

舰船涂层：从防锈到隐身

■张超 邹昊宇

前不久,美国海军“林肯”号航母抵达泰国芭提雅港时,舰体上布满海藻和锈蚀痕迹。原来,该舰在海外连续部署近300天,如此长时间的海上漂泊,对船只而言无疑是一种“摧残”。

舰船在海上航行,时刻面临着海水与海洋环境的侵蚀。海水中含有大量盐分,空气中飘浮着看不见的盐雾,盐分附着在船体及金属零部件表面后,会破坏其氧化膜;加之海上空气湿度大,金属表面极易发生锈蚀。而对于海洋中的贝类和藻类生物来说,舰船是理想的附着基质。长期在海上航行的舰船,船底往往难逃这些生物的“包围”。

如何应对这些难题?过去,人们曾用铅皮、铜皮包裹船底,防止生物附着并减缓锈蚀,如今则主要依靠涂层。舰船涂层如同“外衣”:在水线以下负责防腐防污,在水线以上负责防锈耐候,在甲板上防滑耐高温,在舱室内部防油防腐蚀,甚至有的涂层还能降低舰船信号特征,提升其隐身性能。



“林肯”号航母舰体上布满藻类和锈蚀痕迹。

难缠的海上“对手”

舰船在海上航行时,会遇到两个难缠的“对手”。

一个是腐蚀。海水含有大量盐分,是一种天然电解液。舰体上有钢板、铜合金螺旋桨等不同金属制品,这些金属制品浸泡在海水中,彼此之间会产生电位差,进而发生电化学反应。这种反应起初不易发现,时间久了却可能在船底锈出一个深坑甚至将其锈穿。同时,海洋生物附着的船体表面还容易积存淤泥,进一步加速这种腐蚀。“林肯”号航母舰体上的锈迹,正是这类腐蚀在舰体上蔓延的后果。

另一个是生物污损。对大部分海洋生物来说,舰船就像一块“活动的礁石”。有研究指出,如果舰船船体不采用防污涂料,在海上航行不到两个月,船底便会附着大量藻类和藤壶。这些生物污损虽然不会直接损伤舰体,但会增大航行阻力,导致航速降低。污损的船体还会发出噪声,像拖着一条“声学尾巴”,对军舰的隐蔽性造成威胁。

面对这两个难缠的“对手”,人类在舰船防腐防污技术方面,已经探索了2000多年。

从包铜皮到“自抛光”

考古发现,古希腊、古罗马人为防



涂漆是舰体防腐防污的主要办法之一。

止海洋生物附着,曾用铜片、铅皮包裹木船船底。15世纪起,西班牙、葡萄牙海军使用铅皮包船。18世纪,英国海军推出全船底包铜皮技术。铜皮在海水中缓慢释放的铜离子会在舰体表面会形成一层薄膜,使藻类、藤壶等生物无法附着,同时还能防船舶蛀蚀。不过,铜皮包裹船底会带来一大问题:铜或铜合金与船体上的铁螺栓在海水中会形成电偶对,导致铁螺栓发生电偶腐蚀,直到改用铜锌合金螺栓替换铁螺栓,这一问题才得以解决。包铜

后的舰船航速更快、机动性更强,且维修时间大减,英国海军认为这大大提升了舰队在航率,相当于提升了舰队规模。

19世纪70年代后,随着钢铁成为主要造船材料,舰船的防腐防污技术逐渐转向涂层。20世纪以来,舰船防腐防污的“主力”是一种“自抛光”涂层。这种涂层中掺有氧化亚铜等防污剂,可在海水中缓慢溶解,持续释放铜离子,令海洋中的生物幼虫难以附着,涂层耗完之后只需重新涂装即可。早期的防污剂

含有锡化合物,会对海洋生物造成严重破坏,因而被禁用,目前的主流防污剂是免锡化合物涂层。还有一种有机硅防污涂层,主要利用极低的表面能和弹性,让附着物无法牢固黏附,靠水流冲刷就能脱落。此外,近年来国外一些科研机构还在研发更先进的涂层,能进一步降低舰体表面附着力,使微生物在微弱水流下更容易被冲走。

多种涂层的不同功能

今天的舰船涂层,早已不是“一种涂层管到底”,而是根据涂装的不同位置,开发出不同的功能。如:水线以下船体用防腐防污涂层,防止海洋生物附着;水线以上船体用防锈涂层和耐候涂层,承担防锈耐候功能;甲板上铺着防滑耐高温涂层;舱室内根据功能需求,采用防油防腐蚀涂层或易洗消涂层等。这些涂层除了解决防腐防污等问

题外,还有一个重要功能:帮助军舰实现隐身。

现代战争中,“可探测性”已成为决定胜负的关键因素之一。现代舰艇大多采用雷达吸波涂层,这类涂层通过吸收雷达波减少回波反射,配合隐身外形设计,能显著缩小舰体雷达反射面积,降低被敌方发现的风险。另外,还有抑制红外特征的隐身涂层、耐核生化沾染的易洗消涂层等,也已陆续上舰。

涂层不仅用于军舰,在民用领域同样用途广泛。海上钻井平台、海上风机桩基,跨海大桥的钢墩,这些常年浸泡在海水里的钢结构,同样依靠防腐涂层延长寿命。此外,港口机械、海底管道、跨海缆线,也都有涂层的应用。涂层作为舰船的“外衣”,守护的不仅是舰体表面不腐、不锈,还有航速和隐身等,从这一点说,舰船涂层是看得见的涂装,也是看不见的战斗力。



前沿技术

“灭蚊”微型无人机亮相



采用四轴设计的“灭蚊”微型无人机。

法国一家初创公司的工程师利用智能手机麦克风、停车辅助传感器以及一些数字信号处理与控制设备,巧妙地制造出了一款能够“灭蚊”的微型无人机。

“灭蚊”微型无人机采用四轴设计,重约40克,配备先进感测系统,可利用超声波相位阵列声呐与声学传感器,通过接收蚊子翅膀拍打的独特频率辨识目标,并在锁定目标后以“高速撞击”方式将其消灭掉。据公司网站上公布的测试影片显示,该无人机能够准确追踪、拦截并撞击蚊子。

目前,这款微型无人机的电池续航仅有3分钟,充电30分钟才能使用,且需搭配电脑设备于一定距离内辅助工作。未来该公司计划推出其升级版本,进一步提高其自主运行能力。

军用腕带式智能终端

国外一家初创科技公司正在开发一款名为Alpha的腕带式智能终端,旨在将战场实时数据和AI分析结果直接提供给一线作战人员,解决目前使用的边缘终端因海量数据处理带来的明显延迟问题。该智能终端相比头盔显示器在湿热环境下容易起雾等缺陷,其腕带形式更贴合实际需求。

另外,这款腕带式智能终端将该公司自研的AI软件集成在柔性腕带屏幕上,可让一线作战人员实时获取对手动态、相邻单位态势以及指挥官下发的决策建议,从而在通信终端环境下实现分布式指挥控制,提升作战效能。

(子渊)

在太空进行3D打印

■曲卫

人类将卫星等航天器送入太空,长期遵循一条固定路线:在地面建造好后,将航天器的电池板等折叠装入火箭内部,待发射入轨后再展开。如今,国外航天企业尝试改变这套做法——将“制造能力”送上太空,直接在轨道上“打印”大型部件。据外媒报道,波兰一家太空初创公司正在开展在轨3D打印试验,目标是在太空直接制造航天器的大型部件,如太阳能电池板、天线、散热器等,此举意味着3D打印技术可能进入太空工作。

在太空能打印什么

与传统的车、铣、切、削等“减材制造”工艺不同,3D打印又名“增材制造”,是根据数字模型将材料一层一层堆积起来,形成所需结构。目前,3D打印已广泛用于制造塑料零件、金属部件和部分复杂结构。而在太空进行3D打印,与在地面进行有何不同?

太空3D打印的最大价值,不在于“当宇航员缺少一个扳手时能现场打印一个”,而是能在太空生产航天器的大尺寸部件,这些部件从地面发射升空并不容易。波兰这家太空初创公司研制的“复制者2号”任务载荷开展在轨3D打印试验时,其携带的3D打印机将一层光敏树脂挤到旋转的圆柱体表面,再使用紫外线使其固化,验证了3D打印技术能够在轨道环境下正常运行。据悉,该公司将逐步扩大打印部件的尺寸和强度,最终目标是能够打印大型部件。

为什么先打印太阳能电池板

太空3D打印最先打印的,是太阳能电池板。一方面,卫星等航天器在太空需要用电,而要获得更多电能,就需要更大的太阳能电池板。另一方面,火箭的容纳空间有限,无论在太空展开的

太阳能电池板有多大,发射时都必须折叠放入火箭内部,到达太空后再展开、组装。

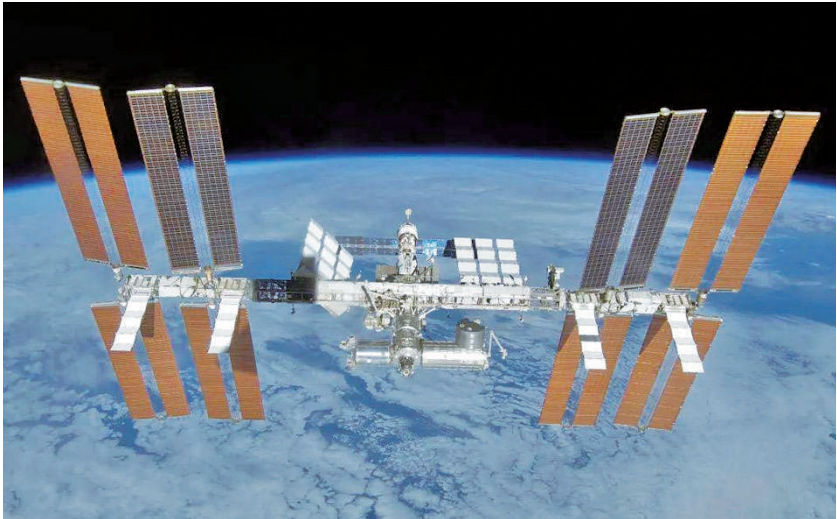
有了太空3D打印后,这一流程可能发生变化。过去是将完整的电池板等大型部件折叠并装入火箭,未来可能只需要把打印材料和一台3D打印设备送上太空,在太空打印电池板大型部件,从而突破火箭容纳空间的限制,还能降低总成本。

在太空打印,没那么简单

不过,从一次打印成功,到真正建立“轨道工厂”,中间还有很长的技术距离。在太空中,3D打印机并不是一台孤立的设备。要使其正常完成工作,需要诸多系统配合工作,包括电源稳定供电、卫星等航天器保持合适姿态、计算机发送或执行指令、通信链路稳定传输数据、摄像机等确认制造结果等。从这一点看,太空3D打印首先是制造问题,同时也是航天器系统工程问题。成熟的在轨制造系统,必须能够将制造、能源、热控、姿态控制、通信和状态监测连接成完整的闭环。

3D打印进入太空,并不是第一次。国际空间站内有3D打印设备,可制作小型工具和零件,但这里与外部太空环境不同。空间站内有稳定的电力、通信等支持设备,更像是一个位于太空的特殊实验室。而搭载在卫星上的3D打印机必须依靠卫星等航天器供电,还要承受轨道环境中的温度变化和辐射影响,是真正意义上的太空3D制造环境。

从目前公开的试验看,该技术仍处在验证和快速迭代阶段。未来,一旦电池板等大型部件能够在轨道上实现3D打印制造,航天器的尺寸将不再受火箭载荷空间的约束,其发射和组装方式也可能随之改变。



国际空间站及其大型太阳能电池板。



装甲“蚁巢”

■张诗宏

上图中,一辆M2A4E1“布雷德利”步兵战车正在机动。车身一侧原本用来加挂爆炸反应装甲的支架上,整整齐齐趴着5辆小型无人地面作战平台,像5只工蚁吸附在巢壁上。这是美国陆军第1骑兵团的一次实战化尝试:将“火蚁”无人地面作战平台集成在“布雷德利”侧挂架上,由后者扮演“母舰”角色。

装甲步兵的传统战术,是把士兵送到最危险的战斗前沿,而距离前沿最后几百米,始终处于反坦克导弹和无人机组织的密集杀伤区。近年来的地区冲突表明,前线士兵在巡飞弹和无人机的攻击下生存能力堪忧。美军的破局思路很简单:用无人装备转移风险。

“火蚁”作为一款可消耗性集群无人地面作战平台,体积小,重量不足40千克,长约1米,采用模块化载荷设计,

这意味着士兵能够在战场上根据需要,快速更换任务模块。在反装甲任务模式下,它可以搭载聚能装药战斗部或无后坐力反坦克武器,在接近目标时精准打击;如果需要侦察,则换成多光谱传感套件,集成红外、光电、激光测距设备。此外,它还能搭载电子战载荷,执行前沿侦察、信号干扰、通信中继任务。软件层面,“火蚁”具备AI自主能力,多车组网可实现蜂群协同。一名操作员通过触控屏,能够控制6至8台“火蚁”组成一个高效集群,集群内部具备点对点通信能力,能共享目标数据,根据战场环境调整战术。

“布雷德利”作为投放“母舰”,具备较强的防护和机动能力,能够将大量“火蚁”运抵战斗前沿并释放,既能直接指挥集群,又能将指挥权限交给网络中的其他作战节点。另外,美军还在测试

由大型无人车投放“火蚁”的可能性。两种手段叠加,构建多层次无人协同链条,最大限度将作战人员隔绝在危险区域外。

不过,这套装甲“蚁巢”远未达到成熟地步。例如,“火蚁”能否实现远程释放,而非手动卸载?侧挂架占据了爆炸反应装甲的位置,临时焊接的卡扣能否承受越野振动和弹片冲击?“布雷德利”既要负担主动防护系统供电,还要承担无人装置运输与指挥,整车供电与载荷分配是否构成挑战?此外,蜂群的控制链路能否抵御高强度电子战压制?考虑到该装备尚未正式定型列装,其未来发展仍需关注。



图文兵戈