

CSTAM2012-B03-0236

基于 CN 分子 $B^2 \Sigma^+ \rightarrow X^2 \Sigma^+$ 电子带系发射光谱的转动温度测量技术

林鑫^{*,†,1)}, 余西龙^{*}, 李飞^{*}, 张少华^{*}, 张新宇^{*}^{*}(中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室, 北京 100190)[†](北京理工大学光电学院, 北京 100081)

摘要: 温度是高温气体辐射的最重要的热力学参数之一, 温度的准确测量对于研究高温气体辐射及相应的化学反应机理具有十分重要的意义。随着科学技术的发展, 尤其是航天技术、燃烧技术、等离子体技术以及真实气体效应研究的深入, 高温气体的一些参数尤其是温度的测量成为上述领域的研究基础。在数千度甚至更高的瞬态高温环境下, 传统的温度测量手段存在局限性甚至不再适用, 因此发展准确、可靠、有效的温度测量技术对上游领域的研究有着重大的推动作用。由于光谱诊断技术具有响应快、高灵敏度及非侵入式测量等优点, 因此成为上述领域温度诊断的首选。在各种光谱测量技术中, 分子发射光谱测温技术作为诊断非平衡态高温气体的温度的最直接、最有效的方式, 对于极端条件下高温气体分子的转动温度和振动温度具有独特的优势。

CN 自由基由于其辐射效率高, 在高温下相对许多分子自由基更加稳定, 并且广泛的存在于航天再入及工业生产过程中, 除此之外, 基于 CN 自由基分子相对简单的光谱结构以及广阔的应用前景, 在这里我们以 CN 自由基分子为例, 详细介绍分子发射光谱测温原理及其应用。本文基于双原子分子光谱理论, 系统的分析和计算了 CN 自由基 $B^2 \Sigma^+ \rightarrow X^2 \Sigma^+$ 电子带系发射光谱的能级分布、谱线跃迁几率以及爱因斯坦自发辐射跃迁概率等重要参数, 结合谱线加宽机制, 得到 CN 自由基 $B^2 \Sigma^+ \rightarrow X^2 \Sigma^+$ 电子带系中 $\Delta_v = 0$ 振动带系在任意转动温度和振动温度下的理论光谱强度分布, 并给出了由光谱常数带来的计算误差分析。在此基础上, 通过分析其精细谱线结构, 建立了利用 CN 自由基 $B^2 \Sigma^+ \rightarrow X^2 \Sigma^+$ 电子带系高分辨率光谱获得转动温度的分子发射光谱测量技术。

关键词: 发射光谱, 谱线强度, 转动温度, 振动温度

¹⁾ Email: linxin_bit@imech.ac.cn