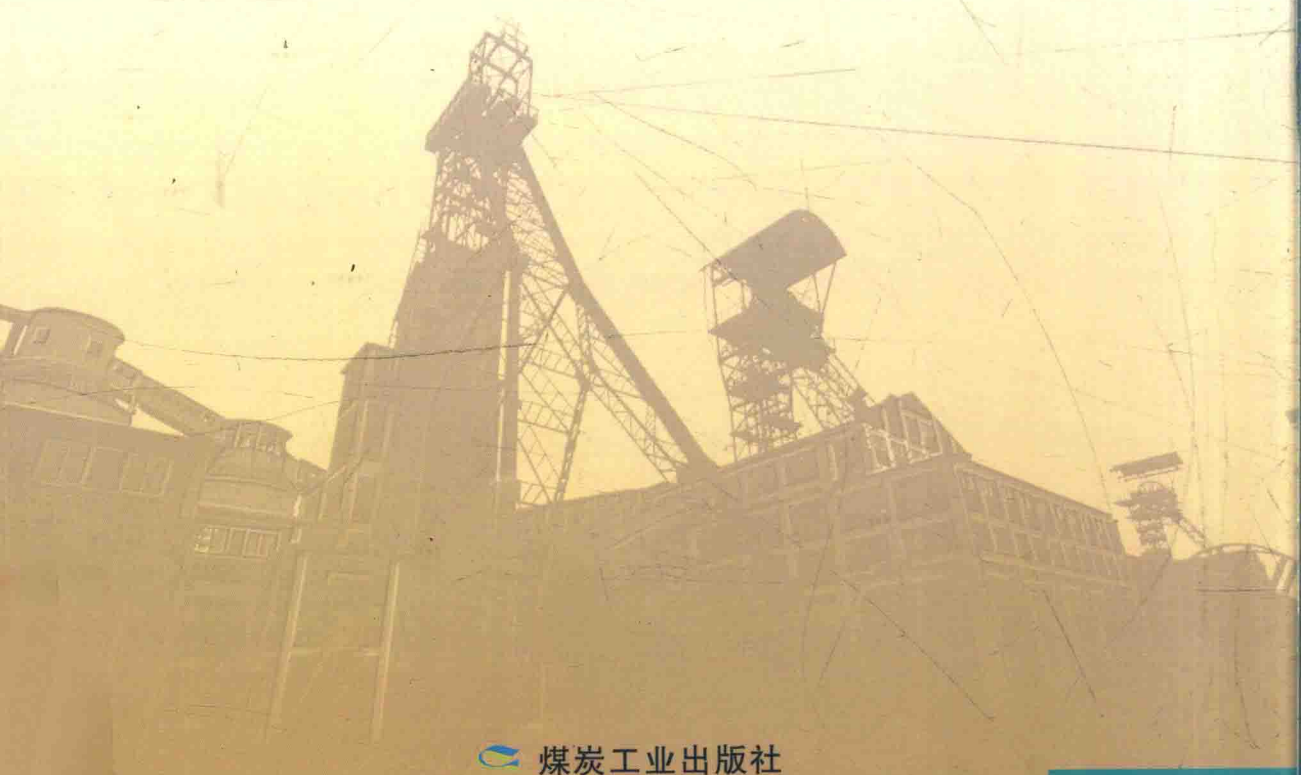



高等教育“十二五”规划教材

采煤概论

CAIMEI GAILUN

郭忠平 臧传伟 主编



 煤炭工业出版社

高等教育“十二五”规划教材

采煤概论

郭忠平 臧传伟 主编

煤炭工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

采煤概论 / 郭忠平, 臧传伟主编. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2015

高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 4809 - 9

I. ①采… II. ①郭… ②臧… III. ①煤矿开采—高等学校—教材 IV. ①TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 046544 号

采煤概论 (高等教育“十二五”规划教材)

主 编 郭忠平 臧传伟

责任编辑 尹忠昌

编 辑 曲光宇 康 维

责任校对 姜惠萍

封面设计 盛世华光

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

电 话 010 - 84657898 (总编室)

010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 北京玥实印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 17¹/₄ 字数 410 千字

版 次 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 7664 定价 35.00 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,电话:010 - 84657880

内 容 提 要

本书主要介绍了煤矿地质、煤矿测量与矿图、井田开拓、采煤方法、巷道施工技术、矿山压力与岩层控制、矿井通风与安全、露天煤矿开采和绿色开采方法等内容。

本书深入浅出、内容丰富，可作为普通高等院校矿井建设、矿山机电、矿山测量、矿山地质和安全工程等非煤矿开采专业学生阅读学习使用，也可作职工培训教材使用，或供煤矿工程技术人员参考。

主 编 孙开海 平忠祥

京 北

编 委 会

主 编 郭忠平 臧传伟

副 主 编 温兴林 刘桂仁 顾士坦

编写人员 (按姓氏笔画为序)

文志杰 申玉三 刘桂仁 陈军涛 郭忠平

胡善超 顾士坦 黄万朋 温兴林 臧传伟

前 言

《采煤概论》是高等院校教材编审委员会组织编写的采矿工程、安全工程、地质工程、测量工程等相关专业教学用书，也是从事煤炭行业有关人员了解煤矿安全生产全面知识的基础读物。

本书主要介绍煤矿地质、煤矿测量与矿图、井田开拓、采煤方法、矿山压力与岩层控制、巷道施工技术等内容，同时也介绍了一些有关煤矿安全生产的基本知识，对露天煤矿开采和绿色开采方法作简单的介绍。

本书是在原“十二五”规划教材《采煤概论》基础上由山东科技大学教师修编完成的。郭忠平教授、臧传伟副教授任主编，温兴林、刘桂仁、顾士坦副教授任副主编。参加编写的人员及分工：第一章由郭忠平教授编写，第二章、第三章由温兴林副教授编写，第四章由臧传伟副教授编写，第五章由申玉三、陈军涛讲师编写，第六章由郭忠平教授、胡善超讲师编写，第七章由顾士坦副教授、文志杰副教授编写，第八章由刘桂仁副教授编写，第九章由黄万朋讲师编写，第十章由臧传伟副教授、文志杰副教授编写，第十一章由郭忠平教授、陈军涛讲师编写。

本次修编新增了煤矿测量、矿山压力与岩层控制以及煤矿绿色开采方法等内容，将“矿井通风”和“矿井安全生产”两章修编成一章，并对其他章节的内容进行了增减，以期望更好地与煤矿开采现状相适应。

本书是按40学时要求编写的。由于编写人员的理论水平和能力有限，难免有些内容存在不妥之处，恳切希望广大读者提出宝贵意见，以供再次修改时参考。

编 者

2015年4月

目 次

第一章 绪论	1
第二章 煤矿地质基础知识	3
第一节 地壳的组成与地质作用	3
第二节 地质构造	5
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
复习思考题	17
第三章 测量学基础及矿图	18
第一节 测量学基础知识	18
第二节 矿图的绘制	26
第三节 煤矿地质图	27
第四节 采掘工程图	33
第五节 读图方法	35
复习思考题	39
第四章 井筒与巷道施工	40
第一节 岩石性质与工程分级	40
第二节 巷道断面与支护	42
第三节 钻眼爆破法掘进巷道	53
第四节 综合机械化掘进巷道	62
第五节 倾斜巷道施工	63
第六节 立井施工	65
复习思考题	73
第五章 井田开拓	74
第一节 井田开拓的基本知识	74
第二节 斜井开拓	84
第三节 立井开拓	88
第四节 平硐开拓	90
第五节 综合开拓	93
第六节 井田开拓基本问题分析	96

第七节 井底车场	105
复习思考题	109
第六章 采煤方法	110
第一节 采煤方法的概念及分类	110
第二节 走向长壁采煤法	114
第三节 倾斜长壁采煤法	124
第四节 厚煤层采煤法	126
第五节 柱式体系采煤法	129
第六节 急倾斜煤层采煤法	133
复习思考题	136
第七章 矿山压力及其岩层控制	138
第一节 矿山压力及矿山压力显现的几个概念	138
第二节 采场岩层运动与支承压力分布	141
第三节 回采工作面顶板控制	148
第四节 冲击地压灾害及其治理	151
复习思考题	156
第八章 矿井通风与安全	157
第一节 矿井空气与通风设备	157
第二节 矿井通风压力与通风阻力	161
第三节 矿井通风方法	164
第四节 矿井通风构筑物	169
第五节 矿井瓦斯及防治	170
第六节 矿尘及其防治	175
第七节 矿井水灾的治理	177
第八节 矿井防灭火	178
第九节 顶板事故及其防治	180
第十节 矿山救护	182
复习思考题	183
第九章 矿井生产系统	184
第一节 矿井运输	184
第二节 矿井提升	191
第三节 矿井排水	193
第四节 矿井供电	196
第五节 地面生产系统及工业场地布置	198
复习思考题	200

第十章 露天煤矿开采	202
第一节 露天开采概述	202
第二节 露天开采境界和生产能力	206
第三节 露天煤矿开拓	208
第四节 露天矿回采工艺	216
复习思考题	223
第十一章 煤矿绿色开采方法	224
第一节 洁净开采方法	224
第二节 保水开采方法	231
第三节 煤与瓦斯协调开采技术	235
第四节 煤炭地下气化技术	249
复习思考题	262
参考文献	263

第一章 绪 论

煤炭是我国的主要能源。在我国能源消耗结构比例中,2013年煤炭占一次能源消耗比重为65.7%。预计到2020年煤炭占一次能源消耗比重仍将超过60%,用于发电的比例仍在80%以上,在很长时间内,煤炭作为我国基础能源地位将不会出现根本改变。2013年我国煤炭产量为 3.68×10^9 t。预计到2050年,煤炭作为能源需求虽然将呈现逐步下降的趋势,但仍居主导地位。

我国煤炭资源较为丰富,目前已探明的煤炭储量为 1.43×10^{12} t,预测全国煤炭资源量 5.57×10^{12} t。从煤炭资源的分布区域看,华北地区最多,约占全国煤炭储量的48%;西北地区约占31%;西南地区约占9%;华东地区约占6%;中南地区约占3%;东北地区约占3%。其中山西、内蒙古、陕西、新疆、贵州和宁夏6省区储量最多,约占全国煤炭储量的80%。

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85%左右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70%左右集中在河南省,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69%左右集中在贵州省,而工业主要集中在四川省;东北地区50%左右的煤炭资源在黑龙江省,而工业主要集中在辽宁省。

我国是世界上最早利用和开发煤炭的国家。早在春秋战国时代,煤炭已成为社会的重要物资,称为石涅。公元前1世纪,煤炭已用于炼铁和炼铜。魏晋时期煤被称为石墨。唐宋以来,采煤技术已比较完善,并发展了炼焦技术。南宋末年至元初,出现了“煤”的名称。明末宋应星所著的《天工开物·燔石卷》中,详细记叙了我国古代采煤技术,涉及地质、开拓、采煤、支护、通风、提升和瓦斯排放等技术,但这时期的煤炭开采技术非常落后,几乎全部为手工开采。

我国近代煤矿开采技术的主要标志是:第一阶段是从开平煤矿(1871年)和基隆煤矿(1876年)的兴办,到1894年的中日甲午战争;第二阶段是1895—1931年,外国相继掠夺我国的煤炭资源,仅1911年外资煤矿产量 1.28×10^7 t,占我国煤炭产量的83.2%;第三阶段是抗日战争时期,日本在我国开办煤矿200多处,掠夺 4.2×10^8 t煤炭资源,而同期国民政府资源委员会开办煤矿29处,民间59处,总产量约 6×10^6 t。解放区开办煤矿473处,日产2000 t。

新中国成立前我国煤炭产量仅有 3.243×10^7 t,采煤方法极其落后,全部采用炮采工艺进行开采。绝大多数采用短壁式、房柱式和高落式等采煤方法,回采率低,安全性差。

新中国成立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6个时期:一是煤矿恢复到奠基时期(1949—1957年);二是在曲折中探索时期(1958—1965年);三是在动乱中前进时期(1965—1977年);四是在改革开放形势下快速发展的中国煤炭工业时期(1978—

1990年);五是20世纪90年代开展的矿井高产高效建设时期(1991—2004年);六是21世纪倡导的安全高效矿井建设时期(2005年—至今)。

20世纪50年代初期,我国在苏联的帮助下推广长壁式采煤法,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。20世纪50年代末和60年代初期机械化开采开始起步,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,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,形成了普通机械化采煤工艺,降低了工人劳动强度,采煤工作面产量快速提高。但是普通机械化开采的工作面,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。

20世纪70年代,我国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、可伸缩带式输送机,形成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有了一个极大提高,使落煤、装煤、运煤与支护等工序全部由机械设备来完成,提高了工作面技术经济效果。目前我国可以自主研究和生产各类采煤设备,甚至可以向一些国家出口采煤设备。在普通机械化回采工作面,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,使普通机械化开采技术得到了进一步提高。

20世纪80年代,我国开始研究推广使用的厚煤层放顶煤开采技术,处于世界领先水平。

20世纪90年代初,我国进行高产高效矿井建设工作。到2005年全国符合高产高效条件的矿井共计179处,人均工效17.54 t;而同期全国重点煤矿平均人均工效4.07 t。我国高产高效矿井建设的成就是依靠科技进步取得的,将引进的先进技术装备与我国煤炭资源优势相结合,形成了4~7 m厚煤层一次采全高、年产8~10 Mt的高产高效矿井。高产高效矿井建设推动了煤炭行业的技术进步。2005年国有重点煤矿采煤机械化程度达到82.7%,工作面平均每月单产 3.46×10^4 t。从2006年起,我国开始进行安全高效矿井建设工作,到2013年达到安全高效条件的矿井共计1482处。

随着综合机械化采煤工艺和安全高效矿井建设的快速发展,采煤工作面的产量成倍增长,出现了一矿一面的生产局面。生产系统中应用了能力更大、可靠性更高的机械设备,布置更少的巷道来采出更多的煤炭,这就必须进一步优化巷道布置与生产系统。随着巷道掘进技术与支护技术的快速发展,20世纪90年代始就把主要巷道布置在煤层中,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约 4.5×10^7 t。平均每开采1 t煤,需要排出地下水2 t。平均开采 1.0×10^4 t煤炭,就导致地表塌陷面积0.2 ha。我国80%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75%左右,总悬浮颗粒排放量约占70%。我国国有煤矿现有矸石山1600余座,累积存量 30×10^9 t以上,占地133600 ha,并且每年以 $(1.5 \sim 2) \times 10^8$ t的速度增加。煤炭开采对水资源、土地资源、空气以及矿区环境等造成了严重的污染和破坏。因此,煤炭绿色开采是今后采煤技术的发展方向。

第二章 煤矿地质基础知识

埋藏在地下的煤和其他矿产资源，都是在地壳运动和各种地质作用下形成的。因此，全面了解地壳运动的规律，认识煤炭的形成与各种地质作用的关系、地质构造、煤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

地壳是地球的固体外壳。整个地壳平均厚度为 16 km，但变化较大，大陆地壳厚度较大，平均约 33 km，最厚可达 70 km；大洋地壳厚度较小，平均约 7 km，最厚约 11 km，最薄不足 2 km。

地壳是由岩石组成。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，具有一定的内部结构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。

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壳物质组成、地壳构造和地表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力地质作用和外力地质作用。

1. 内力地质作用

内力地质作用于整个地壳或岩石圈，力源主要来自地球内部的称内力地质作用。内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。当地壳或岩石圈组成物质沿地球半径方向上升或下降运动，称为垂直运动，其结果主要造成地壳大规模的隆起和拗陷，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。

地壳运动对矿床的形成及赋存条件起着重要的作用。

岩浆作用是指岩浆从发育、往上运移到凝固结成岩的过程。岩浆作用可分为喷出作用和侵入作用。

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

地震作用是指地壳的快速颤动，它是地壳构造运动的一种表现形式，主要是由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。

在上述内力地质作用中，最活跃的、起主导作用的是地壳运动，地壳运动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力地质作用。

2. 外力地质作用

作用于地壳表层，力源主要来自地球以外的称外力地质作用。其主要由太阳能、日月引力等引起的。它使地表形态发生变化和地壳表层化学元素发生迁移、分散和富积。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。

风化作用是指岩石在地表或接近地表的环境中，由于受到气温的变化、水和氧及二氧化碳的作用、生物的活动等，使岩石在原地受到机械破碎和化学分解的过程；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的过程。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易受风化。

搬运作用是指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）的过程。

沉积作用是指搬运过程中的物质，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。最主要的沉积区是内陆湖泊、沼泽和海洋。

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，体积缩小，颗粒间的吸附能力增强，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，将分散的颗粒连接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物质质点重新排列，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，地壳的岩石不断地被破坏、雕刻，又不断形成新的岩石，这就是外力地质作用的整个过程。伴随着外力地质作用的进行，可以形成各种沉积矿产资源。

三、岩石概念及分类

岩石是天然产出的由一种或多种矿物组成，具有一定结构构造的集合体。

岩石按其成因可划分为3大类。

1. 岩浆岩

岩浆岩是地壳岩石的主体，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上地幔中的具有高温、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，便凝固成坚硬的岩浆岩。侵入到地壳表层凝固的岩浆岩又成为侵入岩，如花岗岩；喷出地表凝固的称为喷出岩，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物质等，又经过搬运（主要是由流水和冰川搬运），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、石油和天然气、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、压力及化学活动性流体的作用，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岩石也几乎全是沉积岩，仅有在局部地带遇到岩浆岩的侵入，属于变质岩。

第二节 地质构造

沉积岩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的或弯曲的，连续的完整性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是多种多样的，在一定范围内，可归纳为单斜构造、褶皱构造和断裂构造。

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不均匀的上升或下降所引起的。

3. 岩层产状

岩层在空间产出的状态称为岩层产状。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 (图 2-1)。

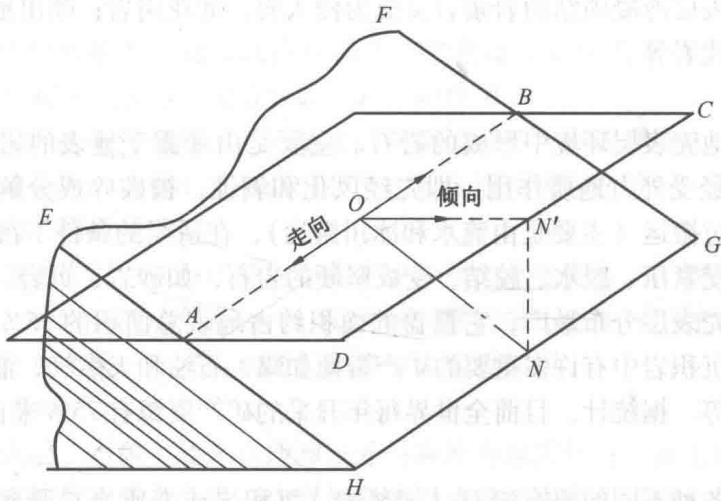


图 2-1 岩层产状示意图

岩层的走向线是指岩层面与任一水平面的交线的方位角。岩层的走向表示岩层在空间延伸的方向 (图 2-1 中的 AOB 线), 倾斜岩层走向线有无数条, 且条条相互平行, 走向线上各点标高相同, 即走向线就是岩层面上的等高线。

岩层走向表示岩层在空间的两个水平延展方位, 在一个测点上可测得岩层走向的两个方位角, 两者相差 180° 。当走向线为直线时, 说明岩层面上各点的走向不变; 当走向线为曲线时, 说明岩层面上各点走向发生了改变。

岩层的倾向是指垂直走向向下倾方向引出一条直线, 此直线在水平面的投影线指示的地理方位。岩层的倾向, 表示岩层在空间的倾斜方向 (图 2-1 中的 ON' 线)。在一个点测得的倾向只有一个方位角, 它与两个走向相差 90° , 当走向发生变化时, 倾向随之发生变化。

岩层的倾角是指岩层面与水平面的锐夹角, 或倾斜线 (图 2-1 中 ON) 与倾向线 (图 2-1 中的 ON') 的锐夹角。岩层的倾角表示岩层在空间倾斜角度的大小。

可以看出, 用岩层产状的三个要素能表达岩层经过构造变动后在空间的位置。在地质图上, 岩层的产状用符号 “ $\rightarrow 30^\circ$ ” 表示。长线表示岩层的走向, 与长线垂直的短线 (带箭头的) 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。水平岩层用 “+” 表示, 直立岩层用 “ \perp ” 表示, 倒转岩层 (老地层在上, 新地层在下) 用 “ $\overleftarrow{\perp}$ ” 表示。

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

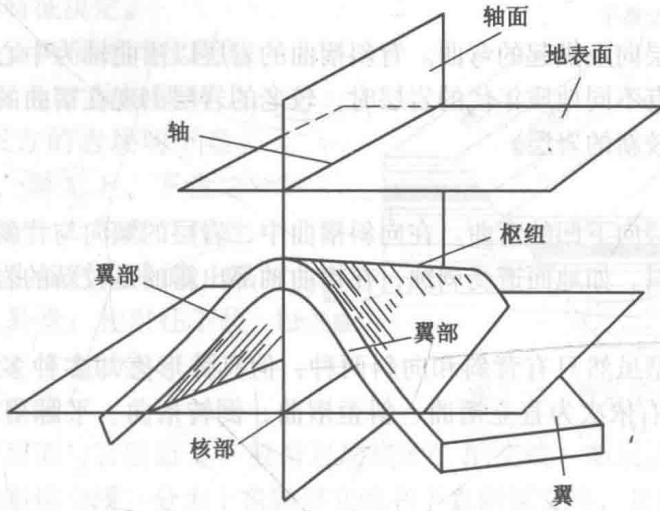


图 2-2 褶曲要素示意图

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。

翼是指位于核部两侧、向不同方向倾斜的部分岩层。

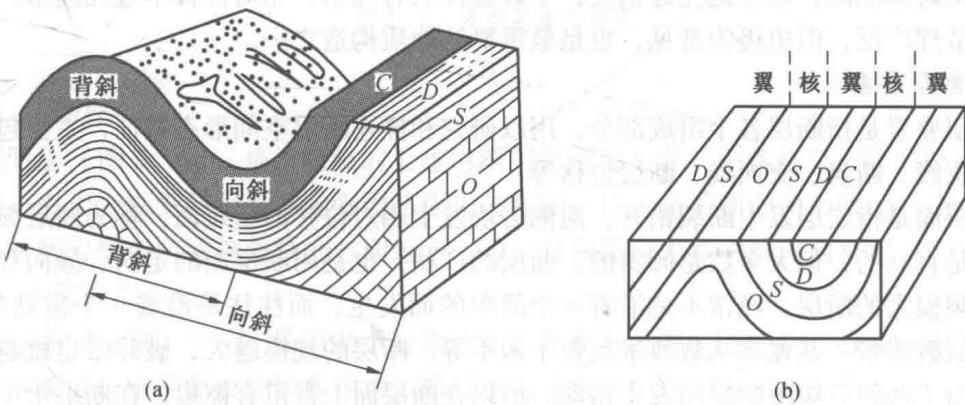
枢纽是指轴面与褶曲同一岩层层面的交线。褶曲的枢纽有水平的，有倾斜的，也有波状起伏的。枢纽可以反映褶曲在延伸方向产状的变化情况。

轴面是指包含同一褶曲所在枢纽而构成的假想面，一般可把它看成是平分两翼的对称面。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。

轴是指轴面与水平面的交线。轴的方位表示褶曲的方位，轴的长度表示褶曲延伸的规模。

2. 褶曲的基本类型

褶曲的基本形态是背斜和向斜褶曲（图 2-3）。



O—奥陶系；S—志留系；D—泥盆系；C—石炭系

图 2-3 背斜向斜褶曲图

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 2-4）。图 2-4 中褶曲从左到右依次为直立褶曲、斜歪褶曲、倒转褶曲、平卧褶曲（根据褶曲横剖面形态进行的分类）。

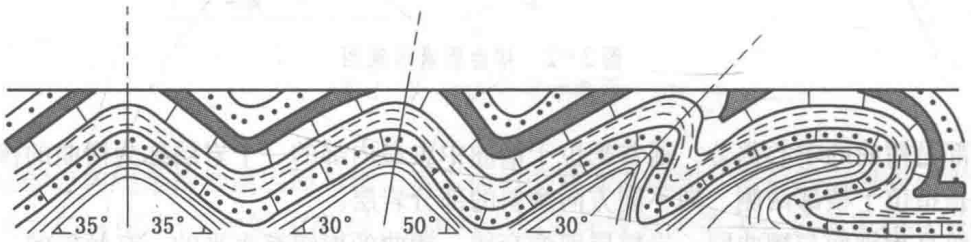


图 2-4 褶曲剖面图

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，这种岩层产生脆性变形的现象称为断裂构造。断裂构造可分为节理和断层两类，若断裂面两侧岩石没有发生显著位移的叫做节理或裂隙；当断裂面两侧的岩石有明显相对位移的叫做断层。

断裂构造规模有大有小，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

断层要素是指断层各个组成部分，用以研究和描述断层空间形态特征，主要包括断层面、断层线、断盘、交面线、断层位移等。

断层面是指岩层发生断裂错开，两侧岩块发生相对位移的断裂面，称为断层面。断层面可以是直立的，但大多数是倾斜的。断层的产状，也是用断层面的走向、倾向和倾角表示的。规模大的断层，经常不是沿着一个简单的面发生，而往往是沿着一个错动带发生，称为断层破碎带。其宽度从数厘米到数十米不等，断层的规模越大，破碎带也就越宽，越复杂。由于两侧岩块沿断层面发生错动，所以在断层面上常留有擦痕，在断层带中常形成糜棱岩、断层角砾和断层泥等（图 2-5）。

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。断层线可以是直线，也可以是曲线，其形态由断层面形态、断