

跨新孟河桥梁及防船撞设施设计

何 琴¹, 顾 昊², 张红艳²

(1.江苏省水利科学研究院,江苏 南京 210017; 2.江苏省秦淮河水利工程管理处,江苏 南京 210022)

摘 要:河道拓浚需结合地方需求采用旧桥原址或移址新建桥梁。桥梁方案、总体布置和规模确定的影响因素较多,需综合考虑河道拓浚后的河道设计成果、道路规划,航道要求等选定。工程案例表明,把握住这些要点,并协调好各方关系,可有利推进桥梁和河道建设的顺利开展。

关键词:桥梁;航道;船撞力;防撞护舷

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0102-04

1 概 况

新孟河延伸拓浚工程因平地开河或河道拓浚破坏原有道路交通,故新建、拆建桥梁恢复交通。其中新孟河工程运河以北段一般跨河桥梁 19 座。桥梁方案除受水利、航道等行业要求外,还与现状道路规模、周边构筑物的情况密切相关。如何合理确定跨河桥的总体方案,对恢复改善既有交通、顺利推进主体工程建设、减少周边环境影响和降低工程造价等都起着非常重要的作用。通过对工程实施过程中考虑到的各种因素进行梳理、分析和总结,指导后续工程运营管理,为类似工程提供参考。

2 主要技术标准

- (1)桥梁荷载标准:公路 -I 级、城 A 级。
- (2)桥梁设计洪水频率及对应水位:1/100(6.44 m)。
- (3)抗震烈度:地震基本烈度 7 度,地震动加速度峰值为 0.10g。
- (4)航道要求:VI 级航道,最高通航水位 5.63 m,最低通航水位 2.75 m。

3 桥梁方案设计

桥梁方案的确定与需河道拓浚后的河道设计成果、航道要求、周边场地情况密切相关。

在现有跨河桥梁中,水中设置墩柱的情况比较普遍,特别是在水域宽阔的天然河道上^[1]。新孟河为 VI 级航道,其桥跨布置需结合航道要求,同时考虑

水中墩柱防撞设计,确保桥梁、船舶安全。

3.1 河道横断面

本工程河道底宽 80 m,口宽根据河道所在段用地、周边构筑物情况采用 116~126.4 m。设计河道典型断面之一如图 1 所示。

结合河道设计口宽及桥轴线与河道中心交角,周边地形条件,新建的银山桥、三茅殿大桥桥位处地形标高较低,桥梁总长 385 m,小河桥 143.16 m,东风桥 180 m,其余桥梁总长 140 m。跨径具体布置需结合航道要求等进一步选定。

3.2 通航净空

通航影响评价报告根据《内河通航标准》(GB 50139—2014)的相关规定,跨河桥梁最小通航净空综合考虑航道、现状、规划、功能定位,货运量预测、项目功能等情况,结合航道水流条件、设计船型及周边临、跨河建筑物情况^[2],沿线桥梁多采用双孔单向通航,每孔净空尺度不小于 25 × 4.5 m,桥轴线法线与设计航道中心线交角较大的东风桥、三茅殿桥、银山桥净宽不小于 30 m。单孔双向通航的小河桥与下游江宜高速公路桥对孔布置,通航尺度为 70 m × 4.5 m。

根据航道要求及桥轴线法线与设计航道中心线交角情况,各桥梁通航孔跨径见表 1。

非通航孔跨径结合桥梁总长进行配跨。

3.3 桥型方案

小河桥考虑桥墩及防船撞设施尺寸,按通航净空尺度要求,主跨不小于 82 m。适合 82 m 本跨径的常用桥型有变截面预应力混凝土连续箱梁、下承式钢管混凝土拱桥、钢桁架梁桥等。

收稿日期:2023-06-29

作者简介:何琴(1982—),女,学士,工程师,从事工程建设及规划设计工作。

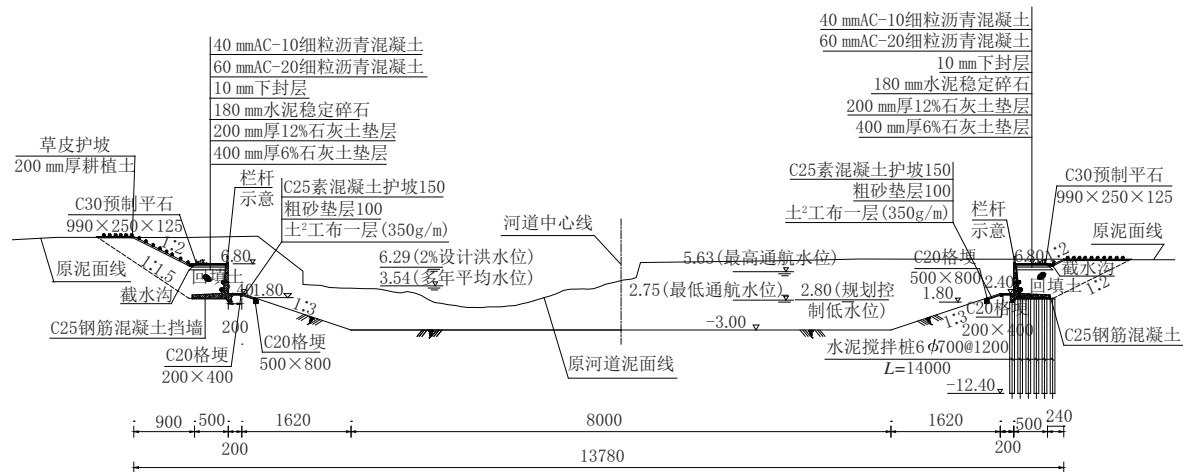


图 1 设计河道典型断面之一

表 1 桥梁通航孔跨径选择

桥梁	通航形式	通航孔跨径(孔×跨径)
东风桥	双孔单向	2×45 m
三茅殿桥	双孔单向	2×40 m
银山桥	双孔单向	2×40 m
小河桥	单孔双向	1×83.16 m
其他	双孔单向	2×30 m

结合桥头西侧现状道路、东侧现状政泰路标高和沿线构筑物分布，本工程需考虑建筑高度较低的桥型，变截面预应力混凝土连续箱梁结构高度在可供选择的桥型中最高，难以采用；根据以往类似工程钢桁架梁桥造价高，故基于减少桥梁工程规模和总投资，本工程推荐采用下承式钢管混凝土拱桥。

(1)拱肋横向布置方案

小河桥所在道路横断面布置为 3（人行道）+24（车行道）+3（人行道）=30 m，如考虑直接在机动车外侧设置两片拱肋，横梁高度大，增加了既有横向道路改造范围及桥头现有建筑物的拆迁，设计对拱肋横向布置进行比选，见表 2。

表 2 拱肋布置方案比选

项目方案	三片拱方案	两片拱方案
拱肋位置	增设中央分隔带，设置中拱肋，横梁跨径 14.1 m	拱肋布置在车行道外侧，横梁跨径约 26.5 m
控制点标高 /m	12.126	13.134
桥头西侧平交口设计标高 /m	10.78	11.78
桥头东侧平交口设计标高 /m	10.82	11.82
对拆迁及横向道路的影响	1.西侧较现状地面高出 2.2 m，影响明源灯具厂和居民房 1 处（灯具厂拆迁房屋面积 1816 m ² ，影响居民房 68 m ² ； 2.东侧终点没有拆迁	1.西侧较现状地面高出 3.2 m，对周边灯具厂和居民房的影响范围大大增加；横向道路影响范围每侧各增加约 40～50 m； 2.政泰路改造范围每侧各增加约 40～50 m，影响电镀有限公司出入，终点没有拆迁
经济性	建安费略低，拆迁较少，横向道路改造范围小	建安费略高，拆迁较少，横向道路改造范围小

综上，综合拆建、对周边居民出行影响、经济性，采用三片拱肋布置。

(2)拱肋截面形状的比选

荷载在边拱和中间拱的分配比例不同，考虑结构受力不同和三片拱变形协调需要，边拱肋和中拱肋截面应该不同。目前对三片拱的截面主要采用哑铃型或矩形，其特点见表 3。

表 3 拱肋截面形式的比选

项目方案	哑铃型	矩形
边中拱肋景观效果	区别较大	区别较小
边中拱肋应力、位移	相差大	边中拱肋较一致
横撑布置形式	不容易受限制	容易设置
对混凝土的约束	好	不约束，刚度控制
混凝土填充施工	方便	腹板容易鼓出，需设置拉筋或加劲
钢结构加工	边中拱不一致	类型一致较方便

综上，小河桥采用三片拱钢管混凝土系杆拱桥，拱肋采用矩形截面。实施方案采用三片拱肋的钢管混凝土下承式拱桥，如图 2 所示。



图2 小河桥成桥图

其他跨河桥梁跨径介于 20~45 m, 结合经济比选、地方要求采用装配式预应力混凝土小箱梁, 先简支后结构连续方案, 效果图如图 3 所示。



图3 先简支后结构连续方案效果图

4 桥梁防船撞设计

4.1 船撞标准的选定

该航段的航道规划等级为 VI 级, 以拖带船队作为设计船型^[3], 参数见表 4。

表4 设计船型采用表

船型 吨级 / t	拖(推)轮 长 × 宽 × 吃水 / m	驳船 长 × 宽 × 吃水 / m	船队 长 × 宽 × 吃水 / m	备注
100	1 拖 + 11 × 100	25 × 5.5 × 1.5	298 × 5.5 × 1.5	《内河通航标准》

船舶撞击作用设计值根据航评报告建议按 300 t 船舶考虑; 荷载按《公路桥涵设计通用规范》(JT-GD60—2015)^[4]取用, 见表 5。

表5 内河船舶撞击作用设计值

内河航道 等级	船舶吨级 DWT/t	横桥向撞击作用 /kN	顺桥向撞击作用 /kN
五	300	400	350
六	100	250	200

4.2 防船撞设施选用及分析

防船撞设施一般分为主动防船撞设施和被动防船撞设施, 其中结构型防船撞设施是近年来发展较快的一种被动防船撞设施。

以往针对各座桥梁常仅设置桥涵标、桥柱灯、桥名牌等, 本工程根据航道要求沿线一并设置了侧面标、管线标、航道信息提示牌、桥梁警告提示牌等警示标志或安全监控预警设施等主动防船撞设施。

复合材料防船撞设施在防船撞消能、使用寿命、施工难易、耐腐蚀性、后期养护、对船体影响等方面

均具有较强的优势, 是近年来结构性防船撞设施中使用较多的一类, 本工程结合经济因素, 从消能方式、能量吸收方式、优劣等方面对橡胶护舷和复合材料防撞护舷进行了梳理^[5], 见表 6。

表6 防船撞设施对比分析表

比选内容	类型	
	橡胶护舷	复合材料防撞设施
消能方式	柔性变形	柔性变形
能量吸收方式	通过撞击橡胶, 变形后耗能	通过防撞设施迎撞面、其内部设置截面为复合材料三角形的缓冲管、耗能闭孔材料的变形吸收能量
优势	延长撞击时间缓冲变形降低撞击力, 成本低	具有各向异性的特点, 能够最大效能发挥变形吸能作用, 具有较强的缓冲变形能力, 小船撞击后变形自动恢复; 耐腐蚀, 使用寿命 30 a, 单元更换、后期维护便捷
劣势	降低撞击能力有限只能消能 10%, 容易老化, 使用寿命 5~10 a; 无法后期维修, 外形丑陋	工艺复杂, 生产环境要求高, 成本较高

本工程复合材料防撞设施厚 0.3 m, 两侧共占用通航净宽 0.6 m, 且实设净宽均能满足航评要求。防撞设施构造及安装后的成果如图 4 所示。

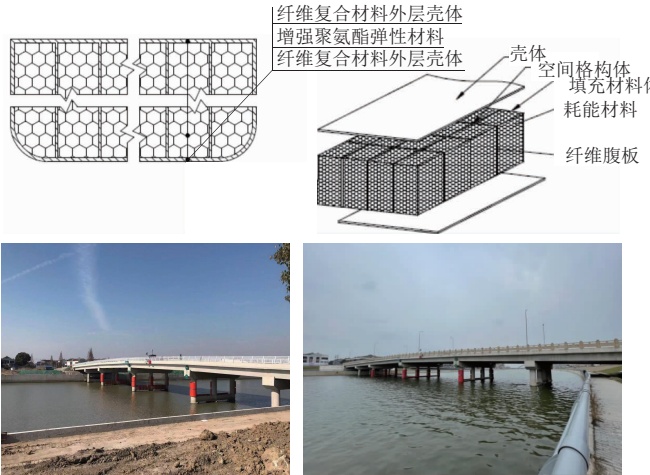


图4 复合材料防撞护舷桥梁

4.3 防撞方案防撞能力验证

本工程利用 Patran 软件建立船桥碰撞有限元模型, 定义模型材料属性、载荷、速度、约束等条件, 对典型桥梁在 VI 级航道 100 t 船舶吨级进行有限元分析。

撞击工况采用满载下高水位正撞, 撞击速度为 1.67 m/s, 未安装复合材料防撞设施有限元分析结果见表 7。

安装复合材料防撞设施后船舶撞击力及设防效果见表 8。

表 7 有限元分析结果

撞击速度 / (m·s ⁻¹)	撞击水位 /m	撞击角度 / (°)	最大撞击力 /kN	撞击时间 历程 /s	总能量 / kJ
1.67	5.63	正撞	710	0.5	141.6

表 8 复合材料防撞设施设防效果分析表

典型桥梁	撞击角度 / (°)	设防前最大 撞击力 /kN	设防后最大 撞击力 /kN	船撞力 减少
1	5.7	710	559	21.27%
2	6.3	710	568	20.01%

根据以上分析结果,0.3 m 厚的复合材料防撞设施能够满足规划 VI 级航道通行 100 t 级船舶的防撞性能要求。

5 结 语

跨新孟河航道桥梁较多,桥梁方案的确定涉及

交通、市政、航道等行业主管部门,以及地形、地物、用地、周边构筑物的影响。本工程的顺利实施,其经验对类似工程具有较高的参考借鉴作用。

在运营过程中,应加强对过往船舶、工程船舶、靠离泊船舶实施有效监控,确保在既定的标准内通行,防止船撞桥事件的发生。同时,定期对桥梁进行巡视和维护,以增加桥梁的运行状况的动态了解,降低船撞事故发生的风险。

参考文献:

[1] 高龙刚.跨航道桥梁防船撞设施设计思路探讨[J].中国水运,2022,714(1):91-93.
[2] 高龙刚.新孟河延伸拓浚工程——跨新孟河航道部分桥梁对航道通航条件影响评价报告[R].中设设计集团有限公司,2018.
[3] GB 50139—2014,内河通航标准[S].
[4] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
[5] 陈凤来,童亮,韩娟.跨石白湖航道大桥防撞设施探索[J].山西建筑,2018,44(30):153-155.

(上接第 94 页)

道桥与防洪,2020(5):236-238.
[5] 蒲黔辉,霍学晋,杨永清.基于统一理论的蝶形拱桥空间稳定性分析[J].西南交通大学学报,2010(6):868-874.
[6] 顾卫国.关于《公路钢管混凝土拱桥设计规范》中拱肋刚度取值问题的探讨[J].城市道桥与防洪,2016(12):39-42.
[7] 刘碧容.钢管混凝土拱桥 3 种规范承载力计算比较[J].中外公路,2017(1):108-114.

[8] 樊启武,钱永久,黄道全.拱肋刚度的选取对钢管混凝土拱桥稳定计算的影响[J].公路交通科技,2008(3):75-78.
[9] JTG/T D65-06—2015,公路钢管混凝土拱桥设计规范[S].
[10] GB 50923—2013,钢管混凝土拱桥技术规范[S].
[11] 钟善桐.钢管混凝土统一理论—研究与应用[M].北京:清华大学出版社,2006.
[12] 陈宝春.钢管混凝土拱桥(第三版)[M].北京:人民交通出版社,2016.