

雷达,对我们每个人来说并不陌生。在电影中,我们看到呼呼旋转的雷达天线,或高踞于军舰之顶,或矗立于群山之巅,十分壮观而引人注目。但是这个发现空中之物的眼睛,探测风云雷电、预报气象的有力工具,在水中却成了“近视眼”。而利用声波传递信息的声纳成了船舶舰艇的水中耳目。

什么是声纳 “声纳”(SONAR)一词是第二次世界大战期间由声音(Sound)、导航(Navigation)和测距(Ranging)三个英文字母的字头构成的。当时的声纳系统确实只限于导航和测距的功能。但经过四十多年的发展,今天声纳的定义就大大扩充了。我们应当把声纳理解为“利用水下声波判断海洋中物体的存在、位置及类型的方法和设备”。这就包括了除通讯之外的所有水声的应用。也有的专家认为专门的水声通讯机或水声应答器不能称之为声纳系统。但是无论如何,我们现在所说的声纳系统的范围要比第二次世界大战时期广泛得多。

人们自然要问:为什么不用电磁能而用声能在水下传播呢?这是因为海水是电的极好导体,它使电能很快地以热的方式耗散掉,所以在同样的频率下,电磁波的衰减比声波快得多,从而传播距离也要近得多。只有在个别应用(潜艇与岸用控制指挥站的通讯)中,才用分辨力很差的长波电磁波。

声能和电磁能的传输在几个重要方面有区别:声波是纵波,而电磁波通常是横波。这就是说,声波在传输时流体介质的疏密和传播方向一致,而电磁场彼此之间是垂直的,传播方向也是垂直的;电磁波可以被极化,而声波则不能。此外,这两类波以极不相同的速度传播,在水中声速大约是每秒1500米,比空气中快4.5倍,电磁波在空气中大约以每秒 3×10^8 米的速度传播(在水中要稍慢),几乎比声速快100万倍。

声纳的基本结构 按工作方式来分,声纳可分为两大类:一类叫作主动声纳,另一类叫作被动声纳。它们都包括接收机、换能器和指示器,但主动声纳多一个发射机。在主动声纳工作时,发射机发射一个已知信号,照射到目标后,反射信号或者“回声”被接收机接收到,经过处理由接收机显示出来。信号在传播过程中由于介质的不均匀性而散射。由信号本身产生的噪声,叫做混响。一般来说,它是主动声纳干扰的主要来源。而被动声纳工作时,它本身不发射声信号,仅仅需要检测出由目标所辐射的噪声。关键问题是要把所期望的目标辐射噪声或其“特征”和那些在能谱上与它相似的非期望噪声区分开来。发射换能器把电能转化为声能,接收声信号的接收器(也叫水听器)把声压转换

为电压的变化。

现代复杂的声纳系统往往不是使用单个水听器或发射换能器,而是按声纳系统的要求,把多个水听器(或发射换能器)按一定几何图形布成一个阵列,这样就可以抑制背景噪声的干扰,提高检测增益。

发射和接收模型 在第二次世界大战期间,主动声纳的发射和接收波束通常较窄。为了提供水平搜索能力,它的换能器基阵可以在方位上机械转动。这类声纳叫做“探照灯式声纳”。它用方向性基阵把发射脉冲的声能集中在一个窄的波束里面,以便提供最大的检测距离。在跟踪时,根据基阵对准最大目标回波来确定目标的方位。这类工作方式有很多缺点。由于波束的移动是通过换能器基阵的机械转动而实现的,操作不方便,数据率也非常低,不能保证军舰具有多目标的检测和跟踪能力,而这是军舰的安全所必需的。

第二次世界大战末期发展了“扫描声纳”。它可以连续地、同时地提供目标在 360° 方位内的距离和方位角的信息,具有多目标检测和跟踪能力,从而最大限度地保证军舰的安全。

随着数字信号处理技术的发展,在六十年代初又出现了单比特量化的数字多波束(DIMUS)系统。这种系统对输入的多路信号进行限幅,在 360° 范围内同时形成波束,实现全景观察。同时,声纳设计者又开始了抵消强干扰的研究课题。这个问题在声纳中要比在雷达中严重得多。由于强干扰的存在,使得对弱信号的检测变得非常困难,如何抵消近场强干扰是提高声纳性能的一个至关重要的问题。

六十年代后期,先后有人推出自适应噪声抵消技术和数字式干扰消除自适应零点网络设备(DICANNE)。它们的共同点是能够根据不同方向上噪声、干扰的强弱,自动地改变本身波束的形状,使其在强噪声或干扰的方向上特别不灵敏,以便检测出某个方向上的信号。

近年来数字信号处理技术飞速发展,出现了各种专用数字信号处理芯片,使声纳系统不断地朝着数字化、智能化及高可靠性方向发展。

声信道 信道是信息或数据从一个点发送到另一个点的媒介。理想信道是均匀的、无损耗的,在物理上是无边界的,并且可提供无畸变的传输。但考虑实际海洋中的随机扰动、散射、衰减、吸收效应时,问题就变得复杂了。实际上我们应当把声信道看作是时变、空变的传输介质,研究声波在这种介质的传播理论对声纳设计具有非常重要的意义。

一般来说,可以根据声速随深度的变化描绘声速

声纳——水中耳目

李启虎

高技术领域的一颗明珠——人工晶体

陈 万 春

人们都赞赏宝石、水晶和金刚石等天然晶体晶莹透明、百态多态、五光十色。但你若走进一个普通的人工晶体展室，将会发现人工晶体更加色彩斑斓。就拿装饰宝石来说，目前我国不但有用氧化铝为基质合成原料的人造白宝石、蓝宝石、红宝石、金红宝石……，还有以氧化锆为基质的星光宝石，以氧化铍为基质的猫眼宝石。近年来还出现以钇镓石榴石为基质的翠绿宝石。

人类与晶体打交道是从史前时期开始的。我们的祖先蓝田猿人及北京猿人在五十万年前所用的工具就是石英。人造晶体也早就出现，最明显的例子就是食盐。一千年前我国宋代陈大昌所著《演繁露》一书中记载说：“盐已成卤水，暴烈日中，即成方印，洁白可爱，初小渐大，或数十印累累相连”。可见我国是有着从事人工晶体生长悠久历史的国家。

当前，以信息科学、生命科学和材料科学为基础的高技术产业正在迅速发展。在我国“863计划”中人工晶体被定为重要研究发展项目，并成立了国家人工晶体联合研究与发展中心，由此可以看出人工晶体在现代高技术中的重要地位。

人工生长晶体的方法多种多样，分类方法也五花八门。根据晶体材料的合成体系，可划分溶液晶体生长、熔体生长、气相生长和固相生长；根据晶体的尺寸，

梯度，它是提供传播模型的基本依据。不同类型的声速梯度（如等温层、负梯度、负跃进、表面声道、声发声道等）会对声纳的作用距离产生非常大的影响。同一个声纳在夏天（负梯度）的作用距离也许只有冬天（等温层）的一半甚至更少。

声纳的应用 声纳的研制首先起源于军事的应用，直到今天最大用户仍是海洋。声纳是发现海洋秘密、利用海洋资源的重要工具。回声测深仪是一种安装在船底的主动声纳，是快速测速的能手。旁视声纳系统可进行海洋、内陆湖泊、河流和运河的勘测工作，在地质研究、矿产资源探查、沉物探测、水下考古、海底电缆和管线定位等方面起了非常重要的作用。声纳在经济建设方面的最大应用是在近海寻找石油。我国近年来采用拖曳式线到阵声纳在渤海、北海、南海、东海找到了丰富的油气构造。

可划分为块状晶体生长，薄膜晶体生长和低维晶体生长等；按照晶体制备的条件，可划分为在高温、高压、超声、强磁场、超净和微重力等条件下的晶体生长；按照晶体的物性和应用范围，可划分为半导体晶体，功能晶体（具有电光、声光、压电、热电……等交叉效应），超导单晶和装饰晶体的生长。

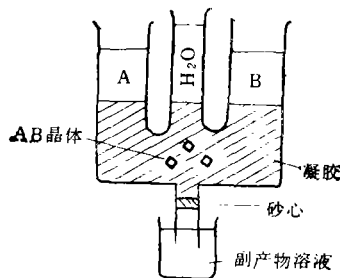


图1 U型双管凝胶生长实验装置

人工晶体多半由熔体达到一定的过冷或溶液达到一定的过饱和而得。以下介绍几种最基本的晶体生长方法。

1. 从溶液中生长晶体

从溶液中生长晶体的结晶驱动力由方程表示：

$$\Delta G = -kT \ln \alpha$$

式中 G 为吉普斯自由能、 k 为玻耳兹曼常数， T 为生长

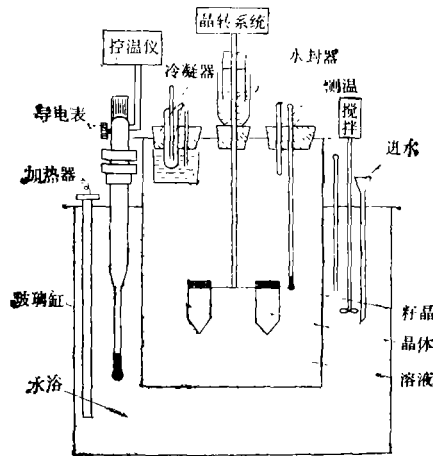


图2 用蒸发法生长 α -LiIO₃ 晶体的实验装置