

采煤工艺学

T0823.9



数据加载失败，请稍后重试！

TD8239
G-518

高等学校教学用书

采煤工艺学

钱鸣高 王庆康 主编

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第010号

内 容 提 要

《采煤工艺学》是研究矿井回采工作面中各种工艺系统及其优化和获得高效、高产及保证安全生产方法的一门学科。书中系统地总结和归纳了目前采煤工艺理论与实践的成果。全书共十一章，分别叙述了回采工作面破、装、运、支、控在各种生产条件下的工艺原理及其方法；各种工艺所用设备的配套及选择；有关技术参数的确定和作业规程的编制；采煤工艺系统的优化和可靠性分析；以及组织工作面高产、高效生产的原则。同时，书中对各种采煤工艺特点及目前提出的新工艺方法进行了评述和简介。

本书可作为煤炭高校采矿工程专业学生和研究生教材及参考书，也可供从事生产管理和设计工程技术人员参考。

责任编辑：刘泽春

技术设计：关湘雯

高等学校教学用书

采煤工艺学

钱鸣高 王庆康 主编

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张27.25 字数666千字

1992年 5月第一版 1992年 5月第一次印刷

印数：1—3000册

ISBN 7-81021-493-4

TD·98 定价：7.00元

前 言

通常,采煤工艺在技术上是指回采工作面中的破煤技术、煤炭装运和顶板支护与控制等技术;在管理上包括各种参数(包括采区部分参数)的确定,以及工序组合、工作制度、劳动组织和技术管理等方面的内容;最后还应包括,综合考虑各种因素,寻求能保高效、高产,而又安全的优化系统的内容。总之,采煤工艺学是研究用井工方法由回采工作面中采出煤炭的各工艺原理和获得高效、高产,保证安全生产的优化组合系统及方法的一门学科。

建国40年来,我国已成为年产10亿吨,统配煤矿机械化程度达52.5%,其中综合机械化约占55%的产煤大国。在统配煤矿中除使用有通常的综采和普采采煤工艺外,还使用了大采高和放顶煤等新的采煤工艺,而且有30多个年产百万吨的现代化高产工作面。这些事实说明,采煤工艺是开采技术的核心;采煤工艺技术的进步在煤炭工业发展中起着首要作用。由此,研究采煤工艺对促进煤炭生产和改善工艺方法及安全生产条件有着重要意义。随着采矿科学的进步和研究工作的深入,使采煤工艺原理和获得高效、高产的优化系统及方法日益成熟,将可形成采矿的一门独立学科。

鉴于上述情况,在1987年煤炭系统高校采煤学年会上确定应当着手系统归纳和总结采煤工艺中的实践经验和理论研究成果,使采煤工艺尽快形成采矿中一门独立学科,以便明确研究方向和进一步促进煤炭生产的发展,促进煤炭系统中的教育发展,增强高校本科生和研究生们的采煤工艺知识。为此,由中国矿业大学和河北煤炭建筑工程学院负责组织,经充分讨论和广泛地征求意见后,落实了编写人员。但应着重指出,在本书系统上和内容选材的宽度和深度上,各学者们难免看法不一,不过,作者认为,在采煤工艺中,破煤技术与原理、顶板支护和控制技术与原理、以及工艺系统优化分析是核心内容;在当前的生产技术水平条件下,采煤机切削煤壁的相互作用原理、支架与围岩相互作用原理以及工艺系统优化分析等问题是工艺中所需研究的重要问题。因此,我们认为,以破、装、运、支、控等为本书的系统;以破煤和支控原理,以及工艺系统优化分析为核心内容,是完全恰当的。

全书共十一章,由钱鸣高和王庆康教授主编,各章节的执笔作者如下:

绪论、第一章——李鸿昌教授

第二、三、章——王庆康教授

第四章——钱鸣高教授

第五、六章——姜学云副教授

第七章——孟宪锐讲师

第八章——刘武浩讲师、王庆康教授

第九章——王玉浚教授

第十章——刘吉昌教授主审

其中:第一节——岳翰教授

第二节——刘吉昌教授

第三、四和五节——朱银昌副教授

第十一章——郭晋云讲师、王庆康教授。

本书第二章中的第四节水力破煤方法经李海洲教授审阅。并且全书由阜新矿业学院孙宝琤教授、西安矿业学院刘听成教授和山西矿业学院刘吉昌教授进行了评阅。

应当提出,由于在我国是首次编写“采煤工艺学”,经验不足、时间仓促和一些问题尚待深入研究,编写中难免存在一些争议问题和出现一些差错,敬请读者们指正和提出宝贵意见,以便在今后发展中逐渐丰富和完善。

作者在此向关心和给予本书编写工作帮助的同志们表示衷心的感谢。

作者 1990.元.

目 录

绪论	(1)
第一章 典型采煤工艺系统概述	(4)
第一节 综合机械化采煤工艺系统	(4)
第二节 一般机械化采煤工艺系统	(8)
第三节 炮采工艺系统	(10)
第四节 水力采煤工艺系统	(11)
第二章 破煤方法	(14)
第一节 煤层的物理机械性质	(14)
第二节 切削破煤方法	(25)
第三节 爆破破煤方法	(45)
第四节 水力破煤方法	(60)
第三章 装煤和运煤方法	(79)
第一节 螺旋滚筒装煤方法	(79)
第二节 犁(铲)板装煤方法	(88)
第三节 刮板输送机运煤方法	(93)
第四章 支护方法	(113)
第一节 围岩物理力学性质及其分类	(113)
第二节 采场矿山压力显现规律及其影响因素	(119)
第三节 顶板压力与顶板下沉量的估算	(126)
第四节 采场顶板控制	(131)
第五节 特殊条件下的顶板控制	(160)
第六节 采场顶板事故的防治	(164)
第五章 回采工作面的设备选择与配套	(171)
第一节 概述	(171)
第二节 滚筒采煤机的选择	(174)
第三节 刨煤机的选择	(180)
第四节 机采工作面输送机的选择	(189)
第五节 机采设备的配套	(197)
第六章 机械化回采工作面的技术管理	(206)
第一节 采煤机工作方式的确定	(206)
第二节 综采面液压支架移设方式的确定	(212)
第三节 机采面输送机的使用与管理	(218)
第四节 综采面调斜与旋转的工艺措施	(227)
第五节 综采面的拆迁与安装	(232)

第六节 机采面过地质构造的技术措施	(239)
第七章 回采工作面技术安全措施与组织管理	(246)
第一节 回采工作面技术安全措施	(246)
第二节 回采工作面的工作制度与劳动组织	(252)
第三节 工作面各项技术经济指标的确定	(256)
第四节 提高工作面劳动生产率及降低生产成本的途径	(261)
第五节 回采工作面作业规程的编制	(264)
第六节 高产工作面工艺设计实例	(272)
第八章 放顶煤采煤工艺原理	(281)
第一节 放顶煤采煤工艺及其类型	(281)
第二节 顶煤破碎机理	(285)
第三节 顶煤放出规律	(297)
第四节 支架与围岩相互作用特点	(308)
第五节 放顶煤工艺的技术经济评价	(314)
第九章 采煤工艺系统分析及优化	(320)
第一节 采煤工艺评价指标和评价方法	(320)
第二节 工作面生产状况的计算机模拟与分析	(325)
第三节 采煤工艺方式的优选	(330)
第四节 回采工作面主要几何参数的优选	(342)
第五节 采煤工艺系统的可靠性	(350)
第十章 其它条件下的采煤工艺	(355)
第一节 倾斜分层下行垮落采煤法的采煤工艺	(355)
第二节 倾斜长壁采煤法的回采工艺	(366)
第三节 薄煤层采煤工艺	(380)
第四节 特厚煤层倾斜分层上行水砂充填采煤工艺	(390)
第五节 急倾斜煤层采煤工艺	(400)
第十一章 新采矿工艺方法简介	(413)
第一节 煤层的地下气化	(413)
第二节 其它新采矿工艺	(422)
第三节 采矿工艺新方法的展望	(426)
参考文献	(429)

绪 论

我国是世界产煤大国之一。1989年我国煤炭产量达9.70亿t,其中统配煤矿产量为4.50亿t。煤炭在一次能源的构成中约占73%,它是我国的主要能源。此外,煤炭还是重要的化工原料。因此,在国民经济中煤炭工业占有十分重要的地位。

我国用井工方法采出的煤炭占总产量的95%以上,即主要是从矿井回采工作面中直接采出来的。各类回采工作面中的采煤工艺通常有:破煤、装煤、运煤、支护工作空间和采空区处理(控制顶板)等五个基本工序,简称为破、装、运、支、控。各工序在时间和空间上按照一定顺序及相互关系严密地配合,就组成回采工作面中的采煤工艺系统,亦称为回采工艺系统。显然,回采工作面的采煤工艺或回采工艺是矿井生产的基本环节,它直接关系到矿井的产量、效率和材料消耗等经济效益,以及生产的环境卫生和安全条件,因此,研究回采工作面的采煤工艺具有极为重要的意义。

矿井回采工作面中的采煤工艺系统具有以下特点:

1. 在回采工作面中,采与控是贯穿在采煤工艺系统中决定其效益和促其发展的两个主要矛盾方面。为了采出煤炭,首先须把煤从工作面煤壁上采下来,然后运出,但这将使采过的空间不断地增大,进而引起采场周围岩层的移动和冒落,并在采场支护结构上显现压力增大,反过来影响到采煤。对工作面中出现的压力显现必须进行合理地控制,才能保证安全、正常、继续地进行采煤。这种采出煤与控制顶板的相互制约关系,构成了采煤工艺系统中对立统一的主要矛盾线。

2. 多工序循环作业。破、装、运、支、控等工艺流程在空间和时间上,连续或间断、平行或交叉地循环进行,将形成多工序反复循环作业。

3. 条件有多变性和移动性。回采工作面是直接采出煤炭的地点,随着煤炭被采出,将不断地前移。由此,回采工作面所处的煤层、顶、底板岩层的性质、厚度、倾角和构造等条件将随赋存状况发生变化,有时变化很大,甚至使采煤工艺流程也发生改变,以便与生产条件相适应。

由上述特点所知,任何采煤工艺系统,均应力求简单,安全,有效和适应性强。

建国近四十年来,我国采煤工艺技术的发展,以长壁开采为代表,大体经历了以下三个阶段。

第一阶段(1950~1960年)。主要为炮采工艺,即用截煤机掏槽,爆破破煤,木支柱支护采场工作空间,刮板输送机把煤运出工作面,直接装入矿车。

第二阶段(1960~1970年)。主要为机采工艺,这时典型的机采设备有框式采煤机和刮板输送机。初始,框式采煤机为深截式(截深为1.8m),后来发展为浅截式(截深为1.0m),其工作机构后变革为螺旋滚筒式,截深为0.6m。采煤机完成着破煤和装煤两个工序过程。螺旋滚筒式采煤机可骑行在输送机上,形成组合机组。工作面刮板输送机除功率、运量增大外,并可弯曲不拆卸地整体前移。采场支护已广泛使用金属摩擦支柱与铰接顶梁配套的支架。在后期研制出了单体液压支柱。此外,在这个阶段中水力采煤工艺也迅

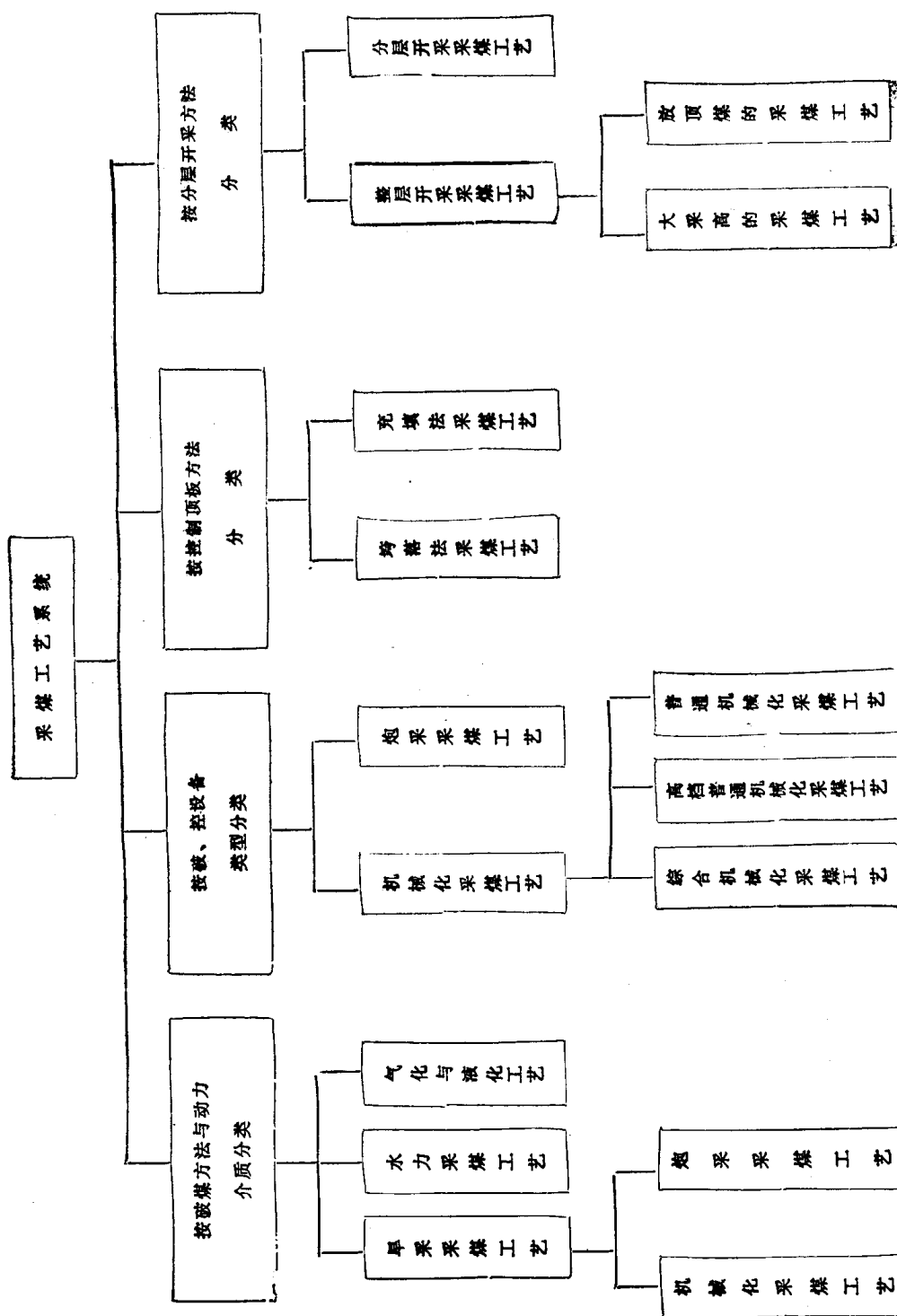


图 0-1 采煤工艺系统

速地得到了发展。

第三阶段(1970年至今)。机采工艺得到了高度发展,即达到了破、装、运、支、控等工艺过程全部机械化,称为综合机械化采煤工艺。它的标志是由单体支架发展为自移式液压支架。一般情况下,液压支架与输送机连接在一起,而输送机又是采煤机的运行轨道,这样就形成了完整的组合设备,或称为综合机组。但是,在这个阶段中,单体液压支柱与组合机组配套使用的采煤工艺系统仍占有重要地位。

采煤工艺的发展常以回采设备的变革为标志,工艺与设备存在着相互依赖和促进的关系。根据采煤工艺系统中的采与控的特征,以及分层开采的特征,对采煤工艺系统进行分类,如图0-1所示。

表0-1 统配煤矿各种采煤工艺系统的现状(1989年资料)

工艺系统种类	工作面平均个数 (个)	采出煤量 (亿t)	比 重 (%)	单 产 (万t/月)	效 率 (t/工)
综采工艺系统	235	1.5266	33.31	4.35	17.33
高档普采工艺系统	372	0.9496	20.72	1.71	6.19
普采工艺系统	137	0.2314	5.05	1.13	5.07
炮采工艺系统	1283	1.7906	39.07	0.93	3.97
水采工艺系统	29	0.0848	1.85	1.97	9.82
总计	2056	4.5830	100	—	—

目前我国采煤工艺系统的现状如表0-1所列。由表可见,综采工艺的产量和效率指标最佳,安全性也好,工人们完全解脱了笨重的体力劳动。无疑,综采工艺是发展方向。但是,它具有初期投资大,不适应地质构造复杂的煤层条件等缺点。因而,根据我国国民经济现状,高档普采工艺仍占有重要地位。对炮采工艺应积极进行研究和改进,以便达到高产、稳产、高效和低耗的要求。

应当指出,近年来,随着煤炭生产的发展,煤炭科学技术有了很大进步,而在采煤工艺方法和原理的研究方面,除支护和控制工艺(矿山压力学科)外,尚未得到应有的重视。但是,从目前国内、外的实践和研究现状来看,各种采煤工艺已渐趋成熟。为了使大专院校采矿工程专业学生,得到系统的采煤工艺及其原理方面的知识,以及促进采煤工艺新学科的发展,作者们特编写了此书。本书着重阐述各种工艺系统、工艺设计和技术管理方面的内容,并介绍了有关的采矿新工艺。

第一章 典型采煤工艺系统概述

我国最常用的典型采煤工艺系统包括：机械化采煤工艺、炮采采煤工艺和水力采煤工艺系统。

第一节 综合机械化采煤工艺系统

一、缓斜倾斜煤层长壁工作面综合机械化采煤工艺系统

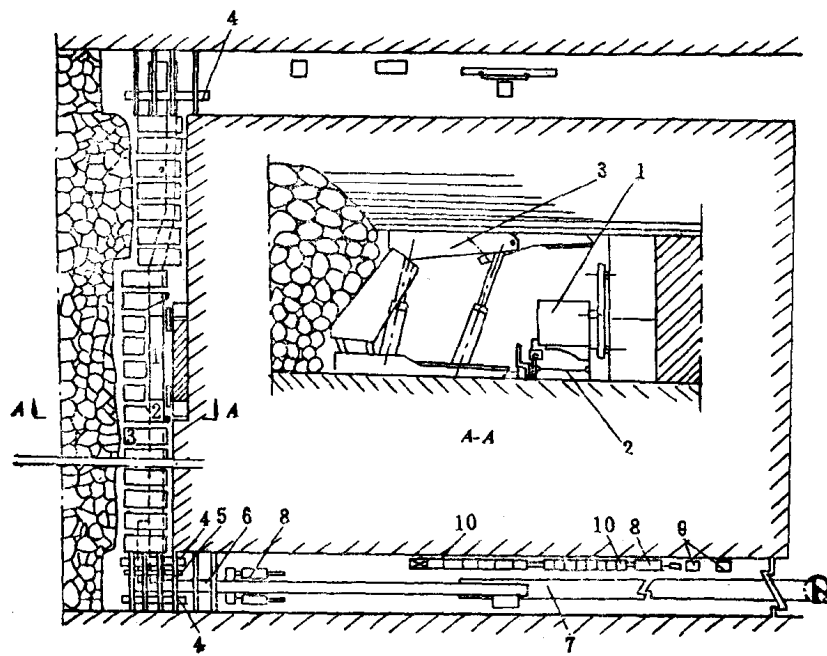
综合机械化采煤工艺简称为综采工艺。它是指回采工作面中采煤的全部生产工序，如破煤、装煤、运煤、支护和管理顶板等过程都实现了机械化。此外，顺槽中的运输也实现了相应地机械化，以便充分发挥综采设备的生产效能。综合机械化采煤工作面是指用采煤机、可弯曲刮板输送机和自移液压支架等主要设备组合配套，进行生产的回采工作面。图 1-1 所示为综采工作面总布置图。

采煤机 1 是完成破煤和装煤工序的机械，有滚筒式采煤机和刨煤机两种类型。目前我国多采用双滚筒可调高的采煤机，即在机身两端的摇臂上装有螺旋滚筒，通过摇臂升降可随煤层厚度（采高）变化调整滚筒的高度。采煤机在输送机上骑行，进行往返穿梭割煤，截深多为 600mm。双滚筒采煤机无论上行或下行，一般采用前滚筒在上割顶煤，后滚筒在下割底煤。这种采煤机多用于中厚及厚煤层回采工作面。刨煤机也是以输送机为导轨，进行穿梭截煤，但它的工作原理类似木刨一样，把煤从煤壁上刨落下来，同时，靠刨头下部的犁面将碎煤装入输送机中。每次刨深很浅（50—125mm），但速度很快。每刨深 600mm 后，才进行移支架和输送机。

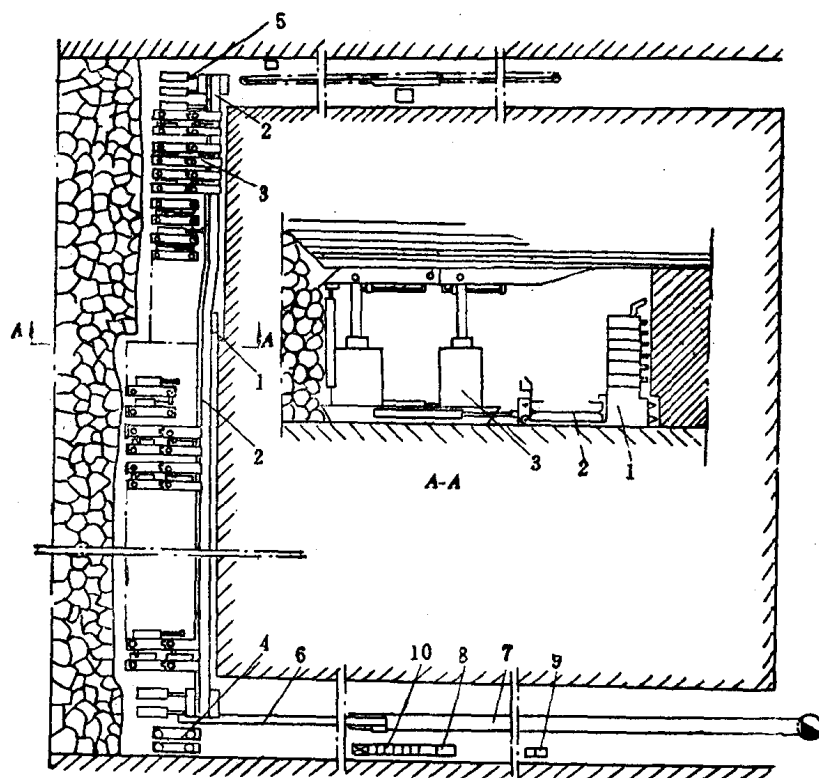
可弯曲刮板输送机 2 是完成工作面运煤工序的机械，它可以弯曲整体移置，并是采煤机的导轨和移动支架的牵引支点，这种输送机又称为铠装可弯曲刮板输送机。为了减少或取消综采工作面中开缺口的工作量，这类输送机都具有机尾短，机头矮的特点。利用可弯曲刮板输送机把煤从工作面内运出后，再经运输平巷和上山中的输送机运到贮煤仓。运输平巷中的运输设备一般有：转载机 6 和可伸缩胶带输送机 7 等。

工作面支架 3 是自移式液压支架，用于支护和管理顶板。它靠液压控制进行升降和前移，一般简称为液压支架。它是综采工作面中的关键设备，因此合理正确地选用，严格地管理，是工作面正常生产的基本保证。端头支架 4 是支护工作面上、下出口，维护输送机机头和机尾处顶板的液压支架。锚固支架 5 是锚固输送机的机头或机尾，防止输送机下滑的液压支架。

上述设备在回采工作面中必须按照一定的生产工艺流程，协调地配合运转，才能发挥其应有的生产效能。综采工作面中的生产工艺过程一般为：采煤机割煤（破煤和装煤）→移输送机→移液压支架；或采煤机割煤→移液压支架→移输送机。移输送机通常都在采煤机割煤后 10~15m 处进行。若先移输送机，后移支架，则由支架到采煤机靠煤壁处有一段空顶面积，这种方法叫做“滞后支护”方法。若先移支架，则可紧随采煤机之后，立即



(a)



(b)

图 1-1 综采工作面总布置图

a—滚筒式采煤机综采工作面；b—刨煤机综采工作面

1—采煤机；2—可弯曲刮板输送机；3—工作面支架；4—端头支架；5—锚固支架，
6—转载机；7—可伸缩胶带输送机；8—泵站；9—变电站；10—配电点

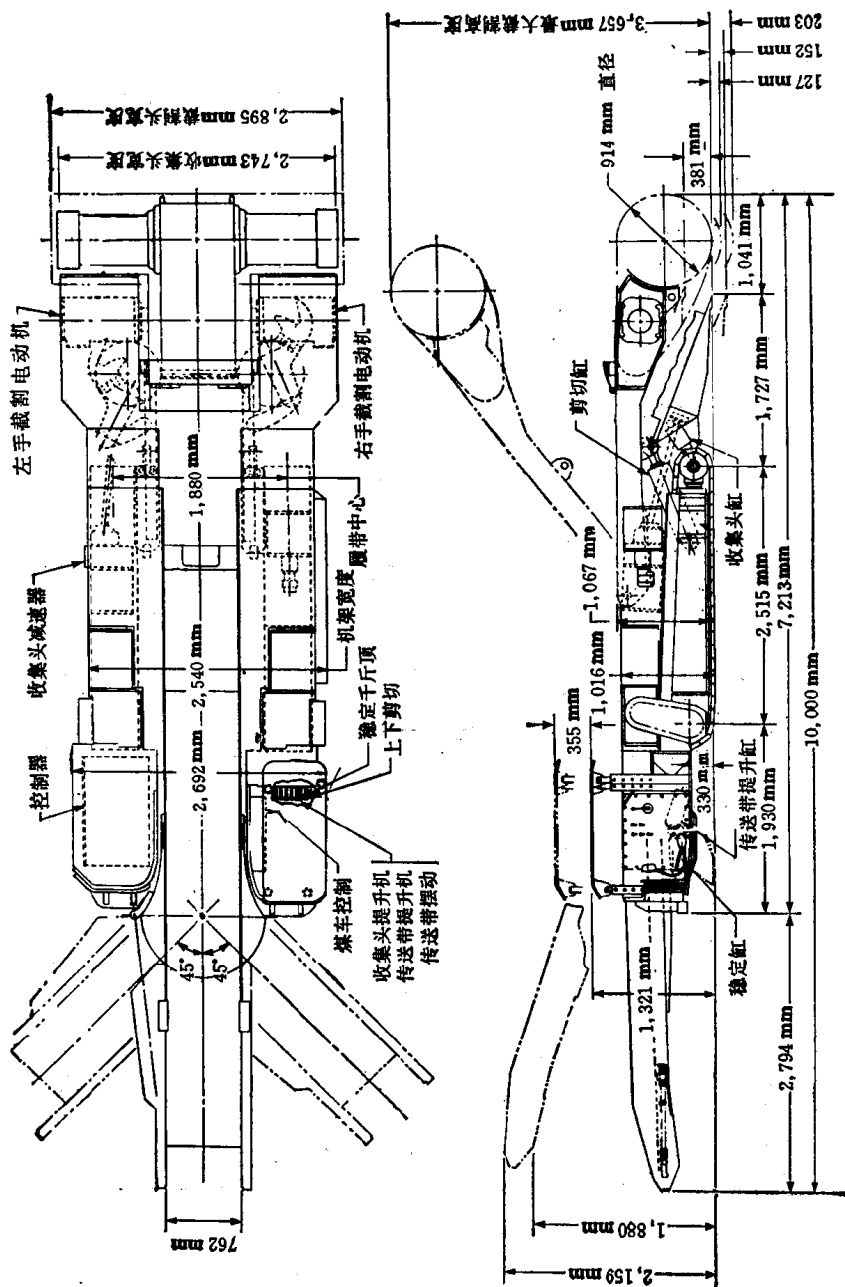


图 1-2 连续采煤机

前移支架,消除了此段的空顶面积,使移输送机的工序在支架的支护下进行,这种方法叫做“及时支护”方法。支架后方为采空区。由此可见,液压支架既起着工作空间的支护作用,又起着处理采空区顶板(放顶)的作用。

割煤、移输送机 and 移液压支架等工序过程全部完成后为一个采煤工艺循环。

二、近水平煤层房柱式短壁工作面综合机械化采煤工艺系统

在美国和澳大利亚等国家中,广泛地采用房柱式采煤法。煤房工作面的采煤工艺中使用着采煤机、梭车、转载破碎机、胶带输送机和锚杆机等设备。这些设备配套在一起,形成了破、装、运、支等工艺过程全部机械化,即综合机械化。这种工作面的综合机械化采煤工艺习惯称为连续采煤工艺系统,它是相对于传统式,在一个煤房中破、装、运工序不连续而言的。美国目前采用这种工艺系统的产量约占井工产量的64%(1987年资料),1983年全员效率为10.2t/工(商品煤),连续采煤机的最高月产达12.1万t(76个班)。

连续采煤工艺系统与长壁综采工艺系统相比,优点有:设备投资少,一般一套采煤设备的价格为长壁综采的1/5~1/6,建设一个规模相同的矿井,连续采煤工艺系统的设备投资较低;采、掘可以使用同一类型的机械设备,便于实现采掘合一,使矿井开拓及准备工作量减少,建井期短,出煤快;设备运行灵活,搬迁方便;采场压力小,支护简单。但是,它具有煤炭回收率低;通风条件差等缺点。我国煤层赋存条件多种多样,可以采用这种工艺系统作为长壁综采工艺的一种补充,在条件适合时使用。目前,在我国个别局矿已开始使用。

连续采煤工艺系统中使用的主要设备有:连续采煤机,包括横滚筒和纵螺旋两大类,它们与掘进机相类似,如图1-2所示;梭车又称为自行矿车。它是自带驱动,自行卸载的胶轮大型运输车,可在10°以内的坡道上行走,其装载量有1.8—4.5、4.5—11、11—14t等三种;锚杆机是装设锚杆支架的支护机械设备,如图1-3所示。

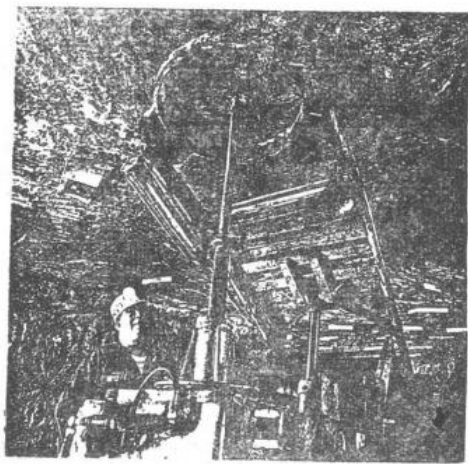


图1-3 锚杆机

连续采煤工艺系统如图1-4所示。滚筒式连续采煤机1在Ⅲ号煤房中左侧工作,直到司机已到最后一排锚杆的位置,约距机头顶端6~7m时,停止前进割煤。第一次采掘的宽度约为3m,然后退出来,移至另一侧,进行第二次截割,采掘的顺序如图1-5所示。采煤机截割下的煤炭由它本身的装运部件装入梭车2中,运出煤房,到转载破碎机3处,

再由胶带输送机运送到煤仓中。通常,运煤使用两部梭车,在产量高的情况下可以使用三部梭车。当Ⅲ号煤房采掘到要求宽度后,清理底板,打临时支柱,为锚杆机进入做好准备。锚杆机在Ⅳ号煤房中打完锚杆,转移到Ⅲ号煤房,安装永久性锚杆。这时采煤机进入Ⅳ号

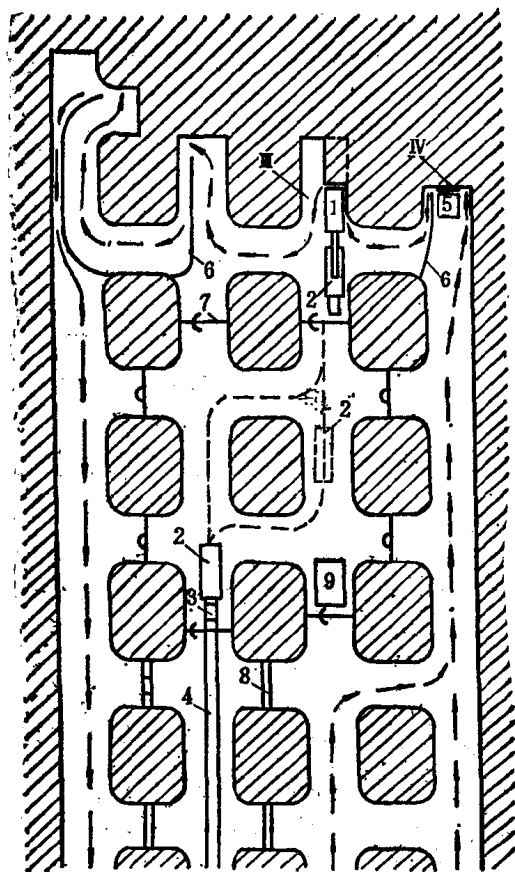


图 1-4 连续采煤工艺系统

1—连续采煤机, 2—梭车, 3—转载破碎机, 4—胶带机, 5—锚杆机, 6—纵向风障, 7—风帘, 8—风墙, 9—电源中心

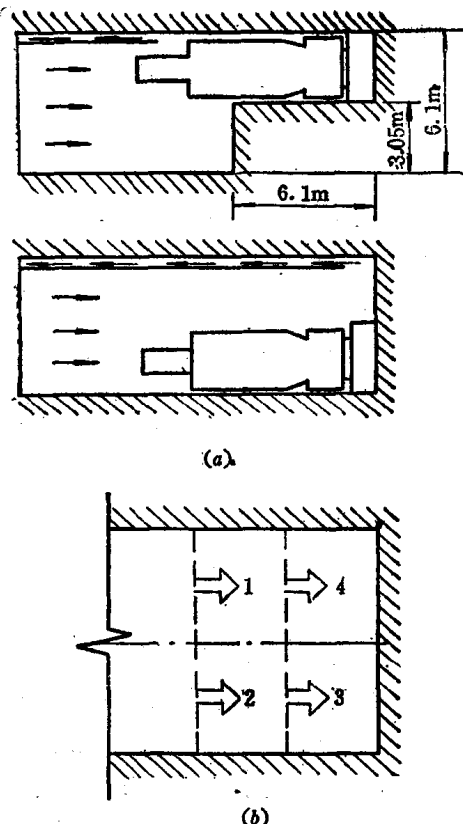


图 1-5 采煤机的位置及其截割顺序

煤房进行采掘。煤房工作面通风多利用全矿井负压,风障导流方法,如图中实线箭头所示。

煤柱回收的工艺系统基本上与上述相同,但回采顺序由前进式改为后退式。

第二节 一般机械化采煤工艺系统

一般机械化采煤工艺系统是指在回采工作面中,利用滚筒式采煤机或刨煤机与单体支柱配套进行采煤的工艺系统。它与综采工艺的差别是支护、放顶工序需人工进行。因此,这种工艺系统的体力劳动量较大,在技术经济效果上,以及安全程度上都远不及综采工艺系统好。

在一般机械化工作面中,单体支柱可使用金属摩擦支柱或单体液压支柱。使用金属摩擦支柱时,通常称为普通机械化采煤工艺,简称为普采工艺。使用液压支柱时,与摩擦

支柱相比,其力学性能,支护与控制顶板的效果都较好,而且往往配用大功率的采煤机和输送机,是一种高档次的普通机械化。所以亦俗称为高档普采采煤工艺。

无论是在哪种普采工作面中,单体支柱的布置形式很多,可以因顶板条件不同而异,

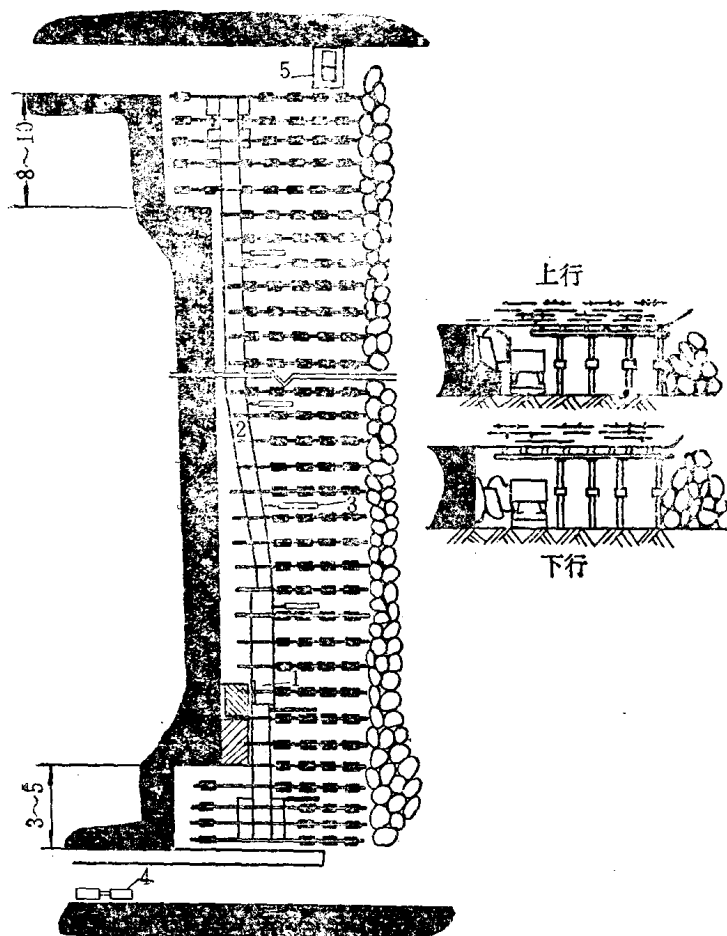


图 1-6 普采工作面布置示例图

1—采煤机; 2—可弯曲输送机; 3—移溜千斤顶; 4—油泵; 5—回柱绞车

这将在第四章中详述。采煤机可为单滚筒或双滚筒。图 1-6 所示为普采或高档普采工作面总布置的示例图。图中使用单滚筒采煤机,滚筒直径为 1.25m,截深为 1.0m。由于采高大于采煤机滚筒直径,所以在厚度方向上滚筒要分两次截割。工作面为“三、五”排控顶,机道宽 1.2m,最小控顶距为 3.5m,最大控顶距为 5.5m。由于输送机机头和机尾的影响,采煤机将不能截割工作面全长,两端须用打眼放炮方法预开缺口。下缺口比输送机机头稍长,一般为 3—5m;上缺口还要增加采煤机及电缆架的长度,一般为 8—10m。

图中所示的生产工艺过程为:采煤机上行割顶煤(破煤和装煤)→挂顶梁→采煤机下行割底煤(破煤和装煤)→移可弯曲输送机→支设立柱。采煤机往返一次割煤一刀,进尺 1.0m。当割煤两刀,进尺 2m,达到最大控顶距后,需要回两排柱,将顶板放落,此工序过程称为回柱放顶。通常,回柱放顶工艺都安排一个整班完成,因此,在此班内还应进行设备检修或其它生产准备工作。这样,工作面中完成破、装、运、支、回全部过程后,即为一个采煤工艺循环。