

如意香河大桥主桥设计

吴睿麒¹, 杨勇¹, 惠斌¹, 张连普¹, 田洪泽², 陈敬云²

(1.北京市市政工程设计研究总院有限公司,北京市 100082; 2.香河县交通运输局,河北 廊坊 065400)

摘要:北运河香河段的河道蜿蜒形态,恰似一件寓意吉祥美好的如意,串联着整座香河新城。如意香河大桥主桥设计以“如意”为设计立意,进行了极具地域特色的景观桥型设计。主桥采用三跨抱翅型拱梁组合体系,全长256 m,跨径布置为56.5 m+164.5 m+35 m。主桥外观新颖独特、富有韵律、与结构受力融合一体,去繁就简、舒展大方,标志效应显著,可为类似的景观桥项目设计提供借鉴。主要介绍了该桥的方案设计、总体布置、结构设计、景观设计、BIM应用等内容。

关键词:景观桥;抱翅型拱梁组合体系;异形钢拱肋;钢主梁;斜吊杆;BIM应用

中图分类号: U448.22

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)06-0083-04

0 引言

北运河廊坊段上连北京通州,下接天津武清,是贯穿京津冀大运河的重要节点,在展现大运河风貌和人文精神,共同推进中国大运河文化带保护传承和利用中具有独特地位。

依据《大运河文化保护传承利用规划纲要》、《河北省大运河文化保护传承利用实施规划》等相关要求,廊坊市编制了《北运河廊坊段旅游通航规划》,规划提出2021年实现“京冀互通、魅力初现、先行示范”,2025年实现“三地可通、魅力样板、突出典型”。

为实现上述规划目标,需对现况碍航设施香河县王家摆桥拆除重建。结合桥梁建设,香河县提出对现况王家摆桥所在的安石路同步进行改造。如意香河大桥(王家摆特大桥)即为安石路建设工程跨越北运河的特大景观桥。

1 工程概况

安石路按照重新选择线位进行实施,西起运河大道与新开大街交叉口,东至冀京界,全长3.62 km。道路等级为一级公路兼城市主干路,设计速度60 km/h^[1]。跨越北运河处设置特大桥一座,即为如意香河大桥。特大桥全长1 060.1 m,考虑标准化设计与施工,引桥采用先简支后桥面连续预制小箱梁、预制钢混组合小箱梁;考虑旅游通航景观需求,主桥采用景观桥型。

2 桥型方案设计

北运河香河段的河道蜿蜒形态,恰似一件寓意吉祥美好的如意,串联着整座香河新城。由中国城市规划设计院编制的《北运河廊坊段旅游通航规划》中,确立了北运河廊坊段“京畿首驿,如意香河”的战略定位(见图1)。主桥桥型方案设计便由此展开。



图1 北运河廊坊段旅游通航规划效果图

方案设计以“如意”为设计立意,由如意香河涌动的浪花,青山绿水漂浮的白云,鹰鹏抱翅待展的羽翼及传承历史文化的如意多方理念抽象融合而成,结构造型融入了道路交通、河道、航道、码头、橡胶坝、船闸、风情驿站、景观带之间相互关系,做到融入环境而非改变环境。桥型是原创结构,又充分与艺术造型结合,外观新颖独特、富有韵律、与结构受力融合一体,去繁就简、舒展大方,标志效应显著,寓意新时代背景下,香河人民生活吉祥如意、幸福美满(见图2)。

3 总体布置

3.1 平面布置

主桥位于道路平面直线段,与主河槽水流方向夹

收稿日期: 2023-06-21

作者简介: 吴睿麒(1993—),男,硕士,工程师,从事道桥设计工作。



图2 主桥桥型方案效果图

角为 87°,结合防洪评价、航道布置及桥跨受力需求,将主桥中墩设置于主河槽内西侧,拱脚设置于主河槽外东侧,全长 256 m,跨径布置为 56.5 m+164.5 m+35 m(见图 3)。

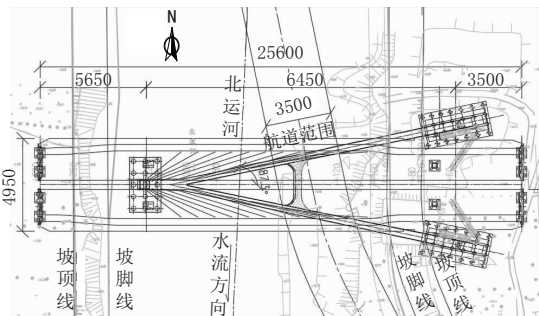


图3 主桥平面布置图(单位:cm)

3.2 立面布置

北运河旅游通航航道规划等级为Ⅵ级,最高通航水位 12.30,双向通航净空要求为 47.5 m(斜交宽度)×4.5 m,300 a 一遇洪水水位 14.16。依据通航、防洪等净空要求布置道路纵断。主桥大部分位于 0.3% 直坡段,西侧边跨位于竖曲线段(见图 4)。

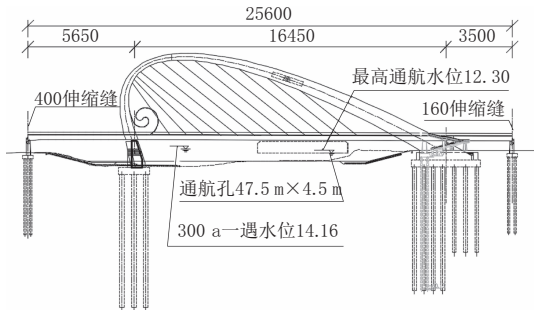


图4 主桥立面布置图(单位:cm)

3.3 断面布置

主桥横断面分幅布置,两幅间设置横梁连接,拉索布置在主跨机非隔离带,桥面全宽 49.5 m,桥面布置为 3.25 m(人行道)+3.5 m(非机动车道)+3.5 m(分隔带)+12.5 m(车行道)+4.0 m(中央分隔带)+12.5 m(车行道)+3.5 m(分隔带)+3.5 m(非机动车道)+3.25 m(人行道)=49.5 m(见图 5)。

3.4 结构体系

主桥采用三跨抱翅型拱梁组合体系^[2],上部结构

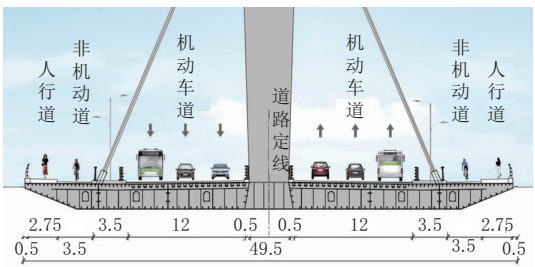


图5 主桥断面布置图(单位:m)

由“Λ”字抱翅外形的空间异形钢拱、斜吊杆和钢主梁三大主体构件组合而成。

钢拱前端在中央隔离带处与主梁固结、下设中墩支座,尾端经“Λ”形分叉后分布于主梁两侧、通过大横梁与主梁连接,大横梁下设两个小墩分担其横向受力。边墩及钢拱尾端横梁下支座为纵向滑动,中墩支座为双向滑动(见图 6)。

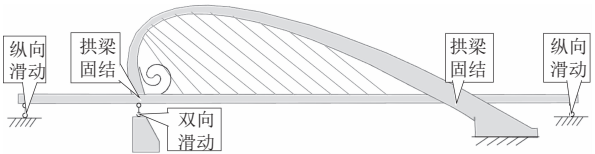


图6 主桥结构体系示意图

4 结构设计

4.1 主梁

主梁采用双幅分离式钢箱梁^[3],梁高 2.5 m,两幅间采用工字型横梁及箱型横梁连接。钢主梁顶板厚度 16~20 mm,底板厚度为 16~20 mm,拉索处横隔板 16 mm,普通横隔板 12 mm,隔板标准间距 3 m,拉索腹板 28 mm,其它腹板 16 mm。

主梁顶板机动车道范围设 U 肋,顶板非机动及人行步道设一字肋。主梁底板设一字肋,主梁腹板设纵横向加劲肋,U 肋厚度 8 mm,一字肋厚度 16 mm、局部加强至 25 mm。

4.2 主拱

主拱立面采用两条不共焦点的椭圆线拟合成为如意造型,横向采用“Λ”形抱翅拱拱形,在拱顶分叉,分叉后设置横撑相连。考虑景观效果及受力需求,钢拱肋变高变宽,分叉前拱肋采用梯形断面、顶板宽度由 3.682 m 变化至 5.919 m,底板宽度由 4.06 m 变化至 5.925 m,高度由 5.824 m 变化至 3.284 m;分叉后拱肋采用矩形断面,截面宽度由 3.054 m 变化至 4.196 m,截面高度由 3.284 m 变化为 9.583 m。顶底板板厚 40 mm、腹板板厚 30 mm,均设置 30 mm 厚一字肋加劲,横隔板标准间距 3 m 一道,在索拱锚固处加密,标准段隔板厚度 20 mm,吊耳隔板厚 25~30 mm。

4.3 斜吊杆及锚固系统

斜吊杆采用扇形布置,主梁上拉索间距9 m,全桥共有拉索12对,合计24根。项目采用冷铸+挤压复合锚固技术、 R_{yb} 为1 860 MPa、 $E=1.95 \times 10^5$ MPa级的钢绞线成品索,索体4层防腐密封层,斜拉索允许应力幅200 MPa,根据成桥索力值大小,采用GJ15-37、GJ15-43两种型号。

斜吊杆与主梁、主拱的锚固均采用吊耳式^[4]。主梁吊耳横向弯折后伸入拉索腹板并与之对接焊,面外采用隔板及板肋加劲;拱肋吊耳随夹角不同分为两种,前拱吊耳伸入拱肋夹于斜隔板两侧,后拱吊耳由于夹角较小难以布置斜隔板,调整其外形伸入拱肋后焊接至前后隔板(见图7)。

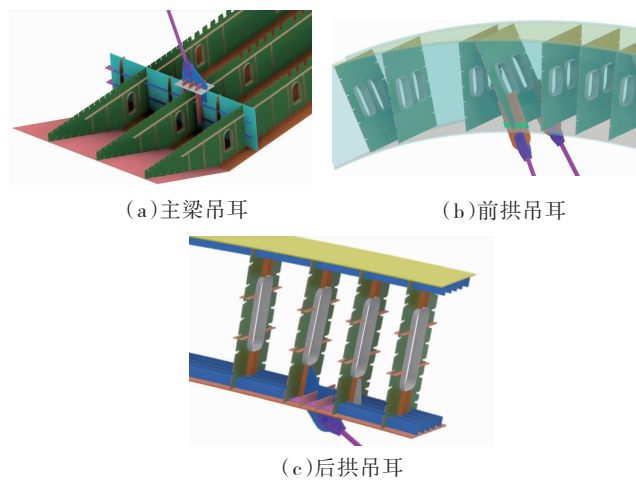


图7 斜吊杆锚固系统模型图

4.4 拱梁结合段

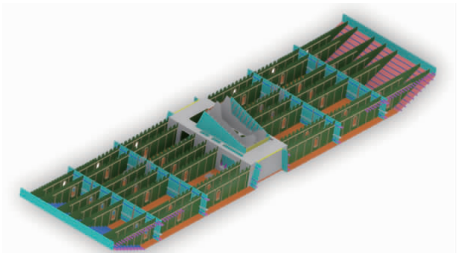
主拱与主梁在中墩处、拱脚上方设置拱梁结合段,拱肋内部设置竖隔板及横隔板,与主梁横隔板(横梁腹板)、主梁顶底板一一对应,保证传力的顺畅与可靠(见图8)。

4.5 下部结构

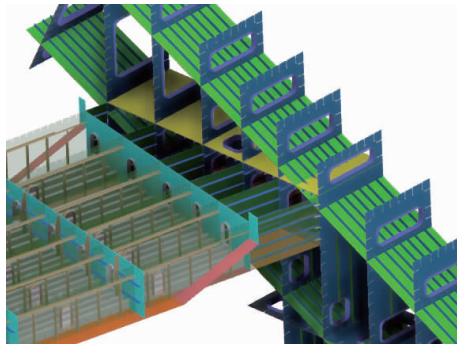
主桥下部结构主要承担上部结构传递的竖向力、地震工况的纵横向水平地震力以及汛期洪水冲击力等,传力途径直接,结构受力较为明确。

中墩采用横向三个空间钻石型墩柱,其中拱顶位置下方的为大墩柱,两侧半幅主梁位置为小墩柱,墩柱高13.776 m,大墩柱横向宽5.5 m,顺桥向顶部宽6.5 m、底部宽9.0 m;小墩柱横向宽4.0 m,顺桥向顶部宽2.5 m、底部宽5.4 m。中墩顶设双向滑动球型支座及横向粘滞阻尼器,中墩三个墩柱接承台及钻孔灌注桩基础,承台尺寸为29 m×16.5 m×3.85 m,承台下接15根D=2.5 m的钻孔灌注桩(见图9)。

主桥钢拱脚通过高强锚栓、预应力钢束的锚固



(a)中墩处拱梁节点



(b)拱脚处拱梁节点

图8 拱梁结合段模型图

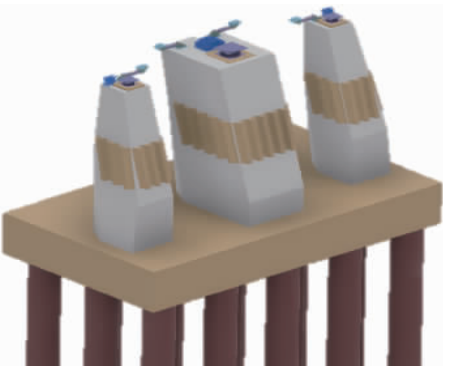


图9 主桥中墩模型图

方式与承台实现连接,拱脚外包钢筋混凝土基座。高强锚栓主要传递拱肋剪力,预应力抵抗拱脚处受到的一小部分弯矩,预应力在承台内设置锚固扁担梁作为固定端,在拱脚端部设置锚箱式构造,在锚箱上方采用单端张拉,使预应力传递到承台。承台尺寸为36.5 m×18.5 m×3.85 m,承台下方接28根D=2.0 m的钻孔灌注桩;拱脚横梁下方两处中墩采用空间钻石型墩柱接四桩承台,桩基直径为1.2 m(见图10)。

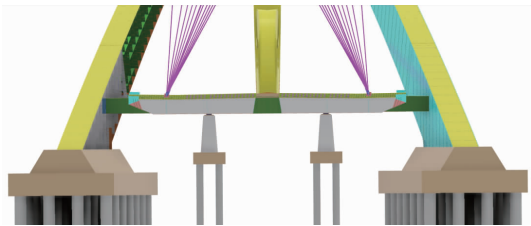


图10 主桥拱脚处模型图

公用墩采用预应力双柱盖梁,考虑景观效果,盖梁、墩柱均采用异形变截面。

5 景观设计

项目建筑景观团队对桥梁整体和各个构件的外形尺寸和景观效果进行精细化设计。

针对拱肋断面形式及二合一的过渡方式进行详细推敲,确定了拱肋腹板铅垂于地面、后拱采用矩形断面、二合一时设置过渡段确保合并处顶底线为直线等设计原则。

针对云首形态进行精细设计,以斐波拉契螺旋线为设计灵感,按照严格的几何关系构建云首形状和比例。

结合主桥形态对下部结构墩柱及盖梁外形、梁端变宽方式、栏杆及灯杆样式等进行多方案比选,确保主桥整体造型协调美观。

充分考虑与周边环境的和谐一体,在桥的拱梁交接梯道处设置了带有建筑艺术效果的观景平台,联结亲水公园,满足人们日常休闲观景的需求(见图 11)。

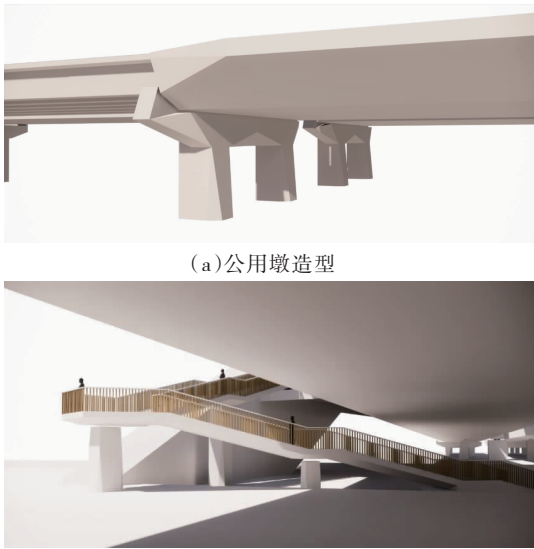


图 11 主桥部分景观造型设计

6 BIM 应用

由于主桥外形曲线多变,项目基于 Rhino、SketchUp 进行概念设计,基于 CATIA 进行 BIM 正向设计,辅助 AutoCAD 二维出图。

碰撞检查是 BIM 技术的一个最常见的应用,在大桥设计中,碰撞检查也在斜拉索与桥上行车道建筑限界、拱肋与人行道建筑限界等关系检查方面均有应用(见图 12)。

BIM 设计的另一大优势是可以将三维模型通过简单的转化导入有限元计算软件进行计算,避免了局部精细化计算几何模型的重复建立。

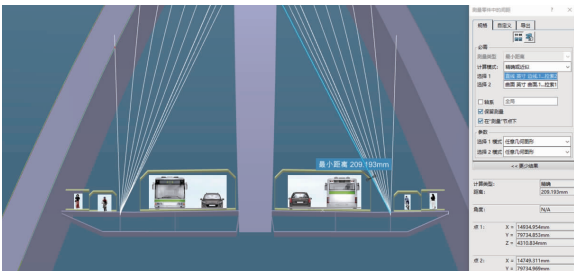


图 12 碰撞检查

本项目基于 BIM 模型,搭建了设计方推动的数字化管理平台,运用 360 全景及 720 云等技术场景、轨迹浏览展现,完成设计资料管理、设计服务、质量管理、安全管理等模块(见图 13)。

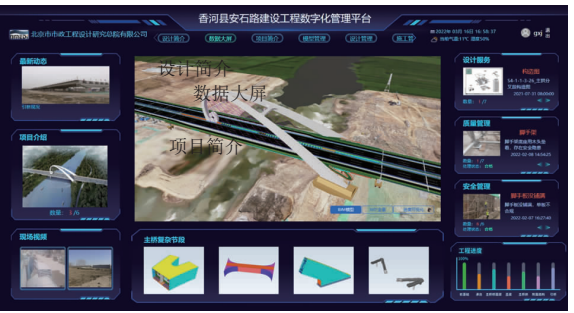


图 13 数字化管理平台

设计文件突破性地采用“移动端+BIM 模型+二维图纸”的表达方式,通过手机等移动端扫码,可以随时浏览对应节段的 BIM 模型、辅助二维图纸识图,可满足钢结构加工制作、架设安装、监理、监控、现场设计指导等识图需求,为客户提供工程实施及后期运维的高品质服务(见图 14)。

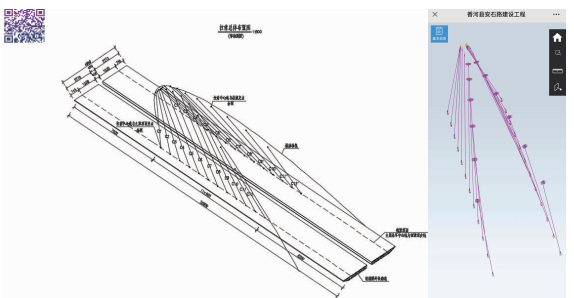


图 14 “移动端+BIM 模型+二维图纸”模式

7 其他主要创新

主桥采用桥面无积水排水方式创新工艺,降雨重现期内采用排水槽纵向排水,初期雨水冲洗后,且超越重现期的暴雨积水,通过水槽内与桥面同高的泄水孔直排,达到桥面无积水,提高车道通行服务水平(见图 15)。

8 结 语

如意香河大桥是香河县安石路建设工程跨越北
(下转第 93 页)

无支撑悬吊拼接施工^[4]。该工艺是工程的关键点及难点。大致施工步骤为:(1)搭设临时支架拼装焊接两侧边跨(52 m、55 m)梁体及中支点向跨中各 14.6 m 悬挑梁体;(2)中跨剩余 40.8 m 梁体,横向切分为四部分,每部分通过 400 t 履带吊提梁落位、悬吊焊接,最大悬吊构件重量为 128 t,各部分通过此方式逐一焊接成为整体。

图 6 为中跨 40.8 m 长钢梁节段悬吊施工现场。



图 6 70 m 主跨大跨度无支撑悬吊拼接施工现场

5.4 跨厦蓉高速

厦蓉高速与创业路快速路相交位置现状为 26 m 宽跨线地面桥,远期拓宽为双向 8 车道规模,拓宽后桥宽 42 m。另外,根据江西省高速公路涉路工程管理规定,上跨桥在高速公路范围(含按不小于双向 8 车道拓宽后)任意点的净高均应不小于 5.5 m。因此,创

业路主路高架采用 60 m 变宽组合梁,一跨跨越厦蓉高速,组合梁梁高 3.1 m。

因交叉位置现状高速公路跨线地面桥同期拆复建改造,高速公路进行了一段改线,使得主路高架 60 m 跨组合梁可以采用常规施工方式,即三分点位置设置临时支撑,组合梁钢结构工厂预制、现场拼装,现浇施工桥面板。

6 结 语

本项目路线长、节点桥多,分为多个标段,已于 2018 年 1 月起陆续开工,部分标段已竣工通车,通车段运营效果良好,改善了赣州高铁片区的交通状况。本文论述了桥梁总体布置、上部结构及下部结构设计要点,希望相关的设计及工程经验能为国内同类桥梁设计提供参考和借鉴。

参考文献:

[1] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.赣州市中心城区快速路工程-创业路初步设计[Z].上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2017.

[2] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.赣州市中心城区快速路工程-创业路施工图[Z].上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2017.

[3] 李永君.赣州快速路桥梁工程总体设计与创新技术[J].城市道桥与防洪,2020(8):103-107.

[4] 沈阳市政集团有限公司.悬挑工艺施工大跨度无支撑钢箱梁施工方法:中国,202011142180.9[P].2021-01-19.

（上接第 86 页）

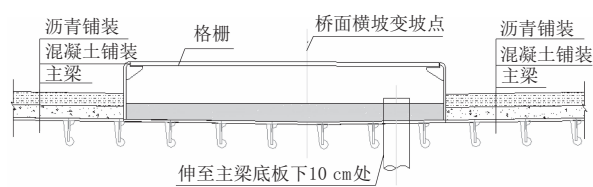


图 15 桥面无积水排水方式创新工艺

运河的特大景观桥。主桥设计融入了大运河的历史文化、创新结构、智慧管理数字平台、BIM 正向创新设计、运营环境融合以及绿色生态的理念。桥型是原创结构,又充分与艺术造型结合,方案外观新颖独特、富有韵律、与结构受力融合一体,去繁就简、舒展

大方,标志效应显著,可为类似的景观桥项目设计提供借鉴。

参考文献:

[1] 北京市市政工程设计研究总院有限公司.北运河廊坊段旅游通航工程交通基础设施项目香河县安石路(运河大道-冀京界段)建设工程施工图设计[Z].北京:北京市市政工程设计研究总院有限公司,2021.

[2] 惠斌,张连普,杨勇,等.抱翘型斜拉索拱桥:中国,ZL202021628694.0[P].2021.08.10.

[3] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].

[4] JTG/T 3365-01—2020,公路斜拉桥设计规范[S].