

· 煤矿安全技术丛书 ·

煤矿采掘基础

陆春元 余德绵 编
陈 光 袁钟慧



中国经济出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了有关煤矿采、掘技术的基础知识，主要包括：煤矿地质知识，井田开拓、井巷掘进、采煤方法、采掘机械、矿山供电等内容。

可作为正规煤矿安全培训教材使用，也可供有关技术人员、生产管理干部和工人参考。

煤矿安全技术丛书

煤矿采掘基础

陆春元 余德绵 编
陈 光 袁钟慧

中国经济出版社出版

(北京市翠微路22号)

北京房山县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店销售

787×1092毫米 32开本1012/32 印张227千字

1987年7月第1版 1987年7月第1版第1次印刷

印数：00,001—17,000

统一书号：15395·04 定价：2.10元

《煤矿安全技术丛书》编辑委员会

主 编：岳 翰

副主编：贾悦谦 孙承仁 于不凡

编写组成员：（以姓氏笔划为序）

于不凡 万长慈 王家棟 白 帆

孙承仁 刘 明 刘福恮 陈 光

宋 吟 严志才 陆春元 余德绵

张 枫 岳 翰 苗建国 赵其文

袁钟慧 贾悦谦 黄 侃 虞 人

魏 青

前 言

《煤矿安全技术丛书》（以下简称《丛书》），是根据中华人民共和国煤炭工业部1986年2月颁发，并于1986年7月1日开始执行的《煤矿安全规程》的规定组织编写的。

《煤矿安全规程》第500条明确规定：“直接从事煤矿井下生产建设的职工，都必须进行强制性的安全技术培训，经考核合格并取得《安全资格证书》，才能上岗。否则，干部不得担任领导职务，工人不准上岗。”所以，从事煤矿生产建设的干部和工人都必须学习党和国家有关安全生产的方针、政策；学习和掌握矿山救护、创伤急救的基本知识，能抢救、自救和互救。此外，干部还必须学习安全技术理论知识、井下灾害的发生规律、预防措施和处理方法，能制定职责范围内矿井灾害的预防和处理计划，如遇险情能采取应急措施，正确处理，化险为夷；工人还必须学习矿井安全基础知识、与本工种有关的煤矿安全规程的规定，了解与本工种有关事故的发生规律，学习预防措施和处理方法，遇有险情能采取应急措施，学习本工种的操作规程以及有关设备、仪器仪表的安全操作，做到能排除故障安全生产。

为了满足广大煤矿职工安全技术培训的需要，我们组织北京煤炭管理干部学院、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所等单位有关专家和专业人员编写了：《煤矿采掘基础》、《矿井通风》、《煤矿瓦斯防治技术》、《防尘防治技术》、《矿井防灭火技术》、《矿压及顶板事故处理》、

《矿井水灾防治技术》、《矿井爆破安全技术》、《矿井提升运输安全技术》、《煤矿安全用电》、《煤矿安全监测技术》以及《矿山救护》等。这套《丛书》适合于从事煤矿生产建设的职工安全技术培训用，并可作为煤炭院校师生的教学参考用书。干部和工人的各种培训班，可根据本地区、本单位的具体情况，结合培训对象，对《丛书》内容酌情增减。

《丛书》在编写过程中，得到了煤炭部有关司局、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所、山西矿业学院、山东矿业学院、开滦矿务局、阳泉矿务局、大同矿务局、北京矿务局等有关同志的大力支持，并由煤炭部安监局长朱美丽高级工程师、山西矿业学院刘吉昌副教授、中国矿业学院徐永圻副教授、通化矿务局张卫国总工程师、北京矿务局田荣林总工程师、煤炭部技术咨询委员会童有德高级工程师、北京煤炭管理干部学院王振铎副编审、《煤炭企业管理》编辑部周培玉副主编等同志进行了审阅，提出了宝贵意见，在此一并致以深切的谢意。

书中不足和疏漏之处，诚请广大读者批评指正。

《丛书》编写组

1986年9月

目 录

前言

第一章 煤矿地质知识.....(1)

第一节 地壳及其演变.....(1)

第二节 煤的形成和煤的性质.....(8)

第三节 煤系和煤层.....(18)

第四节 矿图.....(36)

第二章 井田开拓.....(53)

第一节 煤田开发规划.....(53)

第二节 井田开拓规划.....(61)

第三节 井田开拓.....(74)

第四节 井田开拓的几个基本问题.....(87)

第三章 井巷掘进.....(102)

第一节 岩石的工程分级.....(102)

第二节 巷道断面的形状及尺寸.....(105)

第三节 岩巷施工.....(108)

第四节 煤巷施工.....(149)

第五节 煤、岩上下山掘进施工的特点.....(154)

第六节 立井开凿的概念.....(158)

第四章 采煤方法.....(164)

第一节 基本概念.....(164)

第二节 缓倾斜、倾斜煤层单一长壁采煤法.....(165)

第三节	缓倾斜、倾斜厚煤层倾斜分层下行垮落采煤法.....	(200)
第四节	冒落顶煤采煤法的概念.....	(210)
第五节	缓倾斜、倾斜厚煤层倾斜分层上行水砂充填采煤法.....	(212)
第六节	急倾斜煤层采煤法.....	(219)
第七节	水力采煤法.....	(238)
第五章	采煤机械.....	(245)
第一节	滚筒式采煤机.....	(245)
第二节	刨煤机.....	(256)
第六章	矿井固定机械.....	(260)
第一节	矿井通风机械.....	(260)
第二节	矿井提升设备.....	(265)
第三节	矿井排水设备.....	(273)
第四节	矿井压气设备.....	(283)
第七章	矿井运输.....	(288)
第一节	轨道运输.....	(288)
第二节	输送机运输.....	(296)
第八章	矿井供电.....	(302)
第一节	矿井供电概述.....	(302)
第二节	矿井供电系统.....	(305)
第三节	矿井常用供电设备.....	(309)
第四节	采区变电所与采掘工作面配电点.....	(317)

第一章 煤矿地质知识

煤炭资源是能源矿产之一，是煤矿生产的对象。它是地壳发展历史过程中，由大量植物遗体经过一系列地质作用转化而成的。

由于在不同的地质时代，各地区的成煤条件和成煤后期所经历的地壳构造变动不同，因此，煤层在地下埋藏的深浅和分布范围，煤层的形态和厚度，煤的性质，以及有关开采的技术条件等均有所不同。

煤矿地质是以地质学原理和成煤理论为基础，运用各种地质勘探手段，查明煤层的埋藏情况，取得可靠的地质资料，满足矿井设计的要求，在建井和矿井生产过程中进一步查清影响施工和生产的各种地质因素，达到安全、正常生产的目的。

第一节 地壳及其演变

一、地壳的组成物质

地球是一个极半径（6356.8公里）比赤道半径（6378.2公里）略短的旋转椭球体。地球表面的一层薄壳，称为地壳，其厚度各地相差较大，平均厚度约为17公里。在地壳中蕴藏着极其丰富的矿产资源，它是人类财富的宝库，也是目前地质学研究的主要对象。

研究地壳是从组成地壳的物质开始。研究结果表明，组成地壳的最小物质单位是各种化学元素，元素组成了各种矿物，矿物又组成了各种岩石，各种岩石则构成了地壳。因而，我们在山上或井下所看到的都是矿物和由矿物组成的岩石。

(一) 元素

组成地壳的元素达百余种，但其中最主要的有氧(O)、硅(Si)、铝(Al)、铁(Fe)、钙(Ca)、钠(Na)、钾(K)、镁(Mg)、氢(H)等，而以氧和硅为最多，前者约占总含量的二分之一；后者占四分之一强。

在地壳中，这些元素并不是孤立存在的，而是由一种或多种元素组成了矿物。

(二) 矿物

地壳中的元素，在一定的地质作用条件下，结合成具有一定化学成分和物理性质的单质或化合物，叫做矿物。所谓单质，就是由同种元素自相结合而成的矿物，又叫单质矿物。例如自然金(Au)、自然硫(S)和石墨(C)等等。由两种或两种以上的元素化合而成的矿物叫做化合物矿物，如石英(SiO_2)是由氧和硅两种元素化合而成；长石(KAlSi_3O_8)则由钾、铝、硅、氧等多种元素化合而成。

自然界中已发现的矿物有几千种之多，其中绝大多数是呈固体状态，也有少数呈气态（如天然气）和液态（如石油等）。如果某种矿物大量集中在一起，就可能成为具有开采价值的矿产。一些常见的组成岩石主要成分的矿物称为造岩矿物，但并不很多，总共不过三十多种。例如：石英、正长石、斜长石、方解石、云母、辉石、角闪石、黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿、菱铁矿、铝土矿等等。

(三) 岩石

矿物有规律地组合在一起，就形成了岩石。所以，岩石是矿物的集合体。它可以由一种矿物组成，例如质纯的石灰岩是由方解石所组成；也可由多种矿物组成，例如花岗岩就是由石英、正长石和黑云母等多种矿物所组成。

地壳中的岩石，按其生成原因不同，可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩等三大类。

1. 岩浆岩

岩浆岩又称火成岩，是由岩浆冷凝而成的岩石，是岩浆活动的产物。

岩浆是地壳深处自然形成的硅酸盐熔融体，化学成分复杂，主要为二氧化硅和金属氧化物，有时富含气体和挥发分，温度很高，可达700~1300摄氏度以上，活动性极强，能沿着地壳断裂带向地壳上部和压力较小的部位侵入或直接喷出地表，冷凝后就成为岩浆岩，并可形成各种金属和非金属矿产。

由于岩浆活动也有发生在煤田范围内，所以在许多矿区的煤层中常有岩浆侵入，形成岩墙和岩床等侵入岩体，破坏煤层。

岩浆岩的种类很多，按岩浆的化学成分不同可分为酸性岩、中性岩和基性岩三种。

常见的酸性岩有流纹岩和花岗岩，它们主要由石英、正长石和黑云母等矿物组成；中性岩有安山岩和闪长岩，主要由角闪石和斜长石等矿物组成；基性岩有玄武岩、辉绿岩和辉长岩等，其矿物成分以辉石和斜长石为主。

2. 沉积岩

沉积岩是由沉积物经过压紧、胶结等作用而形成的岩石，是一系列地质作用的产物。

自然界长期暴露在地表的各种岩石,由于受到各种物理、化学风化和剥蚀等破坏作用,成为碎石、细砂、泥土及溶解于水的物质。这些风化剥蚀的产物,被流水或风的搬运在海洋、湖泊及地表其它低洼地带沉积下来,称为沉积物。随着地壳不断地沉降,沉积物由下而上,逐层逐层地堆积起来而不断增厚,经过压实、脱水、胶结等固结成岩作用,松散的沉积物就形成了坚硬的沉积岩。

沉积岩在地表分布最广,约占地表面积的四分之三,也是煤矿区最常见的岩石。煤层本身就是由植物遗体转变而成的沉积岩,煤层的顶板和底板多是由沉积岩组成,煤矿的井巷工程绝大多数也都布置在沉积岩中。因此,沉积岩与煤矿生产、建设的关系极为密切。

沉积岩最显著的特征是成层的,因此,沉积岩都具有层理构造。它是沉积岩在形成过程中,由于先后沉积下来的物质在成分、颗粒大小、颜色等不同变化而显示出来的。岩层是层理的最大组成单位,两种不同岩性的岩层分界面称为岩层面,每个岩层都有一个上层面和一个下层面。岩层厚度是上、下层面之间的垂直距离,有的岩层很厚,有的很薄,甚至不足1厘米。

按照单层的厚薄,沉积岩分为块状(层厚 >1 米)、厚层($0.5\sim 1$ 米)、中厚层($0.5\sim 0.1$ 米)和薄层(<0.1 米)等构造类型。层的厚薄及其变化反映了沉积环境的变化频率。

按照岩层中层理的形态(图1-1),可分为水平层理、波状层理和斜层理。层理的形态反映了介质运动的特性,如:水平层理是在海洋和湖泊等比较平静的环境中形成的;波状层理是在波浪往返运动的浅水地带形成的;斜层理是流动性

很强的河水或风向同一方向运动时形成的。

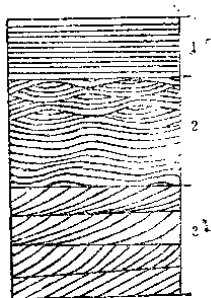


图1-1 沉积岩层理的形态类型

1—水平层理；2—波状层理；3—斜层理

沉积岩的另一个特点是含有化石。化石是古代动植物在沉积岩中留下的遗体或痕迹。在沉积岩形成过程中，许多当时生活着的生物死亡后，它们的遗体随同沉积物一起沉积下来，经过若干万年，这些生物的外壳和骨骼等不易腐烂的部分，逐渐被矿物质交换充填，最后变成了化石。在煤层顶板或底板岩石中，常见到的树叶、树干、树根等，这些都叫做植物化石。

沉积岩具有层理构造和含有生物化石等特征，是与岩浆岩和变质岩相区别的重要依据。

常见的沉积岩有以下几种：

角砾岩——是堆积在山坡下的一些带棱角的大小不等的碎石块，后来被矿物质胶结形成的岩石。由于它是由碎石胶结而成的，所以其成分很复杂，碎屑颗粒大小不均匀，一般粒径都大于2毫米。角砾间通常为砂或泥砂质充填，胶结物

可有泥质、钙质、铁质及硅质等。

砾岩——地表上风化剥蚀后的碎石块在水流的搬运过程中磨成了一定圆度的砾石（河卵石），这些砾石经胶结后，就形成砾岩。砾岩的成分也很复杂，粒径都在2毫米以上。

砂岩——河滩、海岸上的散砂以及沙漠中的砂子，经压紧、胶结后就形成了砂岩。

按砂粒的直径大小不同，可分为：粗砂岩（粒径2~0.5毫米）；中砂岩（粒径0.5~0.25毫米）；细砂岩（粒径0.25~0.1毫米）。

砂岩的矿物成分以石英为主，一般比较坚固，它在煤系地层中往往组成煤层的老顶。开采煤层时，多数情况下，砂岩老顶不易冒落。

粉砂岩——粉砂岩颗粒非常细小，粒径为0.1~0.01毫米。矿物成分以石英为主。其外表很象泥岩，但用手摩擦时，会有轻微的粗糙感觉，有时还能擦下砂粒来。

泥岩及页岩——泥岩及页岩都是由粘土压紧而成的。粒径小于0.01毫米，结构很致密，肉眼不能辨别。两者之间的区别标志是：厚层状或没有明显层理的为泥岩；薄层而层理明显的叫做页岩。

泥岩和页岩的颜色是随着它的成分而改变的。如含有大量碳化的有机物质时，岩石呈黑色，能污手，称为炭质泥岩或炭质页岩。在煤系地层中极为常见，常成为煤层的直接顶板和底板。此外，还有呈红色、黄色的，它们一般都含有铁质。

石灰岩——简称灰岩。主要由方解石组成，致密结构。颜色常随所含的杂质而变化，并与有机质的含量有关，一般呈灰色、浅灰、深灰乃至灰黑色等。石灰岩的化学成分是碳

酸钙，遇稀盐酸产生二氧化碳，强烈起泡，容易被水溶解，形成溶洞，称为岩溶。

石灰岩是在海洋、平静的海湾及湖泊环境中形成的。在煤系地层中石灰岩也常组成煤层的顶板或底板。

3. 变质岩

由于地壳运动、岩浆活动的影响，使已经形成的各种岩石在地下受到高温、高压和外来物质参与的作用下，改变了它原来的成分和性质，变成另一种新的岩石，这就是变质岩。所以变质岩是变质作用的产物。

常见的变质岩有由石英砂岩变成的石英岩、由石灰岩变成的大理岩等等。

二、地史及地层的概念

地史是指地壳发展的历史。自地球形成以来，地壳发展和演变至今约有45亿年。在这漫长的地质时代里，地壳所经历的种种变化都记录在岩石之中。例如：岩浆岩是岩浆活动的产物，它记录了亿万年前岩浆活动的过程；变质岩则反映了强烈的地壳运动；沉积岩的物质成分、颜色和结构等，则综合地反映出形成当时的地质地理环境和条件；岩层的各种构造形态又说明了曾发生过的构造变动等。所以，岩石是地质作用的产物，同时又是地质作用的对象。它记录了过去发生过的各种地质事件，提供了研究地壳演变历史的资料。

在地壳发展变化过程中，地球上的生物从无到有、从低级向高级演化、发展着。生物发展同样具有阶段性和不可逆性，致使在不同的历史时期出现不同的生物，生物活动的遗迹及死亡后部分遗体，形成化石，保存在沉积岩层中。这些化石具有明显的时代特征和古地理特征，是地壳发展变化的

天然记录和可靠证据，成为研究地史的重要依据。

我们就是根据地壳发展中形成的各种岩石和沉积岩中所保存的古生物化石，来确定地层的新老顺序，划分地质年代，追溯和再造各个历史阶段的古地理和古气候环境，^{〔6〕}以及地壳运动、岩浆活动等各种地质经历，从而总结出地壳发展的完整历史。

根据地壳运动及古生物发展的不同阶段，将地壳的历史从古到今划分为太古代、元古代、古生代、中生代和新生代等五个大的时期，每个代都经历了几亿年时间。为了反映更短时间间隔内的地壳变化，每个代又划分为若干个纪，纪中再划分为世。代、纪、世是国际统一的地质时代单位。

所谓地层是指某一地质时期内所形成的沉积岩层。在各个地质时代里，都有相应的地层形成。划分这些地层的单位与代、纪、世等时代单位相对应，称为界、系、统，它是国际统一的地层单位。

在许多矿区，还常运用一些地方性的地层单位，如群、组等。群的范围一般相当于一个统，有时可大于一个统或一个系，例如华北地区的上石炭统称为太原群；组的范围一般相当于统的一部分，例如华南的上二叠统下部称为龙潭组。

将各个地质时代，按先后次序排列起来，就可编出地质年代表（表1—1），它概括了地壳演变和发展的历史。

第二节 煤的形成和煤的性质

一、煤的形成

在靠近煤层的顶、底板岩层中，常可发现植物的枝、叶等化石，把煤放在显微镜下观察，还能看到残留的各种植物

表1-1

地质年代表

代 (界)	纪 (系)		距今年龄 (亿年)	构造运动	开始繁殖时期	
	(系)	(系)			植 物	动 物
新 生 代	第四纪	全新世	0.03		被子植物大量繁殖, 为成煤提供原始物质	古人类出现
	第三纪	渐新世	0.25	←喜马拉雅运动		哺乳动物
	第三纪	始新世	0.80			
	第三纪	古新世	1.40	←燕山运动	被子植物	
中 生 代	白垩纪	白垩世	1.95	←印支运动	裸子植物极盛, 为成煤提供原始物质。	爬行动物
	侏罗纪	侏罗世	2.30	←华力西运动		
	三叠纪	三叠世	2.70		裸子植物	
	三叠纪	早三叠世	3.20		孢子植物极盛, 为成煤提供原始物质。	两栖动物
古 生 代	二叠纪	二叠世	3.75	←加里东运动	裸蕨植物	鱼类
	石炭纪	石炭世	4.40			
	泥盆纪	泥盆世	5.00		海藻大量繁殖, 为石煤的形成提供原始物质。	无脊椎动物
	志留纪	志留世	6.20	←蓟县运动		
	奥陶纪	奥陶世	约16	←吕梁运动	菌藻类	
	寒武纪	寒武世	20	←五台运动		
	震旦纪	震旦世	45	←鞍山运动		
	早元古代					
元古代						
太古代						

结构。由此证实，煤是由古代植物遗体转化而成的。

从植物死亡、堆积到转变成煤，是经过了一系列演变过程，大致可划分为两个阶段：

第一阶段：泥炭化阶段

自然界植物能大量地繁殖和聚积的地方，有浅海、湖泊和泥炭沼泽。其中泥炭沼泽是最适宜于植物繁殖和聚积的环境，它被水充分湿润着，使植物生长茂盛。植物死亡后，遗体倒入水中，被水淹没而与空气隔绝，在这种缺氧的条件下，植物遗体是不会很快腐烂。这时，在厌氧细菌等微生物的作用下，使植物中的有机体逐渐分解和化合，产生的一部分气体物，如二氧化碳、沼气等挥发逸去，使含碳物质相对富集起来，于是逐渐形成了泥炭层。

第二阶段：煤化阶段

泥炭层形成的同时，由于地壳下降运动速度加快，沉积环境发生变化，泥炭沼泽因积水加深变为湖泊或其它环境，这时泥炭层堆积停止，而被泥、砂等沉积物覆盖起来。

当被覆盖的泥炭层沉降到地下后，在上部沉积物的压力和地热作用影响下，逐渐压紧、脱水、密度增加；碳含量逐渐增高，氧含量减少，腐植酸降低，经过这一系列变化，泥炭就变成了褐煤。一般将泥炭变成褐煤的作用过程叫做成岩作用。

褐煤若继续受到不断增高的温度和压力的影响，引起内部分子结构、物理性质和化学性质的变化，就逐渐变成了烟煤和无烟煤。

低等植物经过相似于泥炭化的腐泥化阶段及煤化阶段形成腐泥煤。

现将整个成煤过程及原始物质递变产物列表如下（表