

高等学校教学用书

# 采煤概论

焦作矿业学院 阜新矿业学院 编

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了煤矿生产建设科学技术的基础知识。内容包括：煤矿地质知识、井田开拓、井巷掘进与支护、采煤方法、矿井通风与安全、矿井生产系统以及水力采煤、露天采煤、煤的地下气化等方面。

本书可作为煤炭高等学校煤矿机械化、煤矿电气化自动化、煤矿机械制造与修配、煤田地质及勘探、煤矿矿山测量等专业的《采煤概论》课程试用教材。可供煤矿七·二一大学有关专业试用。也可供有关技术人员参考。

高等学校教学用书

## 采 煤 概 论

焦作矿业学院 阜新矿业学院 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 $787 \times 1092^{1/16}$

印张 $16^{5/8}$

字数391千字

印数1—11,100

1980年4月第1版

1980年4月第1次印刷

书号15035·2266 定价1.75元

## 前 言

本书是根据1978年煤炭工业部制定的煤炭高等院校煤矿机械化、煤矿电气化自动化、煤矿机械制造与修配、煤田地质及勘探、矿山测量等专业的《采煤概论》教学大纲编写的。

《采煤概论》是一门系统地讲述煤矿生产建设科学技术基础知识的课程。其任务是使学员对煤矿生产建设科学技术的整体有个概括性的了解，为学好有关专业课奠定基础。

煤矿的生产建设一般要经过地质勘探、矿井设计、建井、开采、以及加工洗选等几个程序，而开采是其中心环节。因此，《采煤概论》课程是以煤矿的开采方法为重点内容。

本书由焦作矿业学院主编，阜新矿业学院参加编写。其中：第一篇和第二篇，第四篇和第七篇的第二十二章、二十四章，第五篇和第六篇，分别由焦作矿业学院柴一言、邓文福、徐卫中同志编写。第三篇和第七篇的第二十三章，分别由阜新矿业学院戴振威、于福元同志编写。中国矿业学院朱晋科、洪允和，山东矿业学院严正方、江光宏，山西矿业学院郭志甫、同武山，淮南煤炭学院王振启、梁发寿等同志参加了大纲制定、初稿审查、以及审评定稿等工作。

由于时间紧迫和编者知识水平的限制，书中一定存在某些缺点和错误。我们恳切的希望读者提出批评和意见，意见请寄焦作矿业学院矿井开采教研室。

编者 1978年12月

# 目 录

## 第一篇 煤矿地质知识

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 煤层及其勘探 .....       | 1  |
| 第一节 地壳及其运动 .....       | 1  |
| 第二节 煤的形成及煤系 .....      | 5  |
| 第三节 煤的性质及工业分类 .....    | 7  |
| 第四节 煤层及其埋藏特征 .....     | 9  |
| 第五节 煤田地质勘探及储量的概念 ..... | 13 |
| 第二章 煤矿地质图 .....        | 15 |
| 第一节 地质图件绘制的特点 .....    | 15 |
| 第二节 地形图 .....          | 17 |
| 第三节 煤层等高线图 .....       | 19 |
| 第四节 煤矿常用的地质图件 .....    | 20 |
| 第五节 读图方法 .....         | 23 |

## 第二篇 井田开拓

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第三章 井田开拓的基本内容 .....       | 25 |
| 第一节 煤田划分为井田 .....         | 25 |
| 第二节 矿井储量、年产量和服务年限 .....   | 26 |
| 第三节 井田再划分 .....           | 28 |
| 第四节 井田开拓的概念 .....         | 30 |
| 第四章 井田开拓方式 .....          | 32 |
| 第一节 斜井开拓 .....            | 32 |
| 第二节 立井开拓 .....            | 39 |
| 第三节 平峒开拓 .....            | 41 |
| 第四节 综合开拓 .....            | 42 |
| 第五节 煤层群开拓 .....           | 43 |
| 第六节 井田开拓中的几个基本问题的分析 ..... | 46 |
| 第五章 矿井开拓延深及矿井技术改造 .....   | 55 |
| 第一节 矿井开拓延深 .....          | 55 |
| 第二节 矿井技术改造 .....          | 58 |

## 第三篇 井巷掘进与支护

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第六章 钻眼爆破 .....     | 61 |
| 第一节 岩石的性质及分级 ..... | 61 |
| 第二节 钻眼工作 .....     | 61 |
| 第三节 爆破工作 .....     | 67 |
| 第七章 巷道支护 .....     | 73 |
| 第一节 巷道地压的概念 .....  | 73 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第二节 巷道支护及其材料 .....      | 77  |
| 第八章 水平及倾斜巷道的掘进 .....    | 84  |
| 第一节 巷道断面形状及尺寸 .....     | 84  |
| 第二节 岩巷掘进 .....          | 86  |
| 第三节 煤及半煤岩巷道掘进 .....     | 96  |
| 第四节 倾斜巷道掘进的特点 .....     | 99  |
| 第五节 峒室及交岔点的施工方法特点 ..... | 101 |
| 第九章 立井开凿 .....          | 104 |
| 第一节 立井断面形状与尺寸 .....     | 105 |
| 第二节 立井普通开凿法 .....       | 105 |
| 第三节 特殊凿井方法 .....        | 113 |
| 第四节 立井井筒延深 .....        | 118 |

#### 第四篇 采 煤 方 法

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 第十章 采煤方法总论 .....                     | 121 |
| 第一节 采煤方法的概念 .....                    | 121 |
| 第二节 影响采煤方法选择的因素 .....                | 122 |
| 第三节 采煤方法的分类 .....                    | 123 |
| 第十一章 缓倾斜、倾斜的薄及中厚煤层长壁采煤法的回采工艺 .....   | 125 |
| 第一节 回采工作面的采煤工作 .....                 | 125 |
| 第二节 采场支护与采空区处理 .....                 | 132 |
| 第三节 综合机械化采煤 .....                    | 138 |
| 第四节 回采工作面循环工作组织 .....                | 142 |
| 第十二章 缓倾斜、倾斜的薄及中厚煤层长壁采煤法的采区巷道布置 ..... | 144 |
| 第一节 走向长壁采煤法采区巷道布置 .....              | 144 |
| 第二节 采区巷道的联合布置 .....                  | 145 |
| 第三节 倾斜长壁采煤法的巷道布置 .....               | 149 |
| 第四节 近水平煤层盘区巷道布置 .....                | 151 |
| 第五节 采区主要参数的确定 .....                  | 154 |
| 第十三章 缓倾斜、倾斜厚煤层倾斜分层采煤法 .....          | 158 |
| 第一节 厚煤层采煤法概念 .....                   | 158 |
| 第二节 倾斜分层下行垮落走向长壁采煤法 .....            | 159 |
| 第三节 倾斜分层上行充填走向长壁采煤法 .....            | 162 |
| 第十四章 急倾斜煤层采煤法 .....                  | 165 |
| 第一节 急倾斜煤层开采特点 .....                  | 165 |
| 第二节 急倾斜煤层采煤法简介 .....                 | 166 |

#### 第五篇 矿井通风与安全

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第十五章 矿井通风 .....        | 175 |
| 第一节 矿井通风的任务与矿内空气 ..... | 175 |
| 第二节 矿井通风压力和通风阻力 .....  | 176 |
| 第三节 矿井通风动力 .....       | 178 |
| 第四节 矿井通风系统 .....       | 180 |
| 第五节 采区通风系统 .....       | 182 |

|      |                    |     |
|------|--------------------|-----|
| 第六节  | 掘进通风方法 .....       | 182 |
| 第七节  | 矿井通风构筑物 .....      | 183 |
| 第十六章 | 矿井瓦斯和矿尘 .....      | 186 |
| 第一节  | 瓦斯的生成及存在状态 .....   | 186 |
| 第二节  | 矿井瓦斯涌出形式及涌出量 ..... | 186 |
| 第三节  | 瓦斯爆炸及其预防 .....     | 188 |
| 第四节  | 煤和瓦斯突出及其预防 .....   | 189 |
| 第五节  | 瓦斯抽放 .....         | 190 |
| 第六节  | 矿尘 .....           | 191 |
| 第十七章 | 矿井火灾的防治 .....      | 193 |
| 第一节  | 矿井火灾 .....         | 193 |
| 第二节  | 煤炭自燃及其预防 .....     | 194 |
| 第三节  | 外因火灾的预防 .....      | 195 |
| 第四节  | 井下灭火 .....         | 196 |
| 第十八章 | 矿井防水和排水 .....      | 197 |
| 第一节  | 矿井水源和涌水通道 .....    | 197 |
| 第二节  | 矿井防水 .....         | 198 |
| 第三节  | 矿井排水 .....         | 199 |

## 第六篇 矿井其它生产系统

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 第十九章  | 矿井运输和提升 .....       | 201 |
| 第一节   | 矿井运输、提升的任务及方式 ..... | 201 |
| 第二节   | 自重运输 .....          | 201 |
| 第三节   | 运输机运输 .....         | 201 |
| 第四节   | 轨道运输 .....          | 206 |
| 第五节   | 矿井提升 .....          | 210 |
| 第二十章  | 矿井地面生产系统及工业场地 ..... | 214 |
| 第一节   | 概述 .....            | 214 |
| 第二节   | 矿井地面生产系统 .....      | 216 |
| 第三节   | 矿井地面工业场地 .....      | 219 |
| 第二十一章 | 矿井供电系统及压风设备 .....   | 221 |
| 第一节   | 矿井供电系统 .....        | 221 |
| 第二节   | 矿用电器设备的类型 .....     | 225 |
| 第三节   | 压缩空气设备 .....        | 225 |

## 第七篇 水力采煤、露天采煤、煤的地下气化

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 第二十二章 | 水力采煤 .....         | 228 |
| 第一节   | 水力采煤矿井的生产系统 .....  | 228 |
| 第二节   | 水采矿井的开拓 .....      | 230 |
| 第三节   | 水力采煤方法 .....       | 232 |
| 第四节   | 水力采煤存在的问题及改进 ..... | 234 |
| 第二十三章 | 露天采煤 .....         | 235 |
| 第一节   | 概述 .....           | 235 |
| 第二节   | 露天采煤的主要工艺过程 .....  | 237 |

|       |                        |     |
|-------|------------------------|-----|
| 第三节   | 开拓、开采及露天开采境界的确定 .....  | 246 |
| 第四节   | 露天开采技术发展趋向 .....       | 251 |
| 第二十四章 | 煤的地下气化 .....           | 252 |
| 第一节   | 煤的地下气化原理 .....         | 252 |
| 第二节   | 煤的地下气化系统及工艺过程 .....    | 253 |
| 第三节   | 煤炭地下气化的适用条件及发展动向 ..... | 255 |

# 第一篇 煤矿地质知识

---

## 第一章 煤层及其勘探

埋藏在地下的煤和其它矿产资源的形成与保存，都是地球物质运动和各种地质作用的产物。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；了解煤层的性质及其埋藏特征，是从事采矿工作必须具备的基本知识。

### 第一节 地壳及其运动

地壳是煤及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。地球表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，地球表面生物的生长、发育及死亡的整个过程也不断地改变着地球表面各种元素和矿物的分布，使某些元素离散或集中形成有价值的矿产。生物的遗体还可以直接堆积成为有价值的矿产，如煤、石油等。

#### 一、地壳的物质组成

地壳是由岩石组成的。而岩石则由一些细小的矿物颗粒组成。矿物或岩屑在地质作用下聚集而成岩石。

组成地壳的岩石种类繁多，按其生成方式可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

1. 岩浆岩 地壳内部的岩浆沿地壳薄弱带侵入地壳或喷出地表，冷却后形成的岩石。常见的有玄武岩、安山岩、流纹岩、花岗岩、闪长岩、辉长岩等。

2. 沉积岩 岩浆岩、变质岩和已经形成的沉积岩被风化剥蚀后的产物，经搬运、沉积和固结成岩作用而形成的新的岩石。

沉积岩由于先后沉积的物质在成分、性质、粒度、颜色、形状等方面的差异而显示出的成层现象（图1-1）称为层理。层与层间的接触面称为层面。层面上有时还可能保留有反映沉积时的某些特征，如波痕、泥裂等（图1-2）。

沉积岩中还经常有古代生物的遗体或遗迹称为化石（图1-3、图1-4）。常见的沉积岩有砾岩、砂岩、泥岩、石灰岩、白云岩及煤层等。

3. 变质岩 已经形成的岩浆岩、沉积岩甚至变质岩在地壳中受到高温、高压及化学活动性流体的影响而变成的一种新的岩石。常见的变质岩有石英岩、大理岩、板岩以及片麻岩等。

#### 二、地质作用

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地壳物质组成、内部构造和地表形态变化与发展的作用称为地质作用。地质作用按其能源及作用场所可分为内力地质作用和外力地质作用。

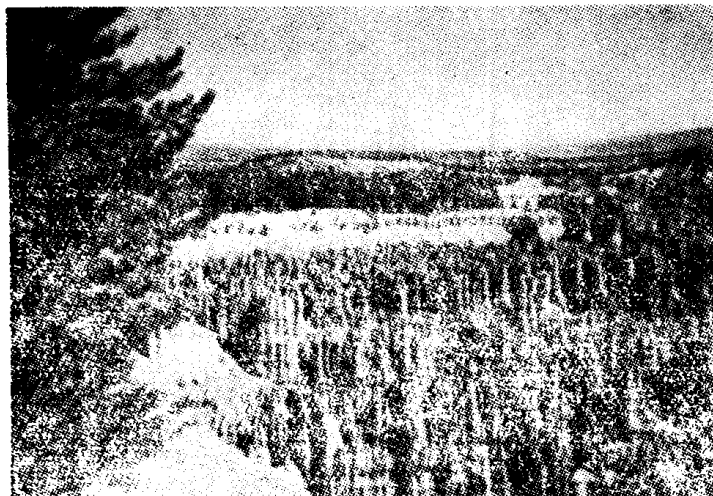


图 1-1 层理

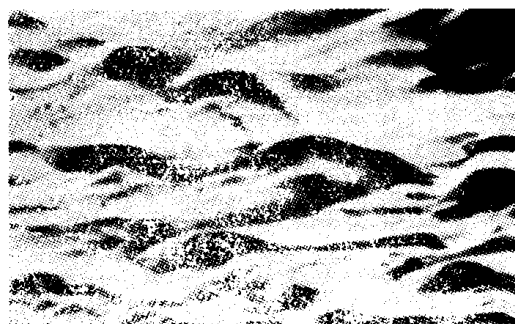


图 1-2 波痕

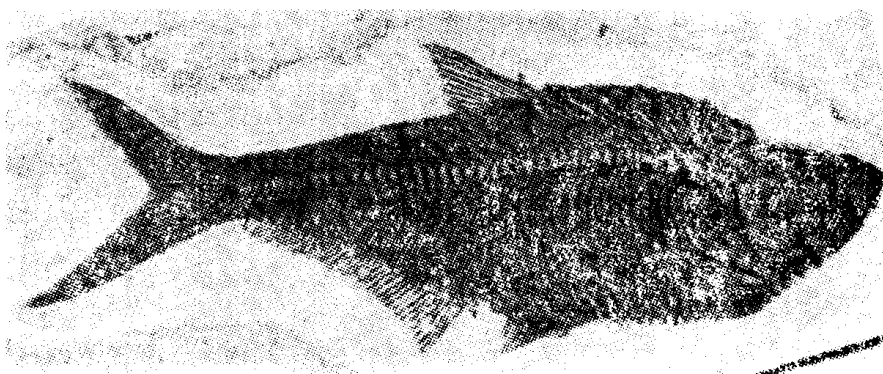


图 1-3 动物化石

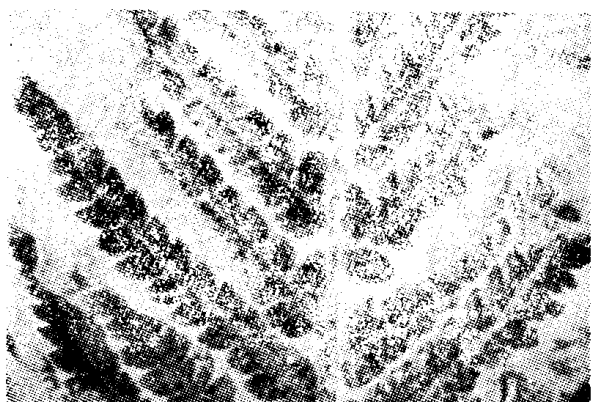


图 1-4 植物化石

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、地表形态发生变化的地质作用。它包括岩浆活动、变质作用、地壳运动和地震作用等。

**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。岩浆喷出地表叫做火山作用，未达地表的岩浆活动称为岩浆侵入活动。

**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，形成新的岩石的作用。

**地壳运动** 由地球内部动力引起地壳产生的变形和变位。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。

**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。地震的蕴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** 作用在地壳表层、主要由地球以外的太阳辐射能、日月引力能等所引起的地质作用。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：

**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的影响，岩石在原地遭到破坏、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（图1-5）。以风雨、流水等流动的物质为动力，对岩石进行破坏并把破坏的产物剥离开来的过程称为剥蚀作用（图1-6）。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岩石又有利于继续风化。

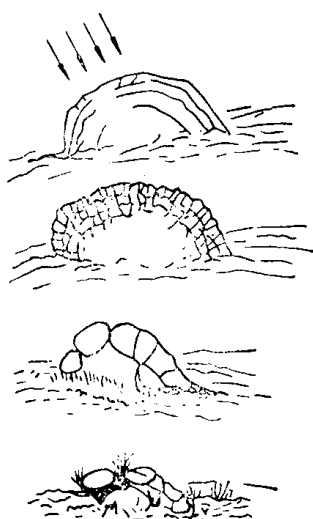


图 1-5 岩石风化过程示意图



图 1-6 岩石风化剥落现象

**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的搬运，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。

**固结成岩** 是指松散的沉积物逐步变成坚硬的沉积岩的过程。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，体积缩小称为紧压；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。

从以上可见，不断地破坏着岩石、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，而进行的强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、岩石性质、厚

度、层数上的差异。

表 1-1 地 质 年 代 表

| 时 代 及 相 应 的 地 层          |                                |                |                                | 绝 对 年 龄<br>(百万年)               | 生物开始出现的时候 |         |         |
|--------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|---------|---------|
| 代 (界)                    | 纪 (系)                          |                | 世 (统)                          |                                | 植 物       | 动 物     |         |
| 新<br>生<br>代<br>(界)<br>Cz | 第 四 纪 (系)<br>Q                 |                | 全 新 世 (统)<br>更 新 世             | 2或3                            |           |         |         |
|                          | 第<br>三<br>纪<br>(系)<br>R        | 新第三纪 (系)<br>N  | 上 新 世 (统)<br>中 新 世             | 25                             |           |         |         |
|                          |                                | 老第三纪 (系)<br>E  | 渐 新 世<br>始 新 世 (统)<br>古 新 世    | 70                             |           |         |         |
| 中<br>生<br>代<br>(界)<br>Mz | 白 垩 纪 (系)<br>K                 |                | 晚(上)白垩世 (统)<br>早(下)白垩世         | 135                            | ← 被子植物    |         |         |
|                          | 侏 罗 纪 (系)<br>J                 |                | 晚 (上)<br>中 (中) 侏罗世(统)<br>早 (下) | 180                            |           |         |         |
|                          | 三 迭 纪 (系)<br>T                 |                | 晚 (上)<br>中 (中) 三迭世(统)<br>早 (下) | 225                            |           |         |         |
| 古<br>生<br>代<br>(界)<br>Pz | 晚<br>(上)<br>古<br>生<br>代<br>(界) | 二 迭 纪 (系)<br>P |                                | 晚 (上)<br>中 (中) 二迭世(统)<br>早 (下) | 270       | ← 裸子植物  |         |
|                          |                                | 石 炭 纪 (系)<br>C |                                | 晚 (上)<br>中 (中) 石炭世(统)<br>早 (下) | 350       |         |         |
|                          |                                | 泥 盆 纪 (系)<br>D |                                | 晚 (上)<br>中 (中) 泥盆世(统)<br>早 (下) | 400       |         |         |
|                          | 早<br>(下)<br>古<br>生<br>代<br>(界) | 志 留 纪 (系)<br>S |                                | 晚 (上)<br>中 (中) 志留世(统)<br>早 (下) | 440       | ← 孢子植物  | ← 鱼 类   |
|                          |                                | 奥 陶 纪 (系)<br>O |                                | 晚 (上)<br>中 (中) 奥陶世(统)<br>早 (下) | 500       |         |         |
|                          |                                | 寒 武 纪 (系)<br>ε |                                | 晚 (上)<br>中 (中) 寒武世(统)<br>早 (下) | 600       |         |         |
|                          | 元古代 (界)<br>Pt                  |                | 震 旦 纪 Z (系)                    |                                | 1700?     | ← 菌 藻 类 | ← 无脊椎动物 |
|                          | 太古代 (界)<br>Ar                  |                |                                |                                | 4500?     |         |         |
| 地 球 最 初 发 展 阶 段          |                                |                |                                | 6000?                          |           |         |         |

### 三、地史及地层的概念

地球形成已有四十五亿年以上的历史。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为界、系、统，它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，如表1-1。

## 第二节 煤的形成及煤系

### 一、煤的形成

煤是由古代植物遗体演变而形成的。

在古代的成煤时期，地球上气候温暖而潮湿，植物生长茂盛，特别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，被保留下来的部分变成为泥炭层。植物遗体演变成为泥炭的过程称为泥炭化阶段。

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。在压力和温度的影响下，泥炭层逐渐失去水分而致密起来，这时泥炭就变成了褐煤。

随着地壳的继续下沉，覆盖层不断加厚，褐煤在地下深处受到高温和高压的影响，含碳物质进一步富集，氧和水分的含量进一步的减少，比重增大，颜色变深，硬度增加逐渐地变成了烟煤。煤的这种变质过程称为煤化阶段。随着变质程度的进一步增高，烟煤会变成无烟煤。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。

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。

植物遗体演变成煤及煤的变质过程如图1-7。

由上可见形成有开采价值的煤层必须要有下列条件的良好配合：

植物条件 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植物大量繁殖的时代。例如，我国最主要的三个聚煤时期（石炭二迭纪、侏罗纪和第三纪），就分别是植物界的孢子植物、

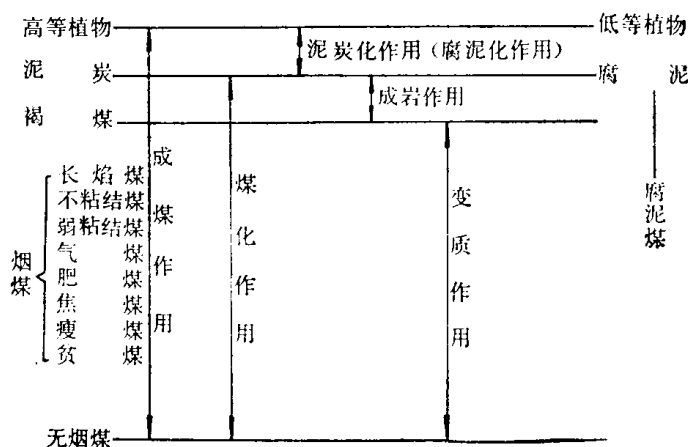


图 1-7 成煤过程划分示意图

裸子植物和被子植物繁殖的极盛时代。

**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。

**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。通常，滨海平原、海湾泻湖、内陆大湖、山间盆地、宽阔的河漫滩、河口三角洲等广阔的平坦地方受地壳升降的影响，容易发育为大片的沼泽地带。

**地壳运动** 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。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。

从上可见，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，成为重要煤田。如果四个条件的配合，只是短暂的，虽然也能有煤生成，但是不一定具有开采的经济价值。

## 二、煤系

由上可知，在煤的形成过程中，煤层上下还形成了许多岩层。如果这一套含有煤层的岩石是在同一个成煤时期形成的，通常就把它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。

煤系是在温暖潮湿的气候条件下形成的，它富含植物物质，所以煤系岩石的颜色也往往是以灰色、灰黑色、灰绿色、黄绿色为主。

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，常见的有以下几种沉积岩：

**角砾岩** 堆积在山坡下的一些有棱角的大小不同的碎石块，后来被矿物质胶结起来成为岩石，其中直径大于2毫米以上的碎屑占50%以上。

**砾岩** 在搬运过程中磨去棱角的石块和岩屑被矿物质胶结起来就成为砾岩。其中直径大于2毫米的碎屑占50%以上。

**砂岩** 由直径2~0.1毫米的碎屑和胶结物组成的岩石。按照碎屑直径大小，砂岩又可分为粗砂岩（碎屑直径2~0.5毫米），中粒砂岩（碎屑直径0.5~0.25毫米），细砂岩（碎屑直径0.25~0.1毫米）。碎屑成分以石英、长石为主，以及白云母和其它暗色矿物。胶结物有钙质、硅质、铁质和粘土等。砂岩的坚固性主要决定于岩石的厚度、成分、胶结物的性质以及岩石受构造影响的程度。

**粉砂岩** 碎屑直径0.1~0.01毫米的含量大于50%，外表象泥岩但用手摩擦有轻微的粗糙感觉。

**泥岩及页岩** 由各种粘土矿物压紧而成的岩石。其颗粒直径小于0.01毫米，结构致密，肉眼不能辨别。厚层状或没有明显层理的叫泥岩，薄层而层理明显的叫页岩。

**石灰岩** 矿物成分主要是方解石，一般为白色或灰色，含杂质较多时为深色，有致密状、结晶状和鲕状，性脆，遇稀盐酸发生化学反应放出气泡。石灰岩可能是化学沉积物，也可能是生物遗体沉积而成。在海底或湖底含石灰质的物质，它们失去水分经固结、重结

晶就成石灰岩。石灰岩容易被水溶解形成空洞，通常称为喀斯特溶洞。

### 第三节 煤的性质及工业分类

由于成煤的原始物质、生成环境及所受的变质作用不同，煤的种类很多，性质各异。性质不同的煤在工业上的用途是不相同的。因此研究煤的性质，正确地对煤进行分类，是合理开发煤炭资源的重要前提。

#### 一、煤的性质

##### (一) 煤的物理性质

煤的物理性质包括：光泽、颜色、条痕、硬度、脆度、比重和容重、导电性等等。煤的物理性质与煤中所含杂质有关，相同成分的煤其物理性质是随变质程度不同而改变见表1-2。

表 1-2 煤的主要物理性质变化表

| 变 质 程 度            |     | 光 泽             | 颜 色        | 硬 度        | 脆 度           | 容 重      | 导 电 性                              |
|--------------------|-----|-----------------|------------|------------|---------------|----------|------------------------------------|
| 褐 煤                |     | 无 光 泽<br>暗淡沥青光泽 | 褐 色<br>黑褐色 | 2.0~2.5    | 脆度较小<br>有一定韧性 | 1.05~1.2 | 不良导体,<br>导电性随<br>变质程度<br>增高而增<br>加 |
| 烟<br><br><br><br>煤 | 长焰煤 | 沥 青 光 泽         | 褐黑色        | 2.8        |               | 最 大      |                                    |
|                    | 气 煤 | 强沥青光泽<br>弱玻璃光泽  | 黑 色        |            |               |          |                                    |
|                    | 肥 煤 | 玻 璃 光 泽         |            |            |               |          |                                    |
|                    | 焦 煤 | 强玻璃光泽           |            |            |               |          |                                    |
|                    | 瘦 煤 |                 |            |            |               |          |                                    |
|                    | 贫 煤 | 金 刚 光 泽         |            | 黑 色<br>黑灰色 | 2.6           |          |                                    |
| 无 烟 煤              |     | 似金属光泽           | 灰黑色<br>钢灰色 | 3.5~4.0    | 最 小           | 1.35~1.8 | 良 好                                |

##### (二) 煤的化学组成

煤是由有机物质和无机物质混合组成的。煤中的有机物质主要有碳、氢、氧、氮四种元素。其它元素则组成煤中的无机物质。下面介绍几种对煤质影响较大的主要元素。

碳 是煤中有机物质的主要成分，是最主要的可燃物质。每克碳燃烧能发出8140卡的热。煤中碳的含量越高发热量越大。煤的含碳量随变质程度的加深而增加。

氢 是煤中重要的可燃物质，燃烧时每克发热 34200 卡。煤中含氢量随变质程度加深而降低。

氧 是煤中不可燃物质。煤的含氧量也随变质程度加深而减少。

氮 煤中含氮量较少，仅1~3%。煤燃烧时氮呈游离状态逸出，不产生热量。在炼焦过程中氮能转化成氨及其它含氮化合物。

硫 是煤中的有害物质。煤燃烧时硫与氧化合成二氧化硫，它能腐蚀锅炉、管道、污染空气。炼焦煤中的硫能部分转入焦炭中，然后再转入铁中，降低了焦炭和钢铁质量。焦

炭中含硫量每增加1%，焦炭消耗量就要增加18~24%，熔剂消耗量增加20%，高炉生产率降低20%。因此国家规定炼焦用煤含硫量不超过1%。开采高硫煤的矿井，矿井水往往呈酸性，腐蚀性极强，给矿井排水、提运等工作增添很多困难。

磷也是煤中的有害成分。焦炭中含磷过高不仅增加熔剂和焦炭的消耗量和降低高炉的生产率，同时还严重影响钢铁的质量，使钢铁出现冷脆现象。因此，国家规定炼焦用煤含磷量不得超过0.01%。

## 二、煤的工业分类

### (一) 常用的煤质指标

为了满足国民经济对煤炭的需求，国家规定了煤炭的质量指标。常用的煤质指标如下：

**水分(W)** 煤中含有一定的水分。煤中的水分根据存在状态又分为内在水分(吸附或凝聚在煤内部毛细孔中的水分)和外在水分(在煤的开采、储运、洗选过程中存留在煤表面的水分)。内在水分和外在水分的总和称为全水分，用符号( $W_o^y$ )表示。煤中的水分会降低煤的发热量并增加运输上的负担，因此，国家规定煤炭的全水分为煤炭产品的质量指标之一。

**灰分(A)** 灰分是煤完全燃烧后的固体残渣，是不可燃的废料。灰分增加将使煤的发热量降低，导致运输中的浪费并造成炼铁过程消耗增加、生产率下降。可见灰分对煤的使用价值影响很大。灰分过高的煤则可能成为没有开采价值的炭质岩石。

**挥发分(V)** 在隔绝空气的条件下，煤在高温下分解出来的气态物质，主要是氮、氢、甲烷、二氧化碳、硫化氢及其它有机化合物。挥发分是评价煤质和进行分类的重要依据。挥发分主要是煤中有机质分解的产物，因此，在测定挥发分时应采用无水无灰煤样，以排除水分、灰分影响，用符号 $V^r$ 表示。挥发分是一种重要的化工原料，可以用来制造染料、塑料等许多化工产品。

**发热量(Q)** 煤的发热量是指单位重量的煤完全燃烧时放出的热量，又称热值，是煤质的重要指标。发热量的单位是卡/克或千卡/公斤。

**含矸率** 是指矿井采出的煤炭中大于50毫米的矸石量占全部煤量的百分率。

表 1-3 煤的工业分类方案和各类煤的用途

| 分 类                            |     | 分 类 指 标                |             | 煤 的 用 途    |                  |
|--------------------------------|-----|------------------------|-------------|------------|------------------|
| 名 称                            | 符号  | 挥发分 (V <sup>r</sup> %) | 胶质层厚度 (Y毫米) |            |                  |
| 无 烟 煤                          |     | A                      | 0~10        | —          | 良好的动力和民用煤并可作化工用煤 |
| 烟<br><br><br><br><br><br><br>煤 | 贫 煤 | T                      | >10~20      | 0 (粉状)     | 多作动力和民用煤         |
|                                | 瘦 煤 | ΠC                     | >14~20      | 0 ~12      | 一般作配焦用煤          |
|                                | 焦 煤 | K                      | >14~30      | > 8 ~25    | 主要的炼焦用煤          |
|                                | 肥 煤 | Ж                      | >26         | >25        | 配焦用煤             |
|                                | 气 煤 | Г                      | >30         | > 5 ~25    | 可作气化、炼油、配焦用煤     |
|                                | 弱粘煤 | CC                     | >20~37      | 0 ~ 9 (块状) | 可作配焦、气化和动力用煤     |
|                                | 不粘煤 | HC                     | >20~37      | 0 (粉状)     | 可作气化、动力和民用煤      |
|                                | 长焰煤 | Д                      | >37         | 0 ~ 5      | 可作气化和动力用煤        |
| 褐 煤                            |     | Б                      | >40         | —          | 多作化工、气化、炼油和民用煤   |

**胶质层厚度(Y)** 凡是有粘结性的煤在密闭的条件下加热到一定的温度,煤中有机质就开始分解软化,形成胶质体,最后结成块状焦炭。在炼焦过程中,粘结性越强的煤产生的胶质层越厚。因此,胶质层厚度的大小可以反映煤的粘结性的强弱而作为煤的分类指标之一。

## (二) 煤的工业分类

要使煤炭资源得到合理开发和充分利用,就必须对煤进行工业分类。

按照工业用途煤可以分为动力煤、化工用煤、炼焦用煤等几类。按照煤的变质程度和结焦性能,我国制定了以炼焦用煤为主的煤的分类方案,即把我国的煤从无烟煤到褐煤分为十大类,见表1-3。

# 第四节 煤层及其埋藏特征

## 一、煤层的赋存情况

在地质历史过程中由炭质物沉积而生成的大面积含煤地带称为煤田。由于成煤时期的条件和受地壳运动的影响的不同,煤层的赋存状况差别是很大的。

煤层一般是层状埋藏,但也有呈鸡窝状、扁豆状或其它似层状。

煤层厚度差异很大,有的煤层只有几厘米厚,而有的厚度可达几十米甚至百余米,而有的煤层还可能出现分岔或尖灭(图1-8)。

开采很薄或特别厚的煤层,在技术上都比较困难和复杂。根据开采技术的特点,煤层按厚度划分为三类:

薄煤层

中厚煤层

厚煤层



图 1-8 煤层厚度变化、分岔、尖灭

从最小可采厚度到1.3米

1.3米至3.5米

3.5米以上

煤层的最小可采厚度没有绝对的标准,一般应根据国民经济的需要,以及各地资源条件来确定。一般资源丰富的地区煤的最小可采厚度大些,资源缺乏地区的最小可采厚度小些。而随着机械化程度的提高,最小可采厚度也可能进一步变小。

厚煤层和中厚煤层在我国的煤田中占有较大的比重。以开采的产量而论,厚煤层和中厚煤层大约各占40%,而薄煤层仅占20%。

煤层一般成群埋藏,但是各煤田的含煤层数多少不一。有的煤田只有几层煤,而有的多至数十层。当煤层成群埋藏时,相邻煤层之间的法线距离称为煤层的层间距。煤层的层间距有大有小,小的只有几厘米,大的达百余米。当相邻两层的层间距离很小时,在开采中可以把两层煤看作一层煤来采,煤层间的薄层岩石称为夹石。

煤层含有夹石会造成开采工作困难,并影响煤的质量。通常用煤层结构来反映煤层的夹石状况。含有夹石的煤层称为复杂结构煤层。不含夹石的煤层称为简单结构煤层。

## 二、煤层顶底板岩石

煤层顶底板岩石是指煤系中位于煤层上下一定距离内的岩层。按照沉积的次序,先于煤生成的岩石是煤层的底板,较煤后生成的岩层叫做顶板。在正常情况下,煤层顶板位于煤层之上,而煤层底板位于煤层之下(图1-9)。由于沉积环境的差异,煤层顶底板岩石性质各不相同。常见的煤层顶底板岩石有碳质页岩、砂质泥岩、砂岩、石灰岩、粘土岩等。

煤层顶底板岩石性质对矿井开采方法有重要的影响。

### 三、地质构造对煤层的影响

在地壳运动的作用下，煤和岩层改变原始埋藏状态所产生的变形或变位的形迹称为地质构造。地质构造的形态多种多样，概括起来可分为单斜、褶曲、断裂、地层接触关系以及岩溶塌陷和岩浆侵入等等。

#### (一) 单斜构造

在一定的范围内，煤或岩层大致向一个方向倾斜的构造形态称为单斜构造(图1-10)。单斜构造往往是其它构造形态的一部分(图1-11)。

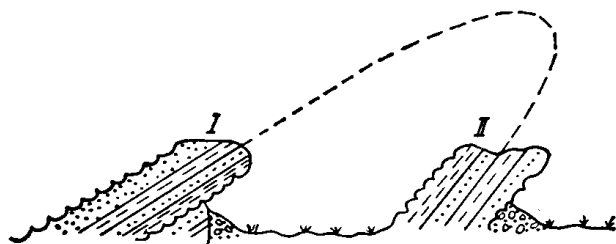


图 1-9 煤层顶底板  
I—正常产状；II—倒转产状

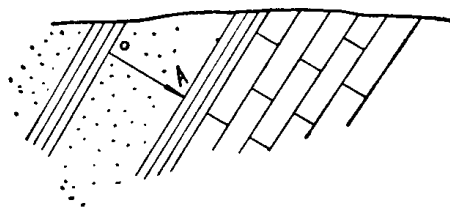


图 1-10 单斜构造

岩层的空间位置及特征通常用产状要素来描述。产状要素有走向、倾向和倾角(图1-12)。

**走向** 煤层或岩层面与水平面相交的线称为走向线。走向线的延伸方向称为走向。煤层或岩层的走向通常是用走向线的方位角来表示的。

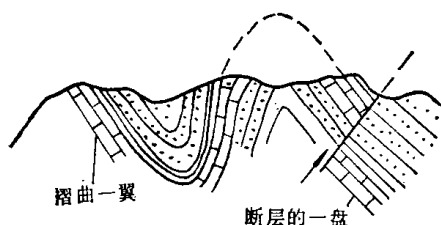


图 1-11 单斜与其它构造形态

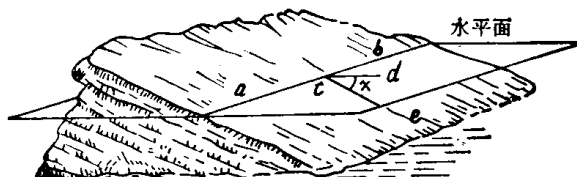


图 1-12 岩层产状要素

ab—走向线；ce—倾斜线；cd—倾向；x—倾角

**倾向** 煤层层面上与走向线垂直的向下的倾斜线的水平投影所指的方向。

**倾角** 煤层或岩层面与水平面之间的二面角叫做煤或岩层的倾角。倾角变化在  $0 \sim 90$  度之间。煤层倾角越大开采越困难。根据开采技术的特点，煤层倾角可分为三类：

|      |                    |
|------|--------------------|
| 缓斜煤层 | $0 \sim 25^\circ$  |
| 倾斜煤层 | $25 \sim 45^\circ$ |
| 急斜煤层 | $45 \sim 90^\circ$ |

由于受地质变动影响的程度不同，同一煤层在不同的地点，其走向、倾向和倾角也不完全相同，有的变化还很大。我国各煤田的煤层以缓斜为多。缓斜煤层每年产出的煤量约占全国产煤总量的70%。

#### (二) 褶皱构造