

水利施工围堰技术应用分析

王金伟 蓝 鹏

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘 要：围堰技术作为水利工程施工中的核心临时挡水手段，直接关系到工程施工安全、进度与成本控制。本文结合当前水利工程施工现状，系统介绍土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰等主要类型的结构特点与适用场景，阐述稳定安全、因地制宜、整体布局优化三大应用原则，详细说明围堰施工准备、导流质量保障、黏土填充控制、加固与拆除等具体应用方法，为水利工程围堰设计与施工提供实践指导，助力提升水利工程建设质量与效率。

关键词：水利工程；围堰技术；应用分析

1 水利工程施工现状分析

近年来，我国水利工程建设进入高质量发展阶段，从大型水库、跨流域调水工程到中小河流治理、农村饮水安全工程，项目数量与建设规模持续扩大。据《2024年中国水利发展报告》显示，2023年全国水利建设投资完成1.15万亿元，同比增长10.5%，其中涉及围堰施工的枢纽工程占比超60%。当前水利施工呈现三大特点：一是施工环境日趋复杂，许多工程位于深山峡谷、河口浅滩等区域，地质条件多样，水文变化剧烈，对临时挡水结构的稳定性要求更高；二是工期压力不断增大，为尽快发挥工程效益，施工周期普遍压缩，倒逼围堰技术向高效化、快速化升级；三是环保要求日益严格，施工过程需减少对水体生态、周边植被的影响，传统围堰施工模式面临挑战^[1]。

在这一背景下，围堰技术的重要性愈发凸显。作为水利施工的“临时屏障”，围堰需在施工期承担挡水、防渗、抗冲刷等功能，为大坝基础、闸室结构、桥墩等主体工程创造干地作业条件。然而，实际施工中仍存在诸多问题：部分项目因围堰选型不当导致渗漏超标，延误工期；少数工程为追求进度，简化围堰加固流程，埋下安全隐患；还有些项目忽视围堰拆除后的生态恢复，造成环境破坏。因此，深入分析围堰技术应用要点，对提升水利施工质量具有重要现实意义。

2 水利施工围堰技术类型介绍

2.1 土石围堰

土石围堰是水利施工中常用的一种围堰类型，它主要由土料、石料或混合料填筑而成。土石围堰具有取材方便、造价低廉、施工简单等优点，适用于各种地质条件和水深较浅的工程。根据结构形式，土石围堰可分为均质土围堰、心墙土围堰和斜墙土围堰等。在施工过程中，土石围堰的填筑应分层进行，每层填筑厚度应根据

土料性质和压实设备确定。同时，要注意控制填筑土料的含水量，确保其达到最佳压实效果。为了提高土石围堰的防渗性能，可在围堰内部设置防渗心墙或斜墙，采用黏土、土工膜等防渗材料。此外，土石围堰的边坡应保持相对稳定，必要时可进行加固处理，如采用草袋护坡、石笼护坡等。

2.2 混凝土围堰

混凝土围堰具有强度高、防渗性能好、耐久性强等优点，适用于水深较大、水流湍急、地质条件复杂的工程。混凝土围堰可分为重力式混凝土围堰、拱形混凝土围堰和支撑式混凝土围堰等。重力式混凝土围堰依靠自身重力维持稳定，结构简单，施工方便，但混凝土用量较大。拱形混凝土围堰将水压力传递给两岸基岩，能充分发挥混凝土的抗压性能，减少混凝土用量，但对地基要求较高。支撑式混凝土围堰由挡水面板、支撑结构和基础组成，适用于狭窄河谷地形；混凝土围堰的施工通常采用现浇或预制拼装的方式，在施工过程中，要严格控制混凝土的质量，确保其强度、抗渗性等指标符合设计要求。同时，要注意混凝土的浇筑顺序和养护，避免出现裂缝等质量问题。

2.3 钢板桩围堰

钢板桩围堰是一种由钢板桩组成的临时挡水结构，具有施工速度快、可重复使用、适用于各种地质条件等优点。钢板桩的截面形状有多种，如U形、Z形、H形等，其中U形钢板桩应用最为广泛。钢板桩围堰的施工过程主要包括钢板桩的打设、围堰的合龙和内部支撑的安装，在打设钢板桩时，要保证其垂直度和间距符合设计要求，避免出现倾斜或缝隙。围堰合龙时，应根据实际情况选择合适的合龙方法，确保围堰的密封性，内部支撑可根据围堰的高度和水压力进行合理布置，以增强围堰的稳定性^[2]。

2.4 其他类型围堰

除上述三种主流类型外,水利施工中还常用钢管桩围堰、竹笼围堰、草土围堰等特殊围堰技术,适用于特定工况。钢管桩围堰由钢管桩和封底混凝土组成,钢管桩直径通常为600-1200mm,通过焊接或法兰连接形成整体,承载能力强,适用于深水(>20m)、大跨度的桥梁基础和水利枢纽施工。其施工需采用大型打桩船作业,钢管桩打设完成后,浇筑水下封底混凝土,形成防渗隔水层;竹笼围堰是一种环保型围堰,由竹篾编织成笼,内装卵石或块石堆叠而成,适用于流速较小、水头较低的小型水利工程或应急抢险。其优点是材料环保、施工快速,缺点是强度低、使用寿命短,一般仅作为临时应急挡水结构;草土围堰以稻草、麦秸等草本植物与黏性土交替分层填筑而成,利用植物纤维的拉结作用和黏土的防渗性能挡水,适用于黄河流域等盛产草本植物的地区,具有造价极低、施工简便的特点,但抗冲刷能力差,仅适用于浅滩、缓流区域的短期施工。另外,近年来新型混合围堰技术逐渐兴起,如“钢板桩+土工膜”复合围堰、“混凝土防渗墙+土石”组合围堰等,融合不同材料优势,兼顾安全性与经济性,在复杂水文地质条件下的应用效果显著。

3 水利施工围堰技术应用原则

3.1 稳定安全性原则

稳定安全性是水利施工围堰技术应用的首要原则。围堰必须能够承受水压力、波浪冲击、水流冲刷等外力作用,确保在施工期间不发生滑坡、坍塌、渗漏等安全事故。在围堰设计和施工过程中,要充分考虑地质、水文条件,合理选择围堰类型和结构形式,进行详细的稳定性计算和分析。同时,要加强围堰的监测和维护,及时发现并处理安全隐患。

3.2 因地制宜原则

因地制宜原则要求根据工程所在地的地质、水文、地形等自然条件,以及施工设备、材料供应等实际情况,合理选择围堰技术和施工方法。不同的工程条件对围堰的要求也不同,例如,在软土地基上施工时,应选择对地基变形适应性较强的围堰类型;在水深较大的河流中施工时,应优先考虑混凝土围堰或钢板桩围堰等强度高、防渗性能好的围堰形式。

3.3 整体布局优化原则

水利施工围堰技术的应用应与整个水利工程的布局相协调,优化围堰的位置、形状和尺寸,以减少对周边环境的影响,提高工程的综合效益。在确定围堰位置时,要考虑水流方向、河势变化等因素,避免围堰对河

道行洪造成阻碍^[3]。同时,要合理规划围堰的施工顺序和工期,确保与主体工程的施工进度相匹配,实现工程建设整体优化。

4 水利施工围堰技术的具体应用方法

4.1 围堰技术施工准备工作

施工准备是围堰应用的基础环节,直接影响施工质量和进度,主要包括勘察设计、材料准备、设备配置和方案编制四个方面。勘察设计阶段,需通过地质勘察明确场地土层分布、地基承载力、地下水位等参数,通过水文监测掌握施工期洪水流量、流速、水位变化规律,为围堰选型和设计提供依据。同时,需进行地形测量,绘制施工平面图,确定围堰的平面位置和高程;材料准备需根据围堰类型提前采购,土石围堰需储备足量的黏土、块石、土工膜等材料,黏土的黏粒含量应>30%,渗透系数 $<1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$;混凝土围堰需准备水泥、砂石、钢筋等,水泥强度等级不低于42.5级;钢板桩围堰需检查钢板桩的外观质量和锁口密封性,确保无弯曲、锈蚀和破损;设备配置需匹配施工需求,土石围堰施工需配备挖掘机、装载机、压路机、防渗墙施工设备等;混凝土围堰需配置搅拌站、输送泵、模板、振捣设备;钢板桩围堰需选用合适的打桩机,如振动打桩机、液压打桩机,水深较大时需配备打桩船;方案编制需制定详细的施工组织设计,明确施工流程、技术参数、质量控制标准和安全保障措施,特殊工程需编制专项施工方案,并组织专家论证。例如,高水头混凝土围堰需编制温控专项方案,钢板桩围堰需制定防渗堵漏预案。

4.2 导流作业质量保障

导流作业是围堰施工的核心环节,通过疏导水流为围堰施工和主体工程创造条件,其质量直接影响围堰安全。导流作业需遵循“安全可靠、经济合理、便于施工”的原则,重点做好导流方式选择、导流建筑物施工和流量控制。导流方式根据工程规模和水文条件分为分期导流和一次拦断导流。分期导流适用于河道较宽、流量较大的工程,将河道分为若干段,逐段施工围堰和主体工程;一次拦断导流适用于河道较窄、流量较小的工程,一次性拦断河道,通过导流洞或明渠宣泄洪水。导流建筑物施工需严格控制质量,导流洞的开挖需保证断面尺寸和衬砌厚度,防止坍塌;导流明渠需按设计坡度开挖,边坡需进行防护,避免冲刷。导流建筑物的过水能力需经过水力计算,确保满足施工期最大洪水宣泄要求;流量控制是导流作业的关键,需在围堰上下游设置水位、流量监测点,实时掌握水文变化。汛期施工时,需提前做好防汛准备,储备防汛物资,配备应急设备,

一旦遭遇超标准洪水,立即启动应急预案,通过加大导流流量、加固围堰等措施确保安全。同时,需协调上下游用水,避免因导流影响周边居民生产生活用水。例如,某水库工程采用分期导流,一期先在河道左侧修建土石围堰,利用右侧河道导流;二期拆除左侧围堰,在右侧修建钢板桩围堰,利用左侧导流洞导流。施工中通过实时监测流量,调整导流建筑物开启度,确保围堰施工顺利进行^[4]。

4.3 黏土填充质量保障

黏土填充是土石围堰、混凝土围堰防渗体施工的关键工序,其质量直接决定围堰的抗渗性能,需从材料选择、摊铺压实、接头处理三个方面强化控制。材料选择上,用于填充的黏土需满足黏粒含量高、渗透系数小、塑性指数适宜的要求,黏粒含量宜为30%-50%,渗透系数 $<1\times10^{-6}\text{cm/s}$,塑性指数为15-20。施工前需对黏土进行取样检测,不合格材料不得使用;摊铺压实施工需严格按照设计参数进行,黏土填充应分层摊铺,每层厚度根据压实设备确定,一般为20-30cm。摊铺时需控制含水率,最优含水率为18%-22%,含水率过高需晾晒,过低需洒水湿润。压实采用压路机碾压,碾压次数不少于6-8遍,碾压速度控制在2-3km/h,确保压实度达到93%以上。压实后需进行取样检测,干密度不小于 1.6g/cm^3 ,否则需重新碾压;接头处理是黏土填充的难点,需重点控制横向和纵向接头。横向接头采用阶梯式搭接,搭接长度不小于1m;纵向接头需错开布置,错开距离不小于3m。新旧黏土结合面需刨毛处理,铺设厚度为10-15cm的薄层黏土,再进行碾压,确保结合紧密。与混凝土结构的接头,需在混凝土表面设置预埋筋或凿毛,增强黏结力。另外,黏土填充需避开雨天施工,施工过程中做好防雨措施,防止雨水冲刷导致黏土流失或含水率超标。填充完成后,需及时铺设保护层,避免阳光暴晒导致干裂。

4.4 围堰的加固与拆除

围堰的加固与拆除是施工后期的重要环节,加固可增强围堰稳定性,应对复杂工况;拆除则需确保安全环保,避免影响主体工程和生态环境。围堰加固需根据实际工况选择合适的方法,当围堰变形较大时,可采用增设支撑的方式,如钢板桩围堰可增加内支撑数量,减

小桩体变形;当渗漏超标时,可采用灌浆堵漏,通过高压喷射注浆形成防渗帷幕,或在迎水面铺设土工膜防渗;当遭遇流冰撞击时,可在迎水面设置防冰棱体,采用钢管或型钢焊接而成,抵御流冰冲击;加固施工需遵循“及时、有效、最小干扰”的原则,发现问题立即处理,避免险情扩大。同时,需加强加固后的监测,确保加固效果,如监测围堰位移、沉降和渗流量,直至各项指标稳定;围堰拆除需在主体工程具备挡水能力后进行,拆除顺序应遵循“自上而下、先非承重后承重”的原则,土石围堰采用分层开挖拆除,混凝土围堰采用机械破碎或爆破拆除,钢板桩围堰采用拔桩机逐根拔除。拆除施工需做好安全防护,设置警示标志,严禁无关人员进入作业区;爆破拆除需制定专项方案,控制爆破振动和飞石,避免影响周边建筑物。同时,需注重环保,拆除的土石材料可用于场地平整或回填,钢板桩、钢管等可回收复用,建筑垃圾需集中处理,不得随意堆放或排入水体;拆除完成后,需清理河道,恢复河道行洪断面,对施工区域进行生态修复,如种植水生植物、恢复植被,改善水体环境。

结束语

综上所述,围堰技术在水利工程施工中发挥着至关重要的作用。随着水利工程建设规模的扩大和施工要求的提高,围堰技术的应用也需不断创新和完善。通过科学合理的围堰选型与设计,严格的施工质量控制和有效的加固与拆除措施,可以确保围堰在施工期间的安全稳定,为水利工程的顺利建设提供有力保障。未来,水利施工围堰技术将继续向着高效化、快速化、环保化的方向发展,以适应新时代水利工程建设的需求。

参考文献

- [1]于承霖.水利施工围堰技术应用分析[J].城镇建设,2024(15):238-240.
- [2]秦鑫宇.水利施工围堰技术应用分析[J].城市建设理论(电子版),2023(29):213-215.
- [3]余深美.水利工程施工导流及围堰技术应用分析[J].建筑·建材·装饰,2024(14):106-108.
- [4]张功印.水利工程中跨河桥梁施工导流和围堰技术应用分析[J].安徽建筑,2025,32(8):150-153.