



高等学校“十一五”规划教材

采煤概论

Caimei Gailun

孙广义 郭忠平 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

采煤概论

孙广义 郭忠平 主编

中国矿业大学出版社

前 言

《采煤概论》是煤炭高等院校教材编审委员会组织编写的安全工程等相关专业的教学用书,也是从事煤炭行业有关人员了解和掌握煤矿开采基本概念、基本理论和生产技术的基础读物。

本书主要介绍煤矿地质、井田开拓、采煤方法和巷道施工技术,同时也介绍一些煤矿安全生产技术及矿图的基本知识,对露天煤矿开采只作了简单的介绍。

本书由孙广义、郭忠平教授任主编。参加编写的人员分工如下:黑龙江科技学院孙广义(绪论),山东科技大学温兴林(第一章、第二章),安徽理工大学杨科(第三章),安徽理工大学何廷峻(第四章),山东科技大学郭忠平(第五章),河南理工大学马建宏(第六章、第八章),黑龙江科技学院李伟(第七章),华北科技学院石建军(第九章)。

黑龙江科技学院的董长吉、张集忠参加了部分统稿工作。第四章插图由安徽建筑工业学院何梦同志绘制。

本书是按30学时的要求编写的。由于编写人员的理论水平和能力有限,有关内容难免会有不妥之处,希望广大读者提出宝贵意见,以供修订时参考。

编 者

2006年8月

目 录	
前言.....	1
绪论.....	1
第一章 煤矿地质基本知识.....	4
第一节 地壳的组成与地质作用.....	4
第二节 地质构造.....	6
第三节 煤的形成与煤层特征.....	10
第四节 煤田地质勘探与矿井储量.....	14
第二章 矿图.....	17
第一节 矿图的绘制.....	17
第二节 煤矿地质图.....	19
第三节 采掘工程图.....	24
第四节 读图方法.....	26
第三章 井田开拓.....	28
第一节 井田开拓的基本知识.....	28
第二节 井田开拓方式.....	35
第三节 井田开拓基本问题分析.....	42
第四节 井底车场.....	47
第四章 井巷掘进与支护.....	51
第一节 岩石的性质及分级.....	51
第二节 钻眼爆破与巷道断面形状.....	52
第三节 水平及倾斜巷道的掘进与支护.....	58
第四节 立井开凿与延深.....	67
第五章 采煤方法.....	73
第一节 采煤方法的概念及分类.....	73
第二节 走向长壁采煤法.....	77
第三节 倾斜长壁采煤法.....	86
第四节 厚煤层采煤法.....	87

第五节 其他采煤方法	91
第六章 矿井通风	97
第一节 矿井空气与通风设备	97
第二节 矿井通风压力与通风阻力	100
第三节 矿井通风方法	102
第四节 矿井通风构筑物	106
第七章 露天煤矿开采	108
第一节 露天开采概述	108
第二节 露天煤矿开拓	110
第三节 露天矿回采工艺	115
第八章 矿井安全生产	119
第一节 矿井瓦斯及防治	119
第二节 矿尘及其防治	123
第三节 矿井水灾的治理	125
第四节 矿井防灭火	126
第五节 顶板事故及其防治	128
第六节 矿山救护	129
第九章 矿井生产系统	131
第一节 矿井地面生产系统	131
第二节 煤炭的加工与利用	132
第三节 矿井运输与提升系统	134
第四节 矿井供电与排水系统	142
主要参考文献	147

绪 论

煤炭是我国的重要能源。在我国能源消耗结构比例中,煤炭占一次能源(水电、石油、天然气、煤炭)的67%左右,并且电力能源的67%、化工原料的60%和民用能源的80%均来自于煤炭。由于我国正处于经济快速发展时期,能源的需求量必将出现持续增长势头。所以,在今后相当长的时期,煤炭作为我国最主要能源的地位不会改变。2005年全国煤炭产量21.6亿t,预计2010年将达到26亿t。

煤炭除了提供能源以外,还可以从煤炭中提取为经济建设、社会发展和人民生活所需的数百种原料。所以,煤炭是国家、社会与经济发展的基础,与人民生活水平有紧密的联系。因此,国家计划建设13个年产亿吨以上的煤炭生产基地,以保证我国经济与社会的稳步发展。

我国煤炭资源丰富,目前探明的煤炭储量1886亿t,居世界第二位,占世界煤炭储量的11.1%。我国煤炭资源的地理分布不均衡,除上海市外,全国其他省、市、自治区和直辖市都有不同数量的煤炭资源。从煤炭资源的分布区域看,华北地区最多,占全国煤炭储量的49.25%;西北地区占30.39%;西南地区占8.64%;华东地区占5.7%;中南地区占3.06%;东北地区占2.97%。按省、市、自治区和直辖市计算,山西、内蒙、陕西、新疆、贵州和宁夏6省区最多,约占全国煤炭储量的81.6%。

我国煤炭资源北多南少,西多东少,煤炭资源的分布与消费区分布不协调。华东地区煤炭资源储量的87%集中在安徽省和山东省,而工业主要集中在以上海为中心的长江三角洲地区;中南地区煤炭资源的72%集中在河南省,而工业主要集中在武汉和珠江三角洲地区;西南煤炭资源的67%集中在贵州省,而工业主要集中在四川省;东北地区52%的煤炭资源在黑龙江省,而工业主要集中在辽宁省。

我国煤种齐全,但是煤炭灰分普遍较高。煤炭灰分小于10%的特低灰煤炭仅占探明储量的17%左右,大部分煤炭的灰分在10%~30%之间。煤炭的硫分小于1%的特低硫煤占探明储量的43.5%以上,大于4%的高硫煤仅占2.28%。

我国煤炭资源虽然丰富,但人均占有量较低,为234.4t,而世界人均煤炭资源占有量为312.7t。中国煤田的勘探程度较低,经济可采储量较少。在目前经勘探证实的储量中,精查储量仅占30%,而且大部分已经开发利用,煤炭后备储量紧张。

我国采煤业具有悠久的历史。在新石器时代就发现了用煤精雕刻的装饰品,西汉至魏晋南北朝时期煤炭已用于冶炼和取暖,唐宋时期已经出版了《天工开物》。但是这些时期的煤炭开采技术非常落后,几乎全部采用手工的开采方法。

我国近代煤矿开采的3个阶段是:初步发展阶段是从基隆煤矿(1876年)和开滦煤矿(1871年)的兴办,到1894年的甲午战争;第二阶段是1895~1931年,外国相继掠夺中国的采矿权,外国资本大量侵入中国煤矿,仅1911年外资煤矿产量为1280万t,占我国产量83.2%;第三阶段是抗日战争时期,日本在中国开办煤矿200多处,掠夺4.2亿t煤炭资源,

而同期国民政府资源委员会开办煤矿 29 处,私人开办煤矿 59 处,总产量 600 多万吨。解放区开办煤矿 473 处,日产 2 000 t。

建国前全国煤炭产量仅有 3 200 余万 t,开采方法极其落后,采用短壁式、房柱式和高落式等采煤方法,全部用炮采工艺进行回采,回采率低,安全性差。

建国后我国煤炭工业得到了飞速发展,新开发了数十个矿区,采煤技术、掘进技术以及各生产系统的机械化程度迅速提高,矿井生产能力快速增长。煤矿的发展主要经历了 5 个时期:一是煤矿恢复到奠基时期(1949~1957 年);二是在曲折中前进时期(1958~1965 年);三是在动乱中前进时期(1965~1976 年);四是在改革开放形势下快速发展的中国煤炭工业时期;五是 20 世纪 90 年代开展的矿井高产高效建设时期。

20 世纪 50 年代初期我国在前苏联的帮助下推广长壁式回采工艺,采用金属摩擦支柱支护,截煤机掏槽、爆破落煤和人工装煤的回采工艺方式。50 年代末期和 60 年代初期机械化开始起步,曾试用截煤机、深截式联合采煤机来提高采煤工作面的机械化水平。由于采煤工序复杂,因而未能得到推广使用。后来采用引进和研制相结合的浅截深滚筒采煤机,它配合可弯曲刮板输送机、金属摩擦支柱与铰接顶梁,实现了破煤、装煤和运煤的机械化,使采煤机械化水平提高了一大步,形成了普通机械化回采方法,降低了工人体力劳动强度,回采工作面产量快速提高。但是利用普通机械化开采的顶板支护和放顶等工序还需要人工来完成,制约了工作面产量的提高。

我国在 20 世纪 70 年代开始引进并研制了自移式液压支架、大功率采煤机、强力可弯曲刮板输送机、可伸缩胶带输送机,发展了综合机械化采煤工艺,使采煤机械化水平、工作面生产能力与劳动生产率又得到了很大提高,使落煤、装煤与支护等工序全部由机械设备来完成,提高了工作面技术与经济效益。目前我国可以研究和生产各类采煤设备,甚至还可以向一些国家出口采煤设备。在普通机械化回采方面,20 世纪 80 年代推广使用的单体液压支柱代替金属摩擦支柱支护顶板,使普采技术得到了进一步提高。

20 世纪 80 年代开始研究推广使用的厚煤层放顶煤一次采全高回采工艺技术,处于世界领先水平。

20 世纪 90 年代初,我国向国际先进采煤技术靠拢,进行高产高效矿井建设工作。2005 年,全国符合高产高效条件的矿井 179 处,人均工效为 17.54 t/工,而同期全国重点煤矿平均工效为 4.07 t/工。我国一些煤矿已经进入了世界先进煤矿行列,主要技术经济指标创造了新的世界记录。

我国高产高效矿井建设的成绩是依靠科技进步取得的,将引进的先进技术装备与我国的煤炭资源优势相结合,形成了 4~6 m 厚煤层一次采全高、年产 8~10 Mt 生产工艺技术。高产高效矿井建设推动了全行业技术进步。2005 年,国有重点煤矿采煤机械化程度达到 82.7%,工作面平均单产 34 644 t/月。

在巷道掘进方面,50 多年来,不论是煤层巷道还是岩层巷道,我国机械化水平都有显著的提高。由建国初期的钻眼爆破落煤、人工装煤、木材支护,发展到目前的掘进机开巷、金属支架和锚杆支护;岩巷由手持式风钻钻眼、爆破破岩、人工装岩,发展到目前由凿岩台车钻眼爆破,由装岩机装岩或联合掘进机破、装岩,锚杆喷浆支护。随着掘进机械化水平的不断提高,巷道掘进速度不断增加,从而保证了采掘工作的正常接续。

20 世纪 60 年代以后,由于巷道支护技术水平低,原来沿各煤层开掘的运输大巷维护困

难,不适应生产发展的要求,许多矿井相继把运输大巷等主要开拓巷道布置在坚硬的岩层中,并配备新型的运输设备。

随着综合机械化采煤技术和高产高效矿井建设的快速发展,采煤工作面的单产成倍增长,出现了一矿一面或一矿两面的生产局面。生产系统中应用了能力更大、可靠性更高的机械设备,用最少的巷道掘进量来采出更多的煤炭。因此,这就必须进一步改革巷道布置与生产系统。随着巷道支护技术的发展,在 20 世纪 90 年代出现的主要巷道布置在煤层中的方式,降低了巷道掘进成本,提高了巷道掘进效率。

虽然煤炭在我国经济和社会发展过程中起到了重要的作用,但是在煤炭开采的同时,也给环境带来较大的破坏。在煤炭加工过程中因选煤每年排出废水 4 000 万 t,煤泥 200 m³;平均每开采 1 t 煤炭,需要排出地下水 2 t;平均开采 1 万 t 煤炭导致地表塌陷 0.2 ha。我国 85% 的煤炭是直接燃烧,而煤炭直接燃烧所产生的二氧化硫排放量占全国总排放量的 74%,二氧化氮排放量占 85%,一氧化氮排放量占 60%,总悬浮颗粒排放量占 70%。

我国国有煤矿现有矸石山 1 500 余座,矸石排放量占全国工业废渣年总排放量的 25%。全国煤矸石累积存量 30 亿 t 以上,占地 133 400 ha,每年以 1.5 亿 t~2 亿 t 的速度增加。

露天煤矿开采可以应用大型机械设备,因而生产能力大,劳动生产率高,建设周期短,安全与劳动条件好。但是露天开采需要剥离煤层覆盖的岩土,工程量大,只有当剥采比不大时才可以采用露天开采。中国适用于露天开采的煤炭储量少,仅占总储量的 7% 左右,其中 70% 是褐煤。所以,我国煤炭产量中露天开采所占的比重只有 3%~5% 左右。

采用井工开采时,要开凿井筒通至地下、掘进巷道、布置采区和采煤工作面;采煤工作面要及时支护,采煤后的采空区要进行处理;采出的煤炭要运送到地面。随着煤炭的采出,采煤工作面不断移动。因此要不断地掘进巷道,保证采煤工作接续。为保证井下正常生产,必须供给井下新鲜空气,做好防治井下的水、火、瓦斯、煤尘等可能发生的灾害的准备。

随着煤矿不断向深部开采,矿井瓦斯、地温、冲击地压等灾害相继增大。深部开采带来的巷道与采煤工作面支护、深部通风与降温、瓦斯治理等问题严重威胁了煤矿的安全生产,许多重大技术难题需要我们去研究和解决。小煤矿仍然是制约煤矿安全生产的主要因素。长期以来,煤矿开采对环境的破坏没有得到根本的治理,绿色开采技术还没有突破性进展。

作为介绍煤矿开采基本知识的《采煤概论》,在地下开采部分将重点论述采煤工作、掘进工作,以及组成井下生产系统的开采巷道布置的基本内容。要论述采煤、掘进及巷道布置,必然要涉及到煤矿地质、矿井设备、矿井安全技术等问题,要联系到矿井的开采范围、矿井储量、生产能力及服务年限等问题。

根据上述情况,为了既突出重点又照顾一般,本书第一章、第二章首先简单介绍煤矿地质与矿图的基本知识,第三章为矿井开拓,第四章为井巷掘进与支护,第五章为采煤方法,以下第六章、第七章、第八章和第九章分别简单介绍矿井通风、露天开采、煤矿安全生产技术和矿井生产系统。

本书内容涉及的专业知识众多,名词概念多,空间概念强,说理性多。因此,读者应把注意力集中在名词概念、识图及方案对比分析上。

煤炭工业的任务是艰巨的,煤矿开采技术还需要快速发展,以便适应国民经济建设的需要。可以肯定,经过广大煤炭同行的共同努力,我国煤矿的技术面貌定会迅速改变,煤矿开采技术水平一定能够很快地登上一个新的台阶。

第一章 煤矿地质基本知识

埋藏在地下的煤和其他矿产资源,都是地壳物质运动和各种地质作用的产物。因此,全面了解地壳物质运动的规律,认识煤炭资源的形成与各种地质作用的关系、煤层的性质及埋藏特征等地质内容,是采矿工作者必须掌握的基本知识。

第一节 地壳的组成与地质作用

一、地壳的组成与岩石

地壳是地球的固体外壳。全球地壳平均厚度为 16 km,且变化较大,大陆地壳较厚,平均约 33 km,最厚可达 70 km;大洋地壳较薄,平均约 7 km,最厚约 11 km,最薄不足 2 km。

组成地壳的是岩石。岩石是一些矿物颗粒的集合体。

矿物是地壳中的一种或多种元素在各种地质作用下形成的自然产物。它们都具有一定的内部构造和比较固定的化学成分,因而具有一定的物理性质和形态。虽然自然界总的矿物种类繁多,但组成岩石的常见矿物并不多,主要的有 20 余种。这些矿物被称为造岩矿物,如石英、正长石、斜长石、白云母、黑云母、橄榄石、蒙脱石、伊利石、方解石、白云石、褐铁矿、石膏、滑石、石墨等。

岩石按其生成方式可分为三大类:

1. 岩浆岩

岩浆岩是三大类岩石的主体,占地壳岩石体积的 64.7%。岩浆岩又称为火成岩,是由岩浆冷凝而形成的。岩浆是来自地壳深部或地幔中的具有高温、高压的硅酸盐熔融体。岩浆沿岩石裂缝或薄弱带上升,侵入到地壳表层或喷出地表,便凝固结成坚硬的岩浆岩。侵入到地壳表层凝固结的岩浆岩又称侵入岩,如花岗岩;喷出地表凝固结的称为喷出岩,如玄武岩等。

2. 沉积岩

沉积岩是在地壳表层环境中形成的岩石。主要是由暴露于地表的岩石(岩浆岩、变质岩及沉积岩)经受外力地质作用,即先经风化和剥蚀,被破碎或分解成碎屑物质和可溶性物质等,又经过搬运(主要是由流水和风来搬运),在适当的条件下沉积下来,形成各种沉积物,再经受紧压、脱水、胶结,变成坚硬的岩石,如砂岩、页岩、石灰岩等。

沉积岩在地壳表层分布最广,它覆盖的面积约占地表总面积的 75%,因此它是最常见的一类岩石。沉积岩中有许多重要的矿产资源如煤、石油、天然气、油页岩、盐矿、沉积铁矿、石灰岩等。据统计,目前全世界每年开采的矿产资源有 75%来自沉积岩。

3. 变质岩

变质岩是由各种不同的原有岩石(岩浆岩、沉积岩或变质岩)受到温度、压力及化学活性

流体的作用,使原岩改变其成分、结构和构造而变成新的岩石,如石灰岩变质成大理岩等。

煤是一种沉积岩。在煤矿生产中遇到的也几乎全是沉积岩,仅在局部地带会遇到岩浆岩的侵入,并呈现一些变质现象。

二、地质作用

地球的物质组成、内部构造和外部形态时刻都在变化着。但是这些变化有些进行得快,易于被人们觉察和观测,如地震和火山活动;有些则进行得十分缓慢,不易被人们所发现,如地表岩石的风化、地壳大范围的升降和水平运动等。这些由自然动力促使地球物质组成、内部构造和外部形态发生变化与发展的过程称为地质作用。地质作用按力源不同分为内动力地质作用和外动力地质作用。

1. 内动力地质作用

作用于整个地壳或岩石圈,力源主要来自地球内部的地质作用称内动力地质作用。内动力地质作用包括地壳运动、地震作用、岩浆作用、变质作用等。

地壳运动:地壳运动是指由地球内动力引起地壳(或岩石圈)组成物质变形、变位的机械运动过程。地壳或岩石圈组成物质沿地球半径方向上升或下降的运动,称为升降运动。其结果主要造成地壳大规模的隆起和凹陷,并引起地势高低变化和海陆变迁等;而水平运动是地壳或岩石圈物质沿地球切线方向的运动,它常常表现为剧烈的造山运动,引起岩层的变形与变位。地壳运动对煤矿床的形成及赋存条件起着重要的作用。

岩浆作用:岩浆从发育、向上运移到冷凝固结成岩的过程称为岩浆作用。岩浆作用可分为喷出作用和侵入作用。

变质作用:岩石基本上处于固体状态,但是受到温度、压力及化学活性流体的作用,使原岩改变其成分、结构、构造变成新岩石的作用。

地震作用:地震作用是地壳的快速颤动。它是地壳构造运动的一种表现形式,主要是岩石能量积累突然释放的结果。地震的发生会引起所在地区地壳物理性质的一系列变化,以及地表形态和地壳结构的剧烈变动。

在上述内动力地质作用中,最活跃的、起主导作用的是地壳运动,它可以使地壳产生巨大的裂缝,为岩浆活动创造条件。地壳板块间的挤压碰撞可以导致地震,强烈的地壳运动还会引起岩石变质。地壳运动还控制着外动力地质作用。

2. 外动力地质作用

作用于地壳表层,力源主要来自地球以外的地质作用称外动力地质作用。其主要是由太阳的辐射能、太阳及月球引力等引起的。它使地表形态发生变化和地壳表层化学元素发生迁移、分散和富集。它包括风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用、固结成岩作用。

风化和剥蚀:岩石在地表或接近地表的环境中,由于受到气温的变化、水和氧气及二氧化碳的作用和生物的活动等,使岩石在原地受到机械破碎和化学分解的作用,称为风化作用;剥蚀作用是指地表水体、地下水、冰川和风等介质在运动状态下对地壳表层岩石进行破坏并将破坏产物剥离开过程;风化和剥蚀往往是彼此促进的。岩石遭受到风化就变得松软而易于剥蚀,剥蚀后露出新鲜岩石又会重新风化。

搬运作用:风化和剥蚀作用的产物,被流水、海浪、风、冰川等运动介质转移离开原地到其他地区(沉积区)的作用称为搬运作用。

沉积作用:搬运过程中的物质,由于搬运介质能量减弱或物理化学条件的改变以及生物

等因素的影响,脱离搬运介质形成松散沉积物的过程,称为沉积作用。最主要的沉积区是内陆湖泊、沼泽和海洋。

固结成岩作用:固结成岩作用是指松散的沉积物形成以后,逐渐转变成坚硬的沉积岩的过程。在上覆沉积物的压力作用下,沉积物颗粒紧密排列,挤出水分、缩小体积、增加颗粒间的吸附能力,称为压固作用;充填在沉积物孔隙中的矿物质或更细小的碎屑物,将分散的颗粒联结起来而固结成坚硬岩石的过程称为胶结作用;随着沉积物埋藏深度的增加,在温度和压力影响下,矿物成分因溶解、局部溶解或固体扩散而使质点重新排列,致使非晶质矿物结晶、细粒晶体变成粗粒晶体,称为重结晶作用。

从以上可以看出,地壳的岩石不断被破坏、雕刻,又不断形成新的岩石,这就是外动力地质作用的整个过程。伴随着外动力地质作用的进行,可以形成各种沉积矿产资源。

第二节 地质构造

沉积岩在形成时期除局部倾斜外,基本上是水平的,而且在一定范围内是连续分布的。但是经过地质构造运动,水平的可能变为倾斜或弯曲,连续的、完整的可能被断开或错动或破碎。这种岩石变形或变位的产物称为地质构造。

地质构造的规模有大有小,大者可绵延数百公里乃至数千公里,小者可出现在手标本中,有的甚至要用显微镜才能看到。地质构造的表现形式多种多样,在一定范围内,可归纳为单斜构造、褶皱构造和断裂构造 3 种基本类型。

一、水平构造和单斜构造

1. 水平构造

未经构造变动的沉积岩层,其形成时期的原始产状是水平的,先沉积的老岩层在下部,后沉积的新岩层在上部,称为水平构造。但是地壳在发展过程中,经历了长期复杂的运动过程,岩层的原始产状都发生了不同程度的变化。这里所说的水平构造,只是相对而言,就其分布来说,也只是局限于受地壳运动影响轻微的地区。

2. 单斜构造

原来水平的岩层在受到地壳运动的影响后,产状发生变动。其中最简单的一种形式就是岩层向同一个方向倾斜,形成单斜构造。单斜构造往往是褶皱的一翼、断层的一盘或者是由局部地层的不均匀上升或下降所引起。

3. 岩层产状

岩层在空间的位置称为岩层产状。倾斜岩层的产状是用岩层层面的走向、倾向和倾角 3 个产状要素来表示的(图 1-1)。

走向:岩层面与水平面交线的方位角称为岩层的走向。岩层的走向表示岩层在空间延伸的方向。

倾向:垂直走向倾斜面向下引出一条直线,此直线在水平面的投影的方位角,称为岩层的倾向。岩层的倾向,表示岩层在空间的倾斜方向。

倾角:岩层面与水平面所夹的锐角称为岩层的倾角。岩层的倾角表示岩层在空间倾

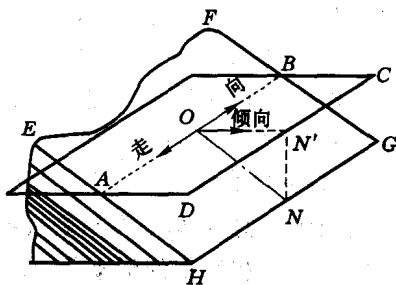


图 1-1 岩层产状示意图

斜角度的大小。

可以看出,用岩层产状的 3 个要素能表达经过构造变动后的构造形态在空间的位置。在地质图上,岩层的产状用符号“ $\perp 35^\circ$ ”表示。符号中的长线表示岩层的走向,与长线垂直的短线表示岩层的倾向(长短线所示的均为实测方位),数字表示岩层的倾角。

二、褶皱构造

组成地壳的岩层受构造应力的强烈作用,使岩层形成一系列波状弯曲而未丧失其连续性的构造,称为褶皱构造。褶皱构造是岩层产生的塑性变形,是地壳表层广泛发育的基本构造之一。

1. 褶曲要素

褶皱构造中的一个弯曲称为褶曲。而褶曲是褶皱构造的组成单位。每一个褶曲都有核部、翼部、轴面、轴及枢纽等几个组成部分,一般称为褶曲要素(图 1-2)。

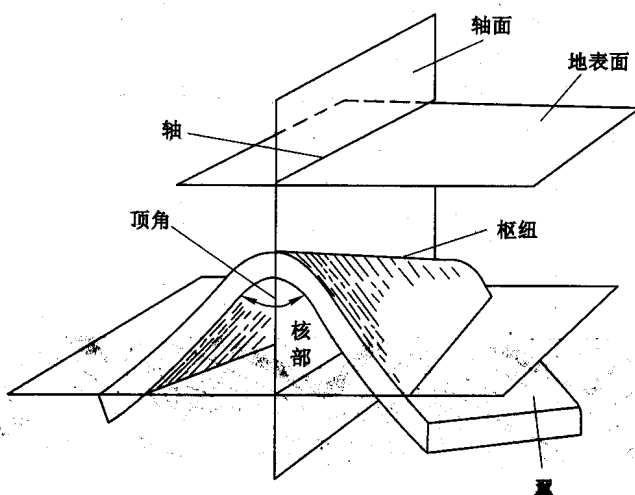


图 1-2 褶曲要素示意图

(1) 核部:核部是褶曲的中心部分,通常把位于褶曲中央最内部的一个岩层称为褶曲的核部。

(2) 翼部:位于核部两侧、向不同方向倾斜的部分岩层,称为褶曲的翼部。

(3) 轴面:从褶曲顶平分两翼的面称为褶曲的轴面。轴面在客观上并不存在,而是为了标定褶曲方位及产状而划定的一个假想面。褶曲的轴面可以是一个简单的平面,也可以是一个复杂的曲面。轴面可以是直立的、倾斜的或水平的。

(4) 轴:轴面与水平面的交线称为褶曲的轴。轴的方位表示褶曲的方位。轴的长度表示褶曲延伸的规模。

(5) 枢纽:轴面与褶曲同一岩层层面的交线,称为褶曲的枢纽。褶曲的枢纽有水平,有倾斜,也有波状起伏。枢纽可以反映褶曲在延伸方向产状的变化情况。

2. 背斜和向斜褶曲

褶曲的基本形态是背斜和向斜褶曲(图 1-3)。

(1) 背斜褶曲:背斜褶曲是岩层向上拱起的弯曲。背斜褶曲的岩层以褶曲轴为中心向

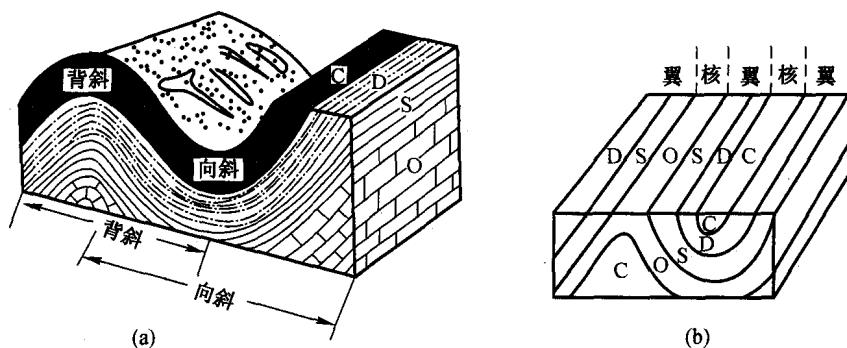


图 1-3 背斜和向斜褶曲图

两翼倾斜。当地面受到剥蚀而出露有不同地质年代的岩层时,较老的岩层出现在褶曲的轴部,从轴部向两翼,依次出现的是较新的岩层。

(2) 向斜褶曲:向斜褶曲是岩层向下凹的弯曲。在向斜褶曲中,岩层的倾向与背斜相反,两翼的岩层都向褶曲的轴部倾斜。如地面遭受剥蚀,在褶曲轴部出露的是较新的岩层,向两翼依次出露的是较老的岩层。

褶曲的基本类型虽然只有背斜和向斜两种,但具体形态却多种多样(图 1-4)。

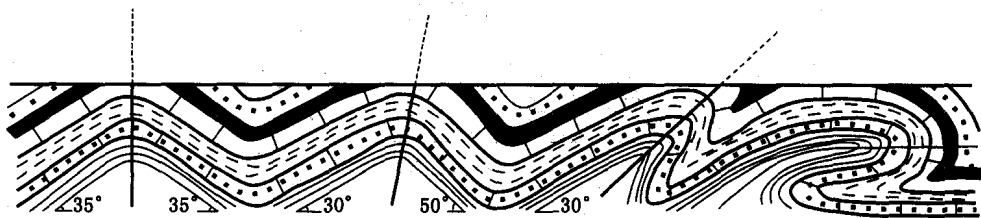


图 1-4 褶曲横剖面图

三、断裂构造

自然界中岩层受力后,当作用力超过其强度时就产生断裂,使其连续性和完整性遭到破坏,这种岩层脆性变形的产物称为断裂构造。断裂构造可分为节理和断层两类,断裂面两侧岩石没有发生显著相对位移的叫做节理或裂隙;断裂面两侧的岩石有明显相对位移的叫做断层。

断层的规模有大有小,大者可延伸数百公里至数千公里,相对位移可达几十公里,有的甚至跨越洲际,切穿地壳硅铝层;小者延伸只有几米,相对位移不过几厘米。断层分布不及节理广泛,但也极为常见,也是最重要的地质构造之一。

1. 断层要素

断层面是指岩层断裂发生位移的破裂面(图 1-5)。

断层线是指断层面与地表的交线,也就是断层面在地表上的出露线,它大致反映了断层的延伸方向和延伸规模。断盘是指断层面两侧有相对位移的岩块。位于断层面上方的岩块叫上盘,位于断层面下方的岩块叫下盘。当断层面直立时,则无上、下盘之分,可用方位命名,如东盘、西盘等。上、下盘是发生相对位移的,相对往上位移的叫上升盘;相对往下位移

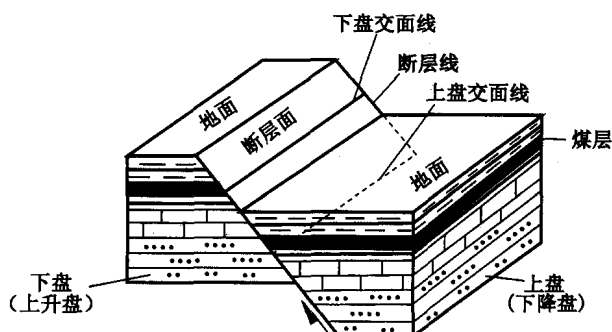


图 1-5 断层要素图

的叫下降盘。显然，上、下盘均可以相对上升，也可以相对下降。

断距是指断层两盘沿断层面相对移动的距离。断层两盘对应层中某一对应点之间的铅直高度差称为落差。

2. 断层的基本类型

根据断层两盘相对位移的情况，断层可以分为下面 3 种类型。

(1) 正断层：正断层[图 1-6(a)]是指断层的上盘沿断层面相对下降、下盘相对上升的断层。正断层一般是由于岩层受到水平张应力及重力作用，使上盘沿断面向下错动而成。

(2) 逆断层：逆断层[图 1-6(b)]是指断层的上盘沿断层面相对上升、下盘相对下降的断层。逆断层一般是由于岩层受到水平方向强烈挤压力的作用，使上盘沿断面向上错动而成。断层轴的方向常和岩层走向或褶曲轴的方向近于一致，并和压应力作用的方向垂直。

(3) 平推断层：平推断层[图 1-6(c)]是指由于岩体受水平扭应力作用，使两盘沿断层面发生相对水平位移的断层。平推断层的倾角很大，断层面近于直立，断层线比较平直。

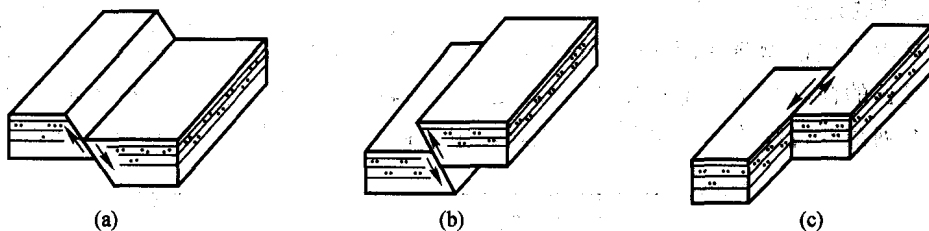


图 1-6 断层的基本类型图

3. 断层的分类

根据断层走向与所切割岩层走向的关系分类，主要有以下 3 种类型。

(1) 走向断层：断层走向与所切割岩层的走向基本一致的断层。

(2) 倾向断层：断层走向与所切割岩层的倾向基本一致（即与岩层走向垂直）的断层。

(3) 斜交断层：断层走向与所切割岩层走向明显斜交的断层。

4. 断层的组合

常见的断层的组合有地堑、地垒、阶梯状构造和叠瓦状构造(图 1-7)。

(1) 地堑：地堑指由两条或两条以上走向平行、倾向相对的正断层组成，致使中间岩块

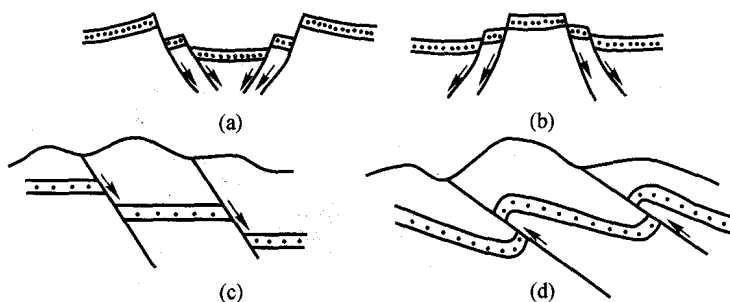


图 1-7 断层组合形式图

相对下降,两侧岩块相对上升的组合类型[图 1-7(a)]。

(2) 地垒:地垒指由两条或两条以上走向平行、倾向相背的正断层组成,致使中间岩块相对上升,两侧岩块相对下降的组合类型[图 1-7(b)]。

(3) 阶梯状构造:阶梯状构造指由两条或两条以上产状基本一致的正断层组成,致使上盘在剖面上呈阶梯状向同一方向依次下降的组合类型[图 1-7(c)]。

(4) 叠瓦状构造:叠瓦状构造指由两条或两条以上产状基本一致的逆断层组成,致使上盘在剖面上呈叠瓦状向同一方向依次上推的组合类型[图 1-7(d)]。

在煤矿生产中遇到的断层多为正断层,断裂面往往成组发育而形成断层破碎带。断层破碎带常常与地下和地面水源相连通,或聚集大量瓦斯。因此,断层对煤矿生产有较大的影响,在地质工作中必须特别注意查清断层的确切位置和产状。

第三节 煤的形成与煤层特征

一、煤的形成

煤是由古代植物演变而来的。用显微镜观察煤的薄片,植物残片清晰可见。煤是由植物经过漫长的极其复杂的生物化学、物理化学作用转变而成的。从植物遗体堆积到转变为煤的一系列演变过程称为成煤作用。成煤作用大致可分为以下 2 个阶段(图 1-8)。

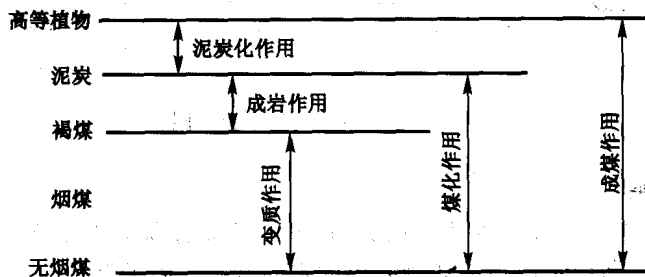


图 1-8 成煤作用阶段划分图

第一阶段:泥炭化阶段。在地表常温、常压下,由堆积在停滞水体中的植物遗体经泥炭化作用或腐泥化作用,转变成泥炭或腐泥的过程,称泥炭化(或腐泥化)作用阶段。这一阶段以生物化学降解作用为主。

第二阶段:煤化阶段。泥炭或腐泥被埋藏后,由沉积盆地基底沉降至地下深部,经成岩作用转变成褐煤。当温度和压力再逐渐增高经变质作用转变成烟煤和无烟煤。由泥炭或腐泥转变成褐煤,以至无烟煤的全过程称煤化作用。这一阶段以物理化学变化为主。

煤在地壳中积聚主要依靠古植物、古气候、古地理地貌和地质条件的良好配合。形成具有开采价值的煤层,必须具备以下4个条件。

1. 植物条件

植物是成煤的原始物质。没有大量的植物尤其是高等植物的生长、繁盛,就不可能形成具有经济价值的煤炭。

2. 气候条件

潮湿、温暖的气候是成煤的最有利的条件之一。首先,潮湿是沼泽的最主要的特征;其次,温度过高或过低都不利于植物遗体的分解,只有温暖的气候才有利于泥炭的大量堆积;第三,泥炭的保存需要适当的覆水条件,而覆水程度与湿度有关。一般认为,无论在热带、温带或寒带,只要有足够的湿度,都有可能发生成煤作用。

3. 地理条件

地理条件指的是成煤场所。地表上有相当多的植物死亡后,因没有有利的堆积场所而被氧化分解了。所以,要形成分布面积较广的煤层,还必须要有适于发生大面积沼泽化的自然地理场所,如滨海平原、内陆盆地、山间盆地等。

4. 地壳运动条件

泥炭层的积聚要求地壳缓慢下沉,下沉速度最好是与植物遗体堆积的速度大致平衡。这种状态持续的时间越久,形成的泥炭层越厚。泥炭层形成以后,地壳下降较快,有利于泥炭的保存和转变成煤。

综上所述,植物、气候、地理、地壳运动都是成煤的必要条件,缺一不可。具备这四个条件的时间越长,形成的煤层就越厚。其中,地壳运动为主导因素,对植物的生长及其遗体的保存、气候的形成、成煤场所、煤层厚度等都有控制作用。

二、煤系

煤系是含有煤层的一组沉积岩层(也叫含煤地层)。煤系一般是按其形成的时代来命名的,如华北的石炭二叠纪煤系,东北的侏罗纪煤系,华南的晚二叠纪煤系等。因此,在时间上,自古生代到第三纪各个地质时期中,都有含煤岩系形成。分布范围小的有几平方千米,大的可达几十平方千米。含煤岩系的厚度由几米到几千米,单个煤层的厚度可由几十厘米到一二百米,而含煤层数可由一层到几十层。

煤系是在温暖潮湿的气候条件下形成的,它富含植物物质。所以煤系岩石的颜色也多为灰色、灰黑色、灰绿色、黄绿色。

在煤系中,除含有煤矿床外,还经常伴有其他沉积矿产,如油页岩、铝土矿、菱铁矿、黄铁矿、赤铁矿、褐铁矿等。

三、煤的工业分类

在煤的工业用途上,衡量煤炭质量的指标主要是煤中的水分(M)、灰分(A)、挥发分(V)、发热量(Q)、胶质层厚度(Y)、固定碳(FC)等。

煤的灰分是指煤中所有可燃物完全燃烧后,煤中的矿物质发生一系列分解、化合等复杂反应后剩下的残留物,所以称灰分产率更为确切些。按灰分的高低将煤分为6级(GB/

T15224.1—94):特低灰分煤、低灰分煤、低中灰分煤、中灰分煤、中高灰分煤、高灰分煤。灰分是煤中的有害物质,灰分越高,煤的质量越差。同时灰分会使煤的发热量降低,增加运输成本,增大出渣量,降低焦炭质量。

挥发分和固定碳是煤中的可燃部分,随着煤的变质程度增加挥发分减少,固定碳相对增加。胶质层厚度反映煤的粘结性能,胶质层越厚,煤的粘结性越强。炼焦用煤要求有较好的粘结性,以保证炼出的焦炭有一定的强度和块度。发热量是单位质量的煤在完全燃烧时放出的热量。

按照工业用途,煤又可分为动力煤、化工用煤和炼焦用煤等。我国制定的工业用煤分类方案,主要是以结焦性能、挥发分含量($V, \%$)和胶质层厚度(Y, mm)来划分,共分为 10 类(表 1-1)。

表 1-1 我国煤的工业分类

分类		挥发分	胶质层厚度	煤的用途
名称	符号	$V/\%$	Y/mm	
无烟煤	WY	0~10		动力和民用煤、化工用煤
烟煤	贫煤	PM	>10~20	动力和民用煤
	瘦煤	SM	>10~20	配焦用煤
	焦煤	JM	>10~28	炼焦用煤
	肥煤	FM	>10~37	配焦用煤
	气煤	QM	>28~37	气化、炼油、配焦用煤
	弱粘煤	RN	>20~37	配焦、气化和动力用煤
	不粘煤	BN	>20~37	气化、动力和民用煤
褐煤	HM	>37		多作化工、气化、炼油和民用煤

四、煤层特征

煤层与其他沉积岩层一样,一般成层状分布。不同的煤层在结构、厚度及稳定性等方面有所不同。

1. 煤层结构

根据煤层中是否有稳定的岩石夹层(夹矸)将煤层分为 2 种类型(图 1-9)。

(1) 简单结构煤层:煤层中不含稳定的呈层状分布的岩石夹层,但有时也含有呈透镜体或结核状分布的矿物质。

(2) 复杂结构煤层:煤层中常夹有稳定的呈层状分布的岩石夹层,少者一二层,多者十几层。

2. 煤层厚度

煤层的顶板与底板之间的垂直距离称为煤层厚度。对复杂结构的煤层,则有总厚度和有益厚度之分。总厚度是指煤层顶板至底板之间全部煤分层与岩石夹层厚度之和。有益厚度是指顶、底板之

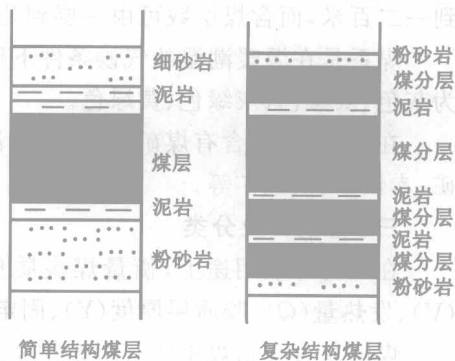


图 1-9 煤层结构图