



ZONGHEJIXIEHUA
FANGDINGMEI
KAICAIJISHU

综合机械化放顶煤 开采技术



樊运策 等著

ZONGHEJIXIEHUA
FANGDINGMEI
KAICAI
JISHU

煤炭工业出版社

煤矿开采实用新技术系列丛书之一

综合机械化放顶煤开采技术

主编 樊运策
著者 樊运策 康立军 康永华
贾光胜 毛德兵

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是煤炭科学研究总院北京开采研究所主持编著的煤矿开采实用新技术系列丛书之一,是一本全面介绍综合机械化放顶煤开采技术的专著。书中全面介绍了综放开采的国内外现状,总结了国内外综放工作面开采的矿压显现规律、顶煤运动规律、放顶煤专家系统、顶煤冒放性分类、采煤工艺、设备总体配套、安全技术、经济效益分析等方面的成功经验与研究成果,并对综放开采的回采率、综放开采地表沉陷及控制技术问题进行了专题论述,内容系统、翔实、实用,是一本可供从事煤矿开采专业技术人员和采矿高等院校师生参考的重要著作。

图书在版编目(CIP)数据

综合机械化放顶煤开采技术/樊运策等著. —北京:
煤炭工业出版社, 2003
ISBN 7-5020-2272-4

I. 综… II. 樊… III. 综合机械化掘进—放顶—
煤矿开采 IV. TD823.97

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 010297 号

综合机械化放顶煤开采技术

樊运策 等著
责任编辑:李振祥

煤炭工业出版社 出版发行
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
北京密云春雷印刷厂 印刷

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 25¹/₂ 插图
字数 604 千字 印数 1—1,000
2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷
社内编号 5044 定价 52.00 元



版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

序

我国的综合机械化放顶煤开采技术从 20 世纪 80 年代初开始试验研究,经过引进、推广、完善、提高几个阶段,到 90 年代末已经实现了高产高效,综放工作面最高年产煤已突破 600 万 t,达到了国外工作面年产量的先进水平。综放开采自 20 世纪 90 年代初开始,逐步成为我国实现高产高效矿井现代化建设、实现一矿一面集约化生产和减员提效的技术途径之一。自 1989 年阳泉一矿综放工作面首次突破月产煤 14 万 t 以后,综放工作面单产逐年创新高,在潞安、晋城、兖州矿区相继出现年产超过 200 万 t、300 万 t 和 400 万 t 的综放工作面。1999 年兖州东滩矿综放采煤工作面创年产 505 万 t 的新纪录,使我国的综放技术处于世界领先水平。“九五”期间,原煤炭工业部组织对综放开采的回采率、瓦斯、自然发火和煤尘等问题进行科研攻关,使这些问题得到逐步解决,逐步扩大了综放开采的适用范围。在高瓦斯易燃厚煤层、大倾角厚煤层、松软不稳定厚煤层、结构复杂煤层、4~5m 较薄厚煤层以及厚煤层残采中均成功地采用综放开采技术,并取得了良好的经济效益。实践证明,综放开采是高产高效、低耗、安全、经济效益好的采煤技术,它不但使我国不稳定厚煤层、急倾斜特厚煤层实现了机械化开采,而且成为我国厚煤层矿区建设高产高效矿井的重要技术途径,对我国煤炭工业的发展产生了重大影响。

20 世纪我国采煤工程在技术上的重大突破,主要是综合机械化采煤技术和综放开采方法。以这两项技术为内涵的“采煤工程”被评为“20 世纪我国重大工程技术成就”之一。

我国综放开采技术作为一种对煤炭工业发展有重大影响的、成功的厚煤层开采新技术,在以下一些方面取得了创新性的研究成果:

(1)使厚煤层综放开采技术作为一种具有广泛适应性的技术,并在不同地质条件下实现高产高效,使不同条件下厚煤层开采矿井的技术经济指标得到大幅度的提高。

(2)研制和定型生产了适应不同条件的多个系列放顶煤液压支架,基本上满足了不同地质、开采条件下综放开采的需求。

(3)开发了各种技术,完善了采煤放顶煤工艺,使综采放顶煤技术成为一种安全性更高、更可靠的厚煤层采煤法。

(4)试验成功了使综采放顶煤工作面煤炭采出率达到 80%~85% 的各项技

术。

(5)试验成功了特厚煤层急倾斜综放开采技术,并成为在该条件下高效、安全的采煤方法。

本书的第一作者是我国综放开采技术的先行者和开拓者,其余作者都是在科研第一线从事综放开采相关的基础理论和应用技术研究的骨干。本书的内容系统、翔实、极富创新性,可以说是20年来我国综放开采技术研究成果的结晶和丰富实践经验的科学总结,它为煤炭系统广大工程技术人员和高校师生提供了一本很好参考书。在此谨向作者和出版社表示感谢。

煤炭科学研究总院院长
中国煤炭工业协会副会长



2003年2月20日

前 言

20年来,我国的综合机械化放顶煤开采技术经过引进、推广、完善、提高几个阶段的发展,相继在基础理论、综放工作面矿压显现特征、采煤工艺、提高回采率、放顶煤液压支架及配套设备、高产高效及自动化技术与装备、瓦斯、自然发火、通风防尘等安全技术,松软煤层及坚硬顶板条件下综放开采技术,综放开采覆岩移动及地表沉降规律,综放开采全煤巷道锚网支护技术等方面的研究,克服了国外综放开采的局限性,在我国厚煤层矿区全面推广综放开采,目前全国综放开采的年产量已超过8000万t以上,工作面单产已突破600万t/a,直接工效在300t/工以上,达到了世界先进水平。实践证明,综放开采是一种高产、高效、低耗、安全、经济效益好的采煤方法。这种采煤方法不但符合我国国情(厚煤层产量占煤炭总产量的41%),而且在技术上较厚煤层分层开采和单一煤层综采有明显的技术及经济优势。

总结我国综放开采技术20年来的发展可以看出,这一技术的发展道路可谓是直线上升,并具有以下特点:

(1)技术需求到经济需求的转变。国外试验研究和发展综放开采技术和我国当初引进综放开采技术的初衷是解决不稳定特厚煤层和急倾斜特厚煤层的采煤方法问题,对于那些厚度变化大、构造多、顶板破碎、分层机械化开采有困难的煤层,采用一次采全厚放顶煤开采方法,行之有效地解决了它们的机械化开采问题。在我国随着综放开采的发展,越来越显示出它在经济上的优势,掘进率低,材料消耗少,成本低,以致成为矿井扭亏增盈、提高矿井经济效益的重要手段,进而成为高产高效矿井建设的重要技术途径,实现了技术需求——经济需求——高产高效的转变。特别是在市场经济条件下,人们之所以千方百计地采用综放开采技术,就是以其经济性作为选择条件的。

(2)综放开采技术的创新性、多样性、持续性特征。综放开采技术在煤炭井工开采技术中具有创新性,它使厚煤层的多层分采转变为采高变化不大的情况下实现全高开采,即垂直集中开采。当然,这种创新性并不属于科学技术的原始创新,而是属于集成创新。它是古老的“高落式”采煤法的革新;是单一长壁和分层长壁综采技术的扩展;是利用地压落煤使其成为廉价的采煤方法。综放开采技术的多样性,体现在多种地质条件下的放顶煤开采,有缓倾斜、大倾角和急倾斜;有松软煤层、坚硬煤层和硬顶板;有机械程度的高低、装备能力的大小

等。持续性一方面是指综放开采技术是从单一煤层综采、分层综采技术的积累中发展起来的;另一方面是指它自一开始就处在不断完善、提高的过程中。

(3)技术、经济、安全一体化。任何新技术必须具备良好的经济效益和社会效益。综放开采 20 年来,伴随着我国从计划经济到市场经济的过渡,随着煤炭工业由劳动密集型向现代化、集约化方向的发展,从生产工艺、技术装备到安全技术不断地完善和提高,真正实现了技术、经济、安全一体化发展。

20 年来,煤炭科学研究总院北京开采研究所始终处在综放开采研究的前沿,成果丰硕。本书是北京开采研究所组织编写的煤矿开采实用新技术系列丛书之一。全书共 9 章,全面、系统地总结了我国综放开采的经验,是开采所进行的 30 多项综放开采研究成果的结晶。

本书由我国综放开采技术的先行者、开拓者樊运策研究员主编和统稿,并执笔本书第一章、第四章、第五章、第六章、第七章和第九章的编著。本书第二章由康立军研究员执笔,第三章由贾光胜高级工程师和毛德兵博士执笔,第八章由康永华研究员执笔。本书在编写过程中得到了姚建国研究员、史元伟研究员、闫少宏博士、齐庆新博士、富强博士、解兴智硕士等的鼎力相助,在此谨向他们表示衷心地感谢。

煤炭科学研究总院院长、中国煤炭工业协会副会长王金华研究员给予本书的编著和出版以亲切关怀和极大支持。煤科总院其他领导、北京开采所领导和所学术委员会以及本丛书编委会的专家们给予了大力支持。《煤炭学报》、《煤炭科学技术》、《煤矿开采》编辑部的编辑们也为本书付出了辛勤的劳动。谨向他们致以崇高的敬意。

作 者

2003 年 2 月 15 日

目 录

第一章 概 论	1
第一节 放顶煤采煤法的实质及工艺特点	1
第二节 放顶煤采煤法发展史	6
第三节 放顶煤采煤法分类	23
第四节 综采放顶煤采煤法的适用条件	35
第二章 综放开采煤岩体运移规律及支架与围岩的相互作用关系	41
第一节 综放开采顶煤运移规律及其力学特性	41
第二节 综放开采顶煤力学特性对顶板运动的影响	63
第三节 综放开采控顶区顶煤与支架相互作用关系	69
第四节 综放支架阻力的确定方法	86
第五节 主要结论	99
第三章 计算机技术在放顶煤开采中的应用	104
第一节 数值分析方法在放顶煤开采中的应用	104
第二节 综采放顶煤专家系统	119
第三节 顶煤冒放性分类	133
第四章 综放开采工艺	143
第一节 概 述	143
第二节 综放工作面参数的确定	143
第三节 缓倾斜综放工作面的工艺过程	148
第四节 冒落顶煤放出的控制	151
第五节 电液阀程序控制放顶煤支架综放工作面采煤工艺	161
第五章 综放工作面设备总体配套	180
第一节 概 述	180
第二节 放顶煤液压支架	182
第三节 放顶煤液压支架的选型	203
第四节 放顶煤工作面的配套设备	205
第五节 综放工作面设备总体配套	222

第六章 综放工作面采出率	228
第一节 综放工作面采出率计算方法.....	228
第二节 煤层厚度的探测与计算.....	229
第三节 顶煤损失及计算.....	232
第四节 放顶煤采煤法采出率的影响因素.....	239
第五节 顶煤损失的量化分析.....	243
第六节 提高综放工作面采出率的措施.....	261
第七节 放顶煤采煤法的含矸率.....	283
第七章 综放工作面安全技术	288
第一节 概 述.....	288
第二节 综放工作面合理通风系统及通风参数确定.....	288
第三节 放顶煤工作面的防火技术.....	294
第四节 放顶煤工作面的注水与防尘.....	330
第五节 放顶煤开采的防水工作.....	343
第八章 综放开采地表沉陷及控制技术	348
第一节 综放开采的覆岩破坏规律.....	348
第二节 综放开采的岩层及地表移动规律.....	372
第三节 综放开采覆岩破坏与地表沉陷的控制.....	379
第九章 综放开采的经济效益	383
第一节 综放开采的技术经济优势.....	383
第二节 综放开采经济效益分析.....	383
第三节 高产高效综放工作面经济效益分析实例.....	391
参考文献	394

第一章 概 论

第一节 放顶煤采煤法的实质及工艺特点

一、放顶煤采煤法的实质

我国厚煤层储量极为丰富,约占已探明煤炭储量的44%左右。厚煤层矿区多分布在东北、西北、华北和华东地区。厚煤层的采煤方法在解放前以“高落式”、仓贮式为主。解放后,采煤方法进行改革,引进欧洲倾斜长壁下行分层人工假顶(或上行充填)采煤法进行开采。20世纪70年代前,分层开采以炮采为主,自1974年在开滦矿务局唐山矿试验成功厚煤层倾斜分层下行垮落金属网假顶综合机械化采煤以后,先后在阜新、鹤壁、大同、潞安、晋城、阳泉、兖州、邢台、淮北、大屯、平顶山、义马、鹤岗等矿区得到推广,分层开采的综合机械化采煤工艺才有了长足的发展,最高月产15万t,最高年产量达180万t。

放顶煤采煤法是一种开采缓倾斜特厚煤层和急倾斜特厚煤层的一种采煤方法。那么,什么叫放顶煤采煤法呢?它的实质是什么呢?到目前为止,前人对放顶煤采煤法尚没有一个经典的定义来说明它。我们可否下这样一个定义:所谓放顶煤采煤法,就是沿缓倾斜特厚煤层的底板或在急倾斜特厚煤层某一阶段高度的底部布置一个采煤工作面进行开采,而工作面顶部的煤在矿山压力作用下或辅以人工松动的方法,在工作面后部垮落并通过放煤口放入输送机运出的采煤方法。如果采用采煤机落煤,用专门的放顶煤液压支架进行放顶煤,则称为综合机械化放顶煤采煤法。不难看出,放顶煤采煤法的实质就是利用地压落顶煤一次开采厚度在5m以上的一种双工作面采放结合的垂直集中采煤方法。

二、综合机械化放顶煤采煤法的工艺特点

与各种类型的分层开采方法相比,放顶煤采煤法有如下特点:

(1) 放顶煤采煤法有两个出煤工作面,即除了前方有一个使工作面不断向前推进的采煤工作面以外,在工作面的后方(对于单输送机高位放顶煤支架而言为上方)还有一个把顶煤不断放出的工作面,两个出煤点有利于提高工作面单产和效率,即在工作面推进速度与分层工作面等等的条件下,工作面产量可以成倍增长。所以,前苏联也把放顶煤采煤法称为双工作面采煤法。

(2) 普通单一长壁或分层开采工作面回采与放顶(采空区处理)是截然分开的,移架工序完成放顶工作即告结束,同时完成一个生产循环。而放顶煤工作面的放顶煤部分是和放顶工作同步进行的,顶煤放完以后,放顶工作即告结束,同时在生产循环里增加一道放顶煤工序。

(3) 放顶煤工作面属于垂直集中生产型工作面,在相同单产的情况下,工作面的推进

速度大大低于单一煤层开采工作面或分层开采工作面的推进速度；在工作面推进速度相同的情况下，工作面单产可以成倍增长。

(4) 综采放顶煤工作面需要专用的放顶煤液压支架，输送机也需要两台（单输送机放顶煤支架除外），这就造成综采工作面生产组织与管理的特殊性。

(5) 在煤层厚度为 5~20m 的范围内，不管煤层厚度的变化如何，可以实现一次采全厚开采，大大提高了煤层开采强度。

(6) 利用地压落煤，是一种低能耗采煤法，放顶煤工作并不需专用的设备，而是由放顶煤支架的放煤机构完成。

放顶煤采煤法的以上特点，决定了它的回采工艺与单一长壁工作面回采工艺的根本区别。就放顶煤采煤法本身而言，依照不同的煤层赋存条件和生产技术条件，其回采工艺也有很大区别。从地质条件来看，煤层的倾角、顶底板岩性、厚度变化以及有无自然发火等，都能影响放顶煤工作面的工艺过程；从矿井生产技术条件来看，不同的巷道布置方式、落煤方法、支护方式、输送机型号及数量以及放顶煤方式，同样影响放顶煤工作面的工艺过程。也就是说，不同类型的放顶煤采煤方法就有不同的放顶煤工作面工艺过程。

各种放顶煤采煤法的工艺过程有其相同之处，也有大不相同的地方，但它们都是表1-1所列各项的不同组合。比如缓倾斜一次采全厚综采放顶煤采煤法，就是表中 1、4、7、11、14、17、21 等项的组合。

表 1-1 放顶煤采煤法工艺过程分类表

项目	序号	分 类	特 征
煤层 倾角	1	缓倾斜煤层	煤层倾角小于 25°的特厚煤层
	2	倾斜煤层	煤层倾角介于 25°~45°之间的特厚煤层
	3	急倾斜煤层	煤层倾角大于 45°的特厚煤层
工作面 长度	4	长壁工作面	工作面长度一般大于 40m
	5	短壁工作面	工作面长度等于 10~40m
	6	巷道工作面	先掘煤层巷道，而后边后边放顶煤或仓贮式放顶煤工作面
落煤 方式	7	采 煤 机	用双滚筒或单滚筒采煤机进行落煤
	8	刨 煤 机	用 1~2 台刨煤机进行落煤
	9	正面截割机构	采用和液压支架联动的循环式刨运截割机构进行落煤
	10	手工或打眼放炮	用打眼放炮法进行落煤，或用风镐进行落煤
支 护	11	液压支架	采用各种型式的放顶煤专用支架进行支护
	12	滑移支架	用滑移顶梁支架支护
	13	单体支柱支护	用单体液压支柱或摩擦支柱和铰接顶梁进行支护
放 顶 煤	14	矿山压力落煤	依靠矿山压力使顶煤自然垮落
	15	机械放顶煤	用液压伸缩钎子或刨煤机构使顶煤垮落
	16	打眼放炮放顶煤	用打眼放炮的方法使顶煤垮落
顶煤 种类	17	顶煤在直接顶下	用一次采全厚放顶煤采煤法时，顶煤在直接顶之下
	18	顶煤在金属网下	采用预采顶分层或分层放顶煤采煤法时，顶煤为网下的中间层

续表

项目	序号	分 类	特 征
顶煤种类	19	顶煤在冒落的矸石下	采用预采顶分层或分层不铺网或急倾斜特厚煤层分段放顶煤时, 顶煤处在冒落矸石之下
运煤方式	20	单输送机	工作面采煤和放顶煤共用 1 台输送机
	21	双输送机	工作面采煤和放顶煤各用 1 台输送机
	22	转载机加胶带输送机	采用巷柱式放顶煤采煤法用转载机——胶带进行运输
	23	自行矿车	用巷柱式放顶煤采煤法时, 也可用自行矿车进行运煤

三、放顶煤工艺方法的选择

在选择放顶煤采煤法的工艺过程时, 应保证该种工艺能取得安全、高效的技术经济效益。因此, 第一步应根据煤层的赋存条件和顶底板岩性, 先确定是采用长壁工作面放顶煤还是用短壁或巷柱式, 以至仓贮式进行放顶煤; 第二步是确定放顶煤工作面的机械化水平, 比如是综采还是普采; 第三步, 根据以上两步确定的方法和机械化水平, 选择与之相适应的配套设备。当然, 在选择设备时应考虑投资效益。以上 3 个步骤是确定放顶煤采煤法工艺过程所不可缺少的。对于第一次采用放顶煤采煤法的矿区, 必须经过可靠的技术论证, 首先确定采用放顶煤采煤法的可行性。因此, 必须具备大量的原始资料, 诸如煤层赋存条件和状态、煤层结构及物理力学特性, 顶底板的岩性和层理及节理发育情况、直接顶厚度及初次垮落步距、老顶的周期来压情况、煤层自然发火倾向、瓦斯情况、煤尘爆炸指数以及分层开采工作面的支护强度等。总之, 我们可以按照图 1-1 所示程序, 进行放顶煤工艺过程的选择。

作为一种采煤工艺过程的最终结果, 要求达到满意的技术经济效益, 如所计算的技术经济指标达不到要求, 则需重新调整工作面设备和劳动组织, 直到满意为止。

四、放顶煤采煤法的优点及存在问题

放顶煤采煤法之所以被人们接受而且在我国得到飞速发展, 就是因为放顶煤采煤法与传统的分层开采相比有如下突出的优点:

(1) 对厚度变化大及地质构造复杂的煤层适应性强。例如, 沈阳矿务局蒲河矿煤层厚度变化在 10~15m 之间, 断层复杂采用分层开采时采区采出率只有 40%~50%, 而采用放顶煤采煤法后采区采出率可达 70% 以上。又如阳泉矿区的 15 号煤层顶板破碎, 分层开采时顶板难以维护, 必须留护顶煤, 因而造成煤炭的大量损失, 采用综采放顶煤以后工作面的采出率比分层开采时有很大提高。

(2) 掘进率低, 缓解采掘接替紧张的矛盾。对于一个同样几何尺寸的厚煤开采条带, 一次采全厚放顶煤工作面只需一套回采巷道, 而采用分层开采时的回采巷道要成倍增加, 增加的倍数等于分层开采的层数。采用综放开采时, 可以省去分层开采的岩石集中巷。例如阳泉矿务局用分层开采 15 号煤层时, 万吨掘进率为 86.1m, 而采用综放开采后万吨掘进率下降到 55.2m; 又如潞安王庄煤矿采用分层开采时的掘进率为 71.8m/万 t, 采用综放

开采后掘进率降为 51.5m/万 t。

(3) 自然发火的频率降低。分层开采周期长，自然发火频繁。例如，分层开采时采空区多次启闭，自然发火频繁，使一些工作面被迫弃采。据阳泉矿务局统计，建局以来共发生自然发火 41 次，封闭报损煤量 300 余万吨，这样不仅浪费了大量资源，而且构成了对矿井安全的直接威胁。同时放顶煤开采巷道布置简单，通风系统简化。

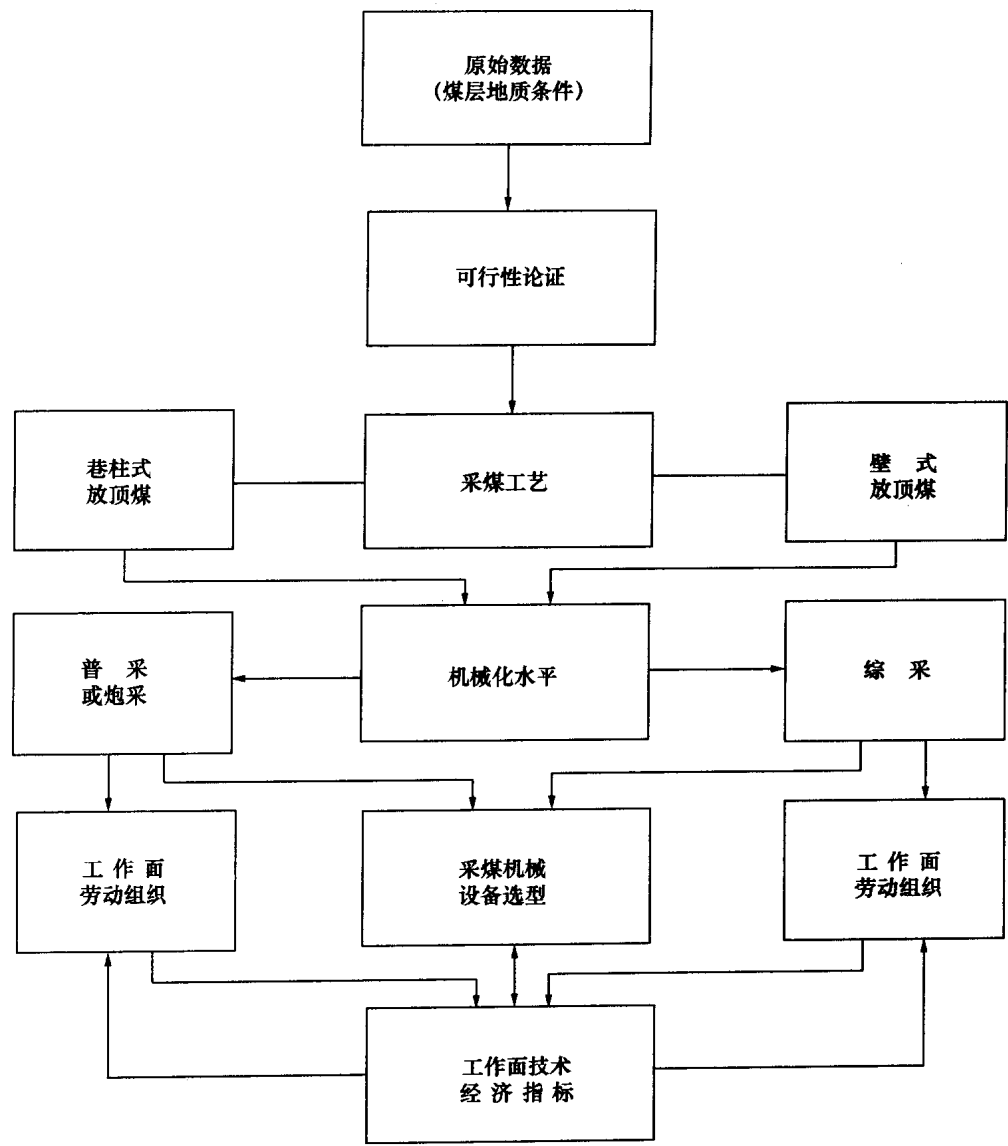


图 1-1 放顶煤采煤法工艺过程选择框图

(4) 采用双输送机放顶煤液压支架的工作面，采煤和放煤平行作业，可以实现高产高效。由于煤层的开采强度增加，同样大小的回采工作面，在工作面推进速度相同的情况下，工作面产量将成倍增加。综放工作面单产的提高，可以有效地促进矿井集中生产，矿

井工作面数可以比分层开采大大减少。例如阳泉矿务局采用分层开采时全局 15 号煤层有 22 个采煤队，其中 9 个综采队、11 个高档队、2 个普采队。目前，在 15 号煤层产量与 1988 年基本持平的情况下，采煤队减少到 11 个，其中 9 个综放队、2 个普通综采队；全局采煤工作面平均个数由 1989 年的 39.61 个减少到 1993 年的 22.26 个；全局生产采区个数由 1989 年的 40 余个减少到 1993 年的 29 个。即放顶煤综采的推广使用，使 15 号煤层减少采煤队 11 个，少占用采煤装备 11 套，减少采煤人员近 2000 名，全局减少工作面 17.35 个，减少生产采区 11 个，使过去的生产采区分布广、运输战线长、占用设备多、生产辅助人员多、风和水及电消耗量大、事故点多、效率效益差、安全管理难度大的状况得以改变，有效地促进了矿井集中生产。又如潞安矿务局王庄煤矿采用分层开采时，年产 400 万 t 的矿井需 5 个综采工作面，采用综放以后工作面减少为 2 个。兖州兴隆庄矿也是如此。

(5) 利用地压落煤，电能消耗少。据统计，综放开采比普通综采每吨煤可节约电能 1.32kW·h。同时放顶煤的块炭率增高，尤其对于一些无烟煤矿区（如阳泉矿区）采用综放后，块炭率较以往增加 14%，使矿井的经济效益显著提高。又如陕西彬县下沟煤矿采用综放开采以后，块煤率提高 20 个百分点，仅此一项每年可增加收益 400 万元。

(6) 一次采全厚放顶煤，节省金属网等材料。阳泉矿务局自 1988 年采用综放开采以来，共节约金属网约 500 万 m²，节约资金 7550 万元。

(7) 减少工作面搬家次数，延长了工作面寿命，设备占用少，减少了设备租赁费。综放工作面的生产集中化程度高，所占用的设备数量比分层开采成倍减少，设备投资及维修费用低。例如阳泉矿务局已经开采的 40 个综放面，如果采用分层综采需搬家倒面 80 次，当采用综放开采时综放工作面个数大大减少，不仅节约了搬家费用和劳动量，而且增加了矿井有效生产时间，按工作面每搬一次家需一个月时间、综放面月平均产量 8.5 万 t 计算，则少搬 40 次家就可多出煤 340 万 t。

(8) 经济效益好，坑木、金属网等材料消耗大大减少，因而吨煤成本降低，多数矿区的放顶煤开采成本均能比分层开采减少 10 元以上。表 1-2 为阳泉矿务局一矿综放工作面与分层综采工作面经济效益对比表。

表 1-2 阳泉一矿放顶煤综采与分层综采经济效益对比分析表 单位：元

项 目	采煤方法 成本	放顶煤综采		分层综采		放顶煤与分层综采相比	
		金 额	元/t	金 额	元/t	金 额	元/t
材 料		782295	0.82	7201690	2.75	-1835399	-1.93
设备租赁费		3199268	3.36	13372853	5.11	-1664222	-1.75
搬家费用		670000	0.70	2957000	1.13	-408923	-0.43
巷道费用		710000	0.75	4433800	1.69	-893925	-0.94
电 耗		370000	0.39	610000	0.95	-532552	-0.56
工 资		1160000	1.22	5444907	2.08	-817846	-0.86
总 成 本		6891563	7.24	34020241	13.71	-6152876	-6.47
块炭增收		2373789	2.50	—	—	+2373789	2.50
增收节约效益						8526656	8.97

为了对放顶煤采煤法有一个全面的认识,必须了解目前综采放顶煤普遍存在着的问题。

(1) 工作面采出率偏低,含矸率偏高。即使在工作面设备先进、放煤参数选择合理的情况下,顶煤的回收率只能在 85% 左右,而且在放煤过程中不可避免地混入矸石。

(2) 由于采空区丢煤是不可避免的,因而对有自然发火倾向的煤层仍存在着发火的危险性。

(3) 综放工作面较普通综采工作面粉尘量增加,在放顶煤和移架过程中均有煤尘产生,因而增加了综放工作面粉尘治理的难度。

(4) 由于综放工作面的开采强度大,工作面瓦斯的涌出量增加,因而经常出现工作面上隅角瓦斯超限的情况。

(5) 对于松软煤层,工作面机道上方容易发生片帮冒顶事故;工作面上下顺槽的压力大,维护困难。

第二节 放顶煤采煤法发展史

一、综合机械化放顶煤采煤法的产生

厚煤层开采技术是主要产煤国家十分关注的问题。在 20 世纪 70 年代以前,厚煤层开采的主要方法,无论其机械化程度如何,仍然是以各种不同方式的分层开采方法为主。

进入 20 世纪 70 年代以后,不少国家都在致力于加大整层开采高度的研究,以便实现厚煤层开采的综合机械化。在 1976 年的杜塞尔多夫国际采矿设备博览会上第一次展出了 6m 高的液压支架样机。之后,大功率的采煤机也应运而生。英国安德森公司生产的 AM500 型双滚筒采煤机采高可达 3.5m;法国通用机械电气公司生产的 CTS600 型采煤机最大采高可达 5m;西德艾克霍夫公司生产的 EDW340-LH 型采煤机设计采高也为 5m。但是,尽管液压支架的最大高度可达 6m,而整层开采的高度仍然受采煤机和生产管理技术的限制,实际开采高度一般不超过 4.5~5.0m。

放顶煤采煤法是一种古老的采煤方法,俗称“高落式”采煤法。综合机械化放顶煤采煤法是近代发展起来的一种采煤方法。1964 年,法国首先在布朗齐矿试验成功一次采全厚综采放顶煤采煤法。该矿有一层特厚煤层,煤层松软,厚度变化很大,有自然发火倾向,顶板破碎,分层开采时第一分层的顶板极难维护,需要留煤皮;由于厚度变化大,分层开采到最后,有的地段已不可采,而有的地方要丢不少煤。该矿曾用过全部陷落法分层开采和风力充填分层开采,都不能取得令人满意的技术经济效益,因而决定采用放顶煤采煤法开采。起初,担心顶煤放不下来,就先在煤层中部距底板 3m 的地方布置一个预采中间层的工作面进行开采使顶煤垮落,然后再沿煤层底板布置放顶煤工作面(图 1-2),将已垮落顶煤放出。但这种方法仍需掘两套回采巷道,而且带来新的问题:

(1) 当煤层底板起伏时,很难保证使中间层工作面保持距煤层底板一定的距离;

(2) 顶煤冒落以后,自热升温,致使下部放顶煤工作面温度升高,并增加自然发火的危险性;

(3) 放顶煤工作面的煤尘增大。

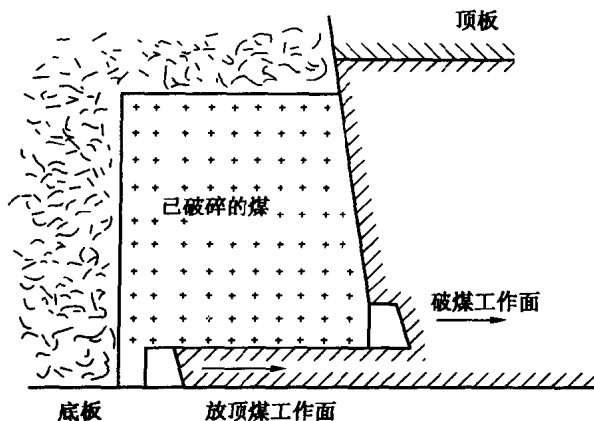


图 1-2 预采中间层进行破煤的放顶煤采煤法

鉴于以上存在的问题，迫使人们不得不直接沿煤层底板布置放顶煤工作面，进行一次采全厚放顶煤开采（图 1-3）。实践证明，即使比较坚硬的顶煤，在一次采全厚放顶煤开采过程中，在矿山压力的作用下是完全可以自行垮落的。试验结果是成功的，由此便产生了一次采全厚综合机械化放顶煤采煤法。

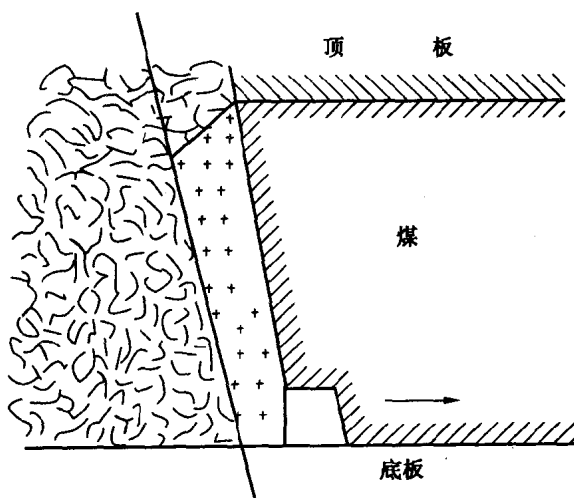


图 1-3 一次采全厚放顶煤工作面示意图

二、不稳定厚煤层的开采

放顶煤采煤法是为了解决不稳定厚煤层的开采而产生的采煤方法。不稳定煤层的开采历来是采矿工作者棘手的问题，在放顶煤采煤法出现以前，国内外尚没有一种采煤方法能适

应各种不稳定煤层的开采。这是因为不稳定煤层的地质条件千变万化，各矿区的煤系地层由于沉积特性的差异，受地质构造影响的不同，造成了不稳定煤层赋存状况的多样性：有的煤层厚度变化大，有的是倾角变化大，有的则是两者兼有之。就形成这些变化的原因而论，有的为原始沉积造成，有的则是后期火成岩侵入或地质构造形成的，因此很难找到一种采煤方法能解决几种不同变化的不稳定煤层的开采问题。所以各国在研究这一问题时，都针对矿区的具体情况试验研究特殊的采煤方法。我国厚煤层的赋存状况变化多样，多为不稳定型，为此有必要对此问题做专门的论述。

1. 不稳定厚煤层的特征

所谓不稳定煤层，系指其赋存条件在井田或采区范围内发生变化以致影响正常开采的煤层。煤层赋存条件的变化一般表现为厚度的变化、倾角变化、煤质变化以及煤层结构变化。一般说来，不稳定煤层主要指厚度变化大的煤层，因为厚度变化对开采的影响最大，而且在煤系地层中最为常见。就煤层厚度变化而言，不稳定煤层的特征根据成因不同有以下几个特点：

(1) 由于煤层形成时地壳的不均衡沉降造成厚度的变化。在泥炭沉积阶段，如果沼泽地区的沉降速度与植物物质积聚速度长期保持一致，这样就能形成较厚的煤层。如果某地区的沉降速度逐渐加快，大大超过了植物物质的积聚速度，那么原来两者之间的均衡关系就被破坏，于是泥炭沼泽转为湖泊，泥炭的积聚被泥沙等碎屑物质所代替，这样就引起煤层从沼泽区向湖泊区变薄或尖灭。当湖泊的沉降速度重新变慢时，湖泊又再度变为沼泽，重新堆积泥炭，形成新的煤层。如此反复进行，造成煤层分叉、尖灭、分叉后又合并及煤层与夹矸相互交替等现象。

(2) 泥炭沉积基底不平造成煤层厚度变化。沉积沼泽的基底不可能完全是水平的，而常有起伏不平，这种起伏也会造成煤层尖灭或者底板起伏不平。一般情况下，这样形成的煤层厚度变化不是那么突然，是渐变的。

(3) 河流或海浪冲蚀造成的煤层厚度变化。煤层在形成过程中或者形成以后被河流冲蚀，造成煤层厚度变化。一般说来，煤层形成时的冲蚀范围较小，而且煤层和冲蚀带有相同的顶板；煤层形成以后的冲蚀规模大、范围广，不仅煤层被冲蚀，煤层顶板甚至底板也会被冲蚀。

(4) 构造挤压造成的煤厚变化。当煤系受到构造挤压力的作用而形成褶皱构造时，由于煤层具有柔性，而砂岩、石灰岩等比较坚硬，所以在褶皱过程中岩层互相滑动，使煤层在压力小的地方集中而变厚，而在压力大的地方变薄甚至尖灭，即褶皱轴部变厚、两翼煤层变薄。在这种情况下，煤层顶底板因受挤压多不完整，裂隙发育；煤层中夹石层常和煤炭物质混杂在一起，造成煤的灰分增高。

(5) 由于石灰岩地层的岩溶塌陷或火成岩的侵入也会造成煤厚的变化。前者往往表现为陷落柱或淤泥带，形成无煤区；后者除造成煤的厚度变化之外，还会形成变质煤或天然焦。

煤层厚度的变化往往不是单一地由某一种原因造成，而常常是两种或几种原因综合作用的结果。在同一矿井的不同煤层或同一煤层的不同部位，引起厚度变化的原因也可能不同。有些地方可能是原生沉积造成的厚度变化，而另一地方则可能是后期地质构造形成的变化。现将以上几种特征综合描绘于图 1-4。