

# 物理学与环境保护

周 兴 旺

(杭州大学物理系, 杭州 310028)

从物理学角度,综述了噪声污染、热污染、电磁污染、放射性污染、大气污染、水污染和固体废料污染等七个当今主要环境污染问题,讨论了各类污染防治的物理方法,表明物理学为研究控制环境污染和改善环境条件开辟了新的道路。

随着工业化进程的急速发展,环境污染对人类的威胁日益加剧。人一出生就要接触力、热、声、光、电磁……环境,每个人都要在包括气体、液体、固体和电磁波组成的环境中生活,人类生存于这种环境,又影响着这个环境。各种有害气体、工业废水、工业及生活垃圾的大量排放,工业机械的振动,工厂、交通、建筑及社会生活中的噪声,各种发光体发出的不同光波,各种能源不断释放的热能,核反应堆和各种同位素的放射性,各种电器设备、通信设备、电子设备的电磁辐射……,人类生活在污染的世界。毫无疑问,有效地控制环境污染和治理环境污染刻不容缓。从环境污染源可以看出,物理学与控制、治理污染有密切的关系,物理学为控制和治理污染开辟了新的途径,逐渐形成了专门学科——环境物理学,它和力学、热学、声学、电磁学、光学、原子物理、核物理等基础物理学科有密切关系。下面分别就振动与噪声、热污染、电磁波污染、放射性污染、大气污染、水污染和固体废料污染等七大环境问题的控制治理同物理学的关系予以讨论。

## 一、振动与噪声

声是机械振动在空气或其他介质中传播的机械波,当引起听觉器官或其他器官反应并感到不适的声音就是噪声。噪声过大已是高速发展的技术社会的一个副产品,对人类健康危害

很大,被称为大都市的“罪犯”。70年代,噪声就成为日本的公害之首。在我国大城市的噪声远大于发达国家大城市的噪声,噪声污染的投诉占有所有污染事件的1/3以上,有一年上海市的噪声投诉率竟占五成。据统计,在50dB噪声中,医生听诊准确率仅为80%,85dB以上噪声使儿童智力下降20%。噪声使不少工厂工人患耳聋、高血压、心脏病、神经衰弱的比例达30%—60%。噪声引起劳动生产率降低,强振动和高噪声还引起设备、建筑的损坏。

噪声控制必须从声源、传播途径和声接收三个环节考虑。

首先,要从根本上控制噪声,即减少声源的振动。声源有空气动力性声源,如鼓风机、通风机、空气压缩机、内燃机、锅炉、飞机等,它们在运行时会产生空气动力性噪声;有机械性声源,如机床、球磨、锻锤、车辆等,它们在运行时会产生机械噪声;还有电磁性噪声源,如电机、变压器、电器等,它们在运行时由于电磁力而引起电磁噪声。根据不同声源采用不同的措施,主要是通过材料、设备设计、工艺技术等的改进。对空气动力性噪声,根据流体力学原理精心改进排风系统的设计,例如将离心风机的叶片由直片改成后弯形可降低噪声10dB左右。对机械性噪声源,采用机座隔振、调整机械运转平衡、减少机轴偏心、减少摩擦、减少敲打(如用无声液压或摩擦压力法代替锤打),在金属板表面及振动零部件上、振动管道表面涂上防振胶等

阻尼涂料,以抑制固有频率上的振动,在炉膛风道中设置隔板以破坏驻波的形成,等等。

在声源上要完全控制噪声是不可能的,还必须在传播途径中降低噪声,主要是采用吸声、消声、隔声和阻尼等方法。

声波在墙面、顶棚、地面等表面多次反射会使噪声提高,如在四壁敷以一定厚度的玻璃纤维、毛毡、泡沫塑料、水泥膨胀珍珠岩板、加气微孔砖等,对噪声都有一定的吸收效果。对低频噪声,共振声吸收法较为有效。在金属板或薄木板上穿一定孔径和数量的小孔,在孔后设置空腔,组成穿孔板共振吸声结构。当声波频率与共振器的固有频率相同时发生共振(固有频率由小孔直径、穿孔率、板厚、腔深等决定),此时声波与孔壁摩擦阻损最大,声能衰减最多。为了展宽声吸收频带,可采用金属微穿孔板和空腔组成的复合结构,它具有清洁、美观、轻便、频带宽、耐高温、高湿和耐腐蚀的特点。好的吸声设计可使房内噪声响度减半。

对于空气动力性设备,既要允许气流畅通,又要阻止噪声传播,这就要使用消声器。将吸声材料按一定方式排列在管道内壁构成管式阻性消声器,其消声量同管长和吸声材料的吸声系数成正比,同管道直径成反比。为使大流量气流畅通,蜂窝式消声器就相当于将多个管式消声器并联。为提高高频消声效果,也有将消声器作成折板式或声流式等。抗性消声器是利用声滤波原理(即声阻、声顺、声质量的适当组合),类似于电阻、电容、电感组成的电滤波器,将某些频率的噪声吸收滤除。例如,抗张室消声器、共振消声器、声干涉消声器、穿孔屏等。用吸声材料和声滤波元件组成的阻抗复合消声器则适用于消除中低频较宽频带内的噪声,近年来已被广泛采用。为了能适应各种环境(如高温、高湿、腐蚀性环境),近年来开发出金属微穿孔宽带阻抗复合消声器。

隔声是将噪声环境与安静环境隔离,如隔声室、隔声罩、隔声屏等。隔声与吸声正相反,它是利用沉重厚实材料不易引起振动而避免将声波传递到隔墙的另一边。隔声室是由空气夹

层的双层隔声门、隔声窗、隔声壁、隔声顶棚及通风消声器组成。将声同接收者隔离的最简单方法是戴个人防护耳罩、头盔。在耳内塞棉花可衰减声 5—10dB,内衬海棉的耳罩可衰减声 15—35dB,内衬海棉的防声头盔可衰减声 30—50dB。为了不影响正常听音,已设计了只隔离噪声而不隔离有用声音的消噪声耳机。

## 二、热污染

人体代谢过程中与环境不断地交换热,因人体要保持 37℃ 左右的体温,环境温度改变对人类以及对一切生物都带来很大影响。工业冷却水排入河流,造成水体热污染,使水的物理性质改变,粘度降低使沉积物增加,水体缺氧引起藻类繁殖使水质变绿变黑变臭,鱼类死绝。工业烟尘排放影响地球接收太阳辐射,影响大气循环过程,改变地球气象。随着工业发展,能耗增加,排入大气热量剧增。按热力学定律,这些热能转化造成城市热岛,据世界上 20 多个城市调查统计,城市比郊区气温要高 0.3—1.8℃,湿度低 2%—8%,按现有的速度发展,到本世纪末城市气温将上升 3—5℃。城市大气温度升高,造成气象上的变化。另外,森林植被减少,使土地裸露,地面太阳能反射增加,阻碍云雨形成,改变环境热平衡,使干旱、土地沙化扩大。目前,对热污染的认识还没有引起人们足够的重视,热污染治理的研究则刚刚起步。

关于热污染的治理,如工业冷却水的循环使用,新能源的开发,能耗的降低,热机效率的提高,给排暖设备及建筑的热传导等问题的研究无不同物理学密切相关。

## 三、电磁波污染

电磁波给人类带来福音,也给人类带来灾难。随着电气设备、电子设备的数量和功率猛增,广播、通信、医疗仪器、高频加热、射频溅射、微波发射等等辐射的电磁波,使人们生活在电磁波的海洋中。我国广播频段辐射安全标准为

电场强度小于  $20\text{V/m}$ , 磁场强度小于  $5\text{A/m}$ , 微波段辐射强度小于  $5\mu\text{W/cm}^2$ 。而一台  $60\text{kW}$  高频淬火设备感应圈附近电场强度高达  $170\text{V/m}$ , 磁场达  $60\text{A/m}$ , 一台  $1\text{kW}$  塑料热合机的干扰半径可达近千米, 电台的发射天线污染半径可达数千米。受污染区域内的人们往往伴有头晕、头痛、失眠乏力、记忆衰退、心律不齐的症状, 大哥大已给美国法院带来几桩诉讼。电磁波在人体体液电介质中传播, 大部分电磁能被人体吸收, 当频率在  $150\text{—}1200\text{MHz}$  频段的电磁波辐射, 人体吸收系数较大, 其穿透深度约  $2\text{cm}$ , 使体内组织产生致热效应, 造成局部组织病变。更高的频段对人体穿透率较低, 但对皮肤和眼睛的伤害很大, 微波辐射强度大于  $1\text{mW/cm}^2$  时就会引起晶状体混浊。稍低的频段对人体的穿透能力大, 虽吸收较少, 却可引起人体的非致热效应, 即通过体温平衡调节, 不会引起局部组织致热, 但可引起神经衰弱症状和植物神经功能失调。电磁波的干扰还使电视图像紊乱, 通信受干扰, 使飞机船舰失事, 弹药危险品库爆炸……电磁污染已成为当今世界主要公害之一。

控制电磁波污染除加强电波管理外, 降低电磁波污染的最根本方法是减少场源的电磁泄漏, 将电磁辐射限制在一定的区域内, 电磁屏蔽是最主要的方法。电磁屏蔽就是利用金属导体对电磁辐射的反射效应和吸收效应来达到抑制电磁辐射的目的。以导电性好、导磁率高的金属材料做成金属板屏蔽体或金属网罩, 将罩上因电磁感应产生的电流通过良好的接地而引入大地。电磁屏蔽分主动场屏蔽(将电磁辐射场源限于屏蔽体内以防止场源对外界的影响)和被动场屏蔽(防止外部电磁辐射场对屏蔽体内部的影响)。主动场屏蔽要求高(因场源同屏蔽体的距离近, 辐射强度大), 但可从根本上防止污染。被动场屏蔽因远离场源, 场强相对较弱, 对屏蔽接地要求不严, 如用于电子设备调试的屏蔽室, 微波防护服等。电磁屏蔽的效能(效率)取决于金属材料的反射衰减系数和吸收衰减系数。导体的电导率愈高, 场源频率愈高, 则电磁

波穿透率愈差, 反射效应愈强。通常的屏蔽材料有铜、铝、铁等, 金属板的屏蔽效能显著, 对于中短波, 工程中常甲铜网、镀锌铁丝网进行屏蔽。为了防止电磁波穿透, 屏蔽网孔的线度应小于  $1/5$  波长, 缝隙应小于  $1/10$  波长。为避免屏蔽体的空腔谐振及屏蔽接地的系统谐振所产生的二次辐射, 屏蔽体的形状、边角及其与场源间的距离都要进行精心设计。屏蔽体表面要粗糙(常用机械刻道或压花等工艺处理)。现在也有用导电塑料进行密封屏蔽, 在通风管道部位装金属丝网(不影响通风), 在道口与屏蔽壁交接处装上截止波导系统。为了提高屏蔽效能, 可用增加屏蔽网层数的方法, 双层网对辐射衰减量是单层网的两倍, 但网层间的间距应大于  $1/4$  波长的奇数倍。

对于微波屏蔽, 除用屏蔽方法外, 再增设吸收材料的吸收微波能量, 提高屏蔽效能。微波吸收材料有谐振型和匹配型吸收材料, 分别是利用某些材料的谐振特性及其与自由空间的阻抗匹配关系制成。

此外, 射频电源线及其他射频馈线的电磁辐射和线间干扰也不容忽视, 应采用良好的传输线屏蔽, 使用专用同轴电缆等。在诸如射频输出电路中加入低通滤波器, 将干扰线路同一般线路隔离, 改进射频设备设计, 消除设备自激振荡等措施, 以尽量减少辐射危害。

#### 四、放射性污染

自从人类认识原子核能并利用核能为人类造福以来, 核电站、核动力及同位素在工农业、医疗、科研、考古、环境保护等领域应用日趋广泛。虽然核能对环境的污染比其他能源(如煤炭、石油等)要低得多, 但其放射性污染也是不容忽视的, 例如核电站和核试验的核废料, 核爆炸的烟尘扩散, 工业废渣及废渣制品中的放射性, 各种放射性同位素大量应用中的泄漏等。凡原子序数大于  $84$  的所有元素都具有天然放射性。核辐射具有极强的穿透能力, 人们正是利用这一点使其发挥作用, 为人类造福。但这也

给人类健康带来威胁,辐射使人体水分子电离,造成细胞损伤,产生躯体疾患和遗传疾患,当辐射超过一定剂量时可致人死亡。仅美国在1970年前就发生核事故285例,1986年4月26日,原苏联切尔诺贝核电站4号机爆炸造成的后果更是不堪设想,直接死亡31人,5000个居民点被严重污染。我国一工人将废弃的放射性同位素当玩具而造成三人死亡,多人受严重辐射。

放射性污染治理要求严、难度大、技术性强、费用高。首先要求管理和操作人员具有全面的物理学知识,特别是原子核物理方面的知识。加强放射源的屏蔽、密封和保管,严格安全规则 and 操作方法,以防止放射性泄漏和辐射伤害。放射性工业废渣、废液、废气则通过物理吸附、过滤、贮存衰变和填埋等手段加以处理。只要做好防护工作,放射性的危害并不可怕。

## 五、大气污染治理中的物理学

洁净的大气对于生命来说比任何东西都重要,一个人五分钟不呼吸就要死亡。据统计我国从1949—1991年,全国县以上的国营和大集体企业职工尘肺患者为同期世界各国患者的总和,而且病死率达20.22%。如马万水英雄掘进队16任队长中就有15任患矽肺病。除工业、施工现场所产生的大量粉尘外,还有如煤烟排放,交通工具尾气排放,自然风沙尘土等等都直接影响人类和动植物的安危。

随着工业的发展,能源消耗剧增,煤、石油等传统能源大量污染大气,毫无疑问,高效率低污染的新能源的开发作为从根本上防污染的途径更是引人注目。核物理、高能物理、等离子体物理和凝聚态物理等在开发利用原子能、太阳能、氢能等新能源将发挥关键作用。

改进设备,减少粉尘生成等是减少大气污染的重要一环。无论从超净工作室还是工厂、矿井工地,就除尘工程来说,除尘过程是在多相流体运动状态下进行,是气相介质中含有固体或液体颗粒物的两相(或三相)流体的运动。除尘技术(颗粒物的沉降、分离)涉及扩散、碰撞、

拦截、凝聚、带电等许多复杂的物理现象和原理。物理除尘技术有利用重力作用、惯性力作用、离心力作用使颗粒沉降、分离,有利用机械阻留原理的过滤除尘法,有利用液滴、液膜、气泡等捕尘,有利用高压电场的静电捕尘,利用超声除尘,利用物理吸附和质传等物理原理净化空气,等等。

## 六、水污染治理中的物理学

随着社会发展,电力、矿山、化工、冶金、炼焦、煤气、纺织印染、制革、造纸、农药化肥、纤维、橡胶、生物制品、酿造、医院及生活中的废水大量排放,乃至洪水和雨积水都可造成水污染。受污染的水具有不同的物理性质(温度、电导率、氧化还原电势、放射性、颜色、浑浊度、粘滞度等),化学性质和生物性质(细菌),其成分很复杂。但除部分工业废水含酸、碱、重金属盐、汞、砷、氰等有害物质外,大量的污染水主要是含悬浮物(包括有机物和无机物)。悬浮物漂浮于水面或沉于水底,使水体溶氧量剧降,使水生生物大量死亡,水体变绿变黑,病菌繁殖。

通过物理方法去除悬浮物是防治水污染很重要的途径。例如节水工程的改造,减少废水的排放,增加循环用水,以及水处理工程等都是物理学为支柱。

工业废水的物理法处理的目的是分离废水中的悬浮物,使废水得以澄清,且回收沉积物并加以利用。利用机械阻留原理,采用格栅、细筛、砂滤、微滤、渗透膜等技术以过滤废水。利用重力原理使水中较重物粒下沉,其沉速同颗粒大小、形状、密度及废水密度、粘滞度、水流速等密切相关,颗粒受重力、浮力和阻力支配。沉淀池就是根据这些物理原理进行设计的。颗粒随水流上升又沉降、相互碰撞、凝聚,利用浮选或气浮分离法,在石油、煤气、选煤、毛纺、纤维、造纸等工业中使悬浮物粘附于气泡上而去除,效果明显。

水的磁化处理,已证明能杀死许多种细菌。

(下转第489页)