水文水井钻探工艺及设备发展情况

许刘万
(国土资源部勘探技术研究所 ,廊坊　065000)

[摘　要]针对国内外工艺与设备发展情况 ,就水文水井钻探特点以及施工工艺方法 ,用实际事例概述了水文水井钻探领域的主要进展 ,提出了一些看法建议。

[关键词]水文水井钻探　工艺　设备
[中图分类号]P634. 4　[文献标识码]A　[文章编号]0495 - 5331(2000) 04 - 0086 - 03

水文水井钻探是探明和开采地下水资源的重要手段之一。近年来由于我国工农业生产发展的需要 ,大量的开发利用地下水资源 ,地下水位逐年下降 ,建井越来越深 ,成本越来越高。因此 ,建井技术、钻探设备、成井工艺也需要随之提高或更新。如何结合我国水文水井钻探技术特点 ,研制具有世界先进水平的新型钻探设备 ,已成为水文水井钻探技术工作者的一项任务。

1　水文水井钻探的特点及工艺要求

水文水井钻探与固体矿床岩心钻探、石油钻井比较 ,具有以下特点:

(1) 钻孔直径大 ,一般在直径 150 mm～800 mm 之间。由于口径大 ,钻进过程中产生的岩屑多 ,当采用正循环钻进方法时 ,就需要有大排量的冲洗液设备将岩屑排至地表。

(2) 钻孔深度小。一般在数十米至数百米之间 ,特殊的超过千米以上 ,而热水井多在千米以上。因而 ,除深水井和热水井需用大型钻机外 ,一般水文水井钻探均用中小型钻机。

(3) 钻孔垂直度有一定要求。因钻(井) 孔上部安装水泵 ,下部安装过滤器 ,所以要求钻孔在 100 m 以内偏斜不大于 1 °,1000 m 以内偏斜不大于 5 °。

(4) 水文水井钻探属大口径钻进 ,而且主要是在第四纪松散的卵石层、砂砾石层以及砂土、粘性土等地层钻进。这些地层胶结性差 ,易坍塌 ,冲洗液易漏失。也有部分钻井孔在基岩层中钻进 ,而这些基岩层又多是裂隙溶洞地层。在不深的钻孔中常常遇到迥然不同的数种地层 ,这就要求所采用的钻进工艺和钻具对各种不同地层有一定的适应性。

(5) 水文水井钻探工期短 ,流动性大 ,搬迁频繁 ,要求钻进工艺所使用的钻探设备不能过于笨重。

(6) 水文水井钻探其目的是提供水文钻孔或水井 ,其价值一般不及油井或固体矿床钻孔 ,因而要求所采用的钻进工艺 ,较油井或固体矿床钻孔的设备投资少 ,钻探成本低。

由于水文水井钻探的上述特点 ,决定了对钻进工艺和钻探设备的要求 ,即要求达到快速钻进的目的 ,所选择的钻进工艺必须是:设备轻便 ,易于搬迁 ,有足够的岩屑排除能力 ,钻进效率高 ,能控制钻孔偏斜 ,保证钻孔质量;所使用的钻具要求成本低 ,寿命长 ,易于加工 ,便于推广。

2　国内外水文水井钻进工艺及钻具的分析

水文水井钻探所遇地层复杂 ,不同的钻进方法在不同地层中的钻进效果是不同的。当前水文水井钻探方式大体上可分为:钢丝绳冲击钻探、回转钻探、冲击回转钻探 3 种。

2. 1　钢丝绳冲击钻探

这是最古老的一种钻进方法 ,用于钻进卵砾石、致密性基岩效果较好 ,但对钻进粘土、淤泥、砂岩、变质岩、花岗岩钻速慢 ,对钻进细砂、硫砂层比较困难。这种钻探方式突出的优点是:钻探设备少;操作简单;易于搬迁;用水量小;钻开含水层时 ,不易堵塞和污染含水层;不需附加供水设备和泥浆。缺点是在一般地层钻探效率较低 ,故除卵砾石和漂石层外 ,不常采用。就我国而言 ,冲击钻探方法仍有许多地方在应用 ,但多数为个体打井队。

2. 2　回转钻探

在钻进方法上又分为冲洗液钻进(即正循环钻进) 、空气钻进、反循环钻进。

(1) 冲洗液钻进 ,在钻进工艺上又分为清水钻进

[收稿日期]1999 - 06 - 15;[修定日期]1999 - 12 - 26;[责任编辑]王　梅

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

和泥浆钻进。清水钻进用于稳定地层,泥浆钻进用于次稳定或不稳定地层。在我国冲洗液泥浆钻进目前使用最为普遍,可是国外则要求采用多种钻进工艺,并能快速完成钻井。

(2) 空气钻进,在钻进工艺分为:纯空气钻进,用于稳定地层;雾化清水钻进,用于湿润地层;雾化泥浆钻进,用于稳定地层;粘性泡沫钻进,用于大直径钻孔;充气泥浆钻进,用于漏失地层。使用空气的最大特点是机械钻速成倍提高,因为空气比液体轻得多,对孔底的压力降低。空气钻进除机械钻速高以外,另外的优点是:可以在钻井液漏失地层和供水难地区使用;其钻进的轴向压力只是泥浆钻进的一半左右,这对大口径无岩心钻进的水井是非常有利的因素;对地层的淤塞与污染少;清除岩粉情况好,急剧地减少钻具磨损,提高钻头进尺,不需考虑粘土供应和泥浆制备等有关工作,从而简化了工作过程。空气钻进法,除了油、气井、露天采矿上普遍采用外,在水文地质钻探和水井钻进中也较多地采用。我国原地矿部 80 年代初曾立项进行空气钻进研究,曾在保定、北京房山等地进行空气钻进水井生产试验,由于干旱缺水,效果比运水打钻提高效率 1 倍,平均每米运水费为 170 元,空气钻进耗油费仅每米 20 元。此种方法我国还在推广阶段,但在国外如美国、加拿大等国采用最多。实践证明,空气钻进法在水文地质钻探与水井钻进中具有很大的发展前途。

(3) 反循环钻进,按冲洗介质的类型不同,反循环钻进可分为空气(包括泡沫、雾气等)反循环与冲洗液反循环;以返水原理来分又可分为泵吸、射流、气举反循环;从钻杆类型来分又可分为单管、双管和三管反循环等。在水文水井钻探中以气举反循环钻进用得最多。泵吸反循环经济合理的钻进深度为 100 m～120 m,最大深度可达 200 m;射流反循环在 50 m 以内效率较高,为气举反循环的 2.5 倍。随着井深增加,排渣能力逐渐下降,钻进效率相应降低,最大孔深可达 250 m。气举反循环在 50 m 时可以保持稳定的钻进效率。在实际工作中,孔深在 50 m 以内多采用泵吸反循环或喷射反循环,孔深大于 50 m 时,多采用气举反循环钻进,因为它随着孔深的增加钻进效率不断提高。由于反循环钻进具有钻进效率高,钻头寿命长,成井质量好,在复杂地层中钻进安全可靠,并能实现连续取样(芯)钻进,节省辅助时间和减轻劳动强度等特点,已成为国内外钻进水井、水文地质钻孔以及大口径工程施工孔的主要技术方法之一。在我国水井钻探方面,反循环应用最多的为气举反循环钻进,而泵吸、射流反循环钻进除水井钻探开孔外,多用于桩基施工钻进方面。现气举反循环钻探技术已在地质、冶金、建设、水利、煤田和军工等系统水井钻探中推广应用,覆盖面遍及全国 29 个省市自治区,在巴基斯坦、马里、玻利维亚、菲律宾等国外承包工程中也得到广泛使用。总进尺 20 万余米,节约水井钻探成本约 500 多万元,采用此技术达到的最大孔深为 1117.36 m,目前深水井以及地热钻探也正在采用。

在国外如德国水文水井钻探主要是采用气举反循环钻进,而美国气举反循环钻进技术主要用于较深钻孔和一些复杂地层钻进。所以,美国和德国为了广泛应用此项技术从钻具到设备都已成系列配套,而我国在这方面还有一定差距。

回转正循环使用冲洗液钻进,对松散地层和部分基岩层,只要钻探设备有足够的排岩能力,就能获得很高的钻进效率。但目前水文水井钻探用的泥浆泵排量小,冲洗液不能达到所要求的上返速度,因而水文水井用回转正循环冲洗液钻进往往不能获得较高的钻进效率。空气钻进方法效率很高,但需要有很大排量的空压机,对地层也需要有一定的稳定性,因而普遍应用受到一定限制。反循环钻进工艺适用于多种地层,冲洗液上返速度高,排岩能力强,孔底干净,减少孔底重复破碎,可延长钻头的使用寿命,钻进效率较正循环钻进成倍提高。对于水文水井钻探来说,这种方法还有其特殊的意义,可以避免对含水层的堵塞和污染。这是因为用此种方法钻进时,冲洗介质不与含水层接触。另外,它还可简化抽水试验工艺,直接利用钻具进行抽水试验。

2.3　冲击回转钻探

在工艺上又分为液动潜孔锤和气动潜孔锤,适用于钻进基岩硬地层,其钻进速度比回转钻进高 50 %～100 %。液动潜孔锤耗用功率较大,目前仅应用于小口径岩心钻探。现在我国已有好几个厂家生产直径 110 mm～350 mm 的气动潜孔锤,同时美国英格索兰公司与我国宣化也合作生产各种型号气动潜孔锤,并且该公司还和我国上海压缩机厂合作生产螺杆式高风压高风量空气压缩机,进行生产施工配套,这些都为我国推广应用气动潜孔锤钻进技术奠定了基础。现从我国该技术的发展来看,已趋于成熟。如山西第二水文工程地质勘察院,近年来采用气动潜孔锤钻进技术先后施工水井多眼,最大孔深 700 余米,取得的经济效益非常显著。由于这种方法采用压缩空气作为洗井介质,代替了以水为介质

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的循环方式,有利于在干旱、缺水和寒冷地区及永冻地层凿孔,尤其适用于极硬、中硬地层中全面钻进。

水文水井钻探除了上述钻进方法取得了明显的进展外,其它诸如绳索取心钻进、定向钻进等也得到了应用。另外在松软地层还广泛地使用无冲洗液钻进法:如螺旋钻进法、钻斗钻进法、抓斗钻进法。因此,只有根据不同的地质、地理和技术条件发展各种钻进方法才能提高水文水井钻进的经济效益。

3　水文水井钻探设备发展情况

近年来水文水井钻机的结构和品种,随着钻进方法的发展也在不断地变化。钻机本身不但随着方法而变化同时它的机械化程度也在不断地提高。

现在我国使用的水文水井钻探设备多属机械化程度低、操作笨重的机械传动类型,不仅妨碍生产效率的提高,而且限制了水文水井钻探新工艺的采用。钻探设备与钻进方法还不配套,古老的钢绳冲击钻机还在使用。目前大量使用的转盘式水文水井钻机有 SPJ - 300 型、SPJT - 300 型、SPS - 400 型、SPS - 600 型、红星 - 400 型,深水井用的最多的是水源 1000 钻机、水源 2000 钻机,车装钻机用的最多的 SPC - 300H 钻机,出国施工配套的多为 SPC - 300T 太脱拉车装钻机。对于全液压动力头式车装钻机来说,我国为了缩小与国外先进水平的差距,原地矿部 1986 年曾研制成功 SDY - 600 型全液压动力头式车装水文水井钻机,华北石油 1992 年也曾仿制成西德 B3A 全液压动力头式车装钻机。70 年代初期我国电力系统还引进了美国 T4W 全液压动力头式车装钻机,建设系统还引进了西德 B3A 全液压动力头式车装钻机,煤炭系统引进了法国 R28 全液压动力头式车装钻机。近年来美国英格索兰公司还与我国宣化合作生产有关型号的全液压动力头式车装钻机,这些都为我国发展全液压动力头式车装钻机起到了促进作用。但由于我国的实际情况,全液压动力头式车装钻机未能全面推广使用。

从国外的水文水井钻机发展趋势来看,钢绳冲击式钻机日渐减少。在钻进卵、砾石层时多采用风动潜孔锤。在西方,立轴式回转钻机的使用日渐减少,多采用转盘及动力头式回转钻机。全液压动力头式车装钻机使用日渐增多。美国在整个水井钻进中,此种类型钻机占 20 %～30 %,美国英格索兰公司生产的钻机都为全液压动力头式车装钻机。据资料分析,西德的全液压动力头式车装钻机占整个水文水井钻机的 50 %左右。

国外新型全液压钻机的操作机械化程度高。通过液压控制系统实现加压、减压、给进、变速、回转、钻具升降及拧卸、钻进参数测量、钻机孔口移动等工序,操作手柄全部集中在一个独立的控制台上,实现集中手柄操纵。顶部驱动方式既有立轴式钻机的稳压优点,又具备转盘式钻机长行程给进的长处。

它与转盘式钻机相比,具有以下特点:

(1) 不需要专门的主动钻杆,加接钻杆时,可以不必把钻具提离孔底;

(2) 可以边回转边起下钻具,有助于减少孔内事故;

(3) 便于实现升降工序机械化及塔上无人操作;

(4) 加减压机构和钻进绞车可以合为一体。

液压技术在水文水井钻进中的应用日趋广泛。如桅杆的伸缩和起落、水泵的驱动、泵量的改变、移摆管装置的驱动以及水平千斤顶的操作等都实现了液压化,大大减轻了工人的劳动强度,减少了操作人员。现代化的水文水井钻机,每个机台只要 2 人操作。因此,应加快我国全液压水文水井钻机的研制与推广工作。另外还要根据各种水文水井的钻进要求,研制特殊用途的钻探装置。建议广泛采用反循环钻进、空气洗井钻进、优质泥浆洗井护壁和牙轮钻进、空气锤钻进等新技术和新方法,使水文水井钻探技术和成井工艺有一个显著的提高。

DEVELOPMENT OF DRILLING TECHNOLOGY AND EQUIPMENT IN HYDRO WATER WELL

XU Liu - wan

Abstract: Based on development of technology and equipment at home and abroad, the writer summarizes the main development in hydro water well drilling field according to features and methods of hydro water well drilling and puts forware some points and suggestions.

Key words: hydro water well drilling, technology, equipment

第一作者简介:

许刘万(1954 年 -),男。1977 年毕业于河北地质学院探矿工程专业,主要从事水文水井、工程钻探设备、钻具及工艺方法的研究与开发。

通讯地址:河北省廊坊市金光道 77 号　中国地质科学院勘探技术研究所　邮政编码:065000

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net