



国家级职业教育规划教材

全国高职高专环境保护类专业规划教材 QUANGUO GAOZHI GAOZHUAN HUANJINGBAOHULEI ZHUANYE GUIHUAJIAO

噪声污染控制技术

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会 组织编写

主 编 汪 葵
副主编 刘青龙
主 审 唐敏康

ZAOSHENG WURAN KONGZHI JISHU

全国高职高专环境保护类专业规划教材

全国高职高专环境保护类专业规划教材编委会

附录(CIP)目录附录五并图

噪声污染控制技术

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会组织编写

主 编 汪 葵

副主编 刘青龙

主 审 唐敏康



137443

广西工学院鹿山学院图书馆



d137443

中国劳动社会保障出版社

林慧霞 张业 李类 倪 尉 李 高 即 高 国 全

图书在版编目(CIP)数据

噪声污染控制技术/汪葵主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2010

全国高职高专环境保护类专业规划教材

ISBN 978-7-5045-8319-2

I. 噪… II. 汪… III. 噪声控制-高等学校:技术学校-教材 IV. TB535

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 085826 号

葵 主
汪 主 编
尉 审 主



中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

中国铁道出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 8.25印张 189千字

2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷

定价:15.00元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

序 言

环境保护是伴随人类社会经济发展永恒的主题,我国党和政府一贯高度重视环境保护工作。近年来,随着我国经济建设的快速发展,社会和企业对环境保护应用型人才的需求日益扩大,这给高职高专环境保护专业建设带来了新的机遇和挑战。为了更有力地推动环境保护专业教育的发展和专业人才的培养,加强教材建设这一专业建设的重要基础工作,教育部高等学校高职高专环境保护与气象类专业教学指导委员会(以下简称“教指委”)与人力资源和社会保障部教材办公室结合各自的领域优势,共同组织编写了“全国高职高专环境保护类专业规划教材”。本套教材包括《环境监测》《水污染控制技术》《大气污染控制技术》《噪声污染控制技术》《固体废物处理与处置》《污水处理厂(站)运行管理》《环境保护概论》《环境管理》《环境生态学基础》《环境影响评价》《环境法实务》《环境工程制图与CAD》《室内环境检测》《环境保护设备及其应用》《环境专业英语》《环境工程微生物技术》《环境工程给水排水技术》17种。

本套全国规划教材的编写力求满足高职高专环境保护类专业课程体系和课程教学的新发展,立足教学现状,力求创新,在吸收已有教材成果的基础上,将本学科最新的理论、技术和规范纳入教学内容,并与国家最新的相关政策标准、法律法规保持一致。为满足培养应用型人才目标的需要,整套教材体现了职业教育特色,避免大量理论问题的分析和讨论,强调以实际技能和职业需求带动教学任务,技能实训部分采用项目模块化编写模式,提倡工学结合,增加可操作性和工作实践性,为学生今后的职业生涯打下坚实的基础。同时,每章列有学习目标、章后小结和形式多样的复习题,便于学生理清知识脉络、掌握学习重点;丰富的课外阅读材料可让学生在学中提高兴趣,拓宽视野。

在本套教材开发过程中,教指委进行精心的组织指导,全国20余所高等院校、科研院所近百名专家和老师积极参与编写和审订,在此特向他们表示衷心的感谢!

我们相信,本套教材的出版必将为我国高职高专环境保护类专业的发展和教材建设做出重要的贡献。因时间紧迫和各因素的制约,教材中难免仍有不足之处,恳请专家学者、广大师生和其他读者提出宝贵意见。

全国高职高专环境保护类专业规划教材编委会

2009年6月

内 容 简 介

本书根据高职高专环境类专业教材的基本要求编写而成，内容紧密结合噪声污染治理行业、企业岗位高技能人才的实际需求，突出了教材的工程实用性与实践性。

本书共分8章，内容包括：绪论、噪声控制基础、隔声、吸声、消声、隔振与阻尼、噪声的测量、噪声环境影响评价以及技能训练等。本书内容注重理论与实践结合，体现了高等职业教育的特色。

本教材为教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会组织编写的全国高职高专环境保护类专业规划教材之一，供环境保护高职高专相关专业师生教学使用，也可作为从事环境噪声治理技术人员的参考书。

前 言

随着现代工业、交通运输业和城市建设的发展,环境噪声污染已成为国内外影响最大的公害之一。为满足社会对环境噪声治理专门人才,特别是具有从事环境噪声污染控制的综合能力,在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者的需求,许多学校先后开设了环境噪声污染控制课程,培养出一批又一批职业人才。为了满足职业教学需要,编者在原有教材的基础上,集多年的教学和科研经验,编成此书。

本书充分考虑职业教育对教材的要求,以学生为本,注重对专业素质和能力的培养。在编排的过程中,力求教材的实用性。重点介绍目前噪声污染控制的基本方法、控制设备以及典型的应用实例,概况性的介绍有关噪声污染控制技术的基本原理,对于一些必要的计算,只是介绍最基本的计算方法,复杂的计算本书介绍的很少甚至不介绍。

本书在编写时,考虑职业教育学生学习的特点,在主要章节后安排了技能训练、阅读材料、思考与练习等内容,旨在锻炼学生的专业技能、扩大学生的知识面。

本书由江西环境工程职业学院汪葵(编写绪论、第6章)、江西环境工程职业学院刘青龙(编写第1章、第2章)、南昌理工学院雷颀(编写第3章、第4章)、金华职业技术学院裘建平(编写第5章、第7章)编写,全书由汪葵主编并统稿、刘青龙任副主编。

本书由江西理工大学唐敏康教授担任主审,提出了许多指导性意见和建议,并予以大力支持,在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中,参考并引用了大量文献资料,并邀请行业、企业专家对书稿进行了审阅。在此,谨对参考文献的原作者和对本书提出宝贵意见和建议的行业、企业专家表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,再加时间仓促,错误和疏忽之处在所难免,诚望广大读者批评指正。

编 者
2010年3月

全国高职高专环境保护类专业规划教材编委会

- 主任** 林振山 南京师范大学, 教授、博士生导师, 教指委主任
副主任 李元 云南农业大学, 教授、博士生导师, 教指委副主任
王国祥 南京师范大学, 教授、博士生导师, 教指委秘书长
张宝军 徐州建筑职业技术学院, 博士、教授, 教指委委员
王灿发 中国政法大学, 教授、博士生导师, 中国法学会环境资源法研究会副会长
谷 峡 黑龙江建筑职业技术学院, 教授

委员 (排名不分先后)

- 朴光洙 中国环境管理干部学院
王有志 黑龙江建筑职业技术学院
王英健 辽宁石化职业技术学院
史永纯 黑龙江生态工程职业学院
吴卫东 江苏盐城技师学院
钟 飞 南京化工职业技术学院
汪 葵 江西环境工程职业学院
赵 育 中国环境管理干部学院
王怀宇 邢台职业技术学院
马 英 邢台职业技术学院
郭 军 黑龙江生态工程职业学院
谭慧明 辽宁工业大学
龚贵生 徐州建筑职业技术学院
王存海 邢台职业技术学院

刘明华	河北秦皇岛市环境监测站
姜松歧	哈尔滨市固废辐射管理中心
牛树奎	北京林业大学
谷群广	邢台职业技术学院
崔宝秋	锦州师范高等专科学校
丁邦东	扬州工业职业技术学院
展惠英	甘肃联合大学
彭波	南京化工职业技术学院
王政	中国环境管理干部学院
关贺群	黑龙江省伊春林业学校
梁贤军	四川化工职业技术学院
郭春明	黑龙江建筑职业技术学院
刘青龙	江西环境工程职业学院
裘建平	金华职业技术学院
雷颀	南昌理工学院
石碧清	中国环境管理干部学院
颜廷良	江苏盐城技师学院
王中华	泰州职业技术学院
叶兴刚	十堰职业技术学院
郭有才	邢台职业技术学院
段晓莹	邢台财贸学校
焦桂枝	河南城建学院
马永刚	黑龙江生物科技职业学院
吴琦	哈尔滨工程大学
梁晶	黑龙江生态工程职业学院
张朝阳	长沙环保职业技术学院
丁可轩	黄河水利职业技术学院
连志东	北京市环境保护局

目 录

绪 论	(1)
1 噪声控制基础	(5)
1.1 声音的产生	(5)
1.2 噪声的声学特征	(6)
1.3 噪声的传播特性	(14)
阅读材料一 噪声的利用	(19)
思考与练习	(20)
2 隔声	(21)
2.1 隔声原理	(21)
2.2 隔声装置	(24)
2.3 隔声设计	(30)
技能训练一 隔声设计	(32)
阅读材料二 纸面石膏板的隔声及应用	(35)
思考与练习	(37)
3 吸声	(38)
3.1 吸声原理	(38)
3.2 吸声装置	(40)
3.3 吸声技术应用	(47)
技能训练二 吸声设计	(49)
阅读材料三 利用绿化控制噪声	(53)
思考与练习	(54)
4 消声	(56)
4.1 消声原理	(56)
4.2 消声器	(59)
4.3 消声技术应用	(69)
技能训练三 消声器的选用与安装	(74)
阅读材料四 为什么无声手枪的声音很小	(77)

思考与练习	(78)
5 隔振与阻尼	(79)
5.1 隔振原理	(79)
5.2 隔振元件	(83)
5.3 阻尼原理	(88)
技能训练四 隔振设计	(92)
阅读材料五 阻尼技术的发展历史	(95)
思考与练习	(96)
6 噪声的测量	(97)
6.1 噪声的测量仪器	(97)
6.2 噪声监测	(101)
技能训练五 道路声屏障插入损失的测量	(106)
阅读材料六 声学全息术应用于噪声测量	(109)
思考与练习	(109)
7 噪声环境影响评价	(110)
7.1 噪声控制标准	(110)
7.2 噪声环境影响评价	(114)
阅读材料七 长春轻轨交通噪声环境影响评价	(119)
思考与练习	(121)
参考文献	(122)

绪 论

1. 噪声的概念

物体的振动能产生声音，声波经空气媒介的传递使人耳感觉到声音的存在。但是，人们听到的声音有的很悦耳，有的却很难听甚至使人烦躁，那是什么道理呢？从物理学的角度讲，声音可分为乐音和噪声两种。当物体以某一固定频率振动时，耳朵听到的是具有单一音调的声音，这种以单一频率振动的声音称为纯音。但是，实际物体产生的振动是很复杂的，它是由各种不同频率的许多简谐振动所组成的，把其中最低的频率称为基音，比基音高的各频率称为泛音。如果各次泛音的频率是基音频率的整数倍，那么这种泛音称为谐音。基音和各次谐音组成的复合声音听起来和谐悦耳，这种声音称为乐音。钢琴、提琴等各种乐器演奏时发出的声音就具有这种特点。这些声音随时间变化的波形是有规律的，而它所包含的频率成分中基音和谐音之间成简单整数比。所以，凡是有规律振动产生的声音就称为乐音。

如果物体的复杂振动由许许多多频率组成，而各频率之间彼此不成简单的整数比，这样的声音听起来既不悦耳，也不和谐，还会使人产生烦躁。这种频率和强度都不同的各种声音杂乱地组合而产生的声音就称为噪声。各种机器噪声之间的差异就在于它所包含的频率成分和其相应的强度分布都不相同，因此使噪声具有了各种不同的种类和性质。从环境和生理学的观点分析，凡是使人厌烦的、不愉快的和不需要的声音都统称为噪声，它包括危害人们身体健康的声音，干扰人们学习、工作和休息的声音及其他不需要的声音。

2. 噪声的类型

一般来说，噪声主要分为过响声、妨碍声、不愉快声、无影响声等几类。过响声是指很响的声音，如喷气发动机排气声、大炮射击的轰鸣声等。妨碍声是指一些声音虽不太响但它妨碍人们交谈、思考、学习和睡眠的声音。如摩擦声、刹车声、吵闹声等噪声称为不愉快声。人们生活中习以为常的如室外风声、雨声、虫鸣声等声音称为无影响声。

(1) 按城市环境噪声分类

根据噪声源的不同，噪声可分为工业噪声、交通噪声、建筑施工噪声和生活噪声四种。工业噪声是指工厂在生产过程中，由于机械振动、摩擦撞击及气流扰动产生的噪声。交通噪声是指飞机、火车、汽车和拖拉机等交通运输工具在飞行和行驶中所产生的

噪声。

建筑施工噪声是指建筑工地在施工过程中由建筑机械发生的噪声。例如,距声源 15 m 处测得打桩机噪声为 95~105 dB,混凝土搅拌机噪声为 80~90 dB,推土机噪声为 78~96 dB。

生活噪声是指街道以及建筑物内部各种生活用品设备和人们日常活动所产生的噪声。

工业噪声、交通噪声、建筑施工噪声和生活噪声也是构成环境噪声的四个主要来源。噪声使人感到烦恼,强的噪声还会给人体健康带来危害。

(2) 按发声机理分类

按噪声产生的机理,可分为机械噪声、空气动力性噪声和电磁噪声。

机械噪声是由于机械部件之间,在摩擦力、撞击力和非平衡力的作用下振动而产生的。简而言之,是固体振动产生的噪声。机械噪声的特征是与受激振部件大小、形状、边界条件、激振力的特性有关。织布机、球磨机、车床、齿轮等发出的噪声是典型的机械噪声。

空气动力性噪声是由下述多种形式形成:高速或高压气流与周围空气介质剧烈混合而辐射噪声,如锅炉排气放空噪声等;气流流经障碍物后,形成涡流而辐射噪声,如气流流经阀门产生的噪声等;旋转的动力机械作用于气体,产生压力脉冲而辐射噪声,如飞机螺旋桨转动时发生的噪声等;进、排气时,使周围空气的压强和密度不断受到扰动而产生噪声,如鼓风机的进、排气噪声等。综上所述,凡高速气流、不稳定气流以及由于气流与物体相互作用产生的噪声,称为空气动力性噪声。

电磁噪声是由电磁场的交替变化,而引起某部机械部件或空间容积振动产生的。噪声的主要特征取决于交变磁场特性、被激发振动部件和空间的大小形状等。电磁噪声包括电动机、发电机、变压器和日光灯镇流器等发出的噪声。

3. 噪声的危害

噪声的危害是多方面的,噪声不仅对人们的正常生活和工作造成极大干扰,影响人们交谈、思考,影响人的睡眠,使人感到烦躁,反应迟钝,工作效率降低,分散人的注意力,引起工作事故,更严重的情况是噪声可使人的听力和健康受到损害。

(1) 噪声对听力的损伤

大量的调查研究表明,人们长期在强噪声环境下工作,内耳听觉组织会受到损伤,造成耳聋,噪声的强度越大、频率越高、作用时间越长、个人耐力越小,则危害越严重。据统计资料表明,80 dB(A)以下的噪声不会引起噪声性耳聋;80~85 dB(A)的噪声会造成轻微的听力损伤;85~100 dB(A)的噪声会造成一定数量的噪声性耳聋;而在 100 dB(A)以上时,则造成相当大数量的噪声性耳聋。人在没有思想准备的情况下,强度极高的爆震性噪声(如突然放炮、爆炸时)可使听力在一瞬间永久丧失,即产生爆震性耳聋,这时人的听觉器官将遭受严重创伤。

(2) 噪声对人体的生理影响

噪声对人体健康的影响是多方面的。噪声作用于人的中枢神经系统,使人们大脑皮层的兴奋与抑制平衡失调,导致条件反射异常,使脑血管张力遭到损害。这些生理上的变化,在早期能够恢复原状,但时间一久,就会导致病理上的变化,使人产生头痛、脑胀、耳鸣、失眠、心慌、记忆力衰退和全身疲乏无力等症状。噪声作用于中枢神经系统还会影响胎儿发

育,造成胎儿畸形,并且妨碍儿童智力发育。

噪声对消化系统、心血管系统也有严重的不良影响,会造成消化不良、食欲不振、恶心呕吐,从而导致胃病的发病率提高,使高血压、动脉硬化和冠心病的发病率比正常情况高出2~3倍。噪声对视觉器官也会造成不良的影响。据调查,在高噪声环境下工作的人常有眼病、视力减退、眼花等症状。

(3) 噪声对仪器设备和建筑结构的危害

噪声对仪器设备也会有严重影响,当噪声超过135 dB时电子仪器的连接部位会出现错动,引线产生抖动,微调元件发生偏移,使仪器发生故障而失效。强噪声会使机械结构因声疲劳而断裂酿成事故。在冲击波的作用下,建筑物会出现墙壁开裂、屋顶掀起、玻璃破碎、烟囱倒塌等故障。

4. 噪声控制的基本途径

同水体污染、大气污染和固体废物污染不同,噪声污染是一种物理性污染,它的特点是局部性和没有后效的。噪声在环境中只是造成空气物理性质暂时的变化,噪声源的声输出停止之后,污染立即消失,不留下任何残余物质。噪声的防治主要是控制声源和声的传播途径,以及对接收者进行保护。

解决噪声污染问题的一般程序是首先进行现场噪声调查,测量现场的噪声级和噪声频谱,然后根据有关的环境标准确定现场容许的噪声级,并根据现场实测的数值和容许的噪声级之差确定降噪量,进而制定技术上可行、经济上合理的控制方案。

(1) 控制途径

1) 声源控制

运转的机械设备和运输工具等是主要的噪声源,控制它们的噪声有两条途径:一是改进结构,提高其中部件的加工精度和装配质量,采用合理的操作方法等,以降低声源的噪声发射功率。二是利用声的吸收、反射、干涉等特性,采用吸声、隔声、减振、隔振等技术,以及安装消声器等,控制声源的噪声辐射。

采用各种噪声控制方法,可以收到不同的降噪效果。如将机械传动部分的普通齿轮改为有弹性轴套的齿轮,可降低噪声15~20 dB;把铆接改成焊接,把锻打改成摩擦压力加工等,一般可减低噪声30~40 dB。

2) 传声途径的控制

传声途径控制的主要措施有:①声在传播中的能量是随着距离的增加而衰减的,因此使噪声源远离需要安静的地方,可以达到降噪的目的。②声的辐射一般有指向性,处在与声源距离相同而方向不同的地方,接收到的声强度也就不同。不过多数声源以低频辐射噪声时,指向性很差;随着频率的增加,指向性就增强。因此,控制噪声的传播方向(包括改变声源的发射方向)是降低噪声尤其是高频噪声的有效措施。③建立隔声屏障,或利用天然屏障(如土坡、山丘等),以及利用其他隔声材料和隔声结构来阻挡噪声的传播。④应用吸声材料和吸声结构,将传播中的噪声声能转变为热能等。⑤在城市建设中,采用合理的城市防噪声规划。此外,对于固体振动产生的噪声采取隔振措施,以减弱噪声的传播。

3) 接收者的防护

为了防止噪声对人的危害,可采取下述防护措施:①佩戴护耳器,如耳塞、耳罩、防声

盔等。②减少在噪声环境中的暴露时间。③根据听力检测结果,适当调整在噪声环境中的工作人员。人的听觉灵敏度是有差别的。如在 85 dB 的噪声环境中工作,有人会耳聋,有人则不会。可以每年或几年进行一次听力检测,把听力显著降低的人调离噪声环境。

(2) 控制措施的选择

合理地控制噪声的措施,是根据噪声控制费用、噪声容许标准、劳动生产效率等有关因素进行综合分析确定的。以一个车间为例,如果噪声源是一台或少数几台机器,而车间里工人较多,一般可采用隔声罩,降噪效果为 10~30 dB;如果车间里工人少,经济有效的方法是用护耳器,降噪效果为 20~40 dB;如果车间里噪声源多而分散,工人又多,一般可采取吸声降噪措施,降噪效果为 3~15 dB;如果工人不多,可用护耳器,或者设置供工人操作的隔声间。机器振动产生噪声辐射,一般采取减振或隔振措施,降噪效果为 5~25 dB。如机械运转使厂房的地面或墙壁振动而产生噪声辐射,可采用隔振机座或阻尼措施。

1 噪声控制基础

随着现代工业、建筑业和交通运输业的迅速发展,各种机械设备、交通工具在急剧增加,噪声污染日益严重,它影响和破坏人们的正常工作和生活,危害人体健康,在《中华人民共和国环境噪声污染防治法》中,环境噪声是指在工业生产、建筑施工、交通运输和社会生活中所产生的影响周围生活环境的声音。

1.1 声音的产生

1.1.1 声源

在日常生活中,存在各种各样的声音,有谈话声、广播声、各种车辆运动声、工厂的各种机器声等。人们的一切活动离不开声音,正因为有了声音,才能进行交谈,才能从事生产和社会实践活动。如果没有声音,整个世界将处于难以想象的寂静中。可见声音对人类是非常重要的。那么,声音是怎样产生的呢?人们大声说话时,喉头在振动;喇叭发声时,纸盆在振动;音叉发声时,叉股在振动。大量事实表明,声音是由于物体的振动产生的。人们周围产生振动的声源非常丰富,如正在演奏的乐器、鸣叫的动物以及各种运转的机器。不仅固体因振动而发声,液体和气体也会因振动而发声。唐代诗人孟浩然的诗“春眠不觉晓,处处闻啼鸟。夜来风雨声,花落知多少”中的鸟声、雨声、风声分别是固体、液体和气体的振动而产生的声音。总之,物体的振动是产生声音的根源。发出声音的物体称为声源。声源发出的声音必须通过中间媒质才能传播出去。

1.1.2 声音的传播

当声源振动时,就会引起周围弹性介质——空气分子的振动。这些振动的分子又会使其周围的空气分子产生振动。这样,声源产生的振动就以声波的形式向外传播。声波不仅可以在空气中传播,而且可以在液体和固体中传播。但是,声波不能在真空中传播,因为真空中不存在能够产生振动的弹性媒质。根据传播媒质的不同,可以将声分成空气声、水声和固体(结构)声等类型。

在空气中,声波是一种纵波,这时的媒质质点振动方向是与声波的传播方向相一致。反

之,将质点振动方向与声波传播方向相互垂直的波称为横波。在固体和液体中既可能存在声波的纵波,也可能存在声波的横波。

纵波和横波都是通过质点间的动量传递来传播能量的,而不是由物质的迁移来传播能量的。例如,向水池中投掷小石块,就会引起水面的起伏变化,向外一圈一圈地传播,但水质点(或水中的漂浮物)只是在原位置上下运动,并不向外移动。

物体振动会产生声音,如果物体振动的幅度随时间的变化如正弦曲线那样,那么这种振动称为简谐振动。物体作简谐振动时周围的空气质点也作简谐振动。物体离开静止位置的距离称为位移 x ,最大的位移称为振幅 a ,简谐振动位移与时间的关系可表示为: $x = \sin(2\pi ft + \varphi)$,其中 f 为频率, $\sin(2\pi ft + \varphi)$ 叫简谐振动的相位角,它是决定物体运动状态的重要物理量, φ 表示 $t=0$ 时的相位角叫初相位。振幅 a 的大小决定了声音的强弱。

物体在 1 s 内振动的次数称为频率,单位为赫兹(Hz),简称赫。声音每秒钟振动的次数越多,其频率越高,人耳听到的声音就越尖,或者说音调越高。人耳并不是对所有频率的振动都能感受到的。一般说来,人耳只能听到频率为 20~20 000 Hz 的声音,通常把这一频率范围的声音叫音频声:低于 20 Hz 的声音叫次声,高于 20 000 Hz 的声音叫超声。次声和超声人耳都不能听到,仅有一些动物能听到,例如,老鼠能听到次声,蝙蝠能感受到超声。

振动在媒质中传播的速度叫声速。在任何一种媒质中的声速取决于该媒质的弹性和密度。声音在空气中的传播速度还随空气温度的升高而增加。声音在不同媒质中传播的速度也是不同的,在液体和固体中的传播速度一般要比在空气中快,例如,在水中声速为 1 450 m/s,而在钢中则为 5 000 m/s。

声波中两个相邻的压缩区或膨胀区之间的距离称为波长 λ ,单位为 m。波长、频率和速度间存在如下的关系:

$$\lambda = c/f = cT$$

其中 T 为周期,是物体来回振动一次所需的时间。因此,波长是声音在一个周期的时间中所行进的距离。波长和频率成反比,频率越高,波长越短;频率越低,波长越长。

1.2 噪声的声学特征

与乐音相比,噪声具有许多相同的声学特征,也有不同的特点。为了对噪声进行控制和治理,必须对噪声的声学特征、噪声频谱进行分析。本节主要学习噪声的物理度量和主观评价量,包括声压、声强、声功率、声压级、声强级、声功率级、响度和响度级等基本概念。

1.2.1 噪声的物理量度

1.2.1.1 声压与声压级

如前所述,声音在介质中是以波动方式传播的。当没有声波存在、大气处于静止状态时,其压强为大气压强 p_0 。当有声波存在时,局部空气产生压缩或膨胀,在压缩的地方压强增加,在膨胀的地方压强减少,这样就在原来的大气压上又叠加了一个压强的变化。这个叠加上去的压强变化是由于声波而引起的,称为声压,用 p 表示,其单位是 N/m² 或帕斯卡

(简称帕)。声压的大小与物体的振动有关,物体振动的振幅越大,则压强的变化也越大,因此声压也越大,人们听起来就越响。

当物体作简谐振动时,空间各点产生的声压也是随时间作简谐变化,某一瞬间的声压称为瞬时声压。在一定时间间隔中将瞬时声压对时间求方均根值即得到有效声压。一般用电子仪器测得的声压即是有效声压。因此,习惯上所指的声压往往是指有效声压,用 p_e 表示,它与声压幅值 p_A 之间的关系为: $p_e = p_A / \sqrt{2}$ 。

人们在日常生活中会遇到各种声音,其声压数据举例如下:

正常人耳能听到的最弱声音 $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$

织布车间 2 Pa

普通说话声 (1 m 远处) $2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$

柴油发动机、球磨机 20 Pa

公共汽车内 0.2 Pa

喷气式飞机起飞 200 Pa

声压是表示声音强弱最常用的物理量,大多数声接收器都是相应于声压的。多大的声压能使人耳具有声音的感觉呢?正常人耳能听到的最弱声压为 $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$,称为人耳的“听”。当声压达到 20 Pa 时,人耳就会产生疼痛的感觉, 20 Pa 为人耳的“痛阈”。“听”与“痛阈”的声压之比为一百万倍。

由于正常人耳能听到的最弱声音的声压和能使人耳感到疼痛的声音,其声压变化范围从 $2 \times 10^{-5} \sim 20 \text{ Pa}$,相差一百万倍,表达和应用起来很不方便。同时,实际上人耳对声音大小的感受也不是线性的,它不是正比于声压绝对值的大小,而是同它的对数近似成正比。因此,如果将两个声音的声压之比用对数的标度来表示,那么不仅应用简单,而且接近于人耳的听觉特性。这种用对数标度来表示的声压称为声压级,它用分贝来表示。某一声音的声压级定义是:该声音的声压 A 与某参考声压 A_M 的比值取以 10 为底的对数再乘以 20,即:

$$L_p = 20 \lg (p/p_0)$$

L_p 为声压级,单位分贝,记作 dB; p_0 是参考声压,国际上规定 $p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$,这就是人耳刚能听到的最弱声音的声压值。

引入声压级的概念后,巨大的数字就可以大大简化。听的声压为 $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$,其声压级就是 0。普通说话声的声压是 $2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$,代入上式,可得与此声压相应的声压级为 60 dB。使人耳感到疼痛的声压是 20 Pa ,它的声压级则为 120 dB,听与痛的声压之比从 100 万倍的变化范围变成 0~120 dB 的变化。所以,这种方法已为世人所公认和普遍采用。目前国内外声学仪器上都采用分贝刻度,从仪器上可以直接读出声压级的分贝数。

1.2.1.2 声强与声强级

声波的强弱可以用几种不同的方法来描述,最方便的一般是测量它的声压,这要比测量振动位移、振动速度更方便更实用。但是有时需要直接知道机器所发出噪声的声功率,这时就要用声能量和声强来描述。

任何运动的物体包括振动物体在内都能够做功,通常说它们具有能量,这个能量来自振动的物体,因此,声波的传播也必须伴随着声振动能量的传递。当振动向前传播时,振动的能量也跟着转移。在声传播方向上,单位时间内垂直通过单位面积的声能量,称为声音的强