

NASA 高冷尖端技术造福民生

■ 雷蓉

健康医疗领域

为宇航员设计的衣物、诊断仪和传感器，现今演变成保护生命、提高医疗诊断水平的产品。

微型热导管用于脑外科手术散热

神经外科手术器械的要求，是尽可能精确、可靠。双极钳，作为脑外科重要的手术器械，在对病灶进行切割和烧灼时，电流产生的热量也很容易对健康的脑组织造成损伤。

NASA花了大约10年时间，对热导管进行改进，使其适用于医疗。热导管使用高温蒸汽快速高效地传输热量，工作原理类似于锅炉和散热器系统。NASA对热导管的研究始于早期的太空飞行。当卫星不旋转时，向阳面和背阳面的极端温差可能会导致电子零件失灵，需要将热量从高温面传导至寒冷面。

由NASA资助的一批“小企业创新研究计划”中，有一个项目就是对热导管进行技术改进，使其可以用于医疗，包括用于脑外科手术的双极钳。

用微型热导管帮助散热的双极钳，可将热量快速传导并安全驱散，不但能提高手术精度，还可缩短手术时间、改善患者预后。

最近，NASA又在尝试将热导管用于冷却燃料电池，来解决氢氧反应物发电过程中的散热问题。

有源像素传感器引领牙科成像进入数字化时代

上世纪九十年代初，喷气推进实验室(JPL)工程师埃里克·福萨姆开始着手开发一款基于互补金属氧化物半导体(CMOS)技术的高效图像传感器。CMOS由微电子晶体管组成，在感光单元内部由预处理电路直接将产生的光电信号放大，转化为电信号，他称之为“有源像素传感器”。

CMOS技术源于NASA捕捉各种图像的需求，如今，JPL与多家企业签署了技术合作协议，将这款传感器应用于牙科X光成像设备。

基于CMOS图像传感器，牙科X光设备可以做得更小、更高效、更节能，不仅可降低设备对电噪音的敏感性，还能提高诊断的准确率。

冷却服在医疗、体育和工业领域的新用途

上世纪六七十年代，比尔·艾金斯曾与NASA的艾姆斯研究中心和美国空军的工程师们一起，为宇航员研制过一套液体冷却服，包括一个头盔冷却系统。

后来，多家企业基于这种冷却技术开发了许多新产品，主要用于防止心脏病发作或中风后的脑损伤、提高运动表现、治疗脑震荡，以及帮助解决橄榄球运动员佩戴的头盔、工人和拆弹人员所穿的沉重防护服内部过热问题。

荧光诊断仪提供廉价的快速检测

NASA的宇航员需进行健康筛查，尤其是在太空。太空环境似乎会抑制人体的免疫系统，一些细菌在微重力环境下的亲和力和毒性会变得更强大。但医生却远在地球。若要将地面实验室中的那种笨重设备发射升空，耗资巨大。而未来的火星任务中，一次紧急返回可能耗时数月。

为此，NASA制定了“探索医疗能力要素”计划，由艾姆斯研究中心实施开发一个简单小巧的快速诊断工具，以确保在几分钟内，对宇航员的健康问题作出准确的早期诊断。

2011年，艾姆斯研究中心利用NASA的“小企业创新研究计划”项目与企业合作，利用智能手机的相机和处理能力，将其与传感器平台整合在一起，快速读取液体紫外光检测的结果。这一诊断过程与家用早孕检测相同——将液体与发光分子(经紫外光照射会发光)和某些生物标志物(能指示生物条件，如特定疾病存在的信号)结合在一起。

现在，基于智能手机的诊断硬件已经面世，具备速度快、成本低、便携、易用等多种优势，可用于偏远地区的医疗工作，并能将诊断结果和地理位置发送至中央数据库，绘制疫情的传播地图。

基于太空技术的骨密度扫描仪

微重力环境下，骨头在数月后会发生变化?研究者希望回答这些问题，并获得新的医疗见解。为此，NASA需要一个适合在国际空间站上操作，且在使用过程中不会让宇航员遭受有害辐射的骨密度扫描仪。

NASA和空间科学促进中心及

美国航空航天局(NASA)拥有很多高冷的尖端技术，并不断通过其技术转移计划，挖掘出在航空航天之外的商用价值，培育了大批新兴企业。这对我国推进技术成果转化，很有借鉴意义。

本文根据NASA的“衍生产品2017”报告，介绍这些太空技术在民生领域的应用。



▲ 为宇航员和飞行员研制的液冷服，如今帮助军事人员解决沉重防护装备内部过热的问题。



▲ 将NASA的光学滤波技术用于滑雪护目镜，可带给滑雪者更清晰的视野。



▲ 纯水技术公司的紫外多级过滤系统(上图)，该装置可空降至森林火灾现场，满足消防员的饮水需求(下图)。



Techshot公司合作，设计开发了一种用骨密度仪“Bone D”，主要用于研究微重力环境对小鼠的影响，并在国际空间站为客户提供商业服务。

让宝宝感觉舒适的温度调节面料

为了对宇航服内的热量进行管理，NASA曾在上世纪八十年代，对相变材料进行过研究。像冰块一样，这些材料在从固态转化为液态的相变过程中不断吸收热量；遇到更冷的温度时，又释放热量，重新冻结为固态。关键在于找到合适的相变材料，能比水容纳的热量更多，热量转移更快，能在让人感到舒适，且无毒、不易燃烧。

1987年，约翰逊航天中心的研究人员尝试将这类材料容纳于微小的胶囊内，代替航天服内的热交换器；1988年，他们又尝试将相变材料与合成纤维相结合，研制宇航员的绝缘手套。

如今，源自NASA的相变材料被商业化，制成各种型号的婴儿襁褓、睡袋、衍缝被等，为缺乏现代医疗服务地区的婴儿提供保温产品。织物中的相变材料能够在温暖时吸收热量，寒冷时释放热量，帮助宝宝保持最佳体温。

公共安全领域

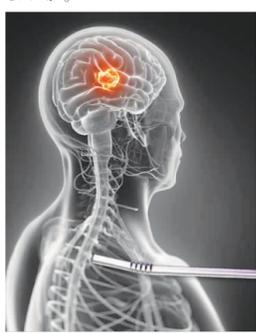
NASA每天都在应对极端环境的挑战，为此创造的各种工具，现已应用于地面的安全监控、云层预警和水质净化等领域。



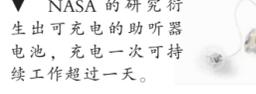
▲ 为宇航员和飞行员研制的液冷服，如今帮助军事人员解决沉重防护装备内部过热的问题。

▶ 液体冷却头盔在体育界的应用，可提高运动表现。

▼ 改进后的NASA热导管散热技术应用于脑外科手术的双极钳，可将热量快速传导并安全驱散。



▼ NASA的研究衍生出可充电的助听器电池，充电一次可持续工作超过一天。



火箭技术阻止共振晃动

所有结构都存在固有振动，这与形状和质量有关。发射火箭时，若引擎产生的声学共振频率与火箭结构的频率一样，就会相互驱动产生巨大的振幅，并导致物体断裂。因此，“战神一号”(Ares-IX)运载火箭在测试中表现出来的振动问题，会对载人舱中的宇航员造成潜在威胁。

为此，马歇尔太空飞行中心的工程师们试图用一个约45公斤的小装置——“破坏性调谐质量阻尼器”，阻止约30万公斤重的飞船出现共振。火箭第二阶段使用的氢燃料是质量巨大的液体。该设备被安装在燃料箱上之后，会像气球一样按照指定的频率扩张和收缩；收缩产生的空间，会被液体流过来填满。

与“调谐质量阻尼器”通过传递能量消耗振动不同，它通过改变系统动力学控制火箭结构的振动频率，从根本上关闭共振。

未来，它有望成为行业标准，用于航空航天和商业用途，如桥梁抗震、摩天大楼减震、对石油钻井平台的支撑等。

微型机械传感器监测铁轨，预测故障

NASA格伦研究中心与美国锐拓集团合作开发的一种旋转振动传感器，可以安装在直升机的传动装置上预测故障，还能用于汽车变速器、工业设备、石油和天然气钻探。

为创建新的轨道安全系统，锐拓集团改装了这些传感器，使其能稳定地安置在高速旋转的火车轴末端，用以监测轨道上的异常情况，预测铁轨和车轮的故障。

弦式传感器预警云层险情

在空中，冰会覆盖在机翼和引擎上构成极大威胁。多年来，NASA一直致力于消除这个隐患。

不同于动辄花费数10万美元的地基结冰监测系统，NASA在21世纪初提出了一种新的数据收集方式——用气象气球将一款轻型的廉价传感器送入云层。有冰累积时，弦的震动会发生改变，检测这些改变，就能为科学家提供信息——天空中到底隐藏着多少液态过冷水。利用这种传感器，NASA开发了一套地面系统，为飞机提供恶劣天气的预警。

这种传感器还能用于农田。当出现危害农作物的近地结冰条件，如有冷雾聚集时，传感器就会响起警报。

高流量纳米纤维过滤器净化家庭与农田用水

全世界有超过10亿人缺乏清洁的饮用水。同样，太空中的每一滴水都无比珍贵。美国宇航员斯科特·凯利于2015年至2016年，曾在国际空间站生活了将近1年。NASA开发了一种专门的技术，为其收集每一滴水水分，包括汗液和尿液，使其转化为可饮用水。

过滤是唯一的净化方法，但并不是所有的过滤器都安全有效。许多廉价的虹吸装置可去除污垢和污染物，但对更危险的渗透物束手无策，尤其是病毒。许多细菌和单细胞生物也能通过过滤器，被这些微生物感染的过滤器甚至会



▲ 为宇航员和飞行员研制的液冷服，如今帮助军事人员解决沉重防护装备内部过热的问题。



▲ 把CMOS数码图像传感器的优势最大化，由此制造出的小型高清摄像机可被用户装置在自拍杆、冲浪板，甚至自己身上。

带来二次污染。汤姆·斯莫科夫是来自犹他州的纯水技术公司创始人，他希望能建立低成本的水过滤系统，快速高效地为整个村庄提供用水。他发现，为约翰逊航天中心开发的纳米陶瓷过滤器，能迅速消除超过99.9%的细菌和病毒。

从一家特许生产商那里买下这款过滤器后，纯水技术公司研发的Water ResQ紫外多级过滤系统，可直接带至水源地使用，只需一个12伏的电池供电，就能每小时生产174加仑的饮用水。检测这些改变，就能为科学家提供信息——天空中到底隐藏着多少液态过冷水。利用这种传感器，NASA开发了一套地面系统，为飞机提供恶劣天气的预警。

这种传感器还能用于农田。当出现危害农作物的近地结冰条件，如有冷雾聚集时，传感器就会响起警报。

生活消费领域

应用了太空技术的手机摄像头、滑雪护目镜、助听器充电电池等产品，越来越多地出现在人们的生活中。

CMOS传感器助力手机摄像头及高清视频

继牙科X光机之后，手机和数码相机也广泛使用了CMOS有源像素传感器。事实上，我们用任何数码相机拍摄照片时，都是在使用NASA的CMOS技术。

上世纪六十年代，喷气实验室(JPL)的工程师尤金·拉里提出了有关数码相机拍摄的构想。上世纪八十年代末，基于电荷耦合器件(CCD)的传感器使高质量数码相机成为可能。随后，JPL

工程师埃里克·福萨姆创新改造了CMOS传感器，将时间与控制系统、模拟数字转换器和信号处理器等几乎所有电子元件，都整合在一张芯片上，研制出更加紧凑、可靠的“芯片上的相机”。

手机内置摄像头需要更加轻便、节能的高效图像传感器，这成为CMOS传感器大规模批量生产的主要推动力。随着成本的降低、质量的提高，CMOS技术已主宰整个数码成像行业，截至2015年，包括汽车、监控和医疗行业在内，市场总额已接近100亿美元。

GoPro公司将CMOS数码图像传感器的优势最大化，开发出运动相机，用户可以将它安装在自拍杆、冲浪板甚至自己身上，高保真地记录每个冒险瞬间。

滤蓝光镜片让滑雪者的视野更清晰

所有人肉眼可见的颜色中，对蓝色和绿色尤为敏感。当红色等外围色调与之同时出现时，就会被减弱识别度，该现象被称为“中心荷载敏感度”。某些情况下，这会干扰目标发现、距离估算等视觉判断。

上世纪九十年代，NASA艾姆斯研究中心的资深科学家莱恩·哈斯里姆开发了一种屏蔽蓝光和绿光的光学滤波器，能将绿色变成黑色或灰色，使其他色彩脱颖而出，帮助我们更容易发现森林中的伪装物和那些濒临死亡的植物。经空气分子散射的蓝光会在山坡上营造出一种特别的朦胧视野，造成隐患。而将NASA的光学滤波技术用于滑雪护目镜，可过滤95%的蓝光，能将此种环境下的视敏度和深度知觉平均提升12%-15%。

后来，哈斯里姆的技术成果被商业化，两家公司合作开发了一系列滑雪护目镜产品，让滑雪者在山坡上也能拥有清晰的视野。

源自NASA的助听器充电电池

NASA花了很多精力开发银锌充电电池，是因为与其他电池相比，银锌电池的功率/重量比更高，即每盎司单位重量能提供更多的能量。

道格拉斯飞行器的宇宙动力实验室是NASA格伦研究中心的合作伙伴，经他们共同努力开发的“无机-有机”电池隔板，解决了银锌电池的电极易于溶解腐蚀、导电率低等问题，电池的耐久性和制造工艺也取得重大进展。

在此基础上，来自加州卡的ZPower公司经过数年后研发，最终推出了一款可以改装放入大多数现有助听器中的银锌充电电池。它也是首款只需充电一次就能持续工作超过一整天的助听器电池。

这种电池装在一个专用插口内，该插口能直接将电荷从充电器传输至电池，免除了插拔电池的烦恼。

大型3D打印机让制造走入大众生活

近年来，随着3D打印机的传播和精密度的提高，NASA正在探索使用3D打印技术为太空长期载人航天任务提供帮助。

2014年，来自马歇尔太空飞行中心和太空制造3D打印公司的工程师团队，建造了第一台可在零重力环境中工作的3D打印机，并成功地在国际空间站进行了测试。在太空中，只需接收来自地球的设计文件，就能打印出需要补给的设备，或那些无法发射至太空的物体。

凭借在NASA获得的经验，来自约翰逊航天中心的前雇员团队创立了re:3D公司，制造销售低成本的大型3D打印机，大小是边长约为60厘米的立方体。他们希望让尽可能多的人有机会使用3D打印技术“打印所想”，为那些生活在贫困地区、没有超市、无法网购的人们提供帮助。

碳纳米管树脂支撑起船只、自行车

碳纳米管是由扁平的碳片材卷成的管状结构，1991年由日本科学家首次发现，强度是钢的100倍，重量仅为其六分之一，有着巨大的应用潜力。

理论上一直认为，将其他材料与这些强度极高的粒子混合，就能获得同样的强度，但事实证明很难实现。将原始的碳纳米管加入复合材料，它们只会聚集在一起，变成“一团制作失败的蛋糕糊”。

NASA一直都在寻找使宇宙飞船变得更坚固、更轻巧的方法，并提供资助推动碳纳米管在商业产品中的应用。例如，将轻便又坚固的碳纳米管复合材料用于船舶的着陆甲板，能让较小的船只开到甲板上，即使螺旋桨仍在旋转，也不会撕裂甲板；用灌注了碳纳米管的环氧树脂混合物制造赛车，能更好地承受撞车的冲击力；该材料也被用于制造自行车和棒球棒等体育用品。

(作者系上海科学院规划研究所助理研究员、博士)