

合肥市集贤路跨派河大桥主桥总体设计

袁鹏飞, 黄从俊, 王超

(合肥市规划设计研究院, 安徽合肥 230041)

摘要: 合肥市集贤路跨派河大桥主桥是主跨 132 m 的钢桁拱-箱形梁混合结构桥梁, 桥梁边跨至梁端 24 m 采用了分离式钢箱梁与钢桁拱连接。阐述该主桥总体设计时在主桁型式、片数、矢跨比等方面的方案比选及确定, 以及吊杆、桥面板等结构构造设计细节。该桥的建成对同类型桥梁的设计提供了工程借鉴案例。

关键词: 拱桥; 桁架拱; 混合结构; 主桥; 桥梁设计

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0061-03

1 概述

集贤路是连接合肥市政务文化新区、合肥高新技术产业开发区、合肥经济技术开发区和肥西县的城市快速路, 向北连接西二环路、合淮路, 向南继续延伸并与新 G206 相交, 是贯穿合肥市城市南北的重要通道。

派河(江淮运河)航道为 II 级航道, 净宽 114.8 m, 净高 10 m, 桥梁轴线的法线与航道斜交角度约为 1°。集贤路跨派河大桥全长 638 m, 其中北引桥长 187 m, 南引桥长 210 m, 为预应力混凝土连续箱梁结构。主桥跨越派河航道, 跨径布置为 (54+132+54)m。

2 主要技术标准

(1)设计荷载。汽车荷载: 城-A 级, 按双向 8 车道考虑。人群荷载: 按《城市桥梁设计规范》(CJJ11—2011)第 10.0.4 条办理。非机动车荷载: 按《城市桥梁设计规范》(CJJ11—2011)第 10.0.3 条第三种办理。

(2)桥梁设计基准期: 100 a。

(3)地震基本烈度: VII 度, 地震动峰值加速度 0.1g。

(4)设计安全等级: 重要等级 I 级, 结构重要性系数 1.1。

(5)航道等级: 限制性二级航道; 净宽 \geq 114.8 m, 净高 \geq 10 m。

(6)横断面宽度: 4.75 m(人行及非机动车

道)+1.75 m(桁架及隔离带)+15.5 m(机动车道)+3 m(桁架及中央隔离带)+15.5 m(机动车道)+1.75 m(桁架及隔离带)+4.75 m(人行及非机动车道)=47 m。

3 主桥结构设计

3.1 主桁片数的确定

桁架拱桥的主桁片数一般为 2 片或 3 片, 表 1 列举了国内典型钢桁拱桥的桥面宽度及主桁片数。

表 1 国内典型钢桁拱桥桥面宽度及主桁片数一览表

序号	桥名	孔跨布置 /m	车道数	桥面宽度 /m	桁宽 /m	主桁片数
1	常州京杭运河淹城大桥	30+100+30	6	36	25	2
2	柳州市维义大桥	108+288+108	8	43.5	37	2
3	宁波市湾头大桥	48+480+48	8	43.6	33.6	2
4	上海市蕴藻浜大桥	66+136	4	33.1	19.4	2
5	重庆朝天门大桥	190+576+190	上层公路 6 车道	36.5	29	2
6	南京大胜关大桥	108+182+2×336+192+108	4 线 + 2 线轻轨	41.6	15+15	3

结构设计采用 3 片主桁, 主要考虑以下两方面因素:

(1)桥面较宽、跨度大、荷载大, 若采用 2 片主桁, 内力太大, 最强杆件截面与板厚过大, 同时影响其他杆件的尺寸, 如南京大胜关大桥及武汉天兴洲大桥。

(2)跨度不大但桥面太宽, 导致横向杆件尺寸

收稿日期: 2020-04-25

基金项目: 安徽省建设科技计划项目(2016YF-26); 合肥市学术和技术带头人科研资助项目(合人社秘[2018]547号)
作者简介: 袁鹏飞(1987—), 男, 硕士, 工程师, 从事市政道桥设计与研究工作。

过大,甚至大幅增加建筑高度。

该桥作为钢桁拱结构,跨度不大,但桥梁宽度较大,若采用2片主桁,桁间距达到37m,主桁竖杆面外弯矩较大,同时横梁高度较高,钢材比3片主桁方案多800t,综合考虑结构受力及经济性等方面因素,该桥采用3片主桁方案。

3.2 主桁设计

钢桁拱的主桁型式一般可分为两种:

(1)中支点处设置加劲弦。可加大中支点负弯矩区高度,减小中支点附近主桁杆件内力,同时桥下有较大净空。目前国内建成的钢桁拱桥多采用这种型式,如南京大胜关大桥、重庆朝天门大桥等。

(2)中支点不设置加劲弦。针对桥下净空小,无法设置加劲弦,钢桁拱取消加劲弦,如已经建成通车的上海市蕴藻浜大桥与宁波城庄路姚江大桥。

综合考虑结构受力特性、用钢量、刚度条件、支反力、景观效果等因素,该桥采用新颖的箱形梁及钢桁拱混合布置的方案,如图1所示。

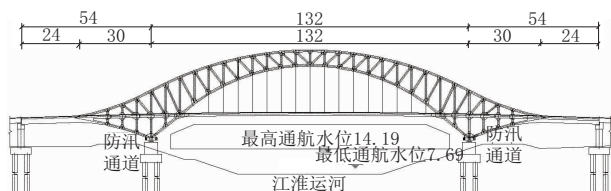


图1 桥型立面布置图(单位:m)

该桥采用钢桁拱-箱形梁组合形式,边跨端部24m为钢箱梁(见图2),与边、中桁对应设置,箱梁中心线与边、中桁中心线一致,箱梁的内宽为1.6m,由距梁端约24m处的杆件宽度由1.6m过渡至0.8m,以便与主桁杆件衔接。其余均为钢桁梁,并于距梁端约24m处箱、桁做过渡处理,主桁采用三桁形式,中、边桁间距18.2m,主桁节间长度6m,中支点处设加劲弦,加劲弦高约9.3m,下拱肋顶至中支点多高30.3m,上拱肋顶至中支点多高36.3m,拱肋线形为二次抛物线。在其中一个中墩设置纵向固定支座,其他桥墩均设置纵向活动支座,结构为无推力的桁架拱。

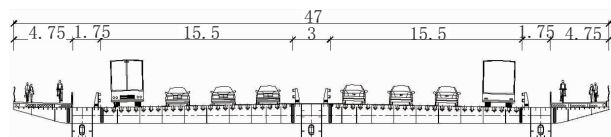


图2 边跨箱形梁横断面(单位:m)

3.3 主桁矢跨比的确定

钢桁拱的矢跨比影响拱肋及系梁内力,矢跨比越小(拱越坦),拱肋及系梁内力越大,拱肋及系梁截面尺寸变大,弦杆的用钢量增加,同时腹杆减

短,腹杆用钢量减小。设计对1:4、1:5.2及1:5.8的矢跨比较分析,结果见表2。

表2 不同矢跨比计算结果

矢跨比	用钢量/t	拱脚轴力/t	系梁轴力/t
1:4	8 700	1 600	846
1:5.2	8 460	1 800	984
1:5.8	8 050	2 100	1 132

1:4矢跨比方案桁高最大,拱肋及系梁受力最小,但是腹杆及吊杆长度最长,上部结构用钢量最大;1:5.8矢跨比方案桁高最小,相应腹杆及吊杆长度也小,但拱肋及系梁受力最大,截面尺寸也大,用钢量次之;矢跨比为1:5.2时,用钢量最小,杆件内力居中。综合考虑结构受力、用钢量及美观等因素,矢跨比确定采用1:5.2。

3.4 主吊杆设计

该桥设计可供选择的吊杆有两种:由钢绞线或平行钢丝束组成的柔性吊杆;由钢板焊接而成的工字形或箱形截面刚性吊杆。

两种吊杆均能满足受力需要,刚性吊杆轴力略大于柔性吊杆。柔性吊杆材料用量小;刚性吊杆用钢量较大,一次投入费用较高,但不存在柔性吊杆使用一定年限后需要多次更换的问题。目前国内钢桁拱桥大多数采用柔性吊杆,但近年发现柔性吊杆振动及防腐问题突出,该桥推荐采用刚性杆件形式。

杆件采用整体节点形式,节点外拼接,杆件内宽均为800mm,上、下弦杆均采用箱形截面,高约840mm,根据部位不同略有差别;边桁系杆采用箱形截面,高约1300mm;中桁系杆采用箱形截面,由于机动车道有2%的纵坡,因此中桁系杆比边桁略高,高约1608mm;腹杆及吊杆均采用H形截面,杆件高500~900mm。弦杆及系杆两个节间作为一个单元制造,在节点附近转折以拟合拱肋及桥面线形,转折处箱内均设有横隔板,横隔板四个边均须与杆件焊接。

3.5 桥面板设计

根据材料及受力特性,钢桥的桥面可分为三种类型:

(1)钢-混凝土不结合桥面。混凝土桥面板通过支座搁置在钢横梁上,不参与整体受力。

(2)钢-混凝土结合桥面。混凝土桥面板通过剪力钉与钢梁结合,参与整体受力。结合部位包括纵、横梁的上翼板及系梁、下弦的顶板。

(3)钢桥面。采用带纵横向加劲肋的正交异性板,钢桥面板上设铺装层。

钢-混凝土不结合桥面整体性较差,实际应用很少;钢-混凝土结合桥面多用于桥面系受弯及压弯的情况,旨在发挥钢材与混凝土各自的材料优势,在桥面受拉为主的结构中很少采用。

该桥中跨系梁拉力较大,桥面系属于受拉为主的拉弯结构,推荐采用正交异性板的钢桥面方案。桥梁标准横断面如图3所示。

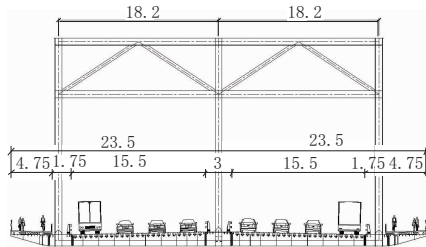


图3 桥梁标准横断面(单位:m)

3.5.1 机动车道板

机动车道板采用正交异性板,顶板厚16 mm,横梁间距约3 m,除钢箱梁两端横梁高与钢箱梁等高外,其余横梁高均为边桁处1 300 mm、中桁处1 608 mm,腹板厚14 mm,下翼缘500 mm×24 mm。顶板纵肋采用T形纵肋及板肋,纵肋须适应主桁杆件及桥面板的转折,转点处为折线。桥面板在制造、运输、安装过程中须设置临时连接杆件以保证结构的稳定及受力要求。桥面板设置2%横坡,中桁高、边桁低。

3.5.2 非机动车道板

非机动车道板与人行道板一体制造,采用正交异性板,非机动车道顶板厚16 mm,人行道板厚10 mm,设1%向内横坡,横梁间距约3 m,腹板厚14 mm,下翼缘200 mm×16 mm,顶板纵肋采用板肋,纵肋须适应主桁杆件及桥面板的转折,转点处为折线。

4 下部结构设计

该桥下部结构分为中墩和分联墩。中墩基础采用整体式承台,承台纵桥向长9.0 m,横桥向宽45.6 m,承台厚3.5 m,下方纵桥向布置两排共14根直径2 m的钻孔灌注桩,上方设计3个5.5 m(纵向)×6.0 m(横向)×5.0 m(高)的桥墩,以承担横桥向3片主桁架拱脚传递的荷载。分联墩采用门架墩型式,墩柱顶设置变高度盖梁连接,以承担主桥及引桥边支点传递下来的荷载。横桥向共设置7个2.6 m(纵向)×2.0 m(横向)的桥墩,每个桥墩通过2.8 m高承台连接2根直径2 m的钻孔灌注桩。

5 施工方法

该桥采用满布支架的施工方式,并确保支架

结构稳定、安全、无沉降,支架须做1.3倍荷载的预压处理。

施工时先搭设边跨及中跨支架,利用汽车吊或塔吊在支架上拼装边跨主梁及主跨系梁及桥面系。主桥施工大致分为以下几个步骤:施工基础、桥墩、临时支撑支架及支座安装→通过汽车吊或塔吊安装节段斜腿钢桁、横联及纵联→安装边跨主梁、主跨系梁及桥面系→施工中跨桥面系上临时支撑支架→安装中跨吊杆→安装桥面系上钢桁拱架及横联→拆除临时支撑支架,施工桥面铺装及桥面附属结构,施工检查设施,成桥。

主跨吊杆运营状态下为拉杆,但施工时为压杆,须采取措施支护,保证其稳定。支架拆除时,须采取可靠工艺并结合施工监控逐步卸载拆除,以防部分杆件受力过大。

6 结语

合肥市集贤路跨派河大桥主桥采用了新颖的钢桁拱-箱形梁混合结构,通过在中支点设置加劲弦、边跨设置箱形梁,有效减小了中支点附近主桁杆件内力,满足桥下通航要求的同时也降低了用钢量。桥梁整体造型轻盈美观(见图4),于2019年12月10日正式通车运营。钢桁拱-箱形梁混合结构的成功实践,对今后同类型桥梁设计具有工程借鉴意义,将进一步促进类似桥型结构的发展运用。



图4 集贤路跨派河大桥主桥建成实景

参考文献:

- [1] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [2] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].
- [3] CJJ 11—2011,城市桥梁设计规范[S].
- [4] 张喜刚,刘高,赵君黎.现代桥梁设计理念与技术创新[J].预应力技术,2010(4):3-8,15.
- [5] 王福敏.特大跨径钢桁架拱桥设计技术[M].重庆:重庆大学出版社,2010.
- [6] 向中富.重庆朝天门大桥特大跨钢桁拱结构安装及控制[M].北京:人民交通出版社,2013.
- [7] 张永旺.大跨钢桁拱桥的设计与施工探讨[J].工程技术研究,2017(9):226-227.