

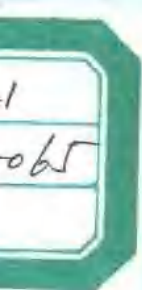


煤炭技工学校通用教材



# 采煤概论

煤炭工业出版社



煤炭技工学校通用教材

# 采煤概论

全国煤炭技工教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了煤矿地质、矿井各生产环节和通风与安全等方面的基本知识,主要包括地质与矿图、矿井开拓、井巷掘进、采煤方法、矿井通风与安全、矿井运输与提升等。

本书既是煤炭技工学校非采煤专业教材,也作为煤矿职工的培训教材。

煤炭技工学校通用教材

### 采 煤 概 论

全国煤炭技工教材编审委员会 编

责任编辑:崔 刚

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 787×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

字数 295 千字 印数 1—5,000

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-5020-2179-5/TD821

社内编号 4950 定价 19.50 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

# 全国煤炭技工教材编审委员会

主任委员 刘 富

副主任委员 仵自连 刘同良 张贵金 韩文东 范洪春 刘荣林

雷家鹏 曾宪州 夏金平 张瑞清

委 员 (按姓氏笔划为序)

于锡昌 牛麦屯 牛宪民 王亚平 王自学 王郎辉

甘志国 石丕应 仵自连 任秀志 刘同良 刘荣林

刘振涛 刘 富 刘 鉴 刘鹤鸣 吕军昌 孙东翔

孙兆鹏 邢树生 齐福全 严世杰 吴庆丰 张久援

张 君 张祖文 张贵金 张瑞清 李 玉 李庆柱

李祖益 李家新 杨 华 辛洪波 陈家林 周锡祥

范洪春 赵国富 赵建平 赵新社 夏金平 高志华

龚立谦 储可奎 曾宪州 程光玲 程建业 程彦涛

韩文东 雷家鹏 樊玉亭

# 前 言

为了加快煤炭技工学校的教学改革步伐，不断适应社会主义市场经济发展和劳动者就业的需要，加速煤炭工业技能型人才的培养，促进煤炭工业现代化建设和科学技术的进步，在全国职业培训教学工作指导委员会的指导下，全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会，以全国煤炭技工学校“八五”教材建设规划为基础，研究制定了全国煤炭技工学校新时期教材建设规划，并列入了国家劳动和社会保障部制定的全国技工学校教材建设规划，劳动和社会保障部以《关于印发1999年度全国职业培训教材修订开发计划的通知》（劳社培就司函（1999）第15号）下发全国。这套教材59种，其中技术基础课教材43种，实习课教材16种。目前正在陆续出版发行当中。

这套教材主要适用于煤矿技工学校教学，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。

《采煤概论》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，经全国职业培训教学工作指导委员会煤炭专业委员会审定，被劳动和社会保障部认定为合格教材，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。

本教材由鸡西煤矿技工学校白国杰同志编写，另外，在本教材的编写过程中，得到了学校领导和本单位教师和煤矿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。

全国煤炭技工教材编审委员会

二〇〇二年六月二十日

第七章 矿井运输与提升	155
第一节 矿井运输	155
第二节 矿井提升	165
第八章 矿井排水与压风	173
第一节 矿井排水	173
第二节 矿井压风	178
第九章 矿井供电	183
第一节 矿井供电系统	183
第二节 矿井电气设备	186
第三节 安全用电常识	190

# 绪 论

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。保持稳定的能源供应，是现代化建设的重要条件。煤炭是现代世界五大能源（煤炭、石油、天然气、水电、核电）之一，而且最易开发利用，赋存最丰富，因而被认为是最具长期利用价值的能源。目前，大力开发和合理利用煤炭资源，已成为许多国家能源政策的重要组成部分。

## 一、煤炭工业在国民经济中的地位

煤炭在我国能源结构和国民经济中的地位举足轻重，是我国的主要（第一）能源，在一次能源消费结构中的比重占 75% 多。目前，全国 75% 的工业燃料和动力、65% 的化工原料、85% 的城市民用燃料都是由煤炭提供的，而且这种格局在今后相当一段时期内不会有根本性的改变。

首先，从工业部门来看，煤炭、焦炭和烧煤电站等以燃烧方式消耗的煤炭比重仍然很高。

其次，我国农村是十分巨大的煤炭市场。农村生产（包括工、副业）和生活直接消费的煤炭不断增加。增加农村用煤量，不仅是发展农村工农业生产和改善生活的重要保证，而且对缓和柴薪与秸秆的过度消耗，扭转生态恶性循环，具有重要意义。

第三，我国化学工业仍将以煤炭为基础。目前，我国化工原料三分之二来自煤炭，以煤为起始原料的化工产品主要有氮肥、农药、合成树脂、塑料、合成纤维、染料、颜料和医药等。按产值计，将近 80% 的化工产品是为农业和轻纺工业服务的。由此可见，作为主要化工原料的煤炭，对发展国民经济，对提供全国人民的吃、穿、用物品，提高生活水平，作用是很大的。

## 二、我国煤炭工业发展概况

### 1. 解放以前我国煤炭工业发展概况

我国是世界上最早开采、利用煤炭的国家之一。远在公元前 500 多年的春秋战国时期，即予利用。当时人们称之为能燃烧的“黑石头”，并利用它来锻造兵器和农具；到了宋朝，个人已较多的开采煤炭来使用。到了元朝，官府靠买卖煤炭收税，明朝时期《天工开物》一书问世，对挖掘煤炭和通风有一定的论述。到 1876 年由官府办成我国最早的煤矿“基隆煤矿”，1878 年续办“开平煤矿”。此时，煤矿开掘、开采、通风、支护、提升等都已得到发展。但是，长期落后的封建主义生产关系的桎梏，阻碍了采矿业进一步发展。解放前的旧中国，在帝国主义、封建主义和官僚资本主义三座大山的压榨下，矿山设施简陋，开采技术落后，资源横遭破坏，煤炭工业发展处于停滞状况。直至 1949 年解放时，全国原煤年产量仅 3240 万 t，解放前的最高年产量（1942 年）也只有 6188 万 t。

### 2. 解放后我国煤炭工业发展概况

新中国成立以后，为我国煤炭工业飞速发展开辟了广阔的前景。50 多年以来，煤炭工

业得到迅速发展，改造、扩建和开发新建了一大批矿井、矿区和煤炭基地，煤炭生产能力大幅度提高。目前，我国的原煤年产量已跃居世界第一位。同时，对残柱式、高落式等落后的采煤方法进行了改革，在全国范围内成功地推广了长壁式采煤法，以及水力采煤法等。逐步革新了回采工艺，分别在 20 世纪 50 年代、60 年代和 70 年代研制和推行了半机械化、普通机械化和综合机械化的采煤设备与工艺，采煤机械化水平有了较大提高。20 世纪 80 年代后，放顶煤新工艺广泛得到应用，并形成了系列成套的设备，综采机械化继续向大功率、大运量、大吨位及自动控制方面发展，使我国采煤机械化进入全面发展的新阶段。20 世纪 90 年代我国开展高产高效矿井的建设。到 90 年代中期全国百万吨采煤队达到 70 多个，其中超过 200 万 t 的达 10 个以上，现国有煤矿的采煤机械化程度已达 75% 以上。

目前，我国特殊凿井技术、巷道光面爆破和锚喷支护技术、水力采煤技术、“三下”（水体、建筑物和铁路下）采煤技术等，已接近或达到世界先进水平。综采技术从无到有，发展较快。在煤田地质普查方面，利用我国发射的卫星进行全国煤田的地质测量，改变了传统的普查模式。在露天矿开采方面，通过各种途径，掌握现代化大型露天矿的设计、设备制造和生产管理技术。在井工开采方面，可以用先进的微型计算机和微处理器，装备新建的大型矿井和重点改建的矿井，实现井下环境监测、大型固定设备和生产管理的遥测、遥控和自动化。

### 三、国外煤炭工业发展简介

#### 1. 国外煤炭工业的新技术

在世界近代煤炭工业的 200 多年历史上，第一次技术革命是采煤综合机械化，第二次技术革命是煤矿自动化，第三次技术革命是煤炭气化和液化。就煤炭工业来说，由低技术向高技术过渡，意味着煤炭产量的增加，单面日产可达 2.5 万 t；越来越依靠科学技术的进步，而不再是主要依靠增加人力和投资。目前，国外大量的实践证明，产量的增长 90% 靠提高效率，而提高效率 80% 靠技术的进步。目前世界煤炭工业的新技术有：

(1) 微电子和计算机技术。电子计算机在 20 世纪 60 年代初进入煤矿。利用计算机对矿井生产进行监控，在地面的控制台上，调度人员可借呼叫键和显示屏进行人机对话，平时或出现险情时能够发出音响报警信号和简短的警告语句，并指出应采取的措施。萤光屏可显示数据和模拟图像，每班结束时可自动打印出报告。

(2) 机械—电子技术。微电子技术机械、电工、测试、控制等技术的结合，形成机械—电子这门新兴技术。目前国外井巷掘进都已使用防爆激光指向仪；回采工作面采用地声检测仪，用以预测煤与瓦斯突出和冲击地压，传感器把记录的信息传输到地面控制台；矿井用红外线 CO 分析仪预报井下火灾。

(3) 生物技术。用微生物降低煤层瓦斯含量， $\text{CH}_4$  在煤的孔隙中低温氧化后，可减少 65%~70%；利用细菌对煤炭进行脱硫，可脱除 49%~83% 的黄铁矿硫；利用微生物使泥炭转化成代用天然气。

(4) 航天技术。航天工业是发展最快的高技术工业之一。利用卫星进行煤田地质普查，可以减少野外工作量，节约资金；利用卫星遥感技术，探测深度不大的煤矿井下断层和破碎带，以查明冒顶隐患，改进矿井设计；利用卫星摄影监视露天煤矿的开采。

(5) 新材料。与煤矿有关的新材料，主要有高性能合金、工程塑料、合成树脂、高性



能复合结构材料、光纤、传感器敏感材料等。利用新材料，可使煤矿机械配件的使用寿命增加几倍到几十倍，可使监控系统更先进。

## 2. 未来的采煤技术

据世界有关专家们的预测和设想，未来的采煤技术有以下几种：

(1) 计算机控制的自动化矿井。自动化矿井的面貌是：采、掘、运、选全部自动化，工人只担任支护、安装、拆卸、维修等辅助工作。全矿生产过程用计算机控制，应用电磁、超声波、同位素等传感器检测数据；用激光仪监测瓦斯和机器导向；电视监视设备运行；同位素仪器进行煤质分析；用光纤传输信息。年产 300 万 t 的矿井，仅用 350 人。

(2) 采煤机器人。井下机器人将首先用于掘进工作面。挪威已研制出三臂机器人钻车，实现连续程序控制。将来，机器人可用来开采极薄煤层和地质条件复杂的煤层；在有煤与瓦斯突出危险煤层打眼时，接长钻杆；综采设备的拆卸和安装；检查设备故障；监测井下环境；探测井下灾区、运送救护器材等。利用机器人操纵井下机器，人在地面控制，从而实现无人矿井。

(3) 煤炭地下气化。俄罗斯试验煤炭地下气化已多年，现有两个试验性气化站，年产气在 10 亿多立方米。其他国家也在搞试验。总的来看，地下气化技术还不过关，吨煤在地下的气化率仅为在地面气化的 55% 左右，煤气热值较低。为此，德国和比利时正采取用氧气鼓风来争取提高煤气的热值。

(4) 化学采煤。化学采煤可以有多种方法，现已着手研究的主要有三类，即：溶剂萃取法，美国试图将地面煤炭加氢液化的新工艺——溶剂精炼煤法应用于地下液化；化学破碎法，将醇类、液氮等经钻孔压入煤层，使煤破碎到 0.5mm 以下，再用空气或氮气压送到地面；微生物分解法，将微生物和营养物通过钻孔注入煤层，使煤分解成低分子产品，用空气压送到地面。

上述四种未来的采煤技术，都在试验阶段和设想阶段，实际应用尚需解决一系列的问题。如精确预测煤层地质条件；高精度定向钻孔；破碎或分解过程的自动监控；产品提到地面的方法；采空区处理与控制；大量化学剂的供应；其它专业的高水平技术的配合及研制经费、周期等。

# 第一章 煤矿地质与矿图基础知识

地质工作是煤矿生产的先锋，地质资料（主要指煤层和岩层的埋藏情况）是矿井设计与日常生产的重要依据。没有可靠的地质资料，矿井设计与生产就会陷入盲目状态。煤矿地质工作包括煤田地质勘探和矿井地质工作，前者指找煤开始和最终获得一定精度的地质资料，以满足矿井设计的需要；后者指在建井和生产过程中进一步查清地质情况，直接为生产服务。

## 第一节 地壳的组成与地质作用

### 一、地壳的组成

地球是一个巨大的椭球体，其赤道半径为 6378.2km，极半径为 6356.8km。地球的最外层有一层坚固的薄壳，称为地壳。地壳的厚度各地不一，一般规律是：大陆所在的地方地壳较厚，如平原地区厚约 30km 左右，高原及高山地区则更厚些，例如我国的西藏高原，地壳厚达 70km 左右；而海洋所在的地方地壳较薄，往往不到 10km；地壳平均厚度约为 20km。地壳主要由岩石组成，组成岩石的是矿物，而矿物则是由各种化学元素所组成。因此在地壳中蕴藏着非常丰富的矿产资源。

#### 1. 元素

组成地壳的元素达百余种，但占主要地位的是氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢等。以氧（46.6%）和硅（27.7%）为最多，它们的分布大致可分为两层：

上层——密度较小，约 2.6~2.7。成分以硅、铝为主，所以也称为硅铝层。

下层——密度较大，约 2.8~2.9。成分除硅、铝以外，还含有较多的铁、镁，所以也称为硅镁层。

#### 2. 矿物

矿物是地壳中一种或多种元素在各种地质作用下形成的自然产物，具有比较固定的化学成分和一定的物理性质与形态。例如，自然金（Au）、自然银（Ag）和石墨（C）等，分别是由一种元素金、银和碳形成的（单质矿物）；石英（ $KAlSi_3O_8$ ）则是由钾、铝、氧等多种元素化合形成的。

自然界中已发现的矿物有 2000 多种，绝大多数呈固态，也有的呈液态（如水，石油和汞等）和气态（如沼气）。但组成岩石的常见矿物并不多，主要的仅有 20 多种，如石英、长石、云母、黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿、方解石和石膏等。如果某种矿物大量集中在一起，就成为有开采价值的矿产。

#### 3. 岩石

地壳主要是由岩石组成的，岩石就是通常俗称的“石头”。岩石是矿物的集合体，它可以包含一种矿物，如纯石灰岩的成分是方解石（ $CaCO_3$ ）；也可以包括多种矿物，如花岗岩

由石英、长石和云母等多种矿物组成。

自然界的岩石按其生成原因的不同，可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

(1) 岩浆岩。岩浆岩由岩浆冷凝形成。在地球深部，存在温度很高、压力很大的岩浆。当这种高温、高压的岩浆沿着地壳脆弱地带侵入地壳上部（侵入岩），或沿地壳裂隙喷出地表（喷出岩），冷凝后都会形成岩浆岩。常见的岩浆岩有花岗岩、玄武岩和辉绿岩等。岩浆岩中不含化石，呈块状构造，多伴生金属矿床。

(2) 沉积岩。暴露于地表的各种岩石，由于长期受大气温度变化、风雨侵蚀和生物破坏等风化、剥蚀作用，变成碎石、细砂和泥土等物质。这些物质以及生物遗体，在原地或被流水和风化搬运到海洋、湖泊和低洼地带，沉积下来，形成沉积物。随地壳不断缓慢下降，沉积物不断加厚，经过压实、脱水和胶结等固结作用，就形成了沉积岩。常见的沉积岩有砾岩、砂岩、石灰岩、页岩、泥岩和煤等。沉积岩最明显的特征是具有层状构造和层理发育。

层状构造的岩石看起来有明显的层次。它是在沉积岩生成的过程中，由于沉积物质的成分、颗粒大小、颜色和沉积时间早晚等条件不同所形成的。层理是沉积岩的两个层面之间还有更细微的成层现象，根据层理形态的不同，又分为水平层理、斜层理和波状层理，如图 1-1 所示。

在沉积岩中还含有多种生物化石。在沉积过程中，生物遗体也随着沉积下来，经过很长时间，这些生物的外壳、骨骼和根、茎、叶等有机物质逐渐被矿物质交换、充填，最后变成了“石头”，但仍然保存了原来的形状或痕迹，这就是化石。在煤层附近的岩层中常见到树叶、树根等植物化石。

此外，在沉积岩中还可以见到与该岩层有明显差异的团块状物体，称为“结核”，如煤层中常见到黄铁矿质结核（俗称硫黄蛋）。

沉积岩在地壳表面分布最广，其覆盖的面积约占地表总面积的 75%。因此，它是我们最常见的一类岩石。有许多重要的矿产资源，本身就是沉积岩，如煤、油页岩、盐矿、沉积铁矿、石灰岩等等。石油和天然气也生于沉积岩中，而且绝大部分都储集在沉积岩中。据统计，目前全世界每年开采的矿产资源有 75% 来自沉积岩。

我们开采的煤炭是一种主要由植物遗体转变成的沉积岩。在煤层的上下，绝大多数也都是沉积岩。所以沉积岩是我们在煤矿中最常见的岩石，甚至有不少煤矿见不到岩浆岩或变质岩，只能见到沉积岩。

(3) 变质岩。由于地壳运动和岩浆活动的影响，使已经形成的岩浆岩、沉积岩或先期变质岩，在地下深处受到高温和高压的作用，改变了原来的成分和性质，变成新的岩石——变质岩，如石英砂岩变成石英岩，石灰岩变成大理岩等。常见的变质岩有：大理岩、石英岩、角闪岩、片麻岩、片岩、千枚岩、板岩等。

变质岩虽然在煤矿中远不如沉积岩那样常见，但在某些煤田的基底或周围有所分布。如东北的抚顺、阜新煤田中，有些矿片的水仓就布置在变质岩中。此外，有些煤田在含煤沉积岩形成后，由于受到岩浆的侵入，特别是在较大的侵入体周围，含煤沉积岩也常发生某

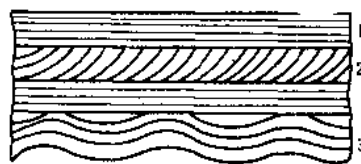


图 1-1 层状构造和层理

1—水平层理；2—斜层理；  
3—波状层理

种程度的变质，如北京京西矿区就可见到这种现象。因此，我们煤矿工作者对变质岩也应有所了解。

## 二、地质作用

在地球的圈层构造中，地壳只占很薄的一层。在地球漫长的演变历史过程中，随着地球的转动，组成地壳的物质也处于不停地运动和变化之中。促使地壳物质发生运动和变化的各种自然作用都称为地质作用。

有些地质作用进行得比较迅速和剧烈，它们较易被人们察觉，有时甚至还能造成严重的自然灾害，如地震和火山爆发。但在更多的情况下，地质作用进行得十分缓慢，所以很难被人们察觉。在经历了若干万年甚至百万年、千万年这样的地质作用（风化、剥蚀、搬运、沉结）后，却能造成地壳面貌的巨大变化。它们一方面能将高山夷为平地；另一方面又能使沧海变为桑田，甚至变成像现今的喜马拉雅山脉那样的高山。

根据地质作用进行的场所及能源的不同，可将其分为内力地质作用和外力地质作用两种。

### 1. 内力地质作用

由地球内部能量引起的地壳物质成分、内部构造、地表形状发生变化的地质作用，称为内力地质作用。它包括岩浆活动、变质作用、地壳运动和地震作用等。

(1) 岩浆活动。地下的岩浆，沿地壳裂缝上升，侵入地壳或喷出地表，在上升过程中与围岩相互作用，不断改变自身的成分和状态，直至冷凝的全部过程，称为岩浆活动。岩浆喷出地表的称为火山作用；未达到地表的岩浆活动，称为岩浆侵入活动。

(2) 变质作用。地壳深部的岩石，在高温、高压和化学活动性流体作用下，岩石的结构、构造及化学成分产生变化，形成新的岩石作用，称为变质作用。

(3) 地壳运动。由地球内部动力引起地壳产生的变形和变位，称为地壳运动。地壳运动可以促进岩浆活动和变质作用。当地壳沿地球半径方向运动时，表现为地壳的上升或下降，称为升降运动。当地壳物质沿地球切线方向运动时，称为水平运动。

在地壳发展历史中，升降运动常常表现为缓慢的海陆变迁，而水平运动则常表现为剧烈的造山运动，引起岩层明显的变形和变位。

(4) 地震作用。地震是地壳的快速颤动，是地壳运动的一种形式，是岩石内部能量积累突然释放的结果。地震的酝酿和发生会引起所在地区地壳物理性质的一系列变化以及地表形态和地壳结构的剧烈变动。

### 2. 外力地质作用

由地球以外的太阳辐射能、日月引力等所引起的地质作用，称为外力地质作用。它能使地表形态发生变化和地壳表层化学元素产生迁移、分散和富集。按其作用方式可分为：

(1) 风化和剥蚀。暴露在地表的岩石经受着风吹雨打、日晒夜露以及生物活动等影响，在原地遭到破坏、崩裂、破碎或分解、溶化，岩石的这种破坏变化过程称为风化作用，如图 1--2 所示。以流动着的物质为动力，如风、雨、流水等等，对岩石进行破坏，并把破坏的产物剥离开，这个过程统称为剥蚀作用。流水对岩石的破坏，就是常见的一种剥蚀作用。如果流水中夹带着碎石、砂子，就会因碎石、砂子刻划着岩石，致使剥蚀作用更为强烈。风化和剥蚀往往是彼此促进的。岩石遭受风化变得松软就便于剥离，剥蚀后暴露出来新鲜的

表 1-1 地 质 年 代 表

代(界)	纪(系)	世(统)	距今年龄(亿年)	构造运动	开始繁殖时期	
					植 物	动 物
新 生 代	第四纪	全新世 更新世	0.03	←喜马拉雅运动	被子植物大量繁殖, 为成煤提供原始物质	古人类出现
		上新世 中新世	0.25			哺乳动物
	第三纪	新第三纪 老第三纪	0.80			←
中 生 代	白垩纪	晚白垩世 早白垩世	1.40	←燕山运动	被子植物	爬山动物
	侏罗纪	晚侏罗世 中侏罗世 早侏罗世	1.95	←印支运动	裸子植物极盛, 为成煤提供原始物质	
		三叠纪	晚三叠世 中三叠世 早三叠世	2.30	←华力西运动	
古 生 代	二叠纪	晚二叠世 早二叠世	2.70	←加里东运动	裸子植物	两栖动物
	石炭纪	晚石炭纪 中石炭纪 早石炭纪	3.20		孢子植物极盛, 为成煤提供原始物质	
		泥盆纪	晚泥盆世 中泥盆世 早泥盆世		3.75	
早 古 生 代	志留纪	晚志留纪 中志留纪 早志留纪	4.40	←	裸蕨植物	鱼 类
	奥陶纪	晚奥陶纪 中奥陶纪 早奥陶纪	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
	寒武纪	晚寒武世 中寒武世 早寒武世	6.20		←	
元 古 代	震旦纪	晚震旦世 中震旦世 早震旦世	约 16 20	←蔚县运动 ←吕梁运动 ←五台运动	←	←
		早 元 古 代	45	←鞍山运动		
太 古 代					菌藻类	←

岩石又有利于继续风化。

(2) 搬运和沉积。风化和剥蚀作用的产物，由风、流水等搬运到别的地方的过程，称为搬运作用。被搬运的物质经过一段路程后，随着搬运力量的减弱或消失逐渐在低洼地区沉积下来，称为沉积作用。最主要的沉积区是内陆湖泊、沼泽和海洋。

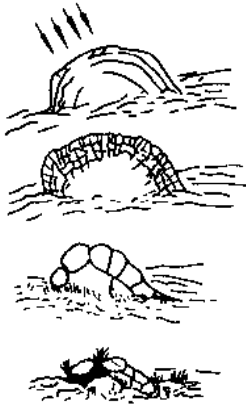


图 1-2 岩石风化过程示意图

(3) 固结成岩。松散的沉积物逐步变成坚硬的沉积岩的过程，称固结成岩。其变化过程主要是：沉积物在压力作用下颗粒紧密排列，挤出水分，体积缩小称为压紧；把砾石、砂粒等屑碎物粘结起来的过程称为胶结；当细小的沉积物颗粒集中合并而发育成较大的晶体的过程称为重结晶。

综上所述，不断地破坏岩石、雕刻着地表，又不断地生成新的岩石就是外力地质作用的整个过程。

内力地质作用和外力地质作用彼此间有着密切的关系。外力地质作用在很大的程度上受地壳运动的制约。风化、剥蚀过程主要在地壳上升隆起的地区进行，而进行的程度也与地壳上升隆起的幅度和速度有关。而沉积、固结成岩过程主要在地壳下降沉陷地区进行，沉积物物质成分，沉积的厚度和分布范围等，都受着地壳沉降的幅度和速度的控制。因此，当各地区的升降运动不一致时，就会造成各地区的沉积岩在分布范围和岩石性质、厚度、层数上的差异。

### 三、地史与地层的概念

地球形成已有 45 亿年以上的历史。在漫长的岁月里，地球在不停地转动，地壳也在不停地运动，地球上的生物也在不断地发展。在不同的地质历史阶段都有着岩石、矿物和生物的形成与发展，也有着岩石、矿物和生物的破坏和淘汰。为了便于研究，通常根据地壳运动及古生物的发展，将地球的历史从古到今划分为太古代、元古代、古生代、中生代和新生代五个大的时期，每个代都包含着几亿年时间。为了反映更短的时间间隔内地壳的变化，代以下又分为若干纪，纪以下又分为世。代、纪、世是国际统一的地质时代单位。

在各个地质时代内，都有相应的沉积岩层形成。各个地质时代内所生成的地层相应地称界、系、统。界、系、统是国际统一的地层单位。

地球的演变和发展历史，通常用地质年代表来概括，见表 1-1。

## 第二节 煤 的 形 成

### 一、煤的形成

#### 1. 成煤的原始物质

在煤层附近的顶、底板岩层中，常常可以看到植物的根、枝、叶等化石，将煤放在显微镜下观察，也可以看到植物结构。研究结果表明，煤是由古代植物遗体经过变化形成的。

#### 2. 成煤的过程

(1) 第一阶段——泥炭化阶段。在古代的成煤时期，地球上气候温暖而潮湿，在浅海、湖泊和沼泽地带，植物生长得十分茂盛。植物不断地繁殖、生长、死亡，其遗体被水浸没，在缺氧的条件下，在微生物的作用下，不断地分解、化合，形成了泥炭层。这一过程称为泥炭化阶段。

(2) 第二阶段——煤化阶段。随着时间的推移，地壳继续缓慢下沉，泥炭层被水携带来的泥、砂等物质覆盖，并逐渐加厚。在上覆岩层的压力和地热的作用下，泥炭层逐渐脱水、压紧，碳的含量也逐渐增加，这时泥炭就变成了褐煤。如果地壳继续下沉，覆盖岩层不断加厚，褐煤在高温、高压的影响下，引起内部分子结构、物理性质的变化，逐渐形成了烟煤、无烟煤，这一过程称为煤化阶段。在个别情况下，无烟煤可能进一步变质成为一种不能燃烧的矿产——石墨。

### 3. 成煤条件

(1) 植物条件。植物遗体是成煤的原始物质，没有植物的生长就不可能有煤的形成。因此，在漫长的地质历史中，成煤的时期应该是有植物大量繁殖的时代。

(2) 气候条件。植物的生长直接受气候的影响。只有在温暖潮湿的气候条件下，植物才能大量繁殖。同时，植物遗体只有在湖泊、沼泽等地带才能被水淹没免遭完全氧化而逐渐堆积。这些地带的发育则要求有潮湿的气候。因此，温暖和潮湿的气候是成煤的条件之一。

(3) 地理环境。要形成分布面积较广的煤层，必须有能够产生大面积沼泽化的自然地理条件。一般，滨海平原、海湾泻湖、内陆大湖、山间盆地、宽阔的河漫滩等广阔的平坦地方受地壳升降的影响，容易发育为大面积的沼泽地带。

(4) 地壳运动。地壳运动对煤的形成影响是多方面的，泥炭层的积聚要求地壳发生缓慢下沉，而下沉速度最好与植物遗体堆积的速度大致平衡，这种状态持续的时间越久，形成的泥炭层就越厚。泥炭层的保存和转变成煤的过程则要求地壳有较大幅度和较快的沉降。在同一地区若能形成较多的煤层，则又要求地壳在总的下降过程中还应发生多次的升降和间歇性缓慢下沉。

从上述条件可见，在地球发展的历史过程中，只要某个地区同时具备了上述四方面的条件，并彼此配合很好，持续的时间也较长，就可能形成较多、较厚的煤层，成为大煤田；如果四方面的配合只是短暂的，虽然也能有煤生成，但是不一定具有开采价值。

## 二、煤系

### 1. 我国的主要聚煤期

我国各时代聚煤作用的发育程度不均衡，几个主要聚煤期是：晚古生代的早、晚石炭世，早、晚二叠世；中生代的晚三叠世；早、中、晚侏罗世，早白垩世；新生代的第三纪。各个时期聚煤作用的强度不同，以晚石炭世；早、晚二叠世；早、中、晚侏罗世；早白垩世的聚煤作用最强。在这四个主要聚煤时期里，形成了许多煤田，其中不少已成为我国的主要煤炭基地。

### 2. 煤系

在煤的形成过程中，煤层上下还形成了许多岩层。若这些煤层和其它岩层是在同一个聚煤期形成的，通常就把它们称为某一地质时代的煤系地层。因此，煤系就是含有煤层的

一整套的沉积岩系。它们彼此间大致连续沉积并在成因上有密切联系。

在煤系中还经常伴生有其它沉积矿产，如油页岩、铝土矿、菱铁矿、黄铁矿、赤铁矿、褐铁矿等。煤系地层除煤和上述矿产外，还有沉积岩。

### 三、煤 质

#### 1. 煤的化学组成

煤的化学组成主要是有机质和无机质两大类。有机质是煤的主要组成部分，它包括碳、氢、氧、氮和有机硫，还有少量磷等，是加工利用的对象；无机质包括无机质矿物质和水分，绝大多数是煤中的有害成分，对加工利用不利。

#### 2. 煤 质

泥炭、褐煤、烟煤和无烟煤的形成，主要取决于成煤时间和炭化程度。炭化程度越高，煤的水分和挥发分越少，含碳量越多，发热量也可能越高。

评价煤质的主要指标包括：水分、灰分、挥发分、胶质层厚度、发热量、硫和磷的含量以及含矸率等。

(1) 水分和灰分。水分和灰分是煤中不可燃的部分，它们含量越少煤质越好。灰分是指煤完全燃烧后所剩下的固体残渣。目前把灰分超过 40% 的煤暂不列入可采煤层。

(2) 挥发分。指煤与空气隔绝后加热到 900℃ 左右时所排除的气态物质，主要成分为沼气、氢及其它碳氢化合物等。由于挥发分能反映煤中有机物的性质及其加工利用性能，所以是评价煤质，进行煤的工业分类的主要指标之一。

(3) 固体碳。固体碳是除去水分、灰分和挥发分后的有机固体可燃物质。它的含量随煤的变质程度提高而增高。

(4) 胶质层厚度。指粉煤与空气隔绝后加热到  $850 \pm 20$ ℃ 时，煤中的有机质分解、熔融而产生具有粘结性的胶体厚度 (mm)。粘结性好的煤，加热后形成厚度适当的胶质层，最后结成块状的焦炭；粘结性差的煤，加热后形成胶质层厚度小，结成的焦炭成碎片状；不粘结的煤加热后不能产生胶质层，也不能结成焦炭。炼焦是煤的重要工业用途，所以胶质层厚度是评价煤质，进行煤的工业分类的另一主要指标。

(5) 发热量。指质量为 1kg 的煤完全燃烧时放出的热量，其单位是 J/kg。煤的发热量主要与炭化程度有关，但是水分和灰分含量的增加，也可导致煤的发热量降低。

(6) 硫和磷。它们都是煤中的有害杂质，炼焦时可转入焦炭，然后进入生铁，影响钢铁质量。国家规定：凡是炼焦用煤必须先经洗选，含硫量不能超过 1.2%；含磷量不能超过 0.05%。

(7) 含矸率。指矿井采出的原煤中，大于 50mm 的矸石量占全部煤量的百分数。含矸率低的煤质好。

### 四、煤的分类

为了正确地评价煤的工艺性质，合理利用资源，选择有效的煤质指标，将煤划分成具有不同性质和工艺性能类别。

#### 1. 非工业分类

非工业分类主要选择含碳量、水分、挥发分与可燃物的比率和发热量为指标进行划分



煤的种类，见表 1-2。

表 1-2 非工业用煤分类表

煤的种类	含碳量 (%)	水分 (%)	挥发分/可燃物 (%)	发热量 (J/kg)
泥 炭	50~60	30~40	60~70	20920
褐 煤	60~75	10~30	45~55	16736~30962
烟 煤	75~90	4~15	10~50	30962~37238
无 烟 煤	90~98	2~4	2~8	36235~36401

## 2. 工业分类

我国现行的工业分类，是以炼焦煤为主的分类方案，分类指标主要用挥发分与可燃物比值率 ( $V^r$ %) 和胶质层的最大厚度  $y$  (mm)，为指标划分煤的种类，见表 1-3。

表 1-3 工业 (以炼焦用煤为主) 用煤分类表

大类别名称	小类别名称	分 类 指 标	
		$V^r$ (%)	$y$ (mm)
无烟煤 贫 煤		0~10	
		>10~20	0 (粉状)
瘦 煤	1号瘦煤	>14~20	0 (成块) ~8
	2号瘦煤	>14~20	>8~12
焦 煤	瘦焦煤	>14~18	>12~25
	主焦煤	>18~26	>12~25
	焦瘦煤	>20~26	>8~12
	1号肥焦煤	>26~30	>9~14
	2号肥焦煤	>26~30	>14~25
肥 煤	1号肥煤	>26~37	>25~30
	2号肥煤	>26~37	>30
	1号焦肥煤	≤23	>25~30
	2号焦肥煤	≤26	>30
	气肥煤	>37	>25
气 煤	1号肥气煤	>30~37	>9~14
	2号肥气煤	>30~37	>14~25
	1号气煤	>37	>5~9
	2号气煤	>37	>9~14
	3号气煤	>37	>14~25
弱粘结煤	1号弱粘结煤	>20~26	0 (成块) ~8
	2号弱粘结煤	>26~37	0 (成块) ~9
不粘结煤 长 焰 煤 褐 煤		>20~37	0 (粉状)
		>37	0~5
		>40	-

注：1. 做分类研究的煤样为未受氧化的，并经 1.4 比重液洗选后的精煤；

2. 测定挥发分的温度为  $850 \pm 20^\circ\text{C}$ 。