

半导体气体传感器通用说明书

工作原理

MQ系列气体传感器的敏感材料是活性很高的金属氧化物半导体,最常用的如SnO₂。金属氧化物半导体在空气中被加热到一定温度时,氧原子被吸附在带负电荷的半导体表面,半导体表面的电子会被转移到吸附氧上,氧原子就变成了氧负离子,同时在半导体表面形成一个正的空间电荷层,导致表面势垒升高,从而阻碍电子流动(见图1)。

在敏感材料内部,自由电子必须穿过金属氧化物半导体微晶粒的结合部位(晶界)才能形成电流。由氧吸附产生的势垒同样存在于晶界而阻碍电子的自由流动,传感器的电阻即缘于这种势垒。在工作条件下当传感器遇到还原性气体时,氧负离子因与还原性气体发生氧化还原反应而导致其表面浓度降低,势垒随之降低(图2和图3)。导致传感器的阻值减小。

在给定的工作条件下和适当的气体浓度范围内,传感器的电阻值和还原性气体浓度之间的关系可近似由下方方程表示:

$$R_s = A[C]^\alpha$$

其中: R_s: 传感器电阻

A: 常数

[C]: 气体浓度

α: R_s曲线的斜率

传感器特性

1 氧气分压的影响

图4所示为大气中氧分压(P_{O2})和MQ气体传感器在清洁空气中阻值之间的典型关系。

2 气敏特性

根据前述方程,在某一气体浓度范围内(从几十ppm至几千ppm),在工作条件下,传感器的电阻同气体浓度呈对数线性关系。如图5所示。

传感器对多种还原气体具有敏感性,对指定气体的相对灵敏度,取决于敏感材料的构成及其工作温度。

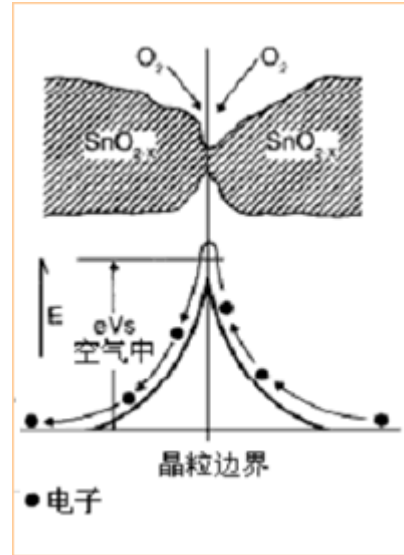


图1-晶粒间势垒模型(洁净空气)

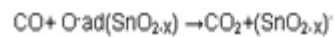
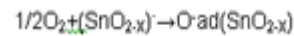


图2-CO和SnO_{2-x}上吸附氧之间的反应图解

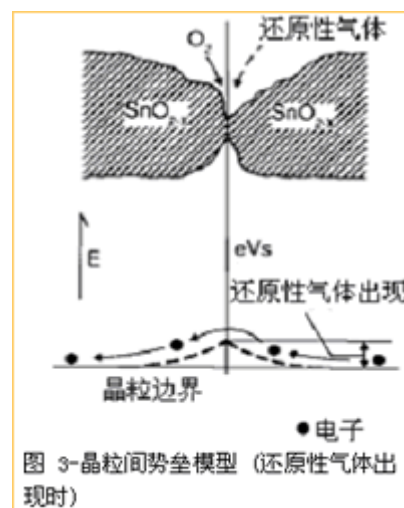


图3-晶粒间势垒模型(还原性气体出现时)

实际上，每个传感器的电阻值和相对灵敏度都不完全相同，图5中描述的敏感特性为传感器在不同气体浓度下的阻值 (R_s) 与待检测气体的一定浓度下的阻值 (R_0) 的比值与浓度的对数关系。

3 传感器响应特性

在工作条件下传感器先被放入还原性气体中，其电阻急剧下降，待其稳定后，再将其置入洁净空气中，传感器的电阻经过很短的时间即恢复到它的初始值。这个过程中传感器典型的动作如图6所示。传感器的响应速度和恢复速度与传感器型号、材料种类及所测气体的种类相关。

4 初始动作

如图7所示，当传感器不通电存放后，再在空气中通电，无论是否存在还原性气体，传感器通电后的最初几秒钟，其阻值都会 (R_s) 急剧下降，然后逐渐达到一个平稳的水平，即为传感器的初始动作。初始动作时间的长短取决于传感器储存期间的气氛条件、储存时间长短，并因传感器型号而异，也与通电后传感器周围的气氛有关。通电后传感器的初始动作会引起报警（参照4-6节），因此在设计电路时要予以充分考虑。

5 温、湿度影响

MQ传感器的检测原理是基于气体在传感器表面的化学吸附、反应与脱附。环境温度的变化会改变化学反应速度，从而影响传感器的敏感特性。此外，水蒸气会吸附在传感器表面，湿度将会引起 R_s 的降低。如图8所示。精确使用MQ传感器时应考虑温、湿度的影响。

6 长期稳定性

MQ系列传感器的长期稳定性典型数据如图9所示。通常情况下，MQ传感器表现出稳定的经时特性，适用于免维护应用的场合。

7 加热器电压的影响

在设计传感器的加热器时，充分考虑了在给定的恒定加热电压下，气体传感器表现出最佳的敏感特性。灵敏度随加热电压的变化如图10所示。对于加热电压对传感器性能的影响，使用时应充分考虑。

MQ气体传感器使用注意事项

1 必须避免的情况

1.1 暴露于有机硅蒸气中

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。传感器要避免暴露其在硅粘接剂、发胶、硅橡胶、腻子或其它含硅塑料添加剂可能存在的地方。

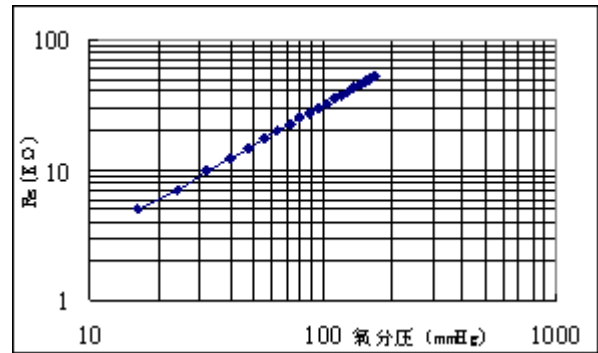


图4-氧气分压的典型影响

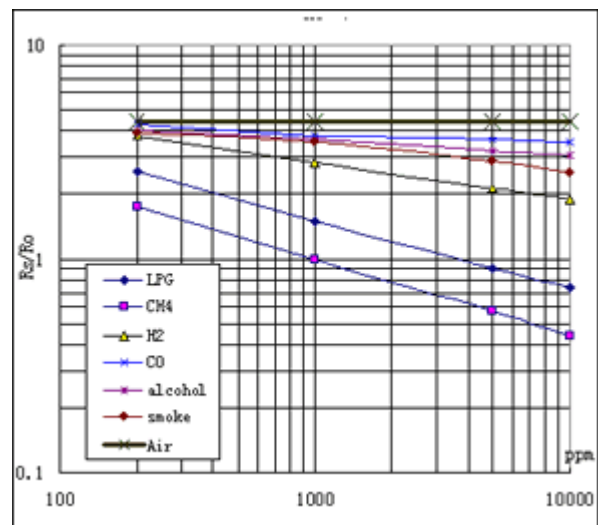


图5-典型的敏感特性

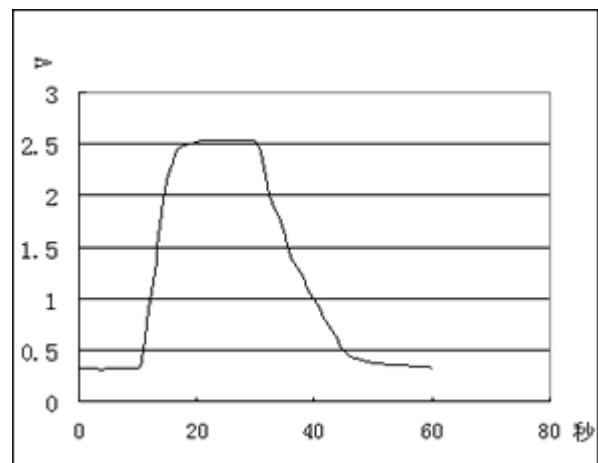


图6-典型的传感器响应恢复

1.2 高腐蚀性的环境

传感器暴露在高浓度的腐蚀性气体（如H₂S, SO_x, Cl₂, HCl等）中，不仅会引起加热材料及传感器引线的腐蚀或破坏，并会引起敏感材料性能发生不可逆的改变。

1.3 碱、碱金属盐、卤素的污染

传感器被碱金属尤其是盐水喷雾污染后，及暴露在卤素如氟中也会引起性能劣变。

1.4 接触到水

溅上水或浸到水中会造成敏感特性下降。

1.5 结冰

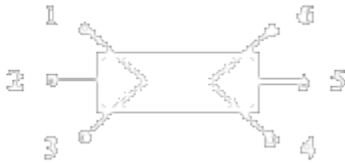
水在敏感元件表面结冰会导致敏感材料碎裂而丧失敏感特性。

1.6 施加电压过高

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，也会造成引线和/或加热器损坏，并引起传感器敏感特性下降。

1.7 电压加错管脚（仅限于旁热式系列）

对6脚型的传感器，如果电压加在1、3或4、6管脚会导致引线断线，加在2、4管脚上则取不到信号。



2 尽可能避免的情况

2.1 凝结水

在室内使用条件下，轻微凝结水会对传感器性能会产生轻微影响。但是，如果水凝结在敏感元件表面并保持一段时间，传感器特性则会下降。

2.2 处于高浓度气体中

无论传感器是否通电，在高浓度气体中长期放置，都会影响传感器特性。

2.3 长期贮存

传感器在不通电情况下长时间贮存，其电阻会产生可逆性漂移，这种漂移与贮存环境有关。传感器应贮存在有清洁空气不含硅胶的密封袋中。经长期不通电贮存的传感器，在使用前需要长时间通电以使其达到稳定。

2.4 长期暴露在极端环境中

无论传感器是否通电，长时间暴露在极端条件下，如高湿、高温、或高污染等极端条件，传感器性能将受到严重影响。

2.5 振动

频繁、过度振动会导致敏感元件引线产生共振

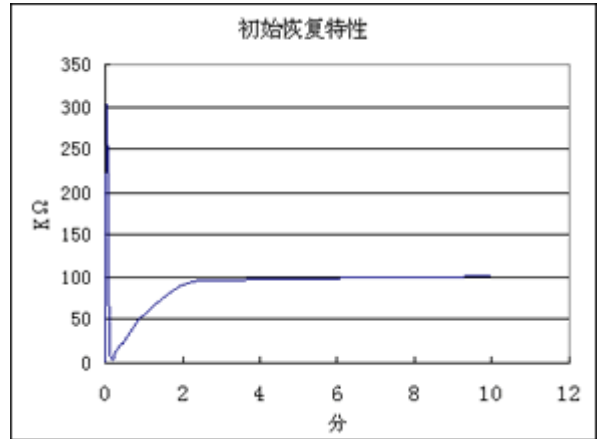


图7-典型的初始动作

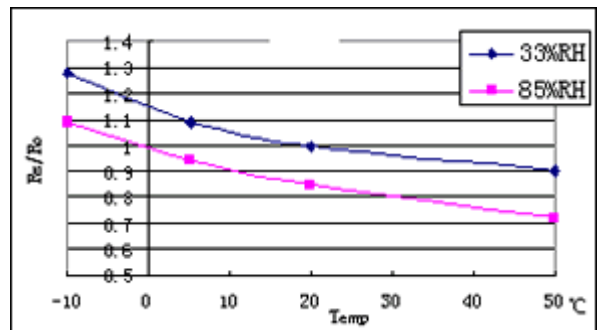


图8-典型的温湿度影响

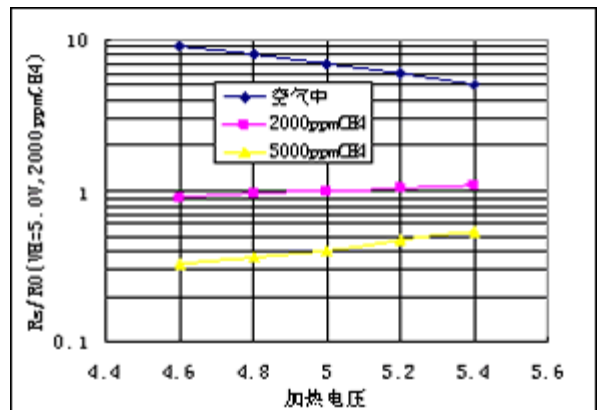


图9-典型的长期稳定性

而断裂。在运输途中及组装线上使用气动改锥/超声波焊接机会产生这种振动。

2.6 冲击

如果传感器受到强烈冲击会导致其引线断线。

2.7 使用

对传感器来说手工焊接是最理想的焊接方式。使用波峰焊是应满足以下条件：

2.7.1 助焊剂：含氯最少的松香助焊剂

2.7.2 速度：1-2米/分钟

2.7.3 预热温度：100±20℃

2.7.4 焊接温度：250±10℃

2.7.5 1次通过波峰焊机

违反以上使用条件将使传感器特性下降。

电路设计

1 负载电阻 (RL)

通过负载电阻可获得输出信号，并可调节传感器两端的电压，负载电阻可充当传感器的保护器。为每个传感器选择一个合适的负载电阻可补偿传感器的离散性，并发挥传感器的最佳特性。如图11为传感器常见的敏感特性。

在同样的电路（如图14）中，传感器配用不同的负载电阻RL（4.7KΩ，2.0KΩ，1KΩ）时，气体浓度与输出电压（VRL）的关系如图12所示。

如图13给出了RS/RL和VRL/VC的关系。RS/RL为1.0时，VRL/VC的斜率最大。在此条件下对报警浓度可获得最佳信号分辨率。使用时应选择检测浓度下的RS/RL值为1.0时的RL作负载。也可使用可变电阻器（RL）以获得最佳结果。

2 信号处理

传统的信号输出处理方法是使用比较器（图14）。当VRL超出设定值（Vref）时，比较器信号激发外部装置，比如蜂鸣器或LED灯。使用微处理器进行信号处理会更方便实用。它除了具有执行比较器的功能外，还具有其它一些有用的功能，例如温度补偿，自动校准等。

3 温度补偿电路

如图15所示为同一支传感器在几种不同环境条件下，典型的灵敏度曲线。没有补偿电路时，在+20℃/65%RH、1500ppm丙烷检测气体设定的报警点，在环境温度发生变化时会在600ppm至3400ppm间变化。

在给定的湿度条件下如：65%RH，使用热敏电阻可在一定程度上补偿温度影响，从而改变图14中的Vref。例如+40℃/65%RH下，Vref可从2.5V变化到3.1V，-10℃/65%RH下，Vref可从2.5V变化到1.

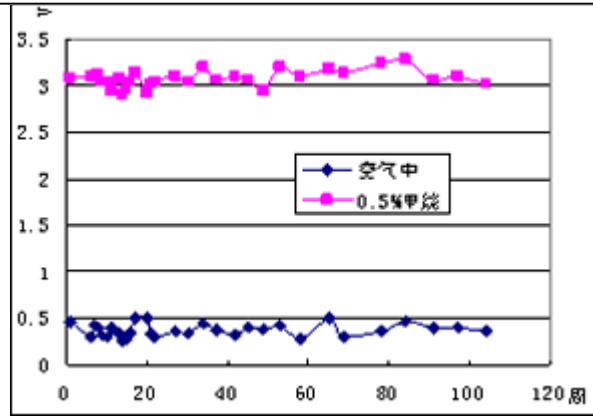


图10-典型的加热电压影响

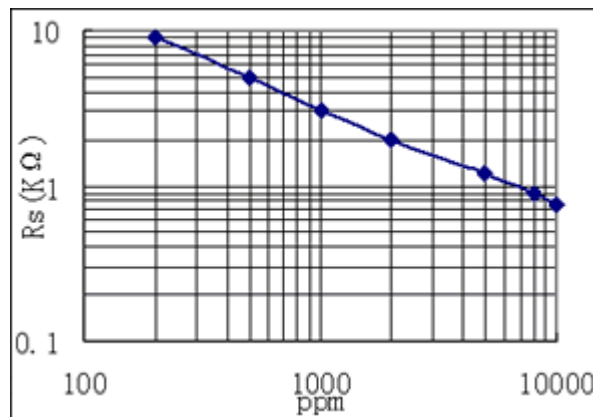


图11-敏感特性 (Rs)

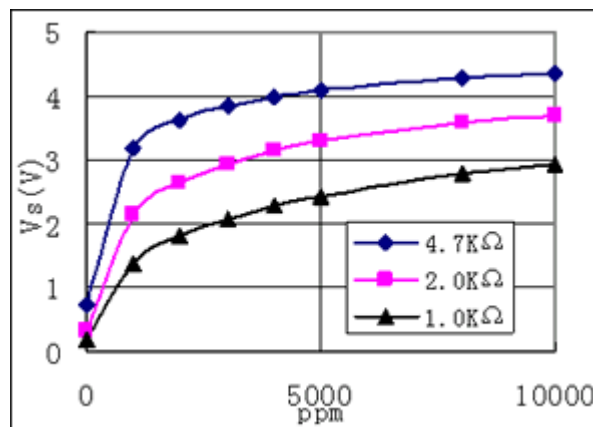


图12-敏感特性 (VRL)

9V。使用补偿电路的结果见图16及表1。

热敏电阻及附加电阻的选择方法如下：

Th: $R_s(25^\circ\text{C})=8\text{k}\Omega$ $B=4200$
 $R_1=1\text{k}\Omega$ $R_2=10\text{k}\Omega$
 $R_3=0.8\text{k}\Omega$ $R_4=5.8\text{k}\Omega$

3.1 确定应用的预期环境温湿度范围。考虑平均值为 $+20^\circ\text{C}/65\% \text{RH}$ 的通常条件以及 -10°C 和 $+40^\circ\text{C}/40\%—65\% \text{RH}$ 的极限条件。

3.2 获取在上述环境条件下的待测气体的敏感特性曲线。

3.3 决定热敏电阻和附加电阻去拟合平均曲线。图14中补偿路的推荐值如下：

测量条件		丙烷浓度 (ppm)	
温度 ($^\circ\text{C}$)	湿度 (%RH)	有补偿电路	无补偿电路
-10	65	1450	3500
0	65	1475	3200
10	65	1500	2500
20	65	1520	1600
30	65	1550	1200
40	65	1580	800

注：使用这种方法不能实现湿度补偿。

4 MQ300系列加热器突入电流

传感器的加热器材料有它自身的温度影响。MQ300系列传感器在不同环境温度下突入电流及加热器稳态电流如图17所示。此图说明突入电流大约比稳态电流高50%。因为加热器电阻在低温时电阻值也低，这会导致在室温下电流比预期高。因此使用该传感器的装置第一次通电时，通电的最初一段时间会产生极高的电流。因此在电路设计时要同时考虑突入电流时的保护。

5 传感器加热器断路检测回路

传感器加热器的断路可通过与其串联的电阻检测出来。加在此串联电阻器上的电压可用于此目的。

6 防止初始动作误报警

正如2-4部分所描述的那样，无论是否有被测气体出现，通电后最初的几秒内 R_s 急剧下降，引起 V_{RL} 超过 V_{ref} ，然后依照周围气氛趋向稳定（初始动作）。使用图18所示的回路可以避免最初预热过程传感器初始动作可能引起的误报警。此回路应与传感器回路图14中的 V_{RL} 连接。

7 蜂鸣器延迟回路

使用类似于图18所示的延迟回路可以防止短暂存在的气体（如烹调中产生的乙醇蒸气）干扰引发的误报警。

检测器设计（见图19示例流程图）

1 电路

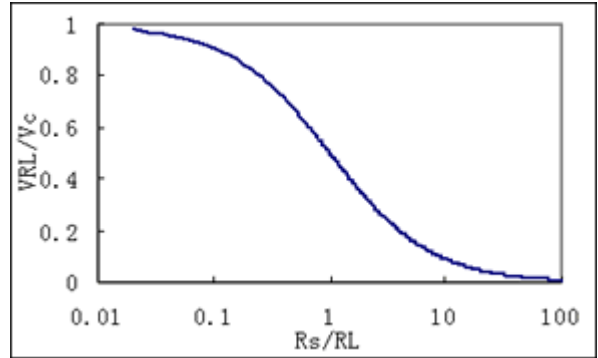


图13- R_s/R_L 和 V_{RL}/V_c 的关系

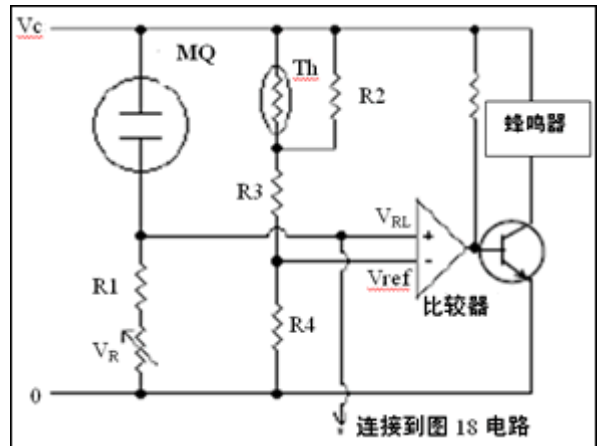


图14-常用的温度补偿电路

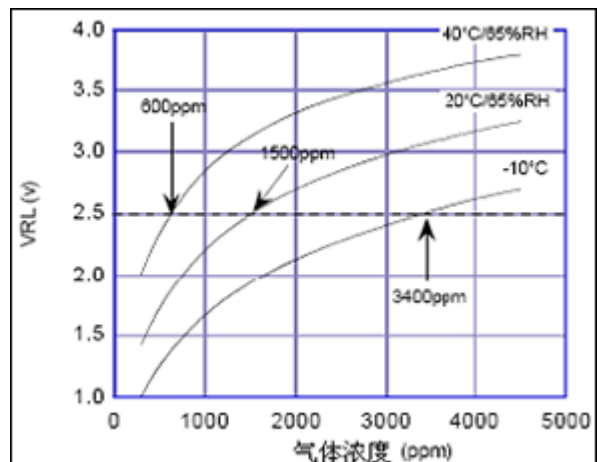


图15-无补偿电路的效果

1.1 使用热敏电阻补偿温度影响时，热敏电阻将补偿传感器周围发生的温度变化。传感器和热敏电阻要处于不受电路产生热量影响的位置才可以获得理想的补偿效果。

1.2 要确保传感器加热器的工作条件如电压，电流，加热周期和检测时间符合规定。

1.3 流过传感器的电流较大，在设计电路结构（如线条宽度，跨距和布局）时要充分考虑这一因素。

1.4 负载电阻值应接近报警点时传感器的电阻值。使用可调电阻时，应考虑它的可调范围。

1.5 电路功能应包括引线或加热器断路或传感器元件失效的故障/安全保护模式。

2 检测器外壳

2.1 外壳设计时传感器周围应有一个隔离空间。隔离间通过对流促进传感器快速响应，并使检测器中其它元件产生的热量对传感器的影响最小化。检测器外壳应至少在两面设置数量和宽度足够的切口，以保证气体在传感器周围顺畅流动。

2.2 外壳的设计时要最大限度地保证散热。

3 样机评审测验

开始批量生产前必须对样机进行评审。

► 检测器生产

1 生产设备

1.1 传感器和检测器的预热（预通电）设备，无论施加的电压是否波动，要持续施加额定周期下的额定电压。在预通电过程中，传感器/检测器要模拟实际使用情况垂直固定。

1.2 气体测试箱 避免使用熟化后可能放出气体的绝缘或密封材料，如硅树脂密封胶和溶剂型的粘合剂。气体测试箱的温、湿度应是可调的。要确保测试箱的容积使每个传感器拥有1升或更多的空间。检测器探测到的应是静止的混合气，避免气体直接流向传感器，引起传感器错误地高灵敏。在调试过程中检测器要象实际使用时那样保持垂直固定。

1.3 工厂环境 环境应保持清洁并不得含有有机蒸气，如酒精、丙酮、可燃性气体等。特别要注意保持传感器/检测器预通电设备周围的环境中不得有对其产生影响的气体，如含硅蒸气。在使用三氯乙烯，氟里昂或地板密封剂等挥发性清洗剂时，所有的产品要从该区域移走并妥善安置，直到该区域彻底通风后才可以返回。

2 制造工艺（制造工艺流程图示例如图-20）

2.1 传感器的贮存和处置

传感器要在通常密封袋中贮存。

2.2 传感器预通电

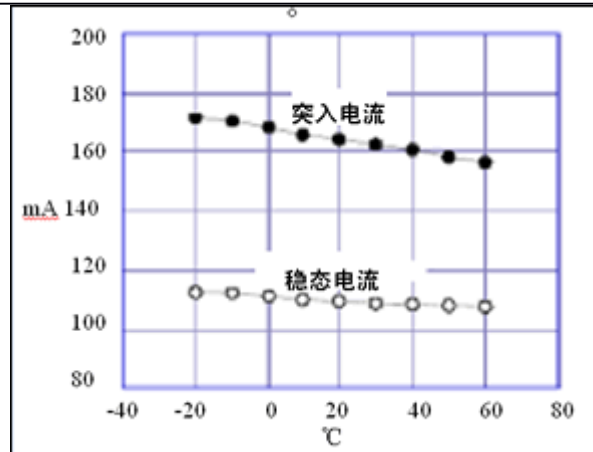


图16-补偿电路的效果

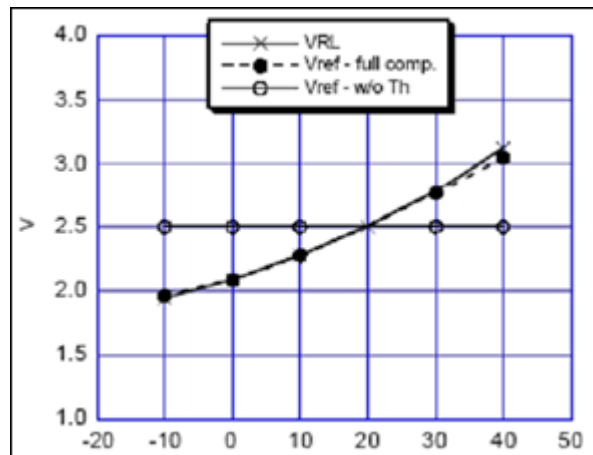


图17-环境温度对MQ300加热电流的影响

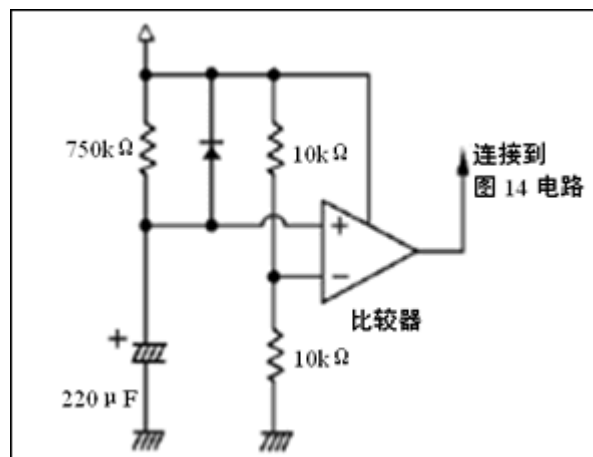


图18-防止初始动作引发报警电路

传感器预热（预通电）的时间最短为2天，但强烈建议通电7天或更长时间以获得最佳效果。通电时要遵循标准电路条件并保持清洁的气氛条件。

2.3 传感器装配到PCB上之前，助焊剂必须充分烘干。

2.4 传感器装配时强烈建议手工焊接。推荐使用无铅焊锡、不含氯的树脂助焊剂。

2.5 PCB预通电的时间最短为2小时，但强烈推荐通电1天或更长时间以获得最佳效果。通电时要遵循标准电路条件并保持清洁的气氛条件。

2.6 调试（参考图14电路）

确保使用适当的检测气体浓度来调试所有的产品。保持调试箱内气氛的温湿度条件稳定。必须清除调试箱中任何痕量的烟，粘接剂，杂质气体，溶剂。

例1) 使用可变负载电阻器调试检测器时，先将检测器放入气体测试箱。测试箱内配制报警浓度的被测气体。调整使检测气体中的VRL至与Vref相当。

例2) 使用虚设负载电阻器（RL*）调试检测器时，先将检测器放入气体测试箱。测试箱内配制报警浓度的气体。测量RL*两端的电压以获得报警浓度时的Rs。用相当于上述测量出的Rs阻值的RL来替换检测器中的RL*。

注意：确认报警浓度的气体与周围环境的温湿度水平相一致。否则，调试结果会与正常使用时大不相同。要在用户规定的测试条件和检测器的预定使用条件下进行调试。

2.7 最终装配时要避免使用气动工具可能引起的任何冲击或振动。

2.8 成品预通电的时间最短为2小时，但强烈推荐通电1天或更长时间以获得最佳效果。确认通电时遵循标准电路条件并保持清洁的气氛条件。

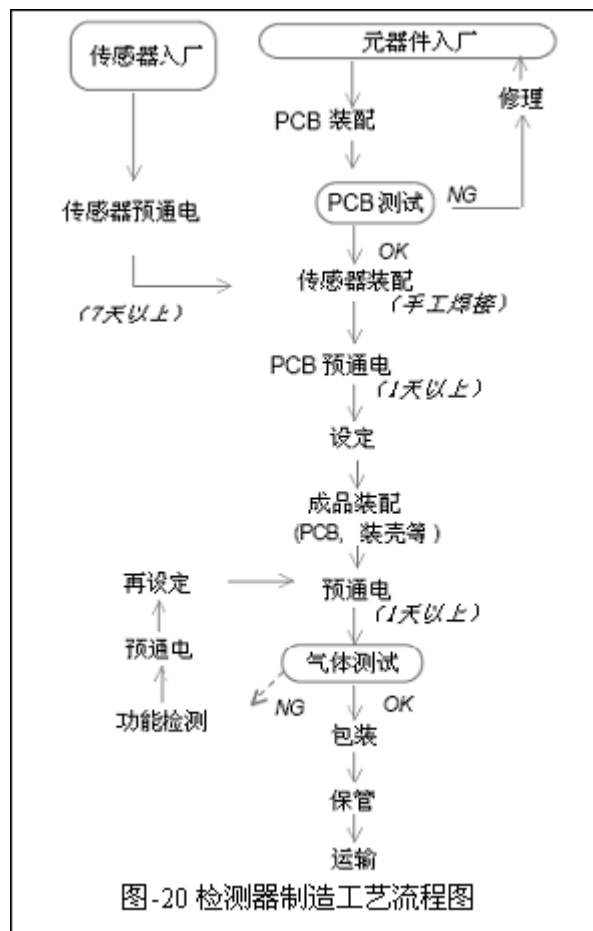
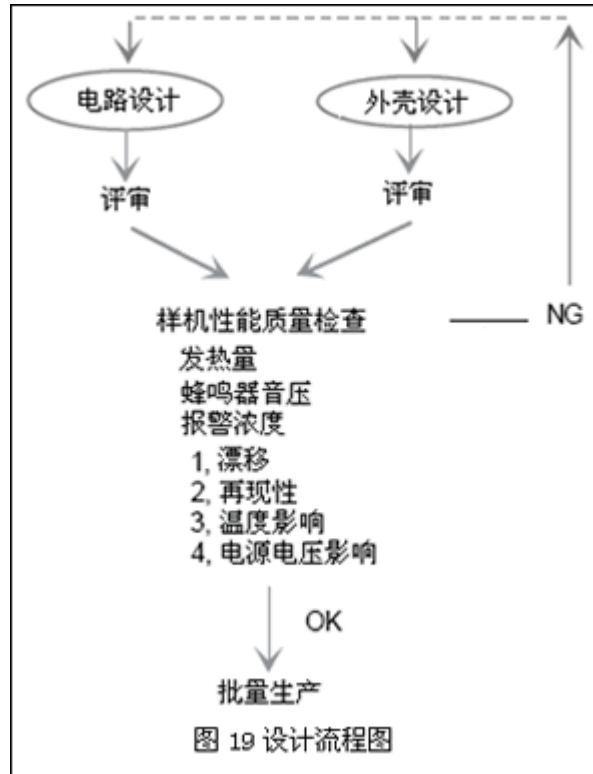
2.9 气体测试

用检测气体测试所有的最终成品。保持测试箱气氛条件稳定，使用用户规定的测试条件和检测器预期使用条件进行测试。必须清除测试箱中任何痕量的烟、粘接剂、杂质气体、溶剂。

2.10 气体测试不合格品的重新调试。如果 电路功能检测没有问题，可以重新进行浓度调试。预通电时间应两倍于检测器测试后的未通电放置时间，确保检测器充分稳定。重新设定不能超过4次。

2.11 最终成品的贮存。检测器应保管在空气清洁的环境中。避免在不洁及有污染的环境中保存。前述部分所列出的注意事项同样适用。

► 质量控制



- 1 对每个生产批次进行抽样以确认报警浓度准确。检查这些样品是否符合运输要求，并且保持这些测试记录。
- 2 周期性地对最终成品进行一定数量的抽样以确认极限条件下的报警浓度（如-10℃或+40℃/85% RH），并且保持这些测试记录。
- 3 周期性地对成品进行一定数量的抽样以确认长期稳定性。并且保持这些测试记录。