

采煤学

CAIMEIXUE

中国矿业学院等院校编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书从总结我国煤矿生产建设的经验出发,较全面系统地阐述了我国煤矿地下开采科学技术的基本原理和方法。重点介绍了可供借鉴的国外煤矿开采的先进技术。本书可作为大专院校煤矿地下开采专业的教材,也可供从事煤矿开采的科研、设计和技术人员参考。

采 煤 学

上 册

中国矿业学院等院校编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₁₆ 印张 26¹/₄

字数 630 千字 印数1—15.760

1979年11月第1版 1979年11月第1次印刷

书号15035·2247 定价2.70元



编者的话

《采煤学》是一九五九年出版的，到现在已有二十年了。在此期间，我国煤炭工业获得了很大发展，煤矿技术面貌也发生了巨大变化。为实现在本世纪末把我国建设成为社会主义现代化强国的宏伟目标，作为基础工业的煤炭工业必须以更高的速度向前发展。为了适应形势发展的要求，我们修编了这本《采煤学》。

《采煤学》是在一九七三年十二所院校协编的《煤矿地下开采》一书的基础上修编的。一九七七年，煤炭部教育司和煤炭工业出版社，专门组织召开了《采煤学》修编座谈会，有十四个煤矿院校和“七·二一”工人大学的二十多位代表参加。会议讨论并制订了《采煤学》的编写大纲，确定由中国矿业学院和阜新煤矿学院部分同志执笔编写，其它院校分别提供素材和专题调查研究资料。在各院校的大力支持下，执笔同志编写出《采煤学》初稿。初稿完成后，又召开了审稿会议。参加会议的有煤炭工业部科技局、煤炭科学研究院、煤炭规划设计院、大同矿务局，以及十多所煤矿院校的三十多位同志。经过逐章审查，提出了许多重要的修改意见。在修改定稿的过程中，又接到了许多单位和同志提出的宝贵建议。在此，向大家表示衷心地感谢。

由于我们的思想和业务水平不高，本书一定存在着不少缺点和错误，恳切地希望读者提出批评和指正。

编者 一九七九年一月

目 录

绪 论

第一篇 回采工作面矿山压力与支护结构的分析

第 1 章 矿山压力的形成	8
第一节 基本概念	8
第二节 岩体内的原始应力状态	11
第三节 “孔”的周边应力分布状态	13
第四节 煤岩的强度概念	15
第五节 围岩的极限平衡与支承压力	23
第六节 支承压力在岩层内的传播	24
第 2 章 缓斜煤层回采工作面矿山压力基本规律	26
第一节 缓斜煤层回采工作面初次来压前矿山压力基本规律	26
第二节 一般状态下回采工作面矿山压力基本特征	35
第三节 回采工作面围岩组成对矿山压力的影响	46
第四节 影响回采工作面矿山压力的主要因素	50
第 3 章 支架的工作特性及基本结构	56
第一节 回采工作面单体支架	56
第二节 回采工作面液压支架	67
第 4 章 回采工作面支架与围岩关系以及支护结构的分析	78
第一节 支架与围岩关系的含义	78
第二节 顶板下沉量与支架规格的选定	82
第三节 工作面顶板压力的一般估算	84
第四节 单体支架与围岩的关系	87
第五节 支撑式液压支架与围岩的关系	91
第六节 掩护式液压支架与围岩的关系	98
第七节 支撑掩护式液压支架	105
第八节 支柱的初撑力对顶板管理的影响	109
第九节 支架强度校核	110
第 5 章 矿压观测与研究方法	117
第一节 概论	117
第二节 回采工作面矿压观测	124
第三节 顶板统计观测方法	136
第四节 自移支架外载测量	141

第二篇 采煤方法及采区巷道布置

第 6 章 长壁工作面回采工艺	150
第一节 回采工艺的发展及选择原则	150

第二节	一般机械化采煤	151
第三节	综合机械化采煤	169
第四节	爆破采煤	189
第五节	其他条件下的回采工艺	192
第7章	回采工作面工艺设计	204
第一节	回采工作面长度及生产组织	204
第二节	特殊条件下的回采措施	212
第三节	回采作业规程的编制及回采工艺方式选择	219
第8章	采区巷道布置和生产系统	221
第一节	概述	221
第二节	采区巷道布置和生产系统	222
第三节	采区运输和通风对巷道布置的影响	231
第9章	采区巷道布置分析	237
第一节	巷道维护的基本概念	237
第二节	区段平巷(顺槽)布置	240
第三节	区段集中巷的布置	248
第四节	采区上下山布置	253
第五节	采区车场形式	261
第10章	采区主要参数和巷道布置选择	267
第一节	采区主要参数选择	267
第二节	采区巷道联合布置的分析和选择	273
第三节	采区巷道布置方案选择示例	277
第11章	盘区和倾斜长壁开采的巷道布置	281
第一节	近水平煤层盘区巷道布置	281
第二节	倾斜长壁开采时的巷道布置	291
第12章	急倾斜煤层的开采	298
第一节	概述	298
第二节	急倾斜煤层采区巷道布置的特点	299
第三节	倒台阶采煤法	305
第四节	伪倾斜柔性金属掩护支架采煤法	308
第五节	水平分层及斜切分层采煤法	318
第六节	仓储采煤法	323
第七节	研石充填采煤法	325
第八节	急倾斜煤层回采机械化	328

第三篇 矿 井 开 拓

第13章	矿井开拓概述	336
第一节	矿区开发及井田划分	336
第二节	矿井储量、生产能力和服务年限	339
第三节	井田开拓的基本问题	343
第14章	井筒(峒)布置	348
第一节	井筒(峒)的形式、数目及其配置	348

第二节 井筒位置的选择	359
第15章 开采水平划分及其布置	364
第一节 开采水平及采区划分	364
第二节 开采水平布置	374
第三节 井底车场形式及其选择	384
第16章 矿井开拓延深及技术改造	396
第一节 矿井的采掘关系	396
第二节 矿井开拓延深	401
第三节 老矿挖潜和矿井技术改造	408

绪 论

(一)

煤炭是我国的基本燃料，在相当长的时期内仍将是我国能源的主要组成部分。我国工业、农业、交通运输事业的飞跃发展，要求供应更多的煤炭。煤又是工业的重要原料，从煤中可以提取二百多种产品。这些产品都是我国社会主义建设和人民生活所必需的。因此，为在我国实现工业、农业、国防和科学技术的现代化、在本世纪末建成伟大的社会主义强国，必须高速度地发展煤炭工业。

我国有丰富的矿产资源，煤炭储量之丰富居于世界前列，而且煤种齐全，煤田分布遍及全国各地，这就为发展煤炭工业提供了良好的资源条件。

我国是世界上最早利用天然矿产的国家之一。远在公元前约 500 年的春秋战国时期，煤已经成为一种重要产品。公元前一世纪，煤已用于冶铁和炼铜。十七世纪中叶，明末宋应星编著的《天工开物》，系统地记载了古代的生产技术，其中就有关于煤的开采技术，包括地质、开拓、采煤、支护、通风、提升及瓦斯排放等技术的全面记述。这就足以证明当时的采煤事业已得到了相当普遍的发展。但是，由于长期的封建制度的桎梏，煤炭开采始终停留在手工业生产的水平上。十九世纪五十年代以后，中国封建制度日趋解体，资本主义因素逐渐增长，帝国主义入侵中国，我国出现了近代工业，开办了用机器生产（主要是提升、运输、通风、排水）的煤矿。在旧中国，在帝国主义、封建主义、官僚资本主义的压榨下，煤矿是资本家攫取高额利润的场所，煤矿工人受尽最残酷的压迫和剥削，开采技术极为落后，生命安全毫无保障，灾害事故层出不穷，煤炭资源遭受破坏。

新中国的成立，为我国煤炭工业的飞跃发展开辟了广阔的前途。建国三十年来，我国煤炭工业发生了深刻的变化，开发了数十个新矿区，建设了大批新矿井，改造、扩建了原有的老矿井，使煤矿生产能力迅速提高，原煤产量飞速增长。1949 年我国原煤产量只有 3200 万吨，而到 1978 年原煤产量突破了六亿吨。由于在江南、西南、西北的许多煤田进行了大规模的新矿区建设，使这些原来缺煤的地区有了较雄厚的煤炭工业基础，我国煤炭工业的布局有了明显的改善。随着煤炭生产的发展，我国煤矿开采技术、采掘机械化水平和生产集中化程度有了较大的提高。从年产煤量来看，现在矿井的一些采区已相当于五十年代的一个大型矿井，而日产万吨煤以上的大型骨干企业已建成数十个。在旧中国，矿山机械设备完全依赖从国外进口，为了适应新中国大规模煤矿生产建设的需要，我国新建了矿山机械制造工业，不仅能成套地制造矿井提升、运输、通风、排水等所需的大型设备，还能成批生产现代的采掘机械，并正研制现代化的综合机械化采煤设备。解放前，我国还不能进行矿井设计，经过解放后二十多年的努力，我们不但能进行年产数百万吨煤炭的特大型矿井的设计和施工，还能用国产设备装备，并顺利地进行生产。为适应煤矿生产建设的发展，我们还加强了地质勘探，新建了许多选煤厂和机修厂，开展了煤炭科学技术研究，并

已有一定基础。

高速度发展煤炭工业，必须充分挖掘现有企业的潜力，努力提高采煤工作面单产、掘进工作面单进、劳动生产率和资源回收率，改进矿井开拓布署，改造矿井生产环节，提高矿井综合生产能力，大幅度地增产煤炭；要扩大基本建设规模，集中兵力打歼灭战，改革矿井设计，采用先进技术，保证工程质量，加快施工速度，加快矿井建设，迅速增加新建和投产矿井能力，特别是缺煤地区的矿井生产能力，进一步改善煤炭工业的布局；要进一步发挥中央和地方两个积极性，大力发展和改造地方小煤矿；要发展煤炭洗选，提高煤质，合理利用煤炭，开采低热值燃料，大搞综合利用；还要加强煤田地质勘探，加速发展煤矿机械制造，切实搞好安全生产，加强企业管理。应该强调指出，煤炭工业的根本出路在于机械化，只有实现机械化、现代化，才能大幅度提高劳动生产率，高速度地发展煤炭工业。为此，重点煤矿要实现采掘机械化，大力推广综合机械化，条件适合的积极发展水力采煤，努力实现运输联动化、提升自动化、通讯调度电子化；要自力更生、艰苦奋斗、因地制宜地发展地方煤矿生产过程的机械化。煤炭工业要现代化，关键在于科学技术的现代化。要大力开展科学研究，研制采掘、运输、支护等新设备，研究开采、通风、安全、生产自动化及特殊条件下采煤的新技术新工艺，加强矿山压力及控制、煤岩破碎、瓦斯赋存规律等基础理论的研究，研究利用电子技术、电子计算机、高压细射流、激光、红外线、煤炭气化及液化等新技术，努力赶超世界先进水平。为实现煤炭工业的现代化，必须大大提高全体煤矿职工的科学文化水平，培养和建设一支强大的又红又专的煤炭科学技术队伍。

(二)

我国煤矿开采有悠久的历史，煤矿开采技术的发展经历了漫长的道路。

在二十世纪以前的漫长岁月里，采用手工业生产，人力操作，工具简陋，生产能力低，劳动强度大，开采范围狭小，坑道布置简单，基本上靠掘进巷道出煤。

火药的发明，钻眼爆破技术的应用，革新了煤矿开采技术。

动力机械应用于煤矿，提高了矿井生产能力，扩大了矿井开采范围，促进了开采技术的发展。采用机械来排除井下积水、提升煤炭，增加了矿井开采的深度；采用机械运输井下煤炭和物料，可增加井下运输的距离和能力；采用机械通风，能改善井下的生产条件，提高劳动效率，满足大范围开采的需要。矿井开采的范围扩大，可以增加井下同时生产的区域。为适应井下生产发展的需要，开掘了为采煤、运输、通风等专门用途的巷道，使井下坑道布置的形式和系统有了新的发展。但是，直到新中国成立前，在采煤方法方面，我国煤矿仍然采用落后的残柱法和高落式，它需要沿煤层走向和倾斜开掘大量的煤巷，回采由巷道切割成的部分小块煤柱，采煤工作面不支护或极少支护，这种方法巷道掘进率大，产煤量少，劳动生产率低，通风条件恶劣，生产很不安全，资源损失很多。

新中国成立后，煤炭工业领导部门迅速作出了推行新生产方法和安全生产的决定，开展了采煤方法改革。短短数年间，大部分煤矿改用了以长工作面为特征（长壁式）的采煤方法，制订了技术操作规程，加强了采煤工作面的支护，普遍采用爆破落煤和链板运输机运煤，并使用机械回柱、全部垮落法处理采空区。新采煤法的应用，提高了工作面生产能力，减轻了工人笨重体力劳动，改善了顶板管理和工作面的通风，减少了资源损失，显著提高了采煤的技术经济效果。

从五十年代开始,为探索回采工作的机械化,我国采用了截煤机掏槽、爆破落煤及装煤,由于工序多且复杂,还需部分人力装煤,效果并不十分显著。与此同时,试用了深截式的联合采煤机,由于这种机械的功率小、截深大、速度慢、需要专用的采煤机道,造成采煤后暴露的顶板面积大,不易控制,故其使用效果也不理想,没有获得推广。

1958年,我国开始试验水力采煤,建立了水力机械化采煤的采区,其后并建设了水力机械化采煤的矿井。水力采煤大大简化了破煤、装煤、运煤的工艺,简化了矿井的主要生产系统,取得了良好的技术经济效果,开辟了机械化采煤的又一条道路。

到了六十年代,我国研制、试验了浅截式采煤机、可弯曲链板运输机,配合金属支柱及金属铰接顶梁的应用,实现了破煤、装煤、运煤、移运输机的机械化。简化了采煤工作面的生产工序,为增加采煤工作面的长度、提高工作面生产能力和劳动生产率提供了物质基础。

进入七十年代以来,为了赶超世界先进水平、彻底改变采煤的技术面貌,实现采煤的综合机械化,我国研制试用了自移式液压支架、大功率采煤机、强力可弯曲链板运输机、可伸缩胶带输送机,发展综合机械化采煤工艺,取得了可喜的成果。

采煤机械的应用、采煤工艺的进步、井下开采技术和装备的发展,促进了巷道布置的改革。五十年代初,采用新采煤法,使井下采煤巷道的布置发生了巨大的变革,巷道掘进率大为降低,采煤工作面单产大幅度提高。随着采煤工艺的发展和采煤速度的加快,逐渐加大了采煤工作面的几何尺寸,工作面产量日益提高,要求建立与之相适应的完善的生产系统,而新型胶带输送机等运输设备的研制和使用,掘进技术的进步,又使改革巷道布置和生产系统成为可能。在六十年代前后,在完善采区巷道布置和生产系统的同时,逐步扩大了采区的开采范围,发展了共用一套生产系统的联合布置采区,使生产更为集中。采煤工作面 and 采区生产集中化的发展,要求大巷有可靠的较大的运输能力,原来分散的沿各煤层开掘的大巷维护条件差,通过能力低,不适应发展生产的要求,许多矿井相继把大巷等主要巷道布置在坚硬的岩层里,并装备新型运输设备和设施,保证了水平生产集中化的需要。实践证明,生产集中化是促进巷道布置改革的主要因素。近年来,综合机械化采煤的发展,使采煤工作面的单产成倍增长,出现了以少数工作面保证矿井高产稳产的前景,加上矿井生产自动化的研究和实施,将会进一步促进矿井巷道布置的改革,把我国煤矿开采技术提高到一个更高的水平。

(三)

采煤学是研究煤矿开采技术的综合性的技术科学。

根据煤层的赋存情况和开采技术条件的不同,煤矿或采用地下(矿井)开采,或用露天开采。露天开采的生产能力大,劳动生产率高,材料消耗少,生产成本低,劳动条件好;由于采煤前需剥去煤层上部的覆盖岩层,工程量较大,故只有当剥采比不大时才可以采用(剥采比是剥离的岩石体积与采出的煤炭重量之比,我国宜于采用露天开采的剥采比一般不超过 $6\sim 10$ 米³/吨),我国煤炭总产量中露天开采所占的比重约占3%。矿井开采能适应各种不同的地质条件,应用极广,其采煤量约占全国煤炭产量的97%。

煤矿矿井开采的重要特点是地下作业。采用矿井开采时,要开凿井筒通至地下,掘进巷道,布置采区和采煤工作面,进行采煤,采掘工作面要及时支护,采煤后的采空区应进

行处理,采出的煤、矸要运输并提升到地面。为保证井下生产,井下需动力、照明、通讯,为保证井下安全,要同井下可能发生的灾害作斗争,还要搞好各项工作的配合。因此,煤矿地下开采的生产环节多,工序复杂,要以开采为中心,搞好掘进、运输、提升、通风、排水、动力供应、地面布置及生产系统等的配合,搞好生产技术及组织管理。

煤矿地下开采的是条件各异的自然资源,井下生产场所要随煤炭的逐步采出而不断移动,为维护矿井的持续生产,要不断地开掘巷道,进行基建工作,在生产的同时进行准备,这是采煤工业的又一特点,这也增加了煤矿地下开采的复杂性。

研究煤矿地下开采的采煤学主要研究矿井的开采方法,即矿井的开拓部署、巷道布置和采煤方法,以及特殊条件下的开采技术和方法。为要研究开采方法,就必须研究井下的具体条件,地下开采与开采所引起的矿山压力的关系,矿山压力显现的规律及其控制。前已指出,矿井开采是一个复杂的生产过程,必须综合运用地质、测量、井巷掘进与支护、运输、提升、通风、排水、动力供应、安全、机械化、自动化等技术,推行先进的企业管理。由此可见,矿井开采方法和这些技术有多么密切的关系,在一定程度上可以说是这些技术的综合应用和反映。它的发展既提出改进这些各别技术的要求,它又因这些各别技术的进步而不断发展,这就要求在研究采煤学时应阐明开采技术与这些问题的相互联系,并能展望其发展。

煤矿地下开采破坏了岩体的原始应力状态,形成矿山压力。掌握矿山压力显现的规律,进而有效地控制矿山压力是煤矿地下开采特有的基本任务。在整个矿井开采期间,无论是巷道的掘进和支护,回采工作面的采煤和顶板管理,井下巷道的布置和维护,井下各部分合理的开采布置,以至采煤综合机械化和“三下”采煤的实现等等,都离不开对矿山压力显现规律的认识和控制。开采技术发展愈完善,对矿山压力显现的规律揭露愈透彻;反过来说,对矿山压力显现规律认识愈深刻,就更能够利用它来改进开采技术。从这个意义上说,矿山压力及其控制是现代采煤学的一个重要基础。

采煤方法是煤矿生产的中心。回采工作面是煤矿生产的最前线。采用合理的采煤方法、搞好回采工作面的生产是搞好矿井生产的关键。研究掌握采煤方法、尤其是回采工艺的有关知识,不仅是搞好回采工作面生产所必需的,而且也是研究采区巷道布置及矿井开采技术的基础。

采区是组成矿井的基本单位。采区生产以回采为核心,同时又包括掘进、运输、装载、通风、供电、维修等环节。采区巷道布置和生产系统既要适合采煤方法的发展,又要有利于矿井的开拓。研究掌握采区生产技术的有关知识和规律,就能更好地为回采工作面生产创造良好的条件,更有利于矿井的开采。

矿井开拓是整个矿井开采的全局性的战略部署。研究了采煤方法、采区巷道布置等局部性的东西,就容易了解全局性的开拓问题;而研究掌握矿井开拓的有关知识,就更会使用局部性的东西,搞好采区布置,为井下采煤创造更好的条件,提高矿井开采的技术经济效益。

煤矿所开采的是条件各异的煤炭资源,开采技术随煤层赋存情况不同而有很大的差异。就我国的具体情况来说,主要开采缓倾斜煤层。全国统配煤矿总产量中,采自缓倾斜煤层的产量约占80%,倾斜煤层的产量约占14%,急倾斜煤层的产量不足6%;绝大多数煤矿采用全部垮落法管理顶板,用充填法管理顶板采出的煤量不到5%;绝大部分矿井采用一

般机械化开采（早采），用水力机械化采煤的产量约占3%。

基于以上认识，并从采煤专业应对矿井开采有较全面的知识出发，本书第一篇首先研究矿山压力显现规律，分析采场支护结构；第二篇分析采煤方法和巷道布置；第三篇阐述矿井开拓的主要问题；第四篇阐述矿井开采设计的内容及方法；最后第五篇扼要叙述特殊情况下的开采技术。

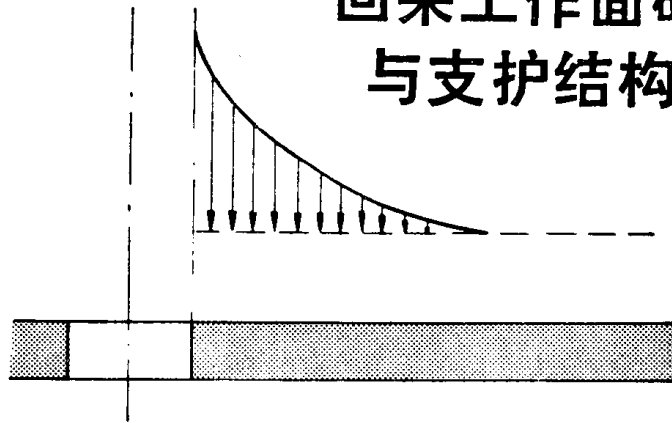
应该指出，我国幅员辽阔，各地区煤田地质条件类型多样，所使用的开采方法种类繁多，而且正不断发展。本书从总结我国煤矿生产建设的经验出发，吸取国外可供借鉴的先进技术，着重阐述煤矿开采科学技术的基本原理和方法，读者应注意掌握所分析问题的实质，而不应死记条文。

我国煤矿生产建设正迅速发展，煤矿开采技术在不断进步，经过广大煤矿职工的努力奋斗，一定能够更快地发展煤炭工业，迅速地改变煤矿生产技术面貌，使我国煤矿地下开采科学技术登上新的高峰。



第一篇

回采工作面矿山压力 与支护结构的分析



第1章 矿山压力的形成

第一节 基本概念

一、矿山压力的含义

岩体在采动前，由于岩体本身自重的作用而产生了力。这种力是平衡的，因而引起了岩体内部的应力，即一般所称的原始应力状态。当开掘巷道或开采以后，破坏了原来的应力状态，引起了岩体内部的应力重新分布。当重新分布后的作用力超过了煤岩的强度，则巷道及回采工作面周围的岩体及其内部的支护物将发生变形、破坏甚至垮落。这种情况直到岩体内部重新形成了新的平衡为止。这时巷道及回采工作面周围岩体内存在着一个和原始应力状态完全不同的新的应力状态。所谓矿山压力就是指由于开采后所引起的巷道及回采工作面周围岩体内的力及其作用过程。

在矿山压力的作用下，引起了一系列的自然现象，例如顶板下沉和垮落、底板隆起、煤壁片帮、支架变形和破坏、充填物沉缩、岩层和地表移动、煤的压出、矿山冲击等等。这一系列现象统称为矿山压力显现。

为了安全和合理地进行采矿工作就必须控制矿山压力。控制矿山压力的主要措施是支护工作空间与采空区处理。对于采区巷道则还必须寻求一个合适的位置既利于生产又利于维护。

对回采工作面来说，矿山压力与支护是一对矛盾，只有很好了解矿山压力才有可能很好地支护所需的工作空间。两者的研究工作必须紧密地结合起来。当然矿山压力的研究不仅为支护服务，但支护却是其最重要目的之一。

尤其是采用综合机械化采煤以来，进一步要求更深入地研究矿山压力使支架结构与其相适应。自1973年以来首先在大同、徐州、开滦、阳泉和本溪等地试验并研制了液压自移支架，支护技术的发展有了一个较大的飞跃。因此液压自移支架的结构及运行方式如何适应于各种情况下回采工作面的矿山压力就成为重要的研究课题。事实证明若支架结构与运行方式适应于矿山压力就为回采工作面高产、高效创造了有利条件。若不适应则常常严重地影响回采工作面的生产。

采矿工程的对象是煤与岩石。对开掘巷道及回采后岩层内的应力状态，及其在各种情况下所可能引起的煤、岩力学现象必须有一清晰的概念。

二、回采工作空间特点

“回采工作面”，又称“采面”或“采场”，是地下采取煤炭的主要场所，是煤炭生产的前线。回采工作面支护的目的主要是维护一个回采工作空间，以便设置采、运煤的设备；并且便于行人和运料。其断面能满足通风的要求。这样能便于矿工在这个空间内进行

正常作业。

回采工作空间的另一特点是：它既是维护的对象同时又是破坏的对象。回采工作的对象是煤壁，回采工作空间就必须随回采工作面的推进而移动。图 1-1 就是这样的过程。

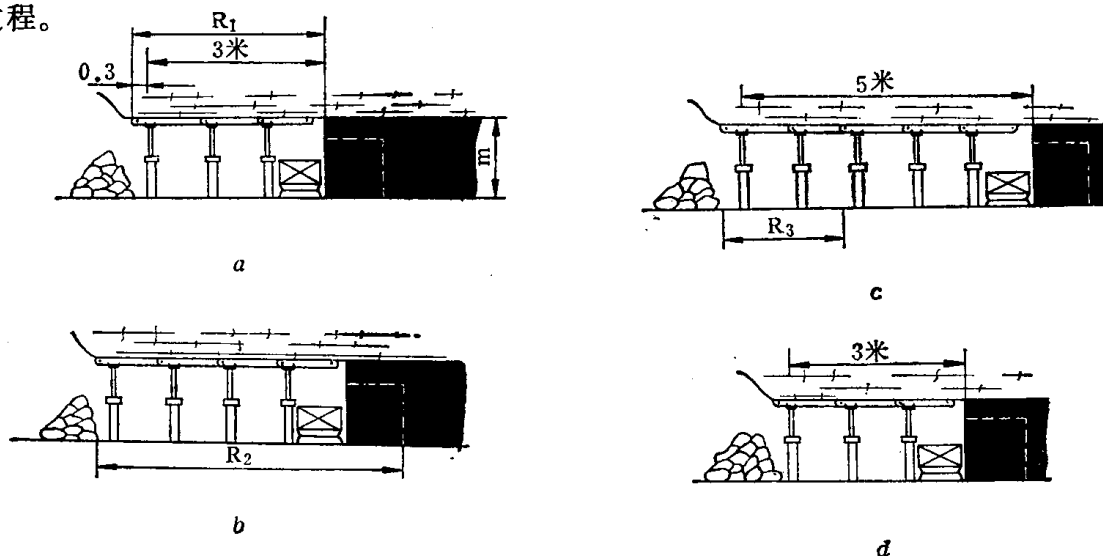


图 1-1 截煤及放顶前后的回采工作空间

图中 *a* 为落煤前支架形式，*m* 为采高， R_1 为最小控顶距。其空间必须满足设置采、运设备，行人及通风等要求。当截割一刀后则形成图中 *b* 的形式，控顶距随之扩大截割一刀的距离。当截割第二刀后则形成 *c* 的形式，此时控顶距 R_2 达到最大，称为最大控顶距。而后即进行放顶，形成 *d* 的形式。图中 $R_3 = R_2 - R_1$ 称为放顶距。此时 *d* 的形式又恢复到 *a* 的形式。

回采工作空间与地面厂房的车间起相类似的作用，由于它处于不断地推移之中，因而这种构筑物又具有临时构筑物的含义。

回采工作空间是处在岩层之中。煤层以上的岩层称为顶板，其下的岩层称为底板。在缓斜、水平及倾斜煤层中，回采工作空间主要是控制顶板。

一般把直接位于煤层之上的一层或几层岩层叫直接顶。它通常是由具有一定稳定性的，易于随回柱垮落的页岩或砂岩组成。

有时在煤层与直接顶之间有 0.3~0.5 米以下极易垮落的松散岩层（随采随冒），一般称之为伪顶。

通常位于直接顶之上，有时直接位于煤层之上厚而坚硬的岩层叫老顶。老顶通常是由砂岩、石灰岩、砂砾岩等组成。

直接位于煤层之下的岩层叫直接底。

随着煤的采出，采空区面积越来越大，为了保证回采工作面支护既经济又可靠，必须及时处理采空区。

处理采空区的办法有如下几种。

1. 全部垮落法，即采用垮落采空区的直接顶以充填采空区。目前主要使用的是这种办法，其回采工作面的形式如图 1-2 *a* 所示。

2. 充填采空区法，即由地面或井下采集充填料把采空区全部或局部充填满的办法，如

图1-2 b 所示。其中全部填满的办法叫全部充填法。充填采空区法一般用于特厚煤层分层开采，为了保护地面建筑物时也使用这种方法。局部充填采空区时叫局部充填法，一般采取垒砌研石带的办法。

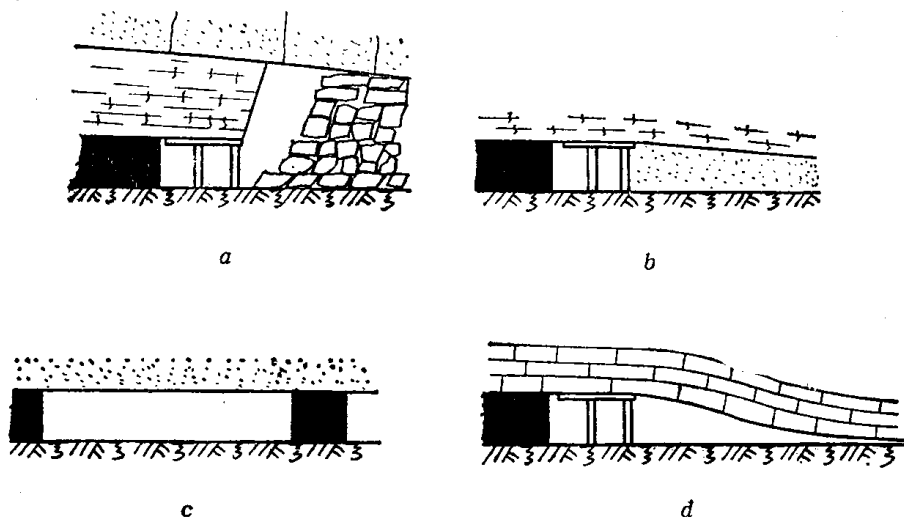


图 1-2 各种采空区处理法

3. 刀柱管理法，即采空区留煤柱支撑顶板如图1-2 c 所示。这种方法在直接顶是坚硬的岩层时使用。

4. 缓慢下沉法，即采过的空间由于顶板自身的挠曲下沉而把采空区闭合，如图1-2 d 所示。

三、回采工作面矿山压力主要显现

在实际生产过程中回采工作面有下述一系列矿山压力现象及习惯用指标。

1. 顶板下沉——一般指煤壁处刚裸露的顶板到采空区边缘的顶底板相对移近量，以 S_R 表示，常以毫米计。在缓斜煤层回采工作面由于顶板下沉量在一般情况下远比底臃量为大，因而简称为顶板下沉。

2. 顶板下沉速度——指单位时间内的顶底板移近量，一般以毫米/小时计。它表示顶板活动的剧烈程度。例如在缓斜工作面平时顶板下沉速度仅 0.5~1 毫米/小时，而当顶板活动剧烈时顶板下沉速度可达100毫米/小时，甚至更大。

3. 支柱载荷——随着顶板下沉回采工作面支柱受载也逐渐增加，一般可以用肉眼观察到柱帽的变形，破坏，剧烈时可以观察到支柱的变形及折损。具体数值可以用测力计或压力表测得。支柱所受的载荷一般用每平方米控顶面积的载荷大小来估量，即吨/米²，也有用每米工作面长度内所受的载荷来估量的，即吨/米。

4. 顶板破碎情况，以破碎度来衡量。常常以单位面积中冒落面积所占的百分数来表示。一般以液压支架的前柱到煤壁这段距离（即所谓无支护工作空间）的顶板破碎度来衡量这种支架管理顶板的效果。但也有用以说明支架上方的顶板完整程度的。

5. 局部冒顶，指回采工作面顶板形成局部塌落，它影响回采工作的正常进行。

6. 工作面切顶，或称大面积冒顶，指回采工作面由于顶板来压导致顶板沿工作面切落，常常造成对工作面生产的严重影响。

其它还有煤壁片帮，支柱折损，支柱插入底板等等一系列矿山压力显现。

第二节 岩体内的原始应力状态

先在岩体中任意取一小立方体岩块，分析其受力状态。此时岩块处于三向受力状态，如图1-3所示。在垂直方向岩块由于受上复岩层重量的压力而形成垂直应力 σ_1 ，由于这个作用力导致岩块发生三个方向的变形，即垂直方向的压缩，侧向的膨胀。但侧向由于受到无限的相邻岩体的限制，其变形只能是零。因此形成了岩块的侧向应力 σ_2 、 σ_3 。假若所取岩块处于如图1-3 b所示的位置，则由于相邻岩块无法阻止其变形，因而侧向应力 σ_3 即近于零。

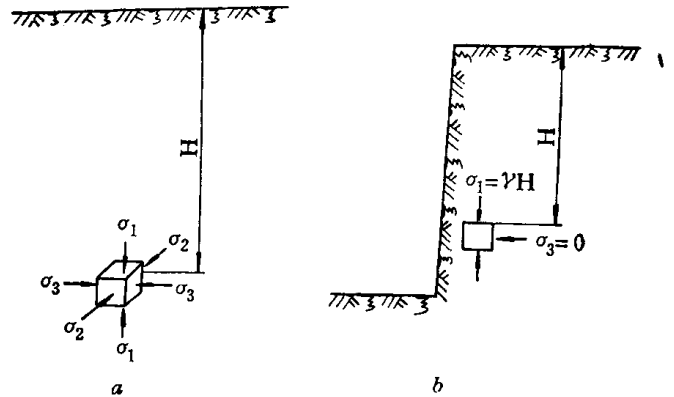


图 1-3 岩块所在位置与其应力状态

岩层中由于地质构造而形成的应力常常比较复杂。有时对矿山压力甚至起决定性作用。由于这种应力难于估计，因而在地质构造比较简单的地区常常不予考虑。

根据这种分析，岩块的垂直应力 σ_1 为：

$$\sigma_1 = \gamma H \text{ 吨/米}^2 \quad (1-1)$$

式中 γ ——上复岩层的平均容重取2.3~2.5吨/米³；

H ——岩块所在位置离地表的深度，米。

岩块的侧向应力 σ_2 、 σ_3 ，由于水平方向条件都是一致的，因此 $\sigma_2 = \sigma_3$ 。

由于 σ_2 、 σ_3 是由 σ_1 所引起，因此 σ_2 、 σ_3 与 σ_1 成正比。令侧向压力系数为 λ 。

则 $\sigma_2 = \sigma_3 = \lambda \sigma_1 \quad (1-2)$

λ 值的大小取决于岩块所处的力学状态。例如岩块是处于弹性变形状态，则在应力 σ 方向引起的形变为 $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ ，式中 E 为弹性模数，而在与 σ 成垂直的方向形成的形变为

$-\mu \frac{\sigma}{E}$ 。式中 μ 为岩块的泊松比，即在弹性变形范围内水平形变与垂直形变的比值。一

般情况下砂岩为0.2~0.3，煤为0.2~0.35。

因此岩块在 σ_1 方向引起的变形为：

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} - \mu \frac{\sigma_2}{E} - \mu \frac{\sigma_3}{E}$$

因为 $\sigma_2 = \sigma_3$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} - \mu \left(\frac{\sigma_2 + \sigma_3}{E} \right) = \frac{1}{E} \{ \sigma_1 - 2\mu\sigma_2 \}$$

而 σ_2 与 σ_3 方向的形变为：

$$\varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E} - \mu \frac{\sigma_1}{E} - \mu \frac{\sigma_3}{E} = -\frac{1}{E} \{ \sigma_2 - \mu(\sigma_1 + \sigma_3) \}$$

同理