

## 高技术前沿

2月3日,距离巴西海岸约350公里的大西洋水域,伴随着一连串爆炸声,南美洲最后一艘航母、巴西的圣保罗号沉入约5000米深的海底。

作为巴西海军旗舰,圣保罗号曾有辉煌时刻。然而近年这艘航母可谓命运多舛。其锅炉舱接连发生爆炸和起火事故,高昂的维修和改造费用,让巴西海军不堪重负。2018年11月退役后,圣保罗号被卖给了土耳其的一家船舶

拆解公司,却被土耳其政府以船体包含石棉等违禁隔热材料为由,拒绝该舰进入土耳其领海。交易取消折返途中,又被巴西各州政府以相同理由拒绝接收。最终,这艘“无家可归”的航母在争议声中被引爆沉没,令人唏嘘。

圣保罗号沉海的消息,使人们的眼光再次聚焦于船舶隔热材料。土耳其为何会将其拒之门外?隔热材料又在舰船上发挥着什么样的作用?请看——

## 不容忽视的船舶隔热材料

■ 费志方 尹浩 本报特约通讯员 侯融

## 阻断传热,辅助防火

2022年12月22日,俄罗斯唯一的航空母舰库兹涅佐夫号突发火灾。幸运的是,这次火灾规模不大,没有造成多大损失。无独有偶,就在库兹涅佐夫号起火20多天前,美国林肯号航母训练时突发大火,造成9名水兵受伤。

这些年,军舰非战斗损毁的新闻屡见不鲜,其中有很大一部分与火焰、燃爆紧密相关。震惊之余,人们不禁也会疑惑:数万吨的钢铁巨舰,为何总会被火焰“灼伤”?

大型军舰与民用船舶不同,舱室结构极其复杂、通风系统四通八达。正所谓“火趁风威,风助火势”,一旦发生火灾,高效的通风系统将摇身一变,化作大火蔓延的“绝佳帮手”。军舰往往还携带有易燃易爆品,舰上发生火灾时,灭火难度极大,且耗时较长。

按照现代军舰的损害管制理念,可以利用结构防火、限制使用可燃材料等手段,缩小火灾蔓延范围、降低火灾爆炸可能性。阻断热流传递是实施结构防火的主要手段之一,通过敷贴隔热材料,可以让舱壁在一定时间内不会被火焰穿透,从而防止火焰快速蔓延到其他舱室,为控制火情争取时间。

事实上,防火隔热只是隔热材料的功用之一,减少热耗散、抑制凝露腐蚀,才是主要用途。

隔热材料常用作船舶主机、高温管路等热力部位的包敷层。航行期间,船舶动力系统每时每刻都在发生大规模燃烧反应。如若主机锅炉整体隔热不好,则难以保证燃烧效果,功率提不上去;如隔热效果不均匀,个别位置可能会出现疏漏,长时间往外渗透热量,容易诱发火灾。在锅炉舱外附着隔热材料,可以有效解决这个问题。

从使用效果上看,在锅炉舱外附着隔热材料,能进一步提高热效率,从而增强主机输出功率和燃油利用率,提高舰艇续航能力;从环境影响上看,隔热材料能够显著降低主机高热部位对其他舱室的影响,减低舱室温度,保证精密仪器的工作环境;从作战效能上看,合理使用隔热材料,还能帮助军舰减小红外暴露,降低被红外探测设备发现的概率。

值得注意的是,隔热材料服役环境恶劣,要一直经受高温、高热震、烟气腐蚀冲刷等考验。因此,隔热材料除了隔热性能好外,往往还被要求具备厚度适宜、施工方便、受火后不会产生过量有害气体等特性。因此隔热材料研发的难度相对较高。2012年,印度“维克拉



上图:沉没前的巴西圣保罗号航母。

资料图片

左图:隔热效果良好的气凝胶材料。

资料图片

马蒂亚”号航母,在试航时就曾因动力系统耐火隔热材料不过关,造成主锅炉坍塌,延期近1年交船。

## 以人为本,更新迭代

热导率是直接反映材料隔热性能的指标。通常来说,热导率越大,导热能力越强,隔热性能越差;反之则导热能力越弱,隔热性能越好。传统隔热材料基本都是由骨架材质和空气组成的多孔结构,靠着占绝大部分体积的空气的低热导率来实现隔热。其原理跟羽绒很像,羽绒的蓬松结构能够撑起大量空间吸存空气,空气的热导率又很小,因此羽绒的保温隔热效果就很好。

从历史发展情况来看,船舶隔热材料主要分为有机、无机两大类。

早期的隔热材料一般取材于自然界天然有机材料。橡木在木战舰时代是造船主材之一,整体材质坚实细

密,木质纤维中又有很多气泡,具有良好的透气、保湿和隔热作用,被称作“会呼吸的木头”,甚至到了近现代还被用于船舶隔热。打响十月革命第一炮的“阿芙乐尔”号巡洋舰,采用的隔热材料就是橡木。但木质材料在温暖潮湿的环境中容易腐烂,需要舰员经常保养,且温度过高后会变形甚至被引燃,因而随着技术发展逐渐被淘汰。

20世纪50年代以后,合成有机隔热材料开始逐步应用于船舶的隔热保温。如酚醛泡沫、聚氨酯泡沫、聚酰亚胺泡沫等。然而,有机隔热材料由于耐高温性、防火等级较低,仅适用于保冷或者工作温度较低的场景。很快,以石棉为代表的耐高温无机隔热材料开始登上舞台,并在很长一段时间内饰演主角。

石棉是天然纤维状硅酸盐矿物的泛称,其单元纤维抗拉强度高、弹性好,耐高温和化学腐蚀,具有很强的吸附性,且价格低廉,性价比高。但随着时间推移,石棉的缺点也逐渐暴露,其纤维组

织非常脆弱,随着剧烈震动和敲击会形成特别细小的粉尘,在密闭舱室内非常容易引发石棉肺、肺癌等病症。自2011年起,国际海事组织开始禁止使用石棉材料造船,石棉也因此逐渐退出船舶隔热材料的主流行列。

硅酸铝纤维是目前最常用、评价较好的船舶隔热材料。它以高岭土、耐火黏土或石英砂为原料,经电炉高温熔融后离心制得,热导率和热容量低、热稳定性和抗热震性好、耐压强度和韧性强。其耐火温度通常高于900℃,制品主要用于船舶耐火分隔和高温管道隔热。

人是战争制胜的决定性因素。现代海军舰船的制造,更加遵循以人为本的原则,维护好官兵的身体健康,才能最大程度地发挥舰船的战斗力和战斗力。随着科技发展,隔热材料早已形成了一个品类繁多的材料种类。除去对更好隔热性能的追求,人的使用感受正在成为选择和和使用隔热材料的重要因素。舰船制造禁用石棉,体现着时代的进步,也为舰船制

造“升级”提供了新机遇。

## 与时俱进,潜能巨大

1992年,国际材料工程大会提出了超级隔热材料的概念,即在预定条件下,材料热导率低于无对流空气。要实现超级隔热,必须降低材料内部空气的导热。其实实现途径主要有两种:一是将材料内部抽成真空,减少材料内部的气体分子;二是使多孔材料内部孔径尺度与自由空间中空气分子的平均自由程相当,减少气体分子之间的碰撞,降低气体导热。

随着科技的加速发展,超级隔热材料这一概念已经逐渐应用于现实。轻质、憎水、高效、环保的新型复合纳米孔材料,以及具有纳米结构的气凝胶材料,都被研发并应用于船舶隔热。这两类材料的共同特点是,其内部孔结构维持在纳米尺度,小于空气分子的平均自由程,因而具有低于“无对流空气”的热导率。

气凝胶材料曾被国际著名期刊《科学》列为世界十大新材料之一,保持了最低热导率、最低密度等数十项世界纪录。目前,气凝胶已被用作美国鱼鹰直升机红外系统的防护构件、英国美洲豹战斗机改型的驾驶舱隔热壁等,包括中国在内的各国航天探测设备中也有广泛应用。

随着现代物理研究的进步,隔热材料的前沿概念也有了进一步发展。比如近年来比较火的热超材料,其工作原理为,使热流规避某一区域却不转向,进而让该区域内的物体实现热隐身。将其运用到隔热领域,则需要研究能否通过设计材料的几何结构来实现热流反转,从而开辟一片绝对恒温区。

无论新型超级隔热材料,还是概念中的热超材料,都可以用更轻的重量、更小包敷厚度达到与传统隔热材料等效的隔热效果。这一特点在舰船防护系统中具有举足轻重的优势。新型隔热材料运用后,除了可以显著降低舱室环境温度,还可以有效减重,节省宝贵的舱室战斗空间,降低热损耗,节约燃料,提高续航力;同时也能减少管路及设备腐蚀,改善舰员工作环境,降低安装及维修费用;用于隔热的热超材料,还能够显著降低舰船的红外目标可探测性,甚至实现舰船热隐身,具有巨大的经济、科技和军事价值。

纵观材料科技发展历程,性能的精益求精促使研究视野由宏观世界发展到微观尺度,甚至细化到分子视角。这更加需要研究人员勇于探索,在科技无人区不断取得新突破。

## 科技云

科技连着你我他

■ 本期观察:宋美洋

## 自带“钻头”的种子载体机器人

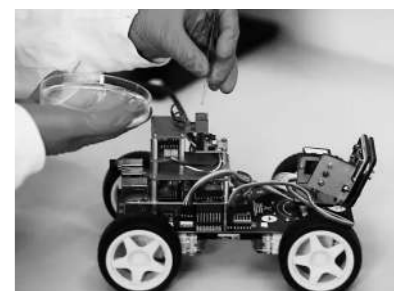


前不久,《自然》杂志发表文章称,浙江大学及相关研究团队设计了一种基于橡胶吸湿性的机器人。该机器人能够作为种子载体用于空中播种,在平坦土地上的种子钻孔成功率达80%。

自然界中蜗牛幼苗的种子有着一个长而弯曲的尾部,遇水后会展开,并旋转进入土中。研究团队受此启发,对人造种子载体机器人的材料和结构进行设计,最终开发出了这款带有三条尾巴并自带“钻头”的种子载体机器人。它能更有效地推动自身的直立从而提升钻孔成功率。另外,该种子载体机器人也可以通过改变种子身体大小、定制双螺旋结构以实现不同场景的需求。

该款机器人适用于在人类难以进入的地区进行空中播种,将为农业播种、植被种植、环境检测、生态修复提供新手段。

## 可识别气味的“有嗅觉”机器人

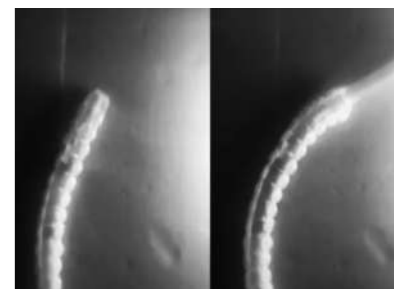


近日,以色列特拉维夫大学研究人员宣布,他们研发出一款有嗅觉的机器人,相关成果发表在《生物传感器和生物电子学》杂志上。

蝗虫的触角拥有超过5万个嗅觉受体神经元,可以将气味分子转化为电信号,以此来分辨气味。受此启发,研究人员将蝗虫的触角连接到一个电子系统上,发明出了一种用于检测和识别气味的生物传感器。而后,该团队通过机器学习的方法构建了一个“气味数据库”,收集了包括柠檬、杏仁糖等8种气味的信息。研究显示,这个机器人可以识别这8种不同的气味,并拥有超乎寻常的灵敏度。

研究人员认为,这种机器人可以帮助人类识别爆炸物、药物、疾病等,更好地保护人类生命健康与安全。

## 能感知热源的“藤蔓”机器人



近期,据外媒消息,加州大学研究团队设计了一款藤蔓机器人。该机器人模仿了藤蔓和树根利用局部感应向水源生长的方式,能够在没有传感器、电池或电机的情况下,将自己转向热源并将水或挥发性气体输送到热源扑灭火灾。

这款机器人主体由两个长而薄的聚醚醚酮塑料管制成,里面装满了沸点为34℃的制冷剂液体。该机器人还有一个低密度聚乙烯“脊柱”,可将自身分为两段且彼此隔离。当机器人一侧暴露在热量下时,里面的液体会变暖。温度一旦达到沸点,该机器人受热的一侧会膨胀并释放出制冷剂液体,从而达到灭火的目的。

据研究人员介绍,该款机器人成本较低,能够帮助消防员在高温环境下灭火,适合在火灾现场大范围应用。

## 生成式AI:人工智能新浪潮

■ 张媛 张伟 申凯元

同呢?

首先是“无中生有”。传统模式中,人工智能给出的答复通常不会超出事先存入的数据库范围。生成式AI虽然和传统人工智能一样需要提前进行机器学习,然而它在收到指令信息后,给出的答复内容却并非简单搜索复制数据库数据,而是进行了创造性内容生成。新生成的内容很多是训练数据中从未出现过的。比如有些生成式AI模型在“看”了几千张人脸后,可以画出一张它自己并没有“看”到过的人脸。从这个角度看,广义的AIGC可以看成是像人一样具备创造能力的AI技术。

其次是“自我训练”。AIGC是在基础生成算法的全面支撑下发展的。比如为人熟知的生成式对抗网络模型、Transformer、扩散模型等,这些算法使得机器可以在海量数据上进行无监督训练,也就是“自己训自己”,大大缩短了训练时间。在此之前,模型机器训练就像一个孩子成长,标注数据就像是

他的老师,通过人工的方式将一个个数据“打上标签”,再“喂”给机器海量的标注数据,这个过程需要耗费大量人力且低效。生成式训练则不同,它降低了对标注数据的需求。人们可以将所有未标注数据一股脑“喂”给它,让AI自己去寻找和发现规律,进而分类、优选、积累和生成答案。在此基础上,人类只需要在给定任务的小规模标注数据上进行微调,就能快速提升模型完成任务的能力。

最后是“走向通用”。AGI(Artificial General Intelligence)即通用人工智能是人工智能的巅峰理想。它可以简单理解为用一个模型处理任何事,而非只能用作单一用途,比如识别人脸或规划路径。AIGC正逐渐靠近这个理想,其背后的技术支撑为:第一,近些年,更多参数“大模型”正逐步取代传统“小模型”,且随着未来算力成本降低,模型会进一步增大,也越来越复杂;第二,随着生成式对抗网络(GAN)以及合成数据等技术和算法的发展,人类一切文字、



人工智能聊天机器人ChatGPT网站页面。新华社图片

图片,以及视频信息都可以被用来训练生成式AI,机器训练已经在一定程度上减轻了对数据的依赖;第三,预训练模型显著提升了AIGC的通用性水平,同一个AIGC模型可以像“代工厂”和“流水线”一样,高质量地完成多种多样的内容生产任务;第四,多模态技术使得语言文字、图像、音视频等不同类型数据深度融合,逐渐打破了自然语言处理和计算机视觉“泾渭分明”的界限,这推动了产出的内容多样性,进一步增强了AIGC模型的通用化能力。

未来,生成式AI对现有的军事智能系统也将是一次全面的增强。如果将

不同领域的系统整合起来,必将带来更大的浪潮。试想,熟知所有军兵种装备,又对各种战法和作战思想有所涉猎的“参谋们”,所制订的联合作战计划是怎样的?战争期间,网上如果有一群机器每天散播大量信息并自动左右附和,同时上传假战地照片,将对作战造成怎样的影响?

任何技术都是一把双刃剑。生成式AI带给人类社会的,必将是彩虹和风雨共生,便捷与风险同在,机遇与挑战并存。这也就需要我们既“仰望星空”寻梦,又“脚踏实地”前行,勇敢接受新科技浪潮的洗礼。

## AI与军事

2022年DALL-E2引爆了AI作画领域,人们只要输入自己想要的风格和风格,机器就可以迅速画出一幅画,甚至对一些名画风格模仿之精准达到了难辨真假的程度;近期人工智能程序ChatGPT又因其“博学多才”“有问必答”风靡世界,大家饶有兴趣地与机器人谈古论今吟诗作赋。无论是“AI画师”DALL-E2,还是“万能陪聊”对话机器人ChatGPT,他们都是生成式AI的代表。生成式AI以其强大的内容生成能力和接近人类水平的“聪明”程度,给人们带来了巨大的震撼。

生成式AI即AIGC(Artificially Generated Content),是一种专注于生成或创建新内容的人工智能。它利用现有的文本、音频或图像等大型数据集进行机器学习,然后生成全新内容。那么AIGC与过往的人工智能有什么不