

科技大讲堂

- “大脑”聪慧,可高效监测复杂的水下声音
- 明察秋毫,使水下各类目标显露“真容”
- 前景广阔,应用于水下资源勘查等方面

国防科技大学气象海洋学院副教授张文为您讲述——

# 智能声呐系统如何洞察海底世界

■本报记者 王撰文 通讯员 毛元昊 王疆一

“你只有探索才知道答案。”这是科幻小说《海底两万里》中的一句名言。海洋浩瀚无垠,海底世界无比丰富,如何探索其中奥秘,得到人们想知道的“答案”呢?

许多人可能第一反应是借助“声呐”。没错,这是一种利用声波在水中的传播特性,通过电声转换和信息处理,探测各类水下目标的位置、类型、运动方向等属性的技术。对海底世界的探测和观察,至今还没有发现比声波运用更有效的手段。声呐系统成为目前海洋技术装备中应用最广泛的一项技术。

自第一次世界大战被用来侦测潜水艇开始,声呐系统一直是各国海军进行水下监视、侦测、攻防的“利器”。如对水下目标进行探测、分类、定位和跟踪,在水下通信、导航,保障各类水面舰艇、水下潜艇、反潜飞机的战术机动和水中武器使用,等等。

声呐系统不仅在海洋军事行动和海战中发挥重要作用,在经略海洋、发展国民经济等方面也同等不可或缺。如水下探测鱼群、海洋石油勘探、船舶导航、水文测量和海底地质地貌勘测等,都离不开它。

随着人类对海洋认知的加深与探测技术的进步,从最初“水听器”发展而来的被动声呐,到有目的发射声波的主动声呐,再到两者相结合的声呐系统,尽管在技术上得到了突破,但传统声呐系统仍难以满足现实所需。

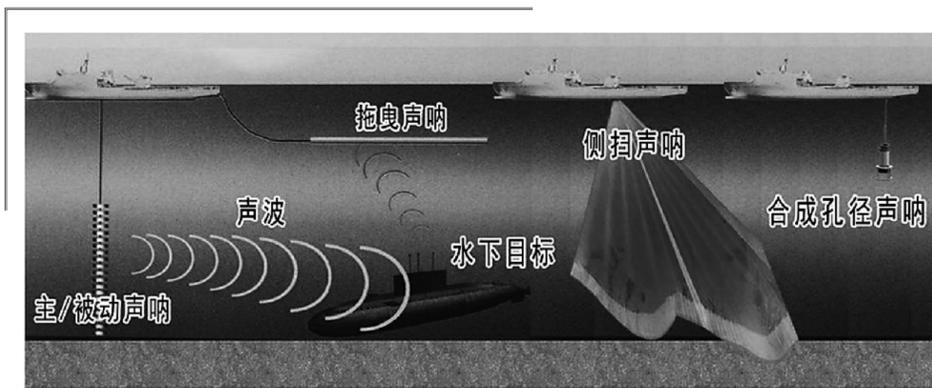
在计算机技术、人工智能等现代科技大发展的时代背景下,集声学、海洋科学、电子科学、计算机科学等众多学科于一身的新一代智能声呐系统随之问世。

## 人工智能,赋予声呐聪慧“大脑”

人工智能诞生于1956年,它的实质是模拟人的思维过程。

人的大脑在日常生活中,会对不同事物或信息产生不同体验,并留下印象或记忆,形成经验。当再次遇到类似事物或信息时,先前的经验会被唤醒,并产生一系列相应的判断与处理方式。

以机器学习为代表的人工智能,模拟了这一过程:它借鉴人脑的神经系统,将其抽象化为数学模型,然后使用



智能声呐系统概念图。

不同类型数据,让计算机发掘它们的差异,形成不同的“体验”,并通过调整计算方法,形成“记忆”。当未知类型的数据输入时,调整后的计算方法会凭借自己的“记忆”,给出处理结果。

近年来,借助人工智能,海洋科学家开始将声音信号识别与人脑思维规律结合起来。

一般情况下,只有同时掌握了海域的海面、海体和海底等情况,才能较准确地掌握某一海域的声学环境。然而现实情况是,由于海洋时空的变换,完整获取以上3个方面信息往往很难。这就极大地限制了人们探索未知海域的能力。

当科学家成功地将人工智能引入声呐系统后,这一问题迎刃而解。科学家运用其中的机器学习技术,设计出了多种声呐定位算法,并结合海试数据,验证了智能声呐算法的性能优势和应用潜力。

未来,装备了人造“大脑”的智能声呐系统,将犹如一位经验丰富的老水手,具备很强的环境适应能力。如果将其应用于海战系统,可帮助战斗人员增强对未知环境的适应性。它既可使海上作战系统绕开环境信息缺乏的障碍,利用有限声学数据还原目标的声音特征,有效实现水下目标定位,又能在声学情报与实际环境出现差异时,通过智能声呐定位技术,修正先验信息中出现的误差。

如今,在机器学习与声呐技术这一

新兴学科交叉方向,其研究呈现出方兴未艾之势,推动着智能声呐研究进入快速发展阶段。

## 高分辨水下成像,让声呐“明察秋毫”

智能声呐系统要在大海中“明察秋毫”,仅有聪慧的“大脑”还不够,同时还要有一双看得清、辨得明的“慧眼”,实现对水下目标高分辨成像。

于是,科学家将具有高分辨成像的合成孔径雷达技术引入声呐系统,并将侧扫声呐与合成孔径声呐结合在一起。这样,就给智能声呐系统添上一双明察秋毫的“慧眼”,具有了水下高分辨成像的本领。

侧扫声呐技术采用传统的回声测深原理,具有探测速度快、目标定位快的优势。与普通声呐不同的是,它向海底发射的探测声波呈扇形,并在海底形成长条形投射区。随着声呐设备在探测中不断移动,海底目标就像拼图一样被细分成许多块,一一捕捉目标的细节特征及高度信息。在这张“拼图”上,既有捕获的海底不同物体的地貌特征,又能帮助人们识别探测目标的种类,如同阳光洒在大地上所呈现的色彩缤纷的光学世界一样。

不仅如此,它还能根据不同探测目的,选择不同频率的发射波束,对不同

物质、不同频率声波产生不同的散射强度,使漆黑的海底也能变得“五彩斑斓”。

相比之下,合成孔径声呐则具备更清晰的成像能力。它利用小孔径基阵的移动,来获取方位方向的高分辨率,能实现更广的探测范围,还能利用低频段声波探测到被泥沙掩埋的目标。就如同给海底探测器装上了一台X光机,帮助人们探测到大洋中更多的奥秘。

目前,以侧扫声呐与合成孔径声呐为代表的高空间分辨智能声呐系统,在海洋测绘、勘探领域已得到成熟应用。如用来钻探发现海底“可燃冰”资源,协助潜水员执行水下搜救救助作业等。国外一些研究机构还将合成孔径声呐技术用于水下潜航器,构建起新型水下成像系统,有效促进水下无人作战能力稳步提升。

总之,拥有高分辨成像能力的智能声呐系统,让各类水下目标显露出“真容”已不再是设想。

## 多方位融合,打造声呐“多面手”

传统声呐系统的工作方式,有主动式和被动式两种。主动式声呐系统像是探路的蝙蝠,一边自主发射声波,一边接收回波,以此刻画目标区域的基本

特征;被动式声呐系统像是“顺风耳”一样的倾听者,能将目标区域发出的所有声学信号收入囊中,从嘈杂声音中发现目标的“蛛丝马迹”。

随着现代科技发展,这两种声呐系统的缺点也愈发明显。特别是在潜艇降噪技术和潜艇战术不断进步的背景下,单一工作方式的声呐系统局限性更是显而易见:主动式声呐系统由于声波发射与回波接收均在同一处,工作时容易暴露自身方位;被动式声呐在面对安静潜艇时,探测能力捉襟见肘。

面对日趋复杂的海战环境,现代智能声呐系统一大优势是,能利用多平台融合技术,实现声呐平台的“联动”。以目前常用的诸如岸基式、舰载固定式、舰载拖曳式和航空式声呐平台为例,它们各具优势,但也各有不足:岸基式声呐机动性差,一旦暴露即失去存在价值;舰载固定式声呐极易受到舰艇自身噪声干扰,且尺寸有限,探测能力受限;舰载拖曳式声呐机动性差;航空式声呐在使用时易受天气影响,探测区域和探测深度受限。

如今,科学家参照物联网的思路,将主动声呐系统、多平台声学传感器整合进一个互联网络,使网络中的主动式声呐、被动式声呐可以随时切换,舰载声呐、岸基固定阵声呐、航空式声呐等同时作业、相互补充,对海面、海底和海底全海域空间实施全覆盖,通过内部互联网络,实现水下声学数据共享,即可打造出一套具有多种功能的智能声呐系统。

这种多基地、多方位相融合的智能声呐系统,一些军事强国一直在进行研究探索,在“海网”“近海水下持续监视网”等水下网络项目上取得较大进展。

以国外“海网”为例,该系统由岸基固定式节点和潜艇、潜航器、海底爬行车等多个节点组成,各节点之间通过水声通信链路相连,可实现不同节点之间数据实时共享。借助该网络,潜艇不仅可以获取水下声学信息,还能与其他海、陆、空天平台共享,从而提高反潜作战能力。

据报道,国外的“近海水下持续监视网”已基本具备作战能力,可通过潜航器释放多个无人潜航器,构建一个临时动态水下网络,获取周边海域的声学信息,并诱使敌方提前暴露,以抢占先机。

版式设计:梁晨

科技云

科技连着你我他

■本期观察:任增荣 陈泽欣 刘佳伟

聚脲是一种高分子聚合物,由异氰酸酯组分与氨基化合物反应生成。作为一种新型防护涂层,聚脲具有比普通喷涂材料固化速度快、表面成型时间短、防水防腐效果强等优势。目前,聚脲被广泛应用于军用防护涂层领域。

## 助装具防护



士兵在作战、训练或解决突发事件时,需穿戴或配备好训练服、防弹衣等安全防护装具。这些装具应具备抗冲击、耐高低温、不易燃、不易碎等特点,才能在使用过程中起到防护作用。

作为一种新型防护涂层,聚脲施工工艺简单,能根据需要,在防护用具的任意曲面喷涂成光滑平面或磨砂面。另外,聚脲防护涂层无毒无害,还可根据战场环境来调整涂层颜色,达到隐蔽被喷涂目标的效果。

随着聚脲防护涂层的优异性能被深度挖掘,多家生产聚脲防护材料的特种装备公司,正将该材料广泛应用于军需用具的头盔、盾牌等防护装具生产上。

## 助舰船防腐



每年因撞击海岸或暗礁导致防腐涂层破坏的舰船不计其数。同时,海水及盐雾的腐蚀也会使船体的损坏情况进一步恶化。科学研究表明,聚脲防护涂层在舰船内部舱室、舵板和潜艇防潜甲涂漆后,防护物可快速固化,从而有效降低舰艇维修成本。

此外,舰船长期处于海洋环境中,人员会在甲板上进行设备或器械的装卸,这就使得舰船甲板漆必须具备抗暴晒性、抗附着性、抗冲击性和耐腐蚀性等性能。与传统材料相比,聚脲材料兼具耐磨、抗冲击和防腐等特点。在舰船甲板上喷涂聚脲防护涂层,能显著改善舰船防腐能力、延长使用寿命。

## 助车辆抗爆



目前,聚脲防护涂层还广泛应用于军用车辆爆炸防护领域。研究发现,聚脲材料具有较高的耐冲击性、优良的柔韧性及吸能性,能有效提升车辆底盘和车身的抗冲击力。

在车辆底部喷涂聚脲防护涂层,能减小爆炸或榴弹对车辆和人员的伤害。这种防护涂层可与车辆底部复合装甲相结合,有效降低破甲型反坦克地雷爆炸波及爆炸物碎片对车辆的破坏。将聚脲防护涂层应用于车体内表面,除了增强车辆耐磨性能,还能降低各种介质对车体的渗透速率,并减小噪声和振动,增加乘车舒适度。

上图:应变金刚石电路概念图。

# 破解“燃烧”的科学目光

■李会鹏 王皓凡 吴智才

## 刻进历史的经典创新

“燃烧”是一种常见的现象,但将其上升到专业层面,我们该如何认识呢?

今天,我们都知道燃烧是一种物质之间进行的氧化还原反应。但这一对燃烧的科学认知,并非自然形成,而是经历了一段漫长而曲折的过程。

17世纪的欧洲,人们尚未形成独立的化学概念。那个年代,炼金术大行其道,几乎所有人都认为化学只是炼金术的附属品:燃烧即“冶炼”,其用途就是把旧金属变成贵金属。

17世纪下半叶,德国化学家施塔

尔提出“燃素论”,认为火是由无数微小而活泼的微粒——“燃素”构成的物质实体,包括燃烧在内的所有化学变化就是物质吸收和释放燃素的过程。人们一度感觉到,“物体燃烧时似乎有某种东西从中逃走了”。

由于“燃素论”观点较之炼金术更符合大多数化学现象,因此得到了当时许多化学家支持。就这样,化学看似摆脱了炼金术的禁锢,却又走进了“燃素论”这个新迷雾。

施塔尔之后,瑞典化学家舍勒和英国化学家普里斯特利在寻找“燃素”的实验过程中,发现了本可以彻底摧毁“燃素论”的武器——氧气。很可惜,当时“燃素论”牢牢束缚着人们的思想。

面对自己发现的氧气,他们均选择了视而不见,甚至用“燃素”来解释氧气的存在,致使其与真理失之交臂。

“燃烧”的这层神秘面纱,最终在18世纪由法国化学家拉瓦锡揭开。虽然出生在“燃素论”盛行时代,但拉瓦锡很快发现“燃素论”并非正解。望着那跳动的火苗,拉瓦锡的目光里充满着探究。

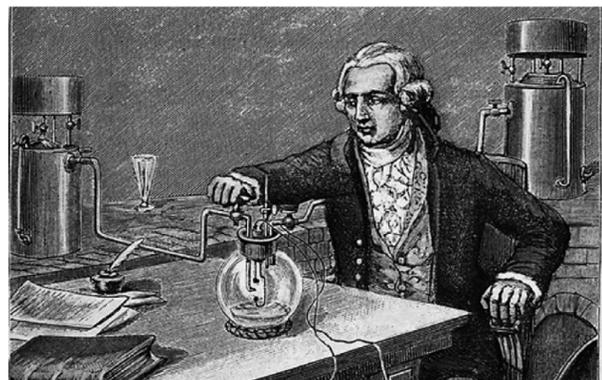
拉瓦锡进行了著名的“金属煅烧实验”:将金属放进容器,封闭后进行煅烧。结果表明,煅烧前后,包括金属在内的整个容器总重量并未改变,而金属重量增加了。这一发现,让他得出了“金属煅烧增加的重量来自于容器中部分空气”的结论。

在此基础上,他巧妙地将煅烧后的金属进行还原实验,最终搜集到一种能使物体燃烧得更旺的气体,并将其命名为“氧气”。一系列实验,有力验证了金属煅烧是金属和氧气的化合过程,由此推翻了统治化学界长达一个多世纪的“燃素论”。

接着,拉瓦锡对其他不同物质也进行了氧化还原实验,并在1780年《燃烧通论》的报告中,系统提出氧化燃烧学说,彻底揭开“燃烧”的神秘面纱。

事实证明,思维一旦被套上“枷锁”,就有了局限性;跳出前人的思维局限,去探究事物本质,科学研究才能实现突破,取得创新成果。

左图:拉瓦锡在进行氧化还原实验。



# 未来计算机或迎来钻石芯

■朱文疆 李超 李京



## 新看点

“钻石恒久远,一颗永流传。”钻石,也叫金刚石。长久以来,钻石以其具备稀少、美丽、耐久的品质被人们视为珍宝。

近期的一项研究成果表明,钻石不仅是稀世珍宝,更具有科技应用潜力——它有望成为下一代电子元件的制备材料,用于未来量子计算机的芯片制作。

很长一段时间里,硅一直是第三代半导体最重要的原材料。电脑、手机等电子设备内部,都依赖于半导体芯片和硅基集成电路。根据摩尔定律,一英寸计算机芯片上的晶体管数量每年翻一番,成本减半。这意味着积压在硅芯片上的微型晶体管,每年的体积都缩小一半。随着时间推移和半导体行业发展,硅的未来岌岌可危。

工程学家一直希望找到一种优于硅的材料,以制备出更小、运行更快且有效性更高的芯片。这时,金刚石以其独特的物理性质进入了研究者视野。

金刚石具有高度导电和导热性,是

制备高频率、大功率电子元件的理想候选材料。然而,金刚石同时也是个“硬汉”:它具有极高的硬度和脆性,在制备过程中经常会损害到材料本身,或者难以使金刚石达到电子元件的性能指标。由于没有发现它的运用可行性,把它应用于电子行业一度被工程学家比作“攀登珠穆朗玛峰”。

在研究过程中,研究人员利用特殊办法,制备出直径只有人类头发百分之一的微型单晶金刚石。在室温下,该材料可达到最大均匀拉伸应变9.7%,且在解除拉伸之后能恢复原状。在拉伸应变增加过程中,金刚石带隙随之减少,拉伸到达9%以上就会由“间接带隙”变为“直接带隙”,实现电子跃迁并释放光子。这一新特性与现有半导体元件类似,有应用于光电元件、甚至量子元件的潜力。

研究人员认为,他们的研究结果将推进金刚石元件“走下珠穆朗玛峰”。未来的量子计算机或可凭借金刚石制成的芯片,大幅提升计算机热导率,让计算机在接近绝对零度下也能保持顺畅运行。