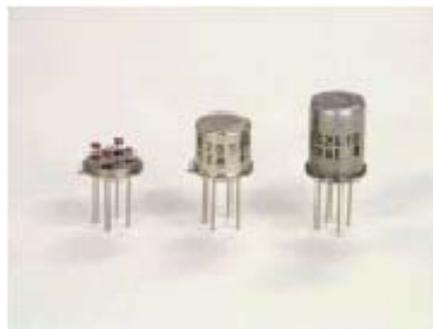


甲烷用传感器技术资料

费加罗 2600 系列传感器是一种新型的丝网印刷厚膜金属氧化物半导体传感器，它体积小、功耗低。其中 TGS2611 型对甲烷有高选择性和灵敏度。



费加罗企业
ISO9001

页码

规格

特性	2
应用	2
结构	2
基本测试回路	2
回路及使用条件	3
规格	3
外型尺寸	3

基本灵敏度特性

对不同气体的灵敏度	4
温湿度变化的影响	5
加热电压的影响	6
传感器功耗注意事项	6
气体响应	7
初期动作	7
长期特性	8

可靠性

腐蚀测试	9
引火测试	9
空气流的影响	9
加热器电阻的耐久性	10
HMDS 试验	11
打火机气体淹没试验	11
注意事项	12

TGS2611 现有两种不同型号，它们只是外壳不同，但对甲烷气的灵敏度是相同的。TGS2611-J00 外形小，气体响应快，适用于泄漏检测器，而 TGS2611-B00 在外壳内加入了过滤材料以消除乙醇等干扰气体的影响，使其对甲烷气有很高的选择性。这两种型号都能满足 EN50194 和 UL1484 的要求。

1. 规格

1.1 特性

- *对甲烷的高选择性
- *低功耗
- *体积小
- *寿命长、成本低
- *应用电路简单

1.2 应用

- *家用气体报警器
- *便携式气体探测器
- *气体装置用泄漏探测器

1.3 结构

图 1 显示了 TGS2611 传感器的结构。在氧化铝基体上面印刷电极(贵金属)，然后采用厚膜技术将敏感材料二氧化锡 (SnO₂) 印刷在电极上。一个电极与管脚 No.2 连接，另一个与管脚 No.3 连接。传感器素子用 RuO₂ 材料加热，它被印刷在基体的另一面上，并与管脚 No.1 和管脚 No.4 连接。

引线材料为 Pt-W 合金，连接在传感器管脚上，管脚材质为表面镀镍的 Ni-Fe50%。传感器底座为镀镍的钢。TGS2611-J00 的帽为镀镍的钢 (JIS, SPCC-SB) TGS2611-B00 的帽为不锈钢。两种帽顶部的开口部分都盖有双层 100 目不锈钢网 (SUS316)。TGS2611-B00 帽内部装有活性碳过滤器以减少干扰气体的影响。

1.4 基本测试回路

图 2 为基本测试回路。回路电压 (V_C) 施加在敏感元件上，两电极间的敏感元件电阻 (R_S) 与负载电阻 (R_L) 串联连接。当 V_C 为直流电压时，必须保持图 2 所示的极性。传感器信号 (V_{RL}) 由 R_L 两端的电压变化间接检测。R_S 可以由右面的公式计算得到。

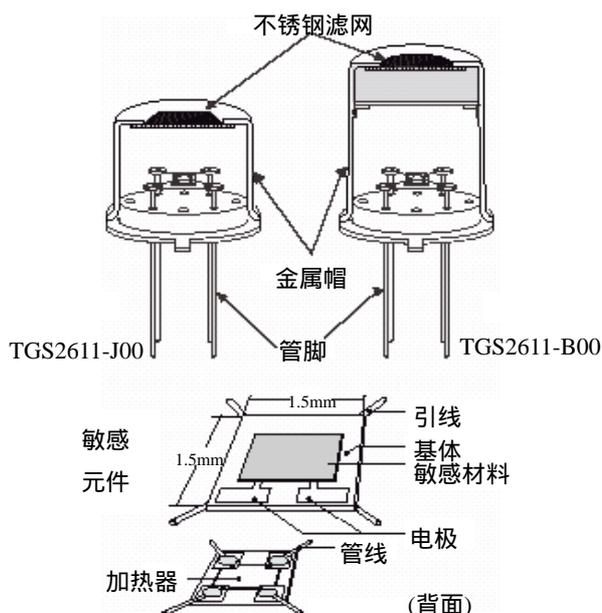


图 1. 传感器结构

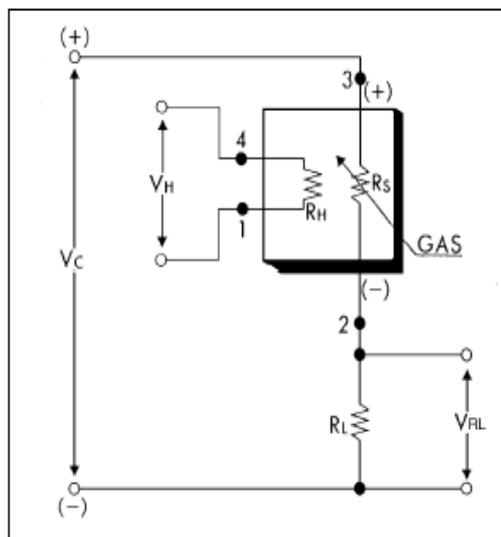


图2-基本测试回路

注意：V_H 没有极性，因此管脚 1 和管脚 4 可以互换。但对于 V_C，当使用直流电源时，管脚 2 和管脚 3 必须按上图所示使用。

$$R_s = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L$$

R_s计算公式

1-5 回路及工作条件

下面所示的参数必须持续保持以保证传感器性能的稳定：

项目	规格
回路电压 (V _c)	5.0V ± 0.2V DC/AC
加热电压 (V _H)	5.0V ± 0.2V DC/AC
浪涌加热电流 (V _H =5.0V)	100mA max.
加热器电阻 (室温)	大约 59
负载电阻 (R _L)	可变 (最小 0.45)
传感器功率消耗 (P _S)	15mW
使用和存储温度	-40 ~ +70
最佳检测浓度	500~10,000ppm

1-6 规格^{备注 1}

项目	规格
传感器电阻 (5000ppm 甲烷)	0.68k ~ 6.8k
传感器电阻比 ()	0.60 ± 0.06
=Rs(9000ppm 甲烷)/ Rs(3000ppm 甲烷)	
加热器电流	56 ± 5mA
加热器功率消耗	280 ± 25mW

备注 1：灵敏度特性是在以下标准测试条件下得到的：

(标准测试条件)

温湿度：20 ± 2 , 65 ± 5%RH

回路条件：V_c=5.0 ± 0.01VDC

V_H=5.0 ± 0.05VDC

R_L=10.0 ± 1%

预通电时间：在标准回路条件下 7 天以上

本手册所列的传感器特性均为典型特性。实际特性随不同传感器及不同制造批次而变化。我们只保证上述规格表中所列的特性。

1-7 尺寸

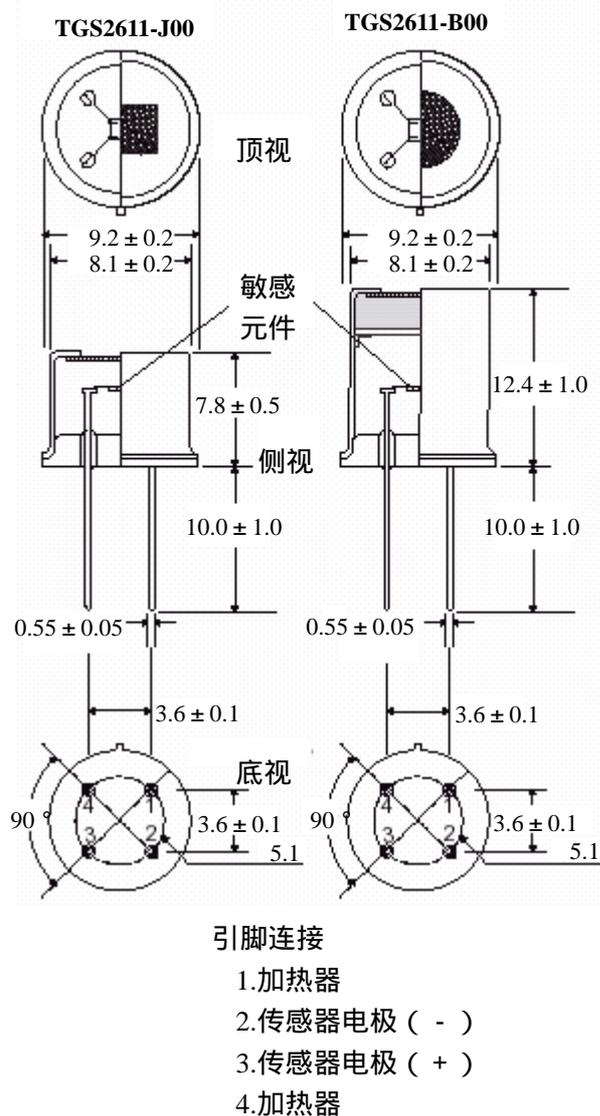


图 3. 传感器外形尺寸

机械强度：

传感器在经过下列性能试验后应在结构上无异常，并能满足前面所列电学规格：

拔出力 - 压入力在每个方向上均 >5kg(引脚与底座)

振动-频率-1000 周期/min.，全振幅 -4mm，持续时间-1 小时，方向-垂直

冲击-加速度-100G，重复 5 次

2. 基本灵敏度特性

2-1 对不同气体的灵敏度

图 4a 和图 4b 为 TGS2611 对不同气体的相对灵敏度。Y 轴为传感器在不同气体中的电阻值 (R_s) 与其在 5000ppm 甲烷中电阻值 (R_o) 的比。

TGS2611-J00 对作为干扰气体的乙醇的灵敏度低于对甲烷的灵敏度。然而，TGS2611-B00 对乙醇的灵敏度明显低于 TGS2611-J00，而其对甲烷的灵敏度却与 TGS2611-J00 无明显差别。

使用图.2 所示的基本测试回路，并匹配了一个相当于 5000ppm 甲烷中 R_s 值的 R_L 后，可以得到如图.5 所示的传感器输出电压 (V_{RL}) 的变化。

注意：

本技术手册中所给出的所有传感器特性均为典型传感器特性。由于 R_s 或输出电压曲线随传感器的不同而变化，因此对每只传感器都需要做校正（有关校正的附加资料，请查阅技术文献‘用于毒气和爆炸性气体泄漏检测器中的 TGS 传感器技术资料’）。

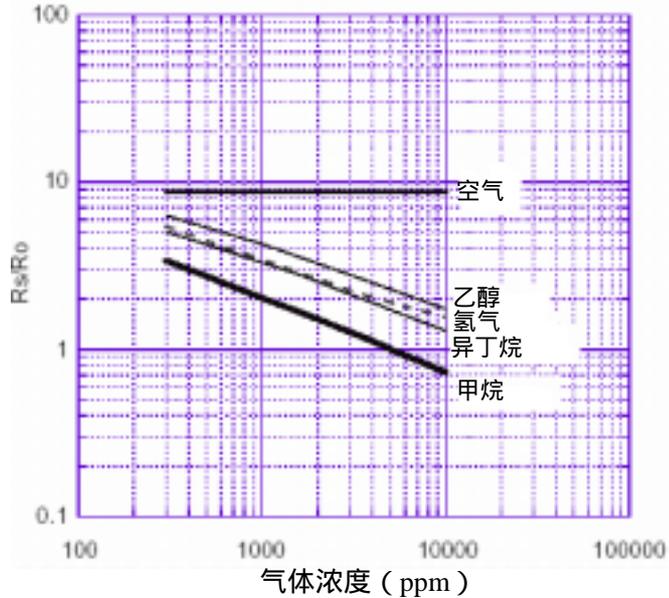


图 4a TGS2611-J00 对不同气体的灵敏度 (R_s/R_o)

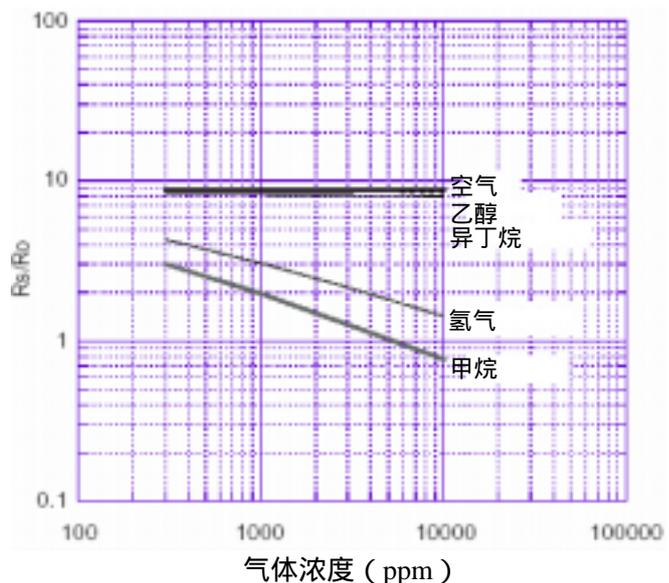


图 4b TGS2611-B00 对不同气体的灵敏度 (R_s/R_o)

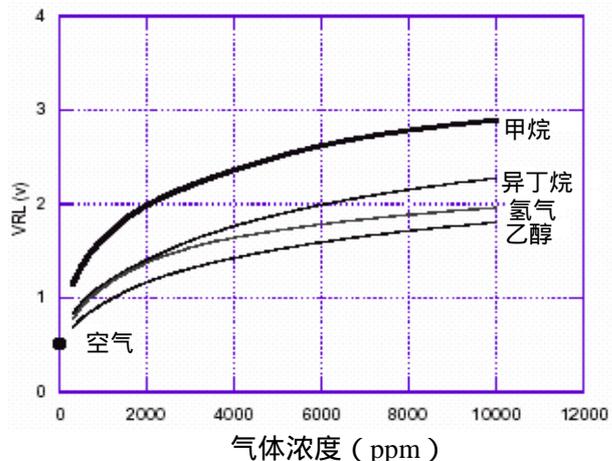


图 5 TGS2611-J00 对不同气体的灵敏度 (V_{RL})

2-2 温湿度变化的影响

图 6 是 TGS2610 随温湿度的变化特性。Y 轴为传感器在不同气氛条件下含 5000ppm 甲烷中的电阻 (R_s) 与传感器在 20 /65%RH 时含 5000ppm 甲烷中的电阻 (R_0) 的比。

R.H. \ (°C)	35%R.H.	50%R.H.	65%R.H.	95%R.H.
-10				1.51
0			1.45	1.25
10		1.33	1.19	1.02
20	1.25	1.11	1.00	0.87
30	1.05	0.94	0.86	0.77
40	0.92	0.82	0.76	0.69

表 1 - 温湿度的影响
(图 6 中 R_s/R_0 的典型值)

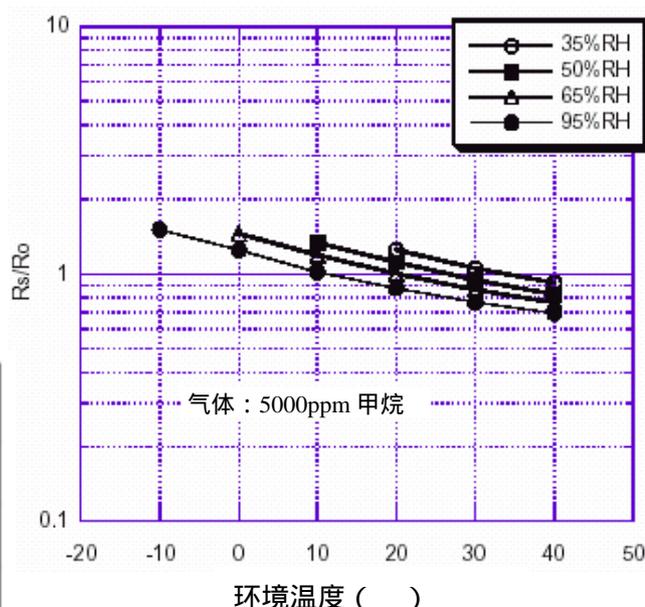


图 6 温湿度的影响 (R_s/R_0)

取得表 1 所示的传感器电阻比的条件与得到图 6 曲线的条件相同。

图 7 为 TGS2611 在几种不同的环境条件下对甲烷的敏感性曲线。尽管温度对 R_s 的绝对值有很大影响，但图中所示的结果表明其对传感器电阻比 (R_s/R_0) 斜率的影响并不明显。因此，温度对传感器的影响很容易补偿。

从回路设计的经济角度考虑，可以匹配一个热敏电阻来进行温度补偿(与回路设计中的温度补偿相关的资料，请查阅技术文献‘用于毒气性和爆炸性气体泄漏检测器中的 TGS 传感器技术资料’)。

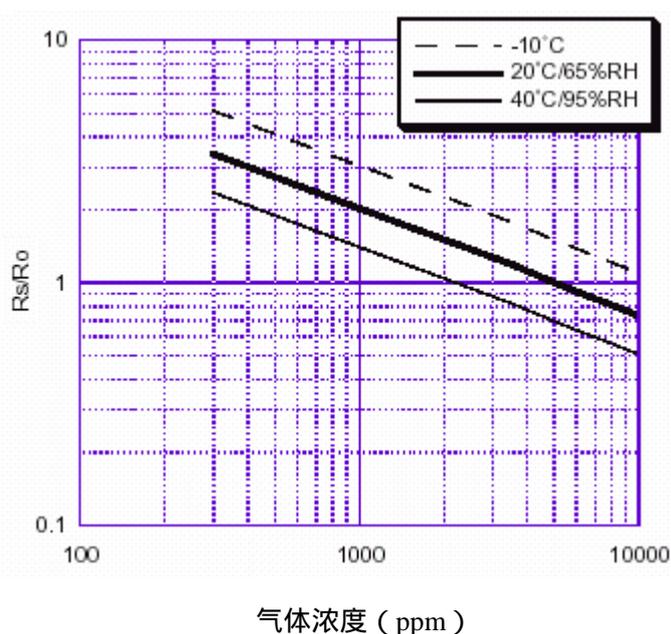


图 7 不同环境条件下的电阻变化比

2-3 加热电压的影响

图 8 为传感器电阻比随加热电压(VH)的改变而变化的曲线。

需注意的是加热电压必须保持 5.0V，因为施加的加热电压的变化会导致传感器特性改变，使之与本手册提供的典型特性不同。

2-4 传感器功率消耗的注意事项

图 9 为 TGS2611 在不同气体浓度中传感器电压(Vs)和传感器电流(Is)的典型关系。这种关系称作 V-I 特性。

使用基本测试回路(见图 2)在传感器上施加回路电压时，传感器电流会产生焦耳热。焦耳热和传感器消耗功率(Ps)相等并可用下列公式计算得到。

$$P_S = \frac{V_{RL} \times (V_C - V_{RL})}{R_L}$$

- 其中: R_L : 负载电阻值 (k Ω)
- V_{RL} : 传感器输出电压 (V)
- V_C : 回路电压 (V)
- P_S : 消耗功率 (mW)

当传感器输出电压为 $V_C/2$ 时，其消耗功率最大值为 $V_C^2/(4 \times R_L)$ 。由图 9 所示的 V-I 特性曲线可知，如果 P_S 超过 15mW，传感器将偏离其欧姆定律行为，这样会导致传感器特性改变，使之与本手册提供的典型特性不同。而且，过高的功率消耗会使传感器因产生焦耳热而受到永久性破坏。为防止传感器偏离其欧姆定律行为，请用户根据自己使用的回路电压参考表 2 选择建议的 R_L 最小值。

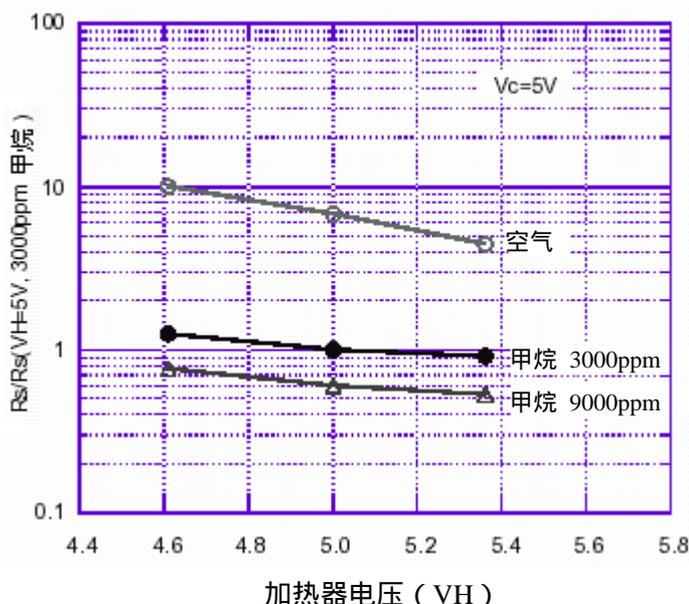


图 8 加热器电压的影响 (Vc=5.0)

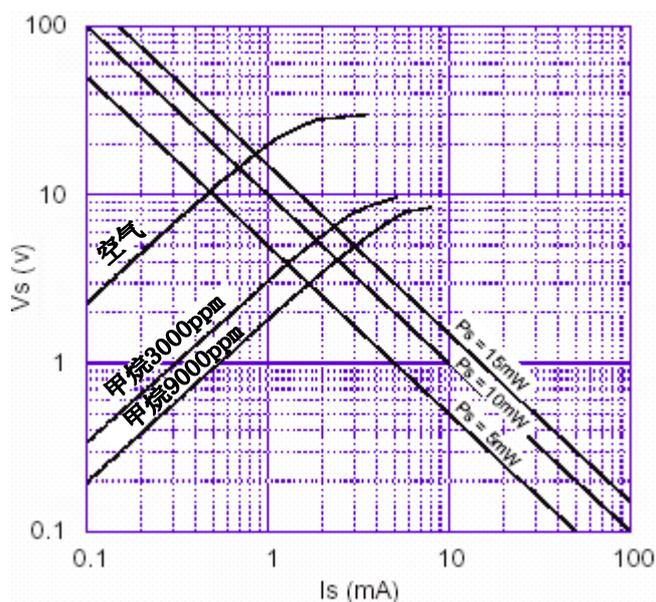


图 9 V-I 特性

Vc	最小RL (k Ω)
1	0.017
2.5	0.104
5	0.42

表 2 推荐的最小 R_L 值

2-5 气体响应

图 10a 和图 10b 显示了将 TGS2611 放入 5000ppm 甲烷中,然后再取出时的电阻 (R_s) 变化模式。

如图所示,传感器对气体存在时的响应速度极快,当离开气体后,传感器电阻将在短时间内回复到初始值。与 TGS2611-J00 相比,TGS2611-B00 由于有传感器过滤层阻碍空气流,所以响应速度稍慢。

图 11 所示为传感器多次暴露于 5000ppm 甲烷的重复性。与图 10 所做的实验不同,此次的传感器置于一个周期性变化的单一环境中。其结果是,虽然气体扩散过程降低了传感器的响应速度,但重复性很好。

2-6 初期特性

将传感器在正常空气中不通电存放 90 天,然后在干净空气中通电,此时传感器电阻 (R_s) 的初期特性如图.12 所示。

无论现场是否有气体存在,在通电的最初几秒钟 R_s 内急剧下降 然后根据环境气氛达到一个稳定的水平。在暖机过程中的这种行为称作初期特性。

因为这种“初期特性”会导致探测器在上电初期出现不必要的报警,因此我们建议在探测器设计时增加初始延时回路(请参考技术文献‘用于毒气和爆炸性气体泄漏检测器中的 TGS 传感器的技术资料’)。特别是断续工作的设备如便携式探测器更加需要。

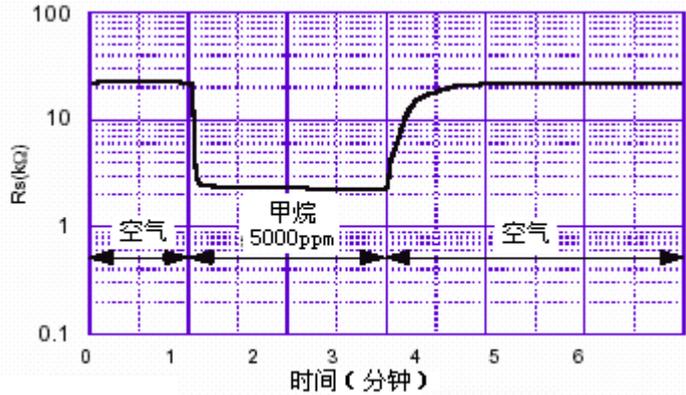


图10a TGS2611-J00对甲烷的气体响应

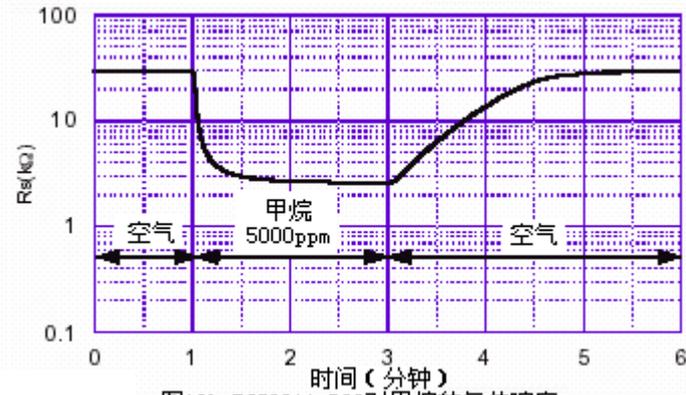


图10b TGS2611-B00对甲烷的气体响应

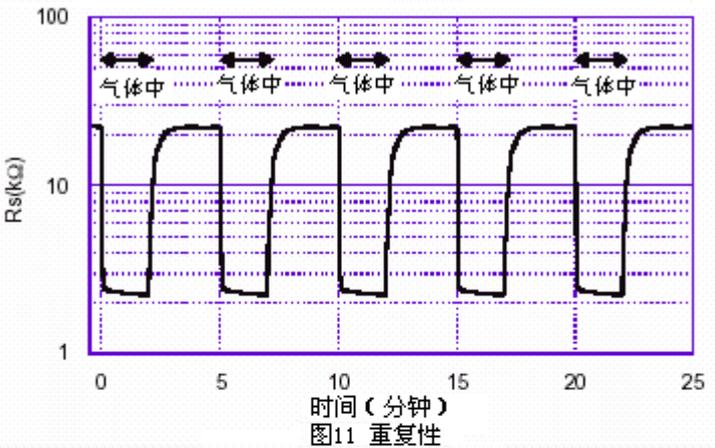


图11 重复性

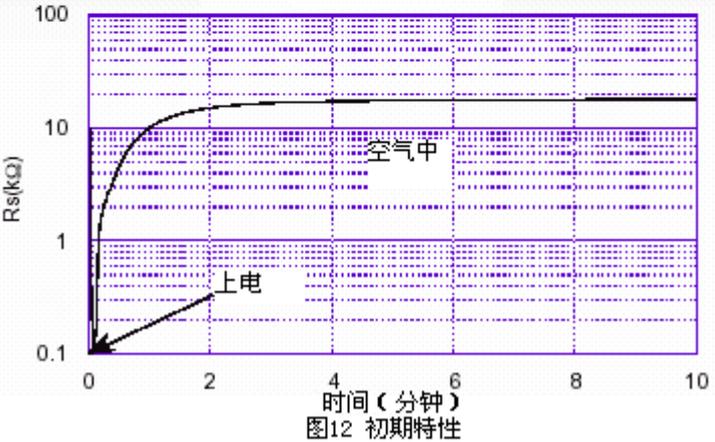


图12 初期特性

2-7 长期特性

图 13 为 TGS2611 测定 500 天以上的长期稳定性曲线。传感器主要是在正常空气中通电，为确定传感器特性在标准测定条件下进行测定。Rs 的初始值是在正常空气中通电两天后在额定电压下测定的。Y 轴表示的是传感器在空气、3000ppm 甲烷、3000ppm 氢气、1000ppm 异丁烷和 3000ppm 乙醇中的电阻值。

在整个甲烷的测定期间内，Rs 均非常稳定。

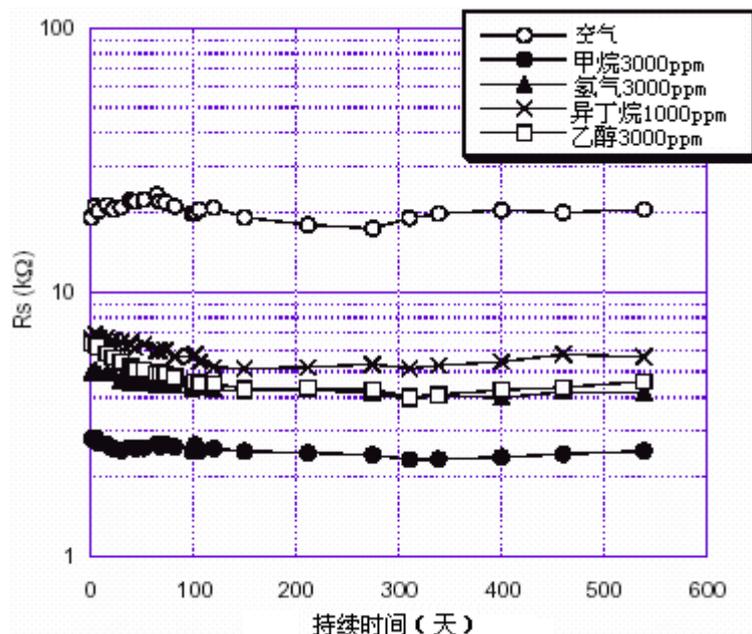


图13 TGS2611-J00 (持续通电) 的长期稳定性

图 14 为不通电条件下存放对传感器电阻的影响。在不通电测试结束时，传感器在标准测试条件下通电。

Y 轴为传感器在空气、3000ppm 甲烷、氢气、乙醇和 1000ppm 异丁烷中的电阻值

如本节所示，在长期不通电贮存后，传感器经过 3 天通电可以使其电阻值恢复到一个稳定的水平。

如本节的图所示，传感器显示了良好的长期稳定性。

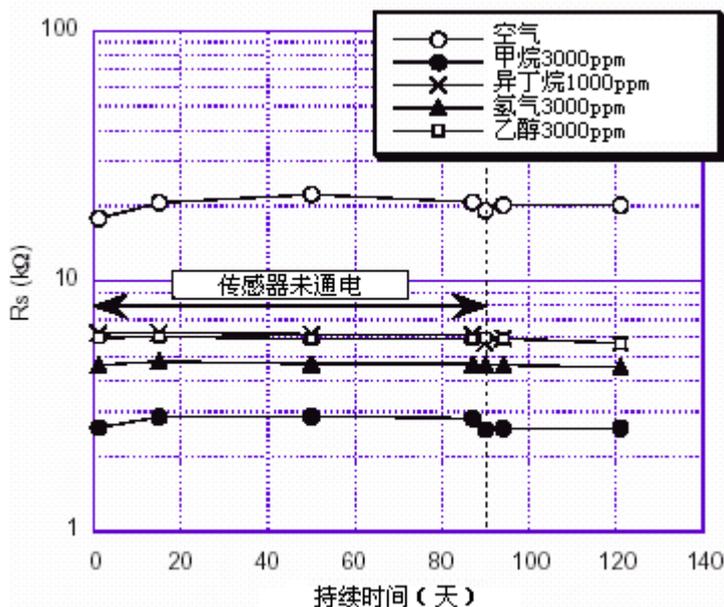


图14 不通电对TGS2611-J00的影响

3. 可靠性

3-1 腐蚀试验

图 15 为按 UL1484 标准 43.15 条规定的腐蚀气体对 TGS2610 的影响。

在进行气体腐蚀前先测定传感器电阻。然后将传感器在不通电状态下放置在 23 ± 2 和 95%RH 的环境中。在此环境中分别进行 2 组试验：一组加入 0.1% H₂S，另一组加入 0.5% SO₂ 和 1.0% CO₂ 的混合气体，每组试验均持续 10 天。移开腐蚀性气体后，将传感器在正常空气条件下通电后再测定其电阻。

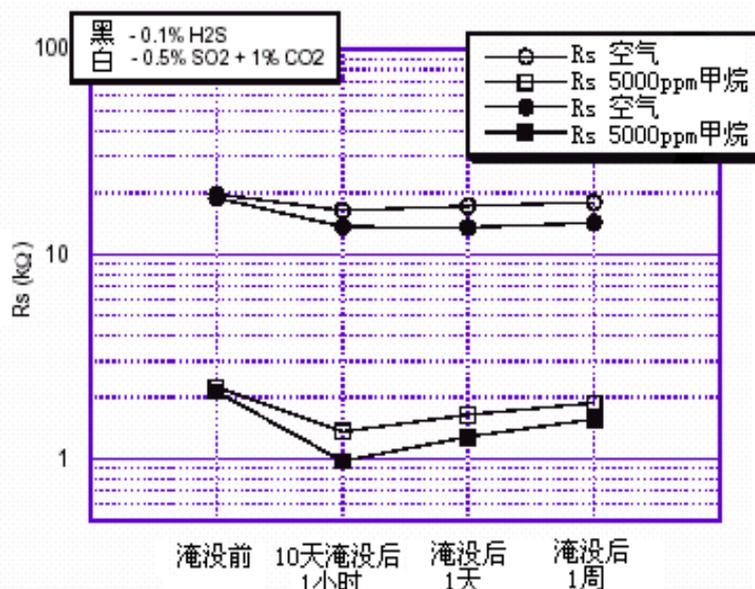


图 15 TGS2611-J00 的腐蚀性试验

如数据所示，传感器暴露在 UL1484 第 43.15 条所规定浓度的腐蚀性气体中，其特性会受到暂时影响，但当它放回清洁空气中后，会很快恢复到正常值。

3-2 引火试验

TGS2611 成功的通过了 UL1484 标准要求的引火试验。传感器在 5.25% 体积比浓度的丙烷中不会引燃。

3-3 气流的影响

图 16 显示的是空气流对传感器信号 (V_{RL}) 的影响。试验程序包括把传感器以两个不同的方向放在 3.1 米/秒的空气流中，分别是传感器帽的不锈钢网的水平方向和垂直方向。

传感器信号的下降见图 16。原因是空气流会引起敏感元件温度下降。因此应避免直接吹向传感器的空气流。

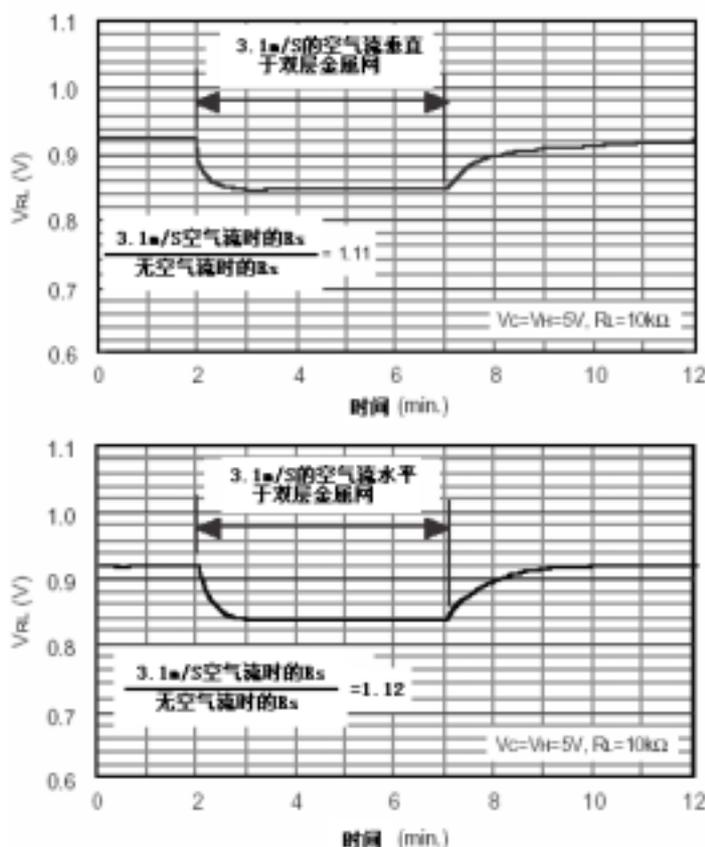


图 19 空气流对 TGS2611-J00 的影响

3-4 加热器电阻的耐久性

图 17 为在加热器施加过电压影响的试验程序。加热器电阻是在室温不通电条件下测定的。

此试验结果示于图 18 ,显示了在没有气体存在时施加不同加热电压(不同于标准的 5.0V)引起的加热器电阻的变化。

如本节所示 ,加热器显示了很好的对电压升高的耐久性。然而过高的加热电压会引起加热器电阻向上漂移 ,因此应该避免过高的加热电压。

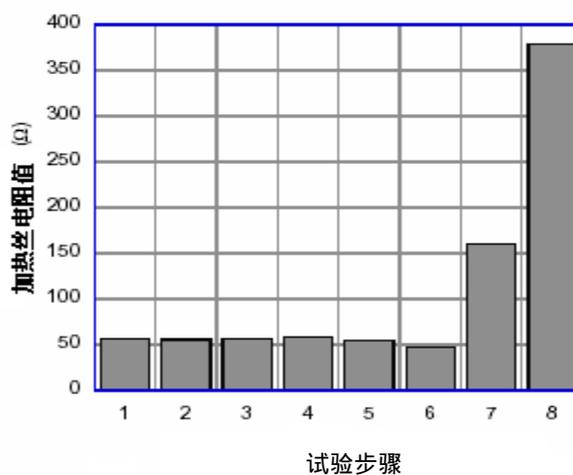
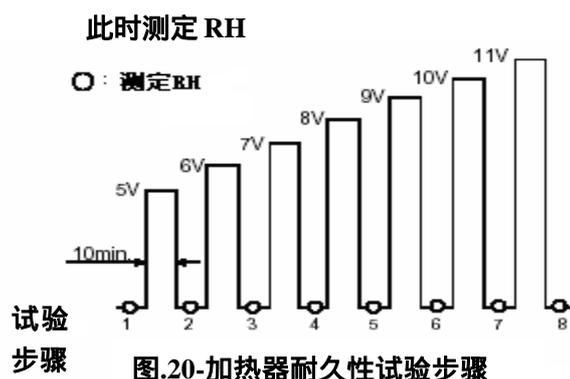


图 21 短时间 VH 对 RH 影响

3-5 HMDS 试验

图 19 显示了 TGS2611-J00 受 ES (欧洲标准) EN50194 第 5.3.13 条款规定的有机硅蒸汽的影响的试验结果。

在将传感器放置在 HMDS (六甲基二硅胺烷) 气体中前,测定其电阻值 (R_0)。将传感器放在 20, 50%RH 的环境中通电,通入 10ppmHMDS 气体,保持 40 分钟。然后将传感器放回到正常空气中。在从 HMDS 气体中移出 1 小时, 1 天和 1 周后分别在空气和 5000ppm 甲烷中测定传感器电阻 (R_s)

数据显示,在经受 ES EN50194 第 5.3.13 条款规定的 HMDS 气体暴露后,传感器特性仍未受很大影响。

但是,在传感器工作温度下硅蒸气(低分子量)很容易被热分解出二氧化硅(SiO_2)。分解出的二氧化硅会使传感器中的催化剂失活,因此降低在空气中的传感器电阻,并改变其对气体的灵敏度(见图 19b)

图 19b 和图 19c 显示了 HMDS 气体浓度高于图 19a 时的气体耐久性试验数据。比较 TGS2611-B00 (图 20c) 和 TGS2611-J00 (图 20b) 的 R_s (空气) 变化幅度时,可以看出 TGS2611-B00 帽中的过滤器降低 HMDS 影响的有效性。

3.6 打火机气体淹没试验

用户经常用打火机气体(主要成分为异丁烷)点检报警器来检查报警器是否能有效地感知气体。因为过滤器会阻碍异丁烷扩散到敏感元件,所以这种点检方法不适用于 TGS2611-B00。

虽然使用甲烷气点检更好,但也可以用打火机气体点检,尽管点检时要特别注意。如果点检操作正确,所释放的气体低于 10% 就不会对传感器造成持久的有害影响。不正确的点检会使传感器淹没在高于 10% 异丁烷中,这会给传感器带来潜在的危害。

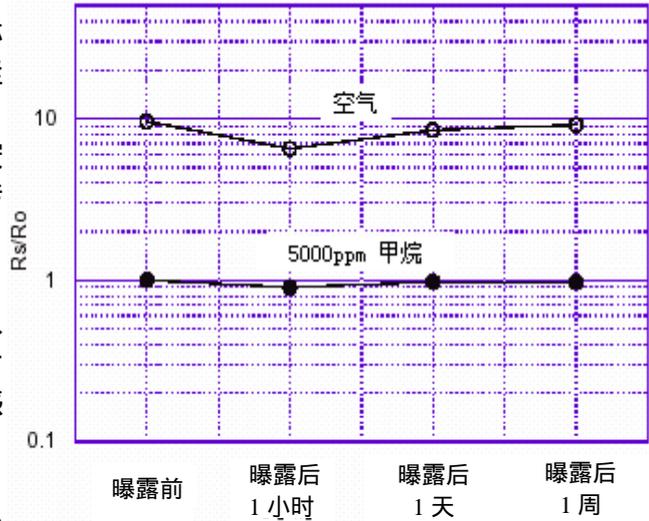


图 19a TGS2611-J00 对 HMDS 暴露的耐久性 (Ro = 暴露前在 5000ppm 甲烷中的 R_s)

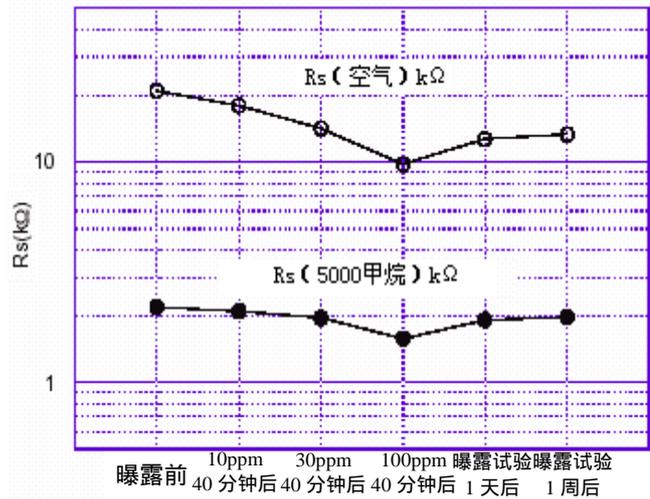


图 19b TGS2611-J00 对 HMDS 暴露的耐久性

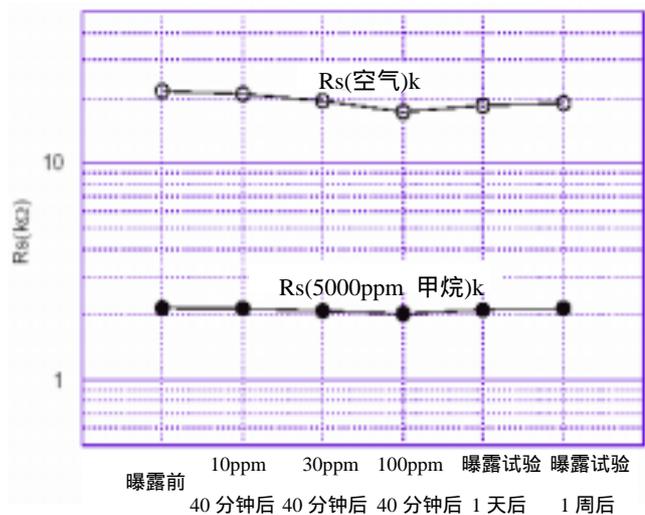


图 19c TGS2611-B00 对 HMDS 暴露的耐久性

为模拟用打火机气体不正确点检的条件，将在标准回路条件中通电的传感器在 10% 浓度异丁烷气体中暴露 60 秒。将传感器放回到正常空气中后，按图 20 所示的暴露后的不同时间间隔，测定了在空气，3000，5000，9000ppm 甲烷中的 R_s 。

上述试验的结果见图 20。在 10% 浓度异丁烷气体中暴露 60 秒后传感器在气体中的 R_s 出现升高。此外，在正常空气中通电后，传感器电阻恢复到原始值的时间将超过 1 周。

延长暴露在超过 10% 的异丁烷气体中会使传感器特性永久性改变，这是因为气体会在敏感材料和/或加热器表面燃烧。因此，费加罗提醒注意，在使用打火机气体进行点检时，必须小心操作以避免损害传感器。

注意：为达到气体探测器精确度的最佳水平，每个 TGS2611 传感器都应进行单独校准，校准方法是在含有达到报警浓度的对象气体的环境中给每个传感器匹配一个负载电阻(RL)（参考图 2）。

为方便用户，TGS2611 传感器根据其在甲烷中 R_s 值分为 24 档。在传感器上印刷的 ID 号以显示其档次。单独的传感器可以按照自己的 ID 号匹配一个推荐的 RL 而不必再进行校准。但是，由于使用按档校准传感器代替单独校准，因此使用按档校准方法的探测器其精度平均降低 10%。详细资料请参考“TGS2610 应用指南”。

4 费加罗气体传感器使用时的注意事项

4-1 必须避免的情况

1) 硅蒸汽的影响

如果传感器的表面吸附了有机硅蒸气，传感器的敏感材料会被包裹住，抑制传感器的敏感性，并且不可恢复。硅粘接剂、发

胶、硅橡胶和腻子可能存在的地方，传感器要避免暴露其中。

2) 高腐蚀性环境

在高浓度的腐蚀性气体（如 H_2S ， SO_x ， Cl_2 ， HCl 等）中暴露后的一段时间内会引起加热材料及传感器引线的腐蚀或破坏。

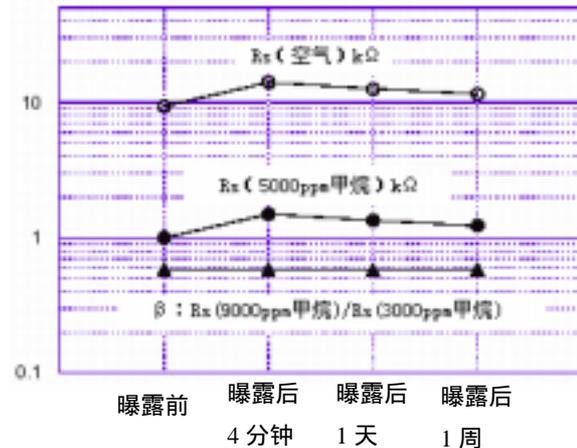


图 20 TGS2611-J00 的打火机气体淹没

3) 被碱金属污染

传感器被碱金属尤其是盐水喷雾污染后，性能会发生下降。暴露在无机元素中也会发生这种下降。

4) 接触到水

溅到水或浸到水中会造成敏感特性下降。

5) 结冰

如果水在敏感元件表面结冰，敏感材料会破裂，从而改变传感器特性。

6) 施加过高的电压

如果给敏感元件或加热器施加的电压高于规定值，即使传感器没有受到物理损坏或破坏，也会造成引线 and/或加热器损坏，或使传感器特性下降。

7) 在无氧或低氧环境中使用

TGS 传感器的使用环境中需要存在大约 21%（周围环境）的氧以确保其功能正常并能表现出费加罗产品资料中所描述的特性。TGS 传感器不适用于无氧或氧含量低

的环境中。

8) 过度的乙醇曝露

如果 TGS2611-B00 长时间在高浓度（如 10,000ppm 或更高）乙醇中曝露，过滤器会达到饱和。在这种情况下，传感器电阻会低于图 4a 所显示的数据。

4-2 应尽可能避免的情况

1) 凝结水

在室内使用条件下，轻微凝结水不会对传感器性能产生问题。但是，如果水凝结在敏感元件表面并保持一段时间，传感器特性会下降。

无论传感器是否通电，在高浓度气体中长时间放置，会影响传感器特性。

1) 长时间贮存

不通电长时间贮存，会使传感器电阻产生可逆的漂移，这种漂移随贮存环境变化。传感器应贮存在有清洁空气的密封袋中，不要使用硅胶。注意：当不通电贮存时间很长时，传感器在使用前也需要长时间预通电以使其达到稳定。

2) 长期暴露在不利环境中

无论是否通电，如果传感器长时间暴露在极端条件下，如高湿、高温、或高污染等级条件，传感器性能将受到不利的影

3) 振动

过度的振动会导致敏感元件或引线产生共振和断裂。在组装线上使用气动改锥/超声波焊接机会产生这种振动，所以请检查这个因素。

4) 冲击

如果传感器受到强烈撞击会导致其引线断线。

5) 锡焊

手工焊接传感器是最理想的。但在符合下

列条件时可使用波峰焊：

- a) 推荐助焊剂：含氯最少的松香助焊剂
- b) 速度：1-2 米/分钟
- c) 预热温度：100 ± 20
- d) 焊接温度：250 ± 10
- e) 最多允许两次通过波峰焊机

如果生产时超出了以上的规定，那么就不能保证波峰焊的结果，因为一些助焊剂蒸汽会产生与硅蒸气类似的影响，使传感器特性下降。

天津费加罗电子有限公司和日本费加罗技研株式会社（统称为费加罗）保留对任何产品提高可靠性、功能或设计方面的变动而不另行通知的权利。这篇文章中提供的信息是可信赖的。可是，对于这里未描述的应用或者任何产品或回路，费加罗不承担任何责任，在它特许的权利或其他权利上也不转让任何许可。

费加罗的产品未被授权作为应用于生命维持的重大器件，产品的失效或故障可能导致生命危险和威胁。

（刘天庆译，王连驰校，2004 年 7 月）