

# 围堰技术在水利工程施工应用

胡军

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4493

**[摘要]** 围堰技术是水利工程施工的关键专项技术,研究先阐释其基础认知,明确功能、属性及工程价值;再分析土石、混凝土、钢板桩、双壁钢围堰等类型的特性与适用场景;后探讨施工前期勘察设计、过程质量控制、结构加固监测、后期拆除恢复等应用要点,还涉及新技术融合应用。研究成果可完善水利工程技术体系,为围堰设计施工提供参考,助力水利工程建设高质量发展。

**[关键词]** 围堰技术; 水利工程; 施工; 应用要点

**中图分类号:** TV551.3 **文献标识码:** A

## Application of Cofferdam Technology in Water Conservancy Engineering Construction

Jun Hu

China Gezhouba Group Three Gorges Construction Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** Cofferdam technology is a key specialized technology in water conservancy engineering construction. This research first explains its fundamental understanding, clarifying its functions, properties, and engineering value. Then it analyzes the characteristics and applicable scenarios of various types including earth-rock cofferdams, concrete cofferdams, steel sheet pile cofferdams, and double-wall steel cofferdams. Subsequently, it explores application points such as pre-construction investigation and design, process quality control, structural reinforcement monitoring, and post-construction removal and restoration, also involving the integration and application of new technologies. The research results can improve the water conservancy engineering technology system, provide references for cofferdam design and construction, and contribute to the high-quality development of water conservancy engineering construction.

**[Key words]** cofferdam technology; water conservancy engineering; construction; application points

### 引言

水利工程作为保障水资源调控、防洪减灾及能源供应的重要基础设施,施工环境复杂,涉水施工中隔绝水流干扰、创造安全作业空间是核心难题。围堰技术通过构筑临时挡水挡土结构有效解决此问题,成为工程建设关键支撑。深入研究其基础认知、类型特性、应用要点及新技术融合,可丰富施工技术理论,为复杂工程提供科学方案,对提升工程水平、保障安全意义重大,故开展相关研究十分必要。

### 1 围堰技术的基础认知

围堰技术是水利工程施工中的专项技术,通过在施工区域周边构筑临时性挡水、挡土结构,实现水流隔离与疏导,为工程创造无水或低水位作业环境。其核心功能不仅是阻挡外部水体侵入,还需满足防渗、抗冲刷及荷载承载要求,技术方案需结合工程水文条件(水位变化、水流速度)、地质特性(土壤渗透性、地基承载力)与工程规模动态调整。围堰具有临时性与功能性双重属性,临时性体现在工程竣工后需按设计拆除或转化为永久

结构;功能性需同步保障挡水、防渗、稳定,任一环节缺失可能引发施工中断或安全风险。该技术贯穿基础开挖、混凝土浇筑、设备安装等关键环节,方案合理性直接影响工程周期、成本与质量,是连接设计与现场施工的重要技术纽带<sup>[1]</sup>。

### 2 围堰技术的类型划分与特性分析

#### 2.1 土石围堰

土石围堰以当地土石为核心原料,因取材便捷、工艺简单、造价低,成为中小型水利工程及临时挡水的主流选择。按材料特性分两类:均质土围堰依赖黏土等防渗材料,经分层碾压提升密实度,适用于水深 $\leq 6\text{m}$ 、流速 $< 2\text{m/s}$ 的平缓水域;土石混合围堰采用“防渗心墙+土石支撑体”结构,心墙用膨润土或土工膜,支撑体用透水性块石,可适应8-12m水深。其局限显著,抗冲刷能力弱,需在迎水面设块石护面或混凝土面板;变形量大,需设沉降观测点防防渗失效;地质复杂区域需提前对地基换填或灌浆,保障基础承载力以避整体失稳。

#### 2.2 混凝土围堰

混凝土围堰凭抗渗性强、抗冲刷突出、稳定性高的优势,广泛用于大型水利工程永久挡水结构或关键施工阶段,按结构分重力式与拱式。重力式靠自身重量稳定,适用于地基承载力强、水位变化大的区域,断面多为梯形或矩形,内部设排水孔降低渗透压力;拱式利用拱形结构将水压力传递至两岸山体,适用于峡谷区域,工程量小且受力合理,但对两岸岩体完整性要求高,需提前勘察加固。施工需严控浇筑质量,采用分层浇筑、振捣密实工艺,设温度伸缩缝防裂缝;防渗设计除优化混凝土配合比,迎水面需设防渗涂层或止水铜片,确保渗透系数 $\leq 10^{-6}$  cm/s。此外,可与永久结构结合设计,减少拆除成本,实现临时与永久结构衔接。

### 2.3 钢板桩围堰

钢板桩围堰以热轧钢板桩为核心,通过锁口连接成连续挡水结构,施工快、强度高且可重复利用,适用于10~20m水深、地质复杂(如砂卵石层、软土地基)场景。锁口填黄油、橡胶垫实现高防渗,刚度使其能承受大水平荷载,适用于流速 $> 3$  m/s水域,无需额外护面。施工需重点把控插打精度与锁口密封性,插打前平整场地、设导向架保垂直;地质坚硬区域用振动锤与静压结合防桩体变形;软土地基需设型钢围檩、钢管等内支撑,间距与强度按水压力计算确定,防受力不均致屈曲变形。其回收利用率超80%,符合绿色施工理念,兼具经济与环境效益<sup>[2]</sup>。

### 2.4 双壁钢围堰

双壁钢围堰专为深水大型水利工程设计,适用于20~50m水深,广泛用于桥梁基础、水电站厂房等深水场景。结构为内外双层钢壳,夹层填混凝土或砂石形成“钢壳+填充体”承重体系,抗倾覆、刚度与防渗性能优异。尺寸按工程基础确定,圆形结构受力均匀适用于水流多变区域,矩形结构贴合基础轮廓省空间。施工采用分节拼装、浮运就位、水下封底工艺,拼装需控钢壳焊接质量,焊缝探伤合格率100%;浮运中监测吃水深度与稳定性防偏移;水下封底用导管法浇筑混凝土,厚度按渗透压力计算 $\geq 2$  m,确保与地基紧密结合形成防渗层。此外,可保留为永久结构(如水电站尾水挡墙),提升工程经济性。

## 3 围堰技术在水利工程施工中的应用要点

### 3.1 施工前期的勘察与设计优化

施工前期勘察需围绕水文、地质两大关键要素展开。水文勘察需获取施工期水位变化、水流速度、波浪参数及含沙量数据,通过水文模型预测极端水位(如汛期最高水位),为围堰顶高程设计提供依据——项高程通常需高于预测最高水位0.5~1.0m,并计入波浪爬高影响。地质勘察则需探明土层分布、土壤渗透性、地基承载力及地下水位,采用钻探与原位测试相结合的方式,获取黏聚力、内摩擦角等物理力学指标,支撑基础处理方案制定。设计优化需基于勘察数据,兼顾技术可行性与经济合理性。类型选择上,需对比围堰适用条件与成本,如浅水区优先选土石围堰,深水区采用双壁钢围堰;结构设计上,通过有限元分析软件模拟水压力、土压力作用下的受力状态,优化断面尺寸与支撑体系,确保稳定安全系数 $\geq 1.25$ 、防渗安全系数 $\geq 1.5$ 。同时,

设计需考虑施工便利性,如钢板桩插打空间、混凝土浇筑设备布置,避免设计与施工脱节导致工期延误<sup>[3]</sup>。

### 3.2 施工过程的质量控制

围堰施工过程的质量控制需贯穿原料进场、基础处理、结构筑造、防渗施工四大环节。(1)原料进场环节需建立严格的检验制度:土石材料需检测颗粒级配、压实度与防渗性能,黏土的渗透系数需小于 $10^{-5}$  cm/s;钢板桩需检查锁口尺寸、钢材强度与表面平整度,不合格材料严禁进场;混凝土原材料需控制配合比,水泥选用低热矿渣水泥,减少水化热引发的裂缝风险。(2)基础处理是确保围堰稳定性的关键工序:对于软土地基,需采用换填法(换填碎石或灰土)或排水固结法(设置塑料排水板)提升承载力;对于砂卵石地基,需采用灌浆处理(水泥浆或水泥黏土浆)形成防渗帷幕,帷幕深度需穿透透水层,进入隔水层不小于1m。(3)结构筑造阶段需严格遵循施工工艺:土石围堰分层碾压厚度控制在30~50cm,压实度不小于95%;混凝土围堰分层浇筑高度不超过2m,振捣采用插入式振捣器,振捣时间控制在20~30s,确保混凝土密实度;钢板桩插打需控制垂直度偏差 $\leq 1\%$ ,锁口连接后需进行注水试验,渗流量控制在 $1\text{L}/(\text{m}\cdot\text{d})$ 以下。(4)防渗施工需采用“多重防护”策略:除结构自身防渗设计外,还需在围堰迎水面铺设土工膜(如HDPE土工膜)或涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料;对于土石围堰,需在坝体中部设置防渗心墙,心墙材料选用膨润土或黏土,与基础防渗帷幕形成闭合防渗体系。施工过程中需采用渗压计、测压管等设备实时监测渗漏情况,发现渗漏点及时采用灌浆或堵漏材料处理,防止渗漏扩大引发结构失稳。

### 3.3 施工中的结构加固与监测

围堰结构加固需针对施工过程中的薄弱环节,结合受力分析制定针对性方案。(1)接头加固是重点环节:钢板桩围堰的锁口接头需定期检查密封状态,对渗漏部位采用棉絮、黄油混合材料填塞;混凝土围堰的施工缝需设置止水带(如橡胶止水带或铜止水带),止水带埋设位置偏差 $\leq 5$  mm,确保接缝处防渗性能。基础加固则需根据地质条件调整:在软土地基中,可通过增设碎石垫层或土工格栅提升地基承载力;在岩质地基中,需对岩石裂隙进行灌浆处理,防止水流沿裂隙渗透。(2)结构监测是保障围堰安全运行的重要手段,需建立“自动化监测+人工巡检”的双重监测体系。自动化监测需布设位移监测点(采用GNSS定位或测斜仪)、渗压监测点(采用渗压计)及应力监测点(采用钢筋计),监测频率根据施工阶段调整:筑造阶段每24h监测1次,运行阶段每72h监测1次,汛期加密至每12h监测1次。监测数据需实时传输至管理平台,通过数据分析软件识别异常变化,如位移量超过5mm/d或渗压值突然升高,需立即启动应急方案。(3)人工巡检需重点检查围堰迎水面是否存在冲刷、结构表面是否出现裂缝、接头部位是否渗漏等问题。对发现的裂缝,需根据裂缝宽度采取不同处理措施:宽度小于0.2mm的裂缝采用表面涂刷封闭;宽度大于0.2mm的裂缝采用压力灌浆处理(灌注环氧树脂或水泥浆)。此外,还需检查内支撑结构的变形情况,如型钢围檩出现弯曲,需及时增设临时支撑,防止支撑体系失效<sup>[4]</sup>。

### 3.4 施工后的拆除与环境恢复

围堰拆除需遵循“安全有序、环保优先”的原则,拆除方案需结合围堰类型与工程实际制定,避免对已建成结构及周边环境造成破坏。(1)拆除时机的选择至关重要:临时性围堰需在工程主体结构具备挡水能力后拆除,通常选择在枯水期进行,减少水流对拆除作业的影响;永久性转化的围堰则需根据设计要求保留核心结构,仅拆除临时辅助设施。(2)拆除工艺需根据围堰类型调整:土石围堰可采用分层开挖法,利用挖掘机配合自卸车清运,开挖顺序从顶部向底部推进,避免整体坍塌;钢板桩围堰采用振动拔桩法,通过振动锤松动桩体后逐步拔出,拔桩过程需控制速度(不大于0.5m/min),防止桩体断裂或地基扰动;混凝土围堰采用机械破碎法,使用液压破碎锤分层破碎,破碎块体尺寸控制在1m×1m以内,便于清运与回收利用。(3)环境恢复是拆除作业的重要延伸环节,需重点做好三方面工作:一是建筑垃圾处理,可回收材料(如钢板桩、型钢)需分类存放,不可回收材料(如混凝土块、土石)需运输至指定填埋场,严禁随意丢弃;二是水体治理,拆除过程中产生的泥沙需通过设置沉淀池处理,避免污染周边水域,沉淀池上清液需经检测达标后排放;三是植被恢复,对施工临时占地,需清理地表杂物后种植本地植被,恢复生态环境。此外,还需对拆除后的地基进行平整处理,为后续工程施工或土地复垦创造条件。

### 3.5 新技术在围堰施工中的融合应用

随着水利工程环境复杂化,新技术与围堰施工的融合推动技术升级。(1)土工合成材料为防渗提供新方案,新型膨润土防水毯(GCL)自愈性强、施工便捷,较传统黏土心墙施工效率提升30%、防渗性能提升50%;三维排水网可加速坝体排水固结,缩短施工周期。(2)智能建造技术推动施工向自动化、精准化转型:

BIM技术实现围堰设计、施工、监测全流程数字化管理,通过三维模型模拟施工,提前识别设计冲突与难点;无人机航拍用于整体变形监测,结合软件生成变形云图,实现高效覆盖;无人船测量可探测深水基础,获取水下地形数据,为封底施工提供精准依据。(3)绿色环保技术助力低碳发展:新型低碳混凝土掺入粉煤灰、矿渣粉替代部分水泥,减碳超20%;太阳能供电为监测设备与照明提供清洁能源,降低传统能源依赖;雨水回收系统收集雨水用于混凝土养护与降尘,实现水资源循环。这些技术融合既提升围堰技术先进性,又推动水利施工绿色化、智能化<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

围堰技术在水利工程施工中作用关键,基础认知明确其定位与价值,多样技术类型适配不同工程条件,系统应用要点保障施工质量安全,新技术融合推动技术升级。合理应用该技术可提升工程效率、降低风险。未来,随着水利工程环境趋复杂,需持续深化研究,优化方案、创新手段,进一步发挥其作用,为水利事业长远发展筑牢技术基础。

## [参考文献]

- [1]韩进军.围堰技术在水利工程施工应用探究[J].价值工程,2024,43(36):135-137.
- [2]张松.围堰技术在水利工程施工中的应用探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(4):070-074.
- [3]程韬.围堰技术在水利工程施工应用[J].价值工程,2022,41(29):92-96.
- [4]高素奎,孟祥彬.围堰技术在水利工程施工应用探讨[J].奥秘,2022(20):28-30.
- [5]刘明,王正来.水利工程施工中围堰技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(3):175-178.