

21世纪中职教育新编教材

采煤概论

CAIMEI GAILUN

胡贵祥 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

21 世纪中职教育新编教材 要 容 内

本书是教育部《中等职业学校教学大纲》的配套教材，由教育部组织编写，旨在提高中等职业学校的教学质量，培养学生的实践能力和创新精神。本书可作为中等职业学校及相关专业的教材，也可供从事相关工作的技术人员参考。

采 煤 概 论

ISBN 978-7-81108-637-9

主 编 胡贵祥

副主编 焦 健

参 编 张宏升 余 岚

何乐民 张映银

分 类 号 采 煤

特 种 号 采 煤

著 者 焦 健

平 装 册 1

中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内)

http://www.cup.com.cn E-mail: cup@cup.com.cn

中国矿业大学图书馆

徐州中国矿业大学图书馆

江苏书店

787×960 1/16 32印张 1.20元

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

中国矿业大学出版社

1.20元

(CIP) 2007.8

内 容 提 要

本书较系统地介绍了煤矿建设与生产的基础知识,内容包括:煤矿地质知识与矿图、井田开拓、矿井生产系统、井巷掘进与支护、采煤方法、矿井通风、矿井灾害及预防、露天开采和煤矿环境保护。

本书适合于中等职业学校煤炭类非采矿技术和矿井通风与安全专业教学用书,亦可作为企业在职人员培训和煤炭生产技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

采煤概论/胡贵祥主编. —徐州:中国矿业大学出版社,
2007.8

ISBN 978 - 7 - 81107 - 677 - 6

I. 采… II. 胡… III. 煤矿开采 IV. TD82

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第128131号

- 书 名 采煤概论
主 编 胡贵祥
责任编辑 姜志方 郭 玉
责任校对 周俊平
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×960 1/16 印张 15.5 字数 295 千字
版次印次 2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷
定 价 22.50元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

中职教育新编教材编审委员会

主任	刘胜利			
副主任	胡贵祥	张廷刚	何绍人	
委员	焦健	何沛锋	魏孔明	庞国强
	柳斌	杨楨	张宏升	刘斌
	牛鹏程	南永新	陈玉莲	刘润
	杨惠军			

前 言

为了适应当前中等职业教育教学改革的要求,突出职业教育特点,注重学生应用能力和实践能力的培养,根据煤炭类非采矿技术专业教学大纲对煤矿建设、生产和管理知识的要求,针对中等职业学校学生的实际基础和接受知识的能力,组织编写了本教材。

在编写过程中,本着理论上必需、够用,内容上先进、实用的原则,本书系统地介绍了煤矿开采的基本知识,反映了煤矿建设和生产的最新技术、最新装备和煤炭开采技术的发展趋势,突出了基本概念、基本理论、基本技能和基本方法的学习,力求使学生对煤矿建设、安全生产的现状及其发展方向具有全面、概括的了解,为进一步学习专业课程奠定基础。

本书参考学时数为 60~70 学时,教学中可根据不同专业要求选用教学内容。

参加本书编写的人员及分工如下:胡贵祥编写绪论、第四章;张宏升编写第一章;张映锸编写第二章、第八章;余岚编写第三章、第七章、第九章;何乐民编写第五章;焦健编写第六章。全书由胡贵祥任主编,焦健任副主编。庞国强审阅了本书全稿。

本书在编写过程中,参考和引用了许多文献和技术资料,同时也得到了甘肃煤炭工业学校领导和老师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错误和不妥之处难免,恳请使用本书的师生批评指正。

编 者

2007.7

111	.....	.....	.....
121	.....	.....	.....
141	.....	.....	.....
151	.....	.....	.....
161	.....	.....	.....
181	.....	.....	.....
201	.....	.....	.....
221	.....	.....	.....
241	.....	.....	.....
261	.....	.....	.....
281	.....	.....	.....
301	.....	.....	.....
321	.....	.....	.....
341	.....	.....	.....
361	.....	.....	.....
381	.....	.....	.....
401	.....	.....	.....
421	.....	.....	.....
441	.....	.....	.....
461	.....	.....	.....
481	.....	.....	.....
501	.....	.....	.....
521	.....	.....	.....
541	.....	.....	.....
561	.....	.....	.....
581	.....	.....	.....
601	.....	.....	.....
621	.....	.....	.....
641	.....	.....	.....
661	.....	.....	.....
681	.....	.....	.....
701	.....	.....	.....
721	.....	.....	.....
741	.....	.....	.....
761	.....	.....	.....
781	.....	.....	.....
801	.....	.....	.....
821	.....	.....	.....
841	.....	.....	.....
861	.....	.....	.....
881	.....	.....	.....
901	.....	.....	.....
921	.....	.....	.....
941	.....	.....	.....
961	.....	.....	.....
981	.....	.....	.....
1001	.....	.....	.....
1021	.....	.....	.....
1041	.....	.....	.....
1061	.....	.....	.....
1081	.....	.....	.....
1101	.....	.....	.....
1121	.....	.....	.....
1141	.....	.....	.....
1161	.....	.....	.....
1181	.....	.....	.....
1201	.....	.....	.....
1221	.....	.....	.....
1241	.....	.....	.....
1261	.....	.....	.....
1281	.....	.....	.....
1301	.....	.....	.....
1321	.....	.....	.....
1341	.....	.....	.....
1361	.....	.....	.....
1381	.....	.....	.....
1401	.....	.....	.....
1421	.....	.....	.....
1441	.....	.....	.....
1461	.....	.....	.....
1481	.....	.....	.....
1501	.....	.....	.....
1521	.....	.....	.....
1541	.....	.....	.....
1561	.....	.....	.....
1581	.....	.....	.....
1601	.....	.....	.....
1621	.....	.....	.....
1641	.....	.....	.....
1661	.....	.....	.....
1681	.....	.....	.....
1701	.....	.....	.....
1721	.....	.....	.....
1741	.....	.....	.....
1761	.....	.....	.....
1781	.....	.....	.....
1801	.....	.....	.....
1821	.....	.....	.....
1841	.....	.....	.....
1861	.....	.....	.....
1881	.....	.....	.....
1901	.....	.....	.....
1921	.....	.....	.....
1941	.....	.....	.....
1961	.....	.....	.....
1981	.....	.....	.....
2001	.....	.....	.....
2021	.....	.....	.....
2041	.....	.....	.....
2061	.....	.....	.....
2081	.....	.....	.....
2101	.....	.....	.....
2121	.....	.....	.....
2141	.....	.....	.....
2161	.....	.....	.....
2181	.....	.....	.....
2201	.....	.....	.....
2221	.....	.....	.....
2241	.....	.....	.....
2261	.....	.....	.....
2281	.....	.....	.....
2301	.....	.....	.....
2321	.....	.....	.....
2341	.....	.....	.....
2361	.....	.....	.....
2381	.....	.....	.....
2401	.....	.....	.....
2421	.....	.....	.....
2441	.....	.....	.....
2461	.....	.....	.....
2481	.....	.....	.....
2501	.....	.....	.....
2521	.....	.....	.....
2541	.....	.....	.....
2561	.....	.....	.....
2581	.....	.....	.....
2601	.....	.....	.....
2621	.....	.....	.....
2641	.....	.....	.....
2661	.....	.....	.....
2681	.....	.....	.....
2701	.....	.....	.....
2721	.....	.....	.....
2741	.....	.....	.....
2761	.....	.....	.....
2781	.....	.....	.....
2801	.....	.....	.....
2821	.....	.....	.....
2841	.....	.....	.....
2861	.....	.....	.....
2881	.....	.....	.....
2901	.....	.....	.....
2921	.....	.....	.....
2941	.....	.....	.....
2961	.....	.....	.....
2981	.....	.....	.....
3001	.....	.....	.....
3021	.....	.....	.....
3041	.....	.....	.....
3061	.....	.....	.....
3081	.....	.....	.....
3101	.....	.....	.....
3121	.....	.....	.....
3141	.....	.....	.....
3161	.....	.....	.....
3181	.....	.....	.....
3201	.....	.....	.....
3221	.....	.....	.....
3241	.....	.....	.....
3261	.....	.....	.....
3281	.....	.....	.....
3301	.....	.....	.....
3321	.....	.....	.....
3341	.....	.....	.....
3361	.....	.....	.....
3381	.....	.....	.....
3401	.....	.....	.....
3421	.....	.....	.....
3441	.....	.....	.....
3461	.....	.....	.....
3481	.....	.....	.....
3501	.....	.....	.....
3521	.....	.....	.....
3541	.....	.....	.....
3561	.....	.....	.....
3581	.....	.....	.....
3601	.....	.....	.....
3621	.....	.....	.....
3641	.....	.....	.....
3661	.....	.....	.....
3681	.....	.....	.....
3701	.....	.....	.....
3721	.....	.....	.....
3741	.....	.....	.....
3761	.....	.....	.....
3781	.....	.....	.....
3801	.....	.....	.....
3821	.....	.....	.....
3841	.....	.....	.....
3861	.....	.....	.....
3881	.....	.....	.....
3901	.....	.....	.....
3921	.....	.....	.....
3941	.....	.....	.....
3961	.....	.....	.....
3981	.....	.....	.....
4001	.....	.....	.....
4021	.....	.....	.....
4041	.....	.....	.....
4061	.....	.....	.....
4081	.....	.....	.....
4101	.....	.....	.....
4121	.....	.....	.....
4141	.....	.....	.....
4161	.....	.....	.....
4181	.....	.....	.....
4201	.....	.....	.....
4221	.....	.....	.....
4241	.....	.....	.....
4261	.....	.....	.....
4281	.....	.....	.....
4301	.....	.....	.....
4321	.....	.....	.....
4341	.....	.....	.....
4361	.....	.....	.....
4381	.....	.....	.....
4401	.....	.....	.....
4421	.....	.....	.....
4441	.....	.....	.....
4461	.....	.....	.....
4481	.....	.....	.....
4501	.....	.....	.....
4521	.....	.....	.....
4541	.....	.....	.....
4561	.....	.....	.....
4581	.....	.....	.....
4601	.....	.....	.....
4621	.....	.....	.....
4641	.....	.....	.....
4661	.....	.....	.....
4681	.....	.....	.....
4701	.....	.....	.....
4721	.....	.....	.....
4741	.....	.....	.....
4761	.....	.....	.....
4781	.....	.....	.....
4801	.....	.....	.....
4821	.....	.....	.....
4841	.....	.....	.....
4861	.....	.....	.....
4881	.....	.....	.....
4901	.....	.....	.....
4921	.....	.....	.....
4941	.....	.....	.....
4961	.....	.....	.....
4981	.....	.....	.....
5001	.....	.....	.....
5021	.....	.....	.....
5041	.....	.....	.....
5061	.....	.....	.....
5081	.....	.....	.....
5101	.....	.....	.....
5121	.....	.....	.....
5141	.....	.....	.....
5161	.....	.....	.....
5181	.....	.....	.....
5201	.....	.....	.....
5221	.....	.....	.....
5241	.....	.....	.....
5261	.....	.....	.....
5281	.....	.....	.....
5301	.....	.....	.....
5321	.....	.....	.....
5341	.....	.....	.....
5361	.....	.....	.....
5381	.....	.....	.....
5401	.....	.....	.....
5421	.....	.....	.....
5441	.....	.....	.....
5461	.....	.....	.....
5481	.....	.....	.....
5501	.....	.....	.....
5521	.....	.....	.....
5541	.....	.....	.....
5561	.....	.....	.....
5581	.....	.....	.....
5601	.....	.....	.....
5621	.....	.....	.....
5641	.....	.....	.....
5661	.....	.....	.....
5681	.....	.....	.....
5701	.....	.....	.....
5721	.....	.....	.....
5741	.....	.....	.....
5761	.....	.....	.....
5781	.....	.....	.....
5801	.....	.....	.....
5821	.....	.....	.....
5841	.....	.....	.....
5861	.....	.....	.....
5881	.....	.....	.....
5901	.....	.....	.....
5921	.....	.....	.....
5941	.....	.....	.....
5961	.....	.....	.....
5981	.....	.....	.....
6001	.....	.....	.....
6021	.....	.....	.....
6041	.....	.....	.....
6061	.....	.....	.....
6081	.....	.....	.....
6101	.....	.....	.....
6121	.....	.....	.....
6141	.....	.....	.....
6161	.....	.....	.....
6181	.....	.....	.....
6201	.....	.....	.....
6221	.....	.....	.....
6241	.....	.....	.....
6261	.....	.....	.....
6281	.....	.....	.....
6301	.....	.....	.....
6321	.....	.....	.....
6341	.....	.....	.....
6361	.....	.....	.....
6381	.....	.....	.....
6401	.....	.....	.....
6421	.....	.....	.....
6441	.....	.....	.....
6461	.....	.....	.....
6481	.....	.....	.....
6501	.....	.....	.....
6521	.....	.....	.....
6541	.....	.....	.....
6561	.....	.....	.....

第二节	长壁采煤法	111
第三节	放顶煤采煤法	134
第四节	急倾斜煤层采煤方法	143
第五节	连续采煤机房柱式采煤法	151
第六节	其他类型采煤方法	155
第六章	矿井通风	163
第一节	矿井通风的任务与矿内空气	163
第二节	矿井通风阻力和通风动力	167
第三节	矿井通风系统	171
第四节	矿井通风构筑物	179
第七章	矿井灾害防治	183
第一节	矿井安全生产法律法规	183
第二节	矿井瓦斯及其预防	185
第三节	矿井火灾防治	192
第四节	矿尘危害及其防治	195
第五节	矿井水灾的防治	198
第六节	冒顶事故及其预防	201
第七节	其他事故及其预防	203
第八节	自救与互救	207
第八章	露天开采	212
第一节	概述	212
第二节	露天开采的主要工艺过程	215
第三节	露天矿开采及境界	220
第九章	煤矿环境保护概述	226
第一节	地表沉陷及治理	226
第二节	大气污染及其控制	228
第三节	水污染及其控制	231
第四节	煤矿噪声污染及其控制	233
参考文献		238

面洗选加工储运系统的简化,同样规模的矿井建井工期缩短至一年左右。目前我国立井施工最大井深已超过 1 000 m,最高成井速度超过 200 m/月,斜井月成井速度超过 700 m/月,采用连续采煤机掘进的双煤巷,掘进断面 18 m²,月进度达 4 656 m。

表 0-1 13 个大型煤炭生产基地 98 个矿区表

大型基地	矿 区
神东基地	神东、万利、准格尔、包头、乌海、府谷
陕北基地	榆神、榆横
黄陇基地	彬长(含永陇)、黄陵、旬耀、铜川、蒲白、澄合、韩城、华亭
晋北基地	大同、平朔、朔南、轩岗、河保偏、岚县
晋中基地	西山、东山、汾西、霍州、离柳、乡宁、霍东、石隰
晋东基地	晋城、潞安、阳泉、武夏
蒙东(东北)基地	扎赉诺尔、宝日、希勒、伊敏、大雁、霍林河、平庄、白音华、胜利、阜新、铁法、沈阳、抚顺、鸡西、七台河、双鸭山、鹤岗
两淮基地	淮南、淮北
鲁西基地	兖州、济宁、新汶、枣滕、龙口、淄博、肥城、巨野、黄河北
河南基地	鹤壁、焦作、义马、郑州、平顶山、永夏
冀中基地	峰峰、邯郸、邢台、井陘、开滦、蔚县、宣化下花园、张家口北部、平原大型煤田
云贵基地	盘县、普兴、水城、六枝、织纳、黔北、老厂、小龙潭、昭通、镇雄、恩洪、筠连、古叙
宁东基地	石嘴山、石炭井、灵武、鸳鸯湖、横城、韦州、马家滩、积家井、萌城

2. 煤矿开采技术的发展

煤矿开采分为露天开采和地下开采,我国煤炭产量中地下开采占 90% 以上。地下开采的主要特点是地下作业,工作空间小,生产环节多,生产场所不断转移,并且受到各种地质灾害的威胁,因此,开采时不仅要在地面及井下建立一套完整的生产系统,而且要进行采煤、掘进、运输、提升、排水、动力供给及生产技术的管理,以保证安全有序地生产。煤层赋存条件的多样性决定了采煤方法的差异。目前我国煤矿地下开采的主要方法如图 0-1 所示。

20 世纪后半叶,我国逐步改革了落后的开采技术,推广长壁式采煤法,先后推行了半机械化、普通机械化、综合机械化和厚煤层大采高一次采全厚及放顶煤采煤工艺,采煤工作面装备和工艺技术不断完善,工作面向大型化、设备向重型化方向发展。目前煤矿机械化程度已达 80%,我国神东等矿区的地下开采技术已达到世界领先水平,在快速建井技术、大分区条带布置及全煤大巷开拓技术、

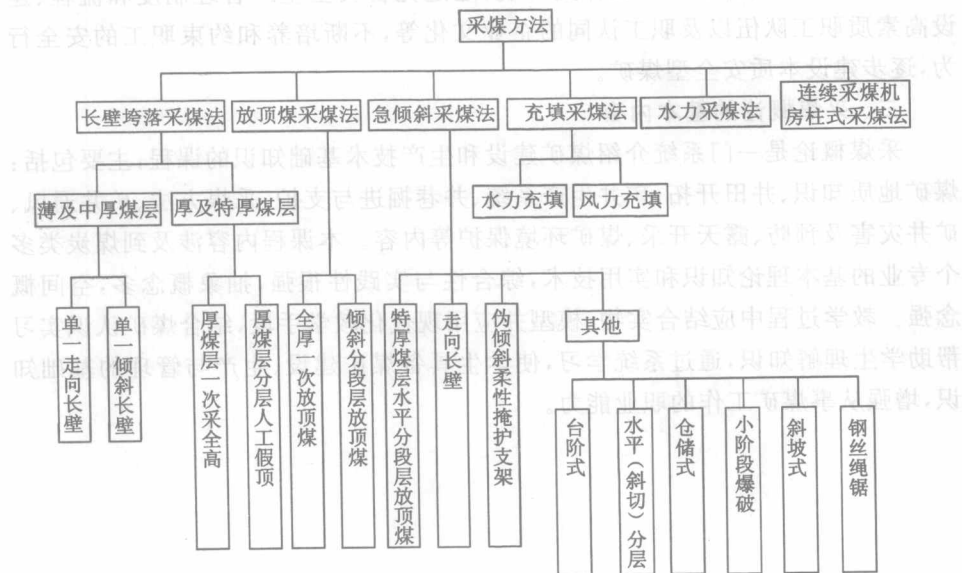


图 0-1 采煤方法分类表

无轨胶轮车辅助运输保障技术、千万吨工作面综采技术、连续采煤机短壁开采成套技术、大断面超长煤巷掘进技术、综采工作面专业化快速搬家技术、安全生产管控信息自动化技术等方面取得了一系列创新和突破。综采工作面长度达 360 m, 推进长度达 6 000 m, 实现了多个年产超 1 000 万 t 的综采工作面, 回采工效接近 1 000 t/工, 工作面单产、工效等多项指标创世界纪录。

3. 矿山机械制造技术的发展

我国目前已能设计和大批量成套制造提升、运输、通风、排水、采煤和掘进等大型机械设备; 研制使用了大功率带式运输机、大容量矿车、无轨胶轮车等运输设备, 大功率高效能的提升设备、大功率采掘设备及大采高支护设备。大型矿井基本上实现了井下煤流的连续运输。

4. 煤矿安全技术的发展

煤矿地下开采受到水、火、瓦斯、煤尘和顶板等自然灾害的威胁, 所以煤矿安全保障工作是煤矿生产的重要组成部分, 它直接关系到矿工的生命安全、身体健康和煤炭工业的和谐发展, “安全第一”是我国生产建设中一贯坚持的安全生产方针, 我国先后颁布了《矿山安全法》、《安全生产法》、《煤炭法》、《煤矿安全规程》等一系列法律法规, 以规范煤矿开采行为, 为保证煤矿安全生产起到了重要作用。通过简约化的生产系统、先进的装备和开采技术以及有效的灾害预防与治理技

第一章 煤矿地质与矿图基础知识

煤和其他矿产资源的存在,都是地球物质运动和各種地质作用的产物。了解地球物质的运动规律,认识煤炭资源的形成与各种地质作用的关系,掌握煤层的性质及其埋藏特征,具备基本地质图件的识读能力,是对从事煤矿建设和生产人员的基本要求。

第一节 地壳与地质作用

地球的精确形状是北极略尖突、南极略凹进的梨形椭球状,如图 1-1 所示,赤道半径 6 378.160 km,两极半径 6 356.755 km,平均半径 6 371.025 km。

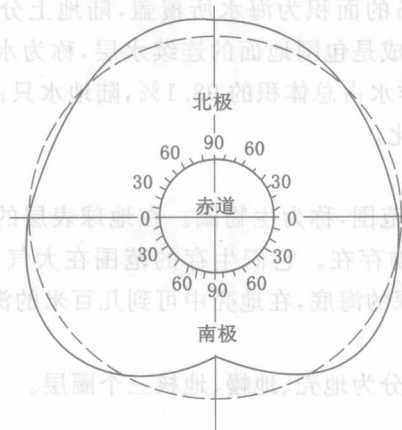


图 1-1 地球的形状示意图

一、地球的圈层构造

地球的圈层构造,是指地球的组成物质在空间上呈圈层状的分布,它表明地球不是一个均质体。以地表为界,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,如图 1-2 所示。

(一) 地球外圈层

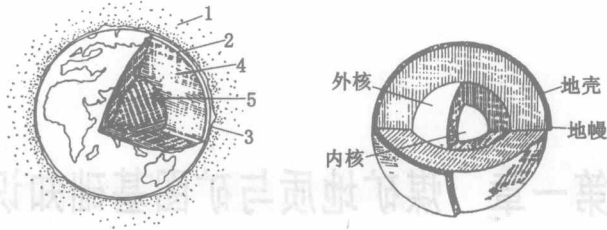


图 1-2 地球圈层结构示意图

1——大气圈；2——水圈；3——地壳；4——地幔；5——地核

1. 大气圈

大气圈是指包围在地球最外面的气态物质所组成的圈层。其上界可达 1 800 km 或更高的高空，逐渐向星际空间过渡，一般把地表、大陆和海洋的表面作为它的下界。

大气圈是由多种气体混合而成的，主要有氮气(占 78%)、氧气(占 21%)，此外还有少量的二氧化碳、水蒸气和灰尘等。

2. 水圈

地球表面约 70.8% 的面积为海水所覆盖，陆地上分布许多河流、湖泊、冰川、地下水，这些水可看成是包围地面的连续水层，称为水圈。水的总体积约为 $1.4 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，其中海洋水占总体积的 98.1%，陆地水只占 1.9%。水圈厚度在 0~11 033 m 范围内变化。

3. 生物圈

凡是有生物活动的范围，称为生物圈。在地球表层的大气圈以及土壤和岩石空洞里，都有大量生物存在。它们生存的范围在大气中不超过 10 km 的高空，在水圈中能达到最深的海底，在地壳中可到几百米的深度。

(二) 地球内圈层

地球内部由表及里分为地壳、地幔、地核三个圈层。

1. 地壳

地壳是指地球表面及其以下的坚硬薄壳层，地壳的厚度变化很大。一般海洋部分较薄，只有 5~8 km；大陆山区较厚，最厚处可达 70 km。地壳的平均厚度为 16 km。煤及各种矿产资源形成和保存于地壳中。

2. 地幔

地幔介于地壳和地核之间，占地球体积的 83.4% 和地球总质量的 66%。深度在 1 000 km 以上的称上地幔。上地幔的物质平均密度为 3.8 g/cm^3 ，温度为 $1\ 200 \sim 1\ 500 \text{ }^\circ\text{C}$ ，压力达 $3.84 \times 10^{10} \text{ Pa}$ ，物质呈结晶的固体，但塑性增大。其物

质成分主要为镁、铁的硅酸盐。

1 000~2 900 km 之间的深度称下地幔。下地幔中物质成分除硅酸盐外,铁成分显著增加;物质呈非结晶的固体,塑性很大;物质的平均密度为 5.6 g/cm^3 ,温度为 $1\,500\sim 2\,000\text{ }^\circ\text{C}$,压力可达 $1.37\times 10^{11} \text{ Pa}$ 。

3. 地核

地核是指地幔以下至地心部分。地核占地球体积的 16.3% 及地球总质量的 32.5%,密度为 16 g/cm^3 ,压力为 $3.64\times 10^{11} \text{ Pa}$,温度高达 $2\,000\sim 5\,000\text{ }^\circ\text{C}$ 。一般认为整个地核主要是由铁、镍物质组成。

目前人们对地球内部物质状态和化学组成了解得还不多,许多问题的结论还有待于进一步的证实。但随着科学的发展,人们对自己居住的地球的了解逐步深入,从而有助于更好地去认识地球的形成与发展的历史,查明引起地壳运动、火山活动和地震发生的原因,以及各种矿产的形成和分布规律。

二、地壳的物质组成

组成地壳的固体物质是岩石,岩石是由一种或多种矿物组成的,矿物又是由一种或多种自然元素在地质作用下组合在一起的、具有一定外部形态、物理性质和比较固定的化学成分的自然物质。可见,矿物是组成地壳岩石的物质基础。

(一) 元素

元素在地壳中的分布情况可用元素在地壳中的平均质量百分比即克拉克值来表示。地壳中主要化学元素的克拉克值见表 1-1。

表 1-1 地壳中主要化学元素的克拉克值

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	2.35
Al	7.45	Na	2.40	H	1.00

从表 1-1 中可以看出,组成地壳最主要的元素是氧(O)、硅(Si)、铝(Al)、铁(Fe)、钙(Ca)、钠(Na)、钾(K)、镁(Mg)、氢(H)等 9 种,它们约占地壳总质量的 98.3%。

工业上重要的金属元素除铁(Fe)、铝(Al)外,其余的如铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、锡(Sn)、钨(W)、钼(Mo)等大部分在地壳中含量很低,它们在自然界各种地质作用影响下,在局部地区富集,其含量达到工业要求时,就成为有益矿产。

地壳中的化学元素,以单质形式单独存在的数量较少,如自然金、自然银等;绝大部分以各种化合物的形式出现,其中以含氧的化合物最为常见。表 1-2 为地壳上部深约 16 km 范围内氧化物平均质量百分比。

表 1-2

地壳上部各种氧化物的质量百分比

氧化物	质量百分比/%	氧化物	质量百分比/%	氧化物	质量百分比/%
SiO ₂	59.87	MgO	4.06	H ₂ O	1.86
Al ₂ O ₃	15.02	CaO	4.79	TiO ₂	0.72
Fe ₂ O ₃	5.98	Na ₂ O	3.39	CO ₂	0.52
FeO	5.98	K ₂ O	2.93	P ₂ O ₅	0.26

从表 1-2 可以看出,地壳中分布最多的是硅和铝的氧化物,它们共占 75%,其他元素氧化物只占 25%。

(二) 矿物

自然界中矿物种类繁多,有由一种元素组成的单质矿物,如自然金(Au)、铜(Cu)、石墨(C)等;也有由一种以上元素化合形成的矿物,如石英(SiO₂)、方解石(CaCO₃)等。目前已发现的矿物约有 3 000 种,但组成煤系地层内常见岩石中的矿物仅有 20 余种,这些组成岩石的矿物被称为造岩矿物。常见的造岩矿物有:石英、长石、方解石、白云石、辉石、角闪石、铝土矿、褐铁矿、赤铁矿、粘土矿、黄铁矿等。

(三) 岩石

岩石是矿物的集合体。自然界的矿物很少单独存在,它们常常彼此结合或共生为复杂的集合体。在地质作用下形成的一种或一种以上矿物的集合体,称为岩石。如石灰岩是由方解石矿物组成。但大多数的岩石是由几种矿物组成的,如花岗岩主要是由正长石、石英、黑云母等组成。

由于矿物的种类很多,地质作用的方式和过程又很复杂,因此形成的岩石种类也很多。根据它们的成因,岩石可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩等三大类,它们在地壳中分布各不相同。沉积岩分布在地壳的最表层,厚薄不均,是不连续分布;岩浆岩主要分布在地壳深处;变质岩则分布在地壳强烈变动区或岩浆岩周围。煤矿中,常见的岩石主要为沉积岩。

1. 岩浆岩

岩浆是地下深处天然形成的,富含挥发性组分的硅酸盐高温熔融体。岩浆侵入到地壳不同深度或喷出地表逐渐冷凝而形成的岩石称岩浆岩,或叫火成岩。根据岩浆冷凝的位置不同,将岩浆岩分为侵入岩和喷出岩两类。当岩浆侵入到地壳深部而形成的岩石,称层侵入岩;当岩浆喷出地表后冷凝而形成的岩石,称喷出岩。

常见的岩浆岩有橄榄岩、金伯利岩、辉长岩、辉绿岩、玄武岩、闪长岩、闪长玢岩、安山岩、花岗岩、花岗斑岩、流纹岩等。

2. 沉积岩

沉积岩是由母岩(早期形成的岩浆岩、沉积岩和变质岩)经过风化、剥蚀及搬运后,在一定地质条件下沉积、固结成岩而形成的一种层状岩石。

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%,是最常见的一类岩石。有许多重要的矿产资源就是沉积岩,如煤、油页岩、盐矿、沉积铁矿、石灰岩等。此外,石油和天然气也生成于沉积岩中。据统计,目前全世界每年开采的矿产资源75%来自沉积岩。

3. 变质岩

地壳上先已形成的岩石(岩浆岩、沉积岩、变质岩),由于高温、高压而引起其化学成分和矿物成分、结构及构造的改变,形成新的岩石,称为变质岩。常见的变质岩有片麻岩、片岩、千枚岩、板岩、石英岩、大理岩等。

三、地质作用

地球自形成到现在的几十亿年以来,一直处于不断地运动、变化和发展中。在漫长的地质年代中,由于自然动力所引起的地壳物质组成、内部构造和地壳形态等方面发生变化与发展的作用称为地质作用。根据地质作用能量来源和发生的地点不同,分为两大类:一类是在地壳中或地幔中进行的地质作用,它们的能量来自地球,主要是地壳及地幔物质的物理和化学的变化,如放射性物质蜕变所产生的热能等,因而这类地质作用称为内力地质作用;另一类是在地壳表面或接近地表的地方进行的地质作用,它们的能量来自地球以外,主要是太阳的辐射热能,因而这类地质作用称为外力地质作用。

(一) 内力地质作用

内力地质作用发生在地球内部,主要由地球本身的能量——地球的旋转能、重力能和地球内部的热能、化学能等引起整个地壳物质成分和地壳内部构造及地表形态发生变化的地质作用。内力地质作用可分为地壳运动、岩浆活动、变质作用和地震作用。

1. 地壳运动

地壳运动是指由地球内部动力引起的,促使地壳物质发生变形、变位的运动。地壳运动可以促进岩浆活动和变质作用。地壳运动表现形式有两种:升降运动和水平运动。

升降运动是指沿地球半径方向的运动,也就是垂直于地表方向的运动。它主要导致的地质现象是地壳大规模的隆起和凹陷,引起地势高低变化及海陆变迁等。在同一地质时期内,地壳的某一地区若表现为上升运动,而在相邻地区,则表现为下降运动。上升的隆起地区和下降的凹陷区,往往成相间排列,互为依存关系。

水平运动是指地壳或岩石圈物质沿地球切线方向的运动,也就是沿平行于

地表方向的运动。由于这种水平方向的平推作用,使组成地壳的岩层发生褶皱或断裂,在地貌上往往形成高山或深谷。

在地壳发展的历史中,升降运动常表现为缓慢的海陆变迁,而水平运动则常表现为剧烈的造山运动,引起岩层明显的变形和错位。

2. 岩浆活动 岩浆是指地下深处岩浆沿构造破裂带侵入地壳或喷出地表。岩浆在上升过程中与围岩相互作用,不断地改变着自身的化学成分和物理状态。岩浆这种侵入、喷出活动冷凝成岩石的全部过程,称为岩浆活动。岩浆本身具有很高的能量,当地壳运动剧烈时,它会从地壳深部沿着构造破裂带向压力较小的地方移动,岩浆从地壳深部上升运移,当未到达地表时,由于岩浆温度不断降低、压力相应减小,将会逐渐冷凝成为岩石,这种运动称为岩浆侵入运动。岩浆冲破上覆岩层的阻力而喷出地表的,称为喷出活动,又称为火山活动。

3. 变质作用 地壳中已形成的岩石,由于高温、高压,使原来岩石的结构、构造、矿物成分或化学成分发生改变,这种促使原生岩石发生改变的作用,称为变质作用。由变质作用造成的新岩石,称为变质岩。变质作用是在地下深处高温、高压环境下进行的,但其物质的变化是固态的,与在液态下进行的岩浆活动是不同的。在岩浆活动较剧烈的地区,变质作用比较普遍。

4. 地震作用 地壳运动、火山喷发等自然因素引起的地壳快速颤动称为地震。地震在长期、缓慢、不断地进行着,当地壳运动所积累的应力超过组成地壳岩石的强度时就发生迅速而剧烈的震动。它是地壳运动的一种形式,是破坏性较大的地质现象。

(二) 外力地质作用 外力地质作用是指在地壳表面,主要由太阳辐射的热能引起大自然物理和化学变化的各种地质作用。这些作用具体是通过日光、大气、风、霜、雨、雪、河流、海浪、冰川和生物活动等因素进行的。它能够使地表形态发生变化和地壳表层化学元素产生迁移、分散和聚集。外力地质作用分为风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和固结成岩作用。

1. 风化作用 在地表环境中,由于温度的变化、大气和水溶液的各种物理和化学反应及生物活动等因素的影响,使矿物、岩石在原地遭受破坏的过程称为风化作用。风化作用是一种原地的破坏作用,其产物不发生显著位移。

2. 剥蚀作用 由于风、雨、流水、海浪及冰川的各种外力,它们对地表岩石风化后的产物从