

露天矿生产规模及相关要素研究

姬长生 著

中国矿业大学出版社

露天矿生产规模及相关要素研究

姬长生 著

BB211/03

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书以露天矿生产规模的确定为中心,运用规模经济理论、系统工程方法和技术经济学原理,建立了露天矿经济规模评价模型及综合优化模型,并结合矿山实例做了合理规模分析。提出了以净现值或年净收益随生产规模扩大而增加的显著水平作为衡量矿山规模经济性的标准、在优化生产规模的同时也要优化储量规模;同时对影响矿山生产规模的相关要素如开采工艺选择、经济剥采比、境界圈定、主要参数间的合理匹配及决策顺序等也进行了探讨。

本书可供大中专院校师生及相关专业工程技术人员参考。

露天矿生产规模及相关要素研究

姬长生 著

出版人 解京选

责任编辑 陈玉和

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

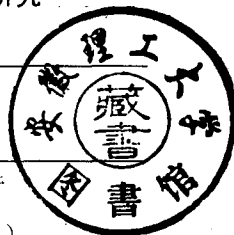
新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 10 字数 243 千字

1998 年 10 月第 1 版 1998 年 10 月第 1 次印刷

印数 1 — 300 册

ISBN 7 — 81040 — 884 — 4



前 言

正确决策是事业成功的保证。矿山建设是一项复杂的系统工程,其中许多要素的决策直接影响到矿山的经济效益。露天矿生产规模是矿山规划乃至建设阶段中最重要的参数之一,是其他许多要素的决策基础。科学合理地确定矿山生产规模,对于矿山建设决策者而言事关重大,意义自不待言。

本书以露天矿生产规模的确定为中心,运用规模经济理论、系统工程方法和技术经济学原理,建立了露天矿经济规模评价模型及综合优化模型,并以安家岭露天煤矿为例做了合理规模分析,指出了常用经济评价方法与参数在优化矿山生产规模问题中的多解性,提出了以净现值或年净收益随生产规模扩大而增加的显著水平作为衡量矿山规模经济性的标准,并提出在优化生产规模的同时也要优化储量规模,同时对影响矿山生产规模的相关要素如开采工艺选择、经济剥采比、境界圈定、主要参数间的合理匹配及决策顺序进行了研究。

矿山生产规模的确定影响因素众多,特别是矿山具体条件千差万别,矿体赋存条件的变化、运输方式的改变、剥采比的调整均能直接使矿山经济效益发生变化,难以用统一的数学表达式进行描述。本书主要针对目前国内发现的几大露天矿区煤层呈近水平赋存之特点,建立模型进行经济规模分析,研究方法对同类问题虽具参考性,但毕竟尚有一定局限性,欢迎同行提出宝贵意见。

本书是作者在攻读博士学位期间研究成果的基础上编写而成的,从研究内容、文献查阅、整体框架的形成及研究思路的发展,都倾注了导师的汗水,在此谨向导师张幼蒂教授致以深深的谢意!

研究工作参考了许多前人的成果,特别是近年来中国矿业大学露天采矿教研室、研究室同志们的研究成果、资料,对本书的完成起了重要作用,从这个意义上说,本书也是集体智慧的结晶,在此亦向参考文献的诸位作者以及所有对研究工作提供过帮助的同志表示衷心的感谢!

中国矿业大学出版社的编辑陈玉和同志为本书的出版倾注了大量心血,并提出许多宝贵意见,出版社的其他同志也为本书的出版付出了辛勤劳动,在此一并致谢!

作 者

1998年10月

目 录

1 绪论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 常用方法及存在问题	2
1.2.1 常用方法	2
1.2.1.1 关于生产规模的确定	2
1.2.1.2 关于开采工艺的选择	3
1.2.1.3 关于经济合理剥采比的确定	3
1.2.1.4 关于境界的确定原则	4
1.2.2 存在问题	4
1.3 规模经济与经济规模的确定	5
1.3.1 规模经济	5
1.3.2 经济规模的影响因素	6
1.3.3 合理经济规模的确定原则	7
1.3.4 确定建设规模的方法	8
1.4 影响生产规模的相关要素	9
2 露天矿生产规模确定模型	10
2.1 建模基础与条件	10
2.2 评价方法与指标	11
2.2.1 投资估算	11
2.2.2 成本估算	12
2.2.3 评价方法与指标体系	13
2.3 经济规模模型	15
2.4 综合优化模型	16
3 典型矿山生产成本灰关联分析	18
3.1 灰关联分析方法与步骤	18

3.2 实例分析	19
3.2.1 安太堡露天煤矿成本分析	19
3.2.2 霍林河南露天矿成本分析	20
3.3 基本结论	20
4 安家岭矿生产规模基础要素分析	32
4.1 矿区自然条件	32
4.2 开采工艺	32
4.3 主要开采参数优化	33
4.4 投资估算	34
4.5 成本估算	34
5 安家岭矿生产规模技术经济分析	48
5.1 经济评价参数分析	48
5.2 不确定性分析	60
5.2.1 敏感性分析	64
5.2.2 盈亏平衡分析	64
5.3 规模经济分析	75
5.4 约束条件分析	80
5.5 基本结论	81
6 矿山规模、储量与开采年限分析	85
6.1 泰勒准则	85
6.2 矿田储量与经济效益关系	87
6.3 基本结论	95
7 矿山生产规模评价方法分析	112
7.1 关于投资估算问题	112
7.2 关于评估指标的选取	113
7.3 规模经济评价	123
7.4 评价方法分析	124
8 矿山生产规模的相关要素分析	125
8.1 开采工艺的选择	125
8.1.1 影响工艺选择的因素	125

8.1.2 工艺选择的原则	127
8.1.3 开采工艺选择的综合评价	128
8.2 境界圈定	133
8.2.1 经济合理剥采比与无盈亏剥采比	133
8.2.2 关于境界圈定的原则	141
8.2.3 境界圈定应注意的几个问题	141
8.3 决策顺序优化	142
参考文献	148

1 绪 论

1.1 问题的提出

目前,我国已经探明可供露天开采的大型煤田(矿区)有十余个,例如内蒙古霍林河矿区、伊敏河矿区、元宝山矿区、准格尔矿区、宝日希勒矿区、锡林浩特胜利煤田、山西平朔矿区、云南昭通矿区等^①。这些煤田勘探面积最小的为 12 km^2 (元宝山矿区),最大的达到 $1\,022\text{ km}^2$ (准格尔矿区);探明的可采储量最少的是 392 Mt (元宝山矿区),最多的达 $13\,040\text{ Mt}$ (胜利);煤种主要是褐煤,还有一部分长焰煤和气煤。这些矿区若以单产每年 10 Mt 计,少者可生产35年以上,多者可达到1300年以上。按照国内矿山规模的分类方法,都属大型乃至特大型露天矿区。上述矿区有的已经投入建设,有的已初具生产规模,还有一些正在论证、规划之中。总体上看,构成这些大型矿区的主体矿山大都在千万吨级,而对于大型露天矿山建设中某些决策要素诸如矿山生产规模、开采工艺选择、境界圈定、决策顺序等方面的研究工作而言,虽然进行了较长时间的探索,仍有许多做法需要进一步完善。在怎样选择合适的生产工艺系统、经济合理剥采比及开采境界,怎样确定合理规模及矿田划分等重要决策问题上前后变化很大,常常多年举棋不定,且缺乏系统而充分的论证。

例如,霍林河矿区从1975年8月至1991年4月国内外有关设计院做过总体设计五次,生产规模有 10 Mt/a (两次)、 20 Mt/a (两次)、 30 Mt/a (一次),开采工艺分别为综合、单斗铁道、单斗汽车;方案设计6次,提出的规模有 3 Mt/a (两次)、 6 Mt/a (一次)、 $10\text{ Mt/a} \sim 12\text{ Mt/a}$ (一次)、 10 Mt/a (一次)、 20 Mt/a (一次),推荐工艺方案有单斗铁道、单斗汽车、综合工艺;初步设计七次,规模有 3 Mt/a 、 4 Mt/a 、 10 Mt/a 、 20 Mt/a ,工艺有综合、单斗铁道、单斗汽车及半连续工艺。再如,准格尔矿区设计十四次,黄家梁露天矿规模提出过 $5\text{ Mt/a} \sim 27\text{ Mt/a}$ 七种方案,矿区规模提出过 30 Mt/a 、 60 Mt/a 、 40 Mt/a 三种方案。平朔矿区仅沈阳煤矿设计研究院就做过十四次设计,生产规模有 6 Mt/a 、 10 Mt/a 、 15 Mt/a 等三种方案。元宝山矿十次设计,生产规模有 5 Mt/a 、 8 Mt/a 、 10 Mt/a 三种方案。可见这些矿区或矿山生产规模的确定前后变化幅度很大,而每次规模的确定并未提出对前一次设计规模否定的令人信服的论据,表明设计过程中没有对生产规模进行充分的论证和研究。又如,霍林河南露天矿投产后曾购置七个国家18家公司的设备,给维修和备件供应造成困难,且设备价格昂贵,效率难以充分发挥。这些情况表明,我国大型露天煤矿在矿山主要决策要素诸如生产规模的合理确定、生产工艺的选择、境界的圈定等方面的研究还难以满足煤炭工业发展的需要。国外大型煤田无不在开发之前若干年即着手进行有关的研究工作,特别是对一些重大技术问题,往往经过多年反复研究方能作出决策,

^①摘自原煤炭工业部沈阳设计研究院编《九大露天煤矿开发情况与展望简介》,1991年4月

以保证矿区开发技术上可行、经济上获利。因此，对露天矿山生产规模及相关决策要素进行深入研究，是一项对我国煤炭工业的发展具有重要意义的工作。

与地下开采相比，露天开采素以产量大、成本低、效率高、作业条件好等优点而著称。因此，世界各国在条件适宜的情况下均以优先发展露天开采为目标，从而使得各主要矿产品露天开采的比重不断增加。其中最主要的原因是露天开采适于大规模生产，因而其成本效益明显优于地下开采。随着各国工业化水平的提高，机械制造水平也不断提高，露天矿的生产规模也呈不断加大的趋势。但在如何确定露天矿山合理经济规模的理论研究方面却相对滞后，有关这方面的研究论文极少，方法也比较单一。通常多为单因素或主因素评价方法，即在有限可比方案中，以一种或几种主要财务评价指标确定方案的取舍，结论往往显得令人难以信服。从 20 世纪 70 年代以来，我国陆续探明了十余处可供露天开采的大型煤田，其中五大露天矿区已经开始建设，有的已初具规模，其余的仍在规划之中。从已开工建设的几大露天矿区规划中看，关于生产规模的确定反复较大，变化幅度也很大，反映出我国对矿山合理经济规模理论研究的欠缺与不足。

1.2 常用方法及存在问题

1.2.1 常用方法

1.2.1.1 关于生产规模的确定

矿山规模往往是矿区决策要素的核心，其他决策均需围绕规模来决定。例如总平面布置，厂房、设备规格，劳动力数量，投资强度等，这些要素决定之后，大多数在短期内很难改变。我国有的矿山投产后，生产规模不断扩大，有的因各种原因迟迟达不到设计规模，造成资金及人员的浪费，这一方面说明了矿山生产规模确定中的复杂性及不确定性，同时也反映出对其规律认识的局限性和长期性。

目前，我国确定露天矿山生产规模的方法主要有以下几种：

1. 有关政策规定

《露天煤矿工程设计规范》^[1]规定：“露天煤矿的设计生产能力应根据原煤产量确定”，“露天煤矿设计服务年限，应根据设计生产能力确定”，没有具体说明怎样确定及根据什么确定矿山设计生产能力，只是原则规定了大型露天煤矿设计生产能力在 4 Mt/a、5 Mt/a、6 Mt/a 时设计服务年限不少于 40 年，能力在 7 Mt/a、8 Mt/a、9 Mt/a 时服务年限不少于 50 年，10 Mt/a、12 Mt/a、15 Mt/a 及以上服务年限不少于 60 年。

《煤炭工业矿区总体设计规范》^[2]规定，矿区建设规模大于 3 Mt/a ~ 5 Mt/a 时，均衡生产服务年限不少于 60 年，建设规模大于 10 Mt/a ~ 15 Mt/a 时，均衡生产服务年限不应少于 80 年，建设规模大于 15 Mt/a 时，均衡生产服务年限不少于 90 年。如果建设矿区仅有一个矿生产时，则显然上述两个规范的规定相互矛盾。

《露天采矿手册》规定了三种确定生产规模的方法^[3]：

(1) 按需求量确定生产能力 即根据市场需求预测。这种方法比较笼统和原则，当市场需求量很大时，难于做出合理决策。

(2) 按采矿技术条件确定^[1] 即按可布置的采矿挖掘机工作面数量确定、按矿山工程延深速度确定或按道路通过能力验算。

(3) 按经济条件确定 按可获得的投资数额确定；或按经济效益最优确定，如成本最低、投资收益率最大等。

上述有关规定实质上是在一定矿山条件下对生产规模上限或下限做出的一些规定。

2. 国内外关于矿山规模确定的一些论点

(1) 优化矿山生产能力的准则，应使矿山投资取得不低于平均利润率的经济效益，即生产规模能保证矿床开采过程中正、负现金流量贴现值平衡⁵。

(2) 通过计算各种规模条件下矿山累计投入量和累计利润，从而计算出各种规模的利润率，最后找出利润率最高的规模，即为最佳经济效益规模^{6, 27}。

(3) 采用最小费用法验证生产规模，即根据最小费用与剥采比、运距、采区长度之间的关系分析投资与经营成本变化和规模的关系，最后找出费用最小的规模为合理规模^[11]。

(4) 运用技术经济学中的计算成本法，从吨煤投资成本和吨煤平均生产经营成本最低的角度出发，计算矿山最佳产量，然后参照规范规定校核^[7]。

(5) 优化矿山服务年限和生产能力的目标应使矿石储量的终值最大。该方法认为对一定的矿石储量计算其现值，因时间跨度不同因而不够准确，故应计算其终值，即某方案在某一年度内取得的净收益以最低收益率折算到该方案的终止年，以累计终值最大的方案为最优方案⁸。

国外关于合理确定矿山规模的论文极少，但基本出发点是使企业能够获得最佳经济效益。1992年，美国高级冶金工程师B. Cavender提出矿山最优服务年限或生产能力的确定应使其净现值或内部收益率达到最大，即在各种不同生产能力条件下进行矿山成本和收益的估算，然后折现以确定净现值或内部收益率，取得最大值的的服务年限即为最优服务年限，也就是合理规模^[30]。

H. K. 泰勒在《矿区评价与可行性研究》一书中，根据其多年的设计经验，将矿山的经济寿命归结为下列经验公式^[26]：

$$T = 6.5 \sqrt[4]{Q} (1 \pm 0.2) \quad (1-1)$$

式中 T —— 矿山经济寿命， yrs；

Q —— 境界内矿石储量， Mt。

1.2.1.2 关于开采工艺的选择

目前国内确定生产工艺主要是根据矿岩性质及给定的生产规模或根据可获得的资金与设备来源进行，例如安家岭矿在 15.00 Mt/a 能力条件下，单斗铁道工艺就因达不到这样大的能力而舍弃；黑岱沟煤矿是以 8 亿美元加 4 亿元人民币作为投资约束来进行工艺选择的。从整体上看，开采工艺的选择到底应该遵循什么准则和程序还缺少必要的论证和分析，即到底是规模决定工艺还是工艺决定规模，而规模又应怎样合理确定，资金是否应该作为工艺选择的约束条件等，尚需从矿山整体决策理论方面加以系统研究。

1.2.1.3 关于经济合理剥采比的确定

目前确定经济合理剥采比的方法主要有三种：成本比较法、盈利比较法和价格法。总体上讲，经济合理剥采比（简称经济剥采比）的确定理论较为成熟，但从本质上分析，有的算法还不能称为严格意义上的经济合理，如个别具体指标的确定尚有不完善之处，各种

方法计算的经济合理剥采比结果相差较大，而且均采用的是静态指标，难以反映未来情况的变化等。

1.2.1.4 关于境界的确定原则

目前确定境界的原则主要有三种：即境界剥采比不大于经济剥采比，平均剥采比不大于经济剥采比，时间或均衡剥采比不大于经济剥采比。其中，最常用的是第一项原则。实现这个原则的手段是手工算法（平、断面法）和计算机法（动锥法、动态规划法、图论法等），但均有其不完善之处。

1.2.2 存在问题

从我国露天矿山生产规模的确定方法及多年的设计工作实际情况来看，对矿山生产规模的理论研究工作还很不够，国外情况也大抵如此，与其他行业相比显得较为落后。这种情况一方面说明矿山生产条件的复杂性，需要积累多年且是大量的第一手资料和经验；另一方面也反映出对矿山生产内在规律性认识的长期性和艰难性，需要科技工作者给以足够的重视。

目前国内外探索矿山合理生产规模还主要局限于有限方案的个别评价指标上，主要原因是每个矿山都有其特殊性，几乎没有两个自然条件非常相似且可以进行同类直接对比的矿山，因而导致只能进行有限几个方案的对比。然而仅将有限几个方案进行对比，设计工作量就已经非常之大，这在计算机技术还不够发达的过去是无法想象的，即使是在计算机非常普及的今天，仍有很多设计工作并非计算机可以替代，仍需投入大量的人力和物力。从上述我国确定矿山生产规模的常用方法来看，存在的主要问题有：

(1) 尚未对合理确定露天矿山生产能力进行较为深入的理论探索。从有关设计规范、设计手册中可以看出，这些规定仅仅是从生产规模的技术或经济方面做出的一些限定，至于这种限定是否合理、是否经济，在对具体矿山进行设计时则少有论证。

(2) 由于有了规范的规定，矿山生产规模的确定就变得非常简单而较少有人对其中的规律性进行探索。因而多年来矿山生产规模的确定往往变成了行政行为而缺少理论分析和必要的论证。如五大露天矿区生产规模的举棋不定和多次反复，直到平朔安家岭露天矿可研设计才对该矿的合理规模做了一些具体研究。

(3) 国内有关确定合理矿山生产规模的方法，包括国外的一些做法，实质上也仅仅是采用财务评价指标中的某一项指标对两三个方案对比后再得出的结论，这种结论不具有代表性。例如，人们普遍认为，生产规模越大，矿石单位成本就越低。那么，在一定的矿石售价条件下，生产规模越大，盈利水平就应该越高。显然在两三个方案的对比中必能决出高低，而不论这几个方案的规模可能是多么不合理，总能有一个方案比其他方案对比指标要好。但是方案对比中，仅靠一两个财务评价指标有时并不能决定取舍，还有可能出现矛盾，甚至可能出现有限方案本身就不在合理规模范围内的情况。

(4) 前述各种方法均不同程度地存在不足。如净现值法在进行多方案比较时计算工作量太大，且各方案比较的时限不同，尽管考虑了资金的时间价值，但是否横向可比还有待探讨；投资利润率法是一种静态法，没有考虑资金的时间价值；最小费用法或计算成本法只在理论上进行了一些探讨，尚无有说服力的实例加以验证。前两种方法均涉及到一个非

常重要的参数——基准收益率，而这一参数需由国家统一制定，或分部门、行业制定，其高低对方案抉择有非常重要的影响。国外用以优化生产规模的实例，其服务年限一般都在30年左右，甚至时间更短。

1.3 规模经济与经济规模的确定

1.3.1 规模经济

矿山生产规模(或称矿山生产能力)的确定，是矿山建设项目最重要的参数之一。矿山生产规模乃至矿区生产规模确定得是否合理，直接关系到投资项目的经济效益。生产规模定得过大或过小，均会造成不同程度的资源浪费，使投资项目达不到预期的目的和效果。

所谓规模经济，又称规模利益，是指建设项目(工厂、矿山等)在一定的范围内扩大生产规模，使单位成本下降而获得的经济利益，它表现为规模的“收益递增现象”^[9]。在规模经济研究中，把规模报酬法则作为理论基础，其基本含义是：在经济活动中，因投入的要素规模不同导致在报酬上有差异，而且有一定的规律性。即在投入要素规模较小时，报酬增加的幅度大于要素投入规模增加的幅度，这叫规模收益递增；要素投入规模逐步增大后，继续加大投入会产生相反的结果，即报酬的增加幅度小于要素投入规模增大的幅度，这叫规模收益递减。在规模收益递增和规模收益递减这二者之间还有一段是报酬不变的情况。当规模收益递增时，称为规模经济；当规模收益递减时，称为规模不经济。所以，规模经济实际上体现了生产规模变动而引起的收益变动的规律性。

经济规模的确定实质上就是要进行规模经济评价，使某一具体项目的生产规模符合规模经济的规律而能获得规模的效益，并应避免出现规模不经济带来收益递减的损失。

经济规模，则是指在产品生产系统各生产要素合理配置的情况下能取得经济效益的生产规模^[78]。这里的“规模”不是指某一种生产要素投入的集中度(如多少劳动力、多少资金等)，而是指诸多生产要素的综合产出能力(如矿石或原煤生产能力)。因此，经济规模不是一个点，而是一个范围。

矿山生产能力的确定或任何建设项目生产规模的确定，其宗旨都是要实现规模经济，而非规模不经济。因此，研究如何确定投资项目的生产规模就是要找到一个合理经济规模的界限或范围，在这个界限或范围内所选择的生产规模是一个合理的经济规模。这个规模可能包含两种含义：其一，这个规模是真正意义上的经济规模，按照这种规模组织生产，企业就能获得最佳的投资收益，此时可称该规模为**最优经济规模**；其二，由于种种客观条件的限制，选定的规模达不到最优经济规模的水平，在综合考虑各种因素后，只能使规模尽可能地靠近最优规模，此时应称为**合理经济规模**。在理论上，任何建设项目都存在所谓最优经济规模，但在实际中，由于种种条件的制约，这个最优规模往往难以实现。人们所要探讨的往往是在一定条件制约下的最优经济规模，但可能达不到理论上的最优，故称之为**合理经济规模**，简称“合理规模”。

矿山生产规模的大小，不可能是任意的。一般说来，随着生产规模的增加，单位成本下降。在一定的时期内，矿石产品的销售价格是比较稳定的，因而随着规模的扩大，矿山的经济效益就会增加。但是生产规模的扩大，又会造成投资规模的增加，进而造成矿山生产所需要的原材料消耗量的大量增加。当这些增加超过一定限度，就会使矿山要么筹集不到足够的所需资金，要么其所消耗的原材料得不到满足而使其价格上扬，反过来又使矿山

生产的单位成本上升而使其经济效益减少。人们从事经济活动的目的，总是希望以较少的投入获得较多的产出。因此，与其他企业或投资项目一样，矿山生产规模也必定会有一个合理的范围，这个合理范围就是矿山的经济规模。

规模经济是经济活动中的一种规律性现象。严格说来，任何项目的建设都有一个规模的经济性问题，即在既定的条件下，建多大规模其综合经济效益最佳，也就是合理经济规模的选择问题。一般认为，生产规模越大，生产成本越低，因而经济效益越好。符合这种情况的例子很多，如设备生产能力越大，单位产品的加工费用越低；车辆运输能力越大，运输成本越低等等。但上述情况并非在任何条件下都正确。任何企业或项目的生产规模都有其一定的合理经济规模界限。

第一，随着生产规模的扩大，会出现“规模效用递减”的现象。例如，水力采煤矿井的生产能力从每班 500 t 增长到 1 000 t 时，劳动生产率提高 40%，当由每班 1 000 t 增长到 1 500 t 时，劳动生产率增长 25%；如果能力再逐次递增每班 500 t，则劳动生产率的增长相应为 15 %，5 %，4 %和 1 %，当矿井生产能力达到每班 3 500 t 以上时，劳动生产率就不再随规模扩大而增长。这种“规模效用递减”的规律，在冶金、建材、电站等企业的设计指标中也有反映^[10]。

第二，随着生产规模的扩大，其灵活、可靠性往往随之降低。例如由 2 台轮斗挖掘机进行剥离作业的露天矿山，因设备检修或事故停产造成的损失，通常要比用 10 台单斗挖掘机进行剥离作业造成的损失更大；要保证大型设备满负荷运转比保证小型设备满负荷运转困难要大得多；设备小利用率高，台数多，生产可靠性大；反之设备大，台数少，生产可靠性低；生产规模大的矿山要进行技术改造比规模小的矿山困难大，所需资金多，时间长等等，这些因素都会在一定程度上影响投资项目的综合经济效益。

第三，矿山生产规模大，建设周期长，投资风险相对较大。矿山建成投产后，市场供应量骤然增加，而市场需求量通常是渐进而缓慢增长的，这就有可能使矿山达产期延长，造成设备效率不能正常发挥，利用率下降，经济效益恶化。我国有的矿山建成后迟迟难以达产，造成的被动局面多年不能缓解就是例证。

上述情况表明，项目的合理经济规模是客观存在的，但大规模生产的经济性却是相对的、有条件的。人们在长期经济活动中逐渐认清了一种规律性现象，使得投资活动在分析和选择建设规模时，对生产能力进行研究，以期获得规模经济效益。

1.3.2 经济规模的影响因素

影响矿山生产规模的主要因素有：

(1) 市场条件 市场需求量是影响矿山生产规模的最关键因素。市场需求量大，才能进行大规模建设。反之，没有市场需求或需求量很小，就不能上马或不能建大型矿山。因此，在确定规模之前，必须对市场供求关系进行详细调查和预测，弄清矿石产品有多大市场、本项目建成后能占有多大的市场份额、了解用户对产品质量有何具体要求等等。

(2) 资源条件 对于矿山生产而言，资源条件包括两方面：一是矿山本身的自然条件，如矿石赋存条件、水文工程地质条件等；二是矿山生产所需的原材料供应条件，如电力、燃油、水源等。主要消耗物品供应不足、不稳定、价格昂贵或运输困难，生产规模就不能安排得太满，而需留有充分的余地。

(3) 技术条件 包括生产工艺设备的装备水平、维修条件、工人素质及管理水平、矿石的外运条件等。大规模生产往往需要先进的工艺设备，但必须选择较成熟的工艺装备。否则，由于设备过于先进，而缺乏管理、使用经验，就会造成设备效率降低，系统可靠性差而影响矿山效益的发挥。矿石生产本身需要大能力的运输系统，尤其是外部运输条件，如铁道线路的运输能力、车皮供应等常常制约着矿山生产能力的实现。

(4) 经济条件 矿山生产能力大，所需的资金就多，建设周期较长，发挥效益较慢，且维持生产所需的流动资金也多，周转也较缓慢；而生产规模小，资金需求较少，建设周期短，发挥效益快。对于大型露天矿山而言，本身所需的建设资金就很大。因此资金来源的可供量也是影响建设规模的一个重要因素。

(5) 其他条件 露天矿山的生产对自然环境影响较大，如可能占用很多耕地、破坏生态环境、使地下水位下降，甚至影响附近居民生活等。这些因素在人们越来越重视生存条件的情况下，都可能成为制约矿山生产规模的因素。此外，复土造田的要求，国家新的政策、法规的出台也可能对矿山生产规模产生一定影响。

以上因素也直接或间接地影响矿山经济规模的实现。

1.3.3 合理经济规模的确定原则

根据近年来我国矿山特别是几个大型露天矿区选择生产规模的实际情况，在确定矿山或矿区生产规模时，应遵循以下基本原则：

(1) 研究市场 矿山建设的必要性是矿石产品有市场需求，而大型矿山的建设必须有对矿石产品大量需求的广阔市场，否则矿山建设就是无源之水、无本之木。大型矿山的建设，往往要服务几十年乃至上百年，这就要求不但要研究近期市场需求状况，还要研究远期需求前景。对于出口产品，还要研究国际市场状况以及同类产品其他国家、其他企业的生产状况以及本项目建成后所具有的产品竞争能力、可能的预期市场占有份额。对于煤矿，还要研究煤炭是出口还是内销，是外销发电还是自建电厂实行煤电联营；若煤电联营，还要与发电厂的经济规模综合比较。在对市场供求关系有了比较清楚的了解之后，进行必要的综合分析，才能得出比较切合实际的市场需求量和拟建项目可能的生产规模方案。

(2) 研究约束条件 大型矿山的生产规模不可能如想象的那样一定能够达到某种规模而不受其他条件的制约。市场需求本身就是一个最大的约束，当市场需求量很大、超过或接近项目的预期生产规模时，就要详细研究其他可能对生产规模构成的约束。这些约束可能来自两个方面。

第一，矿山内部的自然条件。如矿石储量、赋存状态等；技术条件，如可能采用的工艺设备及其可能达到的生产能力、可能布置的采矿工作面数量及推进强度、运输设备本身可能达到的最大能力等；经济条件，如可能获得的资金数量。

第二、矿山外部的运输条件。如矿石外运方式及运输能力的限制；水、电、燃油等主要消耗材料的供应情况；进口设备的零、配件保证情况等。国内外贷款利息及还款时间的要求。有可能对矿山生产规模构成约束的外部条件还包括可获得的劳动力资源、可占用的土地资源以及国家有关方针政策的规定等。

(3) 立足国情 我国是一个发展中国家，项目建设规模必然要受到国家的经济发展水平和技术进步程度的制约。我国自然状况是人口多，资源相对占有量少。在进行工艺、技

术装备选择时，既要考虑到技术上的先进性、设备运行的可靠性，也要考虑到劳动力状况及管理水平，不宜盲目追求先进性和高档次、一次性与国际水平接轨等。考虑到大型矿山服务年限长达几十年甚至上百年，技术装备不可能一次到位且永久不变，要为后续发展留有余地。这样，选择先进、可靠、成熟的技术就是一项重要的决策原则。

(4) 决策科学化 矿山建设是一项影响因素多、相互关系非常复杂的大系统工程，而矿山生产规模是其中最重要的决策要素之一。矿山建设往往以规模为中心进行规划，一经建成，通常难以进行大规模的改造。因此，应该在矿山建设之前组织专门的队伍进行调研、论证，提出合理的建设规模及理由。如大型矿山建设规模是否一次到位，有无分期建设、滚动发展的可能和必要性，如何减少投资风险，提高项目抗风险能力等。对合理经济规模的评价要建立一套完整的评价指标体系，避免简单地用个别经济指标作为衡量项目建设规模经济性的标准。

1.3.4 确定建设规模的方法

由于行业性质不同，衡量各行业建设项目的规模指标也不尽相同。一般意义上讲，建设规模指的是生产规模。而所谓的生产规模，是指劳动力、劳动手段和产品在企业的集中程度^[10]。生产规模通常可用产品产量、产值、固定资产原值或职工人数等指标衡量。对于矿山而言，生产规模通常指矿山在单位时间内(年、月或日)生产的矿石数量，俗称生产能力。对于露天煤矿，生产规模(生产能力)是指矿山每年生产的原煤量(多以万 t 计量)，也有人主张露天矿生产能力应以年采剥总量计量，这样更能反映出露天矿实际的生产规模。因为露天矿山与地下矿山相比还有一个显著不同的特点是要进行大规模的剥离作业，而剥离量有时是矿石产量的几倍、十几倍甚至几十倍，仅以矿石产量衡量矿山的生产能力或生产规模确实有失公平。鉴于本书拟研究的是矿山的合理经济规模，出发点是以企业经济效益最佳为原则，故在不作特别声明的地方，均以矿石产量即原煤年产量为生产能力的标志指标，而以此为基础计算的矿山经济效益的优劣也与矿山剥离量的大小直接相关。

虽然各行业的项目生产规模衡量指标不同，但在确定或选择项目合理经济规模时常用的方法却无大差别，所采用的评价指标多为绝对经济效益的衡量指标，有时也采用相对效益评价指标，或两种指标综合使用。

确定项目最佳建设规模的方法多种多样、不一而足，主要是根据建设项目的特点和性质选择。从方法的分类上大体可分为：

1. 因素分析法

对影响项目建设规模的主因素进行定量定性分析，从中选出经济效益最佳的规模方案。具体可根据评价因素的多少，分为单因素评价法和多因素评价法，如净现值法、净现值指数法、投资利润率法等。

2. 量化分析法

采用一个或多个可量化指标对不同规模方案进行评价，取其指标优者所对应的规模为最佳规模方案。

3. 工程技术法

该方法实质是一种定量和定性相结合的综合分析方法，以工程技术能力平衡为基础，以最低单位成本或社会成本为衡量经济效益的主指标，从选定的生产工艺系统入手，进行

详细的成本分析。在确定基本生产系统经济规模的基础上，再进行内部其他各生产系统之间的平衡并考虑其他制约规模的因素，通过综合分析，求得最佳经济规模。

4. 成本函数 — 统计估计法

利用已有的工厂规模与生产成本关系的资料进行归纳分析、整理得出长期平均成本函数，以求得项目最佳经济规模。

5. 专家咨询法

即依靠专家的经验 and 判断确定经济规模的方法。其做法与一般咨询方法相同，一是确定咨询内容；二是确定具有足够经验的专家名单；三是发调查表请专家对所咨询的问题作出准确回答；四是反馈意见，对咨询结果加以整理、归纳，反馈给专家，要求澄清观点。如此几次反复使问题趋于明朗化，集中化。

对于露天矿山而言，经济规模的影响因素众多，在市场需求足够大时，以工程技术方法为主确定经济规模精确度较高，但工作量较大。一般说来，综合应用上述几种方法的组合确定经济规模效果会更好。

1.4 影响生产规模的相关要素

前已述及影响矿山生产规模的一些主要因素，在确定矿山合理规模时还会涉及到若干内部技术因素的相互影响，这些因素的变化会直接或间接地影响最优经济规模的实现。例如，不同的开采工艺生产成本不同，矿山的经济效益就会不同，相应的经济剥采比也不相同，因而圈定的开采境界也不相同；不同开采工艺要求的工作线长度不同，合理运距范围不同，经济效益也不相同；当可供露天开采的矿石储量很大、需要分区开采时，不同工艺要求的分区范围不同，分区境界内的矿石储量不同，开采单位矿石储量获得的经济效益也大不相同。因此，在分析确定矿山合理规模时，对影响生产规模的相关要素如工艺选择、境界及储量、合理服务年限等也要加以分析。

2 露天矿生产规模确定模型

每一个建设项目，都有一定的生产规模。确定项目的生产规模要考虑很多因素，但首先决定于产品市场的大小。因此，矿山建设的首要工作应该是对产品市场的分析。产品市场分析即供求分析，包括对产品需求和供应两方面同时进行分析。如果社会非常需要某种产品，而现有产量已能满足供应甚至供过于求，产品就是没有市场。只有产品需求量超过现有供应量时，才能说产品有市场。大型矿山项目建成投产后，往往要经营几十年甚至上百年的，在进行市场分析时，不但要调查产品目前的供求情况，还要预测未来一定时期内的供求情况。关于市场供求分析及预测的有关方法，请参考相关书籍（如文献[9]）。

2.1 建模基础与条件

影响露天矿山生产规模的要素很多，有些要素的确定要先行一步，有些要素需要其他要素确定之后才能决定，还有一些要素相互影响，不可能一次确定，需要反复比较、试算后才能决定。例如，生产能力需要与生产工艺系统、开采境界等要素同时考虑、反复比较后确定，经济剥采比也要在开采工艺决定之后才能确定。为研究问题方便起见，在建立露天矿生产规模确定模型时，首先，应做下述条件的假设：

1. 市场需求量足够大

市场需求是建矿的基础，没有足够大的市场需求量就不可能建设大型露天矿山。本书假定已对市场情况进行了充分的调研、分析，并且证明对拟建矿山所要生产的产品有足够的吸纳能力，因此不构成对生产规模的上限限制，以方便问题的深入研究。

2. 开采工艺已定

露天矿开采工艺的选择往往是其他要素确定的基础，例如经济剥采比的确定就是在一定开采工艺条件下进行的，然后才能圈定开采境界。

3. 境界已知

已按一定的经济条件和技术条件确定了露天矿的合理开采范围，境界内的可采储量已经确定。

4. 研究的生产规模限于可行性研究阶段

对露天矿生产规模的研究是一项非常重要的前期工作，往往要在矿山初步设计之前确定下来。因此，对一些影响不大的因素，可做必要的简化或忽略不计。

5. 对一些重要指标估算进行必要的简化

如矿山投资、成本估算等。采用经验公式或扩大指标，在保证不影响决策正确结果的前提下尽量使模型简化。

根据我国目前已探明的九大露天煤矿煤层赋存特点，其煤层倾角一般在 10° 以下，为缓倾斜或近水平煤田。即在这种赋存条件下，矿山开采范围较大时，可以采取分区开采，