

# 异形钢箱景观人行天桥设计

邢立强

创辉达设计股份有限公司

**摘要：**城市人行桥景观要求高，造型奇特，结构特殊，是城市景观的重要构成之一，异形钢箱梁桥结构轻盈流畅，富有现代艺术气息，与城市景观契合度较高。通过实际案例，介绍异形钢箱梁景观人行桥的设计思路和分析要点，为设计施工服务。

**关键词：**异型桥；箱型梁；景观桥

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.038

汇星天桥位于射洪市太和大道与新阳街交叉口，道路两侧均为商业店铺，人口稠密，现状道路交通混乱，现状交通具有早、中、晚潮汐特点，人车混行，主要为新阳街横穿太和大道的人流，行人主要以中、老年人群和上班购物人员为主。主要交通矛盾为新阳街左转车辆与人流存在交叉，大大限制了道路的通行能力，极易引发交通事故，通过人行天桥解决人车混行的状况。同时人行天桥在满足交通功能的前提下，更应该注重景观功能和休闲服务功能，结合周边建筑增强和完善服务能力和水平，片区化的地上步行空间，更是人们休闲游憩，给人愉悦空间体验与回忆的场所。

## 一、方案构思及概念设计

城市人行天桥是城市道路上的重要节点，在改善交通功能的基础上，也是一个城市的形象和地标。在设计理念上采用“引人入城，灵动天成”的设计理念。桥位所在位置为十里太和大道（古）和新阳街（今）的交汇处，是射洪古今交汇的人文之环，商贸之气，城市之心。射洪依水而生，依水而建，城水相依，水文化贯穿整个城市发展的古今和神韵，孕育出了射洪人的诗酒画，故取水之形，水之神。同时结合射洪四大名观-金华观黄庭坚手书“蔚蓝洞天”中的“蔚蓝”一词，形容地上的神仙居所，形容射洪独特的繁盛之地，取其意，是射洪的形韵IP。蔚蓝本意晴朗天空之色，水取形，蔚蓝取意，形意结合，有水天一色之境，也是形容汇星天桥古今相融，繁盛贯通的美好寓意，景观平面效果图见图1-1。



图1-1 天桥景观效果

天桥需连接4个路口，在路口中央设置桥墩可有效

降低桥梁跨径，太和大道为城市南北主轴，为城市主干道，设置双向6个车道，若在路口中央设置桥墩，不但影响太和大道整体景观，同时对交通影响较大，同时存在安全隐患。故考虑在汇星百货侧广场边及对角处设置桥墩，这样主桥跨径60m左右，钢箱梁采用整体曲线变宽造型，主墩采用四肢钢管柱。能满足整体轻盈完美贴合整体景观需求。装饰采用金属格栅，照明可利用发光灯带照明、线条装饰、内透光灯槽、均匀点光源等等，力求表现层次分明、动静相融的立体美感，使整座桥在夜间成为明暗相间、色彩协调的照明景观。独立桥栏的照明灯具可等距离安装，造型根据桥栏形状确定，灯具之间采用LED发光带衬托，贯穿于整座桥栏，点与线的结合强调桥的整体结构，以表现桥栏的曲线美。



图1-3 天桥平面布置图

## 二、桥梁总体设计

本桥为曲线异形连续钢箱梁，主线跨径布置为（3.2m+7.5m+7.53m+9.88m）连续钢箱梁+（25m+60m+25m/35m）连续钢箱梁+（5.72m+7.5m+7.5m+3.2m）连续钢箱梁；支线梯道1跨径布置为（8.7m+7.5m+3.5m）连续钢箱梁；支线梯道2跨径布置为（6.595m+6.345m+2.675m）连续钢箱梁。



图2-1 天桥桥型布置图

主线主桥桥面标准宽度6.4m=0.2m（栏杆）+6.0m（人行道）+0.2m（栏杆），梁高2.0m；主桥跨太和大道为双向0.3%人字坡、跨新阳街纵坡为2.5%，桥面设双向横坡1%。

全桥共设置4处曲线钢梯道，梯道包含踏步梯道和休息平台，北侧梯道（即：主线梯道1）长28.08m，东侧梯道（即：主线梯道2）长23.92m，西侧梯道长19.7m，南侧梯道长15.615m。

主线5号、6号墩采用四肢钢管墩，主线4号、7号以及梯道1-1号墩、梯道2-1号墩采用Y型钢管墩，其余梯

道桥墩采用单柱圆形钢管墩，全桥桥墩基础均采用桩基础。梯道落地采用重力式台、扩大基础。

桥梁在太和大道和新阳街交叉的4个路口各设置无障碍电梯一座。

### (一) 主桥上部结构设计

主桥上部结构采用连续钢箱梁，为方便箱梁制作安装、同时保持外观的一致性，钢箱梁采用等高断面，钢箱梁按实际曲线线型设计。

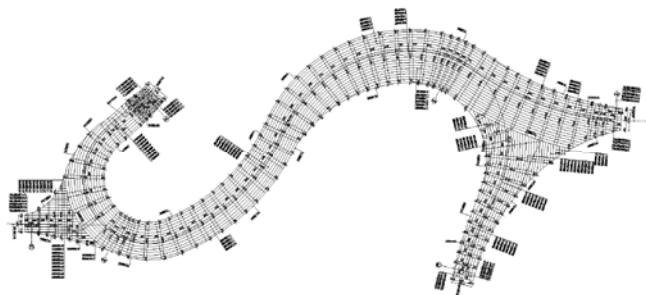


图2-2 主梁平面图

#### (1) 箱梁断面

钢箱梁采用全焊接等高箱型截面，顶板宽4.58~8.816m，底板宽3.58~7.816m，梁高2.0m；钢箱梁悬挑长度为0.5m，悬挑翼缘板高度0.25m；箱梁顶、底板均无横坡。

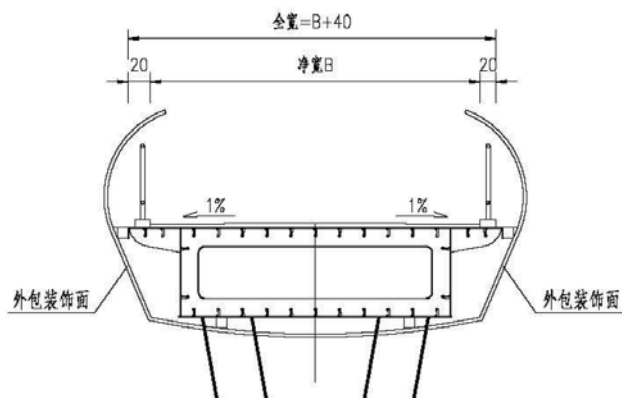


图2-3 主梁标准断面图

#### (2) 顶板、底板、腹板

钢箱梁顶板板厚14mm，底板厚16mm，腹板厚14mm，箱梁腹板铅垂布置。

#### (3) 横隔板

端支点设支承横隔板1道，横隔板厚16mm，支点对应位置设置支座加劲肋，支座加劲肋板厚16mm，端支点横隔板不设人孔。横隔板均垂直道路中心线进行布置。

中支点设支承横隔板3道，横隔板板厚16mm，纵向间距为1m；支点对应位置设置支座加劲肋，支座加劲肋板厚16mm。中支点横隔板设直径0.8m人孔，并在人孔上设置人孔包边板，对于宽度较大的主线6号墩位置，在人孔横隔板位置设置竖向和横向加劲肋。横隔板均垂直道路中心线进行布置。

普通横隔板板厚10mm，纵向间距为2m；HG31~HG56以及HG76~HG79横隔板较宽，每道横隔板设置2个直径0.7m人孔，并在人孔上设置人孔包边板以及人孔竖向和

横向加劲肋；其余普通横隔板，由于桥宽较小，在横隔板设置矩形人孔、人孔高度950mm，并在人孔上设置人孔包边板。

端部设置端封板，板厚10mm；主桥钢箱梁与梯道衔接处设置支承牛腿，支点位置设置横隔板，板厚均为16mm。

#### (4) 纵向加劲肋

纵向加劲肋采用板式加劲肋，全桥顶板、底板、腹板纵向加劲肋板高100mm，板厚10mm。

#### (5) 配重

主线4号墩处支座出现负反力，为防止支座脱空，在该位置处设置铁砂混凝土配重，容重40KN/m<sup>3</sup>，配重设置长度为4m。

### (二) 梯道设计

全桥共设置4处曲线钢梯道，梯道包含踏步梯道和休息平台，由于受场地限制，为减小梯道落地的平面长度，南侧梯道踏步尺寸为16.5×28.5cm，其余梯道踏步尺寸为15×30cm。

梯道采用箱型断面钢结构，有两侧钢板梁、顶部踏步钢板、底部钢板围焊而成，箱室内部设置加劲肋。两侧钢板梁高68cm，板厚10mm；顶部踏步钢板厚8mm，底部钢板厚10mm，加劲板厚10mm。

### (三) 下部结构设计

主线5号、6号墩采用四肢钢管墩，兼顾景观效果，钢管墩采用小直径、大壁厚、高牌号材质，钢管直径为0.5m、0.8m，壁厚32mm，钢材牌号为Q420C。桥墩基础采用承台接桩基础，承台尺寸6m×2.5m（横桥向×顺桥向），下设两根直径1.5m桩基础，桩基采用钻孔灌注桩。

主线4号、7号以及梯道1-1号墩、梯道2-1号墩采用Y型钢管墩，兼顾景观效果，钢管墩采用小直径、大壁厚、高牌号材质，钢管直径为0.5m、0.8m，壁厚32mm、36mm，钢材牌号为Q420C。桥墩基础采用承台接桩基础，承台尺寸4.5m×2.0m（横桥向×顺桥向），下设两根直径1.0m桩基础，桩基采用钻孔灌注桩。

其余梯道桥墩采用单柱圆形钢管墩，钢管直径为0.4m，壁厚为16mm，钢材牌号为Q355C。梯道桥墩基础采用直径1.0m桩基础，桩基采用钻孔灌注桩。

### 三、异型钢箱梁结构分析

桥梁结构计算采用有限元软件MIDAS Civil进行分析计算。钢箱梁采用梁单元，墩柱、承台、桩基采用梁单元，支座采用弹性连接，固结墩采用刚性连接，桩土模拟采用土弹簧建模分析计算。

(1) 材料信息：主桥钢箱梁和梯道钢管桥墩钢材Q355C、主桥下部桥墩钢材Q420C。

#### (2) 计算荷载

- 1) 恒载：结构自重；
- 2) 二期恒载：铺装、栏杆等；
- 3) 人群荷载：5KPa；
- 4) 整体温度：按整体升温25℃，整体降温20℃考虑；
- 5) 温度梯度：按《公路桥涵设计通用规范》的规

定加载;

6) 荷载组合: 按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015) 的相关规定进行最不利组合。

(3) 上部结构计算

上部结构计算根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362-2018)、《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)及《城市桥梁设计规范》(CJJ 11-2011)(2019年版)的规定进行计算。经计算,基本组合下钢箱梁顶板考虑结构重要性系数后,最大正应力为  $1.1 \times 113\text{MPa} = 124.3\text{MPa} < 275\text{MPa}$ ;基本组合下钢箱梁顶板考虑结构重要性系数后,最大正应力为  $1.1 \times 123.3\text{MPa} = 125.63\text{MPa} < 275\text{MPa}$ ;基本组合下钢箱梁腹板考虑结构重要性系数后,最大剪应力为  $1.1 \times 58.1\text{MPa} = 63.91\text{MPa} < 160\text{MPa}$ 。上部钢箱梁结构应力、刚度等均满足规范要求,结构安全可靠

(4) 下部结构计算

下部结构计算根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362-2018)、《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)及《城市桥梁设计规范》(CJJ 11-2011)(2019年版)的规定进行计算。经计算,墩柱结构尺寸及其抗力满足规范要求。

表3-2 倾覆验算(稳定系数)

倾覆方向	最不利支座节点编号	组合名称	$\Sigma S_{bk, i}$ (KN·m)	$\Sigma S_{sk, i}$ (KN·m)	ki	[k]	验算结果
右倾	171	倾覆25	1712.58	174.168	9.83	2.5	OK
右倾	172	倾覆19	1740.86	85.8681	20.27	2.5	OK
左倾	189	倾覆23	1740.86	165.204	30.68	2.5	OK
左倾	190	倾覆25	1712.58	198.006	10.54	2.5	OK

按照《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)第4.2.2条验算:抗倾覆稳定系数 $k_{qf} > 2.5$ ,满足规范要求。

(三) 人致振动舒适度验算

根据《城市人行天桥与人行地道技术规范》(征求意见稿)4.5.1条:天桥结构竖向固有频率小于3Hz,侧向固有频率小于1.2Hz,应进行人致振动舒适度验算。

竖向自振频率为1.45Hz < 3Hz,应进行竖向舒适度分析;侧向自振频率为1.63Hz > 1.2Hz,不进行侧向舒适度分析。

(1) 计算参数

根据《城市人行天桥与人行地道技术规范》(征求意见稿)附录A.0.1条,天桥行人密度取  $d \geq 1.5 \text{人}/\text{m}^2$ ,则等效行人流等效人数  $n' = 1.85\sqrt{n}/S = 1.85\sqrt{1.5 \times 964}/964 = 0.073 \text{人}$ ,竖向均布谐波荷载按下式计算:

$$p_v(t) = 280 \cos(2\pi f_s t) \times \psi \times n'$$

竖向基频  $f_s = 1.48 \text{Hz}$ ,则  $\psi = 0.511$ 。经计算,竖向均布谐波荷载为  $p_v(t) = 280 \cos(2 \times 3.14 \times 1.48t) \times 0.511 \times 0.073 = 10.445 \cos(9.29t)$ 。

根据最终计算结果可知:主桥第一跨梁端节点最大竖向加速度 $a_{\max} = 0.0615 \text{m}/\text{s}^2$ ,主桥第二跨跨中节点最大竖向加速度 $a_{\max} = 0.0488 \text{m}/\text{s}^2$ ,主桥第三跨梁端节点最大

(5) 抗倾覆验算

按照《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)第4.2.2条规定进行抗倾覆验算。在持久状况下,梁桥不应发生结构体系改变,并应同时满足下列规定:

1) 在作用基本组合下,单向受压支座始终保持受压状态。

2) 按作用标准值进行组合时,整体式截面简支梁和连续梁的作用效应应符合下式要求:

$$\frac{\sum S_{bk, i}}{\sum S_{sk, i}} \geq k_{qf}$$

式中:  $k_{qf}$ -横桥向抗倾覆稳定性系数,取  $k_{qf} = 2.5$ ;

$\Sigma S_{bk, i}$ -使上部结构稳定的效应设计值;

$\Sigma S_{sk, i}$ -使上部结构失稳的效应设计值。

表3-1 倾覆验算(支反力)

支座节点编号	组合名称	Fz (kN)	验算结果
171	倾覆13	549.3	OK
172	倾覆13	541.4	OK
189	倾覆13	398.4	OK
190	倾覆15	333.2	OK

按照《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)第4.2.2条验算:支座反力 $F_z > 0$ ,满足规范要求。

竖向加速度 $a_{\max} = 0.0368 \text{m}/\text{s}^2$ 。

根据《城市人行天桥与人行地道技术规范》(征求意见稿)4.5.7条,本天桥舒适度等级选取CL1级,舒适度最佳,则竖向峰值加速度限值范围为  $[0, 0.25 \cdot f^{0.78}] = [0, 0.25 \times 1.48^{0.78}] = [0, 0.339 \text{m}/\text{s}^2]$ ,则主桥第一跨梁端节点、主桥第二跨跨中节点、主桥第三跨梁端节点最大竖向加速度均在该范围内,故人致振动舒适度验算满足规范要求。

四、结束语

造型优美、环境和谐、规模适度的人行天桥,在解决人行过街的同时,也将成为城市的景观节点,可以打破道路过长的单调感,减少道路景观单调感,加强道路空间的整体性和视觉的均衡性。随着人类文明的进步和审美观念的不断提高,人们对桥梁的设计也提出了更高的要求,相信在未来的发展中,会有更多的优秀作品出现,为我国城市建设增加更多的景观亮点。

参考文献

[1]周祥乾.某桁架结构景观人行天桥设计[J]城市道桥与防洪.2022(11):95-97+16  
 [2]丘能,蓝文亮.斜塔斜拉人行景观天桥设计探究[J]福建建筑.2022(08):102-106  
 [3]王犇,程京伟.钢结构人行景观天桥的设计与研究[J]市政技术.2021,39(05):46-51