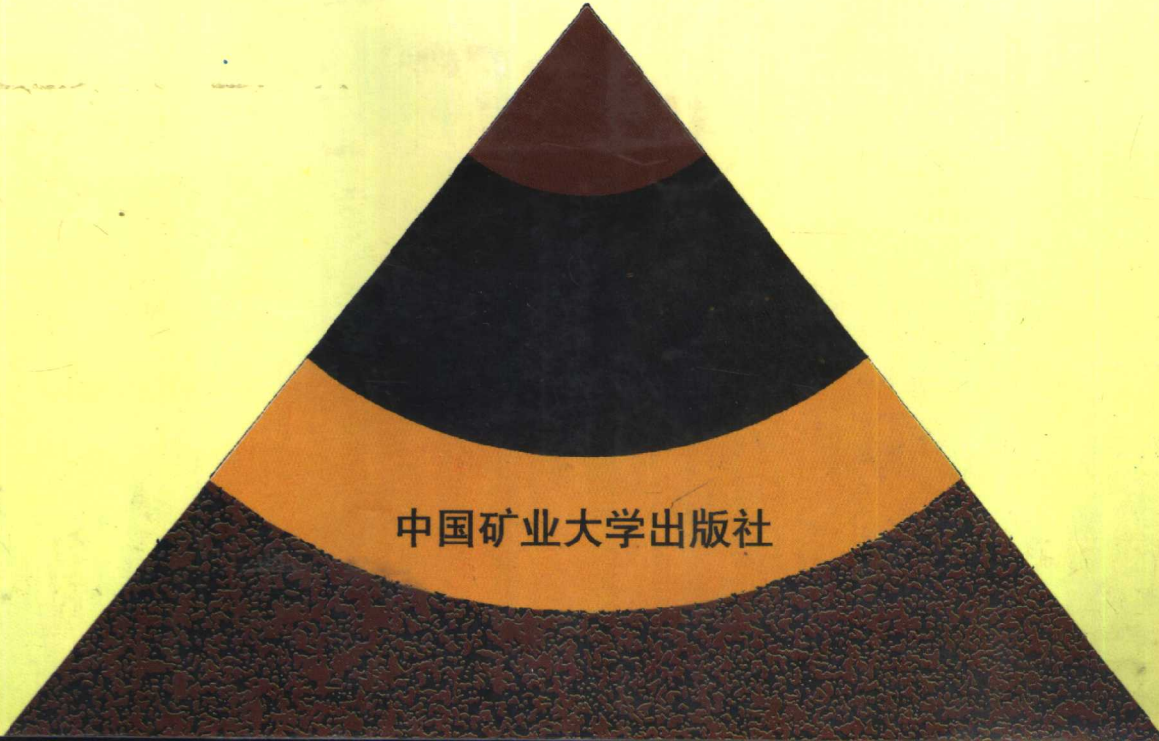


露天矿 设计理论与优化方法

B.B.赫罗宁 (莫斯科矿业大学) 主编
彭世济 (中国矿业大学)



中国矿业大学出版社

7216
H-485

露天矿设计理论与优化方法

B. B. 赫罗宁 (莫斯科矿业大学)

彭世济

(中国矿业大学)

主编

编著者 赫罗宁 **彭世济** 张幼蒂 时裕谦 张达贤

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书反映了露天开采在中国和俄罗斯两国实践中的成就和编著者的研究成果,内容涉及露天开采科学技术的广泛方面并侧重于露天矿设计理论及优化方法。本书论述了采矿系统优化设计研究、总体设计、工艺过程设计、矿业经济、矿区开发可靠性及优化决策等内容,并附有丰富的参考资料目录。

本书可作为高校采矿工程专业的本科生、研究生的选修课教材或教学参考书,并可供科技人员、设计工作者及现场工程技术工作者阅读参考。

露天矿设计理论与优化方法

B. B. 赫罗宁 (莫斯科矿业大学)

彭世济

(中国矿业大学)

主 编

责任编辑 姜志方



中国矿业大学出版社出版发行

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 14.25 字数 360 千字

1996 年 12 月第一版 1996 年 12 月第一次印刷

印数 1~1000 册

ISBN 7 - 81040 - 468 - 7

TD·46

定价:35.00 元

Abstract

In this book, the studying results by the authors as well as the practical achievements in Chinese and Russian surface mines are summarized. Stress is laid on surface mining design theory and optimal approaches. Mining system optimization theory, mine master design, technological process design, mine economy, mineral engineering reliability and optimal decision-making, etc. are expounded. A wealth of references are also listed.

This book can be employed as the textbook or reference book for undergraduate or graduate students majoring in mining engineering. It can also serve as a reference for mining engineers being engaged in research, design or management works.

前言

本书献给露天矿设计人员。

学生在校学习期间,作课程设计,学习技术基础课和专业课,最后是作毕业设计——往往是完成一部露天矿教学设计。它是在学生学习规定的理论课程和专业实习的基础上完成的。设计,有关这一复杂的创造性过程的内容及方法,过去未引起人们足够的重视。

对于设计的理解,学生感到困惑,不单单是始于“感觉”阶段,而且在对设计的目的与范围的全面了解,设计者的作用与任务的领会,严谨的思维风格的形成等方面,均感不足。

为提高对设计决策的要求,必须考虑各种大量的影响因素和扩大对设计中给定内容的了解,在沿用传统设计方式的条件下,选择有效的设计决策法。

本书阐明了设计进程,它是人为因素与自然因素两者相互作用的开端。重点思想是:设计导向决策。决策的标准是:一是科学性,二是设计的结果全部实现。撰写本书的目的是教会学生运用所学知识。

本书的主要内容,是设计分析和设计方法——对新而复杂的任务进行研究与决策时所采用的方法及原理。

本书在较大的范围内引用了露天开采在中、俄两国实践中的成就和科研中的成果。

向为本书提供宝贵意见的学者致谢!

本书由莫斯科矿业大学B.B.赫罗宁教授及中国矿业大学彭世济教授任主编。其中序言及第一章由赫罗宁教授、彭世济教授及时裕谦高级工程师执笔;第二章及第三章由张幼蒂教授编写;第四章及第五章由赫罗宁教授执笔;第六章及第七章由彭世济、张达贤教授执笔。全书中俄文翻译工作由时裕谦高级工程师承担。

作为莫斯科矿业大学与中国矿业大学科学技术合作项目,本书的出版得到中国矿业大学校长郭育光教授的大力支持,作者特致谢意!

作者

目 录

序

第一章 绪 论	(1)
第一节 设计思想的转变.....	(1)
第二节 目的与任务.....	(2)
第三节 过程与方法.....	(5)
第四节 中国露天采煤及设计理论的发展.....	(8)
第二章 采矿系统优化基础	(10)
第一节 概述	(10)
第二节 采矿系统工程的简要发展历程	(11)
第三节 采矿系统工程的研究内容与研究方法	(12)
第四节 优化模型的基本概念	(12)
第五节 采矿系统工程发展动向	(13)
第三章 采矿系统优化设计研究	(17)
第一节 露天开采长远规划的优化	(17)
第二节 露天矿剥采进度计划的优化	(24)
第三节 露天开采工艺系统优化研究	(34)
第四章 总体设计(项目设计)	(44)
第一节 开采程序设计	(44)
第二节 开拓设计	(85)
第三节 开采方法设计.....	(100)
第四节 开采工艺及其综合机械化设计.....	(112)
第五章 工艺过程设计	(143)
第一节 采掘设备的生产能力.....	(143)
第二节 综合机械化设备系统(总系统)实际生产能力的确定.....	(145)
第三节 机械铲的工艺过程设计.....	(148)
第四节 拉铲的工艺过程设计.....	(148)
第五节 前装机的工艺过程设计.....	(148)
第六节 链斗铲的工艺过程设计.....	(149)
第七节 轮斗铲的工艺过程设计.....	(150)
第八节 铁道运输设计.....	(152)
第九节 汽车运输设计.....	(153)

第十节 胶带机运输设计·····	(153)
第十一节 爆破设计·····	(153)
第六章 矿业经济的分析原理及方法·····	(155)
第一节 矿业经济的特点及研究内容·····	(155)
第二节 矿业经济的分析原理及研究方法·····	(156)
第七章 矿区开发可靠性及优化决策·····	(160)
第一节 概述·····	(160)
第二节 矿业可靠性研究现状综述·····	(164)
第三节 矿业工程可靠性的概念及指标体系·····	(167)
第四节 矿业工程可靠性的研究内容与方法·····	(172)
第五节 地质储量计算可靠性·····	(176)
第六节 建设过程可靠性与动态管理·····	(181)
第七节 工艺系统可靠性·····	(183)
第八节 露天矿作业台阶可靠度的分析·····	(194)
第九节 矿业经济可靠性·····	(196)
附录一 岩石分类·····	(206)
表 1 按裂隙度确定的岩石破碎难度系数 K_{TP} ·····	(206)
表 2 岩石按可破碎性分级 ·····	(207)
表 3 岩石按可钻性分级 ·····	(208)
附录二 露天开采工艺分类·····	(209)
附录三 露天矿合理配套设备·····	(210)
表 1 采掘-排土设备 ·····	(210)
表 2 电铲-排土设备(简单型) ·····	(210)
表 3 电铲-排土设备(复杂型) ·····	(211)
表 4 采掘-铁道运输-排土设备 ·····	(211)
表 5 采掘-胶带机运输-排土设备 ·····	(212)
表 6 电铲-铁道运输-排土设备 ·····	(213)
表 7 电铲-汽车运输-排土设备 ·····	(214)
表 8 电铲-汽车运输-铁道运输-排土设备 ·····	(215)
表 9 电铲-汽车运输-胶带机运输-排土设备 ·····	(216)
表 10 采掘-铁道运输-转载设备·····	(217)
表 11 采掘-胶带机运输-转载设备·····	(217)
表 12 电铲-铁道运输-转载设备·····	(218)
表 13 电铲-汽车运输-转载设备(一)·····	(218)
表 14 电铲-汽车运输-转载设备(二)·····	(219)
表 15 电铲-汽车运输-胶带机运输-转载设备 ·····	(220)

第一章 绪 论

第一节 设计思想的转变

目前,矿业发展的特点是工程量大、产量增幅快、环境保护要求高等。

社会对矿产资源无止境的需求,使建设矿山企业(特别是大型矿山企业)面临新的决策态势。

过去,设计的指导思想和目的以侧重于本企业近期的、直接的及局部的利益作为设计矿山项目的出发点。现在,应转变为以满足社会多方位的总需求作为出发点。回顾过去的设计岁月,曾经历过“设计进化阶段”的历程。其特点是:在设计的露天矿生产规模不大、科技及工艺水平发展不快的条件下,着眼点多限于生产工艺环节自身及其工艺联系等方面。现在,要求在新的条件下,对露天矿项目设计决策时,既要采用新的工艺方式,又要明确与加工、电力、运输、其它工业部门、环境保护乃至整个社会的利害关系等。

在新的条件下,信奉和习惯于采用传统的工艺方式和技术措施,是技术进步的一个重要障碍,因为它会限制工效的提高和生产成本的降低。

为避免只为局部考虑的旧的设计思想,把设计项目推向新的设计水平,需要提出新的技术-经济评价体系、产品将来在国内外的竞争状况、设计项目与社会及相关系统的关系、生产储备、矿产资源的综合利用及环境保护等背景资料。很明显,现阶段对设计的要求是明显提高了。

从设计开始,就应考虑人为的变化和自然的变化、如何协调这些变化、如何贯彻到设计过程中等。一个具体的设计项目,如露天矿设计,可视为一个单体设计,它是与相关的系统及自然环境不可分割的一部分。露天矿一个因素的出现,会导致上述系统及环境的变化。所以,现在的设计范围,要涉及到其它项目、其它系统,甚至整个社会的目标。对一个项目的设计研究,与对其所在系统的设计一样,具有同等的意义。

露天矿设计决策,与其它计算型设计决策不尽相同。前者的复杂性要大些。原因是,有时露天矿设计涉及的范围欠明确,或伸缩性比较大,在信息量不十分充足的条件下,决策时刻,往往有“欠明确答案”的难处,从否? 否否?

决策需要创造力。

学会在非常态又复杂的情况下进行决策,要冒“情况不明,正确决策”的风险。

为少冒风险,必须扩大设计的信息量,采用附加评价指标、公式及方法。要评价决策方案的可靠性和适用性,不允许在无分析、无证明、无初步方案的条件下,把唯一方案作为最终方案来决策,因为这样会否定专家们的权威意见和类比法的透明度等。

推荐的设计方案要有新意,它应是多方案对比后的产物——优选方案。但是,为达此目

的,有时决非易事,往往是设计失举之处。在逼近优选方案时,会有众多方案或亚方案出现。此时,设计者应学会把握优化方案出现的方位,并加大力度,用科学的方法进行筛选,选择供认可的方案。

决策某一方案,是设计过程中不可分割的一部分。设计者同时也是决策者。图纸上任一线段,即体现了一个具体的决策。决策每进一步,需要多种构思与判别。

设计初期,在情况不十分明确的条件下,选择若干方案,做了一段时间的工作后,方案的具体形象逐渐明确,抽象程度逐渐下降,新的决策目标逐渐明朗化。这是一个很重要的认识阶段。要从总体上考虑方案决策的构思——在工艺、经济、社会、环保(人类活动)等方面寻求优化平衡。

在选择方案时,往往有一些因素难以对比,为此需要制定一定的方法和措施,进行客观评价。方案决策,具有品质特征和客观现实的双重性。

过去,选择和优化比较简单的设计方案时,凭经验及正确的思维即可。但是,对于复杂的、贵重的、宏大的并具有探讨性的设计,仅凭直觉、经验和全面的思维是不够的,应采用专门的科学方法来决策。处于时间周期日趋缩短、人为和自然两个系统的变化及其相互作用等的影响甚大时,在这种情况下,要求方案决策,现在和将来都要正确,这无疑增加了决策的难度。

随着可供选择方案及其派生方案的增加,主方案与派生方案及其相互间的关系,也是重点考虑的部位。

采用某种方法对某方案进行评价,有时会失准于内涵性和外露于浅浮表面性。这时,应意识到,人是决策的主宰,人是主导者。

还要指出的是,设计内容和限制条件间的相互矛盾问题。一方面,要求设计最大限度地符合露天矿的实际情况,满足露天矿自身和其有关的内部和外部关系等;另一方面,还要满足开采的技术条件,实现设计时可能遇到的各种限制条件和困难等。因此,需要作些协调平衡的工作。

任何设计的细节或更小的环节,在搜索最佳方案时,都不能代替设计者的全面思维与判定,稍不留意就会重复“局部影响全局”的教训。

用计算技术进行设计,具有很大的现实意义。现代技术在采掘工业的广泛使用,一方面可迅速可靠地完成算量、储存和输出大量信息、显示计算结果;另一方面还可形成自动化辅助设计系统,实现人(设计者)机(计算机)对话,使人们的创造性劳动得以借“机”发挥。

虽然现代化的计算技术可协助人们完成过程模拟、计算结果、方案对比等项工作,但不具有无限的可能性,不能成为新设计思想及理论的开拓者。

第二节 目的与任务

“设计”一词,包括两个方面的含义:广义的含义是建立或完成某项目的建议或规划;狭义的含义是设计项目本身,即完成具体的设计任务,主要的内容有:

- (1) 确定开采对象(矿产资源);
- (2) 确定产品的利用方向;
- (3) 制定初步对比方案;

- (4) 达到可信程度的方案建模及其实现;
- (5) 确定对工艺设备及经济效益的系统构想;
- (6) 确定满足用户要求的、合理的生产能力;
- (7) 现实因素及未来因素的权衡等。

上述内容,一俟进行具体分析时,就会发现它们可能是相互矛盾的,是由人为活动和自然变化的双重影响所致。

设计阶段,是建设露天矿的第一步工程。在露天矿整个服务年限内,因为有人为活动和自然环境的变化,因而在设计中还要预测设计实现后的结果,并提出相应的措施和对策,以保证该设计项目的实现。

此外,在设计的过程中,还要分析因新建露天矿而引起的变化。这些变化有:用户、部门、社会对产品的接受和利用能力;对本行业产品结构的影响;对环保的影响等。统计和分析这些变化,是很复杂的工作,因此,需要在设计中采用新的方法,以便全面地分析设计实现后的变化状况。

例如:设计并建成一座露天矿后,即出现了新的货源,势必影响本企业系统及运输系统在供货与货流量的均衡性、矿区及其所在地区的劳动计划、生活福利基础设施的建设与发展,甚至影响整个矿山技术的发展方向(对于大型、特大型露天矿来说更是如此)等。

所以说,设计一座露天矿,不单单是一个企业问题,而且是企业系统(如矿井及露天矿)乃至其它系统(如电力、运输部门等)不可分割的一部分。这里就引出来一个“设计范围分级”的问题,详见表 1-1。

表 1-1 设计范围分级表

级别	范围	特征	露天矿设计特征
I	社会公共的	社会意见及要求(公共福利设施建设、政治影响等)	发展公共福利基础设施,研究对环保的影响等
II	部门系统的	部门系统间的关系调整	露天矿与本企业系统(开采同类矿产资源的的企业)及其它系统(电力、运输等)、环保的关系等
III	生产系统的	设计项目内的工程配合	计算并布置准备、剥离、采矿、排土及其它生产环节的配套设备及工程
IV	工艺过程的	工艺过程或单项设计	露天矿工艺过程及其它生产系统的具体设计及其计算

表 1-1 列出了传统的设计范围分级,但其中增加了一系列的内容,是当今设计必须考虑的问题,实际上扩大了设计范围,使设计更复杂化了。

为增加设计的可靠性,对“设计范围分级”中各“层次”的影响因素,要进行定量分析,增加彼此间的协调性。但是,每一“层次”中的技术因素若发生变化,就会降低设计的可靠性。此时,应采取这样的态度来评价:设计中采用的科技成果,不是昨天的,也不是今天的,而应是明天的。

影响设计程序和决策的因素分外部因素和内部因素两种。

1. 外部因素

(1) 改变技术决策的可能性。如在设计中,采用了已有的开采技术和科技成果,再改变这种现状是否可能。例如:岩石破碎,采用新的物理方法;岩石运输,采用新的运输方式等。

(2) 预测派生因素出现的可能性,以便在设计中及时采取措施。例如:不稳定含水层的出现;水源污染;矿山设备在低温条件下的作业状况等。

(3) 采用部门的、国家的、国际的统一技术标准,以利协调发展。

(4) 应付设计的初始条件发生变化时的对策。此是敏感性很大的问题,可能会动摇整个设计的目的与任务。例如:用户对产品的质量、数量、供货周期等发生了变化时。

2. 内部因素

(1) 用于建筑设施、露天矿改扩建、技术改造等项的投资份额,往往占比重甚大,设计中稍有失误,就会浪费惊人。不允许已建成的项目或工程不利用或利用率不高的状况发生。

(2) 技术决策的难度,往往在于如何利用其它设计的成果和相近的科研成果等。例如:对某种矿山地质条件的露天矿,采用不同型号的钻机、采运排设备是合理的,但在另一矿山地质条件下,效果未必尽然。

(3) 满足一些附加要求,会使设计决策更趋于复杂化。例如:矿山开采进度计划与平衡表外矿产资源储存问题,该资源现在无用,将来有用,何时有用待定。那么,储存的效益如何呢?

事实上,在露天矿的设计过程中,可能会出现下述问题:对设计项目是否有兴趣?设计是否会实现?已采用的矿山设备,其利用程度是否已经优化?在矿产资源储量不变的条件下,是否会达到设计的经济指标?矿山设备是否可满足露天矿对生产的要求?向用户定期定量供货的可能性如何?本露天矿在部门系统、社会上所接受的程度如何?等等。对此,设计人员可提示:某某方案具有何种缺点、优点,不管在现阶段委托者愿意采纳否;另外,设计人员不能强调某一方案最优,以避免为以后的方案决策设置障碍。

正确的方案决策过程应是这样的:由设计者向委托者和鉴定者报告诸设计方案的缺点、优点和实施方案的具体条件。至于最后方案的选定,需请多方位的专家小组审定。

设计经验表明,要对矿山地质条件、用户要求、生产条件、开采及电力设备到位状况,与技术、安全、环保等规范符合情况等项进行复核。

在设计过程中,还会出现这两种情况:一是出现不可预见的困难;另一种是出现多种均可采纳的方案。这种情况,说明了设计的不稳定性,即可靠性低。此时,可能使原设计的任务与目的发生根本性的变化。应采取的对策是,重新研究和寻求各种可满足设计的条件,设计再做一次;或者,另起炉灶,重新布置设计的任务与目的。总之,越是遇到情况复杂的局面,越要求把水平高的、有创造性的设计提供出来。

设计指标应具备下述基本特征:

(1) 符合国家标准;满足用户要求;与相关系统(如电力、运输、环保等)的匹配条件相符;

(2) 在露天矿的建设及生产时期,符合安全规程的要求;

(3) 与本企业系统的技术标准及定额相符;

(4) 购置矿山设备、材料及电力的可能性;

(5) 定期定量向用户提供符合标准的产品;

- (6) 经济效益指标明确;
- (7) 设计得以实现。

第三节 过程与方法

20 世纪 50 年代以来,原苏联把露天矿设计分为初步设计、技术设计及施工设计等三个阶段。至 80 年代,已经做了调整,设计程序还是划分为三个阶段,它们是:技术经济论证设计、技术施工设计及生产设计等。

1. 技术经济论证设计

论证的要点是:

- ① 根据国民经济的要求,确定总开采规模;
- ② 根据矿山地质特征,确定露天矿田境界、储量、勘探程度、同时开采的资源种类、矿产资源的品质等;
- ③ 确定露天矿的主要开采参数及工艺方式:生产能力、开采深度、台阶高度、工作线长度、开拓程序、开采方法、剥离与开采的机械化程度、运输方式、疏水方式等;
- ④ 地面生产系统;
- ⑤ 维修系统与储运系统;
- ⑥ 总平面布置与外部运输;
- ⑦ 工业建筑与民用建筑;
- ⑧ 供电、供热、供水;
- ⑨ 复田、环保、大气经济;
- ⑩ 施工管理与建设周期;
- ⑪ 总投资与单位投资,定员及生产效率;
- ⑫ 成本、利润及投资效果等。

技术经济论证是下阶段设计的依据。

2. 技术施工设计

(1) 分段

一段设计:即技术设计与施工设计同时完成,适用于中小型露天矿。

两段设计:即完成技术设计之后再开始做施工设计,适用于大型露天矿。

(2) 内容

包括露天矿及辅助企业位置、产品标准、生产能力、工作制、部门间的合作配合、环保要求、生产系统自动化、工业建筑与民用建筑、基建工程量及技术经济指标、施工时间与顺序、生产能力的递增幅度、矿山设备的投入、方案选择、进度计划、劳动组织与施工管理、预算与概算等。

技术施工设计与技术经济论证在内容上有重复,但第二阶段设计是第一阶段的深化和印证,即技术经济论证的宏观决策是否失误。

3. 生产设计

露天矿投产期、达产期及最大发展期的现状及标准,开拓、回采储量标准及规定等。

至 90 年代,设计程序又做了适当调整。计算机的应用已在露天矿的设计领域内占有一

席之地。图 1-1 表明了露天矿设计的全过程。

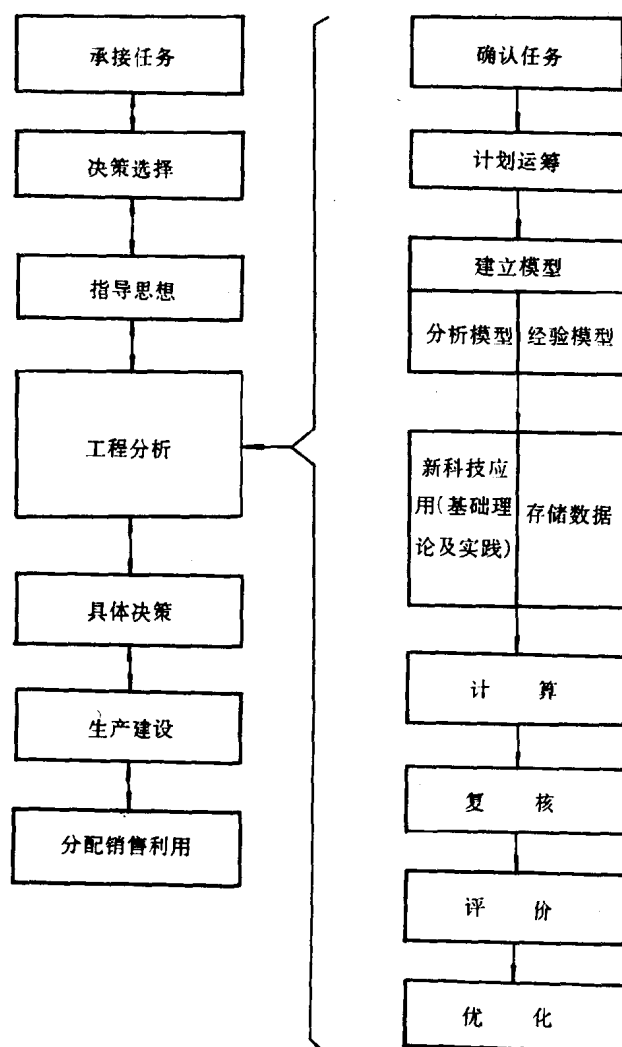


图 1-1 露天矿工程设计流程图

如图 1-1 所示,“承接任务”是设计的依据。一般来自上级的委托或用户的直接要求,此阶段要求供求双方(露天矿与用户)的关系达到一致。

“决策选择”是保证设计任务实现的具体化,回答以下两个基本问题:矿田的开发方式(井工法或者露天法);从矿田向用户提供产品(货源)的合理性。

“承接任务”与“决策选择”是信息的占有阶段,应考虑的问题有:对存在的问题进行全面分析;设计任务书下达的深度;扩大设计视野,寻求对策;复核与决策有关因素的可靠性;探索与其它系统配合的共同性等。

需要指出的是,要侧重研究生产方下达的技术任务书,在下一阶段设计中可能发生的临时性的和永久性的问题,并征求生产方的同意。因为,到此设计阶段,“承接任务”的可靠性

和客观的限制条件,都没有达到最后可以确定的程度,以避免做出不成熟的决策。

“指导思想”是指用什么思想来指导设计,即先进的思想、普通的思想或保守的思想三种。指导思想影响整个设计水平。

指导思想、原则、概念、评价、价格等均要反映到设计的决策中,最终勾画出露天矿在社会、生产技术、经济效益诸领域内的总体形象。可以这样说,成功的设计或是不成功的设计,都是指导思想的具体体现。

形成正确的指导思想,是在“承接任务”及“决策选择”两个设计阶段里所提供的具体文件、资料、概念的基础上,并从微观及宏观的角度描述设计露天矿的形象,使形成“概念方案”。这是一个必然要经历的从复杂到简单、欲保留又舍弃的思维过程。此设计阶段,要考虑的问题有:再次确定设计的目的及有关的技术指标;指明重大问题可能发生的变化;排除某些评论意见;把设计总任务分解为分支任务,并安排设计计划;选择矿田具体位置,构思露天矿开采方案或组合其它新的开采方案等。

“工程分析”是要解决开采的工艺问题。此阶段要采纳的指导思想,是经过分析后的指导思想,是工程分析的基础。工程分析的程序为:确认任务;计划运筹;建立模型(分析模型及经济模型);新科技应用及存储数据;计算过程;复核;评价;优化等。

“工程分析”阶段建立的模型(分析模型或实验模型),要求理论与实践相统一。它既是简单型的,能在给定的设计期限内对方案进行分析;它又是复杂型的,能在给定的设计期限内获得有数据的结论。对模型,如同对设计方案一样,要求复核、评价、综合及优化。

从模型获得的结论,还应从生产的观点对其现实性、可能性进行再分析,把设计工作建立在准确而现实的技术基础上,回答“现在如何完成这个事件”的问题,而不是回答“将来如何完成这个事件”的问题。

“工程分析”交织的问题多、辐射面广,是设计程序中关键的环节。

“具体决策”阶段,亦称“工艺过程设计”,主要内容是:确定开采要素;选定设备型号;绘制主要工程图(开拓方案、开采程序及进度计划等);确定分区分期开采位置;选定辅助设备等等。

在“具体决策”设计阶段,根据具体的矿山地质条件而确定的工艺方案,是建立在类比与感觉的基础上的。很遗憾,很难准确地预测其将来的状况。

“生产建设”和“分配销售利用”阶段,就是实现设计的阶段,即建设、投产、达产、形成稳定的生产能力、销售、向社会提供产品等。

设计程序,是始于信息、止于实现的。

当然,设计程序还可以用另外的形式和术语来表示,并没有完全固定的模式。一般过程是:始于信息(生产方的委托书)、地质报告、环保资料;继之是分析资料,提出去粗求精的建议;尔后再择选方案,进行论证;最后是评定方案,若方案具有现实性和可靠性,则成立,否则推倒重来。

表 1-1 中的 I、II 级,属“系统设计”;III、IV 级属“项目设计”(露天矿设计属项目设计)。两者相比,设计前者要复杂得多。除与技术政策及与其它系统的关系外,还与以下三个特殊问题有关:

- ① 清理、评价与“项目设计”一切有关的影响因素;
- ② 制定“设计范围分级表”中各“设计层次”技术决策的评价指标;

③ 制定关于采纳设计初始条件及技术决策的原则。

第四节 中国露天采煤及设计理论的发展

中国露天采煤事业的发展始于中华人民共和国成立之后。建国前,全国仅有濒于停产的抚顺西露天煤矿,该矿建于1914年,至建国前年产量为113万t。建国后,随着国民经济的恢复和社会主义建设的发展,露天采煤也得到较快发展。至今,已建成了采用不同采煤工艺及设计能力在60万t/a以上的国有重点露天煤矿18个,总产量约达4700万t。此外,尚有地方露天煤矿28个,总产量约为250万t/a。

中国露天采煤的发展,可分为三个时期:

1. 第一个五年计划时期,新建及改建了海州、抚顺、新邱等露天煤矿,采用 $3\sim 4\text{ m}^3$ 单斗铲、80及150t粘重准轨电力机车或蒸汽机车牵引的单斗铲-铁道运输工艺,矿山生产能力约为100~400万t/a。上述露天煤矿均显示了良好的技术经济效率,体现了露天开采的优越性。

2. 从20世纪60年代起为发展露天煤矿的第二个高潮,建设起一批从设计、建设及露天矿主要装备均立足于国内的露天煤矿,如义马北露天、哈密三道岭、平庄西露天、鹤岗岭北、宁夏大峰、扎赉诺尔灵泉、海渤湾公乌素等露天煤矿。上述煤矿,多数仍采用单斗铲-铁道运输工艺,少数采用汽车运输,矿山设计能力为60~150万t/a。地方国有露天煤矿,如依兰、可保、焦坪等矿山则多采用窄轨铁路或窄轨斜坡卷扬运输,设计能力为30~60万t/a。

在露天开采技术上,这一时期在吸取正、反两方面经验的基础上,结合中国国情及煤层赋存条件,形成了适于社会主义计划体系的露天开采工艺设计理论与方法体系,该体系以稳定产量规模、均衡生产剥采比、立足国内设备、注意远期发展等为核心,形成了具有中国特点的露天开采技术。

3. 80年代至今,重新把发展露天采煤作为提高煤炭产量的重要措施,加速了露天煤矿的开发建设,建设了平朔、霍林河、准格尔、伊敏、元宝山、小龙潭和东胜等露天矿区。根据改革开放方针,这一时期在开放方式、资金来源、露天开采工艺和设备、露天煤矿施工建设等方面较之过去有重大发展,使中国露天煤矿的面貌有了显著变化。

(1) 建设以平朔矿区安太堡露天煤矿为代表的多座千万吨级露天煤矿,使中国露天煤矿的总体水平达到了国际水准。

(2) 中国已能为千万吨级露天煤矿制造相应的设备,如 $12\sim 27\text{ m}^3$ 单斗挖掘机、100t及154t自卸汽车、带宽1.4m带式输送机、小时能力为2000t/h的可移式破碎机组等。

(3) 针对中国正向社会主义市场经济模式过渡,这一时期在露天开采设计理论及方法上有重大调整和发展。如在确定产量规模时以市场需要为前提;在剥采比控制首采区选择、采区划分、开采程序接续等方面重视经济效益,特别是前期经济效益;设计方法上实行动态综合优化,并借助计算机实现多方案优选;工艺上重视应用密切结合矿床赋存条件的半连续开采工艺及综合开采工艺;矿山工程中采用多出入沟开拓及压帮排弃方式,以提高经济效益等,业已形成具有中国特色的露天开采理论和技术。这一理论和技术可概括为以下诸方面:

① 应用多种方法描述露天矿山工程的时空发展,用系统模拟方法对露天煤矿设计的重要参数进行动态综合优化。

② 应用货币时间价值理论动态地研究露天煤矿设计的经济优化问题。过去一般采用静态总投资 k , 单位成本 c 和回收期限 T , 但都不能准确地评论企业的最终效益。现在已常用的主要内容有:

——将发生的现金流 (CF), 求其特定时间的货币价值 (PV)

$$PV = \frac{CF}{(1+i)^n}$$

式中 i ——货币贴现率;

n ——计算年数。

——确定了露天煤矿作为一般企业经济效益的评价指标体系。主要采用以下指标:

- a. 采矿企业在计算年限(一般为 20~30 a)内的净现值 (NPV);
- b. 企业的内部收益率 (ROJ);
- c. 投资回收期;
- d. 净现值比率;
- e. 对一般非盈利企业采用动态的总经济费用。

——针对因价格扭曲而造成煤炭行业亏损的情况, 在进行企业经济效益评估后, 要认真对该企业的国民经济效益进行评估。

③ 关于均衡生产剥采比理论的改变。中国长期以来在露天煤矿设计中应用 $v = f(p)$ 矿岩曲线表示矿山工程的数量发展关系和进行生产剥采比的均衡。由于生产剥采比均衡的实质是剥离量的超前和滞后问题, 在社会主义市场经济条件下, 剥采比均衡目标应趋于最佳经济效益。

④ 关于开采程序的优化, 已成为中国当前水平及缓斜煤层露天开采的重要问题, 对于有巨大储量的煤田, 开采程序的内容主要有: 采区的划分、首采区位置的确定、采区工作线长度、采区内矿山工程发展方向, 以及台阶划分等。对于倾斜矿体, 则在开采深度上的分期开采的优化及在平面上的分区开采优化, 也是开采程序研究的重要内容。

⑤ 关于开采工艺的综合优化。长期以来, 由于各种原因, 中国露天开采工艺比较单一, 不能因地制宜选择合适的开采工艺。针对中国露天煤矿赋存条件, 对综合开采工艺理论进行了研究。如对于水平及缓斜煤层露天煤矿, 其典型的综合工艺方式为: 表土部分采用轮斗挖掘机, 剥离岩石部分采用单斗挖掘机-汽车运输, 采煤用半连续运煤工艺, 并正研究露天采煤机的应用。

实践证明: 一个产量大、深度大、岩种多的露天煤矿可以应用不同的开采工艺并使之优化配合, 以得出经济最佳的综合开采工艺。

第二章 采矿系统优化基础

第一节 概 述

采矿系统工程是采矿工程学与系统工程学相结合的产物,已形成一个新的学科分支。采矿系统工程是依据采矿工程内在规律,利用系统工程的观点和方法,研究和解决采矿系统的规划、设计、施工、生产中的问题,使其在系统总体上达到优化的科学技术。

系统是一个相对的概念。采矿系统工程的研究领域相当广阔。例如,某个采矿工业部门可作为一个巨系统,某个矿石生产基地或矿区又可作为一个大系统,矿区内各个矿井或露天矿是构成矿区系统的独立系统,矿井或露天矿系统内又有多个子系统,如回采系统、井巷掘进系统、矿山运输与提升系统、矿井通风系统、地面生产系统等等。各级系统都有其自身的实体(要素)、实体的多项特征、组成多种活动以及动态变化的系统状态,从中引发出该系统的具体研究对象及相应的优化决策目标。

现代采矿工程的发展,要求在采矿系统工程的研究中贯穿下述思想:

(1) 系统分析。研究系统内部诸实体及其特征、组成活动及系统状态的发展变化,以及与系统外部环境之间的相互关系。

(2) 系统综合。从系统整体的观点出发,实现系统内部诸要素的综合优化。

(3) 定性定量相结合。对系统中的定性指标尽可能进行定量化分析与评价。

(4) 动态的观点。系统行为随时间的进展而发生变化,是许多系统的共有特点,而采矿系统尤其如此。这就要求我们具有明确的时间观念,并以动态观点考察处理系统优化问题。

系统工程的主要理论基础是运筹学及其所依托的线性代数、概率论与数理统计,以及在它的基础上发展形成的系统论、信息论与控制论。

采矿系统工程中较多采用的基础理论学科或技术,可归纳如下。

1. 运筹学诸学科分支

(1) 数学规划,如线性规划、非线性规划、整数规划及混合整数规划、目标规划、动态规划等;

(2) 图论及网络分析;

(3) 排队论;

(4) 存储论;

(5) 决策论;

(6) 对策论。

2. 随机性及不确定性理论有关学科分支

(1) 概率论与统计学;