

采煤学

CAIMEIXUE

中国矿业学院等院校编
煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书从总结我国煤矿生产建设的经验出发，较全面系统地阐述了我国煤矿地下开采科学技术的基本原理和方法。重点介绍了可供借鉴的国外煤矿开采的先进技术。本书可作为大专院校煤矿地下开采专业的教材，也可供从事煤矿开采的科研、设计和技术人员参考。

采 煤 学

下 册

中国矿业学院等院校编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₁₆ 印张17⁸/₈

字数 412 千字 印数1—15,600

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

书号15035·2263 定价1.80元

编者的话

《采煤学》是一九五九年出版的，到现在已有二十年了。在此期间，我国煤炭工业获得了很大发展，煤矿技术面貌也发生了巨大变化。为实现在本世纪末把我国建设成为社会主义现代化强国的宏伟目标，作为基础工业的煤炭工业必须以更高的速度向前发展。为了适应形势发展的要求，我们修编了这本《采煤学》。

《采煤学》是在一九七三年十二所院校协编的《煤矿地下开采》一书的基础上修编的。一九七七年，煤炭部教育司和煤炭工业出版社，专门组织召开了《采煤学》修编座谈会，有十四个煤矿院校和“七·二一”工人大学的二十多位代表参加。会议讨论并制订了《采煤学》的编写大纲，确定由中国矿业学院和阜新煤矿学院部分同志执笔编写，其它院校分别提供素材和专题调查研究资料。在各院校的大力支持下，执笔同志编写出《采煤学》初稿。初稿完成后，又召开了审稿会议。参加会议的有煤炭工业部科技局、煤炭科学研究院、煤炭规划设计院、大同矿务局，以及十多所煤矿院校的三十多位同志。经过逐章审查，提出了许多重要的修改意见。在修改定稿的过程中，又接到了许多单位和同志提出的宝贵建议。在此，向大家表示衷心地感谢。

由于我们的思想和业务水平不高，本书一定存在着不少缺点和错误，恳切地希望读者提出批评和指正。

编者 一九七九年一月

目 录

第四篇 矿井开采设计

第17章 矿井开采设计的内容与程序	2
第一节 矿井设计的内容及程序	2
第二节 生产矿井的开采设计	4
第18章 矿井开采设计方案的确定	6
第一节 确定矿井开采设计方案的方法	6
第二节 主要费用参数的确定	11
第三节 矿井开采设计方案确定示例	15
第19章 矿井轨道线路设计基本知识	22
第一节 矿井轨道线路设计的基本概念	22
第二节 平面线路的曲线联接	26
第三节 平面线路的道岔-曲线联接	34
第四节 纵面线路的竖曲线联接	39
第五节 线路纵断面坡度	41
第20章 甩车场及平车场设计	44
第一节 单道起坡甩车场	44
第二节 双道起坡甩车场	47
第三节 平车场设计	63
第21章 采区车场设计	71
第一节 采区上、中部车场	71
第二节 采区下部车场	73
第三节 采区峒室	90
第四节 单轨吊车运输的线路布置特点	97
第22章 井底车场设计	100
第一节 井底车场线路的基本构成	100
第二节 井底车场线路的基本结构及设计	102
第三节 井底车场线路闭合计算	110
第四节 井底车场通过能力	117
第五节 井底车场的峒室布置	126

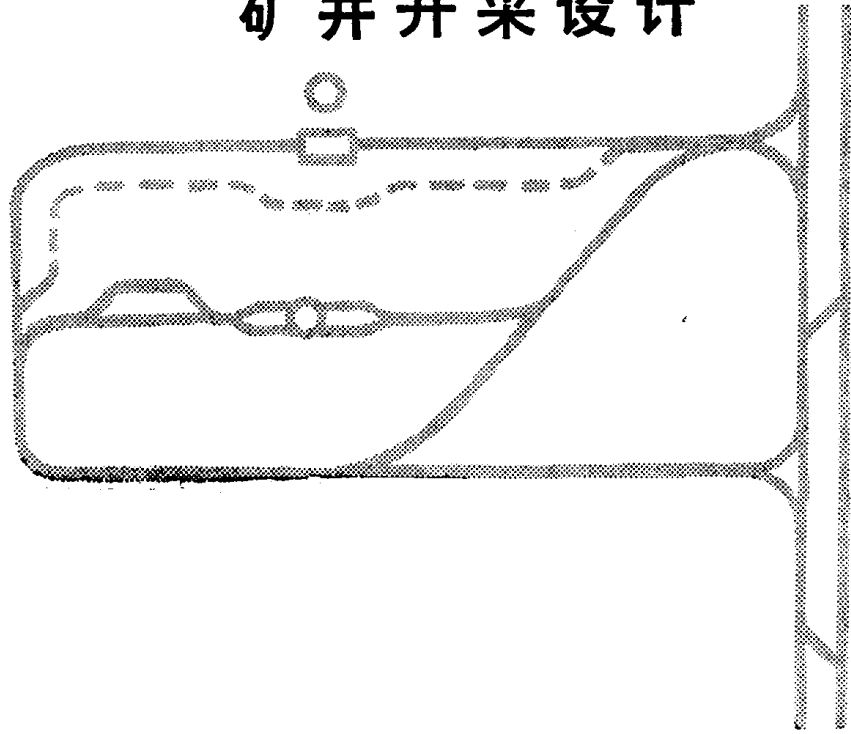
第五篇 充填法采煤、“三下”采煤及水力采煤

第23章 水砂充填采煤法	130
第一节 概述	130
第二节 水砂充填材料及其选择	133
第三节 水砂充填系统及其确定	137
第四节 水砂充填采煤法	170

第24章 “三下”采煤	185
第一节 概述	185
第二节 岩层与地表移动的一般特征	185
第三节 地表移动和变形的预计	192
第四节 建筑物下采煤	202
第五节 铁路下采煤	209
第六节 水体下采煤	213
第25章 水力采煤	227
第一节 概述	227
第二节 采煤方法与采区巷道布置	237
第三节 供水、煤水运输及脱水	252
第四节 水采矿井的开拓特点	262
第五节 水力采煤方法的评价及改进方向	266
参考文献	269

第四篇

矿井开采设计



第17章 矿井开采设计的内容与程序

矿井开始建设前应进行全矿的开采设计,在矿井投产后的整个生产期间,还必须随生产的发展对井田每一部分的开采进行设计。矿井开采设计是综合性的设计,既要对开采部署、井巷布置进行设计,又要对生产系统、辅助环节、安全措施妥善安排。矿井开采设计又包括全矿设计和局部设计。它既需对开采部分在总体上、各环节的相互配合上有一个总的布署,又需对其每一局部有详细的设计以便于施工。因此,矿井开采设计分为两部分、按两阶段进行:首先确定全矿或某一开采部分的开拓部署、井巷布置、生产系统等主要技术原则,如矿井的初步设计(扩大初步设计)、扩建设计,生产矿井的新水平开拓延深方案设计、采区方案设计;其次,根据已批准的初步设计或方案设计而进行的单位工程施工图设计,如采区车场、井底车场、峒室、巷道交叉点设计等。

第一节 矿井设计的内容及程序

煤矿建设必须严格按基本建设程序办事,在建井前应编制矿井设计。矿井设计一般按初步设计(或扩大初步设计)和施工图两阶段进行。

编制矿井初步设计要以上级批准的设计计划任务书^①为依据,并应以经过批准的精查地质报告作为设计资源储量的依据。对地质条件特别复杂的小型矿井及地方小煤矿,可以详查最终地质报告作为设计资源储量的依据。

为保证矿井初步设计有可靠的储量资源为基础,初步设计的主要技术决定有较可靠的地质资料为根据,全矿井、特别是设计矿井的第一水平必须要有相当数量的高级储量(平衡表内的 $A+B$ 级储量)。根据矿井井型大小和地质条件的不同,矿井及设计矿井第一水平的高级储量应符合表17-1的规定。对地方小煤矿,设计储量包括 D 级储量, $B+C$ 级储量不低于总储量 $(B+C+\frac{1}{2}D)$ 的70%, B 级储量不低于总储量的20%。经有关部门批准,可编制小煤矿初步设计。对勘探程度更差的地方小煤矿,经有关部门批准可编制方案设计或开发改造意见。

矿井初步设计是进行煤矿建设的基本设计文件。在完成初步设计时,应提交设计说明书、设计图、机电设备和器材清册及设计总概算。

矿井初步设计应阐明设计的依据和指导思想,论证该矿井建设的重要性和合理性,矿井设计的主要技术原则,可获得的技术经济效果及尚需解决的问题。矿井初步设计应阐明和确定如下主要问题。

^① 设计计划任务书一般由基建单位会同设计单位共同编制,按隶属关系报有关上级批准后下达。其主要内容为:建设目的、建设规模(生产能力)、建设顺序、开发强度、机械化程度、主要生产协作条件、产品的产量和品种、建设速度及投资估算等。

表 17-1 矿井及矿井第一水平所需平衡表内高级储量比率

不同矿井地质条件及井型所需高级储量比率(%)	第一类		第二类			第三类	
	大型	中型	大型	中型	小型	中型	小型
井田内A+B级储量占总储量比率(%)	50	45	50	40	30	30	20
其中:A级储量占A+B级储量比率(%)	50	45	45	40	不作具体规定		0
第一水平A+B级储量占该水平储量比率(%)	70	60	70	60	40	50	30

注：投产采区的高级储量比率不得低于第一水平高级储量比率的规定。

(1) 说明矿井的位置、交通、地形地势、气象、水文、工农业概况，说明矿井地层、主要地质构造、煤层赋存状况、煤层及围岩特征、煤质及用途、瓦斯、煤尘、水文地质情况，说明地质资料的勘探程度、存在的主要问题，必要时并需提出补充勘探的要求。

(2) 说明井田的境界及其划分的依据，井田内各可采煤层的地质储量，计算矿井及各水平的可采储量，说明采用的设计工作制度，说明（必要时尚需论证）矿井的设计生产能力。

(3) 说明提出的几个主要开拓方案，各开拓方案的技术经济比较，详细说明推荐的开拓方案及推荐的理由。

选择采煤方法，确定采区巷道布置、矿井投产和达到设计能力时的采区布置、采掘机械配备。

确定井筒断面布置，设计井底车场并验算其通过能力。

确定通风方式及系统，计算风量及风压，说明预防井下灾害所采取的措施。

(4) 确定矿井提升及大巷运输方式，选择矿井提升、运输、通风、排水、压气设备，并计算其能力。

(5) 确定煤的工艺流程和地面生产系统及其各环节的设备和能力，排矸系统、设备及矸石处理能力，机修厂、化验室和坑木场的设备及面积。

(6) 说明地面运输方式，设计运输线路（铁路及公路）、车站等。

(7) 确定矿井工业场地总平面布置，说明平面布置、场内运输、竖向布置及场内排水。

(8) 确定矿井用电设备容量、供配电系统、地面变电所、主要设备的控制、电机车运输、信号、照明、通讯及调度。

(9) 确定地面建筑物及结构物，包括工业场地建筑物及结构物、行政生活建筑及居住区建筑等。

(10) 确定全矿给水、排水、供热、井下消防除尘洒水及地面生产系统的除尘。

(11) 计算矿井建设的工程量，建设的顺序、速度及工期，编制矿井劳动定员及总概算，编列矿井主要技术经济指标。

矿井初步设计经上级审查批准，并取得井筒检查孔、补钻和工程地质资料，以及所用机电设备规格等资料后，可进行施工图设计。

施工图设计主要是为矿井设计中的各项单位工程编绘施工图，并据此编制施工预算，以供基建单位施工用。

对于井型较大、技术条件较复杂的矿井，为提高初步设计的质量，使矿井设计的主要

技术决定经过反复的深入细致的研究,在进行矿井初步设计前,先进行矿井的方案设计。

矿井方案设计重点是研究矿井开采及井上、下生产系统等主要技术方案,提出主要设备器材及投资估算。它涉及的范围大体上与初步设计相同,而内容及深度则大为简略,其目的是为进行初步设计提供依据,不算设计程序的正式阶段。

第二节 生产矿井的开采设计

如前所述,在矿井整个生产期间要对井田每一部分的开采进行设计。按设计开采范围的不同,生产矿井的开采设计可分为:全矿性的设计,如矿井改扩建设计、新水平开拓延深设计;局部性的设计,如采区设计、区域设计(包括几个采区的某一区域)。有些生产矿井还要进行回采工作面的设计。

矿井改扩建设计的程序、内容和深度与新建矿井的矿井设计基本相同,不再重述。

矿井新水平开拓延深设计也采用两阶段设计。即首先进行开拓延深方案设计(相当于新建矿井的初步设计),然后根据批准的方案设计进行各单位工程的施工图设计。由于矿井开拓延深尽可能利用原有的井巷工程、生产系统、设备和设施,故延深设计涉及的范围一般较新井设计窄一些。

采区设计通常采用两段设计,即确定采区主要技术方案的方案设计(有的矿称为采区开拓设计)和根据方案设计编制的采区内各项单位工程的施工图设计。

采区方案设计应阐明和确定的问题是:

(1) 说明采区的位置、境界、开采范围、与邻近采区的关系、采区地质构造、开采煤层特征(厚度、倾角、煤质、夹石、层间距离、顶底板岩石特性等)、瓦斯、煤尘、煤的自燃性、井上下水文地质条件、上部或浅部开采情况等。

(2) 确定采区生产能力,计算采区可采储量及采区服务年限。

(3) 确定区段及回采工作面划分、采掘程序、采区巷道布置及生产系统(包括运煤、辅助运输及提升、通风、动力供应等)。当有几个不同的方案供选择时,应进行分析比较,择优选用。

(4) 选择采煤方法,确定同时回采的工作面个数,各采掘工作面的机械化水平及装备。

(5) 进行采区所需机电设备的选型计算,确定所需的设备型号及数量。

(6) 说明所采取的安全技术措施,如洒水、灌浆、防尘等。

(7) 计算采区巷道掘进工程量,编列采区设计的主要技术经济指标。

采区施工图设计是在采区方案设计批准后进行的。其主要内容为:采区上、中、下部车场设计,采区煤仓、绞车房、变电所等峒室设计,巷道断面及交叉点设计。

应该指出,方案设计和施工图设计是紧密相连的整体和局部的关系。无论是采区设计或延深设计,设计的技术方案要通过单位工程来实现,进行方案设计时就应考虑施工设计的可能性和合理性;施工设计以批准的方案设计为依据,在进行施工设计时要注意体现方案设计的技术要求,必要时,要根据情况的变化和施工的要求对设计方案进行适当的修改。

回采工作面设计是在已经开拓准备的采区内、对一个具体的工作面进行设计。它主要

是根据区段范围内的煤层赋存及地质构造情况,确定机巷、风巷、开切眼、腰巷、中间上山眼等巷道的具体位置和掘进要求(如巷道的方向、标高等),确定对区段范围内的地质变化,如断层、变薄带、陷落柱等的处理方法,规划机巷和风巷内的运输设备和设施。对开采煤层数目较多、地质条件比较复杂的联合布置采区,要对每个回采工作面进行设计。一些矿井的采区开采煤层数目不多,地质条件较简单,在采区设计内已有具体安排,可不另进行工作面设计,而只在掘进区段内各巷道时,根据条件变化及时进行适当的调整。

进行矿井开采设计应贯彻执行煤炭工业的各项技术政策,深入研究矿井的地质和技术条件,吸取过去的实践经验,尽可能采用先进技术,提高采掘运输各环节的机械化程度,实现合理集中生产,提高劳动生产率和资源回收率,并能保证安全,为生产创造良好的条件。具体设计一般按下列步骤进行。

(1) 明确设计任务,掌握设计依据 根据矿井生产接续和增产的需要,矿务局(矿)提出对矿井开拓延深设计(采区设计)的要求,如新水平的生产能力、延深方案的主要技术原则、装备水平、投资控制数字等(采区设计则为采区生产能力、主要技术原则、机械化水平等),即相当于设计计划任务书。矿务局(矿)的地测部门提出新水平(新采区)的地质说明书及附图,并应有按不同标高、分煤层、分等级的储量计算,其深度大体相当于精查地质报告。设计人员应充分掌握设计依据,熟悉地质资料,检查地质构造的控制程度,必要时需核算储量并提出补充勘探的要求。

(2) 深入现场,调查研究 根据设计需解决的问题,确定调查的课题、内容、范围和方法。如调查与设计有联系的巷道、生产系统、设备和设施,以便决定在设计中是否加以利用、如何利用;针对设计中需解决的问题,调查矿井(采区)原有的开拓部署、巷道布置及生产系统、车场、煤仓等的使用情况及利弊,作为设计的借鉴;调查采煤、掘进、运输、提升等的生产能力,车场的运输通过能力,煤仓容量等数据,必要时应进行测定,以取得设计所需的参数;搜集巷道掘进、运输、提升、排水、巷道维护等方面的技术经济指标,以便进行不同设计方案的技术经济比较。总之,要充分掌握第一性资料,使设计尽可能符合客观实际。

(3) 研究方案,编制设计 在调查研究过程中注意汇集各方面对设计的要求及设想,同时酝酿方案,首先对影响全设计的主要技术问题,提出几个粗线条的原则方案(如全矿性的开拓延深方案,采区的巷道布置方案,车场形式的方案等),广泛征求有关方面的意见,从各个角度进行研究,在讨论中不断修改、充实,而后集中为几个较合理的方案,并对其进行分析及经济比较,确定采用(推荐)的方案,正式编制设计。

(4) 审批设计 已完成的设计经有关单位会同审查后,由有关上级批准。

(5) 进行施工设计 根据已批准的方案设计进行各单位工程的施工设计。

(6) 设计修改 设计审批后即按设计施工。在实际工作中,由于地质条件不断被揭露、新技术新工艺迅速发展等原因,可能在审批设计后或施工过程中发现原设计中某些部分不适合新的情况及要求,应及时进行修改。

第18章 矿井开采设计方案的确定

第一节 确定矿井开采设计方案的方法

矿井设计是综合性的设计,包括井田开拓、采区巷道布置和采煤方法,以及巷道掘进、矿井提升、运输、通风、排水、动力供应等各个生产环节,其中以井田的开采为中心。对于采矿专业来说,矿井开采设计主要应解决井田开采的技术方案和确定各项开采参数,如确定井田开拓方式、新水平开拓延深方案、采区巷道布置及生产系统,选择采煤方法,确定阶段垂高、采区走向长度、工作面长度等等。关于解决这些问题的技术原则和方法,本书前面各篇已做了介绍,设计时应结合具体条件,正确地灵活地加以运用,使所选用的方案及参数在技术上是优越的,经济上是合理的。

所谓技术上是优越的,即选用的方案生产环节简单、可靠、安全,采用了适合于该矿具体条件的先进技术,有利于采用新技术新工艺,有利于实现生产过程的机械化、综合机械化及自动化,有利于生产的集中化,有利于提高资源回收率,有利于加强生产技术管理。

衡量经济上合理的主要是,所选用的方案吨煤生产能力的基建投资少,特别是初期投资少,劳动生产率高,吨煤生产费用低,建设时间短,投资效果好,投资回收期短,利润高。

应当按照上述技术经济合理的要求来确定开采设计需解决的具体问题。由于矿井地质条件的多样化和技术条件的复杂性,并且所解决问题的性质、影响范围各不相同,研究和确定开采设计方案也就可采用不同的方法,通常采用的有方案比较法,统计分析法,技术标定法(标准定额法),数学分析法等。随现代科学技术的发展,特别是电子计算机的应用,对于矿井这样一个复杂的系统工程,又发展了经济-数学规划法,本节将对这些方法的实质和基本原则做简要的介绍。

一、方案比较法

方案比较法是我国目前确定开采设计方案时应用最广的方法。方案比较法的实质是对不同的具体的方案进行技术经济分析和对比,而后择优选用。

采用方案比较法确定开采设计方案时,首先根据矿井的自然和技术条件、针对所需解决的问题,拟定出若干个技术上可行的方案,经过分析比较、充实修改,使之逐渐趋于完善。在此基础上,按前述技术经济合理的准则,详细进行各方案的技术分析,计算各方案不相同的经济费用(如基本建设费、生产经营费等),进行经济比较,根据比较的结果,综合权衡各方案的利弊,选用较优越的方案。

由于煤矿开采的影响因素很多,需解决问题的性质和涉及的范围不尽相同,不同问题的方案,其应比较的内容和项目也不相同,没有一个统一的格式,应该通过对参加比较的

方案进行具体的深入细致的分析，使最后的抉择较为合理。一般在进行方案比较时，应该注意以下问题。

(1) 拟定出先进合理的技术方案是进行方案比较的前提。因此，首先应深入细致地研究方案，务必使所比较的方案在技术上是优越的、完整的、切实可行的。在进行比较前，要仔细分析各方案的不同之处，详细编列比较项目，反复核对，避免遗漏。

(2) 进行经济比较时，应抓住重点。主要应比较重要项目的费用；对影响不大、差别很小的费用项目，可不进行比较；对费用相同的项目也不进行比较。应该注意，对哪些项目是重要的、或影响不大的、或相同的，要进行具体的分析。在通常情况下，重要项目常包括井巷工程费、地面建设费、煤的运输提升费、井巷维护费，对低瓦斯矿井的通风费、涌水量小的矿井的排水费常作为影响不大的项目不予计算；但如比较的方案是专门研究通风或排水的问题，那就必须进行比较了。关于某项费用是否相同的问题，也应具体分析，例如，两方案采用相同的井底车场及地面设施，当两方案井型相同时，可看做是相同的项目不予比较；但如两方案井型不同，则分摊于吨煤生产能力的投资即不相同，就不能认为是相同的项目，而必须进行全面的计算和比较。

(3) 正确选用各项原始计算数据。各项费用参数的选取应当适合比较方案的自然和技术条件，例如，采用的运输单价应与所采用的运输设备相适应，采用的巷道维护费单价应与该方案巷道的维护条件相适应，尽可能使方案比较的数字和结果符合客观实际。

(4) 应该把基本建设费用和生产经营费用分别列出。因为基本建设费用是国家以投资的形式集中拨出的，要考虑发挥投资效果、为国家增加利润的问题，故合理使用和节约国家投资对我国社会主义扩大再生产有重要意义；而生产经营费用则是逐年付出的，其对国民经济的影响相对较小。此外还应该把基本建设费用的初期投资和后期投资分别列出，因为同样份额的资金在国家经济发展的不同时期和水平，其重要性当然是不同的。

(5) 不仅要看各方案总费用绝对值的大小，而且要看主要材料消耗量和设备占用量，特别是稀缺材料的消耗量和大型设备的占用量，这对物资供应条件较差的地区尤有现实意义。还应该比较各方案占用土地的多少和资源回收率的高低。

(6) 应该比较各方案的建设期限，因为缩短建设工期不仅可以提前为国家供应煤炭、上交利润，还可以节约施工费用，并使施工单位能更多地建设其它项目。

(7) 从经济上评定各方案的优劣，通常是分别对基建投资、初期投资、生产经营费用（有时只考虑前期费用）进行对比，综合考虑其影响。

在如何对比基本建设费和生产经营费的方法上，曾经采用过将二者简单相加作为各方案的总费用来进行对比，这种做法没有考虑充分发挥基建投资效果，缩小了占用基建投资的意义，早已不再采用；也曾试用过投资回收期（返本期）法，即以吨煤生产费用及吨煤投资年返本额总和最低为准则来对比判断方案（即以 $C_i + E_0 k_i$ 最小作为衡量 i 个方案经济上优劣的依据， C_i 为某方案的吨煤生产费用， k_i 为该方案的吨煤投资， E_0 为部门额定投资效果系数，即投资返本期的倒数，亦即 $E_0 = 1/T_0$ ， T_0 为投资返本期），在实际设计中也未得到推广，故这一问题尚有待于进一步研究。

(8) 评定各方案的优劣时，要全面考虑各种因素的影响。如果各方案经济上相差不大，就要根据技术上的优越性、初期投资的大小、施工的难易、建设期的长短、材料设备供应条件等因素，综合考虑，合理选定。

方案比较法从具体的实际情况出发,能考虑各种因素的影响,通过方案的计算,能得出所需的各项技术经济指标,故广泛用于解决井田开采的主要技术方案问题;但其计算工作量很大,当所解决的问题涉及的范围很广时,工作量就更繁重。为简化计算,在进行大的方案全面比较之前,可先进行类型相同方案内的局部问题(小方案)的比较,得出该类型方案中较合理的方案,而后进行不同类型方案的比较。

关于方案比较法的应用,可参看本章第三节。

二、统计分析法

统计分析法是根据现有矿井生产建设的实际情况,针对需解决的问题进行调查统计,借以分析某些参数之间的关系,某些参数的平均合理值或可取值的范围。例如,统计分析一定条件下的工作面长度与其技术经济指标之间的关系,以寻求合理的工作面长度;统计分析矿井设计的与实际的水平服务年限,以提供可选用的储量备用系数;调查统计一定条件下的巷道维护费用,以确定相似条件下的费用参数;统计分析现有矿井的平均先进的技术经济指标,作为设计相类似矿井的参考数据,等等。

统计分析法是建立在数理统计的基础上的。由于采矿问题的复杂性,要得到大量同类的可比的统计资料是比较困难的,因此对于条件多样、影响因素复杂的技术方案问题,不宜采用这种方法。但作为一种辅助方法,从现有生产矿井的经验教训中,总结某些开采设计所需的参数,则还是可行的、必要的。由于统计数据是在原有的生产技术条件下取得的,当采用新技术新工艺时,原有数据即不能适应新的情况,故应重新进行调查研究,这是应用统计分析法时必须注意的。

三、标准定额法

标准定额法是以规程、规范、规定的形式对开采设计中的某些技术条件或参数值作出具体规定,而后根据此规定条件以确定技术方案内的其它参数值。例如,在井田范围和矿井生产能力一定的条件下,根据水平服务年限的规定,可计算矿井必需的水平储量及阶段高度;规定了矿井的工作制度(年工作日数、日工作小时数、生产班数等),据此计算各生产环节的能力;规定了巷道内的允许风速,据以求巷道的最小断面等等。在一些具体矿井的条件下,受原有技术条件的限制,也可看做是标准定额法的应用,例如,不允许更换矿井提升设备时,按设备允许能力确定井筒延深的深度;按绞车的提升能力和容绳量确定上山或下山的长度等。

标准定额法的依据是一定条件下的技术可能性、技术安全性、经济合理性或生产技术管理的需要,具体表现为“定额值”(或约束条件),而“定额”的规定要根据专门的研究,从这个意义上说,它不是一个独立的方法,但用于解决某些实际设计问题还是比较方便的。

四、数学分析法

数学分析法通常是以吨煤费用最低为准则,列出吨煤费用与欲求参数之间的函数关系,用求函数极值的方法求解开采设计方案中某些参数的有利值。

如本书上册曾多次指出的那样,矿井开采设计的某些参数,如阶段高度、采区走向长

度、井田走向长度、井型等，常受两类互相矛盾的因素的影响，由于这些因素的作用，当变动某一参数时，一部分费用随其增减而增减，另一部分费用则随其增减而减增，两部分费用有增有减，此增彼减，总费用也随之变化，当该参数为某一数值时，可使总费用达到最低。根据这一原理，可将待求的参数作为变数 x ，计算与其有关的吨煤基建费和生产费，并将吨煤总费用整理成函数式 $f(x)$ ，求函数式 $f(x)$ 的极小值，使 $f(x)$ 最小的 x_0 值及其邻近范围，就是经济上有利的参数值，本书第十章对有利采区走向长度的计算即是此法应用的一例。

数学分析法是以一定的技术方案为前提，所拟定的技术方案不同，其费用项目及编列的函数方程也就不同，故数学分析法不能解决不同技术方案的对比，而只用以研究某一方案的合理参数值。由于采矿问题的复杂性，应用数学分析法时，要将某些条件予以简化，以适应编列函数方程的需要（如将煤层储量视作均匀分布，费用参数视为定值等），并且这种方法不能全面考虑技术、安全和管理等因素，故只能把由数学分析法求得的参数值看做是相当大的合理值范围，还必须结合其它因素综合考虑。数学分析法以数学形式反映各因素在量上的关系是很简明的，有助于我们认识各因素的相互消长关系及其变化趋势，故可视为一种研究方法。

五、经济-数学规划法

如前所述，原有的开采设计方法都各有优缺点，有在其基础上发展更完善的设计方法的需要；而现代应用数学的发展，尤其是电子计算技术的发展，又为发展新的设计方法提供了有效的手段。近年来，国外逐步发展了经济数学规划法，应用电子计算机解决矿井开采设计的问题。

矿井是复杂的煤炭生产工艺系统，也就是一个复杂的工程系统。它由矿井开拓、准备、回采、巷道掘进与维护、井下运输与提升、矿井通风、动力供应、地面生产工艺等多个分系统组成。每个分系统又各有不同的技术方案（定性参数）和具体参数（数量参数）。各分系统之间、分系统内的各参数之间都是互相联系、相互制约的。某一分系统或其某一参数发生变化，都可能影响到整个系统，从而使设计矿井的技术经济指标发生变化。因此，应把矿井作为一个复杂的系统来研究，不仅要使各分系统自身合理化，而且要使它们组成最优的矿井系统，使整个系统达到最优化，于是可运用规划论来解决这一问题。对矿井设计来说，根据拟定的方案、按照设计的要求（如吨煤费用最低、劳动生产率最高等）来编列函数方程，就构成了规划论中的所谓目标函数；同时，设计方案的某些技术原则和参数必须满足一定的技术条件和“定额”的规定，若将其用数学式来描述，便形成了规划论中的所谓约束条件，目标函数和约束条件一起，就构成了矿井的经济-数学模型。对于一个矿井来说，目标函数和多数约束条件均为非线性函数，因此矿井设计为一非线性规划问题，问题就归结为求解多元目标函数在一定约束条件下的最大值（如劳动生产率最高）或最小值（如吨煤费用最低），从而求出最佳配合的各参数值。

采用经济-数学规划法进行矿井开采设计的主要步骤和方法可概括如下。

（1）深入研究井田的地质及开采技术条件，在此基础上拟定各分系统技术上可行的各种方案，如开拓方式，采区巷道布置，采煤方法，运输、提升、通风系统等。

（2）在深入研究各分系统诸方案的基础上，按技术合理的要求编列各分系统的组合

方式,即提出若干个全矿井的工艺系统方案,并绘制出各方案的草图。

(3) 分别对每个矿井工艺系统方案进行参数优化和技术经济计算。建立各矿井工艺系统方案的经济数学模型。

首先应确定最优化的经济准则和欲求的参数,并需获得与欲求参数有关的各项费用参数(如与所求参数有关的基建费、生产经营费等,应由专门的研究确定)。然后建立每一矿井工艺系统的各项欲求参数与选定的最优经济准则之间的数学关系(即目标函数),确定各欲求参数的变动范围(即约束条件),即建立与各方案相对应的经济数学模型。现以开采缓倾斜单一煤层的最简单的情况为例,作一简要的说明。

设某矿井开采缓倾斜单一煤层,地形平坦,地质构造简单,井田走向长为 S ,斜长为 B ,可采储量为 Z ,年生产能力为 A ,可采用斜井或立井开拓,相应地可提出数个不同的方案,设计以吨煤费用最低与投资效果最好为准则,各方案均可取不同的开采参数,即欲求下列各参数:水平数目 N_s (亦即不同的阶段垂高),各水平沿井田走向划分的采区数 N_c (亦即不同的采区的走向长度),区段斜长 l ,同时生产的采区数 N_0 ,采区内同时生产的工作面数 n_0 ,回采工作面日推进度 L ,以及不同的巷道断面 F 。于是可计算斜井和立井各方案的生产费用 C 及基建费用 K (如井巷工程费、地面建筑费、矿井提升、井下运输、井巷维护费等),将各项费用相加,并按选定的最优准则整理,即得各方案的目标函数,其形式为:

$$\frac{\sum C}{Z} + \frac{E_0 \sum K}{A} = f(N_s, N_c, l, N_0, n_0, L, F), \text{元/吨} \quad (18-1)$$

各方案的约束条件如下:

取阶段斜长不大于2000米,水平服务年限不低于10年,最下一阶段为下山开采,则

$$\frac{B}{2000} - 1 \leq N_s \leq \frac{Z}{10A} - 1 \quad (18-2)$$

取采区走向长度不小于1500米,则

$$2 \leq N_c \leq \frac{S}{1500} \quad (18-3)$$

取同时生产的采区数不少于2个,则

$$2 \leq N_0 \leq N_c \quad (18-4)$$

取区段斜长不小于200米,按技术组织因素允许的最大工作面长度为 l_0 ,其上、下的巷道及煤柱宽度为工作面长度的10%,则

$$200 \leq l \leq 1.1l_0 \quad (18-5)$$

取采区内同时生产的工作面数目不小于1、不大于3,则

$$1 \leq n_0 \leq 3 \quad (18-6)$$

取回采工作面每班进度最低两刀,最高5刀,截深0.6米,每天两采一准,则

$$2.4 \leq L \leq 6.0 \quad (18-7)$$

令按运输设备外形尺寸要求的最小标准巷道断面为 F_y ,按取允许最大风速保证风量要求的巷道最小标准断面为 F_f ,由掘进技术限定的最大可能巷道标准断面的 F_{\max} ,则巷道系统内任一条巷道断面 F_i 应符合下列条件

$$\max\{F_{iy}, F_{if}\} \leq F_i \leq F_{i\max} \quad (18-8)$$

显然,能满足式(18-2)~(18-8)条件的各参数均可有若干个值,我们的目的就是要求解既满足约束条件,而又能使目标函数(18-1式)达到最小值的一组参数值。

(4) 解算及比较。矿井各工艺系统方案的数学模型建立之后,便是求解与比较问题。由于变数和方程较多,就要借助电子计算机进行计算。为此要制定算法和编制计算机的计算框图和运算程序。通过电子计算机的计算,求得每个工艺系统方案的综合最优参数及相应的吨煤费用。然后对各方案进行比较,求出最优方案和相应的最佳参数值。

以上以最简单的单一煤层开采示例,介绍了经济数学规划法的基本概念和原则。很明显,欲求的参数愈多,约束条件就愈多,建立的数学模型就愈复杂,要求进行更多的基础工作(如相应的费用参数研究等)。由于影响矿井工艺系统的因素很多,并且随条件和时间而变化,用确定性的数学方法来研究矿井开采设计问题时,所得到的所谓最优结果只能是相对的,近年来,国外还开展了用动态规划论及概率论等来研究矿井开采设计问题。总的看来,矿井开采设计的现代方法尚处于发展阶段,有待进一步研究解决。

第二节 主要费用参数的确定

如前所述,对矿井开采设计方案进行经济分析和比较,或用数学分析法、经济数学规划法研究矿井开采设计问题,都必须使用各项费用参数。如果费用参数不准确,就会歪曲比较的结果,可能导致错误的结论。另外,分析费用参数的构成及其变化规律,对改进设计方案也能提供有益的启示。因此,正确确定主要费用参数是进行开采设计方案经济分析的基础工作。

研究矿井开采设计经常应用的费用参数主要有,井巷掘进费、井巷维护费、矿井提升费、井下运输费、矿井通风费、矿井排水费等。为此,应研究这些费用参数的构成、计算方法及其应用的问题。

一、井巷掘进费

井巷掘进费由井巷工程的直接定额费、辅助车间服务费及施工管理费三部分组成。井巷工程直接定额费是指消耗在井巷施工上的工人工资、材料消耗、施工机械运转和折旧、以及井巷装备等费用。辅助车间服务费是指为井巷工程服务的辅助车间(提升、运输、通风、排水、照明及其它等)所发生并分摊到井巷工程上的一部分费用。施工管理费是指矿井在建设时期分摊于井巷工程的企业管理费用,主要是为井巷工程服务的企业管理人员的工资及日常支出。为计算简便起见,只按不同条件计算直接定额费用,而后两者则以前者的定额系数(百分数)形式加以概算。

如令长 L 米的某井巷掘进总费用为 K ,则

$$K = [k_1 + k_2 k_1 + k_3 (k_1 + k_2 k_1)] L = k_j L, \text{ 元} \quad (18-9)$$

式中 k_1 ——井巷单位长度的直接定额费用,元/米;

k_2 ——井巷单位长度辅助车间服务费定额系数(为直接定额费的百分数), %;

k_3 ——井巷单位长度施工管理费定额系数(为前二者之和的百分数), %;

k_j ——该井巷掘进费用参数,元/米。

计算井巷掘进费 k_j 时, k_1 、 k_2 、 k_3 值的计算和选取应根据该井巷的地质条件(岩石坚

固性、涌水量、瓦斯涌出量等)和技术条件(井筒深度、巷道断面、支护方式、装备情况等),按煤炭部有关矿建工程概算指标、辅助车间服务费定额和施工管理费定额的规定进行计算。当井巷通过岩层各部分岩性差异甚大、或施工方法不同时,应分别计算各段的费用,以求平均的单位长度的掘进费用。

当需进行开采设计研究时,还要建立掘进费用参数与巷道断面 F 的关系。显然,巷道断面愈大,每米巷道的掘进费用愈高,有人认为二者呈直线增加关系,有人则认为二者呈曲线关系,根据我国资料可取为直线关系,即

$$k_1 = a + bF, \text{元/米} \quad (18-10)$$

式中 a ——与断面无关的井巷单位长度直接费用,元/米;

b ——与断面有关的井巷单位长度直接费用,元/米²。

应该指出,提高掘进速度对提高工效、降低掘进费用有重要意义。由于加快矿井建设,不仅可节约施工管理费,而且可降低直接定额费及辅助车间服务费(因为其中一部分费用是按时消耗,而不与掘进长度成正比),使掘进每米井巷的总费用降低,故在研究具体问题,应充分估计到这一因素的影响。

二、井巷维护费

井巷维护费包括修理井巷的工人工资、材料消耗、物料及清理物的运输、机械的使用及折旧等的全部费用。

由于各矿条件不同,井巷维护费没有一个统一的标准定额(计算数据),只能靠统计分析法解决,即通过对某一具体井巷的维护情况进行调查统计,以计算其实际的维护费用参数,作为以后应用的参考。如令需维护的某井巷长度为 L ,其 t 年的实际修理费为 C_w ,则该井巷的维护费用单价 W 为:

$$W = \frac{C_w}{L \cdot t}, \text{元/米} \cdot \text{年} \quad (18-11)$$

因此 W 是一个平均值,意即为分摊于每米井巷长度的每年修理费。

某条井巷维护费的大小决定于欲维护的井巷长度 L 、维护时间 t 及维护单价 W 。在具体计算时,应分别下述不同情况:当井巷长度 L 为定值时(如单水平开拓的井筒、边界风井等),其 t 年的维护费为 $W \cdot L \cdot t$;当巷道维护长度为一变值时,若变化于 $0 \sim L$ 之间(如一条巷道掘进期间的维护,随采随废的风巷维护等),其平均维护长度为 $L/2$,则相应的 C_w 应为 $1/(2W \cdot L \cdot t)$;若巷道维护长度呈阶段性变化(如分段报废的上山等),则可分段计算维护工作量,而后计算其维护费;如巷道各段的维护条件不同,因而维护单价不等时,应分段计算其维护费用;同理,巷道前、后期维护条件不同,导致维护单价相差很大时,也应分前、后期,按不同维护条件计算其维护费。

应该强调指出,维护单价 W 的确定是一个复杂的实际问题。由于巷道的位置、深度、煤层赋存情况、围岩条件、煤柱大小、巷道断面大小、支护方式及是否受采动影响等条件的不同,故其维护条件、维护状况的差异很大,因而维护单价相差也很多。只有进行大量的不同类型的井巷维护费用统计分析,才可获得不同条件下的维护费用参数,而在具体条件下选用井巷维护费用单价时,必须选用近似条件下的数据,或作适当调整。