

月壤热分解过程气态氧化物的热力学行为计算

李琛^{1,2} 魏奎先^{2*} 李阳^{3,4} 马文会^{1,5} 赵斯哲^{6,3}

1 昆明理工大学 冶金与能源工程学院 昆明 650000; 2 云南省高校 XX 军民融合重点实验室 昆明 650000;

3 中国科学院 地球化学研究所 月球与行星科学研究中心 贵阳 550081;

4 中国科学院 比较行星学卓越创新中心 合肥 230026; 5 昆明理工大学 真空冶金国家工程实验室 昆明 650000;

6 桂林理工大学 地球科学学院 广西桂林 541006

月球资源就位利用是建立月球基地的必要技术^[1-2]，其中使用热分解法制备金属与氧气相比于其他工艺而言具有低载荷、短流程、无需辅助物质等优势^[3]。在热分解月壤的过程中，氧化物分解的同时伴随着大量的蒸发以及变价金属氧化物的不完全分解等副反应，这降低了能量的利用效率以及金属和氧气的产率。为了探究各氧化物在气相中的热力学行为，针对嫦娥-3 号着陆器测得月壤化学组成^[4]，在 0-5000 °C、10⁻⁹-10⁵ Pa 的温度压力范围内使用热力学手段计算了月壤热分解过程气相的平衡组成。结果如图 1：随着压强的降低，月壤的分解温度也降低，各金属氧化物出现的峰位都向低温区移动，并且不同的氧化物峰值含量表现出三类变化特征：1) 大部分氧化物如 FeO、CaO、MgO、AlO、Al₂O、SiO₂ 在气相中的峰值含量随着压强的降低而降低，这说明低压环境可以有效降低此类氧化物在气相中的含量；2) SiO 在气相中的峰值含量几乎不随压强变化；3) TiO、TiO₂ 在气相中的峰值含量随着压强的降低反而缓慢升高。由此可知，低压环境可以有效强化 Fe、Al、Mg、Ca 金属氧化物的热分解，而 Si、Ti 金属氧化物的热分解则仅能通过提高温度实现。

关键词：月球资源就位利用，热分解，热力学，气态氧化物

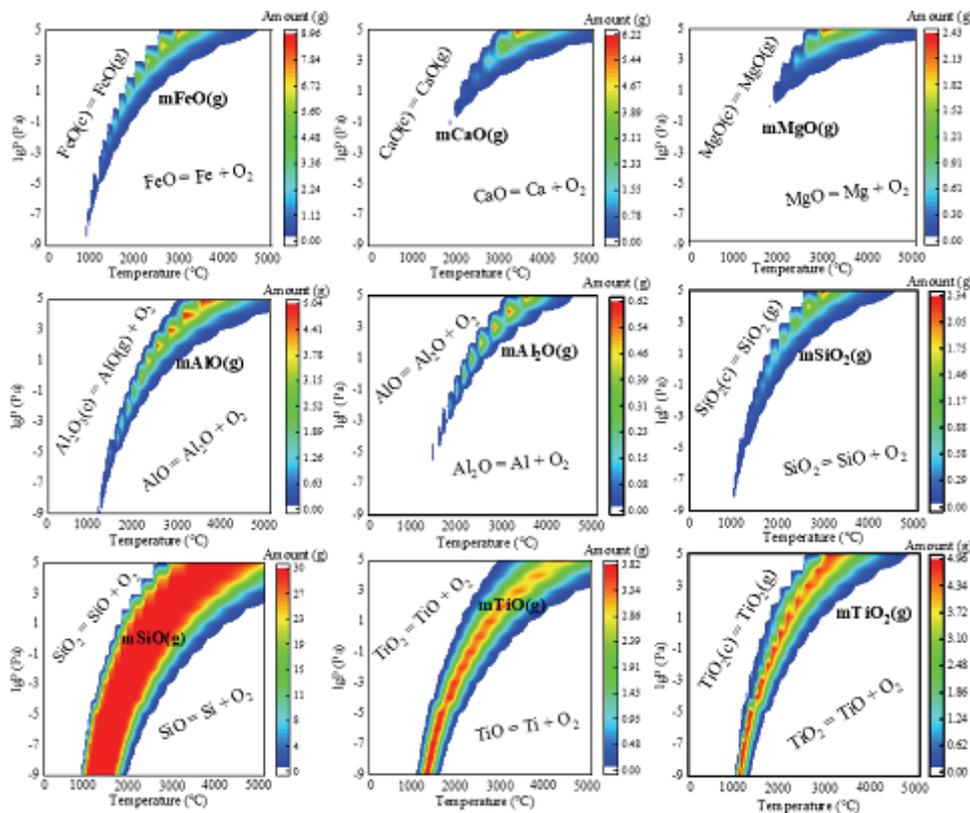


图 1. 月壤热分解过程气态氧化物的平衡含量

参考文献

- [1] PAUL.L Jr, Lunar resources-Their value in lunar and planetary exploration. [R]. Greenbelt: Goddard Space Flight Center, 1966.
- [2] CARPENTER J, FISACKERLY R, HOUDOU B. Establishing lunar resource viability[J]. Space policy, 2016, 37(pt.2):52-57.
- [3] SENIOR C. Lunar oxygen production by pyrolysis. [C] // ENFANT F Space Programs and Technologies Conference. Washington D C. AIAA, 1993: 92-1663
- [4] LING Z, JOLLIFF B L, WANG A, et al. Correlated compositional and mineralogical investigations at the ChangE-3 landing site[J]. Nature Communications, 6:8880, 2015: 1-9