

围堰技术在水利工程施工应用探究

陈瑞峰

山东省菏泽市巨野县董官屯镇人民政府 山东菏泽 274932

【摘要】围堰施工技术是水利工程中的重要临时性工程措施,通过围护和隔离施工区域,为主体工程提供干燥的工作环境。本文系统分析了围堰技术的分类、特点及其在实际工程中的应用,重点探讨了木桩围堰、钢板桩围堰及胶凝砂砾石(CSG)围堰的适用条件和技术优势,并结合某大型水利枢纽工程案例,详述围堰方案选择和施工过程。研究表明,科学合理的围堰技术选择和施工管理能够显著提高工程效率与安全性,同时兼顾环保与经济效益。

【关键词】围堰施工技术;胶凝砂砾石(CSG);水利工程;施工案例

Research on the application of cofferdam technology in water conservancy project construction

Chen Ruifeng

The People's Government of Dongguantun Town, Juye County, Heze City, Shandong Province Heze, Shandong Province 274932

【Abstract】Cofferdam construction technology is an important temporary engineering measure in water conservancy project.It provides a dry working environment for the main project.This paper systematically analyzes the classification, characteristics and application of cofferdam technology in practical engineering, mainly discusses the applicable conditions and technical advantages of wooden pile cofferdam, steel sheet pile cofferdam and cement sand and gravel (CSG) cofferdam, and details the selection of cofferdam scheme and construction process of cofferdam.The research shows that the scientific and reasonable cofferdam technology selection and construction management can significantly improve the engineering efficiency and safety, while taking into account the environmental protection and economic benefits.

【Key words】cofferdam construction technology; cemented sand and gravel(CSG); water conservancy engineering; construction cases

1.水利工程围堰施工技术

水利工程围堰施工技术是水利工程建设中关键的临时工程技术之一,其主要目的是在施工过程中有效隔离水体,为主体结构的施工创造干燥、稳定的工作环境。围堰施工技术具有显著的实践意义,广泛应用于河道整治、水库大坝、泵站等项目的施工中。围堰施工技术的选择直接关系到工程的施工进度、安全性和经济性,因此需要根据施工环境、地质条件、水文特性以及工程规模等因素综合确定。

围堰施工通常包括设计、施工和维护三个阶段。设计阶段,需要结合现场条件进行详细的地质勘察和水文分析,确保围堰结构的稳定性和抗渗性能。施工阶段,通过合理的施工组织,采取适当的筑堰材料和技术手段,确保围堰能够快速、经济地建成。维护阶段,则要求在围堰使用期间对结构进行定期检查和维修,避免因水流冲刷或渗漏引发围堰失稳。

2.水利工程围堰技术分类

2.1 木桩围堰施工技术

木桩围堰施工技术是以木桩为主要材料构建围堰的一种传统技术,广泛应用于小型水利工程和临时性施工场景。木桩围堰的基本原理是通过打入密集の木桩形成封闭的堰体,并辅以防渗填料和加固措施,实现对施工水域的隔离。

木桩围堰施工技术具有以下几个特点:首先,其材料来

源广泛,施工成本较低,尤其适用于资源丰富、预算有限的工程项目。其次,木桩围堰的施工工艺相对简单,依靠手工或轻型机械即可完成,适合在交通不便或机械设备受限的地区应用。此外,木桩围堰的拆除和回收也较为方便,可以降低工程结束后的环境修复成本。

然而,木桩围堰也存在一定的局限性。例如,木桩材质的耐久性较差,容易受到水流冲刷和生物侵蚀的影响,因此适用范围局限于水流缓慢、施工周期较短的环境。为了提高木桩围堰的防渗性能,施工过程中通常需要采用土工膜、黏土或砂砾料进行填充。

2.2 钢板桩围堰技术

钢板桩围堰技术是一种利用钢板桩构建围堰的现代化施工技术,具有施工快速、结构稳定和适应性强的特点。钢板桩围堰的基本施工流程包括钢板桩的选材、插打、加固以及防渗处理等步骤,通过密封性良好的钢板桩材料形成稳定的围堰结构。

钢板桩围堰技术在水利工程中具有显著的优势。首先,钢板桩材料强度高、耐久性好,能够承受较大的水压力和地质变化,适用于深水或流速较快的施工环境。其次,钢板桩围堰的施工效率较高,采用机械设备插打钢板桩能够快速完成围堰的建造,显著缩短施工周期。此外,钢板桩围堰的防渗性能优越,能够有效隔离水体,确保施工区域干燥。

然而,钢板桩围堰技术也存在一定的挑战。例如,其材料成本较高,对施工机械和技术人员的要求较高,因此适用于资金充足、技术能力较强的工程项目。为了进一步提高钢

板桩围堰的施工效果,近年来还出现了诸如高强度钢材、涂层钢板等新材料的应用,以及结合计算机建模和施工模拟的设计优化技术。

3. 水利工程围堰技术分析

3.1 土围堰及土袋围堰施工技术

土围堰及土袋围堰施工技术是最基础的围堰形式之一,常用于浅水区域或水流较缓的环境。土围堰通过堆筑土体形成围护结构,而土袋围堰则利用装填沙土的袋体作为基础结构,两者均以防水性材料覆盖表面以减少渗漏。此类技术的优势在于材料来源广泛、施工成本低,并且施工工艺简单、灵活,适用于小型水利工程或临时性工程。

然而,这种技术在水深较大或流速较强的条件下适用性有限,抗冲刷能力较弱,且长期使用可能导致堰体沉降或失稳。此外,土袋围堰需要大量的人力堆填,效率较低,对紧急抢险工程效果较为有限。为了提高结构性能,施工过程中可结合加筋措施或与其他围堰形式联合使用,以增强整体稳定性和抗渗性能。

3.2 木桩围堰施工技术

木桩围堰施工技术作为一种传统的围堰形式,在浅水或地质条件较软的区域具有一定的优势。其通过将木桩按照设计间距打入水底,并通过桩体间的填料实现水体隔离。木桩围堰的优点在于施工设备需求低、材料可重复利用,且对于地质适应性较强,适用于河道治理和临时施工场地。

但木桩围堰抗冲刷能力相对较弱,使用寿命短,尤其在在水流较急或水压较大的环境中难以满足工程要求。现代工程中,为提升木桩围堰的适用性,通常结合其他围堰形式使用,如在内部填充土袋或石料以增强稳定性。此外,木材的防腐处理也需特别关注,以延长其使用寿命并提高经济效益。

3.3 钢板桩围堰技术

钢板桩围堰是一种高强度、高耐久性的围堰技术,适用于水深较大、水流较强的区域。施工时,通过机械设备将钢板桩打入水底,并通过锁口连接形成密闭结构。钢板桩具有良好的抗渗性能、抗冲刷能力及稳定性,适合大型水利工程、桥梁基础或深水施工场景。

这种技术施工速度快,可在短时间内形成围护结构,同时钢板桩材料可回收利用,有助于降低长期成本。然而,钢板桩围堰对设备要求高,施工时可能产生较大的噪音和振动,对周边环境造成影响。因此,在施工时需采取降噪和减振措施。此外,钢板桩围堰在高水压条件下可能需要配合支撑系统以保证结构安全。

3.4 浆砌石块围堰技术

浆砌石块围堰技术利用天然石材与砂浆结合形成围护结构,常用于需要长时间保持围堰稳定性的场景。石块堰体结构具有良好的抗冲刷能力和耐久性,适合河流截流、水库修复等工程。浆砌石块围堰施工通常包括石料堆积、浆料填充与结构加固,施工完成后,围堰可以作为永久性构筑物的一部分。

该技术的优势在于抗水流冲击性能突出,对环境适应性强。然而,其施工周期较长,且对石料的规格、质量要求较高。在施工过程中,需确保浆料的饱和度与石料的密实度以减少渗漏风险。此外,浆砌石块围堰较难适应复杂地质条件,因此需根据实际情况调整施工设计。

3.5 钢筋混凝土围堰

钢筋混凝土围堰是现代水利工程中应用最为广泛的永久性围堰形式之一,因其强度高、耐久性强而备受青睐。其施工包括混凝土浇筑、钢筋绑扎与模板安装,适用于深水区域、强流环境或需要长期使用的工程。钢筋混凝土围堰不仅可以提供坚固的围护功能,还可以作为后续工程的基础结构。

这种围堰形式造价较高,且施工过程复杂,需要大量设备与技术人员支持。然而,钢筋混凝土围堰可以承受高水压和恶劣环境,适应范围广泛,是大型水电站、船闸和深水桥梁等工程的理想选择。为提高施工效率,近年来逐渐采用预制装配式钢筋混凝土围堰技术,有效缩短工期并降低施工风险。

4. 水利工程中新型围堰技术

随着水利工程技术的发展与环境保护要求的提升,新型围堰技术不断涌现,以满足复杂工况下的施工需求。这些新技术通过优化材料性能和施工工艺,进一步提高了围堰的稳定性、环保性和经济性。本文将重点介绍胶凝砂砾石(CSG)围堰、吹填围堰及新型贫胶硬填料围堰三种技术,分析其应用场景、施工特点及技术优势。

4.1 胶凝砂砾石(CSG)围堰

胶凝砂砾石(CSG)围堰是一种结合了胶凝材料与天然砂砾石的新型围堰技术,其核心理念是利用砂砾石的天然强度,通过掺加少量水泥等胶凝材料,提高整体结构的密实性与抗渗性能。CSG围堰在水利工程中主要用于临时性或半永久性围护结构,适用于大中型水库修建或河道治理工程。

CSG围堰的优势在于材料来源广泛,施工方便,且成本较低。砂砾石通常可就地取材,减少了运输成本;而胶凝材料的掺量较低,仅需达到最小强度要求即可,进一步降低了施工费用。此外,CSG围堰具备良好的抗冲刷性能,尤其适合水流较强或水压较高的区域。施工过程中,通过分层填筑和压实操作,可有效控制堰体的沉降与渗漏。然而,CSG围堰对施工技术和质量控制要求较高,需严格管理施工过程中的拌和比例与压实度,以确保围堰的稳定性。

4.2 吹填围堰

吹填围堰技术是一种利用疏浚设备通过管道将砂泥吹填到围堰区域的施工方法,广泛应用于浅水区域或港口建设中。此技术通过水力作用将河床、海床的砂泥吹填至指定位置,快速形成围堰结构,并通过压实、整平等后续工艺增强堰体的稳定性。

吹填围堰的最大特点是施工速度快,尤其在需要大规模填筑时,效率显著高于传统围堰技术。此外,其材料利用率

高,通常采用工程区域内的疏浚砂泥,节省了材料采购与运输成本,同时减少了河道淤泥的处理难度,对环境治理具有积极作用。然而,吹填围堰对施工设备的依赖较大,需配备疏浚船、管道及泵站等系统。此外,堰体初期稳定性较弱,需通过压实及加固工艺改善其结构性能,确保其能够抵御水流冲刷和外部荷载。因此,在施工设计时,应充分考虑施工区域的水文条件和泥沙特性。

4.3 新型贫胶硬填料围堰

新型贫胶硬填料围堰是一种以硬质填料为主要材料,通过掺加少量胶凝材料增强堰体强度的新型技术。此类围堰结合了传统硬填料堆筑法与现代胶凝材料改性技术的优势,适用于地质复杂或水流强烈的施工环境,尤其在高水压条件下表现出良好的稳定性。

这种围堰的特点在于施工材料多样化,可采用废弃建筑材料、采矿废料或低成本的天然硬填料,显著降低施工成本。同时,通过适量添加胶凝材料,例如水泥或粉煤灰,可提升围堰的密实性和抗渗性能,使其更适应长时间水下作业的需求。新型贫胶硬填料围堰的施工过程相对简单,但需注重材料的均匀拌合与压实,以防止局部强度不足引发堰体失稳。此外,该技术具有较强的环保适应性,可利用工业废料实现资源化利用,符合现代工程的可持续发展理念。

5. 围堰技术具体应用案例分析

5.1 工程概况

某水利枢纽工程位于一条流量较大的河流中游地段,是集防洪、灌溉和发电为一体的综合性水利设施。项目总投资约50亿元,计划修建一座80米高的混凝土重力坝,配套建设年发电量达15亿千瓦时的水电站。河流年平均流量为800立方米每秒,洪水期间峰值流量可达3500立方米每秒,工程建设区域水文条件复杂,地质主要为砂砾土层和局部基岩。

施工计划分为两期,第一期需建设临时围堰以拦截河流一侧水流,为主坝施工提供干燥环境。根据设计要求,围堰需满足防洪标准达到50年一遇洪水流量,抗渗系数不得高于 1×10^{-6} cm/s,同时需确保施工期的安全性和经济性。

5.2 围堰方案选择

在围堰方案选择过程中,结合工程水文、地质及施工需求,设计团队对比了钢板桩围堰、胶凝砂砾石围堰及土围堰三种方案。从成本、施工周期及适应性出发,最终选定胶凝砂砾石(CSG)围堰作为施工方案。

胶凝砂砾石围堰方案的主要优势体现在以下几个方面:

(1) 材料成本低:工程区域内砂砾储量丰富,能够直接取材,预计可降低材料成本约30%。

(2) 抗冲刷能力强:经模型试验,CSG围堰在3500立方米每秒洪峰流量下的冲刷深度小于5厘米,满足安全要求。

(3) 施工速度快:分层填筑及机械化施工预计可在90天内完成围堰建设,比传统土围堰节省约20%的工期。此外,该方案还具备较好的环保性能,能够减少泥沙资源浪费,施工后可部分拆除回收再利用,符合绿色施工理念。

5.3 施工过程

围堰施工分为准备、填筑及加固三个阶段,具体如下:

(1) 施工准备:首先对施工区域进行围堰轴线测量与地基清理,清除河床表面淤泥及障碍物,确保堰体能够与地基紧密结合。施工过程中,安装水下监测仪器实时观测地基沉降与渗漏情况。

(2) 围堰填筑:围堰采用分层填筑方式,每层厚度为0.5米,使用胶凝砂砾石材料按质量比4:1拌合,并由推土机与压路机分段压实。实测压实度达98%以上,堰体抗渗性能满足设计要求。填筑过程中,施工团队严格控制拌合比例,并对每一层进行抽样检测,确保堰体强度与密实性。

(3) 堰体加固:填筑完成后,通过堰体顶部设置排水沟及过滤层,降低渗流压力。同时,堰体外侧增设护坡防护,采用厚度30厘米的碎石层防止水流对堰体的直接冲刷。洪水来临期间,通过坝上设置监测点,动态观测围堰稳定性。

施工完成后,围堰通过了静水与洪水条件下的安全检验,其抗渗性能优于设计标准,最大渗漏量仅为0.8升/分钟。围堰成功为主坝施工提供了安全可靠的作业环境,并在高峰流量期间保持稳定无损,为工程的顺利推进提供了有力保障。

6 结语

围堰施工技术作为水利工程中的核心环节,对工程建设的效率和效率具有深远影响。通过科学选择围堰方案,如胶凝砂砾石(CSG)围堰等现代技术,不仅能够有效应对复杂的水文和地质条件,还能显著降低施工成本,提高施工速度和安全性。同时,围堰施工应注重环保与资源优化利用,采用新型材料与绿色施工工艺,最大限度地减少对生态环境的影响。本文结合某大型水利枢纽工程的应用案例,进一步验证了围堰技术在实际工程中的显著成效。

参考文献

- [1]李春成.水利工程施工导流及围堰技术的应用[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024 新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(二).山东半岛水务发展有限公司,2024:2.
- [2]许小扬.围堰技术在水利水电工程施工导流中的应用研究[J].中国高新科技,2024,(09):152-154.
- [3]刘涛.探究施工导流及围堰技术在水利水电工程施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(10):140-142.