

煤矿灾害防治 技术基础知识

卢鉴章 申宝宏 主编

MEIKUANG ZAIHAI FANGZHI JISHU JICHU ZHISHI

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

煤矿灾害防治技术基础知识

卢鉴章 申宝宏 主编

中国矿业大学出版社

内 容 摘 要

《煤矿灾害防治技术基础知识》介绍了我国煤矿安全生产的基本知识,重点介绍了矿井瓦斯、火灾、粉尘、水害等煤矿主要灾害的防治技术及装备。简明扼要地总结了我国煤矿事故的调查处理与救护技术和方法。

本书可供从事煤矿安全生产的工程技术和管理人员、科研设计人员参阅,或作为高等院校师生的参考书,也可作为全国煤矿注册安全工程师执业资格考试的辅导教材。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿灾害防治技术基础知识/卢鉴章,申宝宏主编. 徐州:中国矿业大学出版社,2008.4

ISBN 978-7-81107-715-5

I. 煤… II. ①卢…②申… III. 煤矿—灾害防治—基本知识
IV. TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 163025 号

书 名 煤矿灾害防治技术基础知识
主 编 卢鉴章 申宝宏
责任编辑 李士峰 吴学兵
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 邮政编码 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 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 368 千字
版次印次 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



《煤矿灾害防治技术基础知识》编委会

主 编：卢鉴章 申宝宏

参 编：卢鉴章 申宝宏 胡千庭 罗海珠

周心权 刘见中 王长生 富 强

张雨军 陈向东 董东林 武 强

前 言

煤矿安全生产是全国安全生产工作的重中之重,防治煤矿灾害事故的发生是煤炭工业安全发展、健康发展和可持续发展的前提和保障。近年来,全国煤矿安全状况总体上呈现出相对稳定、趋于好转的发展态势,但形势仍然严峻,事故总量仍然较大。全面提高我国煤矿安全生产保障能力,根本改善煤矿的安全生产状况,已成为全社会关注的热点和国家急需解决的重大课题。剖析我国煤矿事故发生的事故原因及煤矿安全的深层次问题,煤矿复杂的地质条件、防灾抗灾能力、煤矿安全的技术装备水平、国家政策及法律法规、技术标准和管理规范、安全管理、安全投入、人才教育与培养等方面因素一直制约和影响着煤矿的安全生产工作。其中提高煤矿职工素质,对于防止煤矿事故的发生具有重要现实意义和作用。

因此,为了提高煤矿职工的安全意识、安全观念、安全素质和自救能力,使煤矿职工尽快熟悉和掌握煤矿安全方面应知应会的基础知识和防灾抗灾的基本技能,煤炭科学研究总院组织全国知名的专家、学者编写了《煤矿灾害防治技术基础知识》,为煤矿职工学习和掌握以煤矿灾害防治为重点的煤矿安全基础知识提供参考资料。

本书共有分为三章。第一章煤矿生产基础知识,重点介绍矿井地质、井巷工程、煤矿开采、煤矿电气等煤矿生产的基础知识。第二章煤矿安全基础知识,主要介绍矿井通风基础知识和煤矿瓦斯、煤矿粉尘、煤矿火灾、矿井突水灾害等灾害的防治技术,以及煤矿安全检测技术与装备。第三章事故调查处理与救护,主要包括事故勘察、瓦斯灾害事故处理、矿井火灾事故处理、水害事故处理和煤矿救护的基本知识。

本书在编写过程中,吸收了国内许多专家的宝贵意见和建议,得到了许多专家支持和帮助,在此表示衷心的感谢。煤矿安全涉及专业面广、学科领域多,作为一本介绍煤矿安全基础知识的书籍,不可能面面俱到,由于时间和水平所限,难免存在疏漏之处,敬请批评指正。

编 者

二〇〇七年十二月二十日

目 录

第一章 煤矿生产基础知识.....	1
第一节 矿井地质基础知识.....	1
第二节 井巷工程基础知识.....	29
第三节 煤矿开采基础知识.....	40
第四节 煤矿电气基础知识.....	74
第二章 煤矿安全基础知识.....	88
第一节 矿井通风.....	88
第二节 煤矿瓦斯.....	100
第三节 煤矿粉尘.....	125
第四节 煤矿火灾.....	148
第五节 矿井突水灾害.....	165
第六节 煤矿安全检测.....	176
第三章 事故调查、处理和救护.....	190
第一节 事故勘察.....	190
第二节 瓦斯灾害事故的处理.....	198
第三节 矿井火灾事故处理.....	204
第四节 矿井突水灾害事故处理.....	208
第五节 煤矿救护.....	213
参考文献.....	228

第一章 煤矿生产基础知识

第一节 矿井地质基础知识

一、组成地壳的化学元素

地壳中的物质是由各种化学元素组成的。地壳中分布着化学元素周期表中的绝大多数元素,它们是构成各种矿物和岩石的基础。

地壳中各种元素分布量是极不均匀的:分布量最大的10种元素(O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、Ti、Mn)占总重量的99.58%,而H、P、S、C和其他几十种元素之和只占0.42%(见表1-1-1)。许多在工业上起着重要作用的元素如铜($4.7 \times 10^{-3}\%$)、铅($1.6 \times 10^{-3}\%$)、锌($3.3 \times 10^{-2}\%$)、镉($5 \times 10^{-5}\%$)、钼($1.1 \times 10^{-4}\%$)、锡($2.5 \times 10^{-4}\%$)、金($4.3 \times 10^{-7}\%$)等,它们的克拉克值虽然很小,但在地质作用的影响下,往往可以集聚起来,如果在质与量方面符合工业要求时,就能成为有经济价值的矿床。

表 1-1-1

地壳中主要化学元素的克拉克值*

(根据维诺格拉多夫,1962年)

重量%

氧——47	钠——2.5	氢——0.07 [△]
硅——29.5	钾——2.5	磷——0.093
铝——8.05	镁——1.87	硫——0.047
铁——4.65	钛——0.45	碳——0.002 3
钙——2.96	锰——0.1	其他——0.207 7

[△]据 K. R. 维杰(1967年);

* 将地壳中化学元素平均重量百分比称为克拉克值。

地壳中的各种化学元素是以矿物形态存在的,再由矿物有规律地组合而成各种岩石。元素、矿物和岩石都是地质学研究的物质对象。

二、组成地壳的矿物

(一) 矿物

矿物是由地壳中化学元素通过地质作用形成的一种具有一定化学成分和物理特性的单质或化合物。它可以是由几种元素的化合物组成的,如磁铁矿(Fe_3O_4)是由三个铁原子和四个氧原子组成的;方解石(CaCO_3)是由一个钙原子、一个碳原子和三个氧原子组成的。也可以是由单独一种元素组成的,如金刚石(C)和自然金(Au)。

目前已发现的矿物有3 300多种,但其中只有数十种是岩石中最常见的矿物,称之为造岩矿物。

自然界中矿物存在的状态有三种:固态,如石英、正长石、云母等;液态,如水、自然汞等;

气态,如二氧化碳、硫化氢等。矿物的存在状态并非是固定不变的,只要其所处的物理、化学环境改变,它们也要随之改变。例如硫在火山喷发时,因为温度较高,以气体形态喷出,到了地表温度降低时又变为固态。

(二) 矿物的形状和主要物理性质

1. 矿物形状

矿物在结晶的时候,由于晶体在各个方向上生长的速度不同,所以常常形成特殊的形状,有的呈柱状、针状,如角闪石、电气石;有的呈片状,如云母;有的呈板状,如重晶石;有的呈粒状,如石英、石榴子石。

矿物的集合体也能形成许多特殊的形状,如电气石的集合体常呈放射状;石膏的集合体呈纤维状;水锰矿的集合体常呈小树枝状。常见的集合体形状还有粒状、葡萄状、钟乳状、鲕状和土状等。

2. 矿物的主要物理性质

(1) 颜色

各种不同的矿物,往往具有各自特殊的颜色。例如黄铜矿呈铜黄色,赤铁矿呈赤红色,橄榄石呈橄榄绿色,辰砂呈朱红色。在观察矿物颜色时,应在矿物的新鲜面上进行,因为矿物受到风化以后,往往要改变矿物原来的颜色。

(2) 透明度

透明度是指矿物透光能力的大小,根据矿物的透明度将矿物分为三类。

透明的:如水晶、冰洲石等;

半透明的:如闪锌矿、辰砂等;

不透明的:如黄铁矿、磁铁矿等。

(3) 光泽

不同矿物对光的反射和吸收不同,因此在矿物表面上显出不同的光泽,最常见的光泽有:

金属光泽。光辉闪耀,如同金属表面的光泽,如黄铁矿、黄铜矿等。一般不透明矿物具有金属光泽。

非金属光泽。非金属光泽常见的有玻璃光泽(如石英、长石)、油脂光泽(如滑石)、丝绸光泽(如纤维石膏)、珍珠光泽(如云母)、金刚光泽(如金刚石)、土状光泽(如高岭土、褐铁矿)等。

半金属光泽。是介于金属光泽与非金属光泽之间的一种光泽,如黑钨矿的光泽。

(4) 条痕

条痕是矿物在较硬的瓷板上刻划后所遗留下来的痕迹,它是由矿物粉末组成的。条痕具有一定颜色,不同的矿物往往具有不同的条痕色。条痕色也是鉴定矿物的一种很重要的标志,例如赤铁矿的条痕为樱红色,磁铁矿的条痕为黑色。

(5) 解理

矿物受力作用后,沿着一定方向裂开的性质称为解理。沿着解理裂开的平面叫解理面。解理与矿物体内部结构有关。有的矿物具有两组或两组以上不同方向的解理,如正长石具有两组解理,方解石具有三组解理。矿物受力作用断裂后如果呈不规则的破裂面,则称为断口,如石英具有贝壳状断口。

(6) 硬度

矿物抵抗外力刻划或摩擦的能力称为硬度。在肉眼鉴别矿物时采用摩氏硬度计来测定矿物的相对硬度。它包括 10 种硬度,从最小到最大依次定为 10 个等级:

1. 滑石;2. 石膏;3. 方解石;4. 萤石;5. 磷灰石;6. 长石;7. 石英;8. 黄玉;9. 刚玉;10. 金刚石。

应该指出的是:上述等级只表示矿物间硬度的相对大小,并不意味着硬度为 10 的矿物比硬度为 1 的矿物硬 10 倍。实际上金刚石的硬度要比石英硬 1 000 倍,比刚玉硬 150 倍。

为了便于利用硬度这一鉴定标志,通常我们用小刀(硬度稍大于 5)及手指甲(硬度稍大于 2)作为硬度计来鉴别矿物。例如,当我们在岩石中发现一些白色矿物组成的小脉,如果用小刀或铁钉能刻出白色刻痕,就是方解石;如果小刀刻不动,那就是石英。

(7) 比重

矿物的重量与同体积水(4℃)的重量之比值称为该矿物的比重。一般根据比重将矿物大致分为三类:

轻矿物。比重小于 2.5,如石盐、石膏。

中等比重矿物。比重在 2.5~4 之间,如方解石、石英、长石。

重矿物。比重大于 4,如黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿。

(8) 磁性

有些矿物具有磁性,如磁铁矿。因此,有时可利用有无磁性来鉴别矿物,这对金属矿物较为重要。

(9) 与化学试剂的反应

最常用的是稀盐酸。如方解石遇冷和稀盐酸很快就起泡;而白云石则反应缓慢。含磷的矿物遇硝酸铵溶液就会生成黄色沉淀。

三、岩石

岩石是在各种地质作用下,由一种或多种矿物有规律组合而成的矿物集合体。由一种矿物组成的岩石称为单矿岩,如纯洁的大理岩由方解石组成。而多数岩石是由两种以上矿物组成的复矿岩,如花岗岩由长石、石英、云母等组成。自然界岩石根据其成因可分为岩浆岩(火成岩)、沉积岩和变质岩三大类。

(一) 岩石的物理学性质

1. 岩石的变形特性

岩石在载荷作用下的变形可表现为弹性变形、塑性变形和流变变形。

(1) 弹性变形:岩石除去外力后恢复原来形状和体积的性能,称为岩石的弹性。在弹性阶段内,岩石的应力—应变关系是一直线或者近似直线,这期间岩石所发生的变形为弹性变形。

(2) 塑性变形:岩石除去外力后不可恢复其原来形状和体积的性能,称为岩石的塑性。在塑性阶段岩石的应力—应变关系是某种曲线,在这期间所发生的变形为塑性变形,是不可逆的变形。

(3) 流变变形:流变性质是指岩石的应力—应变关系与时间因素有关的性质。岩石在变形过程中具有时间效应的现象称为流变现象。岩石的流变性质包括蠕变、松弛和弹性后效。

蠕变——当载荷不变时,变形随着时间的增加而增加的现象称为蠕变。

松弛——当应变保持不变时,应力随着时间的增加而减小的现象称为松弛。

弹性后效——加载或卸载时,弹性应变滞后于应力的现象。

(4) 岩石变形参数

① 弹性模量 E 。单轴受力时正应力 σ 与弹性正应变 ϵ_e 之比。

② 变形模量。正应力 σ 与总应变 ϵ (弹性应变 ϵ_e 与塑性应变 ϵ_p 之和) 的比值。

③ 泊松比 μ 。岩石的横向应变 ϵ_x 与纵向应变 ϵ_y 的比值。

2. 岩石的强度特征

岩石在外载荷的作用下,当应力达到某一极限时便发生破坏,这个极限就是岩石的强度。

(1) 单向抗压强度。岩石试件在单轴受压条件下发生破坏时,试件所承受的极限压应力称为岩石的单向抗压强度。

(2) 单向抗拉强度。岩石在单轴拉伸条件下发生破坏时,试件所承受的极限拉应力称为岩石的单向抗拉强度。

(3) 抗剪强度。岩石抗剪强度是岩石抵抗剪切滑动破坏的极限能力。岩石的抗剪强度 S_s 可用内聚力 C 和内摩擦角 Φ 来表示:

$$S_s = \sigma \tan \Phi + C$$

(4) 三向抗压强度。岩石试件在受三向轴压条件下发生破坏时,试件轴向承受的极限压应力称为三向抗压强度。显然,侧向压力不同时,岩石具有不同的三向抗压强度。

3. 岩石的破坏形式

岩石的破坏形式常表现为下列几种形式:

(1) 脆性破坏。岩石在载荷作用下,在尚未出现明显的变形时就突然破坏。

(2) 塑性破坏。在两向或三向受力情况下,岩石在破坏前的变形较大,没有明显的破坏载荷,表现出显著的塑性变形、流变或挤出,这种破坏就是塑性破坏。

(二) 岩浆岩

高温熔融的岩浆沿地壳薄弱带侵入地壳或喷出地表,由于温度降低凝固结成的岩石称为岩浆岩。岩浆喷出地表冷凝形成的岩石称为喷出岩;在地表以下冷凝形成的岩石称为侵入岩。在较深处(距地表 3~6 km 以上)形成的侵入岩叫深成岩,在较浅处形成的侵入岩叫浅成岩。

1. 岩浆岩的矿物成分

组成岩浆岩的矿物主要是硅酸盐矿物,在岩浆岩中的分布很不均匀,最多的是长石、石英、云母、角闪石、辉石、橄榄石等,占岩浆岩矿物平均总含量的 99%。其中长石、石英、白云母等富含硅铝、颜色浅,称浅色矿物或硅铝矿物;角闪石、辉石、橄榄石、黑云母等富含铁镁、颜色深,称暗色矿物或铁镁矿物。这两类矿物在岩石中的含量比,从超基性岩到酸性岩,一般暗色矿物含量逐渐减少,而浅色矿物则逐渐增加,因此岩石的颜色由深变浅,岩石的密度由大变小。

2. 岩浆岩的产状

岩浆岩的产状是指岩体的大小、形状以及与围岩的接触关系,形成时所处的构造环境。煤系地层中的岩浆岩体大多数是侵入岩体。常见的侵入岩体产状特征见表 1-1-2。

表 1-1-2 常见侵入岩体产状特征表

类型	产状	主要特征
整合侵入体	岩床	与围岩层理或片理平行的层状侵入体,厚度比较稳定,由几十厘米至几十米,多由流动性较大的基性岩浆侵入而成。在曾有岩浆活动的煤矿区,岩浆往往呈岩床方式顺煤层侵入,对煤层造成严重破坏
	岩盘	黏性较大的岩浆侵入层状岩石时,往往向两侧延伸不远而顶起上覆岩层,形成底部比较平整、上部呈穹窿状的岩体
不整合侵入体	岩墙	与围岩层理或片理斜交的墙状侵入体,厚度从几厘米到几千米,长可达几百米到几十千米。在断裂发育地区常成群出现。在一些煤矿中常有岩墙侵入体,但一般对煤层的破坏不大
	岩脉	一般指岩体内的脉状体,与岩墙相似,但形态不如岩墙规则
	岩株	在平面上近于圆形,亦可呈不规则状,与围岩的接触面较陡,面积一般小于 100 km ² ,岩株边缘常有一些不规则枝叉伸入围岩中,称为岩枝
	岩基	是侵入体中规模最大的一类,面积大于 100 km ² ,在平面上呈长圆形,长轴从数十千米到数百千米,与围岩接触面倾角较小,且不见底。其长轴延伸常与褶皱轴走向一致。多由花岗岩类组成

3. 岩浆岩的结构和构造

岩浆岩的结构是指组成岩浆岩的矿物的结晶程度、颗粒大小、形状以及各矿物间的组合方式等所反映出来的岩石构成上的特点。岩浆岩的构造是指岩浆岩中矿物集合体的排列方式及充填方式所反映的外部形态的特点。岩浆岩的主要结构及构造类型见表 1-1-3、表 1-1-4。

表 1-1-3 岩浆岩主要结构类型表

划分依据	结构类型	特征	代表性岩石
结晶程度	全晶质结构	岩石中完全由结晶矿物组成	花岗岩、正长岩、闪长岩、辉长岩等深成岩
	半晶结构	岩石中晶体和玻璃质同时存在	花岗斑岩、石英斑岩、正长斑岩、玢岩等浅成岩和喷出岩
	玻璃质结构	岩石由未结晶的玻璃组成	黑曜岩、流纹岩等喷出岩
结晶粒度	粗粒结构 (显晶结构)	粗粒结构 结晶颗粒大于 5 mm	花岗岩、闪长岩、辉长岩等深成岩
		中粒结构 结晶颗粒为 5~2 mm	
	细粒结构 (微晶结构)	细粒结构 结晶颗粒为 2~0.2 mm	闪长玢岩、安山岩等浅成岩和喷出岩
		微粒结构 结晶颗粒小于 0.2 mm	
	隐晶质结构	岩石由极小的结晶颗粒构成	流纹岩、玄武岩等喷出岩
斑状结构	岩石中大的晶粒被小的晶粒或玻璃质包围,大晶粒称斑晶,小晶粒或玻璃质称基质	花岗斑岩、正长斑岩、石英斑岩等浅成岩	

表 1-1-4 岩浆岩主要构造类型表

构造类型	基本特征
块状构造	矿物排列均匀,无一定次序,表现致密且无层次。如花岗岩、辉绿岩等
流纹状构造	由岩石中颜色不同的条纹和拉长的气孔所表现的流动构造,为喷出岩特有的构造。如流纹岩等
气孔状构造	喷出地表的岩石迅速冷却,其中所含气体因压力减小而逸出,形成很多气孔,为喷出岩特有的构造。如浮岩等
杏仁状构造	岩石中气孔为后期次生矿物充填,似杏仁状。如玄武岩、安山岩等
流面、流线构造	岩石中片状、板状矿物,扁平析离体、捕虏体等平行排列,形成流面;柱状矿物和析离体的延长方向排列,形成流线。一般发育在较大岩体边部和小侵入体中
带状构造	由于不同矿物成分或不同结构以及两者皆不同的互层所致。常见于深成岩中,特别发育在基性和超基性岩体中

4. 岩浆岩的分类

岩浆岩的种类繁多,目前已命名的就有 1 000 多种,为了掌握主要岩浆岩的特征及其鉴定方法,需要对其进行科学地分类。主要岩浆岩的分类见表 1-1-5。

表 1-1-5 主要岩浆岩分类

岩类		酸性岩	中性岩		基性岩	超基性岩
SiO ₂ 含量		75%~65%	65%~52%		52%~45%	<45%
颜色		肉红色 灰白色	肉红色 灰白色	灰色 灰绿色	灰黑色 绿黑色	绿黑色 黑色
浅色矿物		以正长石为主,有大量石英	以正长石为主,无石英或有少量石英	以斜长石为主,一般不含石英	以斜长石为主,无石英	约占 90% 以上,以橄榄石为主
深色矿物		约占 10%,以黑云母为主	约占 20%,以角闪石为主	约占 30%,以角闪石为主	约占 50%,以辉石为主	约占 90% 以上,以橄榄石为主
产状	构造	结构		岩石名称		
喷出岩	气孔、流纹、杏仁	非晶质玻璃状		黑曜岩、浮岩		
		隐晶质斑状		流纹岩	粗面岩	安山岩 玄武岩 金伯利岩
浅成岩	未分脉岩	全晶质	微粒、细粒、斑状细晶或伟晶	花岗斑岩	正长斑岩	闪长玢岩 辉绿(玢)岩
	二分脉岩		细晶或伟晶	细晶岩及伟晶岩(浅色矿物)		
	深色块状		斑状	煌斑岩(暗色矿物)		
深成岩	致密块状	致密块状等粒状(中、粗粒),似斑状	花岗岩	正长岩	闪长岩 辉长岩 (纯)橄榄岩	

(三) 变质岩

原有的岩浆岩、沉积岩或变质岩在变质作用下,由于物理化学条件发生变化而形成的岩石称为变质岩。

变质岩是变质作用的产物,为了更好地了解变质岩的形成过程,需要先了解什么是变质作用。

1. 变质作用

变质作用是内力地质作用中的一种,它是地壳物质不断变化和相互转换的重要形式之一。它能使原有的矿物和岩石在新的环境下发生形变和质变,形成新的矿物和岩石。变质作用的特点主要在于:它是在地下深处高温、高压环境下发生的,并且物质的变化主要是在固态下进行的。导致发生变质作用的根本原因是地壳运动和岩浆活动。

(1) 变质作用的影响因素

引起原有的矿物和岩石发生质变和形变的因素主要是温度和压力,此外还有化学性质活泼的某些气体和液体。这些因素在矿物和岩石的变质过程中,经常是相互配合,共同起作用的。

① 温度:温度促使矿物质在化学成分不变的条件下再结晶,并使矿物成分之间重新组合而产生新矿物。

② 压力:压力主要分为静水压力和定向压力。静水压力由上覆岩层的重量形成,随深度增加而增大。在这种压力作用下,促使矿物成分重新组合,产生体积小、比重大的新矿物,从而使岩石的体积缩小。例如,斜长石和橄榄石在压力增大的条件下形成新矿物——石榴石。定向压力是在强烈的地壳运动过程中产生有一定方向性的压力。在地下深处的高温、高压环境中,岩石处于塑性状态,定向压力可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重新排列,一般在垂直压应力的方向,形成变质岩所特有的片理构造。

③ 化学活泼的气体 and 液体:这些物质主要来自岩浆。在岩浆侵入时,这些物质在温度和压力的作用下,能渗入到围岩中去,与围岩产生一系列的化学反应,形成新的矿物。这对不少金属矿产的形成具有重大意义。

(2) 变质作用的类型

变质作用可分为区域变质和接触变质两种类型:

① 区域变质。岩石在地下深处受到地壳运动长期和剧烈的影响而发生的变质作用。它是高温、高压等多种变质因素综合作用的结果。这种变质作用出现在地壳发生强烈运动的地带。变质作用的范围很广,往往达几千或几万平方千米,具有区域性,所以称为区域变质。

由于温度和压力都很大,所以岩石的重结晶作用很显著。又由于定向压力巨大,所以岩石中矿物呈定向排列,片理状构造明显。如片麻岩、片岩、千枚岩、板岩等。

② 接触变质(热力变质)。是由岩浆所带来的高温以及从岩浆中逸散的大量挥发性物质使围岩发生变质,这种类型的变质称为接触变质。在这种变质作用中温度的因素占主导地位,所以又称热力变质或接触热变质。

显然,这类变质主要在岩浆侵入附近发生,离侵入体越远,变质作用越小。大部分大理岩和石英岩都是受这种变质作用而形成的。

2. 变质岩的特征

原先的沉积岩、岩浆岩在地下深处受到高温、高压等因素的影响,使其矿物成分和结构、构造发生改变成为变质岩。因而变质岩在矿物成分及结构、构造方面常具有某些独有的特

征,这是我们识别变质岩的重要依据。

(1) 变质岩的矿物成分

变质岩中的矿物可分为两类:一类是可出现在其他岩石中的矿物,如长石、石英、云母等;另一类则是在变质作用下新生的矿物,这些矿物称为变质矿物,如石榴石、硅灰石、红柱石、滑石、石墨等,都是变质岩所特有的。因此,变质矿物的出现常是识别变质岩的重要标志。

(2) 变质岩的结构

岩石在变质过程中往往发生重结晶作用,使矿物颗粒增大或重新结合成新的矿物。因此,变质岩一般均具有结晶结构,与岩浆岩的结构很相似。在命名上为了与岩浆岩的结构相区别,特加“变晶”二字。肉眼常见的变质岩结构有:

① 粒状变晶结构。所有矿物颗粒大致相等,与岩浆岩的粒状结构很相似。例如,在大理岩中常可见到这种结构。

② 斑状变晶结构。与岩浆岩的斑状结构很相似,在细粒的基质中分布着一些较大的晶体。例如,在一些片麻岩中常可见到这种结构。

(3) 变质岩的构造

变质岩的构造是识别各种变质岩的最重要的标志。

① 片理构造。这是变质岩特有的构造。它是岩石中片状、板状或柱状矿物(如云母、长石、角闪石等)在定向压力的影响下,发生平行排列而造成的。例如,片麻岩、片岩常具有明显的片理构造。

② 块状构造。岩石中矿物晶体的分布呈均一状,不显示定向排列。石英岩、大理岩常具有这种构造。

3. 常见的变质岩

变质岩的种类繁多,一般依据引起变质作用的主要因素并结合地质环境,划分为5种类型,其基本特征见表1-1-6。

表 1-1-6 变质岩的类型划分表

变质岩的类型	地质环境	变质因素 (外部因素)	变质方式	分 布	代表性岩石
接 触 变质岩石	发生在岩浆岩体和围岩的接触带上	岩浆的高温 and 从岩浆中分出的溶液	重结晶、重组合及交换作用	范围小,围绕岩体呈环带状分布	角岩、大理岩、石英岩等
气化热液 变质岩石	侵入体结晶晚期残余熔浆中的挥发组分作用于早期形成的岩石	侵入体的挥发性组分 (气体和热水溶液)	交换作用	分布范围一般较小	碎裂岩、蛇纹岩、石英岩等
动 力 变质岩石	产生在规模较大的断裂带附近	定向压力	变形、破碎、重结晶	范围小、沿断裂带分布	碎裂岩、糜棱岩等
区 域 变质岩石	地壳活动带伴随强烈构造运动所产生的一种变质作用	温度、静压力、定向压力及挥发组分等	重结晶、重组合、变形、变质分异、交换作用等	范围广,规模大,具有区域性	千枚岩、片岩、片麻岩、板岩

续表 1-1-6

变质岩的类型	地质环境	变质因素 (外部因素)	变质方式	分布	代表性岩石
混合岩类	是向岩浆作用过渡的一种特殊的变质作用。岩石发生局部的或全部的重熔作用	高温、静压力、岩浆组分	高温、静压力、岩浆组分	范围广,分布于太古界变质岩系中	注入混合岩、混合片麻岩、混合花岗岩

(四) 沉积岩

在地表或接近地表的条件下,母岩(岩浆岩、变质岩和早期形成的沉积岩)遭受风化、剥蚀的产物经搬运、沉积和硬结而成的岩石称为沉积岩。生物遗体和火山碎屑物经堆积硬结也能形成沉积岩,如生物碎屑岩、火山碎屑岩等。

沉积物或岩石沉积时的自然地理环境叫沉积相。沉积相一般分为陆相、海相、海陆过渡相三大类。进一步划分,陆相又可分为残积相、坡积相、洪积相、河流相(包括河床相、河漫滩相及牛轭湖相)、湖泊相、沼泽相、沙漠相和冰川相;海相又可分为滨海相、浅海相、次海相和深海相;过渡相又可分为三角洲相和泻湖相。一般来说,海相沉积的物质成分、岩性和岩层厚度都比较稳定;陆相沉积的物质成分复杂,岩性和岩层厚度变化也比较大。

沉积岩在地壳表层分布最广,其覆盖面积约占地壳总面积的 75%,它是我们最常见的一类岩石。世界上许多重要的矿产资源本身就是沉积岩,例如煤、油页岩、沉积铁矿、石灰岩等。

1. 沉积岩的形成

沉积岩的形成各阶段与各种地质作用是密不可分的,这些地质作用分别是:

(1) 风化

在地表或接近地表的环境中,由于气温的变化、水和氧及二氧化碳的作用、生物活动的影响等,使岩石在原地遭到破坏的过程,称为风化。

(2) 剥蚀

地表岩石经风化后所产生的碎屑物质和可溶物质,被风、雨水、地下水、河流、冰川、海浪等从原来形成的地方搬走,同时对岩石和碎屑继续进行破坏的过程称为剥蚀。

(3) 搬运

把风化、剥蚀的产物,从进行风化、剥蚀的地区,经过一定的距离运送到沉积区的过程称为搬运。搬运和剥蚀往往是同时由同一种自然力来完成的。例如,风和流水,一边剥蚀着岩石,同时又将剥蚀下来的岩屑带走。在搬运过程中,被风和流水搬运着的岩屑,由于地面摩擦或彼此碰撞,逐渐磨损,失去棱角,颗粒也愈来愈小,愈来愈圆。

(4) 沉积

被搬运的物质,如碎屑物质和溶解物质(溶质及胶体等)从流水等介质中分离出来,形成沉积物的过程,称为沉积。陆地表面较低洼的地方,虽然也能够发生沉积,但最主要的沉积区是海洋和内陆湖泊等水盆地。

沉积物形成的方式主要有三种:

① 机械方式。由于搬运营力流动减弱或停止,因而被拖运和悬浮的碎屑物质,按照颗粒粗细、比重大小,依次沉积下来。由这种方式形成的物质称机械沉积物。组成碎屑岩的物质,主要来自这种方式。

② 化学方式。溶解在水中被搬运的物质,有的主要呈胶体溶液状态,如 Al、Fe、Mn、Si 等的氧化物;有的主要呈真溶液状态,如 K、Na、Ca、Mg 的化合物。

③ 生物方式。生物的生命活动能直接或间接地影响沉积物的形成。生物在其生命活动过程中,从周围的环境中吸收某些物质组成它的有机体或骨骼。在生物死亡之后,遗体逐渐堆积,形成沉积物。煤及某些石灰岩的形成与这种方式有关。此外,有人认为某些沉积铁矿的形成,与铁细菌的活动有关。

(5) 固结成岩

松散的沉积物形成之后,逐渐变成坚硬的沉积岩的过程称为固结成岩。沉积物在固结成岩过程中的变化主要有三种:

① 紧压。在压力作用下可使疏松的沉积物颗粒紧密排列,挤出水分,缩小体积,增加颗粒之间的吸附力,从而固结成岩。压力的来源主要是上覆新沉积的物质和水体的静压力。紧压作用在黏土物质的成岩过程中起着重要作用。

② 胶结。在松散的碎屑沉积物颗粒之间,常有更细小的碎屑或化学沉积物质充填,并将这些颗粒胶结起来,从而使碎屑沉积物固结成岩。这种作用在砾岩、砂岩等碎屑岩和部分碎屑成因的石灰岩的固结成岩中起重要作用。常见的胶结物质有钙质、硅质、铁质及泥质等。这些胶结物质主要来自同一沉积环境中的水溶液。当水分从沉积物中被排除的同时,溶解于水中的矿物质以真溶液沉淀或胶体溶液凝聚的方式形成新矿物,将周围的碎屑颗粒胶结起来。这种在固结成岩过程中形成的胶结物,通常称为原生胶结物。

③ 重结晶。这是指沉积物质的质点发生重新排列组合的现象。真溶液物质和胶体物质颗粒细,成分均一,容易发生重结晶。在化学岩及部分黏土岩的固结成岩过程中,重结晶常起重要作用。

在其他条件相同的情况下,比重大、分子体积小的矿物,先发生重结晶。所以在沉积岩中,常呈较大的晶体或结核出现的是比重较大的矿物,如黄铁矿、白铁矿、菱铁矿等。同一原理,由于白云石的比重较方解石稍大,所以在白云质石灰岩中,我们常能见到白云石的似砂糖状晶体,而方解石的晶体则因太细小而肉眼不易见到。

重结晶作用能使原来非晶质的物质转变为结晶状态,如原来的胶体 SiO_2 , 沉淀后形成蛋白石(含水的二氧化硅胶体矿物),经过脱水,可转变为隐晶质的玉髓。

应该指出,在沉积物固结成岩的过程中,紧压、胶结和重结晶三种作用,往往是同时存在、相互影响和密切联系的。

沉积岩在它形成之后,还会受地壳运动的控制,或是继续沉降到地下更深的地方,在高温高压的影响下,逐步向变质岩转化;或是由于原来的沉积区变成了隆起区,使沉积岩又暴露在地表,再经历风化、剥蚀的破坏。

2. 沉积岩的结构

沉积岩结构是指组成沉积岩的颗粒大小、形状等特征。它是我们识别各种沉积岩的重要标志。常见的沉积岩结构有下列几种:

(1) 碎屑结构。具有这种结构的沉积岩可分为碎屑及胶结物两部分。胶结物将碎屑颗

粒(岩石碎屑或矿物碎屑)胶结起来形成岩石,就好像用水泥浆把碎石或砂粒混凝在一起形成混凝土。按照碎屑颗粒的大小,又可将碎屑结构分为:砾状结构(碎屑颗粒直径大部分超过 2 mm);砂状结构(碎屑颗粒大部分介于 2 mm 与 0.1 mm 之间);粉砂状结构(碎屑颗粒大部分介于 0.1~0.01 mm 之间)。

碎屑物质的分选性是指颗粒大小的均匀程度。如果碎屑颗粒的大小比较一致,就称为分选性好;如果碎屑颗粒有的大,有的小,互相掺杂在一起,就称为分选性差。

(2) 泥质结构。具有这种结构的沉积岩,外观呈致密状,其颗粒大多小于 0.01 mm,所以肉眼已无法分辨。

(3) 生物结构。具有这种结构的沉积岩是由大量的生物遗体组成,常可见到很多保存完好或破碎的贝壳等。有些石灰岩就具有明显的生物结构。

(4) 鲕状及豆状结构。“鲕”原意是鱼子,这里指像鱼子大小的圆粒。凡是主要由直径小于 2 mm 的圆球状鲕粒经胶结而成的沉积岩,其结构就称为鲕状结构。如果颗粒直径大于 2 mm,则称为豆状结构。

沉积岩结构类型见表 1-1-7。

表 1-1-7 沉积岩主要结构类型表

岩石类型	划分依据	结构类型		特 征
碎 屑 岩	碎屑颗粒大小	砾状结构		颗粒直径 > 2 mm
		砂状结构	巨砂状	颗粒直径 2~1 mm
			粗砂状	颗粒直径 1~0.5 mm
			中砂状	颗粒直径 0.5~0.25 mm
			细砂状	颗粒直径 0.25~0.1 mm
		粉砂结构		颗粒直径 0.1~0.01 mm
	泥质结构		颗粒直径 < 0.01 mm	
	颗粒形状	碎屑结构	棱角状结构	颗粒具尖锐棱角或有轻微磨蚀
			圆棱状结构	颗粒棱角已受较大磨损,但仍可以辨别原状
	圆状结构		颗粒棱角全部磨圆,表面圆滑	
分选性	碎屑结构	等粒结构	颗粒大小均匀,分选性好	
		不等粒结构	颗粒大小不一,分选性差	
胶结物	碎屑结构	钙质胶结	加 HCl 起泡	
		硅质胶结	白色,致密状,硬度大于小刀	
铁质胶结		岩石颜色往往呈红色、红褐色		
黏土胶结		硬度小于小刀,有时可用水泡软且有黏性		
胶结类型	碎屑结构	孔隙胶结	颗粒互相接触,胶结物充填于颗粒之间的孔隙内	
		接触胶结	胶结物极少,仅在颗粒接触处存在	
		基底胶结	胶结物极多,颗粒极不接触	