

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

# 采煤概论

C A I M E I G A I L U N

煤炭工业出版社

煤炭技工学校“十一五”规划教材

# 采 煤 概 论

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 ·

煤炭技工学校“十一五”规划教材

## 采煤概论

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 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: [www.cciph.com.cn](http://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 × 1092mm  $1/16$  印张 14  $1/4$

字数 333 千字 印数 1—10,000

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

**ISBN 978 - 7 - 5020 - 3290 - 6/TD82**

社内编号 6095 定价 28.00 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 刘富(兼)  
委员 (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 汪佑武

# 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。

《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。

本教材由安徽淮南职业技术学院汪佑武副教授和淮南矿业技师学院张从伟同志编写，其中汪佑武同志编写第一、二、五、六、七章，张从伟同志编写第三、四章，汪佑武同志担任主编。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

# 目 次

第一章 煤矿地质	1
第一节 地壳及地质作用	1
第二节 煤的形成、用途及分类	8
第三节 煤层的赋存特征	16
第四节 煤田地质勘探与储量	21
第五节 矿图基础	24
第二章 矿井生产概述	33
第一节 基本概念	33
第二节 矿井生产系统	36
第三章 井田开拓	40
第一节 井田开拓方式	40
第二节 开采水平的设置	51
第三节 矿井开拓延深和技术改造	57
第四章 井巷掘进与支护	60
第一节 概述	60
第二节 巷道掘进	63
第三节 巷道支护	78
第四节 井筒施工	85
第五章 采煤方法	89
第一节 采煤方法概述	89
第二节 矿山压力	91
第三节 缓倾斜、倾斜薄及中厚煤层长壁采煤法	95
第四节 厚煤层长壁采煤法	124
第五节 急倾斜煤层采煤方法	134
第六节 其他类型采煤方法	142
第七节 露天开采	155
第六章 矿井通风与安全	161
第一节 矿井空气	161
第二节 矿井通风	164
第三节 矿井瓦斯	177
第四节 矿尘、矿井水、火及顶板灾害的防治	182
第五节 矿山自救与互救	190
第七章 矿井其他生产系统	195

第一节	工业场地布置及地面生产系统.....	195
第二节	矿井运输与提升.....	197
第三节	矿井排水系统.....	204
第四节	矿井动力供应系统.....	207
第五节	选煤系统.....	214
参考文献	.....	219

# 第一章 煤矿地质

煤矿开采要求在安全生产的条件下,以最佳的经济效益、先进的科学手段、符合国家有关开采规定将埋藏在地下的煤开采出来。煤和其他矿产资源的形成与存在,都是地球物质运动和地质作用的产物。因此,了解地球物质的运动规律,认识煤炭资源的形成与各种地质作用的关系,掌握煤层的性质及其埋藏特征,提高基本地质图件的识读能力,是从事煤矿开采的工作者必须具备的基本知识和基本技能。

## 第一节 地壳及地质作用

### 一、地球的物理性质(与煤矿开采有关的)

地球的物理性质包括地球的密度、压力、重力、地磁、地热等。地球的物理性质从不同角度反映了地球内部的物质组成、状态和结构,了解地球的物理性质可以更好地为寻找和开发矿产资源服务。

#### 1. 密度

地球的平均密度为  $5.52\text{g/cm}^3$ ,但实测地表岩石的平均密度为  $2.7\sim 2.8\text{g/cm}^3$ ,地球表面的71%分布着海水,其密度(温度为  $4^\circ\text{C}$  时)为  $1.003\text{g/cm}^3$ 。这说明地球内部物质应具有比地表更大的密度,地震波速度变化的结果也证实了这一点。地球内部密度变化的计算结果表明其总趋势是随深度增加而增大的,但呈不均匀的阶梯状。在大约400,650,900,2900和4640km处均有明显的变化,其中2900km处变化最大,至地心密度达最大值  $13\text{g/cm}^3$ 。密度的这些变化反映了地球内部物质成分和状态的变化。

#### 2. 压力

地球内部压力由上覆地球物质质量产生的静压力和地球运动产生的动压力共同组成。

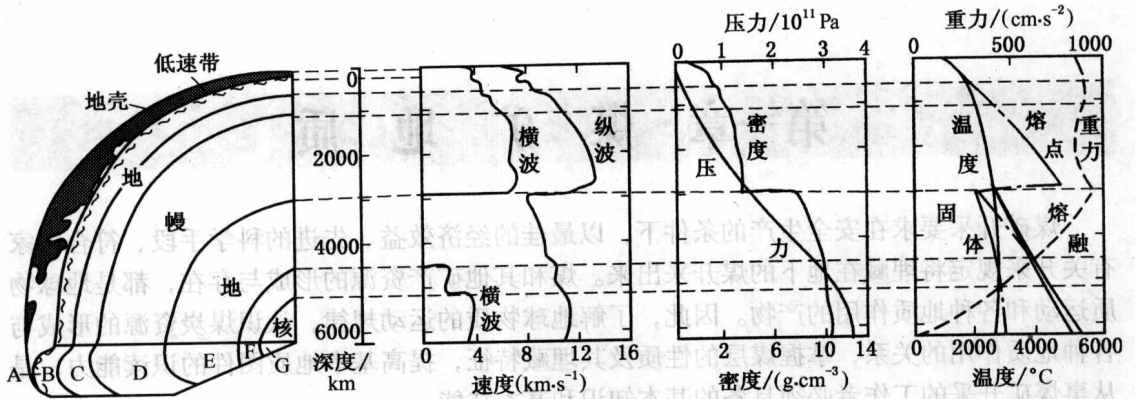
地球内部某处的静压力大小与地球内部物质的密度及该处的重力有关,其变化规律是随深度增加而增大,大致为一圆滑曲线(图1-1)。地壳的平均密度约  $2.75\text{g/cm}^3$ ,深度每增加1000m,压力增加27.5MPa。深部随着岩石密度的加大,静压力增加得更快些,静压力在莫霍面附近约为1.2GPa,在古登堡面附近约为135.2GPa,在地心处可达361.7GPa。

动压力通常以水平力为主,具有方向性,并可以在一些地段特别集中。在煤矿生产中,对矿山压力的研究有助于解决巷道的维护、煤及瓦斯突出的预测等矿井开采过程中经常遇到的实际问题。

#### 3. 重力

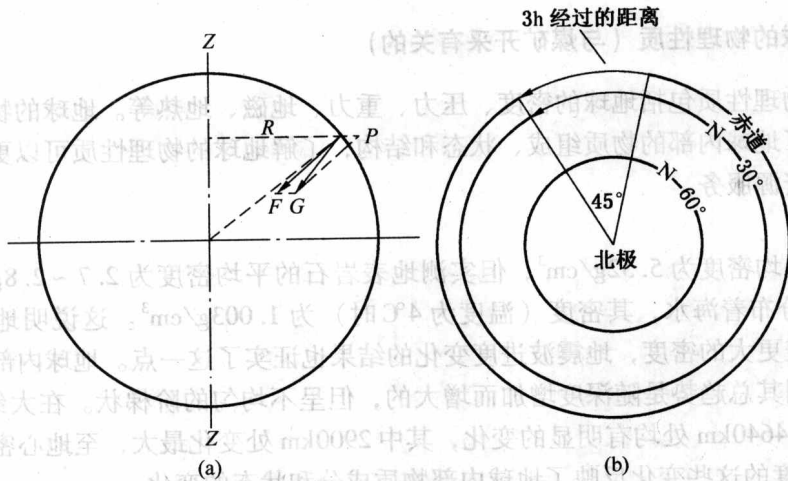
重力是垂直地球表面使物体向下的一种天然作用力,它是由地心引力和地球自转而产生的惯性离心力的合力(图1-2)。地心引力与距离成反比,因此,地表的地心引力以赤道最小,两极最大;离心力与地球自转的线速度成正比,故地表以赤道处的离心力最大,





A—地壳；B—上地幔上部；C—上地幔下部；D—下地幔；E—外核；F—过渡带；G—内核

图 1-1 地球的物理性质变化曲线



ZZ—地球自转轴；R—纬度圆半径；G—重力；P—离心力；F—地心引力

图 1-2 重力与地心引力和离心力关系

两极最小。离心力相对地心引力来说是相当小的，以赤道来看，也不过只有该处地心引力的  $1/289$ ，因此，重力方向仍大致指向地心。

地球重力作用的空间称为地球重力场。地球上某一点的重力场强度相当于该点的重力加速度。由于地心引力随纬度变化，故地表（以大地水准面为准）重力分布以赤道地区最小，为  $9.78\text{m/s}^2$ ；两极最大，为  $9.83\text{m/s}^2$ ；平均为  $9.80\text{m/s}^2$ 。两极比赤道地区重力增加  $0.53\%$ 。重力除与地理纬度有关外，还受地表地形起伏及地球内部物质的密度及其分布状态的影响。

地表实际测定的重力值往往与理论值不符，这种现象称重力异常。实测值大于理论值的，称正异常；实测值小于理论值的，称负异常。造成重力异常的原因：一方面，由于测点不一定都位于平均海平面的高度，这样测点与平均海平面高度之间的物质，以及周围物体的引力都会影响该点的重力值；另一方面，地壳不同部分物质的密度不同也影响重力

值。在地下由密度较大物质如铁、铜、锌、铅等重金属矿物和基性岩等组成的地区，常显示正异常，而由密度较小物质如石油、煤、盐类等组成的地区，常显示负异常。

#### 4. 地磁

地球周围空间存在着一个弱磁场，称地磁场。理论和实践证明，地磁场近似于磁偶极子的磁场，它有两个磁极，磁北极为磁偶极子的S极，磁南极为磁偶极子的N极。地磁场的南北两极与地理南北两极不重合（图1-3），磁轴与地球自转轴的夹角为 $11^{\circ}4'$ 。磁极的位置随时间的变化而不断变化。1970年，地磁北极位于加拿大北部帕里群岛（ $76^{\circ}\text{N}$ ， $101^{\circ}\text{W}$ ），地磁南极位于南极洲（ $66^{\circ}\text{S}$ ， $140^{\circ}\text{E}$ ）。

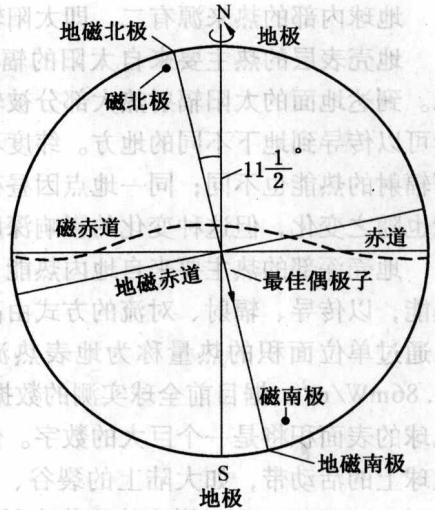


图1-3 现代地理极与地磁极的关系

由于地磁极和地理极不一致，因此地磁子午线与地理子午线之间有一夹角，这个夹角称为磁偏角，偏在地理子午线东边的叫东偏角，符号为正；偏在地理子午线西边的叫西偏角，符号为负。另外还发现磁针只是在地磁赤道地区才保持水平，而在磁南极和磁北极地区则处于直立状态，在地磁的两磁极与地磁赤道之间的地区则与水平面有一定的夹角，这个夹角称为磁倾角，以指北针为准，下倾者为正（北半球），上倾者为负（南半球）。磁针的偏、倾程度实际上反映了磁针在磁场中所受磁力的大小。

地磁极与地理极不同，地磁极随时间的变化而变化。1922—1972年间，磁北极在纬度上移动了 $2^{\circ}$ ，磁南极则移动了 $4^{\circ}25'$ 。随着磁极的移动，各地地磁要素也在发生变化，由于这个缘故，国际组织规定，每5年需重编世界地磁图。一般认为，地磁场的这种变化是由磁轴变化引起的，而磁轴的变化则是地球内深部物质运动引起的。

地磁场的变化有短期变化和长期变化两种。短期变化是由地球外部原因引起的，有日变化、年变化和突然性变化。日变化的磁偏角变化幅度为几分；年变化可能与电离层及太阳活动的变化有关；突然性变化表现为几天或几小时的磁场强度大幅度变化，这种突然性变化称为磁暴，平均每年发生几次，强度可达每米几个安培。磁暴可导致无线电通信中断、极光出现等，它与太阳黑子、空间电流等现象有关。长期变化的原因尚无定论，可能是地核或地幔物质运动在速度上的差异引起的。

地磁要素长期变化，必须经常测量。通过设在各地的地磁台所测的地磁要素数据，经校正并消除了地磁的短期和局部变化的影响所得到的磁场值叫正常值。如果在实际测定中所测的地磁要素值与正常值偏离，称为地磁异常。地磁异常多为地下磁性物质存在局部变化的标志，可以据此勘测出地下的磁性岩体和矿体，如磁铁矿、镍矿、超基性岩等高磁性的矿物和岩石，其磁异常值大于正常值而表现为“正异常”；金矿、铜矿、盐矿、石油、花岗岩等属低磁性或反磁性的矿物和岩石，其异常值小于正常值而表现为“负异常”。

#### 5. 地热

地球内部存在着巨大的热能，从火山口喷出的炽热物质、温泉、深井及钻探孔中实测的数据等事实都可以证明这一点。

地球内部的热来源有二，即太阳辐射能和地内热能。

地壳表层的热主要来自太阳的辐射，它是发生在地壳表层的各种自然现象的重要能源。到达地面的太阳辐射热大部分被辐射回空间，加上岩石的热导率低，仅有约5%的热量可以传导到地下不同的地方。纬度不同和太阳高度不同，使不同纬度地面上所获得的太阳辐射的热能也不同；同一地点因昼夜和季节的变化，使地壳表层所获得的太阳辐射的热能也随之变化，但这种变化的影响深度并不大，平均为15m。

地壳深部的热主要来自地内热能，地内热能是地球内部的放射性元素蜕变时所放出的热能，以传导、辐射、对流的方式由高温处向低温处传播，即由地内流向地表。单位时间内通过单位面积的热量称为地表热流，单位为微卡/厘米<sup>3</sup>·秒（简记HFU），1HFU = 41.86mW/m<sup>2</sup>。据目前全球实测的数据，地表热流的全球平均值为1.47 ± 0.79HFU，乘以地球的表面积将是一个巨大的数字。但大陆或洋底内部不同地区热流值往往有较大差异。地球上的活动带，如大陆上的裂谷、年轻山脉、大洋中的洋中脊顶部，地表热流值可达1.76 ~ 1.9HFU，而且洋底热流值有随着远离洋中脊而迅速递减的趋势。新生代火山活动带热流值更高，可达2.16HFU。

由地表向深部，地热的特征有所不同，可把地内温度分为以下三层：

1) 变温层（外热层）

变温层位于地球表层，自地表向下15 ~ 30m。其热量主要来自太阳辐射的热能，温度从地表向下降低，且随纬度高低、海陆分布状况、季节和昼夜的变化而不同。

2) 恒温层（常温层）

恒温层是变温层的下部界面（即变温层与增温层的分界面），其温度常年保持不变，大致相当于当地的年平均温度。

3) 增温层（内热层）

增温层位于恒温层以下，其温度只受地球内部热能的影响，且随深度的增加而逐渐增高，但增高的速度各地差别很大。地温随深度而增加的规律，可通过地温梯度和地温级反映出来。

地温梯度又称地热增温率，它是指深度每下降100m温度升高的度数，以℃/100m表示。

地温级又称地热增温级，它是指温度每升高1℃时所增加的深度值。

## 二、地壳的组成

地球的圈层构造是在地球漫长的发展过程中逐步形成的，以地表为界可分为内圈层和外圈层，内圈层包括地壳、地幔和地核，外圈层包括大气圈、水圈和生物圈。地壳是地球内部圈层最外的一个圈层，其厚度约为地球半径的1/400。地壳的厚度变化很大，主要与地势有关，一般海洋部分较薄，只有5 ~ 8km，平均厚度为6km；大陆山区较厚，最厚处可达70km左右，如我国青藏高原厚达65km以上；地壳的平均厚度为33km。组成地壳的固体物质是岩石，岩石是矿物的集合体，而矿物又是由自然元素或化合物组成的，因此，组成地壳最基本的物质是化学元素。地壳中的矿物主要是由O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K和Mg等元素结合形成的含氧盐和氧化物，其中硅酸盐占矿物种总数的24%，占地壳总质量的75%，而氧化物占矿物种总数的14%，占地壳总质量的17%。

地壳是煤及其他各种矿产资源形成和保存的地方，各种矿产资源的形成和保存又与地壳的物质运动及演化有密切关系。地球岩面的水和包围着地球的大气，对地球生命的起源、生物的发展和演化，以及地貌形态的改变和沉积矿产的形成都起着十分重要的作用。同时，地球岩面生物的生长、发育及死亡的整个过程不断地改变着地球岩面各种元素和矿物的分布，使某些元素离散或集中形成各种矿产。各种地质作用主要发生在地壳部分。

### 三、自然界的三大类岩石

岩石是指构成地壳和上地幔的固态物质。岩石由矿物（一种或多种）的天然集合体（部分为火山玻璃物质、胶体物质、生物遗体）组成，是地球内力和外力地质作用的产物。

组成地壳的岩石种类很多，通常按其成因可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类，它们在地壳中分布各不相同。沉积岩分布在地壳的最表层，厚薄不均，是不连续分布；岩浆岩主要分布在地壳深处；变质岩则分布在地壳强烈变动区或岩浆岩周围。

#### 1. 岩浆岩

岩浆岩是由高温熔融状态的岩浆喷出地表或侵入地壳的上部逐渐冷却、凝固而形成的岩石，又称火成岩。根据岩浆冷凝的位置不同，将岩浆岩分为侵入岩和喷出岩两类。

常见的岩浆岩有花岗岩、玄武岩、闪长岩、安山岩、流纹岩、辉长岩等。

#### 2. 沉积岩

沉积岩是在地壳表层环境中形成的岩石，它主要是由暴露于地表的原有岩石，经外力地质作用，即先风化和剥蚀，被破碎或分解成碎屑物质和可溶性物质，又经过搬运（主要是由流水和风来搬运）在适当的条件下（如在水流速度有明显变化的河曲凸岸、江河进入湖泊或海洋的地方等）逐渐沉积下来，形成各种沉积物（如河滩或海边的砂砾和卵石、湖底或海底的软泥等），然后这些扩散的沉积物再经挤压、脱水、胶结，变成坚固的岩石，这就是沉积岩的一般形成过程。此外，组成沉积岩的物质中还可能大量的生物遗体或火山喷发的物质。

沉积岩在地壳岩层中分布最广，它覆盖的面积约占地表面积的75%，是最常见的一类岩石。

有许多重要的矿产资源本身就是沉积岩，如煤、油页岩、盐矿、石灰石等。石油和天然气也生成于沉积岩中，而且大部分也储存在沉积岩中。煤炭是一种主要由植物遗体变成的沉积岩，在煤层的上下，绝大多数也都是沉积岩，所以沉积岩石是矿井中最常见的岩石。煤矿的井巷工程绝大多数分布在沉积岩中。

#### 3. 变质岩

变质岩是地壳内已经形成的岩浆岩、沉积岩或变质岩在地壳中受到高温、高压及化学性活泼的气体或液体的影响，岩石的物理和化学性质发生变化，形成的一种新岩石。变质岩的特性既受原来岩石的影响，具有一定的继承性，又因变质作用不同，使其在矿物成分与结构上具有不同的特点。常见的变质岩有石英岩、大理岩、片岩、片麻岩、千枚岩等。

### 四、地质作用概述

随着地球的转动，组成地壳的物质也在不停地运动着。在漫长的地质年代中，由于自

然动力所引起的地壳物质组成、内部构造和地壳形态变化与发展的作用称为地质作用。根据地质作用能量来源和发生的地点不同，分为内力地质作用和外力地质作用两大类。

(一) 内力地质作用  
由地球的旋转能、重力能和地球内部的热能、化学能等而引起整个地壳物质成分和地壳内部构造及地表形态发生变化的地质作用，称为内力地质作用。内力地质作用包括地壳运动、岩浆活动、变质作用和地震作用。

### 1. 地壳运动

地壳运动是指由地球内部动力引起的，促使地壳物质发生变形和变质的运动。地球自形成以来，每时每刻都在发生着运动。地壳运动可以促进岩浆活动和变质作用。地壳运动表现形式有两种：升降运动和水平运动。

升降运动是指沿地球半径方向的运动，也就是垂直于地表方向的运动。在同一地质时期内，地壳的某一地区若表现为上升运动，而在相邻地区则表现为下降运动。上升的隆起地区和下降的拗陷区往往成相间排列，互为依存关系。

水平运动是指沿地球切线方向的运动，也就是沿平行于地表方向的运动。由于这种水平方向的平推作用，使组成地壳的岩层发生褶皱或断裂，在地貌上往往形成高山或深谷。

在地壳发展的历史中，升降运动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复位。

### 2. 岩浆活动

岩浆活动是指地下深处岩浆沿构造破裂带侵入地壳或喷出地表。岩浆在上升过程中与围岩相互作用，不断地改变着自身的化学成分和物理状态。岩浆这种侵入、喷出活动冷凝成岩石的全部过程，称为岩浆活动。

岩浆为地壳中富含挥发分的高温、高压黏稠的硅酸盐熔融体，有时还含有金属硫化物和氧化物。岩浆本身具有很高的能量，当地壳运动剧烈时，它会从地壳深部沿着构造破裂带向压力较小的地方移动，岩浆从地壳深部上升运移，当未到达地表时，由于岩浆温度不断降低、压力相应减小，将会逐渐冷凝成为岩石，这种运动称为岩浆侵入运动，其冷凝形成的岩石称为侵入岩。岩浆冲破上覆岩层的阻力而喷出地表的运动，称为喷出活动，又称为火山活动，其冷凝形成的岩石称为喷出岩。

### 3. 变质作用

已形成的岩石，由于高温、高压或外界物质的参与，使原来岩石的结构、构造、造物及化学成分发生改变，这种促使原生岩石发生改变的作用称为变质作用，由变质作用形成的新的岩石称为变质岩。在古代地层分布的地区和岩浆活动较剧烈的地区，变质作用比较普遍。

### 4. 地震作用

由地壳运动火山喷发引起的地壳快速颤动称为地震。地震是长期、缓慢、不断地进行的，当地壳运动所积累的应力超过组成地壳岩石的强度时就会发生迅速而剧烈的震动。地震是地壳运动的一种形式，是破坏性较大的地质现象。

## (二) 外力地质作用

外力地质作用是指在地壳岩面，主要由太阳辐射的热能引起的大自然物理和化学变化的各种地质作用。这些作用具体是通过日光、大气、风、霜、雨、雪、河流、海浪、冰川

和生物活动等因素进行的，能使地表形态发生变化和地壳表层化学元素产生迁移、分散和聚集。外力地质作用分为风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和固结成岩作用。

#### 1. 风化作用

在地表环境中，由于温度的变化、大气和水溶液的各种物理和化学反应及生物活动等因素的影响，使矿物岩石在原地遭受破坏的过程称为风化。引起岩石风化的地质作用称为风化作用。风化作用是一种原地的破坏作用，其产物不发生显著位移。风化作用可使出露在地表的煤层受到风化，造成煤的灰分增高、煤的质量变差。

#### 2. 剥蚀作用

由于风、雨、流水、海浪及冰川等各种外界力和化学溶蚀，把地表岩石风化后的产物从原地剥离开来的作用，称为剥蚀作用。

剥蚀作用一方面将风化的产物剥脱离母体，使新解的岩石裸露地表继续遭受风化；另一方面，它对岩石也起到破坏作用。因此，剥蚀和风化都是对地表岩石进行破坏的一种作用，它们彼此之间是相互联系、相互依赖、相互影响的。岩石风化之后利于剥蚀，剥蚀之后又利于继续风化。

#### 3. 搬运作用

风化、剥蚀的产物被风、流水、海洋、湖泊和冰川等带动，将它们从风化、剥蚀的地区搬运到沉积地的作用，称为搬运作用。搬运作用和剥蚀作用往往同时由同一种自然力来完成。

#### 4. 沉积作用

被搬运的碎屑物质和溶解物质，在自然重力减弱或消失及其他因素的影响下，使它们在新的环境中沉积下来，形成沉积物，这种作用称为沉积作用。地壳表面上的低洼环境都可以发生沉积作用，但主要沉积场所是海洋和陆地上的河流、湖泊、沼泽和盆地等。

#### 5. 固结成岩作用

固结成岩是指初级的沉积物逐步变成坚硬的沉积岩的过程。其变化过程是：沉积物在压力作用下颗粒紧密排列，挤出水分，体积缩小称为积压；把砾岩、砂粒等碎屑物黏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。

由此可见，外力地质作用的整个过程是由原岩的风化、剥蚀开始，形成不溶解物质和溶解物质，经搬运、沉积和固结成岩作用形成新的岩石。

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，而进行的强度与地壳上升隆起的幅度和速度有关。沉积、固结成岩过程主要在地壳下降沉陷地区进行，沉积物成分、沉积的厚度和分布范围等，都受地壳沉降幅度和速度的控制。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、岩石性质、厚度、层数上的差异。

### 五、地史与地层概述

地史主要是指地壳在时间上和空间上发生、发展的历史。地球自诞生以来已有 45 亿年以上的历史，在这漫长的时间里，地球经历了一个极其复杂而连续的向前发展的过程。

在这个过程中，地壳的物质组成、内部结构和地表形态在不断地发生着改变；地球上的生物自出现之日起，也在随着环境的变化而不断地发展和演化着。

为了便于研究，通常根据地壳运动及古生物的发展，把地壳的历史划分为宙、代、纪、世、期、时六个地质年代单位。在各个地质年代中，都有相应的沉积岩层形成。地层一般是指某一地质年代形成的一套成层岩石，称为那个时代的地层。因此，地层是有时间概念和新型空间关系的。将地层划分为不同的分层单位，称为地层单位。以形成地层时间为主要划分依据的地层单位，称为年代地层单位。年代地层单位与地质年代单位相对应，从大到小依次为宇、界、系、统、阶、时带（时间带）六个等级，见表1-1。

表1-1 年代地层单位与地质年代单位的对应关系

年代地层单位	地质年代单位
宇	宙
界	代
系	纪
统	世
阶	期
时带（时间带）	时

划分地质年代单位和年代地层单位，对研究地壳的矿物、岩石、生物界等演化规律具有重要的理论意义，并对寻找和勘探矿产资源、矿山开采，均具有重要的实际意义。因此，要求对各地的地层建立统一的系统和地质年代表，以便进行对比。

地质年代表是地壳发展历史的时间表，它是通过对地层生成顺序的研究编制而成的，见表1-2。

## 第二节 煤的形成、用途及分类

### 一、煤的形成

煤是由古代植物遗体演变而形成的。研究表明，煤的形成经过两个阶段。

第一阶段：泥炭化阶段。在古代的成煤时期，地球上气候温暖而湿润，植物生长旺盛，尤其是湖泊沼泽地带密布着茂密的森林或水生植物。死去的植物遗体堆积在湖泊沼泽底部，随着地壳缓慢下沉逐渐被水覆盖与空气隔绝。在细菌参与的生物化学作用下，植物遗体开始腐烂分解，有的变成气体跑掉，有的变成液体失散，被保留下来的物质就变成泥炭。

第二阶段：煤化阶段。随着时间的推移，地壳继续缓慢下沉，泥炭不断堆积而形成泥炭层。由于地壳沉降速度加快，泥炭便被其他沉积物所覆盖，随着覆盖层逐渐加厚，泥炭在以升高的温度和压力为主的物理化学作用下，逐渐被压紧，失去水分并放出部分气体，变得致密起来。当生物化学作用减弱以至消失后，泥炭中碳元素含量逐渐增加，氧、氢元

表1-2 地质年代

年代地层单位、地质年代单位及其代号				距今年龄/ Ma	地壳运动	生物演化		
宙(宇)	代(界)	纪(系)	世(统)			植物	动物	
显生宙(宇) PH	新生代(界) Kz	新四纪(系) Q		全新世(统) Qh	喜马拉雅运动阶段	被子植物繁盛	出现人类, 哺乳动物及鸟类繁盛	
				更新世(统) Qp				
		第三纪(系) R	新第三纪(系) N					上新世(统) N <sub>2</sub>
								中新世(统) N <sub>1</sub>
			老第三纪(系) E					渐新世(统) E <sub>3</sub>
	始新世(统) E <sub>2</sub>							
	中生代(界) Mz	白垩纪(系) K		晚白垩世(统) K <sub>2</sub>	燕山运动阶段	爬行动物繁盛		
				早白垩世(统) K <sub>1</sub>				
				侏罗纪(系) J			晚侏罗世(统) J <sub>3</sub>	
		中侏罗世(统) J <sub>2</sub>						
		早侏罗世(统) J <sub>1</sub>						
		三叠纪(系) T		晚三叠世(统) T <sub>3</sub>	印支运动阶段	裸子植物繁盛		
				中三叠世(统) T <sub>2</sub>				
				早三叠世(统) T <sub>1</sub>				
				晚二叠世(统) P <sub>2</sub>			230	华力西运动阶段
		早二叠世(统) P <sub>1</sub>						
	古生代(界) Pz	晚古生代(界)	二叠纪(系) P		晚石炭世(统) C <sub>3</sub>	258	华力西运动阶段	两栖动物繁盛
					中石炭世(统) C <sub>2</sub>			
			早石炭世(统) C <sub>1</sub>					
		泥盆纪(系) D		晚泥盆世(统) D <sub>3</sub>	350	加里东运动阶段	鱼类繁盛	
中泥盆世(统) D <sub>2</sub>								
早泥盆世(统) D <sub>1</sub>								
早古生代(界)		志留纪(系) S		晚志留世(统) S <sub>3</sub>	440	加里东运动阶段	海生无脊椎动物繁盛	
				中志留世(统) S <sub>2</sub>				
		早志留世(统) S <sub>1</sub>						
		奥陶纪(系) O		晚奥陶世(统) O <sub>3</sub>	500			
中奥陶世(统) O <sub>2</sub>								
早奥陶世(统) O <sub>1</sub>								
寒武纪(系) C		晚寒武世(统) C <sub>3</sub>	570	藻类及菌类植物繁盛				
		中寒武世(统) C <sub>2</sub>						
		早寒武世(统) C <sub>1</sub>						
元古代(界) Pt	晚	震旦纪(系) Z		晚震旦世(统) Z <sub>2</sub>	800	晋宁运动	生命开始出现	
				早震旦世(统) Z <sub>1</sub>				
	中		1000	吕梁运动				
			1900	五台运动				
		早	2500	阜平运动				
太古代(界) Ar			3800	地壳形成				
				4600	地球初始阶段的天文时期	地球形成		



素的含量逐渐减少，腐殖酸的含量不断降低直至完全消失，经过一系列的变化，泥炭变为褐煤。褐煤形成后，如果当地地壳停止下降，那么成煤作用就可能停止在褐煤阶段。若地壳继续下降，压力和温度不断增高，地质作用继续进行，褐煤可进一步变为烟煤。烟煤层受到更大的压力和温度的作用，变质程度继续增加，就形成无烟煤。成煤的全过程及各阶段的递变产物，见表1-3。

表1-3 成煤作用及各阶段产物

		地质作用		原始物质及递变产物	
成煤阶段	第一阶段	泥炭化作用 与 腐泥化作用		植物	
				高等植物 ↓ 泥炭 ↓	低等植物 ↓ 腐泥
	第二阶段	煤化作用	成岩作用 与 变质作用	褐煤 ↓ 烟煤 ↓ 无烟煤	↓ 腐泥煤

形成具有开采价值的煤层必须要有以下四个条件：

第一，植物的大量繁殖。植物遗体是成煤的原料，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大量植物繁殖的时代。例如，我国最主要的三个聚煤时期（石炭二叠纪、侏罗白垩纪和第三纪）就分别是植物界的孢子植物、裸子植物和被子植物繁殖的极盛时代。

第二，温暖潮湿的气候。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，植物遗体只有在沼泽地带才能被水淹没免遭完全氧化而逐渐堆积，沼泽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重要条件。

第三，适宜的古地理环境。要形成分布面积较广的煤层，必须有适宜植物大面积不断繁殖和遗体堆积的地理环境和植物遗体免遭完全氧化的自然地理条件。

第四，地壳运动的配合。地壳运动对煤的形成的影响是多方面的。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，形成的泥炭层越厚。在泥炭层形成之后，如果地壳上升，已形成的泥炭层就会遭到剥蚀破坏；如果地壳下降过快，植物来不及生长，埋藏在深水下的泥炭层就会被其后沉积的泥砂覆盖，在温度和压力作用下开始煤化作用。泥炭层的保存和转变成煤的过程则要求地壳应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的下沉。

由此可见，在地球发展的地质历史过程中，某个地区如果同时具备了上述四个条件，并且彼此配合得很好，持续的时间也较长，就可能形成很多很厚的煤层，成为重要的煤田。如果上述四个条件的配合只是短暂的，虽然也能有煤生成，但是不一定具有工业价值。