

中等专业学校规划教材

采煤通论

主编 刘吉祥 副主编 林东才 赵汝星

煤炭工业出版社

7 7

111-31 7P70

ISBN 7-5020-1255-9/TD8

书号:4023 定价:18.75元

L-436

中等专业学校规划教材

采 煤 通 论

主 编 刘吉祥

副主编 林东才 赵汝星

煤炭工业出版社

前 言

《采煤通论》是根据煤炭中等专业学校计划统计、劳动工资专业教学大纲编写的。主要作为计划统计、劳动工资、煤矿企业管理等专业的专业基础课教材，亦可作为煤矿机电、财务会计专业或干部培训班的专业课教材。

全书共分六篇二十二章，比较系统地介绍了煤矿地质、井田开拓、井巷工程、采煤方法、矿井通风与安全的基本内容，并概略地介绍了露天矿开采与选煤等知识。教材内容体系，力求做到符合人们的认识规律，由浅入深，通俗易懂。根据专业教学需要，突出了实践性内容，着重反映了煤矿生产的基本知识与成功经验。

本书为了适应各专业教学需要与全国各地煤矿特点，部分章节内容偏多，各校可按教学计划进行取舍。每章后列有复习思考（作业）题，学生可以根据需要选作，以巩固所学知识。

本书第一、二、三、二十二章由秦皇岛煤炭工业管理学校杜丛生编写；第四、六、七章由泰安煤炭工业学校林东才编写；第五章由泰安煤炭工业学校戴仁竹编写；第八、九、十章由辽源煤炭工业学校李春显与湖南煤炭工业学校刘吉祥编写；第十一、十二、十四、十五章由徐州煤炭工业学校谢明荣编写；绪论、第十三、十六、十八章由湖南煤炭工业学校刘吉祥编写；第十九、二十章由北京煤炭工业学校赵汝星编写；第十七、二十一章由湖南煤炭工业学校桂文林编写。本书主编刘吉祥，主审杨家彬。

本教材在编写过程中，由煤炭中专采矿工程专业教材编审委员会审议并原则通过了教材编写大纲。1993年12月在湖南煤校召开了初稿评审会，参加审阅的除本书参编同志外，还有大同煤炭工业学校樊少武、贵阳煤炭工业学校王宗英，徐州煤炭工业学校施帮华，江西煤炭工业学校周学军等同志。1994年4月煤炭中专采矿工程专业编审委员会在北戴河再次对修改稿进行了认真的审查，提出了进一步修改的意见。参加审定的同志有大同煤炭工业学校周冠军、高国璋，重庆煤炭工业学校杨家彬，泰安煤炭工业学校肖择仁、林东才、耿献文，湖北煤炭工业学校张纯明，徐州煤炭工业学校谢明荣，陕西煤炭工业学校李永怀等。在此，谨对给予本书的编写工作以很大帮助的所有同志表示衷心的感谢。

由于《采煤通论》首次编写，加之编者的经验与水平所限，书中难免有不当之处，热忱欢迎同行及读者批评、指正。

编 者

1995年10月

ABF SP / 08

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 煤 矿 地 质

第一章 地壳及其运动	5
第一节 地壳的组成	5
第二节 地质构造	14
第三节 地史	25
第二章 煤与煤系地层	30
第一节 煤的形成	30
第二节 煤系与煤层	33
第三节 煤的工业分析与分类	37
第三章 地质勘探与煤炭储量	47
第一节 煤田地质勘探	47
第二节 矿井地质勘探	51
第三节 矿井煤炭储量	52

第二篇 井 田 开 拓

第四章 井田及其划分	61
第一节 煤田划分为井田	61
第二节 井田储量、矿井生产能力与服务年限	65
第三节 井田再划分	68
第五章 井田开拓方式	76
第一节 斜井开拓	76
第二节 立井开拓	82
第三节 平硐开拓	89
第四节 综合开拓	91
第六章 开采水平的设置	93
第一节 开采水平大巷布置	93
第二节 井底车场	99
第三节 上、下山开采	104
第七章 矿井采掘关系	107
第一节 矿井巷道分类与三量	107
第二节 井田开采顺序	110
第三节 采掘关系	113
第四节 矿井延深	117

第三篇 井 巷 工 程

第八章 钻眼爆破	122
第一节 岩体性质与岩石分级	122
第二节 钻眼机具	126
第三节 爆破工作	130
第九章 巷道断面设计与支护	139
第一节 巷道矿山压力知识	139
第二节 巷道断面形状与尺寸	140
第三节 巷道支护	143
第十章 井巷掘进	151
第一节 水平岩巷掘进	151
第二节 煤层平巷与半煤岩平巷掘进	163
第三节 倾斜巷道掘进	165
第四节 硐室与交岔点施工	167
第五节 立井施工	171

第四篇 采 煤 方 法

第十一章 采煤方法概述	177
第一节 采煤方法的概念	177
第二节 采煤方法的分类	177
第三节 采煤方法的选择	180
第十二章 缓斜、倾斜煤层走向长壁采煤法采煤系统	182
第一节 概述	182
第二节 单一薄及中厚煤层采区的采煤系统	183
第三节 煤层群联合布置采区的采煤系统	188
第四节 厚煤层倾斜分层下行垮落采煤法的采煤系统	197
第五节 采区车场与硐室	199
第十三章 盘区及分带式采煤系统	207
第一节 盘区式采煤系统	207
第二节 分带式采煤系统	211
第十四章 长壁式采煤法采煤工艺	218
第一节 采煤工作面矿山压力知识	218
第二节 炮采工作面采煤工艺	224
第三节 普通机械化采煤工作面采煤工艺	236
第四节 综合机械化采煤工作面采煤工艺	245
第五节 厚煤层倾斜分层下行垮落采煤法采煤工艺	252
第六节 倾斜长壁采煤法采煤工艺	253
第十五章 采煤工作面生产技术管理	255
第一节 采煤工作面组织管理	255
第二节 采煤工作面技术管理	262
第三节 采煤工作面质量管理	266

第十六章 急斜煤层采煤方法	268
第一节 急斜煤层开采的特点	268
第二节 工作面直线式布置采煤法	271
第三节 工作面台阶式布置采煤法	273
第四节 工作面伪斜式布置采煤法	275
第五节 工作面水平式布置采煤法	281
第六节 工作面其它布置形式的采煤法	286
第十七章 水力采煤与水力充填采煤法	288
第一节 水力采煤	288
第二节 水力充填采煤法	294
第十八章 采区方案设计	301
第一节 概述	301
第二节 采区方案设计的内容	302
第三节 选择采区巷道布置方案的方法	306
第四节 采区主要生产费用的计算	308
第五篇 矿井通风与安全	
第十九章 矿井通风	311
第一节 矿内空气	311
第二节 通风压力与通风阻力	316
第三节 矿井风量的确定与分配	323
第四节 矿井通风系统	325
第五节 矿井通风管理	330
第二十章 矿井灾害及其防治	337
第一节 矿井瓦斯及其危害的防治	337
第二节 矿尘危害及其防治	348
第三节 矿井火灾的防治	352
第四节 矿井水灾的防治	357
第六篇 露天开采与选煤知识	
第二十一章 露天开采	362
第一节 露天开采概述	362
第二节 露天开采工艺	364
第三节 露天矿田开拓与开采境界的确定	368
第二十二章 选煤知识	372
第一节 选煤前的准备	372
第二节 选煤方法	374
第三节 选后产品脱水及煤泥水处理	380
第四节 选煤工艺流程及主要技术经济指标	382
主要参考书	384

绪 论

(一)

能源是创造社会物质文明的基础，是国民经济发展的先决条件。充足的能源供应，才能使整个国民经济持久、稳定、高速的发展。所以，能源在很大程度上影响着我国“四化”建设的进程。

长期以来，煤炭是我国能源构成的主要组成部分。在能源一次性消耗中，煤炭约占 75% 以上。在今后相当长的时期内，我国的能源政策仍将以煤炭占主导地位。这是因为我国幅员辽阔、煤炭资源丰富、品种齐全、煤质优良，特别是煤炭工业经过 40 多年的大力开发建设，已具有比较雄厚的技术与物质基础。目前，在世界发达国家，石油在能源构成中暂时处于主导地位。相比之下我国的石油资源远不如煤炭资源丰富，从经济、合理利用能源来看，近期不可能用经济价值很高的石油取代煤炭。随着科学技术的发展，虽然许多新能源不断被开发利用，如太阳能、海洋能、生物能和核能等都是很有开发前景的能源，但从经济、技术和开发强度上看，在短时期内均不可能成为我国的主要能源。而煤炭具有无可比拟的客观优势，无疑将继续成为我国能源发展的方向。

煤炭是工业的粮食。它为化学工业和以化工为原料来源的轻工业等提供了充足的原料，故素有“原料库”之称。目前，煤炭经过提炼加工，可以生产出用于国防、工业、农业、医药等行业的产品达 500 多种。如煤炼成焦炭可用于冶炼，其副产品可作纺织、医药和染料的原料；煤炭气化后生成的合成气是合成橡胶、树脂、纤维等三大合成工业的主要原材料之一；煤炭还可以直接液化或合成液化燃料，作为石油的补充。此外，煤炭中还伴生有多种很有价值的稀有元素，如钒、镓、锗、铀等，可广泛用于微电子科学、航天航空技术、新能源等高新技术产业，加速我国尖端科学技术的发展。

煤炭不仅为“四化”建设提供能源和原料，还可出口创汇，为国民经济的腾飞积累资金。据 1991 年资料：我国全年出口煤炭达 2000 万 t 以上。我国已成为世界主要煤炭出口大国。随着煤炭工业的发展和世界各国对煤炭需求量的增加，出口创汇额将与日俱增，潜力很大。

煤炭还是重要的生活资料，人类的生存、发展和煤炭息息相关。煤炭不仅为人们提供赖以生存的光和热，还为人们提供了丰富多彩的生活必需品。

综上所述，加快我国煤炭生产建设，对实现四个现代化，增强国家的经济实力，不断满足人民日益增长的物质和文化生活需要，都具有举足轻重的作用。

(二)

我国是世界上开发、利用煤炭最早的国家之一。早在公元前 4000 年，东北地区就已出现煤炭雕刻精品。到公元前一世纪，煤炭的开发与利用已进入新盛时期，我们的祖先开始用煤炭冶炼铜、铁等金属，从而推动了社会生产力的发展，为世界上最早进入文明时代的

中华民族，增添了光辉的篇章。随着生产的发展，我国古代煤矿开采技术经过几千年的生产实践，到明朝末期已日趋完善。在煤矿开采、支护、提升、通风与瓦斯排放等不少领域，处于世界领先地位。明末宋应星所著《天工开物》一书中，就有煤矿开采的全面论述，它是我劳动人民智慧的结晶。但是几千年封建专制制度的统治，煤炭工业发展速度和其他工业生产一样，长期停滞在原始的手工操作水平上。直到 19 世纪中期，封建制度日渐瓦解，资本主义开始萌芽，才出现地主、官僚资本家投资建设煤矿。自 1876 年后，在台湾和开平（现开滦）先后开办了基隆煤矿和开平煤矿。从此，才逐步有了主要生产系统采用机械的近代煤矿。进入本世纪后，帝国主义、官僚资本主义和封建势力相互勾结，掠夺了我国各大矿区的开采特权。德国霸占了山东的淄博和河北的井陉；英国强占了开滦和焦作；帝俄侵占了东北的抚顺等。日本军国主义侵占中国后，大部分煤矿为日本独占。帝国主义者利用廉价的劳动力，采用落后的开采技术和简陋的生产设备，进行掠夺式开采，使煤炭资源遭到极大的破坏，严重地阻碍了我国煤炭工业的发展。所以，全国解放初期，煤炭工业完全是个百孔千疮的烂摊子。

新中国诞生 40 多年来，煤炭工业经过艰苦创业，有了很大的发展变化。

煤炭产量，通过大规模地进行新矿井建设和老矿井的技术改造与革新挖潜，大幅度地提高了矿井生产能力，全国煤炭产量由解放初期的年产 3240 万 t 提高到 1993 年的 11.4 亿 t，是建国之初的 35 倍。煤炭产量由世界排名第九位上升至第一位。

煤炭资源，解放前没有进行系统的勘探，已探明的储量为数不多。40 多年来地质勘探队伍不断发展壮大，勘探手段与设备不断更新，为煤炭资源的探明，提供了可靠的依据，从而探明与发现了众多的新煤田，据不完全统计，全国累计探明储量 9000 亿 t，居世界前列。为煤炭工业的大发展提供了可靠的物质保证。

旧中国煤矿基本建设的基础很薄弱，很少进行正规矿井的设计与建设。新中国成立后，煤矿基本建设蓬勃发展，矿井设计与建设的队伍日益壮大，已具有相当雄厚的技术与物质力量。截止 1990 年止，已有 11 个矿务局、78 个矿井被命名为现代化矿务局、矿。现在，能自行设计与建设特大型矿井。累计先后设计年产 100 万 t 以上的大型矿井共 150 多对，煤矿建设由过去的受援国变成了援外国。我国的特殊凿井技术已跨入世界先进行列；斜井快速施工技术在上居领先地位。

采煤机械化程度得到了很大的提高，改革了旧中国遗留下来的高落式、残柱式等落后的采煤法，普遍推行了长壁式采煤法。采煤工艺也由过去的单一手工操作逐步实现了半机械化和机械化作业。例如，过去落煤以手镐为主，如今逐步实现了爆破与机械落煤；支护由过去的木支柱、金属摩擦支柱，逐步被单体液压支柱和自移式液压支柱所取代。全国统配煤矿采煤机械化程度，从 1960 年的 9.67% 上升至 1991 年的 68.69% 以上，其中综合机械化采煤达到 37.56%。预计本世纪末统配煤矿机械化程度可达到 75% 以上。

煤矿机械制造行业，先后为煤矿提供了 400 多万 t 机械设备，机电产品由解放初的十几种发展到 500 多种。不仅能设计与制造综采和掘进机械的成套设备，满足生产建设的需要和供应出口，还能用国产设备装备特大型矿井。

为确保工人生命安全和国家财产不受损失，制订与实施了“安全第一、预防为主”的方针，不断地加强了安全技术管理，提高了抗灾能力，使瓦斯、煤尘、水、火等自然灾害事故得到了一定程度的控制。恶性事故逐年下降，煤矿的落后面貌有了根本的改观。

现代化科学管理和计算机技术在煤田地质勘探、矿井建设和生产中的推广应用，已取得良好的经济效益和社会效益，使煤矿由过去传统的经验管理方法向科学管理迈进了一大步。

我国煤炭工业经过 40 多年的建设，取得了举世瞩目的成就，但同世界发达国家相比，还有一定的差距，和“四化”建设速度还不相适应。要改变这种被动与落后的局面，必须在提高经济效益和促进社会节能的前提下，在本世纪末使煤炭年产量达到 14 亿 t 以上。为此，要在大力建设露天煤矿，加快矿井建设速度与建设规模的同时，不断对老矿井与地方煤矿进行技术改造，使其布局合理，有利于集中生产；提高机械化水平与劳动生产率，扩大生产能力，增强抗灾能力，保证安全生产，这是确保煤炭产量稳步、持续发展的战略性措施。

要大力加快现代化矿井建设的进程，力争在本世纪末有三分之一以上的统配煤矿达到现代化矿井的标准。实现现代化矿井，采掘机械化与自动化是关键和基础。要通过采煤方法的革新，实行现代化管理和采掘机械化，提高劳动生产率与经济效益。采煤方法改革的根本出路在于发展机械化。综合机械化采煤是采煤机械化的发展方向，因此要有计划地大力推广。基于我国煤层赋存条件的多样和多层次的管理结构，决定了在今后相当长的时期内，还将保持自动化、机械化和半机械化并存的技术结构局面，即普通机械化采煤与爆破采煤还要占较大比重。所以，要加强普通机械化采煤工作面的改造，提高机械化程度与生产能力；要不断缩小爆破采煤工作面的比例，并在炮采工作面推广使用防炮崩单体液压支柱、大功率刮板输送机和微差爆破技术等新工艺。

加强煤炭的洗选加工，提高商品煤的质量，节约能源，提高煤炭利用率；开展煤的综合利用，扩大煤的使用价值，改革煤炭产品结构和旧的经营机制，适应市场经济的需要，提高煤炭企业的经济效益。

依靠科技进步，是发展煤炭工业的重要方针，即坚持科技面向煤炭生产建设，煤炭生产建设必须紧紧依靠科技进步。建立健全煤炭生产建设、安全保护等完整的科学技术研究体系。不断采用新技术、新工艺和新设备装备煤矿，才能使我国的煤炭建设事业，在技术面貌与管理水平等方面发生根本性的变化，全面赶上或超过世界发达国家的水平。

(三)

《采煤通论》是计划统计、劳动工资和煤矿企业管理专业的主要专业基础课之一，是学习专业课和从事专业技术管理工作的基础。只有熟悉煤矿生产建设的全过程，掌握煤矿生产的特点、采掘工艺过程和组织管理知识，才能有效地进行计划与劳动工资等各项管理工作。因为煤矿生产计划的编制、劳动定额的制订、技术经济指标的分析和生产管理，都要以煤矿的生产技术活动为依据。只有这样才能如实反映煤矿生产经营活动的特点，才能对生产活动起指导作用。从而促进煤矿企业的生产发展。

《采煤通论》主要是研究煤矿开采和安全技术的科学，是内容覆盖面广、综合性较强的课程。内容包括：煤矿地质、井巷施工技术、井田开拓、采煤方法、矿井通风与安全、选煤知识等。通过本课程的教学要使学生全面了解煤的形成、赋存特征及其对开采的影响；掌握煤矿井巷总体部署与生产系统，初步建立起煤矿生产的整体概念；熟悉采煤与掘进的工艺过程、煤矿生产的技术政策和组织管理知识；掌握煤矿自然灾害的预防与处理知识，提

高搞好安全生产、劳动保护的认识与自觉性；初步了解煤的洗选与综合利用的知识，增强经济意识。

现代化矿井建设与生产，一靠技术装备的现代化，二靠管理科学化。只有把生产技术与组织管理有机结合起来，才能保证整体目标的实现。煤矿的计划统计、劳动工资与煤矿企业管理是煤矿生产管理的重要组成部分。要建设现代化矿井，推进管理科学化的关键，是培养造就一大批熟悉煤矿生产技术、会管理的技术人材。这就是学习本课程的基本任务。

《采煤通论》是门实践性很强的课程。在教学中要理论联系实际，密切结合我国煤矿生产的实际问题进行论述，提高学生分析和解决实际问题的能力；授课中除采用模型等直观教学外，要加强现场参观与实习，增加感性知识，提高教学效果。

第一篇 煤 矿 地 质

地质学是研究地球的科学。即主要研究地壳的构造运动与发展过程、地壳物质组成与形成条件、地壳发展历史与生物演化规律、各种矿物的形成与分布规律、地质学在生产中的应用等。

煤矿地质学则是利用地质学的基本原理,研究煤的形成、性质、赋存状态,以及影响矿井建设和生产的各种地质因素的学科。它是在煤矿生产建设中发展起来的,所以与煤矿的基本建设、开拓、开采有着密切联系。实践证明:没有可靠的地质资料作基础,就不能做出正确的矿井设计;没有正确的地质工作,也就不可能顺利地进行矿井建设与采煤工作。因此,煤矿地质工作在煤矿基本建设和生产过程中,占有极其重要的地位。

第一章 地壳及其运动

煤炭资源的形成是地壳长期运动、发展和演化的产物。它在地下的形成与赋存状况,与地质作用有密切的关系。因此,要了解煤炭的形成与产状,就必须了解有关地壳组成、地质作用和地壳演变等方面的地质知识。

第一节 地壳的组成

一、地壳

(一) 地壳的分布概况

地球是两极半径稍短,赤道半径稍长,平均半径为 6371.02km 的椭球体。地球内部是非均质的、具有分层的结构体。根据其物质成分和物理状态(密度、温度、压力等)不同,地球分为地壳、地幔、地核三个同心的圈层(图 1-1)。

地壳是地球表面的坚硬薄壳层,其厚度约为地球半径的四百分之一。地壳的厚度各地有很大差别,一般在大陆范围内厚 30~40km,越往高山区厚度越大,例如我国西藏高原及天山地区的厚度达 65km 以上;海洋部分厚度较薄,约为 5~8km;平均厚度约 17km。

地壳根据组成的物质成分不同,可分为上下两部分:上部地壳的化学成分,以硅、铝为主,故称硅铝层,它在陆地较厚,海洋底部较薄或缺失,平均厚度 10km,呈不连续分布;在硅铝层下面是呈连续分布的一层为下部地壳,在海底有直接出露,其成分除硅铝之外,还含有较多的铁、镁,所以称硅镁层(图 1-2)。

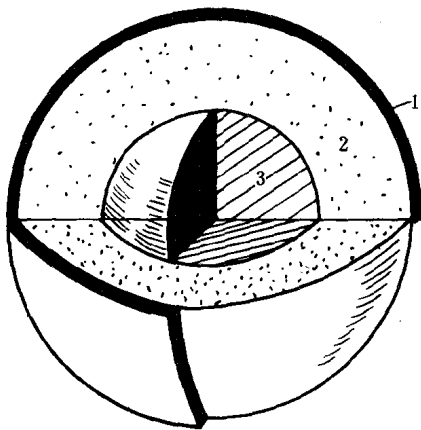


图 1-1 地球的圈层构造

1—地壳; 2—地幔; 3—地核

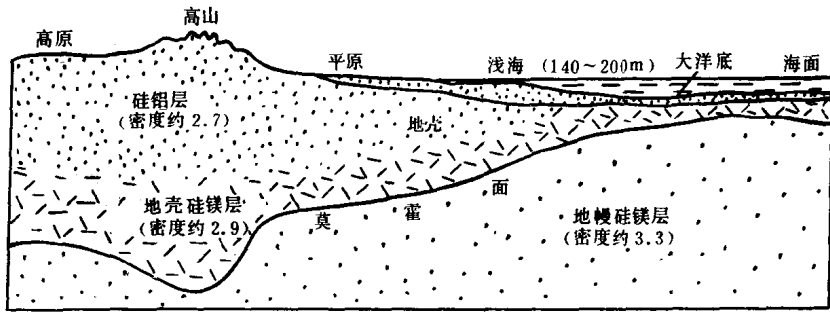


图 1-2 地壳结构示意图

由上述可知，地壳厚度的不均和硅铝层的不连续分布状态，体现了地壳构造的重要特征。

(二) 组成地壳的物质

岩石是组成地壳的固体物质，各种岩石是由矿物组成的，矿物是自然元素在地质作用下形成的自然单质或化合物。所以，化学元素是组成地壳的最基本物质。

根据地球化学分析，组成地壳的化学元素几乎包含化学元素周期表中的所有元素。在地壳中各种元素分布极不均匀，所占比重相差很大。

元素在地壳中的分布情况，通常用克拉克值表示。克拉克值是指元素在地壳中的平均重量所占的百分比。地壳中占主要地位的几种元素的克拉克值如表 1-1。

表 1-1 各种元素在地壳中所占比重表

元 素	克拉克值,%	元 素	克拉克值,%	元 素	克拉克值,%
O	49.13	Fe	4.20	Mg	2.35
Si	26.00	Ca	3.25	K	2.36
Al	7.45	Na	2.40	H	1.00

由上表可知：氧、硅、铝、铁、钙、钠、镁、钾、氢等 9 种元素共占地壳总量的 98.14%，其余元素的总质量不足 2%。在地壳中含量最多的氧元素几乎占一半；其次是硅元素，质量超过了四分之一。

在地壳中，有的元素虽然含量很低，但随着地壳的不断运动，在地质作用的影响下，在自然界中发生迁移和聚集，导致有的元素在局部地区富集，形成有经济开采价值的有益矿产资源，例如铜、铝、铋、钨等矿床。还有的元素，不仅在地壳中含量极少，而且多呈分散状态不易聚集，又很难提取，故通常称为稀有元素，例如钒、锆、镓、铀等。稀有元素是发展尖端科学和高新技术产业不可缺少的工业原料。

二、地质作用

自从地壳形成以来，没有一个地方或一块岩体能保持原始形态而没发生变化的。例如，有的陆地下降而成为汪洋大海；有的陆地隆起而成为高山峻岭；湖海变迁、河流改道，以及地震、火山爆发等自然现象，就充分说明地球在漫长的地质年代里，地壳始终处于不断发展和变化过程中。使地球表面形态和内部结构不断运动和变化的各种自然动力作用，称

为地质作用。根据地质作用能量来源和发生的地点不同，分为内力和外力地质作用两大类。

（一）内力地质作用

由地球本身的能量，如地球旋转产生的旋转动能、重力作用形成的重力能、某些放射性元素蜕变产生的热能等引起的地质作用，称为内力地质作用。例如，地壳运动、岩浆活动、变质作用和地震作用等都属于内力地质作用。

1. 地壳运动

地壳运动是地壳结构发生变形和地球内物质变位的运动。这种运动有些能被人们直接感觉到，例如地震；有些进行得十分缓慢，很难被人们直接察觉，但它留下的地质痕迹可以找到，例如，在喜马拉雅山的沉积岩层中，考古工作者找到了只能在海洋里生存的动植物化石，这就说明该地区在若干万年以前曾经是沧茫大海，如今却变成了世界著名的高山，而且根据测量，现在仍以每年 $17\sim 18.2\text{mm}$ 的速度不断地上升。又如，1926 年和 1933 年科学工作者先后两次对世界上 52 个天文台的间距，进行精确测量后发现：欧洲和美洲在北纬 45° 的间距，七年中平均每年远离了 65cm 。

地壳的运动，表现为沿地球半径方向的升降运动，及沿地球切线方向的水平运动两种基本形式。这两种运动形式并不是孤立存在、截然分开的，而是相互联系、彼此转化的。例如，在同一地区的地壳运动中，某一地质时期可能以升降运动为主，而在另一地质时期，则可能以水平运动为主。大规模的升降运动可以引起水平运动；同样，水平运动也可以引起升降运动。但从整体作用来看，两种运动形式中水平运动起着主导作用。

地壳运动的结果，不仅引起了山川、海陆位置变迁，使岩层产生弯曲和破坏，同时还可能导致其它地质作用（如岩浆活动、变质作用和地震作用）的发生。由此可见，地壳运动对地壳发展演变起着主导作用。

2. 岩浆活动

岩浆是在地壳深部或上部地幔处，形成的富含挥发性物质与硅酸盐的高温溶融体。其温度可达 $1000\sim 1300^\circ\text{C}$ 以上，压力高达几百个 MPa。因此，岩浆本身具有很高的能量。在地壳剧烈运动中，由于岩层局部破裂或压力降低，岩浆将沿着破裂带向地壳上部运动。岩浆运动过程中，温度与压力逐渐降低，并与周围岩体相互作用，不断地改变自身的化学成分与物理状态，最后冷凝成坚硬的岩石。岩浆运动与其逐渐转变成岩石的过程，称为岩浆活动，或称为岩浆作用。

岩浆冲破上覆岩层的阻力而直接喷出地表时，就形成了火山喷发，称为岩浆的喷出活动。火山喷发时，先猛烈喷出大量气体与固体物质，接着就喷出大量岩浆，然后才缓慢地停息下来。在火山喷发的气体物质成分中，水蒸汽约占 60%。此外，还有二氧化碳、硫、氮和少量的一氧化碳、氢、氯等气体，以及极少量的氡、氟等稀有气体。火山喷出的固态物质，是火山口附近的破碎岩石或岩浆抛射到空中后冷凝而成的火山碎屑物。

火山喷发能造成严重的自然灾害，例如 1902 年 6 月西印度群岛的培雷火山喷发时，喷出温度高达 800°C 的气体与岩浆，毁掉了远离 8km 以外的圣彼得城。

如果岩浆没有喷出地表，而在地壳的不同深度冷凝固晶成岩石时，称为岩浆侵入活动。如果岩浆侵入到含煤地层时，将造成煤层不同程度的破坏，例如变成天然焦炭等，从而影响煤层的开采与利用。

岩浆活动过程中，能在地壳内伴生一些矿床。因为岩浆内含有熔点各异、比重不同的

矿物，它们在高温、高压条件下混熔在一起。当岩浆活动时外界条件不断发生变化，随着温度、压力的降低，岩浆会分化出熔点高的矿物先结晶，熔点低的矿物后结晶；比重轻的矿物上升，比重大的矿物下沉等。所以，在岩浆活动的不同阶段就形成了不同的矿床。世界各国的许多金属矿床，特别是有色金属和稀有金属矿床，就是这样形成的。例如赞比亚的铜矿、南非的金刚石矿，我国江西的钨矿与四川攀枝花的铁矿等。此外，还可以形成石英、黑云母等非金属的矿床。

3. 变质作用

在地壳中已形成的岩石，由于地壳运动、岩浆活动等使原来岩石的结构与矿物成分发生不同程度的变化或转化再产生新的岩石，这种使原有岩石发生变质的过程，称为变质作用。

引起原有岩石发生变质的因素有：温度、压力及某些化学性质活泼的气态或液态物质。地热或岩浆热使岩石温度不断升高，在高温作用下，内部质点活动能力增加，使原来难结晶的岩石变成结晶质；细粒结晶岩石重结晶变成粗大结晶粒的岩石。例如石灰岩在高温作用下可以变成结晶粗大的大理石。高温还能促进矿物成分的化学反应，产生高温变质矿物。岩石受到上覆岩层重量和构造运动压力时，使原有岩石中的矿物成分发生定向排列，密度增大，体积缩小，从而形成新的岩石。例如比重较大的石榴石，就是在高压条件下由橄榄石变质而成的。此外，在岩浆侵入活动中，化学性质活泼的气态与液态物质在高温、高压条件下，将与周围岩体发生一系列化学作用，促使岩石的矿物成分发生变化，从而形成新的矿物岩石。

在变质作用过程中，上述三种影响因素是相互联系、共同作用的，只是在不同的地质环境与物质条件下，可能由某一种因素起主导作用。

由于变质因素与地质条件不同，变质作用分为区域变质与接触变质两种。区域变质是在大范围（几十至几万平方公里）内的区域性地壳运动所引发的一种变质作用。它是岩石在地下深处，受到长期的、剧烈的地壳运动和岩浆作用影响而发生的，是多种变质因素综合作用的结果。接触变质是在岩浆侵入过程中，发生在侵入体与围岩接触带的一种变质作用。它是在围岩受到高温和岩浆中大量化学活泼性物质的作用下发生的

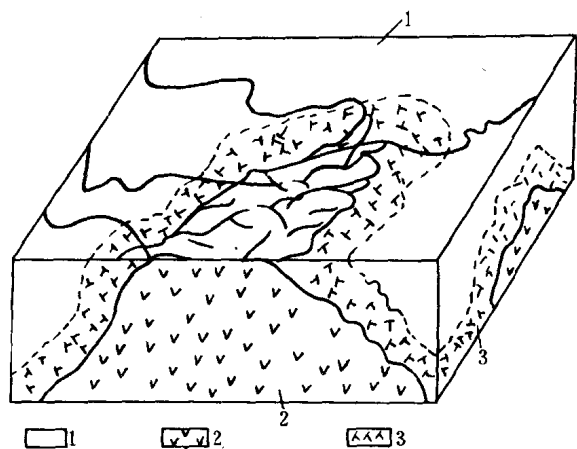


图 1-3 接触变质示意图

1—围岩；2—侵入体；3—接触变质带

(图 1-3)。

4. 地震作用

由于地壳运动、火山喷发等自然因素引起地壳快速颤动，称为地震。由于构造运动所引起的地震，分布范围广、发生的次数最多（若占地震发生次数的 90%）。因此，通常所指的地震，就是构造地震。它是在长期地壳运动的作用下，在岩层产生弯曲变形过程中，积

蓄了大量弹性能，当其超过岩层本身强度时，岩层就要发生断裂，在岩层发生断裂的瞬间，积蓄的大量弹性能，突然向外释放，从而引起大地快速颤动，形成地震运动。从孕震、地震发生到余震出现的全过程，称为地震作用。

地震有大小与强弱之分：小地震不为人们所察觉，而强烈地震能造成巨大的破坏作用。强烈地震不仅引起山崩地裂，而且能在短时间内摧毁人们长期创造的劳动成果，造成房屋倒塌，人畜伤亡。1976年7月28日凌晨，我国河北省唐山市的大地震就是一例。因此，地震是一种严重的自然灾害。

地震作用的大小与强弱，用震级与烈度表示。震级表示地震时释放出来的能量大小，共分10级。地震时释放出来的能量越多，震级就越大。烈度是指地面及地面建筑物受地震破坏的程度，共分为12度。地震的烈度越大，造成的破坏性就越大。唐山大地震的震级为8.2级，烈度为12度。

（二）外力地质作用

外力地质作用是指通过日光、大气、风、霜、雨、雪、河流、地下水、冰川、海浪与生物活动等，对地壳表面进行的改造作用。它主要是由太阳辐射热引起的，所以发生在地表或接近地表的地方。

外力地质作用包括：风化和剥蚀作用；搬运与沉积作用；以及固结成岩作用。

1. 风化和剥蚀作用

由于地球表面温度的变化、水和大气化学作用，以及生物活动的影响，使地表的矿物岩石在原地遭到破坏、崩裂粉碎或分解溶化的过程，称为风化作用。地表的气温，有些地区变化很大，例如我国西北地区有时昼夜温差可达 40°C 以上。由于岩石是一种不良导体，导热性能很差。在季节性气温变化、特别是昼夜气温变化影响下，岩石的内部和外部产生不同程度的膨胀和收缩，天长日久，大块岩石就会产生纵横交错的裂缝，并随着时间的推移而逐步扩大和加深，致使岩石由表及里逐渐崩裂和破碎。

有些生物生长在岩石的裂缝中时，随着植物的不断长大，其根部越来越粗壮，致使岩石裂缝逐渐扩大而遭破坏。同时，植物在生长过程中，一方面吸收岩石中的氮、磷、钾、铁、钙等元素作为养料，必然对岩石起到破坏作用；另一方面植物本身要分泌出有机酸成分的物质，促使岩石分解与风化。

以流动物质为自然动力的风、雨、流水等，将风化作用产生的岩石碎屑和可溶物质从原生地搬走，同时又继续对岩石进行破坏的过程，统称剥蚀作用。最常见的剥蚀作用，是流水对岩石的破坏。水流中如果夹带着碎砂时，将会使流水对岩石的剥蚀作用更为剧烈。

流水除了对岩石进行上述机械剥蚀作用外，有时还会对岩石产生化学剥蚀，又称溶蚀作用。例如，在石灰岩发育地区，地下水在石灰岩缝隙中不断流动时，岩石在水和溶于水的二氧化碳作用下，逐渐溶解、破坏，形成溶洞与地下河。

风化和剥蚀都是对地表岩石的破坏作用，它们彼此相互促进。岩石风化后变得松软，有利于剥蚀；剥蚀后的岩石暴露出新面，又有利于继续风化。风化和剥蚀的产物，就成了搬运和沉积作用的物质来源。

2. 搬运和沉积作用

将风化和剥蚀的产物，从风化剥蚀地区运送到沉积区进行沉积的过程，称为搬运作用。风、流水、冰川是实现搬运作用的主要自然动力。

搬运作用根据搬运方式不同,分为机械搬运与化学搬运。河水、风、冰川等在流动过程中,带走风化剥蚀下来的岩石碎块和砂粒,属于机械搬运。机械搬运,由于搬运力量按一定规律减弱(如风速降低、水流量减少),从而使岩石碎块按颗粒大小和比重不同分别集中,使沉积物沿水平方向与垂直方向上,具有一定的分选性。例如,颗粒粗、比重大的岩石碎块,搬运的距离较近,先沉积下来;颗粒细、比重小的碎石块,则搬运距离远,后沉积下来。因此使沉积岩往往具有层理构造。化学搬运作用又称为溶运,它是以真溶液或胶体溶液的方式,将风化剥蚀的易溶物质转送到河流、湖泊之中,乃至流入海洋的一种搬运作用。

沉积作用是因搬运动力的减弱或消失,被搬运的物质从流水等搬运介质中分离出来,形成松散沉积物的过程。沉积作用一般发生在地表低洼地区,其中海洋和内陆湖泊等积水盆地,是最主要的沉积区。

沉积物形成的方式,一种是由于搬运动力减弱或消失,碎屑物质按颗粒粗细、比重大小,依次沉积下来而形成的机械沉积;另一种是溶解在水中的物质,由于化学、蒸发作用而发生沉淀的化学沉积;再一种是生物死亡后,由遗体堆积而形成的生物沉积。煤的形成就属于生物沉积。

3. 固结成岩作用

经过风化、剥蚀、搬运、沉积等作用形成的松散沉积物,再经过压紧、脱水和胶结之后,固结成坚硬岩石的过程,称为固结成岩作用。它包括压紧、胶结与重结晶等作用。

压紧作用,随沉积物厚度逐渐增加,下部沉积物所受压力不断增大,从而使这些沉积物压缩,水分减少,孔隙度降低,颗粒间的吸附作用力增强而形成坚硬的岩石。例如,软泥类沉积物形成初期,孔隙度可达80%,经过压紧作用后,孔隙度不足20%。因此,压紧作用对颗粒细小的泥质沉积物成岩,起着很重要的作用。

胶结作用,是沉积物颗粒间的孔隙被泥质、钙质(方解石)铁质(赤铁矿)、硅质(石英)等更细微的胶结物质充填后,在外界作用的影响下,各颗粒相互粘结形成坚硬岩石的过程。胶结物的成分与含量的多少,对胶结作用的强弱有很大的影响。一般由硅质或铁质胶结的岩石,其强度要高于泥质胶结的岩石;同类岩石中胶结物质含量越多,胶结作用就越强,岩石的强度则越高。

重结晶作用,是指沉积物质的质点,发生重新排列组合的作用。重结晶作用可使非结晶质成为结晶质,细晶粒变为粗晶粒。例如,钙质软泥经过重结晶作用后,就变成石灰岩。

由上述可知,随着一系列外力地质作用的进行,地表岩石不断遭到风化、剥蚀而破坏;同时又不断经过搬运、沉积与固结,形成新的岩石。

总之,内力地质作用和外力地质作用自地壳形成以来,都不是孤立进行的,而是相互依存又相互矛盾的统一体,从而形成推动地壳发展的动力。它们在时间上和空间上的连续发展过程,就是地壳发展演变的历史。两种地质作用之间,既相互制约,又相互促进。例如,地壳上升隆起,有利于风化剥蚀;相反,地壳下沉有利于沉积、固结成岩;内力作用可形成高山,而外力地质作用,可把高山削为平地。所以,地壳的破坏与形成,往往同时进行,但发展又是不平衡的。在不同地质时期内,可能是某一种地质作用占优势,但从整体上来说,内力作用对地壳的形成和发展起着主导作用。

三、矿物与岩石