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

煤矿地质与矿图

MEIKUANG DIZHI YU KUANGTU

煤炭工业出版社

煤炭技工学校“十一五”规划教材

煤矿地质与矿图

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

全书共十章。第一章，地球概况及地质作用；第二章，矿物与岩石；第三章，地史基础知识；第四章，地质构造；第五章，影响煤矿生产的地质因素及其处理；第六章，煤、煤层、煤系和煤田；第七章，矿井水文地质与工程地质；第八章，煤矿主要地质图件及地质说明书；第九章，矿井储量管理；第十章，煤矿矿图。其中第一章内有地温知识、化学风化知识训练，第二章内有矿物岩石综合训练，第三章内有地层的接触关系训练，第四章内有单斜构造产状要素的表示方法及褶曲要素认识的训练，第五章有断层的处理的训练，第六章有煤的成分分析训练和认识煤层顶、底板的训练；第七章有矿井实际涌水量测量方法训练，第十章有工业广场平面图、采掘工程平面图及其他矿图识图训练。各章末均有复习思考题。

该书适用于煤炭技工学校教学、工人在职培训、就业前培训，也可供具有初中以上文化程度的工人自学。

煤炭技工学校“十一五”规划教材

煤矿地质与矿图

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.ccph.com.cn

北京密云春雷印刷厂　印刷

新华书店北京发行所　发行

*

开本 787mm×1092mm 1/16　印张 14 1/2　插页 1

字数 341 千字　　印数 1—5,000

2007 年 7 月第 1 版　　2007 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5020-3094-0 / TD163 TD171

社内编号 5895　　定价 29.00 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　佘传栋　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　王慎南

副 主 编　陈兴元

参　　编　刘善忠　褚　峰

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。

《煤矿地质与矿图》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。

本教材主编为江苏工贸高级技工学校王慎南同志，副主编为陈兴元同志，徐矿集团规划处刘善忠同志主审。其中，王慎南编写了第一、二、三、四章，刘善忠编写了第五章，褚峰编写了第六章，陈兴元编写了第七、八、九、十章及全书中的训练部分。书中图件由杜宗辉绘制。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
二〇〇七年四月

目　　录

第一章　地球概况及地质作用 …… 1
　第一节　地球概况 …… 1
　第二节　地质作用 …… 8
　复习思考题 …… 16
第二章　矿物与岩石 …… 17
　第一节　矿物 …… 17
　第二节　岩石 …… 25
　复习思考题 …… 41
第三章　地史基础知识 …… 42
　第一节　地质年代单位和地层单位 …… 42
　第二节　地史研究基本方法 …… 46
　复习思考题 …… 50
第四章　地质构造 …… 51
　第一节　单斜构造 …… 51
　第二节　褶皱构造 …… 57
　第三节　断裂构造 …… 60
　复习思考题 …… 71
第五章　影响煤矿生产的地质因素及其处理 …… 72
　第一节　褶曲对煤矿生产的影响及其处理 …… 72
　第二节　断裂构造对煤矿生产的影响及其处理 …… 75
　第三节　岩浆侵入体对煤矿生产的影响及其处理 …… 83
　第四节　喀斯特陷落柱对煤矿生产的影响及其处理 …… 87
　第五节　矿井瓦斯、地温对煤矿生产的影响及其处理 …… 90
　复习思考题 …… 94
第六章　煤、煤层、煤系和煤田 …… 96
　第一节　煤 …… 96
　第二节　煤层 …… 112
　第三节　含煤岩系 …… 122
　第四节　煤田 …… 124
　复习思考题 …… 128
第七章　矿井水文地质与工程地质 …… 130
　第一节　地下水的基本知识 …… 130
　第二节　矿井充水条件 …… 140

第三节　矿井水害防治 …… 146
第四节　矿井水文工程地质 …… 156
复习思考题 …… 166
第八章　煤矿主要地质图件及地质说明书 …… 167
第一节　煤矿主要地质图件 …… 167
第二节　地质说明书 …… 179
复习思考题 …… 190
第九章　矿井储量管理 …… 191
第一节　矿井储量计算 …… 191
第二节　矿井“三量”管理 …… 196
复习思考题 …… 198
第十章　煤矿矿图 …… 199
第一节　矿图概述 …… 199
第二节　井田区域地形图及工业广场平面图 …… 200
第三节　井底车场平面图 …… 203
第四节　采掘工程图 …… 204
第五节　主要巷道平面图 …… 212
第六节　井上下对照图 …… 214
复习思考题 …… 221

附录 A　地质年代（年代地层）表（旧表） …… 223
参考文献 …… 224

第一章 地球概况及地质作用

地球是宇宙中的一颗行星，自形成以来已经历了漫长的演变时期，地质作用促进了地球的演变。地球是地质作用的物质基础，地球物质的物理和化学性质影响地质作用的发生和进行；其他天体与地球互相联系、互相影响，也促进了地球的变化和发展。

第一节 地 球 概 况

【知识要点】

1. 太阳系的组成
2. 地球的形状与大小
3. 地球的构造
4. 地球的主要物理性质

【课程内容】

一、太阳系的组成

太阳系是由受太阳引力约束的天体组成的系统。太阳系由太阳（恒星）、8 颗大行星（原为九大行星，自内向外依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天文星、海王星、冥王星，2006 年 8 月 24 日国际天文学联合会大会决议：冥王星被视为太阳系的矮行星）、66 颗卫星（原有 67 颗，冥王星的卫星被剔除）、无数小行星、彗星、流星体以及大量尘埃物质和稀薄的气态物质等组成（图 1-1）。

太阳系目前以海王星轨道为边界，直径约为 89.9×10^8km。

二、地球的形状与大小

地球位于太阳系天体中，是 8 颗大行星之一，按距太阳由近及远的次序数是第 3 颗，它与太阳的平均距离为 1.495 978 70$\times10^{11}$ m（图 1-2）。地球不停地绕着自转轴由西向东自转，地球赤道上自转的线速度为 465 m/s。在地球自转的同时，还围绕太阳在椭圆形的轨道上公转，公转的平均速度为 29.79 km/s。由地球自转产生的惯性离心力，使地球由两极向赤道逐渐膨胀成为旋转椭球形状，极

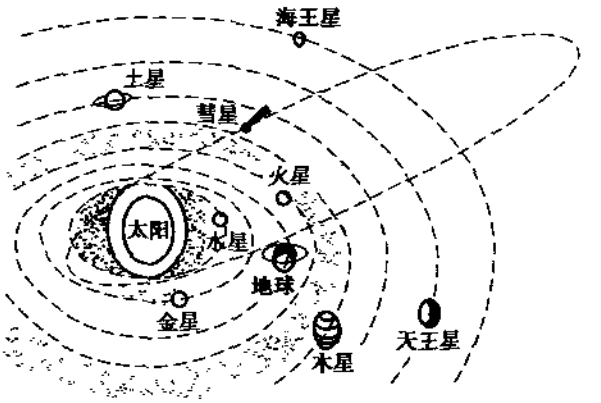


图 1-1 太阳系模式

半径比赤道半径约短 21 km。

1975 年国际大地测量和地球物理联合会第十六届大会推荐的和我国目前采用的“1980 年国家大地坐标系”，地球的大小、质量和密度等数据如下：

地球赤道半径	6 378.140 km
地球的两极半径	6 356.755 km
平均半径	6 371.025 km
扁　　率	1/298.257
赤道周长	40 075.964 km
地球的表面积	5.10×10^{8} km^2
地球的体积	1.08×10^{12} km^3
平均密度	5.518 g/cm^3
地球的质量	5.98×10^{24} kg

近年来，人造地球卫星观测的结果也表明，赤道是椭圆形，而不是圆形的。因此，地球的形状可认为是三轴椭球体（图 1-3）。但是，这些差值与地球平均半径相比都很小，所以从太空中看地球，仍是一个圆球体。

地球的自然表面高低起伏，随地而异。现今的地球表面积约为 5.1×10^{8} km^2，基本上可以分为两大部分：陆地和海洋。陆地面积约为 1.495×10^{8} km^2，约占地球总面积的

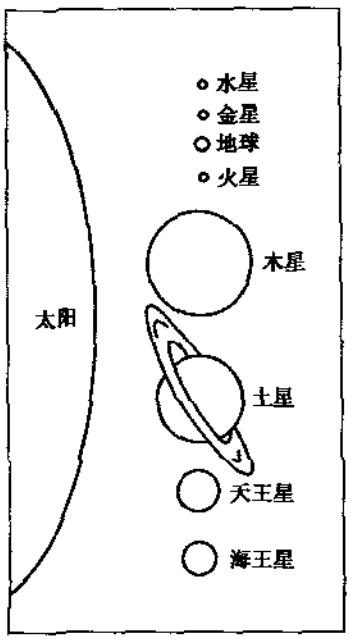


图 1-2　太阳与各大行星相对大小比较示意图

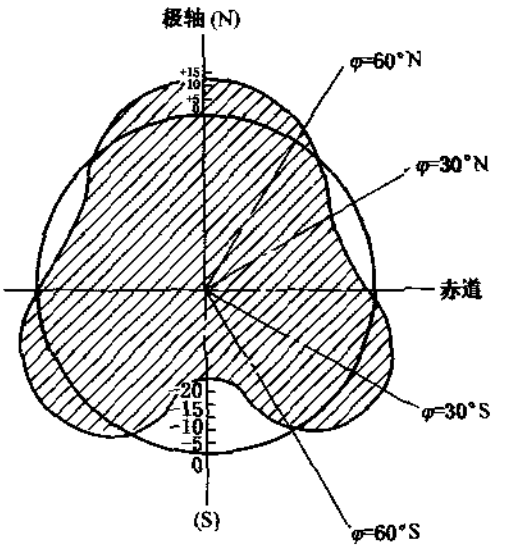


图 1-3　根据卫星测量所得出的地球的形状（夸大）示意图
（引自王维《地球的形状》）
φ—纬度

29.2%；海洋面积约为 3.61×10^8 km²，约占地球总面积的 70.8%。

陆地表面的起伏很大，有高大的山地、高原，有低平原，也有深陷的凹地。世界的最高峰是我国的珠穆朗玛峰，高出海平面达 8 848.13 m；而陆地上一些深陷凹地，有的低至海平面以下，如我国的新疆吐鲁番盆地，最低处低于海平面 293 m。

海底也有很大的起伏，有很高的海底山峰（海山）和海底山脉（海岭），也有很深的海沟（图 1-4）。世界最深的海沟是菲律宾的马利亚纳海沟，其最深点深度为 11 034 m。

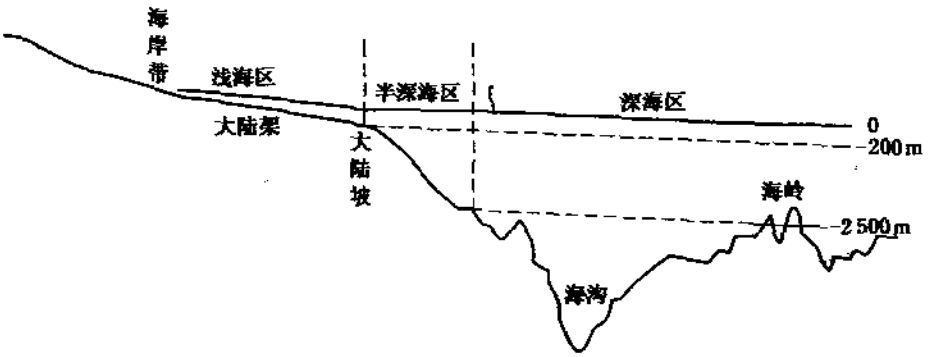


图 1-4　海洋分区及海底地形示意图

综上所述，不论是陆地还是海底，都有比较大的起伏变化。如果把陆地最高处（珠穆朗玛峰）和海洋最深处（马利亚纳海沟）相比，两者相差达 20 km。

三、地球的构造

地球并不是一个均质体，而且具有圈层构造。地球分为外圈层和内圈层。外圈层包括大气圈、水圈、生物圈，内圈层包括地壳、地幔、地核（图 1-5）。

（一）地球的外圈层构造

地球的外圈层，上与星际空间，下与地壳之间，没有明显的界线，特别是大气的底层、水圈、生物圈，以及地壳，相互渗透，彼此交织在一起。

1. 大气圈

大气圈是环绕地球的气体层，位于星际空间和地面之间。大气圈是多种气体的混合体，主要有氮气（占 78%）、氧气（占 21%），此外还有少量的二氧化碳、水蒸气和尘埃微粒等。随着距离大陆和海洋表面高度的增加，地球离心力逐渐增大，吸引力减小，空气越来越稀薄。

由于大气层在不同高度上组成成分的特殊

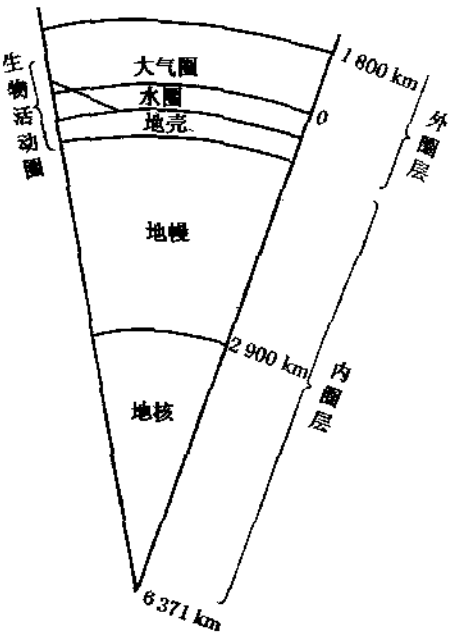


图 1-5　地球的圈层构造

差异和物理性质的不同，从地表向上到高空，大气圈可以分为对流层、平流层、中间层、热层（电离层）和外层（逃逸层）。主要天气现象多发生在对流层中，对流层上方的平流层中有一层可以吸收太阳辐射的大量紫外线，所以大气圈对地球表生地质作用，整个生物界的发育和电信传播都有很大影响。

2. 水圈

水圈是指地球表层由水体构成的连续圈层。地球表面的70.8%被海洋所覆盖，占地球上总水量的97%，陆地上还有河流、湖泊、冰川以及岩层中的地下水。这些水虽然仅占水总量的3%。然而，它们却与海水组成了一个包围着地球的连续水层。水圈水的总体积约为 1.4×10^9 km^3。水圈的水，在太阳辐射热的影响下，不断地进行水循环，表现为蒸发和降水，永不止息的运动着，成为改变地球面貌的重要动力之一。水圈的存在，对生命的起源、生物界的演化发展和沉积矿产的形成起着十分重要的作用。

3. 生物圈

凡是有生物活动的范围称为生物圈。在大气圈中（主要在底层），水域内，岩石的洞穴、裂隙，以及土壤里，都有各种各样的生物生存和繁殖着。在这个生物分布的范围，生物的繁殖活动和生物遗体的堆积，为矿产资源的形成创造了物质条件（如煤、石油等）；各种生物类群的遗体和遗迹，保存在地球历史各阶段的岩层中，为地球的沧桑变化留下了最宝贵的见证。

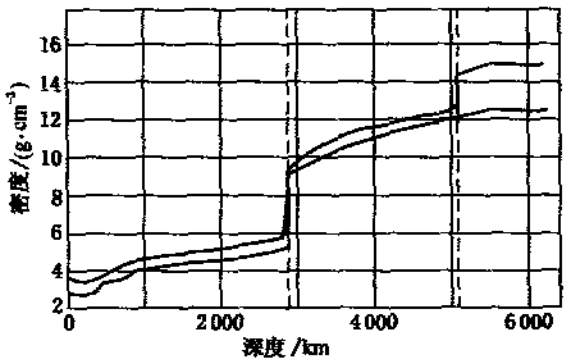


图 1-6　地球内部物质的密度随深度变化情况

（二）地球的内圈层构造

根据对地震资料的研究，发现地球内部地震波的传播速度，在两个深度上作显著跳跃式的变化（图 1-6），反映出地球内部物质以这两个深度作为分界面。上分界面的深度很不一致，在大陆区比较深，最深可达 60 km 以上；在大洋区较浅，最浅不足 5 km。这个界面是南斯拉夫地球物理学家莫霍洛维奇于 1909 年发现的，称做莫霍间断面，简称莫霍面。第二个界面深度在 2 898 km，是由美国地球物理学家古登堡于 1914 年提出的，简称古登堡面，又称核-幔界面。根据这两个界面把地球内部分为地壳、地幔和地核 3 个圈层。

1. 地壳

地壳为地球最表面的一层外壳，位于地幔之上，以莫霍面为界与地幔分开。地壳的厚度各地有很大的差异，大洋地壳较薄，平均厚 6 km，最厚约 8 km，最薄处不到 5 km；大陆地壳较厚，平均厚 35 km，最厚处可达 70 km（如青藏高原）；说明地壳下界是起伏不平的。

地壳的表层由未固结或已固结的各种沉积岩、变质岩所组成。地壳的上层为花岗岩层组成，该层的物质成分近似花岗岩类，其化学成分富含硅铝，故又称硅铝层。地壳的下层为玄武岩层，其化学成分除硅铝外，铁镁相对增多，故又称硅镁层（图 1-7）。

2. 地幔

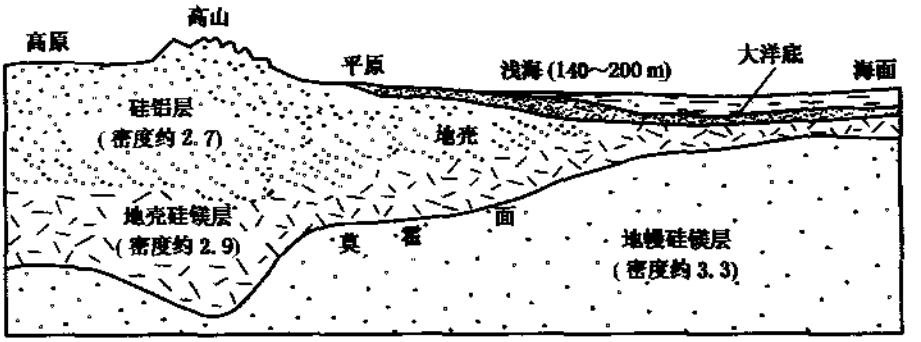


图 1-7　地壳结构示意图

地幔位于莫霍面和古登堡面之间，由地壳以下到深度为 2 898 km 的部分。在地下 984 km 深度处存在一个分界面，它将地幔分为上地幔和下地幔。上地幔成分除硅、氧外，铁镁较地壳显著增加，铝退居次要地位，总的成分类似橄榄岩，物质状态属固态结晶质，塑性增大。下地幔物质成分除硅酸盐外，金属的氧化物和硫化物，特别是铁镍显著增加，物质状态属非晶质固态，塑性很大。

3. 地核

地核位于古登堡面以下至地心。地核分为外核与内核，其分界面在 5 125 km 深外。由于横波（S）不能穿过外核，所以认为外核处于流体状态；纵波（P）可穿过整个地核，但传播速度较地幔下部有显著的降低。地核的成分，推测为富含铁、镍的复杂物质，是非晶质状态。

四、地球的物理性质

地球的主要物理性质包括它的质量、密度、压力、重力、磁性（地磁）、温度（地热）、放射性等。

1. 地球的质量与密度

地球的体积很大，它的质量不能直接测定，而是根据万有引力定律计算出来的。计算的地球质量为 5.976×10^{24} kg。根据地球的质量与地球体积的关系，可以计算出地球的平均密度为 5.52 g/cm^3。实际测定地壳上部物质（岩石）的平均密度为 2.75 g/cm^3，地幔的密度为 3.32～5.66 g/cm^3，地核的密度为 9.71～13.0 g/cm^3。地球内部密度的变化反映了地球内部物质成分和存在状态的不同（图 1-7）。

2. 地球的重力

地球表面的重力是地心对地面物质的引力和地球自转离心力的合力。引力的大小与距离的平方成反比。对重力来讲，离开地心越远，重力越小。地球是一个旋转的近乎椭圆形的球体，它的极半径小于赤道半径，所以自赤道向两极，重力是增加的。地球自转产生的离心力也对重力有影响，而离心力是自赤道向两极减小的，它也使重力自赤道向两极增加。总之，随纬度的变化可以计算出各不同纬度的重力值，这就是重力的正常值。但是构成地球的物质是不均匀的，它们的密度不同，因此实际观察的重力值与理论计算的重力值

往往有一定偏差，这种偏差叫重力异常。重力异常，有正有负，在密度较大的物质分布地区，如铁、铜、锌等金属矿区，测得重力值要大于理论上的正常值，叫正异常；在煤、石膏等密度较小的物质分布地区，测得重力值小于正常值，叫做负异常。因此重力异常对于了解地下岩石的性质，矿体的分布和地质构造有重要的意义。

3. 地磁

地球相当于一个巨大的磁铁，它也有两极，但地球的磁极与地理上的两极并不重合。现在的地磁北极位于北纬 71°，西经 96°；地磁南极位于南纬 75°，东经 156°。因此，地磁子午线与地理子午线之间有一个夹角，叫磁偏角。磁偏角的大小和偏向（东偏或西偏）各地不同，连接各地磁偏角相等的线，叫磁偏线。磁针除了向东或向西的偏角以外，它与水平线还存在着一定的夹角，叫磁倾角，磁倾角的数值也因地而异。在磁极的地方，磁倾角为 90°，赤道上磁倾角为 0°。连接各地相等磁倾角的线，叫磁倾线。此外，地球上各地所受的磁力的大小，即磁场强度不相同，磁场强度在磁极最大，向赤道减小。

上述磁偏角、磁倾角、磁场强度，一般称做地磁三要素。根据这 3 个要素的分布规律，在理论上可以确定某一点的地磁正常值，但由于各地岩石的磁性不同，构造不同，地磁正常值常与实测数值有一定的偏差，称为磁力异常。通过磁力异常的研究，可以了解地下岩石的性质，有无带磁性矿体存在，以及地质构造的特点。

4. 地压

地压是地球内部的压力，主要是指静压力。由于地球的表层覆盖着很厚的岩层，这些岩层本身具有很大的重量，而这些重量对它下面的岩层施加压力。这种来自上覆岩层的静压力是随着深度的增加逐渐增加的。由于地壳表层岩石的平均密度为 2.75 g/cm^3，所以地下浅处的平均静压力计算数据如下：

距地表 100 m 处　2.75×10^6 Pa；

距地表 500 m 处　1.375×10^7 Pa；

距地表 1 000 m 处　2.75×10^7 Pa；

距地表 5 000 m 处　1.375×10^8 Pa。

除上述静压力外，地压还包括来自地壳运动的应力。这种地应力通常以水平力为主，具有方向性，并可在某些地段更为集中。在煤矿区，可以通过对地质构造的分布研究地应力的分布，来解决巷道维护及煤与瓦斯突出预测等矿井开采过程中经常遇到的问题。

5. 地热

地热指地球内部的热量。地球内部温度的分布如图 1-8 所示。地球的热源来自两个方面：在地球表面，主要来自太阳的辐射热，叫做外热；地球本身具有的热能，称为内热。根据地壳的一定深度内热量的来源及温度变化的规律，将其划分为变温层（外热层）、常温层（恒温层）、增温层（内热层）。

变温层位于地球表层，地温主要受外热变化影响，随着昼夜和季节的变化而变化。其中，受昼夜温度变化影响的深度一般为地表向下 1～1.5 m，受每年四季温度变化影响的深度范围一般为 10～20 m。

常温层位于变温层之下，地温不受外热变化的影响，基本稳定在当地的年平均温度上。常温层的范围，一般可达地下 20～30 m。

增温层位于常温层之下，地温受到内热的影响，随着深度的增加而有规律地升高。在

增温层内，温度随深度增加而升高的速度，不同地区有所不同。如在北京房山，深度每增加50 m，地温升高1 ℃；在大庆油田，深度每增加20 m，地温度升高1 ℃。常用“地热增温率”和“地热增温级”表示地温的变化率。

地热增温率又称地温梯度，指在年常温层以下，深度每增加100 m增加的地温值，单位为“℃/100 m”。地壳的平均地热增温率为3 ℃/100 m。

地热增温级指在年常温层以下，地温每升高1 ℃所增加的深度，单位为“m/℃”。地壳的平均地热增温级为33 m/℃。

一个地区地热增温率和地热增温级的大小，能反映该地区的地热状况，它往往与当地的地质构造、岩石的导热性能，岩浆活动以及水文地质情况有关。

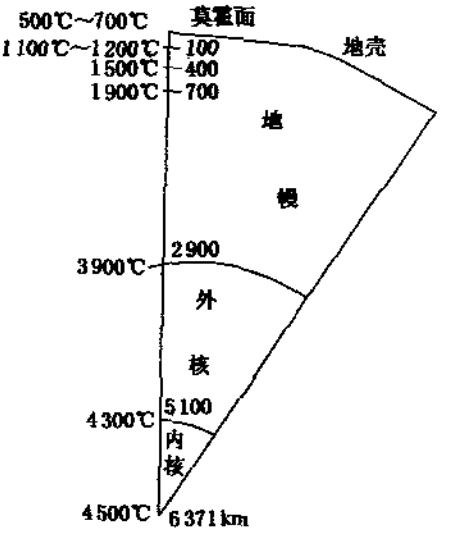


图1-8 地球内部温度分布示意图

根据各地的地热增温率资料，可以画出等温线，进而圈定地热异常区，为勘探和开发利用地热资源提供依据。地热对矿井生产有一定的影响。当采掘工作进入较深水平时，要充分考虑地热问题，因为井下气温过高，会直接影响工人的健康、生产效率和安全等。为此《煤矿安全规程》规定采掘工作面的空气温度不得超过26 ℃，若超过规定，应采取降温措施。

【地温知识训练】

一、训练目标

根据地热增温率知识，测量一个矿井不同深度的矿井温度，以达到对地热增温率的理解与认识。

二、训练用工具与器材

温度计、文具、防护工作服。

三、学生相关理论知识的准备

(1) 复习变温层、常温层、增温层、地热增温率概念。

(2) 阅读以下地温预测实例，为测量井下地温作准备。

一煤矿现开拓水平标高为−730 m，地表标高为+100 m，常温层深度为30 m，常温层温度为10.5 ℃，计算−730 m开拓水平的温度（图1-9）。

该矿−730 m开拓水平的温度应为

$$10.5\ ℃+[(+100\ m-30\ m)-(-730\ m)]\times 3\ ℃/100\ m=34.5\ ℃$$

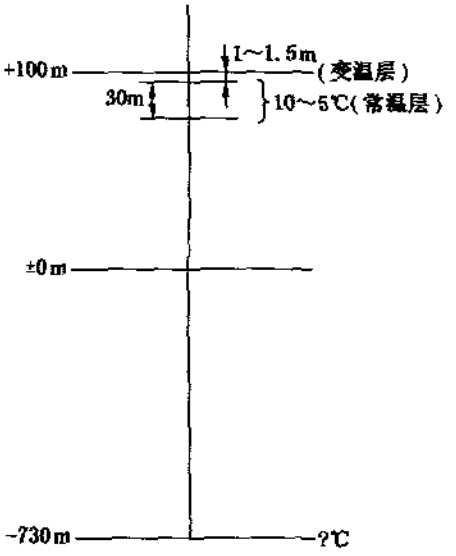


图 1-9 某矿地温计算分析示意图

四、训练方法与步骤

(1) 收集所在实习矿井的地面标高资料。

(2) 收集所在实习矿井不同水平巷道的标高资料。

(3) 了解当地恒温层的温度。

(4) 在一个矿井测量不同水平的地温。

(5) 检验某水平测出的温度与计算出的温度是否基本一致。

五、注意事项

(1) 实习前做好各方面的准备，如准备好测量用的文具、温度计等。

(2) 要有实习所在的煤矿方面的专业人员带领，特别要注意安全，要加强纪律性。

(3) 在施测时，要看清周围的环境，在确定毫无安全隐患的情况下，方可以进行观测。

(4) 观测完毕后，要注意检查所带的物品，以免丢失。

第二节 地 质 作 用

【知识要点】

1. 内力地质作用
2. 外力地质作用

【课程内容】

地壳自形成以来，一直在不断地运动、变化和发展着，促使地壳的物质成分、构造和表面形态等不断变化和发展的各种作用，统称地质作用。地质作用是地质动力引起的，产生地质动力的能源来自太阳辐射、日月引力、重力和放射性元素蜕变等等。根据发生地质作用的主要部位，地质作用可分为内力地质作用和外力地质作用两个基本类型。

一、内力地质作用

内力地质作用是指由地球自转、重力和放射性元素蜕变等地球内部的能产生的地质作用。这类地质作用多发生在地下深处，有的可波及地表。它包括地壳运动，岩浆活动，变质作用和地震作用。

(一) 地壳运动

在内力地质作用下，地壳发生长期而缓慢的运动，称为地壳运动。地壳运动按其运动方向，分为升降运动和水平运动。

地壳的升降运动在誉为世界屋脊的喜马拉雅山脉留下明显的痕迹。根据该区的岩层资

料，在 3 000 万年以前却是一片汪洋大海，长期处于下降地区，接受巨量沉积物，形成厚达三万余米的沉积岩。后在地壳上升运动作用下，原来位于 30 km 深处的岩石，今天可在海拔 2 000 m 以上的高处找到，可见它上升的速度和幅度之大。至今，喜马拉雅山脉仍以 17～18.2 mm/a 的速度上升。

意大利那不勒斯湾海边的波簇奥里镇，建于公元前 105 年罗马帝国时代，1538 年努渥火山喷发时被火山灰掩埋，于 1742 年被挖掘出来。挖掘发现，一所建筑物的 3 根高达 12 m 的大理石柱，柱子下段约有 3.6 m 被火山灰掩埋，柱面光滑，柱子中段约长 2.7 m 处被海生动物蛀蚀成许多小孔；柱子上段已遭风化，不很光滑（图 1-10）。根据这些地质遗迹和历史资料，可知这座古建筑在两千多年中几度沧桑。由于地壳缓慢下降，海水侵入，淹没了柱子的中段，至 18 世纪中叶又缓慢上升到地表，20 世纪初又开始下沉，表明那不勒斯海湾近代正处在交替的升降运动中。

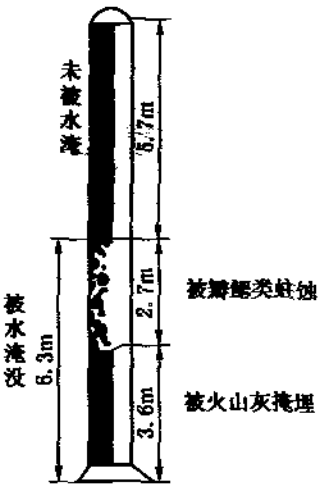


图 1-10　意大利波簇奥里小城镇遗址中的大理石柱素描图

地壳发生的水平方向的运动，如在 1926 年精确地测定了世界 52 个天文台彼此间的位置，1933 年第二次测量时发现，北纬 45°处欧洲天文台之间的距离在扩大，7 年中平均每年移动 65 cm。

地壳运动可使岩层发生褶皱、断裂，改造地表起伏乃至海陆变迁，还会导致气候变化，影响生物的分布及外力地质作用。

（二）*岩浆活动*

1. *岩浆的概念*

岩浆是地壳深部或上地幔物质部分熔融而产生的炽热熔融体。岩浆的温度可达 1 300 ℃或更高，压力可达数千个大气压。其主要成分是硅酸盐及部分金属硫化物、氧化物和挥发物质（H_2O，CO_2，H_2S 等气体）。

2. 岩浆活动类型

岩浆活动是指地下深处岩浆沿构造破裂带侵入到地壳内，甚至喷出地表的过程。岩浆活动有侵入和喷出两种方式。

岩浆从深部向上运移、侵位，温度逐渐降低，在地壳上部某处（未达地表）冷却凝固，此作用过程称为岩浆侵入作用。岩浆侵入地壳内冷凝后形成的岩石称为侵入岩。由侵入岩构成的岩体，称为侵入岩体。岩浆直接喷出或溢出地表的活动称为火山作用或喷出作用。流出地面的岩浆称为熔岩，其冷凝后形成的岩石称为喷出岩。

3. 岩浆侵入方式及其产状

侵入岩体的产状是指其大小、形状，与围岩的相互关系（图 1-11）。围岩是指与侵入体直接接触的周围岩石或煤层。根据侵入岩（体）的规模、形成深度的不同，将其分为：深成岩（侵入体）、浅成岩（侵入体）和超浅成岩（侵入体）。

（1）深成侵入体产状　深成侵入体的形成深度大于 3 km，岩浆冷凝、结晶时间较充分，可形成结晶颗粒大而均匀的深成岩。由于岩体规模和形状的不同，深成侵入体又分为

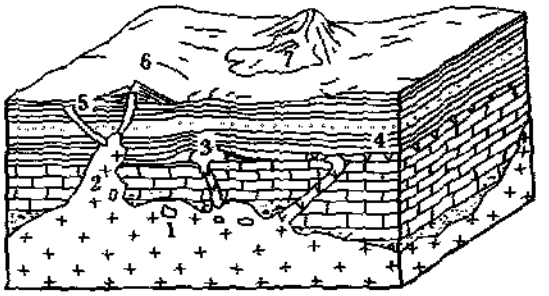


图 1-11 岩浆岩体产状示意图

1—岩基；2—岩株；3—岩盘；4—岩床；5—岩墙和岩脉；6—火山锥；7—熔岩流

岩基、岩株两种类型。

岩基 一种规模巨大、形状不规则的深成侵入体（图 1-11），常与围岩呈不整合接触关系；出露面积大于 100 km^2，常可达数百、上千甚至上万平方千米；多由酸性火成岩组成，常见者为花岗岩体。

岩株 一种规模较岩基小的侵入体（图 1-11），平面形态近似圆形，出露面积小于 100 km^2，向下呈柱状或近似柱状延伸。

岩基和岩株在侵入冷凝过程中常有围岩碎块落入，称为捕虏体。大的浅成岩体中也常有捕虏体。

(2) 浅成和超浅成侵入体产状 浅成和超浅成侵入体形成于地壳浅部，其形成的深度一般小于 3 km。其中浅成岩形成的深度一般为 1.5～3 km，超浅成岩一般为 0.5～1.5 km。由于此类侵入体岩浆冷凝的时间短，速度快，所以矿物结晶一般较小，常因矿物结晶先后的差异，晶体大小差别明显。常见的浅成、超浅成侵入体有岩床、岩盘和岩墙等。

岩床 岩浆顺围岩层面侵入形成的层状或似层状岩体（图 1-12）。其规模变化较大，厚薄比较均匀，厚度可以从不到 1 m 至数百米。在有岩浆侵入的煤矿区，岩浆呈岩床侵入煤层，使煤层全部或部分遭受到破坏，降低甚至失去开采价值。

岩盘 又称岩盖。岩浆沿裂隙和层面侵入到岩层之间，由于向上顶力很大，将上覆岩层拱起而形成穹隆状的岩体（图 1-11，图 1-13）。岩盘直径可达数千米，厚度可达 1 km，顶板多被剥蚀，其顶底均与围岩的层理平行。岩盘主要由酸性岩组成，也有由中、基性岩组成的。

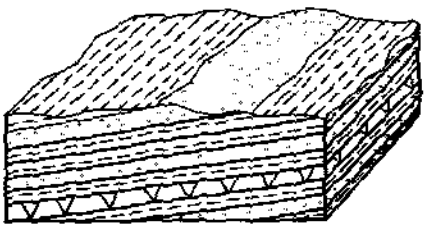


图 1-12 岩床立体图



图 1-13 岩盘立体图

岩墙 岩浆沿着大致垂直于层面的裂隙或断层侵入围岩而成的板状岩体。它对煤层的破坏性一般不大（图 1-14）。

（三）变质作用

地壳中原来已存在的岩石（可以是火成岩、沉积岩及早已形成的变质岩），由于受到构造运动、岩浆活动或地壳内热流变化等内力的影响，以及陨石冲击的瞬时热动力作用等，使岩石在固态（或基本保持固态）情况下发生矿物成分、结构、构造，甚至化学成分

的变化，这些变化总称为变质作用。

1. 变质作用的因素

变质作用的主要因素有温度、压力、化学活动性流体的作用等。这些因素在原岩发生变质的过程中，是相互联系、共同起作用的，只是在不同的地质条件下，某种因素起着主导作用而已。

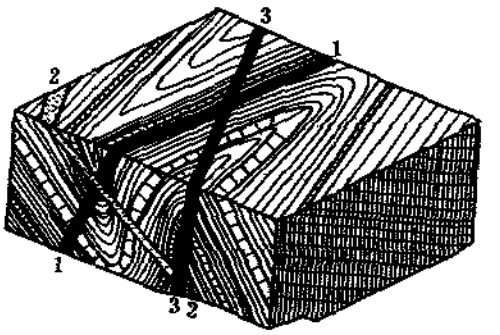


图 1-14 岩墙

1，2，3—由老到新不同时期的岩墙

(1) 温度 是岩石发生变质作用的主要因素。它来自地热、岩浆活动及构造运动产生的热能。在化学成分不变的条件下，温度升高可使原来难以结晶的矿物产生重结晶或结晶粗大的矿物。例如，石灰岩中方解石晶体不显著，经变质作用变成大理岩后方解石晶体显著。在高温条件下，可使某些矿物成分发生化学作用，产生新的矿物组合。例如，含有二氧化硅的石灰岩，在高温条件下可以变成硅灰石，其反应式为

$$SiO_2 + CaCO_3 \rightleftharpoons CaSiO_3 + CO_2$$

(2) 压力 包括静压力和定向压力。

静压力 由上覆岩层的重量所产生，随深度而增加。静压力能促使矿物成分重新组合，产生体积小、密度大的新矿物，从而使原岩体积缩小。例如斜长石和橄榄石在地壳深处静压力作用下形成新的变质矿物——石榴子石。

定向压力 是在强烈的地壳运动过程中产生的具有方向性的压力。这种压力常使岩石发生强烈的褶皱和柔性流动，使岩石中的柱状和片状矿物发生定向排列，排列方向一般是垂直应力的方向，形成变质岩特有的片理构造。

(3) 化学活动性流体 包括以水和二氧化碳为主的富含多金属和非金属及 F、Cl、B、P 等挥发组分的气液，它们主要来自岩浆。当岩浆侵入围岩时，这些物质在温度和压力的作用下，能渗入围岩中去，并与围岩的成分进行一系列的化学反应，形成新的矿物。

2. 变质作用的类型

(1) 区域变质作用 指广大地区内的岩石，在地下深处受到长期和剧烈的地壳运动的影响而发生的变质作用。它是多种变质因素长期综合作用的结果，从而形成各种片岩、片麻岩等。我国泰山地区、山西五台山地区、辽东半岛、秦岭及四川西部等地，均有大片经受区域变质的岩石出露。

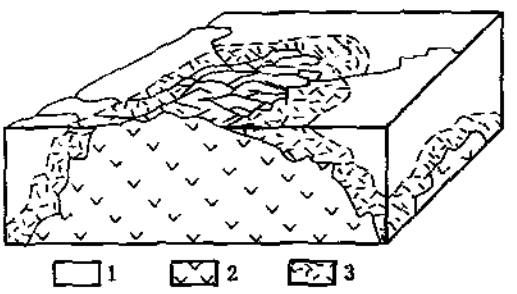


图 1-15 接触变质示意图

1—围岩；2—侵入体；3—接触变质带

(2) 接触变质作用 是岩浆发生侵入活动时，围岩受岩浆高温的影响和在岩浆中大量挥发性物质的作用下而发生的变质作用。接触变质作用的主要变质因素是温度，发生在侵入体与围岩接触的地方（图 1-15）。围岩变质的深浅程度与距侵入体的远近有关。围岩离侵入体越近，变质程度越深；反之，则弱。变质带的宽度范围决定于侵入体的大小和岩浆的成分。在巨大

的岩基周围，变质带的影响范围最大可达 10～15 km，一般的岩株或大型岩盘可达 1～2 km，而岩床、岩墙则往往为几米或几十厘米。酸性岩浆因含挥发性物质较多，所以变质带的影响范围要比基性岩浆宽。

(3) 动力变质作用　当岩层发生构造变动时，受定向压力的作用而产生的变质作用称为动力变质。动力变质作用常发生在断裂带附近，使周围的岩石变成各种角砾岩和糜棱岩。

*在变质作用过程中，许多有用矿物富集起来形成变质矿床。我国著名的鞍山式铁矿就*是与区域变质有关的铁矿。目前世界上铁矿储量的一半以上是属于这种变质岩中的铁矿；与接触变质作用有关的矽卡岩型铁矿、铜矿、钼矿等许多金属矿床，也具有十分重要的经济价值。

(四) 地震作用

地震是由地壳运动、火山喷发等引起的地壳快速颤动。通常所说的地震是构造地震，它是地下岩层因地壳运动的长期作用而发生弯曲变形，这种变形的岩层就像拉紧的弹簧一样，聚积了巨大的能量。当岩层达到一定的程度就会发生断裂，使长期积聚的能量在一瞬间突然释放出来，引起大地快速颤动，造成地震。

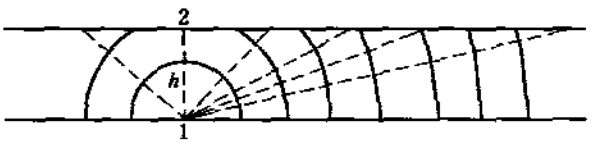


图 1-16　地震震源震中及地震传播示意图

1—震源；2—震中；*h*—震源深度

地震作用过程中向四外放出的弹性波，叫地震波。地下首先发生震动释放能量的源地叫震源（图 1-16）。震源在地面上的垂直投影，叫震中（图 1-16）。震中到震源的距离叫震源深度。通常将震源深度小于 70 km 的叫浅源地震（占世界地震的 95%），如 1976 年 7 月 28 日唐山地震的震源深度为 12 km；震源深度为 70～300 km 的叫中源地震；大于 300 km 的叫深源地震。目前已知的最大震源深度达 720 km。地震时释放出来的能量的大小是用震级来表示，释放出来的能量越多，震级就越大。震级共分十级。1976 年 7 月 28 日唐山地震的震级为 7.8 级。世界上最大的地震是 1960 年 5 月 22 日 19 时 11 分发生在南美智利的地震，其震级为 8.9 级。地震对地面的影响和造成的破坏程度用地震裂度来表示。震级愈大，裂度也愈大。在同一次地震中。地震裂度的大小与距震中的距离有关。一般距离震中越近，裂度越大。将地震裂度相等的各点连成封闭的曲线，叫等震线。

我国是多地震的国家之一。地震是一种严重的自然灾害，它不仅能引起山崩地裂，而且在顷刻之间即可毁掉人们长期创造的劳动成果，造成房屋倒塌、人畜伤亡。因此，进行地震的研究和观测，做好震前的准确预报，提高防震、抗震的工作能力，是摆在地震工作者面前的一项既艰巨而又光荣的任务。

二、外力地质作用

大气、水和生物在太阳辐射的热能、重力能和日月引力等的影响下产生动力，对地壳表层所进行的各种作用，统称为外力地质作用。外力地质作用有风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和固结成岩作用等类型。外力地质作用缩小地表的起伏和夷平地表的高

差。外力地质作用可以形成许多有益的沉积矿产，如煤、石油、油页岩等。

（一）风化作用

风化作用是指地表的矿物、岩石在水、空气、地表温度变化的作用下，以及受生物活动的影响，发生破碎、分解，改变其结构和组成的过程。

暴露在地表的岩石，由于岩石的导热性比较差，白天受太阳辐射，岩石表面的温度要比内部高；夜间岩石表面的热量散发快，温度比岩石内部低。这样，由于岩石各个部分受热不均匀，温度变化不一致，致使其膨胀、收缩也不一样，天长日久，大块的岩石就会崩裂破碎（图 1-17）。

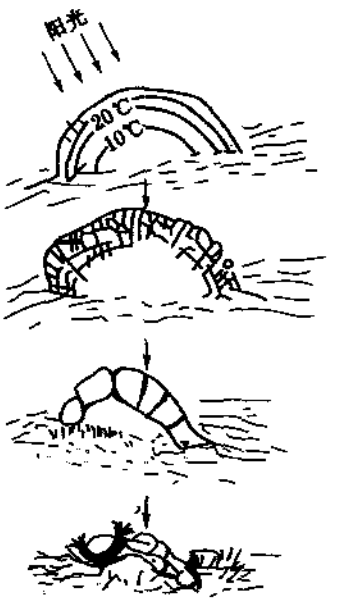


图 1-17 地表面温度变化使岩石破碎

水和大气中的氧及二氧化碳，无时不对地表岩石、矿物发生作用。有些岩石和矿物能直接被水溶解，如石膏、岩盐等。当水中溶有二氧化碳时，水的溶解能力加强，石灰岩遇到这种水，就能形成易溶于水的碳酸氢钙，而被流水带走。所以，在气候温暖、潮湿多雨的地区，石灰岩容易被风化。坚硬的花岗岩，长期在大气和水的影响下，同样会遭受到破坏，使花岗岩中的正长石变成了松软的高岭土和不易风化的石英小颗粒一起残留下来。又如，在煤矿区，暴露在地表或处于地表附近的煤层，遭受不同程度的风化作用后，或煤的物理、化学性质均发生变化，或煤的物理性质变化不大，仅化学工艺性质发生变化，形成煤层风化带和氧化带。煤层的风、氧化带，必须通过地质勘探圈定出来，以确定井田上部可采边界。

植物的生长，也能加速岩石的风化。如在岩石裂隙中生根的植物，随着植物的生长，裂缝逐渐扩大，致使岩石胀裂（图 1-17）。同时，由于植物在生长过程中，一方面需要从岩石中吸收某些成分，如氮、磷、钾、钙、铁等元素作为养料，从而对岩石进行破坏；另一方面又分泌出有机酸，促使岩石分解，加速岩石风化。

（二）剥蚀作用

地表岩石经风化作用之后产生的碎屑和可溶物质，被风、流水等自然营力从原地搬走，同时对岩石和碎屑继续进行破坏的过程，统称为剥蚀作用。如世界著名的大瀑布之一，我国贵州的黄果树瀑布，发育在石灰岩构成的崖壁上，宽 20 m，高 60 m，水势汹涌，直泻犀牛滩，冲刷沟谷，破坏岩石。

风化作用和剥蚀作用，往往是彼此促进的。岩石遭受风化变得松软，则便于剥蚀；剥蚀之后又使新鲜的岩石暴露出来，为继续风化创造条件。风化剥蚀作用的结果，一方面破坏了岩石，雕刻着地表，同时为搬运和沉积作用提供了大量的物质来源。

（三）搬运和沉积作用

风化和剥蚀作用的产物，经风、流水、冰川等自然营力以推移、跃移、悬移或溶液运移等方式转移到他处的过程，称为搬运作用。被搬运的物质，在搬运的过程中经受不断的改造和分选（图 1-18、图 1-19）。由于搬运的营力逐渐减弱、消失或物理化学条件的改变，被搬运的物质从搬运介质中分离而沉积下来形成沉积物的过程，称为沉积作用。沉积

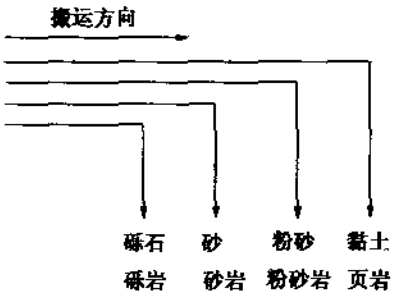


图 1-18 不同粒度碎屑物的分选作用

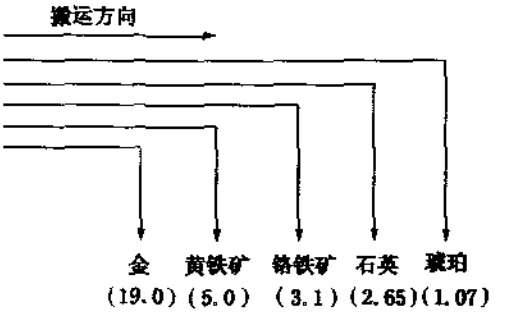


图 1-19 不同相对密度矿物的沉积分选作用

物为沉积岩的形成奠定了物质基础。

（四）固结成岩作用

沉积作用使大陆低洼区和海洋里积聚了松散的沉积物。当沉积物愈积愈厚时，在自身重量的作用下压紧、脱水，经过胶结之后就成为坚硬固结的沉积岩。这一使松散沉积物转变为坚固岩石的过程，称为固结成岩作用。

上述地质作用分类，见表 1-1。

表 1-1 地 质 作 用 分 类

内力地质作用	地壳运动（构造运动）	升降运动 水平运动	控制海陆变迁及地质构造
	岩浆活动	喷出作用（火山作用） 侵入作用	形成火成岩和内生矿床
	变质作用		形成变质岩和变质矿床
	地震作用		引起山崩地裂
外力地质作用	风化作用	物理风化作用 化学风化作用 生物风化作用	破坏岩石
	剥蚀作用	机械剥蚀作用 化学剥蚀作用	
	搬运作用	机械搬运作用 化学搬运作用	形成沉积物
	沉积作用	大陆沉积作用 海洋沉积作用	
	成岩作用		形成沉积岩和沉积矿产

【化学风化知识训练】

一、训练目标

根据氧化、水化、溶解、碳化原理相关知识，认识化学风化作用对矿物的破坏作用，加深对化学风化作用的理解与认识。

二、训练用工具与材料

地质实验室化学操作台、2 mol 的碳酸溶液、2 mol 的盐酸溶液、水 50 kg、黄铁矿标本、硬石膏标本、方解石标本、正长石标本、烧杯、滴定管等。

三、学生相关理论知识的准备

1. 氧化作用实验

$$4FeS_2+10H_2O+15O_2 \rightleftharpoons 2Fe_2O_3 \cdot H_2O+8H_2SO_4$$

黄铁矿　　褐铁矿　　硫酸

这一反应生成的硫酸是一种强氧化剂，它又加速了岩石的化学风化作用。

$$CaCO_3+2HCl \rightleftharpoons CaCl_2+H_2O+CO_2\uparrow$$

方解石

$$CaCO_3+H_2O+CO_2 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

方解石　　重碳酸钙

矿物、岩石在空气中或地下一定深度内，在大量游离氧的氧化作用下，使低价元素和低价化合物转变为高价元素和高价化合物。

2. 水化作用

在化学风化中，水起重要作用。有些矿物与水起反应，吸收部分水后变成另一种含水的新矿物。

$$CaSO_4+H_2O \rightleftharpoons CaSO_4 \cdot H_2O$$

硬石膏　　石膏

3. 溶解作用

含有二氧化碳的水是很好的溶剂，它能使岩石中的一部分矿物溶于水而被带走。

$$CaCO_3+H_2O+CO_2 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

方解石　　重碳酸钙

4. 碳酸化作用

自然界的水中常含有二氧化碳气体，使岩石中一部分矿物与水反应后生成新的矿物。

$$K[AlSi_3O_8]+CO_2+H_2O \rightleftharpoons Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8+SiO_2+K_2CO_3$$

正长石　　高岭石　　硅胶

四、训练方法与步骤

(1) 实验之前准备好各种实验所需的化学试剂及矿物标本。

(2) 检查安全情况，备好清洁水，防止发生酸液灼伤人员。

(3) 矿物必须放在实验器皿中，用滴定管移动化学试剂向实验的矿物中滴定。

(4) 注意观察，认真填写实验报告。

五、训练注意事项

(1) 实习前做好各方面的准备，检查化学试剂的浓度。

(2) 打开实验室的通风设施。

(3) 要有实训指导教师的带领，特别要注意安全。

(4) 没有老师的允许，不得随意动用其他物品。

(5) 实验中，若有试剂溅落至皮肤上，一定要及时用清水冲洗，并且要报告管理人员。

复习思考题

1. 地球的形状如何？它的体积、密度、赤道半径和两极半径各是多少？

2. 地球从外部到内部各由哪些圈层组成？

3. 地热对煤矿生产有哪些危害？为什么煤矿井下总是冬暖夏凉？

4. 什么是地质作用？什么是内力地质作用和外力地质作用？内力地质作用和外力地质作用各包括哪些具体作用？

5. 什么是岩浆？岩浆的活动类型有几种？

6. 怎样区别岩基、岩株、岩盘、岩床、岩墙等侵入体？

7. 引起变质作用的因素和变质作用的类型有哪些？

8. 地震是如何发生的？什么叫震源、震中、震级、裂度？

第二章 矿物与岩石

第一节 矿 物

【知识要点】

1. 矿物的基本概念
2. 矿物的肉眼鉴定方法
3. 矿物的命名
4. 常见的造岩矿物

【课程内容】

一、矿物的基本概念

矿物是地壳中的化学元素在各种地质作用下形成的单质或化合物。它们大部分是结晶质的，具有比较固定的化学成分和物理化学性质，并在一定的条件下相对稳定，是组成各种岩石和矿石的基本单元。

自然界的矿物绝大多数是固态的无机物，也有呈液态（如水、自然汞等）、气态（如O_2、H_2S等）的。此外，还有少量的有机物质，如琥珀、地蜡等。

某些矿物，如黄铜矿、方铅矿、赤铁矿等，其成分中含有可供提取利用的金属元素，组成了有用的矿石，称矿石矿物。长石、石英云母等，是组成各类岩石的主要物质成分，称造岩矿物。

随着生产的需要和科学技术的发展，目前正在生产和试制一些与天然矿物相同或类似的人工矿物，例如人造金刚石、人造压电石英等，称为人造矿物或合成矿物。

组成陨石和月岩的物质成分，属于陨石矿物或宇宙矿物，经研究证明，其中绝大多数与分布在地壳中的矿物完全相同。

二、矿物的肉眼鉴定方法

在对矿物的鉴定和研究工作中，一般是先从矿物外表可以观察到的特征入手，然后根据所涉及问题的性质与精度要求，再综合选用适宜的方法（如偏光镜显微法、反光显微镜法、光谱分析等）作进一步的研究。

肉眼识别矿物主要是根据矿物的外部形态和易于观察到的物理性质来加以鉴别，常用的鉴定标志有：晶形、颜色、光泽、透明度、解理、断口、硬度、密度等。

（一）晶形

晶形是指矿物晶体的形状。矿物晶体的外形是其内部构造的反映，所以不同的矿物由于内部构造不同，也相应地具有不同的外形。例如，黄铜矿的晶体呈立方体或五角十二面

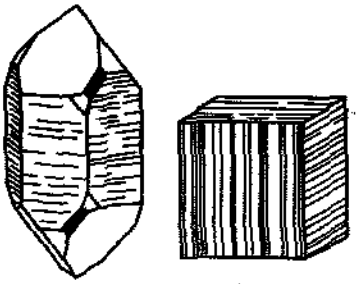


图 2-1 晶体形态图

a—石英晶体；b—黄铁矿晶体

体，有时晶面上有晶纹；石英的晶体呈六方柱和锥体，有时晶面有晶纹（图 2-1）。

（二）颜色

1. 矿物颜色的类型

矿物的颜色是鉴定矿物最直观的重要特征。如橄榄石为橄榄绿色，赤铁矿为赤色，黄铜矿为黄色，褐铁矿为褐色。矿物的颜色可分为自色，他色，假色 3 种。

（1）自色　因矿物本身固有的化学组成中含有某些色素离子而呈现的颜色。具有自色的矿物，颜色大体固定不变，因此是鉴定矿物的重要标志之一。

（2）他色　矿物因含有外来带色杂质而引起的颜色。例如纯净的水晶（SiO_2）是无色透明的，若其中混入各种杂质，可染成紫色（紫晶）。黑色（墨晶）等。矿物的他色常有变化，一般不能作为矿物鉴定的主要特征；对于某些比较固定的他色矿物，如紫晶、墨晶石英等，仍具有鉴定意义。

（3）假色　由某些化学的和物理的原因引起矿物呈现的颜色。例如片状集合体矿物常因光程差引起干涉色，称为晕色。假色与矿物本身的内部构造无关，只对个别矿物具有鉴定意义，如斑铜矿、拉长石等。

2. 矿物颜色的描述

对于矿物的颜色，要求进行确切的描述，有的矿物颜色简单，可直接用标准色谱（红、橙、黄、绿、青、蓝、紫）加以描述，并可冠以“深”或“浅”的形容词表明色调的浓淡，如深蓝色、浅绿色等。有的矿物颜色比较复杂，采用二名法，即以两种颜色的名称来描述。描述时，基本颜色写在后面，次要颜色写在前面，如黄褐色，表示褐色为主，黄色为辅。为了能确切反映矿物的颜色，还可选用其他实物的颜色类比表述，如铅灰色、橄榄绿色等。

（三）条痕

条痕是矿物在无釉瓷板上刻划后留下的粉末颜色，它是矿物成分的反映。条痕可以消除假色，减弱他色，保存自色，较之矿物的视觉颜色更为稳定可靠。例如赤铁矿的颜色，有的为铁黑色，有的为暗红色，其条痕均为樱红色。条痕是鉴定不透明、半透明矿物的重要标志。对于透明的矿物来说，由于条痕都是白色或无色，因此在鉴定上无实际意义。

（四）光泽

矿物表面反射光线时表现的性质，称为光泽。根据光泽的强弱，可分为金属光泽、半金属光泽、金刚光泽、玻璃光泽等。

（1）金属光泽　晶面反光很强，如同平滑金属表面呈现的光泽。各种有色的金属硫化物，多具有这种光泽，如黄铜矿、方铅矿、辉钼矿等。

（2）半金属光泽　弱于金属光泽，暗淡而不刺目。黑色的金属矿物常具有这种光泽，如磁铁矿、铬铁矿等。

（3）金刚光泽　光泽闪亮耀眼，如金刚石的光泽。某些颜色较浅，含有重金属元素的矿物呈现这种光泽，如闪锌矿、锡矿、白铅矿等。

（4）玻璃光泽　如同玻璃表面所具有的光泽。无色或浅色的透明矿物，特别是盐类矿

物等常具有这种光泽，如石英、萤石、方解石等。

以上四级光泽，是根据矿物折光率大小及其平坦晶面上反光的强弱所划分的。此外，由于矿物表面的性质、解理发育情况及集合体形态等因素的影响，产生一些变异光泽、土状光泽等。

（五）透明度

透明度是指矿物允许光线透过的程度。矿物的透明度分为3级：透明、半透明、不透明。

（1）透明　矿物碎片边缘能清晰地透见他物，如水晶、冰洲石等矿物。

（2）半透明　矿物的碎片边缘可以模糊地透见他物或有透光现象，如浅色的闪锌矿、辰砂等。

（3）不透明　矿物的碎片边缘不能透见他物，如磁铁矿、方铅矿等。

（六）解理

在外力（如敲打、刻划等）作用下，矿物晶体沿一定方向破裂成光滑面的性质叫做解理。沿着一定方向分裂的面叫做解理面。根据发生解理的难易和解理面完好的程度，将解理分为5级。

（1）极完全解理　矿物晶体受力后，极易沿解理方向裂成薄片，解理面较大而平整光滑（图2-2），如云母、石膏等的解理。

（2）完全解理　矿物晶体受力后，容易裂开成规则的平滑解理小块或薄片，解理面平整光滑，如方解石（图2-3）、方铅矿的解理等。

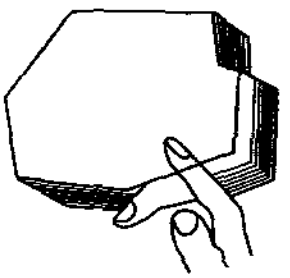


图2-2　云母的晶体

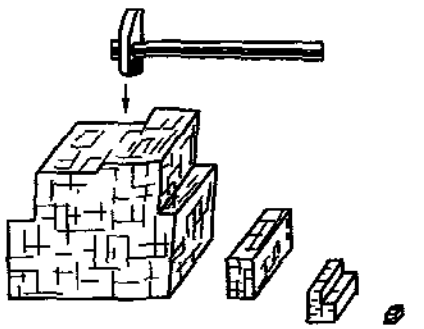


图2-3　方解石三向完全解理

（3）中等解理　矿物受力后解理面往往不能一劈到底，不很光滑，且不连续，常呈现小阶梯状，如角闪石、普通辉石的解理。

（4）不完全解理　矿物受力后不易沿解理破裂，解理程度很差，在大块矿物上很难看到解理，只在细小碎块上才可看到不明显的解理面，如磷灰石的解理。

（5）极不完全解理　矿物受力后很难沿解理裂开，断口发育，通常认为无解理，如石英的解理。

（七）断口

矿物受力破裂后所出现的没有一定方向的不规则断开面，叫做断口。断口出现的程度与解理的完善程度是互为消长的。矿物的解理越完全，断口越少见；反之，断口就越发

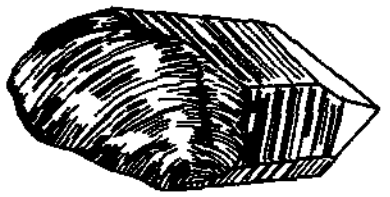


图 2-4 石英的贝壳状断口

育。根据断口的形状，可分为贝壳状断口、锯齿状断口、参差状断口、阶梯状断口、平坦状断口。

(1) 贝壳状断口 呈椭圆形曲面，具有同心圆波纹，与贝壳相似（图 2-4）。石英及其他致密坚硬的块状矿物，常具有这种断口。

(2) 锯齿状断口 呈尖锐锯齿形状，常见于自然铜、具有延展性的矿物中。

(3) 参差状断口 断口粗糙，不平坦，呈参差状，为磷灰石等多数矿物所具有。

(4) 阶梯状断口 由解理面和参差状断口反复交替出现而形成，呈阶梯形状。具有中等解理的矿物晶体上常呈现这种断口，如长石。

(5) 平坦状断口 断面平坦，一些土状块体或硬度较小的致密块状矿物常具有这种断口，如高岭石等。

(八) 硬度

硬度是指矿物抵抗外力刻划，压入、研磨等机械作用的能力。矿物的硬度是比较固定的，因此是鉴定矿物的重要标志。根据高硬度矿物可以刻划低硬度矿物的原理，德国摩氏（MohsF）选择了 10 种标准矿物，将硬度分为 10 级，制成“摩氏硬度计”（表 2-1）。

表 2-1 摩氏硬度计及矿物硬度的简便测定

摩氏硬度计		日常器物	
硬度等级	代表矿物	硬度等级	器物名称
1	滑 石	1	
2	石 膏	2—2.5	指 甲
3	方解石	2.5—3	铜 片
4	萤 石	3—3.5	铁 钉
5	磷灰石	5—5.5	小钢刀
6	长 石	6—6.5	玻 璃
7	石 英		
8	黄 玉		
9	刚 玉		
10	金刚石		

在测定矿物硬度时，是用已知矿物刻划未知的矿物来测定未知矿物。测定矿物硬度时，要在较大的颗粒和新鲜面上进行。例如绿柱石，能刻动石英，不能刻动黄玉，绿柱石的摩氏硬度介于 7～8 之间。在野外，通常利用其他工具大体测定未知矿物的硬度范围。这种方法简单，一般能满足野外鉴定的需要。

(九) 相对密度

矿物的相对密度是指矿物的质量与 4 ℃时同体积水的质量之比。相对密度的测定，常用手称法。根据矿物的相对密度将矿物大略分为 3 类。

(1) 轻的　相对密度在 2.5 以下，如石盐、石膏等。

(2) 中等的　相对密度在 2.5～4 之间，如石英、正长石、方解石等。

(3) 重的　相对密度在 4 以上，如重晶石、锡石、方铅矿等。

矿物的相对密度比较固定，绝大多数属于“中等的”。因此，对于相对密度特大的矿物，则是一个重要的鉴定特征。

除上述鉴别矿物的标志外，还有矿物与化学试剂的反应（例如碳酸钙类矿物遇冷盐酸会起泡，含磷的矿物遇钼铵溶液产生黄色沉淀）、矿物的磁性、弹性、导电性、脆性、发光性等，均可以作为识别某些矿物的标志。

三、矿物的命名

矿物命名的依据，是根据矿物的化学成分、形态、物理、地名及人名来命名。矿物的名称最好能反映出矿物的化学成分和性质，以利于鉴别矿物。

(1) 化学成分命名　如自然金、硼砂，它们分别以金和硼作为主要成分。

(2) 物理性质命名　如橄榄石、重晶石，前者的颜色呈橄榄绿色，后者相对密度较大。

(3) 形态特征命名　如石榴子石，该矿物常呈四角三八面或菱形十二面体的粒状集合体，形同一团石榴子。

(4) 结合两点命名　如磁铁矿，即表明矿物的主要成分为铁，也表明其具有明显的磁性。

(5) 地名命名　如高岭石因发现于我国江西景德镇高岭（山名）而得名。

此外，我国习惯上将金属矿物名称的尾部常用“矿”字，如赤铁矿、黄铜矿；非金属矿物名称的尾部常用“石”字，如萤石、蛋白石；可作为宝石的称“玉”，如刚玉、硬玉；呈透明晶体的称为“晶”，如水晶、紫晶；以细小颗粒出现者称为“砂”，如硼砂、辰砂；在地表附近形成、呈松散状的称为“华”，如钴华、镍华。

总之，各种矿物的名称，都是人们在长期的生产实践和科学实践中积累创造的，多具有一定的意义。

四、常见的造岩矿物

以下介绍几种常见的造岩矿物的鉴定特征。

1. 石英　SiO_2

形态　晶体呈六方柱，晶面上常有横向条纹，常呈晶簇，在岩石中一般呈柱状或块状。

颜色　无色透明的石英晶体，称为水晶。当混入杂质时可有不同颜色，如呈紫色的称紫水晶，呈黄色的称为黄水晶等。

光泽　晶面呈玻璃光泽，断口呈油脂光泽。

硬度　7（大于小刀）。

条痕　无。

解理及断口　无解理，贝壳状断口。

相对密度　2.5～2.8。

用途　无色透明的水晶，用于电子工业，光学仪器及装饰品；一般水晶，可作玻璃原

料及磨料。

2. 正长石　$K[AlSi_3O_8]$ 或 $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

形态　晶体呈短柱状、板状（图 2-5）、常以短柱状颗粒分布于岩石中。

颜色　肉红色、浅黄色等。

光泽　玻璃光泽。

硬度　6～6.5（大于小刀）。

条痕　无。

解理及断口　具有两组明显的解理，呈 90°正交，故名正长石。

相对密度　2.57。

用途　主要用作玻璃及陶瓷原料。

3. 斜长石　$Na[AlSi_3O_8]$（$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$）－$Ca[Al_2Si_2O_8]$（$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$）

形态　晶体以板状为多（图 2-6），常以粒状分布于岩石中。

颜色　白色、灰白色。

光泽　玻璃光泽。

硬度　6～6.5（大于小刀）。

条痕　无。

解理及断口　有两组中等解理，呈 86°斜交，故名斜长石。

相对密度　2.61～2.76。

用途　同正长石。

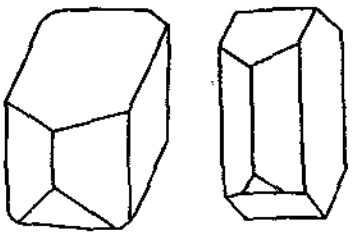


图 2-5　正长石的晶形

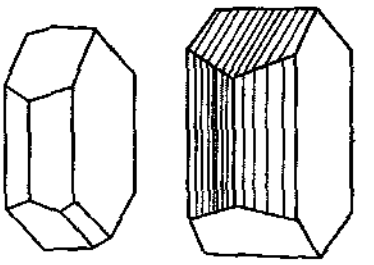


图 2-6　斜长石的晶形

4. 白云母　$KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$

形态　晶体呈六方或菱形的板状、片状。

颜色　无色透明，含杂质时呈各种浅色。

光泽　珍珠光泽。

硬度　2～3（近于指甲）。

条痕　白色。

解理及断口　极完全解理，易揭成薄片。

相对密度　2.76～3.12。

用途　主要用作绝缘及耐火材料。

5. 黑云母　$K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}][OH]_2$

黑去母因含铁多，故呈黑色或黑褐色。其他特征与白云母相同，绝缘性较差，工业价值不如白云母。

6. 普通辉石　$(Ca, Na)(Mg, Fe, Al)[(Si, Al)_2O_6]$

形态　晶体为短柱状，横断面为八边形（图 2-7）。

颜色　黑、绿黑、褐黑等色。

光泽　玻璃光泽。

硬度　5～6（近于小刀）。

条痕　灰绿色。

解理及断口　有两组解理，解理夹角为 87°和 93°。

相对密度　3.1～3.6。

7. 普通角闪石　$NaCa_2(Mg, Fe)_4(Al, Fe)_4[(Si, Al)_4O_{11}]_2[OH]_2$

形态　晶体呈细长柱状，横断面为六边形（图 2-8），集合体为粒状和放射状，散布于中性岩浆岩中。

颜色　暗绿至黑色。

光泽　玻璃光泽。

硬度　5.5～5.6（大于小刀）。

条痕　灰绿色至灰黑色。

解理及断口　有两组解理，交角为 124°。

相对密度　3.1～3.3。

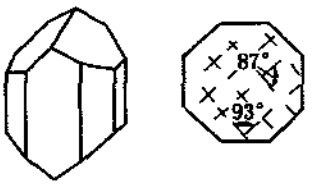


图 2-7　辉石的晶形

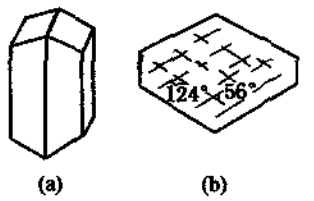


图 2-8　角闪石的晶形

8. 方解石　$CaCO_3$

形态　晶体较为复杂，常见的有菱面体、集合体、呈晶簇状、粒状、钟乳状、鳞状及致密块状（图 2-9）。

颜色　无色透明、乳白色。

光泽　玻璃光泽。

硬度　3（大于指甲、小于小刀）。

条痕　白色。

解理及断口　具有三组完全解理，使矿物解成菱方形。

相对密度　2.6～2.8。

其他性质　加盐酸起泡。

用途　用于烧石灰，作建筑材料，制作水泥、电

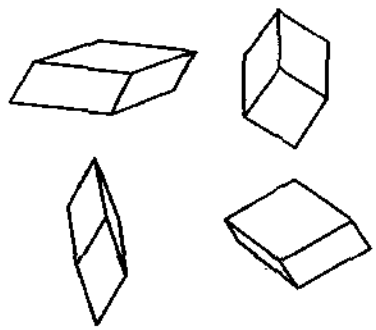


图 2-9　方解石的晶形

石、漂白粉、冶金上的炼铁熔剂等，用途极广。

9. 石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

形态 晶体呈板状，集合体为致密块状、纤维状、粒状等。

颜色 无色透明或白色、灰色、灰黄色等。

光泽 玻璃光泽，解理面呈珍珠光泽，纤维状集合体呈丝绢光泽。

硬度 2（小于指甲）。

条痕 白色。

解理及断口 具有一组完全解理。

相对密度 2.3。

用途 用于制作模型及雕塑艺术品，也是制造化肥及水泥的重要原料。

10. 高岭石 $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$

形态 通常为致密块状或土状，土状集合体，又叫高岭土。

颜色 白色、灰色，浅黄及浅褐色。

光泽 土状光泽。

硬度 1。

相对密度 2.6。

其他性质 有滑感，手搓易成粉。干燥时吸水性强，以舌舔之粘舌，浸水后具有可塑性。

用途 主要用于陶瓷原料。

11. 菱铁矿 $FeCO_3$

形态 晶形为菱面体，常见为粒状块状、鲕状、结核状等集合体。

颜色 灰、灰白、黄褐等色，氧化后为深褐色。

光泽 玻璃光泽、土状光泽。

硬度 4～4.5。

条痕 白色、浅黄色。

解理及断口 具有三组菱形完全解理。

相对密度 3.5～4.5。

其他性质 遇冷盐酸作用缓慢，较长时间后，在反应处产生黄色沉淀（氯化铁 $FeCl_3$）。

用途 常见铁矿石之一，大量富集可作炼铁原料。

12. 赤铁矿 Fe_2O_3

形态 常呈鲕状、豆状及致密块状。

颜色 铁黑色、赤红色。

光泽 半金属光泽。

硬度 5.5～6（大于小刀）。

条痕 樱红色。

解理及断口 无解理，菱面体裂开。

相对密度 5.0～5.3。

用途 为主要铁矿石之一。

13. 褐铁矿 $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$

状态　常为多孔状、土状集合体，或致密块状体，结核体等。

颜色　锈黄、黄褐等色。

相对密度　3.6～4。

用途　可作炼铁原料。

14. 磁铁矿　Fe_3O_4

形态　晶体多为八面体、菱形十二面体（图 2-10），一般为粒状或致密块状。

颜色　铁黑色。

光泽　半金属光泽。

硬度　5.5～6.5（大于小刀）。

条痕　黑色。

相对密度　4.9～5.2。

其他性质　具有强磁性。

用途　是主要铁矿石之一。

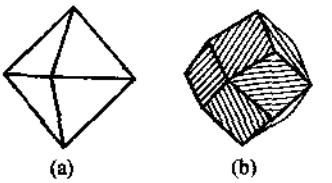


图 2-10　磁铁矿晶体

a—八面体；b—菱形十二面体

15. 黄铁矿　FeS_2

形态　晶体常呈立方体或五角十二面体，晶面常有晶纹，在煤层及顶底板岩石中常呈细粒状或结核状分布。

颜色　黄铜色。

光泽　金属光泽。

硬度　6～6.5（大于小刀）。

条痕　绿黑色。

解理及断口　参差状或贝壳状断口。

相对密度　4.9～5.2。

其他性质　性脆。

用途　是提炼硫磺、制造硫酸的主要原料。

16. 铝土矿　$AL_2O_3 \cdot nH_2O$

形态　通常呈鲕状、豆状，致密块状等。

颜色　深灰至白色。

光泽　土状光泽。

硬度　1～3。

相对密度　2.4～2.6。

其他性质　有土气味。

用途　炼铝的重要原料。

第二节　岩　　石

【知识要点】

1. 火成岩
2. 沉积岩
3. 变质岩

【课程内容】

岩石是由矿物组成的，它可以由一种矿物组成，如大理岩是由方解石组成的；也可以是由多种矿物组成，如花岗岩是由石英、正长石和云母等多种矿物组成。由于自然界中岩石的种类很多，已知道的就有 2 000 多种，但根据其成因，岩石可分为火成岩、沉积岩、变质岩三大类。据资料统计，在地壳中火成岩占总体积的 95%。（包括变质的火成岩），沉积岩只占 5%（包括变质的沉积岩）。

一、火成岩

火成岩是岩浆侵入地壳或喷出地表经冷却固结而成的岩石，又称岩浆岩。根据火成岩中 SiO_2 含量的不同，又将火成岩分为超基性岩，基性岩、中性岩和酸性岩（表 2-2）4 类。

表 2-2　火成岩的主要矿物组合及其颜色

岩　类	SiO_2 含量/%	主要矿物	颜　色
超基性岩	<45	橄榄石、辉石	深→浅
基性岩	45~52	辉石、斜长石	
中性岩	52~63	角闪石、正长石、斜长石	
酸性岩	63~75	石英、正长石、黑云母	
超酸性岩	>75	长石、石英	

（一）火成岩的一般特征

1. 火成岩的矿物成分和颜色

火成岩是由硅酸盐类矿物组成，其中最主要的造岩矿物有 8 种：石英、斜长石、正长石、白云母、黑云母、角闪石、辉石和橄榄石。前 4 种矿物中 SiO_2、Al_2O_3 含量高，颜色浅，称为浅色矿物或称硅铝矿物；后 4 种矿物中 FeO、MgO 含量高，硅铝含量少，颜色较深，称为暗色矿物或称铁镁矿物。

火成岩的颜色决定于浅色矿物和暗色矿物含量比。富含 SiO_2 的超酸性岩中浅色矿物最多，暗色矿物最少，因此超酸性岩的颜色最浅。在 SiO_2 含量最少的超基性岩和基性岩中，浅色矿物完全没有或极少，基本上全是暗色矿物，因此超基性岩和基性岩的颜色最深。

2. 火成岩的结构

火成岩的结构是指组成火成岩的矿物等的结晶程度、颗粒大小、自形程度，以及颗粒之间的关系。

1）结晶程度

火成岩的结构按结晶程度划分，可分为全晶质结构、半晶质结构、玻璃质结构。

（1）全晶质结构　岩石全部由结晶的矿物组成，多见于深成侵入岩，如花岗岩。

（2）半晶质结构　岩石中的矿物部分结晶，部分为玻璃质，为火山岩所常见的结构，如流纹岩。

（3）玻璃质结构　组成岩石的成分全未结晶，多见于火山岩中，是岩浆喷出地表迅速

冷凝形成的，如黑曜岩。

2）颗粒大小

火成岩的结构按组成岩石的矿物颗粒的大小，又可分为显晶质结构、隐晶质结构。

（1）显晶质结构　用肉眼或放大镜即可看出晶体颗粒。显晶质结构按矿物颗粒的绝对大小又分为：

粗粒结构　晶粒直径大于 5 mm。

中粒结构　晶粒直径为 5～2 mm。

细粒结构　晶粒直径为 2～0.2 mm。

微粒结构　晶粒直径小于 0.2 mm。

显晶质结构按矿物颗粒的相对大小又分为：

等粒结构又称粒状结构，是岩石中同种主要矿物的粒径大致相等的结构。等粒结构常见于深成岩中。

不等粒结构　岩石主要矿物颗粒大小不等。不等粒结构常为深成岩体的边缘或浅成岩所具有。

斑状及似斑状结构　岩石中所有矿物颗粒可分为大小截然不同的两组，大的称为斑晶，小的称为基质，其中没有中等大小的颗粒（这一点可与不等粒结构相区别）。如果基质为隐晶质或玻璃质，则称斑状结构；如果基质为显晶质，则称似斑状结构。斑状结构常为喷出岩或一些浅成岩所具有，似斑状结构常为某些深成岩所具有。

（2）隐晶质结构　晶粒小于 0.1 mm，肉眼无法分辨出。如果在显微镜下可以看清矿物颗粒，称显微晶质结构；如果境下只有偏光反映，而无法分辨矿物颗粒，称显微隐晶质结构。

晶粒大小与岩石形成环境和岩浆成分有关。深成岩在结晶过程中冷凝缓慢，结晶时间充分，往往形成颗粒较粗的岩石；喷出岩在形成之时冷凝较快，没有充足时间结晶，往往形成隐晶质结构甚至玻璃质结构。如果是在同样条件下，基性岩的结晶颗粒比酸性岩的要更粗一些。

3）自形程度

按岩石中矿物晶体形状发育程度，可分为自形晶、半形晶、他形晶。

（1）自形晶　晶体发育成应有的形状。

（2）半形晶　晶体只发育成应有晶形的一部分。

（3）他形晶　晶体不能发育成应有的形状，而是决定于相邻晶体所遗留的空间形态，因此常是不规则的。

3. 火成岩的构造

火成岩的构造是指岩石中矿物集合体之间或矿物集合体与其他组成部分之间的排列、充填方式等相互关系的特征。常见的火成岩构造有以下几种。

（1）块状构造　岩石中矿物排列无一定方向，呈不具任何特殊形象的均匀块体。它是火成岩中最常见的构造。

（2）条带构造　岩石的不同组分或粒度相间而成条带状分布。通常是指暗色矿物和浅色矿物相间分布，构成条带状。它在基性侵入岩中最常见。

（3）流纹构造　由颜色、成分不同的隐晶质或玻璃质或拉长气孔等定向排列所形成的

构造。它常见于中酸性喷出岩（如流纹岩）中。流纹反映熔岩当时的流动方向。

（4）气孔构造　岩浆溢出地表，气体逸散而留下空间，形成气孔构造，气孔拉长方向即是熔岩流动的方向。此构造为喷出岩所具有。

（5）杏仁状构造　喷出岩中的气孔被后来的次生矿物充填，形成杏仁构造。

（二）常见的火成岩

1. 超基性岩类（橄榄岩-金伯利岩类）

橄榄岩　主要是由橄榄石组成，含量在50%以上；其次为辉石及少量角闪石。完全由橄榄石组成的岩石则称为纯橄榄岩。具全晶质等粒状结构，块状构造。多呈黑色、暗绿色或黄绿色。产状为深成岩。

2. 基性岩类（辉长岩-玄武岩类）

（1）辉绿岩　主要由辉石和斜长石组成，有时含少量橄榄石、角闪石。细粒到中粒结构，有时有较大的斑晶，斑晶多为斜长石、辉石、橄榄石等矿物，基质常为隐晶质，块状构造。呈暗绿色或灰黑色。多呈岩床、岩墙产出。

（2）辉长岩　主要由辉石和斜长石组成，有时含少量橄榄石、角闪石。全晶质等粒状结构，块状构造。常呈灰黑色或深灰色。常以小规模深成岩体产出。

（3）玄武岩　主要由辉石和斜长石组成，有时含少量橄榄石。致密块状或斑状结构，斑晶为橄榄石、辉石、斜长石，基质由隐晶质或玻璃质组成；气孔状及杏仁状构造，在杏仁状构造中，常充填有方解石、玛瑙等。呈黑色、褐灰色、棕黑色。以喷出岩产出。

3. 中性岩类

（1）闪长岩　主要由斜长石及角闪石组成，此外还有少量的黑云母及辉石，有时出现少量的正长石及石英。全晶质等粒结构，块状构造。常呈灰色、灰绿色，如暗色矿物多时，则呈灰黑色。以深成岩产出，岩体一般较小。

（2）闪长玢岩　主要由斜长石及角闪石组成。全晶质斑状结构，斑晶常为斜长石，有时角闪石也可形成斑晶；块状构造。灰绿色或灰褐色。以浅成岩产出。

（3）安山岩　主要由斜长石及角闪石组成，有时含少量辉石、黑云母。斑状结构，浅色斑晶为斜长石，暗色斑晶为角闪石、辉石或黑云母，基质为玻璃质或隐晶质；气孔状或杏仁状构造，有时也有块状构造。呈灰、绿、褐、棕绿、紫红色等。产状为喷出岩。

4. 酸性岩类（花岗岩-流纹岩类）

（1）花岗岩　主要由正长石、石英、黑云母组成，有时含有斜长石、角闪石、白云母等。等粒结构，块状构造。常呈肉红色、淡红色，灰白色。产状为深成岩。

（2）花岗斑岩　主要由正长石、石英、黑云母组成，有时也含少量的斜长石、角闪石等。由正长石或斜长石构成粗大的斑晶，基质常为全晶质细粒结构；块状构造。常呈肉红色、灰红等浅色。产状为浅成岩。

（3）流纹岩　主要由无色透明的正长石、石英及黑云母组成，有时含少量的角闪石。斑状结构，常由正长石、石英构成斑晶，基质常为隐晶质或玻璃质；流纹构造明显，因其而得名。产状为喷出岩。

二、沉积岩

沉积岩是在壳表层条件下，由风化作用、生物作用、火山作用及其他地质营力下改造

的物质，经搬运、沉积成岩等一系列地质作用形成的岩石。

沉积岩中含有许多与工农业生产有关的主要矿产，如煤、石油、天然气、铁、锰、铝、磷、石灰岩、盐类等。世界上大约矿产资源的75%取自与沉积岩有关的外生矿床。沉积岩是煤矿区最常见的岩石，煤矿的井巷工程绝大多数布置在沉积岩中，因此研究和识别沉积岩具有重大的意义。

（一）沉积岩一般特征

1. 沉积岩的物质来源

沉积岩的物质来源极为丰富，其中分布最广、含量最多的为母岩风化产物，其次为有机物质，再次为火山喷发物质。

（1）母岩风化产物　母岩风化后所产生的物质有固态的矿物、岩石碎屑，也有液态的溶解物质，其中包括胶体溶液物质和真溶液物质。

（2）有机物质　主要是古代的动植物和微生物，它们死亡后形成有机物加入到地壳岩石圈中。据统计，地壳中有机质的含量约为3.8×10^{15} kg。由于有机质在地表及地壳中分布十分普遍，所以它在现代沉积物和沉积岩的形成过程中起着重要作用。它不仅可以聚集形成煤、石油、油页岩、硅藻土等很多重要的沉积岩和沉积矿产，而且还积极参与了地壳中很多元素的富集成矿作用。如铀、钒、钼、锗、铜、金、银等元素是在沉积岩中富集的。

（3）火山喷发物质　火山喷发时往往带来大量的火山物质，这些物质就直接加入到大陆或海洋的沉积物中。虽然火山喷发物质在沉积物质中所占数量不多，但它们能形成集中的沉积物，组成厚达数百米甚至上千米的火山碎屑岩。我国东南沿海浙江、福建的上侏罗统和下白垩统建德群，即由火山岩及火山碎屑岩所组成。

2. 沉积岩的矿物成分

沉积岩中已经发现的矿物达160种以上，最常见的造岩矿物仅20余种，其主要造岩矿物5～6种。沉积岩中常见的矿物有以下几种。

（1）硅质矿物　石英、玉髓、蛋白石。

（2）黏土矿物　高岭石、水云母。

（3）碳酸盐矿物　方解石、白云石、菱铁矿。

（4）氧化铁矿物　褐铁矿、赤铁矿、磁铁矿。

（5）铝硅酸盐及硅酸盐矿物　长石、白（黑）云母，绿泥石、海绿石等。

（6）硫酸盐矿物　石膏、硬石膏等。

（7）卤化物矿物　岩盐、钾盐等。

（8）含水氧化铝矿物　一水硬铝石、一水软铝石、三水铝石等。

（9）有机物质。

3. 沉积岩的颜色

沉积岩具有各种各样的颜色，这主要决定于沉积岩的矿物成分或化学成分。在煤矿区沉积岩的颜色常作为地层对比和分析沉积环境、物质来源的重要标志之一。根据沉积岩颜色的成因，可分为继承色、自生色和次生色。

（1）继承色　沉积岩继承了原来母岩的颜色。如长石砂岩，常呈浅红色，这是由于砂岩继承了由花岗岩中的钾长石机械破坏后沉积下来的长石碎屑的颜色。

在沉积岩中继承色能被保留下来，说明当时风化、搬运和沉积作用都进行得很快，化学风化作用弱，同时也说明了在成岩和后生阶段化学作用也较弱。

(2) 自生色　在沉积和成岩阶段自生矿物造成的颜色。例如海绿石砂岩呈绿色，是由于其中含有绿色的自生矿物海绿石。煤层中的夹矸和顶底板常由泥岩、页岩组成，呈黑色或深灰色，这是富含炭质的表现。

继承色和自生色又称为原生色，一般原生色均匀稳定，分布面积广，沿走向方向颜色不变，与层理一致。

(3) 次生色　在后生作用阶段或风化作用过程中新生成的次生矿物所造成的颜色，所以，次生色取决于后生矿物的颜色。例如，在岩层的露头上常见到红褐色砂岩或粘土，是由于原岩中含有的黄铁矿分解成红褐色的褐铁矿所致。

次生色又称后生色，颜色不均匀，呈斑点状，沿层理面或裂隙处颜色有变化，与层理不一致，局部分布，在风化带较发育。因此，在描述沉积岩颜色时，应该敲击出新鲜面，观察出原生色，以原生色为准。

4. 沉积岩的结构

沉积岩的结构是指组成沉积岩的矿物颗粒大小、形状、分选性、胶结等特征。根据沉积岩的成因，结构可分为碎屑结构、泥质结构、生物结构、化学结构。

(1) 碎屑结构　碎屑岩所具有的结构。具有碎屑结构的岩石，其成分分为两部分，一部分是矿物或岩石的碎屑颗粒，另一部分是胶结物。按碎屑颗粒的大小可分为：

砾状结构　颗粒直径≥2 mm

砂状结构　颗粒直径<2～0.06 mm

粉砂状结构　颗粒直径<0.06～0.004 mm。

(2) 泥质结构　粘土岩所具有的结构，呈致密状。其颗粒小于 0.004 mm，肉眼无法分辨。

(3) 生物结构　生物化学岩和生物岩所具有的结构。它是由大量生物残骸组成的，如骨骼、甲壳等（已石化）。

(4) 化学结构　化学岩所具有的结构。它是由溶液物质，以化学方式析出而成的沉积岩。化学结构又可分为结晶结构、鲕状结构和豆状结构。结晶结构是由晶体组成的矿物颗粒；鲕状结构是由许多直径小于 2 mm 鱼子似的圆球组成的矿物颗粒，如果颗粒大于 2 mm，则称为豆状结构。

5. 沉积岩的构造

沉积岩的构造是指沉积岩中各个组成部分的空间分布和排列方式所反映出来的岩石综合特征，包括层理、层面构造。

1) 层理

层理是岩石性质沿垂向变化的一种层状构造。它通过岩石的物质成分、结构、颜色等的不同显示出来。层理的最大组成单位是岩层，最小单位是细层。

层理的形态，有水平层理、波状层理、斜层理、交错层理。

(1) 水平层理　由彼此平行且平行于岩层层面的细层组成（图 2-11a），是在较为平稳的介质条件下形成的沉积岩所具有的特征。例如，海相和湖泊相沉积岩中常有水平层理。

(2) 波状层理　由许多呈波状起伏的细层组成，其总的方向平行于岩层层面（图 2-

11b)，是由于水介质的波浪运动波及水底尚未固结的沉积物，使其表面呈现波状所致。波状层理常见于河漫滩、海和湖沿岸的浅水地区形成的沉积岩中。

(3) 斜层理　由一系列与岩层面斜交的细层组成（图 2-11c)。交角的大小反映沉积时水流的急或缓，其倾斜方向表示水流或风的运动方向。

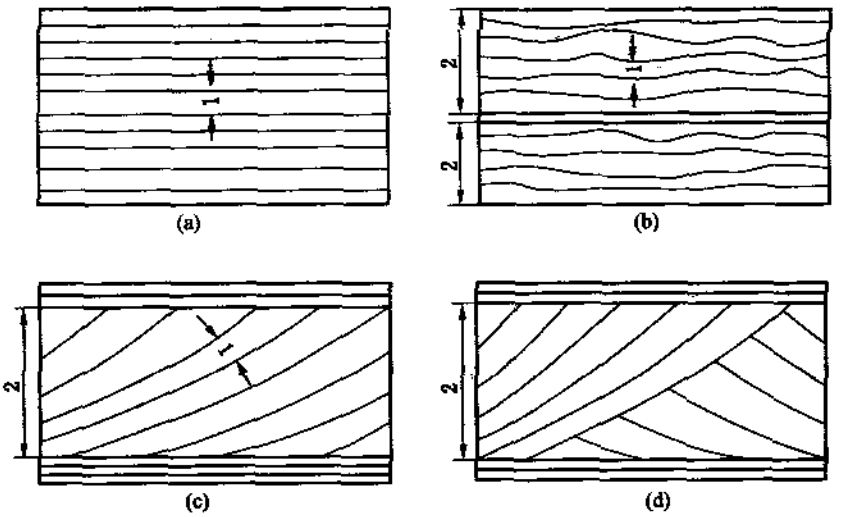


图 2-11　沉积岩的层理类型

a—水平层理；b—波状层理；c—斜层理；d—交错斜层理

1—细层；2—层理组

(4) 交错层理　由几组斜层理组合在一起，每组斜层理的倾斜方向不同（图 2-11d)。反映水流方向不固定的沉积环境。海陆过渡相沉积岩中常有这类层理。

2) 层面构造

层面构造是沉积岩层面上呈现的自然作用产生的一些痕迹。常见的层面构造有波痕、雨痕、雹痕、泥裂、虫迹等。研究这些层面的构造标志，可判断岩层的生成条件、水流方向，确定岩层的顶、底等。

6. 结核

结核是指岩层中与围岩成分有显著差别的矿物团块。其形状多种多样，有球状、卵状、扁球状及各种不规律状，内部结构可呈同心状或放射状（图 2-12)。结核大小不等，可由 2 mm 到几百毫米。例如，在煤层及顶底板炭质泥岩中，常见到黄铁矿、菱铁矿结核或钙质结核；在石灰岩层中，常见到硅质结核（又称燧石结核)。

(二) 沉积岩的分类及常见的沉积岩

沉积岩的分类，按物源、成因、成分、结构及形成构造环境等。原则进行分类。沉积岩的基本类型有陆源碎屑岩、内源沉积岩、火山沉积碎屑岩。

1. 陆源碎屑岩

陆源碎屑岩是由母岩经物理风化作用形成的陆源碎屑物质，经机械搬运、沉积压实和胶结而成的岩石。按碎屑颗粒的大小，又可分为粗碎屑岩、中碎屑岩、细碎屑岩。

1) 粗碎屑岩

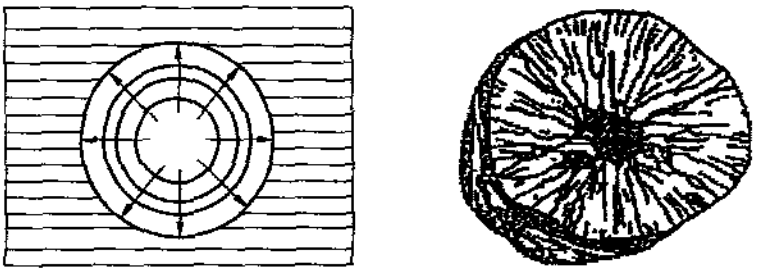


图 2-12　放射状结核图

粗碎屑岩是主要由粒径大于 2 mm 的陆源碎屑所组成的沉积岩。按粗碎屑的磨圆度分为角砾岩、砾岩。

(1) 角砾岩　粗碎屑中呈棱角状和次棱角状碎屑的含量大于粗碎屑总量的 50%。

(2) 砾岩　粗碎屑中呈圆状或次圆状碎屑的含量大于粗碎屑总量的 50%。

2) 中碎屑岩

中碎屑岩又称砂质岩，是主要由粒径为 2～0.06 mm 的陆源碎屑所组成的沉积岩石。按碎屑颗粒大小，可分为粗（<2～0.5 mm）砂岩；中粒（<0.5～0.25 mm）砂岩和细砂岩（<0.25～0.06 mm）三级；按胶结物的成分不同，中碎屑岩可分为铁质砂岩，钙质砂岩、硅质砂岩等。

按碎屑组分不同或石英、长石、岩屑三者的含量百分比的不同，中碎屑岩又可分为石英砂岩（石英含量占 90%以上）、长石砂岩（长石含量>25%）和岩屑砂岩（岩屑含量>25%）等。

3) 细碎屑岩

细碎屑岩又称粉砂岩，是主要由 0.06～0.04 mm 粒径的陆源碎屑所组成的沉积岩，手摸时有粗糙感。

2. 泥质岩

泥质岩是主要由直径小于 0.01 mm 的黏土矿物所组成的沉积岩。因其颗粒太细小，肉眼无法辨认。

常见的泥质岩有以下两种。

(1) 页岩　又称黏土页岩，具纹层与页理构造，黏土矿物定向分布明显。按混入物又可分为炭质页岩、钙质页岩、硅质页岩和铁质页岩等。富含有机质的页岩叫做油页岩。

(2) 泥岩　又称黏土岩，不具纹层与页理构造。

3. 内源沉积岩

内源沉积岩是指构成岩石的原始物质主要来自陆源溶解物，少部分来自深源气热液和深卤，在沉积盆地中通过生物沉积作用和化学沉积作用形成的岩石。内源沉积岩又划分为非蒸发岩、蒸发岩和可燃有机岩。

(1) 非蒸发岩　组成岩石的沉积物是由生物、化学和生物化学作用形成的岩石。其中包括石灰岩、白云岩、铝质岩铁质岩等。

石灰岩　简称灰岩，主要由微粒方解石组成遇冷盐酸可产生大量气泡。质纯的灰岩呈灰白色，含杂质时一般可由灰色到灰黑色；如混入氧化铁，可呈淡黄色。灰岩的种类很多，如由大量生物遗体堆积形成的叫生物灰岩，由大小不同的灰岩碎屑组成的叫碎屑灰岩。灰岩中如含有硅质物，叫硅质灰岩；含有黏土物质时叫泥质灰岩等。石灰岩是建材工业、冶金工业、化学工业的材料和原料。

白云岩　主要由白云石组成。颜色为灰白色、灰色和灰黑色，外观与灰岩很相似，所不同的是硬度比灰岩稍大，遇冷盐酸反应不起泡或起泡微弱。在野外，白云岩的风化面上常有纵横交错的刀砍状溶沟等特征。白云岩可作冶金用的耐火材料。

铝质岩　富含氧化铝。颜色多为灰白色，如含铁质则常被染成红、棕、黄色等。具致密状、鲕状和豆状结构（图 2-13、图 2-14）。当铝质岩中 Al_2O_3 的含量大于 40%，而 Al_2O_3 与 SiO_2 之比大于 2∶1 时则叫铝土矿，是炼铝的主要矿石。我国北方石炭二叠纪煤系，南方晚二叠世煤系的底部常有铝质岩沉积，有些地区可作为铝土矿开采。



图 2-13　鲕状结构



图 2-14　豆状结构

（2）蒸发岩　盐度较高的溶液或卤水，通过化学作用产生的化学沉淀而形成的岩石。蒸发岩类的主要岩石类型有天然碱岩、石膏和硬石膏岩、石盐岩等。蒸发岩是重要的矿产资源，广泛用于农业和工业。

（3）可燃有机岩　一种或几种地质作用形成的具可燃性的有机矿物质或其他物质的总称。它是植物和部分动物的残骸遭受物理的和化学的作用后变质而成，有固态的，如煤、油页岩、泥炭等；有液态的，如石油等；还有气态的，如天然气等。煤和石油是重要的能源矿产和化工原料。煤中还含有多种稀有分散元素和放射性元素可供利用。

三、变质岩

在变质作用条件下，使地壳中已经存在的岩石（可以是火成岩、沉积岩及早已形成的变质岩）变成具有新的矿物组合及结构、构造等特征的岩石，称为变质岩。

（一）变质岩一般特征

1. 变质岩的矿物成分

变质岩中的矿物成分既有原岩成分，也有变质过程中产生的成分。如石英、长石、云母、角闪石、辉石等，它们大多是原岩残留下来的或者是在变质作用中形成的；石墨、滑

石、蛇纹石、石榴子石、红柱石等，是变质作用中产生的、为变质岩特有的矿物，这些矿物称为变质矿物。因此，变质矿物的出现是识别变质岩的重要标志。

2. 变质岩的结构

变质岩中，由于变质结晶作用不彻底，仍保留有原岩的结构，称为变余结构；由交代作用形成的结构，称为交待结构；由原有岩石经变质作用在固态下重结晶所形成的晶质结构，称为变晶结构。其中变晶结构根据变晶矿物的形状，分为鳞片变晶结构、纤维变晶结构和粒状变晶结构；根据矿物粒度大小，分为粗粒（≥3 mm）变晶结构，中粒（<3～1 mm）变晶结构、细粒（<1～0.1 mm）变晶结构和显微（<0.1 mm）变晶结构。

3. 变质岩的构造

变质岩有 2 种基本构造类型：变余构造和变成构造。变余构造是指变质岩中由于变质结晶作用不彻底，仍保留有原岩的构造。变余构造常见于变质程度较浅的变质岩中，如变余层理构造。变成构造是指由变质岩结晶和重结晶作用所形成的变质岩构造。常见的变成构造有以下几种类型。

（1）千枚状构造　岩石矿物颗粒很细小，肉眼难以分辨，为隐晶质片状或柱状矿物，并具有定向排列，沿定向排列的矿物可劈成薄片状，薄片上具有绢云母丝绢光泽。

（2）板状构造　岩石在地应力作用下，产生一组密集平等的破裂面，又称劈理构造。可伴有轻微的重结晶，但肉眼不能分辨出颗粒，劈理面光滑平坦。

（3）片状构造　岩石主要由鳞片状、柱状、变晶矿物组成，作定向排列和分布，一般颗粒稍粗。肉眼能分辨颗粒，这是和千枚状构造的主要区别。具有沿片理面劈开成不平整薄片状的特征。

（4）片麻状构造　岩石中的粒状变晶矿物、鳞片状和柱状变晶矿物相间排列，形成浅色、深色相间的断续条带。

（5）条带状构造　岩石中不同的矿物成分呈定向排列，形成浅色和暗色矿物交替相间的条带。

（6）块状构造　岩石中的矿物成分和结构均匀分布，不显定向排列。

（二）常见的变质岩

1. 片麻岩

片麻岩具片麻状构造，粒状或斑状变晶结构、晶粒较粗。成分以长石、石英、云母及角闪石为主，是强烈变质作用的产物。

在命名片麻岩时，常在“片麻岩”前冠以主要矿物的名称，如花岗片麻岩、角闪片麻岩、黑云母片麻岩等。

2. 片岩

片岩具片状构造，肉眼看不到长石晶体。片岩中主要是片状矿物，如云母、绿泥石、滑石等。变质程度较片麻岩浅，矿物颗粒的大小较片麻岩小。

在命名片岩时，常在“片岩”前冠以主要矿物的名称，如云母片岩、滑石片岩，绿泥石片岩、石墨片岩等。

3. 千枚岩

千枚岩具千枚状构造。矿物重结晶度较差、颗粒更为细小，常由绢云母组成。岩石的颜色是多种的。变质程度较片岩浅。

4. 板岩

板岩具板状构造，是由页岩或泥岩变质而成。颜色常呈灰色和黑色。变质程度最浅，与页岩的区别是坚硬而不吸水，敲击时发出较清脆的声音。

5. 石英岩

石英岩是由砂质岩变质而成。常具有粒状变晶结构、块状构造。颜色常呈白色或灰色。石英岩的硬度很大，极为坚固，所以是一种极好的建筑材料，但不易加工。

6. 大理岩

大理岩是由碳酸盐岩石经过再结晶作用形成的。常具有粒状变晶结构，块状构造。颜色有纯白、浅灰、浅红及其他等美丽色彩。硬度不大，易于加工，是极好的建筑及装饰材料。这种岩石在我国云南大理有大量分布，久负盛名，故名大理岩。

【矿物、岩石识别、分类方法项目综合训练】

一、训练目标

通过本章项目综合训练使受训者巩固课堂所学知识，达到下列 3 点要求。

(1) 了解矿物岩石的概念。

(2) 掌握矿物的肉眼鉴定方法。

(3) 了解岩石的识别、分类方法。

二、训练时间

本章综合项目训练共有 2 个训练子课题，共训练 4 学时，具体课题及其时间分配见表 2-3。

表 2-3 综合项目训练课题时间分配表

项目训练序号	项目训练名称	训练学时	备注
1	肉眼鉴别矿物的方法	2	
2	岩石的分类	2	
合计		4	

三、训练用工具与材料

项目综合训练所需工具及训练材料见表 2-4。

表 2-4 训练用工具与材料

序号	项目训练名称	材料、工具名称		单位	数量	备注
1	矿物的肉眼鉴别	1	矿物标本	套	1	根据学生分组情况而定
		2	放大镜	个	10	
		3	硬度比照表	张	1	
		4	锤 子	把	10	
		5	条痕板	块	10	

续表

序　号	项目训练名称	材料、工具名称		单位	数量	备注
2	岩石的分类	1	岩石标本	把	1	根据学生分组情况而定
		2	放大镜	个	10	
		3	锤　子	个	10	
		4	质量分数为5%的稀盐酸			
		5				

四、训练方法与步骤

（一）矿物的肉眼鉴别

1. 准备工作

1）实训用工具、材料的准备

实训指导教师在操作训练前1天做好实验所需物品的准备工作，包括准备矿物标本（表2-5）、50倍的放大镜、硬度比照表、锤子及实验报告书等。

2）训练场景的准备

实验室桌面应平整，矿物标本、50倍的放大镜、硬度比照表、锤子等摆放到位。学生提前做好准备工作，每5人组成1个训练小组，并设小组长1人。

3）学生相关理论知识的准备

学生分组讨论下列问题。

（1）什么是矿物？

（2）矿物的形态有哪些？

（3）矿物的光泽有哪几种？

（4）矿物的解理有哪几种？

（5）使用放大镜的必要性。

2. 提出课题，讨论训练方案

分组讨论训练方案，根据训练方案绘制记录表格（表2-5）。

表2-5　矿物实验记录

实验时间_____　　实验成绩_____　　指导教师_____

序号	矿物名称	化学式	鉴定特征							
			形态	颜色	条痕	光泽	透明度	硬度	解理或断口	其他
1	石　英									
2	斜长石									
3	正长石									
4	白云母									
5	黑云母									
6	辉　石									
7	角闪石									
8	橄榄石									

续表

序号	矿物名称	化学式	鉴定特征							
			形态	颜色	条痕	光泽	透明度	硬度	解理或断口	其他
9	方解石									
10	石　膏									
11	铝土矿									
12	褐铁矿									
13	赤铁矿									
14	磁铁矿									
15	菱铁矿									
16	黄铁矿									
17										
18										

3. 各组按实训方案进行训练

(1) 工具使用操作训练　做到：①安全使用放大镜，用力不过猛，防止损坏放大镜；②锤子在使用过程中，防止蹦伤自己及其他人。

(2) 矿物观察训练　观察矿物的形态，包括矿物的单体形态和集合体形态；观察矿物的物理性质，包括矿物的形态：颜色、条痕、光泽、透明度、硬度、解理或断口等，并认真记录观测结果。

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长汇总观察结果；全体集中，由小组长作为代表向老师和全体同学汇报训练过程和训练的结果。

5. 训练点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结，给出结论，并且还应强调以下几点：

(1) 矿物的形态是指矿物的外部特征。

(2) 矿物的颜色是矿物对可见光波吸收的结果。

(3) 条痕是矿物在无釉瓷板上擦划时所留下来的粉末痕迹。

(4) 光泽是指矿物表面对可见光的反射能力。

(5) 硬度是指固体矿物抵抗外力刻划、压入、研磨的能力。

(6) 解理是矿物在外力作用下，总是沿着一定的方向裂开成光滑平面的性质。

6. 小组讨论

学生对训练结果进行讨论，相互交流训练结果和操作经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进办法。

凡不能正确操作的或观测结果误差大的人员由训练指导教师组织再次进行分组并重新训练，直至所有学生都能够独立正确操作时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　实训指导教师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

(2) 演示　随机抽出一组学生进行实际操作演示，由学生和实训指导老师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

(3) 讨论　对矿物的相关知识进行讨论：①矿物的种类有哪些？②矿物的光泽可以分为哪几种？③矿物的解理有哪些？

(4) 学生写总结报告书　要求写出训练的目的，介绍选用的实验方法及其理由；写明实验的过程、顺序、注意事项、训练中的体会和收获。最后注意写明班级、姓名、学号。

8. 训练效果评价

训练效果评价由学生自我评价、小组评价、实训指导教师评价 3 部分组成，以实训指导教师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能独立完成训练内容；②鉴别矿物的熟练程度；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

(2) 小组评价　包括：①在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

(3) 实训指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的缺陷；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

(二) 岩石的分类方法

1. 准备工作

1) 实训用工具、材料的准备

实训指导教师在训练前应准备地质锤、放大镜、小刀、质量分数为 5%的稀盐酸等。

2) 学生相关理论知识的准备

实训指导教师引导学生讨论以下问题

(1) 什么是火成岩？

(2) 火成岩的一般特征有哪些？

(3) 常见的火成岩有哪几类？

(4) 什么是沉积岩？

(5) 沉积岩的一般特征有哪些？

(6) 常见的沉积岩有哪几类？

(7) 什么是变质岩？

(8) 变质岩的一般特征有哪些？

(9) 常见的变质岩有哪几类？

(10) 提出训练课题，分组讨论训练方案。

2. 提出训练课题、讨论训练方案

分组讨论训练方案，根据训练方案绘制记录表格（表 2-6，表 2-7）。

3. 按实训方案进行训练

(1) 分组进行训练　每一训练小组为 5 人，设小组长一人。各小组备有地质锤、放大镜、小刀、质量分数为 5%的稀盐酸等各一份。

表 2-6　火成岩、变质岩实调记录表

岩石名称		序　号	主要组成矿物及其鉴定特征与含量	特征（颜色、结构、构造等）
火成岩	橄榄岩	1		
	金伯利岩	2		
	辉长岩	3		
	玄武岩	4		
	闪长岩	5		
	安山岩	6		
	正长岩	7		
	粗面岩	8		
	花岗岩	9		
	正长斑岩	10		
	闪长玢岩	11		
	辉绿岩	12		
		13		
变质岩	片麻岩	14		
	片　岩	15		
	千枚岩	16		
	板　岩	17		
	石英岩	18		
	大理岩	19		
		20		
		21		

表 2-7　沉积岩实调记录表

岩石名称		序　号	主要组成矿物	特征（颜色、结构构造等）
碎屑岩类	砾　岩	1		
	砂　岩	2		
	粉砂岩	3		
		4		
黏土岩类	黏土岩	5		
	泥　岩	6		
	页　岩	7		
		8		

续表

岩石名称		序号	主要组成矿物	特征（颜色、结构构造等）
化学岩及生物化学岩	石灰岩	9		
	白云岩	10		
	泥灰岩	11		
	燧石岩	12		
	铝质岩	13		
	锰质岩	14		
	磷质岩	15		
	岩　盐	16		
	石　膏	17		
	硬石膏	18		
	煤	19		
	油页岩	20		
		21		

（2）实训指导教师指导　进行岩石认识、鉴别、分类方法训练指导。

4. 小组汇报

各小组实训完毕后，由组长汇总训练结果，形成小组训练结论；全体集中，由小组长作为代表向全体同学和教师汇报训练过程和结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结，给出结论，并应再次强调以下几点。

（1）火成岩是根据 SiO_2 的含量的多少进行分类的。

（2）沉积岩是按照不同的成分来源、沉积方式及结构进行分类的。

（3）变质岩是变质作用下新生的矿物。

6. 小组讨论分析

分组对训练结果进行讨论，相互交流训练结果和操作经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进的办法。

凡不能正确操作的或测量结果误差大的要重新分组并重新训练，直至所有学生都能够独立正确操作为止。

7. 训练效果检验

（1）实训指导教师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

（2）随机抽出一组学生讲述点位确定的结果和理由，由学生和实训指导教师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

（3）根据训练结果，指出所做的岩石分类正确与否？

8. 训练效果评价

岩石分类训练效果评价由学生自我评价、小组评价、实训指导教师评价三部分组成，

以实训指导教师评价为主。

（1）学生自我评价　包括评价：①是否能正确的分类；②使用工具的熟练程度；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

（2）小组评价　包括评价：①学生在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③在训练中取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

（3）实训指导老师评价　包括评价：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的问题；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

复习思考题

1. 什么是矿物？矿物肉眼鉴定常用的方法有哪些？
2. 自色为何是鉴定矿物最重要的颜色？矿物的颜色和条痕有何区别？
3. 矿物的光泽有哪几种？举例说明。
4. 解理和断口有何区别？各举一例说明解理与断口的种类。
5. 什么是硬度？矿物的摩氏硬度计由哪些矿物组成？
6. 掌握常见造岩矿物的特征。
7. 什么是岩石？根据成因不同岩石共分哪几类？
8. 火成岩是怎样根据 SiO_2 含量的多少划分的？
9. 沉积岩的一般特征有哪些？
10. 沉积岩分类的依据是什么？分为哪几类？
11. 什么是变质岩？变质岩的矿物成分分为哪几类？
12. 常见的火成岩、沉积岩、变质岩有哪几类？它们的鉴定特征是什么？

第三章 地史基础知识

地壳的发展历史简称地史。自地球形成以来，地壳就处在不断发展和演变过程之中，至今约有46亿年的历史。在这漫长的地质时代里，地壳在地质作用下，经历了许多变化，而这些变化都记录在构成地壳的各种岩石中。例如：火成岩是岩浆活动的产物，它记录了亿万年前岩浆活动的过程；变质岩反映了强烈的地壳运动；沉积岩的物质成分、颜色、结构等，则能综合地反映出沉积岩形成时期的地质变动等。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，也提供了研究地壳演变历史的资料。

在地壳发展变化的过程中，地球上的生物从无到有，从低级到高级演化和发展着。生物的发展具有阶段性和不可逆性，致使在不同的时期出现不同的生物。生物死亡后，遗体的坚硬部分或生物活动的遗迹，经过石化保存在沉积岩中。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。因此，搞清楚地壳发展史，就能掌握地质发展各阶段的古地理环境，生物的演化过程、各个地质时期矿产的形成及其分布规律，以便确切查清矿产的蕴藏情况，从而更有效地寻找矿产资源，为生产服务。例如，煤层是在一定的地史时期和一定的古地理环境中形成的，当找到这一时期的地层时，就有可能找到煤层。所以，研究地壳的历史不仅具有理论意义，而且还具有实践意义。

第一节 地质年代单位和地层单位

【知识要点】

1. 地质年代单位
2. 地层单位
3. 年代地层（地质年代）表

【课程内容】

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、期等（表3-1）。

宙 最大的地质年代单位。一个宙是形成一个宇的地层所经历的时间。每一个宙分为几个地质年代单位“代”。我国“宙”的名称采用国际通用名称。

代 比宙低一级的地质年代单位。一个代是形成一个界的地层所经历的时间。每一个代包括几个地质年代“纪”。我国“代”的名称采用国际通用名称。

表 3-1　年代地层单位与地质年代单位对照表

时代地层单位	地质时代单位
宇	宙
界	代
系	纪
统	世
阶	期
时间带	时

纪　比代低一级的地质年代单位。一个纪是形成一个系的地层所经历的时间。每一个纪可以分为 2～4 个世。除元古宙时期各纪一级的名称采用我国自己的专名外，其余各纪均采用国际通用名称。

世　比纪低一级的地质年代单位。一个世是形成一个统的地层所经历的时间。每一个世分为数目不等的“期”。我国世一级地质年代单位名称均不用专名，由在所属纪的专名前，二分的增加“早”、“晚”，三分的增加“早”、“中”、“晚”，四分的增加“早”、“中”、“晚”、“末”等字样组成；但古近纪、新近纪、第四纪除外。

期　比世低一级的地质年代单位。一个期是形成一个阶的地层所经历的时间。期一级的地质年代单位名称，除中奥陶纪上部的达瑞威尔期外，均采用我国自己的专名。一般情况一个世分为两个以上的期，当一个世只有一个期时，期与世实际上成了相等的地质年代单位。

我国采用的地质年代单位名称及其符号见表 3-2。

二、地层单位

地层是地壳发展过程中形成的具有某种共同特征或属性的岩石体的总称。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，地层单位主要有年代地层单位、岩石地层单位及生物地层单位等。

1. 年代地层单位

年代地层单位是以地层形成的时限（即地质年代）为依据划分的地层单位。它是指在特定的地质时间间隔中形成的成层或非成层的岩石体。年代地层单位按其级别由大到小依次为宇、界、系、统、阶、段。每个年代地层单位都有一个与其对应的地质年代单位，见表 3-1。年代地层单位是全球性或大的区域性的地层划分单位，适用于全球或大的区域范围的地层对比。

宇　最大的年代地层单位。一个宇是在一个宙的时间内形成的全部地层。宇与其相对应的宙采用相同的名称。

界　比宇低一级的年代地层单位，是根据生物界重大门类的演化阶段划分的。一个界是在一个代的时间内形成的全部地层。界与其相对应的代使用同一专名。

系　比界低一级的年代地层单位。一个系是在一个纪的时间内所形成的全部地层。系与系之间的生物在目、纲范围内有很大变化。系与其所对应的纪使用同一专名。

统　比系低一级的年代地层单位。一个统是在一个世的时间内所形成的全部地层。统与统之间的生物在科、目范围内有显著的变化。统的名称由在所属系的名称前，二分的增加“下”、“上”，三分的增加“下”、“中”、“上”，四分的增加“下”、“中”、“上”、“顶”等字样组成；但古近系、新近系、等四系除外。

阶　比统低一级的年代地层单位，是年代地层划分的基本单位。一个阶是在一个期时间所形成的全部地层。阶与阶之间的生物在种和属的范围内有显著差异。阶与其对应的期使用同一专名。

我国采用的年代地层单位名称及其符号见表 3-2。

2. 岩石地层单位

岩石地层单位是以岩石的岩性特征和岩石类型为依据划分的地层单位。岩石地层单位是区域性或地方性的地层单位，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阶段必须做的第一步工作。正式的岩石地层单位按其等级由大到小依次分为群、组、段、层。

群　最大的岩石地层单位。群可以由两个或两个以上相邻或相关的具有共同岩性（或岩性组合）特征的组组合而成。

组　比群低一级的岩石地层单位，是岩石地层划分的基本单位。组是野外宏岩类或岩类组合相同、结构类似、颜色相近、呈现整体岩性和变质程度特征一致、空间上有一定延展性，并能据以填图的地层体。

段　较组低一级的岩石地层单位，是组的一个组成部分。

层　最小的岩石地层单位。一般只限于对那些能识别出来而且特别有用的一个层，或许多单层组成的单位才给予命名，并指定为一个正式岩石地层单位。层可以在段中存在，也可以在不分段的组中存在。

3. 生物地层单位

生物地层单位是根据岩层中所含化石划分的地层单位。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限是等时的，而生物地层单位的界限常偏离等时面。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

年代地层（地质年代）表（表 3-2）是根据年代地层（地质年代）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等级序列，是地壳发展的编年史，在地质工作，在科学研究和生产活动中发挥了重要作用。

表 3-2 的主要依据，是 2000 年召开的“第三届全国地层会议”讨论通过并报国土资源部批准后公布的《中国区域年代地层（地质年代）表》，它与我国目前煤炭生产部门用的年代地层（地质年代）表有所不同。为便于对比，将原来的“地质年代表”附于书后（见附录 A）。

表 3-2　中国区域年代地层（地质年代）表

年代地层（地质年代）单位②				距今年龄值①/Ma	生物演化
宇（宙）	界（代）	系（纪）	统（世）		
显生宇（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
		石灰系（纪）C	上（晚）石炭统（世）C_2 下（早）石炭统（世）C_1	354	两栖动物出现
		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	裸蕨植物出现
		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
元古宇（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	1 000	
	中元古界（代）Pt_2			1 800	真核细胞生物出现
	古元古界（代）Pt_1			2 500	
太古宇（宙）AR	新太古宇（宙）Ar_3			2 800	晚期生命出现，叠层石出现
	中太古宇（宙）Ar_2			3 200	
	古太古宇（宙）Ar_1			3 600	

注：①引自《中国区域年代地层（地质年代）表说明书》，地质出版社，2002。

第二节　地史研究基本方法

【知识要点】

1. 古生物学方法
2. 地层学方法
3. 构造学方法
4. 岩性比较法
5. 同位素地质年龄鉴定法

【课程内容】

一、古生物学方法

19世纪初开始用化石划分地层，迄今古生物仍是确定地层层序最可靠的依据。生物的演化是由简单到复杂，由低级向高级发展的，新的种类不断地代替消亡了的旧的种类，所以在不同的地质年代所形成的地层中，往往含有不同种类的化石。低级的生物化石时代老，高级的生物化石时代新。在不同地方含有相同化石的地层，则不论彼此相距多远，都应属于同一时代。这种确定地层层序的方法前人称为化石层序律，它对建立标准剖面具有重要意义。但是，生物的生存与消亡，不是简单的机械的依附于自然地理条件的变化，而是力争适应新的自然地理条件而延续生存发展（演化）下去，所以说生物的出现与消失不是一件简单和时间上决然的事情，往往有提早或推迟的现象。

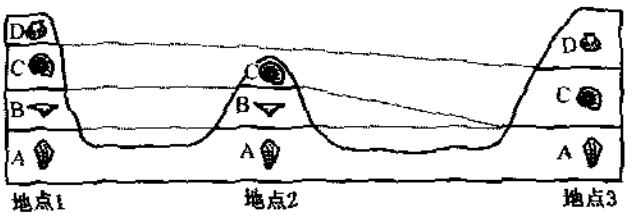


图 3-1　运用标准化石进行地层对比示意图

在利用化石来确定地层的地质年代中，并非所有的化石都能作为鉴定地层时代的标志。例如在不同时代的地层中发现相同的化石，这种化石就失去其代表时代的意义。只有那些生存时间短、演化快、分布地区广、特征明显，并且数量多、易于发现的化石或生物群，才能作为划分和对比地层的依据，这类化石称标准化石（图 3-1）。例如，大洪山的三叶虫（图 3-2）是我国下奥陶纪的标准化石，它在法国南部亦被发现，因此，可以用这种化石来确定远隔重洋的两个岩层是否属于同一时代的地层。

二、地层学方法

由沉积作用形成的沉积岩层，一般情况下位于下面的岩层先沉积，其地质年代较老；岩层越往上，形成越晚，其形成的地质年代越新（图 3-3）。这种上新下老的一般规律，称为地层层序律。根据这一规律能确定上下地层层位的相对新老关系。

但是，在地壳运动比较强烈的地区，岩层的正常地层层序有时遭到破坏，形成倒转褶皱及逆断层，出现老地层盖在新地层上面（图 3-4），在这种情况下，必须借助于其他方

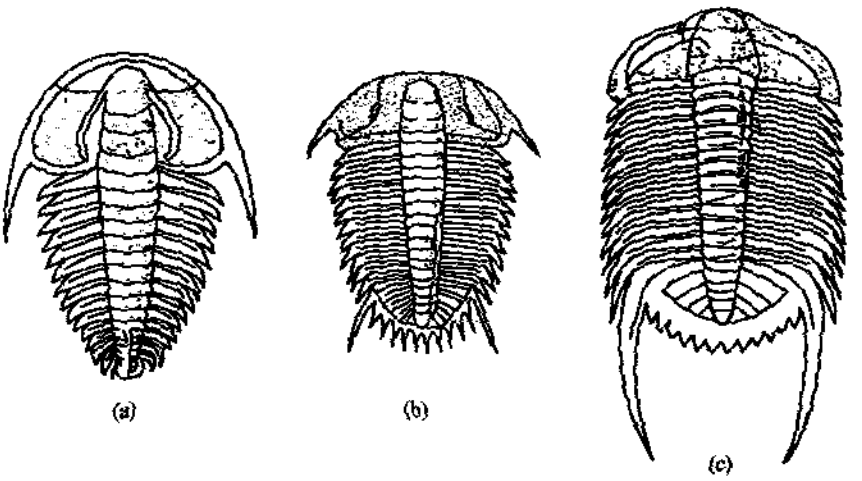


图 3-2　三叶虫化石

法，才能确定地层的新老关系。

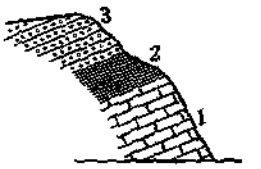


图 3-3　岩层相对新老关系
1—石灰岩；2—页岩，较石灰岩新；3—砂岩，最新

三、构造学方法

构造学方法是利用地层之间的接触关系来划分地层的方法。地层接触关系有 2 种：整合接触、不整合接触。

1. 整合接触

不同时代的沉积物一层层连续沉积，不缺失岩层，上下岩层基本互相平行（图 3-5），岩层的这种接触关系叫做整合接触。整合接触岩层反映了一定时期内沉积地区的构造运动的方向没有显著的改变，古地理环境也没有突出的变化。

2. 不整合接触

由于构造运动，往往使沉积中断，形成时代不连续的地层，地层的这种接触关系称不整合接触；2 套岩层中间的不连续面，称不整合面。地层之间的不整合面是划分地层的重要标志。按照不整合面上下岩层之间的产状及其所反映的构造作用过程，可分为平行不整合接触和角度不整合接触。

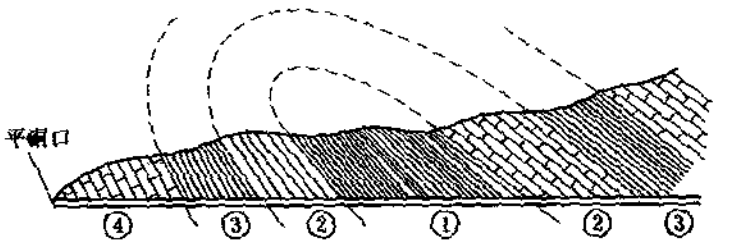


图 3-4　褶皱造成局部地层倒转，地层依次由老到新
①，②，③，④—地层编号

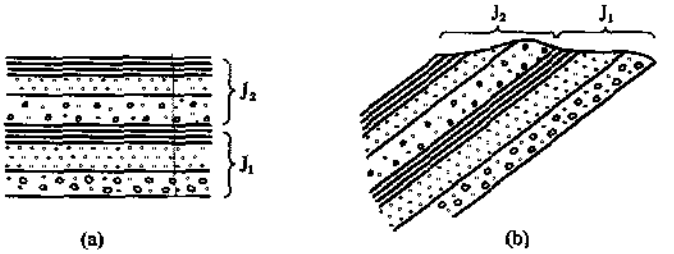


图 3-5 新老地层的整合接触

a—构造变动前；b—构造变动后

(1) 平行不整合接触 不整合面上下 2 套岩层产状彼此平行，但不是连续沉积的（图 3-6a），这种新老地层之间的接触关系称平行不整合接触，又称假整合接触。平行不整合面上往往保存着古侵蚀面的痕迹，不整合面上下 2 套岩层的岩性和其中的化石群也有显著的变化。地层的平行不整合接触关系，说明在一段时间内沉积地区有过显著的地壳升降运动，古地理环境有过显著的变化。其形成的过程可以概括为：地壳下降，接受沉积；地壳隆起，地层遭受剥蚀；地壳再次下降，重新接受沉积。

(2) 角度不整合接触 不整合面上下 2 套岩层成角度相交，上覆岩层覆盖于倾斜岩层侵蚀面之上（图 3-6b），这种新老地层之间的接触关系称角度不整合接触，又称斜交不整合。角度不整合接触岩层的地质时代是不连续的，岩性和古生物是突变的，不整合面上往往保存着古侵蚀面。地层的角度不整合接触关系说明在一段时间内，地壳有过升降运动和褶皱运动，古地理发生过极大的变化。其形成的过程可概括为：地壳下降，接受沉积；岩层褶皱隆起为山，遭受长期剥蚀；地壳再次下降，接受新的沉积。

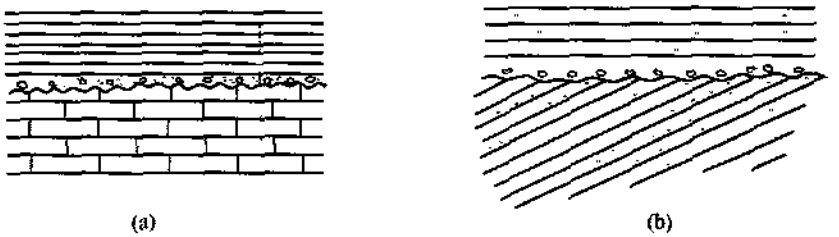


图 3-6 地层接触关系示意图

a—平行不整合接触；b—角度不整合接触

四、岩性比较法

岩性比较法是以岩石的颜色、成分、结构、构造等特征为基础进行划分和对比地层的方法。同一时代，同一环境所形成的岩层，在一定区域内，岩石性质基本一致。如果岩层的地质时代在某一地区已经确定，则在另一地区看到同一岩层时，就可给以相应的地质时代名称（图 3-7）。此方法也是地质工作者经常用到的地层划分对比方法，但其仅适用于一定范围内进行岩性对比。

五、同位素地质年龄鉴定法

通常地质工作者主要是依据古生物化石等方面的资料来划分和对比地层、确定地层形

成的相对地质时代，说明岩层的新老关系或时间上的先后顺序，而得不到确切的时间上的定量概念。

同位素地质年龄鉴定法，又称绝对年龄测定法，是一种用来确定岩石的绝对年龄的方法。岩石中存在着放射性同位素，它们的蜕变速度能够保持不变，且不受外界条件的影响。岩层同位素年龄，是根据岩层中所含放射性同位素及其蜕变的产物数量比计算出来的，以“a”为计时单位。例如，岩层中所含同位素铀^{238}在不断地蜕变成铅^{206}，1g铀每年蜕变产生7.4×10^{-9}g铅，因而分析含铀的岩层中铀、铅的比例，即可计算出该岩层的同位素年龄。

同位素地质年龄鉴定法，使得对地球历史中各个阶段和各种质作用的发生有了更具体的时间概念。

以上这些方法是地质工作者经常用到的地层划分、地层对比方法，但使用时不能孤立的采用某一种方法，只有综合应用这些方法，才能更准确地确定地层的形成时代。

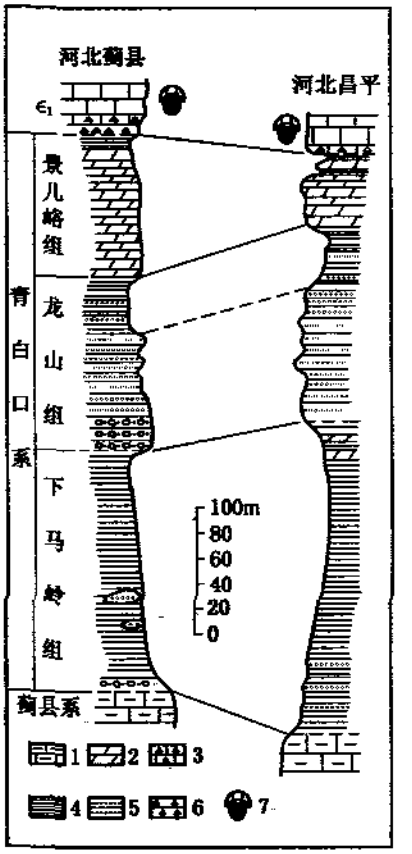


图3-7 河北蓟县、昌平“青白口群”地层柱状对比图

1—硅质灰岩、白云岩；2—泥灰岩；3—角砾状灰岩；4—页岩；5—砂岩；6—角砾岩；7—三叶虫

【地层的接触关系训练】

一、训练目标

根据地层的接触关系，正确区分整合接触不整合接触。

二、训练用工具与器材

地质锤、放大镜、小刀、稀盐酸、罗盘仪等。

三、训练方法与步骤

（1）选择岩层剖面。

（2）看地层剖面新老地层的界面是否大致平行。

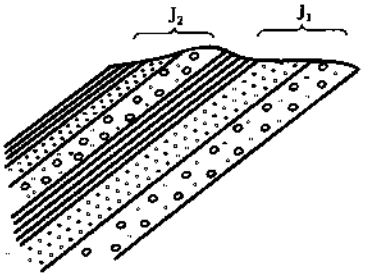


图3-8 整合接触的新老地层在构造变动后产状一致

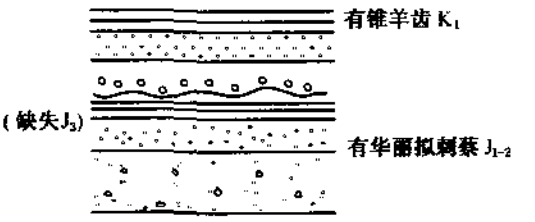


图3-9 平行不整合接触（褶皱之前）

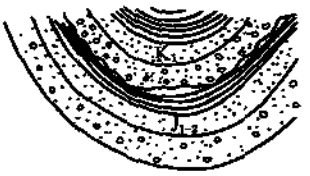


图 3-10　平行不整合接触
（褶皱之后）

（3）看新老地层在时间上是否连续。

（4）参照图 3-8，图 3-9，图 3-10 所示地层接触关系。

四、注意事项

（1）整合接触　新、老地层界面大致平行，从时间上看是连续沉积。

（2）平行不整合接触　新、老地层界面大致平行，但界面上普遍存在着凹凸不平的剥蚀面，缺少一段时期的化石，底层之间沉积不连续，有较长时期的沉积间断。

（3）角度不整合接触　新、老地层界面的产状不同，呈一明显的角度。

（4）选择的岩层面要有代表性。

（5）敲打岩层要注意自身及他人的人身安全。

（6）绘制草图要注明时间、地点及观测绘者。

复习思考题

1. 什么是地史学？研究地壳历史的意义是什么？
2. 掌握各级地质年代及地层单位对应关系。
3. 熟记各级地质年代（年代地层）符号。
4. 研究地史的方法有哪些？
5. 用图说明岩层的接触关系有哪几种？它们的特点是什么？

第四章 地质构造

岩（煤）层在形成时大多为水平或近似水平的，并且在一定范围内是连续完整的（图4-1）。岩层形成后由于受地壳运动的影响而发生了倾斜、褶皱、断裂等，这种由于地壳运动所引起的岩层变形、变位现象统称为地质构造。

地质构造的形态，是多种多样的，概括起来，可以归纳为3种基本构造类型：单斜构造、褶皱构造和断裂构造。

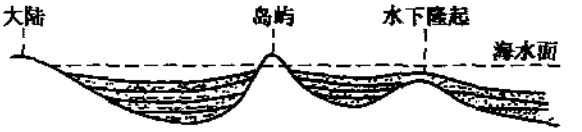


图4-1 沉积岩层原始产状形成示意图

第一节 单 斜 构 造

【知识要点】

1. 岩层的产状要素
2. 岩层产状要素的测定方法
3. 产状要素的表示方法
4. 产状要素在煤矿生产中的意义

【课程内容】

在一个井田范围内（即一个矿井开采的范围），一系列的岩层大致向同一方向倾斜，这样的构造形态，称单斜构造。在较大的区域范围内，单斜构造往往是其他构造形态的一部分，或是褶曲的一翼，或是断层的某一盘（图4-2）。地质学上常用岩层产状这个基本概念表示单斜构造在空间的展布状态。



图4-2 构造形态的基本类型

一、岩层的产状要素

岩层在地壳中的空间存在状态称为岩层的产状。确定岩层产状的3个数值，即走向、倾向和倾角，称为岩层的产状要素。

1. 走向

岩层层面与任一假想水平面的交线，称为走向线。走向线两端延伸的方向称岩层的走向（图4-3中的ACB线）。因此，岩层的走向有两个方向，彼此相差180°。在实际工作中，通常用罗盘上指北针所指的方位角和象限角来表示走向。

2. 倾向

岩层层面上与走向线垂直，并沿斜面向坡下所引的直线（图4-3）称为倾斜线，它表

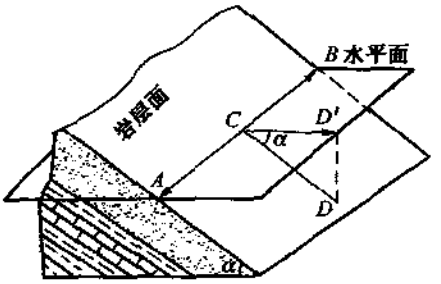


图 4-3 岩层的产状要素

ABC—走向线；*CD*—真倾斜线；*CD'*—倾向；*α*—倾角

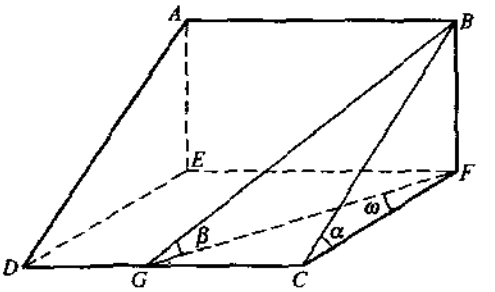


图 4-4 真倾角与假倾角的关系

示岩层的最大坡度。倾斜线在水平面上的投影所指示的方向称岩层的倾向，又称真倾向。

3. 倾角

岩层层面上的倾斜线和它在水平面上投影的夹角，称倾角（图 4-3），又称真倾角（平常说的倾角是指真倾角）。其他方向量取的岩层倾斜角度叫视倾角，视倾角永远小于真倾角。真倾角与视倾角（图 4-4）的关系式如下：

$$\tan\beta = \tan\alpha\cos\omega$$

式中 β——视倾角；

α——真倾角；

ω——视倾向与真倾向之间的夹角。

由上式可知：ω 愈大，β 值愈小。当$\omega=90°$时，$\cos\omega=0$，$\beta=0$，这时所切的剖面方向与岩层的走向一致，岩层在剖面上显示为水平产状。真倾角、视倾角之间的关系，在地质工作中经常用到，需要熟练掌握。视倾角的数值，可根据上式计算出来，一般通过查倾角换算表（表 4-1）获得。

表 4-1 真视（伪）倾角换算表

真倾角	岩层走向与剖面间夹角							
	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°
10°	9°51′	9°40′	9°24′	9°05′	8°41′	8°13′	7°41′	7°06′
15°	14°47′	14°31′	14°08′	13°39′	13°04′	12°23′	11°36′	10°43′
20°	19°43′	19°22′	18°53′	18°15′	17°30′	16°36′	15°35′	14°26′
25°	24°40′	24°15′	23°38′	22°55′	22°00′	20°54′	19°39′	18°15′
30°	29°27′	29°09′	28°29′	27°37′	26°34′	25°19′	23°51′	22°12′
35°	34°35′	34°04′	33°21′	32°24′	31°14′	29°50′	28°12′	26°20′
40°	39°34′	39°02′	38°15′	37°15′	36°00′	34°30′	32°44′	30°41′

续表

真倾角	岩层走向与剖面间的夹角							
	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°
045°	44°34′	44°00′	43°13′	42°11′	40°54′	39°19′	37°27′	35°16′
50°	49°34′	49°01′	48°14′	47°12′	45°54′	44°18′	42°23′	40°07′
55°	54°35′	54°04′	53°19′	52°19′	51°05′	49°29′	47°23′	45°17′
60°	59°37′	59°08′	58°26′	57°30′	56°19′	54°49′	53°00′	50°46′
65°	64°40′	64°14′	63°36′	62°46′	61°42′	60°21′	58°40′	56°36′
70°	69°43′	69°21′	68°49′	68°07′	61°12′	66°03′	64°35′	62°46′
75°	74°47′	74°30′	74°05′	73°32′	72°48′	71°53′	70°43′	69°15′
80°	79°51′	79°39′	79°22′	78°59′	78°29′	77°51′	77°02′	76°00′
85°	84°55′	84°49′	84°41′	84°29′	84°14′	83°54′	83°29′	82°57′
89°	88°59′	88°58′	88°56′	88°54′	88°51′	88°47′	88°42′	88°35′

真倾角	岩层走向与剖面间的夹角								
	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°	1°
10°	6°28′	5°46′	5°02′	4°15′	3°27′	2°37′	1°45′	0°53′	0°10′
15°	9°46′	8°44′	7°38′	6°28′	5°14′	3°58′	1°40′	1°20′	0°16′
20°	13°10′	11°48′	10°19′	8°45′	7°06′	5°23′	3°37′	1°49′	0°22′
25°	16°41′	14°58′	13°07′	11°09′	19°03′	6°53′	4°37′	2°20′	0°28′
30°	20°21′	18°19′	16°06′	13°43′	11°10′	8°30′	5°44′	2°53′	0°35′
35°	24°14′	21°53′	19°18′	16°29′	13°28′	10°16′	6°56′	3°30′	0°42′
40°	28°20′	25°42′	22°45′	19°31′	16°00′	12°15′	8°17′	4°11′	0°50′
45°	32°44′	29°50′	26°34′	22°55′	18°53′	14°30′	9°51′	4°59′	1°00′
50°	37°37′	34°21′	30°47′	26°44′	22°11′	17°09′	11°41′	5°56′	1°11′
55°	42°33′	39°19′	35°32′	31°07′	36°02′	20°17′	13°55′	7°06′	1°26′
60°	48°04′	44°48′	40°54′	36°12′	30°29′	24°08′	16°44′	8°35′	1°44′
65°	54°02′	50°53′	46°59′	42°11′	36°15′	29°02′	20°25′	10°35′	2°09′
70°	60°29′	57°36′	53°57′	49°16′	43°13′	35°25′	25°30′	13°28′	2°45′
75°	67°22′	64°58′	61°49′	57°37′	51°55′	44°01′	32°57′	18°01′	3°44′
80°	74°40′	72°55′	70°34′	67°21′	62°43′	55°44′	44°33′	26°18′	5°31′
85°	82°15′	81°20′	80°05′	78°19′	75°39′	71°20′	63°15′	44°54′	11°17′
89°	88°27′	88°15′	88°00′	87°38′	87°05′	86°09′	84°15′	78°41′	44°15′

二、岩层产状要素的测定方法

（一）直接测定法

1. 选层面

测量岩层产状前先选有代表性的层面，即所选层面能够代表周围一定范围内岩层的产状。

2. 测走向

把罗盘的长边（即NS边）紧靠岩层面并使罗盘上水准气泡居中，待磁针静止后，读出指北针所指的方位角（或象限角）即为岩层的走向。因为岩层走向有2个方向，二者相差180°，如图4-5所示，一般习惯只记录以北为准的一个方向，如330°或N30°W。

3. 测倾向

把罗盘的短边紧靠岩层面，使罗盘水平，待磁针静止后读数（图4-5）。这时要读罗盘指向倾向的一端同名磁针所指的读数，如罗盘的底盘刻有S一端指向倾向，读数时就读指南针所指度盘上的数字，即为岩层的倾向。走向与倾向垂直，所以读数时应相差90°。

4. 测倾角

沿倾斜方向，把罗盘直立起来，拨动测角器使倾斜仪水准居中，读角度数，即为岩层的倾角（图4-5）。

（二）间接测定法

有时在井下不能找到理想的层面，直接测量岩层产状有困难，可以采用间接测量的方法。如图4-6所示，BD、CD为巷道中实见的同一层面位置，拉皮尺EF，并使EF水平，用罗盘测量*EF*的方向即为岩层的走向。在岩层走向（即*EF*的方向）读数上加或减90°（按实际情况决定加或减），即可求得倾向的数值。倾角可利用下式计算：

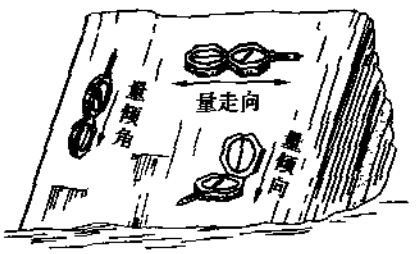


图4-5　地质罗盘测量岩层产状示意图

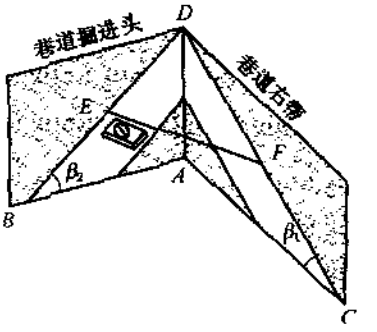


图4-6　巷道中测量岩层产状示意图

$$\tan\alpha=\frac{\tan\beta_2}{\cos\omega}$$

式中　α——岩层倾角；

β_2——巷道掘进头方向岩层的视倾角，可直接测得；

ω——巷道掘进头岩壁的方向与倾向之间的夹角，巷道迎头壁的方向，用罗盘测得。

这种方法测量岩层走向较准，所以煤矿生产中经常采用。

井下应用罗盘测量岩层产状时，注意不要靠近带有磁性的金属（如金属支架等）和电缆，以免磁针测量不准。

三、产状要素的表示方法

1. 象限角表示法

一条直线与相邻的真子午线或磁子午线的一端所夹的角，就称为此直线的真象限角或磁象限角，简称象限角（图 4-7）。象限角值均在 0°～90°之间，常用 R 表示。将 360°分为 4 个象限：0°～90°为第一象限，方向为北东区；90°～180°为第二象限，方向为南东区；180°～270°为第三象限，方向为南西区；270°～360°为第四象限，方向为北西区。采用象限角法记录岩层产状时，一般记录走向、倾向和倾角。如 S30°E/NE∠30°，表示走向为南偏东 30°，倾向为北东，倾角为 30°。

2. 方位角表示法

由地理子午线（真子午线）或地磁子午线的北端起，以顺时针方向量至已知直线（或水平面上已知的方向）的角度，就称为此直线（或已知方向）的真方位角或磁方位角，简称方位角。方位角的角值在 0°～360°之间，常用 α 表示（图 4-8）。

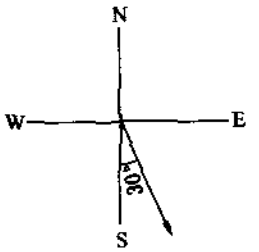


图 4-7　象限角表示方向

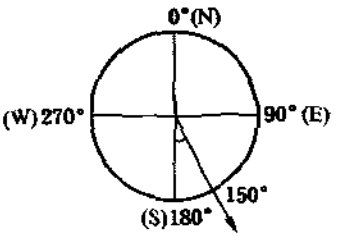


图 4-8　方位角表示方向

为了使用方便，罗盘的度盘从 0°～360°的刻分与自然方向相反，即按逆时针方向刻分，罗盘上的东西方向也与实际方位相反，这样测量出来的方向、方位角才与实际的方向、方位角一致。在实际工作中，由于岩层的倾向只有一个，且已知岩层倾向就可求得走向，采用方位角法记录岩层产状时，一般只记录倾向和倾角，只有当岩层近于直立时才记录走向。如 150°∠30°，表示岩层的倾向为南东 150°，倾角为 30°。

3. 图示法

岩层产状要素在地质图上用产状符号表示，如 30°，长线表示走向，与之垂直的短线表示倾向，数值“30”表示倾角的值。

产状要素的表示方法，目前尚不统一，有的用象限角表示，有的用方位角表示，它们之间的换算关系见表 4-2。

表 4-2　方位角与象限换算表

象限	方　向	方位角 α	象限角 R
Ⅰ	北东（NE）	$\alpha=R$	$R=\alpha$

续表

象限	方　向	方位角 α	象限角 R
Ⅱ	南东（SE）	$\alpha=180^\circ-R$	$R=180^\circ-\alpha$
Ⅲ	南西（SW）	$\alpha=180^\circ+R$	$R=\alpha-180^\circ$
Ⅳ	北西（NW）	$\alpha=360^\circ-R$	$R=360^\circ-\alpha$

四、产状要素在煤矿生产中的意义

开采地下煤炭资源，必须选择一定的开拓方式，即首先开凿井筒，通过一系列的巷道进入煤层，然后通往工作面。矿井开拓和开采与地质构造，煤层产状，煤层层数、厚度等有密切关系，要合理布置巷道，就必须要掌握岩层和煤层的产状要素。

根据煤岩层产状布置的巷道大体分为两种，一种是沿走向布置的巷道，如运输巷、回风巷等；另一种是沿倾向布置的巷道，如斜井，上、下山、切眼等。

煤层的倾角大小，是决定采煤方法的重要依据。如倾斜、缓倾斜煤层采用沿走向长壁采煤；急倾斜采用倒合阶采煤等。此外，井下有许多倾斜巷道，斜巷的位置，坡度主要是根据需要和煤层的倾角关系确定的。

由此可见，产状要素对采矿生产具有重要意义，它是巷道布置和决定采煤方法的主要依据。

【单斜构造产状要素的表示方法训练】

一、训练目标

根据象限角的原理学会标注单斜构造的走向、倾向、倾角的方法。

二、训练用工具与器材

地质罗盘、量角器、文具等。

三、训练方法与步骤

（1）复习方位角的概念。

（2）复习象限角的概念。

（3）掌握方位角与象限角的换算关系。

（4）走向、倾向、倾角的表示方法。

四、注意事项

（1）走向、倾向一般用象限角表示，即 NE、NW、SE、SW 分别表示北东、北西、南东、南西。

（2）倾向一定要垂直于走向。

第二节　褶　皱　构　造

【知识要点】

1. 褶曲的基本形态
2. 褶曲要素
3. 褶曲形态的分类

【课程内容】

岩层受到水平方向的挤压力后产生波状弯曲，这种构造形态称褶皱构造（图 4-9）。褶皱构造中的一个弯曲称褶曲。褶曲是褶皱的基本组成单位。

一、褶曲的基本形态

褶曲的基本形态有背斜和向斜。

1. 背斜

背斜是指岩层向上凸起的褶曲，其核心部位地层较老，向两翼依次对称出现较新地层（图 4-10a）。

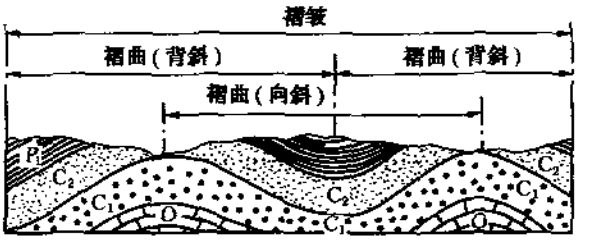


图 4-9　褶皱构造

2. 向斜

向斜是指向下凹的褶曲，其核心部位地层较新，向两翼依次对称出现较老地层（图 4-10b）。

自然界中有背斜形成高山、向斜形成山谷的情况，但相反的情况也很多，即背斜形成河谷，向斜核部形成高山。因此，必须按其特点鉴别，不能以地形高低来鉴别。

二、褶曲要素

为了便于对褶曲进行分类和描述一个褶曲在空间的展布特征，对褶曲的各个部位进行了命名。褶曲要素是指褶曲的各个组成部分和确定其几何形态的要素。褶曲要素包括核部、翼部和翼角、轴面、轴、枢纽等（图 4-11）。

1. 核部

核是褶曲的中心部分。背斜构造核部地层最老、向斜构造核部地层最新。

2. 翼部和翼角

翼部是指褶曲核部两侧的岩层。一个褶曲具有 2 个翼部，两翼岩层与水平面的夹角称翼角。

3. 轴面

轴面是一个平分褶曲两翼的假想对称面。这个面的产状可以是直立的、也可以是倾斜的和水平的；其形态可以是简单的平面，也可以是复杂的曲面。轴面的产状和形态可以反映褶曲横剖面的形态。

4. 轴

轴是指褶曲轴面与水平面的交线。因此，轴永远是水平的。它可以是水平的直线或水

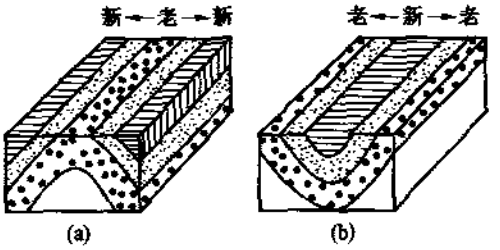


图 4-10 褶曲的基本形态立体示意图
a—背斜；b—向斜

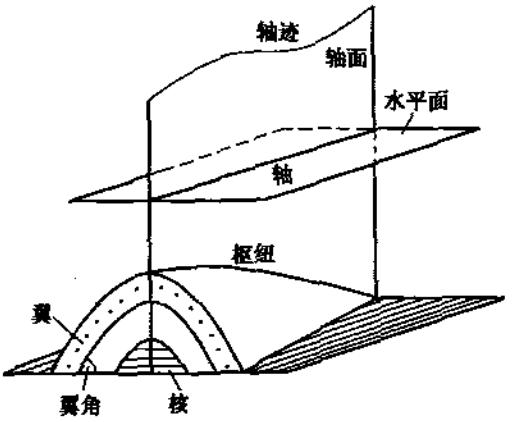


图 4-11 褶曲要素示意图

平的曲线，当轴面为平面，轴为直线；轴面弯曲时则轴为曲线。轴向表示褶曲的延伸方向，轴的长度反映了褶曲的规模。

5. 枢纽

枢纽是指褶曲中同一岩层的层面与轴面相交的线。枢纽可以是水平的、倾斜的或波状起伏的。它可表示褶曲在延长方向上产状的变化。

三、褶曲的形态分类

褶曲在自然界中的形态比较复杂，为了更加形象地描述褶曲，对褶曲的形态进行了分类。褶曲要素是褶曲形态分类的重要依据。

（一）根据褶曲横剖面的形态分类

1. 直立褶曲

直立褶曲（图 4-12a）的轴面直立，两翼翼角相等，倾向相反，又称对称褶曲。

2. 倾斜褶曲

倾斜褶曲（图 4-12b）的轴面倾斜、两翼翼角不等、倾向相反，又称不对称褶曲。

3. 倒转褶曲

倒转褶曲（图 4-12c）的轴面倾角更小，两翼岩层向同一方向倾斜；一翼岩层层序正常，另一翼岩层层序倒转；两翼角相等或不等。

4. 平卧褶曲

平卧褶曲（图 4-12d）的轴面水平或近于水平，两翼岩层产状也近于水平；一翼岩层层序正常，另一翼岩层层序倒转。

5. 翻卷褶曲

翻卷褶曲（图 4-12e）的轴面翻转向下弯曲。此种褶曲在外观上是背（向）斜，实际上是向（背）斜。

（二）根据褶曲纵剖面的形态分类

1. 水平褶曲

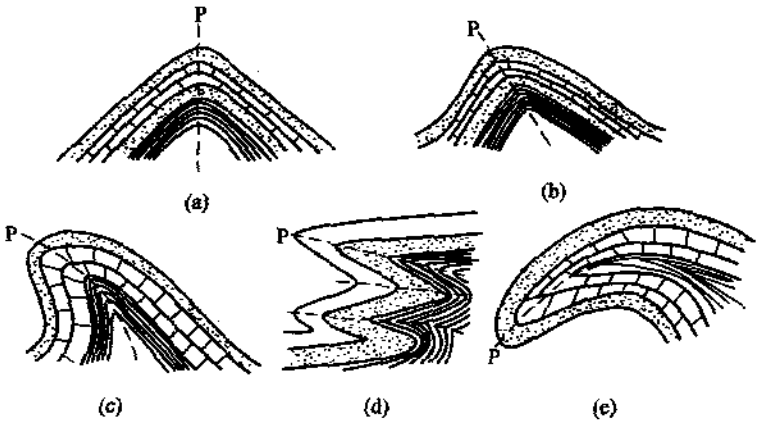


图 4-12　褶曲横剖面形态分类

a—直立褶曲；b—斜歪褶曲；c—倒转褶曲；d—平卧褶曲；e—翻卷褶曲；P—轴面

水平褶曲（图 4-13a）的枢纽近于水平，两翼岩层走向基本相同。

2. 倾伏褶曲

倾伏褶曲（图 4-13b）的枢纽是倾伏的，两翼岩层走向不同。

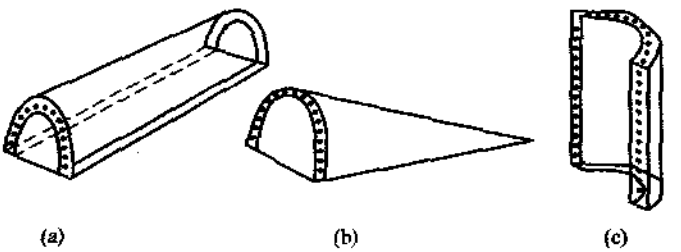


图 4-13　褶曲纵剖面形态分类示意图

a—水平褶曲；b—倾伏褶曲；c—倾竖褶曲

3. 倾竖褶曲

倾竖褶曲（图 4-13c）的枢纽近于直立。

（三）根据褶曲的平面形态分类

1. 线形褶曲

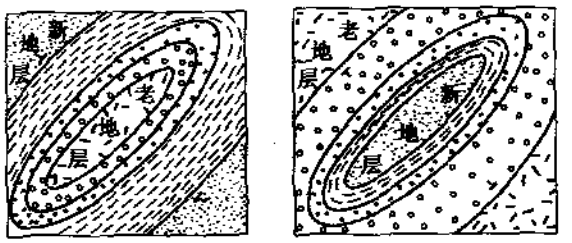
线形褶曲的褶曲轴向一定方向延伸很远，褶曲岩层的界线长与宽之比大于 10∶1，包括线形背斜和线形向斜。线形褶曲又称长轴褶曲。

2. 短轴褶曲

短轴褶曲的褶曲轴向两端延伸不远，即倾伏，长与宽之比在 10∶1～3∶1之间（图 4-14），包括短轴背斜和短轴向斜。短轴褶曲又称长圆形褶曲。

3. 浑圆形褶曲

浑圆形褶曲的长与宽之比小于3∶1,平面投影近似圆形，若为背斜称穹隆，若为向斜



(a) (b)

图 4-14 短轴褶曲

a—短轴背斜；b—短轴向斜

称构造盆地（图 4-15）。

【褶曲要素认识的训练】

一、训练目标

根据褶曲的定义，学会判断褶曲的各个要素。

二、训练用工具与器材

地质罗盘、文具、模型等。

三、训练的方法与步骤

根据褶曲模型找出以下部位：

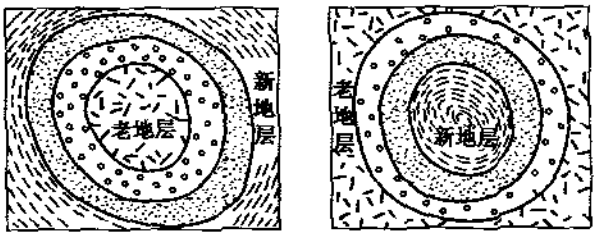
(1) 核部。

(2) 翼部。

(3) 轴面。

(4) 轴线。

(5) 枢纽。



(a) (b)

图 4-15 穹隆和构造盆地

a—穹隆；b—构造盆地

四、注意事项

(1) 认真分析图纸。

(2) 背斜构造的核部是指最老的地层，向斜构造的核部是指最新的地层。

(3) 轴面的位置有直立的、有倾斜的，其形态可以是平面、也可以是曲面。

(4) 有向斜轴、也有背斜轴。

(5) 枢纽有水平的、倾伏的或波状起伏的。

第三节 断 裂 构 造

【知识要点】

1. 节理（裂隙）

2. 断层

【课程内容】

地壳中的岩石（岩层或岩体），特别是脆性较大和靠近地表的岩石，在受力情况下产生断裂和错动，总称为断裂构造。通常根据断裂岩块相对位移的程度，把断裂构造分为节理和断层两大类。

一、节理（裂隙）

几乎所有岩石中都存在有规律的、纵横交错的裂隙，它的专门术语叫节理。节理即破裂面两侧的岩块沿断裂面没有或者没有明显发生位移的断裂构造。节理的发生和发展常与

褶皱和断层等地质构造有关。节理面的产状和岩层的产状一样，用走向、倾向和倾角三要素表示。了解节理的性质，节理组的方向和发育程度等，有助于解决区域地质构造问题。在煤矿生产中节理的产状和发育程度，直接影响煤炭开采效率、顶板控制和钻眼爆破效果，节理还往往给地下水、瓦斯提供通道，影响煤矿安全生产。

根据节理的成因不同，分为非构造节理和构造节理。

1. 非构造裂隙

非构造节理是指岩石在外力地质作用及人为（爆破）等作用下产生的节理。

2. 构造节理

构造节理是在构造运动作用下形成于岩石中的节理。按其力学性质，又分为张节理和剪节理两种类型。

（1）张节理　由张应力引起的节理。例如在褶曲的轴部、穹隆的顶部等部位，张应力集中，因而在这些构造部位张节理最发育（图 4-16）。其形态特征是裂口稍张开，节理面粗糙不平，面上没有擦痕；砾岩被张节理切过时，常常是绕过砾石面裂开，从而形成节理面凹凸不平；沿走向和倾向尖灭很快。井下在张节理发育的地段，容易出现滴水或淋水现象；如果节理被方解石、石英等矿物充填而形成方解石脉或石英脉，则可能不导水。

（2）剪节理　由剪应力引起的节理。其形态特征是，常有两组节理同时出现，组成共轭“×”形节理（图 4-17）；节理紧闭而平直，延伸方向稳定；节理面平整，当砾石被剪裂隙切过时，常是切砾而过（图 4-16）。在井下剪节理导水能力较差或不导水。

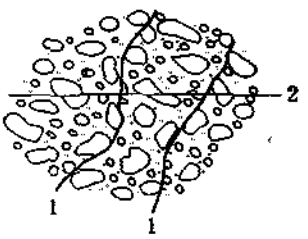


图 4-16　剪节理和张节理在砾石中的不同表现

1—张节理；2—剪节理

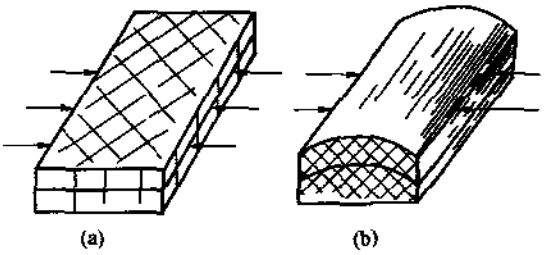


图 4-17　“×”形剪节理系的形成

二、断层

岩块沿破裂面有明显位移的断裂构造，称为断层。

（一）断层的几何要素

为了描述断层的性质、位置和空间形态，给断层的各个部位以一定的名称。断层的几何要素是指断层本身的基本组成部分，以及与阐明断层空间位置和运动性质有关的具有几何意义的要素。断层的几何要素包括断层面、断层线、断盘、交面线、断距、位移等。

1. 断层面

岩层或岩体发生断开后，两侧岩体沿着破裂面发生显著位移，该破裂面称为断裂面

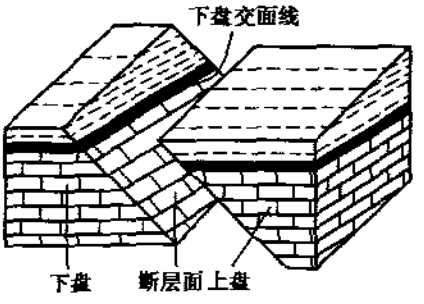


图 4-18 断层示意图

(图 4-18)。当位移不沿一个面而沿一个破碎带发生时，这个带称为断层破碎带。破碎带的宽度一般为数十厘米至数十米。断层面的形态多数是舒缓波状的曲面，少数情况下是平面。断层面可用产状来表示。

2. 断层线

断层面在地表上的出露线，也就是断层面与地面的交线，称为断层线。断层线总的方向反映了断层延伸的方向。断层线可以是直线，也可以是曲线。断层线的形状取决于断层面的产状和地形的起伏情况。

3. 断盘

断层面两侧发生显著位移的岩块，称为断盘。相对上升的岩块称为上升盘，相对下降的岩块称为下降盘。当断层面倾斜时，位于断层面上方的岩块称为上盘，位于断层面下方的岩块称为下盘（图 4-18）；当断层面直立时，则无上、下盘之分。根据断层面的走向，可称为东盘或西盘、南盘或北盘。

4. 交面线

断层面与岩层面的交线称为交面线。断层面与煤层面的交线称为煤层交面线，又称为断煤交线（图 4-18）。断层面与上盘煤层面的交线称为上盘煤层交面线，与下盘煤层面的交线称为下盘煤层交面线。

5. 断距

断层两盘同一岩层面相对位移的距离称为断距。断距反映了断层两盘岩层相对错动规模的大小。表示断距的方法很多，在煤矿多使用铅直断距或铅直地层断距，简称为落差。各种断距如图 4-19 所示。

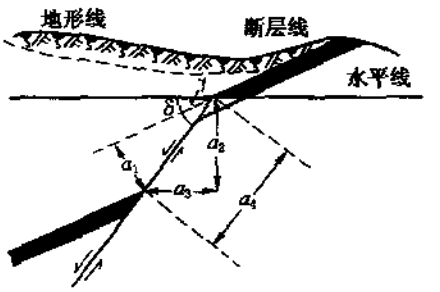


图 4-19 断距示意图

a_1—地层断距；a_2—铅直断距；a_3—水平断距；a_4—斜断距；γ—岩(煤)层倾角；δ—断层面倾角

(二) 断层分类

断层的种类较多，为确定断层的性质和名称，需要对各种断层分类。

1. 根据断层两盘相对位移的方向分类

(1) 正断层　断层上盘相对下降，下盘相对上升（图 4-20a），正断层因上盘运动方向与重力方向一致而得名。

(2) 逆断层　断层上盘相对上升，下盘相对下降（图 4-20b），因逆断层上盘运动方向与重力方向相反而得名。

(3) 平移断层　断层两盘无上，下方向的运动，只是沿水平方向发生相对位移，又叫平推断层（图 4-20c）。

(4) 枢纽断层　断层两盘，围绕一点沿断层面相互扭动，断层落差由小逐渐增大。

2. 根据断层走向与岩层走向的关系分类

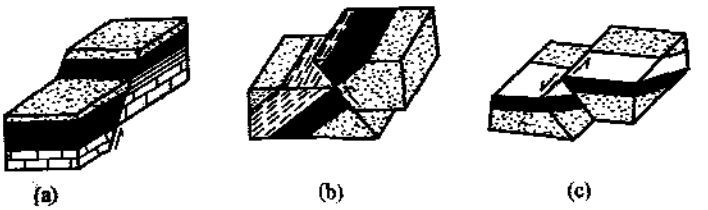


图 4-20　断层按两盘相对运动方向分类

a—正断层；b—逆断层；c—平移断层

(1) 走向断层　断层走向与岩层走向平行（图 4-21a）。

(2) 倾向断层　断层走向与岩层走向垂直（图 4-21b）。

(3) 斜交断层　断层走向与岩层走向斜交（图 4-21c）。

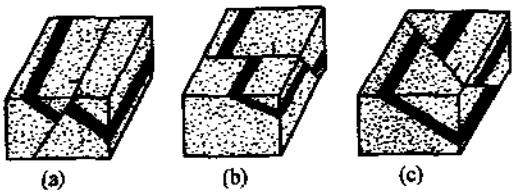


图 4-21　根据断层走向和岩层走向关系分类

a—走向断层；b—倾向断层；c—斜交断层

3. 断层组合形式

断裂构造发育地区，经常是许多断层以某种组合形式出现，其中有地堑和地垒、叠瓦状构造、阶梯状构造等。

(1) 地堑和地垒　两条或两组大致平行的断层，其中间岩块为共同的下降盘，两侧为上升盘，这样的断层组合称地堑（图 4-22）；若其中间岩块为上升盘，两侧为下降盘，这样的断层组合称地垒（图 4-22）。

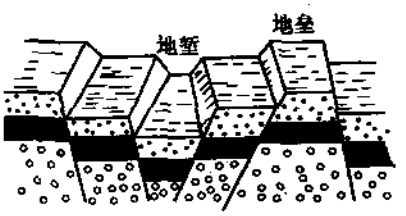


图 4-22　地堑和地垒

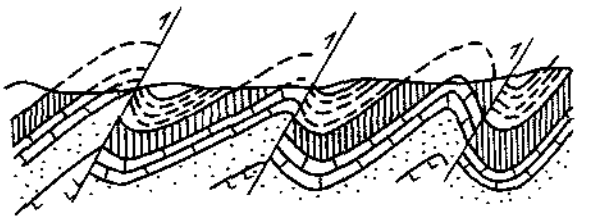


图 4-23　叠瓦状构造

(2) 叠瓦状构造　两条以上的倾向相同而又互相平行的逆断层，其上盘依次向上推移，形似叠瓦，这样的断层组合称叠瓦状断层，又称叠瓦状构造（图 4-23）。

(3) 阶梯状构造　两条以上的倾向相同而又互相平行的正断层，其上盘依次下降，这样的断层组合称阶梯状断层（图 4-24）。

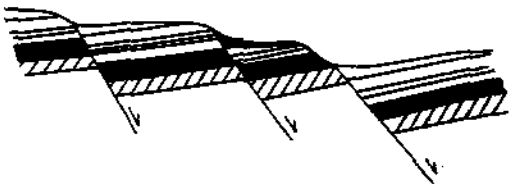


图 4-24　阶梯状构造

(三) 断层存在的标志

断层存在的标志是识别断层的根据。

1. 煤、岩层不连续

煤层或岩层即使发生了倾斜或弯曲，它们的连续性、完整性并没

有改变。如果在野外或井下发现煤层、岩层突然中断，并与其他岩层接触，这种情况常是断层造成的。如图 4-25a 所示，原来沿煤层掘进巷道，在某处突然遇到了半煤层；如图 4-25b 所示，原来沿煤层掘进巷道，在某处突然煤层中断，掘进头出现岩层：这些都反映出断层的存在。

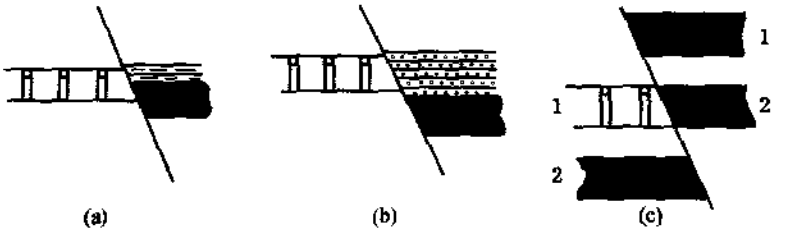


图 4-25　巷道中断层的识别

a—掘进遇到半煤岩；b—掘进遇到岩层；c—掘进遇到另一煤层

应当指出，如果断层铅直断距恰好等于或近似等于两个煤（岩）层的间距，则发生“串层”现象，使上下盘两个不同煤（岩）层相互接触（图 4-25c）。遇到这种情况，如不认真观察，就容易被假象所蒙蔽，误认为此处没有断层。不同煤层的顶底板都有其特殊性，只要注意观察和分析它的特殊性，总会发现煤层的中断现象，从而确定断层的存在。

2. 岩层重复或缺失

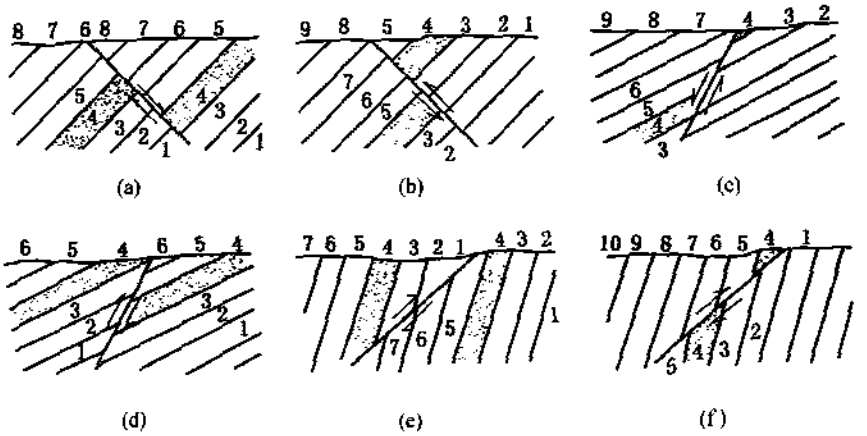


图 4-26　走向断层造成岩层重复或缺失示意图

a，d，e—走向断层造成岩层重复；b，c，f—走向断层造成岩层缺失

1，2，3，…，10—岩层依次由老到新顺序

走向断层或纵断层（无论是正断层还是逆断层）必然会产生岩层重复或缺失（图 4-26）。

3. 地形上的特征

由于断层的影响，在地形上往往会有一些特殊的表现，如山脊突然错开，形成悬崖陡壁；断层破碎带容易被流水冲蚀而形成冲沟，在破碎带中可有泉水涌出等。

4. 岩层错动现象

(1) 断层擦痕　断层两盘相对错动，在断层面上留下的平行细密而均匀的摩擦痕迹，有时形成相间平行排列的擦脊或擦槽。这些擦痕往往呈一头粗深，一头细浅的“丁”字形，由粗向细的方向代表对盘运动的方向。用手抚摩擦痕，光滑方向代表对盘移动的方向。

(2) 阶步　断层两盘相对错动，在断层面上形成的小陡坎（台阶）。阶步常垂直擦痕方向延伸，但延伸不远，阶步间彼此平行排列（图 4-27）。阶步陡坎方向指示对盘运动的方向。

(3) 牵引现象　煤层或岩层由于断块发生移动，断层面两侧的煤层或岩层相互摩擦挤压而发生局部的牵引变薄现象（图 4-28）。在井下如遇见这种现象，就可以沿着弯曲变薄方向寻找断失煤层。

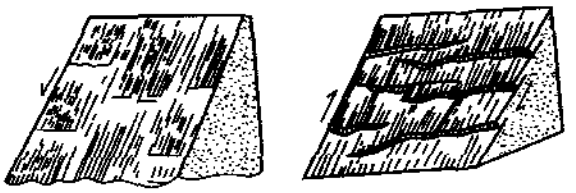


图 4-27　断层面上的擦痕和阶步

a—正阶步；b—反阶步

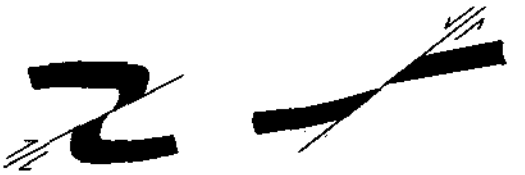


图 4-28　断层的牵引构造

(4) 断层角砾和断层泥　在断层带中，岩石由于受到了强大压力而破碎，形成带棱角的岩石碎屑，这些碎屑称为断层角砾。断层角砾经胶结后形成的岩石称断层角砾岩（图 4-29）。在煤层或泥质岩的断层面上，常夹有被磨得很细的泥称断层泥，或称导脉、煤线（图 4-30）。

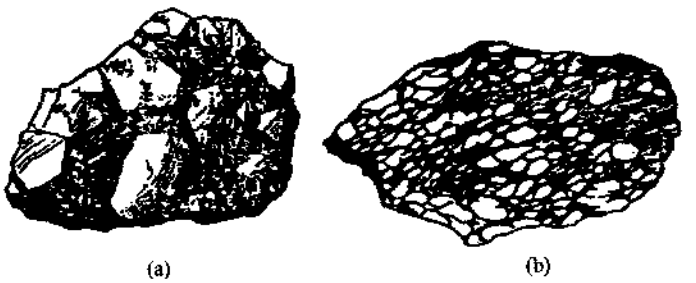


图 4-29　断层角砾岩

a—正断层的角砾岩；b—逆断层的角砾岩

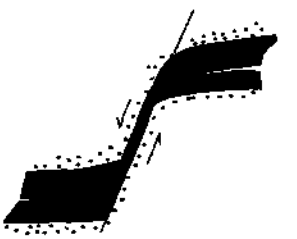


图 4-30　断层泥

【项目综合训练】

一、训练目标

通过本章项目综合训练，使受训者达到下列要求：

(1) 了解单斜构造的概念、断层的概念。

(2) 掌握单斜构造产状要素的测定方法。

(3) 掌握走向正断层产状要素的测定方法。

二、训练时间

本章综合项目训练共有 2 个子训练课题，共训练 4 学时，具体时间分配见表 4-4。

表 4-4　项目综合训练课题及其时间分配

项目训练序号	项目训练名称	训练学时	备注
一	单斜构造产状要素的测定	2	
二	走向正断层产状要素的测定	2	
合计		4	

三、训练用工具及材料

项目综合训练所需工具及训练材料见表 4-5。

表 4-5　项目综合训练所需工具与材料

序号	项目训练名称	材料、工具名称		规格	数量/组	备注
1	单斜构造产状要素的测定	1	地质罗盘	个	1	
		2	小钢尺	个	10	
		3	线　绳	m	1	
		4	锤　子	把	10	
		5	文　具	套	10	
2	走向正断层产状要素的测定	1	地质罗盘	个	1	
		2	小钢尺	个	10	
		3	线　绳	m	1	
		4	锤　子	把	10	
		5	文　具	套	10	

四、训练场景

项目综合训练场景见表 4-6。

表 4-6 训练场景表

序号	项目名称	场景	备注
1	单斜构造产状要素的测定	野外	
2	走向正断层产状要素的测定	野外	

五、训练过程和组织

(一) 单斜构造产状要素的测定

1. 准备工作

1) 实训工具及材料的准备

实训指导教师在操作训练前 1 天做好实训所需用品的准备工作，包括准备地质罗盘、小钢尺、线绳、锤子、文具及实验报告书等。

2) 训练场景的准备

实验场地应平整、无安全隐患、便于观测，应提前做好准备工作。

3) 学生相关理论知识的准备

学生分组讨论下列问题。

(1) 什么是单斜构造?

(2) 单斜构造的产状要素包括哪些?

(3) 地质罗盘的结构。

(4) 产状要素如何测定?

2. 提出训练课题，分组讨论训练方案

(1) 提出罗盘的使用方法。

(2) 用罗盘如何测定走向。

(3) 用罗盘如何测定倾向。

(4) 如何使用测倾仪。

3. 各组按实训方案进行训练

1) 分组进行训练

每一训练小组为 5 人，设小组长一人。

2) 工具使用操作训练

(1) 了解罗盘仪的构造　地质罗盘的构造如图 4-31 所示。

罗盘仪部分　用于测定方向，如目标方向及岩层走向、倾向等。主要部件有照准器（前后各一个，前置折叠式照准器又称指北标），由准星和观测孔组成，用来瞄准目标物；方向刻度盘，逆时针方向刻有 360°方位角数值（少数罗

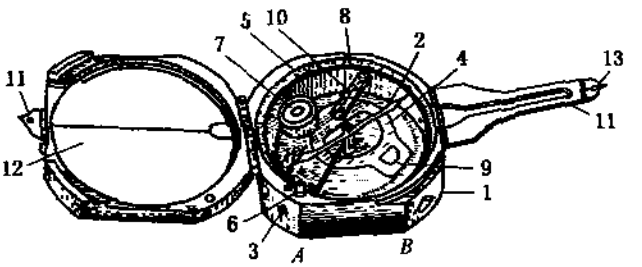


图 4-31　地质罗盘构造图

1—底盘；2—磁针；3—圆盘校正螺丝；4—倾斜仪；5—圆盘；6—磁针制动器及倾斜仪制动器；7—水准气泡；8—方位角刻度盘；9—倾斜角刻度盘；10—倾斜仪水准气泡；11—折叠式瞄准器；12—玻璃镜；13—观测孔

盘刻有象限角，度盘分四个象限，每一象限均为0°～90°，其中，南、北为0°，东、西为90°）；磁针，在北半球的国家使用的罗盘，缠有铜丝的一端为磁南针，另一端为磁北针，当磁针水平静止后磁北针指向刻度盘上对应的度数值为指北标所指方向的磁方位角（如果经过罗盘上的磁偏角校正，则为真方位角）；磁针制动器，用以制动磁针，便于读数，并在罗盘不使用时将磁针与支撑轴顶部玛瑙尖端分离，对转动摩擦部实行保护；方向刻度盘校正螺丝，通过轻微旋转它可以转动方向刻度盘，达到校正磁偏角的目的；水准气泡，用于帮助罗盘放置水平，当气泡居中时，罗盘底盘处于水平位置，磁针灵活转动，待其静止后准确指示所测方向方位角（或象限角）度数值。

倾斜仪部分　用于测定倾斜角度，如岩层倾角等。主要组成部分包括倾斜仪刻度盘、倾斜仪指针、倾斜仪水准气泡和倾斜仪制动器（位于底盘背面），其中后三者被固定在一起。把罗盘底盘长边贴紧所测倾斜线，当拨动制动器使长水准仪气泡居中时，指针所指刻度盘上的度数值即为所测倾斜线的倾斜角度。需要说明的是：罗盘仪方向刻度盘是逆时针方向刻划为360°的，这与方位角规定方向正好相反。这是因为具体测量方向时，在操作过程中，转动的是罗盘，而磁针始终是指向磁南、北极不变的，相对刻度盘恰好是向相反方向转动，逆时针刻划才能在刻度盘上读出所测方向的（磁）方位角值。

（2）掌握用地质罗盘测量产状要素的方法　利用地质罗盘在岩层面上量取岩层的走向、倾向和倾角，如图4-5所示。在一定地区开展地质工作使用地质罗盘时，应首先根据该地区的磁偏角对罗盘进行磁偏角校正。各地区的磁偏角不同，如我国西部地区磁偏角偏东，校正时应加上磁偏角度数，而东、中部地区磁偏角偏西，校正时应减去磁偏角度数。经过磁偏角校正后，在本地区使用地质罗盘，所测得的方位角即为真方位角。

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长汇总观察结果，形成小组训练结论；然后，全体集中，由小组长作为代表向教师和全体同学汇报训练过程和训练的结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结，给出结论，并强调以下几点：

（1）罗盘仪的结构。

（2）罗盘仪的读数方法。

（3）如何正确的测定单斜构造的走向、倾向。

（4）如何把方位角换算为象限角。

（5）倾斜仪如何正确使用、怎样正确地读数。

6. 小组讨论分析

分组对训练结果进行讨论，相互交流训练结果和操作经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进办法。

凡不能正确操作的或观测结果误差大的人员，由实训指导教师再次组织分组训练，直至所有学生都能够独立正确操作时为止。

7. 训练效果检验

（1）提问　实训指导老师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

（2）演示　随机抽出一组学生进行用罗盘测单斜构造的实际操作演示，由其他学生和

实训指导老师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

（3）讨论　①什么叫单斜构造？②什么叫单斜构造的走向？③什么叫单斜构造的倾向？④什么叫单斜构造的倾角？⑤测绘单斜构造的程序有哪些？

（4）学生写总结报告书　要求写出训练的目的，介绍使用地质罗盘的方法及原理，写明使用的过程、顺序、注意事项，训练中的体会和收获。最后注意写明班级、姓名、学号。在认定完成后，将总结报告装订后上交实训指导教师。

8. 训练效果评价

单斜构造产状要素测定训练效果评价，由学生自我评价、小组评价、实训指导教师评价3部分组成，以实训指导教师评价为主。

（1）学生自我评价　包括：①是否能够独立完成训练内容；②测绘的熟练程度；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

（2）小组评价　包括：①学生在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③在训练中取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

（3）实训指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的问题；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

（二）走向正断层产状要素的测定

1. 准备工作

1）实训用工具及材料的准备

实训指导教师在操作训练前1天做好实验所需地质罗盘、小钢尺、线绳、锤子、文具及实验报告书等准备工作。

2）训练场景的准备

实验场地应平整、无安全隐患、便于观测，应提前做好准备工作。

3）学生相关理论知识的准备

（1）学生分组讨论下列问题。

①按照断层两盘的相对移动的方向，断层分为哪几种类型？

②按照岩层的走向与断层走向的关系，断层分为哪几种类型？

③如何判断断层的类型？

（2）实训指导教师引导学生讨论以下内容。

①什么是断层？

②什么是正断层？

③什么是逆断层？

④什么是平移断层？

⑤什么是走向断层？

⑥什么是倾向断层？

⑦什么是斜交断层？

2. 提出训练课题，分组讨论训练方案

（1）如何寻找断层的剖面？

（2）走向正断层的特征是什么？

（3）怎样正确地进行走向正断层的测绘。

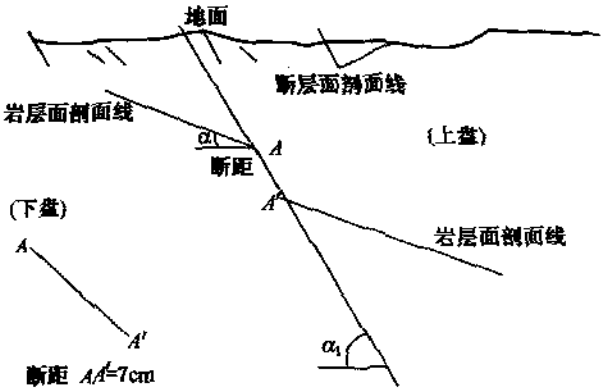


图 4-32 走向正断层剖面图

图 4-32 所示。

(2) 绘制走向正断层岩层产状要素图。如图 4-33 所示。

(3) 绘制走向正断层断层面产状要素图，如图 4-34 所示。

从图 4-32，图 4-33，图 4-34 所示可以看出，岩层的走向、倾向与断层的走向、倾向是一致的，所不相同的是两者的倾角不相同。

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长汇总训练结果，形成小组训练结论；全体

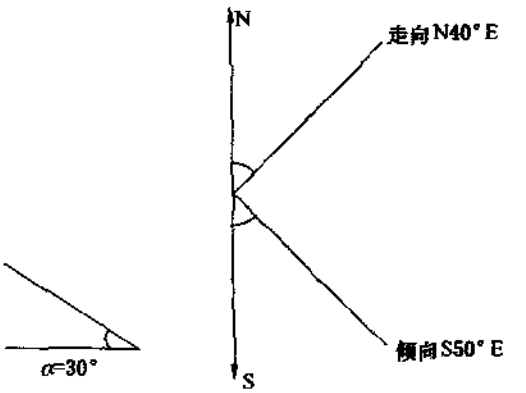


图 4-33 岩层产状要素

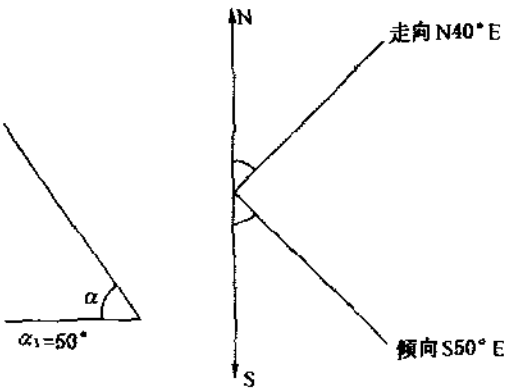


图 4-34 断层面产状要素

3. 各组按实训方案进行训练

1) 分组

每一训练小组为 5 人，设小组长一人。各小组备有地质锤、放大镜、小刀、罗盘仪、皮尺、文具等各一份。

2) 操作训练

(1) 正确使用罗盘仪。

(2) 寻找断层的剖面。

3) 实训指导教师进行断层分类方法训练指导

(1) 测绘断层的剖面图，如

集中，由小组长作为代表向全体同学和教师汇报训练过程和结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结并给出结论。总结中还应再次强调以下几点：

(1) 岩层的走向、倾向与断层的走向、倾向是相同的，不同点是两者的倾角不相同。

(2) 测量岩层和断层的走向、倾向，不可能把仪器放在岩层面上，也不可能放在断层面上去量取，必须要站在岩层面、断层面的走向的延长线上去量取。

(3) 作图必须准确、规范。

6. 小组讨论分析

分组对训练结果进行讨论，相互交流训练结果和操作经验，探讨训练中存在的问题和

不足之处，提出解决和改进的办法。

凡不能正确操作的或测量结果误差大的人员，由指导教师再次组织分组训练，直至所有学生都能够独立正确操作时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　实训指导教师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

(2) 演示　抽出一组学生讲述点位确定的结果和理由，由其他学生和实训指导教师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

8. 训练效果评价

走向正断层产状要素测定训练效果评价，由学生自我评价、小组评价、实训指导教师评价3部分组成，以实训指导教师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能够正确的测定断层产状要素；②使用工具的熟练程度；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

(2) 小组评价　包括：①学生在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③在训练中取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

(3) 实训指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的问题；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

复习思考题

1. 什么是地质构造？
2. 什么叫岩层走向、倾向？以图示说明它们之间的关系。
3. 怎样表示岩层的产状要素？
4. 什么叫褶曲？它有哪几种基本形态？其特点是什么？
5. 褶曲是如何根据其横剖面、纵剖面、平面分类的？
6. 什么叫节理？非构造节理，构造节理有什么不同？
7. 什么叫断层？以图表示断距的种类？
8. 根据断层两盘相对位移的方向和断层走向与岩层走向关系，断层分为哪几种类型？
9. 断层存在的主要标志有哪些？
10. 用图表示断层产状要素。

第五章　影响煤矿生产的地质因素及其处理

第一节　褶曲对煤矿生产的影响及其处理

【知识要点】

1. 褶曲对煤矿生产的影响
2. 褶曲类型的判断及其处理

【课程内容】

褶曲造成岩层、煤层产状发生变化，进而不同程度地影响了井田划分、矿井设计及生产等。褶曲的规模不同，对煤矿生产的影响程度不同。地质勘探和煤矿生产中将褶曲分为大、中、小3类。

一、大型褶曲对生产的影响及其处理

大型褶曲主要是指影响井田划分和整个矿井开拓系统的褶曲。以下介绍几种大型褶曲的处理方法。

1. 对大型背斜的处理

由于大型的宽缓背斜两翼煤层距离较远，很难形成统一的生产系统，因此在矿井设计时通常将背斜轴作为井田边界，两翼划分为两个井田（图5-1）；如果将褶曲两翼划入一个井田，在布置开拓系统时，常将总回风巷放在背斜枢纽附近，使一条巷道为回采背斜两翼煤层所共用（图5-2）。

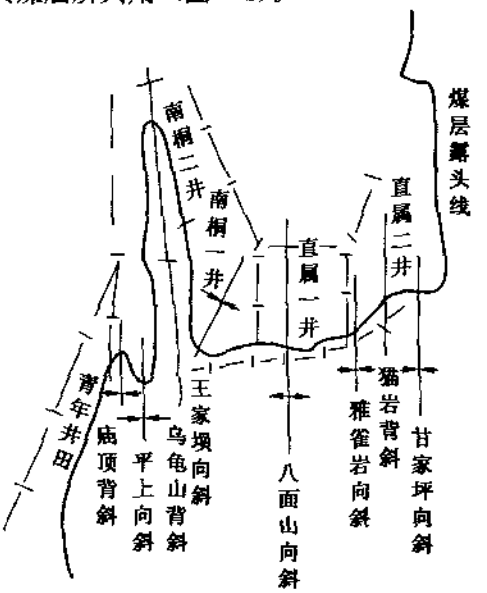


图5-1　南桐煤田井田划分示意图

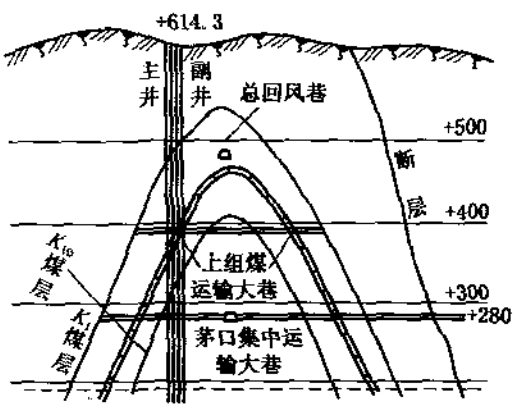


图5-2　四川某矿开拓剖面示意图

2. 对大型向斜的处理

一般大型向斜枢纽部位煤层埋藏较深，开采困难，因此在矿井设计时通常将向斜轴作为井田边界，两翼分别划分为两个井田开采；如果将褶曲两翼划入一个井田，在布置开拓系统时，常将总运输巷布置在向斜枢纽附近，使一条巷道为回采向斜两翼煤层的运输所共用。立井或斜井的井筒位置，一般不要布置在向斜枢纽部位，以免留设保护井筒的煤柱太多，浪费国家资源。

二、中型褶曲对生产的影响及其处理

井田范围内的中型褶曲是大型褶曲的次一级构造，对整个井田的开拓部署影响不大，但对采区布置的影响较大。下面介绍几种对中型褶曲影响的处理方法。

1. 褶曲轴作为采区中心

沿褶曲轴布置采区上、下山。如四川南桐红岩煤矿，一般采区长为 600 m，利用倾伏向斜轴作为采区中心，布置了长 1 200 m 的大采区（图 5-3）。

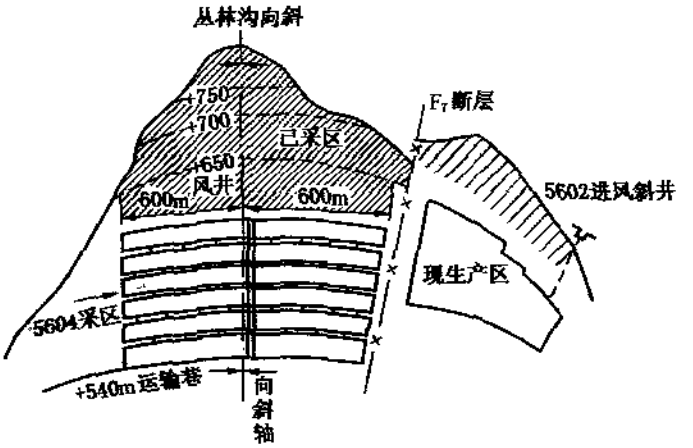


图 5-3　红岩煤矿丛林 5604 采区布置示意图

2. 褶曲轴作为采区边界

当紧闭褶曲附近次一级褶曲、断裂发育时，可以将褶曲轴作为采区边界（图 5-4）。

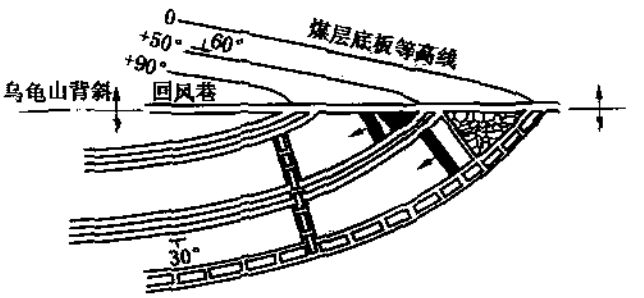


图 5-4　南桐煤矿以背斜轴作为采区分界示意图

3. 工作面直接推过褶曲轴部

当褶曲比较宽缓时，工作面可直接推过褶曲轴部（图 5-5）。

对中型褶曲的处理，必须注意了解褶曲的紧闭程度。如遇到紧闭褶曲时，其枢纽部位会出现次一级小褶曲（图 5-6），使构造复杂化，影响矿井正常生产。

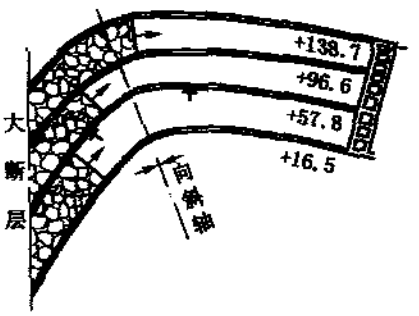


图 5-5　工作面直接推过向斜轴示意图

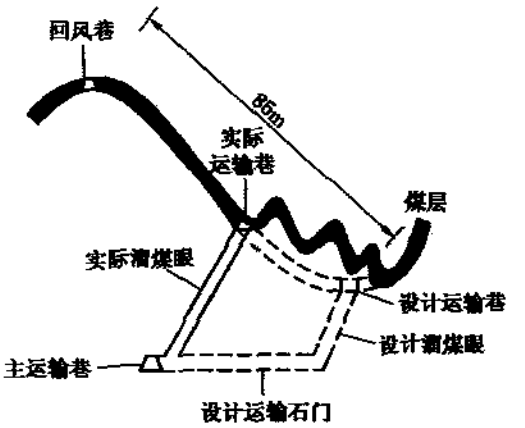


图 5-6　东北某矿褶曲轴部小褶曲示意剖面图

三、小型褶曲对生产的影响及其处理

小型褶曲是指在工作面准备过程中，在巷道中见到的小褶曲。下面介绍几种对小型褶曲的处理方法。

1. 重新掘开切眼

在小型褶曲发育地区，当煤层出现增厚、变薄甚至不可采现象时，工作面无法推过，需重新掘开切眼。

2. 下段风巷超前掘进

在小型褶曲发育地区，沿煤层掘进的风巷、工作面运输巷弯曲时，除采用可弯曲输送机或对巷道进行改造取直外，还可采用下段风巷超前掘进的方法。在掘进下段风巷的过程中查清风巷小褶曲后，再一次掘成上段工作面运输巷，以避免造成人力、物力的浪费。

【对褶曲的处理的训练】

一、训练目标

学会根据褶曲的发育情况、分布范围，判断褶曲类型并对褶曲作出正确的处理。

二、训练用工具与器材

(1) 量角器、文具等。
(2) 若干褶曲图纸，如图 5-1～图 5-6。

三、训练的方法与步骤

(1) 由现场工程技术人员带队。
(2) 学会判断褶曲的大小。
(3) 认清褶曲的性质。
(4) 判断褶曲是背斜还是向斜。
(5) 根据现场实际情况写出实验报告。

四、注意事项

(1) 大型的背斜，一般以背斜轴作为边界将背斜两翼划分为两个井田，或将总回风巷放在枢纽部位。

(2) 大型的向斜，一般以向斜轴为两个井田的边界，或将总运输巷放在枢纽部位。

(3) 中型的向斜，一般以向斜轴作为采区中心，沿褶曲轴布置采区上、下山，也可以将褶曲轴作为采区边界；当褶曲比较宽缓时，工作面直接推过褶曲轴部。

(4) 小型褶曲，可以重新掘开切眼，也可采用下段风巷超前掘进的方法。

第二节　断裂构造对煤矿生产的影响及其处理

【知识要点】

1. 按断层的规模及其对生产的影响范围对断层类型的划分
2. 断失煤层的寻找及其处理

【课程内容】

断裂构造，特别是断层破坏了煤（岩）层的完整性，造成煤（岩）层的不连续，给煤矿生产带来不同程度的影响。

一、节理对生产的影响及其处理

1. 节理影响工作面布置

当煤层顶板节理发育时，布置回采工作面要考虑节理的方向。如果工作面平行于主要节理方向，则容易出现冒顶和片帮事故。所以，布置回采工作面时，一般要与主要节理方向成一锐角（以 60°角为宜）或与主要节理方向相垂直。

在掘进过程中，当掘进方向与主要节理方向平行时，岩石的静压力将集中作用在支架上，容易造成巷道冒顶、片帮等事故。所以，在设计巷道方向时，要考虑主要节理方向，尽量使掘进方向与主要节理方向呈锐角或垂直（图 5-7）。

2. 节理影响钻眼与爆破效果

当岩石中节理发育时，炮眼的方向如与主要节理面方向平行，容易产生卡钎子的事故，而且在爆破时，因沿节理面漏气，会严重影响爆破效果。所以，在钻眼爆破时，炮眼的方向应尽量垂直于主要节理面。

3. 节理影响回采效率

在回采高变质无烟煤及低变质长焰煤时，根据节理的组数、方向和发育程度，合理的布置回采工作面，可以提高生产效率。例如，在坚硬的无烟煤中有两组节理，一组倾向西，倾角 50°～55°，较发育，另一组与前组垂直，不发育（图 5-8）。当工作面由东向西推进时，煤容易顺发育的节理面脱落，工作效率高、进度快；而当工作面由西向东推进时，则由于发育的节理倾向与工作面推进方向相反，煤不易脱落，会影响工作效率。

4. 节理影响顶板控制方法的选择

煤层顶板节理发育时，工作面一般不能单独使用立柱，要加用顶梁，而且顶梁不能平

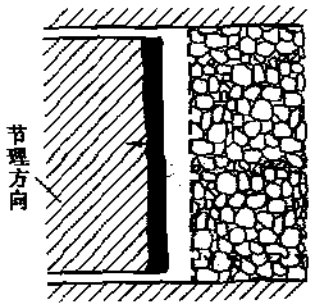


图 5-7　回采工作面与主要节理方向成锐角布置平面图

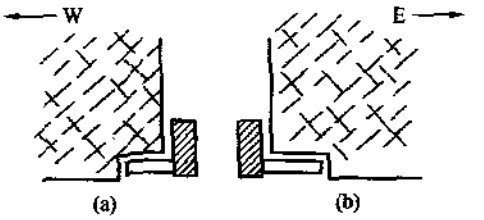


图 5-8　截煤机截割方向与节理关系图
a—工作面向西推，易破煤，进度快；
b—工作面向东推，不能利用节理，进度慢

行主要节理方向，以防止顶板沿节理面冒落，保证安全生产。当煤层倾角较小，顶板节理发育时，放顶距离要缩小，而且放顶时的回柱方向要根据顶板的主要节理方向确定（图 5-9）。这样，顶板冒落的角度小，可保证回柱放顶工作的安全。

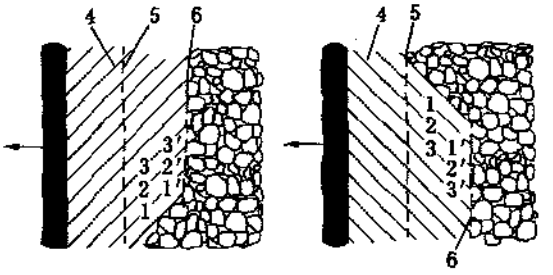


图 5-9　工作面回柱方向示意图
1—1′，2—2′，3—3′—正确的回柱方向，4—顶板岩层主要节理方向，5—新特种支架；6—老特种支架

5. 节理影响工作条件

节理是地下水的良好通道，节理往往会增加矿井水的涌出量，恶化工作条件，有时还会造成井下水患。对节理淋水处理办法是，对有淋水的工作面铺设雨棚，对回采工作面可采用调面的办法使水流向采空区，再有计划地疏干，使工人在无水条件下工作。

节理还是瓦斯的良好通道，如果煤层顶板节理发育，瓦斯的排放条件好，煤层中的瓦斯含量就小。如我国大同和京西矿区侏罗纪煤系的煤层，其顶板岩性为砂岩，由于孔隙多，瓦斯排放条件好，所以瓦斯含量少；而抚顺第三纪煤系的煤层，其顶板厚为 50～190 m 的致密油页岩，底板岩性为碳酸盐化的玄武岩及黏土岩，上、下均不透气，瓦斯不易排放，因此瓦斯含最大。

二、断层对生产的影响及其处理

断层破坏了煤层的完接性和连续性，常给矿井建设及煤矿生产带来很大影响。因此，在矿井生产过程中，对断层要进行经常性的分析研究，这是一项最重要的地质工作。

按断层的规模和对生产的影响范围，可将断层分为大、中、小 3 类。落差大于 50 m 的断层称为大型断层，落差在 20～50 m 之间的断层称为中型断层，落差小于 20 m 的断层称为小型断层。由于这 3 类断层对生产的影响不同，因此，对它们处理的方法也不相同。

（一）大型断层对生产的影响及其处理

1. 依据大断层来划分井田

大型断层是井田划分的主要依据之一。由于大型断层的影响，煤田被分为若干块段，在划分井田时就要考虑以大断层作为井田的边界。这样，既可以把断层煤柱与井田边界煤柱合为一体，减少煤柱损失，又可尽量避免出现三角煤，不使生产条件复杂化。例如，某矿西部边界有一条斜交断层 F_1，在边界附近出现了一个压上三角煤，开采这部分煤时，由于通风、运输困难，采出煤量极少；而东部边界以断层 F_2 为井田边界线，把压上三角煤划给了相邻的矿井开采，邻近矿井未作过压岩巷，就采出了很多煤炭，节省了一个煤柱，提高了资源采出率（图 5-10）。

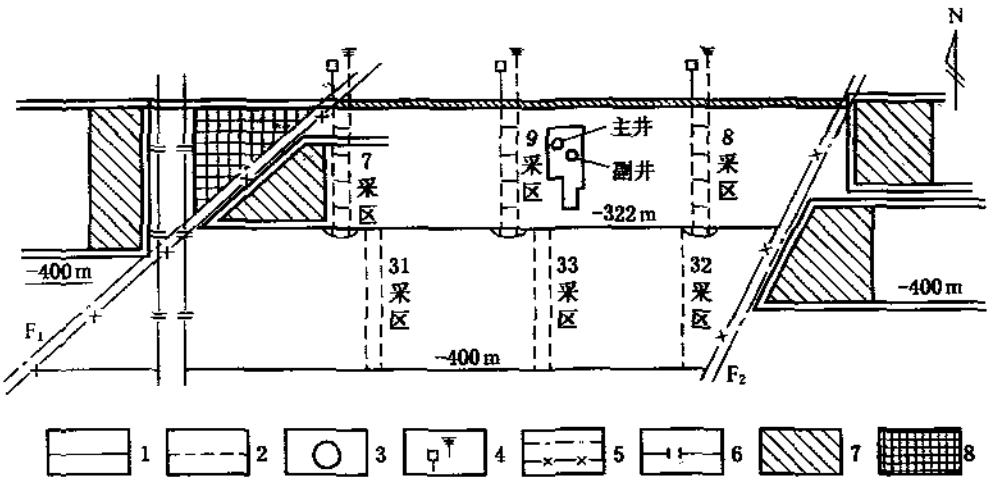


图 5-10　井田技术边界处断层形成的三角煤

1—平巷；2—斜巷；3—立井；4—斜井；5—断层上下盘；6—井田技术边界；7—采空区；8—压上三角煤损失

如果在井田内存在大断层，必然增加大量的断层煤柱，并给掘进、运输和巷道维护带来很多困难。在水文地质条件复杂的矿区，过大断层时，还容易造成突水的危险。所以，我国许多矿区常以大断层作为井田边界（图 5-11）。

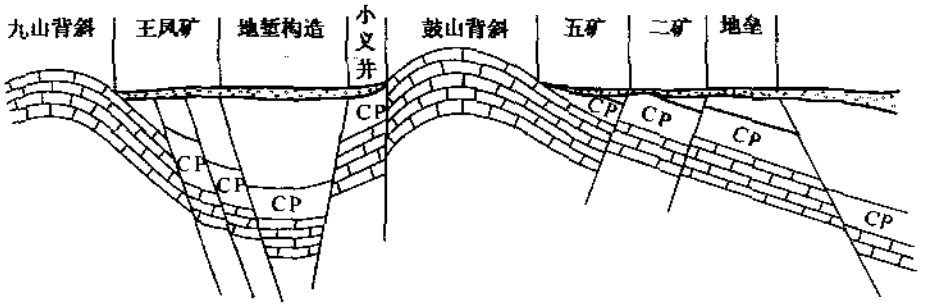


图 5-11　峰峰矿区构造形态及井田划分示意剖面图

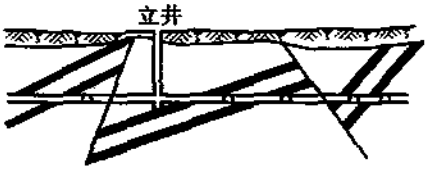
大、中型矿井可以将落差大于 100 m 的断层作为井田边界，小型矿井可以将落差大于 50 m 的断层作为井田边界。如果矿井以断层为界，要在断层两侧各留 30 m 断层煤柱。

2. 依据大断层选择开拓方式

在选择井田开拓方式时，应当考虑地质因素的影响，其中断层占很重要的地位。缓倾斜煤层（图 5-12），在没有断层影响的地质条件下，采用斜井开拓较好；但是，如果煤层被断层破坏（图 5-13），产状变化较大时，就不能采用斜井开拓，而要用立井、主要石门开拓。如果煤层倾角较大，一般情况下应尽量避免采用下山开拓；但是，当井田以断层为边界时，由于主要石门不能贯通所有煤层（图 5-14 所示Ⅲ水平以下的煤层），因而只好采用下山开拓。



图 5-12　斜井开拓



5-13　立井开拓

（二）中型断层对生产的影响及其处理

中型断层一般影响采区的划分及采区内巷道的布置。对中型断层的处理方法一般有以下几种。

1. 对倾向和斜交断层的处理方法

对倾向和斜交断层的处理方法，一种是以断层为采区边界另开上山（图 5-15a），另一种是采用石门过断层（图 5-15b）。一般认为，断层落差大于 20 m 时，可以断层作为采区边界；当落差小于 20 m 时，则采用石门过断层的方案较为经济合理。当两倾向断层之间的煤层走向长度在 600～800 m 时，可采用双翼上山开采方案（图 5-16）；当煤层走向长度在 300～400 m 时，可采用单翼上山开采方案（图 5-17）。

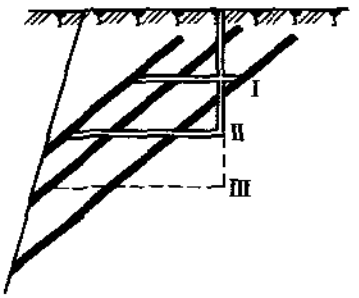


图 5-14　立井开拓示意图

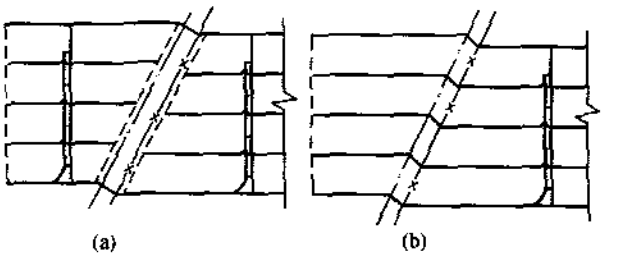


图 5-15　过断层方案的比较

a—另开上山；b—石门过断层

2. 对走向断层的处理方法

如果井田内走向断层落差大，煤层被断层分割的长度大于 3 个区段，煤炭储量又能满足一个水平的服务年限，可以考虑以该走向断层作为水平界限。

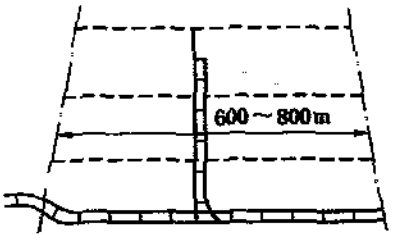


图 5-16　双翼上山开采方案

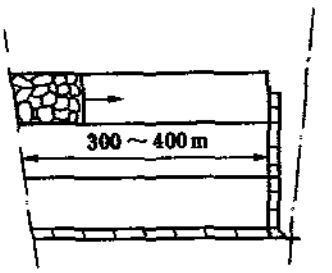


图 5-17　单翼上山开采方案

当上山（或下山）部分存在的走向断层落差较大，而煤层被断层分割的倾斜长度较短（1～2 个区段）时，可以考虑以走向断层作为水平内的辅助水平界线（图 5-18），但这时将形成多段提升，使提升系统复杂化。

（三）小型断层对生产的影响及其处理

采区内有小型断层存在时，会给回采和掘进带来困难，只有在布置工作面时处理得当，才能减小型断层对生产的不利影响。

1. 对采区内小型走向断层的处理方法

当采区内走向断层落差在 2 m 以上，并且沿走向延伸较长时，常以断层为界，将工作面一分为二，按双工作面回采（图 5-19）。在这种情况下，上、下工作面应保持一定的差距，一般为 15～30 m，以避免上、下工作面间放顶冲击地压的相互影响。

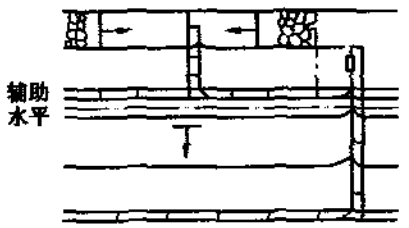


图 5-18　以走向断层划分辅助水平

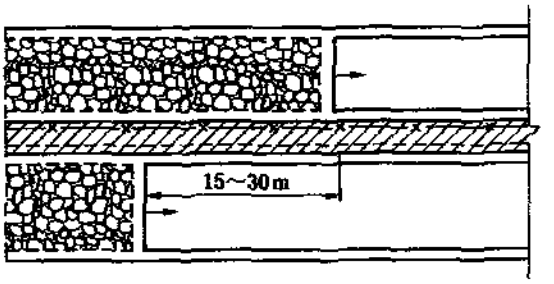


图 5-19　双工作面布置

2. 对采区内斜交断层的处理方法

采区内有斜交断层存在时，往往使工作面斜长不一致，给回采、运输、顶板控制和正规循环作业带来困难。在这种情况下，可先布置两个工作面回采（图 5-20），待过了断层影响区之后，再恢复用一个工作面生产。

3. 对工作面小型倾向或斜交断层的处理方法

当工作面小型断层的落差大于 2 m 时，需要重新作开切眼；当落差小于 2 m 时，工作面有时可以直接推过断层，但过断层时，应注意使工作面与断层走向方向有一个较大交角（以 60°～90°最好），以避免因冲击地压造成工作面切顶。在有顶板淋水或底板出水时，可将工作面调转一定角度（图 5-21），这样有利于使水流向采空区，改善劳动条件。

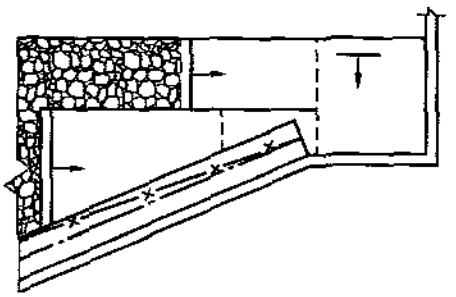


图 5-20　双工作面布置

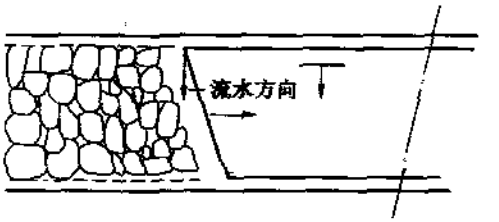


图 5-21　工作面调转一定角度

（四）断层对生产的其他影响

1、断层对安全生产的影响

断层带及断层两侧的岩石常十分破碎，当采掘工作面遇到断层时，容易发生冒顶、片帮等事故，所以要加强支护。

当断层与含水层或地表水相通时，水会沿断层带流入矿井内，使矿井内涌水量增加，劳动条件恶化。水文地质条件复杂的矿区还会因此而发生突水，造成矿井淹没事故。因此，当采掘工程接近断层破碎带时要加强防治水措施。

在高瓦斯矿井中，由于断层附近岩石破碎，容易积聚大量瓦斯，造成瓦斯突出事故。因此，当采掘工程接近断层破碎带时，应加强安全措施，预防瓦斯突出事故发生。

2. 断层对煤炭储量的影响

为了煤矿安全生产，在断层两侧需留设一定宽度的保安煤柱。断层越多，保安煤柱留设得就越多，煤炭损失量也就越大。另外，一般断层带附近的煤质变得较差，有时煤层因断层而变薄，从而使煤层变成不可采，造成资源的损失。

3. 断层对掘进工作的影响

在煤巷掘进遇到断层时，由于煤层被断失，如果方法适当，还可以很快找到断失的煤层，继续掘进；如果方法不当，就可能造成大量废巷，既造成经济损失，又延误工期。

三、断失煤层的寻找方法

在掘进过程中遇到落差较大的断层时，往往不能直接看到断层另一盘的煤层，因此确定断层的性质和断距，成为确定巷道掘进方向的重要问题。目前在煤矿中，寻找断失煤层的方法主要有以下几种。

1. 小断层类比法

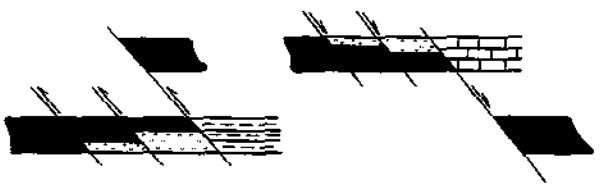


图 5-22　利用小断层类比法判断主断层性质示意图

在断层附近有时伴生一组平行的小断层，这些小断层往往与较大断层的性质相同，因此可以根据这些小断层来判断新揭露的较大的断层的性质（图 5-22），从而寻找到断失煤层。

2. 经验类推法

经验类比法与小断层类比法基本相同，一个矿井开采了一定时期后，通过大量的资料积累，对本井田出现的断层，得出某些规律性认识，根据其规律可帮助确定新揭露断层的性质，来寻找断失煤层。例如，过去见到的都属正断层的煤矿，新揭露的断层很可能仍是正断层；相反，过去见到的都是逆断层，则新揭露的断层可能是逆断层。这种分析在构造比较简单的地区较为实用。

3. 对比分析法

对比分析法是根据邻近采区，水平巷道中已查明的断层产状与新断层的产状进行对比，假如两断层产状基本一致，又能连接，那么新断层可能是老断层的延展部分，新断层的性质必然与老断层相同，被断失的煤层也就可以确定了。

4. 煤、岩层层位对比法

煤、岩层层位对比法是根据断层两侧的煤、岩层层位，顺序，岩石性质进行对比，并结合断层面产状来判断断层性质、煤层断失方向和落差的一种方法。

采用这种方法，要掌握各煤层的厚度、稳定性、物理性质，以及夹石层的性质和厚度、各煤层之间的垂直距离、煤层顶底板性质等特征。如果在煤系地层中有标志层或含有化石时，也是对比的重要依据。如图 5-23 所示，在巷道掘进中遇断层，对与煤层接触的对盘岩层进行观察研究，对比综合地层柱状图（矿井综合地层柱状图或采区综合地层柱状图）中各岩层特征，确定其层位，即可判定对盘煤层下降，并由综合地层柱状图中可查出地层断距为 12.9 m。

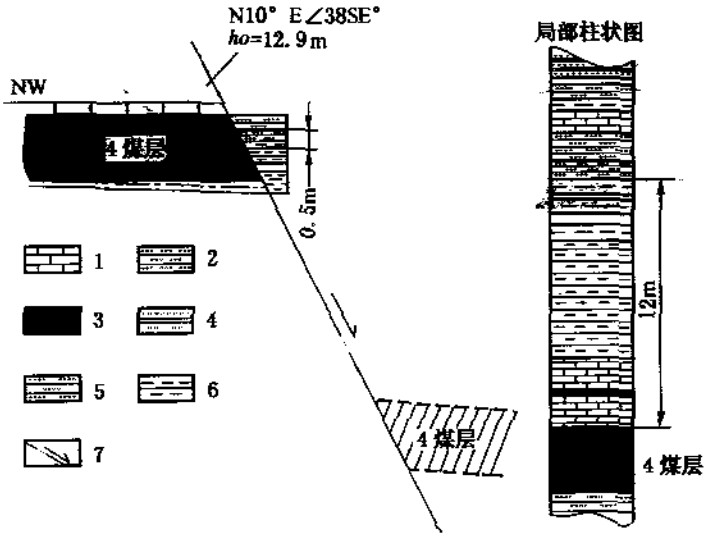


图 5-23 利用岩（煤）层层位对比确定断层性质和落差

1—石灰岩；2—细砂岩；3—煤层；4—砂、页岩互层；5—粉砂岩；6—泥岩；7—断层

5. 断层标志法

断层标志法是根据岩层的错动现象来判断断层性质和断失方向的一种方法。

（1）导脉　在断层面附近出现的能对断层两盘的相对位移方向具导向作用的断层角砾岩、断层泥、煤线等称为导脉。根据导脉，可以确定断层断失的方向，如图 4-30 所示。

(2) 牵引褶曲　煤层因错动牵引而产生的弯曲现象。这种褶曲的尖端指示对盘运动的方向如图 4-28 所示。

(3) 断层擦痕　当断层上的擦痕明显时，利用擦痕深浅的方向来判断断层错动的方向，如图 4-27 所示。

6. 生产勘探法

当断层的性质或落差无法判定时，可根据需要，利用钻探、物探或巷探等手段查明断层的性质，然后再确定断失煤层的位置。

利用钻探方法寻找断失煤层时，应注意钻孔布置的方向要尽量垂直于岩层走向，如图 5-24 所示 1、3 号钻孔；若钻孔布置的方向与岩层走向一致，则达不到寻找断失煤层的目的，如图 5-24 所示 2 号钻孔。

利用巷道寻找断失煤层的方法称巷探法。利用此法常有以下两种情况。

(1) 平巷遇断层时，一般利用巷道拐弯的方法寻找断失煤层（图 5-25）。步骤是：如果平巷掘到 A 点，煤层断失，遇到一条倾向断层或斜交断层，这时首先要确定掘进工作

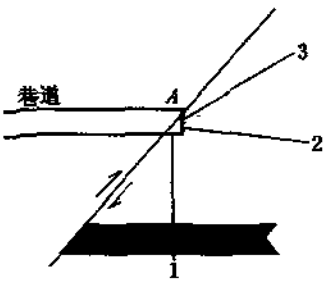


图 5-24　钻孔布置方向

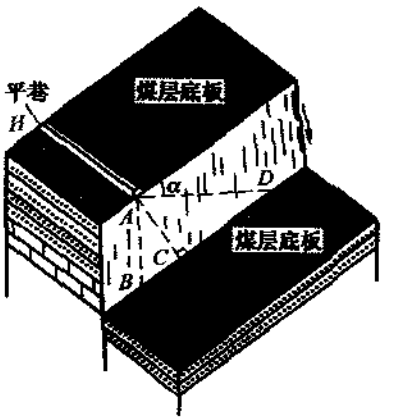


图 5-25　水平巷道遇断层

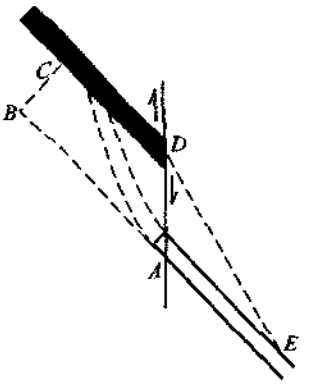


图 5-26　上山遇断层
（剖面图）

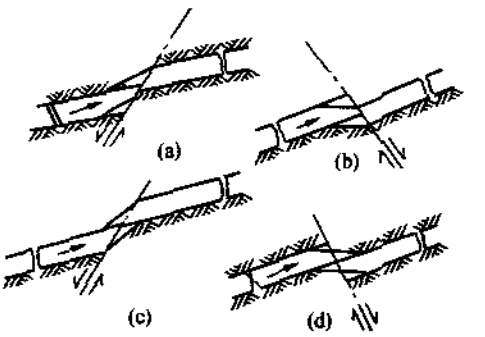


图 5-27　挑顶、挖底方法通过小断层
a—挑顶；b—挖底；c，d—挑顶和挖底结合

面遇到的岩层是煤层上部的岩层还是煤层下部的岩层。如果是煤层上面的岩层，巷道穿过断层面后，应向底板方向拐弯；如果是煤层下面的岩层，巷道穿过断层面后，应向顶板方向拐弯。至于拐弯后多远距离，才能找到断失煤层，这需要经过计算和作图的方法求得。

(2) 斜巷遇断层时，一般采用改变巷道坡度的方法寻找断失煤层（图 5-26）。一条上山 AB，掘至 A 处遇一断层，应仔细观察对盘的岩性。如果对盘是煤层下部的岩层，巷道穿过断层后应采用挑顶的方法来寻找断失煤层；如果是煤层顶部的岩层，巷道穿过断层后，应采用挖底的方法来寻找断失煤层（图 5-27）。至于巷道挑顶、挖底坡度的大小、多远距离才能找到断失煤层，还要经过计算和作图的方法求得。在重新设计巷道坡度时，应尽量避免将巷道布置在煤层的上方，以避免造成压煤，增大煤炭损失。另外，在巷探时，应尽量使探巷将来在生产上能加以利用，以便一巷多用。

第三节　岩浆侵入体对煤矿生产的影响及其处理

【知识要点】

1. 岩浆侵入体的产状和形态
2. 岩浆侵入含煤地层的规律
3. 对岩浆侵入体的观察与探测
4. 采掘工作中对侵入岩体的处理方法

【课程内容】

在地质历史中，我国有些地区的地壳运动颇为频繁，岩浆活动也十分广泛。特别是中生代以来，我国东部地区的地壳运动伴随着岩浆活动，对不少地区的煤层有很大的影响：由于岩浆侵入煤层，使煤层被吞蚀，为侵入体所代替，破坏了煤层的连续性和完整性，减少了煤炭的可采储量；由于接触变质的影响，使煤的灰分增加，黏结性减弱，使煤质变坏，形成天然焦，降低煤的工业价值；火成岩的硬度大，妨碍采掘工作的顺利进行，影响工程进度，增加生产成本；在煤层中，当分布若干火成岩体时，给采区和工作面的布置增加了困难，甚至由于岩体分布范围不清而造成废巷，影响煤矿正常生产。

一、岩浆侵入体的产状和形态

岩浆侵入体在含煤地层内主要有以下两种产状。

1. 岩墙

岩墙往往呈墙状切穿煤层及其顶底板（图 5-28）。岩墙在平面上呈条带状分布，宽度由几十厘米至几米，甚至更宽；其长短不一，有的在井田内尖灭、消失，也有的延长到井田范围之外。岩墙有时成群出现，展布方向大致相同，并与主要断裂线的方向一致，这一点对于分析侵入体与断裂构造的关系和掌握矿井内岩墙的分布规律具有重要意义。

2. 岩床

岩床往往沿煤层层面方向侵入。它既可沿煤层顶板或底板侵入，也可顺煤层中间侵入或吞蚀整个煤层。岩床多为层状侵入体，层状侵入体一般多接近岩浆的通道。当岩床侵入煤层时，煤层局部或全部被火成岩所代替，靠近岩床的煤炭则被烘烤成天然焦，其附近煤

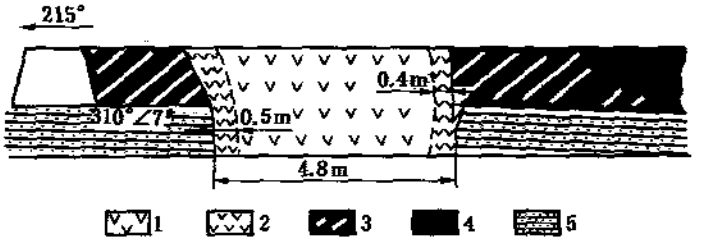


图 5-28　淄博奎山矿 7042 顺槽岩墙素描图

1—辉绿岩；2—微晶辉绿岩；3—天然焦；4—煤层；5—细砂岩

的变质程度也明显增高，往往出现无烟煤或高变质的烟煤；似层状的岩床侵入体，其厚度变化较大，火成岩取代了部分煤层。

3. 小型侵入体

在含煤地层内除了岩墙和岩床外还发现一些形态不规则的小型侵入体，如瘤状、扁豆状、串珠状、树枝状侵入体等（图 5-29）。这些小型侵入体大多发育在岩床等较大侵入体的边缘，是岩浆侵入严重地区向外扩展而形成的，接近较大岩体时比较发育，远离岩体则逐渐消失。小型侵入岩体的界限极不规则，在其周围产生少量的天然焦。一般个体很小的侵入岩体周围无天然焦，大部分煤层能正常保留。



图 5-29　不规则树枝状侵入岩体

二、岩浆侵入煤层的活动特征

1. 岩浆侵入体的分区

根据岩浆侵入体的形态和对煤层的破坏程度。大致可分为上冲区、扩散区和波及区 3 个区。

（1）上冲区　指岩浆通道及附近区。该区岩浆活动剧烈，岩体呈层状、似层状，煤层全部被吞蚀，偶见少量混杂着大量岩浆物质的天然焦，其燃烧性很差，失去工业价值。

（2）扩散区　指岩浆离开侵入中心向外扩散的地区。岩浆侵入体的形态大多呈串珠状或树枝状。该区岩浆吞蚀煤层和引起煤层变质作用的差异很大，在岩浆扩散较弱地段有时仍残留可采煤层。

（3）波及区　指扩散区的外围受岩浆高压热气波及的地区。该区偶尔有少量的侵入岩体，或仅有天然焦存在而无侵入岩体。

2. 岩浆侵入煤层的规律

岩浆活动与地质构造有密切的关系，尤其断裂构造对岩浆侵入体的分布起着控制作用。岩浆活动时又总是向压力小的方向运动。张性和张扭性断裂，开启程度较好、侧压小、切割深、延展远，有利于岩浆活动。岩浆沿断层面侵入、上升遇煤层后，易向煤层上山方向扩散（图 5-30）。当断层面与煤层同向倾斜时，断层带两侧岩浆侵入体的分布特征是，顺侵入方向的一侧比逆侵入方向的一侧分布范围广。

岩浆侵入的层位与煤层及其围岩的物理化学性质有关。一般煤层的化学稳定性较差，同时煤层及其层理面是软弱地带，所以岩浆遇煤层大部分沿煤层侵入。在同一地段内，

上、下煤层厚度不同时，侵入体的分布也不相同，一般在厚煤层中，岩浆活动阻力最小，因而侵入体分布范围广、厚度大、形状不规则；在薄煤层中，侵入体的分布则相反。

3. 岩浆侵入煤层引起变质作用

岩浆侵入煤层时，由于岩浆成分、侵入规模、产状和侵入位置的不同，因而引起的煤层变质程度也各不相同。

(1) 岩墙对煤层的影响较小，只是使岩墙两侧数米内煤层变质，影响宽度很少有超过10 m者。沿煤层侵入的岩体，对煤层的影响范围较大。

(2) 岩浆侵入煤层的不同位置，影响也不相同。一般，侵入体上部煤层的变质带较宽，侵入体下部煤层的变质带较窄。岩浆侵入煤层中部时，其上下的煤层均发生变质，对煤层的影响较大（图5-31）。

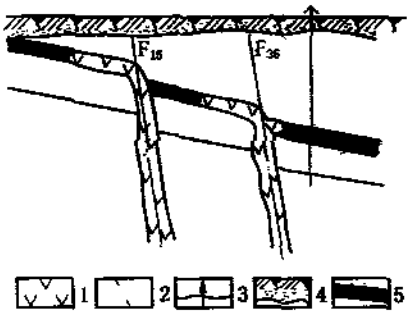


图5-30 岩浆向煤层上山方向扩散示意图

1—火成岩；2—断层；3—钻孔；1—表土；5—煤层

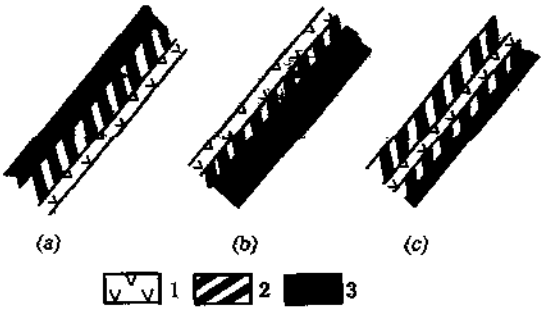


图5-31 岩浆侵入不同位置对煤层变质作用的影响

a—岩浆侵入到煤层下部；b—岩浆侵入到煤层顶部；c—岩浆侵入到煤层中部

1—火成岩；2—天然焦；3—煤层

(3) 侵入体的大小、厚度直接影响煤的变质程度。侵入体愈大，则热量越高，煤层的变质也就越深，影响范围也越大。

(4) 岩浆的性质不同，对煤层的影响也有差异。一般认为，基性岩浆黏度小、易流动，因此其分布面积较大，对煤层的破坏也较严重。

(5) 煤层的变质程度还与距离侵入体的远近有关，近者变质深，远者变质浅。

三、岩浆侵入体对煤矿生产的影响及其处理

1. 岩浆侵入体对煤矿生产的影响

(1) 减少储量降低煤矿服务年限　由于岩浆的侵入，吞蚀了煤层，使矿井的煤炭储量减少，从而影响到矿井的服务年限。例如，辽宁阜新平安矿某区原有储量1.52 Mt，由于岩浆侵入破坏，只剩下2.0 Mt，其余的煤已被火成岩吞蚀或变成天然焦。

(2) 煤质变差　由于岩浆侵入煤层，使煤质变差，灰分增高，挥发分显著降低，黏结性遭到破坏，原来的优质工业用煤，降为一般民用煤，甚至变成了天然焦。例如，河北井陉一矿，开采很好的主焦煤，但从岩浆侵入体附近采出的煤炭，其质量很差，失去了工业价值。

(3) 影响采掘工作　原来连续完整的煤层，由于岩浆侵入，可能被分割成若干块段，并可能会在煤层中分布着许多零星的火成岩体，这样给采区布置、回采工作、巷道掘进都会带来困难。

2. 采掘过程中对岩浆侵入体的处理

(1) 对岩浆侵入体的探测　由于岩浆侵入体的形状变化大，地面钻探和井下巷道的揭露点又常常不足以控制岩体的分布范围，因而在采掘过程中往往要根据实际情况布置一些探巷或钻孔，来探清岩体的分布范围。当岩浆侵入煤层时，巷道无论是沿顶板或沿底板掘进，每隔一定距离均应探测一次岩体和煤层厚度的变化，并要求从顶板到底板获得完整的煤、岩柱状，最后编制剖面图，以反映煤、岩层分布情况（图 5-32）。

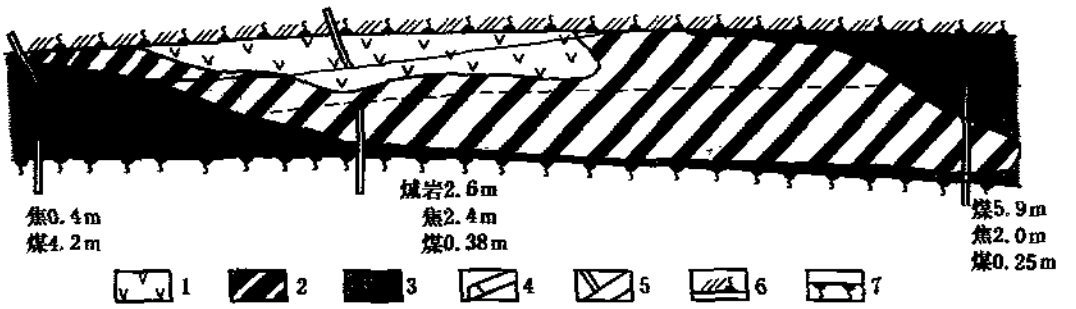


图 5-32　根据钻探资料编制的煤层素描剖面图

1—岩浆岩；2—天然焦；3—煤层；4—巷道；5—巷道中钻孔；6—煤层顶板；7—煤层底板

当岩浆侵入中厚煤层或薄煤层时，可以在同一煤层中布置钻孔或探巷，以查明岩浆侵入体的范围（图 5-33），也可以从邻近煤层的巷道中打钻圈定岩浆侵入体的分布（图 5-34）。

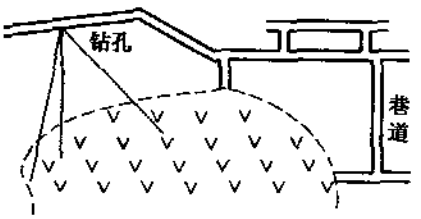


图 5-33　在同一煤层中布置钻孔和探巷平面示意图

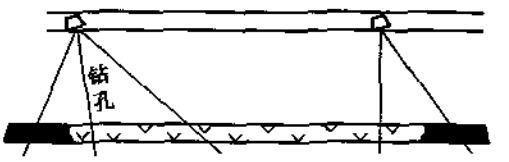


图 5-34　在邻近煤层的巷道中布置钻孔剖面示意图

(2) 在采掘中的处理方法　先查明岩浆侵入体的产状是岩墙还是岩床，然后再根据具体情况决定采掘工作的部署。一般在运输巷、回风巷、上下山的掘进过程中遇到岩墙时，可按原设计直接穿过；回采时，可根据岩墙的大小与分布情况，决定是重开切眼还是分面回采。如果岩墙沿煤层倾向或斜交方向分布，回采至岩墙时可重开切眼，继续回采（图 5-35）。当沿走向分布有较大的岩墙时，可将采煤工作面分成上下两段，按两个小采煤工

作面回采（图 5-36）。如果遇到岩床，则要先用巷道或钻孔圈定其范围，然后再确定回采方案。串珠状侵入体，如对煤层破坏不严重，回采工作面可以直接避过，但要增加采煤工作面处理岩浆岩的工序，以减少煤中混入的矸石。另外，在布置采区、采煤工作面时，要设法避开大片的岩浆岩分布区。

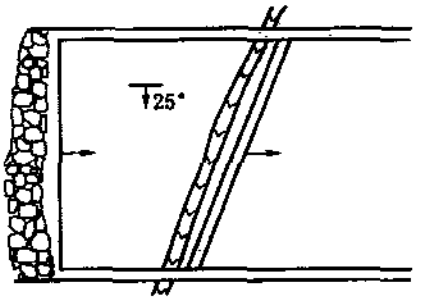


图 5-35　另开切眼示意图

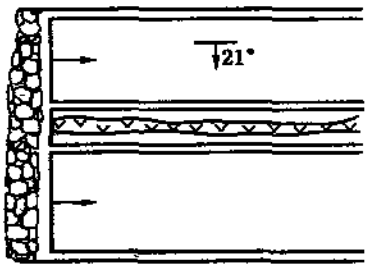


图 5-36　采煤工作面分段回采示意图

第四节　喀斯特陷落柱对煤矿生产的影响及其处理

【知识要点】

1. 陷落柱的形成
2. 陷落柱的特征
3. 陷落柱对煤矿生产的影响
4. 陷落柱的观测

【课程内容】

一、陷落柱的形成

喀斯特陷落柱是煤层下伏碳酸盐岩等可溶岩，因地下水溶蚀引起上覆岩层冒落而形成的柱状塌陷体。

在我国华北石炭二叠纪煤系的基底，存在有溶洞和非常发育的奥陶纪石灰岩，由于地下水的长期溶蚀，这些溶洞越来越大，在地质构造应力和上覆岩层重力的长期作用下，有些溶洞发生塌陷，覆盖在上面的煤系地层也随之陷落。由于这种塌陷的剖面形态为柱状，所以称陷落柱（图 5-37）。

二、陷落柱的特征

（一）地表特征

当陷落规模较大时，可穿过煤系地层一直通到地表，呈现出特殊的地貌景观，在基岩裸露地区更为明显。在陷落柱处岩层产状杂乱，毫无层次，登高望去，呈一环形盆地。盆地边缘岩层产状正常；盆地中乱石林立，充填着不同地层的岩石碎块。另外，周围岩层因受塌陷影响而略显弯曲，岩层多向陷落区内倾斜。

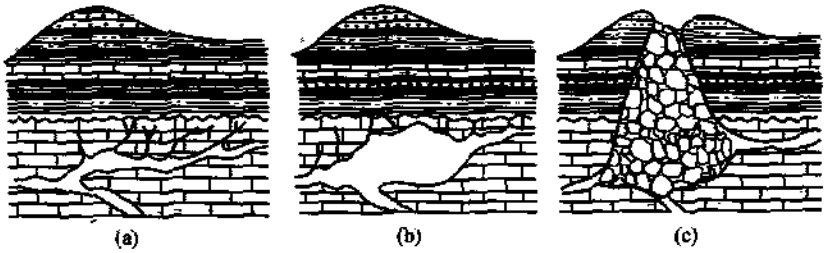


图 5-37　陷落柱的形成过程示意图

a—石灰岩中发育有溶洞；b—溶洞逐渐扩大；c—陷落柱形成

在黄土覆盖地区，由于雨水渗透作用而使地表形成陷坑。随着雨量的增加和渗透量增大，地表陷坑愈陷愈深，甚至形成小盆地。当黄土层较厚时，一般在地表很难看到陷落柱的存在。

（二）井下特征

1. 陷落柱的形态

陷落柱总的形态是一个上小下大的圆锥体，它们在水平切面上多呈圆形或椭圆形，直径大小不一，最大直径可达几百米，最小直径仅几米。

2. 陷落柱内组成物

陷落柱主要由塌陷的岩石碎块组成，这些岩石碎块，棱角显著，形状不一，排列紊乱，大小混杂，大的岩块直径可达数米，小的仅几厘米；岩块与岩块之间充满着岩粉、煤粉和各色黏土，胶结性差，多未成岩。柱内有的干燥无水，有的有淋水现象。据统计，陷落柱柱内瓦斯含量一般比正常区高 2～3 倍。

3. 与围岩的接触关系

陷落柱与围岩的接触关系呈不规则锯齿状，界限明显。在接触处，围岩的产状基本正常，接触带附近的煤层及顶板一般无牵引现象。在井下煤巷掘进中遇到陷落柱后，穿过柱体仍可见到厚煤层。

4. 陷落柱轴线与岩层产状的关系

大多数矿井的观测结果表明，陷落柱锥形体的中心轴与围岩岩层面近似垂直，岩层倾斜则陷落柱也歪斜，在水平投影上，各煤层的陷落范围不会完全重叠（图 5-38），井下陷落的范围比地表大，其边缘向上山方向移动。

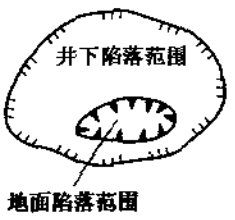


图 5-38　陷落柱陷落范围平面投影图

三、陷落柱对生产的影响及其处理

在陷落柱比较发育的矿区，煤层常常遭到严重的破坏，给煤矿生产带来很多困难，有时还会给矿井生产带来严重的后果。

1. 破坏可采煤层，减少煤炭储量

由于陷落柱的存在，常使可采煤层遭到严重破坏，在一定范围内失去可采价值，致使井田内的煤炭储量大大减少，造成采区服务年限缩短。如山西省汾西富家滩煤矿的东区，陷落柱破坏面积占该区储量计算面积的 53%；张家庄煤矿的西区，陷落柱破坏

面积占该区储量计算面积的42%，该矿采区预计可采储量0.45 Mt，可采期2年，由于陷落柱的破坏，实际只开采了半年，采出煤量仅0.28 Mt。

2. 降低采掘效率，提高生产成本

在掘进中遇到陷落柱时，一般情况下是直接穿过陷落柱，这给巷道支护和管理增加了困难，同时也增加了巷道的维修费用。在回采中遇到陷落柱，一般是先采用探巷摸清陷落的范围，然后采取措施进行回采。这样，不仅影响了采煤工作的正常进行，而且降低了生产效率。

3. 妨碍机械化的使用，影响正规开采

随着我国采矿技术的发展和机械化程度的提高，一些矿井要求采区走向长度增大到1 000～1 500 m，倾斜长度加大到100～150 m。但是在陷落柱比较发育的地区，很难布置出这样的采区。如果在长壁回采工作面有几个陷落柱时，采煤机组和液压支架将无法使用和通过。

4. 造成矿井突水，危及矿井安全

1984年6月2日10时20分，开滦矿务局范各庄矿2171工作面发生奥陶纪灰岩陷落柱特大突水灾害。突水发生后20 h 5 min全矿淹没。根据淹没体积测算，突水高峰期平均涌水量达2 053 m^3/min，此突水量古今中外从未有过。

6月6日15时30分，当范各庄矿水位升高到－156.72 m时，由于静水压的增高，涌水从－232 m的7煤层盲洞处溃决与吕家坨矿的边界煤柱，并于6月10日5时50分淹没了吕家坨矿。

6月12日，当吕家坨矿水位上升到－334.72 m时，与其相邻的林西矿发现边界煤柱地段出现渗水现象，渗水量随吕家坨矿水位上涨而增加，矿井危在旦夕，被迫停产。此次突水事故使范各庄、吕家坨两矿经济损失严重，范各庄矿、吕家坨矿、林西矿3矿煤炭减产几百万吨。

四、对陷落柱的观测

在井下遇到陷落柱时，要认真观测它与围岩的接触面，破碎的岩体和围岩产状变化等情况。根据其规律性，进一步推断陷落柱的形状、大小和揭露部位。

对陷落柱，很多矿井地质工作者总结很多方法，可归纳为“五查”、“五看”、“五定”。

1. 五查

(1) 查该区陷落柱的规律。

(2) 查柱体内的充填物。

(3) 查煤的氧化情况。

(4) 查煤、岩层中水和瓦斯变化情况。

(5) 查小断层发育情况。

2. 五看

(1) 看陷落柱的不规则面。

(2) 看充填物的性质和特征。

(3) 看煤、岩层的产状变化情况。

(4) 看陷落柱内岩块的大小、排列和时代。

(5) 看陷落柱与煤层的交面线。

3. 五定

(1) 定陷落柱的形状。

(2) 定巷道遇陷落柱的部位。

(3) 定陷落柱的大小。

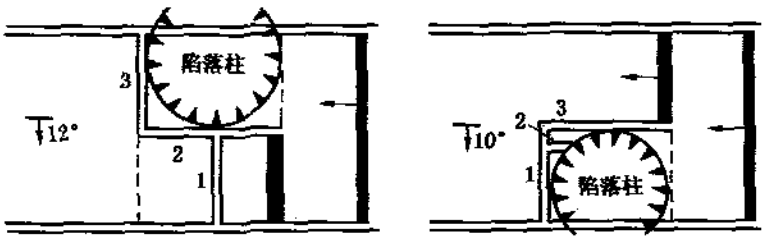
(4) 定穿过陷落柱的距离。

(5) 定遇陷落柱的探测工作。

五、采掘工作中对陷落柱的处理方法

1. 掘进回风巷和工作面运输巷道时遇陷落柱

在掘进回风巷道或工作面运输巷道遇到陷落柱时，一般要直接穿过，如图 5-39 所示。工作面正常回采后，在陷落柱附近要做好 1，2，3 号巷道的施工接替准备工作，工作面一旦推到陷落柱，可立即缩短一工作面长度。这样做不会影响回采工作进行，但增加了巷道的掘进工作量。



(a) (b)

图 5-39 工作面的巷道遇到陷落柱

a—回风巷遇到陷落柱；b—工作面运输巷遇到陷落柱

1，2，3—巷道编号

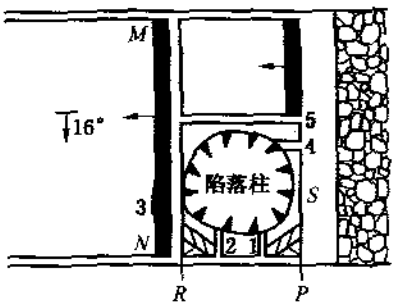


图 5-40 工作面 F 部遇陷落柱

1，2，3，4，5—巷道编号

2. 回采工作中遇陷落柱

在回采工作中遇到陷落柱时，一般先用巷探摸清陷落柱范围，如图 5-40 所示。当工作面在 S 点处遇到陷落柱时，首先进行巷探，按巷道 1，2，3，4，5 顺序施工，缩短工作面，继续向前推进到 M 点处. 再按原工作面长度 MN 回采。

第五节 矿井瓦斯、地温对煤矿生产的影响及其处理

【知识要点】

1. 瓦斯涌出量

2. 煤与瓦斯突出

3. 防止煤与瓦斯突出的地质工作

【课程内容】

矿井瓦斯是指矿井中主要由煤层气构成的以甲烷为主的有害气体。它包括 CH_4（甲烷）、CO_2、N_2、C_2H_6（乙烷）、SO_2、CO 等。CH_4是矿井瓦斯的主要成分，所以一般讲的瓦斯是指甲烷。矿井瓦斯引起的事故和煤尘、水害、火害、冒顶事故一起，被称为矿井“五大灾害”。

为了保证煤矿安全生产，减少和避免瓦斯事故的发生以及合理的进行通风设计，必须掌握瓦斯的赋存和分布规律。

一、瓦斯涌出量

1. 矿井瓦斯等级

矿井瓦斯涌出量是指在开采过程中，煤体或岩体涌入矿井风流中的瓦斯总量。矿井瓦斯涌出量是确定矿井瓦斯等级，建立瓦斯管理制度，以及进行通风计算的依据。矿井瓦斯涌出量的表示方法有两种：一是绝对瓦斯涌出量，即矿井在单位时间内涌出的瓦斯量，用 m^3/min 表示；二是相对瓦斯涌出量，即矿井平均每产 1 t 煤所涌出的瓦斯量，用 m^3/t 表示。

根据矿井的相对瓦斯涌出量和矿井的绝对瓦斯涌出量，以及瓦斯涌出形式，可将矿井划分为三级。

（1）低瓦斯矿井　矿井相对瓦斯涌出量小于或等于 10 m^3/t 且矿井绝对瓦斯涌出量小于或等于 40 m^3/min。

（2）高瓦斯矿井　矿井相对瓦斯涌出量大于 10 m^3/t 或矿井绝对瓦斯涌出量大于 40 m^3/min。

（3）煤(岩)与瓦斯(二氧化碳)突出矿井　在采掘过程中发生过煤与瓦斯突出。

2. 影响矿井瓦斯涌出量的因素

影响矿井瓦斯涌出量的因素是复杂的，既取决于矿井煤层瓦斯含量，也取决于开采条件，综合起来有以下 5 个方面。

（1）煤炭产量　矿井的煤炭产量越大，绝对瓦斯涌出量就越大。这是由于煤炭产量增加，煤层和围岩的暴露面也必然增加，虽然它们之间并不完全成正比关系，但产量的增减对相对瓦斯涌出量却有明显的影响。

（2）开采深度　矿井开采深度增大，矿井瓦斯涌出量就随之增大。这是由于煤层的瓦斯量是随着深度而增加的。

（3）开采顺序　煤层开采顺序对矿井瓦斯涌出量影响显著。先采煤层的上下相邻的煤层，由于受到采动影响，瓦斯很容易得到排放并涌入先采煤层的工作面或巷道中。因此，首先开采瓦斯含量大的煤层，能够起到排放邻近煤层瓦斯、均衡矿井瓦斯量的作用。

（4）煤层的透气性　煤层的透气性愈大，对瓦斯的涌出愈有利。

（5）地面大气压力　地面大气压力的变化，对矿井瓦斯涌出量的影响在短时间里特别明显，气压下降时瓦斯涌出量增加。

除上述影响矿井瓦斯涌出量的主要因素外，在日常工作中矿井存在的一些特殊情况对矿井瓦斯涌出量也有影响。例如，压入式通风的矿井，一旦停止通风，由于井下气压突然下降，采空区积存的瓦斯就有可能迅速涌出；掘进或回采工作面在推进中遇到断层、裂隙

时，矿井的瓦斯涌出量也会猛增。

二、煤（岩）与瓦斯突出

煤（岩）与瓦斯突出是指在地应力和瓦斯的共同作用下，破碎的煤、岩和瓦斯由煤体或岩体内突然向采掘空间抛出的异常的动力现象。这种喷出，在短时间内（几分钟甚至几秒钟）产生很大的冲击力量，破坏工作面煤壁，从煤（岩）层深处排出大量的煤（岩）与瓦斯，并伴有强烈的响声。

煤（岩）与瓦斯突出对煤矿安全带来严重的威胁。我国不少矿井曾发生过突出，其中突出严重的有：四川的天府和南桐，辽宁的北票，贵州六枝，黑龙江的鸡西，河南的焦作，江西的涌山和英岗岭，湖南的红卫和立新等煤矿。据天府煤矿统计，1975 年 8 月到 1979 年 7 月止，该矿共发生突出 35 次，突出煤与矸石 17.237 t。其中，煤层中突出 3 次，突出总煤量为 15 614 t；特大突出 2 次，其中一次突出程度达 1 278 t，是目前国内突出强度之冠，居世界第二位。

煤（岩）与瓦斯突出是一种复杂的动力现象，突出的发生是各种自然因素综合影响的结果，概括起来有以下主要影响因素。

1. 煤层赋存深度

地层压力随深度增加而增大，矿井越深，瓦斯突出的可能性愈大，突出强度加大。如江西某矿，第一水平突出强度为 400 t，第二水平突出强度则达 900 t。

2. 地质构造

许多矿井的突出，主要集中在某些地质构造带中。如湖南立新煤矿的蛇形山井，1977 年 5 月底前，共突出 140 次，回采区就突出 70 次，形成突出集中带。该带为一倾伏背斜，采区边界为两条断层切割，突出点发生的位置多与某些小型地质构造有关。有的突出点发生在小型褶曲附近，有的发生在受强烈挤压的褶皱带，有的发生在断层附近，有的发生在构造轴线附近，有的发生在倾角变化的转折点。如湖南塘成沙坝井，一次突出强度为 300 t的突出就发生在煤层倾角由 82°突然变至 30°的转折点，也有的发生在断层附近。

3. 煤层厚度变化

煤层厚度变化带往往是容易发生突出的地点。如湖南马田煤矿六层煤内的 30 次突出，发生在凸透镜状的煤包附近；湖南金竹山矿 1970 年以前的突出，均发生在分岔煤层中；湖南红卫煤矿坦家冲井，82.2%的突出点在厚煤带中。

在我国多数瓦斯矿井中，煤与瓦斯突出大都发生在厚煤层和中厚煤层中。这可能是由于在厚煤层中瓦斯含量和瓦斯压力相对要大些的缘故。

4. 煤的物理性质

有突出危险的煤层一般具有下列特征。

（1）煤的结构中孔隙较多。

（2）煤的透气性较低，煤中瓦斯扩散困难，因而在煤层中能保持较高的瓦斯压力和瓦斯含量。

（3）煤质松散，呈颗粒状结构，容易破碎。

（4）煤的弹性应变超过全部应变的 70%。

（5）煤的显微结构中有大量的空洞，由毛细管连通。

5. 其他地质因素

(1) 岩浆侵入煤层　据北票东风一井对 133 次突出记录进行统计，有 80 次与岩浆侵入有密切关系，占总突出次数的 59.7%。

(2) 煤的变质程度　高变质煤发生突出的可能性比低变质煤大。

(3) 水文地质条件　涌水量大的矿井和采区，发生突出的危险性较涌水量小的矿井和采区小。

三、防止煤与瓦斯突出的地质工作

1. 做好突出点地质描述和记录

在煤与瓦斯突出后，地质人员应与其他部门配合，进入突出点进行观测，并作出文字记录和素描图。

记录内容包括：突出时间、地点、突出点标高、距地表深度、突出强度、煤层类别、巷道类别、突出前所采取的措施、突出前作业方式、突出类型、突出前预兆等。

地质描述内容主要包括：突出点和突出空间所在煤层及其煤质和煤层结构，煤层顶、底板岩性，煤层厚度及其变化，煤岩层的产状及其变化，突出点附近的地质构造特征与岩浆侵入体的关系等。还要描述裂隙、断层、褶皱等情况及其与突出点的关系。

文字说明应与素描图相配合，并建立突出点记录卡片。

2. 编制突出点分布图

应将突出点及时填绘到有关的采掘工程平面图和地质图上，作为分析突出点分布规律的基础资料。

在编制突出点分布图时，应反映出突出强度、瓦斯含量和瓦斯压力等数据，应对突出强度进行分级。

突出点分布图的底图，应根据矿区地质特点来确定。煤层底板等高线图、煤层等厚线图、矿区地形地质图均可作为底图。在剖面图上也应反映出突出点的位置。

3. 提供可能发生突出的地质资料

具有突出现象的矿井，应做好地质预报。不仅采区应有突出地质预报资料，掘进工作面也应有突出地质预报资料。地质预报应包括以下重要信息。

(1) 石门揭露煤层的位置　对具有突出危险的煤层，必须在掘进前方打钻探测，及时掌握距煤层的位置，控制煤（岩）层不少于规定厚度。

(2) 煤层厚度变化特征及变化带的具体位置　对容易发生煤层厚薄变化的地带、煤层分岔点，尽可能提供具体资料。

(3) 构造特征　包括褶曲轴位置和煤层倾角变化的转折点，断层交汇处和尖灭点，以及节理发育情况等。

(4) 煤质变化　说明煤层结构，煤分层的煤岩物理特征及其变化。

(5) 岩浆侵入体　标明其具体位置。

4. 分析突出与地质关系

为查明突出危险区需做以下几个方面的工作。

(1) 鉴别煤层突出危险性增大的标志　如鉴别煤层厚度及产状急剧变化，结构变松破碎，孔隙增多等煤层具突出危险的标志。

(2) 查明突出预兆　如观测放煤炮、工作面压力增大、煤壁外鼓、瓦斯含量增加等。

5. 编制突出预测图

突出预测图应综合反映预测成果。编制突出预测图，应着重注意以下几点。

(1) 反映突出规律　充分反映已掌握的突出规律。

(2) 对突出危险程度进行分类　一般分为3类：一是无危险的，即没有或不可能发生突出的煤层或区域；二是一般危险的，即突出强度在100 t以下的煤层或区域；三是严重危险的，即突出强度在100 t以上的煤层或区域，或每采1 000 t煤突出煤量在1 t以上的煤层或区域。

在突出预测图上除了反映突出点分布情况外，还应圈出不同突出危险程度的地带，并尽量指出可能发生突出地点及其突出强度。

四、预防瓦斯事故的方法

(1) 加强矿井瓦斯监测　按照《煤矿安全监控系统及检测仪器使用管理规范》的规定在井下布置瓦斯传感器，加强矿井瓦斯监测，预防瓦斯事故。

(2) 加强通风　在井下巷道或工作面瓦斯局部集中区域加强通风，降低瓦斯浓度。

(3) 抽放瓦斯　在有突出危险的待采煤层及围岩中施工瓦斯抽放空，提高抽放瓦斯，减少围岩急煤层中的瓦斯含量，降低瓦斯压力，消除或减弱煤岩与瓦斯突出的危险性。

(4) 注水　顺煤层布置长钻孔，向煤体大面积注水，使煤层湿润、增加可塑性，减小工作面前方的应力集中程度，减慢煤体中瓦斯的放散速度，降低瓦斯突然释放的潜能，以消除瓦斯突出的危险性。

五、地温对生产的影响及其处理

矿井温度的高低主要受地热增温率的影响。大多数地区的地热增温率在2～3 ℃/100 m。随着矿井开采深度的增加，井下温度会逐渐升高。目前已有不少矿井温度超过了《煤矿安全规程》规定的上限。矿井生产环境温度的升高，直接影响井下工作人员的身体健康，影响机电设备的正常运转，还可能引发其他事故。

目前煤矿主要是通过加强矿井通风和制冷降温、采用合理的开采方法等措施，降低工作场所的温度，以保护井下工作人员的身体健康，避免因高温引发安全事故。

复习思考题

1. 简述地质构造对生产的影响。
2. 在井下怎样认识褶曲和判断褶曲轴的位置？
3. 寻找断失煤层的方法有哪些？
4. 岩浆侵入煤系地层有哪些规律？
5. 岩浆侵入煤层对煤矿生产的影响是什么？
6. 喀斯特陷落柱是怎样形成的？它的特征有哪些？
7. 陷落柱对煤矿生产有何影响？

8. 如何观测陷落柱?

9. 什么叫矿井瓦斯? 瓦斯涌出量的表示方法有哪两种? 影响瓦斯涌出的因素有哪些?

10. 怎样预测煤（岩）与瓦斯突出?

第六章 煤、煤层、煤系和煤田

我国幅员辽阔，煤炭资源十分丰富，已查明的煤炭资源量达 1 017.6 Gt，拥有 4 个储量达 500 Gt 以上的巨型煤田。我国煤炭资源总量占世界第二位。目前，在我国的能源消费构成中，煤炭仍占据重要地位，是我国的第一能源。

第一节 煤

【知识要点】

1. 煤的形成
2. 煤的化学成分和工艺性质
3. 煤的物理性质
4. 煤岩成分与煤岩类型
5. 煤的工业分类及其综合利用
6. 煤尘爆炸性和煤的自燃倾向性
7. 煤的元素成分分析

【课程内容】

一、煤的形成

（一）成煤原始物质

我国有着悠久的用煤历史，早在公元前，人们就知道用煤燃烧，并被广泛开采和使用，但并不清楚它是怎样形成的。随着生产的发展，人们在煤层及其上下岩层中，找到了保存完好的植物化石，甚至还发现仍然保留着整个树干或树根外形的煤炭。有人把煤块磨成极薄的透明薄片，放在显微镜下观察，发现其中还保留有大量植物组织的碎片，如木质纤维组织、角质层、孢子、花粉等。由此证明煤是由植物转变而来的。

自然界中的植物分为低等植物和高等植物两大类，前者包括菌类和藻类，后者包括乔木、灌木及某些草本植物。无论是低等植物还是高等植物，都可参与成煤。

（二）煤的形成条件

自然界中，并不是所有的植物都可以形成煤，因为煤的形成必须具备一定的条件。

1. 植物条件

植物是成煤的原始物质，是成煤的物质基础。没有植物生长，就不可能有煤的形成。有人曾计算过，5～10 m 厚的植物堆积才能形成 1 m 厚的泥炭，而 5～10 m 厚的泥炭才能形成 1 m 厚的煤，因此大量植物繁殖是成煤的前提之一。由于植物的大量繁殖是成煤的必要条件，所以伴随着植物界的大发展，常出现重要的聚煤期。例如我国的 3 个最主要的聚煤期（石炭二叠纪、三叠纪侏罗纪、新近纪）分别与植物界的孢子植物、裸子植物和被

子植物的繁殖达到极盛时期相对应。

2. 气候条件

植物的生长直接受气候的影响，只有在潮湿、温暖的气候条件下，植物才能大量繁殖。此外，植物遗体只有在稍有积水的沼泽地带，才能免遭完全氧化而逐渐聚积起来，而沼泽发育也要求潮湿气候。因此，潮湿和温暖的气候对成煤最有利。

3. 自然地理条件

形成分布面积广，具有开采价值的煤层，还必须有适于发生大面积沼泽化的自然地理条件。泥炭沼泽可分两大类：一类为滨海沼泽，另一类为内陆沼泽。由于环境不同，它们所形成的煤系和煤层的特点也不相同。

沼泽的成因有两种：一种是由于地壳下降运动使近海平原积水而发生沼泽化，或内陆洼地积水引起沼泽化，形成了泥炭沼泽；另一种是由于湖泊中沉积物不断沉积，其速度超过地壳下降的速度时，湖底淤塞；从而演变成沼泽（图 6-1）。

4. 地壳运动条件

地壳运动对煤的形成的影响是多方面的。

（1）泥炭层的积聚，要求地壳发生缓慢的下降，下降的速度最好与植物聚积的速度大致平衡。这种状态持续时间越久，形成的泥炭层也越厚。

（2）泥炭层的保存和转变成煤层，要求地壳发生较大幅度和较快的沉降。

（3）同一地区要形成较多的煤层，则要求地壳在总的下降过程中发生多次的升降或间歇性的下降。

此外，地壳运动还对沉积区周围的剥蚀区产生影响，直接关系到搬运来的碎屑物质的数量和颗粒粗细等等，对沼泽地区的自然地理环境和气候的改变，也有重要影响。

总之，在地壳发展的历程中，只要某个地区同时具备以上 4 个条件，彼此间又配合较好，持续时间较长，就能形成煤层多、厚度大、储量丰富的大型煤田。如果这 4 个条件的配合，只是短暂的存在，虽然也能形成煤层，但不可能形成经济价值巨大的煤田。

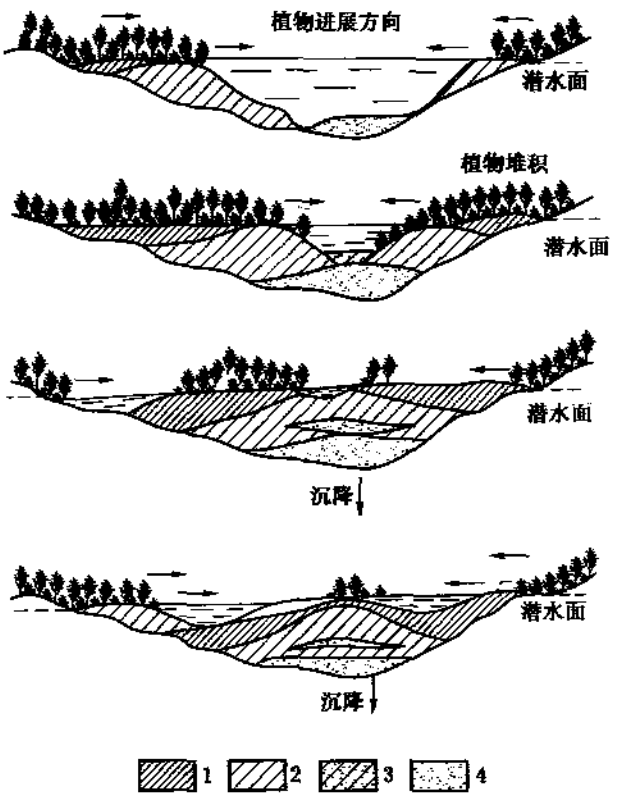


图 6-1 沼泽的演变示意图

1—泥炭；2—腐泥质泥炭；3—腐植-腐泥；4—腐泥

（三）煤的形成过程

如上所述，成煤原始物质是植物。由于成煤植物的种类不

同，煤分为三类：由高等植物形成的煤称为腐植煤，由低等植物形成的煤称为腐泥煤，由高等植物和低等植物混合形成的煤称为腐植腐泥煤。这种分类称为煤的成因分类。

植物从死亡堆积到转变成煤，所经历的过程称为成煤作用。成煤作用分为两个阶段，即泥炭化阶段和煤化阶段。

1. 泥炭化（腐泥化）阶段

1）泥炭化阶段

生长在沼泽、湖泊中的高等植物不断繁殖，其死亡后的遗体堆积在积水沼泽中，植物遗体中的有机组分，如木质素、纤维素、蛋白质等成分，在表层喜氧细菌的作用下，经过氧化分解和水解作用后可转化为化学性质上活泼的简单的化合物。随着泥炭沼泽覆水程度的增强、植物遗体堆积厚度的增加，使得正在分解的植物遗体逐渐与大气隔绝，此时喜氧细菌数目减少，厌氧细菌则逐渐增加，氧化环境逐渐为还原环境所代替，分解作用逐步减弱。在沼泽深部厌氧细菌的作用下，分解产物之间和分解产物与植物残体之间又不断发生一系列复杂的生物化学作用，逐渐化合形成新的产物，如腐植酸、腐植盐酸、沥青质、硫化氢、二氧化碳、甲烷及氢等。

这些产物中，部分不稳定的气体或液体逸出后，剩下的物质沉积下来，形成了泥炭。这种由高等植物转化为泥炭的生物化学作用过程成称为泥炭化作用。

泥炭一般为黄褐色或黑褐色，无光泽，质软富含水及腐植酸。泥炭晒干后可作燃料、化工原料及肥料等。

2）腐泥化阶段

在湖泊、积水较深的沼泽及潟湖中，低等植物（主要是藻类）繁殖很快。当这些藻类死亡后，遗体随泥砂一起沉积到湖底。在缺氧的还原环境下，藻类遗体中的蛋白质，脂肪等物质，经细菌的分解和化合等一系列复杂的生物化学作用，逐渐转变为富含沥青质的胶冻状物质。这种物质与泥砂混合就成为腐泥。这种由低等植物死亡后变成腐泥的生物化学作用过程，称为腐泥化作用。

腐泥是潟湖及湖泊中常见的沉积物，一般呈黄褐色或黑褐色。腐泥晒干后可用作燃料，最普遍的是用作肥料。

2. 煤化阶段

泥炭或腐泥转变为褐煤、烟煤、无烟煤的地球化学作用，称作煤化作用。当泥炭、腐泥由于地壳下降而为其他沉积物覆盖时，成煤作用就由第一阶段（泥炭化或腐泥化阶段）进入第二阶段——煤化阶段。它包括两个连续的过程，即成岩作用和变质作用。

沼泽中堆积的泥炭被泥砂等沉积物覆盖后，在上覆沉积物压力作用下，发生了压紧，失水、胶体老化，固结等一系列变化，生物化学作用逐渐消失，同时泥炭的化学组成也发生了缓慢的变化，泥炭变成了较致密的褐煤。一般把泥炭转变为褐煤的过程叫做煤的成岩作用。其实，在泥炭化阶段，随着泥炭的不断堆积，在泥炭的底部就开始了成岩作用，尤其是泥炭层比较厚时更是如此。

褐煤沉降到较深之处，受到不断增高的温度和压力的影响，引起煤的内部分子结构、物理性质和化学性质方面的重大变化，如腐植酸消失，出现黏结性，光泽增强等，褐煤逐渐变成烟煤。一般认为褐煤变成烟煤时，就开始进入煤的变质作用阶段。从褐煤转变成烟煤和无烟煤，随着煤化成度增高，煤的含碳量增高，氢含量、氧含量和挥发分减少(表 6-1)，密度增大。

表 6-1 煤中碳、氢、氧、氮元素含量表

煤　种	碳的含量/%	氢的含量/%	氧的含量/%	氮的含量/%
褐煤	60～77	6～5	30～10	3～1
烟煤	74～92	5～4	10～2	3～1
无烟煤	90～98	<4	<2	3～1

无烟煤阶段的煤化程度更高，个别情况下，无烟煤可进一步变为石墨。石墨是一种变质矿物，它已不属煤的范围了。

腐泥煤随着煤化程度的增高而发生的变化，总的来说与腐植煤的规律相似，如含碳量增高，光泽增强等。由于自然界的腐泥煤分布少，对它的研究工作少，所以对腐泥在煤化过程中的变化特点，尚有待进一步深入研究。成煤作用及各阶段的产物见表 6-2。

表 6-2 成煤作用及其各阶段的产物

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

二、煤的化学成分和工艺性质

（一）煤的元素组成

1. 碳（C）

碳是煤中最重要的组成部分。碳含量随煤化程度的加深而增高。泥炭中碳的含量为50%～60%，褐煤中为 60%～77%，烟煤中为 74%～92%，无烟煤中为 90%～98%。

2. 氢（H）

氢也是煤中的重要元素。燃烧时，氢所产生的热量约为碳的 4.2 倍，1 kg 氢完全燃烧能产生 143.248 MJ 的热量。煤中氢含量比碳少得多。随煤化程度加深，氢含量有逐渐减少的趋势（表 6-1）。

3. 氧（O）

氧是煤中不可燃烧的元素。煤中氧含量变化很大，并随着煤化程度加深而降低(表 6-1)。

当煤受到氧化时，含氧量迅速增高，而碳、氢含量则明显降低，所以氧含量是确定煤层的风氧化带深度的主要指标之一。煤中氧一般都不直接测定而用差额法计算得出。

4. 氮（N）

煤中的氮的含量很少，仅有1%～3%。它主要来自成煤植物中的蛋白质。煤燃烧时，氮只是分解而不产生热量。当煤进行干馏时，煤中大部氮转变成氨及其他含氮化合物，可以进一步加工成氮肥，硝酸等产品。

5. 硫（S）

硫是煤中的有害物质。煤中硫分为无机硫和有机硫两部分。无机硫包括硫化物硫和硫酸盐硫。硫化物硫绝大部分是以黄铁矿、少量的以白铁矿硫的形态存在，硫酸盐硫主要是石膏（$CaSO_4 2HO_2$）中的硫。有机硫是煤中与有机物结合的硫，主要来自成煤时植物和微生物中的蛋白质。一般把煤中无机硫和有机硫的总和称为全硫（$S_{t,d}$）。煤中硫的含量一般在0.5%～3.0%之间，我国煤中硫的含量低的小于0.2%，高的超过15%。

煤质评价时，根据煤的干燥基硫分含量将动力用煤硫分分为5级（表6-3），将炼焦精煤的硫分分为6级（表6-4）（GB/T 15224.2—2004）。

表6-3 动力煤硫分分级

序　号	级别名称	代　号	干燥基全硫分（$S_{t,d}$）范围/%	
			无烟煤和烟煤	褐　煤
1	特低硫煤	SLS	<0.50	<0.45
2	低硫煤	LS	0.50～0.90	0.45～0.85
3	中硫煤	MS	0.91～1.50	0.86～1.50
4	中高硫煤	MHS	1.51～3.00	1.51～3.00
5	高硫煤	HS	>3.00	>3.00

表6-4 冶炼用炼焦精煤的硫分分级

序　号	级别名称	代　号	干燥基全硫分（$S_{t,d}$）范围/%
1	特低硫煤	SLS	<0.40
2	低硫分煤	LS	0.40～0.70
3	中低硫煤	MLS	0.71～0.95
4	中硫分煤	MS	0.96～1.20
5	中高硫煤	MHS	1.21～1.50
6	高硫分煤	HS	1.51～2.50

6. 磷（P）

磷是煤中的有害成分。煤中的磷大都存在于无机矿物中（如磷灰石矿物），只有微量的有机磷。我国煤中磷含量一般为0.001%～0.1%，最高不超过1%。磷在煤中虽然含量较少，但其危害性很大。当煤炼焦时，煤中磷转入焦炭，焦炭炼铁时又转入生铁中，使生铁性脆而影响其质量。国家规定炼焦用煤中的磷含量不能超过0.05%。

7. 其他元素

煤中尚有锗、镓、铀、钒等有益伴生元素，石煤中有时还富集着镍、钼等伴生元素。这些元素的含量有时可达工业品位，或可综合利用，是十分重要的资源，已列入煤田普查

勘探项目中，是必须进行综合评价的重要矿产。

（二）煤的工业指标

为了合理地利用煤炭资源，要求对煤进行工业评价。通过工业分析测定煤中的水分（M）、灰分（A）、挥发分（V）等煤质指标数值，标定煤质牌号和质量优劣，确定煤的工业价值和综合利用途径。对生产矿井来说，煤的工业分析指标数值是检验企业生产管理及产品质量的标志，也是计价标准。

1. 水分

煤中水分的含量和存在状态与外界条件和煤的内部结构有关。

1）煤中水分存在的状态

根据水分在煤中存在的状态，将煤中的水分分为两种：外在水分（M_f）和内在水分（M_{inh}）。

外在水分是指在一定条件下，煤样与周围空气湿度达到平衡时所失去的水分。在开采、运输、储存及洗选过程中，附着在煤颗粒表面的水分属外在水分。内在水分是指在一定条件下煤样达到空气干燥状态时所保持的水分。吸附凝聚在煤毛细孔隙中的水分属内在水分。内在水分和外在水分的总和称为全水分（M_t）。

2）水分对煤的工业利用的影响

煤中水分是一种有害物质，其含量愈低愈好。储存时，煤中水分随空气的温度而变化，使煤容易破裂，加速氧化；运输中，水分会增加运输负荷，在高寒地区冬季水分冻结，会造成装卸的困难；炼焦时煤中的水分消耗热量，延长炼焦时间，降低了焦炉生产率；作燃料时，煤中水分的蒸发要消耗部分热量，降低了有效的发热量（蒸发1%水分，大致要消耗1%发热量）。

2. 灰分

灰分是指煤样在规定条件下完全燃烧后所得的残留物。它的成分主要有氧化铝（Al_2O_3）、氧化钙（CaO）、氧化硅（SiO_2）、氧化镁（MgO）、氧化铁（Fe_2O_3）及稀有元素的氧化物等。

我国大部分煤田煤的灰分多在10%～30%之间。

煤中灰分分为内在灰分和外在灰分。内在灰分是指由原始成煤植物中的和由成煤过程中进入煤层的矿物质所形成的灰分。选煤过程中，很难将内在灰分选掉。外在灰分是指由煤炭生产过程混入煤中的矿物质所形成的灰分，如在采煤、运输过程中混入煤中的顶底板岩石碎块。外在灰分通过选煤可以除掉。

灰分是衡量煤炭使用价值的重要指标之一，也是煤炭计价的基础。按灰分的高低，将煤分为4级（表6-5）（GB/T 15224.1—2004）。

表6-5 煤的灰分分级

序号	级别名称	代号	灰分（A_d）范围/%	
			动力煤	冶炼用炼焦精煤
1	特低灰煤	SLA	≤10.00	≤6.00
2	低灰煤	LA	10.01～16.00	6.01～9.00
3	中灰煤	MA	16.01～29.00	9.01～12.00
4	高灰煤	HA	>29.00	>12.00

3. 挥发分

在隔绝空气的条件下，将煤置于 900 ℃的温度下加热 7 min，煤中的有机物质和矿物发生热分解，分解出来的气态物质称为挥发分。其主要成分有氢、氧、氮、甲烷、乙烷、乙炔、一氧化碳、二氧化碳、硫化氢等。在工业分析测定时，这个组成中包含有无机矿物质的热分解产物，并不全是有机质的挥发分。因此，这个测定值也叫挥发分产率。挥发分一般用可燃基（无水、无灰分煤样）挥发分（V_{daf}）表示。挥发分与成煤原始物质、植物遗体的转化环境及煤的变质程度有密切关系。在一般情况下，腐泥煤的挥发分比腐植煤高。腐植煤中，煤的变质程度越高，挥发分越低。挥发分是鉴定煤质的重要指标，是工业分类的主要依据，通过它大致可以判断煤的种类和工业用途。煤的挥发分产率分级见表 6-6（GB/T 849—2000）。

表 6-6 煤的挥发分产率分级

级别名称	特高挥发分煤	高挥发分煤	中高挥发分煤	中等挥发分煤	低挥发分煤	特低挥发分煤
挥发分 V_{daf}/%	≤50.00	>37.00～50.00	>28.00～37.00	20.00～28.00	>10.00～20.00	≤10.00

4. 焦渣

焦渣是指测定挥发分过程中，残渣在坩埚中的固态物质。它是由煤中有机物质分解后残余物质和煤中没有除掉的灰分所组成。

焦渣的形状和特征是鉴定煤的结焦性能好坏的依据。焦渣的形状和特征与煤中有机质性质有关，还与煤的煤化程度有关。腐泥煤不具黏结性，焦渣呈粉末状。腐植煤中的褐煤和无烟煤的焦渣均不黏结，呈粉末状，长焰煤、瘦煤、贫煤等一部分烟煤也是属于不黏结或弱黏结性的，其焦渣为不黏结的小块，强度低；另一部分烟煤，其中肥煤、焦煤黏结性好，焦渣呈膨胀或强膨胀熔融黏结，这种煤可作为炼焦用煤。

（三）煤的工艺性质

煤不仅是重要的燃料，更是冶金、化学工业的重要原料。随着国民经济的发展，煤综合利用的大力开展，就更需要研究煤的工艺性质，判断它是否符合各种加工业的要求，选择最合理的利用途径，正确的作出工业评价。

1. 发热量（Q）

煤的发热量指单位质量的煤完全燃烧后所产生的热量，又称热值，单位为 J/g、kJ/kg 或 MJ/kg。

发热量的大小与多种因素有关，如煤中灰分、水分的含量等，但主要是取决于煤中的碳、氢可燃元素的含量。随煤化程度的增高，碳的含量增加，则发热量增大。有的烟煤因氧元素含量较高，其发热量甚至比无烟煤还高。

发热量是评价煤质的重要指标，也是研究和确定煤变质程度的重要依据之一。根据煤的发热量将无烟煤和烟煤分为 5 级（表 6-7），将褐煤分为 3 级（表 6-8）（GB/T 15224.3—2004）。

2. 胶质层最大厚度（Y）

胶质层最大厚度是指在烟煤胶质层指数测定中利用探针测出的胶质体上、下层面差的

表 6-7 无烟煤和烟煤发热量的分级

序号	级别名称	代号	发热量 $Q_{gr,d}$/（MJ·kg^{-1}）
1	特高热值煤	SHQ	>29.60
2	高热值煤	HQ	25.51～29.60
3	中热值煤	MQ	22.41～25.50
4	低热值煤	LQ	16.30～22.40
5	特低热值煤（低质煤）	SLQ	<16.30

表 6-8 褐煤发热量的分级

序号	级别名称	代号	发热量 $Q_{gr,d}$/（MJ·kg^{-1}）
1	高热值褐煤	HQL	>18.20
2	中热值褐煤	MQL	14.90～18.20
3	特低热值褐煤（低质煤）	LQL	<14.90

最大值。测量时将煤样放置密闭的胶质层测定仪中加热到 350 ℃，煤中有机质开始分解、软化，形成胶质体，继续加热至 510 ℃时，重新固结成焦炭为止，连续测得胶质体最大厚度。胶质层最大厚度是反映煤的黏结性好坏的重要指标。在形成焦炭的过程中，煤的黏结性越强，其胶质层的厚度也越大。因此，胶质层厚度的大小，可以反映煤的黏结性的强弱。

目前，胶质层最大厚度是我国煤的工业分类的一项很重要的指标。

三、煤的物理性质

煤的物理性质包括：光泽、颜色、硬度、断口、密度以及导电性等等。煤的物理性质与成煤原始物质、成煤环境及煤化程度有直接关系。因此，煤的物理性质是研究煤的成因、煤化程度，进行煤层对比的重要依据。

1. 光泽

煤的光泽是指煤的新鲜表面的反光能力，是肉眼鉴定煤的主要标志之一。煤的光泽有：玻璃光泽、金刚光泽、似金属光泽、沥青光泽及土状光泽等。光泽与成煤原始物质、煤岩成分、煤化程度及煤中灰分含量有关。如腐泥煤无光泽；低变质的褐煤、长焰煤及含灰分高的煤光泽较暗；而大多数烟煤及无烟煤光泽较强，为玻璃光泽、金属光泽（表 6-9）。

表 6-9 煤化程度增高光泽、颜色、条痕变化表

煤化程度	光泽	颜色	条痕
褐煤	无光泽或暗淡的沥青光泽	褐色，深褐色，黑褐色	浅棕色，深棕色
长焰煤	沥青光泽	黑色，黑褐色	深棕色

续表

煤化程度	光　泽	颜　色	条　痕
气煤	强沥青光泽	黑色	棕黑色
肥煤	弱玻璃光泽		黑色带棕色
焦煤	玻璃光泽		
瘦煤	强玻璃光泽		黑色
贫煤	金钢光泽	黑色，有时带灰色	
无烟煤	似金属光泽	灰黑色，带有古铜色，钢灰色色彩	灰黑色

2. 颜色

煤的颜色指新鲜煤块表面的自然颜色。它反映了煤的自然光波吸收的性质，它随着煤化程度的增高而变化，褐煤可由褐色变成深褐色、黑褐色，烟煤呈黑色，无烟煤呈灰黑色，常带有古铜色或钢灰色色彩（表 6-9）。

3. 条痕

煤粉末的颜色称为条痕。一般情况下，条痕与煤的颜色不完全相同。褐煤条痕为棕色，烟煤条痕为深棕色至黑色，而无烟煤的条痕为灰黑色。腐植煤的条痕是随煤化程度增强而加深。

4. 硬度

煤的硬度是指煤抵抗外来机械作用的能力。煤的硬度用“矿物摩氏硬度计”的等级来衡量，煤的硬度介于 1～4 度之间。它的大小随变质程度的变化而变化，变质程度高的煤硬度较大；反之，则小。

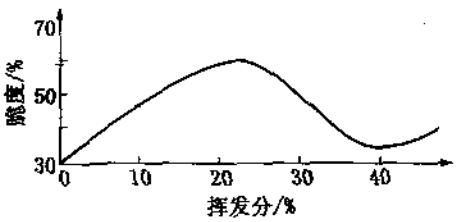


图 6-2　脆度与变质程度的关系

5. 脆度

煤的脆度指煤受压力作用时破碎的性质。在腐植煤中随变质程度的增高，脆度呈曲线变化。低变质和高变质煤的脆度小，中变质煤脆度大。此外，不同的煤岩成分脆度也不同，镜煤和丝煤脆度大，亮煤脆度中等；暗煤脆度小。其变化如图 6-2 所示。

6. 视密度

煤的视密度是指煤单位体积的质量。根据对煤的试验方法的不同，有煤的真相对密度和视相对密度之分。

煤的真相对密度是指，在 20 ℃时煤（不包括煤的孔隙）的质量与同体积水的质量之比。

煤的视相对密度是指，在 20 ℃时煤（包括煤的孔隙）的质量与同体积水的质量之比。

煤的视相对密度小于煤的真相对密度。煤的密度的大小取决于煤岩成分、煤化程度及煤中所含灰分与水分的含量。显然，含矿物杂质多的煤，密度较大，如含黄铁矿的煤比含黏土的煤密度要大；其他条件相同的情况下，煤化程度高的煤密度大，如泥炭的视密度为 0.72 g/cm^3，褐煤的视密度为 1.05～1.20 g/cm^3，烟煤的视密度为 1.20～1.40 g/cm^3，

无烟煤的视密度为 1.35～1.90 g/cm³。

储量计算、煤仓设计、运输计量均采用的是煤的视密度。

7. 裂隙

在煤中常见的裂隙有两种：一种是内生裂隙，是在成煤过程中形成的；另一种是外生裂隙，是成煤后受构造应力作用产生的。

煤中的裂隙发育情况对煤炭采掘有很大的影响，若煤中的裂隙发育时，一方面使落煤容易而且提高劳动生产率；另一方面会造成顶板和煤帮管理上的困难，有时还容易引起瓦斯突出，影响安全生产。

8. 导电性

煤的导电性是指煤传导电流的能力，通常以电阻率表示。煤的电阻率的大小与煤化程度有关。烟煤电阻率较大，是不良导体；无烟煤具有良好的导电性。此外，煤的电阻率与煤的灰分、水分及孔隙度等因素有关。灰分高时，可使烟煤的电阻率较低，使无烟煤的电阻率升高。水分对煤的电阻率的影响也很明显，由于褐煤中水分含量较高，造成电阻率小于烟煤。

四、煤岩成分与煤岩类型

（一）煤岩成分

煤岩成分是指腐植煤中宏观可识别的煤的基本组成单元，包括镜煤、亮煤、暗煤和丝炭。其中镜煤和丝炭是简单的煤岩成分，亮煤和暗煤是复杂的煤岩成分。

1. 丝炭

丝炭是外观像木炭，具纤维结构和丝绢光泽，色黑、性脆的煤岩成分。丝炭疏松多孔，能染指。丝炭的空腔常被矿物质所充填。丝炭矿化后坚硬致密，密度大。在煤层中丝炭往往呈厚几毫米的扁平体断续出现。丝炭含氢量低，含碳量高，灰分含量也高，无黏结性。由于丝炭的孔隙度大，吸氧性强，故易发生氧化和自燃。

2. 镜煤

镜煤是光泽最强、均一、性脆，常具有内生裂隙的煤岩成分。在煤层中镜煤常呈几毫米至 2 cm 的透镜状或条带状，有时呈线理状夹在亮煤或暗煤之中。镜煤的挥发分和含氢量高，黏结性强，灰分的含量很低，所以中变质阶段的镜煤是炼焦的最好配料。

3. 亮煤

亮煤是光泽较强、具有纹理的煤岩成分。亮煤在煤层中以较厚分层出现。亮煤是最常见的煤岩成分，不少煤层或分层是以亮煤为主。亮煤的灰分含量一般较低，化学工艺性质介于镜煤和暗煤之间。

4. 暗煤

暗煤是光泽暗淡、致密、坚硬的煤岩成分。在煤层中暗煤以较厚分层出现。暗煤的灰分含量很高，约大于 15%，黏结性差。

以上 4 种煤岩成分以不同的百分比相互配合，形成了不同宏观煤岩类型的煤。

（二）宏观煤岩类型

宏观煤岩类型是依据煤的总体相对光泽强度划分的类型。它是煤岩成分共生组合的反映。腐殖煤可分为光亮煤、半亮煤、半暗煤和暗淡煤 4 种基本宏观煤岩类型。

1. 光亮煤

光亮煤是光泽最强的宏观煤岩类型。其结构近于均一，条带不明显，主要由镜煤和亮煤组成。光亮煤有贝壳状断口，内生裂隙发育，脆度较大，易破碎。黏结性较强。

2. 半亮煤

半亮煤是光泽次强的宏观煤岩类型。半亮煤一般由光泽亮暗不同的煤岩成分交替成明显的条带状结构，主要由亮煤组成。半亮煤的内生裂隙较发育，断口为棱角状，是最常见的煤岩类型。如我国华北晚石炭世煤层多半是由半亮煤组成。

3. 半暗煤

半暗煤是光泽次暗的宏观煤岩类型。半暗煤具条带状结构，比较坚硬。它主要由暗煤及亮煤组成，常以暗煤为主，也可有镜煤和丝炭的透镜体，有时还能见到夹矸的透镜体。半暗煤的内生裂隙不发育，断口常呈参差不平状。半暗煤灰分较高，黏结性差。

4. 暗淡煤

暗淡煤是光泽最暗的宏观煤岩类型。暗淡煤质地坚硬、韧性大、相对密度大、含大量矿物质层理不明显。暗淡煤主要由暗煤组成，有时有少量镜煤、丝炭或夹矸透镜体。暗淡煤无内生裂隙，断口粗糙，呈尖棱角状或参差状。

五、煤的工业分类及综合利用

（一）煤的工业分类

煤分类的目的，是为了确定不同性质煤的工业用途及其经济价值，以便有计划地开采、利用煤炭资源，同时有助于合理选择炼焦用煤的配煤方案。

我国煤的工业分类方案（表 6-10，中国煤炭分类国家标准 GB 5751—1986），把我国的煤从褐煤到无烟煤共划分为 14 大类和 17 个小类。各类煤均用汉语拼音代号表示，即以煤类名称前两个汉字的拼音第一个字母表示，如无烟煤用 WY 表示。各煤种采用两位阿拉伯数码表示。十位数按煤的 V_{daf} 大小分组，无烟煤为 0，烟煤为 1～4，褐煤为 5。个位数在无烟煤类为 1～3，表示煤化程度；在烟煤类为 1～6，表示黏结性；在褐煤类为 1～2，表示煤化程度。

表 6-10 中国煤炭分类

(GB 5751—1986)

类别	代号	数码	分类指标						
			V_{daf}/%	$G_{R.I}$/%	Y/mm	b/%	H^{*}_{daf}/%	P^{**}_{M}/%	$Q_{gr,maf}$/(MJ·kg^{-1})
无烟煤	WY	01	≤3.5				≤2.0		
		02	>3.5～6.5				>2.0～3.0		
		03	>6.5～10.0				>3.0		
贫煤	PM	11	>10.0～20.0	≤5					
贫瘦煤	PS	12	>10.0～20.0	>5～20					
瘦煤	SM	13	>10.0～20.0	>20～50					
		14	>10.0～28.0	>50～65					

续表

类别		代号	数码	分类指标						
				V_{daf}/%	$G_{R.I}$/%	Y/mm	b/%	H_{daf}^{**}/%	P_M^{***}/%	$Q_{gr,maf}$/(MJ·kg^{-1})
焦煤		JM	15	>10.0～20.0	>65	≤25.0	(≤150)			
			24	>20.0～28.0	>50～65					
			25	>20.0～28.0	>65	≤25.0	(≤150)			
1/3 焦煤		1/3JM	35	>28.0～37.0	>65	≤25.0	(≤220)			
肥煤		FM	16	>10.0～20.0	>85*	>25.0	(>150)			
			26	>20.0～28.0	>85*	>25.0	(>150)			
			36	>28.0～37.0	>85*	>25.0	(>220)			
气肥煤		QF	46	>37.0	>85	>25.0	(>220)			
气煤		QM	34	>28.0～37.0	>50～65	≤25.0	(<220)			
			43	>37.0	>35～50					
			44	>37.0	>50～65					
			45	>37.0	>65					
1/2 中黏煤		1/2ZN	23	>20.0～28.0	>30～50					
			33	>28.0～37.0	>30～50					
弱黏煤		RN	22	>20.0～28.0	>5～30					
			32	>28.0～37.0	>5～30					
不黏煤		BN	21	>20.0～28.0	≤5					
			31	>28.0～37.0	≤5					
长焰煤		CY	41	>37.0	≤5				>50	
			42	>37.0	>5～35					
褐煤	一号	HMa	51	>37.0					≤30	≤24
	二号	HMz	52	>37.0					>30～50	

注：* 当$G_{R.I}$>85%时，再用Y值（或b值）区分肥煤、气肥煤及其与其他煤类的界线。当按b值划分的类别与Y值划分的类别有矛盾时，以后者为准。

** 如用V_{daf}和H_{daf}划分出的无烟煤小类有矛盾时，以H_{daf}划分的小类为准。在已确定了无烟煤小类后的检测中，可以只按V_{daf}来分类；在煤炭资源勘探工作中，对新区确定小类或需要重新核定小类时，应同时测定V_{daf}和H_{daf}，按规定确定出小类。

*** 对V_{daf}>37.0%、$G_{R.I}$≤5的煤，应根据P_M来确定其为长焰煤或褐煤。

分类指标符号中，V_{daf}为干燥无灰基挥发分；H_{daf}为干燥无灰基氢含量；$G_{R.I}$为煤的黏结性指数；Y为胶质层最大厚度；b为烟煤的奥-阿膨胀度，反映煤的黏结性，b值越大，黏结性越强；P_M为煤样的透光率；$Q_{gr,maf}$为煤的无灰基高位发热量。

（二）各类煤的基本特征和主要用途

1. 无烟煤（WY）

无烟煤属煤化程度高的煤。其挥发分低、相对密度大，无黏结性，燃点高，燃烧时不

冒烟。其中，01 号为年老无烟煤，02 号为典型无烟煤，03 号为年轻无烟煤。无烟煤主要用作民用燃料和制造合成氨的造气原料；低硫、低灰、可磨性好的无烟煤，能作高炉喷吹和烧结铁矿石的燃料，还可用于制造各种碳素材料，如碳电极、活性炭、电石等。

2. 贫煤（PM）

贫煤是变质程度最高、挥发分最低的烟煤。因其加热时不产生胶质体而称其贫煤。贫煤不结焦，一般作动力或民用燃料。

3. 贫瘦煤（PS）

贫瘦煤是变质程度高、黏结性较差、挥发分低的烟煤，结焦性低于瘦煤。

在炼焦配煤中加入一定比例贫瘦煤，能起瘦化剂作用。贫瘦煤主要用作发电、民用及锅炉燃料。

4. 瘦煤（SM）

瘦煤是变质高的烟煤。因其加热时仅能产生少量胶质体而得名。用瘦煤单独炼焦时，大部分能结焦，焦炭的块度大、裂纹少，但熔融较差，耐磨强度低。瘦煤作为炼焦配煤可提高焦炭块度。

5. 焦煤（JM）

焦煤是变质程度较高的烟煤。炼焦时能得到强度大、块度大的焦炭，因此称做焦煤。中等至低挥发分，中等及强黏结性；用焦煤单独炼焦时，生成的胶质体热稳定性好，所出焦炭块度大、裂纹少，抗碎度高，而且耐磨性也很高，但膨胀压力大，炼焦困难。

6. 1/3 焦煤（1/3JM）

1/3 焦煤是指介于焦煤、肥煤和气煤之间的、含中等或较高挥发分和强黏结性煤。用 1/3 焦煤单独炼焦时，能产出熔融性能良好、强度较高的焦炭；作炼焦配煤使用时，其配比量可在较宽的范围内波动而获得强度较高的焦炭。1/3 焦煤是良好的炼焦配煤中的基础煤。

7. 肥煤（FM）

肥煤属变质程度中等的烟煤。因其加热时能产生大量的胶质体而称肥煤。用肥煤单独炼焦时，能生成熔融性良好的焦炭，但横纹较多。肥煤是炼焦配煤中的基础煤。

8. 气肥煤（QF）

气肥煤是一种挥发分高、黏结性强的烟煤。炼焦用气肥煤单独炼焦时，能产生大量煤气和胶质体，但不能生成强度高的焦炭。气肥煤最适用于高温干馏制造煤气，也可作为炼焦配煤以提高化学产品产率。

9. 气煤（QM）

气煤是变质程度较低、挥发分较高的烟煤。因其加热时能产生大量的气体和较多的焦油，而称其气煤。用气煤单独炼焦时，焦炭多细长、易碎，且纵裂纹较多。气煤主要用于高温干馏制造煤气，也可作为炼焦配煤增加产气率和化学产品回收率。

10. 1/2 中黏煤（1/2ZN）

1/2 中黏煤是低变质烟煤，黏结性介于气煤和弱黏煤之间，挥发分范围较宽。其中黏结性较强的一部分可作炼焦配煤；黏结性较差的部分可用于气化或动力用煤，也可少量配比作炼焦使用。

11. 弱黏煤（RN）

弱黏煤是变质程度较低、挥发分范围较宽的烟煤。其黏结性介于不黏煤和1/2中黏煤之间。弱黏煤加热时产生胶质体较少，炼焦时有的能结成强度很差的小块焦，有的只有少部分能结成碎屑焦。此种煤多作气化原料或动力燃料。

12. 不黏煤（BN）

不黏煤是变质程度较低、挥发分范围较宽、无黏结性的烟煤。不黏煤加热时基本不产生胶质体。煤的水分大，含氧量偏高（多在10%以上）。不黏煤主要用作气化、动力及民用燃料。

13. 长焰煤（CY）

长焰煤是变质程度最低、挥发分最高的烟煤。长焰煤一般不结焦，燃烧时火焰长。其中，最年轻的含有腐殖酸，易风化破碎；变质程度较高的，加热时也能产生少量胶质体，也能生成强度甚差的焦炭，粉焦率很高。长焰煤通常用作气化、动力用煤，也可用于低温干馏。

14. 褐煤（HM）

褐煤分为年轻褐煤和年老褐煤两小类。褐煤是煤化程度低的煤，其外观多呈褐色，光泽暗淡，含有较高的内在水分和不同数量的腐植酸。褐煤相对密度小，不黏结，含氧量常高达15%～30%左右，挥发分产率高，化学反应性强；热稳定性差，块煤加热时破碎严重，存放在空气中易风化、破碎成小块或粉末；发热量低。褐煤除用作动力煤外，可进行低温干馏和气化，提取褐煤蜡和腐植酸。

（三）煤的综合利用

煤的综合利用是指通过多种途径将煤中的有用物质都充分、合理地利用起来，以提高煤的经济价值。煤作为燃料使用，实际利用的只是其能量中的一部分，而大部分可作为化工原料的成分常常被白白浪费掉。煤中有些物质在燃烧中会变成有害气体进入大气中，对空气造成污染。通过煤的综合利用，不但可以利用煤的热量，而且可从中取得宝贵的化工、医药、化肥等工业原料，制成工业产品，大大提高煤的经济价值。煤的综合利用价值比较见表6-11，由表中数据可以充分反映综合利用的意义。

表6-11 煤的综合利用价值

煤作燃料的价值	加工成煤焦油的价值	加工成塑料的价值	加工成染料的价值	制成药品的价值	制成合成纤维的价值
1	10倍	90倍	375倍	750倍	1 500倍

当前，煤的综合利用途径主要有炼焦（高温干馏）、低温干馏、直接气化和加氢液化等。炼焦，即高温干馏，是将煤在隔绝空气条件下加热（最终温度达到1 000 ℃左右），使煤的有机质分解，其中挥发性物质呈气态或蒸汽状态逸出，生成焦炉煤气和煤焦油，残留物则形成焦炭。低温干馏，是将煤隔绝空气加热至500～600 ℃，使煤中有机质分解，形成低温焦油、半焦和低温焦炉煤气。煤的气化是在高温并有氧或含氧化合物发生作用的情况下，使煤的有机质转变为可燃气体。当前使用的气化法，主要有固定层煤气发生炉和沸腾层煤气发生炉。加氢液化的方法是将煤粉碎，在350～450 ℃和高压条件下，催化加氢，使煤中有机质破坏并与氢作用，形成低分子的液态物质，进一步加工得到汽油、柴油及其他化工原料。

此外，煤矸石和煤的灰分综合利用的范围也在不断扩大，已成为煤的综合利用组成部分。有些煤灰中有一定数量的稀有元素和放射性元素，可以被提取使用；煤灰可以用来作制造水泥的材料或作建筑材料。煤矸石除可用作发电燃料外，根据其成分特点还可用于提取陶瓷原料、填料和涂料，制造水泥等建材，生产硅铝炭黑、硫酸、硫酸铝等化工产品。

六、煤尘爆炸性和煤的自燃倾向性

煤尘爆炸性和煤的自燃倾向性是与煤矿安全生产直接相关的两种重要因素，它们与煤质有密切的关系。

（一）煤尘

煤尘是指细微颗粒的煤炭粉尘。煤炭在采掘、装运过程中必然会产生煤尘，特别是随着矿井开采强度加大，产尘量也同步增大。煤尘悬浮在井下空气中，作业人员长期吸入可以引起煤肺病，严重损害人体健康。我国大部分矿井开采的煤层为具有煤尘爆炸危险性煤层，即悬浮于井巷空气中的煤尘遇引爆热源（一般为700～800 ℃）可以发生猛烈的爆炸，其危害程度较瓦斯爆炸更为严重。因此，在矿井设计和生产管理中，对开采有煤尘爆炸危险性煤层的矿井，需要采取相应的安全技术措施和安全设施。

表6-12　煤尘爆炸性与挥发分关系

煤尘的爆炸性	V_{daf}/%
不爆炸	<10
爆炸性弱	10～15
爆炸性开始迅速增加	>15

煤尘爆炸性与煤的挥发分有关。一般煤的挥发分越高，煤尘爆炸的危险性越大（表6-12）。挥发分作为衡量煤尘爆炸性的重要指标，称作煤尘爆炸指数。煤尘的粒度及其在空气中的质量浓度是影响煤尘爆炸危险发生的另外两个重要因素。参与爆炸的煤尘粒度从最微小到0.75～1.0 mm，其中最具爆炸危险性的煤尘粒度是能够通过80号筛孔（长度1 cm筛网上有80个孔）的煤尘。煤尘爆炸的最低质量浓度是40 g/m^3，当质量浓度为300～400 g/m^{3}时，煤尘的爆炸力最强。另外，空气中有瓦斯存在时，煤尘爆炸的下限浓度降低；煤的矿物质、水分含量增高，可以降低煤尘的爆炸危险性。

煤的挥发分可以作为初步评价煤尘爆炸性的指标，但不能作为决定性的依据。煤尘爆炸性需要在实验室进行专门的试验确定，主要根据试验时有无火焰判断有无爆炸性，根据火焰长度判断爆炸性强弱。有火焰，说明有爆炸危险性；火焰越长，爆炸性越强。对于有爆炸性的煤尘，还需要进行加岩粉试验，即在煤尘中逐渐加大掺入的岩粉量，直至不产生火焰为止。根据加入的最大岩粉量（百分含量），也可判断煤尘爆炸性的强弱。加入的岩粉量越多，煤尘爆炸性越强。

（二）煤的自燃倾向性

暴露在空气中的煤，由于自身氧化放热导致温度升高，若所放热量不能及时散失，在一定的蓄热条件下温度可以达到煤的着火点（300～350 ℃），引起燃烧。这种煤在常温下氧化能力的内在属性称为煤的自燃倾向性。在井下密闭不及时的采空区、微弱供氧的废弃巷道等，存在碎煤堆积时容易引起煤的自燃。由于煤炭或其他易燃物自身氧化积热发生燃烧引发的矿井火灾，称为矿井内因火灾。据统计资料，内因火灾占矿井火灾总数的90%左右，我国有自燃发火史的矿井约占矿井总数的78.5%。因此，无论是矿井设计还是生产管理，都需要根据煤的自然倾向性情况确定设防等级。

1. 影响煤的自燃倾向性因素

(1) 煤的变质程度　一般认为煤化程度越高的煤自燃倾向性越小，但不能以煤化程度作为判断自燃倾向性大小的唯一标志，同等煤化程度的煤的自燃倾向性有差别。

(2) 煤的水分　一方面煤体中水分没有全部蒸发之前，温度很难上升到100 ℃，水分含量大的煤相对难以自燃；另一方面水分的催化作用随煤温的增高而增大，加之含黄铁矿的煤层因水的存在促使黄铁矿分解，水分有利于煤炭自燃的发生。一般认为，一定量的水分有利于煤的自燃，而湿度过大则会抑制煤的自燃。

(3) 煤岩组分　丝炭结构松散，着火点低。丝炭含量越高，煤越易自燃；镜煤与亮煤脆性大、易破碎、灰分少，而且在其次生的裂隙中常充填有黄铁矿，开采中易碎裂成微细的颗粒，具有较高的自燃性；暗煤坚硬，不易自燃。

(4) 煤的硫分　对煤的自燃起主导作用的主要是黄铁矿。它的比热小，与煤吸附相同的氧量而温度的增值比煤大3倍，其分解产物比煤的吸氧量更强，能将吸附的氧转让给煤粒使之发生自燃。因此，煤的含硫量越高，越易自燃。

(5) 煤的粒度　完整的煤不容易自燃，一旦受压碎裂，呈破碎状态存在，其氧化表面积增大且着火温度降低，自燃性能显著增强。

(6) 其他　煤的瓦斯含量，煤、油共生煤层的含油量，煤的孔隙度、导热性等，这些因素对煤自燃倾向性的影响尚待进一步研究。

2. 煤的自燃倾向性等级

我国煤的自燃倾向性鉴定采用色谱吸氧鉴定法。煤的吸氧量是指煤在常温、常压下，每克干煤吸附流态氧的量。据此，煤的自燃倾向性分为容易自燃、自燃和不易自燃3类(表6-13，表6-14)。

表6-13　褐煤、烟煤类自燃倾向性分类表

自燃倾向性等级	自燃倾向性	煤的吸氧量(干煤) / ($cm^3 \cdot g^{-1}$)
Ⅰ	容易自燃	≥0.71
Ⅱ	自　燃	0.41～0.70
Ⅲ	不易自燃	≤0.40

表6-14　高硫煤、无烟煤[①]自燃倾向性分类表

自燃倾向性等级	自燃倾向性	煤的吸氧量(干煤) / ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	全硫/%
Ⅰ	容易自燃	≥1.00	>2.00
Ⅱ	自　燃	≤1.00	≥2.00
Ⅲ	不易自燃	≥0.80	<2.00

注：① 含可燃挥发分≤18.0%。

【煤的成分分析训练】

一、训练目标

根据所在地区的古地史资料，对本地区的煤炭资源的成分进行分析，强化煤的元素是由哪些化学元素组成的相关知识。

二、训练用工具与器材

备用表格及文具等，参观煤矿的化验室。

三、学生相关理论知识的准备

煤的元素主要有碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)、磷(P)及其他稀有元素等。

(1) 碳（C）　煤中有机物质的主要组成元素，是煤的发热量的主要来源。

(2) 氢（H）　煤中有机物质的主要组成元素，也是重要的可燃物质。

(3) 氧（O）　煤中不可燃的物质成分。

(4) 氮（N）　在煤中的含量较少。

(5) 硫（S）　是煤中的有害元素。

(6) 磷（P）　在煤中的含量也很少，是煤中有害的元素。

四、训练的方法与步骤

(1) 绘制表格，见表 6-15。

表 6-15　煤 中 元 素 表

煤矿：　　日期：　　年　　月　　日　　填表人

序号	元素名称	含量/%	意 义	备　　注
1				
2				
3				
4				
5				

(2) 意义一栏，填写该元素是否有害。

(3) 资料主要是通过化验室人员提供。

五、注意事项

(1) 收集资料之前要与化验室取得联系。

(2) 不得向外界透露被收集资料单位的商业秘密。

(3) 实习时要有实习所在煤矿的专业人员带领，加强对学生的纪律教育。

(4) 所收集资料应翔实。

第二节　煤　　层

【知识要点】

1. 煤层的形成

2. 煤层的结构及其顶底板

3. 煤层的形态

4. 煤层的厚度

5. 煤层厚度的变化

【课程内容】

煤层是指沉积岩系中赋存的层状煤体。煤层层数、厚度及其变化和赋存状态等是确定煤田开发规划的重要依据。

一、煤层的形成

煤层是由泥炭层转化而来的。煤层的形成与植物遗体堆积的速度、地壳沉降运动速度有着直接的关系。

当泥炭沼泽中植物遗体堆积的速度和地壳沉降速度大体一致，使泥炭层不断加厚，就会形成厚煤层（图 6-3a）。

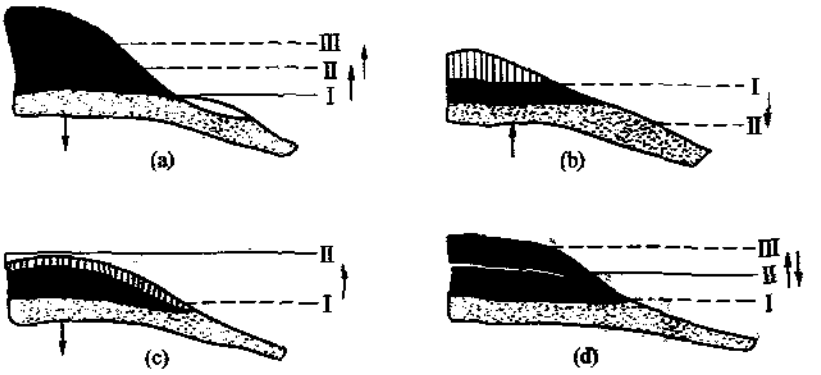


图 6-3 煤层形成示意图

a—堆积速度等于地壳沉降速度；b—堆积速度大于地壳沉降速度；
c—堆积速度小于地壳沉降速度；d—煤层中夹石的形成

当地壳缓慢上升，沉降速度小于植物遗体堆积速度，沼泽供水条件逐渐困难，以致原来已堆积的泥炭层也会遭受到风化剥蚀而形成薄煤层（图 6-3b）。

当地壳沉降速度大于植物遗体堆积速度时，也就是沼泽水面上升速度大于植物遗体供应速度时，泥炭堆积作用停止，在原有的泥炭层之上沉积了泥、砂质的碎屑沉积物，成为煤层顶板或煤层岩石夹层（图 6-3c，图 6-3d）。

自然界沼泽水面上升和泥炭堆积速度间的平衡是有条件的、相对的、暂时的。泥炭层堆积的整个过程往往是不同补偿方式的反复交替，因而形成的煤层有各种不同的形态和结构。

二、煤层的结构及其顶底板

（一）煤层的结构

煤层结构是指煤层中夹矸的数量和分布特征。煤层结构分为简单结构和复杂结构两

种。

1. 简单结构煤层

不含夹石或夹矸很少的煤层，称简单结构煤层（图 6-4a）。

2. 复杂结构煤层

含夹矸较多的煤层称复杂结构煤层（图 6-4b）。煤层中的夹矸常为炭质泥岩、黏土岩、粉砂岩，有时为石灰岩、硅质岩、油页岩、细砂岩等。夹矸呈薄层状或透镜状，厚薄不一，是由于地壳的小幅度振荡运动而形成的。

（二）煤层的顶底板

1. 顶板

赋存在煤层之上的邻近岩层称为顶板。根据顶板的岩性、厚度及采煤过程中垮落的难易程度，顶板分为伪顶、直接顶、基本顶 3 种类型（图 6-5）。

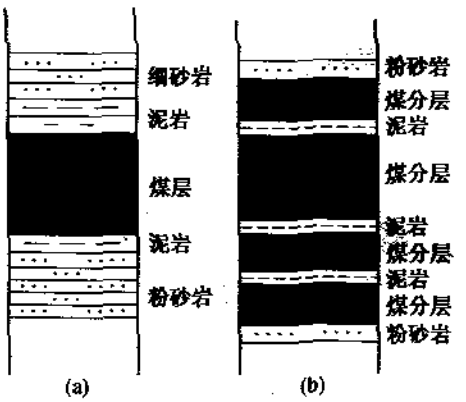


图 6-4 煤层结构示意图

a—简单结构煤层；b—复杂结构煤层

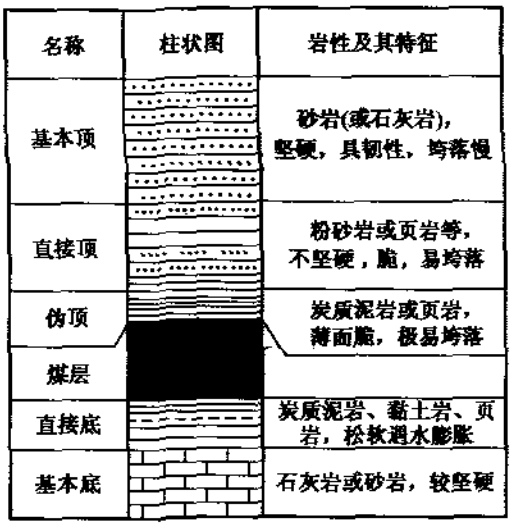


图 6-5 煤层顶底板示意图

（1）伪顶 位于煤层之上随采随落的极不稳定岩层。其厚度一般在 0.5 m 以下，多为炭质泥岩或泥岩，富含植物化石。

（2）直接顶 位于煤层或伪顶之上具有一定稳定性，移架或回柱后能自行垮落的岩层。直接顶常为数米厚的砂岩、粉砂岩、泥岩及少量的石灰岩。在采煤过程中，直接顶常在采过一段时间后自行垮落，少数砂岩层需要进行人工放顶。

（3）基本顶 又称老顶，位于直接顶或煤层之上，通常厚度及岩石强度较大、难于垮落的岩层。一般为厚层的粗砂岩、砾岩或石灰岩。

2. 底板

赋存在煤层之下的邻近岩层称为底板。它分为直接底和基本底两种（图 6-5）。

（1）直接底 直接位于煤层之下的岩层。直接底多为数十厘米厚的炭质泥岩、黏土岩、页岩，富含植物根化石的泥岩。由于这种岩石遇水膨胀，容易引起底鼓现象，造成运

输线路或巷道支护的破坏。

（2）基本底　又称老底，位于直接底或煤层之下的岩层。一般为比较坚硬、稳定的厚层砂岩、粉砂岩或石灰岩。

煤层顶底板的发育程度，受到当时沉积作用和后期构造运动的影响，不同地区的煤层顶底板性质及发育程度不同。有的煤层顶底板发育完好，几种类型的顶底板都有；有的煤层缺少某种类型的顶板或底板。

三、煤层的形态

煤层的形态是指煤层赋存的空间几何状态。煤层形态可分为3类：层状煤层、似层状煤层、不规则状煤层（图6-6）。

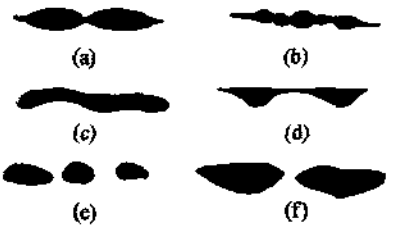


图6-6　煤层形态示意图

a—藕节状；b—串珠状；c—瓜藤状；d—鸡窝状；e—扁豆状；f—透镜状

1. 层状煤层

呈连续层状，层位稳定，厚度变化小且有一定规律的煤层称层状煤层。

2. 似层状煤层

层位比较稳定，有一定的连续性，厚度变化较大，无一定规律性的煤层称似层状煤层。似层状煤层包括藕节状（图6-6a），串珠状（图6-6b），瓜藤状（图6-6c）等。

3. 不规则状煤层

层位极不稳定，连续性很差，分叉尖灭现象普遍，厚度变化常常局部可采，无规律可循的煤层称不规则状煤层。常见的不规则状煤层有鸡窝状（图6-6d）、扁豆状（图6-6e）、透镜状（图6-6f）等。

四、煤层厚度

（一）煤层厚度的分类

煤层厚度是指煤层顶、底板之间的垂直厚度。复杂结构煤层，根据其结构可将煤层厚度分为总厚度、有益厚度和可采厚度（图6-7）。

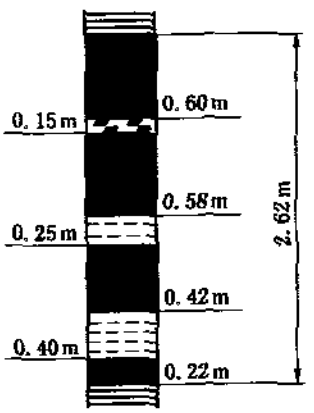


图6-7　煤层厚度示意图

1. 总厚度

煤层的总厚度系指顶底板之间各煤分层和夹石层厚度的总和。图6-7所示煤层总厚度为2.62 m。

2. 有益厚度

煤层的有益厚度系指顶底板之间各煤分层厚度的总和。图6-7所示煤层有益厚度为1.82 m。

3. 可采厚度

煤层的可采厚度系指达到国家规定的最低可采厚度以上的煤层或煤分层厚度之和。图6-7所示煤层可采厚度为1.6 m。

煤层的最低可采厚度是根据国民经济的需要和各地资源条件来确定的。一般地区煤层最低可采厚度见表6-16，对于煤炭资源贫缺地区的煤层最低可采厚度指标，由其所在省（区、市）国土资源主管部门作出规定。

表 6-16 煤层最低可采厚度指标

项目				煤类			
				炼焦用煤	长焰煤、不黏煤、弱黏煤、贫煤	无烟煤	褐煤
煤层厚度/m	井采	倾角	<25°	≥0.7	≥0.8		≥1.5
			25°~45°	≥0.6	≥0.7		≥1.4
			>45°	≥0.5	≥0.6		≥1.3
	露天开采			≥1.0			≥1.5
最高灰分 A_d/%				40			
最高硫分 $S_{t,d}$/%				3			
最低发热量 $Q_{net,d}$/(MJ·kg^{-1})				—	17.0	22.1	15.7

（二）采煤工作中煤层的分类

我国各煤田的煤层厚度有较大的差别，煤层倾角大小也不相同，这对采煤方法及设备的选择均有影响。根据矿井开采技术特点，煤层按厚度划分为以下 4 类：

薄煤层 <1.3 m

中厚煤层 1.3~3.5 m

厚煤层 3.5~8.0 m

特厚煤层 ≥8.0 m

在采煤工作中，煤层除了按厚度分类外，还可根据倾角大小，划分为以下 4 类：

煤层类型	地下开采	露天开采
近似水平煤层	<8°	<5°
缓倾斜煤层	8°~25°	5°~10°
倾斜煤层	25°~45°	10°~45°
急倾斜煤层	>45°	>45°

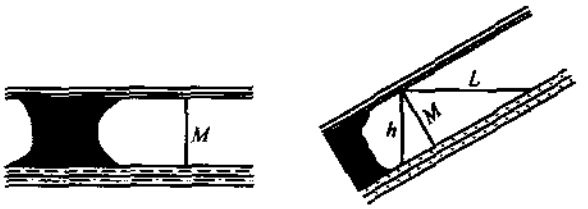


图 6-8 煤层厚度示意图

M—真厚度；*h*—铅垂厚度；*L*—水平厚度

在地质和采矿工作中，往往不易测量煤层上层面至下层面间的垂直距离，即真厚度。在巷道中只能测量出煤层顶底板间的水平距离 L，称水平厚度；在铅垂钻孔中可测量出煤层顶底板之间的铅垂距离 h，称铅垂厚度（图 6-8）。煤层水平厚度和铅垂厚度统称煤层假厚度（伪厚度）。煤层的真厚度，需要根据下式将煤层的假厚度换算成真厚度。其换算方法如下：

$$M = h\cos\alpha$$

$$M = L\sin\alpha$$

式中 M——煤层真厚度；

h——煤层铅垂厚度；

L——煤层水平厚度；

α——煤层倾角。

五、煤层厚度的变化

引起煤层厚度变化的主要因素有成煤的泥炭沼泽基底不平，地壳不均衡沉降，河流冲蚀，构造运动的挤压等。

（一）泥炭沼泽基底不平

由泥炭沼泽基底不平引起的煤层厚度变化比较常见，如图 6-9 所示。泥炭沼泽基底有时起伏不平，初期植物遗体首先在低洼处聚积，低洼处填平后才向高处堆积，这样就形成低洼处泥炭厚，基底隆起处则泥炭薄，泥炭成煤后，则煤层厚薄不等；有时由于基底高出沼泽水面，而使植物无法保存下来，在沼泽隆起处或边缘地带出现煤层尖灭现象。



图 6-9　泥炭沼泽基底不平引起煤层厚度变化示意图

a—低洼处泥炭层厚；b—隆起处泥炭层最薄；c—沼泽边缘泥炭层尖灭

泥炭沼泽基底不平引起的煤厚变化的特点如下。

（1）煤层底板不平，顶板平整。

（2）煤层厚度是渐变的，煤层变薄处正是底板隆起的地方。

（3）复杂结构的煤层，在底板隆起处切割煤分层及夹石层，而呈现不连续（图 6-10）。



图 6-10　因基底不平而造成的煤分层及夹矸不连续现象

（二）地壳不均衡沉降

在泥炭聚积阶段，如果沼泽基底沉降速度与植物遗体聚积速度基本保持一致，则能形成厚度大而稳定的煤层。但是有时在同一沼泽内，在聚煤过程中其基底沉降速度快慢不一，则可形成煤层分叉、变薄、尖灭及煤层和夹石层交替存在的现象（图 6-11）。

煤层分叉的形式是多种多样的。有的煤层分叉后分布仍然相当稳定；有的煤层分叉后，过一阶段距离后又合并起来；有的煤层分叉后只有一层保持稳定，有时则相反；有的煤层发生多次分叉呈马尾状（图 6-12）。

由地壳沉降不均衡而引起的煤层厚度变化的特点如下。

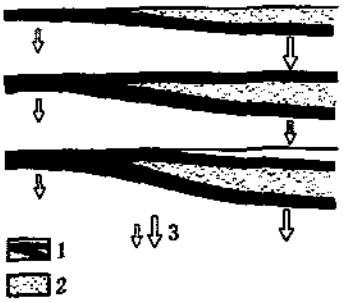


图 6-11 地壳不均匀衡沉降引起煤层厚度变化

1—煤层；2—夹层；3—沉降速度变化



图 6-12 煤层呈马尾状分叉示意图

(1) 煤层层数增多，煤层厚度逐渐变薄以至尖灭。

(2) 沉降速度增大的方向，煤层与夹石层交替出现，煤层中矿物杂质的含量也相对增加。

(三) 古河流冲蚀

煤层被冲蚀是一种常见的现象。冲蚀是由于古河流在泥炭层或含煤沉积层中流过，使其受到冲蚀破坏。根据冲蚀的早晚，分为同生冲蚀和后生冲蚀（图 6-13）。

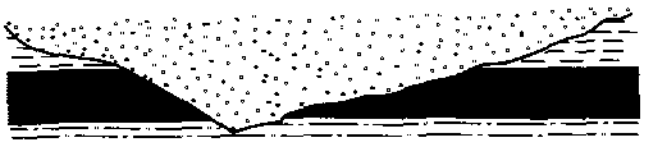


图 6-13 古河流冲蚀造成煤层厚度变化示意图



图 6-14 冲蚀在剖面上、平面上的分布形态

a—剖面；b—平面

1. 同生冲蚀

泥炭堆积过程中，在顶板物质沉积之前进行的冲蚀作用称同生冲蚀。这种冲蚀一般规模不大，冲蚀带的岩石成分以砂岩为主，在砂岩中常含有煤块或煤屑，冲蚀带和煤层有共同的顶板；在平面上冲蚀呈弯曲的条带状，在剖面上呈透镜状（图 6-14）。

2. 后生冲蚀

煤层被顶板物质覆盖后所进行的冲蚀作用称后生冲蚀。这种冲蚀的规模一般较大，它不仅冲蚀煤层，也冲蚀煤层的顶底板岩层。后生冲蚀在平面上呈带状分布，其宽度较大，延续较长，冲蚀带有时分叉。冲蚀的凹陷部分以砂岩为主，底部有时出现砾岩，冲蚀面参差不齐。邻近冲蚀带的煤层光泽暗淡，灰分较高，裂隙发育。由于冲蚀带范围较宽，常造成无煤区或不可采区，大量减少煤炭储量。

(四) 构造挤压

煤系受构造挤压作用而形成褶皱构造。由于煤层相对较软，带有柔性，而煤层上下的

岩层，如砂岩、砾岩、石灰岩等则比较坚硬，在褶皱发生过程中，岩层相互滑动，褶曲轴部可产生脱顶现象，使轴部岩层间隙增大，煤炭物质从褶曲两翼向轴部集中，轴部煤层增厚，两翼变薄甚至尖灭（图 6-15）。有时由于挤压作用使煤层顶底板岩层不协调，也可形成串珠状或藕节状的煤层（图 6-16）。



图 6-15 在侧压作用下轴部煤层增厚、两翼变薄示意图



图 6-16 由于挤压作用形成串珠状煤层

由构造挤压引起煤厚度变化主要有以下特点。

（1）煤层顶底板岩层不完整，裂隙发育，有时煤炭与顶底板岩层相互穿插。

（2）煤层增厚或变薄处，因受搓揉层理紊乱，或成为鳞片状煤层，有时可见有光滑的揉动镜面。

（3）中、小型褶皱构造发育时，在平面上煤层增厚、变薄呈带状分布，条带延展方向与褶皱的方向大体一致，其厚薄条带相间出现，有时可利用这种特点来预测煤厚变化。

（五）其他因素引起的煤厚变化

除上述原因能引起煤层厚度发生变化之外，石灰岩地层的岩溶塌陷造成陷落柱或淤泥带以及岩浆的侵入活动，也能破坏煤层的完整性，使煤层厚度发生变化。

煤层厚度变化常常是几种原因综合作用的结果。在同一矿井中不同煤层或同一煤层的不同部位，引起煤层厚度变化的原因也可能不同。有些地方以同生冲蚀作用为主，而另一地方可能是后生冲蚀作用或构造挤压引起的，还可能是后生变化附加在同生变化之上。因此，在实际工作中必须全面分析研究，分清主次，才能更好地掌握煤层厚度变化的特点和规律。

（六）煤层厚度变化对煤矿生产的影响及处理

煤层是煤矿开采的对象。煤厚变化是影响煤矿生产的重要地质因素之一。

1. 煤层厚度变化对煤矿生产的影响

（1）影响采掘部署　厚煤层分层开采时，由于局部地段出现底凸变薄或河流冲蚀，影响煤层的分层回采的层数、采高的确定和分层巷道的布置。对于煤厚局部变薄地段，只能改作一次回采；反之，单层开采的煤层，由于煤厚增加，需要改为分层开采。开采薄煤层和中厚煤层的矿井，局部地段出现煤厚变薄以至小于最低可采厚度，造成该地段不能进行回采，使整个采区的布局受到影响。当煤厚变化极大时，即厚煤包与不可采煤或薄煤带间隔出现，且煤层形状很不规则，分布无规律可循，将导致矿井开拓系统、通风系统布置困难。

（2）影响回采计划，造成采掘工作被动　由于煤层厚度变化大，经勘探工程点或采掘巷道控制的煤厚和煤炭储量不可靠，致使回采计划能不落实，采掘工作被动，甚至因为回采面煤量不足或掘进巷道施工半煤岩巷、岩巷进尺效率低而造成采、掘平衡失调。

（3）巷道掘进率增高，回采率降低　煤厚变化大的矿井，为了探测煤厚而布置一些专

门探巷，从而增加了巷道掘进率。如某矿井，由于煤厚变化原因判断失误，把沼泽基底凸起造成煤层中断处误认为是断层，造成废巷现象。在开采煤层厚度变化大的地段时，常常因为工作面出现煤层变薄，虽然煤层厚度大于最低可采厚度，却低于所使用机组可采高度，造成回采工作面的煤量损失，降低了煤层的采出率。

(4) 降低矿井或采区的服务年限　由于煤厚变化大，井田内出现大面积不可采的地段时，造成煤炭储量的减少，从而降低了矿井或采区的服务年限。

2. 煤矿生产过程中对煤厚变化的处理方法

煤层厚度变化大或厚煤层分层开采的矿井，为了正确指导煤矿的采掘工作，应组织成立专业探煤厚队伍，随着采掘巷道施工和工作面回采，及时探测煤厚，调查煤厚的变化范围及规模。通过对煤厚的探测，可以解决采区或采面的布置、采煤方法的选择、厚煤层的分层回采、薄煤带的处理，以及“三量”的圈定等。煤层厚度较为稳定的矿井，在掘进中遇煤层厚度变薄甚至中断时，应首先根据其特征判断造成变化的原因，然后确定处理方法。

煤矿生产中对煤厚变化处理的目的，主要是减少煤厚变化对生产的不利影响，防止煤炭资源丢失，为煤矿生产创造良好的条件，提高煤矿的经济效益。

1) 掘进过程中对煤厚变化的处理方法

(1) 在掘进过程中遇到煤层分叉、尖灭　要根据具体情况，确定巷道的掘进方案。如果已知分叉煤层的上分层稳定可采，而下分层常变薄至尖灭，则巷道应紧靠煤层顶板掘进，避免巷道误入下分层而造成废巷；如果分叉煤层的下分层稳定可采，则应紧靠煤层底板掘进；如果所有的分叉煤层都达到煤层最低可采厚度，这时应先采上分层，再采下分层，最后采煤层底部的分层煤，这样来确定巷道的掘进方案，以避免分叉煤层被破坏而浪费国家的煤炭资源。

(2) 在掘进采区上山或下山遇到煤层变薄带　应根据煤层变薄带的范围大小来决定巷道的掘进方案。如煤层变薄带的范围不大，又确知采区内有煤层可供开采时，巷道最好采用挑顶或卧底的方法直接穿过煤层变薄带。

(3) 当沿煤层掘进的主要运输巷道遇到煤层的局部变薄带或尖灭带　可按原方案施工，直接穿过变薄尖灭带。

2) 回采过程中对煤厚变化的处理方法

(1) 回采工作面煤层的变薄带或不可采区的范围很小　可采用工作面直接推过的方法处理。

(2) 回采工作面煤层变薄带的范围较大　采用另开巷道绕过煤厚变薄带的方法（图6-17）；如果回采工作面遇大面积的煤厚变薄带或无煤带时，应先布置探巷（可结合井下钻探进行），探明无煤区的范围后再补掘巷道，将工作面分成几块回采（图6-18）。

(3) 事先已知煤层变薄带或尖灭带　如果在采区或工作面布置前已了解清楚煤层变薄带或尖灭带的分布地段时，可将煤层变薄带或尖灭带作为采区或工作面边界来处理，应尽量避免综采工作面布置出现煤厚变薄不可采带或无煤带。

六、煤的风化及煤层的风氧化带

含煤岩系形成以后，由于地壳运动和风化剥蚀，使得煤层局部出露地表或位于地下浅

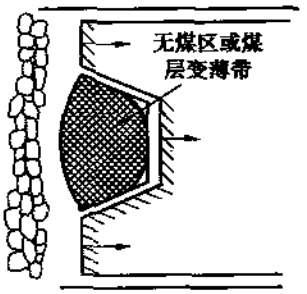


图 6-17　工作面绕过薄煤带

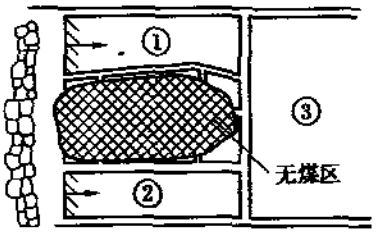


图 6-18　工作面分块回采
①，②，③—工作面各分块

部，经受温度变化及大气和水的作用，发生物理、化学性质或工艺性质的改变，称为煤的风化。

煤层遭受风化作用后，煤的物理性质的改变主要表现为颜色变浅，光泽减弱，硬度和机械强度降低，结构变疏松甚至完全成为粉末状等；在化学组成和工艺性质方面的主要变化是氧含量增高，碳、氢含量降低，湿度增加，挥发分增高，黏结性、胶质层厚度、发热量和焦油产率等均降低。因此，风化煤不能用于炼焦和干馏，即使作为燃料，其价值也大为降低。

煤的风化程度与埋藏深度有关。煤越接近地面风化越强烈，致使煤中有机质部分变成气体逸出，部分被水带走，造成煤层在露头及近地表处厚度显著变薄或者外观接近岩石。

煤层受风化作用后，煤的物理、化学性质都发生明显变化的地带，称为煤层风化带；煤层受风化作用后，煤的物理性质变化不大而化学工艺性质发生变化的地带，称为煤层氧化带。煤层风化带、氧化带的垂向分布如图 6-19 所示。

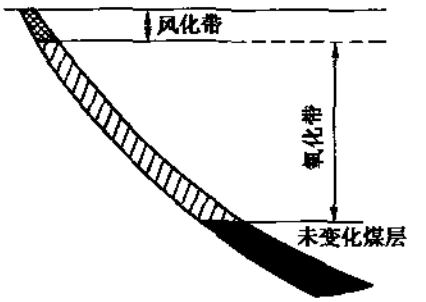


图 6-19　煤层风、氧化带示意图

计算煤炭储量时，动力用煤需要扣除风化带部分的煤量；炼焦用煤需要扣除氧化带部分的煤量。影响煤层风、氧化带深度的因素很多，因此不同地区或同一地区不同地段煤层风、氧化带的深度不同。煤层风化带和氧化带的深度，一般由地质部门在勘探时期通过沿煤层由浅而深系统采样分析确定。

【煤层顶、底板认识训练】

一、训练目标

根据实验室煤层顶、底板的模型资料，对煤层顶、底板的结构、岩性进行感性认识，并且会描述煤层顶、底板，绘制示意图。

二、训练用工具与器材

煤层的形态，煤层的结构，煤层的顶、底板模型及其煤层顶、底板挂图，放大镜或偏

光显微镜等。

三、学生相关理论知识的准备

(1) 煤层顶、底板岩石的性质、强度及吸水性对采掘工作的影响。
(2) 煤层顶底板类型。

四、训练的方法与步骤

(1) 学会分析、判断伪顶、直接顶和基本顶。
(2) 学会分析、判断直接底和基本底。
(3) 分组参观实验室，认真观看煤层顶、底板的模型。
(4) 在实训老师的指导下认真阅读煤层顶、底板分类的挂图。
(5) 认真做好记录。

五、注意事项

(1) 伪顶是直接位于煤层之上的岩层，多为几厘米至几十厘米厚的泥岩或炭质泥岩，富含植物化石，在采掘过程中一般随采随落，不易支护。

(2) 直接顶是位于煤层或伪顶之上的岩层，常为数米厚的页岩、泥岩、砂岩几少量的石灰岩，移架或回柱后能自行垮落。

(3) 基本顶是位于直接顶或煤层之上的岩层，较稳定，岩性强度较大，一般为厚层砂岩，也有石灰岩，不易冒落，采空后很长时间仅发生缓慢的弯曲变形。

(4) 直接底是位于煤层之下的岩层，常是数十厘米厚的含有植物根化石的泥岩或页岩、黏土岩，岩性软，遇水膨胀，易起鼓，对巷道支护不利。

(5) 基本底是位于直接底或煤层之下的岩层，常为厚层的砂岩、粉砂岩，有时为石灰岩，岩性较硬。

(6) 在观察时，注意使用放大镜，培养善于观察事物和现象的科学精神。

第三节　含　煤　岩　系

【知识要点】

1. 煤系的概念
2. 煤系类型及其特征

【课程内容】

一、含煤岩系的概念

含煤岩系简称煤系，是指在一定地质时期内形成的含有煤层，并具有成因联系的沉积岩系。地质学中把具有成因联系的沉积岩系称为沉积建造。因为含煤岩系形成时受地壳运动及古地理、古气候等条件的控制，组成煤系的各种沉积岩层在成因上有密切联系，所以煤系也称为含煤建造。

含煤岩系主要由各种粒度的粉砂岩、砂岩以及泥岩等沉积岩组成，除了有煤之外，有时还有石灰岩或砾岩层。如果在煤系沉积的过程中，附近有火山活动，煤系中就可能出现火山喷出物质组成的火山碎屑岩和火山熔岩。例如我国东北侏罗纪煤系中常有大量火山凝灰物质。

煤系是在潮湿、温暖的气候条件下形成的，富含植物物质，所以煤系岩石的颜色往往是以灰色、灰黑色、灰绿色为主。

在煤系中还经常伴生有其他沉积矿产，如油页岩、耐火黏土、铝土矿、菱铁矿、黄铁矿、赤铁矿、褐铁矿，有时还可能有锰矿。

二、含煤岩系类型与特征

我国各地不同地质时代的含煤岩系，不论在岩石组成成分上，还是含煤情况上往往具有明显的差别。出现差别的原因较多，但主要与含煤岩系形成的具体条件有关。根据成煤地区的环境不同，把含煤岩系分为近海型含煤岩系、内陆型含煤岩系和浅海型含煤岩系。

1. 近海型含煤岩系

近海型含煤岩系又称海陆交替相煤系，是煤盆地长期处于海岸线附近的环境下形成的含煤岩系。因其沉积环境时海时陆，所以这种煤系由浅海相、过渡相和陆相地层交互组成。近海型含煤岩系分布面积一般比较广阔，煤系中有海相、陆相和过渡相的地层，其中含煤层数较多，煤层厚度不很厚，但比较稳定，煤层比较容易对比。如华北石炭二叠纪含煤岩系属于此种类型。近海型含煤岩系特征见表 6-17。

表 6-17　近海型、内陆型含煤岩系特征

特　征	近 海 型	内 陆 型
分布范围	1. 成煤环境为滨海沼泽，煤层分布范围一般比较广阔	1. 成煤环境为内陆沼泽，煤系分布范围一般较小
岩相组成	2. 煤系形成过程中，受地壳运动影响出现海进和海退。煤系由海相过渡相及陆相地层组成	2. 煤系形成过程中地处内陆与海隔绝，虽有地壳运动但无海进，煤系由陆相地层组成
岩性变化	3. 滨海地区地壳运动，使煤系岩石性质及碎屑颗粒的粗细作规律性变化	3. 内陆地区地壳运动使陆相地层的岩石性质及碎屑颗粒发生变化，但规律不明显
含煤性质	4. 煤系含煤层数一般较多，煤层厚度较稳定，较易于对比	4. 煤系含煤层数较少，有时厚度不稳定，也有时不易对比
化石特征	5. 煤系中有海相地层，含有海生动物化石	5. 煤系中无海相地层，无海生动物化石

2. 内陆型含煤岩系

内陆型含煤岩系又称陆相含煤岩系、远海型含煤岩系。它是在距海洋较远，完全与海水隔绝的内陆盆地中沉积形成的含煤岩系。这种煤系全部为陆相地层。内陆型含煤岩系中煤层层数不多，煤层厚度较大，但有时不稳定，常因砾岩、砂岩、粉砂岩层较多，又无标志层，煤层对比较困难。例如，我国的侏罗纪含煤岩系属于此种类型。内陆型含煤岩系特征见表 6-17。

3. 浅海型含煤岩系

浅海型含煤岩系是煤盆地经常处于浅海环境下形成的含煤岩系。此种类型的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。我国陕南早寒武世含煤岩系、南方分布很广的早古生代石煤属此类型。

第四节 煤　　田

【知识要点】

1. 煤田的概念
2. 煤田的分类
3. 中国煤田概述

【课程内容】

一、煤田的概念

煤田是指在同一地质时期形成并大致连续发育的含煤岩系分布区。煤田的面积一般由数十平方千米至数千平方千米。煤田受后期大地构造的影响而分割开的一些单独的含煤岩系分布区，或独立存在的面积和储量均很小的煤田，称为煤产地。煤产地的面积仅数平方千米至数十平方千米，储量数十万吨至数亿吨。

统一规划和开发的煤田或其一部分称为矿区。煤田内划归一个矿山开采并采用地下开采方法开采的部分称为井田。小型煤产地也可作为一个井田开采。

在划分煤田时，首先要遵循的原则是含煤地层成因一致，其次要考虑后生构造的影响、面积大小及储量等因素。如徐州煤田、苏南煤田，由于它们在成因上互不一致，所以划分为2个独立的煤田。

当煤田的范围很大时，常把煤田分为几个矿区。如徐州煤田，因受构造影响分成好几个向斜（含矿区），构成几个自然矿区，如贾汪矿区，九里山矿区等。每个煤矿区又划分为若干个井田，如贾汪矿区包括韩桥、青山泉、董庄、大黄山等井田。

二、煤田的分类

1. 根据成煤时代分类

根据煤田成煤的地质时代的多少，把煤田划分为单纪煤田（如抚顺为古近纪煤田）、双纪煤田（如徐州、淮南等煤田为石炭纪、二叠纪煤田）和多纪煤田（如大同煤田在石炭纪、二叠纪和侏罗纪地层内均含煤）。

2. 根据含煤地层暴露程度分类

（1）暴露式煤田　整个含煤地层所占有的区域均暴露于地表，如太原西山煤田。

（2）半暴露式煤田　含煤地层只有一部分露于地表，其余部分被另一地质时代的地层所掩盖，如焦作、平顶山煤田等。

（3）隐伏式煤田　煤系地层全部被较新的岩层所掩盖，如徐州煤田等。

3. 根据地质构造的复杂程度分类

(1) 构造简单煤田　倾斜平缓至中等或具宽缓褶曲，断层稀少。

(2) 构造中等煤田　倾斜中等至较陡，具有明显的小型褶曲或较强烈的简单褶曲，断层较少，一般无岩浆活动，即使有也影响不大，如徐州煤田。

(3) 构造复杂煤田　倾斜极陡，具有剧烈褶曲，断层发育，有时受到岩浆活动的严重影响，如华南的许多煤田。

三、中国的聚煤区

地质历史中有聚煤作用的广大地区称为聚煤区。聚煤区中煤田、含煤区的形成条件具有一定的共性。

中国幅员广大，受古大地构造控制，气候和植物分带现象十分明显，这就造成了不同地区成煤条件的差异性，从而出现成煤的分区现象。根据成煤时代、含煤岩系特点及煤田分布情况，将我国煤田分布划分为六大聚煤区，即华北石炭-二叠纪聚煤区，华南二叠纪聚煤区，西北侏罗纪聚煤区，东北侏罗纪白垩纪聚煤区，西藏滇西中生代及古近纪、新近纪聚煤区，台湾古近纪、新近纪聚煤区。

(一) 华北石炭-二叠纪聚煤区

华北石炭-二叠纪聚煤区是我国最大的聚煤区，储量约占全国煤炭总储量的 1/2，并且勘探、开发程度高。其北界为阴山、燕山及长白山东段；南界为秦岭、伏牛山、大别山及张八岭；西界为贺兰山、六盘山；东临黄海、渤海。它包括北京、天津、山西、河北、山东、河南的全部、内蒙古的大部及辽宁和吉林的南部、甘肃和宁夏的东部、陕西和安徽的北部及江苏的西北部等。华北聚煤区煤系主要是石炭纪-二叠纪煤系，其次为晚三叠世及早、中侏罗世煤系，古近纪、新近纪煤系仅有零星分布。

1. 石炭-二叠纪煤系

华北广大地区从中奥陶世末开始隆起，经历了长期的风化剥蚀；至中石炭世初期，该区再度沉降，又接受新的沉积，沉积了该区最重要的石炭纪-二叠纪煤系，包括本溪组、太原组、山西组和下石盒子组。由于地壳运动、古地理环境等方面的差异，使全区各地的同一含煤地层在厚度、岩性、含煤性等方面发生有规律的变化。在北部（包括内蒙古西南部、山西北部、河北北部、辽宁南部等地），含煤地层主要为上石炭统本溪组、上石炭统、下二叠统下部的太原组和下、中二叠统的山西组；在中部（包括山西东南部、河北南部、河南北部、山东西南部等地），含煤地层除了上述各地层外，中二叠统的下石盒子组也常含薄煤层或煤线；在南部（包括江苏徐州地区、安徽北部、河南中部等地），含煤地层则主要为中二叠统的下石盒子组，甚至上二叠统的上石盒子组也含有煤层。

华北石炭纪-二叠纪煤系中的主要含煤层位，在时间上和空间上有明显的迁移现象，即在北部（带），主要煤层位于煤系下部的太原组；在中部（带），主要煤层位于煤系中部的山西组；在南部（带），主要煤层位于煤系上部的下石盒子组。

该区石炭-二叠纪煤系以太行山东麓的焦作煤田和沁水煤田的无烟煤和高变质烟煤带为中心，向四周煤的变质程度逐渐降低。东至冀东、鲁西，南至淮南、平顶山，北至晋北、内蒙古，均出现低变质烟煤或中、低变质烟煤；晋西到贺兰山则为中高变质烟煤。

2. 中生代煤系

华北聚煤区的中生代煤系均属内陆型煤系。聚煤时期包括晚三叠世及早、中侏罗世，

聚煤作用仅发生在燕山运动形成的一些内陆盆地中。晚三叠世煤系主要分布于鄂尔多斯盆地，称为延长群，其中部分地区煤系顶部含可采薄煤层。此外，在豫西、辽宁凌源等地也有煤层分布，但一般无可采煤层。早、中侏罗世为该区第二个重要成煤时期，煤系主要分布于鄂尔多斯盆地和北部的阴山、燕山一带，如鄂尔多斯盆地的延安组、内蒙古石拐子煤田的五当沟组、山西大同-宁武煤田的大同组及北京京西煤田的窑坡组等，含煤性好，可采煤层多且厚度大。此外，中生代煤系在豫西、山东淄博、辽宁田师傅等地也有零星分布。中生代的煤大多为低变质的长焰煤和气煤，只有少数地区，如山东坊子、北京京西和宁夏汝箕沟等地属无烟煤。

3. 古近纪、新近纪煤系

古近纪、新近纪煤系在该区仅有零星分布，如山东临朐、昌乐、黄县一带和河北的燕辽地区、山西繁峙等地。其煤一般为褐煤，少许为长焰煤。

（二）华南二叠纪聚煤区

华南二叠纪聚煤区，北起秦岭、伏牛山、大别山，南至南海诸岛，西至龙门山、大雪山、哀牢山，东至东海；包括湖北、湖南、江西、浙江、福建、广东、广西、贵州的全部地区、四川、云南、江苏的大部分地区、陕西、安徽的南部地区。

华南聚煤区煤炭资源较为丰富，储量约占全国总储量的 1/15，各种类型煤都有。区内从震旦纪到第四纪均有聚煤作用发生，但以晚二叠世聚煤作用为最强，晚三叠世次之，古近纪、新近纪有的地区（如云南昭通、小龙潭等）有巨厚煤层，第四纪在西部云、贵地区和东南沿海地带有泥炭层堆积。

1. 晚二叠世煤系

华南广大地区自早二叠世广泛海侵之后，进入晚二叠世以来，由于地壳运动的影响，陆地面积显著扩大，浅海海域明显缩小。伴随这个广泛的造陆过程，加之当时气候温暖潮湿，出现了聚煤的极盛时期。在古陆之间的广大地区沉积了该区最重要的含煤地层，即中、上二叠统龙潭组和长兴组。由于海陆分布的格局，使上述含煤地层在厚度、岩性、含煤性等方面，全区各地有所不同。中、上二叠统下部龙潭组为全区主要的含煤地层，上二叠统上部长兴组仅局部地区含煤。龙潭组几乎遍及全区，为该煤系中分布最广、最主要的部分。该组厚度一般为 100～500 m。总的变化趋势是由西向东、由北向南增厚，中部地区厚度较大。在西部（川、滇、黔、桂等地区），一般含煤 1～10 余层，局部达数十层，多为薄到中厚煤层。以重庆、贵州盘县、云南师宗一带含煤性最好，一般含煤 1～50 余层，总厚 3～52 m。在东部（湘、赣、粤、闽等地区）一般含煤 5～30 余层，局部达 70 层，多为薄煤层。以江西乐平和丰城、湖南耒阳、广东韶关一带含煤性最好，一般含煤 4～27 层，总厚 3～22 m。在东北部（苏、浙、皖、鄂等地区），一般含煤 1～9 层，多为薄煤层，也有中厚煤层，以江苏常州和宜兴、浙江长兴、安徽广德和贵池等地含煤性较好。上二叠统上部长兴组沉积只限于西南等局部地区，厚度为 0～100 m，变化较大，以四川筠连、贵州水城、云南师宗一带含煤性较好，含煤十余层，为薄至中厚煤层。其他地区含煤性较差，有时仅含薄煤层。

该区晚二叠世煤系有 3 个高变质烟煤和无烟煤带，一是北起川南和滇东北，经黔西转向东南的桂西、桂中；二是西起川东北，向东经鄂西北到鄂东南转到皖南；三是位于东南部的闽、粤、赣南和湘东南一带。围绕上述 3 个高变质带及其间地区以中变质烟煤为主。

2. 中生代煤系

该区中生代煤系主要分布在东部的湘、赣、闽、粤和西部的川、滇、黔等省。晚三叠世东部地区以湘东南的杨梅垅组及湘东、赣北的安源组含煤性最好，西部地区以川北的须家河组、滇中的一平浪组、贵州的火把冲组含煤性较好；早侏罗世粤北的金鸡组、四川盆地西北部的白田坝组、鄂西的香溪组均含有可采煤层或局部可采煤层，广西东部的西湾组含煤 20 余层，可采者达 14 层之多。

（三）西北侏罗纪聚煤区

西北侏罗纪聚煤区东以贺兰山、六盘山与华北聚煤区相邻，西南以昆仑山、可可西里山为界与西藏滇西聚煤区毗邻，东南以秦岭为界与华南聚煤区相连。该聚煤区包括新疆全部、青海中部和北部、甘肃中部和西部及宁夏西部地区。西北聚煤区煤炭资源丰富，储量约占全国总储量的 1/3，居全国第二位，但勘探、开发程度较低。聚煤区最主要是早、中侏罗世煤系，其次为石炭纪煤系，还有二叠纪煤系、三叠白垩纪煤系及古近纪、新近纪煤系等。早、中侏罗世的煤系，以新疆的煤盆地规模最大，青海、甘肃的煤盆地规模较小。含煤地层主要有下、中侏罗统的水西沟群、木里群及窑街组等。水西沟群，在新疆北部（准噶尔盆地）含可采煤层 10 余层，总厚达数十米以至数百米，多为中厚煤层，并有巨厚煤层发育；东部（吐鲁番盆地）含可采煤层 20～30 余层，总厚数十米以至百余米，多为厚煤层或巨厚煤层；西部（伊宁盆地）含可采煤层 10 余层，总厚数十米。木里群分布于青海东北部（大通河煤盆地）等地。一般含煤数层至 20 余层，以江仓、木里一带发育最好，可采煤层总厚一般数十米；窑街组分布于甘肃东部（靖远、会宁煤盆地）等地，一般含煤 2～4 层，为薄煤层、中厚煤层及厚煤层。早、中侏罗世煤系，在新疆、准噶尔盆地北缘的和布克赛尔县、福海县一带为褐煤；准噶尔盆地南缘的精河、乌鲁木齐一线，塔里木盆地北缘的轮台、吐鲁番、哈密一线及南缘的叶城、和田一线为低度变质烟煤；塔里木盆地北缘的温宿、拜城、库车一线等地为中变质烟煤。在甘肃和青海，民勤、鼎新一线，大通、窑街、阿干镇等一线及柴达木盆地边缘的冷湖、鱼卡绿草山、大煤沟等地为低变质烟煤；青海的木里、兴海等地为中变质烟煤；高变质烟煤较少，仅分布在青海江仓、热水一带；青海大柴旦及甘肃九条岭等地产无烟煤。

（四）东北侏罗白垩纪聚煤区

东北侏罗白垩纪聚煤区南以北票、沈阳一线与华北聚煤区相邻。该聚煤区包括黑龙江、吉林全部地区、辽宁北部及内蒙古东部、东北部地区。东北聚煤区主要为晚侏罗-早白垩世煤系，其次为古近纪、新近纪煤系，还有早、中侏罗世煤系。

1. 晚侏罗-早白垩世煤系

东北地区中生代以来，由于燕山运动的影响，形成了一系列的巨型沉降带和隆起带，在这些沉降带和隆起带内的次级坳陷和断陷盆地中，沉积了该区最主要的晚侏罗-早白垩世煤系。含煤地层主要有上侏罗-下白垩统的阜新组、巴彦花群、霍林河组、扎赉诺尔群及鸡西群等。阜新组主要分布于内蒙古东部和辽宁中部地区（赤峰—铁岭煤盆地群），含 5 个煤层群，即高德、太平、中间、孙家湾及小泉煤层群。底部高德层群煤层薄而稳定，分布较少，自太平层群向上开始出现巨厚煤层（20～30 m），再往上厚度逐渐减小，横向上分叉变薄尖灭现象明显，至顶部水泉层群只含不稳定的薄煤 10 余层。发育最好、分布最广的厚煤层主要位于下部的太平层群。在内蒙古东部（赤峰元宝山煤盆地），含 12 个煤

层组，下部四、五、六煤层组皆含巨厚煤层，但横向变化大，在盆地中部合并成巨厚煤层，向东南和西北两侧厚煤层开始分叉变薄，甚至尖灭。巴彦花群主要分布于内蒙古东部（巴彦和硕煤盆地群及多伦煤盆地群）。在内蒙古东部（巴彦和硕煤盆地群中部的胜利煤盆地），含8个煤组，盆地中部煤层合并成巨厚煤层（239 m），向东南和西北两侧煤层逐渐分叉变薄。霍林河组主要分布于内蒙古东部（巴彦和硕煤盆地群的东端），该组岩性主要为砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层。在内蒙古东部（巴彦和硕煤盆地群东端的霍林河盆地），含煤数层达20余层，为薄到厚煤层，并有巨厚煤层发育。盆地中部厚度最大，向西北煤层分叉变薄，向东煤层有合并现象。扎赉诺尔群主要分布于内蒙古东北部（海拉尔煤盆地群），该群岩性为粗、细碎屑岩、粉砂岩、泥岩和煤层。在内蒙古东北部（伊敏、扎赉诺尔等煤盆地），含厚煤层数层，有巨厚煤层发育（厚度>50 m）。鸡西群主要分布于黑龙江东部，一般含煤10～110余层，可采煤层4～40层。以西部鸡西，勃利、双鸭山含煤性较好。

该区晚侏罗-早白垩世煤系，在扎赉诺尔、伊敏、霍林河、元宝山等地为褐煤；大兴安岭东部的扎赉特旗、白城子及扎鲁特旗为中、高变质烟煤和无烟煤；辽宁阜新、北票一带为低中变质烟煤；黑龙江鹤岗、双鸭山、勃利、鸡西等地以低中变质烟煤为主，也有高变质烟煤；吉林营城、蛟河、辽源等地以低变质烟煤为主。

2. 古近纪、新近纪煤系

古近纪煤系在该区分布广泛，如辽宁抚顺煤田的抚顺组，吉林舒兰煤田的舒兰组和珲春煤田的珲春组，黑龙江依兰煤田的依兰组等，其含煤性较好，大多有厚及巨厚煤层存在；新近纪分布面积较小，含煤性较差，仅含有薄煤层，有的煤层可采或局部可采。

（五）西藏滇西中生代及古近纪、新近纪聚煤区

西藏滇西中生代及古近纪、新近纪聚煤区，南为喜马拉雅山；北为昆仑山，与西北聚煤区相邻；东为横断山，与华南聚煤区相邻；西为喀喇昆仑山、喜马拉雅山，包括西藏全部、青海南部及云南西部地区。

西藏滇西聚煤区主要为三叠纪、侏罗纪、白垩纪及古近纪、新近纪的煤系，还有石炭纪、二叠纪的煤系。含煤地层有上三叠统土门格拉组和巴贡组；中侏罗统普那组；下白垩统拉萨群、多泥组和川坝组；上白垩统秋乌群；古近系、新近系渐新统芒乡组；下石炭统马查拉组；上二叠统妥坝组和乌丽群等。煤层多以薄煤层为主，少数为中厚煤层，川西古近纪、新近纪煤系中有巨厚煤层。煤质方面，晚古生代为高变质烟煤和无烟煤；中生代以中、高变质烟煤为主，也有无烟煤；古近纪、新近纪以低变质烟煤为主，还有褐煤。

（六）台湾古近纪、新近纪聚煤区

该聚煤区包括台湾岛、澎湖列岛及70多个大小岛屿。台湾聚煤区主要是新近纪煤系。含煤地层为中新统野柳群、瑞芳群及三峡群，其中的三套含煤层位分别为木山组、石底组和南庄组，以石底组含煤性最好。各组所含煤层均为薄煤层，厚0.2～0.6 m，发育好的可达1.0 m。煤质方面，主要为低变质烟煤和褐煤。

复习思考题

1. 煤是怎样形成的？形成煤的必要条件是什么？

2. 我国对煤进行工业评价的指标有哪些？

3. 我国煤的工业分类所依据的是哪两大指标?

4. 叙述煤的分类。

5. 画图说明煤层结构的种类及煤层顶底板性质。

6. 煤有哪些物理性质?

7. 用肉眼鉴定煤岩成分与煤岩类型有哪些?

8. 何谓煤层总厚度，有益厚度，可采厚度?

9. 目前在煤矿开采过程中，煤层按厚度不同和倾角不同是如何分类的?

10. 叙述煤层厚度变化的原因。

11. 什么是含煤岩系?近海型含煤岩系、内陆型含煤岩系、浅海型含煤岩系各有哪些特点?

12. 什么是煤田?根据煤田的时代、含煤地层暴露的程度及地质构造的复杂程度煤田是怎样分类的?

13. 我国共分哪几大聚煤区?

第七章 矿井水文地质与工程地质

第一节 地下水的基本知识

【知识要点】

1. 自然界中水的循环
2. 地下水的物理性质及化学性质
3. 水在岩石中存在的形式
4. 含水层、隔水层、透水层
5. 地下水的分类
6. 泉

【课程内容】

一、自然界中水的循环

自然界中以不同状态存在于大气圈、水圈和岩石圈中的水，在太阳辐射热和重力的作用下，不断地循环着（图 7-1）。水在太阳的照射下，从海洋、河流、湖泊表面，岩石表面及植物叶面上不断地蒸发变成水蒸气上升到大气圈中，并随着大气不断移动，在温度、湿度适宜的条件下，凝结成极细的水滴——云，云再变成雨、雪、冰雹，在重力作用下，降落到地面。这种降落到地面的水统称为大气降水，这些水一部分就地蒸发，以水蒸气形式回到大气中，另一部分则通过地表径流和地下径流的形式回归到河流、湖泊、海洋之中，而后再度从其表面蒸发，如此循环不止。

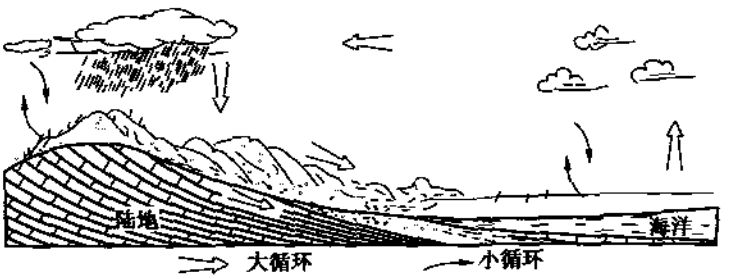


图 7-1 自然界中水的循环示意图

水循环按其循环范围不同可分为大循环和小循环两种。大循环又称外循环，是指在全球范围内水从海洋表面蒸发成水蒸气，随气流运移到陆地上空，以降水的形式降落到陆地表面，这些降水除部分再度蒸发，其余又以地表径流或地下径流的形式，最终又汇入海洋，水的这种由海洋到陆地，再回到海洋的循环，就称为大循环。

小循环又称为内循环。水从海洋表面蒸发，又以降水形式降落到海洋；或者从陆地上的湖泊、河流、地表及植物叶面蒸发后，又以降水形式落回到陆地上：水的这种在陆地或海洋各自范围内的循环称为小循环。

大循环是构成大陆上大气降水的主要来源。但陆地上河流、湖泊表面，地表及植物叶面水的蒸发，同样是大陆范围内大气降水的来源，对距海洋较远的干旱、半干旱地区尤其重要。因此，一个地区降水量的多少，既取决于大循环的频率和数量，又取决于小循环的频率和数量。所以，在干旱和半干旱地区采取修运河、水库、大面积植树造林等措施来加强小循环，也可以有效地改变当地的自然面貌。

二、地下水的物理性质及化学性质

自然界中存在于岩石圈中的水称为地下水。地下水不是化学纯水，由于它参与了自然界水的循环，所以它具有相当复杂的化学成分，并呈现出不同的物理性质及化学性质。

（一）地下水的物理性质

地下水的物理性质主要包括温度、颜色、透明度、气味、口味等。

1. 温度

地下水的温度主要受气温及地热的控制。近地表的地下水处于变温带，其温度受昼夜变化和季节性变化影响；在恒温带，地下水的温度一般不变；在增温带，地下水的温度与地热增温率有关。另外，地下水温随自然地理、地质条件以及循环深度的变化而变化。如寒带和常年积雪地带的浅层地下水的温度可低于 0 ℃，而埋藏于火山活动地区及地壳深处的地下水，温度可达数十摄氏度，甚至超过 100 ℃。

2. 颜色

地下水在一般情况下与化学纯水一样，是无色的。当水中含有某些元素或含有较多的悬浮物质和胶质体物质时，便会带有不同的颜色（表 7-1）。

表 7-1　地下水颜色与其中存在物质的关系

水中存在物质	硫化氢	低价铁	高价铁	硫细菌	锰的化合物	腐殖酸	黏　土
水的颜色	翠绿色	浅蓝色 浅绿色	黄褐色	红色	暗红	暗黄或灰黑色	无荧光的淡黄色

3. 透明度

地下水的透明度取决于其中固体与胶体悬浮物的含量。地下水一般是透明的。

4. 气味（嗅）

地下水的气味取决于水中所含有的气体成分和有机物质，一般的地下水是无味的，但当水中含有 H_2S 气体时，水便具有臭鸡蛋味；当水中含有亚铁离子时，水便具有铁腥味；当水中含有腐殖酸时，水便具有沼泽味。地下水的气味强弱与温度有关，一般在低温时气味不易辨别，而加热到 40 ℃左右时气味最显著。

5. 味道（口味）

地下水的味道取决于其中所含的盐分及气体。例如，含氯化钠的水具咸味；含硫酸钠

的水具涩味；含氯化镁或硫酸镁的水具苦味；含氧化铁的水具有锈味；大量有机质的存在能使水具甜味；二氧化碳在水中含量较多时，能使水清凉可口；而溶有重碳酸钙、重碳酸镁的水，则味美适口。味道的强弱，取决于各种有关成分的浓度和地下水的温度。在20～30 ℃时，水的味道比较重。

（二）地下水的化学成分

地下水长期在岩石和土壤的空隙中埋藏和运动，必然与周围介质（岩石、土壤）相互作用，不断地溶解介质中的可溶盐类及气体成分等，因此，地下水是一种复杂的溶液。到目前为止，在地下水中已发现有几十种元素，其中主要有以下4种。

离子状态　阴离子有 Cl^-，SO_4^{2-}，HCO_3^- 等；阳离子有 K^+，Na^+，Ca^{2+}，Mg^{2+} 等。

化合物状态　Fe_2O_3，Al_2O_3 等。

气体状态　N_2，O_2，CO_2，CH_4，H_2S 等。

在上述常见的几种离子成分中，常常以水中主要的阴、阳离子来表示地下水的化学类型。例如，地下水中若主要阴离子成分为 HCO_3^-、阳离子为 Ca^{2+}，那么水的化学类型就称为重碳酸钙型水；若水中主要阴离子为 SO_4^{2-}、阳离子为 Na^+，其化学类型为硫酸钠型水。

（三）地下水的化学性质

由于地下水中所含化学成分不同，地下水表现出了不同的化学性质，如酸碱性、侵蚀性等。反映地下水化学性质的常用指标有以下几个。

表7-2　地下水按酸碱性分类

水的酸碱性	pH值
强酸性	<5
弱酸性	5～7
中　性	7
弱碱性	7～9
强碱性	>9

1. 酸碱度

水的酸碱度通常用“氢离子浓度”，即pH值来表示。当pH＝7时，水呈中性；当pH＜7时，水呈酸性；当pH＞7时，水呈碱性。根据pH值的大小，将地下水分为5类，见表7-2。

酸性水对金属有腐蚀性，煤矿中的地下水若为酸性水，会腐蚀井下金属设备和采煤机械。饮用水要求pH值在6～8之间。

2. 侵蚀性

当含有 CO_2 的地下水与混凝土或石灰岩等接触时，可能溶解其中的 $CaCO_3$，使混凝土的结构受到破坏，这也是在石灰岩地区产生喀斯特作用的原因之一。其反应方程式如为：

$$CaCO_3+H_2O+CO_2 \rightleftharpoons Ca^{2+}+2HCO_3^-$$

由上式可知，当水中含有一定数量的 HCO_3^- 时，就必须有一定数量的 CO_2 与之相平衡，这一平衡所需的 CO_2 称为平衡 CO_2。当水中的 CO_2 与 HCO_3^- 达到平衡之后，若又有一部分 CO_2 进入水中，上述平衡就遭到破坏，反应向右进行，其中一部分 CO_2 与 $CaCO_3$ 起化学反应，而使 $CaCO_3$ 被溶解，这部分 CO_2 就称为侵蚀性 CO_2。因此，当地下水中游离的 CO_2 含量超过平衡的需要时，水中就含有一定量的侵蚀性 CO_2，水便具有侵蚀性。

3. 总矿化度（矿化度）

地下水中所含各种离子、分子及化合物（不包括游离状态的气体）的总量，称为水的总矿化度，简称矿化度。矿化度表明水中所含盐量的多少，即水的矿化程度。通常用水样

在105～110 ℃温度下蒸发干后所得的固体残余物的质量来表示，单位为g/L。按矿化度的大小，可将地下水分为5类，见表7-3。

表7-3 地下水按矿化度的分类

类　别	矿化度/（g·L^{-1}）	水的主要类型
淡　水	<1	碳酸氢钙型、硫酸盐型
弱矿化水（微咸水）	1～3	较少氯化物型
中等矿化水（咸水）	3～10	
高矿化水（盐水）	10～50	碳酸盐型、氯化物型
卤　水	>50	氯化钠型

饮用水的总矿化度一般小于1 g/L，即为淡水。

矿化度可直接反映地下水的循环条件，矿化度高，说明地下水的循环条件差；矿化度低，说明地下水的循环条件好。

4. 水的硬度

地下水硬度的大小，主要决定于地下水中Ca^{2+}和Mg^{2+}的含量，水的硬度通常分为总硬度、暂时硬度和永久硬度。

总硬度　水中Ca^{2+}和Mg^{2+}的总含量。它是暂时硬度和永久硬度的总和。

暂时硬度　将水加热煮沸后，形成碳酸盐沉淀的Ca^{2+}和Mg^{2+}的含量。

$$Ca^{2+}+2HCO_3^- \rightleftharpoons CaCO_3+H_2O+CO_2$$

$$Mg^{2+}+2HCO_3^- \rightleftharpoons MgCO_3+H_2O+CO_2$$

永久硬度　将水煮沸后残留在水中的Ca^{2+}和Mg^{2+}的含量。

水的硬度单位常用的有mmol/L和mg/L。

由于水的硬度并非是由单一的金属离子或盐类形成的，因此，为了有一个统一的比较标准，有必要换算为另一种盐类，通常用CaO或者是$CaCO_3$的质量浓度来表示。1 mmol/L=56.077 mg/L（以CaO计）=100.086 mg/L（以$CaCO_3$计）。此外，各国也有用德国度、法国度等来表示硬度的。1 mmol/L=5.6德国度=10法国度。

根据德国度将地下水分为极软水、软水、微硬水、硬水和极硬水5类，中国地下水质量国家标准将地下水按硬度分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ5类（表7-4）。

表7-4 地下水按硬度分类

水的类型	硬度/德国度	水的类型	硬度（以$CaCO_3$计）/（mg·L^{-1}）
极软水	≤4.2	Ⅰ	≤150
软　水	4.2～8.4	Ⅱ	≤300
微硬水	8.4～16.8	Ⅲ	≤450
硬　水	16.8～25.2	Ⅳ	≤550
极硬水	>25.2	Ⅴ	>550

饮用水硬度一般不超过25德国度。水的硬度是随着自然地理、地质等因素的变化而变化。如在石灰岩地区的喀斯特水的硬度，一般在10～25德国度之间；煤矿地区的老窑水和深层的地下水，一般有较高的硬度。硬度对生活及工业用水影响很大。例如，用硬水洗衣服消耗大量的肥皂，用硬水煮饭不容易熟。此外，硬水可使锅炉产生锅垢，既浪费燃料又易引起锅炉爆炸。

三、水在岩石中存在的形式

存在于岩石中的地下水，按其物理性质和分布状态不同，可分为以下几种。

1. 气态水

呈气体状态充满于岩石空隙之中的水蒸气称气态水。其不能直接被利用，也不能直接被植物吸收。

2. 吸着水

在静电引力或分子引力的作用下水分子附着于岩石颗粒表面，并形成一层极薄的水膜，这一部分水称为吸着水，也称强结合水。其具有一些不同于一般液态水的特征，如相对密度大于1，不受重力影响，不传递静水压力，在－78 ℃以下仍不冻结，不溶解盐类等。这部分水无法被利用，也不能被植物吸收。

3. 薄膜水

包围在吸着水外面的具有一定厚度的水膜称为薄膜水或弱结合水。薄膜水不受重力影响，不传递静水压力，其相对密度与普通水一样，但黏滞性较大，溶解盐的能力较低。薄膜水一般无法利用，但外层水分子可被植物吸收。

4. 毛细水

充满于岩石毛细空隙（直径小于1 mm的孔隙和宽度小于0.25 mm的裂隙）中的水称为毛细水。毛细水可传递静水压力，有一般水的特点，可被植物吸收。

5. 重力水

充满于非毛细空隙中的、能够自由运动的液态水称为重力水。平常从泉眼、水井、钻孔及矿井巷道中流出的地下水都是重力水。其具有一般水的通性，它可以传递静水压力，且可以自由运动。重力水是地下水主要的研究对象。

6. 固态水

当岩石的温度低于0 ℃时，岩石中的水就会变成固态水。

除上述6种水外，还有存在于矿物中的化学结合水，如沸石水等等。各种形式的水在地壳中的分布有一定的规律性，如图7-2所示。

四、含水层、隔水层、透水层

地下水之所以能够贮存于岩石中，是因为岩石中存在空隙。岩石的空隙既是地下水的贮存空间，又是地下水的运动场所。岩石中的空隙有孔隙、裂隙、喀斯特3种类型。一些岩石如砾石，粗、中粒砂，以及裂隙、喀斯特发育的坚硬石灰岩，胶结不好的砾岩等，在一定条件下，它们一方面是地下水的贮存场所，能储水，另一方面又允许水透过，这类既能透水且含有重力水的岩层称为含水层。若开掘巷道遇到这类岩体，水便会流出来。还有一些岩石，如黏土岩类，以及裂隙不发育的坚硬致密的火成岩、变质岩等，其本身不含地

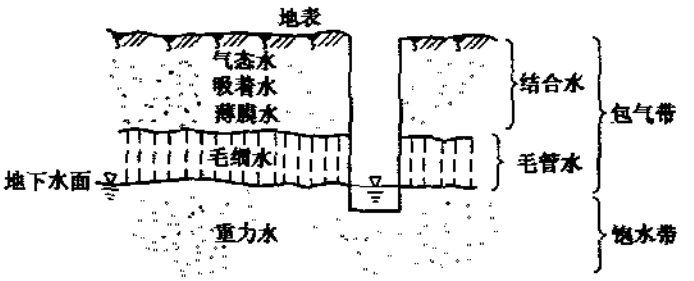


图 7-2 各种形式的水在地壳中的分布

下水，并对地下水的渗透起阻隔作用，这类不透水又不含重力水的岩层称为隔水层。在井下开掘到这类岩石时，比较干燥、无水。此外，自然界中也有一些岩体，其裂隙、喀斯特等较发育，能透水，但不含重力水，把这类只能透水，但不含重力水的岩层称为透水层。

五、地下水的分类

地下水的分类方法很多，我国煤矿建设和生产上常用的分类方法有以下两种。

（一）按地下水埋藏条件分类

按照地下水埋藏条件的不同，将地下水分为上层滞水、潜水、层间水 3 类。

1. 上层滞水

上层滞水是存在于包气带中局部隔水层之上的重力水，如图 7-3 所示。它是下渗水流遇到包气带中的局部隔水层引起水的滞留和聚集而形成的。

上层滞水的分布范围一般不广，具季节性，在雨季出现，干旱季节消失。其动态（指水质、水量、水位高低等）变化与气候及水文因素的变化密切相关。由于上层滞水距地表较近，直接受大气降水或地表水的下渗补给，因此，其补给区与分布区一致，且易被污染。由于这种水的分布范围有限，含水层厚度小，水量少，具季节性，因此，一般只能作为小型或暂时性供水水源。上层滞水对采矿影响不大，对植物的生长发育有一定的作用。

2. 潜水

潜水是埋藏在地表以下，第一个稳定隔水层之上，具有自由水面的重力水，如图 7-4 所示。潜水在自然界中分布极广，主要存在于第四纪疏松沉积物的孔隙及露出地表的基岩裂隙中。潜水上面无稳定的隔水层存在，因此，其具有无承压自由水面。潜水的自由水面称潜水面。潜水面至地表的距离称为潜水的埋藏深度。由潜水面往下至隔水层顶面之间的距离称为含水层的厚度。潜水面上任意点的标高，称为该点的潜水位。

潜水属无压水，在重力作用下，潜水可由高水位向低水位流动，水流的方向即为潜水的流向。潜水主要由大气降水和地表水补给，多数情况下，补给区与分布区一致。潜水的埋藏深度及含水层厚度因地而异。同一地区潜水的埋藏深度及含水层厚度随季节而变化，雨季降水充沛，补给量大，埋藏深度小，且含水层厚度大；旱季时，相反。此外，潜水面的形状与地形也有密切关系，它随当地的地形起伏而变化。地形高的地方潜水位也高，地面坡度越大，潜水面坡度也越大，二者基本一致，但地面坡度总体大于潜水面的坡度。潜水面的倾斜方向总是从补给区（大气降水或地表水等补给潜水的地段）倾向于排泄区（排

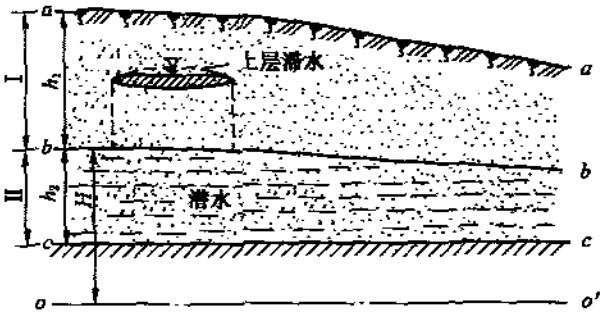


图 7-3　上层滞水和潜水示意图

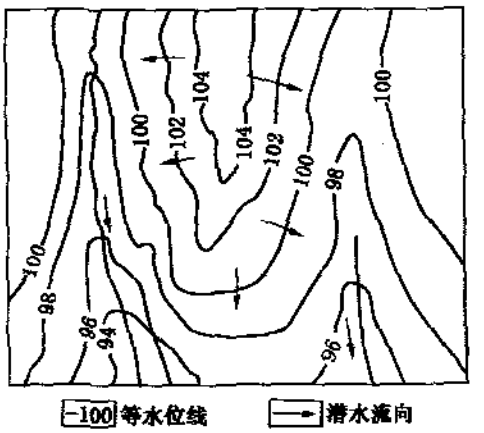


图 7-4　潜水等水位线图

泄潜水的地段），它表示潜水的运动方向。潜水面的形状可用潜水等水位线图来表示（图 7-4）。

潜水等水位线图是潜水面上各点的水位高程的等值线图，它是以潜水面上各点的水位标高为依据而编制成的。利用此图可确定潜水的流向、潜水的水力坡度（指沿潜水的流向，在单位距离内的水位标高差）、潜水的埋藏深度，推断含水层的岩性与厚度的变化，确定引水工程的位置等等。

由于潜水含水层之上无稳定的隔水层存在，埋藏较浅，易于取用，可作为供水水源，如作生活和工业用水，还可用于农田灌溉等，但其易受污染。潜水对建井和露天开采影响较大，对地下开采影响较小。

3. 层间水

层间水是指存在于两个稳定隔水层之间的重力水，层间水又可分为无压层间水和承压层间水两种。

（1）无压层间水　两个隔水层间的含水层未被重力水充满，仍具有自由水面而不承受压力，只能在重力作用下由高处向低处流动，其性质与潜水相同，称为无压层间水（图 7-5）。

（2）承压层间水（承压水）　充满于两个稳定隔水层之间、含水层之中的具有压力的重力水，称为承压水（图 7-6）。承压水的重要特征是有承压水头，当钻孔打穿隔水顶板后，承压水便在静水压力的作用下，沿钻孔上升，到含水层顶板以上某一高度后稳定下来，该高度称为静止水位或承压水位。从静止水位到顶板隔水层底面的垂直距离称为承压水头或水头高度。当地表标高低于静止水位时，水可自行喷出，此时的承压水称自流水。若在该地打井，便出现自流井，如图 7-7 所示。

最适宜于形成承压水的地质构造为向斜构造（或盆地、洼地）和单斜构造。形成承压水的向斜构造称为承压盆地（图 7-7），形成承压水的单斜构造称为承压斜地（图 7-8、图 7-9）。承压盆地和承压斜地按照水文地质特征分为补给区、承压区及排泄区 3 个区。补给区是大气降水或地表水直接补给自流水的部分，承压区是含水层上部具有隔水层的地段，在承压区内，地下水具有静水压力，排泄区是承压水以泉等形式排泄出含水层的区域。

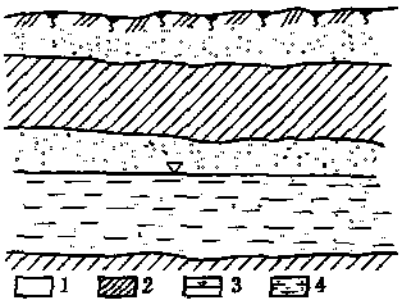


图 7-5 无压层间水示意图

1—砂；2—隔水黏土；3—地下水面；
4—无压层间水含水层

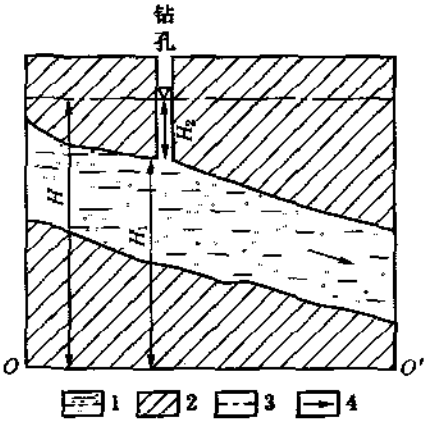


图 7-6 承压水要素示意图

H_1—初见水位；H—稳定水位；H_2—水头高度；OO'—基准面；
1—含水层；2—隔水层；3—承压水；4—承压水流向

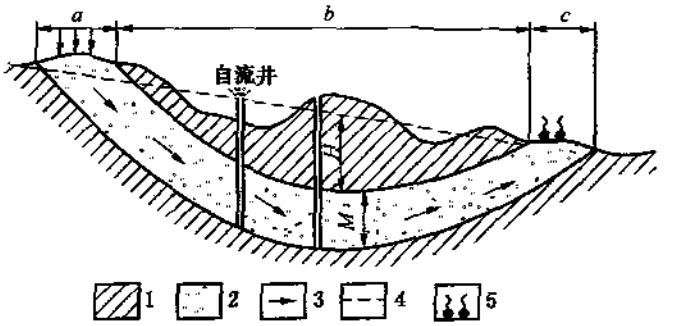


图 7-7 承压盆地剖面示意图

a—补给区；b—承压区；c—排泄区；
1—隔水层；2—含水层；3—承压水流向；4—承压水位；
5—上升泉；H—承压水头；M—含水层厚度

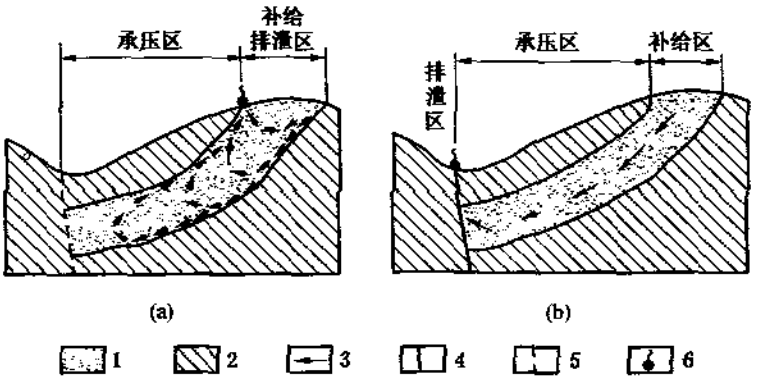


图 7-8 断块构造形成的承压斜地

a—断层不导水；b—断层导水
1—含水层；2—隔水层；3—地下水流向；4—导水断层；5—不导水断层；6—泉

承压水的埋藏条件不同，其承压水位也就不同。在同一承压含水层中，把承压水位相等的点连起来，即得到承压水位的等高线，将承压水位等高线绘制成图，就是承压水等水压线图，如图 7-10 所示。

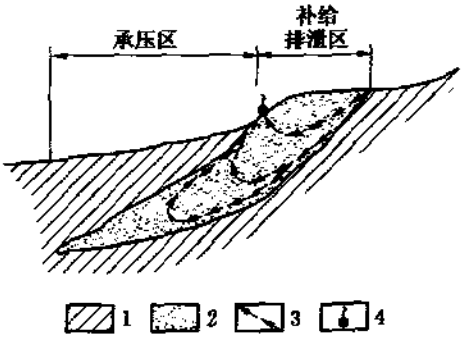


图 7-9　岩性相变形成的承压斜地

1—隔水层；2—透水层；3—地下水流向；4—泉

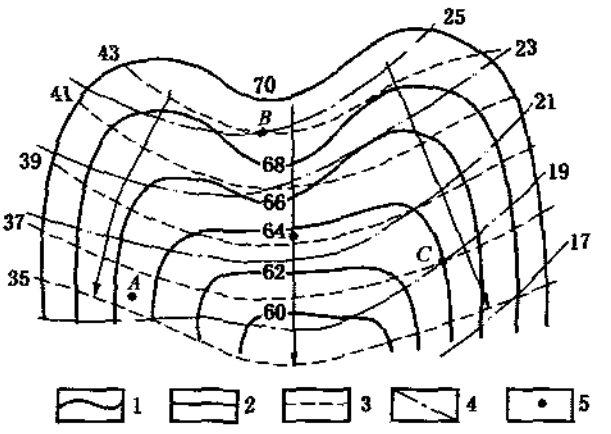


图 7-10　承压水等水压线图

1—地形等高线；2—承压水流向；3—等水压线；4—含水层顶板等高线；5—钻孔

等水压线图有很多实际用途，根据该图可确定承压水的流向及计算某地段水力坡度（承压水面坡度），确定承压水埋藏深度和承压水头（在该图上，同时附有地形等高线和隔水顶板等高线时，才能确定），判断开采承压水的有利地段，确定含水层厚度（必须在有上、下隔水层等高线时才能确定），分析有无自流区等等。

由于承压水上部有隔水层的存在，所以其补给区与分布区不一致。其动态变化受大气降水、蒸发等影响不显著，且不易受污染，是很好的供水水源。在采矿工作中，遇到承压含水层时，可能会使大量承压水涌入巷道，甚至造成矿井被淹等等。因此，应引起高度重视，采取一定的防范措施，避免水患的发生。

(二) 地下水按含水层性质分类

1. 孔隙水

指存在于疏松岩层孔隙中的水。这些疏松岩层主要为第四系沉积物及坚硬岩石的风化壳。孔隙水的存在条件和特征取决于岩石的孔隙情况，因为岩石孔隙的大小和多少，不仅关系到岩石透水性的好坏，而且也直接影响到岩层中地下水的运动条件以及水量的大小和水质的好坏。岩石的孔隙情况与岩石颗粒大小、形状、均匀程度及排列情况等有关。若岩石颗粒大而均匀，则含水层孔隙大，透水性好，地下水水量大、运动快、水质好；相反，若颗粒大小混杂或颗粒很细，则含水层的孔隙小，透水性差、水量小、地下水运动慢、水质差。

孔隙水由于其埋藏条件不同，可以形成上层滞水、潜水和承压水。孔隙水对采矿的影响，主要取决于孔隙含水层的厚度、孔隙情况及与煤层的位置关系。一般含水层厚度大、孔隙大，水量就大，建井时遇到它，需加强排水才能穿过；若是颗粒细又均匀的砂层，易形成流砂，可能会使大量流砂涌入井内，甚至会使整个井筒报废；当开采急倾斜煤层时，

若煤层直接位于强孔隙含水层之下时，很可能发生突水事故。总的来说，孔隙水对建井和露天开采有一定的影响。

2. 裂隙水

埋藏于岩石裂隙中的地下水，称为裂隙水。裂隙水按其埋藏条件可分为裂隙潜水和裂隙承压水。裂隙的成因和发育程度不同，裂隙水赋存和运动条件也有所差异。因此，裂隙水的特征主要取决于裂隙的性质。

裂隙按其成因可分为风化裂隙、成岩裂隙和构造裂隙等。对煤矿生产影响较大的主要是赋存于构造裂隙中的水，即构造裂隙水。其中断层破碎带中的裂隙水，通常具承压水的性质，其含水性能取决于断层性质、断层两盘岩性及次生充填物等。一般来说，逆断层产生的破碎带，两盘的裂隙多是闭合的，裂隙的含水性能较差。当遇到较大的正断层，其两盘又是坚硬脆性岩石（如砂岩）时，断层破碎带的规模较大，裂隙的张开性能也好，富水性强，若这种断层又与其他强含水层接触，巷道一旦揭露断层，就会发生突然涌水。

3. 喀斯特水

赋存于石灰岩、白云岩等可溶性岩石裂隙、溶洞中的地下水称为喀斯特水，又称岩溶水，有时也称溶洞水。

喀斯特水按其埋藏条件可分为喀斯特潜水和喀斯特承压水。它们对矿山开采均带来不利影响，尤其是喀斯特承压水，常具有高压的特点，致使我国许多煤田水文地质条件复杂化。喀斯特水对采矿的影响主要决定于煤系地层以及附近是否发育有可溶性岩石。一般煤层附近厚度大于 5 m 的石灰岩均作为重要的喀斯特水含水层考虑。如我国华北石炭二叠纪煤田，其煤系地层下伏为奥陶纪石灰岩，喀斯特承压水非常发育，对煤炭开采影响很大，如淄博煤田、焦作煤田、峰峰煤田等均有喀斯特水。

六、泉

泉是地下水的天然露头，地下水通过断层等流出地面就形成泉。泉是排泄地下水的一种重要方式。在山区和丘陵的沟谷中及山脚下含水层出露的最低处，容易找到泉，而在平原区很难找到。泉是在一定的地形、地质和水文地质等条件结合下形成的。

按照泉的形成方式可分为下降泉和上升泉。由潜水形成的泉称为下降泉。由承压水形成的泉称为上升泉。温泉一般为上升泉。

【地下水物理性质的分析训练】

一、训练目标

根据所在地区的地理资料与当地水文资料，对区内的水资源受到增温带的影响进行推算、测量，并进行分析，使学生强化地下水受增温率影响的相关知识，掌握根据地下水的温度计算出地下水的埋藏深度。

二、训练用工具与器材

训练用工具及器材包括保温水杯、温度计、实验室用烧杯，备用表格及文具等。

三、学生准备相关理论知识的准备

(1) 地球内圈层水的温度特点分为变温带、恒温带、增温带。

(2) 近地表的地下水处于变温带，其温度受气候的影响大，具有周期性的昼夜变化和季节性变化。

(3) 在恒温带，地下水的温度一般变化很小。

(4) 在增温带，地下水的温度是当地地热增温率与它在恒温带以下的深度的乘积。

(5) 高山区和冻土区，地下水的温度一般较低，局部高矿化水具有负温（−5 ℃）。

(6) 在火山活动区及与火山活动有关的温泉区，水温一般较高甚至超过 100 ℃。

四、训练的方法与步骤

(1) 绘制表格，见表 7-5。

表 7-5 地下水温度记录

煤矿_____ 日期：　　年　　月　　日 填表人_____

序号	容量/L	地下水温度/℃	年平均气温/℃	恒温带深度/m	埋藏深度/m
1					
2					
3					
4					
5					
平均					

(2) 训练用资料主要是通过化验室人员提供。

五、注意事项

(1) 收集资料之前要与化验室取得联系。

(2) 不得向外界透露被收集资料单位的商业秘密。

(3) 实习时要有实习所在煤矿的专业人员带领，加强对学生的纪律教育。

(4) 所收集资料应翔实。

(5) 途中注意安全，要注意检查所带的物品，以免丢失。

第二节　矿井充水条件

【知识要点】

1. 矿井充水水源
2. 矿井充水的通道
3. 影响涌水量大小的因素

【课程内容】

在煤矿建设和生产过程中进入井筒、巷道和工作面的水，统称为矿井水。矿井开采时各种来源的水，通过各种方式流入矿井的现象称矿井充水。单位时间内流入矿井的水量称矿井涌水量。矿井涌水量的大小是由多种因素综合作用决定，其中，一定的充水源和充水通道是造成矿井充水的两个主要因素。在采掘过程中，正确地分析判断矿井充水水源、充水通道及其他影响涌水量大小的因素，对计算涌水量大小、合理地制定矿井防治水措施有重要的意义。

一、矿井充水的水源

矿井充水必然有某种水源的补给，一般矿井充水的水源主要为大气降水、地表水、地下水和老空水。

（一）大气降水

大气降水是矿井水的重要补给来源，特别是在开采地形低洼并且埋藏较浅的煤层时，大气降水往往是矿井涌水的主要水源。大气降水一般是沿岩石的孔隙和裂隙渗入地下补给含水层，间接进入矿井，少数情况下是直接进入矿井。大气降水作为矿井充水水源时，有以下特点。

（1）矿井涌水量的大小与该区的降水量大小、降水性质及延续时间有关。降水量大的地区，矿井涌水量大。例如，我国南方降水量大，一般矿井涌水量就大；长时间的小雨有利于渗入，矿井涌水量就大；短时间的暴雨，不利于渗入，矿井涌水量就小。

（2）矿井涌水量的大小随季节的不同而变化。雨季矿井涌水量大，旱季矿井涌水量小，而且涌水量的高峰期往往比降水滞后一定时间。

（3）大气降水渗入量随开采深度的增加而减少。如图 7-11 所示山东某矿降雨量与涌水量关系曲线图，反映了一立井在每年的 7、8、9 月份的涌水量最大。一立井是开采浅部煤层（－250 m 以上），涌水量受降雨量变化影响显著，而同属一个矿的二立井是开采深部煤层（已采到－450 m），其涌水量就小，且比较稳定，基本不受降雨量变化的影响。

（二）地表水

位于矿井附近或直接位于矿井以上的河流、湖泊、水池、水库等地表水，可通过一定的通道进入矿井，成为矿井充水的水源。

地表水能否进入矿井，主要取决于巷道距离水体的远近、水体与巷道之间的岩层性质及构造，其次取决于开采方法。

地表水进入矿井的途径主要有：通过第四纪松散砂、砾层及基岩露头渗入补给地下水，然后在适当条件下进入巷道（图 7-12a）；通过构造破碎带或古井直接溃入井下（图 7-12b）；洪水期间，通过井口（或冲破围堤）直接灌入（图 7-12c）；沿采空区上方的断裂、垮落带进入（图 7-12d）。

地表水作为矿井充水水源时有以下特点。

（1）煤层距地表水体越近，矿井涌水量越大。

（2）常年性水体，其水体越大，矿井涌水量越大。

（3）多数季节性河流，在旱季地表虽然断流，但地下径流却依然存在，仍然起到补给含水层的作用。

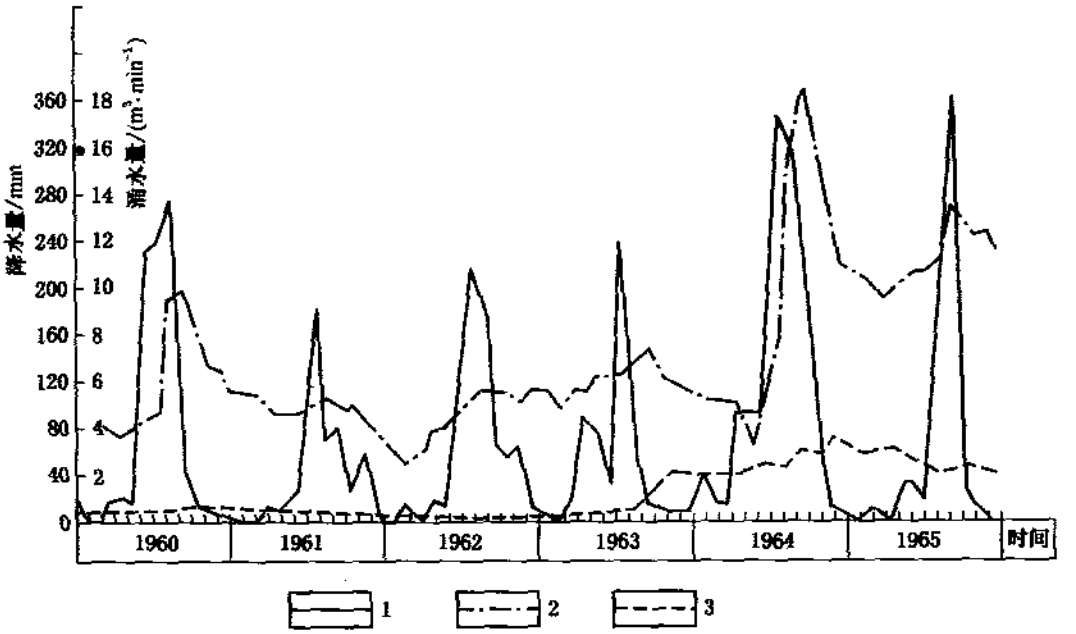


图 7-11　山东某矿降水量与涌水量关系曲线图

1—降水量曲线；2—一立井涌水量曲线；3—二立井涌水量曲线

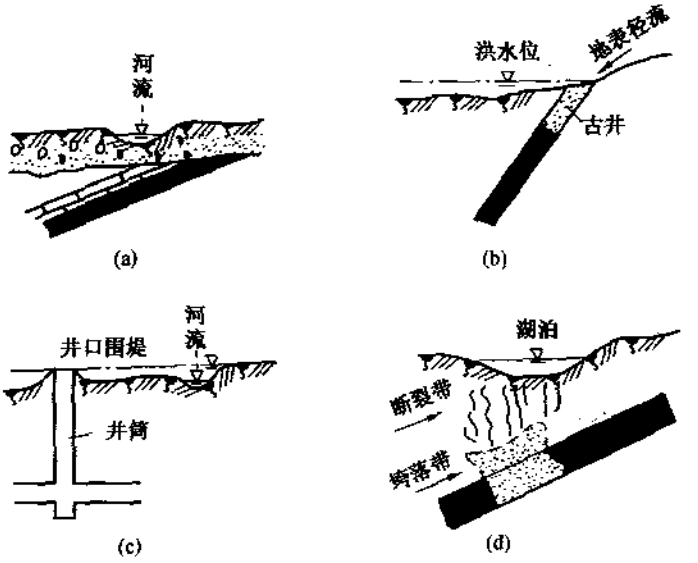


图 7-12　地表水进入矿井的途径示意图

a—通过第四纪松散砂砾层；b—通过构造破碎带；c—直接灌入；d—通过导水断裂带

受地表水威胁的矿井，在开采过程中，应当查明地表水水体的大小、距离巷道的远近，以及位于最高洪水位以下的范围，预先采取一定的措施，以避免水害的发生。

（三）地下水

地下水是矿井充水最直接、最主要的充水水源。煤层附近往往存在含水层，当它们与采掘空间有通道相连时，含水层中的水就会进入矿井成为矿井充水的水源。这些含水层的地下水，根据其含水层空隙的性质不同，分为孔隙水、裂隙水、喀斯特水。

（1）充水水源为孔隙水　在开采松散岩层的下伏煤层时往往会遇到此类充水水源。其特点是水量较大，并且常有流砂溃入井下。如开滦煤矿某矿井曾发生过水、砂突入矿井的事故。

（2）充水水源为裂隙水　当采掘工作面揭露含裂隙水的围岩时，这种水就会流入工作面。其特点是水量较小，水压较高。当裂隙水与其他水源无水力联系时，多数情况下，涌水量逐渐减小，甚至干涸；反之，涌水量就会增大，甚至造成淹井事故。

（3）充水水源为喀斯特水　在开采顶、底板为石灰岩等可溶性岩层的煤层时，常会遇到此类水源。其特点是水量大，水压高，来势猛，水量稳定，不易疏干，危害性大。例如，我国华北石炭二叠纪煤系地层，平行不整合于奥陶系石灰岩强含水层之上，并且在该煤系中，很多煤层顶、底板往往是含有喀斯特水的石灰岩。不少地区发生的突水事故，其水源绝大多数为石灰岩含水层中的喀斯特水。

（四）老空水

古代和近期的采空区、老窑和已经报废的井巷，由于长期停止排水而积存的地下水，通常称为老空水，其特点如下。

（1）来势凶猛，在短暂时间内可有大量的水涌入井巷，且水中常携带着煤块、石块等，有时含有有害气体，破坏性很大。

（2）老窑积水一般为酸性水，对金属有腐蚀性，易损坏井下的金属设备。

（3）若老空水与其他水源无水力联系，易疏干；若与其他水源有水力联系时，则可造成稳定的涌水，危害性极大。

在某一个具体充水事例中，常由某一种充水水源起主导作用，但也可能由几种水源综合起作用。因此，在具体分析矿井充水水源时，应该进行充分的实地调查分析，找出水源的主次，便于合理地防治水。

二、矿井充水的通道

矿区只有充水水源存在，不能决定矿井是否充水，还必须有把充水水源水流入矿井的通道，即充水通道。矿井充水通道，主要有岩层的孔隙、裂隙、溶隙、陷落柱等。

（一）岩层的孔隙

岩层的孔隙多存在于疏松的沉积物中。其透水性能的好坏取决于孔隙的大小和连通情况，如砾石、粗砂等松散的碎屑沉积物中孔隙比较大，连通程度好，其透水性好，巷道穿过时往往会引起井巷充水，且涌水量大。

（二）岩层的裂隙

岩层的风化裂隙、成岩裂隙、构造裂隙等都能构成矿井充水的通道。对矿井具有普遍而严重威胁的是构造裂隙（断裂），其中包括各种节理、断层等。任何矿井所揭露的地层，都或多或少分布着不同性质、不同规模和不同时期所形成的构造断裂。当采掘工作面遇到或接近构造裂隙时，与其有联系的水常常会通过它们导入井下，造成矿井充水。其中的断

层破碎带常是地下水的通道和聚积区，断层破碎带可沟通各个含水层，并与地表水发生水力联系，造成矿井突水。但不是所有的断层都能造成矿井突水事故，一般来说，断层破碎带本身储存的水量并不是很大，只有当其与地表水、地下水等水源沟通时，且地下水压比较大、有足够力量突破断层破碎带和隔水层底板时，才会引起突水（图 7-13），且水量大而稳定，不易疏干，常会造成淹井事故；而那些与其他水源无联系、不沟通的，只形成含水断层破碎带，当井巷接近或揭露它时，会发生突然涌水，但通常是开始水量大，以后水量逐渐减少甚至干涸，对采掘工作影响较小。此外，突水也与断层本身的透水性有直接关系。根据许多矿的实践经验证明，多数逆断层透水性差，正断层透水性强。如果在矿井中有许多条断层，断层的交叉处是最容易发生突水事故的位置（图 7-13）。如果断层破碎带中充填了许多颗粒细小的柔性岩石（如黏土岩）、煤粉等，经后期胶结牢固，也可能起到隔水的作用。因此，断层虽然是矿井充水的一个重要通道，但并不是绝对的，实际工作中应根据具体情况分析判断其透水性能。

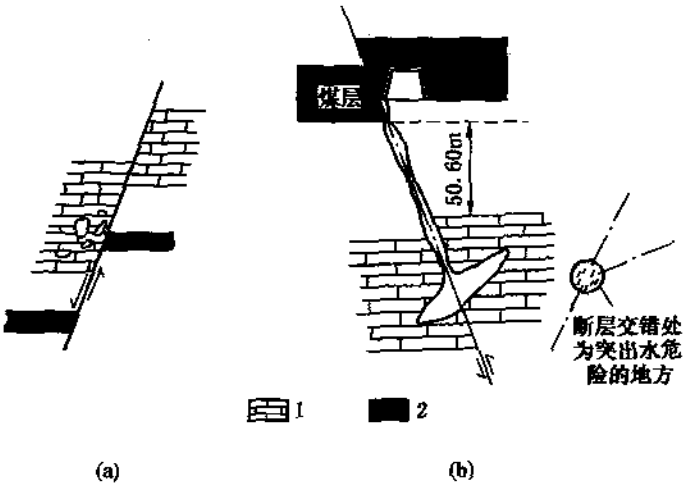


图 7-13　承压水通过断层涌入井巷

a—断层错动使煤层与含水层相接；b—断层将煤层与含水层沟通

1—含水层；2—煤层

（三）岩层的溶隙

这种空隙存在于碳酸盐类等可溶性岩层中。它的大小、形状等变化较大，可从细小的溶孔直到巨大的溶洞，可以是彼此连通，也可以形成单独的管道或格架状喀斯特体，当溶隙很大且连通性很好时，不仅可储存大量的地下水，而且也是矿井充水的良好通道，当巷道接近或揭露它们时，易造成突水。

（四）陷落柱

陷落柱既可以积聚地下水，又是连通富水层的良好通道。当采掘工程接近本身导水且穿过富水层的陷落柱时，就可能引发矿井突水事故。

（五）人工作用造成的充水通道

（1）封闭不良的钻孔　当钻孔未封闭或封孔质量不合乎规定要求时，这些钻孔就构成了沟通煤层顶、底板含水层或地表水的通道，在采掘过程中遇到或接近它时，就会发生涌

水等事故。

(2) 采矿活动　煤层采空后，在矿山压力作用下，采空区上部岩层产生垮落带、断裂带，使煤层底板也产生底鼓或裂隙，这些断裂裂隙若与地表水或地下水沟通，也会引起矿井涌水。

(3) 矿井长期排水　煤矿长期排水过程中形成的水位降落漏斗，在不稳定的情况下，逐渐向外扩展，可能涉及新的水源，或可能引起地面沉降、开裂、塌陷等，造成地表水灌入井下，使矿井涌水量增大。

三、影响涌水量大小的因素

涌水量是指单位时间内流入矿井的水量。如前所述，充水水源的类型、规模，充水通道的位置、透水性能的好坏等，都直接控制着流入矿井水量的多少。除此之外，下面一些因素也影响矿井涌水量的大小。

(一) 地形的影响

地形直接控制了含水层的出露部位和出露程度，控制着大气降水和地表水的汇集、渗透，因此，地形间接地影响着矿井涌水量。

当矿区位于当地侵蚀基准面以上时，通常涌水量较小；当开采深度低于当地侵蚀基准面时，涌水量较大，且水文地质条件比较复杂。在同一地质条件下，位于低标高矿区，如河谷、冲沟或低地，其涌水量可能较大，尤其当矿区位于四周地形高而中间为低平的盆地时，雨季积水量大，在地表不易排泄，地表水可大量补给煤系地层中的含水层（图 7-14a），在一定条件下，可造成矿井强烈充水；反之，在地形较陡的情况下，降水大部分形成地表水流走，补给含水层的水量就少（图 7-14b）。

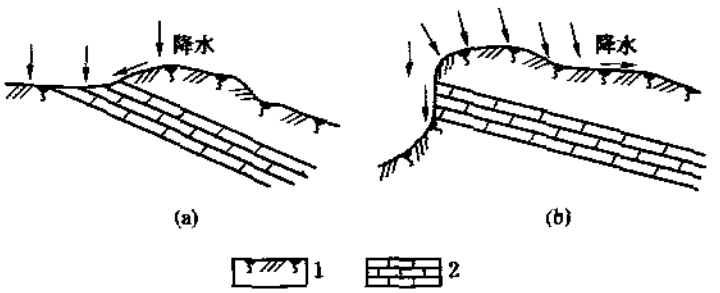


图 7-14　地形对大气降水补给含水层的影响示意图

a—地形低洼；b—地形陡峻

1—地表；2—含水层

(二) 覆盖层及煤层围岩的影响

大气降水和地表水能否渗入地下，进入矿井中，与煤层上覆岩层的透水性及围岩的出露程度、透水性有着直接的关系。

煤层上覆岩层中存在弱透水层或不透水层（如黏土层等）时，并且厚度稳定（厚度大于 5 m），其可起到隔水作用，大气降水和地表水基本不能渗入；上覆岩层若透水性好，则地表水和大气降水可渗入，矿井涌水量就大。

若煤层围岩为透水岩层，并且出露于地表，出露面积越大，接受大气降水和地表水下渗补给量就越大，井下涌水量也越大。

此外，煤层下覆岩层中存在含水层，若含水层距煤层较近，其上的隔水层薄，而含水层水压很高时，容易发生突水事故，造成矿井涌水量增大。

（三）地质构造的影响

地质构造既决定了地下水的埋藏条件，又控制着地下水的运动，影响着矿井涌水量的大小。尤其是其中断层对矿井涌水量的影响，除了前面所述外，在矿区断层密集的地段，节理发育，可能造成涌水量增大；由于断层的作用，使煤层与强含水层接触或接近时，可能造成突水事故，使矿井涌水量增大。

若矿区存在褶曲，当煤层上覆岩层存在含水层时，在采掘位于向斜轴部附近的煤层时，涌水量一般比较大；采掘位于背斜轴部附近的煤层时，涌水量一般比较小。

（四）不正确的采矿工程的影响

采掘工程必须在符合《煤矿安全规程》的前提下，按照设计要求进行，若采掘工程违反规程没有按设计要求去做，如开采了防水煤柱，或减小了隔离煤柱的厚度等，触及了积水水源，就会使水进入矿井，增大矿井的涌水量。

第三节　矿井水害防治

【知识要点】

1. 水文地质观测
2. 矿井水的综合治理

【课程内容】

一、水文地质观测

对矿井水源的分析正确与否，主要取决于观测资料是否具全面性和可靠性。

（一）矿井充水程度评价

不同矿井影响其充水的因素不同，涌水量大小各异。矿井充水程度用含水系数 K_P 和矿井涌水量 Q 两项指标表示。

1. 含水系数（K_P）

含水系数又称富水系数，其数值是某一时期从矿井中排出的水量 Q 与同一时期内煤炭开采量 P 的比值，用 K_P 表示，单位为 m^3/t，即

$$K_P = \frac{Q}{P}$$

根据含水系数的大小，将生产矿井分为 4 类：

充水弱的矿井	$K_P<2\ m^3/t$
充水中等的矿井	$K_P\geqslant 2\sim 5\ m^3/t$
充水强的矿井	$K_P\geqslant 5\sim 10\ m^3/t$
充水极强的矿井	$K_P\geqslant 10\ m^3/t$

2. 矿井涌水量（Q）

矿井涌水量是指在开拓及开采过程中，单位时间内流入矿井的水量，通常用 Q 表示，单位为 m^3/d，m^3/h 或 m^3/min。根据涌水量的大小，将矿井分为 4 类：

涌水小的矿井　　$Q<100\ m^3/h$

涌水中等的矿井　　$Q\geqslant 100\sim 500\ m^3/h$

涌水大的矿井　　$Q\geqslant 500\sim 1\ 000\ m^3/h$

涌水最大的矿井　　$Q\geqslant 1\ 000\ m^3/h$

不同矿井的充水程度或涌水量有很大差别，同一矿井不同时间或不同地段的涌水量也不一样，如在一年内有最大涌水量、正常涌水量和最小涌水量。

（二）矿井水文地质观测

矿井水文地质观测主要包括地下水水位观测、河流流量观测、涌水量观测、水质观测等。利用这些观测获得的信息可以解决生产实际问题。

1. 地下水水位观测

在矿区进行地下水水位观测，主要是通过对根据不同观测目标钻的水文观测孔中水位的变化的观测，掌握地下水的动态特征，从而判断地下水与大气降水、地表水体之间，各含水层之间的水力联系，判断各种地质构造的导水性，分析地下水的疏干状况等，为预防矿井水害和利用地下水资源服务。

以下通过钻孔水位观测实例，说明地下水水位观测方法及其作用。

（1）预报透水事故的发生　开滦矿务局某矿，地表被百余米厚的冲积层所覆盖，冲积层下部是厚卵石层，含水极其丰富。为了开采冲积层下面的急倾斜煤层，避免冲积层水突然溃入矿井而造成事故，在采煤工作面上方打水位观测孔，派专职人员进行水位观测（图 7-15）。一天，观测人员发现观测孔内水位突然下降 1 m（这是井下突水的明显预兆），观测人员立即向矿领导作了汇报，采取了紧急措施，将人员全部撤出，第二天果然大量的地下水夹杂着泥砂涌入矿井。此次钻孔水位变化观测，准确地预报了透水事故的发生，对保证安全生产起了重大作用。

（2）了解断层的导水性　焦作矿务局某矿，在巷道掘进过程中发现许多小断层，而且都有涌水现象出现，有些小断层被揭露后涌水还相当大。如果巷道继续掘进，前方将遇一较大的断层，其落差超过 20 m。巷道能否安全穿过断层，要看是否会有大量透水。为查明断层导水性，在断层两盘分别布置了观测孔，观测两盘同一含水层的水位变化（图 7-16）。经过对两个钻孔水位的长期观测，发现两钻孔水位差别很大，这说明断层两侧无水力联系，此断层不导水。由于断层的导水性确定了，就大胆地继续进行施工，巷道穿过断层时，果然无水。

（3）了解突水水源　图 7-17 所示为某矿回采十行头炭过程中，工作面底板突然透水，涌水量达 5 m^3/min，部分巷道被淹没。突水后发现打在本溪组徐家庄灰岩中的 CK_1 钻孔水位明显下降，而奥陶系灰岩的 CK_2 观测孔水位没有变化。说明这次突水主要是徐家庄灰岩水，而与奥陶系灰岩含水层无关。

（4）了解地下水与地表水的补给关系　西南某矿在掘进位于煤层底板茅口灰岩中的运输大巷时，发生了突水事故，涌水量高达 8 000 m^3/h。突水发生后怀疑水源为附近地表河流，为证实这一推断，在河流的岸边打了 2 个钻孔 CK_1、CK_2（图 7-18）。经过对钻孔水

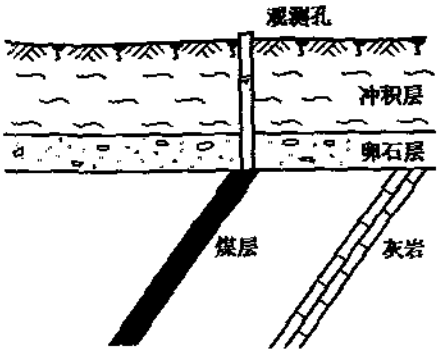


图 7-15　唐山矿水位观测孔示意图

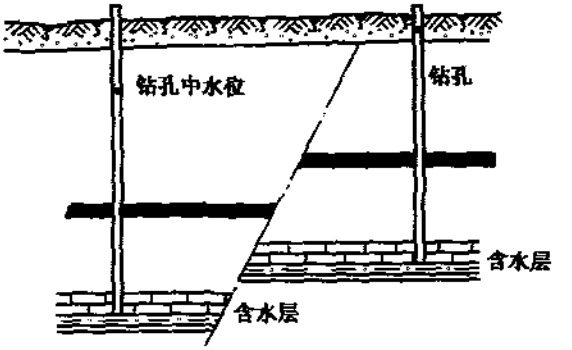


图 7-16　焦作某矿剖面示意图

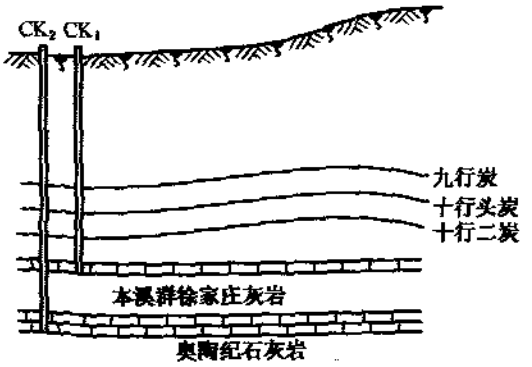


图 7-17　淄博煤田某矿剖面示意图

位的观测，发现 CK_1 钻孔中水位高于河流水面，而 CK_2 钻孔中水位又高于 CK_1 钻孔。根据地下水由高处向低处流的规律，证明此处地下水补给地表水——河流，井下突水与河流无关。后来经过多方调查，终于查明这次突水主要是掘到了地下暗河，是一条独立的水系，从而为制定防水措施提供了可靠的依据。

2. 河流流量观测

对于流经矿区或矿区附近的河流，应设河流观测站，观测河流流量变化。观测站一般设置在河流出入矿区、采区、含水层露头的上下游，根据上下游流量比较就可了解河流对矿区影响大小。如果河流流入矿区的流量与流出矿区的流量相近，这表明河流的影响较小；如果流入矿区的流量大于流出矿区的流量，则河流对矿区的影响较大，必要时应采取防水措施。

3. 涌水量观测

1）矿井涌水量与降水量的关系

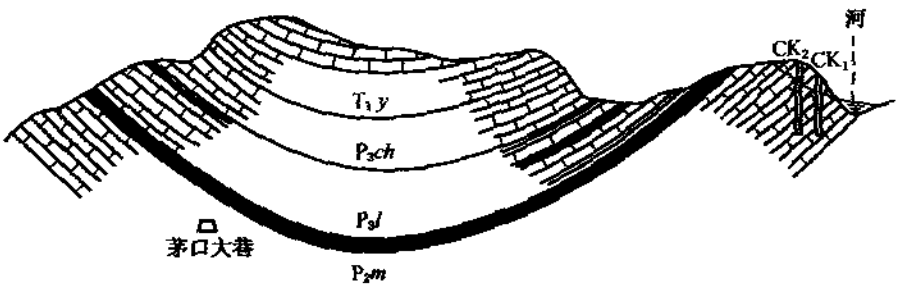


图 7-18　西南某矿剖面示意图

T_1y—玉龙山灰岩；P_2ch—长口灰岩；P_2l—乐平煤系；P_1m—茅口灰岩

矿井涌水量的变化和降水的关系可表现出3种不同的情况。

(1) 一年中各月的降水量虽有不同，但矿井涌水量变化幅度不大，基本稳定，这表明降雨对矿井涌水量的影响很小。前面曾经提到北方某矿煤层开采后，地表有许多塌陷裂缝，通过对矿井涌水量观测，发现这些塌陷裂缝与井下并不连通，降雨季节雨量再大，对井下不产生直接影响。后来，该矿用水泵有意识地向地表裂缝中灌水，发现矿井涌水量仍未增加，所以填堵地表裂缝没有实际意义。

(2) 矿井涌水量随降水量多少而明显地变化。降水量大，矿井涌水量也大；反之，矿井涌水量就小。这类矿井在雨季前必须做好防洪工作，其中包括填堵地表裂缝，否则将会影响正常生产。

(3) 对于开采深度较大，但仍受大气降水直接影响的矿井，由于巷道、回采工作面距地表较远，降雨后，雨水向下渗透，需要一定的时间才能流入井下，所以矿井涌水量最高峰出现在降水量最大月份之后1～2个月。

2) 矿井实际涌水量的测定

矿井涌水量测定是一项水文地质基础工作，通过涌水量实际观测，获得可靠的数据，为矿井涌水量预测积累资料。矿井实际涌水量测定的常用方法有容积法、浮标法、堰测法、流速仪法及观测水仓水位法等。

(1) 容积法　测量时，直接使出水地点的水流入量筒中，记下流出的水量和所用的时间，并按下式计算其涌水量：

$$Q=\frac{V}{t}$$

式中　Q——涌水量，m^3/h 或 m^3/min；

V——量筒的体积，m^3；

t——水充满量筒所用时间，h 或 min。

容积法适用于涌水量较小出水点的实际涌水量测量。该方法测量结果比较准确。

(2) 浮标法　在巷道中选择平直规则的水沟地段，量出该段水沟的长度，并在该段水沟的上游和下游分别测量并计算出水沟的横断面积，取其平均值；然后在上游放上能漂浮的物体如木片、厚纸片、乒乓球之类的物体作浮标，同时记下时间，等浮标到达下游断面处时再记下时间。涌水量按下式计算：

$$Q=0.8A\frac{L}{t}$$

式中　Q——涌水量，m^3/min；

A——排水沟过水断面面积的平均值，m^2；

L——上、下游过水断面之间的距离，m；

t——浮标从上游过水断面流到下游过水断面所用的时间，min。

浮标法比较简单，特别是涌水量大时较为适用，但不够准确，一般在水沟的同一地段测量数次取其平均值。

(3) 堰测法　在井下排水沟内设置过水堰板，通过测量水流过堰口的高度来计算涌水量。常用的过水堰板有三角形堰、梯形堰和矩形堰3种。

三角堰（图7-19）适用于流量小的情况，计算公式为

$$Q = 0.014\ h^2\sqrt{h}$$

梯形堰（图 7-20）适用于流量较大的情况，计算公式为

$$Q = 0.018\ 6\ bh\sqrt{h}$$

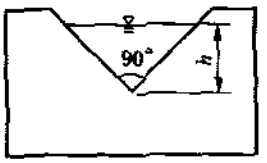


图 7-19　三角堰

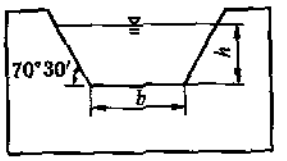


图 7-20　梯形堰

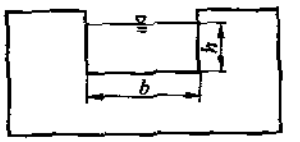


图 7-21　矩形堰

矩形堰（图 7-21）适用于大流量的情况，计算公式如下。

无缩流（即堰口与水沟一样宽）时，

$$Q = 0.018\ 38\ bh\sqrt{h}$$

有缩流（即堰口窄于水沟宽度）时，

$$Q = 0.018\ 38(b - 0.2h)\sqrt{h}$$

式中　Q——流量，L/s；

h——堰口水头高度，cm；

b——堰口底宽度，cm。

使用堰测法时，必须注意堰口的上、下游间形成水头差，使水流越过堰口产生水头跌落（图 7-22）；否则，测量结果不准确。

（4）流速仪法　在巷道水沟中选定一个断面，用流速仪测定该断面处的平均流速，从而确定该断面的流量。

（5）观测水仓水位法　在水仓内设置标尺，然后开动水泵排水；停泵后，立即在标尺上读出水仓内水位；经过一段时间后，水仓内水位上升，再读出标尺上的水位（图 7-23）。涌水量可用下式计算

$$Q = \frac{(H_2 - H_1)A}{t}$$

式中　Q——涌水量，m^3/min；

H_1——刚停泵时的水位，m；

H_2——停泵 t 时间后的水位，m；

A——水仓的面积，m^2；

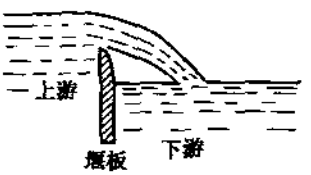


图 7-22　堰口水流跌落示意图

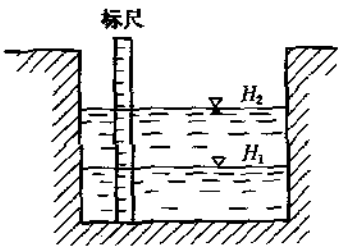


图 7-23　水仓内测水位示意图

t——测量的时间间隔，min。

除上述方法外，有的矿井还用每天的总排水量来计算矿井涌水量。一般来说，矿井每天的总排水量也就是一天涌入矿井的水量。

4. 水质观测

自然界中的水，无论是大气降水、地表水、地下水还是老窑水，都具有比较复杂的成分和不同的特点。其中以大气降水矿化度最低，地表水次之，地下水较高而老窑水最高。对地下水来说，不同含水层中的水，其化学成分也常有区别。这是由于地下水埋藏、运动于地下不同岩石的孔隙之中，不断地与周围的介质相互作用，溶解了岩石中的可溶盐分，所以造成各含水层水化学成分的不同。如果井下一旦发生突水，先进行水化学分析，然后与各含水层化学成分作对比，往往能为判断矿井突水的原因提供可靠的依据。水化学资料的获得，一般在出水地点取水样，送化验室由专门化验人员进行化验分析而得。水温变化也可反映地下水的变化，对分析矿井水的来源具有一定参考价值。

河北某矿在1191工作面回风巷的掘进过程中，中班爆破后，突然出水，水量达0.8 m^3/min。水文地质人员根据水化学分析资料，对涌水动态变化进行了估计。如图7-24所示，1191工作面位于采空区下方，工作面距冲积层较远，但其右上方有奥陶纪灰岩倒转覆盖，出水水源为采空区积水或奥陶纪石灰岩含水层的水。经过水质化验的结果，发现涌出的水中 SO_4^{2-} 离子很高，是采空区积水的典型特点，从而确定水源为采空区积水。

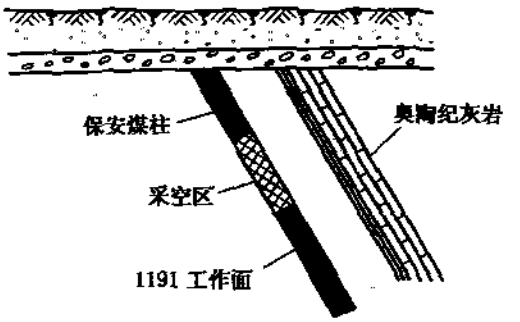


图7-24 1191工作面位置示意图

二、矿井水的综合治理

在煤矿建设和生产中，研究矿井水的目的不仅在于认识其充水因素及其水量的大小，而且要在分析矿井充水条件的基础上，制定合理的防治水害措施，以预防和消除矿井水对煤矿生产的不利影响。

矿井水害的防治处理方法很多，总起来讲有地面防水、疏放地下水、井下防水、注浆堵水等。

（一）地面防水

地面防水是指在地表修筑排水工程或采取其他措施，防止大气降水和地表水补给含水层或直接渗入井下，从而减少矿井涌水量，防止井下灾害事故的发生。地面防治水是保证矿井安全生产的第一道防线，对于露天矿和主要充水来源是大气降水和地表水的矿井尤为重要。

1. 堵塞通道

采矿活动引起的地面塌陷坑和裂缝、基岩（煤层及充水岩层）露头区的裂隙、溶洞，废钻孔和老窑等都可能成为大气降水和地表水直接或间接下渗的通道，当其位于地势凹处时，危害尤甚。实际工作中，经查明上述通道确与井下构成了水力联系时，可用黏土、块石、水泥甚至钢筋混凝土将其填堵。填堵大的塌陷坑和裂缝常常是下部充以碎石，上部覆

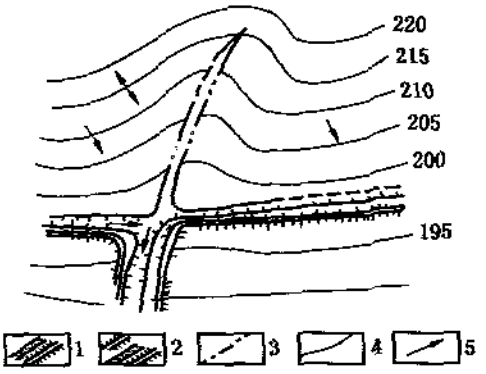


图 7-25　井田上方修筑拦洪排洪沟示意图

1—拦洪沟及堤防；2—铺底排洪沟及堤防；3—地形等高线；4—煤层露头；5—水流方向

以黏土，分层夯实并使其略高出地表。

2. 挖沟排（截）山洪

位于山麓或山前平原的矿区，雨季常有山洪和潜流进入矿区，淹没露天坑、井口和工业广场，或大量渗入造成矿井涌水。一般应在矿区上方，垂直来水方向修建大致沿地形等高线布置的排洪沟，拦截泄水和浅部地下水，并利用地形的自然坡度将水引出矿区（图 7-25）。

3. 整铺河底

当河流（渠道、冲沟等）通过矿区并沿河床或沟底的裂缝渗入矿井时，可在漏失地段用黏土、料石或水泥铺砌不透水的人工河床，以制止或减少河水漏失（图 7-26）。

例如，四川某矿河流在煤层顶板长兴灰岩露头区通过，河水沿溶岩裂隙下渗，使矿井涌水量增大，通过整铺河床后，雨季矿涌水量减少 30%～50%。

4. 河流改道

当矿区内有河流通过，对矿井充水有影响时，常采用河流改道措施，即在河流流入矿区的上游地段筑坝，拦截河水，用新修的人工河道将水引出矿区（图 7-27）。

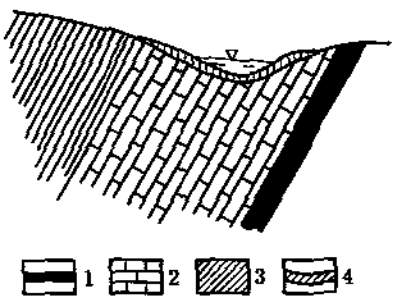


图 7-26　铺设假河床示意图

1—煤层；2—石灰岩含水层；3—页岩；4—假河床

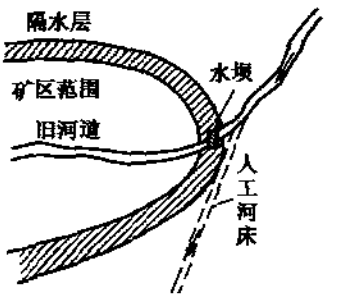


图 7-27　河流改道示意图

（二）疏放地下水

疏放地下水是从消除水源威胁着手，防治矿井水的积极措施。它是把地下水水位降低到安全水位以下，或者予以疏干。疏放地下水包括老窑、采空水的探放，煤层顶板水的疏放，煤层底板水的疏放。

1. 老空水的探放

当采掘工作面接近老空水体时，就有可能引起积水突然涌入矿井。为了消除这些隐患，经常用探放水的方法，探明采掘工作面前方的水情，然后有控制地将水放出来，以保证采掘作业的正常进行。当采掘作业接近老窑、老空区、导水断层以及含水层时，或者采掘工作面出现明显出水征兆时，都要立即停止作业，进行探放水。探放水一般分三步进行。

(1) 确定探放水的“三防线” 即确定积水线、探水线、警戒线（图 7-28）。

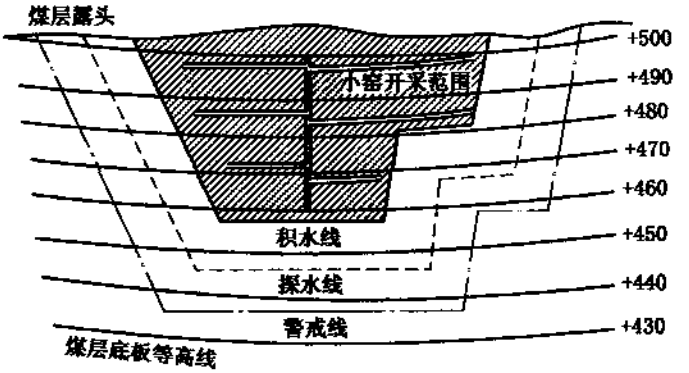


图 7-28 老窑开采范围及警戒线示意图

积水线 经调查后圈定的老空积水区范围的边界线。

探水线 沿积水线外推 60～150 m 的距离所划定的一条界线。外推距离要根据积水范围的可靠程度、水头压力、煤的强度等因素确定。当掘进巷道达到此线时，就应开始探水。

警戒线 从探水线再外推 50～150 m 划定的一条界线。当巷道掘进进入此线时，就应警惕积水的威胁，注意掘进头的变化。当发现有出水征兆时，就应提前探水。

(2) 组织探水工作 当掘进至探水线或发现有出水征兆时，要立即停止掘进作业，进行探水。探水工作一次打透积水的情况较少，多数是探水与掘进相间配合进行，直至探到老空积水为止。探放水钻孔布置应确保安全，而探水工作量又以最小为原则（图 7-29），为此，应把握住以下几个参数。

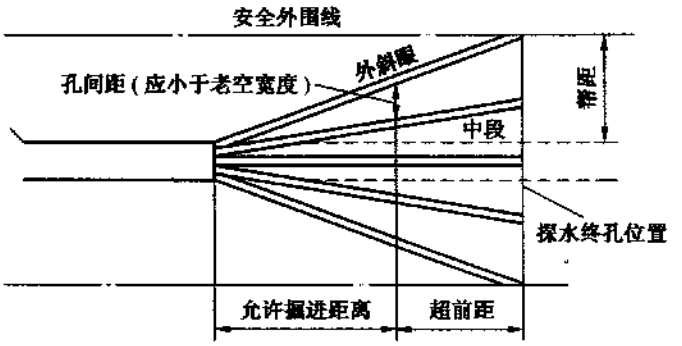


图 7-29 探放水钻孔布置示意图

超前距 探水钻孔的终孔位置与巷道允许掘进的终止位置之间的距离称超前距。超前距一般应为 20 m 左右。

帮距 布置探水钻孔一般每次不少于 3 个，其中一个为中心眼，另两个为外斜眼。中心眼终点与外斜眼终点之间的距离称为帮距。帮距一般应等于超前距，有时可比超前距小几米。

钻孔密度　巷道允许掘进终止位置处，探水钻孔之间的距离。该距离的大小一般不应大于老空的尺寸。例如老空宽为 3 m，则巷道允许掘进终止位置的钻孔间距最大不得超过 3 m。

允许掘进距离　经探水后证明确无水害威胁，可以安全掘进的长度，称为允许掘进距离。

(3) 开展放水工作　放水是指在探明水源后，人为地、有计划地将水引出。在水量和水压均不大时，积水可通过探水钻孔直接放出；但在探水量和水压较大的积水区，为了保证安全生产，必须安装专门的孔口管进行放水。由于探水作业是直接与水害作斗争，不仅关系到探水人员的安全，也关系到探放水周围地区整个矿井的安危，因而在施工中要特别注意安全。

2. 煤层顶底板水的疏放

当煤层上覆或下伏有含水层，并且对采掘作业有威胁时，可采取疏干或降低水位的方法解除地下水对煤层的威胁。煤层顶板为含水层，或含水层离顶板较近时，可把采区巷道或采煤准备巷道提前开拓出来，作为疏水巷道进行疏放（图 7-30）。巷道提前开拓的时间，应根据采掘计划、疏放水量和疏放速度而定，必要时可开拓专门疏水巷道进行放水。含水层距离煤层较远或含水层较厚时，可在巷道中每隔一定距离向含水层打放水钻孔，进行预先疏放（图 7-31）。煤层下部有强含水层时，由于水压高，水量大，有突水危险时，可在疏水降压地段利用原有巷道或专门布置疏水巷道，在巷道中每隔一定距离向底板以下含水层打钻孔放水，使水压降低。如峰峰矿区就是利用在巷道内打钻孔放水，逐层分水平疏放煤系中石灰岩含水层的水，把含水层水位降低到被开拓水平以下，使一些煤层从地下水的威胁中解放出来，安全进行回采（图 7-32）。

(三) 井下防治水

留设防水煤柱、修筑防水闸门和防水墙、注浆堵水等，是井下防治水的重要措施。

1. 留设防水煤柱

在井下受水害威胁的地带，为防止水突然涌入而保留的一定宽度或厚度暂不采动的煤柱，称防水煤柱。

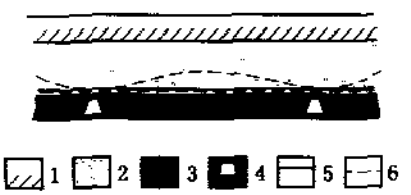


图 7-30　利用疏水巷道疏放煤层顶板水示意图

1—隔水层；2—顶板含水层；3—煤层；4—疏水巷道；5—疏放前水位；6—疏放后水位

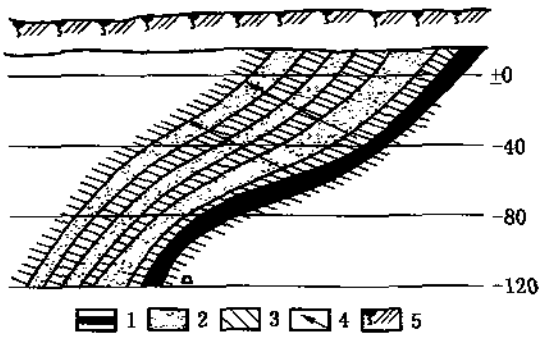


图 7-31　江苏某矿工作面放水钻孔示意图

1—煤层；2—含水层；3—隔水层；4—放水钻孔；5—地表

煤层直接在松散含水层或地表水体之下时（图 7-33），防水煤柱一般不小于 80 m。煤层直接与富水含水层接触（图 7-34）或被富水含水层所掩盖时（图 7-35），需留设防水煤柱，并且防水煤柱不应小于 20 m，或者煤层开采后塌陷断裂最好不要波及上部含水层。煤层与充水断层（图 7-36）或充水陷落柱接触时（图 7-37），防水煤柱一般在 30～40 m。

防水煤柱尺寸的确定是个非常复杂的问题，应考虑到含水层的水压、煤层开采后顶板岩石垮落情况、煤层所处位置、煤层的机械强度、巷道规格大小，以及围岩破坏程度等因素。

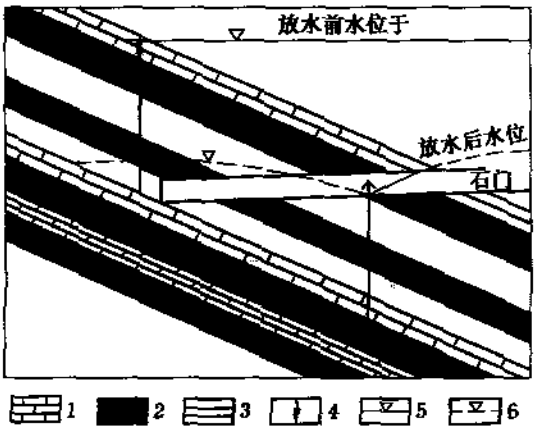


图 7-32 疏放煤层下部含水层水剖面示意图

1—石灰岩含水层；2—煤层；3—石门巷道；4—放水钻孔；5—放水前水位；6—放水后水位

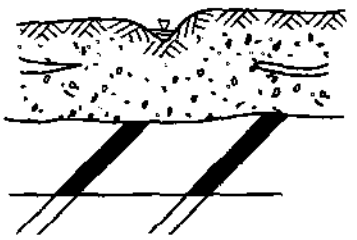


图 7-33 疏松含水层或地表水体下留设煤柱

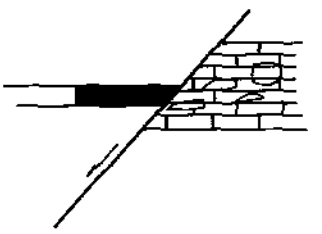


图 7-34 煤层与富含水层接触时留设煤柱

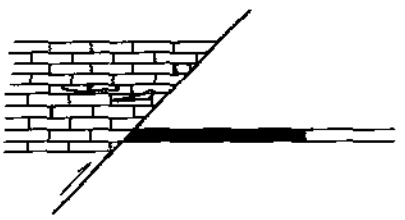


图 7-35 煤层局部被富含水层掩盖时留设煤柱

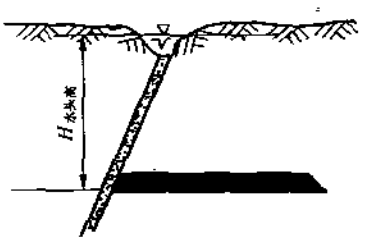


图 7-36 煤层与充水断层接触时留设煤柱

2. 修筑防水闸门、防水墙

为了使井下局部地区涌水不致波及其他地区，或者为了堵截水源，将开采地段与水源隔开，需在适当地点修筑防水闸门、防水墙等截水建筑物。

（1）防水闸门　在井下可能受水害威胁地段，为预防地下水突然涌入其他巷道而专门设置的截水闸门。防水闸门一般设置在可能发生涌水，且需要堵截，而平时仍需运输和行人的巷道内。例如，在井底车场、井下泵房和变电所的出入口以及涌水相互影响的采区之间，都必须设置防水闸门，一旦发生水患，立即关闭闸门，可将水截住，把水患限制在局



图 7-37 煤层与充水陷落柱接触时留设煤柱

部地区，保证其他地区的正常生产。

(2) 防水墙 在井下受水害威胁的巷道内，为防止地下水突然涌入其他巷道而设置的截流墙。在井下需要永久截水，平时又无运输和行人的地点应修筑临时性的或永久性的防水墙。临时性的防水墙，一般用木料或砖料砌筑；永久性的防水墙，都是用混凝土或钢筋混凝土修筑。

3. 注浆堵水

注浆堵水是将水泥砂浆等堵水浆液压入井下突水或可能突水的地点，以拦截水源、减少或消除矿井涌水量的措施。堵水浆液通常是通过钻孔注入渗水的岩层裂隙、溶洞、断层破碎带，使其浆液在空隙中扩散、凝固、硬化，最后起到堵水或加固作用。

井巷施工中，可以对含水层或含水断层进行注浆，使井筒或巷道能安全顺利地通过含水层或含水断层。例如，四川某矿延深副井时，当掘到 193.4 m 处（标高 −92.96 m）遇断层而涌水，涌水量高达 80 m^3/h，被迫停工。后来经过注浆堵水，涌水量减少到 0.5 m^3/h，基本上堵住了水源，为副斜井的施工创造了良好的条件，顺利地完成了斜井延深任务。

第四节 矿井水文工程地质

【知识要点】

1. 潜蚀
2. 流砂
3. 黏土岩的变形

【课程内容】

煤矿建设和煤层开采过程中，常常会出现许多与地下水活动直接有关的工程地质问题，如潜蚀、流水、黏土岩膨胀等，它们常会给煤矿建井和生产带来危害。

一、潜蚀

(一) 基本概念

潜蚀是指地下水在岩土中进行溶蚀和冲刷的作用。潜蚀作用可分为机械潜蚀和化学潜蚀。机械潜蚀作用是指地下水流将岩土中的粉砂、黏土级别的细小颗粒带走，使空隙逐步扩大的作用。化学潜蚀作用是指地下水溶解岩土中的易溶盐分，而后将细小颗粒带走，形成空穴的作用过程。在可溶性岩石中，化学潜蚀作用强烈；在其他岩石中，由于可溶盐含量极小，故化学潜蚀仅有从属意义，但它可以削弱岩石的内部联结，促使机械潜蚀增强。机械潜蚀多发生于松散无黏结性的砂岩层中。尽管地下水流速缓慢，冲刷力微弱，但长时

间的冲刷也可造成大型空洞，进而导致地表塌陷。

机械潜蚀作用常见于地表水体附近和大量排水矿井的降落漏斗范围内。例如，淮南的大通矿南面第四纪地层覆盖在奥陶纪石灰岩之上，而奥陶纪石灰岩溶洞十分发育，其洞穴中充填了颗粒不均的细砂块，由于奥陶纪石灰岩含水层和井下发生水力联系，矿井不断排水，将洞穴中的细砂带到井下，洞穴不断变空，第四纪松散地层中的细砂也随之不断被吸入洞穴，使地表出现数公里长，宽达 150 m 的潜蚀沉陷带。

在竖井穿过含水层时，由于不断排水也能发生潜蚀作用，使漏水量增加，甚至造成井筒周围岩石的不稳定。

（二）潜蚀产生的条件

潜蚀作用产生的条件，一是岩土内必须有一定大小的空隙，能使地下水将岩土中的细小颗粒带走；二是必须有一定的水动力条件，即必须有一定的水力坡度，使地下水保持运动状态。

（三）潜蚀的防治

为了防治潜蚀，应根据具体情况采取措施。

（1）对矿区的地表水和地下水防汛和疏干时，应考虑速度不要太快，以免造成水力坡度急剧变化形成发生潜蚀的条件。

（2）露天矿山的边坡有可能发生潜蚀时，可在边坡上铺设人工盖层。

（3）当动水压力较大时，应在可能发生潜蚀的地方设置“反滤层”。

（4）地表已经发生潜蚀沉陷后，为了防止地表水大量灌入沉陷带，流入巷道，要采取相应的防治措施。如淮南的大通矿在潜蚀沉陷带南边，垂直来水方向开挖了水沟，以防降雨后地表水流入沉陷带。

二、流砂

（一）基本概念

流砂是指松散、未胶结的砂土层被水饱和后产生的流动现象。建井施工中，遇到流砂层后，流砂不断涌入井底，轻者增加土方开挖量，延迟成井时间，重者引起沉陷，地面建筑破坏，井筒偏斜移位，最后导致井筒产生裂缝。

（二）流砂产生的条件

流砂的形成主要是砂土与水相互作用所致，所以，判断流砂产生的方法应该从砂土本身的性质和水力坡度大小两方面入手。

（1）容易产生流砂的通常是细砂、粉砂和塑性指数 IP 为 3～10 的轻亚黏土。

（2）砂土空隙率越大，越易形成流砂。

（3）砂土的渗透系数越小，排水性能越差时，越易形成流砂。

（4）砂土中含有较多的片状矿物，如云母、绿泥石等，易形成流砂。

（5）水力坡度较大，动水压力大于土粒重量时，能使土粒悬浮，而形成流砂。

（三）流砂的防治

在建井施工和采煤过程中防治流砂的措施很多，一般常用下列几种方法。

（1）人工疏干流砂中的地下水和减少地下水的水力坡度。

（2）采用冻结法，电化学加固法、硅化法等，改变土石的性质。

(3) 采用特殊的施工方法，如沉箱法、大型管柱法、钻井法等。

(4) 加固井壁、巷道，或使流砂层与采掘工作面隔绝。

在采掘过程中，巷道顶板若存在不稳定的流砂层时，可在危险地段采取加密支护，留设煤柱、防流砂闸墙等，防止流砂溃入井下。

三、黏土岩的变形

黏土岩包括黏土及坚硬的黏土类岩石，在地下水的作用下体积膨胀，并随着水量的增加，在一定空间条件下由相对的静止状态变为流动状态，这种现象就是黏土岩的变形。

黏土岩在膨胀过程中，能对井巷支架产生巨大的附加压力，使支架变形甚至破坏；流动状态的黏土岩如果溃入井巷，可导致井巷报废。

黏土变形是由于黏土颗粒具有亲水性，黏土遇水后产生膨胀造成的。影响黏土亲水性的主要因素如下。

1. 黏土岩的矿物成分

黏土岩主要由胶岭石、伊利水云母和高岭石组成。其中胶岭石的亲水性最强，伊利水云母次之，高岭石最差。因此，黏土中胶岭石含量多少是影响黏土变形程度的重要因素。

2. 黏土岩中所含阳离子的种类

细小的黏土颗粒带负电，它可以吸附各种金属离子（K^+，Na^+，Ca^{2+}，Mg^{2+}，Fe^{2+}，Al^{3+}等），而各种阳离子的亲水性程度不同，一价阳离子的钾黏土和钠黏土，具有最强的亲水性、可塑性、不透水性和膨胀能力；二价和三价的阳离子黏土，其上述性质依次降低。因此，黏土岩中所含阳离子的种类也是影响其变形程度的原因之一。

3. 黏土岩中的腐殖质的含量

腐殖质具有很强的亲水性和可塑性。因此，黏土岩中腐殖质含量直接影响到黏土岩的膨胀能力。

4. 地下水中的离子成分

地下水中的阳离子与黏土中的阳离子能发生交换作用，交换结果使黏土岩中离子成分改变，从而影响黏土岩的膨胀性能。

在建井、采掘过程中，遇到具有膨胀性的黏土岩时，应尽快通过，使膨胀性黏土保持原有湿度，尽量减少临时支护时间，并采取牢固支护措施通过危险地段。

【项目综合训练】

一、训练目标

通过项目综合训练使受训者了解矿井涌水量的概念，掌握矿井涌水量的几种测量方法。

二、训练时间

本章综合项目训练包括3个子训练课题，共训练6学时，具体时间分配见表7-6。

三、训练用工具与材料

项目综合训练所需工具及训练材料见表7-7。

表 7-6　综合项目训练课题时间分配表

项目训练序号	项目训练名称	训练学时	备　注
1	容积法观测涌水量	2	
2	浮标法观测涌水量	2	
3	堰测法观测涌水量	2	
合　计		6	

表 7-7　项目综合训练用工具与材料

序　号	项目训练名称	材料、工具名称		规格	数量/组	备　注
1	容积涌水量观测法	1	容量桶	个	1	
		2	导水管	根	1	
		3	秒　表	个	1	
		4	记录表格	张	1	
		5	文　具	套	1	
2	浮标涌水量观测法	1	浮　标	把	1	
		2	水　槽	个	1	
		3	秒　表	个	1	
		4	记录表格	张	1	
		5	文　具	把	1	
3	堰测涌水量观测法	1	水堰板	个	1	
		2	小钢尺	根	1	
		3	秒　表	个	1	
		4	记录表格	张	1	
		5	文　具	套	1	

四、训练场景

项目综合训练场景见表 7-8。

表 7-8　项目综合训练场景

序　号	项目名称	场　景	备　注
1	容积涌水量观测法	实验室	
2	浮标涌水量观测法	实验室	
3	堰测涌水量观测法	实验室	

五、训练过程和组织

（一）用容积法观测涌水量

1. 准备工作

1）实训用设备及物品的准备

实训指导教师在操作训练前一天做好实训所需物品、文具及实训报告书等的准备工作。

2）训练场景的准备

实验室内的物品摆放应工整，量筒、导水管、秒表、记录表格摆放到位，学生应该提前做好准备工作。

3）学生相关理论知识的准备

学生分组讨论下列问题。

（1）地下水的物理、化学性质有哪些？

（2）地下水在岩石中的存在形式有几种？

（3）矿井充水的水源有哪些？

（4）影响涌水量大小的因素有哪些？

（5）重点讨论容积法原理。

2. 提出训练课题，分组讨论训练方案

（1）用容积法观测涌水量。

（2）由实训小组负责人统一协调指挥。

（3）准备好各种实训所需物品、器皿。

（4）打开水闸，由负责人喊开始。

（5）同时使用导水管向量筒内注水。注意，掐表人一定要与取水者同步进行。

（6）当取水筒内水满之时，立即掐表记录时间。

（7）记录者一定要准确无误地记录注水、容量筒内水满的时间。

（8）连续重复做 5 次，取平均值作为最终值。

3. 各组按实训方案进行训练

1）分组进行训练

每一训练小组为 5 人，设小组长一人。每个小组有实验设备一套。

2）工具使用操作训练

（1）注意取水与结束的时间。

（2）记录人员、掐表人员思想要高度集中。

（3）记录表格见表 7-9。

表 7-9　用容积法观测涌水量记录

地点：　　日期：　　年　　月　　日

序　号	开始时间	结束时间	用　时	量水桶的容积
1				
2				
3				
4				
5				
平均值				

负责人：

(4) 涌水量计算公式：

$$Q=\frac{V}{t}$$

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长，汇总测量结果，形成小组训练结论；然后，全体集中，由小组长作为代表向教师和全体同学汇报训练过程和训练的结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结，给出结论，并且还应强调以下几点：

(1) 秒表的检校。

(2) 取水用时要准确。

(3) 实验小组全体人员互相配合的情况。

(4) 每次记录与计算的误差情况。

(5) 平均值的计算，应该是去掉最大值与最小值，而后取 3 组数据的平均值作为最终值。

6. 小组讨论

分组对实训结果进行讨论，相互交流训练结果和操作经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进的办法。

凡不能正确操作的，或观测结果误差大的小组由实训指导教师组织重新训练，直至所有学生都能够独立、正确操作时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　实训指导教师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

(2) 演示　随机抽出一组学生进行实际操作演示，由学生和训练指导教师进行观摩，并指出存在的问题和改进的方法。

(3) 讨论　①取水用时的准确性如何？②掐表是否准确无误？③量水桶内是否注水到位？④全体人员配合是否默契？

(4) 学生写总结报告书　要求写出训练的目的，介绍使用的方法及其理由。写明使用的过程、顺序、注意事项，训练中的体会和收获。最后注意检查班级、姓名、学号，并装订后上交实训指导教师。

8. 实训效果评价

实训效果评价由学生自我评价、小组评价、实训指导老师评价 3 部分组成，以实训指导教师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能独立完成训练内容；②整个操作的程序是否熟练；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

(2) 小组评价　包括：①学生在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③在训练中取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

(3) 实训指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的缺陷；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

(二) 用浮标法观测涌水量

1. 准备工作

1）实训用设备及物品的准备

实训指导教师在操作训练前一天做好实训所需物品、文具及实训报告书等的准备工作。

2）训练场景的准备

实验室内的物品摆放应工整，浮标、水槽、秒表、记录表格摆放到位，学生应该提前做好准备工作。

3）学生相关理论知识的准备

学生分组讨论下列问题。

(1) 上下游的断面如何选定?

(2) 如何计算出过水的断面积?

(3) 两个断面积之间的距离如何量取?

(4) 水槽表面的粗糙程度是否符合实验要求?

(5) 重点讨论浮标法原理。

2. 提出训练课题，分组讨论训练方案

(1) 浮标法观测涌水量。

(2) 由实训小组负责人统一协调指挥。

(3) 准备好各种实训所需物品、器皿。

(4) 打开水闸，由负责人喊开始。

(5) 浮标从上游开始投放，并记录投放的时间。

(6) 浮标到达下游时，再次记录时间。

(7) 记录者一定要准确无误地记录下投放及到达下游断面的时间。

(8) 量取两个断面之间的距离。

(9) 连续重复做 5 次，取平均值作为最终值。

3. 各组按实训方案进行训练

1）分组进行训练

每一训练小组为 5 人，设小组长一人。每个小组有实验设备一套。

2）工具使用操作训练

(1) 注意投放与到达的时间。

(2) 记录人员、掐表人员思想要高度集中。

(3) 记录表格见表 7-10。

表 7-10　用浮标法观测涌水量的记录

地点：　　日期：　　年　月　日

序号	投放时间	到达时间	用时	上游断面面积	下游断面面积	平均断面面积	断面间距	量水桶容积
1								
2								
3								
4								
5								
平均								

负责人：

(4) 涌水量计算公式：

$$Q = 0.8A\frac{L}{t}$$

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长汇总测量结果，形成小组训练结论；全体集中，由小组长作为代表向全体同学和教师汇报训练过程和结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结，给出结论，并再次强调以下几点：

(1) 秒表的检校。

(2) 量取、计算平均断面应准确。

(3) 实验小组全体人员互相配合的情况。

(4) 每次记录与计算的误差情况。

(5) 平均值的计算，应该是去掉最大值与最小值，而后取3组数据的平均值作为最终值。

6. 小组讨论

分组对实训练结果进行讨论，相互交流训练结果和操作经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进的办法。

凡不能正确操作的，或测量结果误差大的小组，由实训指导教师组织重新训练，直至所有学生都能够独立、正确操作时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　训练指导教师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

(2) 演示　随机抽出一组学生进行实际操作演示，由学生和训练指导老师进行观摩，并指出存在的问题和改进的方法。

(3) 讨论　①量取用时的准确性如何？②掐表是否准确无误？③水流的平均断面面积的计算是否准确？④全体人员配合是否默契？

(4) 学生写总结报告书　要求写出训练的目的，介绍使用的方法及其理由。写明使用的过程、顺序、注意事项，训练中的体会和收获。最后注意检查班级、姓名、学号，并装订后上交实训指导教师。

8. 训练效果评价

训练效果评价由学生自我评价、小组评价、实训指导教师评价3部分组成，以实训指导教师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能正确地进行操作；②使用工具的熟练程度；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

(2) 小组评价　包括：①学生在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③在训练中取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

(3) 实训指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的缺陷；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

(三) 用堰测法预测涌水量

1. 准备工作

1）实训用设备及物品的准备

实训指导教师在操作训练前一天做好实训所需物品、文具及实训报告书等的准备工作。

2）训练场景的准备

实验室内的物品摆放应工整、水堰板、小钢尺、秒表、记录表格摆放到位，学生应该提前做好准备工作。

3）学生相关理论知识的准备

学生分组讨论下列问题。

(1) 何时使用三角堰?

(2) 何时使用梯形堰?

(3) 何时使用矩形堰?

(4) 掌握3种方法的公式应用。

2. 提出训练课题，分组讨论训练方案

(1) 堰测法观测涌水量。

(2) 由实验小组负责人统一协调指挥。

(3) 准备好各种实训所需物品、器皿。

(4) 打开水闸，由负责人喊开始。

(5) 使用小钢尺量取水流过堰口的高度。

(6) 记录者一定要准确无误记录。

(7) 连续重复做5次，取平均值作为最终值。

3. 各组按实训方案进行训练

1）分组进行训练

每一训练小组为5人，设小组长一人。每个小组有实验设备一套。

2）工具使用操作训练

(1) 摆放好堰水板。

(2) 记录人员思想要高度集中。

(3) 使用的公式：

三角堰 $$Q=0.014\ h^2\sqrt{h}$$

梯形堰 $$Q=0.018\ 6\ bh\sqrt{h}$$

矩形堰：

无宿流（堰口与水沟一样宽）时，

$$Q=0.018\ 38\ bh\sqrt{h}$$

有宿流（堰口窄于水沟宽度）时，

$$Q=0.018\ 38\ (b-0.2\ h)\sqrt{h}$$

(4) 记录表格见表7-11。

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长汇总观察结果，形成小组训练结论；然后，全体集中，由

表 7-11　用堰测法观测涌水量记录

地点：　　日期：　　年　　月　　日

序　号	高　度	堰口形状	流　量
1			
2			
3			
4			
5			
平均值			

负责人：

小组长作为代表向老师和全体同学汇报训练过程和训练的结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结、给出结论，并且还应强调以下几点：

(1) 测量数据力求准确。

(2) 流量较小的水沟采用三角堰。

(3) 流量较大时（大于 0.5 m^3/min）则使用梯形堰或矩形堰。

(4) 平均值的计算，应该是去掉最大值与最小值，而后 5 组数据取其平均值作为最终值。

6. 小组讨论分析

分组对训练结果进行讨论，相互交流训练结果和操作经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进办法。

凡不能正确操作的或观测结果误差大的人员由实训指导教师组织再次进行分组并重新训练，直至所有学生都能够独立正确操作时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　实训指导教师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

(2) 演示　随机抽出一组学生进行实际操作演示，由学生和实训指导教师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

(3) 讨论　①采用堰口的形状为什么要采用不同的计算公式？②量取的高度是否准确？③什么情况下需要采取不相同的测量方法？④全体人员配合是否默契？

(4) 学生写总结报告书　写出训练的目的，介绍使用的方法及理由。写明操作的过程、顺序、注意事项、训练中的体会和收获。注意写上班级、姓名、学号。在认定完成后，总结报告一起装订后上交训练指导教师。

8. 训练效果评价

由学生自我评价、小组评价、实训指导教师评价 3 部分组成，以训练指导教师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能独立完成训练内容；②整个操作的程序是否熟练；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

（2）小组评价　包括：①在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

（3）实训指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的缺陷；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

复习思考题

1. 水循环有几种形式？
2. 举例说明岩石的透水性。
3. 何谓渗透系数、给水度？
4. 水在岩石中存在有几种形式？
5. 地下水的物理性质包括哪些？
6. 地下水的主要化学成分有哪些？
7. 何谓矿化度？水的硬度如何确定？
8. 何谓水力坡度？是如何用公式来表示？
9. 地下水按埋藏条件是如何分类的？
10. 地下水按含水层的性质是如何分类的？
11. 什么叫矿井水？矿井水的来源有哪些？
12. 表示矿井充水程度有几种方法？
13. 矿井水的防治有哪些方法？
14. 什么叫潜蚀？产生潜蚀的条件是什么？如何防治？
15. 什么叫流砂？形成流砂作用的条件是什么？如何防治？
16. 黏土岩变形的原因有哪些？如何防治？

第八章 煤矿主要地质图件及地质说明书

煤矿地质图件及各种地质说明书，是对煤田地质勘探、井下地质编录和生产勘探所取得的原始资料进行分析研究、综合整理后编制而成的。煤矿地质图及地质说明书是指导矿井建设及生产的不可缺少的资料。矿井地质图能比较全面、系统地反映出各种地质现象的相互关系和变化规律，是矿井地质工作的成果，也是为煤矿采掘生产服务的重要的基础技术资料。

第一节 煤矿主要地质图件

【知识要点】

1. 煤矿主要地质图件的种类
2. 识读矿井地质图
3. 井下地质编录

【课程内容】

一、煤矿主要地质图件的种类

煤矿地质图件种类很多，其中主要地质图件有井田地形地质图、综合柱状图、煤岩层对比图、勘探线剖面图、水平切面图、煤层底板等高线图和煤层立面投影图等。这些图件是指导煤矿采掘生产、进行生产管理的依据，也是编制矿井开拓延深、采区和回采工作面设计及编制采、掘作业规程等的基础图纸。

1. 井田地形地质图

井田地形地质图是勘探部门提交的井田精查地质报告中的一份主要图纸。它是在测绘人员绘制的地形图的基础上，由地质人员经过地质调查后填绘而成的地质图件。

1）地形地质图内容

地形地质图包括以下内容。

（1）比例尺和图例　井田地形地质图所采用的比例尺一般为1∶10 000或1∶5 000，在地质构造复杂的小型矿井可采用1∶2 000的比例尺。图例标明了图中各种符号的意义，所以在读图时，要首先熟悉图例方能看懂图（图8-1）。

（2）地形等高线、经纬距线或指北线　根据地形等高线，可以了解井田范围内地貌的变化情况。根据图中的经纬距线或指北线，可确定方位。

（3）地物　包括河流、铁路、公路、车站、地面建筑物、三角点及高压线等。读图时，可用这些固定物作标记，再去寻找其他目标。

（4）地质界线　包括地层界线、地层产状、断层线、褶曲轴及火成岩分布范围线。

（5）井田范围内的勘探工程　包括钻孔、探槽、探井、平硐、坑巷、小窑及其编号和

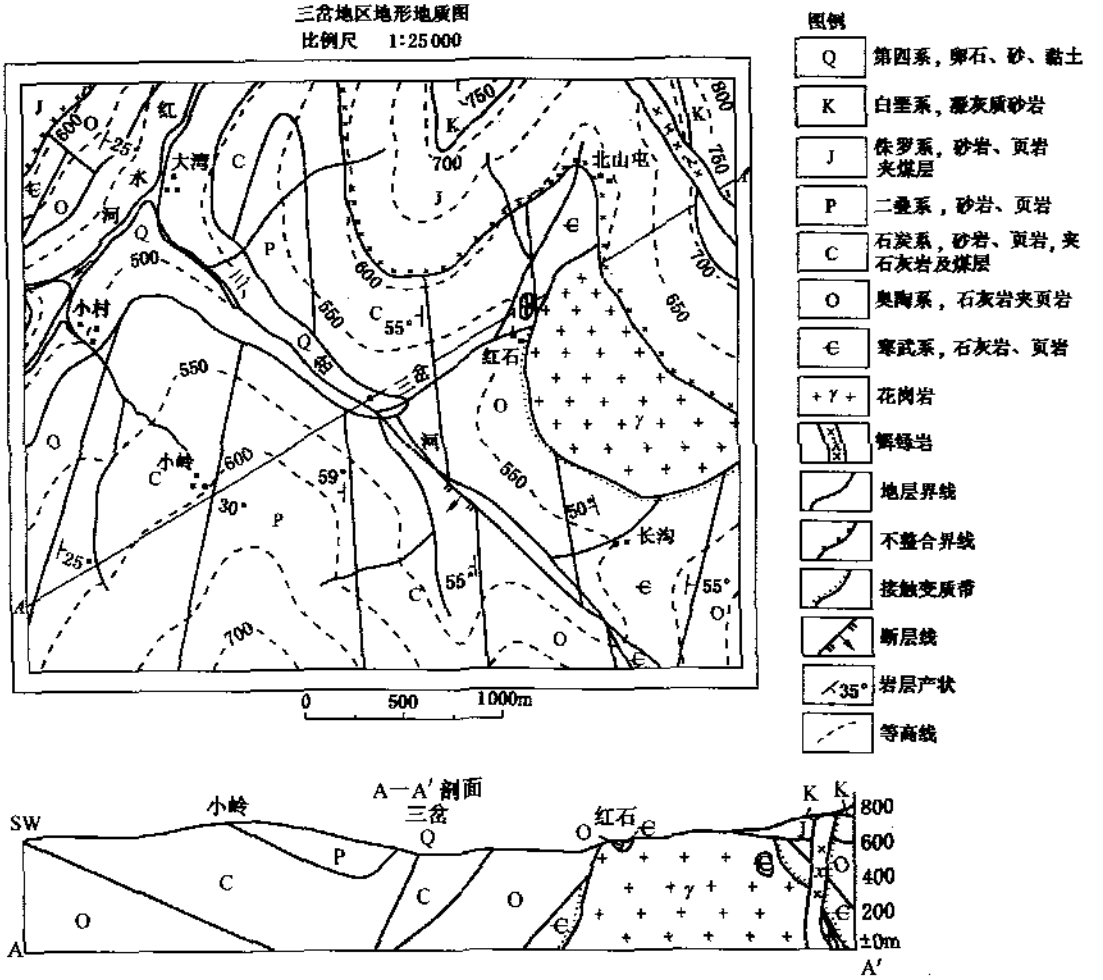


图 8-1 三岔地区地形地质图

标高等。

(6) 井田边界线、勘探线 包括井田边界线、勘探线及其编号。

(7) 井口 井田内生产矿井的井口位置、标高、采掘范围。

(8) 工程地质体 包括滑坡范围等。

2) 井田地形地质图识读

井田地形地质图是矿井设计和煤矿生产的基本图件之一，是设计部门选择运输干线及供电线路，确定井口、工业广场、建筑物、建筑石料场等位置，考虑农田保护，寻找水源时不可缺少的图纸，是地质部门用来编制地质剖面图及布置生产勘探工程时必备的基础图纸。

在识读井田地形地质图时，首先要看图名，确认是所要看的地形地质图后，再看比例尺，掌握图与实地的比例；其次，熟悉图例，掌握图中各种符号的含义，找出指北线或根据经纬距线来确定方位；然后，以图上的主要建筑物，如车站、三角点等为基础，去寻找所要识读的目标，明确这些目标与固定目标之间的关系，如位置、距离等；最后，根据地

形等高线及地貌、地物分析井田的地势变化情况，根据图中地层的界线、产状及断层线、褶曲轴线和火成岩分布情况分析井田范围内的地质发展史及岩浆活动的时间、次数等。识读地形地质图时，还应结合该地区的地层综合柱状图和地质剖面图综合分析该区的地质情况。

2. 综合柱状图

综合柱状图也是井田精查地质报告中所必备的图件。它是根据井田内全部钻孔和实测剖面资料，以及对区内地层、岩层、煤层、标志层等的特征及其变化情况进行全面综合分析后编制而成的（图 8-2）。

综合柱状图反映井田内地层层序、厚度，煤层的层位、厚度，煤层顶(底)板、标志层及含水层的情况，岩浆侵入的次数、时间等内容。因此，综合柱状图对矿井设计具有很重要的参考价值。例如，布置集中运输大巷时，首先要根据综合柱状图提供的煤层底板的岩性、厚度等情况来确定运输大巷布置在煤层底板还是布置在什么别的层位合适。该图也是绘制其他地质图件的参考资料，也可以作为地形地质图的附图。

综合柱状图的比例尺一般采用 1∶500 或 1∶200。

3. 煤岩层对比图

在一个井田范围内的不同地段，煤系沉积是不完全一致的。有的煤、岩层沿走向、倾向有增厚或变薄、分叉和尖灭等现象存在，有的煤层在某一段被冲蚀或被岩浆吞蚀，还有的煤、岩层受后期构造影响有缺失和重复现象。为了确定哪些煤、岩层是同一层位的，各井田都需编制煤岩层对比图（图 8-3）。

编制煤岩层对比图，首先将井田内所有的钻孔柱状图按顺序（一般由浅到深、自左至右）排列在一起；其次，选择某一最稳定标志层或煤层作为基准，排在同一水平线上（图 8-3）；然后，将对比可靠的同一煤层或标志层用实线连接，将对比不可靠者用虚线连接；对于穿过断层的钻孔，应把由于断层造成的岩层重复和缺失的层位在钻孔柱状图上

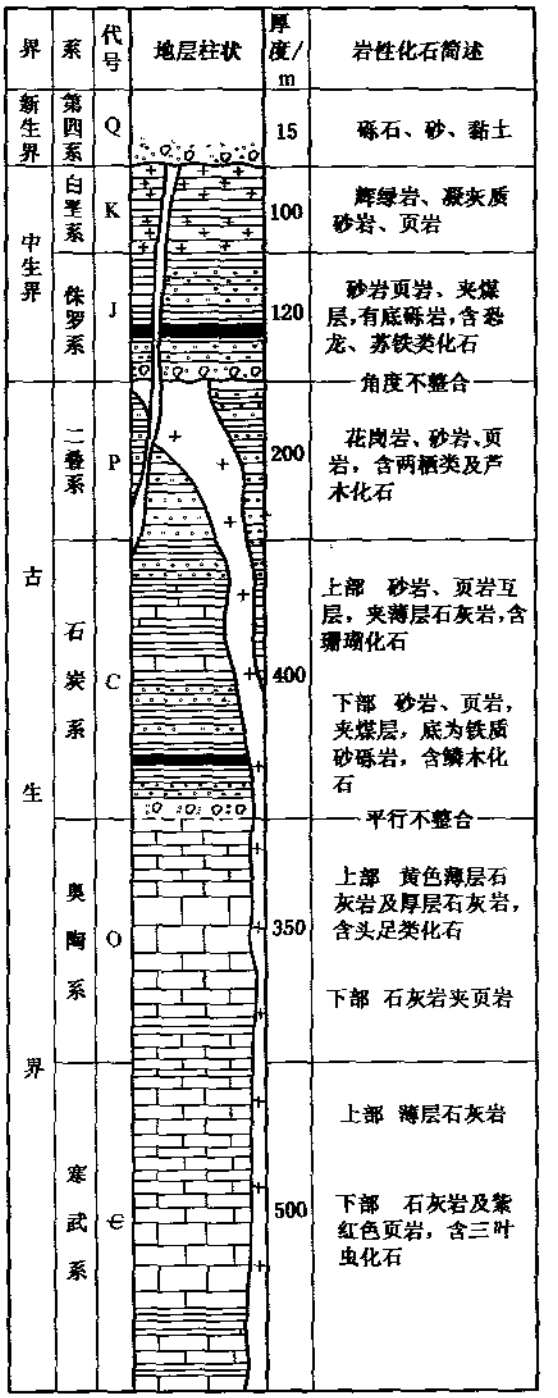


图 8-2 综合柱状图

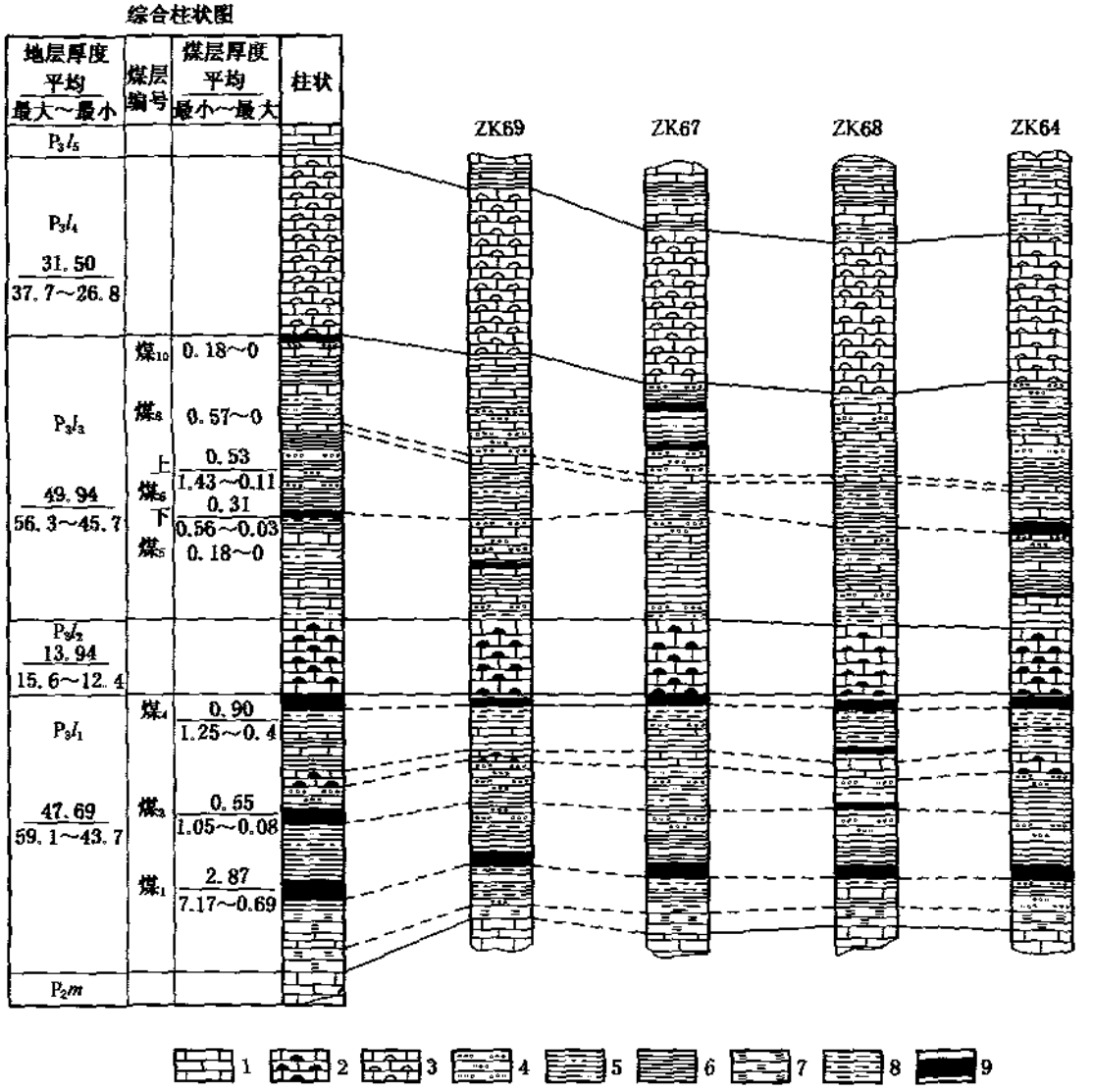


图 8-3 煤岩层对比图

1—石灰岩；2—燧石灰岩；3—含燧石灰岩；4—细砂岩；5—砂质页岩；6— 页岩；7—铝质页岩；8— 黏土岩；9—煤层

标出来（缺失时画一段空白），并在图的一边画上综合柱状图即可。

煤岩层对比图不仅能反映井田内各煤、岩层空间变化的规律，而且是编制、检查其他地质图件的依据。

煤岩层对比图的比例尺一般采用 1∶500 或 1∶1 000。

4. 勘探线剖面图

勘探线剖面图是根据勘探线上各勘探工程所揭露的地质资料编制而成的，是反映勘探区地质构造和煤层赋存情况的图件。勘探线剖面图与其他综合图件相比，具有真实、直观、便于上下（不同煤、岩层，地表、地下）左右（不同勘探工程之间）相互联系的特点，能较好地反映地质构造的实际面貌（图 8-4）。

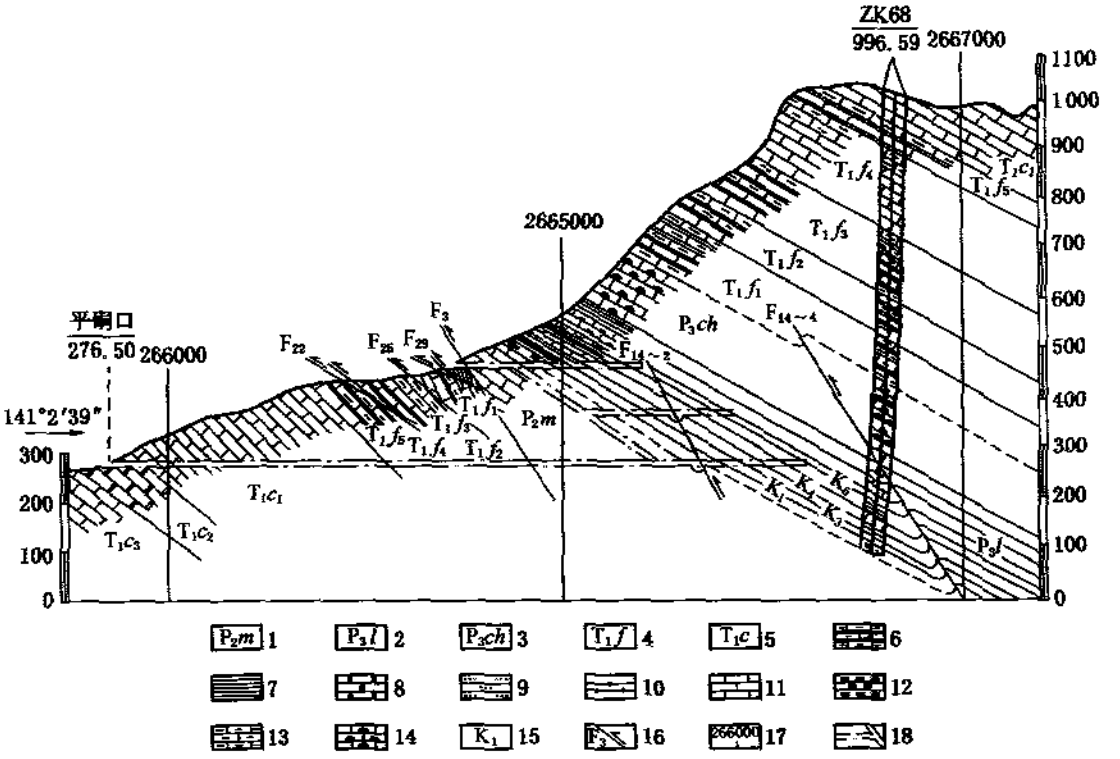


图 8-4　勘探线剖面图

1—下二叠统茅口组；2—上二叠统乐平组；3—上二叠统长兴组；4—下三叠统飞仙关组；5—中三叠统嘉陵江组；6—钙质页岩；7—页岩；8—白云质灰岩；9—粉砂岩；10—砂质页岩；11—石灰岩；12—铝质页岩；13—泥质灰岩；14—燧石灰岩；15—煤层；16—断层；17—经纬线；18—设计巷道

勘探线剖面图反映以下内容。

(1) 勘探线所切割的全部地形、地物及经纬距线。

(2) 水平标高线、勘探线方向、比例尺。

(3) 地层界线、断层线、火成岩界线等。

(4) 煤层、标志层及其编号，其他有益矿产等。

(5) 勘探工程（如钻孔柱状、探槽、探井剖面等），注明钻孔编号、孔口标高、煤层底板标高、煤层厚度及其结构、终孔深度，小窑、生产矿井及井巷工程等。

(6) 井田边界线。

勘探线剖面图的比例尺一般采用 1∶2 000～1∶5 000。

在识读勘探线剖面图时，首先要展看地形地质图，确定剖面方向、位置，然后根据剖面图中反映的内容进行识读。

除勘探线剖面图外，有时为了了解其他情况，如构造、含水层等情况，可根据需要作任意方向的剖面图。剖面图可分为垂直煤、岩层走向的横剖面图和沿煤、岩层走向的纵剖面图等。

5. 水平切面图

水平切面图是沿某一开采水平而绘制的、反映该水平全部地质情况和井巷工程的图

件。水平切面图是进行该水平开拓布置、巷道设计和掘进施工的主要依据，是倾斜、急倾斜、多煤层矿井必备的重要图件（图 8-5）。

水平切面图的比例尺一般采用 1∶5 000～1∶2 000，它所反映的内容如下。

（1）该水平的井底车场、运输大巷、石门及煤巷等所有井巷工程。

（2）穿过该水平的全部地面和井下的钻孔。

（3）该水平所切过的所有煤层、标志层、含水层及其他地层的分界线。

（4）煤层的厚度、产状。

（5）褶曲轴线、断层线及其产状。

（6）井田边界线、地质剖面线、邻近区的老采区或旧巷道。

（7）经纬距线及指北线等。

在识读水平切面图时，首先要看准图名，确认是哪一水平的图纸，然后再查找所要查找的目标。

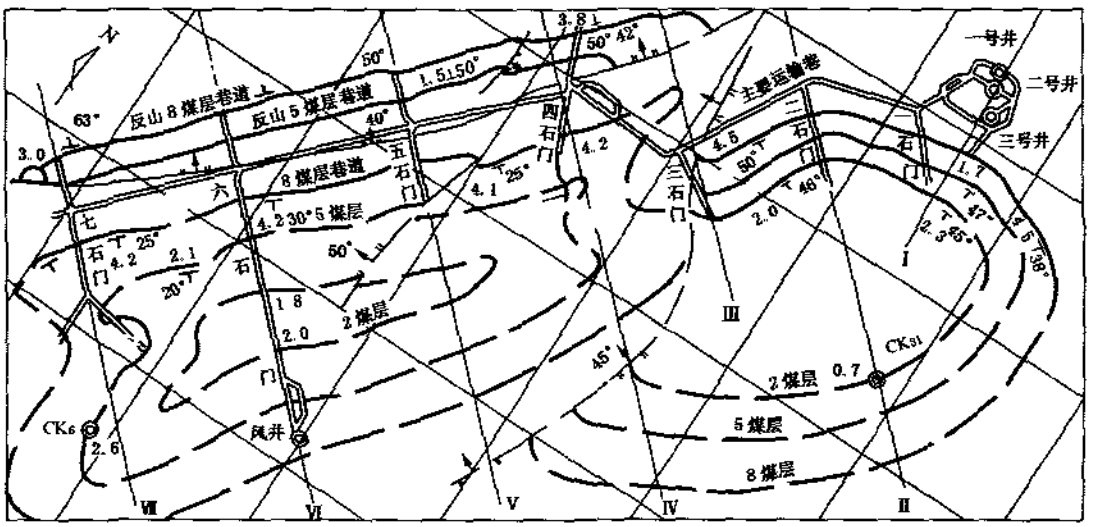


图 8-5　某矿－225 m 水平地质切面图

6. 煤层底板等高线图

煤层底板上相同标高点的连线，为煤层底板等高线。煤层底板等高线在水平面上的投影，就是煤层底板等高线图。露天矿常制作煤层顶板等高线图。

煤层底板等高线图（图 8-6，图 8-7），是煤矿井巷工程布置、编制生产计划、安排采掘生产的重要依据，也是总结分析地质构造规律、布置生产勘探、进行储量计算（图 8-7）的基础图纸。

二、读图实例

以上介绍了煤矿 6 种地质图件，在研究某一地区的地质情况时，有时要根据几种地质图件所反映的内容，进行综合分析判断后才能作出正确的结论。下面以识读三岔地区地形地质图（图 8-1）为例，说明读图和分析该区地质情况的步骤和方法。读地形地质图时一

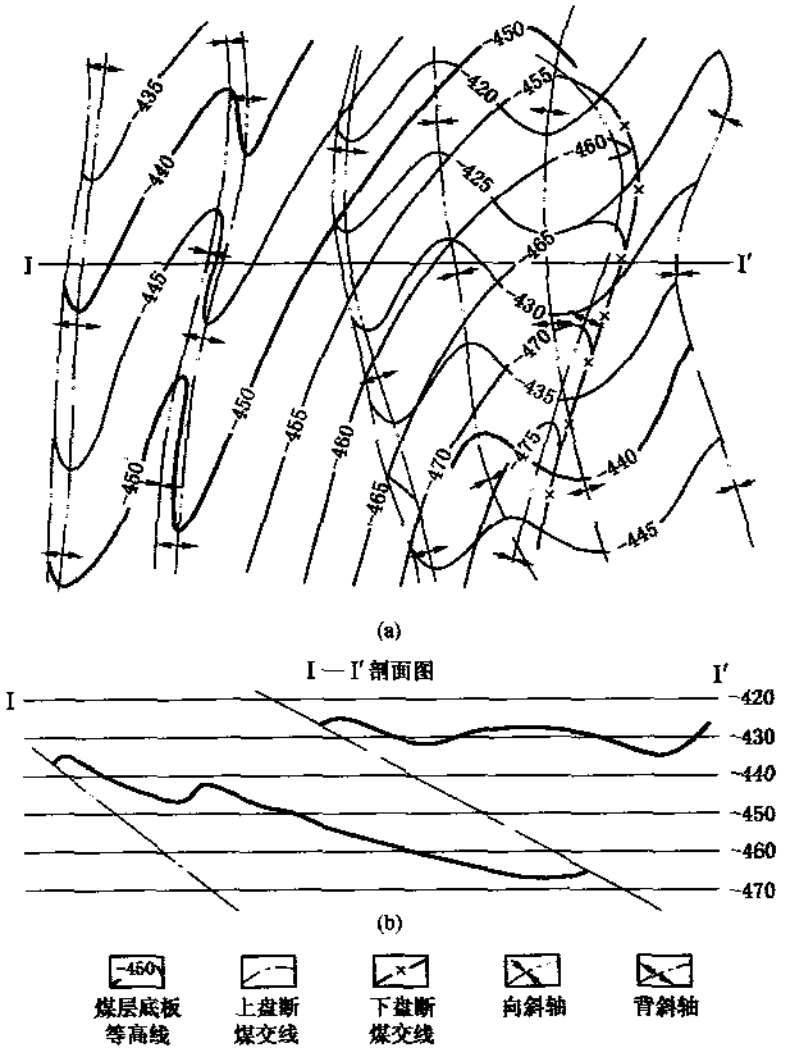


图 8-6 煤层底板等高线图及剖面图

a—煤层底板等高线图；b—剖面图

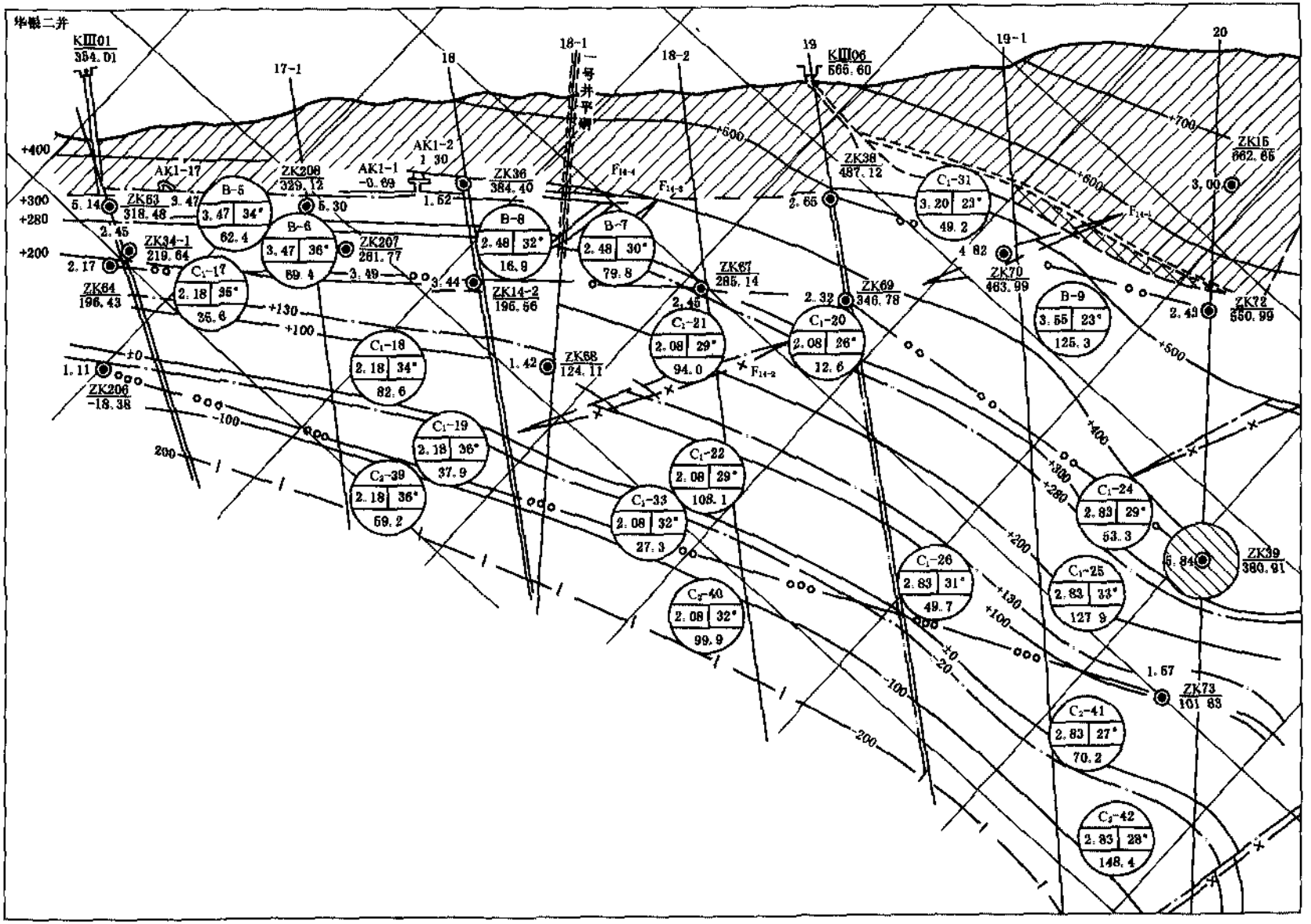
般要结合综合柱状图和地质剖面图进行识读。

1. 看图名、比例尺、制图时间

先看图名，是为了确定该图是否为所要的图纸；再看比例尺，是为了掌握地形图与实地的比例。三岔地区地形地质图比例尺为 1∶25 000。该图的编制时间是 1964 年 1 月，可以说明图纸的可靠程度，一般编制时间越晚其可靠程度就越高。该区范围与交通位置等情况应在文字报告书中说明。

2. 地层情况

由地形地质图及该区综合柱状图（图 8-2）可知，该区地层是由寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、侏罗系、白垩系、第四系组成。在奥陶系与石炭系之间缺失志留系和泥盆系，形成平行不整合接触；在二叠系与侏罗系之间缺失三叠系，形成角度不整合接触。


华银二井
KIII01
354.01
17-1
18
18-1
一号井平硐
18-2
19
KIII06
565.60
19-1
20
AK1-17
AK1-1
-0.69
AK1-2
1.30
ZK63
318.48
ZK34-1
219.64
ZK64
196.43
ZK206
-18.38
ZK208
329.12
ZK207
261.77
ZK36
384.40
ZK14-2
195.56
ZK68
124.11
ZK67
285.14
ZK38
487.12
ZK69
346.78
ZK70
463.99
ZK72
550.99
ZK15
662.65
ZK39
380.91
ZK73
101.83
B-5
3.47 34°
62.4
B-6
3.47 36°
69.4
B-8
2.48 32°
16.9
B-7
2.48 30°
79.8
B-9
3.55 23°
125.3
C1-17
2.18 35°
35.6
C1-18
2.18 34°
82.6
C1-19
2.18 36°
37.9
C2-39
2.18 36°
59.2
C1-21
2.08 29°
94.0
C1-20
2.08 26°
12.6
C1-22
2.08 29°
108.1
C1-33
2.08 32°
27.3
C2-40
2.08 32°
99.9
C1-31
3.20 23°
49.2
C1-24
2.83 29°
53.3
C1-25
2.83 33°
127.9
C1-26
2.83 31°
49.7
C2-41
2.83 27°
70.2
C2-42
2.83 28°
148.4
F14-1
F14-2
F14-3
F14-4
+400
+300
+280
+200
+130
+100
±0
-100
-200
-20
+500
+600
+700

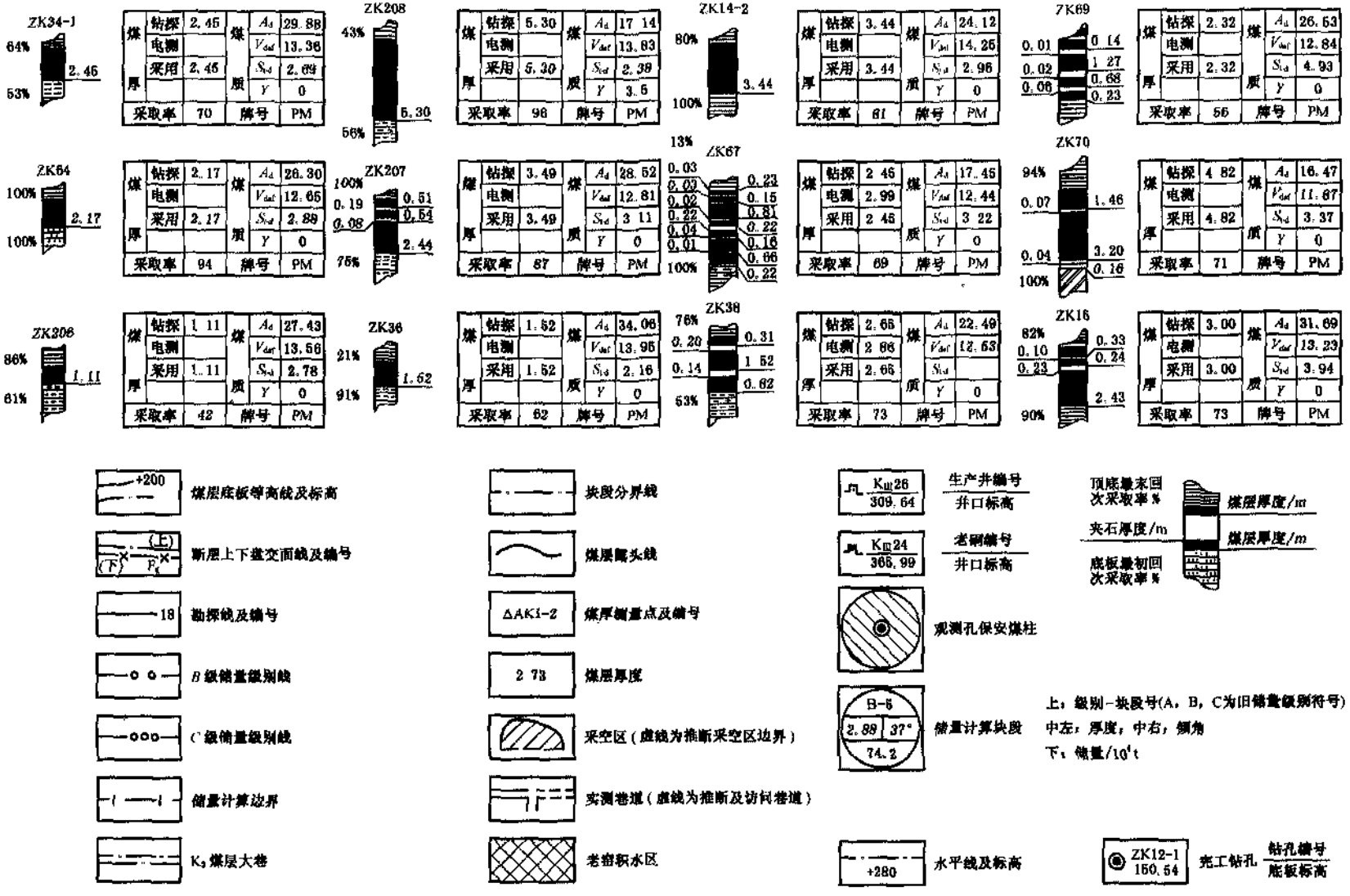


图 8-7 一号井田 K_1 煤层底板等高线及储量计算图

3. 岩性及化石

由综合柱状图可知，该区寒武系下部沉积了石灰岩及紫红色页岩，含有三叶虫化石，上部以石灰岩为主；奥陶系以石灰岩沉积为主，上部含头足类化石；石炭系下部沉积了砂岩、页岩，并夹有薄煤层，底部为铁质砂砾岩，含鳞木化石，上部为砂岩、页岩互层，夹有薄层石灰岩，含珊瑚化石；二叠系沉积了砂岩、页岩，含两栖类及芦木化石；侏罗系沉积了砂岩、页岩，夹有煤层，有底砾岩，含恐龙类及苏铁类化石；白垩系沉积了凝灰质砂岩及页岩，第四系沉积了砾石、砂及黏土。

4. 岩浆活动

三岔地区岩浆活动2次（图8-2）：第一次是在二叠纪地层形成以后，侏罗纪地层形成之前发生的，这次岩浆侵入主要形成了花岗岩；第二次岩浆活动是在白垩纪地层形成后，第四纪地层沉积之前发生的，这次岩浆侵入主要形成了辉绿岩，并使围岩发生了接触变质。

5. 地质构造

根据地形地质图中石炭系、奥陶系、寒武系在二叠系两侧对称重复出露的情况及剖面图中地层相向倾斜，可以确定该区为一向斜构造。同时，同一时代的地层界线不连续，说明有一斜交正断层存在。根据受褶曲和断层影响的最新地层是二叠系，说明褶曲与断层生成的时代是在二叠纪地层形成以后，侏罗纪地层形成之前，而且断层切割了褶曲，说明断层发生在褶曲之后。

6. 地质发展史

根据对该区地形地质图及综合柱状图的分析和研究，知道在古生代早期的奥陶纪与寒武纪，该区主要为海相沉积，形成了厚层石灰岩层；奥陶纪之后，地壳处于上升阶段，遭受剥蚀，没有沉积，直到石炭纪开始地壳又下降接受沉积，因此在奥陶纪与石炭纪之间缺失志留系和泥盆系的地层，形成平行不整合接触关系。在石炭纪初期，该区为泥炭沼泽相，因此有煤形成；之后，地壳沉降的速度加快，接受了页岩、石灰岩等沉积。二叠纪时该区有砂岩、页岩沉积，含有两栖类及芦木化石。二叠纪地层沉积之后，侏罗纪地层沉积之前，该区处于风化剥蚀状态，没有沉积，所以缺失三叠纪的地层。同时，在侏罗纪地层沉积之前，该区发生了地壳运动，造成了岩层的褶皱和断裂，同时伴随岩浆活动，形成了花岗岩，因此侏罗系与二叠系呈角度不整合接触。侏罗纪时，该区为泥炭沼泽相，有煤形成，并有砂岩、页岩沉积，含有恐龙、苏铁类化石。在白垩纪时，该区主要为砂岩、页岩沉积。之后，地壳上升，主要遭受风化、剥蚀，不再接受沉积。到第四纪，该区才又开始接受砾石、砂、黏土等沉积，因此缺少古近纪、新近纪地层。在第四纪地层沉积前，该区又发生构造变动并伴有岩浆活动，形成辉绿岩。

三、井下地质编录

通常把煤矿开采过程中所观察到的地质现象用文字、图、表等形式系统、客观地反映出来的工作称为井下地质编录。

井下地质编录是矿井地质日常工作的主要内容之一。地质编录所取得的原始资料，经过综合分析后得出正确的结论，为采掘工作提供新的更准确的地质资料，使地质工作更有效地为采掘工作服务。

1. 石门地质编录

石门是与煤层走向正交或斜交（垂直）的岩石水平巷道。石门一般都位于井田中央或采区中央。石门编录资料是对比煤层、分析构造的主要依据，是采区设计、采区巷道施工不可缺少的资料。因此，石门不论长短，都要仔细地对其进行地质编录。石门编录应随石门工程的进展及时进行，编录的方法如下。

1）编录起点

石门是在主要大巷的基础上开掘的巷道。在巷道开口处一般都设有测量点，在石门编录时，一定要把该测量点的点号注记清楚，并记准起始点与该测量点的距离。如果在石门巷道中还有其他测量点，同样要做好记录，以便利用测量点校核距离。

2）观测基线

观测基线是石门编录时丈量距离的一条基准线。通常以巷道的腰线作为观测基准线，用皮尺严格控制距离，实测地质界线、构造等。

巷道编录的高度一般都从轨道面至木支架的牙口处（图 8-8）。

3）石门观测点

选择石门观测点是描述巷道壁地质情况进行石门编录首先要做的一项工作。观测点要选在地质特征清楚、地质变化显著的地点，如岩层分界面，断层面，褶曲轴部，煤层结构和煤层厚度及顶、底板发生显著变化处。当岩层厚度与岩层产状稳定时，每一岩、煤层可只选一个观测点（如图 8-9 所示 m_1，m_2，…，m_n），并且用地质罗盘测量煤、岩层的视倾角，然后作图；当煤、岩层产状变化较大时，则每一个岩、煤层界面或构造位置应选 2 个以上的观测点，以控制其变化情况，并量出每个观测点距基线起点的距离 L_1，L_2，…，L_n，以及观测点距基线的垂直距离 h_1，h_2，…，h_n（图 8-10）。

4）石门描述

石门观测点确定后，要对煤层、岩层、地质构造等进行描述。

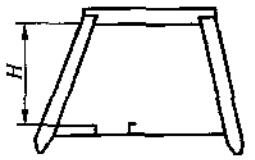


图 8-8　巷道编录高度 H 示意图

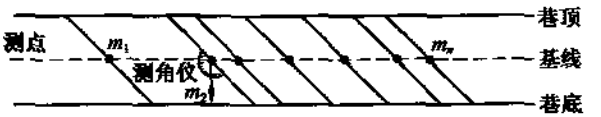


图 8-9　实测岩层层面控制点与视倾角方法示意图

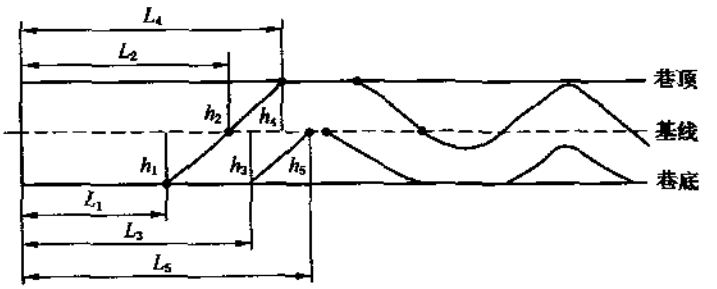


图 8-10　实测层面控制点方法示意图

(1) 岩层的描述　要逐层描述岩石的名称、矿物成分、颜色、结构、构造、胶结物成分、含水性、化石等，并随时测量岩层产状要素。

(2) 煤层的描述　要描述煤层的名称、厚度、类型、光泽、颜色、内生裂隙发育情况，以及煤中所含包裹体等内容，并要测量煤层的产状要素。

(3) 地质构造的描述　要描述地质构造的性质、位置、产状要素，断层落差、破碎带范围，以及煤质变化情况等，必要时应绘制局部素描图。

5) 石门剖面图、展开图

石门编录后，应根据实地调查的资料整理绘制比例尺为 1∶200 的石门剖面图（图 8-11）。在地质构造十分复杂和火成岩分布地段，要绘制石门两壁一顶（底）展开图（图 8-12）。展开图的编录方法与一壁剖面图编录方法完全一样，即把巷道顶下落、两壁向外展开成平面，只是工作量增大，要实测巷道两壁一顶（底）。实测时，两壁必须采用同一起点、同一方向、同一坡度的观测基线。

2. 顺层巷道地质编录

顺层巷道包括运输大巷、总回风巷、顺层斜井、采区上（下）山及回采准备巷道等。这类巷道，不管是顺煤层走向掘进的水平巷道，还是沿倾斜、伪倾斜掘进的倾斜巷道，它们的共同特点都是沿着同一层位掘进。顺层巷道编录时，一般以编录柱状图的方法进行。在构造简单的顺层巷道内，每 20～50 m 选定一个实测点，画出柱状图；在构造复杂的顺层巷道内，要加密实测点，然后把各地质实测点的柱状图的同一岩、煤层分别连接起来，就得到顺层巷道一帮的岩层素描图（图 8-13）。

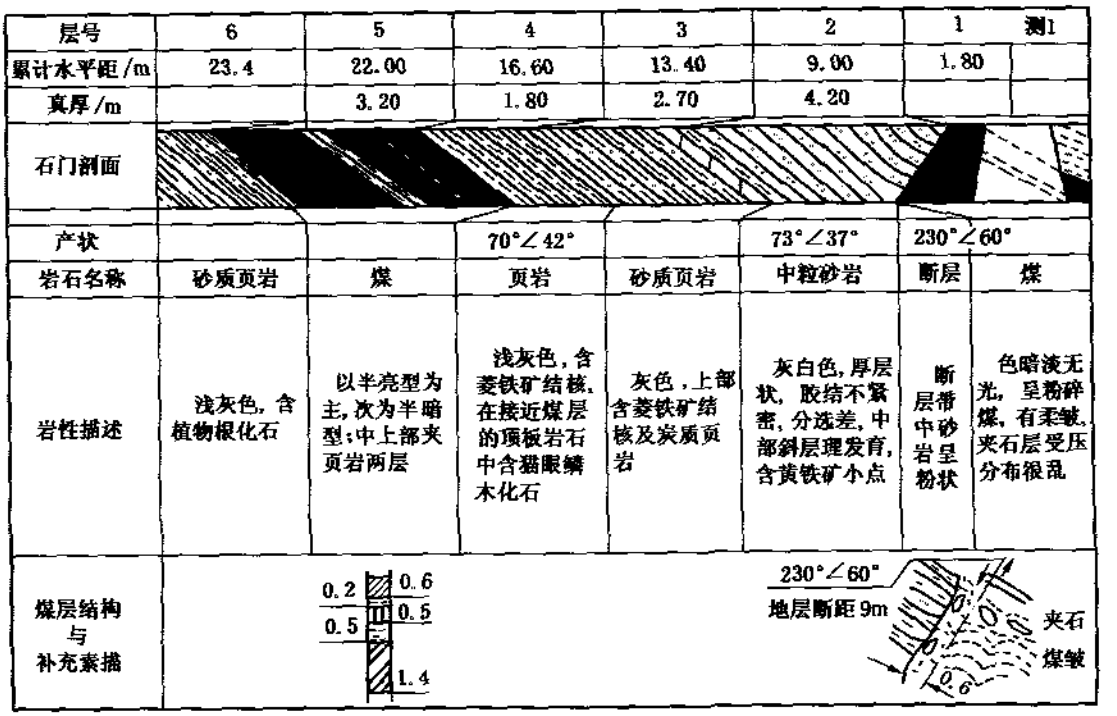


图 8-11　石门剖面图

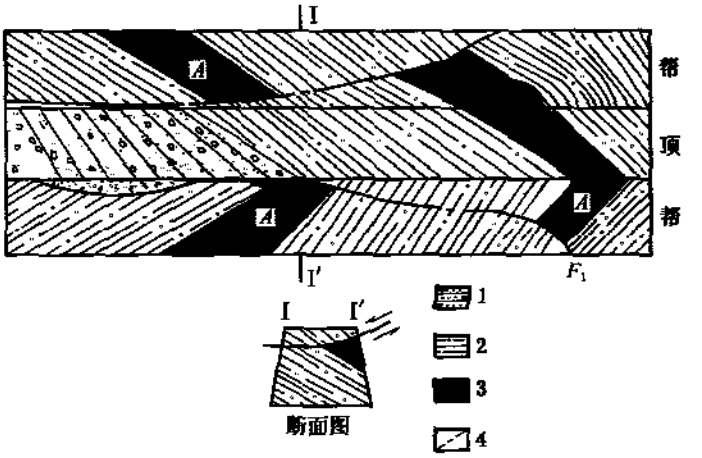


图 8-12　石门展开图

1—含砾砂岩；2—砂质页岩；3—煤层；4—断层

比例尺

产状要素	走向N30°W　　倾角15°　　F_1 S40°W NW48°　　落差0.3m
测点号	B_1
剖面	工作面　0.2　0.4　0.1　0.37　0.2　0.2　0.5　0.1　0.35　0.1　0.2　0.5　0.08　0.3　0.4　0.3　0.28　0.3　0.2　0.4　0.3　上山
距离	
标本号	
岩性描述及位置示意	下层煤组2煤层，光亮，节理发育，倾角45°；断层附近煤质变差，呈粉末状；有滴水；顶板为砂质页岩，松软；底板为砂质页岩
备注	

图 8-13　断层巷道地质素描图

第二节　地 质 说 明 书

【知识要点】

1. 开拓区或延深区地质说明书
2. 采区或盘区地质说明书
3. 掘进地质说明书
4. 回采地质说明书

【课程内容】

地质说明书是矿井地质部门按照矿井发展规划，为各项采掘工程设计、施工和管理提供的地质测资料。根据采掘工程的各阶段对地质说明书使用要求的不同，地质说明书可分

为开拓区地质说明书、采区地质说明书、掘进地质说明书和回采地质说明书4种。这些说明书分别是开拓设计、采区设计、掘进设计和编制回采作业规程的地质依据。

一、开拓区或延深水平地质说明书

开拓区或延深水平地质说明书，是根据矿井新开拓区域或新延深水平设计、施工及制订作业规程的需要而提供的地质资料。它是按开拓设计与施工要求编制而成的。它包括文字说明和图件两部分。

（一）文字部分

1. 概况

新开拓区域的位置、走向长度、倾斜宽度和上下水平标高，与邻近已开拓区域或已采区的关系；距地表的深度、冲积层的覆盖情况和厚度，与地表主要建筑物、河流、池塘、塌陷坑等的关系。

2. 岩、煤层及其顶、底板特征

煤系岩性特点，可采煤层层数及其名称，各可采煤层的厚度、结构及其稳定性；煤层风化带和氧化带的范围及深度；各煤层之间的最大、最小和一般层间距，煤层顶、底板的岩性特征、厚度、物理力学性质、裂隙发育程度、含水性及膨胀性等。

3. 地质构造

开拓区域地质构造的基本特征，煤（岩）层产状要素及其变化，开拓区域断层的位置、性质及断距，褶曲的位置、形态和产状要素，地质构造对煤层的破坏和对开拓工程的影响，以及勘探工程对地质构造的控制程度等。

4. 水文地质

开拓区域主要含水层和导水构造特征，预计可能的水量和水压，地表水、老窑水或采空区积水对开拓区域的影响，以及在开拓过程中有无突水的危险性，并提出防探水措施和对留设煤岩柱的建议。

5. 其他地质情况

岩浆侵入体、河流冲刷带、喀斯特陷落柱等的地质特征及其对煤层的影响，瓦斯的含量及涌出量，邻区煤与瓦斯突出的历史记载及其地质特征分析，开拓区域内煤与瓦斯突出的可能性，煤尘爆炸指数和煤层自然发火条件及地温状况等。

6. 储量计算

储量计算的范围，储量计算参数的确定，各煤层的工业储量和可采储量，暂不能利用储量和不可采块段储量及其原因分析。开拓区域储量应按设计意图分煤层、分采区和分阶段计算与统计。

7. 存在问题和建议

对说明书所采用资料的可靠程度进行评述，区内存在的主要地质问题和对进行生产勘探的意见，对解决影响开拓设计和施工的问题提出合理的建议，并提出应注意的事项。

（二）图件部分

（1）井上下对照图，比例尺为1∶5 000～1∶2 000。

（2）煤系地层综合柱状图，比例尺为1∶1 000～1∶200。

（3）各煤层底板等高线图（急倾斜煤层为立面投影图），附储量计算图，比例尺为

1∶2 000～1∶1 000。

(4) 井筒延深部分预想柱状图或剖面图，比例尺为1∶1 000～1∶200。

(5) 地质剖面图，比例尺为1∶5 000～1∶1 000。

(6) 开拓区域水平切面图，比例尺为1∶5 000～1∶1 000。

(7) 开拓区域瓦斯地质图，比例尺为1∶5 000～1∶1 000。

二、采区（盘区）地质说明书

采区地质说明书是为采区设计和编制施工作业规程而提供的地质资料。它是在经过修正后的开拓区域地质说明书的基础上，结合已开拓井巷工程和邻近采区揭露的地质资料，以及生产勘探资料，按照采区设计与掘进施工的要求，经过分析整理后编制而成。

采区地质说明书的内容，主要是叙述采区范围的地质条件，重点是反映采区的构造分布，煤层厚度变化以及对采掘有直接影响的地质因素。它包括文字说明和图纸两部分。

(一) 文字部分

1. 采区概况

采区位置、范围、标高、四邻关系、井上下对照及与地表建筑物的关系，已有勘探钻孔及地表水体情况。

2. 相邻采区情况

相邻采区的地质、水文地质情况及生产情况。

3. 煤层特征

各可采煤层的厚度、结构及其可采范围，可采煤层的夹石层的厚度与岩性，煤质牌号，可采煤层的瓦斯含量，有无突出危险，煤尘及自然发火指数。

4. 煤层顶、底板特征

煤层顶、底板的岩性、厚度、裂隙发育情况，各煤层之间的间距和岩性变化。

5. 地质构造

采区地质构造的特点，煤（岩）层产状变化情况，断层与褶曲的特征、分布范围、控制程度及其对采区巷道布置和回采工作的影响，采区的水文地质条件，有无突水的危险，以及钻孔的封孔情况等。

6. 其他地质情况

岩浆侵入体及喀斯特陷落柱的分布及其对煤层的影响程度和范围等。

7. 储量计算

各煤层储量块段划分方法，储量计算的参数，储量计算成果及采出率。

8. 存在问题和建议

针对存在的地质问题，提出注意事项及对开采的建议。

(二) 图件部分

(1) 采区煤（岩）层综合柱状图，比例尺为1∶500～1∶200。

(2) 各煤层底板等高线图及储量计算图，比例尺为1∶2 000～1∶1 000。

(3) 采区地质剖面图，比例尺为1∶2 000～1∶1 000。

(4) 采区水平切面图，比例尺为1∶2 000～1∶1 000。

(5) 井上下对照图，比例尺为1∶5 000～1∶2 000。

目前，采区地质说明书常采用图表形式。这种形式简明，便于使用。例如，徐州矿务局韩桥煤矿－270 m 水平中央采区的地质说明书，包括文字说明部分（表 8-1）和图件部分（图 8-14～图 8-16）。

表 8-1　韩桥煤矿－270 m 水平中央采区地质说明书

采区位置	－270 m 下山带式输送机南北两侧						地面标高		＋32.00 m	
邻区情况	采区边界：上部至－180 m 北翼大巷煤柱线；下部至－270 m 南北大巷风道煤柱线；向西南至－180 m 疏水石门煤柱线；向东北至市郊铁路煤柱线及北一断层煤柱线									
开采煤组		开采深度/m		走向长度（南/北）/m			倾斜长度（南/北）/m			采区面积/m^2
太原群	17 煤层	－170～－250		485.0～520.0/230.0～680.0			175.0～205.0/335.0～450.0			332 400
	20 煤层	－190～－260		460.0～500.0/350.0～675.0			150.0～230.0/250.0～370.0			277 600
地面情况	有旧西排洪道和一条季节性溪涧穿越本区，但对开采尚无影响									
钻孔情况	BH119 孔深 349.81 m，终孔层位为本溪灰岩，无封孔资料，掘进时应采取措施 A12 孔深 301.51 m，终孔层位为第 21 层煤底板，封孔质量较好									
煤层	层号	层间距/m	结构		厚度/m		产状		视密度/($g \cdot cm^{-3}$)	其他
	17 煤层	19～20	简单		0.65～0.95/0.85		（12°～23°SE）		1.37	夹有黄铁矿结核
	20 煤层		含夹石一层 2～3 mm		0.60～0.90/0.80		∠15°～18° 平均∠16°		1.31	黄铁矿结核呈 2～3 cm 条带
煤质	层号	牌号	A_d/%	V_{daf}/%	X/mm	Y/mm	M_t/%	$S_{t,d}$/%		$Q_{b,ad}$/($MJ \cdot kg^{-1}$)
	17 煤层	肥煤	15.00	41.54	32	26	1.75	5.00		27.214
	20 煤层	服煤	13.30	40.80	40	30	1.68	4.50		29.308
顶底板岩性	层号	伪顶	直接顶				基本顶			底板
	17 煤层		由灰色页岩，砂质页岩，第 15、16 层薄煤层组成，厚约 5.96～6.56 m，f=5 局部较破碎				区层石灰岩，厚约 2.12 m，f=11			灰色砂质页岩，f=5.6，致密块状，厚约 1.8～2.65 m
	20 煤层		X 层石灰岩，致密块状，裂隙不发育，厚约 3.2 m，f=11				厚约 20 m 的一套砂质页岩，随石灰岩垮落			灰色砂质页岩 0.1～0.8 m/0.4 m，其下为灰白色砂岩，遇水膨胀
断层	编号	性质	产状		落差/m		对采掘的影响程度			
	F_1	正	265°∠72°～85°		7～20		位于采区北翼边界，预测伴生小断层较多，将影响回采。掘进煤巷时，希加以控制。按规定留 10 m 煤柱，沿断煤交线布置切眼			
矿井水	矿井含水系数		7.9	预计正常涌水量		0.8 m^3/min	预计最大涌水量			3.5 m^3/min
	充水因素分析	1. 断层水：须注意 9 层灰岩水，遇>2.5 m 断层时应加密支护，以免冒顶出水。北一断层不导水，但需留设 10 m 保护煤柱 2. 钻孔水：应根据其位置、孔深，临近时采取措施								

续表

	层　号	计量块层	面积/m^2	倾角/(°)	厚度/m	视密度/($g \cdot cm^{-3}$)	地质储量/t	采出率/%	可采煤量/t	合计/t
储　量	17煤层	—270下山风道以北	224 200	16	0.85	1.37	271 306	90	244 175	343 988
		—270下山风道以南	91 580	16	0.85	1.37	110 903	90	99 813	
	20煤层	—270下山风道以北	188 944	16	0.80	1.31	205 949	90	185 354	266 879
		—270下山风道以南	83 104	16	0.80	1.31	90 583	90	81 525	

中央采区岩性柱状图

地质时代	柱状 1:200	层厚/m	岩石名称	岩性描述
P_1		2.12	石灰岩	含方解石脉、燧石、蜓足类化石
		4.96	页岩	含植物化石、黄铁矿，致密
		0.10	16煤层	
		1.10	砂质页岩	含植物化石、云母、黄铁矿
		0.94	17煤层	
		2.65	砂质页岩	含黄铁矿、植物化石，含炭质，具滑面
		0.44	18煤层	
		7.00	砂页岩互层	含云母、炭质植物化石，砂岩为泥质胶结，层理清楚
		0.80	砂岩	中粒，石英为主云母为次、含黄铁矿
		1.95	砂页岩互层	含云母、炭质植物化石，砂岩为泥质胶结，层理清楚
		4.92	砂质页岩	含黄铁矿、云母、致密
		3.26	石灰岩	含炭质珊瑚蜓足类化石；方解石脉呈结晶质，在292m中具裂隙，长0.25m，角度60°
		0.80	20煤层	
		8.70	砂页岩互层	含黄铁矿炭质植物化石；泥质胶结，松散，上中部砂质较多，层理清楚

图 8-14　中央采区岩性柱状图

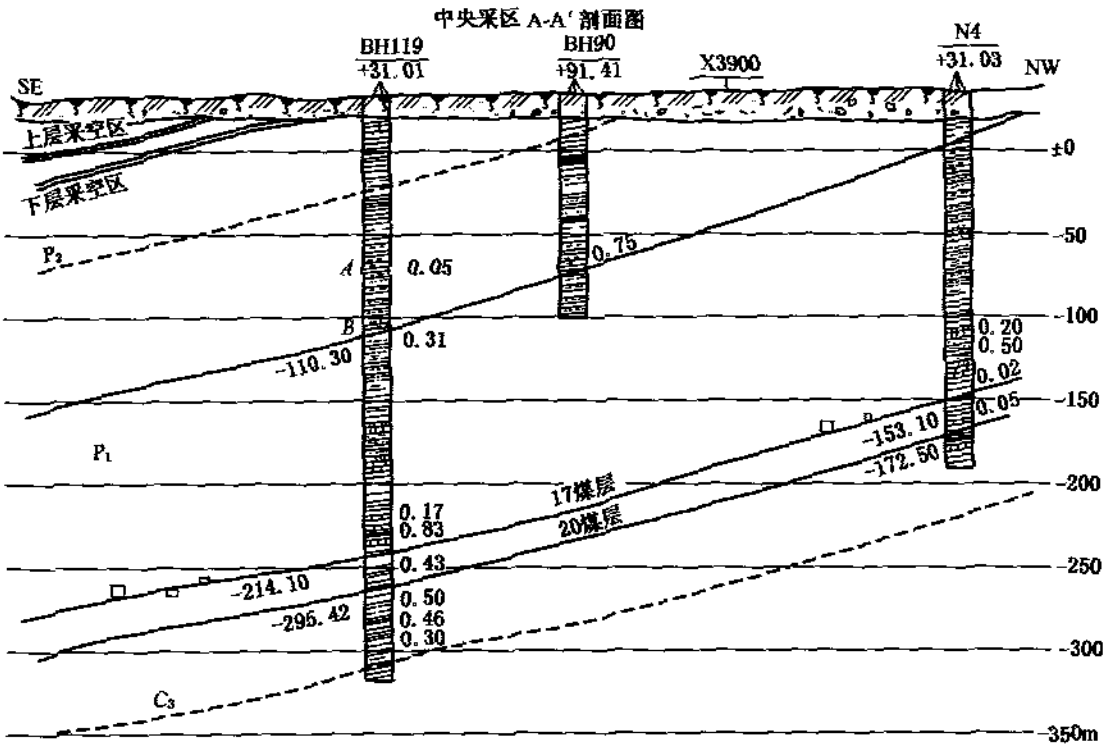


图 8-16　中央采区 A—A′剖面图

三、掘进地质说明书

掘进地质说明书，是为地质构造比较复杂、层位对比困难的开拓巷道或采区准备巷道的设计与施工所提供的地质资料。巷道设计要求较高的开拓巷道或采区的主要巷道，在施工前要编制掘进地质说明书作为编制掘进规程和组织施工的依据。它包括文字说明和图件两部分。

（一）文字部分

1. 概况

掘进区的位置、范围，以及与邻区或与钻孔的关系和地面情况等。

2. 煤层及顶底板特征

煤层厚度、结构、及其变化情况，煤层顶、底板的岩性、厚度、物理力学性质及其变化情况。

3. 地质构造

区域内煤（岩）层产状和地质构造的主要特征。断层和褶曲构造对层位变动的影响。

4. 水文地质

有无突水的危险性，主要含水层和主要导水构造与本区的关系，预计工作面的最大涌水量，钻孔的封孔情况。

5. 其他有关地质问题

影响采区巷道布置和工作面划分的有关地质问题。对有瓦斯突出的煤层。要说明巷道

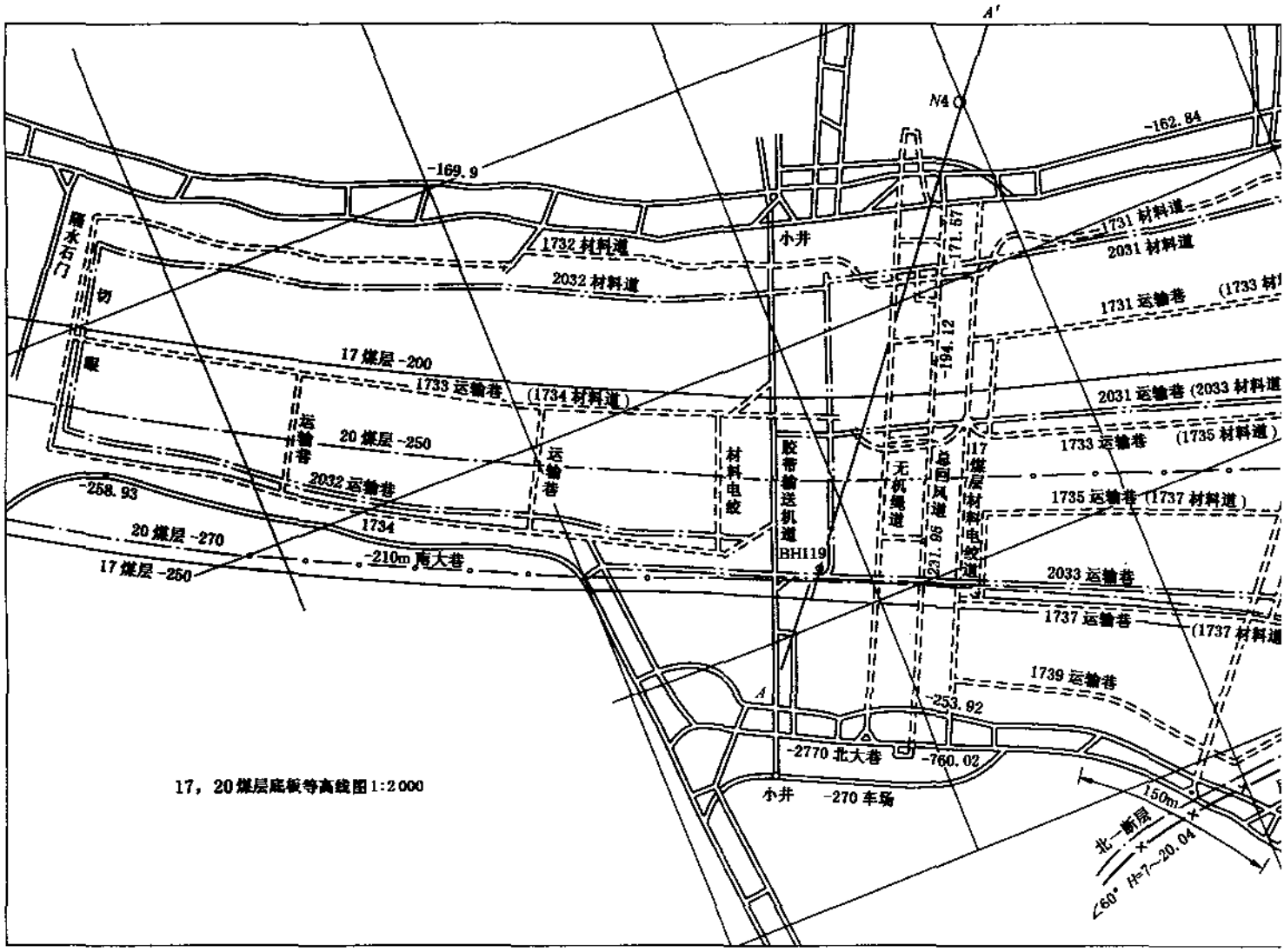
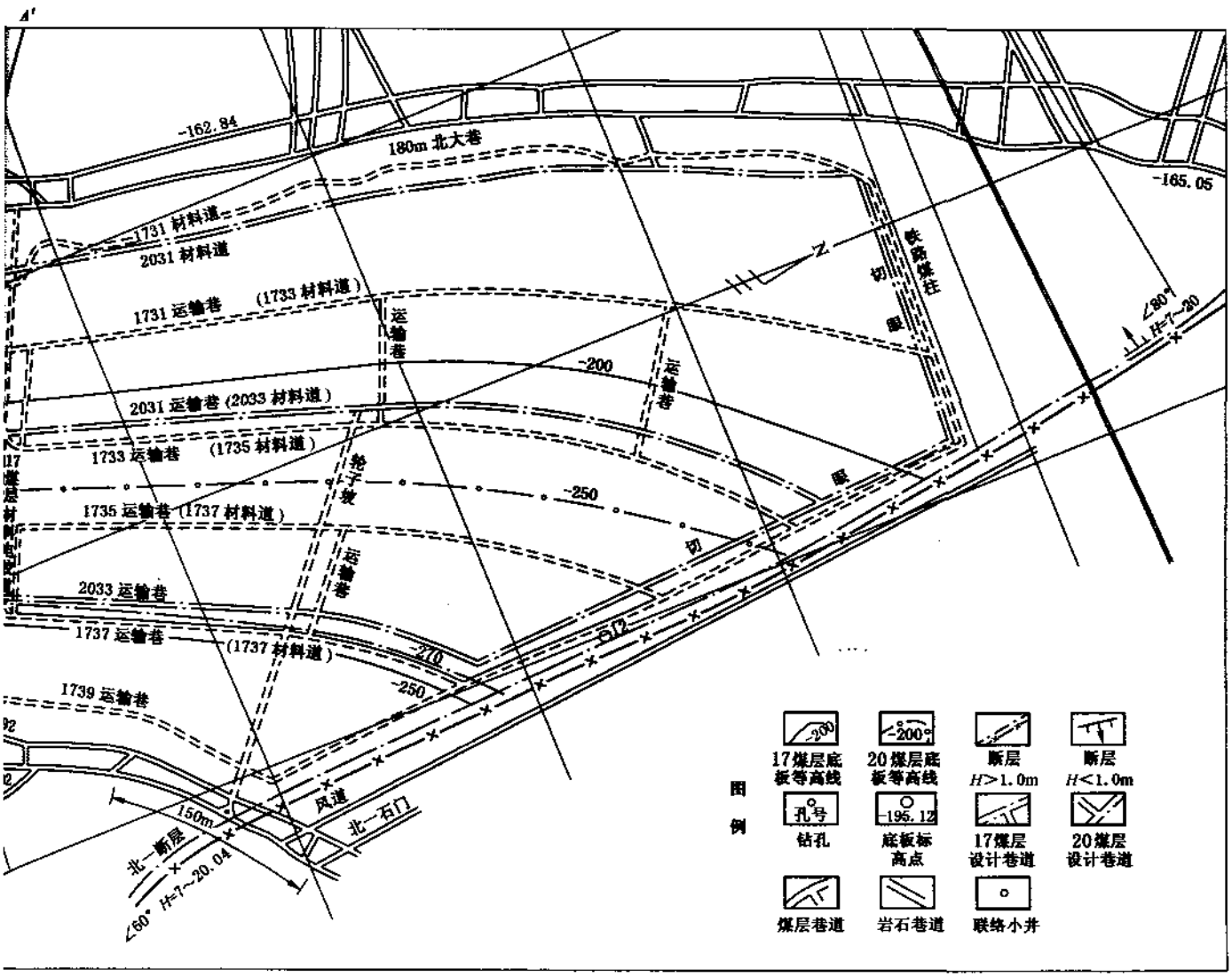


图 8-15　韩桥煤矿中央采区 17,20 煤层底板等高



煤矿中央采区17,20煤层底板等高线图

揭露煤层的距离和地点。

（二）图件部分

（1）掘进巷道地质平面图，比例尺为1∶2 000～1∶1 000，并附煤层底板等高线图。

（2）施工区段煤（岩）层综合柱状图，比例尺为1∶500～1∶200。

（3）掘进巷道预想地质剖面图，比例尺为1∶500～1∶200。

（4）井上下对照图，比例尺为1∶2 000。

掘进地质说明书常采用图表形式，如韩桥煤矿－270 m北翼大巷掘进地质说明书，包括文字说明（表8-2）及图件（图8-17～图8-19）。

表8-2　韩桥煤矿－270 m北翼大巷掘进地质说明书

位　置	本矿北翼－180 m延深下山皮带机道以北			地面标高	+30～32.0 m
邻区情况	本区上部夏桥系、小湖系煤组已采完，太原群煤组为新开拓区				
地面情况	有五号井家属宿舍，旧西排洪道，均无影响				
工程要求	据设计规定：在－270 m车场开口沿17煤层掘进，过北一断层后沿20煤层掘进				
施工岩石性质	17煤层 f=1.1，顶板页岩 f=4.8，底板砂质页岩 f=5.6 20煤层 f=1.2，顶板灰岩 f=12.8，底板钙质砂岩 f=4.5				
构　造	自－180 m延深下山向东北方向掘进320 m左右推测将遇到北一断层342°SW∠70°落差约6 m				
矿井水	巷道出水，主要是Ⅸ层灰岩水、Ⅹ层灰岩裂隙水和北一断层水，揭露Ⅹ层灰岩时预计最大涌水量为1.5 m^3/mm				
瓦斯涌出量	2.6 m^3/t	煤尘爆炸指数	43 87	自然发火期	无（月）
施工建议	1. 距北一断层前15 m，距Ⅹ层灰岩垂距5 m左右必须打超前钻探放水，对Ⅹ层灰岩应垂直打钻，视水量大小再考虑布置水平孔 2　钻机窝高度不得小于3.0 m 3. 在北一断层带两侧应加密支护				

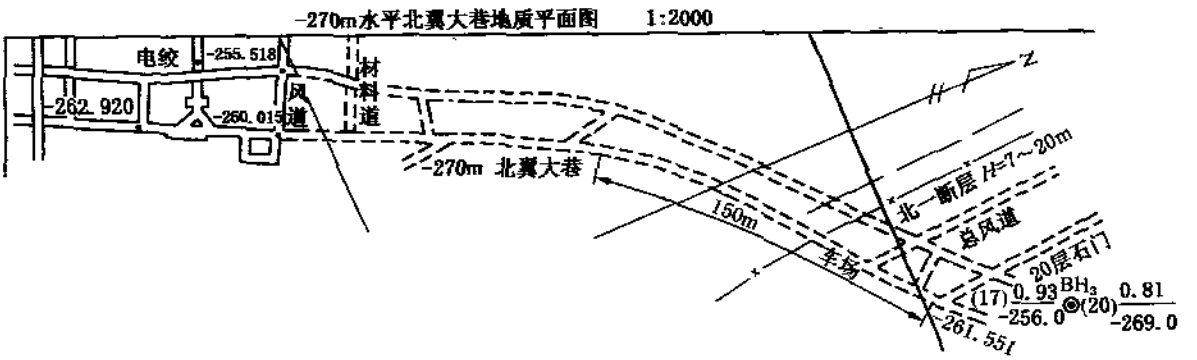


图8-17　－270 m水平北翼大巷地质平面图

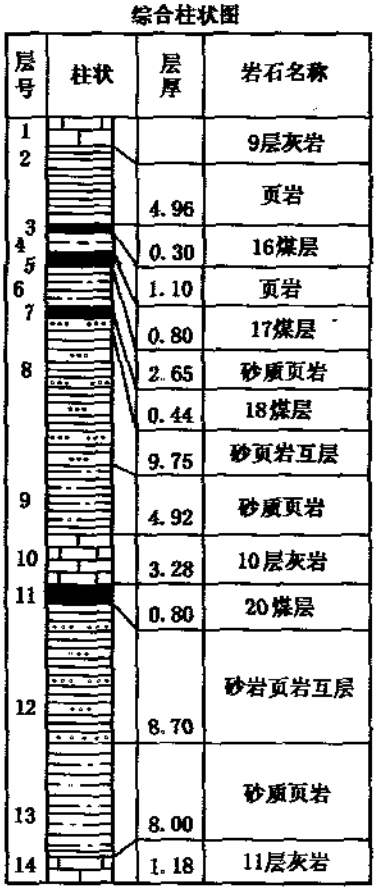


图 8-18　−270 m 水平掘进区综合柱状图

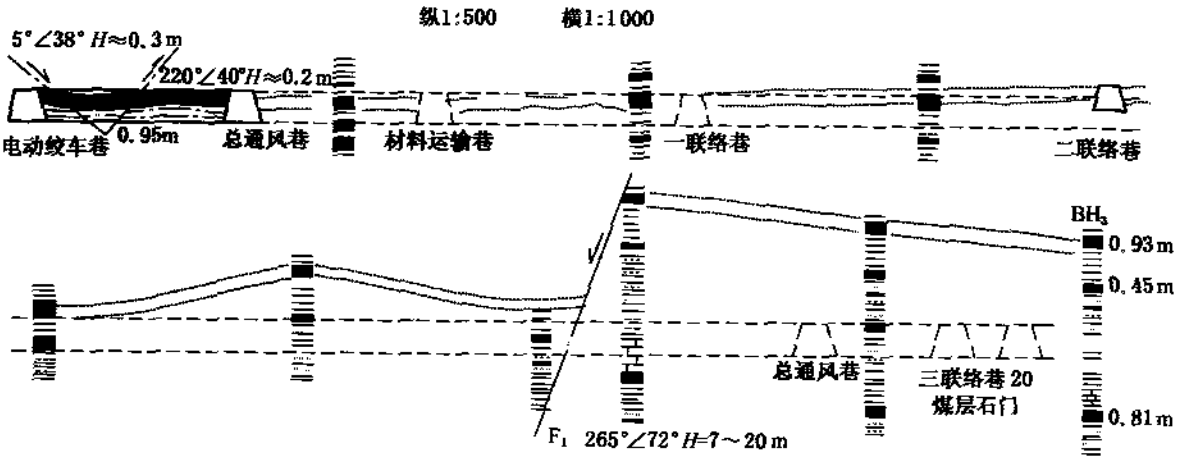


图 8-19　−270 m 水平北翼大巷预想剖面图

四、回采地质说明书

回采地质说明书，是为回采工作面编制作业规程、生产技术管理和进行回采所提供的地质资料。它是编制回采规程和作业计划的依据。它包括文字说明和图纸两部分。

（一）文字部分

1. 概况

工作面位置、范围、标高、面积及与四邻的关系，地表的情况等。

2. 煤层

煤层的厚度、结构及其变化，夹石层岩石性质厚度、煤质及其变化。

3. 煤层顶、底板特征

煤层顶、底板的岩性及其变化，裂隙的发育情况，伪顶的垮落情况和直接顶、基本顶的分布特征。

4. 地质构造

煤（岩）层产状、断层的分布和褶曲发育情况及其控制程度，对回采的影响程度；预计涌水量、淋水和滴水情况。穿过本工作面的钻孔的封孔质量，以及防治水措施。

5. 其他地质情况

岩浆侵入体、冲刷带、陷落柱等的具体位置及其对回采的影响。瓦斯、煤尘及自然发火等情况。

6. 储量

回采储量、采出率及损失量预计。

7. 存在问题和建议

回采工作面尚存在的地质、水文地质问题和对今后地质工作、回采的建议。

（二）图件部分

（1）煤层结构及顶底板岩性柱状图，比例尺为1∶500～1∶200。

（2）回采工作面煤层底板等高线图或急倾斜煤层的立面投影图，比例尺为1∶2 000～1∶500。

（3）回采巷道实测地质剖面图，比例尺为1∶200。

回采地质说明书一般采用图表形式，如徐州矿务局韩桥煤矿1735、1737工作面地质说明书，包括文字说明（表8-3）及图纸部分（图8-20～图8-22）。

表8-3　1735，1737工作面地质说明书

位　置	位于中央采区下部，其上为1733工作面正在生产，其下为－270 m大巷煤柱，南界为－270 m人行道煤柱，北界为北一号正断层				地面标高/m
					30～32.0
					工作面标高/m
					－204.3～254.1
概　况	工作面编号	走向长度/m	倾斜长度/m	煤层厚度/m	煤层倾角/（°）
	1735	574～452	170～16	0.6～1.05	8～13
	1737	450～240	103～45	0.6～1.05	8～13

续表

储　量	工作面编号	地质储量/t	回采率	回采煤量/t	回采损失
	1735	67976	97%	65937	
	1737	30710	97%	29789	
顶底板岩性	煤层顶板	无伪顶，直接顶为页岩，厚 4.96 m，致密块状 f=4.3 基本顶为Ⅱ层灰岩，f=11			
	煤层底板	直接底为砂质页岩，厚 2.65 m，f=5.6			
构　造	工作面输送带巷北侧，构造复杂，邻近北一断层处无法圈出可采煤量 影响工作面回采的落差较大的断层有 3 条，F_8 落差 0.8～0.6 m，F_{16}落差 0.9～1.5 m，F_{17}落差 1.0～1.8 m				
水　文	上部采面与 1733 输送机巷进行探放水工作，未有出水现象，本采区未进行探放水工作须引起注意，预计出水量为 1.5 m^3/min，须在回采前挖好输送机巷排水沟				
建　议	1735 北面在 F_8 断层处无法推进，建议在断层两侧跳压切眼，由中间平巷 A 点沿压掘进。1737 北采面切眼附近输送机巷，采 F_{14}、F_{15}、F_{16}断层切割造成采面运输困难，建议改进输送机巷，由 B 点穿过断层沿煤层走向掘进				

煤岩层柱状图

柱状 1:500	层号	层厚/m	累计/厚度m	岩石名称
	1	2.12		石灰岩
	2	0.30	2.42	15煤层
	3	4.96	7.38	页岩
	4	0.30	7.41	16煤层
	5	1.10	8.51	页岩
	6	0.80	9.31	17煤层
	7	2.65	11.96	砂质页岩
	8	0.60	12.56	18煤层
	9	9.75	22.31	砂岩、页岩互层
	10	4.92	27.23	砂质页岩
	11	3.26	30.29	石灰岩
	12	0.80	31.29	20煤层
	13	3.10	34.39	砂质页岩

图 8-20　煤岩层柱状图

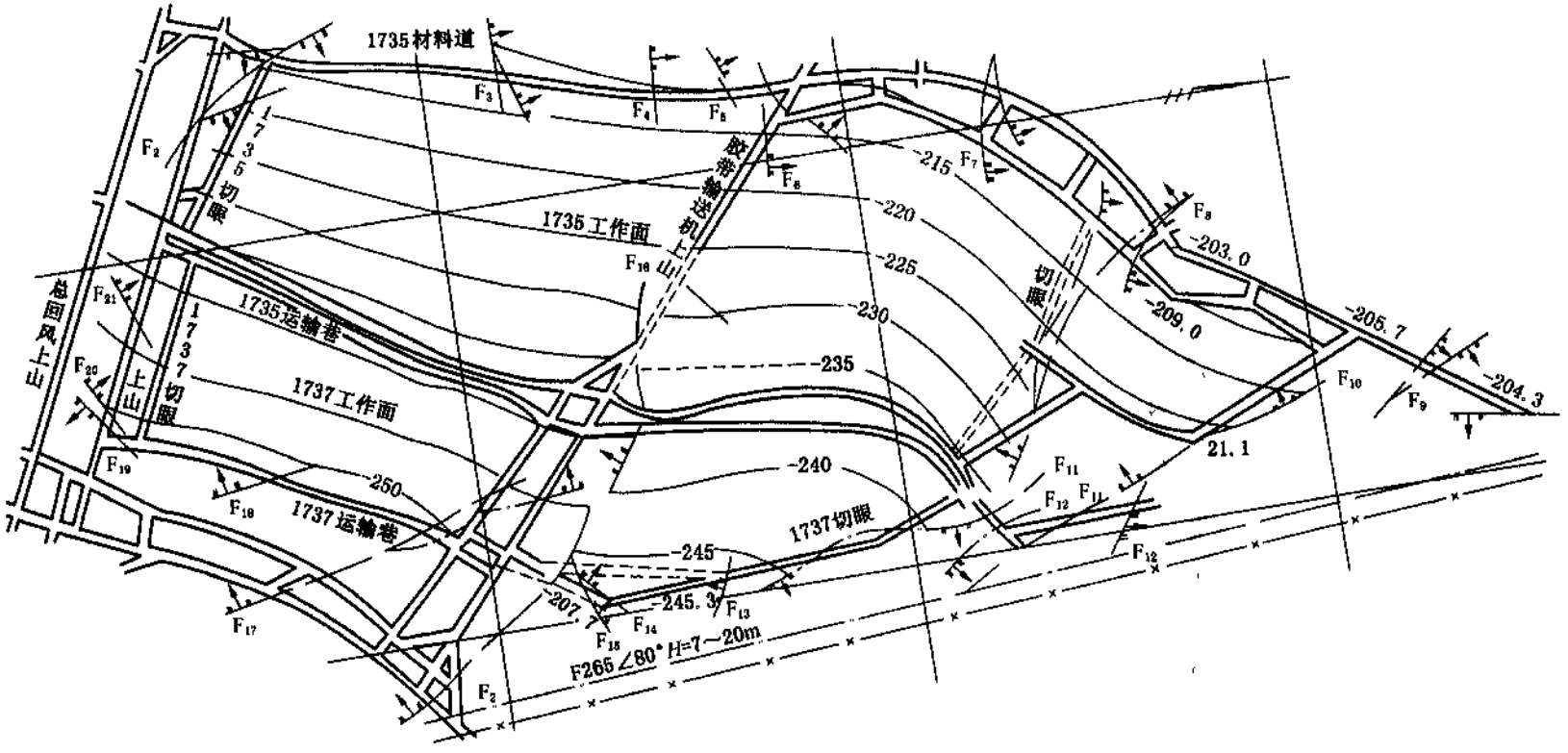


图 8-21　回采巷道实测地质剖面图

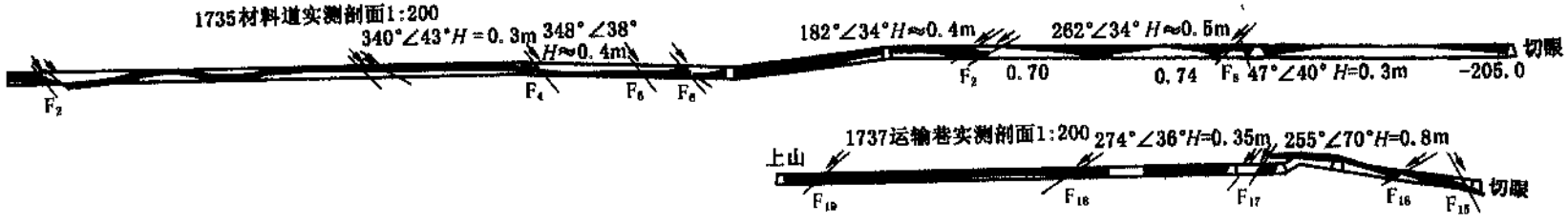


图 8-22　回采巷道实测地质剖面图

复习思考题

1. 地形地质图包括哪些内容?
2. 综合柱状图、煤岩层对比图都包括哪些内容?
3. 水平切面图包括哪些内容?
4. 煤层底板等高线图包括哪些内容?
5. 勘探线剖面图包括哪些内容?
6. 什么是原始地质编录?
7. 试述石门编录的步骤与方法。
8. 开拓区地质说明书、采区地质说明书的意义及其内容是什么?
9. 掘进地质说明书、回采地质说明书的意义及其内容是什么?

第九章 矿井储量管理

矿井储量是指矿井井田边界范围内，通过地质手段查明的符合国家煤炭储量计算标准的全部储量，又称矿井总储量。它不仅反映了煤炭资源的埋藏量，还表示了煤炭的质量、勘探程度及开采经济、技术条件。所以，有人把它称做是地质手段的技术资料的最终成果。

一个矿井（井田）究竟有多少储量，可靠程度如何，可以被开采利用的价值怎样，又如何保证尽可能地把具有工业价值的煤炭开采出来，这直接关系到矿井建设的规模，矿井生产发展的前途，是进行矿井建设和生产的基础。所以，做好矿井储量的计算和统计，加强矿井储量的管理，是矿井生产管理的一项极其重要的工作。

矿井储量管理是矿井生产管理的重要组成部分，其主要内容有：定期进行分煤层、分水平、分煤种及不同开采技术条件各级储量的计算和汇总，“三量”的划分和计算，产量测定和统计，损失量统计及分析，储量动态分析及矿产储量表的编制等。

第一节 矿井储量计算

【知识要点】

1. 矿井储量计算的特点
2. 矿井储量计算
3. 含有夹矸的煤层采用厚度的计算方法

【课程内容】

一、矿井储量计算的特点

（1）随着采掘工程及生产勘探的不断进展，矿井储量发生数量和质量上的变化，根据新获得的地质资料定期进行计算，以掌握储量的动态变化。

（2）矿井储量的圈级及计算块段的划分，除要求符合勘探程度的规定外，对已开拓的区域要求按开采水平、采区、工作面和煤柱等划分块段，要与三量相对应，并分煤系、分煤层、分煤厚、分煤种、分倾角等进行计算。

（3）矿井储量反映采掘过程中，由于安全和生产原因而发生的各种煤量损失，并有统计分析。

（4）参与矿井储量计算的煤层厚度、面积、视密度等参数较勘探阶段得到的各参数更为可靠，故其计算的准确性相对较高。

二、矿井储量计算

（一）储量计算的工业指标

根据我国煤炭资源的状况和工、农业用煤和民用煤的质量要求，以及目前的开采技术

条件，对计算储量的煤层最低可采厚度的指标规定见表 6-16。

（二）计算储量边界的确定

储量边界确定得正确与否，将直接影响储量计算的可靠性。因此，在储量计算之前，首先要在煤层底板等高线图上正确地确定其计算边界。

1. 边界的种类

（1）天然边界　由于自然因素使煤层缺失或中断的界线，称为天然边界，如煤层露头线，断层线河流等。

（2）工业边界　根据工业指标的要求和开采技术条件，能被工业部门利用和开采的可采煤层边界线，称为工业边界。

2. 边界线的确定

边界线的确定主要是工业边界线的确定。工业边界是根据煤层的厚度和灰分确定的。例如，某勘探区内有钻孔见到某煤层，有的钻孔未见到该煤层或煤层很薄，这时可根据煤层最低可采厚度工业指标要求确定工业边界。确定工业边界的方法有直接观测法、内插法。

（1）直接观测法　一般用在采掘巷道内。当煤层厚度由厚变薄直至尖灭时，可以直接确定可采点（即可采与不可采的分界点），各可采点的连线为工业边界（即可采边界）。

如图 9-1 所示 A 点煤层厚度为 1.5 m，B 点为 0.5 m，C 点为 0.7 m 是可采边界的一点。

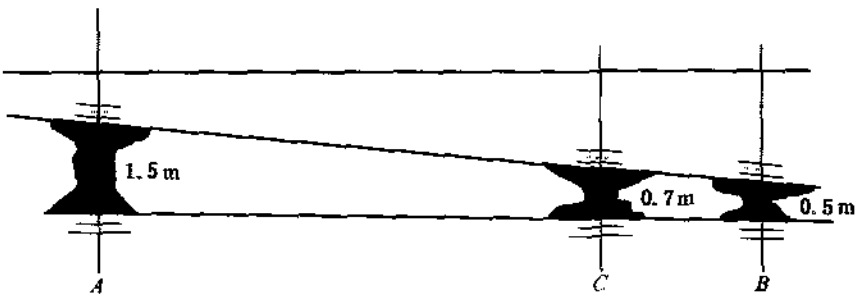


图 9-1　用直接观测法确定可采边界

（2）内插法　利用两个相邻钻孔或巷道的煤层可采与不可采点见煤资料，求出可采边界点，各可采边界点的连线，即为可采边界线。

图解法　如图 9-2 所示 A、B 两相邻钻孔，假定 A 钻孔见煤厚度 H_A 没达到工业要求，B 钻孔见煤厚度 H_B 符合工业要求，连结 A、B 两点、各作垂线 AA'、BB'，令 $AA'=H_A$、$BB'=H_B$，再连结 A'、B' 两点，使 $A'B'$ 以相应的比例尺平行移动煤层最低可采厚度 H_C 距离于 $A''B''$ 位置，$A''B''$ 与 AB 相交于 C 点，则点 C 即为所求的煤层可采边界点。顺序连接各可采边界点，即为所求的煤层可采边界线。

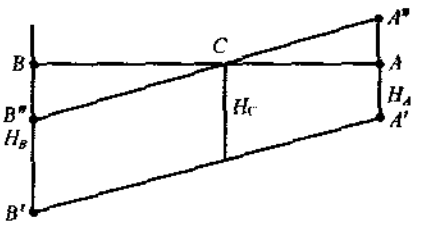


图 9-2　用图解法确定煤层可采厚度

平行线法　这种方法是在储量计算图上直接

找出可采边界线的一种比较简便的方法。如图 9-3 所示，假定 A 点钻孔煤层厚度 $H_A=1.2$ m，B 点钻孔煤层厚度 $H_B=0.3$ m，A、B两点钻孔的厚度差为 $H_A-H_B=1.2\ m-0.3\ m=0.9\ m$；然后在透明图纸上绘制出间隔为 0.1 m的 9 条等煤厚平行线，并将其蒙在储量计算量图 A、B 两点钻孔位置上，连接 A、B 两点，AB 与煤厚为 0.7 m 平行线相交于 C 点，该 C 点即为所求的煤层可采边界点的位置。

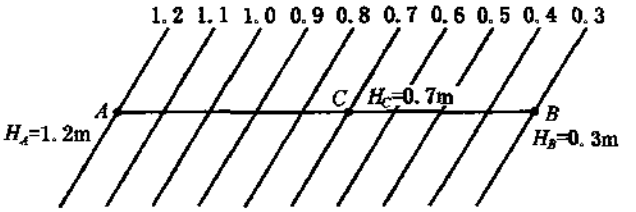


图 9-3　用平行线法确定煤层可采厚度

有限推断法　当相邻 A 点钻孔的煤层厚度已达到工业指标要求的可采厚度，且 B 点钻孔煤层尖灭时，假定 A、B 两点钻孔连线的中点为煤层尖灭点 O，即煤层厚度等于零，然后利用内插法或平行线法在 OA 线段内确定煤层可采边界点 C 位置（图 9-4）。

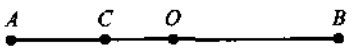


图 9-4　用有限推断法确定煤层可采厚度

无限推断法　是用在某一钻孔或巷道已达到工业指标要求的可采厚度的煤层，且以外无其他钻孔或无巷道控制的情况下使用的一种方法。这种方法是根据对煤层地质特点及煤层变化规律的认识来推断工业边界。

（三）储量计算原始参数的选择

储量计算的基本公式为

$$Q=Sm\rho$$

式中　Q——计算块段的储量，10^4t；

S——计算块段煤层的真面积，m^2；

m——计算块段煤层的平均厚度，m；

ρ——计算块段煤层的平均密度，t/m^3。

由上式可知，计算储量的原始参数包括煤层面积、煤层厚度、煤的视密度。

1. 煤层面积

计算的煤层面积是指具备工业指标要求范围内的煤层面积。面积又分为煤层埋藏的实际面积（真面积）和煤层水平投影或垂直（立面）投影的面积。在煤层底板等高线图上圈定的面积是煤层水平投影面积 S'，在煤层立面投影图上圈定的面积是煤层垂直投影面积 S''。计算储量时，需要把 S' 或 S'' 换算成煤层的真面积 S（图 9-5），即

$$S=\frac{S'}{\cos\alpha}\quad 或\quad S=\frac{S''}{\sin\alpha}$$

式中　S——煤层真面积；

S'——煤层水平投影面积；

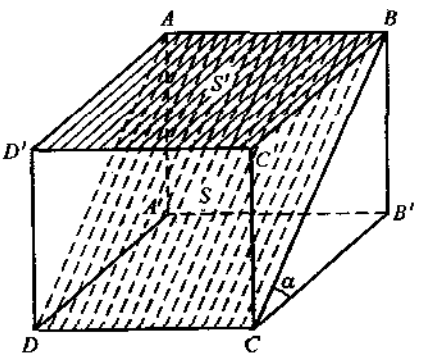


图 9-5　真面积与水平投影面积的关系示意图

$ABCD$—煤层真面积 S；$ABC'D'$—水平投影面积 S'

S'——煤层垂直投影面积；

α——煤层倾角。

确定煤层的水平投影或垂直投影面积，常用的方法有几何图形法及求积仪法。

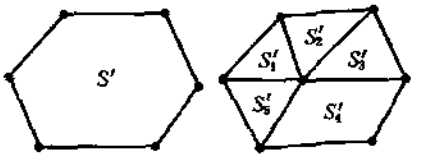


图 9-6　几何图形法求面积示意图

(1) 几何图形法　如图 9-6a 所示，S'是需要计算的煤层水平投影面积。一般常作一些辅助直线，即把面积 S' 分成一些简单的几何图形，如三角形、矩形、梯形及平行四边形等［图 9-6 (b)］，然后分别计算各图形的面积 S'_1，S'_2，S'_3，S'_4，…，S'_n，则煤层的面积为

$$S' = S'_1 + S'_2 + S'_3 + S'_4 + \cdots + S'_n$$

(2) 求积仪法　是利用求积仪测定面积的一种方法。它有人工操作的求积仪和电子求积仪两种。此法测定面积精度较高，因此是最常用的一种方法。

2. 煤层倾角

煤层倾角是煤层层面与水平面相交的最大锐角。在计算储量时，使用的是煤层实际面积，所以需要根据煤层倾角将煤层水平投影面积 S' 换算成煤层实际面积 S。近水平煤层（$\alpha<8°$）可视为 $S=S'$。

在计算储量的范围内，由于受地质作用的影响，煤层倾角 α 是有变化的。为了使储量计算更加准确，在煤层倾角变化地区，要划分出不同块段，同一块段内煤层倾角要基本相同；然后根据块段顺序编号，分别计算其储量。如图 9-7 所示等高线的距离表明，甲块段倾角比乙块段倾角大，因此计算储量时必须分甲、乙两块段计算其储量。

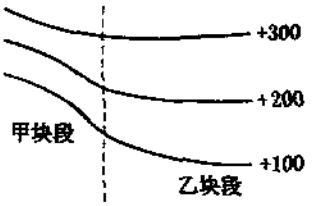


图 9-7　煤层倾角变化

3. 煤层厚度

在计算储量时，采用真厚度进行计算。由于块段煤层厚度是由许多见煤点组成的，因此就需要采用该块段内几个见煤点煤层厚度的平均值来计算储量。见煤点煤层厚度平均值的计算方法有以下 2 种：算术平均法和加权平均法。

1）算术平均法

当煤层厚度均匀变化时，常采用算术平均法计算煤层平均厚度。其计算式为

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \cdots + m_n}{n}$$

式中　m——块段煤层的平均真厚度；

$m_1, m_2, \cdots, m_n$——块段内各见煤点煤层厚度；

n——块段见煤点数。

2）加权平均法

当计算储量范围内，不仅见煤点厚度变化较大，而且见煤点之间的距离变化也很大时，常用加权平均法计算煤层的平均厚度（图 9-8）。其计算式为

$$m = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \cdots + m_n l_n}{l_1 + l_2 + \cdots + l_n}$$

式中　m——煤层的平均真厚度；

$m_1, m_2, \cdots, m_n$——储量计算范围内各见煤点的真厚度；

$l_1, l_2, \cdots, l_n$——见煤点之间的距离。

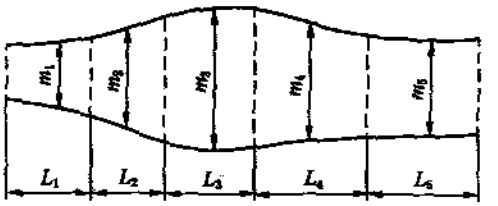


图 9-8 煤层厚度变化示意图

4. 煤的视密度

煤种不同，煤的视密度也不相同，一般褐煤为 1.05～1.20 t/m³，烟煤为 1.20～1.40 t/m³，无烟煤为 1.35～1.90 t/m³。煤的孔隙、温度也影响煤的视密度。所以，煤的视密度应采用几个采样点的视密度的平均值作为计算参数。

（四）储量计算方法

1. 几何图形法

把计算块段内煤层的面积划分成若干个几何图形（图 9-6），则煤层水平投影面积：

$$S' = S'_1 + S'_2 + \cdots + S'_n$$

煤层实际面积：

$$S = \frac{S'}{\cos\alpha}$$

$$V = Sm = \frac{S'm}{\cos\alpha}$$

式中 V——计算块段煤层的体积，m^3；

S'——计算块段煤层水平投影面积，m^2；

S——计算块段煤层的实际面积，m^2；

m——煤层平均厚度，m。

煤的储量可按下式求出：

$$Q = V\rho$$

式中 Q——计算块段煤的储量，t；

ρ——煤的视密度，t/m^3。

每个块段的储量计算完后，将各块段储量相加，即得到所计算范围内总的煤炭储量。

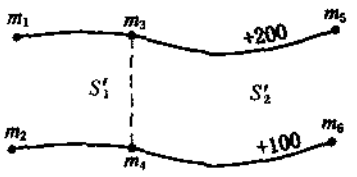


图 9-9 块段划分示意图

2. 等高线法

当煤层倾角沿倾向及走向变化非常大而煤层厚度比较稳定时，可以采用等高线法计算储量。

在实际工作中，用等高线法计算储量的步骤：①在煤层底板等高线图上求得两条相邻等高线所夹之水平投影面积 S'（用求积仪或用几何方法）；②根据公式换算成真面积；③计算储量。如图9-9所示计算＋100～＋200m等高线间的储量为

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{S'_1}{\cos\alpha}\left(\frac{m_1+m_2+m_3+m_4}{4}\right)\rho + \frac{S'_2}{\cos\alpha}\left(\frac{m_3+m_4+m_5+m_6}{4}\right)\rho$$

式中 Q——总储量；

S'_1, S'_2——计算块段煤层水平投影面积；

α——煤层倾角；

$m_1, m_2, \cdots, m_6$——各见煤点的煤层平均厚度。

用此法计算储量的最大优点是，能了解到储量在各水平的分布情况，并对煤层的产状要素有一个清楚的概念，对煤层的自然形态有一个清楚的概念，这对煤矿设计和生产安排很重要。

三、含有夹矸的煤层采用厚度的计算方法

表 6-16 中规定的最低可采厚度，均指简单结构煤层。对于含有夹矸的煤层，其采用厚度（计算厚度）的计算方法如下。

（1）煤层中单层厚度小于 0.05 m 的夹矸层，可与煤分层合并计算采用厚度，但并入夹矸以后全层的灰分（或发热量）、硫分指标应符合估算指标的规定。

（2）煤层中夹矸的单层厚度等于或大于所规定的煤层最低可采厚度时，被夹矸所分开的煤分层应分别视为独立煤层，一般应分别计算储量；但其夹矸仅见于个别煤层点时，可不必分层计算。

（3）煤层中夹矸的单层厚度小于所规定的煤层最低可采厚度时，煤分层不作为独立煤层；煤分层厚度均等于或大于夹矸厚度时，可将上、下煤分层厚度相加，作为煤层的采用厚度。

（4）对于复杂结构煤层（系指夹矸层数很多，但单层厚度很小，一般均小于煤层最低可采厚度，在地质勘探和煤矿生产中，不需做分层对比工作，可以按全层厚度的变化来评价煤层的稳定程度的煤层），当夹矸的总厚度不大于煤分层总厚度的 1/2 时，以各煤分层的总厚度作为煤层的采用厚度。

（5）对于夹矸比较稳定，煤分层可以对比的复煤层，应按上述（1）、（2）、（3）条的规定，分层计算采用厚度；对于夹矸不稳定，无法进行煤层对比的复煤层，虽其夹矸的单层厚度有时等于或大于煤层最低可采厚度，但当夹矸的总厚度不大于煤分层总厚度的 1/2 时，以各煤分层的总厚度为煤层采用厚度。

第二节　矿井“三量”管理

【知识要点】

1. 矿井“三量”管理的意义
2. “三量”的划分和计算

【课程内容】

一、矿井“三量”管理的意义

矿井生产的准备工作包括水平开拓、采区准备和开切工作面 3 个阶段。在一个生产水平、采区或工作面采完之前，必须准备好下一个接替水平、采区或工作面，否则就不能保证矿井生产的正常进行，就会造成产量下降甚至生产停顿。因此，在矿井生产中把握回采和掘进相对平衡十分重要。在开拓、采区准备和回采工作面开切阶段掘进的巷道分别称为开拓巷道、准备巷道和回采巷道，而由这 3 种巷道圈定和构成的可采储量分别称为开拓煤

量、准备煤量和回采煤量，简称三量。通常用三量来反映矿井采掘工程效果、生产准备情况和采掘平衡关系。所以，搞好三量管理是保证矿井生产正常接续、稳产高产的重要环节。

二、三量的划分和计算

由于各矿井地质条件不同，使开拓方式、开采方法不同，三量的划分方法也不尽相同。现以斜井分区式开拓、采区前进、工作面后退的开采方法为例，说明三量的划分（图9-10）和计算。

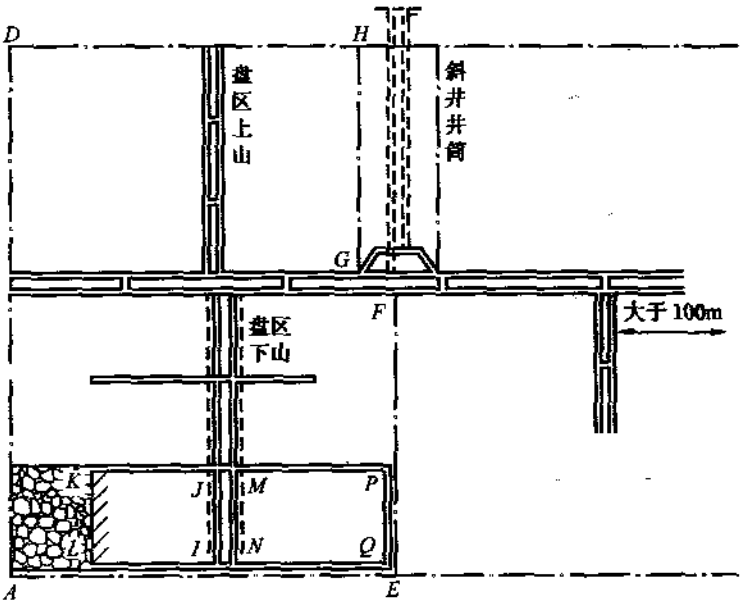


图9-10 三量划分示意图

（一）开拓煤量

开拓煤量指通向采区的全部开拓巷道均已掘完，并可开始掘进采区准备巷道时所构成的可采储量。具体地说，在矿井可采储量范围内已完成设计规定的主井、副井、风井、井底车场、主要石门、集中运输大巷、集中下山、主要溜煤眼和必要的总回风巷等开拓掘进工程所构成的煤储量，减去开拓区内地质及水文地质损失、设计损失和开拓煤量可采期内不能回采的临时煤柱及其他煤量后的煤量，为开拓煤量。其计算公式为

$$Q_{开} = (Lhm\rho - Q_{地损} - Q_{采损})K$$

式中 $Q_{开}$——开拓煤量；

L——煤层两翼已开拓的走向长度；

h——采区平均倾斜长；

m——开拓区煤层平均厚度；

ρ——煤的视密度；

$Q_{地损}$——地质及水文地质损失；

$Q_{呆滞}$——呆滞煤量，包括永久煤柱的可回采部分和开拓煤量可采期内不能开采的临时煤柱及其他煤量；

K——采区采出率。

（二）准备煤量

准备煤量指在开拓煤量范围内，采区准备巷道均已掘完时所构成的可采储量。具体地说，在开拓煤量范围内已完成了设计规定所必需的采区运输巷、采区回风巷及采区上（下）山等掘进工程所构成的煤储量，减去采区内地质及水文地质损失、开采损失及准备煤量可采期内不能开采的煤量后的煤量，为准备煤量。其计算公式为

$$Q_{准} = (Lhm\rho - Q_{地损} - Q_{呆滞})K$$

式中 $Q_{准}$——准备煤量；

L——采区走向长度；

h——采区倾斜长度；

m——开采区煤层平均厚度；

ρ——煤层平均视密度；

$Q_{地损}$——地质损失量；

$Q_{呆滞}$——采区内不能开采的煤量；

K——采区采出率。

（三）回采煤量

回采煤量指在准备煤量范围内，开采前必须掘好的巷道全部完成时所构成的可采储量。具体地说，在准备煤量范围内，按设计完成了采区中间巷道（工作面运输巷、回风巷）和回采工作面开切眼等巷道掘进工程后所构成的煤储量，即只要安装设备后，便可进行正式回采的煤量为回采煤量。其计算公式为

$$Q_{回} = Lhm\rho K$$

式中 $Q_{回}$——回采煤量；

L——工作面走向长度；

h——工作面倾斜可采长度；

m——设计采高或采厚；

ρ——煤层平均视密度；

K——工作面采出率。

上述各煤量的计算公式，仅适用于较稳定煤层；若煤层不稳定，厚度变化较大时，应依具体情况划分块段、分别计算储量后求和。

复习思考题

1. 试述矿井储量计算的特点。

2. 什么是开拓煤量、准备煤量、回采煤量？

第十章 煤矿矿图

第一节 矿 图 概 述

【知识要点】

1. 矿图的种类
2. 煤矿必备的矿山测量图

【课程内容】

在矿井设计、施工和生产管理工作中所绘制的一系列图纸，统称为矿图。生产矿井必须具备的图件可分为三大类：矿井测量图、矿井地质图和其他图件。

1. 矿井测量图

矿井测量图是根据地面和井下实际测量资料绘制而成的。由于矿井采掘情况不断变化，因而矿井测量图是随着矿井的开拓、掘进和回采等工作的进行，逐步测量并填绘的。

矿井测量图主要反映矿井地面地物、地貌情况，井下各种巷道和硐室的空间位置，矿层产状和各种地质构造，井下采掘情况，以及井上下相互位置关系等。

煤矿必备的矿井测量图有：井田区域地形图、工业广场平面图、采掘工程平面图、井底车场平面图、水平主要巷道平面图、采掘工程立面图（急倾斜煤层）、井上下对照图、主要保护煤柱图、井筒断面图等。

2. 矿井地质图

矿井地质图一般是在测量图的基础上，依据对收集的地质资料和勘探资料的分析、推断、综合整理绘制而成的。在建井前，依据地质勘探资料，对矿层的产状、大的地质构造和矿产质量等，已经基本了解，并绘制了多种地质图；在矿井建设和生产过程中，对矿层产状、地质构造和矿产质量等情况，又会有新的发现，此时要对原有地质图进行补充和修改，使矿井地质图的精度不断提高，为矿井设计、施工和生产提供可靠的依据。

矿井地质图主要反映全矿井矿层产状、地质构造、地形地质、水文地质、矿产质量分布等情况。

煤矿常用的矿井地质图有：地形地质图、煤层底板等高线图、各种地质剖面图、各种柱状图、水文地质图等。

煤矿矿井地质图和矿井测量图有着密切的联系，如果没有矿井测量图，矿井地质图就难以绘制；反之，矿井测量图如果不填绘可靠的地质资料，也就说明不了煤层埋藏的真实状况，将大大降低测量图的使用价值。

3. 其他矿图

除上述两类矿图外，现行《煤矿安全规程》规定矿井还应有以下图纸：巷道布置图（采掘计划图），通风系统图，井下运输系统图，排水、防尘、防火注浆、压风、充填、抽

放瓦斯等管路系统图，井上下配电系统图和井下电气设备布置图，井下通信系统图，安全监测装备布置图，井下避灾路线图等。

矿井地质图的相关内容在第八章已讲述，本章主要介绍矿井测量图中的主要图件：井田区域地形图、工业广场平面图、井底车场平面图、采掘工程平面图、主要巷道平面图、井上下对照图。

第二节　井田区域地形图及工业广场平面图

【知识要点】

1. 井田区域地形图
2. 工业广场平面图

【课程内容】

一、井田区域地形图

井田区域地形图是反映井田范围内地物和地貌的综合性图纸。

每个矿井可根据本井田范围大小决定绘制 1∶2 000 或 1∶5 000 井田区域地形图。如井田较小时，还可绘制 1∶1 000 的井田区域地形图。

由于井田区域内地面在不断地进行建设，井下采掘工程也不断引起地表的变化，因此，井田区域地形图需不断进行修改和补充；当年代久远，地物地貌变化很大时，就需要重新测绘。根据规定，井田区域地图应按照国家测绘总局颁发的有关规范和图式进行测绘。

1. 井田区域地形图的内容

(1) 测量控制点，包括三角点、水准点、永久性图根点等。

(2) 高山、盆地、山谷、山脊、悬崖、峭壁、冲沟等地貌。

(3) 河流、湖泊、水塘、输水槽、水坝和桥梁等。

(4) 管线及垣栅，包括各种输电线、通信线、煤气管道，围墙及栅栏等。

(5) 铁路、公路、架空索道、大车路等各种道路。

(6) 居民点和重要建筑物。

(7) 独立地物，包括各种塔、烟囱、高压输电线杆（塔）、注浆站、井筒和井架等。

(8) 土质和植被，包括重要资源、森林、经济作物地、菜地、耕地、沙地、沼泽、石块地等。

(9) 采矿引起的地面特有地貌，包括矸石山、塌陷坑和积水区等。

在地形测图或补测时，应将井田技术边界、煤层露头、岩石移动观测站及地表塌陷、矸石山、井口、钻孔等填绘在图上（图 10-1）。

2. 井田区域地形图的用途

井田区域地形图的用途很广，主要用于以下两方面。

(1) 井田区域地形图是井田规划、设计、指导矿井建设和生产的基础资料。如井口的选择、厂房、管线排水等项工程的布局及设计等都离不开它。

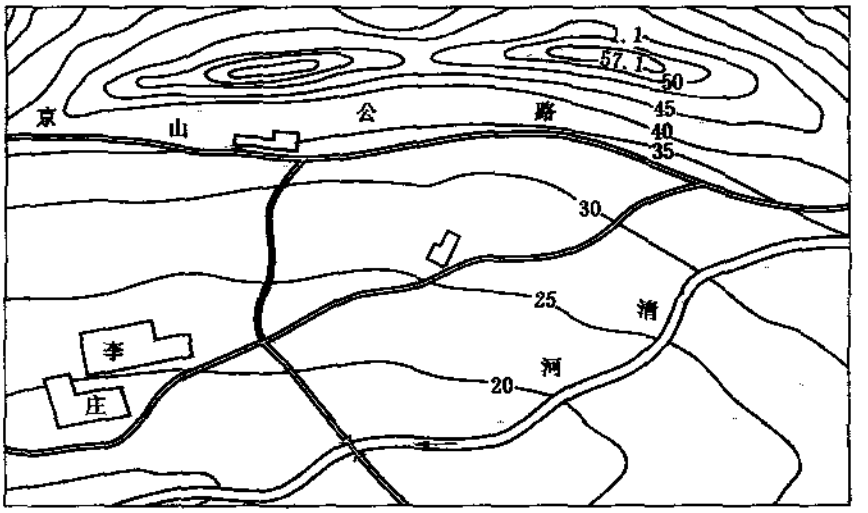


图 10-1　井田区域地形图

(2) 井田区域地形图是绘制井上下对照图的基础。

二、工业广场平面图

工业广场平面图属于井田区域地形图。工业广场是煤矿生产的核心地区，也是地物最稠密地区。根据规程规定，每个矿井均须测绘 1∶500 或 1∶1 000 的大比例工业广场平面图。它能全面反映矿井范围内的生产系统、储运系统、辅助车间、福利设施以及管线等。一般应按工业广场实测范围确定图幅大小，基本上每个矿井的工业广场平面图为一幅（图 10-2）。

1. 工业广场平面图的内容

(1) 工业广场内所有永久的和临时的房屋和建筑物，如办公楼、绞车房、选煤车间、输送带走廊、机修厂、储煤仓、水池等，并注明其层数和名称。

(2) 工业广场范围内的各种控制点，如三角点、导线点、水准点、近井点、井筒和提升中心的基础点等，其高程用黑色注记。

(3) 工业广场内各种线路，如铁路、轻便路及附属物，公路、简易公路、大车路及附属建筑物；供电系统有变电所电杆、铁塔，并区分高压低压、照明及通讯等架线类别，注明电压。

(4) 工业广场内各种管道，如自来水管、下水道、暖气沟、电缆沟、消火栓等。

(5) 工业广场内各种福利设施，如俱乐部、球场、图书馆、医院、托儿所、食堂、浴池、宿舍等。如果已将这些设施安排在家属或宿舍区，该图可不包括这些设施。

(6) 工业广场内的地形，未经平整的地方用等高距为 0.5 m 的等高线表示，当地势平坦或经过平整则不绘等高线，但可适当标注高程点。

(7) 工业广场内井巷出口处的地面高程用红色注记。

(8) 工业广场内保护煤柱边界，用红色线条表示。

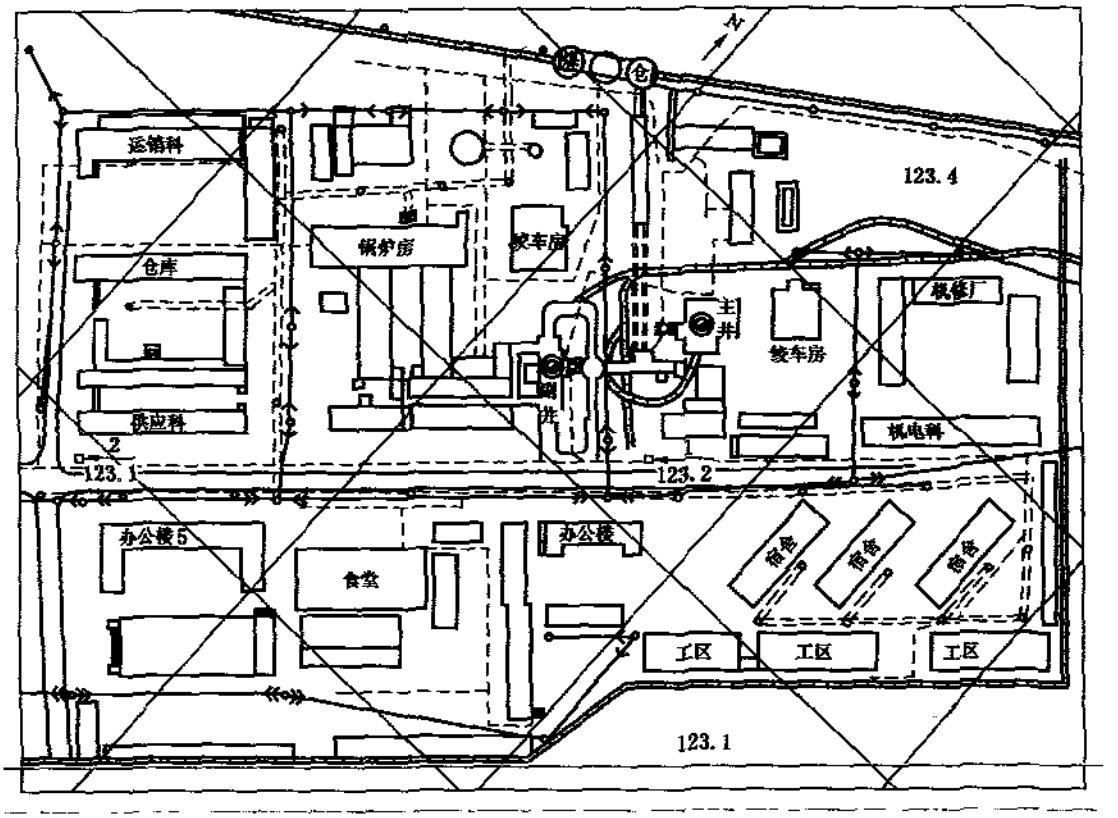


图 10-2　工业广场平面图

工业广场平面图每年应根据补测资料修改一次并要定期重测。

2. 工业广场平面图的用途

(1) 提供工业广场内规划、设计、改建和扩建的必备的资料和依据。

(2) 它是工业广场内各种测量控制点标示点位的资料，为利用地面控制点提供依据。

(3) 工业广场平面图为自来水管、下水道、暖气沟、电缆沟等检修和改建提供方便。

【工业广场平面图识图训练】

一、训练目标

根据工业广场平面图释读矿井范围内的生产系统、储运系统、辅助车间、福利设施，以及管线等。

二、训练用工具与器材

(1) 提供 1∶500 或 1∶1 000 的大比例尺工业广场平面图。

(2) 数字比例尺。

(3) 三角板一套。

(4)《测量图例》一本。

三、识读的内容

(1) 工业广场内所有永久的和临时的房屋和建筑物。
(2) 工业广场范围内的各种控制点。
(3) 工业广场内各种线路。
(4) 工业广场内各种管道。
(5) 工业广场内各种福利设施。
(6) 工业广场内的地形。

四、注意事项

(1) 办公楼、绞车房、选煤车间等，均应测绘在图上，并注明其层数和名称。
(2) 各种控制点的高程用黑色注记。
(3) 区分照明及通讯等架线类别，注明电压。
(4) 未经平整的地方用等高距为 0.5 m 的等高线表示。
(5) 井巷出口处的地面高程用红色注记。
(6) 广场内保护煤柱边界，用红色线条表示。

第三节　井底车场平面图

【知识要点】

1. 井底车场平面图的内容
2. 井底车场平面图的用途

【课程内容】

井底车场是由连接和环绕井筒的若干巷道以及井筒附近的各种硐室组成的。它是连接井下运输和井筒提升两个环节的枢纽。将井底车场范围内的所有巷道和硐室、水仓等，用正投影的方法投影到一个水平面上，并按一定比例绘制的图纸，称为井底车场平面图。每一个矿井各水平都必须绘制比例尺为 1∶200 或 1∶500 的井底车场平面图。对布置简单的井底车场可不单独绘制。

一、井底车场平面图的内容

(1) 井底车场内各井口位置、各巷道和硐室、水闸墙和防火门的位置。

(2) 车场内的运输线路，轨道要注明坡度、坡向，区分单轨和双轨，弯道要注记曲线半径、转向角和弧长，巷道交叉和变坡点要注记轨面或底板标高及道岔的编号。

(3) 永久导线和水准点的位置。

(4) 附巷道和硐室的横断面图，比例尺一般为 1∶50，并注明相关尺寸。

二、井底车场平面图的用途

井底车场平面图的主要用途是用于了解车场内井筒、巷道和硐室的布置情况及运输线路、排水系统等，它是井底车场改建和扩建的依据。

三、井底车场平面图的识读

看此图纸时，首先要看清车辆的运输方向。如图 10-3 所示，重车由左往井筒方向运行，进罐提升。空车出罐后向右自由滑向空车线运行。此后，空车及料车经北部绕道编组后，由电机车拉走。其次，要了解井筒附近的巷道位置及其相互关系等。

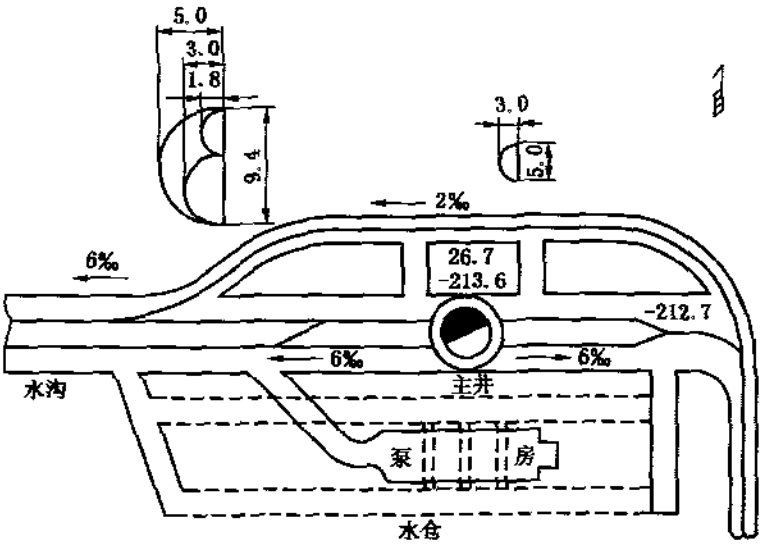


图 10-3　井底车场平面图

由图 10-3 所示可知，矿井涌水经井底车场巷道的水沟流入水仓，它是由低于井底车场的两条巷道组成（用虚线表示），并经水泵将水排到地面。

第四节　采 掘 工 程 图

【知识要点】

1. 采掘工程平面图
2. 采掘工程立面图
3. 采掘工程图的用途

【课程内容】

采掘工程图，是最重要的矿图之一。它是根据地质资料和实测的地质、测量资料绘制而成的，是反映煤层内巷道布置和回采情况的图纸。这种图纸是分煤层（或分层）绘制的。目前生产矿井多按采区分煤层绘制采掘工程图。这种图的比例尺一般为 1∶1 000 或 1∶

2 000，根据需要可加绘 1∶5 000 的。

由于煤层产状不同，因而对不同产状煤层的采掘工程图的要求和绘法也就不同。对于缓倾斜及倾斜煤层，只采用水平面为投影面，所绘的图纸称为采掘工程平面图。对于急倾斜煤层，除要求绘制水平投影图外，还必须绘制竖直面的投影图，该图称为采掘工程立面图。对于厚煤层来说，采掘工程平面图的绘法和要求又有所不同。

一、采掘工程平面图

分煤层采掘工程平面图的图幅大小应按标准图幅划分，但是，由于目前聚酯薄膜图材料的应用，图幅大小可根据采区长度及比例尺大小来确定，一般可使一个采区绘成一幅。有的单位根据实际需要，上述两种分幅都有。这种图每月填绘一次，定期着色上墨。

采掘工程平面图的内容，应根据煤层厚度、地质构造、采掘工程的需求填绘。

1. 开采薄煤层、中厚煤层及各自然层的采掘工程平面图

该图应包括以下内容。

(1) 井田技术边界、安全煤柱及其他边界线。

(2) 回采工作面的月末位置和全部掘进巷道。

(3) 井下永久控制点的位置及编号。

(4) 勘探和表明煤层埋藏特征的资料，如钻孔、煤层露头线、倾角、煤层柱状、采厚及主要地质构造等。

(5) 主要巷道的倾角。

(6) 巷道特征点的底板高程(有轨道的巷道以轨面为准)一般在图上可每隔 50～100 mm 注记一个。

(7) 火区、积水区、透水点、瓦斯突出区、冒流砂区、丢煤区、注销区及采空区等。

(8) 井田边界外 100 m 内的邻矿（井）井巷。

图 10-4 所示为某矿井第五煤层部分采掘工程平面图，其比例尺为 1∶5 000。

煤层走向为 220°，倾角为 8°～13°，煤层厚度 1 m 左右，中间有薄的夹石层，井田东部有一大断层，地质构造较为简单。

该矿井采用中央并列式立井、主要石门和上山开拓方式。主要石门贯穿各煤层。其北部石门开采第四煤层、南部石门开采下部各煤层。井口地面标高为＋240 m、井筒穿过第四煤层，井底车场设在＋23 m 水平上。

开采顺序：自第一水平大巷向上分为 3 个阶段上行开采，自第一水平大巷向下进行深部下行开采。阶段高为 26～36 m 左右。采用单一前进式长壁采煤法。图上绘有工业广场的保护煤柱边界、煤层柱状及采掘日期等。

2. 开采厚煤层的采掘工程平面图

一般应绘制每一人工分层或数个人工分层的综合采掘工程平面图。其绘制内容与薄及中厚煤层采掘工程平面图相同。

无论是水平分层还是倾斜分层开采，图上除应绘制本分层的所有采掘巷道和地质资料外，还必须展绘开采本煤层的基本巷道，如集中运输大巷，穿过本煤层的井巷、石门、硐室、采区的主要巷道及分层的准备巷道和回采巷道等。图 10-5 所示为水平分层开采时的回采工作面平面图，其中图 10-5a 和图 10-5b 为分层平面图，图 10-5c 为综合平面图。

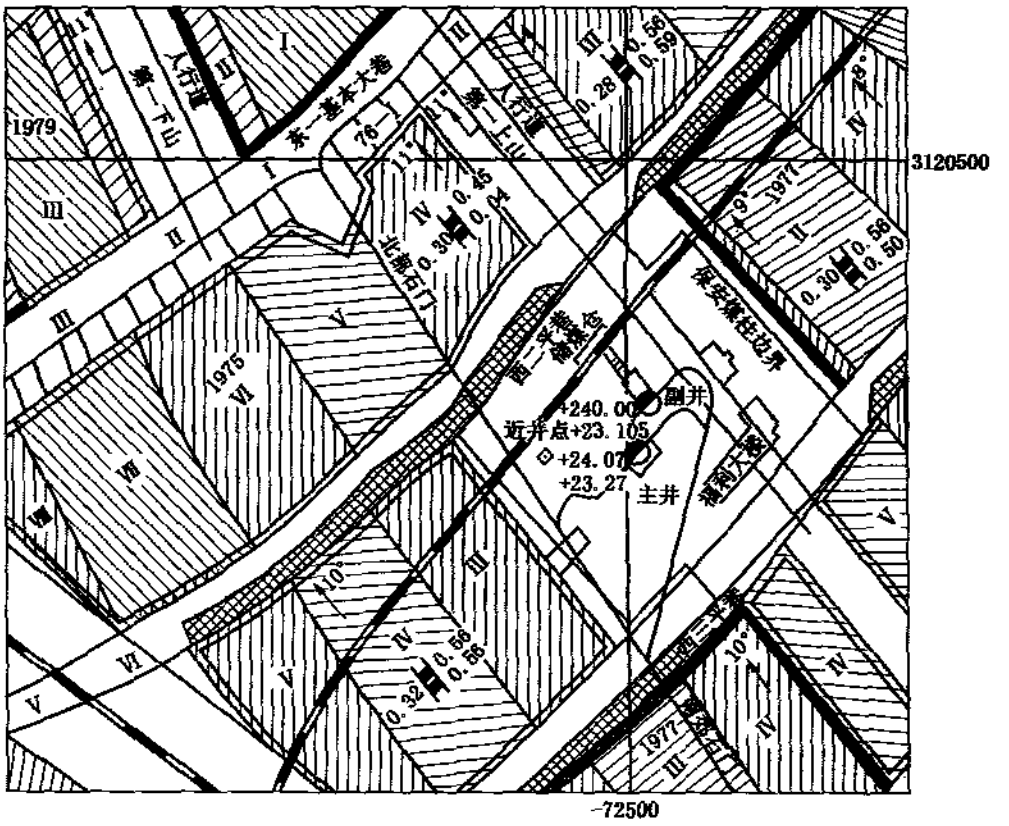


图 10-4　采掘工程平面图

3. 采掘工程断面图

为了解煤层的构造和上下煤层间巷道的相互关系，有时需要绘制沿煤层倾斜方向的断面图。绘制采掘工程断面图的方法，一种是在采掘工程平面图上确定出断面线位置，然后绘断面图；另一种是根据不同水平实测的石门资料绘制断面图。断面间的距离是根据地质情况变化和使用要求来确定。

断面图图幅的确定，要考虑开采深度、石门长度（或断面长度）等因素，并要留有余地。

以下根据图 10-4 绘制的沿石门断面图（图 10-6），说明断面图绘图步骤及其内容。

(1) 在采掘工程平面图上确定断面线（此处即石门方向）的位置和基准点，一般以断面线与某坐标网格交点作为基准点。

(2) 依平面图的比例按一定间隔（如 10，20，30 m 等）绘出一系列高程线，并确定基准线。

(3) 从平面图上由基准点向左右逐个量取各巷道与断面线交点间的平距，并根据各点标高和距基准点平距定出各巷道在断面图上的位置。

(4) 以实线在断面图上绘出可见的井巷、用虚线绘出在断面附近井巷的投影。

(5) 注明断面图的名称、比例尺、方位和基准点等。

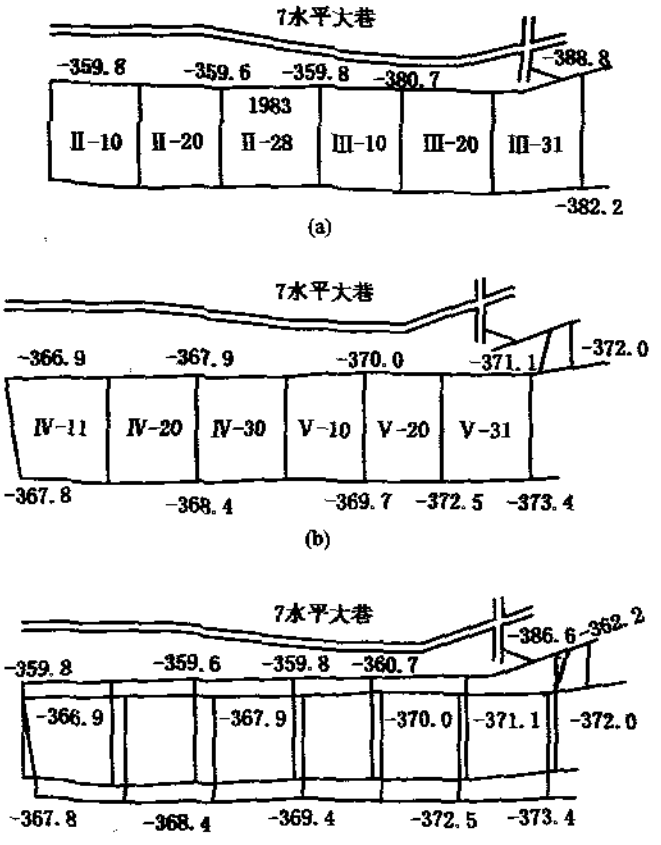


图 10-5　水平分层开采时的回采工作面平面图

a，b—分层平面图；c—综合平面图

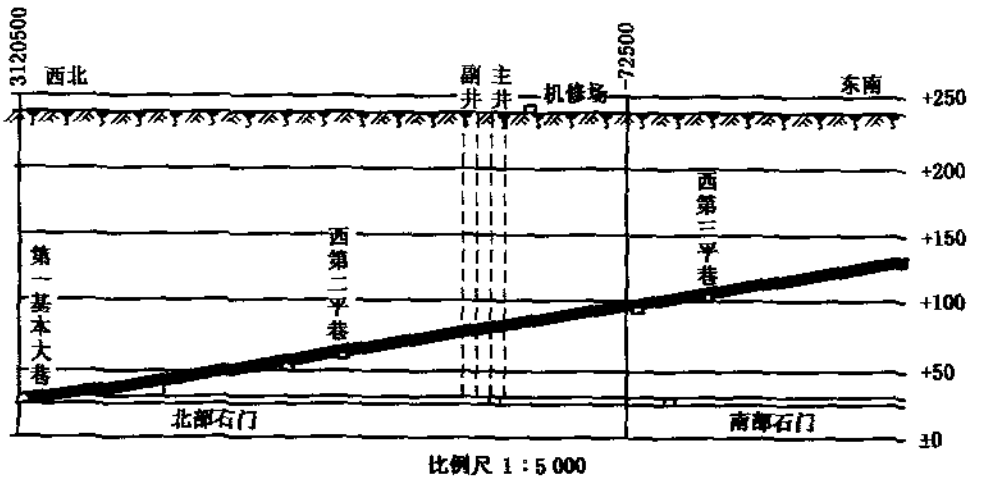


图 10-6　沿石门断面图

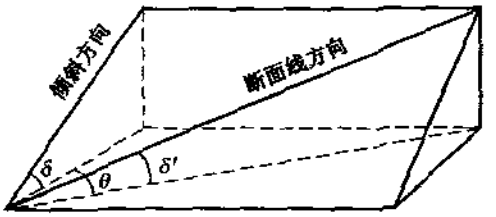


图 10-7　视倾角与真倾角的关系

如果需要按煤层视倾斜方向绘制断面图时，则应将煤层倾角换算成视倾角。其视倾角 δ' 与真倾角 δ 的关系如图 10-7 所示。

$$\tan\delta' = \tan\delta\cos\theta$$

式中　δ——煤层真倾角；

δ'——煤层视倾角；

θ——断面线与煤层倾斜线的夹角。

二、采掘工程立面图

当煤层倾角很大（大于 45°）时，沿煤层倾斜方向的巷道在水平面上的投影会产生显著的变形，水平巷道间距会变小，甚至重叠，因而不能清楚地反映矿层的地质情况及采掘工程的情况，甚至很难注记和识读。因此，对急倾斜煤层除绘制采掘工程平面图外，必须绘制采掘工程竖直面投影图，即采掘工程立面图。

竖直面投影图与平面投影图绘于同一张图纸上，以利于相互对照。

采掘工程立面图的比例尺及所绘内容与采掘工程平面图基本相同，一般是在采掘工程平面图的基础上，直接用图解法绘制。竖直投影面的走向应和煤层的平均走向一致，如果煤层走向有显著变化时，可将煤层走向相近部分划分为一段，绘制多段竖直投影面图，各段投影面分别平行于各段煤层平均走向，如图 10-8，图 10-9 所示。

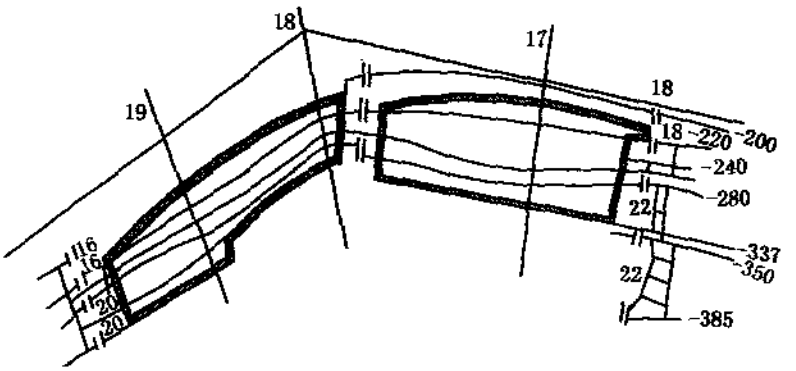


图 10-8　竖直投影面图

以下按照图 10-10 所示的情况，说明由采掘工程平面图绘制立面图的方法与步骤。

(1) 首先绘出采掘工程平面图，绘制该图时应使煤层的平均走向与图纸底边大致平行(也是竖直投影面的走向方向)。

(2) 在平面图上定出竖直投影面的迹线 MN，使 MN 方向与煤层平均走向平行。

(3) 在平面图的上方(或下方)按平面图比例尺绘出高程线（−550，−600，−650 m），构成立面图上的高程网。

(4) 由平面图上各特征点沿垂直于迹线 MN 方向作垂线，在此垂线上按各点的高程，确定出点在立面图上的位置，即得各点在立面图上的投影点。

(5) 根据图例符号画出该图的全部内容，即得采掘工程立面图（竖直面投影图）。

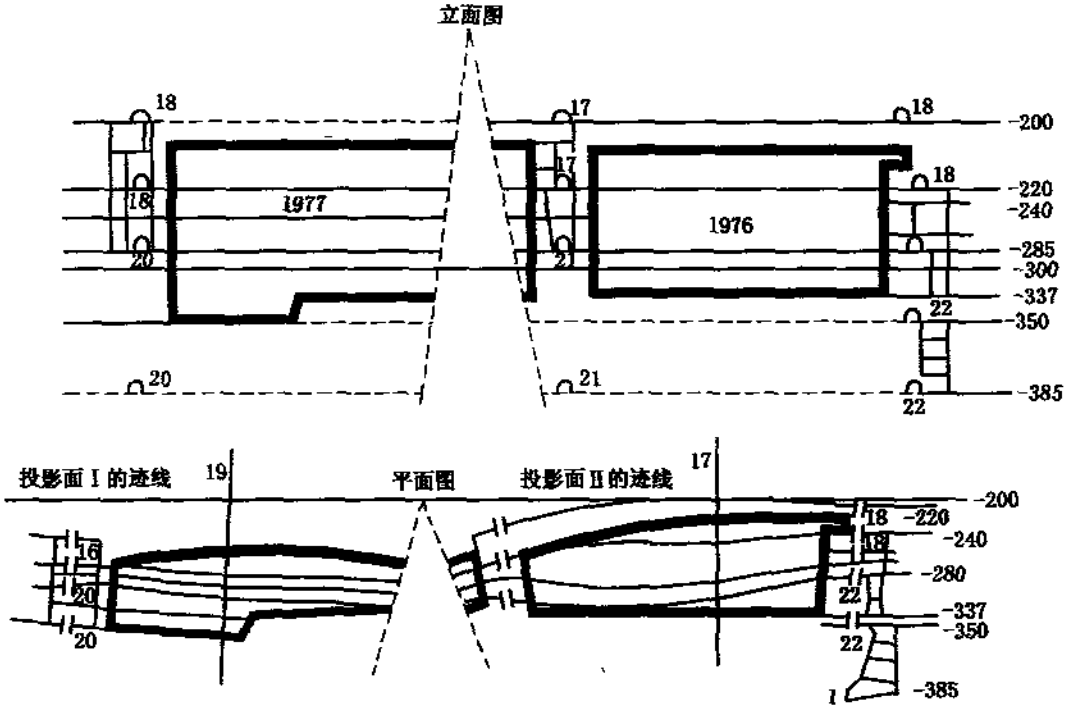


图 10-9　多段、竖直投影面图

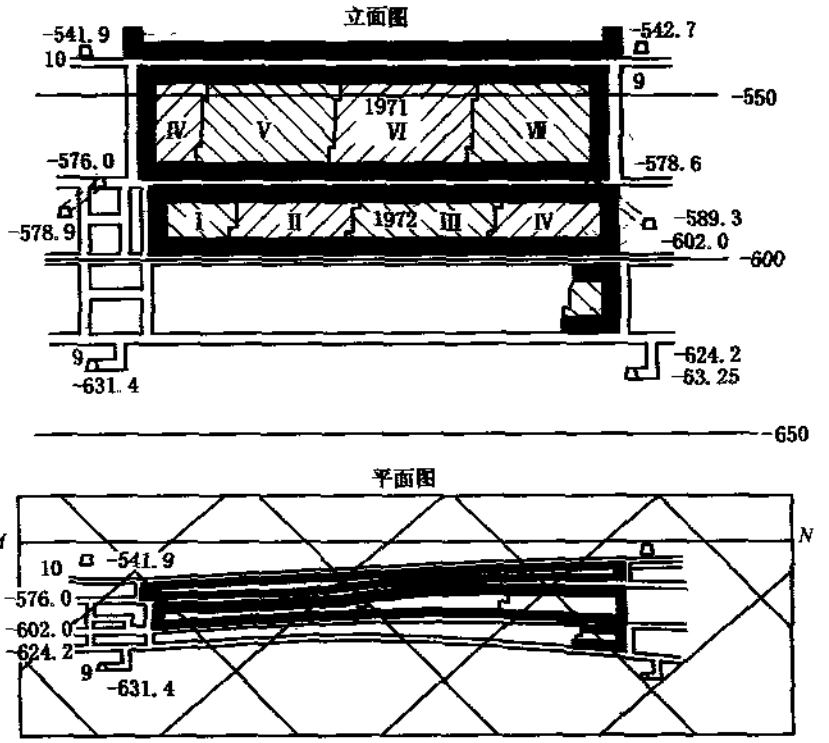


图 10-10　采掘工程立面投影图

为了便于平面、立面图进行对照，必须注记各点高程。

三、采掘工程图的主要用途

(1) 了解本煤层内巷道布置和采掘工程进展情况，以便于解决采矿工作中出现的问题。
(2) 了解煤层的构造分布规律，可作为邻近采区或邻近煤层的地质预报的参考资料。
(3) 用来绘制和修改沿煤层倾斜方向的剖面图及煤层等高线图。
(4) 用以计算产量、损失量、回采煤量、准备煤量和开拓煤量等。
(5) 作为编制其他采矿图及地质图的依据。

四、识图方法

识读采掘工程图之前，应对矿井所在的地理位置、井田范围、煤层产状和层位，以及矿井的开拓系统巷道布置方式等应有所了解。

(1) 首先看图名、坐标指北方向和图的比例尺。然后遵循从地面到井下、由整体到局部的原则，了解矿井开拓系统、井下巷道空间分布等，建立一个系统的空间概念。也可以从通风、运输等系统了解井下巷道的空间分布。图 10-11 所示为某矿采掘工程平面图。该矿井的开拓形式是由一对立井、水平运输大巷和采区石门的开拓形式，石门进入煤层后，即沿煤层掘进煤层运输巷、采区上山和回采工作面等，此后即开切割眼，构成回采工作面进行采煤。

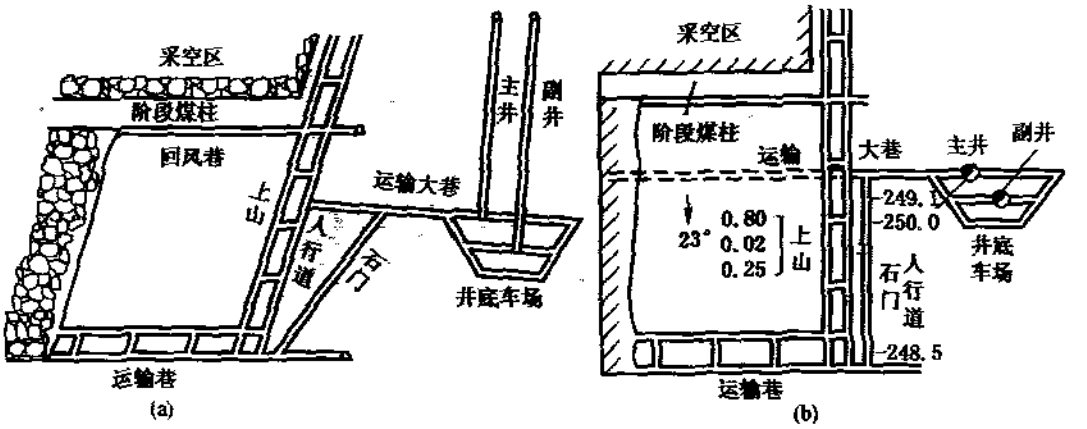


图 10-11 某矿采掘工程平面图
a—立体图；b—水平投影图

(2) 在看图过程中，一边看图，一边想象从地面到井下各水平，再自每个水平到各采区的巷道空间分布关系。例如从图 10-11 所示可看出巷道相交、交错和平行等空间关系。

(3) 根据图上水平巷道的方向（一般同煤层底板等高线方向）来确定煤层的走向；根据采区上、下山巷道所标注的倾角和符号（或两点高差和平距），确定煤层的倾向和倾角大小。另外根据图上平巷（或煤层等高线）中断层产生的缺失或重复现象判断断层产状。如果两断层线间无平巷（或等高线）则为正断层（如图 10-12a）；如果两断层线间平巷（或等高线）

重叠，则表明为逆断层（图 10-12b）。

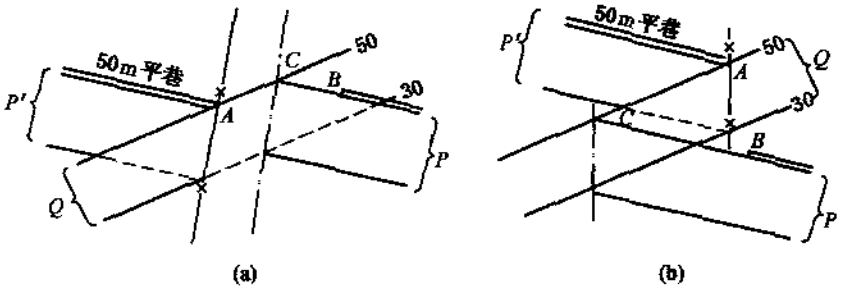


图 10-12　判断断层产状示意图

a—正断层；b—逆断层

【采掘工程平面图识图训练】

一、训练目标

根据采掘工程平面图了解和掌握煤层内巷道布置、回采情况、采区内一切地质情况和采掘工作的情况。

二、训练用工具与器材

(1) 提供 1∶1 000、1∶2 000，或 1∶5 000 的采掘工程平面图。

(2) 数字比例尺。

(3) 三角板一套。

(4)《煤矿测量图例》一本。

三、识读的内容

(1) 倾斜和缓倾斜煤层的采掘工程平面图。

(2) 急倾斜煤层采掘工程立面图。

(3) 采掘工程图的主要用途。

四、注意事项

(1) 在看图之前，应对矿井所在的地理位置、井田范围、煤层产状和层位，以及矿井的开拓系统巷道布置方式等有所了解。

(2) 看图过程中，一边看图，一边想象从地面到井下各水平、自每个水平再到各采区巷道的空间分布关系。

(3) 根据图上水平巷道的方向（一般同煤层底板等高线方向）来确定煤层的走向；根据采区上、下山巷道所标注的倾角和符号（或两点高差和平距），确定煤层的倾向和倾角大小。

第五节　主要巷道平面图

【知识要点】

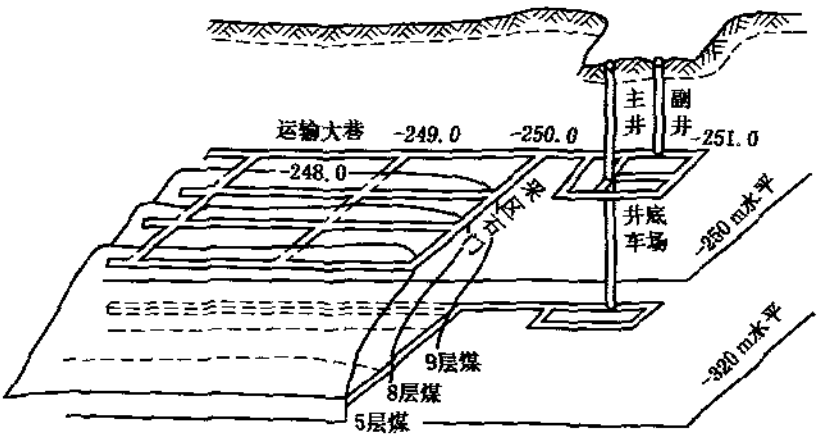
1. 水平主要巷道平面图
2. 主要巷道平面图的用途

【课程内容】

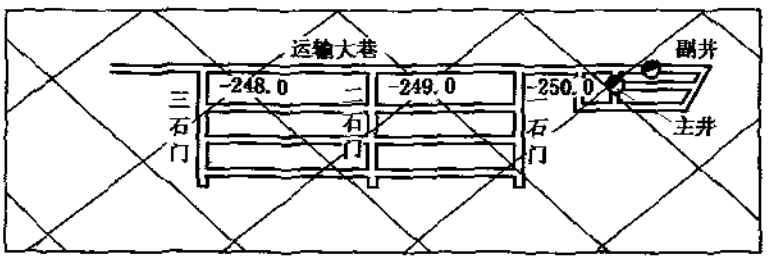
一、水平主要巷道平面图

在进行井田总体设计时，往往需要将井田划分成一个或多个“开采水平”。将矿井某一开采水平的主要巷道和煤层、地质构造投影到水平面上，并按一定比例绘制的图纸，称为水平主要巷道平面图。如果分层采掘工程图上已包括主要巷道，可不单独绘制此图。该类图纸一般都按规定的标准图幅绘制原图，但也有不按标准图幅绘制的，尤其是聚酯薄膜取代图纸之后，都将每一水平的主要巷道平面图绘成一幅。其比例尺为1∶1 000或1∶2 000，当采区范围较大时可绘制1∶5 000的。

图10-13a所示为主要巷道示意图。由图看出，该矿有一对竖井，主井已开拓到－320 m



(a)



(b)

图10-13　主要巷道平面图

a—示意图；b——250 m水平主要巷道平面图

水平，副井仅掘到－250 m 水平。－250 m 水平为现生产水平，而－320 m 水平为正在开拓的水平。在每一个水平内掘进煤层底板运输大巷和采区石门，沿每一煤层掘进煤层运输巷。图 10-13 所示为－250 m 水平的主要巷道平面图。

1. 水平主要巷道平面图的内容

(1) 水平内全部主要巷道，如井底车场、中央石门、运输大巷、采区石门、煤层运输巷道等，并注明巷道特征点的标高。

(2) 穿过该水平的竖井、斜井、钻孔、集中上下山等应绘出一小段，注明其名称和倾角。

(3) 水平内所有硐室，如水泵房、绞车房、电车库、配电室等。

(4) 水平内煤层迹线，注明煤层的厚度和倾角。

(5) 水平内主要断层线，以红线符号表示，注明编号、断层性质及落差等。

(6) 月末的掘进和回采工作面位置，并注年、月、日期。

(7) 水平内保护煤柱和地面受保护边界，用红线表示，并注明保护煤柱名称对象。

(8) 水平内火成岩侵入体范围、涌水或透水地点、瓦斯突出地点及其强度和时间、井下火区等。

(9) 剖面线位置。

(10) 风桥、水闸门、永久密闭等按规定符号和颜色表示。

主要巷道平面图的绘制方法与采掘工程平面图的绘制方法相同，每月填绘一次巷道掘进和回采工作面位置。

主要巷道平面图反映某一生产水平所有的煤、岩巷道布置系统及上下水平间的相互关系。如图 10-14 所示为某矿井－120 m 水平中部主要巷道平面图。矿井开采 B、C 两组煤层，

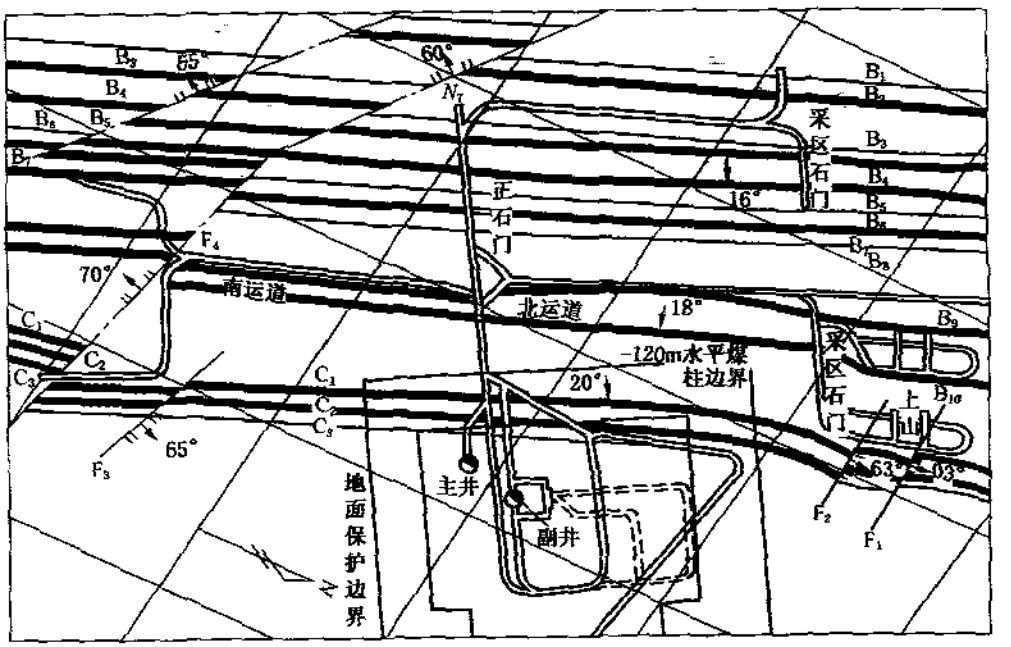


图 10-14　水平主要巷道平面图

共13层煤。煤层走向约北偏西30°，煤层水平间距可从图上量取，煤层倾角为16°～20°。该水平共有5个断层F_1～F_5，全部为正断层，断层面倾角为60°以上。

矿井为立井、正石门、分组运输大巷、采区石门开拓。在每个采区内掘进采区上山和阶段石门，从这张图上可以了解到该水平的全部巷道布置系统、煤层、断层分布，受保护范围及煤柱面积等。

2. 水平主要巷道平面图的用途

(1) 了解水平内巷道布置和煤层开发情况。

(2) 了解煤层沿走向方向的变化情况，便于指导采矿巷道的设计和施工。

(3) 了解水平内主要断层分布情况，预测巷道掘进方向和深部水平可能遇到的断层。

(4) 丈量巷道的长度，确定煤层间的水平距离。

(5) 作为绘制煤层采掘工程平面图、地质断面图和主要巷道综合平面图的基础。

二、主要巷道综合平面图

为了解矿井各水平的主要巷道布置情况，需绘制各水平主要巷道综合平面图。这种图可根据分水平的主要巷道平面图复制而成。比例尺为1∶5 000或1∶10 000。为了明显区别各水平巷道，可用不同颜色分别描绘各水平巷道。图10-15所示为某矿局部地区的主要巷道综合平面图。

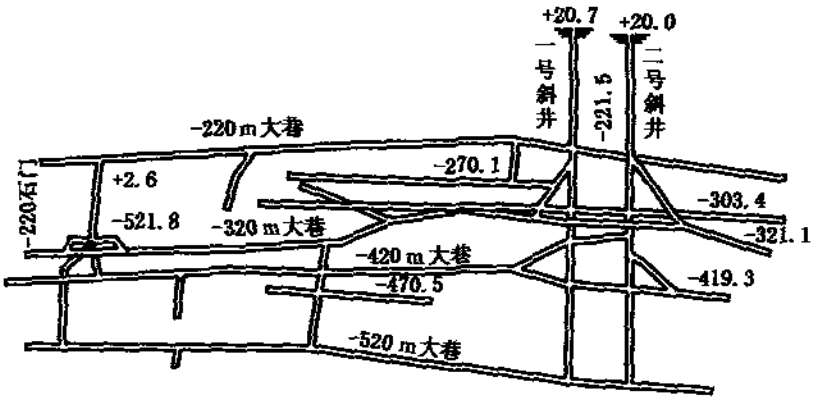


图10-15　主要巷道综合平面图

主要巷道综合平面图的用途是：用于了解井下各水平主要巷道的相互位置与连接关系及各水平的开拓进展情况，用于绘制井上下对照图和进行采矿设计等。

第六节　井上下对照图

【知识要点】

1. 井上下对照图的主要内容

2. 井上下对照图的主要用途

【课程内容】

将井田范围内地面的地貌、地物和井下各水平的采掘工程绘制在一张平面图上，这种图纸称做井上下对照图。

井上下对照图是一种复制图，比例尺为 1∶2 000 或 1∶5 000。它是由井田区域地形图和主要巷道综合平面图编制而成的。这种图纸可根据井田发展情况留有余地，对于井下巷道可每隔一季度或半年填绘一次。

图 10-16 所示为某矿井上下对照图的一部分。比例尺为 1∶5 000。由图所示可知，矿区北部地势较高，并有两座小山，由北向南地势逐渐变缓。东南部有一条大河，自东北经矿区流向西南。铁路呈东西向，在矿区北部通过，地面有 3 处村庄，采区上部村庄已搬迁。矿井开采三层煤，煤层走向大致东西方向，倾角为 28°～40°。矿井采用分水平的集中运输大巷和采区石门开拓方式，第一水平和第二水平正在开采，第三水平正在开拓。

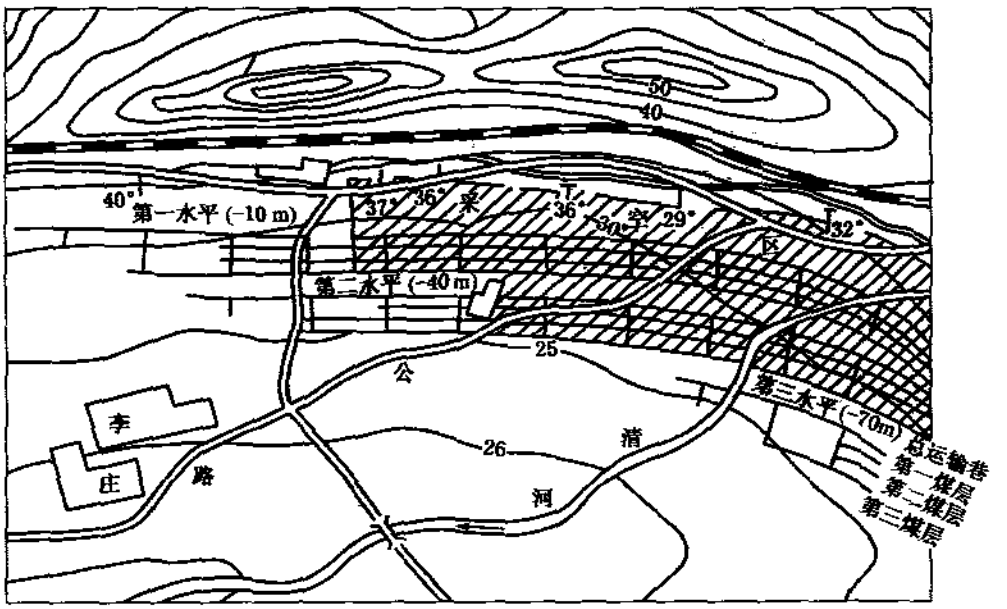


图 10-16　某矿井上下对照图

一、井上下对照图的主要内容

1. 地面部分

(1) 地面主要地物，如工业广场地物、村庄城镇等，注出名称。

(2) 主要铁路及矿用主要干线，如公路等。

(3) 主要河流、湖泊、沟渠，塌陷区等，注其名称和水流方向。

(4) 矿碴、堤坡等。

(5) 地貌用等高线及地貌符号表示。

2. 井下部分

(1) 井筒、各水平主要运输巷道、石门等，分别用不同颜色绘出，并加注记。

(2) 标出采空区的范围、煤层露头线及煤层倾角等。

(3) 井田边界线。

二、井上下对照图的主要用途

(1) 了解井田范围内地面的地物、地貌与井下巷道及采空区的相互关系，便于地面规划、建设和井下开采设计。

(2) 用于确定井下开拓和开采的深度，研究岩层移动范围，为解决铁路下、建筑物下、水体下开采问题提供可靠的资料。

(3) 用于规划矿井防、排水工程等。

【项目综合训练】

一、训练目标

根据采掘工程平面图了解和掌握巷道布置、回采情况、采区内一切地质情况和采掘工作的情况。

(1) 了解倾斜和缓倾斜煤层的采掘工程平面图的主要内容。

(2) 了解急倾斜煤层采掘工程平面图的主要内容。

(3) 了解主要巷道平面图的主要内容。

(4) 了解井上下对照图的主要内容。

二、训练时间

本章综合项目训练共有 3 个子训练课题，共训练 6 学时，具体时间分配见表 10-1。

表 10-1 综合项目训练课题时间分配表

项目训练序号	项目训练名称	训练学时	备注
1	释读倾斜煤层的采掘工程平面图	2	
2	释读主要巷道平面图	2	
3	释读井上下对照图	2	
合计		6	

三、训练用工具与材料

项目综合训练所需工具及训练材料见表 10-2。

表 10-2 项目综合训练用工具与材料表

序号	项目训练名称	材料、工具名称		规格	数量/组	备注
1	释读倾斜煤层的采掘工程平面图	1	《绘图规范》	册	1	
		2	倾斜采掘工程平面图	幅	1	
		3	三棱比例尺	把	1	
		4	文具			

续表

序　号	项目训练名称	材料、工具名称		规格	数量/组	备注
2	释读主要巷道平面图	1	《绘图规范》	册	1	
		2	主要巷道平面图	幅	1	
		3	三棱比例尺	把	1	
		4	文　具			
3	释读井上下对照图	1	《绘图规范》	册	1	
		2	井上下对照图	幅	1	
		3	三棱比例尺	把	1	
		4	文　具			

四、训练场景

项目综合训练场景见表 10-3。

表 10-3　项目综合训练场景

序　号	项目名称	场　景	备　注
1	释读倾斜煤层的采掘工程平面图	教　室	
2	释读主要巷道平面图	教　室	
3	释读井上下对照图	教　室	

五、训练过程和组织

（一）识读倾斜煤层的采掘工程平面图

1. 准备工作

1）实训用设备、物品的准备

实训指导教师在操作训练前 1 天做好实训所需物品的准备工作，包括准备《绘图规范》、图纸若干幅、三棱比例尺、文具及实训报告书等。

2）训练场景的准备

教室桌面应平整、图纸、比例尺应该发放到位，学生应该提前做好准备工作，了解采矿比例以及与采掘工程平面图的有关内容。

3）学生相关理论知识的准备

学生分组讨论下列问题。

(1) 薄煤层、中厚煤层及各自然层采掘工程平面图的绘制内容。

(2) 厚煤层的采掘工程平面图绘制内容。

(3) 采掘工程断面图的绘制内容。

2. 提出训练课题，分组讨论训练方案

提出两种采掘工程平面图及断面图的作用，分组讨论薄煤层、中厚煤层、自然层采掘工

程平面图，厚煤层采掘工程平面图及立面图的识读方法。

3. 各组按实训方案进行训练

1）分组进行训练

每一训练小组为5人，设小组长一人。

2）倾斜煤层的采掘工程平面图的识读

(1) 开采薄煤层、中厚煤层及各自然层采掘工程平面图的绘制内容。

(2) 开采顺序。

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长汇总训练结果形成小组训练结论；然后，全体集中，由小组长作为代表向老师和全体同学汇报训练过程和结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结，给出结论，并且还应强调以下几点：

(1) 采掘工程平面图的图幅大小应按标准图幅划分。

(2) 注意薄煤层、中厚煤层及各自然层采掘工程平面图的绘制内容。

(3) 注意薄煤层、中厚煤层及各自然层采掘工程的开采顺序。

(4) 每一人工分层或数个人工分层的综合采掘工程平面图，其绘制内容和方法与薄及中厚煤层采掘工程平面图相同。

(5) 绘制采掘工程断面图，是在采掘工程平面图上确定出断面线位置，然后绘断面图。

6. 小组讨论

分组对识读结果进行讨论，相互交流识图训练结果和识图经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进办法。

凡不能正确识读的学生由实训指导老师组织再次进行分组并重新训练，直至所有学生都能够独立正确识读时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　实训指导老师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

(2) 演示　随机抽出一组学生讲述识读结果和理由，由学生和实训指导老师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

(3) 讨论　对以下问题进行讨论：①开采薄煤层、中厚煤层及各自然层采掘工程平面图的绘制内容；②开采顺序。

(4) 学生写总结报告书　要求写出训练的目的，介绍识读的方法及其理由。写明识读的过程、顺序、注意事项，训练中的体会和收获。最后注意检查班级、姓名、学号。

8. 训练效果评价

训练效果评价由学生自我评价、小组评价、实训指导教师评价3部分组成，以实训指导教师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能独立完成训练内容；②识读的熟练程度；③训练中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

(2) 小组评价　包括：①学生在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

(3) 实训指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在训练中取得的成果；③训练中存在的缺陷；④学生训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

(二) 识读水平主要巷道平面图

1. 准备工作

1) 实训用设备及物品的准备

实训指导教师在操作训练前1天做好实训所需物品的准备工作，包括准备《绘图规范》、图纸若干幅、三棱比例尺、文具及实验报告书等准备工作。

2) 学生相关理论知识的准备

(1) 水平主要巷道平面图的内容。

(2) 主要巷道平面图的用途。

2. 提出训练课题，分组讨论训练方案

提出主要巷道平面图的作用，分组讨论主要巷道平面图识读训练方案。

3. 各组按实训方案进行训练，教师进行巡回指导

1) 分组进行训练

每一训练小组为5人，设小组长一人。

2) 水平主要巷道平面图的识读水平主要巷道平面图绘制的内容。

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，由组长汇总训练结果；然后，全体集中，由小组长作为代表向全体同学和教师汇报训练过程和结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结，给出结论，并且还应再次强调水平主要巷道平面图包括以下内容：

(1) 水平内全部主要巷道，如井底车场、中央石门、运输大巷、采区石门、煤层运输巷道等，并注明巷道特征点的标高。

(2) 穿过该水平的竖井、斜井、钻孔、集中上下山等应绘出一小段，注明名称和倾角。

(3) 水平内所有硐室，如水泵房、绞车房、电车库、配电室等。

(4) 水平内煤层迹线，注明煤层的厚度和倾角。

(5) 水平内主要断层线以红线符号表示，注明编号、断层性质及落差等。

(6) 月末的掘进和回采工作面位置，并注年、月、日期。

(7) 水平内保护煤柱和地面受保护边界，用红线表示，并注明保护煤柱名称对象。

(8) 水平内火成岩侵入体范围、涌水或透水地点、瓦斯突出地点及其强度和时间、井下火区等。

(9) 剖面线位置。

(10) 风桥、水闸门、永久密闭等按规定符号和颜色表示。

6. 小组讨论

分组对识读结果进行讨论，相互交流识图训练结果和识图经验，探讨识读中存在的问题和不足之处，提出解决和改进的办法。

凡不能正确识读的或识读结果误差大的学生由实训指导老师组织再次进行分组，并要重新训练，直至所有学生都能够独立正确识读时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　实训指导教师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论。

(2) 演示　随机抽出一组学生讲述识读的结果和理由，由学生和实训指导教师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

(3) 讨论　根据训练结果，讨论如何正确识读主要巷道平面图。

8. 训练效果评价

读图训练效果评价由学生自我评价、小组评价、实训指导老师评价3部分组成，以实训指导老师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能正确识读水平主要巷道平面图内容；②识读主要巷道平面图的熟练程度；③识读中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

(2) 小组评价　包括：①学生在训练小组中的团队协作状况；②学生在训练中的学习纪律遵守状况；③识读主要巷道平面图过程中取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

(3) 训练指导教师评价　包括：①学生在训练中的表现；②学生在识读训练中取得的成果；③识读训练中存在的缺陷；④学生识读训练报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

(三) 识读井上下对照图

1. 准备工作

1) 实训用设备、物品的准备

实训指导教师在操作训练前1天做好实训所需物品的准备工作，包括准备《绘图规范》、井上下对照图纸若干幅、三棱比例尺、文具及实验报告书等准备工作。

2) 学生相关理论知识的准备

(1) 井上下对照图地面部分的内容。

(2) 井上下对照图井下部分的内容。

(3) 井上下对照图的主要用途。

2. 识读井上下对照图的步骤

(1) 地面部分。

(2) 井下部分。

3. 小组讨论

分组讨论训练结果，相互交流识图训练结果和识图经验，探讨训练中存在的问题和不足之处，提出解决和改进办法。

4. 小组汇报

各小组训练完毕后，形成小组训练结论；全体集中，由小组长作为代表向全体同学和教师汇报识图过程和识读结果。

5. 实训指导教师点评

实训指导教师对训练中取得的成绩和存在的问题进行总结、给出结论，并且还应再次强调以下几点：

(1) 地面主要地物，如工业广场地物、村庄城镇等，注明名称便于区分。

(2) 主要铁路及矿用主要干线，如公路等。

(3) 主要河流、湖泊、沟渠，塌陷区等，注其名称和水流方向。

(4) 矿碴、堤坡等。

(5) 地貌用等高线及地貌符号表示。

(6) 井筒、各水平主要运输巷道、石门等分别用不同颜色绘出，并加注记。

(7) 标出采空区的范围、煤层露头线及煤层倾角等。

(8) 井田边界线。

6. 小组讨论

分组对识读结果进行讨论，相互交流识图训练结果和识图经验，探讨识读中存在的问题和不足之处，提出解决和改进的办法。

凡不能正确识读的或识读结果误差大的学生由实训指导教师组织再次进行分组，并重新训练，直至所有学生都能够独立正确识读时为止。

7. 训练效果检验

(1) 提问　实训指导老师根据相应的训练内容，进行提问或引导学生讨论下列问题：

①什么是井上下对照图?

②如何绘出井上下对照图?

③井上下对照图的主要用途?

(2) 演示　抽出一部分学生讲述识读结果和理由，由学生和实训指导教师进行观摩，并指出存在的问题和改进方法。

8. 训练效果评价

读图训练效果评价由学生自我评价、小组评价、实训指导老师评价3部分组成，以实训指导老师评价为主。

(1) 学生自我评价　包括：①是否能独立完成读图训练内容；②读图的熟练程度；③识读中存在的主要问题及需要强化的方面；④自我评价分数（百分制）。

(2) 小组评价　包括：①学生的团队协作状况；②学生在识读训练中的学习纪律遵守状况；③识读训练中取得的经验和存在的问题；④小组评价分数（百分制）。

(3) 实训指导教师评价　包括：①学生在释读训练中的表现；②学生在识读训练中取得的成果；③释读训练中存在的缺陷；④学生释读报告完成情况；⑤教师综合评价分数（百分制）。

复习思考题

1. 工业广场平面图应绘有哪些内容?

2. 工业广场平面图的用途是什么?

3. 井底车场平面图有哪些用途?

4. 采掘工程平面图的基本内容有哪些?

5. 根据图10-17所示某矿采掘工程平面图，试述其开采顺序。

6. 断面图的用途有哪些?

7. 采掘工程图的主要用途是什么?

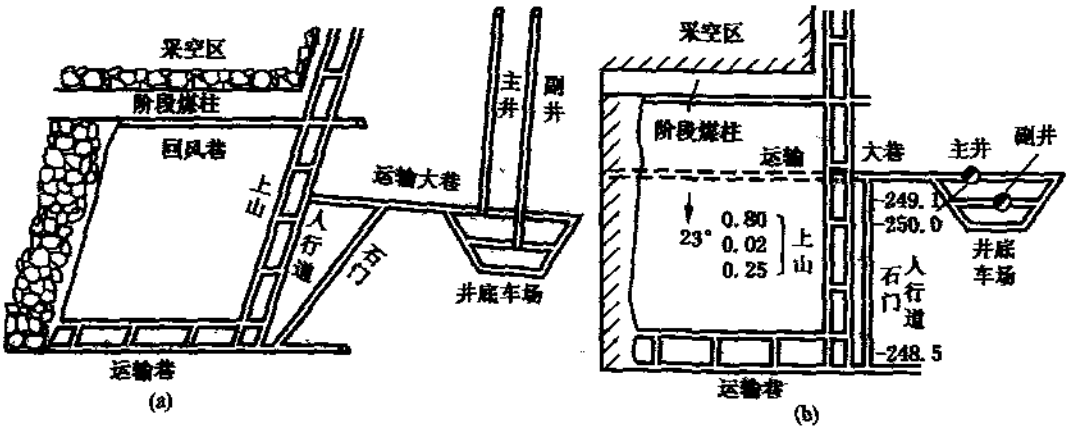


图 10-17　某矿采掘工程平面图

a—立体图；b—水平投影图

8. 水平巷道平面图的内容有哪些？

9. 主要巷道平面图的用途是什么？

10. 井上下对照图主要内容有哪些？

附录 A

地质年代（年代地层）表（旧表）

宙(宇)	地质时代				同位素年龄值/Ma	地壳运动	生物	演化
	代(界)	纪(系)		世(统)			动物	植物
显生宙(宇) P_h	新生代(界)Cz	第四纪(系)Q		全新世(统)Q_h	现在	喜马拉雅运动阶段	哺乳动物	被子植物
				更新世(统)Q_p	0.01			
		第三纪(系)R	新第三纪(系)N	上新世(统)N_2	2			
				中新世(统)N_1	5			
			老第三纪(系)E	渐新世(统)E_3	22.5			
				始新世(统)E_2	37.5			
				古新世(统)E_1	50			
	中生代(界)Mz	白垩纪(系)K		晚(上)白垩世(统)K_2	65	燕山运动阶段	爬行动物	裸子植物
				早(下)白垩世(统)K_1	137			
		侏罗纪(系)J		晚(上)侏罗世(统)J_3				
				中(中)侏罗世(统)J_2				
				早(下)侏罗世(统)J_1				
		三叠纪(系)T		晚(上)三叠世(统)T_3	195	印支海西运动阶段		
				中(中)三叠世(统)T_2				
				早(下)三叠世(统)T_1	230			
	古生代(界)Pz	晚古生代(界)Pz_2	二叠纪(系)P	晚(上)二叠世(统)P_2			两栖动物鱼类	孢子植物
				早(下)二叠世(统)P_1	280			
			石炭纪(系)C	晚(上)石炭世(统)C_3				
				中(中)石炭世(统)C_2				
				早(下)石炭世(统)C_1	350			
			泥盆纪(系)D	晚(上)泥盆世(统)D_3				
				中(中)泥盆世(统)D_2				
				早(下)泥盆世(统)D_1	400			
		早古代(界)Pz_1	志留纪(系)S	晚(上)志留世(统)S_3		加里东运动阶段	无脊椎动物(至今继续演变发展)？	藻类
				中(中)志留世(统)S_2				
				早(下)志留世(统)S_1	440			
			奥陶纪(系)O	晚(上)奥陶世(统)O_3				
				中(中)奥陶世(统)O_2				
				早(下)奥陶世(统)O_1	500			
			寒武纪(系)ϵ	晚(上)寒武世(统)ϵ_3				
				中(中)寒武世(统)ϵ_2				
				早(下)寒武世(统)ϵ_1	600			
隐生宙(宇) C_p	元古代(界)P_t	晚	震旦纪(系)Z	晚(上)震旦世(统)Z_2	800			菌藻类
				早(下)震旦世(统)Z_1	1000	吕梁晋宁运动阶段		
		中			1400			
		早			1800	阜平吕梁运动阶段		
	太古代(界)Ar				2700			
	冥古代(界)				3800			
					4500			

参 考 文 献

[1] 张小江. 煤矿地质. 北京：煤炭工业出版社，1992.

[2] 陶昆，王向阳，等. 煤矿地质. 徐州：中国矿业大学出版社，2005.

[3] 魏可忠. 矿井地质. 北京：煤炭工业出版社. 1987.

[4] 成都地质学院普通地质教研室. 动力地质学原理. 北京：地质出版社，1978.

[5] 赵国恒，陈禎，郭任德. 煤矿地质. 徐州：中国矿业大学出版社，1987.

[6] 马希远，董忠. 矿井地质. 徐州：中国矿业大学出版社，1988.

[7] 柴登榜. 矿井地质工作手册. 北京：煤炭工业出版社，1986.

[8] 采煤概论. 北京：煤炭工业出版社，2002.

[9] 刘国钧，陈扬杰. 矿物学. 徐州：中国矿业大学出版社，1989.

[10] 王祥珍，刘福俊. 普通地质学. 徐州：中国矿业大学出版社，1989.

[11] 周冠军. 矿图. 北京：煤炭工业出版社，1992.

[12] 程家贵. 测量绘图. 北京：煤炭工业出版社，1988.

[13] 刘俊荷. 矿图. 北京：煤炭工业出版社，2001.

[14] 巩望旭，刘俊荷，赵玉国. 煤矿地质与测量. 北京：煤炭工业出版社，2006.



责任编辑：翟　刚　田　园
封面设计：晓　杰

ISBN 978-7-5020-3094-0



9 787502 030940 >
定价：29.00 元