

桥梁防撞设施模块化施工技术 with 快速安装工艺研究与应用

刘 建

沈阳三鑫集团有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘 要: 随着交通流量的不断增长,桥梁安全问题愈发受到重视。桥梁防撞设施对于保障桥梁结构及过往船舶、车辆安全具有关键作用。本文深入研究桥梁防撞设施模块化施工技术与快速安装工艺,分析其技术特点、优势以及在不同场景下的应用效果,阐述该技术如何提高施工效率、降低维护成本,为桥梁防撞设施的建设提供有效的解决方案。

关键词: 桥梁防撞设施;模块化施工技术;快速安装工艺;应用

1 引言

桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其安全性直接关系到人民生命财产安全和交通运输的顺畅。船舶撞击和车辆碰撞是桥梁面临的常见安全隐患,设置防撞设施是减少此类事故损失的有效措施。传统的桥梁防撞设施在施工过程中往往存在安装周期长、协调难度大、维护更换不便等问题。模块化施工技术与快速安装工艺的出现,为解决这些问题提供了新的途径,具有重要的工程意义和实用价值。

2 桥梁防撞设施概述

桥梁防撞设施的主要作用是吸收和分散船舶或车辆撞击能量,降低对桥梁结构的冲击力,保护桥梁结构安全。目前常见的桥梁防撞设施主要包括柔性防撞设施(如橡胶护舷、浮式防撞装置等)和刚性防撞设施(如钢筋混凝土防撞墙、钢结构防撞护栏等)。柔性防撞设施具有良好的缓冲性能,能有效减少撞击力的峰值,但对船舶或车辆的反弹力相对较大;刚性防撞设施相对坚固耐用,能承受较大的撞击力,但缓冲性能较差。不同类型的防撞设施适用于不同的桥梁环境和使用要求。

3 桥梁防撞设施模块化施工技术

3.1 模块设计原则

桥梁防撞设施模块化施工首先需遵循模块设计的合理性。模块应具有标准化的尺寸和接口,以便于生产制造、运输和安装。不同类型的防撞模块根据其功能特点进行细分设计,例如柔性防撞模块着重考虑缓冲性能和柔韧性,其内部结构设计采用多层吸能材料组合,各层之间通过特定连接方式,既能保证在吸收能量时各司其职,又能整体协同工作。刚性防撞模块则注重自身强度和稳定性,在模块设计中,其外形尺寸和内部钢筋布置经过精确计算和优化,与桥梁结构实现良好匹配^[1]。同时,模块之间的连接方式设计要简便且牢固,确保整个防撞设

施系统在长期使用过程中不会出现松动或分离现象。

3.2 模块生产与制造

在生产过程中,采用先进的生产工艺和设备以保证模块质量。对于柔性防撞模块的吸能材料生产,严格控制材料的配比和密度,采用自动化生产线确保每一层吸能材料的性能均匀一致。模块外壳采用高精度模具加工,保证尺寸精度和表面平整度。刚性防撞模块的生产涉及到混凝土浇筑和钢结构制作。混凝土原材料经过严格筛选和配比设计,确保混凝土强度和耐久性满足设计要求。在浇筑过程中,采用分层浇筑和振捣技术,保证混凝土密实度。钢结构部分则在专业车间进行切割、焊接和表面处理,采用先进的焊接工艺确保焊缝质量,表面进行防腐处理以延长使用寿命。

3.3 模块运输与储存

模块运输过程中,需采取有效的保护措施,防止模块在运输途中受到损坏。柔性防撞模块因其相对脆弱,采用专门的包装箱进行包装,并在内部填充缓冲材料,以减少运输过程中的震动和碰撞对其的影响。刚性防撞模块则在运输时使用大型平板车,通过合理固定防止模块滑动或倾倒。在储存方面,要依据模块类型和环境要求进行分类存放。柔性防撞模块需存放在干燥、通风的仓库内,避免阳光直射和潮湿环境;刚性防撞模块则可根据空间和场地条件进行露天或室内存放,但对存放场地地面要求平整且有足够承载力,防止模块变形。

4 桥梁防撞设施快速安装工艺

4.1 安装前的准备工作

在进行桥梁防撞设施安装前,需要完成一系列准备工作。首先要对桥梁结构和安装现场进行详细勘察,测量桥梁的关键尺寸和参数,确定防撞设施的安装位置和精度要求。根据设计方案和现场勘察结果,对模块进行预组装和编号,确保在安装过程中能快速准确地找到

对应模块。同时,准备必要的安装设备和材料,如起重机、螺栓、密封胶等,并对安装人员进行技术交底和安全生产培训,使其熟悉安装流程和安全注意事项^[2]。

4.2 快速安装流程

在桥梁防撞设施的快速安装过程中,需严格遵循“基础处理→模块吊装定位→模块连接→系统调试与检测”的标准化流程,确保施工高效性与质量可靠性。首先,对需设置基础的刚性防撞墙模块,依据设计图纸实施基础施工。根据桥梁承载力、地质条件及防撞设施受力特性,科学配置钢筋、模板及混凝土浇筑工艺,确保基础强度与稳定性。基础完工后,采用激光平整仪与水准仪对基础顶面进行高精度整平,通过砂层找平与混凝土二次浇筑工艺,使顶面平整度误差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内,满足后续模块精准安装需求。随后进入模块吊装定位阶段,依托大型履带式起重机或轮胎式起重机,依据模块预编号与BIM数字化定位系统,逐块吊运至设计坐标点。在吊装过程中,通过预设模块预设孔位的定位装置(如定位销钉、导向套)与现场标靶标记相配合,实现三维空间位置的毫米级校准;同时,采用四组钢丝绳风索配合电动绞盘进行动态稳定控制,确保模块在起吊、平移及垂直降落过程中的姿态稳定,避免因风力或惯性晃动引发的安装偏差^[3]。模块就位后,随即开展模块间连接作业。柔性防撞模块采用M24高强度螺栓串联配合同心橡胶密封件实现柔性铰接,螺栓预紧力通过扭矩扳手校核,误差控制在 $\pm 5\%$ 以内,确保节点抗疲劳性能;刚性防撞模块(如钢混复合结构)则通过坡口焊或摩擦型高强螺栓群连接,焊接部位执行双面坡口熔透焊工艺并实施100%超声波探伤检测,高强螺栓施拧遵循“初拧→复拧→终拧”三级流程,终拧力矩偏差严格限制在规范允许范围内(通常为设计值的 $\pm 8\%$),以此平衡结构刚度与抗震要求。最后,完成系统调试与全要素检测。通过液压加载装置模拟不同等级的船舶撞击工况,验证模块间连接节点的受力传递路径合理性,并利用激光位移传感器与应变计实时监测结构变形量与应力集中区域;对橡胶护舷及缓冲耗能材料的压缩回弹性能进行抽样检测,确保吸能系数达标。综合运用红外成像仪排查密封性缺陷,结合无人机三维扫描比对实际安装形态与BIM模型的一致性,最终形成涵盖静态刚度、动态响应及耐久性的完整性能评估报告,确保防撞设施完全契合设计标准及运营安全要求。此流程通过模块化组装与智能化检测的双重保障,有效缩短了现场施工周期,实现高效、精准的绿色建造目标。

4.3 安装质量控制与安全管理

(1) 质量控制:建立严格的质量控制体系,对安装过程中的每个环节进行质量检查和验收。在模块生产过程中,按照质量标准对原材料和成品进行检验;在安装现场,对每个模块的安装质量进行实时监测,包括位置精度、连接强度等。对不符合质量要求的环节,及时进行整改,直至达到标准。

(2) 安全管理:安装作业属于高空作业和大型设备操作,安全风险较高。制定详细的安全管理制度,配备专业的安全管理人员,对安装现场进行全程安全监督。安装人员必须佩戴安全带、安全帽等防护用品,在起重作业范围内设置警戒区域,严禁无关人员进入。对大型设备的操作和电气设备的安装严格遵守安全操作规程,确保安装过程安全无事故。

5 模块化施工技术与快速安装工艺的优势与应用效果

5.1 提高施工效率

模块化施工技术与快速安装工艺彻底革新了传统桥梁防撞设施的安装流程,使整个施工过程实现高度标准化与精细化管控。通过BIM技术与数字化预拼装技术,所有防撞模块均在工厂预制生产,其规格尺寸精确至毫米级,并通过智能检测流水线对焊接质量、防腐涂层附着等关键指标实施全数检验。现场施工阶段,依托模块化编号系统和三维定位导航技术,每个模块的安装误差可控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。相较于传统现浇或现场切割拼装工艺,工效提升40%以上,尤其针对大型桥梁工程,总安装周期可从传统工艺的60天压缩至30天以内^[4]。此外,模块化安装可实现多作业面并行施工,通过预制产能与现场安装节奏的精准匹配,显著缩短工期进度偏差,同时降低因天气等因素导致的施工延误风险,综合效率提升幅度达30%-50%,为缩短桥梁整体建设周期创造了显著优势。

5.2 降低施工成本

由于模块在工厂内集中生产,可实现规模化生产,降低生产成本。同时,快速安装工艺减少了现场施工设备和人力的投入,降低了施工过程中的管理成本和安全风险。整体而言,可降低10%-20%的施工成本。

5.3 提升防撞设施性能

模块之间的连接紧密且标准化,能够保证整个防撞设施系统的一体性和稳定性。先进的生产工艺和材料保证了防撞设施的缓冲吸能效果和结构强度,提高了对桥梁的保护能力。

5.4 便于维护与更换

模块化的设计使得在防撞设施出现损坏时,能够快速定位并更换损坏的模块,无需对整个防撞设施进行大规模拆除和重建。降低了维护成本和难度,提高了防撞

设施的使用寿命和可靠性。

表1 模块化与传统防撞设施性能对比表

对比维度	传统防撞设施	模块化防撞设施	优势说明
连接紧密度	一般，存在一定缝隙	紧密且标准化，缝隙率 ≤ 2%	保证系统一体性和稳定性
缓冲吸能效果	吸能系数约0.3-0.4	吸能系数达0.5-0.6	先进工艺和材料提升保护能力
结构强度	抗冲击能力相对较弱	抗冲击能力提升30%-50%	先进工艺和材料提升保护能力
系统稳定性	受环境等因素影响较大	稳定性提升，受环境影响降低40%-60%	保证系统一体性和稳定性

6 结论

桥梁防撞设施模块化施工技术与快速安装工艺在现代桥梁工程建设中具有显著的优势和广阔的应用前景。通过合理的模块设计、标准化的生产制造以及科学的安装工艺，能够提高施工效率、降低成本、提升防撞设施性能，并便于后期的维护与更换。随着科技的不断进步，该技术将不断完善和优化，为保障桥梁安全运行和交通的顺畅发挥更大的作用。未来，还可进一步探索将智能化监测系统与该技术相结合，实现对防撞设施的实时监测和预警，提升桥梁防撞的智能化水平。

参考文献

[1]余鸿,贾小龙,张俊立.大型通航桥梁防撞设施的设计及分析[J].公路,2024,69(03):165-170.

[2]张兴志,夏雪,季乐乐,张可成.大型跨海桥梁防撞设施设计与施工技术[J].上海船舶运输科学研究所学报,2021,44(01):6-10.

[3]汪银根.通航桥梁抗撞能力评估及防撞设施方案选择[J].福建建材,2020,(11):65-67.

[4]李才志,付欧阳.上海内河跨航道桥梁防撞设施分析[J].水运工程,2017,(11):141-145.