

# 自动检测课程设计报告--湿度 传感器及应用

# 课程设计报告

## 湿度传感器及应用

## 摘要

在现代社会信息科技的不断迅速发展，计算机技术、网络技术和传感器技术的高速更新，使得湿度的测量正朝着自动化、智能化、网络化发展。随着 2011 年物联网作为新兴产业列入国家发展战略，传感器技术作为物联网的最前端—感知层，在其发展中占了举足轻重的地位。而湿度作为日常生产、生活中最重要的参数之一，它的检测在各种环境，各个领域都对起了重要作用。

湿度是表示空气中水蒸气含量的物理量，湿度传感器是指检测外界环境湿度的传感器，它将所测环境湿度转换为便于处理、显示、记录的电(频率)信号等。它与人们的生产、生活密切相关。湿度的检测广泛应用于工业、农业、国防、科技、生活等各个领域。例如，集成电路的生产车间相对湿度低于 30%时，容易产生静电感应而影响生产；粉尘大的车间由于湿度小产生静电易发生爆炸；纺织厂的湿度低于 65~70%RH 时会断线。它是一类重要的化学传感器，在仓储、工业生产、过程控制、环境监测、家用电器、气象等方面有着广泛的应用。

测量电路由湿度传感器，差动放大器，同相加法放大器等主电路组成；为了实现温度补偿功能，选择铂电阻温度传感器采集环境温度，通过转换电桥和差动放大，输入同相加法器实现加法运算，补偿环境温度对湿度传感器的影响，其中转换电桥工作电压由差动放大器输出电压通过电压跟随器提供。

应用 IH3605 型温度传感器与集成运放设计测量湿度的电路，测量相对湿度(RH)的范围为 0%~100% ，电路输出电压为 0~10V 。要求测量电路具有调零功能和温度补偿功能。使用环境温度为 0℃~85℃。

本次设计的是湿度传感器，主要对湿度传感器的工作原理、组成结构加以论述，并对其测量原理图进行分析，进而使我们能够更深层的对湿度传感器进行理解；除此之外，在本次设计中也简要介绍了湿度传感器的相关特性以及参数如何选择，以便于用户能够正确选用相应的种类和型号。

另外，我又结合实际案例对湿度传感器的应用技术和应用领域加以分析，并概括了其日后的发展趋势。

关键词：工作原理；组成结构；测量原理图；特性及参数选择；应用；发展趋势

# 目 录

## 第一章 引言

### 1.1 背景介绍

### 1.2 目的和意义

## 第二章 湿度传感器的概述

### 2.1 湿度及其表示方法

#### 2.1.1 绝对湿度

#### 2.1.2 相对湿度

#### 2.1.3 含湿量

### 2.2 湿度传感器及其特性参数

#### 2.3 湿度传感器的分类

## 第三章、湿度传感器的原理及框图

### 3.1、湿度传感器的原理

#### 3.2 电路设计原理框图

### 3.3 各组成部分的工作原理

## 第四章、湿度传感器的选用及应用

### 4.1、如何选用湿度传感器

#### 4.1.2、湿度传感器的分类及特点

### 4.2 对湿度传感器性能作初步判断的方法

#### 4.2.1 测量范围

#### 4.2.2 测量精度

### 4.3、湿度传感器的应用

#### 4.3.1、在湿度测量系统中的应用

#### 4.3.2、在工业过程自动控制中的应用



# 第一章 引言

## 1.1 背景介绍

湿度是表示空气中水蒸气含量的物理量,它与人们的生产、生活密切相关。湿度的检测广泛应用于工业、农业、国防、科技、生活等各个领域。例如,集成电路的生产车间相对湿度低于 30%时,容易产生静电感应而影响生产;粉尘大的车间由于湿度小产生静电易发生爆炸;纺织厂的湿度低于 65~70%RH 时会断线。可见,湿度测量在各个行业都是至关重要的。

湿度是控制人类生活条件基本因素之一。最早是气象部门需要对人类生存环境中的湿度进行观测和测量。随着信息产业的发展及工业化的进步,湿度不仅仅直接或间接影响着人类的基本生活条件,还表现在对工农业、生物制品、医药卫生、科学研究、国防建设等方面的影响。所以,在这些领域内,越来越需要采用湿度传感器,对产品质量的要求越来越高,对环境温湿度的控制以及对工业材料水份值的监测与分析都已成为比较普遍的技术条件之一。

湿度传感器是现代传感技术发展方向之一。世界各国对湿度传感器的研究非常活跃,研究重点之一是开发新型湿度敏感元件,因为新型高灵敏度和适用范围广的湿度敏感元件是实现湿度传感器技术新突破的前提。而敏感元件的性能主要取决于两个重要因素,即构成元件的材料和制备元件的加工技术,因此应用新技术、新材料是研究开发新型湿度敏感元件的重要手段,也是设立本课题的着眼点所在。湿度敏感元件的性能除了由其功能材料决定以外,还与其加工工艺有关。将现代先进制造技术引入传感器技术,例如水热腐蚀制备纳米薄膜技术、钝化技术等,能制作出质地均匀、性能稳定、可靠性高、体积小、重量轻的敏感元件。近几年,以纳米多孔硅为感湿材料的湿度传感器开始在国际上受到关注,这是因为它初步显示出了一些优异的性能。

## 1.2 目的和意义

课程设计是专业课《自动检测技术及仪表》课程教学中的重要组成环节,其目的是通过课程设计的教学实践,使学生对所学的基础理论和专业知识得到巩固,并使学生得到运用所学理论知识解决实际问题的初步认识和锻炼。掌握相关课题的资料收集、整理;方案的设计和对比;提高学生的分析、综合能力以及工程设计中计算和绘图的基本能力,为后续的毕业设计和工程实践作必要

的准备。

课程设计的主要任务是使学生掌握相关传感器或检测仪表的原理、结构及在工程中的实际应用。

同时，在课程设计的过程中，能够锻炼同学们解决问题和分析问题的能力。在此基础上，能够对所设计的传感器或仪表得到更进一步地认识 and 了解，为以后学习更深的知识打下扎实的基础。

## 第二章、湿度传感器的概述

### 2.1 湿度及其表示方法

在自然界中，凡是有水和生物的地方，在其周围的大气里总是含有或多或少的水汽。

大气中含有水汽的多少，表示大气的干、湿程度，用湿度来表示，也就是说，湿度是表示大气干湿程度的物理量。

大气湿度有三种常用的表示方法，即绝对湿度、相对湿度和含湿量。

#### 2.1.1 绝对湿度

每 m<sup>3</sup> 湿空气在标况下（0℃，1 大气压）所含湿空气的重量，即水蒸气密度，单位为 g/m<sup>3</sup>。

由气体状态方程：
$$\frac{PV}{n} = \frac{RT}{n} \tag{2.1.1}$$
 式

$$\frac{1}{V} = \frac{P}{R T} = \frac{P}{461T} \times 1000 = 2.169 \frac{P}{273.15} \tag{2.1.2}$$
 式

所以测得被测空气的水蒸气分压力，及干球温度即可求得绝对湿度。

绝对湿度只能说明湿空气中实际所含水蒸汽的质量，而不能说明湿空气干燥或潮湿的程度及吸湿能力的大小。

#### 2.1.2 相对湿度

空气中水蒸气分压力 P<sub>n</sub> 与同温度下饱和水蒸气分压力 P<sub>b</sub> 的比值。

$$\frac{P_n}{P_b} = 100\% \tag{2.1.3}$$
 式

$$P_n = P_{b.s} A \left( \frac{P_w}{P_s} \right) B \quad \text{式 (2.1.4)}$$

$$f \left( \frac{P_w}{P_s}, v, B \right) \quad \text{式 (2.1.5)}$$

其中：

$P_{b.s}$ —相应于湿球温度的饱和水蒸气压力；

$P_b$ —干球温度对应的饱和水蒸气压力；

$B$ —大气压力；

$A$ —与风速有关的系数。

相对湿度表征湿空气中水蒸气接近饱和含量的程度。 $\phi$ 值小，说明湿空气饱和程度小，吸收水蒸气的能力强； $\phi$ 值大则说明湿空气饱和程度大，吸收水蒸气的能力弱。

### 2.1.3 含湿量

空气由干空气和湿空气组成，每 kg 干空气所含水蒸气的量，称为含湿量。符号  $d$ ，单位 g/kg。

$$d = 1000 \frac{m_w}{m_n} \quad \text{式 (2.1.6)}$$

应用理想气体状态方程

水蒸气：

$$P_n V_n = m_n R_n T_n \quad \text{式 (2.1.7)}$$

干空气：

$$P_w V_w = m_w R_w T_w \quad \text{式 (2.1.8)}$$

因为水蒸气与干空气均匀混合，故  $V_n = V_w$ ， $T_n = T_w$ ，又： $R_n = 461$ ， $R_w = 287$

$$d = 1000 \frac{m_w}{m_n} = 1000 \frac{P_w V_w R_n T_n}{P_n V_n R_w T_w} = 1000 \frac{P_w R_n}{P_n R_w} = 1000 \frac{P_w \cdot 287}{P_n \cdot 461} = 622 \frac{P_w}{P_n} = 622 \frac{P_w}{B - P_w} = 622 \frac{P_w}{B} \frac{B}{B - P_w} = 622 \frac{P_w}{B} \frac{1}{1 - \frac{P_w}{B}} = 622 \frac{P_w}{B} \left( 1 + \frac{P_w}{B} + \left(\frac{P_w}{B}\right)^2 + \dots \right)$$

$$d = 1000 \frac{P_w}{P_n} \frac{287}{461} = 622 \frac{P_w}{B - P_w} = 622 \frac{P_w}{B} \frac{B}{B - P_w} = 622 \frac{P_w}{B} \frac{1}{1 - \frac{P_w}{B}} \quad \text{式 (2.1.9)}$$

所以，当大气压力为定值，含湿量是水蒸气分压力的函数。



## 2.2 湿度传感器及其特性参数

湿度传感器是指能将湿度转换为与其成一定比例关系的电量输出的器件式装置。

湿度传感器的特性参数如下：

### 一、 湿度量程

保证一个湿敏期间能够正常工作所允许环境相对湿度可以变化的最大范围，称为这个湿敏器件的湿度量程。湿度量程越大，其实际使用价值越大。理想的湿敏元件的使用范围应当是 0-100%RH 的全量程。

### 二、感湿特征量——相对湿度特性曲线

每一种湿敏元件都有其感湿特征量，如电阻、电容、电压、频率等。湿敏元件的感湿特征量随环境相对湿度变化的关系曲线，称为该元件的感湿特征量——相对湿度特性曲线，简称感湿特性曲线。人们希望特性曲线应当在全量程上是连续的，曲线各处斜率相等，即特性曲线呈直线。斜率应适当，因为斜率过小，灵敏度降低；斜率过大，稳定性降低，这些都会给测量带来困难。

### 三、 灵敏度

湿敏元件的灵敏度，就其物理含义而言，应当反映相对于环境湿度的变化、元件感湿特征量的变化程度。因此，它应当是湿敏元件的感湿特性曲线斜率。在感湿特性曲线是直线的情况下，用直线的斜率来表示湿敏元件的灵敏度是恰当而可行的。

然而，大多数湿敏元件的感湿特性曲线是非线性的，在不同的相对湿度范围内曲线具有不同的斜率。因此，这就造成用湿敏元件感湿特性曲线的斜率来表示灵敏度的困难。

目前，虽然关于湿敏元件灵敏度的表示方法尚未得到统一，但较为普遍采用的方法使用元件在不同环境湿度下的感湿特征量之比来表示灵敏度。

### 四、 湿度温度系数

湿敏元件的湿度温度系数是表示感湿特性曲线随环境温度而变化的特性参数，在不同的环境温度下，湿敏元件的感湿特性曲线是不相同的，它直接给测量带来误差。

湿敏元件的湿度温度系数定义为：在湿敏元件感湿特征量恒定的条件下，该感湿特征量值所表示的环境相对湿度随环境温度的变化率。

综上所述，作为理想的湿度传感器希望能满足下列要求：

- (1) 在各种气体环境下特性稳定，不受尘埃附着的影响，使用寿命长；
- (2) 受温度的影响小；
- (3) 线性重复性好，灵敏度高，迟滞回差小，响应速度快；

(4) 小型，易于制作和安装，且互换性好。

## 2.3 湿度传感器的分类

湿度传感器的种类很多，据不完全统计，湿度传感器系列、类型分为物性型、结构型和其他形式，而物性型有分为电解质系、半导体及陶瓷系和有机高分子聚合物系。所以，其种类繁多可见一斑。

在此处，仅将部分列举如下：

(1) 电解质型：以氯化锂为例，它在绝缘基板上制作一对电极，涂上氯化锂盐胶膜。氯化锂极易潮解，并产生离子导电，随湿度升高而电阻减小。

(2) 陶瓷型：一般以金属氧化物为原料，通过陶瓷工艺，制成一种多孔陶瓷。利用多孔陶瓷的阻值对空气中水蒸气的敏感特性而制成。

(3) 高分子型：先在玻璃等绝缘基板上蒸发梳状电极，通过浸渍或涂覆，使其在基板上附着一层有机高分子感湿膜。有机高分子的材料种类也很多，工作原理也各不相同。

(4) 单晶半导体型：所用材料主要是硅单晶，利用半导体工艺制成。制成二极管湿敏器件和 MOSFET 湿度敏感器件等。其特点是易于和半导体电路集成在一起。

## 第三章、湿度传感器的原理及框图

### 3.1、湿度传感器的原理

湿度传感器测量电路由湿度传感器，差动放大器，同相加法放大器等主电路组成；为了实现温度补偿功能，选择铂电阻温度传感器采集环境温度，通过转换电桥和差动放大，输入同相加法器实现加法运算，补偿环境温度对湿度传感器的影响，其中转换电桥工作电压由差动放大器输出电压通过电压跟随器提供。

湿敏元件是最简单的湿度传感器。湿敏元件主要有电阻式、电容式两大类。湿敏电阻的特点是在基片上覆盖一层用感湿材料制成的膜，当空气中的水蒸气吸附在感湿膜上时，元件的电阻率和电阻值都发生变化，利用这一特性即可测量湿度。

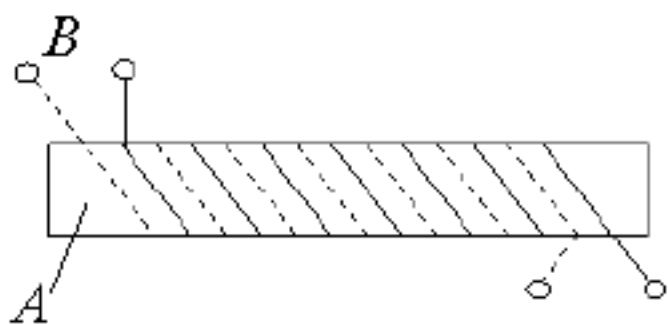
湿敏电容一般是用高分子薄膜电容制成的，常用的高分子材料有聚苯乙烯、聚

酰亚胺、酪酸醋酸纤维等。当环境湿度发生改变时，湿敏电容的介电常数发生变化，使其电容量也发生变化，其电容变化量与相对湿度成正比。

电子式湿敏传感器的准确度可达 2-3%RH，这比干湿球测湿精度高。

湿敏元件的线性度及抗污染性差，在检测环境湿度时，湿敏元件要长期暴露在待测环境中，很容易被污染而影响其测量精度及长期稳定性。这方面没有干湿球测湿方法好。下面对各种湿度传感器进行简单的介绍。

### 1、氯化锂湿度传感器



氯化锂湿度传感器的结构

A 涂有聚苯乙烯薄膜的圆筒

B 钡丝

#### (1) 电阻式氯化锂湿度计

第一个基于电阻-湿度特性原理的氯化锂电湿敏元件是美国标准局的 F. W. Dunmore 研制出来的。这种元件具有较高的精度，同时结构简单、价廉，适用于常温常湿的测控等一系列优点。

氯化锂元件的测量范围与湿敏层的氯化锂浓度及其它成分有关。单个元件的有效感湿范围一般在 20%RH 以内。例如 0.05%的浓度对应的感湿范围约为 (80~100) %RH，0.2%的浓度对应范围是 (60~80) %RH 等。由此可见，要测量较宽的湿度范围时，必须把不同浓度的元件组合在一起使用。可用于全量程测量的湿度计组合的元件数一般为 5 个，采用元件组合法的氯化锂湿度计可测范围通常为 (15~100) %RH，国外有些产品声称其测量范围可达 (2 ~100) %RH。

## (2) 露点式氯化锂湿度计

露点式氯化锂湿度计是由美国的 Forboro 公司首先研制出来的，其后我国和许多国家都做了大量的研究工作。这种湿度计和上述电阻式氯化锂湿度计形式相似，但工作原理却完全不同。简而言之，它是利用氯化锂饱和水溶液的饱和水汽压随温度变化而进行工作的。

## 2、碳湿敏元件

碳湿敏元件是美国的 E. K. Carver 和 C. W. Breasefield 于 1942 年首先提出来的，与常用的毛发、肠衣和氯化锂等探空元件相比，碳湿敏元件具有响应速度快、重复性好、无冲蚀效应和滞后环窄等优点，因之令人瞩目。我国气象部门于 70 年代初开展碳湿敏元件的研制，并取得了积极的成果，其[测量不确定度](#)不超过  $\pm 5\%RH$ ，时间常数在正温时为  $2\sim 3s$ ，滞差一般在 7%左右，比阻稳定性亦较好。

## 3、氧化铝湿度计

氧化铝传感器的突出优点是，体积可以非常小（例如用于探空仪的湿敏元件仅  $90\mu m$  厚、12mg 重），灵敏度高（测量下限达  $-110^{\circ}C$  露点），响应速度快（一般在  $0.3s$  到  $3s$  之间），[测量信号](#)直接以电参量的形式输出，大大简化了数据处理程序，等等。另外，它还适用于测量液体中的水分。如上特点正是工业和气象中的某些测量领域所希望的。因此它被认为是进行高空大气探测可供选择的几种合乎要求的传感器之一。也正是因为这些特点使人们对这种方法产生浓厚的兴趣。然而，遗憾的是尽管许多国家的专业人员为改进传感器的性能进行了不懈的努力，但是在探索生产质量稳定的产品的工艺条件，以及提高性能稳定性等与实用有关的重要问题。

上始终未能取得重大的突破。因此，到目前为止，传感器通常只能在特定的条

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/177003003125006200>