VAISALA / 应用指南

红外传感器技术及其对暖通空调CO_2测量精度的影响

为了尽量减少处理外部新鲜空气所产生的能耗，现代通风系统会对室内空气进行循环使用。利用二氧化碳(CO_2)传感器作为室内空气质量指示器有助于向建筑内部人员输送新鲜的外部空气，同时实现能耗优化。

随着节能法规日趋严格，对二氧化碳传感器的要求也在不断提高。加利福尼亚州是提升室内空气质量的先驱之一，其在《建筑标准法》中为二氧化碳传感器制定了性能标准："制造商须证明其CO_2传感器在海平面及25°C条件下、浓度范围600和1000 ppm时的测量精度达到正负75 ppm，初次使用时由工厂进行校准或标定，且制造商须确认每五年至少校准一次。"

这一规定凸显了在选择传感器时仔细查看参数指标的重要性——并非所有的传感器均能满足预期要求。

红外CO_2传感器的工作原理

红外传感器——也称为非色散红外(NDIR)传感器——成为主导暖通空调领域CO_2传感器市场的原因非常明显。这类传感器具有高度的灵敏性、选择性和稳定性，具有较长的使用寿命，并且对环境变化不敏感。另外该技术相对成本较高且不易小型化的传统难题已经得到解决。

二氧化碳的特征吸收光谱带位于波长4.26 µm的红外区。当红外光辐射穿过含有二氧化碳的气体时，二氧化碳分子会吸收部分辐射。透过气体的辐射量取决于其所含二氧化碳的浓度。由红外光源、探测器和光程组成的红外传感器可将这一现象量化（参见图1）。

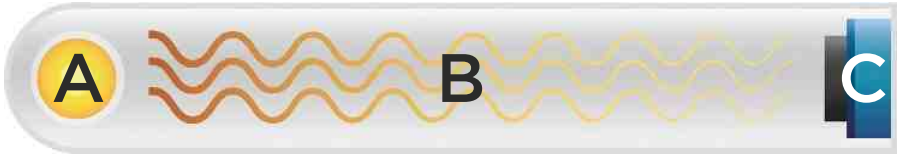


图1. 利用红外探测器可探测到CO_2分子的红外吸收情况。

A：红外源　B：光程　C：探测器

选择暖通空调CO_2传感器时要考察的基本性能标准：

- 精度：传感器读数与真实值的接近程度
- 测量范围：仪器能够测量的测量值上下限。
- 灵敏性：可探测到二氧化碳浓度的最小值，以及可探测到浓度变化的最小量值
- 选择性：传感器在混合气体物质中辨别二氧化碳的能力
- 响应时间：传感器响应二氧化碳浓度变化所需的时间长度
- 稳定性：能够获得稳定且可再次复现二氧化碳读数的预计时间范围
- 功耗：对总能耗至关重要；但由于仪表的自加热现象，也会影响测量精度
- 便于维护：考察指定的校准间隔时间、可选用的校准方案及其使用便利性

红外CO_2传感器及其性能差异

安装完成后，暖通空调系统的CO_2传感器通常在数年甚至整个使用寿命期内几乎不进行维护，因此选择具有长期可靠性和精确性的传感器尤其重要。虽然所有红外CO_2传感器的测量原理均相同，但技术解决方案和测量性能却差别甚大。经验丰富的暖通空调专业人员对于各种传感器类型及其性能的差别了如指掌。

单波束单波长传感器

单波束单波长传感器结构简单（见图2），由红外源、测量腔室和探测器组成。



图2. 单波束单波长传感器

此类传感器的问题在于其长期漂移比较严重。微型白炽灯泡的强度（二氧化碳传感器常见的红外光源）会随时间发生变化。此外传感器表面可能会沉积灰尘和污垢。当二氧化碳浓度发生变化时，传感器会对这些改变做出错误响应，导致长期测量的不可靠性。

为了对这一固有不稳定性进行补偿，一些制造商采用了自动背景校准方法。传感器在指定时间段内（通常为数天）记录最小的二氧化碳读数，然后假定最小记录读数对应于外部新鲜空气（二氧化碳浓度40ppm），对读数重新进行调整。遗憾的是由于建筑内的人员活动模式会影响室内二氧化碳水平，这种假设并非始终成立。诸如医院、养老院、住宅楼以及办公室等设施可能全天二十四小时都有人员活动，最低二氧化碳水平约为600-800ppm。反复的错误调整会产生不正确的二氧化碳读数，最终导致通风不足，室内空气质量低劣。另外新建筑的混凝土碳化作用可能会将二氧化碳浓度降低到400ppm以下，因而自动背景修正在这种情况下也没有效果。

双波束单波长传感器

双波束单波长传感器（图3）采用第二个红外源为红外源漂移提供补偿。让人费解的是制造商声称由于第二个光源很少使用，因此不会发生老化。传感器结构增加了不必要的复杂性，而第二个红外源添加了额外的潜在故障点。另外灰尘和污垢很少会在传感器周围均匀地沉积。因此，这种传感器结构相对而言并不可靠。



图3. 双波束单波长传感器结构

单波束双波长传感器

单波束双波长传感器不存在影响单波束单波长和双波束单波长传感器性能的漂移问题。这项通常在昂贵的滤光片轮式分析仪中使用的技术不但能够测量吸收波长，还能够测量没有发生吸收的参比波长。

维萨拉将单波束双波长传感器整合到可用于工业变送器的紧凑型结构中。参比波长通过位于探测器前端的电子可调式法布里-珀罗干涉仪(FPI)滤波器进行测量。



图4. 探测器前端装有FPI滤波器的单波束双波长传感器

微电子机械加工的FPI过滤器以电子调节方式在二氧化碳测量波长和参比波长之间切换。参比测量可为红外源强度及光程上的污垢沉积变化提供补偿，从而无需采用复杂的补偿算法。

单波束双波长传感器结构简单，成本效益好，长期工作具有高度稳定性，所需的维护工作少。

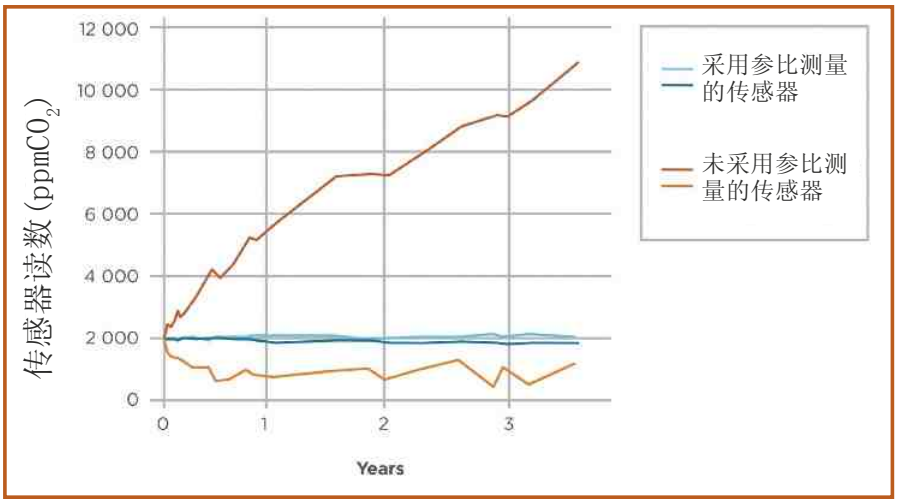


图5：维萨拉单波束双波长传感器（采用参比测量的传感器）与单波束单波长传感器（未采用参比测量的传感器）的长期稳定性对比



图6. 微型白炽灯泡



图7：微机电系统制造的维萨拉专利硅基微辉光红外发射源

图5展示了采用参比测量的传感器（单波束双波长传感器）与未采用参比测量的传感器（单波束单波长传感器）的长期稳定性差别。单波束单波长传感器都存在的漂移问题原因在于红外源强度有所减弱，最终导致二氧化碳水平的显示值过高。然而，传感器漂移也会导致读数过低。

红外源 —— 性能源自新一代技术

微型白炽灯泡

绝大多数红外CO_2传感器采用微型白炽灯泡作为红外源（图6），但其并非传感器的理想光源。首先，不同设备的初始光强度差别很大，这会导致产生仪器内部结构部署问题。其次，它们均存在固有不稳定性：钨丝会蒸发并附着于玻璃表面，导致灯泡壁变黑。当灯丝变细时，输出强度会逐渐下降。未采用参比测量的传感器（单波束单波长和双波束单波长传感器）长期稳定性受到严重影响（图5）。其他缺点还有功耗相对较高以及使用寿命有限。

微辉光光源

新一代红外技术（微辉光技术）解决了影响传统红外光源的诸多问题。微辉光技术的主要优点（图7）是红外源寿命延长、功耗降低、质量均一以及批量生产性能卓越。

以微辉光技术代替白炽灯泡能够让传感器工作寿命增加50%，而功耗仅为传统红外光源的25%。

白炽灯泡产生的大量热能限制了其在可测量二氧化碳以及湿度和温度的多参数变送器上的应用。湿度是一种温度依赖型参数，在接近热源的情况下无法实现可靠的测量。

微辉光技术独特的低功耗特性实现了在测量二氧化碳的同一变送器壳体内进行高质量湿度测量，并缩短了传感器加热时间。

微辉光强度在其整个寿命期内均极其稳定（图8）。由于芯片可自动地直接装配在组件电路板上，其他优点还有响应时间短、生产性能卓越。

有关微辉光技术的更多信息，请访问 www.vaisala.com/microglow.

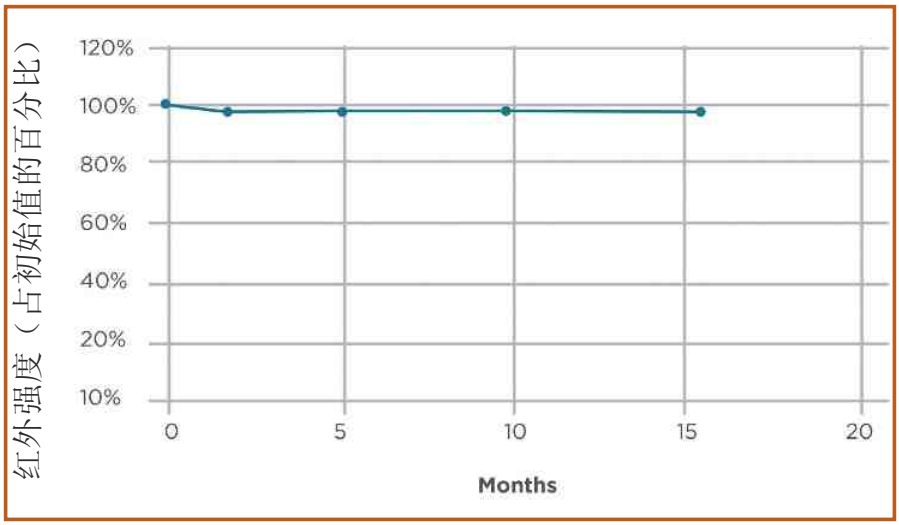


图8. 微辉光技术卓越的长期稳定性。

Ref. B211311ZH-A ©Vaisala 2014
本资料受到版权保护，所有版权为Vaisala及其合伙人所有。版权所有，任何标识和/或产品名称均为Vaisala及其合伙人的商标。事先未经Vaisala的书面许可，不得以任何形式复制、转印、发行或储存本手册中所包含的信息。所有规格，包括技术规格，若有变更，恕不另行通知。此文本原文为英文，若产生歧义，请以英文版为准。