
哈尔滨工业大学姜生元、唐钧跃教授团队——突破月壤模拟物制备瓶颈！高能爆轰法复刻月壤空间风化核心特征 MDPI Aerospace

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39721.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！

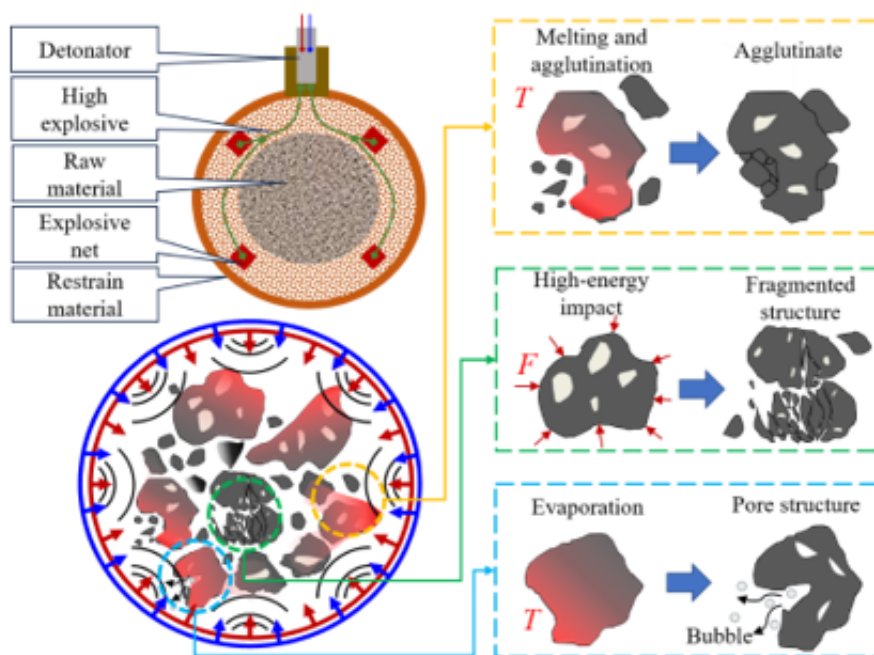
哈尔滨工业大学姜生元、唐钧跃教授团队——突破月壤模拟物制备瓶颈！高能爆轰法复刻月壤空间风化核心特征 MDPI Aerospace。论文标题：High-Energy Detonation Based Lunar Regolith Simulation for Resource Utilization

论文链接：<https://www.mdpi.com/2226-4310/13/1/106>

期刊名：Aerospace

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/aerospace>

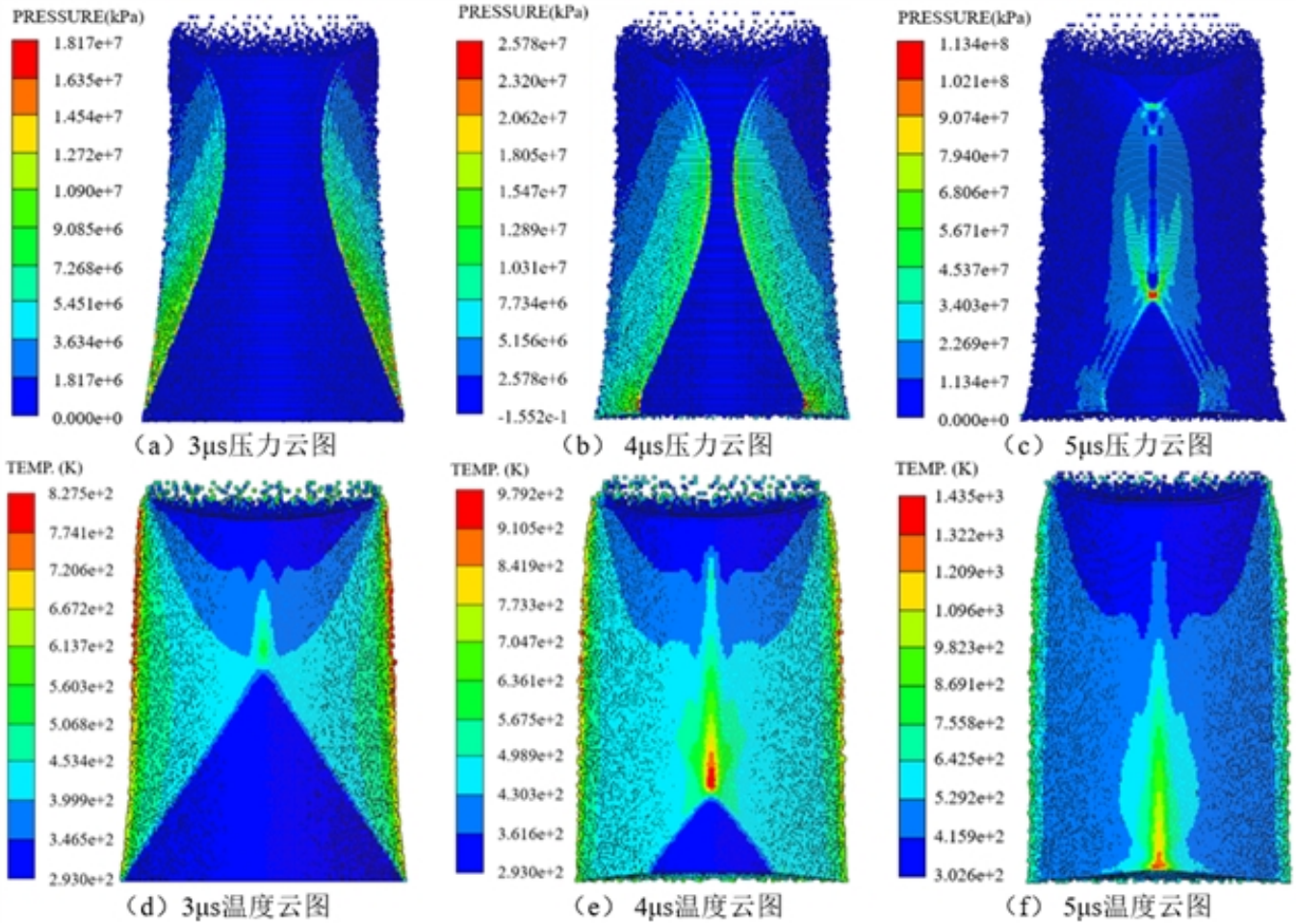
随着国际月球探测迈入认识与利用并重的新阶段，高相似月壤模拟物已成为月球原位资源利用、月面建造、月球探测领域的核心基础材料。目前国内外已通过机械破碎-筛分重组等工艺，研制出宏观力学高相似的模拟月壤，可满足着陆和巡视等工程需求。但上述方法无法还原空间风化形成的特征微结构，导致模拟月壤的热导率、吸脱附行为等关键性能与真实月壤存在显著偏差。哈尔滨工业大学唐钧跃、姜生元教授团队联合中国科学院地球化学研究所、西安北方庆华机电有限公司等单位，在国际知名期刊Aerospace发表了最新研究成果，创新性提出基于高能爆轰的高相似月壤模拟物制备方法，成功在模拟物中复刻了真实月壤的空间风化特征及热物理特性，为我国深空探测工程提供了高置信的物质基准。



高能爆轰改性装置及原理

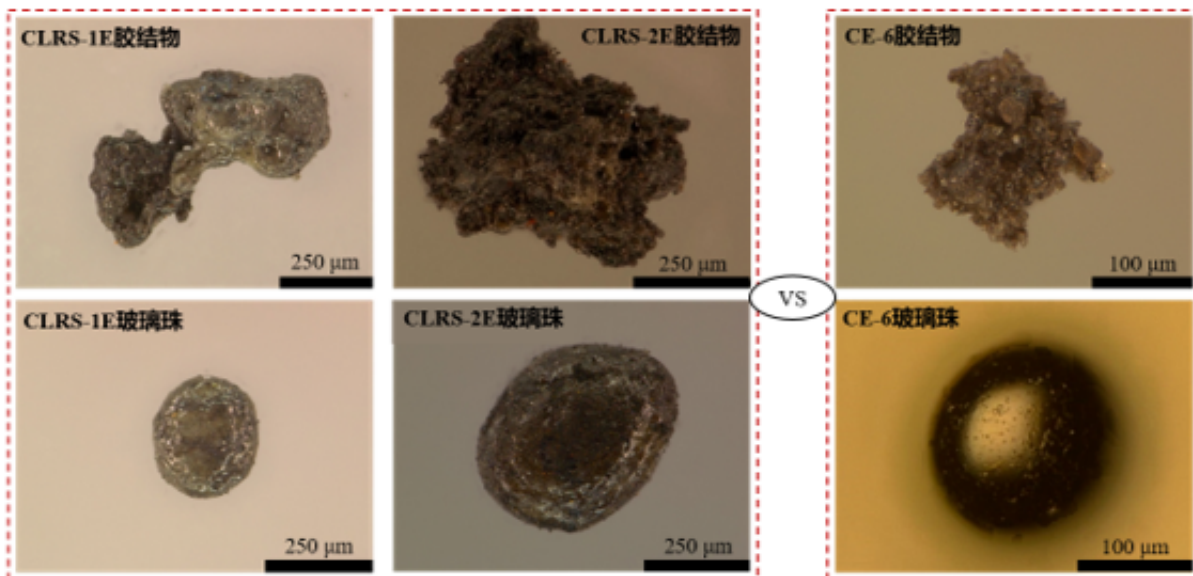
研究过程与结果

月壤的独特风化特征源于以微陨石撞击为核心驱动力的太空风化作用。团队基于这一月壤形成机制，提出利用密封容器内高能炸药爆轰产生的瞬时高温、高压与高速冲击场，一体化模拟月壤空间风化的核心过程，实现对月壤模拟物原料的改性。为验证爆轰改性的可行性，团队采用光滑粒子流体动力学方法对爆轰过程进行了数值仿真。结果显示，爆轰进行到 $4\mu\text{s}$ 时，冲击波前沿的压力可达 25.85GPa ，覆盖超50%的样品区域； $5\mu\text{s}$ 时体系峰值温度达 1435.3K ，超过原料矿物的熔融阈值，同时主体温度保持在 $600\text{--}900\text{K}$ 区间，既能通过局部熔融形成胶结物与玻璃球粒，又可避免过度熔融破坏月壤模拟物的矿物组成，符合设计预期。



爆轰仿真3-5 μ s模拟月壤区域的温度压力云图

在此基础上，团队以CLRS系列标准月壤模拟物为原料，设计了4种不同的火工装配方案，选用RDX与JO-9两种高能炸药开展了系统性验证试验。通过光学显微镜对改性后样品的形貌表征发现，爆轰改性后的模拟物中产生了月壤标志性的胶结物与玻璃球粒，其中胶结物呈现不规则形态与发达孔隙结构，二者的形貌特征与嫦娥六号月球背面返回的月壤样品高度吻合，并且可通过调控爆轰能量，精准调整胶结物与玻璃相的占比。团队进一步通过激光闪射法与差示扫描量热法，对改性前后模拟物的热物理性能进行了测试。结果表明，经爆轰改性后，模拟物室温下的热导率下降约41%，低温环境下降约50.4%，改性后的热导率数值趋近于Apollo月壤样品的实测值。研究表明，热导率的显著优化，源于风化微结构引入的大量界面热阻与固相传热路径的改变，进一步验证了该方法的有效性。



改性后CLRS模拟月壤与CE-6月壤样品空间风化结构差异对比

研究总结

本研究创新性地将高能爆轰技术应用于月壤模拟物制备，首次通过单一步骤实现了月壤形成过程中破碎-熔融-胶结全行为的一体化模拟。制备的改性月壤模拟物，不仅具备与真实月壤高度相似的胶结物、玻璃球粒等特征形貌，其热物理性能也趋近真实月壤，可为月球原位资源利用、月面建造、水冰探测载荷标定等地面试验提供更可靠的材料基础，有力支撑我国嫦娥系列探月任务与深空探测工程的推进。目前该研究仍处于初步验证阶段，后续团队将系统开展装药质量、约束构型等参数对模拟物性能影响的研究，进一步优化制备工艺，提升模拟物的性能一致性与制备产率，推动该技术从实验室验证走向工程化应用。

Aerospace期刊介绍

主编：Konstantinos Kontis, University of Glasgow, Scotland, UK

Aerospace期刊致力于发表航空航天科学、工程和技术相关的创新研究，涵盖飞行器设计、推进系统、飞行控制、先进材料、空间科学、航空电子、无人机系统（UAS）、城市空中交通（UAM）、可持续航空、航空安全以及前沿技术等。鼓励跨学科研究，推动航空航天科技发展，欢迎实验、仿真与理论研究的原创成果及综述。

来源：Aerospace

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

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