

机械噪声 及其控制

邵汝椿
黄镇昌

华南理工大学出版社

DY99/01

图书在版编目(CIP)数据

机械噪声及其控制/邵汝椿 黄镇昌编著. —广州:华南理工大学出版社, 1994. 10
ISBN 7-5623-0664-4

I. 机…

I. 邵…

II. 机械噪声—控制

IV. TH11

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510641)

责任编辑:李彩英

各地新华书店经销

华南理工大学出版社电脑室排版

华南理工大学印刷厂装

1994年10月第1版 1997年2月第2次印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 10.875 字数: 242千

印数: 2001—5000册

定价: 11.00元

前 言

噪声是污染环境的公害之一,而机械所产生的噪声则是这一污染的主要来源,随着工业生产的发展,高速大功率机器不断增多,机械自动化程度的要求也越来越高,由此而来的噪声将日益严重,成为污染城市环境、降低工作效率和危害人们健康的重要因素之一。所以噪声的控制已成为当前环境保护的一项重要课题。近年来噪声控制工程已从传统的隔声、隔振、吸声和消声等方法转向对机械噪声源的控制与研究,这是一项最有效的根本性措施,并为开发低噪声机械设计技术提供了前景。

本书扼要地介绍了声学的基础知识;系统地分析了机械噪声的产生、传播、测量和控制,着重讨论了噪声源控制原理与噪声传播途径的控制方法;并详细介绍了一些典型机电产品如金属切削机床、木工机械和家用电器的噪声控制。

本书是在多年来给大专院校机械类专业讲授选修课讲义的基础上结合收集有关文献资料编写而成的,以供高等院校机械类专业作教材或教学参考书用,也可供从事机械工程、环境保护工程技术人员作参考资料。全书共分十章,由华南理工大学邵汝椿(第一、二、四、五、七、八章)、黄镇昌(第三、六、九、十章)编著,并经黄川教授审阅。限于水平和时间,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评和指正。

作者

1993. 12.

目 录

第一章	噪声控制概论	1
第一节	噪声	1
第二节	噪声的类别	3
第三节	噪声的危害	7
第四节	噪声的标准	10
第二章	声学基础知识	17
第一节	声波	17
第二节	波动方程	22
第三节	声速	25
第四节	声场中的能量关系	28
第五节	声波的反射、透射和折射	31
第六节	声级	41
第七节	倍频程与频谱	49
第八节	噪声的评价	53
第三章	噪声测量与噪声源识别	63
第一节	概述	63
第二节	测量仪器	64
第三节	机械噪声的测量	79
第四节	噪声源识别技术	96
第四章	噪声源控制原理	115
第一节	机械噪声的发生与激励	115
第二节	噪声源分析	119
第三节	机械装置噪声控制原则和措施	128
第五章	噪声传播途径控制	157
第一节	概述	157

第二节	吸声	160
第三节	隔声	170
第四节	振动隔离	184
第六章	消声器	201
第一节	消声器的评价指标和类型	201
第二节	消声器设计的基本原则和步骤	205
第三节	阻性消声器	207
第四节	抗性消声器	213
第五节	阻抗复合式消声器及其他	224
第七章	齿轮与轴承噪声控制	229
第一节	齿轮噪声及其控制	229
第二节	轴承噪声及其控制	256
第八章	机床噪声控制	269
第一节	概述	269
第二节	机床传动元件的噪声	270
第三节	电动机噪声控制	283
第四节	机床传动系统的噪声	289
第九章	木工机械噪声控制	298
第一节	概述	298
第二节	木工刨床的噪声控制	299
第三节	木工圆锯机的噪声控制	310
第十章	家用电器噪声控制	318
第一节	概述	318
第二节	洗衣机的噪声及其控制	320
第三节	电冰箱的噪声控制	327
第四节	其他家用电器噪声	332
参考文献		338

第一章 噪声控制概论

第一节 噪 声

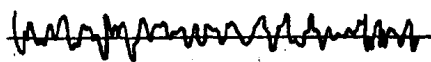
人们是生活在充满声音的环境里,依赖声音作为信息传递人们的思维和感情,研究和识别周围事物的活动。然而,也有一些声音的存在影响人们的休息、工作、交谈,过响的声音还会损害人的健康。可见在日常生活中,有的声音是我们所需要的,而另一些声音则是我们所不需要的,甚至使人烦躁、讨厌。从生理学的观点来讲,把这些不需要的声音,不论是什么样的声音,都称之为噪声。从这个定义可知,噪声与声音本身的特性没有必然的关系。判断一种声音是不是噪声,要因人、因时、因环境和目的等不同来确定,例如,尽管是非常悦耳的音乐,对于要入睡的人来说,是一种干扰,是不需要的噪声。从物理学的观点来看,称不协调音为噪声,协调音为乐音,从这个意义上来讲,噪声是由许多不同频率和声强的声波无规律的杂乱组合而成,它给人以烦躁的感觉,而与乐音相比,其波形图线是无规则的,如图 1-1 示。

总之,噪声不能只根据声音的客观物理性质来定义,而且还应当根据人们的主观感觉和心理、生理因素来决定。

噪声污染和空气污染以及水的污染是当代三种主要污染,噪声污染是一种物理污染,且没有积累,其能量消失为空

气的热能,当声源停止,污染也就没有了,此外,噪声虽然对人有干扰,但人总不能生活在毫无声息的环境里,人们并不希望把声音完全消除而是需要适当的声学环境。

噪声污染与化学污染不同,在化学污染中,对人有害的化合物最好完全不存在,且化学污染只有在产生后果后才引起人们的注意,噪声污染则不然,随着近代工业的发展,它日益严重,每个人都直接感觉到它的干扰,已成



a)



b)

图 1-1 噪声和乐音的波形图

a—噪声; b—音乐

为一种严重的公害,因此普遍地引起人们的重视和注意。

伴随着机电设备工作产生的噪声,其噪声的水平和频谱,有时可作为该设备结构完善程度和制造质量的指标之一,根据噪声能诊断设备的运转是否正常和那些零件出了故障,噪声可作为设备内部发生故障的信号,如由于零件磨损过多或转动零部件的不平衡,引起零件的碰撞,振动增加,就产生了噪声,因此某些零部件,如齿轮或轴承等,由于对其运转时所产生噪声的声压级和频谱作出规定,所以要在加工精度上加以控制。

第二节 噪声的类别

城市噪声主要由交通运输噪声、工厂噪声、建筑施工噪声和社会噪声四个方面组成,其中交通运输噪声影响最大。

1. 交通噪声 主要是道路上的交通噪声,对临近城市的机场噪声、火车噪声也是不可忽视的。道路的交通噪声主要来自机动车辆本身的发动机、冷却风扇与进排气口装置以及轮胎和地面接触的噪声,随着国民经济的飞速发展,运输工具越来越多,运行速度越来越快,使用的功率也越来越大,加上我国城市道路普遍狭窄,交通管理不够完善,车辆鸣笛频繁,故导致交通噪声显著。城市里交通干线两侧噪声可高达 80~88 dB(A)。表 1-1 示为国产机动车辆噪声状况的统计值。

表 1-1 国产机动车辆噪声的统计值 dB(A)

车 种	加 速 噪 声			匀速噪声 ^①		
	L_{10}^{22}	L_{50}^{22}	算术平均 $\bar{L}$	L_{10}	L_{50}	算术平均 $\bar{L}$
重型卡车	92.3	88.2	88.75	89.3	86.5	87.11
中型卡车	90.1	86.7	87.11	84.6	81.8	82.31
轻型卡车	89.8	85.8	86.40	84.3	80.1	80.53
公共汽车	87.9	85.2	85.73	84.1	81.7	82.17
中 客 车	86.9	84.1	84.48	80.8	76.5	77.02
小 轿 车	83.4	80.8	81.15	73.8	71.5	72.02
摩 托 车	89.7	85.4	85.90	82.6	78.8	79.33
拖 拉 机	90.8	86.8	87.19	80.5	82.7	83.22

①速度为 50 km/h。

② L_{10} 、 L_{50} 分别表示各测量值中,有 10%、50%超过列表数字。

2. 工厂噪声 工厂噪声不仅直接给工人带来危害,而且对附近居民的影响也很大,特别是分散在居民区的一些街道工厂更为严重,一般工厂车间内噪声大多在75~105 dB(A)之间,也有在75 dB(A)以下,还有少量的车间或设备高达110~120 dB(A),图1-2为十类工厂车间噪声级范围,工厂常用设备噪声级见表1-2。

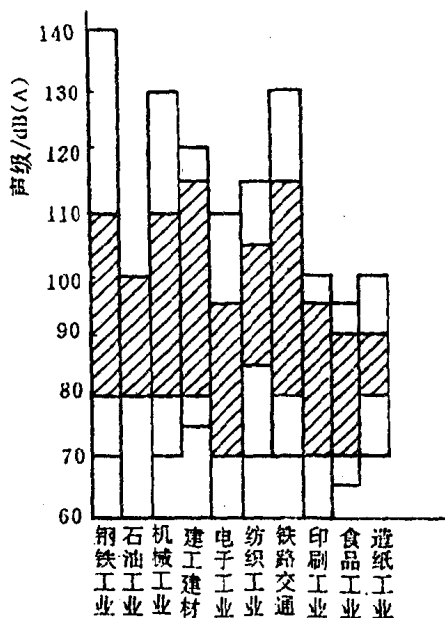


图 1-2 十类工厂车间噪声状况

(有斜线阴影为噪声集中范围,

无斜线阴影为噪声波动范围)

3. 建筑施工噪声

建筑施工噪声虽然是局部的,暂时性的,但随着城市建设发展,新建和维修工程对整个城市来说,其工程量和范围都是很广的,而且是经常性的,建筑施工时,邻近的居民受到很大的噪声干扰。施工机械噪声状况见表1-3。

4. 社会噪声 社会噪声主要指在社会上人群活动出现的噪声。例如,社会上宣传使用的扩音喇叭,家庭用电器和工具(见图1-3),以及人们喧闹的声音等。随着城市人口密度的增加,这类噪声越来越严重,根据我国城市噪声调查,多数城市的这类噪声的户外平均值为55~60 dB(A)。

以上四个方面噪声,对城市环境的影响与城市中的生产

和人群生活活动规律有关,不同功能的区域噪声级,在 24 小时中变化规律是不同的。

表 1-2 工厂设备噪声状况

声级/dB(A)	设 备 名 称
130	风铲、风锤、大型鼓风机、锅炉排气放空
125	轧材热锯(峰值)、锻锤(峰值)、818—N8 鼓风机
120	有齿锯锯钢材、大型球磨机、加压制砖机(炉砖)
115	柴油机试车、双水内冷发电机试车、振捣台热风炉鼓风机、震动筛、桥梁生产线
110	罗茨鼓风机、电锯、无齿锯
105	织布机、电刨、大螺杆压缩机、破碎机
100	麻毛化纤织机、柴油发电机、大型鼓风机站电焊机
95	织带机、棉纺厂细纱车间、轮转印刷机
90	经纺机、纬纺机、梳纺机、空压站、泵房、冷冻机房、轧钢车间、汽水封盖、柴油机加工流水线
85	车床、铣床、刨床、凹印、铅印、平台印刷机、折页机、装订联动机、酥糖包装机、制砖机、切草机
80	纺织机、漆包线机、挤塑机
75	上胶机、过板机、蒸发器
75 以下	拷贝机、放大机、电子刻板、真空镀膜

表 1-3 建筑施工机械噪声状况

dB(A)

机械名称	距离声源 10 m		距离声源 30 m	
	范 围	平 均	范围	平均
打桩机	93~112	105	84~103	91
地螺钻	68~82	75	57~70	63
铆枪	88~94	91	74~68	86
压缩机	82~98	88	78~80	78
破路机	80~92	85	74~80	76

噪声的类别很多,就声强随时间变化的情况,噪声可分为稳定状态噪声,周期状态噪声和冲击状态噪声三种。

1. 稳定状态噪声 是连续的,声强的波动在 5 dB 以下;

2. 周期状态噪声 声强是周期的,声强波动超过 5 dB;

3. 冲击状态噪声 是不连续的脉冲噪声,其持续时间小于 1 秒钟,而其峰值压力比均方根值的声压级最少大 10 dB,假如其重复速率比每秒 10 次还大,这个噪声可认为是稳态噪声。

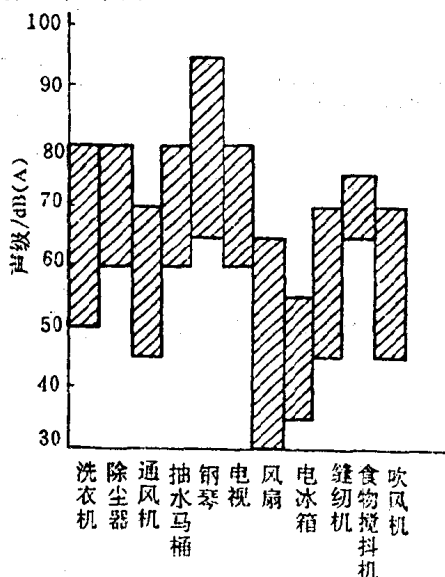


图 1-3 家庭用具噪声状况

就机械设备而言,其噪声主要有空气动力性噪声,机械性噪声和电磁噪声三种。

1. 空气动力性噪声 它是由气体振动而产生的,当气体中有了涡流,或发生压力突变时,引起气体扰动,就产生空气动力性噪声,如鼓风机、空气压缩机、燃气轮机、喷气飞机、活塞式发动机以及锅炉排气放空等产生的噪声就属于此类,这类噪声一般高于机械性噪声,影响面广,危害也较大。

2. 机械性噪声或称结构噪声 它是由固体振动产生的。在撞击、摩擦、交变应力作用下,因机器的金属板,齿轮,轴承等发生碰撞,冲击,振动而产生机械性噪声。如织布机、球磨

机、机床等以及多种运动部件,如齿轮传动部件、轴承部件,曲柄活塞连杆部件、液压传动系统部件等所产生的噪声均属此类。

3. 电磁性噪声 它是由电机的空隙中交变力相互作用而产生的,如电机定转子的吸力,电流和磁场的相互作用,磁致伸缩引起的铁心振动等。发电机、变压器产生的噪声就属于此类。

第三节 噪声的危害

噪声的危害是多方面的、严重的,噪声干扰交谈,妨碍睡眠和休息,影响工作使效率降低,还使听力受到损害,甚至引起神经系统、心血管系统、消化系统等方面的疾病,强噪声还会损坏建筑物和仪器设备的正常运转。其危害主要表现在下面几个方面。

一、影响听力

噪声对人体危害中最直接的是听力损伤。对听力的影响是以人耳暴露在噪声环境前后的听觉灵敏度变化来说明的。这种变化通常称为听力损失。在强烈噪声作用下,人的听力开始迟钝,继而引起听力损失,严重时会造成噪声性耳聋。

当你进入较强噪声环境中,会使听觉皮质器官的毛细胞受到暂时性的伤害,会感到刺耳难受,引起耳朵的灵敏度下降,听力减退。停一段时间出来,仍感到耳鸣,这时会连手表的滴嗒声也听不到,但在安静的环境里,经过适当时间,听觉就会恢复原状,这个现象称为暂时性听阈迁移,也叫听力疲劳。这种听力疲劳并未使内耳听觉器官受到损害。如果长年累月

暴露在强噪声环境中,听觉器官不断受到噪声刺激,恢复不到暴露前的听阈,且越来越重,发生器质性病变,成为永久性听阈偏移,出现噪声性耳聋。

噪声性耳聋的发病率与感受的噪声强度、频率、工龄的长短有关。噪声强度越大,频率越高,发病率也越高,同时与噪声作用时间长短也有关系。关于噪声性耳聋的划分,目前尚无统一标准,一般指 500,1000,2000 三个频率平均听力损失超过 25 dB 时,就认为是噪声性耳聋。噪声性耳聋还具有对高频声最敏感,听力损失在 4000 Hz 左右为最大。

国际标准化组织(ISO)声学委员会曾发表的调查统计资料,公布 0~45 年间连续噪声的 A 声级与听力损失危险率的关系表(见表 1-4)。

从表可知 80 dB(A)以下,不发生噪声性耳聋,其危险率为 0;对于危险率在 10%以上的,85 dB(A)的需 40 年,90 dB(A)的需 10 年,95 dB(A)的需 10 年以下,而 100 dB(A)以上的只需 5 年以下。可见,随着声级的增加和工龄的增长,危险率迅速上升。

表 1-4 A 声级与听力损害危险率(%)的关系

等效连续 A 声级/dB			年数(年龄—18)									
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
≤80	危险率	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	听力损害者		1	2	3	5	7	10	14	21	33	50
85	危险率	%	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
	听力损害者		1	3	6	10	13	17	22	30	43	57
90	危险率	%	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
	听力损害者		1	6	13	19	23	26	32	41	54	65

续表

等效连续 A 声级/dB			年数(年龄—18)									
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
95	危险率	%	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
	听力损害者		1	9	20	29	35	39	45	53	62	73
100	危险率	%	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
	听力损害者		1	14	32	42	49	53	58	65	74	83
105	危险率	%	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
	听力损害者		1	20	45	58	65	70	76	82	87	91
111	危险率	%	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
	听力损害者		1	28	58	76	85	88	91	93	95	95
115	危险率	%	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47
	听力损害者		1	38	74	88	94	94	95	96	97	97

此外,特别高的噪声还会引起人耳的外伤。高于 130 dB 的声音使听阈迁移不能恢复,甚至耳膜被击穿而出血,故对于高于 130 dB 的声音,即使是暴露时间很短也应避免。

二、影响健康

长期暴露在强烈噪声环境中,对人的神经系统也会产生不同程度的危害,主要表现为头痛、头晕、多梦、乏力、记忆力减退、恶心、心悸、呕吐。噪声还会影响人的中枢神经系统,致使胃肠机能阻滞、消化液分泌无常、胃液酸度降低、胃收缩减退,以至消化不良、食欲不振、导致胃病和胃溃疡等。

三、影响人们的正常生活

噪声影响人们的正常生活,它妨碍人们睡眠、休息、干扰语言交谈和日常社交活动。

噪声对睡眠的干扰与噪声级大小,噪声的涨落,睡熟的深度以及个人的年龄、性别、健康状况有关,据研究,40 dB(A)的连续噪声级使 10%的人睡眠受到影响;70 dB(A)即可影响 50%,突然的噪声在 40 dB(A)时,可使 10%的人惊醒,60 dB(A)则使 70%的人惊醒。

对谈话、思考的干扰,人们在办公、学习、开会、上课等活动中,一般都会受到环境噪声的干扰,人们日常谈话的声音强度一般为 60~70 dB(A),对于打电话小于 60 dB 的噪声级可以满足,噪声级在 60~70 dB 时使用电话较困难,大于 75 dB 使用电话几乎不可能,85 dB 以上就根本听不见。

在较强的噪声环境中工作,使人们心情烦躁,工作容易疲劳,分散注意力,反应迟钝,这样就使工作效率降低,这对于脑力劳动,影响就更为明显。对于那些要求注意力高度集中的工种,影响更大,有人对打字、排字、速记、校对等工作进行过调查,发现随着噪声级的增加,差错率均会上升。例如,对电话交换台进行调查,当噪声级从 50 dB(A)降低到 30 dB(A)时,差错率减少 42%,由于噪声的心理作用,分散人们的注意力容易引起工伤事故,高强度噪声还会掩盖行车信号和警报信号,使人们的安全受到威胁。

第四节 噪声的标准

一、概述

噪声控制应包括两个含义,一是控制到什么程度,达到什么噪声标准;二是如何控制。有人提出,最好把噪声全部消除掉,当然这样做既彻底又理想,但实际上是做不到的,也不必

要。因为某些噪声源受技术原因或经济条件的限制，一时难以消除；有些声源的噪声从某种意义上来说还是不可缺少的，例如机器工作人员就是靠声音来掌握机器运转是否正常；再如汽车喇叭，火车汽笛也是不可缺少的。所以我们只要把噪声控制到某种程度，不危害人们的健康就可以了。至于应该控制到何种程度，就要根据不同的目的，提出不同的要求与标准。对于工厂车间噪声比较强烈的地方，为了保护职工身体健康不致引起噪声性耳聋和其它疾病，就应该制订一个听力保护标准；对于办公室，会议室，为了保证工作不受干扰，标准要求便高一些；对于居民住宅区、市区、郊区等不同地区，为了保护人们的正常睡眠，休息和生活，还需要有各类环境噪声标准。

噪声标准由于对象的不同，一般可分为听力和健康保护标准、语言干扰评价标准和环境噪声标准。许多工业发达的国家，还对各类产品制订噪声标准。在我国，也十分重视环境保护和噪声标准的建立。例如，全国人民代表大会常委会颁布了“中华人民共和国环境保护法(试行)”；中央有关部、局颁发了“工业噪声卫生标准(试行)草案”(1980年)法令；有关部门制订了各种机电产品的噪声标准；交通运输噪声标准。在新产品的设计、制造和使用阶段中，噪声指标参数已成为一项重要的技术经济指标。为了市场经济发展竞争的需要，噪声标准愈来愈严格。不但要限制设备噪声低于标准值，还对音质提出要求，即听起来要悦耳。有些产品还根据噪声的大小及音质状况来确定质量分等。有些产品因噪声过大而被禁止使用，有些工厂因噪声超出标准而被罚款或强令搬迁。

二、听力保护标准

我国卫生部与国家劳动总局批准颁发的《工业企业噪声卫生标准》(试行草案)，该标准就属于听力保护标准，适用于

稳态噪声,对于间歇或随时间变化的噪声,应以等效连续 A 声级进行评价,考虑到老企业现有条件,每天八小时暴露允许标准为 90 dB(A),但对新企业,则规定为 85 dB(A)。对每天接触噪声不到 8 小时的工种,根据企业种类和条件,噪声标准可按表 1-5 相应放宽。

表 1-5 我国工业企业允许噪声标准

每个工作日接触 噪声时间,h	新建、扩建、改建企业 dB(A)	现有企业暂时达不到标准 适当放宽的允许值,dB(A)
8	85	90
4	88	93
2	91	96
1	94	99
最高不得超过 115 dB(A)		

美国 OSHA 标准规定为每日 8 小时,允许 90 dB(A),暴露时间减半,允许提高 5 dB(A)。对于脉冲噪声除按上述的等效连续 A 声级进行评价外,还要求每一个脉冲噪声峰值不得超过 140 dB(A)。如无脉冲声级计测量峰值,也可用普通声级计测量,将快档 C 声级加上 15 dB,作为近似值。我国对脉冲噪声未作明确的规定,美国 1977 年颁布的脉冲噪声允许标准见表 1-6。

表 1-6 美国脉冲噪声允许标准

脉冲声级(dB)	每日允许脉冲或冲击次数
140	100
130	1000
120	10000