

水利施工中水坝堤防堵口施工技术应用

蔡卫露

(安徽圣合建设工程有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘 要 水利工程关乎民生福祉及国家建设。水坝作为防洪挡水的核心构筑物,其堤防的决口质量直接影响水利工程质量,且与工程安全及周边群众的生命财产安全有紧密关联。因此,施工人员需要采取合适的堵口施工技术,有效保证堤防修复质量及效率。基于此,本文按照基础处理、堵口实施、加固养护的逻辑,梳理水坝堤防堵口施工技术的操作流程,并结合具体案例,深入探究透水拦截结构构建、分级消能作业、闭气防渗加固等关键措施的应用要点。工程实践结果表明,该技术方案可有效降低决口流速,使堤防水位恢复至正常蓄水位,降低堤坝沉降问题的产生概率,切实维护周边群众的生产生活安全,提高工程防洪效益与经济效益。在水利施工中,精准把控水坝堤防堵口施工技术应用要点极为必要,是提高水利工程质量、维护工程效益的关键措施。

关键词 水利工程施工;水坝堤防堵口;复堤加固

中图分类号:TV64

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.07.014

0 引言

水坝堤防作为水利工程中的挡水建筑物,是防洪体系的重要组成部分。在水利工程施工阶段,一旦发生水坝或堤防决口,将严重威胁工程安全及周边群众的生命财产安全。对此,应采用合理的施工技术,提高水坝堤防堵口施工效果,维护工程后续的施工安全。水坝堤防堵口施工中包括水文观测、裹头处理等操作,应明确施工流程,结合工程实际选取合适的施工技术,将决口高效修复。本文对实际工程案例展开分析,对水坝堤防堵口施工技术进行全面分析,提出可行的施工技术运用方案,以期为促进水利工程的稳定发展提供参考。

1 水利施工中水坝堤防堵口施工技术的工艺流程

1.1 基础施工处理

基础处理为水利工程堤坝堵口施工中的关键内容,决定各道施工工序能否高效完成,施工要点包括现场勘测、施工材料与设备准备。现场勘察阶段,对口门水深、水位、水量等基础信息收集记录,对周围水下地形予以测量,经地质勘察工作,了解水势变化,精准评测口门水量和水流是否发生改变。施工材料与施工设备环节,结合工程量明确堵口物料具体使用量。针对入场的施工人员,也需合理分工,高效组织设备与人员进场^[1]。

1.2 堵口施工

施工人员需明确堵口施工技术要点,了解施工顺序,物料准备齐全,且机械设备、施工材料、施工人

员准备就绪后,展开堵口施工。当遇到恶劣环境无法正常施工时则暂停,在水位降低后进行施工。处理河堤决口时,需了解口门复堵原则,施工时遵循下游一上游一小口一大口原则。

1.3 加固维修养护

结束堵口施工后,进行工程加固维修养护处理。堵口期间,堤身土体较容易出现松散、防渗性能下降的问题。采取合适的养护加固技术,可规避管涌、渗漏等次生灾害的产生,切实提高防洪安全效益。在此阶段,施工人员需着重开展护坡防冲、复堤施工等操作,以系统化的措施及方案,提高堤防防洪能力。复堤施工过程中,需严格以设计规范为参考进行质量管理。首先,将低顶恢复至预先设计要求。施工期间,可采取分层压实技术,对堤身土体进行处理,以提高其压实度。同时,需对堤顶路面、排水沟等附属设施进行修复,确保堤防具有防洪功能与通行功能。为消除堵口风险,断面设施恢复处理时,逐步将其恢复到原本的尺寸。针对护坡防冲施工,则是展开新的堤防施工。考虑到经过一段时间的洪水冲刷,堵口段及周边堤段较容易出现土体裸露、抗冲能力下滑的问题,在护坡防冲施工中,需要选用适配的防护材料,如混凝土预制块、浆砌石。同时,需对防护结构加以改造优化,建立完序且连整的护坡体系,有效抵御水流冲刷,预防堤坡坍塌、水土流失等问题,筑牢堤防防洪防线。图1为水利工程中水坝堤防堵口施工技术的工艺流程。

作者简介:蔡卫露(1992-),男,本科,工程师,研究方向:水利工程。

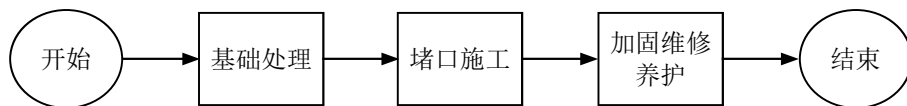


图 1 水坝堤防堵口施工技术的工艺流程

2 水利施工中水坝堤防堵口施工技术的应用实践

2.1 工程概况

本文案例水利工程建设用途为农业用水灌溉以及防洪。工程堤防因多元环境改变，工程在持续强降雨条件下，水坝堤防形成决口，决口最大宽度为 35 m，其流速可达 4.5 m/s。工程出现决口过后，影响周围地区群众的人身安全、财产安全。由于工程所处地区交通环境有限，施工抢险材料和机械设备运输难度提升。在河床底质，主要土质为粉砂土，其整体的抗冲刷能力弱。对此，要选用合适的技术，快速进行抢险施工，达到高效封堵目标。

2.2 明确堵口施工目标

分析案例受损情况，在水坝堤防堵口施工期间，遵循施工原则，即高效拦截、分层消能，具体的施工要点如下：

1. 构建透水拦截结构。结合模块化树枝形组合体的持续抛投操作，构建立体网状拦截系统，减少水流所带来的持续冲击。结合工程实例，对水利工程堵口施工位置的水流状况予以分析，通常组合体的透水率应大于等于 60%，每日抛投长度应大于等于 50 m，明确抛投体已经沉没到河底后，钢叉插进河床，其深度应大于等于 0.8 m^[2]。

2. 分级消能入场施工作业。首先，抢修工程裹头，对于决口两侧的堤头，将钢丝石笼抛投其中，建立起裹头结构，此结构的坡比数据为 1:1.5，而顶宽数据为 3 m，需在 24 小时以内进行抗冲刷防护处理。其次，展开阻拦架抛投操作，沿着决口的双侧，不同时间推进施工进度，单侧的进占速度一般大于等于 5 m/h。此外，龙门口合龙施工操作，当剩余口门的宽度已经小于 5 m 时，这时消能处理会运用到固定桩以及横向阻拦架结合的方式，而此时合笼抛投强度设定为 $\geq 20 \text{ m}^3/\text{h}$ 。闭气前封堵操作应当在 24 小时内完成。

3. 闭气和防渗加固施工。堵口坝体闭气处理后，查看渗流量是否满足施工建设要求。接下来，通过分层碾压碎石操作，让碎石和黏土料混合，成为全新的防渗体，其后续压实度测定要超过 95%。

4. 做好风险防范处理。施工作业模式为人工辅助以及机械抛投结合，让树枝型组合体的拼装处理效能提高，快速完成应急抢险处理。

2.3 选择堵口材料

本项目工程中，结合决口流速和深度，选取坚硬的花岗岩岩石，其粒径要处在 30 ~ 50 cm，其抗压强度较高，即便处在水流之下，仍然可以维持稳定性。抛石操作时，经理论和流速测定，可明确抛石数量。例如：流速如果为 4 m/s，每个小时的抛投块石一般为 800 m³。针对抛石稳定性不高和水流复杂的区域，可以笼装石封堵，在决口容易被冲刷的位置，多投放笼体，提高局部防护水准。

2.4 明确堵口方法

1. 平堵：适用于决口水流较为平缓的位置，从上到下铺设堵口材料，借助土袋和抛石材料，维持基础结构的稳定性^[3]。

2. 混合堵：此种方式适用于水流变化多端以及地形环境复杂的情况，混合堵运用下铺设厚度为 1.5 m 的基础层，会让基层稳定性提高，确保堵口施工安全。

3. 立堵：适用于宽度大的决口、水流速较快的决口，会运用到大型的自卸卡车，通过块石运输以及抛投操作，确保施工效果。

2.5 设计堵口系统

2.5.1 建立施工平台和抢修裹头

本文的工程案例中，在施工平台抢修裹头操作，属于堵口施工的关键内容，此环节施工技术的选择和施工质量关系到工程后续的使用安全。施工关键步骤为以下几步：

1. 决口双侧堤顶削低处理，并把原堤顶的高程降低到 1.5 ~ 2 m 之间，同时加宽施工作业面，为装载机以及挖掘机等设备的施工作业构建平台。针对决口双侧的机械设备操作空间不足以及堤顶狭窄等问题，可以通过分级压实的施工流程解决问题^[4]。实际施工阶段，先运用挖掘机设备，以阶梯式挖掘的方式，开挖原堤顶，严格把控削坡高度，约为 1.5 ~ 2 m。完成削坡后，原堤顶宽度加宽处理，使两台挖掘机能够在平台上施工作业。削坡土方要放在背水坡位置，在进行分层填筑施工时，运用压路机设备，碾压 6 遍左右，此时压实度要大于等于 93%。修整坡面过后，需进行碎石垫层铺设，其厚度为 0.2 m，采用的碎石材料粒径要求在 30 ~ 50 mm 之间，通过平板夯实操作，把控坡度比，这样可避免机械设备操作时出现倾覆风险。针对

平台边缘设计,其顶宽以及高度分别为0.8 m、0.5 m,使其成为暂时运用的挡水堰,防止雨水对坡面造成持续冲刷。

2. 裹头抢救施工时,所用双层结构为“外护内稳”,抛投顺序应合理,并观察施工细节。面向基础层施工,决口堤口临水一侧抛投首层石笼,然后堆高施工,需小于等于1 m,石笼通过螺纹钢横向连接,让其变成抗冲骨料结构。接下来,积极开展错缝加高施工处理,通常情况下第二层的石笼,要根据堤轴线朝内缩进0.3 m,使其和底层的石笼成为错缝咬合关系。

3. 坡面修整处理。当两层的抛投施工完成后,将长臂挖掘机设备引入施工现场,裹头背水坡修整处理,此时坡度比把控为1:1.5。土工布要覆盖在坡面,然后把钢管打入,让其成为暂时使用的支护。4层抛投施工完成后,裹头的顶端宽度约为3 m。使用装载机轮胎,把控充气压力,进行三次碾压处理,让石笼的密实度高于90%。

4. 过渡层施工作业的主要内容为基面整平,可通过裹头顶端铺设随时过渡层的方式,便于接下来的拦阻架抛投操作^[5]。

2.5.2 建立树枝形组合体拦阻结构

1. 水坝堤防堵口施工期间,运用树枝形组合体阻拦结构。此结果可有效控制水流,解决以往堵口所用材料抓地稳定性较差的问题。结构形式为标准化构件,经组装后高效施工,处于堵口位置变成多层级的抗冲体系,解决高流速之下堵口稳定性差的问题。拦阻结构要注重创新设计,通过模块化分型处理,明确组件构成情况。核心骨架为外径为160 mm以及主管,主权钢管的直径为22 mm,其属于分支支撑结构。主干所用的钢管结构,预制处理,通过螺纹连接钢管延长,整体的拼装时间不大于3分钟。单个标准段,要沿着轴向每间隔1 m布置主权钢管组,单组包括四根展现出放射状布局的钢管,其长度为1.5~2 m,并让邻近的钢管间距控制在5 m,变成空间桁架体系。针对导向钢管,要运用螺栓使其和钢管主干的迎水面固定,以抵御外部的高流速冲击,让组件进入水流中后,能够稳定地下沉。文中所用的复合防护体系为四阶段递进式。

2. 决口侧翼防护:施工人员需在决口两侧持续抛投标准构件,通过分形特性使其成为透水率大于68%的滤网。组件进入水中以后,根据顺流自主调整,让钢管能够以适合角度插入河床,提高抓地深度和效果,此种方法和传统钢丝笼施工方式比较,锚固力显著提升。

3. 龙门口预处理:施工期间运用立体编织工艺,让纵向组件可以和横向的工字钢桩体形成空间网格体

系。单层抛投后,运用振动压路机多次碾压操作,提升组件的嵌入深度,解决高流速堵口体失稳问题。

2.6 复堤加固施工技术

主体合龙过后,为使堵口防渗性能进一步提升,在工程上游复堤加固处理,搭建多重防渗屏障。第一层屏障为混合反滤层,使用碎石、粗砂以及低塑性黏土。第二层屏障为防渗墙,施工作业时运用硅酸盐水泥拌合成浆液,注浆处理,让桩体可以直接进入堵口下方。第三层则是复合土工膜防渗层。经三层防护,可提升堵口结构的使用性能与抗渗性能。

3 水坝堤防堵口施工成果分析

从工程指标层面分析,经堵口施工技术运用后,决口流速直接降低,从4.5 m/s降低为1.2 m/s,也从危险水位降低至正常蓄水位,有效解决了堤坝沉降问题。可见,此次施工操作促进了堤坝恢复稳定和运行安全。

从效益层面评估,堵口施工技术的运用,提高了工程防洪效益,并减少了周围群众的经济损失。本次的堵口施工将潜藏的经济损失风险消除,且工程修复过后,水坝堤防的防洪功能恢复,周围农田设施和居民安全得到保障,获取的直接和间接性经济效益较大。

4 结束语

在水利工程施工中,水坝堤防堵口施工技术是关键内容,合理选用技术类型,把控施工工艺流程和要点,可维持水利工程稳定性,解决工程风险以及隐患。通过文献研究并联合工程实践,明确水坝堤防施工设计方案,细化各个环节的施工要点,在施工材料、施工人员和施工设备的高效配合下,提高水坝堤防堵口施工有效性、安全性,为水利工程建设与使用安全保驾护航。

参考文献:

- [1] 褚延虎,吕伟氏.关于水利施工中水坝堤防堵口施工技术探讨[J].城市建设,2025(13):60-62.
- [2] 施志明.水坝堤防决口原因分析及堵口施工技术[J].新农村,2024(02):49-51.
- [3] 陈辽.水坝堤防堵口施工技术在水利工程中的应用[J].建筑技术开发,2022,49(24):92-94.
- [4] 刘磊.水利施工中水坝堤防堵口施工技术的应用对策分析[J].中国设备工程,2021(14):189-190.
- [5] 谷剑鸣,王善聚,张保民.水利工程施工中的水坝堤防堵口施工技术分析[J].农业开发与装备,2020(07):79-80.