

地质勘探技工培训教材

水文地质钻探 工艺部分

地质矿产部
水文地质工程地质司 编



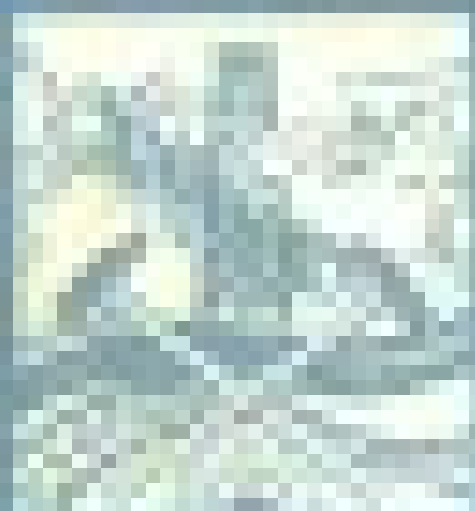
地质出版社

中国地质大学（北京）地质研究所

水文地质学基础 工程部分

王 德 主 编

地质出版社



地质出版社

地质勘探技工培训教材

水文地质钻探 工艺部分

地质矿产部
水文地质工程地质司 编

地质出版社

210/4

地质勘探技工培训教材

水文地质钻探

工 艺 部 分

地 质 矿 产 部 编
水文地质工程地质司

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：郝宝仁

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：16⁵/₁₆ 插页：3个 字数：429,000

1983年3月北京第一版·1983年3月北京第一次印刷

印数：1—4,499册 定价：3.00元

统一书号：15038·新900

前 言

水文地质钻探是水文地质工作的重要技术手段之一，它在为水文地质工作提供准确可靠的资料和实行“探采结合”保证成井质量方面有着重要的作用，是一项技术性很强的工作。

为适应水文地质工作的发展，和提高水文地质钻探队伍的技术素质，更多地提供准确的水文地质资料，满足对地下水资源开发利用的需要，我们组织编写了《水文地质钻探》，供作地质勘探技工培训教材及广大水文地质钻探职工的自学技术读物。

《水文地质钻探》分水文地质钻探工艺和水文地质钻探机械设备两部分，全套书是以总结我国水文地质钻探设备和水文地质钻探多年来积累的丰富实践经验为主，也对当前国外水文地质钻探设备及其工艺作了适当介绍；以实际操作应用为主，也适当注意了基础理论知识，在内容上力求详细实用，通俗易懂。

本书是由地质矿产部水文地质工程地质司组织编写的，由罗铭堂同志负责主持和领导，苗文斌、王亚明同志进行了具体组织工作。全书共分十一章，其中第一、二、三章由张洪叶同志编写、第四章由尚恩洪同志编写（其中第五、六节分别由金希面、苗文斌同志编写）、第五章由蒋奇初同志编写、第六章由金希面同志编写、第七章由黄明智、蒋奇初同志编写、第八章由黄明智同志编写、第九章由苏荣铭同志编写、第十章由苗文斌同志编写、第十一章由王亚明同志编写。全书经过集体讨论修改后由张洪叶同志对全书进行了审改。

本书在编写过程中，得到了广东、四川、河南、山东、辽宁等省地质局及有关水文地质队、建设工程兵水文地质指挥部等单位的关怀和大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，时间也比较仓促，缺点、错误希望读者多加批评指正。

目 录

第一章 地下水的基本知识	1
一、地下水在国民经济建设中的作用	1
二、地下水的形成和分类	2
三、水文地质钻探的主要任务	14
第二章 岩、土的物理力学性质、和岩石的可钻性	16
第一节 岩、土的物理力学性质	16
一、与钻进有关的岩、土的物理性质	16
二、与钻进有关的岩、土的力学性质	21
第二节 岩石的可钻性	24
第三节 与钻进技术有关的岩、土及含水层特征	30
一、主要第四系堆积物特征	30
二、水文地质钻探常遇含水地层	34
第三章 水文地质钻孔及供水井钻孔结构	37
第一节 水文地质钻孔结构	37
一、水文地质钻孔类型	37
二、各种钻孔的作用与特点	37
三、水文地质钻孔结构	38
第二节 供水井钻孔结构	41
一、供水井钻孔结构的诸要素	41
二、供水井的钻孔结构	42
三、缠丝滤水管填砾成井及贴砾滤水管成井的钻孔结构	43
四、基岩大口径供水井钻孔结构	46
第四章 钻进方法	48
第一节 水文地质钻孔的特点及钻进方法的分类	48
一、水文地质钻孔的特点	48
二、水文地质钻探钻进方法分类	49

第二节 基岩地层迴转钻进	51
一、基岩地层大口径钻进特点	51
二、基岩地层大口径钻具	52
三、基岩地层大口径硬质合金钻进	61
四、基岩地层大口径钢粒钻进	71
第三节 第四系松散地层迴转钻进	84
一、第四系地层钻进要点	84
二、第四系地层常规口径钻进	85
三、第四系地层大口径扩孔	95
四、第四系地层大口径钻进	100
第四节 牙轮钻头钻进	103
一、牙轮钻头的结构型式	103
二、牙轮钻头在孔底运动的分析	109
三、牙轮钻头破碎岩石原理	112
四、钻具结构及钻进技术规程	113
第五节 水文地质钻探钻进新方法	114
一、反循环钻进	114
二、空气钻进	123
三、气动冲击器(潜孔锤)钻进	131
第六节 冲击钻进	138
一、钻具与钻头	139
二、冲击钻进方法	147
三、冲击钻进操作规程	149
四、钻具在孔内工作情况的判断及调整	150
五、冲击钻进注意事项	151
第五章 岩心采取方法及预防钻孔弯曲	154
第一节 岩心的采取与整理	194
一、对岩心采取的基本要求	154
二、影响岩心采取质量的因素	155
三、提高岩心采取质量的基本措施	158
四、取心工具和方法	158
五、岩心的整理	187

第二节 钻孔弯曲的预防及测量	188
一、钻孔弯曲的危害性	188
二、钻孔弯曲的原因	189
三、钻孔弯曲较重时的征兆	192
四、钻孔弯曲的预防	193
五、钻孔弯曲的测量	194
六、钻孔弯曲的纠正	199
第六章 冲洗液	201
第一节 泥浆的组成与功用	202
一、泥浆的组成	202
二、泥浆的功用	203
第二节 与泥浆有关的基本概念	203
第三节 造浆基本材料	205
一、粘土	205
二、配浆水	207
第四节 泥浆的流变性及其测量	208
一、流体的四种基本流型	208
二、泥浆的视粘度、塑性粘度和结构粘度	211
三、泥浆的触变性、静切力和动切力	212
四、流变性与钻进的关系	213
五、泥浆流变性的测量	216
第五节 泥浆的其他性能及其测量	221
一、比重	221
二、固相含量	222
三、含砂量	224
四、失水量	226
五、胶体率及酸碱度	230
第六节 泥浆性能的调整及泥浆的处理剂	233
一、钻进不同地层, 对泥浆性能的要求	233
二、泥浆性能的调整	234
三、泥浆处理剂	237
第七节 泥浆类型及不分散低固相泥浆	241

一、细分散泥浆——淡水泥浆	241
二、粗分散泥浆——钙处理泥浆盐水泥浆	241
三、不分散低固相泥浆	243
第八节 泥浆的配剂、净化和管理	249
一、泥浆的配制	249
二、泥浆的净化	252
第七章 水文地质钻孔孔内试验	255
第一节 止水	255
一、止水的目的及基本要求	255
二、止水材料及其应用	256
三、止水方法	258
四、止水操作注意事项	267
第二节 简易水文地质观测	268
一、观测项目和要求	268
二、观测方法	269
第三节 抽水试验	273
一、要求	273
二、抽水方法	275
第四节 封孔	287
一、目的和要求	287
二、粘土封孔方法	288
三、水泥封孔方法	288
四、封孔质量的检验方法	302
第八章 成井工艺	305
第一节 刮洗孔壁、换浆、探孔	305
一、刮洗孔壁	305
二、更换孔内泥浆	306
三、探孔	308
第二节 井管	308
一、对井管的基本要求	308
二、井壁管	308
三、滤水管	312

四、井管连接方法	328
第三节 下管工艺方法	331
一、下管前的准备工作	331
二、下管的有关计算	332
三、下管方法	335
第四节 填砾及管外回填	342
一填砾	343
二、管外回填	346
第五节 洗井	347
一、洗井的目的	347
二、洗井质量标准与延续时间	347
三、洗井方法	349
第九章 孔内事故的预防和处理	359
第一节 水文地质钻探常见孔内事故的原因及预防 措施	359
一、发生孔内事故的基本原因	359
二、预防孔内事故的基本措施	361
第二节 处理孔内事故的基本原则和方法	366
一、处理孔内事故的基本原则	366
二、孔内事故处理的基本方法	367
第三节 水文地质钻探迴转钻进常见孔内事故的处 理	379
一、钻具折断和脱落事故	379
二、卡钻事故	388
三、夹钻、烧钻、埋钻事故的处理	396
四、井管事故	402
五、孔内失落物的处理	410
第四节 机械冲击钻进常见孔内事故的处理	411
一、卡钻事故	411
二、埋钻事故	413
三、夹钻和吸钻事故	415
四、掉钻具事故	416

第五节 水井修复	418
一、水井进砂和淤填	418
二、井管损坏	419
三、水井出水量减少	423
第十章 安全技术	440
第一节 水文地质钻探机场的安全防护设施	440
一、避雷装置	440
二、绷绳	443
三、塔梯、台板	446
四、活动工作台	446
五、过卷扬防护装置	450
六、水龙头导向绳	451
七、大孔口板、小孔口盖	451
八、泥浆防喷罩	451
九、动力及传动的安全装置	452
十、机场的照明及要求	454
十一、安全带和安全帽	456
第二节 各项工序中的安全操作注意事项	457
一、一般注意事项	457
二、平地基及搬迁	457
三、安装及拆卸	458
四、钻进及升降钻具	460
五、下管、洗井及抽水试验	463
六、处理孔内事故中的安全技术	464
七、机场电焊	465
第三节 安全用电与防火	466
一、钻探机场安全用电须知	466
二、触电的急救	468
三、火灾发生的原因	469
四、防火措施	469
五、灭火措施	471
六、灭火工具	472

第十一章 机场生产技术管理工作	474
第一节 机场生产岗位责任制	474
一、机场人员的组成	474
二、机场人员职责	474
第二节 生产岗位交接班制度	481
一、集体交接班	481
二、岗位对口交接	481
第三节 机场会议制度	483
一、班前、班后会	483
二、定期生产会	484
三、技术研究会	484
第四节 钻孔质量验收制	485
一、钻孔质量验收的组织形式	485
二、验收项目	485
三、质量验收的工作方法	485
四、质量验收标准	486
五、钻孔的质量评定	486
第五节 钻探班报表及钻孔技术档案制度	486
一、钻探班报表	486
二、钻孔技术档案制度	488
第六节 事故报告制	500
一、孔内、机械事故报告制	500
二、人身事故报告制	501
第七节 设备维护保养制	503
一、钻探机械使用与维护的基本要求	503
二、钻探机械使用与维护的具体要求	503
第八节 机场钻探技术经济指标	503
一、生产时间的划分	504
二、生产效率的计算	508
三、机场钻探成本经济核算	509

第一章 地下水的基本知识

水文地质钻探是勘探和开发地下水的重要手段。它的任务是在水文地质调查的基础上，进一步查明地下水的埋藏条件、运动规律和含水层的水质、水量及水温，为合理开发利用地下水资源提供必要的依据。随着工农业建设的发展，广大城乡工业和生活用水不断增加，以及为了消除污染和适应国防的需要，勘探开发地下水源日趋重要，因此水文地质钻探工作面临的 任务是艰巨的。现将地下水在国民经济中的作用，地下水的形成和分类，水文地质钻探的主要任务分述如后：

一、地下水在国民经济建设中的作用

地下水是埋藏在岩层的孔隙、裂隙、溶洞中的水。地下水与其它矿藏一样，是国民经济建设中不可缺少的储存于地下的一种宝贵资源。与其它矿藏不同的是，它具有流动、不断接受补给和重新恢复，与气象和水文等因素密切相关等特点，开采后有补给保证的地下水，是最有长期开采价值的资源。在农牧业、工业、国防建设、医药卫生以及人民生活等各个方面有着广泛的用途，特别是在缺乏地表水的干旱地区，勘探开发地下水更有着重要的意义。

在农牧业方面，我国现有的十多亿亩耕地上，大部分需要用地下水灌溉，大片干旱缺水地区，需要寻找地下水源，扩大耕地面积，改变农业生产面貌；在大面积的沙漠半沙漠地区、也需要寻找地下水源，以改变自然环境和开发利用；在广大的畜牧业地区，开发地下水进一步解决畜牧用水和扩大草场，对促进牧业发展更有着重要意义。

在工业建设方面，在修建大的工矿企业时，不但需要解决大量的生活用水，工业本身也需要大量用水，而且对水的质量上也

有一定要求。例如，造一吨纸，需水200—400吨，提炼一吨石油最少需5吨水，炼一吨钢需130吨水。在水质方面，炼钢时要求低温的水，纺织工业要求软水，水中不应含铁、锰等杂质。因此，在建厂之前，必须进行水源地勘察，提供足够数量、质量好的水源。

有的地下水中某些化学成分比较富集，可以直接用作工业原料。例如卤水、溴水、碘水等。温度较高的地下热水，可以用做采温和纺织工业的洗染或发电使用。

在人民生活方面，不言而喻水是不可缺少的。地下水在岩层中经过岩层的天然过滤作用，水的质量一般比地表水更符合卫生要求，许多大城市都利用地下水作为供水水源，百万人口的城市仅生活用水，每天约需40万吨水。

在医疗方面，有的地下水含有某些特殊成分或有较高的温度，具有治疗某些疾病（如风湿性病、皮肤病等）的功效，称为矿泉水。溢出地表的地下热水称为温泉。

但是，地下水在某些情况下也会造成一定不利影响。例如农业上，如果地面气候干燥，水分不断蒸发，水中溶解的盐分聚积起来，会造成土壤盐渍化。矿产开采时，矿坑大量涌水会造成重大事故。在工程建设方面，地下水位过高，会增加施工困难等等。对于这些不利情况，只要掌握地下水的运动规律，是可以防止它，改造它，变不利为有利。如合理灌溉可以防止或减轻土壤盐渍化。把矿坑涌水作为采矿的动力或经过处理作为选矿或生活用水的水源等。

二、地下水的形成和分类

（一）自然界中的水及其循环

水是分布在自然界中以水蒸汽状、液态和固态等三种形态存在。

在水文地质学上又把地壳里面的水按存在状态分为两种：自由水（无压水）和结合水（受压水）。对我们有利用价值的主要是充满在岩层颗粒中间、岩石裂隙以及溶洞中间的地下水。

大气圈里、水圈里，以及岩石圈里的水，彼此之间都有着密切的联系。这种联系主要是通过水的循环来实现的（见图1—1）

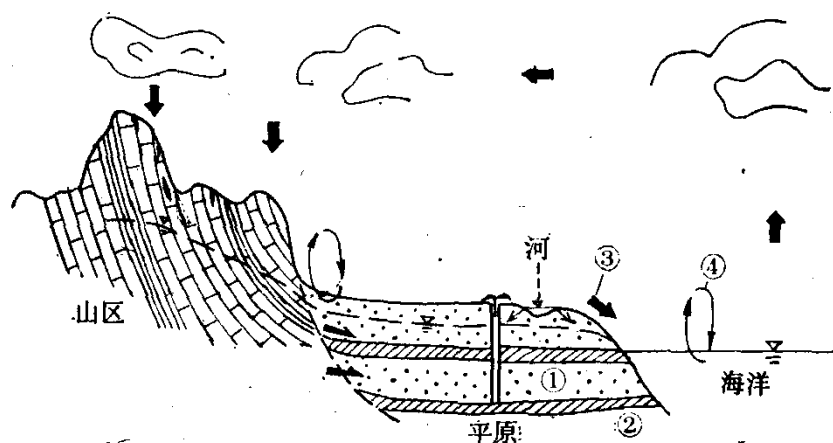


图 1—1 自然界中水的循环

① 含水层；② 隔水层；③ 大循环水的流向；④ 小循环水的流向

占地球表面71%左右的海面、陆地上的江、河、湖以及潮湿地和植物叶面等，在太阳辐射热的作用下和蒸发成水汽进入大气中。这些水汽被携带到大陆上空，在一定条件下结成固态或液态水降至地表，其中有的再次蒸发上升进入大气层，有的渗入地下，有的流入江、河、湖、海。从海面蒸发，凝结降水至陆地，再以蒸发及径流等形式返回海洋，即完成一次循环——称为大循环或外循环。当海面蒸发又降至海面或由陆地江、河、湖蒸发及植物蒸腾又降至陆地则为小循环或叫内循环。

（二）地下水的起源

对地下水形成主要是由水的渗透作用和水汽的凝结作用形成的。

1. 渗入水（也叫溶滤水）

即大气降水和融雪的渗透为地下水的主要补给方式，自河、湖和人工池底部的渗透补给也相当重要。很多实际资料表明，不仅埋藏在地壳上部的地下水与大气降水有关；而且循环在地壳深部，并且具有较高温度和特殊化学成分及气体成分的地下水，也

与大气降水有关，主要通过地壳上部的地下水来实现的。

大气降水及地表渗入补给地下水的方式是一复杂过程。当大气降水及地表水向干燥岩层渗透时，首先沿着岩石颗粒间的孔隙或裂隙向下渗透。这种渗透是在地表水柱压力和毛细力的影响之下进行的。这两种力的作用方向相同，即自上而下，当非饱和水岩层完全被水充满之后，则毛细力作用停止，并在岩层中形成垂直渗透水流，该水流在压力水头作用下运动。必须指出，降水与溶雪水向地下岩层的渗透是很不均匀的，在积雪低地、集水洼地以及地表植被发育地区，渗透作用往往最强。

2. 凝结水

经现代一系列的观察和试验证明，由凝结而形成的地下水是存在的，特别在炎热的沙漠和石漠（即戈壁区）地区，水汽的凝结进行的十分剧烈，对补给这些地区地下水起到很大作用，并且在这些缺水地区，往往做为饮用水源。水汽本身可由水汽压力大的地方向水汽压力小的地方运动，当水汽压力相等时，则水汽本身由温度高的地方向温度低的地方运动。在冬季土层上的温度比下层低，所以冬季水汽自下而上运动。而在炎热的夏季则相反，水汽自上而下运动。所以夏季凝结主要产生在土层下层，冬季则主要产生在土层的上层。

由水汽凝结而形成的地下水，主要发生在日温差较大的沙漠地区和较高山区。但由此而形成的地下水量，在自然界水的总循环中仅占极少部分，只是一些干旱地区才有实际意义。

（三）地下水的运动

地下水也同地表水一样在不停地运动着。井水取用了多少，过一段时间又涨上来，泉经常向外流水，都足以说明了地下水在运动。地下水是存在岩层之中，地下水运动必须具备岩层透水和水头差两个条件，才能使高处的水在重力作用下向低处运动。岩层能透过水的性质叫做透水性。按岩层的透水性，常把岩层大体上分为透水的、不透水的和弱透水的岩层。

不透水层，在地下常起隔水作用，故又称隔水层，透水的岩

层中若有地下水存在时称为含水层；弱透水岩层中的含水称弱含水层，其隔水性能较隔水层差，故又可叫弱隔水层。

根据透水性可把岩层分成均质岩层和非均质岩层，非均质岩层对地下水的水位、流向、流速的影响很大。特别是裂隙发育不均匀的各种坚硬岩石，非均质岩层对地下水运动的影响更为突出。

位于第一个连续的不透水层以上的地下水称潜水，它有一个自由表面。位于两个隔水层之间的地下水，常充满整个含水层，水头高于含水层顶板称承压水，其上受隔水层影响，没有自由水面，当揭露时水头可以上升到一定高度，该水位称承压水位。各处承压水位构成的面积承压水面（见图1—2）。

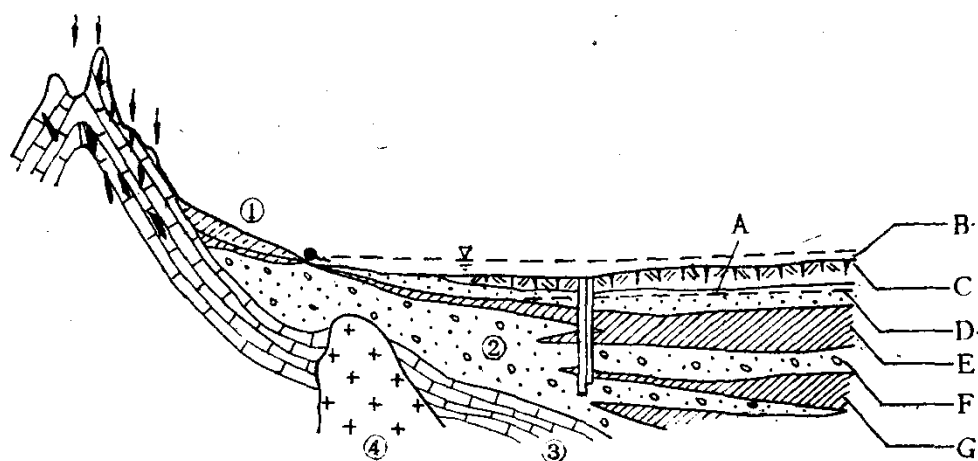


图 1—2 山前地带潜水及承压水分布状态示意图

① 亚砂土类；② 砂砾石；③ 石灰岩；④ 岩浆岩侵入体

A—潜水水位；B—承压水位面；C—种植土；D—潜水含水层；E—相对隔水层；F—承压水含水层；G—隔水层

由上图可知，含水层中不同截面上的水面是不一样高的，两个截面的水位差称水头差，地下水借助水头差由地下水位高的地方向地下水位低的地方流动。两截面间的水头差与其间距离之比称水力梯度或水力坡度。在同一岩层中，水力坡度越大，地下水运动越快。地下水常常是沿水力坡度最大的方向运动，地下水的运动方向称流向。