

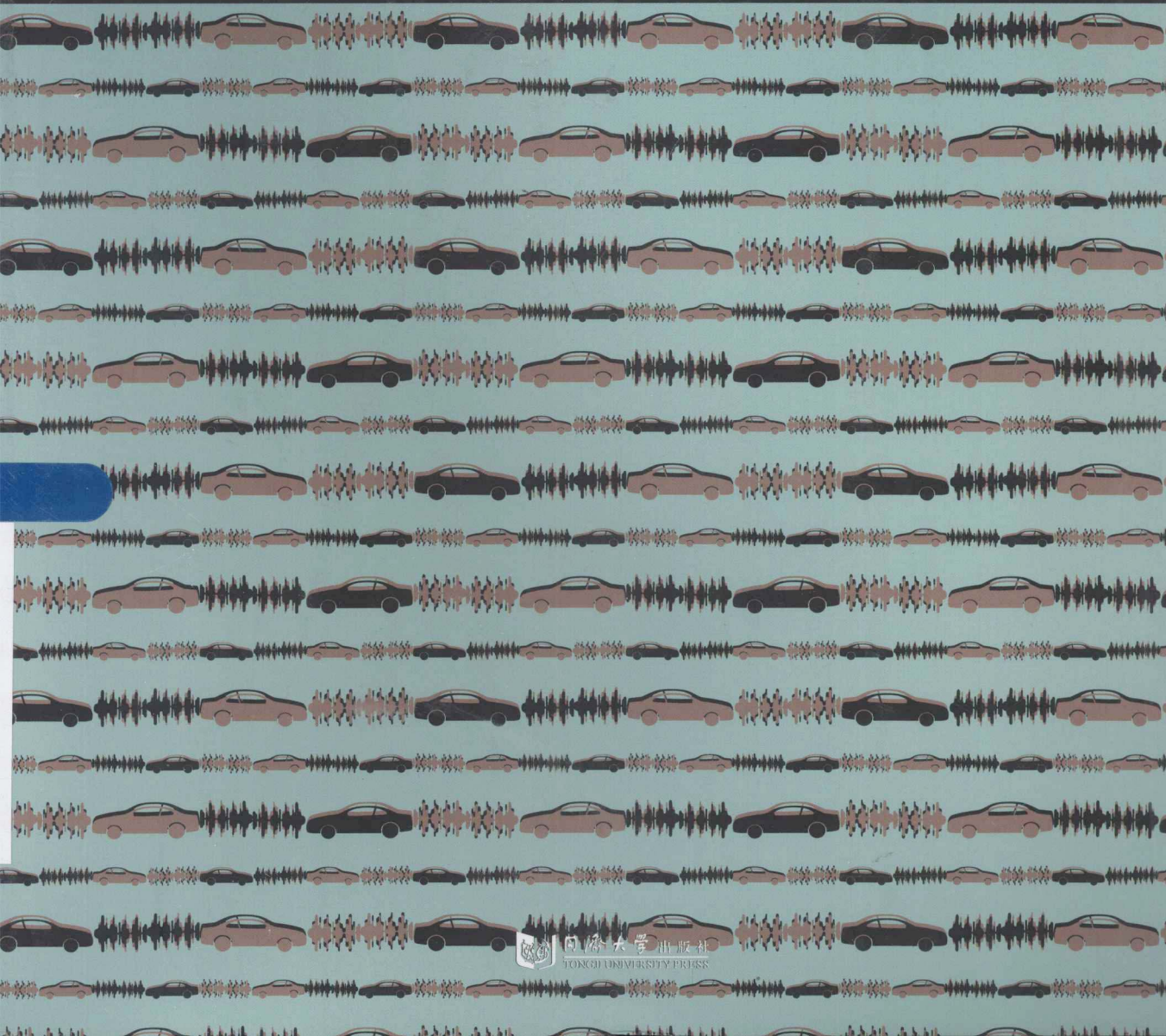
 同济大学研究生教材

汽车声学

Automotive Acoustics

主 编 葛剑敏

副主编 薛殿伦



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

 同济大学研究生教材

汽车声学

Automotive Acoustics

主 编 葛剑敏

副主编 薛殿伦

内 容 提 要

本书是同济大学研究生教材出版基金支持项目,是“声学系列教材”之一,主要内容是从噪声产生的根源上阐述解决交通噪声的问题。本书详细论述了交通噪声从噪声源上评价和控制的基本原理和措施,突出应用性,尤其注重学生综合能力的培养,并尽可能反映近几年国内外在汽车噪声和振动控制中取得的最新研究成果。全书共分六篇 29 章,第一篇介绍汽车声学的基本理论,第二篇阐述轮胎噪声与振动产生机理、标准、实验方法和控制措施,第三篇详细论述了汽车传动系噪声和振动产生机理、仿真计算、实验方法和控制措施,第四篇阐述汽车发动机噪声与振动产生机理、实验方法和控制措施,第五篇阐述汽车车身振动模态与噪声产生机理、实验方法、有限元计算和控制措施,第六篇详细论述了汽车整车噪声与振动排放技术、平顺性、整车仿真计算、振动试验优化分析。

全书思路清晰、语言简练、知识系统、结构合理,注重声学理论和声学图像的介绍。可作为普通高等学校理科和工科等各研究生或本科生的专业教材或参考书,也可供从事环境保护、车辆设计、轮胎设计和交通噪声控制等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车声学 / 葛剑敏主编. -- 上海: 同济大学出版社, 2013. 6

ISBN 978-7-5608-5152-5

I. ①汽… II. ①葛… III. ①汽车噪声—高等学校—教材 IV. ①X501

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 094870 号

汽车声学

主编 葛剑敏 副主编 薛殿伦

责任编辑 张 莉

责任校对 徐春莲

封面设计 张 微

出版发行 同济大学出版社 www.tongjiipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)
经 销 全国各地新华书店
印 刷 同济大学印刷厂
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 17
印 数 1—1 500
字 数 424 000
版 次 2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-5152-5

定 价 38.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

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(尤其交通噪声)已成为国内外影响最大的公害之一。为适应环境保护事业发展的需要,我国许多高等学校设立了与城市环境相关的环境工程、应用物理、声学、车辆工程等专业,并开设相关声学方面的课程,汽车声学是“声学系列教材”之一,主要内容是从噪声产生的根源上阐述解决交通噪声的问题。作者从事声学、应用物理、车辆工程、环境工程、环境科学和建筑物理方面的教学和科研工作多年,本书是作者经过多年教学和科研的经验与成果的积累,结合我国轮胎标签法制定与相关声学限值标准的起草和修订工作,并汲取了近年来国内外的最新成就编写而成的。

编写本书的指导思想是以工程实用为主,并给以必要的理论基础知识,力图使学生通过本课程学习,了解汽车基本结构、噪声源机理、噪声的传播途径、噪声的评价与测试方法、汽车声学设计方法和最新发展动态,最终掌握汽车结构的声学设计理论和方法,培养对汽车声学技术的兴趣,并拓宽知识面。特别注意培养学生具有综合运用所学知识去分析和解决实际问题的能力。

本书所用到的数学公式和物理概念,要求掌握其基本原理,理论推导从简。书中列出了一些常用的数据,对一些复杂的计算公式还给出图表,以便于工程设计时查阅。书中所列实例、标准、评价方法,可供设计时参考。

为适应各院校授课时数的不同,研究生和本科生要求的教学计划不同,工程技术人员的工作需求不同,书中前后章节虽有相互联系,但各章节具有一定的独立性,在教学中可根据实际教学时数适当取舍。建议教师在使用本书时,如果条件允许,可开设一些汽车声学实验和课程设计课。

本书是所有编者集体劳动的结晶。本书主编葛剑敏,副主编薛殿伦,各章的作者分别为:洪宗辉(第1—3章)、葛剑敏(第4—10章、第12—19章、第27—29章)、薛殿伦(第11章、第20—26章)。

由于本书的编写和出版比较仓促,也限于编者的学术水平,书中难免存在错漏之处,我们诚恳地欢迎使用本书的师生和其他读者对本书的不妥和错误之处提出宝贵意见,我们将在今后的再版中加以纠正,使本书日趋完善。

编 者

2013年1月

目 录

前言

第一篇 基本理论

第 1 章 绪论	3
1.1 噪声及其危害	3
1.2 声学的研究内容	5
第 2 章 声波的基本性质及传播规律	8
2.1 声波的产生	8
2.2 声波的基本类型	10
2.3 声波的叠加	14
2.4 声波的反射、透射、折射和衍射	16
2.5 级的概念	20
2.6 声波在传播中的衰减	24
2.7 声源的辐射	27
第 3 章 噪声与振动测试	33
3.1 测量仪器	33
3.2 声强及声功率测量	40
3.3 道路交通噪声测试	43
3.4 振动及其测量方法	43

第二篇 轮胎噪声与振动控制

第 4 章 轮胎基本知识与发展趋势	49
4.1 轮胎振动与噪声研究的目的意义	49
4.2 轮胎的结构特性、发展概况和发展趋势	49
4.3 提高轮胎质量的重要性	52

4.4	轮式车辆自激振动的研究概况	53
4.5	轮胎噪声的发展及研究概况	54
第5章	轮胎模态试验及在轮胎结构设计中的应用研究	56
5.1	概述	56
5.2	试验方法分析	56
5.3	试验条件	57
5.4	轮胎内部结构及外部参数与轮胎的固有频率特性关系研究	58
5.5	轮胎试验模态与有限元计算的对比分析	60
5.6	受力轮胎试验模态分析	61
第6章	轮胎噪声机理与试验研究	63
6.1	轮胎噪声测试及研究方法	63
6.2	轮胎噪声的分类	65
6.3	轮胎噪声的影响因素	65
6.4	轮胎噪声的评价指标	68
第7章	轮胎花纹块与胎体变形在轮胎结构设计中的应用	70
7.1	概述	70
7.2	受力轮胎胎面花纹及胎体变形测试方法及装置研究	71
7.3	受力轮胎胎面花纹及胎体变形测试结果分析	73
第8章	轮胎胎面非正常磨损	78
8.1	概述	78
8.2	轮胎胎面磨损机理	78
8.3	轮胎偏磨损产生原因分析	78
8.4	轮胎接地压强分布对轮胎胎面磨损影响	79
8.5	汽车传动系自激振动与轮胎磨损关系研究	81
8.6	轮胎与轮辋配合关系对轮胎非正常磨损的影响	83
第9章	轮胎不均匀性	84
9.1	概述	84
9.2	轮胎不平衡量的仿真计算及对垂直振动的影响	84
9.3	均匀性试验	87

9.4	轮胎的不均匀性原因分析	88
9.5	轮胎的不均匀性对轮胎行驶性能的影响分析	89
第10章	轮胎静动态参数的测试与分析	92
10.1	概述	92
10.2	轮胎的力学特性分析	92
10.3	轮胎静态径向、切向和侧向刚度的测试	93
10.4	滚动轮胎垂直动态刚度和阻尼	94
10.5	滚动轮胎切向动态刚度和阻尼	97
10.6	轮胎刚度与接地面形状关系	99
 第三篇 汽车传动系 		
第11章	传动系统噪声及其控制	103
11.1	概述	103
11.2	齿轮噪声的产生及其控制方法	103
11.3	轴承噪声的产生及控制	108
11.4	变速箱噪声的产生、传播及控制	110
第12章	软(硬)路面行驶车辆轮胎模型分析	113
12.1	概述	113
12.2	轮胎模型的类型及建立	113
12.3	软路面土壤的模型	117
12.4	轮胎与土壤相互作用模型	118
12.5	车辆在硬路面和软路面上行驶时振动特性的区别	120
第13章	有效路面不平度的形成机理与应用	122
13.1	概述	122
13.2	有效硬路面谱的形成机理及影响因素	122
13.3	有效软路面不平度形成机理、计算方法及影响因素研究	123
13.4	实例分析	127
第14章	车辆前轮摆振机理和抑制措施	130
14.1	前言	130

14.2 车辆前轮摆振的类型·····	130
14.3 前轮产生自激振动的机理分析·····	131
14.4 系统稳定性分析及合理确定前轮系统的参数·····	136

第四篇 内燃机的噪音及其控制

第15章 内燃机噪声分类及传递路径分析·····	141
第16章 内燃机结构振动及其辐射噪声的控制·····	143
16.1 内燃机结构的振动模态·····	143
16.2 内燃机结构振动的控制·····	143
第17章 内燃机燃烧噪声及其控制·····	144
第18章 内燃机空气动力性噪声及其控制·····	145
18.1 内燃机排气噪声产生的机理及噪声成分·····	145
18.2 内燃机进气噪声及其控制·····	146
18.3 风扇噪声及其控制·····	146
第19章 内燃机机械噪声及其控制·····	148
19.1 活塞敲击噪声·····	148
19.2 配气机构噪声·····	149
第20章 消声器的设计·····	152
20.1 消声器的基本要求、评价和设计程序·····	152
20.2 阻性消声器·····	155
20.3 抗性消声器·····	159
20.4 阻抗复合式消声器·····	165
20.5 微穿孔板消声器·····	167

第五篇 车身噪声与振动控制

第21章 车内噪声与控制·····	171
21.1 概述·····	171

21.2	噪声的量度及评价指标	171
21.3	车内噪声产生的机理	173
21.4	车内噪声的控制	174
第 22 章	车身的弹性振动与隔振	177
22.1	车身的振动	177
22.2	车身板壳的局部振动	179
22.3	隔振-悬置的设计	180
第 23 章	汽车车身的实验模态分析	183
23.1	概述	183
23.2	面包车体的模态试验	183
23.3	几何模型的改进	187
23.4	动力模态模型	188
23.5	模型的检验及应用	188
23.6	计算机模拟计算	189
第 24 章	车身有限元计算	194
24.1	作用在车身及车架上的载荷	194
24.2	车身和车架结构模型化	198
24.3	空间梁单元及坐标变换	199
24.4	薄壁梁单元	201
24.5	主和从自由度关系的处理	203
24.6	弹性薄壳与空间薄壁刚架的组合结构	204
24.7	支承结构的模拟	205
24.8	载荷处理	206
24.9	结构整体刚度方程	207
24.10	计算结果及实例	207
24.11	车体的振动特性计算	211

第六篇 汽车整车噪声与振动控制

第 25 章	汽车噪声与排放	215
25.1	概述	215

第一篇

基本理论

第 1 章 绪 论

自第二次世界大战结束以来,随着工业和交通事业的迅速发展,环境噪声日趋严重。在我国一些大城市的环境污染投诉中,噪声占了 60%~70%,已经成为广泛的社会公害。

1.1 噪声及其危害

噪声是指人们不需要的声音。噪声可能是由自然现象产生的,也可能是由人们活动形成的。噪声可以是杂乱无序的宽带声音,也可以是节奏和谐的音乐。当声音超过人们生活和社会活动所允许的程度时就成为噪声污染。噪声的危害是多方面的,比如损伤听力、影响睡眠、诱发疾病、干扰语言交谈等;特别强的噪声还会影响设备正常运转,损坏建筑结构。下面分别加以简单阐述。

1.1.1 噪声对听力的损伤

大量的调查研究表明,由于人们长期在强噪声环境下工作,会使内耳听觉组织受到损伤,造成耳聋。国际标准化组织规定,听力损失用 500 Hz, 1 000 Hz 和 2 000 Hz 三个频率上的听力损失的平均值来表示。听力损失在 15 dB 以下属正常,15~25 dB 属接近正常,25~40 dB 属轻度耳聋,40~65 dB 属中度耳聋,65 dB 以上属重度耳聋。一般讲的噪声性耳聋是指平均听力损失超过 25 dB。在这种情况下,相互间进行 1.5 m 外的正常交谈会有困难,句子的可懂度下降 13%,句子加单音节词的混合可懂度降低 38%。

大量的统计资料表明,噪声级在 80 dB 以下,方能保证长期工作不致耳聋。在 90 dB 以下,只能保护 80%的人工作 40 年后不会耳聋。即使是 85 dB,仍会有 10%的人可能产生噪声性耳聋。

衡量听力损失的量是听力阈级。听力阈级是指耳朵可以觉察到的纯音声压级。它与频率有关,可用专用的听力计测定。阈级越高,说明听力损失或部分耳聋的程度越大。由噪声引起的阈级提高,称为噪声性迁移。当噪声暴露终止后,经过一段时间的休息,听力如能逐渐恢复原状,称暂时性阈移。如果在强噪声环境下暴露时间过长,虽经休息仍有部分阈移不能恢复,这部分阈移称为永久性阈移。

上面所述的噪声性耳聋是慢性的,即指听力损失是由于强噪声环境的影响日积月累缓慢发展形成的。另外一种急性的噪声性耳聋,称为暴振性耳聋。当突然暴露在极其强烈的噪声环境中,例如 150 dB 以上的爆炸声,会使人的听觉器官发生急性外伤,出现鼓膜破裂、内耳出血、基底膜的表皮组织剥离等症状。这种声外伤可使入耳即刻失聪。

1.1.2 噪声对睡眠的干扰

睡眠对人体是极重要的,它能使人们新陈代谢得到调节,人的大脑通过睡眠得到充分休息,消除体力和脑力疲劳。人睡眠一般以朦胧—半睡—熟睡—沉睡等几个阶段为一个周期。每个周期大约 90 min,周而复始。年纪越大,半睡状态增加,熟睡阶段缩短。连续噪声可以加快熟睡到半睡的回转,会使人多梦,熟睡的时间缩短。突发的噪声使人惊醒。一般来说,40 dB 的连续噪声可使 10% 的人睡眠受影响,70 dB 可使 50% 的人受影响,而突发性噪声在 40 dB 时可使 10% 的人惊醒,到 60 dB 时,可使 70% 的人惊醒。

1.1.3 噪声对人体的生理影响

噪声除了损伤人耳的听力外,对人体的生理机能也会引起不良反应。长期暴露在强噪声环境中,会使人体的健康水平下降,诱发各种慢性疾病。

噪声会引起人体的紧张反应,使肾上腺素分泌增加,引起心率加快,血压升高。一些工业噪声调查资料结果显示,在高噪声条件下工作的人们,患高血压病、动脉硬化和冠心病的发病率比低噪声条件下工作的人要高 2~3 倍。对小学生的调查发现,经常暴露于飞机噪声下的儿童比安静环境下的儿童血压要高。

噪声也会引起消化系统方面的疾病。有调查报导,在某些吵闹的工业行业中,消化性溃疡的发病率比低噪声条件下要高 5 倍。通过人和动物实验,表明在 80 dB 环境下,肠蠕动要减少 37%,随之而来的是胀气和肠胃不适。当外加噪声停止后,肠蠕动由于过量的补偿,节奏加快,幅度增大,结果引起消化不良。长期的消化不良将诱发胃肠黏膜溃疡。

神经系统方面,噪声会造成失眠、疲劳、头晕及记忆力衰退,诱发神经衰弱症。

当然,引发各种慢性疾病的原因是多方面的。噪声的危害程度究竟多大,还难以得到明确的定量结论。一般来说,噪声级在 90 dB 以下时,对人体生理作用影响不大,对人们健康危害不明显。

1.1.4 噪声对语言交谈和通讯联络的干扰

通常情况下,人们相对交谈距离 1 m 时,平均声级大约是 65 dB。但是,环境噪声会掩蔽语言声,使语言清晰度降低。语言清晰度是指被听懂的语言单位百分数。噪声级比语言声级低很多时,噪声对语言交谈几乎没有影响;噪声级与语言声级相当时,正常交谈受到干扰;噪声级高于语言声级 10 dB 时,谈话声就会被完全掩蔽;当噪声级大于 90 dB 时,即使大声叫喊也难以进行正常交谈。在噪声环境下,发话人会不自觉地提高发话声级或缩短谈话者之间的距离。通常,噪声每提高 10 dB,发话声级约增加 7 dB。虽然,清晰度的降低可由嗓音的提高而得到部分补偿,但是发话人极易疲劳甚至声嘶力竭。

由于噪声容易使人疲劳,因此会使相关人员难以集中精力、降低工作效率,这对于脑力劳动者尤为明显。

此外,由于噪声的掩蔽效应,会使人不易察觉一些危险信号,从而容易造成工伤事故。

1.1.5 特强噪声对仪器设备和建筑结构的危害

噪声对仪器设备的危害与噪声的强度、频谱以及仪器设备本身的结构特性密切相

关。当噪声级超过 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。当噪声超过 150 dB 时,仪器的元器件可能失效或损坏。在特强噪声作用下,由于声频交变负载的反复作用,会使机械结构或固体材料产生声疲劳现象而出现裂痕破碎或断裂。在冲击波的影响下,建筑物会出现门窗变形、墙面开裂、屋顶掀起、烟囱倒塌等破坏。当噪声级达到 140 dB 时,轻型建筑物就会遭受损伤。此外,剧烈振动的震动筛、空气锤、冲床、建筑工地的打桩和爆破等,也会使振源周围的建筑物受到损害。

1.2 声学的研究内容

理想的声学环境应使每一个人能在安全、愉快、高效的场所中工作、学习和生活。要求使需要的声音纯正清晰,使不需要的声音抑制降低。这也是一百多年来声学工作者不断努力和奋斗的方向。声学的研究范畴大致可以概括为噪声污染规律的研究、噪声评价方法和标准、噪声控制技术、噪声测试技术和仪器、噪声对人体的影响和危害等方面。

1.2.1 噪声污染规律的研究

环境噪声污染是指区域环境的噪声超过国家或地方规定的噪声标准,影响人们的正常生活、工作和学习的声音。污染城市环境的主要噪声源有工业噪声、交通噪声、建筑噪声和社会生活噪声。若按产生噪声的机理来分又可分为机械噪声、气流噪声和电磁噪声。

传播途径指由声源所发出的声波传播到某个区域(或接受者)所经过的路线。声波在传播过程中由于传播距离、地形变化、厂房建筑、树丛草坪、围墙屏障等的影响使声能量明显衰减或者改变传播方向。

污染规律的研究包括噪声级与各有关参量的关系、噪声的时间分布和空间分布。其研究方法有数学分析、计算机模拟和实验室缩尺模型试验等。

1.2.2 评价方法和标准

世界各国的声学工作者对噪声的危害和影响进行长期的多方面的调查研究。提出了各种评价指标和方法,希望得到能确切反映主观响应的客观(物理)评价量和相应的计算方法,制定保护人体健康和保证人们正常活动的有关标准和法规。历年来提出的评价量数量众多,不同的评价量适用对象,使用场合有所不同。目前,基本公认的有评价人耳对不同频率和强度的声音的响度级、各种计权(统计)的声压级、描述噪声干扰程度的噪声指数等。其中采用最为普遍的评价量是计权声级。

噪声的影响范围广、危害大,必须加以防治。这就需要对其加以控制。降低噪声使它对任何人不会产生损伤,在技术上是可能达到的,但是在经济上可能不能承受。究竟应当把噪声限制在什么程度,制定何种噪声标准,就需要在“危害”与“经济”之间进行综合考虑。在这种标准条件下,噪声对于人体有害影响仍是存在的,只是不会产生明显的不良后果。所以,这类标准实际上是一些噪声容许标准。目前,经常引用的噪声标准有工业企业噪声卫生标准、城市区域环境噪声标准和工业产品噪声标准。

1.2.3 噪声控制技术

任何一个声学系统是由声源、传声途径和受主三个基本环节组成的。因此,也应从这三个环节着手实施噪声控制。

国际噪声控制协会曾经提出 20 世纪 80 年代是“从声源控制噪声”的年代。降低声源的噪声级是控制噪声的根本途径。通过对声源发声机理和机器设备运行功能的深入研究,研制新型的低噪声设备;改进加工工艺;加强行政管理均能显著降低环境噪声。

声传播途径中控制仍是常用的降噪手段。即在噪声传递的路径上设置障碍,以阻止声波的传播,铺置吸声材料增加声能损耗,或者通过反射折射改变声波的传播方向。受主控制就是采用护耳器、控制室等个人防护措施来保护工作人员的健康。这类措施适宜应用在噪声级较强、受影响的人员较少的场合。

控制措施的选择可以是单项的,也可以是综合的。既要考虑声学效果,确定合理的降噪指标,也要考虑实际施工条件和治理经费。力求经济合理、切实可行。

科学技术的发展,特别是数字信号处理技术的快速发展,为噪声控制提供了许多新技术、新方法、新材料和新结构。噪声和振动的有源控制,经过 70 年代的原理研究,现已进入工程应用阶段,并已向产品化方向发展。声强技术开始于 80 年代,现在已有便携式声强测量系统的市售产品。声强技术可广泛应用于现场声功率测量、振动能流传递、振源定位、声源鉴别等方面。在理论分析方面,有限元法、边界元法、统计能量分析、功率流、声线跟踪法等数值分析日趋完善,普遍采用。

1.2.4 噪声测试技术和仪器

为了客观评价噪声的强弱,必须进行噪声测量。噪声测量系统,不管其如何复杂和先进,都可以归纳成三个部分:接收部分,分析部分和读出(记录)部分。这三部分可以汇集成一台仪器,也可以由几台仪器连接组成。

接收部分是指传声器和前置放大器。传声器将接收到的声信号转换成电信号,要求具有动态范围宽、频率响应平坦、灵敏度高、稳定性好、电噪声低等特性。通常采用电容传声器。由于电容传声器的输出阻抗很高,为了使其后面能连接较长电缆,在电容传声器输出端紧配前置放大器,起阻抗变换的作用。

分析部分可以分成两种不同的方式。对于采用模拟分析技术的装置,一般由输入放大器(附衰减器),滤波器(计权网络)和输出放大器(附衰减器)三种电路组成。对于采用数字信号分析技术的装置,在信号采样后由数字运算(程序)来完成各种分析功能。

最简单的读出方式是将分析部分的输出信号经检波后由电表指示。近期大多采用液晶数字显示,或在显示屏上给出频谱图表显示。记录的方式有磁带记录、电平记录和数字信号的贮存等。

声学测量中最常用的基本仪器是声级计。它是一种按一定频率计权和时间计权测量声音声压的仪器。声级计通常需要较长的分析时间,适用于相对稳定的连续信号。实时分析仪,特别是 20 世纪 70 年代中期发展起来的全数字式实时分析仪,具有快速分析的特点,可用于瞬态信号或突变信号的分析。

测量方法的选定取决于噪声测量的目的和现有的仪器条件。声级计模式分析是指常用声

级计可提供的分析功能,主要有各种计权声级、统计声级和频谱分析。利用数字信号处理技术,特别是采用双通道输入,就能对信号进行 FFT 分析、相关分析、相干分析、声强分析和倒频分析,求得被测系统的频率响应或脉冲响应,从而获得更为深刻全面的信息。

1.2.5 对人体的影响和危害

这方面的研究包括噪声的生理效应和心理效应两部分。噪声的生理效应涉及噪声对人的听觉系统、心血管系统、消化系统、神经系统和其他脏器的影响及危害。噪声引起的心理影响主要是烦躁,包括对短时作用噪声的主观评价和影响,对低频的听觉响应和评价,以及探索能够明确反映不同主观评价的客观参量。

总之,汽车声学是一门以声学知识为核心,涉及生理学、心理学、社会学、经济学和管理学等内容的综合学科。研究声学问题既要求有高度的科学性,也要求有高度艺术性;既要关心研究成果的经济效益,更应注重研究成果的社会效益。

第2章 声波的基本性质及传播规律

在日常生活中存在各种各样的声音。例如,人们的交谈声、汽车喇叭声、机器运转声、演奏乐器的乐声,等等。在所有各种声音中,凡是有人感到不需要的声音,对这些人来说,就是噪声。为了对噪声进行测量、分析、研究和控制,需要了解声音的基本特性。本章介绍声波的基本性质及其传播规律。

2.1 声波的产生

2.1.1 声波的产生

各种各样的声音都起始于物体的振动。凡能产生声音的振动物体统称为声源。从物体的形态来分,声源可分成固体声源、液体声源和气体声源等。例如,锣鼓的敲击声、大海的波涛声和汽车的排气声都是常见的声源。如果你用手指轻轻触及被敲击的鼓面,就能感觉到鼓膜的振动。所谓声源的振动就是物体(或质点)在其平衡位置附近进行往复运动。当声源振动时,就会引起声源周围空气分子的振动。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,也可以在液体和固体中传播。但是,声波不能在真空中传播。因为在真空中不存在能够产生振动的媒质。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。在噪声控制工程中主要涉及空气媒质中的空气声。

在空气中,声波是一种纵波,这时媒质质点的振动方向是与声波的传播方向相一致。与之对应,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纵波,也可能存在横波。

需要注意,声波是通过相邻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,若向水池中投掷小石块,就会引起水面的起伏变化,一圈一圈地向外传播,但是水质点(或水中的漂浮物)只是在原位置处上下运动,并不向外移动。

2.1.2 声波的基本物理量

当声源振动时,其邻近的空气分子受到交替的压缩和扩张,形成疏密相间的状态,空气分子时疏时密,依次向外传播(图 2-1)。

当某一部分空气变密时,这部分空气的压强 p 变得比平衡状态下的大气压强(静态压强) p_0 大;当某一部分的空气变疏时,这部分空气的压强 p 变得比静态大气压强 p_0 小。这样,在声波传播过程中会使空间各处的空气压强产生起伏变化。通常用 p 来表示压强的起伏变化量,