



视觉中国供图

尽管坚固耐久型斥液表面的应用前景很美好,但将其大规模推广前,还需解决一些问题。解决耐久性评价方法的合理选择与统一化问题、优化提高耐久性的策略、开发优秀的斥液表面加工方法,对推动坚固耐久型斥液表面的工业化应用具有重要意义。

陈发泽
天津大学机械学院讲师

不仅具备防水疏油“超能力” 新型斥液表面性能再次升级

◎本报记者 陈曦

荷叶“出淤泥而不染”;猪笼草将接触它的昆虫“滑”进笼内;弹尾虫能够漂浮在水或油表面;鱼类在水中时油类无法黏附在其身体表面……这些动植物之所以拥有“超能力”,是因为具有斥液表面。

斥液表面在防水、自清洁、抗结冰、防腐蚀、流体操控、生物医学等方面展现出巨大的应用前

景,受到了仿生制造、微流控等领域学者的广泛关注。然而,大多数斥液表面的耐久性较差,在现实环境中容易被破坏而失去斥液性,大大限制了其实际应用。

科研人员针对斥液表面的耐久性这一问题开展了大量研究工作,并取得了多项突破性成果。近日,天津大学机械学院讲师陈发泽在国际期刊《化学学会评论》上发表综述,总结了近年来坚固耐久型斥液表面的研究现状,并被遴选为当期封面论文。

借鉴生物,揭秘斥液表面的“超能力”

荷叶具有优异的自清洁性能,是因为其表面具有超疏水性,水滴在荷叶表面呈球状,容易滚落并带走附着的尘土;猪笼草的瓶状捕虫笼内壁是典型的液体灌注超滑表面;弹尾虫能够在潮湿环境中生存,得益于其表皮的超疏油性;鱼类因为鱼鳞表面牢牢吸附水层,使油类无法和表面直接接触,进而表现出水下超疏油性……虽然表现各异,但具有超疏水性、超疏油性等性能的表面都属于斥液表面。

“斥液表面指难以被液体润湿且液滴在其上容易滚落或滑落表面,主要包括超疏水表面、超疏油表面和液体灌注的超滑表面等。”陈发泽说。

近年来,研究人员受这些生物启发,对斥液表面进行了广泛深入的研究,极大地丰富了斥液表面在仿生制造、微纳加工、表面工程、界面化学等领域的发展。

“斥液表面的微纳粗糙结构和特殊化学成分,使其具有斥液性。”陈发泽解释,空气中的超疏水和超疏油表面具有微米尺度的粗糙结构

和低表面能的化学成分等特点。该类表面和测试液体接触时会在固-液之间形成空气层(也被称为空气垫),阻碍液体渗入粗糙结构,且液-气接触面积远大于固-液接触面积,使液体无法润湿该类表面,故表现出超疏水性或超疏油性。对于水下超疏油表面和液体灌注的超滑表面而言,其微纳粗糙结构能将水或灌注的润滑液体牢牢锁住,在其表面形成稳定的液体层。在与液体层不互溶的测试液体与这种表面接触时,该液体层能有效阻碍表面和测试液体之间的直接接触,使其具有水下超疏油性或超滑特性。

因此,加工斥液表面的关键在于构建合适的微纳粗糙结构,调配合适的特殊化学成分,以保证该类表面和测试液体接触时,两者之间存在空气层或不互溶液体层。

正是得益于优异的斥液性和极小的固-液接触面积,斥液表面在防水、自清洁、流体减阻、抗结冰、防腐蚀、流体操控、油水分离、抗生物淤积、强化传热、高灵敏度化学及医学检测、流体能量转换发电等场景中具有较大的应用前景。

补足短板,提高斥液表面的坚固耐久性

虽然近年来有关斥液表面的研究取得了较大进展,但大多数斥液表面强度较低、耐久性差,在现实环境中容易被破坏而失去斥液性。坚固

耐久性缺失大大限制了斥液表面的大规模推广和工业化应用。

陈发泽表示,以防水雨伞为例,仿荷叶超疏水

表面已被应用于防水雨伞的制作,但高速雨滴撞击、折叠弯曲、摩擦等实际应用中较易遇到的场景均可能让超疏水表面失效,影响了防水雨伞的性能与耐用性,导致该类防水雨伞难以大规模普及。以海工装备为例,超疏水表面或超滑表面能使船体减小阻力,防生物淤积,但上述表面浸泡在海水中易被腐蚀和渗透,斥液性无法长久维持,因而较难在海工装备领域得到广泛应用。因此,提高斥液表面的耐久性,解决一系列限制斥液表面应用的问题,对推动其实际应用具有十分重要的意义。

“斥液表面的耐久性主要包括热力学耐久性、机械耐久性和化学耐久性三个方面。”陈发泽表示。热力学耐久性指斥液表面的空气层或液体层在扩散、蒸发、冷凝等热力学过程中的稳定性,一般可以通过增加水击压力、浸泡、蒸汽冷凝、液滴蒸发、重力引流等方法来评价;机械耐久性指斥液表面在外力作用下维持其润湿性的能力,一般可以通过切向磨损、动态撞击、胶带剥离、基底变形等方法来测试;化学耐久性指斥液表面在各种化学因素作用下的稳定性,一般可以通过酸碱盐腐蚀、紫外光照射、活性粒子处理、有机溶剂浸泡、高温处理等方法来测试。

前景光明,大规模推广仍需解决多重问题

随着坚固耐久型斥液表面相关技术的持续发展,我们有望利用动植物的“超能力”,将斥液表面应用于日常生活、机械、能源、化工、生物、材料等领域。例如防水自清洁织物和建筑物,减阻耐腐蚀水下航行器和流体运输管道,抗结冰易除冰飞机机翼,自清洁太阳能电池盖板,高灵敏度阵列传感器等。

“尽管坚固耐久型斥液表面的前景很美好,但将其大规模推广前,还需解决一些问题。”陈发泽认为。

首先,要解决坚固耐久型斥液表面的耐久性评价方法的合理选择与统一化这一问题。该问题的解决将对推动坚固耐久型斥液表面领域的规范化发展起到重要作用。“坚固耐久型斥液表面耐久性的评价方法应根据实际应用场景作出合理选择。例如,超疏水建筑物房顶应首先考虑其在雨滴冲击、酸雨腐蚀、紫外光照射等方面的

近年来,研究人员基于材料表面结构和成分的调控,提出了提高斥液表面耐久性的四大类策略。

第一类是通过优化基体材料或表面化学成分,选择耐久性好的基体材料或表面修饰剂,进而有效改善斥液表面的机械耐久性和化学耐久性。

第二类是设计特殊的微纳结构。如优化微结构的几何形状和尺寸参数,以提高微结构的机械强度,改善斥液表面的机械耐久性;设计凹角结构或纳米结构,以提高斥液表面空气层或液体层的稳定性,提高其热力学稳定性;通过自相似微纳结构,使斥液表面在发生机械磨损或化学腐蚀后暴露出和原表面相似的粗糙结构和化学成分,从而维持其斥液性;在微纳复合结构中,让机械强度相对较高的微米结构起到类似“铠甲”的作用,保护脆弱的纳米结构,从而改善斥液表面的机械耐久性。

第三类是通过胶层辅助等方法,增强斥液涂层和基底之间的连接强度,从而显著提高该类斥液表面的机械耐久性和化学耐久性。

第四类是制备具有自愈性的斥液表面,使斥液表面在失去斥液性后可自行恢复,避免斥液表面的永久失效。

耐久性。”陈发泽解释道。

其次,要优化提高坚固耐久型斥液表面耐久性的策略。现有策略对这类表面耐久性的改善有限,并且大多只针对热力学耐久性、机械耐久性或化学耐久性的某一个方面。如果能巧妙地优化现有方法,发挥现有策略的协同作用,将有望进一步提高斥液表面耐久性,推动坚固耐久型斥液表面的实际应用。

最后,要开发出坚固耐久型斥液表面低成本、绿色、大面积的优秀加工方法。目前的大量坚固耐久型斥液表面的加工方法大多存在流程复杂、成本高、对环境污染严重等问题。这些问题限制了坚固耐久型斥液表面的大面积加工和实际应用。

“开发出简单、低成本、绿色、可规模化生产的斥液表面加工方法,对推动坚固耐久型斥液表面的工业化应用具有重要意义。”陈发泽表示。

1.2亿年前的反鸟类头骨与恐龙类似 今鸟类逃过生物大灭绝,或与头骨结构有关

◎本报记者 陆成宽

鸟类是目前世界上多样性最丰富的陆生脊椎动物。鸟类的演化之所以如此成功,头骨具有独特的可动性是其中的一个关键因素。

近日,通过高精度三维扫描和复原,我国科研人员发现,距今1.2亿年的中生代反鸟类头骨保留了大量主龙类的原始特征,呈现出模块化的演化特点。相关研究成果在线发表于自然指数期刊《eLife》。

“这说明,现存鸟类头骨的可动性在反鸟类中没有出现。”12月7日,论文第一作者兼通讯作者、中科院古脊椎所研究员王敏告诉科技日报记者。

两个通道,让现代鸟类头骨可以灵活移动

反鸟类,指的是口内残存牙齿的一类鸟。反鸟类肩胛骨和鸟喙骨的连接方式与现代鸟类相反,因此被命名为反鸟类。反鸟类现已全部灭绝。

在现存脊椎动物中,鸟类和部分有鳞类的头骨演化出了特有的功能:头骨的部分骨骼能发生

相互独立的运动。古生物学家将这种特有的功能称为头骨可动性。“这一功能特征使得鸟喙能够完成大量精细的动作,就像人的手一样。”王敏指出。

鸟类头骨可动性的发生主要依赖于两个通道:由方骨—颞骨—方颞骨—上颌关联而成的头骨“侧面通道”,和由方骨—翼骨—颞骨—犁骨在腭面构成的“腭面通路”。“简单地说,随着方骨的前、后转动,这两个通道上的骨骼通过可动关节发生位移,就能像传送带一样完成嘴巴的张开和闭合。”王敏解释道。

长期以来,鸟类头骨独特的头骨可动性是如何演化而来这一问题备受学界关注。“然而,受化石保存和研究手段的限制,鸟类头骨主要区域的形态功能,特别是上述通路在鸟类演化历史中是如何变化的这一问题,我们并不清楚。”王敏坦言。

镶嵌演化,反鸟类颞区、腭区特征相对原始

此次研究中,研究人员使用了高精度CT扫

描技术对中生代反鸟类雅尾鸚鵡的头骨进行了三维复原,重建了包含几乎所有头骨骨骼的立体形态,包括构成头骨可动性通道的骨骼。

王敏
中科院古脊椎所研究员

描技术对中生代反鸟类雅尾鸚鵡的头骨进行了三维复原,重建了包含几乎所有头骨骨骼的立体形态,包括构成头骨可动性通道的骨骼。

研究结果显示,中生代反鸟类雅尾鸚鵡保留了典型的主龙类双颞弓的颞区结构,“侧面通道”并未形成;同时,雅尾鸚鵡的腭面构造与兽脚类恐龙的腭面构造相差无几,“腭面通道”也未出现。

“相较于颞区和腭区的构造,雅尾鸚鵡的其他头骨形态都呈现出典型的、进步的特征。这说明,头骨不同部位的演化速度是不一致的,颞区和腭区在演化上相对保守。像雅尾鸚鵡这样原始和进步的形态特征同时出现的演化,就是典型的镶嵌演化。”王敏说。

王敏表示,以雅尾鸚鵡为代表的反鸟类是中生代鸟类中演化最成功的一个类群,但是它们的头骨却不具备头骨可动性,并不是可动性头骨。这说明,在鸟类演化历程上,可动性头骨这一形态功能特征和多样性演化之间的相互促进关系,发生在反鸟类从鸟类的主干分离之后。

“反鸟类虽然曾经在全球广泛分布,但他们都在6600万年前的白垩纪末期大灭绝事件中消失了。具有可动性头骨的今鸟型类则在大灭绝中存活了下来,并在新生代快速演化并形成了如今的现代鸟类。”王敏表示,“这说明,鸟类头骨的头骨可动性增强了鸟类个体在面临极端选择压力时的适应性。”

新知

最新研究发现

细胞也会“孟母三迁”

科技日报讯(记者王春)细胞是组成人体结构和功能的基本单元,细胞间的相互作用对于人体的生长发育和人体器官功能的维持起到了至关重要的作用。

如何在复杂的体内环境中精准、直观地揭示细胞间的相互作用,是科学家们致力解决的技术难题。

近日,中国科学院分子细胞科学卓越创新中心(生物化学与细胞生物学研究所)研究员周斌课题组基于合成生物学结合遗传学技术,开发了可以捕捉体内细胞间相互作用并能永久追踪邻近细胞的创新研究工具——邻近细胞遗传学技术,为发育生物学、肿瘤学等众多领域的研究提供了强大技术支撑。该成果近日发表于国际学术期刊《科学》。

“孟母三迁”的故事家喻户晓。人们在社会活动中不断受到周围环境的影响,而细胞也是如此。人体内细胞间的相互作用过程高度动态,用研究细胞相互作用的传统方法难以捕获并研究。周斌带领团队以小鼠作为模型,历经10年开发了邻近细胞遗传学技术,实现了对多种组织中相邻细胞的精准定位和永久示踪。

此次研究表明,体内细胞间的空间位置是动态变化的,细胞也会“搬家”,选择新的“邻居”和新的“生活环境”。周斌课题组利用新开发的邻近细胞遗传学技术,发现心脏中的内皮细胞在早期胚胎发育过程中就会迁移到肝脏。在肝脏组织的微环境影响下,这些心脏中的内皮细胞会转变成肝脏中特有的肝血管内皮细胞。由此可见,细胞间的相互作用过程及细胞所处的环境对细胞的功能转变起到了相当重要的作用。

细胞间的相互作用过程等密切接触还与各种疾病发生、发展紧密相关。以肿瘤这一疾病为例,在肿瘤发生过程中,周围组织中的血管会迁移至肿瘤。受到肿瘤环境影响,这些血管与一般环境下的正常血管相比,具有显著的差异。此次研究中,周斌课题组研究人员利用邻近细胞遗传学技术,直观展现了不同阶段肿瘤细胞和血管内皮细胞间的动态相互作用过程,并通过长时程追踪,首次发现肿瘤血管内皮细胞会迁移到肿瘤外包膜。这些迁移到肿瘤外包膜的肿瘤血管内皮细胞仍然具有典型的转移和浸润、促使血管生成以及炎症反应等相关特征。这说明在细胞进入新环境后,最初的环境对细胞产生的影响可能仍然存在,并未立即消失。

此次研究通过全新的视角和技术手段,直观地展现了体内细胞间的动态相互作用过程。此次研究中运用的新技术,突破了传统示踪技术的局限,实现了邻近细胞的遗传操作,为发育生物学、干细胞生物学等领域的研究提供了新的研究思路与技术支撑。

我国科学家首次合成一种超冷三原子分子气体

科技日报讯(记者吴长锋)近日,记者从中国科学技术大学了解到,该校潘建伟、赵博等利用相干合成方法,在国际上首次制备了高相空间密度的超冷三原子分子系综,向基于超冷分子的超冷量子化学和量子模拟研究迈出了重要一步。该研究成果发表于国际学术期刊《科学》。

利用超冷分子模拟化学反应过程,可以对复杂系统进行精确、全面研究,因此在科研和新材料设计中具有广泛应用前景。但由于分子内部的振转能级非常复杂等原因,制备超冷分子非常困难。

本世纪初,国际学界制备钾双原子分子取得成功。随后,科学界开始研究如何制备超冷三原子分子。2022年初,中国科学技术大学、中国科学院化学研究所联合研究组在采用射频合成技术,在钠钾基态分子和钾原子的费希巴赫共振附近,实现了超冷三原子分子的射频合成。但由于三原子分子寿命短、合成效率低,只能通过双原子分子或原子的损失来获得合成三原子分子的间接证据,直接探测三原子分子并制备超冷三原子分子系综仍然是一个实验上的巨大挑战。

此次研究中,中科大团队首次成功利用磁缔合技术,制备了高相空间密度的超冷三原子分子系综。研究团队利用射频解离谱将三原子分子解离成自由的钠钾分子和原子,获得了三原子分子的解离谱,从而实现了三原子分子的直接探测。实验结果显示,团队所获得的三原子分子气的相空间密度比其他方法提高了约10个量级。超冷三原子分子系综的制备为模拟量子力学下三体问题铺平了道路,所获得的高相空间密度也使得制备三原子分子的玻色-爱因斯坦凝聚成为可能。

《科学》杂志审稿人认为,该研究是超冷分子研究领域的一个里程碑,为超冷化学和量子模拟研究开辟了新方向。

对819个地震数据分析揭示震后滑坡运动特征

科技日报讯(记者史俊斌)近日,记者从长安大学获悉,该校李振洪教授团队联合英国纽卡斯尔大学和意大利米兰比可卡大学研究团队,对地震加速滑坡这一领域开展了深入研究,首次实现了地震加速滑坡的广域大范围探测,并揭示了滑坡对地震的长期反应特征。相关科研成果近日发表于国际学术期刊《自然·通讯》。

山体滑坡作为全球常见的自然地质灾害,通常由地震、火山活动、剧烈降雨或人类活动等原因所触发。地震触发的山体滑坡,往往会导致尤为严重的人员伤亡和财产损失。在地震影响下,地震加速滑坡受地震的长期效应影响,在震后很长一段时间都可能维持加速运动,对地面或基础设施产生持续破坏。

此次研究中,李振洪教授团队围绕2014年—2020年间共6年的哨兵-1卫星雷达观测数据,采用了干涉合成孔径雷达(InSAR)时间序列技术,系统探测了2016年—2017年间意大利中部地震序列所诱发的地震加速滑坡。李振洪教授团队对探测到的819个地震加速滑坡进行了空间和统计分析,发现地震加速运动导致的滑坡不依赖强烈的地面震动或上层土盘效应。李振洪教授团队还发现,滑坡大小是地震加速滑坡的重要调节因素。相对于规模较小的滑坡来说,规模较大的滑坡更容易发生震后加速。李振洪教授团队还揭示了地震加速滑坡的三个震后速度演化阶段——加速、稳定和恢复阶段。三个震后速度演化阶段所代表的从激活走向恢复的阶段性演变,可能是由地震能量的逐渐衰减或地震所产生的微裂缝的闭合所控制的。

该项目的合作者——中国科学院院士、长安大学教授彭建兵指出,如果将此次研究中所运用到技术手段推广应用到汶川地震等我国强震发生后的滑坡灾害管理中,将有利于及时掌握山体滑坡的动态,对滑坡灾害长期评估和管理,进而减少人员伤亡和财产损失具有重要的意义。