



T/CECS G XXXX: 2023

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路工程声屏障应用技术规程

Technical Specification of Noise Barrier Application for
Highway Engineering

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

征求意见稿

中国工程建设协会标准

公路工程声屏障应用技术规程

Technical Specification of Noise Barrier Application for
Highway Engineering

T/CECS G: XX-XX-2023

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2023 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

征求意见稿

前 言

根据中国工程建设标准化协会公路分会《关于开展 2021 年第二批中国工程建设标准化协会标准(CECS G)制修订项目编制工作的通知》(中建标公路【2021】209 号)的要求,由中交第一公路勘察设计研究院有限公司承担《公路工程声屏障应用技术规程》(以下简称“本规程”)的制订工作。

编写组在参考了国内外声屏障应用技术先进的标准和要求、总结公路工程声屏障的工程经验以及科研成果的基础上,以完善和提升公路工程声屏障应用技术为核心,完成了本规程的编写工作。

本规程分为 7 章,主要内容包括总则、术语、基本规定、设计、施工、验收、养护。

本规程基于通用的工程建设理论及原则编制,适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件,使用本规程相关条文时,应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理,由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释,在执行过程中如有意见或建议,请函告本规程日常管理组,中国工程建设标准化协会公路分会(地址:北京市海淀区西土城路 8 号;邮编:100088;电话:010-62079839;传真:010-62079983;电子邮箱:shc@rioh.cn),或尹静(地址:陕西省西安市高新区科技四路 205 号中交一公院科技产业园;邮编:710075;电子邮箱:532281966@qq.com),以便修订时研用。

主 编 单 位: 中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位: 中海环境科技(上海)股份有限公司

青海省交通规划设计研究院有限公司

西安中交环境工程有限公司

北京交通大学

北京世卓泽坤科技有限公司

喜利得(中国)商贸有限公司

安徽省新方尊自动化科技有限公司

主 编:

主要参编人员：

主 审：沈毅

参与审查人员：魏显威 王彦琴 张晓峰 李耀增 邱志雄 马保龙
赵剑强 刘 珊

参 加 人 员：

征求意见稿

目 次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	5
4 设计.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 降噪目标值.....	9
4.3 结构材料选型.....	11
4.4 声屏障尺寸确定.....	12
4.5 上部结构.....	15
4.6 下部结构.....	20
4.7 材料.....	27
4.8 安全.....	32
5 施工.....	33
5.1 一般规定.....	33
5.2 路基段声屏障.....	34
5.3 桥梁段声屏障.....	41
5.4 后补声屏障.....	41
6 验收.....	46
6.1 工程质量验收.....	46
6.2 环境保护验收.....	47
7 养护.....	49
7.1 一般规定.....	49
7.2 巡查、检查和监测.....	49
7.3 维护保养.....	50
附录 A “插入损失”计算方法	52
本规程用词用语说明.....	55

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为降低公路交通噪声污染影响，规范公路工程声屏障的建设与养护，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改扩建公路工程声屏障的设计、施工、验收及养护。

1.0.3 在满足降噪效果的前提下，公路工程声屏障的设置应遵循安全耐久、经济适用、技术成熟的原则。

1.0.4 公路改扩建工程应结合改扩建后声环境预测结果，对既有声屏障进行有效性评估，提倡重复利用，节约资源。

1.0.5 公路工程声屏障应积极稳妥地采用绿色低碳环保新材料及新技术。

1.0.6 公路工程声屏障应结合实际情况做好统一规划、分期实施的总体设计，并为分期实施提供后补声屏障的基础条件。

1.0.7 公路工程声屏障应用技术的设计、施工、验收、养护除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 声屏障 noise barrier

在噪声源和受声点之间插入的一种降噪设施,可以使声波传播显著的附加衰减,从而减弱受声点的噪声影响。

2.0.2 等效连续 A 声级 equivalent continuous A-weighted sound pressure level

在规定测量时间 T 内 A 声级的能量平均值,用 $L_{Aeq,T}$ 表示,单位 dB。

根据定义,等效连续 A 声级表示为:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1L_A} dt \right) \quad (1)$$

式中: $L_{Aeq,T}$ ——等效连续 A 声级, dB;

L_A ——t 时刻的瞬时 A 声级, dB;

T——规定的测量时间段, s。

2.0.3 现状噪声值 present noise value

声屏障设置前声环境保护目标的噪声值。

2.0.4 设计目标值 design target value

声屏障设置后声环境保护目标要达到的噪声值。

2.0.5 降噪目标值 noise reduction target value

安装声屏障前后声环境保护目标现状噪声值与设计目标值之差。

2.0.6 插入损失 insertion loss

安装声屏障前后在某特定位置上的声压级之差。

2.0.7 频谱 frequency spectrum

把时间函数的分量按幅值或相位表示为频率的函数的分布图形。

2.0.8 吸声系数 sound absorption coefficient

在给定频率和条件下，被分界面（表面）或媒质吸收的声功率，加上经过分界面（墙或间壁等）透射的声功率所得的和数，与入射声功率之比。一般其测量条件和频率应加以说明。吸声系数等于损耗系数与透射系数之和。

2.0.9 降噪系数 noise reduction coefficient (NRC)

在 250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz 测得的吸声系数的平均值，算到小数点后两位，末位取 0 或 5。

2.0.10 噪声敏感建筑物 noise-sensitive structures

用于居住、科学研究、医疗卫生、文化教育、机关团体办公、社会福利等需要保持安静的建筑物。

条文说明

根据《中华人民共和国噪声污染防治法》（中华人民共和国主席令第一〇四号）第八十八条，“噪声敏感建筑物”是指用于居住、科学研究、医疗卫生、文化教育、机关团体办公、社会福利等需要保持安静的建筑物。

2.0.11 声环境保护目标 noise protection target

依据法律、法规、标准政策等确定的需要保持安静的建筑物及建筑物集中区。

2.0.12 声学材料 acoustical material

公路声屏障屏体中起着隔声或吸/隔声作用的构件。

2.0.13 吸声材料 sound absorption material

由于多孔性、薄膜作用或共振作用而对入射声能具有吸收作用的材料。

2.0.14 胶粘锚栓 bonded anchor

由金属螺杆和锚固胶组成，以锚固胶的粘接性能来获得锚固能力的锚栓。胶粘锚栓分为普通胶粘锚栓和特殊倒锥形胶粘锚栓。

2.0.15 化学锚栓 bonded anchor

由金属螺杆和锚固胶组成，以锚固胶的粘结性能来获得锚固能力的锚栓。化学锚栓分为普通胶粘锚栓和特殊倒锥形化学锚栓。

2.0.16 机械锚栓 mechanical anchor

利用锚栓与锚孔内壁摩擦作用或锚孔底部锁键作用形成锚固能力的锚固，按照工作原理分为三类：扩底型锚栓、膨胀型锚栓 and 自攻型锚栓。

2.0.17 防坠落装置 preventing downfall device

为避免声屏障上罩板、吸声帽或屏体坠落而安装于声屏障结构上的装置。

3 基本规定

3.0.1 应对人群密集、距离公路较近且营运中期噪声预测值超标的噪声敏感建筑物采取声屏障降噪措施。

3.0.2 公路工程声屏障的降噪效果应满足项目环境影响评价文件及其批复的要求。

3.0.3 公路工程声屏障的整体结构形式、声学材料、屏体构造及屏体材料应通过技术经济论证和比选确定。

3.0.4 公路工程声屏障应与主体工程相结合，根据公路的特点开展设计，并考虑地域、环境、成本及其他安全服务设施的影响。

3.0.5 公路工程声屏障应按照设计要求进行施工。

3.0.6 新建公路工程声屏障应不影响公路的结构与安全、地下基础设施、排水设施、电力通信管线和交通安全设施等的功能、检修和维护。

3.0.7 改扩建公路工程声屏障应与公路现有设施有机衔接，不应影响现有交通安全设施、排水设施及其他附属设施产生不利影响。

3.0.8 公路工程声屏障景观除应与公路主体工程相协调外，还应与所在区域的自然环境、人文环境和建筑风格相协调。

3.0.9 公路工程声屏障应进行工程质量验收和环境保护验收。

3.0.10 公路工程声屏障应定期进行维护和保养，发生病害时应进行修复养护，当确认设施降噪效果严重降低或存在安全隐患时，应及时更换。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 公路工程声屏障设计应落实项目环境影响评价文件及其批复的要求,并根据建设项目代表性评价水平年的噪声影响预测值进行设计。

4.1.2 当声环境质量现状超标时,属于与本工程有关的噪声问题应一并解决;属于本工程和工程外其他因素综合引起的,应优先采取措施降低本工程自身噪声贡献值,并推动相关部门采取区域综合整治等措施逐步解决相关噪声问题。

4.1.3 新建公路工程声屏障设计时应根据交通量及代表性评价水平年的噪声影响预测值按远期预留声屏障安装条件,改扩建公路工程应对降噪效果和相应的结构进行验算,尽可能利用既有工程。

4.1.4 公路工程声屏障应按图 4.1.4 的程序要求进行设计。

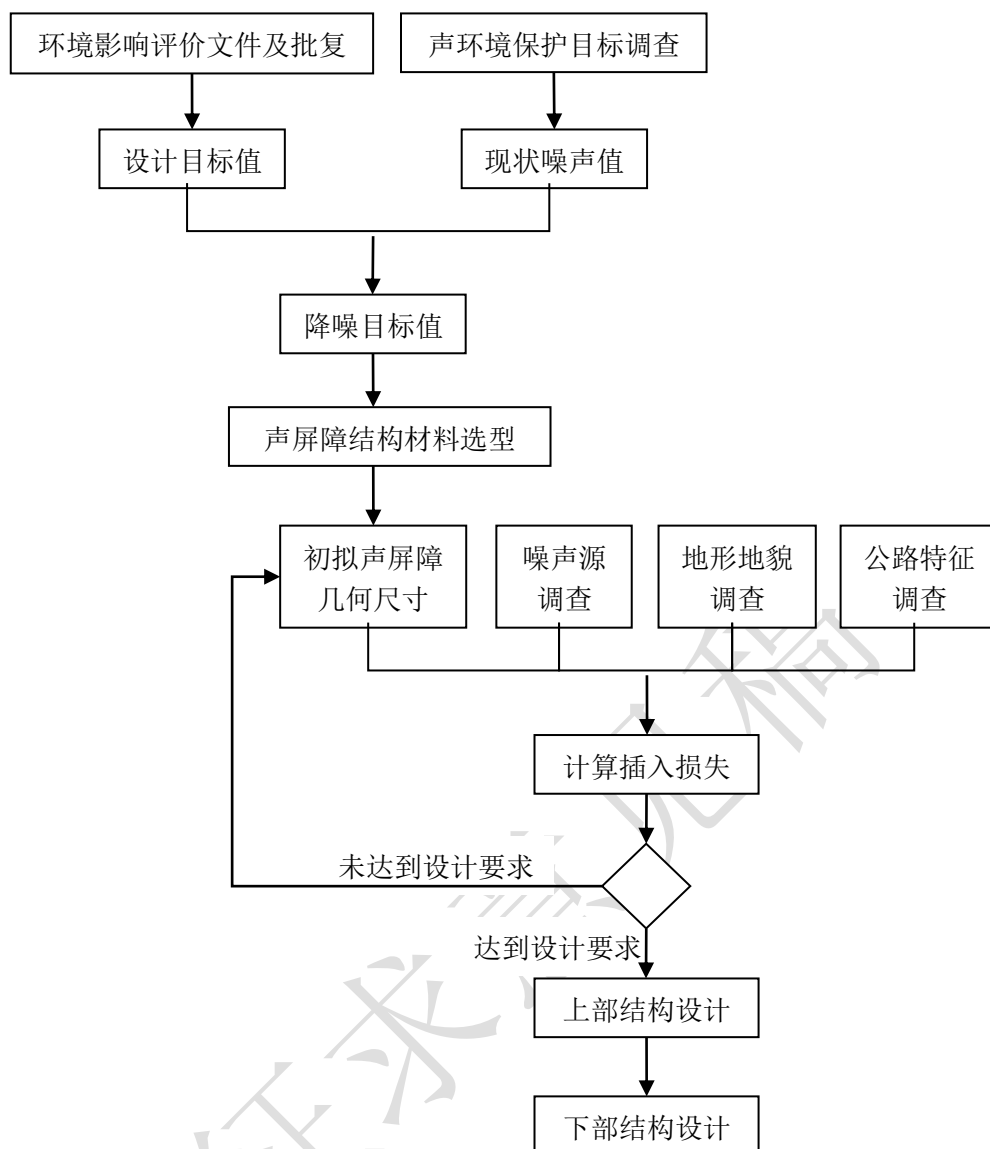


图 4.1.4 公路工程声屏障设计程序

4.1.5 公路工程声屏障设置位置应满足项目环境影响评价文件及其批复的要求。

4.1.6 路基段声屏障应设置在土路肩外 50cm 处，桥梁段声屏障应设置在混凝土防撞护栏顶部，并应满足公路建筑限界要求。在路堤与路堑边坡位置布设声屏障时，应采用设置声屏障重叠区的方法。

条文说明

在路堤与路堑边坡位置布设声屏障时，应该充分考虑边坡的特性，采用设置声

屏障重叠区的方法，即将声屏障断开，使两段声屏障搭接在一起，形成一段重叠区，克服高程差对声屏障布线的影响。

4.1.7 公路工程声屏障初步设计图表应包括声环境敏感区一览表、路段交通噪声预测一览表、声环境保护工程数量表和声环境保护工程设计图，其中声环境保护工程设计图应绘出平面布置图及方案设计图的位置、结构类型、主要尺寸及规格等；施工图设计图表应包括声环境敏感区一览表、声环境敏感点噪声预测一览表、声环境保护工程数量表和声环境保护工程设计图，其中声环境保护工程设计图应绘出平面布置图、降噪措施设计图的位置、结构、尺寸及规格、细部图、安装图等。

4.1.8 声屏障屏体的设计使用年限不应小于 15 年，钢立柱的设计使用年限不宜小于 30 年。钢筋混凝土结构和锚栓设计使用年限不宜小于 50 年，且化学锚栓的锚固剂应通过耐长期应力作用能力的评估。

条文说明

除锚栓外，其他参照《声屏障结构技术标准》（GB/T 51335-2018）第 3.0.7 条规定。目前锚固胶耐久性最长可达到 100 年耐久，螺杆根据不同表面镀锌或不锈钢，在不同腐蚀环境中耐久性年限不同，螺杆选用可参考规范《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性》（GB/T19292.1）。胶粘锚栓的锚固剂测试方法参照《工程结构加固材料安全性能鉴定技术规程》（GB 50728）表 4.2.2-4。如考虑声屏障后期维护更换，锚栓耐久性应考虑加上二次更换后的使用年限。

4.1.9 声屏障底部固定应符合下列规定：

1 锚栓锚固基材可为钢筋混凝土、预应力混凝土或素混凝土。冻融受损混凝土、腐蚀受损混凝土等，不应作为后锚固基材。

2 化学锚栓性能应通过螺杆和锚固胶的匹配性试验确定，不得随意更换其组成部分。锚栓钻孔方式默认为电锤钻孔，如果其他方式钻孔，必须有对应测试对应钻孔方式的测试报告或认证报告。

3 声屏障固定方式可采用预埋螺栓和锚栓固定方式。

4 锚栓边间距应按《混凝土后锚固技术规程》(JG145-2013)第 7.1.2 要求,群锚锚栓最小间距和最小边距,应根据锚栓产品的认证报告确定;当无认证报告时,应符合表 4.1.9 的规定。锚栓最小边距尚不应小于最大骨料粒径的 2 倍。

表 4.1.9 锚栓最小间距 S 和最小边距 C

锚栓类型	最小间距	最小边距
扩底锚栓	6d	6d
膨胀锚栓	6d	6d
自攻锚栓	6d	6d
化学锚栓	6d	6d

注: d 为锚栓外径。

条文说明

2 电锤和水钻钻孔方式不同,会使得混凝土孔的表面光滑程度不同,水钻钻孔表面光滑,使得锚固胶粘接能力下降,降低锚固承载力。如果水钻钻孔方式,必须要有锚固胶对应水钻钻孔的粘接强度值,并进行严格计算。

4.2 降噪目标值

4.2.1 应根据项目环境影响评价文件及其批复明确声环境保护目标,并根据声环境现状调查情况进行复核。

4.2.2 应选择受交通噪声影响最大的声环境保护目标作为代表性受声点计算降噪目标值。

4.2.3 设计目标值应针对声环境保护目标、声源特点及达到的效果,根据项目环境影响评价文件及其批复确定。

条文说明

根据《中华人民共和国噪声污染防治法》(中华人民共和国主席令第一〇四号)第四十六条:新建、改建、扩建经过噪声敏感建筑物集中区域的高速公路、城市高架、铁路和城市轨道交通线路等的,建设单位应当在可能造成噪声污染的

重点路段设置声屏障或者采取其他减少振动、降低噪声的措施，符合有关交通基础设施工程技术规范以及标准要求。公路噪声尚无排放标准，《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）将“交通运输类建设项目的噪声防治措施应针对建设项目不同代表性时段的噪声影响预测值分期制定，以满足声环境功能区及敏感目标功能要求”修订为“交通运输类建设项目的噪声防治措施应针对建设项目代表性评价水平年的噪声影响预测值进行制定”，因此提出设计目标值应根据项目环境影响评价文件及其批复确定。

4.2.4 一、二级评价项目应对具有代表性的声环境保护目标的现状噪声值进行现场监测；三级评价项目可利用已有的监测资料，无监测资料时可选择有代表性的声环境保护目标进行现场监测。

条文说明

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）：7.1.2 一、二级评价评价范围内具有代表性的声环境保护目标的声环境质量现状需要现场监测。

7.2.2 三级评价对评价范围内具有代表性的声环境保护目标的声环境质量现状进行调查，可利用已有的监测资料，无监测资料时可选择有代表性的声环境保护目标进行现场监测。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）：5.1.2 评价范围内有适用于 GB 3096 规定的 0 类声环境功能区，或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量达 5dB（A）以上（不含 5dB（A）），或受影响人口数量显著增加时，按一级评价。5.1.3 建设项目所处的声环境功能区为 GB 3096 规定的 1 类、2 类地区，或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量达 3dB（A）~5dB（A），或受影响人口数量增加较多时，按二级评价。5.1.4 建设项目所处的声环境功能区为 GB 3096 规定的 3 类、4 类地区，或建设项目建设前后评价范围内声环境保护目标噪声级增量在 3dB（A）以下，且受影响人口数量变化不大时，按三级评价。

4.3 结构材料选型

4.3.1 声屏障整体结构形式应根据声环境保护目标降噪目标值、噪声源与声环境保护目标的距离、噪声敏感建筑物高度等因素综合确定。

条文说明

根据《公路声屏障 第1部分：分类》，按照公路声屏障整体结构形式，声屏障可以分为直立式声屏障、直弧式声屏障、折板式声屏障、全封闭声屏障、半封闭声屏障。

4.3.2 声屏障的声学材料、屏体构造形式和屏体材料选用，应综合考虑其降噪效果、环境协调性、安全性等因素通过技术经济比选确定。

条文说明

根据《公路声屏障 第1部分：分类》，按照声学材料特性分类，声屏障可以分为隔声型（反射型）声屏障和吸声型声屏障；按照屏体构造形式分类，声屏障可以分为砌块类声屏障和板类声屏障；按照屏体材料分类，声屏障可以分为非金属类声屏障、金属类声屏障和生态型声屏障。除此之外，近年来出现了超材料结构声屏障，如声子晶体型声屏障等。

4.3.3 城区段敏感点较为集中的区域声屏障宜采用隔声材料与吸声材料搭配的组合形式。

条文说明

通常，对于噪声源双侧都有敏感建筑的路段，为了减少声波在声屏障板上形成反射而影响对面的建筑，需要采用吸声型的声屏障。而对于城区段敏感点较为集中的区域，即使是只在线路一侧有敏感建筑，由于声波会在声屏障板与车体之间多次反射，使声源点位置提高，声波会越过声屏障顶端绕射到受声点，影响声屏障的降噪效果。因此，城区段敏感点较为集中的区域声屏障需要采用具有吸声功

能的吸声隔声屏体，只在车窗范围内和采光区采用通透隔声板。

4.4 声屏障尺寸确定

4.4.1 声屏障长度应在对应敏感点长度的基础上进行合理延长。

条文说明

为降低声源对敏感目标的侧向绕射，声屏障设置长度应该大于敏感目标长度，使敏感目标完全处于声屏障的声影区内，以起到更好的降噪效果。

4.4.2 声屏障长度应按下列步骤和方法计算，计算图示如图 4.4.2 所示。

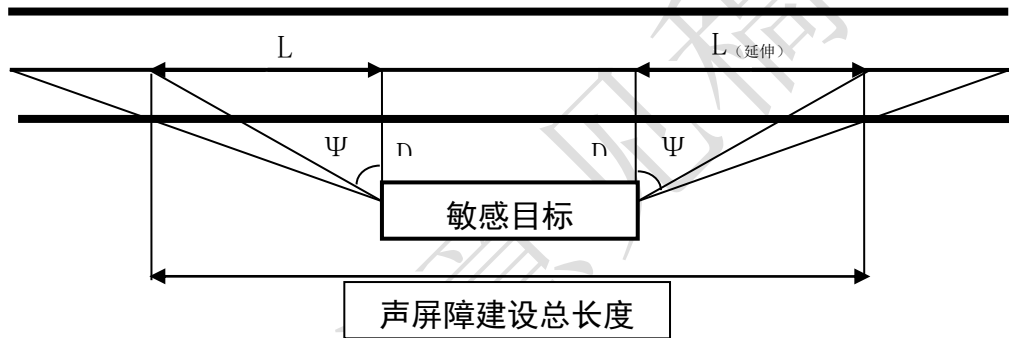


图 4.4.2 声屏障长度计算图示

1 可按式计算出第 i 类车的小时等效声级：

$$L_{eq}(h)_i = (L_0)_{Ei} + 10 \lg(N_i \pi D_0 / S_i T) + 10 \lg(D_0 / D)^{1+\alpha} + 10 \lg[\Phi_\alpha(\Psi_1, \Psi_2) / \pi] + \Delta S - 30 \quad (4.4.2-1)$$

式中： $L_{eq}(h)_i$ ——第 i 类车的小时等效声级（dB）；

$(L_0)_{Ei}$ ——第 i 类车的参考能量平均辐射声级（dB）；

N_i ——在指定时间 T （1h）内通过某预测点的第 i 类车流量；

D_0 ——测量车辆辐射声级的参考位置距离， $D_0=15\text{m}$ ；

D ——从车道中心到预测点的垂直距离（m）；

S_i ——第 i 类车的平均车速（km/h）；

T ——计算等效声级的时间，1h；

α ——地面覆盖系数，取决于现场地面条件， $\alpha=0$ 或 $\alpha=0.5$ ；

$\Phi_\alpha(\Psi_1, \Psi_2)$ ——代表有限长路段的修正函数，其中 Ψ_1, Ψ_2 为预测点到有

限长路段两端的张角(rad);

ΔS ——由遮挡引起的衰减量, dB。

2 可按下式计算出代表有限长路段的修正函数:

$$\phi_a(\Psi_1, \Psi_2) = \int_{\Psi_1}^{\Psi_2} (\cos \Psi)^a d\Psi \quad (4.4.2-2)$$

其中, $-\pi/2 \leq \Psi \leq \pi/2$ 。

3 混合车流模式的等效声级是将各类车流等效声级叠加求得。如果将车流分成大、中、小三类车, 则总车流等效声级为:

$$L_{eq}(T) = 10 \lg [10^{0.1L_{eq}(h)1} + 10^{0.1L_{eq}(h)2} + 10^{0.1L_{eq}(h)3}] \quad (4.4.2-3)$$

4 当 $L_{eq}(T) = L$ (标准值) 时计算出 Ψ 。

5 可按下式计算出声屏障的延伸长度:

$$L(\text{延伸}) = D \tan \Psi \quad (4.4.2-4)$$

6 可按下式计算出声屏障的总长:

$$L(\text{总长}) = L(\text{敏感目标长}) + 2 \times L(\text{延伸}) \quad (4.4.2-5)$$

4.4.3 声屏障高度应按下列步骤和方法计算, 插入损失应满足降噪目标值的要求, 计算图示如图 4.4.3 所示。

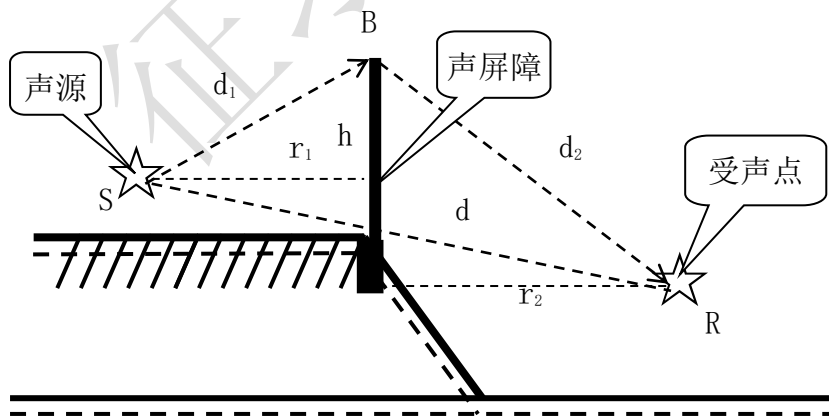


图 4.4.3 声屏障高度计算图示

1 可按下式计算出声源至声屏障水平距离:

$$r_1^2 = D_N * D_F \quad (4.4.3-1)$$

式中: r_1 ——声源至声屏障水平距离 (m);

D_N ——声屏障至近车道的距离 (m);

D_F ——声屏障至远车道的距离（m）。

2 可按下式计算出声源至声屏障顶部的距离：

$$d_1^2 = (h - h_s)^2 + r_1^2 \quad (4.4.3-2)$$

式中： d_1 ——声源至声屏障顶部的距离（m）；

h ——声屏障高度（m）；

h_s ——声源高度（m）。

3 可按下式计算出受声点至声屏障顶部的距离：

$$d_2^2 = (h + h_g)^2 + r_2^2 \quad (4.4.3-3)$$

式中： d_2 ——受声点至声屏障顶部的距离（m）；

h_g ——受声点与路面高差（m）；

r_2 ——受声点至声屏障水平距离（m）。

4 可按下式计算出声源与受声点之间的距离：

$$d^2 = (r_1 + r_2)^2 + (h_s + h_g)^2 \quad (4.4.3-4)$$

式中： d ——声源与受声点之间的距离（m）。

5 可按下式计算出声程差：

$$\delta = d_1 + d_2 - d \quad (4.4.3-5)$$

式中： δ ——声程差（m）。

6 可按下式计算出绕射声衰减量：

$$\Delta L_d = \begin{cases} 10 \lg \left[\frac{3\pi \sqrt{(1-t^2)}}{4 \arctan \sqrt{\frac{(1-t)}{(1+t)}}} \right], & t = \frac{40 f \delta}{3c} \leq 1 \\ 10 \lg \left[\frac{3\pi \sqrt{(t^2-1)}}{2 \ln(t + \sqrt{t^2-1})} \right], & t = \frac{40 f \delta}{3c} > 1 \end{cases} \quad (4.4.3-6)$$

式中： ΔL_d ——绕射声衰减量（dB）；

f ——公路噪声频率（Hz），通常公路交通噪声取 500Hz；

c ——声速（m/s）。

7 可按附录 A 计算出声屏障的插入损失。

4.4.4 非直立式声屏障，其等效高度应等于声源至声屏障顶端连线与直立部分

延长线的交点的高度，如图 4.4.4 所示。

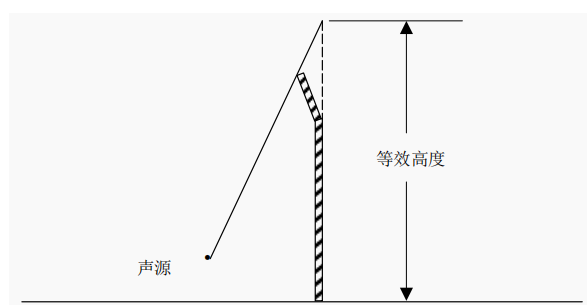


图 4.4.4 声屏障等效高度示意图

4.4.5 路基段声屏障与桥梁段声屏障的高度宜保持一致。

条文说明

两种声屏障高度一致，既便于安装，又避免了因规格不一致导致的漏声而影响降噪效果。

4.5 上部结构

4.5.1 上部结构设计荷载应包括声屏障结构自重、风荷载、雪荷载、车致脉动荷载及其他荷载；声屏障的设计荷载应根据使用过程中可能同时作用的荷载进行组合，并按最不利条件进行设计。

4.5.2 上部结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

4.5.3 对于承载能力极限状态，应按荷载效应基本组合或偶然组合进行荷载效应取值。

4.5.4 荷载效应基本组合荷载效应设计值 S_d 应取可变荷载控制组合和永久荷载控制组合中的最不利效应值，并应符合下列规定：

1 由可变荷载效应控制的组合荷载效应设计值应按下列公式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_{jk}} + \gamma_{Q_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q_i} \psi_{ci} S_{Q_{ik}} \quad (4.5.4-1)$$

2 由永久荷载控制的组合荷载效应设计值应按下列公式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \psi_{c_i} S_{Q_{ik}} \quad (4.5.4-2)$$

式中： S_d ——荷载效应组合的设计值；

γ_{G_j} ——第 j 个永久荷载的分项系数。当永久荷载效应对结构不利时，对由可变荷载效应控制的组合效应取 1.2，对由永久荷载效应控制的组合应取 1.35；当永久荷载效应对结构有利时，不应大于 1.0；

$S_{G_{jk}}$ ——按第 j 个永久荷载标准值 G_{jk} 计算的荷载效应值；

γ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载的分项系数，其中 γ_{Q_1} 为可变荷载 Q_1 的分项系数。可变荷载的分项系数取为 1.4；

$S_{Q_{ik}}$ ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值，其中 $S_{Q_{1k}}$ 为各可变荷载效应中起控制作用者；

ψ_{c_i} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定采用；

m ——参与组合的永久荷载数；

n ——参与组合的可变荷载数。

条文说明

来源于《声屏障结构技术标准》（GB/T 51335-2018）。

4.5.5 荷载效应偶然组合的效应设计值 S_d 可按下列规定采用：

1 用于承载能力极限状态计算的效应设计值应按下列公式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + S_{A_d} + \psi_{f_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \psi_{q_i} S_{Q_{ik}} \quad (4.5.5-1)$$

2 用于偶然事件发生后受损结构整体稳定性验算的效应设计值，应按下列公式计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + \psi_{f_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \psi_{q_i} S_{Q_{ik}} \quad (4.5.5-2)$$

式中： S_{A_d} ——按偶然荷载标准值 A_d 计算的荷载效应值；

ψ_{f_1} ——第一个可变荷载的频遇值系数；

Ψ_{qi} ——第 i 个可变荷载的准永久值系数。

4.5.6 对于正常使用极限状态,应根据不同的设计要求,采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合,并应符合下列规定:

1 对于标准组合,荷载效应组合的设计值 S_d 应按下列公式计算:

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \Psi_{ci} S_{Q_{ik}} \quad (4.5.6-1)$$

2 对于频遇组合,荷载效应组合的设计值 S_d 应按下列公式计算:

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + \Psi_{f1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \Psi_{qi} S_{Q_{ik}} \quad (4.5.6-2)$$

3 对于准永久组合,荷载效应组合的设计值 S_d 可按下列公式计算:

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n \Psi_{qi} S_{Q_{ik}} \quad (4.5.6-3)$$

4.5.7 结构自重(包括结构附加重力)可按结构构件的设计尺寸与材料的重力密度计算确定。声屏障结构常用材料的重力密度可按表 4.5.7 取值。

表 4.5.7 声屏障常用材料的重力密度

材料种类	重力密度 (kN/m ³)	材料种类	重力密度 (kN/m ³)
钢、铸钢	78.5	钢筋混凝土或预应力混凝土	25.0~26.0
铸铁	72.5	混凝土或片石混凝土	24.0
铝合金	26.7~27.7	浆砌块石或石料	24.0~25.0
木材	0.2~0.8	浆砌片石	23.0
聚碳酸酯树脂 PC 耐力板	12.0	玻璃	25.0
PMMA 聚甲基丙烯酸甲酯板	12.0	--	--

4.5.8 风荷载应符合下列规定:

1 作用在声屏障上的水平侧向风荷载宜按下式计算:

$$\omega_k = \beta_{gz} \mu_{sl} \mu_z \omega_0 \quad (4.5.8)$$

式中: ω_k ——作用在声屏障结构上的风压 (kN/m²);

β_{gz} ——高度 z 处的阵风系数,按表 4.5.8-1 取值;

μ_{sl} ——风荷载局部体型系数,根据现行国家标准《建筑结构荷载规范》

GB50009 取值;桥梁用声屏障取 1.65,路基声屏障的风荷载体型系数取 2.0;

μ_z ——风压高度变化系数，按表 4.5.8-2 取值；

ω_0 ——基本风压(kN/m^2)，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 取值。

表 4.5.8-1 阵风系数 β_{gz}

离地面高度 (m)	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.65	1.70	2.05	2.40
10	1.60	1.70	2.05	2.40
15	1.57	1.66	2.05	2.40
20	1.55	1.63	1.99	2.40
30	1.53	1.59	1.90	2.40
40	1.51	1.57	1.85	2.29
50	1.49	1.55	1.81	2.20
60	1.48	1.54	1.78	2.14
70	1.48	1.52	1.75	2.09
80	1.47	1.51	1.73	2.04
90	1.46	1.50	1.71	2.01

注：地面粗糙度可分为 A、B、C 及 D 四类：A 类指近海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区，B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇，C 类指有密集建筑群的城市市区，D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市。

表 4.5.8-2 风压高度变化系数 μ_z

离地面或海平面高度 (m)	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.09	1.00	0.65	0.51
10	1.28	1.00	0.65	0.51
15	1.42	1.13	0.65	0.51
20	1.52	1.23	0.74	0.51
30	1.67	1.39	0.88	0.51
40	1.79	1.52	1.00	0.60
50	1.89	1.62	1.10	0.69
60	1.97	1.71	1.20	0.77
70	2.05	1.79	1.28	0.84
80	2.12	1.87	1.36	0.91
90	2.18	1.93	1.43	0.98

2 风荷载的组合值系数、频遇值系数和准永久值系数可分别取为 0.6、0.4 和 0。

4.5.9 当声屏障结构有积雪存在时，应按下列规定计入雪荷载的效应：

1 声屏障水平投影面上雪荷载标准值应按下式计算:

$$s_k = \mu_r s_0 \quad (4.5.9)$$

式中: s_k ——雪荷载标准值 (kN/m^2);

μ_r ——声屏障顶面积雪分布系数;

s_0 ——基本雪压 (kN/m^2)。

2 基本雪压重现期应为 50 年,基本雪压值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GB50009)中的屋面积雪分布系数执行。

3 山区的雪荷载应通过实际调查确定。当无实测资料时,可按当地邻近空旷平坦地面的雪荷载值乘以系数 1.2 采用。

4 雪荷载的组合值系数可取 0.7;频遇值系数可取 0.6;准永久值系数应按雪荷载分区 I、II 和 III 的不同,分别取 0.5、0.2 和 0;雪荷载分区应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GB50009)执行。

5 声屏障顶面积雪分布系数应根据不同类别的形式,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GB50009)执行,并应符合下列规定:

1) 声屏障顶面板和支撑构架等积雪部分可按积雪不均匀分布的最不利情况采用;

2) 声屏障顶板承重结构应分别按全跨积雪的均匀分布、不均匀分布和半跨积雪的均匀分布取最不利情况采用;

3) 声屏障结构承重框架和柱可按全跨积雪的均匀分布情况采用。

4.5.10 当风荷载参与车致风压荷载效应组合时,桥面高度处风速不应大于 25m/s。

4.5.11 作用在声屏障上的车致风压荷载效应宜通过现场实测或计算流体动力学方法确定可按下列公式计算:

$$P_{1k} = \frac{1}{2} \rho V_t^2 k_1 C_{pl} \quad (4.5.11-1)$$

$$C_{pl} = \frac{2.5}{(Y + 0.25)^2} + 0.02 \quad (4.5.11-2)$$

式中: P_{1k} ——车致风压荷载效应标准值 (kN/m^2);

k_1 ——车辆形状系数，货车为 $k_1=1.00$ ，客车 $k_1=0.85$ ，流线型车头 ICE 系列等 $k_1=0.6$ ；

ρ ——空气密度，取 1.25kg/m^3 ；

V_t ——车辆速度（m/s）；

C_{pl} ——车致风压系数；

Y ——车辆中心线至声屏障距离（m）。

4.5.12 屏体与立柱的连接构造应符合下列规定：

1 安装在立柱型腔内的屏体，应具有缓解振动、适应环境温度变化所引起缩胀的结构构造，应采用卡件（或橡胶垫）顶紧的构造形式。

2 屏体在立柱内应有足够的嵌入长度，当屏体一端与立柱腹板内壁贴合时，另一端在立柱内的嵌入长度不应小于 25mm。

3 屏体卡件应处于受压状态，并保证屏体可伸缩，卡件的宽度不应小于 25mm，并应保证屏体在极端情况下位移后，卡件与立柱翼板的接合宽度不应小于 70%。卡件应以不锈钢螺栓或不锈钢铆钉与屏体固定，且不应采用活动式的卡件。

4 透明隔声屏窗框、窗扇所采用的五金件及附件应采用不锈钢螺钉与窗框、窗扇的内衬增强型钢固定。窗扇锁紧装置（插销）应具有顶紧窗框功能。

5 吸声屏应设置排水构造。

6 声屏障应预留后期检查和维修空间。

4.6 下部结构

4.6.1 结构构件承载力设计应采用下列极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (4.6.1)$$

式中： γ_0 ——结构重要性系数，取 1.0；

S ——荷载效应组合的设计值；

R ——结构构件抗力设计值。

4.6.2 对于正常使用极限状态,应根据不同的设计要求,采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合,并应按下列设计表达式进行设计:

$$S_d \leq C \quad (4.6.2)$$

式中: C——结构或结构构件达到正常适用要求的规定限值,如变形、裂缝、应力等的限值。

4.6.3 在风荷载的设计标准值作用下,结构抗风压性能应符合下列规定:

1 立柱的顶点水平位移值不应大于 $H/200$ (H 为声屏障构件最大高度,见图 4.6.3-1); 残余变形不应超过 $H/500$ 。

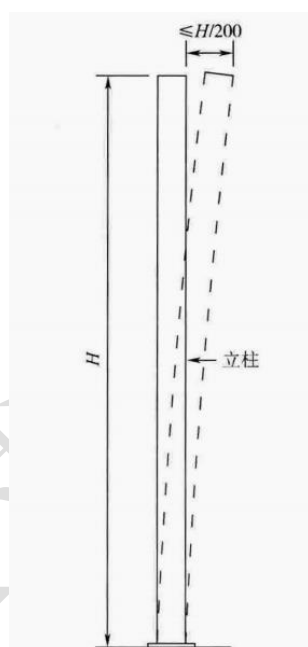


图 4.6.3-1 立柱示意图

- 2 金属屏体的跨中位移值不应大于 $L/100$ (L 为屏体长度,见图 4.6.3-2)。
- 3 透明隔声屏窗框、窗扇的跨中位移值不应大于 $L/100$ 。

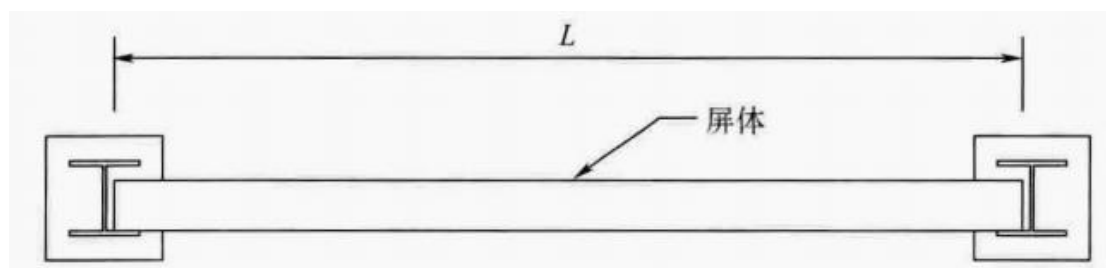


图 4.6.3-2 屏体长度示意图

4.6.4 应对设有路基声屏障的基础进行专项验算；安装在桥梁上的声屏障，应对桥梁结构进行专项验算。

4.6.5 当声屏障立柱与防撞墙等构筑物采用螺栓连接时，应按承载能力极限状态的基本组合进行验算。

4.6.6 透明隔声屏的窗框和窗扇规格应根据风压强度、挠度的计算结果选用。

4.6.7 当隔声屏的窗框和窗扇采用塑钢材料时，塑钢窗框焊接角的最小破坏力的设计值不应小于 2000N，塑钢窗扇焊接角的最小破坏力的设计值不应小于 2500N。

4.6.8 透明隔声屏的配件承载能力应与窗扇重量和抗风压要求一致。

4.6.9 在桥梁伸缩缝位置的声屏障构造应与桥梁结构伸缩缝一致。

4.6.10 路基段声屏障宜采用预埋固定方式，桥梁段声屏障宜采用锚栓固定、对穿螺杆，改扩建工程后补声屏障宜采用锚栓固定、对穿螺杆。

4.6.11 声屏障和混凝土基础的连接方式，可采用以下两种连接，如图 4.6.10-1 和图 4.6.10-2；锚栓数量和布置应根据计算得出。

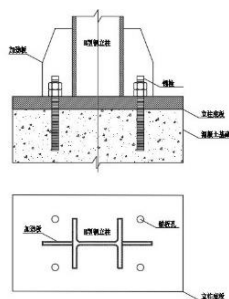


图 4.6.11-1

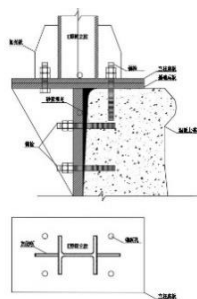


图 4.6.11-2

条文说明

图 4.6.11-2 中顶部固定锚栓主要起到构造作用，受力计算按照侧面固定锚栓

群承受荷载。

4.6.12 后锚固连接设计应采用概率理论为基础的极限状态设计方法，采用锚固承载力分项系数的设计表达式进行计算。后锚固连接内力计算基本假定及内力计算应符合《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ145）的有关规定。

4.6.13 声屏障立柱后锚固承载力极限状态计算应符合下列规定：

$$S \leq R_d \quad (4.6.13-1)$$

$$R_d = R_k / \gamma_R \quad (4.6.13-2)$$

式中：S——承载能力极限状态下，锚固连接作用组合的效应设计值，应按《声屏障结构技术标准》（GB/T 51335）的相关要求进行计算；

R_d ——锚固承载力设计值；

R_k ——锚固承载力标准值；

γ_R ——锚固承载力分项系数，按表 4.6.13 取值。

表 4.6.13 锚固承载力分项系数 γ_R

	受拉	受剪
钢材破坏	1.2	1.2
混凝土破坏	1.8	1.5

条文说明

后锚固技术在公路声屏障的应用主要是指立柱的锚固连接，所以在设计中明确指明该计算对应的是声屏障的立柱后锚固。根据《声屏障结构技术标准》（GB/T 51335）的相关规定，声屏障立柱后锚固设计通常不考虑地震作用，也不考虑安全等级分类，因此根据《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ145）的规定，本条文的计算公式采用非结构构件连接的承载力分项安全系数。

4.6.14 声屏障立柱后锚固设计应通过采用构造措施，防止基材的劈裂破坏、剪撬破坏和锚栓的拔出破坏。混凝土破坏的承载力验算应考虑三种破坏模式：锥体受拉破坏、边缘呈楔形受剪破坏以及同时受拉、剪作用破坏。锚栓钢材破坏和混凝土破坏的承载力计算按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》

(JGJ145) 的相关公式计算。

4.6.15 声屏障立柱后锚固连接的锚板厚度应按以下公式计算确定。

$$t = \max \left\{ \sqrt{\frac{3 \times \sigma_{c, \max} \times a^2}{f}}; 0.6d; 20\text{mm} \right\} \quad (4.6.15)$$

式中：t——锚板厚度（mm）；

$\sigma_{c, \max}$ ——锚板下方混凝土基础最大压应力（N/mm²）；

a——锚板悬臂长度，取受弯方向翼缘板以外锚板宽度（mm）；

f——立柱锚板钢材抗弯强度设计值（N/mm²）。

4.6.16 轴心拉力作用下，群锚各锚栓所承受的拉力设计值应按下列公式计算：

$$N_{sd} = N / n \quad (4.6.16)$$

式中：N_{sd}——锚栓所承受的拉力设计值（N）；

N——总拉力设计值（N）；

n——群锚锚栓个数。

条文说明

锚栓受拉力作用时，其受力分析应符合下列基本假定：

- （1）锚板具有足够的刚度，其弯曲变形可忽略不计；
- （2）同一锚板的锚栓，具有相同的刚度和弹性模量；所承受的拉力，可按弹性分析方法确定；
- （3）处于锚板受压区的锚栓不承受压力，该压力直接由锚板下的混凝土承担；
- （4）群锚应使用同种类型、同种规格的锚栓。

4.6.17 柱脚正截面承受外力矩作用下，应按下列公式计算确定锚板中受力最大锚栓的拉力设计值：

1 应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中关于正截面承载力计算的基本假定进行计算。

2 进行声屏障柱脚抗剪承载力计算时，柱脚水平作用力首先由锚板与基础

混凝土之间的摩擦力抵抗,超过摩擦力的水平作用力由抗剪键或后锚固安装锚栓与混凝土体系承担。锚板与混凝土之间的摩擦系数为 0.4。计算摩擦力时,竖向轴力为声屏障结构自重与锚栓总拉力的合力,即

$$N=G+T \quad (4.6.17)$$

条文说明

由后锚固安装的锚栓承受拉力,锚板下方混凝土基材承受压力,同时满足下列三个条件:

(1) 竖向力保持平衡

$$N+T=\frac{1}{2}(B \times x \times \sigma_{c, \max}) \quad (4.6.17-1)$$

式中: N ——竖向力合力;

T ——受拉侧锚栓总拉力;

B ——柱脚锚板非受弯方向总宽度;

$\sigma_{c, \max}$ ——柱脚锚板下方混凝土基材最大压应力;

x ——混凝土受压区高度。

(2) 力矩保持平衡(对受力侧锚栓中心取矩)

$$\frac{1}{2} \times (B \times x \times \sigma_{c, \max}) \times (L_0 - l - \frac{x}{3}) = N \times (e + \frac{l_0}{2} - l) \quad (4.6.17-2)$$

(3) 平截面假定下锚栓拉应变与混凝土压应变变形保持协调

$$\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_c} = \frac{T/(E_T \times A)}{\sigma_{c, \max}} = \frac{L_0 - l - x}{x} \quad (4.6.17-3)$$

式中: A ——受拉侧锚栓总截面面积;

L_0 ——柱脚锚板受弯方向总宽度;

l ——受拉侧锚栓中心至柱脚锚板边缘的距离;

ε_T ——受拉侧锚栓拉应变;

ε_c ——受压侧混凝土压应变;

E_T ——锚栓弹性模量。

对上述方程组求解,分别计算出混凝土受压区高度 x 、受拉侧锚栓的总拉力 T 及混凝土基材最大压应力 $\sigma_{c, \max}$,并根据 T 及 $\sigma_{c, \max}$ 对锚栓抗拉强度及混凝土抗压强度进行验算。结构计算简图见 4.6.17。

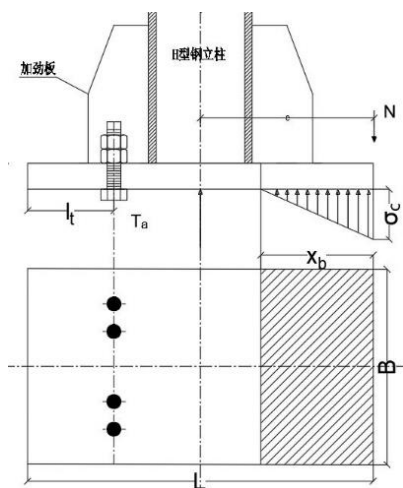


图 4.6.17

4.6.18 作用于锚板上的剪力在群锚中的内力分配，按下列三种情况计算：

1 当锚板孔径与锚栓直径符合表 4.6.17 的规定，且边距大于 $10h_{ef}$ 时，则所有锚栓均承受剪力（图 4.6.18-1）。

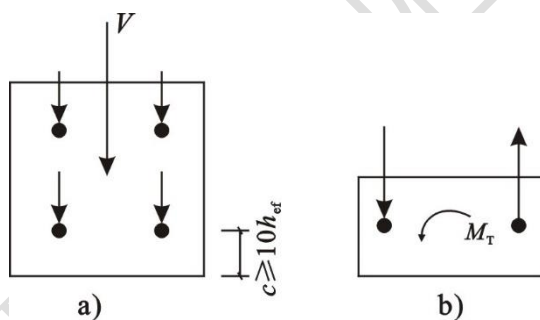


图 4.6.18-1 锚栓均匀受剪

2 当边距小于 $10h_{ef}$ 或锚板孔径大于表 4.6.17 的规定值，则只有部分锚栓承受剪力（图 4.6.18-2）。

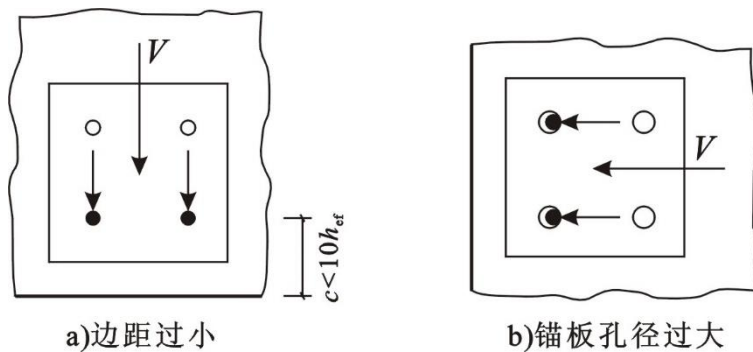


图 4.6.18-2 锚栓处于不利情况下受剪

表 4.6.18 锚板孔径（mm）

锚 栓 公 称 直 径 d_o	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
锚板孔径 d_f	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33

3 为使靠近混凝土构件边缘锚栓不承受剪力，可在锚板相应位置沿剪力方向开椭圆形孔（图 4.6.17-3）。

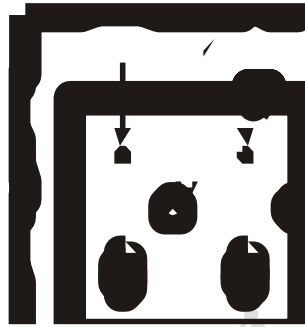


图 4.6.18-3 控制剪力分配方法

4.7 材料

4.7.1 声屏障材料基本要求应符合下列原则：

- 1 应选用性能优越、节能环保、经济适用、技术成熟可靠且符合国家产业政策的材料，不应采用耐久性差、对人体或环境有危害的材料。
- 2 应选择制作安装方便、后期维护简便，耐久性满足设计使用年限的材料，吸隔声屏体表面应采用不易破损的材料。
- 3 对于重载交通、台风地区及安装养护效率的路基段可选用超构材料声子晶体型声屏障。

4.7.2 声屏障基础采用的材料应符合下列规定：

- 1 基础及钢筋混凝土结构采用的普通钢筋，其化学成分和力学性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175）、《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》（JGJ 52）、《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》（GB 1499.1）、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》（GB 1499.2）的有关规定，普通钢筋的强度标准值应具有不小于 95%的保证率。

2 基础、基础垫层及钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C25，钢筋混凝土立柱及混凝土支撑结构的强度等级不应低于 C30。

3 预埋件钢板材料应采用 Q235 或 Q355 等结构用钢材。

4 全影型声屏障结构的连接件采用高强螺栓连接副，应符合国家现行标准《钢结构用高强度螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》（GB/T 1231）、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》（GB /T 3632）和《预载荷高强度栓接结构连接副 第 9 部分：扭剪型大六角头螺栓和螺母连接副》（GB/T 32076.9）的规定。螺栓杆的机械物理性能应符合《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》（GB/T 3098.1）的要求，螺纹的加工精度等级为 6 级；采用普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》（GB/T 5780）和《六角头螺栓》（GB/T 5782）的规定，其机械性能与尺寸应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓 螺钉和螺柱》（GB/T 3098.1）的规定。

4.7.3 声屏障立柱采用的材料应符合下列规定：

1 立柱宜采用热轧或高频焊接的 H 型钢，其化学成分和力学性能应符合现行国家标准《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》（GB/T 11263）、现行行业标准《结构用高频焊接薄壁 H 型钢》（JG/T 137）、《焊接 H 型钢》（GB/T 33814）的规定。

2 立柱主体、立柱底板及加筋板的材质应采用 Q235B 或 Q355B 等结构用钢材，其化学成分和力学性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》（GB/T 700）、《低合金高强度结构钢》（GB/T 1591）等的规定。

4.7.4 声屏障屏体所采用的材料应符合下列规定：

1 吸声材料和结构宜采用阻抗复合型，表面宜采用复合通孔铝板、穿孔板等抗性结构，空腔内可填充聚酯纤维板、泡沫铝板等阻性材料。膨胀珍珠岩板适用于郊区公路的路基段。

2 吸声面板宜采用百叶窗型（狭缝）、穿孔型和复合通孔型等开孔形式，开孔率宜为 5%~10%。

3 吸隔声屏体采用表 4.7.4-1 所列材料时，应执行表中所列相应标准。

表 4.7.4-1 吸隔声屏体主要材料的执行标准

编号	材料类别	名称	执行标准
1	外壳（含面板）	铝合金板	《变形铝及铝合金化学成分》（GB/T 3190） 《一般工业用铝及铝合金板、带材》（GB/T 3880.1）
2		镀锌钢板	《连续热镀锌钢板及钢带》（GB/T 2518） 《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》（GB/T 13912）
3	吸声材料	泡沫铝板	《建筑用泡沫铝板》（JG/T 359）
		膨胀珍珠岩板	《膨胀珍珠岩装饰吸声板》（JC/T 430）
		木丝水泥板	《木丝水泥板》JG/T 357

4 透光隔声屏可采用有机合成材料或夹胶玻璃，材料性能指标应按表 4.7.4-2 所列标准执行。

表 4.7.4-2 透光屏体材料的执行标准

编号	材料类别	名称	执行标准
1	边框材料	铝合金型材	《变形铝及铝合金化学成分》GB/T 3190 《铝合金建筑型材》.GB/T 5237.1 基材 《铝合金建筑型材》.GB/T 5237.2 阳极氧化型材 《铝合金建筑型材》.GB/T 5237.4 喷粉型材 《铝合金建筑型材》.GB/T 5237.5 喷漆型材
2	透光材料	夹胶玻璃	《建筑用安全玻璃第 3 部分：夹层玻璃》GB/T 15763.3
3		聚甲基丙烯酸甲酯板	《浇筑型工业有机玻璃板材》GB/T 7134 《浇筑型聚甲基丙烯酸甲酯声屏板》GB/T 29641 《公路声屏障 声学材料技术要求及检测方法》JT/T 646.4
4		聚碳酸酯板	《聚碳酸酯（PC）实心板》JG/T 347 《公路声屏障 声学材料技术要求及检测方法》JT/T 646.4

注：1. 铝合金型材应选用 6 系铝硅合金。

2. 透光材料采用有机合成材料时应采用新材料制作，禁用二次回收料。

5 透光隔声屏采用夹层玻璃时，玻璃的规格、抗风压设计、防热炸裂设计、安装尺寸等还应符合《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113 中关于夹层玻璃的相关规定。

6 直立段的透明材料宜采用夹胶玻璃或聚甲基丙烯酸甲酯板（PMMA），全影型声屏障顶部透明材料宜采用夹胶玻璃、聚碳酸酯板（PC）或聚甲基丙烯酸甲酯板（PMMA），如采用聚甲基丙烯酸甲酯板（PMMA），防火等级不低于 B1 级。全影型声屏障弯弧部分透明材料宜采用聚碳酸酯板（PC）。

7 当直立段的透光隔声屏需考虑防鸟撞时，透明材料可选用条纹夹胶玻璃或夹筋聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）板。

4.7.5 声屏障所采用的其他材料应符合下列规定：

1 声屏障柱脚连接当采用化学锚栓时，宜采用强度不低于 5.8 级材质的螺杆，锚固剂宜采用改性环氧树脂类胶粘剂，锚栓的机械性能和锚固剂还应符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 相关要求。

2 各类声屏障结构中使用的橡胶制品宜选用三元乙丙橡胶制品，其性能指标应符合《声屏障用橡胶件》GB/T 30649 的规定；若选用其他橡胶制品，性能指标不应低于上述橡胶制品的指标。

3 弹簧卡件材质应符合现行国家标准《弹簧钢》（GB/T 1222）规定的 65Mn 钢的有关规定，其厚度不应小于 1.5mm。

4 采用钢型材作为屏体压紧固定的，其钢型材的力学性能应符合本规程第 4.7.3 条的规定。

5 防坠索应采用不锈钢圆股钢丝绳，其材质应符合现行国家标准《钢丝绳通用技术条件》（GB/T 20118）的有关规定。

6 透明隔声屏所采用铰链、撑杆、执手、插销等的五金配件，应符合现行国家标准《建筑门窗五金件 通用要求》（GB/T 32223）、现行行业标准《建筑门窗五金件 传动机构用执手》（JG/T 124）、《建筑门窗五金件 合页(铰链)》（JG/T-125）、《建筑门窗五金件滑撑》（JG/T127）、《建筑门窗五金件撑挡》（JG/T128）、《建筑门窗五金件插销》（JG/T214）的有关规定。

4.7.6 锚栓应采用化学锚栓或机械锚栓，并符合下列规定：

1 化学锚栓的锚固剂应采用改性环氧树脂类或改性乙烯基酯类材料，其性能指标应符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的相关规定。

2 化学锚栓的螺杆可为普通全牙螺杆和特殊倒锥形螺杆，螺杆材质应根据环境条件及耐久性要求选用。螺杆强度按表 4.7.6-1 和表 4.7.6-2 采用。

3 机械锚栓的材质宜为碳素钢、合金钢或不锈钢，应根据环境条件及耐久性要求选用，相应的力学性能指标应按表 4.7.6-1 和表 4.7.6-2 采用。

表 4.7.6-1 碳素钢及合金钢锚栓的力学性能指标

性能等级		4.8	5.8	6.8	8.8
------	--	-----	-----	-----	-----

极限抗拉强度标准值	$f_{uk}(N/mm^2)$	400	500	600	800
屈服强度标准值	$f_{yk}(N/mm^2)$	320	400	480	640
伸长率	$\delta(\%)$	14	10	8	12

表 4.7.6-2 螺杆强度

性能等级	螺杆直径	极限抗拉强度标准值 $f_{uk}(N/mm^2)$	屈服强度标准值 $f_{yk}(N/mm^2)$	伸长率 δ
50	≤ 39	500	210	0.6d
70	≤ 24	700	450	0.4d
80	≤ 24	800	600	0.3d

4 声屏障立柱后锚固安装的锚栓至混凝土基材边距应满足现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ145）中的相关规定及表 4.7.6-3 的力学性能要求。

表 4.7.6-3 声屏障后锚固安装锚栓的力学性能指标

编号	名称	性能指标
1	疲劳性能	循环疲劳荷载作用下，不发生内外损坏，如裂缝、面板破损、粘结失效及锚固连接件松动等现象；机械锚栓测试参照《混凝土用机械锚栓》JG/T 160 附录 C，胶粘锚栓测试参照《工程结构加固材料安全性鉴定技术规程》GB50728 表 4.2.2-4
2	腐蚀性能	盐雾腐蚀环境作用下，机械锚栓样品表面不发生镀锌涂层掉落、破损及红锈现象，测试参照《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》GB/T 10125；胶粘锚栓的锚固剂不得有裂纹、气泡或脱胶现象，测试参照《工程结构加固材料安全性鉴定技术规程》GB50728 表 4.2.2-5
3	耐久性能	锚栓的使用寿命年限不应低于声屏障立柱的设计寿命年限要求；胶粘锚栓的锚固剂应通过耐长期应力作用能力的评估，测试方法参照《工程结构加固材料安全性能鉴定技术规程》GB 50728 表 4.2.2-4

5 机械锚栓的性能应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T160 的有关规定。

6 机械锚栓应采取和使用环境类别相适应的防腐措施，碳素钢、合金钢机械锚栓表面应进行镀锌防腐处理，电镀锌层平均厚度不应小于 $5\mu m$ ，热浸镀锌平均厚度不应小于 $45\mu m$ 。

4.8 安全

4.8.1 当声屏障的长度大于 1000m 时，路侧应设置疏散和检修用出口或安全门。疏散出口或安全门的间距不应大于 300m，且应与声屏障连续长度规定相适应。疏散出口应为可启闭的隔声门扇，应具有内部无工具快速开启和外部专用工具开启功能，出口或安全门的设置不应影响结构受力或安全特性。当设置的全封闭声屏障长度大于 500m 时，声屏障顶部应设置通风装置。

条文说明

参照《声屏障结构技术标准》（GB/T 51335-2018）第 5.4.1 条规定。

4.8.2 安装声屏障的防撞墙和底座应满足受力和构造要求。当防撞墙上沿宽度不足 220mm 时，声屏障立柱底座应进行特殊构造设计。

4.8.3 声屏障安装位置不应侵入相应的交通限界，桥梁主线和上匝道交汇处、地面道路和下匝道交汇处的声屏障应保证行车视距。

4.8.4 声屏障应设置防坠落装置，宜设置防雷接地装置。

4.8.5 应对有大型货车通过的桥梁弯道段声屏障形式进行特殊设计。路灯杆和接电箱处的声屏障应平滑连接。

4.8.6 声屏障设置遇到平交道需断开时，应在距离声屏障开口行车方向前不小于 200m 处设置警示标志。

条文说明

参照《公路声屏障 第 2 部分：总体技术要求》（JT/T 646.2-2016）第 5.6.2 条规定。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 声屏障工程施工前应编制施工组织设计,应包含环境影响的应对措施和交通疏导措施等专项方案,改扩建工程应考虑原有工程保护的施工组织要求。

5.1.2 用于声屏障工程的材料性能检验报告应齐全并符合要求,施工前应对主要原材料进行抽检,对半成品的力学、防腐、声学等指标进行复检。

5.1.3 声屏障设施的基础施工应符合设计要求和本规程的规定。

5.1.4 声屏障设施的钢筋、混凝土结构应符合设计要求和本规程的规定。

5.1.5 声屏障设施的立柱、屏体和附件的制作安装应符合设计要求和本规程的规定。在运输、安装过程中,应采取有效措施防止擦伤、损坏或变形。

5.1.6 声屏障的安装应与埋件相匹配,桥梁段立柱应与桥面垂直,立柱在现场就位后应采取防松措施并做好防腐措施。

5.1.7 声屏障安装应采取相应措施降低底部安装缝、连接缝等漏声问题。

条文说明:

(1) 桥梁段骑马凳与防撞墩顶部间的缝隙可以用水泥浆填实。

(2) 下部吸声板与基础承台之间的空隙(除 H 型钢屏体支撑垫板泄水孔区域外)可采用 1:3 水泥砂浆填实。

(3) 屏体正面压条上的抽芯铆钉高于压条表面,因此与 H 型钢立柱接触面间存在一定的缝隙,可采用橡胶密封条进行密封处理。

(4) 立柱必须保持与水平面的垂直性,两个声屏障体屏体之间可采用玻璃硅胶填充密实或者密封胶条,减少漏声。

5.2 路基段声屏障

5.2.1 声屏障基础施工应符合下列规定：

1 修筑于路基上的声屏障基础应与路基同步修建，不得因其施工而损坏、影响路基的稳固与安全。声屏障的基础施工宜在路基本体成型后、轨道铺设及电缆槽施工前；施工前应查清路基上各类管线的位置；依据声屏障基础尺寸及其在路肩的位置切割开槽，切割开槽时严禁破坏各类管线。

2 声屏障基础应按设计要求位置、形状尺寸、深度施工，基础开挖不得破坏基床表面。

3 声屏障基础埋设锚杆、锚孔注浆施工所用材料、施工方法应符合设计要求，不得影响路基安全稳定。

4 声屏障基础应按设计要求施工伸缩缝。声屏障基础每 20m~30m 长宜设置一个伸缩缝。施工中应结合现场地形确定具体伸缩缝位置。

5 声屏障基础应按设计要求预埋排水管，排水出口不得冲刷路基；与无砟轨道线间集水井排水管交叉处基础混凝土施工不得破坏排水管。路基声屏障应设排水设施，外侧排水出口应避免对路基边坡产生冲刷，并防止漏声。

6 声屏障基础全部用混凝土灌注密实后，其表面应与路基表面衔接平顺。

7 声屏障基础与电缆槽、接触网支柱之间、与路肩面的缝隙等均应按设计要求施做防水层。基础与电缆槽、接触网支柱之间、与路肩面的缝隙等均应用沥青混凝土做防水层。

8 声屏障基础距线路中心线位置、截面尺寸、埋置深度的允许偏差、检验数量及检验方法应符合规定。

5.2.2 桩基、基槽开挖与土方回填应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》（CJJ 2）和《建筑基桩检测技术规范》（JGJ 106）的相关规定。钢筋工程施工及混凝土结构工程施工应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》（CJJ 2）和《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204）的相关规定。

5.2.3 声屏障钢立柱加工应符合下列规定：

1 高度小于等于 3m 的钢立柱应采用整体型钢，高度大于 3m 的钢立柱允许有一条对接焊缝，拼接处放置在立柱上部。钢立柱或钢架拼接时，其翼板与腹板应错位拼接，错位量应大于 200mm。

2 钢立柱或钢架的断料、切割、制孔、组装的制作质量，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205)的有关规定。

3 钢立柱或钢架的拼接以及立柱、钢架与底板（或端板）的连接应当采用熔透焊，焊缝质量等级不应低于二级。其它采用角焊缝的，焊缝质量等级为三级。

4 钢立柱或钢架的焊接坡口、切口质量，应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》(GB 50661)的有关规定。以板材组装焊接 H 型钢立柱或钢架的质量应符合表 5.2.2-1 的规定。

表 5.2.2-1 板材组装焊接 H 型钢立柱质量要求 (mm)

项次	检查项目		规定值及允许偏差	检查方法
1	焊缝质量	二级焊缝	按 GB 50205 规定	超声探伤法
		三级焊缝	按 GB 50205 规定	外观目视检查并配以辅助检测工具
2	截面高度 (h)		± 2.0	钢尺量测
3	截面宽度 (b)		± 3.0	钢尺量测
4	腹板中心偏移		≤ 2.0	钢尺量测
5	翼板垂直度		b/100, 且不应大于 2.0	垂线+钢尺量测
6	弯曲矢高		L/1000, 且不应大于 5.0	模线+钢尺量测
7	扭曲		h/250, 且不应大于 5.0	模线+钢尺量测

注：L 为杆件长度。

5 钢立柱或钢架焊接后变形应采用机械或热加工方法予以矫正。立柱端部弧型采用热加工弯制成形时，其碳素结构钢和低合金结构钢的加热温度应控制在 900~1000℃。低合金结构钢在加热成形后应自然冷却。

6 柱脚底板应平整，底板与柱轴线应垂直，底板螺栓孔径应采用钻削制孔。

7 钢立柱或钢架制作质量应符合表 5.2.2-2 的规定。

表 5.2.2-2 钢立柱或钢架制作质量要求 (mm)

项次	检查项目	允许偏差	检查方法
----	------	------	------

项次	检查项目	允许偏差	检查方法
1	立柱或钢架长度	± 4	钢尺量测
2	柱底面到屏体支承板距离	≤ 1.5	钢尺量测
3	柱脚螺栓孔中心距离	≤ 2	钢尺量测
4	柱脚底板平整度	≤ 2	靠尺+塞尺量测
5	柱身或钢架扭曲	≤ 3	模线+钢尺量测
6	连接法兰结合面间隙		直尺和塞尺
7	连系梁安装间距		钢直尺
8	涂（镀）层厚度	符合设计要求	测厚仪量测

5.2.4 声屏障屏体材料的断料、切割、制孔、组装的制作质量，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》（GB 50205）、《铝合金结构工程施工质量验收规范》（GB 50576）等的规定。

5.2.5 声屏障吸声屏体加工应符合下列规定：

1 屏体的剪切、制孔后，应对板材断口的毛刺、锈蚀进行打磨和清除，并应在涂装前对断口作防锈处理或氧化处理。

2 采用不锈钢螺钉或不锈钢抽芯铆钉固定的，直线型屏体的铆接间距不应大于 200mm，弧形屏体的铆接间距不应大于 80mm。

3 采用焊接固定时，其间断焊的焊点长度不应小于 8mm，相邻焊点的间距不应大于 100mm。

4 采用镀锌钢板制作的屏体，其焊道、制孔及断料边缘部位应进行打磨和局部抛光除锈，并应在涂装前做补锌处理。

5 以憎水布或透气膜包裹的离心玻璃纤维，以及采用聚酯纤维板、泡沫铝、铝纤维等纤维类吸声材料，应在屏体的型腔内作可靠固定。

5.2.6 隔声屏屏框的组装应符合下列规定：

1 采用铝合金型材的窗框（窗扇）的转角节点，应采用专用角铝型材转角件或镀锌钢板弯制的等强连接件连接固定。

2 采用塑钢型材的窗框（窗扇）的转角节点，框架的转角应采用专用型钢或焊接连接形式，不应采用抽芯铆钉铆固。

3 透明隔声屏窗扇与窗框贴合处安装的密封条，应符合现行国家标准《声屏障结构技术标准》（GB/T 51335）的规定。窗扇闭合时，密封条应处于压缩状态。

4 插销、撑杆、执手、铰链等配件的安装应采用不锈钢螺钉与透明隔声屏窗扇的内置钢型材可靠固定。

5.2.7 隔声屏隔声材料的组装应符合下列规定：

1 采用聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚碳酸酯（PC）高分子板材作透明屏体时，板材与框架间应采用抗老化橡胶垫，橡胶垫应对透明材料无腐蚀作用，橡胶垫的压变形量不应大于 2mm。高分子板端应与钢结构保留 3L/1000 的伸缩余量（L 为立柱间距）。板材嵌入型材的深度应不小于 L/100，且不小于 20mm。

2 采用夹胶玻璃作透明屏体时，玻璃在型材内的嵌入深度应不小于 12mm，玻璃的端部与型材结合处应设置橡胶防震条。当玻璃采用压条固定时，压条与玻璃应贴紧，压条与型材的接缝处应无明显缝隙。

3 透明隔声屏的高分子复合板以螺栓穿板孔固定时，安装孔径应为螺栓的 1.5 倍。加筋聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）板的螺栓穿板孔边缘不宜小于 150mm。

5.2.8 屏体及罩板的制作质量应符合表 5.2.7-1 和表 5.2.7-2 的规定。

表 5.2.7-1 吸声屏体制作质量要求 （mm）

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	宽度、高度	-2~+5	钢尺量测
2	平整度	≤3	游标卡尺量测
3	直线度	≤2	水平尺、塞尺
4	屏体对角线差	≤3	钢尺量测
5	涂（镀）层厚度	符合设计要求	测厚仪量测

表 5.2.7-2 透明隔声屏体制作质量要求 （mm）

项次	检查项目	允许偏差	检查方法
----	------	------	------

			铝合金	塑钢	
1	宽度及高度	≤1500	≤1.5	≤2	钢尺量测
2		>1500	≤2	≤3	
3	屏体对角线	≤2000	≤3	≤3	钢尺量测
		>2000	≤4	≤5	
4	杆件焊接处平面度		≤0.6		靠尺+塞尺量测
5	框、扇杆件装配间隙		≤0.3		
6	附件		安装牢固		—
7	五金配件		运转灵活、无卡阻		—
8	涂（镀）层厚度		符合设计要求		测厚仪量测

5.2.9 声屏障防腐处理应符合下列规定：

1 立柱和吸声屏体的除锈及防腐处理，应符合设计和本规程的要求，并应符合现行国家标准《公路交通工程钢构件防腐技术条件》（GB/T 18226）的有关规定。

2 构件在进入热浸镀锌之前，应对构件进行抛丸等除锈除油污处理，除锈等级不低于 Sa2.5 级。

3 声屏障钢构件应采用热浸镀锌+喷塑或喷漆的工艺进行表面防腐处理。经热浸镀锌的钢构件在喷塑或喷漆前，应对其表面进行喷砂或磷化等工艺处理。

4 声屏障钢构件采用热浸镀锌+喷塑或喷漆防腐处理时，其镀锌层的平均厚度以及喷塑或喷漆的涂层厚度应符合表 5.2.8 规定。

表 5.2.8 锌层及涂层平均厚度 (μm)

序号	防腐方法	锌层平均厚度	涂层厚度
1	热浸镀锌+喷漆	≥85	底漆层≥60, 面漆层≥60
2	热浸镀锌+喷塑	≥85	≥76

5 防腐处理应在构件加工完成、检验合格后进行,防腐处理后的构件再次加工时,应对加工面重新进行防腐处理。

5.2.10 弹簧卡应采用弹簧钢加工制作并进行热处理,其淬火硬度应为 HRC40-HRC45。热处理后应对弹簧卡进行镀锌处理。

5.2.11 声屏障构件在运输过程中,应采取有效措施防止擦伤、损坏或变形。应对进入安装现场的声屏障构件的规格、数量,外形尺寸及外观质量等项目进行实物验收。

5.2.12 立柱的安装应符合下列规定:

1 立柱底板与混凝土表面接触应平整密实,结合面存在间隙或有垫片的应浇注环氧砂浆予以密闭。

2 立柱安装就位后应及时安装垫圈及螺母,并按现行行业标准《工程机械装配通用技术条件》(JB/T 5945)规定的拧紧扭矩进行紧固。螺母紧固后,应按设计要求安装防松螺母或其他有效的防松措施。

3 立柱或立柱底板采用与预埋钢板或钢防撞墙焊接固定时,立柱或立柱底板的沿周应按规定制作焊接坡口后施以熔透围焊,焊缝质量等级不应低于二级。其它采用角焊缝的,焊缝质量等级为三级,现场焊接应符合下列规定:

- 1) 焊接时底板上宜增设工艺气孔,底板焊接后应封闭工艺气孔。
- 2) 冬季或风速大于或等于 8m/s 时(CO₂ 气体保护焊风速大于 2m/s 时),焊接时应采取防寒、防风措施;
- 3) 雨雪天气禁止露天施焊;
- 4) 现场焊缝应以电动工具进行除锈,并按设计规定的要求进行防腐涂装。

5.2.13 屏体的安装应符合以下规定:

- 1 屏体插入立柱时应处于平直和对称状态。
- 2 弹簧卡应与立柱内壁顶紧，且应处于弹性变形状态，在以 250N 外力作用下，屏体应无明显后移。弹簧卡不得外露立柱内壁。
- 3 屏体与屏体贴合处，宜以密封胶条进行封闭。窗扇闭合时，窗扇与窗框贴合处的密封条应处于压缩状态。
- 4 立柱内侧设置支撑件的，其支撑件应以热浸镀锌螺栓予以固定，并应设置防松锁紧螺母。
- 5 屏体端部在立柱型腔内应有足够的嵌入长度，当屏体一端与立柱腹板内壁贴合时，另一端在立柱内的嵌入长度应不小于 25mm。

5.2.14 防坠索的安装应符合下列规定：

- 1 吸声屏框或透明隔声屏框的型腔内，应穿有不小于 4mm 的不锈钢钢丝绳和配套构件与立柱相连。防坠索应留有相应的余量，多余的安全绳应隐蔽在立柱型腔内，并能保证屏体受到冲击时松开。
- 2 防坠索的绳端应做成挂环与立柱腹板作可靠固定。

5.2.15 罩板或雨水导流板的安装应符合以下规定：

- 1 罩板与屏体及立柱应贴合紧密、无缝隙。
- 2 具有雨水导流板声屏障，其雨水导流板的安装必须顺车辆行驶方向搭接。

5.2.16 声屏障安装质量应符合表 5.2.15 的规定：

表 5.2.15 声屏障安装质量要求 (mm)

项次	检 查 项 目	允 许 偏 差 值	检 查 方 法
1	立柱竖直度	$\leq 1/1000$ m	垂线+钢尺量测
2	立柱顶面高度	± 10	仪器量测
3	立柱中心距	± 5	仪器量测
4	屏体端部与立柱腹板间距	± 3	仪器量测
5	立柱锚固螺栓螺母拧紧扭矩	按设计或本规程	扭矩扳手

5.2.17 声屏障安装外观检查应符合以下规定：

- 1** 立柱锚固螺栓安装齐全，螺母拧紧扭矩达到规定值，螺杆外露螺母长度应大于 2 个~3 个螺距。
- 2** 立柱底板与预埋件的焊接质量应符合设计要求和本规程的规定。
- 3** 屏体的弹簧卡应与立柱翼板内侧顶紧，弹簧卡无外露。
- 4** 屏体间橡胶密封条粘接牢固、无外露。
- 5** 屏体的防坠索安装齐全，钢丝绳绳端在主受力构件上固定牢固。
- 6** 上、下罩板安装平直，与屏体贴合紧密，无明显缝隙，固定螺钉齐全。
- 7** 屏体保护涂（镀）层完好、无擦伤，表面涂层无明显色差。
- 8** 立柱应垂直、屏体应平直，无明显高低起伏。

5.3 桥梁段声屏障

5.3.1 桥梁段声屏障可充分利用防撞墙基础，声屏障基础通过现场预制或后锚固等方式与屏障立柱连接。

5.3.2 既有桥梁防撞墙上安装声屏障时，需要具有桥梁设计资质的单位提供桥梁荷载计算说明书，已确认屏障可以安装的高度。

5.3.3 当既有桥梁防撞墙强度不够，无法承受声屏障荷载时，可通过桥梁加固或在桥梁外新建声屏障基础，新建声屏障基础不得对既有道路安全产生影响。

5.3.4 桥梁段声屏障立柱、屏体加工及安装等方面要求与路基段相同。

5.4 后补声屏障

5.4.1 在已建成钢筋混凝土结构上实施声屏障，声屏障宜采用后锚固方式与主体结构连接，后锚固应满足《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的要求。安装在主体结构上的声屏障，主体结构应考虑声屏障引起的附加荷载，安装在既有桥梁、隧道等主体结构上的声屏障，应根据原主体结构进行专项验算。

5.4.2 路基段后补声屏障混凝土结构施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的相关规定。

5.4.3 后补声屏障钢结构施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的相关规定。

5.4.4 路基段施工中遇到各类管道、交安设施以及其他在建项目应先向建设方及有关行政主管部门提交施工方案，制定安全措施，获得批准后方可施工。

5.4.5 根据现场情况，编制施工组织方案，并将方案上报有关行政主管部门审查，确保施工过程中的安全，以及减轻对现状交通的影响。

5.4.6 应注意路基段后补声屏障与既有路基段、桥梁段声屏障衔接，确保声屏障整体协调美观性。

5.4.7 桥梁段后补声屏障施工应不影响桥梁防撞墙内的已有各类管线，制定施工方案，获得批准后方可施工。

5.4.8 桥梁段后补声屏障骑马件的施工应符合以下规定：

- 1 对穿螺栓安装前必须压缩空气吹净孔内尘粒，并保持干燥。
- 2 用植筋胶枪把植筋胶打入对穿孔的缝隙中，应打到植筋胶从外侧螺孔外泄为止。
- 3 拧紧对穿螺栓（初拧），待达到植筋胶固化时间后拧紧全部螺栓，方可安装 H 型钢立柱。
- 4 骑马件和防撞墙之间的空隙用水泥浆填实。
- 5 骑马件安装允许偏差和检验方法见表 5.4.8。

表 5.4.8 骑马件安装允许偏差和检验方法（mm）

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	螺栓施工扭矩（N•m）	符合设计要求	扭矩扳手：螺栓总数的 10%

2	钢板中心距 (mm)	± 15 (不大于 5%)	钢卷尺: 抽检 5%
3	表面水平度(mm/m)	7mm/m	水平尺: 抽检 5%
4	螺栓伸出长度	2-3 扣	抽检 5%

5.4.9 后锚固产品进场时, 应按合同核对其型号、规格、数量等。锚栓或钢筋及胶粘剂的类别和规格应符合设计要求。锚栓和胶粘剂应有产品制造商提供的产品合格证书、使用说明书、检测报告或认证报告。

5.4.10 后锚固产品进场后, 应按《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145) 的要求进行进场检验。

5.4.11 锚固区基材应符合下列规定:

- 1 基材上的抹灰层、装饰层、附着物、油污应清除干净。
- 2 基材表面应坚实、平整, 不应有蜂窝、麻面等局部缺陷。

5.4.12 锚栓或植筋施工前, 宜检测基材原钢筋和管线的位置, 钻孔不得损伤原钢筋和预埋管线。当设计孔位与钢筋相碰或锚栓完全处于混凝土保护层内时, 应通知设计单位, 采取相应的措施。

5.4.13 锚栓或植筋的锚孔可采用压缩空气、吸尘器、手动气筒及专用毛刷等工具, 清理孔内粉尘。锚孔清孔完成后, 若未立即安装锚栓或植筋, 应暂时封闭其孔口。临近锚固区的废弃锚孔应采用高强度无收缩砂浆填充密实。

5.4.14 锚板制作时, 宜根据实际锚栓位置钻孔, 锚板孔径和最大间隙应符合应符合 JGJ145 规程 7.1.6 的要求。

5.4.15 锚栓的安装工艺及工具应符合产品说明书的要求, 操作人员应经过专门的技能培训和安全技术交底。

5.4.16 后锚固锚栓的施工应符合以下规定:

- 1) 化学锚栓锚固胶的掺料和用量应符合相关规范和产品使用说明书的要

求。

2) 后锚固锚栓施工应符合《混凝土结构后锚固技术规程》（JGJ 145）的要求。

3) 锚孔施工质量及锚栓锚固深度应符合设计和生产厂要求，其允许偏差应符合表 5.4-1 的规定。化学锚栓置入锚孔后，应按照生产厂规定的养生要求进行固化养生，固化期间禁止扰动。

表 5.4.3 锚孔及锚栓锚固深度允许偏差（mm）

序 号	项 目		允许偏差	检验方法及工具
1	锚 孔	深度	吊线及钢尺	用钢尺检查
2		垂直度	0.5%	用角度尺检查
3		位置	2mm	用钢尺检查
4	锚栓锚固深度		+5mm	用钢尺检查

5.4.17 扩底型锚栓安装，应采用有效措施，防止损坏锚栓头部的刀刀片。当采用模扩底锚栓安装时，应采用专用模具式刀具扩孔，不得采用人工偏心式钻头扩孔。

5.4.18 化学锚栓施工应符合下列规定：

1 定位钻孔：钻孔前应用钢筋扫描仪探测钢筋位置，确定钢筋位置后，再按设计要求的孔位、孔径、孔深钻孔。为了避免钻孔打到预主要受力钢筋，应采用具有雷达探测原理的探测多层钢筋功能的扫描仪，对主筋和管线探测定位，然后再避开主筋和管线打孔。

2 清孔：用金属刷清理孔壁直，然后用吹气筒或气泵深入孔底清灰尘。刷孔和吹灰步骤需要重复 3 次，直至孔中无灰尘。或采用无尘钻孔技术施工，避免钻孔清孔过程产生大量灰尘。在化学锚栓注胶前监理应验孔，检查孔径，孔深，以及清孔是否到位。

3 注胶：锚固剂应用专用的注射器（胶枪）注入，注胶前应先让胶体充分混合，一般前 3 枪胶体废弃。注入时，注胶从孔底部慢慢注入，胶枪逐渐往回，直到注满孔体积 2/3。当植筋深度超过 300mm,注胶应配合延长管从底部注胶，保证孔中饱满度，避免孔中残留大量空气。单向旋转插入螺杆，直到达到设计深度，

并保证螺杆与孔壁之间的间隙均匀，矫正钢筋的位置和垂直度。

4 静置固化：锚固剂完全固化前，不得触动或振动已植螺杆，以免影响其黏结性能。

条文说明

2 无尘钻孔技术是指电锤配套足够功率的吸尘器，边钻孔边吸尘工艺，减少环境扬尘和工人吸入粉尘。

5.4.19 金属锚栓施工应符合下列规定：

1 定位钻孔：钻孔前应用钢筋扫描仪探测钢筋位置，确定钢筋位置后，再按设计要求的孔位、孔径、孔深钻孔。为了避免钻孔打到预主要受力钢筋，应采用具有雷达探测原理的探测多层钢筋功能的扫描仪，对主筋和钢绞线探测定位，最后确定钻孔位置并标记；自切底锚栓钻孔时，应采用和锚栓匹配的专用限位钻孔钻孔，不得采用普通钻头钻孔。

2 清孔：用金属刷清理孔壁直，然后用吹气筒或气泵深入孔底清灰尘。刷孔和吹灰步骤需要重复 3 次，直至孔中无灰尘。或采用无尘钻孔技术施工，避免钻孔清孔过程产生大量灰尘。在机械锚栓安装前前监理应验孔，检查孔径，孔深，以及清孔是否到位。

3 安装：扩底型锚栓安装前，应按照产品说明书要求，对锚板开孔大小严格控制。安装锚栓工具应采用锚栓匹配专用安装工具安装，安装至锚栓螺杆露出安装到位标识环后停止。最后采用扭力扳手，紧固螺母，直至紧固到锚栓安装扭矩。

6 验收

6.1 工程质量验收

6.1.1 声屏障工程质量验收应遵循质量第一的原则，依照国家有关法律、法规及工程建设规范、标准的规定完成工程设计文件要求和合同约定的各项内容。

6.1.2 声屏障工程质量应按检验批、分部工程、分项工程进行验收，并应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300）的规定。

6.1.3 检验批合格质量标准应符合下列规定：

- 1 验收项目应满足合格质量标准的要求。
- 2 外观检查项目的检验结果应有 80% 及以上的检查点（值）满足合格质量标准的要求，且最大值不应超过其允许偏差值的 1.1 倍。
- 3 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整。

6.1.4 分项工程合格质量标准应符合下列规定：

- 1 分项工程所含的各检验批均应满足本规程 6.1.3 条的要求。
- 2 分项工程所含的各检验批质量验收记录应完整。

6.1.5 分部工程合格质量标准应符合下列规定：

- 1 各分项工程质量均应符合合格质量标准。
- 2 质量控制资料 and 文件应完整。
- 3 有关安全及功能的检验和见证检测项目以及观感质量验收应在分项工程验收合格后进行，检验结果应满足合格质量标准的要求。

6.1.6 锚栓施工质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145 的规定。

6.1.7 声屏障工程或分部工程竣工验收时，应提供下列文件和记录：

- 1 声屏障竣工图纸及相关设计文件，还应包括齐全、系统的工程施工及监理资料。
- 2 有关委托专业检测机构的检测报告和相关见证检测项目检查记录。
- 3 有关观感质量和安全及功能的检验项目检查记录。
- 4 各项预制件、分项工程完工后检查记录。
- 5 材料配比、加工质量控制检验和试验记录、施工过程质量控制记录。
- 6 隐蔽工程检验项目检查验收记录。
- 7 分项工程所含各检验批质量验收记录。
- 8 分部工程所含各分项工程质量验收记录。
- 9 所有原材料、半成品和成品质量合格证明文件及性能检测报告。
- 10 施工过程中的质量、技术问题实施方案及验收记录。
- 11 不合格项的处理记录及验收记录。
- 12 其他有关文件和记录。

6.2 环境保护验收

6.2.1 公路工程在投入生产或者使用之前，建设单位应当依照有关法律法规的规定，对配套建设的声屏障进行验收，编制验收报告，并向社会公开。未经验收或者验收不合格的，该建设项目不得投入生产或者使用。

条文说明

根据《中华人民共和国噪声污染防治法》（2021年12月24日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过）第二十五条，建设项目的噪声污染防治设施应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。建设项目在投入生产或者使用之前，建设单位应当依照有关法律法规的规定，对配套建设的噪声污染防治设施进行验收，编制验收报告，并向社会公开。未经验收或者验收不合格的，该建设项目不得投入生产或者使用。

6.2.2 应根据现行《建设项目竣工环境保护验收技术规范 公路》（HJ 552）进行公路工程声屏障环境保护验收。

6.2.3 验收调查的公路建设项目应按实际交通量进行调查，注明实际交通量。未达到预测交通量的 75%时，应对中期预测交通量进行校核，并按校核的中期预测交通量对主要环境保护措施进行复核。

6.2.4 公路工程声屏障验收调查标准应采用公路建设项目环境影响评价文件提出的经环境保护行政主管部门确认的环境保护标准进行验收，对已修订新颁布的环境保护标准应提出验收后按新标准进行达标考核的建议。

6.2.5 声环境影响调查应进行设计期、施工期、试运营期声环境影响调查、声环境保护目标监测、交通噪声 24h 连续监测、交通噪声衰减断面监测、声屏障降噪效果监测、措施有效性分析及补救措施建议。

6.2.6 竣工环境保护验收现场检查应检查声屏障的建设和运行情况。

6.2.7 声屏障环境保护验收时，应提供下列文件：

- 1 环境影响评价及其审批文件。
- 2 工程资料及其审批文件。
- 3 声屏障现场测量的环境条件、气象条件、车流条件及测点位置图。
- 4 其它文件。

7 养护

7.1 一般规定

7.1.1 公路工程声屏障应进行日常养护和修复养护,修复养护宜与主体工程养护统筹规划。

条文说明

根据《公路养护工程管理办法》(交公路发(2018)33号),本办法所规定的公路养护工程是指在一段时间内集中实施并按照项目进行管理的公路养护作业,不包括日常养护和公路改扩建工作;养护工程按照养护目的和养护对象,分为预防养护、修复养护、专项养护和应急养护。

7.1.2 应制定对声屏障的日常维护和定期保养制度,并应定期对声屏障进行结构的安全检测。

7.1.3 声屏障修复养护应对立柱、底板、屏体倾斜、破损、变形等病害与缺陷进行养护。

7.2 巡查、检查和监测

7.2.1 在气候环境突变或对声屏障结构有重大影响事件前后,应对声屏障进行检查。

7.2.2 应编制声屏障的日常巡查、定期检查计划和特殊状况下处理的应急预案。

7.2.3 日常巡查应对声屏障的整体运行状况进行目测,包括立柱的晃动、倾斜,屏体的晃动、缺失、破损,罩板的松动、脱落等,宜每月进行一次。

7.2.4 定期检查应每年进行一次，应采用目测并配以便携式测量设备、工具进行。定期检查的检查项目、检查内容、检查方法应按表 7.2.4 的规定执行。

表 7.2.4 声屏障的定期检查项目、内容和方法

序号	检查项目	检查内容	检查方法
1	基础、导墙及地脚 (锚固) 螺栓	基础、导墙无开裂、倾斜，钢筋及地脚螺栓无外露、松动、锈蚀	目测、放大镜、水平仪、铜锤
2	立柱	柱体无倾斜，焊缝无裂纹，固定螺母及垫圈无缺失、松动、锈蚀，涂层无剥落、龟裂、风化，杆件无锈蚀	目测、放大镜、铜锤、扭矩扳手、水平仪、涂层测厚仪
3	屏体	框架平整无破损、端部无外露，五金件无破损，密封胶(条)无老化、开裂、缩短、脱落，涂层无剥落、龟裂、风化，杆件无锈蚀	目测、钢卷尺、水平仪、涂层测厚仪
4	卡件	贴合完好，无变形、失效，无脱落、无位移、锈蚀	目测、塞尺、钢卷尺、铜锤
5	防坠落装置	固定无松动，绳索无锈蚀、脆化、失效	目测、弯曲、游标卡尺、千分尺
6	罩板及雨水导流板	固定无松动、无破损、缺失，涂层无剥落、龟裂、风化，杆件无锈蚀	目测、涂层测厚仪、铜锤
7	防雷装置	接闪器焊接可靠无脱落，无锈蚀	目测、放大镜、铜锤

7.2.5 运营期应按环评要求对噪声达标情况进行定期或不定期监测，对环境保护目标造成的影响进行定期跟踪监测。

7.3 维护保养

7.3.1 对不同线路、不同要求的声屏障应编制维护保养计划和要求。

7.3.2 当声屏障清洗作业时，不得使用腐蚀性溶剂，不得使用利器刮铲屏体表

面。

7.3.3 声屏障的维护保养工作应包括下列主要内容：

- 1 对松动的锚固螺栓应进行紧固，对倾斜的立柱应进行纠偏，对变形及锈蚀严重的垫圈、螺母应进行更换。
- 2 对锈蚀、脆化和失效的防坠落绳应进行更换。
- 3 对破损、变形的屏体（或隔声屏）应进行维修或更换，对破损、失效的卡件应予以更换，对破损的五金件应进行更换，对老化、开裂、缩短、脱落的密封胶应进行更换。
- 4 对松动、缺损的罩板应进行紧固和维修。
- 5 对油漆脱落、龟裂、锈蚀严重的立柱及屏体应进行维修或更换。
- 6 防雷装置的接闪器焊接节点脱落时，应进行维修。

7.3.4 当由于车辆的撞击发生意外导致声屏障破损时，应及时进行维修。

7.3.5 当声屏障金属构件接近防腐年限时，应及时进行防腐处理。

7.3.6 声屏障修复养护应通过经济性比较，确定维修或更换方案，并符合下列规定：

- 1 对出现破损或部分功能缺失，通过维修可恢复其原有功能的，应进行维修。
- 2 对功能缺失且不具备修复条件的既有工程，可通过更换或替代实现功能恢复的，应进行更换。
- 3 对于国家、行业关于环境保护与公路景观有新要求的情况，或既有工程应分期实施的环境保护设施，可进行补设或增设。

附录 A “插入损失”计算方法

根据《公路声屏障 第 3 部分：声学设计方法》（JT/T 646.3-2017），附录 A 规定了计算声屏障插入损失的计算方法。

A.1 声屏障的插入损失

A.1.1 声屏障的插入损失应根据式（A.1.1）计算。

$$IL = \Delta L_d - \Delta L_t - \Delta L_r - (\Delta L_s, \Delta L_G)_{\max} \quad (\text{A.1.1})$$

式中：IL——声屏障的插入损失（dB）；

ΔL_d ——声屏障的绕射声衰减量（dB）；

ΔL_t ——声屏障的透射声修正量（dB）；

ΔL_r ——声屏障的反射声修正量（dB）；

ΔL_s ——其他障碍物的声衰减量（dB）；

ΔL_G ——地面吸收的声衰减量（dB）；

$(\Delta L_s, \Delta L_G)_{\max}$ ——取 ΔL_s 、 ΔL_G 的最大值（dB）。

A.2 声屏障的绕射声衰减量

A.2.1 无限长声屏障的绕射声衰减量应按式（A.2.1）计算。

$$\Delta L_d = \begin{cases} 10 \lg \left[\frac{3\pi \sqrt{1-t^2}}{4 \arctan \sqrt{\frac{1-t}{1+t}}} \right], & t = \frac{40 f \delta}{3c} \leq 1 \\ 10 \lg \left[\frac{3\pi \sqrt{t^2-1}}{4 \ln (t + \sqrt{t^2-1})} \right], & t = \frac{40 f \delta}{3c} > 1 \end{cases} \quad (\text{A.2.1-1})$$

式中： δ ——声程差（m），按图 A.2.1-1 和式（A.2.1-2）计算；

f ——声波频率（m/s），取 340m/s。

$$\delta = A + B - d \quad (\text{A.2.1-2})$$

式中：A——声源至声屏障顶端的距离（m）；

B——受声点至声屏障顶端的距离（m）；

d——声源与受声点间的直线距离（m）。

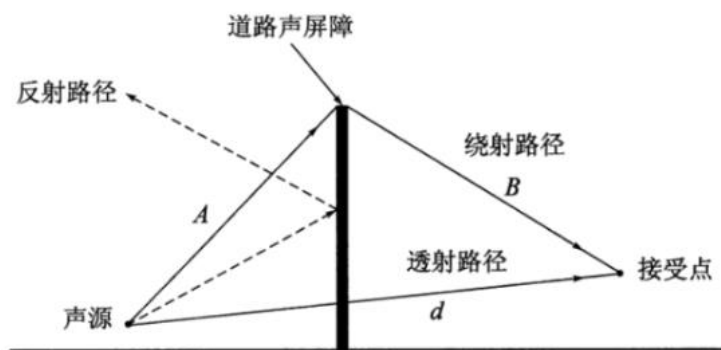


图 A.2.1 声屏障传播路径图

A.2.2 有限长声屏障的绕射声衰减量按 HJ/90 的规定进行修正计算。

A.3 透射声修正量

A.3.1 一般情况下，声屏障声学材料的透射声修正量等于 0， $\Delta L_t=0$ 。

A.4 反射声修正量

A.4.1 声屏障的反射声修正量按 HJ/T 90 的规定进行计算。

A.5 地面吸收的声衰减量

A.5.1 地面吸收的声衰减量 ΔL_G 按式 (A.5.1-1) 计算。

$$\Delta L_G = 4.8 - \frac{2h_m}{d} \left(17 + \frac{300}{d} \right) \quad (\text{A.5.1-1})$$

式中： h_m ——传播路程的平均离地高度 (m)，按图 A.5.1 和式 (A.5.1-2) 计算；

d ——声源至接收点的距离 (m)。

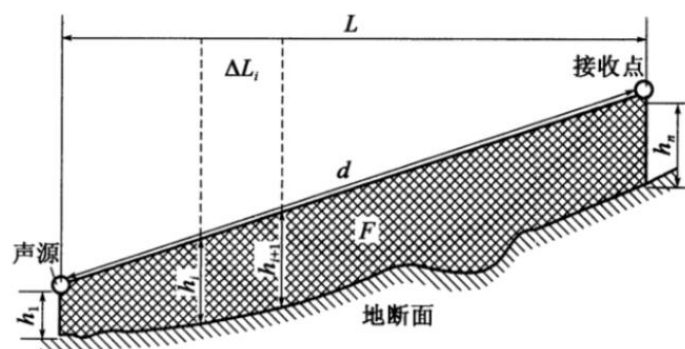


图 A.5.1 估计平均高度 h_m 的方法

$$h_m = \frac{F}{d} \quad (\text{A.5.1-2})$$

式中： F ——地断面面积 (m^2)，可按式 (A.5.1-3) 计算。

$$F = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{2} \Delta L_i \times (h_i + h_{i+1}) \quad (\text{A.5.1-3})$$

式中： ΔL_i ——计算单元的长度（m）；

h_i ——计算单元中声源与接收点连线的高度（m）。

若按公式（A.5.1-1）计算出的 ΔL_G 为负值，则 ΔL_G 用0代替。

A.6 其他障碍物的声衰减量

A.6.1 除拟建声屏障外，声源和保护目标之间还存在其他屏障（如围墙）时，其声衰减量可按式（A.1.1）～（A.5.1-3）确定。

征求意见稿

本规程用词用语说明

1 本标准执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。

3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本标准第×章的有关规定”、“应符合本标准第×.×节的有关规定”、“应符合本标准第×.×.×条的有关规定”或“应按本标准第×.×.×条的有关规定执行”。