



# 超声波的物理特性及应用

田 燕

(军械工程学院 石家庄 050003)

历史上研究超声波的动力,不仅在于大自然中超声波的普遍存在,还在于对自然现象的发现和阐明;而更重要的是发现了超声波有广泛的可用性,从而主动地大量产生和利用超声波。超声波可应用的领域极其广泛,涉及到科学技术和国民经济的方方面面,迄今仍然不断有多种多样的应用尝试。超声波新应用的出现,常常促使人们进一步开拓对超声波的研究,因为只有对超声波的行为和本质加深理解,应用才能得到巩固和发展。基于这种想法,本文在介绍超声波的应用之前,首先将超声波的物理特性作一简要说明。

## 一、超声波的物理特性

超声波是指频率高于  $2 \times 10^4 \text{ Hz}$ ,并不引起声感的弹性波。由于超声波的波长很短,因而具有很强的定向传播能力。超声波在液体和固体中传播时,吸收衰减很小,因而具有很强的穿透能力。在不透明固体介质中,穿透厚度可达几十米,这是光波所无法比拟的。超声波碰到杂质或媒质分界面有显著的反射。这些特性使得超声波成为探伤,定位等技术的一个重要工具。此外,超声波在媒质中的传播特性如波速、衰减、吸收等,都与媒质的性质密切相关。例如声速与媒质的弹性模量、密度、温度、气体的成份等有关。声强的衰减与材料的空隙率、粘滞性等有关。利用这些特性,已制成了测定这些物理量的各种超声仪器。

由于超声波测量方法的简便,可以获得大量实验数据,所以在生产实践和科学研究中,已经发现超声波通过介质时产生的一系列特殊效应。下面介绍三种最常见的效应:

(1) 机械效应。超声波能量容易集中,因

而形成很大的强度,能使物质作激烈的强迫机械振动。这种效应,在许多超声波技术中,如超声焊接,钻孔、清洗、除尘等,都起着主要作用。

(2) 热效应。媒质对超声的吸收会引起温度上升。一方面,频率愈高,这种热效应就愈显著。另一方面,在不同媒质的分界面上,超声波能量将大量地转换成热能,往往造成分界面处的局部高温。这种效应也有很多重要应用。

(3) 空化效应。空化是液体中的一种物理现象。在液体中由于涡流或超声波的物理作用,液体的某一区域会形成局部的暂时负压区,于是在液体中产生空穴或气泡。这些充有蒸汽或空气的气泡处于非稳定状态。当它们突然闭合时,会产生激波,因而在局部微小区域有很大压强。由于气泡的非线性振动和它们破灭时产生的巨大压力,伴随着这种空化现象会产生许多物理和化学效应。在超声的空化效应中,局部的高温高压以及放电等现象,可用以促进化学反应,粉碎液体内的悬浮物体、制造乳剂、杀菌、清洗机件等。应用超声波处理液体往往与这种效应有关。

## 二、超声波的应用

### 1. 超声波在工业中的应用

超声波测量流体的流量在工业中有着广泛的应用。例如:在石油、化工工业流程中,流体流量的控制和监督;在水力电力部门对流量的连续测定;在水文测量工作中对河川、海峡水流流速的测定;在气象预报中对风速的测定和矿井通风量的监测等等。超声测量流量的原理是比较简单的,当超声波在流动的介质中传播时,相对于固定坐标系(比如管道中的管壁)来说,超声波速度与静止介质中的传播速度有所不同,其变化值与介质的流速有关,因此根据超声波速度的变化可以求出介质流速,进而求出流量。超声测量流量具有其他方法无可比拟的

优点。比如超声测量流量可以作到非接触无插入部件；不受流体的物理性质和化学性质的影响；方法简单，便于计量和记录等等。

超声金属焊接是30年代偶然发现的。当时在作电流点焊电极加超声振动试验时，发现不通电流也能焊上，因而发展了超声金属冷焊技术。超声金属焊接的特点是：不需要焊剂和外加加热，不因受热而变形。不但同类金属，而且异类金属之间也可以焊在一起。可以将薄片或细丝焊在厚板上。在电子工业中常用于晶体管或集成电路的引线焊接。用于药物和易爆材料的密封焊时，能避免一般焊接因有熔解物而污染药品，不会因受热而发生爆炸等等。除了超声金属焊接外，目前应用更广泛，发展速度更快的是超声焊接硬热塑性塑料。其作用机理一般认为是在两塑料焊件的界面由于振动摩擦而产生热，使在界面比较薄的一层熔化而连接。除了塑料与塑料之间的焊接外，超声还能使金属零件镶嵌在塑料制品中，这在轻工塑料制品中是一种新工艺，使用方便而迅速，可以简化塑料模具制作。超声还能对塑料薄膜及复合包装纸进行缝焊、封装，对化纤织物进行无线缝纫、剪裁及印花等等。

超声无损探伤是以超声波作为采集信息的手段，在不损坏被检对象的情况下，探测其内部的缺陷。射入固体内部的超声波，遇到缺陷或界面（如金属中的杂质或气泡等）时，部分发生反射，可根据透射波和反射波的比较（如波形等），相当准确地确定缺陷的位置和大小。因超声波对固体有较大的透入能力，故在探测深度方面较其他探伤法（如X射线探伤、 $\gamma$ 射线探伤）更为优越。根据上述原理制成的超声波探伤仪主要用于金属。

利用超声波的激烈振动在坚硬脆性材料（如宝石、玻璃、陶瓷、牙齿等）上进行钻孔的技术称为超声钻孔。它与利用钻头旋转钻孔的方法不同，可以钻出任何形状的孔，且不致使脆性材料碎裂。超声乳化是利用超声波在液体中的空化效应，造成局部高温和高压，使液体中的不溶固体粉碎成微粒，与周围液体充分混合而形成乳

液。超声乳化技术常用于制造乳化药品、化妆品及鞋油等。超声清洗是超声应用最普遍的一种，其特点是速度快、质量高、易于实现自动化，特别适用于清洗件表面形状复杂的细致清洗，某些场合可以用水剂代替油或有机溶液进行清洗。现在可以利用超声清洗许多物体，这里只举出其中一部分作为例子，如飞机和汽车发动机部件、复杂的铸造模具，半导体元器件、陶瓷器皿、合成纤维拉丝锭、皮下注射针头和其它外科器械、航空轴承、钟表零件、水果蔬菜等。

## 2. 超声波在医学中的应用

超声波在医学领域中的应用包括两大方面：超声诊断和超声治疗。超声诊断研究如何利用各种组织声学特性的差异来区分不同组织，特别是区分正常和病变组织。超声治疗则研究如何利用超声波的生物效应来治疗某些疾病。超声诊断是借助超声波在人体组织中传播、反射散射、吸收衰减和多普勒效应等物理现象，提取病灶信息，并转换为电信号，作为诊断的依据。近年来，随着超声诊断仪器的迅速发展和对超声诊断法的良好评价，它已成为医学诊断上不可缺少的手段之一。超声治疗的历史比超声诊断还要长，但其发展速度却较慢。除了技术上的原因外，一个重要的原因是由于超声生物效应的复杂性和对其机理及影响因素的基础研究不足。近年来，随着基础研究的逐渐深入和某些治疗效果得到了肯定，超声治疗的研究又逐渐活跃起来。目前比较成功的是热疗及用于脑手术和肝脏手术的超声手术刀等。超声波之所以能治病，主要是利用超声的热效应、机械效应和化学效应。根据人体不同部位的治疗要求，目前已研究出种类繁多的治疗仪，用于治疗脑血栓所致的偏瘫症有良好的疗效，对坐骨神经痛、神经炎、肌炎、风湿痛、肩周炎、挫伤等均有不同程度的疗效。另外，在组织样品制备、雾化治疗等方面也都采用了超声波技术。预计不久的将来，超声波治疗疑难病症可望取得乐观的效果。

## 3. 超声波在其他方面中的应用

在化学工业中超声可用来加速化学反应速度。在化学过程中，超声常起催化剂作用。利

# 静电及其应用

苗清

(黑龙江矿业学院 鸡西 158105)

静电学是一门古老而又年轻的科学。自然界的一切运动，从一粒灰尘的飘荡沉浮，到震撼天地的电闪雷鸣，无不包含电的作用。动物中的电鳗、植物中的食虫草，更是把电作为获取食物、维持生命的手段。我们人类的身体也是由成万成亿个微型电池——细胞所组成。我们平常呼吸的空气，平均每立方厘米含有 100 至 500 个带电粒子——离子。而我们所居住的地球，更是一个巨大的电场，地面电场的平均电场强度达 130 伏/米，就是说，我们头顶的空气和脚下的地面之间，竟有高达 220 伏的电位差。如果一片带电云经过，电场强度还会骤然上升到 10000 伏/米以上。

虽然这些现象都称为静电，但“静电”不静，特别是静电的应用已深入到科学技术的各个方面，本文主要介绍静电在起电和水的净化中的应用。

用超声使参加反应的物质粉碎，就能使它们的化学活性提高许多。如果反应产物中有气体，那么，超声能使它们从复合物中迅速排出。毫无疑问，利用超声影响化学反应，将有力地推动化学工业的发展。

在石油管部件的抗锈保养方面，作为油管橡胶或塑料包敷前的去锈预处理，超声除锈已得到应用。英国金属处理专业公司最近发展了一种超声腐蚀处理设备已用于生产。超声空化腐蚀还可用来加速测试金属的抗腐蚀性能，用于金属疲劳强度的测试，可以大大缩短试验时间。

超声测温是一种新的测温技术，日益受到重视和采用。例如：在低温测温方面，已把超声测温计作为 2—20K 温度范围内的基准计温方法；在高温或高压气体测温方面，超声测温计具有反应迅速的特点，已经用来测量汽轮机进气、火箭

## 一、滴水起电机

当带正电的金属球 C 靠近 A 端时，导体 A-B 上的电子就向 A 端集中，使 A 端带上负电，B 端失去大量电子，就带上了正电。被带电球 C 感应到 A 端的负电荷和在 B 端形成的正电荷叫感应电荷，C 上的电荷叫做施感电荷，当 A-B 分开时两端的电荷保留下来，这个过程就叫感应起电。（如图 1）

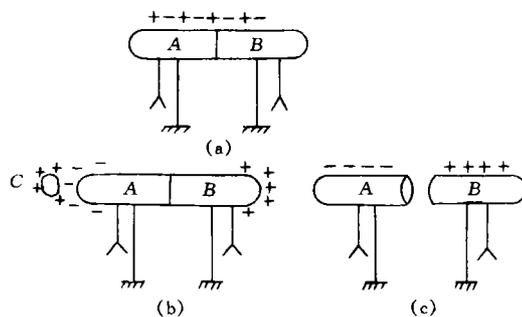


图 1

如图 2 所示的这架非常有趣的发电机是英国科学家开尔文设计的。图的上部是一个绝缘架设的水箱，它有两个滴水管，管口大小使流出的水刚好断成水滴而间隔又不过长，正对滴水管的两个蓄水罐，相当于起电机的两极，并放在

排气和汽缸中燃烧气体等高达 2000℃ 左右温度的测量；在气压低达  $10^{-4}$  atm 的高空超声测温便于遥测又不受辐射热的影响；以及在海水中、快速反应堆中用超声进行温度精确的测量。

在农业中，超声处理冬小麦、在适宜的处理范围内可以提高小麦的发芽率、出苗率、提高产量。超声处理某些中草药种子有显著的效果，例如处理桔梗和丹参时大大加速发芽和促进生长。超声可以在很多植物身上造成诱变。现在用作诱变剂的，通常有 X 射线或紫外线。同它们相比，超声波是效力较低的诱变剂，但是，它有一个最重要的优点，就是很容易应用。这个特点使超声波在许多研究中起相当大的作用。

超声学是一门边缘性和应用性很强的学科，但又是一门年轻的学科，它在应用领域的许多机理尚不清楚，有待于我们去深入研究和探索。