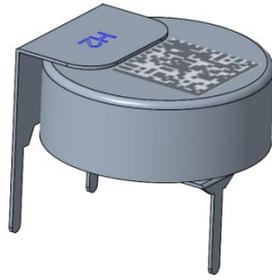


## FC-H2-XXXX 型氢气传感器技术手册



深圳市普晟传感技术有限公司

## 目 录

<b>1. 基本信息</b> .....	<b>5</b>
1.1 产品介绍 .....	5
1.2 特 点 .....	5
1.3 典型应用 .....	5
1.4 基本电路 .....	5
1.5 结构尺寸 .....	6
1.6 技术指标 .....	6
1.7 机械强度 .....	7
1.8 基本性能测试 .....	7
1.8.1 电流测试 .....	7
1.8.2 响应-恢复时间 .....	7
1.8.3 线性 .....	8
1.8.4 气体响应特性 .....	9
1.8.4 重复性 .....	9
1.8.5 灵敏度测试 .....	10
1.8.6 开路 and 短路影响 .....	11
1.8.7 正常操作测试 .....	11
1.9 可靠性测试 .....	12
1.9.1 干扰气体测试 .....	12
1.9.2 防腐性测试 .....	14
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
<b>2. 电路设计</b> .....	<b>19</b>
2.1 典型应用电路 .....	19
2.2 设定参比电压 $V_{REF}$ .....	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
<b>3. 传感器的校准</b> .....	<b>23</b>
3.1 用氢气气体校准 .....	24
3.2 用传感器二维码校准 .....	24
3.3 温度补偿 .....	25

3.4 氢气浓度的计算 .....	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

**说明：**

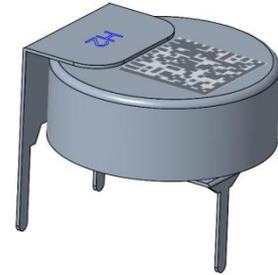
本技术文件是针对 FC-H2-XXXX 系列的长寿命氢气传感器的汇总技术支持文件，包括 FC-H2-1000、FC-H2-5000、FC-H2-20000 三个型号，这三个型号的传感器在检测原理、推荐电路等技术方面都是完全相同的，只是在基础性能方面有差异。文中的各种性能测试以及推荐电路说明都是以 FC-H2-5000 型长寿命氢气传感器为依据的，如果您选择的是其他量程的传感器可参照执行，但是请根据您的具体型号和检测需求调整放大电阻。

由于 UL2034 中讲解的是针对一氧化碳气体传感器的测试条件，没有提及到氢气传感器的测试，而 UL2034 又是一个对于传感器性能有较高要求的标准，所以本文中是参照 UL2034 中关于一氧化碳传感器的测试方法进行的氢气传感器测试。

## 1. 基本信息

### 1.1 产品介绍

FC-H2-XXXX 系列长寿命氢气传感器基于微型燃料电池原理进行检测，当环境中存在氢气气体时，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，产生的电流与环境中的氢气气体浓度成正比，通过检测生成的电流的大小可以准确定量环境中的氢气气体含量。



### 1.2 特点

- \*0 功耗
- \*响应迅速
- \*高精度
- \*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

### 1.3 典型应用

- \*锂电池安全监测
- \*工业安全环境
- \*消防安全领域

### 1.4 基本电路

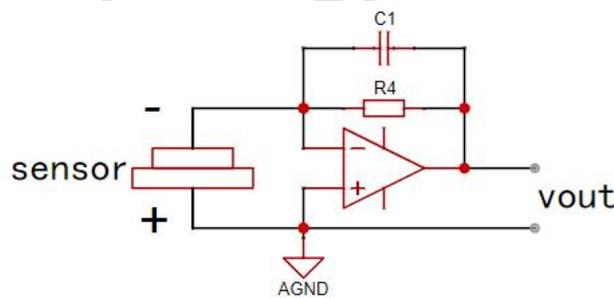


图 1 基本测试电路图

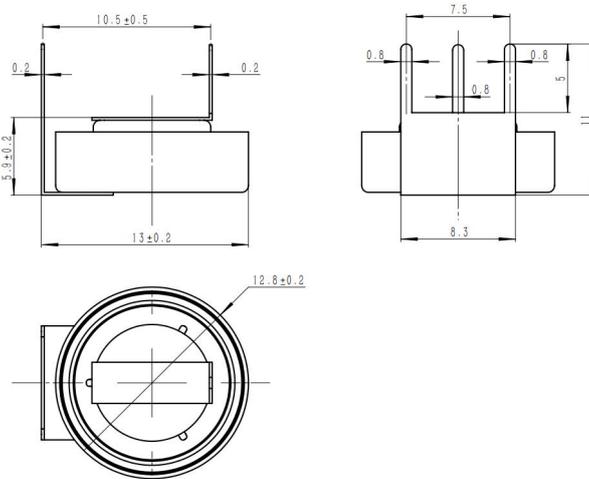
图 1 所示为 FC-H2-XXXX 系列长寿命氢气传感器的基本测试电路。传感器产生的微电流，由运算放大器与电阻(R4)进行整合后，将其转化为传感器输出电压(Vout)，Vout 随着氢气浓度的升高而增加。表 1 所列是针对不同量程的传感器建议采用的电阻和电容值。为了使传感器断电上电后能迅速稳定，建议增加一个防极化的 JFET。

表 1 不同量程传感器配套使用的电阻电容选型表

	FC-H2-1000	FC-H2-5000	FC-H2-20000
R4	1Mohm	300K	200K
C1	10uF	10uF	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		
原理	微型燃料电池		
量程 (ppm)	0-1000	0-5000	0-20000
最大过载 (ppm)	2000	10000	40000
灵敏度 (nA/ppm)	0.4±0.2	0.4±0.2	0.2±0.1
响应时间	<60 秒		
检测精度 (25±3℃)	±3%F. S.		
重复性	3%		
输出线性度	线性		
工作温度范围	-40℃~70℃		
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

将 15 套传感器置于测试体系内，获取洁净空气中零点电流值  $I_0$ ，通入 1000ppm 氢气标准气体，记录当前状态下的电流值  $I_1$ ， $\Delta I = I_1 - I_0$

表 2 传感器灵敏度记录表

传感器编号	$I_0/n$ A	$I_1/n$ A	$\Delta I/n$ A	$S_n$ A/ppm	$T_{90}/S$
E1	1	356	355	0.355	45
E2	1	606	605	0.605	53
E3	1	410	409	0.409	49
E4	1	368	367	0.367	49
E5	2	302	300	0.3	49
E6	3	496	493	0.493	47
E7	3	588	585	0.585	48
E8	1	244	243	0.243	48
E9	2	590	588	0.588	49
E10	2	284	282	0.282	48
E11	3	534	531	0.531	47
E12	3	556	553	0.553	49
E13	5	590	585	0.585	49
E14	2	472	470	0.470	48
E15	3	592	589	0.589	47

### 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 1000ppm 氢气标准气体 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 60 秒以内，恢复时间在 90 秒以内，可以满足 UL2034 中的要求。

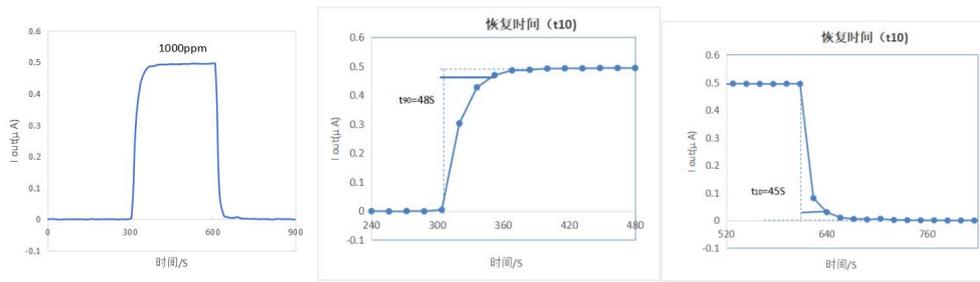


图 2 响应-恢复时间

### 1.8.3 线性

将传感器置于测试体系内，测试传感器对不同浓度氢气气体的响应情况，记录过程数据和图形。证明传感器具有很好的线性度，响应迅速，可以满足 UL2034 的要求。

表 3 传感器对不同浓度氢气的响应

浓度/ppm	传感器编号					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
	I/u A	I/u A	I/u A	I/u A	I/u A	I/u A
0	0.001	0.000	0.002	-0.001	0.001	-0.002
100	0.051	0.048	0.049	0.046	0.042	0.045
300	0.146	0.141	0.140	0.141	0.130	0.134
700	0.334	0.324	0.321	0.326	0.302	0.309
1000	0.499	0.480	0.477	0.487	0.452	0.461
3000	1.492	1.424	1.424	1.483	1.364	1.392
5000	2.509	2.395	2.395	2.495	2.294	2.341

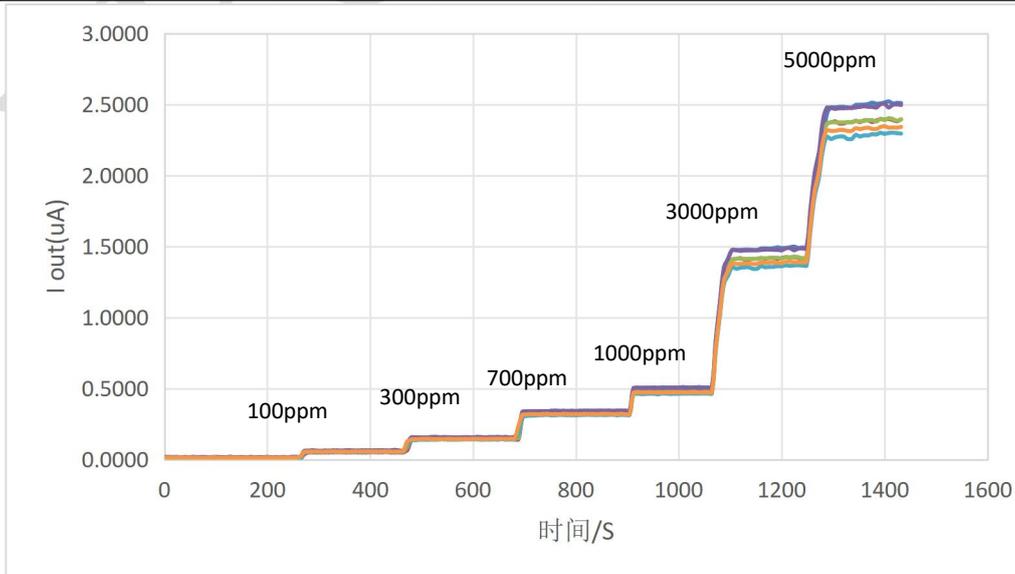


图 3 叠加图

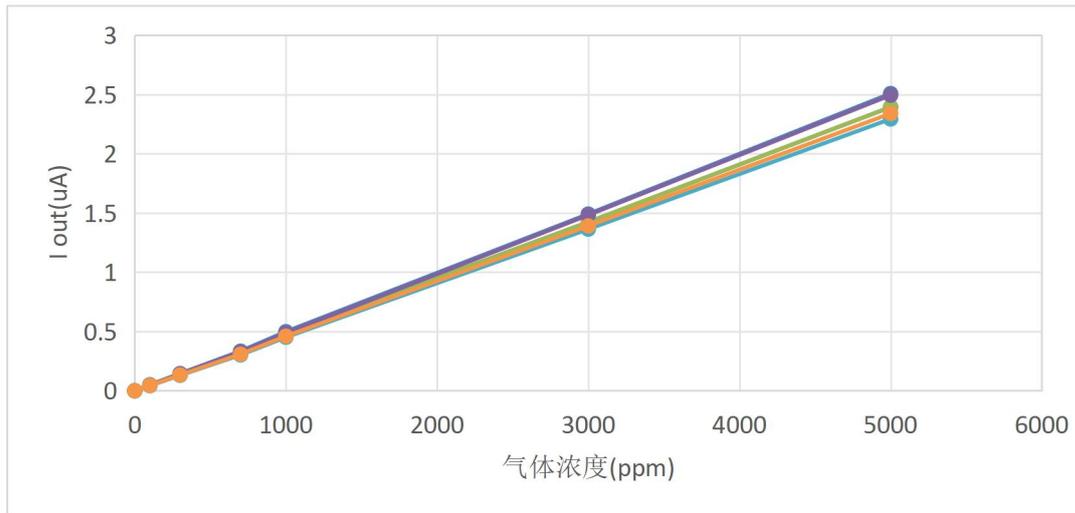


图 4 线性图

#### 1.8.4 气体响应特性

图 5 所示为将传感器置于测试体系内，测试传感器对不同浓度氢气气体的响应情况。结果表明，传感器具有非常好的线性度，其响应时间  $T_{90}$  小于 60S，恢复时间  $T_{10}$  小于 90S，可以满足 UL2034 中的要求。

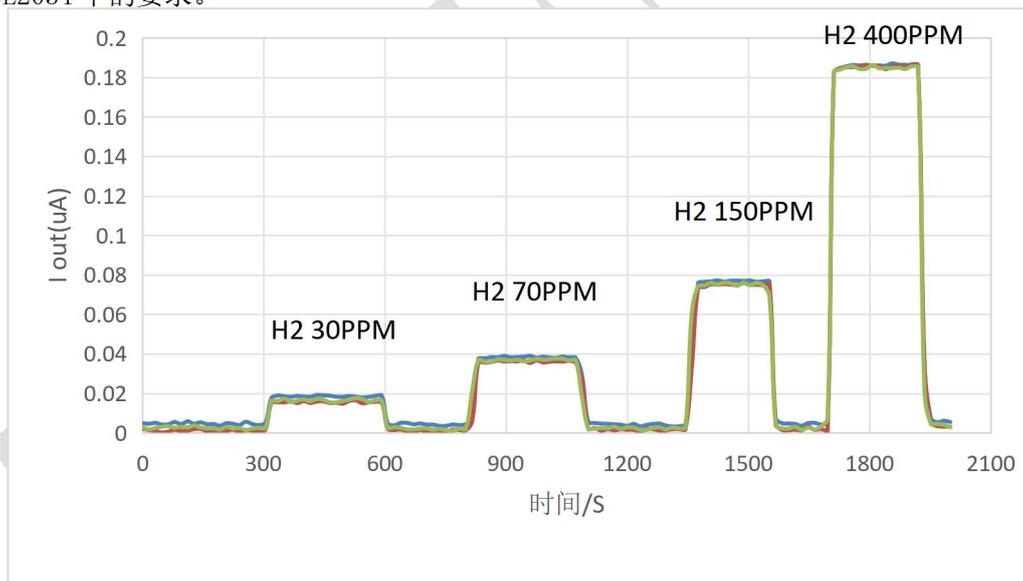


图 5 传感器响应特性

#### 1.8.4 重复性

图 6 和表 4 所示为将传感器多次重复置于 1000ppm 氢气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 1000ppm 氢气标准气体 5min，置换为洁净空气中 5min，重复上述操作 4 次，测试结果表明传感器重复性好。

表 4 传感器重复测试结果

传感器编号	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
	$\Delta I1/\mu A$	$\Delta I2/\mu A$	$\Delta I3/\mu A$	$\Delta I4/\mu A$	$\Delta I5/\mu A$
E1	0.438	0.436	0.447	0.444	0.453
E2	0.408	0.407	0.413	0.411	0.415
E3	0.406	0.402	0.405	0.405	0.408
E4	0.447	0.444	0.441	0.442	0.439
E5	0.451	0.447	0.452	0.399	0.454
E6	0.496	0.493	0.496	0.494	0.495
标准偏差	3%	3%	3%	4%	3%

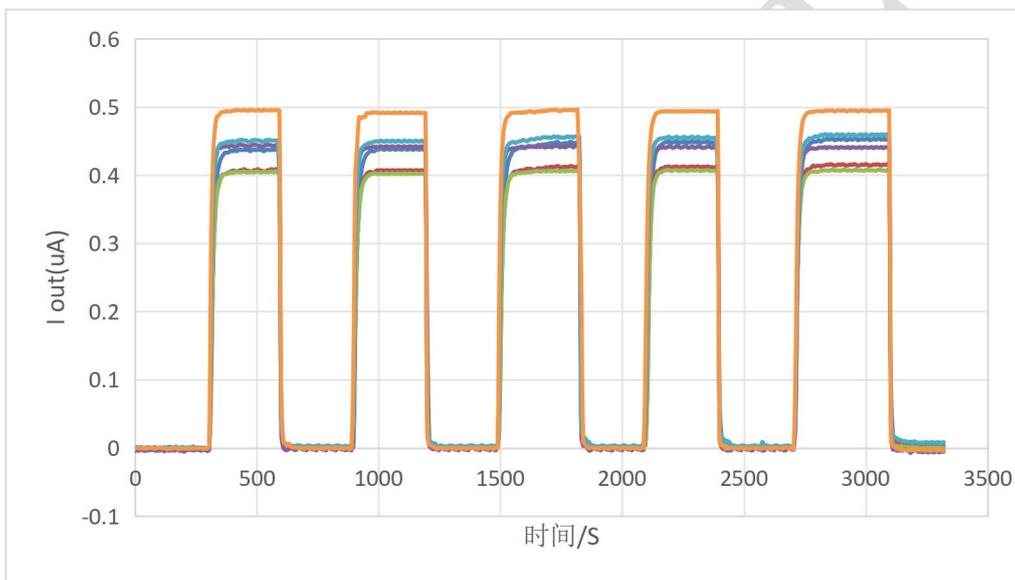


图 6 传感器对 1000ppm 氢气的重复性测试

### 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℃ & 40%RH 环境中，按表 5 依次暴露于不同浓度氢气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 5 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

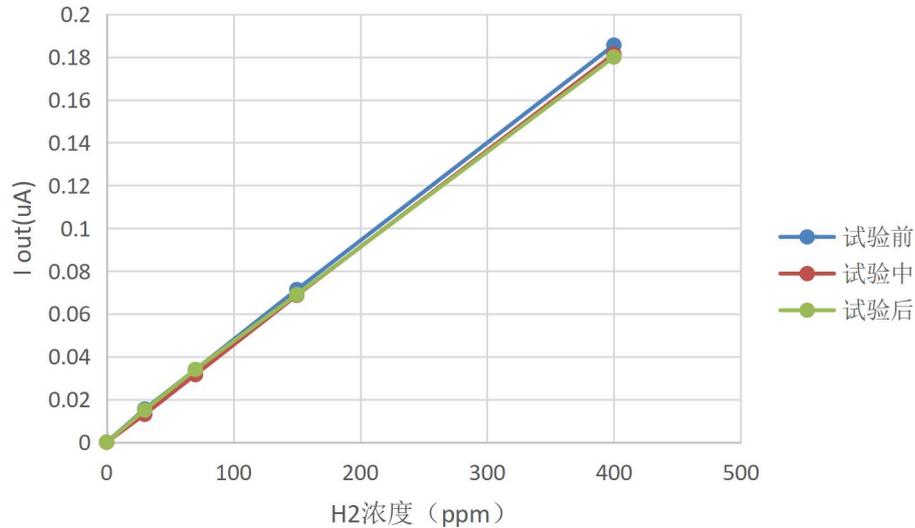


图 7 灵敏度试验前中后测试

### 1.8.6 开路和短路影响

将传感器进行短路和开路放置，在两种状态下储存 6 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 30min 以上。如果没有设置防极化电路，电路板通电后至少等待 1 小时。

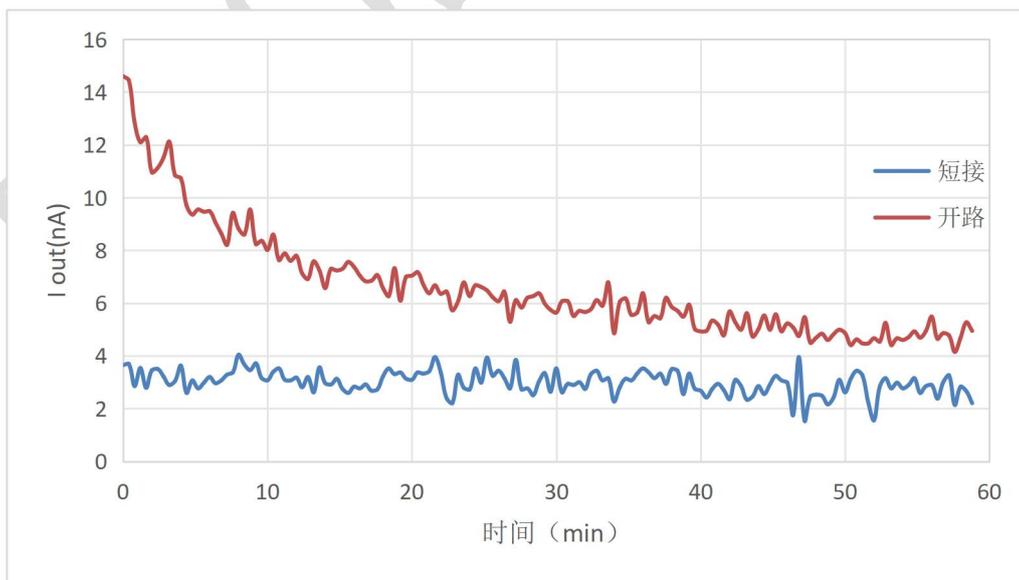


图 8 储存过程中短路和开路的影响

### 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 氢气中 12 小时，记录试验前中后传感器对氢气的响应数据。试验结果表明，该传感器不受高浓度氢气的影响。

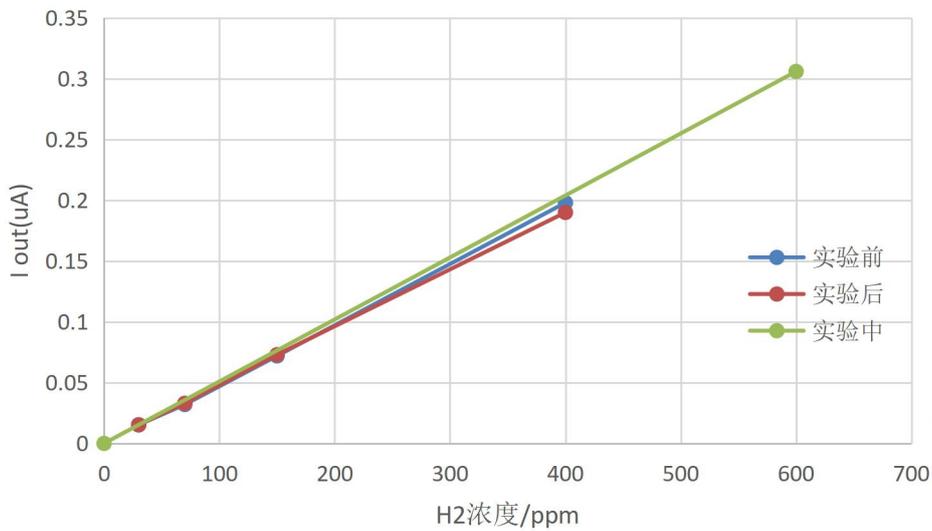


图 9 正常操作测试

## 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 6 为其他气体对传感器的交叉干扰数据。

表 6 传感器干扰数据

序号	干扰气体	干扰气体浓度 (ppm)	氢气等量浓度 (ppm)
1	一氧化碳	1000	<400
2	甲烷	1000	0
3	乙醇	1000	<10
4	HMDS (有机硅蒸汽)	1000	<20
5	甲苯	1000	0
6	异丙醇	1000	<30
7	氟利昂 R22	1000	<30
8	丙酮 AD-1	1000	0
9	三氯乙烷	1000	0
10	氨气	200	0
11	乙烯	200	<100
12	乙酸乙酯	200	0
13	乙炔	200	<100
14	甲醛	200	<30

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 氢气开始，到 30ppm 氢气结束。



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氢气的响应性能，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。

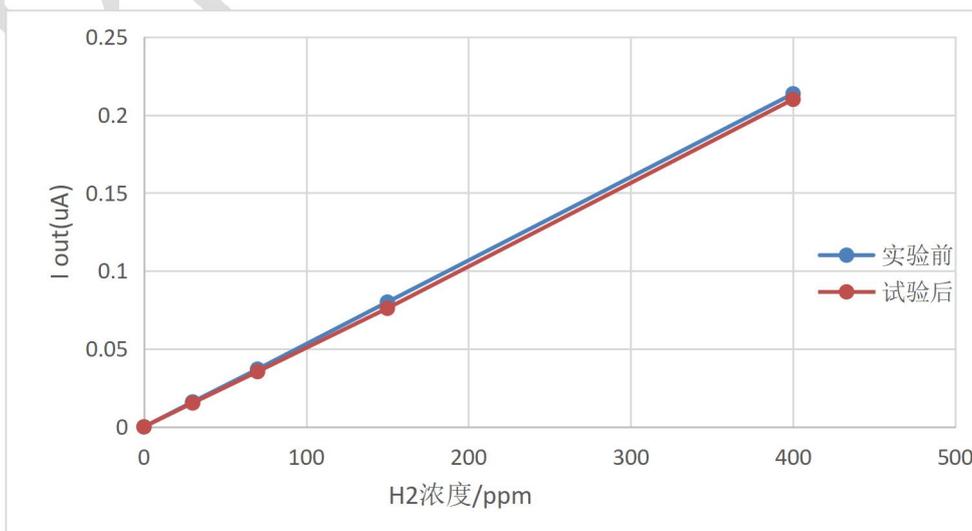


图 11 干扰气体试验前后测试变化

### 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。

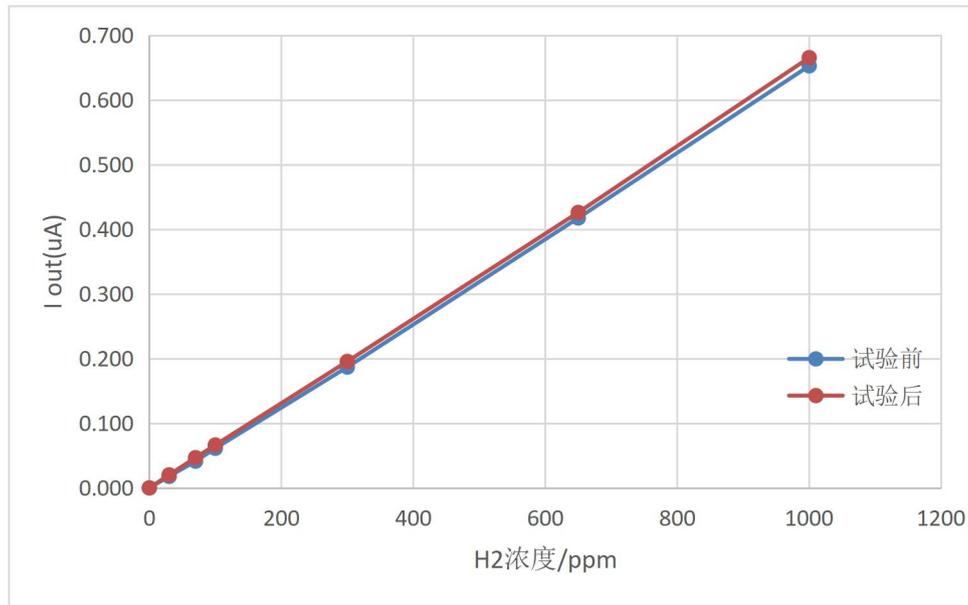


图 12 防腐性测试前后变化

### 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正常仓储环境中进行存储，定期测试传感器对 1000ppm 氢气的响应情况，结果表明，传感器性能稳定。

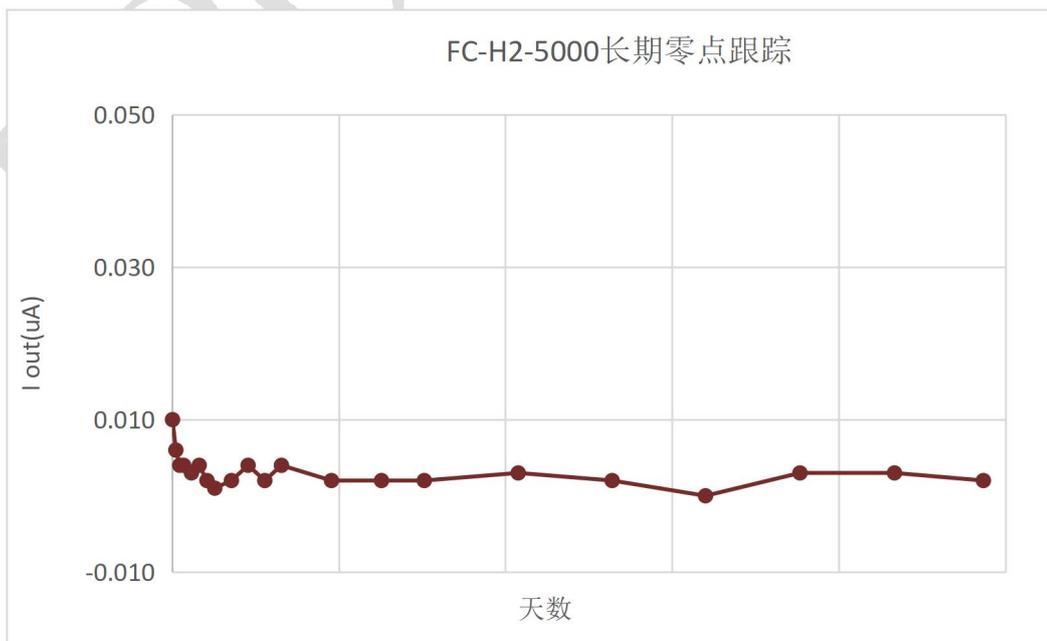


图 13 长期运行零点变化

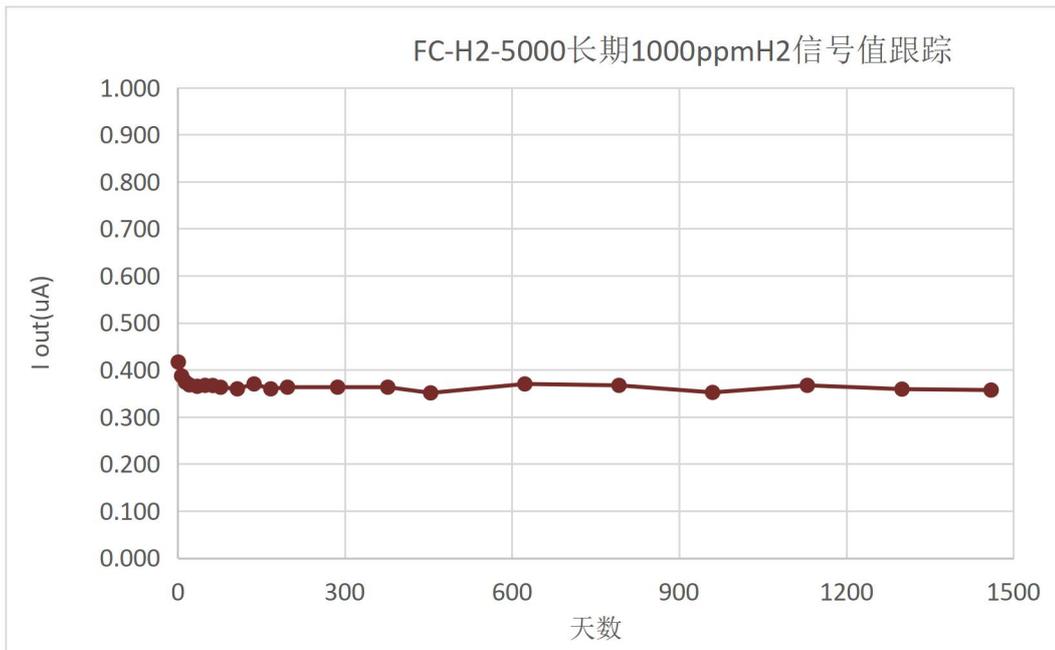


图 14 长期运行灵敏度变化

#### 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 氢气中 30 天，测试试验前后传感器对氢气的响应情况。结果表明，传感器不会因为持续暴露于低浓度氢气中而发生误报警。

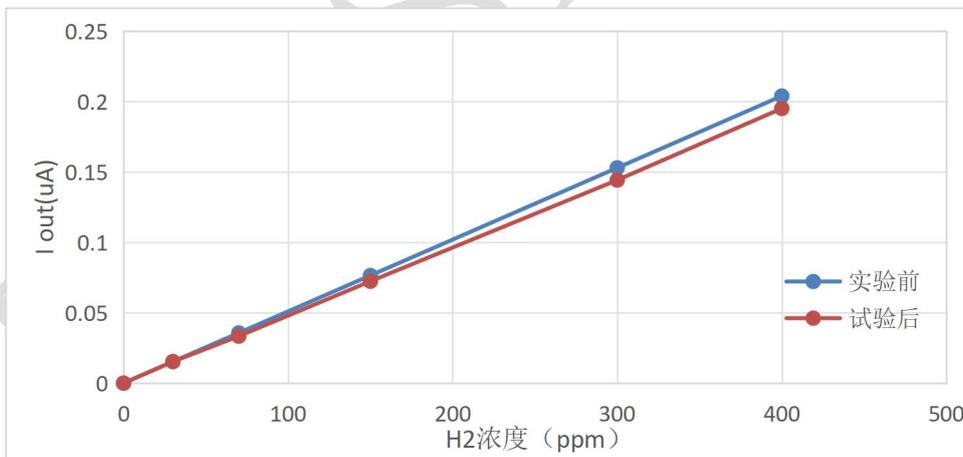


图 15 误报警测试

### 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°C 测试一组数据，每个温度点平衡 4h，所用气体为 1000ppm 氢气标准气体，通过数据解析，获取传感器的温度补偿系数。

*特别说明：该补偿曲线是很多只传感器的平均补偿方案，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: 传感器在各种温度下 1000ppm 氢气气体中的输出电流;

$I_0$ : 传感器在 20°C&50%RH 下 1000ppm 氢气气体中的输出电流;

表 7 传感器温度补偿系数

温度 (°C)	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5
I/ $I_0$	25%	26%	28%	33%	38%	45%	53%	59%
温度 (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
I/ $I_0$	68%	75%	83%	92%	100%	104%	108%	111%
温度 (°C)	40	45	50	55	60	65	70	
I/ $I_0$	114%	117%	120%	122%	124%	126%	128%	

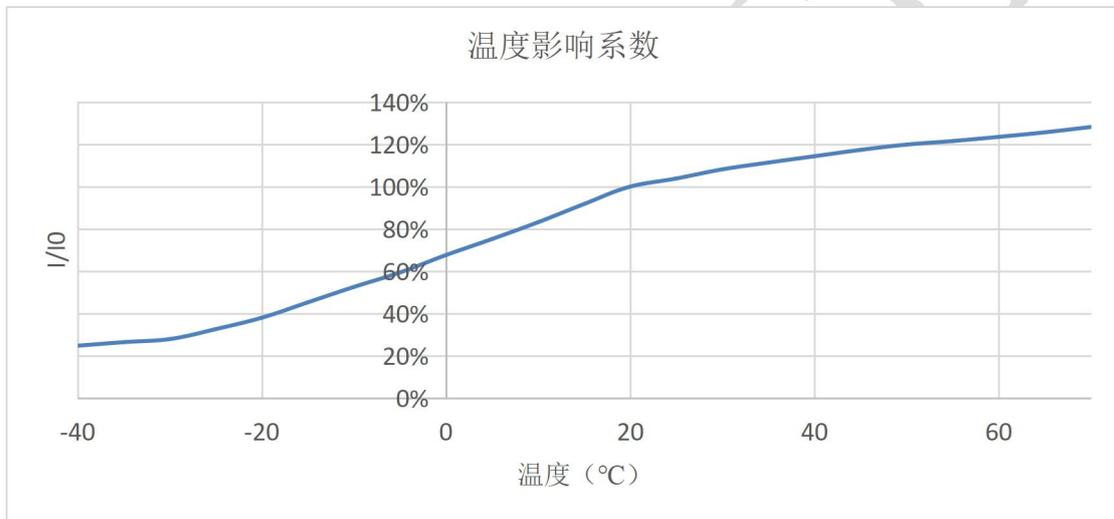


图 16 传感器温度补偿系数图示

### 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，测试在这两个温度下传感器在不同湿度下的性能，具体条件见表 8，测试时将传感器置于测试体系内，控制测试体系的温湿度满足表 8 的要求。

表 8 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 1000ppm 氢气气体中的输出电流

$I_0$ : 传感器在 20°C&50%RH 下 1000ppm 氢气环境中的输出电流

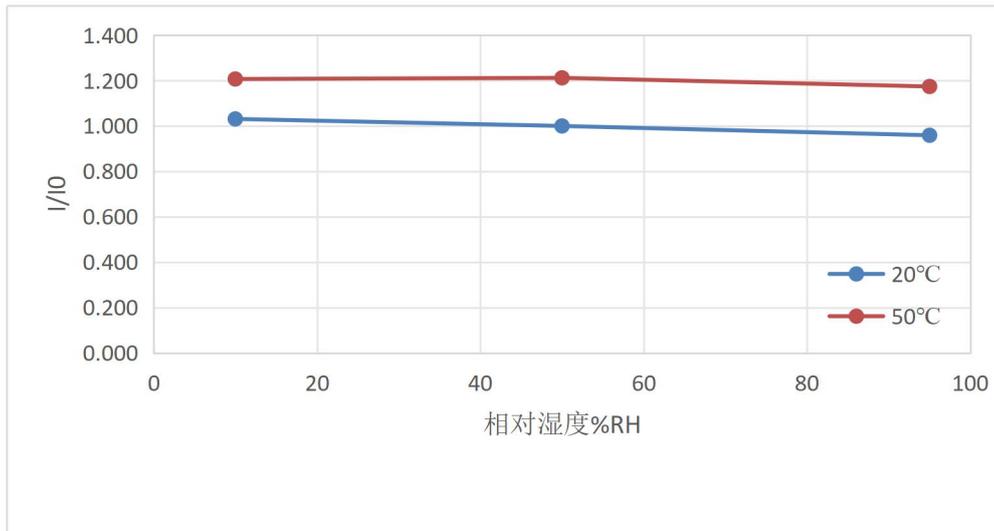


图 17 湿度影响

试验结果表明，传感器在不同温度下受湿度的影响较小。

### 1. 10. 3 不同环境温度测试

不同环境温度测试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 9 中规定的环境中暴露 4 小时后按照 UL2034 的要求进行氢气响应测试。

由结果可见尽管将传感器暴露于不同的温湿度条件下，但是湿度对传感器没有影响。

表 9 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%

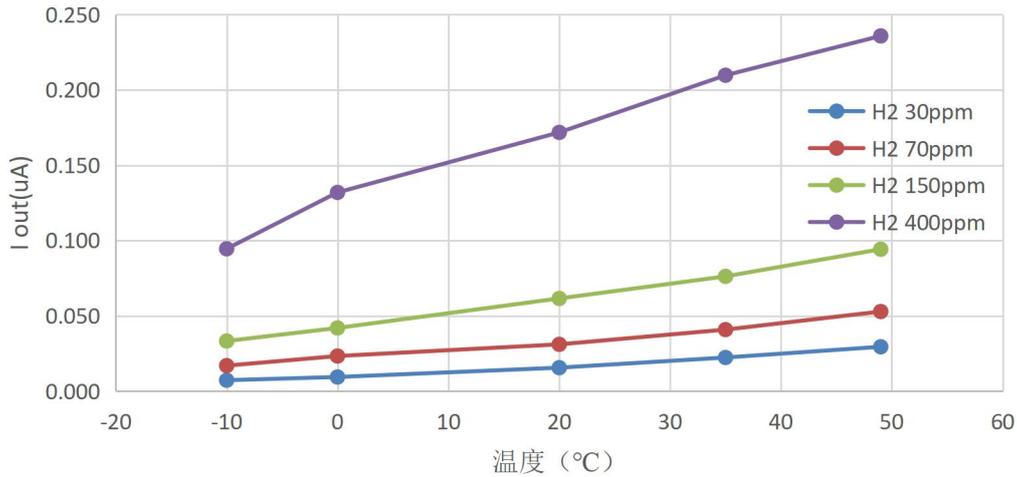


图 18 高低温运行试验

### 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。

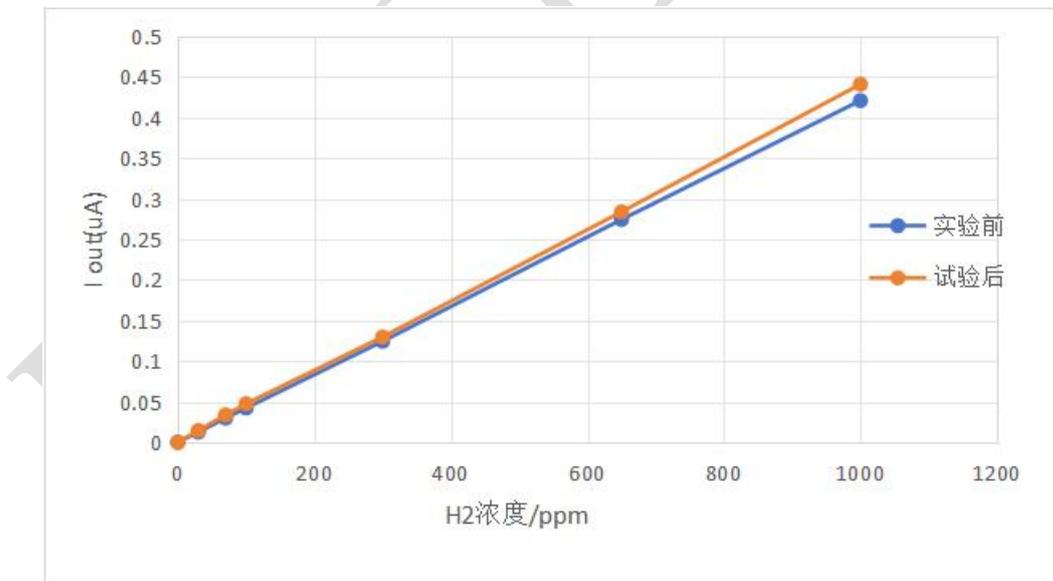


图 19 运输和储存试验前后变化

### 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，每个环境放置 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。

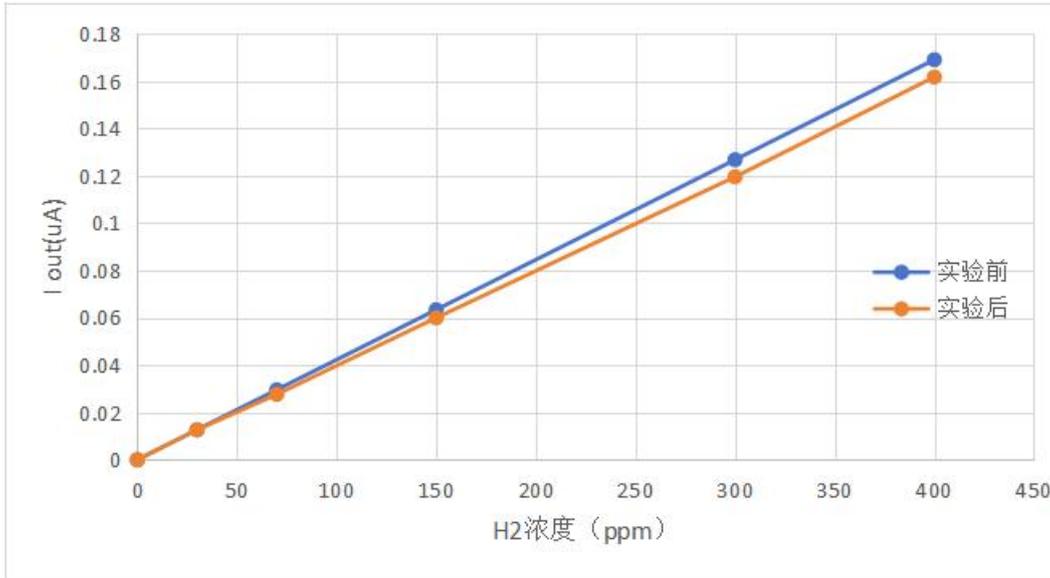
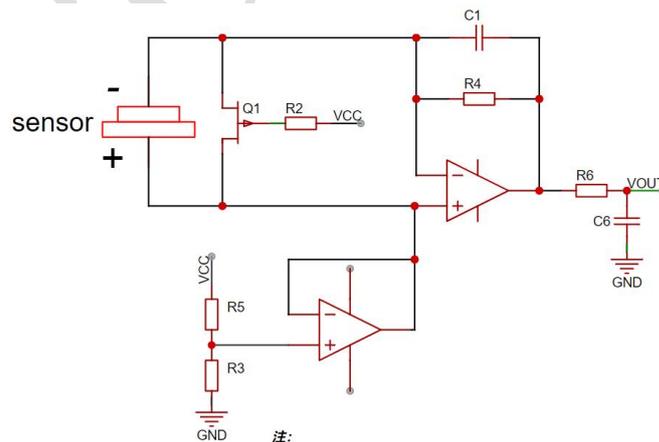


图 20 温度循环试验前后变化

## 2. 电路设计

### 2.1 典型应用电路

图 21 所示为传感器典型应用电路，该传感器属于燃料电池电化学型气体传感器，在接触到氢气气体时会产生 nA 级微电流信号，所产生的微电流信号与氢气气体浓度成正比。由于电流信号较小，为了能够有效检测，需要将传感器的微电流经过放大、滤噪等处理后转换为电压输出。在使用此电路时，如果采用 3.3 伏供电，在没有传感器接入时的典型  $V_{out}$  值为 0.148V，当氢气浓度增加时输出电压  $V_{out}$  会上升，通过这个上升值可以计算得出氢气气体浓度值。



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: 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，对于处于开路状态的传感器当正负极连接之后需要 30-60 分钟的时间来完成去极化过程。而正负极之间处于连接状态的传感器由于没有极化效应，上电后可以快速进入工作状态，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。Vout 可通过下述式子进行表述：

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

Vout：输出电压，单位为 V

S：传感器的灵敏度，单位为 nA/ppm

C：环境中氢气浓度值，单位为 ppm

I0：传感器的零点电流值，单位为 nA

R：放大电阻值，单位为欧

Vref：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：

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

## 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）取决于待测氢气气体的浓度范围、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：Vmax：Cmax 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) , FC-H2-5000 型氢气传感器为 0.6

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 4, 以 60 度为例, 该值为 1.24

Cmax : 氢气探测范围的上限值 (ppm)

当最大检测范围为 5000ppm 时, 放大电阻的取值为:

$$R = (3.3 - 0.148) / (0.6 / 1000000000 * 1.24 * 5000) = 847K$$

也就是在该检测需求中放大电阻最大可以选择 847K.

## 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 氢气环境中 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

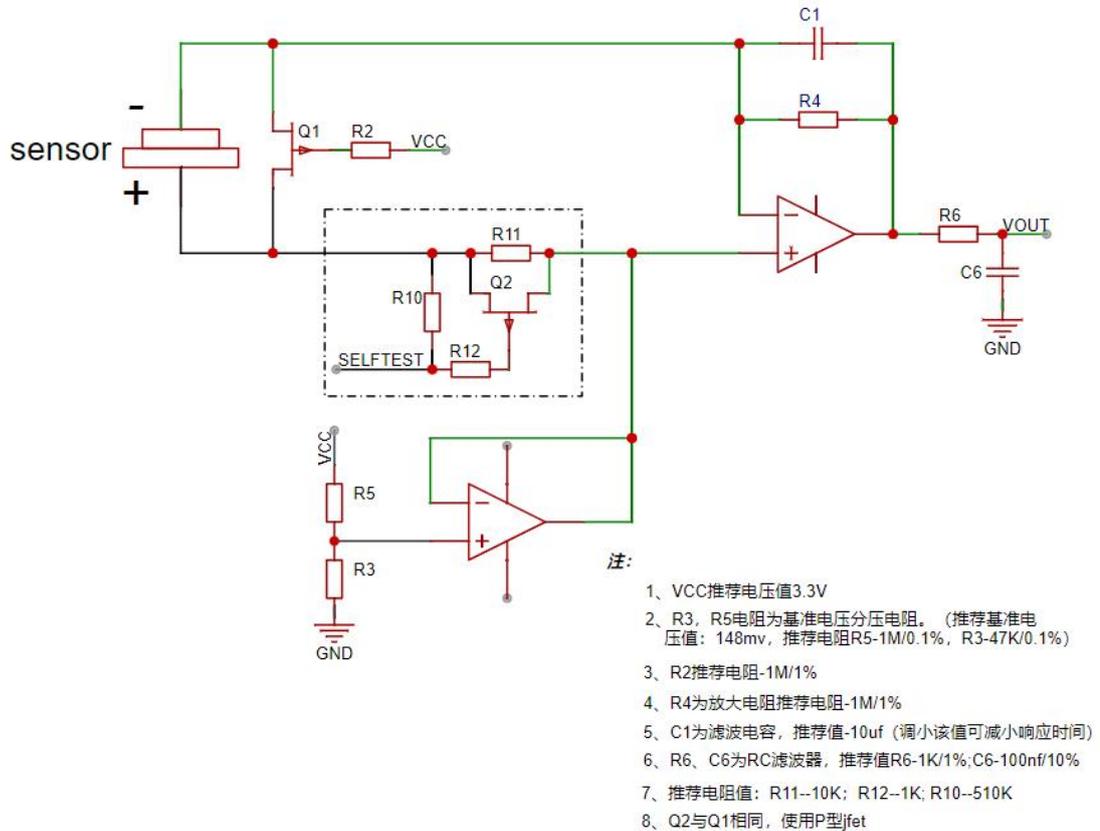


图 22 传感器电路示意图

自诊断检测是 UL2034 标准所要求的一项安全措施,通过测试传感器的电容来检测一氧化碳传感器是否失效。该方法主要适合于传感器断路、短路以及灵敏度彻底丧失的情况。(注意: 此处灵敏度丧失, 不包括透气孔堵塞造成的无法进气情况)

检测步骤如下:

- 1) 将电压检测设备(万用表/示波器)连接至 VOUT 端与 GND 之间, 检测其电压变化;
- 2) 拉高 SELFTEST 端电压至 3.3v 持续 5 秒, 然后初始化为原始值(低电位: GND);
- 3) 数据记录并观察电压变化曲线。

自诊断测试结果(示例):

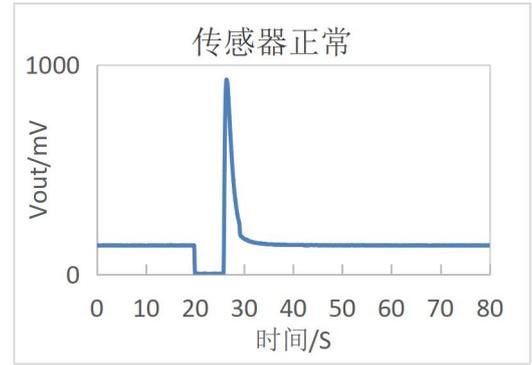
示例为室温条件下放大电阻为 460K 时的典型值。

传感器正常:

Vout 先下降至接近 GND 电位, 再上升。SELFTTEST 端初始化为原始值(低电位:GND)后,Vout 恢复初始值(Vref)

传感器短路:

Vout 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:

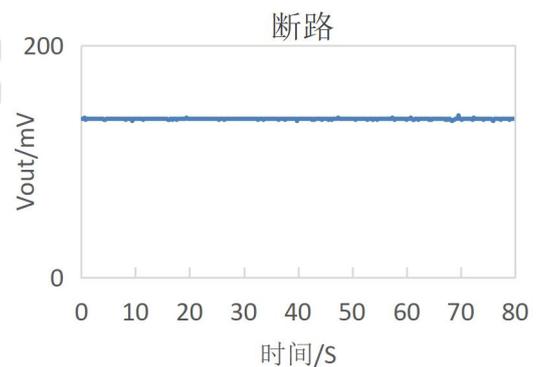
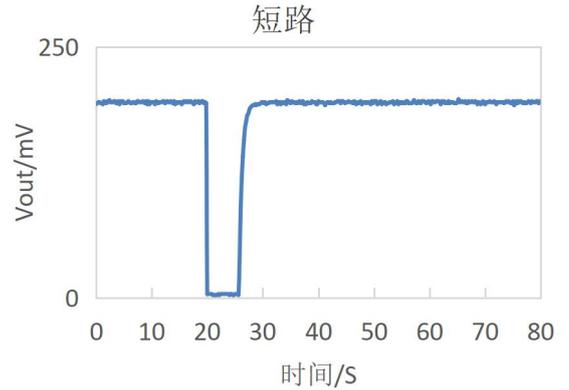
$V_{out} \approx V_{ref}$

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;

(5) 图 22 所示电路的自诊断 Vout 的采样间隔(100ms ± 50), 否则会造成数据丢失, 图像不清晰。客户应根据自己的实际电路, 进行测试验证。



## 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, 选用灵敏度均值进行批量校准的方式是不可取的, 会严重影响检测精度, 可能导致测试不通过, 严重的将危及人的生命财产安全。可采用以下两种方式对传感器进行校准, 无论采用哪种方式须同时记录传感器在洁净空气中的零点电流值以及在一定浓度氢气气体环境中的灵敏度值来进行

标定：

### 3.1 用氢气气体校准

- 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氢气气体
- 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

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

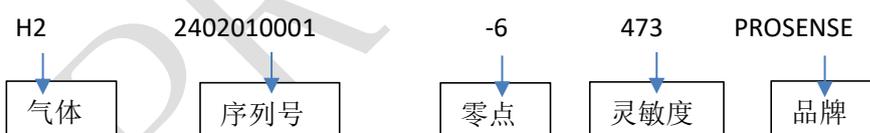
在上式中，C 为校准所使用的氢气气体浓度，单位为 ppm

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

每只传感器在出厂前已经用氢气气体进行了校准，校准温度为  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ，并且已经将校准数据固化在传感器身上镭雕的二维码内，通过扫码可以获得传感器的出厂校准信息，将该信息写入到主机的嵌入式软件中就可以完成主机的校准。注意由于传感器出厂前校准是在传感器完全裸露在校准舱中的条件下完成的，而主机的外壳会对气流造成一定的阻挡，所以采用二维码数据进行校准时准确性会比用氢气气体直接对主机进行校准时误差稍大一些。为此对于检测精度要求高的应用强烈建议使用氢气气体对主机进行标定。

#### 3.2.1 传感器二维码编码规则如下：



第一组：H2：表示传感器的种类，H2 代表氢气传感器；

第二组：2402010001：十位数字，传感器序列号；

第三组：-6：一位符号位（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

$$(-6/10 = -0.6\text{nA})$$

第四组：473：三到四位数字，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（ $473/1000 = 0.473\text{nA/ppm}$ ）

第五组：PROSENSE，表示品牌

示例：H22402010001 -6 473 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) 如果主机上有按键等可以输入的方式，可以在扫码获得校准信息后通过主机上的按键等写入。
- 2) 通过串口工具将校准信息逐一写入
- 3) 使用我司的批量下发工具，将校准信息批量下发给主机

### 3.3 温度补偿

在微处理器中，通过表 7 和图 16 中所示的补偿系数进行温度补偿。

*特别说明：该补偿曲线是很多只传感器的平均补偿方案，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。*

### 3.4 氢气浓度的计算

在实际检测过程中可根据以下公式计算环境中的氢气浓度值：

$$C = ((V_{out} - V_{ref}) * 1000000000 / R - I_0) / S_1$$

C: 氢气浓度值，单位是 ppm

V<sub>out</sub>: 电路测量到的输出值，单位 V

V<sub>ref</sub>: 电路的基准电压值，单位 V

R: 电路的放大电阻，单位欧

S<sub>1</sub>: 经过温补之后的灵敏度，单位 nA/ppm

I<sub>0</sub>: 传感器零点电流值，单位 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℃ / 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) 在传感器装配到印刷电路板之前，助焊剂须充分干燥，以避免任何由助焊剂蒸汽引起的传感器的污染。
- 2) 由于传感器出厂时处于开路的状态，这样会引起传感器极化，因此需要将传感器短路一定的时间，以消除极化的影响。
- 3) 传感器的端面应距离印刷线路板 1.5mm 以上，以保证气体进入传感器的气路通畅，如图 23 所示。

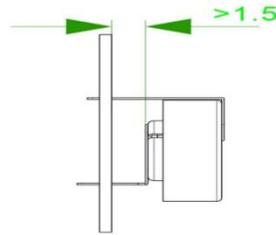


图 23 传感器与电路板焊接示意图

4) 手动焊接建议在以下条件下进行：

铜制焊头温度：360℃

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。
- 传感器应避免存放/使用于多尘、重油污、环境脏乱区域及无氧的环境中，避免大量粉尘或大颗粒物影响气体通道。
- 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。
- 不可超限使用传感器，请注意规格书中界定的传感器适用的环境温湿度条件。
- 避免接触液态水，以防阻塞气体通道。
- 避免因环境剧烈变化等因素导致的传感器内外部结露/结冰，以防影响气体通道。
- 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，自诊断时间建议 5 秒，不可超过 10 秒，以免对传感器造成不可逆的损伤。
- 避免在存在待测气体的环境中进行自诊断。
- 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。

PROSENSE



| 普 | 晟 |  
PRO SENSE

深圳市普晟传感技术有限公司

地址：深圳市龙华区大浪街道同胜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