

噪声控制

原理与实例

[丹麦] Brüel & Kjær 公司 编
胡振锡 周国珍 译



人民交通出版社

内 容 提 要

本书从劳动保护的角度出发，概要地叙述了作为当今社会公害之一的工业噪声的各种危害、表现形式、产生的机理、测量仪器以及预防措施等。书中所列举的实例大多是生产实践和社会生活中经常遇到的，涉及面广，结合实际，因而在推广噪声控制技术方面具有一定的实用价值。

本书文字简明、素材丰富、图文并茂、深入浅出，是一种图解性的科学技术读物。本书适合各个行业具有中等文化水平的工人、职工、学生以及从事环境保护管理的干部阅读。

Noise Control

Principles and Practice

Brüel & Kjær

噪声控制

原理与实例

〔丹麦〕 Brüel & Kjær公司编

胡振锡 周国珍译

责任编辑：孙起运

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：4.625 字数：91千

1988年11月 第1版

1988年11月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2 050册 定价：1.85元

序 言

世界上大多数国家都已经制定了关于职工安全和健康的法，其目的在于创造一个适宜的工作环境，消除各种不安全的操作方法和工艺规程。作业场所及其布置必须经过精心设计，既要满足人员对环境的要求，也要从安全的角度加以考虑。从这个意义上讲，安全也意味着把噪声级限制在不致引起听力损伤的水平以下。

如果在新的生产设备或工厂的设计阶段，或者在更换现有设备和装置时就适当考虑到上述要求，则差不多总是有可能降低机器设备所发出的噪声的。在现有的工厂和作业场所，也常常可以用一些比较简单的办法使噪声得到显著的降低。

负责安全的机构，应当插手工厂的噪声测量和控制，并参与规划新的工作方法和工艺规程或者改变旧的工作方法和工艺规程。

噪声控制大纲应包括以下几个方面：

1. 在测定整个作业区的噪声之后，绘制噪声分布图。
 2. 规定各作业区应该达到的噪声指标。
 3. 提出计划采取的各种降噪措施的说明、成本分析以及预期的降噪幅度。
 4. 在为达到既定目标而拟订的计划中，分别主次并规定开工日期和完工期限。
-

目 录

序言

第一章 噪声与人类.....	1
第二章 声学概念.....	6
第一节 声音.....	6
第二节 噪声和音调.....	6
第三节 频率.....	8
第四节 次声和超声.....	8
第五节 分贝.....	8
第六节 声级的测量.....	9
第七节 等效声压级.....	10
第八节 倍频程滤波器.....	11
第九节 结构声和流体声.....	12
第十节 共振.....	12
第十一节 多声源噪声的叠加.....	12
第十二节 距离的衰减作用.....	13
第十三节 隔声和消声系数.....	14
第十四节 声音的吸收和吸声材料.....	14
第三章 噪声控制的一般措施.....	15
第一节 更换机器和设备.....	15
第二节 机器.....	15
第三节 设备.....	16
第四节 材料输送.....	17

第五节	机器的屏蔽	18
第六节	降低结构噪声	19
第七节	采用降噪吸声材料	21
第八节	隔声的车间	22
第九节	新工程项目的噪声控制	24
第十节	厂房的声学设计	25
第十一节	车间的降噪措施	27
第十二节	机器的购置和安装	28
第四章	噪声控制大纲	29
第五章	降低噪声的方法	32
第一节	降低声源的噪声	32
第二节	改用声音较轻的工作方法	33
第三节	防止噪声传递	33
第六章	噪声测量	34
第一节	测量的目的	34
第二节	频率计权网络	36
第三节	时间常数	36
第四节	实用噪声测量步骤	40
第五节	背景噪声	42
第七章	测量仪器	42
第一节	声级计和便携式测量仪器	42
第二节	标定	52
第三节	实验室内的测量和分析系统	53
第八章	噪声控制技术实例	57
第一节	声音的特性	58
第二节	产生噪声的原因	69
第三节	平板振动	78

第四节	共振的衰减.....	88
第五节	机器的隔振.....	94
第六节	墙壁和板格对空气噪声的隔离作用.....	103
第七节	车间的吸声处理.....	109
第八节	管道内的噪声传播.....	116
第九节	空气运动所引起的噪声.....	126
第十节	输液管道的噪声.....	137

第一章 噪声与人类

社会的发展导致产生了越来越多的噪声源，声级也越来越高。噪声已经成为工业生产环境中最为广泛和最为常见的实际问题之一。

噪声对人类在生理、心理和社会诸方面都有影响。噪声能够损伤听力、干扰通信、使人烦恼、引起疲劳和降低效率。

在强噪声的作用下，或者长时间待在噪声环境里，都会引起因内耳感觉器官损伤而导致听觉敏感性永久性减退。这种听力损伤是永远无法得到恢复的。

听力损伤的危险性随着声级的提高或处于噪声环境里的时间的延长而增加，但是，这种危险性也取决于声音的特性。此外，各人对噪声的敏感程度也是很不相同的。在同样的噪声环境里，有的人只工作了一段时间就会遭受听力损伤，而有的人则可以工作很长时期，甚至于工作一辈子也不会受到任何明显的听力损伤。

一个人在强噪声环境里度过一段时间后再转移到一个比较安静的地方，就会听不到轻微的声音。这种听力损伤称为暂时性听力损伤。如果噪声不太强，或者持续的时间不太长，那么休息一段时间之后听力便可以恢复正常。

噪声不仅仅会对人的听力产生影响，还会影响人体的血液循环，引起某种紧张感以及其他心理后果，见图1和图2。工业噪声常常还与大气污染等其他工业环境问题结合在一起，影响人类的健康和幸福。

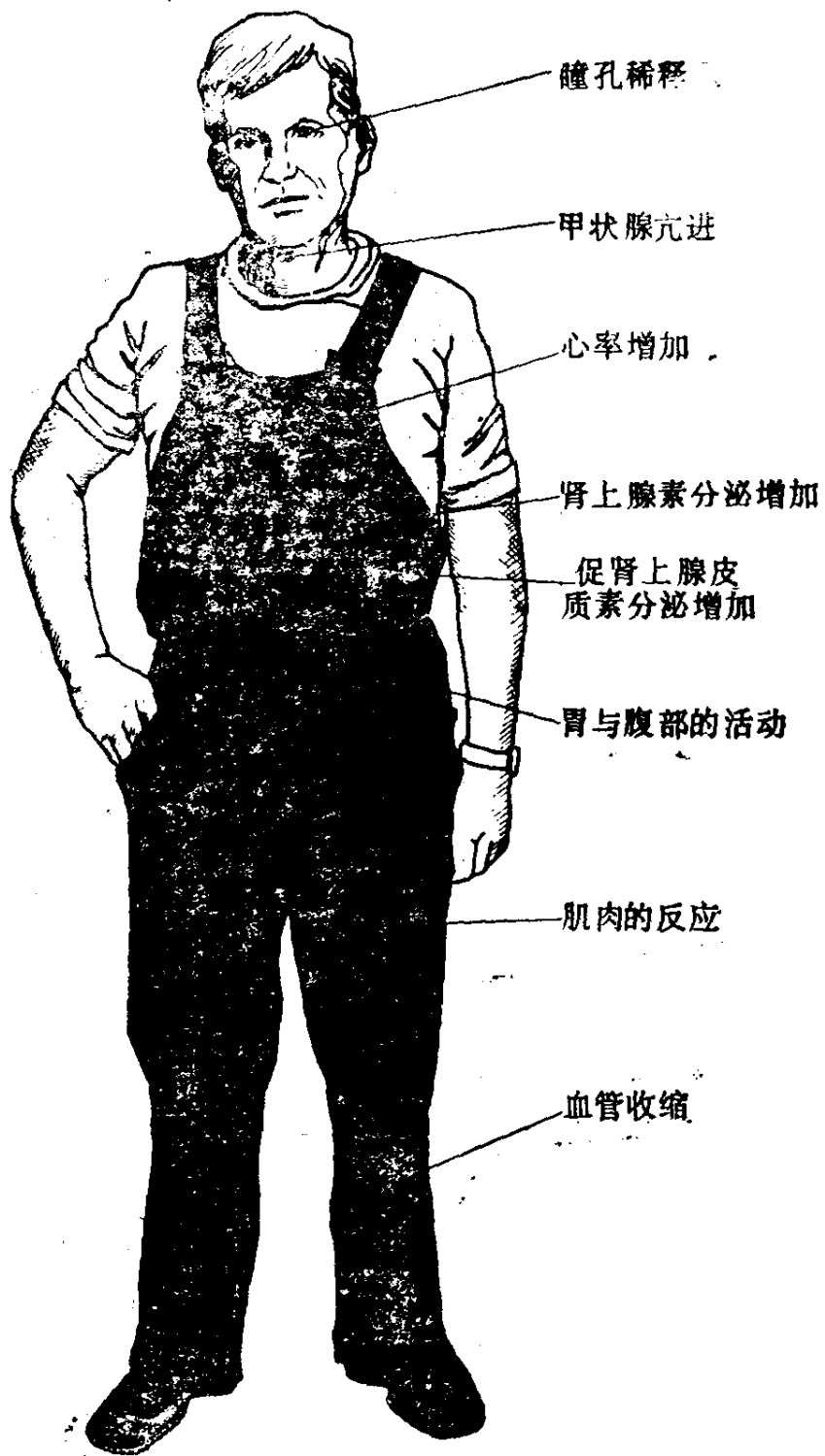


图1 除影响听觉外，噪声对人体还有不少其他的影响



图2 经高倍数放大后的听觉器官有毛细胞
(左)未受损伤的有毛细胞；(右)大量的有毛细胞因噪声(射击)而遭受损伤

有时，噪声还会使人听不到拉响的警报或呼叫声，因而有导致发生事故的危险。

噪声大大增加了直接交谈或电话交谈的困难。例如，两个人在声级为60dB(A)^①时，两个人能在相隔1.5m处用正常声音对话，而当距离为3m时，就得用喊声来对话了，如图3所示。

如果声级为85dB(A)或更高，则两人必须对着耳朵喊话才能听见，见图4。

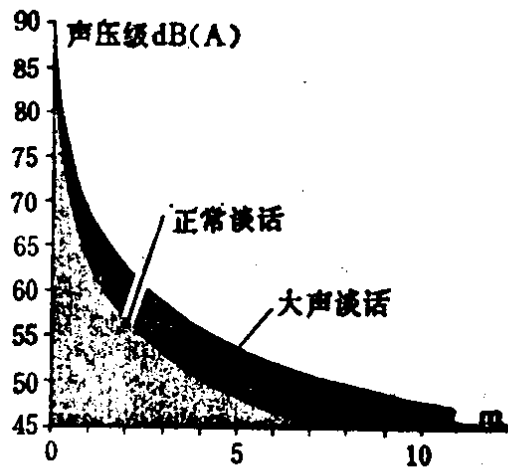


图 3

为了能在正常的距离内进行交谈，工作场所的噪声级不

^① dB是声压级的单位符号，中文名称为分贝。dB(A)是最常用的A计权网络的测量值。另外还有dB(B)、dB(C)、dB(D)等——译者注。



图 4

应高于65dB(A)至70dB(A)。噪声极大程度地影响着人们对语言的理解能力。例如，在声级为75dB(A)左右时，就很难进行电话交谈。

要明确区分干扰性噪声与非干扰性噪声并不是一件容易的事。对噪声的判断，至少是对中等声级的判断，在很大程度上取决于对这种声音及其声源的主观态度（以各人对不同的音乐或歌曲的态度为例，欣赏者觉得悦耳动听，百听不厌；不欣赏者则觉得是一种嘈杂刺耳的噪声——译者注）。

还有一种听不见的声音，其频率很低，只有在强度足够大时才能够被听到。这种声音一般称为次声，近年来已经成为很受注意的研究对象。但是，人们关于次声对人类的影响还了解得不全面。然而，其中有一点是知道的，即强烈的次声（频率低于10Hz，声级超过100dB）能引起头痛和疲乏。

就目前所知，频率超过听力范围（约20000Hz）的声音，即超声，在中等强度情况下对人体没有什么大的影响。强度很高的超声，由于在空气中传播时绝大部分已经被空气所吸收，所以很少直接与人接触。不过，要是人眼直接与超

声接触¹就会导致眼球晶状体液粘滞。

在炼钢等某些工业部门，会发现有声级的次声。但是，在大多数情况下，会引起严重噪声问题的是可以听得到的声音。本书所涉及的只是可以听得见的声音。

规划降噪措施，应该以满足下列三项要求中的某一项或数项为目标：

1. 排除听力损伤的可能性；
2. 创造一个相当安静的工作环境；
3. 免除对第三方的侵扰。

上述三项中的第一项最为重要。职工直接接触噪声不应该超过法定的限度。这个法定的限度在各个国家里略有不同。但就8小时的整个工作日而言，一般都以90dB(A)或85dB(A)为界限。如果噪声级高于这些数值，职工在这样的、无防护措施的噪声环境里就不应当待8小时那么长的时间。噪声级越高，允许逗留的法定时间就越短。对于纯音调的噪声，或者对冲击性、碰撞性噪声，则另有专门的规定。ISO（国际标准化组织）标准要求：在噪声环境里，噪声级每超过规定值3dB，允许逗留的时间应减少一半。例如，如果90dB(A)的限定时间是8小时，则在93dB(A)的环境里只能待四小时，96dB(A)时为两小时，而115dB(A)时就只允许逗留不到两分钟了。

在采取了噪声控制措施，但噪声仍未降低到可以令人接受的声级之前，使用耳罩也许还是很有必要的。

使用耳罩始终只能被看作是一种为缓和噪声问题的权宜之计，而不是永久性的解决办法，而且只能用于那些暂时不可能采取其他办法降低噪声影响的场所。最重要的应该是想方设法探索一切可能降低噪声的措施。使用耳罩应该只限于

以下几种情形:

1. 临时的或非常规的工作部位, 如检测或修理车间等。
2. 作为正在采取噪声控制措施过程中的一项临时性解决办法;
3. 偶然去的而且已经制订了专门管理办法的场所, 或者那些根据实际情况不可能消减噪声的场所。

第二章 声学概念

在声学 and 噪声问题的领域内, 有许多专门的表达方式和名词术语。这里所叙述的只是一些最为常见的声学概念。

第一节 声音

所谓声音, 是当声源激起离其最近的空气粒子运动时所出现的一种波的运动。这种波动逐渐扩散到离声源更远的空气粒子。声音在空气中传播的速度大约为 340m/s 。在液体和固体里, 声音的传播速度更快: 在水中的传播速度是 1500m/s , 在钢中是 5000m/s 。

第二节 噪声和音调

通常把不希望听到的声音称为噪声。声音可以由单一的音调构成。但是, 在大多数情况下, 声音中包含有许多不同频率、不同强度的音调。声音所产生的干扰, 不仅与它的声级有关, 而且还与频率有关。频率较高的声音比频率较低的

声音所产生的干扰大。而在声级相同的情况下，音调单一的声音却要比多种音调组合的声音更令人心烦。

图 5 所示为声源（音叉的叉尖）振动并引起空气粒子波动，最后传到耳鼓并使耳鼓产生振动。

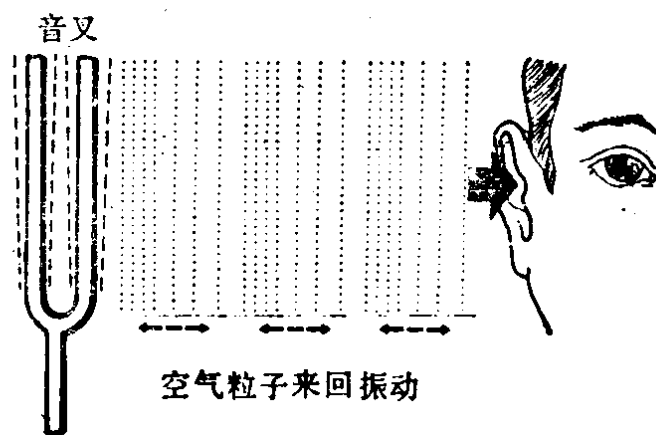


图 5

在图 6 中，单纯的音调被表示成竖线，其横坐标为频率，高度代表声级。一首音乐曲调包含有许多不同频率、不同强度的纯音，它们以各种不同的方式组合并赋予乐器以独特的音质。

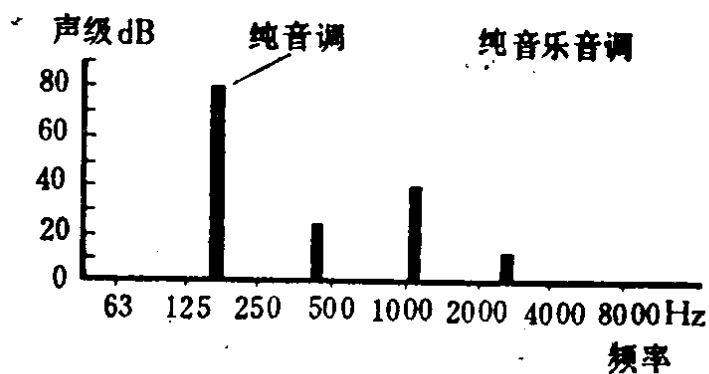


图 6

第三节 频 率

所谓声波的频率，是指每秒钟振动的次数，其单位是赫兹，即 Hz。声音的频率范围非常宽。一个正常的年青人可以听见的声音，其频率范围在20~20000Hz之间。产生低音调的空气粒子是以低频缓慢振动的；发出高音调的空气粒子则是以高频作快速振动的。

如图7所示，噪声是一种所有频率音调的不规则组合，其倍频程的中心频率表示在横坐标上。

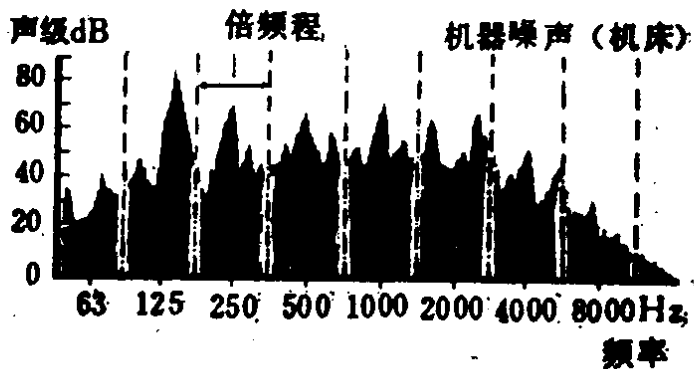


图 7

第四节 次声和超声

频率低于20Hz、通常听不见的声音，称为次声。而频率高于20000Hz的声音一般也是听不见的，称为超声。

第五节 分 贝

声音的强度一般用声级来表示，单位是分贝，即 dB。

人耳所能够分辨的声级变化是1dB。如果声级提高10dB，则在听力所能觉察的范围内，人耳所感到的响度增加了一倍；反之，如果声级下降了10dB，人耳会感到响度减少了一半。

第六节 声级的测量

在进行声音强度测量时，通常使用一种模仿人耳听觉功能的仪器，即对于不同频率的声音，其测量灵敏度是可以变化的。在这种仪器内设有一个其频率响应与人耳功能相似的滤波器，称为A计权滤波器，因为它符合国际标准化的A计权曲线。用这种滤波器所进行的声级测量称为A计权声级测量，其单位是dB(A)。

图8所示为各种哺乳动物的听觉范围和不同声源频率范

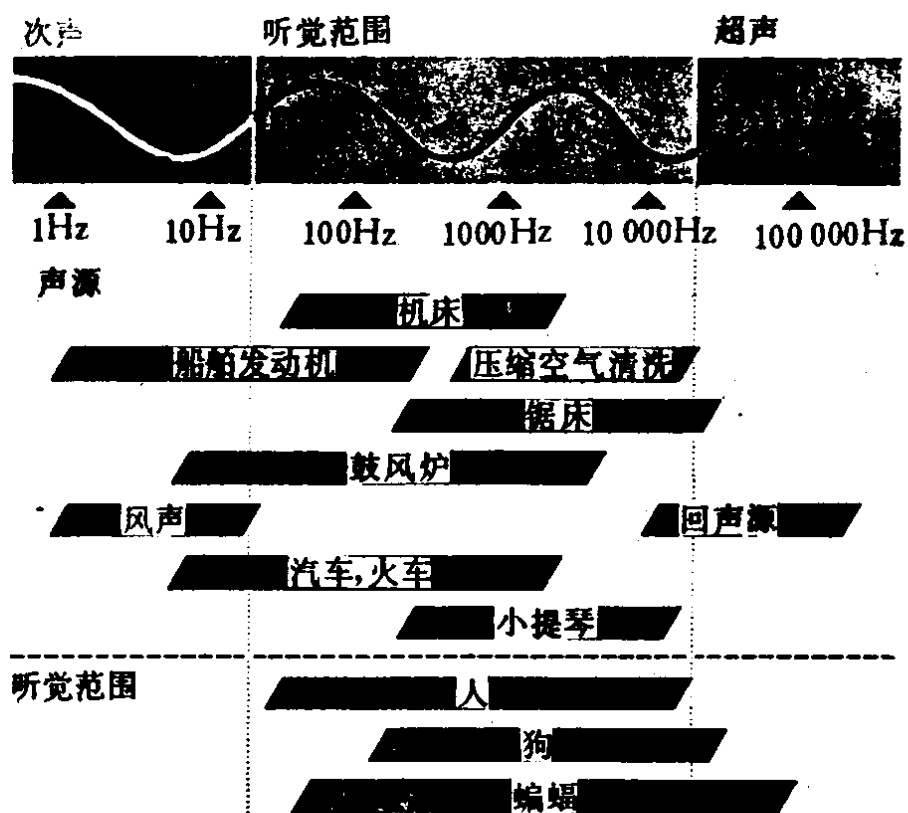


图 8

围的大致界限。在相同的未计权的声强下，圆锯的噪声比卡车的噪声更令人生厌。

第七节 等效声压级

从噪声源发出的声音，在某一段时间里往往波动幅度很大。所能测量到的只是一个平均值，即等效声压级 (L_{eq})。 L_{eq} 是一种等效连续的声压级，它所产生的声能与相同时间内所测量到的、实际上波动的声能是相等的。

图 9 所示为某些典型声级举例。声级超过 130dB(A) 时

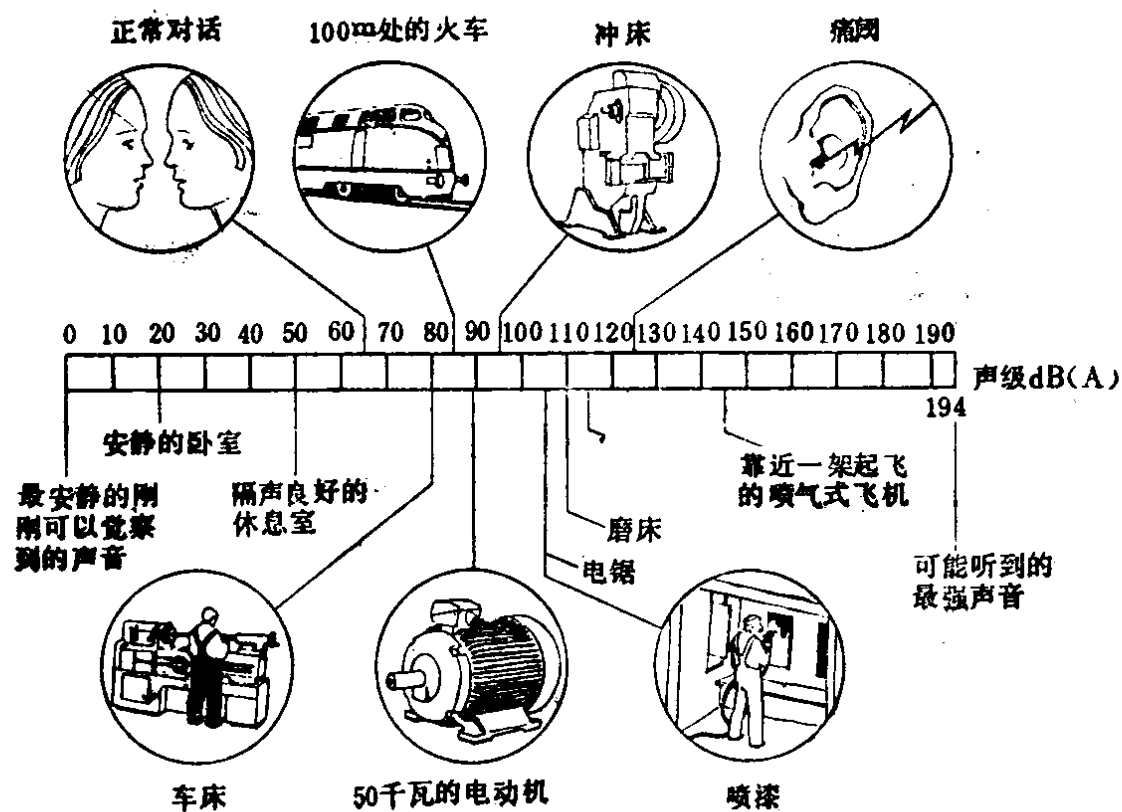


图 9

可以立刻引起听力损伤。图10所示为某工作场所的噪声测量记录。在测量期间，噪声在56dB(A)与74dB(A)之间变化。这一期间的连续声级为68dB(A)。这个数值可以直接用噪声剂量仪或积分声级计测得。

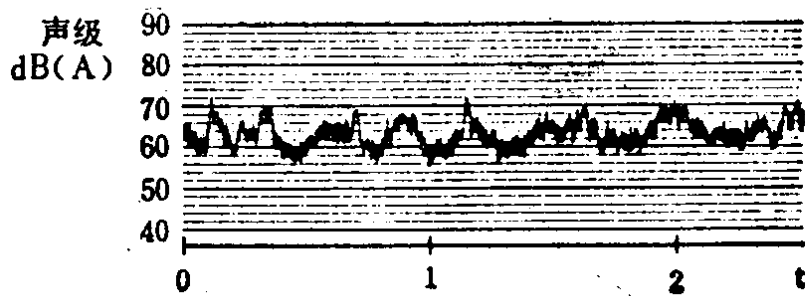


图 10

第八节 倍频程滤波器

为了完整地确定一种声音的组成，必须逐一测定每一个频率的声级。通常，这些数值是用倍频程来表示的。把可以听到的声音频率范围分成十个这样的倍频程，其中心频率和频带宽度是按国际标准来定义的。每一个相邻倍频程的中心频率是前一个倍频程中心频率的两倍。而在每一个倍频程中，上限频率也是下限频率的两倍。倍频程通常又都以它们的中心频率来命名。例如，500Hz的倍频程，其频率范围为354~707Hz。每个中心频率是其上限频率与下限频率的几何平均值，所以，中心频率等于

$$\sqrt{\text{下限频率} \times \text{上限频率}}$$