[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201602172

www.whxb.pku.edu.cn

“氧气起源”新机制：二氧化碳分子的电子贴附解离

罗 毅

(中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家实验室(筹), 合肥 230026)

地球上绝大多数生物对氧气(即稳定的基态气态氧分子)的依赖性不言而喻,但是在关于“氧气起源”及其演化(例如“大氧气事件”)尚存在许多不解之谜¹。在无生命的地球早期,不存在光合作用产生氧的生物化学过程,而通常认为氧原子参与的三体复合反应 $O + O + M \rightarrow O_2 + M$ 是产生氧分子的主要通道,这里的自由氧原子 O 则是 CO_2 分子的光解产物;自由原子或分子 M 作为第三体,通过原子分子间的相互作用参与复合反应中的能量分配或转移²。上述过程还常见于地球的“极光”中,因为这个反应中直接产生的是亚稳态 O_2 分子,这些亚稳态 O_2 分子可与其它分子碰撞而发光。2014年10月美国加州大学戴维斯分校化学系的伍灼耀教授研究组发现波段为 101.5–107.2 nm 真空紫外光光解 CO_2 过程中可以直接产生电子基态 O_2 分子³。这是对原有“氧气起源”机制的一个重要补充。

2015年,中国科技大学合肥微尺度物质科学国家实验室(筹)田善喜教授研究组利用自主研制的仪器完成了低能量电子贴附 CO_2 分子解离的实验研究,通过探测产物 C^- 负离子碎片的三维动量空间分布,确认了三体和两体解离动力学过程: $e^- + CO_2 \rightarrow CO_2^- \rightarrow C^- + 2O/C^- + O_2$ 。由于许多星球(特别是金星、火星)的外层大气中存在大量的 CO_2 以及低能量电子,两体解离产生 $C^- + O_2$ 反应对于“氧气起源”的贡献不可忽视。这项研究成果最近被国际著名杂志 *Nature Chemistry* 接收发表⁴。这

项工作意义在于:可以解释新近发现火星上氧气⁵的产生机理;在星际空间物质演化探索中,“电子贴附解离”这一特殊物理化学反应机制应该予以重视,特别是在构建星际空间“氧”相关循环化学反应模型时。

在外空间粒子、射线的探测中,天体物理学的研究主要集中在高能粒子(包括高能量电子)和射线的探测,其重要性在于它们与星球演变、暗物质等密切相关;而低能量电子、离子、原子、分子的碰撞是化学反应的主要形式。目前,星际空间化学研究还主要利用光谱技术探测和分析星际空间存在的分子、离子种类,而关于它们如何产生以及演化的动力学研究还相当薄弱。星际空间的电子、离子、原子、分子低能量碰撞过程发生在真空、极低温度、复杂电磁场的环境中。在实验室构建和模拟星际空间环境,开展星际化学和天体化学动力学研究有待加强。

References

- (1) Holland, H. D. *Phil. Trans. R. Soc. B* **2006**, 361, 903. doi: 10.1098/rstb.2006.1838
- (2) Kasting, J. F.; Liu, S. C.; Donahue, T. M. *J. Geophys. Res.* **1979**, 84, 3097. doi: 10.1029/JC084iC06p03097
- (3) Lu, Z.; Chang, Y. C.; Yin, Q. Z.; Ng, C. Y.; Jackson, W. M. *Science* **2014**, 346, 61. doi: 10.1126/science.1257156
- (4) Wang, X. D.; Gao, X. F.; Xuan, C. J.; Tian, S. X. *Nature Chemistry* **2016**, 8, 258. doi: 10.1038/nchem.2427
- (5) Mahaffy, P. R.; Webster, C. R.; Atreya, S. K.; et al. *Science* **2013**, 341, 263. doi: 10.1126/science.1237966