前　言

我国是世界上的产煤大国，具有悠久的煤炭开发历史。中华人民共和国建国四十余年来，建成了数以千计的矿井（露天）和数以百计的煤炭生产比较集中的矿区，使煤炭生产获得了飞速发展。

煤矿矿区既是煤炭资源丰富、煤矿布点集聚、生产和开发技术密切相关的地区；又是生产管理相对集中，划为矿务局一级进行管理的企业单位。在生产技术和企业管理上，煤矿矿区是一个不断地发展着的复杂系统。我国进行了上百个煤矿矿区的设计、建设并多次地制订发展规划，积累了丰富的经验，取得了巨大的成就。随着国内外日新月异的技术进步、经济体制的改革与国民经济的发展，如何适应变化着的环境和复杂因素的影响，制订矿区生产发展的最优决策和策略，促进矿区的稳定健康发展，是新建矿区和生产矿区经常面临的、需要认真对待和解决的重大问题，它对煤炭工业布局和国民经济与地区经济的发展有着重大影响。

本着理论与实际、继承与发展、采矿技术与新兴科学相结合的原则，为建立和阐明矿区规划的基本原理和普遍规律，提出适合我国煤炭工业特点的先进的方法和手段，作为煤炭科学基金资助项目，我们经过几年的工作，于 1988 年完成了“矿区最优规划理论与方法”的课题研究，并且结合河南平顶山矿区，山东兖州矿区的长远发展规划，与平顶山矿务局和兖州矿务局合作应用了这项研究

成果。在国家教委博士点基金资助下，对这一问题进行了进一步研究，1991 年完成了“矿区开采的最优规划原理”研究课题。

以科研报告及其实际应用中的研究报告为基础，通过精选加工、补充修改后完成本书。期望它有助于煤矿矿区规划的编制，有助于同行间的交流、切磋、研讨，有助于矿区最优规划理论和方法的进一步发展。本书既是一本专著，也可作为采矿工程专业有关研究方向的研究生教材和本科大学生选修课的参考书。

社会主义市场经济的发展和煤矿管理体制、经营机制的转变，矿区最优规划的理论和方法也需要发展和补充新的内容。

本书各部分执笔人分别为：第一、三、四、六章王玉浚；第二章张先尘；第五、七、八章韩可琦。限于作者水平，书中出现的错误和不足之处，敬请读者批评指正。

作　者

1993 年 2 月

目　录

前言 …… (Ⅰ)

第一章　矿区与矿区规划 …… (1)
第一节　矿　区 …… (1)
第二节　我国矿区的分布与开发 …… (7)
第三节　世界大型矿区简介 …… (10)
第四节　矿区规划 …… (14)

第二章　矿区最优规划的基本原理 …… (18)
第一节　矿区规划的实践与理论研究综述 …… (18)
第二节　矿区系统分析 …… (24)
第三节　矿区类型及其规划特点 …… (30)
第四节　矿区最优规划的主要内容 …… (32)
第五节　矿区最优规划的构模原则 …… (33)
第六节　矿区最优规划的理论、方法与结构 …… (37)

第三章　新建矿区总体规划的基础模型 …… (41)
第一节　矿井生产能力 …… (41)
第二节　井田划分方案的选择 …… (55)
第三节　矿区建设投资的估算 …… (61)
第四节　矿区及矿井建设工期的预计 …… (65)

第四章　生产矿区发展规划的基本依据 …… (71)
第一节　生产矿井产量变化分析 …… (71)
第二节　生产矿井扩建规模的技术可行性分析 …… (74)
第三节　矿井延深改造方案优选 …… (85)

第五章　矿区发展的动态模拟与分析 …… (92)
第一节　矿区规划的系统动态学(SD)模型 …… (92)
第二节　矿区规划系统流图与方程 …… (97)
第三节　模型数据的给定及模型的使用 …… (114)
第四节　矿区规划 SD 模型的验证 …… (124)

第六章　矿区最优规划方案的选择 …… (128)
第一节　最优性准则 …… (128)
第二节　矿区发展方案选择的 0—1 整数规划 …… (130)
第三节　矿井改扩建和新建项目合理安排的目标规划 …… (136)
第四节　矿区规划方案选择的层次分析法 …… (151)
第五节　矿区(或矿井)综合经营规划方案的选择 …… (164)

第七章　平顶山矿区最优发展规划 …… (168)
第一节　矿区特点及规划原则 …… (168)
第二节　生产矿井改扩建规模的技术可行性 …… (178)
第三节　矿区建设规模及规划方案的优化 …… (183)
第四节　矿区发展的系统动态模拟与分析 …… (186)
第五节　矿井布局 …… (200)
第六节　平顶山矿区最优规划研究结论 …… (207)

第八章　兖州矿区中长期发展规划…… (210)
第一节　矿区特点及规划原则 …… (210)
第二节　生产矿井扩建规模的技术可行性分析 …… (216)
第三节　矿区规划方案最优选择 …… (223)
第四节　矿区发展的系统动态模拟与分析 …… (237)
第五节　兖州矿区中长期规划研究的简要结论 …… (246)

主要参考文献…… (249)

附　录

Abstract …… (251)

The Theory and Method of Optimum Planning of a Mining Area

CONTENTS

Preface

1 Mining Area and the Planning of a Mining Area ····· (1)

1. 1 Mining Areas ····· (1)

1. 2 The Distribution and Development of Coal Mining Areas in China ····· (7)

1. 3 Large-scale Coal Mining Areas of the World ····· (10)

1. 4 The Planning of a Mining Area ····· (14)

2 The Basic Principles of Optimum Planning of a Mining Area ····· (18)

2. 1 A Summary of Practice and Theory of Mining Area Planning ····· (18)

2. 2 The System Analysis of a Mining Area ····· (24)

2. 3 The Types of Mining Areas and their Planning Focal Points ····· (30)

2. 4 The Main Contents of Optimum Planning of a Mining Area ····· (32)

2. 5 The Principle of Building Models for Optimum Planning of a Mining Area ····· (33)

2. 6 The Theory, Method and Structure of Optimum
Planning of a Mining Area ····· (37)

3 Basic Models of Overall Planning of a Newly-Constructed Mining Area ····· (41)
3. 1 The Productive Capacity of Coal Mines ····· (41)
3. 2 Selection of Coal field Division Alternatives ····· (55)
3. 3 Investment Account of Mining Area Construction ····· (61)
3. 4 Estimating Building Period for Mining Areas and Mines ··· (65)

4 Fundamental Basis of Development Planning of Productive Mining Areas ····· (71)
4. 1 The Analysis of Variable Output of Productive Mine ····· (71)
4. 2 The Analysis of Technical Feasibility of Extending Scale of Productive Mine ····· (74)
4. 3 Optimum Selection of Extending and Reconstructing Alternatives ····· (85)

5 The system Dynamic Simulation and Analysis of a Mining Area Development ····· (92)
5. 1 SD Model for the Planning of a Mining Area ····· (92)
5. 2 The Flow Diagrams and Equations of Submodels for Mining Area Planning ····· (97)
5. 3 Information and Application of the Model ····· (114)
5. 4 The Verification of SD Model for Mining Area Planning ····· (124)

6 Selection of Optimum Planning Alternatives of a Mining Area ··· (128)

6.1 Optimality Criterion ····· (128)
6.2 0—1 Programming for Selection of Mining Area Development Alternatives ····· (130)
6.3 The Goal Programming for Rational Arrangement of Reconstructing and Newly-constructed Projects ····· (136)
6.4 The Analytic Hierarchy Process for Selection Alternatives of a Mining Area Planning ····· (151)
6.5 Selection of Mining Area (or Mine) Comprehensive Management Planning Alternatives ····· (164)

7 The Optimum Planning of Pingdingshan Mining Area Development ····· (168)
7.1 The Features of the Mining Area and Planning Principle ····· (168)
7.2 The Technical Feasibility of Reconstructing and Extending Scale for the Productive Mines ····· (178)
7.3 Optimization of Building Scale and Planning Alternatives ····· (183)
7.4 The System Dynamic Simulation and Analysis for the Mining Area Development ····· (186)
7.5 The Layout of Mines ····· (200)
7.6 The Research Conclusion of the Optimum Planning of Pingdingshan Mining Area ····· (207)

8 The Medium and Long Term Planning of Yanzhou Mining Area Development ····· (210)
8.1 The Features of the Mining Area and Planning Principle ····· (210)

8. 2 The Technical Feasibility Analysis of the
Extending Scale for Productive Mines ····· (216)
8. 3 Optimum Selection of Mining Area
Planning Alternatives ····· (223)
8. 4 The System Dynamic Simulation and Analysis for the
Mining Area Development ····· (237)
8. 5 The Research Brief Conclusion of the Medium and
Long term Planning of Yanzhu Mining Area ····· (246)

References ····· (249)

Appendix

Abstract ····· (251)

图　目

全国主要矿区分布示意图 …… (3)
图 1—1 上西里西亚煤田矿区分布示意图 …… (13)
图 1—2 鲁尔矿区工业分布示意图 …… (14)
图 2—1 矿区开发过程 …… (26)
图 2—2 矿区系统的发展阶段 …… (27)
图 2—3 矿区最优规划的组成及结构 …… (38)
图 3—1 煤层分组示意图 …… (45)
图 3—2 井型方案计算框图 …… (50)
图 3—3 井型优化的计算机程序结构框图 …… (54)
图 3—4 井田划分方案示意图 …… (59)
图 3—5 屯留待建区的井田划分方案 …… (60)
图 3—6 平顶山矿区矿井吨煤投资变化 …… (63)
图 4—1 平顶山五矿历年产量变化 …… (73)
图 4—2 平顶山七矿历年产量变化 …… (73)
图 4—3 徐州权台矿历年产量变化 …… (74)
图 4—4 淮北张庄矿历年产量变化 …… (74)
图 4—5 采区和工作面接替模型的子块结构 …… (77)
图 4—6 接替模型及程序的粗框图 …… (79)
图 4—7 平顶山一矿不采$丁_5$煤层时矿井年产量变化曲线 …… (80)
图 4—8 平顶山一矿采$丁_5$煤层时矿井年产量变化曲线 …… (81)
图 4—9 平顶山四矿深部以二水平采完为界矿井年产量变化曲线 …… (83)
图 4—10 平顶山四矿深部以三水平采完为界矿井年产量变化曲线 …… (84)
图 4—11 矿井延深改造备择方案集示意图 …… (86)
图 4—12 矿井延深改造方案选择的计算机程序主体结构框图 …… (88)

图 5—1 反馈环的基本结构 …… (95)
图 5—2 带延迟的反馈环 …… (95)
图 5—3 矿区发展因果关系图 …… (96)
图 5—4 动态行为过程描述 …… (99)
图 5—5 矿区煤炭生产子系统流图 …… (102)
图 5—6 矿区经济子系统流图 …… (103)
图 5—7 矿区原煤生产效率子系统流图 …… (110)
图 5—8 矿区环境子系统流图 …… (113)
图 5—9 煤层厚度与影响因子 …… (121)
图 5—10 煤层倾角与影响因子 …… (121)
图 5—11 开采深度与影响因子 …… (122)
图 5—12 技术进步与影响因子 …… (122)
图 6—1 矿区发展方案选择 0—1 整数规划程序框图 …… (134)
图 6—2 矿区目标规划模型结构框图 …… (138)
图 6—3 层次分析法计算程序框图 …… (156)
图 6—4 平顶山矿区产量变化情况 …… (159)
图 6—5 平顶山矿区投资变化情况 …… (159)
图 6—6 平顶山矿区效益变化情况 …… (162)
图 6—7 矿区发展规划层次分析模型 …… (163)
图 6—8 多种经营方案选择的层次分析 …… (167)
图 7—1 平顶山—韩梁矿区井田分布图 …… (169)
图 7—2 平八矿(一水平开采不受任何影响)矿井年产量变化曲线 …… (180)
图 7—3 平八矿(一水平不开采下山)矿井年产量变化曲线 …… (181)
图 7—4 平八矿(暂不开采铁路压煤)矿井年产量变化曲线 …… (181)
图 7—5 平十矿矿井年产量变化曲线 …… (182)
图 7—6 平顶山矿区生产能力规划图(方案Ⅰ) …… (187)
图 7—7 平顶山矿区原煤产量变化趋势图(方案Ⅰ) …… (189)
图 7—8 平顶山矿区投资额变化趋势图(方案Ⅰ) …… (191)

图 7—9 平顶山矿区销售收入变化趋势图(方案Ⅰ) …… (196)
图 7—10 平顶山矿区销售利润变化趋势图(方案Ⅰ) …… (197)
图 7—11 平顶山矿区固定资产变化趋势图(方案Ⅰ) …… (198)
图 7—12 平顶山矿区职工人数和全员效率变化趋势图(方案Ⅰ) …… (199)
图 8—1 兖州矿区兖州区井田分布图 …… (211)
图 8—2 兖州矿区济宁区井田分布图 …… (215)
图 8—3 兴隆庄煤矿矿井年产量模拟曲线 …… (218)
图 8—4 鲍店煤矿矿井年产量模拟曲线 …… (220)
图 8—5 济宁 2 号井一水平年产量模拟曲线 …… (221)
图 8—6 不同方案新建矿井施工顺序和时间 …… (229)
图 8—7 兖州矿区发展规模方案的层次分析内容 …… (235)
图 8—8 矿井建设方案层次分析内容 …… (236)
图 8—9 兖州矿区生产能力规划图 …… (240)
图 8—10 兖州矿区煤炭产量变化趋势图 …… (240)
图 8—11 矿区收入与利润变化趋势图 …… (242)
图 8—12 矿区规划期内逐年所需投资变化趋化图 …… (243)

第一章　矿区与矿区规划

第一节　矿　　区

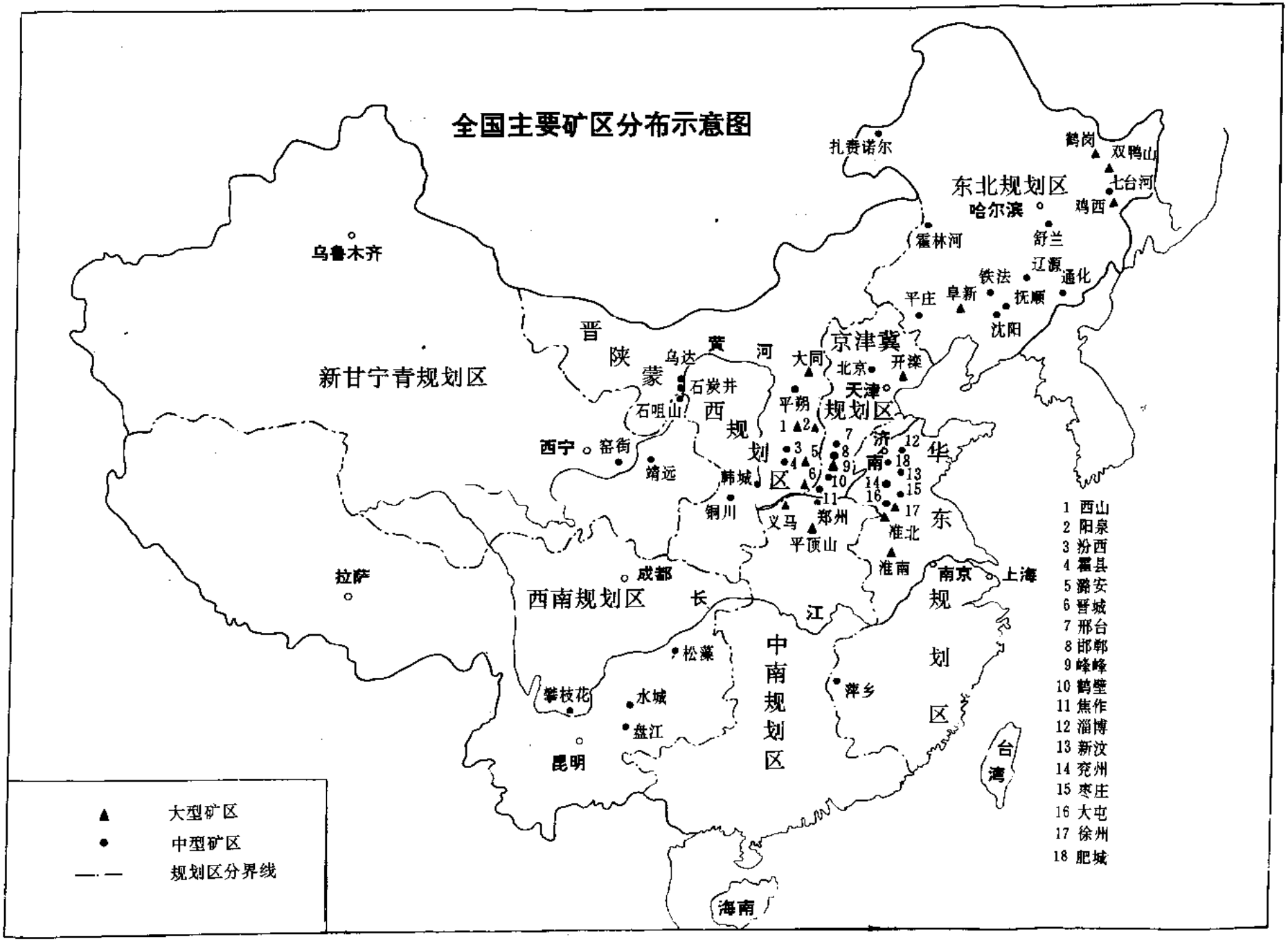
煤炭是在古老的地质年代里形成的大面积沉积，它为现代人类社会的生存和发展提供了宝贵且丰富的一次能源。随着人口增长、人们生活水准提高、工业生产发展，对能源的需求日益增加，煤炭开采规模越来越大。全世界煤炭总产量 1990 年达到 4.827Gt（商品煤），产量在 100Mt 以上的有 9 个国家，其中中国 1.080Gt（原煤），美国 933Mt，原苏联 703Mt（原煤），德国 433Mt，尚有产量为 100～200Mt 的印度、波兰、澳大利亚、南非和捷克斯洛伐克。

煤炭资源自然赋存往往以大面积煤田的形式出现。煤炭的需求量大，在生产发展过程中需要大规模开发开采。因此，在世界各地，特别是主要产煤国家形成了为数众多的矿井（露天）和它们相对集聚在一起的矿区，以及由一个或若干个矿区所组成的煤炭生产基地。

在煤炭开采的一些技术文献、专著和教材中，通常主要研究分析的对象是煤田和井田。煤田是同一地质时期形成并大致连续发育的含煤岩系分布区；井田是划归一个矿井开采的煤田的一部分。煤田和井田的关系和界面十分明确。矿区这一名称虽属常用，但涵义并不十分清晰，有两种侧重点不同的讲法和理解，一种是说由于行政上或经济上的原因，将邻近的若干个矿井划归一个行政机构

管理，其所属的井田合起来称为矿区；另一种是说煤田的范围很大，需要划作若干区域分阶段分步骤地进行勘探和开发，由此将统一规划和开发的煤田或煤田的一部分称为矿区。从现有矿区的实际情况来看，煤田与矿区的关系存在多种形式，有的一个煤田就是一个矿区，如开滦、阳泉、肥城、鹤壁、永荣等矿区；有的一个煤田划分为几个矿区进行开采，如陕西省的渭北煤田分为铜川矿区、浦白矿区、澄合矿区、韩城矿区等；有的将邻近的几个煤田划为一个矿区，如平顶山矿区开发和管理的有平顶山煤田和韩梁煤田，淮北矿区包括有闸河煤田、宿县煤田等。由于煤田生成年代和沉积环境不同，煤田大小相差悬殊。就我国已勘查出的煤田来说，有范围广阔的鄂尔多斯盆地煤田，跨陕西、宁夏、内蒙三个省区，含煤面积 30 万 km^2，预测储量埋深 1000m 以浅，644.9Gt，保有储量 345.4Gt；有范围不大的如位于山东省中部的肥城煤田，东西长 23km，南北宽 3～6km，面积 $98km^2$，储量 1.09Gt；也有范围狭小零星分布的面积不足 $10km^2$，储量更少的煤田。我国统配煤矿 1990 年按行政归属的矿区 102 处中，面积大于 $500km^2$ 的有 6 处，$300～500km^2$ 的有 11 处，$100～300km^2$ 的有 31 处，$50～100km^2$ 的有 20 处，小于 $50km^2$ 的有 34 处。划归一个矿井开采的井田范围差别也比较大，大型、特大型矿井的井田面积达 $100～150km^2$，小型矿井却只有 3～$5km^2$。因此，作为煤田与井田之间的矿区划分，必然出现各种不同形式。

矿区主要根据煤田的范围大小和分布状况，从技术经济有利和方便于行政管理出发，人为划分出来由若干个井田组成，进行统一开发和管理的那一部分煤田。按矿区开发规模通常分作大、中、小型矿区，我国将产量在 10 Mt/a以上的矿区归为大型矿区，3～10Mt/a 之间的为中型矿区，小于 3Mt/a 的为小型矿区。一般情况下，我国开发矿区的行政管理机构为矿务局。


全国主要矿区分布示意图
扎赉诺尔
鹤岗
双鸭山
七台河
鸡西
东北规划区
哈尔滨
霍林河
舒兰
辽源
铁法
通化
抚顺
平庄
阜新
沈阳
乌鲁木齐
新甘宁青规划区
晋
陕
蒙
乌达
黄
河
大同
京津冀
北京
开滦
天津
规划区
石炭井
石咀山
平朔
西
规
划
区
西宁
窑街
靖远
韩城
铜川
济
南
华
东
义马
郑州
平顶山
淮北
淮南
南京
上海
规
划
区
拉萨
成都
西南规划区
长
江
松藻
攀枝花
水城
盘江
昆明
中南规划区
萍乡
台湾
海南
1 西山
2 阳泉
3 汾西
4 霍县
5 潞安
6 晋城
7 邢台
8 邯郸
9 峰峰
10 鹤壁
11 焦作
12 淄博
13 新汶
14 兖州
15 枣庄
16 大屯
17 徐州
18 肥城
大型矿区
中型矿区
规划区分界线

原书缺页

原书缺页

第二节　我国矿区的分布与开发

1990年底我国除星罗棋布的数万个中小煤矿和矿点外，产煤比较集中且已开发的矿区有151处，其中有开发历史悠久的老矿区30处，多数为近40年来开发的新矿区。按建制的隶属关系：统配煤矿矿区103处；地方煤矿有矿务局建制的矿区57处，矿区位置名称两者相重迭的9处。按1990年的实际产量属于大型矿区的16处，年共产原煤229.69Mt，属于中型矿区的37处，年共产原煤189.14Mt，均为统配煤矿总公司和东煤公司所管辖的矿区。其余92处为产量小于3Mt/a的矿区，其中产量为1～3Mt/a的矿区42处。这些矿区遍布全国各省区，其中产量（或能力）在1Mt/a以上具有一定规模的矿区共计95处，占矿区总数的62.9%。见表1—1。其中3Mt/a以上的大中型矿区，其分布状况见插页，图中平朔、兖州两处矿区，考虑到1990年前曾达到10Mt/a按大型矿区对待。

由表1—1可见，大中型矿区53处，1990年产量418.83Mt，分布多在北方。晋陕蒙（西）区占总数的20.7%，占产量的28.0%。东北占总数的26.4%，占产量的10.3%。江南很多省份如浙江、福建、两湖、两广都没有大中型矿区。16处大型矿区（按1990年产量为10Mt以上的矿区）的基本情况见表1—2。

现在已有总体设计、总体规划正在建设或不久即将开工建设的大型矿区预计有：准格尔、神木、东胜南、东胜北、大保档、胜利、离柳、黄陵、彬长、宝日希勒、永城、灵武、华亭、宁东、昭通、老厂等16处。

表 1—1　　全国主要生产矿区的分布(1990 年)

地区	分省区合计	>10Mt/a	3～10Mt/a	1～3Mt/a	
				统配	地方
	矿区数—核定能力 (10kt/a)	矿井数—产量 10(kt)	矿井数—产量 (10kt)	矿井数—产量 (10kt)	矿井数—能力 (10kt/a)
晋陕蒙西	山西 14—11121 陕西 4—1813 内蒙(西)3—1001	大同 14—2993 阳泉 11—1624 西山 8—1516 晋城 3—1036 潞安 4—1010	平朔 1—929 汾西 6—693 霍县 5—450 乌达 4—463 铜川 10—615 韩城 5—403	轩岗 4—252 东山 1—103 葫营 1—139 小峪 1—120 太原煤气 3—114 包头 6—169 海勃湾 8—206 蒲白 5—150 澄合 4—171	
京津冀	北京 1—550 河北 6—3878	开滦 11—1782 峰峰 12—1146	北京 8—602 邢台 3—378 邯郸 7—320	井陉 3—135 兴隆 4—114	
东北	辽宁 6—3989 吉林 3—954 黑龙江 4—3838 内蒙(东)5—1656	鸡西 20—1571 鹤岗 10—1572 阜新 12—1103 双鸭山 11—1060	抚顺 3—758，平庄 11—616 铁法 8—857，扎赉诺尔 7—480 通化 12—432，霍林河 1—370 舒兰 7—364，沈阳 8—535 七台河 10—797，辽源 9—368	北票 3—241 南票 5—215 大雁 5—272 伊敏河 1—133	

华东	山东 6—3745 江苏 2—1645 安徽 3—2465 江西 3—587 浙江 1—160 福建 1—116	淮北 12—1419 徐州 18—1316 淮南 9—1005	兖州 6—969,肥城 4—388 新汶 7—736,大屯 4—366 枣庄 7—595,萍乡 6—323 淄博 5—453	丰城 5—200 龙口 1—103	皖北 5—240 长广 12—160 永安 5—116 乐平 7- 141
中南	河南 7—4554 湖北 1—110 湖南 2—342 广东 2—239 广西 1—231	平顶山 14—1750 义马 13—1066	郑州 6—566 鹤壁 9—505 焦作 9—431	资兴 7—144 涟邵 9—104	安阳 6—200 新峰 4—132 黄石 10—110 曲仁 6—134 梅田 11—105 合山 10—231
西南	四川 9—2104 贵州 4—1117 云南 1—240		攀枝花 5—373 松藻 6—301 盘江 6—340 水城 9—470	广旺 8—190 芙蓉 5—294 南桐 7—236 天府 6—156 永荣 7—155 六枝 6—170	华蓥山 3—120 达竹 5—132 林东 10—105 小龙潭 2—240
新甘宁青	新疆 2—435 甘肃 2—807 宁夏 2—795 青海 1—120		窑街 6—324 靖远 12—319 石咀山 2—306 石炭井 7—719	哈密 2—186 乌鲁木齐 6—212	大通 2—120
全国	96—48612	182—22969	241—18914	123—4684	98—2286

表 1—2　　中国年产 10Mt 的大型矿区

序号	矿区名称	矿井数	核定能力 (Mt/a)	1990 年产量 (Mt)	可采储量 (Mt)	职工人数 (万人)
1	山西　大同	14	28.55	29.93	2409.73	13.39
2	河北　开滦	11	24.20	17.82	1725.43	13.57
3	河南　平顶山	14	17.47	17.50	1063.24	10.80
4	山西　阳泉	11	13.90	16.23	1541.51	7.65
5	黑龙江　鸡西	20	12.75	15.71	990.67	10.42
6	黑龙江　鹤岗	10	14.34	15.71	1182.04	10.60
7	山西　西山	8	18.20	15.15	2026.08	8.17
8	安徽　淮北	12	14.95	14.19	1018.88	11.52
9	江苏　徐州	18	13.00	13.17	915.09	10.85
10	河北　峰峰	12	10.60	11.46	393.80	8.67
11	辽宁　阜新	12	11.15	11.02	471.39	8.81
12	河南　义马	13	10.21	10.66	864.05	6.08
13	黑龙江　双鸭山	11	8.29	10.60	636.21	7.66
14	山西　晋城	3	5.40	10.36	506.20	2.35
15	山西　潞安	4	7.40	10.10	604.44	2.97
16	安徽　淮南	9	11.10	10.05	1107.46	13.53

第三节　世界大型矿区简介

世界上已发现有煤炭资源的国家和地区共有 72 个，已发现的大小聚煤盆地和煤田共有 2372 个，92%的储量在北半球，100Gt 以上的特大型煤田有 24 个。

世界上年产 100Mt 以上的煤炭生产基地有 8 处，其中有的划为几个矿区开发，有的归属一个矿区。这里选取几个以矿井开采为

主的矿区简要介绍如下。

一 美国阿巴拉契亚矿区

阿巴拉契亚矿区位于美国东部阿巴拉契亚山地的西北侧——阿巴拉契亚高原，呈东北—西南走向，展布于弗吉尼亚、田纳西等九个州。矿区面积 18 万 km^2，煤炭资源丰富，据 1976 年测算探明储量 101.27Gt，占美国总探明储量的 26.66%，其中炼焦煤为 16.29Gt占美国的 91.9%。煤质较好，灰分低，硫分偏高，可选性好。煤田地质条件较好，埋藏浅，倾角小，顶板坚硬，瓦斯含量小（只有 20%的矿井为瓦斯矿），断层少，生产效率高。

1870 年在弗吉尼亚州正式开始采煤，年产量 500t。1900 年产量达 176Mt，1918 年跃升至 460Mt，1935 年降至 288Mt，1947 年又增至 476Mt，1980 年 400Mt，1989 年 426.3Mt。1914 年开始露天采煤，80 年代露天矿产量比重占 50%。

二 顿巴斯煤田

顿巴斯煤田北起北顿涅茨河，南临亚速海，西起第聂伯河，东至顿河。东西长 620km，南北宽 70～170km，面积约 6 万 km^2，跨乌克兰的四个州和俄罗斯的一个州。地质储量为 240.6Gt（1979 年），煤类较全，含磷低，灰分、硫分较高。含煤多达 140 余层，平均厚度 0.7m，厚度在 1.2m 以下的煤层占总数的 82%。开采深度较大（600m 以下占 60%），井下地质条件复杂，60%的开采煤层有瓦斯突出危险。

顿巴斯的煤炭开采始于 1722 年。1870～1913 年煤产量由 250kt 提高到 25.00Mt。1995 年产煤 140Mt，1970 年 216Mt，1980 年 204Mt，1989 年 186.6Mt。煤田划为 6 个矿区开发，其中 5 个位于乌克兰。

三 俄罗斯库兹巴斯矿区

库兹巴斯煤田位于西西伯利亚的东南部，西起萨拉伊尔山，东至库兹涅茨克山，北起西伯利亚大铁路，南至戈尔诺—朔里亚山

地。走向长 300km，宽约 100km，煤田面积 2.6 万 km^2，其中，有工业意义的面积为 1.2 万 km^2，已经开发和正在建设矿井的面积为 3000km^2。可采煤层有 89 层，煤层普遍比较厚，可采煤层平均厚 2.2m，6.5m 以上的占 22%。煤层埋藏较浅，适于露天开采。探明地质储量 49.5Gt。

1860 年开始采煤，20 世纪 30 年代开始大规模开发，产量迅速增长。1950 年 38.50Mt，1960 年 84.00Mt，1970 年 113Mt，1982 年 147Mt，1989 年 151.8Mt。1982 年有矿井 80 对、露天矿 18 个，职工 38 万人。

四　波兰上西里西亚煤田

上西里西亚煤田位于波兰南部的卡托维兹省和克拉科克省的西部，南邻捷克斯洛伐克。煤田走向长 100km，宽 30～70km，面积 4500km^2。煤炭地质储量 84.0Gt，探明储量 13.5Gt，煤类齐全，该煤田以烟煤为主，占储量的 75%，适于炼焦。可采煤层十余层，总厚度东部 62m，西部 140m，开采煤层平均厚度 2.3m，多数为 1.5～3.5m的中厚煤层和 3.5～10.0m 的厚煤层，最厚为 20m。煤层平缓，倾角多在 20°以下。多数煤层瓦斯含量高，易自然发火。80 年代初平均开采深度 550m，最深 1030m。

1792 年开始工业性采煤，至今已有两个世纪，是波兰最老的煤炭生产基地。本世纪 80 年代，年产量在 180～200Mt 之间，1989 年产煤 173Mt。

上西里西亚煤田现有矿井 60 余对，划归 6 个矿区（称煤炭工业联合企业），即扎布热、比托姆、卡托维兹、董布罗瓦、雅沃什塔—米考沃夫和雷布尼克矿区。其中前 4 个是老矿区，分布在煤田北部，其剩余的可采储量已经不多，产量在下降；后 2 个矿区开发较晚，储量丰富，多为优质炼焦煤，是目前和今后的重点开发区，参见图 1—1。其中，雷布尼克矿区 80 年代初建成年产 3Mt 以上的大型矿井 6 对。

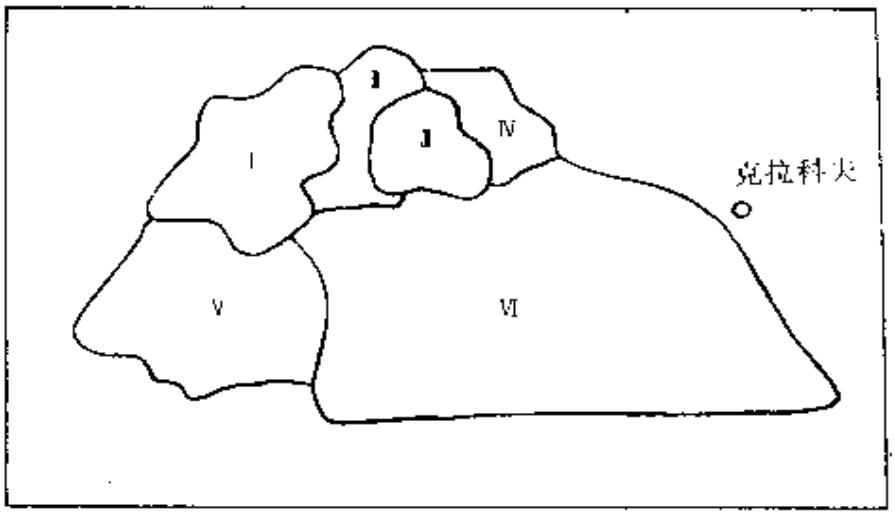


图 1—1　上西里西亚煤田矿区分布示意图

Ⅰ——扎布热；Ⅱ——比托姆；Ⅲ——卡托维兹；Ⅳ——董布罗瓦；
Ⅴ——雷布尼克；Ⅵ——雅沃什诺—米考沃夫

五　德国鲁尔矿区

鲁尔矿区位于德国西部，邻近荷兰。早在 1443 年便着手开采，二次世界大战前就是德国最大煤炭生产基地和综合性工业基地。煤田东西长 126km，南北最宽处 57km，面积 6200km^2，其中已开发面积 3300km^2。煤炭地质储量 219.0Gt，经济可采储量 20.0Gt。可采煤层 55 层，总厚度 88m。有从长焰煤到无烟煤的各种硬煤，其中肥煤占 59%。煤炭所含灰分低（3%～18%），硫分低（0.5%～1.5%），焦油含量高（4%～6%），发热量高（肥煤 8600kcal/kg）。地质构造复杂。

1980 年共有 26 个煤矿，生产原煤 114Mt（商品煤 69.13Mt），职工总数 13.6 万人。鲁尔地区的近代煤炭工业出现于 19 世纪中叶，从那时起，矿区就不单纯是采煤，同时发展了与煤炭相关的一些工业部门。经过一个多世纪的发展，鲁尔已形成了就地加工利用煤炭资源，生产多种半成品和成品的厂矿企业群体。这些厂矿相距

不远，布局紧凑。1980年矿区内共有19个炼焦厂，其中16个属煤矿所有，有9个钢铁厂以及一些化工厂。矿区共有62个电站，其中14个属煤矿所有，煤矿电站燃用灰分高不便运输的劣质煤和洗煤厂的中煤。矿区工业分布参看图1—2。

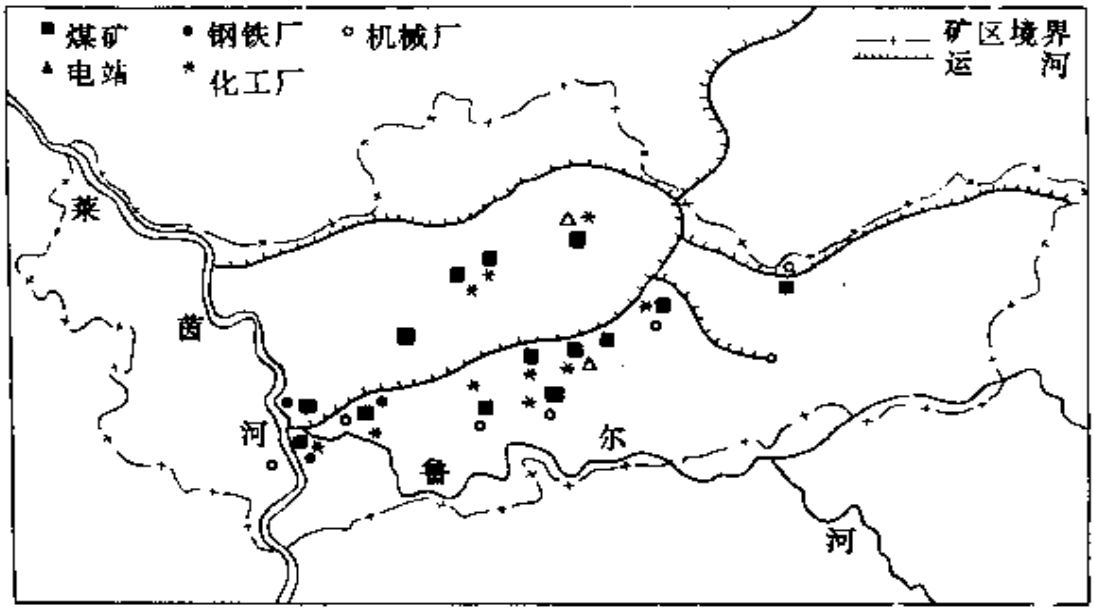


图1—2 鲁尔矿区工业分布示意图

第四节 矿区规划

矿区开发是国家建设和国民经济发展的重要组成部分之一。从技术上和经济上分析论证矿区建设的合理性以及矿区发展规模、步骤与具体项目的安排，以便取得最佳的技术经济效果，对国家，对地区，对矿区本身都是十分必要的。以往的工作中，这项内容主要体现在新开发矿区由设计部门所编制的总体设计和生产矿区对某一期间所编制的总体发展规划上面。

一 矿区总体设计

按照基本建设程序，新矿区开发之前应由设计部门编制矿区

总体设计，并经有关领导部门批准后才能开工。矿区内的矿井、选煤厂、辅助、附属企业的建设需要依据矿区总体设计进行设计和组织施工。

1. 目的和依据

矿区总体设计是对矿井(露天矿)、选煤厂及其辅助、附属企业的建设，以及外部协作条件(包括煤的用户、运输、供电、供水、通讯、生活福利设施等)建设，进行全面规划。其目的是为了有计划、有步骤、经济合理地开发整个矿区。

矿区总体设计应根据已经批准的矿区详查地质报告、计划任务书、矿区总体设计方案或矿区开发可行性研究，及其审批决定进行。

矿区总体设计应阐明设计的指导思想，论证矿区开发对发展国民经济的意义，分析建设和生产的合理性，并确定与矿区开发和建设有关的各项原则。

在矿区总体设计时，应对有工业价值的其他有益矿物，征求有关部门意见，统筹规划。

2. 应说明和确定的问题

(1) 说明矿区的位置、交通、地形、气象、水文和工农业概况；说明地质勘探程度和资源储量；简述矿区地质构造、煤层赋存特征、煤质、瓦斯、煤尘和水文地质等情况。

(2) 说明矿区已有的生产建设情况、设计依据，矿区开发的必要性和合理性。确定矿区内的井田划分、矿井生产能力、开拓方式、工业场地位置、开采方法，确定矿区建设规模、服务年限、建设顺序等。

(3) 说明煤质、品种、用途，确定煤的洗选加工和装储方案，确定选煤厂、机修厂的设置地点和生产能力。

(4) 说明现有铁路、公路及其他交通运输情况，确定矿区铁路运输系统和站线设置，以及矿区内各企业、居住区之间的公路网。

(5) 确定矿区管理机构、附属企业、居住区和生活福利建筑的设置地点、建筑面积、工程量和建设顺序。

(6) 说明电力来源，估算电力负荷，确定矿区供电系统、输变电工程及其建设顺序，确定矿区的通讯和调度系统。

(7) 估算矿区总用水量，确定供水系统和设施，拟定防洪排涝措施。

(8) 确定矿区地面总布置，估算矿区总人口，估算基本建设投资，说明矿区建设的主要技术经济指标。

3. 设计内容

根据《煤炭工业设计规范》的规定，矿区总体设计的内容通常包括如下一些部分：矿区概况，煤田地质特征，勘探程度和储量，矿区开发，煤的洗选加工，矿区地面总布置及防洪排涝，矿区辅助、附属企业及设施，矿区地面运输，矿区供电和通信，矿区给水、排水与环境保护，矿区行政、文教、医疗设施及居住区规划，多种经营与综合利用，经济。

二 矿区总体发展规划

对已经开发和正在生产的矿区，为了有计划、有步骤、有目标的发展生产、提高生产技术水平、改善技术经济状况，往往每隔一定时间需要编制长远的(10年或20年)总体发展规划。根据矿区具体情况和规划的目的，有的委托设计部门编制，有的自己编制。

当矿区需要并且有条件大幅度地扩大开发规模时，往往请设计部门编制，比如有的矿区没有矿区总体设计，却已经开了少量小矿井，需要进一步发展完善；或者虽然开了一些矿井，但尚有大面积未开发的区域，需要扩大矿区开发规模。设计部门为这类矿区编制总体发展规划时，基本上都按上述矿区总体设计的要求和内容进行。

矿区自行编制的总体发展规划，没有固定的格式，一般根据具体情况和规划内容，力求阐明主要的问题和措施，通常是在各生产

矿井编制发展规划的基础上汇总成矿区的总体发展规划，内容比较具体详实。以某矿区1981～2000年总体发展规划为例，其内容分作：矿区概况，奋斗目标、工作重点和步骤，主要内容（现有矿井技术改造，加快新井建设，发展多种经营，推广新技术，开展全员培训提高技术和管理水平，提高职工生活水平），实现规划的主要措施，需要解决的主要问题等五个部分，并附有较多的图表。

第二章　矿区最优规划的基本原理

第一节　矿区规划的实践与理论研究综述

在开发煤田、建设煤炭生产基地的进程中，矿区规划起着重要的指导作用，总结矿区规划的实践经验，分析矿区规划理论研究的发展，对改进和完善矿区规划工作，更好地指导今后煤矿矿区的生产建设有重要的现实意义，对促进采矿学科理论的发展也是十分必要的。

一　矿区规划的实践

从50年代开始，我国煤矿新矿区建设前要编制设计性的矿区开发规划文件。在不同时期、按不同设计阶段和设计深度分别有：矿区总体规划，矿区建设可行性研究，矿区总体设计，矿区开发意见，矿区开发预可行性研究等。这些文件要论证矿区开发的必要性和合理性，阐明建设的指导思想，规划矿区内矿井（露天矿）、选煤厂、辅助和附属企业及生活设施的安排，确定矿区开发所包含的工程及其技术原则与方案。在国家建设的各个时期，生产矿区（矿务局）要阶段性地编制中期或长远发展规划（规划期5～10年或更长），规定该矿区生产建设的发展方向和目标，安排矿区、矿井的各项建设和改造，确定相应的建设项目及其原则性方案。实践表明，这些规划对新建和生产矿区的建设及生产起了重要的指导作用，现行的（传统的）制订规划设计的工作已经制度化、规范化，今后仍

将进行下去。

现行的矿区规划设计文件的制订和编制，是以已批准的地质报告及国家(主管上级)批准的计划任务书为依据，综合应用以采矿技术为中心的矿区开采有关的各种工程设计知识、对矿区开发的主要问题，提出若干个可行方案(如不同的建设规模、不同的井田划分、不同的建设顺序方案等)，通过技术经济分析和比较，确定选用的方案，并进行具体设计。在实施矿区规划的过程中，还将结合具体地质、技术、经济等情况的变化，适时地修改原定的规划方案或设计决定。

作为对矿区规划原则和设计决策正确与否的检验，并从中吸取有益的经验，从50年代末到60年代初，各煤炭设计研究院对所设计的新开发矿区进行了系统的调查研究，总结分析了矿区建设规模、建设速度、井田划分、矿井生产能力、井田开拓方式等问题，提出了在以后设计中如何改进的意见，并开始进行煤矿设计规范的编制工作；与此同时，许多矿务局也总结了本矿区合理的开采技术及生产建设的经验；煤炭工业领导部门在总结矿区生产建设经验的基础上，在不同时期以技术方向、技术政策、设计规范的形式，规定了矿区规划应当遵循的原则和技术标准，从而又指导了新的矿区规划与设计工作，这样，就构成了"矿区规划设计——矿区建设——矿区生产——矿区生产建设经验总结——技术政策和设计规范的制订与执行——矿区规划设计"这种巡回往复的过程，30多年来，在不同矿区多次地进行了这些工作过程，大大丰富了矿区规划设计的内容，加深了对矿区开发规律性的认识，以下几方面的工作内容和做法是应充分肯定并继续发扬的：

(1) 深入研究矿区的煤田地质特征、开发条件、开发要求及制约因素，亦即全面考虑各种决策因素对矿区开发的影响，是正确制订矿区规划的前提，今后还应加强这方面的工作；

(2) 详细规定了矿区规划的内容和要求，明确了矿区规划要

解决的主要问题，这就突出了主要的决策变量，为今后规划的重点指明了方向；

（3）总结了矿区开发的技术、经济、安全、社会效益合理性的评价标准和指标，一定时期内各项工程、工艺、技术的合理可行方案和方式，技术工艺定量参数的合理取值范围，这既明确了正确决策的评价指标，又规定了规划设计应遵从的约束；

（4）不断总结矿区开采经验，阶段性地及时修改和颁发技术政策和设计规范，使技术标准、设计方向和合理参数不断更新，有利于提高矿区开采的技术经济效果。

现行的矿区规划设计工作还不够完善，主要表现在以下几个方面：

（1）对矿区开发的主要决策，如矿区建设规模、井田划分、建设项目选择等，通常是逐个地、单独地对某一问题进行研究，提出若干个方案，再比较选优，没有综合地、联合几个问题进行考察，没有研究其交叉组合方案，因而研究的备择方案不够详尽；

（2）对不同方案的技术分析及多目标的评价，定性分析多，定量评价少，短期的政策因素影响大；

（3）对矿区的重要组成部分——矿井——研究比较简略，如对矿井生产能力、开拓方式的确定等问题论证不够充分，更没有研究随机因素可能对矿区开发的影响；

（4）研究的手段不够先进，特别是对繁琐的计算和工作量很大的方案比较，缺乏有效的手段，影响规划的深度和工作效率。

可以认为，以上几点也正是现行规划方法应注意解决的问题。

二　矿区规划理论与新方法的研究

与丰富的矿区规划设计实践相比较，矿区规划理论和新方法探索方面进行的工作较少。近年来，进行过一些新的研究，提出了一些新的思路，主要的有代表性的可以举出以下方面的工作。

（1）1982 年，以华罗庚教授为首的中国科协专家考察论证组

与安徽省及两淮(淮南、淮北两矿区)的煤矿专家相结合,完成了《两淮煤炭开发方案论证》(以下简称《论证》)的科研报告,该《论证》报告以煤矿专家提出的23处拟建矿井和已定的矿井生产能力、其分批建设项目选择和开工时间安排先后不同所形成的中、高、低三个矿区建设规模方案为基础,用统筹法论证矿井建设的合理施工程序和工期,按基本建设程序要求,统筹安排矿井建设(含设计及审批)所需的总时间,以此为依据,对两淮矿区建设的三个方案进行分析和调整,提出了以原方案Ⅰ(中等规模方案)为主导,但少增加3个工程队,后期又多安排4对矿井建设(与高规模方案相似)的建议方案,并论证了交通运输、供电、通讯、开发水源等矿区外部配套工程的统筹同步建设方案。《论证》在一定程度上起到了资源利用优化的作用,是应用新方法进行矿区建设论证的有益尝试,但《论证》没有讨论矿区的井田划分、矿井的井型确定、井田开拓、建设项目选择的技术经济分析等矿区开发的重大原则问题,因而在主要的采矿系统分析和优化方面没有建立新的理论方法。

(2) 从1985年起,中国矿业大学与平顶山矿务局合作研究,于1988年完成了《平顶山矿区规划研究》。同年,中国矿业大学提出了《矿区最优规划理论与方法》的科研报告,其基本理论和方法是以中国煤矿矿区生产建设的技术、管理经验、煤炭工业技术政策、有关规程和设计规范的规定为构模原则,综合运用采矿技术知识和规律、统计、预测、计算机模拟、优化设计、数学规划、层次分析法及系统动力学等原理方法,建立矿井、矿区发展的优化模型,进行多目标、多层次、多方案的优化,先后在平顶山矿区和兖州矿区应用,具体理论与方法及其应用将在以后各章介绍。

(3) 刘彦生、沈玉志于1986年在第二次全国采矿学术会议上发表了《矿区建设群体网络方法的研究》的论文。应用群体网络方法的基本思想,在矿区开发方案已定的条件下,以矿区建设时期内的综合经济效益最好为目标(综合效益包括建设期内的煤炭产量

收益、施工队窝工损失、拖延工期损失及投资的时间价值等四项内容），以矿区可能获得的投资和三类工程施工队的能力为约束，统筹安排矿井的施工顺序，选择最早开工的矿井，确定接续施工的矿井，并以古交矿区的矿井建设为例，进行了具体分析和计算。安排结果表明，与原安排方案相比，用群体网络方法安排矿区内各矿井的施工，可缩短建设时间、节省工期费并多产煤炭。与《两淮煤炭开发论证》一样，矿区建设群体网络方法的研究，是为了优化矿区建设的施工组织，解决矿区总体设计已确定的开发方案如何实施的问题，而不是矿区规划设计方案本身的优化。

（4）对矿区规划开发方案的选择。宋远方在《层次分析法及特尔斐法在矿区规划决策分析中的应用》一文中提出了矿区规划的层次分析模型，以少投入、多产出为总目标，以增产能力、效益、见效时间、均衡生产、资源利用、基建投资、生产费用、社会效益等为评价指标（准则），以建新井或改扩建生产矿井、新建大型井或多个小型井、开发强度及装备水平不同而形成的 6 个方案为策略，用层次分析法对各方案进行总排序，根据方案优劣排序的结果，提出了优先考虑生产矿井改扩建、有条件时建设大型新井的建议。论文主要是探讨矿区规划决策的方法，没有说明不同方案的具体内容及技术经济论证，但将层次分析法用于矿区规划，仍是一个新的有益的尝试。

（5）孙玉珊在中国矿山技术经济研究会煤炭分会 1987 年学术年会上提交了《矿区系统规划研究——永城矿区 SD 模型》的论文，应用系统动力学的方法，建立了包括矿区生产、矿区社会和矿区环境的 SD 模型，模拟分析了永城矿区 30 年的原煤产量、入洗煤量、发电量、供水量、运输量、劳动力、污染、占用土地等项指标的动态变化，并考察了不同投资额、生产能力利用率及不同的产业结构等的影响。论文在拟定方案的条件下，宏观地、动态地分析了矿区主要生产和环境指标的变化。从应用系统动力学于矿区规划工

作看，是新的有益探索，由于论文并未对规划方案本身进行分析和优化选择，总体上更多的是矿区发展的动态分析与预测，而不是矿区发展的规划。

（6）为着规划矿区发展的长远目标，西山矿务局在1987年制订矿区发展长远规划时，结合技术分析，采用灰色系统方法预测了该矿区规划期末可能达到的生产能力、产量、效率等技术经济指标值。在矿区发展的某一时期内，利用历史资料分析矿区发展规律，并以此对未来发展的可能性进行预测，也可作为一种试用的方法。但是，考虑到采矿系统本身具有不断变化的特点，因此，用各种方法获得的预测值，都必须符合由技术分析和采矿原理计算的结果，就这个意义上说，各种预测都不能单独地成为规划的方法。

（7）在矿区开发的可行性研究方面，吴晋初在80年代用模糊数学的方法，先后对云南昭通煤田和小勐养煤田的开发问题进行了多因素的综合评价，主要目的和内容是论证开发该煤田的合理性及需解决的问题，也不是讨论具体如何开发，但将模糊评判方法用于煤田开发的论证，在方法上也是有益的新探索。

（8）或许是由于国情、管理体制不同的原因，国外许多煤田开发已有较长的历史和较大的规模，但论述"矿区"开发规划的文献却很少见。原苏联Э·Б·戈利兰特等在《采煤技术工艺发展的经济评价》一书中，详细介绍了曾在库兹巴斯矿区应用过的矿区发展线性动态优化模型，该模型以计划期内采煤和选煤的总费用最小为目标，以分期的产量要求、投资限额、矿区生产能力为约束，对不同采煤工艺（井工与露天开采）的产量比重、煤种构成（炼焦煤与动力煤产量比重）及劳力多少等不同的方案进行优化，选出推荐方案。从本质上看，该模型是单目标（尽管考虑了折算费用）的经济数学模型。虽然，计算费用时考虑了时间价值，但还不是决策意义上的动态优化模型。其他主要产煤国家主要是进行具体建设项目的研究和评估，如国际应用系统分析研究所建立的WELMM方法，

从水、能源、土地、材料和人力资源的利用与配合来研究煤矿的开发，应用该方法评价了塞尔比矿(英)、嘎斯多夫矿(德)和博恩汉姆矿(美)，但也不是对若干矿组成的矿区进行论证。

综合上述，国内外的研究情况表明，应用多种新方法对矿区规划广泛的问题进行研究，正是为着弥补传统规划方法的不足，其主要方向是促进开发方案分析的系统化，论证评价的定量化，方案比选的技术经济社会综合效益合理化，规划手段和方法的现代化，使矿区规划决策更科学、更合理、更好地指导矿区的建设和发展。

第二节　矿区系统分析

煤矿矿区是一个发展着的复杂系统，担负煤炭生产、洗选加工和综合利用等职能，要达到高产、高效、稳产、安全、低耗、经济和社会效益好等多个目标，受煤田地质、地理环境、开采技术及地区经济发展水平等多方面因素的制约，要综合应用多种工程技术和科学知识，包含有多层次的多个组成部分，需经历不同的发展阶段，因而具有与其它行业显著不同的特点。

一　矿区系统的结构

矿区是一个复杂系统，按其组成部分及功能划分，主要有以下13个分系统：①煤炭生产系统(矿井、露天矿)；②煤矿工程建设系统(建井工程处、工程队)；③煤炭洗选加工及综合利用系统(选煤厂、筛分厂、焦化厂、煤气厂等)；④地质勘探及测量系统(勘探队、测量队)；⑤机电维修及服务系统(机电设备修理厂、机电设备租赁站)；⑥材料供应系统(总器材库、木材加工厂、爆破材料厂、爆破材料库、建材厂、预制构件厂等)；⑦矿区运输系统(铁路、公路、汽车队)；⑧矿区供电系统(坑口电站、矿区变电所、输电线路)；⑨矿区信息系统(矿区通信、电话、调度、计算机管理信息系统等)；⑩矿区给排水系统(供水水源、给水、排水工程及设施)；⑪矿区安全检查

及救灾系统(救护队、消防站、安全监测系统等);⑫矿区管理及生活服务系统(行政、文教、卫生设施、中心实验室、居住区等);⑬矿区多种经营及环境保护系统(第三产业、三废治理、复田造地等)。

上述构成矿区的13个分系统又各有若干个组成部分,可再划分为若干个子系统,例如,矿区煤炭生产系统包括若干个矿井(露天矿),每一矿井又有若干个采区,每一采区又有若干个回采工作面,矿井又由采煤、掘进、运输、提升、通风、排水…等更下一级的子系统构成,采区也可按与此相似的方法再划分;煤矿工程建设系统可逐级划分为矿区建设(新井建设、矿井改扩建)——矿井开拓(新水平开拓与分区开拓)——采区准备——回采工作面开切;矿区供电系统可划分为矿区供电——矿井供电——采区供电——回采工作面供电,矿区其他分系统也具有与此相同或相似的层次结构。

矿区的各分系统是相互联系和制约的,矿井(露天矿)是矿区的主体,因而在各分系统中起主导作用的是矿区煤炭生产系统。煤矿工程建设要按照煤炭生产的安排和要求组织施工,煤炭洗选与煤炭生产密切相关,也可看作是生产的延伸或其组成部分(如矿井筛分厂、选煤厂与矿井的关系),煤炭洗选加工的能力和布局要与煤炭生产系统能力及矿井布局相匹配。矿区的其它分系统要根据煤炭生产、建设、洗选加工系统的能力大小、技术要求进行配套建设,因而煤炭生产系统与其它系统之间不仅有着能力、技术、信息上的联系,在投资上也有一定的比例关系,从这个意义上说,煤炭生产系统的主要决策,大体上也决定了其它系统建设的基本原则和技术面貌,煤炭生产系统的建设是矿区建设的核心问题。

二 矿区系统的发展阶段

尽管各矿区煤田地质条件、开发规模、开采技术、建设速度及开发历史各不相同,但基本的开发过程是一致的,总括起来,矿区开发的过程可用图2—1的原则性框图表示。在确定矿区开发方案并安排建设后,首先做好矿区建设前的施工准备,而后按一定顺序

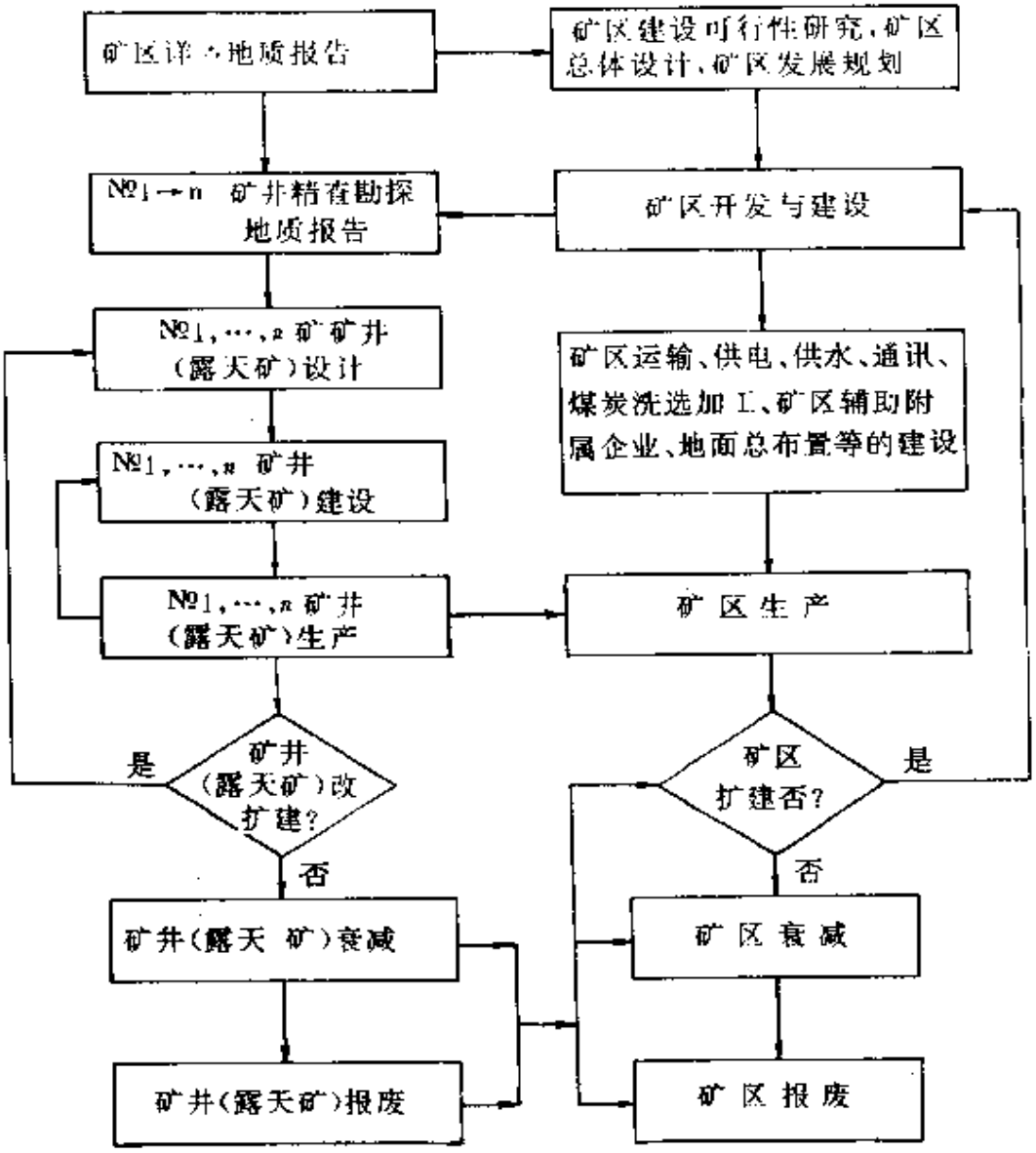


图 2—1　矿区开发过程

进行各矿井(露天矿)的施工，同时进行矿区其它分系统和设施的建设。随着各矿的陆续建成投产，矿区也转入生产并逐步达到设计规模，进入均衡生产期；此后，在一些生产矿井减产、报废之前，及时建设接替生产的矿井，以维持矿区总的生产水平；有条件的矿区，根据需要与可能，可增建新井、扩建生产矿井、并相应地进行矿

区其它分系统的改扩建，进一步扩大矿区生规模。当矿区的主要矿井（露天矿）减产、又无足够能力的新矿井接替生产时，矿区生产逐渐衰减，之后，随生产矿井的全部报废，矿区最终也报废。

与上述开发过程相对应，矿区系统可分为三个相互衔接的发展阶段，各阶段的划分和生产特点如图 2—2 所示。

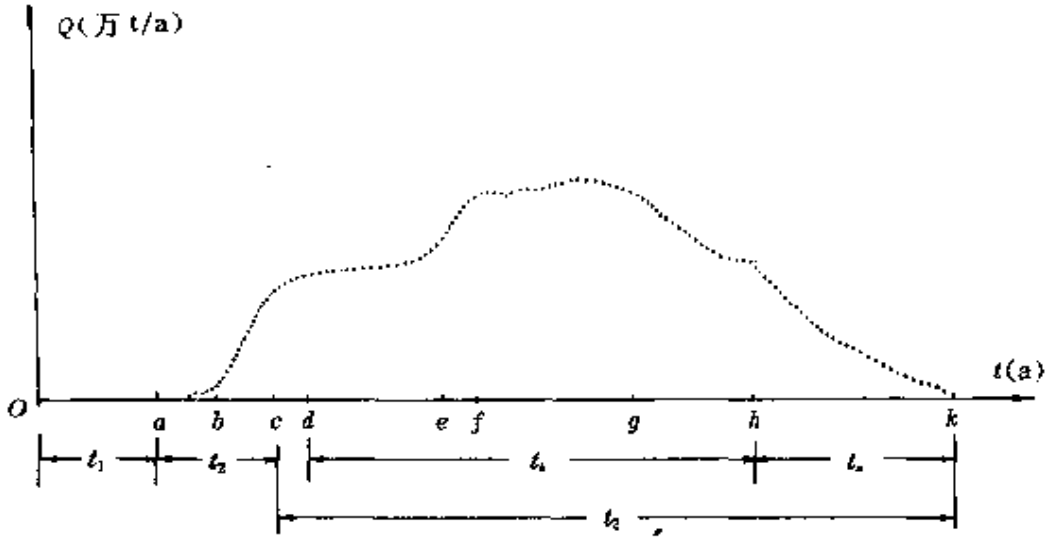


图 2—2　矿区系统的发展阶段

1. *矿区规划设计阶段*　图中 *oa* 段，经历时间 t_1，在此期间进行矿区开发建设可行性研究，编制、审查、批准矿区总体设计。

2. *矿区建设阶段*　图中 *ac* 段，经历时间 t_2，在此期间进行并完成矿区设计规模内的逐个矿井（露天矿）建设，时刻 *b* 为第一对矿井（露天矿）投产的年度，亦即矿区开始正式生产的年度。在 *b* 年度以前，矿区每年有少量的建矿出煤；*b* 年度以后，随投产矿井及矿井新增投产采区的增多，矿区年产量逐年增长；至 *c* 年度，矿区设计规模内的最后一对矿井投产，标志矿区建成。

3. *矿区生产阶段*　图中 *ck* 段（严格地说是 *bk* 段，即包括 t_2 内一段生产时间 *bc*），矿区生产阶段又可分为三个时期：①产量递增期，从 *c* 年度开始，投产矿井逐步提高生产能力，相继达产，至 *d*

年，矿区年产量大体上达到建设规模；②均衡生产期 t_h，从 d 年至 h 年，期中，c 年后矿区生产水平达到或超过设计生产能力，属分期建设的矿区，此时达到第一期的生产水平，以后再进行第二期建设，有扩建条件的矿区，在适当时候可再建新井或改扩建生产矿井，扩大矿区总生产能力，使矿区产量呈台阶式上升，一定时期后再下降，因而可进一步细分为均衡生产一期、二期等等；③产量递减期 t_j，从年度 h 起，矿区内总的矿井生产能力不断下降，矿区年产量逐渐下降，至 k 年矿区报废。

在矿区生产建设的不同阶段和时期内，矿区年产量消长的速度和幅度各不相同，并且不同矿区产量变化动态和各期时间的长短也是不一样的，这是矿区生产的特点。

三　矿区系统特征

煤矿矿区是一个复杂的采矿系统，具有与其它系统显著不同的特点，矿区最优规划必须遵循矿区系统发展的规律。

1. *系统性*　如前所述，矿区的系统性主要表现为以煤炭生产建设为主体的多组成部分及多级层次结构，因而煤炭生产建设系统的优化是矿区系统优化的核心，矿井子系统优化是矿区规划优化的基础，采区和工作面安排的优化是矿井子系统优化的前提，矿区最优规划也应具有与此相适应的系统结构。

2. *综合性*　首先表现在矿区系统要达到的技术、经济、安全、环保和社会效益等多个目标上，其次是要综合应用地质勘探、煤矿建设、煤矿开采、煤炭洗选加工、矿山机械、矿山电气与自动化、矿山通风与安全、矿区运输、矿区通讯等多种工程技术及科学知识，并要进行与煤炭开采相适应的配套建设，矿区最优规划要体现决策的多目标，且在总体上能反映矿区配套建设的要求。

3. *动态性*　煤矿开采地点不断转移，从生产地域上看，矿区开采是一个时刻移动着的系统；从开采过程看，每一矿区、矿井都在经历着不同的发展阶段；更重要的是，采矿技术正处在迅速发展

的时期，随着开采技术的进步，矿井要变换和采用新的技术方式和参数，以获取更好的技术经济效果，矿区最优规划要能适应系统动态变化，并能预测其发展趋势。

4. 各异性　就煤层地质条件而言，各煤田、煤田的各部分、各矿井田、煤层、采区、甚至同一回采工作面的不同部位都各不相同，各矿井、采区、回采工作面使用的开采技术、操作和管理水平也有差异，因而从严格的意义上说，不仅矿区、矿井、采区、工作面各不相同，就是同一矿井、采区的不同时期，其系统也或多或少地存在着差异。以特征相似为条件，矿区最优规划要利用已有的开采经验和对开发开采规律性的认识，包括调查研究的开采技术和经济参数的统计规律，不是作为套用和预测发展的依据，只是用于方案的优化和比较，更着重研究的是进行系统内部的具体分析。

5. 随机性　受勘探手段和勘探工作量（如一定的勘探网线距和孔距）的限制，地质勘探报告（矿井井田地质报告）关于煤层赋存情况和地质特征的描述带有一定的推断性质。实际煤层揭露可能遇到与报告描述不同的情况，尤其是在煤田地质构造复杂、煤层赋存不稳定的矿井，报告对实际偏离的频次更多、偏离的程度更大，而采矿人员事先对开采对象的此种偏离不能确知，再加上井下作业环境较差，巷道、设备发生故障的可能性较大，诱发因素也多，这些都带有随机性，当遇到这种情况时，原定的计划安排、技术应用、生产管理就不能不受到影响，因此，矿区最优规划要尽可能分析具体系统参数的随机变化规律和发展趋势，尽可能考虑到随机因素的影响。

6. 后效性　煤矿的建设工程量大、建设周期长，从投产到达产也需较长的时间，总体的效果滞后于生产，生产滞后于基建，基建滞后于设计决策。预计后期取得的效果，要由前期进行的工作来保证，更具特色的是，矿区开发过程中要同时进行生产和建设，矿区生产阶段中要建设新井或改扩建生产矿井，矿井在生产过程中

要延深新水平、开拓新采区。矿区、矿井某一时刻的生产指标蕴含着以前的建设成果，而该时刻的建设指标又孕育着以后的生产效应，矿区最优规划在分析引用历史数据、安排矿井建设等诸方面，要能辨明此种前后关联的因果关系，恰当地估量后效性的影响。

7. 流逝性　煤矿开采的是不可再生的天然资源，逐个工作面、采区、矿井相继从准备、建设、投产、达产到报废，使煤炭开采的生(产)灭(报废)过程贯穿于矿区生产的整个时期，矿区最优规划必须处理好采煤与开掘、生产与建设的关系，为矿区、矿井均衡生产、持续稳产做好安排。流逝性也使生产矿井的改扩建具有两重性，人们往往更多地注意到生产矿井改扩建的投资省、见效快，但在矿井储量一定的条件下，改扩建既使矿井提前多出煤，又使矿井提前早减产，近期内有效益，远期发展有不可忽视的问题。矿区最优规划要全面地、合理地在总体上进行优化，寻求满意的决策。

第三节　矿区类型及其规划特点

矿区的开采范围、建设规模、煤田地质特征和开采技术条件各不相同，所处的发展阶段也不一样，从矿区的发展和规划特点着眼，可划分为新建矿区和生产矿区。生产矿区又可分为三种类型。作为一种科学的方法，矿区最优规划的理论和方法可用于各类矿区规划，而不同类型矿区的规划又各有其侧重点。

一　新建矿区

新建矿区一般远离城市，矿区开发部署及外部协作条件均待确定。为提高矿区开发的经济和社会效益，综合考虑国民经济发展的需要、用户要求、地区经济发展和能源平衡等因素，根据具体矿区条件，统一规划煤——电、煤——焦、煤——化、煤——运等的建设和发展是适宜的。这需要从更高一级的层次上来规划矿区的综合建设，在更高一级系统的规划下制定矿区开发的指导方针和策

略。就矿区的煤炭开发而言，新建矿区规划的关键问题是确定矿区的矿井布局、优化矿区的建设规模、建设顺序及分期建设安排，为此要深入研究及优选井田划分方案、合理确定各矿井的生产能力、井田开拓及开采工艺方式，规划煤的洗选加工，并据此规划矿区配套工程建设。

二　生产矿区

生产矿区已形成了前述矿区煤炭生产、洗选加工、矿区运输、辅助生产等13个分系统，建立了外部协作关系，按其所处的生产发展时期及有否扩大、维持矿区生产规模的可能性，可划分为三种类型。

1. 扩大型矿区　煤炭储量丰富（或矿区外围尚有未开发的丰富煤炭资源）、运销条件良好的矿区，有扩大生产的必要和可能，除按规划矿井接替安排建设新井外，尚可增建新井；对已达到设计生产能力、剩余可采储量丰富、或可扩大井田范围、增加储量的矿井，可进行矿井改扩建，扩大矿井生产能力；矿区通过增建新井、生产矿井改扩建及相应的矿区辅助生产系统环节的改造，扩大矿区生产能力。对其中开采条件好、生产技术水平高的矿区，还可按现代化矿井和矿区建设的标准进行规划。这类矿区规划的关键问题是确定矿区建设发展的目标，合理安排新井建设和生产改扩建的建设项目，正确选择建设方案，预测矿区建设的效果及可能达到的技术经济指标。

2. 稳产型矿区　矿区已经建成，进入均衡生产时期，除规划的接替井外，无增建新井的可能，矿区内的生产骨干井尚有较丰富的储量、能维持较长时期的稳定生产，就整个矿区而言，可能有个别新井建设和生产矿井的技术改造、但矿区建设规模不会有大的变动。规划的关键问题是安排矿区、矿井、水平的生产接替，改进矿井开拓部署，实行矿区、矿井的合理集中生产，提高开采技术和生产管理水平，发展多种经营，改进矿区生产的技术经济效果。

3. 衰减型矿区　矿区煤炭资源逐渐枯竭，生产矿井相继转入深部及边残煤的开采，生产条件日趋困难，从煤炭生产看，矿区煤炭产量将逐年降低，技术经济指标日趋恶化。规划的关键问题是合理安排矿井开采的结束与转移，尽可能多地采出呆滞煤量和煤柱，发展多种经营。从今后开采技术的可能发展来看，存在着利用报废矿井实行残煤地下气化的可能性，如果出现这种情况，需要全面规划残煤的开采、转化与利用，要通过专门的课题研究确定，目前还不具备规划的研究条件。

第四节　矿区最优规划的主要内容

矿区最优规划的主要内容有以下 10 个方面。

(1) 分析矿区自然、地质、资源、技术、生产经营和经济特点，地区经济和建设的外部条件，划分矿区的类型，明确矿区建设的主要要求和指导思想。

(2) 分析各矿井生产发展的技术可能性和经济合理性，合理开采可能达到的产量及相应的稳产期，并据此划分矿井的类型，分类指导，特别要对增产潜力大、具有改扩建条件的矿井进行比较详细的考察。

(3) 论证新井建设和生产矿井改扩建的必要性和合理性，分析、比选新建与改扩建项目安排不同组合的方案，确定建设项目和建设时间的最佳安排。

(4) 选择矿井(露天矿)的开采工艺方式和机械化水平，确定矿井主要参数(矿井生能力和服务年限)及开拓部署。

(5) 确定矿区的矿井布局及井田划分，选定长期支撑矿区生产的骨干井，调整生产矿井之间、新老井之间的井田边界关系，研究可能的矿井布局，确定各时期的矿井布局。

(6) 规划煤的洗选与加工。确定矿井选煤厂、群矿选煤厂的布

局，结合考虑煤的综合利用，对与煤共生、伴生的有用矿物做出积极回收的安排。

（7）论证并确定矿区建设规模与建设顺序。对分期建设的大型矿区，要就分期开发的划分范围、时间和布置方案进行多方案的优化，确定分期的建设规模和建设顺序。

（8）规划矿区的多种经营和环境保护。因地制宜，发挥所在矿区的资源优势，选定多种经营项目，安排塌陷区土地复垦和综合治理，规划三废的处理。

（9）矿区建设的经济分析。估算矿区建设（新建矿井、矿井改扩建、选煤厂和筛选厂建设及改造、配套生产系统及设施的建设等）所需的投资总额、预测矿区固定资产、生产成本、总产值及销售利润的发展动态。

（10）预测规划期内矿区主要技术经济指标（生产能力、年产量、生产成本、产值、工资、利润等）的逐年变动值。

由于各矿区的条件不同，或受规划期内客观条件的限制，具体矿区的最优规划不一定都包括上述全部内容。重要的是抓住该具体矿区建设中的关键问题，为正确决策提供多种选择方案和科学依据。

第五节　矿区最优规划的构模原则

矿区最优规划的构模原则是指编拟矿区规划可行方案、其下属子系统可行方案、以及描述这些方案的模型构造工作中应该遵循的原则，它制约模型的结构，或者作为约束条件。从广义上说，煤炭工业技术政策，有关规程、规范的规定，已被实践证明是正确的技术经济合理的标准等，都是应遵守的构模原则，这与现行规划执行的原则是一致的。特别地，更具有普遍性和战略性的重要原则，我们举出以下内容。

1. 矿区开发最优规划的指导思想是适应国家建设和经济改革深化的形势，满足国家、地区经济发展和能源平衡的需要，充分利用矿区资源和已有条件，依靠科学技术进步，调动各方面的积极因素，结合矿区特点，按照现代化、机械化、正规化、集中化、合理化的要求，正确处理生产建设中的各种关系，合理安排矿区的生产建设，做到投资少、见效快、成本低、效益高，建成和发展与其特点相适应的矿区。

2. 矿区建设规模应根据资源储量、开采条件、国家需要、用户需求、交通运输和地理环境等因素合理确定。新建矿区的均衡生产年限要符合技术政策的规定。生产和新建矿区的开发强度要有利于矿区、矿井的正常接替，并由多方案优化确定。

3. 矿区的矿井布局和井田划分应根据煤层地质构造、开采条件、地形地貌、储量和煤质分布特征等因素确定。生产矿区还要根据实际的开发情况，合理调整矿井的开采境界。

(1) 矿井的井型或扩建能力要根据储量多少、开采条件、运销需求与可能等因素合理确定。矿井要有合理的井田尺寸和服务年限，并应有适当的稳产期。正确处理矿井生产能力、井田尺寸和服务年限的关系，亦即确定合理的开发强度，要通过多方案优化设计论证。

(2) 对大型矿区，要选择储量较丰富、开采条件较好的矿井(露天矿)作为骨干井。在储量划分、技术装备、建设投资等方面，优先保证骨干井发展的需要。

(3) 正确处理露天开采和矿井开采的关系，适合露天开采的煤层部分，优先划归露天矿开采，并由经济合理剥采比划定露天矿与矿井的矿田边界。

(4) 正确处理生产井和新建井的关系，在井田境界和储量划分上，要为生产井的发展留有适当的余地；在建设投资上，优先安排生产矿井的改扩建，又要适时安排新井建设，保证矿区矿井衔接

和长远的发展。

(5) 正确处理浅深部和相邻矿井的关系，从合理地开发煤田的全局出发，深部井要为浅部井的发展留有余地。

(6) 正确处理国家、地方和乡镇煤矿开发的关系。合理划分开采区域，浅部露头附近煤层、分散的煤层块段可划归地方和乡镇煤矿开采。严格资源管理，不允许在正规矿井井田内开小煤矿。

4. 矿区的矿井开发顺序宜先近后远、先浅后深、先易后难、先优后劣、先小后大。先开发交通运输、水、电较易解决，建井及开采条件较好的浅部矿井，对煤质好、煤种为急需的矿井，也可优先安排建设。

5. 对矿井数目多的大型矿区和特大型矿井宜一次设计、统一规划、分期建设，以减少初期工程量和基建投资，及早发挥投资效益。

(1) 新建矿区可按深浅、远近、难易、优劣条件不同，划分分期建设区域。同时开工的大型矿井一般不宜超过两对。

(2) 生产矿井从全局开发合理考虑，安排矿井的改扩建，同时改扩建的矿井数目一般不宜超过三对(不包括个别环节改造的矿井)。

(3) 大型矿井可分区建设、提前出煤，并要保证分期建设标准不降低，不得简易投产。

6. 对现有煤矿进行技术改造是生产矿区发展规划最主要的问题之一。要针对不同矿井条件，分类指导。

(1) 储量丰富、开采和运销条件良好、增产扩建潜力大的矿井应作为技术改造的重点，进行较大规模的改扩建。对重要矿区的此类矿井，可采用先进技术，优先装备，按现代化煤矿标准进行建设。

(2) 开发、运销条件较好，深部或周围可扩大井田开采范围的矿井，可适当进行改扩建，扩建规模要适当，使矿井有足够的服务年限和稳产期。

（3）尚有一定储量，无扩大井田范围、增加可采储量的矿井；开采条件差、达不到设计能力或稳产困难的矿井，一般不宜改扩建，主要通过改进开拓部署和采煤工艺，使矿井保持稳产或略有增产，改善矿井生产的技术经济效果。对其中开采强度不大的矿井，根据需要可进行个别环节的改造，提高矿井的综合生产能力，并应使环节改造后矿井生产水平接替合理，能维持必要的稳产期。

（4）对分煤组建设的矿井群，转入下部开采的走向相邻矿井，浅井已转入后期开采的浅深部相邻矿井，根据条件和技术经济论证的合理性，可实行矿井合并或联合改建，实现矿区、矿井的集中开采。

（5）资源枯竭的衰老矿井应尽可能多回收残煤和煤柱，力求缩短矿井产量递减期的时间。

7. 发展煤炭洗选加工和综合利用是矿区建设的重要任务，必须建设与原煤生产相适应的选煤厂、筛选厂。新建矿区的选煤厂、新建矿井的矿井选 煤厂要与矿井同步建设。生产矿区要根据煤种、煤质特征、用户需求和已有条件，补建或扩建选煤厂、筛选厂。

发展煤炭综合利用要因地制宜，重点是坑口矸石电站、建材、型煤、煤制气等，积极回收与煤共生、伴生的有用矿物。

8. 矿区地面设施布置要按专业化、集中化、企业化和系统化的原则进行全面规划，按生产、生产服务和生活服务三条线分别安排。矿区的辅助企业和生活设施一般应集中或分片集中布置。

9. 贯彻党的安全生产方针是矿区生产建设的头等大事，矿区建设要遵循“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，安排防治瓦斯、煤与瓦斯突出、煤尘爆作、矿井火灾、冒顶及冲击地压、粉尘、水灾等的工程和设施的建设，配备可靠的安全监测、防护装备，采取有效的安全措施。

要化害为利，有条件时，把瓦斯抽放与利用结合进来，提高抽放强度，扩大抽放范围，完善抽放系统。

10. 严格执行《环境保护法》，新建、扩建煤矿、选煤厂、机械厂、火工品厂时，其三废处理及综合利用设施应同步建设。应注意塌陷区的土地复垦和综合治理。

第六节 矿区最优规划的理论、方法与结构

矿区最优规划要与矿区系统的特征和规划工作内容相适应，个别地，对各项技术决策的研究，要针对问题的性质，采用合适的理论方法。总体上，各个问题的解答和方法的应用，要构成相互衔接、相互配合的体系，图 2—3 综合表示了不同类型矿区最优规划的组成部分、进行顺序和理论方法，对于具体的理论方法，以后各章将结合应用实例来阐述，这里只作原则性的说明。

1. 分析矿区特征、煤田地质及开采条件，研究待规划设计矿区（或条件相类似矿区）的生产、技术、经济资料和经验，寻求技术参数、经济费用的统计规律，用数理统计和预测方法，建立个别技术参数之间、技术参数与经济费用之间相关关系的数学表达式，并建立矿区技术经济指标的预测模型，为建立优化模型作准备。

2. 研究矿区开发和发展战略，规划矿井布局，应用煤矿开采原理，拟出井田划分备择方案集，并进行技术经济分析和方案优选；对生产矿区，论证相邻矿井井田边界的可能调整、相邻矿井合并的必要性、可行性，并进行合并方案的优化，这些课题的解决可采用技术论证、经济分析、经济数学模拟及多目标决策的方法。

3. 对新建矿井，应用采矿原理和系统工程的方法，论证矿井各级技术参数的可行方式和合理取值范围，提出定性和定量参数的组合方案集（亦即矿井的技术工艺模型备择集），并用工程计算、经济数学模拟及多目标决策方法，建立矿井设计方案整体优化模型，论证、优化矿井生产能力、开拓开采方式及主要技术参数；对已定的矿井设计方案，用网络分析方法安排优化矿井建设工期。

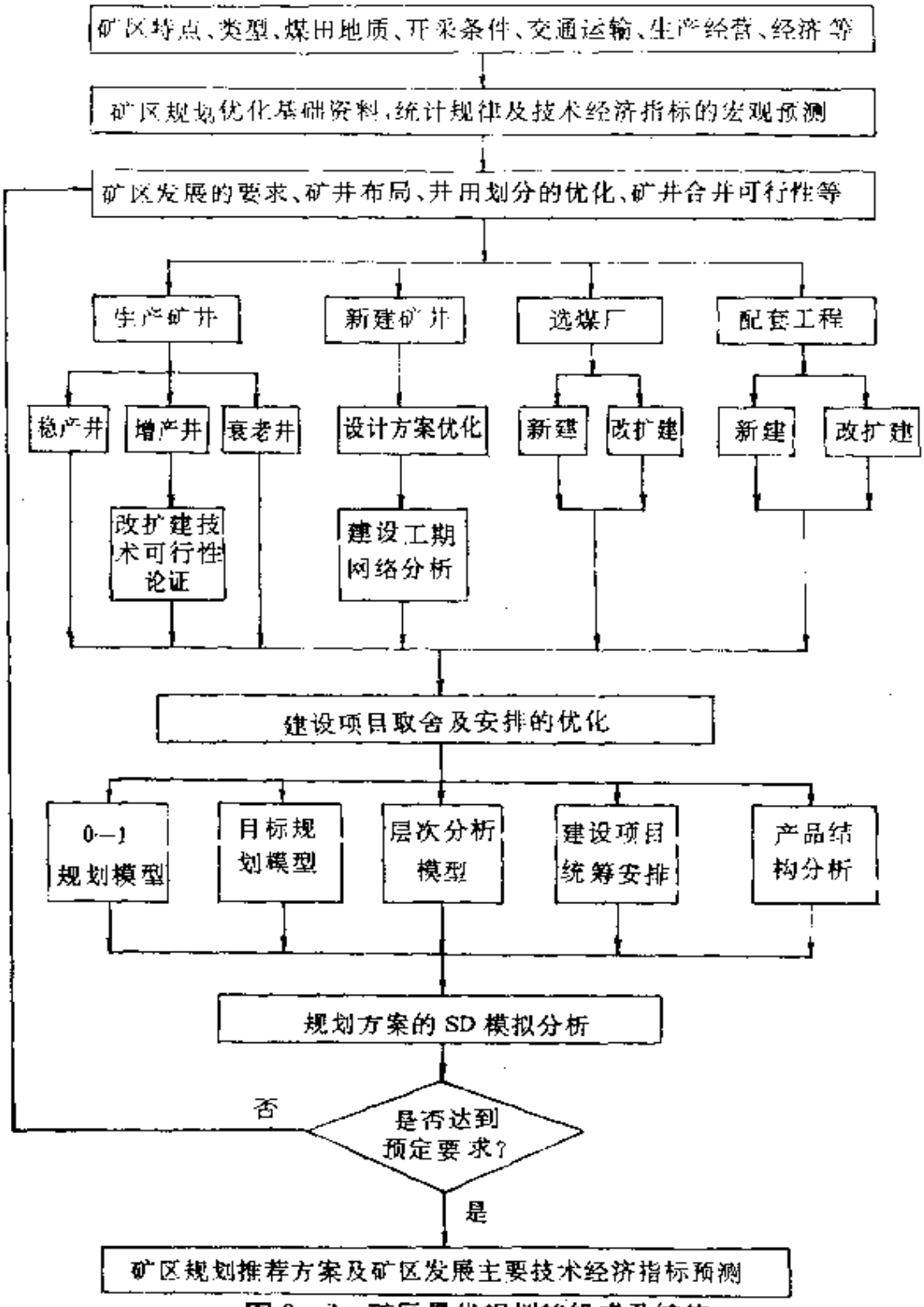


图 2　3　矿区最优规划的组成及结构

4. 对可扩建的生产矿井(保有储量多、剩余服务年限长),以回采工作面接替正常、矿井持续稳产为目标,以矿井各未采回采工作面可能采用的工艺及其单产预测为基础,以回采工作面接替安排的采矿技术、组织、管理、经济要求为模拟原则,以矿井同时回采的工作面个数为决策变量,用计算机模拟方法,建立回采工作面接替安排的计算机模拟模型,考察改变矿井同时回采工作面个数时,矿井回采工作面长时期正常接替的可能性和矿井的稳产期,作为矿井是否具备改扩建条件及维持多高生产水平合适的依据。

5. 矿区煤炭洗选加工应根据煤质、用途、用户要求,结合矿区的矿井布局统筹安排,并与矿井(露天矿)同步建设、同时设计、协调生产,新建或改扩建选煤厂的论证主要采用技术经济分析的方法,由方案比较确定。配套工程建设的确定与此相同。

6. 矿区建设项目(新建矿井、露天矿、选煤厂及生产矿井、露天矿、选煤厂的改扩建等)的安排与优化采用数学规划方法。单目标决策时(单目标可为综合性的指标,如考虑投资效果与生产费用的换算费用),可采用 0—1 规划方法,以建设项目可取得的效益为目标,以必须的分期增产量及投资限额为约束,以各建设项目的取舍(取时为 1,不取时为 0)为变量,建立 0—1 规划模型,用计算机求解,寻求使效益最好时的建设项目选择与安排;当需兼顾效益、产量、投资等多个目标时,可根据矿区特点和发展要求,对各项目标赋以不同的优先等级,以不同的建设项目取舍和不同的建设时间安排为决策变量,建立目标规划模型,优选满意的方案,也可改变多个目标的优先等级,考察主要目标改变对规划方案的影响,为正确决策提供多种可供选择的方案。

7. 详细研究矿区发展的若干个备择方案,以之作为策略,计算或预测各方案在不同时期的产量、效益、所需投资、社会效益等指标或评价,作为评价的多目标,用层次分析法建立模型,求解在强调不同目标时的各方案排序先后,推荐优先的方案。

8. 分析矿区系统的结构、目标、决策变量与影响因素之间的因果关系，应用系统动力学方法，建立矿区发展的 SD 模型，通过计算机模拟计算，考察不同发展方案、不同时期的矿区生产能力、产量、投资、固定资产、经济和社会效益等的指标值，为管理者提供决策依据，并可用于选用方案的发展预测。

9. 对矿区生产经营的多种产品进行投入产出分析，用以优化矿区产品结构。

第三章　新建矿区总体规划的基础模型

对新建矿区或生产矿区内尚未开发的新区，井田划分、矿井生产能力选取，以及矿井建设的时间和所需要的基本建设投资，是总体规划中的重要决策，是研究矿区开发规划问题的核心内容，需要经过多种方案的对比分析，进行论证，合理选定。为适应矿区最优规划的需要，本章参照已有的研究成果，提供部分必要的单项问题优选的基础模型和计算机程序结构，以及某些参数的计算公式。

第一节　矿井生产能力

矿井生产能力（井型）体现着矿井的整体面貌，它对矿井设计的各部分均有较大影响，并关系到矿井长期的生产状况和技术经济效果。合理地选择矿井生产能力应该与井田尺寸、开拓系统联系起来一并考察，通过综合优化加以确定。但在进行矿区规划时，往往难以全面顾及，又需要先有一个井型参数，才便于分析考虑其它技术决策问题，所以提出了井型参数的单项选优问题。

一　井型方案的计算与选择

1. 生产集中化准则

近几十年来国内外煤矿矿井生产的实践表明，生产集中化有利于全面地改善矿井技术经济效果，集中生产主要指回采工作面、采区、水平、矿井的集中，即四个集中，体现为在较小的空间内，以较少的工程，占用较少的设备，用最少的劳动消耗，取得最佳的经

济效果。

按生产集中化准则提出可供选择的井型方案，要以确定工作面单产水平为基础，采取分步骤规划的方法。首先，根据煤层赋存和生产技术条件，选择回采工艺方式，如炮采、普机采、综机采等；其次，根据统计规律，从技术先进和组织合理出发，并预测到技术和管理水平的发展，选定合理的回采工作面长度和产量；然后，通过辅助环节生产能力的校验，确定回采工作面生产能力。其后再根据工作面生产能力，用规划法逐次确定各采区、水平和整个矿井的生产能力。

2. 回采工作面生产能力的确定

回采工作面生产能力（单产）A_m，要根据煤层厚度、倾角、顶板性质等地质条件，选用的回采机械装备及生产组织管理水平等因素确定。采区内各煤层（包括分层）工作面的生产能力 A_{mi}(t/a)为：

$$A_{mi}=l_i v_i m_i \gamma_i k_{mi} \quad i=1,2,\cdots,n$$

式中 l——回采工作面长度，m；

v——回采工作面年进度，m/a；

m——煤层（或分层）厚度，m；

γ——煤的容重，t/m^3；

k_o——工作面回采率；

n——采区内可采煤层（或分层）数目；

i——煤层编号。

因为 $v_i=f(l_i)$，所以 $A_{mi}=f(l_i)$，关键是选择合理的工作面长度 l_i，通常按单位时间内回采面积最大即单产最高准则选择。

3. 采区生产能力的确定

采区生产能力 A_q，取决于工作面生产能力 A_{mi}，采区内同时生产的工作面数 n_0，以及掘进出煤系数 K_j。

根据一般的技术经济分析结果，可以限定 $n_0 \leq 4$，这时 A_q 由于

n_0 取值不同，将有 4 种可能的方案。而煤层数目 $n \geqslant 4$ 时，由于不同的煤层工作面配合生产，将有 $C_n^{n_0}$ 种可能方案。其中虽然有的方案受煤层和工作面开采程序的约束不可能出现，但总的来说，采区生产能力由于不同工作面的多种搭配生产，在其全部生产期间内将有一些波动，并且存在着产量递增和递减期的影响。近似的计算方法是取工作面的平均生产能力计算采区生产能力 A_q（对采区产量的上下波动，在实际管理生产中加以搭配和调整）。

$$A_q = K_j n_0 \frac{\Sigma A_{mi}}{n} \quad i = 1, 2, \cdots, n$$

这样采区生产能力的大小，主要取决于同采工作面数目 n_0，按采区辅助生产环节校验，取其允许的最大的 n_0 值，即

$$A_q \leq \min\{A_{qf}, A_{qy1}, A_{qy2}, A_{qz}, A_{qt}\}$$

$$n_0 \leq \frac{\min\{A_{qf}, A_{qy1}, A_{qy2}, A_{qz}, A_{qt}\}}{K_j \Sigma A_{mi}/n}$$

式中 A_{qf}——采区通风允许的最大生产能力，t/a（下同）；

A_{qy1}——采区煤炭运输允许的最大生产能力；

A_{qy2}——采区辅助运输允许的最大生产能力；

A_{qz}——采区准备工程允许的最大生产能力；

A_{qt}——采区其他系统允许的最大生产能力。

其中 A_{qt} 指采用水砂充填或瓦斯抽放等特殊情况下，该系统的最大生产能力，依具体条件分别计算。

4. 矿井生产能力方案的形成

矿井生产能力 A_K 取决于采区生产能力 A_{qj} 和矿井同时生产的采区数目 N_0，按集中生产准则，一般矿井为单水平生产，所以矿井生产能力与水平生产能力相同。根据矿井生产集中化的要求和

采掘关系等方面的技术分析，认为矿井同时生产的采区数以2～4个比较适宜(分区开拓的矿井则为分区内同时生产的采区数)。这样至少可以提出三组可能的矿井生产能力方案 $A_{k(2)}$，$A_{k(3)}$，$A_{k(4)}$，从中选取合理的矿井生产能力 A_k。个别高产高效矿井可取 $A_{k(1)}$，即一个采区生产的方案。特大型矿井可取 $N_0>4$ 的方案。一般有：

$$A_k \in \{A_{k(2)}, A_{k(3)}, A_{k(4)}\}$$

式中 $A_{k(2)}=A_{qj}+A_{q(j+1)}$

$$A_{k(3)}=A_{qj}+A_{q(j+1)}+A_{q(j+2)}$$

$$A_{k(4)}=A_{qj}+A_{q(j+1)}+A_{q(j+2)}+A_{q(j+3)}$$

$$j=1,2,\cdots,m$$

当矿井内所有的采区生产能力都相同时，$A_{k(N_0)}$是很容易计算的。即

$$A_q=A_{qj}=A_{q(j+1)} \quad j=1,2,\cdots,m$$

$$\left.\begin{aligned} A_{k(2)}&=2A_q \\ A_{k(3)}&=3A_q \\ A_{k(4)}&=4A_q \end{aligned}\right\} \quad \text{或} \quad A_{k(N_0)}=N_0A_q$$

但往往由于煤层条件变化，地质构造对划分采区的限制、煤层群分组开拓的影响，使矿井内有不同类型的采区。各有相应的合理采区生产能力 A_{qj}，$j=1,2,\cdots,m$ 数种。从国内矿井情况来看，一般 $m\not>6$，同是 $N_0=2\sim4$ 个采区同时生产，可能由不同的 A_{qj}组合起来，$A_{k(N_0)}$将是不相同的。计算 $A_{k(N_0)}$时需要考虑到：

(1) 不能取 $A_{k(N_0)}=\max\{A_{qj};j=1,2,\cdots m\}$，因为按其中最大能力的采区同时开采计算的 $A_{k(N_0)}$，有其他能力采区的配合生产时，将达不到矿井设计能力；

(2) 不宜取 $A_{k(N_0)}=\min\{A_{qj};j=1,2,\cdots,m\}$，这时虽然对 $A_{k(N_0)}$有保证，确保任何时候都能达到矿井设计能力，但是这种情况出现的时间或可能性是比较小的。当 A_{qj}，$j=1,2,\cdots,m$ 出现的

机会均等时，这种情况的概率为$\frac{1}{A_m^{N_0}}=\frac{(m-N_0)!}{m!}$；

（3）通过对$A_{k(N_0)}$取整数值，使之略小于同时生产的采区生产能力之和，保留一定的富裕能力；

（4）各采区开采的先后时间间隔很长，计算$A_{k(N_0)}$时应以前期开采的采区生产能力为主。

鉴于各类采区的数目及其服务年限不同，可能出现一些采区配合比较复杂，难以用通式完全概括。从上述四点出发，可以分两种情况作如下计算。

① 不同生产能力的采区，沿井田走向分布（或沿倾向分布但无开采顺序上的影响），开采时间先后是独立的。这时按一般状态下不同能力采区的各种配采中，取其能力最小的。也就是排除同样能力采区的几个配采时的最大和最小能力。然后取其中最小的生产能力，即

$$A_{k(2)}=\min\{A_{qi}+A_{qj};1\leqslant i\leqslant m\}$$

$$A_{k(3)}=\min\{A_{qi}+A_{qj}+A_{qk};1\leqslant i\leqslant k\leqslant m\}$$

$$A_{k(4)}=\min\{A_{qi}+A_{qj}+A_{qk}+A_{ql};1\leqslant i\leqslant j<k<l\leqslant m\}$$

② 不同生产能力的采区，沿井田倾向分布，开采时间先后有一定顺序，要求A_{qj}优先于$A_{q(j+1)}$如图3—1所示。这时重点考虑前



图3--1 煤层分组示意图

期开采的采区生产能力的组合，确定可以达到的矿井生产能力。

$A_{k(2)}$时，前期有三种可能的配合$\{2A_{q1}, A_{q1}+A_{q2}, 2A_{q2}\}$后期的$A_{q3}$，$A_{q4}$暂不考虑。若$A_{q1}>A_{q2}$，先采第一组能力为$2A_{q1}$，采完第一组再采第二组能力下降为$2A_{q2}$，因此采完第一组的第一个采区后，便开采第二组煤层的第一个采区，两组煤层采区配采能力$A_{q1}+A_{q2}$较为合理；若$A_{q1}<A_{q2}$，势必尽早开采第二组煤层，也以$A_{q1}+A_{q2}$比较合理。所以取$A_{k(2)}=A_{q1}+A_{q2}$。

$A_{k(3)}$时，前期将有四种可能的配合$\{3A_{q1}, 2A_{q2}+A_{q2}, A_{q1}+2A_{q2}, 3A_{q2}\}$，若$A_{q1}<A_{q2}$，显然应尽早开采$A_{q2}$，形成$2A_{q1}+A_{q2}$；若$A_{q1}>A_{q2}$，考虑前期为主可选$2A_{q1}+A_{q2}$，能力下降是10～20年以后的事情。所以取$A_{k(3)}=2A_{q1}+A_{q2}$。

$A_{k(4)}$时，前期可能有的配合和变化过程为$\{4A_{q1}, 2A_{q1}+2A_{q2}, 2A_{q1}+A_{q2}+A_{q3}, 2A_{q2}+2A_{q3}\cdots\}$，若$A_{q1}<A_{q2}$，将尽早开拓$A_{q2}$，形成$2A_{q1}+2A_{q2}$；若$A_{q1}>A_{q2}$，考虑前期为主也选取$2A_{q1}+2A_{q2}$；而$A_{q3}$不论比$A_{q1}$、$A_{q2}$大还是小都是对后期矿井能力的影响问题，暂不考虑。所以取$A_{k(4)}=2A_{q1}+2A_{q2}$

同样理由分析$A_{k(5)}$，$A_{k(6)}$等。由此形成第二种情况下的矿井生产能力方案为：

$$A_{k(2)}=A_{q1}+A_{q2}$$
$$A_{k(3)}=2A_{q1}+A_{q2}$$
$$A_{k(4)}=2(A_{q1}+A_{q2})$$
$$A_{k(5)}=3A_{q1}+2A_{q2}$$
$$A_{k(6)}=3(A_{q1}+A_{q2})$$

5. 井型方案的校核

矿井提升、运输、通风、排水、地面生产系统等辅助环节的生产能力，基本上不足以制约矿井生产能力，通常不必校验。相应的设

备可以根据井型需要进行配备、选取或者研制。关键是要具有一定的服务年限，保证矿井和矿井内水平的正常接替，使矿井生产获得较好的技术经济效果，并要取用标准的井型。

对已经划定的井田，可采储量 Z 是已知的定值。对于上述不同的井型方案 $A_{k(N_0)}$，$N_0=2,3,\cdots$，均有相对应的矿井服务年限 $T_{k(N_0)}$：

$$T_{k(N_0)}=\frac{Z}{(1.3\sim1.5)A_{k(N_0)}}$$

依此，对井型从如下几个方面进行校核。

(1) 满足设计规范对矿井最低服务年限的要求

设计规范对矿井设计中井型的选择和确定有规定，要求保证具有一定的服务年限，井型越大要求的最低服务年限越长见表3—1。因此，按同时生产采区数 N_0 所提供的井型方案 $A_{k(N_0)}$，必须满足这一要求才能成为可供选取的方案。

表 3—1　　井型与服务年限的规定

井型(万 t/a)	≤21	30～90	120～240	>300
服务年限(a)	>30	>50	>60	>70

(2) 按采区—水平正常接替所需的年限校核同时生产的采区数目

上述矿井生产能力是按单水平生产考虑和计算的，水平的服务年限 T_S 取决于水平内划分的采区数目 N，采区平均服务年限 T_Q 和同时生产的采区数 N_0，即

$$T_S = \frac{N}{N_0} T_Q = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N} T_{Qi}$$

$$N_0 = \frac{T_Q}{T_S} N$$

为保证矿井开采水平的稳定生产，要求 $N > N_0$ 并且能使生产采区具有一定次数的正常接替，一般情况下，大中型矿井应使 $T_S \geq (3 \sim 4) T_Q$（T_Q 很大时可以除外）。

为保证矿井水平的正常接替，还要求水平服务年限不仅必须大于新水平开拓准备时间（包括产量递增期和递减期间的影响），而且要有一个比较稳定的生产时期。国内近年来的统计资料表明，大中型矿井新水平开拓准备时约为 8～10 a，考虑一定的稳产时间通常要求 $T_S \geq 15 \sim 20$ a。由此

$$N_0 \leq \min\left\{\frac{N}{3 \sim 4}, \frac{T_Q}{15 \sim 20} N\right\}$$

(3) 井型的标准化

矿井生产能力即设计井型，按设计规范规定有几种标准。需要对上述的井型计算值 $A_{k(N_0)}$ 加以标准化，向靠近的井型标准归类，成为符合规定的标准井型，即 0.3，0.45，0.6，0.9，1.2，1.5，1.8，2.4，3.0，4.0，5.0Mt/a。

6. 计算机程序

井型方案的计算和选择，按上述思路、内容和方法，编制成计算机程序，可以直接输入原始条件，输出相应的结果。

输入条件为矿井可采储量 Q_k，第一水平可采储量 Q_Q，采区开采顺序独立性系数 T_D（第一种情况为独立的 $T_D = 1$；第二种情况是互相影响的 $T_D = 0$），矿井各类采区数目及相对应的采区生产能

力 $AC(I,J)$和同采工作面数目 $CLN(I,J)$。

输出内容为矿井生产能力 $A_k(I)$，矿井服务年限 $T_k(I)$及超产能力系数 $Q_k(I)$。源程序框图见图 3--2。

二　井型优化的经济数学模型

1. 经济数学模型的基本形成

当井型方案的选择关系重大，需要进行比较详细的经济分析对比，从中优选方案时，便要采用编制经济数学模型的方法，通过对有关费用的计算后求得解答。这一模型属单项参数的优化模型。

早期的研究中，对井型优化的经济数学模型提出了基本观点，以井型 A 为变量，计算有关的费用项目合并归纳后，形成简单的函数表达式，最后以求极值的方法得出经济上合理的井型。例如：

以吨煤成本 C_T 最低为优化准则时：

$$C_T=f(A)=C_1A+\frac{C_2}{A}+C_3\Rightarrow\min$$

$$A^*=\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

以吨煤折算费用 $S_T=C_T+K_TE_K$ 最低为优化准则时：

$$C_T=C_1A+\frac{C_2}{A}+C_3$$

$$K_T=k_1+\frac{k_2}{A}$$

$$S_T=C_T+K_TE_K=C_1A+\frac{C_2+k_2E_K}{A}+C_3+k_1K_K\Rightarrow\min$$

$$A^*=\sqrt{\frac{C_2+k_2E_K}{C_1}}$$

式中　C_T——吨煤成本，元/t；

K_T——吨煤投资，元/t；

S_T——折算费用，元/t；

E_K——标准折算系数；

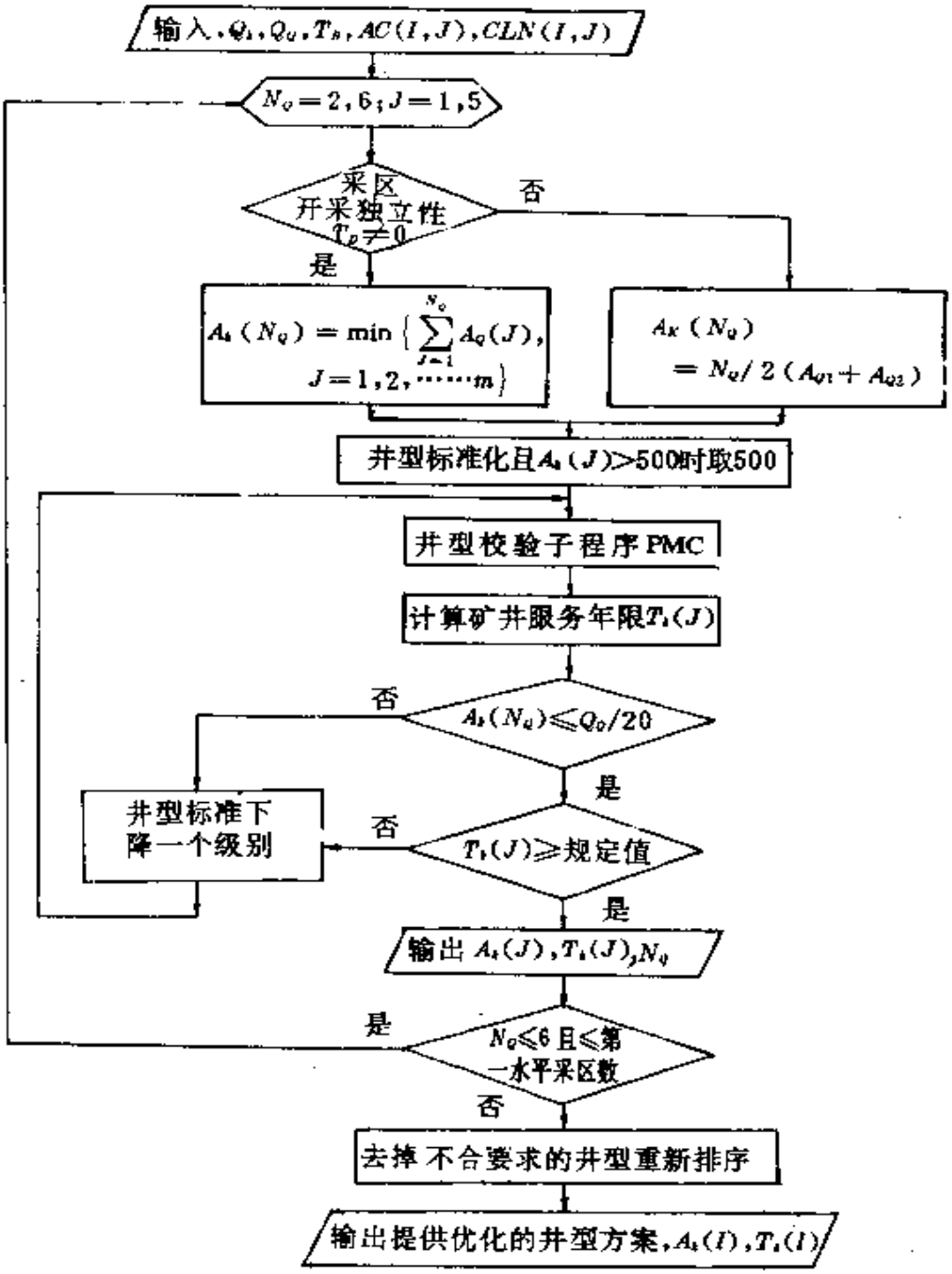


图 3—2　井型方案计算框图

C_1, C_2, C_3, k_1, k_2 为与 A 有关的费用系数值。

上述表达式和求解方法，看起来简单直观，实际计算 C_1, C_2, k_2 系数值十分复杂，涉及的费用项目较多，其中有的费用难以计算或难以用函数形式表达。如果要求得出适用于不同矿区、不同开拓方式的通用的函数表达式，就更为困难，几乎难以实现。目前，只能针对某一具体条件，用这种方法论述某一时期的矿井合理井型。

2. 优化模型

国内近期的研究工作，在编制井型优化的经济数学模型方面有新的发展，加入了有关的技术规定作为约束条件，费用计算时考虑了不同开拓方式和运输方式，有关费用的计算采用了多种表达形式，并利用计算机求解。

优化模型含 4 个子系统模型，主要由两部分组成。首先根据矿井和水平的可采储量、采区生产能力，依据有关的规定、规范所限定的最低服务年限，作为约束条件编制技术上可行的井型方案，子系统模型、程序内容和结构如前所述，参见图 3—2，该程序命名为 OMDA。其次，对子系统 OMDA 提供的可行方案，进行经济上的计算。最后通过分析比较，以折算费用最小作为优化准则输出选择结果。

随井型方案不同，变化较大的费用项目有：地面建筑、矿井(采区除外)设备投资、井筒与大巷掘进、井底车场掘进、主副井提升、大巷运输、矿井排水、矿井通风等 8 项。前 4 项出基建投资，后 4 项为生产经营费。

各项费用如果详细计算，势必涉及到矿井开拓方案选择等多项内容和参数的取值，不仅需要提供输入的数据太多，而且在矿区规划阶段也无法提供。作为单独使用的井型方案选择模型，只能并且允许作一些简化。

3. 分项费用的表达形式

井型优化的经济数学模型中各项费用的计算方法，原则上，一

是力求准确可靠，二是最好能以函数形式表达。根据各项费用的特点采用回归分析和具体取值两种形式。

矿井地面建筑和设备投资费用与井型的关系，受开拓方式、地形条件、装备水平、地区环境等多种因素影响，难以用数学分析式表达。作为通用模型可以采用统计数据的回归分析表达式，对于具体矿井可以采用估算值表达。

井筒、大巷和井底车场的掘进费用与井型的关系，费用构成比较简单，即工程量乘以掘进费单价。其中井筒和大巷的工程量（指长度）对所要分析的矿井是确定值，主要是断面不同影响掘进费单价的取值。井底车场则相反，是工程量有变化，而按每立方米计算的掘进费单价是确定值。此项费用的计算适于采用输入具体的单价取值表，通过数据检索的方法取得。它用到的数据不多，具体取值比较准确。关键是井底车场工程与井型的关系，作为通用模型也难以列出数学分析表达式，只能采用统计数据的回归分析表达式，对于具体矿井可以给出几个具体数据。

主副井提升和大巷运输费用的计算，一般情况下提升和运输工作量与井型的关系比较明确，可以用数字分析式表达，只是设备选型不同对提升、运输费用单价的影响较大，需要给出相应的单价表或计算单价的数学表达式，即与运距有关的表达式。

矿井排水和通风费用与井型的关系。矿井排水费用主要取决于排水高度和涌水量，通风费用主要取决于风量和负压，这两种费用的计算都有相应的数学计算式可供采用。主要计算的是耗电费用，其电费单价取值方便又比较准确。其中通风风量和负压与井型的关系，可采用粗略的估算方法。

4. 计算机程序结构

用于进行井型参数单项优化的计算机程序，按上述优化模型的内容，包括提供技术上可行的井型方案，形成子系统及子程序和计算 8 项有关费用的程序两部分。8 项费用的变量名依次用

$FY(1)$，$FY(2)$，…，$FY(8)$表示，其中提升费用 $FY(5)$和运输费用 $FY(6)$的计算与设备选型的优化相结合，分别编制成子程序。作为通用模型涉及不同的井巷类型和断面选择，其掘进费单价较多，为便于选取也要编成子程序。这样所形成的计算机程序由主程序和4个子程序组成，其结构框图见图3—3。

由于模型中所用的回归分析表达式是根据某一时期内的费用指标得出的，有一定的时限性，使用时将需作些改变，这里不再具体列出。按80年代初的数据所作的实例，通过计算机计算输出的配有汉字的结果，其格式见表3—2。

表3—2　　井型优化输出结果示例

方　案　内　容

计算方案	井　型	同采采区数	服务年限	生产工作面数	超产系数
1	2.40	3	141.69	3	1.0000
2	3.00	4	113.35	4	1.0667
3	4.00	5	85.02	5	1.0500

分　项　费　用

井型方案	地面建设	设备投资	井巷掘进	井底车场	矿井提升	大巷运输	矿井排水	矿井通风
1	3001.08	3037.68	1771.06	648.28	159.63	88.72	144.33	5.74
2	3377.64	3661.92	1835.38	614.91	187.70	128.43	144.33	18.70
3	4005.24	4702.32	1835.38	755.61	234.48	141.31	144.33	40.30

计　算　结　果

方案编号	1	2	3	最优方案　$IN0=3$
井　型	2.40	3.00	4.00	吨煤费用　$ZFY0=1.40$
吨煤费用	1.66	1.60	1.40	井　型　4.00 Mt/a

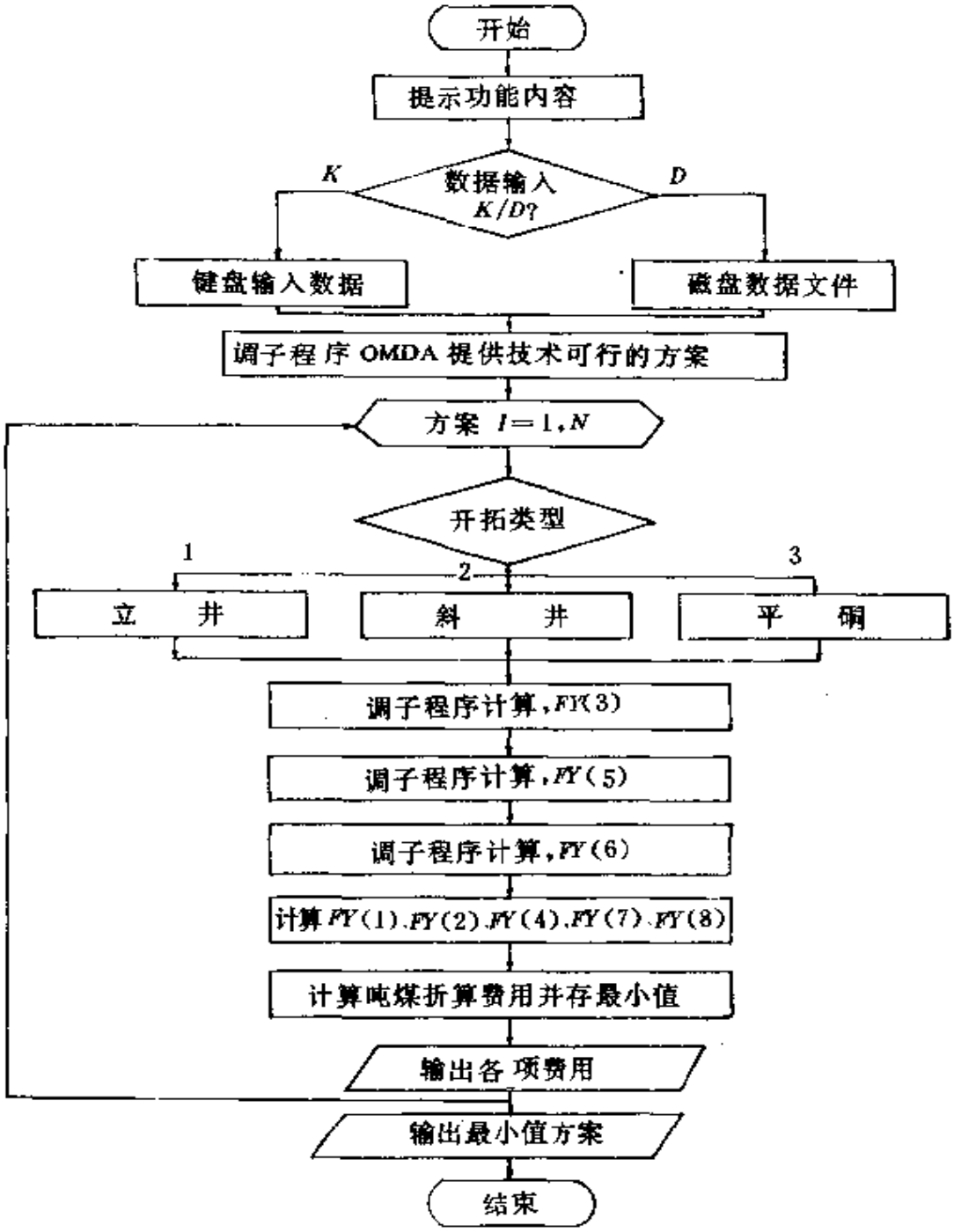


图 3—3 井型优化的计算机程序结构框图

第二节　井田划分方案的选择

一　井田划分的技术分析

井田划分方案的提出，首先应该根据地质条件和煤层赋存状况，按技术可能性、合理性和设计规范中有关的规定进行分析，使其满足以下几项基本要求。

（1）尽量以影响矿井开拓巷道布置的落差大的断层、地质构造、河流湖泊，作为井田境界。

（2）考虑地形地貌地物的实际情况，使井田范围内有适宜的井口位置，便于工业场地布置和铁路接轨。

（3）力求同一井田内的煤层开采条件相近。

（4）井田走向长度与井型相适应，一般小型井不少于 1.5km，中型井不少于 4.0km，大型井不少于 7.0km。

（5）有足够的可采储量，使井型与服务年限满足设计规范的规定和要求。

（6）初期浅部井田与后期深部井田的分界线，以开采深度 800～1000m 为界，深部矿井的井型大于浅部矿井的井型。

二　优化模型

当矿区或矿区内的某一部分，在较大的面积上不受地质条件限制，按技术可能性有若干个方案存在时，需要从经济上进行综合分析对比，从中选择最优方案。

优化准则取多项目标的综合指标最优。模型的结构、优化步骤和方法，概括如下。

若矿井评价指标数目取为 m 项，表述每个矿井状况的指标集合为 X，即：

$$X=\{x_1,x_2,\cdots,x_m\}$$

在给定的区域内，井田划分的方案数目为 n 种，每种方案所划

分的井田数目为 p 个，则对每个方案皆有 p 个矿井指标集合：

$$X_1=\{x_{11},x_{12},\cdots,x_{1m}\}$$
$$X_2=\{x_{21},x_{22},\cdots,x_{2m}\}$$
$$\cdots\quad\cdots\quad\cdots\quad\cdots$$
$$X_p=\{x_{p1},x_{p2},\cdots,x_{pm}\}$$

为了对不同的井田划分方案进行比较，需要将方案中 p 个矿井某项指标的集合 $x_1,x_2,\cdots,x_p$ 化为一个表达该方案的综合评价指标集合：

$$\{y_1,y_2,\cdots,y_m\}$$

其中 y_i 的取值根据该项指标的性质采用不同的计算方法。

(1) 取各矿井指标 x_k 的合计值，例如生产能力指标，矿区生产能力为各矿井生产能力之和，即

$$y_i=\sum_{k=1}^{p}x_{ki}$$

(2) 取各矿井指标 x_k 的加权平均值，例如吨煤投资指标与矿井生产能力 A_k 有关，矿区建设的吨煤投资指标按下式计算：

$$y_i=\frac{\sum_{k=1}^{p}A_k\cdot x_{ki}}{\sum_{k=1}^{p}A_k}$$

(3) 取各个矿井指标 x_k 中的最小值(或最大值)，例如建井工期，当以矿井最早出煤生产为准时，即

$$y_i=\min\{x_{ki},k=1,2,\cdots,p\}$$

对每一个方案将有一组综合评价指标集合：

$$Y_j=\{y_{ji},i=1,2,\cdots,m\},\quad j=1,2,\cdots,n\quad(n\text{ 为方案总数})$$

根据不同的井型划分方案得出综合评价指标集合 Y_j 后，用多

目标决策方法便可得出其中的最优方案。即

$$F_{j\min}=\min\{F_j, j=1,2,\cdots,n\}$$

$$F_j=\frac{m}{\sum_{i=1}^{m}\phi_i}\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(\delta_{ij}\phi_i)^2}$$

$$\delta_{ij}=\frac{|y_{ij}-y_{io}|}{\max y_{ij}+\min y_{ij}}$$

式中 F_j——第 j 方案的综合评价指标；

n——参与比较的方案数目；

ϕ_i——各项评价指标的权系数，$i=1,2,\cdots,m$；

m——矿井评价指标的数目；

y_{ij}——第 j 方案的第 i 项指标值；

y_{io}——所有方案的第 i 项指标中的最优值；

δ_{ij}——第 j 个方案第 i 项指标的相对偏差；

$\max y_{ij}$，$\min y_{ij}$——f_{ij}系列中的最大值和最小值。

根据已有的矿井设计方案优化模型，所采用的矿井评价指标取为 8 项，即 $m=8$。各项指标内容及其可供参考选用的权系数见表 3—3。

表 3—3　　评价指标和权系数

指标	建井工期 (a) x_1	矿井生产能力 (万 t/a) x_2	吨煤投资 (元/t) x_3	初期井巷工程量 (m/万 t) x_4	折算费用 (元/t) x_5	资源回收率 (%) x_6	矿井服务年限 (a) x_7	占地面积 (ha) x_8
权系数	20.0	18.4	18.1	17.7	16.8	10.8	6.3	6.0

按这一指标系列确定矿区内井田划分方案的评价指标时，根据具体指标的性质和特点，分别采用不同的计算方法为

$$y_i=\sum_{k=1}^{p}x_{ki} \qquad i=2,7,8\text{ 三项；}$$

$$y_i=\frac{\sum_{k=1}^{p}A_k\cdot x_{ki}}{\sum_{k=1}^{p}A_k} \qquad i=3,4,5\text{ 三项；}$$

A_k——第 k 个矿井的生产能力；

$$y_1=\min\{y_{k1},k=1,2,\cdots,p\}$$

$$y_6=\frac{\sum_{k=1}^{p}Z_k\cdot x_{k6}}{\sum_{k=1}^{p}Z_k}$$

Z_k——第 k 个矿井的地质储量；

某一给定区域内可能有的井田划分方案举例如图 3—4 所示，这时 $n=4$，相应于方案编号 j 的取值为 1,2,3,4 时的，井田数目 p 值为 2,2,3,5。

三　示例——潞安屯留待建区的井田划分

1. 井田划分方案

屯留待建区属于山西潞安矿区尚未开发的部分，位于矿区西部，东邻常村井田已开发，南北以偶泽断层、西魏断层和文王山南断层为界。自常村井田以西十余公里的范围内，规划和设计中需要考虑分建与合建方案，即划为一个矿井或划为二个矿井。

划为二个矿井分建时为屯留井田与西村井田。屯留井田东西境界为经线 383980 至 384040 走向长 15.6km，倾斜宽 4～6km，面积 82 km^2。井田内工业储量 1015 Mt。瓦斯涌出量 15.05m^3/t，正常涌水量 500m^3/h，最大涌水量 610m^3/h。西村井田东西境界为经线 383920 至 383980，走向长 15.5km，倾斜宽 6km，面积 93km^2。井田内工业储量 730Mt。瓦斯涌出量 7.69m^3/t，正常涌水量 500m^3/h，最大涌水量 670m^3/h。

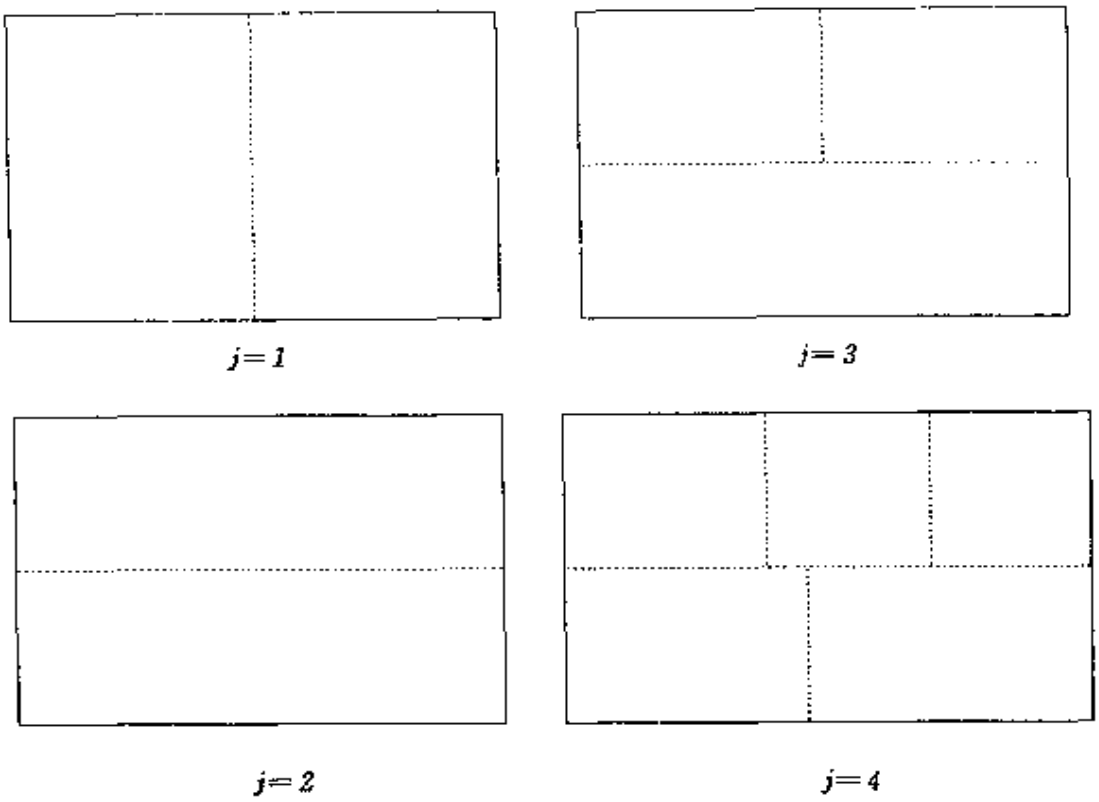


图 3—4　井田划分方案示意图

划为一个矿井合建时称为屯西井田，东西境界以经线 383940 至 384040，将经线 383920 至 383940 间的储量作矿井的扩展区。井田走向长 15.5km，倾斜 8～10km，面积 124km^2。工业储量 1407.1Mt，瓦斯涌出量 10.73m^3/t，正常涌水量 500m^3/h，最大涌水量 670m^3/h。井田划分的上述方案参看图 3—5。

井田内主采煤层为 3 号层，贫煤，平均厚度 6.04m，煤层赋存平稳，倾角 10°左右。根据煤层条件和矿区现有生产矿井的机械化水平，回采工作选用综合机械化开采，工作面长度 200m，平均单产 850kt/a。

2. 方案的比较和选择

利用近水平煤层矿井设计方案优化模型，按 8 项指标进行多

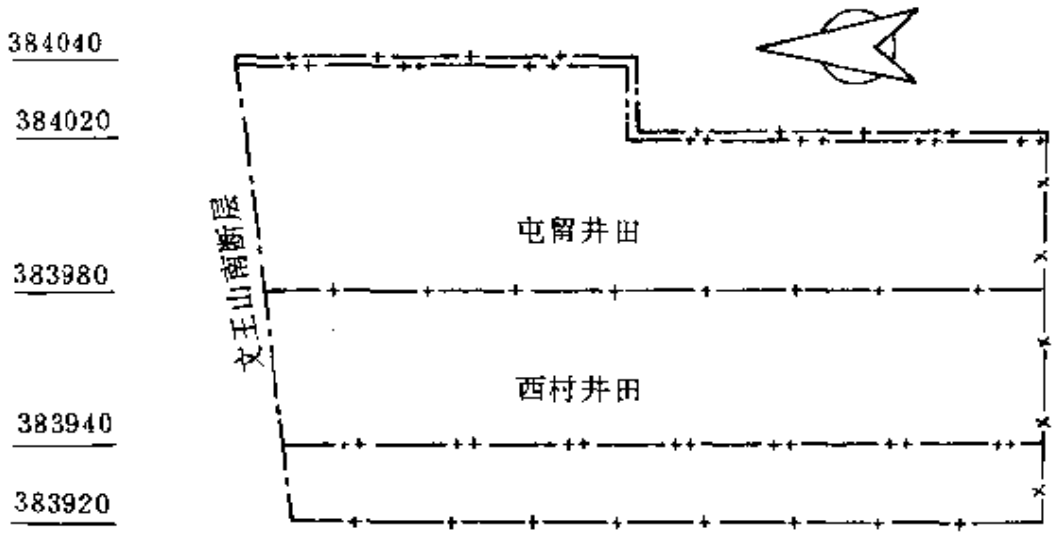


图 3—5　屯留待建区的井田划分方案

——+——分建井田境界；——++——合建井田境界

目标决策。

(1) 对屯留矿井采用三种开拓方案，五种井型方案共 15 种方案的综合优化。得出开拓方案 Ⅰ，井型 3Mt/a 时最优，并得出相应的 8 项指标。

(2) 对西村井田按一对立井开拓至+350m 水平，布置走向长壁上下山盘区的方案及五种井型方案，结果为井型 5Mt/a 时最优，也得出相应的 8 项指标。

(3) 将划为二个矿井的屯留和西村矿上述最优方案的指标合并，计算出分建时的 8 项指标值，参看表 3—4 中方案 Ⅳ 的指标值。

(4) 对合建为一个屯西矿井的开拓方案(一对立井开至+450m 水平，主下山至+350m 水平)和三种可取的井型方案，进行各项指标的计算其结果见表 3—4 中的方案 Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ。

(5) 将上述分建和合建方案的指标，用多目标决策方法进行比较选优，其结果见表 3—4。从中得出分建时综合评价指标 $ZF=0.1856$ 是其中最低的，即为最优方案。

表 3—4　　屯留待建区合建与分建指标对比评价表

指标 / 方案	矿井生产能力 (Mt/a)	矿井服务年限 (a)	资源回收率 (%)	折算费用 (元/t)	吨煤投资 (元/t)	万吨掘进率 (m/万 t)	建井工期 (a)	占地面积 (ha)	综合评价指标 (ZF)
I	3.0	234.5	0.6363	20.71	79	145	6.7	25.5	0.6258
II	5.0	140.7	0.6356	20.02	65	123	6.9	37.5	0.3674
III	6.0	117.3	0.6357	24.70	66	136	7.0	42.0	0.3383
IV	8.0	108.2	0.6553	17.57	65	113	7.2	63.0	0.1856

第三节　矿区建设投资的估算

一　矿井建设投资的统计分析

新井建设所需要的投资取决于矿井煤层埋藏深度、开采条件、井型、开拓方式…等多项影响因素，不同矿井不同建设时期差别很大。在未进行矿井设计的情况下，进行矿区规划时需要而且只能对矿井建设投资作粗略的估计。

最简单的方法是采用统计资料的分析。根据我国三十多年的煤矿建设实践，按不同井型不同时期的平均吨煤生产能力投资统计数字见表 3—5。

表 3—5　　分时期不同井型的吨煤生产能力投资　　单位：元/t

时期(年份)	大型矿井(>0.9Mt/a)	中型矿井	小型矿井(<0.3Mt/a)
一五(1953～1957)	36.44	29.40	23.50
二五(1958～1962)	22.80	18.80	14.10
调整时期	37.74	43.41	49.08
三五(1966～1970)	32.49	30.32	27.46

续表

时期(年份)	大型矿井(>0.9Mt/a)	中型矿井	小型矿井(<0.3Mt/a)
四·五(1971～1975)	60.12	50.76	43.56
1976～1978	57.81	60.44	59.63
六·五(1981～1985)	126.64	118.14	107.75
1986～1989	138.09	161.48	141.10

从表中数字分析可见其变化规律性较差，总的趋势是吨煤生产能力投资逐渐增加的。其中"二五"时期吨煤投资很低的原因是受"大跃进"的影响，很多矿井属简易投产并未达到设计标准造成的；三年调整时期吨煤投资高的原因是这一时期重点开发江南九省的煤矿，储量不多、资源不清、建设条件困难又不计工本地进行建设造成的，也就是说政策性的影响起了很大作用。

以1955～1981年间完成设计的206对矿井作为基础资料，对矿井建设投资的分析，按与开拓方式、井型的关系得不出统计规律，依然是时间因素起着主导作用。按设计完成时间则存在显著的统计规律，其中相关系数最高的回归分析表达式为指数方程表达式

$$y=a\cdot e^{bx}$$

式中 y——矿井建设吨煤生产能力投资，元/t；

x——设计完成时间，数值取法1975年为75，1982年为82等；

a,b——回归系数，不同井型的立井开拓矿井所得出的结果及其相关系数 r 见表3—6。

对平顶山矿区进行的统计分析取自50年代开始建设到80年代陆续建成的15对矿井，吨煤生产能力投资受建设年代和开采深度增加(平均每年20.18m)的影响，50年代为32.27元/t，60年代

为 37.16 元/t，70 年代为 63.99 元/t，80 年代为 140 元/t，如图 3—6 所示，平均每年增加 2.318 元。

表 3—6　　系数表

井型(万 t/a)	a	b	r	样本数
60	0.1161227	0.08180391	0.8360297	21
90	0.1413799	0.08138133	0.9296549	16
120	1.186529	0.05387418	0.8763351	12

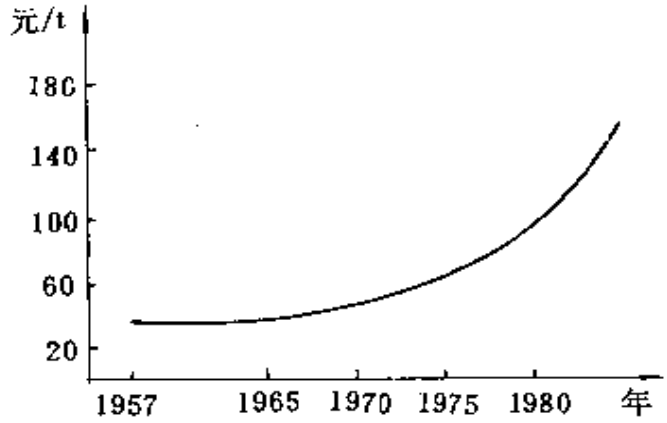


图 3—6　平顶山矿区矿井吨煤投资变化

1980 年以来物价上涨和工资提高对吨煤投资的影响十分突击。根据“六五”期间建成投产的山西西曲矿(3.0Mt/a)，安徽潘一矿(3.0Mt/a)，安徽临焕矿(1.8Mt/a)，河北东庞矿(1.8Mt/a)，辽宁小青矿(1.2Mt/a)，湖南化溪矿(2.1Mt/a)六对矿井的统计分析，实际吨煤投资 194 元/t，比初步设计概算的 82 元/t 增加 136.9%。具体分析中得出主要材料价格年平均增长率为 5.56%，其中三材价格年平均增长率 6.97%，工资年平均增长率 3.25%。

由此可见，矿井建设吨煤投资的分析和预计必须考虑不同时期矿井建设的时间影响。时间因素主要是物价和工资上升的影响，

上升的幅度取决于经济发展政策，不一定均等，应按今后改革的实际情况确定。

二　矿区建设投资估算

矿区建设投资通常由矿井、辅助附属企业和公用工程三部分组成，其中矿井建设投资占主要地位。

在进行矿区规划的方案选择和论证时，不宜对辅助附属企业和公用工程都进行配套的详细研究，主要目标和重点在于论证矿井的建设和矿区规模，可以采取按一定比例计算矿区的总投资，即以矿井建设投资为准乘一个比例系数作为矿区投资。

矿井建设投资占矿区建设总投资的比重，受国家政策和基本建设资金总额的影响，我国各个时期的变化较大。以平顶山矿区为例分为几个时期的统计资料见表 3—7，从中可见矿井建设所占比重为 66%～88%，多在 80%以上。全国的统计资料 1965 年以前不足 70%，"五五"期间占到 80%，80 年代所占比重在 70%～76%之间，比较平稳，参见表 3—8。

表 3—7　　平顶山矿区分项投资金额及比重

建设时期	总　计 万　元	矿　井		辅助附属企业		公用工程	
		万　元	%	万　元	%	万　元	%
一五	5419.99	4769.93	88.01	91.08	1.68	558.98	10.31
二五	24704.75	26416.02	82.64	1309.54	5.30	2979.19	12.06
三年调整	7108.30	5179.53	72.87	803.17	11.30	1125.60	15.83
三五	14791.22	9893.00	66.88	3355.30	22.68	1542.92	10.44
四五	17047.94	12773.44	74.93	3233.26	18.97	1041.24	6.10
五五	46330.63	39632.35	85.84	1447.28	3.12	5250.83	11.34
81～84 年	20335.86	16808.35	82.65	1016.88	5.00	2510.63	12.35
合　计	135738.64	109472.74	80.65	11256.51	8.29	15009.39	11.06

表 3—8　　矿区建设投资中按用途分的构成比重

矿区建设项目	1981～1985 年	1986 年	1987 年	1988 年	1989 年	1990 年
矿井(露天)建设	76.06	70.16	73.33	70.82	71.18	75.58
洗煤厂建设	5.12	8.18	8.00	7.97	9.50	6.74
矿区附属工厂	2.78	3.87	4.00	6.03	5.66	7.15
矿区公用工程	6.91	8.95	7.33	7.97	8.22	6.74
生活福利文教建设	5.90	6.19	5.67	5.49	4.38	3.58
其他建设	3.23	2.65	1.67	1.72	0.96	0.21

考虑到过去矿区建设中有重矿井忽视附属企业和公用工程配套建设的倾向，以及今后矿区建设中需要注意提高综合经济效益，建议一般情况下以矿井投资占矿区总投资的 70%～75%比较适宜。具体的矿区规划研究和论证中，尚需具体分析后选定。

第四节　矿区及矿井建设工期的预计

矿区内新矿井的建设工期和矿区建设总工期，如果在井田划分和井型均已确定，开拓方案基本形成时，可以采用统筹方法进行科学性较强的对比分析，提供可靠性较高的工期预测数据。但是，矿区规划时往往不具备或不完全具备这样的条件，这时只能参照一般的统计资料按统计规律大体估计建井工期。

一　建井工期的统筹分析方法

1. 绘制工序流线图

在矿井开拓方案已定，井巷工程已知的条件下，对矿井建设时的多道工序，依照各工序先后衔接关系和平行作业关系，将全部工序用箭头图联接起来，构成一个工序流程网络图。图中各节点注明工序代号，节点间的弧线上注明本工序的工时。

2. 计算各工序的工时

完成每道工序所需要的时间 t 用下式计算：

$$t_i=\frac{M_i}{V_i}$$

式中 M_i——i 工序的工程量；

V_i——i 工序的施工速度。

由于各项工序完成的时间受一些预见不到的因素影响，有相当大的不确定性。计算中常常采用以三种估计数计算的平均完成工序时间 t_a

$$t_a=\frac{t_c+4t_m+t_d}{6}$$

式中 t_c——最乐观的时间；

t_m——现实的时间；

t_d——最悲观的时间。

3. 寻找主要矛盾线(关键路线)

根据矿井建设的工序流程图，按顺序将工程进展时间累加即得工期，其中工期最长的线路称为主要矛盾线，它决定着工程的全部工期。

通过对主要矛盾线上各工期完成时间的进一步分析，寻找关键工序，采取一定措施如撤出部分工序、加速该工序的完工时间等，可以缩短总的建设工期(注意主要矛盾线的转移)。

如果加上各项工序的费用计算，由于直接费随工期增加下降，间接费随工期增加上升，还可以计算出总费用最低的建设工期。

4. 工期的预测

以平均工序时间为准，寻找主要矛盾线，关键线路上的工期就是该矿井建设的总工期。根据统计分析理论，按平均工时计算出来的工期实现的可能性只有 50%；以最乐观时间为依据计算出来的工期，实现的可能性最小；以最悲观时间为依据计算出来的工期能

可靠地实现。

研究工期预计的可靠性仍要利用概率论的原理，计算按平均工序时间得出的关键线路上的工期平均值 μ 和方差 σ^2

$$\mu = \sum_{i=1}^{n} t_{ai}$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{t_{di} - t_{ci}}{6} \right)^2$$

n 为关键线路上的工序数目。

矿井建设在工期 T 之前完成的可能性为 $P(\lambda)$，则

$$T = \mu + \lambda\sigma$$

λ 的取值决定于 $P(\lambda)$，查正态分布表得出，例如：$P(\lambda)=0.90$ 时 $\lambda=1.3$；$P(\lambda)=0.95$ 时 $\lambda=1.6$。

例 已知 $\mu=108$ 月

$\sigma^2=15.5$

$\sigma=3.94$

$T=108+1.6\times3.94=114.3$ 月

完成的可能性为 95%。

二 建井工期的统计分析

在对矿区规划方案进行的研究中，将出现多种井田划分和井型选择方案，并且不可能对每个井田划分方案作出那怕是简略的开拓方案设计，而在对比分析中又需要有建井工期的数据作为基础资料。因此，较为实用的是根据统计规律估算不同方案时的矿井建设工期，即考虑某几项主要影响因素时的建井工期估计值。

我国多年来新建矿井数目很多，每年开工建设几十对矿井，矿井建设工期因各个时期的投产标准不同，工程进度不仅受地质条件、井型大小的影响，还受政治运动和政策的影响，规律性较差，还没有适当的统计表达式。一般统计分析中基本上以井型大小为主。

以不同时期分井型统计的建井工期见表3—9。其中“二五”时期投产标准低，建井工期较短。80年代投产的矿井，建设工期都在80～100个月，工期普遍有所增加，部分矿井实例见表3—10。

表3—9　　历年平均建井工期统计表

井型(Mt/a) \ 时期 \ 工期(月)	一五	二五	三年调整时期	三五	四五	五五	六五	七五
0.60	56	34	65	70	73	66	67	71
0.90	44	36	79	73	81	86	120	78
1.20		40	56		75	56	123	75
1.50	55			79	77		73	84
1.80							80	50
3.00							109	111
4.00								118

表3—10　　部分80年代投产的矿井实际建设工期

矿井名称	开拓方式	设计能力(Mt/a)	井深或斜长(m)	投产时应完成的巷道工程量(m)	投产年月	实际工期(月)
兴隆庄	立　井	3.00	423	46914	81.12	82
潘集一号	立　井	3.00	641	49811	83.12	122
东　庞	立　井	1.80	479	34913	83.12	81
姚　桥	立　井	1.50	338.4	37969	81.11	75
朱仙庄	立　井	1.20	514.6	35560	83.4	88
陶　二	立　井	0.90	418	25138	82.12	98
北　皂	立　井	0.90	179.5	19610	83.12	85
九里山	立　井	0.90	315.5	34000	83.4	154
刘家梁	立　井	0.90	377.4	22817	83.12	121
显德旺	斜　井	0.90	1224	26233	82.11	70
大雁一号	斜　井	0.90	965	18155	83.12	109
丰广五号	斜　井	0.45	800	12426	83.12	98

根据1983年煤炭工业部颁发的《矿井建设工期定额(试行)》，对不同井型、开拓方式的矿井建设工期估算见表3—11。这一估算值对于一般条件下的矿井比较适宜。

表3—11　　矿井建设工期估算表

井巷总工程量(km)	矿井生产能力(Mt/a)	立井开拓		斜井开拓		平硐开拓	
		井深(m)	定额工期(月)	井筒斜长(m)	定额工期(月)	平硐长度(m)	定额工期(月)
<10	0.30	400	50.8	600	44.8	800	41.8
<15	0.45	400	57.7	600	52.7	800	48.2
<20	0.60	500	68.1	800	63.1	1000	56.6
<25	0.90	500	71.9	800	64.9	1000	58.6
<32.5	1.50	600	86.0	1000	75.9	1200	64.4
<40	1.80	600	92.2	1000	81.4	1400	74.8
<47.5	2.40	700	101.4	1200	90.2	1600	83.4
>47.5	3.00	700	103.6	1200	92.1	1800	91.9

表中数值变化的规律性较好，通过回归分析证明，可以用如下表达式估算：

$$T=a+b_1A+b_2H$$

式中　T——建井工期，月；

A——矿井生产能力，Mt/a；

H——立井井深或斜井、平硐的长度，m；

a,b_1,b_2——回归系数，见表3—12。

表 3—12　　建井工期回归系数

开拓方式	a	b_1	b_2	相关系数(R)
立　井	1.438294	0.04250898	0.1303742	0.9900973
斜　井	12.57323	0.02652094	0.06048246	0.9878012
平　硐	10.86859	0.0080342	0.04416186	0.9915606

第四章　生产矿区发展规划的基本依据

生产矿区的发展前景主要取决于矿区内现有生产矿井的产量变化和矿区外围或深部未开发区域新井建设的合理安排。新建矿井的分析研究方法与前一章新区建设总体规划中的内容相同。本章是对现有生产矿井产量变化的考察预计和扩建规模的技术可行性分析。

第一节　生产矿井产量变化分析

矿区内现有生产矿井今后发展中的产量变化，按矿井投产时间和生产年限的长短可能处于三种不同阶段，即刚投产矿井的产量增长阶段，随后的正常生产阶段和后期的产量衰减报废阶段。其产量变化的状态和过程理论上分别为投产后直线上升，在设计能力的水平上稳产，报废前直线下降。实际上矿井投产后的递增期和报废前的衰减期，可以大致按直线上升和下降对待，一般递增期 2～5 年，衰减期可能较长。而正常生产阶段的产量变化较大，我国多数矿井在其正常生产阶段中产量并不平稳，有的矿井产量起伏变化很大。参看图 4—1 到图 4—4，图中 A——实际产量；A_s——设计能力；A_h——核定能力。

生产矿井正常生产阶段产量波动，主要是由三个方面的原因造成的：一是煤层地质条件的变化；二是生产技术水平和设备性能的提高以及管理水平的变化；三是社会政治和政策因素的影响，产

量随机性变动极为明显。根据生产矿井已有的历年产量变化情况，分析预计未来的产量水平，是提供作为矿区长远发展规划的基本依据，就其随机变化的性质适于按数理统计分析的理论和方法，但实际应用中效果并不理想，出现的问题是：一些矿井的产量随时间的起伏变化太大，得不出适合要求的统计规律；产量增加或减少的影响因素很多，不能单纯用时间因素反映，而其他因素又难以量化；即使产量随时间增长的趋势极为明显也不能任其外推，因为受各生产环节能力的制约。因此，目前比较适用的是参照历年产量变化情况，采用以技术分析为主的方法。

生产矿井都有设计生产能力和核定生产能力，多数矿井两者一致，部分矿井核定生产能力大于或小于设计生产能力时，应以核定生产能力为准。它是在核定矿井主要生产环节实际能力的基础上确定的，所反映的矿井生产能力比较切合实际。

生产矿井产量变化趋势分析，以矿井核定生产能力为基础，按已有的历年产量数据统计分析矿井生产能力利用率，预计未来的产量水平，并用矿井主要生产环节的设备最大生产能力制约其最高产量，用可采储量估算其服务年限。

例如，平顶山五矿和七矿设计生产能力与核定生产能力一致，分别为 1.2Mt/a 和 0.9Mt/a，前期较长时间没有达到设计能力，生产能力利用率为 0.75（五矿 1959～1984 年；七矿 1960～1976 年）。后期随着生产技术和管理水平的提高，生产能力利用率分别达到 1.19 和 1.17，按其产量变化趋势（见图 4—1 和图 4—2）可取 1.15，相应的未来产量水平预计可近似取 1.35Mt/a 和 1.0Mt/a 左右。

又如，徐州权台矿和淮北张庄矿多年来矿井产量变化的总趋势是不断增长的，通过改扩建扩大了矿井生产能力，在 1980 年进行的核定生产能力都大于矿井设计生产能力。分析 1980 年至 1991 年的实际产量，按核定生产能力的利用率分别为 1.14 和

1.16，考虑到产量变化状态(见图 4—3 和图 4—4)，徐州权台矿有下降趋势，因此，可取利用率为 1.1，预计未来的矿井产量水平在 1.30Mt/a；淮北张庄矿产量平稳可取 1.16，预计未来的产量水平为 1.60Mt/a。

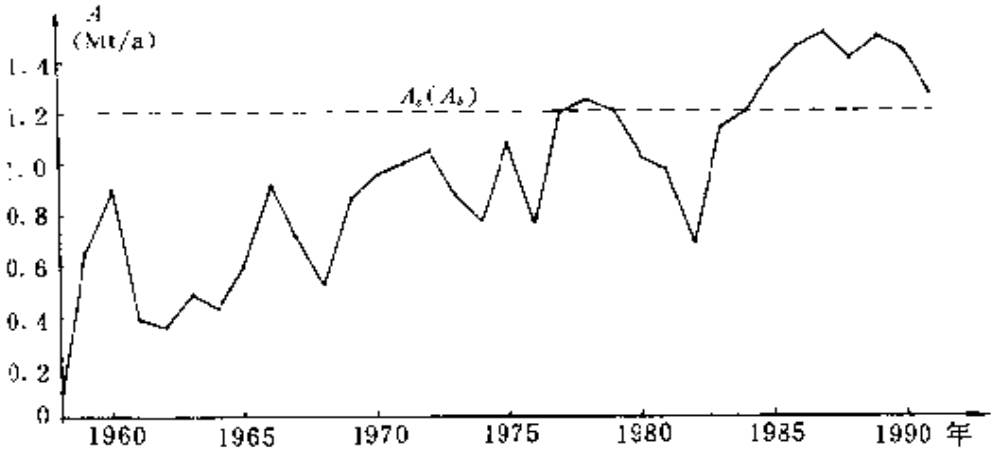


图 4—1　平顶山五矿历年产量变化

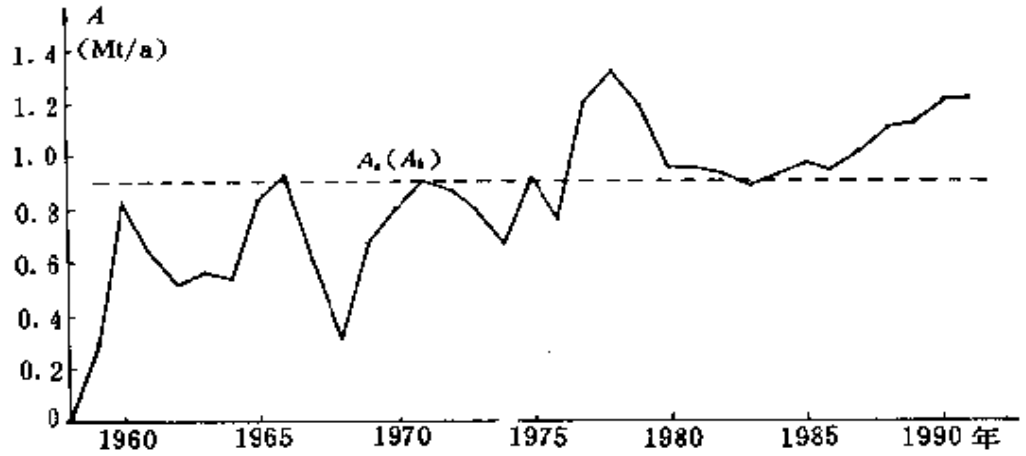


图 4　2　平顶山七矿历年产量变化

一般情况下，矿井生产能力利用率的取值不应大于 1.3，尚余的服务年限，按剩余的可采储量和预计的产量水平计算。



图 4　3　徐州权台矿历年产量变化

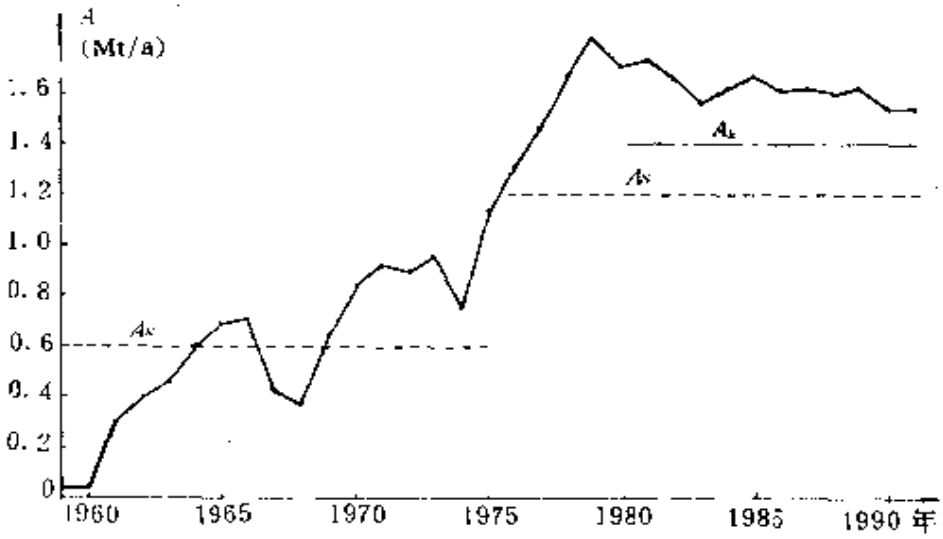


图 4—4　淮北张庄矿历年产量变化

第二节　生产矿井扩建规模的技术可行性分析

一　生产矿井扩建的基本依据和分析方法

生产矿井连续稳定地正常进行生产是矿井生存和发展的必要条件。根据人工安排工作面和采区接替的基本思路编制成电子计

算机模拟模型和程序。可以通过改变输入条件，获得多个方案的模拟结果，从中比较和选择合理方案，探讨矿井增产的可能性和开采技术上可能达到的最大的矿井生产能力，为确定生产矿井的改扩建规模提供技术依据。

（一）确定矿井增产合理界限的准则

矿井生产能力是一项政策性和技术性很强的指标，为了保证矿井生产连续稳定，必须首先从采区和工作面正常接替的角度研究矿井增产的技术可能性即产量的稳定性，探讨矿井可能达到的最大的生产能力。据此，以矿井连续稳定生产作为确定矿井增产合理界限的准则。

判断矿井连续稳定生产的具体标准为：第一，稳产期内的矿井产量为其产量波动限定在某一给定范围内的平均产量，初步确定允许波动范围为稳产值的±15%；要求矿井有一定的稳产年限。稳产年限按具体矿井确定，一般不小于 20 年，并且不同稳产期内允许有不大于 4 年的低产期，见表 4—1。

表 4—1　　稳产期内低产期的限定

矿井稳产年限　(a)	<30	30～45	>45
稳产期内允许有低产期的年限　(a)	≤2	≤3	≤4

满足上述条件的最大可能矿井生产能力就作为矿井增产的合理界限。

（二）采区和工作面接替模型的约束条件

1. 满足矿井生产能力或计划产量的要求，满足水平和采区最大生产能力的约束。

2. 保证采区和工作面按正常顺序开采。

3. 符合集中生产的要求，尽量减少同采的水平数目和采区数目，对于装备综采工作面的采区，同采工作面的数目不超过 2 个。

4. 满足矿井开拓进度的要求，根据矿井开拓掘进速度，限制各水平和采区允许接替的时间。

5. 满足综采和某一类型采煤设备的产量的比例要求；满足薄煤层和某一特种煤层按一定比例配合开采的要求。

6. 满足不同类型采煤设备对工作面地质条件的要求，包括对地质构造、煤层赋存条件和工作面几何尺寸的要求。

（三）采区和工作面的接替原则

1. 从井底车场附近的采区逐渐向井田两翼扩展；先开采上煤组采区，后开采下煤组采区。

2. 采区接替先后次序，按采区编号从小到大进行安排。上下山采区布置时开采次序也由给定编号由小到大进行安排。

3. 优先在刚结束回采的工作面所在采区内寻找接替工作面。若该采区内没有接替工作面或接替工作面不满足约束条件，则按接替原则 2 进行。

4. 采区内工作面之间的接替，按压茬关系决定开采的先后顺序。就压茬关系的不同，将其分为四种接替类型。煤层倾角较大、层间距较近，上下区段工作面以及同一区段内上下煤层（或分层）工作面都必须依次顺序开采的为第一种类型；煤层倾角较大、层间距较大，上下区段要求依次顺序开采，而同一区段内上下煤层的工作面可以任意安排的为第二种类型；煤层倾角小或近水平煤层，上下煤层对应的工作面之间必须自上而下依次开采，而同一煤层内不同区段的工作面可以任意安排的为第三种类型；由于采用沿空掘巷方法，要求同一煤层工作面进行跳采的为第四种类型。

（四）模型的结构和模拟方法

采区和工作面接替模型的结构包括 7 个子模型块和 1 个数据库，其相互关系如图 4—5 所示。

采区和工作面接替模拟采用最短时间事件步长法。当采区内有几个工作面同采时，选取并优先处理最先结束的工作面，增加一

个事件时间步长，下一次选取中，另一工作面又会最先结束，如此循环进行模拟。

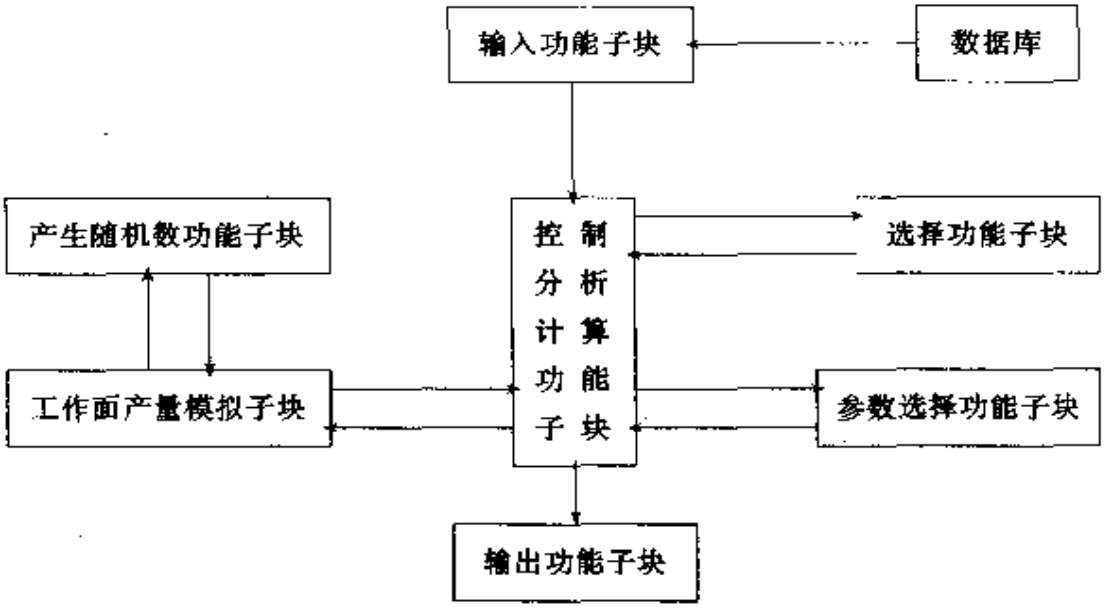


图 4—5　采区和工作面接替模型的子块结构

工作面产量模拟采用时间步长法，以一天或若干天作为一个步长。

（五）模型功能

1. 控制、分析和计算功能

控制分析计算功能子模型实质上是整体模型的主体框架，内容有：

（1）控制模拟变量(时间变量，采煤设备变量)的正常进行。

（2）分析和确定任一时刻工作面和采煤设备的状态。

（3）如果工作面正在接替，判断寻找的工作面是否满足约束生产能力的要求，以及是否满足矿井产量的某些比例要求。如果满足要求，就作为接替工作面，否则调用选择功能子程序寻找其它的工作面，重复上述“判断”工作。将不满足要求的工作面存入“暂时

不能接替”状态，避免重复选择，并在本时间结束时，将“暂时不能接替”状态的工作面恢复为原始状态。

（4）计算工作面、采区、水平和矿井的产量。

（5）考察和记录工作面接替中可能发生的时间中断和频数。

2. 选择功能

选择功能指为开采结束的工作面选择符合开采技术条件的接替工作面，内容有：

（1）优先在刚回采结束的工作面所在采区内寻找接替工作面。如果在该采区内寻找不到接替工作面，就按规定的开采顺序在下一个采区内寻找接替工作面。

（2）满足采区准备工程允许的最早开始生产时间。

（3）满足采区内同采工作面不超过一定数目的要求。

（4）满足采煤设备类型对工作面地质条件的要求。

3. 参数选取功能

根据回采工作面的具体情况，考虑开采技术条件变化，生产管理水平提高，地质条件和同采工作面数目的影响，选择回采工作面推进速度的期望值和方差。给出限制工作面产量不超过技术上可能的某一上限值。

4. 工作面产量模拟

通过模拟工作面推进速度的变化，获得接替工作面的产量及其随时间的变化。这样，得到的工作面产量不是一个定值，而是一组随机变量，更接近实际情况。

5. 输入、输出功能

输入功能包括输入原始条件及初始化。

输出功能为输出采区、水平和矿井年产量汇总表，输出采区和工作面接替横道图表。此外，根据需要还可输出计算过程中某些要求跟踪的变量。

（六）源程序的编制

源程序采用 FORTRAN—77 语言编写，在 IBM—4341 和 IBM—PC/XT 及其兼容机上通过。程序中应用 5 维数组(L,K,J,M,N)表达采区和工作面的空间位置和相互关系，其中：L——水平编号；K——采区编号；J——煤组编号；M——煤层编号；N——工作面编号。采区和工作面接替源程序结构见图 4—6。

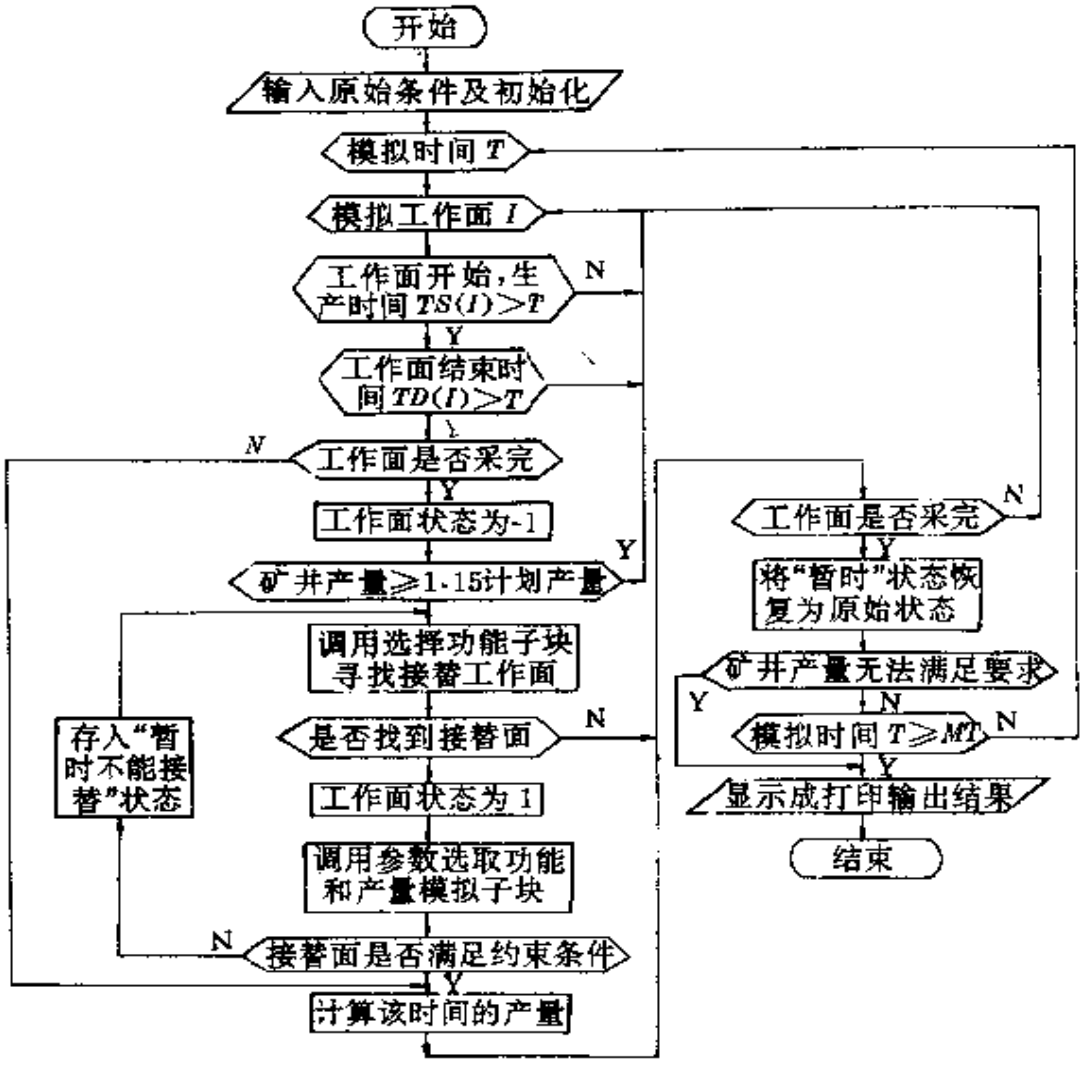


图 4—6　接替模型及程序的粗框图

二　示例

（一）平一矿改扩建的基本依据和增产界限

平一矿原设计生产能力为 1.50Mt/a，1957 年开工，1971 年达到设计生产能力。1975 年水平延深时，矿井设计能力增加 0.9Mt/a。1984 年全部建成投产，当年出煤 3.20Mt。该矿具有较好的煤层赋存条件和储量丰富的优势，又有二水平一期改扩建形成的有利条件。有必要从开采技术上研究矿井改扩建的可能性和扩建后增产的幅度。

该矿按两个水平同时生产进行模拟。矿井内最上层的 $丁_5$ 煤层，厚度为 0.65～1.55m，开采条件困难，推进速度慢，影响下部煤层开采进度，同时又是局部可采煤层。$丁_5$ 煤层是否开采对矿井增产幅度影响较大，因此分两种情况进行采区和工作面接替的模拟分析。

1. 不开采 $丁_5$ 煤层

这种情况下选取生产工作面数目为 7～11 个五种方案，分别以 Ⅰ，Ⅱ，…… Ⅴ 代表，各方案模拟结果及其矿井的年产量变化曲线见图 4—7

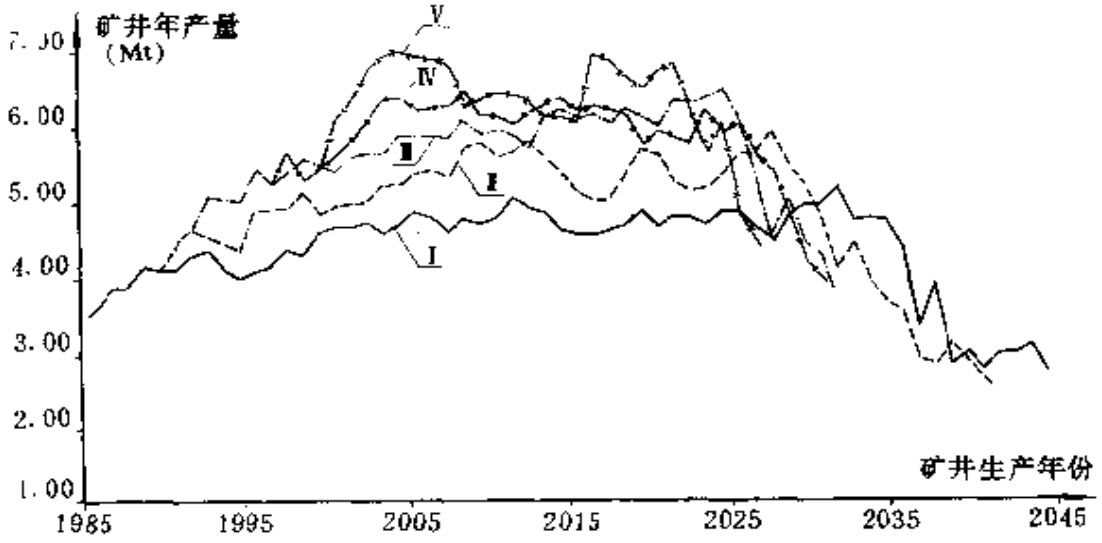


图 4—7 平顶山一矿不采丁$_5$煤层时矿井年产量变化曲线

图 4—7 中，曲线 Ⅰ 比较稳定，可以满足矿井产量 4.0Mt/a 的正常生产要求，并有较大的余量。曲线 Ⅱ 后期不稳定，其原因是，该

方案使用了一套“开天窗”支架，它要求开采煤层较厚的工作面，而矿井生产后期煤层变薄，适用于此套设备的工作面不能及时准备出来。曲线Ⅲ和Ⅳ表明，矿井产量有可能达到5.0Mt/a以上，但是增产期达13～16a，稳产期相对较短，仅有25～28a。曲线Ⅴ很不稳定，表明矿井产量再增加是难以达到的。

根据矿井增产界限的准则，满足采区和工作面正常接替的比较适宜的矿井生产能力为4.0Mt/a，并有可能使矿井产量稳定在4.5Mt/a左右，但要求在1990年开始准备三水平。

2. 开采丁$_5$煤层

这种情况下选取了生产工作面数目为7～9个三种方案，以Ⅰ′，Ⅱ′和Ⅲ′代表，各方案模拟结果及其矿井年产量变化曲线见图4—8。

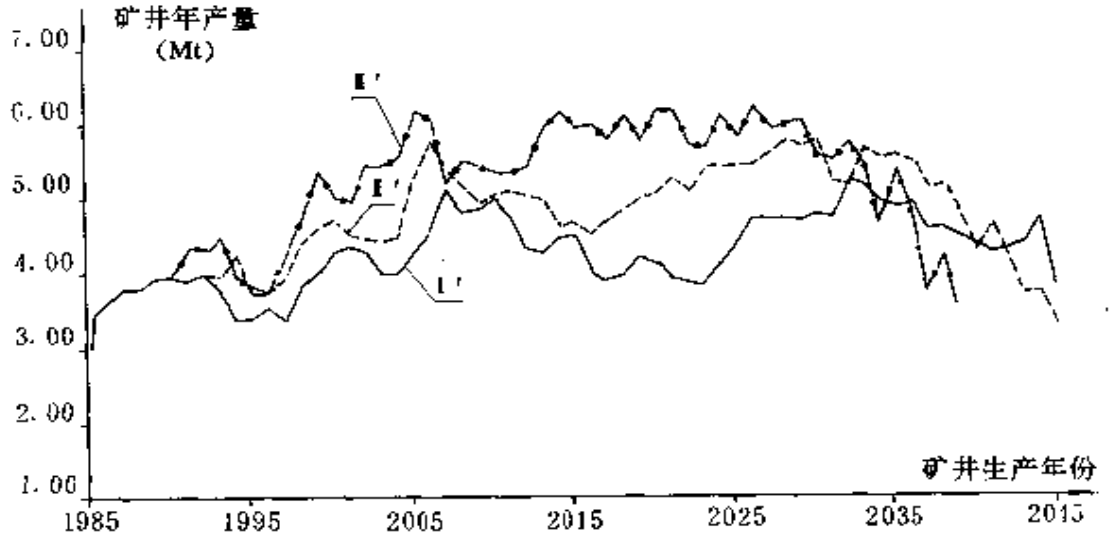


图4—8 平顶山一矿采丁$_5$煤层时矿井年产量变化曲线

图4—8中，所有曲线的稳定性都较差，主要是受开采丁$_5$煤层时压茬的影响。比较有可能达到的产量可以取为3.8Mt/a，但前期有7～8年期间工作面接替相当困难，难以达产。比较适宜的矿井生产能力为3.2～3.5Mt/a。

综上所述，矿井开采丁$_5$煤层时，矿井最大可能的产量小于3.5Mt/a；但不开采丁$_5$煤层时，矿井比较适宜的产量为4.0Mt/a。或者按局部开采丁$_5$煤层，矿井产量可在3.5～4.0Mt/a之间取值。此外，需要二、三水平同时生产来保证矿井产量要求，三水平最迟必须在1988～1990年开始准备。

（二）平四矿增产界限的分析

平四矿原设计生产能力为0.6Mt/a，于1958年投产。1976～1980年对矿井进行环节改造，生产能力扩大到1.2Mt/a；1985年产煤1.5Mt。该矿煤层赋存较稳定，地质构造简单，具有较高的机械化水平和生产管理水平。但由于该矿井田面积较小，后备储量不足，有必要研究该矿改扩建的可能性和增产界限。模拟时均以两个水平同时生产为准。按矿井深部境界不同，分两种情况进行讨论。

表4—2　平四矿（深部以二水平为界）模拟和分析结果

方案	矿井可能的产量（Mt/a）	递增年限（a）	稳产年限（a）	同采水平数目（个）	矿井产量稳定程度	模拟时工作面的数量（个）	备注
Ⅰ	1.45	0	26	2	较稳定	4综1普1炮	
Ⅱ	1.60	3	21	2	较不稳定	5综1普1炮	在1990年增加1个综采面

1. 深部以二水平采完为界

这种情况下选取了两种方案进行模拟，各方案选取与模拟和分析结果见表4—2，矿井年产量变化曲线见图4—9。

方案Ⅰ的矿井年产量变化曲线比较稳定，该方案能够满足矿井稳产的要求。

方案Ⅱ的矿井年产量变化曲线不够稳定，并且它与方案Ⅰ的

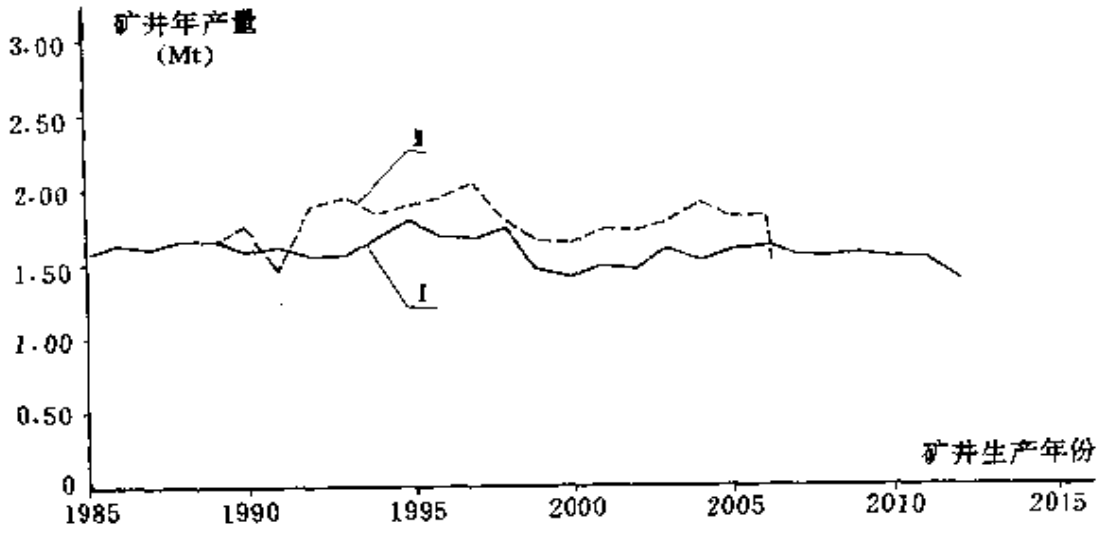


图 4—9　平顶山四矿深部以二水平采完为界矿井年产量变化曲线

曲线相距较近。其原因是平四矿的深部范围小，生产战场少，影响了采煤设备生产潜力的充分发挥。

根据矿井增产界限的准则，平四矿深部以二水平采完为界时，矿井最大可能的产量为 1.45Mt/a，稳产年限约为 25a。

表 4—3　平四矿（深部以三水平为界）模拟和分析结果

方案	矿井可能的产量 (Mt/a)	递增年限 (a)	稳产年限 (a)	同采水平数目 (个)	矿井产量稳定程度	模拟时工作面的数量 (个)	备　注
Ⅰ	1.80	5	21	2	较稳定	4综1普1炮	
Ⅱ	2.00	6	17	2	较不稳定	5综　1炮	1990年将普采改成综采
Ⅲ	2.10	6	16	2	不稳定	5综1普1炮	1991年增加1个综采面

2. 深部以三水平为界

这种情况下选取了三种方案进行模拟，各方案的选取与模拟分析结果见表 4—3，矿井年产量变化曲线见图 4—10。

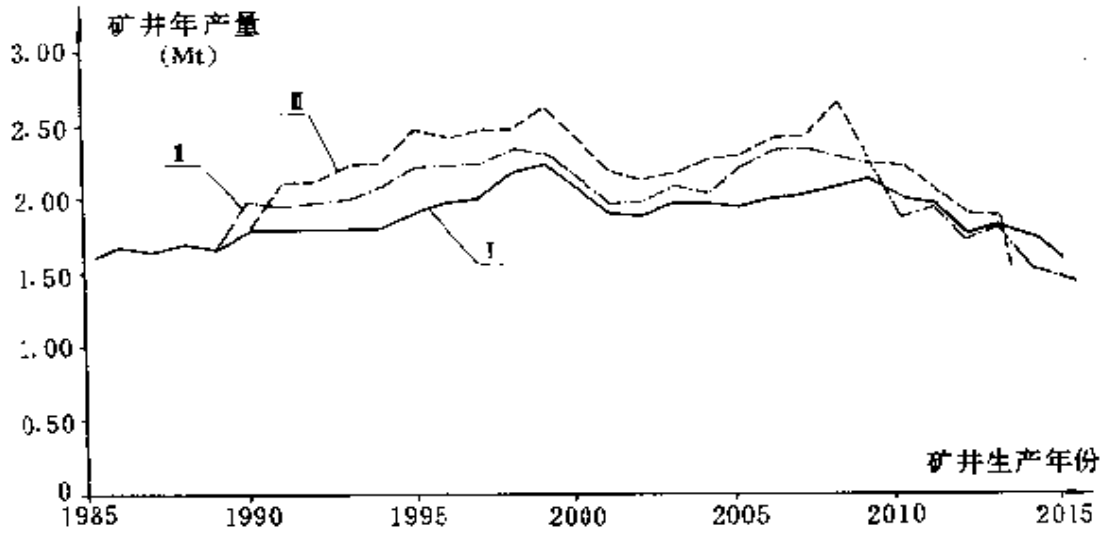


图 4　10　平顶山四矿深部以三水平采完为界矿井年产量变化曲线

方案 Ⅰ 的矿井年产量变化曲线比较稳定，基本上能够满足矿井稳产的要求。

方案 Ⅱ 的矿井年产量变化曲线不够稳定，原因是：戊七、丁九和戊九采区的煤经集中上山运输，当多个采区同时出煤时，运输能力受到较大的影响和限制；由于二水平仅有已组煤，煤炭储量相对较少；如果加大二水平的生产能力，还可能造成副井负担太重，有可能来不及提矸。而加大一水平的生产能力，相对缩短了一水平的服务年限，造成采区接替紧张，直接影响了矿井产量的稳定性。因此，方案 Ⅱ 不可行。

方案 Ⅲ 的矿井年产量变化曲线不稳定，该方案不可行。

根据矿井增产界限的准则，平四矿深部以三水平采完为界时，矿井最大可能的产量为 1.80Mt/a，矿井稳产年限约为 20a，并且要求两个水平同时生产。

第三节　矿井延深改造方案优选

生产矿井新水平开拓延深方案，以及结合新水平开拓延深进行矿井技术改造、扩建时的方案选择，都是结合生产矿井已有井巷布置和大型固定设备等具体情况进行的，原始状况因地而异，约束条件各式各样，特性多于共性，为编制通用的优化模型带来了较大的难度。下面仅提供编制通用优化模型可能采取的两种途径。

一　综合优化模型

针对生产矿井开拓延深和技术改造方案选择中的主要问题，编制成通用的综合优化模型，通过多目标决策选择最优方案。为了适应不同矿井已有生产和装备情况的特点，模型中要增加一些人工控制功能和条件判断功能。

1. 备择方案的组成

水平延深及改扩建方案的基本内容概括为延深方式、水平位置、采区划分、采区巷道布置、采区生产能力和矿井增产幅度几个部分组成几个层次的备择方案集，如图 4—11 所示。

在对某一个具体矿井进行方案选择时，按已知条件，如原有井筒数目，形式（主井、斜井、平硐），地表标高，水平位置，煤层倾角、层数、厚度，层间间距，储量及井型等，通过逻辑判断和人工控制在备择方案中选出若干可行方案组成可供优化的备择方案集。然后对这些方案进行评价指标的计算、对比，最后通过多目标决策得出最优方案。

2. 优化准则

根据这一问题决策时需要考虑分析对比的主要指标，提出优化指标和准则。指标可取：

（1）水平开拓延深和改建的工期；

（2）新水平开拓准备工程量；

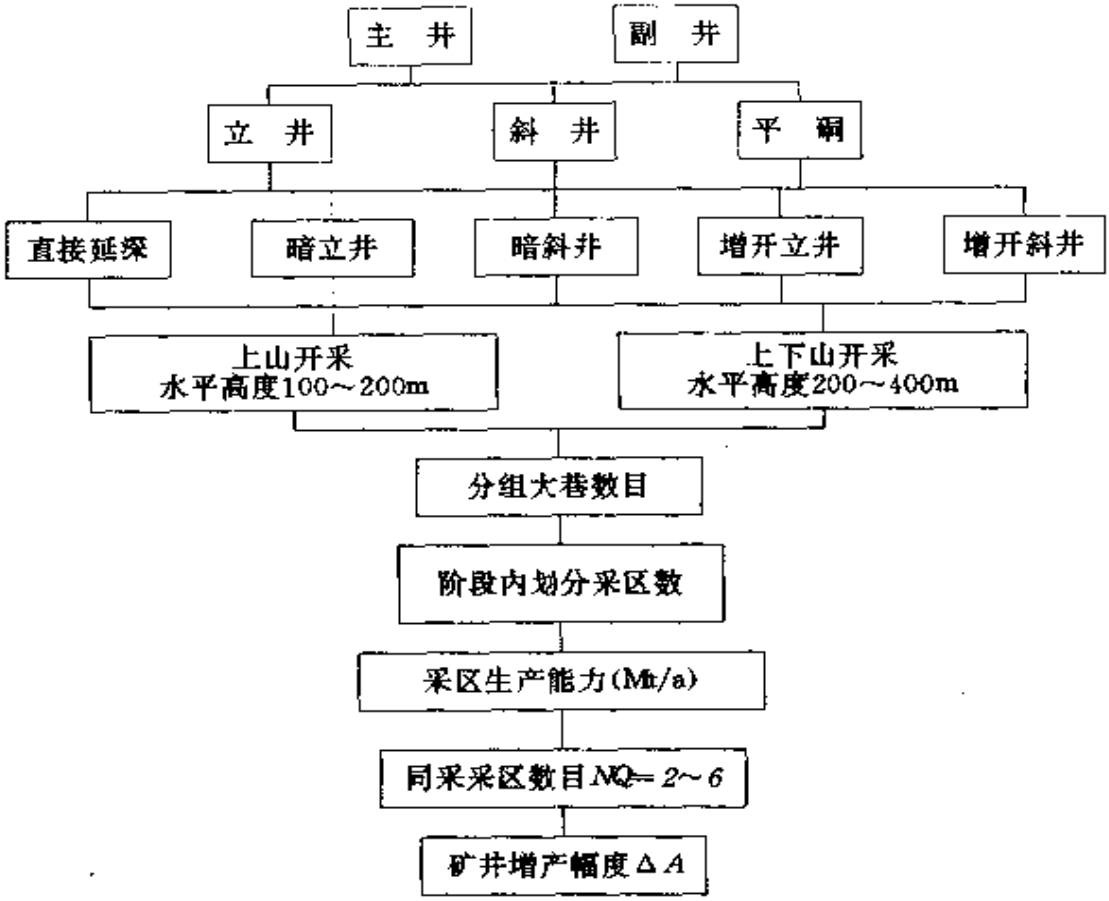


图 4—11　矿井延深改造备择方案集示意图

(3) 水平延深技术改造的基本建设投资；

(4) 矿井生产能力增加的幅度；

(5) 技术改造后的矿井服务年限。

优化准则按多目标决策的方法可以采用比较简单的德尔菲法(Delphi)或采用目标规划方法等。

3. 数学模型的编制

对每一个可行的备择方案分别计算各项评价指标，其中最复杂的是开拓准备工程量和投资费用计算，两者关系密切，其中大部分内容可以一并进行。计算表达式要分别不同工程项目，编制通用

表达式。

数学模型编制的要点为：

(1) 为了适当减少所需要计算比较的方案数目，模型分采区准备和开拓延深两个层次进行。首先根据原有生产矿井的实际资料，利用采区设计优化模型，进行采区巷道布置和水平内采区划分方案的优化，选出少数几个最优、次优方案，作为开拓延深方案对比时的备择方案；然后在此基础上重点解决开拓延深和技术改造方案的选择。

(2) 矿井产量增加即扩建规模的方案，按同时生产的采区数目以维持已有的生产能力，扩大 1～2 个采区的生产能力，作为扩建后的矿井生产能力。由于井型扩大所需要的各项费用，如地面工程、提升和通风设备的更换、增开井筒、运输系统改造等视为补加投资，作为原始数据输入，加入总投资费用的计算式中。

(3) 井巷开拓工程量及其费用分项计算，主要工程项目有井筒、井底车场、水平大巷、采区上下山。

(4) 施工期用统筹法(网络分析)计算，或者简化为几个主要连锁工程施工时间之和，加上准备和收尾工作时间。

(5) 矿井服务年限以生产能力除以尚有的可采储量计算。

4. 计算机程序

计算机程序编制的主体结构框图见图 4—12。

输出结果为各方案的基本特点和主要指标，指标对比后得出最优方案及其技术特征。

二　分项组合式优化模型

鉴于生产矿井开拓延深及技术改造方案对不同矿井各有其特点和应该重点解决的问题，未必都需要综合考虑各个方面的不同方案，很多情况下对其中的某个方面不存在不同的方案。为了便于灵活运用系统优化的理论和电子计算机手段，可以编制分项优化模型，单独地对其中某项问题进行不同方案的对比选优或技术经

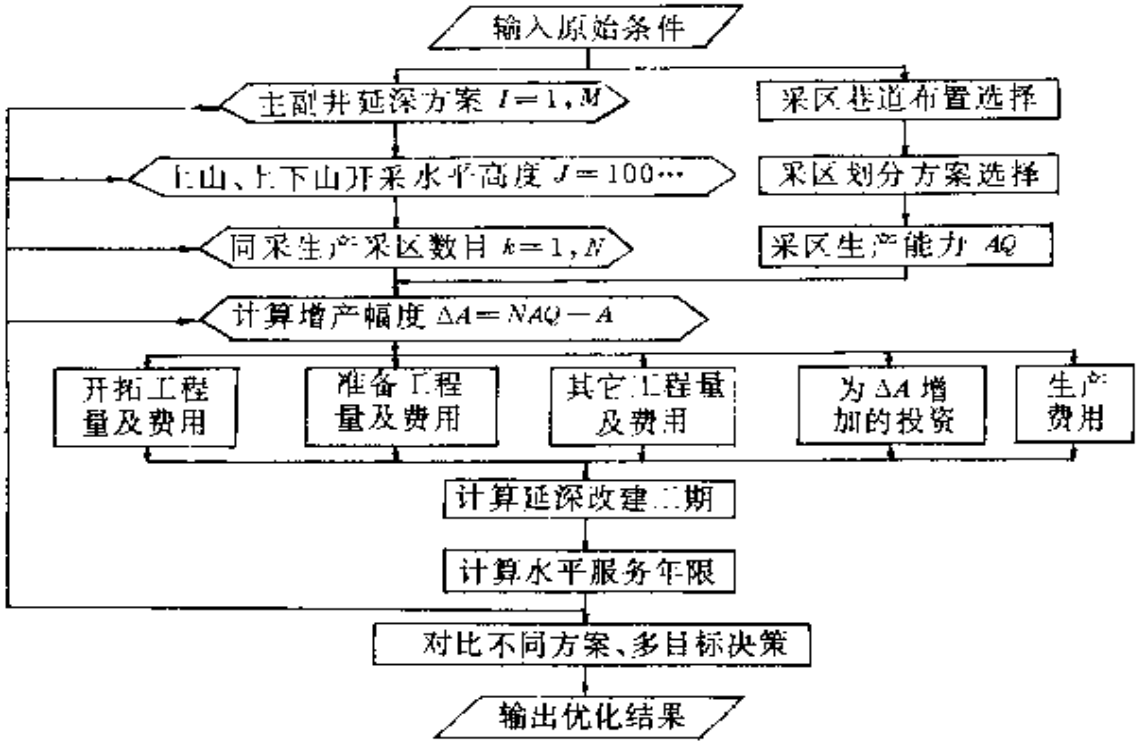


图 4-12　矿井延深改造方案选择的计算机程序主体结构框图

济上的论证，根据解决具体矿井问题的需要组合起来应用。这一模型的分项内容及其解决问题的基本方法简要叙述如下。

1. *矿井扩建规模的选择*

一般来说，随着开采深度增加生产条件恶化，矿井固定资产增加。为了消除这些因素对矿井技术经济指标的不良影响，往往希望增加矿井生产能力。对此，必须考虑到已有矿井技术工艺环节能力的限制，需要对某些环节进行改造，原则上应以增加吨煤生产能力的投资最小来确定扩建规模。

若矿井原有生产能力为 A(Mt/a)，增加幅度为 ΔA，有几种取值方案，对大中型矿井可按 0.3Mt/a 为一个级别，有 $\Delta A=0,0.3,0.6,0.9$ 等方案。扩建后的矿井生产能力为 $A+\Delta A$。

按吨煤改扩建投资最小作为目标函数的优化模型为

$$f(A+\Delta A)\Rightarrow\min$$

约束条件为　$A\leqslant A+\Delta A\leqslant\min\{A_i,i=1,2,\cdots,m\}$

$$A+\Delta A\leqslant A_t$$

$$A_t>0$$

其中 $A_1,A_2\cdots\cdots A_m$ 为主井、副井、通风、运输等主要生产环节改造后的生产能力；A_t 为按回采工作面布置可能达到的矿井生产能力上限；$f(A+\Delta A)$为与矿井生产能力有关的吨煤投资。

2. 新水平高度的确定

矿井技术改造与水平延深结合进行时，新水平高度可能有多个方案供选取。单独分析合理的水平阶段高度时可以按单指标进行选优。以水平高度 H 为变量，通过对不同取值时有关费用项目的计算，按有关费用总和最小作为目标函数，选取最优方案。

与 H 有关的费用项目有矿井提升费、排水费、井巷掘进费、井底车场及硐室掘进费、采区上下山维护费、采区运输费。在列出各分项费用计算表达式后加以整理，将形成如下形式的总费用 Z 的表达式：

$$Z=\Sigma Z_i=K_1H+K_2/H$$

K_1,K_2 为系数值，从中可见有一部分费用随 H 增加，有一部分费用随 H 增加减少，存在费用最小的 H 值。

3. 延深、改造方案选择

按新水平开拓延深时，生产能力、水平高度为已知条件取确定值，只分析不同延深改造方案的选取，采用单目标或多目标决策方法。要点如下。

(1) 备择方案的通用形式

按主、副井原有的井硐形式有立井、斜井、平硐三种，与延深可能采用的直接延深、暗立井、暗斜井、增开立井、增开斜井五种的组合(参见图 4—11 的上面部分)。其取舍按 $X(I,J)=1,0$ 表达，I 的

编号取 1～6，分别代表主井为立井、斜井、平硐和副井为立井、斜井、平硐三种；J 的编号为 1～5，分别代表不同的延深方式。

对于具体的矿井来说，可行方案集为备择方案集(225 个)中的一部分，最多不超过 25 个，即根据已有的矿井开拓方式，主井和副井都只有一种形式，即在 $I=1\sim6$ 中间只取 2 个值。在 I 的每个取值中，J 的取值最多有 5 种。

(2) 可行方案的筛选

对具体矿井模型将提供 25 种可行的备择方案集，但并非所有方案都是技术上允许的，所以需要以人工控制方式排除其中技术上明显不可行的方案，首先是分析地质条件决定直接延深是否可行，如底板有特大涌水量的岩层限制，暗斜井斜长太大等。其次是验算井筒提升能力是否满足设计产量的要求，排除不满足要求的方案。

(3) 指标计算

对可行的延深方案，即 $X(I,J)=1$ 的方案，分别计算有关的工程量和费用项目，总工程量、总费用和施工工期。有关费用项目为井筒和主要石门掘进费、提升排水费。

(4) 最优方案的选取

按单目标决策时，取有关费用最小为最优方案。

按多目标决策时，对工程量、费用、施工工期、或者加上技术方便可靠几项指标进行综合评价，按德尔菲法决策。

4. 采区设计方案和采区划分的选择

以矿井生产能力、井田走向长度、水平高度、上山或下山开采为已知条件，利用采区设计优化模型选择合理采区巷道布置方案，并得出采区走向长度的合理取值区间 $S_{min}\sim S_{max}$。

对井田走向长度 S 范围内的地质构造进行分析，如有落差大的断层切割，按断层划分采区的走向长度小于 S_{max}，即首先按断层划定。所余部分走向长度大于 S_{max} 的，利用采区设计优化的扩展模

型进行不同采区划分方案的优选。

设在已知的井田走向长度 S（井田走向全长或一部分），在划分为整数个采区的约束条件下，有 N 个不同的采区划分方案 $I=1,2\cdots\cdots N$ 个，各方案相应的各个采区走向长度 $S_1,S_2,\cdots\cdots S_m$，及其巷道布置类型 $W_j,j=1,2\cdots\cdots m$，可以调用采区优化模型，计算这时各采区吨煤费用 Z_j 及水平内采区平均吨煤费用。

$$Z_i=\frac{\sum_{j=1}^{N}Z_j\cdot Q_j}{\sum_{j=1}^{N}Q_j}$$

式中 Z_i——第 i 个采区划分方案时的采区平均吨煤费用，元/t；

Z_j——第 j 个采区的吨煤费用，元/t；

Q_j——第 j 个采区的可采储量，t。

在 $i=1,2,\cdots,N$ 个方案中，按 $\min\{Z_i,i=1,2,\cdots,N\}$ 得出最优方案。

第五章　矿区发展的动态模拟与分析

第一节　矿区规划的系统动态学(SD)模型

一　矿区系统的总体结构

煤矿矿区是由多个矿井(露天矿)、选煤厂和辅助附属企业及其它为矿区生产服务的诸部门组成的一个复杂的动态系统。是由相互区别、相互作用和影响的各部分有机地联结在一起，为同一目的(生产煤炭产品)完成各自功能的集合体。虽然，我国的煤矿矿区(或矿井)在某些方面担负着一定的社会职能，管理着煤矿职工的生活、福利、人口与教育等等，但主要任务是生产煤炭。因此，应用系统动态学方法，可把一般煤矿矿区系统的总体结构归纳为三个分系统：

1. 矿区煤炭生产系统

该系统包括煤炭资源，煤炭基建与生产，煤炭洗选与加工，交通运输，供电和供水等。

2. 矿区技术经济系统

该系统包括矿区技术进步，劳动力和生产效率，投资及投资效果，固定资产及产值、收入等。

3. 矿区环境系统

矿区环境系统主要包括环境污染、“三废”治理、地表塌陷及其利用。

三个系统之间存在着互相制约和影响的关系。煤炭生产系统的运行，必然影响环境系统，而环境系统又影响着社会技术经济系统的发展和制约着煤炭生产系统的运行；煤炭生产系统必然需要技术经济系统的辅助和保证才能正常地运行和发展；技术经济系统的发展又可以改善矿区环境。

二　矿区系统的动态特征

从系统动态学的观点来看，煤矿矿区有以下特征：

1. 矿区系统的行为是动态的，不仅矿区系统外部环境具有时变性，而且矿区系统内部也总是处于动态平衡状态；

2. 矿区系统的行为是多目标的，有体现矿区全部经济活动效果的经营目标，有满足社会需要的贡献目标，有体现矿区经济利益的利润目标，有表征矿区发展的战略目标，等等。

3. 矿区系统所拥有的煤炭资源是有限的，如何在有限的资源条件下尽可能发挥最大的效益，调整矿区的生产经营活动，是矿区面临的一个问题。

4. 矿区系统总是经常面临着各式各样的政策因素影响，有上层管理部门下达的，有当地政府和有关部门规定的，也有企业内部制订的政策因素。如何掌握、介入和协调有关的政策因素，使其与技术经济因素共同处于系统协调运动之中，是一个亟待解决的重要课题。

5. 矿区系统总是开放的，开放性既体现在企业系统同外部环境有着相互联系和相互作用，也表现为企业系统总是朝着有序化发展，处于动态平衡之中。

基于矿区系统的上述特点，在分析研究矿区系统时，不但要收集研究反映矿区系统功能与行为的各种数据、图表，而且需要研究反映矿区各部分间相互关系、相互作用方面的信息。然后采用系统动态学中系统结构决定系统功能的原理，将系统构成为结构、功能的因果关系图或模型(块)，利用反馈、调节和控制原理，进一步设

计反映系统行为的反馈回路，再应用经济、技术原理和现代科技成果，最终建立系统的动态仿真模型，使用电子计算机对此模型进行模拟实验。这种系统动态仿真模型，能够模拟矿区发展的历史状况和今后的发展趋势，考察技术—经济参数的变化、政策因素的介入或变化对系统行为的影响，为科学决策提供依据。

建立矿区发展规划的系统动态学模型，是从矿区煤炭生产系统的整体性出发，研究矿区发展的规模、矿区产量、投资、效益等彼此相互影响和制约的关系。通过对矿区生产—自然资源的内部结构和变量之间的因果关系，社会行为和过程的仿真实验，对矿区未来的发展趋势进行多方案的预测描述。

通过研究着重解决以下几个问题。

(1) 确定矿区发展的目标，规划的目标应是积极的，先进的，但必须留有余地，通过努力是可以实现或超额实现的；

(2) 矿区的生产矿井开发强度到底多大，矿区接续的保证程度如何，提出实现矿区规划目标的建议与措施；

(3) 经济效益是规划的重要目标，要取得较好的效益除增加产量外，还必须进行煤炭深加工和综合利用。

三　系统动态学模型的基本结构

1. 反馈环

反馈系统是构成系统动态学模型的基础。若系统的输出影响系统的输入，则称该系统为反馈系统。一个反馈系统至少包含一个反馈环。

图 5—1 给出了一个反馈环的基本结构，它由决策点、系统状态、信息流和行动流 4 个要素组成。在决策点产生决策后，由行动流对系统的状态产生作用，并通过系统状态变化得到新信息，影响下一步决策。在矿区系统中，从决策产生到系统状态变化和从系统状态变化到对其进行的观测以产生新的决策之间，都可能有时间延迟，即需要在反馈环的基本结构中，增加延迟内容，如图 5—2 所

示为带延迟的反馈环。

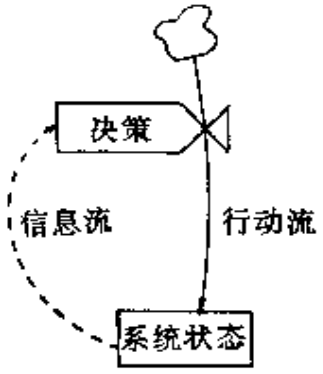


图 5—1　反馈环的基本结构

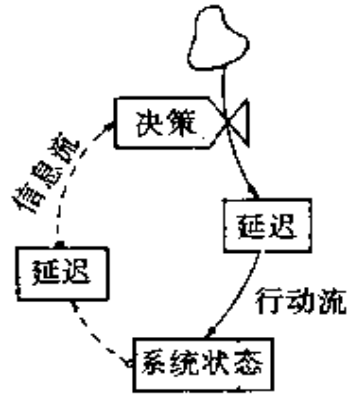


图 5—2　带延迟的反馈环

2. SD 模型的结构

由于反馈环是构成系统的基本单元，其相互作用就决定了系统状态的增长、波动等复杂的动态行为。SD 的一个基本观点是没有原因就没有结果。变量之间的因果关系可区分为正因果关系和负因果关系，当两个相关因素同向变化时，为正因果关系，反之为负因果关系。在因果关系图中上述关系分别以正、负因果关系链表示为 A→⊕B 或 A→⊖B。

当两个以上的因果关系链首尾串联而形成环形，就称为因果关系环。由带正、负链的因果关系构成的环可分为正、负因果反馈环，其判别方法如下：若因果关系环中有偶数个负链，该环为正反馈环；若负链的个数为奇数，则该环为负反馈环。正因果反馈环中任一变量的变动通过其他变量的作用，最终使该变量同方向的变动趋势加强，即具有自我强化效应，而负因果反馈环中的变量则具有自我稳定效应。

四　矿区规划 SD 模型

用因果关系图表示的矿区规划 SD 模型如图 5—3 所示。其中主要的反馈环有 3 个正环和 4 个负环。

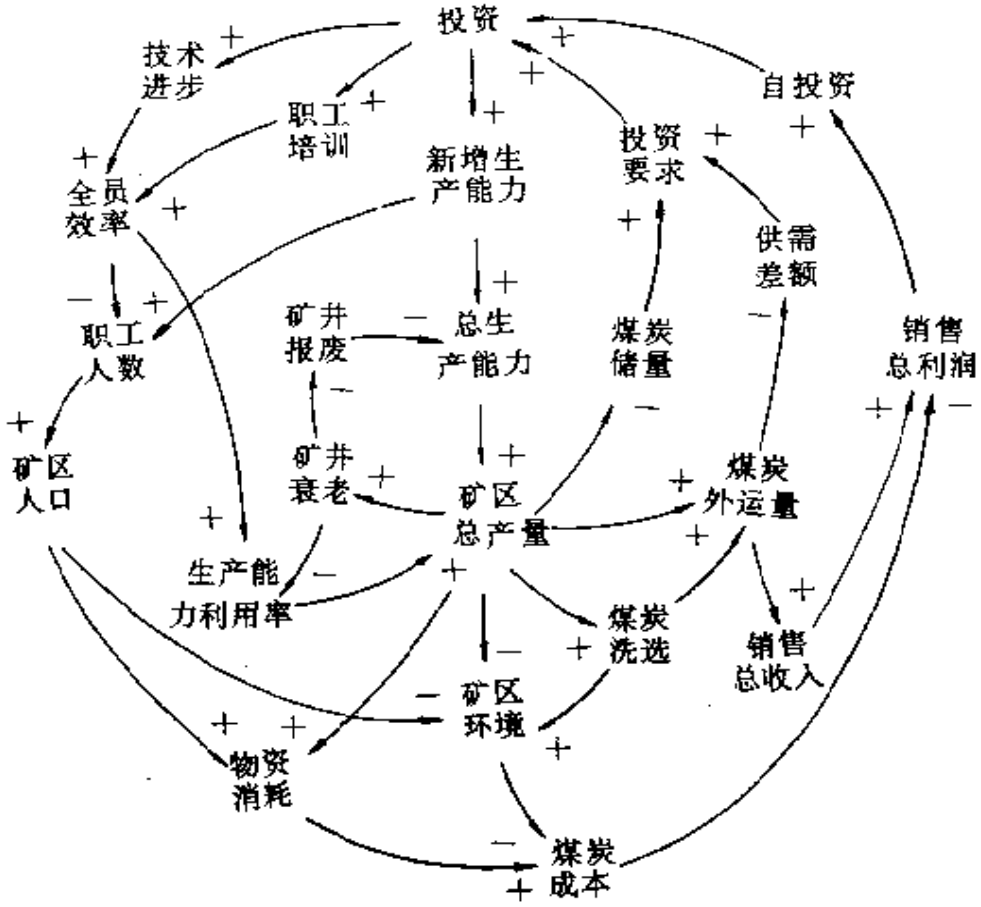


图 5—3　矿区发展因果关系图

1. 正反馈环

(1) 投资→⊕新增生产能力→⊕总生产能力→⊕矿区总产量→⊕煤炭外运量→⊕销售总收入→⊕销售总利润→⊕自投资→⊕投资。

(2) 投资→⊕技术进步→⊕全员效率→⊕生产能力利用率→⊕矿区总产量→⊕煤炭外运量→⊕销售总收入→⊕销售总利润→⊕自投资→⊕投资。

(3) 投资→⊕职工培训→⊕全员效率→⊖职工人数→⊕矿区人口→⊕物资消耗→⊕煤炭成本→⊖销售总利润→⊕自投资→⊕

投资。

2. 负反馈环

(1) 总生产能力→⊕矿区总产量→⊕矿井衰老→⊕矿井报废→⊖总生产能力。该环反映了矿井开发强度与矿区生产能力的制约关系。

(2) 投资→⊕新增生产能力→⊕总生产能力→⊕矿区总产量→⊕煤炭外运量→⊖供需差额→⊕投资要求→⊕投资。这个环反映了投资效果是增加煤炭产量，减少供需差额。

(3) 新增生产能力→⊕总生产能力→⊕矿区总产量→⊖煤炭储量→⊕投资要求→⊕投资→⊕新增生产能力。该反馈环反映了煤炭资源是矿区发展规模的基础和前提。

(4) 投资→⊕新增生产能力→⊕总生产能力→⊕矿区总产量→⊖矿区环境→⊖煤炭成本→⊖销售总利润→⊕自投资→⊕投资。该反馈环反映了矿区环境的影响及矿区环境与矿区发展规模的制约关系。

由此可知，矿区规划系统是由许多正、负反馈环相互耦合而成，系统所呈现的总的动态行为，是这些正、负反馈环相互作用的总的结果。各反馈环的相互作用可能会相互抵消，也可能相互加强。当负反馈环的自我调节占主导地位时，系统呈现趋于目标的稳定行为，当正反馈的自我强化作用占主导地位时，系统呈现增长或衰减的行为。此外，这种主导地位可能随着时间变化而不断转移，让位于新的反馈环。因此，系统总的行为也将随之在稳定与增长中相互转化。

第二节 矿区规划系统流图与方程

一 流图与方程

根据系统动态学的原理、解算步骤和方法，在构造系统因果关

系图的基础上，要进一步建立系统流图和方程，用以表示系统各部分的相互连接关系和系统结构，系统中主要变量及其相互关系。流图的描述与方程式的表达相互对应。流图中常用的表达符号见表5—1。

表 5—1　　流图常用符号表

类别	符号图示					
变量	流位		流率		常数	
	外生变量		辅助变量			
流线	信息		订单			
	材料		人			
信息输出	信息传递起点					
源点与汇点	源点		汇点			
其它	延迟					

系统动态学的方程表达式是以反映系统行为随时间改变的动态行为为基本出发点的微分方程组。描述系统动态行为过程时所用的最基本的是流位(状态)和流率(速率)变量，它们的取值随时间改变。图 5—4 中的 L_1 和 L_2 为两个流位变量，R_1 和 R_2 为相应的流率变量，由初始时间 DO 开始考察，每经过一个 DT 时间间隔，流

位和流率的变化情况。其表达方式是在变量名后面注以 J，K，L 分别代表前一时刻、现在时刻和后一时刻该变量的状态。

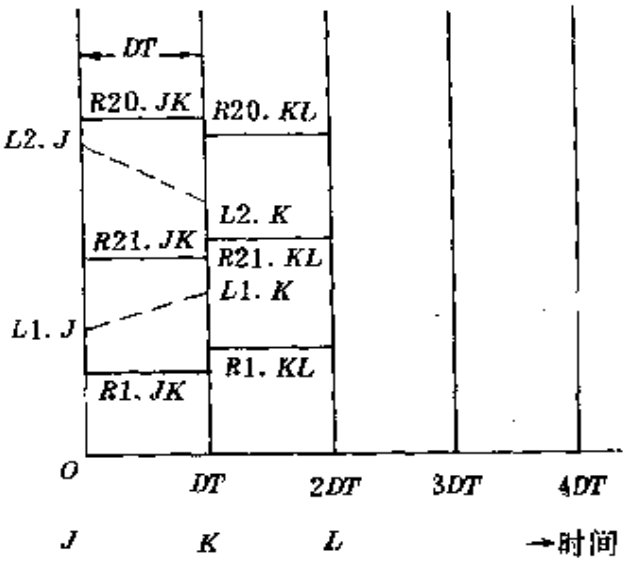


图 5—4　动态行为过程描述

矿区系统动态学模型主要用了六种方程，每一种方程的标志字符及其表达的内容如下：

1. 流位方程

所谓流位方程(Level Equation) 也叫状态方程，它表达变量某一时刻变化后的累积量，流位方程在DYNAMO 中，以 L 为标志写在第一列。其表达形式举例如下：

L　$L.K = L.J + (DT)(RA.JK - RS.JK)$

式中　L—— 流位变量名，$L.K$ 为 K 时刻的流位，$L.J$ 为 J 时刻的流位；

DT—— 时间间隔；

$RA.JK$—— 在 J 到 K 的时间间隔中致使流位 L 增加的流率变量；

$RS.JK$—— 在 J 到 K 的时间间隔中致使流位 L 减少的流率变量。

矿区系统中的储量、生产能力和固定资产等都用流位方程来描述。

2. 流率方程

流率方程(Rate Equation) 也叫速率方程。流率是表示单位时间内流位的变化，指出在被控系统内如何流动。在用 DYNAMO 语

言编写的程序中，速率方程以 R 为标志。与流位方程不同，速率方程无一固定格式，速率方程是在 K 时刻进行计算，速率的时间下标为 JK 或 KL。例如：

R　$KJKGL.KL = GKTZ.K/KDMTZ$

式中　$KJKGL$—— 矿井开工能力；

$KDMTZ$—— 矿井建设吨煤投资。

3. 辅助方程

在反馈系统中描述信息的运算式。"辅助"的涵义就是帮助建立速率方程。在 DYNAMO 语言中，书写辅助方程时要以字母 A 为标志。

4. N 方程

N 方程的主要用途是为矿区系统流位方程赋予初始值。在模型程序中，N 方程通常紧跟着流位方程。

5. 常数方程

为矿区系统变量或因素设置常数参数值，在 DYNAMO 语言中，书写常数方程时要以字母 C 为标志。常数可在重复运行中进行修改。

6. 表方程

矿区规划模型中往往需要用辅助变量描述某些变量间的非线性关系。显然简单地由其它变量进行代数组合的辅助变量已不能胜任。若所需的非线性函数能以图形给出，就可以十分简单地用 DYNAMO 语言中的表函数表示。

在矿区系统反馈结构分析的基础上，分别画出矿区系统各子模型流图，然后利用 DYNAMO 专用模拟语言，就可建立矿区规划系统动态学方程。矿区规划 SD 模型一共有 160 个方程，其中包括 21 个状态方程，44 个速率方程和 90 个辅助方程。

二　矿区煤炭生产子模型

合理确定矿区生产能力是关系到矿区长期的生产状况和技术

经济效果的重要问题。因此，矿区煤炭生产子模型主要研究煤炭储量、投资、矿区地质条件及技术水平等因素与矿区生产能力和煤炭产量之间的关系。模型中将矿区分为生产矿井（老井）与新建矿井（新井）深入地进行分析研究。

矿区生产能力及产量子模型流图如图 5—5 所示。图中有 4 个流位变量，它们是老井储量、新井储量、老井能力和新井能力。

矿区规划 SD 模型中时间间隔一般为一年，即 $DT = 1$。

根据煤炭生产子模型流图，在建立其方程时，主要有三个关键点：

（1）矿区生产能力主要受资金的制约，而且资金投入与能力形成之间有一定延迟，这个延迟的时间就是建井工期。用 DYNAMO 语言表示为

R　*KGTCL.KL* = DELAY3(*KJKGL.JK*, *DEL*1)

R　*KJKGL.KL* = *GKTZ.K*/*KDMTZ*

R　*XJTCL.KL* = DELAY3(*XJKGL.JK*, *DEL*2)

R　*XJKGL.KL* = *XJTZ.K*/*XDMTZ*

式中 DELAY3 为三阶延迟，用以表示矿区系统中存在的延迟。一个 DELAY3 方程等于 3 个流位方程、三个 N 方程和三个流率方程。*DEL*1 表示矿井改扩建从开工到投产所滞延的时间，即矿井改扩建工期；*DEL*2 表示新建井从开工到投产所滞延的时间，即新建井建井工期。

（2）矿井投产后，产量达到设计能力需要一个过程，也即投产与达产也存在延迟，这个延迟的时间即达产期。

L　*XJNL.K* = *XJNL.J* + *DT* * DELAY3(*XJTCL.JK*, *DEL*3)

式中　*DEL*3—— 新建井投产到达产所需的延迟。达产期一般为 3～5 年。

（3）矿井产量主要受开采条件、技术水平和管理水平的影响。新、老井的产量，以其能力与利用率乘积表达；新、老井的能力利用

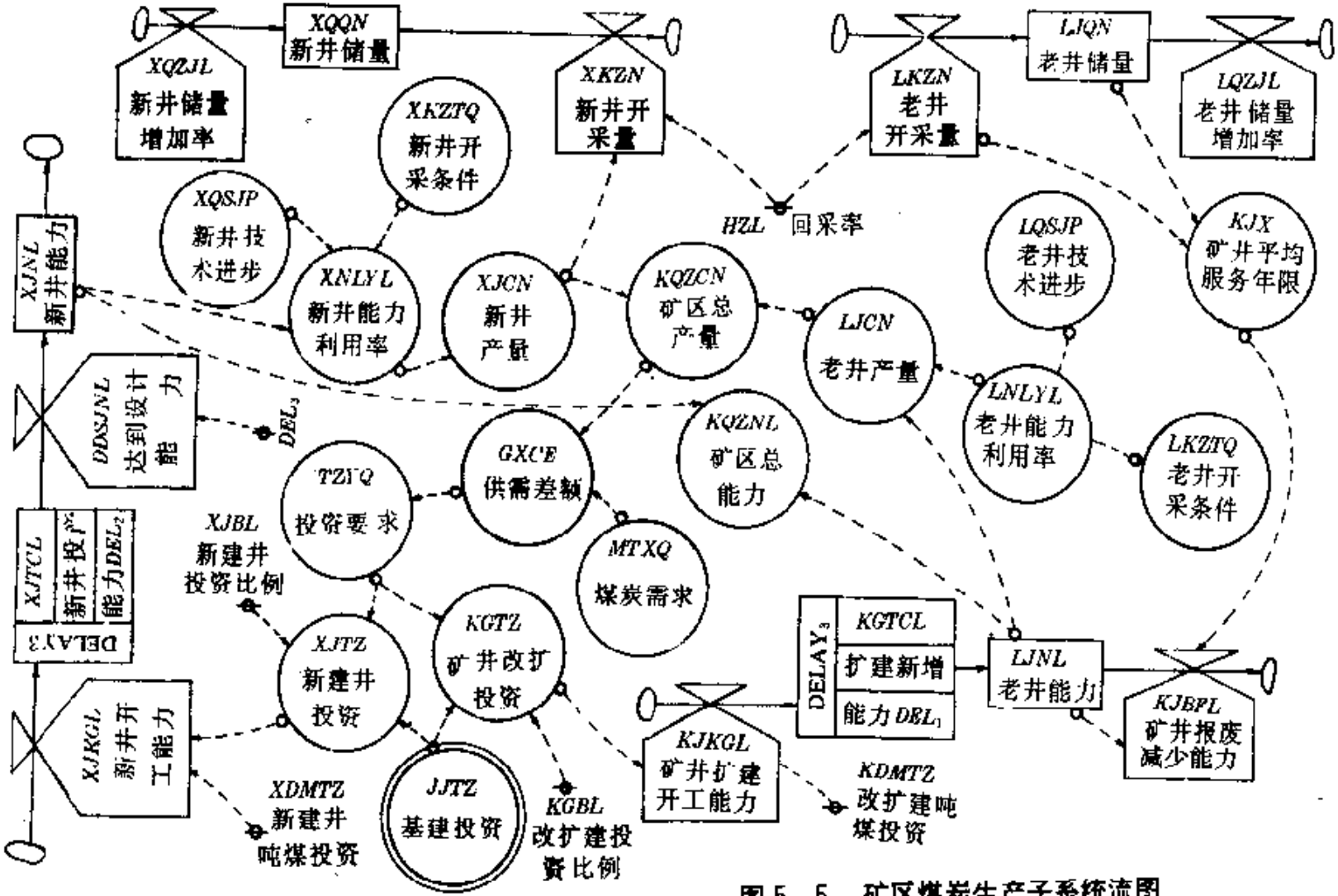


图 5 5 矿区煤炭生产子系统流图

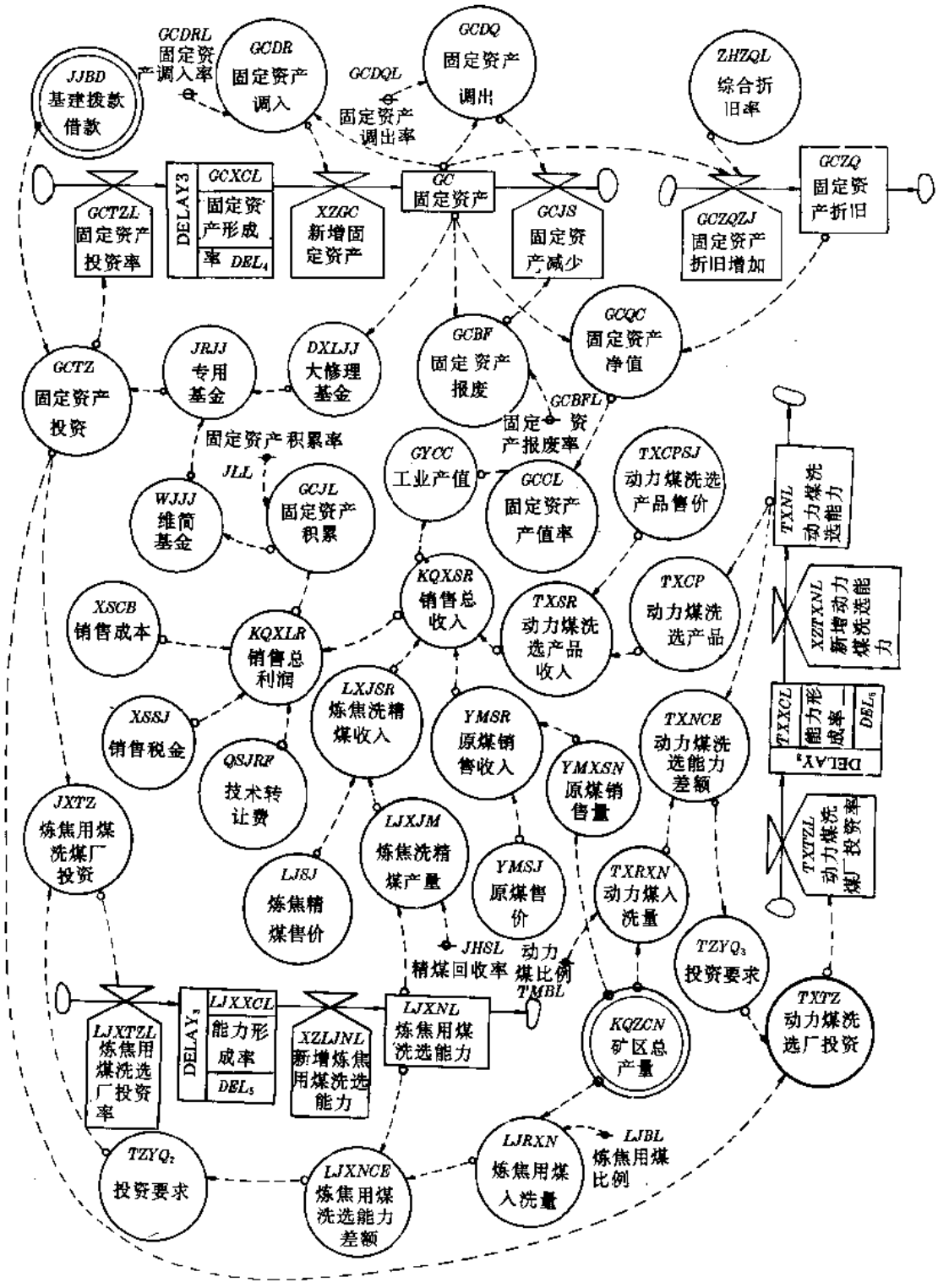


图5 6 矿区经济子系统流图

原书缺页

原书缺页

率，以其开采条件因子与技术进步因子乘积表示。即

A　*LJCN. K = LJNL. K * LNLYL. K*

A　*LNLYL. K = LKZTQ. K * LQSJP. K*

A　*XJCN. K = XJNL. K * XNLYL. K*

A　*XNLYL. K = XKZTQ. K * XQSJP. K*

开采条件与技术进步的量化见本章第三节。

三　矿区经济子模型

矿区经济子模型主要以固定资产和产出的相互关系为基础构造模型。由于固定资产的增长过程是一个积累过程，因而将它作为流位变量。为了增加企业收入，提高矿区经济效益，还必须对原煤进行洗选，以生产适销对路的煤炭产品，满足市场需求。矿区经济子模型流图如图 5—6 所示。

建立矿区经济子模型的关键点是：

1. 固定资产是煤炭工业企业进行生产经营活动的劳动手段。在生产过程中，它的价值是逐渐转移到产品成本中去，又随着产品销售的实现而得到补偿。固定资产产值率是衡量煤炭企业所得补偿的一个指标。它反映在一定的劳动力投入和固定资产水平下，单位固定资产的产出。用 DYNAMO 方程表示为

A　*GCCL. K = GYCC. K/GCQC. K*

2. 固定资产是一个累积变量，本模型将固定资产的折旧也作为一个累积变量。这样，才能计算出固定资产净值。各项固定资产的年折旧率，应根据固定资产原值减去净残值后的余额和折旧年限确定。煤炭企业各类固定资产的净残值比例为固定资产原值的3%。为简化计算，一般采用两种途径。

（1）直接用固定资产原值比折旧年限。计算公式为

$$\text{固定资产年折旧额} = \frac{\text{固定资产原值}}{\text{固定资产折旧年限}}$$

$$\text{固定资产年基本折旧率} = \frac{\text{固定资产年折旧额}}{\text{固定资产原值}} \times 100\%$$

固定资产原值 = 固定资产投资 − 应核销投资
− 转流动资产 + 建设期利息

(2) 按土建、设备的综合折旧率计算。地面建筑及构筑物按30年的服务年限计算，其综合折旧率为2.5%，综采综掘设备综合服务年限为8年，其综合折旧率为12.5%(年折旧额已扣除净残值)，一般采掘设备服务年限为10年，其综合折旧率为10%。洗选设备及其他设备综合服务年限为15年，其综合折旧率为6.67%，土地征用费随建筑物使用年限进行折旧，其方程表达式为：

L　*GCZQ.K* = *GCZQ.J* + *DT* * *GCZQZJ.JK*

R　*GCZQZJ.KL* = *GC.K* * *ZHZQL.K*

3. 固定资产投资的逐年使用计划(固定资产投资率)，原则上应按项目实施计划确定工程进度，如条件不具备，可按原能源部制订的《煤炭矿井、选煤厂工程项目建设工期》安排逐年投资。

4. 固定资产从投资到形成存在时间延迟。

R　*XZGC.KL* = *GCXL.K* * DELAY3(*GCTZL.JK*, *DEL4*)

式中　*DEL4* 表示从投资到固定资产形成的延迟时间。

5. 煤炭企业走向市场经济后，煤价逐步放开。因此矿区销售收入包括生产出的各种产品煤，按煤炭质量规格计价及按市场实际售价计算的销售收入。

销售收入 = 销售总量 × 单位产品销售价格

在实际工作中，一般把销售利润和利润总额两个指标作为考核企业生产经营活动最终成果的利润指标。利润、收入、成本、税金的关系可用公式表达为：

$$\text{销售利润} = \text{销售收入} - \begin{cases} \text{销售成本(生产成本、销售费)} \\ \text{销售锐金(产品税、增值税、营业税、城市维护建设税)} \\ \text{技术转让费(指按年提成的部分)} \end{cases}$$

$$\text{利润总额} = \text{销售利润} - \text{资源税} + \text{营业外净收支}$$

在利润总额中，包括所得税、调节税和企业留利。

A $KQXLR.K = KQXSR.K - XSCB.K - XSSJ.K - QSJRF.K$

A $KQXSR.K = YMSR.K + LXJSR.K + TXSR.K$

A $YMSR.K = YMXSN.K * YMXJ.K$

A $LXJSR.K = LJXJM.K * LTSJ.K$

A $TXSR.K = TXCP.K * TXCPSJ.K$

四　矿区生产效率子模型

原煤生产效率反映劳动者在一定时间内创造使用价值的能力。该模型主要以原煤生产人员和效率的相互关系为基础，描述人员增加或减少其效率变化的情况。矿区生产效率子模型流图如图5—7所示。为使模型简化，原煤生产人员未考虑工伤死亡和调入调出人员。

矿区原煤生产效率 $YMSXL$

A $YMSXL.K = (KQZCN.K/1 \times 10^4)/(YSCR.K * QQXS)$

模型中原煤生产人员 $YSCR$ 包括原煤生产工人 $YSCGR$ 和生产管理人员 $GLRY$，它们都是积累量，因此分别作为二个流位变量。

L $YSCGR.K = YSCGR.J + DT * (SCRZL.JK - SCRLTL.JK)$

R $SCRZL.KL = SCPLTL.K + (JHDR.K - JSRS.K - YSCGR.K)/GZYSJ + XZGR.K$

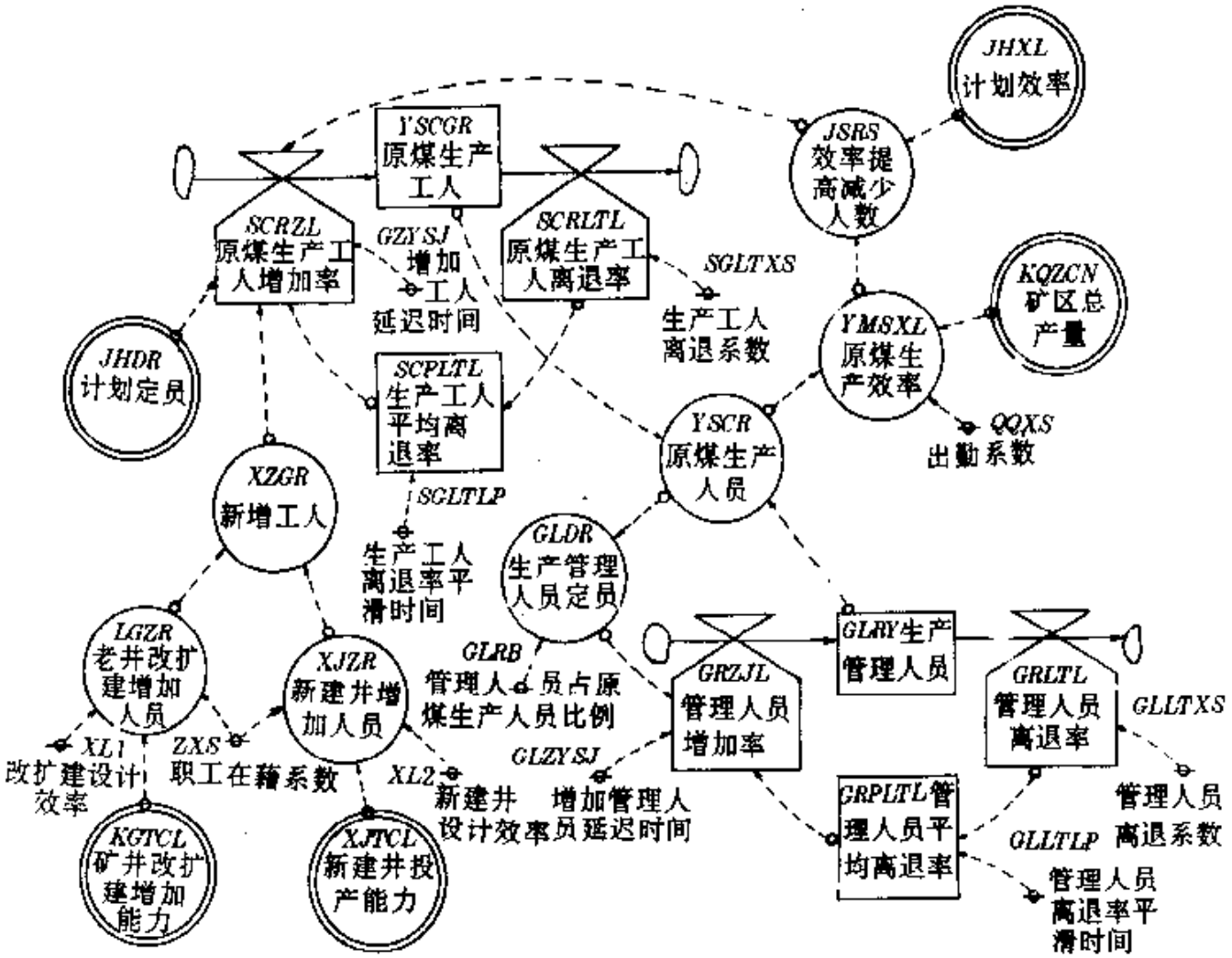


图5 7 矿区原煤生产效率子系统流图

式中　*SCPLTL*—— 生产工人平均离退率。

A　*SCPLTL. K* = SMOOTH(*SCRLTL. JK*, *SGLTLP*)

式中　SMOOTH—— 平滑函数，它是一个宏函数，可在信息流中使用，它以一系列时间序列的变量值来平均，获得一次指数平均值，来反映变量的特征，作为决策的依据。信息的平滑或平均实质上是一种积累过程。被平滑的变量可以是状态，速率或辅助变量。*SGLTLP* 是平滑常数，即平均延迟时间常数，系指变量经积累达到指数加权滑动平均值所需的时间。第二项为调整项，其作用在于调整原煤生产工人(*YSCGR*)使它等于计划定员(*JHDR*)减去效率提高而减少的人员(*JSRS*)。第三项为改扩建或新建井需增加的原煤生产工人。整个速率方程说明，原煤生产工人增加率基于平均离退率，并根据矿区客观实际对生产的要求围绕平均离退率进行上下的调整。

R　*SCRLTL. KL* = *YSCGR. K* * *SGLTXS*

生产管理人员按占原煤生产工人的比例配置。

L　*GLRY. K* = *GLRY. J* + *DT* * (*GRZJL. JK* − *GRLTT. JK*)

R　*GRZJL. KL* = *GRPLTL. K* + (*GLDR. K* − *GLRY. K*)/*GLZYSJ*

R　*GRLTL. KL* = *GLRY. K* * *GLLTXS*

A　*YSCR. K* = *YSCGR. K* + *GLRY. K*

为了提高矿区原煤生产效率，减少原煤生产人员，必须依靠科技进步和提高职工素质。

科技进步有利于提高煤矿的技术装备程度，使工人的劳动效率变得更高。例如，综采效率要比普采高，普采效率要比炮采高。现

在的高产高效工作面效率达 100t/ 工以上。煤炭工业科技进步主要表现为采煤工艺的现代化，缩短了煤矿生产过程和工人的劳动时间，所以，科技进步是提高矿区原煤生产效率的重要途径。

提高职工素质和文化水平，是提高劳动效率的关键。因为机械设备都是由工人来操作掌握的，如果工人不具备必要的文化技术知识和操作技能，那么即使有先进的机械设备，也不能达到提高劳动效率的目的。现代煤矿技术的发展，既要求工人不断提高技术水平，也要求工程技术人员和管理干部不断更新知识，提高技术管理水平。

五　矿区环境子模型

由于矿区环境的有关资料难以统计或统计不全，因此尚不能用综合污染指数来直接反映环境质量，只用“三废”排放量来考察矿区环境的污染情况。矿区环境子模型流图如图 5—8 所示。

（一）未处理废水积存量 *WFXJN*

未处理废水积存量等于当年废水排放量减去当年废水处理量加上原有未处理废水积存量。

L　*WFXJN.K = WFXJN.J + DT * (FXPN.JK − FXQN.JK)*

R　*FXPN.KL = GYCC.K * WCFXPN + KQZRK.K * SFPN.K*

R　*FXQN.KL = QFXTZ.K/QFXDJ*

式中　*WCFXPN*—— 万元产值废水排放量；

SFPN—— 人均生活废水排放量；

QFXDJ—— 处理废水单价。

（二）废气积存量 *FQJN*

废气积存量等于当年废气排放量减去废气处理量加上原有废气积存量。

L　*FQJN.K = FQJN.J + DT * (FQPN.JK − FQQN.JK)*

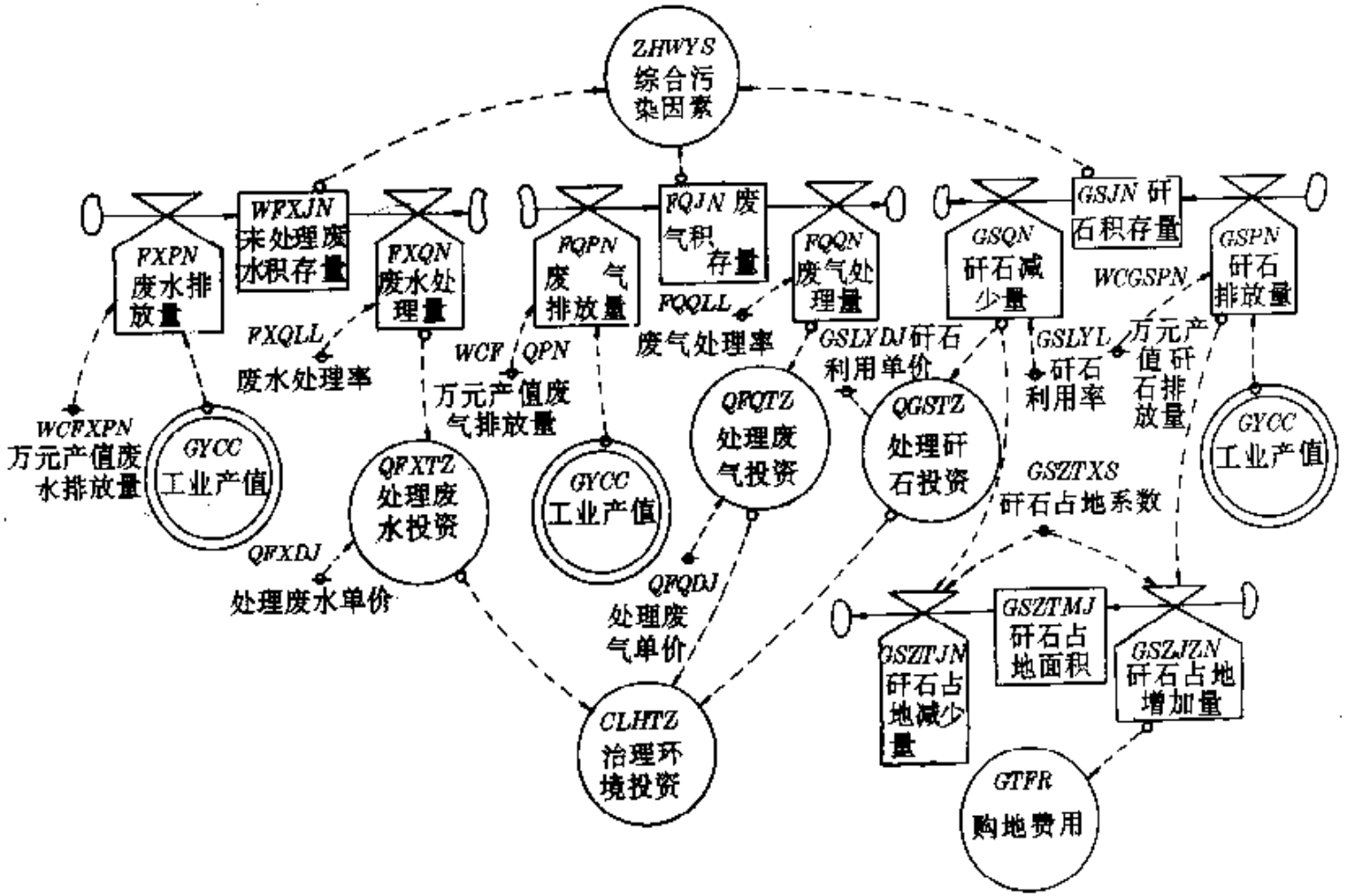


图 5-8　矿区环境子系统流图

R　$FQPN.KL = GYCC.K * WCFQPN$

R　$FQQN.KL = QFQTZ.K/QFQDJ$

式中　$WCFQPN$—— 万元产值废气排放量；

$QFQDJ$—— 处理废气费用单价。

（三）矸石积存量 $GSJN$

L　$GSJN.K = GSJN.J + DT * (GSPN.JK - GSQN.JK)$

R　$GSPN.KL = GYCC.K * WCGSPN$

R　$GSQN.KL = QGSTZ.K/QGSDJ$

（四）矸石占地面积 $GSZTMJ$

L　$GSZTMJ.K = GSZTMJ.J + DT * (GSZTZN.JK - GSZTJN.JK)$

R　$GSZTZN.KL = GSPN.JK * GSZTXS$

R　$GSZTJN.KL = GSQN.JK * GSZTXS$

式中　$GSZTXS$—— 矸石占地系数，$m^2/10^4m^3$.

综合污染因素 $ZHWYS$ 为上述三项之和。

A　$ZHWYS.K = WFXJN.K + FQJN.K + GSJN.K$

（五）治理环境总投资 $CLHTZ$

A　$CLHTZ.K = QFXTZ.K + QFQTZ.K + QGSTZ.K$

第三节　模型数据的给定及模型的使用

一　模型数据的给定

在给定模型数据时，我们将数据分为白色数据和灰色数据两部分，白色数据包括矿区储量、生产能力、职工人数、矿区固定资产等；灰色数据包括开采条件、生产能力利用率、煤矿技术进步等。对白色数据可根据矿区的统计资料给出模拟起始年份的初值，以后则通过各个年份变量的模拟数值与初值的比较来反映变量的变动趋势，对灰色数据采用下述方法进行量化和预测。

1. 生产能力利用率($SNLYL$)的预测

对生产矿井的生产能力利用率用 GM(1,1) 灰色预测模型进行预测。GM(1,1) 模型的微分方程为

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = \mu \qquad (5—1)$$

式中 a,μ—— 要通过建模来求得的参数；

$x^{(1)}$—— 原始数据 $x^{(0)}$ 的累加生成值。即将同一数据列的前 i 项元素累加后生成新数据列的第 i 项元素，用数学式表示为：

$$x^{(1)}(i) = \sum_{m=1}^{i} x^{(0)}(m) \qquad (5—2)$$

对 GM(1,1) 模型，数据矩阵 B 为

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(i-1) + x^{(1)}(i)] & 1 \end{bmatrix}$$

待辨识向量 $\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ \mu \end{bmatrix} = (B^TB)^{-1}B^TY_N$

式中 Y_N 为数据向量，$Y_N = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \cdots\cdots x^{(0)}(i)]^T$

由白化形式微分方程(5—1)的解为

$$\hat{x}^{(1)}(t) = \left(x^{(1)}(0) - \frac{\mu}{a}\right)e^{-at} + \frac{\mu}{a} \qquad (5—3)$$

从 $x^{(0)}(1)$ 到 $x^{(0)}(4)$ 有 3 个时间间隔，在不将第 1 个数据 $x^{(0)}(1)$ 改作第0个数据的前提下，应看作经过3个时间间隔才达到 $x^{(0)}(4)$，或者说，经过 $i-1$ 个时间间隔，才达到 $x^{(0)}(i)$，为此有

$$\hat{x}^{(1)}(i) = \left(x^{(1)}(0) - \frac{\mu}{a}\right)e^{-a(i-1)} + \frac{\mu}{a}$$

要达到 $x^{(0)}(i+1)$，则须经过 i 个时间间隔，故有

$$\hat{x}^{(1)}(i+1)=\left(x^{(1)}(0)-\frac{\mu}{a}\right)e^{-ai}+\frac{\mu}{a} \qquad (5—4)$$

这就是要求的灰色模型。

以平顶山矿务局为例。表 5—2 所列为平顶山矿务局 1977～1986 年生产能力利用率的实际值。

表 5—2　　平顶山矿务局 1977～1986 年生产能力利用率

年　份	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
设计能力（万 t/a）	987	987	1017	1017	1137	1137	1137	1187	1187	1377
实际产量（万 t/a）	1157.2	1373.8	1387.1	1365.1	1356.6	1357.0	1444.0	1505.0	1612.0	1687.4
生产能力利用率（%）	117.2	139.2	136.4	134.2	119.3	119.3	121.6	126.8	117.1	122.5

对 $x^{(0)}(i)$，$i=1,2\cdots\cdots,10$，按(5—2) 式处理得，累加生成值 $x^{(1)}(i)$

$$x^{(1)}(1)=x^{(0)}(1)=117.2$$

$$x^{(1)}(2)=\sum_{i=1}^{2}x^{(0)}(2)=256.4$$

$$x^{(1)}(3)=\sum_{i=1}^{3}x^{(0)}(3)=392.8$$

$$x^{(1)}(4)=\sum_{i=1}^{4}x^{(0)}(4)=527.8$$

$$x^{(1)}(5)=\sum_{i=1}^{5}x^{(0)}(5)=646.3$$

$$x^{(1)}(6)=\sum_{i=1}^{6}x^{(0)}(6)=765.6$$

$$x^{(1)}(7) = \sum_{i=1}^{7} x^{(0)}(7) = 887.2$$

$$x^{(1)}(8) = \sum_{i=1}^{8} x^{(0)}(8) = 1014.0$$

$$x^{(1)}(9) = \sum_{i=1}^{9} x^{(0)}(9) = 1131.1$$

$$x^{(1)}(10) = \sum_{i=1}^{10} x^{(0)}(10) = 1253.6$$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(4)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(4) + x^{(1)}(5)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(5) + x^{(1)}(6)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(6) + x^{(1)}(7)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(7) + x^{(1)}(8)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(8) + x^{(1)}(9)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(9) + x^{(1)}(10)] & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -186.8 & 1 \\ -324.6 & 1 \\ -459.9 & 1 \\ -586.6 & 1 \\ -706.0 & 1 \\ -821.9 & 1 \\ -950.6 & 1 \\ -1072.6 & 1 \\ -1192.4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_N = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4), x^{(0)}(5), x^{(0)}(6), x^{(0)}(7), x^{(0)}(8), x^{(0)}(9), x^{(0)}(10)]^T$$

$$= [139.2, 136.4, 134.2, 119.3, 119.3, 121.6, 126.8, 117.1, 122.5]^T$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N$$

$$= \begin{bmatrix} 5345751.5 & -6301.4 \\ -6301.4 & 9 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -186.8 & -324.6 & -459.9 & -586.6 & -706 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -821.9 & -950.6 & -1072.6 & -1192.4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot [139.2 \quad 136.4 \quad 134.2 \quad 119.3 \quad 119.3 \quad 121.6 \quad 126.8 \quad 117.1 \quad 122.5]^T$$

$$= \begin{bmatrix} 1.071 \times 10^{-6} & 7.5 \times 10^{-4} \\ 7.5 \times 10^{-4} & 0.6361 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -778353.34 \\ 1136.4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.0188 \\ 139.1 \end{bmatrix}$$

代入式(5—1)得 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + 0.0188x^{(1)} = 139.1$

$$\hat{x}^{(1)}(i+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{\mu}{a})e^{-ai} + \frac{\mu}{a}$$

$$x^{(0)}(1) = 117.2 \quad \frac{\mu}{a} = \frac{139.1}{0.0188} = 7398.88$$

$$\hat{x}^{(1)}(i+1) = -7281.68e^{-0.0188i} + 7398.88$$

这就是平顶山矿区生产能力利用率的 GM(1,1) 灰色预测模型。按此模型计算得 $x^{(1)}$ 的模型值如下：

$i = 1$ 时　$\hat{x}^{(1)}(2) = 252.82$

$i = 2$ 时　$\hat{x}^{(1)}(3) = 385.91$

$i = 3$ 时　$\hat{x}^{(1)}(4) = 516.52$

$i = 4$ 时　$\hat{x}^{(1)}(5) = 644.7$

$i = 5$ 时　$\hat{x}^{(1)}(6) = 770.49$

$i = 6$ 时　$\hat{x}^{(1)}(7) = 893.94$

$i = 7$ 时　$\hat{x}^{(1)}(8) = 1015.09$

$i=8$ 时　$\hat{x}^{(1)}(9)=1133.99$

$i=9$ 时　$\hat{x}^{(1)}(10)=1250.67$

利用 $\hat{x}^{(0)}(i)=\hat{x}^{(1)}(i)-\hat{x}^{(1)}(i-1)$。取 $\hat{x}^{(1)}(1)=\hat{x}^{(0)}(1)=117.2$ 还原数列得 $x^{(0)}(i)$ 模型值如表 5—3。

表 5—3

模型值(%)	实际值(%)	误　差(%)
$\hat{x}^{(0)}(2)=135.62$	139.2	−2.57
$\hat{x}^{(0)}(3)=133.09$	136.4	−2.43
$\hat{x}^{(1)}(4)=130.61$	134.2	−2.67
$\hat{x}^{(1)}(5)=128.18$	119.3	+6.93
$\hat{x}^{(1)}(6)=125.79$	119.3	+5.16
$\hat{x}^{(1)}(7)=123.45$	121.6	+1.50
$\hat{x}^{(1)}(8)=121.15$	126.8	−4.46
$\hat{x}^{(1)}(9)=118.9$	117.1	+1.51
$\hat{x}^{(1)}(10)=116.68$	122.5	−4.75

上述预测值是否可以信赖，必须通过一定的检验手续，一般采用后验差检验。另一方面则看预测值 $\hat{x}^{(1)}(k),k\in\{1,2,\cdots,N\}$ 与原始累加值 $x^{(1)}(k),k\in\{1,2,\cdots,N\}$ 之间的接近程度，事实上，就是看序列 $\{\hat{x}^{(1)}(1)\}$ 与 $\{\hat{x}^{(1)}(i)\}$ 之间关联度的大小，关联度大，则认为预测模型精度高。

当预测序列与原序列的关联度过小时，应采取措施，提高精度。灰色系统预测中提高预测精度的一种基本思想是“残差辨识”。所谓残差辨识，即将预测值 $\hat{x}_i^{(1)}(k),k\in\{1,2,\cdots,N\}$ 与原始值 $x_i^{(1)}(k),k\in\{1,2,\cdots,N\}$ 间的差(记为 $\varepsilon^{(1)}$)再建立GM模型，并称之为残差GM模型；再将残差GM模型预测值，加于原来的预测值上，以提高预测精度。

新矿区和新矿井达产后的生产能力利用率一般取 1，即产量

等于其设计能力。对于老井和新井因煤层开采条件的变化和技术进步因素(主要是采煤机械化程度)的增长对产量所产生的影响,则再乘以一定的各因素变化的影响因子。

2. 煤层开采条件影响因子的估计

在新井设计过程中确定生产能力时已对煤层开采条件和技术进步因素进行了充分的考虑。此模型中考虑的煤层开采条件和技术进步因素是为原有的情况发生了很大的变化而设置的。

A $XJCN.K = XJNL.K * KZTQ.K * QSJP.K *$
$1.5 \times (1 - \text{NOISE } C)/50)$

A $KZTQ.K = U_1.K * U_2.K * U_3.K * U_4.K$

式中 1.5—— 时间富裕系数。设计生产时间为300天14小时,实际工作时间为350天18小时;

$KZTQ$—— 煤层开采条件变化影响因子;

$QSJP$—— 技术进步变化影响因子;

U_1—— 地质构造变化影响因子;

U_2—— 煤层厚度变化影响因子;

U_3—— 煤层倾角变化影响因子;

U_4—— 开采深度变化影响因子。

(1) 地质构造变化影响因子 U_1

地质构造包括断层,褶曲及火成岩侵入的影响,其影响因子

$$U_1 \cdot K = \begin{cases} 1 & \text{地质构造简单} \\ 0.9 & \text{地质构造复杂} \end{cases}$$

(2) 煤层厚度影响因子 U_2

煤层厚度的变化对产量影响极大,1.3m以下薄煤层单产一般较低,4.5m以上的厚煤层单产也不太高,根据统计资料分析,我国单产较高的煤层厚度是2.5～3.5m。因此煤层厚度对产量影响因子 U_2(见图5—9)用表函数表示如下:

A　$U_2.K$ = TABLE(U_2T, $M.K$, 1.0, 4.5, 0.7)

A　U_2T = 0.6/0.9/1.0/1.1/1.15/1.0

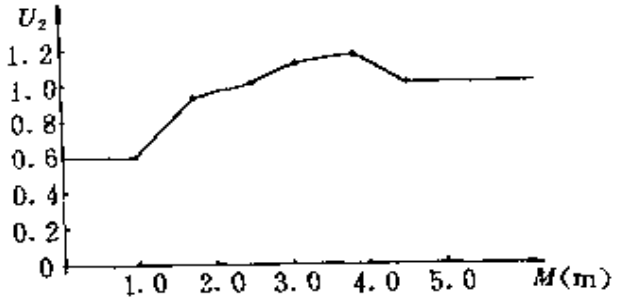


图 5—9　煤层厚度与影响因子

(3) 煤层倾角影响因子 U_3

我国根据煤层倾角的大小将煤层分为缓倾斜煤层(0°～25°)、倾斜煤层(25°～45°)和急倾斜煤层(45°～90°)，用 U_3 表示煤层倾角对产量的影响因子(图 5—10)，其表达式如下：

A　$U_3.K$ = TABLE(U_3T, $ALFA.K$, 10, 60, 12)

T　U_3T = 1.0/0.95/0.9/0.8/0.7

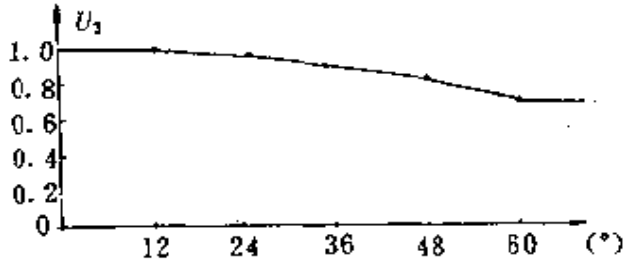


图 5—10　煤层倾角与影响因子

(4) 开采深度影响因子 U_4

开采深度增加，矿井的地温、地压及瓦斯量都随之增加，给煤炭开采增加很多困难，对矿井产量也有着不同程度的影响(见图 5—10) 其影响因子 U_4 用表函数表示如下：

A　$U_4.K$ = TABLE(U_4T, $H.K$, 200, 800, 200)

T　U_4T = 1.2/1.0/0.95/0.9

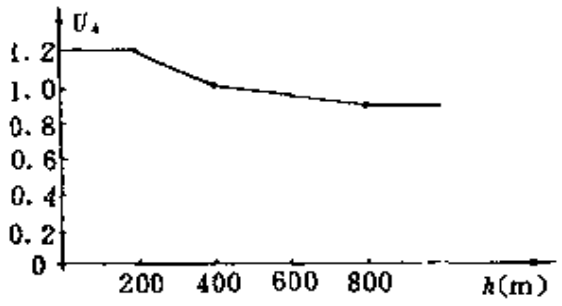


图 5—11　开采深度与影响因子

3. 技术进步影响因子

煤矿技术进步是多方面的，它可表现在矿井巷道布置和采煤方法的改进上，机械化程度的提高及其它新技术的采用以及职工素质的提高上。为了便于度量，本模型主要用采煤机械化程度来表征其技术进步的变化，其影响因子（见图 5—11）用表函数表示如下：

A　$QSJP.K$ = TABLE($QSJPT$, $JH.K$, 0, 100, 50)

T　$QSJPT$ = 0.8/1.0/1.1

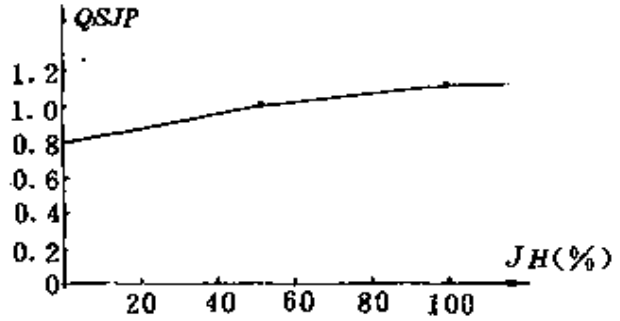


图 5—12　技术进步与影响因子

二　输入内容

1. 矿区煤炭生产子模型

① 模拟起始时刻的矿区生产能力(分新井和老井)，矿区可采储量(分新区和老区)；

② 老井改扩建新增能力，新建井增加的生产能力，矿井衰老与报废减少的能力；

③ 老井改建工期，新井建设工期；

④ 老井改建和新井建设吨煤投资；

⑤ 煤炭回收率。

2. 矿区经济子模型

① 模拟起始时刻矿区固定资产原值，精煤洗选能力，原煤、精煤成本及售价；

② 固定资产综合折旧率，每年新增固定资产投资，炼焦煤、动力煤选煤厂建设吨煤投资；

③ 煤矿专用基金、维简基金等所占的比例系数；

④ 煤矿各种税金的比例及营业外收入和营业外支出。

3. 矿区生产效率子模型

① 模拟起始时刻矿区原煤生产人员、生产管理人员、矿区全员效率及吨煤工资额；

② 职工调进率及调出率、自然减员率、劳动出勤率；

③ 老井改扩建及新建井设计效率。

4. 矿区环境子模型

① 模拟起始时刻矿区未处理废水、矸石、废气积存量，开采塌陷面积和矸石占地面积；

② 矿区万元产值废水排放量和处理量，万元产值矸石排放量和利用量，万元产值废气排放量；

③ 用于治理“三废”及造田复田的投资，治理废水、废气和矸石处理单价，每年“三废”处理率。

还有模拟时间间隔 *DT*，模拟停止时刻 LENGTH，以及模拟的起始时刻 TIME。

数据的输入方式一般用 *N* 方程和 *C* 方程。

三　输出内容

“PKQKH—2015”程序输出 1985～2015 年逐年的指标：① 矿区总生产能力；② 老井生产能力；③ 新井生产能力；④ 矿区总产量；⑤ 老井产量；⑥ 新井产量；⑦ 老区可采储量；⑧ 新区可采储量；⑨ 精煤和动力煤洗选能力；⑩ 精煤和动力煤产量；⑪ 销售总收入；⑫ 精煤收入；⑬ 销售原煤收入；⑭ 工业产值；⑮ 销售总利润；⑯ 精煤利润；⑰ 原煤吨煤成本预测值；⑱ 精煤吨煤成本预测值；⑲ 职工人数；⑳ 原煤生产工人人数；㉑ 生产管理人员数；㉒ 矿区全员效率；㉓ 矿区固态资产原值、净值；㉔ 固定资产折旧；㉕ 报废固定资产等。

“PKQST—2000 程序输出 1985～2000 年逐年的指标：① 废水积存量；② 废气积存量；③ 矸石积存量；④ 开采塌陷面积；⑤ 矸石占地面积；⑥ 废水处理量；⑦ 废气处理量；⑧ 矸石处理量；⑨ 治理“三废”投资；⑩ 征地总费用。

第四节　矿区规划 SD 模型的验证

根据平顶山矿区、淮南矿区和兖州矿区的历史素材分别建立了三个矿区发展的 SD 模型，为了对其进行历史数据拟合检验，将平顶山矿区模拟起始时间退回到 1979 年，取矿区产量和职工人数为验证的主要变量，将淮南和兖州矿区模拟起始时间分别退回到 1984 年和 1980 年，取矿区产量、职工人数、矿区固定资产原值和工业产值 4 个指标为验证的主要变量，验证结果分别列于表 5—4，表 5—5 和表 5—6。

由表 5—4，表 5—5 和表 5—6 中数字可见，平顶山矿区两个

指标的仿真值和历史实际值之间最大相对误差小于 3.66%；淮南矿区和兖州矿区 4 个指标的仿真值和历史实际值之间最大相对误差分别小于 3.63%和 2.41%，其拟合精度都是比较高的。这表明三个矿区的 SD 模型分别用于各自矿区发展的模拟研究是可信的。

表 5—4　　平顶山矿区发展 SD 模型验证结果

指标 / 内容 / 年份	矿区产量(万 t)			职工人数(人)		
	历史值	仿真值	误差(%)	历史值	仿真值	误差(%)
1979	1387.15	1385.2	−0.17	81272	83880	+3.2
1980	1365.11	1369.9	+0.35	89461	92500	+3.4
1981	1365.64	1354.9	−0.12	88286	89520	+1.4
1982	1356.96	1339.0	−0.134	89637	86580	−3.53
1983	1444.10	1427.4	−1.17	91597	92690	+1.19
1984	1505.05	1479.9	−1.7	93880	90080	−3.66
1985	1612.01	1604.3	−0.48	105372	105400	+0.016
1986	1687.40	1642.1	−2.76	106383	105540	−0.8
1987	1760.43	1740.1	−1.17	107388	108390	+0.93

表 5—5　　淮南矿区发展 SD 模型验证结果

指标 / 内容 / 年份	矿区产量（万 t）			职工人数（人）			固定资产原值（万元）			工业总产值（万元）		
	历史值	仿真值	误差(%)	历史值	仿真值	误差(%)	历史值	仿真值	误差(%)	历史值	仿真值	误差(%)
1984	913.41	880.21	−3.63	87270	86878	−0.45	106299.0	106299.0	0	27099.4	26307.0	−2,92
1985	923.19	928.70	+0.60	88270	88632	+0.41	119212.3	117535.2	−1.41	27782.0	27598.7	−0.66
1986	953.69	943.91	−1.03	87580	86904	−0.77	131414.2	128479.3	−2.23	28020.0	28221.0	+0.72
1987	791.04	797.14	+0.77	89200	90047	+0.95	148638.4	145530.4	−2.09	24414.0	23709.5	−2.89
1988	894.78	891.14	−0.41	108600	108405	−0.18	158951.3	155970.8	−1.89	26720.0	26565.2	−0.58

表 5—6　　兖州矿区发展 SD 模型验证结果

指标 / 内容 / 年份	矿区产量(万t)			职工人数（人）			固定资产原值（万元）			工业总产值（万元）		
	历史值	仿真值	误差(%)	历史值	仿真值	误差(%)	历史值	仿真值	误差(%)	历史值	仿真值	误差(%)
1980	277.90	273.38	−1.63	21541	21927	+1.79	16892.5	16892.5	0	7416.9	7569.2	+2.05
1981	271.01	267.09	−1.45	26055	26380	+1.25	28982.5	28629.5	−1.22	6949.2	7018.4	+0.10
1982	392.11	382.72	−2.39	28865	29184	+1.11	63225.7	64324.1	+1.74	10228.8	10321.9	+0.91
1983	444.15	454.37	+2.30	31176	31084	−0.30	66617.5	65076.5	−2.31	11503.5	11667.0	+1.42
1984	509.01	511.78	+0.54	34291	34541	+0.73	71317.5	73039.1	+2.41	13166.4	13311.5	+1.10
1985	575.62	584.49	+1.54	34546	34630	+0.24	98004.4	96625.2	−1.41	16303.1	16562.7	+1.59
1986	693.89	694.55	+0.10	35322	35961	+1.81	156435.9	158988.4	+1.63	20153.0	20487.5	+1.66
1987	808.24	813.08	+0.60	36828	36257	−1.55	173928.7	175237.8	+0.75	25803.5	26392.4	+2.28
1988	931.88	912.07	+2.13	63236	63509	+0.43	209520.8	213908.8	+2.09	44224.2	44488.2	+0.60

第六章　矿区最优规划方案的选择

第一节　最优性准则

新建矿区或生产矿区的长远规划技术上可能的方案有若干种，为了从中选取最优方案，首先需要确定最优性准则，即衡量、判断的标准和尺度。

矿区规划方案中重点要求论述的是井田划分、矿井生产能力和产量，矿井开采顺序，新建及改建矿井的规模，开采强度等的技术经济合理性。相应地在规划中需要考察具体技术经济准则有以下方面。

1. *矿区规模和产量*

矿区规模是反映矿区面貌的基本指标，在缺煤地区希望矿区规模尽可能大一些，以满足地区工农业生产发展的需要。煤炭资源丰富，已向外供应煤炭较多的地区，需要根据外运能力和需求量，确定适宜的生产规模。

矿区产量取决于矿区生产规模，一般略大于矿区生产能力，但有的生产矿区，受历史上矿井设计状况的影响，也可能略小于矿区生产能力。

2. *矿区经济效益*

不同矿区规划方案时的煤种产量构成不同，根据对各种条件下各种产品成本和售价的预测，能够计算出销售后的经济收入，作

为矿区生产的直接效益，应该是越大越好。当矿区设置集中洗选厂时，需要分别考核矿井生产效益和矿区生产效益。为了提高矿区的经济效益，正在向综合经营方向发展。

3. 矿区生产的社会效益

矿区生产煤炭由于煤价低，直接效益可能较差。但是作为国民经济整体构成中的重要能源资源，对其他部门的生产影响很大，为此可根据满足国民经济发展的地区煤炭供应调配计划所带来的整体社会效益来评价。例如每吨煤可以创造的工业产值，东部地区比西部地区高，上海、江苏比其他地区高。

4. 矿区基本建设投资

煤矿矿区生产过程中盈利少甚至亏损，自投资能力很低，矿区建设依靠国家投资，因此基本建设投资是考察和控制矿区建设的一项非常重要的指标。新建矿区需要大量的投资，生产矿区扩大规模或者维持一定生产水平，也需要补充一部分基本建设或矿井改扩建的投资，都应该力求投资越少越好，并且需要考虑投资使用年限不同的时间因素影响，以投资的动态分析作为评价指标。

5. 矿区生产的机械化水平

生产机械化水平主要指采煤和掘进机械化水平，它是反映矿区生产集中化、现代化程度的指标之一，显然希望机械化水平越高越好。它与矿井建设投资和吨煤生产成本等指标间互有影响，提高采掘机械化水平需要增加设备投资，而又未必一定会降低成本，却肯定可以减轻工人体力劳动，改善作业环境，有利于安全生产。

6. 矿区全员效率

全员效率增长是生产力发展的标志，应该力求矿区生产获得较高的全员效率。

矿区规划中的最优方案选择需要按上述准则进行多目标评价综合选优。按照所采用的最优化方法，可以选用上述的全部指标，也可以选用其中的一部分指标，其中产量、效益、投资应该是不可

缺少的。对于不同条件下的矿区规划方案选择，有的将以某项指标（例如投资或产量）作为约束条件对待。

第二节　矿区发展方案选择的0—1整数规划

编制矿区生产发展的长远规划时，主要任务之一是确定生产矿井改扩建和新建矿井的数量和规模。这时需要考察矿区总投资、总产量和经济效益三者的相互影响和制约关系，用以解答如何合理使用资金使其发挥最大效益；在有限的投资条件下，如何满足矿区总产量要求；为满足矿区总产量增长幅度，所需要的最低资金等问题。对此可采用0—1数学规划方法

一　数学模型

以矿区所增效益最大为目标函数，以满足增加产量的要求及投资资金总额限制作为约束条件，将可选方案中进行改扩建或新建的矿井定为1，不进行改扩建或新建的矿井为0，数学模型表达为：

目标函数

$$Z(I)=\sum_{J=1}^{N}P(J)\cdot X(I,J)\Rightarrow\max$$

$$I=1,2,3,\cdots\cdots 2^{N}$$

$$P(J)=\frac{Q(J)}{A0(J)}\cdot W(J)\cdot(T0-T(J))$$

约束条件

$$\sum_{J=1}^{N}W(J)\cdot X(I,J)\geqslant AL$$

$$\sum_{J=1}^{N}D(J)\cdot X(I,J)\leqslant DH$$

式中　$P(J)$——J矿井投资后规划期内增加的总效益，万元；

$W(J)$——J矿井投资见效后增产数量，万t；

$D(J)$——J矿井所需投资金额，万元；

$T(J)$——J矿井投资后施工期，a；

$Q(J)$——J 矿井规划前的效益，万元 /a；

$A0(J)$——J 矿井规划前的产量，万 t/a；

I—— 方案编号；

$T0$—— 规划期年限，a；

AL—— 规划期末矿区要求达到的增产指标，万 t；

DH—— 规划期内矿区投资资金总额，万元；

$X(I,J)$—— I 方案 J 矿井是否改扩建或新建的定性参数（逻辑变量）；

N—— 可以进行改扩建或新建的矿井数目。

二　备择方案集与方案序列

若已知可以进行改扩建或新建的矿井数目为 N 个，规划时根据矿区规划期的投资总额及矿井所需的投资数量，投资可能采取的分配方案有只给某一个矿井的；只给某两个矿井的，…… 至到全部 N 个矿井都给，共 2^N 个方案组成方案集。

每个方案 $X(I)$ 以 1 或 0 代表取舍的 N 维向量表示

$$X(I) = (x_1, x_2, \cdots, x_N)$$

$$x_J = \begin{cases} 1 & \text{对 } J \text{ 矿井投资 } D(J) \\ 0 & \text{对 } J \text{ 矿井不投资} \end{cases}$$

其中 I 为方案的的编号，J 是矿井编号取值，由 1 到 N，$(x_1, x_2, \cdots, x_N)$ 是由 x_i 取值为 1 或 0 组成的 N 维向量，表示哪个矿井给投资，哪个矿井不给投资。例 $X_1 = (00001)$，$X_2 = (00010)$ 等。

按上述方案分配投资后，各方案所获得的新增效益为：

$$Z(I) = \sum_{J=1}^{N} P(J) \cdot X(I,J)$$

依 $Z(I)$ 值由大到小将全部备择方案重新排序，形成方案序列，它表明方案编号靠前的新增效益比靠后的新增效益大，选取时可以按方案序列的顺序进行。

三　不同约束条件类型

矿区发展规划方案选择时，需要考虑的约束条件因时因地而有所不同，包括国家对矿区的产量要求和投资能力，矿区自筹资金投资能力等。作为通用的优化模型和计算机程序，为适应不同的约束条件下都可以进行方案选优的需要，分为以下几种类型（用 LX 代表不同类型）：

(1) $LX=1$，约束条件是投资总额 DF 不大于给定的资金 DH，即满足：

$$DF(I)=\sum_{J=1}^{N}D(J)\cdot X(I,J)\leqslant DH$$

当 $DH1$ 值是给定某一区间内可任意选取时，采用取上限值时为 $DH1$，下限值为 $DH2$，步长间隔为 $DH3$ 进行多种投资可能时的方案选择。

(2) $LX=2$，约束条件是规划期末（如2000年）矿区增加的产量 $WF(I)$ 不小于给定的增产指标 AL，若有一部分其他矿井产量衰减为 $Y(3)$ 时，需满足：

$$WF(I)=\sum_{J=1}^{N}W(J)\cdot X(I,J)\geqslant AL+Y(3)$$

(3) $LX=3$，约束条件是投资总额 $DF\leqslant DH$，矿区增产量 $WF(I)\geqslant AL$（或 $AL+Y(3)$），即满足：

$$\begin{cases}DF(I)=\sum_{J=1}^{N}D(J)\cdot X(I,J)\leqslant DH\\ WF(I)=\sum_{J=1}^{N}W(J)\cdot X(I,J)\geqslant AL+Y(3)\end{cases}$$

当投资总额为 $DH1\sim DH2$ 时，仍可进行按步长 $DH3$ 作多种投资时的方案选择。

(4) $LX=4$，约束条件是投资总额 $DF \leqslant DH$ 的同时，分阶段（第一个五年，第二个五年，第三个五年）的增产量 $WF1, WF2, WF3$ 满足增产指标 $AL(1), AL(2), AL$ 的要求，即满足

$$\begin{cases} DF(I)=\sum_{J=1}^{N} D(J)\cdot X(I,J) \leqslant DH \\ WF1(I)=\sum_{J=1}^{N} W1(J)\cdot X(I,J) \geqslant AL(1)+Y(1) \\ WF2(I)=\sum_{J=1}^{N} W2(J)\cdot X(I,J) \geqslant AL(2)+Y(2) \\ WF3(I)=\sum_{J=1}^{N} W3(J)\cdot X(I,J) \geqslant AL+Y(3) \end{cases}$$

当要求的产量增加幅度是分阶段平稳上升时，可取 $AL(1)=\frac{1}{3}AL, AL(2)=\frac{2}{3}AL$。

(5) $LX=5$，作为附加的约束类型，约束条件与 $LX=4$ 时基本相同。只增加一个分阶段，代表第四个五年期间产量的增长要求。

显然，模型中约束条件越多，最优方案的选取越困难。在各类约束条件下完全可能出现无解或解的数目不多（程序中 N_1 定为输出选优方案的前 N_1 个，初步考虑可以取 $N_1=5$），且约束条件越多出现无解的可能性越大。

四　求解方法和计算机程序

最优方案的求解按模型和不同的约束条件类型，按方案序列对照约束条件检验最先满足要求的为最优方案，以下顺序安排次优方案，到所要求提供的方案数 N_1 为止。

计算机程序采用 BASIC 语言，在 IBM—PC/XT 机上实现，源程序框图如图 6—1 所示。输出结果配有汉字。

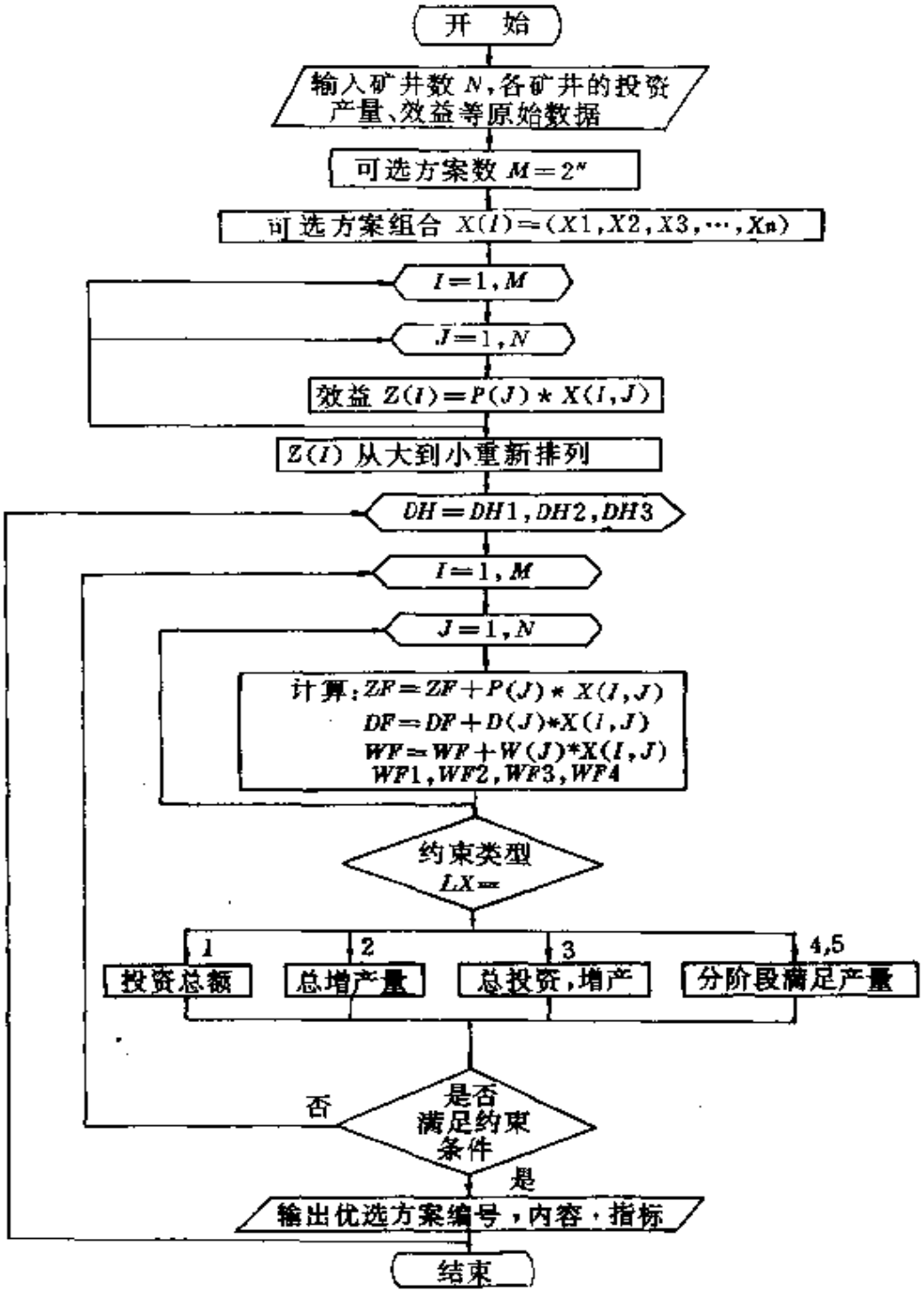


图 6—1　矿区发展方案选择 0—1 整数规划程序框图

五　平顶山矿区发展规划的方案选择

用上述模型和程序对平顶山矿区的长期(1986 ～ 2000 年)发展规划方案进行了优选。

输入条件按 7 对矿井可以改扩建或新建增加产量。编号 1 ～ 7 分别为一矿、六矿、七矿、八矿、十矿、十二矿、十三矿、以各矿 1985 年的产量和效益作为基础数据，以矿务局提供的扩建或新建规模和预计投资为标准。另外有二矿、三矿、九矿和五矿在规划期内产量有所下降。合计减少的产量分阶段为 $Y(1) = 62.78$；$Y(2) = 93.87$；$Y(3) = 98.78$ 万 t/a。

规划期间矿区投资最高为 9.0 亿元，最低为 4.0 亿元，计算的步长取 0.5 亿元。矿区增产幅度用人机对话方式输入，自 3.88Mt/a 起输入。

不同条件下得出的结果从略。

根据输出的结果进行分析时，将其主要部分摘录汇总成表 6—1，用以说明在已有的改扩建或新建的方案中，由于要求增产幅度不同，按投资取值的不同，能够选取的最优方案(计算机中计算输出前五个，这里列出的是第一个)。规划期间为 1986 ～ 2000 年。

从输出结果中可见：

(1) 要求规划期末矿区总产量达到 22.00Mt/a，增产幅度 5.88Mt/a，只有取全部矿井进行改扩建或新建的方案；

(2) 要求规划期末矿区总产量达到 24.00Mt/a，增产幅度 7.88Mt/a，按现有的输入条件选不出可行方案；

(3) 要求规划期末矿区总产量达到 20.00Mt/a，增产幅度 3.88Mt/a 时，根据投资能力可以有几种方案提供选择，以不建十三矿所用投资最少，其次为八矿扩建，再次为十一矿及七矿；

(4) 改扩建、新建矿井的优先次序，按此项结果为一矿、六矿、十二矿，其次为十三矿、八矿、十一矿、七矿。

表 6—1　不同产量要求和投资条件下得出的最优方案 $X(I)$

产量(万 t/a)	投资(亿元)	约束类型 LX			
		1	2	3	4
规划期末(2000 年) 2000 ($AL=388$)	9.0	1111111	1111111	1111111	1111111
	8.5	1101111	1111111	1101111	1101111
	8.0	1011111	1101111	1011111	1111011
	7.5	1011111	1011111	1011111	1110111
	7.0	1001111	1001111	1001111	1111110
	6.5	1011011	1111011	1011011	1111110
	6.0	1010111	—	1010111	1111110
	5.5	1111110	—	1111110	1111110
	5.0	1111110	—	1111110	1111110
	…	—	—	—	—
2200 ($AL=588$)	9.0	1111111	1111111	1111111	—
	8.5	1101111	1111111	1101111	—
	8.0	1011111	1101111	1111011	—
	7.5	1011111	1111011	—	—
	7.0	1001111	1111101	—	—
	…	—	—	—	—
2400 ($AL=788$)	9.0	1111111	—	—	—
	8.5	1101111	—	—	—
	…	—	—	—	—

第三节　矿井改扩建和新建项目合理安排的目标规划

一　概述

矿区最优规划的主要内容是确定规划目标，为满足目标要求进行矿区内生产矿井改扩建和新井建设项目的合理安排。

矿区规划目标不止一项，属多目标决策问题。多目标决策问题的最优化，求解方法有多种，目标规划是其中的一个有效途径。

根据所采用的多项优化目标进行矿区内矿井改扩建和新建项目合理安排时，需要对几项目标的重要程度按优先等级排序，需要

提供可能形成的改扩建和新建矿井方案，并对各方案可能达到的各项指标进行分析预测。矿井改扩建和新建项目合理安排的目标规划模型，就是由上述一些内容组成的，以 0—1 目标规划进行评价，选择矿区最优规划方案的通用模型。其基本结构参见图 6—2。

二　矿区规划通用模型结构

1. 矿区规划的依据

以生产矿区为重点，将其分为三类：扩大型矿区、稳产型矿区和衰减型矿区。扩大型矿区，是指矿区有待发展，规模不定，需要通过论证得出最佳的矿区规模及矿区发展方案。稳产型矿区，是指矿区在今后若干年内维持某一生产规模，通过规划提出矿区内各矿井改扩建和新建方案实施所形成的矿区规划方案，并选取矿区规划最佳方案。衰减型矿区，是在今后若干年内不可能进行矿井新建或改扩建，矿区总产量呈下降趋势，一般不进行矿区生产建设方面的详细论证，通过预测各矿井的生产发展情况，可以得出矿区今后若干年内的变化情况。

矿区规划的核心内容是矿区规模(产量)、效益及投资。矿区产量由矿区内各生产矿井的产量保证；矿区效益主要取决于各矿井的产量、煤炭售价和生产成本；矿区投资包括新井建设投资和老井改扩建投资。因此，编制矿区发展规划以矿井改扩建、新建或报废等井型变化为主体。以矿区内生产矿井和待建矿井的资源条件和生产现状为基础。

2. 编制和选择矿区规划方案的原则和步骤

编制矿区规划方案的原则是技术上可行，经济上合理。首先需要对矿井发展现状进行预测，再通过计算机模拟得出规划期内矿区规划可行方案，形成可行方案集。最后用目标规划进行方案综合评价。

3. 矿区规划通用模型结构

矿区规划通用模型总结构框图见图 6—2。

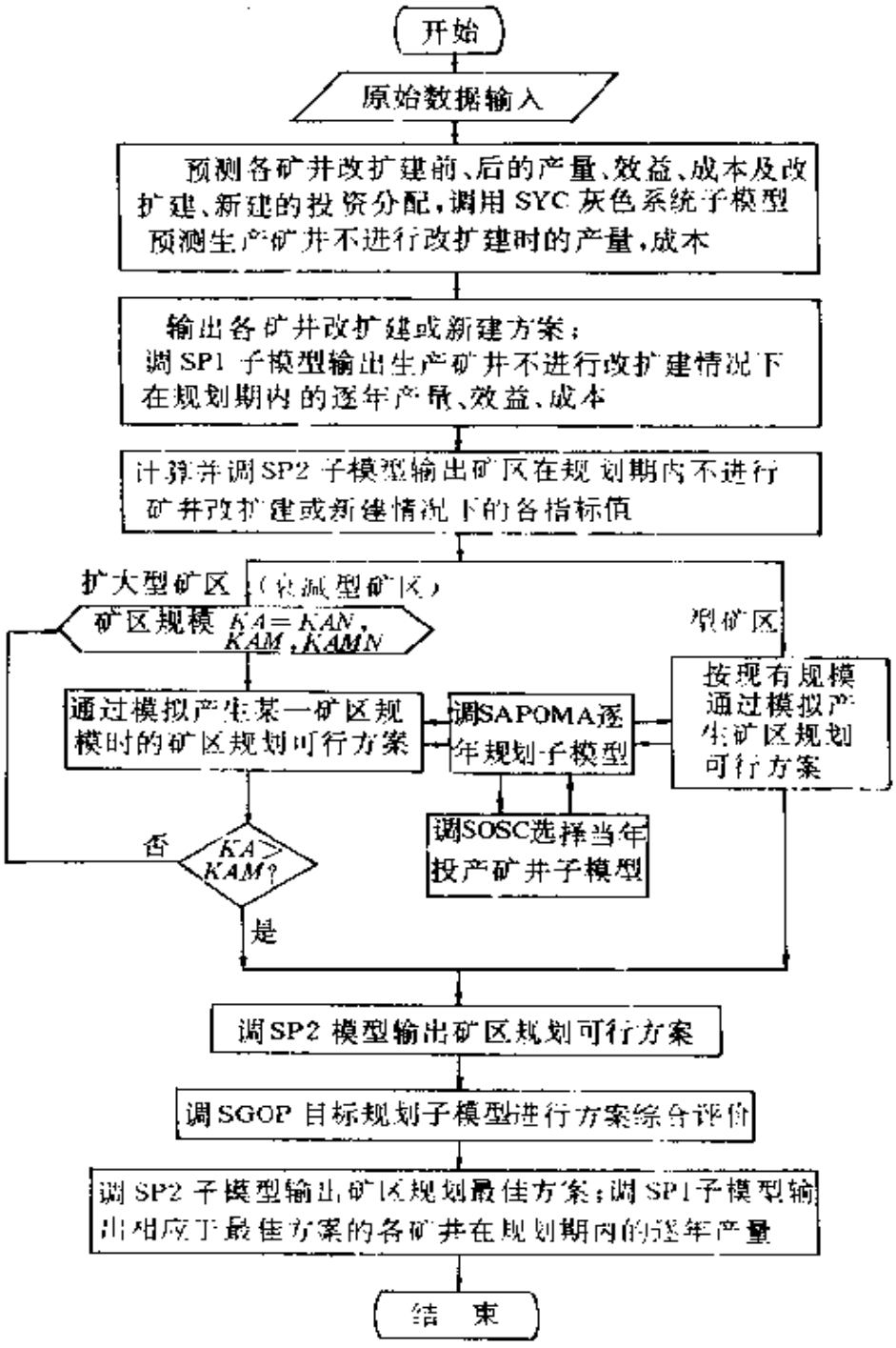


图 6—2　矿区目标规划模型结构框图

矿区规划通用模型分为三个主要部分：第一部分，进行原始数据处理；第二部分，通过模拟产生矿区规划可行方案；第三部分，目标规划综合评价。

矿区规划各子模型主要内容及功能见表 6—2。

表 6—2　　各子模型功能说明表

符　号	名　称	功　能	基本方法
SYC	灰色系统预测子模型	根据规划期前 S 个年份的某一项（产量或成本）统计指标值，预测规划期内若干年的该项指标值	灰色系统预测
SAPOMA	矿区逐年规划子模型	以时间为步长进行模拟，得出矿区规划可行方案，在前一年规划的基础上进行当年规划。提出相应于前一年已规划出的某一矿区规划方案下当年可能投产的矿井改扩建或新建方案集合	计算机模拟
SOSC	选择当年投产矿井子模型	以前一年所得某一规划方案为基础，根据 SAPOMA 子模型中所得的当年矿井改扩建或新建方案集，进行当年规划，得出经过当年规划后的矿区规划可行方案	计算机模拟
SGOP	目标规划子模型	以矿区产量、效益和投资为目标，对矿区规划可行方案进行综合评价	目　标规划法
SP1	矿井逐年指标输出子模型	以列表形式输出各矿井在二十年内的逐年产量、效益、成本指标值	
SP2	矿区规划方案输出子模型	以列表形式输出矿区在规划期内的逐年产量、效益、成本、投资和售价指标值；各矿井可能的改扩建或新建投产时间	

三　原始数据处理及预测计算

（一）原始数据处理

由于矿区规划是以矿区内各矿井的生产建设为基础，因此在进行矿区规划前首先必需具备矿区内各矿井的原始资料。各矿井

的原始资料包括：矿井在规划期内可能的改扩建或新建方案，矿井改扩建或新建投产后，在规划期内的产量、生产成本等变化情况。这些资料相应的数据有些是已知的，有些是未知的。

通过进行原始数据处理，得到各矿井的改扩建或新建方案的各项指标值，生产矿井不进行改扩建的情况下在规划期内逐年的产量、效益和成本指标，以及生产矿井改扩建或新建后的逐年产量、效益、成本和投资指标值。

（二）灰色系统预测计算

一个 n 阶，h 个变量的灰色模型，记为：DM(n,h)。不同的 n 与 h，有不同的意义和用途，要求不同的数据。对社会、经济、农业、生态等这样一类系统，进行效益、效果、产量、产值等的发展变化分析和预测时，只需要研究一个变量，即“效果”的数据预测。同时阶数 n 越高，其特征方程求解越困难，计算量越大，计算时间越长，为计算简单，通常取阶数 $n=1$。

DM(1,1) 模型的微分方程为：

$$\frac{dx_1}{dt}=ax_1=u$$

式中 a,u 是需要模式识别的参数，x_1 是原始数据 x 的累加生成值。即将同一数据列的前 i 项元素累加成新的数据列的第 i 项元素，用数学式表示为：

$$x_1(i)=\sum_{m=1}^{i}x(m)\quad(i=1,2,\cdots,s)$$

解得

$$\hat{x}(i+1)=(x_i(0)-\frac{\mu}{a})\cdot e^{-ai}+\frac{\mu}{a}$$

这就是要求的灰色模型。式中 $x_1(0)$ 取 $x(1)$。

预测值 $\hat{x}(i)$ 为

$$\hat{x}(i)=\hat{x}_1(i)-\hat{x}_1(i-1)$$

如果我们已知 s 个年份的统计值要求今后若干年内的预测

值，则有

$$\hat{x}(s+i)=\hat{x}_1(s+i)-\hat{x}_1(s+i-1)$$

$$i=1,2,3,\cdots\cdots$$

（三）几项主要指标的预测

1. 生产矿井在规划期内逐年产量的预测

生产矿井在规划期内逐年产量变化可分为四个时期

第一时期：矿井按原有生产发展趋势，可能出现产量继续增长或减少，当达到一定能力时结束。

第二个时期：矿井产量达到某一能力后不再继续增长或减少，稳定在某一水平。

第三个时期：矿井生产接近后期，或者矿井虽然尚有储量，但不进行矿井改扩建或新区开拓时，矿井产量逐年下降接近报废。

第四个时期：矿井处于报废前的回收保安煤柱阶段，矿井尚有很少的产量，但不再列入矿井生产计划，这时将矿井在矿区内所占的产量、效益认为是0。

其中第一个时期的矿井产量应用灰色系统进行预测。其它各时期应用插值法预测。

2. 新建矿井投产后逐年产量的预测

根据对同一达产期某些有代表性的生产矿井在达产期内逐年产量的统计，得出该达产期内逐年产量达到设计能力的百分比系数，这样对某一达产期（考虑1到10年）得到相应的逐年产量百分比系数，根据这些系数计算各新建矿井在达产期逐年的产量。

矿井达产后产量继续增长、稳定、下降时期的矿井逐年产量应用插值法求得。

3. 改扩建、新建矿井投资分配

根据对同一投资使用期某些有代表性的生产矿井在矿井建设时期逐年投资使用情况的统计分析，得出不同投资使用期内逐年投资使用占总投资的百分比系数。根据这些系数计算各建设矿井

在矿井建设时期逐年投资的使用情况。

4. 矿井生产吨煤成本的预测

在生产矿井维持现状不进行改扩建的情况下，规划期内的逐年成本由历年的统计成本应用灰色模型进行预测得到。

矿井在改扩建投产后的生产成本，按不进行改扩建的基础上预测所得到的成本乘以一个改扩建设计的成本变化系数，这一系数根据矿井改扩建的实际情况取值。

新建矿井投产后逐年的吨煤成本取矿区当年的平均值。

5. 各矿井吨煤售价

考虑到煤炭价格受国家政策影响，价格变动是一个跳跃式的过程，无法根据统计数据预测得到，也无法确定煤炭价格上涨指数，更不可能预计何时调整煤炭价格，故以规划期前一年实际售价按不变动计算。如果某时期调价，对所有的方案都增加相同比例，所以，作为方案的相对比较，其结果是相同的。

6. 各矿井年效益

矿井逐年生产效益，是根据矿井逐年产量、售价、成本计算得到的。设第 i 矿井第 j 个改扩建或新建方案第 k 年产量为 $A(i,j,k)$，生产成本为 $F(i,j,k)$，煤炭售价为 $C(i,j,k)$，则该矿井按第 j 个改扩建或新建方案投产后第 k 年的效益 $B(i,j,k)$ 为：

$$B(i,j,k) = A(i,j,k)[C(i,j,k) - F(i,j,k)]$$

若生产矿井在第 k 年没有进行改扩建，那么，此时矿井的产量、销售成本、吨煤售价指标为该矿井在规划期内不进行改扩建情况下的预测值。

四　模拟产生矿区规划可行方案

（一）产生方法

矿区规划中技术上的可行方案不会太多，它的产生采用时间步长法进行模拟，以规划期第一年为模拟时钟起点，规划期末为模拟时钟终点，以一年为模拟时钟的时间步长。每个模拟时刻用约束

条件来检验，以满足约束条件的方案为可行方案。通过模拟自动产生矿区规划可行方案集。

模拟产生矿区规划可行方案时，考虑以下技术经济原则作为约束条件：

(1) 矿区正常生产期间矿区产量上下波动幅度(相对矿区规模) 不大于某一给定数值，文中取 15%；

(2) 各矿井改扩建或新建都必需在可能的建设时间范围内进行，即满足矿井建设的最早开工时间及最晚开工时间约束；

(3) 在矿区投资许可的条件下实施某一矿井的改扩建或新建计划；

(4) 同一年中只考虑一个可能的新建矿井和可能的改扩建矿井的开工建设；

(5) 同一年中投产的改扩建及新建矿井总数不超过五个，其中新建矿井最多一个；

(6) 在模拟模型中考虑了各个矿井最多有三个改扩建或新建方案。

在形成了可行方案集的基础上，利用目标规划法选取技术上可行，经济上合理的矿井规划最佳方案。

(二) 模拟步骤

以维持型矿区为例，规划期为 K 年，设模拟时钟为 k，$k = 1 \sim K$。下面以第 k 年的模拟来说明具体步骤：

1. $k = 1$ 时，即规划期的第 1 年，这时根据矿区内各矿井情况，根据矿区规划原则，提出在第 1 年可以改扩建或新建后投产的矿井建设方案，以这些矿井的改扩建或新建方案建立一个 $E(i,j)$ 取值 0 或 1 的矿井建设方案集矩阵，设采用第 i 矿井第 j 改扩建或新建方案后可以在第 1 年投产，则 $E(i,j) = 1$，反之，$E(i,j) = 0$。然后以同一年投产矿井不超过 5 个，其中新矿井最多为 1 个的原则，产生出在第 1 年不同矿井投产所形成的矿区规划方案，直到提尽在

第 1 年可以投产的矿井的各种方案组合，这样得出规划期第 1 年矿区生产建设情况的 N_1 个矿区规划方案。

2. $k>1$ 且 $k\leqslant K$ 时，即规划期内第 k 年时，规划期的 1 ～ ($k-1$) 年已模拟完，得到 N_{k-1} 个矿区生产建设情况的矿区规划方案。这时进行第 k 年的规划：

(1) 在前一年所得的 N_{k-1} 个矿区规划方案中，对其中的每一个方案 $n(n=1\sim N_{k-1})$，提出在第 k 年满足约束条件，可以在第 k 年投产的矿井改扩建或新建方案，建立一个 $E(i,j)$ 取值 0 或 1 的矿井建设方案集矩阵，采取第 i 矿井第 j 改扩建或新建方案后可以在第 k 年投产，则 $E(i,j)=1$，反之 $E(i,j)=0$。

(2) 由(1)中所得的 $E(i,j)$ 矿井建设方案集矩阵，调用选择当年投产矿井子模型，根据编制矿区规划的原则，在第 n 个规划方案基础上，对第 k 年又有 M_n 个派生方案($n=1\sim N_{k-1}$)。

(3) 考察此时的 n 值，若 $n<N_{k-1}$，则转(1)，否则转(4)。

(4) 此时已模拟完第 k 年的情况，得出规划期 $1\sim k$ 年的 N_k 个矿区规划方案，$N_k=\sum_{n=1}^{N_{k-1}}M_n$。

3. 模拟时钟推进一个步长，若 $k+1>K$ 则转 3，否则 $N=N_k$ 转 2，进行第 $k+1$ 年的模拟。

4. 此时已模拟完整个规划期，所得的 N 个规划方案即为矿区规划可行方案集。

上面说明了维持型矿区的模拟步骤，若为扩大型矿区，则依次讨论多种可能的矿区规模，当讨论每一个矿区规模时，其模拟产生矿区规划可行方案的方法、步骤同维持型矿区时的模拟方法步骤相同。扩大型矿区的矿区规划可行方案集由各个矿区规模情况下所得的矿区规划可行方案组成。

五　评价指标和决策方法

用于评价和选择矿区生产规划方案的指标，根据矿区规划定

量上的内容为矿区产量、效益和投资，即以此为目标建立数学模型。结合矿区规划模拟中所得到的矿区规划可行方案，应用 0—1 线性目标规划进行方案综合评价。决策方法为：

1. 矿区产量、效益和投资三项指标分为逐年的和总的指标。总的指标的优先权因子数为逐年指标的优先权因子数的规划期的倍数。

2. 决策变量 x_j 的取值，表示该方案的取舍，若 $x_j = 1$ 表示采取该方案，$x_j = 0$ 表示舍去。由于从可行方案集中选取最佳方案，故有 $\sum_{j=1}^{N} x_j = 1$，N 为可行方案集中方案总数。

3. g_i 为理想方案的目标既定值，这里考虑产量、效益和投资三个目标。以矿区规模为矿区逐年产量的既定值，以逐年产量既定值之规划期的倍数为矿区在规划期内总产量的目标既定值；矿区效益越大越好，故以矿区逐年产量的既定值乘一个目前认为相当高的煤炭售价作为矿区逐年效益目标的既定值，总效益也这样处理；矿区投资以越小越好，故矿区投资目标的既定值取零。

由以上所述，建立实用的数学模型为：

$$\min Z = P_0 \cdot (d_0^+ + d_0^-) + P_1 \cdot \left[\sum_{i=1}^{K} (d_i^+ + d_i^-) + K \cdot (d_{K+1}^+ + d_{K+1}^-) \right] + P_2 \cdot \left[\sum_{i=K+2}^{2K+1} (d_i^+ + d_i^-) + K \cdot (d_{2K-2}^+ + d_{2K+2}^-) \right] + P_3 \cdot \left[\sum_{i=2K+3}^{3K-2} (d_i^+ + d_i^-) + K \cdot (d_{3K+3}^+ + d_{3K+3}^-) \right]$$

$$\text{st.} \quad \sum_{j=1}^{N} x_j + d_0^- - d_0^+ = 1$$

$$\sum_{j=1}^{N} A_{jt} \cdot x_j + d_i^- - d_i^+ = g_i \quad (i = 1 \sim K+1, t = i)$$

$$\sum_{j=1}^{N} x_j \cdot B_{jt} + d_i^- - d_i^- = g_i$$

$$(i = K + 2 \sim 2K + 2, t = i)$$

$$\sum_{j=1}^{N} x_j \cdot D_{jt} + d_i^- - d_i^+ = g_i$$

$$(i = 2K + 3 \sim 3K + 3, t = i)$$

$$x_j = 0 \text{ 或 } 1$$

$$d_i^+, d_i^- \geqslant 0, d_i^+ \cdot d_i^- = 0 \quad (i = 0 \sim 3K + 3)$$

式中 N—— 矿区规划可行方案总数；

K—— 规划期(a)；

A_{jt}—— 第 j 个矿区规划可行方案中，第 t 年的矿区产量，当 $t = K + 1$ 时，为规划期内矿区总产量，(Mt)；

B_{jt}—— 第 j 个矿区规划可行方案中，第 t 年的矿区效益，当 $t = 2K + 2$ 时，为规划期内矿区逐年效益现值之和，(万元)；

D_{jt}—— 第 j 个矿区规划可行方案中，第 t 年的矿区投资，当 $k = 3K + 3$ 时，为规划期内矿区逐年投资现值之和，(万元)；

P_0—— 第一个优先等级因子，保证决策变量 x_j 取值 0 或 1，且 $\sum_{j=1}^{N} x_j = 1$；

P_1, P_2, P_3—— 分别为矿区产量、效益和投资目标的优先等级因子；

$P_0 >>> P_1 >>> P_2 >>> P_3$；

模型中的优先等级级别可根据实际需要变化。

对于这样一个较大规模的目标规划模型，用一般的目标规划求解方法(单纯型法)求解是比较困难的，考虑到是 0—1 线性目标规划问题，故可采用隐枚举法求解。

根据目标规划的意义，以越小越优的原则，先比较二个方案的

第一优先等级分量值，若二方案第一优先等级分量值相等，则再比较二个方案的第二优先等级分量值，若二方案的前二个优先等级的分量值均相等，则再比较第三优先等级分量值，若二个方案的各个分量值均相等，则说明这二个方案等价。

比较各个可行方案后，即可得出最佳方案，此时最佳方案也许不止一个。改变不同的优先等级，调整目标组合，即可得出不同情况下的最佳方案。

计算机源程序相应于所建模型，由一个主程序(PP. FOR)和六个子程序组成。

六　应用实例

(一) 平顶山矿区规划方案选择

1. 矿区概况

平顶山矿区内现有 14 对生产矿井，其中一对生产矿井正处于矿井改扩建阶段。各矿井为：一矿、二矿、三矿、四矿、五矿、六矿、七矿、八矿、九矿、十矿、十一矿、十二矿、高庄矿和大庄矿；其中九矿即将报废；二矿、三矿、四矿、五矿、十矿、高庄矿和大庄矿已考虑不再进行矿井改扩建；七矿正处改扩建阶段；一矿、六矿、八矿、十一矿、十二矿潜力还较大，追加投资后可以扩大生产规模。同时还有十三矿、滑角山矿、首山矿有待开发建设。矿区规划规模有待发展，故为扩大型矿区。

2. 原始数据输入

矿区类型为扩大型矿区，所考虑的最大矿区规模为 26.00 Mt/a，最小矿区规模为 20.0Mt/a，矿区规模循环增量为 2.0Mt/a，规划期起点年份为 1986 年；矿区内共有 17 个矿井，矿区内矿井改扩建或新建方案最多个数为 2，规划期 20 年。

数据文件(WIN. DAT)输入内容(略)。

3. 矿区规划可行方案

根据平顶山矿区实际情况，矿区规模有待发展。应用本模型对

平顶山矿区今后20年作了4种矿区发展规模，即在规划期末矿区产量达到20.00，22.00，24.00，26.00Mt/a。

通过模拟共得到28个矿区规划可行方案，形成可行方案集。

矿区规模为26.00Mt/a时，模拟所得7个矿区规划可行方案与矿区规模为24.00Mt/a时所得7个方案相同，故仅以可行方案集中的前21个方案进行目标规划综合评价，选取最佳方案。

4. 利用目标规划进行方案综合评价

应用目标规划法对矿区规划可行方案集中的前21个方案进行方案综合评价，以矿区产量、效益和投资为目标，考虑了两种不同的优先等级情况。一是以矿区效益目标为第1优先等级，投资目标为第2优先等级，产量目标为第3优先等级；二是以矿区投资目标为第1优先等级，效益目标为第2优先等级，产量目标为第3优先等级。以矿区效益为第1优先等级、投资为第2优先等级、产量为第3优先等级时所得的矿区规划最佳方案，归纳为表6—3。

表6—3　　最佳方案特征表

矿井改扩建新建投产时间	矿区生产能力(Mt/a)	矿区产量(Mt/a)	矿区投资(万元)	矿区平均成本(元/t)
1989年：一矿	规划期前：14.37	1986年：16.6598	1986～1990年 27554.4	
1990年：十二矿	规划期末(2005年) 21.56	2000年：22.3522	1991～1995年：13983.6	1986年：22.05
1991年：六矿			1996～2000年：24000.0	2000年：35.10
1992年：十一矿	其中(2000年)：19.46	2005年：22.7200	2001～2005年：12500.0	
1995年：八矿			整个规划期：78138.0	2005年：41.36
2004年：十三矿			1986～2000年：65538.0	

分析上述最优方案可看出，平顶山矿区今后 20 年中应以生产矿井改扩建为主，降低成本，提高效益，矿区规模可考虑在20.0 Mt/a 水平上，滑角山矿和首山矿将在 2005 年以后建成投产。

（二）新密矿区规划方案选择

1. 矿区概况

新密矿区位于河南省郑州市西南 40km，跨密县、登封县、及新郑县，行政隶属郑州市管辖。新密矿区是豫西煤田最东端部分。矿区内现有 5 对生产矿井，1 对在建新井及 5 对待建新井。生产矿井为：米村矿、裴沟矿、王庄矿、大平矿和芦沟矿，其中王沟矿将于 1995 年左右报废。1 对在建新井为超化矿，预计 1988 年投产。5 对待建新井为：郜城矿、白坪矿、桐树洼矿、新郑矿和李粮店矿。矿区内共划分为 11 个井田，截止 1986 年矿区设计能力为 5.07Mt/a。根据矿区现有的客观条件和发展趋势，将矿区规模确定为 11.0 Mt/a，这样应用本模型时，可在扩大型矿区情况下仅考虑一种矿区规模，亦即在预先确定扩大型矿区规模的情况下，寻求矿区规划最佳方案。

2. 原始数据输入

矿区类型为扩大型矿区，所考虑的最大矿区规模及最小矿区规模均为 11.00Mt/a，规划期起点为 1987 年，规划期 20 年。矿区内总共考虑 10 个矿井，矿井名称为：米村矿、王庄矿、裴沟矿、王沟矿、大平矿，在建井超化矿，待建井有郜城矿、白坪矿、桐树洼矿和新郑矿。由于李粮店矿在今后 20 年内不可能建成投产，故在进行规划时暂不将李粮店矿列入。

3. 矿区规划可行方案

根据新密矿区实际情况，矿区规模已拟定 11.00Mt/a。应用本模型对新密矿区今后 20 年进行规划，通过模拟得到 6 个矿区规划可行方案，在规划期前 5 年进行矿井改扩建和桐树洼矿的新建，在 1994 年郜城矿建成投产，2000 年白坪矿建成投产。

4. 利用目标规划进行方案综合评价

应用目标规划法对6个矿区规划可行方案进行方案综合评价，以矿区产量、效益和投资为目标，考虑了三种不同的优先等级情况。一是以矿区产量目标为第一优先等级，效益目标为第二优先等级，投资目标为第三优先等级；二是以矿区效益、投资目标为第一优先等级；产量目标为第二优先等级；三是以矿区效益目标为第一优先等级，矿区投资目标为第二优先等级，产量目标为第三优先等级，这时所得矿区规划最佳方案和第二种情况所得矿区规划最佳方案相同。矿区规划最佳方案归纳为表6—4，从所得的最佳方案看，前3年主要进行生产矿井的改扩建，然后进行新井建设，矿区产量由1987年的4.2468Mt增加到2006年的12.6277Mt，矿区投资使用都在前15年内。

表6—4　　最佳方案特征表

方案序号	矿井改扩建新建投产时间	矿区生产能力(Mt/a)	矿区产量(Mt/a)	矿区投资(万元)	矿区平均成本(元/t)
I	1987年：米村矿	规划期前：4.26	1987年：4.2468	1987～1991年：29420.0	1987年：23.90 2000年：40.16 2006年：47.34
	1988年：王庄矿 裴沟矿 超化矿	规划期末：(2006年)12.61	2000年：8.7727	1992～1996年：47040.0	
	1990年：桐树洼矿			1997～2001年：21420.0	
	1994年：部城矿	其中2000年：10.80	2006年：12.6227	2002～2006年：0.0	
	1999年：新部矿			整个规划期：97880.0	
	2000年：白坪矿			1987～2000年：97880.0	

第四节　矿区规划方案选择的层次分析法

一　概述

矿区规划方案的评价指标中，除了有一些可以定量表达的指标如产量、效益、投资之外，还有一些难以定量表达的定性指标，如社会效益、解决就业问题、改善矿区环境和生活福利等。特别是在最后对少数几个矿区规划或矿区发展方案进行对比分析时，更需要对多项以不同形式表达的指标进行对比和综合评价。70年代由美国著名运筹学家、匹兹堡大学西堤(T. L. Saaty)教授，提出的层次分析法(Analytic Hierarchy Process)可以用于解决如规划、预测、排序、资源分配、冲突消除、决策等问题，也适合用于解决矿区规划方案选择问题。

层次分析法的主要特点是把复杂问题中的各种因素，通过划分为相互联系的有序层次使之条理化，根据对某一客观现实的判断就每一层次的相对重要性予以定量表示，利用数学方法确定表达每一层次的全部因素相对重要性次序的权值，并通过排序结果来分析和解决问题。

矿区规划方案选择的层次分析模型，一般情况下可以构造为三个层次进行分析决策，具体构成参见图6—7。目标层为合理使用资金达到稳产、高产，或取得最好效益；准则层有产量、投资、经济效益、社会效益等所代表的几项综合评价指标；策略层为若干个供选择的，也是待评价的矿区规划方案。由此形成的判断矩阵 $O—A$ 见表6—5，判断矩阵 $A_k—B$ 见表6—6，最后计算得出的层次总排序表见表6—7。

表中 a_{ij} 表示 A_i 对 A_j 的相对重要性数值；b_{ij} 表示对于 A_k 而言，B_i 对 B_j 的相对重要性数值。a_{ij} 与 b_{ij} 的取值，通常取1，3，5，7，9及其倒数，其含义是表示 A_i 与 A_j 或 B_i 与 B_j 两者的重要性关系：

表 6--5　　判断矩阵 $O—A$

O	A_1	A_2	…	A_n	计算出
A_1	a_{11}	a_{12}	…	a_{1n}	a_1'
A_2	a_{21}	a_{22}	…	a_{2n}	a_2'
⋮					
A_n	a_{n1}	a_{n2}	…	a_{nn}	a_n'

表 6—6　　判断矩阵 $A_k—B$

A_k	B_1	B_2	…	B_j	…	B_n	计算出
B_1	b_{11}	b_{12}	…	b_{1j}	…	b_{1n}	b_1^k
B_2	b_{21}	b_{22}	…	b_{2j}	…	b_{2n}	b_2^k
⋮							
B_i	b_{i1}	b_{i2}	…	b_{ij}	…	b_{in}	b_i^k
⋮							
B_n	b_{n1}	b_{n2}	…	b_{nj}	…	b_{nn}	b_n^k

表 6—7　　层次总排序表

层次 A / 层次 B	A_1	A_2	……	A_m	B 层次总排序
	a_1	a_2	……	a_m	
B_1	b_1^1	b_1^2	……	b_1^m	$\sum_{i=1}^{m} a_i b_1^i$
B_2	b_2^1	b_2^2	……	b_2^m	$\sum_{i=1}^{m} a_i b_2^i$
⋮					
B_n	b_n^1	b_n^2	……	b_n^m	$\sum_{i=1}^{m} a_i b_n^i$

1—— 表示两者重要性相同；

3——B_i 比 B_j 稍重要；

5——B_i 比 B_j 明显重要；

7——B_i 比 B_j 很重要；

9——B_i 比 B_j 极端重要。

它们之间的数 2，4，5，6，及其倒数有相类似的意义。显然，当 $i=j$ 时 $b_{ij}=1$，另外由于 $b_{ij}=\dfrac{1}{b_{ji}}$　$i,j=1,2,\cdots,n$，所以对 n 阶判断

矩阵，仅需要对$\frac{n(n-1)}{2}$个元素给出数值。

根据上述层次单排序的计算结果，进行层次总排序见表6—7。

由于客观事物的复杂性和人们认识上的多样性，可能产生片面性，要求每一个判断矩阵都具有完全一致性是不可能的，特别是对因素多，规模大的问题更是如此。为此，在考察层次分析法得到的结果是否基本合理时，需要在各排序过程中进行一致性检验。

(1) 检验判断矩阵的一致性指标 $C.I=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$

(2) 检验判断矩阵的随机一致性比例 $C.R=\frac{C.I}{R.I}$

当 $C.R<0.10$ 时，判断矩阵才有满意的一致性，否则需要调整判断矩阵，直到有满意的一致性为止。其中 $R.I$ 为平均随机一致性指标，与矩阵阶数 n 有关，为：

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R.I$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

二　计算机程序

应用层次分析法进行矿区规划方案的优劣排序，出现大量矩阵计算，并归结为求判断矩阵的最大特征根问题，同时还有一致性检验的计算。为便于这一模型和方法的应用，编制了计算机进行计算和自动输出计算结果的程序。

(一) 最大特征根 λ_{max} 的计算

最大特征根 λ_{max} 的计算，采用方根法，计算步骤为：

(1) 计算判断矩阵 B 每个行元素的乘积

$$M_i=\prod_{j=1}^{n}b_{ij},\qquad i=1,2,\cdots,n;$$

(2) 计算 M_i 的 n 次方根 $\overline{W}_i$

$$\overline{W}_i = \sqrt[n]{M_i}$$

(3) 对向量 $\overline{W} = (\overline{W}_1, \overline{W}_2, \cdots, \overline{W}_n)^T$ 正规化

$$W_i = \frac{\overline{W}_i}{\sum_{j=1}^{n} \overline{W}_j}$$

$$W = (W_1, W_2, \cdots, W_n)^T$$

W 为所求的特征根；

(4) 计算判断矩阵的最大特征根

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^{n} \frac{(AW)_i}{nW_i}$$

式中$(AW)_i$表示向量 AW 的第 i 个元素。

(二) 一致性检验

为评价层次总排序的计算结果一致性如何，需要计算

(1) 层次总排序一致性指标 $C.I$

$$C.I = \sum_{i=1}^{m} a_i I_i$$

(2) 层次总排序随机一致性指标 $R.I$

$$R.I = \sum_{i=1}^{m} a_i I_i^R$$

(3) 层次总排序随机一致性比例 $C.R$

$$C.R = \frac{C.I}{R.I}$$

当 $C.R < 0.10$ 时，认为层次总排序的计算结果有满意一致性。

其中 I_i^0、I_i^R 为与 a_i 对应的 B 层次中判断矩阵的一致性和随机一致性指标。

(三) 计算机程序

依据上述的层次分析方法的步骤和计算内容，用 BASIC 语言编写的计算机程序已在 IBM—PC 机上实现，其框图见图 6—3。程序使用：

1. 数据的输入

各层次的元素数目 N_1, N_2, N_3，所有判断矩阵的上三角元素取值，即主对角线以上部分按行依次输入数据，其中取整数部分正常输入，取分数的部分以负值输入其分母取值。例如

O	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1	1	3	$\frac{1}{5}$	7
A_2	$\frac{1}{3}$	1	3	$\frac{1}{3}$
A_3	5	$\frac{1}{3}$	1	5
A_4	$\frac{1}{7}$	3	$\frac{1}{5}$	1

输入上三角数值为 3，－5，7，3，－3，5。

字符变量 C$ 为 A 或 B 等由键盘输入，用以表示标志层次关系的符号，使用时自定任意字符均可。

2. 输出内容

各判断矩阵的计算结果，形式为与上表相同的格式，只是分数部分为小数表达。

用汉字说明一致性检验的结果。如果检验后不满足 $C.R < 0.1$ 要求，重新取值再做计算。

最后输出合成的结果，给出总表及总指标，并有一致性检验的结果。详见后面实用中所输出的结果。

四　平顶山矿区规划的目标和方案

根据平顶山矿区现有生产矿井的实际情况，考虑矿区的长远发展，分析如下五个方案。

方案 I　对现有生产矿井中可以改扩建的一矿、六矿、八矿、十一矿、十二矿井进行改扩建，并建设十三矿、首山一矿和滑角山一矿三对矿井。这一方案需要的总投资最多，20 年间需要总投资约 18 亿元，近三个五年计划期间需要 3.2～3.8 亿元投资，十五期间需要 7.12 亿元。这样可以使矿区产量持续增长，到 2000 年达

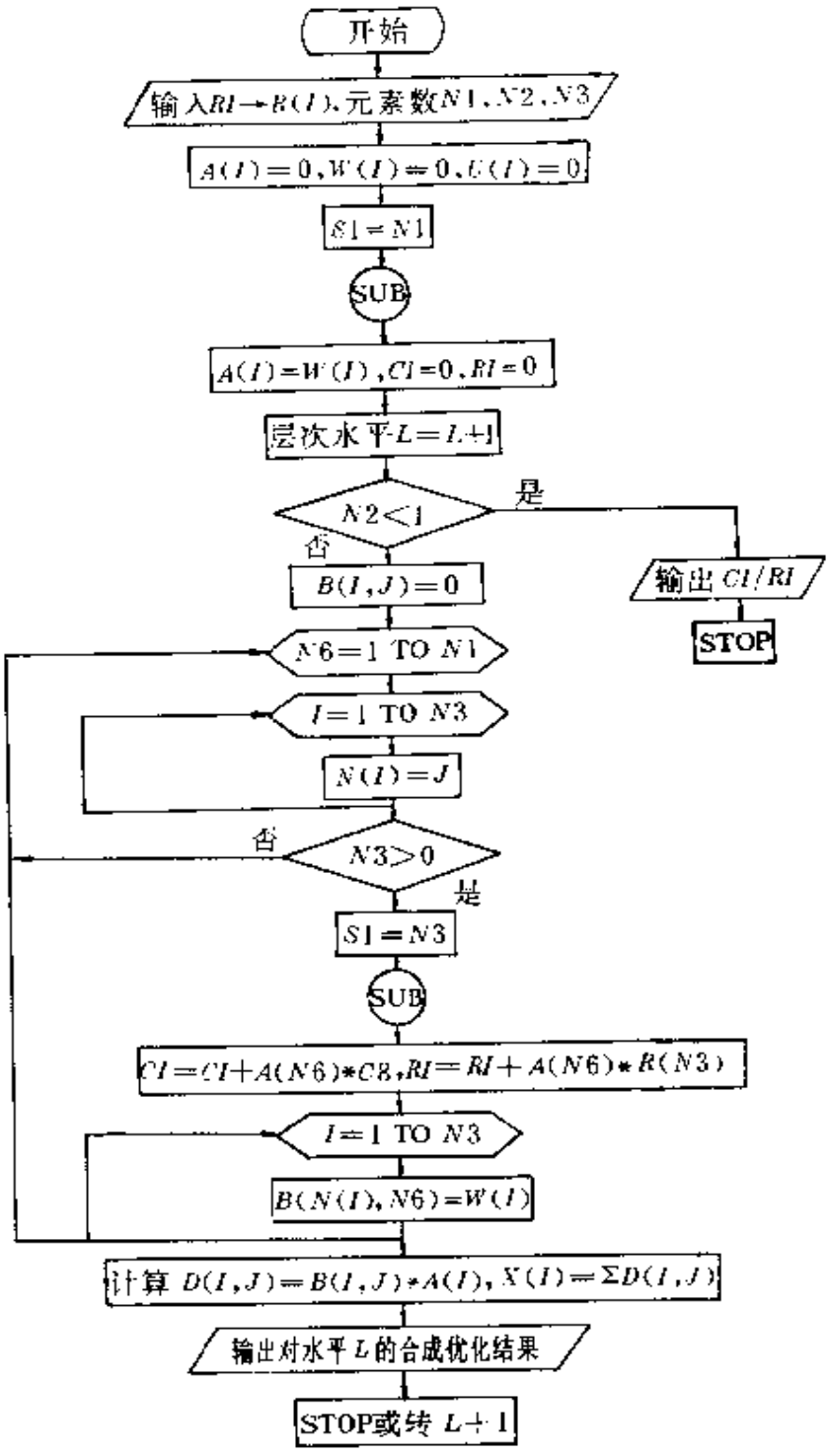


图 6—3　层次分析法计算程序框图(a)

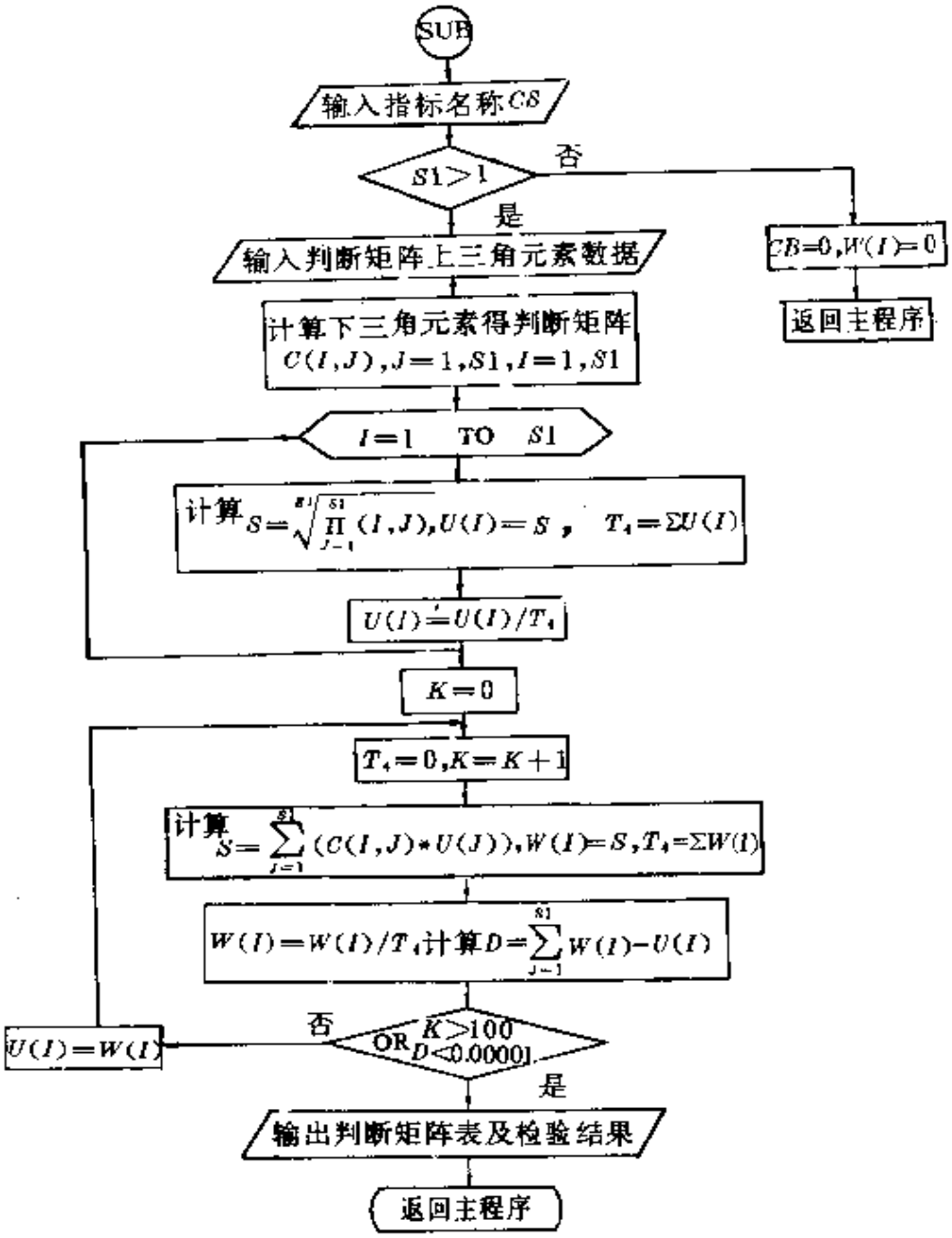


图 6—3　层次分析法计算程序框图(*b*)

到 22.00Mt/a，2005 年达到 24.00Mt/a。由于新建矿井投产初期必然有几年处于亏损阶段，所以矿区总的经济效益“十五”期间将有所下降，再以后可以恢复和提高。

方案Ⅰ　不进行现有生产矿井的改扩建，而将资金集中用于新井建设，建十三矿、首山一矿、滑角山一矿。这一方案所需投资近期少，远期多，逐期上升，特别是后 10 年开发首山一矿和滑角山一矿需要较大数量的投资。而矿区产量的增长也在 2000 年以后，这以前只能达到 18.00Mt/a 水平，经济效果也要有一些年处于下降状态。只能在 2005 以后才可望有所提高。

方案Ⅱ　对现有生产矿井中可以改扩建的矿井都进行改扩建，不建设新矿井。这时需要的投资较少，并且仅限于“七五”、“八五”期间，以后不再需要投资，相应的矿区产量“八五”期间可以增加到 21.0Mt/a，然后便逐渐下降，到 2005 年仍可以有20.0Mt/a，矿区经济效益在“七五”、“八五”期间可以有一定增长，而后维持一定水平。

方案Ⅳ　保持现有生产矿井，既不进行生产矿井的改扩建，也不建设新井。这种情况所需投资最少，仅为现有矿井的新水平开拓准备等少量收尾工程的投资，矿区总产量到 1990 年可以有一定增加，并维持到 2000 年，以后整个矿区处于减产状况。

方案Ⅴ　现有生产矿井能够改扩建的都进行，新井只建十三矿。这是考虑到方案Ⅰ时总投资数目大，后期效益较差，而提出的减少新井（首山一矿、滑角山一矿）建设的方案。总投资减少的幅度较大，总产量 2000 年可以达到 22.00Mt/a，并维持一段时间，总的经济效益持续上升。

以上 5 个方案对比时，主要以现有承包任务和指标为准，基础数据见表 6—8，依此推断到下几个五年计划期间的指标，不同矿区总产量、投资和效益见表 6—9，比较形象一点的表示成变化曲线见图 6—4，图 6—5，图 6—6。

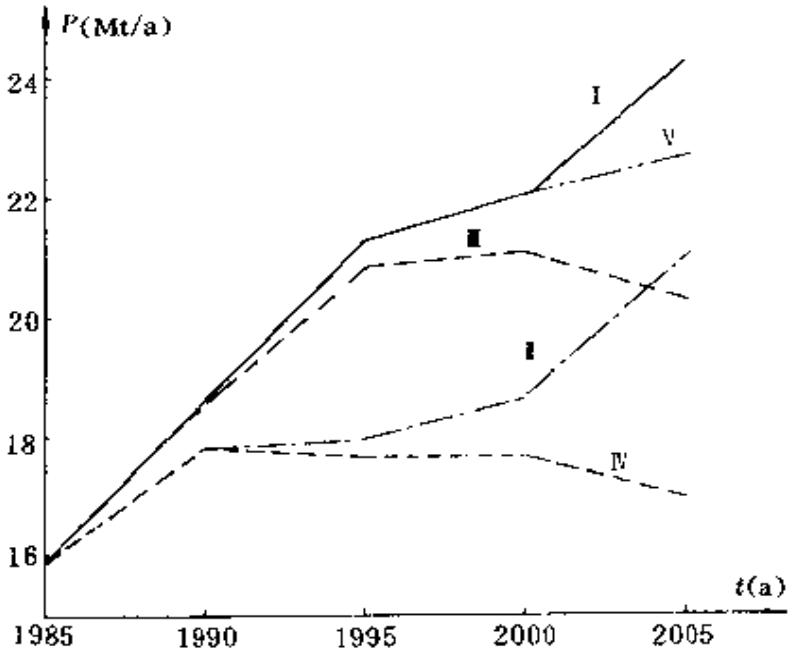


图 6—4　平顶山矿区产量变化情况

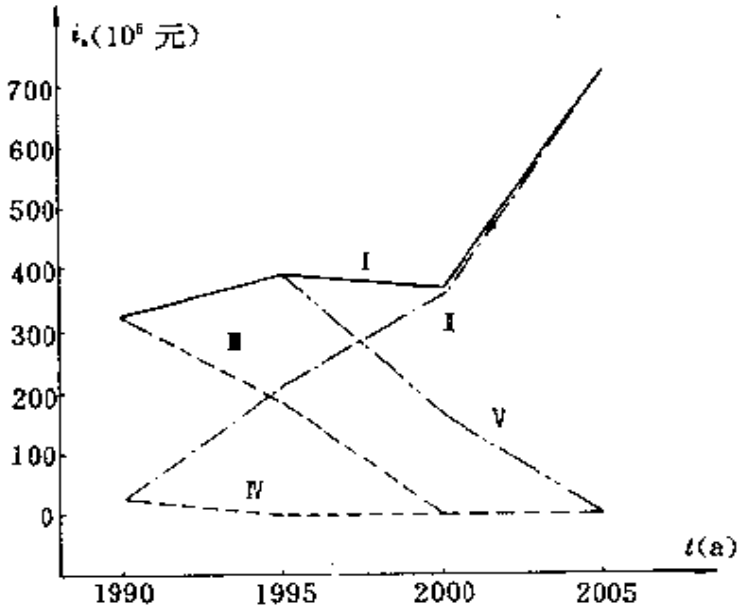


图 6—5　平顶山矿区投资变化情况

表 6—8　　平 顶 山 矿 区

矿井名称	1986年末设计能力 (Mt/a)	尚有储量 (Mt)	可以扩(新)建增加后的能力 (Mt/a)	产量 (Mt)				
				1985年实际	预计			
					1990	1995	2000	2005
一 矿	2.40	414.26	400	3.1487	3.80	4.00	4.00	4.00
二 矿	0.21	15.90		0.5430	0.33	0.30	0.30	0.30
三 矿	0.30	10.49		0.3716	0.28	0.20	0.20	/
四 矿	1.20	124.19		1.5011	1.70	1.80	1.80	1.80
五 矿	1.20	44.72		1.3752	1.30	1.20	1.15	0.60
六 矿	0.90	357.46	210	1.4500	1.70	2.10	2.10	2.10
七 矿	0.90	75.71	120	0.9732	1.00	1.20	1.20	1.20
八 矿	3.00	388.39	400	1.5530	3.00	3.00	4.00	4.00
九 矿	0.21	0.60		0.3480	0.10	/	/	/
十 矿	1.80	211.00		1.9670	2.20	2.20	2.20	2.20
十一矿	0.60	103.28	120	0.5168	0.60	1.20	1.20	1.20
十二矿	0.30	51.05	90	0.7514	0.73	1.00	1.20	1.20
十三矿		416.60	240				0.50	2.40
高庄矿	0.45	34.32		0.3400	0.64	0.45	0.45	0.45
大庄矿	0.90	92.00		1.1265	1.20	1.20	1.20	1.20
首山一矿		554.00	210					
滑角山一矿		768.00	360					

规 划 基 础 资 料

效益（万元）					投资（万元）				
1985年实际	预计				至1986年实际完成	计划			
	1990	1995	2000	2005		七五	八五	九五	2000年以后
1081	1849	1946	1946	1946		9517			
439.5	152	138	138	138					
178	26	19	19	0					
−150.7	221	234	234	234	6329	210			
252.3	211	195	186	97					
101.8	338	417	417	417	2510	10678	5100		
138	443	443	443	443	1471	1463			
−1184.3	2028	2704	2704	2704	44350	3196	11000	1000	
106.7	89	0	0	0					
961.3	1132	1132	1132	1132	6238	1345			
−355.3	311	622	622	622		1000	5000		
743.7	688	942	1130	1130		4178	700		
		−1000	−200	720		700	20200	15100	
−418.8	107	107	107	107					
228.7	484	484	484	484					
				−1000				15000	18600
				−1500				5000	52600

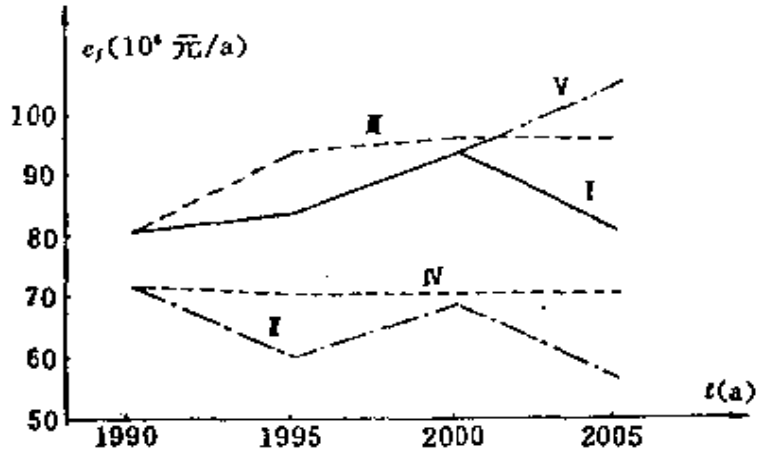


图 6—6　平顶山矿区效益变化情况

表 6—9　　不同方案矿区指标预计

指标方案 \ 时间		1985 年	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年
产量 (Mt)	Ⅰ	15.96	18.50	21.25	22.00	24.26
	Ⅱ	15.96	17.80	17.98	18.63	20.98
	Ⅲ	15.96	18.50	20.85	21.00	20.25
	Ⅳ	15.96	17.80	17.58	17.63	16.98
	Ⅴ	15.96	18.50	21.25	22.00	22.66
投资 (万元)	Ⅰ		32287	38400	36100	71200
	Ⅱ		2255	20200	35100	71200
	Ⅲ		31578	18200	0	0
	Ⅳ		1555	0	0	0
	Ⅴ		32287	38400	16100	0
效益 (万元)	Ⅰ	2122	8079	8383	9373	8053
	Ⅱ	2122	7116	6038	6874	5688
	Ⅲ	2122	8079	9383	9573	9553
	Ⅳ	2122	7116	7038	7074	7088
	Ⅴ	2122	8079	8383	9373	10553

〔注〕 1990～2005 年分 4 个五年，表上为期末指标估值；产量为大致趋势；效益按 1985 年实际值与 1990 年承包的作为相对比的预计值。

五　用层次分析法进行选择的结果

对上述 5 个矿区发展规划方案，用层次分析法进行对比选择，所用的模型如图 6—7 所示。层次分析时取两种目标。

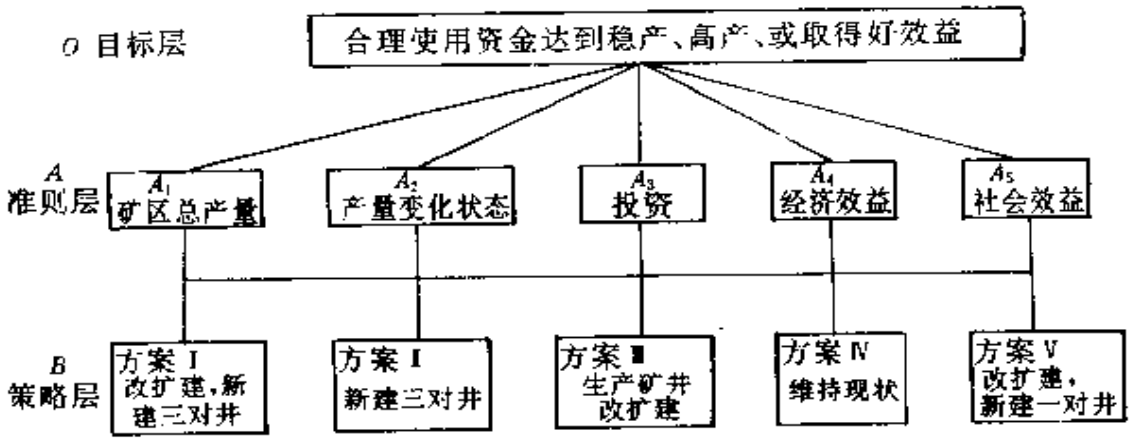


图 6—7　矿区发展规划层次分析模型

(1) 以产量和产量增长作为主要目标，其次为投资、社会效益和经济效益，所得出的结果合成后的优化次序为 I — V — III — IV — II，见表 6—10。

表 6—10　　合成后的优化结果之一

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	总指标
	0.512	0.261	0.128	0.033	0.063	
B_1	0.506	0.512	0.102	0.128	0.128	0.4197
B_2	0.073	0.123	0.102	0.033	0.033	0.0878
B_3	0.128	0.063	0.245	0.512	0.261	0.1478
B_4	0.03	0.033	0.504	0.063	0.063	0.0955
B_5	0.26	0.261	0.045	0.261	0.512	0.2489

层次总排序一致性指标　　$C.I = 0.07244$

层次总排序随机一致性指标　　$R.I = 1.12$

层次总排序一致性比例　　$C.R = 0.0647$

(2) 以经济效益为主要目标，其次为投资、社会效益、产量，所得的结果合成后的优化次序为 Ⅱ—Ⅳ—Ⅴ—Ⅰ—Ⅲ，见表 6—11。

表 6—11　　合成后的优化结果之二

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	总指标
	0.033	0.063	0.261	0.512	0.128	
B_1	0.512	0.512	0.102	0.128	0.128	0.1591
B_2	0.063	0.128	0.102	0.033	0.033	0.0584
B_3	0.128	0.063	0.245	0.512	0.261	0.3691
B_4	0.033	0.033	0.504	0.063	0.063	0.1757
B_5	0.261	0.261	0.045	0.261	0.512	0.2375
层次总排序一致性指标			$C.I = 0.0521$			
层次总排序随机一致性指标			$R.I = 1.12$			
层次总排序一致性比例			$C.R = 0.0465519$			

六　简要结论

根据层次分析法对平顶山矿区发展规划可能有的方案进行的分析对比，认为如果以保证矿区具有较大的产量为主应取方案Ⅰ；如果以经济效益最好为准，则是方案Ⅱ；兼顾两方面，可取方案Ⅴ。而方案Ⅲ不论从任何角度看都是不可取的。

第五节　矿区(或矿井)综合经营规划方案的选择

根据国家经营体制改革的要求，煤炭企业要由单纯生产型向开发经营型转轨，不仅要保证满足国家计划的产量要求，而且要发展多种经营，力求提高经济效益。当矿区(或矿井)发展规划中包括矿井生产和其他企业的经营时，综合开发的规划方案最优选择，可以采用 0—1 线性规划与层次分析两种方法。以某一生产规模不

大的矿区为例，加以说明。

1. 矿区现有生产矿井产量(1.90 ～ 2.00)Mt/a，生产稳定。若基本维持现状，为了提高效益需要陆续精减 500 人，存在就业安排问题；从煤层条件看，可 对现有生产矿井进行技术改造，增加产量(600 ～ 900)kt/a 达到(2.50 ～ 2.90)Mt/a，预计需要投资 8000 万元，可获利润 850 万元 /a，并且不再减少人员

2. 建设一座与矿井产量相适应的洗煤厂，对原煤进行深加工，提高产品质量、增加品种，使产销对路，预计需要投资 2500 万元，增加收入 1000 万元 /a，可以安排 550 人就业。

3. 利用洗煤厂低热值煤(或用原煤) 建一座 12MW 的小型电厂，发电供矿井使用可使吨煤成本降低 1.5 元 /t，可实现集中供热节省自用煤炭 288kt/a，并有利于改善职工家庭生活。预计需要投资 1600 万元，年利润 400 万元，可以安排 300 人就业。

4. 利用本地石灰石、煤矸石及电厂灰渣，建设一座年产 100kt/a 新型水泥的建筑材料厂。预计需要投资 1500 万元，年利润 200 万元，可以安排 500 人就业。

5. 建一座水处理厂改善职工生活条件和解决工业用水问题，需要投资 60 万元，年利润 50 万元，可安排 50 人就业。

对这类问题规划时如果资金充足都可以安排，当然不存在优选问题；如果投资有限必须考虑合理使用资金时，为保证一定的就业人数和获得最佳经济效益，可以采用 0—1 线性规划方法解决，数学模型为：

目标函数　$\max \quad Z = 850X_1 + 1000X_2 + 400X_3 + 200X_4 + 50X_5$

约束条件　$8000X_1 + 2500X_2 + 1600X_3 + 1500X_4 + 60X_5 \leqslant S$

$$-500(1 - X_1) + 550X_2 + 300X_3 + 500X_4 + 50X_5 \geqslant P$$

$$X_i = 0 \quad 或 \quad 1 \quad (i = 1,2,\cdots,5)$$

当给定可能的资金 S 和要求满足最低的就业人数 P 之后，便可求得效益 Z 最大时的开发方案。对可能出现的全部方案以需要

精减500人为基数所作的结果见表6—12。已知S,P时便可淘汰不满足约束条件的方案,余下的选取Z最大的方案。

表6—12　　可能出现的方案

方案i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	S_i	P_i	Z_i	方案i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	S_i	P_i	Z_i
1	0	0	0	0	1	60	−450	50	17	1	0	0	0	1	8060	50	900
2	0	0	0	1	0	1500	0	200	18	1	0	0	1	0	9500	500	1050
3	0	0	0	1	1	1560	50	250	19	1	0	0	1	1	9560	550	1100
4	0	0	1	0	0	1600	−200	400	20	1	0	1	0	0	9600	300	1250
5	0	0	1	0	1	1660	−150	450	21	1	0	1	0	1	9660	350	1300
6	0	0	1	1	0	3100	300	600	22	1	0	1	1	0	11100	800	1450
7	0	0	1	1	1	3160	350	650	23	1	0	1	1	1	11160	850	1500
8	0	1	0	0	0	2500	50	1000	24	1	1	0	0	0	10500	550	1850
9	0	1	0	0	1	2560	100	1050	25	1	1	0	0	1	10560	600	1900
10	0	1	0	1	0	4000	550	1200	26	1	1	0	1	0	12000	1050	2050
11	0	1	0	1	1	4060	600	1250	27	1	1	0	1	1	12060	1100	2100
12	0	1	1	0	0	4100	350	1400	28	1	1	1	0	0	12100	850	2250
13	0	1	1	0	1	4160	400	1450	29	1	1	1	0	1	12160	900	2300
14	0	1	1	1	0	5600	850	1600	30	1	1	1	1	0	13600	1350	2450
15	0	1	1	1	1	5660	900	1650	31	1	1	1	1	1	13660	1400	2500
16	1	0	0	0	0	8000	0	850	32	0	0	0	0	0	0	−500	0

对这一问题的解决,采用层次分析法可以得出优先安排项目的次序。根据上述内容建立的层次分析模型如图6—8所示,目标层为合理使用资金,准则层为投资、收益、解决就业、提高福利等四项。以此分析上项目的顺序,其合成优化结果的层次总排序见表6-13。

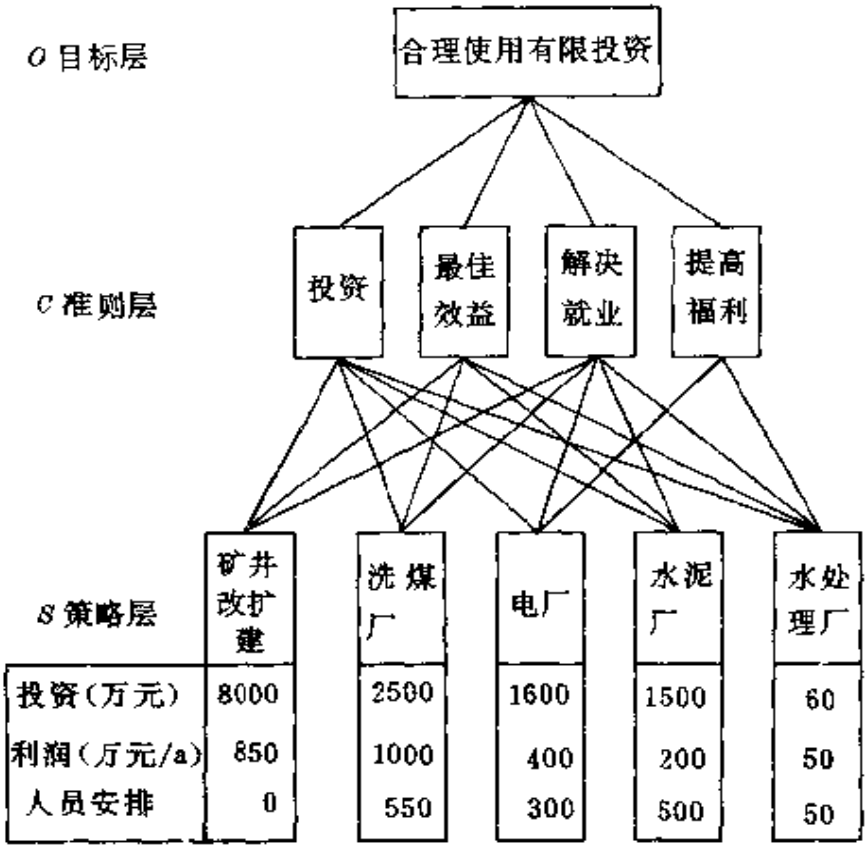


图 6—8　多种经营方案选择的层次分析

表 6—13

层次 C / 层次 S	C_1	C_2	C_3	C_4	W_i
	0.389	0.389	0.152	0.067	
S_1	0.036	0.286	0.028	0.0	0.1989
S_2	0.064	0.447	0.393	0.0	0.2585
S_3	0.181	0.154	0.141	0.250	0.1685
S_4	0.213	0.035	0.393	0.0	0.1562
S_5	0.503	0.026	0.043	0.750	0.2626

层次总排序一致性指标　　$I^C = 0.07444$

层次总排序随机一致性指标　　$I^R = 1.04625$

层次总排序一致性比例　　$R^C = 0.07115 < 0.1$

由此得出优先安排的顺序为：

$$S_5 \text{——} S_2 \text{——} S_1 \text{——} S_3 \text{——} S_4$$

第七章　平顶山矿区最优发展规划

应用最优规划理论与方法对平顶山矿区的长远规划进行了研究，获得了大量信息，为正确决策提供了重要依据，收到了良好的效果。

第一节　矿区特点及规划原则

一　矿区概况

平顶山矿区位于河南西部，跨叶县、襄城、郏县、宝丰、鲁山5县。矿区下辖东部平顶山煤田部分，东西走向长35km，南北宽10～20km，含煤面积570km^2，储量8.22Gt，西部韩梁煤田，南北走向长18km，东西宽4km，含煤面积80km^2，储量1.6亿t。两煤田合计含煤面积650km^2，总储量8.38Gt。矿区及井田位置见图7—1。

矿区开采石炭二迭纪太原组和山西组煤层，共5组10～13层，主要可采层有4组(丁、戊、己、庚组)6～9层，可采煤层平均总厚度为15～21m。在总储量中，厚煤层占56%，中厚煤层为32%，薄煤层为12%；缓倾斜煤层占绝大比重，为88.1%，倾斜煤层为10.8%，急倾斜煤层仅占1.1%；按煤质牌号划分，气煤为30.2%，肥煤为42.9%，焦煤为19.9%，瘦煤占7%。原煤灰分一般为20%～30%。

平顶山矿区是我国自行勘探、设计、建设起来的重要煤炭基地。1953年勘探，1957年第1对矿井投产。“一五”、“二五”期间共

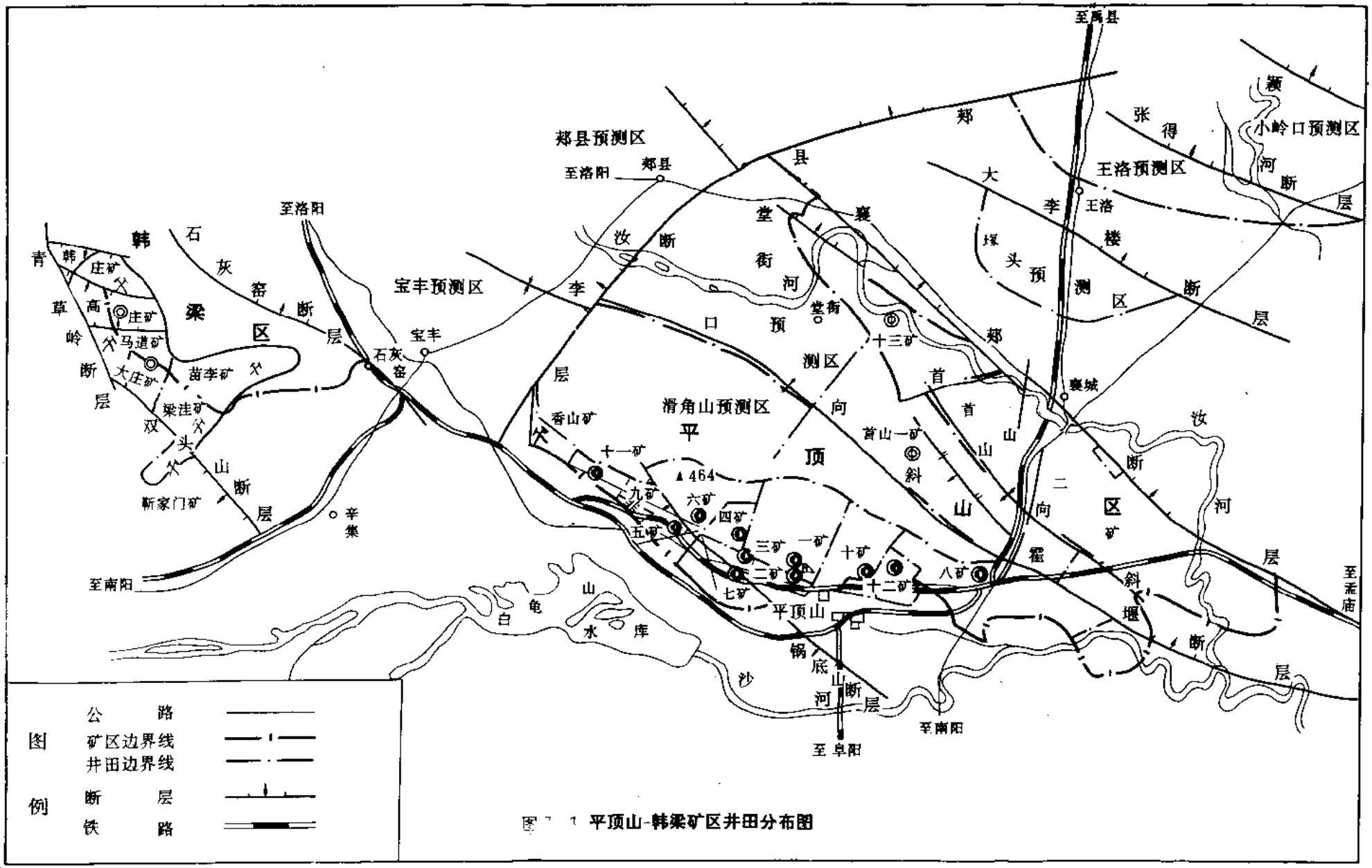


图 1 平顶山-韩梁矿区井田分布图

投产 8 对矿井，设计能力 5.31Mt/a，实际只形成了 4.71Mt/a 生产能力。60 年代初，对简易投产的 6 对矿井按质量标准化的要求，进行了补套建设，初步达到了设计能力。进入 70 年代后，相继有 4 对矿井投产。1974 年后，对储量丰富、开采条件好的一矿进行了扩建，对储量比较丰富的四矿、六矿、十矿、十二矿、大庄矿、高庄矿等 6 对矿井的生产薄弱环节进行了技术改造，1984 年 13 对老矿井生产原煤 14.02Mt，同改造前的 1974 年相比，产量提高了 6.29Mt，平均年递增率为 6.07%，老井改造平均新增吨煤生产能力的投资 53.31 元/t，如包括自筹资金在内为 65.57 元/t。改造 10 年，经济效益显著，由 1974 年吨煤亏损 0.229 元，到盈利 3.22 元/t，10 年上交利润 14710 万元。表 7—1 列出了 1977～1986 矿区十年发展的主要技术经济指标。

平顶山矿区现有生产矿井 14 对，东部平顶山煤田 12 对，西部韩梁煤田 2 对(大庄、高庄)，总设计能力 13.77Mt/a。现有矿井的基本特征可参看表 7—2。

表 7—1　　平顶山矿区 1977～1986 年间的统计资料

统计年度	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
矿区生产能力(Mt/a)	9.87	9.87	10.17	10.17	11.37	11.37	11.87	11.87	13.77	13.77
实际产量(Mt)	11.572	13.738	13.871	13.651	13.566	13.570	14.441	15.051	16.120	16.874
上缴利润(万元)	1005.2	1602.3	3853.2	4154.8	2966.3	3374.8	3515.7	3687	4360	4077
吨煤成本(元)	14.38	14.50	16.54	18.21	18.94	19.42	19.68	19.81	24.77	28.25
全员效率(t/工)	0.946	1.114	1.155	1.151	1.031	0.986	1.027	1.074	1.152	1.16

二　矿区特点及矿井分类

(一) 平顶山矿区的地质、技术和经济特点

(1) 地处中原、邻近中南缺煤地区，有京汉、焦枝两大干线与

表 7—2　　平顶山矿区生产矿井简要特征

矿名＼项目	设计能力(Mt/a)	井田范围			建设日期	扩建或环改		1986年末储量(Mt)		原煤产量六年承包(Mt)					
		走向长(km)	宽(km)	面积(km)	开～竣工年·月	改后能力(Mt/a)	开竣工年·月	地质	可采	1986年计划/实际	1987	1988	1989	1990	1985～1990合计
一矿	1.50	5.0	5.5	27.5	57.12～59.12	2.40*	74～84.8	399.30	181.77	3.30/3.30	3.35	3.35	3.70	3.80	20.85
二矿	0.21	5.0	2.0	10.0	55.9～57.10			13.33	8.29	0.47/0.53	0.47	0.47	0.47	0.33	2.68
三矿	0.30	4.0	0.8	3.2	55.10～57.12			13.59	8.30	0.35/0.39	0.32	0.30	0.30	0.28	1.90
四矿	0.60	2.0	4.0	8.0	55.11～58.8	1.20	77～80	124.20	75.35	1.50/1.515	1.56	1.60	1.62	1.70	9.43
五矿	1.20	5.7	1.5	8.5	56.12～58.12			87.94	45.55	1.25/1.45	1.30	1.30	1.30	1.30	7.68
六矿	0.90	7.3	2.9	21.4	58.6～70.7	1.20**	76～80	344.85	155.41	1.54/1.43	1.55	1.55	1.60	1.70	9.47
七矿	0.90	5.5	1.9	9.9	57.12～59.8	1.20	84～87	72.16	46.72	0.90/0.84	0.95	0.95	1.10	1.10	5.90
八矿	3.00	12.5	3.36	42.0	66.12～81.2			360.28	194.69	1.90/1.96	2.20	2.40	2.75	3.00	13.95
九矿	0.21	1.64	0.96	1.58	58.8～70.5			6.03	3.81	0.27/0.31.2	0.27	0.27	—	—	1.08
十矿	1.20	3.8	5.0	19.0	58.8～64.2	1.80	76～79	230.78	131.58	1.95/1.91	2.00	2.10	2.20	2.20	10.45
十一矿	0.60	3.75	1.0	3.75	72.8～78.12			103.29	53.21	0.48/0.60	0.48	0.50	0.55	0.60	3.07
十二矿	0.30	3.0	2.6	7.8	58.6～60.6	0.60	78～80	47.54	32.95	0.71/0.81	0.73	0.73	0.73	0.83	4.41
高庄	0.45	4.0	2.3	9.2	58.9～65.9	0.45	76～84	45.75	27.34	0.42/0.48	0.45	0.45	0.45	0.46	2.55
大庄	0.90	4.3	3.5	15.0	67～73.10	1.20	79～83	88.39	59.25	1.22/1.15	1.22	1.20	1.20	1.20	7.26

*　一矿二期扩建至 4.00Mt/a(1986～1990)

**　六矿二期扩建至 2.10Mt/a(1984～1991)

矿区自营铁路接轨，具有矿区发展的良好环境；

（2）储量丰富，煤质较好，生产矿井深部及矿区外围尚有丰富储量，有满足扩大矿区煤炭开采的资源条件；

（3）矿区实际年产原煤已超过17.00Mt，建成了煤炭开采、洗选加工、供电、供水、机修、交通运输等系统和设施，及矿区辅助、附属企业，具有相当雄厚的实力；

（4）矿区和矿井积累了丰富的煤矿开采技术管理及生产经营经验，在煤炭销售未能调价的严峻情况下，半数以上矿井不出现亏损，矿务局全局上交利税后，仍有盈利，总的生产经营形势较好；

（5）矿区煤层开采条件较好，特别是锅底山断层以北、李口向斜南翼，煤层赋存稳定，地质构造简单，可建设几个开采技术水平高的、长期稳定生产的现代化矿井。

上述特点表明，平顶山矿区具备继续发展的条件，可按现代化矿区标准进行建设。

（二）平顶山矿区生产矿井的类别

根据矿井煤层开采条件的好坏、储量多少及开采情况，从今后矿区的发展考虑，现有生产矿井可分为以下几类：

（1）煤层开采条件好，矿井储量较丰富，或有扩大井田开采范围、增加储量的可能，可进行改扩建及按现代化矿井标准（主要采用综采）建设的矿井，这类矿井是代表矿区技术水平的长期稳定的骨干井，是规划中需要重点分析的矿井，属于这类矿井的，前期有一矿、四矿、六矿、十矿、十二矿，后期尚可增加八矿、十一矿。

（2）煤层开采条件较好，矿井尚有相当储量，井田境界已被限定，无扩大合并的可能，矿井生产中可部分采用综采、普采，能较长期维持一定产量，属此类矿井的有二矿、五矿、七矿、大庄矿。

（3）矿井剩余储量不多，按现有生产水平只能开采一定时间，以后将陆续报废或萎缩的矿井，如九矿、三矿、高庄矿。

对（2），（3）类矿井，不再安排矿井的改扩建，对第一类矿井，要

研究其扩建规模的技术可行性。

（三）平顶山矿区原规划的待建矿井

按原矿区总体规划，矿区内未建的矿井有十三矿、首山一矿、首山二矿、滑角山一矿、滑角山二矿、堂街矿，均在平顶山煤田范围内。除十三矿井田经精查补探，已提出精查地质报告待批外，其它各矿井田尚待勘探，近期尚不具备建井条件，按现有地质资料考虑，作为进一步工作安排的参考。

（1）十三矿是新井中煤层赋存最浅、勘探程度最高的矿井，可采储量 2.4 亿 t，矿井设计能力 2.4Mt/a，可在“八五”期间开工建设。

（2）首山一矿地质储量预测为 5.54 亿 t，设计能力可为 2.1Mt/a，除十三矿外，首山一矿煤层赋存较其它矿浅，建井条件较好。

（3）首山二矿地质储量预测为 4.01 亿 t，煤层赋存也较浅，但浅部煤层地表为襄城县城，解决城下采煤是一大难题，从而影响该矿的建设时间。

（4）滑角山一矿在一矿、十矿的深部边界下，预测地质储量 1.261Gt，可建设 3.60Mt/a 能力的矿井。

（5）滑角山二矿在六矿、十一矿深部边界下，地质储量预测 1.101Gt，由于距已开发区较远，建井条件不如滑角山一矿有利，其开发也将晚于滑角山一矿。

（6）堂街矿在十三矿井田深部以下，预测地质储量927Mt，由于十三矿尚未开发，故堂街矿的建设尚是较长远的事，它可作为后期的接替矿井。

上述各矿井，除十三矿外，井田均处煤田深部，井深将达千米左右，考虑到井田地质勘探、矿井设计、建设必不可少的时间和当前的条件，前期只能建设十三矿，随后可以开发首山一矿和滑角山一矿。就煤炭资源储量来看，以深部矿井补偿现有生产矿井的报废

能力是具备条件的。

三　规划的基本问题

（一）规划的依据

制订平顶山矿区最优规划的依据是煤炭工业长远规划对平顶山矿务局今后发展的要求（“煤炭工业1986～2000年科技经济和社会发展规划”，煤炭工业部计划司长远规划处，1987.2）；平顶山矿务局1983、1985年先后编制的“平顶山矿区煤炭工业总体发展规划（草案）”；“矿区生产建设及规划”；平顶山矿务局及各矿的生产建设总结和有关资料；矿区和矿井已形成的实际条件。

（二）规划的指导思想

平顶山矿区规划的指导思想是执行中共十三大的工作方针，适应加快和深化改革的形势，依靠科学技术进步，充分利用平顶山矿区的地理优势、丰富资源、已形成的矿区实力和现有条件，按照现代化、集中化、合理化的要求，安排矿区的生产建设，使煤炭产量、经济和社会效益持续稳步增长，把平顶山矿区建设成为现代化的矿区。

（三）规划时期的划分

关于规划时期的划分，考虑到煤矿建设的环节多、周期长，后期能获得的效果，必须由前期进行的工作来保证，因此将规划分为两期。

前期——1987～2000年为第1期，跨越七五至九五3个5年计划期，前期主要依靠生产矿井的改扩建来满足矿区发展的需要，同时重点地进行必要的新井建设及建设前的准备工作，为下期的发展创造必要的条件。

后期——2000～2015年为第2期，下世纪初的3个5年计划期，矿区要依靠原有生产骨干井发挥效益，又必须有相当能力的新建井接替报废、衰老矿井的能力，并能保证矿区生产能力有所增长。由于年代相距较远，规划预测值的可靠性较低，但可作为编制

前期规划和安排工作的依据。

（四）规划方法的应用

考虑到不同规划方法各有短长，同时采用不同的方法分别进行研究，对研究结果综合分析，以便提高决策的可靠性。

第二节　生产矿井改扩建规模的技术可行性

煤炭需求量的增加，期望生产矿井通过改扩建扩大生产规模，而具有足够的储量和生产区域，是生产矿井是否改扩建及其规模确定的主要依据。合理的改扩建规模应保证在一定的采掘技术装备条件，能实现回采工作面的正常接替和采掘衔接，并保证矿井有较长的稳产服务年限。为此，采用本书第四章第二节所介绍的计算机模拟方法，分析生产矿井回采工作面的接替，用以预测技术可行的矿井改扩建方案和生产规模，经综合分析对有关矿井得出如下意见。

1. 一矿

平顶山矿务局一矿原设计生产能力 1.50Mt/a，1975 年结合新水平延深扩建为 2.40Mt/a。1980 年定为全国建设现代化矿井之一，鉴于煤层条件较好，开采技术以综采为主，经煤炭工业部批准进行二期扩建，矿井生产能力增至 4.00Mt/a。按现定的井田境界，包括深部预测，尚有可采储量 181.77Mt，用计算机模拟结果（详见第四章第二节）表明，改造完成后在不受$丁_5$煤层限采的条件下，安排 7 个综采工作面生产，年产量可达 4.20Mt，稳定生产年限为 37a；安排 9 个综采工作面生产也较稳定，年产量达 5.30Mt，可稳产 28a，但增长期长达十余年，要在 2000 年以后才能达产；在开采$丁_5$煤层的条件下，安排 8 个综采工作面生产，年产量可达 4.50Mt，稳产年限为 35a，但近期（2000 年以前）有 7～8 年接替相当困难，只能保证3.50Mt/a。这几种安排的矿井稳产期都不算长，

说明矿井已充分地进行了改扩建。如能将矿井下部边界延至己组煤的－1000m，储量尚可增加，矿井稳产期可以延长，即便如此也不宜再进行改扩建。

2. 四矿

平顶山矿务局四矿原设计生产能力 0.6Mt/a，1976～1980 年进行环节改造后生产能力扩大到 1.20Mt/a。尚有可采储量 75.35Mt，实际矿井产量已达 1.60Mt/a 水平，考虑深部边界为－450m、－650m 的情况下，产量为 1.60～2.20Mt/a。用计算机模拟回采工作面接替进行产量预测的结果(详见第四章第二节)表明，以－450m 为深部边界时，安排 4 个综采、1 个普采、1 个炮采工作面生产，矿井年产 1.45Mt，可稳产 26a；以－650m 为深部边界时，安排 5 个综采、1 个普采、1 个炮采工作面生产，矿井产量可达 1.80Mt/a，稳产期 21a。随着综采生产水平的提高，安排的工作面数目今后可能减少，将是四矿的改进方向。

3. 六矿

平顶山矿务局六矿是以综采为主、普采为辅的矿井，1980 年核定生产能力为 1.20Mt/a，1984～1990 年开发二水平时扩建至 2.10Mt/a。在现有井田范围内，尚有可采储量 155.41Mt。用计算机模拟安排工作面接替，按 4 个综采、1 个普采、2 个炮采工作面生产，矿井产量可达 3.00Mt/a，稳产 35a；安排 5 个综采、1 个普采、2 个炮采工作面生产，矿井产量可达 3.70Mt/a，稳产约 26a，由于矿井其它环节能力的限制，当安排 3.00Mt/a 产量时，要进行环节改造，如要使矿井产量达到 3.70Mt/a，就必须对矿井再进行改扩建。在矿井井田边界不调整的情况下，后期安排矿井产量 3.00Mt/a，稳产 35a 比较合适。

如能在 2000 年前后与四矿合并为联合矿井，并将联合矿井的深部边界扩展至－1000m，则矿井储量将大大增加，就具有根据需要再进行扩建的条件。

4. 八矿

矿井设计能力为 3.00Mt/a，1984 年二期工程投产。该矿储量丰富，以综采为主，主要问题是地温高、铁路压煤开采尚未很好地解决，近期难以达到设计能力。用计算机模拟工作面接替考察了：① 一水平上下山同时开采且铁路压煤能开采的四个方案；② 一水平暂不采下山部分的三个方案；③ 暂不采铁路压煤的四个方案。在①情况下，安排 7 个综采、5 个炮采工作面，矿井生产原煤 4.00Mt/a，稳产期 47a；在②情况下，安排 4 个综采、5 个炮采工作面，矿井生产原煤 2.90Mt/a，稳产近 60a；在③情况下，矿井产量只能达到 3.00Mt/a。从长远的工作面生产及接替条件看，特别是考虑到工作面单产水平的情况，安排年产 3.00Mt 是可行的，相应地要进行矿井的改扩建。从储量资源考虑，若能将八矿井田开采范围向深部扩展，还可增加矿井可采储量，后期还具有更大发展的可能性。经模拟研究，三种情况下的矿井年产量变化曲线见图 7—2，图 7—3 和图 7—4。

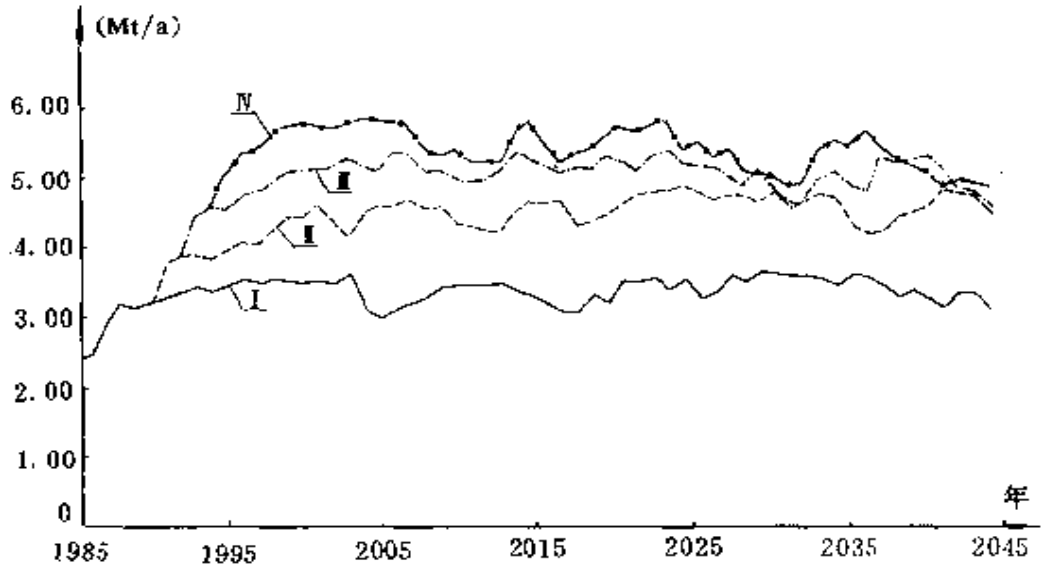


图 7—2　平八矿(一水平开采不受任何影响)矿井年产量变化曲线



图 7—3　平八矿(一水平不开采下山)矿井年产量变化曲线

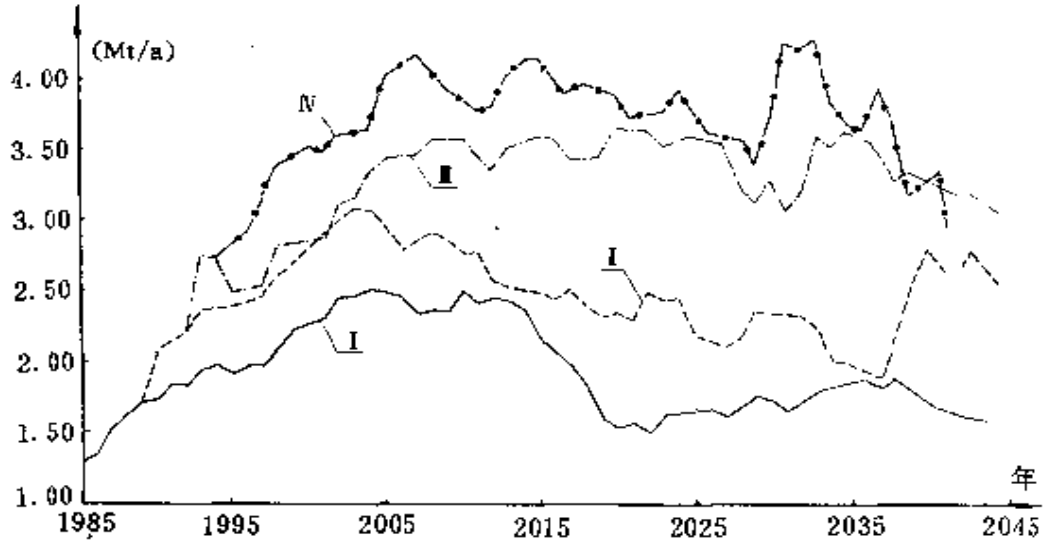


图 7—4　平八矿(暂不开采铁路压煤)矿井年产量变化曲线

5. 十矿

平顶山矿务局十矿原设计生产能力 1.20Mt/a，1982～1986 年扩建后，矿井生产能力为 1.80Mt/a，实际年产达 2.00Mt/a。在

现有井田范围内约有可采储量 131.58Mt，用计算机模拟工作面生产接替，南北两翼同采，矿井产量 2.00Mt/a 时，可稳产 40a；若安排年产量为2.50Mt/a时，尚可稳产 32a。当安排高产量时，矿井各生产系统的综合能力不够，要进行环节改造。如果将十矿井田的深部境界下移至－1000m，并从八矿井田划入一个采区的走向长度，则十矿的可采储量将大为增加，从而具备再进行扩建的资源条件，有进一步扩大矿井生产能力的可能。经模拟研究，其矿井年产量变化曲线见图 7—5。

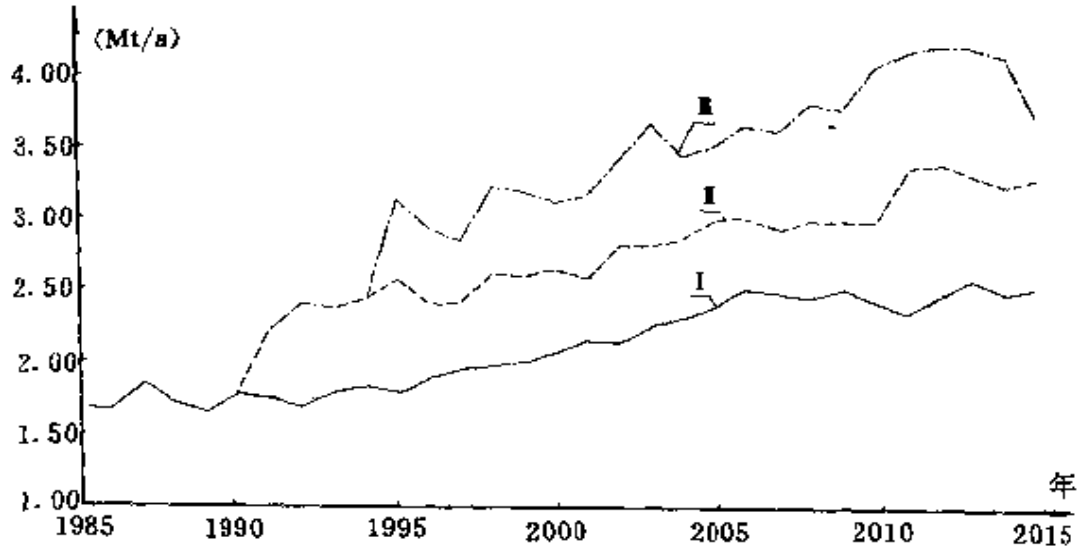


图 7—5　平十矿矿井年产量变化曲线

6. 十一矿

1980 年核定能力 600kt/a。一水平开采急倾斜、倾斜煤层，二水平煤层倾角变缓，开采条件将会好转，后期可发展综采。矿务局已委托武汉煤矿设计院做扩建设计，拟扩至 1.20Mt/a。从该矿当前条件看，近期煤层开采条件不会有所好转，不使扩建能力过大是适宜的。从整个矿区开发考虑，若东部一矿、六矿、十矿、八矿均将井田边界扩至己组煤的－1000m，则为深部滑角山二矿开采方便

计，十一矿深部境界也宜划至－1000m；并且将西部地方煤矿（红旗煤矿）的－450～－1000m 范围内的煤层储量也划入十一矿，十一矿的储量将大为增加，加上开采条件好转，后期有再进行扩建的可能性。

第三节　矿区建设规模及规划方案的优化

由于矿区内各生产矿井的改扩建和新井建设的选取及其组合方式的不同，有多种不同的矿区发展方案。为此，分别采用了层次分析法、分层次多目标优化、0—1 规划和目标规划等方法，对提出的矿区发展方案进行了分析和优选。为了考察矿井改造的合理性，一些已执行或正在执行的技术决定，也作为方案之一进行分析和比较。

一　矿区新建矿井和改扩建矿井建设项目安排的分层次多目标优化

为了选择矿区内生产矿井改扩建及新井建设的项目安排，取产量、经济效益和投资为目标，投资与效益均按复利公式折算为现值。当受某种条件（如投资限额、施工力量等）限制时，可以优选出 1 个或 2，3，…，5 个矿进行改扩建（或新建），分析不同安排时的效果，判断应安排哪一个或几个矿井建设。

对平顶山矿区，取一矿、六矿、七矿、十一矿、十二矿为改扩建项目，新建矿井项目有十三矿、首山一矿、滑角山一矿。计算分析了两种情况：不包括首山一矿、滑角山一矿的 15 对矿井的总效果；包括全部 17 对矿井时的效果。计算结果表明，当以 15 对矿井优化时，应优先安排一矿、十二矿的改建及十三矿的建设。当以 17 对矿井进行优化时，由于新建矿井投资时间晚，折算为现值时数值变小，而其后效较大，故以建设十三矿、首山一矿、滑角山一矿为优。这种情况说明，从较远的矿区发展考虑，宜积极创造条件，争取新

建矿井早日开工。

二　用0—1规划模型选择矿区发展方案

应用0—1规划考察不同投资方案的效果，从而找出最佳的投资方案。规划至2000年，以矿区效益最大为目标，以满足矿区产量(增产额)和投资额为约束，对平顶山矿区，近期可以投资改扩建或新建的矿井为一矿、六矿、七矿、八矿、十一矿、十二矿、十三矿，按五种不同的约束条件进行优化：

(1) 限定矿区投资额，规划期内最高不超过9亿元，最低为4亿元；

(2) 要求规划期末的产量为20.00，22.00，24.00Mt/a，即增产额为3.88，5.88，7.88Mt；

(3) 限定矿区投资额如上，并要求规划期末达到(2)中所要求的产量；

(4) 限定投资额，并要求规划期内每个阶段均达到相应的增产要求；

(5) 同(4)，并再增加一个分阶段的产量要求；

经计算分析，得到如下结果：

第一，要求矿区产量在规划期末达到22.00Mt/a，必须进行前述七个矿井的改扩建(新建十三矿)；

第二，改扩建、新建矿井安排的优先顺序为一矿、六矿、十二矿、十三矿、八矿、十一矿。

三　用目标规划选择矿区建设规模及建设项目

以20年为规划期(到2005年)，考虑四种矿区规模：20.00，22.00，24.00，26.00Mt/a，一矿、六矿、七矿、八矿、十一矿、十二矿、十三矿、首山一矿、滑角山一矿是否改扩建(新建)及何时建设投产的各种不同方案，取产量、效果、投资三项目标，计算不同方案的效果，选取的方案如下：

1. 当取三项目标的优先等级为产量——效益——投资时，最

优方案建设投产的时间安排为：

投产年份	1989	1990	1991	1995	1997	2003
投产矿名	一、六	十二	十一	八	十三	首一

该方案2000年的矿区生产能力为22.07Mt/a，规划期末的生产能力为24.17Mt/a；2000年的累计投资额为10.5亿元，总投资为11.17亿元；2000年矿区的产量为23.7922Mt，2005年产量可达26.00Mt。

2. 当取三项目标的优先等级为效益和投资并列，其次为产量时，最优方案的矿井建设投产顺序为：

投产年份	1989	1990	1991	1992	1995	2004
投产矿名	六矿	十二矿	一矿	十一矿	八矿	十三矿

此方案到2000年的矿区生产能力为19.67%Mt/a，年产量为22.3522Mt，投资为6.55亿元，至2005年矿区生产能力为22.07Mt/a，产量22.72Mt，投资为7.81亿元。

上述两种方案均表明，前期应进行生产矿井的改扩建，而后安排新井建设。当然，新井建设要受到勘探、设计、施工条件等的限制，但优化提供了及早安排矿井建设可能获得的效果预测，可作为安排工作的参考。

四　用层次分析法选择平顶山矿区发展方案

考察平顶山矿区发展的5个方案。

方案Ⅰ　对一矿、六矿、八矿、十一矿、十二矿进行改扩建，并建设十三矿、首山一矿和滑角山一矿。

方案Ⅱ　不进行生产矿井的改扩建，新建十三矿、首山一矿和滑角山一矿。

方案Ⅲ　对一矿、六矿、八矿、十一矿、十二矿进行改扩建，不建设新井。

方案Ⅳ　保持现有生产矿井而不改扩建，也不进行新井建设。

方案Ⅴ　对一矿、六矿、八矿、十一矿、十二矿进行改扩建，新井只建设十三矿。

分析比较上述方案时，取矿区总产量、产量变化状态、投资、经营效益和社会效益为准则，得到了如下结果：

（1）以产量、产量增长为最重要的目标，投资、社会和经济效益为较次要的目标，合成后的方案优先顺序为

Ⅰ—Ⅴ—Ⅲ—Ⅳ—Ⅱ

（2）以经济效益、投资为最重要的目标，社会效益、产量增长、总产量为次的目标，合成后优化各方案的优先顺序为

Ⅲ—Ⅴ—Ⅳ—Ⅰ—Ⅱ

优化结果表明：当取产量为主时，方案Ⅰ最好；从优化期2005年以前的经济效益最好考虑，以方案Ⅲ最优；兼顾两方面的要求时，可选取方案Ⅴ，即对生产矿井进行改扩建，并同时新建十三矿。这说明，已进行的生产矿井改扩建是合适的。当前则必须尽早建设十三矿。

上述四种方法研究的结果表明，对平顶山矿区宜对有条件的生产矿井进行改扩建，并应及早安排新井十三矿的建设。

第四节　矿区发展的系统动态模拟与分析

利用所建立的矿区发展“SD”模型，对平顶山矿区发展的不同策略进行了30a(1985～2015)的动态模拟，得出了相应的矿区生产建设规模、经济效益、固定资产、职工人数、矿区人口及家属住宅等的动态变化值，由此可得出相应的结论。

一　矿区生产建设规模

关于矿区生产建设规模考察了4个方案。

方案Ⅰ　矿区除正在改建的一矿、四矿、六矿、七矿、十矿外，对有条件的十一矿和十二矿进行改扩建。八矿达产后，从 3.00 Mt/a扩建到 4.00Mt/a。为了矿区内矿井的正常接替，在八五期间开工建设新井十三矿，设计能力 2.40Mt/a；十五开工建设首山一矿，设计能力 2.10Mt/a；十一五开工建设滑角山一矿，设计能力 3.60 Mt/a。

方案Ⅱ　不改建十一矿、十二矿和八矿，按Ⅰ方案建新井。

方案Ⅲ　对生产矿井进行改扩建，不建新井十三矿、首山一矿和滑角山一矿。

方案Ⅳ　维持现有生产能力，既不改老井，也不建新井。

4 个方案模拟得出的矿区规模及产量列于表 7—3 和表 7—4，图 7—6 和图 7—7 表示了方案Ⅰ的变化趋势。从表中数据可以看

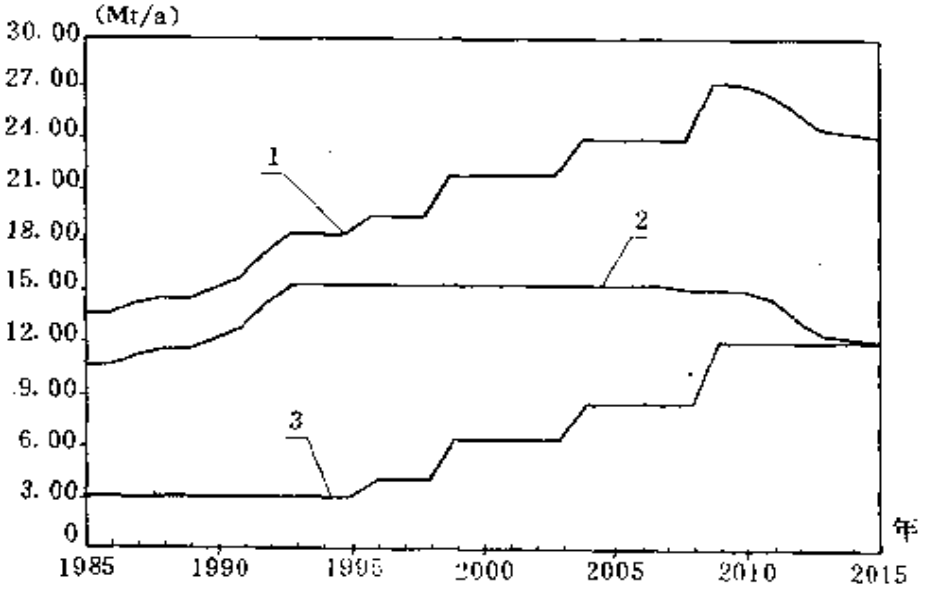


图 7—6　平顶山矿区生产能力规划图(方案Ⅰ)

1——矿区生产能力；2——老井生产能力；

3——新井生产能力

表 7—3　　不同方案的矿区生产能力和产量

项目	方案	类型/年份	老井 1990	1995	2000	2005	2010	2015	新井 1990	1995	2000	2005	2010	2015
生产能力 (Mt/a)		Ⅰ	12.26	15.46	15.46	15.46	15.16	12.10	3.00	3.00	6.40	8.50	12.10	12.10
		Ⅱ	12.26	14.26	14.26	14.26	13.96	10.90	3.00	3.00	5.40	7.50	11.10	11.10
		Ⅲ	12.26	15.46	15.46	15.46	15.16	12.10	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00
		Ⅳ	12.26	14.26	14.26	14.26	13.96	10.90	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
产量 (Mt)		Ⅰ	15.221	17.191	15.924	15.872	14.453	10.667	3.003	3.504	5.423	7.585	10.311	11.902
		Ⅱ	15.221	15.856	14.688	14.640	13.309	9.610	3.003	3.504	4.564	6.554	9.263	10.873
		Ⅲ	15.221	17.191	15.924	15.872	14.453	10.667	3.003	3.504	4.2401	4.3088	4.2355	4.1251
		Ⅳ	15.221	15.856	14.688	14.640	13.309	9.610	3.003	3.806	3.2778	3.2778	3.1873	3.0963

表 7—4　　不同方案的矿区总产量

方案	项目/年份	矿区总产量 (Mt) 1990	1995	2000	2005	2010	2015	各方案产量比较 (+,−) 1990	1995	2000	2005	2010	2015
Ⅰ		18.224	20.695	21.347	23.457	24.764	22.569	0	0	0	0	0	0
Ⅱ		18.224	19.36	19.252	21.194	22.572	20.483	0	−133.5	−209.5	−226.3	−219.2	−208.6
Ⅲ		18.224	20.695	20.164	20.181	18.688	14.793	0	0	−118.3	−327.6	−327.6	−777.6
Ⅳ		18.22	19.36	18.069	17.918	16.496	12.706	0	−133.5	−328.1	−553.9	−826.8	−986.3

出，各方案 1990 年的生产能力是相同的，因而产量也相同。从 1995 年开始方案Ⅱ和方案Ⅳ由于能力比方案Ⅰ少 1.20Mt/a（即在“八五”期间不改建十一矿和十二矿），故产量减少 1.33Mt。从 2000 年开始，除方案Ⅱ的能力和产量差距在 2.10～2.20Mt 左右外，方案Ⅲ和方案Ⅳ与方案Ⅰ的能力和产量差距愈来愈大，两个方案至 2015 年的产量与方案Ⅰ相比分别减少 7.77Mt 和 9.86Mt。相当于减少一个年产 10.00Mt 左右的矿务局。

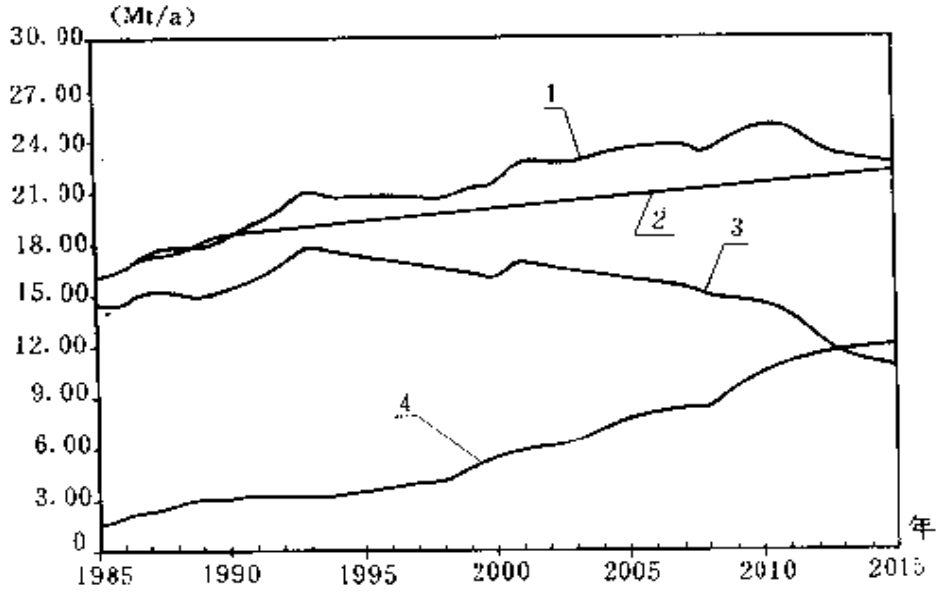


图 7—7　平顶山矿区原煤产量变化趋势图（方案Ⅰ）

1——矿区产量；2——计划产量；3——老井产量；4——新井产量

从全局整体考虑，既考虑国家对煤炭的需求，也考虑到一个大型煤炭基地的生产准备和衔接，方案Ⅲ和Ⅳ均不可取。尽管方案Ⅲ具有投资少、见效快的优点，但它不利于矿区持续稳产，矿区不上新井，缺乏后劲。为立足长远，面向未来，充分发挥一个大型矿区的人力、物力和财力，特别是平顶山矿区又是全国准备建设的六个现

代化矿区之一，因此推荐第Ⅰ方案，采用该方案矿区到2000年直至2015年的产量均能达到22.00～24.00Mt水平，最高产量能达到24.00～25.00Mt。

为了保证第Ⅰ方案的实施，必须采取如下措施：

（1）由于矿井建设周期长，按矿井基本建设程序，一般勘探需要2～3a，设计和审批2～3a，施工准备0.5～1a，建井工期7～8a，一般一个矿井从勘探到达产取得经济效果的周期长达18～20a。为此，要在十五和十一五建成首山一矿，八五期间就必须着手进行首山一矿的补充勘探，九五拿出精查地质报告和矿井设计，才能确保十五开工。九五期间进行滑角山补充勘探，十五拿出精查地质报告和矿井设计，才可能确保滑角山一矿十一五的正式破土动工。

（2）必须保证老井改扩建和新投产井改建所需的投资。按现行价格，老井改扩建吨煤投资按100元计，新建井吨煤投资150元计，精煤洗煤厂新建和改建吨煤投资按25元计。建井期与逐年投资比例列于表7—5，矿区基建（矿井和洗煤厂的新建和改建）投资列于表7—6，投资变化趋势见图7—8。矿区公用工程和配套工程的投资按矿务局历年实际值的比例，按工程投资的40%计算。

表7—5　　矿井建设逐年投资分配比例

井　型（Mt/a）	建井期工（a）	逐年投资比例（%）							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.80	6	5	1	3	3	2	5		
2.40	7	5	1	2	3	2	1	5	
3.00以上	8	5	1	2	2	2	1	1	5

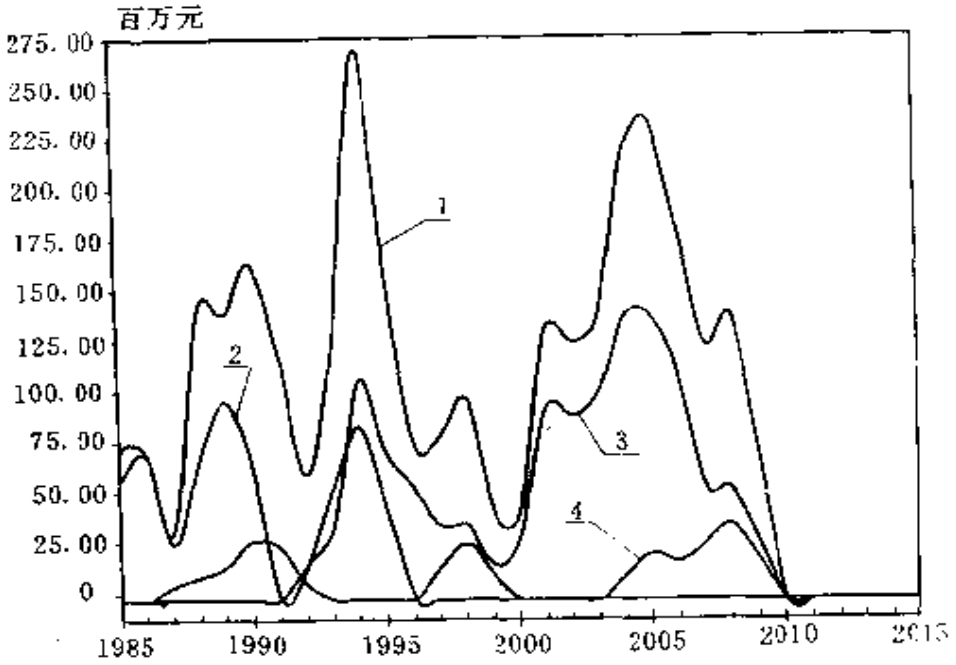


图 7—8　平顶山矿区投资变化趋势图(方案 I)

1——矿区总投资;2——矿井改扩建投资;3——新建井投资;4——洗煤厂投资

(3) 确保矿区内矿井的大接替。按模拟结果,平顶山矿区矿井接替列于表 7—7。

二　矿区选煤厂建设与经济效益

平顶山矿务局目前仅拥有设计入洗能力为 3.50Mt/a(核定能力 2.70Mt/a)的田庄选煤厂,入洗能力为 1.80Mt/a 的八矿选煤厂,在建一座入洗能力为 3.40Mt/a 的动力煤选煤厂。总的来看,矿区产品结构比较单一,全局 1986 年原煤入洗量仅为 3.30Mt。筛选煤比例也较少,大量供应的仍是原煤。劣质煤、煤矸石等低热值燃料,尚未能充分利用。大力开展选煤厂的建设,对提高矿区经济效益有重要意义,考虑了两个方案。

方案 I　在七矿建一座精煤选煤厂,入洗能力 1.20Mt/a,前期入洗七矿、五矿的己组煤,后期入洗四矿、六矿的己组煤。同时在矿区西部高庄地区建洗精煤二厂,入洗高庄和大庄的己组煤。新井

表 7—6　　平顶山矿务局 2015

序号	项　目	建设规模（Mt/a）	建设起止年限	建设总投资（万元）	吨煤投资（元/t）	至 1986 年底完成投资（万元）
	全局合计					
一	矿井计					
1	一、四、六、七、十矿改扩建	6.00～10.30	1984～1991	38214	88.87	16548
2	十二矿改扩建	0.30～0.90	1988～1990	4878		
3	十一矿改扩建	0.60～1.20	1989～1991	6000	100	
4	八矿改扩建	3.00～4.00	1993～1995	12000	120	
5	新建十三矿	2.40	1992～1999	36000	150	
6	新建首一矿	2.10	1999～2005	31500	150	
7	新建滑一矿	3.60	2002～2009	5400	150	
二	洗煤厂计					
1	田庄洗煤厂扩建	2.70～3.50	1987～1989	2000	25	
2	七矿洗煤厂	1.20	1989～1991	3000	25	
3	矿区第二洗煤厂	1.20	1991～1993	3000	25	
4	十三矿洗煤厂	1.80	1986～1998	4500	25	
5	首一矿洗煤厂	1.50	2003～2005	3750	25	
6	滑一矿洗煤厂	3.00	2005～2008	7500	25	
三	公用及配套工程					

年前所需投资表

总　计	其中:2000年以前				2000年以后			
	七五	八五	九五	小　计	十五	十一五	十二五	小　计
275614	29731	74523	33975	138228	85545	51840		137385
162152	24883.6	39168.4	17325	81377	56475	24300		80775
17774	17774			17774				
	4878							
	2231.6	3768.4						
		12000						
		23400	12600					
			4725		26775			
					29700	24300		
23750				12500				11250
	2000							
	2000	1000						
		3000						
			4500					
					3750			
						7500		
89712	847.4	31354.6	12150	44352	25320	20040		45360

表 7—7　　平顶山矿区矿井接替推荐方案(方案Ⅰ)

矿井名称	至1986年末可采储量(Mt)	设计能力(Mt/a)	1987年实际产量(Mt)	产量安排(Mt)					
				1990	1995	2000	2005	2010	2015
全　局			17.236	18.35	19.70	21.50	23.65	23.80	23.10
一　矿	181.77	2.40～4.00	3.351	3.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
二　矿	8.29	0.21	0.5177	0.45	0.45	0.45	0.40	0.30	0
三　矿	8.30	0.30	0.3595	0.30	0.30	0.30	0.20	0	0
四　矿	75.35	1.20	1.595	1.70	1.90	1.90	1.50	四六矿合并	
五　矿	45.55	1.20	1.527	1.30	1.00	1.00	1.00	0.80	
六　矿	155.41	0.90～2.10	1.297	1.45	2.10	2.40	2.40	3.00	3.00
七　矿	46.72	0.90～2.10	1.011	1.10	1.10	1.10	1.00	0.80	
八　矿	194.69	3.00	2.201	3.0	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00
九　矿	3.81	0.21	0.3111	0					
十　矿	131.58	1.80	2.0285	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.80
十一矿	53.21	0.60～1.20	0.6112	0.60	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
十二矿	32.96	0.30～0.90	0.794	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	
高庄矿	27.34	0.45	0.481	0.45	0.45	0.45	0.45	0.30	
大庄矿	59.25	0.90	1.151	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00
十三矿		2.40				0.50	2.40	2.40	2.40
首山一矿		2.10					0.90	2.10	2.10
滑角山一矿		3.60						0.90	3.60

选煤厂与矿井建设同步，能力配套。即九五开工十三矿选煤厂，入洗能力 1.80Mt/a，十五开工首一矿选煤厂，入洗能力 1.50Mt/a，十一五开工滑一矿选煤厂。

方案Ⅱ　不建七矿选煤厂，洗精煤二厂和与新井能力相适应的新井选煤厂。

动力煤选煤厂由于回收率低，同时产品售价比原煤售价又高得不多，效益不明显，而当前资金又紧缺，暂不考虑建动力煤选煤厂。因此对丁戊组煤根据具体情况和用户要求建设筛分厂。建设精煤洗煤厂的两个方案计算结果列于表 7—8。

表 7—8　　选煤厂建设方案比较

方案	销售收入（万元）					销售利润（万元）				
	1995	2000	2005	2010	2015	1995	2000	2005	2010	2015
Ⅰ	46393	57432	57627	85211	85498	6220	1111	−5496	−17902	−27771
Ⅱ	31933	32041	32150	32258	32367	4281	620	−3066	−6777	−10513
Ⅰ-Ⅱ	14460	25391	25477	52953	52131	1939	491	−2430	−11125	−17258

由表可知，建与不建精煤选煤厂其结果大不相同。1990 年两个方案的收入利润相同。从 1995 年开始，即七矿选煤厂和矿区选煤二厂建成发挥效益，方案Ⅰ较方案Ⅱ增加收入 14460 万元，利润 1939 万元，以后随新井选煤厂的建成投产，其收入也在逐年增加，最高每年增收 5 亿多元，故推荐采用方案Ⅰ。

煤炭工业开采的是地下的自然资源，随着开采深度的逐步加深，开采难度愈来愈大，生产成本不断增加，考虑逐步衰老过程中的经济损失，报废时的人员安置都是煤矿企业的特殊问题。即使在正常时期，煤炭企业的生产，经营状况受资源赋存条件的限制也特别大，加之长期以来，煤炭的价格与价值严重背离，使绝大多数煤炭企业处于亏损状态。从企业内部来说，提高企业效益的途径有两条：一是扩大建设规模，挖掘矿井潜力，增加煤炭产量；二是大搞以煤为中心的煤炭洗选加工和综合利用。由于煤炭生产建设的周期长，今天的投资要在 10a 以后才能起作用，为了解决 10a 以后的经

济效益，就必须在现在投入足够的资金。只强调老井挖潜，光着眼花钱少，见效快，其后果不仅加速了矿井衰老和报废，造成矿区生产不稳定因素，同时由于煤炭成本的不断上涨，结果是产煤愈多，亏损越大。另外，如果不改变严重扭曲的不合理煤炭价格，则即使矿区原煤、洗精煤增产、销售收入增加，而销售利润仍会大幅度下降，图 7—9，7—10 表示了按方案 I 建设出现的这种趋势。

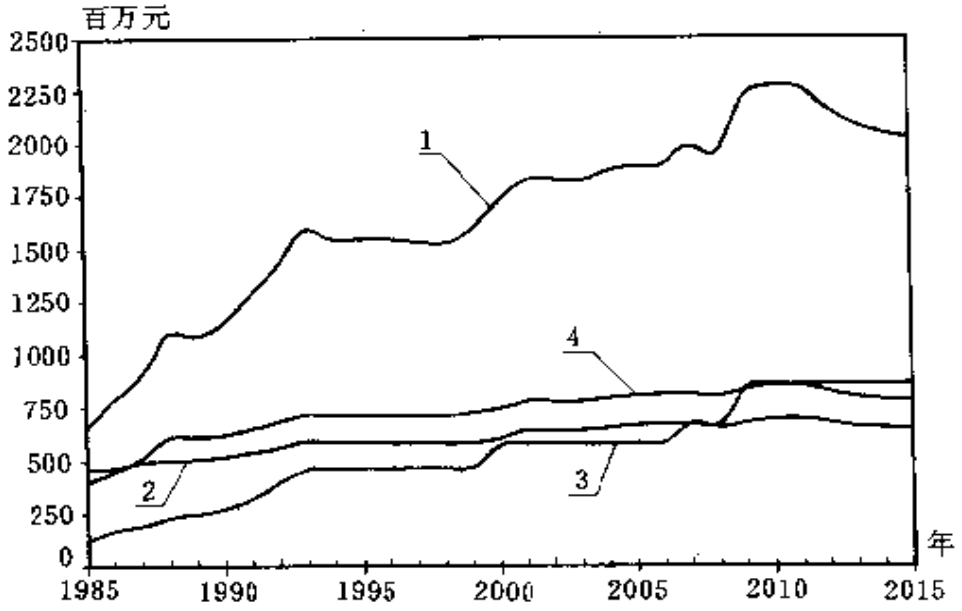


图 7—9　平顶山矿区销售收入变化趋势图(方案 I)

1——销售总收入；2——销售原煤收入；3——销售精煤收入；4——工业产值

三　矿区固定资产

截止 1985 年底，国家累计对矿区投资总额达 16.45 亿元，形成固定资产 17.53 亿元，现有固定资产净值 11.48 亿元。

按矿区生产规模方案 I 的模拟结果所得固定资产原值、固定资产净值及固定资产产出率列于表 7—9。其动态变化参看图 7—11。从表中数据可以看出，固定资产原值和净值都不断增加，而资产产出率却随之减少。这表明固定资产产出率随固定资产与投入

的劳动力的比值增加而下降。

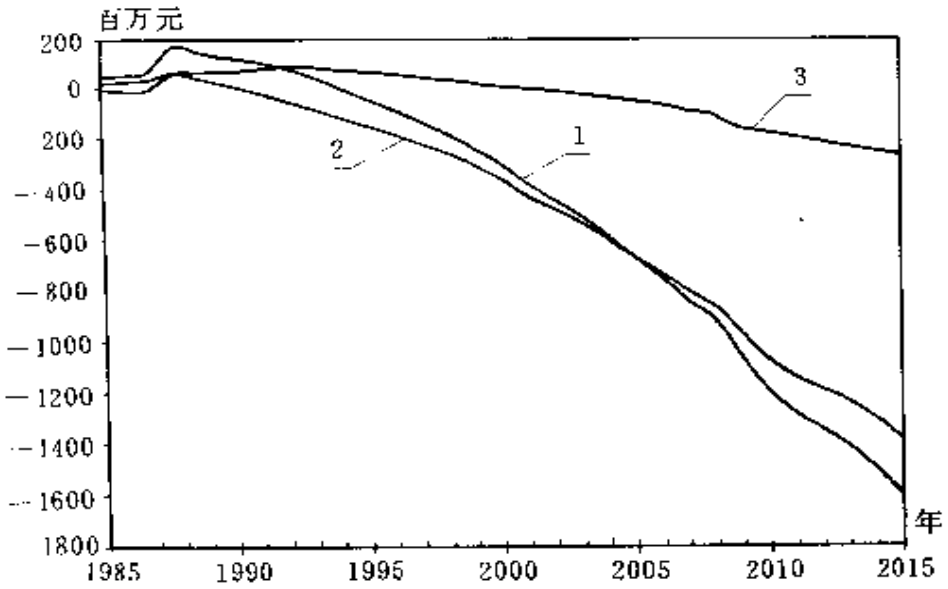


图 7—10　平顶山矿区销售利润变化趋势图(方案Ⅰ)

1——销售总利润；2——销售原煤利润；3——销售精煤利润

表 7—9

内容 / 年份	固定资产原值（万元）	固定资产净值（万元）	固定资产产出率（元/万元）
1985	175290	120790	3739.4
1986	192100	129120	3590.5
1987	196150	124320	3940.7
1990	243640	145710	3521.3
1995	357460	210420	2768.9
2000	466120	265620	2262.7

四　矿区职工人数和全员效率

全局 1985 年职工人数为 105372 人，其中原煤生产工人

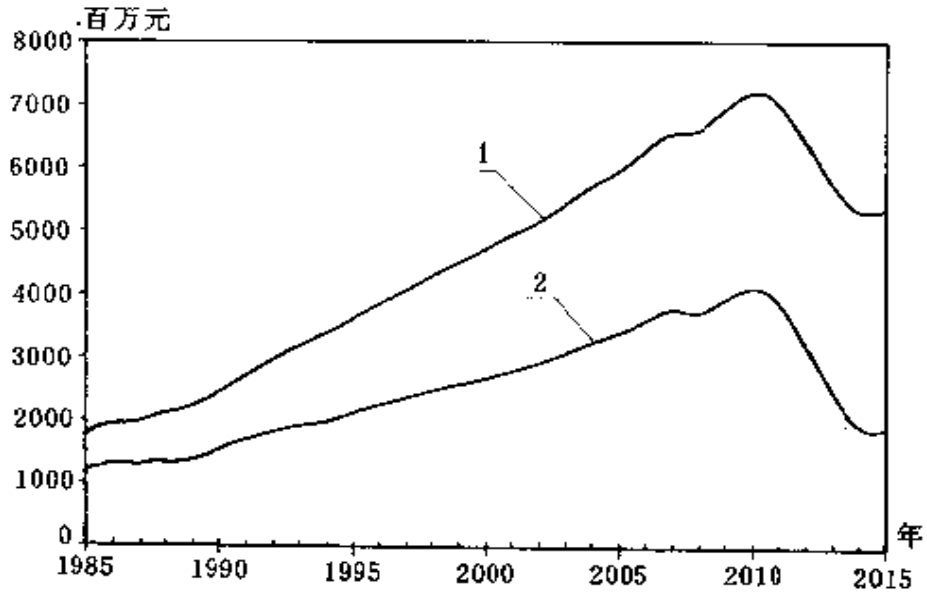


图 7—11　平顶山矿区固定资产变化趋势图(方案 I)

1——固定资产原值；2——固定资产净值

52880 人，生产管理人员 6458 人，矿区全员效率为 1.152t/工，吨煤工资包干数部定为 13 元，实际吨煤工资为 8.6 元。

按矿区不同的生产规模对矿区职工人数及全员效率进行了模拟，其结果列于表 7—10。

表 7—10　　矿区职工人数和全员效率

指标 / 年份 / 方案	总职工人数(人)			原煤生产人员			全员效率(t/工)		
	1990	1995	2000	1990	1995	2000	1990	1995	2000
I	116070	135320	119230	50582	42060	33250	1.72	2.36	3.086
II	116070	126600	107530	50582	39277	29952	1.72	2.36	3.083
III	116070	135320	112620	50582	42060	32559	1.72	2.36	2.98
IV	116070	126600	100920	50582	39277	29261	1.72	2.36	2.97

其动态变化趋势见图 7—12。从表可知，1990 年各方案的职工人数和原煤生产人员及全员效率均相同，从 1995 年开始方案Ⅱ和方案Ⅳ职工数和原煤生产人员减少，但全员效率不变。到 2000 年，四个方案的效率方案Ⅰ最高。因此从全员效率这个角度来看，矿区生产规模也是方案Ⅰ好。

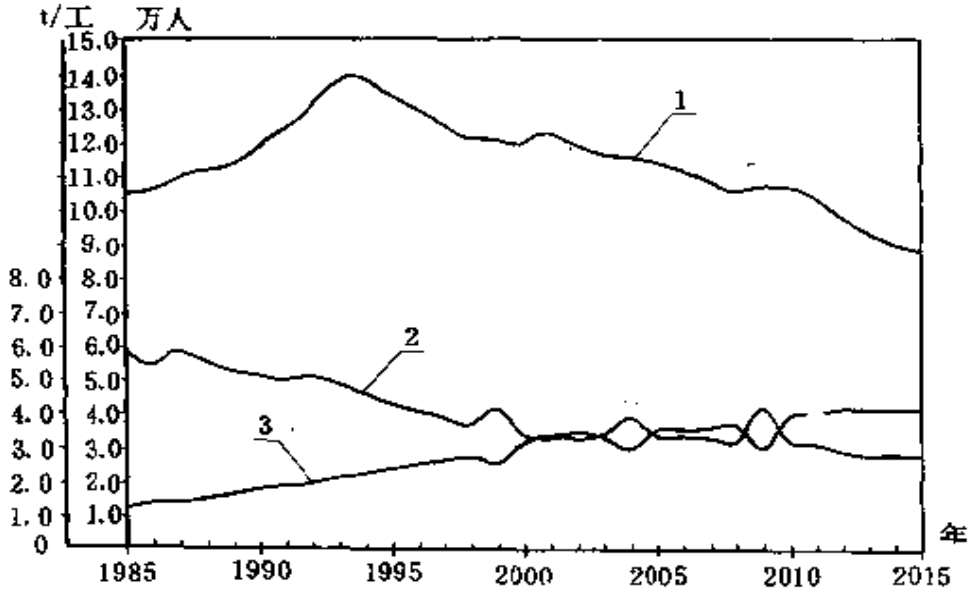


图 7—12　平顶山矿区职工人数和全员效率变化趋势图(方案Ⅰ)

1——总职工人数；　2——原煤生产人员；　3——全员效率

模拟结果，全员效率到 2000 年为 3.086t/工，到 2015 年为 4.14t/工。随着效率的提高，与全员效率有关的原煤生产人员必须减少。同时由于煤炭行业的特殊性，从事井下作业的工人，特别是采煤工作面和掘进工作面的井下工人，一般都不到规定的退休年龄就需转到地面做一些力所能及的工作。这样，煤矿的职工总人数相对而言要比其它行业的多。而煤矿的职工人数目前又受吨煤工资包干基数的限制。另外，提高全员效率就必须提高机械化程度和科学技术水平，同时精减人员。但对煤矿而言，前者往往受煤矿地

质条件对机械化的限制和煤矿企业面临亏损而无力购买综采综掘设备的问题，后者又涉及到精减人员的出路和安排的问题。

五　模型的历史验证

对平顶山矿区发展“SD”模型的历史验证是把模拟起始时间退回到 1979 年。取矿区产量和职工人数为验证的主要变量，验证结果参见表 5—4，从中可见，总产量的仿真值与历史值之间最大相对误差小于 2.76%，拟合精度较高，职工人数的仿真值与历史值之间最大相对误差小于 3.66%，拟合精度也是比较高的。说明本模型用于平顶山矿区发展的模拟研究是可信的。

第五节　矿井布局

一　平顶山矿区布局原则及主要问题

根据平顶山矿区环境和地质、采矿技术经济特点，以将平顶山矿区建设成为现代化矿区作为总目标，按照现代化、集中化、合理化的要求来布署矿井，提出以下合理布署的原则：

1. 按现代化矿区建设的要求，建成一批储量丰富、能长期稳定生产、达到现代化矿井标准的大型骨干矿井；

2. 按集中化的要求，进行矿井的合并，建设经济效益更好、技术合理的联合矿井；

3. 从矿区合理开发的全局出发，处理好矿井井田间的边界关系；

4. 充分利用矿区、矿井已形成的设施和条件，为生产骨干井的长期稳定发展创造条件；

5. 正确处理生产矿井技术改造和新井建设的关系：在储量划分上，优先考虑生产骨干井的发展需要；在建设投资上，要安排新井建设，保证矿区内矿井的接替；

6. 正确处理当前和长远的关系，既重视至 2000 年矿区的技

术经济效果和社会效益，也要考虑到2000年后矿区产量保持稳定并有所提高，经济效益能继续提高。

平顶山矿区的井田划分，在建设和生产过程中做过一些局部调整，从当前的情况看，二矿、三矿、五矿、七矿、九矿、高庄矿、大庄矿的井田边界和储量被限定，没有大变动的余地，长远规划主要考虑一矿、四矿、六矿、八矿、十矿、十一矿、十二矿及新井建设的安排，需要决策的问题主要有：四矿、六矿是否合并为联合矿井；十矿、十二矿是否合并为联合矿井；八矿、十矿、首山一矿井田边界的调整；矿区骨干井的深部境界；新井建设如何安排；规划期末矿区矿井布局的面貌。

二　四矿和六矿合并方案分析

注意到四矿、六矿开采已形成的特点是：

1. 四矿、六矿已形成了2.40Mt/a的生产能力，实际年产原煤已达3.00Mt，至1991年六矿扩建完成后，两矿总能力将达到3.30Mt/a，年产原煤将达4.00Mt左右，四矿、六矿的长期稳定发展，对支撑矿区稳产有重要作用；

2. 单纯从可采储量看，四矿尚有可采储量75.35Mt，按年产1.80～2.00Mt/a计算，尚可服务约40a，但实际回采率往往低于计算值，服务年限可能缩短；由工作面生产接替的计算机模拟研究说明，安排年产1.80～2.00Mt/a，只能稳产20a左右，为保证矿区产量，届时需由其它矿井接替下降的产量；如要维持矿井产量，再向深部扩大井田开采范围，则又因四矿井田走向长度短，沿走向只能布置一个采区，继续向下延深矿井，在技术经济上都不合理。

3. 六矿改扩建完成后，产量可能达到3.00Mt/a水平，稳产35a。若后期要补偿四矿产量的下降，再改扩建，安排年产原煤3.60Mt，只能稳产26a，作为矿区的骨干井，稳产期均较短，对矿区稳产不利；

4. 六矿深部境界尚可扩展，如扩至－1000m（己），可大大增

加煤炭储量，延长矿井稳产年限，由于深部储量偏向井田西部，深部开拓主要井巷亦将靠西部布置，从现六矿中偏西位置向下延深是较为合适的；

5. 利用四矿现有地面及井巷设施为四、六矿深部（东翼）开采服务，可以节约井巷工程和基建投资，减少巷道维护长度，缩短通风线路，能取得较好的技术经济效果。

从上述考虑出发，分析比较了 4 个方案：

方案 I　四矿、六矿按联合矿井方式合并，在－450m 建立共用水平，合并初期，两井为分区通风，以后利用四矿井巷为联合矿东部下山开采回风，井下煤、矸运提方式有：① 集中在西部出煤、东部出矸；② 西部出矸、东西部均出煤；③ 东西部均出煤、矸的三个小方案。

方案 II　四矿、六矿按联合矿井方式合并，在－650m 建立共用水平，也有集中西部出煤、提矸与东西部均提煤、矸两个小方案。

方案 III　四矿、六矿不合并，四矿深部境界下延至－650m（已），采完后报废。

方案 IV　四矿、六矿不合并，四矿在采完现井田范围后报废。

为比较上述方案的优劣，编制了动态经济数学模型。决策参数包括：是否合并，主井延深方式，副井延深方式，通风方式，上下山开采，大巷运输方式，首采区参数等，计算的费用项目有：井巷工程费、巷道维护费、采区吨煤生产费、主辅提升费、大巷运输费、地面运输费、已有投资、产品税、营业外支出及流动资金的占用等，并考虑了费用的时间价值，取净现值 NPV 最大为目标。

$$NPV = \sum_{Y=1}^{M} C(Y) \cdot (1 + A_0)^{Y-1}$$

式中　Y——年份；

M——水平服务年限，年；

$C(Y)$——第 Y 年现金流入与现金流出之差值，万元；

A_0——基准投资收益率，取为 0.10。

经模拟计算得出各方案的 NPV 为：

方案	Ⅰa	Ⅰb	Ⅰc	Ⅱa	Ⅱb	Ⅲ	Ⅳ
NPV	23409	23627	22989	22445	22366	21604	20797

方案Ⅰ的经济效益较优越，技术上也更合理，建议采用方案Ⅰ。至于具体提煤、排矸、通风小方案(a,b,c)的选取，可由进一步的设计确定。

矿井合并会给管理工作带来许多新问题，处理不好，会影响职工的积极性，直接影响到矿井的生产和技术经济效果，要有充分时间进行思想、舆论、组织、技术措施等准备工作，因此，合并期不宜过早，可选在 2000 年前后。

三　十矿和十二矿合并方案分析

从矿区开发合理考虑，分析两个方案。

方案Ⅰ　十矿、十二矿按联合矿井方式合并，两矿在－320m 水平联通，合并初期，两矿为分区通风，以后，利用十二矿立井为联合矿井北翼东部下山回风，集中由十矿出煤。

方案Ⅱ　十矿、十二矿不合并，十二矿在 2000 年后逐渐减产，以后报废。

分析两方案时考虑以下因素：

1. 十二矿尚有可采储量约 30.00Mt，按年产原煤 1.00～1.20Mt计，尚可服务 25～30a，实际工作面接替上的困难，稳产期只约为 20a，方案Ⅱ对保证矿区稳产不利；

2. 从矿井井筒位置看，十二矿井筒更靠近十矿井田深部，方案Ⅰ利用十二矿井筒等设施为联合矿井开采北翼东深部是较为有利的；

3. 采用方案Ⅰ合并两矿，有利于回采工作面(后期)的合理接替安排，节约井巷工程和设备，减少巷道维护，有利于提高矿井的

抗灾害能力。

综上所述，建议采用方案Ⅰ。

考虑到要有足够的时间进行矿井合并的思想、组织、技术措施及必要的工程建设，合并的时间可定在“九五”期间。

四　矿区生产骨干井与深部井的境界关系

矿区李口向斜南翼的生产骨干井一矿、六矿、八矿、十矿、十一矿的深部境界原定为－800m，随着生产矿井开采技术水平的提高进行了改扩建，矿井开采强度大为提高，矿井服务年限及稳产期均将大大缩短，扩大生产矿井及深部的井田范围，是解决前述问题的有效办法，为此，分析比较三个方案。

方案Ⅰ　将一矿、四～六矿、十～十二矿、十一矿的深部境界扩至－1000m(己)，十矿与八矿的境界，从－430m 以下向东移一个采区走向长度，八矿深部扩至李口向斜轴，并将首山一矿井田许南公路以东部分划入八矿，为补偿首山一矿缩减的储量，将滑角山一矿井田东部向斜轴以北及堂街矿井田东南角沿煤层倾斜线划归首山一矿。

方案Ⅱ　将一矿、四～六矿、十～十二矿、十一矿的深部境界扩至－900m(己)，八矿的深部境界及八矿、十矿的边界关系与方案Ⅰ相同。

方案Ⅲ　仍以－800m(己)为各生产矿井的深部境界，八矿、十矿之间的井田边界也不变动。

国内外煤矿深井开采的实践表明，随着采深的增加，地温增高，瓦斯涌出量增加，矿山压力显现剧烈，增加了发生冲击地压和自然发火的危险。70 年代以前，国内外煤矿采深一般不超过 1000m，开采上没有遇到太大的问题，但随着采深的增加，吨煤的投资和生产成本均要增加，西德采深 1100m 比采深 600～700m 时，吨煤成本增加 20%～25%，苏联顿巴斯矿区采深超过 500m 时，每递增 100m，吨煤投资增加 6%，生产成本增加 3%，我国开滦

和北票的一些矿井，开采深度已达到和超过了1000m，还没有遇到重大的困难。

就平顶山矿区的具体情况分析，地温增高可能是深部开采的主要障碍，特别是八矿和六矿，地温高、地温梯度较大，需研究和采取降温治理措施。对采深增大的巷道支护及瓦斯涌出量增加的瓦斯灾害防治，根据我国深井开采及防治瓦斯经验，预期在采深达－1000m时，不会构成对平顶山矿区开采的严重障碍。因此，将－1000m(已)作为划分生产井和深部井的界限(方案Ⅰ)，对生产矿井在技术上是可行的，而－1000m以下的新建深井，则需在设计和建设时，在技术上采取专门的措施。

对于－800m至－1000m(已组煤)范围内的煤层，由深部井开采(方案Ⅱ)，井深达1000m，从新井建设、施工条件和开采技术等方面考虑，都不及由现有生产矿井开采有利，故方案Ⅰ在这方面比较合理。

五　新井建设安排

按照原矿区规划，矿区内未建的矿井有十三矿、首山一矿、首山二矿、滑角山一矿、滑角山二矿和堂街矿。除十三矿井田已进行精查补勘，提出精查地质报告待批外，其它各矿井田煤层赋存较深，尚需进行地质勘探，近期不具备建井条件。作为勘探、设计、建设工作有机联系和合理安排的参考，提出以下意见。

1. 十三矿是未建矿井中煤层赋存最浅、勘探程度最高、建设条件最成熟的矿井，矿井可采储量为240Mt，预定矿井设计能力2.40Mt/a，建设十三矿可接替九矿、三矿的报废能力、补偿五、六矿的后期减产，还能使矿区生产能力略有增长，对矿区2000年后的发展有重要的用途，故宜安排在“八·五”期间开工建设。

2. 首山一矿、首山二矿的煤层赋存较其它新井浅，与现有矿区铁路专用线接轨也较近便，较其它矿的建设条件要好。首山一矿地质储量预测为554Mt，设计能力可以为2.10Mt/a，首山二矿地

质储量 401Mt，也可建成 2.10Mt/a 的矿井，但首山二矿浅部煤层地表为襄城县城，解决县城下采煤是一大难题，呆滞不采又降低矿井建设效果，故宜先建设首山一矿，可安排在九五或十五期间建设。从长远考虑，首山二矿的城下采煤问题宜早作出决策，由于问题涉及的有关方面很多，需进行专门的研究。

3. 滑角山一矿在一矿、十矿的深部边界以下，原井田范围预测地质储量 1261Mt，可建设生产能力 3.60Mt/a 的矿井。若将－1000m(已)以上的煤层划归生产矿井开采，储量虽有所减少，但仍很丰富，可采储量不是一个限制因素。由于滑角山一矿处于李口向斜构造最简单的地段，煤层受地质破坏的程度可能较轻，开采条件可能较好，可安排在十五或十一五期间建设。

4. 滑角山二矿在六矿、十一矿的深部边界以下，原井田范围预测地质储量 1101Mt，若扣除－1000m(已)以上划出的范围，煤层储量虽有所减少，但仍很丰富，由于滑角山二矿距开发区较远，铁路引进不如滑角山一矿方便，预期在规划期内尚不能建设，将作为矿区发展后期的接替矿井。此外，由于滑角山一矿、二矿均为千米深井，也有合并建设、减少深井数目的可触性，需在条件具备时进行论证。

5. 堂街矿位于十三矿深部以下，预测井田储量 927Mt，如果考虑深部煤层的储量，可采储量还会大大增加，由于十三矿尚未开发，堂街矿的建设则是更久远的事，因之，它可以作为矿区后期的接替矿井。

综上所述，在规划期内建设的有十三矿、首山一矿、滑角山一矿三对矿井，大体上每五年开工一对新井，这三对矿井建成后，平顶山矿区的生产能力(扣除报废矿井能力后)约为 25.00Mt/a。如果充分挖掘矿井潜力，可达到年产原煤 25.00～30.00Mt 的水平，故这三对矿井的建设对平顶山矿区的长远发展有重要的意义。首山二矿、滑角山二矿、堂街矿则作为矿区后期生产的接替矿井，在

规划期以后进行建设。

执行上述各项决策，至规划期末，全矿区共有十二对生产矿井，东部平顶山矿区有十一对矿井，它们是一矿、二矿、四～六矿、五矿、七矿、八矿、十～十二矿、十一矿、十三矿、首山一矿、滑角山一矿。除二矿、五矿、七矿为衰老井外，其它八个矿井都有较长的稳产期，而且都为大型、特大型的现代化矿井，西部韩梁矿区保留大庄矿，尚可稳产一段时间。整个平顶山矿区平均的矿井年产量在2.00Mt/a以上，主要开采技术达到世界先进水平，成为我国重要的现代化矿区。

第六节　平顶山矿区最优规划研究结论

根据用不同方法对多种方案的研究及综合分析，得出平顶山矿区最优规划的意见和建议，概括为：

1. 平顶山矿区发展的最优方案是：前期安排生产矿井改扩建；一矿(2.40→4.00)Mt/a，四矿(0.60→1.20)Mt/a，六矿(0.90→2.10)Mt/a，七矿(0.90→1.20)Mt/a，十矿(1.20→1.80)Mt/a，十一矿(0.60→1.20)Mt/a，十二矿(0.30～0.90)Mt/a，八矿(3.00→4.00)Mt/a，净增能力6.50Mt/a，其中已完成1.50Mt/a，续建为5.00Mt/a，新建十三矿，能力2.40Mt/a。后期再建首山一矿和滑角山一矿，(还可能改造四～六矿、十～十二联合矿及十一矿)，执行此方案，到2000年后，加上新井投产、扣除生产矿井报废及能力萎缩，矿区产量仍能持续增长，稳定在24.00～25.00Mt/a水平。

2. 锅底山断层以北、李口向斜南翼是矿区煤层开采条件最好的地段，宜在此区域布置能较长时期支撑矿区生产的主力矿井，按现代化矿井标准进行建设。一矿、四矿、六矿、十矿、八矿及十一矿(后期转入深部开采时)以综采为主；五矿、七矿、大庄等矿以普通机械化开采为主，有重点地逐步推行综采。

3. 有条件的矿井进行合并，是实现矿区合理集中生产的有效途径，在四矿生产进入萎缩期前与六矿合并，十二矿在九五末期与十矿合并，有利于矿区合理开采，能节约井巷工程和设备、减少巷道维护，有利于矿区的均衡生产和持续发展。

4. 优化结果表明，含有生产矿井改扩建的方案都有较好的技术经济效果，为了延长矿井一矿、四～六矿、八矿、十～十二矿、十一矿的服务年限及稳产期，将各个矿的深部边界下移至－1000m（己），即将原规划的首山一矿、滑角山一矿部分井田划分相邻的生产矿井是较为有利的。由于井田下山部分斜长增大，各生产井需解决深部通风、提升（特别是辅助提升）等问题，如何采取技术措施，要作专题论证。

5. 采取上述措施后，至规划期末，逐渐形成生产集中、技术先进、配置合理的矿井布局，东部平顶山矿区以一矿、四～六矿、八矿、十～十二矿、十一矿、十三矿为骨干，并有五矿、七矿、二矿、三矿生产，西部韩梁矿区有大庄矿、高庄矿，矿井平均井型增大，后期生产矿的平均产量将超过 2.00Mt/a。

6. 根据预测在煤价扭曲、未能调价的情况下，如不改建矿井和选煤厂，进入 90 年代后，矿区可能出现亏损。

为提高矿区生产经营的经济效益，宜扩大煤炭洗选能力。新建七矿选煤厂和矿区西部选煤二厂，新井（十三矿、首山一矿、滑角山一矿）建设时同步建设矿的选煤厂。

7. 矿井及选煤厂的改扩建、新建的总投资，按 1985 年不变价格计算，至 2000 年总投资 93877 万元，其中矿井投资 81377 万元，选煤厂投资 12500 万元；至 2010 年的总投资为 185902 万元，其中矿井投资为 162152 万元，选煤厂投资为 23750 万元。

8. 按照上述矿井、选煤厂建设的要求，相应地还要改扩建供电、供水、机修、运输等系统，提高配套能力，还要建设（改扩建）配套的附属企业及矿区设施。按以往投资比例关系框算，约需投资

89712 万元。

9. 为着实现上述要求，要及早进行生产矿井深部和新井井田地质勘探工作，及时进行生产矿井改扩建和新井设计，争取和安排投资。

10. 要依靠科技进步，研究解决矿井开采的重大技术课题：

（1）探索地温增温规律，采用矿井降温技术，解决高地温矿井的开采问题；

（2）研究开采引起的地表下沉移动规律，解决铁路下、承压水体上的采煤问题；

（3）实现厚煤层大采高的一次采全高；

（4）研究、逐步推行薄煤层采煤机械化；

（5）研究工作面回采工艺；特别是综采工作面的生产管理，提高工作面、特别是综采工作面的单产水平；

（6）对不宜采用综采的矿井大力推行高挡普采；

（7）改革巷道布置，改革巷道支护技术，有条件的推行无煤柱护巷技术；

（8）研究上行开采技术，并在必要时有条件地采用；

（9）研究、推行辅助运输的机械化；

（10）改善、充实安全技术装备，提高矿井抗灾能力。

第八章　兖州矿区中长期发展规划

第一节　矿区特点及规划原则

一　矿区概况

兖州矿区包括兖州区和济宁区，位于山东省南部的济宁、菏泽两地区境内。矿区煤田总面积为 3409km²，其中兖州煤田面积为 475km²，济宁煤田（含唐口区）面积为 2934km²。矿区总地质储量为 25320Mt，其中兖州煤田为 3878Mt，济宁煤田为 21442Mt。

兖州区位于矿区东部，地处兖州、曲阜、邹县境内。南、北均以 16 煤露头线为界，东起峰山断层，西至 16 煤露头线和嘉祥断层。本区为冲积平原，地势平坦。津浦铁路贯穿矿区南北，兖（州）荷（泽）铁路，兖（州）石（臼所）铁路于兖州与津蒲线相接。该区现有南屯、北宿、兴隆庄、鲍店、杨村、唐村和投产不久的东滩七对生产矿井，设计总生产能力 12.85Mt/a。各矿井位置见图 8—1。

济宁区位于兖州矿区西部，行政区划隶属济宁市、微山县，本区北起 16 煤露头线，南至菏泽断层，东、西分别以孙氏店断层和嘉祥断层为界。新（乡）石（臼所）铁路的兖（州）菏（泽）段横贯本区东西，公路以邹县—兖州、邹县—济宁、兖州—济宁为骨干线路。本区是兖州矿区的规划新区，规划矿井 9 处，设计生产能力合计 25.80Mt/a。目前正在兴建的有济宁二号井，设计能力 4.00Mt/a；济宁三号井设计能力 5.00Mt/a。井田划分见图 8—2。

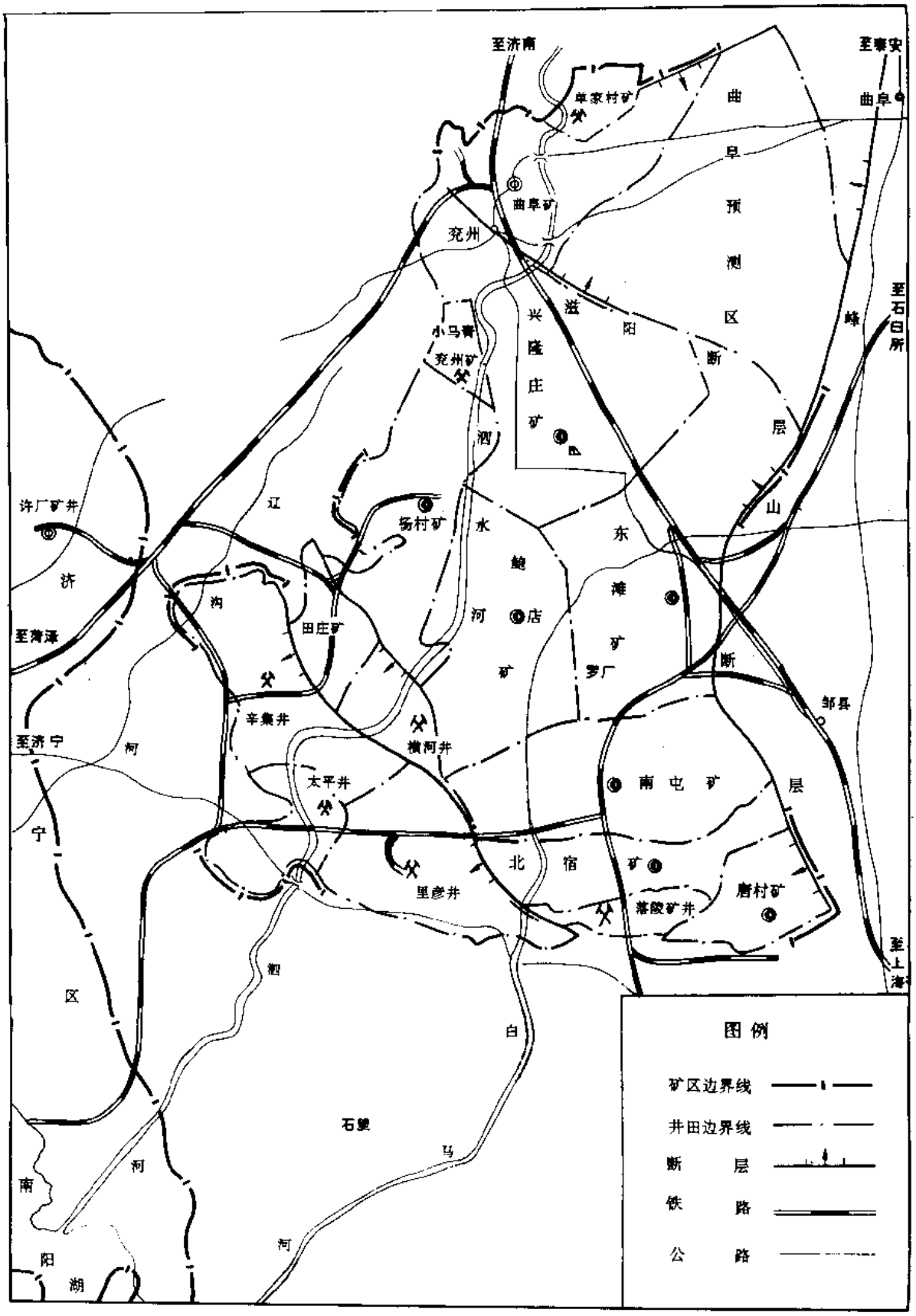


图 8-1　兖州矿区兖州区井田分布图

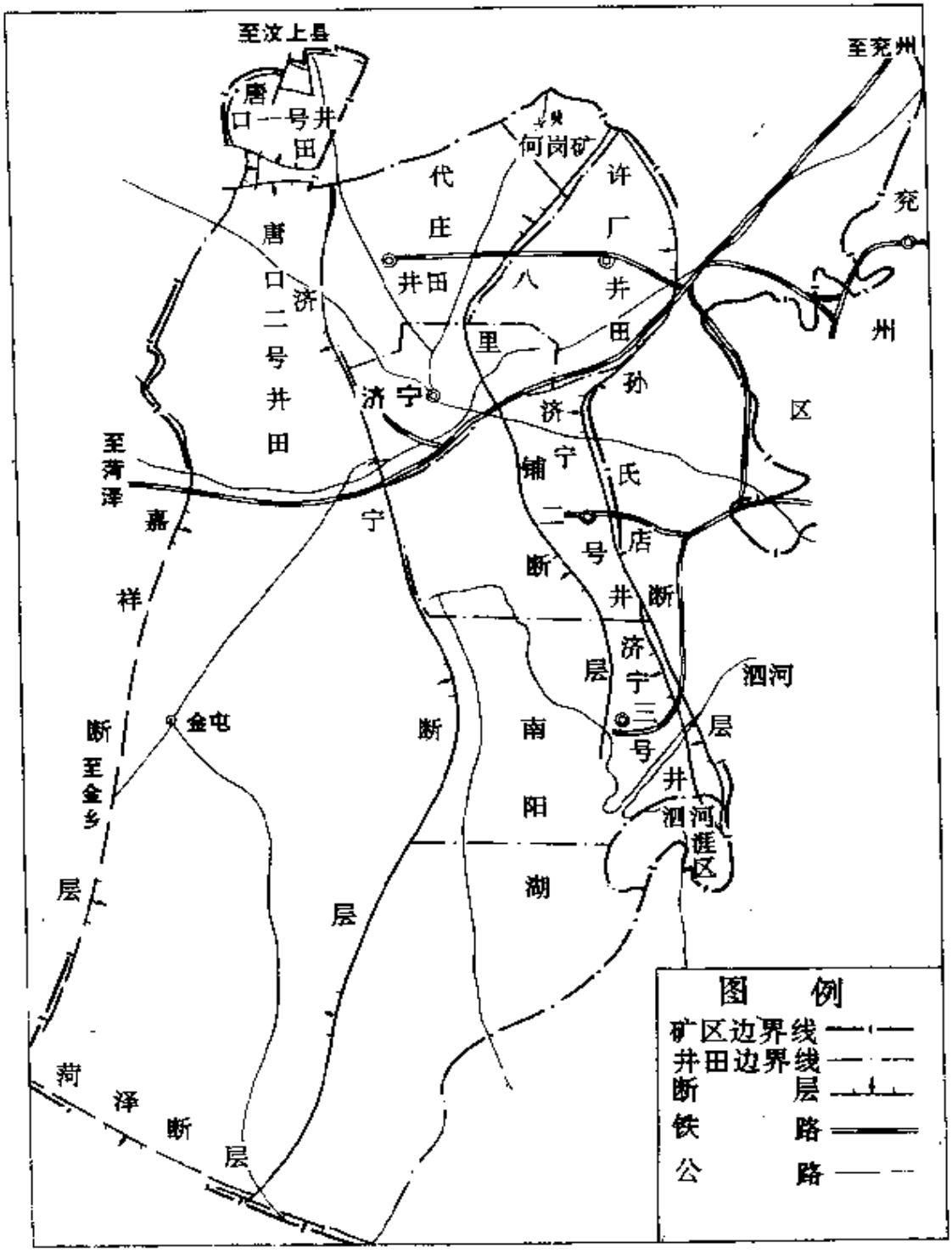


图 8—2　兖州矿区济宁区井田分布图

二　矿区特点

1. 兖州矿区处在我国经济最发达而煤炭资源相对较少的华东地区。华东地区1989年国民生产总值5267.62亿元，占全国的33.4%；煤炭消费量为251.50Mt，占全国的24.3%；而煤炭保有储量为46942Mt，仅占全国保有储量的5.21%。

2. 京沪线与矿区自营铁路直接接轨，交通运输极为方便，矿区具有扩大发展的良好条件；

3. 矿区煤层开采条件较好，煤层赋存稳定，地质构造中等偏简单，适合建设大型、特大型矿井；

4. 矿区机械化程度高，1988年综合机械化程度已达85.34%，其中南屯、兴隆庄和鲍店矿单产水平较高，兴隆庄矿和南屯矿有5个综采工作面达到1.00Mt/a以上；

5. 矿区从开始建设至今积累了相当丰富的现代化矿井开采技术管理及生产经营的经验，在煤炭价格与价值严重背离的情况下，几乎所有生产矿井都有盈利，经营管理状况良好。

第二节　生产矿井扩建规模的技术可行性分析

根据兖州矿区规划方案选择的需要，对于兴隆庄矿和鲍店矿是否进行改扩建，从技术可能性角度，利用采区、工作面接替的模拟模型进行分析研究。并对济宁二号井一水平进行了采区和工作面接替模拟。模拟所输入的原始条件依1986～1988年的情况为基础，各矿的基础数据依矿井不同而有所不同。

一　兴隆庄煤矿增产的技术可行性分析

兴隆庄煤矿设计生产能力为3.00Mt/a，1975年2月开工建设，1981年达到设计生产能力。该矿还建成入洗能力为3.00Mt/a的现代化洗煤厂。矿井全部实现综合机械化开采。煤层自然赋存条件较好，储量丰富，主要生产环节具有较大的潜力。

该矿有7层煤，分二组开采，第一组为2，3和6号煤层，第二组为10，15，16和17号煤层，两组煤相距150m左右，主要可采为3，16和17号煤层，平均厚度为7.65m，1.25m和1.05m。下组煤也称小槽煤，单产低，开采时对矿井增产幅度和稳产年限有较大的影响。

模拟时根据兴隆庄煤矿长远规划所确定的开拓方式，采区划分和工作面圈定的尺寸及钻孔揭露出的煤层厚度等实际情况，划分9个采区，正在开采的有二、五、四采区。

模拟时选取了4种方案：

方案Ⅰ为按现有的工作面数量进行模拟的方案；方案Ⅱ未考虑在规划期内(1990～2020年)开采小槽煤，增加1个工作面进行模拟的方案；方案Ⅲ在规划期内考虑开采小槽煤，增加1个工作面进行模拟的方案；方案Ⅳ考虑在规划期内开采小槽煤，增加两个工作面进行模拟的方案。

各方案模拟情况见表8—1和图8—3。通过模拟可以得出：

(1) 如果规划期内不考虑开采小槽煤，矿井不改扩建，按现有的工作面数量进行模拟，结果表明：矿井产量可以稳定为4.10～4.30Mt/a，在2027年开始转入开采小槽煤，2030年后主要开采小槽煤。

(2) 如果规划期内不考虑开采小槽煤，矿井改扩建，矿井产量可稳定为5.00～5.10Mt/a，不到规划末，在2018年后接替紧张，产量开始下降。

(3) 在规划期内考虑开采小槽煤，矿井改扩建，矿井最高产量为5.00～5.10Mt/a，在2006年开始开采小槽煤，矿井产量下降到4.60～4.70Mt/a，在2023年后主要开采小槽煤，以后矿井产量维持在约3.20Mt/a左右。

(4) 如果规划期内考虑开采小槽煤，矿井进一步改扩建，模拟时采用6个综采面和1个准备面。在2004年开始开采小槽煤，矿

井最高产量为 5.40～5.60Mt/a，但矿井稳产仅 15a，由于稳产期短，产量变化大，对矿井生产不利，因此该方案不宜采用。

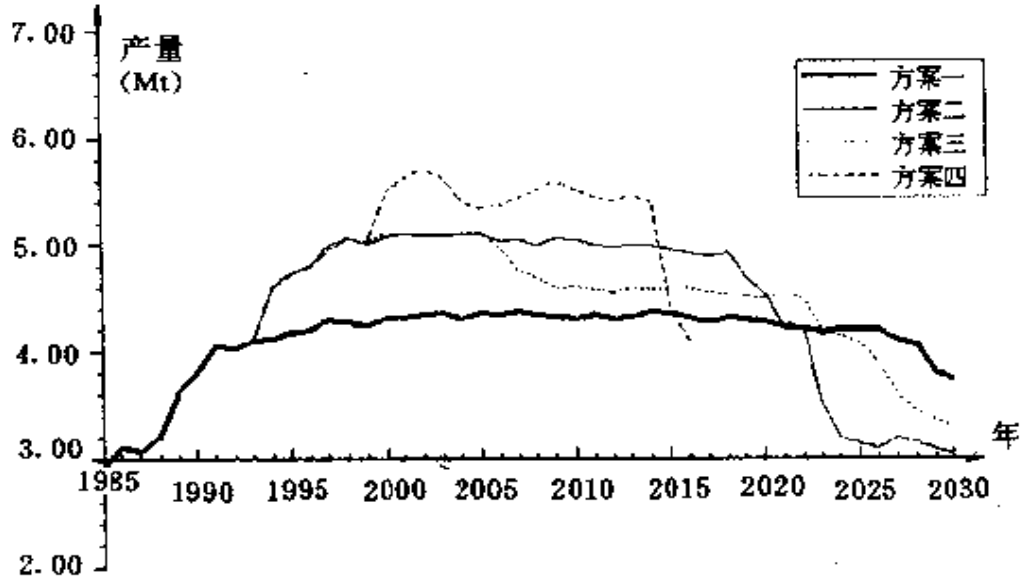


图 8—3　兴隆庄煤矿矿井年产量模拟曲线

表 8—1　　兴隆庄煤矿模拟方案和分析结果

方案	矿井可能的年产量 (Mt/a)	递增年限 (a)	稳产年限 (a)	矿井产量稳定程度	模拟时工作面数量 (个)	备　注
Ⅰ	4.10～4.30	2	35	很稳定	4 个综采面 1 个备用面	
Ⅱ	5.00～5.10	7	21	稳定	5 个综采面 1 个备用面	在 1994 年增加 1 个综采面
Ⅲ	前期 5.00～5.10 后期 4.60～4.70	7	25	稳定	5 个综采面 1 个备用面	同上，并且在规划期内考虑开采小槽煤
Ⅳ	5.40～5.60	11	15	较不稳定	6 个综采面 1 个备用面	同上外，在 2000 年又增加 1 个综采面

二　鲍店煤矿增产的技术可行性分析

鲍店煤矿设计生产能力 3.00Mt/a，1977 年开工建设，1986 年投产，1988 年产煤 2.20Mt，全部采用机械化开采。该矿现正在建设入洗能力为 3.00Mt/a 的洗煤厂。开采煤层的自然赋存条件较好，储量较丰富，矿井主要生产环节有较大的潜力。

该矿共有 7 层煤，主要可采的 3，16，17 层煤平均厚 8.80m，1.16m，1.11m。

模拟时根据鲍店煤矿长远规划所确定的开拓方式，采区划分和工作面圈定的尺寸及钻孔揭露出的煤层厚度等情况，南翼划分 7 个采区，北翼划分 8 个采区。现在正在开采的一、二、四采区，有四个综采工作面生产。模拟时选取了 4 种方案，分别为方案 Ⅰ～Ⅳ，选取原则同兴隆庄煤矿。

各方案模拟情况见表 8—2 和图 8—4，通过模拟得出：

(1) 如果规划期内不考虑开采小槽煤，矿井不改扩建，按矿上现有的工作面数量进行模拟，矿井产量可以稳定在 4.20～4.30Mt/a，在 2030 年转入开采小槽煤。

表 8—2　　鲍店煤矿模拟方案和分析结果

方案	矿井可能的年产量 (Mt/a)	递增年限 (a)	稳产年限 (a)	矿井产量稳定程度	模拟时工作面数量 (个)	备　注
Ⅰ	4.20～4.30	7	32	稳定	5 个综采面 1 个备用面	
Ⅱ	4.90～5.00	8	近 20	稳定	6 个综采面 1 个备用面	在 1992 年增加 1 个综采面
Ⅲ	前期 4.90～5.00 后期 4.40～4.50	8	25	稳定	6 个综采面 1 个备用面	同上，并且在规划期内考虑开采小槽煤
Ⅳ	5.40～5.60	12	14	较不稳定	7 个综采面 1 个备用面	同上，在 2000 年又增加 1 个综采面

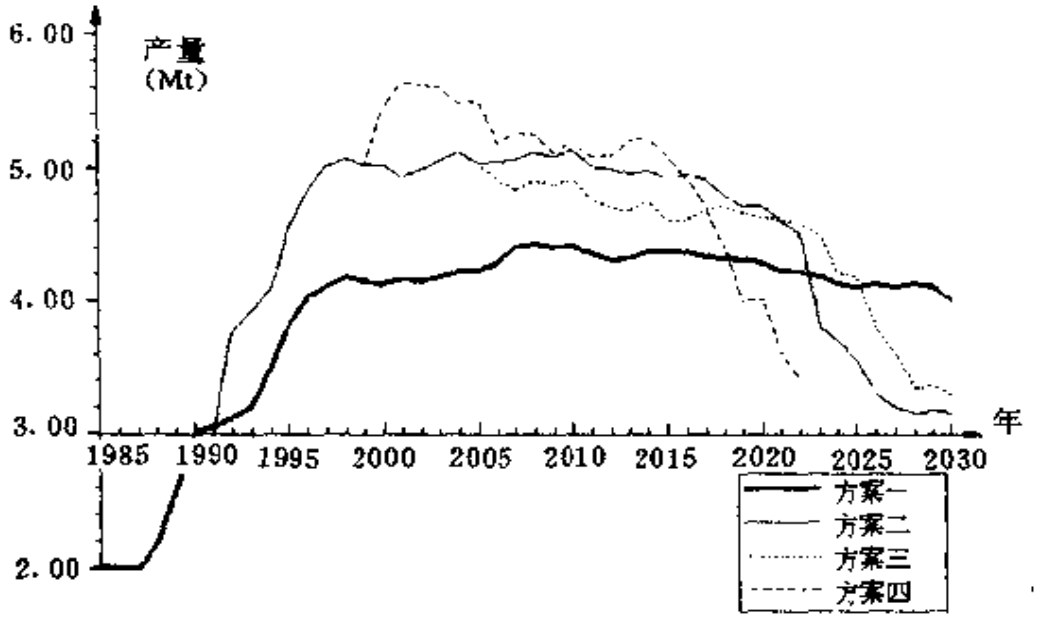


图 8—4　鲍店煤矿矿井年产量模拟曲线

(2) 如果规划期内不考虑开采小槽煤，矿井改扩建，矿井产量可稳定在 4.90～5.00Mt/a，在 2019 年开始开采小槽煤，矿井产量开始下降，在 2023 年后主要开采小槽煤，以后矿井产量只能维持在约 3.00～3.20Mt/a 左右。

(3) 在规划期内考虑开采小槽煤，矿井改扩建，矿井最高产量为 4.90～5.00Mt/a，在 2007 年开始开采小槽煤，矿井产量下降到 4.40～4.50Mt/a，到 2028 年后主要开采小槽煤。模拟时采用 6 个综采面和 1 个准备面。

(4) 如果在规划期内考虑开采小槽煤，矿井进一步改扩建，模拟时采用 7 个综采面和 1 个准备面。矿井最高产量为 5.40～5.60Mt/a，但矿井稳产期仅为 16a，对矿井稳产不利，因此该方案不宜采用。

三　济宁二号井一水平生产状况模拟分析

济宁二号井位于兖州新建矿区，属于济宁煤田的一部分，井田

走向南北，长 6～11km，倾斜长度 10km，面积 90km。井田内有 7 个煤层，主要可采 4 层，即 3 上，3 下，16 上和 17 号煤层，其余为不稳定的局部可采煤层，煤层倾角为 2°～10°，结构比较简单。矿井地质储量为 855Mt，可采储量 347Mt，矿井设计能力 4.00Mt/a。矿井开始建设，预计到 1996 年投产。

采区和工作面接替模拟的基本依据是济宁二号矿井设计说明书和矿井开拓平面图所确定的开拓方式、开采方法和采区划分、工作面尺寸及钻孔所揭露的煤层厚度等。矿井分南北两翼，南翼四个采区，北翼六个采区。由于二水平地质资料不详，二水平没有作详细设计及进行采区划分。因此仅模拟了矿井一水平的情况，二水平没有进行模拟。

模拟时选取了两个方案，分别为方案 I 和 II。其模拟情况和结果见表 8—3 和图 8—5。

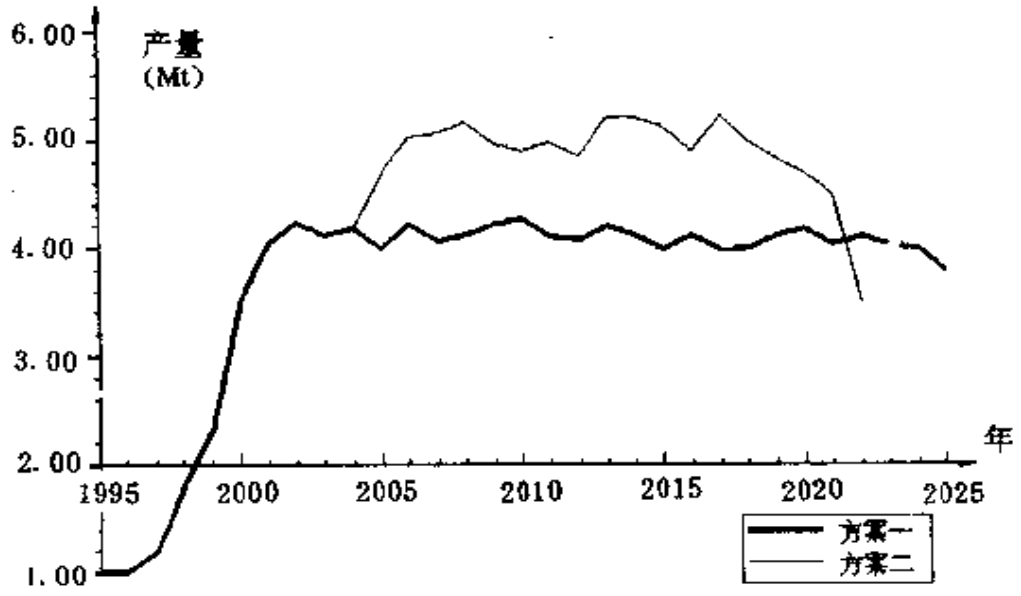


图 8—5　济宁二号井一水平年产量模拟曲线

从表和图中可见：

(1) 矿井在 1996 年投产，在 2001 年矿井产量为 4.03Mt，达到设计生产能力。矿井产量可以稳定在 4.00～4.20Mt/a。到 2025 年转入二水平开采。模拟时采用 5 个综采面和 1 个准备面。

表 8—3　济宁二号井一水平矿井产量模拟方案和分析结果

方案	矿井可能的年产量 (Mt/a)	递增年限 (a)	稳产年限 (a)	矿井产量稳定程度	模拟时工作面数量 (个)	备　注
I	4.00～4.20	5	24	稳定	5 个综采面 1 个备用面	递增年限按矿井在 1996 年投产后计算
II	4.90～5.10	10	18	较稳定	6 个综采面 1 个准备面	在 2000 年增加 1 个综采工作面

(2) 矿井达产后，如果矿井在 2004 年增加一个综采面，2006 年矿井产量达到 5.02Mt，以后矿井产量维持在 4.90～5.10Mt/a，到 2018 年开始开采二水平。如果水平准备时间按 8～10a 考虑，在 2010 年之前就要开始准备二水平。

四　模拟的几点说明及简要结论

(一) 模拟的几点说明

(1) 模拟时间为 1986 年 1 月 1 日至 2030 年 12 月 31 日，共 45a。

(2) 在编制长远规划时，考虑到技术进步和生产管理与工人操作水平的提高，工作面推进速度按每年增加 2.5%，增加年限为 20a。

(3) 仅模拟了适合综采的工作面，对于边角煤和走向过短的工作面没有进行模拟，局部可采煤层没有进行模拟。

(4) 关于村庄、铁路压煤等问题，在模型中没有考虑。希望在最终决策时加以分析。

(5) 在研究矿井增产界限时，主要考虑了矿井的开采技术可能性，没有作经济评价。

(6) 兖州矿区矿井工作面单产指标为：大槽煤综采工作面的单产在模拟开始时按 0.5～0.6Mt/a，考虑到技术进步等因素，模拟至 20 年后为 0.8～0.9Mt/a 左右。由于小槽煤煤层内含坚硬的结核，现在生产时采用炮采，单产 0.1Mt/a，考虑到 15 年后，采用新技术开采小槽煤工作面单产按 0.3～0.4Mt/a 考虑。

(二) 简要结论

从模拟情况看，兴隆庄矿和鲍店矿有一定的增产潜力，因此矿井改扩建方案从煤层条件上看不是完全不可行的，但是对矿井稳产时间影响较大，需要制定有关政策，解决面临的实际问题，并从矿区各矿井的建设对比选择中再行确定。

第三节 矿区规划方案最优选择

兖州矿区中长期规划研究中，矿井建设和发展的方案选择，主要采用了多目标分层次 0—1 规划模型，配合使用层次分析方法，重点研究矿区发展规模及相适应的矿井改扩建和新建矿井的数目和投产时间。

一 0—1 规划应用的结果

根据兖州、济宁矿区生产建设的现状和基本条件，即有 7 对生产矿井(包括 1989 年 12 月投产的东滩矿)，2 对在建或一二年内开工建设的矿井(济宁二号、三号井)，7 对可以在规划期内建设的总共 16 对矿井。矿区中长期发展规划考虑了低速、中速、高速三种可能性和矿井建设投资不受限制、受一定限制、受较大限制三种情况。用 0—1 规划模型和计算程序得出的结果摘要见表 8—4。相应的大致按五年计划分期的期末产量和分期内的投资要求见表 8—5。其中低速型的三种方案实际上只有在资金受较大限制时才可能

表 8—4　　兖州矿区分层次 0—1 规划结果表

矿区发展规模 (Mt/a)	资金约束	可行方案数	按多目标决策的最优方案简况	规划期产量 (Mt/a)		期末矿区生产能力 (Mt/a)	矿区建设总投资 (亿元)	方案编号	
				2000 年	2020 年				
低速 30.00	无约束	860	济宁二号井 1996 年投产 济宁二号井 1998 年投产 许厂矿 1999 年投产 葛亭矿 2003 年投产	22.75	30.30	24.85	24.477	1	
	前 10 年每年 1.5～2.1 亿元　后十年无约束	609	济宁二号井 1996 年投产 济宁三号井 1998 年投产 许厂矿 2000 年投产 葛亭矿 2003 年投产	22.25	30.30	24.85	24.477	2	
	平均 1.5 亿元/a 规划期 45 亿元	378	济宁二号井 1996 年投产 济宁三号井 1999 年投产 许厂矿 2003 年投产 葛亭矿 2004 年投产	20.75	30.30	24.85	24.477	3	I

续表

中速 40.00	无约束	217	济宁二号井 1996 年投产 唐口一号井 2004 年投产 济宁三号井 1998 年投产 曲阜矿 2007 年投产 许厂井 1999 年投产 唐口二号井 2008 年投产	22.75	40.60	33.45	46.437	4	Ⅲ
	前 10 年每年 1.5～2.1 亿元，后 10 年无约束	89	济宁二号井 1996 年投产 唐口一号井 2004 年投产 济宁三号井 1998 年投产 曲阜矿 2007 年投产 许厂矿 2000 年投产 唐口二号井 2010 年投产	22.25	40.20	33.45	46.437	5	Ⅳ
	规划期 45 亿元	0							
高速 50.00	无约束	3	济宁二号井 1996 年投产 许厂矿 1999 年投产 济宁三号井 1998 年投产 岱庄矿 2004 年投产 葛亭矿 2003 年投产 唐口一号井 2004 年投产 唐口三号井 2009 年投产	22.75	46.10	34.35	58.727	6	Ⅴ
	前 10 年每年 1.5～2.1 亿元，后 10 年无约束	4	同上并加曲阜矿 2007 年投产 鲍店矿改扩建(1997～2003)	22.75	48.35	37.05	63.977	7	
	规划期 45 亿元	0							

存在，高速型的方案 7 产量、投资过高，可行方案少，缺乏必要的余地，明显地不宜选用。需要对比分析的取表 8—4 中间的方案 3～方案 6(方案Ⅱ～Ⅴ)用层次分析法得出结果为方案Ⅳ最好，即矿区发展规模到期末产量为 40.00Mt/a 左右。

表 8—5　　各方案分期指标表

项　目	方案编号	八五 1990～1995	九五 ～2000	十五 ～2005	十一五 ～2010	十二五 ～2015	十三五 ～2020	总　计
期末矿区产量(万 t/a)	Ⅰ	1365	1925	2435	2665	2665	2665	
	Ⅱ	1365	2075	2745	2985	3030	3030	
	Ⅲ	1365	2275	2875	3585	3960	4060	
	Ⅳ	1365	2225	2856	3445	3960	4020	
	Ⅴ	1365	2275	3035	3855	4470	4610	
	Ⅳ-1	1365	2275	3110	3770	3895	4055	
	Ⅳ-2	1365	227	2935	3515	3790	4080	
	Ⅳ-3	1365	2275	2905	3655	3800	4010	
	Ⅳ-4	1365	2275	2935	3435	3780	4010	
期内矿区建设所需资金(亿元)	Ⅰ	5.156	2.870	4.240	6.290			18.556
	Ⅱ	8.736	12.361	3.38				24.477
	Ⅲ	11.516	15.445	11.790	7.686			46.437
	Ⅳ	11.216	15.025	11.555	8.923	0.718		46.437
	Ⅴ	11.516	17.419	16.289	13.357	0.146		58.727
	Ⅳ-1	11.516	18.558	11.814	1.893	3.359	6.615	53.577
	Ⅳ-2	11.516	15.621	9.695	4.628	6.417		47.877
	Ⅳ-3	11.316	15.571	11.262	3.776	5.439	3.963	51.327
	Ⅳ-4	11.516	14.921	9.171	6.262	7.018	12.834	61.727

上述计算中是以各矿井在规划期内建设时间基本上不受约束的前提下进行的，实际上唐口二号、三号井尚未勘探清楚，只能作为后备区，受施工力量限制有的矿井也不能开工太早或同时建井的数目过多。为此在以期末产量为 40.00Mt/a 左右的条件下，进一步作了 4 种不同开工时间约束以及是否进行生产矿井改扩建情况下的方案选择。0—1 规划得出的主要结果见表 8—6。相应的期末产量和分期内投资见表 8—5。方案Ⅳ—2，3，4 的矿井建设顺序和开竣工时间见图 8—6。从中可见，方案Ⅳ—2 前期同时建设的矿井数目不均衡，生产建设难以安排。方案Ⅳ—3 需要有三个施工队伍同时建设三对矿井，方案Ⅳ—4 基本上可以二个施工队伍同时建设二对矿井与当前实际的施工力量比较吻合。依层次分析得出方案Ⅳ—4 最优。方案Ⅳ—3，Ⅳ—4 的计算机输出结果见表 8—7 至表 8—10。

二　目标规划应用结果

应用矿井改扩建和新建项目合理安排的目标规划模型，对兖州矿区中长期发展规划方案中，期末产量目标为 4000Mt/a 时进行运算，所得的结果与 0—1 规划的结果相近，详见表 8—11。

三　层次分析结果

采用层次分析方法，对 0—1 规划所得出的矿区规模四种方案（编号Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ），并增加一个方案Ⅰ进行对比选择。方案Ⅰ是考虑到八五、九五期间资金都很困难，济宁三号井要推迟 10a 左右时间再上时的产量和投资情况。所依据的准则和层次分析的内容见图 8—7。层次分析结果见表 8—12。从中可见，按评价总指标的高低，5 个方案的优劣顺序为Ⅳ—Ⅲ—Ⅴ—Ⅰ—Ⅱ，即矿区产量规模到期末为 40Mt/a 最好。

对于 40Mt/a 规模时的四个子方案Ⅳ—1，Ⅳ—2，Ⅳ—3，Ⅳ—4 采用层次分析法评价的内容见图 8—8，结果见表 8—13 排序指标方案Ⅳ—4 最高。

表 8—6　　40Mt/a 规模时的子方案 0—1 规划结果简表

约束条件 期末产量 40Mt/a 资金基本上无约束	可行方案数	按多目标决策的最优方案简况	规划期产量 (Mt/a)		期末矿区生产能力 (Mt/a)	矿井建设总投资 (亿元)	方案编号
			2000 年	2020 年			
唐口二号井、三号井 2010 年后开工，其余矿井开工时间无约束	10	济宁二号井 1996 年投产，葛亭矿 2003 年投产 济宁三号井 1998 年投产，岱庄矿 2004 投产 许厂矿 1999 年投产，曲阜矿 2007 年投产 唐口一号井 2004 年投产 唐口二号井 2018 年投产 鲍店矿改扩建 1997～2003	22.75	40.55	37.05	53.557	Ⅳ—1
生产矿井不改扩建，唐口二号井、三号井 2005 年后开工，其余矿井开工时间无约束	34	济宁二号井 1996 年投产，葛亭矿 2004 年投产 济宁三号井 1998 年投产 唐口一号矿 2004 年投产 许厂矿 1999 年投产，曲阜矿 2007 年投产 唐口二号井 2013 年投产	22.75	40.80	34.35	47.877	Ⅳ—2
唐口二号井、三号井 2010 年后开工，其余同上	3	济宁二号井 1996 年投产，岱庄矿 2004 年投产 济宁三号井 1998 年、唐口一号井 2005 年投产 许厂矿 1999 年投产曲阜井 2007 年投产 葛亭矿 2009 年投产唐口二号井 2017 年投产	22.75	40.10	35.55	51.327	Ⅳ—3
曲阜井、岱庄井开工时间为 2003～2004 年，其余同上	1	济宁二号井 1996 年投产，葛亭矿 2003 年投产 济宁三号井 1998 年投产 唐口一号井 2004 年投产 许厂矿 1999 年投产，曲阜矿 2011 年投产 岱庄矿 2010 年投产，唐口二号井 2018 年投产 唐口二号井 2019 年投产	22.75	40.10	39.55	61.727	Ⅳ—4

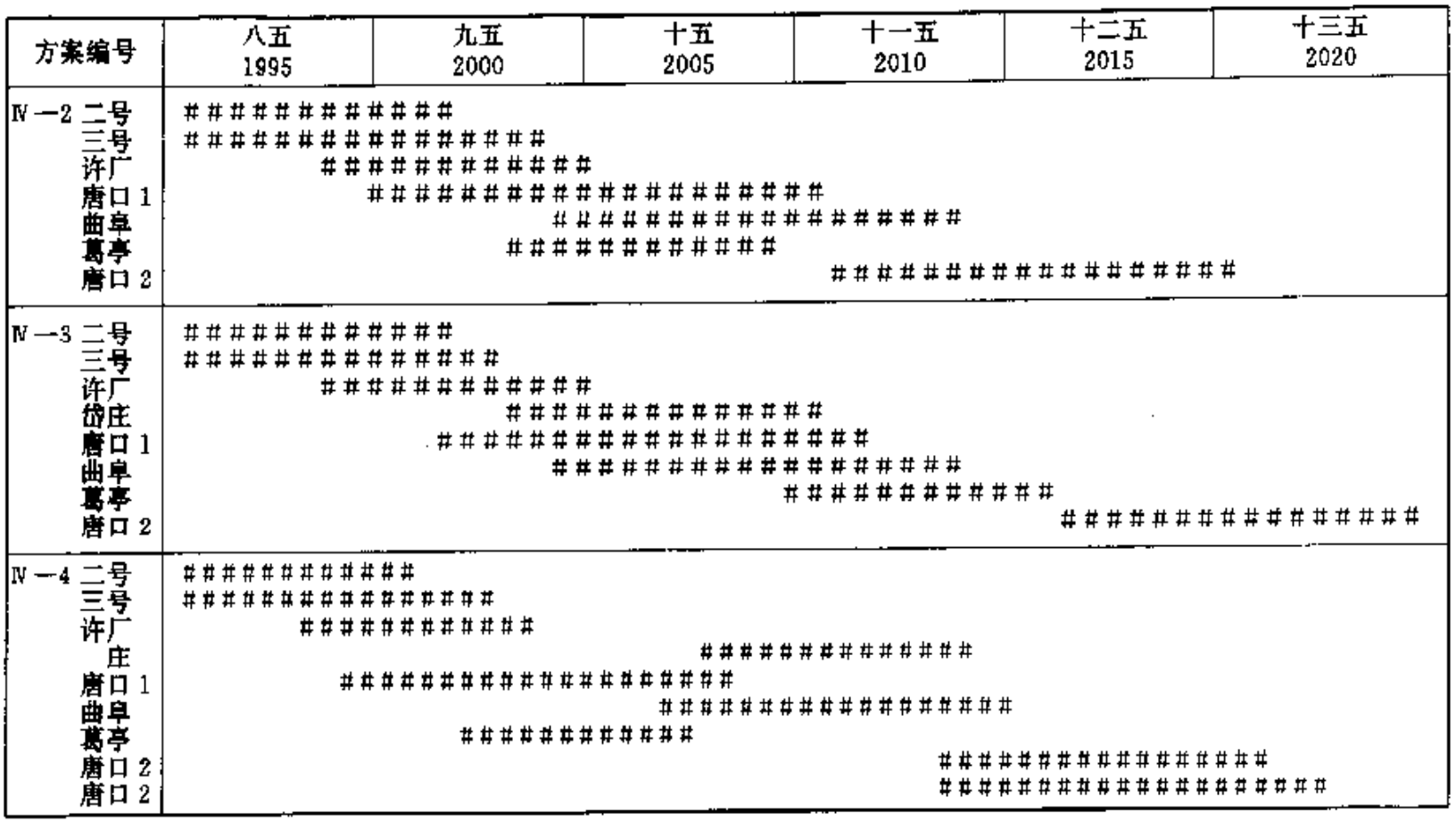


图 8—6　不同方案新建矿井施工顺序和时间

表 8—7　　矿井建设顺序和开竣工时间及分期产量表（方案Ⅳ—3）　　产量单位：Mt

矿　别	方案号	开工时间	竣工时间	八五期末产量	九五期末产量	十五期末产量	十一五期末产量	十二五期末产量	十三五期末产量	总投资（万元）
目标约束				13.00	18.00	23.00	28.00	34.00	40.00	900000.00
全　局				13.65	22.75	29.05	36.55	38.00	40.10	513270.00
唐村煤矿										
南屯煤矿				2.40	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	
北宿煤矿				0.75	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	
兴隆庄矿				3.50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
鲍店煤矿				3.00	3.50	3.80	3.80	3.80	3.80	
杨村煤矿				0.60	0.75	0.80	0.80	0.85	0.85	
东滩煤矿	1			3.40	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	
济宁二号井	1	1989	1996		3.00	4.20	5.00	5.00	5.00	83370.00
济宁三号井	2	1991	1998		2.50	5.00	5.80	6.00	6.00	112500.00
许厂矿井	2	1994	1999		1.00	1.70	1.80	1.80	1.80	34500.00
岱庄矿井	2	1998	2004			1.00	1.80	1.80	1.80	34500.00
唐口一号井	2	1996	2005			0.50	4.00	4.40	5.00	100000.00
曲阜矿井	2	1999	2007				1.10	1.50	1.50	30000.00
葛亭矿井	2	2004	2009				0.40	0.80	0.80	14400.00
唐口二号井	2	2009	2017						1.50	104000.00
唐口三号井	1									

表 8—8　矿区最优规划方案逐年指标（方案Ⅳ—3）

年　份	逐年总产量 (Mt)	逐年总投资 (万元)	逐年总效益 (万元)
1990	9.35	8720.0	−3130.9
1991	10.14	10200.0	−2391.2
1992	11.05	13640.0	−239.9
1993	11.90	19200.0	2825.4
1994	12.75	26540.0	4113.2
1995	13.65	34860.0	4317.1
1996	14.70	45900.0	4203.9
1997	16.15	40800.0	1624.6
1998	17.50	27000.0	764.5
1999	19.80	24110.0	−794.6
2000	22.75	17900.0	1446.6
2001	25.35	15500.0	4865.2
2002	26.65	31590.0	8215.2
2003	27.15	32500.0	8360.2
2004	27.55	17110.0	7905.2
2005	29.05	15920.0	6073.2
2006	30.35	12690.0	5861.2
2007	31.35	10730.0	6597.2
2008	32.75	4944.0	7713.2
2009	34.75	5056.0	10314.2
2010	36.55	4344.0	10437.2
2011	37.10	3744.0	10867.5
2012	37.20	6552.0	11382.5
2013	37.40	8632.0	11457.5
2014	37.80	10920.0	11590.5
2015	38.00	24544.0	11648.5
2016	38.20	25272.0	11706.5
2017	38.70	7176.0	10714.5
2018	39.80	4305.6	8822.5
2019	40.10	2904.9	9572.5

表 8—9　　矿井建设顺序和开竣工时间及分期产量（方案Ⅳ—4）　　产量单位：Mt

矿　别	方案号	开工时间	竣工时间	八五期末产量	九五期末产量	十五期末产量	十一五期末产量	十二五期末产量	十三五期末产量	总投资（万元）
目标约束				13.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	900000.00
全　局				13.65	22.75	29.35	34.35	37.80	40.10	617270.00
唐村煤矿										
南屯煤矿				2.40	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	
北宿煤矿				0.75	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	
兴隆庄矿				3.50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
鲍店煤矿				3.00	3.50	3.80	3.80	3.80	3.80	
杨村煤矿				0.60	0.75	0.80	0.80	0.85	0.85	
东滩煤矿	1			3.40	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	
济宁二号井	1	1989	1996		3.00	4.20	5.00	5.00	5.00	83370.00
济宁三号井	2	1991	1998		2.50	5.00	5.80	6.00	6.00	112500.00
许厂矿井	2	1994	1999		1.00	1.70	1.80	1.80	1.80	34500.00
岱庄矿井	2	2004	2010				0.30	1.70	1.80	34500.00
唐口一号井	2	1995	2004			1.20	4.00	4.60	5.00	100000.00
曲阜矿井	2	2003	2011					1.20	1.50	30000.00
蒿亭矿井	2	1998	2003			0.60	0.80	0.80	0.80	14400.00
唐口二号井	2	2010	2018						1.20	104000.00
唐口三号井	2	2010	2019						0.30	104000.00

表 8—10　矿区最优规划方案逐年指标（方案Ⅳ—4）

年　份	逐年总产量（Mt）	逐年总投资（万元）	逐年总效益（效益）
1990	9.35	8720.0	—3130.9
1991	10.14	10200.0	—2391.2
1992	11.05	13640.0	—239.9
1993	11.90	21200.0	2825.4
1994	12.75	26040.0	4113.2
1995	13.65	35360.0	4317.1
1996	14.70	45900.0	4203.9
1997	16.15	39300.0	1624.6
1998	17.50	25000.0	746.5
1999	19.80	24610.0	—794.6
2000	22.75	14400.0	1446.6
2001	25.35	23590.0	4865.2
2002	26.65	26100.0	8215.2
2003	27.25	15810.0	8120.2
2004	28.15	14020.0	6065.2
2005	29.35	12190.0	5198.2
2006	29.95	13690.0	6511.2
2007	30.95	9700.0	7892.2
2008	32.45	12880.0	10018.2
2009	33.85	13288.0	10424.2
2010	34.35	13112.0	9987.2
2011	35.40	9488.0	9742.5
2012	36.20	8488.0	10492.5
2013	36.90	13104.0	11305.5
2014	37.30	17264.0	11433.5
2015	37.80	21840.0	11576.5
2016	38.20	49088.0	11694.5
2017	38.50	46384.0	11787.5
2018	38.70	18408.0	11472.5
2019	40.10	14456.0	7772.5

表 8—11　　投资目标为第一优先等级
产量目标为第二优先等级
效益目标为第三优先等级

年份	矿区逐年指标					当年投产矿井编号			
	逐年产量（Mt）	逐年效益（万元）	逐年售价（元/t）	逐年投资（万元）	逐年成本（元/t）	矿井	方案	矿井	方案
1990	9.3255	3195.29	36.81	25948.70	33.39	东滩矿	I		
1991	10.1409	3410.17	36.64	33540.77	33.28	北宿矿	I	南屯矿	I
1992	11.0764	3674.67	36.53	36602.00	33.21				
1993	12.1018	3975.26	36.45	30412.00	33.16				
1994	12.9273	4194.65	36.34	30077.00	33.10				
1995	13.7227	4365.70	36.21	46959.60	33.03				
1996	14.7182	4606.34	36.10	46735.00	32.97	济宁二号井	I		
1997	17.1636	5329.53	35.92	32710.00	32.82	济宁三号井	I		
1998	18.9591	5838.17	35.81	30870.00	32.73				
1999	21.2045	6524.21	35.87	39030.00	32.79	许厂矿井	I		
2000	25.0500	7665.25	35.82	23400.00	32.76				
2001	26.8227	8260.84	35.97	20175.00	32.89				
2002	27.0955	8363.88	36.01	12665.00	32.92				
2003	27.8182	8579.42	36.17	16320.00	33.08	岱庄矿井	I		
2004	29.1909	8966.96	36.23	10320.00	33.16	唐口一号井	I		
2005	30.9136	9450.00	36.31	5880.00	33.25				
2006	32.1364	9798.59	36.28	2940.00	33.23				
2007	33.5506	10223.45	36.26	1500.00	33.21	葛亭矿井	I		
2008	35.1749	10736.81	36.28		33.23	曲阜矿井	I		
2009	36.3925	11138.84	36.32	5200.00	33.26				
2010	37.3901	11468.87	36.40	10400.00	33.33				

续表 8—11

年份	矿区逐年指标					当年投产矿井编号			
	逐年产量（Mt）	逐年效益（万元）	逐年售价（元/t）	逐年投资（万元）	逐年成本（元/t）	矿井	方案	矿井	方案
2011	38.0577	11683.39	36.41	15600.00	33.34				
2012	38.2415	11746.61	36.44	31200.00	33.36				
2013	38.2530	11750.88	36.44	20800.09	33.37				
2014	38.2645	11755.15	36.44	10400.00	33.37				
2015	38.2761	11759.42	36.44	5200.00	33.37				
2016	38.2876	11763.69	36.44	5200.00	33.37				
2017	39.0991	12007.96	36.42		33.35	唐口二号	I		
2018	39.9107	12252.22	36.39		33.32				
2019	40.7222	12496.49	36.36		33.30				

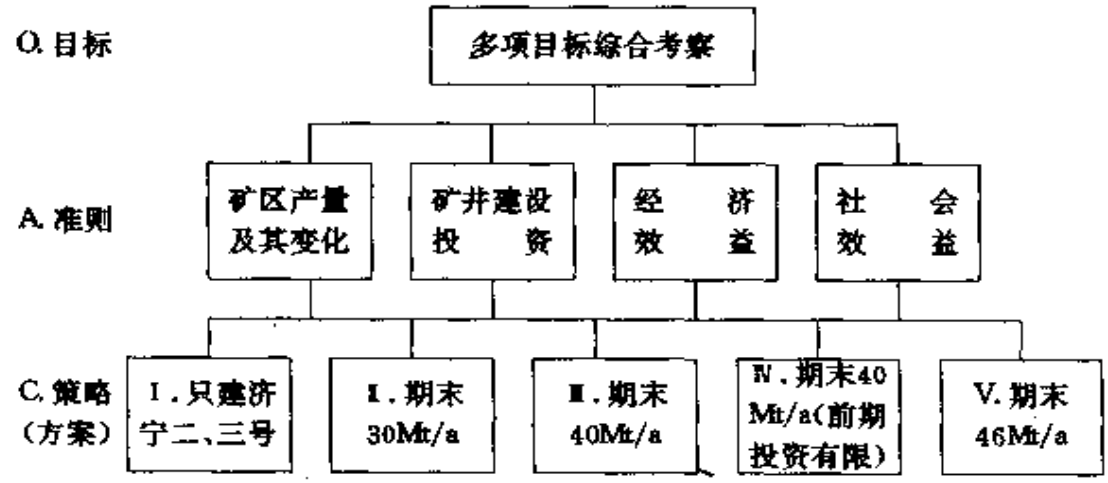


图 8—7　兖州矿区发展规模方案的层次分析内容

表 8—12　　层次分析合成结果

	A1	A2	A3	A4	总指标
	0.262	0.117	0.055	0.565	
B1	0.031	0.581	0.515	0.039	0.1272
B2	0.059	0.244	0.263	0.077	0.1026
B3	0.227	0.07	0.065	0.272	0.2253
B4	0.12	0.07	0.118	0.534	0.3481
B5	0.56	0.033	0.037	0.077	0.1965

层次总排序一致性指标　　$C.I=0.06685$
层次总排序随机一致性指标　$R.I=1.12$
层次总排序一致性比例　　$C.R=0.05968$

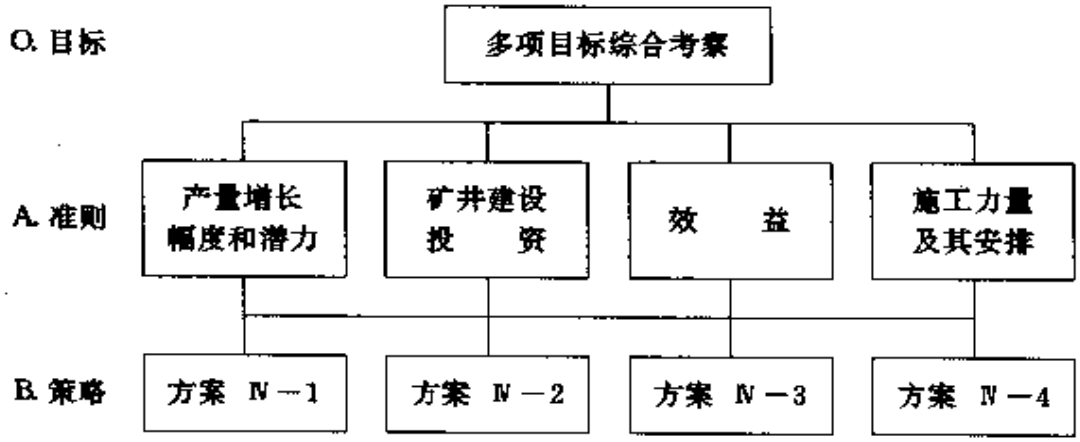


图 8—8　矿井建设方案层次分析内容

表 8—13　　层次分析合成结果

	A1	A2	A3	A4	总指标
	0.103	0.19	0.058	0.647	
B1	0.389	0.129	0.389	0.055	0.1236
B2	0.389	0.549	0.389	0.117	0.244
B3	0.152	0.247	0.152	0.262	0.2416
B4	0.067	0.073	0.067	0.565	0.3906

层次总排序一致性指标　　$C.I=0.0401786$
层次总排序随机一致性指标　$R.I=0.9000001$
层次总排序一致性比例　　$C.R=0.0446429$

四　简要分析

概括上述对矿区发展规划方案所进行的对比和选择，其结果表明：

1. 若要求期末达到产量 50Mt/a 得不出相应的建设方案，原因是有的矿井开工时间受到限制，不可能太早，使期末达不到这一要求。期末产量 40Mt/a 是最优方案。

2. 含兴隆庄矿、鲍店矿改扩建的方案未被选中，原因是矿井后期产量上不去，效益下降。兖州矿区的发展主要是新井建设。

3. 前 10 年(1990～2000 年)受新矿井建设和投资时间限制，矿区生产能力和产量不能有较大幅度的上升，所有方案皆为八五期末 13.65Mt/a，九五期末 20.75～22.75Mt/a。

4. 八五期间矿井建设投资需要 11.5 亿元，因为济宁二号井已开工必须继续建设按期投产，济宁三号井也应尽早开工。只有济宁三号井推迟到 1992 年开工，八五期间可以少用 5 亿元，但对矿区的长远发展影响较大。

5. 矿区建设投资在规划期的前 15 年用量较大，这期间资金充足有保证，矿区规模到期末可以达到 40Mt/a 以上，并有一定的增产余地。

6. 矿井建设方案以二对井同时建设的方案Ⅳ—4 和三对井同时建设的方案Ⅳ—3 比较适宜，施工力量比较均衡。虽然资金用量大，但前 15a 并不比其它方案多，主要是后 15a 不同，而增产潜力较大。

第四节　矿区发展的系统动态模拟与分析

利用所建立的矿区规划“SD”模型，对兖州矿区发展的不同策略进行了 32a(1989～2020 年)的动态模拟，得出了相应的矿区生产建设规模、产量、经济效益、固定资产、工业产值、职工人数、原煤

生产人员、全员效率、矿区人口、“三废”等的动态变化值。

一 矿区生产建设规模

根据华东地区的煤炭需求和兖州矿区的实际情况，考虑了四个方案：

方案Ⅰ 现有7对矿井不改扩建，新井按2对井同时建设；

方案Ⅱ 对有条件的兴隆庄矿和鲍店矿进行改扩建，由3.00Mt/a扩建到4.50Mt/a，兴隆庄矿1992年开工，鲍店矿达产后稳产几年，于2000年开工，新井建设同方案Ⅰ；

方案Ⅲ 现有生产矿井不进行改扩建，新井建设按3对井同时建设；

方案Ⅳ 生产矿井同方案Ⅱ，新井建设同方案Ⅲ。

4个方案的生产规模和产量的计算机模拟结果见表8—14和表8—15。

由模拟结果可以看出，从矿区和矿井本身的稳产期考虑，改扩建后的矿井产量虽然得到提高，但是稳产期比不改扩建要短，同时需提前配采小槽煤，使矿井后期处于“大马拉小车”的情况。改扩建的实质只是把矿井的煤炭资源通过投资提前开采，从长远的观点和企业的微观效益考虑，它并不增加总的开采量，因此投资效果较差。但从宏观考虑，早出煤炭能产生社会效益。如果有一个有利于企业改扩建的经济政策，也可以考虑第Ⅱ方案。由于矿务局现有施工力量和国家财力限制，3对井同时施工在管理上可能存在一定的困难，因此选取2对井同时施工为好。对整个矿区来说，要使矿区的发展比较稳定，矿区发展规模最好选用第Ⅰ方案。Ⅰ方案的矿区总生产能力和总产量变化趋势见图8—9和图8—10。该结果与矿务局规划的产量相近似（见表8—16）前者约高出后者1.7%～3.5%，考虑到煤矿生产的复杂因素影响和实际规划的稳定可靠，矿务局规划的数值是合适的。

表 8—14 不同方案的矿区生产矿井和新建井生产能力及产量

项目	类型	生产矿井						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
生产能力 (Mt/a)	I	12.85	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75
	II	12.85	14.05	15.55	15.55	17.05	16.75	16.75
	III	12.85	14.05	14.05	14.05	14.05	13.75	13.75
	IV	12.85	14.05	15.55	15.55	17.05	16.75	16.75
产量 (Mt)	I	9.56	14.84	16.52	16.92	16.98	17.02	17.01
	II	9.56	14.77	16.98	18.27	19.38	19.41	19.41
	III	9.53	14.77	16.49	16.88	16.98	17.03	17.00
	IV	9.53	14.77	16.94	18.23	19.60	19.66	19.63
项目	类型	新建矿井						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
生产能力 (Mt/a)	I	0	0	9.00	11.10	15.10	17.80	25.80
	II	0	0	9.00	11.10	15.10	17.80	25.80
	III	0	0	10.50	16.60	17.80	25.80	25.80
	IV	0	0	10.50	16.60	17.80	25.80	25.80
产量 (Mt)	I	0	0	4.75	11.03	16.28	21.07	24.06
	II	0	0	4.75	11.03	16.28	21.07	24.06
	III	0	0	5.95	13.88	19.91	27.26	30.70
	IV	0	0	5.95	13.88	19.91	27.26	30.70

表 8—15 不同方案的矿区总能力和产量

项目	类型	矿区总生产能力 (Mt/a)						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
I		12.85	13.75	22.75	24.85	28.85	31.55	39.55
II		12.85	13.75	24.55	26.65	32.15	34.55	42.55
III		12.85	13.75	24.55	32.15	31.85	39.55	39.55
IV		12.85	13.75	26.05	32.15	34.85	42.55	42.55
项目	类型	矿区总产量 (Mt)						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
I		9.56	14.84	21.27	27.95	33.26	38.09	41.07
II		9.56	14.77	21.73	29.30	35.66	40.48	43.47
III		9.53	14.77	22.43	30.76	36.88	44.29	47.70
IV		9.53	14.77	22.89	32.11	39.51	46.91	50.33

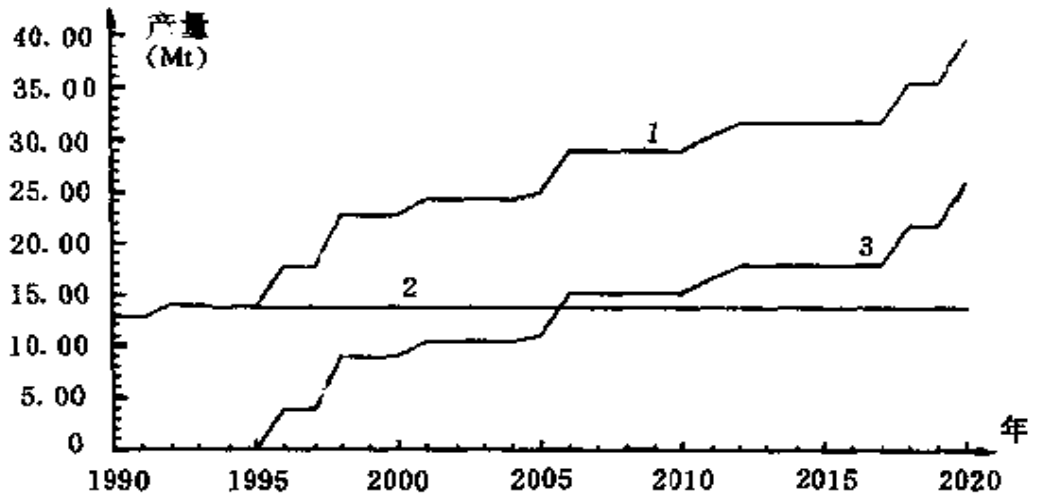


图 8—9　兖州矿区生产能力规划图

1——矿区生产能力；2——生产矿井生产能力；3——新井生产能力

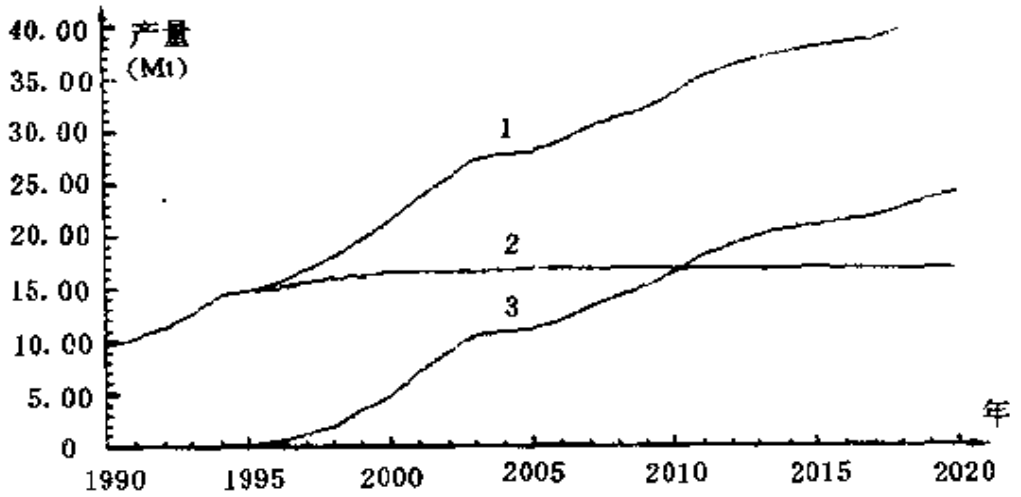


图 8—10　兖州矿区煤炭产量变化趋势图

1——矿区总产量；2——生产矿井产量；3——新井产量

表 8—16　　矿区产量的模拟结果　　单位：Mt

矿名＼年份	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
全　局	9.56 (9.39)	14.84 (13.85)	21.27 (21.32)	27.95 (26.99)	33.26 (32.69)	38.09 (36.80)	41.07 (40.30)
南　屯	2.18 (2.10)	2.52 (2.50)	2.77 (2.70)	2.75 (2.70)	2.77 (2.70)	2.77 (2.70)	2.77 (2.70)
北　宿	0.59 (0.59)	0.82 (0.75)	0.83 (0.80)	0.86 (0.80)	0.86 (0.85)	0.86 (0.85)	0.86 (0.85)
兴隆庄	3.30 (3.25)	3.50 (3.50)	4.06 (3.80)	4.07 (4.00)	4.04 (4.00)	4.05 (4.00)	4.05 (4.00)
鲍　店	2.25 (2.25)	3.31 (3.10)	3.48 (3.80)	3.82 (3.80)	3.91 (3.80)	3.88 (3.80)	3.88 (3.80)
杨　村	0.42 (0.40)	0.69 (0.60)	0.76 (0.62)	0.80 (0.64)	0.81 (0.64)	0.84 (0.70)	0.84 (0.75)
唐　村	0.41 (0.40)						
东　滩	0.40 (0.40)	3.99 (3.40)	4.61 (4.10)	4.61 (4.20)	4.59 (4.30)	4.62 (4.40)	4.61 (4.50)
济宁二号			3.00 (3.00)	4.18 (4.20)	4.99 (5.00)	5.00 (5.00)	5.01 (5.00)
济宁三号			1.75 (2.50)	5.15 (5.00)	5.79 (5.80)	6.20 (6.00)	6.00 (6.00)
许　厂				1.75 (1.50)	1.88 (1.80)	1.87 (1.80)	1.87 (1.80)
岱　庄						1.57 (1.50)	1.88 (1.80)
唐口一号					3.00 (3.00)	4.29 (4.20)	5.06 (5.00)
曲　阜						1.50 (1.10)	1.61 (1.50)
葛　亭				0.12 (0.10)	0.63 (0.80)	0.81 (0.80)	0.81 (0.80)

注：表中括号内的数字为矿务局规划产量。

二　矿区洗煤厂建设方案

兖州矿务局现有年入洗能力 2.40Mt/a 的南屯动力煤洗煤厂，年入洗能力为 3.00Mt/a 的兴隆庄精煤洗煤厂，在建一座入洗能力为 3.00Mt/a 的鲍店精煤洗煤厂。从矿区经济效益和社会效益考虑，对矿区洗煤厂建设考虑了三个方案。

方案 I　在东滩矿建一座精煤洗煤厂，设计能力 4.00Mt/a。新井均配精煤洗煤厂与矿井同步建设，能力配套；

方案 II　在东滩矿建一座精煤洗煤厂，设计能力 4.00Mt/a。新井均配动力煤洗煤厂与矿井同步建设，能力配套；

方案 III　东滩矿、济宁二号、济宁三号、葛亭和唐口一号井建设与矿井能力配套的精煤洗洗厂，其余新井建设与矿井生产能力相配套的动力煤洗选厂。模拟结果方案 I 的销售收入及利润的变化趋势见图 8—11。

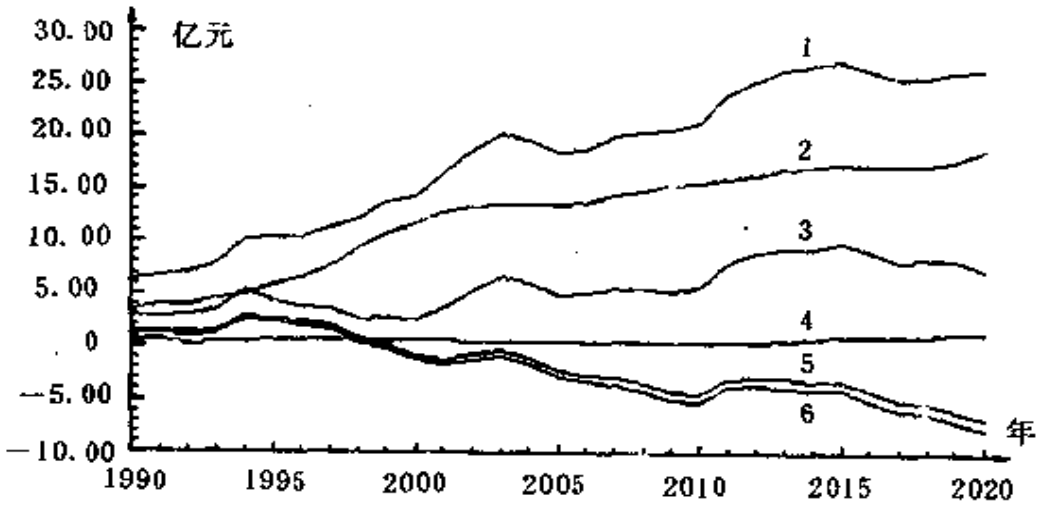


图 8—11　矿区收入与利润变化趋势图

1——销售总收入；2——精煤销售收入；3——动力煤销售收入；4——原煤销售收入；5——总销售利润；6——利润总额

仅从提高企业的效益出发，应选方案 I，但考虑国家需要一定

的动力煤，同时兼顾企业效益，建议采用方案Ⅱ。

按矿区规模采用方案Ⅰ，洗煤厂建设采用方案Ⅱ所需投资见表 8—17 和图 8—12。

表 8—17　　矿区建设投资表　　单位：万元

投资类型 / 时间	新建井投资	矿井改扩建投资	洗煤厂投资	矿区总投资
1990 年	6340.0	3531.0	3800.0	18455.85
八五	96079.4	2290.8	37400.4	183289.77
九五	131544.75		14075.0	196586.66
十五	91395.0		17825.0	147447.00
十一五	69086.0		9020	105443.10
十二五	76253.0		9180	99469.38
十三五	133016.0		16200	201441.61
总　计	603714.15	5821.8	107500	952133.17

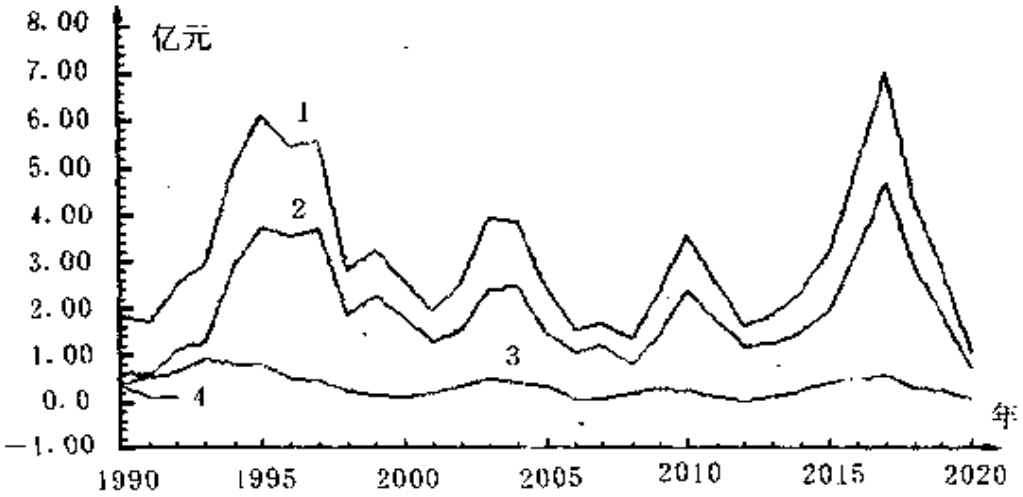


图 8—12　矿区规划期内逐年所需投资变化趋势图

1——规划总投资；2——新井建设投资；

3——洗煤厂建设投资；4——矿井改扩建投资

三　矿区固定资产

兖州矿区从开始建设到1988年底共形成固定资产20.95亿元，固定资产净值16.4亿元。按矿区生产规模方案Ⅰ的模拟结果所得固定资产原值、固定资产净值、固定资产产值率列于表8—18。由表中数值看出，随着固定资产与投入劳动力的比值增加，固定资产产值率呈逐渐下降趋势。

表8—18　　矿区固定资产和工业总产值模拟结果

项目 / 年份	固定资产（万元）	固定资产净值（万元）	工业总产值（万元）	固定资产产值率（元/万元）	百元产值利润率（元/百元）
1990	215732.09	166422.10	30940.06	5.38	47.24
1995	267635.82	197300.52	47835.85	4.12	57.45
2000	438029.57	337419.70	68915.63	4.90	−11.26
2005	535918.90	392334.36	90475.48	4.34	−21.01
2010	598158.45	401284.07	107911.08	3.72	−37.84
2015	663003.87	409394.35	123088.93	3.33	−21.83
2020	789787.67	472161.86	133406.82	3.54	−43.58

四　矿区工业总产值

兖州矿区1988年工业总产值为3.0195亿元，按矿区生产规模方案Ⅰ的模拟结果所得矿区工业总产值（按1980年不变价格）及百元产值利润率列于表8—18。

由表中数值可以看出，随着矿区生产规模的扩大，工业总产值也逐渐增大，而百元产值利润有增有减，呈波状起伏变化，这表明由于在煤炭价值与价格严重背离的情况下，增加煤炭产量不一定使利润增加。

五　矿区原煤生产人员和全员效率

兖州矿区 1988 年原煤生产人员为 17684 人，全员效率为 2.174t/工。按矿区生产规模Ⅰ，Ⅱ两方案对矿区原煤生产人员和全员效率进行模拟，其结果列于表 8—19。

表 8—19　　矿区原煤生产人员和全员效率预测

方案 / 项目 / 年份	Ⅰ（不改扩建）		Ⅱ（兴隆、鲍店改扩建）	
	原煤生产人员（人）	全员效率（t/工）	原煤生产人员（人）	全员效率（t/工）
1990	24683	1.9861	24683	1.9861
1995	24867	2.4867	24867	2.4741
2000	36642	2.5133	38638	2.4341
2005	40542	2.8251	42519	2.8244
2010	45574	3.1189	49194	3.0978
2015	50412	3.2286	54003	3.2035
2020	60780	2.8878	64344	2.8869

从表中数值可知，1990～1995 年两方案的原煤生产人员相同，从 2000 年开始，方案Ⅱ的职工人数和原煤生产人员比方案Ⅰ多，全员效率比方案Ⅰ低。因此，从全员效率这个角度来看，矿区生产规模是方案Ⅰ好。

六　矿区环境

根据兖州矿区环保统计资料整理结果，截至 1988 年底矿区未处理的废气量 497.78Mm^3（标），废水量 18.75Mt，矸石堆存量 6.43Mt。废气、废水处理设施的处理能力分别为 1500Mm^3/a 和 5.25Mt/a。按矿区生产规模方案Ⅰ模拟结果的“三废”积存量预测见表 8—20。必须增加相应的处理设施。

表 8—20　　矿区“三废”需要处理量

指标 / 年份	未处理废气积存量(Mm^3)	矸石堆存量(Mt)	未处理废水积存量(Mt)
1990	486.15	8.22	22.14
1995	1941.98	19.00	45.15
2000	7326.67	34.93	83.06
2005	18979.59	58.69	149.69
2010	34244.49	87.41	231.73
2015	54213.61	121.68	330.62
2020	76429.24	159.00	441.71

第五节　兖州矿区中长期规划研究的简要结论

通过以上各类优化与模拟模型进行计算的结果，对兖州矿区中长期规划得出如下结论：

1. 兖州矿区规划期末的矿井总生产能力为 39.55Mt/a，矿区煤炭产量为 40.00Mt/a 左右。这样的规模既符合国家对煤炭的需求，又比较符合兖州矿区实际，并在一定程度上留有余地，有利于调动矿区广大煤炭职工的积极性。

2. 兴隆庄煤矿和鲍店煤矿应以挖掘矿井现有生产潜力为主，不进行改扩建为好。

3. 新井建设以 2 对矿井或 3 对矿井同时施工方案都是可行的，但根据目前矿区的施工力量、资金来源和便于管理等方面综合考虑，按 2 对矿井同时施工比较有利。

4. 与矿井配套的洗煤厂建设，既考虑国家对动力煤的需求，又兼顾企业的经济效益，采用第三方案比较好，新建的 9 个矿井洗

煤厂除济宁二号、济宁三号、唐口一号和葛亭矿井四个矿井建设精煤洗煤厂外，其余 5 对矿井均建设为动力洗煤厂。

5. 为了保证矿区规划期末达到 40.00Mt/a 的规模和产量，所需要的资金，按 1988 年不变价格，经测算，整个规划为 95 亿元，其中矿井建设投资为 60 亿元左右。

主要参考文献

〔1〕 王国清、朱德祥：《世界煤炭地理》，商务印书馆，1987 年

〔2〕 王庆一：《能源手册》，能源部综合计划司、中国能源研究会，1991 年

〔3〕 煤炭工业部：《煤炭工业技术政策》，煤炭工业出版社，1988 年

〔4〕 编写组：《煤矿矿井采矿设计手册》上册，煤炭工业出版社，1984 年

〔5〕 中国科协专家考察论证组：《两淮煤炭开发方案论证》(研究报告)，1982 年

〔6〕 刘彦生、沈玉志：矿井建设群体网络方法的研究，《煤炭学报》，1987 年第 4 期

〔7〕 宋远方：层次分析法及特尔斐法在矿区规划决策分析中的应用，《煤矿设计》，1986 年第 9 期

〔8〕 孙玉珊：矿区系统规划研究——永城 SD 模型，《中国矿山技术经济研究会煤炭分会 1987 年年会论文选集》

〔9〕 王保伦、阎永新：阜新矿区发展规划 SD 模型，《第五届矿山系统工程学术会议论文集》，1990 年

〔10〕 王玉浚、陈永祥等：《近水平煤层矿井设计方案优化》，煤炭工业出版社，1988 年

〔11〕 王玉浚、彭建良：矿井增产的基本依据和合理界限，《中国矿业学院学报》，1988 年第 4 期

〔12〕 田宏、王玉浚：矿井技术改造及扩建方案的通用优化模型，《中国矿业大学学报》，1990 年第 2 期

〔13〕 王玉浚、张先尘、韩可琦：平顶山矿区发展最优规模研究，《平煤科技》，1989 年第 4 期

〔14〕 王玉浚、张先尘、韩可琦：矿区最优规划理论与方法，《煤炭学报》，1992 年第 1 期

〔15〕 韩可琦、王玉浚、张先尘：矿区规划的SD模型及其应用，《系统工程理论与实践》，1991年第2期
〔16〕 邓聚龙：《灰色系统》，国防工业出版社，1985年
〔17〕 邓聚龙：《灰色控制系统》，华中工学院出版社，1985年
〔18〕 〔美〕J·W·福雷斯特著，杨通谊等译：《系统学原理》，上海业余工业大学，1983年
〔19〕 〔美〕J·W·福雷斯特著，胡汝鼎等译：《工业动力学》，科学出版社，1985年
〔20〕 王其藩：《系统动力学》，清华大学出版社，1988年
〔21〕 〔美〕Sang M. Lee 著，宣家骥、卢开译：《决策分析的目标规划》，清华大学出版社，1986年
〔22〕 赵可培：《目标规划及其应用》，同济大学出版社，1987年
〔23〕 〔美〕Thomas, L. Saaty 著，许树伯等译：《层次分析法》，煤炭工业出版社，1988年
〔24〕 蒋国安：南屯煤矿的综合开发——层次分析法的应用，《煤炭学报》，1987年第2期
〔25〕 Э. Б. Голланд, Т. А. Рыбакова：《Экономическая оценка технологического развития угледобычи》, Новосибирск, 《наука》, 1985.

THE THEORY AND METHOD OF OPTIMUM PLANNING OF A MINING AREA

Abstract

As a complex system with the functions of coal production, preparation, and comprehensive utilization, a coal mining area is restricted by various factors, such as natural and geological conditions, mining technology, and local economic development, etc., to achieve many purposes including high output, steady production, safety, low comsumption, better economic benefit and social benefit. There are different alternatives to construct and develop a mining area. The best choice among various feasible alternatives is of great importance to the reasonable development of a mining area and healthy growth of national economy.

In order to further study feasible alternatives, examine the effect of random factors on planning alternatives and targets, predict the dynamic development of a mining area in the future, and make more reliable and correct decisions, we put forward the method of optimum planning of a mining area. The key problems of developing a mining area are comprehensively studied with the help of computers, based on production and construction experiences of the coal mining areas in China, and by means of combining traditional planning methods with systems engineering and optimum design as well as combining technical and economical analysis with simulation and

prediction. In cooperation with Pingdingshan and Yanzhou Mining Administration, we have carried out the study on planning of the two mining area. The main conclusive proposal has been accepted by them. Its correctness, advancement, systematization, and practicality have been preliminarily verified.

1 Content and Structure of the Theory and Method of Optimum Planning for a Mining Area

The content and structure of the theoretic method are shown in figure 1. Firstly, it is very essential for us to analyse the characteristics of geographical conditions, natural environment, geology, resources, technology, management and economy, to understand basic requirements and guiding ideology, to draw up the principal plan of mines arrangement and the development of a mining area, and to forecast preliminarily and macroscopicly main economic and technical indexes about the development of a mining area.

Secondly, a mining area should be classified into productive mining area and new mining area. For the former whose output is increasing, stress should be put on the possibility and reasonableness of reconstructing productive mine and coal preparation plant. Therefore, we make use of computer model AFR01 which assesses the technical feasibility of reconstruction scale of operating mine, model OMP1 which selects optimum scheme for the new mine to extract flat coal seams, or model OMP2 which suits to the mine with gently inclined coal seams, so as to further research on the elementary units which constitute the developing system of a mining area.

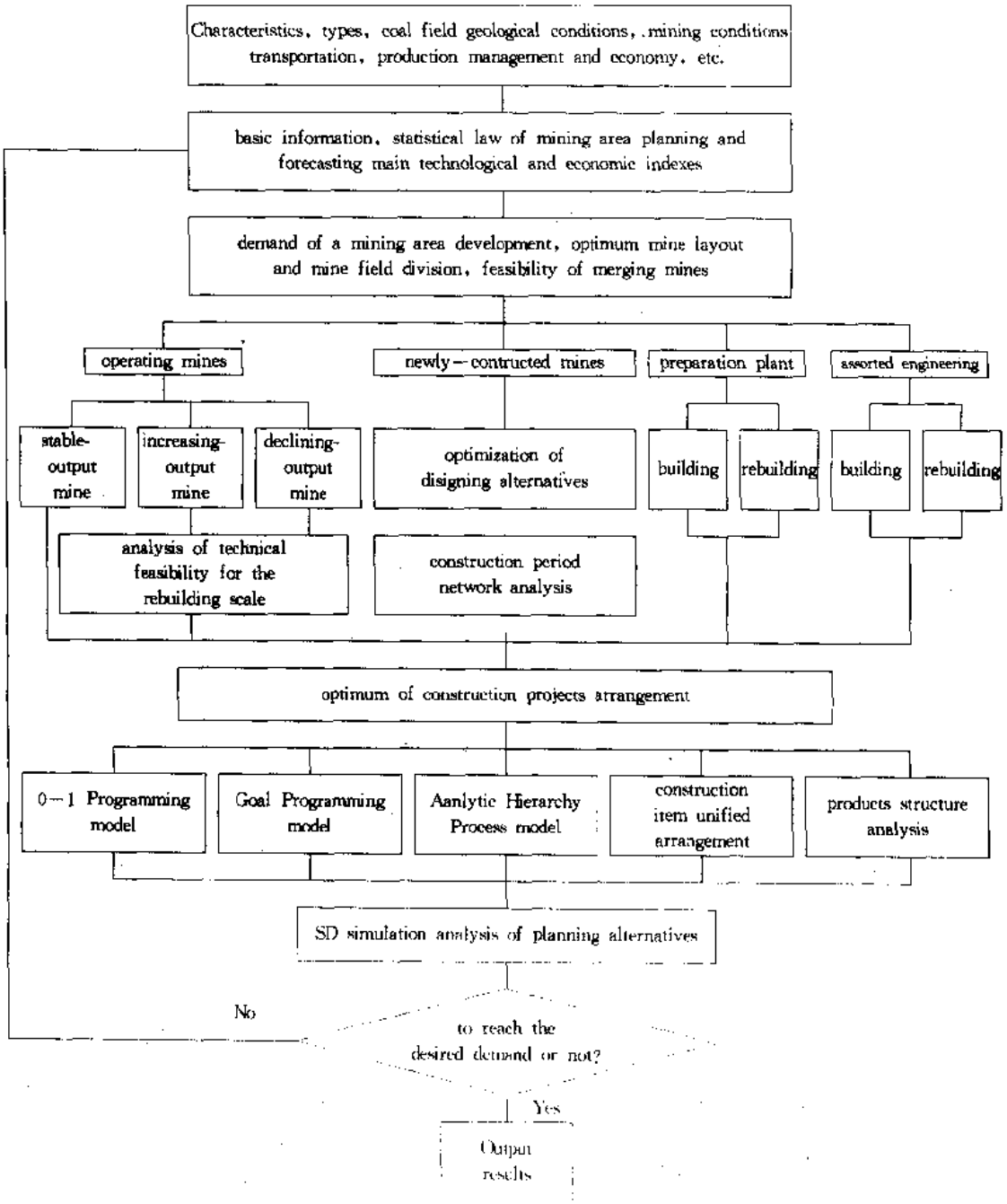


Fig. 1 The contents and structure of optimum planning of mining area

On the basis of the analysis stated above, and by making use of the established model of 0 — 1 programming—— KQDM01, the Model of Goal Programming——MGP, and the Model of Analytic Hierarchy Process—— KQAHP, the construction scale and item plan of a mining area can be selected as a whole. Finally, we take advantages of the Model of System Dynamics——KQSD to investigate the tendency of expected results of different alternatives, and select the optimum alternative of a mining area. Main technical and economic indexes can also be forecasted, and a series of proposals for making and carrying out the plan can be suggested.

The principal basis of optimum planning of a mining area is as follows:

(1) The guiding ideology of the developing plan of a mining area should fit the situation of national construction and economic development, meet the needs of state and local economic development, and energy balance, make full use of energy resources and other conditions, deal properly with various kinds of relations existing in the production and construction, and arrange rationally the production and construction of a mining area depending on the progress of science and technology combining with features of a mining area and according to the demands of modernization, mechanization, regularization, centralization and reasonableness, achieving the aims such as less investment, earning profit quickly, lower cost, and higher benefit.

(2) Based on natural resources and mining conditions, user's requirements for coal, transportation conditions and geographical environment, the construction scale of a mining area can be reasonably decided. The duration of stable production of a newly-devel-

oped mining area must be in accordance with the regulations of tenhnical rules. In addition, the mining intensity of a mining area must be advantageous to normal replacement of both mining area and mines, which can be determined by use of the method of multi-objective optimization.

(3) According to the factors such as the geological structure of coal seams, mining conditions, topography and landforms, the distribution of resources and coal quality, mine arrangement and coal field division can be determined by technical analysis. For the developed mining area, we must define the scale and time of reconstruction of the existing mines, if necessary, beginning with analysing the actual situation of every mine. The reasonable order of developing a new mining area is from nearby to far away, from shallow to deep, from easy to difficult, from small to large, analysing as a whole, building by stages, and determining the best one from multi-schemes.

2 The Dynamic Forecast and Analysis of the Developing Process of a Mining Area

The period of planning a mining area is generally over 15～20 years. The developing tendency of different planning alternatives during the period must be forecasted and anlaysed technically and economically as a basis of further selection. The adopted methods are introduced as follows.

2.1 The computer simulation of the output variations and the feasible analysis of reconstructing scale of an existing mine

It is essential for the operating mine to keep its production con-

tinuous and stable. In consideration of the replacement of working faces and mining district, the computer simulation model and program has been made. We can obtain the tendency of output variation for the multi-schemes by changing input conditions, from which the rational alternative can be selected. Accordingly, we will inquire into the possibility of output increasing and the maximum output that could be reached technically, thus a basis for determining the reconstructing scale of an operating mine and the designed capacity of a new mine will be provided.

2.2 Grey forecasting model of main technical and economic indexes

Grey theory believes that all random variables can be regarded as grey eigenvalue over a specified range, and the processing of the grey feature is not to seek the statistical law by looking for the probability distribution directly, but to seek the law between data by the method of producing a series of accumulated data. This data processing method has two functions, one is to provide intermediate information for establishing the grey model; the other is to weaken the randomness of original data.

According to the historical statistical data, forecasting the variation of main technical economic indexes of a mining area can be conducted only with one variable and sufficient list of accumulated data of the first order. Therefore, the simpler model for grey forecasting GM(1,1) has been adopted, the general form of its differential equation is as follows:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$$

Where a and u are the parameters obtained by establishing the mod-

el, $x^{(1)}$ is the value of accumulating the original data series $x^{(0)}$. The solution of the differential equation is called as time response

$$\hat{x}^{(1)}(i+1) = \left(x^{(1)}(0) - \frac{u}{a}\right)e^{-ai} + \frac{u}{a}$$

2.3 SD model for simulating the developing tendency of a mining area

SD (System Dynamics) molel is a time-dependent dynamic simulation model which reflects the comprehensive influences of multi-factors on system actions. This model is suitable for describing the long-term developing tendency of the complex system such as a mining area. The causality of mine development by using the SD model is described in Fig. 2. SD model has been divided into five submodels: the productive capacity and output, mining area economy, the number of staff and workers and efficiency, population and housing, and ecology of the mining area.

Utilizing the specialized DYNAMO software for SD model to simulate five planning alternatives of Pingdingshan mining area, we have correspondingly gained the tendency of long-term development, the simulated results can be used as the foundation of further comparison and selection.

3 Optimum Selection of Various Planning Alternatives

3.1 0—1 programming of selection on mining area development

One of the main tasks of making up long-term developing plan of the production in a mining area is to determine the number and scale of reconstructing the productive mine and building new mine. It is necessary to consider the mutual influence and restrictive rela-

tion among those three factors: the total investment, the total output and the economic benefit, so that the following problems can be solved: how to reasonably use the funds for construction to get the maximum benefit; how to meet the demand of total output of a mining area with the limited investment, and how to find out the lowest fund for satisfying the increasing range of production, etc.

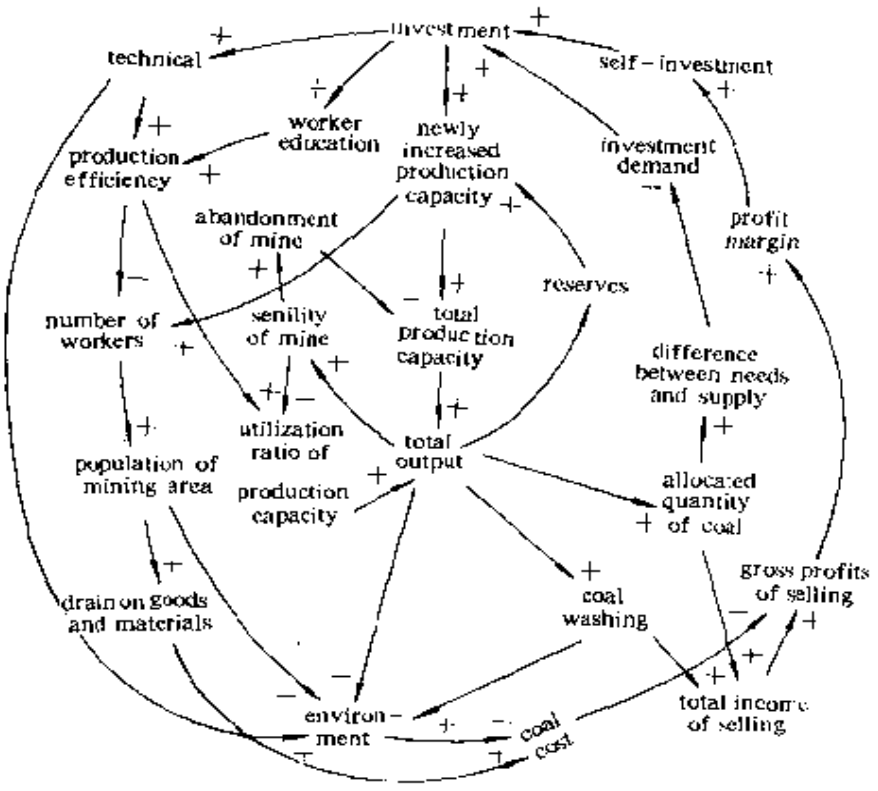


Fig. 2 causality of mine development

The mathematical model of 0—1 programming is suitable for this problem. Taking the maximum benefit of a mining area as objective function, and taking the demand of annual output growth and the limitation of total investment as the restrictions, the mathematical model is as follows:

$$\max \quad Z(I) = \sum_{J=1}^{N} P(J) \cdot X(I,J)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{J=1}^{N} W(I,J) \cdot X(I,J) \geqslant AL$$

$$\sum_{J=1}^{N} D(I,J) \cdot X(I,J) \leqslant DH$$

where $P(J)$—— the increased total benefit of mine J after investment, 10^4yuan;

$W(J)$—— the increased annual output of mine J after investment, Mt/a;

$D(J)$—— the needed investment volume for constructing mine J, 10^4yuan;

I—— the plan number, $I = 1, 2^1, 2^2, 2^3, \cdots, 2^N$, N is the number of investable mines;

$X(I,J)$—— the logical variable of plan I of mine J; when investing, $X(I,J)=1$; when not investing $X(I,J)=0$.

An investing plan can be expressed by row vector $X(I)$ which evaluated by $X(I,J)$ of N mines, $X(I)=(X(1,1),X(1,2),\cdots\cdots X(1,N))$.

The optimization model and computer program (KQDMOL) under four kinds of restriction have been made.

3.2 The goal programming of rational arrangement of reconstructing and newly extending projects

Having determined the developing scale of a mining area, we make the planning model (MGP) with the Method of Goal Programming as its main part to solve the problem of arranging rationally the items of reconstructing or newly constructing coal mine (whether being carried out or not and when to start is the best). Firstly, the developing situation of every mine must be analysed and forecasted. Secondly, by means of computer simulation the feasible alternatives of mining area planning can be obtained. Finally, we use the method of Goal programming for comprehensive evaluation and selection of alternatives of mining area planning.

3.3 Selecting alternatives of mining area planning by use of Analytic Hierarchy Process

The leading feature of analytic hierarchy process is to ogranize the various factors in complex problem by dividing them into linked hierarchy. According to the judgement for the objective reality, rationally and quantitatively expressing the relative importance for each hierarchy, calculating the weight of relative importance of all factor in every hierarchy by mathematical method, and finally analysing and selecting optimum plan by the results of total sequence can be made.

Selecting alternative of mining area planning can be carried out by use of Analytic Hierarchy Process that puts various plans in regular order and gives the optimum one from the point of view of multipurpose comprehensive selection. The example of the model of Analytic Hierarchy Process is given in Fig. 3.

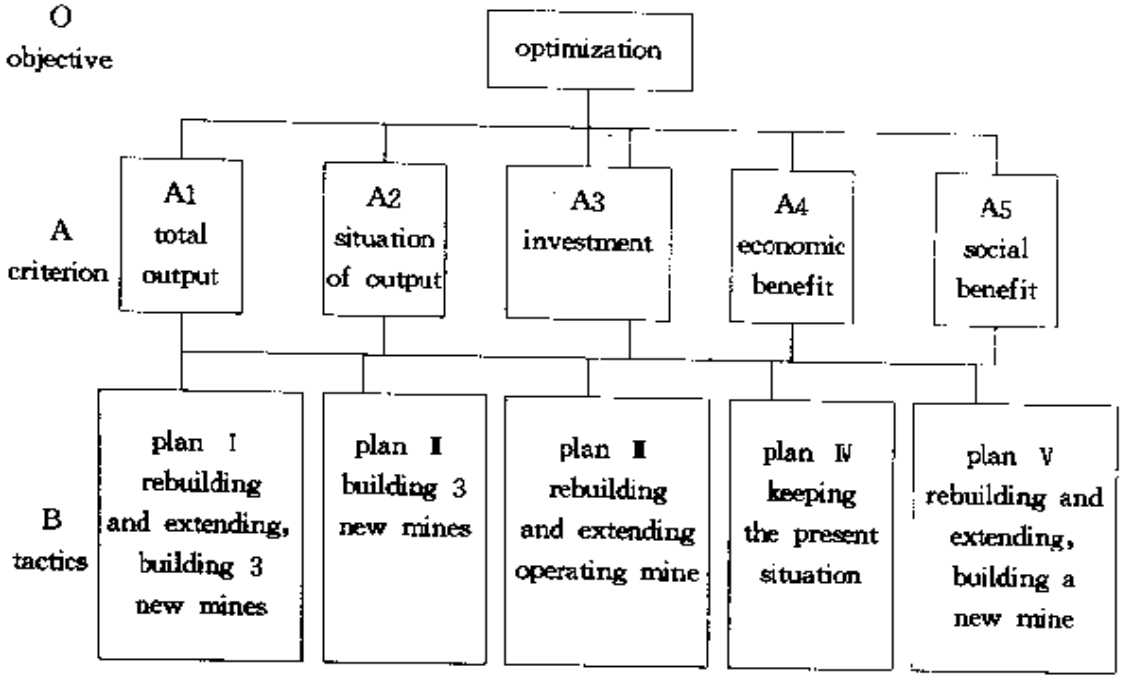


Fig. 3 The model of analytical hierarchy process