

# 丹江口水都二桥主桥选型与设计

赵 伟

丹江口市政府投资评审中心 湖北 丹江口 442700

**摘 要:** 水都二桥是丹江口市跨汉江的重点城市联通工程,位于丹江口大坝下游2.1km处,主桥采用计算跨径(3×225m)的三跨连续钢箱系杆拱桥,钢结构主梁与钢箱拱肋固结,钢主梁兼做刚性系梁,桥梁采用原位支架拼装+顶推施工。桥梁在满足交通功能的同时,桥梁造型新颖、美观,与城市整体风貌及周边环境相协调。阐述了丹江口水都二桥主桥选型与设计,为类似桥梁设计提供借鉴。

**关键词:** 系杆拱桥;连续;钢结构

## 1 工程概况

丹江口市水都二桥位于丹江口水利枢纽大坝下游2.1km,横跨汉江,右岸连接汉江大道石家庄路路口,左岸连接沿江大道均州一路路口,是丹江口市城市规划的第四座跨汉江通道。桥梁全长1267m。桥位处汉江百年一遇水位94.17m(黄海高程,下同),最高通航水位93.08m,Ⅲ级航道。

水都二桥工程建设将显著改善丹江口城区交通环境,对强化招商引资、优化营商环境起到至关重要的作用。此外,由于桥梁位于丹江口市“一江两岸”滨江景观带核心地带,除了满足正常的交通功能外,还需要结合城市整体景观打造目标,设计成符合城市景观要求、具备一定景观造型的地标性建筑。

## 2 主桥方案选型

### 2.1 设计思路

根据桥梁水文、地质及通航条件,本着“安全、实用、经济、美观”的原则,桥型方案在满足使用功能及通航要求的前提下,重点突出结构的安全性、经济性、实用性,力求采用技术先进、施工工艺成熟、结构安全耐久、造价经济合理的桥型方案。

**梁桥:** 梁桥是桥梁中采用频率最高的一种结构型式,具有外观简洁,技术成熟,施工方便,造价低廉等优点。主跨180m以上如采用连续梁方案跨径过大;如采用连续刚构方案,主墩墩高较矮,柔度不足,连续刚构方案基本不成立。故不推荐梁桥方案。

**斜拉桥:** 斜拉桥跨越能力强,整体造型极具现代气息——其主梁轻巧美观,斜拉索纤细飘逸,主塔高大挺拔,且可采用的建筑元素多,造型美观。

**拱桥:** 拱桥结构受力合理,施工工艺成熟,结构线条亦非常优美,适用于本桥跨径。

**悬索桥:** 悬索桥也是一种古老的桥型,其主梁较

薄,线形流畅,景观效果较好。悬索桥通常分为两种类型,一种为地锚式,基础规模大,适合大跨度结构;另一种为自锚式,主缆锚固在主梁上,适合于跨度较小、基础条件较差桥位。对于200m左右跨径悬索桥,主跨跨度不大,宜采用自锚式悬索桥方案。

综合分析,结合桥位处地形、地质等条件,对斜拉桥、拱桥和悬索桥方案进行比较研究。

### 2.2 方案选型

根据以上设计思路,结合丹江口市“一江两岸”滨江景观带总体规划,选择了三个桥梁方案进行综合比选。

#### 1) 方案一:“长虹卧波”三跨钢箱系杆拱桥

拱桥历来被人们比喻为天上的彩虹。它的美在于优美的中间拱曲线孕育着强大的力量,产生着一跃而过的力动感与跨越感,加上柔美拱曲线与直线形的梁柱、杆结合,呈现出刚柔并济、韵律优美的绰约风姿。自古以来,纵观世界各地,以雄伟、优美为造型的各式拱桥,常常作为城市的标志与骄傲。作为五大基本桥型的拱桥,既是最古老的也是最年轻的桥型,在几千年的桥梁发展中充满了旺盛的活力,古人常用虹桥表述拱桥,“凡几度、马蹄平踏,卧虹千尺”。直至今日,拱桥在结构形式上已经多姿多彩。

本方案主桥采用计算跨径(3×225m)的三跨连续钢箱系杆拱桥,有“长虹卧波”、“鳌背连云”的意境,雄伟壮观,见图1。



图1 “长虹卧波”效果图

2) 方案二：“水滴之塔”双塔双索面斜拉桥

斜拉桥是一种由索塔、主梁、斜拉索组成的大跨度桥梁结构。此种桥梁结构具有鲜明的建筑造型特点：塔的造型和拉索的布置形成不同的桥型风格,桥塔自身蕴藏着力的紧张感,显示出一种直指蓝天向高空伸展的动势,有很强的视觉冲击力引发观赏者升入更高的境界。而相对纤细的主梁又突出了斜拉索的强劲力感,由空间直线组成的索面又给人们留下了无限的遐想。

本方案主桥布置为(60+90+360+90+60)m双塔双索面斜拉桥,桥塔采用“水滴之塔”造型,寓意是丹江口市是南水北调的源头,获得首批“中国好水水源地”称号,桥塔采用水滴形状,一方面表达了丹江口市生态环境建设取得的巨大成就,另一方面也表达了丹江新城生态优美、环境宜居的风貌,见图2。



图2 “水滴之塔”效果图

3) 方案三：“丹水塔门”自锚式悬索桥

悬索桥在美学上具有与生俱来的壮丽美感,悬索桥的主缆呈悬链线形态,线条柔美,粗壮的缆索在开阔空间中又显得苍劲有力,尤其是在夜间辅以照明灯光的点缀,如长虹卧波,在夜空中更显美轮美奂。高耸的索塔伫立于水天之间,与桥身相匹配,更添一份壮美。桥面轻巧纤柔凌空高悬,吊杆排列有序、节奏优美,整个结构一跃而过,潜藏着力的紧张感而富于无可比拟的力动感。

根据桥位区地形条件和两岸接线条件,本方案主桥布置为(39.75+140.25+360+140.25+39.75)m双塔自锚式悬索桥,见图3。

以两根简洁的格构塔柱,分别代表丹江的绿色工业和文化旅游业两大支柱产业,共同支撑丹江的经济稳定发展,响应绿水青山就是金山银山的理念,象征丹江坚持走可持续发展之路,打造以水为特色的绿色发展之路。



图3 “丹水塔门”效果图

4) 桥梁方案比选

表1 主桥桥型比选表

| 方案            |      | “长虹卧波”<br>三跨钢箱系杆<br>拱桥 | “水滴之塔”<br>双塔双索面斜<br>拉桥            | “丹水塔门”<br>平行主缆自锚<br>式悬索桥          |
|---------------|------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 桥长/主桥长(m)     |      | 1265/680               | 1270/660                          | 1270/720                          |
| 施工            | 施工方法 | 主墩采用钢围堰+钢栈桥施工,主桥采用顶推施工 | 主墩采用钢围堰+钢栈桥施工,主桥采用挂篮施工            | 主墩采用钢围堰+钢栈桥施工,主桥采用顶推施工            |
|               | 施工难度 | 较大                     | 一般                                | 较大                                |
|               | 总工期  | 26个月                   | 28个月                              | 30个月                              |
| 技术先进性         |      | 先进                     | 较先进                               | 较先进                               |
| 景观效果          |      | 造型优美、线形简洁流畅、稳重大气       | 主塔高耸,景观效果一般。与附近桥型类似,不能做到一桥一景。     | 张弛有度、简洁、富有韵律感                     |
| 建安费(万元,含主、引桥) |      | 约76498.85              | 约79646.27                         | 约88931.09                         |
| 通航影响          |      | 单孔双向通航,对通航影响小。         | 单孔双向通航,但通航孔与上下游既有桥梁通航孔不对应,对航路影响大。 | 单孔双向通航,但通航孔与上下游既有桥梁通航孔不对应,对航路影响大。 |
| 网络投票          |      | 获得50%投票                | 获得19%投票                           | 获得9%投票                            |
| 比选意见          |      | 推荐                     | 不推荐                               | 不推荐                               |

经综合比较后,方案一工期短,工艺成熟,投资较小,景观效果好,群众认可度高,作为水都二桥实施方案。

3 主桥设计方案

3.1 桥型布置

主桥跨径布置为(227.5+225+227.5)m,结构体系采用三跨下承式连续钢箱系杆拱桥,总长680m,其计算跨径为3×225m。

3.2 桥幅布置

主桥桥幅布置为:3.0m(人行道)+2.4m(吊索区)+0.25m(栏杆)+3.0m(非机动车道)+0.5m(防撞护栏)+7.5m(机动车道)+1.0m(中央分隔带)+7.5m(机动车道)+0.5m(防撞护栏)+3.0m(非机动车道)+0.25m(栏杆)+2.4m(吊索区)+3.0m(人行道及栏杆)=34.3m。

3.3 支承体系

主桥支承体系采用外部连续、内部超静定体系。拱肋与纵横梁刚接形成整体,上、下部结构之间按照连续梁体系设置支座。其中18#墩布置1个固定支座和1个横向

活动支座, 17#、19#、20#墩均各布置1个纵向活动支座和1个双向活动支座。主桥所有支座均采用摩擦摆式减隔震支座。

### 3.4 主拱设计

主桥横桥向布置两片平行拱肋, 拱肋横桥向中心距为25.9m。主桥顺桥向三拱肋布置根据位置分为一道中跨拱肋和两道边跨拱肋, 中跨拱肋和边跨拱肋构造完全一致, 仅整体倾角有所不同, 且两道边跨拱肋相对于主桥中跨跨中对称布置。

拱肋跨径为225m, 拱轴线采用二次抛物线, 矢高56.25m, 矢跨比1/4。拱肋截面形式采用变截面单箱单室矩形截面, 截面尺寸由拱顶2.2m×3m(宽×高)渐变至拱脚2.2m×4.4m(宽×高), 拱肋顶、底及腹板均采用板肋进行纵向加劲, 箱内设置横隔板进行横向加劲。

为保证拱桥的整体稳定, 在两片拱肋间设置横撑, 每跨拱肋设置5道横撑。横撑采用钢箱结构, 截面形式采用等截面单箱单室正方形截面, 截面尺寸有2m×2m(宽×高)及2.4m×2.4m(宽×高)两种。横撑箱内设置纵肋及横隔板进行加劲。

主拱及风撑均采用Q390D钢材。

### 3.5 主梁设计

#### 1) 结构体系

主梁采用钢格子梁结构体系, 由纵梁、横梁、桥面板组成。

#### 2) 纵梁/系梁

纵梁兼作系梁, 采用钢箱结构, 截面形式采用等截面单箱单室截面, 顶面随桥面设横坡, 底面水平。截面宽2.2m, 结构中心处梁高2.506m。

#### 3) 横梁

根据位置不同, 横梁分为中横梁及支点横梁。

中横梁进一步分为吊点横梁和一般横梁, 吊点横梁顺桥向基本间距9m, 一般横梁顺桥向基本间距3m, 均采用工字形截面, 梁高2.7m。

#### 4) 桥面板

主梁桥面板采用正交异性钢桥面板。

### 5) 材质

主梁均采用Q390D钢材。

### 3.6 吊杆设计

吊杆顺桥向间距9m, 全桥共设69对吊杆, 均为单吊杆体系。吊杆采用规格为15-25的钢绞线整束挤压拉索体系, 索体为 $\Phi 15.2\text{mm}$ 双层无粘结环氧喷涂钢绞线, 钢绞线抗拉强度标准值 $f_{pk} = 1860\text{MPa}$ 。拱端为张拉端, 梁端为吊耳端。

### 3.7 下部桥墩设计

17#~20#主墩均采用双柱实体墩, 立柱截面为圆端形, 外轮廓尺寸7.5m×6m(横×纵)。

主墩基础采用承台桩基础。承台采用哑铃型结构, 单侧承台平面尺寸为13.8m×13.8m, 厚4m, 配置9根直径2.2m的钻孔灌注桩基础。

## 4 项目实施及意义

2022年3月4日, 水都二桥正式开工<sup>[1]</sup>, 并于2024年10月1日建成通车<sup>[2]</sup>。

在建设过程中, 应用了电涡流调谐质量阻尼器、UHPC超高性能混凝土铺装、万吨级摩擦摆式减隔震支座、冷喷烯锌钢结构防腐涂装等新技术、新材料和步履式多点同步连续顶推、大吨位整体提升等新工艺、新技术, 实现了全方位“隐形”施工, 最大程度降低了对周边居民生活及通航安全、河道生态保护的影响。

水都二桥工程的建成通车, 不仅能打破“一江两岸”经济发展的交通瓶颈, 缓解丹江口市交通拥堵现状, 为市民出行提供便利, 更对丹江口市提升城市功能和城市品质, 改善人居环境, 打造绿色低碳发展示范市具有重要意义。

### 参考文献

[1]杨勤,张洋,李诗豪,饶辉,周俊沁,柯琰.丹江口市水都二桥正式开工[N].水都网, 2022-3-4.

[2]黎先才.“国内最大”! 丹江口市水都二桥国庆通车[N].极目新闻,2024-10-1.