

反井钻井法在水电站竖井开挖施工中的应用

蒋先明(四川今越工程咨询有限公司,四川 绵阳 621000)

【摘要】在中小型水电站建设中,其竖井开挖往往是引水道工程施工中的最难点。传统施工采用正井法及普通反井法、吊罐法、爬罐法,这几种施工方法均存在通风不畅、作业条件差、施工安全隐患大、工期长等缺点。近年来,我国科技进步突飞猛进,随着施工设备现代化,采用反井钻机钻井施工的方法迅速应用在各种竖井施工中,现结合某水电站竖井施工的实践,就反井钻井法在水电站竖井施工中的应用进行分析,供各位同仁参考。

【关键词】反井钻井法;水电站;竖井开挖施工

【中图分类号】TV554

【文献标识码】A

【文章编号】2095-2066(2015)11-0059-03

引言

在中小型水电站的建设中,特别是引水式电站中,由于设计水头一般较高,大多数电站设计有竖井。在竖井的施工方法中,有正井法及反井法两种施工方式,正井法施工效率较低、安全隐患大,工期较长。反井法是自下而上凿井,其施工方法有普通法、吊罐法、爬罐法和钻井法。其中普通法、吊罐法和爬罐法均存在通风不畅、作业条件差、施工安全隐患大、工期长等缺点。而反井钻井法有工作效率高、施工安全、劳动强度低、工程质量好等优点,随着反井钻机施工技术的不断提高,其在水电站竖井施工中应用越来越广泛。本文根据某水电站竖井施工中采用反井钻井法施工的实际,探讨反井钻机在水电站竖井开挖施工中的应用,以便能为其他类似工程的施工提供一些借鉴。

1 工程概述

某水电站采用引水式开发,主要任务为发电,正常蓄水位2575.25m,装机容量24MW。其中引水竖井为两条,每条竖井前后端均与引水平洞相接,垂直长度为180m和170m,设计成圆型直径为2m。

该工程原计划采用普通正井法施工,开挖洞径为2.6m,开挖后采用钢筋混凝土衬砌,衬砌厚度为0.3m。经过对其他采用反井钻机施工成功的水电站工程进行考察,并与国内一家有近30年竖井施工经验的施工单位联系,在多次对该工程隧洞地质条件、围岩强度、交通条件等进行考察论证后,提出了使用LM-300型国产反井钻机进行施工的方案,采用反井钻机以正向钻出导孔后反向扩孔方式进行作业,反向扩挖后直接成型为2m直径的竖井。

该项目现已完成1#竖井的施工,在围岩完整的情况下,成型井壁光滑,大部分井壁无需二次衬护。

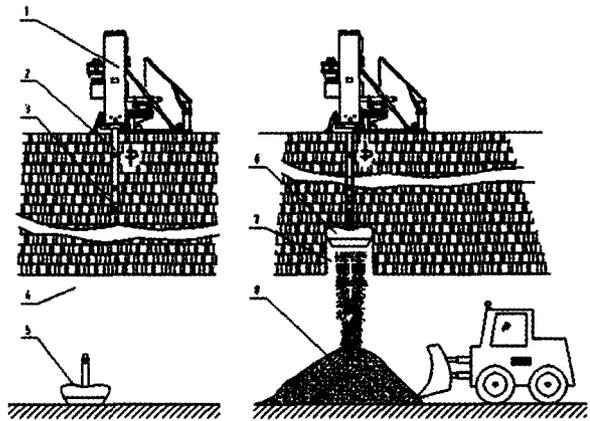
2 反井钻机应用及反井钻井法施工特点和难点

反井钻机是在20世纪50~60年代时开始出现在德国和美国的矿山采矿巷道工程中,矿山工程师们在施工矿山巷道中各种竖井及其导井工程时,逐渐将隧道掘进机和钻井法凿井机二者结合起来,最终形成的采矿竖井施工设备。经过半个世纪的发展,由于具有速度快、安全保障度高等特点,已被广泛应用于各种矿山的巷道工程施工中。我国在80年代将反井钻机用于煤矿地下工程中,后来逐步应用到各型矿山和水电工程施工中,主要用于竖井及较大倾角(大于60°)的斜井导井施工,由于其成井速度快,施工安全性好,应用较为广泛。

在本工程中,采用的LM-300型国产反井钻机体积小、重量轻、搬迁移动方便的特点,有很强的适应性。其工作原理为:通过钻机的电机带动液压马达,由液压马达驱动水龙头,并利用液压力将扭矩传递给钻具系统,带动钻杆及钻头旋转,导孔钻头或扩孔钻头上的滚刀在钻压的作用下,沿井底岩石工

作面做纯滚动或微量滑移。同时主机油缸产生的轴向拉、压力,也通过动力头、钻杆作用在导孔钻头或扩孔钻头上,使导孔钻头的滚刀在钻压作用下滚动,产生冲击荷载,使滚刀齿对岩石产生冲击、挤压和剪切作用,破碎岩石。被破碎的岩屑在导孔钻进时被正循环的洗井液冲洗,岩屑沿着钻杆与孔壁间的环形空间由洗井液提升到孔外。在扩孔时将导孔钻头卸下,安装反扩滚刀,岩屑靠自重直接落到下水平巷道内,采用装载机运输设备及时清理运出。

本工程在钻凿 $\phi 2.0\text{m}$ 钻井时先钻 $\phi 250\text{mm}$ 的导孔,直至导孔钻透至下水平巷道,将导孔钻头在此卸下,换上 $\phi 2.0\text{m}$ 的扩孔钻头,再由下向上扩孔。



1-动力头;2-钻杆;3-开孔钻头;4-下平洞;5-待接扩孔器;6-工作扩孔器;7-扩孔形成筒井;8-扩孔滚刀落井下岩渣。

图1 LM-300型钻机及工作原理示意图

反井钻井法在施工中已得到了广泛使用,特别是在竖井和斜井开挖中,反井钻机快速、安全的优点已被广泛接受。但是,该施工方法亦有其施工难点,从已施工的工程实例中总结来看,对钻孔孔向偏差的控制是利用反井钻机进行施工竖井时最大的难点。由于竖井轴向长度一般较大,钻头下钻后,其钻孔孔向很小的偏角均会在竖井底部引起较大的径向偏差。在钻进下钻以后,很难对钻孔的钻进方向进行有效的控制,尤其是在较长的斜井施工中更是如此。

3 反井钻井法的施工程序及方法

3.1 施工准备

在竖井以钻孔中心为中心,开挖为长6m、宽3m、深度1~1.5m的基坑,清理干净基坑面后浇筑混凝土,浇筑深度以实际开挖深度为准,混凝土上平面要平,凸凹变化不能超过1cm。钻机吊装采用顶部锚杆。同时在钻机基础附近,需设置长约3m,宽2m,深1.0m的水池供导孔钻进时排除石渣,以及在导孔钻进时提供循环供水或供浆,水池可采用现场开挖,亦

可使用成品或自制钢水箱代替。要求水池顶面比钻机的基础面低。

施工现场用电电压等级为 380V 动力电,用电总功率不低于 230kW。

导孔钻进需水 3~5m³/h,用于循环排渣,冷却反井钻机液压系统,扩孔钻进需水 4~6m³/h,用于冷却液压系统和扩孔钻头,冲走扩孔产生的岩屑。在导孔钻进过程中不能停电停水,否则可能发生卡钻或埋钻的恶性事故。扩孔时供水不能中断,若因特殊原因停水必须停机防止扩孔钻头烧坏。

反井钻机钻井法的具体施工程序如图 2 所示。

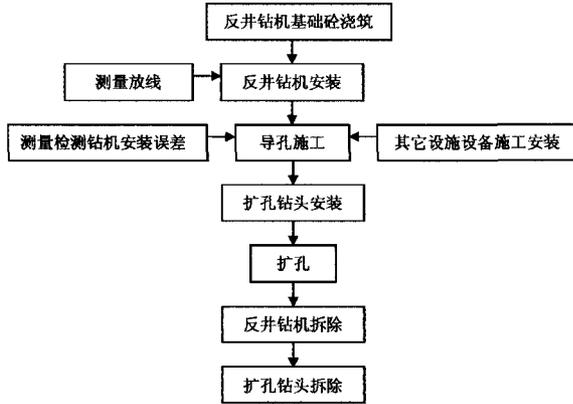


图 2

3.2 导孔钻进

本工程岩石硬度较大,在导孔钻进过程中对导孔钻头质量要求较高。采用了美国休斯钻头。

导孔钻进是反井钻机施工的关键,它关系到钻孔的成败和质量,必须认真对待。

导孔钻进要根据钻孔位置的地质柱状图选择合适的钻进参数。钻进参数选择主要依据地层条件,钻进部位,倾角等多方面因素确定,并在施工时根据不同情况予以及时调整。

待主机、油泵及操作系统准备就绪,检查泥浆泵管路是否与主机相连,主油泵的循环冷却系统是否调试完成,且钻孔中心及钻孔角度经校核均准确无误后,方可开孔。开孔钻进时,利用开孔扶正器和开孔钻杆配合慢速开孔,并启动泥浆泵供水(供浆),开孔深度 3m。导孔钻进转速应高于开孔钻进转速,所以应调节动力头转速,采用 II 档(即快速档),因本工程中钻进位置岩石较硬,质地致密,采用高钻压,低转速;离钻透下水平通道 5m 左右,应采用低钻压低转速;及时清理导孔钻进返出的岩渣,防止岩渣堆积,岩渣清理由人工配合手推车完成;每钻进一根钻杆进度后冲水(泥浆)5~10min,等孔内的岩屑全部排出后,停泵接卸钻杆;导孔钻透前和扩孔过程中,距导孔钻透点 10m 之内不能有人及设备作业。导孔钻透后,停止泥浆(水)循环,但钻机不能停转,开始向孔内加清水将导孔内岩渣冲洗干净,待钻机转动平稳,扭矩变化不大时才能够停钻。

在导孔施工时,主要在以下三个方面进行导孔偏差控制:①合理配置稳定钻杆;②合理控制钻进速度;③进行孔向偏差测量。

在反井钻井法的导孔钻进时,由于钻头直径大于钻杆直径,在钻头钻进以后,上部钻杆周边必然存在着空隙,当钻杆长度过长时,必须采取措施稳定钻杆。一般是在一定的钻杆长度中适当配备稳定钻杆来控制导孔的钻进方向,稳定钻杆通常是在普通钻杆四周加装有四根耐磨条,耐磨条四周的直径等于导孔钻头。钻进时,通过导孔壁对稳定钻杆的束缚作用将钻进方向的钻杆强制摆正,使这段范围内的钻杆钻进方向与设计钻孔轴线一致,从而控制导孔钻进方向。

在导孔钻进时,必须合理控制导孔的钻进速度,由于钻杆是钢构件,它具有一定的找度,因此当钻井速度过快时,其钻进时施加的钻压必然大,当钻压过大时,钻杆的找度必然大,这样钻孔孔向偏差就会加大,所以适当控制导孔的钻进速度也是控制导孔偏差的手段之一。

在导孔钻进过程中,为了及时掌握钻头钻进位置,对导孔钻进方向进行有效控制,可采用测斜仪来对孔向偏差进行测量。根据测斜仪的数据来分析钻孔孔向偏差情况,必要时需采取纠偏措施。

本工程施工时导孔钻进顺利,其下部与水平隧洞贯通,贯通点位于下部水平隧洞范围内,但孔位偏差较大,实际水平偏差为 4m,钻孔偏斜率达 2.22%,大于 1%,贯通点刚好位于水平隧洞的端子上。

3.3 扩孔钻进

本工程采用极硬岩滚刀,配备进口高质量轴承,以保证工程顺利进行。

当导孔钻通至下部水平巷道后,拆下导孔钻头,然后装上扩孔钻头。就可以向上进行扩孔。开始扩孔时,应缓慢向上提升扩孔钻具。当滚刀齿开始接触竖井底部岩石面时,停止向上提升钻具。由于竖井底部不平整,钻头无法均匀接触岩石底部,此时采用钻机的最低转速转动钻具,待钻具转动正常后慢慢向上提升,此时滚刀齿会把凸出的岩石破碎掉。当再向上慢慢提升后,逐渐钻头上所有滚刀齿均匀接触竖井底部岩石,才能正常扩孔钻进。扩孔钻进过程中要及时清理扩孔破碎下来的岩屑,防止下口被堵塞。当钻头钻至距基础 2.5m 时,要降低钻压慢速钻进,并且要认真观察基础周围是否有异常现象,如果有,要及时采取措施处理。慢慢的扩孔,直至钻头露出地面。

扩孔完成后将扩孔钻头卡固在钢轨上,先拆除钻机的各个辅助系统油管及翻转架,然后安装钻机升降撑杆,拆掉钻机的后斜拉杆,将主机从钻架上放倒,拆除主机于操作台连接的所有油管。将主机车调出场地,再将扩孔钻头吊牢,将轨道拆掉,将钻头提出孔外。然后将操作车吊上来,再将泵车、油箱冷却器拆下,分别运到出口。全部钻孔工作结束。

本工程施工时扩孔钻进中,由于施工洞径较大,围岩强度较高,扩孔钻进施工时的扭矩较大,施工时扩孔用时较长,最后顺利完成扩孔。扩孔成型后在围岩完整段时洞壁光滑,成型极佳,大部分无需二次衬护,仅需对部分围岩破碎段扩挖后采用钢筋混凝土或是挂网喷混凝土支护。

4 施工安全管理

在本工程中,凡参加反井钻井施工的司机、吊装钻杆工等井底施工人员,上岗前均学习反井钻机操作规程,熟悉设备构造、性能及操作方法,并经培训考试合格后,方准操作。

全体参与施工的人员同时认真学习了该水电站建设指挥部的各种安全管理规范、规定,严格按照各项规章制度组织安全生产,公司委派了专职安全工程师现场督导,对施工安全进行监督。

操作工实行现场交接班,对钻井方位,直径深度,设备运转状况,实际地质与地质柱状图对比岩石状况等,交清接明,双方操作工共同试运正常后,才为接交完毕,并做好运转钻进及交接班记录。

本工程施工过程中能较好的按规范施工,未出安全事故。

5 结束语

某水电站 1# 竖井工程采用了反井钻井法施工,取得了成功,在该项目中,施工直径从 1.4m 提高到了 2.0m。实践证明,反井钻井法施工安全,施工工期短,在围岩完整的情况下,成型井壁光滑,大部分井壁无需二次衬护。该工程的成功实施,

VOF 方法在水利水电工程中的应用

蒋斯益(贵州双源工程建设有限公司, 贵州 都匀 558000)

【摘要】本文运用 VOF(volume of fluid)方法——流体体积函数,在此基础上与不可压缩流体所对应的数学计算方程——N-S 方程,对现阶段水利水电系统运行过程中存在的实际问题进行细致且具有一定针对性的分析,本文将水利水电系统中经常出现的溃坝洪水流场问题作为主要研究对象,在简单介绍 VOF(volume of fluid)方法——流体体积函数的基础上,从物理模型入手,对其实际问题上的应用展开细致讨论。

【关键词】VOF 方法;水利水电工程;应用

【中图分类号】TV134

【文献标识码】A

【文章编号】2095-2066(2015)11-0061-02

对于自由面的现场处理一直以来都是两相与多相流当中模拟的主要问题。两相流与多相流在流场当中的相和相之间存在的压力以及速度等条件是否满足相关条件,在评价的过程中需要依靠该方法在进行描述时是否准确。除此之外,动边界上的所有条件的具体规定都会对非定时条件下的数据信息模拟造成直接影响。

1 VOF 方法

VOF 方法由美国相关学者 HIRT 与 NICHOLS 将 MAC 方法作为前提和基础提出的,VOF 实际上是一种能够处理多种自由面的实际方法。该方法的基本原理主要是使用计算机网格对应单元当中的流体体积量受到影响而进行改变或借助自身体积比值明确自由面的实际位置以及形状。VOF 方法注重单元当中流体实际体积发生的改变,而不是页面流体质点所作出的相关运动,该方法不同于 MAC 方法,MAC 方法将流体质点作为主要研究对象。二者进行比较,VOF 能有效解决自由面进行重入等一系列具有较强非线性的问题,而且在处理时不会消耗过多的时间,然而在对流体的体积比函数改变进行处理的过程中,该方法略显复杂,并且还会存在一定人为因素。该方法与传统意义上的 MAC 法相同,都是将压力(p)与速度(v)作为原始的变量,且相互独立,边界中的各个条件比较容易解决,着实为对应的程序编译创造了极大的便利,在对多相流体交界位置的分析和研究上具有极大的吸引力。

VOF 方法主要是根据任意时刻被测流体在对应的网格单元当中占据的实际体积函数(F),以此塑造或追踪目标自由面。如果,在某一段时间内,单元当中的实际体积函数 $F=1$,则可认定此单元均为另外一个相流占据,对前相流体相对应,因此被多数人称为空单元。如果体积函数处在 0 和 1 之间,即为 $0 < F < 1$,此时此单元当中包含两相物质所对应的交界面。VOF 将体积函数替换掉单元原有的中心,而流体的实际速度则设置在网格中心,然后根据体积函数与单元四周的速度计算通过该网格的体积大小,据此明确该单元中在下一个时刻所对应的体积函数,然后在根据该体积函数对自由面处在单位时间当中的位置与形状进行确定。

2 应用建模

2.1 物理模型

为今后其他类似项目的施工提供了参考,值得进行推广。

参考文献

[1]胡本勇.反井钻机在周宁水电站高竖井开挖中的应用[J].广西水利水电,2005(03):20.

溃坝数值的计算实际上就是针对水库以及堤防发生失事过程的定量估算,从而科学的找出或制定防洪设施的设计标准以及预防对策。一般而言,溃坝数值的相关计算内容为,对坝址实际流量以水位过程线进行计算,并对下游进行演进时河道等位置的流体速度、流量以及洪峰地道时间进行确定,这些实际问题归根结底就是对影响流体运动因素中德尔非限定流模拟双曲线型偏微分方程组进行最终计算与求解。由于溃坝具有十分重要的作用,国内及国外众多学者都对该问题进行了多次的理论分析和数据研究,就目前为止,取得的主要成果有:结合被简化以后的流体控制方程组所得到的推导公式;一维的流体波数值解;二维的魁拔流体波数值解,在这些成果当中表达溃坝流体进行演进的的控制方程被称为浅水动力学,尽管如此,这些成果与文章中运用的物理模型存在较大的区别,本文使用物理模型是基于原始变量的 N-S 方程,在所有变量当中,流体速度的意义也各不相同,而且所使用的对自由面进行模拟的方法也存在较大的区别,主要是运用 VOF 方法去对自由面上的流体变化进行追踪,实际上就是一坝体在受到外力作用而发生溃倒的过程,设计模型如图 1 所示。

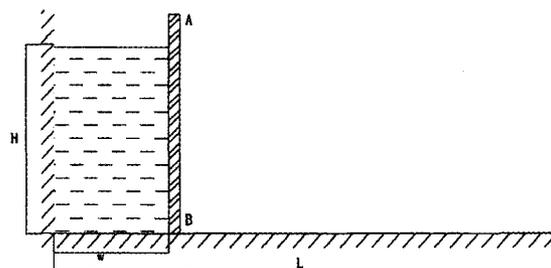


图1 设计模型示意图

本文选用图 1 所示物理模型,在此基础上对模型进行数学建模,并对其进行求解。总体而言,这次测试很好的反映出了边界条件以及持续运动状态下的自由面。假定一个呈立方形的蓄水池,水位高度在 2m 左右,水池底的总长度为 1m,宽度约为 0.2m。在该蓄水池的正前方,设有一个与该水池高度宽度均相等的水槽,由有机玻璃支撑,地面总长比蓄水池较大,可达 5m 左右,在实验过程中,前方挡板在毫无预兆的前

[2]《水电水利工程斜井竖井施工规范》(DL/T5407-2009)。

收稿日期:2015-4-5

作者简介:蒋先明(1975-),男,工程师,大学本科,主要从事水利水电工程设计工作。