

# 基于深度学习和传感技术的航道桥墩防护及船撞自动预警装置

张永康, 孙涛, 乔通

(郑州大学, 河南 郑州 450001)

**摘要** 为了减少国内航运桥梁撞击事件的发生、降低船撞事故的损伤、提高船撞事故抢救的时效性, 本项目基于深度学习和超声传感技术设计研发了桥墩保护及船撞自动预警装置。该装置通过在桥墩上安装视频采集装置, 全天候采集存储航道过流船只及桥墩周围风险因素; 结合深度学习卷积神经网络算法, 对桥墩周边船只进行识别和判断; 当发生船只撞击桥墩事件时, 首先接触防撞柱桶, 防撞柱桶可绕中心轴转动, 在抵消一部分压力的同时, 让船只继续靠着护栏向前与护栏保持滚动接触摩擦, 降低船体和桥墩的损伤。防撞栏中的圆柱形空心桶采用新型聚氨酯高聚物防护材料, 该材料可以削减船撞时的冲击力。

**关键词** 卷积神经网络; 传感器; 自动预警; 航道; 桥墩保护装置

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)09-0013-03

## 1 研究背景

随着经济建设的迅速发展, 我国交通运输行业蓬勃发展, 兴建了大量跨江、跨河的桥梁, 一方面给人们的生活带来了便利, 另一方面也带来了一些安全隐患。同时随着航运业的快速发展, 船舶种类日益增多, 船桥碰撞事故也在不断增加。虽然船桥碰撞属于小概率事件, 但是船只和桥墩一旦发生碰撞, 就会导致水运交通瘫痪和人民生命财产的重大损失等诸多严重的后果。因此, 确定船舶撞击力以及其防撞装置的防撞性能, 一直成为许多专家关注的问题<sup>[1]</sup>。研究驳船和散装货轮撞击力的变化规律可以发现, 船首几何形状和内部构造不同对撞击力有较大影响。冒一峰等知名学者结合工程实例提出了船桥碰撞过程中复合材料防撞系统的设计理念, 能够有效保护桥墩安全<sup>[2]</sup>。近年来, 钢结构防撞装置的桥墩防撞装置已经应用到了大型桥梁的基础防撞当中, 但该装置的材料以及结构特性决定一旦发生了撞击, 其结构必定会发生塑性形变, 因此需要不断进行后期维修工作, 而且钢结构具有较大刚度, 碰撞过程中吸收能量作用小, 难以保证船舶安全。部分新型防撞设施的设计思路中也仅局限于被动撞击保护, 而我们所研究的新型桥墩防撞栏, 融入卷积神经网络的轮船识别技术判断船只的电子警报系统和传感器系统, 该系统能够在撞击事件发生前对船舶予以警报, 提前做出预防措施来降低损失。

基于深度学习和先进传感技术的新型桥墩防撞栏具有降低船舶与桥墩损害的功能, 并且能够美化桥梁建筑。目前已经大量投入应用的桥墩防护栏为钢套箱防护栏, 然而, 现有的桥墩防撞栏装置存在安装步骤复杂、安装不牢固等问题, 这些问题会大大降低防撞栏的防护效果。此外, 由于各方面对防撞栏的侵蚀导致的风化腐蚀, 使得防撞栏的耐久性降低。因此, 在发生意外事故时, 提供的防护效果很有限, 存在严重的安全隐患。为了解决这些问题, 我们正在研究一种以聚氨酯高聚物为外裹的涂料。这种涂料可以增强防撞栏的抗震性能, 提高防撞栏的抗腐蚀性能的同时几乎不对环境产生任何影响。通过使用这种涂料, 我们希望在削弱巨大航运交通事故的破坏力、减小航运事故带来莫大的财产损失的同时提高防撞栏的抗冲击性能, 并提高其环境保护能力。未来, 我们计划将成熟的预警预报系统融入国家交通应急响应系统, 以提高交通事故救援的实用性和时效性, 最大程度地保护人民的生命财产安全。

## 2 设计原理

我们设计了一种基于深度学习和先进传感技术的新型桥墩防撞栏, 它包括防撞栏本体、聚氨酯外裹涂料、计算机视觉模块、太阳能电池板、超声波测距、报警器、连接结构、卡槽、滑槽和缓冲装置。该系统的作用是在桥墩上安装视频采集系统, 全天候监测航道中的船

只和其他危险因素,并通过运行YOLOv5卷积神经网络对船只进行视觉识别和判断,若有船只经过,则提前进入预警状态。预警系统实时检测船只与桥墩的距离,并综合考虑船只的速度、行进方向和距离等因素来判断是否会发生撞击。当船只撞击防撞栏时,首先接触到防撞柱桶。该柱桶可以绕中心轴转动,从而抵消一部分压力,并让船舶继续靠着护栏向前滚动摩擦,减少对船体的损伤。同时,防撞栏中安装的压力感应器可以采集压力数据,并通过智能分析判断事故情况,并立即通知相关部门进行救援,以最大限度地争取急救时间,减少伤亡。

该防撞栏采用了新型高分子材料聚氨酯(PU)作为中间圆柱形空心桶的材料,旨在尽可能减少撞击对桥墩的冲击力。为了增加缓冲性能,我们在桶的夹层内添加了弹簧或其他具有良好缓冲性能的材料,并在桶与支撑钢柱的接触面上安装了压力传感器,用于感知压力大小。通过使用这种新型桥墩防撞栏装置,高速公路的管理水平得到了显著提高,交通事故发生率也大大降低,从而最大限度地保障了交通运输的安全畅通。这一成果实现了交通运输高速、高效、智能和高管理水平的目标。基于当前深度学习算法技术和先进传感技术的人机交互、万物互联以及识别技术的特点,本研究提出了一种基于深度学习和先进传感技术的新型桥墩防撞栏优化模型。该模型旨在设立一个综合性装置,能够在船舶-桥墩撞击发生之前发出警报,并在撞击发生后减少损害,并及时有效地通报给相关部门进行处理。这一研究属于水路交通科学技术领域。

同时该装置也加上基于卷积神经网络船舶识别技术的计算机视觉系统,电子警报系统和传感器系统。通过平台不断采集桥墩周围环境并运行YOLOv5卷积神经网络判断船只,并接入计算机非线性有元化程序作为警报系统,在减少船舶损伤以及人员财产伤害的同时及时通过互联网道路系统发出警报和求救信号,减轻我国水上交通的公共交通事故损害。通过使用定制的PU高分子材料,增加了物理性能和防撞特性。防撞栏的核心是可旋转的外围结构,在碰撞过程中能够降低冲击力的大小,无论是对于高速运行的船只还是对于超载船只的碰撞均具有泄力消能的能力,从而对船只和桥梁进行了全方面的保护,保障了社会公共安全和桥梁的使用寿命。

计算机视觉识别模块采用基于深度学习卷积神经网络的轮船检测算法,常见目标检测模型有AlexNet、

VGG、Inception、ResNet、MobileNet、DenseNet等。本项目具体使用的是YOLOv5检测算法,其主要特点是速度快、准确率高,可以在较短时间内对图像中的多个物体进行检测。为保证良好的阅读体验,该算法的核心原理是将图像分成若干个网格,每个网格预测出若下个检测框,并对其进行分类和定位。这种分割方式使得算法能够快速处理大量图像数据,并且在保证准确率的同时减少了计算量。YOLOv5网络结构可以高准确率快速检测,同时具有一定鲁棒性,可适用于实时目标检测<sup>[3]</sup>。首先输入图像视频进行判定是否为轮船,通过对训练集数据不断迭代进行训练、学习,调整网络模型参数,保存模型最优权重文件,通过网络模型推理预测最终实现轮船的检测任务。

该装置的防撞结构设计为外层钢套箱组成的钢板,内部填充PU材料,并涂有聚氨酯高聚物涂料。创新地采用旋转式物理结构,增强了抗震性能和化学抗腐蚀性能。在恶劣天气和高盐海水环境中仍能保持良好的物理化学性能。本项目采用太阳能电池板提供可靠的能源供应,通过自主控制装置调节太阳能电池板输出功率,实现能源高效利用。节省下来的电能可用于交通基础设施的路灯照明等。每个防撞栏都配备信息传输装置和视觉识别警报器。信息传输装置可将事故详情通过交通网络发送给交通部门或医院救急部门。视觉识别警报器会在船舶靠近时发出警报。

该装置通过基于卷积神经网络和计算机视觉识别的电子警报系统和压感系统,实现了智能识别船舶并在危险范围内发出碰撞警告的主动防撞系统。当碰撞发生后,压感系统将收集详细的碰撞区域受力数据汇总于人机交互界面形成可观的受损分析,同时向河务局和消防部门等有关部门予以警报,便于及时开展相关部门的救助援助。主动防撞系统设有基于数据库的船舶识别系统,当有物体处于危险范围内,会先通过摄像头进行识别,识别为船舶后才会发出警报,因此该系统具有一定的防误判能力。为解决传统钢套箱结构护栏施工中的拼缝多和线性不平顺问题,我们通过某高架桥桥墩防撞栏工程案例,论述了护栏整体移模施工技术。该技术包括模板系统和电动模板车系统的构成,以及模板移动就位、模板调整等施工操作要点。同时总结了护栏钢筋及预埋件施工、混凝土施工、脱模施工和养生施工技术要点。研究结果表明,桥墩防撞护栏整体移模施工技术显著提高了施工效率和安全性,并可为后续同类工程施工提供借鉴。每个圆柱桶

内都安装有压力装置。

该装置创新性地加入超声波测速装置, 确定是否需要激发出相关警报予以船舶单位。该装置通过 AI 分析警报系统, 分析船舶预计行进方向速度以及运行轨迹判断等, 同时对大装置进行机器学习不断训练其对于船只运行轨迹的判断力从而提早出置信度, 当置信度达到一定程度可以发出警告及时发出电子警报提醒, 规避常规风险驾驶。

易知, 当钢板厚度变大时, 钢套箱的刚度随之变大, 变形能力减弱, 钢板吸收能量少, 吸能效果差; 当钢板厚度变小时, 钢套箱的刚度随之变小, 变形能力增强, 钢板吸收能量多, 吸能效果得到改善。防撞装置以钢材吸收能量为主, PU 层吸收能量占装置的吸收能量的 20% 左右。

由上述分析可知, 该装置能进行良好泄力消能作用, 对于保护船只以及减小桥梁受损具有良好预警规避和保护作用, 同时能对撞击数据进行保存。

### 3 创新特色

#### 3.1 新型防护材料与结构

PU 材料具有物理性能好, 耐曲折、柔软度好、抗拉强度大、轻质高强、快凝高膨胀, 有一定的抗撕裂强度及抗剥离强度等特征, 在工程非开挖修复和工程结构的抗震防护等方面应用广泛。该装置是由钢套箱与 PU 填充材料共同组成的复合防撞装置, 以 PU 为外裹涂料加上独特的旋转式物理结构, 大大地增强了桥墩的防护性能, 可以有效降低船撞时船体和桥墩的损伤。

#### 3.2 深度学习识别与判断

该装置通过融合卷积神经网络和机器视觉识别算法, 建立了船舶智能判别防撞预警系统, 实现了航道船舶识别及其在危险范围内主动防撞预警预报。同时, 在碰撞发生后, 感应系统将收集的详细碰撞区域受力数据汇总于人机交互界面, 形成可视化的受损分析报告, 同时向河务局和消防等有关部门予以警报和反馈, 便于及时开展相关部门的救助抢险和事故处理。

#### 3.3 先进传感技术提升

该装置创新性地加入红外测距和超声测速装置以及压力传感器, 通过数据终端, 将采集到的距离和速度数据, 结合深度学习算法, 建立智能分析警报系统, 分析船舶预计行进方向和速度等, 得到是否发生船撞事故的可能性和发生概率, 决定是否需要激发电子警报提醒、将潜在危险信息反馈给相关管理单位, 及时

规避风险、保障航运安全, 同时压力传感器在发生碰撞事故时可以准确收集撞击压力数据并及时传给用户终端, 为后期事故调查时提供数据支撑。

#### 3.4 用户终端显示

该装置后期将实现实时信息在用户终端显示的功能, 实时显示装置所处环境情况, 给桥梁管养单位、监管单位等提供实时信息, 方便其管理, 同时在发生碰撞后, 能迅速在用户终端显示报警, 便于管理者及时做出反应, 派出救援及现场保护等, 在后期, 可以向管理者准确显示各种碰撞信息如撞击前桥梁驶向、撞击速度以及撞击压力等, 使得管理者更加准确地判断事故责任等。

### 4 应用前景

在当下船舶撞击桥墩事故频繁发生的背景下, 老式钢套箱防撞护栏有着难安装、易受损、保护性能弱等缺点, 基于深度学习和先进传感技术的新型桥墩防撞栏采用高性能的聚氨酯高分子减震和缓冲材料, 与基于卷积神经网络和计算机视觉识别相结合, 建立了船撞智能识别和警报预警系统, 通过新型减震材料与提前预警功能以分别达到减轻事故破坏程度减小事故发生率, 可以降低船撞事故中桥墩、船舶的损坏, 保护相关人员的生命财产安全; 可以及时发出警报和求救信息, 减少我国水运上的公共交通事故发生, 提高事故处理效率, 同时能够保存撞击数据, 极大地利于后期事故分析以及后期保护措施改进。本团队研发的智能预警预报系统和新型船撞防护装置, 是一种新型、安全、智能、高效的水路航运保护装置。该系统和装置的研发对于船撞事故的预判预警、船撞事故中船只以及桥墩桥梁损伤降低提出了新方法和新思路, 对于保障航运安全和畅通具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 余葵, 程明, 彭炳力, 等. 白果渡嘉陵江大桥防撞装置的防撞性能研究 [J]. 水道港口, 2022, 43(06): 751-758.
- [2] 同 [1].
- [3] 黄家兴, 南新元, 张文龙, 等. 基于改进 YOLOv5 的轻量化口罩检测算法研究 [J]. 计算机仿真, 2023(05): 541-547.