贯彻三化理念 推进多层级复用 实现敏捷高效型号研制

彭庆义

航空武器装备的“三化”是提升军队航空武器装备总体作战能力和保障能力而进行的一项关键性标准化工作，是装备承制单位在产品研制过程中实现降本增效的重要途径。近年来，航空工业上电所深入贯彻产品“三化”理念，全力推进产品线建设，推进产品多层级复用，构建基于产品平台的异步研发模式，稳步降低产品研发成本，持续提升产品质量和可靠性，实现了敏捷高效型号研制。

贯彻“三化”设计理念 形成系列化通用化产品

产品“三化”是通用化、系列化、组合化的简称。通用化是最大限度地扩大同一单元的标准化形式，实现结构和功能上的完全互换；系列化是根据同一类产品的发展规律和使用需求，将其主要参数按一定数列进行安排或规划，并对其形式和结构进行规定和统一，从而有目的地指导同类产品发展的标准化形式；组合化是指重复利用通用单元并补充研制部分专用单元，拼合成满足不同需求的具有新功能的产品。

上电所贯彻产品正向设计理念，在型号产品方案论证和设计阶段，就把产品“三化”作为产品设计的重要需求，依据开放式模块化航空电子系统参考架构，充分依托先进航空电子系统架构设计能力，自顶向下地开展各条产品线产品架构定义工作，对产品进行层次化分解，从系统分解到部件，从部件分解到模块，对分解的模块和部件进行归并归类，并开展通用化设计和归一化设计，形成系列化标准通用功能模块。同时，把各种标准通用模块组合化设计形成产品线部件级和系统级产品，推进产品多层级的复用，提高产品研发整体效率，降低产品研发总体成本。

在零部件层面持续开展标准化、归一化建设，为实现零部件的共享和重用，建立了全所统一的优选元器件库，在各型号产品研制时选择优选元器件库的零部件和元器件开展设计。通过持续抓零部件归一化建设，压缩了零部件品种，提高了单品类数量。通过批量采购降低了元器件采购成本，解决了供应风险和库存风险。多产品共享通用化零部件和优选元器件，在保证质量稳定性的同时降低了采购成本，从而建立起产品全生命周期竞争力。

发挥规范标准指导作用 推进标准化工作落地

上电所以集团公司“标准提升工程”为指引，通过分层分类完善标准体系架构，实现标准与业务深度融合，推进标准体系宣贯落实，不断提升企业规范化管理水平，为航空装备研制提供有效支撑。

结合流程管理与平台建设需求，关注以流程为重点的标准体系建设。在具体实现过程中，对照集团公司发布的航电系统标准体系架构，对应上电所业务架构，采用分层分类的方式完善原有的标准体系架构，实现业务领域全覆盖。同时，将“标准”的概念扩展到各类规范性文件，将方法层、操作层、企业内部指南、模板、表单、作业指导书、通用件、软硬件 CBB 等规范性文件纳入体系统一管理，并允许文本、视频、模型、数据等多种形式的“标准”并存。基于统一的业务架构开展规划，进一步明确了标准体系与所内各级制度、质量体系文件之间的关系，形成了互相衔接、相互补充的企业规范性文件体系。

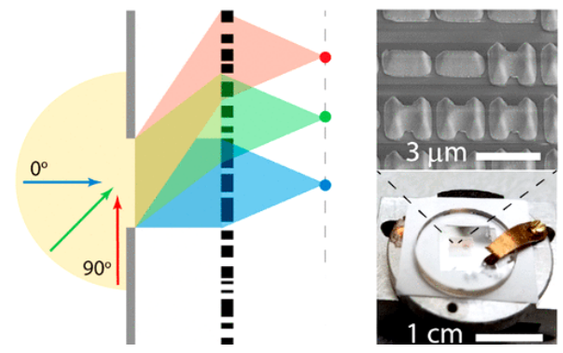
在具体型号产品研发过程中，上电所注重技术标准规范对型号产品研制的指导作用。开展了机载嵌入式计算机、机载数据总线网络、机载视频传输等技术标准、通用规范的梳理整理，确定各产品线各品类产品研制需要贯彻的技术标准和通用规范，并结合具体型号项目产品研制贯彻落实相关技术标准和通用规范，从而提升产品的通用化、标准化水平。

推行基于平台的异步开发 实现敏捷高效型号产品研制

上电所通过对现有产品线多个型号产品进行分析，分层解耦，提取共同要素，形成可复用的公共平台以及一系列组件，可最大限度地在后续多个型号项目研发中推广复用，成为基于结构化流程的异步开发基础。在已形成可复用的产品平台和标准化的软硬件组件、部件与构件 CBB 基础上，开展基于产品平台的异步开发，推动型号产品积木化开发，大大减少了开发工作量，缩短了开发时间，降低了开发成本和难度，保证了新研产品质量。基于参考架构设计之下的各交付件如平台、组件、构件 CBB 形式的封装，极大地方便了多个型号项目研发团队的协同和多项目管理，显著提高了型号产品研发效率。

产品“三化”的持续提升是航空武器装备研制永恒的主题。上电所将紧密围绕型号产品研制，不断优化产品研发模式，提高研发效率，降低产品研制成本，持续提升产品“三化”水平，为军队提供高质量和高可靠的航空武器装备，不断为国防现代化建设贡献力量。

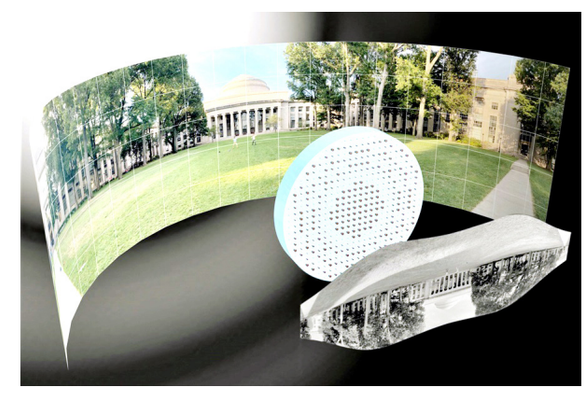
美国麻省理工学院与马萨诸塞大学联合研制出全平“鱼眼”透镜



美国麻省理工学院（MIT）与马萨诸塞大学卢维尔分校的科研人员合作设计出一种全平的广角透镜，可以生成清晰的 180 度全景图像。传统的用于拍摄全景图像的鱼眼镜头由多块曲面玻璃制成，通过扭曲入射光以产生气泡状的广角图像，体积大、成本高。新的平面透镜是一种超透镜（metalens），设计简单，具有精心设计的微观特征，能够以特定方式操纵光线、改变光场。

该超透镜采用单片设计，由毫米厚的氟化钙玻璃制成，在一侧沉积了一层碲化铅薄膜，然后通过光刻技术在薄膜上蚀刻图案化的光学结构。这些光学结构被科研人员称为“超原子”（meta-atom），是几种纳米尺度的几何形状，包括矩形、骨形等，能以特定方式折射光线。光通过不同几何形状结构散射或传播所需的时间不尽相同，即具有不同的相位延迟。传统的鱼眼镜头通过玻璃的曲率产生相位延迟，科研人员据此确定了相应的“超原子”图案，并将其蚀刻在平面玻璃背面，每个部分都能完美聚焦。光线进入透镜时会按入射角发生折射，不同角度的折射光会照射到透镜背面不同的部位，通过形状不同的“超原子”的相位延迟，产生高质量的完整的全景图像。

研究人员使用配备超透镜的成像装置以不同的角度对条纹目标进行了拍摄验证，发现该超镜头产生的条纹图像即使在视场边缘也都非常清澈、清晰，视角范围接近 180 度。该透镜目前工作在光谱的红外区域，科研人员称可以通过设计调整到可见光范围，虽然可能需要采用不同的材料，但总体设计架构不会变。除了用作紧凑型鱼眼镜头，研究人员还在探索这种超镜头的其他应用，如用作全景投影仪或直接内置在智能手机、笔记本电脑和可穿戴设备中的传感器。该项研究得到了美国国防预先研究计划局（DARPA）的 EXTREME 项目的部分资助。（理群）



研究表明月球上有足够多的水资源

测量位置图

美国国家航空航天局（NASA）的最新研究发现，月球上可能有多达 6 亿吨的水冰，有一天有望帮助登月者长期生存，它甚至可以变成就地取材的火箭燃料，只需要将水分解为氧气和氢气，然后保存。

以前，我们从未知道月球上实际上有多少水，这些资源到底存储在什么地方，以及如何获取和提炼，科学家们也从未真正了解过那里的水是如何产生的。

我们仍然没有这些问题的确切答案，但是 10 月 26 日发表在《自然天文学》上的两项新研究确证，月球上的水并未如科学家们曾经想过的那样完全被隐藏起来，一些水冰可能就埋在月球阴影的土壤中。

美国宇航局天体物理学部门主任保罗·赫兹（Paul Hertz）在 26 日的新闻发布会上说：“这些发现表明，水可能分布在整个月球表面，而不仅限于月球两极附近阴冷的地方。”

两项天文研究论文同时发表

同一时间发表在《自然天文学》杂志上的两篇论文，产生了一些让人激动的关联性见解。其中一项，研究人员认为他们直接在月球表面探测到了水分子的分布；另一项研究，则是根据数据模型推测，水冰可能被封存在遍布月球表面的大小陨石坑和阴影中，使得月球水资源比我们想象的更丰富、更容易获取。

第一篇论文名为“Molecular water detected on the sunlit Moon by SOFIA”，即利用 SOFIA 在阳光照射的月球表面检测到分子水。

SOFIA 是一个平流层红外天文台，它的外观是一架波音 747SP 飞机，经过改装，搭载了一个 2.7 米（106 英寸）反射望远镜（有效直径为 2.5 米）。当它飞在 12000~15000 米的高空平流层时，可以大幅降低地球大气层对红外天文观测的影响，从而使天文学家能够以地面望远镜无法做到的方式，研究太阳系内层及其他范围的天体。

在这项实验中，研究人员基于 SOFIA 平台对月球进行观测，它使用的是天体化学中最常用的方法——光谱分析法。通过红外光谱检测分析，研究人员估算出水分子的丰度约为每克土壤含 100~400 微克。

通过不同纬度地区的扫描观测，科学家发现，在探测到的高纬度区域，显示出较高的分子水丰度；在低纬度地区，大部分位置都没有发现水合作用，但是在部分地质裂缝或火山碎屑沉积物地带是例外，也能观察到分子水。科学家由此推测，月球水资源在低纬度区域的分布可能是局部地质活动的结果，而非普遍现象。

科学家总结，目前探测到的大部分水储存在月球表面特殊的“玻璃珠”物质中，或者储存在远离月球恶劣环境的特殊地质构造中，这样水才能留在月球表面。

另一篇研究论文名为“Micro cold traps on the Moon”（月球上的微型冷阱），更多是一项推测研究。由于高温和直接太阳照射下的快速挥发，即便月球上有水，其在月球的大部分表面上都是不可能稳定存在的。

然而，水冰的形式则有可能。由于月球表面的特殊地形加上自旋规律，月球表面存在很多永久阴影区域（PSR），在某些极地 PSR 中，温度足够低（<110 K），因此能以水冰的形式长期封存水资源，这些区域被称为“冷阱”，通过某些天文撞击（主要是来自柯伊伯带的、富含水分的彗星的撞击）或者意想不到的其它方式在月球上产生了水，最终可能会以冰的形式冷滞于月球两极。

研究人员使用理论模型和来自“月球侦察轨道”的数据，在大的阴影区之外，估计了一定尺度大小的阴影的贡献，这些微冷阱是月球上数量众多，其中约有 10%~20% 的永久性冷阱区域被发现可能含有水。考虑到所有空间尺度，可能含有水冰的总面积约为 40000 平方千米，这大大超过了先前的估计，其中约 60 % 位于月球南部。科学家在大于 80° 的纬度处发现了能用于储存水冰的冷阱。

这些结果表明，被封存在月球极地的水可能比以前认为的分布更广泛，有望作为未来登月任务的资源。

SOFIA 打开望远镜舱门，飞过内华达山脉上空。

乐观背后的未知数

“这是我们第一次可以肯定地说水分子普遍存在于月球表面上。”美国宇航局戈达德太空飞行中心的研究员、《国际水土保持研究》的主要作者凯西·霍尼鲍尔（Casey Honniball）表示。

SOFIA 的观察结果表明，水分子可能以特殊的方式结合到月球表面的一些“玻璃珠”特殊结构中，使水分子可以承受阳光照射，这些“玻璃珠”散布在整个月球表面的土壤中，按照目前的数据推算，所含的水量相当于每立方米土壤中有 350 毫升水。

乍一看，这对人类探索月球乃至开拓月球极地来说是个天大的好消息，但是，这项研究仍然存在许多未知数。如果水像预期那般被封存在玻璃珠中，那将需要大量的工作才能提取出来。霍尼鲍尔补充说：“提取水的方法是熔化玻璃，以便释放水。”“与其他一些方法相比，这是一个消耗过程。”在月球上大功耗的工作目前可能不太现实。

当涉及到微小的冷阱时，科学家实际上也不完全确定是否有水冰潜在于其中，虽然它们的条件可能正好适合储存水冰，但研究人员并没有直接发现冷阱中的水。

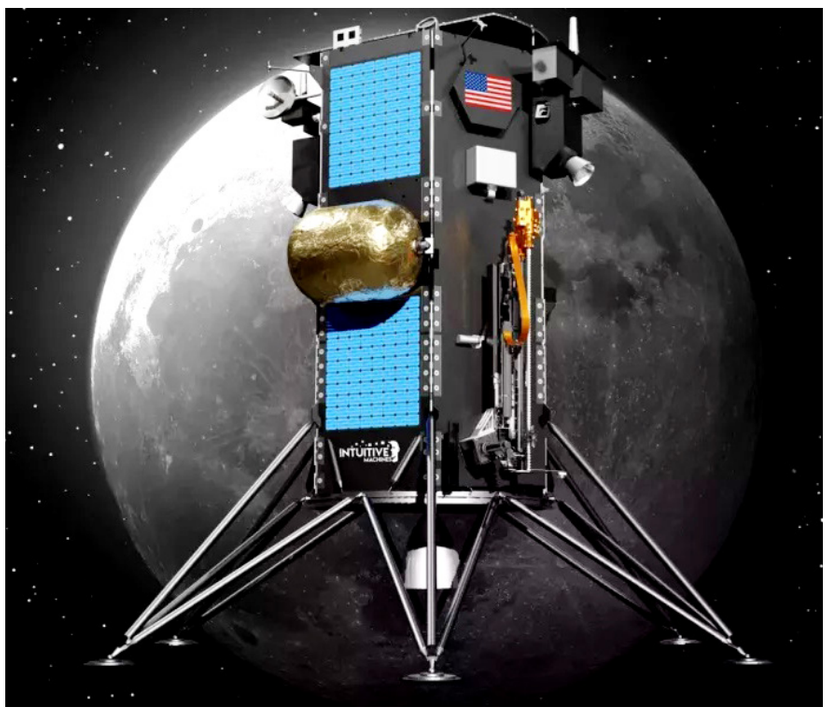
“玻璃珠”中所含的水量很少，但对人类有用，其他阴影区域的水含量可能更高，对于一个长期以来被认为是干旱和死亡的星球来说，这些发现似乎难以理解。“这是一个新的领域，我们以前没有真正仔细研究过。”克莱夫·尼尔（Clive Neal）说，他是一位行星地质学家。

相关研究目前并不完美。对于这些含水“玻璃珠”是如何形成的，目前没有明确的解释。霍尼鲍尔认为它们很可能来自小行星或彗星撞击，也可能是古代月球火山活动的结果。尼尔指出，SOFIA 的研究尚不能提供一个完整的参考，水分子在整个月球周期中是如何变化的，仍需要大量的观察来证实这两项研究的可靠性。

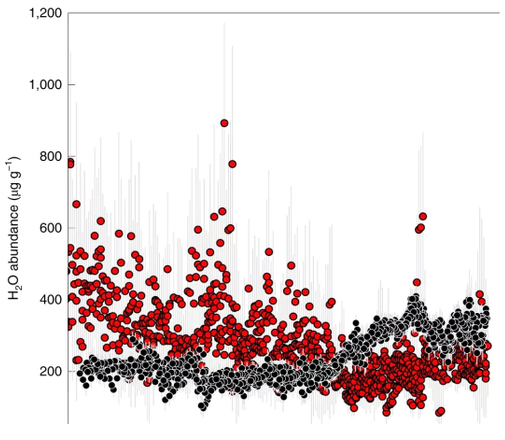
值得关注的是，在“阿耳特弥斯”计划带领宇航员重返月球的准备阶段，美国宇航局还在计划发射一系列机器人任务，或将有助于确定月球上的水冰含量。

这些任务中最引人注目的是 VIPER，这是一项计划于 2022 年发射的月球南极漫游车任务，搭载了中子光谱仪和一台针对“风化层和冰层”的专业钻探设备来勘探，目标是评估月球表面及以下积冰的迹象；在此之前，一家名为 Intuitive Machines 的私人公司表示，他们也计划在 2022 年将机器人着陆器送至月球表面，并配备与 VIPER 相同的钻头，该任务也将与 NASA 合作，证明钻机是否能够有效工作并获取其中的一些水冰样本。

根据现在新的发现，美国宇航局可能会选择稍微改变 VIPER 的目标以研究外星球地表水分子，并仔细观察微型冷阱如何有效地保存水资源。



用于探测水冰的月球着陆器概念图。



不同纬度下，SOFIA 在 6 μm（黑色）和 3 μm（红色）下测量的分子水丰度当量数据。

重返月球有了更多期望

“我们越看月亮，似乎越不了解它。现在，我们有更多的理由重返月球。我们必须深入研究并获取样本，并建立监控站，以实际获取确定的数据来研究在月球上的水循环。”尼尔指出。

到目前为止，在月球上寻找水冰的方法，一直集中在月球最冷的地方，比如那些大型极地环形山的阴影中，遗憾的是，那里的温度下降到了零下 200 摄氏度，降落到那里的飞行器可能会遇到意外难以离开。现在研究的这些微型冷阱可能存在水冰，但难以估计其沉积深度。

月球上积聚的冰层可以像年轮一样记录数十亿年的太阳系历史，但如何深入研究仍然是一个悬而未决的问题。

月球上发现水分子并不是新鲜事，科学家早在几十年前就发现了可能的水痕迹。大约 40 年前，美国宇航局阿波罗任务带回的月球土壤样本确实显示出了水的迹象，但当时大多数研究样本的科学家都认为，这些数据来自休斯顿潮湿空气的“污染”，在美国宇航局约翰逊航天中心对岩石进行分析之前被渗入了。

2009 年，印度的月球探测器“月船 1 号”发回的月球表面光谱中发现了水元素的谱线，科学家据此认为月球表面的大部分地区存在水分子。近年来，许多探测任务都发现了月球表面存在水或水冰的迹象，但都缺乏确凿的证据或者获得样本实物，本次研究无疑强化论证了之前的推测。

人类虽然曾经成功登月，但迄今对月球上的资源了解并不算太多。如果人类能发明出新技术对月球水冰进行开采，无疑将开启人类太空探索的新纪元，因为它不仅可以满足宇航员在月球基地中的呼吸、饮水需求，而且能制成火箭燃料，为更遥远的星际旅行作准备。

不论是对月球还是火星，前期探索都只能提供宏观的参考，更现实的计划或许还需要建立长期有科学家驻守的月球基地，深度研究月球资源的可利用性。（逸文）