

环境物理污染现状及其控制对策

方丹群 陈 潜 赵玉峰

(中国环境科学研究院环境物理污染控制研究中心
北京市劳动保护科学研究所)

一、环境物理污染的严重性

物质运动中发生的机械能、热能、电磁能等物理能量的变化与交换，构成了人类生存的物理环境。随着世界生产规模的不断扩大，环境物理污染问题日益严重起来，引起了人们普遍关注。环境噪声污染、环境振动污染、环境电磁辐射污染、热污染、光污染、放射性污染等，构成了水气渣之外另一大环境污染部类，其重要性并不亚于其它环境问题。

1. 环境噪声污染

环境噪声污染已被公认为世界四大公害或七大公害之一。据日本的统计，在公害诉讼案件中，噪声有关的案件占居首位。英国伦敦、曼彻斯特、利物浦等大城市有 76% 的居民受噪声的干扰。美国有 8 千万人(占全国总人数的 40%) 受噪声的严重干扰，约 4 千万人暴露在听力受损的威胁之中。法国有资料介绍，过去每十年交通噪声增加 3dB。美、苏等国的大城市噪声在六十年代到七十年代的十年中增加了 10dB。

我国的噪声污染也相当严重。1978 年，北京市环境保护部门收到反映环境污染的案件中，噪声污染事件占 41%，上海占 50%。据多年的统计材料，重庆、成都、武汉、广州、西安、南京、沈阳、杭州等大城市中，噪声污染案件均占各类环境污染案件的 1/3 以上，居于各类污染的首位。近年来，因噪声、振动导致居民与工厂发生冲突的事件已达数千起。西安钢锉厂因噪声振动扰民，窗户玻璃被砸得无一完整，房顶无一完整瓦片。联合国环境管理专家在北京开会，竟因噪声干扰不得不更换会场。据调查，我国

有 1/4 以上的产业工人暴露在超过噪声标准的条件下工作。生活在超过的环境噪声标准条件下的居民达 1—2 亿人。1983 年对广州市几大宾馆的噪声测试表明，宾馆的环境噪声级均超过了国家规定的二类混合区的标准，有的超过 70dB，甚至从凌晨 4 时起就超过 60dB，严重影响了宾客的休息。

根据中国科学院声学研究所、同济大学、北京市劳动保护科学研究所等单位的工作，我国的工业噪声和城市环境噪声的状况如图 1 和表 1 所示。

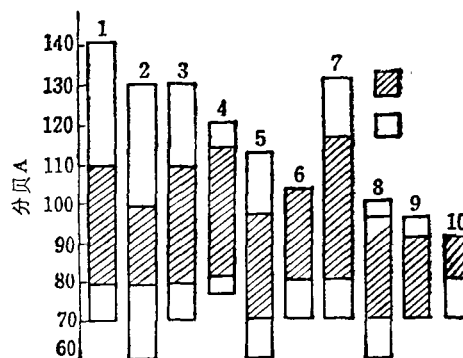


图1 十类工业企业噪声级分布图

1. 钢铁工业； 2. 石油化工； 3. 机械工业； 4. 建工建材； 5. 电子工业； 6. 纺织工业； 7. 铁路交通； 8. 印刷工业； 9. 食品工业； 10. 造纸工业

科学研究已经证明，噪声对人体的听力、心血管系统、神经系统的功能都会产生严重的影响。北京市劳动保护科学研究所等单位对 10021 名职工的调查体检，发现噪声聋、心电图 ST-T 改变和神衰症候群的阳性率随着噪声级的增加呈指数增加的规律：

$$Y_{\text{噪声聋}} = 0.0076 \exp[0.148(L_A - 80)],$$
$$Y_{\text{心电图ST-T改变}} = 0.13 \exp[0.056$$

表1 国内部分城市环境噪声测试结果
(1979—1980年) 单位: 分贝A

城市	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{eq}	调查面积 (km^2)
北京	65	58	51	60	140
上海	75	62	52	70	140
天津	64/52	57/46	53/44	62/51	155
广州	64	59	54	61	635
福州	64	58	53	62	33
厦门	61	56	53	57	192
南昌	58	53	49	56	34
南京	66	54	46	65	45
南宁	59	54	50	56	51.7
苏州	60	56	52	57	28.7
成都	67.6	60.4	55.9	65.1	62
合肥	59/52	53/48	50/46	56/51	50.5
蚌埠	59	54	51	57	36
马鞍山	59	53	49	56	29.5
淮南	58	54	51	56	13.8
徐州	72	62	56	68	15
长沙	64	58	53	62	29
衡阳	64	57	53	62	12.6
长春	61	55	50	59	87
吉林	60	53	49	59	75
丹东	60	53	49	57	27
锦州	62	55	51	57	25
石家庄	59	57	49	57	
西安	65	59	54	62	68
咸阳	62	49	40	56	25
延安	56	49	45	53	63
宝鸡	62	49	40	57	25
铜川	63	56	52	61	9.6
兰州	70	56	46	65.6	
乌鲁木齐	67	48	40	62	66.8
济南	63	56	51.4	61	25

$$\times (L_A - 80)],$$

$$Y_{\text{预测阳性率}} = 0.149 \exp [0.028$$

$$\times (L_A - 80)].$$

环境物理污染控制研究中心等单位,采用电子计算机分析噪声对人体心脏电特性的影响,发现噪声暴露组的心脑功能处于对照组与心脑血管病组之间。对铁路边居民(青少年)的心脑电进行分析,证明了自幼的噪声暴露对青少年心脑功能有显著的影响。

2. 振动污染

振动污染是环境物理污染的另一重要方面。它主要来源于铁路、公路交通和混杂在居

民区中的冲击机械车间。建设施工工地也是重要的振动污染源。某厂冲床每分钟冲击120次,工人心跳也同步为120次。振动影响到周围,玻璃窗和桌案上的杯碗物品都振动作响,各地不断有振动污染导致患心脏病的居民发病身亡的事件发生。振动机械对工人的危害就更为严重。振动病已成为发病率很高的职业病之一。

3. 电磁辐射污染

电磁辐射污染也成为严重的扰民因素。位于北京人民广播电台发射台附近的酒仙桥第二中学的师生普遍反映头痛、头昏、失眠、多梦、疲乏无力、记忆力衰退,曾发生数次教师讲课时晕倒的事件。经调查,是电台发射台电磁辐射造成的危害(该校已奉令搬迁)。北京某厂印刷联动机电磁辐射极强,附近的日光灯不需接电源就会亮;用手摸机壳会烧出小泡。工人不敢用手开机,而用改锥去捅开关。调查发现,北京西城区电磁辐射污染影响地区占全区面积的40%。长沙市的电磁辐射污染地区占全市面积29%,受影响的人口占48.3%。电磁辐射除了干扰居民正常的广播电视接收外,还使通讯受到干扰,心电图机和电子显微镜无法正常工作。强场辐射还会使电爆兵器控制失灵,电爆管引爆,甚至引起挥发性气体或液体意外燃爆。1969年国际电磁兼容会议上,与会者一致呼吁把微波辐射列入必须控制的空气污染危害物之中。这个建议已被联合国人类环境会议采纳。

4. 热污染

热污染的严重性,也已日益引起人们的关注。随着城市工业急剧发展,人口大量增加,人工热环境的影响越来越大。纽约市1971年生产的能量约为接收太阳能的2/5,从而产生城市与周围农村之间的温度梯度(即“热岛效应”)。美国洛杉矶市区温度的年平均值约比周围农村高0.1—1.5℃。北京、上海、杭州的测试也给出相近的结果。

热岛现象可以造成气象上的变化。城市温度较高,还会造成城市上空的云量和城市的降水量增加。如有的大城市的降水量平均比郊区

农村高 5—10%。在个别情况下,甚至高达 30%左右。

据研究,热电站的热量中,大约有 10% 排入大气,90% 进入水系,不仅有可能影响气象和气候条件,而且会影响生物、生态。据统计,我国全国每天从热电厂排放的冷却水,多达 1200 多万吨,严重污染了部分地区的水域。

此外,包括眩光、激光污染、红外紫外线污染在内的光污染,放射性污染等,也都是物理污染的组成部分。

综上所述,不难看出,环境物理污染确实是十分严重的问题,对其进行控制已成为迫在眉睫的任务。

二、环境物理学的发展

环境物理学是研究物理环境同人类的相互作用的科学。

环境物理学是一门新兴科学技术领域,它包括环境声学、环境热学、环境光学、环境电磁学和环境空气动力学等分支学科。虽然各分支学科的研究历史漫长,但只是到二十世纪五十年代以后,由于物理污染日益严重,对人类造成越来越大的危害,才促使各分支学科开展对物理环境的研究,取得一系列成果,从而使环境物理学逐渐形成一个独立的科学领域。到目前为止,它还是一个正在形成中的学科。

在各分支中,环境声学是较成熟的一个学科。五十年代以来,在国际范围内其发展愈加迅速。在噪声效应、评价、标准方面,在噪声控制技术与材料方面,在声学测量方法与分析技术方面,以及在基本理论与数学方法方面,都获得了长足的进步,下面分别作一简要介绍:

1. 噪声评价和噪声标准

在噪声评价和噪声标准方面,经历了总声压级阶段(1931—1950年)、倍频程声压级阶段(1950—1960年)以及模拟人耳响应特性的 A 声级阶段(1967年—现在)。1971年,国际标准化组织(ISO)推荐了等效连续 A 声级作为评价变动的工业噪声和环境噪声的基本量。此后,又

发展出一系列新的评价量,如统计声级、日夜等效声级、噪声污染级、交通噪声指数等。这是以 A 声级为基础的评价城市环境与交通噪声的评价量。另一条线索,是为了评价航空噪声而提出的感觉噪声级,以及在其基础上发展出的有效感觉噪声级、统一噪声指数、D 声级等。五十年代末六十年代初开始,许多国家颁布了本国的工作地点噪声标准、城市环境噪声标准以及一系列产品噪声标准。七十年代以来,ISO 颁布了《职业性噪声暴露(R1999)》和《噪声对社会影响的评价(R1996)》,在国际范围内提出了工业车间和城市环境噪声标准推荐值。

2. 噪声控制技术与材料

作为控制噪声的七大措施吸声、隔声、消声器、隔振、阻尼、个人防护、建筑布局等,近三十年得到迅速的发展。这不仅表现在各控制技术的理论和计算设计日臻完善成熟,而且表现在初步实现了噪声控制设备的系列化、元件化和标准化。美国几乎各类空气动力设备都有定型的系列化消声器。日本有二百种标准化的吸声材料和吸声结构组件,可根据需要选择全频带或各频带的吸声材料。减振器厂更是普遍。阻尼材料有专门的声学涂料公司生产;无声钢材或低噪声合金材料不仅普及推广到发动机外壳、轴水、齿轮等,而且进入家庭生活用具行列。个人防护早已深入到工厂每一个车间。交通车辆噪声的研究已经成熟,重点转向轮胎与地面噪声、刹车噪声以及车内次声研究,并开始研究改造路面结构来降低噪声。

八十年代,人们集中力量向冲床、锻锤、电锯、织布机等噪声源控制难题开战。1980年的国际噪声会议提出:“八十年代是从声源控制噪声的年代。”

3. 声学测量方法与分析技术

声学测量所使用的声学仪器经历了电子管、半导体元件之后,已进入第三代,向轻便、超小型、数字化(数字显示、数字输出)和自动化方向发展。例如,可以装在口袋中的数字显示声级计,可以随身佩带的记录总刻量的噪声剂量仪,可以进行快速傅里叶变换(FFT)的实时分

析仪等。丹麦 BXX 公司生产的 2219 型声级计重量只有 350g, 日本丽闻公司的声级计体积更小。这些仪器都采用了固体电路。不少国家大街上设有广告牌, 随时报告噪声分贝数, 有的国家在公路上设有指标数字器, 汽车通过时自动显示声级。超标逃跑者, 可拍摄车号, 加倍罚款。装有全套噪声测量仪器, 并带有计算机, 能直接打印统计声级的噪声监测车已经推广使用。

近年来又发展了双路定时分析技术, 不仅可以使人们更快地认识噪声源的性质, 而且还可以完成很多过去不可能进行的测量。声强测量技术是新近发展起来的, 它可以直接求出声源发出的总声功率及其各部分的发声情况, 进行声源鉴别。

4. 噪声控制的基本理论和数学方法

噪声控制技术的发展提出了新的理论问题和数学方法, 例如统计能量分析、有限元法、随机过程理论、相关方法、以及管道声学和非线性声学等, 都获得了发展。

我国的环境声学在七十年代后半期以来, 学术空气异常活跃。当前, 我国噪声控制工作正在从以普查为主转入治理为主; 从以少数声学单位的科研为主转入各部门广泛应用于工程实践为主; 从以单机、单项治理为主转入区域环境综合治理和工业企业的综合治理为主。在全国七十多个城市噪声普查的基础上, 我国的城市区域环境噪声标准已经颁布实施。北京等大城市通过道路改善和交通管理, 有效地降低了交通噪声。

以中国科学院声学研究所和北京市劳动保护科学研究所的小孔喷注理论与消声器研究, 微穿孔板消声理论及应用研究为代表, 我国的噪声控制技术研究分别获得了国际先进水平的成果。在上海工业建筑设计院和北京市劳动保护科学研究所等单位的带动下, 我国以消声器为主的噪声控制设备制造工业迅速发展起来。清华大学、太原工学院、中国建筑科学研究院物理研究所、同济大学、上海交通大学等单位对于吸声、隔声的材料与应用技术的研究, 上海民用

建筑设计院等在减振阻尼方面的研究, 都取得具有实效的进展。上海钢铁研究所、北京冶金研究所在低噪声金属材料研制方面的成果, 为从声源上降低噪声提供了新的途径。

上海交通大学研制了低噪声冷却塔, 从改善风扇等方面降低噪声。上海劳动保护科学研究所对鞋钉机进行系统研究, 改进结构设计, 使单机噪声降低 10dB(A)。北京市劳动保护科学研究所、上海交通大学、上海市劳动保护科学研究所、上海第十七棉纺织厂等单位分别对织布机噪声进行控制, 使单机噪声降低了 8~10dB(A)。中国船舶工业总公司第九设计院利用制流控噪板, 并改进锯片, 降低了木工圆锯噪声。北京劳动保护科学研究所等单位利用磁性橡胶阻尼圈等降低了磨玉机噪声。北京市劳动保护科学研究所、上海民用建筑设计院、同济大学、北京市环境保护局等分别对冲床噪声振动控制进行研究, 均取得显著进展。

环境电磁学在近三十年来也迅速发展起来。自六十和七十年代开始, 许多国家致力于防护技术与控制措施的研究工作, 研制成线路抑制滤波器, 汽车火花干扰防止器, 场强测量仪, 屏蔽方案与群岛抑制器, 各种高效吸收体以及微波防护眼镜、防护服等等。

苏联在中、短波与微波频段, 美、日等国在微波段等, 都进行了电磁辐射对机体影响的研究, 以寻求人和生物与电磁之间的关系, 确定人与电磁场共存的和谐条件。

我国这方面的研究工作开始于六十年代。为了制定电磁场卫生标准, 在工业高频的现场卫生学调查及高频电磁场的急性动物实验研究方面, 都做了不少的工作。结果表明, 高频电磁场对作业人员的健康影响主要是引起神经衰弱症候群和心血管方面的植物神经功能紊乱。北京劳动保护研究所等单位首次对北京西城区、秦皇岛市进行了外环境测量, 绘制了污染图。

在地理学、气象学研究部门的努力下, 我国已积累了关于热岛效应等方面的基础数据。电力部门及核工业部门对于冷却水排放热污染的问题, 也已开展了初见成效的研究。

三、环境物理污染的控制

为了有效地控制环境物理污染,应当从行政立法手段上和技术手段上同时采取措施。

1. 建立健全控制环境物理污染的法规与标准。

在尽快颁布《噪声控制法》的基础上,制定有关控制其它物理污染的法规。对于道路交通噪声、船舶噪声,飞机噪声等,各地应因地制宜地制订管理细则或地方性法令。

《工业企业噪声卫生标准》(试行)应在试行四年的基础上尽快修订升格为正式标准。

《工业企业噪声控制设计规范》是在设计阶段防止噪声污染的技术法规,应尽快审批颁布。

《环境振动标准》和《工业企业设计振动控制标准》应迅即着手编制。

各类产品的噪声与振动允许标准应加紧完善,并相应建立合格证与标牌制度。

同时,制订噪声与振动控制设备(包括个人防护设备)的产品标准。

所有这些,从行政立法手段上控制环境物理污染,必将收到事半功倍的效果。

2. 在城市规划、功能区划、工业总图设计与建筑布局中注意控制环境物理污染。

按照高噪声区与低噪声区尽量分开,振动与电磁辐射污染源尽量远离居民区的原则规划布局,可以不花一文钱实现最有效的控制。

3. 开展环境物理质量预测评价技术与计算程序的研究,从而对区域规划和开发建设的环境影响作出科学的评价。

4. 重点进行低噪声产品的开发和从污染源处控制机械噪声与振动技术的研究,从而扭转先污染再治理的局面。

5. 大力开展控制环境物理污染的新材料和复合构件的研究试制。材料的开发可能带来控制技术的更新。其中,最大量的是吸声、隔振阻尼以及屏蔽材料的开发。

6. 继续发展系列化、元件化、标准化的隔声、消声、吸声与隔振设备。

7. 积极开展飞机、火车、道路车辆、船舶等移动声源对城市环境污染规律及其控制技术的研究。

8. 发展抑制城市电磁辐射污染的技术。

9. 继续深入研究环境物理污染的危害,为设立安全而又经济的控制阈限值提供科学依据。

10. 大力进行普及宣传教育工作,使领导与群众都能了解环境物理污染问题的严重性和控制它的途径。

可以相信,有了正确的技术政策,有了行政立法手段和技术手段的同时实施,环境物理污染是能够被控制住的。到了2000年,人们将会看到一个清洁的宁静的而又是强大的中国屹立在世界的东方。

(上接第725页)

- [4] A. Hlkata et al. *Phys. Rev.*, **144**(1966), 469.
- [5] Y. J. Wang (王耀俊), W. G. B. Britton, R. W. B. Stephens, *J. Physique*, **42**(1981), C5-387.
- [6] 王耀俊, 全国第二届应用声学会议论文集, 应用声学学会, (1984), 237.
- [7] J. Philip, M. A. Breazeale, 1982, IEEE Ultrasonic Symposium Proceedings, IEEE, New York, (1982), 1022.
- [8] A. D. Vuzhva, *Sov. Phys.- Acoustics.*, **28**(1982), 364.
- [9] 王耀俊, 物理学报, **34**-9(1985), 1194.
- [10] S. S. Bhatti, *Acustica*, **53**(1983), 262.
- [11] 王耀俊, 南京大学学报, **19**(1983), 620.
- [12] W. B. Gauster, M. A. Breazeale, *Rev. Sci. Instrum.* **37**(1966), 1544.
- [13] O. Buck, W. L. Morris, J. M. Richardson, *Appl. Phys. Lett.*, **33**(1978), 371.
- [14] B. A. Auld, M. M. Fejer, *Ferroelectrics*, **38**(1981), 931.
- [15] I. F. Mirsayev, G. G. Taluts, *Phys. Met. Metall.* **47**(1980), 36.