
用27粒岩屑，他们揭示月球“延寿”8亿年秘密

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20529.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！

用27粒岩屑，他们揭示月球“延寿”8亿年秘密。

嫦娥五号玄武岩与阿波罗玄武岩形成示意图。受访者供图

月球什么时候还活着?这是科学家一直想了解的月球演化历史研究中的一个重大科学问题。

一年前，中国科学院地质与地球物理研究所(以下简称地质地球所)的科学家们利用嫦娥五号带回的月球样品，证明月球在距今20亿年前仍喷发过滚烫的岩浆，使已知的月球地质寿命延长了8亿到9亿年。

那么，月球是如何延寿的?地质地球所的科学家们推翻了此前的两种假设——放射性元素生热和月幔含水熔融;同时也推开了一扇新的科学之门：导致月球年轻火山活动的根本原因是什么?

现在，时隔一年，该所研究员陈意团队给出了这个问题的潜在答案。

他们通过嫦娥五号带回的月壤岩屑发现，月幔在二十亿年前比三十多亿年前含有更多的钙和钛，导致月幔熔点降低，且月幔经历十几亿年的冷却后，温度仅仅降低了约80摄氏度，并据此提出新的月球热演化模型。相关成果10月22日发表于《科学进展》。

由子及母，揭开月球保持活力的神秘面纱

与地球类似，月球形成于约45亿年前，但其质量只有地球的约1%。如此小的天体，理论上应该快速冷却而早早地停止火山活动，成为死亡星球。

但去年十月，嫦娥五号月壤样品的首批研究，刷新了人类对月球岩浆活动和热演化历史的认知，也提出了新的科学问题：月球如何活到20亿年前?

就像地球的地幔一样，月球玄武岩是月幔部分熔融形成的岩浆经火山喷发至月球表面冷却结晶形成的岩石。陈意向《中国科学报》解释，对于持续冷却的月幔发生部分熔融，国际学者曾提出两种假说：放射性元素生热导致月幔升温;加水降低月幔熔点。

然而，中国科学家对嫦娥五号玄武岩的研究揭示月幔源区并不富含放射性生热元素，且非常干，排除了以上两种假说。

月球火山活动为什么持续如此之久?这成为新一轮月球研究中的未解之谜。

陈意表示，要想破解这一谜团，前提是确立嫦娥五号玄武岩起源的深度和形成的温度，即月幔发生部分熔融时的温度和压力条件。在此基础上，将其与更古老的阿波罗玄武岩进行对比，即可建立全新的月球岩浆-热演化模型。

大多数阿波罗玄武岩形成于距今38亿~31亿年前，由美国的阿波罗号六次载人登月任务于上世纪六七十年代采集返回地球。

我国嫦娥五号玄武岩从月幔源区喷发至月表过程中，经历了高程度的结晶分离等一系列演化过程，玄武岩成分发生了显著的改变，如何准确恢复其初始岩浆的成分，成为限定岩浆起源深度和温度的关键。

打个比方，嫦娥五号玄武岩就像月球的一个小儿子，阿波罗玄武岩是月球的大儿子，他们是月球这个母亲在不同年龄阶段生的孩子，两个儿子的元素含量存在差异。陈意比喻说，通过这种差异，可以反向推演母亲生他们时的身体状况，也就是月球当时的内部状态。

嫦娥五号土壤样品平均粒度仅有50微米。粒度越小，这意味着其中所含矿物量等信息就越少。研究团队建立了若干标准，试图在其中找到颗粒更大、矿物种类更全、矿物分布更均匀的岩屑作为初始成分，反向推演彼时月球内部发生的情况。

最终，他们从600多颗岩屑中选取了27颗具有代表性的岩屑，采用最新研发的扫描电镜能谱定量扫描技术，分析了岩屑的主要成分，结合一系列岩石学和热力学模拟计算，成功恢复了嫦娥五号玄武岩的初始岩浆成分，并与阿波罗低钛玄武岩的初始岩浆进行对比，发现月球保持活力的两个潜在秘诀。

一方面，嫦娥五号玄武岩的初始岩浆比阿波罗玄武岩初始岩浆含有更高的钙和钛组分，即月幔在二十亿年前比三十多亿年前含有更多的钙和钛。这部分物质恰恰是月球岩浆洋晚期结晶的产物，且具有易熔的特性，它的加入会显著降低月幔的熔点，诱发月幔部分熔融形成年轻的月球玄武岩。

另一方面，进一步的模拟计算结果显示，嫦娥五号玄武岩比阿波罗玄武岩的形成温度更低，即月球内部经历十几亿年的持续冷却，温度仅仅降低了约80摄氏度。

他们据此提出新的月球热演化模型：月球岩浆洋晚期结晶的易熔物质，逐渐加入到了月幔，不仅为月幔补钙补钛，还导致月幔熔点降低，从而克服了缓慢冷却的月球内部环境，引发了长期持续的月球火山作用。

月球这样保持年轻与热度

月球岩浆洋晚期结晶产物为什么具有更多的钙和钛?十几亿年的冷却，月球内部温度为何仅仅降低了约80摄氏度?陈意对此进行了深入解读。

如今，在地球上看来，月球上白色的地方是月陆，深色的地方也是月海。科学家发现，月陆表面主要为斜长岩;而月海表面主要为玄武岩。这与月球的演化历史有关。

科学家推测，像地球一样，早期的月球也是一个岩浆洋，逐渐降温、冷却、结晶，首先形成月核

，此后逐渐形成不同层次的月幔。

在岩浆洋冷却结晶过程中，富橄榄石的一些物质会在结晶早期沉淀到更深部的月幔中，而密度更轻的斜长石会向上浮动，飘在岩浆洋上面，形成月壳，也就是人们看到月亮上比较亮的区域。陈意解释说。

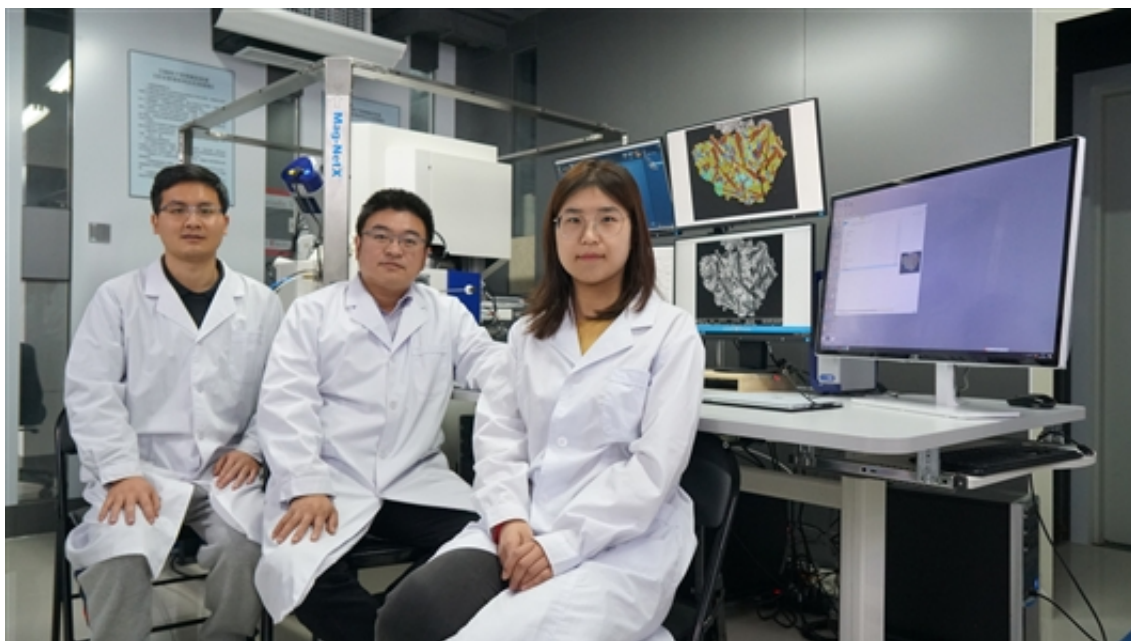
而岩浆洋晚期结晶的主要矿物是单斜辉石和钛铁矿，其中一个显著特点是钙、钛含量较高，且熔点比较低。这部分物质密度很高，结晶完之后便会下沉，进入到深部月幔和月核的边界。

体积更小的月球火山活动持续时如此之长，国际科学界有一个猜想：月表覆盖的平均厚度4~5米的月壤，就像给月球覆盖了一层厚厚的毯子，使月球内部热耗散相对较慢。同时，与地球不同，月球没有板块构造，不会把地表的冷物质带到地球内部发生物质和能量的交换而给月球降温，这也可能是其散热较慢的一个原因。

然而，月球内部热耗散究竟有多慢？长久以来，由于缺乏量化对比，人们很难知道这一问题的答案。

通过将嫦娥五号玄武岩与阿波罗玄武岩进行对比，该团队推测，从30多亿年前到大约20亿年前，在月幔相同深度，温度仅下降了80摄氏度，为这一缓慢降温过程提供了潜在的答案。

期刊论文审稿人指出，这是一项高质量的研究。这项研究对年轻的嫦娥五号玄武岩可能是如何形成的提供了一种新颖的解释。毫无疑问，自去年月球新年龄被宣布以来，这一直是许多科学家最关心的问题。论文审稿人、英国牛津大学地球科学系Richard Palin说，研究团队解释得到了仔细的岩石学建模和岩石学观察的有力支持，毫无疑问将会引起读者的极大兴趣。



论文主要作者合影，从左至右分别为苏斌、陈意、原江燕。背景仪器为分析嫦娥五月壤的扫描电镜，背景屏幕图片为嫦娥五月壤。受访者供图

新机遇 新发展

现在看来，月球的地质生命活动似乎已完全熄灭。那么，未来是否可能发现比20亿年更年轻的月球火山活动痕迹呢？

在陈意看来，这完全有可能，科学研究就是不断推陈出新的过程。

月球究竟是什么时候真正死亡的，到现在还是个谜。他说，目前，我们仅有确凿的证据证明在20亿年前还有火山活动，那时候它还是活的。如果将来有更多的样品，就可以建立一个更加完整的、高精度的月球冷却量化曲线，推测出它的地质生命活动轨迹。

那么，月球最新的岩浆活动证据可能隐藏在哪里呢？据介绍，当前科学家主要通过撞击坑定年法，推测相关区域的大致形成年龄。若干年后，我们或许可以采到更年轻的月球样品，了解月球生命最晚期的内部状态。

陈意认为，月球研究可能有助于解开人们认识地球过去的瓶颈问题。

由于地球板块构造运动抹掉了很多古老的地球历史记录，人们尚不清楚地球从45亿年前开始形成到35亿年以前地球早期到底经历了哪些过程？地月系统同根同源，没有板块构造的月球地质历史记录非常完整、丰富，将有助我们了解地球的去。通过它的地质演化记录，也有助于我们了解地球的现在和未来。他说。

在他看来，嫦娥五号、祝融号等地外行星探测项目正在给中国地球和行星科学研究带来新的机遇。最近一年多来，随着月壤样品返回和首批火星探测数据传回地球，国内的行星科学研学队伍正在迅速庞大。

陈意表示，地外行星探索也将为地球科学研究打开非常大的一扇门。地质学、地球化学、地球物理、遥感探测，乃至地外生物等地球科学的各个领域将得到进一步发展。（来源：中国科学报冯丽妃）

相关论文信息：<http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.abn2103>

作者：陈意等 来源：《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