

# 第 1 章 本 书 导 读

## 1.1 项目前期工作研究阶段与深度

项目的投资和生产成本估算方法及其结果与项目前期工作研究阶段密切相关。在项目的不同研究阶段所采用的方法和原则有很大的区别。因此，我们首先介绍国外项目前期工作研究阶段的划分。

国外工业项目前期研究工作通常分为四个阶段：机会研究、初步可行性研究、可行性和详细可行性研究。不同的研究阶段对应着不同的研究质量，也称“准确度”或深度。表 1-1 是项目前期工作各阶段对应的准确度和相应设计工作的比重。不同研究阶段相应的投资和生产成本的准确度见表 1-2。

本书介绍的投资估算方法用于进行比指标性估算准确度更高一级的估算。正确使用所介绍的方法，得出的初步估算值可达到初步可行性研究的估算深度。

本书在最后一章较详细的介绍了国外在项目前期的工作不同阶段的研究内容、工作周期、费用、人员配备以及估算深度。并以两个附录列举了一个国外矿山项目可行性研究报告的详细提纲，还对不同研究阶段的内容和深度进行比较。

此外，还介绍了项目管理、项目融资方法以及银行独立的项目可行性研究报告编制内容等。

表 1-1 项目前期工作研究准确度

研究阶段	设计工作的比重 (%)	准确度 (%)
机会 (概念) 研究	0	±50
预可行性研究	0~30	±25~30
可行性研究	大于 30	±10~15
详细可行性研究	60	±5

表 1-2 投资和生产成本估算准确度

估算类型	描 述	准确度 (%)
指标性估算	依据其他项目的经验数据进行估算	±30
初步估算	依据概念设计、估算价格和费率进行的估算	±20

续表

估算类型	描 述	准确度 (%)
确定性估算	依据已知流程、设备选型、总图布置、设备和材料的预算价格进行的估算	±10
详细估算	依据设计图纸和投标价格的实际值进行的估算	±5

## 1.2 投资估算

投资估算是本书的主要内容，在第 2~10 章中分别介绍了露天采矿、地下硬岩采矿、地下软岩和煤矿采矿、砂矿开采及尾矿回收、碎矿及磨矿、选矿工艺、选矿物料输送、溶剂萃取及电积、基础设施等的投资估算方法和参数。

露天采矿投资一章主要介绍露天采矿设备的选择和投资估算，没有包括露天基建剥离、基础设施和土建工程的投资估算，有关内容可参照其他章节。

地下硬岩采矿一章分为地表建筑和设备、坑内开拓工程、坑内固定设施、坑内移动设备等四个部分，基本上涵盖了地下矿山的全部工程投资。用两个矿山实例介绍地下硬岩矿山的投资构成和指标。

地下软岩和煤矿采矿投资一章采用与硬岩矿山相同的方法加以介绍，并以连续采掘机的煤矿为例，也适用于采用相同工艺的软岩矿山，如钾岩矿，但不适用于劳动密集型的小矿山。

砂矿开采及尾矿回收只包括砂矿开采和粗精矿回收，进一步的选矿在其他章节介绍。这一章较系统地介绍了各种类型砂矿的采选工艺流程、设备选择，并举例介绍投资指标。

碎矿与磨矿、选矿工艺、选矿物料输送这三章，系统地介绍了选矿厂工艺设备选择及投资指标。这一部分介绍的输送机也适用露天采矿和其他用途。

溶剂萃取及电积一章对近年应用增多的矿石溶剂萃取和电积工艺流程作了介绍，并给出一些投资指标。

基础设施一章几乎涉及了矿山项目所能遇到的各种辅助设施、公用设施、行政和福利设施，并且包括环境保护的内容。这一章对这些设施只作简单介绍，提供了一些基本的投资指标。这些指标并没有广泛的意义，仅供了解国外类似项目投资水平。

## 1.3 生产成本估算

生产成本的估算方法，由于几乎没有捷径可走，所以估算方法与详细可行性研究中的确定性估算方法基本相同。本书在第 11、12、13、14、15 章中，分别介绍了生产管理费用、露采设备运营费、地下硬岩矿山作业成本、地下煤矿及软岩矿山生产成本、选矿生产成本估算等。

各项作业成本均按成本要素划分为工资、材料备件、动力（电或压气）、修理费等进行

估算。书中介绍了国外矿山工作制度、采矿作业各岗位定员的确定、工资包括的内容、材料和动力消耗指标等，并举例加以说明。

生产管理费用一章介绍了费用的构成和影响管理费用的因素，管理费用的估算分别介绍了比例法和详细估算法。在一定程度上，按比例法可能更可靠一些。当然，如果所掌握的资料充分，采用详细估算法肯定更准确。书中的详细估算法所提供的各项费用指标是指澳大利亚矿山的一般情况，简单地应用于其他国家的矿山项目不一定恰当。

## 1.4 矿产品收入计算

本书主要介绍国外矿山项目的投资和生产费用估算方法和参数，但费用的估算与项目产出的收入关系密切，如矿产品的冶炼加工费、产品销售费和运输费用都是矿山生产经营必须考虑的费用。这些费用有时占很大比重，尤其对铁矿石和铝土矿等，如果忽视或低估这些费用，将扭曲了项目评价的真实性。因此，我们把国外矿产品的计价原则和方法包括在本书中。

国际矿产品市场交易十分发达，已形成了完善的计价原则和办法。了解和掌握有关资料，对我们进行矿山项目的前期工作，特别是国外项目十分必要。本书介绍的主要矿产品的国际市场计价原则和方法，提供的数据，可以满足初步可行性研究之需要。介绍的主要矿产品（按字母顺序）有：锑、铝土矿、煤、铜、金刚石、金银、工业矿物、铁矿、铅、锂、菱镁矿、锰、矿物砂、镍、磷矿石、钽、锡、钨、铀和锌。

本书介绍的矿产品销售费用包括运输、保险、监理、化验分析和市场营销等费用。然而根据企业的组成或经营宗旨，对销售费用有不同的处理方法。同样，由于企业确定和分析市场走向的技术手段不同，市场营销费用可能有很大差别。

## 第2章 露天采矿投资

本章的目的是概括说明有关露天采矿设备投资的估算过程。投资估算是完整设计过程的倒数第二步工作。在这一步要对所有影响采矿方法选择和所需设备选择的因素进行调查。如果不首先对诸如矿床地质、地形、露天开采境界、矿岩性质、生产能力、废石场位置、水电供应和市场需求等基础条件进行调查，就不可能进行恰如其分的投资估算。设计的成败在一定程度上取决于设计者能否成功地指出对矿山生产有重大影响的所有因素。

鉴于设计任务的复杂性，这里不可能就某一确定的投资估算方法进行全面的论述，本章概括说明确定设备效率和投资的方法，适用于粗略估算投资和进行各种采矿方法费用的比较。

### 2.1 规划和设计依据

矿山项目的规划过程包括：收集一切与矿床有关的资料并对其做出评估，得出结论，决定是否分期或一次建设整个项目。Westcott (1991) 把矿山规划描述为：根据工程学原理，利用已知资料（或具有一定准确性的资料）做出决定，以找到解决该问题的最经济的办法。这个过程是一个反复的过程，初步研究一般采用费用粗估法。如果初步研究表明项目具有经济潜力，那么就可进入矿山规划的下一阶段。当然，下一阶段必须要收集和处理更多的资料，以便对项目的范围和投资做出更准确的估算。这个过程重复进行，直至对项目的所有重要条件都进行了估算，并对预测结果胸有成竹为止。

露天矿山的规划目标：

- (1) 确定矿床储量、品位和赋存条件；
- (2) 确定产品是否有市场及市场对产品质量和数量的要求；
- (3) 根据矿体的自然条件和开采规模选择最经济的采矿方法；
- (4) 决定项目是否经济可行或在特定条件下的可行性。

要选择最经济的采矿方法必须对露天开采设备投资费用进行估算。为了估算项目的设备投资规划时必须确定：

- (1) 矿山生产能力和矿山服务年限；
- (2) 剥采比（剥离量 / 矿石量）和剥离量；
- (3) 所要处理的矿石的物理力学性质；
- (4) 采矿方法和开采顺序。

#### 2.1.1 矿山服务年限

矿山服务年限等于所要开采的矿床的矿石储量除以满足市场需求的每年所需开采的矿石量。对一个产量固定不变的矿山来说：

$$\text{矿山服务年限} = \frac{\text{可开采矿石总量}}{\text{年开采矿石量}}$$

在计算矿山服务年限时，必须知道露天矿的经济开采境界，以确定可采矿石量。这涉及到露天开采境界的优化。境界优化过程是矿山规划的一部分，是一个复杂的反复过程。

### 2.1.2 进度计划

矿山产品的市场规划将决定矿山服务年限内销售产品的生产规模。编制生产进度的目的就是确定在整个服务年限内实现这一生产规模所需的劳动力、设备和物料供应等。编制进度计划是一个复杂的过程，它包括对整个生产期内的产量、质量及其他量值的确定。典型的进度计划包括：

- (1) 矿石量和废石量月生产；
- (2) 原矿周平均品位；
- (3) 设备月工作小时数；
- (4) 工人月工时数；
- (5) 年设备检修计划；
- (6) 每个台阶汽车循环次数。

对各时期所需运输的矿岩量做出准确的估算是确定装运设备数量和型号的前提条件。

一般来说，不同时期的矿岩量最好保持相对均衡，这样可使人员配备保持不变，避免出现生产高峰期需要增加设备或雇佣承包商。

对新建矿山而言，操作工要有培训期，以使他们熟悉新设备和采矿工艺。矿山一般需要几个月的时间才能达产，这个降低效率的因素应在编制采矿进度时予以考虑。

### 2.1.3 矿山工作小时数

确定矿山工作小时数，必须考虑一系列有关因素，如行业惯例、奖励条件、设备检修和完好率等。比如有一个矿山，行业惯例是每年工作 48 周，年末停工 4 周，每周工作 5 天，公共假日休息，每天 2 班，每班 8 小时。矿山生产受大雨影响，当地气象资料显示每年有 15 天降水量超过 5mm，则每年有效生产天数计算如下：

可能的天数	48 × 5 = 240
减：公共假日最少天数（停工除外）	- 6
计划工作天数	234
减：雨天数	$-\frac{234}{365} \times 15 = -10$
减：停工和不可预见干扰停工预留天数	- 4
总计有效工作天数	220
每年总有效生产小时数	220 × 8 × 2 = 3520

有效工时数包括因设备故障、交接班和午饭休息等造成的停工和非生产时间。这些时间可按下述方法估计：

每班小时数	8.0
减：交接班时间	- 0.2
茶点时间	- 0.3
午饭休息	- 0.6
每班有效工时数	6.9

通常用每小时有效工作分钟数表示，即：

$$\frac{6.9}{8.0} \times 60 = 52 \text{min/h}$$

上面计算不包括设备利用率这一因素，即未考虑由机械故障和检修造成的停工时间。预留备用设备和在午饭休息或非生产时间检修设备可以提高设备利用率。对于新设备和维修服务好的情况，设备利用率可接近 100%。然而当设备使用时间逐步接近其经济寿命时设备的利用率下降，最终必须予以更新。在本例中假设设备利用率为 90% 则有效工时数为：

$$6.9 \times 0.9 = 6.21 \text{h}$$

这等于： $\frac{6.2}{8.0} \times 60 = 46.5 \text{min/h}$  或占有有效工时数的 77.5%

因此，每年有效工时数为： $3520 \times 0.775 = 2728 \text{h/a}$

根据现场情况和每班预计延误的程度不同，矿山经营者和承包者一般采用的工时系数为 40~50min/h。

#### 2.1.4 物理力学性质

要选择合适的挖掘和运输设备必须了解矿石和岩石的物理力学性质。最重要因素有：开挖性、密度和松散系数。

##### 1) 开挖性

开挖性是将矿石或岩石从原地移走所付出代价的衡量尺度。矿岩挖掘难度一般可描述为：极易挖掘、易挖掘、需穿孔爆破三种类型。

对岩体的开挖性做出准确评价是很难的。许多实例证明，由于对挖掘难度的错误判断，承包商损失了大量钱财。

在矿山设计过程的前期阶段应该对矿石及岩石物理力学性质进行工程地质调查，调查内容包括：

- (1) 风化及未风化矿石及岩石的工程地质钻孔柱状图；
- (2) 拟定开采的露天矿境界内的工程地震勘探资料。

工程地质钻孔柱状图一般包括能够表明岩石可开挖性的钻孔描述、地下水状况、岩石类型、岩石强度、风化程度和不连续性等内容。

Franklin (1971) 根据节理间距和点荷载强度关系提出了一种评价矿岩可开挖性的方法，如图 2-1 所示。

##### 2) 密度

为了确定设备不超载情况下的装运量，必须测定矿石和岩石的原岩密度，特别是致密矿石，很容易使卡车超载。表 2-1 列出了各种矿石和岩石的密度。当然，最好是在实验室对钻孔岩芯样品进行密度测定。

##### 3) 松散性

当岩层从其原始状态被挖出或爆破裂开后，分解成小碎块，小块之间产生新的间隙，即从“实方”( $Bm^3$ )到松散体( $Lm^3$ )的体积变化称为松散性。若用  $W_s$  表示实体的密度， $W_l$  表示松散体的密度，松散系数可以用  $W_s/W_l$  表示。其他常用的术语有装满系数（它是松散系数的倒数）和松散百分数 [ $(\text{松散系数} - 1) \times 100\%$ ]。

松散系数用于确定循环作业中装运的实方物料量，它对确定矿山设备效率也是很重要

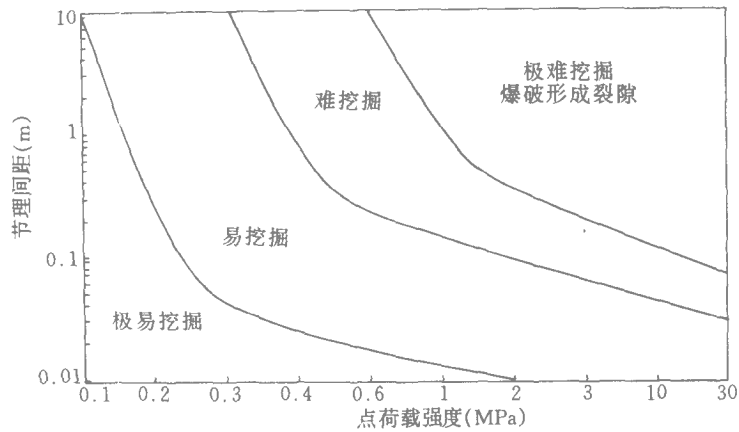


图 2-1 开挖性评价

(Franklin, 1971)

的，但它不易测定，而且会随着掘进工程量而变化。在现场将物料装入容积已知的设备中，如卡车车箱，然后用地称测出卡车空、重载时的重量，这是测量松散系数比较好的方法。这样就可测算出松散物料的密度。典型的岩石松散系数见表 2-1。

表 2-1 物料密度和松散系数

矿岩名称	密度 (t/Bm <sup>3</sup> )	松散系数	物料名称	密度 (t/Bm <sup>3</sup> )	松散系数
安山岩	2.94	1.67	湿砾石	2.09	1.05
玄武岩	2.94	1.64	赤铁矿	5.08	1.75
铅土矿	2.73	1.50	石灰岩	2.61	1.63
角砾岩	2.41	1.33	褐铁矿	3.80	1.55
干粘土	1.91	1.35	菱铁矿	3.00	1.50
湿粘土	1.99	1.40	泥	1.75	1.00
无烟煤	1.55	1.70	磷酸盐	3.21	1.50
烟煤	1.35	1.67	斑岩	2.74	1.67
混凝土	2.35	1.72	石英	2.59	1.67
砾岩	2.21	1.33	石英岩	2.68	1.67
风化岩			干砂	1.71	1.11
75%岩石	2.45	1.25	湿砂	1.84	1.05
50%岩石	2.23	1.29	砂岩	2.42	1.61
25%岩石	2.01	1.26	片岩	2.64	1.61
干土	1.84	1.35	页岩	2.64	1.50
湿土	2.00	1.40	粉砂岩	2.42	1.61
片麻岩	2.71	1.67	正长岩	2.64	1.67
花岗岩	2.69	1.72	表土层	1.44	1.56
干砾石	1.79	1.15			

### 2.1.5 采矿方法及设备选择

选择一个合适的采矿方法主要取决于：地压情况、设计的生产能力、可能需要选择性开采的矿石品位分布、到选厂及废石场的运距、矿区地形等。

这些现场条件可能将采矿方法限制在几种选择之内，然后就选择的几种采矿方法进行详细地费用估算以确定最经济的采矿方法。

生产用设备必须与现场条件及所采用的采矿方法相匹配。各种不同设备的特点列举如下：

#### 1) 采剥设备

露天采矿使用的主要采剥设备有电铲、索斗铲、铲运机、斗轮式挖掘机、斗式装载机和液压挖掘机。各种设备的特点见表 2-2。

表 2-2 主要采剥设备的特点

设备名称	主 要 特 点
电 铲	生产能力高；可以铲装各种大块物料；受工作条件限制较严格；需要辅助设备处理废石（除装矿作业工作面外）
索斗铲	能够上挖或下挖；比电铲对工作条件要求低；由于移动准确性差，相同规格的索斗铲生产能力仅为电铲的 75%~80%；可以配或不配辅助设备运输废石；一般用于沙化或较软物料，大型设备可用于装卸爆破的岩石
铲运机	机动灵活；虽然可以处理块度大于 600mm 的物料，但用于比较松软和易碎的物料时，设备效果更高；装载较硬的块状物料时需要推土机辅助作业；距废石场不超过 1.5km 时，不需要辅助的运输设备；自动装载型适用于较软物料
斗轮式挖掘机	应用场合严格受工程地质条件限制；投资费用很高；限于易挖掘的条件；生产能力大；需要辅助装卸系统；机动灵活性差
斗式装载机	灵活机动；需要推土机帮助堆积物料；要求较好的底板条件
液压挖掘机	可以挖掘、装载各种物料；机动性好；可以处理不平底板

#### 2) 运输设备

露天采矿常用的运输设备有推土机、铲运机、后卸式载重汽车、底卸式矿车、电机车、带式输送机。各种设备的特点见表 2-3。

表 2-3 主要运输设备特点

设备名称	主 要 特 点
推土机	经济工作半径为 150m
铲运机	需要较好的路面条件以减少轮胎费用；用于陡坡及行驶阻力大的情况时可选用双动力型号；可以控制物料的堆放；速度快，但经济工作半径仅为 1500m
后卸式载重汽车	可以运输大块岩石或易流动的物料；要求较好的路面条件以减少轮胎费用；能爬陡坡并可将物料卸入矿仓或溜井口；经济工作半径为 4km；灵活性很好

续表

设备名称	主要特点
底卸式矿车	只能用于易流动物料；适用于水平运输及高速运输；可以在矿仓上方或联络道卸矿
电机车	大运量、长运距、低成本运输设备；轨道要求符合工程规范；初期投资高；重车坡度不能超过 3%；能运输大块物料
带式输送机	大运量、长运距、低成本运输设备；移动困难且移动成本高；初期投资高；能用于陡逆坡（最大为 40%）运输；需将物料破碎至较小块度

### 3) 穿孔设备

常用的穿孔设备有回转式和冲击式两种钻机。回转式钻机又分为刮刀钻头和牙轮钻头，前者适用于软脆的沉积岩；后者用于中等至坚硬的沉积岩。冲击式钻机则适用于坚硬的沉积岩、变质岩和火成岩。

国外设备选择时还要考虑的一个重要问题是售后服务和备件供应的可靠性。矿山一般没有可以对主要设备部件进行现场大修的设施，因此为了保证设备完好率达到可以接受的水平，设备供应商及时提供更换部件的服务是设备选择时首要考虑的因素。

提前购置备件是偏远矿山应主要考虑的因素。在工程设计阶段必须对这个因素进行考虑，并研究购买备用设备的必要性，以便替代发生故障等待备件的设备。

## 2.2 采矿设备投资决策

项目投资决策是错综复杂的，设备投资决策是首要考虑的问题。当筹资困难或筹资成本太高时，可考虑采用承包采矿或租赁设备采矿。

### 2.2.1 承包采矿

一般来讲，矿山经营者自己承担矿山开拓和生产中所有各项工作并不经济。出现下述情况时一般要雇佣承包商：设备购置资金不足；工作任务期限较短；需要特殊专业人员；需要专用设备。

此外，矿山出现不可避免的生产高峰时，雇佣承包商可以有效地维持矿山正常的生产进度。例如，露天矿在开采硬岩之前可能有大量的表土需要铲运机来剥离，自己购买铲运机来承担这项工作是不划算的，而雇佣承包商 3~6 个月就可完成。

### 2.2.2 租赁设备采矿

租赁设备采矿是介于承包采矿和自购设备采矿之间的一种方式。通常采用的两种租赁方式是干租和全租。

干租是指只租赁设备，租赁方负责设备的燃料、维护和运转；而全租是除了包括上述各项外，还包括租赁操作人员。两种方式的租赁费一般是按照实际工时数加以规定每天最少工时数计算，如果实际未达到最少工时数，窝工费可通过谈判解决，以弥补设备所有者的费用。

租赁设备采矿的优点在于可以减少设备购置投资和维修设施的工程费用。由于设备所有者保留设备维修的控制权，而它优先考虑的可能与矿山所有者不同，因而由此产生的严

重干扰矿山生产进度的问题时有发生。

### 2.2.3 自购设备采矿

业主是否决定自购设备采矿时，必需考虑以下问题：

- (1) 矿石储量的多少？
- (2) 设备资金是否够用？
- (3) 能否招到熟练的操作工？
- (4) 现场能否建维修车间？
- (5) 有无足够的专家监督设备的维修和运转？
- (6) 制造厂能提供哪些售后服务？
- (7) 是否需要库存大量的备件？
- (8) 设备在其生产服务年限中是否会落后？

一般讲储量大，服务年限长的大型矿山多自购设备采矿，而服务年限短的小型矿山多采用其他形式采矿。

### 2.2.4 业主费用

设备的小时费包含业主费用和运营费。业主费用可以看作业主必须付出的固定费用，与运转情况无关。为了估计业主费用，必须知道设备的购买价格、设备的附加费用和运费、轮胎费用、设备的残值和折旧年限等。

一台设备的购买价格可以从制造厂的报价单中得到，并要加上其他费用，如空调费和交货费等。

业主小时费用包括折旧费和利息。折旧费在设备经济寿命年限内通过设备小时费用得以回收，以偿还设备投资。计算折旧最简单的方法是直线法：

$$D = \frac{P - R}{N \times H}$$

式中  $D$ ——小时折旧费；  
 $P$ ——购买价格；  
 $R$ ——残值；  
 $N$ ——生产年数；  
 $H$ ——年工时数。

一些设备经营者把轮胎视为易耗品，其费用列入小时运营费用中。这种情况下，轮胎费用应从设备购置费中扣除。

设备服务年限末了的设备残值额可根据类似型号设备的拍卖价估算。

业主费用中的利息费包括投资的利息和设备保险费。计算这部分费用的最简单方法是用设备寿命期内的平均投资乘以利率，或：

$$I = \frac{P(r + i)(N + 1)}{200NH}$$

式中  $I$ ——小时利息费用；  
 $P$ ——购买价格；  
 $r$ ——投资利率 %；

$i$ ——保险费率, %;

$N$ ——生产年数;

$H$ ——年工时数。

则业主小时费用总计为： $C=D+I$ 。 $C$  为业主小时费用。

一台 200kW 推土机的业主费用计算如下：

其投资额 400000 美元，一般运营情况下，7 年内的经济工时数为 10000h。设备残值为投资的 35%，利息及保险费率每年为投资的 12%。

$$\text{折旧} = \frac{400000 - 140000}{10000} = 26 \text{ 美元/h}$$

$$\text{利息} = \frac{400000 \times 12 \times 8}{200 \times 10000} = 19.20 \text{ 美元/h}$$

$$\text{业主费用} = 26 + 19.20 = 45.20 \text{ 美元/h}$$

### 2.2.5 设备更新

当在用设备的业主费用和运营费用超过一台新设备费用的时候，继续使用这台设备将是不经济的。图 2-2 显示了一台移动设备典型的费用累计曲线，这是根据初期设备购置费加上寿命期内的利息及保险费用和运营费用推导出来的。由于设备大修造成的不规则情况曲线上用急剧上升的曲线来表示。实际曲线通过平滑处理后，可以得到费用累计的趋势曲线，如图上的虚线所示。

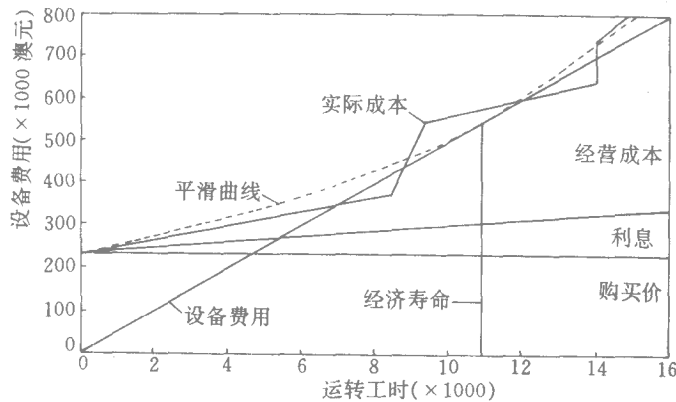


图 2-2 设备更新与经济寿命

实际的业主费用和运营费用通过设备部向使用该设备的采矿场收取内部费用来回收。设备部经理负责确定费用，该费用必须足以弥补项目期内设备的业主费用和运营费用，但不能太高，否则会导致矿山生产不经济。

设备回收费如图 2-2 中的直线所示。如果设备费率不增长就不能再回收实际费用时，设备就达到了其经济寿命。

决定是大修还是更新设备是很复杂的。要做出决断，必须回答以下问题：

(1) 大修的费用是多少？

- (2) 大修需要多长时间及是否需要临时替换设备？
- (3) 维修后的设备经济寿命能延长多久？
- (4) 在计划延长的服务年限内是否需要其他工作？
- (5) 矿山经营费率为多大才能弥补大修费用？
- (6) 费用增加后矿山经营是否经济？
- (7) 如果用新设备代替大修的话，矿山运营费用将是多少？
- (8) 大修后设备的完好率是否可以接受？
- (9) 准确记录设备实际维修费用是正确决定大修还是更新的必要前提条件。

## 2.3 岩土松动设备

露天矿最常用的岩土松动方法有：推土机松动和穿孔爆破。松动方法的选择取决于岩层的自然条件。通常情况下，随着开挖深度的增加，风化对岩石的影响减小而岩石强度增加，因此两种方法之间存在一个过渡点。推土机松动仅限于中等至风化特别严重的岩石。

### 2.3.1 推土机松土

对岩石条件允许的松软岩土，在挖掘机、前装机或铲运机装载之前要进行松动。工程地震勘探中已经广泛采用浅层折射技术来确定岩土的可松动性，推土机制造厂还给出了松动难易程度与震波速度关系的图表。但单靠震波速度难以确定岩石真实的开挖难易程度，因为它对风化岩层中常见的圆石和非均质体难以反映其真实的开挖特性。影响一台推土机松土能力的因素有：推土机的功率和重量；每台松土犁上安装的齿数；松土长度；穿透深度；履带的粘着力；岩石类型；节理类型、间距和产状；地下水状况。

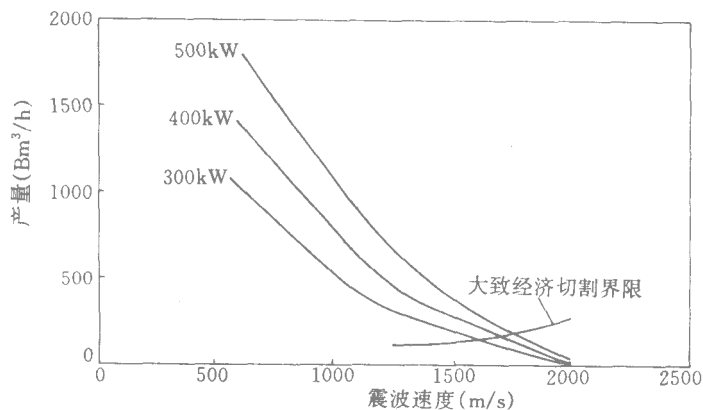


图 2-3 推土机松土能力

图 2-3 是不同型号松土推土机松土能力与震波速度的关系图，在缺乏详细的现场资料的情况下，可以用该图作为初步估计。

### 2.3.2 穿孔设备

主要穿孔方式有旋转—冲击式和旋转式。旋转—冲击式钻机有气动、气动/液压驱动、液压驱动型，且有孔内和孔外冲击两种型式。对顶锤式冲击钻，冲击锤活塞冲击钎尾连接器产生的冲击波通过钻杆传给钻头。潜孔钻机的活塞直接撞击钻头，钻具传递时的能量没有损失。大型的支架式旋转—冲击钻机通常采用气动冲击锤，并带有独立的液压钻杆回转装置、液压驱动换杆和行走牵引电机。

旋转式钻机已从油井钻机改进为用于露天矿大直径孔钻机。牙轮钻钻头在高压下低速旋转破碎岩石。压力与转速的关系随着岩性不同而变化，低压高速用于软岩。

露采穿孔设备的选择取决于装运设备可以处理的岩石块度、破碎机的最大给矿块度、矿岩量的生产进度计划、岩石硬度、穿孔深度以及自然地形等。

在不能用大型钻机的情况下，可以采用小型冲击式钻机凿小直径浅孔。孔径为 85~200mm，孔深在 20m 以下的钻孔，一般采用潜孔钻机。孔径大到 400mm，孔深达 100m 的钻孔，多采用旋转式钻机。刮刀钻头已在软质岩层中得到应用，但大部分使用的还是三锥型牙轮钻头。

多数露天煤矿采用大型电动旋转式钻机，穿凿孔径为 200~380mm 的炮孔，大型采石场比较倾向于使用冲击式潜孔钻机或大型顶锤式的气动履带钻机。一般情况下，孔深小于 15m 时冲击式钻机速度较快，超过 15m 时潜孔钻机较快。

为了确定钻机数量和型号，确定孔网参数很有必要。第一次设计一般根据一些钻机生产厂家和炸药制造厂公布的参数或有关教科书上的参数初步确定孔网参数。实际上，设计包括各种参数的选择，这些参数包括孔径  $D$ 、工作面高度  $H$ 、最小抵抗线  $B$  和炮孔间距  $S$ 。每个炮孔崩落的岩石体积  $V$  可按下式确定：

$$V = HBS$$

每立方米岩石的炮孔长度  $L$  为： $L = V/H$ 。

若用  $Q$  表示生产进度安排要挖掘的小时岩石量，则每小时所需的钻孔长度为： $D = Q/L$ 。

完成生产任务时所需的钻机台数为： $N = D/R$  式中  $R$  为钻机的平均钻孔速度 (m/h)。

对于某种岩石来说， $R$  可以根据初估的钻进速度，以及设备移位时间及其他非生产钻进时间的补偿值来确定。

例如用一台履带式风动钻机钻一个孔径 87mm、深 9m 的孔，其平均钻进速度计算如下：

穿孔时间	用时 (min)	百分比 (%)
中等硬度花岗岩中钻进速度 (25m/h)	21.6	85
延误时间		
钻杆更换	0.8	3
清洗钻孔	0.4	2
提升钻具	1.3	6
移动钻机	1.0	4
延误时间总计	3.5	15

总循环周期	25.1	100
生产能力		
每小时 (47min) 钻孔的米数	$(47/25.1) \times 9 = 16.8\text{m}$	
钻孔速度	$9/21.6 = 0.42\text{m/min}$	
平均钻孔速度	$16.8/60 = 0.28\text{m/min}$	
钻孔效率	$\frac{0.28}{0.42} \times 100 = 67\%$	

对于某一个特定现场，估计其平均钻孔速度是困难的，钻孔速度取决于钻机型号、所用动力、岩石硬度、岩石的不连续性 & 操作工的技能。在矿山设计阶段，一般与钻孔承包商或设备制造厂共同进行现场钻孔试验。

表 2-4 给出了部分平均钻孔速度，供初步研究阶段缺乏具体参数时参考（钻孔效率假设为 67%）。

表 2-4 平均钻孔速度

岩石类型	平均钻孔速度 (m/h)				
	手持式凿岩机	风动履带式钻机	风动/液压钻机	旋转式牙轮钻	旋转切削钻机
软	8~12	25~35	30~45	21~30	35~70
中等	5~8	12~25	15~30	12~21	0~35
硬	0~5	0~12	0~15	0~12	

表 2-5 给出了不同类型钻机的主要参数，包括在一般操作环境下的设备预期寿命和设备投资。

表 2-5 钻孔设备的规格

参数	钻 机 类 型				
	风动履带式	风动/液压式	旋 转 式		
孔 径 (mm)	65~140	140~200	230	380	445
最大深度 (m)	10	35	40	75	100
功 率 (kW)	125	325			
轴推力 (kg)		25000	25000	55000	70000
支架高度 (m)	6	11			
钻杆长度 (m)	3.6	7.6			
使用时间 (h/a)	1600	1600	1600	3500	3500
平均寿命 (a)	6	8	10	12	12
投资 (百万澳元)	0.20	0.60	0.75	2.50	3.50

## 2.4 挖掘和装载设备

挖掘和装载设备包括推土机、斗式装载机、液压挖掘机、电铲、索斗铲、斗轮式挖掘机和露天连续采矿机。除了连续设备外，其他设备的运转是周期性的，因此测算其生产能力时需验证循环时间及每次循环挖掘的物料量等参数。多数制造厂都提供了设备的性能参数，可用于测算生产能力。每种设备都有自己的特点，可以酌情使用。本节将讨论装载的基本参数，简要描述设备型号，给出一种确定设备生产能力的方法，后者是矿山确定购买设备数量的基础条件。

### 2.4.1 装载基本参数

铲斗的有效载重取决于铲斗或挖斗的斗容、物料的松散系数和实际装入的物料体积。

#### 1) 斗容

电铲的斗容用堆装斗容或平装斗容来表示。测定堆装斗容的方法很多，各制造厂的规格说明也不尽一致。为了避免混淆，本节采用平装斗容。

#### 2) 松散系数

松散系数见物理力学性质一节中的定义，它是从实方体积 ( $Bm^3$ ) 变为松散体积 ( $Lm^3$ ) 的一个衡量尺度。

#### 3) 装满系数

装满系数是斗容有效利用程度的量化值。装满系数大于 1 时，物料堆装容积超过了铲斗的平装容积；小于 1 时，堆装容积小于平装容积。各制造厂产品说明中的铲斗装满系数也不一致。有些厂引用的系数以堆装容积为基础，另一些则以平装容积为基础。装满系数还随铲斗的形状和配置而变化，斗舌处有齿的铲斗有助于铲斗形成堆装。表 2-6 给出了一些物料平装容积的装满系数。索斗铲和一些大型装载设备难于装满铲斗，因此计算这些设备的装满系数时要扣减 10%，但液压铲则可以超过表中数字。

在估计设备能力时，都要综合考虑松散系数 ( $S_f$ ) 和装满系数 ( $F_f$ )，每次循环的实方体积可根据铲斗的平装容积 ( $S_b$ ) 按下式计算：

$$\text{实方体积} = S_b \times S_f \times F_f$$

#### 4) 挖掘分类

自然状态、爆破后或松动后的物料都可以自由装载。根据装载难易程度可将物料的开挖性分为容易、中等和困难三类。容易挖掘适用于松散的块状易流动物料，铲斗能形成堆装并可得到大于 1 的装满系数；中等挖掘适用于能直接从地层中挖出来并会破碎形成间隙的物料，这类物料包括粘土和砾石的混合物、煤和松散性很好的岩石，其装满系数一般接近于 1；难挖掘主要适用于爆后块度不规则的岩石，这时装满系数远小于 1。

#### 5) 循环时间

一台装载设备的循环时间包括装载、重载转向或拖运、卸料、空载转向或拖运这几个环节所需要的时间。影响循环时间的因素包括设备大小（小设备较快）、挖掘的难易程度、卡车或矿堆的空间位置、采场底板情况、环境对设备机动性的限制及操作人员的效率等。

设备制造厂商所列的基本循环时间只能作为参考，必须根据矿山现场具体条件进行

表 2-6 铲斗装满系数表

物料名称	装满系数	物料名称	装满系数
1. 易挖掘物料		3. 充分松动的岩土	0.80~0.90
松散潮湿的岩土混合物	1.00~1.20	4. 难挖掘物料	
湿土壤	1.00~1.10	硬块状或湿粘土	0.80~0.90
堆放物料	0.95~1.10	混凝土材料	0.75~0.90
2. 中等难度挖掘物料		爆后岩石 (块度均匀)	0.75~0.90
自然层状岩土混合物	0.95~1.00	爆后岩石 (块度不均匀)	0.60~0.75
软矿石和煤层	0.85~0.95		

调整。

#### 2.4.2 推土机

推土机有履带式和轮胎式两种。轮胎式推土机灵活机动性好、速度快,适用于在平地或下坡时进行长距离推运轻质物料,常用在煤堆、露天矿电铲周围及装煤的挖掘机周围。履带式推土机一般装有刮板或松土犁。履带式推土机的主要参数见表 2-7。这些设备在矿山现场有多种用途,如清场和挖根、排水沟挖掘、筑路、松土和装载、将物料推进装载机铲运机、为装载设备堆料等。

此外,推土机还可以将松散物料推到地下带式输送机 and 格筛型矿车装载站等装矿点,这时可把它看作挖掘及装载设备。推土机移动物料的能力取决于设备技术性能、地面坡度和物料性质。

图 2-4 的曲线可用于估算几种不同型号推土机的生产能力。

表 2-7 履带式推土机的主要性能参数

项 目	功 率 (kW)			
	100	200	300	500
设备重量 (t)	15	30	50	75
地面接触面积 (m <sup>2</sup> )	2.5	3.5	4.5	5.5
刮板宽度 (一般型号) (m)	3.2	4.2	5.0	6.0
年使用时间 (h/a)	1400	1400	1750	1750
平均寿命 (a)	8	8	8	8
投资 (百万澳元)	0.200	0.400	0.625	1.000

#### 2.4.3 斗式装载机

斗式装载机有两种,即履带式装载机和轮胎式装载机。履带式装载机具有推土机的一些功能,可在尾部装松土犁。装载强度高时不太经济,多用于建筑业的地基开挖和拆迁工作。

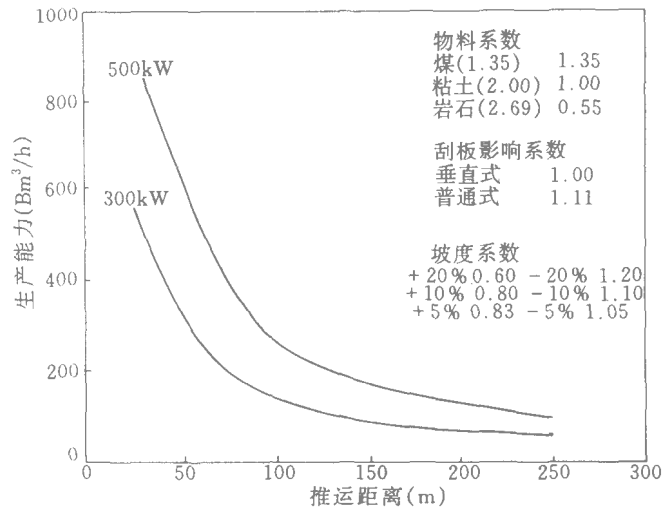


图 2-4 履带式推土机推运能力

轮胎式装载机是灵活机动性良好的装载设备，但要求地面相对平整。为了保持较高的装载效率，通常要推土机辅助松动和堆积物料到斗式装载机附近。斗式装载机应用在条件良好的环境中，特别是短距离运输（如从矿堆向破碎站）。尽管如此，但它的传统的装载功能已被液压式挖掘机所取代。

装载机的生产能力可以通过表 2-8 和图 2-5 中所列的循环时间来估算。举例来说，1 台  $8\text{m}^3$  的设备装载松散系数为 1.2 的物料时，其生产能力计算如下：

铲斗容量	$8/1.2=6.7\text{Bm}^3$
铲斗装载量	$6.7 \times 0.95=6.4\text{Bm}^3$
循环时间	0.75min
每小时循环次数	$60/0.75=80$
生产能力系数	$80 \times 47/60=62$
小时产量	$62 \times 6.4=397\text{Bm}^3/\text{h}$

表 2-8 斗式装载机技术参数

参 数	履带式装载机		轮胎式装载机			
	1.2	2.0	2.0	5.0	8.0	12.5
铲斗平装斗容 ( $\text{m}^3$ )	1.2	2.0	2.0	5.0	8.0	12.5
设备重量 (t)	14	22	15	47	81	120
飞轮功率 (kW)	85	120	120	310	500	800
最大速度 (km/h)	10	10	36	34	27	25