



《内河桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计文件编制指南》体系框架及解读*

刘艳秋, 李 建

(安徽省交通勘察设计院有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘要: 为指导和规范内河桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计文件的编制, 从设计源头防范船撞风险, 在对国内大部分水运省份进行调研、总结的基础上, 结合大量工程经验, 编制了《内河桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计文件编制指南》, 适用于新建、改建、扩建和在役的跨越内河航道桥梁。结果表明: 指南从设计原则、设防范围、设防代表船型、防船撞设施结构及选型、助航标志及安全标志设计等方面进行规范, 提高了设计文本质量, 完善了桥梁防船撞标准体系。

关键词: 内河桥梁; 防船撞设施; 助航标志; 体系框架

中图分类号: U611

文献标志码: A 文章编号:

文章编号: 1002-4972(2025)10-0031-04

System framework and interpretation of Guidelines for Special Design Documents for Anti-ship Collision Facilities and Aids to Navigation on Inland Waterway Bridges

LIU Yanqiu, LI Jian

(Anhui Traffic Survey & Design Institute Co., Ltd., Hefei 230001, China)

Abstract: To guide and standardize the compilation of special design documents for anti-ship collision facilities and navigation aids of inland river bridges, and to prevent ship collision risks from the design source, the *Guidelines for the Preparation of Special Design Documents for Anti-Ship Collision Facilities and Navigation Aids of Inland Bridges* was compiled based on the investigation and summary of most water transport provinces in China and combined with a large number of engineering experiences. It is applicable to new, expanded and in-service bridges crossing inland river shipping routes. The results show that the guidelines standardize the design principles, protection scope, representative ship types, structure and of anti-ship collision facilities, navigation aids and safety signs, improving the quality of design texts and perfecting the standard system for bridge anti-ship collision.

Keywords: inland waterway bridge; anti-ship collision facilities; aids to navigation; system framework

水运作为综合交通运输体系的重要组成部分, 具有运能大、占地少、能耗低、污染轻、成本低的显著优势, 随着经济社会发展和发展理念提升, 水运在综合交通运输体系中的地位和作用愈发凸显。近年来, 航运、公路、铁路事业发展迅速。根据交通运输部交通运输行业发展统计公报,

2019—2023 年, 全国铁路里程增加 14.39%、公路里程增加 8.46%、公路桥梁增加 22.89%、内河航道里程增加 0.71%、内河航道船舶平均载重吨增加 32.27%, 航道上桥梁密度逐渐增大, 内河船舶大型化趋势明显, 桥梁和通行船舶之间的矛盾日趋突出, 船舶撞击桥墩的事故屡有发生。仅 2024 年上

收稿日期: 2025-01-06

*基金项目: 安徽省交通运输重点科技项目(2021-KJQD-011)

作者简介: 刘艳秋(1988—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事航道整治工程及桥梁防船撞设计工作。

半年国内外连续发生几起船撞桥事故，特别是美国巴尔的摩市和广州沥心沙大桥船舶撞桥事故，一定程度上影响了居民正常生活及国际国内物流链的畅通。

《内河通航标准》^[1]从 2004 版至 2014 版，均要求水上过河建筑物在通航水域设有墩柱时，应设置助航标志、警示标志及必要的墩柱防撞保护设施。2007 年广东九江大桥撞船引起国内关注后，国内防船舶碰撞桥梁方向的研究才得以较快发展。目前交通运输部已发布防船撞专业行业标准 2 部，JTG/T 3360-02—2020《公路桥梁抗撞设计规范》^[2]提出设防标准，明确设防船撞力计算、设防代表船型确定方法等内容，用于指导和规范公路桥梁抗撞设计。JT/T 1414—2022《公路桥梁防船撞装置通用技术条件》^[3]从被动式防船撞设施的分类、结构形式、规格、型号、技术要求等方面进行了规范。

2020 年 12 月 16 日，交通运输部、国家铁路局、国铁集团联合印发《船舶碰撞桥梁隐患治理三年行动实施方案》（交办水〔2020〕69 号），要求对 2019 年 12 月 31 日前建成投入运行的跨越内河高等级航道的各类桥梁进行隐患排查、综合治理。《交通运输部办公厅关于建立健全船舶碰撞桥梁安全风险隐患排查治理长效机制的通知》（交办水函〔2022〕1711 号）要求抓紧建立健全船舶碰撞桥梁安全风险隐患排查治理的长效机制。至此，船舶碰撞桥梁风险的关注度达到前所未有的高度。

1 指南编制背景

2020 年 9 月 16 日，中国水运建设行业协会团体标准《内河桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计文件编制指南》获立项评审通过。2021—2023 年，指南编制组对国内外重要水运省份进行调研发现，桥梁配布必要的防船撞设施及助航标志已逐渐成为共识，但现有规范、标准均未提及内河桥梁防船撞设施及助航标志配布设计编制要求，各地编制设计文本内容、深度不一，部分设计未达到防护目标及防护要求。

为指导和规范内河桥梁防船撞设施及助航标

志配布专项设计文件的编制，提高设计质量，在对现有标准规范、法律法规充分分析和理解及对现有技术充分吸纳的基础上，T/CWTCA 10034—2024《内河桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计文件编制指南》（以下简称《指南》）于 2024 年 7 月 1 日实施。

2 《指南》体系框架

2.1 适用范围

与已发布防船撞类标准规范仅适用于新建桥梁不同，该《指南》适用于新建、改建、扩建和在役的跨越内河航道的桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计文件的编制。

2.2 体系框架

《指南》从内容组织上，由 6 章和 3 个附录组成，6 章为总则、基本规定、设计说明书、附件、图纸、专题研究，3 个附录为附录 A 内河桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计文本样式、附录 B 内河桥梁防船撞设施及助航标志配布专项设计目录、附录 C 本指南用词说明。其中，第 3 章设计说明书为核心内容，包含概述、自然条件及河床演变、桥区通航条件、桥梁及构件抗船撞能力评估、防船撞设施设计、助航标志及安全标志设计、工程概算预算、结论与建议等。

2.3 重点内容解读

2.3.1 概述

概述章节中提出，除了应说明桥梁总体情况、设计标准、桥梁设计方案、桥梁通航技术参数、已有防船撞设施及助航标志设置情况等外，还应说明在河道内采取的防洪处理措施，宜包括切滩补偿、边坡护砌、退堤、堤防防渗等可能影响通航的内容。

防洪评价报告中有对桥区冲刷的计算，防洪影响处理措施中的切滩补偿、退堤等措施可能会使本来不在通航水域中的桥墩处于船舶可达范围，存在船撞的风险。国内曾出现过由于未搜集防洪处理措施方面的资料，造成未对切滩后位于通航水域的桥墩进行防护的设计案例，故设计概述部

分应尽可能全面搜集影响桥区通航环境的因素并进行分析。

2.3.2 自然条件与河床演变

目前,桥梁防船撞设施设计并无明确的开展资质要求。非通航单位承担设计任务时,往往容易忽略对河床演变分析。JT/T 1414—2022《公路桥梁防船撞装置通用技术条件》第 5.1.1 条规定,在正常设计、生产、安装、运营和养护条件下,防船撞设施的设计使用年限不低于 15 a。故专项设计应搜集河演资料,并分析是否存在可能导致通航水域变化的因素^[4]。

2.3.3 桥区通航条件

除航道、港口现状与规划外,应重视对船舶资料的搜集,如船舶流量、载重吨分布、船型统计、船舶尺度、船舶航路航线等。该部分内容调研不充分可能造成船撞风险分析结论不准确,影响后续的设防目标、设防范围确定及防船撞设施选择。根据 JTG/T 3360-02—2020《公路桥梁抗撞设计规范》,上述资料搜集齐全是确定设防代表船型的基础。船舶资料可从桥梁临近船闸收集,也可利用航道 AIS (automatic identification system, 自动识别系统) 数据进行分析,但需对 AIS 数据中的船舶资料进行筛选,剔除其中的错误信息。

2.3.4 桥梁及构件抗船撞能力评估

1) 设防代表船型。JTG/T 3360-02—2020《公路桥梁抗撞设计规范》中第 5.2.1~5.2.3 条规定,设防代表船型宜采用航道通航条件影响评价、或分位值法、或概率-风险分析法确定,且采用分位值法或概率-风险分析法确定的设防代表船型不宜低于航道通航条件影响评价的要求。实际调研中发现,部分既有桥梁设防代表船型是按照建桥时航道等级对应 GB 50139—2014《内河通航标准》中的船舶吨级确定的,不考虑实际通航船舶情况,起不到防护作用或达不到设防要求。

2) 设防范围。根据船舶可达性、船撞可能性分析船撞范围,包括桥梁上部结构及下部结构。

3) 船舶撞深。在撞击力计算及安全评估时,应计算船舶碰撞桥梁及防船撞设施后的船舶撞深^[5],

分析对船舶的安全影响,合理设计防船撞设施结构,以免船舶损伤过大而沉没堵塞航道,造成次生风险。

国内曾出现多起在本体强壮桥梁前设置隔离式刚性防撞墩的案例,数值模拟表示,由于接触面积变小,船舶撞击隔离式刚性防撞墩时的损伤比撞击桥梁本体更大。同时,船舶碰撞桥梁及防船撞设施虽不可避免出现损伤,但若通过合理设计防船撞设施结构,如将防船撞设施的刚度与设防代表船舶的艏刚度相匹配或者将防船撞设施端头前凸等,可以有效减小船舶损伤。通过计算船舶碰撞桥梁及防船撞设施后的船舶撞深,能够直观了解防船撞设施对船舶是否起到防护作用。船舶撞深常采用有限元模拟软件 LS-DYNA 计算,也可依据 JTG/T 3360-02—2020《公路桥梁抗撞设计规范》附录 D 进行计算。

2.3.5 防船撞设施设计

1) 防船撞设施结构设计应与航道、桥梁、设防代表船舶相匹配。防船撞设施应与设防代表船型相匹配,结构及尺寸设计合理可以起到削减船舶撞击力、减小船舶撞击变形的作用,同时应结合航道通航情况及桥梁通航净空,尽可能少占通航净宽,避免因过多占用航道而增加通航风险。

2) 分析防船撞设施对净空尺度的影响。增设防船撞设施要求不明显缩窄通航宽度,否则反而增大船撞风险^[6]。防船撞设施结构设计的同时应进行占用净宽分析,论证净宽与 GB 50139—2014《内河通航标准》、批复的符合性,必要时开展水流条件模拟研究,优化结构设计。

3) 防船撞设施应开展效能分析。已有案例如桥梁本体强壮却设置隔离式刚性防撞墩,或者桥梁本体薄弱却仅设置橡胶护舷,未能实现对桥梁、船舶有效保护。指南提出防船撞设施设计应开展效能分析^[7-11],包括防船撞设施对桥梁及构件和船舶的防护效果,防船撞设施自身的消能、变形,对船舶撞损的影响等,实际上是从结果上控制其结构设计及优化,实现其保护桥梁、航道及减小船舶撞损的作用。

4) 应明确防船撞设施检测标准及验收要求。JT/T 1414—2022《公路桥梁防船撞装置通用技术条件》对附着式防船撞设施组成材料性能指标及检测方案进行了规定,组成材料仅包含钢材、复合材料及耗能芯材。但防船撞设施为非定型产品,随着对桥梁船撞的关注度提高,桥梁增设防船撞设施已成普遍共识,近年来,防船撞设施产品种类越来越多。防船撞设施验收时,建设单位常常有按公路标准、水运标准或其他标准验收的困惑。为此,专项设计中应根据防船撞设施结构及材料,明确检测标准及验收要求,确保防船撞设施质量及功能。

2.3.6 助航标志及安全标志设计

助航标志和安全标志设计可分为桥上标志和桥区标志,其中桥区标志应结合航道设计。GB 5863—2022《内河助航标志》、GB 13851—2022《内河交通安全标志》对桥上桥涵标、桥涵灯、桥柱灯、通航净空标牌、桥梁警示标志、实施净高附加标尺等做出了规定。其中,桥柱灯、甲类主标志及实施净高附加标尺均设置在桥墩上,与桥墩防船撞设施可能存在交叉,造成遮挡、磨损,降低部分能效,设计时应统筹考虑设计。

3 《指南》应用情况

目前,《指南》已在安徽、江西、广西、湖北、湖南、浙江等省近 300 余座既有、新建、改扩建桥梁增设防船撞设施及助航标志配布专项设计中应用,如铜陵长江公路大桥、安庆长江公路大桥、芜湖长江公路二桥、马鞍山长江公路大桥、南昌市八一大桥、南昌大桥等,内容全面、分析合理,得到设计委托单位和通航主管部门的认可,可供全国桥梁船撞防护设计参考使用。

4 结论

1) 《指南》建立了跨内河桥梁防船撞设施及助航标志设计文本框架结构,明确了设计体系和内容,填补了国内跨内河桥梁防船撞设施及助航标志有关编制要求方面标准、规范的空白。

2) 《指南》提出内河桥梁防船撞设施及助航

标志配布专项设计文件编制目录,为《指南》在工程项目中的落地提供了总体指导框架。

3) 《指南》提出防船撞设施设计时,除了结构设计,还应分析对净空的占用及对通航的影响。

4) 《指南》提出设计应明确检测标准及验收要求,以保障其实施质量。

参考文献:

- [1] 内河通航标准: GB 50139—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
Navigation standard of inland waterway: GB 50139-2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [2] 公路桥梁抗撞设计规范: JTG/T 3360-02—2020[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2020.
Specifications for collision design of highway bridges: JTG/T 3360-02-2020[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2020.
- [3] 公路桥梁防船撞装置通用技术条件: JT/T 1414—2022[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2022.
General technical requirements for anti-ship collision devices on highway bridges: JT/T 1414-2022[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2022.
- [4] 袁媛, 彭广东, 华长平, 等. 深水航道整治后世业洲河段河床演变及通航条件改善分析[J]. 中国水运, 2023(15): 112-114.
YUANY, PENG G D, HUA C P, et al. Analysis of the riverbed evolution and improvement of navigation conditions in Shiyezhou section after deep-water channel regulation [J]. China Water Transport, 2023 (15): 112-114.
- [5] 刘艳秋, 李建. 内河航道桥梁船撞时船体最大变形量研究[J]. 水运工程, 2018(9): 112-118.
LIU Y Q, LI J. Maximum deformation of ship in ship-bridge collision in inland waterway[J]. Port & waterway engineering, 2018(9): 112-118.
- [6] 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.
LI C Z, FU O Y. Analysis of anti-collision facilities of bridge crossing inland waterway of Shanghai[J]. Port & waterway engineering, 2017(11): 141-145.

(下转第 41 页)