

钢围堰在深水桥梁施工中的应用与优化

秦永科

中国五冶集团有限公司 四川 成都 610063

摘要: 本文系统研究了钢围堰在深水桥梁施工中的应用现状、关键技术及未来发展趋势。通过分析国内外典型工程案例,探讨了钢围堰在深水环境中的技术特点与适用条件。钢围堰技术在深水桥梁施工中具有显著优势,但仍面临施工精度控制、防渗性能优化等技术挑战。文章提出了包括新型复合材料应用、智能监测系统集成等优化路径为提升钢围堰施工效率和安全性提供了理论依据与实践指导。

关键词: 钢围堰; 深水桥梁; 施工优化

引言: 随着我国交通基础设施建设的快速发展,跨江跨海桥梁工程日益增多,深水基础施工技术面临着前所未有的挑战。钢围堰作为深水桥梁基础施工的关键技术之一^[1],其应用效果直接影响工程质量和施工安全。本文基于国内外工程实践经验,深入分析钢围堰技术在深水桥梁施工中的应用现状,探讨其关键技术创新与优化路径,以期对相关工程实践提供参考。

1 钢围堰在深水桥梁施工中的应用现状

1.1 国内外钢围堰应用案例对比

国内外钢围堰的应用案例展现了不同的技术特点和发展趋势。钢围堰具有较高的结构强度和刚度,能够有效地抵抗水流冲击和波浪作用,确保施工环境的稳定性^[2]。国外发达国家在深水桥梁施工中较早采用钢围堰技术,积累了丰富的工程经验。以某海峡大桥为例,该大桥采用大型钢围堰进行基础施工,围堰直径达到几十米创造了世界纪录。其施工过程中采用了模块化设计、智能化施工等先进技术,在深水条件下,钢围堰的设计需要充分考虑水文条件、地质条件和施工荷载等因素,优化结构形式和构造细节,确保施工安全^[3]。提高了施工效率和质量。

相比之下我国钢围堰技术起步较晚,但发展迅速。在大桥等重大工程中,我国自主研发的钢围堰技术取得了突破性进展。通过技术创新和工艺优化,实现了超大型钢围堰的设计制造和施工安装,推动了深水桥梁施工技术的进步。然而与国外先进水平相比,我国在智能化施工、新材料应用等方面仍存在差距需要进一步加强技术研发和创新。

1.2 钢围堰的适用范围与施工效果

国内外钢围堰的应用案例展现了不同的技术特点和发展趋势。国外发达国家在深水桥梁施工中较早采用钢

围堰技术,积累了丰富的工程经验。以某海峡大桥为例,该大桥采用大型钢围堰进行基础施工,围堰直径达到几十米创造了世界纪录。其施工过程中采用了模块化设计、智能化施工等先进技术,显著提高了施工效率和质量。某国在大桥改建工程中采用了创新型双壁钢围堰,有效解决了深水软土地基施工难题。

相比之下我国钢围堰技术起步较晚,但发展迅速。在大桥等重大工程中,我国自主研发的钢围堰技术取得了突破性进展。通过技术创新和工艺优化,实现了超大型钢围堰的设计制造和施工安装,推动了深水桥梁施工技术的进步。然而与国外先进水平相比,我国在智能化施工、新材料应用等方面仍存在差距需要进一步加强技术研发和创新。

1.3 钢围堰的适用范围与施工效果

钢围堰在深水桥梁施工中具有广泛的适用范围,其施工效果受多种因素影响。从水深条件看,钢围堰适用于水深的深水5-20m的深水环境,超过此范围需要采用特殊的设计和施工措施。地质条件方面,钢围堰适用于各类地质条件,但在软土地基上需要采取加固措施,确保围堰稳定性。水文条件是影响钢围堰施工效果的重要因素,在强流急涌区域,需要优化围堰结构形式和止水措施。

施工季节的选择也很重要,应避开台风、洪水等恶劣天气。钢围堰的施工效果主要体现在工程质量、施工周期和经济效益等方面。通过合理的设计和施工,可以确保基础工程质量,缩短施工工期,降低工程成本。钢围堰技术在深水桥梁施工中具有显著的技术经济优势,是确保工程质量和施工安全的重要保障。

2 钢围堰施工中的关键技术与创新

2.1 深水施工中的技术挑战与应对

首要挑战是水深条件下的定位安装难度大,水流影响和能见度低给施工操作带来困难。为此需要采用GPS定

作者简介: 秦永科,男,1981.9月出生,汉族,本科学历,高级工程师,研究方向是路桥专业。

位系统和水下定位装置,结合声呐探测技术,实现精确定位。第二是围堰止水性能的保证,水压随深度增加,对止水系统提出更高要求。应采用多道止水设计,比如有采用钢板桩与钢管桩组合的多重止水体系;在围堰与钢板桩接缝处设置高压注浆;在围堰内侧设置土工膜防渗帷幕;在关键接缝处增设遇水膨胀止水条;并在围堰底部设置水下混凝土止水平台等多重防护措施,形成完整的止水屏障,优化止水材料和构造,确保围堰干燥。

第三是深水环境下的结构稳定性控制,需要考虑波浪、潮流等水动力作用。通过优化围堰结构形式,通过优化围堰结构形式,采用双壁钢围堰结构并在壁间填充砂石料,增强整体刚度;设置多层环向加劲肋提高抗变形能力;布置多排预应力锚索系统,包括垂直锚固和斜向锚固,锚固端需延伸至稳定基岩层;同时在围堰外侧设置消浪块和防冲刷保护以增强结构稳定性。第四是施工安全风险控制,深水作业危险性大,需要建立完善的安全保障体系,主要采取措施如下:设立专职安全管理人员进行24小时现场监督;配备专业潜水员和救生设备;定期开展应急演练,提高应急处置能力;实施气象监测预警机制,在恶劣天气及时停工;严格执行深水作业人员持证上岗制度;建立详细的安全检查清单,对设备、工具进行每日检查维护。施工过程中还面临着环境保护、施工监测等多方面的挑战。通过技术创新和管理优化,建立系统的应对策略,确保深水施工的安全和质量。

2.2 钢围堰施工中的技术创新与优化

在设计层面通过引入参数驱动的特征建模和参数化族库设计方法提升设计效率和精确度。这包括运用参数约束关系、可变尺寸控制以及设计意图驱动的建模技术,使设计元素之间保持智能关联,在修改时能够自动更新和调整。设计方法提升设计效率和精确度,运用三维建模技术实现结构优化和节点设计,同时采用有限元分析方法对围堰结构进行全方位力学性能评估为优化设计提供科学依据。设计过程中充分考虑水文地质条件、施工环境特征和施工荷载影响,优化围堰断面形式和构造细节,确保结构安全性和施工可行性。在材料应用方面,通过研发高强度、高韧性、耐腐蚀的特种钢材,比如有双相钢、马氏体不锈钢和超高强度钢等特种钢材,提升围堰结构的整体性能和使用寿命。同时开发新型止水材料如膨润土-聚合物复合垫、纳米改性沥青)和防腐涂层(如环氧富锌底漆、聚脲弹性涂料),提高围堰的防渗性能和耐久性。在材料选择上,优先采用可降解高分子材料和天然矿物材料,确保围堰建设过程中的环保性;同时通过材料改性和回收技术研究,实现建筑废料

的循环再利用。)和防腐涂层,提高围堰的防渗性能和耐久性并注重材料的环保性和可循环利用性。在连接技术方面,创新焊接工艺和质量控制方法,确保接头质量满足深水环境下的使用要求。通过优化围堰构件的标准化设计,提高工厂化预制水平,为现场施工质量控制奠定基础。

在施工工艺层面通过开发智能化施工设备和控制系统,提高围堰安装精度和施工效率。优化沉放工艺和定位方法(设置多点激光定位基准,建立三维坐标控制网;运用水下声学定位系统,实现水下部件的精确定位;配备ROV水下机器人辅助定位和检查,确保接头处安装质量),确保围堰安装位置和垂直度满足设计要求。创新止水施工技术,采用防、截、堵、排四道防线的止水设计:包括外围帷幕注浆加固、混凝土防水墙、柔性防水层以及内部排水系统。在材料选用上,运用改性聚氨酯注浆材料、膨润土防水毯、自愈合防水混凝土以及TPO防水卷材等新型防水材料。提高围堰的整体防渗性能。在施工过程中应该建立健全质量控制体系,强化关键工序的质量控制和检测手段,确保施工质量持续稳定。通过建立围堰施工的数字化管理平台,实时监控围堰结构变形、渗流压力、水位变化和止水体系完整性等关键参数,并对围堰沉降量、水压力分布、渗透量等施工数据进行分析,为围堰稳定性评估和施工工序优化提供决策支持。加强施工工艺标准化研究,完善施工技术规程,推广先进施工工艺,提高施工的规范化水平。同时注重施工安全风险防控,建立完善的应急处置预案,确保深水环境下施工作业的安全可靠。通过技术创新和工艺优化,不断提升钢围堰施工的技术水平和工程质量,推动深水桥梁施工技术的持续发展。

2.3 高效施工方法与钢围堰技术结合

在施工组织层面通过科学编制施工方案,合理划分施工区段,优化施工工序衔接,实现资源配置的最优化,比如可以采用流水施工方法,科学安排各工序之间的施工节奏,减少工序间相互干扰,提高施工连续性。针对深水环境特点优化施工平台布置和施工设备配置,建立完善的物料供应体系和垂直运输系统,确保施工资源及时到位。在机械化施工方面应该配置适应深水施工特点的专用设备,包括GPS定位系统导航挖泥船、液压抓斗式挖泥船、大型旋挖钻机、深水沉管安装设备以及水下测量声呐等专业设备,提高作业效率和施工质量;建立科学的设备管理制度,做好设备维护保养,确保设备性能稳定可靠。通过信息化技术的应用,实现施工过程的精细化管理和智能化控制,提高施工的整体效率。

在钢围堰深水桥梁施工管理层面,建立以四控制、两管理为核心的标准化施工管理体系:通过围堰定位误差控制、水下安装精度控制、围堰沉放垂直度控制和止水质量控制,配合系统化的应急预案管理和质量验收管理,形成完整的施工操作规范和技术标准,提升深水围堰施工的规范化和精细化水平。强化施工质量管理,建立全过程质量控制体系,落实质量责任制,确保各项技术措施有效实施;加强施工进度管理,通过科学的进度计划和控制措施,确保工程按期完工;注重施工成本控制,通过优化施工方案和资源配置,降低施工成本;建立完善的安全管理体系,加强安全教育培训,落实安全防护措施,确保施工安全。通过技术创新和管理优化,推动钢围堰施工向机械化、智能化、标准化方向发展,不断提高施工效率和质量水平。同时加强施工人员培训,提高操作技能和安全意识为高效施工提供人才保障。通过高效施工方法与钢围堰技术的深度融合,实现施工效率和工程质量的同步提升为深水桥梁工程建设提供有力支撑。

3 钢围堰技术的优化与发展前景

3.1 钢围堰设计与施工的优化路径

在设计阶段应着重考虑围堰结构的整体性能,包括承载能力、抗变形性能、止水性能和施工适应性等多方面,通过系统分析和数值模拟,优化结构构造和受力体系。围堰结构设计应充分考虑深水环境下的各种复杂工况,包括静水压力、动水压力、波浪荷载、温度应力等各种影响因素,采用合理的计算模型和分析方法,确定关键构造参数。同时围堰设计还需要重点关注节点构造和连接方式的优化,确保结构整体性和施工可行性。设计优化过程中应充分运用现代化设计手段和分析工具,建立精确的力学模型,开展全方位的性能评估和优化分析。围堰结构的模块化设计是提高施工效率的重要途径,需要在保证结构安全的前提下,合理划分结构单元,优化连接节点便于工厂化制造和现场安装。围堰设计还需要考虑施工工艺和设备条件的限制,确保设计方案的可实施性。

3.2 新型材料与施工工艺的创新

材料创新应着重提高钢材的性能指标,包括强度、韧性、耐腐蚀性和耐久性等方面,通过材料成分优化和

热处理工艺改进,提升材料整体性能。高性能钢材的应用可以显著提高围堰结构的承载能力和使用寿命,减少维护成本。新型止水材料的研发对提高围堰防水性能具有重要作用,需要从材料配方和性能优化入手,提高止水材料的适应性和可靠性。复合材料的应用为围堰结构带来新的发展机遇,通过不同材料的优势互补可以实现结构性能的全面提升。新型防腐材料的研发和应用可以有效解决深水环境下的腐蚀问题,延长结构使用寿命。材料创新还需要注重环保性能,开发绿色环保型材料,减少对环境的影响。新型材料的应用研究需要建立完善的性能评价体系,通过系统的试验研究和工程验证,确保材料性能满足工程要求。

3.3 钢围堰技术的未来发展趋势

在智能化方面应当加强信息技术应用,实现施工全过程智能控制。发展智能监测系统,提高安全管理水平;在标准化方面需要完善技术标准体系,推广标准化施工。建立质量评价体系,提高工程质量;在绿色化方面应该发展环保施工技术,减少环境影响,采用可循环材料,促进可持续发展。通过把握发展趋势以此引领钢围堰技术创新,推动深水桥梁施工技术进步。

结论:钢围堰技术在深水桥梁施工中具有独特优势,但仍面临诸多技术挑战;通过持续创新和优化可以不断地提升施工效率和质量;未来发展应重点关注智能化、标准化和绿色化发展方向,推动技术进步。随着桥梁工程向深水化、大型化发展的趋势日益明显,钢围堰施工技术创新显得尤为重要。钢围堰施工技术不仅要注重在围堰设计、深水安装、水下焊接等方面的创新,更要着力提升解决深水复杂地质、极端水文条件下施工难题的创新能力和推动钢围堰施工技术在桥梁工程领域的持续创新发展。

参考文献

- [1]李昭典.桥梁深水承台锁扣钢管桩围堰施工技术[J].设备管理与维修,2024(12):161-163.
- [2]赵立杰.公路桥梁深水钢板桩围堰先支后抽施工技术[J].交通世界,2024(15):177-179.
- [3]郝伟,宋宁宁,李晓钟.基于集对可拓理论的桥梁深水基础钢板桩围堰安全性评估[J].安全与环境工程,2023,30(4):1-8.