

红外气体检测原理

引言

红外气体检测技术是现代工业安全、环境监测及气体分析领域中的一重要技术。其中，非分光红外（NDIR）气体检测技术因其高精度和稳定性而受到广泛关注。该技术利用红外光谱对气体进行检测和分析，具有灵敏度高、响应速度快、不受环境干扰等优点。

检测原理

朗伯-比尔定律

朗伯-比尔定律(Lambert-Beer law)是分光光度法的基本定律，是描述物质对某一波长光吸收的强弱与吸光物质的浓度及其液层厚度间的关系。

朗伯-比尔定律数学表达式：

$$A = \lg\left(\frac{1}{T}\right) = Kbc$$

式中：A 为吸光度；T 为透射比（透光度），是出射光强度（I）比入射光强度（I₀）；K 为摩尔吸光系数，与吸收物质的性质及入射光的波长 λ 有关；b 为吸收层厚度，单位为 cm；c 为吸光物质的浓度，单位 mol/L。

其物理意义为：当一束平行单色光垂直通过某一均匀非散射的吸光物质时，其吸光度 A 与吸光物质的浓度 c 及吸收层厚度 b 成正比，而与透光度 T 成反相关。

非分光红外气体检测技术

非分光红外气体检测技术（NDIR, Non-Dispersive InfraRed）是一种基于气体吸收理论的方法。红外光源发出的红外辐射经过一定浓度待测的气体吸收之后，与气体浓度成正比的光谱强度会发生变化，因此求出光谱光强的变化量就可以计算出待测气体的浓度。

表 1.不同气体红外线特征吸收波带范围

气体名称	分子式	红外线特征吸收波带范围（um）			吸收率（%）		
一氧化碳	CO	4.5~4.7			88		
二氧化碳	CO ₂	2.75~2.8	4.26~4.3	14.25~14.5	90	97	88
甲烷	CH ₄	3.25~3.4	7.4~7.9		75	80	
二氧化硫	SO ₂	4.0~4.17	7.25~7.5		92	98	
氨	NH ₃	7.4~7.7	13.0~14.5		96	100	
乙炔	C ₂ H ₂	3.0~3.1	7.35~7.7	13.0~14.0	98	98	99

NDIR 气体探测器

NDIR 气体检测技术利用特定的红外光源、吸收气室、滤光片和传感器来检测目标气体的浓度。图 1 为 NDIR 气体探测器模组示意图。红外辐射经过一定浓度的待测气体吸收后，会产生与气体浓度成正比的光谱强度变化，测量光谱光强的变化量就可以推算出待测气体的浓度。

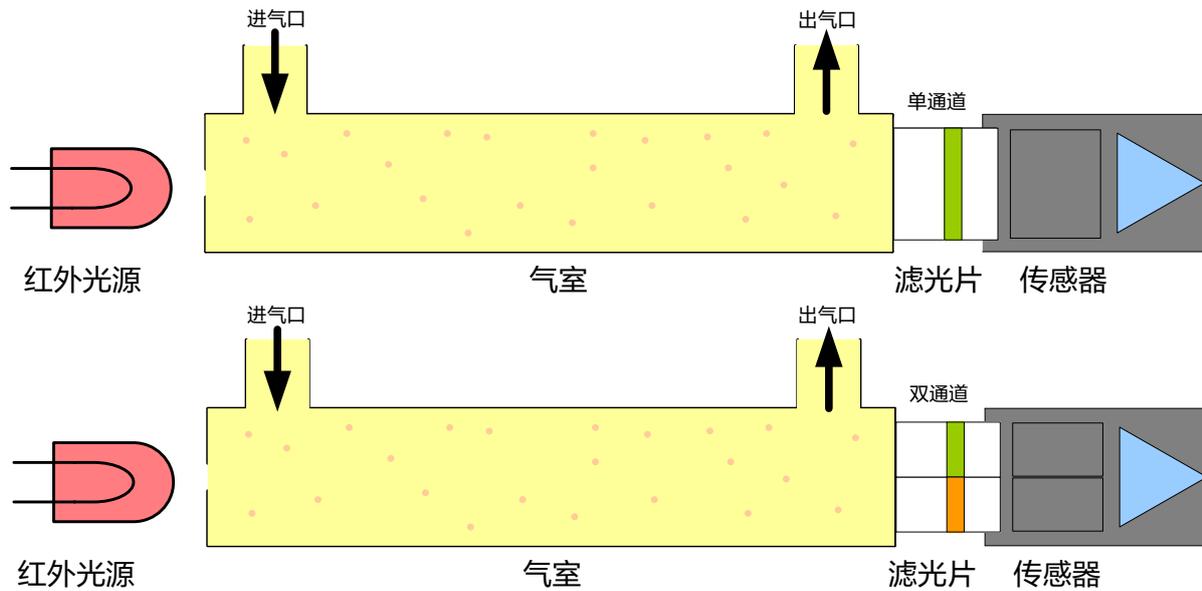


图 1. NDIR 气体探测器模组示意图

红外光源：使用一个特定的红外光源，其发射的红外光波长与目标气体的吸收波长相匹配。

气室：待测气体通过气室，其中的目标气体会吸收特定波长的红外光。

滤光片：确保只有与目标气体吸收波长相匹配的红外光能够到达传感器。单通道设计目标通道选用波长与目标气体匹配的滤光片，双通道设计除目标通道外引入参考通道（一般选用不会被绝大部分气体吸收的波长 3.91um 滤光片）来消除环境因素引起的误差。

传感器：检测通过气室后的红外光强度，并将其转换为电信号。此电信号与气体的浓度成比例。

NDIR 气体检测技术的优势

高精度与稳定性：

NDIR 气体传感器采用精密的光学设计和信号处理技术，能够提供准确、稳定的气体浓度数据。其高灵敏度使得传感器能够检测到极低浓度的气体，满足高精度监测的需求。

广泛的气体应用范围：

可应用于多种气体的检测，包括一氧化碳（CO）、二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、二氧化硫（SO₂）、氨气（NH₃）等。通过选择适当的红外光源和滤光片，NDIR 传感器能够针对不同气体进行定制，实现多气体同时监测。

快速响应与恢复：

NDIR 气体传感器具有快速的响应和恢复时间，能够在短时间内提供准确的浓度值。这使得传感器能够实时监测气体浓度变化，及时发出警报，保护人员和环境安全。

长寿命与低功耗：

NDIR 气体传感器的设计和制造使其能够在长时间使用中保持稳定，具有较长的寿命和较低的维护需求。同时，其低功耗特点有助于节省能源，降低使用成本。

智能化与远程监测：

随着技术的发展，NDIR 气体传感器正逐步实现智能化和远程监测。通过与云平台的连接，传感器能够将监测数据上传到云端，实现远程监控和管理。借助人工智能和机器学习算法，传感器能够对大量数据进行分析 and 建模，实现智能化的气体监测和预警。

总结

NDIR 红外气体检测技术，为现代工业、环境监测和气体分析提供了高效、准确的手段。NDIR 技术凭借其高精度、稳定性、快速响应和低功耗等特性，为保障人们的生命财产安全和环境保护提供了有力的技术支持。