

高职高专规划教材

物理性污染监测

刘铁祥 主 编
邹润莉 副主编



化学工业出版社

国家环境标准

物理性污染监测

张洪波 主编
李国栋 副主编

中国环境出版社

高职高专规划教材

物理性污染监测

刘铁祥 主 编

邹润莉 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书分为十章,介绍了物理性环境污染,即噪声、环境放射性和电磁辐射的监测。本教材在编写过程中,力求反映目前的物理监测现状,注意知识与理论适度,着重强调实践性。

本书为高职高专环境监测专业及环境类其他各专业的教材,也可作为大中专院校环境保护、环境卫生等相关专业的人员培训及职业资格考试的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

物理性污染监测/刘铁祥主编. —北京:化学工业出版社, 2009.9

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-06412-7

I. 物… II. 刘… III. 环境物理学-高等学校:技术学院-教材 IV. X12

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第131378号

责任编辑:王文峡

装帧设计:尹琳琳

责任校对:陶燕华

出版发行:化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张7 $\frac{3}{4}$ 字数207千字

2009年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:18.00元

版权所有 违者必究

前 言

声、光、电、热是人们再熟悉不过的几种物理现象，电磁波、放射性也在人类的物质文明中扮演重要角色，社会发展与经济建设离不开这些物理现象，这已是不争的事实。然而，当这些物理因素过量时，它们便成了危及人类健康的污染因素，如：嘈杂的声音（噪声）会干扰人们的睡眠、休息、学习、工作和交谈，强噪声会导致耳聋；有的矿工由于长期使用风钻一类的工具会出现手指冰凉、苍白、无血色的症状，这就是振动病；强烈的电磁辐射尤其是微波辐射能使人植物神经功能紊乱，产生头痛、食欲不振、动作迟钝、记忆力减退等症状；强光会刺激人眼，出现红肿；放射性能使人产生白血病、白内障、肿瘤等，还可发生遗传效应，影响子孙后代。这些就是环境物理性污染。物理性污染是一种能量传递与吸收性污染，它与化学性、生物性污染不同，物理性污染是局部性的，其污染在环境中不会残留物质，随污染源撤销而消失。

物理监测是一门综合性很强的课程，涉及物理学的多个分支和生理学、心理学、医学、社会学、管理学等学科。物理监测就是对环境中物理性因素的污染程度进行监测，并根据国家有关标准作出环境质量评价，为有关部门、有关单位选择环境保护措施、作出环境保护决策提供真实、可靠的依据。

本教材在编写过程中，力求反映目前的物理监测现状，注意知识性与理论性适度，着重强调实践性；着眼于培养学生的实际操作能力和职业岗位的适应能力。全书分为十章，主要内容涉及噪声、放射性和电磁辐射三大板块。全书由刘铁祥、邹润莉、刘艳霖、王勇波编写。在编写过程中得到了姚运先教授和贺小凤教授的指导，在此谨致感谢。

限于编者水平和经验，教材中难免存在疏漏和不足，敬请读者提出建议和修改意见。

编 者

2009年6月

目 录

第一章 噪声概述	1
第一节 噪声及其危害	1
一、噪声	1
二、噪声的危害	1
第二节 环境声学的研究内容	4
一、噪声污染规律	4
二、噪声评价方法和标准	5
三、噪声控制技术	5
四、噪声测试技术和仪器	6
五、对人体的影响和危害	7
第二章 声波的基本性质及其传播规律	8
第一节 声波的产生及描述方法	8
一、声波的产生	8
二、描述声波的基本物理量	9
第二节 声波的基本类型	11
一、平面声波	11
二、球面声波、柱面声波	14
三、声线	15
四、声能量、声强、声功率	15
第三节 声波的叠加	16
一、相干波和驻波	16
二、不相干声波	18
三、声音的频谱	18
第四节 声波的反射、透射、折射和衍射	19
一、垂直入射声波的反射和透射	19
二、斜入射声波的入射、反射和折射	21
三、声波的散射与衍射	22

四、声像	23
第五节 级的概念	24
一、分贝的定义	24
二、声压级、声强级和声功率级	25
三、级的叠加	26
四、级的“相减”	28
第六节 声波在传播中的衰减	29
一、随距离的发散衰减	29
二、空气吸收的附加衰减	30
三、地面吸收的附加衰减	30
四、声屏障衰减	32
五、气象条件对声传播的影响	32
第七节 声源的指向性	33
习题	34
第三章 噪声的评价和标准	36
第一节 噪声的评价量	36
一、等响曲线、响度级和响度	37
二、斯蒂文斯响度	39
三、计权声级和计权网络	41
四、等效连续 A 声级和昼夜等效声级	43
五、累计百分数声级	45
六、更佳噪声标准 (PNC) 曲线和噪声评价数 (NR) 曲线	46
七、噪度和感觉噪声级	49
八、计权等效连续感觉噪声级 L_{WECPN}	51
九、交通噪声指数	52
十、噪声污染级	52
十一、噪声冲击指数	54
十二、噪声掩蔽	55
十三、语言清晰度指数和语言干扰级	55
第二节 环境噪声评价标准和法规	57
一、环境噪声污染防治法	57
二、产品噪声标准	58
三、噪声排放标准	59

四、环境质量标准	64
习题	68
第四章 噪声测试和监测	70
第一节 测量仪器	70
一、声级计	70
二、频谱分析仪和滤波器	74
三、磁带记录仪	77
四、读出设备	78
五、实时分析仪	79
第二节 声强及声功率测量	80
一、声强测量及应用	80
二、声功率的测量	81
第三节 环境噪声监测方法	84
一、声环境功能区噪声测量	84
二、道路交通噪声测量	87
三、机动车辆噪声测量方法	87
四、航空噪声测量	89
第四节 工业企业噪声测量	90
一、生产环境噪声测量	90
二、机器噪声的现场测量	91
三、厂界噪声测量	92
第五节 振动及其测量方法	94
一、加速度计	95
二、前置放大器	96
三、灵敏度校准	96
四、振动测量仪器	97
习题	98
第五章 环境噪声影响评价	99
第一节 环境噪声影响评价的目的和意义	99
第二节 环境噪声影响评价工作程序和内容	99
一、评价工作程序	99
二、评价工作方法	100
第三节 噪声预测	104

一、预测的基础资料	104
二、预测范围和预测点布置原则	104
三、噪声源噪声级数据的获得	105
四、噪声传播声级衰减计算方法	105
五、预测点噪声级计算的基本步骤	113
六、等声级线圈绘制	114
第四节 公路噪声预测	114
第五节 铁路噪声预测	116
第六节 机场飞机噪声预测	119
第七节 工业噪声预测	120
习题	122
第六章 噪声控制技术概述	123
第一节 噪声控制基本原理与原则	123
一、噪声控制的基本原理	123
二、噪声控制的一般原则	124
三、噪声控制的基本程序	124
第二节 噪声源分析	125
一、机械噪声	125
二、空气动力性噪声	125
三、电磁噪声	125
第三节 城市环境噪声控制	126
一、城市环境噪声源分类	126
二、城市规划与噪声控制	128
三、噪声管理	131
四、城市绿地降噪	133
习题	134
第七章 环境放射性监测	136
第一节 基础知识	136
一、放射性	136
二、照射量和剂量	139
第二节 环境中的放射性	142
一、环境中放射性的来源	142
二、放射性核素在环境中的分布	145

三、人体中的放射性核素及其危害	146
第三节 放射性防护标准	148
一、我国《放射防护规定》(GB 8703—88) 中的部分标准	148
二、其他国家和机构发布的有关环境放射性标准	150
第四节 放射性测量实验室和检测仪器	150
一、放射性测量实验室	150
二、放射性检测仪器	151
第五节 放射性监测	156
一、监测对象及内容	156
二、放射性监测方法	157
习题	163
第八章 电磁辐射的基本概念	165
第一节 静电场	165
一、带电物体	165
二、导体、绝缘体、半导体	166
三、电场与电场强度	166
四、电场中的电介质	167
第二节 磁场	168
第三节 电磁场与电磁辐射	169
一、交流电	169
二、电磁场与电磁辐射	169
三、周期与频率	170
第四节 射频电磁场	171
一、无线电波的分类	171
二、场区分类及其特点	173
三、表征公式	174
四、场强影响参数	174
第五节 电磁辐射场源	175
一、电磁场源种类	175
二、人工型辐射场源分类	177
三、电磁辐射污染的传播途径	177
第六节 电磁辐射的危害	179
一、电磁辐射对人体的影响	179

二、电磁干扰与电磁兼容	184
三、关于移动电话电磁波危害的讨论	188
第七节 电磁辐射防护措施	190
一、广播、电视发射台的电磁辐射防护	190
二、高频设备的电磁辐射防护	191
三、微波设备的电磁辐射防护	200
第九章 电磁辐射安全卫生标准	203
第一节 电磁辐射对机体作用的相关因素	203
第二节 作业场所电磁辐射安全卫生标准	204
一、作业场所工频辐射卫生标准 (GB 16203—1996)	205
二、作业场所高频辐射安全卫生标准	207
三、甚高频辐射作业安全标准 (GB 10437—89)	209
四、作业场所微波辐射卫生标准 (GB 10436—89)	209
第三节 电磁辐射环境安全标准	211
一、世界各国射频辐射职业安全标准限值	211
二、电磁辐射防护规定 (GB 8702—88)	212
三、环境电磁波卫生标准 (GB 9175—88)	215
四、微波辐射生活区安全限值 (军用标准) GJB 475—88	217
第四节 干扰控制标准	218
一、工、科、医设备使用的频率	219
二、工、科、医设备的分组与分类	219
三、电磁骚扰限值	220
第十章 电磁辐射的测量	227
第一节 测量方法概述	227
一、布点方法	227
二、环境条件	229
三、测量内容	230
四、测量时间	230
五、常用单位的换算	230
第二节 电磁辐射监测仪器和方法	233
第三节 工频电磁场的测量	236
参考文献	238

第一章 噪声概述

环境声学是研究噪声对人们日常生活和社会活动产生各种影响的科学。自第二次世界大战结束以来，随着工业和交通事业的迅速发展，环境噪声日趋严重。在我国一些大城市的环境污染投诉中，噪声占了60%~70%，已经成为广泛的社会公害。

第一节 噪声及其危害

一、噪声

噪声是指人们不需要的声音。噪声可能是由自然现象产生的，也可能是由人们活动形成的。噪声可以是杂乱无序的宽带声音，也可以是节奏和谐的音乐。当声音超过人们生活和社会活动所允许的程度时就成为噪声污染。

二、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. 噪声对听力的损伤

大量的调查研究表明，由于人们长期在强噪声环境下工作，会使内耳听觉组织受到损伤，造成耳聋。国际标准化组织规定，听力损失用500Hz、1000Hz和2000Hz三个频率上的听力损失的平均值来表示。听力损失在15dB以下属正常，15~25dB属接近正常，25~40dB属轻度耳聋，40~65dB属中度耳聋，65dB以上属重度耳聋。一般讲噪声性耳聋是指平均听力损失超过25dB。在这种情况下，人与人相互间进行1.5m外的正常交谈会有困难，句子的可懂度下降13%，句子加单音节词的混合可懂度降低38%。

大量的统计资料表明，噪声级在 80dB 以下，方能保证人们长期工作不致耳聋。在 90dB 以下，只能保护 80% 的人工作 40 年后不会耳聋。即使是 85dB，仍会有 10% 的人可能产生噪声性耳聋。

衡量听力损失的量是听力阈级。听力阈级是指耳朵可以觉察到的纯音声压级。它与频率有关，可用专用的听力计测定。阈级越高，说明听力损失或部分耳聋的程度越大。由噪声引起的阈级提高，称噪声性迁移。当噪声暴露终止后，经过一段时间的休息，听力如能逐渐恢复原状，称暂时性阈移。如果在强噪声环境下暴露时间过长，虽经休息仍有部分阈移不能恢复，这部分阈移称为永久性阈移。

上面所述的噪声性耳聋是慢性的，即指听力损失是由于强噪声环境的影响日积月累缓慢发展形成的。另外，还有一种急性的噪声性耳聋，称为暴振性耳聋。当突然暴露在极其强烈的噪声环境中，例如 150dB 以上的爆炸声，会使人的听觉器官发生急性外伤，出现鼓膜破裂、内耳出血、基底膜的表皮组织剥离等症状。这种声外伤可使人耳即刻失聪。

2. 噪声对睡眠的干扰

睡眠对人体是极重要的，它能使人们新陈代谢得到调节，人的大脑通过睡眠得到充分休息，消除体力和脑力疲劳。人的睡眠一般以朦胧——半睡——熟睡——沉睡等几个阶段为一个周期。每个周期大约 90min，周而复始。年纪越大，半睡状态增加，熟睡阶段缩短。连续噪声可以加快熟睡到半睡的回转，会使人多梦、熟睡的时间缩短。突发的噪声使人惊醒。一般来说，40dB 的连续噪声可使 10% 的人睡眠受影响，70dB 可使 50% 的人受影响，而突发性噪声在 40dB 时可使 10% 的人惊醒，到 60dB 时，可使 70% 的人惊醒。

3. 噪声对人体的生理影响

噪声除了损伤人耳的听力外，对人体的生理机能也会引起不良反应。长期暴露在强噪声环境中，会使人体的健康水平下降，诱发各种慢性疾病。例如，噪声会引起人体的紧张反应，使肾上腺素分泌增加，引起心率加快，血压升高。一些工业噪声调查资料结果显

示，在高噪声条件下工作的人们，患高血压病、动脉硬化和冠心病的发病率比低噪声条件下工作的人要高 2~3 倍。对小学生的调查发现，经常暴露于飞机噪声下的儿童比安静环境下的儿童血压要高。

噪声也会引起消化系统方面的疾病。有关调查报道，在某些吵闹的工业行业中，消化性溃疡的发病率比低噪声条件下要高 5 倍。通过人和动物实验都表明，在 80dB 环境下，肠蠕动要减少 37%，随之而来的是胀气和肠胃不适。当外加噪声停止后，肠蠕动由于过量的补偿，节奏加快，幅度增大，结果引起消化不良。长期的消化不良将诱发胃肠黏膜溃疡。在神经系统方面，噪声会造成失眠、疲劳、头晕及记忆力衰退，诱发神经衰弱症。

当然，引发各种慢性疾病的原因是多方面的。噪声的危害程度究竟多大，还难以得到明确的定量结论。

4. 噪声对语言交谈和通信联络的干扰

通常情况下，人们相对交谈距离 1m 时，平均声级大约是 65dB。但是，环境噪声会掩蔽语言声，使语言清晰度降低。语言清晰度是指被听懂的语言单位百分数。噪声级比语言声级低很多时，噪声对语言交谈几乎没有影响。噪声级与语言声级相当时，正常交谈受到干扰。噪声级高于语言声级 10dB 时，谈话声就会被完全掩蔽，当噪声级大于 90dB 时，即使大声叫喊也难以进行正常交谈。在噪声环境下，发话人会不自觉地提高发话声级或缩短谈话者之间的距离。通常，噪声每提高 10dB，发话声级约增加 7dB。虽然，清晰度的降低可由噪音的提高而得到部分补偿，但是发话人极易疲劳甚至声嘶力竭。

由于噪声容易使人疲劳，因此会使相关人员难以集中精力、从而使工作效率降低，这对于脑力劳动者尤为明显。

此外，由于噪声的掩蔽效应，会使人不易察觉一些危险信号，从而容易造成工伤事故。

5. 特强噪声对仪器设备和建筑结构的危害

噪声对仪器设备的危害与噪声的强度、频谱以及仪器设备本身

的结构特性密切相关。当噪声级超过 135dB 时电子仪器的连接部位会出现错位，引线产生抖动，微调元件发生偏移，使仪器发生故障而失效。当噪声级超过 150dB 时，仪器的元器件可能失效或损坏。在特强噪声作用下，由于声频交变负载的反复作用，会使机械结构或固体材料产生声疲劳现象而出现裂痕或断裂。在冲击波的影响下，建筑物会出现门窗变形、墙面开裂、屋顶掀起、烟囱倒塌等破坏。当噪声级达到 140dB 时，轻型建筑物就会遭受损伤。此外，剧烈振动的振动筛、空气锤、冲床、建筑工地的打桩和爆破等，也会使振源周围的建筑物受到损害。

第二节 环境声学的研究内容

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、噪声测试技术和仪器，噪声对人体的影响和危害等方面。

一、噪声污染规律

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、围墙等的影响使声能量明显衰减或者改变传播方向。

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。

二、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，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、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不会产生损伤，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容许标准。目前，经常引用的噪声标准有工业企业噪声卫生标准、声环境质量标准和工业产品噪声标准等。

三、噪声控制技术

环境噪声污染由声源、传声途径和受主三个基本环节组成。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 年代起是“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，铺置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。

受主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、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，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于现场声功率测量、振动能流传递、振源定位、声源鉴别等方面。在理论分析方面的有限元法、边界元法、统计能量分析；以及功率流、声线跟踪法等数值分析日臻完善，普遍采用。

四、噪声测试技术和仪器

为了客观评价噪声的强弱，必须进行噪声测量。噪声测量系统，不管其如何复杂和先进，都可以归纳成三个部分：接受部分、分析部分和显示（记录）部分。这三部分可以汇集成一台仪器，也可以由几台仪器连接组成。

接受部分是指传声器和前置放大器。传声器将接受到的声信号转换成电信号，要求具有动态范围宽、频率响应平坦、灵敏度高、稳定性好、电噪声低等特性。通常采用电容传声器。由于电容传声器的输出阻抗很高，为了使其后面能连接较长电缆，在电容传声器输出端紧配前置放大器，起阻抗变换的作用。

分析部分可以分成两种不同的方式。对于采用模拟分析技术的装置，一般由输入放大器（附衰减器）、滤波器（计权网络）和输出放大器（附衰减器）三种电路组成。对于采用数字信号分析技术