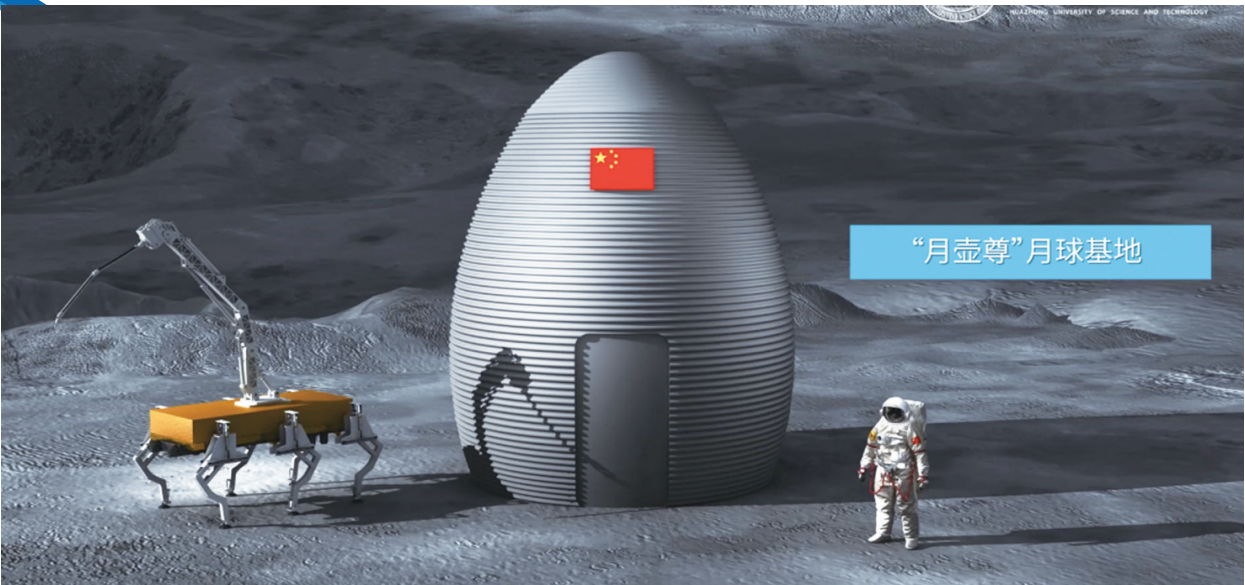


N 中国科学报

武汉晚报 长江日报

在月球上盖房子,真的遥不可及吗?或许在不久的将来,会有一群“中国超级泥瓦匠”为人类在月球上建起科研站。

4月8日,国家数字建造技术创新中心首席科学家丁烈云院士、中国载人航天工程总设计师周建平院士、中国探月工程四期总设计师于登云院士等国内百名专家学者,在华中科技大学开了首届地外建造学术研讨会,众多专家学者围绕“如何在月亮上盖房子”展开热议。专家预测,2028年前后“中国超级泥瓦匠”将登月,采用原位建造方式制备月壤砖,作为搭建月面基地建筑材料,月面玄武基地将成为现实。



“月壶尊”月面基地效果图,左边为建造月壶尊的“月蜘蛛”(本版图片来自国家数字建造技术创新中心)

## 为何建 航天强国的战略需要

丁烈云表示,地外建造似乎遥不可及,但它是人类科学技术进步的探索需要,也是航天强国的战略需要。发起并举办“地外建造”类的学术会议,目的就是推动跨学科交叉创新交流,形成推进地外建造的共识和思路。

在丁烈云看来,月面原位建造面临着极端环境的巨大挑战,如原位材料比较单一,没有液态水;月表只有地球重力六分之一的低重力环境;高真空、大温变、强辐射以及月震、陨石等恶劣建设环境。而月面建筑包括很多基础设施,如居住舱、着陆场、防护掩体等。

1969年,人类首次登月,世界掀起了一轮月面建造的热潮,各种月面建造技术开始提出,当时提出的技术路径是全部地面研制,运载发射,月面直接应用。1993年到2018年,月面建造研究得到进一步发展,美国宇航局提出“月球前哨”概念,欧洲航天局提出“月球栖息地”构想,主要技术路径是地面研制为主,月面展开部署,月面扩建维护。

中国探月工程四期总设计师于登云从两个方面分析了推进“月面建造”的必要性:一是国际发展态势使然。2020年10月13日,美国联合7国签订阿尔忒弥斯协议,开发利用地外资源,月面建造已是各国月球探测与开发利用必须面对的基本课题。二是中国探月工程的需要。中国探月工程已完成一到三期,目前,探月四期工程正在稳步推进中。

于登云介绍,嫦娥七号将于2026年前后发射,包括月球轨道器、着陆器、巡视器及飞跃器等,着陆区选址在月球南纬85°以上的南极-艾特肯盆地区域,拟实现对极区永久阴影坑水冰原位证认等科学目标。嫦娥八号拟于2028年前后发射,拟开展月球资源原位利用及关键技术先导验证,可与嫦娥七号组成我国月球南极的科研站基本型。

“月面建造的关键技术是月壤原位利用技术,月壤是月面广泛存在的物质。”于登云表示,“在月亮上盖房子”是长期探月的需要,将来肯定能够实现,但仅就目前的研究基础看,短期内可能还比较困难。月面建造相关技术的突破将支撑我国最终实现长期驻月的伟大梦想。

# 『中国超级泥瓦匠』有望登月建房



上层:生活区

下层:工作区

“月壶尊”内部构造示意图

## 如何建 在月球上搭“乐高”

据悉,国家数字建造技术创新中心围绕地外建造开展了三项研究工作,分别是玄武月球基地的星际乐高拼装建造、月壶尊建筑3D打印建造和月面着陆垫建造。

丁烈云介绍,星际乐高就是要像搭积木一样建房子,3D打印若是用高能束打印在月面真空中很难散热。过去建房子都是先烧砖,然后再砌墙,设想打印出一个个的砌块,即便一个砌块打印坏了,也只影响一块,然后再像搭积木一样在月球上建房子。

月壶尊是双层的穹顶结构,涉及12个设计参数,满足空间最大、应力最低、保温隔热的要求,而且自重小、用的材料少。航天器在月球表面着陆有尾焰,容易溅起月尘,在真空环境很难沉下去,需要月面着陆垫来避免月尘的产生。

丁烈云介绍,和传统建造不一样,地外建造需要面对复杂得多的问题和挑战。以月球为例,在月球上实施建造,首先必须克服极端环境的考验。比如月球处于超高真空环境,并且存在三四百摄氏度的大温变,传统的土木建造方式几乎无法实施,结构稳定性也无法保证。

其次,“运输一瓶矿泉水重量的材料去月球要花费20万美元”的高昂成本,意味着建造所必需的钢筋、混凝土、水等材料不可能都从地球上“外带”,只能尽可能利用月球上的天然月壤材料进行原位建造。再者,每年约1000次2~3级的月震、宇宙射线的强辐射、太阳风、微陨石冲击、月面复杂形貌与地质等,都让月面原位建造成为极端复杂且涉及多学科交叉的超级工程。

周建平告诉与会者,人员要在月球长期驻留,就要实现原位资源的利用开发,优先追求就地取材或者一次性供给后的自我循环,丁烈云的“月壤烧结制砖技术”无疑是月面资源自给自足的重要手段之一。

记者从研讨会上获悉,目前丁烈云团队已制备出国内首个模拟月壤真空烧结打印样品。

## 谁来建 “泥瓦匠”机器人砌筑

丁烈云表示,在月球上建造面临各种极端环境挑战,月壤的就地取材利用要考虑各种极端条件,这需要一个聪明强大的机器人来完成砌筑和拼装工作,这个机器人便是“中国超级泥瓦匠”。

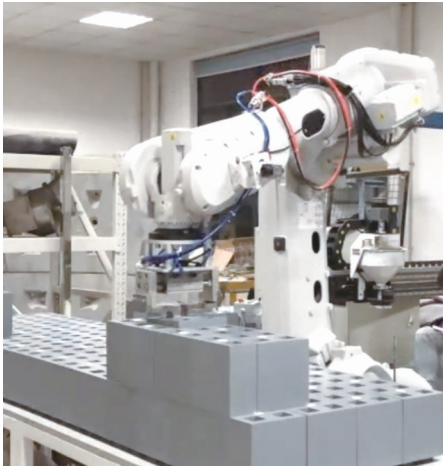
“希望能通过2028年左右的嫦娥八号搭载进行‘中国超级泥瓦匠’的技术实验验证。”国家数字建造技术创新中心周诚教授表示,他们会对月壤砖打印设备进行瘦身、减重,同时不断优化制备工艺。目前,“中国超级泥瓦匠”已有设计图纸。

“中国超级泥瓦匠”究竟长什么样?周诚介绍,体重必须要在50千克以内,很像一台桌面打印机,只不过它吃进去的是月壤,吐出来的是一块块月壤砖。这样就可以完全在月面就地取材,无需人工参与。

丁烈云表示,目前“中国超级泥瓦匠”的机器人版本——月蜘蛛打印机器人正在设计中,该机器人将能够完成几米高的建筑物打印,设计还在不断改进中,未来经过原理样机的研发,完全可以成为“中国超级泥瓦匠”。

周建平向与会者描绘了2030年前把中国人送上月球的场景:首先要用新一代火箭发射20多吨重的着落器到月球轨道,然后从地面发射载人飞船到月球轨道和着落器对接,航天员从载人飞船进入着落器,着落器落月后航天员出舱,驾驶月球车进行科学考察。航天员完成任务后回到着落器,乘上升器回到月球轨道与载人飞船对接,载人飞船返回地球。

有人好奇,古人的嫦娥奔月会不会在中国人首次登月时成为现实?周建平说,暂时没有办法回答是男是女,但一定是飞行员最为合适,另外派什么人去和登月任务也有关,或许是地质学家,或许是建筑工程师。



使用机械臂试验完成月壤砖的拼装