

---

# 火星啥时候刮沙尘暴？科学家造了个“数字球”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37234.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！*

火星啥时候刮沙尘暴？科学家造了个“数字球”。在距离地球2亿公里的火星表面，一场足以覆盖整个星球的沙尘暴正在酝酿。对于在这颗红色星球上工作的火星探测设备而言，这样的极端天气无异于一场生存挑战。

随着天问一号任务的成功实施与天问三号采样返回任务的稳步筹备，中国火星探测已迈入全新阶段，对火星气象环境，尤其是对沙尘循环的认知需求日益迫切。

近日，首个中国自主研发的火星大气环流模式GoMars应运而生。这项突破，不仅填补了我国在火星数值模拟领域长期存在的自主模式空白，更为未来中国的火星探测任务提供了关键的气象保障。相关研究发表于《大气科学进展》。

## 搭建一颗数字火星

当1971年人类首个火星探测器水手9号到达火星轨道后，发现火星上正在上演全球性沙尘暴。火星沙尘暴可以从一个区域开始，在数周内蔓延至整个星球，将火星表面完全笼罩在沙尘中，持续数月之久。

在火星探测中，每一次着陆、每一个火星车的移动，都极度依赖对当地环境的准确研判。火星的沙尘循环系统在塑造火星日常天气的同时，更在长期气候演化中扮演着核心角色。其中，随机爆发的全球性沙尘暴，是典型的极端天气事件，也是引发火星气候出现显著年际变率的主要驱动力。

长期以来，火星大气数值模拟领域几乎是欧美国家的主场。2021年5月，天问一号携带的祝融号火星车成功着陆于火星乌托邦平原，我国对火星气象环境，尤其是对沙尘循环的认知需求日益迫切，却始终缺乏自主的火星大气模式。

2021年起，在国家自然科学基金、国家重大科技基础设施地球系统数值模拟装置、中国科学院大气物理研究所（大气所）十四五基础科研项目及深空实验室天问三号关键技术攻关项目等联合资助下，大气所研究员王斌、董理、李艺苑、普业、刘娟娟、刘鸿波等科研人员，接下了这项从零开始的任务。

构建一个行星尺度的大气环流模式，复杂性不亚于在虚拟空间中创造一颗星球。最开始面临的问题是无从下手，火星大气稀薄，重力环境特殊，地球大气模式的框架无法直接套用。董理说。

---

最初的几个月里，董理和博士生刘帅几乎整天泡在办公室里，从最基本的物理方程出发，一行代码一个模块地搭建模型雏形，在个人电脑上进行低分辨率的原理性验证。

事实上，大气环流模拟是高性能计算的典型应用。当模型复杂度提升，对算力的需求急剧增长。

以1度分辨率为例，目前使用240个国产CPU核心，模拟一个火星年需要约8个小时，因此开展火星沙尘循环模拟需要充足的计算资源支撑。董理回忆道。通过持续争取，团队在国家重大科技基础设施地球模拟装置上获得了专属计算资源，并以GoMars命名计算队列。

王斌说：这标志着项目从个人探索正式迈入了大规模科学计算的阶段，为后续深度模拟奠定了基石。

在模型中孕育沙尘暴

在火星气候模拟领域，有一个公认的世界难题：如何模拟出火星沙尘循环的年际变率？

模拟火星的平均气候状态相对容易，但要让它‘自发地’产生全球性沙尘暴，尤其是以合理的频率和强度产生，这是国际学界几十年来一直未能完全解决的难题。刘帅解释道。之前的许多模型要么无法产生全球性沙尘暴，要么产生的频率和强度与观测不符。

为此，刘帅进行了两方面的关键创新。首先，通过借鉴地球沙尘模拟经验并结合火星观测理论，对地表起沙通量施加了物理上合理的约束，设计了一套适合火星特殊环境的起沙参数化方案，避免模拟崩溃或失真。

其次，在模式的边界层物理过程中，刘帅增加了沙尘的湍流混合过程。这一改进至关重要，使得沙尘不仅能被水平风输送，还能通过湍流垂直交换更有效地抬升，这是现实中沙尘发展至高耸尘卷、并可能触发大规模反馈的关键。XX说。

接下来是漫长的调试与等待，他们进行了海量的敏感性试验，调整各种参数组合。GoMars已经在超级计算机上连续运行了数月，模拟了超过100个火星年的气候变化。然而，模型中的火星年复一年地平静，没有出现期待的沙尘暴。

那时我们几乎要放弃了，怀疑自己的物理方案是否存在根本性缺陷。刘帅回忆道。2024年10月的一个深夜，刘帅像往常一样检查模型运行结果，转机出现了。

GoMars的沙尘指数开始急剧飙升，模拟出的火星地面气压年循环曲线，与上世纪70年代维京号探测器在火星表面实测的数据曲线几乎完美重叠。当两条曲线严丝合缝地对上时，心中的大石头终于落了地。刘帅说。

以此为契机，团队展开了更精细的优化。最终，在长达50个火星年（约100个地球年）的超长期模拟中，GoMars不仅稳定再现了沙尘的日循环和季节迁移，更成功模拟出了全球性沙尘暴的自然爆发。

在日循环尺度上，模拟的尘卷风起沙通量峰值出现在当地时间12:00至13:00之间，与火星探路者火星车的实测记录相符。此外，GoMars准确模拟出亚马逊地区作为尘卷风活动热点的强烈起沙现象，与观测识别结果一致。

在缺乏直接观测数据的情况下，研究进一步将GoMars模拟的近地表风应力起沙通量与国际上先进的MarsWRF等火星大气环流模式进行对比，结果显示二者在季节变化与空间分布上具有良好一致性。

### 打造火星天气预报系统

研究火星，最终也是为了更好地理解地球。火星，这颗曾经拥有厚重大气层和液态水海洋的星球，如何在数十亿年间变成今天的寒冷荒漠？GoMars的研究提供了一些线索。

模拟显示，全球性沙尘暴在火星大气逃逸过程中可能扮演了加速器的角色。当沙尘充满大气时，它们吸收太阳辐射，导致高层大气温度升高，从而加速气体分子的热逃逸。

这一发现对地球气候研究具有重要启示。虽然地球目前不会经历火星那样的全球性沙尘暴，但火星的气候变迁提醒我们，行星气候系统是复杂且脆弱的，一旦越过某个临界点，就可能发生不可逆转的变化。王斌说。

随着GoMars核心模型的成功验证，团队已经开始规划下一步发展路线。未来的火星天气预报可能需要精确到小时级别，预报内容包括风速、风向、温度、沙尘浓度、辐射水平等多个要素。董理展望道，科学没有国界，行星探索更是全人类的事业。我们希望GoMars不仅能为中国的火星探索服务，也能为国际行星科学界做出贡献。（来源：中国科学报 高雅丽）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1007/s00376-025-5190-2>

作者：王斌等 来源：《大气科学进展》

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](https://www.iikx.com)转发