

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.01.022

装饰性拱形塔斜拉桥设计关键问题探讨

马 超

(河北锐驰交通工程咨询有限公司, 河北 石家庄 050021)

摘 要: 随着社会的不断发展进步,人们对桥梁设计美观性的要求越来越高。许多桥梁以简支梁板桥为基本体系,新增装饰性结构形成景观桥梁,以满足人们的观赏性。通过对一座装饰性斜拉拱桥设计进行总结,为今后同类型工程设计提供参考。

关键词: 装饰性斜拉拱桥;拉索;拱圈;地梁

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)01-0083-03

0 引言

近些年,随着社会的不断发展进步,在满足各种使用功能需求的前提下,人们对桥梁设计美观性的要求日益提高。在此背景下,装饰性桥梁应运而生。常规中小跨径桥梁构造简单、施工便捷、工程投资低廉,但美观性不足。许多地方就出现了以简支梁板桥为基本体系,同时新增装饰性建筑结构形成观赏性较高的景观桥梁^[1],如装饰性拱桥、装饰性斜拉桥、装饰性变截面桥等。这些装饰性结构通常不与简支梁板桥共同受力,这样既可以得到理想中的景观效果,又可以避免整个桥梁的工程造价过高。因此,装饰性桥梁逐渐成为一种新的设计方向。

1 工程背景

1.1 工程概况

某市新建城市主干路,上跨规划河,桥梁全长66 m,全宽42 m,上部结构采用3×20 m 预应力混凝土空心板。考虑空心板桥外观简单,不能满足城市发展所需的美观要求,因此对其进行景观设计。

1.2 设计思路

装饰性结构应满足人们的审美需求,同时具有新时代的寓意。本项目选用装饰性拱形塔斜拉桥。侧面上合理布置拉索,线性优美,给人以纤细轻巧的美感;横断面上拱形门架作为桥塔,犹如一道迎接四方宾客的大门,蕴含着当地人民热情好客、努力向上的风貌。

2 总体设计

2.1 总体设计

桥梁横断面宽42 m,布置情况为:3 m 人行道+4.9 m 非机动车道+2.2 m 分隔带+21.8 m 机动车道+2.2 m 分隔带+4.9 m 非机动车道+3 m 人行道。桥梁采用3×20 m 预应力混凝土空心板,下部结构采用桩柱式桥墩,柱式台。主桥立面图和断面图详见图1、图2。

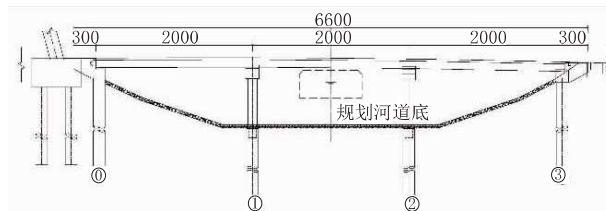


图1 主桥立面图(单位:cm)

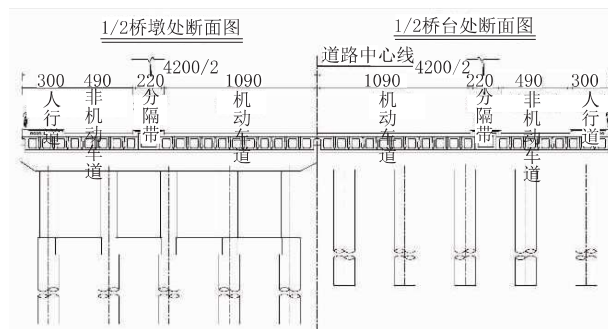


图2 主桥断面图(单位:cm)

装饰拱主要由拱圈、拉索、地梁、承台、桩基础组成。全桥设置一个拱圈,拱圈倾斜角度为75°,计算跨径24 m,计算矢高25 m,拱脚锚固于承台。拱圈单侧设置两排拉索,每排布置8根拉索。拉索一端与拱圈连接,一端与地梁连接。拉索的拉力使得地梁与相邻主桥空心板之间产生相对滑动的趋势,对铰缝产生不利影响。故地梁与主桥空心板之间留有缝隙,填塞苯板。装饰拱立面图和断面图详见图3、图4。

收稿日期: 2021-03-17

作者简介: 马超(1987—),男,硕士,工程师,从事桥梁、结构设计工作。

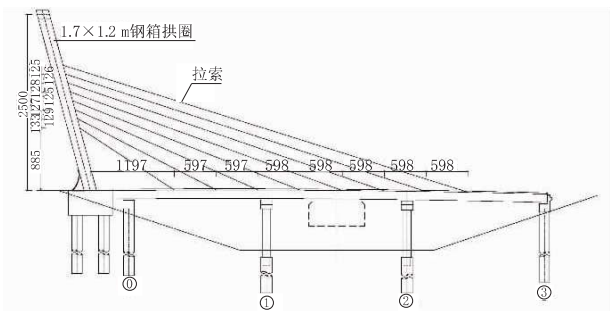


图3 装饰拱立面图(单位:cm)

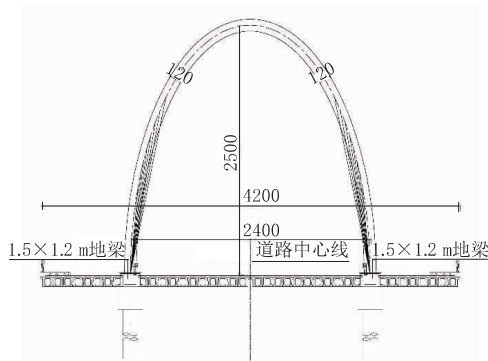


图4 装饰拱断面图(单位:cm)

2.2 设计重点

根据《城市道路工程设计规范》^[2]规定,机动车道最小净高为4.5 m,任何物体不得侵入道路限界内,故应合理布设拉索位置。

拉索拉力的大小是本桥设计中的关键因素。装饰性斜拉拱桥要保证视觉上的美观,应将拉索拉直,因此需要一定的张拉力。如果拉索的张拉力过大,会导致拱圈受力不合理,为后期运营阶段埋下安全隐患。如果拉索的张拉力过小,拉索长度较大,会使得斜拉索下挠过大,景观效果达不到理想目标。而且拉索在活荷载作用下,长期处于拉力变化状态,易产生疲劳问题,减少使用寿命,增加养护运营成本。

地梁截面尺寸主要根据依靠自身重力抵消拉索竖向分力来确定,同时满足在各种荷载组合下相关规范要求。

拱圈外形设计既要美观,还要满足结构受力要求,并兼顾施工、造价等因素。

3 拉索拉力确定

本项目拉索通过上下耳板与拱圈、地梁连接,桥面处张拉控制拉力。拉索拉力的确定不能影响到拱圈和地梁的结构安全,还要防止拉索下挠影响景观性,故拉索拉力不能过大,也不宜过小。

拉索在两端张拉力及自重作用下,其线形呈悬链线状,并且基于以下几项假定条件^[1]:

(1)拉索为柔性结构,只承受张拉力作用而不考

虑其受压作用,并且不考虑其弯曲刚度。

(2)拉索为线性材料,其应力应变曲线符合胡克定律。

(3)拉索的自重及风荷载沿拉索长度方向均匀分布。

(4)不考虑拉索横截面受力变形后的变化。

根据这些假定,孙鹏^[1]、王妍^[3]提出了有关拉索在张拉力及自重荷载作用下的悬链线方程:

$$y = \frac{H}{q} \left[ch \alpha - ch \left(\frac{2\beta}{l} x - \alpha \right) \right]$$

式中: $\alpha = sh^{-1} \frac{[\beta c/l]}{sh\beta} + \beta; \beta = \frac{ql}{2H}$; q 为拉索每延米的重量; H 为拉索拉力的水平分力。

悬链线方程简图见图5。

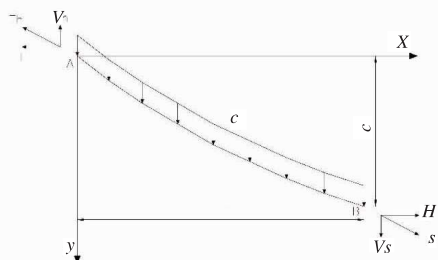


图5 悬链线方程简图

由上式可以推导出,在拉索拉力一定的情况下,拉索自重越小,索体下挠值越小;在拉索自重一定的情况下,拉索拉力越大,索体下挠值越小。索体下挠值越小,其自身线形就越趋近于直线,美观性就越好。但拉索拉力过大对装饰拱圈结构会产生不利影响,因此,在拉索索体截面和规格确定后,再通过确定合理的下挠值来推算所需拉索张拉力。笔者通过参考其他项目设计的类似装饰性斜拉桥,拉索下挠最大值均控制在 $L/400 \sim L/300$ 之间,肉眼通常无法观测到拉索下挠,景观效果较好。

拉索规格选取及张拉力确定,除考虑下挠值外,还应考虑拉索风雨振的影响。减少风雨振影响的方法较多,采用以下两种方式较多:(1)在斜拉索的PE套管设置螺旋线凸起;(2)若拉索大于80 m,在前者的基础上,拉索设置阻尼器。

本项目参考其他装饰性斜拉桥,同时咨询拉索厂家以往经验,最终拉索索体采用1 860 MPa级 $3 \times \phi 15.2$ mm,索体用PE护套环氧喷涂钢绞线缠包后热挤HDPE,索体外径 $\phi 50$ mm,索体单位重量为4.73 kg/m。设计采用拉索中心处最大下挠值 $\leq L/300$ 来控制张拉力,同时考虑部分风荷载影响。下面将本桥8根拉索根据下挠值确定的张拉力列于表1中。

表 1 拉索下挠值

编号	索长 /m	张拉力 /kN	最大下挠值 /m	(索长 /300)/m
1	14.89	100	0.042	0.05
2	20.63	100	0.057	0.069
3	26.53	120	0.068	0.088
4	32.49	120	0.086	0.108
5	38.50	140	0.101	0.128
6	44.55	140	0.124	0.148
7	50.61	160	0.135	0.169
8	56.67	180	0.153	0.189

4 装饰拱体系结构计算

本项目拱圈高度为承台顶以上 25 m。其中, 钢塔柱 19 m, 钢混结合段 6 m, 倾斜角度为 75°。拱圈为矩形截面, 顺桥向 1.7m, 横桥向 1.2 m, 壁厚 22 mm, 钢混结合段在钢箱内浇筑 C50 微膨胀混凝土。地梁梁高 1.2 m, 宽 1.5 m, 顶、底板厚 22 cm, 腹板厚 22 cm, 在支座处设置 50 cm 实心段。

本项目结构采用结构计算软件 Midas Civil 进行分析, 将结构离散成 163 个节点、170 个单元。其有限元模型如图 6 所示。

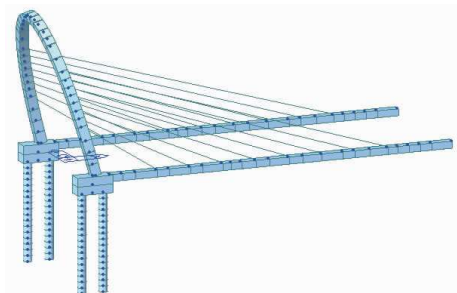


图 6 Midas 计算模型

考虑结构自重、地梁铺装荷载、整体升降温、截面温度梯度、不均匀沉降、风荷载、张拉索力等, 根据《公路桥涵设计通用规范》^[4]、《公路斜拉桥设计细则》^[7] 相关规定进行荷载组合。

4.1 拱圈验算

4.1.1 短暂状况构件应力验算(施工阶段)

由图 7、图 8 可知, 各施工阶段最大拉应力为 9.9 MPa, 最大压应力为 -13.7 MPa, 满足规范^[6]验算要求。

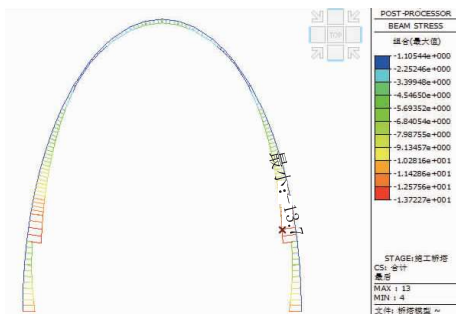


图 7 短暂状况桥塔最大压应力验算结果图形

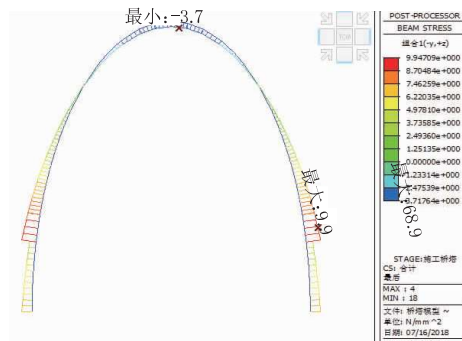


图 8 短暂状况桥塔最大拉应力验算结果图形

4.1.2 荷载组合作用下应力验算

由图 9、图 10 可知, 荷载组合作用下, 最大拉应力为 69.0 MPa, 最大压应力为 79.7 MPa。Q345 钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值: 当板厚大于 16 mm 时为 270 MPa, 满足规范^[6]验算要求。

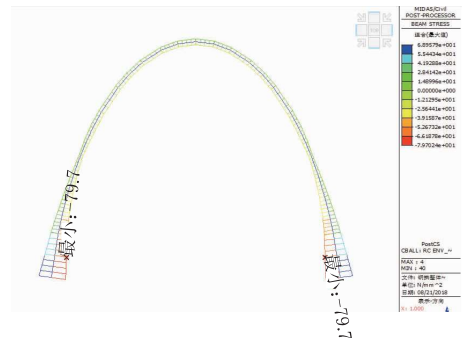


图 9 基本组合下桥塔最大压应力验算结果图形

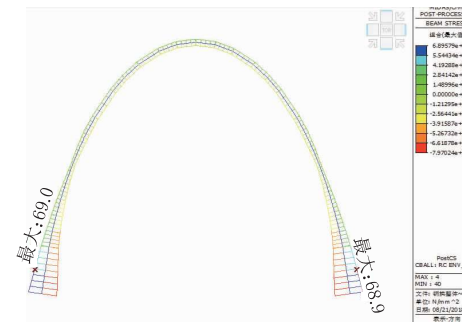


图 10 基本组合下桥塔最大拉应力验算结果图形

4.1.3 其他验算

分别对拱圈稳定性、拉索耳板、拱圈横隔板、埋入式拱脚等进行验算, 均满足规范要求。

4.2 地梁验算

地梁为钢筋混凝土结构, 根据规范要求分别对结构的抗弯承载力、抗剪承载力及裂缝进行验算, 均满足规范^[5]要求。

5 结语

本文首先通过景观要求来确定拉索拉力, 进而拟定拱圈和地梁的结构尺寸, 最后结构通过计算作相应调整以满足规范要求。本文对装饰性拱形塔斜

(下转第 110 页)

区不合理、排水管网系统不完善、自然地形等因素造成的积水区域,打造“上蓄、中疏、下排,有效蓄滞”的防洪排涝体系,做到“控(高低水系控制)、分(分片排涝)、滞(蓄洪滞峰)、排(排水)”联合调度,使雨洪水始终处于可管理状态,确保区内防洪及排涝安全。

3.3.4 加强雨水径流污染控制与雨水资源化利用

结合海绵城市专项规划,提出更新区域各地块的径流总量控制目标和雨水资源化利用控制指标。

3.4 污水工程

3.4.1 对现状污水设施服务能力进行整体评价,提出改扩建计划

城市更新势必造成各区块排水量的变化,应对现状污水设施进行调研、分析,结合城市更新需要,提出对现状污水厂、污水泵站以及污水管网的改扩建计划。

3.4.2 重点解决现状污水处理厂臭味散发问题,消除对周边居民的影响

传统污水处理厂水处理构筑物现状多为地上式,污水生化池散发超标臭味,对周边人居环境造成一定的影响,应结合污水厂改扩建计划,增设生物除臭设施,同步提标改造。

3.4.3 结合城市更新区域新增污水处理设施,扩大污水处理能力

新增污水处理厂的改扩建可结合区域及周边环境,结合再生水回用,建设全地下式再生水处理站,既可避免后续污水厂站臭味散发问题,又能减少对周边区域地块价值的影响,提升城市形象。

4 城市水系统微观层面规划要点

结合城市更新规划确定的重点内容和更新区域,以城市水系统存在的重点问题为导向,提出近远期更新改造内容。

5 结论

城市水系统规划是城市更新规划中不可或缺的重要一环,涉及专业众多,应统筹规划、同步建设、统一管理。城市水系统的更新应重点关注问题导向,合理确定更新目标,解决城市遗留下来的“城市病”,打造更加安全、更具韧性的城市水系统。

参考文献:

- [1] 金兆丰,徐竟成.城市污水回用技术手册[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [2] 中国市政工程协会.海绵城市建设[M].北京:中国建材工业出版社,2017.

(上接第 85 页)

拉桥的几个关键问题进行了简单探讨,可为今后同类型工程设计提供参考。

参考文献:

- [1] 孙鹏.装饰性斜拉索在桥梁结构中的应用[J].建筑与预算,2016(1):40-42.

- [2] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范(2016版)[S].
- [3] 王妍.装饰无背索斜拉桥设计关键问题的探讨[J].北方交通,2013(2):83-87.
- [4] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [5] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [6] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].
- [7] JTG/T D65-1—2015,公路斜拉桥设计细则[S].