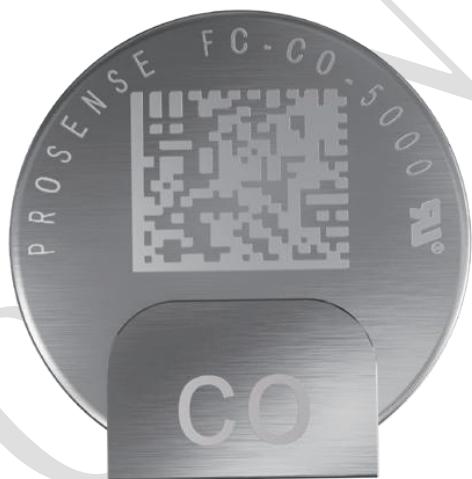


FC-CO-5000 型一氧化碳传感器技术手册



深圳市普晟传感技术有限公司

目 录

1. 基本信息.....	4
1. 1 产品介绍	4
1. 2 特 点	4
1. 3 典型应用	4
1. 4 基本电路	4
1. 5 结构尺寸	5
1. 6 技术指标	6
1. 7 机械强度	6
1. 8 基本性能测试	6
1. 8. 1 电流测试	6
1. 8. 2 响应-恢复时间	7
1. 8. 3 线性	7
1. 8. 4 重复性	9
1. 8. 5 灵敏度测试	10
1. 8. 6 存储条件的影响	10
1. 8. 7 正常操作测试	11
1. 9 可靠性测试	11
1. 9. 1 干扰气体测试	11
1. 9. 2 防腐性测试	13
1. 9. 3 长期稳定性	14
1. 9. 4 误报警测试	15
1. 10 环境实验	15
1. 10. 1 温度影响	15
1. 10. 2 湿度影响	16
1. 10. 3 不同环境温度测试	17
2. 电路设计.....	19
2. 1 典型应用电路	19
2. 2 设定参比电压 VREF	20
2. 3 防极化电路	20
2. 4 电流/电压转换电路	20
2. 5 放大倍数	20
2. 6 运放的选择	21
2. 7 电路滤噪	21
2. 8 传感器负冲现象	21
2. 9 自诊断电路	22
2. 10 灵敏度漂移	23
3. 传感器的校准.....	23
3. 1 用一氧化碳气体校准	24
3. 2 用传感器二维码校准	24
3. 3 温度补偿	25
3. 4 一氧化碳浓度的计算	25

4. 存储.....	25
5. 电路板焊接.....	25
6. 气体测试.....	26
7. 注意事项.....	26

PROSENSE

1. 基本信息

1.1 产品介绍

FC-CO-5000 型一氧化碳传感器，以其非凡的耐久性而闻名，采用可靠的燃料电池原理进行检测，当环境中有一氧化碳气体存在时，气体分子通过自然扩散以及浓差极化的方式快速到达传感器中核心检测单元，并在工作电极发生氧化反应，环境中的氧气在传感器的对电极发生还原反应，形成反应的闭环性，所产生的电流与环境中的一氧化碳气体浓度成正比，通过检测生成的电流的大小可以准确定量环境中的一氧化碳气体含量。



FC-CO-5000 以其超长使用寿命、高抗干扰性和小型化设计而闻名，是对尺寸敏感应用的优先选择，如便携式 CO 探测器、住宅 CO 报警器和复合型火灾探测器。校准数据嵌入并打印在传感器上的二维码中，帮助客户省去昂贵的气体校准过程，并实现对每个传感器的可追溯性。

FC-CO-5000 由于没有消耗器件，因此拥有超长使用寿命，并确保后期无需二次标定，使其成为一个可靠性和经济性并存的 CO 检测解决方案。

1.2 特点

*0 功耗

*响应迅速

*免标定

*抗干扰

*抗中毒

*温度范围宽

*使用寿命长

*优异的重复性和稳定性

*取得 UL 认证（EX28754）、FTAM2 认证

*满足 GB15322、UL2034、UL2075、EN50291、EN54-31、RoHS、Reach 要求

1.3 典型应用

*住宅 CO 报警器

*工业和商业 CO 探测器

*便携式发电机 CO 检测

*储能系统 CO 检测

1.4 基本电路

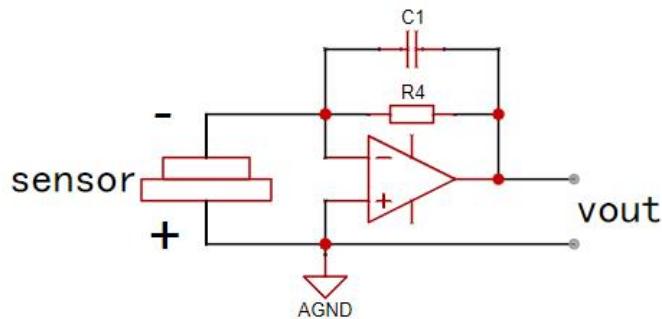


图 1 基本测试电路图

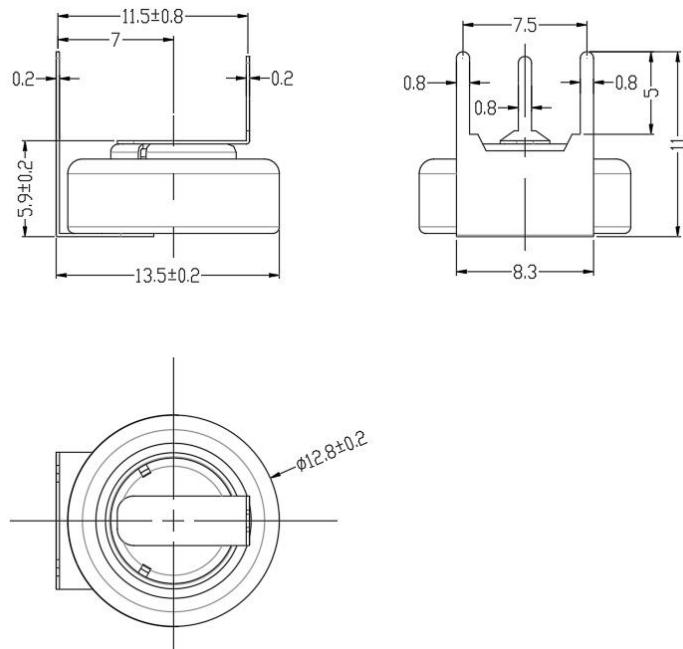
图 1 所示为 FC-CO-5000 传感器的基本测试电路。传感器产生的微电流，由运算放大器与电阻(R4)进行整合后，将其转化为传感器输出电压(Vout)，Vout 随着一氧化碳浓度的升高而增加。为了使传感器断电上电后能迅速稳定，建议增加一个防极化的 JFET，以防止当电路电压关闭时，传感器发生极化。普景推荐以下电子部件：

R4: 1Mohm

C1: 10uF

IC: TP5552 (或其他失调电压为微伏级的运放)

1.5 结构尺寸



注：1 所有尺寸以 mm 为单位

1.6 技术指标

项目	技术参数
型号	FC-CO-5000
原理	微型燃料电池
量程	0~5000ppm
最大过载	10000ppm
灵敏度	1.5±1 (nA/ppm)
响应时间	<60 秒
重复性	3%
输出线性度	线性
工作温度范围	-40°C~70°C
工作压力范围	标准大气压±10%
工作湿度范围	10%~90% (非凝结)
使用寿命	10 年 (正常使用)
质保期	12 个月
重量	3g
有机硅中毒	否
1000ppm 酒精输出	<10ppm

1.7 机械强度

传感器样品按照 UL2034 所规定的条件进行了相关测试，具体测试条件为：

震动：垂直振幅 0.25mm，频率 35Hz，方向 x、y、z，时间 4 小时

跌落：高度 2.1 米，重复 5 次

结果表明：传感器具有足够的机械强度，可以满足 UL2034 关于传感器机械强度方面的要求。

1.8 基本性能测试

1.8.1 电流测试

表 1，将 15 套传感器置于测试体系内，获取洁净空气下零点电流值 I_0 ，通入 500ppm 一氧化碳标准气体，记录当前状态下的电流值 I_1 ，S 为传感器的灵敏度，t90 为响应时间。

表 1 传感器灵敏度记录表

传感器编号	$I_0/\mu A$	$\Delta I/\mu A$	$S(\mu A/ppm)$	t_{90}/s
P1	-3	807	1.616	24
P2	0	888	1.775	24
P3	2	784	1.568	24
P4	-2	770	1.540	24
P5	-2	762	1.523	27
P6	1	831	1.661	27
P7	-3	720	1.440	24
P8	1	846	1.692	25
P9	-2	872	1.744	28
P10	0	812	1.624	24
P11	-1	572	1.524	24
P12	2	570	1.520	28
P13	2	591	1.578	27
P14	0	564	1.503	27
P15	1	534	1.422	28

1.8.2 响应-恢复时间

图 2 所示为传感器的响应时间和恢复时间。测试时将传感器置于测试体系内，在洁净空气中读取数据 5min，通入 500ppm 一氧化碳标准气体 5min，置换为洁净空气中 5min，获得传感器响应时间和恢复时间曲线。由图可见传感器的响应时间在 30 秒以内，恢复时间在 60 秒以内，可以满足 UL2034 中的要求。

t_{90} : 达到饱和信号电平的 90%所需的时间

t_{10} : 将信号返回到基本电平的 90%时所用的时间

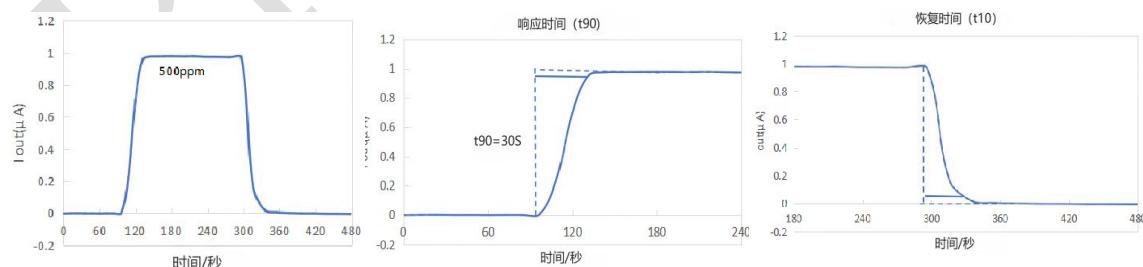


图 2 响应-恢复时间

1.8.3 线性

图 3-5 显示了传感器对不同 CO 浓度的输出值。Y 轴显示输出电流 ($I_{out}/\mu A$)，输出电流与 CO 浓度呈线性关系，在 0~5000 ppm 的范围内，偏差小于±5%，确切数据见表 2。

表 2 不同 CO 浓度下的输出量

浓度 /ppm	传感器编号									
	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
	I/uA									
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
200	0.336	0.3	0.291	0.297	0.324	0.354	0.3435	0.3495	0.351	0.36
400	0.6705	0.6045	0.5835	0.5985	0.648	0.708	0.69	0.7005	0.702	0.72
600	0.9855	0.8955	0.864	0.8865	0.9615	1.044	1.0185	1.032	1.0365	1.062
800	1.293	1.188	1.146	1.176	1.2735	1.365	1.3395	1.3485	1.365	1.401
1000	1.6125	1.4865	1.434	1.473	1.5825	1.6905	1.665	1.674	1.701	1.7445
3000	4.9635	4.866	4.5045	4.818	4.9575	4.9665	4.962	4.965	4.9065	5.0325
5000	8.2635	7.896	7.5045	7.818	8.2575	8.2665	8.262	8.265	8.172	8.3805

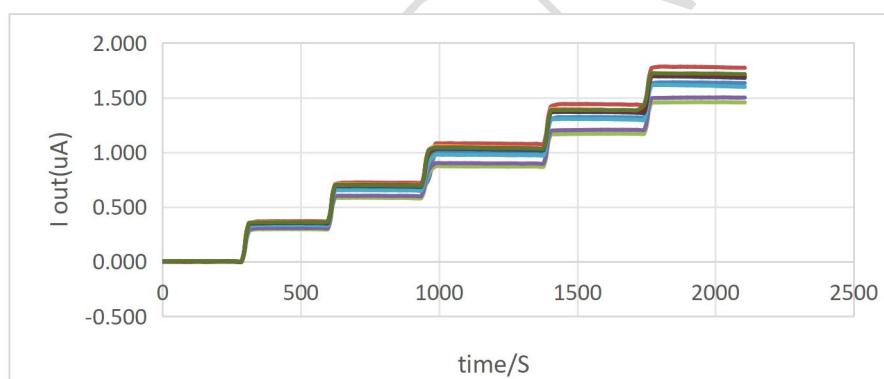


图 3 响应图

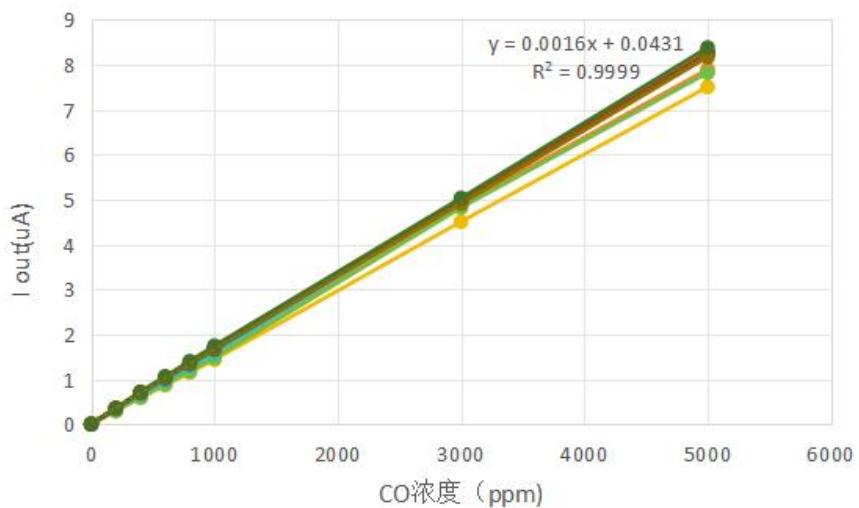


图 4 线性图

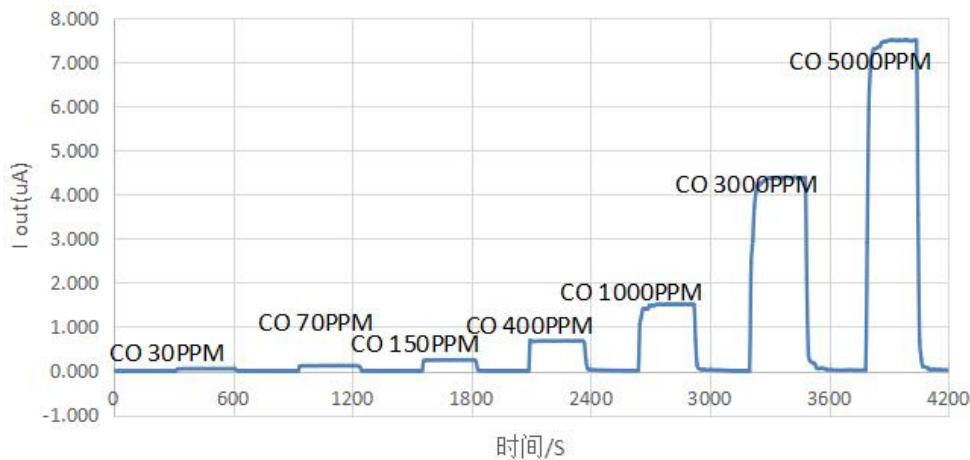


图 5 不同 CO 浓度的响应

1.8.4 重复性

表 3 和图 6 所示为将传感器多次重复置于 500ppm 一氧化碳气体环境中的响应情况，测试时将传感器放置在洁净空气中读取数据 5min，随后通入 500ppm 一氧化碳标准气体 5min，置换为洁净空气中 5min，重复上述操作 4 次，测试结果表明标准偏差小于±5%，重复性好。

表 3 重复性试验数据

	1#	2#	3#	4#
	$\Delta I_1/\mu A$	$\Delta I_3/\mu A$	$\Delta I_4/\mu A$	$\Delta I_5/\mu A$
No. 1	0.771	0.818	0.805	0.801
No. 2	0.773	0.815	0.805	0.804
No. 3	0.766	0.812	0.802	0.795
No. 4	0.770	0.817	0.805	0.800
RSD	0.3%	0.3%	0.1%	0.4%

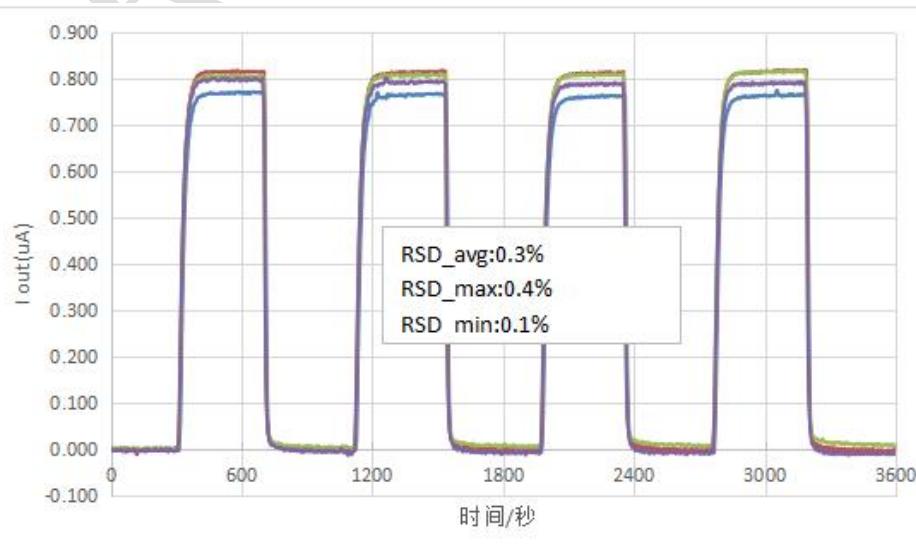


图 6 传感器对 500ppm 一氧化碳的重复性测试

1.8.5 灵敏度测试

图 7 是按照 UL2034 标准中《灵敏度测试》进行的相关实验，标准要求将传感器置于 20°C &40%RH 环境中，按表 4 依次暴露于不同浓度一氧化碳气体环境中不同时间，暴露前中后按照 UL2034 约定的方法测试传感器的灵敏度。

表 4 传感器暴露的浓度及相应时间

序号	浓度/ppm	暴露时间/min
1	30	900
2	70	240
3	150	90
4	400	30

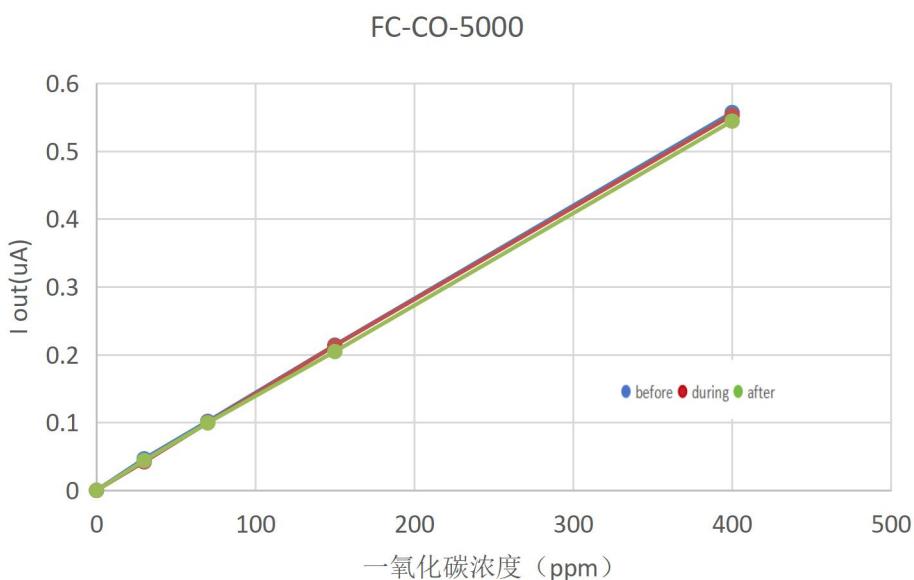


图 7 灵敏度试验前中后测试

1.8.6 存储条件的影响

将传感器进行短路和开路放置，在两种状态下储存 3 个月以上。测试传感器在短路和开路储存后接到测试体系，立即采集在洁净空气中输出电流的初始值，记录变化过程，获取达到稳定输出所用的时间，见图 8。结果表明，在短路状态下存储的传感器输出电流信号很快达到稳定状态，而开路存储的传感器输出电流变化较缓慢，故建议，开路状态下存储的传感器，在装配到含有防极化电路的电路板时，建议稳定 1 小时以上。如果没有设置防极化电路，电路板通电后至少等 2 小时。

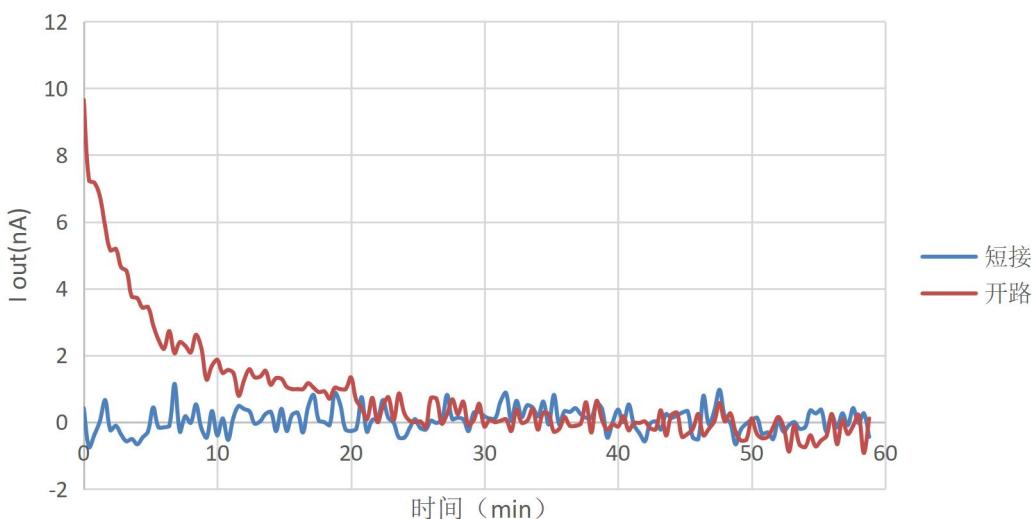


图 8 储存过程中短路和开路的影响

1.8.7 正常操作测试

图 9 所示为按照 UL2034 标准中《正常操作测试》进行的相关测试，标准要求将传感器暴露于 20°C &40%RH 条件下的 600ppm 一氧化碳中 12 小时，记录试验前中后传感器对一氧化碳的响应数据。试验结果表明，该传感器不受高浓度一氧化碳的影响。

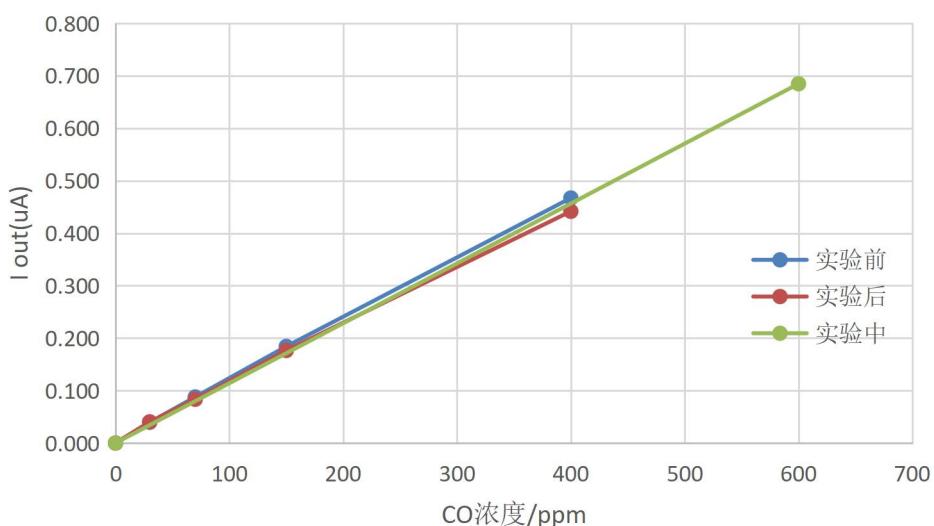


图 9 正常操作测试

1.9 可靠性测试

1.9.1 干扰气体测试

1.9.1.1 干扰气体响应值

表 5 为传感器在一定浓度下对不同干扰气体的响应，曝光时间为 5 分钟。

表 5 传感器干扰数据

序号	干扰气体	干扰气体浓度 (ppm)	一氧化碳等量浓度 (ppm)
1	氢气	1000	<400
2	甲烷	1000	<10
3	乙醇	1000	<10
4	HMDS (有机硅蒸汽)	1000	<20
5	甲苯	1000	0
6	异丙醇	1000	<10
7	氟利昂 R22	1000	<10
8	丙酮 AD-1	1000	0
9	三氯乙烷	1000	0
10	氨气	200	0
11	乙烯	200	<30
12	乙酸乙酯	200	0
13	乙炔	200	<300
14	甲醛	200	<10

注意：本表中的数据为典型值，不宜作为干扰气体交叉校正的基准。所测数据为传感器在干扰气体中暴露 5min 的数据，对于某些气体，暴露时间更长的话，响应值会有所不同。

1. 9. 1. 2 干扰气体耐久性测试

图 10 所示为按照 UL2034 的约定对传感器进行各种干扰气体的干扰耐久性测试。测试过程如下：将传感器置于图 10 所示的各种气体中 2 小时，然后移出到新鲜空气中 1 小时，之后再将传感器置于下一个气体环境中，重复上述操作，测试顺序如图 10 所示，从 30ppm 一氧化碳开始，到 30ppm 一氧化碳结束。

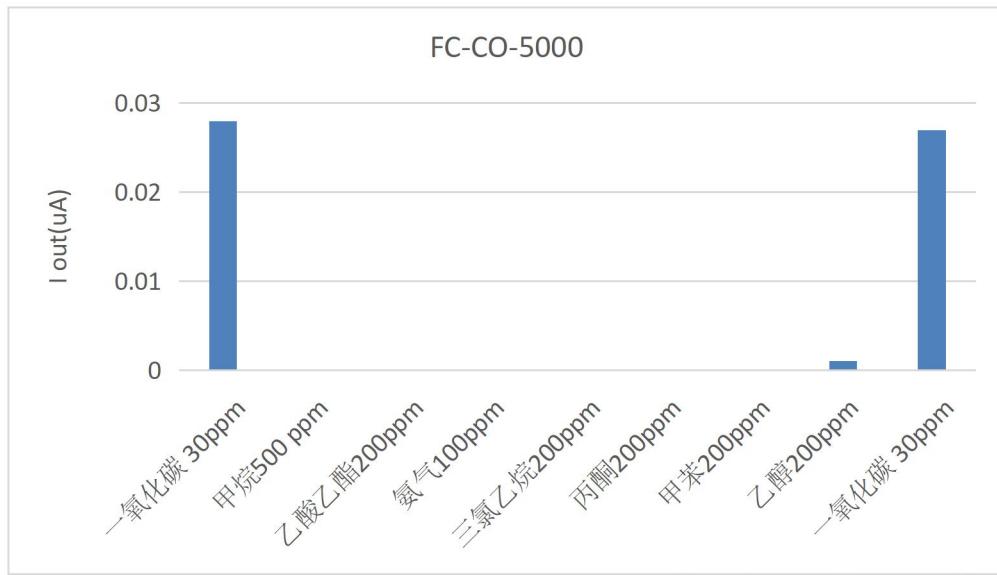


图 10 干扰气体测试

图 11 为传感器在按照 UL2034 约定的方法进行干扰耐久试验前和试验后测试一氧化碳的响应性能，由图可见传感器在试验前和试验后表现出了优异的重复性，传感器的检测性能未受所测试干扰气体的影响，传感器可以满足 UL2034 中关于干扰耐久性的要求。

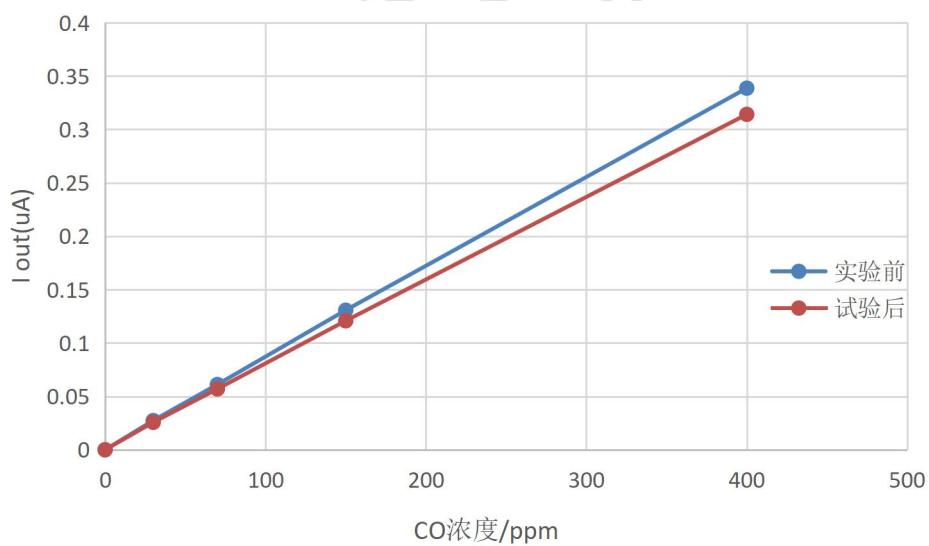


图 11 干扰气体试验前后测试变化

1.9.2 防腐性测试

图 12 所示是传感器的耐腐蚀性测试，测试时将传感器置于 1ppm 硫化氢中密封存储 4 周。记录试验前后传感器的响应情况。测试结果表明，该传感器不受 1ppm 硫化氢的影响，且在试验过程中传感器外壳未出现任何被腐蚀的迹象，具有良好的防腐耐久性。

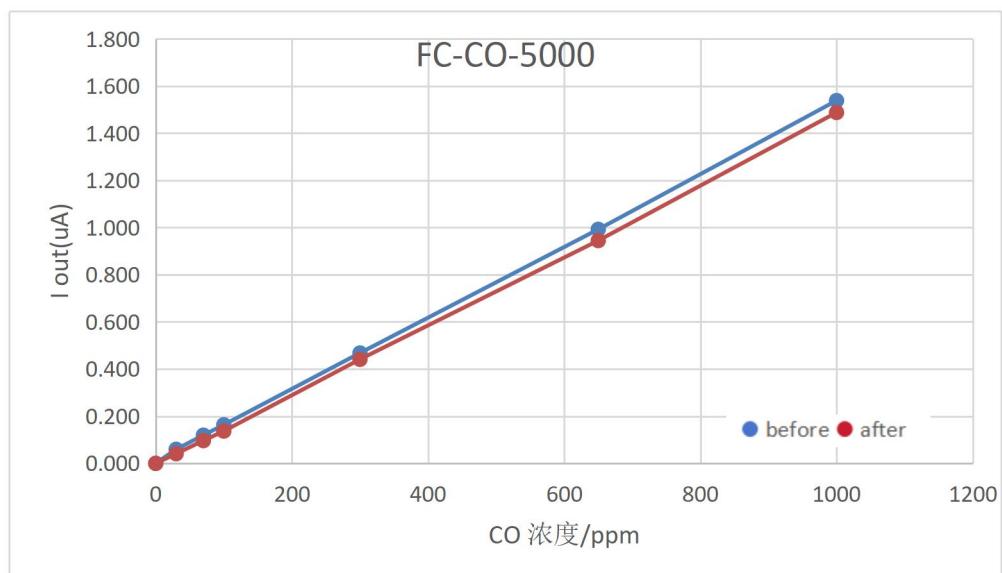


图 12 防腐性测试前后变化

1.9.3 长期稳定性

图 13 和 14 是传感器的长期稳定性测试。被测试传感器在短接状态下放置在厨房环境中进行存储，定期测试传感器对一氧化碳的响应情况，图 13 中的 Y 轴表示传感器在正常空气中的输出电流，而图 14 中的 Y 轴表示传感器在 400 ppm CO 下的输出电流。这些图表表明，该传感器性能在 1500 天内是非常稳定的。

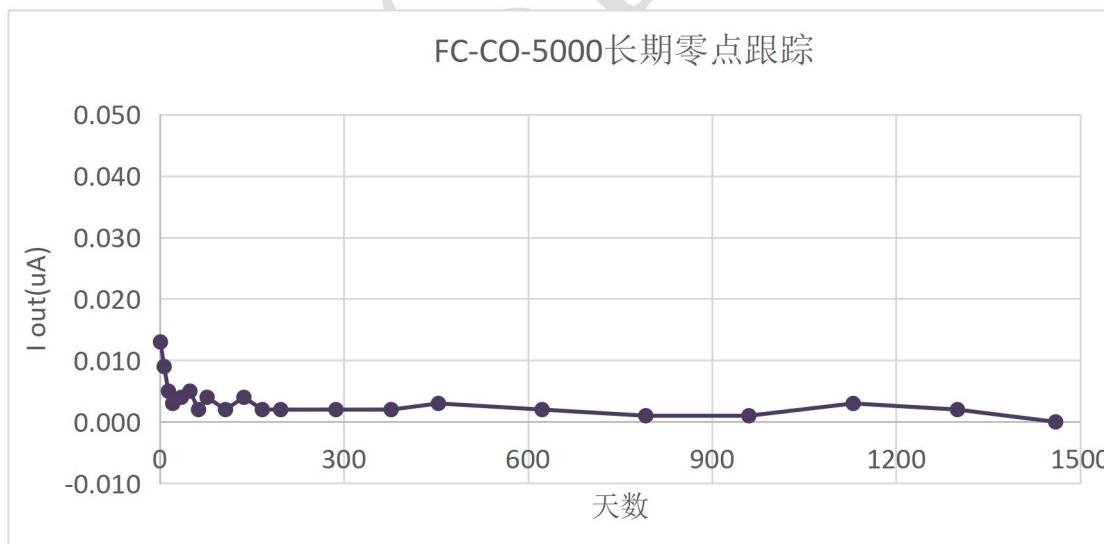


图 13 长期运行零点变化

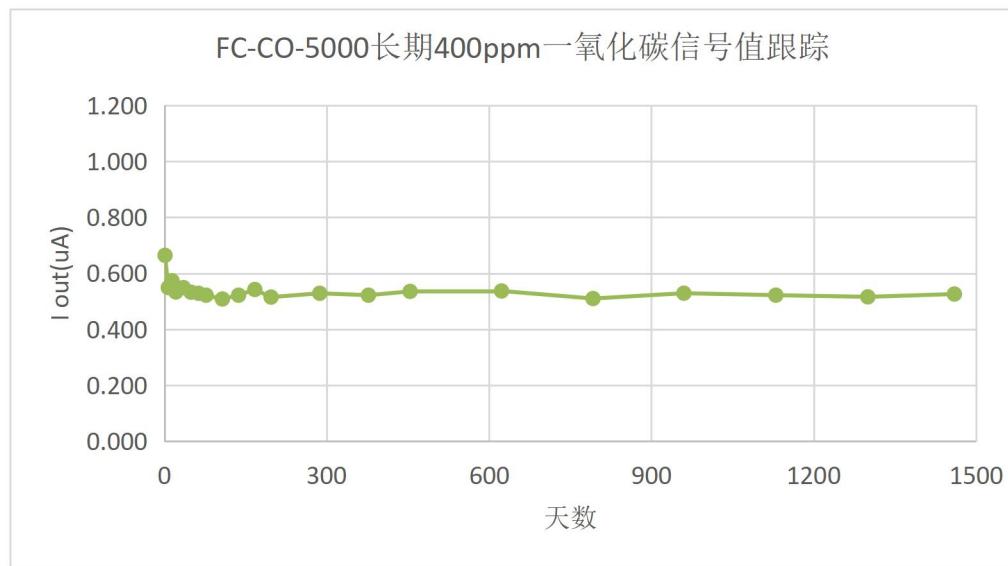


图 14 长期运行灵敏度变化

1.9.4 误报警测试

图 15 所示为按照 UL2034 中《稳定性试验》进行的相关测试，标准中要求将传感器持续放在 30ppm 一氧化碳中 30 天，测试试验前后传感器对一氧化碳的响应情况。图 15 所示测试前后的灵敏度表明，长期暴露于 30 ppm 的 CO 气体对灵敏度的影响可以忽略不计。

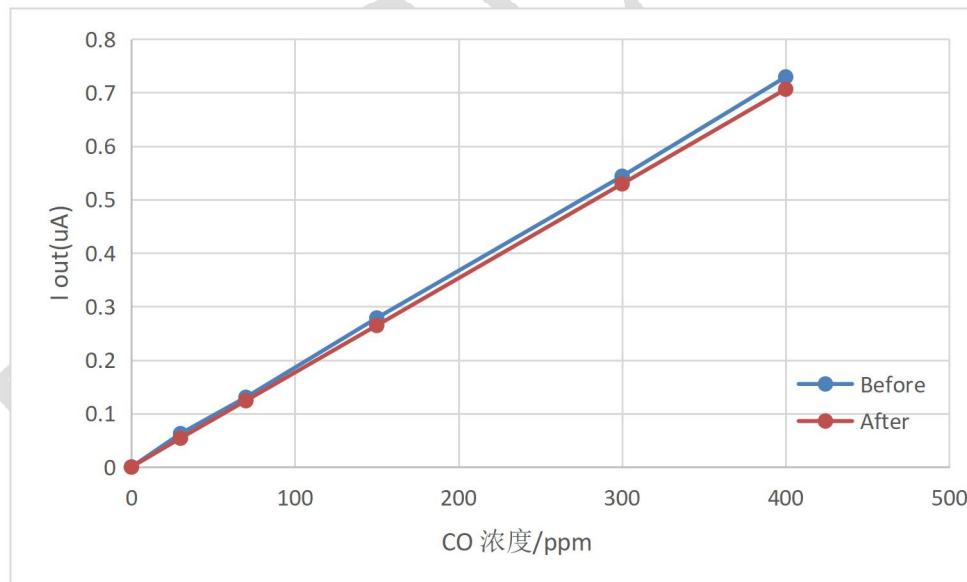


图 15 误报警测试

1.10 环境实验

1.10.1 温度影响

图 16 所示为传感器在湿度为 50%RH 的环境中受温度的影响情况，测试时将传感器置于测试体系内，控制测试体系内的湿度为 50%RH，每隔 5℃ 测试一组数据，每个温度点平衡 4h，所用气体为 500ppm 一氧化碳标准气体，通过数据解析，获取传感器的温度补偿系数。

特别说明：该补偿曲线是 1000 只传感器的平均补偿方案，各传感器的精确系数略有不同，要想获得精确补偿请针对每只传感器进行单独温度测试以获得准确补偿系数。

I: 传感器在 50%RH 和不同温度下 500ppm 一氧化碳气体中的输出电流；

I_0 : 传感器在 25°C & 50%RH 下 500ppm 一氧化碳气体中的输出电流；

表 6 传感器温度补偿系数

温度 (°C)	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5
I/I_0	21%	28%	34%	38%	43%	51%	59%	65%
温度 (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
I/I_0	71%	78%	83%	88%	95%	100%	106%	111%
温度 (°C)	40	45	50	55	60	65	70	
I/I_0	114%	116%	119%	120%	120%	119%	116%	

温度补偿系数

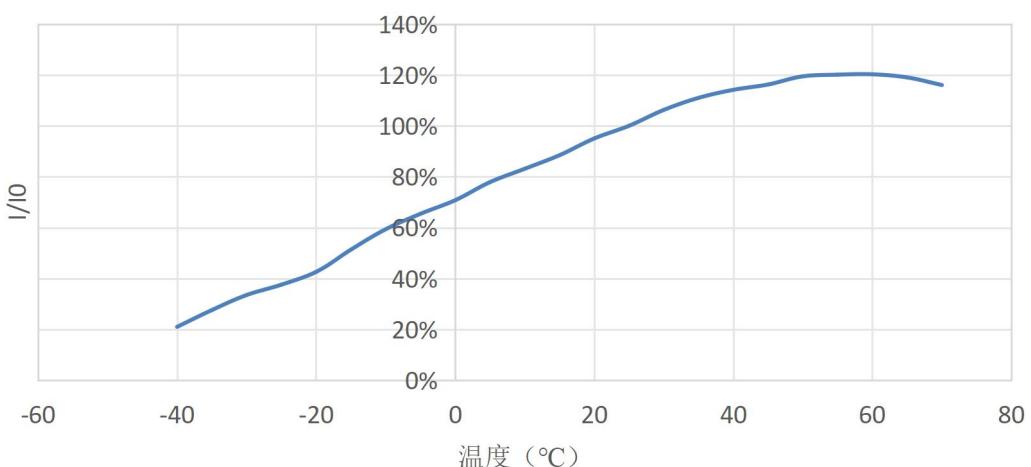


图 16 传感器温度补偿系数图示

1.10.2 湿度影响

图 17 所示是传感器受湿度影响的情况，测试时取 20°C 和 50°C 这两个典型温度为代表。在此测试中，将样品分别放置在 20°C 和 50°C 的测试系统中，控制测试体系的温湿度满足表 7 的要求。并记录不同湿度下 500ppm 一氧化碳气体中的输出电流值。这些数据表明，随着温度的变化，对湿度的依赖性可以忽略不计。

表 7 实验条件

温度/°C	湿度	温度/°C	湿度
20	10%RH	50	10%RH
	50%RH		50%RH
	95%RH		95%RH

I:传感器在各种温度湿度下 500ppm 一氧化碳气体中的输出电流

I_0 :传感器在 20°C&50%RH 下 500ppm 一氧化碳环境中的输出电流

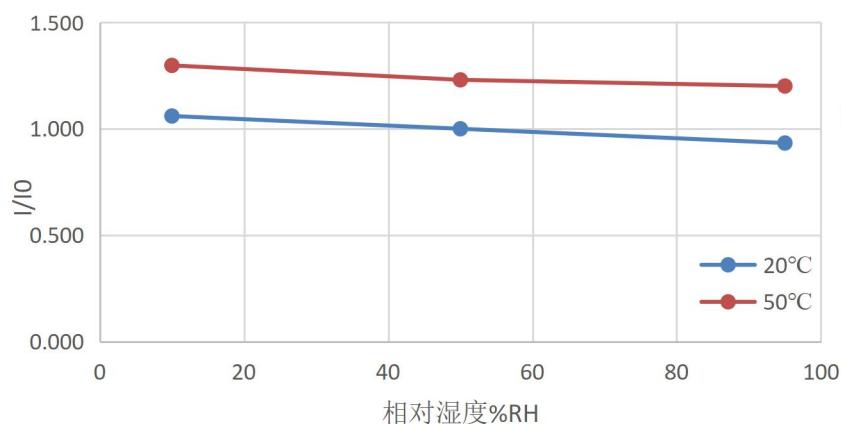


图 17 湿度影响

结果表明，湿度对传感器性能的影响不大。

1.10.3 不同环境温度测试

本章节是指在不同环境温度下的测试，皆是为了验证传感器对高温和低温的承受能力，按 UL2034 中相关章节进行。

1.10.3.1 高低温运行测试

将传感器分别在表 8 中规定的环境中暴露至少 3 小时后，记录传感器对 30、70、150、400ppm 一氧化碳浓度输出如图 18 所示，从中我们可以看出传感器的性能不受湿度的影响。

表 8 传感器高低温运行试验环境控制表

温度/°C	湿度%RH
-10	50
0	15
20	50
35	50
49	40

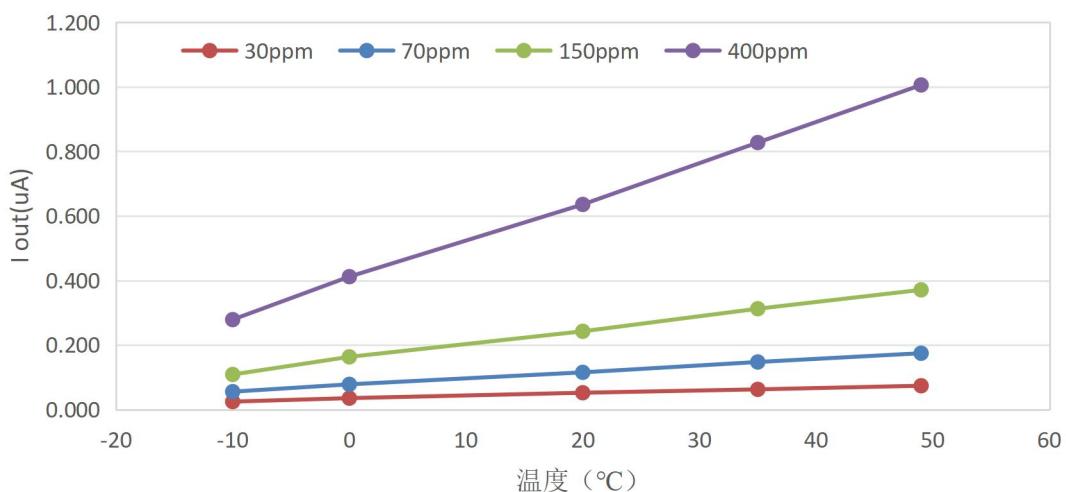


图 18 高低温运行试验

1.10.3.2 运输及存储的影响

图 19 所示为按照 UL2034 进行的运输和存储的试验，标准要求将短路状态下的传感器置于 70°C 环境下 24 小时，然后室温冷却 1 小时，再放入 -40°C 环境下 3 小时，随后取出在室温下放置 3 小时。测试试验前后传感器的气体响应情况，结果表明传感器可以满足 UL2034 的要求。

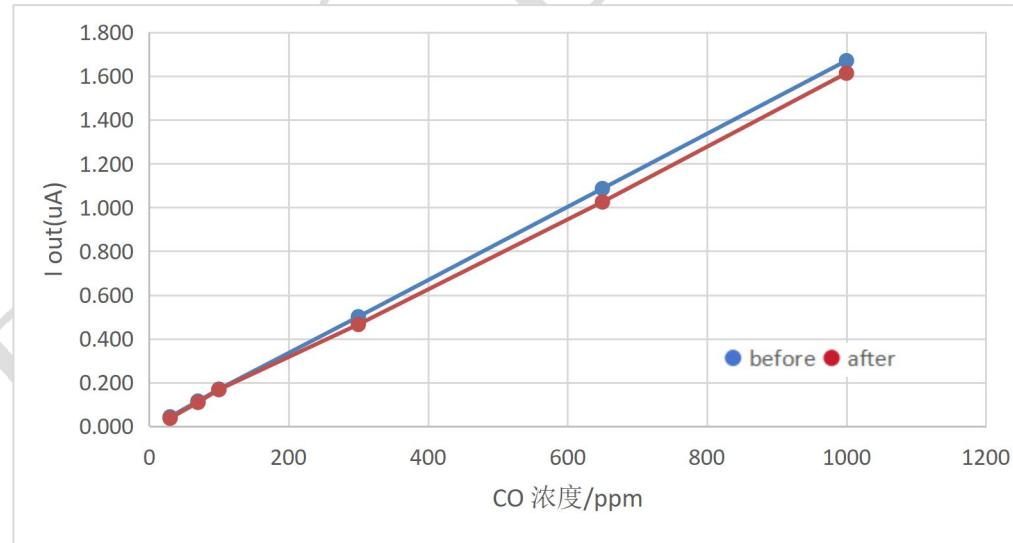


图 19 运输和储存试验前后变化

1.10.3.3 温度循环测试

图 20 所示为按照 UL2034 中《稳定性试验》的要求将传感器置于 0°C & 100%RH 和 49°C & 40%RH 的环境中循环暴露 10 次 (>15 分钟和 <1 小时)。测试试验前后传感器的响应情况。结果表明传感器不受试验中的极端温湿度条件的影响。

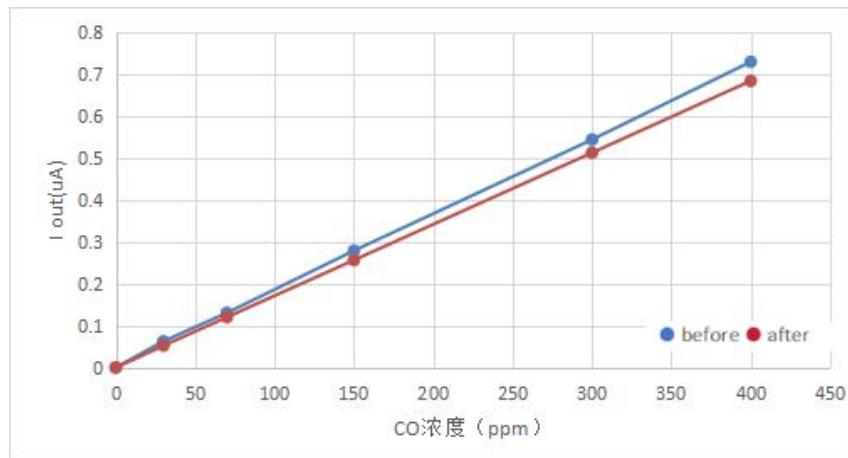


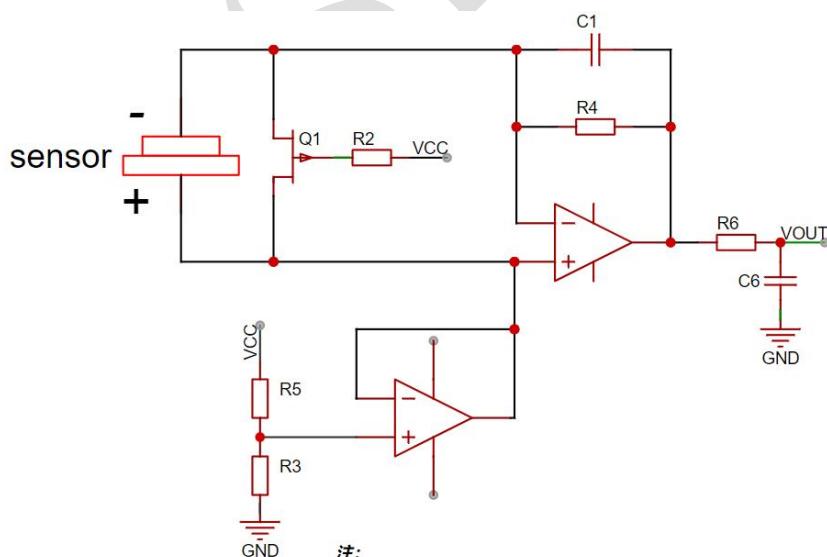
图 20 温度循环试验前后变化

2. 电路设计

2.1 典型应用电路

FC-CO-5000，基于经过验证的燃料电池技术，产生一个与 CO 浓度成正比的电流信号。

为了使用传感器进行 CO 检测，输出电流通常被转换为电压进行测量。图 21 是一个电路的示例。在这个电路中，测量输出电压 (V_{out})，以得到准确的 CO 浓度。如果电路由 3.3V 供电，未连接传感器的 V_{out} 应为 0.148V (V_{ref})， V_{out} 随 CO 浓度的增加而增加。通过测量 V_{out} 的增加，可以计算出 CO 的浓度。



注：

- 1、VCC推荐电压值3.3V
- 2、R3, R5电阻为基准电压分压电阻。（推荐基准电压值：148mv，推荐电阻R5-1M/0.1%，R3-47K/0.1%）
- 3、R2推荐电阻-1M/1%
- 4、R4为放大电阻推荐电阻-1M/1%
- 5、C1为滤波电容，推荐值-10uf（调小该值可减小响应时间）
- 6、R6、C6为RC滤波器，推荐值R6-1K/1%;C6-100nf/10%

图 21 典型应用电路

2.2 设定参比电压 Vref

由于燃料电池型气体传感器在洁净空气中的零点电流值存在一定比例的负值, 检测小于 0 的电流的电路比较复杂, 为此针对行业应用特点以及该传感器零点电流的极限值将 Vref 设定在 0.148V, 这样既可以尽可能多的提高电路的信号分辨率, 也可以有效覆盖掉可能的小于 0 的零点电流。

2.3 防极化电路

对于燃料电池型传感器, 当传感器处于开路状态时电荷将在工作电极上积累, 产生极化效应, 当正负极重新连接之后工作电极上积累的电荷需要一个缓慢释放的过程, 此过程称为去极化。如前面图 8 所示, 传感器开路的时间越长, 去极化需要的时间就越多。由于传感器是在开路状态下存储和运输的, 需要长时间通电 V_{out} 才能稳定下来, 一个反极化电路是传感器快速稳定的必要条件。为此推荐使用图 21 中所示的 P 型 JFET 来防止传感器在开路时产生极化, 从而在主机上电后可以快速进入检测状态。

2.4 电流/电压转换电路

如图 21 所示, 传感器输出电流被转化为电压。 V_{out} 可通过下述式子进行表述:

$$V_{out} = (S \cdot C + I_0) / 1000000000 * R + V_{ref}$$

V_{out} : 输出电压, 单位为 V

S: 传感器的灵敏度, 单位为 nA/ppm

C: 环境中一氧化碳浓度值, 单位为 ppm

I_0 : 传感器的零点电流值, 单位为 nA

R: 放大电阻值, 单位为欧

V_{ref} : 电路的基准电压值, 单位为 V, 采用 3.3 伏供电时为 0.148

当采用其他电压供电时, 电路的基准电压按以下公式计算:

$$V_{ref} = V_{CC2} * (R3 / (R5 + R3))$$

2.5 放大倍数

由于传感器的输出电流为 nA 级的微电流, 必须将电流放大后才能达到有效的分辨率, 具体放大倍数 (放大电阻的取值) 取决于待测一氧化碳气体的浓度范围、传感器的灵敏度、传感器的温度系数、所选用的 MCU、期望达到的检测精度以及对性价比的要求。放大电阻阻值可按照以下公式计算

$$R = (V_{max} - V_{ref}) / (S_{max} \times T \times C_{max})$$

此处: V_{max} : C_{max} 时的电压值, 采用 3.3v 供电时为 3.3

Vref : 基准电压值 , 采用 3.3v 供电时为 0.148

Smax : 传感器的最大灵敏度值 (nA/ppm) , 本传感器为 1.5

T : 传感器的温度系数, 取决于可能出现的最高环境温度, 具体见表 7, 以
60 度为例, 该值为 1.31

Cmax : 一氧化碳探测范围的上限值 (ppm)

当最大检测范围为 1000ppm 时, 放大电阻的取值为:

$$R = (3.3 - 0.148) / (1.5 / 1000000000 * 1.31 * 1000) = 1.6M$$

也就是在该检测需求中放大电阻最大可以选择 1.6M

2.6 运放的选择

建议采用失调电压为微伏级的运放, 特别推荐 3PEAK 的 TP5552, 如果采用失调电压为毫伏级的运放, 可能造成部分环境中的噪声被同步放大, 导致出现检测电路的底噪很大降低分辨率的现象, 甚至会出现在洁净空气中底噪达到电路满量程输出而丧失检测功能的现象。

2.7 电路滤噪

由于传感器产生的是 nA 级的微电流, 为了达到有效的检测, 电路设计采用了较大的放大倍数, 在有效电流信号被放大的同时噪声必然会被同步放大, 为此需要对电路采取一定的滤噪手段来获得较好的信噪比。可采用电压跟随电路和增大图 21 中的电容 C1 的值等方法。图 21 中的电路已经采用电压跟随技术, 对于采用某一固定放大倍数时提高 C1 的值可以有效减小噪声, 但是会大大减慢反应速度, 从而增加响应时间的值, 为此在设计电路时需要根据具体检测精度的要求来选择 C1 和 R4 的值以确保获得最佳检测效果。同时滤噪效果以及响应时间还和所选择的运放有关, 即使采用相同的 C1 和 R4, 采用不同的运放时响应时间和噪声也会差别非常大, 具体请根据实际情况选择。在选用 TP5552 为运放时, 放大电阻 R4 从 100K 到 1M & C1 从 10nf 到 10uf 的范围内对响应时间的影响都可以忽略, 建议选用 10uf 电容以达到有效滤噪的效果。

2.8 传感器负冲现象

燃料电池型气体传感器在长时间暴露于高浓度气体中时, 会出现对电极接触到过多待测气体的现象, 在将传感器置换到洁净空气中后对电极的气体由于结构限制无法快速释放掉, 只能靠电极自己消耗掉, 这样会出现传感器的输出电流远低于洁净空气中的零点电流的现象, 被称为负冲。EN50291 中有规定将传感器置于 5000ppm 一氧化碳环境中 15 分钟, 置换到洁净空气中 1 小时后检测基本报警功能。该项测试主要是针对传感器的负冲现象的, 如果传感器负冲严重将无法通过该项测试。我司传感器在电极制备技术上采用了专用的防负冲技术,

可以有效减小高浓度后传感器的负冲现象，从而无需在电路上做特殊处理即可以通过 EN50291 的 5000ppm 测试。

2.9 自诊断电路

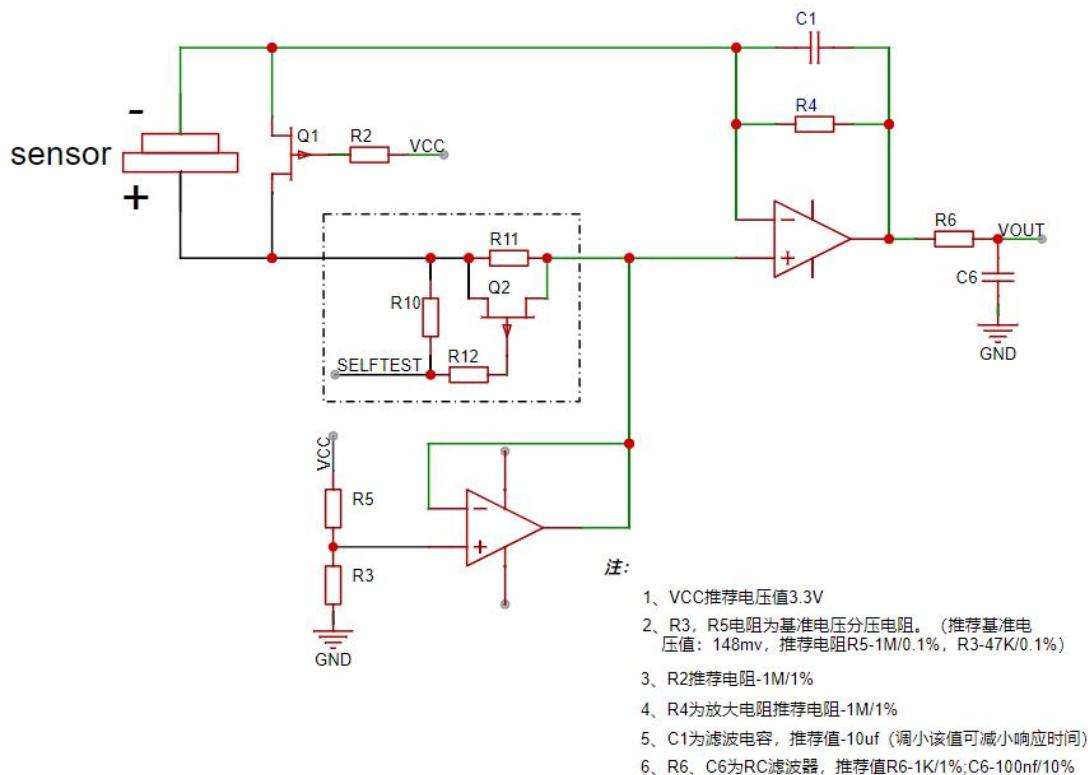


图 22 传感器自诊断电路示意图

UL2034 要求通过自诊断电路能够及时检测到传感器的故障，一旦传感器与放大电阻断开，该电路将用外部电源给传感器充电。通过分析以下放电模式，可以检测到传感器的故障，如断路或短路。但由于缺乏气体扩散，该方法不能发现传感器灵敏度的漂移或灵敏度的损失。检测步骤如下：

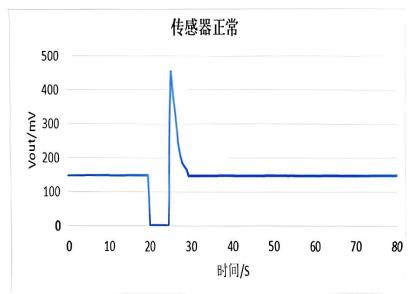
- 1) 自诊断前，由单片机将自检端口设置为 GND；
- 2) 在 Q1 启动 JFET，暂时将传感器与电路断开；
- 3) 自检端口设置为 3.3V，对传感器充电一段时间（建议为 5 秒）；
- 4) 在步骤 3 结束时，在 GND 处再次设置自检端口，传感器重新连接到电路来释放积聚在传感器上的电荷；
- 5) 通过记录传感器连接回电路后的输出数据，我们可以区分有故障的传感器和正常的传感器。

自诊断测试结果（示例）：

示例为室温条件下放大电阻为 430K 时的典型值。

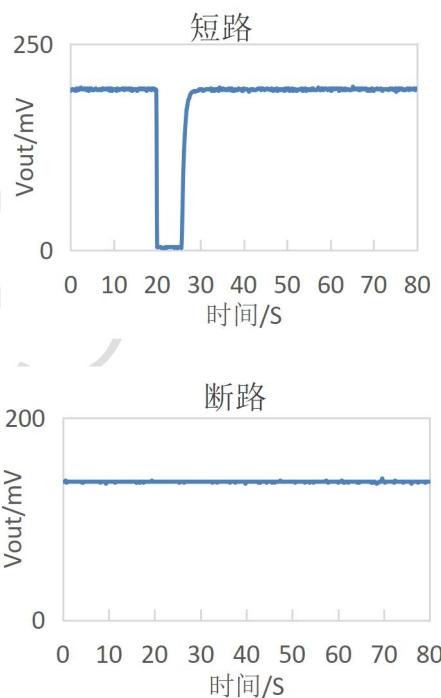
传感器正常：

V_{out} 先下降至接近 GND 电位，再上升接近 1V，然后传感器放电回到初始值。



传感器短路：

V_{out} 先下降至接近 GND 电位，再恢复其短路状态下的初始值；



传感器断路：

$V_{out} \approx V_{ref}$

注意：

- (1) 请勿在存在干扰气体的情况下进行自诊断；
- (2) 自诊断时间请勿超过 10 秒，建议 5S；
- (3) 阈值判断与放大电阻阻值设置和传感器个体差异有关，需根据实际电路测试结果设定阈值的判断标准；
- (4) 设置自诊断模式之间的时间间隔时，应考虑传感器的恢复时间。如果在传感器恢复到初始电平之前启动自诊断，有可能损坏传感器。

2.10 灵敏度漂移

电化学类传感器由于在使用过程中接触到的气体成分很复杂，某些大分子反应气或者反应中间产物以及环境中的灰尘之类的可能会覆盖住部分催化剂的活性点，从而造成传感器的灵敏度出现缓慢漂移或者衰减，建议每年对传感器的灵敏度按照 3% 进行补偿。

3. 传感器的校准

在使用该传感器时强烈建议针对每只传感器进行校准以获得最佳的检测精度，可采用以下两种方式对传感器进行校准：

3.1 用一氧化碳气体校准

- 1) 将传感器放置在合适的气室内
- 2) 采集传感器在洁净空气中的输出值，具体时间以传感器去极化状态而定，待输出稳定后记录传感器的输出值 I_0 ，单位 nA
- 3) 向气室内通一定浓度的一氧化碳气体
- 4) 在传感器输出稳定后（例如 3 ~ 4 分钟），测量传感器输出值 I_1 ，单位 nA
- 5) 计算传感器灵敏度 S

$$S = (I_1 - I_0) / C, \text{ 单位 } \text{nA}/\text{ppm}$$

在上式中，C 为校准所使用的一氧化碳气体浓度，单位为 ppm

由于温度会影响传感器的灵敏度，在校准过程中需要保持环境温度的稳定。

3.2 用传感器二维码校准

每个传感器在装运前都在 ProSense 的工厂进行校准，信息存储在传感器上的条形码中。使用这种方法，成本和工序将大大降低，同时强烈建议用一氧化碳气体校准一氧化碳报警器或探测器。

3.2.1 传感器二维码编码规则如下：



第一组：CO：表示传感器的种类，CO 代表一氧化碳传感器；

第二组：2402010001：十位数字，传感器序列号；

第三组：5：一位符号位（如果是正则省略），一到两位数字，零点电流，单位是 nA，需要除以 10 得到实际电流值，如示例中零点电流是 $5/10=0.5\text{nA}$

第四组：1230：三到四位数字，灵敏度，单位是 nA/ppm ，需要除以 1000 得到实际灵敏度值，如示例中灵敏度是 $(1230/1000=1.23\text{nA}/\text{ppm})$

第五组：PROSENSE，表示品牌

示例：CO2402010001 5 1230 PROSENSE

3.2.2 可以采用以下几种方式将传感器的出厂校准信息写入主机的嵌入式软件中：

- 1) 手动扫描传感器身上的二维码可读取数据；
- 2) 使用扫码枪读取二维码并直接输入到微处理器。

3.3 温度补偿

在微处理器中，通过表 6 和图 16 中所示的补偿系数进行温度补偿。

3.4 一氧化碳浓度的计算

在实际检测过程中可根据以下公式计算环境中的一氧化碳浓度值：

$$C = ((V_{out} - V_{ref}) * 1000000000 / R - I_0) / S_i$$

C：一氧化碳浓度值，单位是 ppm

V_{out}：电路测量到的输出值，单位 V

V_{ref}：电路的基准电压值，单位 V

R：电路的放大电阻，单位欧

S_i：经过温补之后的灵敏度，单位 nA/ppm

I₀：传感器的零点电流值，单位为 nA

4. 存储

传感器在使用之前应储存在普晟的原始包装袋中，并置于 5~30°C / 30~80%RH 的环境中进行保管，应避免结露。

5. 电路板焊接

在将传感器焊接到印刷电路板上时应注意以下事项：

- 1) 在传感器焊接到 PCBA 上之前，应充分干燥，以避免蒸汽对传感器的任何污染；
- 2) 传感器在焊接到 PCBA 上后，由于开路运输引起的极化需要一定的时间来沉降；
- 3) 请确保传感器与 PCBA 之间的间隙超过 1.5mm，以确保目标气体能够自由到达传感器，

详情请查看图 23。

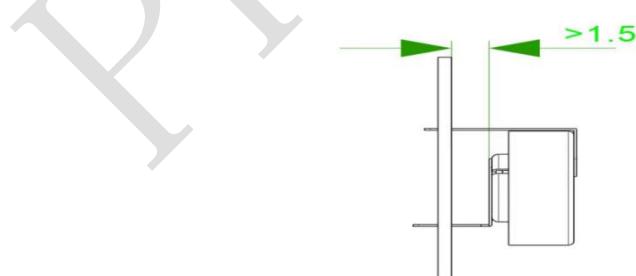


图 23 传感器与电路板焊接示意图

- 4) 手动焊接建议在以下条件下进行：

铜制焊头温度：360°C

时间：<5 秒。

6. 气体测试

在进行气体测试时应选用背景气为空气的混合气体，避免采用氮气为背景气的气体进行测试，传感器的工作需要氧气参与，当使用背景气为氮气的混合气体时会造成传感器由于缺氧而失效的现象。

7. 注意事项

- 传感器应避免接触高浓度有机溶剂/蒸汽和腐蚀性气体。
- 避免在高浓度粉尘、油蒸气的环境中储存或应用，足够的氧气是正确操作的必要条件；禁止将传感器暴露于含有高浓度碱性物质的环境中。
- 不可过度的撞击或震动，避免造成内部损坏。
- 在使用传感器时，请遵循工作环境，在超出数据表中允许的范围情况下使用传感器，将会损坏传感器。
- 发生浸泡或飞溅到传感器上水，传感器的性能可能会发生改变。
- 传感器内外应避免露和冰，以确保气体进入传感器；。
- 建议采用手动焊接，避免高浓度助焊剂对传感器的影响。
- 进行自诊断时所施加的电压不能过大，自诊断时间应小于 5 秒，以避免损坏传感器，自诊断应在 0 ppm 的 CO 中进行。
- 自诊断结束后，建议间隔 60 秒再进行正常检测，以保证传感器已经完全恢复到正常检测状态。
- 传感器二维码内存储了出厂校准信息，如果想获得精确的检测结果建议在使用前重新进行标定。
- 不可拆解传感器，随意拆解传感器将导致无法保修。



| 普 | 晟 | 深圳市普晟传感技术有限公司
PROSENSE Shenzhen ProSense Technologies Co., Ltd

地址：深圳市龙华区大浪街道上横朗社区华荣路联建科技工业园 4 栋 1 楼

电话：+86-755-36690079

手机：13510916915

邮箱：sales@szprosense.com

网址：<http://www.szprosense.com>