

# 宜兴市范蠡大桥方案设计

龚俊虎<sup>1</sup>, 秦世强<sup>2</sup>

(1. 中铁磁浮交通投资建设有限公司, 湖北 武汉 430060; 2. 武汉理工大学)

**摘要:**该文以范蠡大桥为例,在满足桥梁交通功能和结构受力要求的前提下,结合宜兴城市特点、文化背景和景观要求,体现其结构形式新颖美观,提出了两个主桥设计方案,“竹海虹桥”中承式竹节形折线钢管拱桥和“茶芽拱”下承式斜拉拱组合桥,使得桥梁建筑与周围环境融为一体。同时,介绍了两个方案的文化元素、桥梁结构总体设计及拟采用的施工方案。

**关键词:**桥梁造型; 方案设计; 桥梁景观; 竹节形拱; 折线钢管拱桥; 斜拉拱组合桥

随着社会的进步与发展,大众生活水平不断提高;为了满足人们的审美需求以及城市发展的需要,桥梁已不再只是单独满足交通要求的结构工程,桥梁造型与景观要求所占比重在不断提高。桥梁往往发展成为一个城市的地标性建筑,旧金山的布鲁克林大桥,已经成为旧金山湾的门户,每年吸引着成百上千万的游客;澳大利亚的悉尼港大桥为澳大利亚最著名的景点和标志性建筑之一。设计是工程的先导,桥梁方案设计从整体上决定了桥梁工程的使用性能。桥梁工程方案设计的失误和不足将造成巨大的损失,这种损失在随后的详细设计阶段和施工阶段以及运营阶段都难以弥补,桥梁设计方案要与各方面的功能相衔接,应以技术性、经济性以及社会性为主,同时在整个的规划方案上都要与周边的交通组织、规划风格、绿化措施等方面

相融合,还要考虑施工方便,技术标准等要求,因此从美观要求和结构使用要求两方面看,桥梁方案设计变得越来越重要。该文从桥梁所处位置与文化特色出发,以范蠡大桥为例,兼顾桥梁的交通功能要求和景观要求,提出两种桥梁方案设计。

## 1 工程概况

宜兴位于江苏省南端的太湖西岸,苏浙皖三省交界的沪宁杭大交通中心,是长江三角洲的一颗璀璨明珠。宜兴素以“陶的古都、洞的世界、竹的海洋、茶的绿洲”著称,既有现代时尚的气派,又有江南古镇的内蕴和婉约。宜兴市区内现有桥梁形式主要以常规的拱桥、连续梁、简支梁桥等桥型为主。该文考虑范蠡大桥

\*\*\*\*\*

[2] 卫星,强士中.斜拉桥桥塔钢-混凝土结合段传力机理试验研究[J].工程力学,2013(1).  
[3] 张西丁,石雪飞.拱塔斜拉桥桥塔钢-混结合段空间受力分析[J].交通科学与工程,2013(6).  
[4] 李达.钢-混凝土塔座预应力结合段受力性能研究[D].长安大学硕士学位论文,2014.  
[5] 刘昌崑.混凝土箱梁钢混独塔斜拉桥分析和塔柱钢混结合段详细应力分析[D].西南交通大学硕士学位论文,2014.  
[6] 聂建国.钢-混凝土组合结构桥梁[M].北京:人民交通出版社,2011.  
[7] 张勇.南京长江第三大桥桥塔钢混结合段结构特性研究[D].西南交通大学硕士学位论文,2002.

[8] 史建三,任国雷,刘安双.拱、梁与索结合的新创意—福建省三明市台江大桥设计[C].第十八届全国桥梁学术会议论文集(上册),2008.  
[9] 任国雷,马振栋,刘国祥.沈阳浑河三好桥总体设计与施工[C].第十九届全国桥梁学术会议论文集(上册),2010.  
[10] 龙佩恒,路泽超,侯苏伟.钢-混凝土叠合梁独塔斜拉桥塔墩固结区应力分析研究[J].中外公路,2018(1).  
[11] 刘文会,邹得金.组合-混凝土混合连续梁桥接头PBL板抗剪受力分析[J].中外公路,2016(2).  
[12] JTG D60-2015 公路桥涵设计规范[S].  
[13] 黄力,刘志权,石雪飞.大跨径斜拉桥塔墩梁固结处空间受力分析[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2012(3).

桥梁方案设计既要与宜兴大部分桥梁风格相协调,又要考虑能突出该桥特色,丰富宜兴市的桥梁造型,并与宜兴的文化相结合。范蠡大桥两侧落地分别接入范蠡大道的宜浦路立交及太湖大道立交,横跨整个东氿水面,位于东氿广场和宜兴市文化中心东侧 3.5 km 左右,范蠡大桥所处位置平面图见图 1。

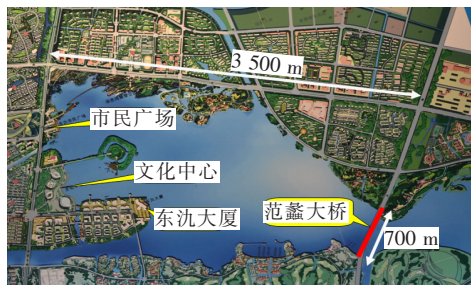


图 1 范蠡大桥位置平面图

范蠡大桥桥址位于东氿水面宽约 700 m 左右处,为Ⅲ级航道,通航孔位于东氿北侧,双向通航时要求通航孔净宽不小于 200 m(单向通航时要求单个通航孔净宽不小于 100 m),通航孔净高 10 m,且桥与航道中心线成  $90^\circ$  交角。范蠡大桥所在的范蠡大道是宜兴市“十二五”规划路网“六纵六横六联”中纵二的重要组成部分,主要连接太湖大道、站前大道东沿线,规划为城市主干道,双向六车道,设计速度 60 km/h,设计汽车荷载为城—A 级,另需考虑非机动车通行和人行需要。

## 2 主桥方案设计

### 2.1 方案构思

桥梁方案设计是桥梁初步设计阶段中需要首先完成的任务,根据桥位的选址、设计标准以及技术要求,在满足桥梁结构安全可靠、适用耐久、经济合理以及与周围环境协调一致和可持续发展的条件下进行方案设计。范蠡大桥在满足桥梁结构设计要求的前提下,突出桥梁美学的价值,力求考虑宜兴的地域文化特色和自然人文背景,将宜兴文化融合到桥梁建筑中去,充分体现宜兴城市精神,使建成后的范蠡大桥成为宜兴市的地标性景观建筑。综合考虑范蠡大桥所处的位置、水文条件、通航要求、设计标准以及宜兴地域文化和周围环境,提出“竹海虹桥”和“茶芽拱”两个桥型设计方案。

### 2.2 方案 1:竹海虹桥

#### 2.2.1 竹海虹桥方案设计中的文化元素

大桥设计为体现项目区域的人文和旅游特点,使

桥梁景观、建筑设计与周围环境相协调,设计包含两大文化元素:“竹海”、“虹桥”。

竹海:宜兴盛产竹,漫山遍野分布着竹林,著名的以竹为主角的景区就有竹海风景区、太华山竹海和茗岭竹海。自古有“竹的海洋”之称。竹子具有“宁折不弯”的豪气和“中通外直”的度量。该方案中使用的折线拱结构的构想就是由竹子的形状而来,远观就像由竹子拼接而成,有一种身临竹海之感,很好地展现宜兴作为中国“竹海”的独特魅力。

虹桥:为了满足从东氿新城侧观赏的需求,从设计上考虑拱桥结构能给人以气势宏大的视觉感受,设计采用拱桥结构。中国有着悠久的拱桥建造历史,其主体承力结构分解图如图 2 所示,设计采用的拱桥结构由一个三折线拱和一个四折线拱叠拼而成,折线拱结构沿拱心线整体受压,结构受力合理。由于竹具有“宁折不屈”的特点,因此不宜将竹设计成曲线拱。该设计方案以虹桥主体承力结构体系为构思源泉,传承中国古代高超的木拱桥结构建造技术,采用折线叠拼形成拱形,通过现代钢结构技术形成大跨度结构,再现虹桥的恢宏气势。该设计方案融合现代钢桥技术、古代木拱桥技术和中国竹文化于一身。

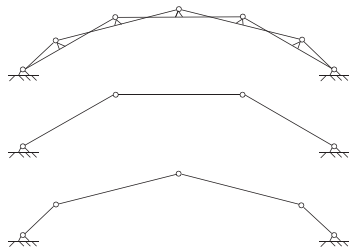


图 2 虹桥主体承力结构分解图

#### 2.2.2 竹海虹桥方案总体设计

该方案设计主桥为  $(30+236+30)$  m 中承式竹节形折线钢管拱桥,桥宽 39 m,吊杆间距 8~10 m。主桥采用全焊钢结构,主拱采用 Q370D 级焊接钢管结构,局部小角度交叉钢管结构可采用铸钢整体铸造。主拱采用  $\phi 2\,000$  mm,壁厚 24~32 mm 焊接钢管,拱脚附近钢管灌注混凝土,加强拱脚局部承载能力。主拱辅助桁架采用  $\phi 800$  mm,壁厚 12~16 mm 焊接钢管。两片主拱之间设置“一”字形或 K 形横撑,横撑采用  $\phi 1\,000$  mm,壁厚 16 mm 焊接钢管。系杆采用  $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$  钢箱截面,钢箱板厚 32 mm。主梁采用 4 根纵梁和间距为 2.5~3.5 m 的横梁支承正交异性钢桥面板体系,横梁高 2.5 m,纵梁高 1.5 m。主拱拱脚与主梁固结。主桥 236 m 主跨满足东氿  $200\text{ m} \times 10\text{ m}$

的通航要求,引桥满足上跨道路及河堤净空 5.0 m 的要求,全桥满足双向六车道分向通行要求和人行道与非机动车道通行要求。方案 1 主桥立面布置图见图 3,跨中横截面布置见图 4。

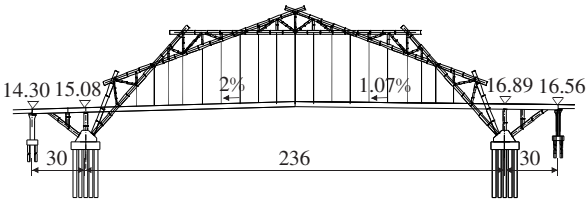


图 3 竹海虹桥方案主桥立面布置图(单位:m)

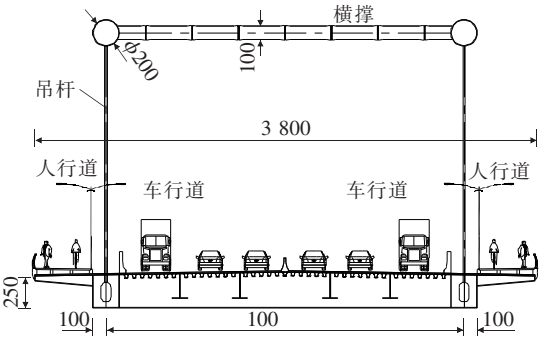


图 4 方案 1 主桥横截面布置图(单位:cm)

主桥结构传力体系为:桥面荷载通过吊杆传递给主拱,主拱将这些荷载转化为钢管桁架的轴力向下传递,主拱拱脚竖向分力传给基础,主拱水平分力由钢箱系杆和拱脚共同承担。采用这种结构可以大大降低主梁的建筑物高度,使桥梁更显轻盈美观。

该方案将拱肋设计成竹节外形,根据竹“中通外直”的特征,采用钢管局部加焊钢圈形成竹节,其细部构造见图 5。

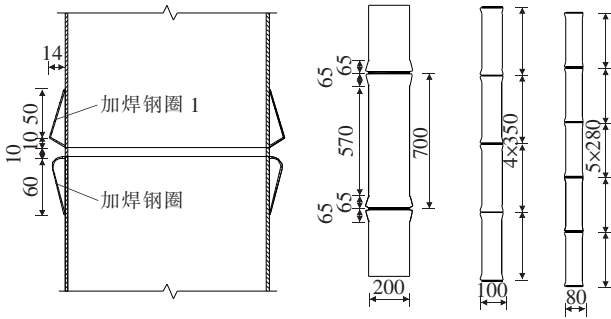


图 5 竹节细部构造及各部位竹节大样(单位:cm)

2.2.3 竹海虹桥方案拟采用的施工方案

该桥主拱施工可在中主墩位置搭设塔架,采用斜拉悬臂分段拼装主拱至合龙;主梁可在主拱合龙后分节段吊装,最后张拉吊杆索力成桥。大桥钢管为大直径钢管,制造和焊接难度较大,实施过程中应进一步深

入研究相关施工工艺。预计主桥施工工期为 18 个月。

2.3 方案 2:茶芽拱

2.3.1 茶芽拱方案构思的文化元素

茶是宜兴文化内涵不可或缺的体现和代表,宜兴素以“茶的绿洲”著称,自汉代就植茶饮茶,是中国享有盛名的古茶区之一。该设计以“茶芽”为主元素,将宜兴茶文化巧妙融入到方案设计中。

主跨采用新型斜拉拱组合桥结构体系,通过立面拱圈的变化构成空间的茶芽图案,中央的茶苞以及两侧伸展的叶片,象征着宜兴城市清新淡雅的气质以及青春朝阳的气息,“茶芽拱”方案效果图详见图 6。



图 6 茶芽拱方案效果图

主塔采用“茶芽”的形态,很好地突出了茶形状,如出水芙蓉般荣耀绽放,将波光潋滟的诗情画意、大自然纯粹的绿意盎然以及碧草东沤的青天晓月一线贯穿,在精妙的变化中融为一体,呈现出了桥与文化的美好结合。

东沤源源不绝的兴盛水脉,两岸亲水植物的婆娑之声,恰如早春“茶芽”造型的桥体跃然水上,绘制出善待自然、融入自然的唯美画卷。设计方案以多重的构成手法结合别致的空间概念,在河流的湛蓝、岸边的绿意中汇入最为和谐的元素,引发人们对于美好事物的无限遐想,启迪人们不断探寻幸福所在。

2.3.2 茶芽拱方案总体设计

“茶芽拱”方案主桥为主跨  $2 \times 168$  m 的斜拉拱组合桥,桥宽 36.2 m,吊杆间距 13.8 m。桥梁方案将拱肋设计成两片茶芽外形,中间桥塔设计成茶尖,形成“两叶一心”。主拱钢管采用 3 肢  $\phi 700$  mm,壁厚 16 mm 的钢管组成,钢管内灌注混凝土形成钢管混凝土结构。主梁采用预应力混凝土结构,梁高由边墩附近 3.5 m 渐变至中墩附近的 6.0 m。桥塔采用混凝土结构,塔高 83.6 m,横桥向宽 2.5 m。主桥  $2 \times 168$  m 主跨满足两孔  $100 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  的通航要求,引桥满足上跨道路及河堤净空 5.0 m 的要求,全桥满足双向六车道分向通行要求和人行道与非机动车道通行要求。方案 2 主桥立面布置图见图 7,中墩横截面布置图见图 8。

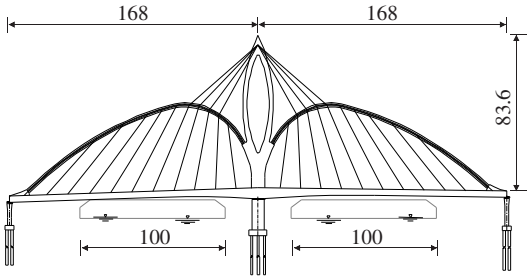


图 7 主桥立面布置图(单位:m)

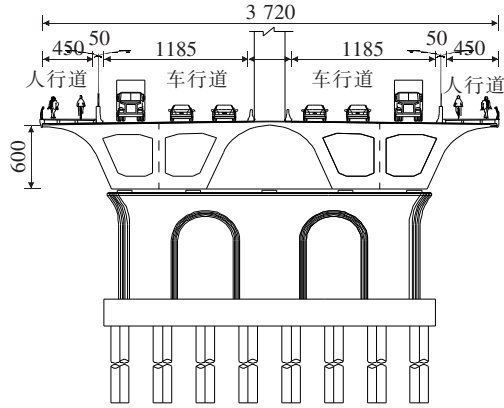


图 8 主桥中墩横截面布置图(单位:cm)

主桥结构传力体系:桥面荷载通过吊杆传递给主拱,桥塔分担主拱部分水平力及竖向力,主拱拱脚竖向分力传给基础,主拱水平分力由连续梁和桥塔斜拉索共同承担。此方案采用这种结构可以大大降低梁部的建筑高度,使桥梁更显轻盈美观。

2.3.3 茶芽拱方案拟采用的施工方案

大桥施工可先施工基础及墩身,然后搭设支架现浇施工预应力混凝土主梁,待主梁达到设计强度后,在主梁上搭设支架施工主拱肋并安装和张拉吊杆,最后施工中塔并张拉斜拉索,成桥后拆除临时施工支架。

3 结语

该文为范蠡大桥为例,在桥梁方案设计中注重了

当地的地理特色和区域文化,提出了两种桥梁设计方案:“竹海虹桥”中承式竹节形折线钢管拱桥和“茶芽拱”下承式斜拉拱组合桥,在体现其结构形式新颖和安全适用的同时,使得桥梁景观要求和功能要求和谐统一,并与周围环境相辅相成,可为此类桥梁方案设计提供参考。

参考文献:

[1] 杨德灿. 梁式桥桥型方案比选分析[J]. 土木工程与管理学报, 2007(3).

[2] 谢琪. 福州市二环路白湖亭立交工程方案研究[J]. 中外公路, 2017(1).

[3] 安群慧, 褚文涛. 蔚山港大桥初步方案设计[J]. 世界桥梁, 2010(1).

[4] 仇福林. 柴埠大桥斜拉桥设计方案分析[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2014(4).

[5] 刘小燕, 唐春燕, 夏信辉. 南湖桥梁造型设计[J]. 中外公路, 2015(6).

[6] 张辉, 田文民. 既有跨线天桥结构体系改造方案设计[J]. 中外公路, 2017(3).

[7] 陈竟翔, 曾明根, 孙丽明. BIM 技术在大型复杂桥梁施工方案优化中的应用探索——以范蠡大桥项目为例[J]. 结构工程师, 2017(2).

[8] 陈昆. 张扁高速公路六坝互通连接线穿越兰新铁路设计方案探讨[J]. 中外公路, 2019(2).

[9] 谢尚英, 郑爱华, 毕小毛. 茜草长江大桥方案设计[J]. 世界桥梁, 2009(2).

[10] 王卫国, 纪小烨, 包孔波. 桥梁美学在生态区桥梁设计中的运用[J]. 公路, 2004(5).

[11] 张成, 关瑞明. 木拱廊桥和虹桥的比较研究[J]. 福建建筑, 2007(4).

[12] 唐寰澄. 中国木拱桥[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

[13] 吴冲. 现代钢桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.

[14] 康厚军, 杨相展, 卓斌. 两座新型桥梁——斜拉拱桥的对比研究[J]. 中外公路, 2007(2).

[15] 颜东煌, 刘雪峰, 田仲初, 等. 组合体系拱桥的发展与应用综述[J]. 世界桥梁, 2007(2).