

高等院校环境类系列教材

噪声污染 控制工程

蔡俊 主编



ZAOSHENG WURAN KONGZHI
GONGCHENG

中国环境科学出版社

高等院校环境类系列教材

噪声污染控制工程

蔡俊 主编

中国环境科学出版社·北京

前 言

环境问题是当前人类社会普遍关注的全球性问题。随着社会生活和城市规模的迅速发展，环境噪声污染越来越严重。据统计，目前城市环保部门收到的投诉绝大部分是噪声方面的。对环境噪声污染实施有效控制不仅已成为环保部门的紧迫任务，而且是我国构建和谐社会、幸福民生的重要内容。

本书通过阐述环境噪声控制的基本原理、实用技术方法、国内外最新成果以及列举工程实例等，力图使读者具备相应的分析和解决问题的能力，从而对环境噪声控制工程不拘泥于套用公式和图表，而能够视工程实际情况，根据噪声控制原则，举一反三地进行思考和设计。同时考虑到从事环境工程设计、环境影响评价和环境监测与管理人员的需要，书中还列出了一些常用的数据和图表，介绍了噪声评价和测量的标准、方法等，便于查阅和引用。

全书共分九章，第一章介绍了噪声污染的危害以及环境声学的研究内容；第二章介绍了声波的基础知识、声音的度量和分贝的计算；第三章介绍了环境噪声的评价和测量；第四章介绍了噪声控制的基本原理和原则；第五、六、七、八章全面系统地介绍了吸声、隔声、消声和隔振减振技术；第九章列举分析了典型的噪声控制工程应用实例。

本书是作者在从事环境噪声污染控制教学及研究工作的基础上编写而成的，为便于教学，每章末均附有习题；为适应不同的授课时数，

各章虽有相互联系，但又具有一定的独立性，在教学中可视实际课时适当取舍。

在本书的编写过程中得到了上海交通大学蔡伟民教授、徐菲研究员等的大力协助，参加审稿的还有吴文高、熊红莲、刘玲等，在此表示衷心的感谢。

限于编者的经验和水平，谨请使用本书的读者和广大师生，对书中不足之处提出宝贵意见。

编者

2011年9月

于上海交通大学

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 噪声.....	1
1.2 噪声的危害.....	1
1.3 环境声学研究的内容.....	10
第二章 声波的基础知识	14
2.1 声波及其基本概念.....	14
2.2 声波的叠加.....	19
2.3 声波的频谱和频程.....	23
2.4 声波方程.....	25
2.5 声波的传播特性.....	30
2.6 声音的度量和分贝的计算.....	33
2.7 声波在户外的传播规律.....	39
第三章 噪声的评价和测量	46
3.1 噪声的评价量.....	46
3.2 噪声评价标准和方法.....	57
3.3 噪声测量仪器.....	68
3.4 噪声测量方法和技术.....	76
第四章 噪声控制原理	88
4.1 噪声控制基本原理.....	88
4.2 噪声源分析.....	90
4.3 城市环境噪声控制.....	94
第五章 吸声技术	96
5.1 吸声系数和吸声量.....	96
5.2 多孔吸声材料.....	100

5.3	共振吸声结构.....	105
5.4	空间吸声体.....	113
5.5	室内吸声降噪.....	115
5.6	吸声降噪计算实例.....	123
第六章	隔声技术.....	126
6.1	隔声性能的评价.....	126
6.2	单层匀质墙的隔声.....	130
6.3	多层复合隔声结构.....	135
6.4	隔声间.....	139
6.5	隔声罩.....	149
6.6	隔声屏.....	150
第七章	消声技术.....	153
7.1	消声器的分类和评价.....	153
7.2	阻性消声器.....	159
7.3	抗性消声器.....	165
7.4	阻抗复合式消声器.....	178
7.5	微穿孔板消声器.....	180
7.6	扩散消声器.....	182
第八章	隔振与阻尼减振技术.....	189
8.1	振动对人体的影响.....	189
8.2	隔振原理和器材.....	193
8.3	阻尼减振.....	200
第九章	噪声控制技术应用.....	206
9.1	风机噪声控制.....	206
9.2	空压机噪声控制实例.....	211
9.3	冷却塔噪声的综合控制.....	216
9.4	道路声屏障设计实例.....	224
参考文献		230

第一章

绪论

1.1 噪声

噪声的定义为容易导致人的精神或生理产生不良反应的声音。其可以从以下两方面来理解：一方面，从噪声的特性来看，它是一种声音强弱和频率变化无一定规律的声音。大多数机械设备发出的噪声都具有这种特性；另一方面，从对人的生理危害和心理影响来看，凡是对人体有不同程度伤害作用的声音以及会干扰或妨碍人的正常活动（包括学习、工作、谈话、通信、休息和娱乐等活动）的声音均可认为是噪声。

噪声污染与大气污染、水污染和固废污染不同，其特点为：

（1）噪声污染是局部的、多发性的，除飞机噪声等特殊情况下，一般从声源到受害者的距离很近，不会影响很大的区域。

（2）噪声污染是物理性污染，没有污染物，也没有后效作用，即噪声不会残留在环境中。一旦声源停止发声，噪声也消失。

（3）与其他污染相比，噪声的再利用问题很难解决。目前所能做到的只是利用机械噪声进行故障诊断。如对各种运动机械产生的噪声水平和频谱进行测量和分析，将其作为评价机械机构完善程度和制造质量的指标之一。

1.2 噪声的危害

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；特别强的噪声还会影响设备正常运转、损坏建筑结构等。下面分别加以简要阐述。

1.2.1 对交谈的干扰

虽无肯定的证据，但人们相信在职业场所中噪声确能干扰工作时的交谈，还可能因听不到警报声而导致发生工伤事故。在办公室、学校和家庭中，干扰说话的声音是引起烦恼的主要原因。人们多次尝试根据掩盖噪声的特点来改进能够直接指出干扰语言感知程度的简单指标。自然，这样的指标应达到相当大的近似程度。三个最常用的指标是：清晰度（或可懂度）指数（AI）、语言干扰度（SIL）和 A 计权声压级（ L_{pA} ）。

1.2.1.1 清晰度指数

清晰度指数（AI）是这些指标中最复杂的，因为考虑到事实上有些频率的噪声掩盖说话的作用比另一些频率更大。频率低于 250 Hz 和大于 7 000 Hz 的噪声不包括在内，因为认为它们不影响语言的理解度。将 250~7 000 Hz 的频率范围分为 20 频带，每个频带占总可理解度的 5%。为了测定某个噪声的清晰度指数，计算在 20 频带中每个频带的语言强度均值和噪声强度均值之间的差值，然后将所得数据综合起来就得出一个简单指数。实际上，这个过程是预测对单个语言声音的掩盖作用将有多大，然后求出这些资料的总和。

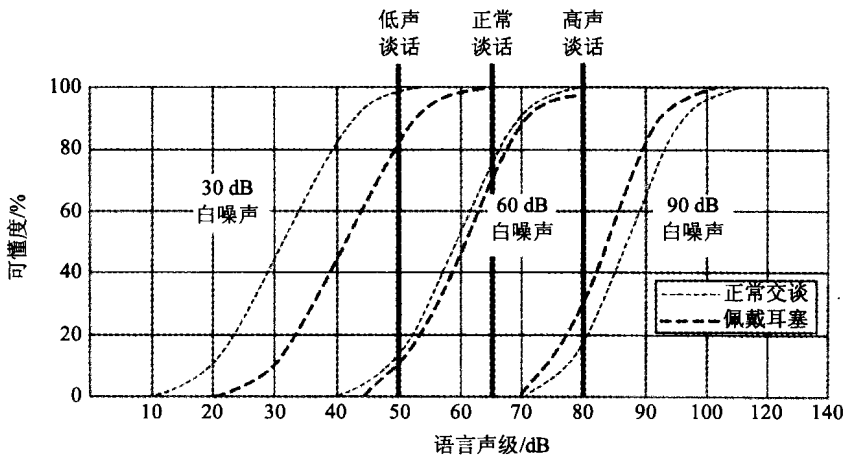


图 1-1 语言可懂度受噪声的影响

图 1-1 表示语言可懂度受噪声的影响，30 dB 的白噪声不能影响面对面的交谈，60 dB 的白噪声对 65 dB 的正常谈话也影响不大，不过一般室内谈话声音比面对面谈话稍低一些，而女生只要 60 dB 就可交谈。在 90 dB 白噪声下，高声（80 dB）

交谈也几乎听不清，大声喊（95 dB）才能听懂。但语言声过大有可能发生畸变，戴上耳塞把语言声和噪声同时降低，可以得到满意的懂度（图中虚线）。图 1-1 中几条干扰线（30 dB、60 dB 和 90 dB 白噪声）形状都相似，所以中间值可用内插法求得。大致来说，语言交谈在同样声压级白噪声影响下仍可进行，白噪声声压级高 5 dB 就听不清了，比语言声级低 10 dB 的白噪声对谈话基本无影响。

1.2.1.2 语言干扰度

设计语言干扰度（SIL）是用来代替 AI 的简化指标。本指标与 AI 相比，在很大程度上省去了最低和最高频段所占的理解度。SIL 的最新方案是挑选 0.5 kHz、1 kHz 和 2 kHz 为中心频率的三个倍频的声压级的算术平均值（缩写为 SIL 0.5, 1 和 2）。还提出过许多种用特定倍频程均值来表示的 SIL。例如，SIL（0.25、0.5、1、2）除了上述三个频带还包括 250 Hz 频带在内。目前，美国国家标准化协会推荐 SIL（0.5、1、2、4）作为噪声掩盖能量的最好评价指标。

1.2.1.3 A 计权声压级

简单的 A 计权声压级也是语言干扰的有用指标。A 计权过程与 AI 和 SIL 一样着重于中频，但是没有完全去掉最低和最高频段。

实验表明，在预测变化很大的噪声掩盖语言的能力方面，AI 比 SIL 或 A 计权声压级更为准确。但实际应用中，A 计权声压级和 SIL 仍在继续使用，因为容易测量的 A 计权声压级及 SIL 两指标的准确性并不亚于 AI。虽然对特殊的噪声来说，SIL 和 A 计权声压级的均值可能有很大的差异，但通常在同样干扰程度下，SIL 只比 A 计权声压级的均值低约 10 dB。

室外交谈时，说话声传播控制在中等距离，符合“距离平方反比定律”，即当说话者与听者之间的距离加倍时，说话声约衰减 6 dB。当室内因反射混响而影响交谈时，就不宜应用这种关系了。

1.2.2 听力损伤

当人们突然进入强噪声环境中时，会感到刺耳难受。停留一段时间后对噪声环境会有所适应，即对噪声的感觉会变得迟钝了一些，用仪器检查时，听阈会提高 10~15 dB。这种现象叫做听觉适应，是一种保护性的生理反应。

如果人们在强噪声环境停留较长一段时间后再离开噪声环境，耳朵里仍会嗡嗡作响，仍会听不见轻微的响声（例如手表的滴答声），但经过几小时或几十小时的休息后，听力会逐渐恢复原状。这种暂时性的听阈变化的现象叫做听觉疲劳。听觉疲劳时听觉器官并未受到永久性的损伤。

如果人们长期在强噪声环境下工作,听觉疲劳不能恢复原状,就会造成永久性的听阈变化。我们把听阈相应提高的分贝数叫做听力损失。例如原来能听见声压级为 10 dB 的声音,受噪声影响后,声压级提高到 40 dB 才能听见。那么听力损失就是 30 dB,这时原来是 60 dB 的普通谈话声,听起来感到只有原来的 30 dB 那样响,与耳语差不多了。引起听力损失的原因是相当复杂的,它不是由于外伤,而是内耳听觉组织受损伤所致,它是神经性耳聋的一种,叫做噪声性耳聋。

为了讨论噪声对听力的影响,必须区分听力水平、噪声性听阈位移(NITS)和听力损害。

听力水平是指个人和群体的测听阈值,它与采用的测听标准有关。

噪声性听阈位移是指单独由噪声引起的听力损失,并已扣除了老年性听损(包括社会性听损)所得的值。这些值要看所收集到的老年性听损资料是在何处和是怎样收集到的,由此可能有些差异。

听力损害一般是指个体对正常生活开始感到困难,通常与理解语言有关。美国规定当频率 0.5 kHz、1 kHz 和 2 kHz 的听力损失算术均值等于和大于 26 dB 时才算是听力损害。

1.2.2.1 噪声所引起的暂时性听阈位移(NITTS)

一个人进入一个非常吵闹的环境后就会感到一定程度的听觉敏感度损失,但是当回到安静环境后,经过一定时间就可恢复。这种现象可用测听阈值的移动来定量,并称为噪声所引起的暂时性听阈位移(NITTS)。

NITTS 的恢复时间取决于听阈位移的严重程度、个体的敏感性和接触噪声的种类。假如在下一次接触噪声前还没有完全恢复,则有些损失就有可能转变成永久性的。NITTS 资料已用于两种目的:①用来预测可能引起人耳永久性损害的噪声级;②用来预测噪声引起听力损失的个体敏感性。

1.2.2.2 噪声所引起的永久性听阈位移(NIPTS)

典型的 NIPTS 通常涉及在 4 000 Hz 处有一个最大损失。因为这种损失是感觉神经性的。噪声性听力损失不是突然发生的而是逐渐形成的,通常需经几年时间。损失的速度和程度取决于噪声接触的强度和时间的长短,但是个体敏感性看来对损失的速度也有很大影响。噪声引起的听力损失与衰老造成的损失是相当近似的,对这两种损失要加以鉴别虽说不是不可能,但是非常困难。

噪声性听力损失在早期往往不易被发现,因为还没有损害语言交谈的能力;当损失逐渐增大时,特别是在嘈杂的地方交谈就可能遇到困难。

除了说话声以外还有许多重要的声音，如门铃声、电话声或电磁信号声也可能使听力受到损害。随着听力损失的进一步发展，语言交谈可受到严重影响。

1.2.2.3 噪声接触与听力损失之间的关系

在正常的听觉过程中，空气中传播的声音通过外耳道并引起鼓膜振动，然后此振动由中耳的听骨传到内耳的感觉器官（耳蜗）。在此处再由毛细胞将振动转换为神经冲动传到大脑作为声音或噪声而被感受到。

突发的或爆炸的和其他强烈的声音能引起耳鼓膜破裂或直接引起中耳和内耳的结构损伤。因长期接触噪声而引起的听力损失，通常与内耳的毛细胞破坏有关。噪声所引起的听力损失的严重程度，取决于柯替氏器受损伤的位置和程度，而此点又取决于声音刺激的强度和频率。一方面，声音刺激的频率愈高，受损位置愈靠近基底膜底最大振幅点，即愈靠近耳蜗的底部，因为此处的基底膜最窄。随着刺激频率的降低，此点就移向耳蜗的顶部。振幅最大处的毛细胞受到的刺激最大。耳蜗上部的大部分毛细胞对低频刺激敏感，并且即使在毛细胞损害相当广泛时，低频敏感性的损失也并不明显。另一方面，耳蜗底部很局促的部分是感觉高频声音的地方，在这些较低部位上的毛细胞的损害会引起高频敏感性的明显损失。随着噪声强度和接触时间的增加，毛细胞受损或破坏的数量也会增多，一般地说，随着毛细胞进行性损害的深入，听力逐渐下降。

虽然已经做了很多动物试验，但是柯替氏器的损伤机理至今还未完全弄清。尽管有人提出了一些看法，例如：机械压力可破坏毛细胞；因血管收缩反复引起的循环不良可减少毛细胞的正常血液供应；局部温度升高可损伤蛋白质以及反复刺激可耗尽毛细胞代谢所需的物质。

重要的事实是噪声性听力损失是属于神经性的，对内耳的损伤是不可逆的，而且这种损失往往是双侧的。

1.2.2.4 职业性听力损失

事实上，一些报道都谈到，每天接触强噪声的工人，几年后，都呈现出典型的噪声性听力损失。低频听力很少见到明显的损失，而高频听力却常见到明显的损失。

研究表明，听力损失发生率的增高与噪声强度的增高常有明显关系。出现大量噪声性听力损失的组，其听力测定阈值的变化一般比未接触噪声组高。以噪声对 500 Hz、1 kHz、2 kHz、3 kHz、4 kHz、6 kHz 六个频率听力影响均值的致聋阈限为 30 dB，各工龄组的耳聋百分率如表 1-1 所示。

表 1-1 各声级、各工龄组六个频率的耳聋百分率

噪声级/dB	工龄组/年		
	10	20	30
80	0.2~2.0	1.5~7.9	0.9~7.9
85	0.2~2.6	0~3.8	3.3~11.3
90	0.5~3.1	0.5~3.7	4.0~13.6
95	0~2.1	9.2~18.0	13.4~34.2
100	8.8~18.0	42.0~59.8	65.5~83.1
105	22.1~50.5	78.9~89.5	73.8~93.0

由表 1-1 可见, 噪声下连续工作 20~30 年, 如噪声为 85 dB, 至少有 90% 的工人不发生耳聋; 噪声为 90 dB, 至少有 80% 的工人不发生耳聋; 噪声达 95 dB, 就有 18%~34.2% 的工人会发生耳聋; 噪声达 100 dB, 就有 59.8%~83.1% 的工人会发生耳聋。

1.2.3 对睡眠的干扰

1.2.3.1 睡眠障碍的性质

很多人体会到睡眠障碍应归因于噪声, 且已有很多研究者研究了这个问题。社会调查资料指出, 睡眠障碍主要是由于环境噪声的影响。然而, 在一般居民中, 多大的噪声强度才能引起经常性的睡眠障碍或被吵醒, 尚不清楚。噪声接触能引起入睡困难、打乱睡眠方式和吵醒睡着的人。

有研究人员通过检查睡眠期间的脑电图反应和植物神经反应的变化来对这个问题进行了详细的试验研究。这些研究很多仅检查了少数受试者, 并且又是在有限的时间和试验条件下进行的。因此, 在将这些结论推论到大量人群时应予以注意。

根据脑电图反应, 可以将睡眠分为几个阶段。在入睡前期的松弛期, 脑电图波形从迅速的不规则波形变为规则的波形 α 节律。这是睡眠阶段 1, 特征为波幅和频率低而缓慢。随后进入睡眠阶段 2, 波形改变为一种爆发性快波 (纺锤波), 混杂有单个波幅相对较高的慢波 (K 综合)。30~45 min 后, 进入慢波期, 在脑电图中 (睡眠阶段 3) 出现高幅波阶段 4。大约一个半小时以后, 脑电图波形类似阶段 1, 但是安在眼附近的电极记录到眼迅速的运动 (REM), 绝大多数做梦就发生在此期间。某些研究工作者在睡眠的 REM 阶段, 通过口头指令能诱导被试者产生相应的复杂的运动反应。

噪声刺激能引起脑电波形持续几秒或更久的改变。可出现 K 综合 (波的频率增加), 这是通过对 EEG 记录或睡眠阶段改变的密切观察才发现的。据报道, 噪

声所产生的影响与睡眠阶段有关。一些研究结果表明：在睡眠的 REM 阶段，无论脉冲还是非脉冲噪声都能使觉醒阈降低。在 REM 阶段，EEG 波形发生改变的可能性最小。

噪声对睡眠的影响取决于噪声刺激的特征、睡眠者的年龄和性别、以前睡眠的具体情况、适应性和情绪等因素。

1.2.3.2 噪声特征的影响

在噪声对睡眠影响的研究中，曾用各种各样的刺激，包括人造的声音以及航空（飞越噪声和声源）和陆路交通噪声。

当周围的噪声强度超过 35 dB (A) 时，噪声对睡眠的影响就开始增加。声级峰值 40 dB (A) 时，被吵醒的人占 5%，当达到 70 dB (A) 时，就上升到 30%。如用脑电图的变化来确定睡眠障碍，则 40 dB (A) 时睡眠障碍为 10%，70 dB (A) 时则达 60%。同时还观察到，在噪声强度为 35 dB (A) 时，睡眠良好（根据心理运动性活动的资料），而在 40 dB (A) 时就出现睡眠障碍和入睡困难。当噪声更大时，受试者要用 1 h 以上的时间来入睡，而且在睡眠期间常被吵醒。

接触噪声强度为 48~68 dB (A) 时，可引起睡眠脑电图波形的改变，主要表现为波形 α 节律最初受到抑制或中断。对于 70 dB (A) 的声音刺激，可能性最大的反应是随着睡眠阶段的转变而被吵醒。在 50 dB (A) 时，有 50% 的人出现下列反应之一：（1）持续几秒的脑电图波形的轻微的改变；（2）持续达 1 min 的波形变化；（3）睡眠阶段的改变；（4）被吵醒。

关于接触噪声后，引起睡眠障碍的现场研究的数量还很有限。有文献对平民和军人在夜间接触 6~64 Pa 声压峰值的声爆做了三个月的试验。观察发现，在 60 Pa 左右时有 15% 的军人出现惊醒率增高，有 56% 的平民诉说睡眠受到干扰和再次入睡困难。

1.2.3.3 噪声适应性的影响

人对噪声的敏感性是不一样的，例如与年龄和性别有关。累计睡眠时间对惊醒的可能性有影响。惊醒更可能发生在长时间睡眠之后，而与睡眠阶段无关。睡眠时噪声的适应性是存在的，如果睡眠时反复暴露于声刺激下，则可逐渐减少噪声对正常睡眠的干扰。

用声爆强度（室内）为 80~89 dB (A) 的噪声，每晚交替刺激 2 次和 4 次，研究两个月，结果表明，在刺激的当时和刺激后不久，EEG 的波形和植物神经功能都没有发现任何适应性变化。在夜间的头 1/4 时间内（用 2 次声爆），用在最深的睡眠阶段的总时间有明显的减少，但在夜间的其余时间里（用 4 次声爆）深睡

的持续时间和噪声试验前后每夜的总时间是类似的。

1.2.4 烦恼

1.2.4.1 定义与测定

烦恼的定义是一种不愉快的感觉，这种不愉快的感觉常与个人或群体认为或确信对他们会产生有害作用的任何一种因素或条件有关。但从实际出发，常有必要将注意力集中在单一因素上，在这种情况下，应认为噪声在实际生活中仅是环境紧张因素组合中的因素之一。

烦恼常与噪声对各种活动的直接影响有关，例如干扰谈话，影响注意力集中、休息或娱乐。如机体接触噪声的强度已经干扰心理活动的变化，决定烦恼反应的产生和程度，则所有这些变化都应该在实验室进行测定或做流行病学调查，其目的是为了合理评价烦恼效应。

研究者已设计了多种测定烦恼的方法。其中一种方法是根据烦恼的程度逐个分级（从“没有烦恼”到“非常烦恼”）或采用一种数字尺度（1~7 或 1~10）来表示。那么，烦恼就能用这些反应来进行评价，或者通过另外几种与失调和活动障碍有关的分级方法来进行评定。

在实验室中对烦恼的研究包括在能控制的环境中做单个噪声的判断试验。这些研究需要限定一些能影响烦恼的声学和社会心理学因素。这些因素有噪声强度、频谱、时间性和脉冲特征、噪声传播的信息、性别、年龄、被询问者的职业以及其对噪声的态度。

1.2.4.2 噪声接触与烦恼之间的关系

为了了解长期接触噪声与烦恼之间的直接关系，研究人员对接触的各种噪声进行了研究。从这些研究中得到了许多混合噪声指标，试图用来改善两者间的关系，研究应考虑的因素包括：时间（白天、晚上、深夜）、噪声源（如飞机、陆路交通、工业噪声源）以及地区的种类（如农村、郊区、商业区）。虽然在分析可能引起反应的有关数字时，常需考虑地区的种类（例如，为地面规划之用），但一般还是根据噪声源来选择适当的噪声指标。

不管测得的剂量大小如何，评价它是否正确的主要方法是通过社会调查和上面已谈到过的测定烦恼的方法。这些调查已证明接触噪声和反应均数（例如，所有接触一定噪声的询问对象的反应均数）之间的相关系数是相当高的（通常大于 0.8），这意味着噪声的大小是反应均数的有效预测值。但是，被调查者之间的个体差异是很大的，所以，接触噪声和个体烦恼之间的相关系数很低（小于 0.5）。

个体对于接触一定强度噪声的敏感性是不同的，这符合生物受环境因素的影响普遍存在差异的特点。对各种因素来说，包括各种化学因素和物理因素，不管在哪一类人群中，不断加大剂量都会使受影响的人数逐渐增多。因此，对于制定标准来说，接触各种环境因素与反应之间的关系，只能根据一组人的反应均数来确定，这个组就可作为某类人群或特别敏感组的有代表性的样本。

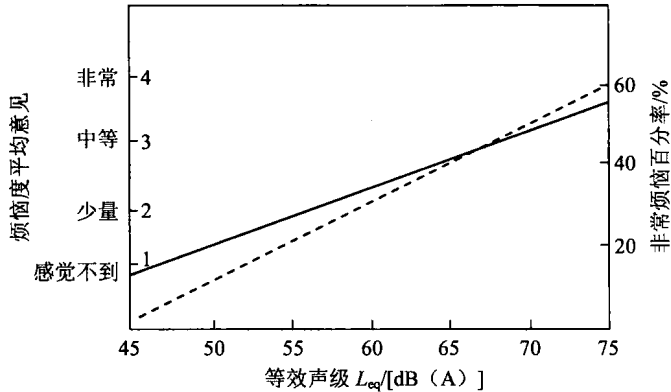


图 1-2 欧盟范围内对噪声烦恼度的调查结果

图 1-2 显示了欧盟范围内对噪声烦恼度的调查结果。图中接触噪声的坐标是用 L_{eq} （白天）或 L_{dn} （全天），因为这些变量大致相当于 24 h 工作的接触量。从图 1-2 中我们可以了解到 L_{eq} （白天）或 L_{dn} （全天） <55 dB (A) 时，产生烦恼的人相当少，可作为一般环境噪声接触的理想目标。

1.2.5 对作业能力的影响

在一般情况下，当进行需要听觉信号的作业时，不管说话或者不说话，当任何强度的噪声足以掩盖或干扰对这些信号的感觉时，就可能降低作业能力。在进行不需要听觉信号的作业时，噪声对作业能力影响的评价就较为困难。文献表明，噪声能干扰或提高作业能力，但是，这种变化往往并不明显。对这个问题的可能解释似乎是对作业能力这个术语的用法不同。如已经叙述过的那样，反应的形式是多种多样的（例如：控制能力、反应速度、学习效率、记忆训练、智力测验等），都称为作业能力。

基本上，不管是脑力劳动还是体力劳动，一切作业能力都会受到噪声的不良影响。当工作变得更困难和更复杂以及增加噪声接触的时间时，这些影响可能变得更为严重。

噪声的刺激既能起分散注意力的作用，也能影响个体的心理、生理状态，其作用大小取决于刺激的强度。如发生一个生疏的声响，这是一个新奇的事件，就会分散注意力，使多种作业受到干扰。短时的或随时间变化的噪声，以及脉冲噪声，往往会引起对噪声敏感的作业短暂的后作用；如爆炸声，由于能引起惊恐反应而对作业产生破坏作用，对这种噪声人们更难以适应。

一方面，多动的或动作单调的作业，其工作效率往往并不因噪声干扰而降低。另一方面，需要专心汇集资料和分析的脑力劳动，则对噪声干扰特别敏感。在工业上衡量噪声影响作业最恰当的指标是工人的警觉性降低造成的工伤事故的数量。

1.3 环境声学研究的内容

让每一个人能在理想的声学环境中工作、学习和生活，是多年来声学工作者不断努力的奋斗目标。自1974年在第八届国际声学会议上采用“环境声学”这个术语以来，环境声学已经发展到比较成熟的阶段。环境声学的研究范畴大致可以概括为噪声污染的规律、噪声评价方法和标准、噪声控制技术、噪声测试技术以及噪声对人体的影响和危害等方面。

1.3.1 噪声污染的规律

环境噪声污染是指被测试环境的噪声级超过国家或地方规定的噪声标准限值，并影响人们的正常生活、工作或学习的声音。城市环境的主要噪声按其产生源可分为工业噪声、交通噪声、建筑施工噪声和社会生活噪声；按其产生的机理又可分为机械噪声、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、建筑物、树丛草坪、围墙等的影响，声能量明显衰减或者改变传播方向。

噪声污染规律的研究包括噪声辐射和传播过程中的声衰减与各有关参量的关系、噪声的时间分布和空间分布等。其研究方法有现场类比测量、理论研究、数学分析、计算机模拟和实验室缩尺声模型试验等。

1.3.2 噪声评价方法和标准

世界各国的声学工作者对噪声的危害和影响进行了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，以及适宜的控制值，来制定保护人体健康和保障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。不同的评价量适用于不同类别的噪声源、使用场合和时段。目前，基本上得到公认的有评价人耳对不同频率和强度的声音的响度级、各种计权声级和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 A 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都不产生损伤，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，确定一种合理的标准。在这种标准条件下，噪声对于人体的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允许标准。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等。

1.3.3 噪声控制技术

环境噪声污染由声源、传声途径和接收者三个基本环节组成。因此，噪声污染的控制必须把这三个环节作为一个系统进行研究。

国际噪声控制协会曾经提出自 20 世纪 80 年代起进入“从声源控制噪声”的年代，降低声源的噪声辐射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；改进加工工艺以及加强行政管理均能显著降低环境噪声。

声传播途径中的控制仍是常用的降噪手段：在噪声传递的路径上，设置障碍以阻止声波的传播，铺设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。在噪声控制工程中经常采用的有效技术有吸声、隔声、阻尼和隔振等。常见的吸声墙面（吊顶）、声屏障、隔声门（窗）、消声器和隔振地板等，则是这些治理（控制）技术的具体应用。

接收者控制就是采用护听器、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和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。既要考虑声学效果并根据相关的标准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 20 世纪 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