

穿越山区跨河倒虹管施工方法

王伟奇

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘要：本文针对穿越山区跨河倒虹管施工中普遍存在的下穿河流、与道路交叉、地形复杂、山体边坡陡峭等难题，结合四川省蓬溪船山灌区工程西梓干渠延长段倒虹管施工建设和小浪底南岸灌区一期工程施工1标的实际案例，提出了一套科学合理的施工工法。通过深入研究施工导截流技术、淤泥质土开挖方法、压力钢管运输及安装技术等关键环节，本文详细阐述了该工法的工艺原理、工艺流程、操作要点、质量控制措施、安全措施及环保措施，并通过实例验证了该工法的经济性和实用性。

关键词：穿越山区跨河；倒虹管；施工方法

引言

穿越山区跨河倒虹管施工是一项技术复杂、风险较高的水利工程任务。在实际施工中，常常面临河流穿越、道路交叉、地形复杂、边坡陡峭等多重挑战。为了解决这些问题，本文基于中国水利水电第十一工程局有限公司的实际工程经验，总结归纳了一套科学、经济、合理的施工方法，以期为后续类似工程提供参考。

1 工法特点

1.1 导截流施工技术

针对倒虹管穿越河道的导截流施工技术进行深入研究，明确了在导流明渠的保通道路中预先埋设涵管的方案，该方案同时满足了导流和保通的需求，有效解决了跨河段渣土外运及管道运输的难题，缩短了运输路径，加速了工程进展。

1.2 分区分层流水施工

鉴于倒虹管需穿越雍江河支流的淤泥质河段，该河段淤泥具有软塑、易流动、稳定性差等特性，无法支撑挖掘机作业，因此采用了分区域、分层次的流水作业方式，克服了淤泥质河段对挖掘机作业的限制，确保了施工进度。同时，通过砂垫层置换的方法，有效加固了地基，保障了施工的安全、质量及后续运行的稳定性^[1]。

1.3 边坡溜放法

在施工空间受限，大型设备无法施展的情况下，创新性地采用了边坡溜放技术来解决压力钢管的垂直运输问题。通过对压力钢管安装工艺的细致研究，巧妙运用了卷扬机、轨道及平板运输车等设备进行运输和安装，显著提高了工作效率，大幅降低了施工成本。

2 适用范围

该工法主要适用于穿越山区跨河的水利工程倒虹管施工，特别适用于地形复杂、边坡陡峭、河流穿越等施

工条件恶劣的工程环境。

3 工艺原理

基于对倒虹管横跨河道段的导截流施工技术的深入探究，并参考日常生产建设中过路排水涵管的成功应用经验，决定在下游围堰与导流明渠的交汇处理设连续排列的混凝土涵管以实现导流目的。涵管上方则采用黏土进行回填并压实，以此确保道路的畅通无阻。这一方案有效解决了跨河两段渣土外运及管道运输的难题，缩短了运输距离，显著加快了施工进度。鉴于本工程折弓倒虹管需穿越流动性较强的淤泥质河床，采取了分区域、分层次的流水作业方式，并对稀淤泥质河床进行砂垫层换填处理，有效加固了地基，解决了淤泥无法承载挖掘机施工的难题。此外，在有限的空间场地条件下，对压力钢管的安装工艺进行了深入研究，并巧妙运用了卷扬机、轨道及平板运输车等设备进行运输和安装作业，大幅降低了施工成本。

4 工艺流程及操作要点

4.1 跨河管槽淤泥质土开挖施工技术

4.1.1 施工工艺流程

施工准备→降排水施工→河床开挖→砂卵石换填

4.1.2 操作要点：

倒虹管穿越河段地下水位高于基底设计面，雍江河支流段基底设计面高程356.850m，地下水位364.08m；另一穿河段基底设计面高程350.350m，常年水位358.27m。为降低地下水位，首先在基坑顶部四周开挖截流沟，阻挡雨水，并密切关注天气，对易滑塌区域遮盖塑料布^[2]。

基坑开挖后，继续明排水，将水流引至排水沟，再排入河道。依据设计单位土质参数，原设计边坡比1：1.5，但因河床开挖段为稀淤泥，经协商边坡比放宽至1：2。由于开挖深度超挖掘机最大挖掘深度，采用分层

挖掘。淤泥流动性大,无法直接承载挖掘机,且自卸车运输易出问题,故用3台挖掘机接力倒运淤泥,2台挖掘机开挖并晾晒,待淤泥干燥后外运。

施工采用分区分层流水作业,与止水、支护施工交叉进行。挖掘至基岩后,用砂卵石回填,增强基底稳定性。开挖过程中,密切监测基坑边坡水平侧向位移及周边地面沉降,实行信息化施工,根据实际观测结果调整支护设计,确保河床基坑边坡及周边建筑物安全。

4.2 施工导流及保通技术

4.2.1 施工工艺流程

导流明渠施工:施工准备→植被清理→测量放线→明渠开挖→砂袋铺装→涵管埋设→黏土回填

围堰施工:围堰填筑→防护工程施工→基坑开挖及抽排水→主体工程施工→围堰拆除

4.2.2 操作要点:

折弓倒虹管导流明渠与管线在K9+098.00交叉,设计基于5年一遇枯水期标准,11月至4月雍江河流量 $2.52\text{m}^3/\text{s}$ 。为确保施工安全,设计渠道过水断面 44m^2 ,边坡 $1:1.5$,底坡 0.5‰ ,开挖底宽 5m ,上口宽 17m ,平均深度 4m ,共开挖土方 10027m^3 ,边坡用编织袋装土防护。

施工前后,需清除基础覆盖层,抛掷块石形成戕堤挡水,使河水经导流明渠流向下游。随后施工上下游围堰,围堰为土石结构,梯形断面。上游围堰长 16.5m ,顶高程 361.7m ,顶宽 4.5m ,平均高 4m ;下游围堰长 24m ,顶高程 364m ,顶宽 6m ,平均高 7.5m ,兼作施工便道。上下游围堰填筑总量约 2000m^3 ,迎水面边坡比 $1:1.5$,用编织袋装土防护,中心设 2m 跨防渗体。

因倒虹管弃渣场在雍江河右岸,导流明渠在左岸,施工需跨越汛期,且出渣路线长,故需确保两岸道路畅通。在下游围堰与导流明渠连接处埋设混凝土涵管导流,上方用黏土回填压实,空隙用黏土袋填充,周围土体可局部换填。埋设涵管后,润湿表面,边涂泥浆边铺土夯实,两侧土体分层回填并同步上升,超出涵管顶部 1m 后碾压。跨导流明渠保通道路剖面见下图:

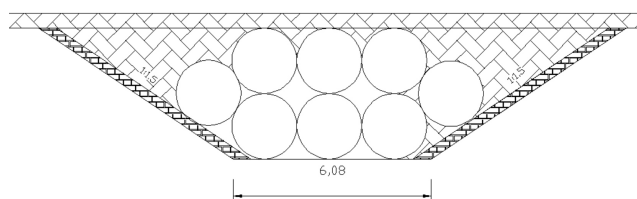


图1 跨明渠保通道路剖面图

4.3 交通受限条件下的长距离高陡坡管节运输及安装技术

4.3.1 施工工艺流程

运输准备→斜坡段运输→平段运输→安装准备→管节安装

4.3.2 操作要点:

运输重点、难点在四个陡坡、斜坡段,坡度 24.24° 至 34.00° ,单节钢管最重 8.5t 。采用钢制台车,底部设4个滑轮组,用 10t 固定卷扬机运输,设2个 10t 滑轮组增安全,卷扬机钢丝绳选 $\Phi 20\text{mm}$,均满足要求。

陡坡斜坡段钢管运输:在钢管上端平台布 25t 汽车吊,固定卷扬机布于钢管中心线方向,小车固一滑轮组,用倒链固钢管与小车,钢管两侧各布一风绳保稳定。

上、下平段及其余斜坡段管节运输:两节钢管由 15t 吨平板车运至现场, 25t 汽车吊卸车转运。吊点选4套自制吊钩,吊钩均分布置,保安全;吊钩就位加间隔物护底部管口;钢管搁平板车上时,保重心对准承压中心。管节用 $36(4\times 6\text{m})$ 钢丝绳配 10t 卸扣吊装,装4吊耳板于钢管上,焊于加劲环上,保起吊不损钢管。运至现场后, 25t 汽车吊和 $W1-100$ 履带起重机安装、调整、加固,检高程和桩号,合格焊接。斜度大于 20° 坡段,安装前斜坡装轨道,用固卷运钢管至安装位调整加固^[3]。

安装:陡坡段 $0\# \sim 1\#$ 、 $5\# \sim 6\#$ 、 $12\# \sim 13\#$ 、 $15\# \sim 16\#$ 镇墩段钢管铺设角度大于 20° ,用卷扬机安装。在镇墩处回填平台钢管中心线布固定卷扬机锚筋,插深 6m ,两侧埋插筋($\Phi 20$)灌浆处理,保锚筋抗拉强度,插筋跨度、间距按规定,露垫层 10mm 与钢板焊,铺轨道和加固钢管。按设计图纸放钢管安装纵向中心线、中心高程及里程点,复核标示;安装运输轨道,运输中心高程比理论线低 70mm 。钢管运至现场吊装到移动台车上固定,两侧布风绳保稳定。用卷扬机牵引至安装位,用千斤顶、拉紧器、手拉葫芦调整,加固焊接,和基础插筋加固稳,防混凝土浇注时位移。

5 材料与设备

本工法所需的主要设备包括履带起重机、载重平板汽车、挖掘机、装载机、卷扬机、钢制台车、GPS、水准仪等。劳动力组织方面,根据施工需要配备了队长、副队长、测量工、挖掘机司机、自卸车司机、电工、焊工等各类工种。

6 质量控制

倒虹管施工质量严格遵循《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准-混凝土工程》(SL632—2012)的要求。其中,岩石地基开挖工序的施工质量验收标准明确,主控项目包括保护层开挖需采用浅孔、密孔、小药量、控制爆破;建基面处理应满足设计要求,无松动岩块,表面清洁;不稳定岩体和不良地质开挖处理需符

合设计处理要求；岩体完整性需保持，开挖面无明显爆破裂隙，声波降低率小于10%。一般项目则对基坑断面尺寸、开挖面平整度及坑（槽）底部标高等有具体允许偏差要求，确保施工精度。为确保施工质量，施工前对管理人员和作业人员进行技术交底和培训，提升施工技能。严格执行“三检制”验收制度，即自检、互检、专检，并做好质控记录，确保每道工序质量可控。同时，投入使用的原材料必须经检验合格后方可投入使用，从源头上保障施工质量。

7 安全措施

对所有人员进行入场三级安全教育，保留安全教育及培训书面或影像资料。建立项目安全培训制度，落实“三级”安全教育，开展“预知危险活动”。按规定配备专职安全员和兼职安全员，负责施工安全工作。严格遵守机械设备操作安全规程，严禁违章操作。施工人员必须佩戴安全帽、反光背心等防护用品。施工现场高压变压器及开工箱应防护到位，电器设备设置接零及接地保护。

8 环保措施

认真贯彻落实国家有关环境保护法律、法规，编制环境保护措施计划并严格执行。严格遵守“工完、料尽、场地清”的原则，及时清理施工垃圾。对施工道路进行及时维护，减少道路扬尘。加强机械设备保养，防止油料泄漏污染环境。施工现场配置垃圾箱，保持场地干净平整。按要求布设排水设施，及时排除施工用水及地下水。

9 效益分析

该工法在四川省蓬溪船山灌区工程西梓干渠延长段及小浪底南岸灌区一期工程施工1标项目中得到应用，均取得了显著的经济效益。在西梓干渠延长段，通过采用边坡溜放法进行压力钢管垂直运输，并结合施工导流及保通技术，有效降低了开挖出渣的运距，共计节约成本31.01万元。同时，倒虹管陡坡段安装采用溜放型式，节约了人工和25t汽车吊的租赁费用。在小浪底南岸灌区一期工程中，同样采用溜放型式进行倒虹管陡坡段安装，节约成本15.96万元。此外，针对倒虹管穿河段河床淤泥质土的特点，本项目研究成果提供了经济可行的施工模式，确保了施工质量安全可控，提高了企业在倒虹管施工方面的行业竞争力和创造力。

10 应用实例

10.1 四川省蓬溪船山灌区工程西梓干渠延长段

工程地点：四川省绵阳市盐亭县折弓乡

完成工程量：折弓倒虹管施工完成

施工日期：2020年4月20日至2021年4月20日

10.2 小浪底南岸灌区一期工程施工1标

工程地点：河南省洛阳市孟津县

完成工程量：5#倒虹管施工完成

施工日期：2020年2月13日至2021年3月31日

10.3 实际情况

四川省蓬溪船山灌区工程西梓干渠延长段土建及安装施工项目中的穿越山区跨河倒虹管施工，于2021年7月正式启动，并于同年12月顺利完成。本工程中的折弓倒虹管位于两山之间的峡谷地带，且需横跨雍江河道，施工地理环境极为复杂。具体而言，面临两大挑战：一是倒虹管需穿越雍江河道，而河道地下水位高于开挖基面，且淤泥层较厚。因此，必须妥善解决施工导截流和清淤问题，以确保在干燥环境下进行作业。二是两岸山体边坡陡峭，给管节的运输和安装带来了较大难度。针对这些挑战，对折弓倒虹管的施工安全、经济性和合理性等方面进行了全面比选和优化，最终确定了切实可行的施工工艺和方法。本工程中折弓倒虹管的成功施工，不仅对本项目具有重要意义，也为公司未来类似倒虹管工程的施工提供了宝贵经验。通过实践穿越山区跨河倒虹管的施工方法，积累了丰富的施工技术和经验，深入分析了施工中的关键点和控制要素。在此基础上，总结出了一套既经济又适用的倒虹管施工方法，有效保证了工程质量，降低了施工成本，具有较高的推广价值。

结语

穿越山区跨河倒虹管施工工法通过深入研究和实践验证，成功解决了施工中面临的复杂问题。该工法具有显著的技术优势和经济效益，不仅提高了施工效率和质量，还降低了施工成本和安全风险。因此，该工法对于后续类似工程具有重要的指导意义和推广应用价值。

参考文献

- [1]王芳.某水利工程大型倒虹管施工技术研究[J].黑龙江水利科技,2021,49(06):208-209+222.
- [2]赵江河.黔西北干渠倒虹管工程施工病害分析及加固技术研究[J].陕西水利,2021,(08):183-185.
- [3]李文强,刘江.“一枯两做”导流围堰方案在水利工程倒虹管施工中的应用[J].四川水利,2020,(S1):101-104.