

坝下涵管更换的捷径

——浅谈非开挖水平定向钻进技术在山塘水库除险加固工程中的应用

郑香英¹ 毛继军²

1. 江山市水利工程建设综合服务中心 浙江衢州 324100

2. 江山市水利水电工程质量与安全监督站 浙江衢州 324100

摘要: 输水建筑物是山塘水库3大枢纽建筑物之一。上世纪五六十年代所建成的山塘水库输水建筑物大多是坝下埋管,埋管的材料多为钢筋砼压力管、普通砼管或炼瓦管,经过几十年的运行,输水涵管大多存在老化断裂、漏水等等,长时间带病运行后可能导致涵管边及涵管顶坝体填土的破坏,最终可能导致土坝垮坝失事。坝下涵管更换是山塘水库除险加固中的一项重要内容,传统的更换坝下涵管方式山体开挖隧洞、坝体明挖等,前者存在炸药审批繁琐、安全隐患大等风险,后者回填土的质量控制要求较高。本文通过非开挖水平定向钻进技术在山塘水库除险加固工程中的应用,总结了该项技术在更换坝下输水涵管中的经验,对山塘水库除险加固工程输水建筑物更换中的安全可靠性进行了探讨。

关键词: 定向钻进; 水库; 应用

Shortcut of culvert pipe replacement under the dam

— Application of trenchless horizontal directional drilling technology in the reinforcement project of Shantang Reservoir

Xiangying Zheng¹, Jijun Mao²

1. Jiangshan City Water Conservancy Project Construction Comprehensive Service Center, Quzhou, Zhejiang Province, 324100

2. Jiangshan City Water Conservancy and Hydropower Project Quality and Safety Supervision Station, Zhejiang Quzhou 324100

Abstract: Water transport building is one of the three major hub buildings of Shantang Reservoir. Shantang reservoir built in the 1950s and sixties water building is mostly buried pipe, buried pipe material for reinforced concrete pressure pipe, ordinary concrete pipe or tile pipe, into decades of operation, culvert pipe mostly aging fracture, leakage, and so on, running after a long time may lead to culvert pipe side and culvert pipe top dam body filling damage, may eventually lead to soil dam collapse. The replacement of dam culvert pipe is an important part of the reinforcement of Shantang Reservoir. The traditional method of tunnel excavation and open excavation. The former has risks such as complicated explosive approval and great safety risks, while the latter has high quality control requirements of backfill. Through the application of the trenchless horizontal directional drilling technology in the reinforcement project of Shantang reservoir, the paper summarizes the experience in the replacement of the culvert pipe of the dam.

Keywords: Directional drilling; Reservoir; Application

引言:

江山市有大中型水库2座,中小型水库1座,中小型水电站80多座,1万m³以上山塘566座。小型水库和湖泊多是在上世纪的中国五六十年代形成,受当时条件影

响,但由于工程技术标准低下,运行时间长,大部分山塘水库年久失修,特别是坝下涵管老化失修,已严重影响了山塘水库的安全运行。

非开挖水平定向钻进技术是应用水平定向钻穿越管

线施工,是穿越江河湖泊、山体及不可拆迁建筑物等管线施工的最佳选择,是在不破坏地貌和保护环境的理想施工方法。非开挖水平定向钻孔技术广泛应用于城市市政建设和电气化管网改造工程。江山市水利局本着开拓进取、不断创新的精神,2012年以来在全省率先引进了非开挖水平定向钻进技术在水库除险加固工程放水涵管改造中的应用,该技术改变了开挖输水隧洞或坝体明挖更换坝下涵管的传统模式,对坝下涵管更换的安全可控、质量保障有着不可比拟的优势,到目前为止,已成功运用于7座水库、43座山塘的输水设施更换,效果显著。

1 传统的输水设施改造技术

山塘水库除险加固工程中,放水涵管的改造是其中一项极其主要的内容。在传统的除险加固工程中放水涵管改造以山体开挖输水隧洞和坝体明挖埋管为主。

输水隧洞:输水隧洞一般洞径比较大,放水速度快,有利于汛期高水位时迅速降低库水位。但输水隧洞主要是以爆破开挖为主,也有其不足之处:①爆破、炸药审批手续繁琐;②爆破开挖对周边环境要求高,安全难以保证;③受洞内钻孔、爆破和出渣作业的限制,开挖进度慢,工期长;④爆破造成山体扰动大,开挖弃渣需要有专门的料场,土地征租用多,对环境破坏大。

基岩埋管:通过坝体明挖,更换原坝下老涵管,埋设新涵管,具有施工工艺简单,施工难度小且工期短,但这种设施存在安全隐患大:①连接不到位,涵管可能断裂漏水,带走涵管顶及周边回填土,进而引起垮坝等;②对于较高的大坝,开挖断面大,坝体回填土压实度难控制,易产生不均匀沉降,导致坝体产生裂缝和渗漏。

2 非开挖水平定向钻孔的应用

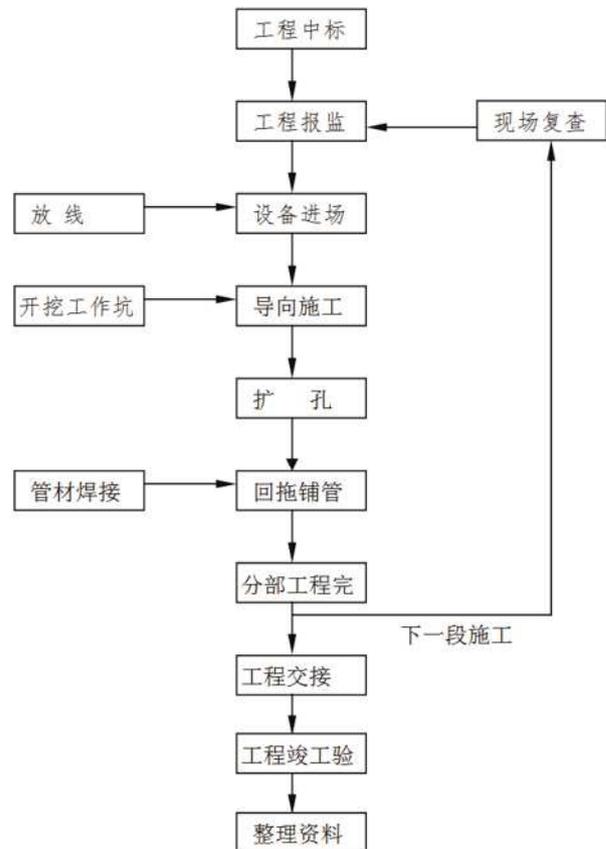
非开挖水平定向钻进技术近年来在浙江省江山市保丰垄、直垄、青建、塘坞里、王寿垄、后垄、苏州堂外库等7座水库及部分山塘除险加固项目中分别进行了应用研究,并借鉴其他工程的施工经验,总结出了一套施工工艺。

2.1 导向钻进原理

导向钻孔原理:指利用水平的定向钻头完成管道跨越施工,其主要工作流程为利用导向仪实现导向和探测,首先钻获一条与设计曲线一致的导向孔,接着再把导向孔径逐步增大,将放水管道回拖至增大了的导向孔中,从而实现了管道跨越的施工流程。施工步骤通常包括三个阶段:第一阶段是根据设计曲线,尽可能精确的钻进每一条导向孔;第二阶段是将导向洞进行扩孔;第三阶段(基岩完整的输水隧洞可不需要)是将产品管线(一

般为PE管道或钢管)沿着扩大了了的导向孔拉至对面,并进行管道安装埋设等工作。

水平定向钻机施工工序流程图:



2.2 导向孔的钻进

导向钻入也是造孔工程成功的关键环节之一,这个过程中要求至少二个作业人员,一名负责钻机的操作,掌握着钻机,实时控制钻具在地底的状况;另一名负责定位探测仪操作,负责检测、检查钻头在地底的运动方向和进尺深度。在钻杆上还设有能发出无线讯号的探测器,它能穿过底层表面并产生某种特定的电磁波,而操作人员身上的探测器就能够接收这种信号,并进行数据处理后,使钻机操作员准确地知道钻头目前的位置状况,所显示出的信号中包含了钻头运动方向、进尺深浅,造斜率和面向角等讯息,从而准确调整了钻头的运动方向,保证钻头沿着预先设定好的轨道钻进。钻机操作技术人员可以在钻头上,利用仪器了解钻孔过程中强加给钻杆的压力和回转扭矩,在钻机车仪表盘上,还能够发现来自测量所反映出来的一切信号,钻机操作技术人员可以利用这种信号来调整钻头位置,通过操作台上的液压仪器和远距离信息指示仪器,就如同操作人的双眼一般,能够随时随地看到孔底状况。

(1) 钻机现场准备好钻机到达现场安装调试工作结

束后,进行钻导向孔。导向孔的钻进质量或成败,取决于下列各种因素:

a.钻头实际的左右位置偏差、深度和最小离地间隙(或最小地面覆盖)。

b.导向孔将给出有关实际应用的钻孔土壤状况的参考资料,为合理选择预扩孔钻及回拖和子的工艺方法提出了重要依据。

c.完成的导向孔曲线必须圆滑且逐步转向,如此才能达到回拖管子的要求目标。

(2)首先在钻孔入土部凿一小坑,使坑的水平面和钻头深入方向垂直,并确认泥浆搅拌完毕具备开钻要求。

(3)当钻头转向6点钟的地方,启动钻液泵。以确保从钻头喷嘴中的钻液流动。开始时朝前推,并穿透地面保持着钻头进入地面的斜度。而第一根要没有任何转向直钻。

(4)在接上第二根钻杆之前,先要使此根钻杆旋转并使钻头抽回入口坑,然后再使该根钻杆旋转以钻入地下。由于导向板总是大于钻头,这样反复钻进一次会产生更好的导向孔,而且能够在钻杆与孔壁之间维持在一个环形的空间。

2.3 导向孔施工要点和注意事项

①为了保证顺利地完定向钻进的导向任务,必须严格遵循已制定好的穿越曲线钻进,重点是限制好钻进曲线上不同位置的深度和造斜率。在不大于管道弹性敷设半径以及钻杆弯曲极限的区间内,操作者要保证按照所设定的轨迹钻进地底,如上一段钻进并不能完全符合设计曲线,所产生的误差可使用下一段来调整,并记录下实际钻孔和设计钻孔之间的误差,再经过运算来调整实际钻进的参数。

(1)在实际钻孔轨迹时,着重考察下列因素:待回拖管道的材料、尺寸规格、曲率半径范围;钻杆弯曲限制;土地层面条件;地上、地下的障碍物状况;

(2)在导向孔钻进时,使用了带斜面的非对称式钻头。若一边转动一边前进,钻机成直线延伸走向,即钻出了一条直孔,但如果钻机只前进而不转动,则由于土壤地层和斜面钻头产生的反力的影响,使钻头朝斜面法线方向的相反钻进,即完成了造斜功能,钻出曲线或造斜孔。由钻机作业人员通过在地表的接收器,检测出钻进参数(钻头的方位、深浅、倾角和工具面向角等)后,确定了钻孔方位与设计曲线方向的偏离程度,并随之加以修改调整,以保证穿越曲线走向时沿着正确设计要求的走向钻进。

(3)钻机上配有控向式检测仪表,其功能是适时检测钻头在地下工作的实际位置情况,并把检测结果传送到地面接收显示器和司钻控制台上的远程显示屏,司钻依据这结屏幕上显示的数值进行方位调节和纠偏。

(4)在改变方向的过程中,钻机的转角及转弯半径都必须限制在所规定的范围内,而PE管则不予考虑,只要考虑钻杆的弯曲半径即可,使实际的钻进曲线尽可能地均匀,便于回拖。

(5)在钻进之前,都要确定泥浆泵是开启着的。并观测压力表指示。同时应适时调节钻液流量,以便入口坑的泥浆流回这有利于操作者确定环形空间内能否继续通畅。

(6)假如钻液压力表表针指向峰值或终止于峰值位置,这可以表明钻头喷嘴阻塞了。这时把钻头拖回把堵塞物清除。在清洗喷嘴或拆卸喷嘴以前,应确保钻机上泥浆压力都已卸掉。

(7)在钻孔的全程,定位人员要确定钻孔的斜度、深浅以及与所规划路线相应的实际钻孔路线。后由操作人员通过调节钻位来达到目的。在朝前推至旋转方向的整个过程中,密切注意遥控显示屏上斜度的改变是十分关键的。

(8)对任意一种钻杆,抽回后再反复钻进既能够在钻孔中保持环形空间也能够充分搅拌混合泥浆,而且钻液还能够流经整个钻杆。重复钻进技法的使用,能够在导引孔中保持一个较好的环形空间。

(9)钻机操作者要小心观察情况,在出口坑内没有钻液排出,意味着因为没有钻进经验或是采用了不正确的钻液方法,而造成了钻井中环形空间的阻塞。由于钻孔长度延伸,同时深入地底的钻杆摩擦力加大,因此回转压力也会加大,如果螺旋压力充分加大,就可能是由于土壤吸水而导致钻杆四周膨胀的标志。一旦此类情形出现,就必须重新调节钻进水泥和添加物质的性能和配比,或者重新钻导向孔。

(10)在整个钻井过程中,应当时时保持钻机操作者与地面定位人员之间的良好的通讯联系。

2.4 预扩孔

预扩孔是在现场敷设管道前,通过一次或反复多次的扩孔来增加钻孔的直径,以降低回拖铺管的压力,保证工程施工顺利完成。最后,成孔直径必须比铺管直径大100mm(或是管径的1.5倍)。

导向孔钻进完成后,先将钻头从钻杆上拆除,接着装上适当的反扩孔钻头和分动器,接着在分动器后部接

上回拖钻杆, 再开始扩孔钻入。扩孔的速度与地质条件及钻机的技术参数等因素相关, 要选择正确合理的扩洞工艺参数方可完成扩孔施工。

2.5 预扩孔的原则和需要注意的事项

(1) 预扩时, 在回扩头后面所带的并非管子只是钻杆, 钻杆是经过万向节和回扩头联接后被拉入钻孔中的;

(2) 在将后面的钻杆安装前, 要确保钻机是被锁住的;

(3) 当扩口钻孔完毕, 并拉完一定的钻杆时, 先将钻头锁紧后, 用液压管钳从出口点卸开钻杆接头, 再接上回扩头、万向接头和钻杆转换接杆;

(4) 根据安全操作步骤, 进行预扩。确保机组成员和操作者密切联系、保证整个连接过程的安全性。

(5) 在扩孔时视工作坑内反浆状况, 合理调整泥浆的黏度、比例、固相含量浓度等技术参数。

2.6 回拖管

在中小型水库(山塘)除险加固工程施工中, 使用非开挖水平定向钻孔技术更换的方法做得好涵管, 考虑连接、回拖等施工工艺要求以及水库(山塘)放空能力, 一般采用Φ300或Φ400、Φ500PE管。

PE管件在进场之前, 首先要检验管件的质量合格证, 检查管件尺寸、压力等级是否正确合理, 要做好对管件外表的检查, 以防止出现划伤、裂缝等。若裂痕较深超过管材壁厚的10%, 应局部整体切断后方可应用。

2.6.1 回拖管的工艺过程

进行了预扩孔之后, 才能够完成对PE管的回拖工作, 回拖管道时PE管在扩好孔的孔中都是保持悬浮状态, 而管壁四周和洞内部则由泥浆润滑, 这样既降低了回拖摩擦阻力, 也保护了管道防腐层。通过钻机的多次预扩孔钻, 最终成孔直径一般比管道孔径大150mm, 以保证没有损伤PE管道外壁面。

首先将拉管头与待铺设管线连接起来, 接着再将拉管头与分动器相连, 由于钻杆的回拖, 管道逐渐走向孔中, 直至完成了所有管线的敷设。接着卸下钻头及分动器, 拔出剩余钻杆并取下拉管头, 铺管工作完毕。

2.6.2 回拖管注意事项

(1) 回扩的过程中, 主要目标是使回扩头将切割下的钻屑和钻液混匀成泥浆, 从而使泥浆完全排出, 给新装管线创造了充分的空间;

(2) 回拖的过程对顺利地进行下一个钻孔是十分关键的, 因为这时必须配合上比例恰当和充足的钻液;

(3) 把回扩头和钻杆联系起来之前, 先检查万向节

是否可以手随意旋转;

(4) 拖头通常是锥形的封头, 要求能承受在回拖过程中所要受到的拖力;

(5) 在回拖之前、生产过程中和回拖之后, 在操作者与位于产品管线一侧的机组人员之间, 需要通讯效果良好的对讲机;

(6) 回扩的速率也不可以太快, 回扩时需时间切削土壤地层并与石屑搅拌成施工所需泥浆;

(7) 拉管壁与孔壁之间的磨擦力W可由下列公式方法求得:

$$W = [2p(1+K_a) + P_0] fL$$

W—管壁与孔壁间的摩擦力(KN)

P—土对每米管道的压力(KN/m)

K_a—主动土压力系数, 一般取0.3

P₀—每米管道的重量(KN/m)

f—管壁和孔壁间的摩擦力系数(0.2—0.6)

L—管道长度(m)

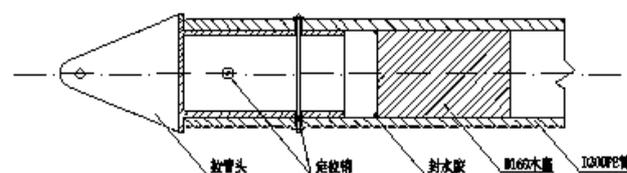
$$P = P_v + P_h$$

P_v值一般可按所铺管线直径1~2倍高度土的重量估算。由于粘性土壤的黏聚力较大, 相对小口径管线一般都可以形成完整的孔壁, 这时P_v值等于零。

$$P_h = P_v \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

Φ—土层的内摩擦角, 一般地, 细砂层约为30°~40°, 而黏土层则为15°~25°。

(8) 在拉管过程中, 为避免雨水及其它杂质流入待铺的管道内, PE管末端均设有PE端帽, 与拉管头的相连方式见下图:



拉管头与PE管连接示意图

2.7 泥浆控制

泥浆也是定向穿越中的关键因素, 被看作定向钻的“血液”, 其重要功能是携带和使悬浮岩屑并排进入地表中、固定孔壁和减少钻进时所需要的扭矩和推拉力、冷却和冲洗孔底钻具。泥浆的重要工艺性能为流变性和失水造浆性, 现场调控的主要影响为泥浆的黏度、各类添加剂的混合和泥浆的压力与流量。

2.7.1 泥浆的性能和粘度控制

浆液添加剂: 为提高浆液产生优异的流变特性、高

携砂性、固壁和润滑性能、在已配制出基浆的基础上,再按基浆比重的2—4%配比而添加的各类浆液添加物质,目前常用的浆液添加物质主要有:增粘剂、固壁剂和润滑剂等。

粘性控制管理:针对穿越段岩层状况,在钻导向孔阶段,将泥浆液黏度限制在35—45S;在预扩孔和回拖阶段,浆液黏度增加了5—10S;在实践工作中,由于泥浆液的黏度随土层的不同而改变,要使用不同的添加剂。

2.7.2 泥浆用量

定向穿越泥浆压力调节与流量调节的原则为高流量、低压力,采用调节高压泥浆泵的档位与转速、调节浆液喷嘴的直径和总体数量、调节钻进与回拖速度等。造斜段:每方增加2包易钻+0.25升帮手+0.25升万用王;水平穿越段:每方增加2包易钻+0.5~1升万用王。根据实际施工情况测算,该施工段要求采用钻井液量大概为90~100m³,而按照原设计配方大概需采用Hydraul-EZ易钻200包和3桶IVP万用王。在现场施工上提供了5~6吨Hydraul-EZ易钻、3桶IVP万用王,以及部分帮手。

3 存在的问题

非开挖水平定向钻孔技术应用于山塘水库除险加固工程中,可能导致工程不能顺利完成的问题主要有:地质复杂:山体地质不均匀,存在孤石卡钻等,不能顺利钻进;回拖管时,因固壁不到位,塌方、掉土多,管道不

能顺利回拖。

4 结束语

从上述施工工艺及之前的施工经验总结,在工程地质较好的情况下成孔速度快,7~10天即可成孔回拖管道,工期较隧洞开挖大大的缩短,加快了工程进度;工程施工均为露天施工,占用施工场地少,安全系数高,对环境的影响也少,由于采用的是PE管材作为导水材料,管壁光滑,淤积情况不易出现,工程管护方便,且除地质条件影响施工外,施工工艺成熟,完全适合在山塘水库除险加固工程中应用。

我国小型水库及山塘众多,需进行除险加固的山塘水库较多,将非开挖水平定向钻进技术的应用对工程施工进度、安全保障、节约工程投资、环境保护等方面是非常有利的,也将是一个重大的突破。当然我们也要清楚的认识到此技术还在推广阶段,特别要注意因地制宜,根据实际地质条件调整施工工艺,保证工程顺利进行。

参考文献:

- [1]CECS382:2014,水平定向钻法管道穿越工程技术规程[S],武汉:中国地质大学,2014.
- [2]DBJ 13-102-2008水平定向钻进管线铺设工程技术规程[S],福建:福建省建设厅,2008.
- [3]DG/TJ 08-2075-2010管线定向钻进技术规范[S],上海:上海市建筑建材业市场管理总站,2010.