



CECS 371 : 2014

中国工程建设协会标准

地下建筑空间声环境 控制标准

Acoustic environment control standard for
underground architectural spaces



中国计划出版社

中国工程建设协会标准

地下建筑空间声环境
控制标准

Acoustic environment control standard for
underground architectural spaces

CECS 371 : 2014

主编单位：哈 尔 滨 工 业 大 学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 4 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中国工程建设协会标准
地下建筑空间声环境
控制标准

CECS 371 : 2014



中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

新华书店北京发行所发行

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 1.25 印张 29 千字

2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—5080 册



统一书号:1580242·478

定价:15.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

中国工程建设标准化协会公告

第 169 号

关于发布《地下建筑空间声环境 控制标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2011 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2011〕45 号)的要求,由哈尔滨工业大学等单位编制的《地下建筑空间声环境控制标准》,经本协会地基基础专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 CECS 371 : 2014,自 2014 年 8 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
二〇一四年四月二十九日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2011 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2011〕45 号)的要求,制定本标准。

《标准》编制组在典型的地下建筑空间内进行了广泛的主观调研及声环境现状测试,在编制过程中,吸收了国内外的先进技术和经验,对有关技术及其指标进行了分析和验证,并在全国范围内向有关专家广泛征求意见,对具体内容进行了反复讨论、修改,制订了本标准。

本标准的主要内容包括:总则、术语、基本规定、建筑平面和空间、界面的声学处理、设备噪声控制、地下建筑空间的公共广播系统等。

中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会(CECS/TC 27)归口管理,由哈尔滨工业大学负责技术内容的解释。在使用过程中,如发现有需要修改和补充之处,请将意见、建议以及相关资料寄至解释单位(地址:哈尔滨市南岗区西大直街 66 号 503 室, E-mail:jinhong1963@qq.com,邮政编码:150001)。

主 编 单 位: 哈尔滨工业大学

参 编 单 位: 华南理工大学

清华大学

中国建筑科学研究院

深圳洛赛声学技术有限公司

中国科学研究院声学研究所

同济大学

主要起草人: 康 健 金 虹 张卷舒 姜 虹 孟 琪

唐征征 宋 菲 赵 巍 陈 曦 张微微
吴硕贤 燕 翔 林 杰 刘 韬 焦风雷
毛东兴
主要审查人：王 峥 吕亚东 谭 华 孙家麒 姜根山
耿永常 郭晓曼

目 次

1 总 则	(1)
2 术 语	(2)
3 基本规定	(5)
4 建筑平面和空间	(6)
4.1 一般规定	(6)
4.2 地下车站	(6)
4.3 地下商业空间	(7)
4.4 地下停车库	(7)
5 界面的声学处理	(8)
6 设备噪声控制	(9)
7 地下建筑空间的公共广播系统	(10)
本标准用词说明	(11)
引用标准名录	(12)
附:条文说明	(13)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(5)
4	Building plan and space	(6)
4.1	General requirement	(6)
4.2	Underground transportation station	(6)
4.3	Underground shopping spaces	(7)
4.4	Underground car park	(7)
5	Acoustic treatment of boundaries	(8)
6	Noise control of equipments	(9)
7	Public address system of underground architectural spaces	(10)
	Explanation of wording in this standard	(11)
	List of quoted standards	(12)
	Addition;Explanation of provisions	(13)

1 总 则

1.0.1 为了保证地下建筑空间满足使用者听觉方面的主、客观需求,并且在紧急情况下配合应急广播系统发挥引导疏散的作用,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建和扩建的民用地下建筑空间中地下车站、地下商业空间和地下停车库等的声环境控制。

1.0.3 相关的声学设计应与土建等各工种设计同步进行。

1.0.4 地下建筑空间声环境控制除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 地下建筑空间 underground architecture space

室内地坪面低于室外地坪面的高度超过该空间净高一半的空间。地下建筑空间按其声学特点可分为狭长空间、扁平空间和正常比例空间三种基本类型。

2.0.2 狭长空间 long space

本标准是指长度为高度和宽度 6 倍以上的空间,且其高度与宽度的相互比例不大于 2。

2.0.3 扁平空间 flat space

一般指长度和宽度均为高度 6 倍以上的空间。

2.0.4 正常比例空间 regularly-shaped space

除去狭长空间和扁平空间以外的空间。

2.0.5 地下车站 underground transportation station

包括地下交通系统中的地铁站及地下汽车站等,含站台空间及交通过渡空间。

2.0.6 地下商业空间 underground shopping spaces

以商业用途为主的综合性地下建筑空间。包括广场型地下商场、街道型地下商场和综合地下商场。

2.0.7 地下停车库 underground car park

室内地坪面低于室外地坪面高度超过该层车库净高一半的停车库。

2.0.8 混响时间 reverberation time

声音达到稳态后声源停止发声,声压级自原始值衰变 60dB 所需要的时间,记作 T_{60} ,单位为秒(s)。测量时,常用稳态声压级衰变 5dB 至 35dB 的情况外推到 60dB 衰变所需要的时间,记作

T_{30} ; 衰变 5dB 至 25dB 的情况外推到 60dB 衰变所需要的时间, 记作 T_{20} 。

2.0.9 人群密度 density of people

在给定空间内, 单位面积上的人数, 单位为人/ m^2 。

2.0.10 吸声系数 sound absorption coefficient

在给定频率和入射条件(包括正入射、斜入射、漫入射三种情况)下, 被界面吸收的声能, 加上经过界面透射的声能所得的总和, 与入射声能之比。

2.0.11 吸声材料 sound absorption material

一般指吸声系数超过 0.2 的材料。

2.0.12 吸声量 equivalent absorption area

吸声量等于材料的表面积乘以其吸声系数。记作 A , 单位为 m^2 。房间内吸声量亦应考虑传播媒质对声能的吸收。

2.0.13 多孔吸声材料 porous absorber

内部及表面有很多与大气相通的微孔或间隙而对气体或液体流过时产生阻尼的材料。

2.0.14 公共广播系统 public address (PA) system

为公众服务的广播系统, 可用于业务广播、背景广播和紧急广播等。

2.0.15 紧急广播系统 emergency broadcast system

也称应急广播系统, 为应对突发公共事件的广播系统。

2.0.16 应备声压级 ensured sound pressure level

在广播服务分区内, 紧急广播的声压级应达到的稳态有效值的平均值。

2.0.17 公共广播系统语言传输指数 public address speech transmission index (STIPA)

语言传输指数 (speech transmission index-STI) 的一种简化形式, 在公共广播系统中用于客观评价系统语言传输质量, 取值由 0~1.00, 其值越大, 表示系统的语言清晰度高。

2.0.18 有效覆盖角 sound dispersion angle

与扬声器轴线上的距离相等,而偏离轴线后声压级下降 6dB 的偏离夹角(图 2.0.18)。

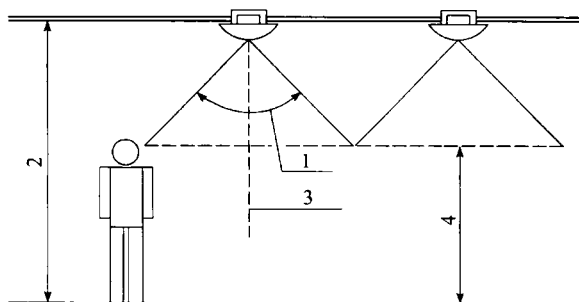


图 2.0.18 扬声器有效覆盖角示意图

1—有效覆盖角;2—地面至顶棚高度;3—扬声器轴线;

4—人耳高度

3 基本规定

3.0.1 地下建筑空间按其声学分布特点可分为狭长空间、扁平空间和正常比例空间三种基本类型。地下建筑空间的声环境控制设计应依据其空间类型选择相应的声学计算方法。

3.0.2 地下建筑空间的声环境控制设计应考虑地下建筑空间的形态、平面形状、界面材料与构造等因素。

3.0.3 地下建筑空间的声环境控制设计应考虑人群密度的影响。

3.0.4 地下建筑空间的声环境控制指标应包括声级、混响时间、语言清晰度等。

3.0.5 地下建筑空间的声环境控制设计应系统地考虑设备噪声的影响。

4 建筑平面和空间

4.1 一般规定

- 4.1.1 在满足使用功能的前提下,宜减少地下建筑空间的容积以缩短混响时间。
- 4.1.2 应采用减少噪声源对敏感空间干扰的建筑布局形式。
- 4.1.3 地下狭长空间的高宽比不宜接近 1:1。

4.2 地下车站

- 4.2.1 车站站台、站厅、管理用房等空间的环境噪声不应超过现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 中的规定值,并应分别考虑有无列车的情况。
- 4.2.2 地下车站空间内混响时间的设计和测量应符合下列规定:
 - 1 地下车站空间内混响时间中频不宜超过 1.5s(500Hz~1000Hz),低频不宜超过 1.8s(125Hz~250Hz),高频不宜超过 1.3s(2000Hz~4000Hz);
 - 2 混响时间测试应在空场条件下进行;
 - 3 测试时,点声源应放置在空间中央,离地面高度宜为 1.5m;接收点宜分别在沿长度方向距声源 5m、10m、20m 的位置上,离地面高度宜为 1.6m。
- 4.2.3 地铁站的站台与轨行区之间宜设置站台门。
- 4.2.4 在地铁站轨行区内道床宜铺设吸声材料,亦可在轨行区内的顶棚、墙面及月台的边缘处做吸声结构。
- 4.2.5 标语、广告牌等可与吸声设计相结合。

4.3 地下商业空间

4.3.1 在满足使用功能的前提下,大型地下商业空间宜采用扁平空间。

4.3.2 地下商业空间内各点的等效连续 A 声级在空场时宜低于 60dB(A)。

4.3.3 地下商业空间内的混响时间中频不宜超过 1.5s(500Hz~1000Hz),低频不宜超过 1.8s(125Hz~250Hz),高频不宜超过 1.3s(2000Hz~4000Hz)。

4.4 地下停车库

4.4.1 地下停车库空间内各点背景噪声的等效连续 A 声级不宜超过 65dB(A)。

4.4.2 地下停车库出入口及通风口等设施不应相邻地上空间形成噪声干扰。

4.4.3 地下停车库与其他地下噪声敏感的建筑空间相邻时,应在连接部位采取隔声处理措施。

4.4.4 地下停车库顶板的隔声性能应符合现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的相关规定。

4.4.5 在地下停车库与上部的噪声敏感空间之间宜减少竖向穿越管线。当不可避免时,应集中布置并采取隔声措施。

5 界面的声学处理

5.0.1 在地下建筑空间中,可通过界面的吸声和构件的隔声处理来调节声环境。

5.0.2 地铁站轨行区使用多孔吸声材料时,其罩面处理应考虑地铁进出站时气流的特殊性。

5.0.3 当地下建筑空间湿度较大时,应使用抗湿性能强的吸声材料及结构。

5.0.4 地下狭长空间使用共振型吸声材料时,计算中应使用声音斜入射时的吸声系数。

5.0.5 街道型地下商业空间的声学设计应考虑走廊两侧的店铺吸声。

6 设备噪声控制

6.0.1 在满足其他功能的条件下,地下建筑空间内的高噪声设备用房宜集中布置在空间的尽端或较偏僻的位置上,并应对设备进行隔振处理,并对设备用房采取隔声、吸声等降噪措施。

6.0.2 在满足其他功能的条件下,地下建筑空间的设备宜集中布置,强振动设备可设置在底层,其基础宜独立设置。

6.0.3 设备机房围护结构应进行隔声处理,并应符合本标准中第 4.2.1 条、第 4.3.2 条和第 4.4.1 条规定的噪声限值。

6.0.4 设备系统管道应进行减振、隔声和消声处理,并应符合本标准中第 4.2.1 条、第 4.3.2 条和第 4.4.1 条规定的噪声限值。

6.0.5 当设备管线穿越围护结构时,应对洞口的缝隙采取有效的隔声封堵措施。

6.0.6 地下商场设备用房的噪声控制应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087 的规定。

7 地下建筑空间的公共广播系统

7.0.1 地下建筑空间内紧急广播系统的公共广播系统语言传输指数不宜小于 0.50。

7.0.2 当地下车站无列车时,在使用者可达的收听位置上,倍频程中心频率 500Hz、1000Hz、2000Hz 和 4000Hz 的应备声压级宜高于背景噪声 15dB。

7.0.3 应备声压级不宜小于 85dB(A),声压级最低处不得小于 80dB(A)。

7.0.4 地下建筑空间的公共广播系统的扬声器宜为分散式布置,宜采用天花式扬声器。各扬声器之间的水平间距可按式初步估算:

$$D = 2(H - 1.5) \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad (7.0.4)$$

式中: D ——各扬声器之间的水平间距(m);

H ——扬声器距地面垂直方向上的距离(m);

θ ——扬声器 4kHz 的有效覆盖角。

7.0.5 高度较大的地下建筑空间,当采用天花式广播系统时,宜选择有效覆盖角较小的扬声器。

7.0.6 高度较小的地下建筑空间,尤其是内部吸声量较大时,当采用天花式广播系统时,宜选择有效覆盖角较大的扬声器。

7.0.7 地下建筑空间的混响时间较长时,宜减小扬声器至地面的距离,同时宜采用有效覆盖角较小的扬声器。

7.0.8 地下建筑空间广播系统播放的背景声宜采用舒适度较高的声音类型。

7.0.9 当地下建筑空间内的紧急广播系统采用警笛或警铃等警示信号的形式时,可不考虑以上给出的公共广播系统语言传输指数(STIPA)限值。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

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:

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:

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,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118

《地铁设计规范》GB 50157

《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087

中国工程建设协会标准

地下建筑空间声环境
控制标准

CECS 371 : 2014

条文说明

目 次

1	总 则	(17)
3	基本规定	(19)
4	建筑平面和空间	(22)
4.1	一般规定	(22)
4.2	地下车站	(22)
4.3	地下商业空间	(24)
4.4	地下停车库	(25)
5	界面的声学处理	(28)
6	设备噪声控制	(29)
7	地下建筑空间的公共广播系统	(31)

1 总 则

1.0.1 本标准旨在规范城市地下建筑空间的声环境设计,指导地下建筑空间的体型、三维尺度等建筑设计内容,合理地选择建筑材料、建筑构造方案、建筑设备安装方法及措施等,并且对各种使用功能条件下的声环境提出相应的限值指标。地下公共空间类型广泛,本标准仅对地铁站、地下商场、地下停车库的噪声控制进行重点研究。

本标准是我国第一部地下建筑空间噪声控制的标准,旨在改善和提高地下建筑空间声环境的舒适性,确保地下建筑空间的使用功能及其安全性。

随着城市化水平的快速发展和人口密度的急剧增加,以土地短缺、交通拥挤、环境污染等为代表的“城市综合症”愈演愈烈。地下建筑空间作为潜在资源,它的开发利用可以有效地解决以上问题,因此具有良好的发展前途和长久的经济效益及环境效益。地下建筑空间经常是人群高度集中的公共空间,与地上建筑空间相比,相对封闭、受自然环境影响小,同时也存在物理环境相对较差的问题。地下建筑空间环境对使用者的生理和心理的健康是否有影响,如何创造良好的地下建筑空间环境,已经成为人们普遍关心和亟待研究和解决的问题。

由于地下建筑空间的特殊性,其噪声问题比地上建筑空间更为突出,直接影响地下建筑空间的声环境和使用的舒适性及安全性。因此,就需要更多地了解地下建筑空间的声环境特点,制定科学的地下建筑空间噪声控制标准,保证地下建筑空间的使用功能,提高地下建筑空间声环境的舒适性和安全性。

哈尔滨工业大学基于国家“十一五”科技支撑计划重点项目

“城市地下空间环境质量保障技术研究——子课题 8:城市地下空间噪音控制技术研究(2006BAJ27B03-8)”的研究工作,在国内外城市中,对典型的地下建筑空间声环境开展了主观调研和客观测试并在此基础上进行了分析与模拟,进而编写了《地下建筑空间声环境控制标准》。希望能科学合理地规划和设计城市地下建筑空间,规范城市地下建筑空间的声环境设计,指导地下建筑空间的体型、三维尺度等建筑设计内容,合理地选择建筑材料、建筑构造方案、建筑设备安装方法及措施等,并且对各种使用功能条件下的声环境提出相应的限值指标。地下公共空间类型广泛,所以仅对地下车站、地下商场、地下停车库的噪声控制进行重点研究。

1.0.2 新建、改建和扩建的地下建筑空间均在本标准适用范围之列。本标准包括各种使用功能条件下的声环境控制及限值指标。改建和扩建的地下建筑空间虽受一定的客观条件限制,但技术措施的合理性和控制指标不应降低。在设计时,除对噪声控制外,还应对声压级和混响时间进行控制,这是为了能够提高声环境的舒适度和语言清晰度,满足使用者在听觉方面的要求。声场的某些建筑声学指标与电声系统的语言清晰度密切相关,本标准中对电声系统的规定主要是从建筑声学的角度出发,围绕扬声设备的性能与布局对声场语言清晰度的影响给出相关规定。

1.0.3 国内外工程实践表明,在地下建筑空间建成之后再进行声学设计和改造,不仅浪费人力物力,而且达到的声学效果也并不理想。因此在地下建筑空间规划和设计之初就应考虑地下建筑空间的声学要求,并结合土建设计形成一体化设计。

3 基本规定

3.0.1 从建筑声学的角度来看,地下建筑空间长、宽、高的相对比例关系会对其内部声学特性产生不同的影响,对于不同的空间类型计算方法区别很大,声学设计时应采用相应的计算理论。一般街道型地下商场、地铁站多属于狭长空间类型,大部分的地下停车库则为扁平空间,地下建筑空间中的设备用房、办公管理用房等则多为正常比例空间。在进行声学计算之前,应首先考虑空间的三维尺度比例关系,在确定为狭长、扁平 and 正常比例等空间类型之后再按相应理论,并考虑采取计算机模拟等手段进行计算。正常比例空间的声学计算方法可参照马大猷编著的《声学手册》(科学出版社);复杂形式的长空间和扁平空间的声学计算应采用计算机模拟;简单的狭长、扁平等空间形式的声学计算方法可参照 Kang 的专著《Acoustics of long spaces: theory and guidance》(英国 Thoms Telford 出版社),矩形截面长空间混响时间(RT_d)可按下式计算:

$$RT_d = \frac{150}{850M - 10 \log \left[\frac{d}{d + 850} (1 - \alpha)^{25.6 \left(\frac{1}{H} + \frac{1}{W} \right) \sqrt{d+425}} \right]} \quad (1)$$

式中: d ——声源距接收点的距离(m);

W ——长空间的宽度(m);

H ——长空间的长度(m);

α ——平均吸声系数;

M ——空气吸声系数(dB/m)。

3.0.2 地下建筑空间声环境质量与空间特性相关。空间形态的设计可以有效地调节空间容积,从而控制空间内的混响时间及语

言清晰度;平面和剖面形式的设计可以调节声音的传播途径,从而影响声场模式;内界面材料类型及其构造方法的选择可以控制吸声、隔声性能。

3.0.3 语言清晰度主要指语言传输指数。在计算语言清晰度时,应考虑人的吸声量,同时,也应考虑人发出噪声。人员密集的地下公共空间,如地下商场和地铁站,应保证良好的主观声舒适度,并应保证公共广播系统的语言清晰度,以便紧急情况下及时指导疏散。

研究表明,地下商场中人群作为发声体带来的背景噪声的声压级增高时,对语言清晰度的影响很大,而人群作为吸声体带来的混响时间降低对语言清晰度的影响相对较小。地下商场中人群密度在 0.1 人/m^2 时,人群噪声即有可能达到 70dB(A) 左右,随着人群密度的增加,地下商场内使用者的主观声舒适度降低。因此从声学角度讲,地下商业街内的人群密度不宜过高,但是一味地降低商场内的人群密度,或增加商场的平面尺寸,是不切实际的,并且不利于地下商业街内的商业发展。

3.0.4 地下建筑空间的声环境设计应明确各项指标,如声压级与混响时间的范围,同时也应考虑温度、湿度等其他物理指标的影响。对于使用功能不同的地下建筑空间,声学设计各有侧重,其相应的控制指标也有所差异。在地铁站空间中,最重要的是保证在一定距离内信息传递的清晰度,尤其是人员密度较大的地铁站中,要保证广播系统的清晰度,因此需要尽可能降低混响时间;在地下商场中,在保证语言清晰度的同时,还需要满足一定的响度要求,以满足使用者的交流,在降低混响时间的同时,应保证一定的声压级;地下停车库中过高的背景噪声会对使用者的身体健康产生影响,噪声控制设计应以降低声压级为主。

3.0.5 地下建筑空间的固定噪声源主要包括采暖、通风、空调设备以及电梯、扶梯等。本标准适用于地下建筑空间的通风、空调设备的噪声控制,主要包括设备用房位置的选择、设备用房围护结构的隔声、设备减振降噪处理及设备系统管道的减振、消声、降噪等

声学措施,相关措施可按现行国家标准《隔振设计规范》GB 50463 中的规定执行。本条文未涉及内容,应按现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019—2003 中消声、隔声、隔振等相关规定执行。电梯、扶梯等噪声控制应按现行国家标准《电梯技术条件》GB/T 10058—2009 中第 3 章的技术规定执行。

4 建筑平面和空间

4.1 一般规定

4.1.1 地下停车库、地下商场和地下车站由于其平面尺度较大,并且内表面多采用混凝土或砂浆抹面等吸声系数低的材料,导致混响时间很长,严重影响语言清晰度,因此在进行建筑平剖面设计时,应注意控制其有效容积,或采用将大空间分隔成若干小空间的建筑设计形式。

4.1.2 不同功能的地下建筑空间内,声压级差异较大,例如地下商场设备用房内的声压级较其他使用空间的声压级高很多、餐饮空间的声压级比购物空间平均高出 $3\text{dB}(\text{A})\sim 5\text{dB}(\text{A})$ 等。为了防止相邻空间产生噪声干扰,应注意合理安排建筑的功能布局,在容易产生噪声干扰的位置,可利用平面的转折变化或改变剖面的地坪标高来减少噪声影响。

4.1.3 在狭长空间中,建筑的截面面积相同的情况下,高宽比接近 $1:1$ 时,混响时间达到最大值,会降低语音清晰度及声环境的舒适度。

4.2 地下车站

4.2.1 在现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 中规定,无列车时,车站站台、站厅环境噪声等效连续 A 声级不应超过 70dB ;管理用房的环境噪声应符合国家现行标准《工业企业噪声控制设计规范》GBJ 87 的有关规定。列车进、出站时站台上噪声等效声级 L_{eq} 的最大容许限值不宜超过 80dB 。测试方法可按现行国家标准《城市轨道交通车站站台声学要求和测量方法》GB 14227—2006 的相关规定执行。

4.2.2 地铁站包括候车站厅及换乘站厅。当地铁线路较为密集

时,很大一部分的地铁地下(公共)空间是不同线路站厅之间的换乘通道,有些通道甚至长达一两公里,地铁换乘通道中人流密度很大(超过 0.1 人/m^2),但噪声除人体发生外,群体密集通过时的脚步声也是一个值得考虑的噪声源,且与换乘通道的地面铺装材质、通道形状和界面材料有关。当换乘通道分叉时(如伦敦 London Bridge 站),广播声音指示的清晰度就比较重要。

控制地铁站站厅的混响时间主要是为了保证应急广播系统的清晰度。混响时间的测试方法:测试应在空场条件下进行,采用点声源放置在空间中央,离地面高度 1.5m ,接收点分别布置在沿长度方向距声源 5m 、 10m 、 20m 的位置上,高度离地面 1.6m ,其他测试细节要求方法可按现行国家标准《室内混响时间测量规范》GB/T 50076。

4.2.3 调查结果显示,在平面形式和容积基本相同的情况下,安装站台门的地铁站站台较未安装站台门的地铁站站台的声环境好。安装全封闭站台门的地铁站较安装半封闭站台门的地铁站声环境好,半封闭式站台门对噪声控制效果不明显。

4.2.4 地铁行车空间的噪声主要有:车辆行驶过程中,车轮和钢轨紧密接触产生的摩擦和错动而引发的高频噪声;当轨道的接缝较大或者不平整时,车轮会在接缝处产生很大的加速度来撞击钢轨,形成低频噪声;由于钢轨和车轮接触面小,且不够光滑,期间产生摩擦而形成低频的轰鸣噪声;列车制动、风压机工作均会产生不同种类的动力噪声。实测表明,列车运行产生的噪声以中低频为主,衰减较慢且长时间驻留,峰值频率在 $63\text{Hz}\sim 500\text{Hz}$ 范围内,噪声可达 80dB(A) 以上;当车速超过 50km/h 时,轮轨产生的噪声为主要部分,应对行车空间采取必要的吸声降噪处理,以降低其对站台声环境的影响。为了降低轮轨运行时产生噪声,可在月台地面与行车空间地面存在的高差处按照产生的噪声频率特点设计铺设有效的吸声材料或结构,亦可在地铁行车区内墙的表面铺设吸声材料或结构,或者在车站地铁铁轨的道床上铺设吸声材料;行车空

间的顶棚也宜铺贴吸声材料或结构,对轨行区的降噪产生一定效果。以上措施可使行车空间的噪声在第一次反射中有大幅度的衰减,在站台不同位置测得的降噪量会达到 3.8dB~5dB,从而降低通过反射而进入到站台空间的可能性。具体措施的实施应考虑地铁站长空间的断面情况而定。

4.2.5 地下建筑空间内的墙面、天花上的标语、广告牌等可考虑其吸声作用,并可与其他吸声材料或结构结合使用。广告牌的面层材料,可选择具有一定吸声性能的塑料薄膜覆盖在广告牌的骨架上,薄膜内部需有一定厚度的空腔,形成薄膜共振吸声结构,具有对中低频声的吸收作用。

4.3 地下商业空间

4.3.1 研究表明:等效 A 声级相同并且较低的情况下,广场型地下商场内(扁平空间)的主观声舒适度要高于街道型地下商场(狭长空间)。随着等效 A 声级的提高,这种差异逐渐减弱。并且在等效 A 声级较高的情况下,广场型地下商业街(扁平空间)与街道型地下商场(狭长空间)在主观声舒适度上并没有明显差异。例如:在等效 A 声级为 55dB(A)的情况下,广场型地下商场中的主观声舒适度明显要比街道型地下商场的主观声舒适度高;等效 A 声级为 65dB(A)时,广场型地下商场的主观声舒适度比街道型的高,但是差异明显变小;而等效 A 声级为 75dB(A)时,广场型地下商场与街道型地下商场在主观声舒适度上几乎不存在差异。鉴于地下商场的等效 A 声级在 65dB(A)~70dB(A)范围内,因此在地下商场的平面形式宜选扁平空间。

4.3.2 大量调查研究发现,在地下商业空间内,等效 A 声级与使用者的主观响度呈线性关系,与使用者的主观声舒适度呈先增后减的抛物线形式变化。研究表明,在商场营业使用时,等效 A 声级为 65dB(A)~70dB(A)之间时,使用者的声舒适度最高,同时能够形成一定的商业氛围。在等效 A 声级大于 75dB(A)时,使用

者的主观响度评价急剧增高,主观声舒适度急剧下降。在控制设备噪声及外部环境噪声时,宜控制在 55dB(A)~60dB(A)之间,同时应符合现行国家标准《商场(店)、书店卫生标准》GB 9670 的规定。另外地下商场的允许噪声级亦应满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 中对商业建筑噪声级的规定,按照一级商场的限值,其背景噪声的等效 A 声级要求小于 50dB(A),同时能够提供掩蔽声级,提高声舒适度。

等效声级测量时首先应根据空间形式选择合适的测量点布置方式,一般为在空间内均匀布置,并应选择具有代表性的时间段进行测量。在狭长空间中,应沿长度方向选择典型点测试,并且测量点不应少于 10 个;在扁平空间中,应按长度以及宽度方向选择测量点,在空间内按方格网形式均匀布置,并且测量点不应少于 10 个。测量前应进行声级计校准。测量时传声器距地面 1.2m~1.5m,距其他反射面距离不应小于 1m。声级计调至等效连续 A 声级模式,各测量点等效声压级的算术平均值代表整个空间的等效 A 声级。另外计算时应给出空间内噪声测量点的分布图。

4.3.3 控制地下商业街混响时间,是为了保证购物时的声舒适度以及语言清晰度,以利于顾客之间的交流、商业信息的播放和紧急疏散信息的传达。在现行国家标准《室内混响时间测量规范》GB/T 50076 中,1000Hz 小于 1.5s;在关于地下空间混响时间与语言清晰度及主观声舒适度关系的研究中表明,地下空间语言传输指数不应低于 0.5,地下空间中频的混响时间不宜高于 1.5s,因此各频率声音的混响时间控制在此范围内。

扁平空间、狭长空间混响时间的测量方法可按本标准第 4.2.2 条执行。正常比例空间混响时间的测试方法可按现行国家标准《室内混响时间测量规范》GB/T 50076 的相关规定执行。

4.4 地下停车库

4.4.1 车库内背景噪声的控制限值是基于车库内使用者的声舒

适度以及减少对相邻空间的干扰。本条给出的限值是基于城市公共空间声舒适度的大量研究。详见 Kang, J. (2007) *Urban sound environment*. Taylor & Francis incorporating Spon, London.

地下停车库受室外噪声源的干扰较小,影响车库内声环境的主要为汽车机械噪声(发动机启动声、行驶声、鸣笛声、报警器声、开关车门声等)和设备噪声(主要为风机、水泵等设备噪声)。对于地下停车库中的车辆、鸣笛以及报警器的声音,仅是偶然发生。车库内的车辆在行进过程中一般为怠速行驶,产生的车外噪声较小,但在发动机启动时会产生较大的瞬时噪声,持续时间通常仅为几秒钟,与汽车的数量与型号有很大关系,唯一相对固定并可以测量的是汽车库背景噪声的等效连续 A 声级。地下停车库内的设备用房以及通风口噪声也会增加车库内的背景噪声,因此也应采取相应的降噪措施或消声处理。

地下停车库噪声测量时应按长度以及宽度方向选择测量点,在空间内按方格网形式均匀布置,并且测量点不应少于 10 个,测点应选择能切实反映出车库内噪声水平的典型位置上。测量时间应选择具有代表性的时间段。测量前应进行声级计校准。测量时传声器应距地面 1.2m~1.5m,距其他反射面不应小于 1m。声级计调至 A 计权并慢挡读数,每隔 5s 读取一个瞬时 A 声级,共记录 100 个数据(当测量环境被打扰时,读数不记录在内),然后取算术平均值代表每一测量点的等效 A 声级,各测量点算术平均代表整个空间的等效 A 声级。应给出车库内噪声测量点分布图。

4.4.2 地下停车库入口处的噪声级应满足现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096 的规定。由于空间的独立性,独立型车库内部的噪声几乎不会对其他建筑空间产生干扰,在设计中只需要注意车库出入口的位置和朝向,应尽量远离住宅、医院、旅馆等对声环境要求较高的建筑,并应避免将出入口正对邻近建筑的主要房间的门窗,以免对这些空间形成噪声干扰。当车辆在出入口处的坡道上行驶产生的噪声很大时,应尽量将车行出入口布置在临近主要交通道路

的位置,并应选择隔声性能好的车库门,且宜设置自动闭门装置。

车辆在经过坡道的防滑层时会产生较大的噪声,应注意采用低噪声的防滑面层,或在坡道上铺贴柔性防滑卷材,以降低噪声的干扰。为了避免地下停车库入口位置噪声对其他空间的影响,在两侧的挡土墙面宜采取吸声措施,上方宜设置封闭式隔声罩。

4.4.3 地下停车库与其他地下建筑空间相邻时,一般情况下是与周围的建筑地下室通过隔墙、走廊相连。这类地下停车库的噪声通常会通过隔墙或走廊传播到相邻建筑,因此走廊的隔墙应选择面密度较大的材料构造,以保证足够的隔声性能;或选择双层墙体等隔声性能强的隔墙;也可利用建筑设计在适当的位置设置变形缝将建筑结构断开,切断噪声沿建筑结构的传播。可在毗邻连接部位的走廊处设置隔声门、双层门或形成“声闸”。

4.4.4 如果车库上部的空间为商场、餐饮等对噪声限值较高的空间时,可不做其他的隔声处理;但如果上部为住宅、会议室等对噪声限值较低的空间时,应考虑采用隔声较好的楼板。如:200mm厚钢筋混凝土楼板(含双面抹灰)的空气隔声量约达 50dB(计权隔声量与 A 计权交通噪声频谱修正量之和),亦可采用空心楼板或双层楼板的构造形式,或在车库的顶棚下做隔声吊顶。隔声吊顶应要求有良好的密封性,吊顶板上不应开设孔洞,同时应采用弹性吊钩。隔声吊顶应在所有的梁、板下连续安装以防止“声桥”的出现。吊顶应选择面密度较大的材料,且具有良好的防潮、耐火、保温及吸声的性能,以满足地下建筑空间的环境要求,具体措施可按现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的相关规定执行。

4.4.5 地下停车库与上部空间之间的楼板位置最容易透声的部位经常是为穿越管线而设置的孔洞,因此应当避免竖立管线从地下停车库直接通向上部空间。如果必须设置管线,则应集中布置,或设计管道井,并应在管线周围的空隙中填充密实的吸声材料,从而达到隔声的效果。

5 界面的声学处理

5.0.1 在声环境设计中,吸声材料和吸声结构得到了广泛的应用,可以缩短或调整空间的混响时间、控制反射声、消除回声、改善空间的听闻条件、降低噪声;吸声材料包括多孔吸声材料、穿孔板吸声结构、薄板/薄膜共振吸声结构以及空间吸声体。在设计中,应根据地下建筑空间的使用功能,选择适当的吸声材料。

5.0.2 疏松和柔软结构的多孔吸声材料,可能有纤维脱落和吹散的现象,对空间环境产生破坏,并影响使用者健康。若灰尘和水汽进入材料,将孔隙堵塞,会降低吸声性能,为了避免以上问题的出现,需对多孔吸声材料进行面层处理。可选用纤维织物、穿孔板(穿孔率大于20%)、金属网,以及纤维喷涂等作为多孔吸声材料的饰面材料。

5.0.3 湿度过大时,多孔材料的微孔将被阻塞,降低高频吸声性能;亦会使板材类的吸声材料产生变形,甚至表面剥落,吸声性能降低,并影响美观。因此,当地下建筑空间湿度较大时,应慎重选择吸声材料或结构。

5.0.4 吸声系数的大小与声波入射角度、声波频率等均有关。共振型吸声材料在斜入射时,与正(垂直)入射相比,吸声系数会有所下降。由于地下狭长空间三维尺度的特殊性,其内部声能分布的各向不均匀,且正(垂直)入射的声能所占的比例很小,因此对共振型吸声材料,应考虑其斜入射吸声系数。一般情况下采用斜入射 45° 时的吸声系数,当狭长空间的比例加大时,宜考虑斜入射大于 45° 时的吸声系数。斜入射吸声系数计算可参照马大猷编著的《声学手册》(科学出版社)。

5.0.5 街道型地下商场走廊两侧的店铺经常包含多孔性吸声体(如服装等),应充分加以利用;另外成排的店铺可视为串联的低频共振腔,有利于控制商场低频混响及噪声级。

6 设备噪声控制

6.0.1 地下建筑空间中的泵房等设备用房是高噪声源,应远离地下建筑空间的中心区或主体功能空间,尽量设置在空间尽端,独立成区,或与楼梯间、管道井等辅助空间相邻,宜对设备用房增设声闸或迷路,以减小对环境的噪声干扰。

6.0.2 强振动设备对地下建筑空间的噪声影响主要表现为固体传声,控制固体传声可通过设置减振措施来实现,如设备做隔振脚、在设备与基础之间铺设隔振垫或设置隔振器等。基础若能单独设置,与地下建筑空间的建筑结构基础断开,对避免振动声的传播更有效,单独基础周边应设置隔振槽。

6.0.3 地下建筑空间设备机房的围护结构包括机房墙体、门窗。墙体应选择面密度大的建筑材料砌筑,保证其具有一定的隔声性能;可在内墙面铺贴吸声材料,提高隔声性能;亦可采用双层墙,墙之间设不小于75mm的空气层,可在空气层内填充多孔吸声材料等,能进一步提高其隔声性能。应注意墙体砌筑和抹灰的质量,避免出现孔隙,影响墙体隔声效果。

地下建筑空间设备机房应采用专用隔声门,隔声门通常采用双层或多层板材,在各层门板之间设置空腔,内填吸声材料,保证其在较宽频带具有较好的隔声性能;若设备机房设有窗,应设置双层窗或单层双玻(或三玻)中空密封窗保证其隔声量。应注意做好门窗缝隙的隔声处理,可用胶条、密封毡等弹性材料堵塞缝隙。对特殊的高噪声级的设备可以考虑为该设备设置专门的隔声罩。

6.0.4 设备系统的管道可在管道外壁包裹吸声材料减振降噪,建筑设计时应尽可能在设备管道周边预留足够多的空间,便于降噪材料的铺设和安装;可设计竖井和吊顶等空间,在其内部布置管

道,以降低管道噪声的传播。

设备系统的管道接头应采用软连接,并应在设备的出口处或易产生噪声的部位设置消声器,以中、高频为主的噪声宜选择阻性消声器,以低频为主的噪声宜选择抗性消声器,对较宽频带的噪声可选择复合型消声器。

6.0.5 管道穿过楼板或墙体时,为了避免管道噪声直接作用于楼板或墙体并向外传播,应在管道外壁和洞口的间隙中填充吸声材料。管道敷设在墙槽内时,宜在管道外壁缠绕毛毡或沥青毡,管道固定应在管道和管卡之间装设隔振垫层。

6.0.6 设备用房中噪声级过高会对工作人员的听力造成损失和其他健康损害,因此应依据现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087 的相关规定,对设备用房进行噪声控制。

7 地下建筑空间的公共广播系统

7.0.1 对于使用者数量较大的地下建筑公共空间,如地下商场、地铁站等场所,紧急广播系统的语言清晰度非常重要,关系到在突发事件中能否有效引导人员进行安全疏散。本条参考了相关规定,建议 STIPA(公共广播系统语言传输指数)值不宜低于 0.50,以保证紧急广播中语言声的清晰度。STIPA 的具体测量方法可按现行国家标准《公共广播系统工程技术规范》GB 50526—2010 第 5 章的相关规定执行。

7.0.2 广播系统的语言清晰度主要取决于混响时间及背景噪声。为了保证广播系统能够有效地发挥作用,在无列车时,地下建筑空间内部的背景噪声必须保持在一定的控制限值以下,尤其在语言主要倍频程中心频率(500Hz、1000Hz、2000Hz、4000Hz)。计算表明,以上频率应备声压级高于背景噪声 15dB 时,能够较好地保证紧急广播系统的语言清晰度。

7.0.3 应备声压级值是指声场内紧急广播声压级的稳态有效平均值最小为 85dB(A);同时,为了保证良好的声场均匀度,地下空间内的应备声压级最小值不得低于 80dB(A)。应备声压级的具体测量方法可按现行国家标准《公共广播系统工程技术规范》GB 50526 中的相关规定执行。

7.0.4 本条中的公式(7.0.4)是依据现行行业标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008 第 16.6.5 条中的公式 16.6.5-3,原公式为 $D=2(H-1.3)\lg \frac{\theta}{2}$,公式中的收听高度取值为 1.3m,本条的公式取值考虑到地下建筑空间的声场特点和使用功能,因使用者都是站立着,收听高度与会议厅等场所中不同,应稍高,经调查

研究后将原公式中的收听高度值 1.3m 调整为 1.5m。

通过该公式可估算得出相邻扬声器较为适宜的水平间距,在具体设计时,再根据结构柱网尺寸等因素的影响,对计算结果略作调整以适应具体设计。在声场条件较为复杂的地下建筑公共空间中,建议采用仿真软件模拟等辅助设计的方法,确定扬声器的布局方案,以满足本标准第 7.0.2 条中对 STIPA 的规定。

7.0.5 当扬声器距地面的高度过大时,普通式扬声器的声学性能难以获得良好的语言清晰度,STIPA 值很难满足要求,此时选用有效覆盖角较小的扬声器能够在一定程度上提高语言清晰度。这是由于从声学角度看,增强扬声器系统的指向性,可以改善覆盖区域,增强直达声,从而提高语言清晰度。

除了有效覆盖角较小的天花式扬声器外,小功率的声柱也可以较好地满足上述条件,且更适合应用于室内高度较大的空间内,在设计安装时不应将声柱垂直指向地面,如图 1(a)所示,应具有一定的倾斜角度,如图 1(b)所示。

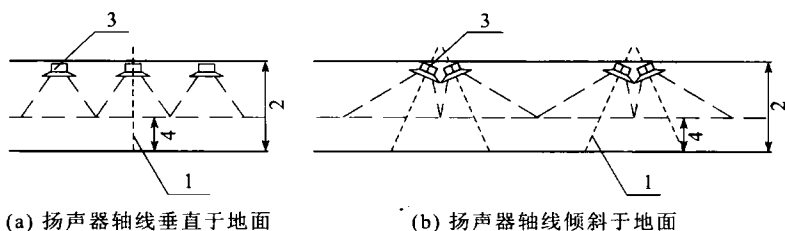


图 1 扬声器倾斜角度示意图

1—扬声器轴线;2—地面至顶棚的高度;3—扬声器;

4—接收点距地面高度取 1.5m

7.0.6 采用吸声材料做吊顶的地下建筑空间,或是以销售服装、纺织类商品为主的地下商场,其内部吸声量较大,从而可以大大缩短空间的混响时间,因此当扬声器距地面的高度较小时,采用有效覆盖角较大(4000Hz 有效覆盖角不宜小于 120°)的天花式扬声器,既可以保证语言清晰度的要求,又能避免因扬声器间距过小导

致数量过多而带来的浪费。

7.0.7 语言清晰度主要取决于信噪比和混响时间,信噪比较高、混响时间较短都有利于获得良好的语言清晰度。三维尺度较大的地下建筑空间混响时间较长,背景噪声较高,会导致信噪比值较低。虽然增大围合界面的吸声量能在一定程度上缩短混响时间,但应考虑其经济性和适用性,同时过多的吸声会导致信噪比减小,使 STIPA 值降低,反而给语言清晰度带来负面影响。减小扬声器距地面的高度,采用有效覆盖角较小(4000Hz 有效覆盖角为 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$)的扬声器能够增强收听者处的直达声声压级,从而增加信噪比,并避免各扬声器之间的相互干扰。

7.0.8 在地下建筑空间内,可以考虑引入一些人们喜欢的自然声,将其设计为主导声音,不但可以增加地下建筑空间声环境的趣味性,同时也可以有效地掩蔽掉一些人们不喜欢声音。例如,引入流水声音或者鸟叫声,配合视觉效果的小品,如喷泉或者鸟笼等,除了美化地下建筑空间的景观,还提升了主导声音的真实效果,从而消除人们对地下封闭空间的不安全感和紧张感。

广播系统的设计中,应考虑播放以上声音类型时的声环境质量,包括选择合适的混响时间。

7.0.9 STIPA 主要是针对语言类信号的清晰度,采用警笛或警铃信号时,出于经济性方面的考虑,不需采用大量吸声材料控制混响时间及 STIPA 值。

需本标准可按如下地址索购：

地址：北京百万庄建设部 中国工程建设标准化协会

邮政编码：**100835** 电话：**(010)88375610**

不得私自翻印。

S/N:1580242•478



9 158024 247800 >

统一书号:1580242•478

定价:15.00 元