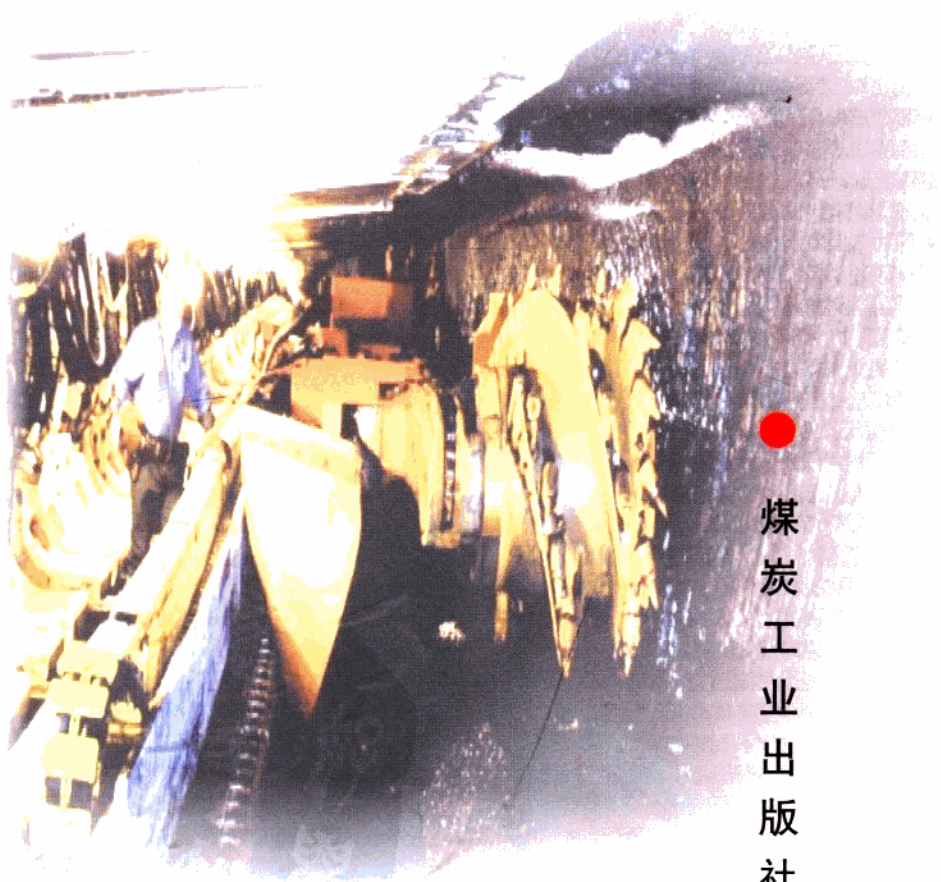




中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

采矿生产技术

● 主 编 郭奉贤



● 煤炭工业出版社

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从2001年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，以满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001年10月

前 言

本套教材是中国煤炭教育协会和煤炭工业出版社受教育部职业与成人教育司委托,根据2000年教育部《面向21世纪职业教育课程改革和教材建设规划》采矿技术专业教学指导方案,组织部分职业院校的教师编写的。教材编审委员会于2004年11月在北京召开了教材编写大纲审定会议,于2005年3月在无锡召开了审稿会,会后各书主编根据提出的意见进行修改与完善。各书主审人员对书稿进行了认真的审阅。

采矿技术专业中等职业教育国家规划教材全套书共12本,可作为中等专业学校、技工学校和职业中学采矿技术专业及相关专业的通用教材,可作为企业在职人员的培训教材,也可作为从事矿井开拓、采煤(矿)、掘进、运输、通风与安全、矿井地质勘探与测量的技术人员以及生产组织管理者的参考用书。

本教材力求内容先进性、实用性和系统性的统一,同时考虑中等职业教育的特点、人才培养的基本规格和知识、能力、素质结构的要求,着重学生生产实践能力培养。使学生在牢固掌握采矿技术专业必需的文化基础知识和专业知识的基础上,具有综合职业技能和全面素质,具有继续学习的能力、创业创新能力。

《采矿生产技术》一书是采矿技术专业中等职业教育国家规划教材中的一本,河南理工大学高等职业学院郭奉贤编写了绪论,第二章,第四章的第二、三节,第五章,第六章,第十一章,第十二章,附录的操作实训三、四,模型实训,课程实习、设计;宁夏煤炭工业学校雷振刚编写了第三章,第四章的第一节,第八章,第十章,附录操作实训二;山西雁北煤炭工业学校刘兵编写了第一章,第七章,附录操作实训一;河南理工大学高等职业学院薛春裕编写了第九章。全书由河南理工大学高等职业学院郭奉贤统校定稿。山东科技大学职业技术学院马全礼担任主审。在此,对本教材成书过程中提供帮助的人士表示感谢。

中等职业学校“采矿技术专业”

教材编审委员会

2005年6月

目 录

绪 论	1
第一章 爆破采煤技术	6
第一节 爆破落煤	6
第二节 装煤、运煤	13
第三节 工作面支护	18
第四节 全部垮落法处理采空区	25
第五节 采空区其他处理方法	31
第二章 普通机械化采煤技术	34
第一节 普通机械化采煤工作面设备及布置	34
第二节 滚筒采煤机采煤	49
第三节 刨煤机采煤	61
第三章 综合机械化采煤技术	66
第一节 综合机械化采煤工作面的配套设备	66
第二节 自移式液压支架	72
第三节 综采液压支架的工作方式	80
第四节 综采工作面采煤工艺特点	84
第四章 其他条件采煤技术特点	92
第一节 厚煤层分层开采采煤工艺特点	92
第二节 倾斜长壁采煤工作面采煤技术特点	99
第三节 采煤工艺的特殊技术措施	103
第五章 采煤工艺的选择及设计	109
第一节 采煤工艺方式的选择	109
第二节 采煤工作面工艺设计	115
第六章 放顶煤生产技术	119
第一节 放顶煤采煤技术的主要类型及发展	119
第二节 放顶煤开采支护设备	121
第三节 放顶煤开采矿压显现特点及顶煤破碎机理	126

第四节	放顶煤工艺	128
第五节	放顶煤开采参数	134
第六节	急倾斜特厚煤层水平分段放顶煤采煤技术	138
第七章	采煤工作面生产技术管理	144
第一节	采煤工作面组织管理	144
第二节	采煤工作面技术管理	152
第三节	采煤工作面质量管理	157
第四节	采煤工作面安全管理	159
第八章	急倾斜煤层采煤技术	163
第一节	急倾斜煤层采煤的特点	163
第二节	急倾斜煤层走向长壁采煤技术	163
第三节	伪倾斜柔性掩护支架采煤技术	172
第四节	水平分层及斜切分层采煤技术	181
第五节	仓储采煤技术	184
第九章	柱式体系采煤技术	187
第一节	柱式体系采煤技术的类型及特点	187
第二节	柱式体系采煤工艺	188
第三节	适用条件及评价	195
第十章	其他采煤技术	197
第一节	水力充填采煤技术	197
第二节	“三下一上”采煤技术	202
第三节	水力采煤技术	210
第四节	深矿井采煤技术特点	216
第五节	煤炭地下气化	219
第十一章	露天矿开采技术	223
第一节	露天矿开采特点及现状	223
第二节	开采程序及开拓运输系统	225
第三节	露天矿开采工艺	231
第四节	露天矿生产能力	244
第十二章	非煤固体矿床开采技术	251
第一节	非煤矿床的形成及开采	251
第二节	非煤固体矿床开拓方法	255
第三节	采矿方法	263

第四节 采矿工艺	273
附录 实训教学	282
I 操作实训	282
一、煤电钻钻眼操作实训	282
二、单体液压支柱操作实训	284
三、综采液压支架操作实训	286
四、采煤机操作实训	290
II 模型实训	291
一、实训教学目的	291
二、实训教学内容及模型配备	292
三、实训教学过程	292
四、实训要求	292
五、实训注意事项	292
六、实训考核	293
七、实训作业	293
III 课程实习、设计	293
一、采煤工作面工艺实习指导	293
二、采煤工作面工艺设计指导	296
参考文献	306

绪 论

一、采矿生产技术的基本内容

采矿是一个复杂的生产建设过程，要综合应用多种工程技术和科学知识。本书将从理论和实践两方面阐述煤矿长壁采煤工作面的生产技术、其他条件下的采煤技术以及非煤固体矿床的开采技术。研究掌握采矿方法、采矿工艺及回采巷道布置规律，采用合理的采矿方法组织好采煤工作面的生产和管理。

矿井巷道布置包括矿井开拓、准备巷道布置和开采设计。矿井开拓是整个矿井（露天）开采的全局性战略部署，是建立安全生产必需的生产系统的前提和保障；采区是矿井生产的基本单位；开采设计是井下工程组织施工的基础，是开凿并建立起矿井（采区）生产系统的关键。掌握矿井巷道布置及矿井生产系统的有关知识，就为改造和管理矿井生产系统、合理组织采区准备和生产、组织和管理采煤工作面的安全生产、建设高产高效矿井创造了良好的条件。

矿井开采破坏了岩体的原始应力状态，形成矿山压力。通过测试仪器和完善的监测手段，研究和掌握不同条件下的矿山压力显现规律，可以改进开采方法。采矿技术发展愈完善，愈有利于有效地控制矿山压力，所以矿压测控技术是矿井巷道布置和采矿生产技术的重要基础。

二、采矿方法的分类

我国矿产资源丰富，种类繁多，采矿方法各异。本章仅就煤炭开采方法和非煤固体矿床采矿方法做一简要介绍。

（一）煤炭开采方法分类

1. 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。在采场内进行煤炭开采的煤层暴露面称为煤壁，即采煤工作面。在实际工作中，采煤工作面就是指采煤作业的场地，与采场是同义语。

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、采空区处理等基本工序及其一些辅助工序。

（4）采煤工艺。由于煤层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就不同，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。采煤工作面各工序所用方法、设备及其在时间、空间上的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。我国矿井开采的采煤工艺主要有：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。为形成完整生产系统需要掘进一系列的准备巷道（如采区石门、采区上（下）山、区段石门、区段共用平巷以及为采区服务的各种硐室等）和回采巷道（如区段运输平巷、区段回风平巷、联络巷及其辅巷、开切眼等）。

(6) 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，构成了多种形式的采煤方法。采煤方法的不断改进和创新推动着煤炭工业生产技术进步，确保煤炭工业持续、稳定、健康发展。

2. 煤炭开采方法分类

我国煤炭资源分布广，赋存条件多样，开采地质条件各异，南北地域采煤方法差别较大，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。

通常按采煤工艺、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，如图0-1所示。我国矿井开采主要采煤方法及其特征见表0-1。

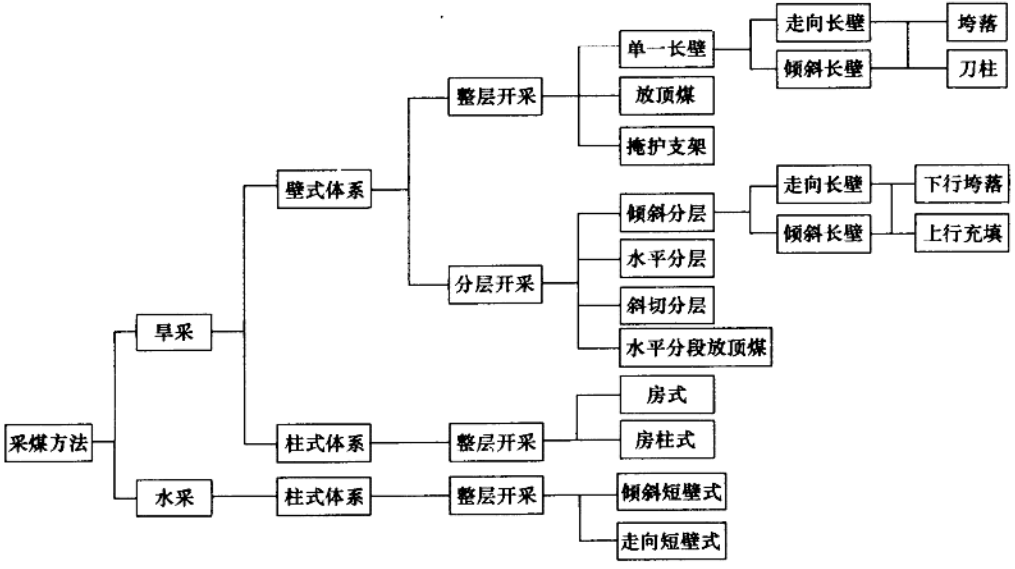


图0-1 采煤方法分类

表0-1 我国矿井开采主要采煤方法及其特征表

序号	采煤方法	体系	整层与分层	推进方向	采空区处理	采煤工艺	适用条件
1	单一走向长壁采煤法	壁式	整层	走向	垮落法	综采、普采、炮采	薄及中厚煤层
2	单一倾斜长壁采煤法	壁式	整层	倾斜	垮落法	综采、普采、炮采	缓倾斜薄及中厚煤层

续表

序号	采煤方法	体系	整层与 分层	推进方向	采空区 处理	采煤工艺	适用条件
3	刀柱式采煤法	壁式	整层	走向或倾斜	煤柱 支撑法	普采、炮采	顶板坚硬的缓倾斜薄及中厚煤层
4	大采高一次采全厚采煤法	壁式	整层	走向或倾斜	垮落法	综采	缓倾斜5 m以下的厚煤层
5	倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法	壁式	分层	走向	垮落法	综采、普采、炮采	缓倾斜、倾斜厚及特厚煤层
6	倾斜分层倾斜长壁下行垮落采煤法	壁式	分层	倾斜	垮落法	综采、普采、炮采	缓倾斜、倾斜厚及特厚煤层
7	倾斜分层走向长壁上行充填采煤法	壁式	整层	走向或倾斜	充填法	炮采	缓倾斜、倾斜特厚煤层
8	放顶煤采煤法	壁式	整层	走向或倾斜	垮落法	综采为主	缓倾斜5 m以上的厚煤层
9	水平分段放顶煤采煤法	壁式	分层	走向	垮落法	综采为主	急倾斜特厚煤层
10	水平分层、斜切分层下行垮落采煤法	壁式	分层	走向	垮落法	炮采	急倾斜厚及特厚煤层
11	掩护支架采煤法	壁式	整层	走向或倾斜	垮落法	炮采、风镐	急倾斜中厚及厚煤层
12	台阶式采煤法	壁式	整层	走向	垮落法	炮采、风镐	急倾斜薄及中厚煤层
13	仓储巷道长壁采煤法	壁式	整层	走向为主	垮落法	炮采	急倾斜薄及中厚煤层
14	水力采煤法	柱式	整层	走向或倾斜	垮落法	水采	不稳定煤层急倾斜煤层等
15	柱式体系采煤法	柱式	整层	走向或倾斜	垮落法	炮采	非正规条件回收煤柱

1) 壁式体系采煤法

壁式体系采煤法又称为长壁体系采煤法。它以长壁工作面采煤为主要特征，是在我国大、中、小型矿井应用最普遍的一种采煤方法，产量约占到国有重点煤矿产量的95%以上。

(1) 壁式体系采煤法的特点：

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，用与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场工作空间，用放顶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。

(2) 壁式体系采煤法的分类：

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

按开采煤层的厚度，可分为薄煤层采煤法、中厚煤层采煤法、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，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，分为全部垮落采煤法、煤柱支撑（刀柱）采煤法、充填采煤法；

按煤层的开采方式，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、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、房式、房柱式采煤法。

(二) 非煤固体矿床采矿方法分类

由于非煤矿床种类繁多，因此采用的采矿方法也多种多样。

按采场矿压控制方法不同，采矿方法通常可分为空场采矿法、崩落采矿法和充填采矿法三大类。

空场采矿法利用岩石自身稳固性和留矿柱进行矿压控制。这类采矿方法将矿块划分为矿房和矿柱，分两个步骤回采（先采矿房，后采矿柱），矿房在回采过程中形成的采空区靠矿岩自身的稳固性和矿柱维护，采场一般无需采取支护措施。

崩落采矿法通过崩落围岩进行矿压控制。这类采矿方法无需对矿块作进一步划分，而是以矿块为单元直接进行回采，回采过程中以强制崩落或自然垮落的围岩充填采空区。视采场结构和矿岩稳固性的不同，有时要对采场采取支护措施。

充填采矿法用充填材料充填采空区进行矿压控制。这类采矿方法一般也将矿块划分为矿房和矿柱，分两个步骤回采。矿房回采过程中，随着矿石的采出，不断用充填材料充填采空区。

非煤固体矿床采矿方法的具体分类及应用详见第十二章。

三、我国采矿生产技术的发展状况

我国是世界上矿产资源种类齐全的少数国家之一。到目前为止，人类已知的矿产约160

种,我国已发现150多种,其中已经查明储量的有130多种。我国煤炭储量居世界第一位,据国土资源部的统计,截至2002年年底,我国已探明的保有煤炭储量约10000亿t,这为我国发展煤炭工业提供了必要的基础条件。

根据矿床赋存情况和开采技术条件,可采用地下开采或露天开采。露天开采只用于矿床厚度较大、埋藏较浅的条件。由于受资源条件限制,我国煤矿采用露天开采的比重比国外主要产煤国家低得多,仅占国有重点煤矿产量的6%~7%。而我国非煤矿床采用露天开采比重相对较大。

地下开采的重要特点是地下作业,生产环节多,工序复杂,且生产场所随矿产被采出而不断转移。因此,要以开采为中心,建立地面及井下生产系统,搞好掘进、运输、提升、通风、排水、动力供应及生产技术管理。在一定程度上可以说开采技术是各种技术的综合应用和反映。它的发展既对相关技术提出改进要求,又因这些相关技术的进步而不断发展。

新中国成立以来,我国煤炭工业面貌焕然一新,建设了一大批高产高效现代化矿井,矿井生产能力不断提高,煤炭产量不断增长,煤炭产品的科技含量在不断增加,产品深加工利用程度越来越高。全国原煤产量由“七五”期间的6亿t左右,提高到“九五”期间的13亿t以上。2002年全国原煤产量接近14亿t,2004年产量超过19亿t,创历史最高水平,居世界第一位。2002年,国有大中型煤矿采掘机械化程度由改革开放初期的30%左右提高到75%左右,综合机械化采煤程度达到56.73%,工作面平均月度单产由1万t左右提高到3.4万t,最高达到90.6万t;全员效率由每工不足1t提高到3.43t。建成了一批以神东、兖矿为主要代表的具有国际领先水平的现代化煤矿。2002年全国建成高产高效矿井134个,其产量3.67亿t,占全国产量的26.4%,人均效率10.21t/工,有的矿井达到了世界先进水平。煤炭开采、建井、洗选技术有了长足发展。建成82个高产高效矿井,78个年产百万吨的综采队。神华集团神府东胜煤炭公司在个别综采工作面装备了先进的大功率双滚筒采煤机和连续采煤机,实现井下生产作业的遥控操作,综采工作面最高月产量达到97万t,大断面巷道掘进最高月进度达到3270m。我国厚煤层放顶煤技术达到了世界领先水平,国产采煤机械装备已出口到国外。

根据煤炭工业第十一个五年规划,计划到2010年,煤炭经济需求在24亿t左右,煤炭工业有着强劲的发展势头。到2010年,采煤机械化水平达到80%以上,新建和改扩建一批大中型高产高效现代化矿井,大型矿井全部达到“双高”(即高产高效)水平,中型矿井80%达到“双高”标准。煤矿机械化程度将达到80%以上,安全生产条件进一步得到改善,一批骨干矿井采煤生产技术接近或达到国际先进水平,我国采煤方法的改革、现代化矿井建设将提高到一个新的水平。

目前我国非金属矿年产量在3亿t以上;有色金属发展也很快,矿石年产量达到7500~8000万t。其中常用有色金属产量大幅度增加,目前总产量仅次于美国,居世界第二位。

第一章 爆破采煤技术

爆破采煤（简称炮采）主要包括落煤、装煤、运煤、支护、采空区处理等工序。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：建国初期改革采煤方法，推行长壁采煤工艺，工作面采用拆移刮板输送机运煤、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输送机运煤和毫秒爆破技术，进一步提高了生产效率。

第一节 爆破落煤

爆破落煤包括钻眼、装药、填炮泥、联炮线及爆破等工序，即用电钻在采煤工作面的煤壁上钻炮眼，然后在炮眼内装入矿用安全炸药、联线，爆破时通过炮眼药包中电雷管起爆，使炸药爆炸，将煤炭自煤壁崩落下来。

一、爆破落煤的基本要求

爆破落煤要求爆破进度准确，煤块破碎均匀，不破坏顶板，不残留顶底煤，工作面煤壁平直，不崩倒支柱和崩翻输送机，并尽可能减少炸药及雷管的消耗量等。

二、钻眼爆破参数

为了取得良好的爆破效果，确保爆破工作安全，并满足以上爆破要求，需要根据煤层顶板的稳定程度，煤层的厚度、硬度、节理裂隙等情况，选择合理的钻眼爆破参数。采煤工作面钻眼爆破的主要参数是：炮眼布置、炮眼角度、炮眼深度、炮眼装药量及炮眼的联线方式等。根据爆破落煤所用电雷管不同，可分为瞬发电雷管爆破、毫秒电雷管爆破（也称微差爆破）两种。爆破落煤选用不同的电雷管，所产生的爆破效果和所需的爆破参数也不同。

（一）瞬发电雷管爆破

1. 炮眼布置

根据采高、煤层硬度及裂隙程度的不同，炮眼布置有单排眼、双排眼和三排眼等不同的布置方式。

单排眼布置如图1-1(a)所示，一般用于厚度较小、煤质较软及节理裂隙较为发育的薄煤层。

双排眼的排列方式又可分为对眼、三角眼和三花眼布置，如图1-1 (b) 所示，一般适用于采高较小的中厚煤层。煤质中硬时可用对眼，煤层上部煤质软或顶板破碎时可用三角眼，煤质软时可用三花眼。

三排眼布置如图1-1 (c) 所示，一般采用五花眼布置。适用于煤质坚硬或采高较大的中厚煤层工作面。

在炮眼布置过程中，眼距、排距、顶眼距顶板的距离、底眼距底板的距离等参数应根据采高大小、顶底板稳定性、煤质的软硬程度等因素来确定。

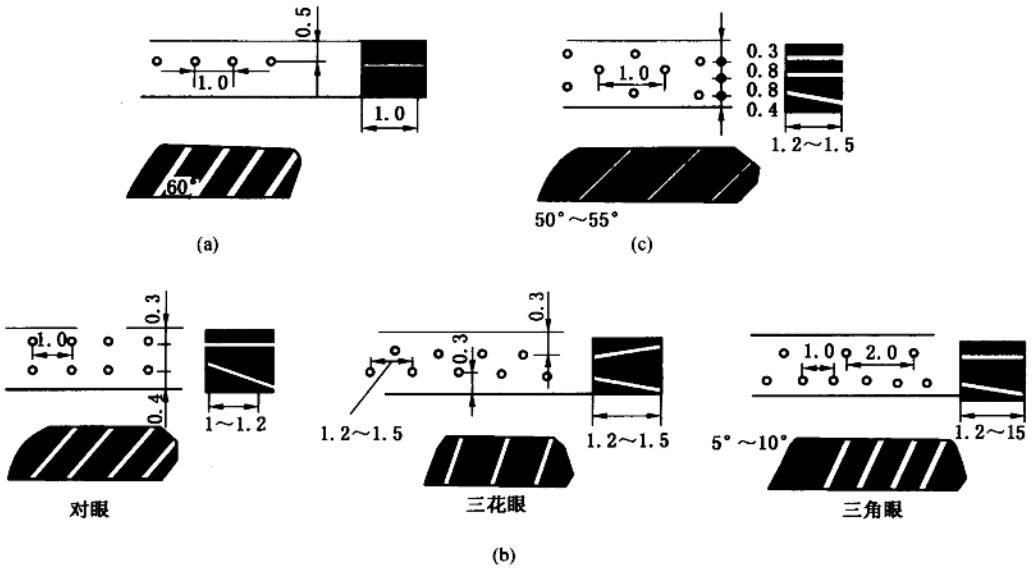


图1-1 炮眼布置与角度 (单位: m)

a—单排眼; b—双排眼; c—三排眼

2. 炮眼角度

在布置炮眼的时候，为了取得良好的爆破效果，还须将炮眼打出一定的角度。炮眼角度可分为水平角、仰角和俯角。

炮眼水平角是指炮眼与煤壁的水平夹角。它的大小直接影响到工作面一次爆破推进度。炮眼水平角一般取 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，软煤取大值，硬煤取小值。煤质松软时，煤体容易爆破，可适当加大炮眼水平角以增加工作面一次爆破进度。煤质坚硬时，可适当减小炮眼的水平角，使煤体得到充分爆破，但要注意，不可将大量煤块抛向采空区，以免崩倒工作面支架。

炮眼在垂直煤壁的立面上与顶板的夹角称仰角，与底板的夹角称俯角。一般顶眼需打仰角，底眼需打俯角。仰角一般取 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，眼底距顶板距离取 $0.1\sim 0.5$ m，视煤质软硬及粘顶情况而定。当顶板较为稳定，仰角取值大一些，眼底距顶板距离可小一些，使顶煤能够得到充分爆破。当顶板不稳定时，仰角取值小一些，眼底距顶板距离大一些，甚至可使炮眼与顶板平行，以保证爆破时顶板的稳定性。底眼的俯角一般取 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，眼底距底板的距离一般取

0.3 m 左右,既能保证底煤得到充分爆破,提高爆破自装率,又不会崩翻工作面输送机。

3. 炮眼深度

炮眼深度根据每次进度而定,每次进度是指放一茬炮工作面向前推进的距离。一般每次进度有 0.8 m、1.0 m、1.2 m 三种,与单体支架顶梁长度相适应。

4. 炮眼装药量

为了确保爆破工作的安全,增加块煤率,要适当控制炮眼的装药量。炮眼装药量取决于煤的坚固性及煤层结构等因素,一般在生产中通过试验来确定。由于底煤难以爆破,一般适当加大底眼的装药量,为 150~600 g。顶眼、腰眼可酌情减少。顶眼、腰眼、底眼装药量之比可取 0.75 : 0.5 : 1。

5. 联线方式

爆破时一般采用串联法联线,分段爆破。爆破顺序应为先爆底眼,后爆腰眼和顶眼。每次起爆的炮眼数目可根据顶板稳定情况和输送机启动及输送能力而定。顶板稳定时,可增大一次爆破的工作面长度。顶板破碎或遇断层时应减少一次爆破长度或采取留煤垛间隔爆破,如图 1-2 所示。

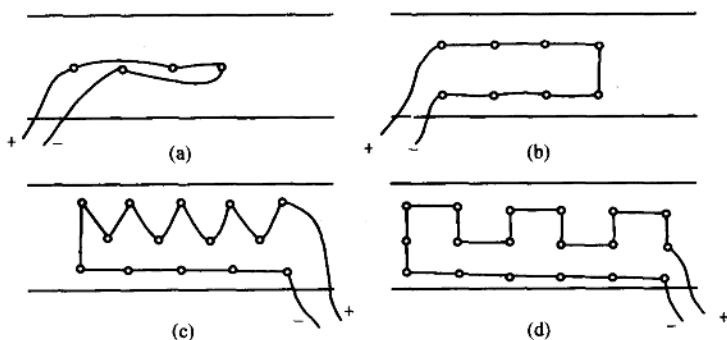


图 1-2 炮眼联线法

a—单排炮眼串联法; b—双排炮眼串联法; c—五花炮眼串联法; d—三排炮眼串联法

(二) 毫秒电雷管爆破

毫秒电雷管爆破技术,使炮采工艺发生了变化,从使用瞬发电雷管分段(次)发炮,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动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和炮眼布置、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,低瓦斯矿井选用一级煤矿许用炸药;高瓦斯矿井选用二级煤矿许用炸药。

(2) 毫秒雷管。选用 1~5 段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 Ω 。

(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，采用三花眼布置；采高超过2 m，用五花眼布置；采高在1.6~2 m之间，视煤质软硬而定；煤质较软， $f=1\sim 1.5$ ，按三花眼布置；煤质较硬， $f=1.5$ 以上，按五花眼布置。

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 $5^\circ\sim 8^\circ$ （顶板破碎时打平眼），俯角一般为 $5^\circ\sim 10^\circ$ ，最大不超过 15° ，如图1-3所示。炮眼与煤层的水平夹角一般为 $55^\circ\sim 80^\circ$ （煤软取大值）。

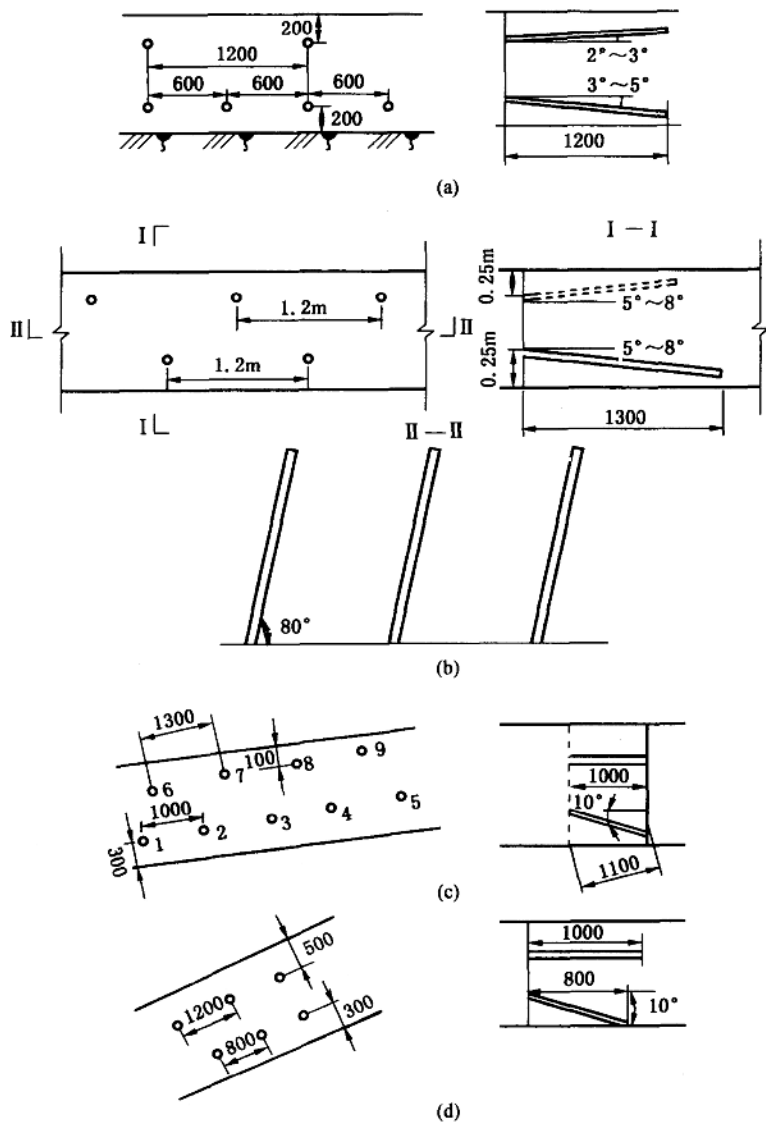


图1-3 用毫秒雷管爆破工作面炮眼布置图

炮眼间距与角度合理与否，直接关系到爆破效果的好坏。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，同时也增加了钻眼工作量。据一些矿井试验得出，煤质中等硬度时，顶眼间距为1.1~1.3 m，底眼间距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，即为合理的间隔时间。

起爆顺序合理与否，是直接影响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，且不崩倒柱子。据测试，用瞬发雷管崩倒柱子的占50%~70%，而毫秒雷管仅占3.5%，爆破顺序合理时可降至0.5%。

4. 毫秒爆破的优点

(1) 安全。毫秒爆破能有效地杜绝爆破崩人事故，提高爆破的安全性。

(2) 有利于顶板控制。瞬发爆破，由于爆破次数多，对顶板震动频繁，顶板下沉速度比毫秒爆破大0.46~2.1倍。尤其是在大倾角工作面，支柱垂直压力小，稳定性差，瞬发雷管爆破易崩倒支柱，造成局部冒顶。而毫秒雷管爆破，可保证顶板的安全。

(3) 缩短了爆破时间，提高了产量与效率。据徐州义安矿试验，用毫秒爆破较瞬发爆破产量提高30.93%，效率提高23.20%，成本降低14.20%。

(4) 爆堆集中，提高了爆破装煤率。

(5) 有利于单体液压支柱的正常使用，可延长单体支柱的使用寿命。

(6) 提高了工作面的煤炭采出率。使用瞬发雷管，采空区丢煤约达10%左右，而毫秒雷管只有3%左右崩到第二排支柱以外。

(7) 降低了炸药雷管消耗。采用毫秒爆破，炸药消耗量可降低5%~25.4%，雷管消耗量可降低6.7%~16.3%。

(8) 有利于瓦斯、煤尘管理。由于爆破次数少，有充足的时间进行洒水降尘和一炮三检工作。

5. 应用毫秒爆破的安全技术措施

(1) 装药。必须使用与矿井瓦斯等级相适应的矿用许可炸药，合格的煤矿许用毫秒雷管，1~5段总延期量不许超过130 ms。采用正向装药，并要连续装药，药卷间不许留有间隔。必须装水炮泥，炮孔剩余部分还要用炮泥封满。每装好一个炮眼，其雷管脚线须及时短路拧好，按设计的起爆顺序装药，不准装错。

(2) 爆破。炮眼间必须采用串联，不许用并联或串并联。爆破前要采用数字欧姆表或光电导通表检查爆破网路的导通情况，确定无误，方可起爆。工作面爆破时，必须使用一台发爆器，发爆器要保证起爆电流不小于1.5~2.0 A，并要定期检查发爆器参数和更换电池，保证有足够的起爆能力。

(3) 通风和瓦斯管理。工作面要有足够的风量，设好防尘水管，爆破前后都必须洒水降尘。对高瓦斯矿井，应设专职瓦斯检查员，坚持装药前、爆破前、爆破后的瓦斯检查，发现瓦斯超过1%时，不许装药爆破。

(4) 顶板控制。工作面爆破前，支柱必须保质保量支设完好，爆破后必须及时挂梁、支柱，减少空顶时间，如有崩翻棚柱，必须先扶棚，后出煤。过断层、破碎带时，断层、破碎带上下2 m内不准放大炮。

(5) 其他。不同厂家、不同发火参数的毫秒雷管不许混合使用。一次起爆长度，应根据顶板条件、瓦斯大小、运输能力、发爆器能力和劳动力配备等因素来确定。工作面分茬爆破，一次爆破长度为5~30 m。在顶板破碎地段，可根据具体情况，每隔5~15 m，留3~5 m煤垛的方法，以减少控顶面积。钻眼必须按设计的炮眼间距、角度、深度等参数执行，应先开动输送机再爆破。

三、爆破作业

采煤工作面的爆破作业包括钻眼、装药、填炮泥、联线、爆破等工序。

(一) 钻眼

采煤工作面打炮眼一般使用煤电钻，煤电钻以电能作为动力，依靠钻头和钻杆的旋转切削煤体，达到钻眼的目的。有关煤电钻的安全操作见附录。

(二) 装药

炮眼钻好后，根据炮眼装药量的标准将炸药卷和雷管装入到炮眼之中，以待爆破。装药工作分为引药装配和药卷装填。

1. 引药装配及方法

引药就是常说的炮头，是指装有雷管的药卷，它首先起爆，然后引爆其他药卷。装配引药就是把电雷管装进药卷，形成起爆药卷，即引药。电雷管只许由药卷的平头（非聚能穴一端）装入，具体的装入方法有以下两种：

(1) 扎孔装配引药。用一根比电雷管直径稍粗的尖头木棍，在药卷的平头扎一个圆孔，把电雷管全部插入到药卷中，然后用脚线缠绕固定，如图1-4所示。

(2) 撕口装配引药。将药卷平头的封口撕开，用两个手掌把炸药揉松软，然后将电雷管沿药卷端面中心全部插进去，用雷管脚线把封口扎住，如图1-5所示。

2. 药卷装填及方法

引药装配好以后，根据炮眼装药量的标准将引药和其他被动药卷一同装入到炮眼之中。

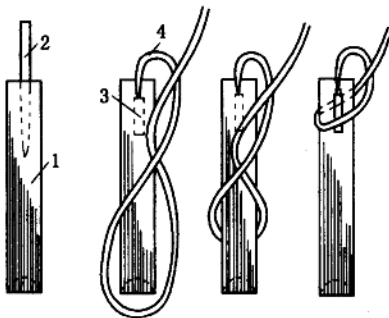


图1-4 扎孔装配引药

1—药卷；2—扎孔棍；3—雷管；4—脚线

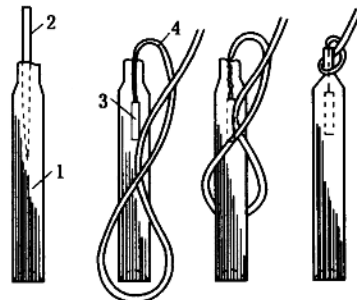


图1-5 撕口装配引药

1—药卷；2—扎孔棍；3—雷管；4—脚线