



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”国家重点图书
船舶与海洋出版工程·航母与潜艇系列

舰船噪声控制技术

陈小剑 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

013043468

U661.44
05



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”国家重点图书

船舶与海洋出版工程·航母与潜艇系列

总主编 潘镜芙

舰船噪声控制技术

陈小剑 编著



上海交通大学出版社



北航

C1651900

U661.44

05

内 容 提 要

本书是叙述船舶噪声控制技术的专著,从噪声产生的机理和噪声分类讲起,介绍了噪声对环境的污染、声学的基本知识、如何对噪声进行评估、船舶噪声源的分布和种类、声级估算和船舶噪声控制技术 etc. 分别从吸声、隔声、隔振与阻尼及消声器的降噪减振等方面,具体分析了船舶噪声控制的方法,还介绍了船舶噪声的测量。

本书可供海洋工程和船舶工程设计研究人员、船舶制造和使用人员特别是海军官兵参考,也可作为船舶噪声控制专业的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

舰船噪声控制技术/陈小剑编著. —上海:上海
交通大学出版社, 2012

(船舶与海洋出版工程·航母与潜艇系列)

ISBN 978-7-313-08874-1

I. ①舰… II. ①陈… III. ①舰船噪声—噪声控制
IV. ①U661.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 181661 号

舰船噪声控制技术

陈小剑 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

浙江云广印业有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 27 字数: 524 千字

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-08874-1/U 定价: 78.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0573-86577317

前 言

本书专门研究舰船噪声控制技术,如何进行噪声源的分析,如何优化吸声、隔声、隔振与阻尼及消声的噪声控制的处理,涉及全船的总体性能、结构、轮机、空调冷藏等方面的内容。

(1) 绪论。叙述了噪声产生的机理、噪声种类及其危害性。噪声对军用船舶影响是很大的,噪声影响了军舰的隐身性能,从而降低了舰船生命力。噪声是一种物理污染,是难以避免且具有潜在危害性的,所以应该被重视。另外,还叙述了船舶噪声的特点和噪声控制的程序。

(2) 声学的物理基础。叙述了物体振动和声波的关系,对声学的各种术语如声场、简谐波等作了定义,对声压和声波用运动的微分方程式表示,从理论上描述了声波的传播、传播速度、传播频率、声波波长、声波周期等,分析了声波的基本类型。对平面波、球面波、柱面波用数学方程表达,最后对噪声的物理量如声压、声强、声功率及相应的声压级、声强级、声功率级作了定义和表述。并详细描述了声波在不同介质中的传播、透射、反射、衍射(绕射)和散射的现象。

(3) 噪声评价。叙述了人对噪声的主观评价量。评价量包括:响度和响度级、计权声级和计权网络、等效连续 A 声级和昼夜等效声级、语言清晰度指数和语言干扰级、感觉噪声级和噪声指数等。重点介绍了感觉噪声级和噪声指数的评价量特别适用于对气垫船和飞行甲板的噪声评价,并举实例计算。还叙述了噪声标准曲线和较佳噪声标准曲线以及噪声评价数。最后介绍如何对噪声评价量进行评估和分析,噪声控制标准及我国关于噪声标准的体系、船舶噪声的评价标准。

(4) 船舶噪声源是本书的重点之一,从一般排水量船的噪声源、气垫船的噪声源、潜艇的噪声和航空母舰的噪声源来分析各种机械设备的噪声产生机理与噪声级的估算、降低各种噪声源的方法和措施。最后叙述船舶结构噪声产生的机理和传播特性。

(5) 船舶噪声控制。是本书的主要内容和目的所在,从吸声、隔声、隔振与阻尼、消声等方面来叙述如何控制船舶噪声。

吸声处理。介绍吸声技术的基本原理和吸声技术 3 个参数,即吸声系数 α 、吸

声量 A 和声阻抗 Z_a 。重点叙述多孔吸声材料和穿孔板、微穿孔板的吸声结构,还叙述了空中吸声体。最后介绍吸声降噪量的估算。

隔声处理。叙述隔声结构和隔声装置,隔声的基本原理和隔声量及其估算。除了重点介绍隔声结构之外,还叙述了隔声罩、隔声屏和隔声屋的基本结构和它们的插入损失。也叙述了隔声门、隔声窗的基本结构及隔声量。

隔振与阻尼。叙述振动产生的机理和振动对人和设备的危害,介绍隔振的基本原理和振动传递中的力传递率的计算,叙述主要的隔振元件,如金属弹簧隔振器、橡胶隔振垫、柔性接管等及其如何选用,介绍了隔振设计的方法。最后叙述了阻尼减振的原理及阻尼损耗因子,并介绍主要的黏弹性阻尼材料、自由阻尼层结构和约束阻尼层结构。

消声器及其选用。叙述消声器的种类和对消声器的性能评价,包括消声性能、空气动力性能的评价及消声量估算。重点介绍阻性消声器、抗性消声器,包括共振(腔)式消声器以及复合式消声器,说明它们的消声特点和消声原理,最后介绍消声器的选择。

船舶噪声综合治理。介绍吸声、隔声、隔振与阻尼、消声器不是单独能解决船舶的噪声问题,必须要综合治理,重点叙述对噪声源的综合治理,对机舱噪声的综合治理,如舱壁、天花板的隔振结构。特别叙述了隔声屋的结构和综合治理方案、对居住舱和其他舱室噪声的综合治理、对飞行甲板的降噪隔振的综合治理、对螺旋桨附近的舰船壳板的隔振处理。

舱室噪声级的估算。对机舱噪声级的估算和各受声舱室的噪声级估算作了介绍,并举例加以说明。

(6) 船舶噪声测量。介绍船舶空气噪声的测量方式和相应的测量仪器,介绍船舶结构噪声的测量方法以及如何对船舶水下噪声进行测量。

本书所讨论的许多内容都是船舶设计、船舶建造和船舶运营乃至新船型的开发和研究需要用到的噪声控制知识和技能,适用于各种类型的船舶,包括潜水艇和航空母舰的噪声控制。

本书在编写过程中,得到我的同事中国船舶及海洋工程设计研究院的高级工程师曹大秋先生的大力帮助,特此表示感谢。

由于编者水平有限以及资料收集的不易,书中存在的不足之处,敬请读者不吝赐教与指正。

编 者

2012年8月1日

目 录

第 1 章 绪论	001
1.1 声音与噪声	001
1.2 噪声污染的特性	004
1.3 噪声污染的危害	006
1.4 船舶内环境的噪声控制	012
第 2 章 声学的物理基础	018
2.1 振动和声波	018
2.2 声压	020
2.3 声波运动方程	024
2.4 声波的物理参数	027
2.5 声波的基本类型	032
2.6 噪声的物理量和声级的计算	039
2.7 噪声的频谱和频程	051
2.8 声波的传播特性	055
第 3 章 噪声评价	067
3.1 概述	067
3.2 响度和响度级	067
3.3 计权声级和计权网络	073
3.4 等效连续 A 声级和昼夜等效声级	080
3.5 语言清晰度指数和语言干扰级	083
3.6 感觉噪声级和噪声指数	086
3.7 噪声标准曲线和噪声评价数	093
3.8 对噪声评价量的评估	103
3.9 噪声控制标准	107

第4章 船舶噪声源	113
4.1 概述	113
4.2 一般排水量船的噪声源	114
4.3 气垫船的噪声源	132
4.4 潜艇的噪声源	163
4.5 航空母舰噪声源	190
4.6 船舶结构噪声	192
第5章 船舶噪声控制	204
5.1 吸声处理	204
5.2 隔声技术	238
5.3 隔振与阻尼	278
5.4 消声器及其选用	337
5.5 船舶噪声的综合治理	359
5.6 舱室噪声级的估算	368
第6章 船舶噪声测量	372
6.1 船舶空气噪声测量	372
6.2 船舶结构噪声的测量	379
6.3 舰船水噪声测量	385
第7章 船舶噪声控制手册	391
7.1 船舶噪声控制手册编制的必要性	391
7.2 手册编制的内容	391
附录1 噪声标准目录	394
附录2 海洋船舶噪声级规定(GB 5979—1986)	399
附录3 内河船舶噪声级规定(GB 5980—2009)	401
附录4 船上噪声测量(GB/T 4595—2000)	403
附录5 潜艇螺旋桨噪声测量方法(GB/Z 255—88)	409
附录6 单位转换表	414
索引	416
参考文献	423

第 1 章 绪 论



1.1 声音与噪声

1.1.1 声音

声音(Sound)是人类与许多其他生物感知外界的主要媒介,人类生活、工作、活动离不开声音,一个和谐的声环境是保障人类生存、生活的一个基本条件。人类通过声音传递信息,交流思想感情,进行生产活动、教学研究、社会活动、文化娱乐和体育活动等。人类这种对声音的依赖性是人类漫长的生存进化过程中逐步形成的,在这个过程中人类进化形成了完善的听觉系统和与之对应的发声系统,成为人类自身和外部环境交流信息的主要感知之一。因此,声音与人类的各种活动共存,从声学的观点看,人的一生就是在发声和受声中度过的,声音陪伴人们走过他(她)一生的生命历程。婴儿来到世界的第一个反应是啼哭声,宣告了新生命的诞生。声音将陪伴他们的一生。不同的声音对人情感的感染力也是不同的,一首悲伤的歌曲会让人泪流满面,一首高昂激情的交响乐则可使人汹涌澎湃。有趣的是,当声音的音量达到 130 dB 时,会让人耳感到疼痛而造成对耳朵的内膜损伤,但是,到目前为止世界上人最大能发出 129 dB 的声音,人总不能用自己的嗓门来把自己的耳朵刺痛吧!正是由于人类这种配合良好的感知器官,天然地形成了人类对声音的依赖性。声音是所有声响的总称,如讲话声、音乐声、琴声、鞭炮声、飞机的轰隆声、枪炮声、船舶和火车的汽笛声等都是声音范畴。

1.1.2 噪声

噪声(Noise)是声音的一种,具有声波的一切特性。从物理学观点来看,噪声是指声强和频率的变化杂乱、断续或统计上无规则的声波振动。从生理学和心理学角度来讲,凡是令人不愉快的、使人讨厌和烦恼的、过响的、干扰妨碍人们生活、

工作、学习、休息的以及对人体健康造成影响或危害的声音都是噪声。

由于体质的差异,各人对声音的心理感受和主观愿望等会有所不同,因此,人们对声音的判别更多的是心理学上的,而不完全取决于它的物理特性,正常条件下对噪声强度和干扰程度的衡量,在相同的环境下,对受声人群有所不同。

噪声从心理学上大致可分为4种:①过响声——超过一定强度标准的噪声,可危及人体健康;②妨碍声——妨碍人们休息、生活、工作、学习、生产等活动;③不愉快声——使人产生厌恶感;④可忽视的习惯噪声。

过响声往往使人突然受惊,产生恐惧感,或使人耳超负荷,非常难受或振破耳膜而造成耳聋。

妨碍声就是妨碍人们行动的声音,无论声音大小,只要它妨碍人们谈话交流、妨碍开会、妨碍打电话或手机通话、妨碍学习、妨碍睡眠等有益于人们的欲望、愿望的声音都可称为妨碍性的噪声。

不愉快声就是使人难受、感到突然发生的声音,或给人以厌恶、不喜欢的声音。如锯木头的声音,小孩的啼哭声。

有些噪声往往被人们所忽视或不受人们注意的,带有习惯性的,例如在我们的生活中,已融洽而又习惯了的声音,大多数是被忽视的。如电冰箱的声音、空调的声音、工厂内的各种机械声,虽然已经习惯了,但毕竟是噪声。又如摩托车、游艇疾驰而过的声音,对周围的人们来讲是不愉快的噪声,但对于乘坐的人来说,也许是愉快的声音,也是习惯性的声音。

一般来说,对噪声下一个严格的定义是比较困难的。总之,大家认为过响的、不愉快的声音是客观噪声,然而主观地依照个人所处的环境、爱好、性格及其他来判别同一声音,有时是噪声,有时并非是噪声。如悦耳动听的钢琴声或吹笛声,对于想要安静下来休息、看书、睡眠的人们,就觉得是不动听,不愉快的声音。

一般而言,在声学工程中,对声音要作客观处理,大多数人所不希望的声音就是噪声。过响声当然成为噪声的可能性大,一般小的、持续时间不长的声音不是噪声。

按照噪声所处的场合或环境,噪声可分为:①陆上建筑物内部噪声;②外环境噪声;③陆上交通工具内部噪声;④空中交通工具内部噪声;⑤水上交通工具或浮动建筑物内部的噪声。

陆上建筑物内部噪声,是指处在陆地上的所有建筑物,如居住用的房屋,办公大楼,高楼大厦的建筑(如东方明珠的建筑物)、工矿企业的工厂、车间、工场等的固定建筑物,其内部的房间(如居民住家的卧室、书房、厨房、餐厅等,旅馆或宾馆的卧室,会客室或厅、办公室、娱乐室等)、走廊、梯道、平台等的噪声,包括工厂内的车间、工场内的噪声等。这些地方是人们生活、工作、学习、休息的地方,每时每刻都在影响人们的正常生活。因此,陆上建筑物内部的噪声,早已为人类所注意,处理

好这类噪声,是陆上建筑物设计者、建设者不可推卸的责任,从而他们已经创造出许多理论和实践,使得这类噪声得到控制,其噪声控制工程技术相当完备成熟,无论从理论上、实践上都有相当丰富的经验,形成了规范设计、规范建造、产品标准化程度高的一套完整的噪声控制工程体系。

外环境噪声是指所有建筑物外部的噪声。不管离建筑物的距离有多远,包括陆地和海洋、河川的上空,统称为外环境噪声。如建筑物附近马路上的汽车声及其喇叭声、铁路车辆的隆隆声及汽笛声、港口上轮船的汽鸣声、空中飞机的轰鸣声、人们户外走路的踏步声及讲话声、建筑工地上的施工声、水泥绞拌机的机械声、挖土机的敲击声、鞭炮声等,都属于外环境的噪声污染,直接影响周围环境中人们的生活、工作、学习等。因此,在外环境中,所有远近不同、方向不同,自身或周围反射的噪声组合,都可称为外环境噪声。

陆上交通工具内部的噪声,主要指汽车内,铁路车辆内的噪声。这类噪声直接影响到旅途乘客的休息、睡眠等,也影响驾驶员注意力不能集中而发生意外交通事故,也妨碍了服务人员的正常工作。这类噪声是陆上交通工具的设计者和制造者必须关注的问题,现代的汽车、铁路车辆内的噪声控制非常严格,大多数都已达到规定的标准或目标,给乘客有一个舒适的声学环境,特别是小型、外表美观的轿车,其内部环境的噪声控制在 50 dB(A) 以下,甚至更小一些。但陆上交通工具内部噪声的控制不及陆上建筑物内部的噪声控制。

空中交通工具内部的噪声,主要指飞机内部的噪声。飞机舱内的噪声直接影响到乘客旅途的休息和服务人员的工作,也可能会使驾驶员的注意力不能集中而造成安全事故,因此,控制这类噪声特别重要。其噪声控制和飞机的发明与制造同步,世界各制造飞机的大国,都投入了大量的财力、物力和人力对此进行了大量的研究工作,因此,飞机舱室内噪声控制工程是相当完整的,因为飞机发动机发出来的噪声声级非常高,再加上喷气噪声和机身气流噪声,声源的声级远远大于陆上的交通工具的声源的声级,噪声控制的难度很大。但随着飞机制造业的发展和材料工业的发展,飞机内的噪声控制技术已相当成熟,现在控制这类噪声已有规范的设计和制造,有成千上万的专利和标准,并且其标准获得广泛使用。因此,航空飞行器的噪声控制是陆上交通工具和水上船舶的噪声控制的榜样,现在有的标准已向飞机靠拢。

这里要特别提到的是船舶内舱室的噪声,这类噪声对船上的乘客和船员危害特别大,因为船舶是水上浮动的建筑物,借助于水中推进器,使船舶破浪前进,它内部的设施,几乎和陆上建筑物内部的设施一样,有卧室、办公室、会议室、餐室(或餐厅)、厨房、机舱、车间、工场间、仓库等。乘客和船员都处在一条船上,其空间远比陆上建筑物的空间小而拥挤,但这类噪声声功率远大于陆上建筑物内的噪声。船舶又在风浪中摇摆,摇摆角可达 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$,使人晕船产生恶心、呕吐,再加船上其他

噪声,使人难以承受,所以控制这类噪声非常重要,是船舶设计者、制造者、检验者所要面对的问题。本书的目的就是讨论如何进行船舶内环境噪声的处理,以使其控制在一定允许的范围内。本书名为“舰船噪声控制技术”,实际上主要讨论舰船内部环境的噪声控制工程的问题,以抛砖引玉,使这一课题得到造船界的重视,并得到不断的完善,使其控制技术规范化、标准化。

船舶以机舱内的发动机驱动推进器,如水螺旋桨、喷水推进装置等,使船在水中破浪前进,这在水中和空气中产生了噪声污染,这是船舶的外环境噪声,这对军用舰船来说,特别不利,容易被敌舰发现或跟踪,对潜艇来说,危害更大,甚至遭到袭击而人、船俱损。船又是由钢板(或铝板等)、纵向构架、横向构架等组成的薄壳结构,推进器的振动噪声,可以沿船的纵向构架或基座传递至船首,这就是结构噪声,它衰减缓慢可以传到很远的地方,这对舱室内的噪声污染也比较严重,其控制较为困难。本书主要讨论舱室内的空气噪声的污染及如何控制,对于结构噪声也作相应的控制处理,使其发射到空气中的噪声最小。

按照噪声产生的机理来分,噪声可分为:① 空气动力性噪声;② 水动力性噪声;③ 机械性噪声;④ 电磁性噪声。

空气动力性噪声是由气体的振动而产生的,例如气垫船上的升力风机的噪声,推进用的空气螺旋桨噪声、飞机上的喷气式发动机喷发出来的噪声、排气管喷出废气的噪声等,都是空气动力性噪声。

水动力性噪声是由水体的振动而产生的水波动噪声,例如一般排水量船在航行时,破浪前进,使海水的表面或河川水的表面振动而产生的拍击声,其尾部的水螺旋桨在旋转时,拍击水产生的噪声,又如潜艇潜水航行时,迫使周围的水体振动而产生水下噪声、深水炸弹在水下爆炸引起强力冲击波而产生高强度的水下噪声。

机械性噪声是由于机器旋转其附件拍击空气的振动而产生的噪声。如船上燃气轮机的噪声,柴油机振动而发出的辐射噪声,又如陆上所使用的水泥搅拌机的噪声,挖土机的噪声等,都属于此类噪声。在船舶中,这类噪声占的比例较大。

电磁性噪声是由于磁场脉动、伸缩引起周围空气振动而产生的噪声,这部分噪声的声级较低,一般可忽略不计。

1.2 噪声污染的特性

噪声污染是一种物理性的污染,这与水中和空气中的化学污染不一样,其基本特性有:

1) 物理性

声源发出的声能以波动的形式传播,看不见、摸不着、闻不到,直接作用于人的

听觉器官,一般不致命,是一种感觉上的、精神上的污染。

2) 难避性

由于噪声以 340 m/s 的速度传播,因而即使闻声而跑,也躲避不及,突发的噪声更是难以逃避。很小的孔洞、缝隙就能透过大量噪声;低频噪声还具有很强的绕射能力,可以说噪声是无孔不入的。人耳不会像眼睛那样迅速闭合来防止光的污染,也不会像鼻子那样,遇到异味马上屏住气,防止异味进入体内。人即使在睡眠中,人耳也会受到噪声的污染而惊醒。因此,噪声是难以躲避的。

3) 局限性

一般的噪声只能影响它周围的一定区域,随着距离的增加而迅速衰减,它不像空气中有毒的颗粒物质,能随大风飘到很远的地方,而噪声的扩散和传播具有局限性。

4) 能量性

噪声的污染是能量的污染,只造成空气物理性能的暂时变化,它不具有物质的累积性,噪声源停止发声后,声能很快转变成热能而散发掉,污染立刻消失,没有剩余的、后效的残留。噪声能量的转化系数很小,约为 10^{-6} ,即百万分之一,虽然能量很小,但它引起空气介质的波动和由此而产生的噪声污染却很大。

5) 危害的潜伏性

噪声污染在环境中不存在累积现象,但心理上承受有一定的延续性,长期接触或短期高强度接触是有损于健康的,因此,噪声污染具有危害的潜伏性。

6) 船舶内环境噪声污染的特点

(1) 船舶是水上的浮动建筑物,它的结构形式完全不同于陆上的固定建筑物,它由钢板、纵桁、横梁及纵横加强材等构件组成,或由铝板、玻璃钢等纵横构架组成。它们的板架结构的刚度远远低于陆上建筑的砖石及钢筋水泥组成的墙体,其壁的厚度也远远小于陆上建筑的墙体,而且船上的舱壁是紧密而光滑的,因此,构成船舶横舱壁和纵舱壁的隔声性能和吸声性能都很差,而且舱壁是金属表面,其阻尼的损耗因子也小,这给船舶内诸舱室的噪声控制带来了难度。由于船体结构是轻型的薄壳结构,船上噪声源的振动产生的结构噪声可以传递很远,所以船舶内的噪声控制比陆上建筑内的难,但比空中飞行的飞机内的噪声控制容易一些,当然一些特殊的高性能船(如气垫船、冲翼艇)除外。它们的噪声控制方式应向飞机靠拢。

(2) 声源发出的噪声强度高。船上安装的发动机、发电机、辅机、风扇等,其功率较大,所产生的噪声声级也高,机舱内的噪声超过 110 dB(A),有的甚至高达 120 dB(A)或以上。特别是高性能船(或称特种船舶),如气垫船、冲翼艇、航空母舰,其噪声污染强度极高。对于国内外的气垫船,大多数采用航空发动机驱动空气螺旋桨(敞开式或导管式螺旋桨)推动船前进。发出的噪声污染强度远远大于陆上任何设备的噪声,其噪声声级可达 130 dB(A)或 140 dB(A),大大超出了人所承受

的限度。对于航空母舰,发动机的功率更大,产生的噪声污染也大,而且在飞行甲板上,有多架飞机升空或降落。因此对气垫船、航空母舰等特种船舶,其噪声控制不同于一般船舶,要作专门的处理。

(3) 声源多而密集。船舶内的噪声源很多,在首楼甲板上有关机、系泊绞车,这是断续或有间隔的噪声,当起锚或抛锚时才能有较大的机械性噪声,也有锚和锚链与船首壳板的敲击摩擦声,这些噪声声级不很高,噪声的频率主要在低频范围内,因此影响不大。在尾楼甲板上,主要有系泊绞车在系缆时发出的机械性噪声,其危害也不大。还有汽笛声和警报声,给人以提示或警示的一种声响的信号,这不是主要的噪声污染。

船舶内的噪声源大多数集中在机舱内,如主机(柴油发动机、内燃式发动机、核动力发动机、燃气轮机等)、辅助机械多台、发电机、锅炉、风机等,密集布置在主机机座、辅机机座上,或布置在机舱的平台上。如果机舱内没作任何的噪声控制处理,这些多种噪声源发出的强大的噪声在狭小的机舱内反射、衍射或绕射、散射和透射,产生了混响、叠加的噪声,因此,机舱内的噪声污染强度特别高。

在船舶的尾端,在艉柱线的下端,处在水面以下的螺旋桨或其他类型的推进器,如喷水推进装置,也是一个主要的噪声源,它是水动力性噪声和机械性噪声的组合,该噪声在水中传播较快,而且可以传到较远的地方;而低频的机械性噪声可产生结构噪声,可传递至船舶内的诸舱室。

1.3 噪声污染的危害

噪声污染对人们的影响是一个很复杂的问题,它的危害是多方面的,有的甚至相当严重,必须引起人们的高度重视,其危害主要有4个方面:① 损伤听力,影响人体健康;② 影响人们的休息、工作、学习等,使人产生烦恼情绪,反应迟钝,降低劳动生产力;③ 影响语言清晰度和通信联络;④ 影响仪器设备的正常工作。

1.3.1 噪声对听觉的危害

如果人们长时期在强噪声环境中工作,会使暂时性的灵敏度下降变成长期性的,以后很难再恢复。这会使内耳听觉组织受到损伤,造成不同程度的耳聋。人们在强噪声环境中暴露一定的时间后,听力会下降,离开噪声环境到安静的地方,在一定时间后,听力就能恢复,这种现象称为暂时性阈移,又称为听觉疲劳。但是,如果长时期在强噪声环境中工作,听觉疲劳就不能完全恢复,而且内耳感觉器官发生了器质性的病变,由暂时性阈移变成永久性阈移,则成为噪声性耳聋或噪声性“听力损失”。引起这种“听力损失”的原因主要是强噪声所致,但不是外伤,而是由于

听觉器官内部组织受到损伤而引起的。

国际标准化组织(ISO)规定用 500,1 000,2 000 Hz 这些频率上损伤量(dB)的算术平均值来衡量耳聋的程度,听力损失在 15 dB 以下的属正常,损失 15~25 dB 的属接近正常,损失 25~40 dB 的属轻度耳聋,损失 40~60 dB 的属中度耳聋,损失在 60 dB 以上的属重度耳聋,听力损失在 80 dB 以上的则为全聋。考虑到听觉器官的老化而引起的自然听力的损失,将平均听力损失 25 dB 的作为噪声性耳聋的判断标准。在这种情况下,人与人相距 1.5 m 以外的正常交谈是会有困难的,语言的可听懂度下降 13%,当平均听力损失达到 40~55 dB 时,对一般响度的语言就会发生经常性困难,并可能会造成永久性听力损失。

大量的统计资料表明,噪声级在 80 dB 以下的环境,才能保证人们长期工作而不致耳聋;在 90 dB 以下时,只能保证 80%的人在 工作 40 年后不会耳聋;即使 85 dB,仍会有 10%的人可能产生噪声性听力损失。另外,噪声频率越高,内耳听觉器官越容易发生病变。如低频噪声只有 100 dB 时才出现听力损伤,而高频噪声在 75 dB 时即可产生听力损伤。

每天都暴露在稳态噪声环境中,对 500~2 000 Hz 频带的听力损失与工作人员的年龄有关,同时还与噪声频带的宽狭有密切关系。表 1-1 是根据国外研究结果提出年龄与容许的最大噪声级的关系。从表中可以看出 30 岁以前宽频带容许的最大噪声级为 90 dB,狭频带应当低一些,只容许 80 dB。随着年龄的增大,允许的噪声级越低,宽频带最低为 80 dB,窄频带应为 70 dB。

表 1-1 年龄与容许最大声压级关系

年 龄	容许最大声压级/dB	
	宽 频 带	窄 频 带
小于 30 岁	90	80
30~40	88	78
40~50	84	74
50~60	80	70

如果人们突然受到极其强烈的噪声污染,如高达 150 dB,会使人的听觉器官发生急性外伤,出现鼓膜破裂、内耳出血、螺旋器(感觉细胞和支持结构)从基底膜急性剥离等症状,这种急性噪声性耳聋,称为暴振性耳聋。

因此,噪声引起的耳聋普遍而直接。在船舶的各舱室内、走道等,超过 90 dB 的场所较多,如主机舱、辅机舱、舵机舱及机舱周围的通道等都在 90 dB 以上,有的高达 100 dB。而处在机舱旁边的居住舱、办公室、厨房、餐厅等,如没作相应的噪声控制处理,其噪声级也可能达 90 dB 或以上。长期在这些环境中工作的船员会造

成听力损失。

1.3.2 噪声对生理上的影响

噪声污染所导致的人体生理上的变化称为噪声的生理效应。噪声具有强烈的刺激作用,对人们的影响是多方面的,除了影响听力外,对神经系统、心血管系统、消化系统、内分泌系统等也有明显的影响。

1) 对神经系统的影响

噪声作用于人的中枢神经系统,使大脑皮层产生兴奋作用,或使大脑器官平衡失调,导致条件反射异常,使人的脑血管张力受到损害,神经细胞边缘出现染色体的溶解,严重的可以引起渗出性病灶,脑电图电势改变。这些生理变化,在早期是可以复原的,但时间长了,就会形成牢固的兴奋灶,波及植物神经系统,产生头痛、昏晕、耳鸣、多梦、失眠、心慌、记忆力衰退、全身疲乏无力等症状。这些症状医学上称为神经衰弱症,又称为神经官能症。严重的会体质下降,容易并发和引起其他疾病,如果对噪声敏感的人,长期处在噪声污染中,其后半生发展成精神疾病的可能性大。

有资料显示,强烈的噪声刺激会干扰人的神经系统,使休息中的人产生恼怒感,噪声污染对一些噪声敏感的人甚至会失去理智,产生异常举动,以自杀、伤人的方式来宣泄自己的恼怒情绪。一些关键岗位上工作的人员,如长时间接触高噪声污染,就会产生心理障碍,注意力分散,思维判断混乱,而导致失误引起重大事故的发生。突发的高强度噪声波可麻痹人的中枢神经系统,使人在短时间内失去知觉而昏迷不醒。

2) 对心血管和消化系统的影响

长时期在强噪声环境中,还可能会引起某些对噪声敏感的人的局部血管扩大、肌肉抽搐、疲劳、反应迟缓、视力衰退,有的会失去平衡。强噪声可使交感神经紧张兴奋,会导致心动过速、心律不齐、血管痉挛、血压升高。部分人群的心电图会出现缺血型改变、窦性心动过速或过缓、窦性心律不齐等。在 90 dB 以上的噪声环境中长期工作,可使心肌损伤、血压升高、动脉硬化和冠心病发病率明显增加、血中胆固醇增高。因此,许多人认为,噪声污染是当今世界造成心脏病的原因之一。

噪声作用于人的中枢神经,会引起身体内部器官活动率的改变,会影响人的消化系统,导致胃功能紊乱,引起胃机能阻滞、消化分泌异常、胃酸度降低、胃蠕动减退。经过实验室对人和动物的实验表明,在噪声高于 80 dB 时,蠕动减少 37%,肠内会产生气体,有时感到肠道不舒适,当噪声一停止,蠕动就仍然和谐地加大幅度进以补偿前面的减少。但是如果经常在这种环境下工作,其结果往往引起消化不良、食欲不振、恶心呕吐、体质减弱等,并导致胃病、胃溃疡及十二指肠溃疡等。调查发现,在噪声较强的行业工作的人群中,溃疡病的发病率比在安静环境中工作的

高5倍。

3) 对其他生理系统的影响

最新的科学研究表明,噪声对人的眼睛和视觉功能也有一定的影响。当噪声作用于听觉器官时,也会通过神经系统的导入作用而波及视觉器官,使人的视力减弱。实验证明,当噪声强度在90 dB时,视网膜中视杆细胞区别光度、亮度的敏感性开始下降;当噪声在95 dB时,2/5的人瞳孔放大,视物模糊,当噪声达到115 dB时,几乎所有的人眼球对光度的适应都有不同程度的衰减。因此,长时间处在噪声环境中容易引起眼疲劳、眼痛、眼花和流泪等损伤。噪声还会使色觉、色视野发生异常。调查显示,在接受稳态噪声的80名人员中,出现红、蓝、白三色视野缩小的比例高达80%。据研究,噪声对视力的不良影响是源于噪声破坏人体内某些维生素的平衡。在90 dB环境中工作4 h,体内的维生素B₁和维生素E分别减少,其他B族维生素也显著减少,而这些维生素是维持眼睛正常功能的重要物质。因此,在噪声环境中工作的人员补充适量的维生素B₁和维生素E及其他B族维生素是必要的,以减少体内维生素的失衡,有益于视力保护。

噪声作用还产生另一种严重的生理后果,长期处在强噪声环境中会引起肾上腺活动增加,影响新陈代谢,容易出现疲劳、神经过敏等现象,并使暂时的肾上腺异常肥大或扩张。高度的肾上腺活动率,一般认为与心脏病以及约50多种疾病的起因有关。

长期在高噪声环境中工作的妇女常有大量脱发的症状——斑秃,也俗称“鬼剃头”,一般西医认为是内分泌系统受到干扰;而中医认为自古以来我们的头发别称为“烦恼丝”,就是说头发的病都跟烦恼有关,噪声引起的斑秃正是烦恼的生理反应。观察还发现,高噪声环境,使孕妇的激素分泌受到抑制,这将导致早产,影响胎儿的正常发育,特别对胎儿听觉器官造成先天性损伤。

4) 噪声对儿童健康的影响

儿童身体各组织器官尚未发育完善,神经系统、感觉器官十分娇嫩和脆弱。噪声对儿童生长发育的影响十分明显。研究发现,家庭噪声是导致儿童听力障碍、聋哑症的主要病因之一。一项调查显示,在吵闹环境中生活的幼儿,其智力发育要比在舒适安宁的环境中生活的幼儿低15%~25%,而且体重要轻。此外,长期处于噪声环境中的孩子,有明显的情绪异常反应,如烦躁不安、神色紧张、心理恐惧、失眠多梦等。由于长期受到噪声的恶性刺激,最终将损害儿童的中枢神经、心血管、消化道、视觉器官等系统,造成视力下降、头痛、乏力、记忆力下降、心悸、应激性溃疡、免疫功能降低、精神疾病及处在青春期的少女出现月经失调、闭经等。可能造成儿童的阅读理解能力和远期记忆力减弱、学习成绩不断下降。

过去科学家和医生认为,只有当噪声达到足够大时,才会使听力受损,但最近的研究发现,持续不断的低噪声也会影响人类的健康。特别是对儿童和对噪声敏

感的人群,例如使血压升高、儿童智力发育受损、扰乱睡眠和促使神经系统紊乱等。

1.3.3 噪声对人们生活和工作的影响

噪声妨碍人们休息、睡眠、干扰语言交谈和日常社交活动,使人烦恼、注意力下降,甚至精神失控、行为反常。睡眠使人的新陈代谢得到调节,大脑得到休息,从而消除体力和脑力疲劳,充足、良好的睡眠有助于提高免疫力,睡眠是保障人体健康的重要因素,但噪声会影响人们睡眠的有效性,降低睡眠质量。研究表明,连续噪声可以加快熟睡到轻睡的回转,使人多梦,熟睡时间短。据统计,40 dB 的连续噪声,可使 10% 的人睡眠受到影响,睡着人脑电波会出现觉醒反应,而 70 dB 时可达 50%;突发性的噪声在 40 dB 时可使 10% 的人惊醒,到 60 dB 时,可使 70% 的人惊醒。实验表明,理想的入睡噪声是在 35 dB(A) 以下。因此,世界卫生组织最近修订了有关最低安全噪声的标准值,要求夜间噪声值为以不影响睡眠为准的 30~35 dB,最高也不得超过 45 dB。这在陆上建筑物内容易达到,但对于船舶内的噪声,特别是对小型船舶的舱室是难以达到的,因此,船舶内环境的噪声控制的任务非常繁重,要花较多的人力、财力和物力进行研究和处理。

语言清晰度是指被听懂的语言单位的百分数。通常情况下,人们相距 1 m 交谈时平均语言声级为 65 dB,当噪声级与语言声级接近时,正常的交谈受到干扰,环境噪声会掩盖语言噪声,使语言清晰度降低,如表 1-2 所示。噪声级高于语言声级 10 dB 时,谈话声就会被掩盖。

表 1-2 噪声对交谈和通信的干扰

噪声级/dB(A)	主要反映	保持正常谈话的距离/m	通信质量
45	安静	11	很好
55	稍吵	3.5	好
65	吵	1.2	较困难
75	很吵	0.3	困难
85	大吵	0.1	不可能

噪声引起烦恼,容易使人疲劳,同时往往会影响精力集中,工作效率低,这对脑力劳动者尤为明显。在嘈杂的环境里人们心烦意乱,工作容易疲劳,反应迟钝,而且容易造成工伤事故。一些对噪声敏感的人还会导致其产生失常的举动。在连续高噪声环境中的工作人员,如火车司机、飞机驾驶员、汽车司机、气垫船驾驶员、滑艇或快艇驾驶员等,会出现精力分散,反应不灵以及判断失误,造成严重的飞行事故和交通事故。