

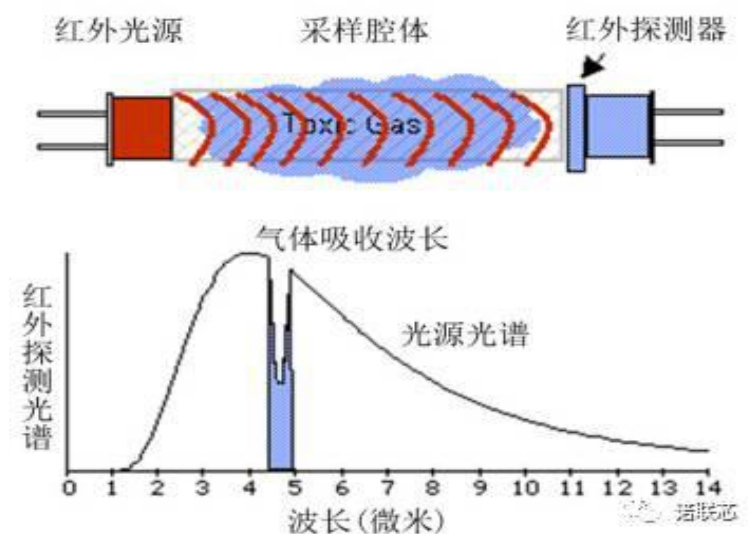
红外气体传感器

1. 非色散红外气体传感器

定义：

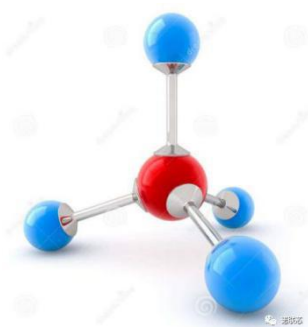
非色散红外 Non-Dispersive InfraRed (NDIR)传感器是一种由红外光源(IR source)、光路(Optics Cell)、红外探测器(IR Detector)、电路(Electronics)和软件算法(Algorithm)组成的光学气体传感器。它主要用于测化合物 ,例如: CH₄、CO₂、N₂O、CO、CO₂、SO₂、NH₃、乙醇、苯等 ,并包含绝大多数有机物(HC) ,包括有机挥发性混合物(VOC)。

NDIR 传感器用一个广谱的光源作为红外传感器的光源，因为并没有一个分光的光栅或棱镜将光进行分光，所以叫非色散红外。光线穿过光路中的被测气体，透过窄带滤波片，到达红外探测器。通过测量进入红外传感器的红外光的强度，来判断被测气体的浓度。当环境中没有被测气体时，其强度是最强的，当有被测气体进入到气室之中，被测气体吸收掉一部分红外光，这样，到达探测器的光强就减弱了。通过标定零点和测量点红外光吸收的程度和刻度化，仪器仪表就能够算出被测气体的浓度了。

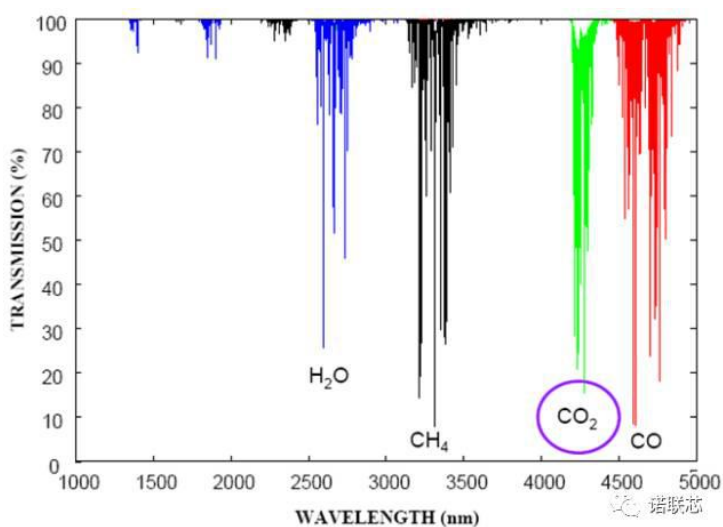


1.1 NDIR 传感器是如何区分不同种类的气体的呢？

这要从化合物的红外吸收光谱说起。化合物是由不同种类的原子构成，下图就是一个甲烷分子，由 1 个碳原子和 4 个氢原子构成的空间结构。当红外光照射到这个分子的时候，C 和 H 之间就发生了少量的往返位移，简称化学键振动。我们可以假想为 1 根弹簧，两头各栓这 1 个小球。



因为原子非常小，也很轻，所以化学键振动的频率是很高的，例如甲烷中 C-H 键振动的频率就是 333KHz，中心波长是 3.3um。不同分子的分子量不同，因此红外吸收的波长也就不一样，如下图：



1.2 为什么要用 NDIR 传感器？

第一方面，市场上常见的传感器，例如催化燃烧(CAT)、电化学(EC)、紫外光离子化(PID)传感器并不是什么气体都能测，例如，CO₂ 就无法测，但是 NDIR 传感器能测 CO₂。NDIR 最常见的被测气体是 CH₄ 和 CO₂。

第二方面，这和 NDIR 传感器的诸多优点是分不开的。NDIR 的优点包括：

1. 抗中毒。CAT 传感器测甲烷最大的敌人是卤化物(含氟、氯、溴、碘的物质)、有机硅化合物、硫化物。当这些物质在催化珠上燃烧之后，催化剂的活性就打折扣了，反映在测量数据上，就是灵敏度下降。

2. 不会积碳。CAT 传感器测长碳链的烃类时，因为燃烧不够充分，很容易积碳，导致催化珠表面形成一层薄薄的碳粉，反映在测量数据上，就是零点抬高、灵敏度下降。NDIR 传感器的光源和探测器都被玻璃或滤波片保护了起来，和气体并不接触，所以不会有燃烧的现象发生。

3. 不需要氧气参与。CAT 传感器是需要氧气参与氧化反应的。但 NDIR 是光学传感器，不需要氧气参与。

4. 测量浓度可以到 100%v/v。因为 NDIR 传感器的信号特点是：无被测气体时，信号强度最大，浓度越高，信号越小。所以测量高浓度比测量低浓度要轻松。

5. 长期稳定性优异。NDIR 传感器的稳定性基本取决于光源。只要选择好光源，长期稳定性将是极好的，2 年不用标定也是能做到的。

6. 温度范围宽。NDIR 可以用到-40℃到 85℃的范围，毫无压力。

7. 维护成本低。这是和它长期稳定性好密切相关的。极有可能是仪器坏了，传感器都还是好的。

1.3 NDIR 传感器的增长如何？

当今中国，大约有 150 万只 CAT 传感器测量 CH₄，随着 NDIR 传感器价格的下降，越来越多的工业可燃气体仪表会用到 NDIR 传感器。如果估计一下现存量的话，大约在 30 万台，年增长率约 20%。

1.4 NDIR 有什么缺点？

缺点包括：

1. NDIR 传感器功耗和催化燃烧传感器相当；
2. 最低检测限较高，测量 PPM 级别的气体浓度成本较高；
3. 结构、软件、硬件比较复杂，价格也就相对较贵。同级别 NDIR CH₄ 传感器价格是催化燃烧传感器的 5-10 倍。但是和激光红外传感器相比，又要便宜 1 到 2 个数量级。

1.5 NDIR 今后的发展方向是怎样的？

NDIR 的技术路线分为两条：

1. 向低分辨率、长波长、多气种方向发展，主要市场是分析仪表和环境空气质量监测领域。
2. 向小体积，低成本方向发展，主要市场是室内空气质量 IAQ 检测，气种包含 CO₂ 和碳氢 HC 类气体，全球销量约一千万只。

1.6 除了 NDIR 原理，还有什么原理的红外传感器？

和 NDIR 相对应的是 DIR——分光型的红外气体传感器。DIR 主要用在分析仪表中，体积大，功耗高，怕震动，不适合用在工业现场的环境中。

随着技术的进步，光声红外(Photoacoustic)气体传感器也进入了实用。它和 NDIR 传感器各有优势，会长期共存，哪种会最终胜出，现在还不能定论。

2. 量程

定义：

从原理上来说，NDIR 传感器可以测量 0-100%VOL 的目标气体，但由于需求的差别，成本的考虑，软件算法的精度等原因，NDIR 传感器的量程被分成多种。

2.1 最常用的量程是多少？

CH₄: 不同的量程所针对的是不同的应用。

- 100ppm CH₄ , 人体呼气分析
- 1000ppm CH₄ , VOC 排放分析
- 1500ppm CH₄ , 天然气泄漏
- 50000ppm CH₄ , 气体浓度分析
- 100%VOL , 煤层瓦斯气体浓度分析 , 水煤气甲烷浓度分析 , 垃圾填埋场甲烷浓度分析

CO₂: 不同的量程所针对的是不同的应用。

- 10000ppm CO₂ , 室内空气质量监测
- 5%VOL , 即 50000ppm , 工业安全监测
- 20%VOL , 烟气排放监测 , 汽车尾气排放检测

2.2 NDIR 的量程和测量误差有关系吗？

有一部分关系。绝大多数 NDIR 传感器的误差是以读数的百分比(%真值)来计算的, 但有一些安全仪器的误差是用满量程的百分比(%FS)来计算的, 例如 GB15322.1。GB15322.1 标准规定常温时候的误差不得高于 $\pm 3\%LEL$, 即 $\pm 1500ppm$; 长期稳定性的漂移不得高于 $\pm 5\%LEL$, 即 $\pm 2500ppm$; 高低温时候的误差不得高于 $\pm 10\%LEL$, 即 $\pm 5000ppm$ 。

2.3 NDIR 的量程和传感器体积有关系吗？

有关系。体积比较大, 光路比较长的 NDIR 传感器模块, 其量程一般来说都比较小, 大约几百到几千; 体积比较小, 光路短的 NDIR 传感器模块, 其量程一般都比较大, 从 5%到 100%vol 不等。

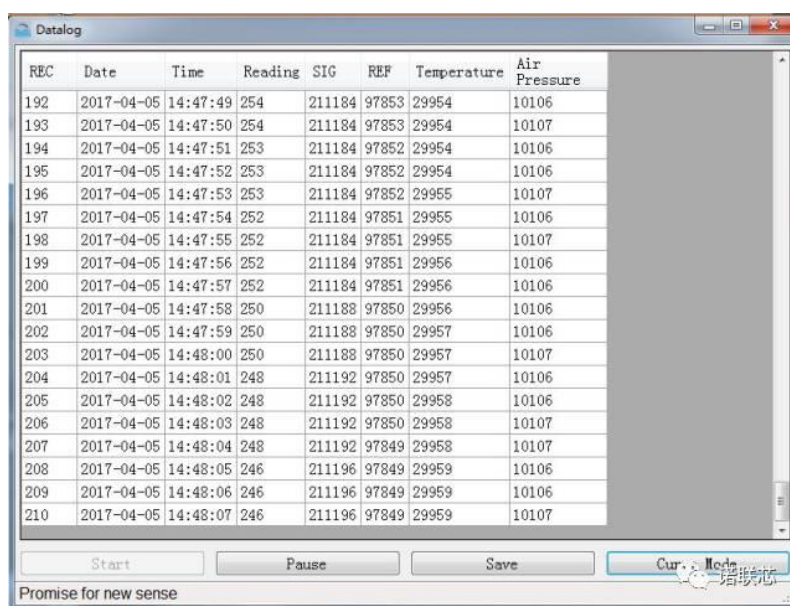
3. 精度

定义：

NDIR 传感器测量被测气体时，测量值和真值之间的误差用来度量传感器的精度，该误差可以是绝对误差，以 ppm 计，也可以是相对误差，以%reading 计，也可以混合起来计，例如 $\pm 100\text{ppm} \pm 2\%\text{reading}$ 。

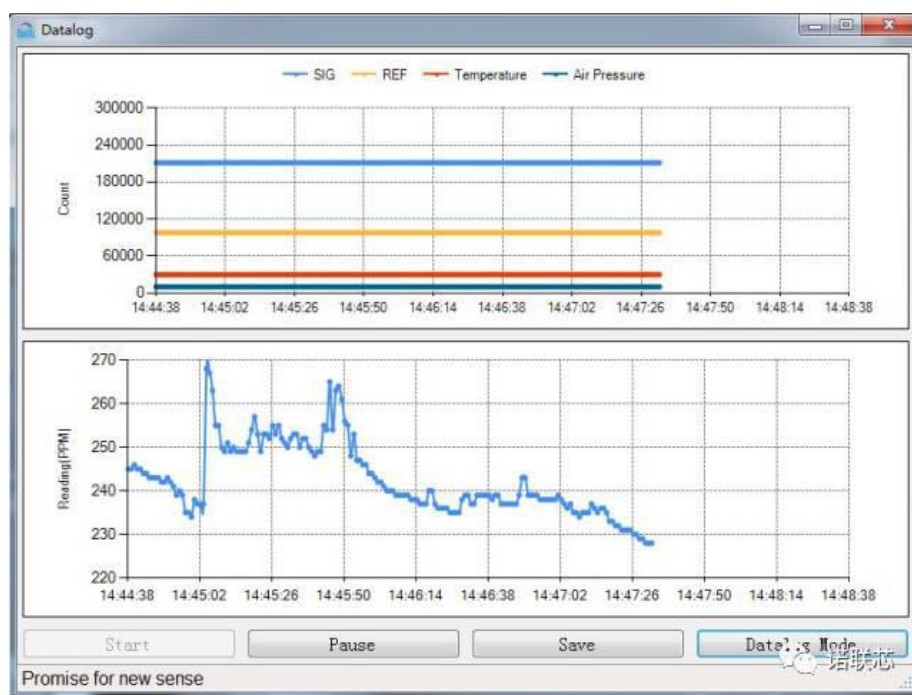
3.1 为什么其它类型的传感器没有精度，而 NDIR 传感器有精度呢？

电化学和催化燃烧传感器是微弱模拟信号输出的传感器，其性能参数只有线性和重现性，规格书上没有“精度”这两个字。而市面上的 NDIR 传感器多数都是数字化输出的，已经是一台小型的“仪器”了，所以通上电以后，读数会通过模拟输出口或数字输出口输出读数。下图中，就是诺联芯公司出品的传感器 Lark-1 CH₄ 配套的 BlueCAL 软件的数据采集界面，您在里面可以看到 Datalog 和原始数据的曲线。



The screenshot shows the 'Datalog' window of the BlueCAL software. It contains a table with 8 columns: REC, Date, Time, Reading, SIG, REF, Temperature, and Air Pressure. The table lists 20 data points (REC 192 to 210) from 2017-04-05. The 'Reading' column shows values ranging from 246 to 254. The 'Temperature' column shows values around 2995. The 'Air Pressure' column shows values around 10106. At the bottom of the window, there are buttons for 'Start', 'Pause', 'Save', and 'Cur. Mode'. A status bar at the very bottom says 'Promise for new sense'.

REC	Date	Time	Reading	SIG	REF	Temperature	Air Pressure
192	2017-04-05	14:47:49	254	211184	97853	29954	10106
193	2017-04-05	14:47:50	254	211184	97853	29954	10107
194	2017-04-05	14:47:51	253	211184	97852	29954	10106
195	2017-04-05	14:47:52	253	211184	97852	29954	10106
196	2017-04-05	14:47:53	253	211184	97852	29955	10107
197	2017-04-05	14:47:54	252	211184	97851	29955	10106
198	2017-04-05	14:47:55	252	211184	97851	29955	10107
199	2017-04-05	14:47:56	252	211184	97851	29956	10106
200	2017-04-05	14:47:57	252	211184	97851	29956	10106
201	2017-04-05	14:47:58	250	211188	97850	29956	10106
202	2017-04-05	14:47:59	250	211188	97850	29957	10106
203	2017-04-05	14:48:00	250	211188	97850	29957	10107
204	2017-04-05	14:48:01	248	211192	97850	29957	10106
205	2017-04-05	14:48:02	248	211192	97850	29958	10106
206	2017-04-05	14:48:03	248	211192	97850	29958	10107
207	2017-04-05	14:48:04	248	211192	97849	29958	10107
208	2017-04-05	14:48:05	246	211196	97849	29959	10106
209	2017-04-05	14:48:06	246	211196	97849	29959	10106
210	2017-04-05	14:48:07	246	211196	97849	29959	10107

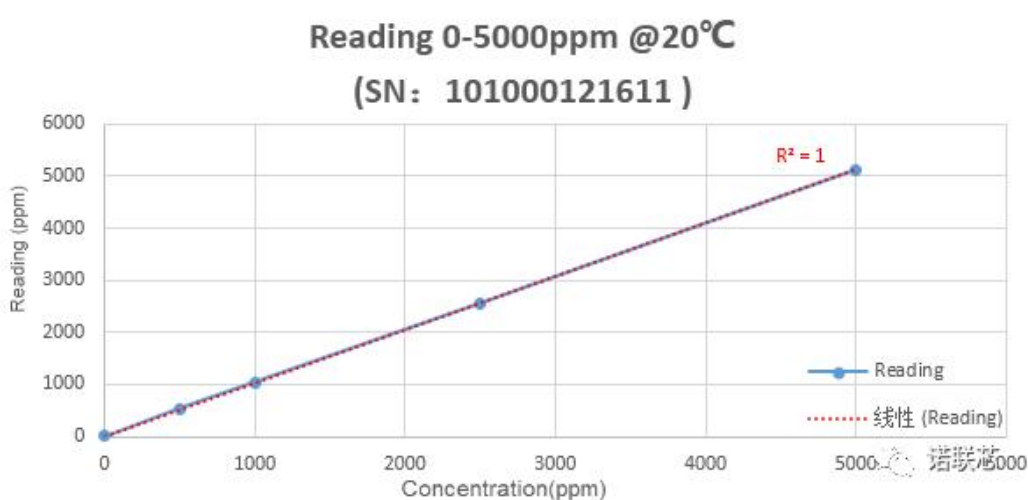
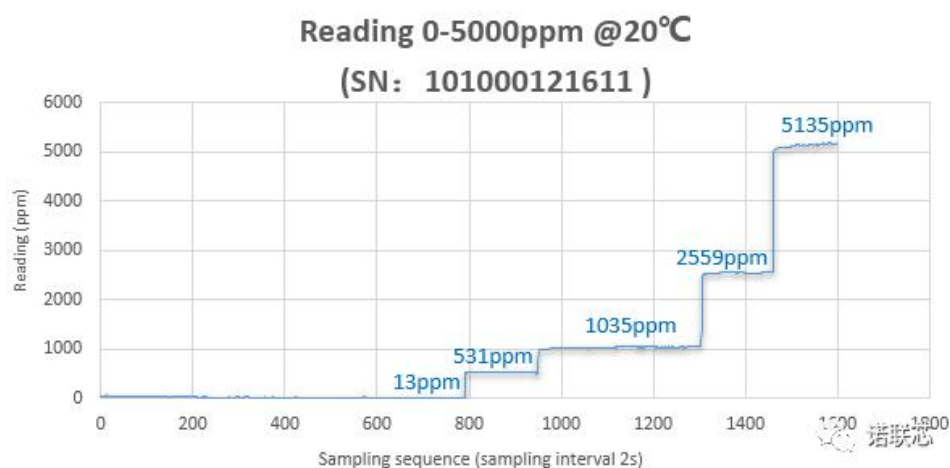


3.2 NDIR 传感器的精度如何表述？

比较科学的表述应该按温度范围来做分类。例如：-40℃ —— 70℃ 之间误差为 $\pm X.X\%$ ；-25℃ —— 55℃之间误差为 $\pm Y.Y\%$ ；0℃ —— 40℃ 之间误差为 $\pm Z.Z\%$ 。

但是当气体浓度非常小时，用百分比误差来表述就不合适了，需要一个绝对浓度值来表示。因此，就产生了这样的表达方式： $\pm 100\text{ppm} \pm 2\%$ 真值，Lark-1 CH₄ 就是这样的表示方法。当描述 NDIR 传感器精度的时候，温度范围是一定要放在一起表达，否则就不全面。

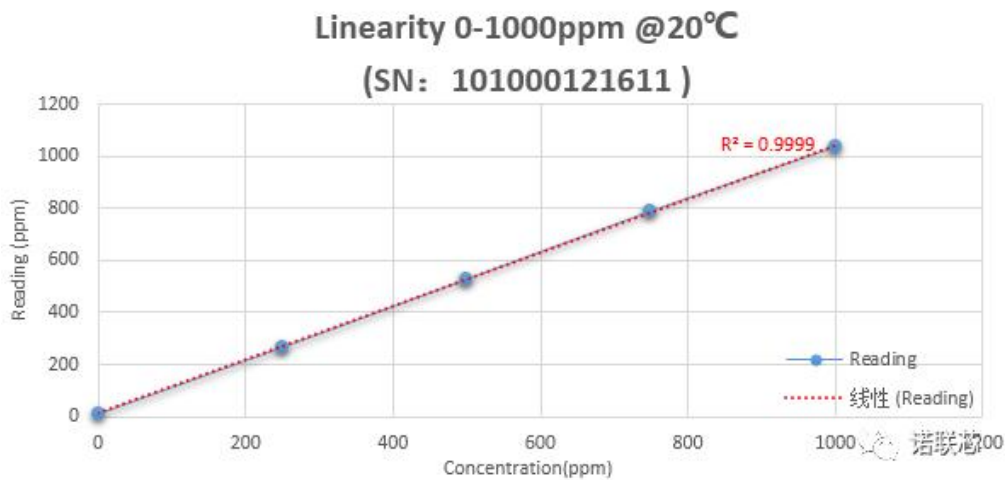
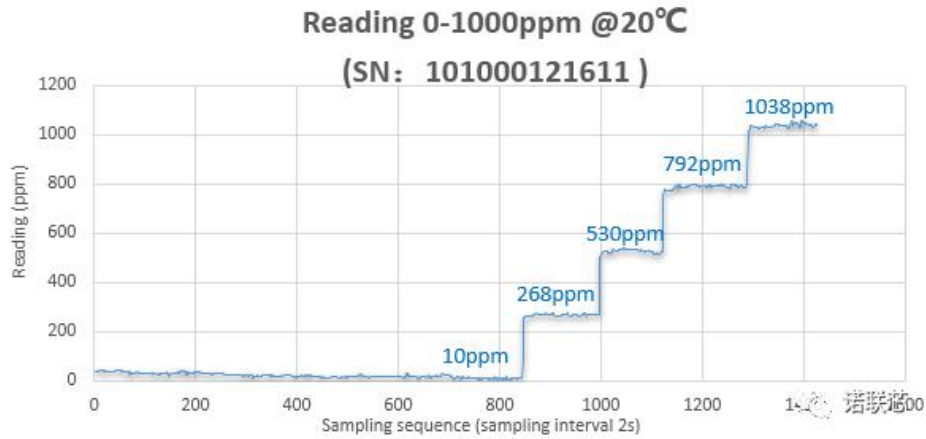
下面是 Lark-1 CH₄ 在不同浓度下所测得的曲线，我们将线性判决系数 R^2 也计算出来了，展现给各位。测量的甲烷浓度分别是 0ppm、500ppm、1000ppm、2500ppm、5000ppm。传感器输出的数字读数分别为 13ppm、531ppm、1035ppm、25596ppm、5135ppm。当然，需要说明的是，当做完一次高低温循环之后，读数会有 100ppm – 500ppm 的变化。



3.3 NDIR 传感器测量高浓度和低浓度气体的时候，精度是一样的吗？

不一样。低浓度的时候，NDIR 传感器的绝对误差小，相对误差大；高浓度时，绝对误差大，相对误差小。如果从设计和制造难易度上来做比较的话，低浓度时候做到高精度比较困难。测量 ppm 级别 CH₄ 泄漏一直都是工业界很难解决的技术难题，虽然用激光红外的办法能够解决，但体积大，耗电量也大，而且成本不菲。

下面的图中，测量的甲烷浓度分别是 0ppm、250ppm、500ppm、750ppm、1000ppm。传感器输出的数字读数分别为 10ppm、268ppm、530ppm、792ppm、1038ppm。



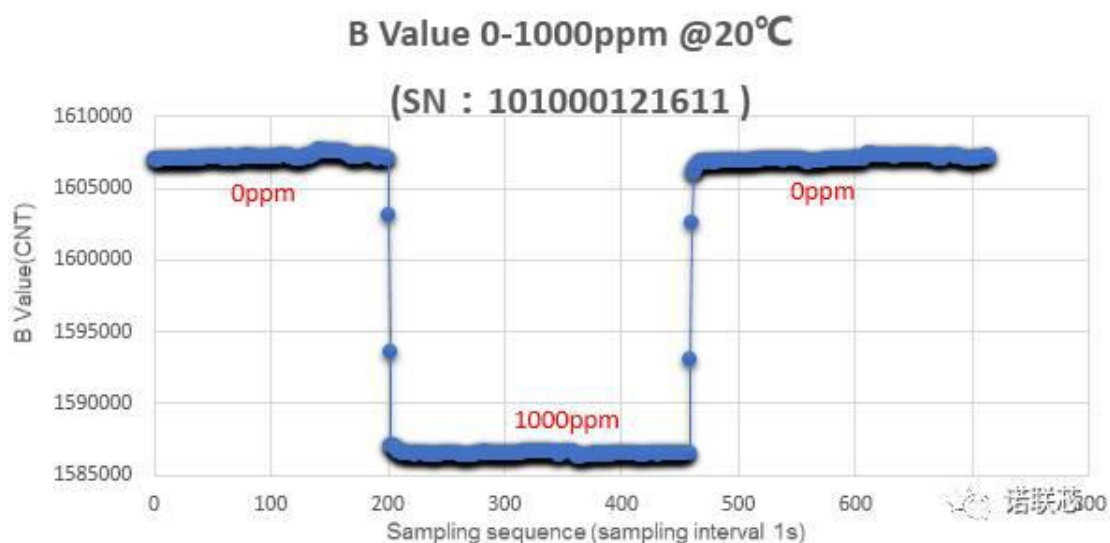
如果以绝对误差来计算，250ppm 和 1000ppm 这两个点的绝对误差分别是 18ppm 和 38ppm，明显 $18\text{ppm} < 38\text{ppm}$ ；但是，按照相对误差来计算， $18/250 \times 100\% = 7.2\%$ 真值， $38/1000 \times 100\% = 3.8\%$ 真值，明显 $7.2\% > 3.8\%$ 。

4. 响应时间

定义：

传感器信号从零点上升到通气平衡点一定百分比，所需的时间称为响应时间，通常用 T90 来描述。从零点上升到平衡信号值的 50% 所需要的时间称为 T50，从零点上升到 90% 所需的时间称为 T90，从零点上升到 99% 所需的时间成为 T99。要得到 T90，就需要有数据采集的曲线作为依据。

以 Lark-1 用于计算读数的电参量 B 值为例：



上图中，一个蓝色的圆点代表 1 秒，也就是说，当通气流量为 500ml/min 的时候，Lark-1 的 T90 时间和 RT90 时间都是 3 秒。

4.1 催化燃烧传感器和 NDIR 传感器哪个响应快？

如果是纯扩散模式进行比较的话，催化燃烧传感器响应会更快。原因是催化燃烧传感器内部死体积更小，气体浓度达到平衡所需的时间也会更短。NDIR 传感器为达到比较好的分辨率，光学腔体必须加长，这同时也加大了死体积，浓度平衡时间也就加长了。所以在扩散模式下，NDIR 传感器的响应时间也就延长了。

4.2 怎样才能使红外传感器响应时间更短？

在不改变传感器其它性能的前提下，可以将扩散模式改为泵吸模式，可以缩短响应时间。气泵流量调节比较好控制，不像扩散模式难以捉摸。带来的缺点就是，需要安装一个泵，增加了成本，并且功耗也会加大。但是高端的仪器会愿意增加这样一个泵，泵不仅使响应速度更快，还能得到更准确的读数。

4.3 在传感器结构一定，气体流量一定的情况下，还有什么因素影响响应时间？

软件会影响传感器响应时间。有些红外仪表厂商，因为传感器分辨率

不佳，所以拉宽了滑动移动平均的时间窗口，以换得较好的分辨率。但带来的副作用就是响应时间的延长。

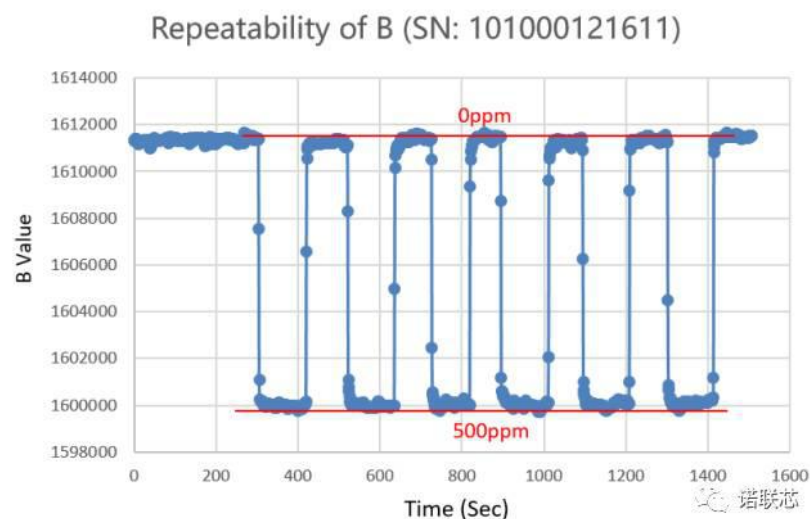
5. 重现性

定义：

在同一天之内，通气 6 次，获得 6 次通气平衡的读数，然后计算 6 次读数的标准差。该标准差越接近于零，说明传感器的重新性越好。

5.1 NDIR 传感器和催化燃烧传感器的重现性哪个更好？

NDIR 更好。催化燃烧传感器的催化珠是暴露在空气中的，容易受到环境中各种气体的干扰和毒害，从而造成零点 and 灵敏度变化。NDIR 传感器内部的元件都是被光学玻璃或滤波片保护起来的，不会受到其他气体的干扰和毒害。光路是镀金的，也不会被腐蚀。所以，NDIR 传感器的变化非常缓慢。在一天之内几乎没有变化。下图就是 Lark-1 的电参量 B 的重现性。



5.2 一天之内温度变化了怎么办？

实验室都是在室内的，即使一天之内温度变化也不会超过 5℃。5℃对任何气体传感器来说都不会造成大的温漂，NDIR 也不例外。所以不用担心一天内的温漂。

5.3 测量重现性的时候用什么浓度的气体？

测量 CH₄ 的时候，多数是用 50%满量程的气体。测量 CO₂ 的时候，请用 5000ppm 的浓度。测量重现性所用的气体浓度越低，重现性的数据就越可信，因为这样的测量要求更高。

6. 供电电压

定义：

给 NDIR 传感器的红外光源、探测器和放大电路供电的直流电压。现在有些 NDIR 传感器模块可以做到宽电压输入了，例如诺联芯出品的 LARK-1 系列的产品，可以做到 9 – 32VDC 输入。

6.1 红外光源是一直点亮的吗？

红外光源不是一直点亮的。红外光源是一闪一闪的，每次闪烁的时候，需要给红外光源供电。供电方式分为恒压、恒流和恒功率三种，恒压电路最简单，恒功率最复杂。

6.2 红外探测器供电电压有多高？

这根据传感器厂家所选的红外探测器类型而定。探测器类型主要有热电堆和热释电两种。红外探测器是无源器件，实质上是一个温度传感器。热释电探测器的信号比热电堆的信号大一个数量级，价格也会比热电堆探测器高一个数量级。

6.3 放大电路的电压是多少伏呢？

放大电路的电压取决于运放的工作电压范围。有的运放工作范围很宽，一般 3.3 — 5V 都可以工作的，也有正负电源供电的放大电路。

7. 功耗

定义：

NDIR 红外传感器的功耗主要消耗在红外光源上，探测器和放大电路的功耗和红外光源比起来小一个数量级的。无论用钨丝灯还是 MEMS 红外光

源，其功耗也就只有零点几瓦。

7.1 红外传感器功耗是恒定不变的吗？

不是的。当红外光源点亮的时候，是峰值功率，当红外光源熄灭的时候是谷值功率。下面是 LARK-1 整个模块的功耗，在不同的电压供电的情况下，功耗稍有差别。总体来说，电压越高，总体功耗越大。所以，我建议用 9V 给 LARK-1 供电，这时功耗比较小。因为 LARK-1 是宽电压输入，所以客户可选择的电源方式比较随意。

供电电压(VDC)	峰值功率 (W)	谷值功率 (W)	功率均值 (W)
9	0.97	0.52	0.75
12	1.00	0.55	0.77
18	1.01	0.55	0.78
24	1.10	0.60	0.85

还需要注意一点，LARK-1 配有专用的光路加热电路，用软件命令可以控制加热电路的开和关，加热功率大约 0.4 – 0.5W。

7.2 放大电路的功耗大概有多少？

放大电路的功耗主要消耗在运放上，一般来说电流只有几个 mA。如果是 5V 供电，5mA 电流，那么功耗就是 $5V \times 5mA = 25mW$ 。如果是 3 级放大，那么还要乘以 3，即 $25mW \times 3 = 75mW$ 。

8. 分辨率

定义：

分辨率是描述传感器能够分辨的最小的气体浓度改变量的参数。分辨率和灵敏度和噪声相关，类似电子技术里面的一个参数——信噪比。计算公式是：分辨率 = 3 * 信号标准差 / 灵敏度，写成英文表达式就是 $Resolution = 3 * STDEV / Sensitivity$ 。

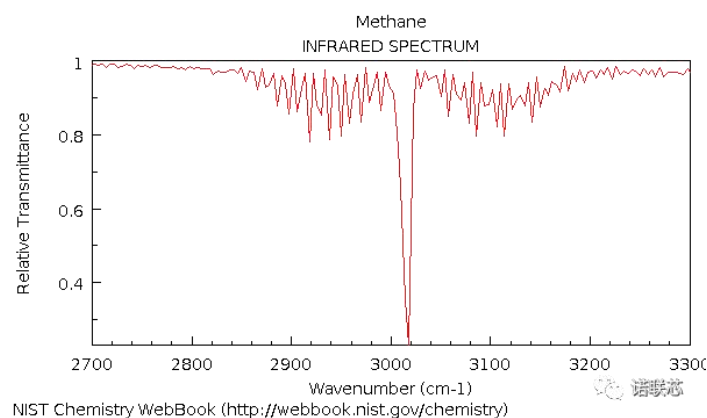
8.1 NDIR 传感器的分辨率和最低检测限一样吗？

不一样。电化学和催化燃烧传感器的分辨率约等于最低检测限，因为他们的信号大小和被测气体浓度是线性的。而 NDIR 则不同。NDIR 传感器的灵敏度在不同浓度下是不一样的，零点时最高，满量程时最低。另外，不同浓度下的噪声水平却是接近的。因此，根据分辨率的公式，NDIR 传感器在零点时分辨率最好，即最小，相反，在满量程的时候最差。

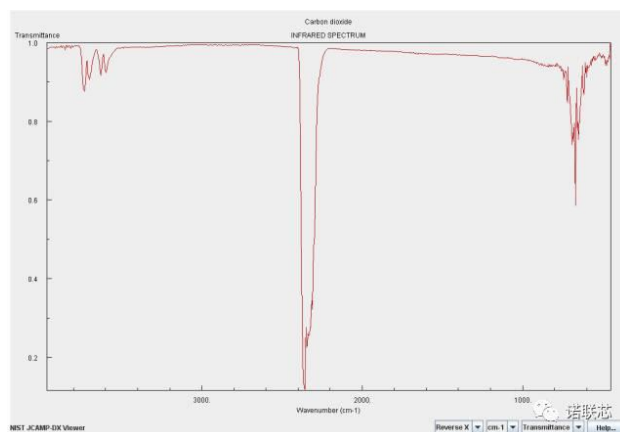
8.2 相同尺寸的红外传感器，测不同的气种，分辨率一样吗？

不一样。不同气种的 NDIR 传感器分辨率和气体吸收红外光的能力相关。同样是 1000PPM 的甲烷 CH₄、二氧化碳 CO₂ 和六氟化硫 SF₆，所造成的红外光吸收排序为：SF₆ > CO₂ > CH₄。下面是三种气体红外吸收峰的图。

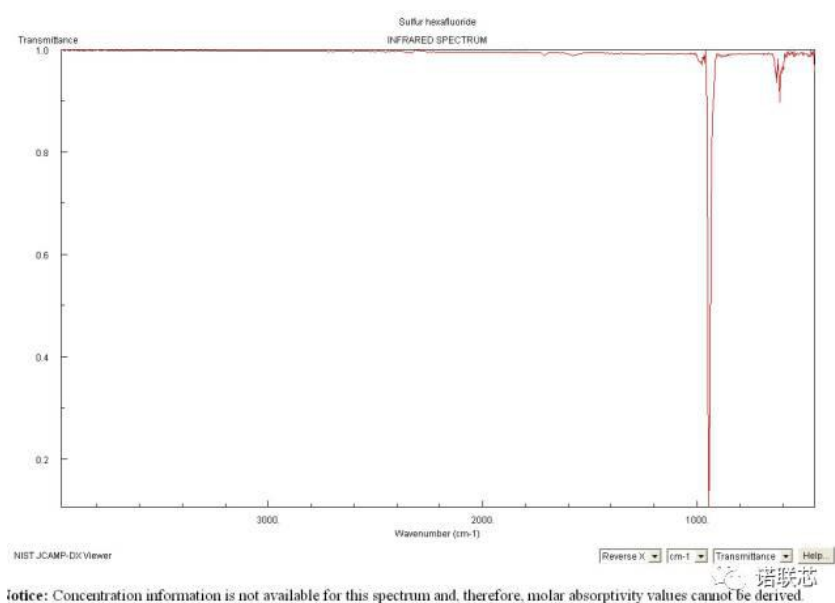
注：波长 λ (单位：um)和波数 Wavenumber (单位：cm⁻¹)之间的换算方法是： $\text{Wavenumber} = 1/\lambda * 10000$



CH₄ 的红外吸收光谱 (cm⁻¹)



CO₂ 的红外吸收光谱 (cm⁻¹)



SF₆ 的红外吸收光谱 (cm⁻¹)

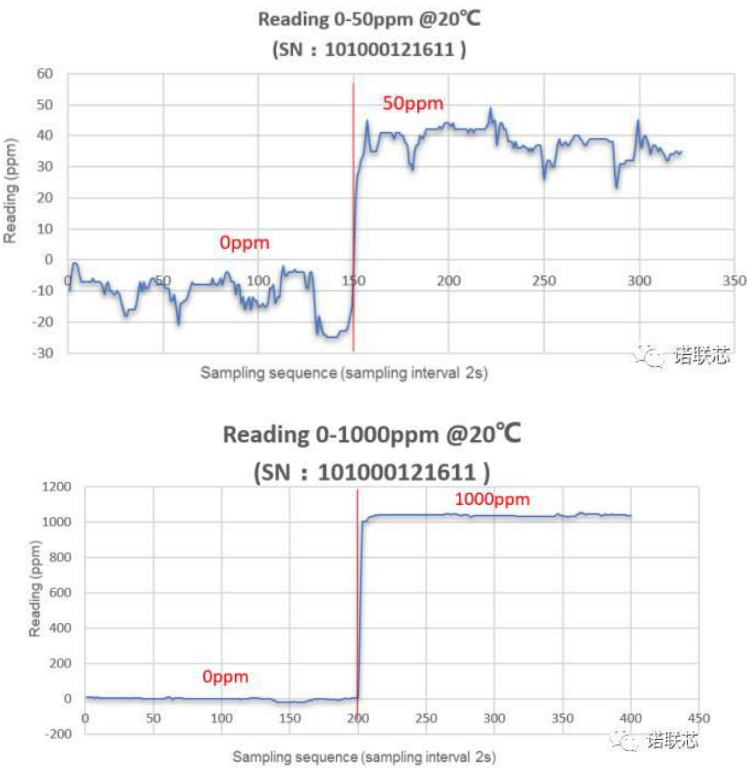
虽然吸收峰的宽度有宽有窄，宽的容易测，窄的不容易测，但是这三种气体的红外吸收波长不同，CH₄ 的吸收波长最短，SF₆ 的吸收波长最长，所以不能简单地认为 SF₆ 传感器最容易，CH₄ 传感器最难。事实上 CH₄ 传感器是最难设计的。

8.3 工业安全级的 NDIR 传感器分辨率标准是多少？

现在市面上最常见的 NDIR 传感器是 CH₄ 和 CO₂ 的。CH₄ 传感器可以接受的分辨率为 500PPM，即 1%LEL；CO₂ 传感器可以接受的分辨率为 100ppm。高端的需求，检测 CH₄ 泄露的传感器分辨率需要在 25ppm 以下，检测尾气排放 CO₂ 的传感器分辨率需要 1ppm。

8.4 LARK-1 的分辨率是怎样的呢？

LARK-1 在零点附近能够做到分辨率 20ppm/Sec CH4。



您也许会问 ,这个 ppm/Sec 是什么意思啊？是这样理解的——当一个传感器每秒输出一个读数的时候 ,连续取 60 秒的数据 ,用公式 $\text{Resolution} = 3 * \text{STDEV} / \text{Sensitivity}$ 所得到的分辨率 ,单位就是 ppm/Sec 了。根据统计学知识 ,如果传感器的输出经过了多秒的滑动移动平均 ,那么分辨率会得到改善 ,但那是权宜之计 ,并不是传感器设计的最高境界。最高境界是不做滑动移动平均 ,不做软件滤波 ,读数直接输出给用户 ,让用户自己决定滑动移动平均的窗口宽度。LARK-1 就是这样做的。

利用滑动移动窗口改善分辨率的例子

滑动移动平均 窗口(Sec)	未做滑动移动平均之前的 分辨率(ppm/Sec)	滑动移动平均对分 辨率改善的因子	滑动移动平均之后 的分辨率(ppm)
4	16	$\text{Root}(1/4) = 1/2$	$16 * 1/2 = 8$
9	16	$\text{Root}(9) = 3$	$16 * 1/3 = 5.3$
16	16	$\text{Root}(1/16) = 1/4$	$16 * 1/4 = 4$
25	16	$\text{Root}(1/25) = 1/5$	$16 * 1/5 = 3.2$
64	16	$\text{Root}(1/64) = 1/8$	$16 * 1/8 = 2$

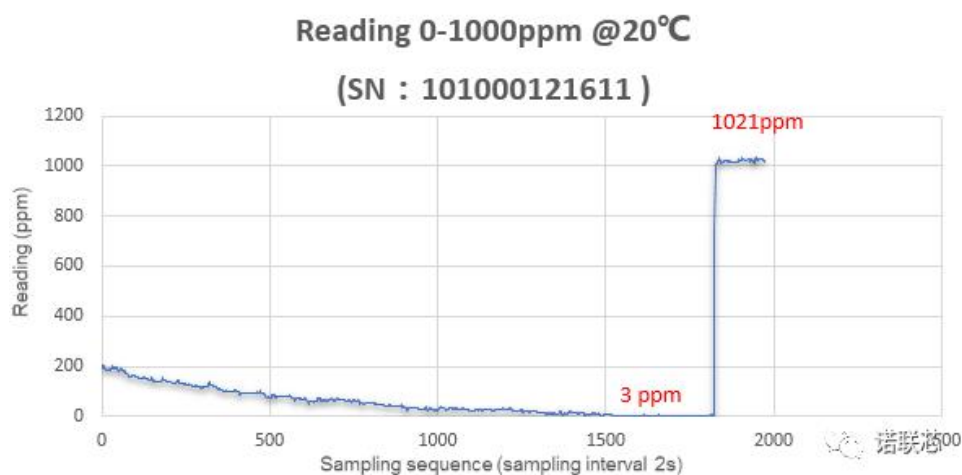
9. 暖机时间

定义：

传感器能够达到规格书所写性能范围的上电时间。

9.1 暖机时间短和暖机时间长对性能有什么影响？

暖机时间短，传感器内部温度还处于上升的过程中，并未平衡，所以此时的测量数据精度稍差。等传感器温度平衡了，就能达到更好的精度。工业安全领域用的 NDIR 传感器暖机时间比较短，1 分钟之内都能正常检测。高精度、高分辨率仪表所用的传感器，暖机时间就比较长了，基本上都要 30 分钟以上。下面是 LARK-1 在上电的一小时内读数的表现。可以看出，在上电的半小时内，读数下降是比较快的，但 0.5 – 1.0 小时，读数相对就比较稳定了。在半小时之后标定零点，就能获得相对比较准的读数了。



9.2 暖机还有什么好处？

暖机还可以驱除光路内的凝露。在一些湿度高的环境中，如果 NDIR 传感器存放时间长了，光路内会结露。上电后，温度上升，凝露会慢慢减退，达到规格书所规定的检测精度。

9.3 如果有凝露，传感器读数是高还是低？

会偏高，甚至满量程报警。随着凝露慢慢蒸发，读数会慢慢降下来。

还有一个办法去除凝露，那就是用干燥的气体吹扫传感器的光学腔体，这种效果最好。例如：LARK-1 测量中可以接受的流量是 300 – 800ml/min。

10. 温度范围

定义：

NDIR 传感器能够保证精度的温度范围，用℃来定义。

10.1 不同的测量标准所需要满足的温度范围各是多少？

仅针对测量甲烷 CH₄。中国煤安标准所规定的温度范围较窄，0℃——40℃。中国消防认证所规定的温度范围较宽，-40℃——70℃。美国加拿大的 CSA 标准规定的温度范围居中，-25℃——55℃。

10.2 超过传感器规格书所规定的范围，传感器会坏吗？

不会。NDIR 传感器所用的电子元件一般都能覆盖-40℃——85℃。但结构件则不同，如果材料选择不当或多种材料配合不当（主要是热膨胀系数），传感器会造成永久损坏。所以，在选择 NDIR 传感器之前，请询问供应商。

10.3 如果希望使用温度范围宽的传感器，该怎么办？

1. 首先要选择在宽温度范围内不会损坏的 NDIR 传感器。
2. 电子元件选择温度范围宽的，而且温漂小的。
3. 自己设计补偿软件和算法。

11. 湿度范围

定义：

NDIR 传感器能够保证精度的湿度范围，一般以相对湿度%RH 来定义。

11.1 如果湿度高，传感器会损坏吗？

如果 NDIR 传感器在工作状态，高湿度不会损坏传感器，因为传感器

的热量会减少冷凝水。如果传感器不在工作状态，高湿度就很可能损坏传感器。因为高湿度会造成传感器内部冷凝水，使电子元器件短路并损坏。

11.2 湿度高对传感器读数会有什么影响？

在高湿度的情况下，如果是测 CH₄，读数一般都会偏高一点。下面是 20°C 和不同湿度组合时，甲烷读数的偏高值。

LARK-1 对不同湿度的 N₂ 的读数 @ 20°C

Gas & humidity	Reading (ppm)	Reading drift by humidity (ppm)
N2_0%RH	1	1
N2_11%RH	22	22
N2_48%RH	56	56
N2_88%RH	166	166

LARK-1 对不同湿度的 1000ppm CH₄ 的读数 @20°C

Gas & humidity	Reading (ppm)	Reading drift (ppm)	Reading drift by humidity (ppm)
1000ppm_0%RH	1010	10	0
1000ppm_11%RH	1011	11	1
1000ppm_48%RH	1076	76	66
1000ppm_88%RH	1178	178	168

从上面的两个表可以看出，当温度湿度一定时，湿度所带来的读数误差几乎是恒定的。也就是说，只要零点是带恒定湿度标定的，那么通入相同湿度的 CH₄ 之后，误差还是相当小的。

11.3 什么应用场合会有高湿度？

几乎在所有的人类生活的环境里，都存在湿度。湿度特别高的情况包括：地下煤矿、地下管廊、夏天的雨后、热带雨林地区。NDIR 传感器用在这样的环境，最好考虑除湿。

12. 压力范围

定义：

NDIR 传感器能够工作的压力范围。一般以大气压来定义。

12.1 NDIR 传感器能够承受的压力范围有多大？

只要传感器内的红外光源和探测器不损坏，NDIR 传感器就能用。按照经验，0.5 个大气压到 2 个大气压都能够使用。

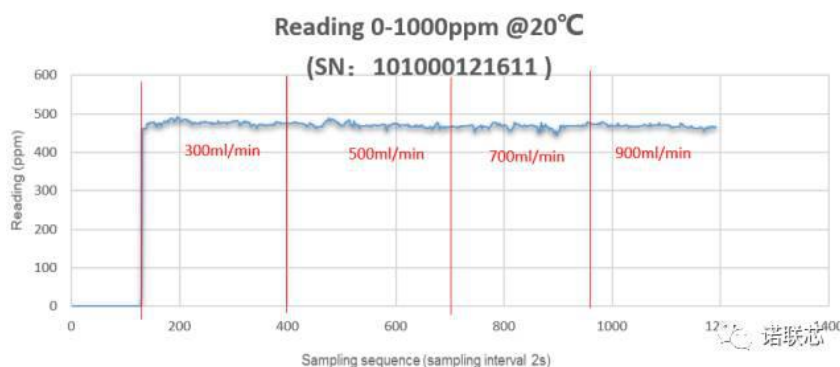
12.2 如果传感器工作在较高或较低的压力范围，传感器精度能够保证吗？

不能保证。当气压改变时，虽然相对浓度不会变，但气体的绝对浓度会改变，因此传感器的读数也会相应改变。绝对浓度的概念就是：1 立方米的体积中有多少个被测气体的分子。如果软件的算法不变的话，压力高时，读数会高，压力低时，读数会低。但读数和压力并不会呈线性。

12.3 NDIR 传感器对气体流量大小有要求吗？

基本没有。流量大小只会改变传感器的响应时间，改变读数非常少。

下面是 LARK-1 在不同流量下通入 500ppm CH₄ 的读数曲线。



13. 零点漂移

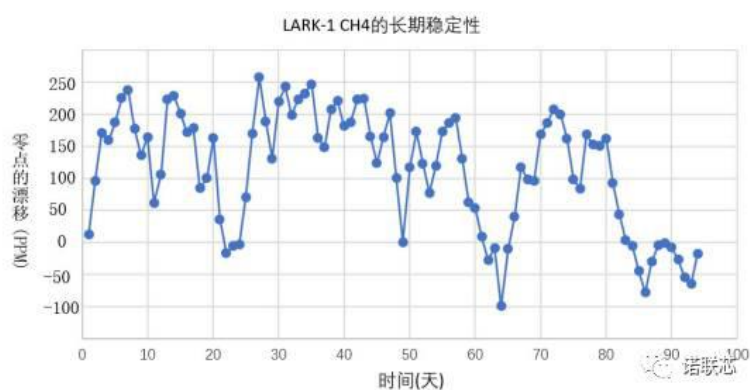
定义：

传感器零点随时间的变化量。一般以 ppm/MON，或%VOL/YEAR 的单位来计量。

13.1 零点漂移多少是能够接受的呢？

在工业安全领域，NDIR CH₄ 传感器零点的漂移至少需要控制在 1000ppm/MON 以内。按照消防认证标准，零点和测量点的月漂移必须小于 0.25%VOL/MON。但这个漂移值在实际应用中是远远不够的，因为工业现场能够接受的漂移值是 0.25%VOL/6MON。

下面的图是诺联芯产品 LARK-1 CH4 90 天的零点漂移的曲线。按照 GB15322.1 的要求，1 个月的漂移量需要小于 2500ppm，LARK-1 CH4 3 个月漂移量小于 250ppm。也就是说，LARK-1 CH4 的零点漂移量比国标优 $2500/250 \times 3 = 30$ 倍。



13.2 和催化燃烧传感器相比，零点漂移谁会好一些？

如果是用催化燃烧原理和 NDIR 原理相比，一定是 NDIR 传感器会好很多。因为市面上绝大部分 NDIR 传感器都能做到 5 年漂移小于 10%真值。而催化燃烧传感器能够达到这个水平的是凤毛麟角。

13.3 NDIR 传感器的零点误差和测量误差有关系吗？

有密切的关系。如果零点误差为 E，测量点误差会大很多，甚至达到 2E，或更高。

14. 平均故障间隔时间

定义：

英文全称是 “Mean Time Between Failure”。是衡量一个产品（尤其是电器产品）的可靠性指标。单位为“小时”。它反映了产品的时间质量，是体现产品在规定时间内保持功能的一种能力。具体来说，是指相邻两次故障之间的平均工作时间，也称为平均故障间隔。

14.1 NDIR 传感器的正常工作时间是几年？

到目前为止，没有确切的统计数据。根据经验，5 年的寿命是一定能达到的。红外光源的寿命是整个传感器中寿命最短的，但也能达到几万个小时。如果设计的好，一个红外传感器使用 10 年也不是没有可能。

14.2 NDIR 传感器最容易出现什么故障？

该类传感器最常出现的故障是读数负漂。但一年标一次零点也就够了。

14.3 为了延长 NDIR 传感器使用寿命，需要对气体做些什么预处理？

最好对气体进行除尘、除湿、去油。这样才能保持传感器内部光路清洁。如果内部光路被尘土、油污给污染了，那么其读数一定不会准了，并且该损坏是永久性的。

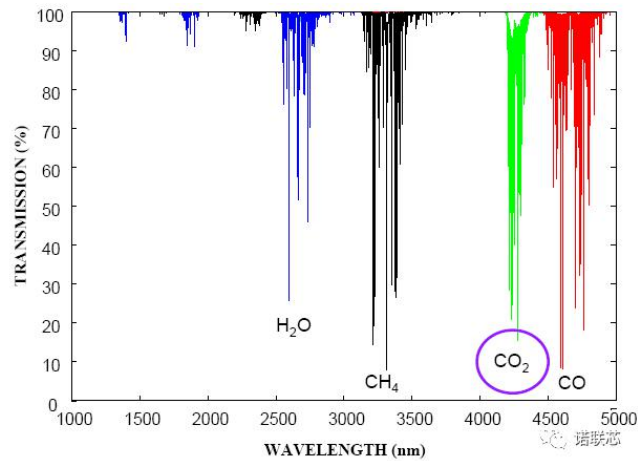
15. 交叉灵敏度

定义：

检测某特定气体的 NDIR 传感器对其它气体也有响应，这种现象叫做交叉干扰。传感器对其他气体的响应值和气体真值之间的比值，叫做交叉干扰系数，简写“X\$”。

15.1 NDIR 传感器的交叉干扰和电化学传感器相比如何？

NDIR 传感器的交叉干扰会小很多，也就是选择性很好。拿 CO 传感器来举例，EC CO 传感器对 H₂S、SO₂、NO₂ 都会有较大响应，但 NDIR CO 传感器对以上这些气体几乎没有响应。这个优点是由不同气体的红外吸收光谱所决定的。



以上的红外吸收谱中，各种气体的浓度如下：H₂O 5600ppm，CH₄ 6100ppm，CO₂ 370ppm，CO 2900ppm。从这些数字中分析可以得知，CH₄ 是最难将分辨率提高的，而 CO₂ 则是最容易将分辨率提高的。

15.2 可以用 NDIR 甲烷传感器来测量丙烷或异丁烷吗？

可以。在碳氢类物质之中，几乎都有 HC 单键或双键，而这两种化学键的红外吸收波段都在 3.3 微米附近。NDIR CH₄ 传感器的红外吸收波段在 3.3 微米，而且丙烷和异丁烷在 3.3 微米附近也有吸收，所以，用 NDIR CH₄ 传感器可以用来测量丙烷或异丁烷。

15.3 如果用测 CH₄ 的 NDIR 传感器测丙烷或异丁烷，会是线性的吗？

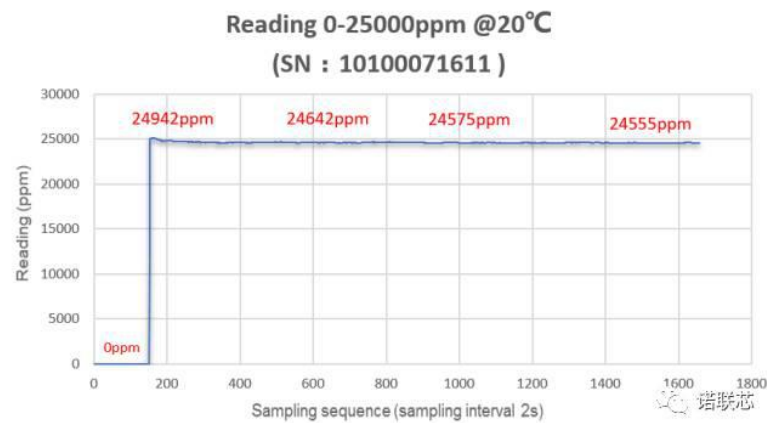
不是。在不同的浓度点上交叉灵敏度会有一些差别，但对应关系曲线画出来是单调的。

16. 读数 1 小时漂移量

“读数 1 小时漂移量”这个参数是本人从事传感器行业多年之后，自己独创出来的一个参数。它的含义是：如果传感器以固定的流量通入固定浓度的气体，其读数在一个小时之内能稳定到什么程度。它可以按照极差来计算，即 $\Delta = \text{Max}(\text{reading}) - \text{Min}(\text{reading})$ 。

下面的曲线是 LARK-1 CH₄ 通入 25000ppm CH₄ 之后，传感器一个小时的读数曲线，在一个小时之内，读数下降仅 387ppm。需要注意的是，

这个读数并不是零点的稳定性，不可以跟零点的稳定性等价起来。NDIR 传感器零点时的灵敏度最大，因此，零点是最稳定的，LARK-1 CH4 1 小时零点的漂移量可以控制在 50ppm 之内；随着浓度的增加，传感器的分辨率会恶化，读数 1 小时漂移量也会恶化。



17. EMC 性能

EMC 是“电磁兼容性”的英文首字母缩写。EMC 包括两方面的测试：

1. 本器件对外的无线电发射，是否会对其他设备造成影响，该测试简称 EMI 测试；

2. 如果其他设备发射出无线电波，对本传感器的正常工作是否造成影响。是否能够正常工作通常是以读数的改变量来衡量的。

NDIR 传感器功率小，大约 1W，又是低频器件，所以它对外的电磁辐射几乎可以忽略不计。但是，NDIR CH4 传感器的灵敏度非常的小，1ppm CH4 所对应的信号都不到 0.5 微伏，非常容易受到外界电磁干扰的影响。因此，NDIR 传感器设计中的 EMC 性能是最有挑战性的。

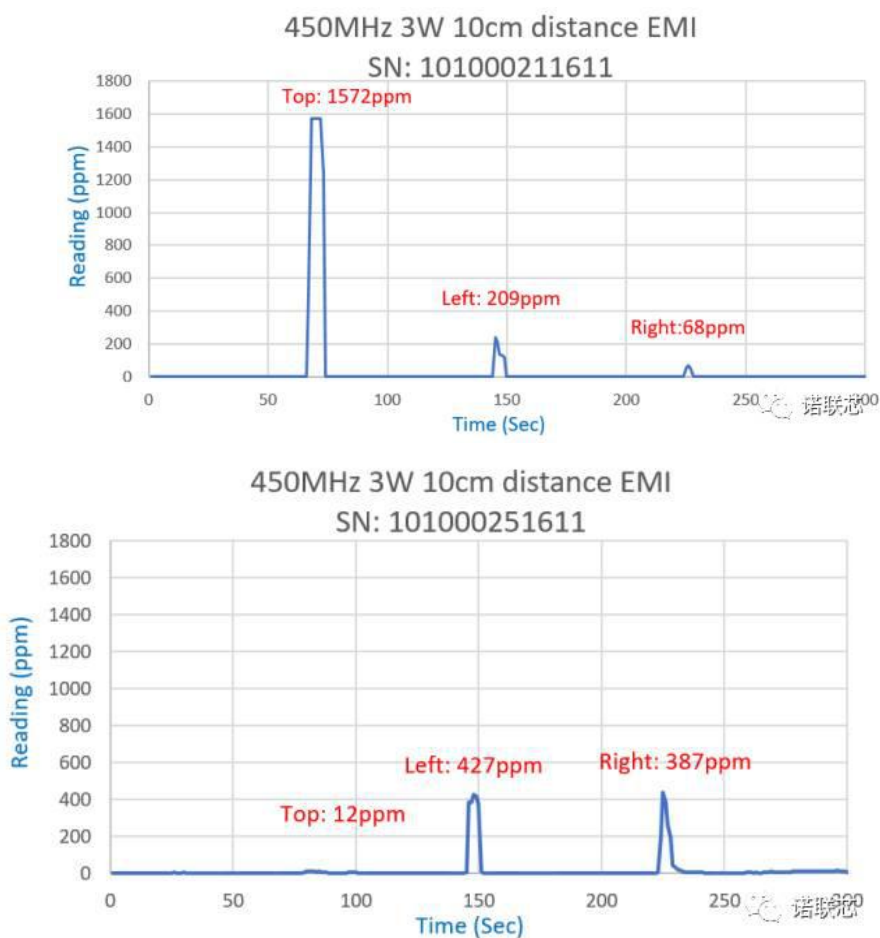
诺联芯出品的 LARK-1 CH4 系列的传感器在 EMC 方面做了优化，我们做电磁干扰的测试条件是这样的：

1. 用一台 450MHz 发射频率，3W 发射功率的对讲机作为 EMI 源。

2. 分别在传感器的上方、左方和右方距离 10cm 的地方，按下对讲键，并且持续 10 秒时间，观察读数的变化。按照这样的辐射强度换算成辐射场

强的话，大约在 100V/m，这个数字是国标 GB15322 和 GB12358 中所规定辐射场强 10v/m 的 10 倍。

下面就是 LARK-1 CH4 收到电磁辐射干扰时候的读数，因为 EMC 测试具有偶然性，而且不同的传感器之间也有差异性，我就将两只传感器的测试曲线拿出来，供各位用户参考。在第一张图中，1572ppm 换算成爆炸极限的话，只有 3%LEL，其他的连 1%LEL 也不到。



微信公众号：Promisense

联系人: 郭安波

手机号: +86 13817946390

邮箱: Guoanbo@Promisense.com

网站：www.Promisense.com