

水井钻进技术与 成井工艺

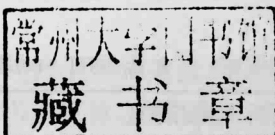
刘春华 张联洲 武佳枚 楚冬梅 编著
李其光 安学军 陈丕华 陈文明



黄河水利出版社

水井钻进技术与成井工艺

刘春华 张联洲 武佳枚 楚冬梅 编著
李其光 安学军 陈丕华 陈文明



黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书以牙轮钻进技术与气动潜孔锤钻进方法为重点,简要阐述了水井钻进的地质、水文地质基础知识,较为全面系统地论述了水井钻进的方法技术,简要介绍了成井工艺、钻井事故预防以及水文测井技术。洗井增水技术相关内容具有较强的针对性和实践性,对水力压裂增水洗井新技术进行了较为充分的论述,分析了相关技术参数的范围以及地层的适应性。

本书可作为从事水井施工以及相关技术人员的专业书籍,也可作为大专院校和科研单位的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水井钻进技术与成井工艺/刘春华等编著. —郑州:黄河水利出版社,2016. 5

ISBN 978 - 7 - 5509 - 1425 - 4

I. ①水… II. ①刘… III. ①水井 - 钻进②成井工艺
IV. ①TU991. 12②P633

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 103856 号

组稿编辑:李洪良 电话:0371 - 66026352 E-mail:hongliang0013@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南承创印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:11.75

字数:272 千字

印数:1—2 000

版次:2016 年 5 月第 1 版

印次:2016 年 5 月第 1 次印刷

定价:50.00 元

前 言

凿井是一门古老的技术。伴随着人类文明的发展,孕育了许许多多富有智慧的凿井取水方法。当代水井钻进技术与成井工艺是一门涉及多学科、多工种、综合性较强的工程应用技术,和现代科学技术的发展密不可分,尤其是最近几十年来取得了更大进步。地层的多样性、地质体的复杂性、岩石构造裂隙发育的不均匀性和地质体本身一些不可预见因素的客观存在,又使得水井钻进与成井工艺在某些地区或地层上充满了挑战 and 风险。在正常施工情况下,如何提高钻进速度、降低钻进成本、确保成井质量,是水井施工中需要探索 and 解决的重要问题。

水井施工是利用一定的钻探设备和工艺方法,合理有效地开发利用地下水资源的一种工程方法,由地质学、水文地质学、机械设备、施工技术等多学科、诸技术共同构筑而成。20 世纪 80 年代以来,伴随着我国经济的快速发展,对地下水的需求日益增加,开发强度不断加大,建井深度越来越深,成本也越来越高。因此,对水井施工技术、钻探设备、成井工艺、洗井增水技术等提出了更高与更新的要求。

目前,在国内的水井施工中,仍有很多单位沿用老的筒状钻具取芯钻进工艺,该工艺效率低下,且导致事故频发,钻井质量难以保证,已不能满足高效率钻井施工的需求。因此,本书较为全面地论述、推荐了几种主要的水井钻进技术,力求推进现代高效率的牙轮钻进技术与气动潜孔锤钻进方法的使用,以提高水井钻进效率,促进钻井技术水平进步。成井工艺是提高成井质量的重要环节,本书重点论述了在松散地层中的防淤增水技术。洗井增水技术是提高出水量的关键步骤,本书较为全面地论述了不同地层中的各种洗井增水方法,对水力压裂洗井增水技术进行了初步论述,以期引起同行的关注,加以不断完善、创新。

本书的编著者长期在山东省水利科学研究院从事相关技术研究工作,具有较深厚的理论研究水平和较丰富的实践经验。编写本书的宗旨,力求系统、全面、简洁、实用、新颖,本书主要面向水井施工及相关技术人员,是从事水井施工及相关技术人员的专业书籍,也可作为大专院校和科研单位的参考用书。由于笔者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者

2015 年 10 月

目 录

前 言

第一章 水井钻进地质基础	(1)
第一节 矿物与岩石	(1)
第二节 第四系地层	(2)
第三节 岩浆岩	(4)
第四节 沉积岩	(11)
第五节 变质岩	(21)
第六节 地质构造	(26)
第七节 岩土分类及其鉴别特征	(38)
第二章 水井钻进水文地质基础	(40)
第一节 地下水分类	(40)
第二节 孔隙水	(43)
第三节 基岩裂隙水	(45)
第四节 岩溶水	(48)
第五节 地下热水	(50)
第六节 确定井位、井深及开采方式	(53)
第三章 水井钻机分类及钻前准备	(60)
第一节 水井钻机的分类及组成	(60)
第二节 水井钻机的发展趋势	(62)
第三节 水井施工钻前准备工作	(64)
第四章 回转钻井技术	(67)
第一节 回转钻进工艺原理	(67)
第二节 回转水井钻机	(70)
第三节 水井施工常用泥浆泵	(73)
第四节 钻机动力机械	(77)
第五节 钻塔和游动系统	(78)
第六节 水龙头和转盘	(81)
第七节 钻头、钻具及使用方法	(83)
第八节 回转钻进技术的运用	(95)
第五章 冲击钻井技术	(112)
第一节 冲击钻进工艺原理	(112)
第二节 冲击水井钻机	(112)
第三节 钻具与钻头	(114)

第四节 冲击钻进技术的运用	(117)
第六章 气动潜孔锤钻井技术	(122)
第一节 气动潜孔锤钻进工艺	(122)
第二节 气动潜孔锤钻机	(123)
第三节 潜孔冲击器和钻头	(125)
第四节 钻杆和钻具	(129)
第五节 空气压缩机	(132)
第六节 气动潜孔锤钻进技术的运用	(133)
第七章 成井工艺与钻井事故预防	(135)
第一节 疏孔与换浆	(135)
第二节 井管安装	(135)
第三节 过滤器选择	(137)
第四节 填砾与止水	(139)
第五节 钻井事故预防及处理方法	(140)
第八章 洗井增水处理技术	(144)
第一节 洗井增水方法分类	(144)
第二节 石灰岩地层盐酸洗井增水技术	(145)
第三节 松散地层多磷酸盐洗井增水技术	(148)
第四节 水力压裂洗井增水技术	(150)
第九章 水文测井技术	(154)
第一节 水文测井综述	(154)
第二节 自然电位法测井	(155)
第三节 电阻率法测井	(157)
第四节 波速法测井	(164)
第五节 自然伽马测井	(168)
第六节 多种测井方法的综合应用	(171)
第七节 水文测井仪器装备	(173)
参考文献	(179)

第一章 水井钻进地质基础

第一节 矿物与岩石

矿物是指地壳及地球内层的化学元素通过各种地质作用形成的、在一定地质条件和物理化学条件下相对稳定的自然元素单质或化合物。例如自然金(Au)、汞(Hg)、石墨(C)和金刚石(C)等矿物是单质元素形成的,石英(SiO₂)、方解石(CaCO₃)等矿物则是由化合物构成的。绝大多数矿物质是化合物,矿物多为固态,仅少数矿物呈液态和气态,是组成岩石和矿物的最基本单位。

目前已发现的矿物总数有3 000多种,但地壳中最常见的主要矿物不过10多种,其中长石、石英、辉石、方解石等矿物组成了各种岩石,而磁铁矿和其他矿物则可通过一定的成矿作用形成各种金属矿床和非金属矿床,详见表1-1。

表 1-1 地壳中主要矿物成分含量 (%)

矿物	含量	矿物	含量
斜长石	39	橄榄石	3
钾长石	12	方解石	1.5
石英	12	白云石	0.9
辉石	11	磁铁矿	1.5
角闪石	5	石膏	
云母	5	其他矿物	4.5
黏土	4.6		

岩石是一种矿物或多种矿物的集合体,总共分为三大类:岩浆岩、沉积岩和变质岩。岩浆岩又分为侵入岩和喷出岩两大类,侵入岩主有花岗岩、闪长岩等;喷出岩主要有安山岩、玄武岩、流纹岩等。沉积岩主要有石灰岩、砾岩、砂岩、页岩等。变质岩主要有片麻岩、大理岩、石英岩和板岩等。这三大类岩石可以通过各种成岩作用相互转化,从而形成地壳物质的循环。

一、岩浆岩(火成岩)

岩浆岩(火成岩)就是直接由岩浆形成的岩石,指由地球深处的岩浆侵入地壳内或喷出地表后冷凝而形成的岩石,又可分为侵入岩和喷出岩(火山岩)。

二、沉积岩

沉积岩就是由沉积作用形成的岩石,指暴露在地壳表层的岩石在地球发展过程中遭

受各种外力的破坏,破坏产物在原地或者经过搬运沉积下来,再经过复杂的成岩作用而形成的岩石。沉积岩的分类比较复杂,一般可按沉积物质分为母岩风化沉积岩、火山碎屑沉积岩和生物遗体沉积岩。

三、变质岩

变质岩就是经历过变质作用形成的岩石,指地壳中原有的岩石受构造运动、岩浆活动或地壳内热流变化等内营力影响,使其矿物成分、结构构造发生不同程度的变化而形成的岩石。变质岩又可分为正变质岩和副变质岩。

第二节 第四系地层

一、第四系地层的分期和分类

(一) 第四系地层的分期

第四系地层为新生代第四纪形成的地层,是离我们最近的一个地质年代。第四系地层一般未胶结,呈松散状态,沉积类型多样。在这一阶段,生物界的总貌与现代已很接近,出现了古人猿和现代人类。第四纪分为更新世(Qp)和全新世(Qh)两个时期,相应的地层便称为第四系,以及更新统和全新统,详见表 1-2。

表 1-2 新生代分期及特征

代 (界)	纪 (系)	世 (统)		距今年龄 (万年)	生物	构造阶段
新 生 代 (界) Cz	第 四 纪 (系) Q	全新世(统)Qh		1 万年至今	现代人类	喜 马 拉 雅 运 动
		更 新 世 (统) Qp	晚更新世 (统)Qp ₃	1 ~ 13	古 猿、现代植物、 草原面积扩大	
			中更新世 (统)Qp ₂	13 ~ 80		
			早更新世 (统)Qp ₁	80 ~ 260		
		新近纪(系)N		260 ~ 2 330	哺 乳动物、被子植 物	
	古近纪(系)E		2 330 ~ 6 500			

(二) 第四系地层的分类

从岩性成因来讲,第四系松散地层可认为是未固结的松散岩石,应归于沉积岩类,但它与固结的沉积岩类在岩性上又有着较大不同,常常又被作为特别的对象来加以区分与研究。

第四系地层的岩性较为复杂,根据岩石的成分可分为碎屑沉积物、化学或生物化学沉积物、火山喷出物、人工堆积物等种类。碎屑沉积物是陆地上分布最广、最为常见的沉积物,亦是通常意义上所讲的第四系地层。

按沉积物的粒径,第四系地层一般分为砾、砂、粉砂和黏土四类。通常情况下,地层由砾石、砂、粉砂等不同的成分构成,它可依据不同粒径成分的含量来命名,采用二元命名法或三元命名法,如砾质砂、含砾砂、砂土、砂质黏土等。

黄土是广泛分布的第四系松散地层,呈浅黄色或棕黄色,主要由粉砂组成,富含钙质,疏松多孔,不显宏观层理,垂直节理发育,具有很强的湿陷性。

二、第四系地层的分布

第四系地层含有陆地上分布最广、最为常见的岩石,主要有残积物、坡积物、洪积物、冲积物、冰碛物、冰水堆积物和风积物等,其主要种类、成因、分布及地貌形态等见表 1-3。

表 1-3 第四系地层沉积物的类型与分布

成因类型	主要地质作用	地层岩性特征	分布位置	地貌形态
残积物	物理、化学风化	角砾与碎岩屑、极细砂、黏土混杂,基本上未经搬运而堆积于原地;从基岩到残积物渐变过渡,一般上细下粗,碎屑具棱角,排列无规则,无层理,厚度因地而异	山脊、平缓山坡、夷平面等处	
坡积物	坡面水流的长期搬运	以细颗粒为主,常混有碎石;分选性和磨圆度极差;岩性取决于坡面上段基岩岩性及残积层的发育程度;具有与坡面大致平行的模糊层理	山坡和山麓	坡积锥、坡积裙
洪积物	间歇性洪水的搬运	呈扇形,扇顶部与沟口相接,碎石粗大,磨圆度差;扇中部堆积卵石、碎石、角砾、圆砾及砂和亚砂土;扇尾部颗粒变细,常由细砂、粉砂、黏土构成;扇的边缘地带有时有淤泥;顺原始地形坡度常见倾斜的斜交层理	山麓沟口及平原支流沟口	冲积锥、洪积扇、洪积裙、山麓平原
冲积物	长期性洪水沿河流的搬运	地层主要由砂砾石组成,磨圆度、分选性好;分为河床相和河漫滩相,前者砾石多呈扁平状,长轴与流水方向一致,后者以细砂、极细砂、亚砂土为主,层理呈韵律变化,偶夹细砾石透镜体和杂土	河谷地带、古河道	阶地、河漫滩、冲积平原、三角洲
冰碛物	冰川搬运	地层一般为大小悬殊的岩块和黏性土混合物,泥粒、漂砾粒径可达数十至数百米,无层理,无磨圆,排列杂乱,磨光面具擦痕	山间谷地、山麓平原	冰碛垄、冰川平原及鼓丘等
冰水堆积物	冰水搬运	地层多为细砾和粗砂,层理清晰,韵律变化,常与冰碛物相互间杂;受冰川挤压会有复杂的构造变形;在冰水湖泊中,会形成层理明显的韵律层	冰川外缘、谷地、平原、湖泊	冰水堆积扇、冰水阶地等
风积物	风力吹扬、漂移	地层岩性多为砂、细砂、亚砂土、粉砂、黏粒,分选性好,层理不明显,颗粒有明显碎裂、磨蚀痕迹	干旱半干旱区、河谷、山坡等	各类沙漠、黄土地貌

三、第四系地层的透水性

第四系含水层的岩性,主要为各类砾石层、砂层、粉砂层,黏土因其不透水性,则形成各类含水层的隔水层或阻水层。一般而言,颗粒越粗,分选性越好,透水性越强。

第四系含水层广泛存在于山间河谷、山前平原、河流冲积平原等第四系松散层之中,埋深变化幅度大,从几米到几百米,甚至上千米不等。由于受水流变化影响,中上游颗粒一般较粗,多为砾、粗砂,下游则多为细砂、粉细砂。砂、砾层与黏土多呈互层结构,从而形成不同的地下水类型,如潜水、微承压水或承压水。第四系地层名称及透水性见表 1-4。

表 1-4 第四系地层分类及透水性

地层名称		粒径分级(mm)	渗透系数参考值(m/d)	透水性
砾石层	巨砾	>1 000	>20	极强透水
	粗砾	100 ~ 1 000	>20	极强透水
	中砾	10 ~ 100	>20	极强透水
	细砾	2 ~ 10	>20	极强透水
砂层	粗砂	0.5 ~ 2	>20	强透水
	中砂	0.25 ~ 0.5	>10	强透水
	细砂	0.05 ~ 0.25	5.0 ~ 10	中等透水
粉砂层	粗粉砂	0.03 ~ 0.05	1.0 ~ 5.0	透水
	细粉砂	0.005 ~ 0.03	0.01 ~ 1.0	弱透水
黏土层	亚黏土	<0.005	0.001 ~ 0.01	微透水
	黏土	<0.001	<0.001	不透水

第三节 岩浆岩

一、岩浆岩的概念

岩浆是地壳深部或上地幔产生的高温炽热、黏稠、含有挥发成分的硅酸盐熔融体。由岩浆凝固固结而成的岩石,称为岩浆岩,或称为火成岩,又分为侵入岩和喷出岩两大类。

侵入岩为岩浆在地下不同深度冷凝结晶而成的岩石。由于冷凝缓慢,所以岩石中的矿物结晶较好,颗粒较粗。侵入岩又分为深成岩和浅成岩两类。

喷出岩包括熔岩和火山碎屑岩(火山碎屑堆积而成的岩石)。由于喷出岩是岩浆在地表冷凝而成的,温度降低很快,所以岩石中的矿物结晶细小,甚至有的没有结晶,成为玻璃质岩石。

二、岩浆岩的化学成分

地壳中所有的天然元素都可以在岩浆岩中发现,构成岩浆岩的 10 种主要元素的氧化物为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 MnO 、 Na_2O 、 K_2O 、 TiO_2 等,它们约占岩浆岩总成分的 99%。

三、岩浆岩的矿物成分

岩浆岩的矿物成分能够反映它们的化学成分、生成条件及成因等变化规律。同时,矿物成分也是岩浆岩分类和命名的主要依据。自然界矿物的种类很多,但组成岩浆岩的常见矿物不过 20 多种,见表 1-5。

表 1-5 岩浆岩中矿物的平均含量 (%)

矿物名称	含量	矿物名称	含量
石英	12.4	白云母	1.4
碱性长石	31.0	橄榄石	2.6
斜长石	29.2	霞石	0.3
辉石	12.0	不透明矿物	4.1
普通角闪石	1.70	磷灰石、榍石及其他	1.5
黑云母	3.80	合计	100.00

四、岩浆岩的结构和构造

岩浆岩的结构和构造是区分和鉴定岩浆岩的重要标志,它不但反映了岩石的形成环境和形成过程,而且是岩浆岩分类和命名的主要依据。

(一) 岩浆岩的结构

岩浆岩的结构是指组成岩石的矿物结晶程度、颗粒大小、形态及其相互关系,主要划分为以下几个类型。

1. 全晶质结构

具全晶质结构的岩石全部由结晶的矿物组成,它是岩浆在温度缓慢下降的条件下结晶而成的,多为深成岩所具有,如花岗岩就具有此种结构。

2. 半晶质结构

具半晶质结构的岩石中既有结晶的矿物,又有未结晶的玻璃质。它是岩浆在温度下降较快的条件下冷凝形成的,多为喷出岩及浅成岩所具有,如流纹岩就常具有此种结构。

3. 玻璃质结构

岩石全部由非晶质——玻璃质组成,它是岩浆在温度下降很快的条件下各种组分来不及结晶而急速冷凝形成的,主要出现在酸性喷出岩中,如黑曜岩等。

4. 显晶质结构

岩石中矿物结晶比较大,用肉眼或借助于放大镜可分辨矿物颗粒。侵入岩常具此种

结构。

按岩石中矿物的粒度大小又可分为以下四种：

(1)粗粒结构：矿物颗粒直径大于 5 mm。

(2)中粒结构：矿物颗粒直径为 1 ~ 5 mm。

(3)细粒结构：矿物颗粒直径为 0.1 ~ 1 mm。

(4)微粒结构：矿物颗粒直径小于 0.1 mm。

5. 隐晶质结构

岩石中的矿物结晶细微，肉眼或放大镜无法分辨出矿物颗粒。具隐晶质结构的岩石外貌致密，断口呈瓷状。喷出岩常具有此种结构。

6. 等粒结构

岩石中同种主要矿物颗粒大小大致相等。等粒结构多见于深成侵入岩中。

7. 不等粒结构

岩石中同种主要矿物颗粒大小明显不等，其粒度大小依次渐变。此种结构多见于深成侵入体边部或浅成侵入体中。

8. 斑状结构和似斑状结构

岩石由两类大小截然不同的矿物颗粒组成，大的颗粒（斑晶）被小的颗粒（基质）所包围。

(二) 岩浆岩的构造

岩浆岩的构造是指岩石不同矿物集合体间或矿物集合体与岩石的其他组成部分（如玻璃质）之间在空间的排列方式及充填方式所反映出来的特征。

1. 块状构造

具块状构造的岩石中各种矿物均匀分布，无定向排列。这是岩浆岩最常见的一种构造，如花岗岩、橄榄岩等多具此种构造。

2. 条带状构造

条带状构造的岩石中不同的成分、结构、颜色等的矿物呈条带状分布，如辉长岩中由于长石与辉石相间排列，而形成的条带状构造，如图 1-1 所示。

3. 流纹构造

流纹构造由不同颜色的矿物、拉长的气孔以及长条状矿物在岩石中呈一定方向排列而构成，它是岩浆流动的结果，故称为流纹构造。这种构造常见于酸性喷出岩中，如图 1-2 所示。

4. 气孔构造和杏仁构造

当岩浆喷溢出地表后，由于压力降低，气体从熔岩中分离出来而留下各种形状不同的孔洞，当岩石中这种孔洞很多时可使岩石呈蜂窝状，岩石的这种孔洞称为气孔构造。此种构造在玄武岩中最常见。当气孔被次生矿物完全充填后，则称为杏仁构造，如图 1-3 所示。

5. 枕状构造

枕状构造是海底溢出的基性熔岩中常见的一种构造。这种构造由大小不等的枕状体堆积而成，一般发育于熔岩的顶部，如图 1-4 所示。



图 1-1 条带状构造

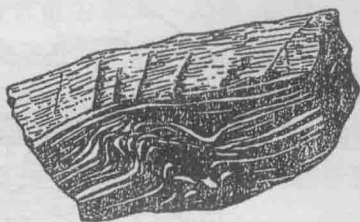


图 1-2 流纹构造

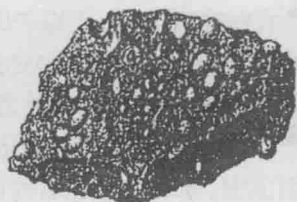


图 1-3 杏仁构造



图 1-4 枕状构造

五、岩浆岩的产状

岩浆岩的产状是指岩体的形态、大小及与围岩的关系。岩浆岩的产状,主要受岩浆的成分、性质、岩浆活动的方式及构造运动的影响,并与岩浆侵入深度有关,如图 1-5 所示。

(一) 侵入岩的产状

1. 岩基

岩基是一种规模巨大,平面上多呈长圆形的深成侵入体。一般出露面积超过 100 km^2 。通常是由酸性或中性岩浆冷凝而形成的。

2. 岩株

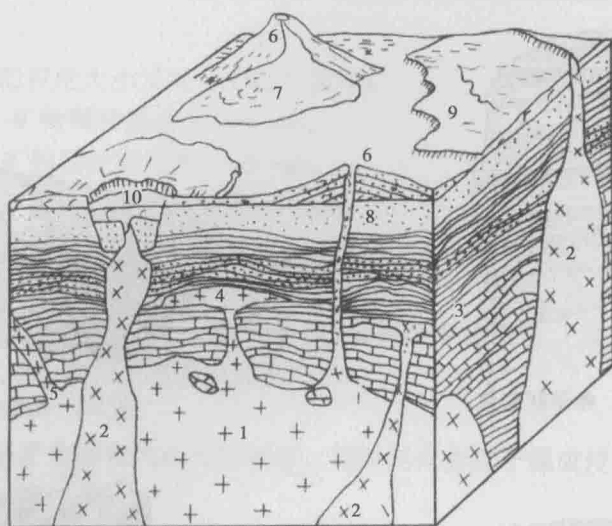
岩株是种在岩体形态上与岩基相似,但出露面积较小,小于 100 km^2 的侵入体。岩株通常也都是由酸性岩浆岩组成的。

3. 岩床

岩床是岩浆顺层侵入的一种板状岩体。其厚度一般较小,但面积较大。岩床多由基性岩、超基性岩组成。

4. 岩盖

岩盖又称岩盘,也是顺层侵入的一种岩体。岩盖底部平坦、顶部拱起,中央厚、边缘薄,在平面上呈圆形。它的形成深度一般较浅,规模也较小,直径一般为 $3 \sim 6 \text{ km}$,厚者可达 1 km 。岩盖多由酸性岩浆侵入而形成。



1—岩基;2—岩株;3—岩床;4—岩盘;5—岩脉;6—火山锥;
7—熔岩流;8—火山颈;9—溶岩被;10—破火山

图 1-5 岩浆岩产状示意图

5. 岩盆

岩盆也是岩浆顺层侵入的一种岩体,其中央部分下沉而形成中央微凹的盆状。岩盆大小不一,大者直径可达数十到数百千米。岩盆多由基性岩浆、超基性岩浆冷凝而成。

6. 岩墙与岩脉

岩墙与岩脉是岩浆切穿岩层并充填于围岩裂隙中的小型板状侵入体。其规模不一,厚度可从数十厘米至数十米,长度可从数十米至数千米。通常将规模较大、形态规则的板状者称为岩墙;把规模较小、形态不太规则者称为岩脉。

(二) 喷出岩的产状

1. 火山锥

由火山喷出物质,围绕火山口堆积而成的圆锥形火山体,称为火山锥。火山锥体如果由火山碎屑物质组成,称为火山碎屑锥;如果由熔岩组成,称为熔岩锥;由二者的混合物质组成,称为混合锥。

2. 熔岩流

黏度较小的岩浆溢出火山口后,在沿斜坡流动的过程中冷凝而成的带状、舌状、宽阔状的岩体,称为熔岩流。熔岩流多为玄武岩喷出岩的产状,但少数流纹岩喷出岩也具有。

3. 岩钟、岩针

流纹岩岩浆的黏度较大,不易流动,可在火山通道上方聚积起来,形成钟状岩体,称为岩钟。如果已固结的火山通道被深部熔岩推挤出地面,形成针状尖峰,称为岩针。有的岩针高达 400 m 以上。

六、主要侵入岩类

(一) 花岗岩

花岗岩为深成侵入岩,多呈浅肉红色、浅灰色;粗细粒结构、似斑状结构,块状构造,局

部见斑杂构造。其主要矿物为钾长石($\pm 40\%$)、酸性斜长石($\pm 20\%$)和石英($\pm 30\%$);次要矿物有黑云母、角闪石($\pm 10\%$);副矿物有磁铁矿、榍石、锆石、磷灰石等。若钾长石与酸性斜长石含量大致相等,则称为二长花岗岩;若斜长石含量远大于钾长石,称为斜长花岗岩;若钾长石与斜长石含量之比约为1:2,石英含量为20%~25%,次要矿物以角闪石为主,则称为花岗闪长岩。

与花岗岩成分相当的浅成侵入岩为花岗斑岩。花岗斑岩具全晶质斑状结构,块状构造。基质一般为细-微粒结构。斑晶主要是钾长石与石英,可有少量黑云母、角闪石。与花岗闪长岩成分相当的浅成侵入岩为花岗闪长斑岩,它与花岗斑岩的区别在于斑晶主要为斜长石,也可有少量黑云母、角闪石、钾长石、石英。

本类岩石含 SiO_2 大于65%,属于硅酸过饱和的岩石。 FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 含量很低,普遍低于2%, CaO 低于3%, NaO 、 K_2O 则有明显的增加,平均各为3.5%。

花岗岩矿物成分以硅铝矿物为主,主要为钾长石、石英和酸性斜长石。其中,石英的含量在20%以上;铁镁矿物的含量为10%左右,常见的铁镁矿物是黑云母、角闪石;副矿物含量虽少(小于1%),但种类繁多,常含稀有元素和放射性元素。岩石颜色浅,多为灰白色、肉红色。本类岩石分布广泛,是大陆地壳的重要组成岩石。侵入岩常呈岩基或岩株产出,喷出岩分布较少。

花岗岩常形成大岩基,长几百至上千千米,宽几十至上百千米,也常见小型岩株、岩盖或岩枝。它的喷出岩的代表性岩石为流纹岩,多呈岩钟、岩针等中心式喷发的产物,少数为裂隙式喷发形成的岩流。

(二) 闪长岩

侵入岩代表岩石为闪长岩。闪长岩一般呈灰色至绿灰色,中细粒粒状结构,块状构造,也可见到斑杂构造。其主要矿物为中性斜长石和角闪石,次要矿物有辉石、黑云母,有的含石英或钾长石。当次要矿物较多时,可称辉石闪长岩、石英闪长岩(石英含量5%~20%)、黑云母闪长岩。浅成侵入岩的代表岩石为闪长玢岩,常具斑状结构,块状构造。其特点是中性斜长石和角闪石形成斑晶。基质呈灰绿色,由斜长石、角闪石的微晶组成。

闪长岩多成小岩体侵入,如小岩株、岩盖和岩脉等,分布不多,其出露面积小于100 km^2 ,与辉长岩或花岗岩共生,构成复杂的杂岩体。侵入于碳酸盐岩中的闪长岩,常在接触带形成矽卡岩,形成矽卡岩型钢、铁、金、银、铅、锌等矿床。它的喷出岩的代表岩石为安山岩,常成较大面积的岩流广泛分布,厚度达几百米甚至几千米。

(三) 辉长岩

辉长岩为深成侵入岩,岩石呈灰黑色,一般为中粗粒状结构,块状构造或条带构造。其主要矿物成分为辉石和基性斜长石,二者含量大致相等。当铁镁矿物含量大于65%时,称为暗色辉长岩;当铁镁矿物含量仅10%~35%时,称为浅色辉长岩;基性斜长石含量大于或等于90%时,则称为斜长岩。当次要矿物橄榄石、角闪石等较多时,也可参与命名,如橄榄辉长岩、角闪辉长岩。若含明显可见的石英或钾长石,则称石英辉长岩或正长辉长岩。

浅成侵入岩称为辉绿岩。辉绿岩为暗绿色至绿黑色;具典型的辉绿结构,即长条状基性斜长石微晶杂乱交织,构成三角形空隙,其空隙被他形辉石微晶充填,二者大小相近;也

常见斑状结构,斑晶以基性斜长石为主,这种岩石称为辉绿玢岩。浅成侵入岩的矿物成分与深成岩相同。

基性侵入岩分布较超基性岩广一些,但单个岩体规模一般不大,常呈岩盆、岩盖、岩株、岩床和岩墙产出。与其有关的矿床主要是铜镍硫化物矿床;其次有铬铁矿床和钒钛磁铁矿床。它的喷出岩的代表岩石为玄武岩,多呈巨厚的岩被,面积达几十万甚至上百万平方千米。

(四) 橄榄岩

橄榄岩是超基性深成侵入岩的代表,岩石呈黑色、暗绿色,具中粗粒状结构,块状构造或带状构造。其主要矿物为橄榄石和辉石。浅成侵入岩的代表岩石为金伯利岩(为含金刚石的母岩,因产于南非金伯利而得名)。

超基性岩在地表的分布面积很小,约占岩浆岩分布面积的 0.4%。它常与基性岩一起组成岩浆岩杂岩体,也有独立岩体出现的,一般为小型岩株、岩盆或岩墙。与超基性岩有关的矿产有铬、镍、钴、铂、稀土、金刚石、石棉、磷灰石、滑石等。

(五) 煌斑岩

煌斑岩为暗色矿物含量占主导地位的脉岩,颜色一般为黑色、暗绿色、深灰色,故称为暗色岩脉;其结构多为全晶质细粒至微粒结构、斑状结构,斑晶全为暗色矿物。煌斑岩的 SiO_2 含量多为 40% ~ 50%, FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 及 K_2O 、 Na_2O 的含量相对较高。暗色矿物主要为辉石、角闪石、黑云母,浅色矿物为斜长石或钾长石。

钾镁煌斑岩是金刚石矿床的重要母岩。伟晶岩本身常作为非金属矿产进行开采。与花岗伟晶岩有关的矿产在 40 种以上,其中主要为稀有元素矿产及云母、水晶、长石及各种宝石矿产等。

煌斑岩属脉岩类,多形成于远离母岩体地区。随着各种深成岩的形成,往往形成一些沿围岩或某些深成岩体之间缝隙的充填物,常成脉状产出,故称为脉岩。脉岩通常呈规则或不规则的板状体产出,大小不一,长度由几米至几千米,厚度从几厘米至几十米。有些脉岩常侵入在早期侵入体内或其附近围岩中。

(六) 碳酸岩类

碳酸岩是 19 世纪末期发现的一种以碳酸盐矿物为主要成分的岩浆岩。1921 年,布列格尔首次确定它是与碱性杂岩体相伴生的岩浆岩,并正式命名为“碳酸岩”,以示与沉积“碳酸盐岩”区别。

碳酸岩在外观上很像大理岩,颜色白色、浅棕色,结晶结构,块状构造,常与橄榄岩、霞石正长岩共生。碳酸岩可分侵入岩和喷出岩。与碳酸岩有关的矿产主要是稀有元素矿床、非金属原料(磷灰石、金云母、蛭石等)矿床,同时碳酸岩本身也是很好的水泥原料。

七、主要喷出岩类

(一) 安山岩

安山岩为喷出岩,它的侵入岩为闪长岩,所以矿物成分与闪长岩类同,因其在南美洲安第斯山发育最好,故得名安山岩。安山岩颜色呈灰色,经次生变化后往往呈灰褐色、灰绿色、红褐色;矿物成分与闪长岩基本相同;多数为斑状结构,斑晶为斜长石、辉石、角闪

石、黑云母;少数为隐晶结构或玻璃质结构;常见块状构造、气孔构造和杏仁构造。与石英闪长岩成分相当的喷出岩为英安岩,多为隐晶质结构。安山岩常成较大面积的岩流广泛分布,分布面积仅次于玄武岩,厚度达几百米甚至几千米。

(二) 玄武岩

玄武岩为喷出岩,是分布最广的一种喷出岩,它的侵入岩为辉长岩,所以矿物成分与辉长岩类同。岩石多呈黑色、黑灰色或暗褐色,风化后往往呈黄褐色、暗红色、灰绿色。多数为细粒至隐晶质结构,也有玻璃质结构和斑状结构。多具气孔构造和杏仁构造,杏仁体多由方解石、蛋白石、绿泥石构成。具杏仁构造的称为杏仁玄武岩;具气孔构造的称为气孔玄武岩,也有块状玄武岩。

(三) 火山碎屑岩类

顾名思义,火山碎屑岩是介于岩浆岩与沉积岩之间的过渡岩类,具有双重身份,本书在后面沉积岩的相关章节中还将作进一步的介绍。从岩石成分来看,它与相应的熔岩有密切关系,在空间分布上二者也经常共生;在结构上与陆源碎屑岩既有类似之处,又有很大的差别;在成因上,火山碎屑岩与陆源碎屑岩则有着本质性的差别,一个成分主要为火山喷出物,另一个成分主要为风化物或生物物。所以,特在不同的岩类中对这类岩石进行了分别叙述,以加深对此类岩石的理解。

火山碎屑岩的碎屑多具棱角,不具分选性,成分、结构、构造变化大,常缺乏稳定层理,除大量含有火山碎屑物外,有时还含有其他沉积物。下面分别介绍两种较为常见的火山碎屑岩,即凝灰岩和火山角砾岩。

凝灰岩为喷出岩,属火山碎屑岩类,它是由火山喷发所产生的各种碎屑物经过短距离搬运或沉积而形成的岩石。凝灰岩是火山碎屑岩类中分布最广的一种喷发岩,组成凝灰岩的碎屑多小于 2 mm,成分多数为火山玻璃、矿物晶屑和岩屑,此外尚有一些其他沉积物。基性凝灰岩分解后易产生绿泥石、方解石、高岭石、蒙脱石等次生矿物。岩石颜色多呈灰白色、灰色,也有黄色和黑红色等。由于火山灰可在空气中飘浮几十、几百,甚至上千千米,所以凝灰岩一般在远离火山口处堆积。由于凝灰岩成分变化大、粒度细、孔隙度高、结构疏松,所以易发生次生变化,多是泥石流等地质灾害的多发区。

火山角砾岩为喷出岩,与凝灰岩一样同属火山碎屑岩类,主要由各种熔岩角砾组成,也含有其他岩石的角砾,有 1/3 的火山碎屑介于 2~50 mm。火山碎屑岩中的角砾棱角明显,分选性差,通常为火山灰胶结而成。

第四节 沉积岩

一、沉积岩的概念

沉积岩是在地表或地表以下不太深的地方,在常温常压下,由母岩的风化产物或由生物化学作用和某些火山作用所形成的物质,经过搬运、沉积、成岩等地质作用而形成的层状岩石,如砂岩、页岩、石灰岩等。

由于岩浆岩、沉积岩与变质岩是在不同的条件下形成的,其各自的矿物成分、结构不