

研究揭示嫦娥五号月壤中二氧化硅高压相和新矿物嫦娥石成因

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/26533.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！

近日，中国科学院地球化学研究所研究员杜蔚、副研究员杨晶，在《极端条件下的物质与辐射》（Matter and Radiation at Extremes）

上发表研究成果，总结回顾了地外陨石样品和返回的嫦娥五号月壤样品中二氧化硅高压相的类型和动力学形成机制，探讨了嫦娥五号样品中发现的首个新矿物嫦娥石的地球化学成因。该工作揭示了寻找、鉴定和研究高压矿物以及新矿物对月球和行星科学发展的意义。

二氧化硅是类地行星的最主要组成成分之一，其在高温或高压条件下形成的矿物相可为了解类地行星的内部结构和物理性质，以及作用于行星体表面的撞击过程提供重要信息。来自地外的陨石样品和月球返回样品中的二氧化硅高压相包括柯石英、斯石英和赛石英，它们或通过固态相转变或从高压熔体中结晶而成。高温高压平衡实验结果显示，赛石英稳定存在的压力域超过100 GPa，与斯石英稳定共存的压力需达到50-90 GPa。然而，小行星撞击很难产生如此高的压力条件，并且极高的冲击压力必然产生极高的温度，热稳定性差的赛石英则难以保存，因此，地外样品中发现的赛石英的

形成过程一直令人困惑。此外，高温高压实验结合原位

X射线衍射分析结果显示，方

石英在压力升高时率先转变为方石英-II和方石英

-XI相；升高温度，方石英

-XI相则转变成亚稳态的赛石英；继续升温，赛石英会进一步相变为斯石英。在嫦娥五号月壤中首次发现的共生的赛石英和斯石英，

其结构以及与共存的似 α -方石英（可能是尚未鉴定出的方石英的中间相）之间的晶体学取向关系表明，它们的形成可能是受撞击动力学过程所控制。该样品是对二氧化硅高压相动力学行为的一次完美展现，

展示了平衡静态压力实验和动态

高压实验获得的高压矿物形成的P-T-t条件的巨大差异。这一研究成果强调了对不同造岩矿物高压相开展受动力学控制的结构相变研究工作的迫切性，以揭示天然冲击事件的动力学特征。

核工业北京地质研究院研究员李婷团队在嫦娥五号月壤中发现了首个新矿物，并命名为嫦娥石，我国因此成为第三个发

现月球新矿物的国家。嫦娥石是磷酸盐矿物【(

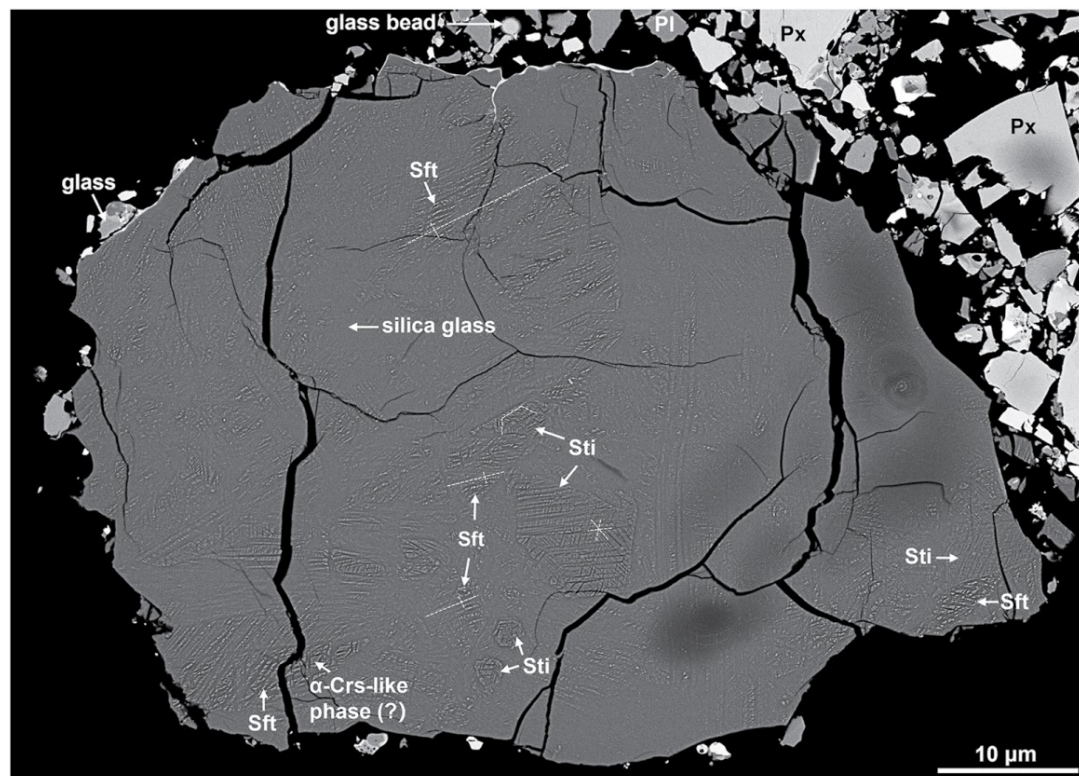
$\text{Ca}_8\text{Y})\square\text{Fe}^{2+}(\text{PO}_4)_7$

】，
具有异常
高的Y和REE元素含
量。地化所研究人员通过分析嫦娥石的
化学成分发现，以56个O原子为基准，嫦娥石中的Y+REE原子数可达1-2.3。 $(Y+REE)^{3+}$
取代 Ca^{2+} ，并主要通过 Na^+ 位置存在的空位实现电荷平衡；当
Y+REE原子数超过2时，电荷平衡则通过 Si^{4+} 取代 P^{5+}
完成。嫦娥五号玄武岩具有很高的不相容元素含量，随着岩浆结晶分异的进行，不相容元素更加
倾向富集于残余熔体
。热力学计算表明，当嫦娥五号玄武岩分
离结晶程度达
~75%时，残余熔体进入硅酸盐液相不混溶区，分离形成“富铁”和“富硅”两相不混溶的熔体
，而P、Y和
REE等高场强元素优先进入“富铁”熔体。嫦娥石存在于嫦娥五号玄武岩结晶晚期由残余熔体固
化形成的粒间填隙物中，并且该区域具有明显的液相不混溶特征。因此，研究人员提出嫦娥石的
发现进一步指示嫦娥五号玄武岩化学组成的特殊性，而岩浆的高度分异叠加硅酸盐液相不混溶作
用，促成异常富集Y和REE元素的嫦娥石的形成。

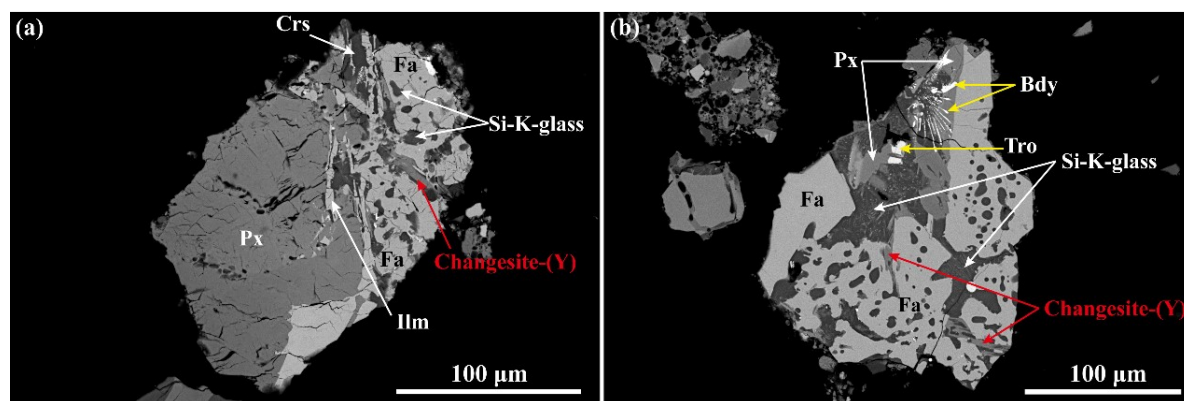
嫦娥五号月壤是时隔

45年后人类再次从月球返回样品，为研究月球的形成和演化提供了新的契机。在嫦娥五号样品中
发现的二氧化硅高压矿物限定了小行星撞击月表的过程，而新矿物嫦娥石也反映了月球岩浆演化
晚期的信息。可见，对更多的、新的月球样品的分析，更多类型高压矿物和新矿物的发现，将有
助于进一步揭示包括月球在内行星体的形成和演化历史。

[论文链接](#)



嫦娥五号月壤中，含有赛石英和斯石英的二氧化硅矿物碎屑的背散射电子照片



嫦娥石的背散射电子照片

研究团队单位：地球化学研究所

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