



视觉中国供图

目前,汽车轻量化主要通过材料轻量化、结构轻量化、工艺轻量化等途径实现,三者间相互作用相互影响。相较于结构和工艺的轻量化,材料轻量化带来的效果更为立竿见影。然而取得材料轻量化的突破并非易事,要兼顾重量轻、强度高,同时还要控制成本。

## 发展轻量化材料,助汽车减重增效

◎本报记者 陈曦

“春季不减肥,夏季徒伤悲”,最近一些人又开始了她们的“减肥大计”。对于很多爱美的女性而言减肥是一辈子的“事业”。但你或许不知道,和这些爱美女性一样,汽车“瘦身”的脚步也从未停歇。通过使用一些轻量化新材料,在保证汽车的强度和安全性性能的前提下,尽可能地降低汽车的整备质量,从而提高其动力性,减少燃料消耗,降低排气污染,已经成为世界汽车发展的潮流。

日前在安徽芜湖举行的“2023国际汽车新材料大会”上,专家聚焦汽车材料轻量化等问题进行了热烈讨论。

### 轻量化材料需兼顾重量、性能、成本

安全、低碳和环保已成为21世纪全球汽车行业发展的主流趋势,我国“双碳”政策的出台加速了汽车低碳化发展的进程。

“汽车整备质量的降低能够有效减少能耗,因此汽车轻量化在我国也受到了重视与发展。”中国汽车技术研究中心有限公司汽车工程研究院轻量化领域首席专家孟宪明博士介绍,特别是新能源汽车是我国汽车工业发展的重中之重。搭载了“三电”系统和大量智能化设备的新能源汽车,相较于传统汽车对轻量化具有更为迫切且现实的需求。此外,在“里程焦虑”和“降本诉求”下,新能源汽车也对整车轻量化提出了更高要求。

目前,汽车轻量化主要通过材料轻量化、结构轻量化、工艺轻量化等途径实现,三者间相互作用相互影响。“相较于结构和工艺的轻量化,材料轻量化带来的效果更为立竿见影,并且能够极大地带动轻量化工艺及结构的发展。”孟宪明认为。

然而取得材料轻量化的突破并非易事,要兼顾重量轻、强度高,同时还要控制成本。在“严要求”下,能进入“决赛圈”的汽车轻量化材料依据材料类型可分为轻量化金属材料与轻量化非金属材料两大类。

轻量化金属材料以超高强度和轻合金材料为主。其中超高强度钢材料能够在保证零部件及整车结构强度的前提下,降低零部件厚度,达到汽车轻量化效果,被广泛应用于车身主承力件例如A/B/C立柱、纵梁以及门槛等关键承力部位。“但想要扩大超高强度钢材料的应用场景还需在回弹控制、氢致延迟断裂特性等方面进一步攻关,以提高其应用性能和场景。”孟宪明说。

汽车轻合金材料主要以铝合金和镁合金为主。铝合

金具有强度高,易成形加工,且具有良好的耐腐蚀性和可回收性,是汽车制造业性价比最高的轻量化材料之一,广泛应用于发动机制造、轮毂、副车架以及次承力结构件。不过缺点是成型过程中存在较高的废品率,并且铝合金原材料价格较高,连接工艺门槛较高。镁合金作为第二大车用轻合金材料,比铝合金具有更低的密度和更优异的轻量化表现,目前主要应用于轮毂轮辋、仪表板等部位,但其进一步的大范围应用仍需解决腐蚀耐候问题。

轻量化非金属材料主要以高性能塑料和复合材料为主,在汽车上主要分布在内饰件及部分外饰覆盖件。

高性能塑料主要以PP、PA6、PA66、PU等工程塑料和共混塑料为主,广泛应用在中控台、仪表盘以及门护板等内饰区域,这类材料由于质量占比较少,因此轻量化空间较小,更多的是通过改性设计提升其触感、VOC、抗菌等功能特性。

车用复合材料目前主要以玻纤和碳纤维复合材料为主,在涉及行人保护的车身覆盖件以及尾门等部位可以代替原有钢质覆盖件。

“碳纤维复合材料的比强度和比模量高于传统金属材料3—5倍,是最理想的轻量化材料之一,在车身结构加强及次承力零件轻量化领域有望得到广泛应用。”孟宪明介绍,但由于碳纤维原丝成本高昂,成型工艺不成熟,目前依旧难以在汽车行业中大规模应用。

### 发展过程中机遇与挑战并存

为了推动汽车轻量化材料的发展,我国也相继出台了各种相关措施予以支持。

2020年国务院办公厅印发的《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》中提到,要加强新材料技术的布局,大力支持碳化硅功率器件、轻量化材料、低成本稀土永磁材料等研发,以支持新能源汽车的发展;2021年6月工信部发布的《汽车产品生产者责任延伸试点实施方案》强调,要加强绿色产品研发,增加低油耗、低排放及新能源汽车生产比例,加快推进整车及零部件轻量化技术研究与推广。

除了国家层面出台的政策外,全国各省市也相继出台了相关政策促进汽车轻量化材料发展。

2022年山西省工业和信息化厅发布了《山西省有色金属企业改造提升2022年行动计划》,2021年黑龙江省人民政府发布了《黑龙江省中长期科学和技术发展规划(2021—2035年)》,江苏省工业和信息化厅发布了《江苏省“十三五”汽车产业发展规划》,天津市工业和信息化局发布了《天津市制造业高质量发展“十四五”规划》,均提

出了要加快发展轻量化材料。

在各项政策的加持下,我国在汽车轻量化材料方面取得了很大的进步,特别是在新能源汽车赛道,我国和欧美国家站在了同一起跑线上。

“不过我国汽车轻量化材料在生产制造工艺技术及其装备等方面,仍与国际先进水平有一定的差距。”孟宪明介绍,目前高端轻量化材料生产技术被美国、欧盟、日本等掌控。以纤维复合材料为例,我国仅中复神鹰、江苏恒神等企业能生产较高水平的碳纤维,但与日本东丽、帝人以及美国赫氏等国际企业相比,产品性能差距明显。

我国轻量化材料应用与评价体系目前也不够完善。轻量化是一个多学科多技术的交叉领域,想要形成完善的标准、评价体系用来指导轻量化过程,是一项具有巨大挑战的工作,目前在全球范围内均未形成成熟体系,我国在该体系建设方面相较于汽车工业发达国家稍有落后。

此外,我国轻量化材料产业链成熟度也有不足。一方面,由于技术不成熟,导致轻量化新材料研发、制造和加工成本高;另一方面,产业应用周期长,人员、设备等配套不完善,进一步限制了轻量化新材料的应用。

### 以结构、工艺创新共同推进产业化应用

“双碳”目标的确定,给新能源和智能网联汽车发展带来新的机遇,汽车产品竞争进入新阶段,整车轻量化是必争之地,未来将实现材料、结构、工艺、性能四方面协同发展。

“新材料研发、新结构设计、低碳短流程新工艺实现、性能评价以及表征技术的共同进步,才能将合适的材料应用于整车合适的位置,用合适的工艺来实现其结构设计性能,共同推进汽车轻量化材料大范围产业化应用。”孟宪明说。

与此同时,加快生产制造设备国产化与提升产品质量稳定性,将有力促进汽车轻量化材料的快速发展。孟宪明介绍,中国汽车技术研究中心有限公司在汽车轻量化领域围绕一体压铸、一体冲压成型、复材RTM成型以及多材料混合车身等先进技术开展了研究与创新,并形成了多项成果,将持续为我国汽车行业轻量化技术进步提供助力。

此外,随着数字时代的到来,数据库建设与数据共享生态在汽车轻量化材料创新方面的重要性日益凸显。孟宪明表示:“数据库作为新材料研发、结构设计、制造工艺开发、生产过程管控等汽车产品全生命周期中最重要的支撑,是现代汽车技术发展的基石之一,建立打通结构设计—性能开发—工艺实现—生产制造用多材料混合车身数据库,形成全行业数据库共享生态,能够有效提升我国汽车产品质量,加快汽车产业发展。”

## 寻材问料

### “细菌造”纳米纸 经得起极端环境考验

◎本报记者 吴长锋

4月18日,科技日报记者从中国科学技术大学获悉,该校俞书宏院士、管庆方副研究员等科研人员,利用合成云母和细菌纤维素,合成了一种具有优异机械和电绝缘性能,对极端条件具有良好耐受性的纳米纸张材料,该材料表现出优异的交替高温和低温耐受性、抗紫外线和原子氧特性。这项研究成果日前发表在《先进材料》上。

这种纳米纸张材料,具有较高的抗拉强度、优异的可折叠性、抗弯曲疲劳性、较高的电击穿强度。与纤维素纳米材料相比,这种纳米纸张材料的电晕阻力寿命显著提高,甚至超过了商用聚酰亚胺薄膜。

如果把地球上的功能材料应用于火星和月球等极端环境,其在应用过程中的可靠性取决于其对极端环境的耐受性。通常,在这些极端环境中,一些不利因素包括紫外线、原子氧和高温交替等,容易导致材料的物理化学性质发生变化,更有甚者会导致重要设备失效。

为了解决这些挑战,人们使用和开发了各种基于金属、陶瓷和聚合物的材料。其中,金属和陶瓷具有优异的力学性能和对极端环境的容忍度。但金属材料同陶瓷材料相比密度高;而陶瓷材料也存在因太脆而不能制备成特定形状的缺点;聚合物虽然具备轻质和可塑性的优点,但大多数聚合物基复合材料存在着高温软化性能差、低温脆性、耐冲击性能差等问题。

研究人员介绍,他们选用的细菌纤维素,具有高纯度、高结晶度、高弹性模量和天然三维网络结构。研究人员先将细菌纤维素的菌株木马孢杆菌引入固体培养基表面,为细菌纤维素的生长提供稳定的培养基—空气界面。在随后的细菌纤维素生长过程中,他们通过气溶胶辅助给料系统,为复合水凝胶的形成提供了条件。最后,通过热压,他们将得到的复合水凝胶组装成致密的云母纳米堆,得到了纳米纸张材料,其机械和介电性能优于大多数商业云母纸。

为了验证该材料对极高温和极低温交替环境的耐受性,研究人员引入了快速热冲击试验。他们将该纳米纸张材料在烤箱和液氮之间来回交替,如此一来,材料被快速加热到120℃,然后冷却到-196℃。随后,研究人员测试了该材料在20次热冲击循环后的力学性能。在热冲击后,该材料的力学性能没有明显下降,强度保持在初始值的98%。

为了进一步测试该材料对紫外线的抵抗力,他们将其在强紫外线照射下暴露216小时,力学性能和电学性能检测结果表明,该材料仍保持了90%的介电强度和99%的抗拉强度。此外,这种纳米纸张材料对原子氧也具有较好的耐受性,在原子氧大通量辐照6小时后,该材料的介电强度仍保持在96%。

研究人员表示,这项研究将为未来对极端环境的探索提供一种材料选择。

### 全光谱光催化材料 实现水体污染零碳净化

◎张运 王振兴 柳鑫 本报记者 过国忠

4月18日,科技日报记者从扬州大学获悉,该校环境科学与工程学院朱兴旺博士团队经过5年攻关,研制出一种全光谱响应氮碳光催化材料,可实现水体污染治理全程零碳净化,与传统催化剂相比,其整体效率提升13.6倍,并具备产业级制备条件。相关研究成果已发表于《材料化学A》《应用表面科学》等国际学术期刊,并已申请两项发明专利。

朱兴旺介绍,随着城市化进程加快,不仅生活污水排放严重污染了城市水体,有机污染物的大量使用也导致水体环境污染加剧,城市水网黑臭现象屡见不鲜。传统的污水处理方法如截污纳管和内源治理防范等,需要铺设大量管道并将河水截流,把河底淤泥挖出运走,工程量浩大,给地方政府财政增加压力。

近年来,以催化材料为基础的水处理方法成为黑臭水体处理的研究热点,但目前的催化材料总体寿命短、催化效率慢,需要额外增加能量和持续投入。

朱兴旺团队长期致力于开发一种无须外加能量、成本低、持久性强、效果好的光催化材料。5年来,他们重点研发并优化了一种全光谱响应氮碳光催化材料,该材料具有光生电子—空穴寿命长、化学稳定性高、光吸收范围宽、光吸收能力强等特点,经过持续改进,该材料已实现了产业化制备。

该团队开展的工程实验表明,将该材料制备的光催化网应用于河水中成功恢复了河流生态系统,10天内让河水污染物减少80%,有效恢复了其自净能力。相比于其他水体净化材料,该材料去除污染物效率大幅度提升,从常规的30天缩短到10天以下。

同时在河道治理中,每公里的河道只需铺设宽度为3米的光催化处理网,即可在10天内使河水COD(化学需氧量)达到国家地表水Ⅰ类标准。

据了解,该光催化网目前主要适用于景观河道水和工业废水中COD的去除,将来还可应用于城市污染河道,以及湖泊等大型水体中,通过净化水质,恢复水体自净能力,有效改善水体生态系统。



试管中的粉末状物质为朱兴旺团队研发的全光谱响应氮碳光催化材料。 王振兴摄

## 每天每平方米可集水70斤

## 新型泡沫:全天候淡水收集“小能手”

◎本报记者 吴纯新 通讯员 高翔

4月17日,科技日报记者从华中科技大学获悉,中国工程院翟金平院士团队研发了一种新型淡水收集泡沫材料,相关研究成果日前发表在学术期刊《Small》上。

“这种泡沫材料具备良好的疏水性、耐酸碱性、耐热性和主动/被动除冰性,这些特性能保证其在户外实际应用中长时间工作。”团队成员吴婷表示,他们提出的全天候淡水收集材料制备方法,为解决全球水资源短缺问题提供了一个良好的解决方案。

### 实现多种性能协同提升

淡水资源在所有生物的生命过程中发挥着不可或缺的作用,以高效经济的方式生产淡水,对人类社会可持续发展至关重要。受全球气候变暖等影响,淡水资源日益稀缺。

太阳能光热界面蒸发集水是通过光热转换收集太阳能,并将其转换为热能加热界面海水,从而产生高温蒸汽以生产淡水的方法,是目前解决全球淡水短缺

最有前途和绿色可持续的解决方案之一。防雾集水是通过捕捉空气中的雾气以生产淡水的方法,作为一种绿色、低成本的水收集方法,也得到了广泛关注。

此前,该团队已在太阳能光热界面蒸发集水和防雾集水方面开展了许多相关工作。然而,作为解决目前淡水资源危机的有效途径,这两种方法存在各自的局限性。为此,该团队尝试将两种功能集成起来,开发一种全天候的淡水收集材料。

沙漠中的淡水资源十分匮乏,基于自身生存环境,沙漠甲虫身体表面由疏水凹槽和亲水凸包构成,形成了异质润湿状态,从而可以快速收集夜晚或清晨空气中的雾气。

受沙漠甲虫的启发,该团队采用工业化的微挤出压缩成型技术,制备了一种具有三维互连开孔结构的微/纳结构聚乙烯/碳纳米管(MN-PCG)泡沫材料。

“同时平衡几种本身存在矛盾关系的性能,是我们在制备过程中遇到的最大困难。”吴婷说,如想要界面蒸发性能好,就需连通蒸汽逃逸通道,即较高的泡沫开孔率,然而这样一来又会大幅度降低材料的力学性能;又比如要防雾集水性能好,需构建异质润湿微纳结构表面,但是这可能

损失材料的界面蒸发性能。

最终,历时3年攻坚克难,团队通过大量的理论分析和实验探索,对材料配方和成型工艺进行调控和优化,实现了多种性能的平衡和协同提升。

### 集水新材料绿色环保

吴婷说,MN-PCG泡沫材料制备过程大体可分为两步,首先以聚乙烯为聚合物基体、无水硫酸钠为牺牲性模板、碳纳米管为光热填料,采用该团队自主研发的聚合物成型加工设备进行熔融共混加工,实现微米级无水硫酸钠和纳米级碳纳米管在聚乙烯基体中的均匀分散,得到复合材料熔体;复合材料熔体被挤到表面附有微纳结构模板的模具型腔中进行压缩成型,获得微纳结构复合材料。

第二步,利用水将微纳结构复合材料内部的牺牲性模板去除,从而获得具有三维互连开孔结构的泡沫材料;此外,利用外力将表面的微纳结构模板去除,即在泡沫材料的表面形成微纳结构,从而实现MN-PCG泡沫材料的设计与制备。

该材料表面的三维微/纳结构为微小水滴提供了充足的成核点以从潮湿空气

中收集水分,在夜间实现了每平方米每小时1451毫克的雾收集效率。聚乙烯基体中均匀分散的碳纳米管和氧化石墨烯@碳纳米管涂层,赋予了MN-PCG泡沫材料优异的光热性能。得益于优异的光热性能和互连的蒸汽逃逸通道,MN-PCG泡沫材料在1个太阳光照下获得了每平方米每小时2.42千克的优异蒸发速率。

因此,通过集成太阳能光热界面蒸发集水和防雾集水,MN-PCG泡沫材料可实现日均每平方米35千克的集水量。

“最为关键的是,制作该特殊材料的原材料都是绿色环保材料,且我们最终收集到的淡水,已达到世界卫生组织制定的饮用水标准,可以直接饮用。”吴婷表示,团队研发的集水新材料为后续水资源处理节约了过滤成本。

未来,这种新材料在沿海地区、中部地区及沙漠地区大有可为。虽然沿海地区不缺水,但该新材料可以将丰富的海水资源转化为淡水资源,让水资源得到更加充分的利用;沙漠地区则可以在夜间或者清晨,将空气中的雾气、露珠等集结,实现防雾集水;对于中部地区而言,可以将该材料悬浮在污水之上,实现污水净水处理。