

# 一氧化碳报警器

## 摘要

随着工业的发展和汽车尾气的大量排放，空气遭到了严重的污染，同时在家庭生活中，煤气的不完全燃烧也将产生大量的一氧化碳气体，而一氧化碳气体的化学性质比较稳定，在室内通风条件不大好的情况下，可能引起人体中毒，产生致命后果。因此需要对大气中的一氧化碳气体进行监测。

本文主要对一氧化碳报警器的原理进行了分析，其中重点分析了一氧化碳传感器探测信号的模式分类及识别，其原理是采用温度调制模式，基于统计学原理，采用贝叶斯公式对各模式进行识别。对于一氧化碳传感器的信号处理方法，主要介绍了快速傅立叶变换方法(FFT)和离散小波变换方法(DWT)。同时还对目前一氧化碳监测中存在的主要问题进行了初步的分析。

最后，根据一氧化碳传感器的原理，针对家庭中一氧化碳气体的监测，初步确定一氧化碳传感器的设计要求，根据当前一氧化碳传感器的发展状况，选用 MOTOROLA 公司的 MGS1100 芯片进行一氧化碳报警器的设计。同时对 MGS1100 传感器的结构及工作模式进行了介绍。根据 MGS1100 芯片的结构及工作模式，设计了报警器电路，并对报警器的控制软件进行了初步的设计，最后完成了对一氧化碳报警器的调试，调试结果表明该报警器是可以在实际中使用。

**关键词** 一氧化碳报警器；温度调制模式；传感器

# Co sannunciator

## Abstract

With the developing of industry and exhaust gas expelling of cars, the atmosphere is polluting. At the same time, the incomplete inflammation of gas will produce much CO in family, and CO is a kind of gas which is stabilization in chemic character, will bring poisoning to person when the house is stuffiness. So it is need to monitor the CO in house.

This paper analyzes the principle of CO sannunciator, focus on the analysis of the model classification and recognition of CO sensor, the operational principle of CO sensor is based on statistics and temperature moderate model. The signal process method of CO sensor include FFT (Fast Fourier Transform) and DWT (Discreet Wave Transform). At the end, introduce the main problem of CO monitor.

At the end, based on the operational principle of CO sensor, according to the requirement of CO monitor in house, decide the parameters of CO sannunciator. According to the development of CO sensor, select MGS1100 of MOTOLORA to design the CO sannunciator. At the same time, introduce the structure and operational principle of MGS1100, and design the alarm circuit and control soft. At the end, finish the debugging of CO sannunciator, the result show the CO sannunciator can be used in realism.

**Keywords** CO sannunciator;temperature moderate model; senso

# 目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
第 1 章 绪论.....	1
1.1 课题背景.....	1
1.2 研究的目的和意义.....	1
1.3 一氧化碳报警器的发展状况.....	2
第 2 章 一氧化碳传感器信号处理技术.....	5
2.1 气体传感器阵列信号处理技术.....	5
2.2 信号预处理.....	5
2.3 模式分类, 识别和量化.....	7
2.4 气体传感器温度调制及信号处理技术.....	10
2.5 温度调制模式.....	10
2.6 信号处理方法.....	12
2.7 存在的问题.....	12
2.8 本章小结.....	13
第 3 章 一氧化碳报警器的设计.....	14
3.1 器件的结构原理.....	14
3.2 器件的工作模式.....	15
3.3 一氧化碳报警器的设计.....	16
3.4 电路原理.....	17
3.5 控制过程.....	18
3.5.1 对于温度变化的特性处理(假设 CO 的浓度为 60ppm)。	18
3.5.2 CO 线性浓度分析。	19
3.6 调试和结果.....	20
3.7 本章小结.....	20
结论.....	21
致谢.....	22
参考文献.....	23
附录 A.....	26
附录 B.....	34

# 第 1 章 绪论

## 1.1 课题背景

随着工业的发展和汽车尾气的大量排放，空气遭到了严重的污染，因此对大气中有毒气体的监测也成为人们关心的一个主要问题，而大气中一氧化碳气体对人体的毒害是致命的，因此，迫切需要开发一种仪器来检测家庭和工农业生产过程中的一氧化碳气体。

## 1.2 研究的目的是和意义

空气中的一氧化碳为无色、无味气体，相对分子量为 28.0，对空气相对密度为 0.967。在标准状况下，1L 气体质量为 1.25g，100ml 水中可溶解 0.0249mg(20°C)，燃烧时为淡蓝色火焰。

一氧化碳是有害气体，对人体有强烈的毒害作用。一氧化碳中毒时，使红血球的血红蛋白不能与氧结合，妨碍了机体各组织的输氧功能，造成缺氧症。当一氧化碳浓度为 12.5mg/m<sup>3</sup> 时，无自觉症状，50.0mg/m<sup>3</sup> 时会出现头痛、疲倦、恶心、头晕等感觉，700mg/m<sup>3</sup> 时发生心悸亢进，并伴随有虚脱危险，1250 mg/m<sup>3</sup> 时出现昏睡，痉挛而死亡。有时根据碳氧血红蛋白 (COHb) 来评价室内一氧化碳低暴露水平对人体的影响，3-11 岁儿童 COHb 平均饱和度为 1.01%；12-74 岁不吸烟人群为 1.25%。但成年不吸烟人群中 4% 的人 COHb 超过 2-5%。室内污染所致 COHb 饱和度只有超过 2%，才会影响心肺病人的活动能力，加重心血管的缺血症状。

CO 是燃料不完全燃烧产生的污染物，若没有室内燃烧污染源，室内 CO 浓度与室外是相同的。室内使用燃气灶或小型煤油加热器，其释放 CO 量是 NO<sub>2</sub> 的 10 倍。厨房使用燃气灶 10-30min，CO 水平在 12.5-50.0mg/m<sup>3</sup> 之间。由于一氧化碳在空气中很稳定，如果室内通风较差，CO 就会长时间滞留在室内。因此，很容易致人中毒。

同时，在工农业生产中，尤其在煤炭生产基地，如果一氧化碳浓度过高，很容易引起火灾和爆炸，引起严重的事故和后果，造成重大经济损失和人员伤亡。因而作好煤炭自燃火灾的预测预报和防灭火工作显得尤为重要。因此，人们发现了测温法来进行温度可燃气体的监测。测温法是发现煤炭自热和探寻高温点及火源的最直接、最可靠的方法，但煤体内部温度的测温技术尚未完全解决，目前仅作为掌握自燃动态、确定自燃区位置的一种有效的补充手段<sup>[1]</sup>。测定矿内空气成分变化，是早期预报自燃火灾应用最广而且比较可靠的方法。煤类火灾的主要指标是 CO 和 H<sub>2</sub> 和碳氢化合

物，如乙烯  $C_2H_4$ 、丙烯  $C_3H_6$ 、乙炔  $C_2H_2$  等。它们是按一氧化碳→氢→乙烯→丙烯→乙炔的顺序生成、释放并随温度而增加的。当温度异常时，首先出现 CO，随温度增高，出现 H<sub>2</sub>，然后是 CH<sub>4</sub> 紧接着是 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>，最后出现 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 和其他气体<sup>[2]</sup>。由于一氧化碳生成温度低，生成量大，其生成量随温度升高按指数规律增加。所以，煤矿井下广泛以一氧化碳气体作为预报煤炭自燃的指标气体。它的变化一直在煤矿安全生产活动中受到高度重视，特别是煤层有自然发火倾向的矿井更是如此。在煤矿井下，CO 的来源一般是由于煤自热或自燃产生的。所以当井下出现 CO 气体或 CO 气体浓度稳定地增长时，就认为煤炭在自然发火或有自然发火的危险。然而，有些矿井，煤层中本身就含有 CO，在煤层开采过程中，就逸出到采掘空间的风流中来，如果对其逸出量及规律不能掌握，就会造成煤炭自燃火灾的误报，对预报和防治煤炭自然发火造成不利影响<sup>[3]</sup>。大水头煤矿是煤层具有自然发火倾向性的矿井，经过对大水头煤矿几十次煤炭自然发火灾害有关参数的反复观察分析认为，同样是煤炭自燃造成的火灾，但每次其自然发火期的长短、氧化速度、各种灾害气体的浓度等都随时间、地点的不同有所差异，这其中的原因除一些外在的因素和煤层所处的自然环境因素外，还有一个不被人们所掌握的内在因素-煤层原生的 CO 成份在起着潜移默化、推波助澜的作用。虽然确定的煤层自然发火期是 3-6 个月，但实际生产中常常出现一些预料之外的事例：掘进工作面后巷几十米处高顶就有 CO 气体出现；炮采工作面刚开采，短期内上隅角就检测出 CO 气体：综放面每月推进 60m 左右，其支架顶部煤体中仍能查出高浓度(最高达 0.064%)的 CO 气体成份。通过分析表明煤电钻打的孔内实测 CO 浓度高达 0.5%，而且一氧化碳检测管变色环呈血红色，比火区测定的还要高。因此要必要开发 CO 报警器来对 CO 进行监测，指导安全生产。

### 1.3 一氧化碳报警器的发展状况

1964 年，由 Wickens 和 Hatman 利用气体在电极上的氧化还原反应研制出了第一个气敏传感器，1982 年英国 Warwick 大学的 Persaud 等提出了利用气敏传感器模拟动物嗅觉系统的结构<sup>[4]</sup>，自此后气体传感器飞速发展，应用于各种场合，比如气体泄漏检测，环境检测等。现在各国研究主要针对的是有毒性气体和可燃烧性气体，研究的主要方向是如何提高传感器的敏感度和工作性能、恶劣环境中的工作时间以及降低成本和智能化等。

下面简单介绍各种常用的一氧化碳报警器的工作原理最新的研究进展。一氧化碳报警器主要包括两部分，一部分是监测系统，由各种传感器组成，另一部分是报警系统，根据检测系统的指标作出报警判断。

首先简单介绍下一氧化碳传感器的发展状况。气体传感器主要有半导

体传感器（电阻型和非电阻型）、绝缘体传感器（接触燃烧式和电容式）、电化学式（恒电位电解式、伽伐尼电池式），还有红外吸收型、石英振荡型、光纤型、热传导型、声表面波型、气体色谱法等<sup>[5]</sup>。

电阻式半导体气敏元件是根据半导体接触到气体时其阻值的改变来检测气体的浓度；非电阻式半导体气敏元件则是根据气体的吸附和反应使其某些特性发生变化对气体进行直接或间接的检测。

接触燃烧式气体传感器是基于强催化剂使气体在其表面燃烧时产生热量，使传感器温度上升，这种温度变化可使贵金属电极电导随之变化的原理而设计的。另外与半导体传感器不同的是，它几乎不受周围环境湿度的影响。电容式气体传感器则是根据敏感材料吸附气体后其介电常数发生改变导致电容变化的原理而设计。

电化学式气体传感器，主要利用两个电极之间的化学电位差，一个在气体中测量气体浓度，另一个是固定的参比电极。电化学式传感器采用恒电位电解方式和伽伐尼电池方式工作。有液体电解质和固体电解质，而液体电解质又分为电位型和电流型。电位型是利用电极电势和气体浓度之间的关系进行测量；电流型采用极限电流原理，利用气体通过薄层透气膜或毛细孔扩散作为限流措施，获得稳定的传质条件，产生正比于气体浓度或分压的极限扩散电流。

红外吸收型传感器，当红外光通过待测气体时，这些气体分子对特定波长的红外光有吸收，其吸收关系服从朗伯-比尔(Lambert-Beer)吸收定律，通过光强的变化测出气体的浓度。

声表面波传感器的关键是 SAW(surface acoustic wave)振荡器，它由压电材料基片和沉积在基片上不同功能的叉指换能器所组成，由延迟型和振子型两种振荡器。SAW 传感器自身固有一个振荡频率，当外界待测量变化时，会引起振荡频率的变化，从而测出气体浓度。

对 CO 气体检测的适用方法有比色法、半导体法、红外吸收探测法、电化学气体传感器检测法等。

比色法是根据 CO 气体是还原性气体，能使氧化物发生反应，因而使化合物颜色改变，通过颜色变化来测定气体的浓度，这种传感器的主要优点是没有电功耗。

半导体 CO 传感器，通过溶胶—凝胶法获得 SnO<sub>2</sub> 基材料，在基材料中掺杂金属催化剂来测定气体<sup>[6]</sup>。现国外有研究对 SnO<sub>2</sub> 基材料中掺杂 Pt、Pd、Au 等，并发现当传感器工作在 220℃ 时，在 SnO<sub>2</sub> 中掺杂 2% 的 Pt 时，传感器对 CO 具有最大的敏感度。由于气体传感器的交叉感应，使得 CO 传感器对很多气体如 H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 等都有感应，但是采用上面的方法使得对其他气体的敏感度下降很多<sup>[7]</sup>。

CO 电化学气体传感器敏感电极如常用的金属材料电化学电极有 Pt、Au、W、Ag、Ir、Cu 等过渡金属元素，这类元素具有空余的 d、f 电子轨

道和多余的 d、f 电子，可在氧化还原的过程中提供电子空位或电子，也可以形成络合物，具有较强的催化能力<sup>[8]</sup>。又研制了一种新型的 CO 电化学式气体传感器，即把多壁碳纳米管自组装到铂微电极上，制备多壁碳纳米管粉末微电极，以其为工作电极，Ag/AgCl 为参比电极，Pt 丝为对比电极，多孔聚四氟乙烯膜作为透气膜制成传感器，对 CO 具有显著的电化学催化效应，其响应时间短，重复性好<sup>[9]</sup>。

利用 CO 气体近红外吸收机理，研究了一种光谱吸收型光纤 CO 气体传感器，该仪器检测灵敏度可达到  $0.2 \times 10^{-6}$ <sup>[10]</sup>。另一种光学型传感器是用溶胶—凝胶盐酸催化法和超声制得 SiO<sub>2</sub> 薄膜，将薄膜浸入氯化钡、氯化铜混合溶液，匀速提拉，干燥后制得敏感膜，利用钡盐与 CO 反应，生成钡单质，引起吸光度变化<sup>[11]</sup>。

采用超频率音响增强电镀铁酸盐方法获得磁敏感膜，磁饱和度和矫顽磁力决定对气体的响应敏感度。当温度加热到 85℃ 时，得到最大响应，检测范围 333ppm~5000ppm<sup>[12]</sup>。

## 第 2 章 一氧化碳传感器信号处理技术

一氧化碳报警器主要由气体传感器和报警电路组成，而其性能的好坏又取决于气体传感器，因此，气体传感器所采用技术是整个系统的关键，下面我们重点分析在一氧化碳传感器中所采用的信号处理技术。

### 2.1 气体传感器阵列信号处理技术

与哺乳动物的嗅觉系统类似，气体传感器阵列是一氧化碳传感系统的“气味感受细胞”，感受到气味时就将信号通过接口电路及一些预处理电路(生物嗅觉中对应的部位为“嗅球”)然后传到信息处理中心(大脑)，通过“大脑”内的嗅觉信号处理，完成对气味的识别和简单量化，并发送相应的控制信号。该系统称为电子鼻系统。其信息处理中心通常由电脑或微处理器实现，其中的“嗅觉”信号处理技术对于电子鼻的性能起着关键作用。

对这一技术的研究，从气体传感器阵列和电子鼻的概念提出后，就一直都没有间断过。一个成功的气体(气味)识别和量化系统通常要涉及到多种多维信号的处理方法，包括信号预处理、特征提取、特征选择、分类、回归、聚类以及验证等<sup>[13]</sup>，基于统计的模式识别方法、神经网络等多种信号处理方法已在电子鼻领域里得到了应用并取得了一些成果。

### 2.2 信号预处理

信号预处理的主要目的有滤波、基线处理、漂移补偿、信息压缩以及归一化等。图 2-1 为金属氧化物半导体气体传感器的一般测量电路，其中  $R_L$  为串联负载电阻， $R_s$  为气体传感器的电阻， $V_{cc}$  为测量电压， $V$  为实际传感器测量电压。

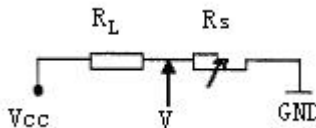


图 2-1 微热板式气体传感器的单臂电桥测量电路

传感器的描述信号可用电压信号( $V$ )、电阻信号( $R$ )和电导信号( $G$ )等物理量表示，三个物理量互相关联，电阻和电导互为倒数，其中电压信号受串联电阻的影响，在量程大且需更改串联电阻的情况下不宜使用。基线的概念为传感器在空气中的信号，处理方法主要有三种:差值法，比例法和分数比值法。以电导物理量为例，定义其在空气中的基线值为  $G_{air}$ ，在被测气体中的值为  $G_{gas}$ ，那么对应的三种处理方法见表 2-1。常用的处理方法为



分数比值法，因此  $S_g$  又被称为电导灵敏度，成为衡量传感器气敏性能的一个重要参数。上述基线的处理方法仅是对气体传感器信号的简单处理，基线漂移的抑制是气体传感器领域中的一个重要研究问题。作为一种化学传感器，受空气中多种因素的影响，基线漂移缓慢、随机，迄今还没有形成一种统一的理论来描述。小波变换技术在基线漂移抑制方面取得了较好的效果<sup>[14]</sup>。

表 2-1 基线处理方法

	处理方法	说明
差值法	$\Delta G = G_{\text{gas}} - G_{\text{air}}$	去除叠加性噪声和漂移
比例法	$r_g = G_{\text{gas}} / G_{\text{air}}$	去除乘积性噪声和漂移
分数比值法	是 $S_g = (G_{\text{gas}} - G_{\text{air}}) / G_{\text{air}}$	叠加性和乘积性噪声和漂移都有作用

作为一个随时间变化的量，气体传感器的特征信号有多种，如稳态信号、瞬态信号等。特征是直接从传感器的原始信号提取出来的参数，各特征之间相互关联，由于交叉敏感的影响，各传感器之间也相互关联，因此这样一个原始的特征参数集是一个富含冗余信息的高维向量。维数增多引起后续信号处理的复杂程度呈指数上升，也就是所谓的“维数咒语”问题，使得降维处理成为必要。同时，信息冗余容易导致信号参数的协方差矩阵奇异，因此特征选择和特征提取成为气体传感器阵列信号处理的两个必要步骤。特征选择的目的是从  $M$  个特征中选择  $N$  个参数 ( $N < M$ ) 组成一个信息量最大或者估计准确度最高的最优集合，可能组“方法”有  $C_M^N$ 。常用的选择方法为顺序搜索法，从集合内参数为 0，逐渐增加参数数目的方法为前向搜索法；从全部特征组成参数集合开始逐渐减少参数数目的方法为后向搜索法。顺序搜索法计算量比较大，促进了随机选择算法的发展，如模拟退火算法，遗传算法<sup>[15]</sup>等。参数选择的评价方法主要有两种：过滤法(filters)和打包法(wrappers)。过滤法通过比较特征子集的信息含量(如类间距)，试图寻找具有一般性的特征参数集；打包法是在特定模式识别算法的基础上根据预测的准确度来估计特征子集的性能，以大量计算为代价但能够获得较好的识别精度。Gutierrez-Osuna<sup>[16]</sup>对 8 种搜索技术进行了比较，结论是各种搜索算法的性能相似。Corcoran<sup>[17]</sup>使用遗传算法和 Fisher 判别式对一个温度调制阵列的参数进行选择，在保证分辨率的情况下能够将特征参数的数目减少 1/10。优化后的特征参数集代表了被测气体的所有信息，但是各个参数之间的相关性大，依然存在冗余信息。特征提取实际上是要寻找一种变换  $f: x \in \mathcal{R}^M \rightarrow y \in \mathcal{R}^N (N < M)$ ，使得  $y$  能够代表  $x$  的绝大多数信息。在电子鼻领域内使用较多的特征提取方法主要有主成分分析法(PCA)和 Fisher 线性判别式分析法(Linear Discriminant Analysis, LDA)。

PCA 是沿着数据的方差最大方向作变换，该方差也是输入变量  $x$  的协方差阵的特征值。LDA 是一种分类方法，沿各类之间距离最大的方向上作变换，就是类内协方差阵  $S_W$  的逆阵和类间协方差阵  $S_B$  乘积  $S_W^{-1}S_B$  的特征向量<sup>[18]</sup>。

## 2.3 模式分类，识别和量化

电子鼻实现的一个重要功能是对不同的气味(体)进行分类和识别。模式分类的目的是对一组新的气味特征向量  $y \in \mathfrak{R}^N$  表征的对象识别，考察其为已知类型毛( $w_1, w_2, \dots, w_c$ )中的哪一种气味  $w_i$ ，减小误分类率也就是要使得样本  $y$  属于类  $w_i$  的概率代  $P(w_i|y)$  最大，即最大后验概率法则<sup>[19]</sup>，通常使用贝叶斯公式求解。

$$\begin{aligned} w_{MAP} &= \arg \max_{i \in \{1, C\}} [P(w_i | y)] \\ &= \arg \max_{i \in \{1, C\}} \left[ \frac{P(y | w_i) P(w_i)}{P(w_i)} \right] \\ &= \arg \max_{i \in \{1, C\}} [P(y | w_i) P(w_i)] \end{aligned} \quad (2-1)$$

式中  $P(y | w_i)$  为类条件概率， $P(w_i)$  为先验概率， $P(y)$  为样本概率，对分类问题来说可以忽略。先验概率可以通过样本出现的频率计算得到。通过一组高维数据直接估计  $P(y | w_i)$  的难度较大，通常都对数据进行了诸多简化和近似，如假设数据是高斯分布等。分类器的设计也主要是为了得到  $P(y|w_i)$  的估计值。在气味分类领域中常用的分类器有二次分类器 (Quadratic Classifiers)<sup>[20]</sup>、K 最近邻分类器 (K Nearest Neighbor Classifiers, KNN)、多层感知分类器 (Multilayer Perceptron Classifiers, MLP)<sup>[21]</sup> 和径向基函数分类器 (Radial Basis Function Classifiers, RBF)<sup>[22]</sup>。二次分类器假设所有类的概率分布函数相同且都为高斯分布，即

$$P(y | w_i) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(y - u_i)^T \Sigma_i^{-1} (y - u_i)\right] \quad (2-2)$$

式中  $u_i$  和  $\Sigma_i$  为样本均值和协方差。指数部分为马氏距离 (Mahalanobis distance)，当协方差矩阵  $y$  为单位阵时即为欧式距离，当各类的分布也为高斯分布时，二次分类器就是大家熟知的贝叶斯分类器。KNN 是一种非线性分类器，对  $y$  进行分类时，通过寻找数据集中最相近的  $k$  个样本并选出这  $k$  个样本的主导类作为  $y$  的类别。KNN 的分类效果好，但是需要占用大量的内存(存储样本数据)，计算量大(需要将未知样本与所有数据样本的近似程度进行计算并排序)。多层感知器(MLP)是一种常用的人工神经网络，通过将感知器的输出单元进行编码，赋予类的标号，采用后向传播算法(Back-Propagation)使用已有的数据对网络进行训练，生成分类器。径向

基函数(RBF)也是一种带有反馈连接的神经网络，其结构与 MIA，相似，但是其输入输出映射和训练机制不同。RBF 是一种典型的局部逼近网络，其神经元的输入为输入矢量与权值矢量的距离乘以阈值，神经元变换函数为高斯函数。MLP 神经网络和 RBF 神经网络在气味分类和识别领域应用较多。

相对于气味的分类问题，电子鼻的回归分析问题更具有挑战性。回归分析的目的是基于观测数据建立变量间适当的依赖关系，以分析数据的内在规律，并用于估计输出变量。电子鼻领域中的回归问题主要包括三种：混合气体分析(被估计变量为混合气体中各成分的浓度)、工艺监控(被估计变量为工艺参数)和嗅感分析(被估计变量为香、臭等感觉程度)。估计的源变量即观测数据变量，为气体传感器阵列的输出向量。倘若被估计的一组变量为类标识，那么模式分类也可以看作是一个回归问题，因此大部分的回归技术都可以用于模式分类。在图 2-2 所示的电子鼻原理框图中，如果输出向量 $[y_1(t), y_2(t), \dots, y_k(t)]$ 为混合气体浓度向量 $[c_1(t), c_2(t), \dots, c_k(t)]$ 的估计，就构成了一个混合气体分析问题。混合气体分析问题较为根本，难度也最大。目前应用于混合气体分析问题的回归技术主要有最小二乘法、主成分回归法(Principal Component Regression, PCR)、偏最小二乘法(Partial Least Squares, PLS)、MLP 和 RBF 等人工神经网络技术。

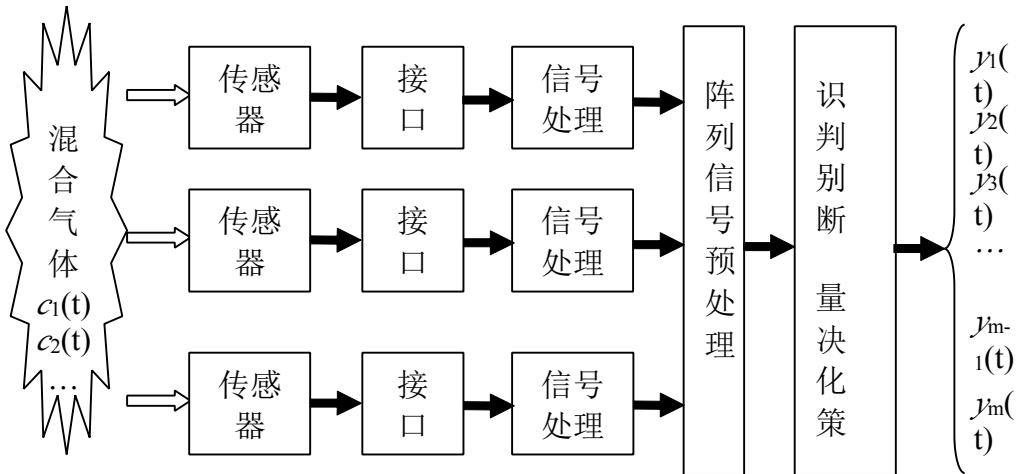


图 2-2 电子鼻原理框图

最小二乘法是以线性回归模型为基础的<sup>[23]</sup>，仍以图 2-2 为例，使用一由  $n$  个传感器组成的阵列检测  $m$  种气体组成的混合气体，采用气敏电阻的分数电导作为传感器的输出向量，记为  $s=[s_1, s_2, \dots, s_n]^T$ ，设被测气体浓度与传感器的输出信号之间的回归方程为线性。  $c=sA+\varepsilon$ ，式中，  $c=[c_1(t), c_2(t), \dots, c_m(t)]^T$ ，  $A=(a_{ij})_{n \times m}$  为未知参数矩阵。  $\varepsilon$  为均值 0, 方差为  $\sigma^2 > 0$  的不可观测的随机变量，称为误差项。由实验观测到  $P$  组输入输出向量，那么。  $C=(C_{ij})_{m \times p}$ ，  $S=(S_{ij})_{n \times p}$ ，输入输出关系为  $C=SA+\varepsilon$ 。忽略误差项，当  $S$  为非

奇异阵时参数矩阵可由  $A=S^{-1}C$  计算得到，但是作为观测向量， $S$  可能为奇异阵。因此在矩阵分析中引入伪逆来解决这一问题。

$$A = (S^T S)^{-1} S^T C = S^+ C \quad (2-3)$$

$S^+$ 为  $S$  的伪逆， $S^+S=I$ ，上式为正规的二乘估计算法。

最小二乘法的回归方程中使用了所有传感器的输出项进行估计，由于交叉敏感和传感器输出信号的相似性，信号之间相关性大，通过 PCA 去除数据之间的相关性，提取主成分用于回归方程，该方法就是主成分回归法(PCR)。主成分的提取法则是沿着观测数据向量方差最大的方向提取，因此它们与被测气体浓度之间的线性依赖关系也并非最好<sup>[24]</sup>。偏最小二乘法(PLS)能够处理共线性数据，在化学计量的数据分析中使用较多。与 PCR 不同，PLS 依次寻找各传感器与混合气体浓度之间的最大相关性。最小二乘法、主成分回归法和偏最小二乘法的基础模型都是线性回归模型，随着测试气体浓度范围的扩展，传感器响应与气体浓度之间的非线性关系逐渐增强，具有非线性扩展能力的人工神经网络技术(MLP,RBF 等函数逼近网络)和遗传算法在混合气体分析中得到了广泛的应用<sup>[25]</sup>。

聚类分析在电子鼻数据处理中应用也较为广泛，它是一种无监督学习过程，用于寻找数据样本之间的空间关系或相似性，主要包括三个基本步骤:(a) 定义样本之间的不相似性法则，通常采用欧式距离；(b)定义一种优化聚类的法则，通常基于类内和类间结构(如扩展类间距离，压缩类内距离等)；(c)定义一种搜索算法，用于将某一测试样本赋给某一类。目前应用较多的聚类方法主要有树状图法(Dendrogram)、C 均值法以及自组织映射神经网络(Self=Organiz Map)。树状图法可以通过自底向上的凝聚算法或者自顶向下的分裂算法形成。Gardner<sup>[26]</sup>等使用树状图法分析了 12 个金属氧化物气体传感器对几种酒精的识别。将训练样本随机设定为 C 个不相连的类，计算每个类的均值，然后重新分配各样本到 C 个类中再计算各类的平均值，直到相邻两次重新分配的各类均值不变就结束迭代计算，这种方法就是 C 均值法。随着模糊数学的发展，模糊集理论在气体分析领域中也得到了应用，并在 C 均值算法的基础上发展为模糊 C 均值算法。SOM 是一种能够产生拓扑分布结构的互连接技术，通常是一个二维的网格结构，首先通过竞争机制选择网格中与数据样本最近的神经元及其附近的神经元并激活，调整其在二维网格中的坐标使得它们更接近于数据样本<sup>[27]</sup>。

聚类、分类和回归都是气体分析和气味识别中的重要问题，聚类是无监督的，从广义上来讲，聚类属于分类。倘若将“类”作为一个变量寻求输入和这个变量之间的关系，那么分类实际上又是回归的一种。因此多种算法都可以同时用于聚类、分类和回归，比如 BP 神经网络、RBF 神经网络、PCR 等。无论是何种问题，都需要一些先验数据作为训练样本完成模型的构建，最终模型的好坏需要通过一些新的数据样本来说明验证。验证的过程就是使用构建的模型对新的样本进行估计，考察估计的结果是否令

人满意, 这些新的样本就是测试样本的选取。测试样本的选取方法也有多种, 如使用新的样本集或多次交叉验证法等, 在气体分析中多采用新样本集进行验证。

## 2.4 气体传感器温度调制及信号处理技术

作为一种化学传感器, 在不同的工作温度下, 气敏材料对不同气体的吸附选择性和灵敏度不同。金属氧化物半导体气体传感器的气敏特性受器件温度的影响和控制, 在不同工作温度范围内对不同气体的响应有所不同。因此, 可将半导体气体传感器调制在不同的温度模式下, 测试传感器在给定温度模式下对不辰气体的动态响应信号, 结合信号处理技术, 提取传感器对不同气体成分的响应特征, 用于气体的识别、量化和分类。

## 2.5 温度调制模式

调查发现, 最早关于温度调制方面的文献资料源于美国专利, 1975年 H.D.LeVine<sup>[28]</sup>申请了用于 CO 检测的气体传感器温度调制技术方面的专利, 即控制传感器低温检测、高温清洗的检测方法, 该技术现已经被 Figaro 公司的 CO 传感器采用;紧接着在 1975年 Eicker 申请了一个将传感器控制在高低两个温度点而识别甲烷干扰下的一氧化碳气体检测系统的专利保护; 1980年 Owen 等<sup>[29]</sup>提出了 3 个温度点的控制系统用于检测一氧化碳:之后方波、锯齿波、三角波等相继被用于传感器的控制, 试图识别不同种类的气体<sup>[30]</sup>。气体传感器对温度依赖的一个重要现象为传感器在升温 and 降温时的滞回现象。Clifford<sup>[31]</sup>是传感器动态响应的较早研究者之一, 它研究了独立温度阶跃激励下的传感器在不同氧分压下的动态响应特性, 并指出当传感器温度变化的足够慢时, 迟滞效应会减弱至最低, 他使用了半导体势垒理论来解释传感器的温度效应。Clifford 总结指出, 提高气体检测系统的选择性, 可以使用工作在不同工作温度下的传感器组成阵列, 也可以使用一个依次工作在不同温度下的传感器来实现。这构成了现在气体检测领域内的两个主要研究方向。

温度调制的一个最简单方式就是控制传感器的加热电压时通时断, 1992年, Y.Hiranaka<sup>[32]</sup>将 Figaro 气体传感器控制在脉冲加热电压下, 传感器首先在 SV 加热电压下预热, 当响应稳定时, 断开加热电压, 监测传感器的响应信号, 再开启 SV 加热电压, 依次周期性控制, 脉冲电压的周期为 60s。Amatomo 等<sup>[33]</sup>每秒钟给传感器施加一个持续时间为 8ms, 电压为 7.5V 的加热脉冲, 得到的暂态响应用于定性识别 CO, 乙醇和氢气。这些都是两个温度点之间的阶跃, 但是 Sears<sup>[35]</sup>等认为全量程周期性 (cyclic temperature) 加热电压在传感器的温度调制方面更具有优越性和发展前景。所谓全量程周期性加热电压, 是指控制传感器遍历从室温到传感器容许最高工作温度范围内的所有温度点。原因有三: 1) 由于不同气体对温度

的依赖特性不同,周期性温度调制总能控制传感器针对不同气体给出典型曲线;2)低温时传感器对气体的不完全响应有累积效应,高温则具有清洗作用;3)在这个温度范围内,对应某种气体总有一个最高灵敏度工作温度点,因而可以提高传感器的灵敏度。但是,当传感器遍历所有温度点时,传感器电阻本身受温度的影响极为显著,很多情况下需要调整匹配电阻才能准确测量到传感器电阻的变化,给测试带来困难。因此比较合适的方法还是在一定偏压和幅值下的温度调制技术,而“遍历”一定范围内的温度点的思想仍然得到了延续。迄今为止,应用和研究最多的温度调制模式是正弦波,因为在正弦加热电压控制下,传感器的温度变化能够更好的跟踪加热电压的变化,并且能够遍历各个温度点。

由于烧结型传感器以及厚膜传感器的加工工艺比较成熟,产品已经进入或即将进入市场,产品的可靠性和灵敏度有一定保证,因而它们也成为温度调制技术的主要研究对象,如 Figaro 公司的 TGS813, TGS2611 等型号传感器。S.Nakata 等自 1996 年开始针对 Figaro 气体传感器进行了一系列温度调制方面的研究<sup>[36]</sup>,考察了 CO 在不同功耗加热下的 SnO<sub>2</sub> 气体传感器表面有节律性的化学反应过程<sup>[37]</sup>,使用每秒钟高温 16ms 的加热脉冲调制传感器并观察到传感器输出信号在加热和降温过程中的迟滞现象,最终确定了正弦温度调制模式,频率  $f$  为 20-40mHz 之间,电压为  $V=3.5+1.5\cos(2\pi ft)$ ,考察了该模式下传感器对高浓度(1000-10000ppm)一氧化碳、丙烷、氨气和丙烯等气体的响应厚膜气体传感器较烧结型陶瓷传感器尺寸小,响应时间也较快,对气体的响应特征又与烧结型类似,因此在该领域内的温度调制技术研究也较多。N.Barsan, A.Fort, E.Llobet 等分别考察了厚膜气体传感器在正弦温度调制模式下的响应特征,频率都为 50mHz,温度调制范围一般低温 2000°C 至高温 4000°C 左右。XingJiuHuang 等考察了凝胶溶胶法研制的厚膜传感器在 20, 25, 30, 50mHz 几个频率以及 20-1000°C, 100-1500°C, 150-2000°C, 200-2500°C 和 250-3000°C 几个温度范围调制下的矩形波的响应信号,以及 20mHz 频率下的几个波形(三角波、正弦波、锯齿波等)的调制效应,定性分析了各个波形的响应,并指出对所使用的传感器检测 O.Sppm 丙酮较好的温度调制模式为 20mHz, 250-3000°C 的矩形波。于鹏等采用高低温加热控制下的 4 个传感器组成阵列用于白酒的识别;张正勇等考察了矩形波加热下的几种气体响应情况。

微热板式薄膜气体传感器由于具有尺寸小、温度响应速度快的优点,能够快速跟踪加热电压的变化,在温度调制方面应更具有优越性。NLST 在研制成功微热板式气体传感器之后,1995 年发表了温度调制模式控制下的传感器响应,考察了以锯齿波为包络的脉冲电压调制模式,高温加热 100ms 后降低至室温,隔 5-200ms 的时间然后采样传感器的电阻值,测试了传感器在丙酮、甲醛、乙醇和甲醇的饱和蒸汽中的响应。

## 2.6 信号处理方法

温度调制扩展了气体传感器在时间上的响应信号，因此其信号处理方法主要包括了与时间频率信号处理有关的快速傅立叶变换(FFT)以及离散小波变换(DWT)方法，通过 FFT 或 DWT，提取与气体有关的特征信号，再结合阵列信号处理方法对气体模式进行识别和量化。S.Nakata 考察了 FFT 变换后得到的 2 阶谐振信号的实部和虚部随 1000ppm-10000ppm 一氧化碳、丙烷、氨气和丙烯气体浓度的变化，并且将 4 个传感器控制在正弦加热模式下，提取每个传感器的 2 阶谐振信号实部和虚部组成阵列来识别 4 种气体。由于该二阶信号比较微弱，他们又提出了使用 2 倍频的电压信号对正弦加热电压调制后的信号进行叠加增强二阶谐振信号，提高信号的幅度<sup>[38]</sup>，及将考虑的谐频信号增加到 3 阶谐振，提高气体识别的准确率。N.BITSiri 在 1995 年报导了气敏材料受器件温度的影响，并在 1997 年报导了在正弦温度调制(2000°C-4200°C)，频率为 50mHz 模式下，传感器的电阻值经过傅立叶变换，然后提取特征值结合神经网络技术实现了对 CO 和 NO<sub>2</sub> 的识别和量化。E.Llobet 等使用 FFT 以及 DWT 提取频率信号，结合 PCA 以及神经网络技术对 CO 和 NO<sub>2</sub> 气体响应进行了识别，神经网络的输出为对气体模式的 01 编码。之后提出了小波变换与 Fuzzy ARTMAP 相结合的信号处理方法，使用正弦信号或者多个正弦信号叠加后的信号加热，通过小波变换提取典型频率特征，然后使用 Fuzzy ARTMAP 分类器对气体进行分类，确定出几种频率的正弦信号叠加调制传感器的识别率中，哪几种频率的叠加最好。

Clifford 引入了半导体势垒模型来分析传感器受温度的影响<sup>[39]</sup>，S.Nakata 在该模型的基础上添加了传感器表面的化学反应机制，并讨论了 CO, O<sub>2</sub> 等在材料表面的化学吸附和反应机理，对传感器的迟滞现象进行了定性的解释。R.Ionescu 在该模型的基础上进行了扩展，采用优化的方法，模拟了正弦温度调制模式下的传感器响应，与实际结果吻合较好。T.Kunt 在 NIST 微热板式薄膜气体传感器的温度调制基础上，纯粹从信号处理的角度出发，设计了温度调制下的传感器响应函数，并在该函数的基础上，通过比较模型在一定调制模式下对甲醇和乙醇的响应曲线的差值，以两曲线之间差值的最小均方根最大为目标，求解用于区别该两种气体的最佳温度调制模式，但是从实验结果来看，该方法效果不是很好。

## 2.7 存在的问题

从基于统计的模式识别方法到人工神经网络技术，各种多维信号处理方法在气体传感器阵列的信号处理中都有尝试和应用，其中一个主要的应用是气味的识别。对于多成分气体的识别和量化技术，目前较成功的方法是将各个浓度的气体设定为一种模式，根据气体传感器阵列的响应特征对

各种模式进行识别，要识别的模式数目依赖于量化的精确程度。精确程度越高，浓度划分越细致，模式的数目就越多，导致训练神经网络的时间增长，计算量增多，所需测量的训练数据增多，给实际测量带来不便。有效解决该问题的方法就是建立混合气体响应的回归模型。作为一种化学传感器，气体传感器的响应受到环境中温度、湿度以及各种气体的影响，诸多干扰因素给气体传感器回归模型的建立增加了很多困难。

温度调制模式对传感器选择性的改善程度起着决定性的作用，温度调制模式主要由调制波形、调制频率、调制温度的幅度以及偏移量等几个参数决定，而迄今为止，气体传感器的温度调制模式的选择仍处于试错研究阶段，依据经验根据实际情况考察适用的温度调制模式，其中正弦温度调制模式使用最多。目前对温度调制模式的研究给出了一些有意义的结果，但大部分都还局限于定性分析，定量分析以及温度调制方面的规律性的结论尚未形成。

## **2.8 本章小结**

本章主要分析在一氧化碳传感器中所采用的信号处理技术，对气体传感器对信号的预处理、模式分类、识别、量化和处理方法做了详细的阐述和分析，同时对这种处理技术在实际中存在的问题做了记录并分析其原因，对它的局限性也做了分析。



## 第 3 章 一氧化碳报警器的设计

设计一氧化碳报警器，需要根据其应用的场所确定设计要求，选择合适的一氧化碳传感器，确定设计方案。我们设计的一氧化碳报警器主要应用家庭中，因此选用 MOTOROLA MGS1100 一氧化碳传感器进行报警器的设计，下面我们对该传感器的原理及设计进行简单介绍。

### 3.1 器件的结构原理

MOTOROLA 一氧化碳(CO) 传感器MGS1100 是一种新型的专门用于家庭的CO气体检测器。

其结构特点是采用微电子工艺,在微型硅桥结构中嵌入的加热器上制作一层  $\text{SnO}_2$  薄膜。这种结构不仅使  $\text{SnO}_2$  薄膜对 CO 气体在很宽的温度范围内都具有敏感性,且由于硅膜减少了热传导的损失,从而大大降低了功耗,其结构如图 3-1 所示。

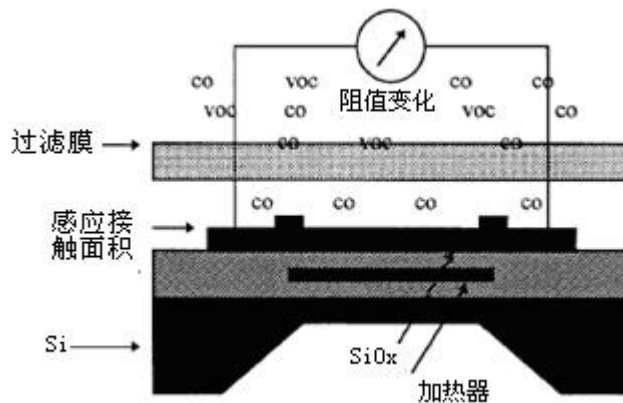


图 3-1 MGS 传感器横截面图

该传感器共有 4 个管脚,两个为加热端(管脚 1 和 3,脚 3 接地),两个为传感器输出端(管脚 2 和 4),等效电路如图 3-2 所示。

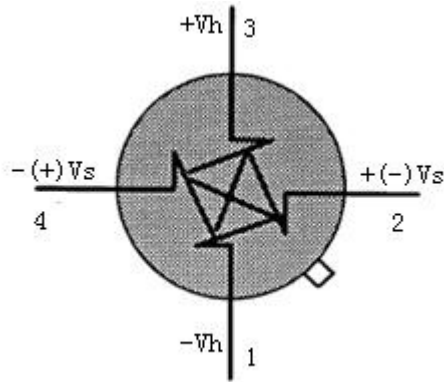


图 3-2 MGS 1100 等效电路和引脚图

为使传感器对 CO 的敏感特性处于最佳状态，必须保证 SnO<sub>2</sub> 层达到预定的最佳温度。通常加热器及 SnO<sub>2</sub> 层的温度与加热电压  $V_H$ 、加热电流  $I_M$  有关。在 CO 气体中,SnO<sub>2</sub> 层电阻会随 CO 浓度的增大而减小。

### 3.2 器件的工作模式

CO 传感器实际应用时，通常采用连续工作模式，此时用周期性脉冲电压对电阻加热,具体波形参见图 3-3, $V_{hH} = 5V$ ,持续 5 秒, $V_{hL} = 1V$ ,持续 10 秒。由于加热器的电压为周期性电压，故敏感器的温度呈现出周期性地变化,参见图 3-4。其中在大约 400°C 的高温时，对传感器的敏感部位进行清洁(维持 300ms),在小于 100 °C 的低温时检测 CO。

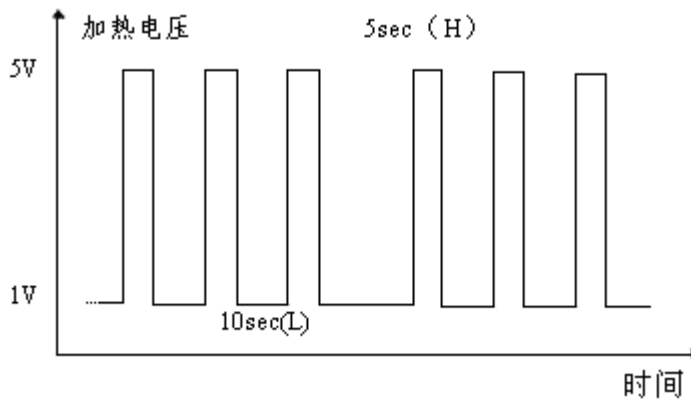


图3-3 加热电压波形图

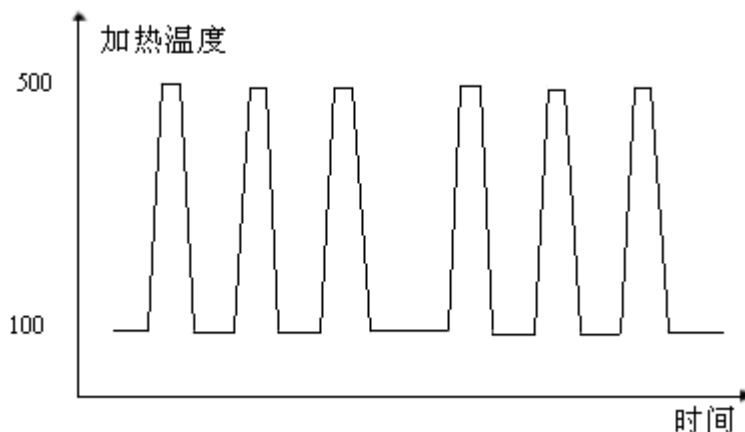


图 3-4 加热温度变化图

在不同的温度下,传感器的传感电阻  $R_s$  的阻值也不同, $R_s$  的低值对应高温状态, $R_s$  的高值对应低温状态。在低温段的最后时刻,测量对应于 CO 浓度的  $R_s$  阻值。若要得到重复性较好的 CO 浓度测量,应在低温段的适当时刻对  $R_s$  进行测量。实验表明,如果低温段时间为 10s,在 9.5s 的时刻测量  $R_s$  值最适合。

### 3.3 一氧化碳报警器的设计

设计的CO报警器采用MOTOROLA半导体公司的CO传感器MGS1100作为敏感元件。MGS1100是MOTOROLA应用全微电子工艺制成的半导体CO传感器,具有对CO气体响应的选择性好、灵敏度高、稳定性强等特点;报警器控制部分采用MOTOROLA MC68HC705P9单片机,通过它的A/D口对温度传感器和MGS1100进行环境温度及CO浓度实时检测的数据采集,然后进行相关数据处理,其中包括传感器CO灵敏特性非线性的处理、CO浓度的温度特性的校正。(由于在探测60ppm以上的CO浓度时,环境湿度的变化对CO传感器特性的影响较小,故忽略对传感器MGS1100的湿度修正)。经过一定的算法处理修正后,最后通过判断作出相应的数据显示和报警输出。

作为一种家用CO报警器,它主要是测量环境CO的浓度,判断该浓度CO对人体的危害性,从而作出相应的报警输出。报警输出分别采用光报警和声报警。其功能要求根据有关标准设定如表3-1所示。

表 3-1 CO报警器的设定

CO 浓度	报警方法
$X < 60\text{ppm}$	不报警,亮绿灯
$60\text{ppm} < X < 100\text{ppm}$	60分钟后报警,亮红灯,蜂鸣
$100\text{ppm} < X < 200\text{ppm}$	30分钟后报警,亮红灯,蜂鸣

200ppm < X < 400ppm	10分钟后报警，亮红灯，蜂鸣
X > 400ppm	立即报警，亮红灯，蜂鸣

### 3.4 电路原理

一氧化碳报警器电路原理如图3-5所示。

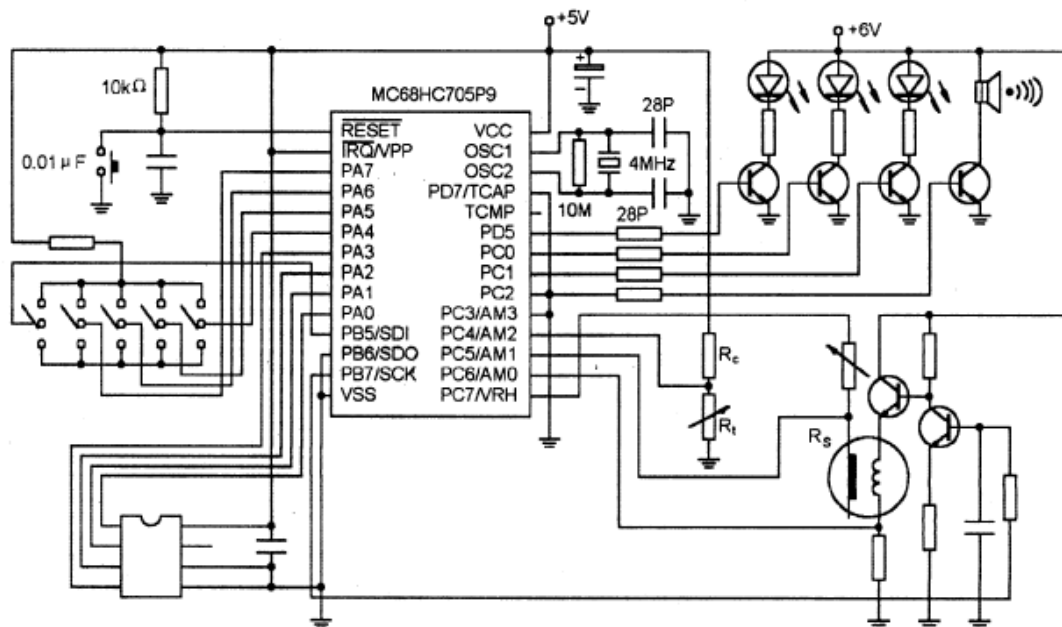


图 3-5 一氧化碳报警器电路图

电路的核心部件为MOTOROLA MCU的MC68HC705P9作为核心控制元件。传感器MGS1100的工作需要周期为15s(5s的电压为5V,10s的电压为1V) 的方波驱动。在MCU的控制下，很容易利用DAC0832来产生所需方波，但其成本高，故可利用图3-6所示电路来产生所需的方波信号。

调试结果证明，符合器件工作状态的要求。该电路同样适用于其他公司生产的CO传感器，仅仅工作周期、驱动电流大小不同，需要加以调整即可。

本系统所需的直流电源，通过7806、7805稳压后,提供+ 6V 和+ 5V的工作电压。其中+ 5V电压主要提供单片机、温度传感器、CO传感器等部分的电源。而+ 6V电压主要用来提供给报警电路和CO传感器的加热元件部分的电源。环境的CO浓度检测和温度检测的数据采集，分别通过MC68HC705P9的有关的A/D口来进行。

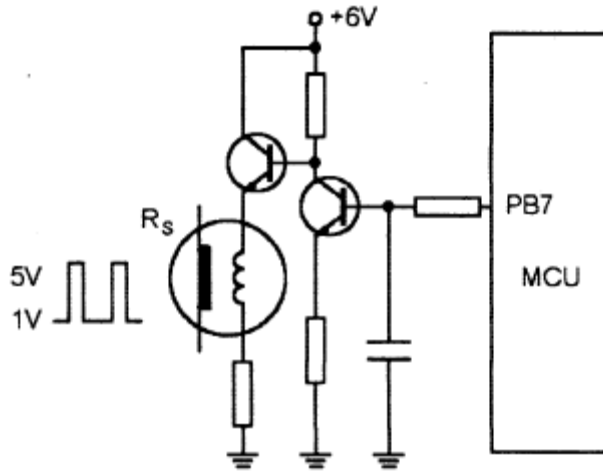


图 3-6 方波产生电路

### 3.5 控制过程

一氧化碳报警器的控制过程如图3-7所示。

其主要功能是：通过控制PA5 的输出电平，使方波产生电路产生方波，去驱动传感器MGS1100的加热元件。通常设定在1V的915s时刻对MGS1100的CO浓度传感器进行采样，同时对温度传感器采样，采集当时环境的温度值，实时进行传感器温度校正。由于环境湿度的对CO传感器影响相对较小，故忽略，不进行湿度校正。对于温度的测量，由于使用单片机进行数据处理，对于传感器的非线性输出，可使用查表法得出最终结果。它具有程序简单、执行速度快等优点。

通常传感器MGS1100不但受环境温度的影响，而且在一定温度下，它的灵敏度输出特性也是非线性的。故对MGS1100进行采集的数据要进行两步处理。

#### 3.5.1 对于温度变化的特性处理(假设CO的浓度为60ppm)。

在温度T下，传感器的输出电阻 $R_s$ 为： $R_s(X, T) = \alpha \cdot R_s(X, 25)$ ，即 $R_s(X, 25) = R_s(X, T) / \alpha$ ，其中 $R_s(X, 25)$ 为在一定CO浓度下(Xppm)和25°C室温的环境下的传感器的输出电阻； $\alpha$ 为温度系数，根据MOTOROLA半导体提供的测定数据，如表3-2所示。

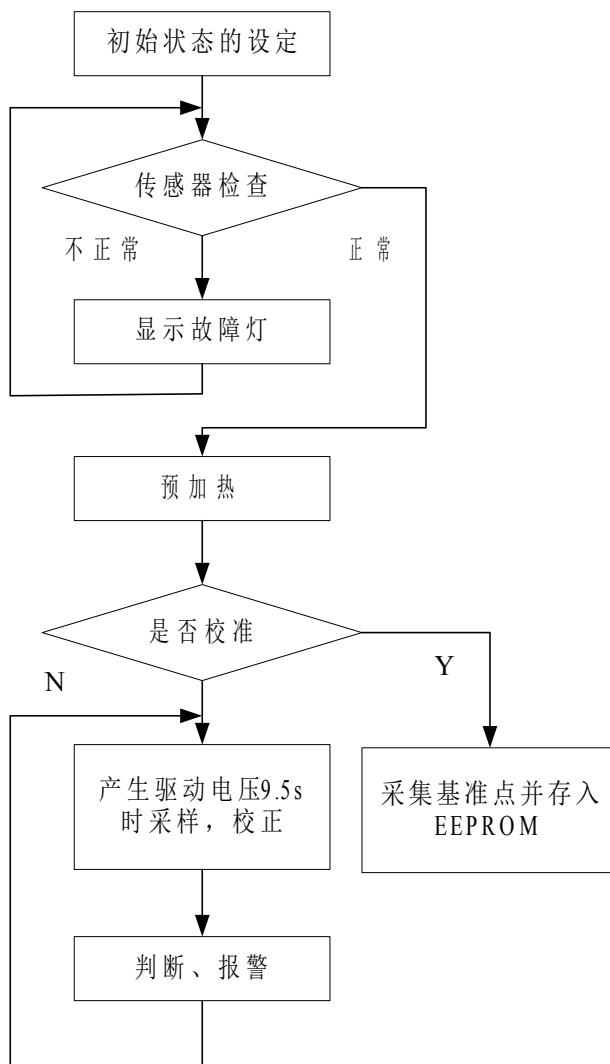


图3-7 CO报警器的控制过程

表 3-2 CO传感器的温度系数

温度	$\alpha$ 值
0 °C~5 °C	2.5
5 °C~15 °C	1.5
15 °C~35 °C	1
35 °C~50 °C	0.75

### 3.5.2 CO 线性浓度分析。

传感器MGS1100的灵敏度输出曲线可分为:60ppm以下、60ppm-100ppm、100-200ppm、200-400ppm、400ppm以上5段, 经分析, 每一段可

作为直线处理近似。

只要预先记录60ppm、100ppm、200ppm、400ppm在25°C下的传感器输出电阻值，由经过温度校正的电阻值 $R_s(X, 25^\circ\text{C})$ 即可判断出实际CO浓度值X的所属范围。根据表3-2 的报警功能设定，由MCU作出相应的报警处理。

### 3.6 调试和结果

采用如图3-5所示电路实现的CO报警器，由于MOTOROLA MGS1100传感器具有的低功耗、稳定性好、灵敏度高的特点。加之采用MC68HC705P9 单片机，其A/D变换电路置于片内，故产品的整体设计，体积小、功耗低、外围电路简单。调试结果证明，其性能稳定，重复性好，抗干扰能力强，特别是系统采用的带参数实时校正方式，对降低电路CO 检测误差，提高CO报警的准确率，克服传感器参数离散性的影响，具有决定的意义。本系统虽然忽略湿度对测量的影响，但由于实际中，特别是在低CO浓度的测量中，MGS1100受湿度的影响还是不能忽略的。由此一种带有湿度、温度同步修正，同时显示的新型智能CO报警器，正在积极的研制之中。

### 3.7 本章小结

本章主要介绍了家庭中应用的一氧化碳报警器，并对设计报警器的MOTOROLA MGS1100 一氧化碳传感器，进行传感器的原理及设计进行简单介绍和分析，另外还对调试和结果做了阐述。

## 结论

本文从CO传感器的原理出发，分析了不同工作方式的CO传感器的原理，信号处理方法，并针对家庭生活中CO气体的监测，确定采用温度调制模式方法，采用MOTOROLA公司生产的MGS1100 CO传感器，根据不同的CO气体浓度采用不同的报警方式，设计报警电路，经过调试和实验，结果表明可以在实际生活中使用。



## 致谢

首先要感谢王瑞导师的精心指导和答疑解惑，正因为如此，虽然我在论文的写作过程当中遇到了许多的困难，但是在导师的帮助下，我完成了这篇论文的写作并且从导师那里学到很多课本上学不到的知识，这也是我在大学生活的最后一段时光里最宝贵的收获。

## 参考文献

- 1 何道清.传感器与传感器技术[M].北京:科学出版社,2003,377-396.
- 2 陈艾.敏感材料与传感器[M].北京:化学工业出版社,2004,177-212.
- 3 王雪文,张志勇.传感器原理及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003,207-244.
- 4 任红军. $\text{Au}_2\text{SnO}_2$ 高温CO气敏元件的研制[J].郑州轻工业学院学报,1999,14(3):17-19.
- 5 Wurzinger O, Reinhardt G, CO sensing properties of doped  $\text{SnO}_2$  sensors in  $\text{H}_2$  rich gases[J], Sensors and Actuators B, 2004, 103:104-110.
- 6 罗敏,李辉. Pt/ PolyCuTAPc/ Nafion修饰电极及其应用的研究[J].华东师范大学学, 2000:74-78
- 7 陈长伦,何建波,刘锦淮.新型电化学CO气体传感器的研制[J].传感器技术,2004,23(5):32-35.
- 8 刘瑾,王玉田,杨海马.新型光纤CO气体传感器的研究[J].光电子.激光,2004,15(4):428-431.
- 9 司士辉.汤平,汤小胜等.基于钡盐/纳米 $\text{SiO}_2$ 复合膜光学型CO传感器的研究[J].河南化工,2003,(11):12-14.
- 10 Liobet E, Brezmes J, Vilanova K, et al. compounds using transient and steady state response Sensors and Actuators B,1997(41):13-21. Qualitative analysis of volatile organic of a thick film tin oxide gas sensor array.
- 11 Romain A C, Nicolas J, Wiertz V et al. Use of a simple tin oxide array to identify five malodors collected in the field. Sensors and Actuators B,2000(62):73-79.
- 12 Nakamoto T, Okazaki N, Mornzumi T. High speed active gas/odor sensing system using adaptive control theory. Sensor sand Actuators B,1997(41):183-188.
- 13 Wilson D M, De Wceerth S P. Signal processing for improving gas sensor respon Sensors and Actuators B,1997(41):63-70.
- 14 Ryabtsev S V, Shaposhoink A V, Lukin A N et al. Application of semiconductor gas sensors for medical diagnostics. Sensors and Actuators B,1999(59):26-29.
- 15 Hong H K, Shin H W, Yun D H et al. Electronic nose system with micro gas sensor array. Sensors and Actuators B,1996(36):338-341.
- 16 16Hauptmann P, Borngraeber R, Schroeder J et al. Artificial electronic tongue in comparison to the electronic nose state of the art and trends. 2000 IEEE/EIA International Frequency Control Symposium and Exhibition,2000:22-29.
- 17 Pardo M, Faglia G, Sberveglieri G et al. Electronic nose for coffee quality

- control Instrumentation and Measurement Technology Conference,2001(1):123-127.
- 18 Yea B, Osaki T, Sugahara K et al. The concentration estimation of inflammable gases with a semiconductor gas sensor utilizing neural networks and fuzzy inference. *Sensors and Actuators B*,1997(41):121—129.
  - 19 leiping Yan, Chengfen Diao, et al. The study of gas sensor array signal processing with improved BP algorithm. *Sensors and Actuators B*,2000(66):283-285.
  - 20 魏广芬, 唐祯安, 余隽.基于主成分分析和BP神经网络的气体识别方法的研究. *传感技术学报*, 2001, 14 (4):292-297.
  - 21 Brian Merritt. I C interfacing of the MSP430 to a 24xx series EEPROM.U.S.A: Texas Instruments Incorporated,2000(12):S-7.
  - 22 杨振江, 孙占彪, 王曙梅, 布线涛.智能仪器与数据采集系统中的新器件及应用.西安:西安电子科技大学出版社, 2001:124-138.
  - 23 余永权.ATMEL89系列单片机应用技术.北京:北京航空航天大学出版社, 2002:218-224.
  - 24 李富荣, 曲建岭, 王磊.基于人工智能的温湿度补偿方法在气体测量中的应用. *测控技术*, 2003, 22 (11):25-27.
  - 25 魏小龙.MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例.北京:北京航空航天大学出版社, 2002:307-396.
  - 26 S. Bose, S. Chakraborty, B.K. Ghosh,etc. Methane sensitivity of Fe-doped SnO<sub>2</sub> thick films[J]. *Sensors and Actuators B*, 2005,105(2): 346—350.
  - 27 M. Benounis , N. Jaffrezic-Renault, J.-P. Dutast, etc. Study of a new evanescent wave optical fibre sensor for methane detection based on cryptophane molecules[J]. *Sensors and Actuators B* ,2005,107: 32—39.
  - 28 Lee Y J, Kim H B. Development of a SAW gas sensor for monitoring SO<sub>2</sub> gas[J]. *Sensor and Actuator A*,1998,64(2):173-178.
  - 29 王书涛,车仁生,田庆国.一种高灵敏度光声光纤SO<sub>2</sub>气体传感器的研究[J]. *计量学报*,2004,25(3):278-280.
  - 30 刘传桂,邵晶. 半固态控制电位电解型SO<sub>2</sub>气体传感器的研究[J]. *传感技术学报*, 2002,(4):377-381.
  - 31 于春波,王玉江,华凯峰等. 改性Nafion膜在全固态二氧化硫气体传感器中的应用[J]. *分析化学*, 2002,30(4):397-400.
  - 32 邵晶,刘传桂. 全固态SO<sub>2</sub>气体传感器的研制[J]. *甘肃工业大学学报*, 2002,28 (1):125-128.
  - 33 刘传桂, 邵晶, 张晓霞等. 全固态控制电位电解型SO<sub>2</sub>气体传感器的研制[J]. *传感技术学报*, 2003,(3):363-366.
  - 34 韩元山,王常珍,田彦文等.LaF<sub>3</sub> 固体电解质气敏元件对SO<sub>2</sub> 敏感性的研究[J]. *传感技术学报*,2004,(2):269-272.
  - 35 周明,田彦文,王常珍.常温下SO<sub>2</sub>气体传感器的研究[J]. *材料与冶金学*

- 报, 2004, (3):193-195
- 36 汤兆胜,孙玉琴,范正修.V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 薄膜用作SO<sub>2</sub> 气敏传感器[J].功能材料, 2002,(1):52-54.
  - 37 刘立华,李景升,龚竹青.压电石英传感器测定空气中氮氧化物[J].环境科学研究, 2002, 15(6):49-51
  - 38 夏晓东,刘艳丽,蒋健晖.由白钨酸制备WO<sub>3</sub> 纳米颗粒薄膜NO<sub>2</sub> 传感器[J].传感技术学报,2005,18(1):28-31.
  - 39 王涛,蒋亚东,黄春华.空穴注入型CuPc 二氧化氮气体传感器研究[J]. 仪器仪表学报, 2003,24(4)增刊:177-178.

## 附录 A

# Mining Intelligent Infrared Carbon Monoxide Detector

Liu Qi, Ru-Lin Wang

(China University of Mining and Beijing Campus, Beijing 100083)

Abstract: The use of infrared detection of carbon monoxide (CO) concentration, from a centralized SCM system, intelligent control and processing. Dual-source dual-detector optical path for other gases, dust and other impurities to achieve compensation; collection of ambient temperature and pressure, the design algorithm for temperature and pressure compensation; system also designed a variety of interfaces, the realization of the keyboard, display, alarm and upload download functions.

Keywords: coal; carbon monoxide; infrared; dual-light source; Detector  
Key Words: TD711.41 code: B Research on Intelligent Infrared Detector for Carbon Monoxide Used in Mine L IU Zhong2qi, WAN G Ru2lin (Beijing Campus of China U niversity of Mining and Technology, Beijing 100083, China)  
Abstract: Using infrared technology to detect the concentration of carbon monoxide. The system was con2t rolled and processed by single2chip microcomputer intelligently. Double lamp2houses and double detectors was adopted to compensate t he influence of impure gases and dust s. Temperature and pressure of surroundings were compensated by algorit hm, and kinds of interface to f ulfill keyboard, display, alarm and up2down functions weredesigned. Key words: coal mine, carbon monoxide, inf rared, double lamp-houses, detector 0 Introduction Carbon monoxide (CO) sensors in the industrial, environmental monitoring, and daily life, etc. There are a wide range of applications. Real-time, accurately measure the concentration of CO of these

occasions, the production of industrial safety, improve the quality of people's lives is very important. Infrared detection technology currently on the ground of the application in various fields have achieved very good results. Infrared technology will be applied to the detection of mines CO, at home or the first studies in this area. 1 infrared detection principle and the optical detector structure 1.1 pairs of dual-source principles of optical detectors CO belongs to the infrared radiation absorption areas of science degrees. Infrared light through the process of gas, the gas in its energy absorption and its wave number of the. Absorption of gas absorption band formed by a number of absorption lines. Usually in a very narrow absorption band may be hundreds or hundreds of 10 absorption lines, calculated for each absorption line is the sum of the absorption of energy absorption band to the total absorption. Each absorption line parameters are established, but the absorption bands to identify the type of calculation is very difficult, one solution is obtained by the sum of line integral, but the value of the difference between measured values and 5% ~ 10% accuracy is not high, and the calculation of a large amount of inconvenience. Elsasser model commonly used in cycle mode, Goody statistical model and random model El2sasser. With compensation for the use of the optical path to achieve the capacity of gas and dust and other impurities in compensation. CO infrared detector using a dual-source dual-detector optical path compensation, the model shown in Figure 1. Light-emitting diode LED light intensity for the I1, I2, detector sensitivity of R1, R2, the measured ratio of the gas delivery chamber  $\tau_a$  and ratio of the projection  $\tau_0$ .

LED1 issued when the pulsed light, the detector 1 is received directly from the LED1 radiation detector 2 received just after the chamber was absorbed infrared radiation. Detector 1 and detector 2 respectively, the output voltage

$$V_1 = I_1 R_1 \quad (1)$$

$$V_2 = I_1 R_2 \tau_a \tau_0 \quad (2)$$

LED2 issued when the pulsed light, the detector 2 is received directly from the LED2 radiation detector 1 received just after the chamber was absorbed infrared radiation. Detector 1 and detector 2 respectively, the output voltage

$$V_3 = I_2 R_1 \tau_1 \tau_0 \quad (3)$$

$$V_4 = I_2 R_2 \quad (4)$$

Integrated (1) ~ (4)-type are:

$$S = V_2 V_3 / V_1 V_4 = \tau_2 \tau_0 \quad (5)$$

This eliminates the energy of light-emitting diode ( $I_1$ ,  $I_2$ ) and acceptable sensitivity detectors ( $R_1$ ,  $R_2$ ) the impact of instability. The results will be offset to the single-chip processing, to reduce the sources of error and improve the accuracy of the measurement. 1.2 with Infrared compensation structure of dual-source dual-detector Light through media, the media will be the energy absorption, scattering and weakened. Especially when the wavelength of light and medium elements equal frequency, the photon and molecular resonance generated, light energy is strongly absorbed light intensity is almost zero transmission. This is the optical technology to detect the theoretical basis for the gas. LED light source in order to resolve the uncertainty of the energy  $E$ , the sensitivity of the detector acceptance of ever-changing factors such as stability, but also to compensate for the other impurities in the gas, dust and other interference errors, with the compensation function using dual-source dual infrared detectors The structure shown in Figure 2.

Work, light-emitting diodes LED1, LED2 issued infrared light through the reference of their respective chamber, test chamber after the energy is absorbed and reach the corresponding detector 1, detector 2. Detector to detect changes in energy to produce output signal 1, the output signal 2. Output signal through the external circuit of the conversion, amplification, and analog-to-digital conversion, to give single-chip To deal with.

By He-Ne laser stability can be sensitive to the CO of the  $4.65\mu\text{m}$  wavelength of infrared light. Selected filter, the infrared light with a certain

concentration of CO through the gas chamber, its energy is absorbed, and the CO absorption of infrared light energy is directly related to its concentration. Finally accepted by the detector and the size of the energy exploration to determine the CO concentration under test. Band changes in light intensity depends on the concentration of gas volume fraction (L EL) with the gas by the optical path length (m) of the product. Incident light intensity  $I_0$  and the remainder of the relationship between light intensity  $I$  as follows:

$$I = I_0 \exp(-\mu c l) \quad (6)$$

Where:  $\mu$  is the gas absorption coefficient;  $c$  for the test gas concentration;  $l$  for the optical path length. (6) type simplified into:

$$c = A / \mu l \quad (7)$$

Where:  $A$  for absorbance,  $A = \ln(I/I_0)$ .

As long as the measured absorbance  $A$ , we can use (7) calculation of the CO concentration.

2 Detection of the structural model of the system, software and hardware design 2.1 System Model Infrared CO detector will test the concentration of gas mixture of CO concentration into voltage signal, the signal voltage amplifier following amplification, the linear compensation circuit to the linear compensation module - digital conversion circuit, and finally sent to a single systems for data collection and processing, the results of the calculation will show that the concentration, according to measured values at different concentrations to determine the appropriate and exception handling. The calculation results through the D / A converter, the host computer communication interface can be uploaded or downloaded. System block diagram shown in figure 3.

### (1) Zoom Filter

From the previous level (infrared detector) output is very weak level of mV voltage signal, the need for amplification in order to follow-up after work. When the CO concentration higher amplifier output voltage to follow the signal is high,



the existence of Beer's law deviations, so the design of the high concentration of signal compensation circuit.

(2) mold - digital converter (A / D)

Into the single-chip signal processing before analog signals need to be converted to digital signals. The use of voltage - frequency (V / F) conversion, into the computer system for data analysis. Here is the conversion detectors, ambient temperature and pressure signal through the pulse switch MCU read cycle of this three kinds of signals.

(3) computer system MCU

By 8051, peripherals, display, keyboard, alarm and so on. Open the power switch, you can automatically measure a row. Set the system clock pulse to the constant cycle of reading of detection to A / D conversion data.

(4) keyboard, monitor, alarm interface with MCU

Keyboard, display and interface MCU chip programmable interface chip 8279. 8279 chip with a dynamic keyboard scanning and display output. Through the button to choose the work to determine the status of MCU. By scanning the keyboard scan lines SL0 ~ SL3 decoding by the decoder 74LS138 derived from eight key scan lines, RL0 ~ RL3, together with the formation of a 32-key array.

(5)the results of processing

Automatically determine and deal with the measured values of CO concentration. If in the normal range, the system does not move; if more than the standard, it exceeds the standard in accordance with the extent to suggest that alarm. Alarm using the sound chip 555 alarm circuit, when the concentration exceeded, the audible alarm 555 chip.

(6) Signal From

The signal in real-time transmission to ground monitoring and control room (PC). In order to communication with the ground monitoring and control room, designed with the PC interface and line of communication. Can be measured in advance of the data through the laying of underground communication lines

directly upload it to the ground monitoring and control room, the realization of an integrated scheduling. Can also be measured by the data downloaded to the memory by the operator back to the ground processing, filing and so on.

## 2.2 System Software Design

System software design, need to consider how the environment to compensate for temperature and pressure, as well as how to determine the standard value.

### (1) compensation and correction

CO sensor temperature as a result of greater impact, so to compensate for temperature, and then calculating the pressure compensation. Temperature compensation of a linear interpolation method. Stored in the machine in accordance with the standard temperature value of the exact concentration, the temperature will be measured by results, by linear interpolation to determine the temperature value corresponding to the CO concentration. This approach needs to be done using a large number of experiments can be measured by the standard value. At the same time, software design, there is a need to open up a large number of storage units storing data on the concentration of these standards. Compensation for the pressure to standard pressure measured accurately under the CO concentration is converted to the corresponding correction factor, and stored in MCU. In terms of software design, determined by linear interpolation correction factor, and then multiplied by the pressure after the correction factor as the final result.

### (2) to determine the value of the standard concentration

Check the purity of CO gas and air pollution mix match different concentrations of gases into the air in a certain speed and temperature were measured, the data is stored in the standard single-chip microcomputer. Detector applications based on different industries, the concentration of the scope of the corresponding data can be kept to a single chip. System when the first self-test, mainly LCD testing, memory testing, as well as channel detection, to determine

whether the normal LCD display, memory can read and write data to normal, testing A / D converter interface of CO, temperature interface and the pressure interface can transfer data to normal. And then proceed to data collection, came to accept infrared CO sensor after amplification and filtering of the signal. At the same time read the ambient temperature and pressure signals to achieve the temperature and pressure compensation. Single-chip input signals according to the calculation to determine the CO concentration measured and displayed to determine whether the concentration of CO in the safety area, and the implementation of the corresponding normal or exception handling. Upon completion of the requirements to determine whether to continue data collection.

### 3 Conclusion

CO Detector current direction of development of micro-miniaturization, integration, intelligence and versatility of, and work on long-term stability, easy maintenance of sex have become increasingly demanding. In this paper, intelligent mining of CO detectors is in line with the direction of this development. Detection using infrared technology CO, not only to overcome the traditional selective CO Detector poor affected by wind speed, and slow reaction to detect small, easy to pollution poisoning aging, can not effectively carry out the safety of space monitoring of combustible gases, such as the shortcomings, but also in the anaerobic environment, long service life, it will not be too high concentration of combustible gases and lower performance, high sensitivity, fast response. And 0:00, the sensitivity of automatic compensation function, not the regular calibration, the advantages of long life.

In this paper, the realization of the infrared detection of CO intelligent, external hardware through the acquisition of infrared CO sensor circuit signal. Through intelligent single-chip processing, the completion of the corresponding action. Real-time signal with the upload or download can be achieved better mine safety monitoring and scheduling.

References:

- [1] Zhan, such as, Hong-Yong Yuan, Xue-Ming Shu, et al. Infrared dual-band combustible gas detection circuit and improve the realization of [J]. Laser and infrared, 2002, (6).
- [2] 武卫华,何自力. The application of new carbon monoxide sensor research [J]. Mining Express, 2001, (7).
- [3] Bang-Chao Yang, Duan Jianhua. Monoxide sensor applications and progress [J]. Sensor technology, 2001, (12).

## 附录 B

### 矿用智能红外一氧化碳检测仪的研究

刘中奇, 王汝琳

(中国矿业大学北京校区,北京 100083)

摘要:用红外技术检测一氧化碳(CO)浓度,由单片机实现系统的集中智能控制和处理。采用双光源双探测器光路对其它气体、粉尘等杂质实现补偿;采集环境温度和压力,设计算法实现对温度和压力的补偿;系统还设计了各种接口,实现键盘、显示、报警和上传下载等功能。

关键词:煤矿;一氧化碳;红外;双光源;检测仪

中图分类号:TD711.41 文献标识码:B

Research on Intelligent Infrared Detector for Carbon Monoxide Used in Mine

L IU Zhongqi, WAN G Ruolin

(Beijing Campus of China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract:Using infrared technology to detect the concentration of carbon monoxide.The system was controlled and processed by single chip microcomputer intelligently.Double lamp houses and double detectors was adopted to compensate the influence of impure gases and dusts.Temperature and pressure of surroundings were compensated by algorithm,and kinds of interface to fulfill keyboard,display,alarm and up/down functions were designed.

Key words:coal mine,carbon monoxide,infrared,double lamp-houses,detector

引言

一氧化碳(CO)传感器在工业、环境监测和日常生活等方面有广泛的应用市场。实时、准确地测出这些场合 CO 的浓度,对保障工业安全生产、提高人们的生活质量具有十分重要的意义。目前红外检测技术在地面各个领域的应用都取得了很好的效果。将红外技术应用到检测矿井 CO,在国内还是首次进行这方面的研究。

#### 1 红外探测的光路原理和探测器结构

##### 1.1 双光源双探测器的光路原理

CO 的红外吸收属于辐射度学的范畴。红外光经过气体的过程中,气体对它的能量吸收与它的波数有关。吸收气体的吸收带由许多吸收谱线组成。通常在一个很窄的吸收带内可能有数十条或数百条吸收线,计算每条吸收线的吸收能量总和就是吸收带的总吸收能。每条吸收线都有确定的参数,

但要找出谱带吸收的计算式是很难的,解决的方法之一是逐线积分求得总和,但所得值与实测值相差 5%~10%,精度不高,且计算量大、不方便。常用的模型有 Elsasser 周期模式、Goody 统计模式和随机 Elsasser 模式。

采用具有补偿能力的光路实现对杂质气体和粉尘等的补偿。CO 红外检测仪采用了双光源双探测器的补偿光路,其模型如图 1 所示。发光二极管 LED 光强为  $I_1$ 、 $I_2$ ,探测器灵敏度为  $R_1$ 、 $R_2$ ,被测气体的投射比为  $\tau_a$  以及气室的投射比为  $\tau_0$ 。

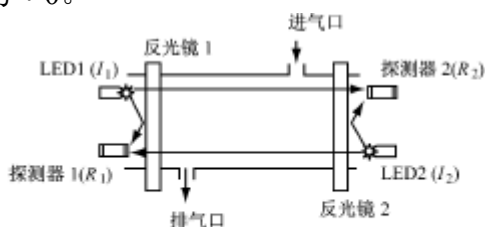


图 1 双光源双探测器光路模型

当 LED1 发出脉冲光时,探测器 1 接受到的是来自 LED1 的直接辐射,探测器 2 接受到的光是经过气室被吸收后的红外辐射。探测器 1 和探测器 2 的输出电压分别为

$$V_1 = I_1 R_1 \quad (1)$$

$$V_2 = I_1 R_2 \tau_a \tau_0 \quad (2)$$

当 LED2 发出脉冲光时,探测器 2 接受到的是来自 LED2 的直接辐射,探测器 1 接受到的光是经过气室被吸收后的红外辐射。探测器 1 和探测器 2 的输出电压分别为

$$V_3 = I_2 R_1 \tau_a \tau_0 \quad (3)$$

$$V_4 = I_2 R_2 \quad (4)$$

综合(1)~(4)式有:

$$S = \frac{V_2 V_3}{V_1 V_4} = \tau_a \tau_0 \quad (5)$$

这样消除了发光二极管能量( $I_1$ 、 $I_2$ )和探测器接受灵敏度( $R_1$ 、 $R_2$ )不稳定的影响。将抵消后的结果送到单片机处理,减少了误差的来源,提高了测量的精度。

## 1.2 带补偿的红外双光源双探测器结构

光经过媒质时,其能量就会被媒质吸收、散射而减弱。特别当光波波长与媒质分子的振动频率相等时,光子与分子产生共振,光能量被强烈地吸收,透射光强几乎为零。这是光学技术探测气体的理论基础。为了解决发光光源能量  $E$  的不稳定性、探测器接受灵敏度的稳定性不停变化等因素,同时也为了补偿其它杂质气体、粉尘等的干扰误差,采用具有补偿功能的红外双光源双探测器,其结构如图 2 所示。

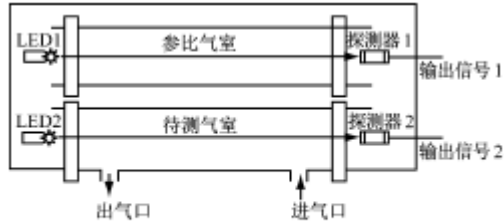


图 2 红外双光源双探测器的结构图

工作时,发光二极管 LED1、LED2 发出红外光,经过各自的参比气室、待测气室后能量被吸收,到达对应的探测器 1、探测器 2。探测器探测到能量的变化,产生输出信号 1、输出信号 2。输出信号经过外围电路的转换、放大以及模数转换后,送单片机进行处理。

由氦氖激光器可以获得稳定的对 CO 敏感的波长为  $4.65 \mu\text{m}$  的红外光。经过选择滤光片后,红外光经过含有一定浓度 CO 的气室后,其能量被吸收,而 CO 吸收红外光能量与其浓度直接相关。最后由探测器接受并探测能量的大小,确定待测 CO 浓度。波段光强的变化量取决于气体体积百分比浓度(L EL)与该气体所经光路长度(m)的乘积。入射光强度  $I_0$  与剩余光强度  $I$  关系如下:

$$I=I_0\exp(-\mu cl) \quad (6)$$

式中:  $\mu$  为气体吸收系数; $c$  为待测气体浓度; $l$  为光路长度。(6)式可简化成:

$$c=A/\mu l \quad (7)$$

式中: $A$  为吸收度, $A=\ln(I/I_0)$ 。

只要测出吸收度  $A$ ,就可以用(7)式计算出 CO 的浓度。

## 2 系统检测结构模型、软硬件设计

### 2.1 系统结构模型

红外 CO 浓度检测仪将待测混合气体中的 CO 浓度转换成电压信号,该信号经电压跟随放大电路放大、线性补偿电路线性补偿后送至模-数转换电路,最后送至单片机系统进行数据的采集与处理,计算后将显示浓度结果,根据测得的不同浓度值做出相应的判断和异常处理。计算结果通过 D/A 转换后,可由上位机通信接口上传或下载。系统结构框图如图 3 所示。

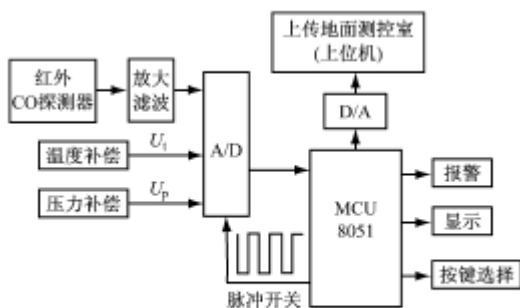


图3 红外CO检测控制模型结构及功能框图

### (1)放大滤波

由前一级(红外探测器)输出的是很弱的毫伏级电压信号,需要进行放大处理后才能进行后续的工作。当CO浓度较高,电压跟随放大电路输出的信号较大时,存在Beer定律偏差,因此设计了对高浓度信号进行补偿的电路。

### (2)模-数转换(A/D)

在信号进入单片机处理以前,需要将模拟信号转换为数字信号。采用电压-频率(V/F)转换,送入计算机系统进行分析。这里主要是转换探测器、环境温度和压力信号,它通过MCU的脉冲开关循环读入这3种信号。

### (3)计算机MCU系统

主要由8051单片机、外围的显示、键盘、报警等组成。打开电源开关,就可以连续自动地进行测量。设置系统时钟不断发出检测脉冲来循环读入A/D转换的数据。

### (4)键盘、显示器、报警器与MCU的接口

键盘、显示器与MCU的接口芯片采用8279可编程接口芯片。8279芯片具有键盘扫描与输出动态显示功能。通过按键选择确定MCU的工作状态。其键盘扫描用扫描线SL0~SL3经74LS138译码器译码后得出的8根键扫描线,与RL0~RL3一起组成一个32键的阵列。

### (5)结果处理

系统自动判断并处理测得的CO浓度数值。若在正常范围内,系统不动作;若超过标准,则根据超过标准的程度,进行提示、报警。报警采用555芯片的声音报警电路,当浓度超标时,555芯片发声报警。

### (6)信号上传

得到的信号实时地传输给地面的测控室(上位机)。为了与地面测控室通信,设计与上位机通信的接口和线路。可将测得的数据通过井下事先敷设的通信线直接上传到地面测控室,实现综合调度。也可将测得的数据下载到存储器中,由操作人员带回地面分析处理、存档等。

## 2.2 系统的软件设计

对系统软件设计,需要考虑如何对环境的温度和压力进行补偿,以及标准值如何确定。



### (1) 补偿和修正

由于 CO 传感器受温度影响较大,因此先对温度进行补偿,再计算压力补偿。对温度的补偿采用了线性插值的方法。根据存贮在机内标准温度下的准确浓度值,将测得的温度结果,按线性插值法确定对应温度值下的 CO 浓度。使用这种方法需要做大量的实验才能测得标准值。同时,在软件设计时,需要开辟大量的存贮单元存贮这些标准浓度数据。对压力的补偿,把测得标准压力下的准确 CO 浓度,转换为相应的修正系数,并存贮在单片机中。在软件设计中,按线性插值法确定修正系数,然后将压力乘上修正系数后作为最终的结果。

### (2) 标准浓度值的确定

取纯净的 CO 气体和净化空气混合,配成不同浓度的气体,在一定进气流速及温度下分别进行测量,得到的数据就是存贮在单片机内的标准值。根据检测仪应用行业的不同,将相应浓度范围的数据存到单片机即可。系统工作时首先需要自检,主要是 LCD 检测、存贮器检测以及通道检测,判断 LCD 能否正常显示、存贮器能否正常读写数据,检测 A/D 转换器的 CO 接口、温度接口和压力接口能否正常传输数据。然后进行数据采集,接受红外 CO 传感器传来的经过放大和滤波后的信号。同时读入环境温度和压力信号实现温度和压力补偿。单片机根据输入的信号进行计算,确定所测 CO 浓度并显示,判断 CO 浓度是否在安全范围内,并执行相应的正常或异常处理。完成后,判断是否要求继续进行数据采集。

## 3 结语

目前 CO 检测仪的发展方向是微小化、集成化、智能化和多功能化,并且对长期工作稳定性、易维修性方面要求越来越高。本文研究的智能化矿用 CO 检测仪正是符合了这个发展方向。采用红外技术检测 CO,不仅克服了传统 CO 检测仪选择性差、受风速影响大、反应速度慢、探测范围小、容易污染中毒老化、不能有效地进行大空间可燃气体的安全监控等缺点,还可在无氧环境中工作,使用寿命长,也不会因可燃气体浓度过高而降低性能,探测灵敏度高、响应速度快。并有零点、灵敏度自动补偿功能、不用定期校准、使用寿命长等优点。

本文实现了红外对 CO 检测的智能化,它通过外围的硬件电路采集红外 CO 传感器的信号。通过单片机的智能化处理,完成相应的动作。具有实时信号的上传或下载功能,可较好地实现矿井的安全监控和调度。

参考文献:

- [1] 詹福如,袁宏永,疏学明,等.红外双波段可燃气体探测电路的实现和改进[J].激光与红外,2002,(6).
- [2] 武卫华,何自力.新型一氧化碳传感器的应用研究[J].矿业快报,2001,(7).
- [3] 杨邦朝,段建华.一氧化碳传感器的应用与进展[J].传感器技术,2001,(12).