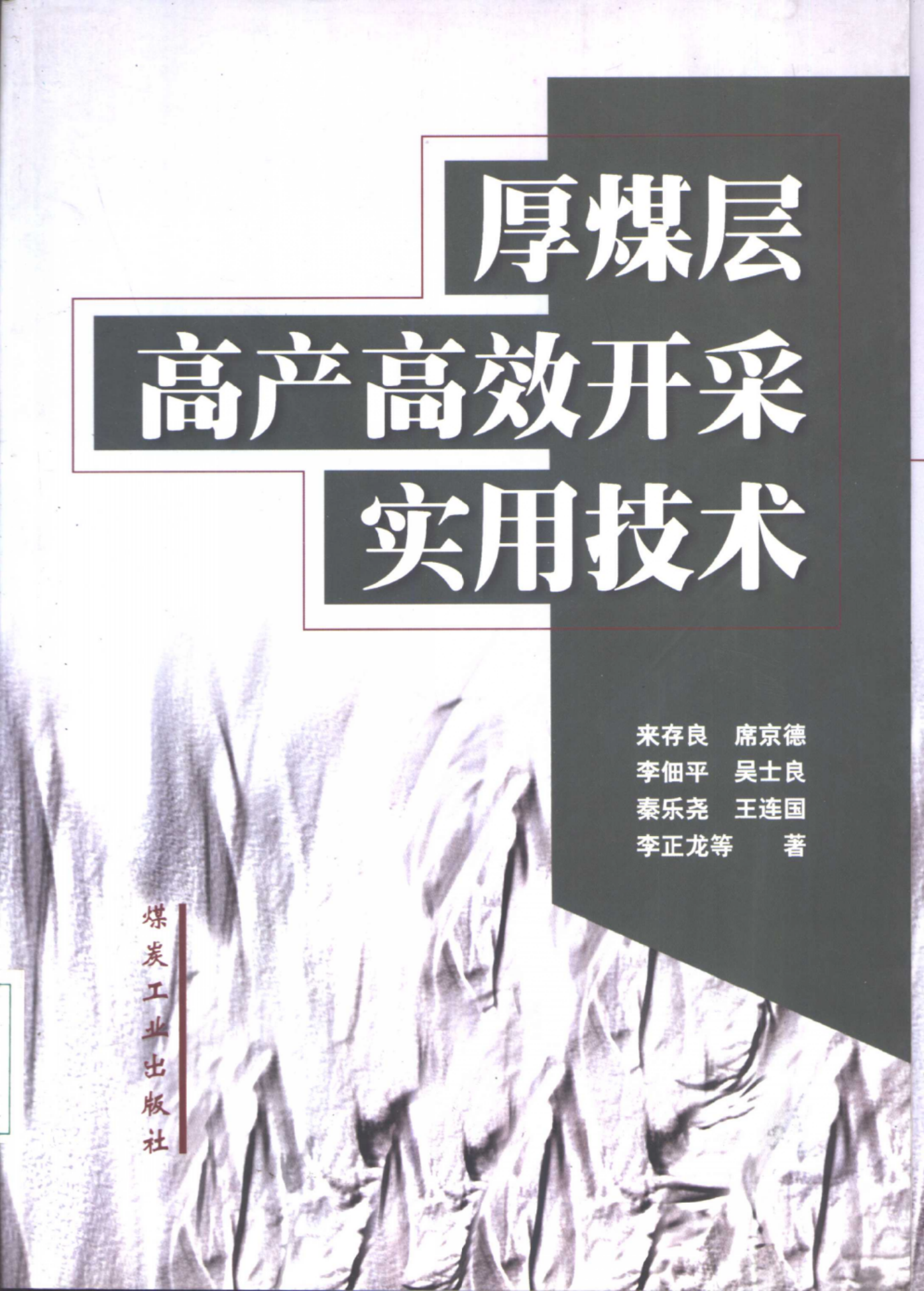




厚煤层 高产高效开采 实用技术

来存良 席京德
李佃平 吴士良
秦乐尧 王连国
李正龙等 著

煤炭工业出版社

责任编辑：姜庆乐 郑发科 史彦
封面设计：王滨

ISBN 7-5020-2060-8



9 787502 020606 >

ISBN 7-5020-2060-8/TD823.25

社内编号：4831 定价：28.50 元

厚煤层高产高效开采实用技术

主 编：来存良 席京德 李佃平 吴士良
副 主 编：秦乐尧 王连国 李正龙 王济忠 孟祥军 陈龙高
编写人员：来存良 席京德 李佃平 吴士良 秦乐尧 王连国
 李正龙 王济忠 孟祥军 陈龙高 谢强珍 张连勇
 刘洪儒 许荣友 刘光庆 官云章 郭 杰 刘明旺
 邢士军 李风河 张云宁 张 刚 丁 斌 张传武
 王永信 李纪栋 吕迎春 辛福亮 孔 岳 唐中华
 高洪亮 宋守成 于晓波 岳文强 张 恒 汪占领
 张 晓 王 磊 王春雷 李 强 张孟凯 郑允山
 王建周

煤 炭 工 业 出 版 社

目 录

第一章 概 述	1
第一节 厚煤层井田地质及开采技术条件	1
一、井田地质	1
二、开采技术条件	3
第二节 厚煤层高产高效开采技术的发展	3
一、采煤技术的发展	3
二、采区巷道布置改革与优化	7
第三节 厚煤层高产高效开采技术经济效益	9
第二章 厚煤层高产高效采区巷道布置与支护	13
第一节 厚煤层高产高效采区巷道布置	13
一、采区尺寸的选择	13
二、采区煤岩巷道垂直布置方式及其优越性	14
三、采区巷道布置原则及发展方向	20
第二节 煤巷锚网支护	21
一、新型煤巷锚杆系统研制	21
二、实体煤回采巷道锚网支护	30
三、沿空回采巷道锚网支护	34
四、大断面开切眼锚网支护	49
第三节 煤巷锚网支护监测	52
一、岩体位移监测	52
二、顶板离层监测	62
三、锚杆受力监测	62
第四节 煤巷锚网支护技术经济效益评价	69
一、技术效果评价	69
二、经济效益评价	69
第五节 煤巷锚网支护存在的主要问题与建议	71
一、加强地质工作	71
二、支护参数设计思路	71
三、兴隆庄矿常用锚杆	72
四、大硐室、大断面、断层影响段支护参数问题	72
五、新型锚杆现存问题及建议	72
六、预拉力问题	73
七、巷道成形控制	74

第三章 厚煤层高产高效回采工作面设备选型配套与使用	75
第一节 综采工作面主要设备选型与配套	75
一、设备选型原则	75
二、综采设备配套要求	77
第二节 厚煤层综放开采设备选型与配套	79
一、地质条件对综放开采的适应性分析	79
二、综放工作面主要设备选型原则	80
三、综放工作面主要设备配套要求	83
第三节 厚煤层高产高效回采工作面设备配套示例	85
一、2305 ⁻³ 综采工作面设备配套示例	85
二、4320综放工作面设备配套示例	86
三、5318高产高效综放工作面设备配套示例	90
四、年产600万t4326综放工作面设备配套示例	93
第四节 厚煤层高产高效回采工作面采煤机使用要点及典型故障分析	102
一、采煤机类型与技术特征	102
二、采煤机操作使用要点	104
三、采煤机典型故障分析与处理	107
第五节 厚煤层高产高效工作面液压支架使用要点及典型故障分析	112
一、液压支架类型与技术特征	112
二、液压支架操作使用要点	114
三、液压支架典型故障分析与处理	115
四、调架措施	117
第六节 刮板输送机使用要点及典型故障分析	118
一、刮板输送机类型与技术特征	118
二、刮板输送机特点	119
三、刮板输送机运行状况统计分析	119
四、刮板输送机操作使用要点	120
五、刮板输送机使用注意事项	121
六、刮板输送机典型故障分析与处理	122
七、输送机的日常维护	123
八、输送机的润滑	124
第四章 厚煤层高产高效采煤工艺优化与组织	125
第一节 厚煤层高产高效采煤工艺基本要求与目标	125
一、高产高效采煤工艺要求	125
二、高产高效主要采煤工艺	125
三、高产高效回采工艺的基本目标	125
第二节 厚煤层不同回采工艺工作面布置特征	126
一、分层综采工作面布置特征	126

二、综放工作面布置特征·····	127
三、高效综放工作面布置特征·····	129
四、年产 600 万 t 高产高效工作面布置特征·····	131
第三节 厚煤层综放回采工艺研究·····	134
一、综放一次采全厚的试验工作面开采·····	134
二、综合机械化放顶煤铁路下开采技术·····	138
三、水体下综采放顶煤技术·····	143
四、孤岛综放开采技术·····	144
五、综放过大断层开采·····	146
六、高产高效综放面快速添置支架·····	152
第四节 厚煤层高产高效综放面回采工艺研究及生产效果·····	154
一、“高产高效综放面回采工艺研究”的目的和意义·····	155
二、5318 高产高效综放工作面试验研究的基本条件·····	155
三、5318 工作面高产高效综放研究思路和内容·····	156
四、主要研究成果·····	158
五、工业性试验结果·····	166
六、经济效益·····	166
第五节 综放开采侧向支承压力的现场实测研究·····	166
一、研究内容及要求·····	166
二、现场实测研究方法·····	166
三、综放开采侧向支承压力分布及围岩结构特征·····	168
第六节 综放工作面预置收尾切眼的基础研究及成果·····	175
一、5319 运煤巷的布置及围岩变形破坏观测综述·····	175
二、运煤巷受侧向采动影响的围岩变形结论·····	176
三、运煤巷受本面正向采动影响围岩控制措施·····	177
四、运煤巷受本面正向采动影响围岩变形观测及结论·····	178
五、运煤巷围岩控制效果分析·····	183
六、预置收尾切眼的支护及效果·····	186
第七节 回采工作面技术经济指标及劳动组织·····	189
第八节 综放工作面顶板管理研究·····	193
一、综放工作面端面冒顶控制的原则和基本特点·····	194
二、日常生产管理中的技术措施·····	194
三、特殊条件下的围岩加固及控制技术·····	195
四、现场应用效果及分析·····	195

第五章 厚煤层高产高效开采安全技术····· 197

第一节 通风与防灭火技术·····	197
一、概 述·····	197
二、通风技术·····	197
三、防灭火技术·····	202

第二节 防尘、降尘技术.....	217
一、在根治粉尘危害方面，建立了严密的监督管理体系.....	218
二、普掘工作面防尘、降尘技术.....	218
三、综合机械化掘进工作面防尘、降尘技术.....	219
四、综放工作面防尘、降尘技术.....	222

第一章 概述

第一节 厚煤层井田地质及开采技术条件

一、井田地质

兴隆庄井田属全隐蔽煤田。地质储量 7.9 亿 t，可采储量 3.8 亿 t。兴隆庄矿 3[#]厚煤层储量汇总（分级）见表 1—1。

（一）地质特征

含煤地层为石炭二叠系，平均厚度 310m，全部为第四系冲积层所覆盖，井田地质综合柱状图如图 1—1 所示。其中第四系厚 111.46~226.34m，一般厚 180.71m，由粘土、砂质粘土和含粘土砂（砾）等相间组成；上侏罗系最大残厚 125.95m，仅保留于东南部边缘地段，由细砂岩、泥岩细砂岩互层所组成，底部偶见一层砾岩；上二叠系石盒子组最大残厚 132.41m，一般厚 42.75m 左右，以粘土岩为主，间夹中细砂岩，其底部全区普遍发育着一层粗砂岩或含砾砂岩，孔隙度大，硅质接触式胶结，岩性稳定；下二叠系山西组厚 125.69~150.51m，一般厚为 136.66m，为本区主要含煤地段，含煤两层，其中的第 3 层煤是井田主采的厚煤层，煤层底部常为细砂岩、粉砂岩互层，有时相变为中砂岩；上石炭系太原群厚 136.53~178.61m，一般厚 154.55m，以粉砂岩和泥质岩为主，间夹中砂岩、粘土岩、薄层灰岩及煤层，含煤 24 层，其中第 16、17 层煤是全井田可采的薄煤层；主要标志层为第三层灰岩和第十层灰岩，全区稳定；在东部大苑庄附近有一南北向狭长条带的河床相砂岩冲刷，代替了第 14、15 层煤的层位；中石炭系本溪群厚 19.79~24.9m，一般厚 20.5m，以灰岩为主；奥陶系马家沟统厚 450~750m，顶部为灰岩，间夹薄层粘土岩，有裂隙和洞穴。

（二）构造特征

井田位于兖州向斜的北翼，为一倾向南东至北东、倾角 2°~14°（一般为 4°~8°）、走向北东至北北西的单斜构造，并发育着次一级小型的宽缓波状起伏。区内北东向逆断层不发育，而北西向的高角度正断层较发育，并具有断

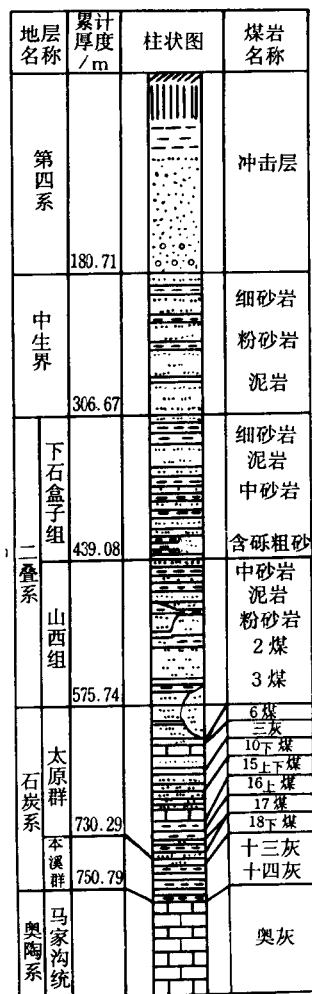


图 1—1 井田地质综合柱状图

层走向的弯曲、分叉、合并，落差时大时小、呈“入”字型构造形态等特点。地质构造整体比较简单，但有的采区比较复杂，局部不能开采。主要断层特征见表 1—2。

表 1—1 兴隆庄矿 3[#] 厚煤层储量汇总

(2000 年 12 月)

单位：万 t

煤 层	地质储量	A+B	A+B+C	C	平衡表外储量
3 [#] 煤层	41406.7	32959.7	41406.7	8447	3181.6

表 1—2 主 要 断 层 特 征

断层名称	性 质	走 向	倾 向	倾 角	落 差
滋阳断层	正	N40°~N60°W	NE	推进 80°	209~7500
滋阳断层支一	正	N15°~N65°W	NE	80°	115
滋阳断层支二	正	N55°W	NE	80°	10~17
滋阳断层支三	正	N80°~N70°W	NE	80°	220±
大苑庄断层	正	N50°~N55°W	NE	80°	15~25
官庄断层	正	N35°~N40°W	NE	80°	10
小施村断层	正	N30°~N40°W	NE	80°	8
巨王林断层	正	N25°E~N85°W	SW	80°	22~110
大冈头断层	正	N15°E~N25°W	SW	80°	32
牛王村断层	正	N5°~N20°E	NE	80°	40
巨王林断层支一	正	N10°~N25°W	SE	80°	35~38
孙家庄断层	正	N10°E~N25°W	SE~NE	80°	80
铺子断层	正	N3°~N25°W	SW	80°	8~60
铺子断层支一	正	N10°E~N20°W	NW~SW	80°	20±
铺子断层支二	正	N40°E~N40°W	NW	80°	8~28
刘家楼断层	逆	N65°E	NW	50°	12
三元村断层	逆	N60°E	NW	50°	10

(三) 煤层特征

含煤地层共含煤 26 层，总厚 18.46m。其中稳定可采 3 层，局部可采 4 层，可采煤层总厚度 13.74m，约占煤层总厚度的 74%。而第 3 层煤全区稳定，平均厚度 8.65m，占可采煤层总厚度的 63%。

(四) 煤质特征

本区煤质稳定，各层煤的主要指标变化很小，均为中变质程度的气煤。山西组煤层（第 2、3 层煤）属低硫中灰中等可选至易选煤，是良好的炼焦配煤或动力用煤；太原群煤层（第 6~16、17 层煤）属中灰富硫至高硫的易选煤，不宜单独作炼焦配煤，为动力用煤。

二、开采技术条件

(一) 水文地质

1. 含水层特征

本井田含水层有第四系覆盖层,第3层煤顶部砂岩,第3、5、8、9、10、12、14层石灰岩及奥陶系灰岩。第四系覆盖层分三组,除中组粘土类的厚度占73%左右,透水性弱,含水不丰富外,其上、下组均为含水丰富的砂及砂砾岩层。上组含水层局部地段与地表径流和降雨进行垂直渗透补给,补给和排泄条件良好。下组含水层间夹有不稳定的粘土层,其上有中组为隔水层,故含水性虽强,但补给和排泄条件较差,其底部含水层为煤系含水层的主要补给水源。基岩主要含水层对矿井充水直接有关的为第3层煤顶部砂岩、第3层灰岩和第10层灰岩。当有断层构造时,其他含水层也可成为奥陶系灰岩水的通道,直接影响矿井安全开采。据地质报告预测,开采前期,矿井正常涌水量为 $400\text{m}^3/\text{h}$,最大涌水量为 $500\text{m}^3/\text{h}$;开采后期,正常涌水量为 $550\text{m}^3/\text{h}$,最大涌水量为 $650\text{m}^3/\text{h}$ 。而据投产15年来实测,矿井正常涌水量为 $213\text{m}^3/\text{h}$,最大涌水量为 $312.12\text{m}^3/\text{h}$ 。

2. 断层的导水性

井田内导水性较强、落差较大的正段层有铺子、铺子支一、孙家庄、巨王林、巨王林支一及大岗头断层。

(二) 瓦斯煤尘及自然发火

根据地质资料,本矿井第3、16、17层煤都属于氮气带,瓦斯和二氧化碳含量很低,均小于 $1\text{cm}^3/\text{g}$,属低瓦斯矿井。可采煤层均有煤尘爆炸危险,煤尘爆炸指数一般为37%~42%,各煤层都有自然发火倾向,发火期为3~6个月。

(三) 地 温

据钻孔测定:非煤系地层地温梯度较小,一般为每百米 1.6°C ;煤系地层地温梯度相应增高,一般为每百米 2.7°C ;综合平均梯度每百米 2.44°C 。通常-650m以上层段的地温不超过 31°C ; -650~-750m层段的地温为 $31\sim 37^\circ\text{C}$ 。

第二节 厚煤层高产高效开采技术的发展

一、采煤技术的发展

(一) 采煤工艺的发展

在矿井筹备后期,兴隆庄煤矿对系统进行改造,将原设计的 5303^{-1} 、 5304^{-1} 对拉高档普采工作面改为第二个综合机械化采煤工作面。后来又撤除了 4309^{-1} 高档普采工作面,1984年下半年实现了综合机械化采煤矿井。

分层开采的综合机械化采煤工艺虽较高档普采有较大优点,但经多年实践也暴露出一些缺点,如工作面回撤次数多,煤巷掘进率高,准备工作量大,生产接续紧张;采空区封闭频繁、通风管理困难、自然发火隐患大;铺联网工作强度大、占用时间长,吨煤成本高;网下采煤顶板难以控制,易出现运输事故;采区巷道重复受压,增大了维护工作量;底分层煤厚变化大,割底多影响煤质损坏设备等生产技术问题。由于以上技术问题,从1985年到1992年间工作面月单产一直徘徊在5.5万t至7.0万t之间,平均月单产只有6.2万t。为了提高产

量和效率,实现减人提效,优质低耗,创建高产高效矿井,从1989年开始,兖州矿务局矿配合调研了大量综合机械化放顶煤开采技术和大功率综合机械化采煤机组采煤技术,确定采用综合机械化放顶煤新工艺,将原有的国产ZZP5200—1.7/3.5型液压支架改造成ZFS5200—1.7/3.5型放顶煤支架,于1992年6月将5306工作面装备成兴隆庄煤矿第一个综合机械化放顶煤试验工作面,并于当月联合试运转、试生产。从1992年7月1日正式生产到年底采完,试验达到预期效果,共产原煤64.4万t,回采率达到81%,平均月产99750t,回采工效达32.803t/工。与1991年分层综采比较,月单产提高了68%,效率提高了48%,并节约资金675万元。

在试验工作面获得成功的基础上,又成功地进行了网下、水体下、铁路下和孤岛综合机械化放顶煤开采,并于1994年将矿井回采工作面个数由4个减为2个,至2000年一直保持两个综放工作面的生产格局,实现了生产高度集中化。生产实践证明,综合机械化放顶煤开采技术,具有投入少、产出多、适应性强、安全程度高、经济效益好的显著优点,为创建高产高效矿井开创了一条思路,很快在兖州矿务局得到推广应用。

“九五”期间,兴隆庄煤矿又组织实施了“高产高效综放开采成套装备与工艺研究”的煤炭行业“九五”重点科技攻关。项目实施后,保持综放面稳定年产300万t以上,达到了400万t/a的生产水平。经过“九五”攻关,综放开采技术经济效果达到世界一流水平。

“十五”开始后,兴隆庄煤矿又申请实施“十五”攻关项目,其核心是年产600万t综放工作面的开采设备配套与自动控制。项目实施后,兴隆庄煤矿综放开采技术将处于世界领先水平。

(二) 掘进与支护

采煤和掘进是煤矿生产的两个基本环节,采煤前必须掘进,掘进为采煤做准备。要保证矿井的稳定高产,必须根据采煤的需要合理安排掘进工作。“采掘并举,掘进先行”是煤炭工业的一项技术政策。

1. 普 掘

兴隆庄煤矿建矿以来,岩巷一直实行光爆锚喷支护,但作为光爆锚喷的关键一巷道成型和锚喷质量,仍停留在一般水平上,全国的发展形式也是这样。为了改变现状,原中国统配煤矿总公司领导审时度势,及时指示应用一定的配套技术,在深层次上加以完善提高,总结推广,即以“三小”为龙头(小锚杆、小药卷、小钻头),从施工组织管理及技术环节,全方位采取措施,使岩巷掘进的光爆锚喷技术向前推进一步。

兴隆庄矿依据本矿的地质条件、施工基础、管理水平以及现场施工中的问题,通过分析认为:“三小”光爆锚喷岩巷作业线完全符合我矿的实际,于是将该作业线进行推广,取得了较好的社会效益和经济效益。

“三小”光爆锚喷岩巷掘进作业线自1991年推广至今显示了很大的优越性和生命力,它在中硬岩石、中小型巷道断面中,使用效果尤其明显。主要表现如下:

(1) 掘进进尺提高,在同样条件下,大大降低掘进费用。

(2) 工程质量好,使用小钻头、小药卷后光爆成型好,眼痕率平均在50%以上,巷道验收优良率达100%。

(3) 材料消耗少,转子喷浆机配上搅拌机后,配料搅拌均匀,喷射速度快,喷射质量好,回弹率低。

(4) 作业环境好,机械拌料后降低了粉尘浓度,缩短了喷射作业时间,改善了作业环境。

(5) 该套作业线轻便灵活，投资低，工人容易掌握，便于大面积推广。

矿井投产初期，煤巷掘进采用煤电钻打眼、爆破落煤、局通通风；半煤岩巷道掘进，由岩石电钻打眼，后演变为风钻打眼。

在矿井普掘的整个过程中，因辅助运输环节多，掘进断面大，生产时间长，普掘一直处于低进、低效水平，造成采掘接续紧张的局面。自引进外国掘进机以来，改变了传统的钻爆方式，综掘效率大大提高。

2. 综掘

为了提高巷道施工机械化程度，兴隆庄煤矿进行了多方面的试验和创新。“六五”和“七五”期间，针对岩巷施工技术比较落后的状况，多次进行岩巷机械化作业线的试验，由于设备质量不过关等原因，未能取得突破性进展。但岩巷和半煤岩巷掘进已全部实现锚喷化，并连续获得光爆锚喷示范的称号。

煤巷施工已基本实现了综掘机械化作业，在解决后配套的基础上，多次创出全省月进最高水平，步入全国先进行列。煤巷综掘机具有掘进速度快、安全性能高、劳动强度低、巷道成型好、围岩破坏小、有利于顶板维护等优点。

1) 煤巷（半煤岩巷）综合机械化施工技术

煤巷（半煤岩巷）综掘施工经历了以下几个发展阶段：

(1) 引进综掘机的消化吸收。通过对引进综掘机的不断消化和吸收，综掘队伍的素质以及综掘施工的技术水平得到了很大提高，确保了综采工作面的正常接续。实践证明，综掘施工与传统的钻爆法施工相比具有如下优点：

①掘进速度快，单进效率高，单进可比炮掘施工提高 3~4 倍，效率提高 4~5 倍。

②机械化程度高，工人劳动强度大大降低。综掘施工彻底改变了传统的钻爆法施工方式，直接采用截割头破煤而且煤（矸）运输从扒煤到转载和运输实现了不间断连续化，大大降低了工人的劳动强度。

③采用机械截割破煤，巷道断面尺寸易于掌握，巷道成型好，巷道易于支护。

④掘进机司机远离掘进工作面进行操作，施工时的安全程度大为提高，等等。

因此，可以说综掘机的引进和应用使煤巷的施工技术产生了一次飞跃。

(2) 国产化综掘机的试验与应用阶段。80 年代中期，随着我国综机生产制造厂家对国外综掘机制造技术的不断消化和吸收以及制造加工技术水平的不断提高，兴隆庄煤矿试验了南京辰光机械厂生产的 EBJ-100 掘进机，针对试验情况分别提出了修改意见和要求，为国产化综掘机的发展和提高做出了积极的贡献。通过现场的不断试验、总结和对比，发现横轴式截割头的 S100 掘进机比较易于控制巷道成型，尤其是挖棚腿柱窝比较方便，不致出现超挖，另外整机性能和可靠程度也相对较好，因此自 90 年代以来兴隆庄矿逐步以国产 S100 型掘进机为主力机型。

(3) 综掘后配套的完善和发展。综掘机械化施工虽然主要设备是掘进机，但是如果后配套设备不完善，也很难发挥综掘机械化快速施工的优势。兴隆庄矿在应用综掘机施工的初期，后部煤运输主要采用溜子或可伸缩带式输送机，支护材料的运输主要采用矿车运输。溜子运输存在效率低、更换频繁等诸多问题。支护材料的运输也存在占用设备多、环节多、受巷道断面制约、难管理、安全性差等问题。为了解决上述问题，兴隆庄矿在煤巷综掘工作面推广应用了双向带式输送机，使煤矸运输与支护材料运输合为一体，上皮带运煤，底皮带运送材料，极大地改善了综掘工作面的施工状况，减少了设备占用和管理环节，提高了施工效率。

随着矿区综合机械化掘进工作面设备配套的逐步完善,施工技术水平、队伍素质以及管理水平的不断提高,矿区煤巷单进大幅度提高。综掘施工队在全国、全省组织的创水平上等级竞赛活动中取得了十分突出的成绩,已连续四年实现综掘进尺折算超过万米,兴隆庄矿的综掘机械化施工技术水平已步入全国领先水平。

2) 厚煤层沿空掘巷的支护技术

兴隆庄煤矿厚煤层沿空掘巷的支护技术经历了两个重要的发展过程,一是随着沿空掘巷技术在厚煤层矿井的全面推广,经过认真研究对比试验,推广工字钢梯形棚支护技术阶段;二是随着综采放顶煤技术的试验成功和全面应用推广以及大功率高效综采设备的引进,由工字钢梯形棚支护逐步向锚梁网支护过渡阶段。

(1) 工字钢梯形棚支护。兖州矿区先期投产的南屯煤矿,投产后饱受木棚支护能力不足之苦,因此,兴隆庄煤矿推行无煤柱开采时首先考虑的是支护改革。由于当时我国供煤矿使用的型钢已进入小批量生产阶段,支撑能力明显高于木支护,据此,围绕承载能力、生产需要和回收复用等进行了全面分析,最终确定为工字钢梯形棚支护。该支护形式具有以下优点:

①此类支护的支护强度明显高于木支护,能够满足跨度较大的综采顺槽的支护要求,成巷期间适于卸压带无煤柱护巷的围岩变形要求。

②支架制作、架设简单,无丝扣紧固件,回撤修复比较容易,可以多次复用;尽管初期投资较高,但使用期间不需再做太大的补充性投入。

③工作面回采期间,超前支承压力会引起顺槽围岩的剧烈活动,对于不可能预留大沉缩量 的分层煤巷而言,采用刚性棚支护尽管梁腿损坏率相对较高,但由于采动期间巷道变形量可以得到控制,有利于采面端头管理。

④刚性金属棚子较好地解决了分层开采沿空掘巷的维护和经受采动影响等问题。

综上所述,兴隆庄煤矿以刚性金属棚支护作为厚煤层分层开采无煤柱沿空掘巷的配套支护技术是一项成功的选择,不仅大幅度减少了巷道维修工作量,而且为分层开采工作面正常生产创造了良好的条件,取得了良好的技术经济效果。

(2) 锚梁网支护。90年代初,随着厚煤层综采放顶煤一次采全高技术的试验成功和全面推广应用以及中厚煤层大功率综采设备的引用,虽然刚性金属棚支护以其固有的优势在中厚煤层大功率及厚煤层综放沿空掘巷的支护中发挥了巨大的作用,经受了考验,取得了巨大的成功,然而在新的情况下刚性金属棚子也暴露了某些缺陷和不足,在一定程度上制约着生产的发展。主要表现在以下几点:

①巷道宽度的矛盾。矿区采用工字钢棚支护时,通用的顶梁宽度为3m和3.3m,已经接近变形允许的极限值,以工字钢棚支护的综采工作面运输顺槽的净断面无法达到1992年版《煤矿安全规程》规定的不小于12m²的要求。

②高产工作面快速推进与金属棚子回撤和外运工作量大的矛盾。由于综采放顶煤及大功率综采的普遍应用,使工作面的推进速度进一步加快,工作面上下顺槽的替棚、回撤外运任务庞大而艰巨,一定程度上制约了采面的工时利用,不利于工作面快速推进。

③综采工作面沿空掘巷采用工字钢棚支护,不利于顺槽掘进中的防灭火。

④综放工作面沿空掘巷沿空侧的防火堵漏喷浆层,对防灭火虽有利,但是增加了棚腿回撤的难度,导致部分棚腿的丢失。

⑤架设金属棚的劳动强度大,金属棚的安全可靠性差,支护成本比较高。

为此,在新的形势发展下对工字钢棚的支护进行改革势在必行。兴隆庄煤矿及时进行了

煤巷锚杆支护的研究和探索，当时主要在分层开采的顶分层巷道两侧均为实体煤的情况下进行试验，取得了一定的成效，但由于当时对煤巷锚杆的支护机理和相关的配套技术、机具、支护材料等的研究和开发不够，没有形成综合配套的技术，因此，没有大面积推广应用。随着采煤技术的发展和重大变革，极大地加快了煤巷支护技术的改革步伐。随后，南屯煤矿与中国矿大合作首先在 1305 煤巷集中巷进行了锚梁网试验，取得了良好的效果。自此，锚梁网支护技术在兴隆庄煤矿开始进行推广和应用，取得了显著效果和经济效益。

实践证明，在厚煤层综放工作面沿空掘巷中采用锚梁网支护能够有效地改善巷道的支护状况，与架棚支护相比，成巷期间及工作面回采过程中巷道的围岩变形量均有所减少；此外，沿空掘巷采用锚梁网支护还降低了巷道支护成本，大量减少了掘进工作期间以及工作面回采期间金属棚子的支设、回撤、运输量及工人的劳动强度，简化了回采工作面端头的支护形式，加快了工作面推进速度，消除了沿空掘巷顺槽内的自然发火隐患等，为综放工作面实现高产高效创造了十分有利的条件，因此，在厚煤层综放开采的沿空掘巷中推广应用锚梁网支护具有十分重大的意义。目前，兴隆庄煤矿的煤巷已全部采用锚梁网，并配合锚索支护的新技术。

二、采区巷道布置改革与优化

（一）巷道布置改革

1. 矿井移交投产时的采区巷道布置形式

矿井移交投产时，采区的巷道布置形式是一种传统的煤岩巷平行重叠的布置形式，其主要特点如下：

（1）采区的岩石上下山布置在距煤层 15~50m 的底板岩层内，其坡度大体接近煤层倾角，一般为 7°。

（2）由轨道运输上山和带式输送机上山分别向上掘 27°联络巷与采区轨道岩石集中巷和带式输送机岩石集中巷联通。联络巷采用 27°主要是为了形成两条采区岩石集中巷与两条采区上下山的高差。

（3）由采区轨道岩石集中巷和带式输送机岩石集中巷再分别向上掘 27°联络斜巷通煤层顺槽，形成采煤时的辅组运输和进回风两个系统。

（4）采区的各岩石集中巷在采区的边界处联通，形成采区岩石集中巷的进回风系统和采煤工作面的风路调节系统。

（5）采煤工作面的运输煤层顺槽与带式输送机岩石集中巷重叠布置，两者之间除用 27°联络斜巷联通外，还要用溜煤眼联通，形成煤炭运输系统。溜煤眼之间的距离依运输顺槽所铺设的带式输送机长度而定。采煤工作面的切眼一般外错边界岩巷 40~60m。

（6）采区轨道岩石集中巷与采煤工作面的轨道顺槽内外错不等。

（7）联络斜巷根据采煤工作面的回采顺序确定其内外错，其间距与溜煤眼对称。

2. 改革后的煤岩巷垂直布置方式及其优越性

1) 改革后的煤岩巷垂直布置方式的主要特点

（1）在采区的上部布置采区的岩石轨道运输巷，与各组中间上下山相联通；在采区下部边界布置岩石输水巷。取消与煤层顺槽平行布置的各路采区轨道岩石集中巷和带式输送机岩石集中巷。

（2）在距离煤层 10~20m 的底板岩层内，布置采区的中间上下山，方向与煤层顺槽垂直。这种中间上下山可根据各采区的地质条件布置一组或多组，以适应综采工作面跳溜煤眼时煤

层顺槽带式输送机的运输长度。

(3) 每组中间上下山有一条是轨道运输上下山, 另一条是带式输送机上下山, 在各带式输送机上下山与运输煤层顺槽相交的位置, 用溜煤眼联通, 以形成综采工作面煤的连续运输系统。

(4) 采区各轨道运输上下山, 用 Y 型联络巷与综采工作面的煤层顺槽联通, 形成综采工作面的辅助运输系统。

(5) 采区的一组上下山, 除留足煤柱外, 在停采线以外布置综采工作面的设备撤除联络巷, 其长度应以能够容纳移动变电站为准, 并尽量考虑能为上下两个工作面服务。采区内的回采顺序为自上而下, 呈阶梯状依次分 3 个分层回采或综放整层回采。

2) 改革后的煤岩巷垂直布置方式的优越性

通过多年的实践, 改革后的采区巷道布置形式较传统的煤岩巷布置方式主要有以下优点:

(1) 采区的岩巷万吨掘进率大大降低, 从而提高了经济效益。

(2) 由于采区内回采顺序由跳采改为阶梯式接替, 接替综采工作面沿空掘煤层顺槽时, 铺设带式输送机的煤层顺槽都掘于实煤体侧, 便于大断面煤层顺槽的维护。

(3) 取消了与煤层顺槽平行重叠的带式输送机岩石集中巷, 减少了铺于该巷道的钢绳芯胶带输送机, 用 150 型胶带输送机铺设于煤顺槽中就能解决综采工作面的运输问题, 大幅度减少了采区运输设备的投资。

(4) Y 型联络巷便于采区的通风调节, 有利于采区的防灭火工作。每个综采工作面都是向下运输的, 能够充分发挥运输设备的效能。

(5) 采区的在籍巷道数量减少了, 大大降低了每年的采区巷道维护费用。

(二) 调整采区范围, 加大采区尺寸

1. 采区走向尺寸的调整

利用原采区的生产系统扩大范围, 进行采区合并。为增大采区储量, 延长采区服务年限, 缓和接替紧张, 简化生产系统, 减少生产掘进率, 兴隆庄煤矿先后于 1983 年和 1984 年对一采区进行两次采区设计及修改, 将原矿井初步设计的东一采区全部合并到中一采区, 使原中一采区东部边界扩大到大岗头断层, 并改称为二采区; 在原中一采区东部边界处布置一条带式输送机上山, 在大岗头以西布置一条边界会风上山, 沿 2308 带式输送机方向布置一条带式输送机运输巷, 通过溜煤眼打接在 2308 带式输送机上, 以解决采区东部煤流运输问题; 扩大采区范围, 在改双翼为单翼开采实行跨上山回采的基础上, 又并入东一采区, 使二采区走向长度增加了 900m。

2. 采区倾斜尺寸的调整

兴隆庄煤矿五采区是按倾斜划分的条带采区, 在开拓过程中发现肖家庄 2[#] 和 3[#] 断层将五采区斜切成两部分, 不能连续回采, 投产的采区上部, 成直角梯形, 使每个条带倾斜长度越来越短。为满足工作面持续推进的需要, 在搞清断层以下区域的情况后, 利用断层上下盘的自然条件, 确定五采区范围, 把五采区的下部边界向下推移 1250m。五采区 5319 轨道巷以下称为五采区的深部区域, 下部边界为井田边界滋阳断层。五采区深部除留足断层边界煤柱外, 共布置了 3 个条带工作面, 采区上部充分利用原 5300 运输下山、5300 全煤回风下山和 5300 轨道平巷建立采区深部的生产系统。通过扩大五采区范围, 使工作面的最大推进长度变为 2000m。五采区的改造是开拓布局的重大改革, 使原来一个受斜切断层影响而支离破碎的采区变成了一个服务年限长、储量大、系统合理的主力采区。

四采区鉴于防火需要,初期工作面都以两个为一组安装,组与组之间留一个工作面实行隔离跳采。4310、4312工作面已自然形成一组,再向下4314工作面应当作为隔离面,而4314工作面以下只有4316工作面,形不成一组,为此,确定将四采区下部边界下移,再扩大一个4318工作面;而在做八、十两个下山采区设计时发现两个下山采区工程量大,开拓接续时间长,二采区剩余储量又不多,新老采区接替困难,为此,在四采区西翼下部又向下沿深两个工作面,进一步扩大了采区范围。四采区通过几次范围扩大,服务年限在12年以上,缓和了新老采区接替紧张的局面,给新区开拓留足了时间。

(三) 采区参数优化

采区技术参数的优化,取决于采矿机械的发展,取决于采矿工艺的改革,取决于运输机械的配套和地质条件的允许。

采区技术参数是确定矿井生产规模的重要因素,它关系着采区内部各个系统的允许能力、采区接替时间、接替顺序等。采区块段的划分与矿井的长远规划紧密相连,因此,采区划分要有高瞻远瞩的思想。兴隆庄矿井总体设计于70年代初,当时国内煤炭企业的状况是综采刚刚引进,厚煤层的开采也主要是沿袭传统方法进行。所以原规划的采区主要技术参数为走向长1500m左右,倾斜长1000m左右,采区可采煤量2000~3000万t,生产能力100万t/a,服务时间20~30年。为增加采区可采储量,提高生产能力和服务年限,对技术参数的优化做了三项工作。

(1) 摸清地质情况,取消采区划分的人为边界。原设计划分的采区划定了许多人为边界,为了扩大采区,提高采区的生产能力,将高精度数字地震勘探应用于生产矿井,对未开采区和生产采区疑点进行了全面物探,仅一年多的时间,查明了在矿井开采区内落差0~50m以下的断层22条和一些较大的地质变化。经打钻证实资料可靠,从而为采区的正确划分指明了方向。

(2) 加大巷道断面,为采区提供充足的系统能力。采区生产能力较大,系统能力不适应仍然不行。从1987年开始,新设计的带式输送机巷净断面都加大到14m²以上,轨道巷断面也都有了相应的加大,保证了煤炭运输和辅助运输系统的畅通。

(3) 各采区都设计有独立的回风系统,提高矿井抗灾能力。

有了以上3个条件,我们将采区的走向长度扩大到2000~2500m,倾斜长度利用建辅助水平的方法也达到2000~3000m,使采区的储量达3000~5000万t。

(四) 工作面参数的扩大

工作面走向和倾斜长度,主要取决于设备能力和要求大修时间。巷道布置改革后,工作面推进方向长度约2000m,工作面长从最初的150m左右,高产高效综放工作面长180m左右,到目前年产600万t的300m长度的工作面。工作面长度的扩大增加了工作面的生产能力,节约了煤炭资源。

第三节 厚煤层高产高效开采技术经济效果

兴隆庄煤矿投产19年来,紧紧依靠科学技术进步,开展科技创新活动,采用了一整套符合兴隆庄煤矿矿井特点的综合生产技术和科学管理方法,取得了显著的生产技术成果和社会效益。在兴隆庄煤矿辉煌的发展史中,煤矿采掘技术的进步和发展是矿井生产技术发展的第一推动力。其中采煤技术的发展是矿井科技创新的灵魂和核心,配套的掘进技术的进步

则是采煤技术得以充分发挥效益的保证。

在采煤技术进步方面，矿井一投产就立足综采，到目前为止综采机械化程度一直保持100%。随着综采放顶煤技术在兴隆庄煤矿的全面推广，尤其是煤炭行业“九五”重点科技攻关项目“高产高效综放开采成套装备与工艺”的顺利实施，极大地提高了矿井的技术经济效益，将兴隆庄煤矿带入了高速发展的快车道；在巷道掘进方面，以岩巷快速掘进和全面推广煤巷锚杆支护为代表的巷道掘进和支护技术，基本实现了矿井采掘平衡的生产格局，满足了高产高效矿井建设的要求。

投产以来厚煤层高产高效开采技术取得的最主要的成果是：

(1) 煤炭产量高，增长幅度大。至2000年底，共生产煤炭65595153万t。其中“九五”期间完成原煤产量2547.3万t，平均年产量达到509.46万t。特别是1997年以来，矿井产量年平均以近百万吨的水平大幅度增长，1999年产量突破了606.9万t，首次实现了矿井年设计产量（300万t）翻一番，2000年原煤产量达到621.8万t，跨上了新的台阶。

(2) 生产效率大幅度增长。其中回采工效率从1982年的8.562t/工提高到“八五”期间

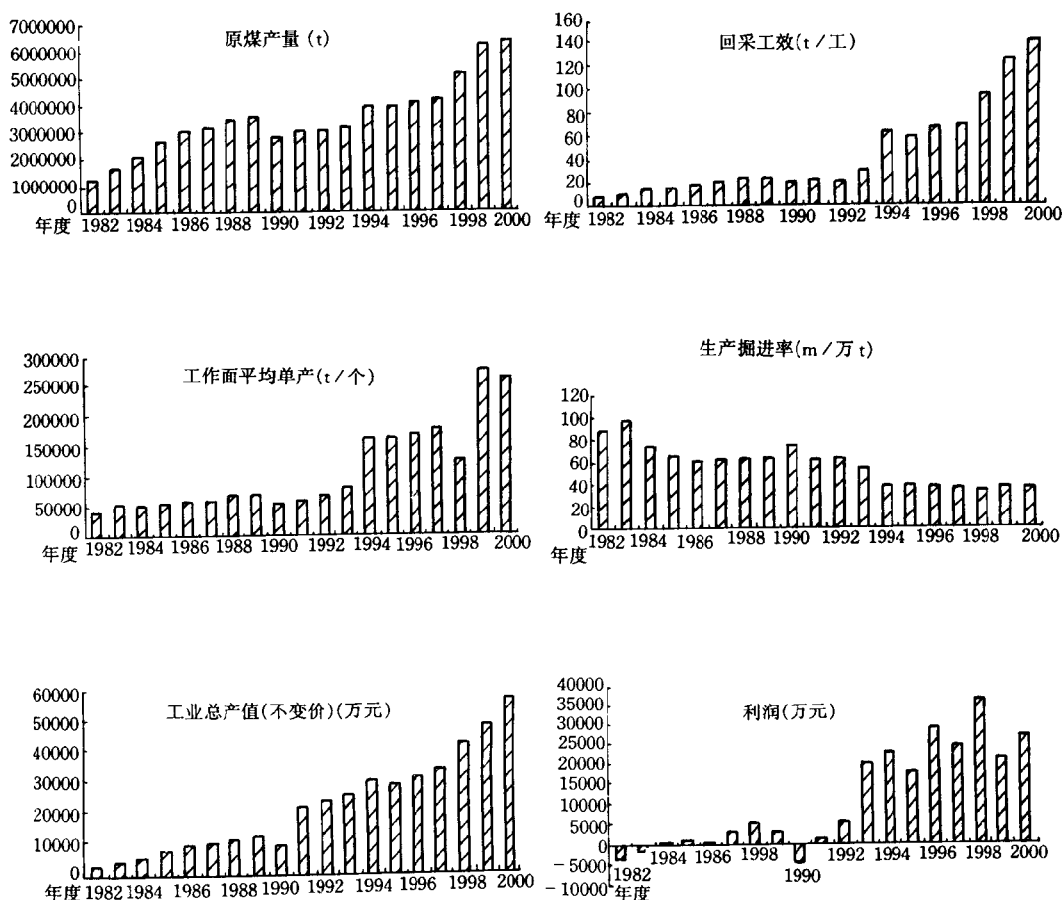


图 1-2 厚煤层高产高效开采主要技术经济指标