

# 缓倾斜 煤层 采区设计 优化

王玉浚 编著

煤炭工业出版社

823.21

## 内 容 提 要

本书应用系统工程理论和电子计算机技术,系统地阐述了煤矿矿井采区设计优化的有关问题,重点论述了采区设计最优化准则的选择以及各种可能技术方案的组合,构造了走向长壁采区和倾斜长壁采区的各种技术方案,据此编制了通用的经济数学模型及相应的计算机程序,并列举了一些矿井采区设计优化的实例。书中还探讨了采区设计优化模型的适用性和改进方向,并附有采区设计优化的源程序,可供煤矿设计、科研、现场工程技术人员和大专院校师生学习参考。

责任编辑:金连生

### 缓 倾 斜 煤 层 采 区 设 计 优 化

王 玉 浚 编 著

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787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张4<sup>5</sup>/<sub>8</sub>  
字数99千字 印数1—2,620  
1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷  
书号15035·2747 定价0.85元



## 前 言

系统工程、运筹学理论和电子计算机技术在现代工业国家的几乎所有部门都得到广泛应用，并取得了显著的经济效果。随着我国四化建设的迅速发展，在许多部门也开始应用这些理论、技术和手段，今后必将得到更快地发展。

为了促进系统工程理论和电子计算机技术在煤矿开采中的应用，1980年作者与王刚、徐永圻同志以及淮北杨庄矿申冠海、徐凤根、陈丽娟同志合作，进行了淮北杨庄矿采区巷道布置系统的研究，编制出了“采区巷道布置系统及主要参数的最优化”数学模型和源程序，并在中国煤炭学会第一届开采学术会议上发表，特别是在《中国矿业学院学报》1980年第4期刊登以后，受到了一些同志的欢迎和支持，也得到了不少的鼓励和帮助。

在原有的基础上，根据讨论和应用中遇到的问题和听到的意见，几年来对最初的模型和程序进行了一些修改，补充了一些新的内容。经过对几个不同煤层条件的矿区（矿井）试用结果，模型和程序不仅受到了检验，也得到了提高和完善。为了便于实际应用和进行理论上的探讨、磋商，现在编写成书，供煤矿生产、设计的技术人员和院校师生参考。

本书初稿请徐永圻同志作了审阅，同时在几年来的工作中还得到了中国矿业学院张先尘、高绑麟、王昆翔等同志的帮助，在此表示感谢。

由于水平所限，本书存在的缺点和错误，恳切地欢迎读者批评和指正。

编 者

1984年8月

# 目 录

## 前言

<b>第一章</b>	<b>概述</b> .....	1
第一节	采区设计的内容和方法 .....	1
第二节	采区设计优化准则与方案选取 .....	4
第三节	可供选择的方案及初选 .....	7
第四节	多目标决策方法 .....	14
<b>第二章</b>	<b>走向长壁开采采区优化的经济数学模型</b> .....	16
第一节	编制经济数学模型的依据和方法 .....	16
第二节	单项费用表达式的编制 .....	20
第三节	不同方案的经济数学模型 .....	41
第四节	求解方法和源程序的编制 .....	44
<b>第三章</b>	<b>倾斜长壁开采采区优化的经济数学模型</b> .....	50
第一节	编制经济数学模型的依据和方法 .....	50
第二节	单项费用表达式的编制 .....	53
第三节	不同方案的经济数学模型 .....	69
第四节	源程序的编制 .....	74
<b>第四章</b>	<b>采区设计优化实例</b> .....	80
第一节	淮北杨庄煤矿Ⅰ五一采区及六一采区 .....	80
第二节	兖州南屯煤矿新采区 .....	92
第三节	几个综采采区的优化 .....	98
第四节	几个普采、炮采采区的优化 .....	101
<b>第五章</b>	<b>采区优化模型的适用性和改进方向</b> .....	107
第一节	优化模型的适用性 .....	107
第二节	在矿井设计优化中的应用 .....	113
第三节	存在问题及改进方向 .....	115

附录一 走向长壁开采采区优化源程序 .....	127
附录二 倾斜长壁开采采区优化源程序 .....	134
附录三 表达式与源程序中符号对照表 .....	139
主要参考文献 .....	141

# 第一章

## 概 述

---

### 第一节 采区设计的内容和方法

采区（包括盘区）是井田划分或井田划分为阶段后再划分所形成的按一定顺序开采的各个部分。采区内包括若干个回采工作面，具有完整的出煤、运料、排矸、通风、排水和动力供应等系统，并配备相应的机械电气设备，从而使回采工作面到大巷形成一个完整的、连续的生产系统。

采区作为矿井生产的一个重要组成部分，服务年限少则三、五年，多则十余年，采区生产状况的好坏对矿井生产影响较大。我国矿井的开采基本上是井田划分为采区并按采区组织生产的。因此，采区设计既是新建矿井设计的重要环节，又是生产矿井需要经常进行的工作。我国每年新建投产矿井的生产能力为1000~1500万吨，需要完成的采区设计约为30~50个。全国统配煤矿矿井约有560处，生产采区数目根据61个矿务局的不完全统计平均有1188个（1982年），为了准备接替这些采区的新采区设计经常需要保持在100个以上。所以，研究采区设计的优化具有广泛的实用价值和经济意义。

采区设计通常分为两段进行，即包括确定采区主要技术特征的方案设计和根据方案设计编制的采区内单项工程的施工图设计。采区方案设计除了需要阐述采区范围、地质条件、煤层赋存状况等基本情况，以及编制采区设计的主要技

术经济指标外，在设计中还需要确定的问题主要有：

- (1) 采区生产能力、采区可采储量和采区服务年限；
- (2) 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；
- (3) 选择采煤方法，确定同时生产的回采工作面个数和采掘工作面的机械化水平及装备；
- (4) 采区机电设备选型；
- (5) 安全措施，如洒水、灌浆、防尘等。

概括起来，采区方案设计的主要内容包括两个方面：一是采区巷道布置系统、采煤方法及其主要参数的选择；二是采区内机械设备的选择。其中采区巷道布置方案及其主要参数，经设计确定并施工完成之后，在整个采区生产期间是难以改变的，它是采区设计优劣的主要标志。采区巷道布置及其主要参数选择是否合理，既关系着采区和工作面的正常生产、设备效能的充分发挥，也关系到巷道掘进、维护等工程费用的多少。这些费用相差较大，就采区而言可达数百万元。因此，采区设计优化重点是选择最优的合理的采区巷道布置方案。

多年来，采区设计方案及其主要参数的选择基本上是根据已有的经验，特别是设计人员的实践经验，辅以方案比较法及数学分析法加以确定的。这样的方法只能比较少量的几个方案，实际上通常只比较 2~3 个方案，从中选取一个。然而，由于可供选取的方案没有全部参加比较，所参加比较的方案中多项技术经济指标优劣的评价方法又不完善，所以很难说明所取方案是最好的。特别是方案中的某些重要参数（如采区走向长度、工作面长度等）确定，多数也只是根据经验选择的。有些采用了数学分析法，即以某一项参数作为

变量列出有关费用的表达式，按费用最低求极值的方法加以选择。这时，所得的结果也只能是单项参数的优化值，它是在巷道布置方案及其他参数都作为定值的条件下得出的。因此，可以说以往的方法是在极少数的方案中孤立地分析某几项参数后加以选择确定的。它既没有考察更多的可供选择的方案，又没有顾及方案与参数之间、参数与参数之间的相互影响，所以结论不够准确，方法不够完善。

为了能够选择到合理的、最优的采区巷道布置方案及其主要参数，应该采用系统综合优化的方法。即通过对多种可供选择的巷道布置方案和可供选取的参数，在其相互影响中选出最优方案及其一系列参数。

系统工程学、最优化理论以及电子计算机的发展，为进行采区设计的综合优化提供了比较适用的理论和先进的手段。据此，我们对约占我国采区总数80%的缓倾斜和部分倾斜煤层的采区设计优化进行了一些研究，编制了通用的经济数学模型和计算机源程序，用于对大量方案和多项参数进行最优选择。

采区设计优化方法，按目标函数分为单目标和多目标决策两类问题。前者是以采区吨煤费用（或折算费用）最低作为目标，选取最优方案；后者是以采区吨煤费用为主，辅以其他几项指标并考虑其权系数，最后根据综合指标最低为目标选取最优方案。按优化内容分为巷道布置方案优化、主要参数优化和巷道布置及参数方案的综合优化。其中前两种属于第三种方法的特例，用于主要参数或巷道布置方案被客观条件限定，或者完全可以事先选定的情况。作为通用的经济数学模型和源程序按综合优化方法编制，也适用于局部内容（前两种情况）的优化。



## 第二节 采区设计优化准则与方案选取

评价采区设计方案的优劣，需要考察有关的多项技术经济指标，通过综合分析从中选取合理的或者称之为最优的方案。因此，这是一个多目标决策问题。

采区设计优化作为多目标决策问题，其技术经济合理性的准则应该包括以下几点：

- (1) 生产集中，采区生产能力大；
- (2) 采区吨煤生产费用低；
- (3) 采区初期巷道掘进工程量小，费用低（对于新建矿井的采区来说，还要求吨煤基建费用低）；
- (4) 采区准备时间短，投产快；
- (5) 煤炭损失少，采区回采率高；
- (6) 便于生产管理，同时生产的回采工作面数目较少；
- (7) 有利于采区接替，采区服务年限长；
- (8) 机械化程度高，采区生产系统安全可靠。

上述标准有些是相互联系的，有些是相互影响的，不同的采区设计方案都满足上述要求是比较困难的。往往有的方案符合其中几项要求，有的方案符合其中的另几项要求，这就需要根据各项标准的指标数值及其重要程度，采用多目标决策的方法解决。

采用多目标决策方法，要求各项准则有定量的指标和权系数(重要性系数)，而上述八项标准中包括一些定性的指标，其中有些可以用相应的定量指标表达(如 1、6、7 项)，有些却难以规定出相应的定量指标(如第 8 项)。各项指标在综合评价中所占的地位，即重要程度需要用权系数来表达。

权系数可以根据专家评分法取得。由于我国幅员广阔、煤炭资源丰富，矿井分布全国各地，地质条件、技术装备、煤炭供求等关系复杂、情况相差较大以及多数技术人员对于“评分法”尚不熟悉，故目前难以得出适用于全国各矿井的权系数。而且应该因地制宜地确定权系数，这样将更适应具体条件和便于应用。

分析上述八项准则，可以看到采区吨煤费用（对于新建矿井的采区，包括基建费用在内的折算费用）是反映采区生产技术经济效益的综合性指标，它的高或低表明人力物力消耗的多或少，并在一定程度上反映出其他指标的优劣。这是因为在列出吨煤费用的函数表达式时，其他指标必然以自变量形式出现（详见后面章节），即包含其他指标的影响。其中有些指标与吨煤费用一致，例如对同一种巷道布置方案，采区回采率愈高吨煤费用愈低。因此，采区设计优化可以采取两类方法：以采区吨煤费用最低为准则的单目标决策；以采区吨煤费用最低作为采区设计优化的主要准则，其他指标作为辅助性准则的多目标决策。

优化的步骤为，首先根据煤层地质的自然条件提出技术上可行的多种方案，然后建立以采区吨煤费用作为目标函数的经济数学模型，通过电子计算机计算出最优方案，或得出最优的及次优的几个方案，最后按其余辅助性准则进行多目标决策，或综合分析得出最终的合理方案。其具体步骤参看框图（图1-1）。

这样，对于生产矿井由于采区施工由生产单位负责并出生产费用，故所取准则是完全适宜的；对于新矿井的投产采区设计，因为由基建单位施工和出基建投资，需要重视投资费用的影响，所以可以采取折算费用最低作为主要准则。

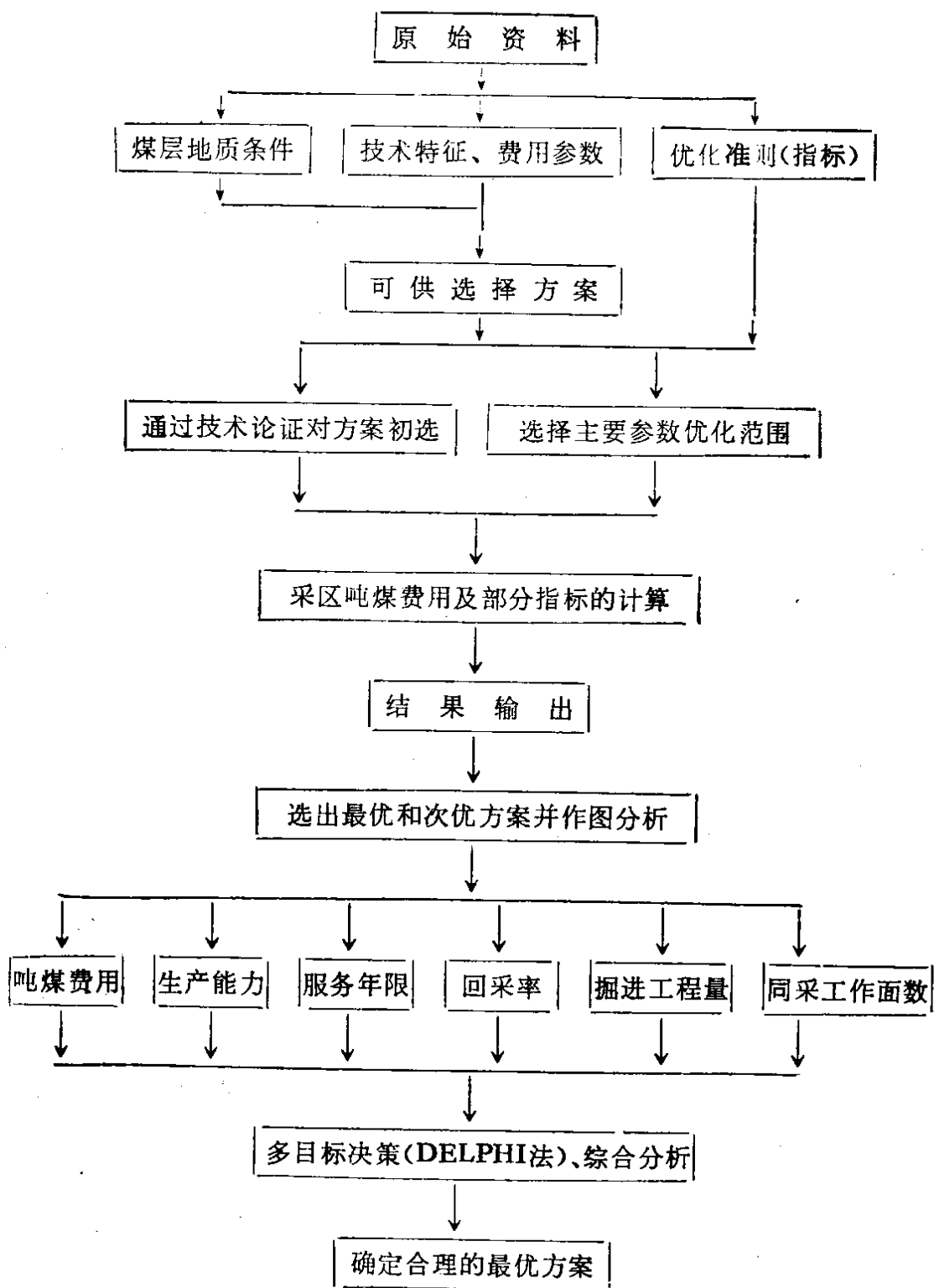


图 1-1 采区优化步骤框图

应该说明，按吨煤费用最低所得出的最优的及次优的几个采区设计方案，由于原始数据误差的影响，故可以认为各方案吨煤费用差额不大时，实用上都可以作为最优方案。

### 第三节 可供选择的方案及初选

#### 一、可供选择的方案

采区方案设计优化的经济数学模型，及其电子计算机用源程序，应该包括采区设计中可能选取的各种方案。但是，由于采区巷道布置方案的类型很多，主要参数很多，并且可取值范围较大，逐一进行计算工作量是很大的，也不完全必要。我们的原则是包括尽可能多的可供选择的方案，特别是经常遇到的所比较和从中选择的方案。

鉴于我国急倾斜煤层采煤方法繁多，采区巷道布置的类型之间差别悬殊，以及急倾斜煤层产量比重较小（约占5%左右），所以这里编制的采区设计优化模型仅限定为倾角在 $35^\circ$ 以下的煤层。在这种条件下，可供选择的采区巷道布置方案（定性方案）有两大类，即走向长壁开采的采区和倾斜长壁开采的采区。

根据煤层赋存条件不同，走向长壁开采采区又有单层布置和联合布置之分。在联合布置的采区中，可能采取不同的上（下）山、区段集中巷、层间联络巷等巷道布置方案，由此组合起来可供选择的方案共有25种，如图1-2所示。

倾斜长壁开采采区，根据煤层赋存条件不同，可能提供的方案有划分采区与不划分采区，单层布置与联合布置，俯斜开采与仰斜开采，单工作面与双工作面，以及联合布置采区中不同的集中巷布置方案。它可以组合成45种，如图1-3所示。

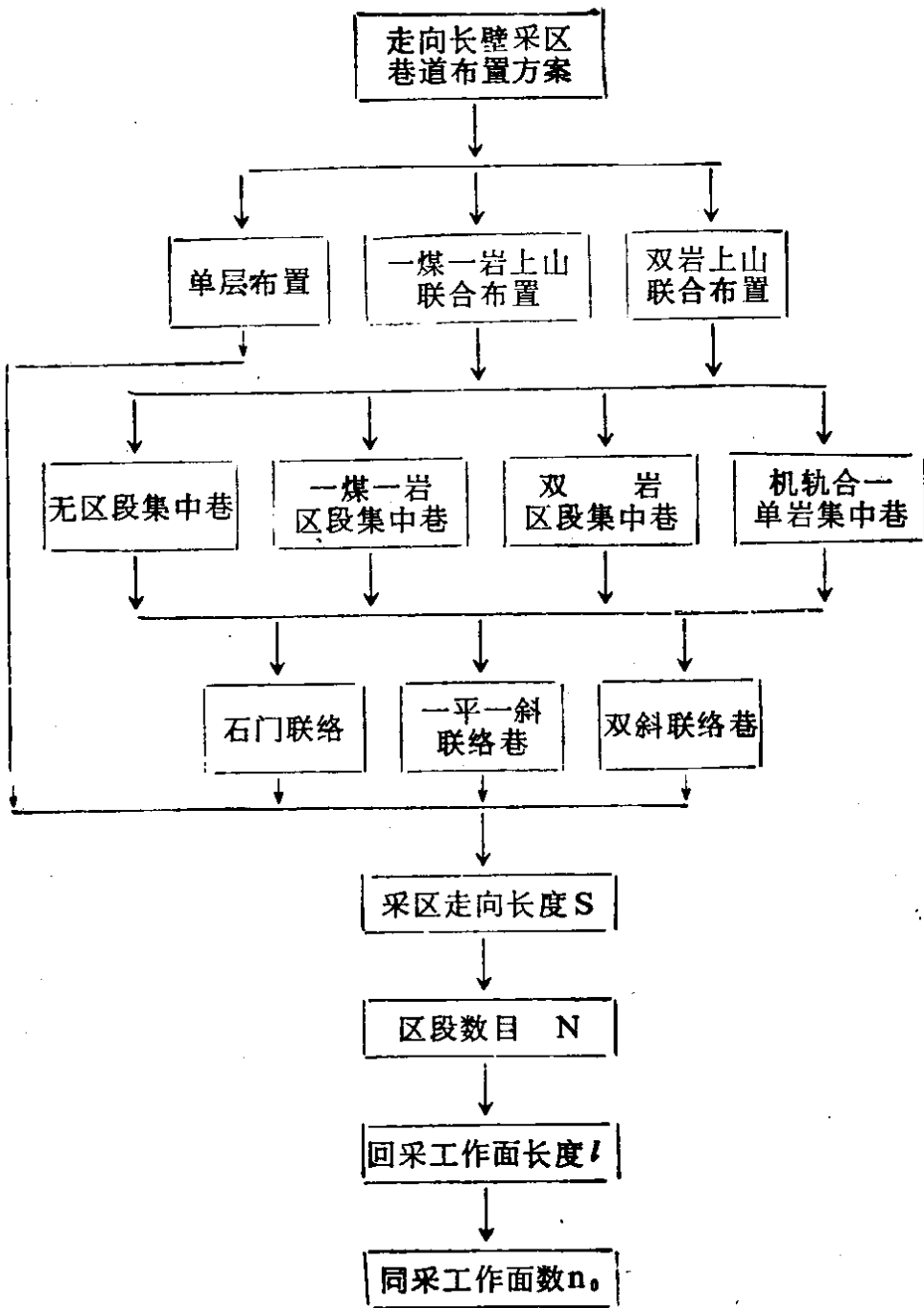


图 1-2 走向长壁开采采区巷道布置方案

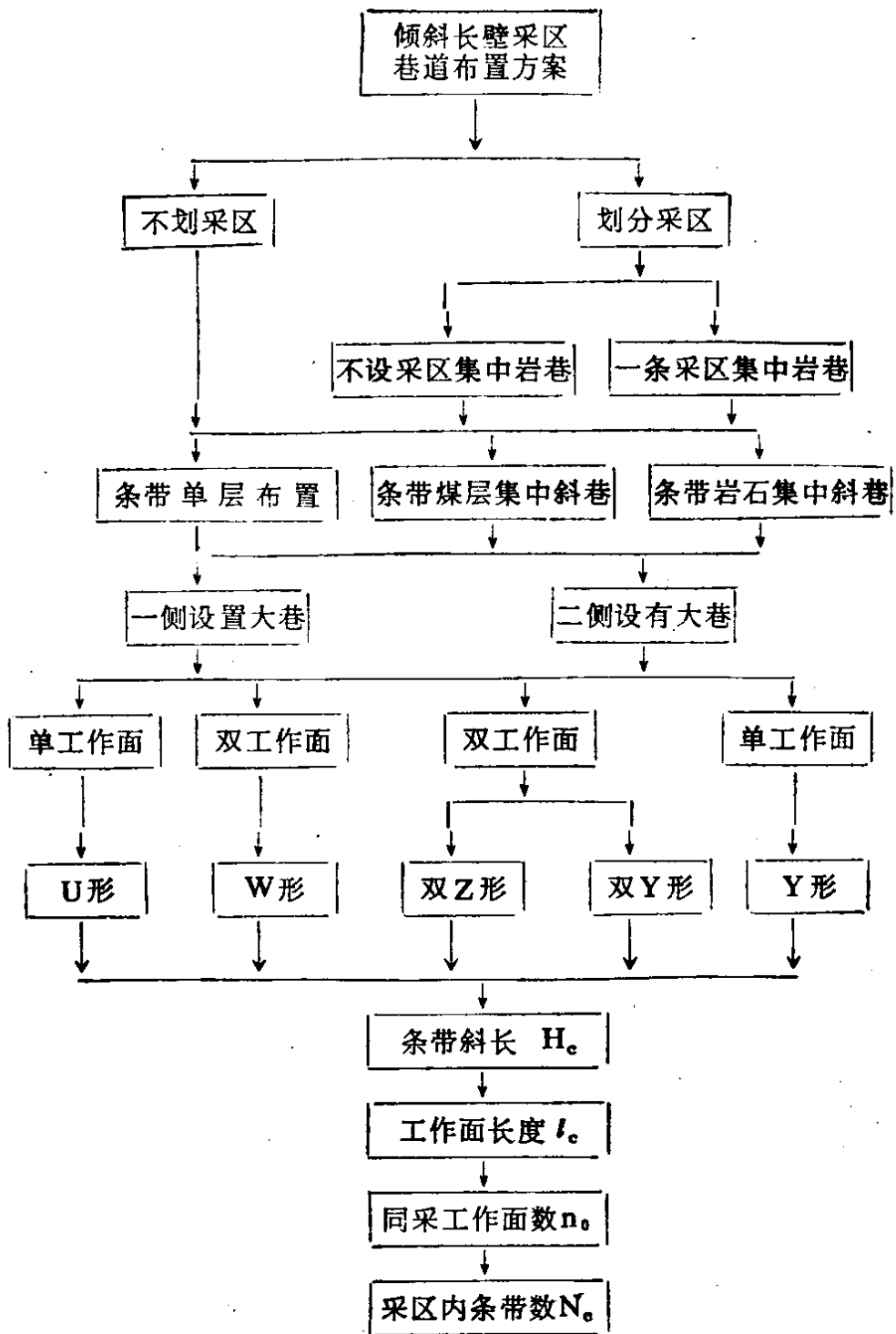


图 1-3 倾斜长壁开采采区巷道布置方案

在每种巷道布置方案中，采区的主要参数可能有多种取值，以及不同取值之间的相互配合，也有许多可供选择的方案(参数方案)。采区主要参数包括采区走向长度 $S$ ，倾斜长度 $H$ ，采区生产能力 $A$ ，回采工作面长度 $l$ ，区段数目 $N$ ，同时生产的工作面数目 $n_0$ 等。由于这些参数中有些参数之间存在着一定的函数关系，所以在优化时，只需要以几项参数作为基本变量，其他参数作为派生变量即可。对于走向长壁和倾斜长壁开采时的采区巷道布置及其主要参数的方案已列于图1-2，1-3中，相应的派生变量将在第二章和第三章中说明。

主要参数取值的上限、下限及优化间隔，可以根据实际情况和需要随时变动。为了减少计算量，上下限之间的范围不宜过大、优化间隔不宜过小。以走向长壁开采采区的参数优化为例，如果按 $S = 600 \sim 2000$ 米，间隔200米； $N = 2 \sim 6$ 个； $l = 100 \sim 240$ 米，间隔20米； $n_0 = 1 \sim 4$ 个计算，则有1280个方案。如果对25个可供选择的方案都要计算后从中选优，则将要出现的方案数为 $1280 \times 25 = 32000$ 个，这显然是个比较大的数目。

## 二、采区巷道布置方案的初选

对于具体的采区设计来说，由于煤层地质条件是既定的，不必要计算上述的全部方案，有些从技术可行性和合理性上就可以排除。因此，首先对可供选择的方案，根据方案对地质条件的适应性、技术可行性和单项工程对比的方法进行鉴别和初选。

### 1. 走向长壁与倾斜长壁开采

根据目前回采工作面的机械设备及技术工艺条件，倾斜长壁开采仅适用于煤层倾角小于 $12^\circ$ (有时可大到 $15^\circ$ )，地质

构造简单或倾斜断层较多的条件。因此,当煤层倾角大于 $12^\circ$ 或走向断层较多时,只选取走向长壁工作面布置方案,除此则考虑走向长壁及倾斜长壁开采两种方案。

## 2. 单翼采区与两翼采区

鉴于双翼采区走向长度大,服务年限长,可布置较多的工作面,有利于工作面和采区接替,分摊到吨煤上的采区石门、上(下)山、车场及硐室的掘进工程量少,上山煤柱损失少,已为各矿普遍采用,所以,除受自然条件限制或其他特殊要求外,一般都按双翼采区考虑。

## 3. 采区和工作面生产能力的上界

采区和工作面生产能力的最大值  $A_{采max}$  和  $A_{工max}$ , 应取与其有关的各生产环节的最大生产能力  $A_{i,max}$  中的最小值, 作为选取时的上限, 即

$$A_{工max} = \min\{A_{i,max}; i = 1, 2, \dots, k\} \quad (1-1)$$

式中  $i$  分别代表采煤机、工作面运输机生产能力, 通风能力, 工作面支护、充填能力等。

对于综采工作面生产能力主要受通风能力限制, 上界一般可取为日产3000吨;

对于普采工作面生产能力主要受支架架设速度的限制, 上界取为日产2000吨;

$$A_{采max} = \min\{A_{i,max}; i = 1, 2, \dots, p\}$$

式中  $i$  分别代表采掘工作面、采区上(下)山煤炭运输、辅助运输、装车站、通风等生产能力。

采区生产能力目前以上(下)山运输能力的限制为主, 上界一般可取年产100~120万吨。其中回采工作面生产能力的影响, 需考虑同采工作面数目  $n_0$  不宜太大, 对于单煤层取  $n_0 \leq 2$ , 对于煤层群取  $n_0 \leq 4$ 。



#### 4. 采区上山单层布置与联合布置

可采煤层（包括分层）数目  $n = 1$  时，一般应取单层布置。 $n \geq 2$  时，可取采区上山布置在底板岩石或下部薄及中厚煤层中的联合布置，主要目的是减少采区上山维护费用，而当其满足下式时，掘进费用也是减少的，应取联合布置。除此，单层布置与联合布置应同时列入可选方案进行计算。

采用岩石上山的条件为：

$$n > \frac{J_1}{J_2} + a(\Sigma m + \Sigma h + h_0) \frac{J_5}{J_2} \quad (1-2)$$

采用下部薄煤层半煤岩上山的条件为：

$$n > \frac{J'_1}{J_2} + a(\Sigma m + \Sigma h) \frac{J_5}{J_2} \quad (1-3)$$

式中  $J_1$ ——岩石上山掘进费单价，元/米；  
 $J'_1$ ——半煤岩上山掘进费单价，元/米；  
 $J_2$ ——煤层上山掘进费单价，元/米；  
 $J_5$ ——联络巷掘进费单价，元/米；  
 $\Sigma m$ ——煤层厚度总和，米；  
 $\Sigma h$ ——煤层间距总和，米；  
 $h_0$ ——岩石上山与煤层底板之间垂距，米；  
 $a$ ——与区段斜长、采区斜长及联络方式有关的系数，可取最大值  $a = \frac{0.01}{\sin \alpha}$ ，其中  $\alpha$  为煤层倾角。

#### 5. 区段岩石集中巷设置

关于联合布置中是否设置岩石集中巷的问题，当区段内同采工作面数目为 1，并且岩石集中巷基本上不用维护时，下式可作为判别选用岩石集中巷的合理性标准。除此，都需