

两座连续梁拱组合桥设计分析比较

龚子松

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 连续梁拱组合桥兼顾了梁桥与拱桥的特点, 结构体系新颖, 受力复杂, 造型优美, 近年来得到广泛应用。现详细介绍徐海路沭河大桥和城南大桥的总体布置、主要构造、施工方法、可为同类桥设计、研究、施工提供有益参考。并对两座桥的设计参数及受力特点进行对比分析, 包括边中跨比、拱梁刚度比、拱梁荷载比、拱梁弯矩比及结构体系的界定等。根据拱梁的抗弯刚度比, 连续梁拱组合桥可分为刚拱柔梁、刚拱刚梁和柔拱刚梁 3 种组合体系, 不同组合体系结构设计方法不同, 主梁、拱肋可根据不同体系的传力特点和拱梁荷载分配比进行优化设计。连续梁拱组合桥边中跨比变化范围较大, 设计灵活, 可适应不同环境、景观需求。

关键词: 梁拱组合桥; 受力分析; 刚度比; 荷载比; 弯矩比

中图分类号: U441+.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)01-0075-05

0 引 言

连续梁拱组合桥是梁桥和拱桥两种结构的组合体。相比梁桥, 梁高低, 边中跨比变化范围大, 可减少桥梁规模节约造价; 同时改善了连续梁桥跨中挠度下挠问题, 也可用于梁桥加固, 具有较大的应用前景; 相比拱桥, 不受地质条件限制, 是一种自平衡体系, 设计更为灵活, 可适应不同环境、景观需求。梁拱组合桥兼顾了梁桥和拱桥的特点, 具有结构体系新颖、造型优美、施工方法成熟、造价低等优点, 在 60~200 m 跨径范围内具有较强的竞争力^[1]。

现详细介绍徐海路沭河大桥和城南大桥两座连续梁拱组合桥的总体布置、主要构造、施工方法, 并对主要设计参数、受力特性进行对比分析, 包括拱梁结构形式、边中跨比、拱梁刚度比、拱梁荷载比、拱梁弯矩比等; 总结分析拱梁荷载比、拱梁弯矩比的主要影响因素。根据拱梁抗弯刚度比, 连续梁拱组合桥可以分为刚拱柔梁、刚拱刚梁和柔拱刚梁, 并对 3 种结构体系的界定进行总结分析。

1 结构设计

1.1 徐海路沭河大桥

1.1.1 总体布置

徐海路沭河大桥位于江苏省新沂市, 是沟通老城北部和城东分区的主要通道。主桥采用 3 跨下承

式连续梁拱组合桥, 跨径布置为 45+80+45=170 (m), 桥宽 40 m。拱脚水平推力利用主梁内预应力钢束平衡, 不另外设置系杆。主桥立面、断面布置如图 1、图 2 所示。

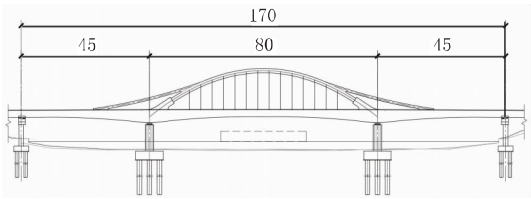


图 1 徐海路沭河大桥立面布置图(单位:m)

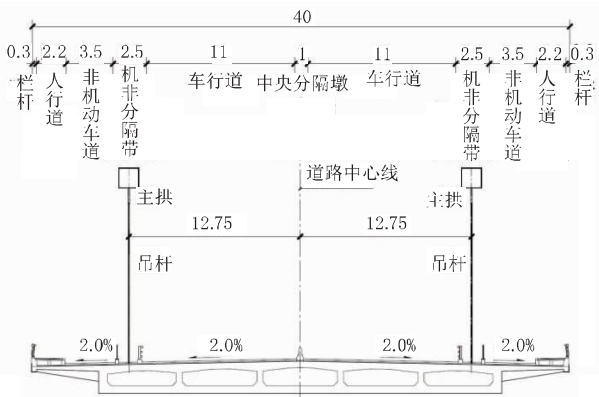


图 2 徐海路沭河大桥断面布置图(单位:m)

1.1.2 主梁构造

主梁采用 3 跨变高预应力混凝土连续梁, 中支点梁高 4.4 m, 跨中和边支点梁高 2.4 m, 中跨设置 2 m 的平直段, 边跨端部设置 6 m 平直段, 梁高按二次抛物线渐变。按整幅设计, 主梁采用单箱五室大悬臂断面, 箱梁顶面横坡设置为双向 2%, 梁底水平。箱梁顶板宽 40 m, 底板宽 30 m, 单侧悬臂宽 5 m。

箱梁顶板标准厚度为 28 cm, 箱内根部加厚至 48 cm。单侧悬臂宽 5 m, 悬臂端部板厚 22 cm, 根部

收稿日期: 2020-05-25

作者简介: 龚子松(1987—), 男, 硕士, 工程师, 从事桥梁工程设计工作。

加厚至 45 cm,纵向每 4 m 设置一道加劲肋,加劲肋宽 30 cm,端部设置一道小纵梁。跨中底板厚 26 cm,中支点加厚至 65 cm,按二次抛物线变化。中腹板标准段厚 45 cm,边腹板标准段厚 65 cm,支点处均加厚至 90 cm,直线渐变段长 25.5 m。中支点横梁宽 3 m,边支点横梁宽 1.5 m,中跨设置 14 道吊杆横梁。

主梁采用悬臂浇筑法施工,0#段长 17 m,标准段长 3.5~4 m,合拢段长 2 m,边跨现浇段长 4 m。

1.1.3 拱肋

主桥在机非分隔带内设置两片平行钢拱肋,包括主拱和副拱,中跨主拱协助主梁受力,副拱主要起装饰作用。为使线条更为流畅,副拱由主拱 1/4 截面一直延伸至边跨,拱肋横向不设置风撑,视野开阔,造型简洁,整体景观效果较好。

主拱拱轴线为二次抛物线,跨度 80 m,矢高 16 m,矢跨比 1/5。副拱拱轴线采用半径为 200 m 的圆曲线,与主拱固结,采用整体节点设计。副拱拱脚与主梁接触面按四氟滑板单向支座设计,拱脚处支撑板采用圆柱形曲面,释放转动约束,侧边设置挡板约束横向,兼做防尘板。

拱肋采用工厂分段制作(见图 3),现场吊装法施工。主拱肋采用 1.5 m×1.5 m 的矩形断面,板厚 20 mm;副拱与主拱等宽,高 0.8 m,板厚 12 mm。

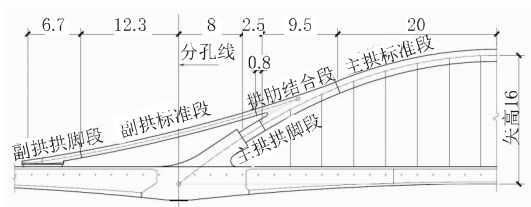


图3 徐海路沭河大桥拱肋分段示意图(单位:m)

1.1.4 吊杆

全桥共设置 28 根吊杆,顺桥向间距 4 m,横向间距 25.5 m,采用 PES7-37 型高强镀锌平行钢丝束,冷铸墩头锚,梁端张拉,拱上锚固。

1.1.5 施工方法

采用先梁后拱法施工,主梁采用悬臂浇筑法施工,对河道影响小,待主梁合拢后,在梁上支架架设拱肋,张拉吊杆;最后施工桥面系。

1.2 城南大桥

1.2.1 总体布置

城南大桥主桥采用 3 跨下承式连续梁拱组合体系,钢箱梁+钢拱结构,跨径布置为:(40+136+40)=216(m),桥面标准桥宽为 46 m,边跨渐变至 36.5 m。主桥钢拱通过吊杆与双主梁共同抵抗外荷载。拱脚产生的水平推力利用钢主梁相平衡,不另外

设置体外系杆。

主桥采用提篮拱,由主拱、副拱和横撑组成,主拱立面矢跨比约为 1/4,拱轴线采用 2 次抛物线,内倾 20°。主拱和吊杆位于机非分隔带处。主拱与主梁固结,并通过吊杆参与主梁共同受力。在主拱上吊点处设置横撑,横撑拱轴线采用 2 次抛物线,横撑中间通过副拱相连。主梁采用 3 跨钢结构双主梁,通过横梁连接形成整体,梁上吊点位于机非分隔带内。城南大桥主桥立面、断面布置如图 4、图 5 所示。

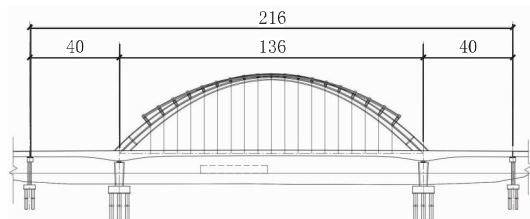


图4 城南大桥立面布置图(单位:m)

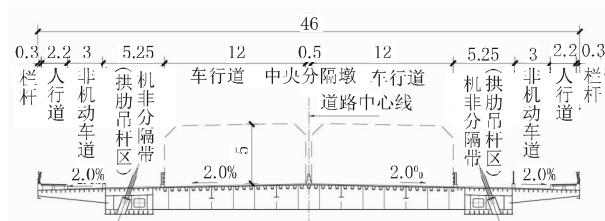


图5 城南大桥断面布置图(单位:m)

1.2.2 主梁构造

主梁采用格子梁结构,由双主梁、横梁、悬臂横梁、横肋、小纵梁,以及桥面板组成。桥宽 36.5~46 m,通过调整悬臂长度来适应桥宽变化,悬臂长度 1~5.75 m;双主梁采用单箱单室钢箱梁,单梁宽 4 m,横桥向净距为 26.5 m,双主梁之间设置 4 道小纵梁。主梁标准段梁高 2.5 m,中支点加高至 4.5 m,中间按二次抛物线渐变,渐变段长为 21 m;双主梁之间通过支点横梁、标准横梁、横肋相连,边支点横梁宽 2 m,高 2.5 m,中支点横梁宽 3 m,高 4.5 m;标准横梁间距为 6 m,横梁间设置两道横肋,横肋标准间距为 3 m。

顶板标准厚度为 16 mm,主梁与主拱结合处局部顶部加厚至 25 mm,悬臂和箱内顶板采用板式纵向加劲肋,其余采用 U 形纵向加劲肋。板式纵向加劲肋为 180 mm×16 mm、240 mm×20 mm。U 形加劲肋厚 8 mm,高 280 mm,上口宽 300 mm,折线底宽 170 mm,内圆弧半径 40 mm。底板厚度为 20 mm、25 mm、30 mm 三种,采用 240 mm×20 mm 板式纵向加劲肋。主梁为直腹板,中间支点附近腹板厚度 20 mm,其余腹板板厚为 16 mm。不同板厚均采用箱内对齐。除中支点附近腹板设置 3 道纵向加劲肋外,其他区域腹板设置 1 道纵向加劲肋。箱内每隔 6 m

设置 1 道横隔板,横隔板间设置两道横肋,横肋标准间距为 2 m。横隔板采用实腹式结构,设置人孔和加劲肋。标准横隔板厚 12 mm,吊点和支点横隔板厚 30 mm。中间横梁及横肋均为倒 T 形结构,横梁高 2 100 mm,腹板厚度 16 mm,翼缘板厚 30 mm,宽 600 mm;横肋高 800 mm,腹板厚度 12 mm,翼缘板厚 25 mm,宽 600 mm。吊杆锚固在梁底,梁底内设置圆形张拉孔,张拉孔空间满足锚杯锚固空间要求,并预留检修盖板。

1.2.3 拱肋

提篮拱由两片内倾 20° 的主拱、一片副拱和 19 道横撑组成,横撑顺桥向间距 6 m,与吊杆位置一一对应。主拱跨径 136 m,立面矢高 34 m,拱轴线为二次抛物线。主拱采用双向对称的六边形截面,拱脚分界处截面宽 2.4 m、高 5 m,拱顶处截面宽 1.8 m、高 2.5 m,截面由拱脚分界处至拱顶线性变化。主拱顶板、底板、腹板厚度均为 30 mm。顶、底板各设置一道加劲肋,腹板设置 6 道加劲肋,加劲肋尺寸为 $220\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 。钢拱在吊杆处设置竖向横隔板,单片拱肋计 19 道,横隔板板厚 20 mm,横隔板开设人孔。相邻横隔板间设置两道垂直于拱轴线的横隔板,板厚 16 mm,横隔板同样设人孔。

副拱主要为装饰作用,采用方形焊接型钢,尺寸 $b \times h = 600\text{ mm} \times 600\text{ mm}$,板厚 16 mm。副拱在与横撑相交处断开,并与横撑焊接,每隔 2 m 设置一道横隔板,板厚 12 mm。

横撑对称布置,跨径 6.25 m~21.858 m 不等,矢高 0.75 m~5.033 m 不等,拱轴线为二次抛物线。横撑采用双向对称的六边形截面,顶、底板宽 812 mm,各风撑根部截面高 500 mm~600 mm,跨中截面高 1 000 mm~1 500 mm,截面由根部至跨中线性变化。顶板、底板、腹板厚度均为 16 mm。顶、底板各设置一道加劲肋,腹板设置 2 道加劲肋,加劲肋尺寸为 $140\text{ mm} \times 12\text{ mm}$ 。横撑在跨间设置垂直于拱轴线的横隔板,板厚 12 mm。

城南大桥拱肋示意图及主拱断面图分别见图 6、图 7 所示。

1.2.4 吊杆

全桥共设置 38 根吊杆,顺桥向间距 6 m,并于拱顶对称布置。吊杆采用 PES7-85 型高强镀锌平行钢丝束,冷铸墩头锚,拱上锚固,梁内张拉。

1.2.5 施工方法

采用先梁后拱法施工,主梁、拱肋均采用工厂加工,现场吊装。主梁采用少支架法施工完后,在梁上

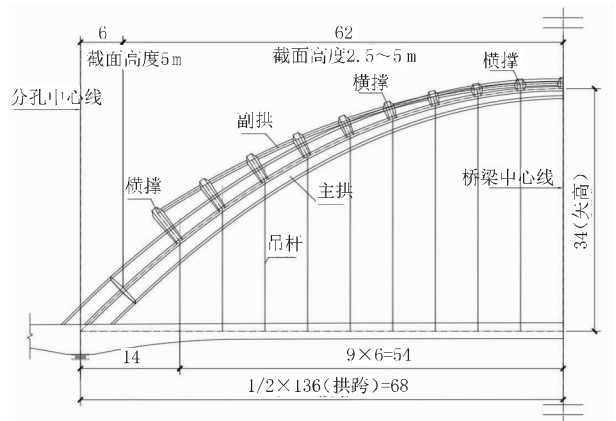


图 6 城南大桥拱肋示意图(单位:m)

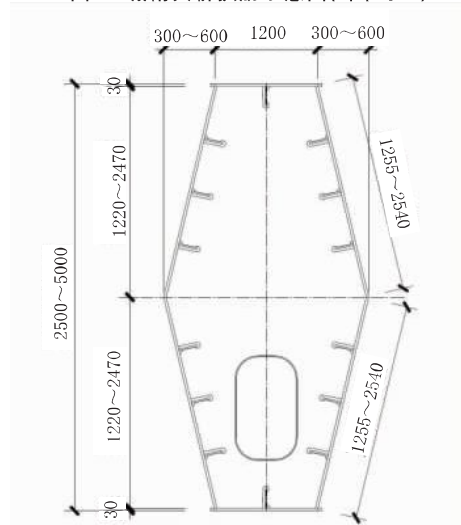


图 7 城南大桥主拱断面图(单位:mm)

架设拱肋,张拉吊杆;最后施工桥面系。

2 受力特性分析

2.1 徐海路沭河大桥内力分析

徐海路沭河大桥有限元计算模型如图 8 所示。主梁、拱肋采用空间梁单元模拟,吊杆采用桁架单元模拟。



图 8 徐海路沭河大桥计算模型

徐海路沭河大桥采用先梁后拱法施工,主梁采用悬臂浇筑法施工,待主梁合拢后,用少支架吊装拱肋,张拉吊杆,最后施工桥面系。一期恒载主要有主梁承担,拱肋通过张拉吊杆承担较少部分恒载;二期恒载及后期活载由梁拱共同承担。主要内力计算结果如图 9~图 11 所示。标准组合作用下,吊杆力较小,在 741 kN~930 kN 之间;基本组合作用下,主梁承担了绝大部分弯矩,主梁最大弯矩为 $-1\,057\,330\text{ kN}\cdot\text{m}$,单根拱肋最大弯矩为 $7\,635\text{ kN}\cdot\text{m}$,仅为主梁最大弯矩的 0.7%;主梁最大轴力为 26 764 kN,

单根拱肋最大轴力为 $-16\,245\text{ kN}$ 。主梁受力类似悬臂浇筑连续梁,主拱以受轴力为主。

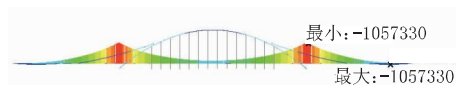


图9 基本组合作用下弯矩图(单位:kN·m)

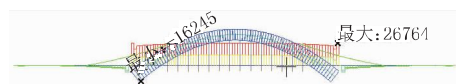


图10 基本组合作用下轴力图(单位:kN)



图11 标准组合作用下吊杆轴力图(单位:kN)

2.2 城南大桥内力分析

城南大桥有限元计算模型如图12所示。主梁按格子梁模拟。主梁、拱肋采用空间梁单元模拟,吊杆采用桁架单元模拟。

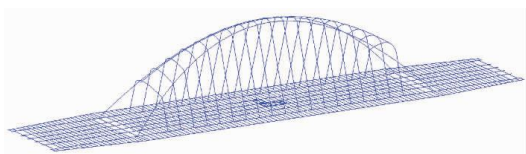


图12 城南大桥计算模型

城南大桥采用先梁后拱法施工,主梁、拱肋均采用少支架吊装法施工,待张拉吊杆后,整体落架,恒载及活载均由梁拱共同承担。主要内力计算结果如图13~图15所示。标准组合作用下,吊杆力为 $1\,658\text{ kN} \sim 1819\text{ kN}$;基本组合作用下,单根主梁弯矩为 $-68\,551\text{ kN}\cdot\text{m} \sim 47\,405\text{ kN}\cdot\text{m}$,中跨主梁最大轴力为 $20\,853\text{ kN}$;单根主拱弯矩为 $-39\,786 \sim 12\,101\text{ kN}\cdot\text{m}$,最大轴力为 $-36\,105\text{ kN}$,位于拱脚处;吊杆力较大,主梁与拱共同受力。



图13 基本组合作用下弯矩图(单位:kN·m)

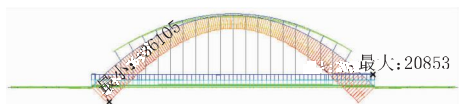


图14 基本组合作用下轴力图(单位:kN)



图15 标准组合作用下吊杆轴力图(单位:kN)

2.3 拱梁荷载比

梁拱组合桥由主梁、主拱、吊杆形成一个共同受力的整体,作用在梁拱组合体系上的荷载 q 有两种

传力途径。一种部分荷载 q_1 通过主梁直接传给支座,剩下的荷载 q_2 通过吊杆传至拱肋,再由拱肋传至支座。可将主拱分担的荷载 q_2 与主梁分担的荷载 q_1 之间的比值定义为拱梁荷载比 $\gamma^{[2]}$ 。

拱梁荷载比主要受拱梁抗弯刚度比、吊杆均布轴向刚度的影响,主拱矢跨比、轴向变形影响系数对拱梁荷载比影响比较小^[3]。在实际工程中,吊杆均布轴向刚度变化范围比较小,主要由桥梁自重和活载决定,因此,拱梁抗弯刚度比是影响拱梁荷载比的主要因素。

徐海路沭河大桥与城南大桥均是在吊杆张拉完成形成梁拱组合体系后施工桥面系,二期荷载在拱梁内的分配比即反映了拱梁的刚度比,是研究梁拱组合桥受力特性的一个重要指标。其他荷载的分配规律类似。徐海路沭河大桥中跨二期荷载为 242 kN/m ,中跨范围内二期荷载合计为 $q=242 \times 80=19\,360(\text{kN})$,二期荷载施工完成吊杆力增加为 $q_2=3\,656\text{ kN}$;则该桥二期荷载拱梁荷载比为 $\gamma=q_2/(q-q_2)=23.3\%$;城南大桥中跨二期荷载为 226 kN/m ,中跨范围内二期荷载合计为 $q=226 \times 136=30\,817(\text{kN})$,二期荷载施工完成吊杆力增加为 $q_2=23\,124\text{ kN}$;则该桥二期荷载拱梁荷载比为 $\gamma=q_2/(q-q_2)=3/1$ 。

徐海路沭河大桥拱梁刚度比为 $1/66$,二期荷载主梁承担了 81% ,以主梁受力为主;城南大桥拱梁刚度比为 $1.3/1$,二期荷载主拱承担了 75% ,以主拱受力为主,主梁受力为辅。文献[4]指出当拱梁抗弯刚度比大于 1 时,荷载主要由拱承担;当拱梁抗弯刚度比小于 1 时,主拱承担的荷载随着拱梁抗弯刚度比减小而减小。

2.4 拱梁弯矩比

拱梁弯矩比是指拱肋与主梁承担弯矩的比值,是梁拱组合桥的一个重要受力特征指标^[2,3]。拱梁弯矩比沿纵桥向是个变化值,对连续梁拱组合梁而言,等效连续梁的任一截面弯矩等于梁拱轴力产生的拉压力偶加拱梁的弯矩和。一般而言,构件受轴力作用,更能发挥材料的性能。设计时,在一定条件下应尽量增大拱梁的刚度比,增大拱梁的拉压力偶,减小拱梁的弯矩,充分发挥材料的性能。

等效连续梁弯矩扣除拱梁拉压力偶后剩余弯矩由拱梁共同承担,如果不计轴向变形的影响,拱梁的弯矩分配比只与拱梁的抗弯刚度比有关^[2]。基本组合作用下,徐海路沭河大桥 $1/4L$ 截面,拉压力偶为 $214\,112\text{ kN}\cdot\text{m}$,拱梁弯矩比为 0.56% ,主梁弯

矩占绝大部分;城南大桥 1/4L 截面拉压力偶为 709 002 kN·m,拱梁弯矩比为 71%,拉压力偶较大,剩余弯矩由主拱与主梁共同分担。

2.5 刚拱柔梁、柔拱刚梁的界定

根据拱梁的相对抗弯刚度比,连续梁拱组合桥可以分为刚拱柔梁、刚拱刚梁和柔拱刚梁三种组合体系。界定刚拱柔梁、柔拱刚梁的依据是主梁或者拱肋不承担弯矩,只承担轴力。《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)第 4.4.14 条认为系杆拱当拱肋抗弯刚度与系杆的抗弯刚度比值小于 1/100 时,拱肋可视为仅受轴力的柔性拱肋,即柔拱刚梁;当拱肋抗弯刚度与系杆抗弯刚度比大于 100 时,系杆可视为仅受轴力,即刚拱系梁;拱肋抗弯刚度与系杆抗弯刚度比值为 1/100 至 100 时,系杆与拱肋应视为刚性连接,即刚拱刚梁。文献[2]认为拱梁抗弯刚度比大于 50 可定义为刚拱柔梁;拱梁的抗弯刚度比小于 1/20 可定义为柔拱刚梁,且必须将柔拱刚梁的计算模式取为拱肋刚度不变的朗格拱。

徐海路沭河大桥拱梁抗弯刚度比为 1/66,1/4L 截面拱梁弯矩比为 0.56%;主梁承担了 95%以上的弯矩,可视为柔拱刚梁;城南大桥拱梁抗弯刚度比为 1.3/1,城南大桥 1/4L 截面拱梁弯矩比为 71%,弯矩由主拱与主梁共同分担,可视为刚拱刚梁。

3 分析比较

徐海路沭河大桥与城南大桥主要设计参数对比如表 1 所列,通过计算分析和各参数对比可知,两座大桥有以下不同点:

(1)徐海路沭河大桥边中跨比为 0.56,接近于连续梁,城南大桥的边中跨比较小,仅为 0.29,可知连续梁拱组合梁桥边中跨比变化范围较大,能适应不同景观需求。

(2)徐海路沭河大桥拱梁抗弯刚度比远小于城南大桥,拱梁荷载分配比、拱梁弯矩分配比完全不同,决定了两座桥的设计方法不同,主梁、拱肋的选择也不同。

(3)徐海路沭河大桥为柔拱刚梁体系,以主梁受力为主,拱受力为辅;结构受力更接近于悬臂浇筑连续梁,因此边中跨比更接近连续梁;城南大桥为刚拱刚梁体系,拱梁共同受力,相对而言,拱荷载分配比较大,边跨不用做得很大,边中跨比较小。

(4)徐海路沭河大桥拱脚水平推力较小,采用梁内预应力相平衡;相比而言,城南大桥拱脚水平推力

较大,采用钢主梁相平衡;两座大桥均不另外设置体外系杆,避免了运营期间体外系杆的检修养护。

(5)两座大桥均采用先梁后拱法施工,但有所不同,徐海路沭河大桥主梁采用悬臂浇筑法施工,城南大桥主梁采用少支架拼装。

表 1 主要设计参数对比表

项目	徐海路沭河大桥	城南大桥
结构类型	连续梁拱组合桥	连续梁拱组合桥
跨径布置 /m	45+80+45	40+136+40
边中跨比	0.56	0.29
矢跨比	1/5	1/4
拱肋	平行钢拱	提篮钢拱
主梁	单箱 5 室预应力混凝土梁	双主梁,格子钢梁
拱梁抗弯刚度比	1/66	1.3/1
二期荷载拱梁荷载比	23.28%	3/1
1/4 截面拱梁弯矩比	0.56%	70.59%
施工方法	先梁后拱 主梁悬臂浇筑	先梁后拱 主梁少支架拼装
结构特点	柔拱刚梁	刚拱刚梁

4 结 语

本文详细介绍了徐海路沭河大桥和城南大桥的总体布置、主要构造、施工方法,可为同类桥设计、施工提供参考。对比分析了两座桥的设计参数和受力特点,总结有以下几点:

(1)拱梁抗弯刚度比直接影响拱梁的荷载分配比、拱梁的弯矩分配比,是梁拱组合桥重要受力特征指标。徐海路沭河大桥拱梁抗弯刚度比为 1/66,拱梁荷载比为 23%,1/4 截面拱梁弯矩比为 0.56%;城南大桥拱梁抗弯刚度比为 1.3/1,拱梁荷载比为 3/1,1/4 截面拱梁弯矩比为 71%。两座桥的受力特点完全不同,拱梁结构形式选择不同,设计方法也不尽相同。

(2)连续梁拱组合桥可分为刚拱柔梁、刚拱刚梁和柔拱刚梁,不同体系设计要点不同,可根据不同体系的传力特点和拱梁荷载分配比进行优化设计。

(3)徐海路沭河大桥为柔拱刚梁体系,以主梁受力为主,拱受力为辅,受力接近于悬臂浇筑连续梁。城南大桥为刚拱刚梁体系,拱梁共同受力,相比而言主拱分担的荷载较多,边跨可以做得较小。

(4)徐海路沭河大桥边中跨比为 0.56,城南大桥边中跨比为 0.29。可见连续梁拱组合体系桥梁边中跨比变化范围较大,设计灵活,可适应不同环境、景

(下转第 117 页)

有条件处设置平地绿化。斜坡绿化以草坪打底,点缀富有野趣的观赏草细叶芒、春花植物榆叶梅形成丰富的草坪景观。平地绿化宽度较宽,分布于防汛通道两侧。远离河道一侧交替种植春花植物白玉兰和日本樱花,春季繁花似锦,美不胜收;靠近河道一侧以组团形式形成多层次的生态群落。

(4) 截污纳管

马漳河东西向穿越嘉定汽配科技城及包装城,汽配城及包装城内环境脏乱,垃圾随意抛弃入河,雨污水混流,没有经过处理就直接排入河道,造成河道黑臭,污染严重。马陆镇对汽配城及包装城内另行立项进行污水纳管改造,目前也已完成^[1]。

3.2 非工程措施

(1) 加强环保执法,杜绝污水、垃圾偷排入河

经过截污纳管改造,汽配城及包装城范围大多数企业已经严格实行雨污分流,污水纳入市政污水系统,工业废水也按照环保部分要求处理后达标排放。但由部分商户存在偷排污水、垃圾的现象,必要时依靠环保部门严格执法,加大处罚力度去解决。

(2) 拆除违章建筑

马陆镇为配合本次河道整治,有关部门对河道两岸大量的违章建筑进行了拆除,共拆除 9 864 m² 违章建筑,河道面貌焕然一新。毕竟河道周边为汽配城及包装城市场,流动人口多,今后应加强巡查,严禁邻河搭建挤占河道空间回潮。

(3) 加大陆域环境综合整治,管控面源污染

汽配城及包装城市场,居住着大量的经营户人口,配套的服务业如餐饮、酒店、洗车房等服务业高度密集,由于环保意识缺乏,这些面源污染很大一部分都最终进入水系,污染水体。因此,必须花大力气整治陆域环境,杜绝面源入河。

(4) 科学水资源调度,提升水水环境质量

河道两侧大量的人口产生的环境压力很大,必须依托经常性水资源调度来弥补。大片上依托嘉宝

(上接第 79 页)

观需求。

(5) 连续梁拱组合桥是一种自平衡体系,徐海路沭河大桥拱脚水平推力采用梁内预应力相平衡;城南大桥拱脚水平推力采用钢主梁相平衡。两座大桥均不设置体外系杆,避免了运营期间体外系杆的检修养护。

(6) 两座大桥均采用先梁后拱法施工,徐海路大桥主梁采用悬臂浇筑,拱肋采用少支架拼装;城南大桥主梁、拱肋均采用少支架拼装。

北片水资源调度,加大调水力度,科学调水,具体到小河道,可以依托已经建造或者即将建造的控制工程进行水资源调度。

(5) 加强宣传教育,引导公众参与,才能实行水环境根本面貌改变

这几年,政府部分加大了环境综合整治宣传力度,市民对环境关注和参与度大大提高,对于水环境也一样,尤其是本工程的重污染河道,大多位于远离主城区的老集镇,是城市管理的薄弱区域,只有发动公众力量,参加、监督,才能弥补管理的漏洞。

4 结 语

消除黑臭或劣 V 类水体进行的河道综合整治,是一个系统工程,拆除河道两岸违章搭建是关键,为河道整治创造了施工条件,同时为河道景观绿化布置提供场地;疏拓河道、拆坝建桥沟通了水系,增加了水动力、水面积和调蓄能力,提高了排涝标准;新建低矮挡土墙加斜坡草皮护岸不仅保持河道岸坡稳定,提升了河道景观生态效果。目前马漳河已整治完毕,已通过参建各方、质监站和接管单位的验收程序,河道治理效果达到了预期效果,整治后河道的景观及公众满意度调查比整治前有显著提高(见图 6)。今后,还需要加强河道巡查、保洁,对周边商户宣传教育,共同维护治理成果,使优美的河道永远成为美丽的风景线。



图 6 马漳河治理效果

参考文献:

- [1] 水污染防治行动计划[Z].北京:国务院,2015.
- [2] 上海市水污染防治行动计划实施方案[Z].上海:上海市人民政府,2015.
- [3] 上海嘉定水务工程设计有限公司. 2015 年嘉定新城河道综合整治工程初步设计报告[Z].上海,2016.

参考文献:

- [1] 金成康. 预应力混凝土梁拱组合桥梁—设计研究与实践[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 易云焜. 梁拱组合体系设计理论关键问题研究[D].上海:同济大学,2007.
- [3] 易云焜,肖汝诚. 下承式梁拱组合桥梁的梁拱协作机理研究[J].力学季刊,2007(3):153-159.
- [4] 杨坤. 刚梁柔拱组合体系桥荷载分担比研究[J].山西交通科技,2016(3):74-76.