

城市高架桥梁主要附属设施安全检测分析

李德存

(上海市建筑科学研究院有限公司, 上海市 200032)

摘要: 针对城市高架桥梁运营中普遍存在“重主体结构、轻附属设施”现象,以某城市高架桥梁为研究对象,对其主要附属设施进行安全检测与评估,旨在发现潜在安全隐患,提升桥梁整体运营安全水平。检测对象包括声屏障、花架、排水系统、龙门架等典型附属设施,采用外观检查、几何尺寸测量、材质状况检测等多种手段,并对外挂花架开展了荷载试验,以检验其在设计荷载作用下的结构响应与承载能力。结果表明:桥梁附属设施存在螺栓松动与缺失、构件锈蚀、焊缝开裂、排水堵塞及局部变形等病害,部分病害已对设施自身稳定性和行车安全构成威胁;荷载试验显示外挂花架在试验荷载下变形及应力虽未超限,但连接节点存在松动迹象,需加强日常巡查与维护。由此建议管养单位转变“重主体、轻附属”的观念,将附属设施纳入常态化检测与养护计划,及时处治病害,确保桥梁运营安全。该检测分析成果可为同类城市高架桥梁附属设施的检测与评估提供技术参考。

关键词: 城市高架桥;声屏障;附属设施;荷载试验;安全检测

中图分类号: U443.7; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)08-0369-05

Safety Inspection and Analysis on Main Ancillary Facilities of Urban Elevated Bridges

LI Decun

(Shanghai Research Institute of Building Sciences Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: In the operation of urban elevated bridges, there is a common phenomenon of “emphasizing the main structure while neglecting ancillary facilities”. Taking an urban elevated bridge as a research object, the safety inspections and evaluations of its main ancillary facilities are conducted in order to identify the potential safety hazards and enhance the overall operational safety level of the bridge. The inspection objects include the typical auxiliary facilities such as sound barriers, flower shelves, drainage systems and gantry frames. Various methods such as visual inspection, geometric dimension measurement and material condition testing are adopted. And a load test is carried out on the externally mounted flower shelves to examine their structural response and load-bearing capacity under design loads. The results show that there are diseases such as loose and missing bolts, rusted components, cracked welds, blocked drainage and local deformation in the ancillary facilities of the bridge. Some diseases have posed a threat to the stability of the facilities themselves and the safety of vehicle operation. The load test reveals that although the deformation and stress of the externally mounted flower shelves do not exceed the limits under the test load, there are signs of loosening at the connection nodes, and it is necessary to strengthen daily inspection and maintenance. It is thus suggested that the management and maintenance units change the concept of “emphasizing the main body while neglecting the subordinate”. The ancillary facilities are incorporated into the regular inspection and maintenance plan and the diseases are treated in a timely manner to ensure the operational safety of the bridge. The findings of this inspection and analysis can serve as a technical reference for the inspection and assessment of auxiliary facilities in similar urban elevated bridges.

Keywords: urban elevated bridge; sound barrier; ancillary facilities; load testing; safety inspection

0 引言

高架桥梁的运营安全不仅取决于桥梁主体结构

的稳定性,附属设施也同样至关重要^[1-2],其作为桥梁系统的“神经末梢”,承担着降噪、美化、排水、交通引导等重要功能,桥梁附属设施损坏或失效可能引发连锁反应,甚至危及行车安全与公共安全^[3-4]。

然而,当前桥梁养护管理中普遍存在“重主体、轻附属”的倾向,附属设施常处于日常巡查盲区,缺

收稿日期: 2026-02-13

作者简介: 李德存(1988—),男,学士,工程师,从事道路桥梁检测工作。

乏系统性的检测与评估机制^[5-6]。近年来,随着城市高架桥梁服役年限增长,附属设施病害逐渐显现,如声屏障螺栓锈蚀、花架连接松动、龙门架基础破损等,已成为影响桥梁整体安全的重要隐患^[7-8]。此前,国内外学者针对附属设施的检测技术开展了相关研究:虎良燕等^[3]总结了公路桥梁附属设施的常见病害及处置措施;林铭^[9]探索了新型传感技术在桥梁检测智能化监测中的应用;李利永^[10]研究了三维激光扫描技术在桥梁检测中的适用性;吴周扬^[11]研究了新型装配式混凝土声屏障的结构优化与性能提升;殷洪建^[12]研究了混凝土结构保护层厚度、碳化深度、强度及电阻率等材质检测方法的工程实践。但针对城市高架桥梁多类附属设施的系统性检测与分析仍较为缺乏^[13-15]。

开展城市高架桥梁附属设施安全检测分析,不仅能消除当前检测盲区,更能为桥梁整体提供全生命周期管养数据支撑,对保障运行安全、降低公共安全风险具有重要意义。基于高架桥梁附属设施专项检测项目的实施经验,系统总结分析了附属设施主要病害及影响因素,成果可为类似高架桥梁附属设施管养提供技术参考。

1 附属设施概述

为了降低交通噪声对周围居民带来的干扰,通常会在高架道路沿线设置大量的声屏障结构^[11]。声屏障式样有直线形、直弧形、蘑菇形等。声屏障结构主要由立柱、屏体和窗体组成。针对声屏障的抗风承载性能,立柱是声屏障结构中的关键构件,重点是立柱的基础形式、锚固类型和立柱本身的结构形式。立柱通常采用H型钢,声屏障立柱锚固形式主要有3种:种植螺栓、预埋螺栓、对穿螺栓。

为了城市高架桥梁美观需求,部分路段在防撞护栏处设置了花架,花架分为2种:外挂式和顶置式。

此外,城市高架桥梁还会设置龙门架、标志标杆等附属设施,标志标杆分为T杆和F杆两种类型。

2 附属设施检测方法及技术

2.1 外观缺陷检查

声屏障主要构件由上罩板、上屏体、窗体(铝合金窗框、玻璃窗体、执手、插销)、下屏体、下罩板及卡簧等构件组成(见图1)。声屏障设施的外观缺陷检查采用目测并配以便携式测量设备工具进行。

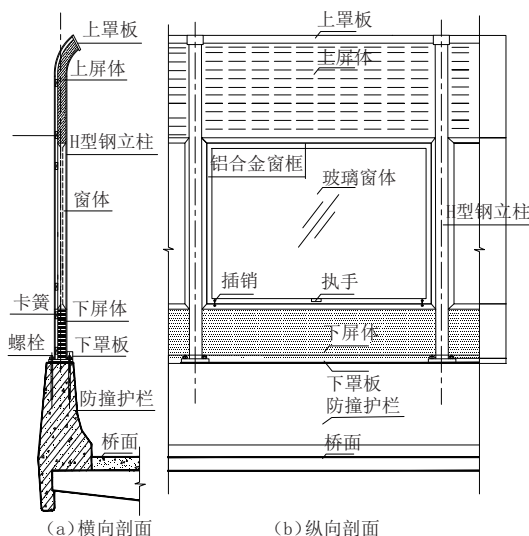


图1 声屏障主要构件示意图

2.1.1 防撞护栏

检查防撞护栏有无开裂、倾斜、松动、破损等,钢筋有无外露、锈蚀等缺陷。检测以目测为主,并配备裂缝卡片、卷尺、小锤等进行。

2.1.2 地脚(锚固)螺栓

检查地脚螺栓有无缺失、松动、锈蚀、脱焊等缺陷。检测以目测为主,并配备卷尺、小锤等进行。

2.1.3 立柱

检查柱体是否倾斜,焊缝有无裂纹,固定螺母及垫圈是否缺失、松动、锈蚀,涂层是否存在剥落、龟裂、风化等,锚固螺栓及其连接是否可靠。检测以目测为主。

2.1.4 屏体

打开声屏障屏体,检查屏体框架是否平整无破损,端部是否外露,五金件(支撑件、铰链、撑杆、插销等)是否工作正常,密封胶(条)是否老化、开裂、缩短、脱落,涂层是否剥落、龟裂、风化,杆件是否锈蚀等。检测以目测为主,对五金件工作正常状况进行人工测试。

2.1.5 卡簧

检查是否贴合完好,是否存在变形、失效、脱落、位移、锈蚀等缺陷。检测以目测为主。

2.1.6 防坠落装置

检查防坠落装置是否松动,绳索是否锈蚀、脆化、失效,与立柱及屏体连接状况、与绳端固定情况是否可靠。检测以目测为主。

2.1.7 罩板及雨水导流板

检查罩板及雨水导流板是否松动、变形、破损、缺失,涂层是否剥落、龟裂、风化,杆件是否存在锈

蚀等,检查与屏体间的固定状况是否正常。检测以目测为主。

2.1.8 花架

通过对花架和花盆的外观检查,确认其是否有破损、开裂现象,构件是否有锈蚀、变形、松动等情况,如外挂式的花盆托架的横杆及其固定件(扶手立柱)、托架紧固螺栓是否锈蚀、松动、缺失。确保安全的前提下,用手晃动,检测其稳定性(确保不会将有问题的花盆掉到桥下),或采用小锤敲击检测锚固件的牢固性。检查花盆是否有失稳、坠落的风险^[8]。

2.1.9 龙门架、标志标杆

通过目测观察,确认龙门架、标志标杆是否有破损、开裂现象,构件是否有锈蚀、变形、松动等情况,紧固螺栓是否锈蚀、松动、缺失,是否有构件坠落、整体倾倒的风险。

2.2 花架荷载试验

由于无相应检测规范,参照相关案例方法^[14],对外挂式花架的花盆托架进行荷载试验,为后期养护和维修提供技术依据,荷载试验为抽检。

试验荷载采用 8 个砝码,采用全站仪和小棱镜测试花盆托架在试验荷载作用下的竖向位移。

2.3 立柱间距检测

立柱间距是否正常,影响到声屏障各部件的安装质量和使用安全,对立柱间距超出允许偏差的声屏障是缺陷检查的重点^[6]。立柱间距检测采用钢卷尺进行抽检测量。

2.4 立柱垂直度检测

垂直度检测为抽检。主要采用全站仪进行测量。

2.5 焊缝检测

立柱焊接包括立柱与底板焊缝和立柱对接焊缝。采用金属磁粉探伤仪进行无损探伤,查明是否存在未焊透、咬边、条状缺陷等严重缺陷,如有,则记录其位置及程度^[13]。

2.6 钢结构防腐涂层退化检测

声屏障结构通过预埋螺栓或植筋螺栓,与防撞护栏连接,并通过型钢立柱来支撑整个屏体和窗体。本项目对预埋螺栓、植筋螺栓和立柱的防腐、防锈涂层进行检测,重点查看涂层表面的光滑性和连续性,是否存在肉眼可见的气泡、裂缝、脱皮等缺陷。

2.7 混凝土无损检测

包括钢筋保护层厚度、混凝土碳化深度、混凝土强度、混凝土电阻率等检测。

3 附属设施检测结果

3.1 外观检查结果

3.1.1 声屏障

部分声屏障卡簧外露、锈蚀(见图 2)。其中声屏障卡簧外露 822 个,占比 8.69%;卡簧锈蚀 121 个,占比 1.28%。252 个声屏障屏体局部存在锈蚀现象,占比 2.66%。



图 2 声屏障屏体锈蚀

1 520 个声屏障中屏体无法打开,占比 16.07%; 84 个声屏障,因屏体局部轻微变形,屏体与立柱翼缘板间隙过大,占比 0.89%; 280 个屏体防坠绳外露,占比 2.89%; 145 个屏体罩板铆钉缺失,占比 1.53%; 16 个屏体罩板缺失; 8 个屏体罩板脱开; 7 个屏体罩板松动; 5 个屏体罩板变形; 2 个屏体罩板破损; 3 个屏体罩板涂层脱落; 1 个屏体下罩板锈蚀; 79 个玻璃窗体支撑件缺失,占比 0.84%。

4 个窗体插销缺失。6 个窗体插销损坏。3 个插销锚固螺丝缺失。1 个窗体卡扣脱落、1 个窗体伸缩杆损坏、2 个窗执手缺失。

31 个窗体玻璃开裂(见图 3),占比 0.33%。



图 3 声屏障屏体开裂

94 个窗体玻璃胶条老化脱落,占比 0.99%。部分锚固螺栓在雨水等环境因素下防锈涂层剥落,出现不同程度的锈蚀现象。4 个声屏障螺栓松动。部分声屏障基础护栏局部开裂破损。216 个电箱设置在立柱下方,占比 2.28%。

此外,声屏障病害还包括,部分屏体开窗后有下坠风险、屏体摇晃松动变形、窗体与窗框贴合不紧密、屏体涂层脱落、窗体框架变形、屏体隔音棉外露、窗体框架破损、屏体错位等。

3.1.2 花架

外挂式花盆个别托架扁钢固定螺栓存在变形、松动或脱落的现象(见图4)。



图4 花盆扁钢与固定螺栓变形

多个花盆存在破损、开裂现象,部分花盆存在倾斜、变形现象。花盆托架扁钢与横管连接处普遍存在往低处滑动移位现象。扁钢与横管间橡胶垫外露,部分有破损、脱落现象。

3.1.3 龙门架、标志标杆

检测结果包括:龙门架立柱预埋钢板外包混凝土破损(见图5);龙门架立柱锈蚀、指示牌变形;门架螺栓、立柱、法兰盘等部位局部锈蚀;龙门架立柱基座螺帽缺失。



图5 龙门架底座混凝土破损

3.2 无损检测

3.2.1 防撞护栏无损检测

声屏障基础防撞护栏钢筋保护层厚度对结构钢筋耐久性的影响不显著、混凝土碳化深度满足规范要求、混凝土强度状况良好、混凝土电阻率对钢筋锈蚀的影响很慢。

3.2.2 立柱竖直度

抽检的立柱竖直度最大倾斜度达18.7‰,立柱垂直度偏差超过1‰的达80%以上。

3.2.3 立柱间距

立柱间距主要为2 000 mm左右,由于设计资料不全,测量的数据仅为今后日常管养提供参考。

3.2.4 防坠落钢丝

本次抽检的防坠落钢丝直径均不小于4 mm,满足规范要求。

3.2.5 焊缝检测

根据立柱的整体受力特性,由于立柱根部受到的剪力和弯矩最大,本次抽检主要针对立柱与底板之间的焊缝质量评定,均满足要求,没有出现未焊透、咬边、条状缺陷等严重缺陷。

3.2.6 螺栓拉拔力检测

抽取部分螺栓进行抗拉拔力检测,加载至50 kN,拉拔过程中未出现破坏现象。

3.3 立柱承载能力

基于声屏障结构的受力特点和相关规范要求,对立柱关键部位的结构强度进行了详细的检算,确保声屏障无倾覆隐患。

结果表明在水平侧向风荷载作用下,声屏障螺栓强度、立柱截面强度、立柱顶点水平位移验算结果均满足原设计规范要求。

3.4 花架荷载试验

为了花架的试验安全,根据现场条件,选择部分外挂式花架进行荷载试验:(1)随机选取若干个外挂式花架进行荷载试验(见图6);(2)试验荷载取200 kg,测试内容是竖向位移;(3)加载分二级加载,第一级加载量为总荷载F的50%,第二级加载量为总荷载的50%(见图7);采用8个砝码进行加载,每个砝码的质量为25 kg。花盆托架上方放置约1 cm厚的木板,否则,砝码将从托架空隙掉落。花盆托架前方安装直角小棱镜,用于测量加载过程中托架位移情况(见图8)。

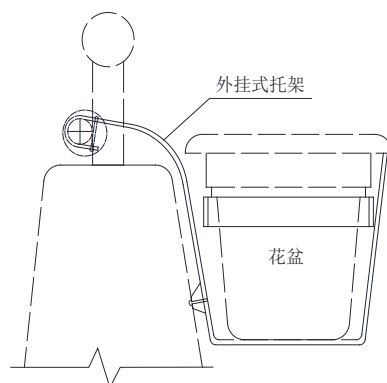


图6 外挂式花盆托架总装侧面图



图 7 花盆托架加载现场图

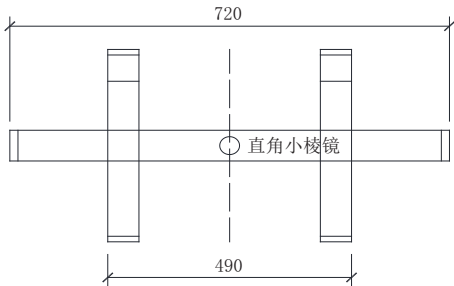


图 8 花盆托架测点示意图(单位:mm)

花盆托架荷载试验竖向位移测试结果如表 1 所示。

表 1 花盆托架试验竖向位移测试结果

花架 编号	位移量/mm				
	初始值	一级加载 (50%)	二级加载 (100%)	残余 变形	瞬时恢复
1	0	12.9	25.5	1.2	95.3%
2	0	14.9	30.6	4.2	86.3%
3	0	18.5	26.6	-5.6	121.1%
4	0	22.8	39.0	4.9	87.4%
5	0	18.2	29.2	2.9	90.1%
6	0	9.8	18.9	0.0	100.0%
7	0	15.7	28.6	0.0	100.0%
8	0	14.0	28.4	2.0	93.0%
9	0	11.5	25.4	1.7	93.3%
10	0	18.9	27.2	1.1	96.0%

花盆托架在第二级加载(100%)时竖向位移最大值为 39.0 mm。卸载后,花盆托架竖向位移残值最大值为 4.9 mm。试验过程中,所有试验的花盆托架扁钢焊接处未发现明显开裂脱开迹象,且六角头螺栓连接处未发现明显变形。

静载试验结果表明,抽检的外挂式花架在试验荷载作用下均能正常使用。

4 结 语

通过对某城市高架桥梁声屏障、龙门架、花架等附属设施的案例分析,梳理了城市高架桥梁附属设施安全检测的实施内容,明确了桥梁附属设施在桥

梁系统中的关键功能和重要地位。

本研究为桥梁管养部门制定针对性的养护维修处置措施提供了基础资料,有助于确保高架桥梁的运营安全^[5]。同时也认识到一些不足之处。未来可从以下 3 方面开展。

(1)在检测技术创新方面,持续研发更加先进、高效、准确的技术,如无人机巡检、智能监测等智能化、自动化的检测技术,提高检测的精度和效率^[9-10, 15]。

(2)在数据处理和分析方面,加强对检测数据的深度挖掘和分析,建立更加完善的数据分析模型,统一检测数据管理,为桥梁管养决策提供更加可靠的数据支持^[13]。

(3)在检测标准完善方面,进一步细化和完善检测标准,使附属设施检测更加科学、合理,为城市高架桥梁附属设施安全检测提供更加坚实的标准支撑。

参考文献:

[1] 贺拴海,王安华,朱钊,等.公路桥梁智能检测技术研究进展[J].中国公路学报,2021,34(12):12-24.

[2] 唐葆森.运营阶段城市桥梁附属设施常见病害原因分析及改进措施[J].四川水泥,2024(6):263-265.

[3] 虎良燕,侯旭.公路桥梁附属设施常见病害及处置[J].中国公路,2012(15):113-115.

[4] 贾运周.公路桥梁附属设施常见病害及养护对策研究[J].运输经理世界,2024(10):129-132.

[5] 唐启智,辛景舟,周建庭,等.基于检测信息的重庆市政桥梁服役现状及其分析方法展望[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2022,41(5):57-65.

[6] 高晓明.机场路高架声屏障病害分析及加固[J].城市道桥与防洪,2025(7):153-156.

[7] 戚彦福,蔺鹏臻,李岩,等.考虑静荷载与环境耦合作用的钢结构涂层劣化实验研究[J].材料导报,2024,38(18):161-170.

[8] 王春芬,陈兴冲,商跃进,等.桥梁人行道锚固系统加固试验研究[J].兰州交通大学学报,2004,23(1):15-18.

[9] 林铭.新型传感技术在桥梁检测智能化监测中的应用探索[J].张江科技评论,2025(6):87-89.

[10] 李利永.三维激光扫描技术在桥梁检测中的应用[J].交通世界,2025(21):98-100.

[11] 吴周扬.新型装配式混凝土声屏障的结构优化与性能提升研究[J].产业创新研究,2025(18):114-116.

[12] 殷洪建.混凝土结构材质检测方法工程实践的研究[J].价值工程,2020(29):128-129.

[13] 孙勇.桥梁钢结构工程及焊缝无损检测技术研究[J].运输经理世界,2022(20):80-82.

[14] 张玉恩,付雅丽.公路桥梁荷载试验检测在桥梁养护中的作用和对策[J].交通建设与管理,2025(4):116-118.

[15] 劳汉全.无人机技术在桥梁检测中的创新应用[J].张江科技评论,2025(6):90-92.