
告别“太空搬砖”：从地球依赖到原位资源利用的跨越

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40719.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

告别“太空搬砖”：从地球依赖到原位资源利用的跨越。 地外探索新纪元下的基建刚需

随着全球深空探测项目持续推进，月球永久科考站、火星人居基地逐步从科研设想转向工程筹备。从地球远距离运送建筑物资的运输成本极高，既大幅抬高航天基建造价，也不利于资源高效利用。就地开采星体表层风化土加工为建材，已成为行业共识。在此背景下，学界陆续研发出各类适配地外环境的特种混凝土材料，相关结构安全性能的测试与仿真，成为外星建造工程不可或缺的前置研究。

土耳其卡拉马诺格鲁梅赫梅特贝伊大学Sadik Alper Yildizel团队在ENGINEERING Structure and Civil Engineering期刊发表题为Finite element analysis and simulation of structures design with locally produced concrete on the Earth, Mars, and the Moon的研究论文。本研究借助ABAQUS与Energy2D软件开展多场有限元仿真，对比活性粉末混凝土、月壤混凝土、硫磺混凝土在极端环境下的结构表现，证实就地取材制备地外建筑混凝土具备技术可行性，为地外栖息地选材与建造设计提供仿真数据支撑。

恶劣工况与材料未知的双重考验

地外建筑研发受星体特殊环境限制颇多。月球昼夜温差悬殊、宇宙辐射强度大，火星存在突发性气流与高速陨石撞击，加上三个天体重力参数各不相同，单一建材难以适配多天体建设需求。月壤混凝土辐射阻隔能力偏弱，火星硫磺混凝土受陨石冲击易出现局部应力过载破损，而从地球外购高性能建材又受制于高昂运输成本。目前特种空间建材缺少完备的多环境仿真数据库，相关试验数据储备不足，延缓了新型建材的落地研发进程。

多荷载仿真验证了原位建材的结构可行性

为填补这一研究缺口，本研究建立了一套标准化的地外建筑仿真验证体系。首先，统一采用两层框架建筑模型，并分别选用地球活性粉末混凝土、月球月壤混凝土与火星硫磺混凝土作为对应场景的结构材料。随后，借助有限元分析（采用ABAQUS CAE）软件与热辐射建模（采用Energy2D软件），对建筑模型同步施加了地震加速度时程、极端温度交变、风荷载、宇宙射线辐射以及陨石高速撞击等多类环境荷载。通过对比三类混凝土在各自服役环境下的应力分布、层间位移、热流密度与辐射透射率，研究系统评估了建筑结构的力学安全性与围护性能。仿真结果表明，三种建材在短期复合荷载作用下的主体结构应力均远低于其抗压强度极限，从而在工程仿真层面证实

了利用天体原位资源制备混凝土开展地外建造的技术可行性。

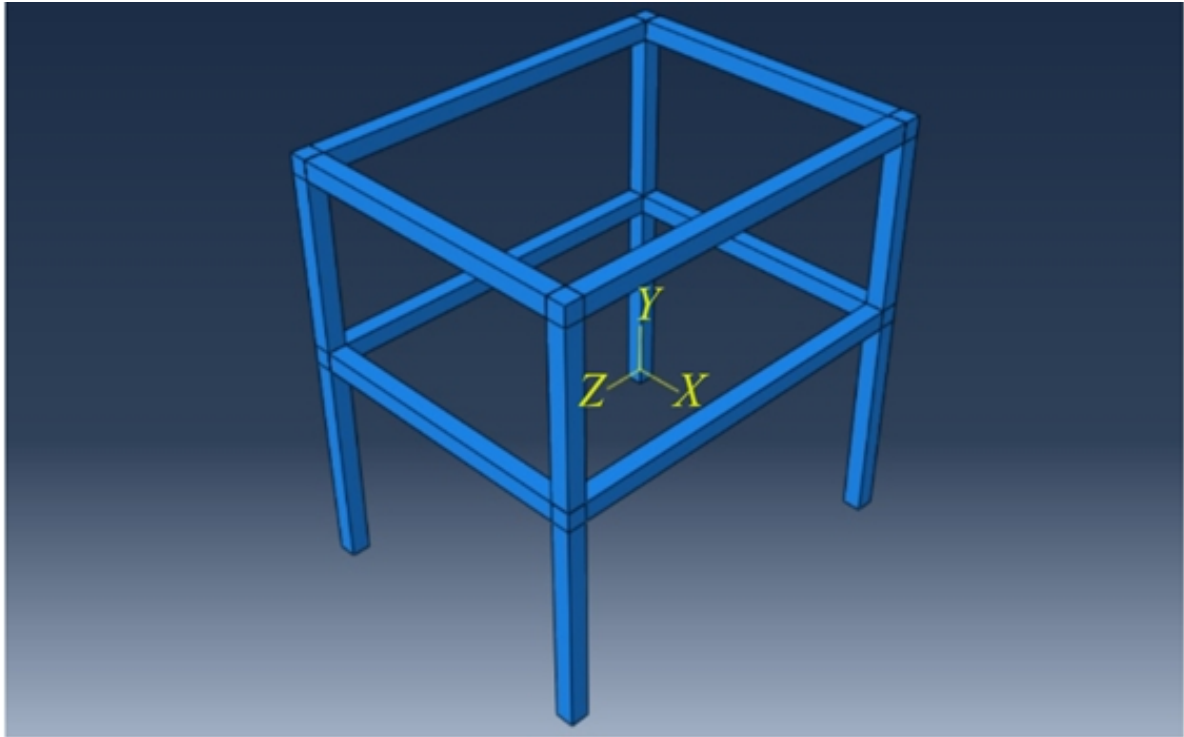


图1.在地球、月球和火星上分析的建筑模型。

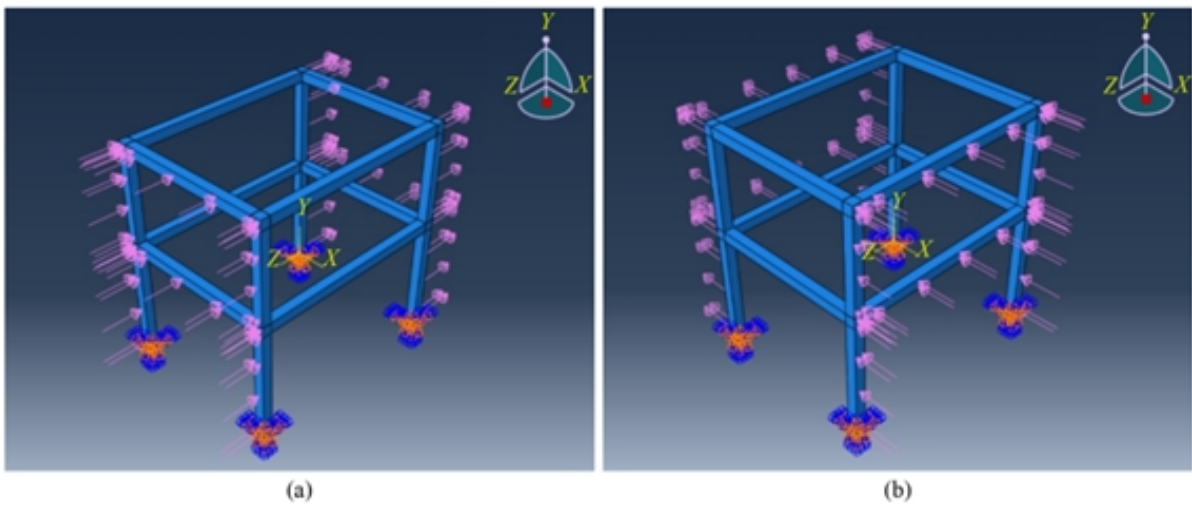


图2.风荷载模型：(a) x方向侧向荷载；(b) z方向侧向荷载。

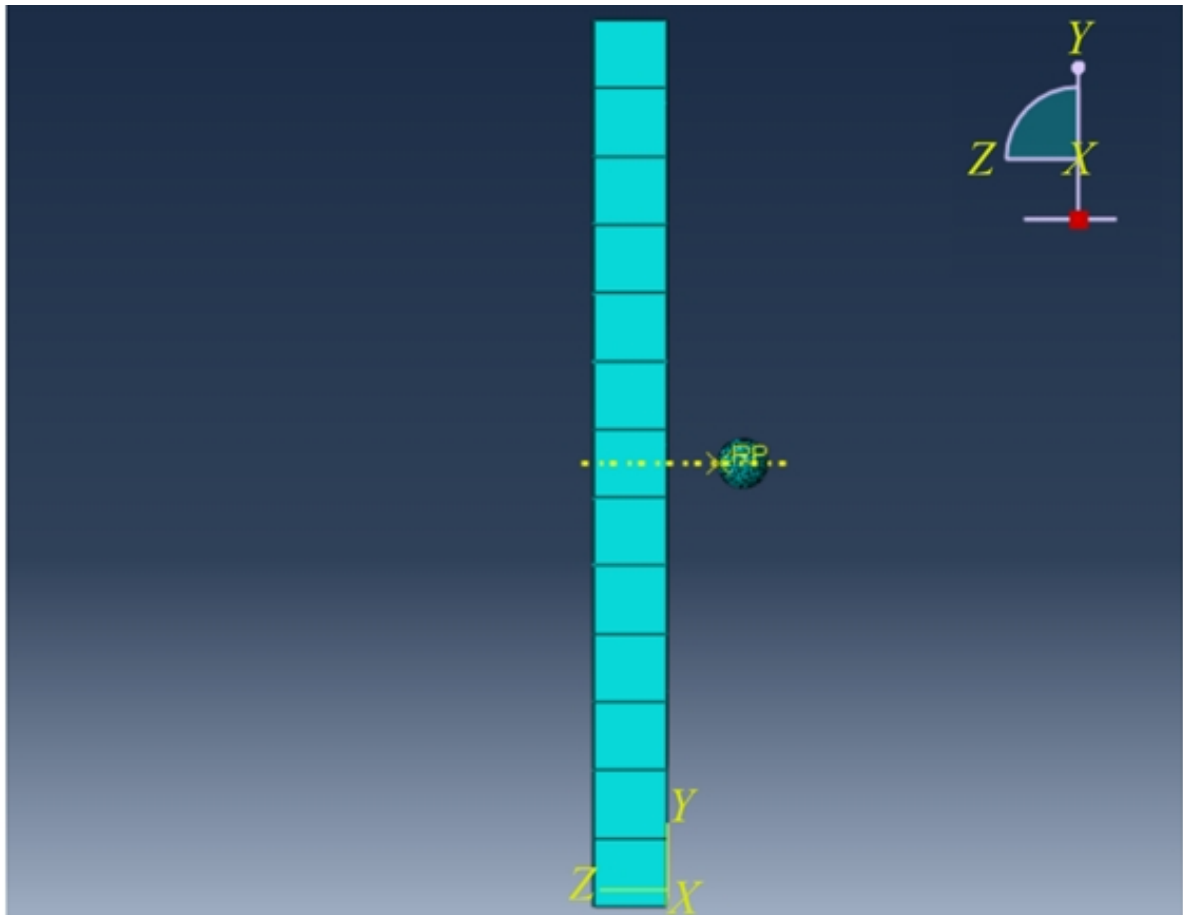


图3.陨石撞击模型。

指向自主与可持续的深空探测范式

本次仿真结论能够为深空工程规划提供参考，就地取材减少原料星际运输的思路贴合绿色低碳发展方向。依托各类试验图谱明晰三种建材优缺点，科研人员可针对性改良材料配方，加速航天专用混凝土产业化研发。此外，研究构建的有限元仿真方法具备向下游转化潜力，能用于固废基低碳混凝土研制，助力建筑行业节能减排，实现航天技术对民用产业反哺，打通新材料跨领域应用路径。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fsce/EN/10.1007/s11709-026-1267-y>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：Sadik Alper Yildizel 来源：《工程·结构与土木工程》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发