

钻探工程学

水文水井钻探及工程钻探

下 册

屠厚泽 主编 赵国隆 主审

中国地质大学出版社

钻 探 工 程 学

下 册

水文水井钻探及工程钻探

屠厚泽 主编

戎 信 陈惟明 编

中国地质大学出版社

内 容 简 介

《钻探工程学》下册主要内容为水文水井钻探及工程钻探,包括水文水井钻孔(井)结构设计、水文水井的钻进工艺和完井工艺、工程孔的钻进方法、样品的采取、触探、压水试验等内容。

本书是作者长期从事教学、科研和生产实践经验的总结,并吸取了国内外水文水井钻探及工程钻探的先进技术和理论。本书内容新颖,技术方法全面,实用性强,可作为高等院校深工专业教材及成人教育用书,也可供探工专业技术人员参考。

钻 探 工 程 学 下 册

水文水井钻探及工程钻探

屠厚泽 主编

戎 信 陈惟明 编

责任编辑:王亭君 邓祥明

中国地质大学出版社出版

湖北教育出版社印刷厂印刷 湖北省新华书店经销



开本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 290千字

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数 1—3000册

ISBN 7-5625-0032-0/TD·3

统一书号, 15414·052 定价: 2.35元

目 录

第七篇 水文水井钻探

绪 言

第一节 地下水的基本知识	(3)
第二节 水文水井钻探的概况	(7)

第一章 水文水井钻孔(井)结构设计

第一节 钻孔(井)结构要素的拟定	(9)
第二节 滤水管主要尺寸的设计	(22)
第三节 目前推荐的孔(井)身结构	(26)

第二章 水文水井钻进方法

第一节 钢丝绳冲击钻进	(30)
第二节 回转钻进	(38)
第三节 反循环钻进	(55)
第四节 空气钻进	(67)
第五节 潜孔锤钻进	(75)
第六节 地热井钻进	(78)

第三章 完井工艺

第一节 滤水管	(85)
第二节 井管的安装	(91)
第三节 填砾	(99)
第四节 止水	(102)
第五节 洗井	(105)
第六节 抽水试验	(110)

第八篇 工程钻探

绪 言

第一节 工程地质钻探	(121)
第二节 工程施工钻	(124)

第四章 工程钻探钻进方法

第一节 回转钻进	(127)
第二节 螺旋钻进	(137)
第三节 振动钻进	(149)

第四节	反循环钻进·····	(160)
第五节	其它钻进方法·····	(168)
第五章	样品的采取·····	(176)
第一节	取土器·····	(176)
第二节	原状土样的采取方法·····	(182)
第三节	影响原状土样质量的因素·····	(183)
第四节	国外取样技术·····	(185)
第六章	触探·····	(187)
第一节	动力触探·····	(187)
第二节	静力触探·····	(194)
第七章	压水试验·····	(203)
第一节	试验前的准备工作·····	(203)
第二节	压水试验设备·····	(204)
第三节	压水试验的基本方法·····	(208)
第四节	试验段的划分及压力值的确定·····	(210)
第五节	压水试验的现场工作·····	(212)
第六节	试验资料的整理及应用·····	(213)
主要参考文献 ·····		(215)

第七篇 水文水井钻探

绪 言

第一节 地下水的基本知识

水文水井钻探是勘探和开发地下水的手段。它与讨论过的岩心钻探有基本相似之处，但也有它自身的特点。为了更好地掌握水文水井钻探的知识，我们在讨论其基本内容之前，首先对地下水的某些基本概念及其活动规律作简要的叙述。

一、地下水的形成和分类

1. 自然界的水循环

地球上的水存在于大气圈、水圈、岩石圈及生物圈中，总量约 $136\ 000\ \text{km}^3$ ，其中绝大部分分布于海洋中，其余部分为陆地地表水，地下水及大气圈中的水。

分布于地球不同层圈中的水分不断相互转化，我们称这种彼此间相互转化的过程为自然界中的水循环。自然界中的水循环包括地质循环和水文循环两种，下面仅讨论水文循环，见图 1。在太阳热力和重力作用下，海洋和陆地表面的水蒸发成为水蒸汽进入大气圈，水汽随气流飘移，在适宜条件下，重新凝结成液态或固态降落（即雨、

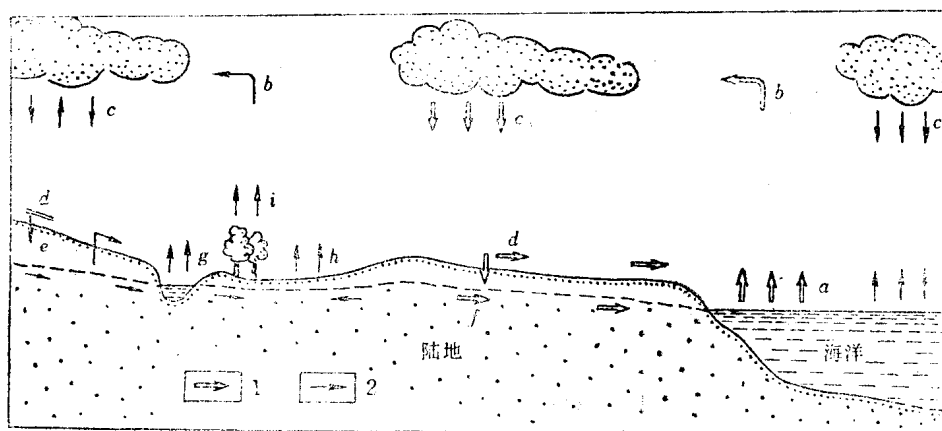


图 1 自然界水循环示意图

1—大循环各环节 2—小循环各环节 a—海洋蒸发 b—大气中水汽转移 c—降水

d—地表径流 e—入渗 f—地下径流 g—水面蒸发 h—土面蒸发 i—叶面蒸发（蒸腾）

雪等），降落到陆地的水分一部分汇集于江河湖泊形成地表水，另一部分渗入土壤岩石中成为地下水。地表水一部分重新蒸发变成水汽返回大气圈，另一部分渗入地下成为地下水，剩余部分流入海洋。地下水通过土面蒸发或经植物叶面蒸发而返回大气圈，其余部分则形成地下径流或直接流入海洋，或在径流过程中转化为地表水后返回海洋。

以上讨论的水文循环过程，从时间和空间上来讲可有长有短，有的途径迂回曲折。

2. 地下水的形成及分类

(1) 地下水的形成 渗入到地表下面并赋存于地面以下岩石空隙中的水称为地下水。

根据水的存在形式可将岩石孔隙中的水分分为两大部分，即包气带和饱水带。如图2所示。

包气带可分为三部分：自上而下为土壤水、中间带及毛细水带。包气带顶部是植被根系发育的土壤层，其中所含的水为土壤水。土壤富含有机质、具有团粒结构，能以毛细水形式保持水分。由毛细作用使地下水面上升的毛细水在包气带底部形成毛细水带。

饱水带岩石空隙全部被液态水所充满，既有重力水，也有结合水。饱水带中的地下水连续分布，能传递静水压力，在水头差的作用下可以发生连续运动。

(2) 地下水的分类 根据地下水的埋藏条件可将地下水分为潜水，承压水和上层滞水。

a 潜水 即饱水带中第一个具有自由表面含水层中的水称作潜水。潜水的自由水面称作潜水面。从潜水面到隔水底板的距离为潜水含水层厚度。潜水面到地面的距离为潜水的埋藏深度。

因潜水上面不存在隔水层，可直接接受大气降水、地表水或凝结水的补给，并通过径流（泉、渗流等形式）和蒸发（包气带、植物）进行排泄。

潜水受气象、水文因素影响显著，动态不够稳定。

b 承压水 充满于两个隔水层之间含水层中的水称作承压水。其上部隔水层称隔水顶板，下部称为隔水底板。顶底板之间的距离为含水层厚度。

承压水受隔水层所限，与大气圈、地表水圈联系较弱，故它的补给主要靠含水层出露地面的补给区接受补给，并通过所限定范围的排泄区排泄。它受气候、水文因素的影响较小，因此承压水动态比较稳定。

承压性是承压水的一个重要特征。最适宜形成承压水的地质构造是向斜构造，构造盆地和单斜构造。承压水按其所处的地质构造位置可分为补给区、承压区和排泄区三个部分。

含水层中心部分埋于隔水层之下，两端出露于地表。含水层从出露位置较高的补给区获得补给并向另一侧排泄区排泄。中间是承压区。补给区所处位置较高，径流条件较好，排泄区地势较低，常形成泉或喷泉；承压区中的水自补给区流入并充满于含水层中，水受到隔水顶板的压力并以一定的压力作用于隔水顶板，如用钻孔揭露含水层，水位上升到隔水顶板以上的一定高度后静止，形成含水层在该点的测压水位，该测压水位高于地表时，钻孔则自喷出水。

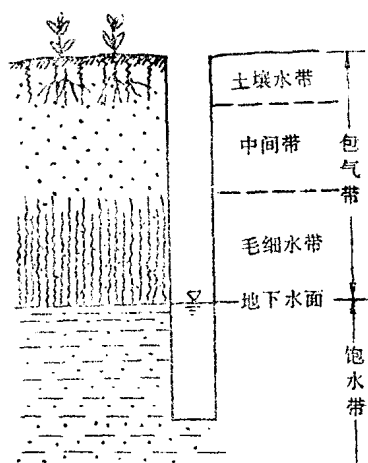


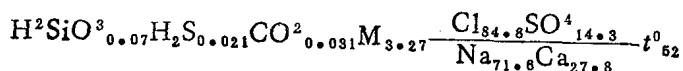
图2 包气带及饱水带

这里要提出的是,承压含水层在同一区域内可以是多层的,具有不同的埋藏深度。当地形与构造一致时,下部含水层的测压水位高于上部含水层的测压水位,若揭穿两个含水层,则下部承压水补给上部含水层,即形成上漏下涌的现象。当地形与构造不一致时,下部含水层测压水位低于上部含水层的测压水位,此时钻孔揭穿它,则上部含水层中的水补给下部含水层,造成钻孔内上涌下漏现象,这是水文水井钻探中所关注的问题。

二、地下水的化学成分

地下水是一种含有多种化学元素的复杂溶液。自然界中存在的元素绝大多数存在于地下水之中,因此地下水中存在的化学成分往往可反映地下水的形成环境。地下水中的气体成分有氧(O_2)、氮(N_2)、硫化氢(H_2S)、二氧化碳(CO_2)。地下水主要离子成分共有七种,即:氯离子(Cl^-)、硫酸根离子(SO_4^{2-})、重碳酸根离子(HCO_3^-)、钠离子(Na^+)、钾离子(K^+)、钙离子(Ca^{2+})及镁离子(Mg^{2+})。除此以外,还存在Br、I、F、B、Sr、Ba等微量元素。

地下水中所含各种离子、分子与化合物的总量称为总矿化度,以(g/l)为单位。地下水的化学成分可用库尔洛夫式表示:



三、岩石的水理性质

岩石的水理性质是指岩石与地下水作用时所体现出的一些物理性质。岩石的水理性质可以用很多种量来表示,这里介绍几种与钻探密切相关的量。

(1) 容水性 岩石能容纳一定水量的性能称为岩石的容水性,在数量上以容水度来衡量。所谓容水度即岩石所能容纳水的体积与岩石总体积之比,可以下式来定义:

$$C = \frac{W}{V}$$

式中: C ——岩石的容水度,以百分数表示;

W ——岩石中所容纳水的体积;

V ——岩石的总体积。

显然,容水度在数值上与空隙度相等。但对于具有膨胀性的粘土来说,因充水后体积扩大,容水度可以大于空隙度。

(2) 持水性 饱水岩石在重力作用下释水时,由于分子力和表面张力的作用,能在其空隙中保持一定水量的性能称为岩石的持水性。在数量上以持水度来衡量。持水度是指在重力作用下岩石空隙中所保持水的体积与岩石总体积之比,可以下式来定义:

$$S_r = \frac{W_r}{V}$$

式中： S_r ——岩石的持水度，用百分数表示；

W_r ——在重力作用下保持在岩石空隙中水的体积；

V ——岩石的总体积。

(3) 给水性 饱水岩石在重力作用下能自由排出一定水量的性能称为岩石的给水性。在数量上以给水度来衡量。给水度即饱水岩石在重力作用下能排出水的体积与岩石总体积之比值，可由下式来定义：

$$S_g = \frac{W_g}{V}$$

式中： S_g ——岩石的给水度，以百分数表示（通常也以符号“ μ ”表示岩石的给水度）；

W_g ——在重力作用下饱水岩石排出水的体积；

V ——岩石总体积。

因为 $W_r + W_g = W$ ，因此，给水度常常通过在实验室测定岩石的空隙度和持水度来确定。

岩石的给水度与岩石颗粒的大小、形状、排列以及压实程度有关。均匀砂的给水度可达30%以上，但是大多数冲积含水层的给水度则为10—20%。

给水度是水文地质计算中很重要的参数，几种常见松散岩石的给水度见表1。

坚硬岩石裂隙和溶洞中的地下水，因结合水及毛细水所占的比例非常小，岩石的给水度可看作分别等于它们的容水度或空隙度。

常见松散岩石的给水度

表1

(据C. W. Fetter, Jr.)

岩石名称	给水度		
	最大	最小	平均
粘土	5	0	2
砂粘	12	3	7
粉砂	19	3	18
细砂	28	10	21
中砂	32	15	26
粗砂	35	20	27
砾砂	35	20	25
细砾	35	21	25
中砾	26	13	23
粗砾	26	12	22

(4) 透水性 岩石允许水透过的性能称为岩石的透水性。岩石的透水性能主要取决于岩石空隙的大小和连通程度，在空隙透水、空隙大小相等的前提下，空隙度愈大，能够透过的水量则愈多。衡量岩石透水性的数量指标为渗透系数，渗透系数愈大，岩石的透水性愈强。表2为松散岩石的渗透系数参考值。

渗透系数不仅与岩石的性质有关，还与渗透液体的物理性质（粘滞性、温度等）有关。由于通常情况下水的物理性质变化不大，可以忽略，因此可把渗透系数单纯看

表2

松散岩石渗透系数参考值

(据王大纯等)

岩石名称	渗透系数 (m/d)	岩石名称	渗透系数 (m/d)
亚粘土	0.001—0.10	中砂	5.0—20.0
亚砂土	0.10—0.50	粗砂	20.0—50.0
粉砂	0.50—1.0	砾石	50.0—150.0
细砂	1.0—5.0	卵石	100.0—500.0

此为一般经验值, 仅供参考。

成是岩石渗透性能的参数。

四、地下水资源评价

1. 地下水水质评价

地下水的水质评价通常是按天然水的物理性质(硬度、温度、导电性等)、化学成分、气体成分及微生物等分析结果来进行的。地下水成分是多种多样的, 为适应于各种供水目的, 必须规定出各种成分含量的界限, 这种数量界限称水质标准, 它是地下水水质评价的基础和准则。

2. 地下水水量评价

在满足一定的水质要求的前提下, 所指的地下水资源在数量上的评价是在某一确定区域内对地下水开采量的评价。既要弄清在天然条件下各种数量间的关系, 还必须研究采用何种开采方式从开采区域中有保证的取出多少水量的问题。这种评价不仅与水文地质条件有关, 还要受开采条件的限制。

第二节 水文水井钻探的概况

一、水文水井钻探在国民经济建设中的作用

随着经济建设的发展对地下水的需求愈来愈大。这是因为地下水与地表水在开发利用上有明显的优点: 没有土地淹没和盐碱化问题、受季节影响较小、不受开发地点的限制等。因此, 现代不少国家都在地下水开发上给予了高度的重视。例如, 利比亚和沙特阿拉伯地下水供水为它的国民经济供水量的100%, 荷兰达66%, 法国是33%, 美国为22—25%, 苏联占24%, 日本是20%, 而且还有发展的趋势。解放后党和国家对我国地下水勘探和开发十分重视。现在全国有近百个水文地质勘探队, 还有基建工程兵水文地质普查部队。每年开动钻机数百台。在农田灌溉井方面, 仅1973—1979年度, 国家就投资105亿元, 成井数在220万余眼。每年提取的地下水总量约为 $400—500 \times 10^8 \text{ m}^3$, 与美国相近, 和黄河年径流量($600 \times 10^8 \text{ m}^3$)几乎相等。

应该提出: 当前我国地下水的开采与经济建设和人民生活需求相比, 还有不少距离。例如, 我国北方几个大城市, 夏季严重缺水已成为影响国民经济发展和人民生活的一个突出问题。这正是钻探工作者和水文地质工作者所应该解决的问题。

二、水文水井钻探的任务

如前所述,水文水井钻探是勘探和开发地下水的钻探工程。而为了获得水文地质资料的钻探工程称水文地质钻探;而为了工农业和人民生活供水要求的钻探称水井钻。

1. 水文地质钻探的任务

(1) 通过钻进采取岩心来研究水文地质剖面;确定含水层位、厚度、埋藏深度;查明岩石成分和岩性结构,研究含水层的孔隙性及水文地质条件,并通过钻探揭露含水层。

(2) 通过在钻孔内抽水、采取水样等试验达到确定地下水水位、水质,地下水的水力性质及含水层与地表之间的水力联系;含水层的水理性质等水文地质参数。

(3) 通过在钻孔内长期观测来了解区域水文地质情况,预测其变化趋势,为经济建设提供长久的地下水情报。

在水文地质钻探中,根据水文地质勘察的性质和阶段可以设计成不同种类的专用钻孔,如水文普查孔、水文勘探钻孔和探采结合钻孔。

2. 水井钻的任务

水井钻是为了工农业供水而采用的钻进工程。因而它的任务是根据水文地质资料 and 用户要求为用户提供优质的水井。有些水文地质钻孔在完成勘探任务以后,应尽量转交地方作生产井,即所谓探采结合孔。

水井钻钻孔直径较大,习惯上称为井。

三、水文水井钻探的特点

由于水文水井钻探的任务与其它类型钻探不同,因而水文水井钻探具有以下特点:

(1) 地层复杂 水文水井钻探大多数是在第四纪的卵砾石层、砂层或粘土层中进行钻进工作。这些地层给钻探工程带来的问题是坍塌、漏失和不易取心等,即使在基岩层中钻进,也多半是断裂带、溶洞或破碎带。这这地层,岩心钻探上称“复杂地层”,即发生事故多、效率低、钻进取心困难。

(2) 钻孔结构复杂 由于要获得准确的水文地质资料,就要求切断各含水层之间的水力联系。因此,下入的套管层次多,钻孔直径大,止水封闭要求严格,故井身结构较岩心钻探要复杂得多。

(3) 钻进方法多 由于地层复杂,即使在同一个钻孔中往往遇到迥然不同的几种地层。因此,近年来水文水井钻探的钻进方法发展很快,出现了相当多的行之有效的钻进方法,如空气钻进、反循环钻进、潜孔锤钻进和震动钻进等。

(4) 设备型式多 由于水文水井应用范围广及钻进方法的改进,近几年来世界各国都发展了相应的水文水井钻探的设备。因此,与其它类型钻探相比,水文水井钻探设备型式较多。

(5) 劳动强度大 由于水文水井钻探直径大,破碎岩屑多,但深度较浅(相对石油钻而言),因此,给钻探工作带来了许多不便实现机械化操作问题,如换钻具、清渣等工作,都使劳动强度大大增加。

第一章 水文水井钻孔(井)结构设计

水文水井钻探在施工之前,必须进行施工设计。

施工设计包括正确的选择钻孔的孔身结构、钻进方法、操作规程以及施工中所需的设备、材料等。

正确的设计不仅可以使工程顺利进行、提高效率、节约材料和降低成本,而且也是保证获得准确的地质资料的先决条件。好的设计目标是提高钻孔(井)的综合“效率”。对于水文水井来说,即达到开发出含水层允许的最大单井出水量,从而以最小的钻探工作量和最低的能源消耗、勘探和开发出尽可能多的地下水。

为了使施工设计有个统一规范,地质矿产部对水文地质、工程地质钻孔施工设计书规定了统一的格式,见表1-1。

施工设计中,首先确定的是钻孔(井)的孔身结构,它包括:钻孔深度、钻孔直径、井管、滤水管等。因此,在讨论钻进方法之前,首先要研究钻孔(井)的孔身结构。

第一节 钻孔(井)结构要素的拟定

一、钻孔深度

水文水井钻探的钻孔深度,由要勘探和开发的地下水目的层决定。如水文地质钻孔拟要探明某一含水层的深度即为该孔欲揭穿的深度。这个深度先由理想的地质柱状图来定,或由附近的钻孔资料推测。无论如何,这是个估计的深度,精确的深度是在钻进间,由采样或取心来确定。

当含水层是多层时,需要在一个钻孔里获得分层的水文地质资料。在施工中是将钻孔揭穿最下一个目的层,然后下抽水管,用临时止水的方法在最下一层含水层顶板以上止水,对最下一层含水层进行洗孔、抽水试验,在取得该层的水文地质资料后,起拔抽水管,用细砂回填最下一层含水层。然后对上一层重复以上工序,取得逐层资料。这种方法既节约时间又降低了勘探成本,但要求止水可靠,不能因止水失效影响资料的准确性。

长期观测孔、重要的探采结合孔和永久开采井一样,都要在滤水管下部安装沉淀管,以便使随水进入水管内的细砂沉淀。因此,在定钻孔或井的深度时,应考虑沉淀管长度,通常有3—5m即可。当含水层较厚时,沉淀管可以留在含水层中;若含水层较小或要求出水量较大时,为了充分利用含水层,将沉淀管放在含水层底板以下,即钻孔深度到达含水层底板以下3—5m而终孔。

水 文 地 质 工 程 地 质 钻 孔 施 工 设 计 书

施工机台:

钻孔编号:

钻孔座标: $X: Y:$

钴孔性质:

设计孔深:

钻机类型:

动力机类型:

泥浆泵类型:

钻塔类型:

供水方法:

开工日期:

竣工日期:

大队批准日期:

队长:

技术鱼责任

表 1-1

地质设计部分										勘探设计部分																			
地质时代	层底深度(m)	地层理想柱状图(比例尺)	1:	地层名称及特性	岩石等级	缝滤水管口径要求	取心、取样要求	简易水文观测要求	物探测井要求	止水要求	封孔要求	抽压水试验要求	综合利用	其他	钻进方法和深度(m)	钻头直径及类型	钻结构图(比例尺)	孔套结构图(比例尺)	测斜方法及深度(m)	扩孔方法	钻进规程				主要技术措施				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

地质负责人:

地质设计人;

钻探负责人:

钻探设计人:

二、钻孔直径

钻孔直径，包括终孔直径、钻孔中间的变径和开口直径。设计最优的孔径，是提高钻进效率、降低勘探成本和施工周期的关键因素。钻孔可以是一径到底，也可以中间变径。变径是由于下套管造成的。

水文水井钻孔，需要下入孔内的套管类型共有五种：孔口管、导向管、开采管、滤水管和技术管如图1-1所示。

孔口管是为了加固孔口，它使孔口在钻进时不遭受循环冲洗液的冲刷。孔口管所下的深度，依上部岩层稳定情况而定，一般为2—3m。管外空隙用水泥浇注或粘土固结。如果孔口管深度不大，可以用人工先挖一浅井，然后在井内装好孔口管，在其周围垫好碎石浇注水泥进行固结。孔口管直径应比钻进时的钻头直径大20—50mm或大1—2级。

导向管是在斜孔中为了使钻孔按设计方向钻进；在直孔中除保证钻孔垂直外，还要封闭上部无用的含水层，或防止不稳定的松散岩土层发生坍塌，在钻进下部岩层时，约束钻具起导向作用。当钻孔深度为300—500m时，导向管下入的深度可达70—100m；当钻孔深度小于100—150m时，导向管安装6—7m即可。有时导向管与技术套管为同一管柱，在这种情况下导向管的深度可以增加。在另一种情况下，导向管和孔口管亦可合二为一，此时的孔口管的内径不能太大。导向管通常要求固结，尤其是管底和管口外部应进行封牢。

技术套管也称中间套管，当钻进到达目的层之前，出现了不稳定地层，有坍塌或有严重漏失现象，严重影响甚至无法钻进时，下技术套管，则能保证钻进顺利进行。故技术套管是为了解决施工技术而下的套管。因此，在一般情况下，尽量少下或不下它，但在特殊的情况下，技术套管也可以是多层。

技术套管外部要求用稠泥浆封闭，管的底部同样要密封。

开采管在水文水井钻探中称抽水管。它有时代替导向管和技术管封闭上部无用的含水层或不稳定的岩土层。一般开采管下到目的层的顶板。

滤水管也称过滤器，安装在含水层段，地下水经滤水管流入孔内，再经过水泵抽送到地面。滤水管在水井中是“业务区”，因此，必须给予充分的重视。滤水管安装的方法有二种：一种直接连接在开采管上；另一种以尾管的形式，用封闭接头与开采管相联结，同时在滤水管以下通常安装一段沉淀管。

套管柱层次设计中的另一个重要问题是套管层次之间的间隙。间隙太大和过小都会给实际工作带来不良的影响。设计套管间隙时，要考虑套管、钻头、岩心管及接头之间的尺寸配合，此外，还要考虑套管本身的材质及其壁厚等问题。当一层套管下入孔内时，必然使孔经缩小一级，级数也是套管设计中的一个重要问题。

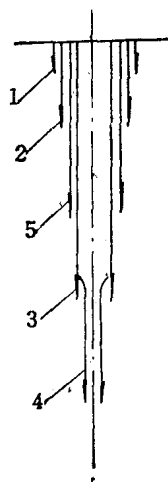


图1-1 套管柱组合示意图
1—孔口管 2—导向管 3—开采管 4—滤水管 5—技术管

我国现时水文水井钻探常用的套管、钻头、岩心管之间尺寸配合如表1-2所示。

表1-2 我国地质系统水文地质、水井钻探套管、岩心管及钻头尺寸配合表 单位mm

套 管			钻 头						岩 心 管			钻头与套管内径间隙 (mm)
外 径	内 径	壁 厚	硬合金钻头			普通钻粒钻头			外 径	内 径	壁 厚	
			外径	内径	壁厚	外径	内径	壁厚				
1	1	1	445		15—20	445		15—20	430	394	18	
426	414.5	10	385		15—20	385		15—20	385	349	18	29.5
377	365.5	10	335		15—20	335		15—20	335	299	18	30.5
325	313.5	10	280		15—20	280		15—20	280	248	16	33.5
273	262.5	10	225		15—20	225		15—20	225	193	16	37.5
219.1	201.1	9	180		15—20			11—16	177		10	21.1
						174			172		10	10.2
168	159	6.0	150	135	7.5	150	128	11	146	137	4.5	9
146	137	4.5	130	116	7.0	130	108	11	127	118	4.5	7
127	118	4.5	110	96	7.0	110	88	11	108	99.5	4.25	8
108	99.5	4.25	91	77	7.0	91	71	10	89	81	4.0	8.5

而目前苏联水文水井钻探中常用的套管、钻头配合如表1-3。

表1-3 苏联水文水井钻探套管、钻头配合表

套 管 (mm)		钻 头 规 格		直 径 差 数 (mm)	
外 径	接头外径	号 数	直径 (mm)	钻头和套管之间间隙	钻头和接头之间间隙
146	166	10	243	97	77
		11	269	123	103
168	188	11	269	101	81
		12	295	127	107
219	248	12	295	76	52
		14	346	127	103
273	293	14	346	73	48
		16	394	121	96
325	351	16	394	69	43
		18	445	120	94
377	402	18	445	68	43
		20	490	113	83
426	451	20	490	64	39
		22	540	114	89

由以上讨论可见，终孔直径决定于所下滤水管的类型和尺寸，而滤水管的尺寸也决定含水层的涌水量。当终孔直径确定后，可以根据中间所下套管的层次推算出开孔直径。