

机械噪声控制技术

杨玉致 编著



中国农业机械出版社

机械噪声控制技术

杨玉致 编著

中国农业机械出版社

内 容 简 介

本书简要介绍了声学的基础理论；重点分析了机械噪声的发生、传播和机械性噪声、空气动力性噪声控制的基本原理；阐述了机械低噪声设计的原则；并列举了机械低噪声设计的实例和机械声功率的测量方法等。

本书可供从事机械设计、制造等工程技术人员和环境保护人员阅读，也可作为大专院校机械类专业的教学参考书。

机械噪声控制技术

杨玉致 编著

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

北京市房山县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

787×1092 16开 146/16印张 351千字

1983年7月北京第一版 · 1983年7月北京第一次印刷

印数：00,001—10,300 定价：1.80 元

统一书号：15216·171

前 言

目前,噪声已成为污染环境的公害之一,而机械(包括运输工具)所产生的噪声则是这一污染的主要来源。因此,治理噪声污染首先必须从控制机械的噪声入手。机械噪声控制的最根本、最经济的措施就是控制声源发声,这就给从事机械设计、制造、检修、运用和试验研究等工程技术人员,提出了急待解决的机械产品低噪声结构设计的问题。

随着工业生产的发展,机械噪声控制的重要性和迫切性,日益为人们所认识。因此,作者从机械设计和运用中所遇到的问题出发,以实践经验为基础,同时吸收了国内外先进技术,在给大专院校机械类专业学生讲授选修课的基础上,写成本书。

本书简要介绍了声学的基础理论;系统分析了机械噪声的产生、传播、测试和控制;重点讨论了机械性噪声和空气动力性噪声控制的基本原理;最后阐明了机械低噪声设计的原则和过程,并列举了机械低噪声设计实例和机械噪声声功率的测量方法等。

本书在编写过程中,曾蒙中国科学院声学研究所马大猷教授审阅了本书的编写大纲和初稿。本书完稿后又蒙声学研究所李沛滋、吕如榆、冯瑀正副研究员和一机部情报所孙鸿发工程师进行了审阅。对此,本人非常感谢。

在本书编写过程中,也曾得到北方交通大学李成山教授、昆明工学院屈维德教授、中国计量科学研究院于渤高级工程师、声学研究所李炳光、戴根华同志以及一机部机床研究所闪瑞昌同志和北京市劳动保护科学研究所等单位的大力支持,提供资料,给予帮助,在此一并表示谢意。

限于本人水平,错误在所难免,请读者批评指正。

杨玉致
1982年2月

目 录

第一章 机械噪声控制概论1	第四节 降低机械系统中噪声辐射部
第一节 噪声.....1	件对激振力的响应.....108
第二节 机械噪声概况.....2	第五节 空气动力性噪声的控制116
第三节 噪声危害和噪声标准.....5	第七章 典型机械零件的噪声及其控制122
第四节 机械噪声控制的基本内容.....12	第一节 轴承噪声分析与控制.....122
第二章 噪声控制的声学基础16	第二节 齿轮噪声分析与控制.....126
第一节 声波的产生.....16	第三节 壳形件噪声分析与控制.....138
第二节 波动方程.....19	第八章 机械噪声的传播及其控制142
第三节 声压和密度的变化规律、声速公式.....21	第一节 噪声可能的传播途径及其一般的控制方法.....142
第四节 声波的能量、声强、声功率.....27	第二节 噪声的吸收.....145
第五节 声波的反射和折射.....30	第三节 空气声的隔声.....149
第六节 声波的干涉、声驻波、衍射.....35	第四节 振动的隔离.....153
第七节 声源的指向特性.....38	第九章 消声器163
第八节 多普勒效应.....38	第一节 消声器的评价指标和类型.....163
第三章 噪声的量度40	第二节 扩张型消声器.....165
第一节 级和分贝.....40	第三节 共振型消声器.....167
第二节 分贝的计算.....43	第四节 阻式消声器.....168
第三节 噪声的频谱.....47	第五节 阻抗复合式消声器.....171
第四节 等响曲线、响度、响度级.....50	第六节 消声器设计中的几个问题.....173
第五节 声级计的计权网络、A声级、等效连续声级.....52	第十章 机械低噪声设计过程和举例175
第六节 噪声的掩蔽效应.....55	第一节 机械低噪声设计过程.....175
第四章 声波的衰减57	第二节 车床的噪声控制.....178
第一节 概述.....57	第三节 液压装置的噪声控制.....185
第二节 声波的扩散衰减.....57	第四节 机动车辆的噪声控制.....189
第三节 声波的吸收衰减.....60	第五节 内燃机车低噪声设计的基本原则.....192
第四节 声波的散射衰减.....62	第十一章 机械噪声的测量202
第五节 管道噪声的自然衰减.....63	第一节 测量项目和测量仪器.....202
第五章 机械噪声源66	第二节 噪声测量的条件和方法.....205
第一节 机械噪声的发生和噪声激励流程图.....66	第三节 机械声功率测量.....207
第二节 机械噪声源的基本类型.....67	附录210
第三节 空气动力性噪声.....67	一、常用材料的吸声系数.....210
第四节 机械性噪声.....84	二、双层微穿孔板吸声性能表(管测法).....212
第五节 电磁噪声.....91	三、各种厚度钢板的倍频程隔声量.....213
第六节 机械噪声源的鉴别方法.....92	四、各种厚度玻璃的倍频程隔声量.....214
第六章 机械噪声源控制95	五、部分声学测量仪器使用性概况.....214
第一节 受迫振动的响应和结构动刚度概念.....95	六、机器噪声声功率级的测量方法(简测法).....216
第二节 机械噪声源控制的一般原则.....101	参考文献224
第三节 降低激振力.....102	

第一章 机械噪声控制概论

第一节 噪 声

人们每时每刻都生活在充满着声音的环境里，声音在生活中起着非常重要的作用。有了声音，人们才能用语言交流思想感情、进行教育、开展娱乐等各种活动。但是另一方面，有些声音却影响人们的工作、学习、休息和身体健康。比如，内燃机车、拖拉机、空气压缩机运转时发出的声音，使人烦躁、讨厌，久而久之甚至引起耳聋和其它疾病。又如，尽管是非常悦耳动听的音乐，但对于要入睡的人们来说，可能是一种干扰，是不需要的声音。可见在日常生活中，有时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，甚至是厌恶的。从生理学的观点，把这些不需要的声音，不论是什么样的声音，统称为噪声。从这个定义可知，噪声与声音本身的特性没有必然关系。对同一声音，判断是不是噪声，要因人、因时、因环境、目的等不同来确定。由于这些因素出入很大，即使经过大量调查研究也很难得到统一的可靠的结果。随着工业噪声日益被重视，逐渐形成以引起噪声性耳聋的概率为基础的听力保护标准和根据噪声影响来制定的环境噪声标准，这就摆脱了单纯主观评价的不便。所以噪声不能完全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、生理因素来确定。

从物理学的观点，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。与乐音相比，它的波形图线是无规则的，见图 1-1。

传输通道或设备中的电干扰也称噪声。此噪声不属本书讨论范围。

声音依频率高低可划分为：次声、可听声、超声、特超声，见图 1-2。

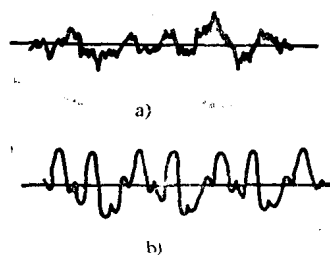


图 1-1 噪声与乐音波形

a) 噪声波形 b) 乐音波形

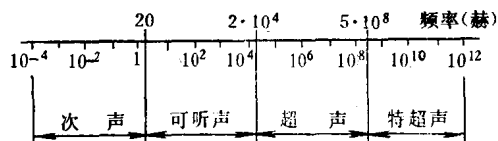


图 1-2 声谱

次声是指低于人们听觉范围的声波，即频率低于20赫。对于次声，过去认为人耳听不到就不考虑其影响，但近来发现，次声在传播过程中衰减很小，即使远离声源也深受其害。当次声的强度足够大，如在120分贝以上时，能使人平衡失调，目眩作呕，并产生恐慌等。人体还能直接吸收次声而形成振动的感觉。

可听声是人耳可以听到的声音，频率为20赫到20000赫。当声波的频率高到超过人耳

听觉范围的频率极限时，人们就觉察不出声波的存在，因而称这种高频率的声波为超声。特超声指高于超声频率上限的超高频声波。对超声频率的上限，曾有不同的划分建议，如300兆赫、500兆赫、1000兆赫等。由噪声定义可知，一切可听声都有可能被判断为噪声。噪声控制所研究的主要是可听声范围，噪声的测试也局限在可听声。从这个意义来看，噪声控制所寻求的主要还是降低和减少可听声。

噪声污染与其它方面的环境污染不同，噪声污染面积大，到处都有，高低不等，有时低到不易被觉察。噪声没有污染物，又不会累积，它的能量最后完全消失为热能，影响的距离一般不太远。另外，与其它污染相比，噪声再利用的问题也很难解决，所以一直不大引起人们重视。随着近代工业的发展，噪声已成为一种严重的公害，因此日益引起各方面的注意和重视。

伴随着机械工作产生的噪声，其噪声水平和频谱，有时可作为机械结构完善程度和制造质量的指标之一。根据噪声能够诊断机械的运转是否正常和哪些零件出了毛病，噪声可作为机械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，引起了零件碰撞，增加了振动，就产生了噪声。某些零部件，如齿轮或轴承等，对其在运转时所产生噪声的声压级和频谱作出规定，也可能对加工精度加以控制。

在任何地方，总存在噪声。噪声可以从远、近很多声源发出来，经过多次反射后，可能使部分噪声成为无方向性。一定环境下所有这些组合成的总噪声，统称为环境噪声。

第二节 机械噪声概况

噪声的强弱大小，一般用声级分贝(dB)来衡量。用测试噪声仪器——声级计A档量出的声级，称为A声级。以dBA表示，它比较接近人耳的感觉，所以目前广泛使用。关于分贝大小的概念，可用表1-1来说明(分贝定义见第三章)。

从表1-1可以看出，在城市中生活，人们总是逃脱不了来自四面八方的噪声威胁，一般高于90分贝的噪声都是局部的，而对人们影响最广的还是60~85分贝的中等噪声。

城市噪声污染，有逐渐增长的趋势。在我国，近十年来城市噪声提高了10分贝，平均每年提高1分贝。造成城市环境噪声的主要原因是由交通运输、工厂生产和建设施工、以及社会活动和日常生活所带来的噪声。据一些国家的调查统计，这三类城市噪声中，交通运输噪声约占75%，工厂生产和建设施工噪声约占10%，其余则为社会活动和日常生活的噪声。

在城市中，天上地下，水面地面都运行着各种交通运输工具。这些交通运输工具愈来愈多，运行速度愈来愈快，使用功率愈来愈大，运行区域愈来愈广。因此交通运输是城市噪声最主要的来源，其中机动车辆的噪声影响面最广。而汽车又是最主要的因素。因为数量大，并且大多数都集中在大城市里。表1-2为离机动车辆行车中心7.5米、高1.2米处测量的噪声统计值。

城市中各种工厂的生产以及市政和建筑施工所造成的噪声其影响虽不及交通运输噪声广，但局部地区的污染却相当严重。工厂中使用着大量种类繁多的机械，伴随着其运转、加工都会产生程度不同的噪声。工厂车间的噪声水平，不仅取决于机械设备的种类规格、数量、使用状态和布置方式，也取决于吸声表面的数量和位置，与生产性质、规模、产品

表 1-1 各种声源的声压级与人耳的主观感觉

声压级 (分贝)	主观感觉	影响程度	实 例
180—	很 痛 苦	其它生理损伤	—导弹发射(一百米远)
160—			—耳边步枪发射
140—			—喷气机起飞
135—	痛 苦	听觉较快受损、 耳聋	球磨机旁
120—			—锅炉车间(痛阈) 圆盘磨旁
115—	难 忍 受	长期影响, 听 觉受损、耳聋	—纺织车间 一米远大叫 公共汽车
100—			交通干道旁
85—	很 吵 闹	长期影响, 尚 无定论	—城市道路旁
80—			家用洗衣机 一米远谈话 一般办公室
60—	一 般	安全	家用电冰箱 一般建筑物
40—			轻声耳语 —安静住宅 郊区静夜
20—			—刚好听到(听阈)
0—	很 静		

表 1-2 国产机动车辆噪声的统计值^[46]

[分贝(A)]

车 种	加 速 噪 声			匀 速 噪 声 ^①		
	L_{10} ^②	L_{50} ^②	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	86.5	82.7	83.22

① 速度为50公里/时。

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

品种、生产过程等也有一定关系。

为了了解我国机械工厂生产噪声的实际水平,下面列举比较典型的七个机械工厂所属的9个同类车间的噪声状况,见表1-3。从表1-3可以看出,尽管各厂的生产任务和规模不同,但其同类型车间的噪声水平基本上是接近的,其中平均噪声级超过80分贝(A)的是发电间、空压站、锻压、铸造和木模车间等5类。金加工、装配、机修、工具等4类车间的平均噪声级均不超过80分贝(A)。

表1-4为7个机械工厂主要高噪声机械设备的噪声状况。表中所列的15种设备都是机械工厂所必需配置的,而且大多数是通用或专用的标准定型机械设备,其噪声均在90分贝(A)以上。图1-3为几种设备的噪声频谱。

表 1-3 七个机械工厂主要车间平均噪声级①

[分贝(A)]

工 厂 车 间	通 用 机 械 厂	动 力 机 械 厂	水 泵 厂	机 床 厂	内 燃 机 厂	锅 炉 厂	重 型 机 床 厂	各厂平均 值及波动范 围②
发 电 间	103	101	93	101	100	95	91	98 ⁺⁵ ₋₇
空 压 站	90	92	87	86	88	89	90	89±3
锻压车间	92	80	87	91	86	77	84	85 ⁺⁷ ₋₈
铸造车间③	80	85	81	83	83	81	82	82 ⁺³ ₋₂
木模车间	90	—	89	94	—	—	86	90±4
金加工车间	78	83	80	81	81	78	82	80 ⁺³ ₋₂
装配车间	70	78	74	81	88	—	78	78 ⁺³ ₋₂
机修车间	—	80	80	79	76	79	—	79 ⁺¹ ₋₃
工具车间	—	80	76	77	77	83	—	79 ⁺⁴ ₋₃

① 车间平均噪声级系指代表车间噪声水平的一个测点的声级值或两个测点以上的声级算术平均值。

② 各厂平均值及波动范围系指代表各厂同类车间噪声水平的声级平均值和最大、最小值与平均值的上、下偏差。

③ 测量时大部分高噪声设备未开动。

表 1-4 七个机械工厂主要高噪声设备噪声范围

序号	设备名称	A声级(分贝)	附 注	序号	设备名称	A声级(分贝)	附 注
1	空 压 机	88~92	10~100米 ³ /分	9	立式车床	90~95	2.3~5米
2	锻 造 机	102~117(C)	0.4~3吨	10	多轴钻床	94	自制产品
3	造 型 机	94~102		11	龙门刨床	90~96	4~12米
4	落 砂 机	90~116	1.5~4.5吨	12	直流电焊机	90~94	
5	鼓 风 机	94~104	30~120米 ³ /分	13	压刨(木工)	98	600毫米
6	风 铲	102		14	平刨(木工)	94	600毫米
7	风 镐	93		15	圆盘锯 (木工)	102~109	
8	普通车床	86~92					

注:测点均选在噪声较大的一侧或两侧,仪器距机面1米,高1.2米左右。

造纸厂高噪声设备有纸机[82~90分贝(A)]、 $\phi 450$ 圆盘磨[87~102分贝(A)]、高频振框式筛浆机[85~90分贝(A)]、 $\phi 100$ 水环式真空泵[87分贝(A)]、排风机[86~90分贝(A)]等。

有些工厂设立为本厂产品试车的试车台或试车室。试车台多附建在装配车间内，试车室则单独建筑。试车室的噪声或试车台附近的噪声都很高，尤其是发动机、泵、风机等的试车室噪声可高达100分贝(A)以上。

“试车噪声”对各车间产生严重的干扰。

家用电器如洗衣机、电冰箱、电风扇、空调器等，虽然噪声不算高，但影响面广，其噪声控制也为人们所重视。

综合上述各类工厂车间噪声状况，我们发现，超过国家工业企业噪声卫生标准的车间占相当大的比重，这主要是由产生高噪声的机械设备所造成的。那些回转运动机械、往复运动机械、冲击运动机械、动力传递机构（如传动轴、轴承、齿轮、链条、皮带等）、燃烧装置、化学反应装置、无运动部件的设备（如变压器）、流体机械、切削加工等都会发出各种类型的噪声，它们是工厂的主要噪声源。其强度、频率高低不等，出现的次数、持续的时间等差别很大。有的是连续的，有的则是间断的；有的是稳定的，有的则是非稳定的。因此，降低各种机械设备和运输工具的噪声是环境噪声控制的根本途径。

我国噪声的研究工作，是在五十年代末期开始的。当时我国工业还很薄弱，噪声问题摆不上日程，工作开展较慢。到六十年代才有较大的发展。特别是到了七十年代，党和国家十分重视，环境保护被提上日程，噪声研究工作才蓬勃发展起来，并取得不少成果。一般控制噪声的手段，如吸声、隔声、减振、隔声罩、护耳器等，已普遍使用，各单位已积累不少成功的经验。马大猷、李沛滋等同志提出的微穿孔板吸声结构和小孔喷注噪声理论等是这方面的突出代表。城市环境噪声管制条例（建议）第十八条规定，所有产生噪声的机械设备和机电产品，必须附有噪声指标。这样机械低噪声设计就成为设计制造机械产品的一项不可缺少的重要内容。

第三节 噪声危害和噪声标准

一、噪声危害

噪声对人的影响是一个很复杂的问题，不仅与噪声的性质有关，而且还与每个人的心理、生理状态以及社会生活等多方面的因素有关。噪声影响人的睡眠、办公、学习、听力和身体健康，严重时引起疾病和事故，高强度声压还能破坏建筑物和影响仪器设备正常工作。这些影响有的是直接的，有的则是间接的。比如，体质不同的人对噪声的忍受程度就不一样，体质差的人，尤其是高血压和精神病患者，对噪声特别容易感到烦恼。正常的

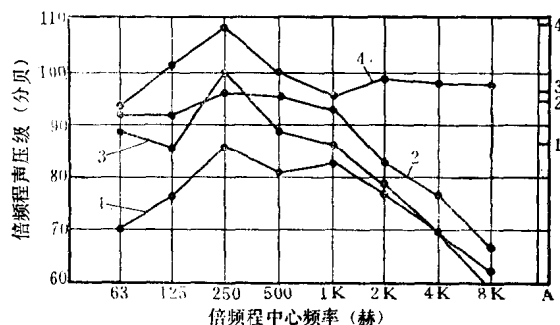


图 1-3 几种机械设备噪声频谱（测点距机面1米，高1.2米处）

1—C7650型普通车床 2—4米龙门刨床 3—SLC120-3500型罗茨鼓风机(装消声器) 4—万能圆盘锯床

人, 心情不同, 对噪声的感受也有很大差异。职业不同接受噪声的影响程度也不同。所以研究噪声对人的影响程度, 必须从语言声学、生理和心理声学以及社会调查等多方面进行。这里只概括介绍五个方面。

1. 对睡眠的干扰

从睡眠中被噪声吵醒的机率与噪声级的大小、噪声的涨落、睡熟的深度以及与个人的年龄、性别、健康状况等有关。一般人睡眠的程度有四级, 最轻的是困倦、眨眼, 一级是轻瞌睡, 二级是入睡, 三级是较熟, 四级是熟睡。入睡的次序是先由清醒进入一级, 随着眨眼, 以后转入二级, 过一些时候转入三级, 再进入四级。在睡过一定时间后又很快由四级转回到一级, 这时可能眨眼、作梦, 以后再转入二级、三级、四级, 如此循环不已。正常人, 一个循环大约是九十分钟, 循环时一级时间渐长, 四级时间渐短, 到最后睡醒。

噪声的作用是, 如果噪声是连续的, 可加快由深睡到轻睡的回转、多梦, 使熟睡的时间减少。如果噪声是突然的, 可使人惊醒。这样, 如果经常受到噪声的干扰, 就可能因睡眠不足, 引起头昏、头痛、神经衰弱等症。对需要休养的病人, 为害更大。

连续噪声引起睡级回转的程度大致与声级成线性关系, 在40分贝(A)时, 大约10%的人受到影响; 在70分贝(A)时, 受到影响的人就有50%。

突然一声响把人惊醒的情况也基本与声级成线性关系, 40分贝(A)的突然噪声惊醒10%的睡眠者, 60分贝(A)的突然噪声惊醒70%。

所以从睡眠的角度来说, 大约是40分贝(A)以下的噪声影响很小, 55分贝(A)的噪声就比较严重(睡级回转30%, 突然惊醒50%)。

2. 对语言、思考的干扰

在一般场所交谈都受到环境噪声的干扰。在办公、学习、会议、写作等活动中, 评价噪声主要通过交谈的影响来衡量, 因为清楚而不费力地听懂对方的讲话是基本要求。不同噪声的干扰程度大致见表1-5。在和语言、思想(思考也通过语言)有关的活动中, 大致可以说, 45分贝(A)以下的噪声影响很小, 到65分贝(A)就比较严重。

3. 对听力的影响

噪声对听力的影响与噪声的强度、频率及作用时间等因素有关。噪声强度越大, 频率越高, 作用时间越长, 危害就越大。噪声对听力的影响, 轻则是暂时性的听阈迁移, 重则引起听力损失, 甚至造成耳聋。

所谓暂时性听阈迁移, 就是在强烈的噪声作用下, 听觉皮质层器官的毛细胞受到暂时性的伤害, 而引起听阈级的暂时性的迁移。但在安静的环境里经过适当时间仍会恢复到原来未被噪声影响的听阈级, 这一恢复时间, 随噪声的声级而异。对于低声级噪声恢复时间可以是几分钟, 对于高声级噪声则往往需要两、三星期。听阈迁移将决定于噪声级、噪声特性、暴露时间以及各人对噪声的敏感性。听觉灵敏最大改变率是在3000赫到6000赫范围, 低于和高于这一范围的频率改变得稍少一些。大量数据表明, 强噪声工厂工人听阈最明显的迁移是在4000赫左右。

重复暴露在高噪声级环境中, 暂时性听阈迁移恢复越来越慢, 如果没有得到恢复又重复暴露在强噪声级环境中, 久而久之便失去了恢复正常的听阈能力。失去的这部分听阈迁移级便成为永久性听阈迁移, 此时就称为听力损失。中等噪声级引起的听力损失为暴露年数的函数, 10年后发生在1000赫频率的听力损失大于30分贝; 40年后在同一频率的听力损

失为50分贝。在500、1000、2000赫三个频率的平均听力损失超过 25 分贝时，就认为是噪声性耳聋。此时就影响人的工作能力和活动能力。根据国外统计，在不同噪声级下长期工作，后果见表1-6。各方面统计都有出入，但相差不远。从表中数字看出 80 分贝（A）以下不致引起噪声性耳聋，但95分贝（A）就比较严重。

表 1-5 噪声对谈话干扰的程度

A 声级 (分贝)	能进行正常交谈的 最大距离(米)	电话通话质量
45	10	很好
55	3.5	好
65	1.2	较困难
75	0.8	困难
85	0.1	不可能

表 1-6 工作四十年后噪声性耳聋发病率

噪声级 [分贝 (A)]	国际统计ISO (%)	美国统计 (%)
80	0	0
85	10	8
90	21	18
95	29	28
100	41	40

另外，特别高的噪声级还会引起人耳的外伤。高于130 分贝的声音使听阈迁移不能恢复，甚至耳膜被击穿而出血，所以对高于130分贝的声音即使是暴露很短时间也应避免。

4. 对健康的危害

长期暴露在强烈噪声环境中，还会引起其它生理作用，如恶心、呕吐、眼球振动、视觉模糊、头部悸动、胃部不适、咳嗽、血管扩张、肌肉抽搐，等等。但这些现象都是在产生噪声性耳聋的声级以上很多才能产生，所以如果能作好听力保护工作，其它生理作用就不会发生。

5. 对工作的影响

噪声对工作的影响是广泛而复杂的，其影响因素很多，所以要想以一定指数或经济方法估计噪声对工作影响的程度是很不容易的。在噪声刺激下，使人心烦燥，分散注意力，容易疲劳，反应迟钝。因此降低工作效率。对那些要求注意力高度集中的工种（如司机、文字校对等），不仅影响工作进度，而且降低工作质量，容易出差错和引起事故。高强度噪声还会掩蔽运输音响信号和警报信号，使行车安全受到威胁。大量调查发现：

- （1）噪声除非高于90分贝（A），对工作影响较小；
- （2）无规律的爆破声比稳态声干扰更大，爆破声甚至声压级低于90分贝（A），有时也可能干扰工作；
- （3）噪声的高频部分，约高于1000赫以上比低频部分对工作可能产生更大的干扰；
- （4）噪声影响工作的精度，似乎比降低总的工作量大；
- （5）噪声对没有经验的工作比熟练的工作有更大的影响，如对打字、排字、校对、计算、阅读和教学等更明显；
- （6）噪声对学校、图书馆、医院影响更大，它影响课堂效果，分散学生注意力，干扰病人休息；
- （7）噪声引起疲劳，往往可做为噪声影响工作的判断依据。如，一般当噪声超过房屋内或邻近地区的原有噪声愈大，则愈使人感到疲劳；在声级相同时，由高频组成的噪声（如尖声）的疲劳作用比由低频组成的（如嗡声）大；疲劳作用一般随声级的增加而增加；纯音和窄带噪声一般比“沙沙声”更使人感到疲劳；脉冲噪声比均匀持续的噪声更使人感到疲劳，声级差愈大，脉冲式噪声的疲劳作用就愈大；意外的或令人吃惊的噪声的疲

劳作用比可预感的噪声更大。

二、噪声标准

控制噪声是环境保护的一个重要方面，也是某些机械产品的质量评价指标之一，但降低噪声也需要一定技术措施和经济负担。为了获得适宜的噪声环境和反映产品适宜的噪声水平而又不致造成浪费，就需要一系列噪声标准，或者说，噪声标准就是不同条件下和为各种目的所能允许的最高噪声级。是为各种目的制定的，所以允许的噪声标准就很多。

目前国内外出现的噪声标准有两大类，一类是机械产品噪声标准，一类是听力和环境保护方面的噪声标准。前者是作为机械产品的质量指标提出来的。不少国家已制定了某些产品的噪声标准。我国除少数产品外，大多数产品的标准正在调研和制定之中。表1-7、1-8为我国已公布的常见机械产品、家用电器和电机的噪声标准。关于后者，不少国家已公布了本国的噪声标准。因为它牵涉到生理、心理、物理、机械制造、社会经济等各方面，要比大气或水质的控制标准更难精确规定。下面介绍几种常用的噪声标准。

表 1-7 常见机械产品和家用电器的噪声标准

名 称		噪声标准[分贝(A)]	测 量 条 件
一般机床		≤ 85 中低频 ^①	根据《JB2281-78金属切削机床噪声测量》标准
精密机床		≤ 75 中 频 ^②	
罗茨鼓风机		≤ 90 中低频	《通风机噪声测定》
发 动机	功率 ≤ 200 马力	≤ 78 中低频	在半自由声场下测量，测点高1.2米，距本体中心线7.5米
	功率 > 200 马力	≤ 80 中低频	
家用电冰箱		≤ 45	根据SG215-80标准中规定，测点距电冰箱正面1米，高1米
家用洗衣机		≤ 65	根据SG186-80标准，洗衣机放在厚5~10毫米弹性垫层上，测点距洗衣机前、后、左、右四面中心1米处
手提式电吹风	感应式单相交流电动机	≤ 50	根据SG197-80标准，测点距电吹风风口200毫米处
	串激式交直流电动机	≤ 85	
	永磁式直流电动机	≤ 70	

① 指噪声峰值频率在350~500赫以下。

② 指噪声峰值频率在800赫以下。

1. 睡眠、交谈和听力保护噪声标准

在各种情况下，都可以根据噪声影响的大小来制定噪声标准。考虑到人的活动性质主要有三种：工农业生产、交谈思考和睡眠休息。所以基本的噪声标准也可以只需要三种：生产中的听力保护，交谈中保证清晰度和休息中不受惊扰。而每种活动都有不同情况，要求有不同，地区环境不同，客观条件不同，等等。因此，每一种噪声标准都有一个范围，最高值是刚能用的，允许噪声有一定影响，在任何情况下不宜超过。最低值是理想情况，

表 1-8 一般用途电机的噪声标准

防 护 等 级	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44
转速(转/分)	960及以下		>960~1320		>1320~1900		>1900~2360		>2360~3150		>3150~3750	
功率(千瓦) 功率(千伏安)	声 功 率 级 分 贝 (A)											
1.1及以下	71	76	75	78	78	80	80	82	82	84	85	88
>1.1~2.2	74	79	78	80	81	83	83	86	85	88	89	91
>2.2~5.5	77	82	81	84	85	87	86	90	89	92	93	95
>5.5~11	81	85	85	88	88	91	90	94	93	96	97	99
>11~22	84	88	88	91	91	95	93	98	96	100	99	102
>22~37	87	91	91	94	94	97	96	100	99	103	101	104
>37~55	90	93	94	97	97	99	98	102	101	105	103	106
>55~110	94	96	97	100	100	103	101	105	103	107	104	108
>110~220	97	99	100	103	103	106	103	108	105	109	106	110
>220~630	99	101	102	105	106	108	106	110	107	111	107	112
>630~1100	101	103	105	108	108	111	108	112	109	112	109	114
>1100~2500	103	105	106	110	110	113	109	113	110	113	110	115
>2500~6300	105	108	110	112	111	115	111	115	112	115	111	116

注：1. 本标准为GB755-60《电机基本技术要求》第31条，测量按《电机噪声试验方法》。

2. 本标准为单台电机(电动机和发电机等)空载时的噪声限值。电机噪声限值分为ZJ-0、ZJ-1、ZJ-2、ZJ-3和ZJ-4共5个等级。本表列出ZJ-1级电机的防护等级、转速和额定功率与A计权声功率限值的相应关系。

其余各级的限值按如下规定：

ZJ-0级 表中限值加5分贝

ZJ-2级 表中限值减5分贝

ZJ-3级 表中限值减10分贝

ZJ-4级 表中限值减15分贝

可满足一切要求。使用时，根据具体情况在这范围内选择适宜的标准。使得标准具有客观性和灵活性的特点。

基于以上考虑，1977年中国科学院声学研究所提出如表1-9的噪声标准。表中都是等效连续声级。理想值是噪声无任何干扰或危害的情况，可作为最高标准，极大值允许一定干扰或危害（睡眠干扰23%，交谈距离2米，对话稍有困难，听力保护80%），但不到严重程度。在实际情况中，应根据噪声性质、地区环境、严格要求噪声环境的必要性和经济条件等决定在理想值和极大值之间的具体标准。标准选定后，要保证噪声在标准±2分贝范围内，超过就要采取技术措施。噪声如果是从室外传入，根据一般隔声效果，在室外，噪声要求比室内标准高10分贝（关窗时可达15分贝），在交通要道旁可高20分贝。

表 1-9 噪声标准(建议)

适用范围	理 想 值 [分贝(A)]	极 大 值 [分贝(A)]
睡 眠	35	50
交谈、思考	45	60
听力保护	75	90

我国卫生部和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）从1980年1月1日起实行，这个标准就是听力保护标准。它对新建和老企业制定了不同的噪声标准，见表1-10。

噪声暴露时间，是指在噪声环境下工作的时间，若工作时间减半，允许的噪声级可以提高3分贝，工作时间越短，允许的噪声

表 1-10 新老企业噪声标准

噪声暴露时间	8 时	4 时	2 时	1 时	30 分	15 分
老企业允许噪声[分贝(A)]	90	93	96	99	102	105
新企业允许噪声[分贝(A)]	85	88	91	94	97	100

级越高,但最高不得超过115分贝,若超过115分贝,必须采取护耳措施。

规定的噪声标准是指人耳位置的稳态A声级或非稳态噪声的等效连续声级。

1961年国际标准化组织提出的听力保护标准是:连续噪声暴露时间8小时为90分贝(A)。1971年又提出85分贝(A),如果暴露时间减半,噪声级标准可提高3分贝。

美国、苏联、瑞典的听力保护标准暴露8小时是85分贝(A),日本、德国、法国、比利时、英国、意大利等国是90分贝(A),若暴露时间减半,除英、日、比利时等国提高为5分贝,其他国家为3分贝。

关于听力损伤的定义,国际标准化组织建议,当在500赫、1000赫、2000赫三个频率的听觉损失数平均值超过25分贝时即称为听力损失。

2. 环境噪声标准

环境噪声标准的制定一般有两种方法,一种是根据不同时间地点定一系列数值来控制,例如国际标准化组织、日本、英国提出的环境噪声标准。另一种则是订立一个基数,然后再根据不同时间、地点、噪声情况等规定一系列调整值。例如英国规定对工业居住混合区工厂噪声影响的估计办法中即以背景噪声50分贝为基数进行调整。我国城市区域环境噪声标准(草案)见表1-11。

表 1-11 城市各类区域环境噪声上限标准值 [等效声级分贝(A)]

适 用 区 域	昼 间 6:00~22:00	夜 间 22:00~6:00
特别安静区(医院、疗养院、高级宾馆等)	45	35
安静区(机关、学校、居民区)	50	40
一类混合区(小商业与居民混合区)	50	45
商业中心、二类混合区(少量交通、街道工厂与居民混合区)	60	50
工业集中区	65	55
交通干线道路两侧	70	55

3. 机动车辆噪声标准

要保证环境噪声不超过限度,对机动车辆的噪声需加以限制,我国已制定机动车辆允许噪声标准(GB1495-79)及其噪声测量方法(GB1496-79),见表1-12。

由于这些交通工具不断增加,而新出厂的车辆噪声一时还降不下来,旧车车辆又不能禁止行驶,因此一般规定有一个过渡时期,要求在这段时期内逐渐降低。

有些国家对空运噪声、工厂企业逸出噪声、施工机械、动力机械噪声、水运噪声等也作出了规定。

4. 噪声评价曲线(N曲线)

图1-4是近年来应用比较广泛的国际标准化组织(ISO)推荐的噪声评价曲线,又称N曲

表 1-12 各类机动车辆噪声标准

车 辆 种 类		标 准 I	标 准 II
		分 贝 (A)	分 贝 (A)
载重汽车	8吨≤载重量<15吨	92	89
	3.5吨≤载重量<8吨	90	86
	载重量<3.5吨	89	84
公共汽车	总重量4吨以上	89	86
	总重量4吨以下	88	83
轿 车		84	82
摩 托 车		90	84
轮 式 拖 拉 机		91	86

注：1. 本标准规定使用GB1496-79《机动车辆噪声测量方法》。
2. 1985年1月1日以前生产的机动车辆，应符合标准I。自1985年1月1日后生产的机动车辆，应符合标准II。

线。这是一组N值从0~130的噪声评价曲线，N值为噪声评价曲线号数，它是中心频率等于1000赫时倍频程声压级的分贝数。N曲线已考虑到高频噪声比低频噪声对人的影响要严重些的因素，因此在同一曲线上的各倍频程噪声级，可以认为具有相同程度的影响。曲线是从听力损害、会话妨碍和烦恼程度三个方面综合考虑而制定的，一般适用于评定环境噪声。

噪声评价曲线N值与A声级的换算关系为：

$$N = A \text{ 声级} - 5 \text{ 分贝}$$

如：N=85分贝，则A声级为90分贝（A）；N=80分贝，A声级为85分贝（A）。

如果工厂的生产车间每天工作8小时，允许连续噪声为90分贝(A)，即相当于图中N—85曲线。在任何情况下，连续噪声不应超过115分贝（A），即各倍频程中心频率的声压级不应超过图中N—110曲线。机械噪声经噪声控制后，仍超过允许的噪声评价数，则必须在噪声传播途径和接收器处采取措施，使其降低到允许的噪声评价数以下。

1971年国际标准化组织建议的，从1974年开始试行，每天工作8小时，采用噪声评价曲线N80曲线[85分贝（A）]，作为噪声允许标准。这就是前边提到的听力保护标准。

一般根据噪声控制对象的工作条件，选择噪声评价N曲线。对工厂区的生产车间，选用N85或N80；对工厂区的试验室、计量室，选用N65或N60；

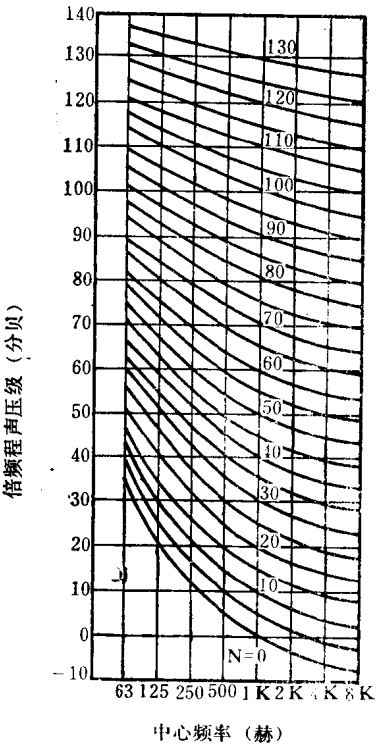


图 1-4 N曲线

对宿舍和重要办公室, 选用N55或N50; 对于金属结构车间、铆焊车间等固体噪声为主, 而且属于间歇作用的生产车间内可选用N95或N90。

当噪声不是连续的, 而是间歇性的脉冲声时(如冲床、枪炮声), 则要求每一个脉冲

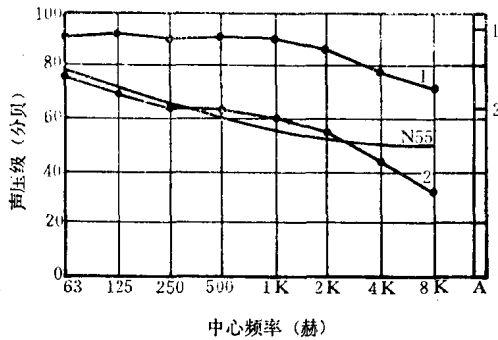


图 1-5 发电间机房和控制室的噪声频谱

1—机房 2—控制室

声不得超过 140 分贝(A)。这种脉冲声应当用脉冲声级计去测定。如用普通声级计时, 可用C计权网络读数再加 15 分贝(A), 作为近似估算值。

【例 1-1】某工厂发电机房内噪声见图1-5中曲线1, A声级96分贝, 已超过工业企业噪声卫生标准(或N85曲线)。为此在机房内建一隔声控制室。隔墙用砖砌成, 厚50厘米, 墙上开有双层玻璃观察窗和双层普通木板门, 这样控制室内噪声可降低到64分贝(A), 见图1-5中曲线2, 相当

第四节 机械噪声控制的基本内容

一、声源、传播途径、接收器的统计性

形成噪声, 首先要有能够产生声振动的物体, 也就是声源, 其次要有能够传播声的介质, 另外, 要有声的接收器, 即听者, 如人耳、声传感器。

噪声可以经由任何一个可能途径到达听者。例如, 室外汽车的喇叭声, 有部分声音可能是从开着的窗户直接传入室内到达听者, 也可能有部分声音先投射到墙面, 使墙面作微小振动, 其中部分振动能量转变为声辐射, 间接的到达听者。

为了方便, 在工程问题中, 将声音自声源到听者的传输, 可以利用具有统计性的示意图表示, 见图1-6。图中标以声源的框格, 可以代表一个或很多个数量变化的振动能源。其噪声输出也可能随时改变, 例如, 交叉路口车辆通行的情况。噪声从声源到达听者的途径, 可能有很多或是变化的。例如, 考虑一个内燃机车司机室中的噪声级, 司机室隔一间壁与吵闹的机房相邻, 而间壁开有门。当门打开时, 传播途径就发生了变化, 这样, 司机室中的噪声级就在许多因素影响下作统计性的变化, 影响因素之一就是通向机房的门的开启频率。标以接收器的框格, 可以代表一个人、一群人、全体居民, 或者某种设备中对噪声敏感的精密部件。如果接收器代表一群人, 则这群人中实际人数, 可以随时改变, 其各人的听阈也不同, 而每个人的听阈也是可能随着时间变化的。

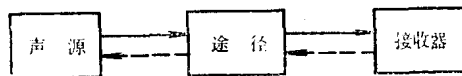


图 1-6 噪声传输示意图

(实线箭头代表声源到接收器的声传播, 虚线箭头代表图中各单元间的相互作用)