



煤炭技工学校“十一五”规划教材

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

综 掘 工 艺

Z O N G J U E

G O N G Y I

煤炭工业出版社

责任编辑：张媛媛 袁 筠

编 辑：申 浩

封面设计：晓 杰

《综采电气维修技术》

《综采液压支架使用与维修》

《综采运输机械使用与维修》

《综采采煤机使用与维修》

《综掘工艺》

《矿井提升机拖动与控制技术》

《电钳工艺学》

《煤矿安全检测仪器与监控系统》

《矿山固定机械与运输设备》

《矿山电工学》

ISBN 978-7-5020-3938-7



9 787502 039387 >

定价：22.00 元

煤炭技工学校“十一五”规划教材

综 掘 工 艺

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会 编

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书内容包括地史基本知识及煤岩性质,巷道分类及断面形状、尺寸,综掘支护,掘进机掘进工艺,快速掘进机械化作业线及其比较,常用掘进机操作使用和维护,综掘通风与安全,以及综掘工作面劳动组织、正规循环及质量管理。

该书适用于煤炭职业院校教学、工人在职培训、就业前培训等,也可供初中以上文化程度工人自学。

图书在版编目(CIP)数据

综掘工艺/中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

编. --北京:煤炭工业出版社,2011

煤炭技工学校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3938-7

I. ①综… II. ①中… III. ①综合机械化掘进-技工学校-教材 IV. ①TD263.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第203888号

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居35号 100029)

网址:www.cciph.com.cn

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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 11

字数 256 千字 印数 1—5 000

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

社内编号 6759 定价 22.00 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

中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会

名 誉 主 任	朱德仁					
主 任	邱 江					
常 务 副 主 任	刘 富					
副 主 任	刘爱菊	吕一中	肖仁政	张西月	郝临山	魏焕成
	曹允伟	仵自连	桂和荣	雷家鹏	张贵金	韩文东
	李传涛	孙怀湘	程建业			
秘 书 长 委 员	刘 富（兼）					
	（按姓氏笔画为序）					
	牛宪民	王 枕	王明生	王树明	王朗辉	甘志国
	白文富	仵自连	任秀志	刘爱菊	刘 富	吕一中
	孙怀湘	孙茂林	齐福全	何富贤	余传栋	吴丁良
	张久援	张先民	张延刚	张西月	张贵金	张瑞清
	李传涛	肖仁政	辛洪波	邱 江	邹京生	陈季言
	屈新安	林木生	范洪春	侯印浩	赵 杰	赵俊谦
	郝临山	夏金平	桂和荣	涂国志	曹中林	梁茂庆
	曾现周	温永康	程光岭	程建业	董 礼	谢宗东
	谢明荣	韩文东	雷家鹏	题正义	魏焕成	
	主 编	孙毅刚	秦文和			

前 言

为适应煤炭工业新形势对煤炭职业教育和职工培训工作的要求，加快煤炭职业教育教材建设步伐，坚持“改革创新、突出特色、提高质量、适应发展”的指导思想，完成“创新结构、配套专业、完善内容、提高质量”的工作任务，中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会于2004年5月份召开了第一次全体会议，对煤炭行业职业教育教材建设工作提出了具体意见和要求。经过几年的工作，煤炭行业职业教育教材建设工作进展顺利，煤炭行业职业教育教材建设“十一五”规划已经完成，新的教学方法研究和新的教材开发都取得了可喜成绩。一套“结构科学、特色突出、专业配套、质量优良”的煤炭技工学校通用教材正在陆续出版发行，将为煤炭职业教育的不断发展提供有力的技术支持。

这套教材主要适用于煤炭技工学校教学及工人在职培训、就业前培训，也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《综掘工艺》是这套教材中的一种，是根据经劳动和社会保障部批准的全国煤矿技工学校统一教学计划、教学大纲的规定编写的，经中国煤炭教育协会职业教育教材编审委员会审定，并认定为合格教材，是全国煤炭技工学校教学，工人在职培训、就业前培训的必备的统一教材。

本教材由孙毅刚、秦文和主编。另外，在本教材的编写过程中，得到了有关煤炭技工学校的广大教师和煤矿企业有关工程技术人员的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

中国煤炭教育协会职业教育教材

编审委员会

2011年9月

目 次

绪论	1
第一章 地史基本知识及煤岩性质	5
第一节 地质年代单位和地层单位	5
第二节 煤及煤层特性	13
第三节 岩石性质及工程分级	19
第二章 巷道分类及断面形状、尺寸	24
第一节 井巷分类	24
第二节 巷道断面形状及尺寸确定	28
第三节 巷道地压	30
第三章 综掘支护	33
第一节 棚式支架及支护工艺	33
第二节 锚杆锚索支护形式及选择	45
第三节 锚杆与锚索支护施工工艺	53
第四节 煤巷锚杆支护施工机具	57
第四章 掘进机掘进工艺	70
第一节 掘进机概述	70
第二节 掘进工艺	71
第三节 掘进机操作	77
第四节 掘进机截割方法选择原则与要求	84
第五节 综掘机械化作业线形式	87
第六节 综掘机械化作业线配套设备选型原则	94
第七节 综掘辅助运输形式	96
第五章 几种快速掘进机械化作业线介绍与比较	99
第一节 连续采煤机组与锚杆钻机掘进作业线	99
第二节 掘锚联合机组掘进作业线	110
第三节 几种快速掘进作业线比较	115
第六章 常用掘进机操作使用和维护	117
第一节 EBJ-120TP 型掘进机	117
第二节 EBZ-160TY 型掘进机	127
第三节 综掘工作面设备拆、装运、卸、安装方法及其安全技术措施	129
第七章 综掘通风与安全	136
第一节 综掘通风	136
第二节 掘进巷道瓦斯的防治	141

第三节	掘进巷道煤尘的防治·····	147
第四节	掘进巷道火的防治·····	154
第八章	综掘工作面劳动组织、正规循环及质量管理·····	157
第一节	矿井生产过程组织概述·····	157
第二节	巷道施工方法及作业形式·····	158
第三节	正规循环作业与劳动组织形式·····	160
第四节	综掘巷道质量管理·····	164

绪 论

能源是我国国民经济和社会发展的基础。在一次能源生产和消费结构中,煤炭占70%左右,而且煤炭在相当长的时期内仍将是我国的主要能源。我国煤矿以井工开采为主,为了将地下煤炭资源开采出来,需要在井下开掘大量巷道。随着安全高效采煤机械在我国煤矿生产中的应用,井下巷道布置发生了根本性的变化,从过去单纯追求巷道工程量少而造成岩巷多、煤巷少的情况,向多开煤巷、少开岩巷方向转变。同时,为了缩短工期,采区准备巷道甚至大巷都开掘在煤层或半煤岩中。据统计,我国大型矿井煤巷与半煤岩巷的综合掘进机械化程度已达到了80%以上,有的甚至达到100%,地方小煤矿综合掘进机械化程度也在不断提高。

掘进与回采是煤矿生产的两个关键环节。安全、快速、高效的巷道掘进是保证矿井实现高产高效的必要条件。近年来,我国以一次采全高和综采放顶煤为代表的采煤技术得到迅速发展,神东公司上湾矿、兖矿集团公司东滩矿、潞安集团王庄矿不断刷新煤炭行业高产高效的纪录。日产万吨、年产千万吨的工作面逐年增加,如此高的工作面产量和推进速度,给巷道掘进提出前所未有的苛刻要求。只有大力发展煤巷综合掘进技术,改进和完善煤巷综合掘进机械化作业生产线,从而大幅度提高煤巷掘进速度,才能满足综采工作面快速推进的需求,才能保证矿井的正常接续。

一、我国煤矿巷道布置的发展趋势

随着我国煤矿开采强度与范围不断增大,煤炭开采技术不断进步,巷道布置具有以下发展趋势:

1. 岩巷向煤巷发展

传统的巷道布置方式是将大巷、采区准备巷道等服务时间较长的巷道布置在煤层底板的岩石中,这样虽然有利于巷道维护,但是却带来一系列问题:巷道掘进成本高,施工进度慢,增加了许多联络巷;掘进出现大量矸石,给矿井辅助运输造成极大压力,同时也破坏了环境。随着巷道支护技术的发展与支护水平的提高,岩巷布置已逐步转向煤巷布置。特别是现代化矿井,岩巷所占比例已经很小。大量使用煤巷虽然增加了巷道支护难度,但却具有很多优点:降低了巷道掘进费用,提高了施工进度,缩短了矿井建设周期,巷道掘进出煤多,经济效益增加。

2. 岩石顶板煤巷向煤层顶板巷道和全煤巷道发展

综采放顶煤工作面要求回采巷道沿煤层底板掘进,巷道顶板是几米厚的煤层。此外,对于特厚煤层开采和急倾斜厚煤层水平分层开采等条件,不仅巷道顶板与两帮为煤层,有时底板也是煤层,属全煤巷道。

3. 巷道断面由拱形断面向梯形、矩形断面发展

拱形巷道断面虽然能够改善巷道受力状态,有利于巷道支护,但其施工工艺比较复杂,成巷速度慢,有时还需要破坏顶板,出现矸石。对于回采巷道,拱形巷道断面给回采

工作面端头支护和超前支护造成很大困难,阻碍工作面的正常推进。而梯形、矩形巷道断面,除巷道受力状况比拱形巷道断面差外,拱形巷道断面的缺陷基本都被克服,非常有利于回采工作面的快速推进。

4. 巷道从小断面向大断面发展

随着回采工作面设备向大型化发展,开采强度与产量的大幅度提高,为了保证正常的运输、通风及行人,要求巷道断面越来越大。煤层大巷的跨度已经超过 6 m,断面积超过 20 m²;回采巷道宽度也达 5~6 m,断面积达 15~20 m²;开切眼跨度有的达到 10 m,断面积有的超过 40 m²。

5. 单巷布置向多巷发展

回采工作面开采强度和产量越来越大,要求的运输、通风断面逐年增加。特别是高瓦斯矿井,往往单巷布置不能满足生产要求,出现了一个工作面布置 3~5 条巷道,甚至更多巷道的布置方式。多巷布置进一步带来了煤巷工程量的增加。

二、我国煤巷综合掘进机械化的发展

综合掘进机械化是指在掘进煤巷和半煤岩巷时,由掘进机进行落、装煤岩,通过桥式转载机和运输设备(包括胶套轮电机车、防爆特殊型蓄电池电机车牵引矿车、无轨胶轮梭车、刮板输送机、可伸缩带式输送机)运输煤岩,用锚杆锚网、架棚支架等支护巷道,利用 JD 系列绞车、单轨吊、卡轨车、胶轮铲车、胶套轮电机车、防爆特殊型蓄电池电机车运送支护材料和器材,由局部通风机进行压入式通风,用除尘风机进行除尘的掘进方法。

我国煤矿综合机械化掘进设备的研制和应用始于 20 世纪 60 年代,以功率 30~50 kW 的小型悬臂式掘进机为主,研究开发和生产使用都处于试验阶段。20 世纪 80 年代初期,为适应煤矿机械化生产发展的需要,我国采用技贸合作方式引进了当时具有先进技术水平 AM50 型、S-100 型悬臂式掘进机。同时,通过消化吸收开发了适合我国煤层地质条件和矿井生产工艺的综合机械化掘进设备,研制生产了多种型号的掘进机,对促进我国煤巷机械化掘进技术发展和提高发挥了重要作用。

近年来,我国煤矿掘进机械化得到较为迅速的发展,装备水平有了很大提高,掘进机械化管理进一步得到完善,同时注重了设备的适应性、配套性、经济性和发挥综合能力的科学性,其特点表现在以下几个方面:

(1) 部分断面掘进机得到大力发展,多厂家、多系列、多型号的产品使掘进机的适用范围更大。

(2) 增加了机器截割力,提高了工作的稳定性。目前,中型掘进机多采用不小于 132~200 kW 的截割电动机。重型掘进机多采用 200 kW 以上的截割电动机,截割力通常达 100~300 kN。为提高截割力、增大扭矩、降尘,新型掘进机的截割头转速一般为 20~30 r/min。新型掘进机大多采用宽履带,以减小对地比压,增强爬坡能力。目前,纵向适应坡度为 $\pm 14^\circ \sim \pm 15^\circ$,横向适应倾斜为 $\pm 8^\circ$ 。同时,大多采用增加自重降低重心,紧化结构,履带前后加装液压操作卡爪式支腿机构,以提高机体工作状态的稳定性。

(3) 采用高压水射流,提高降尘、助切效果。

(4) 发展掘进机的自动控制。掘进机采用遥控操作、激光定向等微机处理技术取得

重大突破,掘进机在掘进方向和截割断面轮廓的显示监视和调节控制技术方面有了重大的发展。

(5) 提高元部件的可靠性和寿命。一般要求掘进机在井下连续使用 3~4 年才须大修。

(6) 加强掘进装备的综合配套,组成不同条件下的综掘最优作业线,以取得最好的经济效益。

三、国外煤巷综掘掘进概况

在美国、澳大利亚、英国等采煤技术先进的国家,煤巷快速掘进大致分三类情况。

1. 悬臂式掘进机+单体锚杆钻机掘进

20 世纪 80 年代,欧洲国家和澳大利亚普遍使用悬臂式掘进机。悬臂式掘进机配合单体锚杆钻机是传统的综合机械化掘进系统。该系统是较早的快速掘进系统,由掘进机割煤、装煤,单体锚杆钻机钻装锚杆。该项技术比较成熟,但掘进和支护工作不能平行作业,掘进效率低,开机率低。相对于下面两种掘进工艺,这种掘进形式机械化程度较低,掘进速度慢,比较好的月进度在 600~800 m。目前我国主要采用这种掘进形式。

2. 连续采煤机组+锚杆钻机掘进

连续采煤机作业线的设备主要由连续采煤机、运煤车(梭车或连续运煤系统)、顶板锚杆钻机、給料破碎机、铲车、带式输送机、移动变电站和局部通风机等组成,采用连续采煤机与锚杆台车交叉换位掘进方式,适用于多巷布置。20 世纪 80 年代后,美国大多使用连续采煤机组快速掘进技术,采用多巷道掘进交叉作业,配套连续运煤系统,掘进速度快。这种掘进形式月进尺可达 1000~3000 m,最高日进尺超过 200 m,可满足综采工作面的快速推进。其缺陷是采用连续采煤机与锚杆台车交叉换位掘进施工工艺,只适用于比较好的顶板,因为每次换位时空顶距达 6~12 m。若顶板较差,要求空顶距较小,则连续采煤机与锚杆台车之间的交叉换位过于频繁,导致辅助时间过长,工效反而会大幅度下降。目前我国有少数几个地方使用这种形式。

3. 掘锚联合机组掘进

为适应日产万吨级综采工作面快速推进的需要,20 世纪 90 年代初期发达国家研制开发了集快速掘进、锚杆支护为一体的掘锚机械化平行作业装备——掘锚联合机组。该机组采用掘锚一体化技术,通过掘进设备与锚杆钻装设备的一体化设计,实现截割后基本不调动机组即能及时进行锚杆支护,甚至在截割的同时进行锚杆支护,实现掘锚平行作业。该机组在英、澳等国应用中取得良好效果,在大断面煤巷掘进中年进尺高达 15000~20000 m。澳大利亚长壁工作面巷道 80% 以上采用掘锚一体化施工。具有代表性的掘锚联合机组为奥地利奥钢联公司的 ABM20 型。同交叉换位施工工艺相比,掘锚一体化适用范围更广,支护效果、掘进工效也有进一步改善,因而引起了世界采矿界的广泛关注。目前掘锚联合机组在国外已日趋成熟,并得到比较广泛的应用。我国也有许多地方开始使用这种掘进形式。

四、我国煤巷掘进技术现状及存在问题

1. 我国煤巷掘进技术现状

可以说,国外先进的煤巷快速掘进设备与工艺在国内都基本得到应用。

(1) 悬臂式掘进机与单体锚杆钻机配合的施工工艺仍然是我国煤巷综合机械化掘进的最主要方式。统计数据表明,我国煤巷综掘成巷速度大多在 300 ~ 500 m/月,有些巷道掘进与支护技术水平高的矿井可达 700 ~ 800 m/月,甚至更高。但总体来说,我国煤巷综掘成巷速度偏低。

(2) 以神东公司为代表的矿区,由于顶板条件好,主要采用引进国外的连续采煤机与锚杆台车交叉换位掘进方式,大幅度提高了煤巷掘进速度。2004 年,上湾矿连采二队使用 12CM27-11D 型连续采煤机,在巷道断面 6 m × 4.4 m 的条件下,创日进尺 163 m、双巷掘进月进尺 3070 m 的纪录;大柳塔矿连采二队一分队年进尺达到 24507 m。2005 年,榆家梁矿 4 个连采队全年完成掘进进尺 63368 m,其中月进尺最高达 7802 m;补连塔矿在掘进煤巷中采用 4 套连续采煤机,全年完成掘进进尺 70173 m。此外,晋城、平朔等矿区采用连续采煤机与锚杆台车交叉换位掘进方式,也显著提高了掘进速度与工效。

(3) 掘锚一体化技术在兖州、晋城等矿区得到应用。兖州鲍店矿在引进国外掘锚联合机组的基础上,针对国内煤巷特点,进行了改进、完善与系统集成,形成掘锚一体化快速掘进成套设备与工艺,使煤巷月进尺突破千米大关。

2. 煤巷掘进技术存在问题

近年来,我国煤巷掘进设备与技术取得了很大进展,掘进速度与工效取得了新的突破,但是,综掘技术整体水平与国外相比还比较低,还不同程度地存在着设备可靠性差、设备配套性差、开机率低、掘进速度慢等弊端,使煤巷快速掘进技术经济效益受到一定影响。

为此,我国应加快推广应用掘锚一体化、连续采煤机等新技术、新工艺,应用掘锚联合机组解决掘进工作面长期未能解决的掘进和支护平行作业问题,实现煤巷掘进与支护技术的跨越式发展。

第一章 地史基本知识及煤岩性质

根据地壳中岩石的同位素年龄，经与陨石和月岩的同位素年龄相校核，天文界和地学界现在都接受地球是距今 46×10^8 年前形成的观点。在这漫长的地质历史时期，地球发生了极大的变化，在地壳中形成了一层又一层的沉积岩和沉积矿产，产生了各种各样的生命物质，并由低级走向高级。这些都是地壳历史演变的天然记录和历史见证。为了研究整个地质历史进程中地球上发生的各种事件，应首先了解地质年代和地层单位。

第一节 地质年代单位和地层单位

一、地质年代单位

地质年代是指地球演化过程中的时间阶段。地质时期内时间阶段的划分单位称为地质年代单位，又称地质时间单位。地质年代单位由大到小依次为宙、代、纪、世、期、亚期（表 1-1）。

表 1-1 地质年代单位和年代地层单位

地质年代单位	年代地层单位
宙	宇
代	界
纪	系
世	统
期	阶
亚期	亚阶

二、地层单位

地壳发展过程中形成的各种成层或非成层的岩石体总称为地层。将地层划分为不同级别的层次单位，即地层单位。按划分的依据不同，有年代地层单位、岩石地层单位及生物地层单位等。

以地层形成的时限（即地质时代）为依据划分的地层单位叫做年代地层单位。最大一级的年代地层单位为宇，以下依次为界、系、统、阶、亚阶（表 1-1）。年代地层单位与地质年代单位是相互对应的。例如，“宇”是在“宙”的期间内形成的地层，“系”是在“纪”的期间内形成的地层。年代地层单位是适用于国际性对比的地层单位。

以岩石特性和岩石类别作为依据划分出的地层单位称为岩石地层单位。岩石地层单位是区域性的地层单位，是地质填图的基本单位，岩石地层划分是任何一项新的地质调查工

作开始时必须进行的第一步工作。正式岩石地层单位为群、组、段、层。

根据岩层中所含的化石划分的地层单位称为生物地层单位。生物地层单位常接近于年代地层单位，但年代地层单位的界线是等时的，而生物地层单位的界线常偏离等时面。生物地层单位的术语泛称生物带，包括延限带、间隔带、谱系带、组合带、富集带等。

三、年代地层（地质年代）表

地质年代表（表1-2）是根据年代地层划分的结果建立的，用来表示地壳发展历史的主要阶段及其顺序。

表1-2与我国一直沿用的地层系统表有所不同。目前，煤炭生产部门大多仍使用原来的地层系统。

四、煤系及煤田

（一）煤系

含煤岩系简称煤系，指在一定地质历史时期形成的具有成因联系的大致连续沉积的一套含有煤层的沉积岩系。煤系的厚度从几十米至几千米不等。构成煤系的岩层主要有泥岩、页岩、粉砂岩、砂岩及煤层。根据煤系形成时的古地理环境，可将煤系分为近海型煤系、内陆型煤系和浅海型煤系。

1. 近海型煤系

近海型煤系往往是在滨海平原、潟湖、海湾及浅海等地区形成的。随着地壳的振荡运动，这些地区时而被水淹没，成为浅海；时而成为陆地，发育成大片沼泽。这类煤系地层由陆相、过渡相和浅海相沉积物组成，所以又称海陆交替相煤系。我国华北广大地区的石炭二叠纪煤系及华南的晚二叠世煤系，均属近海型煤系。

近海型煤系的特点：

（1）分布面积广，岩性较稳定，标志层多，煤层易于对比。

（2）煤系厚度小，煤层层数不多，层位稳定，多为薄煤层及中厚煤层，煤层结构较简单，夹石层少。

（3）由海相和陆相岩层共同组成，岩层中既可找到陆生动植物化石，也可以找到海生动植物化石。

（4）煤层中常富含黄铁矿、白铁矿结核，使煤中含硫量增高。

2. 内陆型煤系

内陆型煤系是煤盆地在内陆环境下形成的含煤岩系，又称陆相煤系。煤系全部由陆相沉积物组成。我国中生代煤系，除了云南、四川、广东、湖南、江西、西藏及东北部分属近海型煤系外，绝大多数为内陆型煤系；我国新生代煤系，除广东、台湾属近海型煤系外，均为内陆型煤系。

内陆型煤系的特点：

（1）分布面积较小，岩性变化较大，煤层不易对比。

（2）煤层厚度大、层数多、厚度变化大，煤层分岔、尖灭现象比较普遍。

（3）全由陆相沉积物组成，成分复杂，颗粒较粗，分选磨圆性较差，岩层中富含古植物化石。

表 1-2 中国区域年代地层（地质年代）表

地质年代及年代地层单位				距今年龄值/ Ma	生物演化
宙(宙)	界(代)	系(纪)	统(世)		
显生宙(宙) PH	新生界(代) Cz	第四系(纪) Q	全新统(世) Qh 更新统(世) Qp	2.60	人类出现
		新近系(纪) N	上新统(世) N ₂ 中新统(世) N ₁	23.3	近代哺乳动物出现
		古近系(纪) E	渐新统(世) E ₃ 始新统(世) E ₂ 古新统(世) E ₁	65	
	中生界(代) Mz	白垩系(纪) K	上(晚)白垩统(世) K ₂ 下(早)白垩统(世) K ₁	137	被子植物出现
		侏罗系(纪) J	上(晚)侏罗统(世) J ₃ 中侏罗统(世) J ₂ 下(早)侏罗统(世) J ₁	205	鸟类、哺乳动物出现
		三叠系(纪) T	上(晚)三叠统(世) T ₃ 中三叠统(世) T ₂ 下(早)三叠统(世) T ₁	250	
	古生界(代) Pz	二叠系(纪) P	上(晚)二叠统(世) P ₃ 中二叠统(世) P ₂ 下(早)二叠统(世) P ₁	295	裸子植物、爬行动物出现
		石炭系(纪) C	上(晚)石炭统(世) C ₂ 下(早)石炭统(世) C ₁	354	
		泥盆系(纪) D	上(晚)泥盆统(世) D ₃ 中泥盆统(世) D ₂ 下(早)泥盆统(世) D ₁	410	节蕨植物、鱼类出现
		志留系(纪) S	顶(末)志留统(世) S ₄ 上(晚)志留统(世) S ₃ 中志留统(世) S ₂ 下(早)志留统(世) S ₁	438	蕨类植物出现
		奥陶系(纪) O	上(晚)奥陶统(世) O ₃ 中奥陶统(世) O ₂ 下(早)奥陶统(世) O ₁	490	无颌类动物出现
		寒武系(纪) ε	上(晚)寒武统(世) ε ₃ 中寒武统(世) ε ₂ 下(早)寒武统(世) ε ₁	543	硬壳动物出现
元古宙(宙) PT	新元古界(代) Pt ₃	震旦系(纪) Z	上(晚)震旦统(世) Z ₂ 下(早)震旦统(世) Z ₁	680	裸露动物出现
		南华系(纪) Nh	上(晚)南华统(世) Nh ₂ 下(早)南华统(世) Nh ₁	800	
		青白口系(纪) Qb	上(晚)青白口统(世) Qb ₂ 下(早)青白口统(世) Qb ₁	1000	
	中元古界(代) Pt ₂			1800	真核细胞生物出现
	古元古界(代) Pt ₁			2500	
太古宙(宙) AR					叠层石出现

注：主要依据《中国区域年代地层（地质年代）表说明书》，地质出版社，2002。

(4) 煤层结构复杂，含硫分较低。

3. 浅海型煤系

浅海型煤系是煤盆地经常处于浅海环境下形成的含煤岩系。煤系主要由浅海相碳酸盐

岩、泥质岩组成，煤层只在短暂的海退期形成。我国陕南早寒武世煤系、南方分布很广的早古生代石煤属此类型。

浅海型煤系的特点：

(1) 沉积物以浅海相灰岩为主，还有浅海相泥岩，产节肢动物、棘皮动物、软体动物等海相化石。

(2) 煤层多形成于泥质岩之上，煤层以上过渡为碳酸盐岩，形成一个小旋回结构，旋回结构清楚，煤层较稳定，顶板常富含黄铁矿结核，产藻类等低等生物化石。

(3) 煤为腐泥煤，有机显微组分为菌、藻类的低等生物遗体，含硫分高，灰分也高，发热量很高。

(二) 煤田

1. 煤田的概念

煤田是指在同一地质时期形成，具有连续发育的含煤岩系分布区。有的虽经后期构造运动的影响而被分割，但基本上是连成一片的或有规律的分布。其面积可达数十平方千米至数千平方千米，储量由数千万吨至数百亿吨。

2. 我国六大聚煤区

聚煤区是指在地史中有聚煤作用，且含煤区的形成条件具有一定共性，其边界与大地构造基本吻合的广大地区。

(1) 华北石炭二叠纪聚煤区。华北聚煤区是我国最大的聚煤区，也是世界主要聚煤区之一。这个聚煤区的特点是煤田范围广大，储量丰富，煤种齐全。其中，东部为高变质煤，西部为低变质煤。全区构造运动不太剧烈，岩浆活动不甚普遍。该区成煤时代主要是石炭二叠纪、侏罗纪和古近纪、新近纪（原第三纪）。

(2) 华南晚二叠世及晚三叠世、早侏罗世、古近纪、新近纪聚煤区。主要成煤时期为晚二叠世和晚三叠世、早侏罗世。煤系厚度变化较大，各地的厚度不同，一般从几百米到千余米，为陆相碎屑沉积，岩性岩相变化较大，含煤1~5层，厚度不稳定，对比较困难，煤质及牌号多为烟煤。

(3) 西北侏罗纪聚煤区。

(4) 东北侏罗纪和古近纪聚煤区。

(5) 西藏滇西中生代及新近纪聚煤区。

(6) 台湾古近纪聚煤区。

五、地质构造

构成地壳主要岩石成分的沉积岩，其初始状态是水平或近水平的，但在后期地壳运动作用下，大多岩层发生了不同程度的倾斜、弯曲或断裂，变形后的岩层的形态称为地质构造。地质构造在一定范围内的基本表现形式有单斜构造、褶皱构造、断裂构造、陷落柱等几种。

1. 单斜构造

水平岩层在地壳运动的影响下，一端抬起，另一端下降，使一定范围内的一系列岩层大致向一个方向倾斜，这种构造形态叫做单斜构造。单斜岩层有的倾斜较缓，有的则较陡，有的甚至直立、倒转。岩层在空间的这种产生状态叫做产状。描述单斜岩层的产状用

产状要素，包括走向、倾向和倾角，如图 1-1 所示。

1) 走向

煤（岩）层层面与水平面相交的线称为走向线。走向线的方向称为走向。岩层的走向表示倾斜岩层在空间的水平延伸方向。

2) 倾向

岩层层面上与走向垂直的直线，叫倾向线。倾向线由高向低的水平投影所指的方向称为倾向。倾向表示岩层的倾斜方向。岩层层面上垂直于走向线向下延伸的线叫做倾斜线。

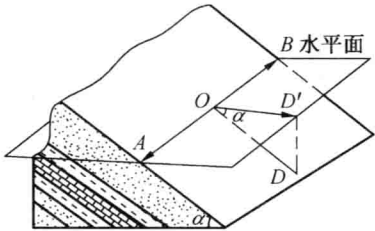
3) 倾角

岩层层面与水平面的夹角称为倾角。倾角的大小反映了煤（岩）层的倾斜程度。倾角的变化在 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间，煤层倾角越大，开采难度就越大。根据开采技术特点，按煤层倾角大小不同，可分为 3 类：

- (1) 缓倾斜煤层——倾角在 25° 以下的煤层；
 - (2) 倾斜煤层——倾角在 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的煤层；
 - (3) 急倾斜煤层——倾角在 45° 以上的煤层。
- 一般倾角在 8° 以下的煤层称为近水平煤层。

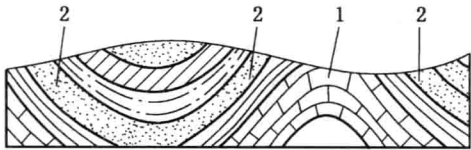
2. 褶皱构造

在地壳运动产生的地应力作用下，岩层发生塑性变形，形成波状弯曲，但仍保持其连续完整的，这种构造形态称为褶皱构造。褶皱构造中的一个弯曲叫做褶曲。褶曲的基本形态有背斜和向斜两种（图 1-2）。



AOB—走向线；OD—倾向线；OD'—倾向线； α —倾角

图 1-1 煤（岩）层的产状要素



1—背斜；2—向斜

图 1-2 背斜和向斜

褶皱构造对巷道掘进有以下影响：

(1) 当巷道顺着褶曲沿煤层掘进时，由于产状急剧变化使巷道转弯，平巷出现“V”字型、“U”字型或“之”字型弯曲，给巷道的中心线和腰线控制带来很大的困难。

(2) 大型向斜部顶板压力常有增大的现象，必须加强支护，否则容易发生冒顶、切面等事故，给顶板控制带来很大困难。

(3) 有瓦斯突出的矿井，向斜轴部是瓦斯突出危险区。由于向斜轴部顶板压力大，再加上强大的瓦斯压力，向斜轴部极容易发生瓦斯突出，这一规律在四川南桐得到了证实。

3. 断裂构造

岩石受外力作用，当应力超过岩石的强度极限时，其连续完整性遭到破坏，在一定