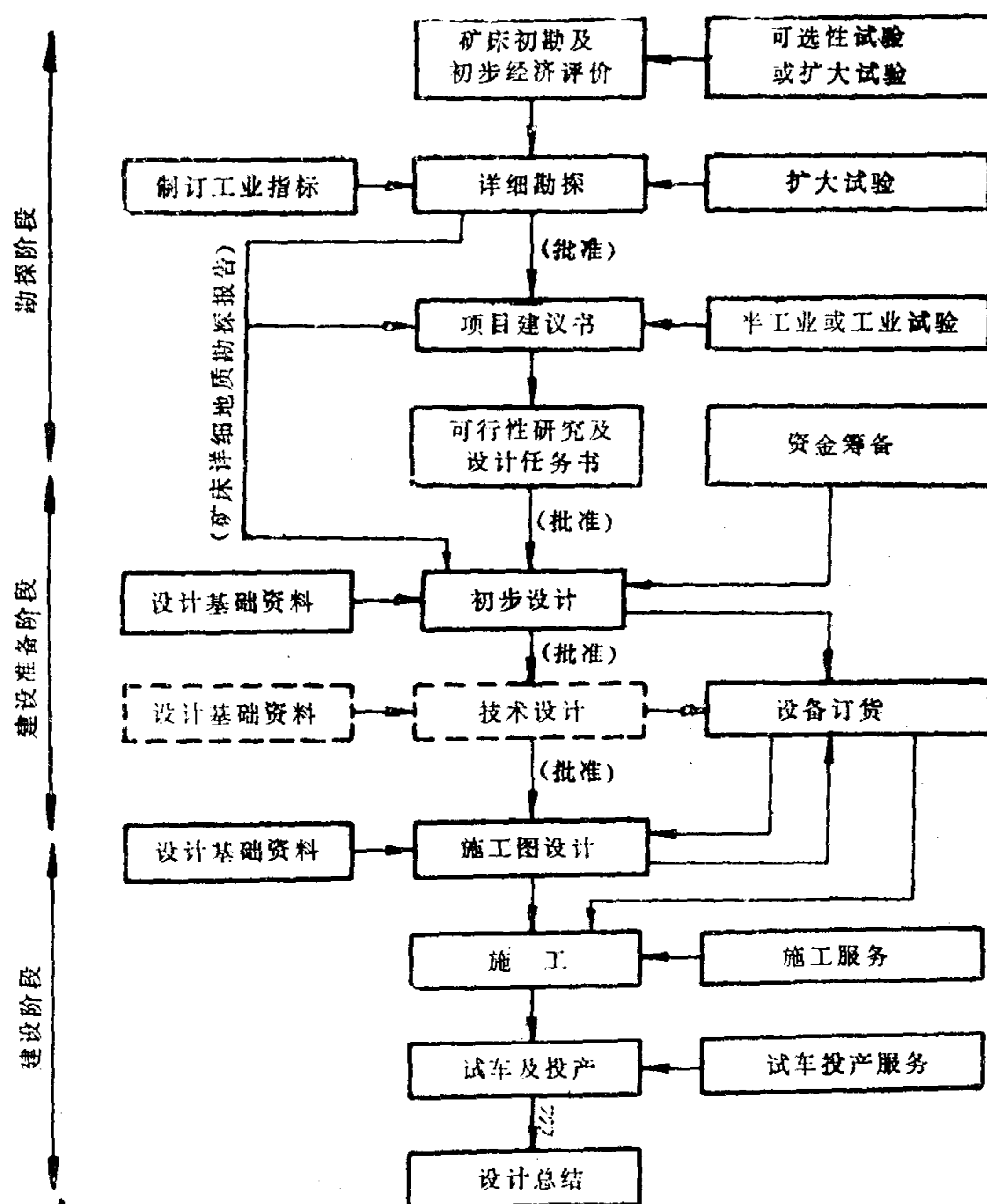


图1.1 矿山建设项目的建设程序

二、露天矿设计的主要内容

1. 技术经济部分；
2. 地质部分；
3. 工艺部分；
4. 能源部分；
5. 基建部分；
6. 总平面布置及运输部分；
7. 企业管理部分等。

三、工艺部分的主要内容

露天矿设计的工艺部分主要包括以下内容：

1.露天开采境界的确定,即确定露天开采境界、计算矿量、岩量及剥采比等。在这部分内容中还包括矿量计算图及露天开采终了平面图。

2.确定露天矿总的开采计划及设计生产能力,例如:确定露天矿总的采剥程序;论证和确定露天矿的生产能力、服务年限、投产及达产时间等。

3.论证和确定露天矿综合机械化的作业方式,选择穿孔、采装、运输、排土设备及相应的辅助设备。

4.选择矿体开拓方式,在技术上和经济上论证所采用的开拓方式、选用合理的开采程序,以及确定矿山的基建工程量等。

5.选择采剥方法。主要包括选择合理的采剥方法;计算主要设备的数量、生产能力及工艺参数;确定采剥方法的参数,如台阶高度、台阶坡面角及帮坡角;确定工作平盘、安全平台、清扫平台及运输平台的宽度;确定采掘带的宽度、采区长度、工作线的水平推进速度、采矿工程的年下降速度;选择端帮开采方案、选择开采方案及松动爆破方法;爆破参数的选择及计算,二次爆破方法的选择、单位炸药消耗量的计算、炸药及爆破器材仓库的设计等。

6.选择排土方案。主要包括排土场受土容积的计算、排土地点的选择;排土场工程地质的分析;排土设备的选型、生产能力及所需数量的计算;排土场主要参数的确定,如台阶高度、台阶坡面角、工作线的长度及排土线的数目;排土场的发展方式、复土及环保等问题。

7.内部运输方式的确定。主要包括运输方案及运输系统的选择、运输设备的计算、运输设备及运输干线的修理及维护、运输组织及调度等问题。

8.疏干及排水方法的选择。主要包括地表及地下水的防治、地下水的疏干、排土场的疏干、排水巷道掘进机械及施工方法的选择,排水设备的计算等。

9.确定安全措施。主要包括采场内的安全措施、生产中的安全措施及防护措施等。

10.确定环境保护措施。

第三节 设计方法

露天矿设计是一个很复杂的过程,其影响因素很多,且影响程度又各不相同。另外,在设计过程中需要解决很多的技术问题,而这些问题又是互相影响、互相制约的,很难单独解决。例如露天矿的开采程序与所采用的采运设备型号及数量有关,后者决定露天矿的生产能力,而生产能力又影响露天矿的开采深度,而开采深度又与台阶高度及边坡角等有关。

为了解决上述复杂的设计问题,在露天矿的设计中采用多种设计方法,例如统计法、分析法、图解法、图解分析法和方案法。现在露天矿设计中已广泛地采用计算机,用来解决复杂的设计问题,例如露天开采境界的确定、矿岩量的计算、生产能力的优化、进度计划的编制等,为高速度高质量地解决露天矿的设计问题提供了一个重要的设计手段。下面对各种设计方法作一简略介绍。

一、统计法

该法就是利用统计数据或观察数据来确定所选择的参数。计算经济合理剥采比时,就是利用该法确定地采成本、剥岩成本和露采直接成本的。

如果统计数据和观察数据很多,还可以利用这种方法建立起统计数据与所选择参数之间的近似数学关系式,即经验方程。例如可以用这种方法来确定轮式电铲的重量与其生产能力

及台阶高度的关系式等。

统计法的优点是：只要原始数据可靠，计算结果就比较准确。

该法的主要缺点是：为了获得比较准确的结果，需要处理很多的原始数据，而这些数据又来自不同的矿山企业。这些企业的地质条件、开采技术条件、设备条件又各不相同，所以原始数据的对比性较差，数据处理工作量很大。用该法获得的数据只能代表相似条件的矿山，不能随意使用。例如用统计法确定的经济合理剥采比只能用于可以实施露天开采的矿山，而不能用于表土厚度大、初始剥采比大，根本不能采用露天开采的矿山。

另外，上述统计数据只反映企业过去的情况、原有设备的工作情况，很难预测将来。而我们设计的是未来的矿山，很多问题要求我们在设计中解决。

二、分析法

分析法就是利用数学分析方法来建立一些参数的函数关系式，并求出其合理值。所谓合理，就是指其生产成本最低，或总盈利最大，或总费用最少，或能源消耗、劳动力消耗或金属材料消耗最低。合理值可以通过求函数的极大或极小值来解决。

分析法在露天矿设计中用得很多,例如确定露天开采深度的原则 ($n_j \leq n_{j.H}$) 就是利用露天和地下联合开采总费用最低、或总盈利最大这一原则推导出来的。此外,还可以用分析法直接求露天开采的合理深度,即:

$$H_k = \frac{mn_1 \cdot H}{\text{ctg} \beta + \text{ctg} \delta} \quad (1.1)$$

式中: H_1 ——露采的合理深度, m;

$$n_{j.H}$$
——经济合理剥采比, m^3/m^3 ;

m ——矿体水平厚度, m;

 β, δ ——上盘和下盘最终帮坡角 ($^{\circ}$)。

分析法的主要优点是：分析所得出的结果是一般式，因此可以用来分析各个因素之间的关系和影响程度。只要函数之间的关系不变，其预期的效果是可靠的。

分析法主要的缺点是：例如式 (1.1)，它只适用于地形平坦，产状稳定的矿体。另外，很难在所有的情况下都能得到各个参数的函数关系式，并求出其合理值。因为矿体形状和埋藏条件复杂、有用矿物分布不均匀、矿岩性质变化很大、工艺条件复杂，所以很难建立矿体埋藏条件、开采技术参数与开采技术经济指标之间的数学关系式。为了解决这类问题，有时不得不将某些条件全部或部分理想化，这就大大降低了计算精度。

分析法用来解决局部问题是比较有效的，因为这时的影响因素不多，例如用来计算工作面采装运设备的生产能力等。由于计算机的应用，分析法的应用范围和前景已大大增加。

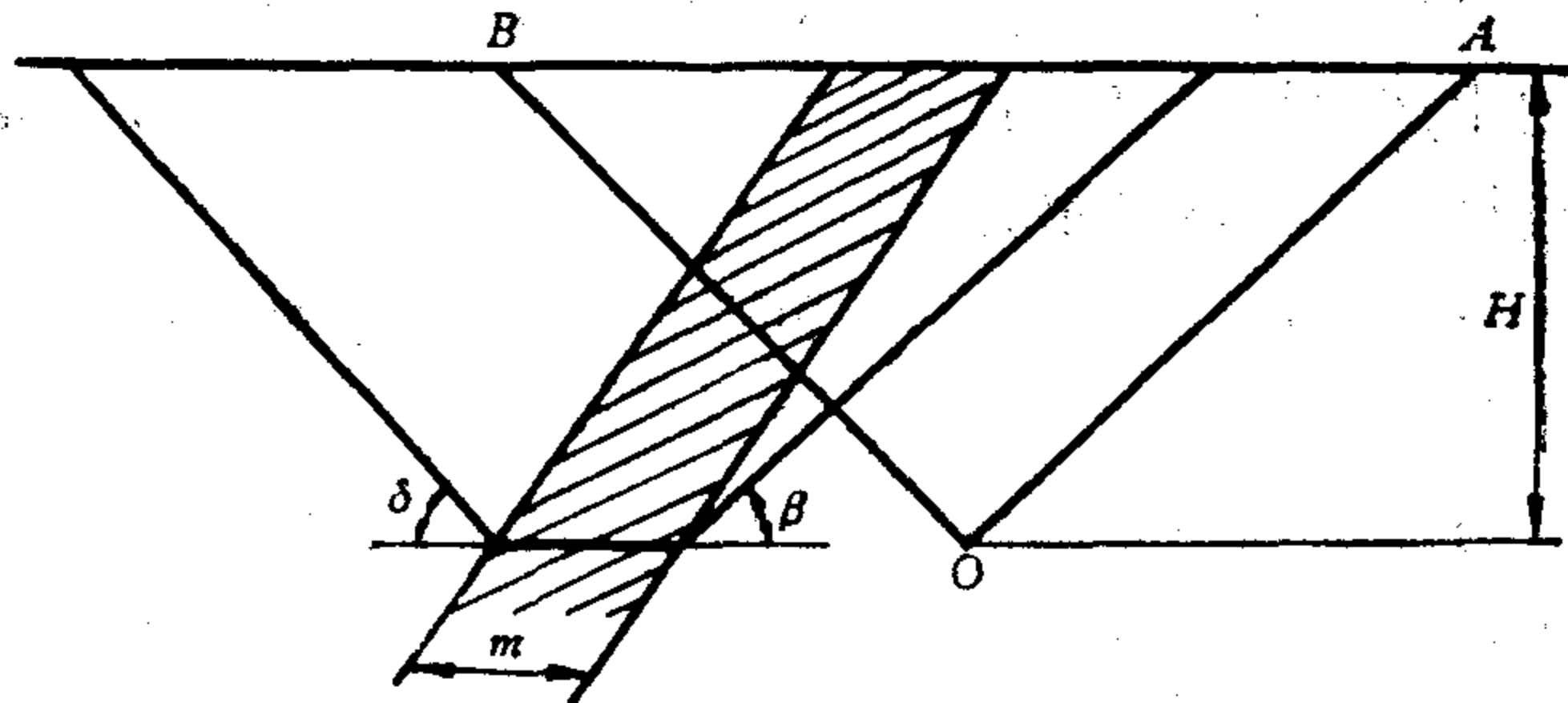


图1.2 图解法确定露天矿开采深度

三、图解法

图解法就是通过作图来解决问题，求出所需要的参数。例如可以用来确定露天开采深度，其步骤如下，见图1.2。

从任一点 A ，摆线段 $\overline{AB}$ ，使 $\overline{AB} = m n_{j.H}$ ，求出 B 点。从 A 点和 B 点引边坡线交于 O 点，则 O 水平即为露天开采的合理深度。

如果地形不平，矿体厚度不稳定，则可用逐步接近的办法求出露天开采的合理深度。

图解法广泛用于露天开采深度的确定，分析开采程序、计算境界剥采比和生产剥采比等。其主要优点是计算结果具体和明确。主要缺点是作图工作量比较大。

四、图解分析法

图解分析法的实质就是利用图解法来解方程，求函数的极大或极小值。苏联的费捷耶夫用该法来确定露天开采深度就是一例。

该法的基本原则是露采的总成本等于地采的总成本，即：

$$C_D = a(1 + n_r) + b_B' n_r' + b_B'' n_r'' \quad (1.2)$$

式中 C_D ——地下采矿的原矿成本，元/ m^3 ；

a ——露天采矿的直接成本，元/ m^3 ；

b_B' ——表土的剥离成本，元/ m^3 ；

b_B'' ——围岩的剥离成本，元/ m^3 ；

n_r ——夹石的剥采比， m^3/m^3 ；

n_r' ——表土的剥采比， m^3/m^3 ；

n_r'' ——围岩的剥采比， m^3/m^3 。

上式中的 a 、 b_B' 、 b_B'' 、 n_r 、 n_r' 、 n_r'' 均为露天开采深度的函数和露天矿尺寸的函数，即： $a = f(n)$ 、 $b_B' = f(n)$ 、 $b_B'' = f(n)$ 、 $n_r = f(n)$ 、 $n_r' = f(n)$ 、 $n_r'' = f(n)$ 。式中 n 为露天矿的台阶数目。

很明显，式(1.2)是 n 的函数，即：

$$a(1 + n_r) + b_B' n_r' + b_B'' n_r'' = f(n) = C \quad (1.3)$$

将(1.3)式绘在图上，当 $C = C_D$ 的深度（即台阶数目 n ）就是露天开采的合理深度，如图1.3所示。

图解分析法还可以用来解决一些其他问题，如出入沟合理的纵坡等，这里不再赘述。

五、方案法

方案法的实质就是首先选择几个可能的方案，然后进行比较，从中选出一个最优方案来。最优的标准可能是：总投资或单位投资最少，或生产费用最低，或折算后的生产费用最低，或利润额最高，或基建期最短，或基建投资的返本期最短等。

方案法的主要优点是：可以根据各个方案的特点来选择参数指标，这对分析法是不可能做不到的。

方案法的主要缺点是：计算工作量大，所选择的方案不一定是最优的。因为可能的方案很多，不可能把所有可能的方案都做完，有时可能把最优的方案漏掉了。

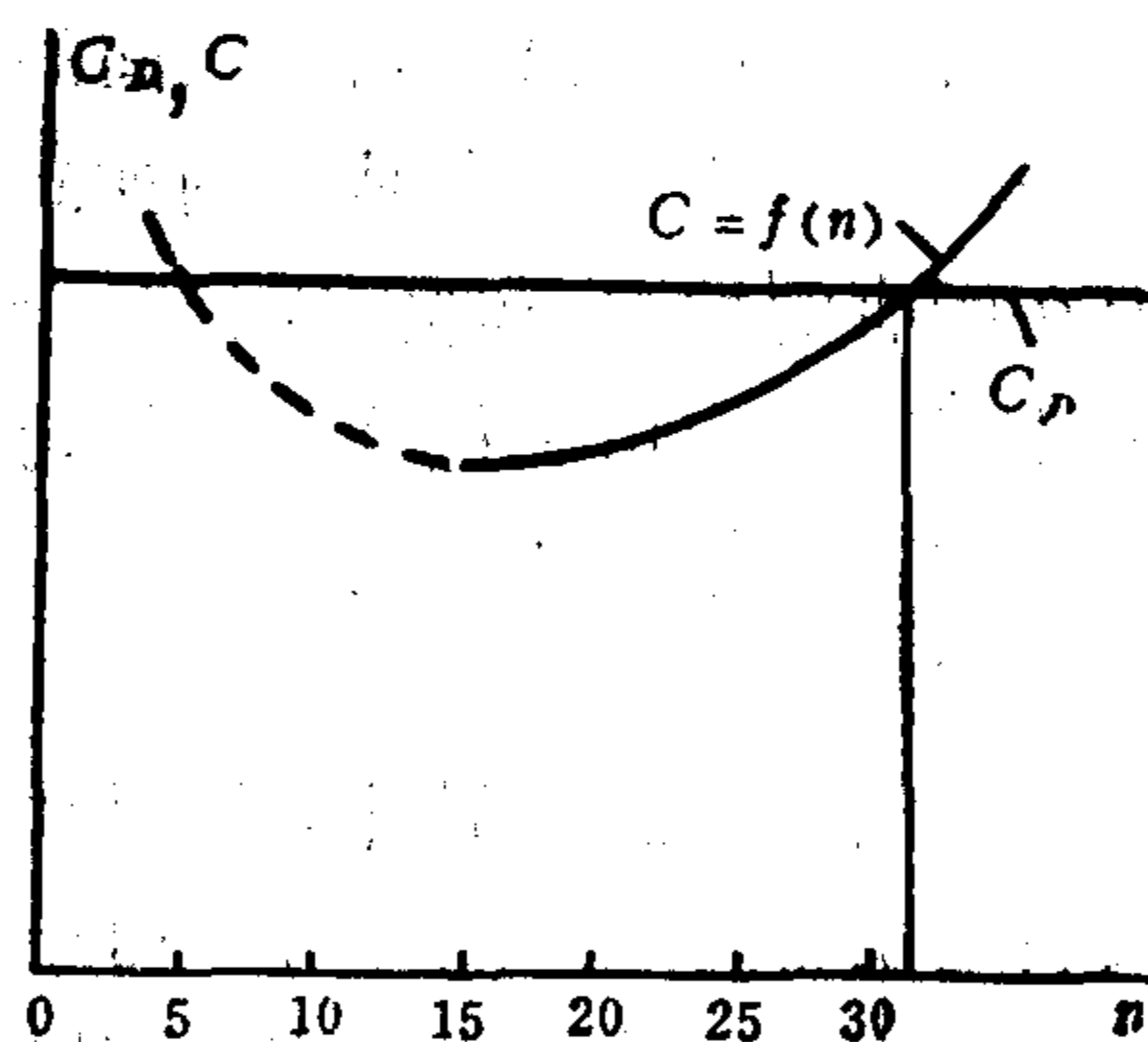


图1.3 图解分析法求露采合理深度

六、计算机的应用

由于矿体埋藏条件复杂，矿体形状和矿岩性质多变，各个生产工艺环节的影响又比较大，所以很难或者不可能在矿体埋藏条件与开采技术参数及设备规格之间建立严格的数学关系式，并得出合理的解答。但计算机的应用为解决这类问题开辟了极好的前景。应用计算机的第一步就是建立露天矿的矿体模型和经济模型。使用计算机时，这些问题很容易解决。计算机可以建立很多可能的方案，和建立求解很复杂的数学关系式，而且速度快，时间短。计算机的具体应用不是本课程的内容，故不赘述。

第四节 原始资料的可靠性

原始数据的可靠性对设计精度影响较大，因为这些数据是有一些误差的，例如：

一、地质资料方面的误差

地质资料是有误差的。例如测量面积和长度的误差可达10%；测量矿体厚度（在暴露面和坑道中）的误差达10%；在钻孔中达30%~40%；测量矿岩的密度和湿度的误差达2%~5%。

储量计算的误差也比较大，它与矿体的勘探程度有关，一些国家的储量计算误差见表1.1。

表1.1 一些国家的储量计算误差

国 家	储 量 计 算 误 差 (%)			
	A	B	C ₁	C ₂
中 国	10	20	40	
苏 联	15~20	20~30	30~60	60~90
保 加 利 亚	10~20	30	50	
匈 牙 利	10~20	35	60	100
德意志民主共和国	5~20	40	60	100

测量矿体倾角、长度、面积等也有误差，其值达10%；测量松散系数的误差达5%、硬度系数的误差达3%。

二、管理和技术参数方面的误差

有些参数，如露天矿的年工作日、日工作班、班工作小时数、露天矿的生产能力等，它们在设计中取定值，但实际上是变化的。这些因素引起的误差达10%~15%。

三、成本指标方面的误差

露天矿的一些成本指标，例如各种机械、设备、动力、材料、建筑物及工资等指标，它们都是根据过去的统计资料推算出来的，与露天矿的实际指标有差别，其误差可能达5%~

10%。

由于存在上述误差，所以露天矿的设计也有一定的误差，这使设计精度降低。但设计者的责任就是在设计过程中不断排除这些误差的影响，使设计的精度和质量不断提高，这是一项很重要的任务。

建国以后，我国露天矿的设计经历了学习、摸索、探讨等各个阶段，现已变得成熟，已能单独进行大型和特大型露天矿的设计，但也存在一些问题，例如：

1. 采用的工艺和设备过于陈旧；
2. 设计手段落后；
3. 缺乏总体考虑；
4. 设计理论落后。

第二章 露采设计经济效益的评价

经济效益问题是工业生产和企业建设的核心问题。人们总是力求以较少的劳动和材料消耗，生产出较多的产品。

经济效益的评价，是通过对一些有关的经济指标的计算和比较进行的。由于影响方案经济效益的因素很多，因而在评价时不能仅采用某一个单一的指标，必须采用经济效益指标体系，综合地评价经济效益。

经济指标大致分二类，即基本指标和辅助指标。基本指标主要指基建投资、产品成本、劳动生产率、投资收益率及返本期等。辅助指标有：主要设备和材料的需要量、产品的品种和质量，各种消耗定额及设备利用系数等。

经济效益的评价方法分动态法和静态法。下面分别进行讨论。

第一节 动态法

一、动态法的基本原理

动态法主要讲“用财”之道，国外应用已很普遍。我国除国外设计的几个矿山外，其他矿山应用不多。

我国是发展中国家，建设资金有限，如何用有限的资金获得最大的经济效益？这是一个很迫切的任务，急待我们去解决。

1. 如何用最少的资金（投资）去获得最大的经济效益。对露天开采而言，当露采境界确定以后，生产能力的确定、主要采装运输设备的选型等，都属于这一类。

2. 投资总额确定以后，如何让有限的资金发挥更大的效能，使其经济效益最佳。对露天矿而言，当露采境界确定以后，基建工程量、生产剥采比、开采顺序的确定等，都属于这一类问题。

从现代资本的观点来看，钱就是资金，有了资金就可以获得生产资料，就可以生产，就可以获得利润，所以我们在分析和计算技术经济指标时，必须从动态的观点出发，必须考虑时间这个因素，这是我们考虑问题的基本出发点。

动态法就是考虑时间因素，它不仅考虑各个方案的总投资、生产费用和产品收入等，还考虑各种收入和支出的时间。

为什么要考虑时间因素呢？主要是技术进步和经济效益。

产品的收入也如此，如果总收入相同，则收入的时间越早越好。

二、货币时间价值的基本计算公式

1. 等值资金与等值计算

日常生活中，我们把两个作用相同的事物称为等值。对资金来说，资金具有时间价值，这一客观事实不仅告诉人们，一定数量的资金，在不同时间，代表着不同的价值，资金必须赋予时间概念，才能显示其真实意义。而且也提示了我们，在不同时间，绝对值不等的若干

资金有可能具有相等的价值。例如，现在的100元与一年后的105元，数值上并不相等，但如果在利率为5%情况下，则两者是等值的。因为现在的100元，一年后的总额应该是本金和利息之和，即等于：

$$100(1+5\%) = 105\text{元}$$

同样，一年后的105元等于目前的：

$$105 \times \frac{1}{1+0.05} = 100\text{元}$$

我们把在特定利率下，在不同时间（时期、时点）上绝对数额不同，而价值相等的若干资金称为等值资金。影响资金等值的因素是：（1）资金额大小，（2）计息周期，（3）利率的大小。

利用等值概念，可以把一个时间上的资金值变换为另一个时间上的资金值。我们将某一时间（时期、时点）上的资金值，按一定利率换算为与之等值的另一个时间上的资金值，这一换算过程叫资金的等值计算。银行借贷利息的计算是最常见的资金等值计算问题。

在各种资金等值计算中，我们特别把某一个时间上的资金值，换算成与之等价的， t 周期前的资金值的计算叫“贴现”或“折现”。把与某时间上资金值等价的 t 周期前的资金值称为现值。把与现值等价的未来某时间上的资金值称为将来值或未来值。这里所说的“现值”或“将来值”是一个相对概念。对某个第 t 周期上资金值来说，在确定的利率下，相对于 $t+t'$ 周期上的资金值，它是现值；而对 $t-t'$ 周期上的资金来说，它是将来值了。

2. 现金流（量）与现金流（量）图

以资金等值计算的对象为一个独立系统。从该系统角度看，凡是在某一时间上，流出系统的货币称为现金流出（或负现金流量）。流入系统的货币称为现金流入（或称正现金流量）。同一时间上的现金流出与现金流入的代数和称为净现金流量。现金流入、现金流出及净现金流量统称为现金流或现金流量。

项目评价的动态计算要求将计算对象如工程项目寿命期内所发生的收益与费用，按照它们发生时间的顺序排列，即变换为有确定时间概念的现金流。现金流图乃是实现这种转变的有效工具。现金流图的一般形式见图2.1所示。

在图2.1中，水平线段代表所分析计算的某一系统，如工程项目。水平线段向右伸延，

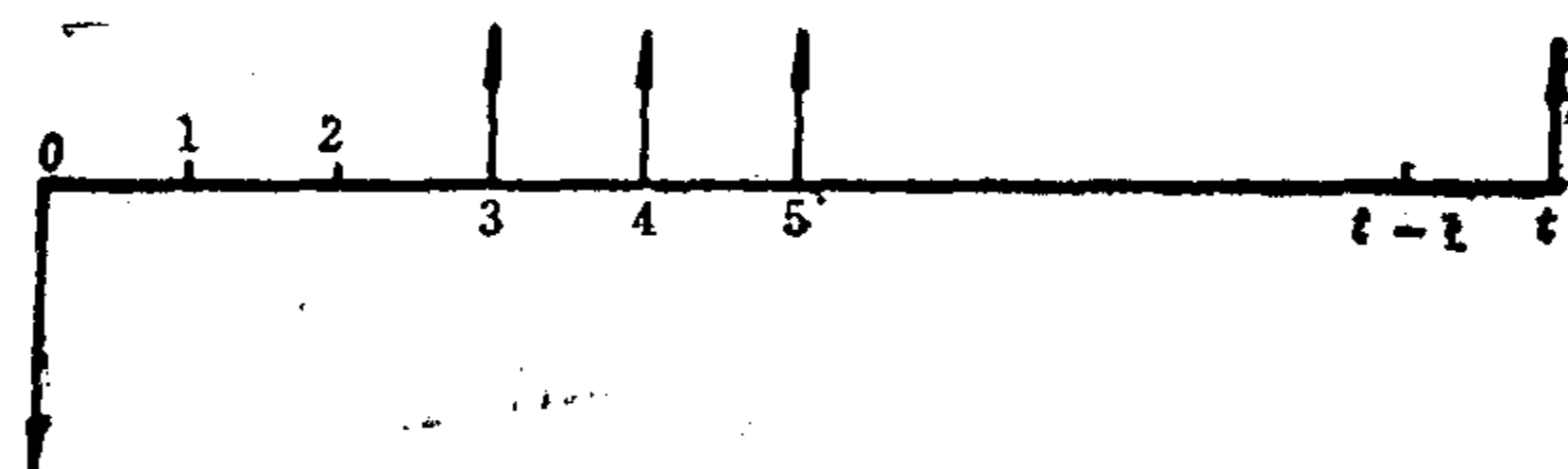


图2.1 现金流图的一般形式

表示时间的延续。水平线等分为若干间隔，每一间隔代表一个时间单位，或者说一个计息周期，它可以是年、月、周、日等。

在图2.1中， O 代表第一个计息周期的初始点， $1, 2, \dots, t$ 分别代表第一个计息周期末、第二个计息周期末、……和第 t 个计息周期末。我们定义前一个计息周期末与后一个计息周期初相重叠，即同一时刻。

在图2.1中，用带箭头的垂直线段代表现金流量，箭头向下表示现金流出（或负的现金流量），箭头向上表示现金流入（或正的净现金流量），并以垂直线段的长短来表明现金流量绝对值的大小。

3. 基本计算方法

复利计算的基本公式见表2.1

现以公式（2.5）的应用举例如下：