

仰望夜空中的明月,人类何时能拥有属于地球人的“广寒宫”?中国航天人用最新的“月壤造砖”技术,让这一愿景向我们靠近一大步:我国首台“月壤打砖机”近日研制成功,它将成为人类在月球表面就地取材、建造家园的关键利器!

主笔:于梅君

# 月球“广寒宫”建造有望

## 我国研制出全球首台月壤打砖机

国际月球科研站概念图(图片来源:深空探测实验室)

### 1 月壤打砖机问世,开启月球建房第一步

一台有望改变人类外星定居方式的机器——“月壤打砖机”,近日在安徽合肥深空探测实验室诞生。

“月壤打砖机”的工作原理,是通过一个抛物面反射镜,实现太阳能高倍汇聚,并通过光纤束进行能量传输。

通过精确的光学系统,太阳光被聚焦到一个点,温度迅速提升至1300℃以上,月壤瞬间熔融成型——中国科学家仅用两年时间,便让“月球制砖”从科幻走向现实。

这台名为“月壤原位3D打印系统”的设备,能够100%利用月壤制造高强度建筑用砖。2025年7月底,它完成了地球环境下的全流程验证,成为全球首台实现月壤砖自动制造的设备。

“月壤打砖机”的研发之路充满挑战。方案论证阶段,科研人员面临的首要难题,是如何高效利用月球上唯一的能源——太阳能。经过反复试验,团队最终选定“菲涅尔透镜聚光”和“薄膜透镜聚光”两种高效聚光方式,同时确定“粉末烧结”与“粉末床熔融成型”的技术路线。

产品研制阶段,能量传输成为最大拦路虎。深空探测实验室工程师杨洪伦坦言:“要实现3000倍以上聚光太阳能传输,常规光纤束极易烧蚀损坏。”

科研团队经过近百次工艺试验,研发出新型能量传输光纤束,一举突破能量传输效率低与易烧蚀的双重困境。

月球环境的复杂性超出想象。在工艺迭代阶段,科研人员配制了月海玄武质、高地斜长质等多种模拟月壤,进行了反复试验。这是因为不同区域的月壤成分差异显著,设备必须具备广泛的适应性。

### 2 『月壤砖』比地球砖强在哪儿

由“月壤打砖机”熔融压铸而成的月壤砖,具备非凡的特性。其榫卯结构设计,使砖块之间可以实现稳固咬合,适应月球特殊环境。它抗压强度能达到普通红砖、混凝土砖的三倍以上,每平方米可承受1吨多重量。

直接利用月球表层无处不在的月壤作为原材料,这意味着,未来无需从遥远的地球运送宝贵的建筑材料,这是建设可持续月球基地的经济性革命。

NASA研究表明:每运送1公斤物质到月球,成本可达上百万美元。

通过聚光太阳能熔铸的月壤砖,内部并非简单的颗粒堆砌,而是经历了物理熔融与部分熔融重结晶过程。这使其具备更均匀的内部结构、更高的密度强度,初期测试强度优于普通烧结砖。能有效抵御月球尘埃侵入、极端温差应力和微陨石撞击。

月壤富含多种金属氧化物(铁、钛、铝等)。熔铸形成的砖块,具有优异的抗宇宙射线与太阳高能粒子辐射的能力,能为月球基地提供生命活动必需的辐射防护。同时,其导热系数低,能有效阻挡外部极端温度变化对室内环境的冲击。

这意味着,在月球日夜温差达数百度的地狱模式考验下,砖块能保持超常稳定性。未来不仅可用于建房,还能用来建造设备平台、铺设路面等。

目前,首批“月壤砖”样品已搭乘天舟八号货运飞船前往中国空间站,开展太空环境验证,预计年底返回地球。

### 3 从『月壤砖』到『月球房』还要闯哪些关

首台月壤打砖机的成功,只是实现“月球房”梦想的第一个台阶,真正建成可供人类居住和工作的月球基地,还面临多道难关。

首先,在月面高真空、低重力环境下,月壤砖难以独立承压,还需要与刚性结构舱、柔性气囊舱等结合使用。

其次,当前的打砖机是原型,如何将其小型化、轻量化,以适应火箭发射限制?如何在真空、低重力、月尘弥漫的环境下实现连续、大规模、全自动制砖作业?这是实现月球基地建材料量的基础。

月球没有工程机械和建筑工人,如何在月球环境下,将大量月壤砖高效可靠地砌筑、组装成各类建筑结构,比如基地主体、气闸舱、防护墙?如何保证结构的气密性和抗压性?这是月球建筑成败的核心,还需要研发能在月面操作的特种月球建造机器人或智能建造系统。

另外,月球房不只是“砖砌的盒子”。它需要内部生命保障系统,比如循环水、氧气、温控、废物处理;可靠的能源供应系统、通讯中继网络、月面运输系统等全套基础设施。

这些都是庞大而精密的系统工程。中国探月工程总设计师吴伟仁院士展望:未来“国际月球科研站”将分阶段建设以上功能模块。

杨洪伦工程师也指出,想建造真正的“月亮房”,还需分三步走。

第一步,技术链完善。完成月壤砖制造、建筑构件搭建、结构评估等全流程验证。

第二步:月面实地验证。通过航天工程任务,在真实月面环境中,测试设备与施工工艺。

第三步:协同施工体系。研制能承受舱内气压的主体结构,整合月壤打砖机与作业机器人,形成完整的建筑施工体系。

随着这些技术逐步突破,人类在月球上“用本土材料建房子”的梦想,才有望变成现实。

### 4 嫦娥八号将在月球上造第一块月壤砖

“嫦娥八号任务中,有一项是在月球就地取材,测试利用3D打印技术制成月壤砖,这将是第一块在月球上造的月壤砖。”去年12月,国家航天局探月与航天工程中心研究员、嫦娥八号副总设计师王琼在香山科学会议上透露。

王琼介绍,嫦娥八号还将携带一个全新模块作业机器人,进行载荷布设、月壤添加和月壤砖拼接等工作。

搭载天舟八号货运飞船升空的“月壤砖”,由中国工程院院士丁烈云团队研制。将“月壤砖”送往空间站开展舱外暴露试验,目的是为未来在月球建设积累科研数据。

对于如何在月球上建房子,丁烈云表示:“建在哪里、怎么建,涉及选址、勘察、设计、建造、运营维护等关键技术。要使月球建筑实现轻质高强、保温隔热、防震抗震、防宇宙辐射,就要加强攻关相关材料、结构和设计难题,并形成一套在月球上建房子的中国标准。”

计划于2028年前后发射的嫦娥八号,将与计划2026年前后发射的嫦娥七号共同构建国际月球科研站基本型。

中国深空探测重大专项总设计师吴艳华介绍,国际月球科研站将按照两个阶段分步实施,2035年前后建成基本型,在月球南极区域建设半径约10公里的中心站区,具备百公里范围科研作业能力;2045年前后完善拓展型,建成月球轨道站,完善建设月面南极中心站,并为载人登陆火星等深空探测任务奠定基础。

据悉,月球南极的莱布尼茨—贝塔高原,因可能存在的水冰资源和适宜的光照条件,被选为未来月球基地的选址之一。

### 知多一点

既然月球表面条件如此恶劣,那么未来人类住在地下行不行?

月球表面白天气温约为107℃,最高可达123℃;而夜间平均温度仅约为-153℃。不过,在月球内部,其温度和压力,随着深度增加而增加,在地下设施里,白天和夜间的温度都可以达到-23℃左右,用电暖器就可以把温度控制在人类可舒适生存的程度。

地下月球基地,可有效避免辐射和微流星体侵袭,也将大大降低空气泄漏的风险。但是地下基地的建设可能会更复杂。

首先,要从地球上遥控工程机械进行挖掘。挖掘完成后,还必须进行某种硬化,以避免坍塌。这样的技术已比较成熟,可以用一些类似于混凝土的物质喷射到洞穴墙壁上,凝固之后就可以保证坚固,然后喷涂多孔绝缘材料实现密封。

如果月球本地资源利用技术得到突破,也可以在现场制造上述材料。有学者建议使用“随用随化”的机器,这样,随着施工完成,就可以实现洞穴内壁的玻璃化。

还有人提出,可以采用地球上矿井中的矿房、矿柱之类方法。先挖出一个比较大的洞穴,然后把软质的充气式密封居住舱设置在洞穴内。这样,洞穴就算有少量漏气,也能确保居住舱内的气压和温度正常。通过这种方式,可以最终建造一座地下城市。采用这样的思路,还可以在洞穴顶部设置一个人造太阳,为地下农场提供阳光。

除了人造地下设施,人们也期待着,能在月球上找到一些天然形成的洞穴——熔岩管。科学家认为,在火星上也可能存在这样的熔岩管。

中国科学院紫金山天文台研究员季江徽还提出了基于月球熔岩管建天文台的设想。他介绍,作为月球表面广泛分布的地质结构,熔岩管内部温度相对稳定,可能富含水冰。熔岩管作为天然屏障,可隔绝宇宙射线、月尘和溅射物等,而且在管道内部建设,可极大节省建筑材料用量,是在月球建设天文台的理想选址点。

未来还可在月球开展系外宜居行星探测与地外生命信号搜寻等科学任务。

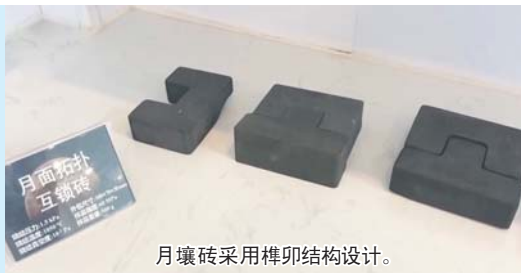
## 在月亮上建『地下城』可行吗



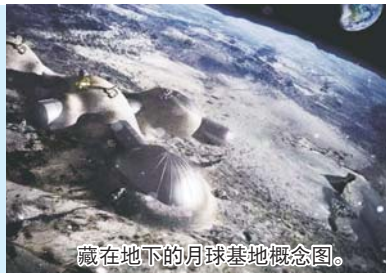
工作人员在调试月壤打砖机设备。



月壤砖



月壤砖采用榫卯结构设计。



藏在地下的月球基地概念图。