



21 世纪精品规划教材系列

# 采 矿 学

CAI KUANG XUE

主 编 © 张 晓 宇

 吉林 大 学 出 版 社

21 世纪精品规划教材系列

# 采 矿 学

主 编 张晓宇

副 主 编 李 涛 韩 战 张立新

邹 虎 静玉涛 臧燕杰

编写人员 (按姓氏笔画为序)

李 涛 李 涛

杨文家 杨利军 邹 虎

张立新 张 凯 张晓宇

陈明磊 范振雷 郭小同

韩 战 静玉涛 臧燕杰

 吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

采矿学 / 张晓宇主编. —— 长春 : 吉林大学出版社,  
2015.9

ISBN 978-7-5677-4721-0

I. ①采… II. ①张… III. ①矿山开采—教材 IV.  
①TD8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 232158 号

书 名: 采矿学  
作 者: 张晓宇 主编

---

责任编辑:李伟华 责任校对:李伟华  
吉林大学出版社出版、发行  
开本:787×1092 毫米 1/16  
印张:22 字数:550 千字  
ISBN 978-7-5677-4721-0

封面设计:可可工作室  
北京楠海印刷厂印刷  
2015年10月第1版  
2015年10月第1次印刷  
定价:48.00元

---

版权所有 翻印必究  
社址:长春市明德路501号 邮编:130021  
发行部电话:0431-89580028/29  
网址:<http://www.jlup.com.cn>  
E-mail:[jlup@mail.jlu.edu.cn](mailto:jlup@mail.jlu.edu.cn)

# 前 言

本教材主要以煤矿地下开采为主,兼顾非煤固体矿床开采和露天开采,系统阐述了以煤炭为主的固体矿床开采技术、工艺、理论和方法。概括了我国煤矿生产和建设中的最新成果、标准、经验及开采技术。煤矿地下开采内容包括采煤工艺、回采巷道布置、准备方式、井田开拓。非煤固体矿床开采内容包括矿床划分和开拓、采矿工艺和方法。露天开采内容包括采场要素、工艺系统、开拓运输、开采境界及生产能力。

全书共分为二十三章。其中第一章由国网能源和丰煤电有限公司沙吉海煤矿李东发编写;第二章由榆林学院建筑工程系韦锋编写;第三章由国网能源和丰煤电有限公司沙吉海煤矿杨利军编写;第四章、第十三章第四节至第五节由新疆煤炭设计研究院有限责任公司邹虎编写;第五章、第六章由山东联创矿业设计有限公司陈明磊编写;第七章第一节至第三节由中国矿业大学(北京)力学与建筑工程学院韩战编写;第七章第四节至第六节由国网能源和丰煤电有限公司沙吉海煤矿臧燕杰编写;第八章、第十一章、第十五章由黑龙江科技大学张晓宇编写;第九章、第十章由新疆煤炭设计研究院有限责任公司静玉涛编写;第十二章由国网能源和丰煤电有限公司沙吉海煤矿张凯编写;第十三章第一节至第三节由国网能源和丰煤电有限公司沙吉海煤矿范振雷编写;第十四章、第二十章、第二十一章、第二十二章、第二十三章由黑龙江科技大学李涛编写;第十六章、第十七章由新疆煤炭设计研究院有限责任公司杨文家编写;第十八章由国网能源和丰煤电有限公司沙吉海煤矿郭小同编写;第十九章由辽宁工程技术大学张立新编写。

本书在编写过程中,吸收了类似教材的优点,在此向文献作者们表示感谢!

本书供采矿工程专业本科生、大专生做教材使用,也可供矿山企业、科研院所和设计部门从事固体矿床开采的工程技术人员参考。

限于编者的水平有限,书中一定存在某些缺点和不足,恳请读者批评指正。

编者

2015年7月



# 目 录

第一章 采煤方法概述 .....	(1)
第一节 采煤方法的概念及分类 .....	(1)
第二节 采煤方法的选择 .....	(3)
第三节 采煤方法的发展方向 .....	(4)
第二章 长壁采煤法采煤工艺 .....	(7)
第一节 爆破采煤工艺 .....	(7)
第二节 普通机械化采煤工艺 .....	(14)
第三节 综合机械化采煤工艺 .....	(28)
第四节 其它条件下机采的工艺特点 .....	(39)
第五节 采煤工艺的特殊技术措施 .....	(46)
第六节 采煤工艺方式的选择 .....	(52)
第三章 单一走向长壁采煤法采煤系统 .....	(55)
第一节 概述 .....	(55)
第二节 单一走向长壁采煤法采煤系统 .....	(56)
第四章 厚煤层倾斜分层走向长壁采煤法 .....	(68)
第一节 倾斜分层走向长壁采煤法采煤系统 .....	(68)
第二节 倾斜分层走向长壁采煤法采煤工艺特点 .....	(74)
第五章 倾斜长壁采煤法 .....	(81)
第一节 倾斜长壁采煤法生产系统 .....	(81)
第二节 倾斜长壁采煤法采煤工艺特点 .....	(86)
第三节 倾斜长壁采煤法的优缺点及适用条件 .....	(88)
第六章 放顶煤采煤法 .....	(91)
第一节 放顶煤采煤法的基本特点及类型 .....	(91)
第二节 放顶煤开采的支护设备 .....	(93)
第三节 放顶煤工作面矿压显现特点及顶煤破碎机制 .....	(97)
第四节 放顶煤采煤工艺 .....	(99)
第五节 厚煤层放顶煤采煤法技术发展展望 .....	(104)



第六节 适用条件 .....	(106)
<b>第七章 急倾斜煤层采煤法 .....</b>	<b>(109)</b>
第一节 急倾斜煤层开采的特点 .....	(109)
第二节 急倾斜煤层采区巷道布置方式 .....	(110)
第三节 急倾斜煤层走向长壁采煤法 .....	(113)
第四节 伪斜柔性掩护支架采煤法 .....	(122)
第五节 水平分段放顶煤采煤法 .....	(133)
第六节 水平分层及斜切分层采煤法 .....	(138)
<b>第八章 柱式体系采煤法 .....</b>	<b>(141)</b>
第一节 柱式采煤工艺 .....	(141)
第二节 柱式采煤方法特点及适用条件 .....	(145)
<b>第九章 准备方式 .....</b>	<b>(150)</b>
第一节 准备方式分类 .....	(150)
第二节 采区准备方式 .....	(152)
第三节 盘区准备方式 .....	(155)
第四节 带区准备方式 .....	(159)
<b>第十章 准备巷道布置及参数分析 .....</b>	<b>(162)</b>
第一节 采区上山的布置 .....	(162)
第二节 煤层群区段集中平巷的布置及层间联系方式 .....	(165)
第三节 采(盘)区参数 .....	(169)
第四节 煤层群开采顺序 .....	(174)
第五节 开采准备系统的改革及发展方向 .....	(176)
<b>第十一章 井田开拓的基本概念 .....</b>	<b>(181)</b>
第一节 煤田划分为井田 .....	(181)
第二节 矿井储量、设计生产能力和服务年限 .....	(183)
第三节 井田开拓的基本概念 .....	(187)
<b>第十二章 井田开拓方式 .....</b>	<b>(190)</b>
第一节 立井开拓方式 .....	(190)
第二节 斜井开拓方式 .....	(193)
第三节 平硐开拓方式 .....	(197)
第四节 综合开拓方式 .....	(199)
第五节 多井筒分区域开拓方式 .....	(201)
<b>第十三章 井田开拓基本问题分析 .....</b>	<b>(203)</b>
第一节 井筒(硐)形式及位置 .....	(203)
第二节 风井布置 .....	(206)

第三节	开采水平划分及大巷布置	(208)
第四节	采掘关系与三量管理	(218)
第五节	井田开拓的改革及发展	(221)
第十四章	井底车场	(225)
第一节	概述	(225)
第二节	井底车场的类型及形式选择	(226)
第三节	井底车场的通过能力	(229)
第四节	井底车场硐室	(230)
第十五章	矿井开拓延深与技术改造	(233)
第一节	矿井开拓延深	(233)
第二节	矿井技术改造	(237)
第十六章	非煤固体矿床开采概述	(244)
第一节	基本概念	(244)
第二节	矿床划分及开采顺序	(248)
第十七章	矿床开拓	(251)
第一节	矿床开拓分类	(251)
第二节	矿床开拓方法	(251)
第十八章	采矿工艺	(256)
第一节	落矿	(256)
第二节	矿石运搬	(261)
第三节	采场地压管理	(267)
第十九章	采矿方法	(270)
第一节	采矿方法分类与选择	(270)
第二节	空场采矿法	(272)
第三节	崩落采矿法	(282)
第四节	充填采矿法	(289)
第五节	矿柱回采与采空区处理	(293)
第二十章	露天开采概述	(296)
第一节	开采特点及工艺环节	(296)
第二节	采场要素及开采工艺分类	(297)
第三节	露天和地下联合开采	(300)
第四节	露天开采现状及技术发展方向	(302)
第二十一章	露天矿开采工艺	(303)
第一节	间断开采工艺	(303)
第二节	连续开采工艺	(318)



第三节 半连续开采工艺 ..... (324)

第四节 综合开采工艺 ..... (325)

第二十二章 开采程序及开拓运输系统 ..... (329)

第一节 开采程序 ..... (329)

第二节 开拓运输系统 ..... (332)

第二十三章 露天矿开采境界及生产能力 ..... (337)

第一节 露天矿开采境界 ..... (337)

第二节 剥采比 ..... (339)

第三节 露天矿生产能力 ..... (341)

参考文献 ..... (344)



# 第一章 采煤方法概述

## 第一节 采煤方法的概念及分类

### 一、基本概念

#### 1. 采场

在采区内,用来直接大量开采煤炭资源的场所,称为采场。

#### 2. 采煤工作面

在采场内进行采煤的煤层暴露面称为煤壁,又称为采煤工作面。在实际工作中,采煤工作面就是指采煤作业的场地,同“采场”。

采煤工作面煤层被采出的厚度称为采高,采煤工作面的煤壁长度称为采煤工作面长度。

#### 3. 采煤工作

在采场内,为了开采煤炭资源所进行的一系列工作,称为采煤工作。采煤工作包括破煤、装煤、运煤、支护和采空区处理等基本工序及其辅助工序。

#### 4. 采煤工艺

由于煤层的自然赋存条件和采用的采煤机械不同,完成采煤工作各道工序的方法也不同,在进行的顺序、时间和空间上必须有规律地加以安排和配合。这种在采煤工作面内各道工序按照一定顺序完成的方法及其相互配合称为采煤工艺。在一定时间内,按照一定的顺序完成采煤工作各项工序的过程,称为采煤工艺过程。我国矿井广泛使用的采煤工艺主要有爆破采煤工艺、普通机械化采煤工艺、综合机械化采煤工艺和水力采煤工艺。

#### 5. 采煤系统

采煤系统是指采区内的巷道布置系统以及为了正常生产而建立的采区内用于运输、通风等目的的生产系统,它通常是由一系列的准备巷道和回采巷道构成的。

#### 6. 采煤方法

采煤方法是指采煤系统和采煤工艺的综合及其在时间、空间上的相互配合。不同采煤工艺与采区内相关巷道布置的组合,构成了不同的采煤方法。根据不同的矿山地质及技术条件,可有不同的采煤系统与采煤工艺相配合,从而构成多种多样的采煤方法。采煤方法的不断改进和创新,推动着煤炭工业技术进步,确保煤炭工业持续、稳定、健康发展。

### 二、采煤方法分类

我国煤炭资源分布广,赋存条件多样,开采地质条件各异,形成了多样化的采煤方法。我国使用的采煤方法已达 50 多种,是世界上采煤方法种类最多的国家。

矿井开采的采煤方法通常按采煤工艺和矿压控制特点等,将采煤方法分为壁式体系采



煤法和柱式体系采煤法两大类。我国矿井开采的主要采煤方法分类见图 1-1。

### 1. 壁式体系采煤法

壁式体系采煤法一般以长壁工作面采煤为主要特征,这是目前我国应用最普遍的一种采煤方法,其产量约占到国有重点煤矿产量的 95% 以上。

壁式体系采煤法的主要特点:

(1) 在采煤工作面的两端各至少布置一条巷道,构成完整的生产系统。其中,为采煤工作面运煤、通风、行人等服务的巷道称为区段运输平巷,为工作面运料、回风等服务的巷道称为区段回风平巷。

(2) 采煤工作面长度较长,一般在 80~250 m 以上。

(3) 采煤工作面可分别采用爆破、滚筒式采煤机或刨煤机破煤和装煤,用于工作面煤壁平行铺设的可弯曲刮板输送机运煤,用自移液压支架或单体液压支柱与铰接顶梁组成的单体支架支护采煤工作面工作空间,用全部垮落法或充填法处理采空区。

(4) 随着采煤工作面推进,顶板暴露面积增大,矿山压力显现较为强烈。

壁式体系采煤法的类型:

壁式体系采煤法,按煤层倾角的大小,可分为缓斜、倾斜煤层采煤法和急倾斜煤层采煤法。

按开采煤层的厚度大小,可分为薄煤层采煤法、中厚煤层采煤法和厚煤层采煤法。

按工作面布置和推进方向不同,分为走向长壁采煤法和倾斜长壁采煤法。前者的主要特点是采煤工作面煤壁沿煤层倾斜布置、沿走向推进,后者则是采煤工作面煤壁沿煤层大致的走向布置、沿倾斜向上或向下推进。倾斜长壁采煤法又分为仰斜长壁和俯斜长壁两种类型,工作面沿煤层倾斜方向自上而下推进的称为俯斜长壁,工作面沿倾斜方向自下而上推进的称为仰斜长壁。

按工作面采煤工艺不同,分为爆破采煤法、普通机械化采煤法和综合机械化采煤法。

按工作面采空区的处理方法不同,分为全部垮落采煤法、煤柱支撑(刀柱)采煤法和充填采煤法。

按煤层的开采方式不同,分为整层采煤法和分层采煤法。整层开采可分为单一长壁采煤法、放顶煤采煤法与掩护支架采煤法。分层开采可分为倾斜分层采煤法、水平分层采煤法、斜切分层采煤法和水平分段放顶煤采煤法。

### 2. 柱式体系采煤法

柱式体系采煤法又称为短壁体系采煤法,是以房、柱间隔采煤为主要特征,常见的有巷柱式采煤法、房式采煤法和房柱式采煤法。

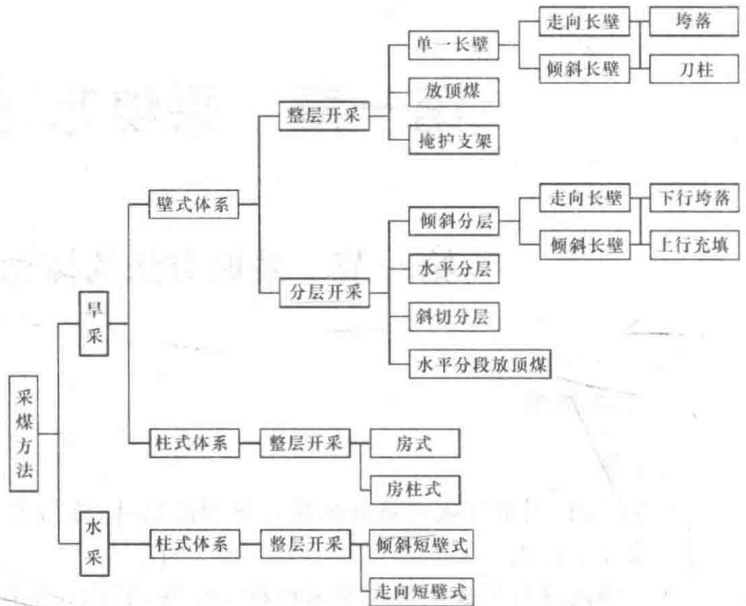


图 1-1 我国矿井开采的主要采煤方法



## 第二节 采煤方法的选择

### 一、选择采煤方法的原则

采煤方法的选择是煤矿安全生产的重要内容,它将直接影响矿井安全生产和煤矿企业各项技术经济指标。选择采煤方法应当结合区域经济特点,根据煤层赋存条件、矿井开采技术水平等因素,选用技术先进、经济合理、安全生产条件好、资源回收率高的采煤方法。

选择采煤方法,必须满足安全、经济、煤炭采出率高的基本原则,努力实现高产高效安全生产。所谓安全,就是必须贯彻“安全第一”的生产方针,做到采煤工艺先进合理,采煤系统可靠,技术措施完善。经济就是指高产、高效、低耗、低成本,煤炭质量好。采出率高就是要求尽量减少煤柱损失,减少采煤工作面留煤损失和洒煤损失,最大限度地提高煤炭资源采出率,以达到国家要求。选择采煤方法应当遵循的三个基本原则是密切联系又相互制约的,在选择时应当综合考虑。

### 二、影响采煤方法选择的因素

为了满足采煤方法选择的原则要求,在选择和设计采煤方法时,必须充分考虑具体的地质、技术和经济因素的影响。

#### 1. 地质因素

(1)煤层倾角。煤层倾角是影响采煤方法选择的重要因素。煤层倾角的变化不仅直接影响采煤工作面推进方向、破煤方式、运煤方式、工作面长度、支护方式、采空区处理方法,而且还直接影响采区巷道布置、运输方式、通风系统、顶板灾害防治措施以及各种参数的选择。一般条件下,倾角小于 $12^\circ$ 的煤层,适于采用巷道系统简单的倾斜长壁采煤法;倾角大于 $12^\circ$ 的煤层,多数采用走向长壁采煤法。

(2)煤层厚度。煤层厚度及其变化也是影响采煤方法选择的重要因素。根据煤层的厚度,可以选择相应的采煤方法。一般条件下,薄及中厚煤层通常采用一次采全高的采煤方法,厚煤层可采用大采高综合机械化采煤一次采全高、放顶煤采煤方法,也可以采用分层开采的方法。此外,煤层厚度还会影响采煤工作面的长度,影响采空区处理方法的选择。在开采自然发火期较短的厚煤层时,就必须采取综合预防煤层自然发火的措施,采用全部充填法或局部充填法处理采空区。

(3)煤层特征及顶底板稳定性。煤层的硬度、煤层的结构(含夹矸情况)、含煤层数及煤层顶底板岩石的稳定性,都直接影响采煤机械、采煤工艺以及采空区处理方法的选择,影响采区巷道布置、巷道维护方法、采区主要参数的确定。

(4)煤层地质构造。采煤工作面内的断层、褶皱、陷落柱等地质构造,直接影响采煤方法的选择和应用。由于地质构造的影响,有时不得不放弃技术先进的采煤方法,而采用适应性较强、安全可靠性较高的采煤方法。一般情况下,对于地质构造简单,埋藏条件稳定的煤层,有利于选用综合机械化采煤方法;对于地质构造复杂、埋藏条件不稳定的煤层,可选用普通机械化采煤、爆破落煤采煤方法以及其他适应性较强、安全可靠性较高的采煤方法;多走向断层的煤层宜采用走向长壁采煤法;多倾斜断层的煤层,宜采用倾斜长壁采煤法。因此,在



选择采煤方法之前,必须加强地质勘察和测量工作,准确掌握开采范围内的地质构造情况,以便正确地选择适宜的采煤方法。

(5)煤层含水性。煤层及其顶底板含水量较大时,需要在采煤工作面开采前采取疏排水措施,或在采煤过程中布置疏排水设施,应在选择采煤方法时充分考虑煤层含水性。

(6)煤层瓦斯含量。煤层瓦斯含量较高时,在选择采煤方法时,应当考虑布置预抽瓦斯专用巷道和预抽瓦斯钻孔,并通过瓦斯管网进行瓦斯抽放;还要考虑在开采过程中加强通风和瓦斯管理,防止瓦斯事故的发生。

(7)煤层自然发火倾向性。煤层自然发火倾向性直接影响采区巷道布置、工作面参数、巷道维护方法和采煤工作面推进方向等,决定是否需要采取防火灌浆措施或选用充填采煤法,这在选择采煤方法时应予以考虑。

## 2. 技术发展及装备水平

技术发展及装备水平也会影响采煤方法的选择。改革开放以来,我国采煤方法和采煤工艺技术在创新中得到不断的发展,新方法、新工艺、新装备的推广应用为采煤方法的选择提供了更广阔的空间。厚煤层放顶煤采煤法、大采高一次采全厚采煤法、伪斜柔性掩护支架采煤法、伪斜走向长壁采煤法等得到广泛应用;工作面采煤工艺技术、装备能力不断提高,工作面单产水平和劳动效率迅速增长。因此,在采煤方法选择时应考虑不同装备水平的工艺技术、工作面单产水平必须同矿井各个生产环节能力相适应,并留有适当的发展余地。

顶板管理和支护技术也影响采煤方法的选择。譬如在坚硬顶板条件下,部分矿井采用的高工作阻力液压支架和对顶板岩层进行注水软化技术,在坚硬顶板条件下成功地采用了垮落法处理采空区,取代了传统的煤柱支撑采煤法(刀柱式采煤法)。

为了保护地面生态环境,开采建筑物下、铁路下、水体下的煤炭资源,可根据具体的自然和技术条件,选择相应的“三下”采煤方法。

## 3. 矿井管理水平

矿井管理水平及员工素质对采煤方法的选择也会产生一定的影响,在选择和应用那些技术要求高、生产组织复杂、管理比较复杂的采煤方法(如大采高一次采全高综采、大倾角综采、急倾斜煤层伪斜短壁采煤法、急倾斜煤层伪俯斜走向长壁采煤法等)时,应在加强对员工安全技术培训的前提下,按照先易后难原则,有计划地、循序渐进地逐步试用,在掌握其技术要领并积累一定实践经验后再推广应用。选择采煤方法时,应避免忽视企业管理水平和员工素质的实际情况,在条件尚不具备的情况下盲目采用新的采煤技术和新工艺。

## 4. 矿井经济效益

矿井的经济效益是选择采煤方法的重要因素。在选择采煤方法时,要研究拟采用采煤方法的投入和产出关系,考虑企业的投资能力和采煤方法的经济效果。还要考虑设备供应和配件、消耗材料的供应情况,尽量保证生产消耗材料能就地取材,以降低原煤生产成本。

# 第三节 采煤方法的发展方向

选择合适的采煤方法,对提高矿井生产管理水平和煤矿企业经济效益,改变矿井技术面貌起决定性作用。我国采煤方法的发展方向,就是要因地制宜地发展高产高效安全的采煤方法。



### 1. 改进采煤工艺,因地制宜地发展先进的机械化采煤技术

综合机械化采煤是我国煤炭工业机械化发展的主要方向,也是我国煤矿高产高效安全生产的一项成熟技术,其技术装备水平和工艺技术已达到国际先进水平。因此,对缓斜、倾斜煤层长壁式开采,在今后的主要方向就是以提高工作面单产和生产集约化为核心,以提高生产效率和经济效益为目标,不断改进采煤工艺,发展各种矿井煤层条件下的采煤机械化,提高综合机械化采煤技术的应用水平,扩大应用范围,提高采煤机械化的程度和水平。研究开发强力、高效、安全、可靠、耐用、智能化的采煤设备和生产监控系统,改进和完善采煤工艺,发展高产、高效、高安全性和高可靠性的现代化采煤工艺。

继续完善大采高、放顶煤和大倾角综采的配套设备和扩大技术应用范围,从理论和实践上研究探索采煤技术和工艺理论,进一步解决煤壁片帮、架前漏顶和大倾角煤层采动后顶底板下滑抽动时支护可靠性问题。继续研究复杂条件下(三硬、三软、大倾角、大采高)综采新工艺、新方法,寻求快速搬家途径,提高综采设备利用率。

### 2. 扩大走向长壁采煤法和倾斜长壁采煤法的应用范围

走向长壁采煤法技术成熟、应用广泛、适应性强,是当前我国开采缓斜、倾斜煤层应用最广的方法,今后要继续扩大其应用范围。结合矿井煤层开采条件和采煤工艺的发展,改进巷道布置,优化采区系统,为集中、高效、安全生产创造条件。倾斜长壁采煤法采区生产系统简单,掘进工程量小,在倾角 $12^{\circ}$ 以下的煤层中使用能取得较好的技术经济效果,在条件适宜的矿井应大力推广。伪斜长壁作为倾斜长壁的一种变形,用于斜交断层切割地段是适宜的,其技术经济效果明显。

### 3. 缓斜、倾斜厚煤层推行倾斜分层下行垮落采煤法和放顶煤采煤法

缓斜、倾斜厚煤层开采,在我国煤矿中占有相当大的比重,可以采用不同的技术途径合理进行开采。倾斜分层下行垮落采煤法是比较成熟的采煤方法,已在不同矿井分层工作面实现了机械化、综合机械化采煤,并在分层采煤工艺、人工假顶铺设和安全生产管理等方面,积累了丰富的经验,今后仍广泛应用,并进一步改进机械化采煤工艺,研究分层采高的控制、假顶材料的选择、改进巷道的布置、优化采区生产系统。大采高综采一次采全高技术已取得突破性进展,已经解决5 m以下煤层一次采全高技术难题。大采高综采一次采全高可以简化巷道布置,减少巷道掘进和维护工程量,节约假顶材料。在煤层倾角、顶底板岩性、煤厚适宜的矿井可以推广应用,并逐步探索6~12 m煤层一次采全高的可能性。缓斜特厚煤层放顶煤采煤法的试验成功是开采技术的新突破,要继续研究顶煤破碎与下放规律,完善控制顶煤下放的安全技术措施,保证工作面安全生产。

### 4. 大力推广无煤柱护巷技术

无煤柱护巷技术在我国应用日益广泛的。在缓斜薄及中厚煤层中可以推广沿空留巷(详见本书4.2.3的相关内容)的应用范围,为采用往复式采煤、Z字形采煤提供有效技术支持。许多煤矿跨上山(石门)连续开采的生产实践证明,取消上山(石门)煤柱,增加工作面推进长度完全可行,并取得较好的技术经济效果,在条件适宜的矿井可以广泛应用。

### 5. 急倾斜煤层开采要进一步探索采煤机械化的发展途径

急倾斜煤层在全国煤炭产量中所占比重不大,但矿井分布广泛,采煤方法众多,在应用条件和效果上都有一定的局限性。伪斜柔性掩护支架采煤法是我国特有的一种急倾斜煤层采煤方法,在煤厚变化不大的厚及中厚煤层中应用,可以取得较好的技术经济效果。今后要进一步探索采煤机械化的发展途径,不断改进支架结构,优化巷道布置,减少巷道掘进率。



水平分段放顶煤采煤法的试验成功,为开采急倾斜特厚煤层提供了高效安全的机械化采煤方法,它具有单产和工效高、采煤工艺简单、掘进工程量少、生产成本低等特点,在条件适宜的矿井可以广泛应用。今后要进一步研究放顶煤规律、顺序和方法、分段合理高度,完善安全技术措施,提高煤炭回收率。薄及中厚煤层倒台阶采煤法单产、工效、成本等经济技术指标较差,安全性不好,使用范围日趋减少。而正台阶采煤法、俯伪斜走向长壁采煤法较好地克服了倒台阶采煤法的众多缺点,可在条件适宜的矿井推广应用。

#### 6. “三下一上”采煤技术有广泛的发展空间

建筑物下、铁路下、水体下(简称“三下”)呆滞煤量的开采和承压水上(“一上”)煤层开采,日益成为煤矿开采的紧迫问题,我国有长期使用水砂充填经验和成熟技术,尽管近年来充填采煤法的应用范围在逐步减少,但将会在“三下”采煤中有广泛的发展空间。针对“三下”采煤要求,采用煤柱支撑法是可行的。

#### 7. 适度发展水力采煤技术

我国水力采煤技术日臻成熟,在倾角 $10^{\circ}$ 以上,顶底板中等稳定或稳定,瓦斯含量低,厚度在中厚及其以上的煤层中使用能取得良好的技术经济效果。对早采机械化开采困难的倾斜、急倾斜煤层,赋存不稳定、结构复杂煤层,水力采煤法有更好的适应性。条件适宜的矿井经过经济技术论证可以择优选。今后要继续改进水力采煤工艺和设备,改善生产条件,提高煤炭回收率。

#### 8. 柱式体系采煤法应用范围将不断扩大

以应用连续采煤机为特征的柱式体系采煤法,可在煤层赋存稳定、倾角平缓、埋深较浅、不易自然发火的低瓦斯矿井使用,但须提高操作技能和管理水平,加强设备维护,充分发挥设备效能。

#### 9. 煤炭地下气化技术前景光明

煤炭地下气化技术属于一种特殊的采煤方法,它将处于地下的煤炭进行有控制地燃烧,通过对煤的热化学作用而产生可燃性气体,具有投资少、工期短、见效快、用人少、效率高、成本低、效益高等优点,适合地质条件复杂、劣质煤比例高、“三下一上”压煤严重的煤层。今后要继续研究和完善煤炭气化工工艺,进行较大规模的煤炭地下气化生产试验,积累经验后逐步推广。

#### 10. 采煤方法是一个发展着的系统工程

采煤方法的核心是采煤工艺,改善采煤工艺既依赖于采煤和设备的改进,又依赖于作业人员素质和管理水平的提高。在改进现有综采设备、研制进一步高产高效和困难条件下应采设备的同时,加强对作业人员的技术培训,提高作业人员操作技能和管理水平。采煤工艺的改进必将促进巷道布置的改革,而合理的巷道布置又能为充分发挥采煤效能创造良好条件。

### 【复习思考题】

1. 什么是采煤方法? 选择采煤方法应遵循的原则是什么?
2. 名词解释:采煤工作面、采煤工艺、壁式体系采煤法、柱式体系采煤法。
3. 壁式体系采煤法有什么特点?
4. 影响采煤方法选择的因素有哪些?
5. 结合本地区煤炭技术水平和实际,讨论本地区采煤方法改革和发展趋向。



## 第二章 长壁采煤法采煤工艺

目前,我国长壁采煤工作面采用爆破采煤(炮采)、普通机械化采煤(普采)和综合机械化采煤(综采)三种采煤工艺方式。

爆破采煤工艺,简称“炮采”,其特点是爆破落煤,爆破及人工装煤,机械化运煤,用单体支柱支护工作空间顶板。随着技术装备的发展,我国炮采工艺经历了三个主要发展阶段:新中国成立初期改革采煤方法,推行长壁采煤工艺,工作面采用拆移式刮板输送机运煤、木支柱支护顶板,生产效率很低,工作极为繁重,劳动条件差;20世纪60年代中期开始,采用能力较大、能整体前移的可弯曲刮板输送机运煤,用摩擦式金属支柱和铰接顶梁支护顶板,使工作面单产和效率有较大提高,劳动强度有所降低;进入20世纪80年代,炮采工作面的装备和技术手段更新速度加快,用防止炮崩单体液压支柱代替摩擦式金属支柱,工作空间顶板得到有效控制,生产更加安全,支护工作效率提高,而且工作面输送机装上铲煤板和可移动挡煤板,使80%~90%的煤在爆破和推移输送机时自行装入输送机,同时工作面采用大功率或双速刮板输送机运煤和毫秒爆破技术,进一步提高了生产效率。

普通机械化采煤工艺,简称“普采”,其特点是用采煤机械同时完成落煤和装煤工序,而运煤、顶板支护和采空区处理与炮采工艺基本相同。20世纪50年代,曾采用深截式采煤机(截深为1.5~1.6 m)落煤和装煤、拆移式刮板输送机运煤、木支柱支护顶板。由于顶板暴露面积大且得不到及时支护,单产和效率低,安全生产条件差,这种技术装备已被淘汰。20世纪60年代以来,普遍采用了浅截式(截深0.6~1.0 m)采煤机械。按照技术装备的发展进程,我国浅截式普采经历了三个发展阶段:20世纪60年代初采用浅截式采煤机械、整体移置的可弯曲刮板输送机、摩擦式金属支柱和铰接顶梁相配套的采煤机组,使普采单产和效率有较大提高,安全生产有所改善。这种第一代浅截式普采设备目前在国有重点煤矿已被淘汰,但在某些地方煤矿仍在使用。20世纪70年代后期采用第二代普采装备,即对第一代浅截式普采设备进行技术更新,提高配套水平,主要是采用了单体液压支柱管理顶板,使普采生产出现了新的面貌。20世纪80年代中期开始,对第二代普采设备实行进一步更新换代,即第三代普采,采用了无链牵引双滚筒采煤机,双速、侧卸、封底式刮板输送机以及Ⅱ型长钢梁支护顶板等新设备和新工艺,使普采的单产、效率和效益又上了一个新台阶。

综合机械化采煤工艺,简称“综采”,即破、装、运、支、处五个主要生产工序全部实现机械化,因此,综采是目前最先进的采煤工艺。世界先进的煤炭生产国,凡以长壁开采为主的已全部或大部分实现综合机械化采煤。

我国国有重点煤矿的机械化采煤发展较快,到2002年年底,采煤机械化的程度已经达到77.78%,其中综采程度达62.98%。地方煤矿的机械化采煤也有了一定发展。

### 第一节 爆破采煤工艺

爆破采煤的工艺过程包括打眼、放炮落煤和装煤、人工装煤、刮板输送机运煤、移置输送



机、人工支护和回柱放顶等主要工序。

### 一、爆破落煤

爆破落煤,包括打眼、装药、填炮泥、联炮线及放炮等工序,即用风煤钻向煤壁钻炮眼,然后在炮眼内装炸药、连线,爆破时通过炮眼药包中电雷管的起爆,使炸药爆炸,将煤炭自煤壁崩落下来。

由于钻眼爆破是炮采工艺中首道工序,钻眼爆破效果好坏直接影响后续工序的工作量、工作难度和安全。因此,爆破落煤要求保证规定进度、工作面平直,不留顶煤和底煤,不破坏顶板,不崩倒支柱和不崩翻工作面输送机,崩落煤炭高度和块度适中,尽量降低电雷管和炸药消耗。要根据煤层的强度、厚度、节理和裂隙的发育状况及顶板条件,正确确定钻眼爆破参数,包括炮眼排列、角度、深度、装药量、一次起爆的炮眼数量以及爆破次序等。

根据爆破落煤所用电雷管不同,可以分瞬发电雷管爆破和毫秒电雷管爆破(也称微差爆破技术)两种。不同电雷管爆破落煤,所产生的爆破效果和所需的爆破参数也不同,现分别叙述如下。

#### 1. 瞬发电雷管爆破

一般常用的炮眼布置有单排眼、双排眼和三排眼三种。①单排眼,一般用于薄煤层或煤质软、节理发育的煤层,如图 2-1(a)所示。②双排眼,其布置形式有对眼、三花眼和三角眼等,一般适用于采高较小的中厚煤层。煤质中硬时可用对眼,煤质软时可用三花眼,煤层上部煤质软或顶板较破碎时可用三角眼,如图 2-1(b)所示。③三排眼,亦称五花眼,用于煤质坚硬或采高较大的中厚煤层,如图 2-1(e)所示。

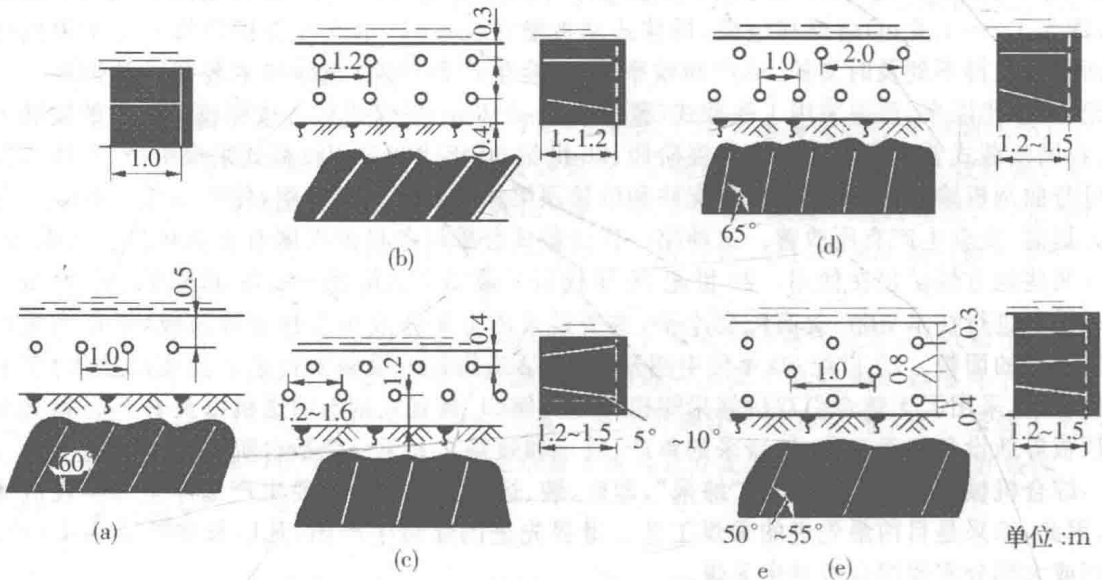


图 2-1 炮眼布置图(图中单位为 m)

(a)单排眼;(b,c,d)双排眼;(e)三排眼

炮眼角度应满足下列要求:①炮眼与煤壁的水平夹角一般为  $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ,软煤取大值,硬煤取小值。为了不崩倒支架,应使水平方向的最小抵抗线朝向两柱之间的空当;②顶眼在垂直面上向顶板方向仰起  $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ,要视煤质软硬和煤层粘顶情况而定,应保证不破坏顶板的完整性;③底眼在垂直面上向底板方向保持  $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的俯角,眼底接近底板,以不丢底煤和



不崩翻输送机为原则。

炮眼深度根据每次的进度而定。一般每次进度有 0.8 m、1.0 m 和 1.2 m 三种,与单体支架顶梁长度相适应。每个炮眼的装药量根据煤质软硬、炮眼位置和深度以及爆破次序而定,通常为 150~600 g。

爆破采用串联法连线,一般将可弯曲刮板输送机移近煤壁。每次起爆的炮眼数目,应根据顶板稳定性、输送机启动及运输能力、工作面安全情况而定。条件好时,可同时起爆数十个眼;如果条件差,顶板不稳定,则每次只能爆破几个眼,甚至需采用留煤垛间隔爆破的办法。

## 2. 毫秒电雷管爆破

近年来推广毫秒电雷管爆破(简称毫秒爆破)技术,使炮采工艺发生了深刻变化,从使用瞬发电雷管分段(次)爆破,发展到使用毫秒爆破一次多发炮,顶板震动次数减少,在极短时间内爆破产生的震波因互相干扰而消减,从而减轻了对顶板的震动,有利于顶板的管理;同时毫秒爆破有利于提高爆破装煤量,缩短爆破时间,提高炮采工作面的单产和效率。毫秒爆破在炮采工作面应用时使用的爆破器材、炮眼布置、爆破技术参数、安全技术措施等均与瞬发电雷管不同。

### (1) 爆破器材

①炸药。根据矿井的瓦斯等级,低瓦斯矿井选用二级煤矿许用炸药;高瓦斯矿井选用三级煤矿许用炸药;有煤与瓦斯突出危险工作面选用三级煤矿含水炸药。

②毫秒电雷管。选用 1~5 段合格的煤矿许用的毫秒电雷管,桥丝为镍铬丝,铁脚线,电阻一般为 5.5~6.0  $\Omega$ 。

③其他器材。发爆器采用最大起爆能力为 50~100 发的 MFB—50A 和 MFB—100A 型。

### (2) 炮眼间距、深度与角度

炮眼布置原则,一般是根据采高、推进度、煤的硬度、裂隙节理与顶底板岩石性质及有无夹矸而定。采高小于 1.6 m 时,采用三花眼布置;采高超过 2 m 时,采用五花眼布置。采高在 1.6~2 m 时,视煤质软硬而定:煤质较软,煤层普氏系数  $f=1\sim 1.5$  时,采用三花眼布置;煤质较硬,煤层普氏系数  $f\geq 1.5$  时,采用五花眼布置。

炮眼深度视推进度而定,一般为 0.8~1.25 m。炮眼角度在垂直煤壁的立面上,一般仰角为  $2^\circ\sim 3^\circ$ ,最多为  $5^\circ\sim 8^\circ$ (顶板破碎时打平眼);俯角一般为  $5^\circ\sim 10^\circ$ ,最大不超过  $15^\circ$ 。炮眼与煤层的水平夹角一般为  $55^\circ\sim 80^\circ$ (煤软取大值)。

炮眼间距与角度合理与否,直接关系爆破效果的好坏。炮眼间距过大,爆破后煤块度大,有时需要再次破碎,增加了工人劳动强度和出煤时间;炮眼间距过小,会增加炸药、雷管的消耗量,增加了打眼工作量。据一些矿井试验得知,煤质中等硬度时,顶眼间距为 1.1~1.3 m,底眼间距为 0.9~1.0 m,装药量为 300~500 g,可取得较好的爆破效果。

### (3) 确定合理的间隔时间与起爆顺序

合理的间隔时间,应大于弹性震动延续时间(一般为 4~6 ms),应大于煤(岩)开始移动到形成裂隙时间(一般为 4.3~5.8 ms)。确定合理间隔时间的办法是通过现场试验,当炸药消耗量低,炮眼利用率高,震动小时,即为合理的间隔时间。

起爆顺序合理与否,是决定毫秒爆破效果好坏的关键。据一些矿井试验得知,底眼依次 1~5 段起爆,顶眼 2~5 段起爆。前段炮眼爆破后,对后段爆破相当于增加一个自由面,爆破效果好、装煤率高,且不崩倒支柱。据测试,用瞬发电雷管崩动支柱的占 50%~70%,而毫秒