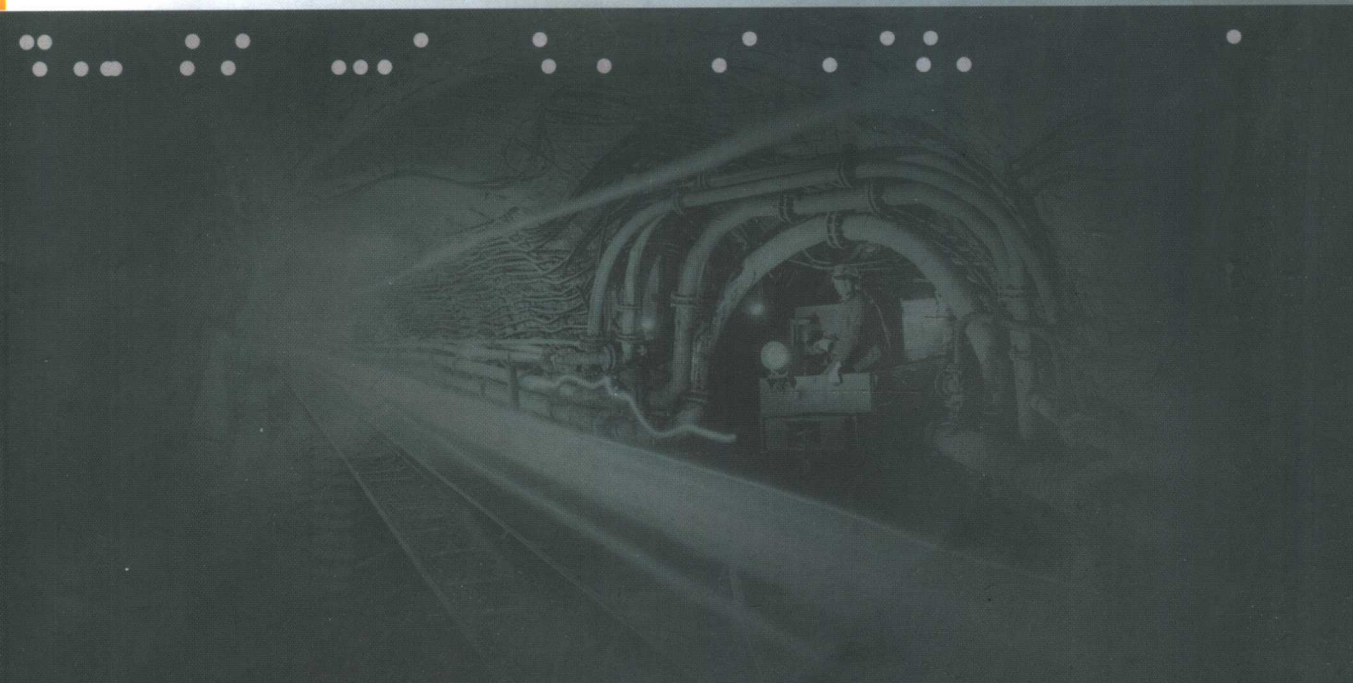




· 煤 · 矿 · 主 · 要 · 灾 · 害 · 防 · 治 · 技 · 术 · 丛 · 书 ·

矿井水害防治技术

中国煤炭工业劳动保护科学技术学会 组织编著



煤炭工业出版社

煤矿主要灾害防治技术丛书

矿井水害防治技术

中国煤炭工业劳动保护科学技术学会 组织编著

煤炭工业出版社

·北京·

编审委员会名单

主 任 赵铁锤

委 员 (按姓氏笔画排序)

王宏斌 王岐成 王树玉 刘 伯 刘景华

朱锦文 李文俊 运宝珍 邱宝杓 赵益芳

窦永山

主 编 窦永山

副主编 朱锦文 王树玉

《矿井水害防治技术》

主 编 王宏斌 刘 伯

编写人 王宏斌 刘 伯 才向军 张 林

审稿人 刘国林

《瓦斯灾害防治技术》

主 编 运宝珍 刘 洪

审稿人 马尚权

《矿井粉尘防治技术》

主 编 赵益芳

编写人 赵益芳 赵森林 薄俊伟 赵树芬 赵光宇

《矿井火灾防治技术》

主 编 刘景华

审稿人 方裕璋

《矿山压力与岩层控制技术》

主 编 王岐成

审稿人 刘过兵

前 言

煤炭是我国国民经济发展的主要能源支柱。我国煤炭生产和国外相比,最大的特点之一是以井工生产为主。井工生产除生产过程复杂、环节多、工作地点经常移动外,还要受到矿压、瓦斯、火灾、水害、煤尘等自然灾害的威胁。随着矿井机械化程度的不断提高,开采强度的不断加大,煤矿安全问题日趋突出。因此,认真做好煤矿安全工作,对于加强煤矿劳动保护、搞好安全文明生产、加速我国煤炭工业持续稳定地发展具有重要的现实意义。

新中国成立以来,我国在煤矿灾害防治方面积累了丰富的经验,特别是随着《矿山安全法》、《煤炭法》和《安全生产法》等一系列法律法规的颁布与实施,我国煤矿灾害防治工作在理论研究及技术应用方面都取得了显著的进展,这对煤矿安全状况的改善发挥了重要作用。

为了系统地总结目前国内外行之有效的煤矿灾害防治技术,推动煤矿安全技术水平和管理水平的提高,使煤矿安全技术更加系统和完善,中国煤炭工业劳动保护科学技术学会组织从事煤矿安全技术的科研单位、高等院校以及煤炭生产企业的专家学者编写了本套丛书。本套丛书共有《瓦斯灾害防治技术》、《矿井火灾防治技术》、《矿井水害防治技术》、《矿井粉尘防治技术》、《矿山压力与岩层控制技术》5个分册。

本套丛书立足于现场应用,在内容上以矿井灾害防治理论与技术实践为基础,汇集了近年来国内外矿井灾害防治最新科研成果,具有先进性、科学性和较强的实用性。

本套丛书适合从事煤矿安全工作的科研、设计、生产的工程技术人员和管理人员阅读,也可供煤炭高等院校采矿、通风安全专业师生参考。

由于编者水平所限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编审委员会

2007年6月

目 录

第一章 地下水的基本知识.....	1
第一节 地下水的赋存条件.....	1
第二节 地下水的类型和特征	16
第三节 地下水的物理性质和化学特征	27
第四节 地下水运动的基本知识和基本规律	29
第二章 矿井充水条件及水文地质条件分类	38
第一节 矿井充水水源	38
第二节 矿井充水通道	42
第三节 影响矿井涌水量大小的因素	48
第四节 矿井水文地质条件分类	50
第三章 矿井涌水量的预测	52
第一节 水文地质比拟法预测	53
第二节 稳定流解析法预测	54
第三节 水均衡法预测	63
第四节 相关分析法预测	66
第五节 数值法预测	67
第六节 人工神经网络法预测	68
第四章 矿井水文地质工作	69
第一节 勘探阶段水文地质资料的应用	69
第二节 矿区(井)水文地质补充调查	70
第三节 矿区(井)水文地质补充勘探	73
第四节 矿井水文地质动态观测	76
第五章 矿井水害防治	90
第一节 我国煤矿水害区分布及特征	90
第二节 矿井水害类型	93
第三节 矿井水害的防治技术现状	95
第四节 地面防治水.....	102
第五节 井下探放水.....	107

第六节 疏放排水·····	121
第七节 防水煤(岩)柱留设的方法·····	127
第六章 矿井特大突水抢险救灾技术·····	134
第一节 矿井突水抢险救灾·····	134
第二节 抢险救灾中的控水、排水和注浆堵水技术·····	137
第三节 抢险救灾中的水文地质工作·····	141
第四节 防水闸门·····	143
第七章 矿井水害事故案例分析·····	146
第一节 地表水体水害事故·····	146
第二节 松散层(冲积层)水水害事故·····	152
第三节 老空积水水害事故·····	157
第四节 厚层灰岩岩溶水水害事故·····	173
第五节 薄层灰岩水水害事故·····	195
第六节 水闸门、钻孔等透水事故·····	207
第七节 水害事故综合分析·····	218
第八章 煤矿防治水与环境保护·····	221
第一节 矿井疏排水引起地面塌陷与治理·····	221
第二节 矿井疏排水引起供水矛盾与治理·····	224
第三节 矿井水污染的防治与处理·····	224
第四节 华北型煤田排-供-生态环保三位一体优化结合技术·····	229
第九章 国外煤矿防治水新技术·····	231
第一节 国外防治水技术概况·····	231
第二节 国外防治水安全工作标准·····	231
参考文献·····	240

第一章 地下水的基本知识

第一节 地下水的赋存条件

一、自然界中水的循环及地下水的来源

自然界中的水，以气态、液态和固态分布于地球的大气圈、水圈和岩石圈中。各相应圈中的水，分别被称为大气水、地表水和地下水。

自然界中的总水量约为 138598 万 km^3 ，其中大气圈中水量为 1.29 万 km^3 ，水圈中（包括海洋、河流、湖泊等）水量为 136257 万 km^3 ，岩石圈水量为 2340 万 km^3 。

大气圈、水圈、岩石圈中的水，彼此之间都有着密切的转化关系，这种关系主要是通过水的循环来实现的。

所谓自然界水循环，是指在太阳热能作用下，水自水面（洋面、海面、河湖面）、地表和植物叶面由液态转变为气态进入大气中，在一定条件下大气中的水蒸气凝结成雨或雪又降落到地表。降落到地表的水，一部分蒸发重返大气中，另一部分则汇到地表的河湖中，还有一部分沿着岩石空隙渗入到地下形成地下水。地下水在岩层中运动遇到适当的条件又流出地表转变为地表水，最终绝大多数流归大海，这样即完成了一次水循环，这种海洋、陆地之间的循环称为大循环或外循环。若水自海洋表面蒸发又复降至海洋表面，或水从陆地上的河湖水面、地表和植物叶面蒸发（或蒸腾）又降落到陆地表面，则完成一次局部的循环。这种循环只局限于海洋或陆地本身之间的循环过程，通常称为小循环或内循环。水循环的具体情况如图 1-1 所示。

大循环是全球性的，主要受全球气候的控制；小循环是地区性的，一般受局部气象因素控制。总之，自然界各类水体的转化是通过循环实现的，水循环是地球上各类水体得以

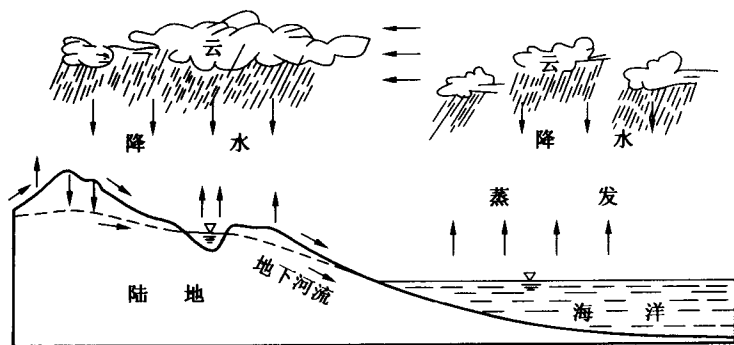


图 1-1 水循环示意图

实现动态平衡的保证。

自然界中的水,就是这样密切联系相互转化运动着。大气水和地表水在一定条件下才渗入地下转化为地下水,从而使地下水获得水量,这个过程被称为地下水的补给。正因为地下水不断地获得补给,所以才能不断地在岩石空隙中运动,这个过程称为地下水的径流。而地下水水量减少的过程,则是地下水的排泄。地下水的补给、径流和排泄及其变化的全过程,称为地下水的形成。

由于岩石所处的自然地理条件和地质条件各不相同,因而地下水的来源各式各样,大

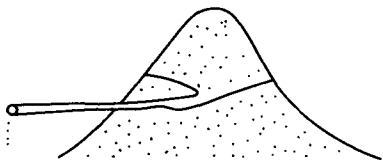


图 1-2 凝结水形成

至可归纳为四个方面。第一是渗透补给。大气降水和地表水在渗透作用下进入岩石的空隙中,便形成自由流动的地下水,称渗入水。但是降水渗入并不是地下水的唯一来源,部分地下水的成因,无法用降水渗入解释。例如,干旱的沙漠地区,降雨稀少,有时整个夏季都不下一滴雨,但是在沙丘中,

可以见到水汽凝结形成的地下水,即当地面的温度低于空气的温度时,空气中的水汽便要进入土壤和岩石的空隙中,在颗粒和岩石表面凝结而成地下水,这种由于凝结作用形成水的称为凝结水,具体如图 1-2 所示,

还有一部分地下水既不是降水渗入,也不是水汽凝结形成,而是由岩浆中分离出来的气体化合形成。这种水是岩浆作用的结果,称为初生水。此外,和沉积物同时生成或海水渗入到原生沉积物的孔隙中而形成的地下水称为埋藏水。

渗入水、凝结水、初生水、埋藏水中,后三种只局限于局部地区,而且往往被渗透补给水所混合,而地下水的第三种来源则是普遍的、大量的。大气水、地表水渗入补给形成地下水的过程,不过是自然界水循环全过程中的一个环节。

既然地下水的起源这样复杂,因此在研究地下水时就应当首先研究在地下水形成过程中影响地下水存在和变化的各种因素,其中主要是研究气象、水文、地形等自然地理因素。

二、影响地下水形成的自然地理因素

(一) 气象因素

气象因素是表征大气所处物理状态的因素。

在气象诸要素中,降水与蒸发对地下水形成的影响最大。

大气降水下渗是地下水的主要来源;蒸发是地下水排泄的重要途径。

降水是指由大气中水汽凝结并降落到地表或植被表面的一切液态水及固态水。如雨、雪、雹、雾、露、霜等。

大气降水有以下两种形式:①低层降水,由水汽直接凝结在地面、地表物体表面及植被表面上而形成的液态水或固态水。如雾、露、霜等。低层降水一般对地下水补给意义不大,但在干旱沙漠地区有一定意义。②高层降水,高空水汽遇冷凝结降落在地表的降水,如雨、雪、雹等。

各降水形式中,以雨、雪对地下水形成意义最大。

大气降水的数量是由降水量来衡量,一般用雨量计进行测量。将测量得到的体积值换算成单位面积的水层厚度(高度)用 mm 表示。对雪(固态)来说,则以收集在雨量计

中的雪融化后得到的水层厚度 (mm) 表示。某地区某一时期降水的厚度, 即表示该时期的降水量, 根据降水量可将降雨分为小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨等六个等级。单位时间内的降水量称为降水强度, 根据降水强度可将降雨分为霪雨、细雨、暴雨三个降雨类型。

降水对地下水的补给与降水性质 (如降水强度、降水持续性) 有关。当降水强度小于岩石当地当时最大吸收强度 (单位面积、单位时间的吸水量) 时, 降水全部被岩石吸收渗入地下。在这种情况下, 随着降水强度的增加, 渗入量也相应增加。只有当降水强度超过当地当时的最大吸收强度, 超过部分, 才形成地表径流。因此, 降水历时短的暴雨不利于地下水的补给, 大部分形成了地表径流。

降水的持续性是指降水连续的时间。我国的降水主要随着季风而来, 不但降水量南、北方相差悬殊, 随着空间的变化很大、分布不均, 而且降雨时间多集中于某些月份, 形成明显的湿、干季节。如我国南方的黄梅雨, 阴雨天可持续数十天, 因此降水下渗比例大, 那时常成为一个地下水位较高的时期。如果降水强度太小, 持续时间又短, 则降水基本上被蒸发。

因此, 在各降雨类型中, 霪雨的强度不大, 但延续时间很长, 分布面积很广, 对地下水补给有很大意义, 尤其是地表为透水层时, 水分渗入地下更多。细雨的雨滴小, 雨量小, 易被蒸发, 对地下水补给意义不大。暴雨降水量大, 但一般时间短, 大部分来不及渗入地下, 而被消耗在地表径流中。

雪是固态的降水, 融化后也能补给地下水。

降水在水文地质学中的意义在于它直接影响到地下水的形成, 是地下水的补给来源, 有时甚至是唯一的补给来源。此外, 降水量的大小还能影响地下水的水质和水量。

我国由于幅员辽阔, 各地降水量极不相等, 大致概括为沿海多, 内陆少, 南方多, 北方少, 山区多, 平原少。从时间上看, 主要集中于夏季, 一般在六、七、八月份最多。东北及西北地区的冬季主要是固态降水, 只有在次年三、四月份融化后才能补给地下水。

蒸发, 是指在太阳能的作用下, 水由液态转化为气态进入大气中的过程。蒸发作用包括陆面蒸发、水面蒸发和叶面蒸发。其中陆面蒸发对地下水有着很大的意义, 因为陆面蒸发会消耗地下水水量, 影响地下水水质。

蒸发之所以对自然界的水循环起着很大的作用, 是因为蒸发和降水这一对矛盾的斗争, 促使水不断的转化, 促使着地下水的形成和发展。某一地区蒸发能力强, 蒸发的水量就多, 相对地降水渗入地下的水量减少。在一定条件下, 蒸发也是地下水排泄的一种重要途径, 蒸发不仅消耗地下水储量, 而且影响地下水水质。

衡量蒸发的数量指标是蒸发量。通常用一定时间单位面积上所蒸发的水层厚度 (mm) 来表示。应当指出, 在各地气象站搜集到的蒸发资料, 为水面蒸发量, 仅表示某一时期从某地蒸发的相对强度, 故名为蒸发度。但是, 大部分陆地表面并非水体。因此, 一个地区的真正蒸发量必然远较水面蒸发量值 (蒸发度) 小。

蒸发的速度和数量取决于许多因素 (气温、气压、湿度、风速等), 其中主要决定于空气的温度和湿度。

空气的湿度: 水在大气中以水汽的形式存在, 大气中水汽含量的多少就使得空气中的干湿程度有所不同, 因此可以采用湿度的概念来说明空气中水汽含量的多少。

湿度可用绝对湿度、相对湿度、湿度差来表示。

绝对湿度 (e): 某一时刻水汽在空气中的含量, 以每立方米空气中所含水汽的克数表示, 或以水汽的张力即水银柱的高度 (mm) 表示。

相对湿度 (e_1): 空气中实际存在的水汽含量 (e) 与同温度、同体积空气内水汽达到饱和状态时的水汽含量 (E) 之比, 以百分数表示, 即

$$e_1 = \frac{e}{E} \times 100\%$$

湿度差 (d): 一定温度下空气中水汽的最大含量与当时空气中实际水汽含量之差, 又称为饱和差。即

$$d = E - e$$

空气中水汽的最大含量 (饱和含量) 是随温度变化而变化的, 温度升高, 饱和含量也就愈大。空气中的水汽含量 (绝对湿度) 愈接近于饱和含量, 则其潮湿程度愈大, 空气中绝对湿度的大小只能表明空气中所含水汽的多少, 却不能表明空气中的干燥或潮湿, 相对湿度则能直接表示空气的潮湿程度, 当相对湿度达到 100% 时, 表明水汽完全饱和, 水汽可以凝结形成降水, 相对湿度的变化与温度成反比。

湿度差的大小, 对于蒸发作用有很大影响, 湿度差愈大, 蒸发作用的强度和速度也愈大。

空气的湿度对于地下水的形成有很大影响, 当空气中湿度大时, 蒸发就少, 有利于地下水的形成和积聚。

(二) 水文因素

水文因素是指反映地表水流特征的因素。

大气降水一部分重新蒸发, 另外一部分渗入地下补给地下水, 剩余一部分是顺着地表流动, 形成地表水, 即构成了地表径流。

几乎所有的河流都与地下水有密切的联系。河流上游, 地形切割强烈, 两岸地下水补给河流, 当河流流经透水岩层, 而且地下水水面埋藏较深时, 必然有河水的下渗。当流经岩溶发育的地区时, 河流时而补给地下水, 时而排泄地下水, 水交替非常迅速, 但总的趋势是排泄地下水。到河流下游, 它往往成为地下水的主要补给来源。尤其是流经矿区的河流, 由于井下采矿和排水, 不仅改变了地质条件, 也改变了水动力条件, 往往导致岩层开裂, 地面沉陷, 极其有利于河水的下渗。因此, 河流地对地下水的形成起着重要作用。所以在研究地下水时要同时研究地表水的特征。

1. 河流的特征

(1) 河系: 所谓河系是指汇集于某一干流的全部河流的总称, 它包括一条干流和数条汇于这个干流的支流。汇入干流的称一级支流, 汇入一级支流的称二级支流, 以此类推。

(2) 流域 (图 1-3): 两相邻水系或相邻河流之间的高地, 为分水岭。分水岭中最高点的连线则为分水

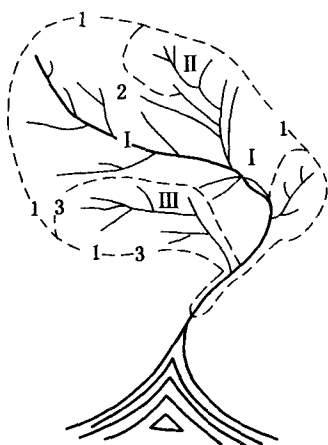


图 1-3 河流的流域

I—干流; II、III—支流

1—干流的分水岭; 2、3—支流的分水岭

线，而流域指分水线或分水岭以内河系集水面积的范围，在该范围内的全部降水都顺着地表，由高到低，前后汇注于该河系之中。事实上不仅每一河系都有自己的流域，就是干流的任一支流和河段也有其相应的流域。

(3) 河流的补给类型：河流是由地表水和地下水补给的，但不同地区河水的补给形式都不一样，与一个地区的气候、地形、地质、水文地质条件有关。由地表水补给的河流又可分为雨水补给、雪水补给、冰水补给和混合补给几种类型。雨水补给的河流是在潮湿温暖的气候地区，其特点为雨季山洪暴发，河水陡涨，雨后水位下跌，水流变小。雪水补给的河流主要是在寒冷地区，冬季积聚冰雪，春季融化后补给河流，这类河流一般春季水量最大。冰水补给的河流分布于高山地区及其边缘地带，河水由冰川融化的水补给，这种补给主要发生在夏季，因此夏季河流水量最大。

地下水的补给虽然对大多数河系有着很大的意义，但从时间上来看，只是在冬季和长期不降水的时期，河流才是以地下水补给为主。至于暴雨或春洪时期，河流仍以地表水补给为主。

我国主要河系，如长江、黄河等，都属于混合补给类型，一般上游为融雪或冰水补给，中下游为降水补给。有时同一条河流在不同季节，补给来源有所不同，例如春季为融雪补给为主，夏季为降雨补给为主，冬季则为地下水补给为主，这就是为什么大河能够经常保持很大水量的原因。

2. 径流及影响径流的因素

径流是指一个流域内的降水除去消耗于蒸发以外的全部水流，径流有地表径流与地下径流之分，地表径流与地下径流的流域可一致，也可不一致（图1-4）。地表径流量决定

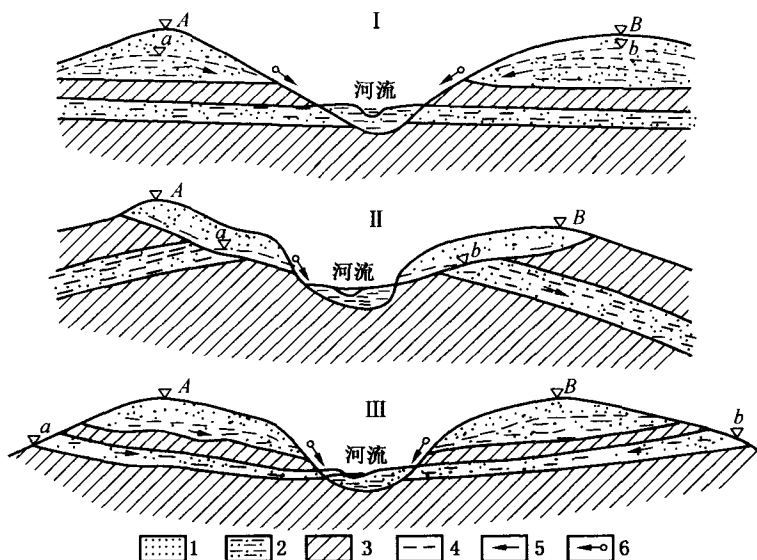


图1-4 地表径流和地下径流流域的关系

I—地表径流和地下径流流域相一致；II和III—地表径流和地下径流流域不一致

AB—地表径流流域；ab—地下径流流域

1—砂；2—含水砂；3—粘土；4—潜水位；5—潜水流向；6—泉

于流域面积规模,地下径流量同样也决定于地表汇水流域和地下汇水流域规模的关系。

在很多情况下,这两个面积是不一致的。但在个别情况下这两个流域的面积也可能相等(图1-4Ⅱ)。在背斜的褶曲层中,含水层背河谷向两侧倾斜,因此地表径流面积大于地下径流面积(图1-4Ⅱ)。当透水层成向斜埋藏时,地下流域面积可能远远超过地表汇水流域的面积(图1-4Ⅲ)。由此看来,地下水补给河流是不容置疑的。

一个流域内的地表径流和地下径流的水量一般都通过河流排出,但地下径流也可以不通过河流而直接渗入地下排入海洋。地表径流和地下径流有着密切的联系,两者可以互相转化。地表水可以直接渗入补给地下水,另一些情况下,地下水也可能补给地表水。因此,研究一个地区地下水时,首先必须很好地研究地表水,以便查明它们之间的关系。但是,这种径流的转化是相当复杂的,主要受地形、降水、植物覆盖及岩石性质等因素影响。

降水充沛的地区利于形成径流。如果岩石透水性好、植物覆盖多、地形平缓且降水为延续时间长的霪雨,不利于形成地表径流。相反,如地形陡、岩石透水性差、植物覆盖少,而且为暴雨降落时,则有利于地表径流的发育。此外,随着建设事业的发展,人为因素也会促使径流条件的改变。

3. 径流的研究方法

一般指的径流是地表径流,主要是河流,所以在研究径流时,实际就是研究地表的河流。研究地表水也就是要查明地表水系的发育情况,如河网的分布、长度、密度、曲度、流域的范围。河床的宽度、形状、河流的补给来源及排泄条件(入海、入湖),以及河流的流量、水位及泥沙的含量等。其中主要是水位和单位时间内流过河床横断面的水量称为河流的流量或径流量。

为了测定河流流量(Q),必须知道河流的平均流速(V)和河床断面积(F)。

$$Q = F \cdot V$$

式中 Q ——流量, m^3/s ;

V ——通过该断面的河水平均流速, m/s ;

F ——河流水流断面面积, m^2 。

测量流量的方法很多,可根据具体情况分别采用流速仪、浮标法和堰测法等。

在实际工作中,几乎所有大、中河流的不同地段都设置有水文站或水文气象观测站。从事河流的流量、水位、流速及含沙量的测量。因此上述资料可由水文站收集,只是在没有水文站的地区或小河及溪流方需要进行简易的流量测定工作。

河流的流量是反映径流特征最基本的要素,但是它不能和流域的概念联系起来,例如,甲河和乙河的流量相等,而其流域面积甲河大于乙河三倍,那么只从流量比较并不能说明乙河的径流比甲河发育。因此,有必要提出一些研究径流的其他概念。

(1) 径流率(M):单位时间内、单位流域面积上的流量。

$$M = \frac{1000 \times Q}{F_1} \quad (\text{L}/\text{s} \cdot \text{km}^2)$$

式中 F_1 ——流域面积, km^2 。

总径流率包括地表径流率和地下径流率,按着径流率可以比较不同流域内径流的大小,它能够表明不同区域的气候、水文及水文地质特征。径流率的大小,主要取决于地表

径流,有时也取决于地下径流。我国大部分河流最大径流率是在夏季洪水期,最小径流率是在冬季,这时河流几乎完全领先地下水补给。

(2) 径流高度 (h): 某时期 (a) 内的流域流出的水量,均匀分布在整個流域面积 (F) 上的水层厚度。

$$h = \frac{QT}{F_1 \cdot 1000} \quad (\text{mm})$$

式中 T ——计算期时间, s。

(3) 径流系数 (η): 某时期内径流高度 (h) 与同一时期的降水量 (x) 之比。

$$\eta = \frac{h}{x}$$

径流包括地表径流与地下径流。地下径流率通常不超过总径流率的 30% ~ 50%, 随着不同的地区和时间而变化。

由于径流是大气降水的一个组成部分,所以径流系数一般均小于 1。仅在喀斯特发育地区和少数透水层成向斜埋藏的情况下,因为地下汇水区大于地面汇水区,径流系数值可能少许超过 1。后一种情况的产生是由于吸收了分水岭以外的流域里的降水,而使地下径流显著增加所致,山区径流系数介于 0.5 ~ 0.9 之间。

根据地质岩性图或水文地质剖面图,可以了解到地下径流流域面积的大小,从而即可按着研究径流的方法,计算地下径流率、地下径流高度和地下径流系数。

河流、径流和流域面积,都与地形息息相关。

(三) 地形与地下水

地形是影响地下水补给、径流、排泄的重要条件。

首先是地形的起伏程度和切割情况 (图 1-5)。

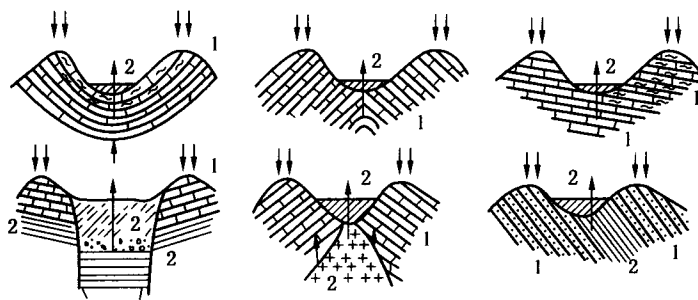


图 1-5 岩层出露与渗入、补给关系示意图

1—透水层; 2—隔水层;

↑—孔位; ↓↓—降水

这种情况决定着降水量聚积和地表水体分布,决定了它们的渗入量大小和范围。就一个矿区来说,由四面环山所抱的洼地称为盆地。由三面环山所抱的洼地,为簸箕形洼地。此类洼地控制了降水集水面积、地表水流向和径流途径。在地形上,有利于地表水和浅层地下水的汇集,在这种情况下,集水面积越大,接受的降水补给量越大。若地形深切,沟

谷纵横, 河流密布, 利于地表水汇集, 在一定条件下, 又会使地下水通畅排泄。

其次地势和坡度, 在沟谷发育的地区, 以及分水岭地带, 地势高而陡, 地面坡度很大, 不利于降水和地表水的渗透作用, 所以地下径流占的比例很小。山区迎风坡, 由于地势高峻, 迫使气流上升, 遇冷而降水, 这就是常说的山区迎风坡的地形降水。在山区, 从山麓到山顶都可以观察到气温、降水随地形的垂直变化的不同。在丘陵和平原区, 地形平缓, 植被覆盖, 相对来说, 地表径流强度减弱, 有利于降水的渗入, 而地下径流也缓慢。

在地下水的形成过程中, 不仅受到自然地理条件的影响, 也严格受到地质条件的控制。

地质作用对地下水的影响, 集中的反映在岩石特点 (主要是岩石的成分和结构) 方面。因此我们在研究地质因素对地下水形成的影响时, 也应当首先从岩石的特点出发。但是也应当指出我们决不应该孤立地去研究岩石的特点, 必须看到不同岩石的特点是不同地质作用的结果。也就是说, 在研究岩石特点时, 绝不能忽视岩石形成的地质历史条件。

地质构造对地下水的影响主要表现在构造的性质和规模上, 例如大的向斜盆地的构造中, 由于分布范围很广、厚度很大的含水层, 地下水的储量非常丰富, 反之较小的向斜盆地或是背斜构造中地下水的储量则不丰富。此外断层的性质对地下水存在的条件也有影响。由此可见, 地质因素影响地下水的形成和变化。

如果说自然地理因素影响地下水的来源, 则地质因素决定着地下水的赋存。

三、岩石的空隙性

岩石空隙是地下水赋存和运动于地壳岩石圈的先决条件。因此研究岩石空隙性质对掌握地下水的分布与运动条件具有十分重要的意义。空隙的大小、多少、连通充填程度及其分布规律直接支配着地下水的埋藏和径流条件。

下面根据岩石的空隙性质介绍一下不同岩性特点对地下水的影响。

在水文地质学中岩石是指疏松岩石 (如粘土、砂土、砾石等) 和坚硬岩石 (未经强烈风化的火成岩、沉积岩、变质岩) 的总称。

由于地下水存在于岩石的空隙中, 因此研究岩石特点对地下水的影响时, 首先必须研究岩石的空隙。岩石的成因和结构不同, 岩石空隙的类型也不同, 一般分为孔隙、裂隙和溶隙 (喀斯特) 三种。

孔隙、裂隙和溶隙的主要差别在于空隙大小及其分布均匀程度。孔隙岩石中的空隙分布都比裂隙、溶隙岩石更为均匀。而溶隙一般要比孔隙、裂隙岩石中的空隙规模要大些。

1. 孔隙

疏松岩石和未胶结的沉积岩, 岩石颗粒或颗粒之间存在的空隙, 这种空隙, 一般称为孔隙。

疏松岩石是由许多大小不同的颗粒组成的, 因此疏松岩石颗粒的大小、形状以及不同大小颗粒的相对含量, 都会影响到地下水在岩石中的存在条件。不同岩石孔隙的大小和多少都不一样。一般说, 由较大颗粒组成的岩石具有较大的孔隙, 但其孔隙的数量却是比较少的。为了说明岩石孔隙的多少或者说孔隙的发育程度, 可以用孔隙度 (n) 表示。所谓孔隙度即孔隙体积 (V_n) 与包括孔隙在内的岩石总体积 (V) 之比, 以百分数表示, 即

$$n = \frac{V_n}{V} \times 100\%$$

岩石孔隙度的大小受很多因素的影响,例如,颗粒的排列情况、均匀程度、颗粒形状和颗粒间的胶结情况等,因此不同岩石的孔隙可以相差很大,如果组成岩石的颗粒是直径相等的球形,则孔隙度大小仅决定于排列方式。根据几何方法计算,当颗粒呈立方体排列时,孔隙度可达47.6%,这种排列也是最不稳定的一种排列方式;当呈四面体排列时,孔隙度只有26% (图1-6)。实际情况下,由于颗粒的形状即非规则的球形,颗粒的均匀程度也很差,因此孔隙度常介于26%~47.6%之间。如果颗粒的大小比较均匀,则形状愈不规则、棱角愈大,孔隙度也愈大。此外,在自然界岩石的颗粒大小也是不均匀的,如果在大颗粒间的空隙中充填了较小的颗粒,则孔隙度就要降低。因此,颗粒大小越是不均匀的岩石,孔隙度越小。此外,如果颗粒间胶结差,孔隙度比胶结好的岩石的孔隙度大。

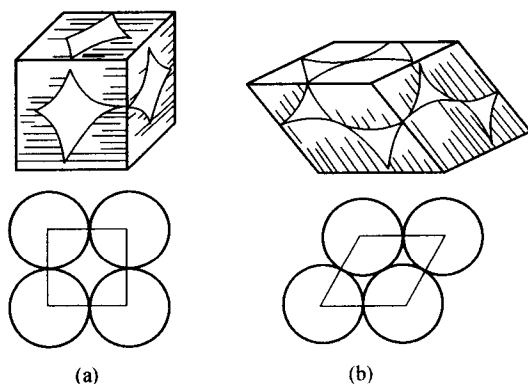


图1-6 颗粒排列方式示意图

a—立方体排列; b—四面体排列

2. 裂隙

坚硬岩石由于岩浆的冷凝作用,内力的褶皱断裂作用和外力的风化剥蚀作用,在岩石中产生了各式各样的裂缝,称为裂隙。根据裂隙的成因不同,可分为风化裂隙、构造裂隙、成岩裂隙。

成岩裂隙是岩石形成过程中由于冷凝、压实脱水等原因引起岩石体积收缩所产生的裂隙。例如,沉积物在其压密、脱水干裂过程中形成裂隙;喷发岩的成岩裂隙是在熔岩冷却凝固过程中引起的张力作用下形成。成岩裂隙中,玄武岩的冷凝柱状裂隙含水性最好,水文地质意义最大。这种裂隙是在玄武岩浆冷凝收缩引起的张应力作用下,形成垂直于冷却面的直立裂隙,它们大多呈六角形网格分布。此类裂隙分布均匀,连通性好,具有良好的含水 and 导水性能。

构造裂隙指坚硬岩石在地球内应力(构造应力)作用下而形成的各种裂隙,如劈理、裂隙(节理)和断层,在水文地质学中统称为构造裂隙。这种裂隙具有不同的力学性质和方向性,一般延伸较大,可出现在任何一种岩石中,是基岩区地下水赋存的主要空间。

风化裂隙是岩石在物理风化作用下所形成的各种裂隙。岩石受风化时,一方面使岩石中原有的成岩裂隙和构造裂隙扩大变宽;另一方面,沿着岩石的脆弱面(层理、劈理)产生新的裂隙。风化裂隙发育深度一般小于20~30m,在构造破碎带,背斜轴部张裂隙发育地段,风化裂隙深度加大至100m或更多。但随着深度增加裂隙数量减少,宽度变小,

直到消失。

在岩层中裂隙分布是不均匀的，宽度、长度、开度和连通性各地相差也很悬殊，表现为明显的不均一性。在裂隙岩层中，往往某些地方裂隙特别发育，另一些地方则发育较差或根本不发育，特别是断裂带的构造裂隙，这种不均匀性更为明显。显然，裂隙岩石的裂隙愈发育，则岩石的透水性愈好，愈有利于地下水的储存和运动。

衡量裂隙发育程度的指标是裂隙度 (K_T)。它是裂隙体积 (V_T) 与包括裂隙在内的总体积 (V) 之比，以百分数表示。

$$K_T = \frac{V_T}{V} \times 100\%$$

裂隙度的测定多在岩石露头处和矿山坑道中进行。其方法是首先测量一块具有典型意义的岩层露头面积 (F)，而后逐一测量该面积上裂隙的长度 (l) 及平均宽度 (b)，按下列式计算裂隙度。

$$K_T = \frac{\sum l \cdot b}{F} \times 100\%$$

这样测得的裂隙度又称面裂隙度，此外，根据钻孔中所取的岩芯还可以求得岩石的线裂隙度。

3. 溶隙 (岩溶)

岩溶是地下水对可溶岩石以溶蚀为主的一种地质作用。碳酸岩、石膏、岩盐等可溶岩石在地表水和地下水长期溶蚀作用下形成的各种洞穴，称溶隙。与地下水有关的主要溶隙有溶蚀裂隙、溶孔、溶洞、落水洞、漏斗、地下暗河、地下湖等各种洞穴形态。

在不同地区或者同一地区不同地段、不同深度，岩溶发育情况往往可以变化很大，这与岩性、构造、地貌、气候、地壳运动等因素综合作用有关。岩石中溶隙分布的不均匀性、连通差异性较裂隙更甚，有的地下暗河长达数十公里，而有的溶蚀裂隙非常细微，有的溶洞高达数十米，但有的溶孔很小。

衡量溶隙发育程度的指标为岩溶率 (K_K)，它等于可溶性岩中溶隙体积 (V_K) 与岩石总体积 (V) 之比，以百分数表示。

$$K_K = \frac{V_K}{V} \times 100\%$$

岩溶率通常由钻孔中所取得的岩芯测量而得。

自然界中岩溶率的变化范围很大，由小于百分之一到百分之几十，在煤矿巷道中常常是同一水平相邻近处的岩溶发育决然不同。煤田勘探邻近的钻孔也往往遇到岩溶化显然不同的情况。

总之，岩石空隙 (孔隙、裂隙、溶隙) 的大小、多少、均匀性和连通程度决定了地层含水和隔水。一般空隙越小岩石的透水性就越差。岩石的空隙分布一般是不均一的，这种不均一性在裂隙岩石和岩溶岩石表现更突出。其根本原因在于区域的构造应力和岩石应变的关系。所以，在研究岩石的裂隙和岩溶时，首先要区分是区域性的，还是局部性的。前者在成因上包括风化裂隙，区域性的构造裂隙 (如节理) 等，它们在同一岩层中分布较均匀，在不同的岩层中发育程度是有差异的。后者在成因上包括断层破碎带，不同岩性地层接触带以及岩溶强烈发育带的大溶洞等，它们一般呈脉状、带状分布。