

文章编号: 0451-0712(2005)01-0115-06

中图分类号: U442.5

文献标识码: B

# 蠡湖大桥的桥型设计

俞 臻

(无锡市城市重点工程建设办公室 无锡市 214000)

**摘 要:** 无锡市蠡湖大桥桥型设计, 注重桥梁本体的景观功能及桥体与湖边规划景观的协调。蠡湖大桥桥型独特新颖, 具有太湖水乡特色。为保证桥梁的造型艺术, 桥梁结构设计进行了特殊处理, 主要介绍桥梁设计特点。

**关键词:** 蠡湖大桥; 桥型设计; 规划; 桥梁景观

无锡市蠡湖大桥是无锡市蠡湖大道上跨越五里湖的一座特大型桥梁, 其所在的蠡湖大道是沟通无锡市滨湖新城和无锡市市区的骨架道路。五里湖是无锡太湖的湖中湖, 湖面南北长而东西狭长, 以湖长五里而冠名, 从形状和功能来看, 蠡湖大桥的建成使得五里湖成为名符其实的太湖明珠。滨湖新城正是围绕太湖明珠的理念, 以创造富有特色的滨湖城市为目标来塑造新城风貌。

## 1 概况

### 1.1 自然条件

五里湖湖面宽 500 余 m, 常水位下水深 0.8~2.8 m, 湖面底标高 -1.45~0.52 m, 湖底较平整。北岸为农田, 地势平坦, 南岸分布较多渔塘。

根据工程地质勘察研究报告, 桥址处为Ⅲ类场土地土, 其下土层主要为流塑~硬塑的亚粘土及亚砂土, 各地基土层分布较稳定, 符合建桥条件。经地质钻探揭示, 基础宜选用工程性能较好的亚粘土层作为持力层。

**水位:** 历史最高水位 3.16 m (黄海高程系统); 最低水位 0.06 m, 年平均水位 1.10 m。

**降水:** 平均 2~4 年出现一次涝情, 3~4 年出现一次旱情。历史最大降雨量 1512.3 mm/年; 最小降雨量 552.9 mm/年; 平均降雨量 1052.3 mm/年。

**气温:** 平均气温 15.5℃; 平均最高气温 17.7℃; 平均最低气温 4.7℃。最冷 1 月份, 平均气温 2.5℃, 极端最低气温 -12.5℃; 最热 7 月份, 平均气温 35.8℃, 极端最高气温 40.4℃。

**风向:** 全年主导风向为东南和偏东; 次导风向东北和北; 年均风速 3.4 m/s, 最大风速 20 m/s。

**霜雪:** 年均无霜雪 232 d; 积雪最大深度 16 cm。

**地震基本烈度:** 6 度。

### 1.2 主要技术标准

**桥梁设计荷载:** 城市—A 级;

**道路等级:** 城市快速路;

**设计车速:** 80 km/h;

**通航标准:** 通航按不小于 7 级航道控制, 设计最高通航水位 2.59 m;

**地震:** 基本烈度为 6 度, 按 7 度设防。

## 2 桥型选择

为建设城市精品工程, 无锡市城市重点工程建设指挥部在全国范围内邀请知名设计院对蠡湖大桥设计方案招标。在提交的 9 个方案中, 主桥桥型方案基本集中在连续刚构、连续梁和简支梁装饰拱、上承式肋拱中, 目的是淡化桥体效果, 突出太湖的湖光山色。参与方案评审的专家更是有“在风景区, 桥梁宜静悄悄地过河”的理念, 以轻巧、美观, 桥梁与湖光山色溶为一体为原则, 推荐连续 V 形刚构的主桥方案。

**方案一:** V 形刚构桥, 主要由直线构成, 形态上更加简洁明快, 富于力动感与轻快感, 梁底部分所显示的上凸曲线产生类似拱桥的力感, 刚柔相济, 朴实无华。这种桥型体现结构的力学特征, 又将建筑形象寓于宁静优美的氛围中, 见图 1 所示。

**方案二:** 为统一湖区整体景观效果, 建设单位同时也邀请进行蠡湖新城概念性规划设计的澳大利



图 1 方案一:蠡湖大桥 V 形刚构方案

亚的 DANNIS 公司及美国的 EDAW 公司进行大桥的方案设计。两家境外公司无一例外地推出了斜塔斜拉桥和索塔外饰的连续梁桥(称为星门大桥)的方案,强调桥梁本体的景观功能及桥体与湖边规划景观的协调。

星门大桥结构是等跨连续刚构。其设计理念是:作为一座以景观功能为主的大桥,它不仅要满足交通需要,还要能为桥上行人提供最佳的观赏五里湖湖光山色的平台。设计将人行道设置在桥的上层,以便行人在桥上行走时能够同时看到桥两边的风景。这种变化使安静的步行道与喧嚣的车道分离,为行人的桥上漫步之旅创造了一个安全舒适的环境。设计师在桥体中间设计了拱形景观构筑物,并在其顶端设置观景台。观景台距湖面约 70 m,行人可沿封闭起来的拱形建筑的台阶登上观景台,也可乘游船驶至拱形建筑物底部拾阶而上。桥梁顺桥向,以拱形观景台为中心,桥梁一侧设有 5 道拱带,拱带间以索道互相连接,与桥面一同形成隧道外形,共同构成时光隧道的意境;拱形观景台的另一侧则由斜拉索外饰形成具有现代气息的“斜拉桥”,这夸张突出的桥型旨在改变人们对桥只是一种交通设施的习惯思维,唤起人们对桥本身的兴趣,给旅游者介绍一种不同凡响的经历。

星门大桥的桥型不由得让人想到日本京都远郊的重山、峡谷的自然公园区内,贝聿铭先生实现的桃源梦——美秀博物馆,以两侧开满樱花的小道引入 300 m 长的弧形隧道、横跨峡谷连接人间天堂的 120 m 索桥。该索桥是隧道外形的延伸,洞门外拱形塔和斜索告诉着游人在时代的今天,穿越时空的隧道是现实中的桃花源,见图 2 所示。

反思我国古代桥梁所特有的艺术风格,桥梁本体造型无一例外地与桥梁两侧的房屋和山水有关。

预应力连续 V 形刚构造型简洁,节奏明快富于动感,桥型方案和周边现状环境结合是适宜的。随着特大城市的建设,桥型方案应结合五里湖地区的规划,桥梁应兼具交通和景观功能,从这个意义上说,处理五里湖东湖口的蠡湖大桥其桥型应与规划周边功能区的建筑风格协调一致。星门大桥方案的设计理念值得借鉴,但其突出的造型与分散建设的五里湖地区不尽协调,在五里湖地区的整体改造未完成之前无观光优势,同时结构上也没有优势。

方案三:上承式组合式拱桥。桥型以拱桥与渔网造型相结合,形态飘逸,造型优美,其造型寓意收网丰收归来之意,同时结构远观为“WX”即无锡拼音开头二字。该桥型有明显的太湖水乡特色,与五里湖地区环境协调一致,主桥结构的建筑艺术造型独特新颖。经再三斟酌论证,确定蠡湖大桥桥型为拱桥加悬索的组合桥型,见图 3 所示。

### 3 上承式组合拱桥主桥结构特点

桥梁主桥造型独特,属非常规造型,主桥为上承式拱梁加斜塔悬索的组合结构,中跨钢筋混凝土拱形结构,拱上无竖杆设计。桥梁工程范围内孔跨布置为  $6 \times 40 \text{ m} + 40 \text{ m} + 80 \text{ m} + 40 \text{ m} + 5 \times 40 \text{ m}$ ,桥梁全长 600 m,其中主桥长度为 160 m。桥梁总体布置见图 4 所示。

#### 3.1 拱与斜塔

主拱跨径为 80 m,矢高 12.5 m,矢跨比  $1/6.4$ ,拱轴线为悬链线,箱拱  $27 \sim 23.8 \text{ m}$  变宽,1.5 m 等高,材料为 C50 混凝土,顶、底板厚 140 mm,中腹板 400 mm,边腹板 740 mm。

斜塔为钢筋混凝土矩形断面,断面尺寸为  $2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ ,为 C50 混凝土。斜塔纵向倾斜  $50^\circ$ ,横向倾斜  $10^\circ$ 。由于斜塔为空间倾斜,且与拱座呈圆弧形连接,构造较复杂。

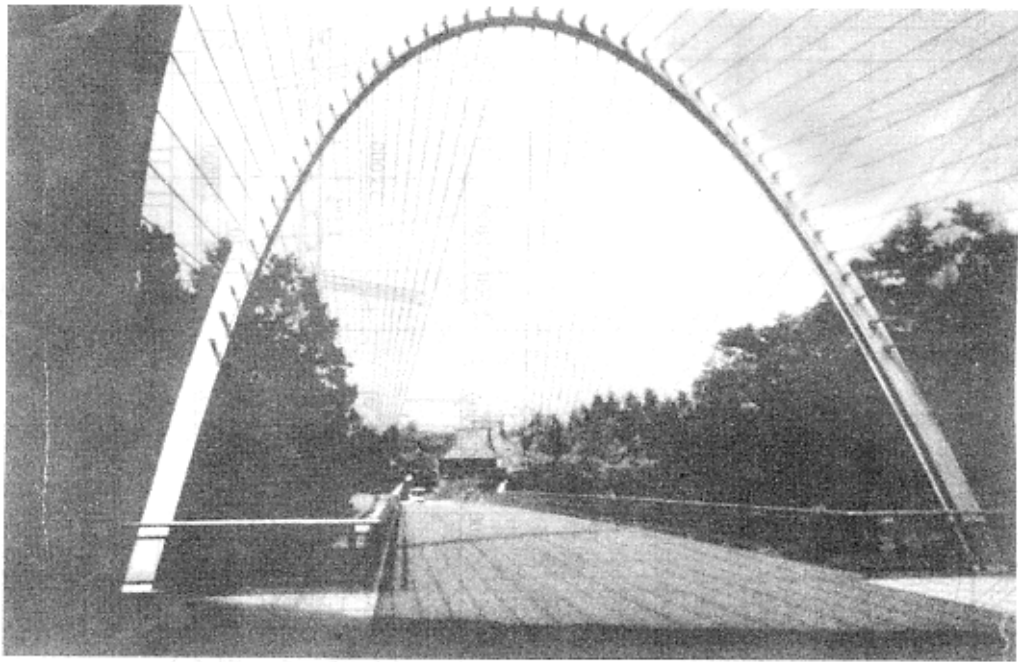


图 2 方案二: 美秀博物馆入口处

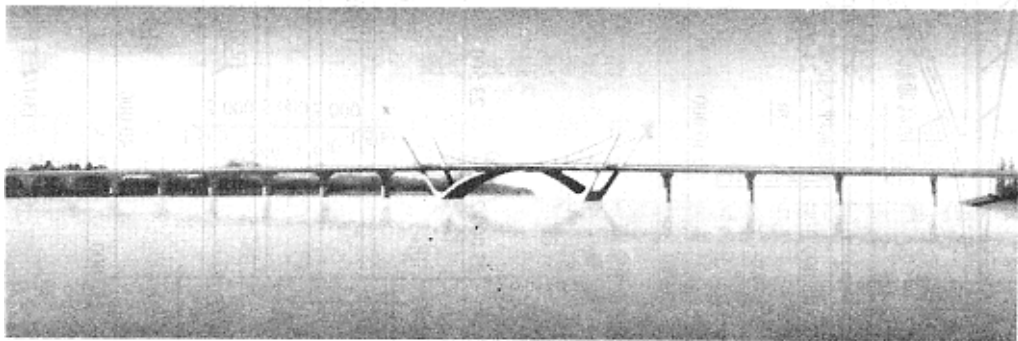


图 3 方案三: 上承式组合拱桥

3.2 主梁

主梁为变截面单箱六室预应力箱梁,标准段梁高 1.68 m,斜塔处梁高 2.5 m,与拱结合处联合断面高 4.05 m。主梁底宽 27 m,顶宽 33 m,两侧各悬臂 3 m,悬臂根部高 400 mm,中腹板宽 400 mm,边腹板宽 740 mm,顶、底板厚 200 mm。

主梁预应力束分别锚固在斜塔横梁处和梁端,在拱梁结合处横梁、斜塔处横梁和端横梁上均设横向预应力束。桥面板也设横向预应力束。

在拱梁结合处设横梁,宽 1.3 m,斜塔与主梁交界处设空心横梁,共 3 道腹板,端横梁处设 1 m 宽横梁,各横梁中再加设 250 mm 的横隔板。

3.3 缆索系统

主缆采用热聚乙烯拉索 PES7-199,PE 防护,冷铸镦头锚;在索夹处剥开 PVC 外层,紧固索夹,再

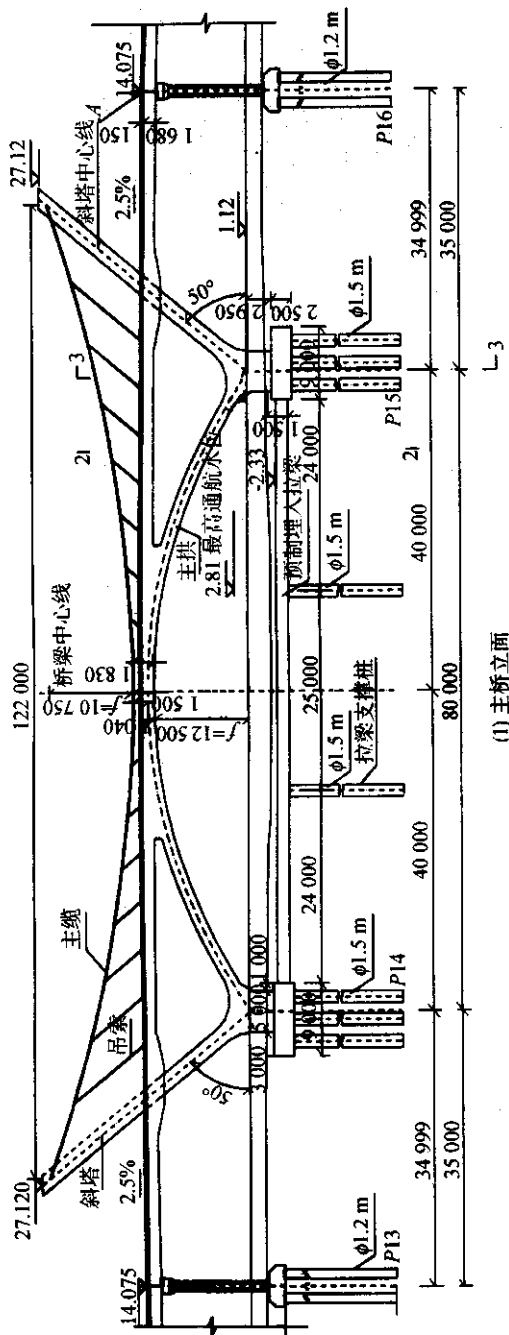
进行防护处理。

吊索采用 OVMSD(K)型可调式吊杆专用锚具,采用镀锌高强低松弛 PES5-37 束,PE 防护,热铸镦头锚;索夹上紧固螺栓,吊索通过检销传力至索夹,再由索夹通过紧固力传至主缆,主缆为空间曲线,主缆成桥线形见图 5 所示。

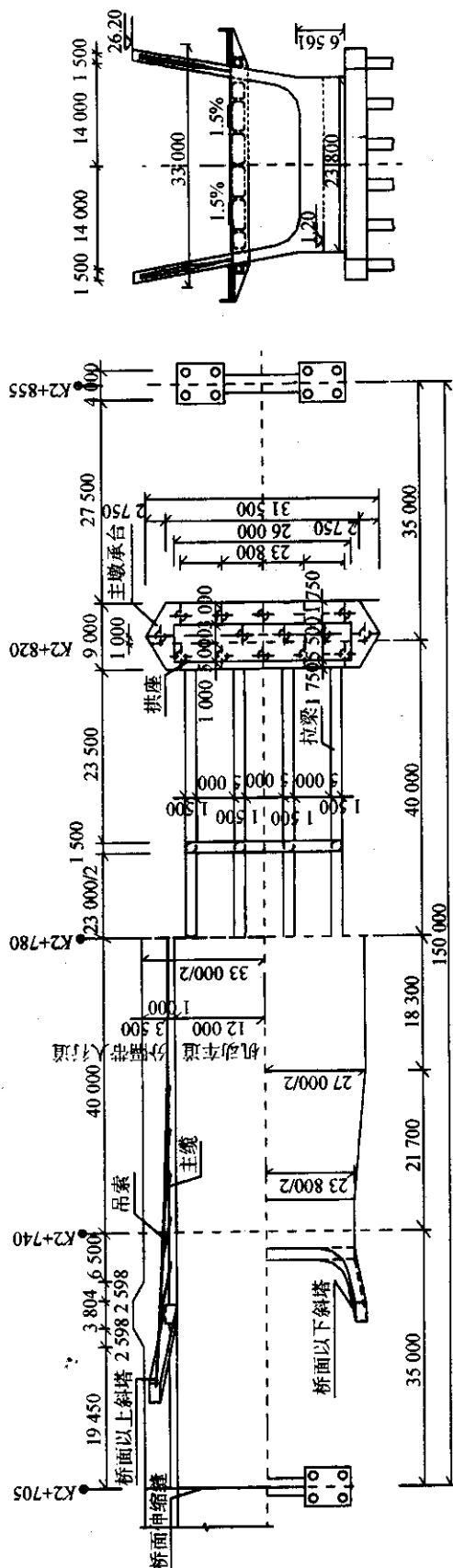
3.4 拉梁

拉梁为钢管,内加预应力钢绞线。钢管外径为 850 mm,内径 800 mm,材料为 Q345 qc,为 C40 混凝土,内加西卡 901 阻锈剂,每根钢管内设有环氧涂层钢绞线。全桥拉梁钢管共 8 根,每 2 根组并在一起,支承在钻孔灌注桩顶,80 m 范围内设 2 道拉梁支承桩,桩上设横梁,见图 6 所示。

钢管防腐采用电弧喷铝为主要防腐材料,设计保护年限为 40 年。考虑钢管壁厚 25 mm 中的 5 mm



(1) 主桥立面



(2) 主桥 1/4 桥面平面 +1/4 桥下平面

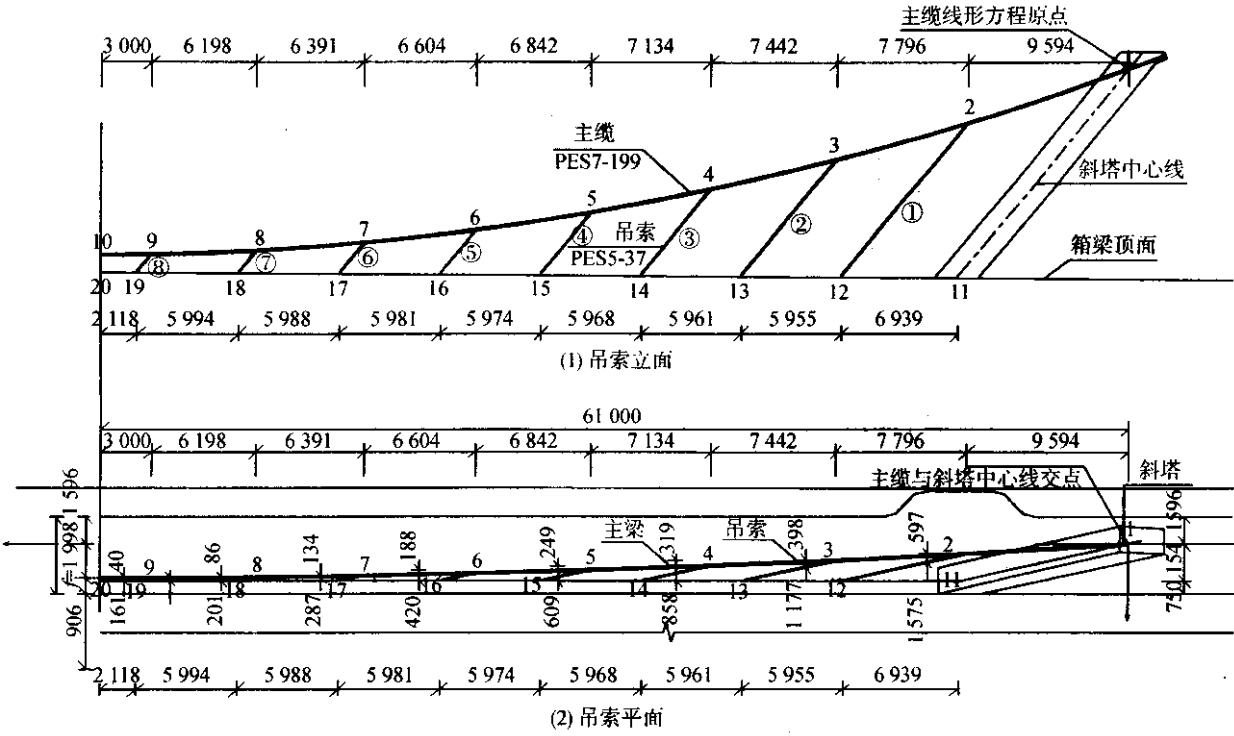
(3) 1/2 主桥基础平面

(4) 3-3 剖面

单位: mm

图 4 上承式组合拱桥主桥总体布置





单位: mm

图 5 主缆成桥线形

作为腐蚀层不计入受力,这样钢管外包材料的保护年限、钢板腐蚀年限加上钢管的使用年限可以满足 100 年的设计寿命。

4 技术和艺术的统一

4.1 桥梁结构的设计

蠡湖大桥桥型设计上充分考虑桥梁的景观功能和交通功能,结合景区规划,在跨径布置上,因桥梁通航要求低,桥梁两端地势平坦,桥梁高度较低,因此桥梁主跨不宜太大,跨径的增加将直接带来水平推力的增大。适宜的梁高才能与低矮的桥墩协调一致。为突出主桥在湖面的造型艺术,主桥的跨径又不宜过小,主跨过小则显得桥梁呆滞而无生气。

在蠡湖大桥设计上,为保证桥体结构造型的合理,结构各部分尺寸的均衡协调,设计最终采用了水底拉梁平衡水平推力的方式。拉梁的设置至关重要,水中拉梁的设置带来了相当大的实施难度。处于水下的拉梁质量,受到施工因素和基础沉降的影响。拉梁一旦开裂后,会使预应力钢筋锈蚀。同时水下拉梁不可检查,难以更换,为确保长期使用条件下桥梁安全,拉梁的设计由最初的预应力梁优化为钢管,采用先进的防腐材料涂装。

主缆、吊杆、塔柱、主梁之间呈空间曲面,构造复

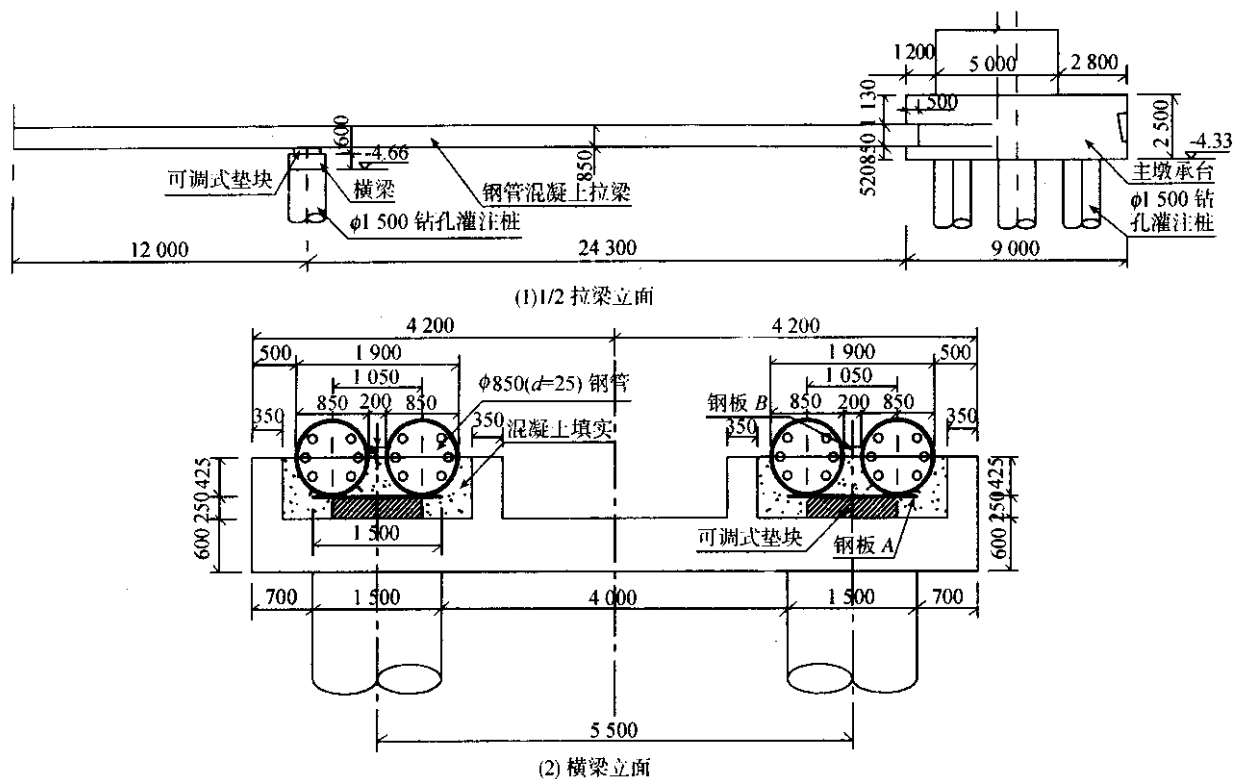
杂。由于徐变等原因,在主缆力作用下,两边塔柱向跨中方向有位移,使得主缆放松,主缆力减小。在这种刚性较大的主梁上悬吊柔性的主缆,在荷载作用下,主缆主要起装饰作用。为保证主缆的线形,体现桥梁的艺术造型,缆索系统的结构处理和实施上采用了目前较为先进的材料和工艺,从技术上保证结构的安全。

4.2 桥梁宽度的调整优化

蠡湖大桥为双向六车道,桥宽 40 m。蠡湖大桥水面宽度 600 余 m,桥梁的宽度影响工程的投资,同时桥梁宽度也影响桥型的美观,宽度因素在结构设计上没有难点,但拱板的宽度与跨径比例如果失调,造型将显得笨拙呆板,不能达到造型的艺术效果,桥梁宽度在满足功能的基础上必须优化设置。

根据城市总体规划,五里湖地区将成为无锡市的副中心区。蠡湖大桥非机动车道的宽度建议调整为 3.5 m,做到在满足非机动车流量的前提下,远期能保证非机动车道的宽度改造为机动车道的需求。机非分隔带采用活动分隔墩,便于远期非机动车道的改造。通过对机动车道和非机动车道通行能力的分析,认为蠡湖大桥双向六车道高峰小时通行能力和非机动车道通行能力能够满足交通需求。

确定桥梁宽度应结合近期需求和远期规划,兼顾功能与造型,充分发挥经济效益和社会效益。最终



单位: mm

图 6 拉梁构造

确定的蠡湖大桥主桥桥面宽度为 33 m。

#### 4.3 桥梁设计理念的思考

蠡湖大桥的构思沿用了建筑设计的手法,在基本合理的桥体结构前提下,桥梁建筑造型给予设计者最大限度的想象和创作自由,为配合桥梁艺术造型,结构设计上充分利用了现有的技术成果和材料工艺,在实施过程中增加了一定的技术和施工难度。可以肯定地说,桥梁设计的理念,注重经济、美观、适用,新元素、新材料的使用是桥梁建筑外形设计的尝试。桥梁的内涵除了外型上的空间处理和功能分配外,更有适合文化和风俗习惯、色彩和材料等特色。建成后的蠡湖大桥就像一只丰收而归的渔船,成为湖区的一景。

早在 20 世纪 50 年代,武汉长江大桥就组成建筑师、艺术家、桥梁工程师为一体的设计集体对桥型、桥塔、桥梁两侧景观及景观元素进行设计;90 年代,厦门海沧大桥引入景观和环境美化设计,桥梁建筑艺术已作为桥梁设计内容,日益受到重视。在蠡湖大桥的桥型设计上,一直存在着“包装式”的意见分歧。“包装式”的设计方法被一些桥梁设计师视为伪桥型,认为违背桥梁设计的基本原则。但笔者认为在城市桥梁设计中,为与周边景观相协调,要求桥梁造型

设计上应综合考虑各方面因素,“包装式”的手法也是可以尝试的。当然,结构带来的造型美赋予力量和生命,更令人心动。

桥梁技术的进步,为桥梁艺术的发展提供最基本的保证。自古以来,就是材料性能和工艺决定着桥型结构,另一方面,新的结构又向材料提出新的要求。总之,适当的材料、特殊的结构、合乎科学和艺术的设计建成的桥梁,其生命力能保持永久。蠡湖大桥已于 2004 年 5 月建成通车,拉梁将带着它的历史使命永远埋入太湖湖底,但蠡湖大桥将映衬着太湖的山水成为桥梁造型设计的特例,也将成为无锡太湖的一景。

#### 参考文献:

- [1] 茅以升. 彼此的抵达[M]. 百花文艺出版社, 2003.
- [2] 沈三陵. 优美的建筑抒情诗——记贝聿铭的美秀博物馆[J]. 建筑学报, 2002, (6).
- [3] 万敏. 我国桥梁景观设计的现状与发展[J]. 桥梁建设, 2002, (6).
- [4] 上海同济大学建筑设计院桥梁设计分院. 无锡市五里湖大桥工程施工图设计.
- [5] 上海市市政工程设计研究院. 无锡市五里湖大桥工程施工图设计技术咨询报告[R].