

Shuiwen Dizhi Zuantan Yu Shuiyuanjing Chengjing Jishu

水文地质钻探 与水源井成井技术

樊小舟 编著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

水文地质钻探 与水源井成井技术

樊小舟 编著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书重点介绍了水文地质钻孔的设计及钻进技术方法,并对水源井设计施工中的井位选择、成井技术工艺进行了详细说明。全书共分为 5 章,分别是水文地质钻探、矿井水文地质钻探、水源井成井技术、老旧井的处理改造及增大管井出水量的方法、井内事故的预防及处理。

本书可供从事水文地质钻探和水源井工作的工程技术人员使用,也可作为钻探专业的大中专学生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

水文地质钻探与水源井成井技术/樊小舟编著. —

徐州:中国矿业大学出版社,2015.8

ISBN 978-7-5646-2752-2

I. ①水… II. ①樊… III. ①水文地质勘探②水井—
成井工艺 IV. ①P641.72②TU991.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 168024 号

书 名 水文地质钻探与水源井成井技术

编 著 樊小舟

责任编辑 满建康 吴学兵

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 880×1230 1/16 印张 15 字数 497 千字

版次印次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 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)

前 言

随着新技术、新材料的快速发展和国家能源战略的调整转移,传统的水文地质钻探和水源井成井技术在近 20 年得到了长足的进步,国家和各个行业也相继制定颁发了相关的规程、规范,为推动水文地质钻探和水源井成井技术的提高起到了相当大的作用。但目前全面系统、专业的介绍并可供工程设计及施工人员参考的书籍较少,满足不了快速发展的水文地质钻探和水源成井技术工作的需要。本书正是在这样的背景下完成的。

本书是在参考大量出版的图书和近几年来国内外杂志上公开的资料,并结合自己 20 多年来的生产实践的基础上完成的。其主要创新点体现在以下几个方面:第一,结合规范,对有关概念进行了系统厘定;第二,根据钻孔的孔径大小和钻进过程取心与否,对钻进方法进行了分类,并提出了各自的适用条件、钻进方法和技术参数,进而明确了复合钻进的概念和应用条件;第三,细化了不同岩性和地形地貌条件下水源井井位选择的方法,并用实例进行佐证,进而提出了将水平井、斜井技术应用到水源井设计中的构想;第四,对近年来出现的成井新技术,如二氧化碳洗井在水泥管中的应用以及特深水位的测量方法进行了研究总结。

在本书初稿完成后,得到了中国煤炭地质总局水文地质局王玉春、谭家政高级工程师,中国煤炭地质总局地质工程总公司侯常文高级工程师和中煤科工集团西安研究院姬中奎高级工程师的认真审查,并提出许多修改意见。全书由《中国煤炭地质》编辑部常务副主编、高级工程师孙常长和中国煤炭地质总局干部学校吴浩老师统一校核。在此一并表示感谢。

由于本人水平有限,在总结过程中难免以偏概全,存在不足之处,在此敬请读者批评指正。

作 者

2015 年 4 月

目 录

1 水文地质钻探	1
1.1 任务与特点	1
1.1.1 任务	1
1.1.2 特点	1
1.2 钻孔分类及施工程序	2
1.2.1 钻孔分类	2
1.2.2 钻孔施工程序	2
1.3 钻孔设计	5
1.3.1 钻孔结构及其设计原则	5
1.3.2 钻孔地质设计书	7
1.4 钻探设备选择及安装	7
1.4.1 钻探设备选择	7
1.4.2 钻探设备安装	13
1.5 钻进技术方法	18
1.5.1 常规钻进方法	19
1.5.2 特种钻进方法	57
1.5.3 复合钻进	82
1.6 封闭止水	83
1.6.1 常见的形式及作用	83
1.6.2 分类	84
1.6.3 止水材料	84
1.6.4 止水层位	85
1.6.5 止水方法	85
1.6.6 止水质量检测	87
1.7 简易水文观测与钻孔编录	88
1.7.1 简易水文观测	88
1.7.2 钻孔编录	90
1.7.3 资料整理及移交	90
1.8 钻井液及钻孔护壁堵漏	90
1.8.1 水文地质钻探对钻井液的要求	91
1.8.2 钻井液性能参数	91
1.8.3 常用钻井液处理剂的分类及作用	94
1.8.4 钻井液性能的调整及净化	99
1.8.5 主要钻井液类型及其应用	100
1.8.6 钻孔护壁堵漏	102
1.9 提高钻孔质量的措施	105

1.9.1	钻孔岩心描述	105
1.9.2	简易水文观测	105
1.9.3	止水	105
1.9.4	抽水试验	106
1.9.5	水样采集及钻孔深度的检查	106
2	矿井水文地质钻探	107
2.1	目的与任务	107
2.2	探放水钻探	107
2.2.1	钻孔设计	108
2.2.2	常见水源的探放方法	110
2.3	疏排水钻探	116
2.3.1	分类	116
2.3.2	特点	116
2.3.3	设计	117
2.3.4	钻进工艺	117
2.3.5	成井工艺	119
2.4	注浆孔钻探	121
2.4.1	分类	121
2.4.2	地面注浆孔	122
2.4.3	井下注浆孔	123
2.4.4	注浆材料的选用	124
2.4.5	浆液的配制	126
2.4.6	注浆设备选择	127
2.4.7	注浆段高和方式	129
2.4.8	注浆参数的确定	130
2.4.9	注浆结束标准及质量检查	131
2.5	矿山应急救援钻探	137
3	水源井成井技术	142
3.1	水源井在钻探和设计上的特点	142
3.1.1	水源井在钻探上的特点	142
3.1.2	水源井在设计上的特点	142
3.2	井位选择	143
3.2.1	程序	143
3.2.2	常见地区的井位确定	144
3.3	成井技术	159
3.3.1	下管工艺	159
3.3.2	填砾工艺	176
3.3.3	止水工艺	180
3.3.4	洗井工艺	180
3.4	下泵抽水	195
3.4.1	常见泵的类型	195
3.4.2	泵型的选择	198
3.4.3	泵的下入	199

3.4.4 开泵抽水	200
4 老旧井处理改造及增大管井出水量方法	201
4.1 老旧井处理改造	201
4.1.1 基本原则	201
4.1.2 现场施工程序	201
4.1.3 分类	201
4.1.4 处理措施	202
4.2 增大管井出水量方法	209
4.2.1 设计过程中	209
4.2.2 施工过程中	214
4.2.3 使用过程中	217
5 井内事故的预防及处理	219
5.1 孔内事故发生的主客观因素	219
5.1.1 客观因素	219
5.1.2 主观因素	219
5.2 处理孔内事故的基本原则	219
5.2.1 安全原则	219
5.2.2 快速原则	220
5.2.3 灵活原则	220
5.2.4 经济原则	220
5.3 常见事故的预防与处理	220
5.3.1 卡钻	220
5.3.2 钻具断落事故	226
5.3.3 套管事故	228
参考文献	231

1 水文地质钻探

水文地质钻探是水文地质勘查中广泛使用的、也是成果最为可靠的勘查手段之一。它是通过钻孔来研究和解读水文地质现象的；它是验证水文地质调查、测绘、物探成果，以及发现新的水文地质现象的最主要、最可靠的研究方法；同时它也是开采地下水的主要手段。

1.1 任务与特点

1.1.1 任务

水文地质钻探的任务，主要取决于勘查目的、阶段和区内自然条件特点等。一般的任务是：

- (1) 查明钻孔的岩性及空隙特征，初步确定含水层段与隔水层段，进而研究含水层的厚度、埋藏深度等；
- (2) 为研究区内地质构造提供帮助；
- (3) 观测各含水层的水位，确定含水层的水力性质、含水层间的水力联系以及含水层与地表水的联系等；
- (4) 获取有关水文地质参数；
- (5) 采集岩样和水样，为测定和进行水文地质试验提供条件岩石的化学组成、物理性质及水理性质服务；
- (6) 进行地下水的动态观测和监测，取得其动态变化资料；
- (7) 为井内物探测井服务；
- (8) 完成勘查任务后，可留作水源井，为当地居民服务。

1.1.2 特点

水文地质钻探的任务决定着它的特点。与一般的地质钻探相比，水文地质钻探有如下特点：

(1) 孔径大

要进行抽水试验，就必须在钻孔中安装抽水试验设备，遇孔壁不稳定孔段还要安装井壁管，在止水层位还要下止水器，这势必要求水文地质钻孔有足够大的孔径。目前，一般试验段的孔径大于 110 mm，下泵段孔径大都在 180 mm 以上。

(2) 钻孔结构复杂

为获取各个含水层的水位、水量、水质、水温等水文地质参数，往往要在含水层间进行隔离止水，需要多级变换口径，多层次封孔止水，这就造成了水文地质孔的结构比较复杂。

(3) 对钻井液要求严格

为减少对含水层天然状态的破坏，水文地质钻孔一般要求清水钻进。但由于施工区地层的复杂性，为了提高钻进效率，经常不得不使用一些钻井液。这些钻井液的使用前提就是：不污染含水层水质，不堵塞含水层的通道，抽水试验前容易清除干净。

(4) 观测项目多

为取准、取全水文地质资料，在水文地质钻探中，除了要观测描述岩性之外，还要进行孔内水位、水温、钻井液消耗量以及涌水(漏水)情况等多种项目的观测工作。

(5) 施工工艺复杂

为彻底完成各项施工任务，在水文地质钻探中，不但要进行无心、取心、扩孔等工艺钻进，熟练掌握下管、止水技能，而且还要进行洗井、抽水试验等工艺，这就使得水文地质钻探的施工工艺十分复杂。

(6) 施工周期长

要全面、准确地完成钻进、取心、下管止水、抽水试验等多项任务,必须有充足的时间来保证,因而,水文地质钻探的施工周期就特别长。

1.2 钻孔分类及施工程序

1.2.1 钻孔分类

按照用途,水文地质钻孔可分为专门水文地质孔、观测孔和探采结合孔,观测孔又按照其利用时间长短分为临时观测孔和永久观测孔(表 1-1)。

表 1-1		钻孔分类
类 型		用 途
专门水文地质孔		主要用于了解岩石性质、进行抽水试验工作
观测孔	临时	在抽水试验或勘查期间进行水位的观测
	长久	进行长期的水位观测,为水位的动态监测服务
探采结合孔		在满足勘查期间水文地质试验要求的基础上,结合地方需要,改造为供水管井

1.2.2 钻孔施工程序

水文地质钻探是获取地下含水层的深度、厚度、岩性、裂隙发育程度,进行抽水试验、水文测井、采样化验等的唯一手段。它贯穿于水文地质勘探的整个过程。它是由多项目、多工种按一定工作程序、规程规范在一定时间内,多人集体完成的。因此,必须要有科学的组织管理方法,才能取准、取全地下含水层的第一手资料,为后面的水文地质计算、含水层富水性评价、钻孔涌水量的预算等工作提供切实可靠的依据,实现钻探生产安全、高效、优质、低耗和文明生产,以取得较好的经济效益和社会效益。

水文地质钻探的钻孔施工程序如图 1-1 所示。

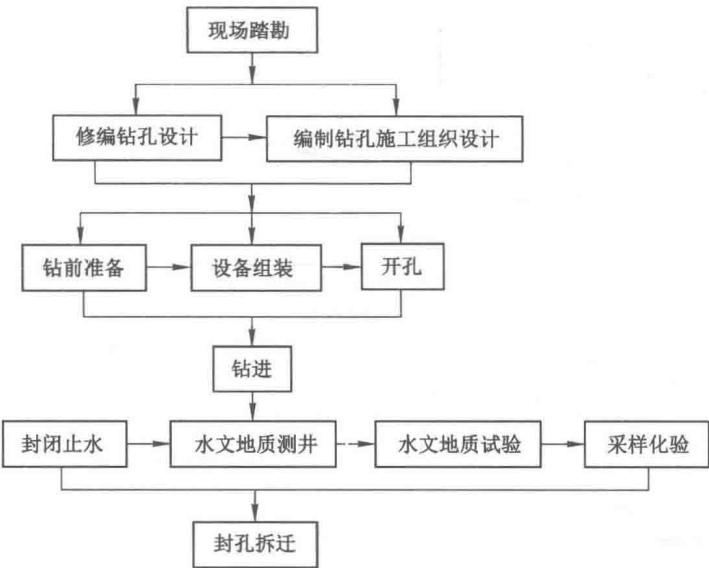


图 1-1 水文地质钻探的钻孔施工程序

1.2.2.1 现场踏勘确定孔位

它是依据勘查区的水文地质设计,在钻孔施工前,由水文、钻探等多部门组成联合工作组,对钻孔的位置进行最终确定的过程。在确定过程中,既要考虑钻孔能否完成所赋予的地质及水文地质任务,又要考虑

场地施工作业可行性,本着任务为先、施工方便、成本最少的原则综合确定。孔位一旦确定,任何一方不得随意挪动。

1.2.2.2 修编钻孔设计

单个钻孔设计在勘查区总体设计时已经确定。所谓修编,就是将现场踏勘的成果反映到钻孔设计中的过程。一般情况下,需要改变的地方很少,只是对上部松散层厚度、表层套管下入深度和钻孔深度的小范围进行调整。但也有重新确定的钻孔位置,与原来的设计有较大的出入,这时就要针对具体情况,进行全面的调整、设计。钻孔设计的具体方法与原则可参阅 1.3 节。

1.2.2.3 编写钻孔施工组织设计

它是由钻探生产部门,根据钻孔地质设计书中的要求和规定,提出的用于指导和规范钻机生产的具体要求和实施细则。其主要内容如下:

- (1) 简述地质设计书的主要任务及要求;
- (2) 选用钻探设备的类型和型号,包括钻机、柴油机、水泵等,井场设备的安装位置;
- (3) 针对不同的岩层所采用的钻进方法、钻头类型、规格及钻进技术参数;
- (4) 不同地层段的钻井液类型、性能参数及维护措施;
- (5) 抽水试验工具及水位、水量、水温的观测工具和方法,简易水文地质观测的方法;
- (6) 止水材料、止水方法及止水设计图;
- (7) 洗井设备及方法;
- (8) 封孔材料、方法及设计图;
- (9) 施工人员的组成及其分工;
- (10) 保证工程质量、安全生产及应对异常情况的措施;
- (11) 文明施工及生态环境保护措施。

1.2.2.4 钻前准备及设备安装

(1) 钻前准备

它是施工钻机对钻孔施工组织设计书的各项要求逐一落实的过程和准备阶段。在钻前准备过程中,应着重做好以下 3 方面工作:

- ① 总体规划,分步实施。根据钻孔施工的难易程度及要求,可以成立专门的组织机构分头工作,统一指挥,确保准备工作的有序进行。
- ② 主次分明,循序渐进。钻前准备阶段的主要任务是平整场地和对外协调工作,然后是施工人员的组织培训和机械设备及材料的准备,一定要抓住重点、主次分明、循序渐进地推进准备工作的顺利进行,为安全、高效地完成钻孔的施工任务创造条件。
- ③ 完善制度,提高效能。规章制度是保证钻探工作顺利进行、杜绝事故发生和提高钻进效率的基础。因而在钻前准备阶段,就要根据钻孔的施工特点、质量要求及施工单位的实际情况,制订相应的管理制度,如岗位责任制、安全责任制、安全操作规程等。在这些责任制中,应责、权、利明确,奖罚分明。

(2) 设备安装

它是将钻探设备、场房、循环系统及供水、供电线路在施工场地进行安装的过程。安装完毕后,应按要求进行试运转及验收,验收合格后方可进行钻进工作。具体的安装方法可参阅 1.4 节。

1.2.2.5 开孔

钻机的各项准备工作就绪、钻前安全检查合格后,即可进行开孔钻进。开孔钻进指的是地表至 10 m 左右这一段地层的钻进过程。

(1) 松软地层的钻进

松软地层一般是指第四系松软层及基岩风化壳。这种地层在钻进中孔壁极不稳定,易发生坍塌、掉块、钻井液漏失、钻孔缩径等现象,因而必须注意保护孔壁。为防止孔斜并保证牢固的孔口,可先挖一深坑,下入孔口管,周围用水泥浇注或用黏土捣实,然后再下钻钻进。

1) 砂层及流砂层的钻进

这类地层具有松散、含水、易流动的特点。在钻进中极易发生孔壁坍塌、钻井液漏失等现象。钻进时

必须采取相应的技术措施,争取尽快穿过。

① 一般砂层的钻进。可采用黏度为 $30\sim 40\text{ s}$ 、密度 $1.2\sim 1.3\text{ g/cm}^3$,失水量较小的优质钻井液护壁钻进。钻进时,钻压、转速不宜太大,以防孔斜。

② 特别松散的流砂层的钻进。这种地层不仅松散而且含水,砂子具有流动性。在钻进时,往往由于停泵或提钻造成坍塌,给钻进带来极大不便。对于此类地层,除采用上述方法外,还可运用跟管钻进、人工造壁等方法进行钻进。

a. 跟管钻进法。

冲孔跟管法。在进行大泵量冲孔的同时插入套管。当孔底砂子被冲动后,套管会因自重而插入砂层。当套管内砂子未能冲净而有一定积聚时,可以辅以抽筒捞砂,捞砂后再继续冲孔钻进。

小口径跟管钻进法。用小口径钻具超前钻孔,同时插入大口径套管。当小口径钻孔使砂子松动并被冲出时,用大口径套管跟进。

b. 水泥胶结法。

首先用大泵量强力冲洗使钻具钻入砂层,再泵入配制好的水泥浆,并且边泵入水泥浆边提钻,使整个钻进段注满水泥浆。水泥浆沿砂层孔隙渗入一定的范围,待水泥浆凝固后,即形成坚固的水泥柱,然后再钻穿水泥柱成孔。

2) 黏土层的钻进

这类地层黏结性好,但吸水及造浆能力较强。因此在钻进中易缩径和使钻井液黏度增加并造成憋泵或泥包钻头现象。钻进时,一般采用肋骨钻头、三翼钻头钻进。要求钻头的外刃大、过水能力强,并且采用无固相黏度小或低固相失水量小的优质钻井液冲洗钻孔。由于黏土造浆能力强,因而钻进中应注意钻井液的黏度变化,及时加注清水和处理剂,以调整钻井液黏度。钻进参数采用高转速、大泵量及较小压力。

(2) 坚硬地层的钻进

① 卵石砾石层的钻进

卵石砾石层坚硬但胶结较为松散,钻进中孔壁不稳定,易出现坍塌、掉块和钻井液漏失等现象。而且在钻进中,卵石、砾石往往随钻头滚动而不易破碎,钻头损耗较大。

对于此类地层,一般采用冲击或牙轮钻头施工,成井后及时下入护壁管。

对坍塌严重的卵石、砾石层,也可用水泥固结,遇到大漂石时,可用炸药爆破碎石,然后再进行清孔钻进。在该类地层中钻进时,要特别注意钻孔的防斜工作。

② 基岩的钻进

对于砂岩等地层,可采用常规钻进方法。钻具最好用钻铤,钻压也不宜太大,用轻压吊打方式即可。

对于灰岩,可采用潜孔锤钻进方法。

1.2.2.6 钻进

二开以后钻进有取心、无心、扩孔等工艺。具体的钻进方法可参阅 1.5 节。

1.2.2.7 封闭止水及水文地质测井

封闭止水是水文地质孔的一个非常重要的环节,它直接关系到水文地质测井的可靠性以及抽水试验和采样化验成果的准确性。具体可参阅 1.6 节。

水文地质测井是对钻探成果进行验证,进一步取得含水层富水性参数的重要手段。目前,常规的水文地质测井曲线有自然电视率、自然电位、自然伽马、井径等 4 条,专门的测井方法有扩散法、流量测井等 2 种。

1.2.2.8 水文地质试验及采样化验

(1) 水文地质试验

水文地质试验是对地下水进行定量研究的重要手段,也是水文地质钻探的目的所在。目前,水文地质试验一般有抽水试验、放水试验、注水试验、压水试验、连通试验、渗水试验,以及地下水的流速、流向的测定等。野外施工现场,一般是按照水文地质设计书,在水文地质人员的指导下进行。

抽水试验是最基本的试验方法。它在野外施工现场所做的具体工作一般是:

① 安装水泵、水表等抽水的工具;

② 安装三角堰箱等测量水量的工具;

- ③ 安装电测水位计等测量水位的工具;
- ④ 进行水量、水位、水温的测量、记录工作。

(2) 采样化验

一般在试验结束前按照设计和规程进行。

1.2.2.9 封孔拆迁

钻孔竣工后,除长观孔外,均应按照封孔设计及规程规范进行封孔工作。封孔后,应在孔口立明、暗标桩备查。对封孔质量的检查,一般在勘查区内进行抽查。

钻孔按照设计完成全部工作后,即可进行钻探设备、场房等的拆除工作,然后进行搬迁工作,重新进行新孔的钻探工作。

1.3 钻孔设计

1.3.1 钻孔结构及其设计原则

水文地质钻孔结构主要是指钻孔的孔径、深度及套管直径、长度等。它是根据钻探的目的、任务,钻进地区地层情况及钻探、抽水设备的性能等条件确定。合理确定钻孔结构,是关系到能否优质、高效、安全地完成水文地质钻探任务的重要环节。下面以专门水文地质孔为例,对钻孔设计中的有关问题进行说明。

1.3.1.1 孔深设计

孔深设计的主要原则有以下3点:

- (1) 以揭露目的层主要含水层或含水构造带的底板为原则

在最下部抽水试验段以下,还应留有一定的沉淀层:对于直径、深度较大的抽水试验孔,应留10~20 m沉淀层,对于直径、深度较小的抽水试验孔,可留2~10 m的沉淀层。

- (2) 以保证抽水试验设备能够顺利下入为原则

在设计抽水试验孔下泵段深度时,一是要考虑抽水试验孔的预计最大水位降深,二是要考虑抽水试验设备的类型。在用空气压缩机抽水时,要求有一定的沉没比。

用潜水泵抽水时,下泵段的深度可按下式计算确定:

$$H=h_1+h_2+h_3+L$$

式中 H ——下泵段深度,m;

h_1 ——最大降深时的动水位,m;

h_2 ——潜水泵泵体上部到动水位的安全距离,一般情况下,泵径250 mm以上时取5~10 m,250 mm以下时取2~5 m;

h_3 ——潜水泵下端距孔底或换径段的最小距离,一般不小于1~2 m;

L ——潜水泵泵体总长度,m。

- (3) 以有效隔离各含水层或复杂岩层为原则

在确定各层套管的设置深度和隔离止水层位后,换径部位必须选择在岩层完整的地段,以保证隔离止水的可靠性和套管底部的稳固性。

1.3.1.2 孔径设计

水文地质钻孔孔径的设计,关系到能否顺利完成钻孔目的,同时也是取得良好经济效益的关键。一个合格的孔径设计,应该是合理、简单、规范、经济而且易于操作的。

钻孔直径的大小,与设计目的、钻进工艺、选用抽水设备等相关,具体的设计原则如下:

- (1) 抽水试验段孔径的确定

首先根据预计的钻孔出水量和含水层的水位埋藏深度选择抽水设备的种类和型号,然后确定下泵段的孔径。在下泵段,除必须保证抽水试验设备能够顺利下入外,还应能同时比较顺畅地进行水位的观测。最后根据含水层的性质以及孔壁的稳定情况,考虑是否要下入井管(滤水管)以及其大小。在下井管(滤水管)时,还要考虑井管外的焊筋、扶正器尺寸的大小以及滤水管加工过程中垫筋、缠丝、包网等尺寸的大小。

在松散含水层,还需充分考虑所填砾石的厚度。

(2) 滤水管直径的确定

试验证明,在同一含水层,滤水管直径增大则出水量增大,但当滤水管直径增大到一定程度后,其出水量增加的比例很少。同时,也可以看到,在增加钻孔直径的时候,也增加了钻探施工的成本和风险,所以不可盲目增加钻孔直径。

据有关文献,钻进时所需的功率可由下式表示:

$$N = a H_a d_a v_m D^2 \lambda$$

式中 N ——破碎岩石所需的功率, kW;

a ——与钻进条件、钻头类型有关的参数;

H_a ——形成单位新岩石表面所需的功, J/m³;

d_a ——岩石的分散度, $d_a = S/V$;

S ——单位时间内形成岩屑的总面积, m²/s;

V ——单位时间内形成岩屑的总体积, m³/s;

v_m ——机械钻速, m/s;

D ——钻孔孔径, m;

λ ——与岩石孔隙率有关的参数, $\lambda = 1 - S_{fl}/S$, S_{fl} 为孔隙和裂隙的总面积, m²/s。

由上式可以看出,当岩层、钻进技术参数和钻进工艺一定时,钻进所需的功率与钻孔直径的平方成正比。而孔径的增大,会给钻进带来很大的困难,成本也相应增加。所以在满足设计的前提下,应尽可能地采用小口径。

为减少填砾滤水管在抽水后出现结垢、腐蚀和电蚀现象,应对滤水管的进水速度进行控制。根据对不同含水层所选用的砂砾石种类实验,认为滤水管的适宜进水流速为 0.005~0.013 m/s。据此可按下式推算滤水管的最小直径:

$$D_{\min} = Q / \pi m L v_{\max}$$

式中 $D_{\min}$ ——滤水管外径, mm;

Q ——抽水井水量, m³/h;

m ——设计滤水管的孔隙率, %;

L ——设计滤水管长度, m;

$v_{\max}$ ——滤水管适宜进水速度,可按不同的含水层粒度级别确定,一般情况下,粉细砂取 0.001 8~0.013 m/s,中砂取 0.002~0.002 8 m/s,粗砂及砾石类取 0.003 5~0.005 m/s。

在实际工作中,可按上式的计算结果进行适当的调整。

抽水段和滤水管的直径确定后,便可根据钻孔的性质及相关的规程、规范确定钻孔的孔径。

(3) 变径段直径的确定

在水文地质钻孔的设计时,往往需要在确保钻孔安全的前提下,完成抽水试验任务,这就要求通过变换钻孔直径来进行协调。出现变径的情况是:

- ① 隔离水质较差或非试验段含水层;
- ② 防止松散层或断裂破碎带的坍塌、漏失;
- ③ 钻孔深度大或是施工周期较长、长时间的停钻;
- ④ 钻进方法的改变或是孔内出现复杂情况等。

设计有变径段的直径时,要根据最下一个抽水试验段的直径(一般为终孔直径),逐级向上设计各层段的套管直径及相应的孔段直径。

(4) 终孔直径的确定

终孔直径按照供水勘探规范或设计要求确定,设计原则是宜小不宜大。

(5) 开孔直径的确定

通常情况下,它是按照终孔直径、抽水试验段直径、工艺变径要求及岩层稳定性等综合决定的。为确保钻孔的安全施工,完成抽水试验任务,在设计开孔直径时,一般尽量多留一级,以应对不利情

况的发生。

在钻孔孔径设计时,如果孔径过大,变径次数多,就势必造成钻孔结构复杂的情况,给施工造成困难。因此,合理采用有关的技术措施,在确保优质、高效、低耗、安全的前提下,尽量简化钻孔结构。其具体措施一般是:

- ① 加强水文地质资料的综合研究,对于同类性质的含水层,能合并尽量合并,以减少抽水试验次数;
- ② 改变止水工艺,能同径止水的就同径止水;
- ③ 在条件许可的条件下,可采用从下往上的回填式抽水试验方法;
- ④ 多打钻孔,将抽水试验任务分解在不同的孔内完成。

1.3.2 钻孔地质设计书

水文地质钻孔设计书是在矿区(井田)总体设计书的基础上,根据水文地质钻孔的目的、任务和施工特点,用于指导和规范水文地质钻孔的施工而编制的。一般分为钻孔地质设计书和钻孔施工组织设计书。钻孔施工组织设计已在前面叙述过了,本节主要对钻孔地质设计书的相关内容进行了说明。

钻孔地质设计书是由水文地质人员,根据水文地质勘查的目的与任务,对每个钻孔分别提出的设计任务书,作为钻孔施工和质量验收的依据。其主要内容如下:

- (1) 孔号、地理位置、孔口坐标(附钻孔平面位置图);
- (2) 钻遇地层及含水层,并对其岩性、厚度、岩石的可钻性,含水层的水量、水质、水温等进行较为详细的说明(附钻孔预想柱状图);
- (3) 孔径、钻井液、岩心采取率、孔斜等的要求(附钻孔井深结构图);
- (4) 滤水管的设计、抽水试验层位、次数及其要求(附钻孔抽水试验设计任务书);
- (5) 简易水文地质观测及采样要求;
- (6) 止水及洗井要求(附钻孔止水设计书);
- (7) 关键层位的注意事项以及可能遇到问题的处理;
- (8) 封孔要求(附钻孔封孔设计书)。

1.4 钻探设备选择及安装

1.4.1 钻探设备选择

钻探设备的选择主要取决于勘查的目的、要求,施工区域的地层,钻孔孔径、孔深,施工的工艺方法,同时还要考虑施工经济性等因素。

水文水井钻机除了要完成地质钻探任务外,还要进行下管、洗井等工作,因而其要求相对较高。

1.4.1.1 钻机的分类

目前,我国水文地质钻探和水源井施工实践中,常用的主要钻机类型有回转钻和冲击钻,并由这2种钻机演变和派生了多种类型的钻机,现总结如下:

按钻进方法分类,如图1-2所示。

按钻井液的循环方式分类,如图1-3所示。

按钻井深度分类,如图1-4所示。

按组装方式分类,如图1-5所示。

1.4.1.2 各种钻机的特点简介

(1) 冲击式钻机

冲击式钻机靠钢丝绳牵引钻头做垂直往复运动,使钻头冲击井底以破碎岩层。其结构简单,工效较低。钻井深度一般在250 m以内,有时可达500~600 m。冲击钻造价低廉,适于在卵砾石层施工,目前占有市场份额也很小。用于水井施工的冲击钻机主要有2种:

- ① 冲抓锥式



图 1-2 按钻进方法分类

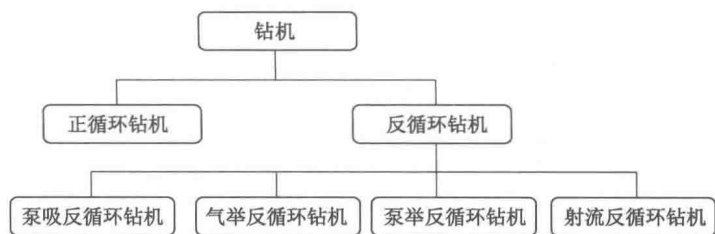


图 1-3 按钻井液的循环方式分类

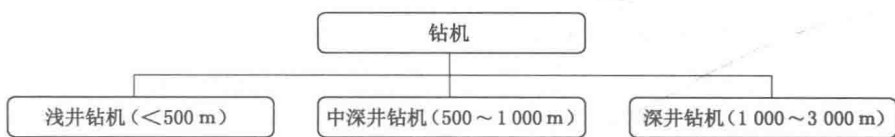


图 1-4 按钻井深度分类



图 1-5 按组装方式分类

这种钻机利用钻具自重冲击地层。钻具的下端是几个可以张合的尖角形抓瓣,当钻具在自重作用下向下运动时,抓瓣张开,切入岩层,然后由卷扬机通过钢丝绳提升钻具,抓瓣在闭合过程中将岩屑抓入锥体内,提出井口卸出岩屑。钻井深度通常为 40~50 m,最长达 100~150 m。

② 冲击器式

由桅杆和装在顶端的提升滑轮、钢丝绳、冲击机构、钻具、电动机等组成。作业时,电动机通过传动装置驱动冲击机构,带动钢丝绳使钻具做上下往复运动,在向下运动时靠钻头自重切入并破碎岩层,向上运动靠钢丝绳牵引。钻头冲程为 0.5~1 m,冲击频率 30~60 次/min。岩屑由抽砂筒清出地面,钻进与清除岩屑分别进行。

冲击式水井钻机的典型代表是 CZ-22A 型和 CZ-30 型 2 种。目前市场上正在使用的冲击钻都是经过了多次改型、改进和创新的型号。

(2) 回转式钻机

回转式钻机是依靠钻具的回转运动切削、冲击破碎岩层而成孔。它是利用钻杆将钻头送到井底,利用天车、滑车、卷扬机起下钻杆,利用转盘或顶部驱动装置(动力头)带动钻头、钻杆旋转,然后再利用泥浆泵输送高压钻井液,带出井底岩屑。它是目前应用比较广泛的一种机型。

随着地下水开发活动的加剧和水井钻进工艺的发展,回转式水文水井钻机已成为当代各类钻机中发展较快的一类机型。主要有以下 3 种:

① 立轴钻机

这种钻机的回转机构有一段较长的立轴(1 m 左右),用其带动钻具回转、实现给进并导正钻具。它可

以在各种硬度的岩石中钻垂直孔和一定范围的倾斜孔。在钻进浅孔和斜孔时,立轴的导正作用尤为显著。

② 转盘式回转钻机

这是一种普遍使用的常规钻机。它由钻塔、卷扬机、转盘、泥浆泵、钻杆、水龙头和动力机等组成。作业时,动力机通过传动装置驱动转盘,由主动钻杆带动钻头旋转破碎岩层。它有正、反两种循环方式。

a. 钻井液正循环钻机。

该钻机工作时,井底岩屑通过钻杆外的环形通道被带出井口,在沉淀池沉淀后,流回泥浆池以供循环使用,只要钻机扭矩、提升能力、钻具强度、泥浆泵压力、流量足够,正循环钻进可以满足浅孔钻进、深孔钻进,甚至是超深孔钻进。

b. 钻井液反循环钻机。

该钻机工作时,钻井液在沉淀池沉淀后从井口自行流入井底,携带岩屑的钻井液则由砂石泵经钻头水口通过钻杆内腔向上抽吸出井,回沉到沉淀池。反循环钻机在钻杆内形成很高的上升流速,排出岩屑和卵石的能力较强,钻井速度快,适用于土层、砂层和卵石直径小于钻杆内径的松散地层。钻井深度一般在150 m 以内。

c. 顶驱式回转钻机。

这种钻机也称液压动力头式钻机。它是由液压马达驱动减速器,并以沿塔架上下移动的动力头代替转盘式钻机上的转盘和水龙头,进而驱动钻杆和钻头旋转切削岩层。这种钻机可钻凿大口径水井。从适应水井钻进工艺要求的角度讲,顶驱型特别是全液压顶驱型水井钻机代表了当代水井钻机的发展方向。

(3) 复合式钻机

凡是可以采用2种以上钻进方法的钻机,则称为复合式钻机。近年来,水文水井钻机在结构和性能方面因其特定的条件和要求出现了钻机类型的多样化和一台钻机的多功能性,将冲击、回转、潜孔锤等多种钻进方法和不同的钻井液介质(水、空气)的正、反循环等组合在一台钻机上,出现了许多形式的多功能复合式钻机。

这种钻机能在不同的岩层条件下,根据不同的要求采用适当的钻进方法,如在砾石层中需用冲击钻进;在干旱地区采用空气钻进;在坚硬岩层中采用回转钻进;在特殊岩层中采取反循环钻进、潜孔锤钻进,要求钻探设备具备多种功能。该类钻机多为冲击回转钻机。它以振动和回转运动相结合的方式钻进岩层。钻具由钻头、振动器、消振器和导向筒等组成。振动器产生的激振力使整个钻具做锥摆运动以破碎岩层。

1.4.1.3 水文水井钻机型号的确定

原地质矿产部在部标中规定了钻机类别标志(表 1-2)。

表 1-2 原地质矿产部钻机型号类别标志

钻机类别	类别代号	第一特征代号(传动结构)	第二特征代号(装载及其他)
岩心钻机	X(岩心)	Y(液压操纵机械传动) D(全液压动力头) P(转盘)	C(车装) T(拖车) S(散装)
砂矿钻机	SZ(砂钻)		
水文钻机	S(水文)		
工程钻机	G(工程)		
坑道钻机	K(坑道)		
潜孔钻机	Q(潜钻)		
地热钻机	R(地热)		

按表 1-2 中所述,如 300 m 转盘式散装水井钻机的型号应该命名为 SPS-300;1 000 m 的全液压动力头车装水井钻机可命名为 SDC-1000。当然,目前市场上还有一些钻机的型号不按此标准进行命名。

1.4.1.4 常见的水文水井钻机类型

(1) 回转钻机

① 转盘式(表 1-3)

表 1-3 国内部分常见水文水井转盘回转钻机类型

型号	生产地	转盘通径 /mm	钻杆直径 /mm	钻孔深度 /m	卷扬机最大提升力 /kN(单绳)	动力机功率 /kW
SPJ-300	上海	500	89	300	30	58.8
SPC-500	上海	550	89、114	800、500	35	120
SPJC-300	上海	500	89	300	30	37×2
SPS-400	上海	530	89	400	30	37×2
SPS-600	上海	650	89	600	40	75×2
S 红星 400	郑州	650		400		
SPC-300H/T/SP/D	天津	500	89	300	30	110
SPC-600R	天津	505	73、89	600、400	45	104
SPS-2000	河北张家口	450	73	2 000	60	110×2
RPS-1500	河北张家口	450	114	1 500	90	110×2
RPS-2500	河北张家口	445	73、89	2 500、2 000	80	110×2
RPS-3000	河北张家口	445	73、89	3 000、2 500	100	110×2
TSJ-600	石家庄	520	89	600	40	45
TSJ-1000B	石家庄	435	89	1 000	90	110
TSJ-1500	石家庄	435、445、660	114、89	1 000、1 500	90	110
TSJ-2000	石家庄	435、445、660	114、89	1 500、2 000	90	110
TSJ-2600	石家庄	445、660	114、89	2 000、2 600	100	154
TSJ-3000	石家庄	445	114、89	2 500、3 000	115	187
TSJ-3700	石家庄	445	114、89	3 000、3 700	140	339
GZ-2000	石家庄	660	89	2 000	100	154
GZ-2600	石家庄	445	89	3 000	115	194
GZ-3000	石家庄	445	89、127	3 000、2 300	110	110×2

② 动力头式(表 1-4)

表 1-4 国内外部分常见水文水井动力头回转钻机类型

型号	生产地(厂家)	钻杆直径 /mm	钻孔深度 /m	动力头转速 /(r/min)	动力头扭矩 /N·m	卷扬机最大提升力 /kN(单绳)	动力机功率 /kW
SDY-600	上海	73	600	49、87、210	8 600、4 900、2 000	30	110
FD-300	河北张家口	73(双壁)	300	0~207	4 461	5	117.6
T4W	瑞典(阿特拉斯-柯普科)			0~110 0~109	10 848 8 814	5.67	283
T685WS	美国 (SCHRAMM)	114.3	1 300	0~104	17 083	43.5	563
T130XD	美国 (SCHRAMM)	114.3	2 000	0~143	12 045	43.5	567
RD20	瑞典(阿特拉斯-柯普科)	76	1 500	0~120	8 000	18.14	522
RB50	德国(宝峨)		600、1 500	第一级:0~45 第二级:0~85 第三级:0~340	31 580 16 600 4 150	95	276
DL-300、500、 700、1 200	韩国	114	100			22	156