

# 从月壤到“月宫”！中国科学家“解锁”智造月球科研站

新华社记者 吴慧珏

阳光取代了窑火，月壤作为原始建材，智能机器人充当建筑工人……这些正是我国航天领域最前沿的探索方向之一：月球原位自主智造。

19日，由深空探测实验室承办的以“地外资源开发利用技术前沿与发展战略——太空采矿与深空制造”为主题的中国工程院工程科技学术研讨会在安徽省亳州市举行，多位院士专家详解了“月宫”建造“黑科技”。

随着嫦娥六号完成月背采样返回，中国探月工程“绕、落、回”三步走战略圆满收官。如何利用月球本身资源建设可持续的科研站，成为下一阶段的关键课题。

在位于安徽省合肥市的深空探测实验室，一项被称为“月壤原位3D打印系统”的原理验证实验，展示的便是月球原位自主智造的地外建造思路。

科研人员用抛物面镜将太阳光聚焦数千倍，产生超过1300摄氏度的高温，再通过一根柔性的光纤远距离传输聚光太阳能，就像一支精准的“光笔”，结合3D打印技术，将月壤材料打印出

结构坚实的砖体或任意形状的构件。

“未来月球科研站的建设，核心是‘月球原位取材、集群协同智造、自主智能作业’。”中国工程院院士、哈尔滨工业大学党委书记陈杰说，其目标是转化利用月球的“土”并建成月球的“家”，最大限度降低对地球补给的长距离依赖，实现地外基地的智能建造、自主运维和可持续拓展。

除了将月壤高温熔融打印成结构件，我国科学家还探索了将月壤制成高性能纤维的新方法。

东华大学科研团队依据嫦娥五号取回的真实月壤，在实验室通过高温熔融和真空牵引技术，成功制备出直径仅10至20微米的超细月壤连续纤维。中国科学院院士、东华大学教授朱美芳说，团队已成功研发适应月球高真空、低重力环境的自动成纤装备，为未来月面原位制造复合材料开辟了新可能。

“无论是打印成砖，还是拉制成纤，目的都是将月球上最丰富的表层物质——月壤，转化为可用的工程材料。”深空探测实验室总工程师史平彦

表示，多条技术路线并行探索，是为了应对月球极端环境的严苛挑战，找到最优解决方案。

月球表面呈现为一个集极端温差、高真空、强辐射以及带电月尘于一体的复杂环境，任何制造设备首先要解决长期可靠运行的难题。并且，未来月球基地的建造不可能由单一设备完成，需要异构机器人集群的协同作业。

设想未来的月面建造现场：勘察机器人进行测绘；运输机器人搬运月壤；大型3D打印机器人堆砌主体结构；灵巧装配机器人执行高精度装配作业……

“实现这一愿景的关键，是赋予月球无人装备集群‘群体智能’。”陈杰认为，这需要攻克月面远距离可靠通信、高精度协同定位、异构无人集群智能规划与自主控制等一系列核心技术，让不同的无人装备都能像一个有机整体般自主、智能、高效地协同作业。

月球已成为全球科技竞争与合作的新疆域。我国秉持开放合作态度，深空探测实验室已与60余个国际科研机

构建立合作。我国首个深空探测领域的国际科技组织国际深空探测学会已落户合肥。

“从月壤中制备氧气、金属乃至水，是人类共同的目标。”中国工程院院士、中国探月工程总设计师吴伟仁表示，共享知识、协同攻关是应对地外生存挑战的理性选择。

目前，我国科学家正为未来月球家园勾勒出多幅蓝图。哈尔滨工业大学提出“三叶草”与“中国星”方案；华中科技大学构思“月壶尊”方案；重庆大学则研究利用月球天然熔岩管洞穴建造基地的可行性……

根据国家航天局相关规划，我国将在2030年前实现中国人首次登陆月球，并在2035年前建成国际月球科研站的基本型。

聚光“生长”而成的月壤砖，象征着我国深空探测从“带回深空样品”到“利用深空资源”的深刻转变。当智能机器人集群在月面协同起舞，人类在月球上长期停留与发展的梦想，正一步步从概念走向现实。

据新华社



近日，深圳地铁首次试点启用智能导盲犬“小蒜”，以科技为视障人士地铁出行提供便利。

新华社记者 梁旭 摄

## 确定2035年目标！中国气象局发布地球系统预报发展战略

中国气象局12月18日发布《地球系统预报发展战略（2025—2035年）》。按照战略所定目标，到2035年，我国将建成自主可控、国际先进的地球系统预报体系。

中国气象局副局长毕宝贵在当天举行的《地球系统预报发展战略（2025—2035年）》新闻发布会上说，战略提出“双轮驱动、数智融合”发展路径，继续深化基于物理规律的数值预报，通过超级计算机精确模拟地球各圈层的演变过程，同时充分发挥人工智能的优势，让机器学习从海量气象数据中挖掘预报规律。

未来十年，中国气象局将在一批关键核心技术上实现突破，研发大气—海洋—陆面—冰冻圈—生物圈—社会经济全耦合

的地球系统模式，推动人工智能预报模型深度创新，实现数值预报与人工智能深度融合。

“到2035年，全面建成数值预报与人工智能优势互补、融合统一的地球系统预报体系，实现全球公里级和局地百米级地球系统模式业务运行，提供多圈层全覆盖、从分钟到月季年和年代际的无缝衔接的预报产品。”中国气象局地球系统数值预报中心主任龚建东说。

为进一步推进人工智能预报模型自主研发，中国气象局设立了国家级新型研发机构——雄安气象人工智能创新研究院。

“地球系统预报涉及多个圈层，是典型的多部门参与、多学科交叉的复杂系统工程。”毕宝贵说，战略提出了强化国家层面的统筹组织，统筹各类资

源，集中攻关地球系统预报关键核心技术；构建跨部门、跨学科、跨行业的协同创新体系，组建地球系统预报创新发展联盟、设立成果集成与转化中心；完善制度规范与标准体系，构建开放、安全、可持续的技术生态。

中国气象局预报预测司司长梁丰表示，战略的核心价值在于通过科技进步，系统性地提升气象预报服务能力。更精准的天气预报将显著提升生活便利与安全保障水平，更丰富的预报要素将深度赋能经济社会发展，更可靠的地球系统预报是应对气候变化与生态文明建设的核心科学支撑，为科学评估气候变化风险、制定国家适应战略提供科学依据。

据新华社

## 二氧化碳能用来发电了！“超碳一号”成功商运

二氧化碳也能用来发电了？12月20日，全球首台商用超临界二氧化碳发电机组在贵州六盘水成功商运，这也是超临界二氧化碳余热发电技术“超碳一号”的全球示范工程，成为发电技术的进步例证。

此次投运的“超碳一号”示范工程，是中核集团中国核动力研究设计院与济钢集团国际工程技术有限公司、首钢水城钢铁（集团）有限责任公司共同推进的15兆瓦超临界二氧化碳烧结合余热发电工程。

人类对发电技术的研究从未停止，但不论是传统的火力发电还是先进的核电技术，以及各类余热蒸汽发电，原理都类似于“烧开水”，就是用热量将水变为水蒸气，推动汽轮机转动来发电。但超临界二氧化碳发电技术则是告别“烧开水”的一种革新型热电转换技术。

“超碳一号”总设计师黄彦平介绍，这一技术是把温度超过31摄氏度、压力升高至73个大气压以上环境中的超临界二氧化碳作为循环工质，将其送进发电系统里，再通过压缩机和换热器提高超临界二氧化碳的压力和温度，让高温高压的二氧化碳推动透平旋转，进而产生电能。

“超临界状态下的二氧化碳，既像液体一样密度大，又像气体一样粘度低，循环发电过程中不发生相变，发电效率也就更高。”黄彦平解释，相比之前的烧结合余热蒸汽发电技术，“超碳一号”发电效率提升85%以上，净发电量提升50%以上。

对企业而言，发电效率的提升就意味着实实在在的收益。在原烧结工艺不变的情况下，此次投运的项目每年可多发7000余万度电，发电收入增加近3000万元。

当前，钢铁、水泥等传统产业是能源消耗和碳排放的重点领域，也是推进“双碳”工作的主战场。大量的工业余热以废水废液、高温烟气、高温产品以及炉渣等形式直接排放到环境中。把工业余热高效利用，是节能降碳的一个实招、硬招。

专家表示，“超碳一号”不仅效率高，而且有系统紧凑、辅助系统少和响应速度快的优势，连场地需求也可以“瘦身”50%。初步测算，如果将这项技术应用于全国的烧结合余热改造，不仅为钢铁行业，也将为水泥、玻璃等其他行业的余热利用带来技术变革。

中核集团已经于2024年启动了“熔盐储能+超临界二氧化碳发电”示范项目，已入选国家能源领域第五批首台（套）重大技术装备，预计2028年完成示范应用。

在不远的将来，超临界二氧化碳技术还可以与各种热源组合成发电系统，在光热发电、余热发电、储能发电等领域具有良好的应用前景，为实现“双碳”目标加油助力。

据新华社