

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyf.2022.01.026

全封闭声屏障对城市桥梁建设影响探讨

杨志杰

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 20092]

摘 要: 随着市政工程环保要求的不断提高,全封闭声屏障在城市桥梁中的应用逐渐增多。相比常规声屏障,全封闭声屏障在造价、工艺、结构受力、交通安全、照明通风等方面属性更为综合,相应对桥梁土建主体的界面需求和影响更为突出,而对该部分专业交叉内容,相关规范和研究关注较少。全封闭声屏障的科学建设是城市桥梁高品质运营的重要前提。结合城市桥梁建设实际,从建设流程、成本、桥梁结构受力、桥梁功能匹配、预埋施工等方面,具体分析全封闭声屏障对城市桥梁建设的影响,为类似工程建设提供参考。

关键词: 全封闭声屏障;影响;城市桥梁;建设

中图分类号: U443.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)01-0095-05

0 引 言

随着城市化进程的深入,道路交通拥堵问题日益突出,城市桥梁兴建是改善道路交通功能的重要手段之一,但同时交通噪音污染问题随之凸显。目前,控制城市交通噪音的主要手段有:(1)规划控制:规划层面合理布局,使声敏感建筑(医院、学校、住宅等)与城市交通相互避让;(2)声源控制:降低汽车发动机、轮胎、路面、桥梁伸缩缝等声源噪音;(3)声传播路径控制:设置声屏障、绿化等;(4)声敏感点控制:对声敏感建筑安装隔声窗等。声屏障是其中采用最多且最为社会民众所关注的措施。全封闭声屏障(见图 1)是声屏障设计的最高形式,近些年已日渐引入城市桥梁。调研国内城市桥梁全封闭声屏障长度较长的工程案例见表 1。



图 1 全封闭声屏障典型断面

有别于一般声屏障,全封闭声屏障加装在城市桥梁上后,形成“空中隧道”,其在造价、工艺、结构受力、交通安全、照明通风等方面属性更为综合,随之对桥梁土建主体的界面需求和影响更为突出。全

收稿日期:2021-09-21

作者简介:杨志杰(1989—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

表 1 国内城市桥梁全封闭声屏障工程案例

序号	城市	建设年份	项目名称	桥面宽度/m	设置长度/m
1	广州	2009	华南快速路	28.3	560
2	南京	2010	应天大街纬七路西延高架	25.0	764
3	武汉	2017	武汉市四环线	33.0	620
4	上海	2018	嘉闵高架	25.0	1 600
5	武汉	2019	墨水湖北路	26.0	2 290
6	长沙	2021	湘府路高架	25.0	1 100

封闭声屏障的科学建设是城市桥梁高品质运营的重要前提,然而目前相关规范和研究多限于声屏障自身的工艺、材料、结构等方面^[1-7],对全封闭声屏障对桥梁土建主体的影响却关注较少。本文结合城市桥梁建设实际,从建设流程、成本、桥梁结构受力、桥梁功能匹配、预埋施工等方面,具体分析全封闭声屏障对城市桥梁建设的影响,为类似工程建设提供参考。

1 桥梁全封闭声屏障的基本形式与特性

桥梁全封闭声屏障呈“门”式构造,以钢结构轻型门架为主要承载结构,以桥面防撞护栏为基础;门架间设置纵向连接并敷设吸、隔声屏体。此外照明、监控、交通、排水设施按需敷设于相应位置。图 2 为某工程所采用的全封闭声屏障桥梁断面。城市桥梁全封闭声屏障的科学建设建立在其特性充分认知的基础上,全封闭声屏障具有如下特性:(1)对桥梁结构承载要求高;(2)照明、通风、消防、排水等需配套集成设计;(3)构筑物庞大高耸,对城市景观影响大;(4)影响临边低层建筑的采光及视野;(5)建造成本较高,且屏体使用寿命短;(6)养护要求及成本高。

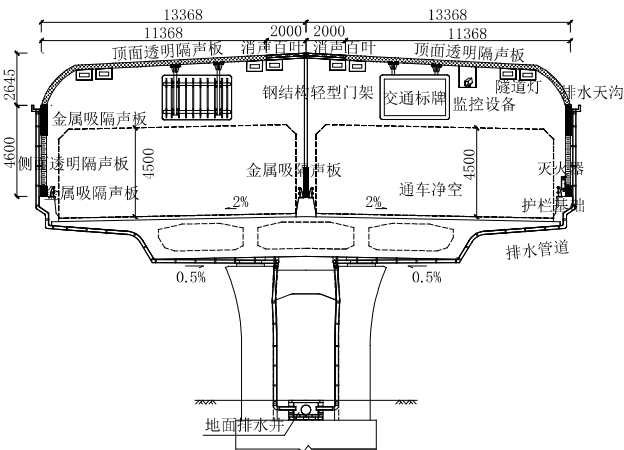


图2 全封闭声屏障桥梁断面(单位:mm)

2 建设程序影响分析

城市桥梁建设中若遇全封闭声屏障,需结合工程实际与社会条件,尽早通过环评和方案论证,确定实施与否、实施范围及建设投资,力争使全封闭声屏障与土建主体同期建设,这是建设质量的重要保证。因为若是在桥梁土建主体已深化设计完成、施工期或运营期才引入全封闭声屏障,滞后实施将带来如主体工程二次设计、已或在施工结构加固、新建设施废除、配电调整等问题,建设难度、造价与时间成本均随之提升。尤其通车后安装全封闭声屏障,会造成外部协调、交通组织、安全防护等费用的额外增加,条件不利时增加费用可达声屏障建安费的20%以上。此外,前期环评、方案论证中,需保证社会民众、审批与管养部门的充分参与,以减少建设审批、移交和运营期投诉等问题。

3 建设成本影响与控制分析

以图2为例,分别按一次建造和桥梁全寿命周期计算桥梁土建主体、全封闭声屏障的成本综合单价,结果详见表2。其中:土建主体为现浇混凝土桥梁,设计使用年限100 a;全封闭声屏障屏体设计使用年限15 a,钢结构门架设计使用年限50 a。全封闭声屏障需进行电气照明等配套设计,同时桥梁结构需进行增强设计。此外,声屏障屏体、电气设施等多为成品,单价会因档次、区域、供货条件等而不同,表2中该类产品单价水平处于工程所在地中上层级。计算中暂不考虑全寿命周期内的养护投入和材料单价上涨因素。

由表2可知:对常规城市桥梁,全封闭声屏障对其建设成本影响较大,一次建造综合单价提高近50%;桥梁全寿命综合单价提升约200%;全封闭声

表2 加装全封闭声屏障后桥梁综合单价

费用项	一次建造综合单价		100 a 周期综合单价	
	声屏障 单价 / (元·m ⁻²)	桥面 单价 / (元·m ⁻²)	设计 使用 年限 /a	桥面 单价 / (元·m ⁻²)
土建主体	—	7 500	100	7 500
钢结构	944	1 373	50	2 745
全封闭声屏障屏体	1 094	1 590	15	10 601
电气等配套	295	430	15	28 65
桥梁结构增强	82	120	100	120
合计		11 012	—	23 830

屏障单次建造成本高,屏体使用年限短是主要原因;一次建造成本中,全封闭声屏障的钢结构与屏体的造价占比相当,但100 a寿命周期成本中,屏体由于使用年限短而多次更换,已超越土建主体成为主要造价项。可见,相对桥梁主体结构,全封闭声屏障属于消耗品,无论一次建造还是全寿命成本,对城市桥梁建设的影响都是巨大的,且屏体为其中重要影响因素,建设环节宜从以下两方面加强控制:

(1)设计使用年限标准选定

已建工程中声屏障钢结构的设计使用年限相对稳定一般为50 a,屏体的设计使用年限却存在一定差异。在公路、城市桥梁中多为10~20 a,轨道、铁路桥梁中多为15~25 a,调研国内主要规范、图集相关规定见表3。

表3 声屏障屏体设计使用年限

名称	编号	设计使用 年限 /a
《声屏障结构技术标准》	GB/T 51335—2018	不小于15
《公路声屏障第2部分: 总体技术要求》	JT/T 646.2—2016	不小于10
《铁路声屏障工程设计规范》	TB 10505—2019	不小于25
《道路声屏障结构技术规范》	DG/TJ08—2086—2011	不小于15
《深圳市道路声屏障设计指引》	SJG 57—2019	不小于25
国家建筑标准图集 《城市道路声屏障》	09MR603	15

诚然屏体设计使用年限越长,全寿命成本越低。但选择较高的设计使用年限标准时,尚需考虑工程地实际建设水平、供货条件和养护能力。

(2)材料档次与质量控制

对应同一使用年限和性能参数标准,市面材料价格、档次亦参差不齐。若选材档次低,虽一次建造成本低,但后期维护及更换成本高,且运营品质下降;若选用较高档次材料,应保证供货稳定、材料检验能力匹配。全封闭声屏障材料检验内容较多,需系统组

织,多层面加强对材料的出厂、型式和见证检验^[3]。

4 桥梁结构受力影响分析

4.1 桥梁结构竖向效应增加

全封闭声屏障相关自重、雪荷载及屋面活荷载使桥梁竖向效应的增加,首先会对桥梁上、下部结构整体受力产生影响。如图 2 所示桥梁,原桥面二期重量 130 kN/m,全封闭声屏障自重约 30 kN/m,雪荷载或屋面活荷载(不同时组合)约 13 kN/m,但考虑桥梁结构自重、汽车等在桥梁荷载中占比较大,以上增加的竖向效应对桥梁整体受力影响有限,但对如桥面板悬臂等局部受力构件却影响较大,设计中需加强结构验算。

4.2 桥梁结构水平效应增强

风荷载下全封闭声屏障的水平效应是影响桥梁结构受力的主要因素。为满足通车、交通安全设施悬挂等空间需求,全封闭声屏障自身需保证一定高度;同时桥梁多为室外高耸结构,全封闭声屏障安装其上风荷载水平效应会大大增强,这对桥梁上部结构的抗倾覆性能提出更高要求;同时随着水平效应的增强,桥梁下部墩柱、桩基等构件的偏心受力也趋于不利,且墩柱越高影响越大。此外,全封闭声屏障在正面灌入风、侧面水平风的情况下,均存在柱脚受拉的情况,桥面板悬臂下缘会因此存在受拉可能,设计中需给予该工况的甄别和必要验算。同时增设全封闭声屏障后,桥梁体型等风力特性会发生较大变化,《公路桥梁风抗风设计规范》(JTG/T 3360-01—2018)对一般桥梁结构风荷载的计算方法的适用性会降低,建议采用《声屏障结构技术标准》(GB/T 51335—2018)和《建筑结构荷载规范》(GB 5009—2012)相关规定进行风荷载的计算。

4.3 防撞安全问题

目前桥梁声屏障基本以桥梁防撞护栏为基础。当交通事故中车辆撞击护栏时,一方面防撞护栏对车辆的阻挡和导向功能会受到声屏障的影响^[8-9],另一方面声屏障本身可能因车辆撞击而破坏、倒塌或坠落,并由此造成二次伤害。《公路交通安全设施设计细则》(JTG/T D81—2017)在 6.3.5 条中提出,隔音设施与桥梁护栏配合设置时,应考虑隔音设施对行车安全的影响,建议隔音设施最好不与桥梁护栏一并设置,否则应采取措施,消除其对行车安全的影响^[8]。同时《声屏障结构技术标准》(GB/T 51335—2018)中提出,声屏障结构可设置于桥梁防撞护栏,

但不考虑车辆撞击作用,相应车辆撞击力应考虑其他措施,如在声屏障结构前设置金属防撞护栏^[1]。因此桥梁上设置全封闭声屏障时,可从如下方面保证防撞安全:

(1)防撞护栏与基础桥面板自身需满足防撞受力要求;(2)如图 3 桥梁采用金属护栏时,声屏障立柱设置于护栏背侧,并保证一定退让距离;如图 4 桥梁采用混凝土护栏时,在护栏顶部增设钢扶手,声屏障立柱设置于钢扶手背侧,亦保证一定退让距离;(3)全封闭声屏障各榀框架间设纵向支撑,保证车辆撞击破坏一榀或几榀框架时不发生连续性倒塌^[10];(4)严格按照规范要求设置屏体防跌落设施,避免二次伤害^[1]。

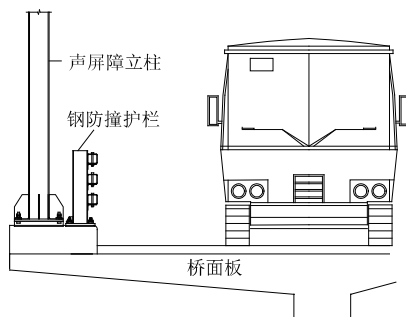


图 3 钢防撞护栏桥梁声屏障基础

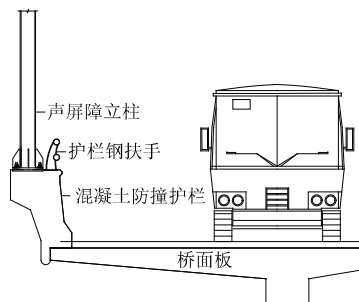


图 4 混凝土护栏桥梁声屏障基础

此外,若需在既有老桥上增设全封闭声屏障,需对老桥进行全面检测和安全评估;并注意声屏障立柱、防撞设施与老桥桥体进行后锚固连接的安全性,如对老桥桥体分布预应力的区域不宜大面积植筋。若老桥受力无法满足全封闭声屏障设置需求,可论证采用如图 5 所示在老桥外侧设置独立支架的可行性。

5 桥梁使用功能匹配

5.1 交通功能

交通功能方面,在桥梁主线和匝道交汇处,若声屏障侧面采用不透明屏体,会遮挡视线影响行车视距,故交汇处以前 50 m 以上范围声屏障侧面采用透明屏体。此外,为避免超高车辆进入全封闭声屏障,



图5 老桥外侧独立全封闭声屏障支架结构

冲撞框架结构引起破坏或倒塌,在全封闭声屏障入口前应设置硬性限高设施。

5.2 消防照明

作为“空中隧道”,加装全封闭声屏障的高架桥梁需保证通风功能和消防安全,全封闭声屏障除保证材料防火等性能满足相关规范要求,并配套灭火器等设施外,尚需注意当全封闭声屏障的单段长度大于500 m时,顶部应设置通风装置,如消防百叶;全封闭声屏障内桥梁照明宜参照隧道照明标准进行等级划分、照明计算、供电与设备配置等,在技术与造价方面与常规立杆照明存在较大差异。

5.3 结构伸缩

全封闭声屏障应在桥梁结构伸缩缝位置设置伸缩缝,且设置数量不限于此,以避免声屏障与桥梁结构伸缩不匹配,引起屏体脱离、坠落或结构破坏。声屏障伸缩缝一般采用钢立柱翼缘加宽的方式,加宽量需根据桥梁主体结构的伸缩量确定,尤其对于桥梁结构联长较长的情况。

5.4 桥梁排水

全封闭声屏障增设后,桥面雨水被全封闭顶部屋面拦截,若自然流淌,雨水极易造成护栏与梁体污染,严重影响城市景观。对屋面雨水宜集中收集,集中收集的方式有外置和内置两种。外置方式(见图2、图6)中全封闭声屏障外侧设排水天沟收集雨水,再通过泄水管引流至桥下;泄水管规格和设置密度通过计算确定,避免过于密集影响桥梁景观;

内置方式中纵向通长集水沟内嵌于全封闭声屏障顶面,泄水管沿全封闭声屏障内部敷设并引流至桥面^[6],该种方式会对声屏障顶面隔声效果产生一定影响,此外排水管在护栏迎撞面敷设,对交通安全有一定影响。

5.5 桥梁景观

全封闭声屏障结构高耸突兀,钢框架工业气息浓厚,对桥梁景观影响较大,在景观要求高的城市区



图6 全封闭声屏障桥梁外置式排水

域要慎重考虑采用。若需采用,宜将全封闭声屏障与桥梁主体、周围环境进行景观方面的统筹考虑,从造型、装饰、亮化等角度进行景观提升^[11]。如长沙福元路大桥东引桥全封闭声屏障(见图7),将主结构与桥梁结构一体考虑,且造型采用弧线构造,在实现噪音控制的同时获得了良好的景观效果^[12]。



图7 长沙福元路大桥东引桥全封闭声屏障

6 护栏预埋施工控制

预埋件是全封闭声屏障向桥梁主体结构传力的重要节点。通常声屏障预埋件随桥梁护栏一起由土建主体施工队伍实施,声屏障则由钢结构施工队伍实施。但往往土建施工队伍对预埋件精度控制的能力偏弱,易出现预埋精度难以满足声屏障钢结构安装要求的情况。相比直立式声屏障,全封闭声屏障框架横向有多处节点,对预埋件的容错能力较弱,预埋误差易造成安装困难、异形钢构件和异形屏体板件的增多,对项目建设工期、质量和成本产生不利影响。因此全封闭声屏障需尤其重视对预埋件的施工控制:

(1)桥梁护栏基础与声屏障尽可能由同一施工单位实施;若无法实现同一施工单位实施,应加强对上游土建施工单位预埋质量的控制,必要时声屏障施工单位可提前介入和指导预理工序;在声屏障开工前,需对护栏基础、预埋件等进行全面检验测量,保证合格交接^[3]。

(2)预埋件在实施后需注意防腐保护,尤其是桥梁护栏与声屏障施工间隔时间较长时。图8为预埋螺栓通过涂油、塑料螺帽进行防腐保护的典型案例。



图8 预埋螺栓防腐保护

7 对城市桥梁采用全封闭声屏障的认识

综上分析,虽然全封闭声屏障是一种降噪的有效措施,但相比桥梁主体结构,其使用年限有限,作为一种消耗品对桥梁一次建造和全寿命成本的影响是较大的,对工程建设的综合要求较高,需慎重采用并应对其对桥梁景观的影响。

交通噪声问题是影响城市生活品质且被社会民众广泛关注的重要问题,这一问题也是城市桥梁建设所不可回避的。城市桥梁建设中或建设后增设全封闭声屏障的情况已不鲜见,但噪音的控制应是规划、噪声源、传播路径和声敏感点多层面的综合、系统工程,不宜在某一方面过分投入而忽略其他方面。同时噪声治理的措施也应更加精细和具备针对性,如对某声敏感建筑噪声组成中的高架交通噪声和地面交通噪声占比相当,若建设成本有限,则应将有限成本均衡覆盖高架和地面道路的降噪措施,若投入巨大费用仅对高架实施全封闭声屏障而忽略地面降噪,其综合效益并不理想;如对部分既有高架,噪声源主要是桥面伸缩缝凸起或桥面铺装破损等病害引起的车辆冲击,则应针对性进行桥面维修,从噪声源上进行噪声控制,贸然采用全封闭声屏障,拔高噪声传播路径上的建设投入,显然并不经济。

8 结 语

对全封闭声屏障这一特殊的噪声控制构筑物,于桥梁而言,已不能简单理解为桥梁的一项桥面附属设施。其在造价、受力、功能等方面的多重技术属性,对城市桥梁建设提出了更高的要求,同时又具有广泛的社会影响,在未来的城市桥梁建设中需要综合认识和科学抉择。

(1)城市桥梁建设中若实施全封闭声屏障,需结合项目实际尽早进行环评和方案论证,确定实施与

否、实施范围及建设投资,力争使全封闭声屏障与土建主体工程同期建设。

(2)相比桥梁主体结构,全封闭声屏障属消耗品,对城市桥梁的一次建造成本影响(提升约50%)和全寿命成本影响(提升约200%)均较大,并需尤其注重对屏体质量的控制。

(3)全封闭声屏障增设后,需加强对桥梁桥面板悬臂受力、上部结构抗倾覆、下部结构受力等的验算。

(4)在保证桥面板及护栏防撞安全的前提下,声屏障立柱需设置于钢护栏或混凝土护栏钢扶手之后并保证安全距离,声屏障钢结构框架自身需具有抗连续倒塌的设计。

(5)在桥梁主线和匝道交汇处之前不小于50 m范围,声屏障侧面应采用透明屏体;全封闭声屏障入口需增设硬性限高设施;全封闭声屏障照明宜参照隧道标准;声屏障伸缩设计需与桥梁主体结构匹配;排水宜采用外置式并科学确定排水管道规格及设置密度。

(6)全封闭声屏障对桥梁景观影响较大,尤其在景观要求高的区域采用时,需考虑景观提升措施。

(7)交通噪声治理是规划、噪声源、传播路径和声敏感点多层面的综合、系统工程,技术措施应综合和具有针对性,对全封闭声屏障应科学、慎重选用。

参考文献:

- [1] GB/T 51335—2018,声屏障结构技术标准[S].
- [2] TB 10505—2019,铁路声屏障工程设计规范[S].
- [3] TB 10428—2012,铁路声屏障工程施工质量验收标准[S].
- [4] 朱俊,苗超.八车道高速公路全封闭声屏障初步设计简介[J].工程设计,2017,31(2):186-187.
- [5] 郭华东,丁岩,林云.城市桥梁声屏障设计及交通噪声控制研究[J].西部交通科技,2013(6):136-139.
- [6] 王庭佛,冯苗锋,徐剑.城市高架道路全封闭声屏障的设计与施工[J].环境工程,2012,30(6):113-116.
- [7] 储益萍.道路交通噪声控制措施的技术、经济比较分析[J].环境污染与防治,2011,33(5):107-110.
- [8] JTG/T D81—2017,公路交通安全设施设计细则[S].
- [9] 吴云,杨俊宏,刘小勇,等.声屏障防撞安全技术仿真分析[J].公路,2017(5):190-193.
- [10] 李明华.武汉市鹦鹉洲长江大桥全封闭声屏障设计[J].山西建筑,2016,42(16):170-171.
- [11] 袁旻态,王彦琴,魏显威.声屏障总体设计技术研究[J].声学技术,2014,33(S2):289-292.
- [12] 李垚.长沙福元路湘江大桥建设条件与桥梁方案的选择[J].城市道桥与防洪,2013(9):83-86.