



噪声

吴祖德 宋汉林 龙云芳 译 人民卫生出版社

内 容 提 要

本书根据世界卫生组织环境卫生标准第12分册《噪声》一书译出。

本书综述了世界各国目前有关噪声的测量、对人体的危害及其评价方法等重要论著,对了解国外动态、开展实际调查、实验研究及预防保护工作等均有一定的参考价值,可供预防医学专业的师生,卫生防疫部门及工矿企业的实际工作者阅读参考。

责任编辑 范君媿

Environmental Health Criteria 12

Noise

Published under the joint sponsorship of the
United Nations Environment Programme and
the World Health Organization

World Health Organization Geneva, 1980

噪 声

(环境卫生标准 12)

吴祖德 宋汉林 龙云芳 译

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京密云县卫新综合印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 3 $\frac{1}{2}$ 印张 80千字

1985年4月第1版 1985年4月第1版第1次印刷

印数: 00,001—8,100

统一书号: 14048·4890 定价: 0.70元

〔科技新书目 87—70〕

本文所用缩写和符号一览表

AI	清晰度指数
c	声速
CNEL	社会噪声等效声级
CNR	混合噪声评价值
f	频率
I	声强
L_{dn}	昼夜平均声级
L_a	航空接触强度
L_{eq}	等效连续声压级
L_p 或SPL	声压级
$L_p(A)$	A-计权声压级 (即A声级)
L_{FN}	感觉噪声级平均峰值
NEF	噪声接触预测
NI	噪度指数
NIPTS	噪声所引起的永久性听阈位移
NITS	噪声所引起的听阈位移
NITTS	噪声所引起的暂时性听阈位移
NNI	噪声指数
NPL	噪声污染度
p	平方根声压
p^2	平方声压
P	声功率
PNL	感觉噪声级
SIL	语言干扰度
SPL或 L_p	声压级
TNEL	总噪声接触度
TNI	交通噪声指数
WECPNL	计权等效连续感觉噪声级
λ	波长

序

联合国世界卫生组织(WHO)环境卫生噪声标准工作组于1977年1月31日到2月4日,在布鲁塞尔(Brussels)开会。WHO环境卫生处、环境污染和公害控制组的科学工作者,H. W. de Koning博士代表WHO总部主任主持了会议开幕式,并对比利时政府给会议提供的方便和财政支持表示感谢。布鲁塞尔卫生学和流行病学研究所所长Lafontaine教授代表政府欢迎这个工作组。该工作组复审和修订了标准草案的第二稿,并制定了接触噪声引起健康损害的评价方法。

标准草案的第一稿是在1973年11月5~9日,由一个研究组在日内瓦开会草拟的。出席该组的主要人员有:T. L. Henderson博士和G. Jansen教授(德意志联邦共和国);A. F. Meyer博士(美国);J. B. Ollerhead教授(联合王国,会议报告起草人);P. Rey教授(瑞士,会议主席);R. Rylander教授(瑞典);W. J. Sulkowski教授(波兰);国际劳工组织(ILO)的A. Annoni博士,E. Hellen先生和B. Johansson先生(顾问);经济合作与发展组织(OECD)的A. Alexandre博士;欧洲共同体委员会(CEC)的A. Berlin博士;环境问题科学委员会(SCOPE)的L. A. Saenz教授;国际民用航空组织(ICAO)的H. J. Gursahaney先生,WHO欧洲地区办事处的M. Suess博士以及日内瓦世界卫生组织的G. Cleary博士和G. E. Lambert博士。第一稿的

某些章节后来承 A. Alexandre 博士 (OECD), D. E. Broadbent 博士 (联合王国), G. Jansen 教授 (德意志联邦共和国) 和 W. D. Ward 教授 (美国) 的协助才得以完成。

第二稿是会议秘书处在收到捷克、德意志联邦共和国、芬兰、希腊、日本、新西兰、波兰、瑞典、泰国、联合王国、苏联和美国, 以及国际劳工组织、欧洲共同体委员会、经济合作与开发组织、国际民用航空组织和国际标准化组织等对 WHO 环境卫生标准纲要的国际性争论焦点的意见后, 由会议秘书处讨论后草拟的。许多意见还来自个别专家和商业企业部门, 包括美国特拉华州 Wilmington 的 E. I. Du Pont de Nemours 公司, 对他们寄来的书面意见表示深深的感谢。

会议秘书处特别感谢 D. Hickish 博士 (英国厄色克斯, 黑雁森林, 福特汽车有限公司)、G. E. Lambert 博士、J. B. Ollerhead 教授、P. Rey 教授、R. Rylander 教授和 A. Suler 女士。因为在准备文件的最后阶段, 他们给予了十分有益的帮助。

本文件主要根据编入参考目录中的原始文献制定的, 并且尽可能复习了 1978 年以前的全部有关资料和报道。此外, 还参考了国际标准化组织所出版的各种有关噪声的书籍, 包括噪声评价的国际标准 [国际标准协会 (ISO) 1971; 1973a; 1975a]。还参考了下列综述和有关标准的文件: Burns 和 Robinson (1970), Karagodina 等 (1972), Burns (1973), NIOSH (1973a), 美国环境保护机构 (1973a), ILO (1976), Thiessen (1976), Rylander 等 (1978) 以及加拿大的卫生与福利 (1979)。

WHO 环境卫生标准纲要的细节，包括该文件中经常采用的一些专门名词，可在对汞的环境卫生标准文件一起发表的环境卫生标准纲要的绪言中找到（日内瓦世界卫生组织，环境卫生标准 1，汞，1976），现在已有再版。

目 录

本文所用缩写和符号一览表·····	[5]
序·····	[6]
1. 概论和对进一步研究的建议 ·····	1
1.1 概论·····	1
1.1.1 引言·····	1
1.1.2 噪声的测定·····	1
1.1.3 噪声的影响·····	2
1.1.3.1 对交谈的干扰·····	2
1.1.3.2 听力损失·····	4
1.1.3.3 对睡眠的干扰·····	6
1.1.3.4 应激反应·····	7
1.1.3.5 烦恼·····	7
1.1.3.6 对完成作业的影响·····	9
1.1.3.7 其它影响·····	10
1.1.4 扼要介绍噪声接触的程度·····	10
1.2 对进一步研究的建议·····	11
2. 噪声的特征和测量 ·····	13
2.1 物理特征和测量·····	13
2.2 声音的感觉及其测量·····	17
2.2.1 响度和响度级·····	17
2.2.2 响度级的计算和测量·····	19
2.2.3 声级和噪声级·····	21
2.2.4 时间因素·····	21
2.2.5 噪声接触度·····	22
2.2.6 等效连续声压级·····	22

2.2.7 声级分布·····	23
2.3 噪声源·····	24
2.3.1 工业噪声·····	24
2.3.2 公路交通·····	24
2.3.3 铁路交通·····	25
2.3.4 空中交通·····	25
2.3.5 声爆·····	26
2.3.6 建筑和公共性作业·····	26
2.3.7 室内声源·····	27
2.3.8 其它声源·····	27
3. 噪声的影响·····	28
3.1 噪声引起的听力损失·····	28
3.1.1 听力损害·····	28
3.1.1.1 听力水平、噪声性听阈位移和听力损害·····	28
3.1.1.2 噪声所引起的暂时性听阈位移·····	29
3.1.1.3 噪声所引起的永久性听阈位移·····	30
3.1.1.4 噪声所引起的永久性听力损失的发病率·····	31
3.1.2 噪声接触与听力损失之间的关系·····	32
3.1.2.1 实验室研究·····	33
3.1.2.2 职业性听力损失·····	34
3.1.2.3 影响噪声所引起的永久性听阈位移发病 率的因素·····	37
3.1.2.4 噪声接触的强度和时间的联合作用·····	38
3.1.2.5 听力损害危险的评价·····	40
3.1.2.6 高频听力的重要性·····	41
3.1.3 脉冲噪声的作用·····	43
3.1.4 次声和超声·····	44
3.2 对交谈的干扰·····	45
3.2.1 掩盖作用与清晰度·····	45

3.2.2 语言干扰指标·····	46
3.2.2.1 清晰度指数·····	47
3.2.2.2 语言干扰度·····	47
3.2.2.3 A-计权声压级·····	47
3.2.3 室外谈话的感知·····	48
3.2.4 室内交谈·····	50
3.3 疼痛·····	51
3.4 睡眠·····	52
3.4.1 睡眠障碍的性质·····	52
3.4.2 噪声特征的影响·····	54
3.4.3 年龄和性别的影响·····	56
3.4.4 原有睡眠的障碍、适应和情绪激动的影响·····	56
3.4.5 噪声所引起睡眠障碍的长期影响·····	58
3.5 非特异性作用·····	59
3.5.1 应激反应·····	59
3.5.2 循环系统的反应·····	61
3.5.3 惊恐反射和定向反应·····	63
3.5.4 对平衡的影响·····	64
3.5.5 疲劳·····	65
3.6 临床健康方面的影响·····	66
3.6.1 基本知识·····	66
3.6.2 一般健康·····	66
3.6.3 精神健康·····	67
3.7 烦恼·····	68
3.7.1 定义与测量·····	68
3.7.2 瞬间噪声的剂量·····	70
3.7.3 长期噪声的剂量·····	70
3.7.3.1 航空噪声·····	71
3.7.3.2 陆路交通噪声·····	74

3.7.3.3 一般环境噪声·····	75
3.7.4 噪声接触与烦恼之间的关系·····	76
3.7.5 公开的反应·····	79
3.8 对作业能力的影响·····	80
3.8.1 噪声作为一种分散注意力的刺激·····	81
3.8.2 对运动性作业或单调活动的作业的影响·····	82
3.8.3 对脑力劳动作业的影响·····	82
4. 接触噪声对人体健康危害的评价·····	85
4.1 环境噪声·····	85
4.2 对居民的影响·····	86
4.3 特殊的卫生标准·····	87
4.3.1 物理性损害·····	87
4.3.2 听力损失·····	88
4.3.3 非特异性健康影响·····	89
4.3.4 干扰作用·····	90
4.4 一般健康,福利和烦恼的标准·····	91
5. 噪声控制与健康保护·····	92
5.1 噪声源的控制·····	92
5.2 控制声音的传播·····	93
5.3 减少接触时间·····	93
5.4 教育工人·····	93
5.5 耳朵的防护·····	93
5.6 听力测定·····	94
参考文献·····	96

1. 概论和对进一步研究的建议

1.1 概 论

1.1.1 引言

噪声能妨碍人们的工作、休息、睡眠和交谈；它能损害人的听力和引起其它心理的、生理的、可能还有病理的反应。可是由于它的复杂性、易变性以及与其它环境因素的相互作用，因而噪声对健康的危害作用就不宜作直截了当的分析。

最重要的争论点可能是工业噪声问题，人们普遍认识到需要制定控制噪声和保护听力的措施。交通是社会性噪声的主要来源，影响着大部分城市居民。航空噪声也是全世界所关心的问题，严重影响飞机场附近居民的生活。

1.1.2 噪声的测定

声音是由物体或空气分子振动产生的，并以纵波方式传播。因此它是一种机械能，可用与能量有关的单位来进行测量。被测声源输出的声功率以瓦表示。空间某点的声强以单位面积所通过的声能流来表示，即每平方米多少瓦。声强与声压的平方根成正比，因其变动范围非常大，所以常用分贝(dB)^[1]来表示。因为噪声的作用与声源振动频率密切有

[1] 分贝(dB)是一个与声压、声功率或声强的基准值(声压是0.0002微巴，声功率是 10^{-12} 瓦，声强是 10^{-12} 瓦/平方米)相比较而得的对数单位。例如，当声强增加到1.26倍($=10^{0.1}$)时，即说成增加了1分贝；1贝尔等于10分贝或10倍强度。除非另有说明，本文中都采用上述基准值。

关，所以测量噪声时进行频谱分析是非常重要的。

感觉声音大小的单位称为响度，响度的相应的分贝数就称为响度级。响度是随强度与频率两者而变的，从物理测量的角度来看，有各种测量方法，但其中最简单的方法是通过模拟人耳对各种频率的不同反应而设计的滤波器或计权网络来测量声压级（SPL）。虽然还有别的更精确的方法，但在技术上却复杂得多。A声级已得到广泛承认并推荐普遍使用^{〔2〕}。不论用什么方法，凡是以频率计权测得的值都简称为声级（或噪声级）。

测定声级可将两个不同期间的结果加以平均。测定稳态声级或变化不定的瞬时声级，只测1秒或不到1秒这样一个很短的时间就行。如有必要，也可用较长时间（几小时以上）来测定变化声音的平均值，而用等效连续声压级（ L_{eq} ）来表示。用简便的A声级来测量平均接触噪声的方法，已在很多人身上试验过，证明很好且已被介绍广泛使用。

为了预测人类对各种噪声强度的反应，已设计了许多噪声指标。有些混杂的非声学因素也能影响这种反应，虽然并不妨碍这些指标的使用，但应尽可能用统一的方法去测量噪声，则更为理想。

1.1.3 噪声的影响

1.1.3.1 对交谈的干扰

虽无肯定的证据，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

〔2〕 模拟人耳的反应，用一个简单的读数来表示宽频带噪声的声级，就需要根据中频来修正低频和高频对人耳的影响。A滤波器就是这样一个特定频率的计权网络，用此滤波器测得的声级，即称为A声级。

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。人们做过很多尝试，想根据噪声掩盖作用的特点来制定一种单一的指标，使它能直接表示出噪声干扰说话的程度。诚然这些指标在相当程度上是些近似值。下面介绍三个广泛运用的指标：

清晰度指数(articulation index)(AI)：这是一个最复杂的指标，因它考虑到某些频率掩盖说话的作用比其它频率更明显。将 250~7000Hz 的频率范围分成 20 个频段，计算出每一频段的平均说话峰值与噪声强度均值之差，并将得到的这些数据综合起来就得出一个简单的指数。

语言干扰度(SIL)：SIL 是设计用来代替 AI 的简化指标。它最早用的是目前已不用的 600~1200, 1200~2400, 2400~4800Hz 三个倍频程的 SPL 均值来表示的。现在 SIL 常用 500、1000、2000 和 4000Hz 为中心的四个倍频程声压级来计算，以便提出一个更好的评价噪声掩盖作用的方法。通常 SIL 并不采用实际说话强度来计算，而是根据发音费力程度和说话者与听者的距离两者结合起来评价噪声的掩盖作用。

A 声级：测定对说话的干扰，这这也是一个方便而又相当准确的指标。

通常在简单的图解中即可表明噪声强度与说话理解程度之间的关系，根据假设及实际观察，说话者与听者之间的距离约为 1 米：

(1) 以随便谈话的方式说话，在噪声本底约为 45dB(A) 时，可以 100% 听懂，在 55 dB(A) 时也能相当好地理解谈话内容；

(2) 当本底噪声为 65 dB(A) 时，发音稍费些力也能很好了解说话的内容。

室外交谈，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 6dB。室内因反射混响而影响交谈，就不宜应用这种关系了。

在语言信号最为重要的场所，如教室和会议室；或听众听力较差的场所，如有老年人的家庭，就需降低噪声本底的强度。

1.1.3.2 听力损失

听力损失可能是永久性的也可能是暂时性的。噪声引起的暂时性听阈位移 (NITTS) 是指在较短期内接触过强噪声后，因而产生的暂时性听力损失，但当噪声停止后，听力就会很快恢复到接触前的水平。噪声引起的永久性听阈位移 (NIPTS) 是指长时间接触噪声而产生的不可逆的（感觉神经的）听力损失。噪声引起的这两种听力损失和自然衰老过程所产生的永久性老年听力衰退往往同时存在。

在确定听力损害的程度时，必须区别什么叫 NIPTS、听力水平（用公认的测听标准所测得的个体与群体的听力）和听力衰退。

NIPTS 是单纯由于接触噪声所引起的听力损失（即听力水平下降），而不考虑衰老引起的损失。NIPTS 一般发生在高频段，通常在 4000Hz 左右听力损失最大。噪声引起的听力损失是逐渐发生的，往往需要几年。一旦在特定的频率产生了相当大的听力损失后，则损失的速度通常会逐渐减慢。从测定听力的角度来看，噪声性听力损失与老年性听力衰退是一样的。由于长期接触强噪声引起的听力损失是与内耳的毛细胞退变有关。听力损失的程度是与柯替氏器损害的部位和程度有关。

“听力衰退”通常认为是个体在日常生活中开始感到困难时的听力，表现为听话有困难。”人们已把语言频段的听力损失值作为赔偿的依据，但各国的规定并不一致。以500、1000和2000Hz计权的听力损失均值(dB)来作为评价噪声性听力衰退的办法已被广泛采用，但由于大多数的听力损失常发生在2000Hz及2000Hz以上，所以多少带来一些误差。因此，在听力损失的评价公式中倾向于将3000Hz和4000Hz的听力损失也计算在内。

曾经打算根据NITTS的测定结果来确定引起人耳永久性损害的噪声强度，以及判断个体对NIPTS的敏感性，但是，NITTS与NIPTS之间的相关程度如何，意见还不一致。

目前关于噪声强度及接触时间对损伤听力之间的关系还存在着一些矛盾。但是可以假设，特定的噪声接触所引起的听力损伤是与声音的总能量有关（即强度与时间的积分），这种假设很快得到了实际工作的支持。因此，噪声最好以等效连续声压级“ L_{eq} ”来表示，用dB(A)测量。生产性噪声的声级应取8小时工作日的平均值 [$L_{eq}(8-h)$]。

现有资料证明，人的NIPTS的敏感性是相当不稳定的。因此，一个嘈杂环境的危害性可用“损伤危险性”来表示。在适当排除其它原因引起的听力损失以后，这种“损伤危险性”可用接触该嘈杂环境的人数与已发生噪声性听力衰退的人数的百分比来表示。现已证明，这种危险性在 $L_{eq}(8-h)$ 低于75dB(A)时可以忽略不计，但是随着噪声强度的增大而升高。根据国家“容许危险”的评价标准，许多国家在他们的法规和推荐的实施方案中，制定接触生产性噪声的容许限度是85dB(A)±5dB(A)。

接触耳毒性药物，如某些氨基甙类抗菌素能降低噪声损

害人耳的阈值。

上面所谈到的能损害听力的危险因素的一些规律，是否也适用于接触很短暂的脉冲噪声，目前还不清楚。但有迹象表明，当脉冲噪声的强度达到 130~150dB 时就有相当大的危险性，并且它取决于脉冲的时间特点。

虽然个体的变异很大，特别是对高频刺激，正常耳朵的痛阈范围是在 135~140dB 声压级。但应该认为耳痛是接触过量噪声的早期损伤信号。

控制噪声应尽可能从声源上解决，也就是减低噪声的发生量。利用隔声材料将人与噪声源隔开，隔声罩、隔声板和隔声屏障等都是好办法。如不可能的话，则可缩短接触时间来减少危险性。只有在控制措施办不到时才考虑采取保护个人的耳朵问题。这类个人防护用品确能提供有效的保护作用，但关键在于如何正确装配和使用，以及克服其不舒服感。

当工作场所有听力损伤的危险性存在时，就应该对工人进行就业前后的听力测定，来检测听力敏感度的变化，这样就可能及时发现 NIPTS 的发展情况，以便采取有效的预防措施。

1.1.3.3 对睡眠的干扰

噪声可干扰人们入睡，或吵醒已睡着的人。关于这个问题，人们用脑电图 (EEG) 监测了睡眠时植物神经活动的反应和变化，作了许多详细的实验研究。

研究发现，当环境噪声 L_{eq} 超过 35dB(A) 左右时，睡眠障碍变得愈加明显。声级峰值 40dB(A) 时，被吵醒的人占 3%，当达 70dB(A) 时，就上升到 30%。如用 EEG 的变化来确定睡眠障碍，则 40dB(A) 时睡眠障碍为 10%，70dB(A) 时则达 60%。同时还观察了睡眠好的人（根据心

理活动), L_{eq} 35dB (A) 时主诉有睡眠障碍, L_{eq} 50dB (A) 甚至 L_{eq} 40dB (A) 时即主诉入睡困难。意外的弱刺激也能妨碍睡眠。

人对噪声的敏感性是不一样的, 例如与年龄和性别有关。现已发现人们仅对低强度的噪声可产生适应。尽管信息丰富的噪声更容易干扰睡眠, 但也观察到对这种噪声可以习惯。根据可利用的有限的资料, 建议用 L_{eq} 声级低于 35dB (A) 作为维持睡眠的标准。

1.1.3.4 应激反应

噪声能引起下丘脑-垂体-肾上腺内分泌方面的一系列不同反应, 包括促肾上腺皮质激素 (ACTH) 分泌增多和皮质固醇浓度升高。这些反应有的可在实验室里用中等强度的噪声做急性试验时得到。

在实验室条件下噪声能引起全身循环系统的反应, 例如血管收缩; 在噪声作业的工人中已发现循环系统障碍的发病率增高(包括高血压)。调查飞机场附近的居民发现有血压偏高的倾向, 但无确切的证据。

噪声对植物神经系统中的交感神经有影响。当噪声强度超过 70dB(A) SPL 时, 眼发胀、心动过缓、皮肤导电性增高等出现的比例也升高, 并且对这种噪声刺激不能产生适应。

其它交感神经障碍, 例如, 强噪声能引起胃肠道蠕动改变。工人的体检记录发现, 除了听力损失增多外, 噪声组的消化性溃疡发病率也增多, 但其因果关系尚未证实。

需要更多的研究, 来确定噪声对植物神经系统所引起的长期的健康危害。

1.1.3.5 烦恼

噪声性烦恼是由噪声引起的不快感。噪声引起烦恼的程