

月亮上盖房子不是梦

一群中国“泥瓦匠”开始动手了

中国科学家率先研讨“地外建造” 希望能够在月球上就地取材

为何要建?

国际发展态势使然 中国探月工程的需要

作为人类唯一抵达过的地外天体,月球一直是科学家研究的重要对象。

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。

虽然国际上发布过少量关于月面建造的论文,但从公开报道来看,目前这一研究还很前沿,而专门以“地外建造”为主题的大规模学术会议在世界范围内更不多见。中国科学家何以率先发起这样的会议?首届地外建造学术研讨会发起人、中国工程院院士、国家数字建造技术创新中心首席科学家丁烈云表示,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。

于登云从两个方面分析推进“月面建造”的必要性:一是国际发展态势使然。2020年10月13日,美国联合七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。

怎么建?

利用月壤砖 像搭“乐高”一样盖房子

2015年,专注于智能建造研究的丁烈云从建筑3D打印中获得启发,开始带领团队从事月面基地建造研究。目前,国外建造月面基地的技术思路是高能束3D打印,存在大尺寸结构一次性成型困难、耗能大等问题。华中科技大学团队借鉴中国传统砌筑和榫卯连接方式,将中国传统制砖砌筑的建造方法与3D打印建造方法相结合,利用月壤烧出带有榫卯结构的月壤砖,再用机器人砌筑,像搭“乐高”一样在月球上盖房子。这种方式不仅可以搭建出较大尺寸的月面建筑结构,而且能耗和造价更低。

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,过去农村建房子都是先烧砖,然后再砌墙,这个可以借鉴到月表建房。设想未来用高能束3D打印技术制造出一个个的砌块,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。

近日,首届地外建造学术研讨会在华中科技大学举办,百余专家学者齐聚一堂,探索如何在月球“建房子”。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表示,希望“中国超级泥瓦匠”能够在月球上就地取材,用月壤烧结方式在月球上做一个人工造物——月壤砖。如果这块砖能够原位造出来,就打通了一条技术路线,建造月面玄武基地也将成为现实。

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第一块月壤砖,成为搭建月面基地建筑材料。

用啥建?

材料不能“外带” 只能利用天然月壤材料原位建造

丁烈云介绍,相比于传统建造,地外建造面对的问题和挑战尤为复杂。在月球上实施建造,首先必须克服极端环境的考验。其次,月球拥有超高真空环境,并且存在三四百摄氏度的大温变,传统土木建造方式几乎无法实施,结构稳定性也无法保证。

“将一瓶矿泉水重量的材料运送至月球,要花费20万美元。”丁烈云表示,高昂的成本也意味着,地外建造所必需的钢筋、混凝土、水等材料不可能都从地球上“外带”,只有尽可能利用月球上的天然月壤材料进行原位建造。

另外,月球上每年约发生1000次2~3级的月震,加上宇宙射线的强辐射、太阳风、微陨石冲击以及月面复杂地貌与地质等,使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。

周建平介绍,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“烧结制砖技术”无疑是月面资源自给自足的重要手段之一。

华中大团队将在月球上建造的月面基地样式定名为“月壶尊”。



“中国超级泥瓦匠”机器人雏形。

怎么开工?

先获取世界首份月球背面月壤样品

“我们如何在极端严酷的月球环境和既有地月关系条件下,充分利用月球原位资源,结合地面成熟的建造技术,创新构建月球人机协同建造体系,实现月面建造智能化实施?”中国科学院院士、中国探月工程四期总设计师于登云从月面建造“是什么”“为什么”“做什么”三方面,对未来月面建造作了思考。

他表示,我国的探月工程目前主要是无人探测,从2003年起步,分三步走——第一步是绕月探测,第二步是着陆巡视探测,第三步是无人采样返回。这三步,中国在2020年以前就如期实现了。但这远远不能满足人类对月球科学认知和资源利用的需求,因此我们还将持续开展更深层次的探测活动,于是就有了现在的探月四期工程。探月四期工程的主要目标是在月球南极建立一个科研站的基本型,开展对月球科学的深化研究和月球资源就位利用技术实验。

于登云介绍,目前探月四期工程正在稳步推进中。嫦娥六号拟于2025年前后发射,并在月球背面软着陆,开展着陆区的现场调查分析与月背首次无人采样返回任务,获取世界首份月球背面月壤样品。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。此次发射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验证等科学目标。嫦娥八号拟于2028年前后发射,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。

月球造房不利因素

- ◎昼夜温差大-200℃到120℃
- ◎真空环境
- ◎时间更长和频率更高的“月震”
- ◎陨石冲击
- ◎宇宙射线的强辐射
- ◎月表重力改变材料与结构的受力状态
- ◎材料比较单一
- ◎没有液态水

上月球建房的“中国超级泥瓦匠”长这样

◎体重必须在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。

◎“中国超级泥瓦匠”有一个英文名字Chinese Super masons。目前“中国超级泥瓦匠”的雏形——月蜘蛛打印机机器人正在设计中,该机器人将能够打印与拼装出几米高的建筑物,设计还在不断改进,未来经过原理样机的研发,完全可以成为“中国超级泥瓦匠”。

多久建成?

一个“从0到1”的过程 也许需要20至30年

“在月面进行建筑建造,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来看,短期内实现还比较困难。”于登云表示,真正实现“在月亮上盖房子”的目标,也许还需要20至30年,甚至更长时间。这项研究可能无法立竿见影,但目前开展跨学科交流、探讨、合作非常必要。

于登云进一步分析认为,人类对未知领域的科学探索往往是一个“从0到1”的过程,大胆假设、小心求证,不断探索、不断积累、灵机一动,都是突破重大科学难题需要经历的。从长远看,尽早着手在月球表面开展建筑建造的研究工作,更好地认清其关键问题、核心困难,不断激发科研人员、青年学者的研究兴趣,不断积累经验和技能非常有必要,且意义非凡。

谁来施工?

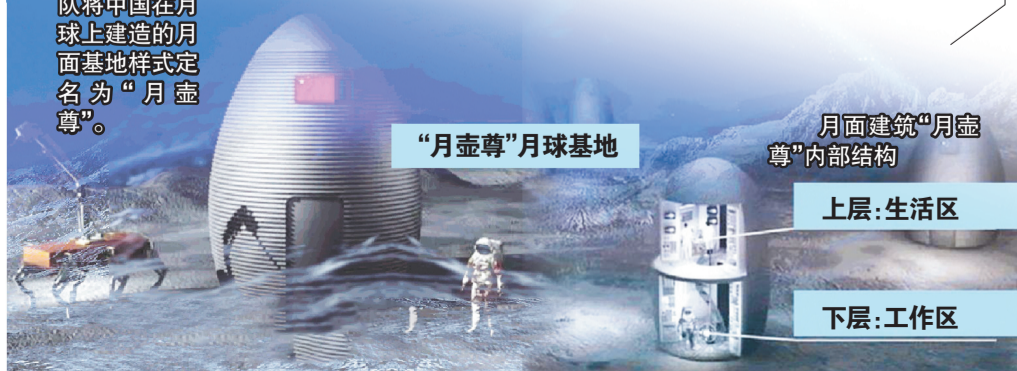
“中国超级泥瓦匠”是机器人

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。

他将月面建筑命名为“月壶尊”,将完成砌筑拼装建造工作的机器人命名为“中国超级泥瓦匠”,将用于月球表面原位资源3D打印的机器人命名为“月蜘蛛”……“为关键技术起一个个可爱的、富有中国特色的名字,意在为人类和平利用太空、推动建构人类命运共同体贡献更多中国智慧、中国方案、中国力量。”丁烈云说。

不过,他也坦言,目前该团队的研究还处于模拟环境下的实验阶段,而且因为月球的重力只有地球的六分之一,实验模拟非常困难,还需要掌握更多模拟极端环境下的实验数据和结果,因此必须进一步深入开展研究。

据《南方都市报》



“月壶尊”月球基地

月面建筑“月壶尊”内部结构

上层:生活区

下层:工作区