

中国大百科全书·环境科学

环境物理学



中国大百科全书出版社

中国环境科学出版社 中国环境科学出版社

环境物理学

中国环境科学出版社



中国环境科学出版社

中国大百科全书·环境科学

环境物理学

(征求意见稿)

主 编 马大猷

副 主 编 陈绎勤

编写组成员 (按姓名笔画为序)

马大猷 方丹群 吴大胜 李沛滋

陈绎勤 赵松龄

中国大百科全书出版社

(内 部 发 行)

中国大百科全书·环境科学

环 境 物 理 学

(征求意见稿)

中国大百科全书出版社出版

工本费： 1.15 元

说 明

《中国大百科全书》是我国第一部大型综合性百科全书，正在按学科分卷陆续出版。《天文学》卷已于1980年出版，《环境科学》卷计划在1982年发排。

《环境科学》卷是在吴学周、(以下按姓名笔画顺序)马大猷、王德铭、申葆诚、刘天齐、刘东生、刘培桐、胡汉昇等著名科学家的主持下，由200多位环境科学家和学者撰写的。在成卷出版以前，我们先按环境化学、环境物理学、环境生物学、环境地学、环境工程学、环境医学等六个分支学科整理成册，内部发行，征求意见，以便集思广益，进行修改。不能归入这六个分支学科的条目，如环境科学综论、环境管理、环境经济、环境法学等条目暂不印行。

《环境科学》卷的分册平均选收条目100个左右，字数约20万，对环境科学的各个分支学科的基本理论、基本内容和基本知识进行了全面的、综合的、系统的、概括的介绍和阐述，并附有图表，可供从事环境科学研究、教育、管理的人员参考和使用，也可作为具有高中以上、相当大学文化程度的广大读者进入环境科学知识领域的桥梁和阶梯。

环境科学作为一门独立的学科正处在蓬勃发展中，它的研究对象、任务、内容和学科体系，尚未完全定型，许多问题尚待进一步研究和探讨，因此，编纂《中国大百科全书·环境科学》卷是有许多困难的；加上我们的编辑水平有限，一定会有缺点和错误。此外，《环境科学》卷的各个分册是陆续编辑出版的，有关条目的调整，内容和体例的统一，以及参见系统的建立等，还有大量的工作留待成书编辑时进行。我们热情地期望广大读者提出批评和改进意见（来信请寄北京安定门外中国大百科全书出版社环境科学编辑组）。

中国大百科全书出版社

· 环境科学编辑组

1982年8月

目 录

环境物理学	1
环境声学	3
环境光学	8
环境热学	12
环境电磁学	19
环境空气动力学(见环境物理学)	23
噪声	23
噪声污染	24
自然界噪声	25
噪声冲击	28
声望远镜	30
噪声源鉴别	33
噪声辐射	38
城市噪声	41
工业噪声	43
交通噪声	43
统计声级(见交通噪声)	46
机动车辆噪声	46
铁道交通噪声	49
船舶噪声	51
飞机和机场噪声	55
建筑施工噪声	59
社会生活噪声	61
机械噪声	61
气流噪声	63
管道噪声	69
附面层压力起伏	73

燃烧噪声	75
爆炸噪声	77
衰声	78
噪声调查	80
噪声测量仪器	82
噪声测量技术	88
噪声源测量	90
大气中噪声的传播	93
声场	96
自由声场(见声场)	99
扩散声场(见声场)	99
半球形扩散声场(见声场)	99
混响声场(见声场)	99
近场(见声场)	99
远场(见声场)	99
反射面前方的自由场(见声场)	99
声场起伏(见声场)	99
声学实验室	99
卦限消声室(见声学实验室)	105
噪声的物理量	106
分贝(见噪声的物理量)	111
声压级(见噪声的物理量)	111
声强级(见噪声的物理量)	111
声功率级(见噪声的物理量)	111
声功率(见噪声的物理量)	111
声功率测量(见噪声的物理量)	111
频谱分析(见噪声的物理量)	111
噪声的主观评价	111
声级(见噪声的主观评价)	120
响度及响度级(见噪声的主观评价)	120
噪声评价曲线(NR)和噪声评价数(N)(见噪声的主观评价)	120
等效声级(见噪声的主观评价)	120

感觉噪声级 (PNL) (见噪声的主观评价)	120
噪声对听力的影响	120
噪声的生理效应	122
噪声对语言清晰度的影响	123
语言干扰级 (SIL) (见噪声对语言清晰度的影响)	127
优先语言干扰级 (PSIL) (见噪声对语言清晰度的影响)	127
噪声对仪器设备的影响	127
噪声对建筑物的影响	128
声疲劳	130
听力测定	133
工业噪声标准	135
环境噪声标准和室内噪声标准	137
机动车辆噪声标准	142
产品噪声发射标准	144
噪声指标	146
噪声控制	148
噪声控制立法	150
吸声材料和吸声结构	151
噪声降低系数(见吸声材料和吸声结构)	155
吸声减噪	155
空间吸声体	158
有源减噪	161
吸声测量	163
混响时间测量技术(见吸声测量)	167
噪声掩蔽	167
绿化减噪	169
空气声和撞击声	171
隔声	172
隔声结构(见隔声)	179
隔声门窗(见隔声)	179
空气声的隔绝(见隔声)	179
声锁(见隔声)	180

撞击声的隔离	180
声桥(见撞击声的隔离)	184
建筑隔声	184
居住建筑隔声标准	186
隔声间	190
隔声罩	193
隔声幕	196
隔声屏障	196
城市防噪声规划	199
隔声测量	202
消声器	204
阻性消声器(见消声器)	214
抗性消声器(见消声器)	215
阻抗复合消声器(见消声器)	215
耗散型消声器(见消声器)	215
微穿孔板消声器(见消声器)	215
气流对消声器性能的影响(见消声器)	215
多孔扩散消声器	215
小孔消声器	218
消声器测量	221
护耳器	223
室内声学	225
室内音质评价	231
最佳混响时间(见室内音质评价)	235
振动的物理量	235
加速度对人的影响	237
振动对人的影响	238
振动测量仪器	240
振动测量技术	245
振动的评价标准	248
阻尼	251
阻尼材料和阻尼结构(见阻尼)	253

隔振	253
隔振器	256
动力吸振器	261
冲击	265
振动防护	268
高温环境	268
低温环境	271
环境温度	272
热岛	274
光污染	274
环境光学单位和测量(见光污染)	276

环境物理学 (environmental physics) 各种物质都在不停地运动着,运动的形式有机械运动、分子热运动、电磁运动等。物质的运动都表现为能量的交换和变化。这种物质能量的交换和变化,构成了物理环境。人类生存于它所适应的物理环境,也影响着这种物理环境。研究物理环境同人类的相互作用的科学,称为环境物理学。

二十世纪初期,人们开始研究声、光、热等对人类生活和工作的影响,并逐渐形成了在建筑物内部为人类创造适宜的物理环境的学科——建筑物理学。二十世纪五十年代以后,物理性污染日益严重,不仅在建筑物内部,而且在建筑物外部,对人类造成越来越严重的危害,促使物理学的各分支学科,如声学、热学、光学、电磁学、力学等开展对物理环境的研究。环境物理学在各个学科分散研究,并取得一定成果的基础上,逐渐汇集起来,形成一个新兴的边缘学科。

环境物理学就其自身的学科体系而言,还没有完全定型,目前,主要是研究声、光、热、加速度、振动、电磁场和射线对人类的影响及其评价,以及消除这些影响的技术途径和控制措施。目的是为人类创造一个适宜的物理环境。

特点 物理性污染同化学性、生物性污染是不同的。化学性、生物性污染是环境中有了有害物质和生物,或者是环境中的某些物质超过正常含量。而引起物理性污染的声、光、热、电磁场等在环境中是永远存在的,它们本身对人无害,只是在环境中的量过高或过低时,才造成污染或异常。例如,声音对人是必需的,但是声音过强,又会妨碍或危害人的正常活动。反之,环境中长久没有任何声音,人就会感到恐怖,甚至会疯狂。物理性污染同化学性、生物性污染相比,不同之处还表现在以下两个方面:一是物理性污染是局部性的,区域性或全球性污染现象比较少见;二是物理性污染在环境中不会有残余物质存在,在污染源停止运转后,污染也就立即消失。

物理环境和物理性污染的特征决定了环境物理学的研究特点,主要是:①物理环境的声、光、热、电等要素都是人类所必需的,这决定了环境物理学的研究同环境科学的其他学科不同,它不仅研究消除污染,而且研究适宜于人类生活和工作的声、光、热、电等物理条件;②物理性污染程度是由声、光、热、电等在环境中的量决定的,这就使环境物理学

的研究同其他物理学科一样,注重物理现象的定量研究。

分支学科 环境物理学根据研究的对象可分为环境声学、环境光学、环境热学、环境电磁学和环境空气动力学等分支学科。但总的说来,因为环境物理学是正在形成中的学科,它的各个分支学科中只有环境声学比较成熟。

环境声学 它的任务是要改善人类的声环境,研究人所需要的声音和人所不需要的声音——噪声,尤其是研究后者的产生、传播、评价和控制,以及后者对人类的生活和工作产生的影响和危害等。

声音是由固体振动、液体或气体的不稳定流动以及与固体相互作用形成的,因此有关振动的产生、传播、测试、评价以及采取隔振、防振等措施以消除其危害,也是环境声学的研究内容。

环境光学 人对光的适应能力较强。人眼的瞳孔可随环境的明暗进行调节。如日光和月光的强度相差约 10,000 倍,人都能适应。但是如果长期在弱光下看东西,目力就会受到损伤。相反,在强光下则会产生瞬时后果,甚至对眼睛造成永久性的伤害。视觉是人的重要功能,研究适宜于人的光线及其变动范围,控制和改善人类需要的光环境,以保护视觉功能,消除光污染的危害和影响,是环境光学的任务。

环境热学 人类的生活和生产活动,不仅需要太阳辐射到地球的热能,而且需要从各种燃料获得热能。燃料的大量消费,干扰了地球环境的热平衡,使环境遭受热污染。燃料燃烧排出大量的二氧化碳,对环境产生温室效应;城市人口密集,燃料消费量大,使城市出现热岛效应等。这些都是热污染的表现。热污染对自然环境造成的破坏,会对人类和生物产生长远的影响。

人是温血动物,适合于人类生活的温度范围是很窄的,人类主要依靠穿衣服,营居室来获得生存所需要的热环境。研究适宜于人类的热环境,揭示热环境和人类活动的相互作用,控制热污染,为人类创造舒适的热环境,是环境热学的研究内容。

环境电磁学 人类生活在电磁场中,关于电磁场对人体的影响,定量性的研究成果还比较少。光波也是一种电磁波,环境电磁学的研究对象是波长比光波更长的电磁波,研究内容是电磁波对环境的污染及其所造成的危害。

环境空气动力学 主要研究户外大尺度的空气运动。地球的旋转

作用和重力作用,大气密度和温度的分层结构,大气中的相变等对大气运动的影响等,在一般空气动力学中是不重要的问题,而在环境空气动力学中则是重要的研究内容。

地球大气的自然运动以及由此而产生的风、云、雨、雾等现象是大气物理学的主要课题。环境污染(如烟雾污染、温室效应、热岛效应)对大气运动的影响日益严重地干扰气象的变化,大气中或者水中的污染物质在风、日光、重力和环流的作用下扩散或下沉,这些都是环境空气动力学研究的内容。环境空气动力学还把大气运动对人类的影响,以及对鸟类、昆虫的飞行等影响作为研究内容。不过这些研究工作目前只是分散在空气动力学、大气物理学、气象学等学科中进行。因此环境空气动力学还未形成一个独立的学科。

展望 环境物理学的研究领域是相当广阔的。如物质在作机械运动时,匀速运动对人体没有影响,而有加速度的运动则有影响。当人体受到的加速度可与重力加速度相比的情况下,人就会感到不舒服。人对加速度能容忍的变化范围还是比较大的,如人体直立,横向运动的加速度达 $50g$ 也不会受到伤害。人体作机械运动或者人体处在机械振动环境中所产生的物理效应和生理效应,也是环境物理学有待深入研究的内容。环境物理学将在对物理环境和物理性污染全面、深入研究的基础上,发展自身的理论和技术,形成一个完整的学科体系。

物理性污染虽然能够利用技术手段进行控制,但是,采取各种控制技术要涉及经济问题、管理问题和立法问题,所以要对防治技术进行综合研究,获得最佳方案。

(马太猷)

huanjing shengxue

环境声学 (environmental acoustics) 环境物理学的一个分支学科,研究声环境及其同人类活动的相互作用。

人类生活的环境里有各种声波,其中有的是用来传递信息和进行社会活动的,是人们需要的;有的会影响人的工作和休息,甚至危害人体的健康,是人们不需要的,称为噪声。为了改善人类的声环境,保证语言清晰易懂,音乐优美动听,二十世纪初,人们开始对建筑物内的音质问题进行研究,促进了建筑声学的形成和发展。五十年代以来,随着工业生产、交通运输的规模迅猛发展,城市人口急剧增长,噪声源也越

来越多,所产生的噪声也越来越强,使人类生活环境受噪声的污染日益严重。因此,不仅要在建筑物内改善音质,而且要在建筑物内和在建筑物外的一定的空间范围内控制噪声,防止噪声的危害。这些问题的研究,涉及物理学、生理学、心理学、生物学、医学、建筑学、音乐、通讯、法学、管理科学等许多学科,经过长期的研究,成果逐渐汇聚,形成了一门综合性的科学——环境声学。在1974年召开的第八届国际声学会议上,环境声学这一术语被正式使用。

研究内容 主要是研究声音的产生、传播和接收,及其对人体产生的生理、心理效应;研究改善和控制声环境质量的技术和管理措施。

①噪声控制:声是一种波动现象,它在传播过程中,遇到障碍物会产生反射和衍射现象,在不均匀的媒质中或由一种媒质进入另一种媒质时,也会发生折射和透射现象。声波在媒质中传播,由于媒质的吸收作用等,会随传播距离增加而衰减。对于声的这些认识,是改善和控制声环境的理论基础。在噪声控制中,首先是降低噪声源的辐射。工业、交通运输业可选用低噪声的生产设备和生产工艺,或是改变噪声源的运动方式(如用阻尼、隔振等措施降低固体发声体的振动,用减少涡流、降低流速等措施降低液体和气体声源辐射)。其次是控制噪声的传播,改变声源已经发出的噪声的传播途径,如采用吸声、隔声等措施。再次是采取防护措施,如处在噪声环境中的工人可戴耳塞、耳罩或头盔等护耳器。

噪声控制在技术上虽然已经相当成熟,但是由于现代工业、交通运输业规模很大,要采取噪声控制的企业和场所为数甚多,因此在处理噪声问题时,还需要把技术、经济、效果等问题,综合权衡。

②音质设计:剧场、电影院、音乐厅、会议厅等建筑物,是人群聚集进行文化娱乐和社会活动的场所。这些建筑物中的音质问题,既同混响时间有关,也同所谓“声场扩散”有关。音质控制一方面要加强声音传播途径中有效的声反射,使声能量在建筑物内均匀分布和扩散,以保证接收者所收听的直达声有适当的响度;另一方面要采用各种吸声材料或吸声结构,消除建筑物内的不利的声反射、声能集中等现象,并控制混响时间。此外还要降低内部和外部的噪声干扰(见室内声学)。

③噪声的影响:频率为20~20,000Hz的声波,传入人耳可引起听觉,称为可听声。人需要有一定响度的声音。但是噪声会干扰睡眠,造

成神经紧张和心情烦恼等;会影响语言清晰度,干扰人的社会活动;强噪声还会影响人体健康,引起暂时性的听阈迁移,甚至造成耳聋。此外,强噪声还可能造成精密仪器、仪表失灵等。频率高于 20,000Hz 的声波称为超声。较强的超声目前应用于清洗、钻孔、乳化、焊接等生产工艺过程中。但强度如在 160 dB 以下,对人体健康没有影响。频率低于 20Hz 的声波称为次声,高强的次声(100 dB 以上)可引起人体腔内发生共振现象,造成伤害。

噪声对人的影响同噪声的声级、频率、连续性、发出的时间有关,而且同收听者的听觉特性、心理、生理状态等因素有关。所以,研究噪声对人的影响,既要研究一般影响,也要研究各种特殊的情况,为制定噪声标准提供依据。

④噪声标准:有国际的、国家的、地方的,或专业的,城市、工厂、交通运输系统、产品制造等的噪声问题都要以噪声标准为准绳。噪声标准要能保护多数人不受过度噪声的干扰或伤害,因而是防止和消除噪声污染的重要手段,噪声控制的技术措施必须满足它。

学科的发展 近年来,噪声控制研究受到普遍重视,对声源的发声机理、发声部位和特性,以及振动体和声场的分析和计算,无论在理论方法或实验技术方面都有重大发展,因而有力地促进了噪声控制技术的发展。

在机械振动、声场分布以及二者间耦合的理论方面,处理方法已大大丰富。经典的格林函数已普遍用于振动系统的理论分析,使许多复杂系统的计算有了可能。计算是繁复的,但是由于电子计算机的迅速发展,一切都已不成问题。电子计算机的使用大大促进了振动系统(包括声学系统)的研究。三十年代,声学工作者把量子力学的处理方法用到声场分析,形成了简正振动方式(或称简正波)理论,和傅立叶分析相似,把复杂系统的振动在空间分布和频率分布上分解为简正波,以后可分别计算其特性。这个理论现在已成为处理振动和声场问题的有力工具,在一些形状比较规则的物体或空间的分析上取得了一系列重要成果。此外发展了简正波分析技术,对形状复杂的物体可用实验方法求得其中各简正波的特性。还编写了简正波分析的计算程序,对一非常复杂的物体,有时只要敲击一下,接收所产生的噪声或振动,就可以计算出其简正波。在频率较高时(物体的尺度大于其中的波长),简正波

的固有频率(简正频率)比较密,为求得平均(不是恰在某个简正频率)振动情况,可用统计方法,分析振动中的能量关系,因而发展了统计能量分析(SEA)。这种方法在计算导弹和飞机中由外面传入的噪声以及一般隔声问题中显示出其威力。具体计算复杂物体或系统的简正频率是比较困难的。早在 100 年前瑞利就提出近似方法(使最大动能等于最大位能,因而算出振动基频的方法),进一步发展这个概念就创造出有限元方法。这种方法是在物体上选取若干“节点”,根据节点间的质量、弹性关系写出相应的方程式,因此可以把复杂物体的问题简化为质点系统的问题,用计算机可求出其振动频率。用这个方法所得结果是近似的,但所取单元数越多,近似的程度越好。在某些情况下,还可以采用边界元方法,只在表面上取节点,能大大减少元数和计算量。此外,能量流技术在计算和降低机器噪声方面是新发展的有力工具。

学者们对噪声的时间函数作了大量研究,创造了新的手段。多数噪声是无规噪声,不少噪声是由简正波组成的,但在高频率,简正波很多,或声源不只一个,声场也是接近无规噪声。对噪声的研究推动了数学家对概率论、统计学、随机过程等的研究,而这些研究又促进了对无规噪声的研究。最早是对周期性时间函数的傅里叶分析,后来发展到对非周期性函数的傅里叶积分,以处理连续谱。用傅里叶积分由时间函数求频谱函数或由频谱函数求时间函数的傅里叶变换,即使使用电子计算机,计算量还是非常大,因而进展缓慢。利用三角函数的特性可以设计出计算方法,使计算量和计算时间减小到几分之一、几百分之一,从而发展了快速傅里叶变换(FFT)。现在已有了 FFT 计算机程序(软件)和联接好的专用设备(硬件),称为实时分析仪。这种设备虽然不一定是随着信号输入,当时就得到频谱,但是速度很快。衡量噪声的前后联系用自相关系数,求得两个噪声间的联系用互相关系数,用这个概念可分辨噪声源。在相关系数的基础上还可以求得相干系数。这些不仅使人更快地认识噪声源的性质,还可以完成很多过去不可能进行的测量工作。FFT 和相关系数有单独的或统一的设备。在测量手段方面最新发展是强度测量。在使用现场,任何噪声源的周围都不是空无一物,所发噪声在墙壁、物体间作多次反射,仅作声压测量是不能反映声能的传播的。用声强测量可以直接求得声源发出的总声功率及其各部分的发声情况,还可以测得某一部分或墙壁反射声音,透过声音等的具体情

况和性质,这都是过去作不到的。

以上这些发展方兴未艾,虽然还没有充分发挥作用,但已取得很显著的实际效果。现在可以举几个例子说明。

在气流噪声的研究中弄清了噪声与压力、喷口等的关系,因而可以使气流噪声大大降低。在撞击噪声的研究中,求得加速噪声、自振噪声等的特性及其在总噪声中的地位,因而使降低冲床、压力机、印刷机、打字机等噪声成为可能。在内燃机发动机噪声的研究中,发现噪声与发动机重量的关系,因而可以降低发动机的噪声。用传统方法控制噪声也有很大发展,取得广泛的效果。在建筑音质上,也有很大发展,不仅对扩散问题有更深入的理解,音质与建筑艺术的结合已逐渐建立。

在降低现有噪声的手段方面,空心加气混凝土砌块在国外已广泛使用,中国发展的微穿孔板在消声管道中也已逐渐推广,在厅堂建筑中也开始使用。最近受到注意的是有源降低噪声的技术。这个技术虽然是五十年代的产物,但过去一直未能充分发展。现在由于电子计算技术的日趋成熟,一些技术问题已无困难,所以又受到比较广泛的注意。在英国,一个大型加压站的噪声,由于加了一个反声(大小相近,相位相反的声音)系统,而降低 11 dB,改善了周围环境。不过现在注意较多的还是小系统,在头盔内使用有源降噪可把噪声降低 15~20 dB,而所需费用不高,这方面还正在发展。

控制噪声污染已受到国际和一些国家的注意。国际标准化组织已接受A分贝为评价噪声的标准,并规定 90 dBA 为保护人体健康和听力的最高限,这个标准已为世界各国普遍接受。中国已在《工业企业噪声卫生标准》中正式加以肯定。为了控制城市噪声,城市噪声分区办法已逐渐推行。中国已通过分区规定,把城市分为 6 种区,以保证城市居民的安宁。在各种产品的噪声控制方面,各国已采取除一般最高噪声的限制外并要求生产者在铭牌上标明噪声指标,以鼓励生产者在降低产品噪声工作中的主动性。此外,国家和地方环保部门的督促检查,以及环境声学知识的普及工作等,也都是普遍改善声环境的重大措施。

改善声环境要求加强基础研究、技术措施和组织管理。在采取措施时,重点应放在声源上,但在很多情况下声源改变较为困难甚至不可能,要更多注意到传输通道和接受者,此外还要注意经济、技术和要求(或标准)问题。有时还要注意建筑艺术和设计艺术问题。环境声学涉