

城隍汉江特大桥总体设计

李 渊,詹 璐,时 空,张 敏
(湖北省交通规划设计院股份有限公司,湖北 武汉 430051)

摘 要: 城隍汉江特大桥是武汉都市圈环线高速公路孝感南段的控制性工程。该桥以单跨形式跨越汉江主航道,采用双塔钢混组合梁斜拉桥方案,主跨320 m,边中跨比为0.475。主梁采用小边箱组合梁,通过增加边跨桥面板厚度进行压重。考虑景观造型,索塔采用门形,“π”形上横梁,塔柱下接分离式承台群桩基础。全桥按双向6车道设计,采用半漂浮结构体系。经验算,结构静、动力分析结果均满足规范要求。城隍汉江特大桥的总体设计方案可为类似桥梁提供参考。

关键词: 桥梁工程;组合梁斜拉桥;门形索塔;半漂浮体系
中图分类号: U442;U448.27;TU997 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)07-0218-05

General Design of Chenghuang Hanjiang River Bridge

LI Yuan, ZHAN Lu, SHI Kong, Zhang Min
(Hubei Provincial Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Wuhan 430051, China)

Abstract: The Chenghuang Hanjiang Extra-Large Bridge is a key project of the Xiaogan south section of the Wuhan Metropolitan Area Ring Expressway. This bridge is a double-pylon steel-concrete composite beam cable-stayed bridge spanning the main channel of Hanjiang River in single-span form. Its main span is 320 m and the ratio of edge to center span is 0.475. The girder is a narrow-side-box composite girder. Considering the landscape modelling, the cable pylon is in portal form with π-shaped upper crossbeams. The pylon column is connected with the pile foundation of separated base slab group. The whole bridge is designed on the double-way 6-lane standard with the semi-floating structural system. After verification, the static and dynamic analyses results of the structures meet the requirements of the codes. The overall design scheme of the Chenghuang Hanjiang River Super Large Bridge can provide a reference for similar bridges.

Keywords: bridge engineering; composite beam cable-stayed bridge; portal-shaped cable pylon; semi-floating system

1 工程概况

武汉都市圈环线高速公路孝感南段起于汉川市南河乡以东的孝感与武汉分界处,对接拟建武汉都市圈环线高速汉南长江大桥及接线工程段,路线向北途经南河东、马口南、庙头西、城隍西、刘家隔西、麻河东,终点与武荆高速交叉,对接孝汉应高速。城隍汉江特大桥位于汉川市城隍镇,起点接太和村高架桥,终点接新沙村高架桥,是武汉都市圈环线孝感南段跨越汉江的关键通道^[1]。

2 设计标准

- (1)公路等级:高速公路。
- (2)设计速度:120 km/h。



图1 城隍汉江特大桥项目地理位置示意

- (3)行车道数:双向6车道。
- (4)设计使用年限:主体结构100年。
- (5)桥面有效宽度:1.9 m检修道(兼布索区)+0.75 m防撞护栏+15 m车行道+2.5 m分隔带+15 m车行道+0.75 m防撞护栏+1.9 m检修道(兼布索区)=37.8 m。
- (6)桥面横坡:双向2%。
- (7)设计荷载:公路-I级。
- (8)抗震设计标准:E1水准,100年超越概率为

收稿日期:2025-12-17
作者简介:李渊(1987—),男,硕士,高级工程师,注册土木工程师(道路),从事特大跨桥梁设计与研究工作。

10% 的地震动峰值加速度为 108 cm/s^2 ; E2 水准, 50 年超越概率为 2% 的地震动峰值加速度为 144 cm/s^2 。

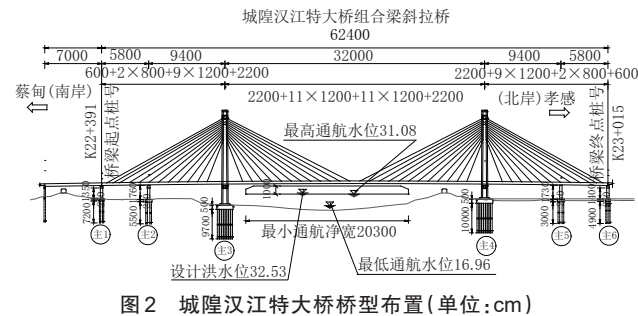
(9) 设计基本风速: W1 风作用下取值 25 m/s , W2 风作用下取值 26.1 m/s (百年一遇)。

(10) 通航水位: 最高通航水位 (1985 国家高程), 31.08 m ; 最低通航水位 (1985 国家高程), 16.96 m 。

(11) 通航标准: II-(3) 级航道, 通航净宽 203 m , 通航净空不低于 10.0 m 。

3 总体布置

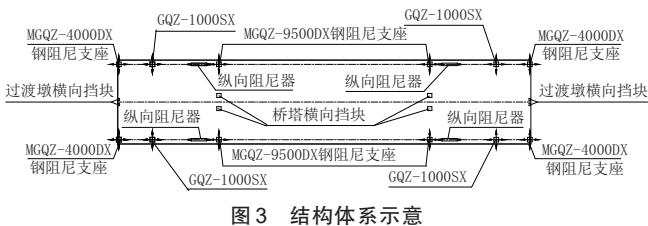
城隍汉江特大桥采用主跨 320 m 双塔组合梁斜拉桥, 跨径布置为 $[(58+94)+320+(94+58)]\text{ m}$, 主桥全长 624 m 。全桥位于直线段, 最高变坡点设置在主跨中心线处, 两侧采用 1.6% 对称纵坡, 竖曲线要素为: $R=20\,000\,000\text{ m}$, $T=319.996\text{ m}$, $E=2.560\text{ m}$ 。南岸 (蔡甸侧) 接太和村高架桥, 太和村高架桥跨堤孔为主跨 70 m 组合梁; 北岸 (孝感侧) 接新沙村高架桥, 新沙村高架桥为 30 m 预应力混凝土预制小箱梁。城隍汉江特大桥桥型布置如图 2 所示。



4 结构设计

4.1 结构支撑体系

城隍汉江特大桥采用半漂浮体系。索塔处设置横向 E 型钢阻尼支座、纵向阻尼器及横向限位挡块; 过渡墩处设置横向 E 型钢阻尼支座及横向限位挡块; 辅助墩处设置竖向支座, 具体如图 3 所示。

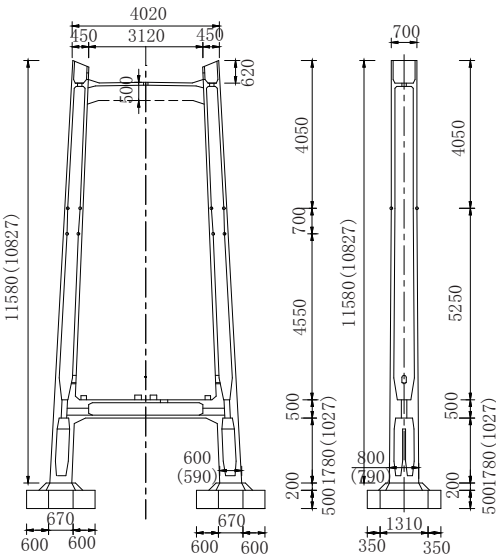


横桥向设置的 E 型钢阻尼支座采用弹塑性材料在循环载荷作用下具有良好的耗能性能^[2], 同时通过限位挡块的刚度来控制地震引起的主梁横向位移^[3]; 纵向设置的黏滞阻尼器可以将缓慢荷载 (如温

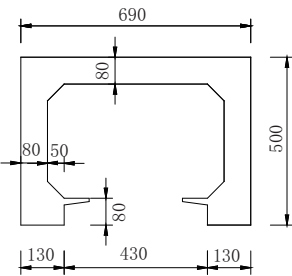
度变化、汽车荷载、平均风) 所产生的位移缓慢传送, 无约束作用; 但在快速荷载 (如地震、脉动风、汽车制动) 作用下会发挥约束功能, 将荷载传递给桥塔^[4]。

4.2 索塔及基础设计

索塔采用门形钢筋混凝土结构, 设置 1 道上横梁和 1 道下横梁。南塔高 115.8 m , 北塔高 108.27 m 。索塔采用 C50 钢筋混凝土。除南塔考虑防撞, 在下塔柱 14.8 m 高度范围内增设一横向隔板外, 其余位置塔柱采用带倒角的单箱单室截面, 塔柱横桥向外轮廓尺寸自塔顶 4.5 m 渐变至塔底 6.0 m (南塔) / 5.9 m (北塔), 顺桥向外轮廓尺寸自塔顶 7.0 m 渐变至塔底 8.0 m (南塔) / 7.9 m (北塔)。上塔柱横桥向壁厚为 $0.8\sim 1.0\text{ m}$, 顺桥向壁厚为 1.0 m ; 下塔柱横桥向及顺桥向壁厚均为 1.2 m 。索塔一般构造如图 4 所示。



上横梁位于塔顶, 采用“Π”形断面, 截面高 5.0 m , 宽 6.9 m ; 顶板及腹板壁厚均为 0.8 m 。下横梁采用矩形截面, 横梁高 5.0 m , 宽 6.5 m 。下横梁壁厚 0.8 m 。上横梁“Π”形断面如图 5 所示。



索塔基础采用分离式承台, 下接群桩基础。承台为切角矩形, 单个承台下设 14 根直径 2.2 m 的钻孔灌注桩, 桩基按梅花形布置。南塔桩长 97.0 m , 北塔

桩长 100.0 m,按摩擦桩设计,采用分布式桩底及桩侧压浆工艺提高单桩承载力。

4.3 主梁设计

大跨径斜拉桥一般都采用空间双索面布置形式,为主梁提供了较强的抗扭能力,此时梁高可尽量采用较小值,以取得较大的宽高比来减少风阻和涡振^[5]。城隍汉江特大桥主梁采用组合梁,由钢梁和混凝土桥面板组成,两者通过剪力键结合^[6],全宽 37.8 m,高 3.2 m。钢梁由主纵梁、小纵梁和横梁组成,横桥向主纵梁中心距为 33.9 m。主梁标准横断面及吊点横梁断面如图 6 所示。

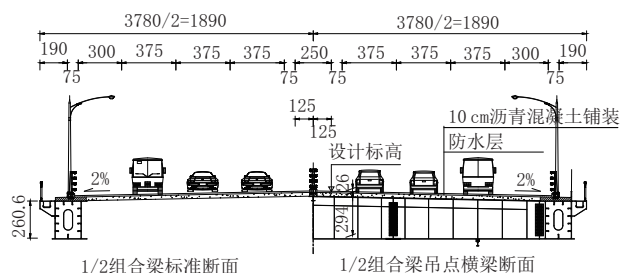


图6 主梁标准横断面(单位:cm)

主纵梁采用小边箱断面,上、下翼缘水平设置,采用直腹板。主跨和边跨(厚度 26 cm 混凝土桥面板)边箱梁上翼缘顶缘距下翼缘顶 2.606 m;边跨和次边跨(厚度 50 cm 混凝土桥面板)边箱梁上翼缘顶缘距下翼缘顶 2.366 m。边箱梁顶板等宽等厚,宽 2.19 m,厚 24 mm。底板宽 2.4 m,板厚 28~50 cm。钢横梁断面为工字形,顺桥向标准间距 4.0 m。除主纵梁与横梁、小纵梁与横梁之间采用栓接外,其余位置均采用焊接。混凝土桥面板全宽 35.66 m,支撑在由钢主梁、钢横梁和小纵梁组成的梁格体系上,通过布置于其上的剪力钉共同受力。混凝土桥面板分为预制和现浇两类。全桥主梁除桥面板变厚段(全桥共 2 个梁段,单个梁段纵向长 6 m)、伸缩缝槽口梁段(全桥共 2 个梁段,单个梁段纵向长 8.64 m)以及主纵梁和横梁上缘为现浇混凝土结构外,其余桥面板均采用预制混凝土结构。桥面板厚度分为 26 cm 和 50 cm 两种,厚 26 cm 桥面板横桥向分为 2 块,标准板平面尺寸为 340 cm(纵向)×1 545 cm(横向)。考虑吊重,厚 50 cm 桥面板横桥向分为 4 块,标准板平面尺寸为 340 cm(纵向)×747.5 cm(横向)。

4.4 斜拉索设计

斜拉索布置为双索面,扇形密索体系,全桥共设 4×12 对斜拉索。梁上纵向索距 8~12 m,横向间距为 35.7 m;塔上索距为 2.4~3.05 m。

斜拉索采用 1 860 MPa 高强度平行钢丝,根据索

力的不同,型号为 LPE-7-163~301,共 6 种。拉索塔端采用钢锚梁锚固,梁端采用锚拉板锚固。

5 静、动力分析

5.1 有限元模型

采用有限元分析软件 MIDAS Civil 建立空间杆系模型,进行主桥总体计算。索塔、主梁采用梁单元模拟,斜拉索采用只受拉桁架单元模拟,计算时考虑 $P-\Delta$ 效应及拉索的非线性^[7],有限元模型如图 7 所示。

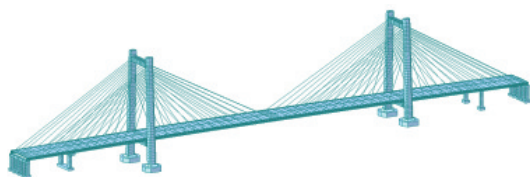


图7 全桥有限元模型

5.2 静力分析

5.2.1 索塔

运营阶段,基本组合下的塔柱截面内力包络图如图 8 所示。

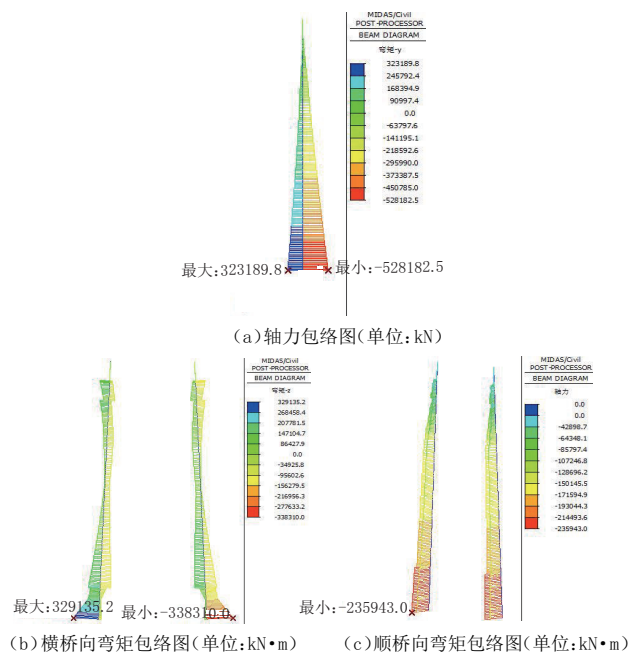


图8 基本组合下索塔内力包络图

验算该组合下塔柱关键截面,结果表明其承载能力极限状态下均满足规范要求。

5.2.2 主梁

基本组合作用下组合梁钢主梁的上、下缘应力分布如图 9、10 所示。

组合梁钢主梁的上缘最大压应力 211.6 MPa,最大拉应力 94.0 MPa;下缘最大压应力 230.1 MPa,最大拉应力 152.9 MPa,钢梁应力满足规范要求。

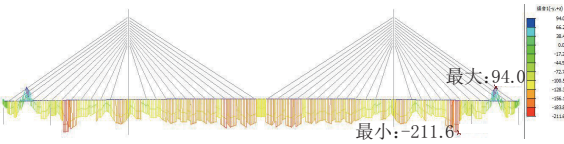


图9 钢主梁上缘应力包络(单位:MPa)

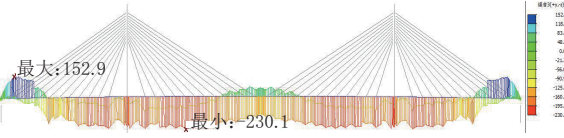


图10 钢主梁下缘应力包络(单位:MPa)

标准组合作用下组合梁混凝土桥面板的上、下缘应力分布如图 11、12 所示。

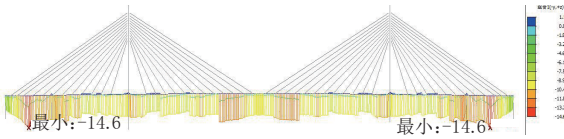


图11 桥面板上缘应力包络(单位:MPa)

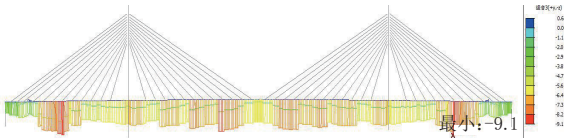


图12 桥面板下缘应力包络(单位:MPa)

组合梁混凝土桥面板在标准值组合作用下,上缘最大压应力 14.6 MPa,下缘最大压应力 9.1 MPa,桥面板正截面压应力验算满足规范要求。

频遇组合作用下组合梁混凝土桥面板的应力分布如图 13、14 所示。

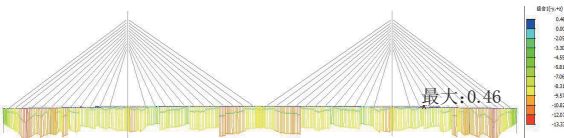


图13 频遇组合 桥面板上缘应力包络(单位:MPa)

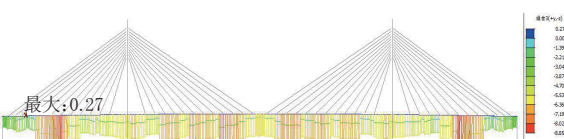


图14 频遇组合 桥面板下缘应力包络(单位:MPa)

组合梁桥面板在频遇组合作用下,上缘最大拉应力 0.46 MPa,下缘最大拉应力 0.27 MPa,计算结果满足规范 A 类预应力混凝土构件正截面抗裂验算要求。

5.3 动力分析

桥梁结构主要振型频率结果如表 1 所示。各阶振型如图 15 所示。

与常规结构支撑体系(约束过渡墩、辅助墩及桥塔横、竖向位移,同时在桥塔处设置纵向阻尼器)相比,城隍汉江特大桥所采用结构支撑体系,主梁一阶

表 1 结构自振特性

模态号	频率	振型
1	0.168	主梁一阶纵飘
2	0.259	主梁一阶对称侧弯
3	0.397	主梁一阶对称竖弯
11	1.049	主梁一阶扭转+南塔纵向扭转

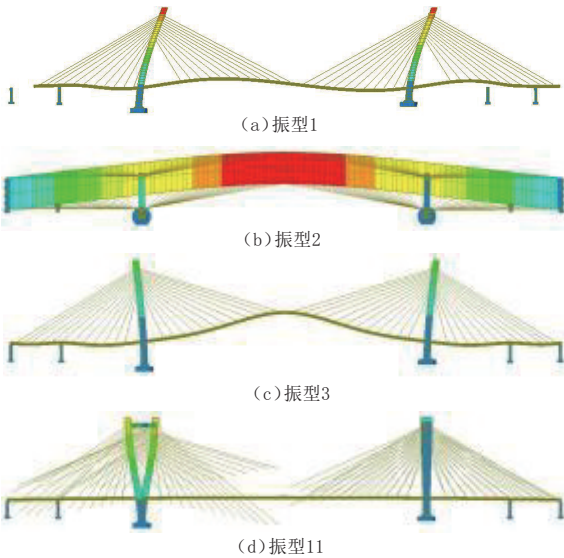


图15 主桥振型图

对称侧弯频率仅为常规结构支撑体系的 33.2%,横桥向地震作用下塔底弯矩为 76.5%,有效改善了结构的抗震性能。

6 设计创新

针对本项目建设条件特点及工程难点,主要创新设计成果如下。

(1)采用多种减、隔震组合的约束体系。城隍汉江特大桥辅助墩处仅设置竖向支座以降低地震作用在桥梁上的传导效果;索塔及过渡墩处设置横向 E 型钢阻尼支座和限位挡块,横向 E 型钢阻尼支座用以承担 E1 地震作用下的荷载,当发生 E2 地震时,考虑横向 E 型钢阻尼支座失效,由限位挡块约束主梁横向位移;同时在桥塔处设置纵向阻尼器,用以减缓地震作用下全桥的顺桥向响应。

(2)门形桥塔采用“π”形上横梁,并预留检修通道。城隍汉江特大桥主跨跨径有限,但主梁宽度较大,常规的桥塔造型,行车视角下视野受限。为改善全桥景观效果,桥塔采用门式塔,将上横梁设于塔顶;为节约投资降低桥塔高度,拉索在桥塔上布置较为紧凑,上横梁顶板高度为尾索张拉预留空间后,若按常规箱型横梁设计,倒数第 2 对拉索的张拉必然受横梁底板的影响,因此取消上横梁下底板。为提高横梁抗扭性能,在横梁腹板下方设加劲肋,加劲肋宽

0.5 m,高0.8 m,该尺寸可有效避开倒数第二对拉索的钢锚梁;同时,加劲肋在横桥向上伸入塔柱,以保证传力通畅。另外在加劲肋上设置检修通道,以便日常维修保养。上横梁与拉索相对位置关系如图16所示。

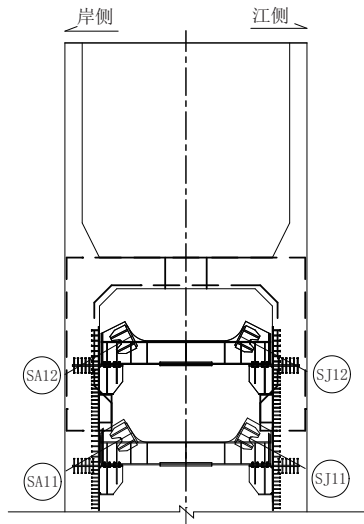


图16 上横梁与拉索相对关系示意图

7 结 语

城隍汉江特大桥采用主跨320 m的组合梁斜拉

桥,主梁为全组合梁,梁高3.2 m,宽37.8 m,索塔采用切角矩形承台群桩基础,钢筋混凝土门形索塔,视野开阔、景观效果好。全桥采用半漂浮体系,索塔及过渡墩设置限位挡块,辅助墩采用竖向支座,其余位置采用横向E型钢阻尼支座,桥塔处设置纵向阻尼器,可有效减小地震作用下桥梁的响应。建立全桥有限元数值模型进行总体静、动力分析,相关计算结果均满足规范要求。

参考文献:

- [1] 湖北省交通规划设计院股份有限公司.武汉都市圈环线高速公路孝感南段城隍汉江特大桥施工图设计[Z].武汉:湖北省交通规划设计院股份有限公司,2024.
- [2] 潘晋,吴成亮,全强,等.E型钢阻尼器数值仿真及试验研究[J].振动与冲击,2009(7):192-195.
- [3] 申现龙,张海江.特大跨斜拉桥横向抗震设计方案研究[J].城市道桥与防洪,2024(6):101-105.
- [4] 裴岷山,张喜刚,袁洪,等.苏通大桥主桥结构体系研究[J].公路,2009(5):24-27.
- [5] 陈亮,邵长宇.大跨径组合梁斜拉桥概念设计[J].城市道桥与防洪,2018(9):111-114.
- [6] 李文勃.巢湖大桥组合梁斜拉桥的设计构思与关键技术[J].城市道桥与防洪,2020(7):77-80.
- [7] JTG/T 3365-01—2020 公路斜拉桥设计规范[S].

(上接第217页)

高负荷交通廊道中践行“低碳、生态、人文”理念的系统性探索与实践。项目通过科学的植物配置与系统设计,显著增强了绿地的生物多样性、碳汇、气候调节和净化服务等核心生态功能,证明了通过系统性协同,能将传统的高污染、高噪声交通走廊有效转化为增强城市生态韧性、促进低碳发展并赋能社区健康的复合型绿色基础设施。

参考文献:

- [1] 何硕.城市更新背景下道路绿化植物配置模式探索[J].未来城市设计与运营,2025(4):58-62.
- [2] 陈荻.城市街道景观中“全要素”协同建设方法研究[J].园林,2023,40(6):108-113.
- [3] 张蓉蓉.以低碳理念为先导的城市快速路绿化景观设计[J].现代园艺,2022,45(23):96-98.
- [4] 劳淑玲.碳中和目标下公园绿地碳汇提升策略[J].花卉,2025(18):181-183.
- [5] 孙虎,杨牧梦,胡顺华.城市道路景观低碳更新实践:江苏无锡经开区清舒道、尚贤道道路及周边景观提升工程[J].风景园林,2024,31(11):65-69.
- [6] 王景.基于低碳理念的城市道路绿化景观研究[J].低碳世界,2023,13(7):148-150.
- [7] 王晶懋,王千格,刘晖,等.城市绿地空间碳汇提质增效及减排工

具箱构建研究[J].园林,2025,42(7):4-13;58.

- [8] 张俊杰,易梦,唐国鑫,等.道路绿地与街旁游园生态效益研究进展[J].应用与环境生物学报,2025,31(10):1647-1661.
- [9] 徐安祺,初步天,肖湘东,等.基于PM2.5消减的街旁绿地植物空间配置模式研究:以苏州工业园区为例[J].中国园林,2023,39(2):90-95.
- [10] 仇云云,席佳丽,罗玉兰.四维协调框架下景观化海绵城市道路设计研究——以江苏昆山虹祺路为例[J].园林,2026,43(1):76-83.
- [11] 林俊.基于共享理念的城市道路景观设计策略与实践——以河南新乡平原新区郑新大道景观设计项目为例[J].现代园艺,2024,47(10):94-96;99.
- [12] 崔明峰,王志华.智慧城市背景下低碳理念融入旅游型道路景观的设计方法探索[J].智能建筑与智慧城市,2022(9):118-120.
- [13] 郁珊珊.基于多元视角的城市道路景观研究[D].南京:南京林业大学,2023.
- [14] 孙晓珂,郎靖宇.城市道路线性景观模块化设计研究——以潜江市318国道东段为例[J].艺术市场,2023(2):104-105.
- [15] 祝凌波.龙吴路道路改扩建要点分析及对策措施[J].中国市政工程,2021(2):1-3.
- [16] 王璐冕.城市公园不同功能区声景设计研究[D].南京:南京林业大学,2025.
- [17] 刘江,郁珊珊,王亚军,等.城市公园景观与声景体验的交互作用研究[J].中国园林,2017,33(12):86-90.