

# 内嵌式强制通风防辐射装置的研制

敖振浪 黄宏智 刘艳中 罗怀洁  
(广东省气象探测数据中心 广州 510080)

**摘要:**目前自动气象站使用的湿敏电容湿度传感器和铂电阻温度传感器通常安装在百叶箱内,由于环境风速和热辐射的直接影响,常常影响测量准确度。为了较好地解决传感器的通风和防辐射问题,采用强制通风和防辐射材质以及采用垂直风道方法,结合实际使用的传感器结构和条件要求,设计成功了内嵌于百叶箱里面安装的强制通风防辐射装置,既满足了气象观测规范要求,又易于实际业务安装使用。经过性能测试,结果表明,内嵌式强制通风防辐射装置的主要性能指标达到了设计要求。

**关键词:**温湿度测量;防辐射装置;强制通风

**中图分类号:** TN06    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.8040

## Development of embedded forced ventilation radiation protection device

Ao Zhenlang Huang Hongzhi Liu Yanzhong Luo Huaijie  
(Guangdong meteorological observation and data center, Guangzhou 510080, China)

**Abstract:** At present, the humidity sensitive capacitance humidity sensor and the platinum resistance temperature sensor used in the automatic weather station are usually installed in the shutter. In order to solve the problem of ventilation and radiation sensors, with forced ventilation and radiation protection material and the vertical wind tunnel method, combined with the sensor structure and the conditions of actual use requirements. The successful design of the forced ventilation is embedded in the louvered box installed inside the anti radiation device, not only meets the specification requirements of meteorological observation, practical and easy to install and use. Through the performance test, the results show that the main performance index of the embedded forced ventilation radiation protection device meets the design requirements.

**Keywords:** temperature and humidity measurement; radiation protection device; forced ventilation

### 1 引言

目前我国气象科技发展进入了世界先进行列,全国地面气象观测的常规要素已经基本实现自动化。在实际观测业务中,空气温度和湿度的人工观测和自动气象站自动测量还是存在一定差异,这是因为自动气象站使用的湿敏电容湿度传感器和铂电阻温度传感器在测量过程中容易受到辐射和风速等因素的影响。针对自然环境条件下空气温度和湿度测量存在的问题,罗宗炎等分析了湿敏电容传感器在气象领域中应用的存在问题,指出在自然条件大气环境中,空气湿度经常出现在 90~100% RH,甚至经常出现有水气凝结、降雨、结霜、结露或空气湿度过饱和状态<sup>[1]</sup>,可能严重影响湿度传感器的测量误差。汤辰等研究

湿度传感器特性的试验结果表明,湿敏电容湿度传感器常常存在时间迟滞较大、线性比较差、性能不稳定等缺点,特别在低湿范围(0.2%~10% RH)内测量值几乎不变化,好像出现失灵现象<sup>[2]</sup>;在高湿条件下,当传感器周边风速低于 2 m/s 时,湿度的测量误差有时会高达 10~20%,外界条件变化时需要较长时间才能恢复正常测量,而且湿敏电容湿度传感器也很容易损坏。这表明传感器的通风对于地面湿度观测来说是非常重要的。大量观测场现场比对试验数据表明,自动站使用的铂电阻温度传感器的辐射误差与百叶箱中水银温度计气温观测的辐射误差往往不一致,在平均太阳高度角 50°以下时,有的被试仪器辐射误差可能达到 5℃以上,甚至某些进口的高稳定性、标称测温误差小于 0.2℃的仪器,都会出现辐射误差大于

0.8℃的现实<sup>[3]</sup>。目前气象观测的温度和湿度测量都是基于百叶箱里面的,但是百叶箱的叶片是间隔安装的,同样还有一些辐射能量射进去,同时难以保障箱内通风恒定,这是造成测量误差的主要原因。因此,研究改善湿度传感器的通风和温度传感器的防辐射是保障气象观测精度的重要课题。

## 2 方案设计

大气环境指标参数中以温度和湿度两项指标的监测最为常见和重要,监测准确度对于气象预报至关重要<sup>[4]</sup>。以往外置防辐射罩的顶部和底部基本都是封死的,目的是防辐射、防雨,但这一设计也封死了罩内外垂直方向气体的对流。在晴朗无风、日照剧烈的时候,罩内外温差可达1℃以上,与百叶箱里面测量相差较大。内嵌于百叶箱的好处是,百叶箱已经阻挡了绝大部分热辐射,也不会明显改变现有气象观测规范要求,又能够达到改善湿度传感器的通风和温度传感器的防辐射的目的,故把强制通风防辐射装置设计成内嵌于百叶箱内是最理想的方案。

内嵌式设计必须考虑3个重要问题:1)通风和防辐射性能;2)电气部分发热不能影响箱内温度;3)体积大小合理,合适百叶箱使用。

### 2.1 结构设计

对于常规观测来说,要求百叶箱具有一定的通风系数,百叶箱空气流动一般是大气水平风流入,风速大小依赖于自然风的大小<sup>[5]</sup>。综合考虑百叶箱四周来风风向不固定,所以,采用顶部和底部垂直方向通风设计,在防辐射装置底部安装可调风速通风器,通过通风器的驱动迫使周围的气流在防辐射装置内部交换,带走辐射热,从而使传感器的测量温度与周围环境气流温度达到平衡<sup>[6]</sup>。

强制通风防辐射装置结构原理如图1所示。由防辐射筒体、顶罩、导流滤网、通风器(小电机和风扇)、导流底盘(导流锥)、安装组件和控制电路板等组成,安装组件包括安装支架、传感器安装配件及其他配件;外形示意如图2所示。

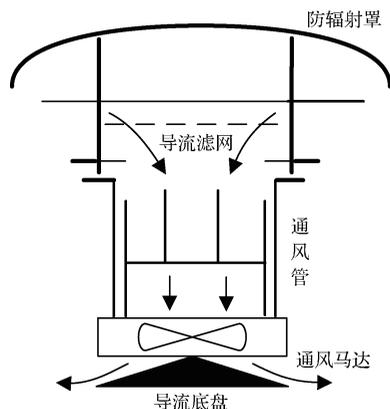


图1 结构原理

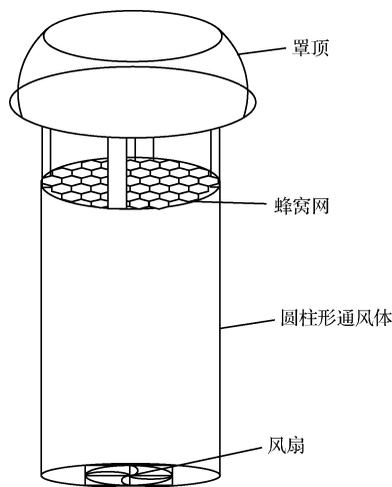


图2 外形示意

重点考虑设计中几个关键点:1)为了防止外来的热辐射影响,筒体材料采用铁皮,外表面涂上有效防辐射涂料;2)防辐射装置内部一般需要安装多支温湿度传感器,对称地分布于筒体内,为了保证通风截面空气有序均匀,在上部空气入口处设置导流滤网,滤网的垂直高度、网眼形状和大小根据实验而定;3)由于出风口位于百叶箱底部,底板开一个口子,为了防止气流在百叶箱基座反弹回来,设计一个导流底盘(导流锥),迫使气流均匀向下面四周扩散,同时阻止地面反射热辐射进入筒体的传感器室。基于以上原理,具体设计方案如下。

强制通风防辐射装置的顶部设置一个盘口直径为260 mm、底面直径为135 mm的顶罩,用于将百叶箱内的自然风疏导进入强制通风防辐射装置的主体。主体高415 mm,直径为135 mm的空心圆柱体。圆柱体的上部装有铁材质厚度为0.3 mm、直径为135 mm的圆形导流滤网,垂直高度40 mm,导流滤网为蜂窝状,网眼边长10 mm,使通过导流滤网进入圆柱体内的风速变得匀称。圆柱体的中部装有一个支架,用于固定温度传感器和湿度传感器。温度传感器的底部距离圆柱体底部173 mm,湿度传感器的底部距离圆柱体底部124.5 mm,两传感器之间的间隔是60 mm。距离圆柱体底部30.5 mm处装有一个可调风速的风扇,起到对圆柱体内腔进行抽风的作用,风扇下面设有一个直径为135 mm的导流锥,用于疏导风扇抽出来的风。在实际业务应用中百叶箱里安装的示意如图3所示。

### 2.2 控制电路设计

可调风速强制通风防辐射装置的控制电路相对比较简单,它由一片型号为STC12C5A08AD单片机、数码管、按钮开关和其他外围器件组成,如图4所示。

通风器的电机风扇的特性参数如下:最大功率48 W,最大转速7 200 RPM,受控制电路的脉冲控制,即PWM(脉冲宽度调制)调速<sup>[7]</sup>。控制电路板的MCU第3脚

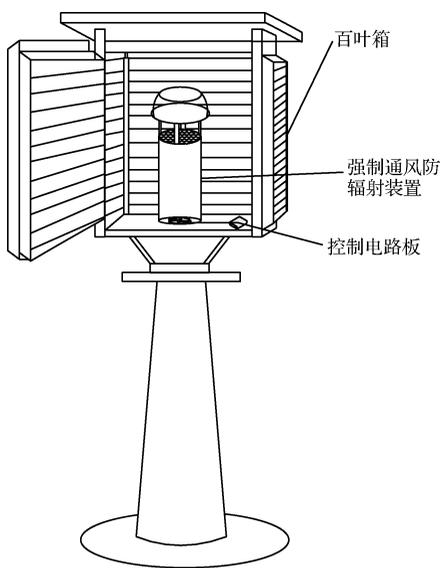


图3 实际安装示意

PWM 根据设定参数输出相应宽度的脉冲信号送给电机，+12 V 和电源线两条线连接到通风器电机，同时加上防雷二极管以防止雷击<sup>[8]</sup>。利用开关 S1 和 S2 增加或者减小脉宽，改变脉冲占空比控制风扇的转速，对应的风速在数码管上显示。必须经过反复调整，才能够保证显示风速和真实风速一致。控制参数存储在 MCU 的 Flash 里面，确保断电保护不丢失<sup>[9]</sup>。

### 2.3 检测与调整

重要指标就是检测传感器位置通风截面风场的均匀性<sup>[10]</sup>，以及调整控制电路风速显示和风扇实际抽风量大小关系。

采用皮托管测量风速的方法进行实验，截取传感器敏感部位的平面，选择 5 个点进行风速均匀度测量。由于辐射罩的截面不大，内径  $\phi 135$  mm，为力求均匀测量不同位置的通风速度，并避免筒壁的影响，除圆心点外，其他 4 点均与温湿传感器所在的径线成  $45^\circ$  夹角，处于半径的中点处，共取 5 个点作为测试点，具体测试点分布见实验截面

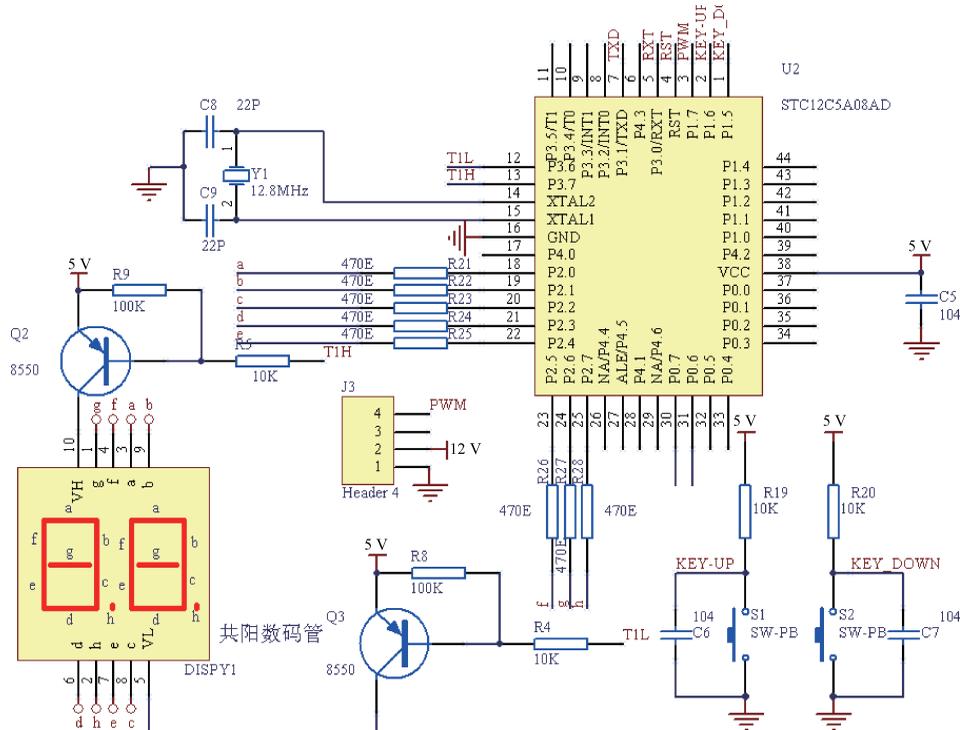


图4 风速控制电路原理

如图 5 所示。皮托管动压孔对准传感器头部敏感部位所在基准面位置，如图 6 所示，分别检测位置 1、位置 2、位置 3、位置 4、位置 5 共 5 个点的风速。

根据世界气象组织(WMO)的推荐，传感器通风风速推荐使用 3 m/s 作为百叶箱工作风速<sup>[11]</sup>，故取 3 个标准风速值 2.5 m/s、3.0 m/s、3.5 m/s，每个风速条件测量 5 个数据，共 15 个数据，经过统计得出 5 个测试点的风速均匀度如表 1 所示。从表 1 可见在实际应用的可调范围内筒体内的均匀度是完全符合要求的。

表 1 同一截面风速均匀度测量值

| 风速/(m/s) | 每 5 个测试点风速平均误差/% |
|----------|------------------|
| 2.5      | 1.62             |
| 3.0      | 1.35             |
| 3.5      | 1.30             |
| 总平均值     | 1.42             |

校准控制电路风速显示和风扇实际抽风量大小关系。将皮托管置于截面中心点位置 1，调整控制电路输出显示

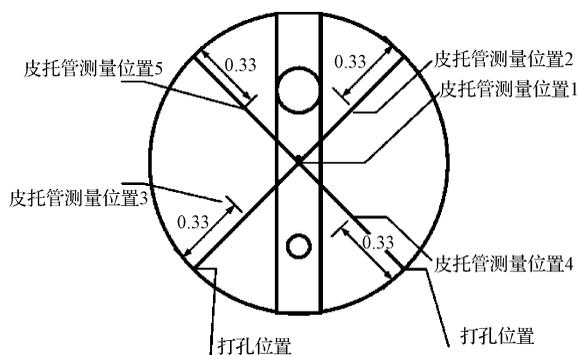


图5 测试点截面

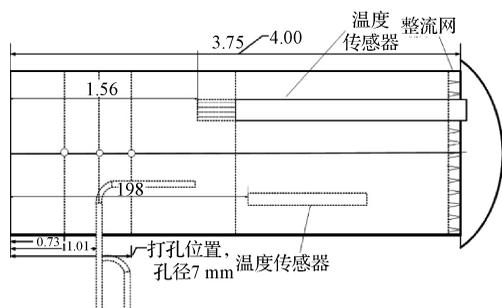


图6 皮托管测试安装示意

分别为风速值 2.0 m/s、3.0 m/s、4.0 m/s、5.0 m/s, 对应每个示值连续测量读数 5 次, 统计得出 4 个真实风速值, 如表 2 所示。从表 2 可见通风器的风速控制性能符合工作要求。

表 2 风速测量值 m/s

| 风速  | 5 个读数平均值 |
|-----|----------|
| 2.0 | 2.02     |
| 3.0 | 3.02     |
| 4.0 | 4.05     |
| 5.0 | 5.08     |

防辐射性能比对, 把整个强制通风防辐射装置置于温度检定箱内, 将 2 支温度标准器(铂电阻)分别放置在防辐射罩内部和外部, 在距离温度检定箱 3 m 外放置一个功率合适的红外线灯, 红外线通过检定箱玻璃窗投射入箱内。关闭检定箱的控温装置, 开启强制通风防辐射装置的通风器, 当通风速度为 3.0 m/s 时, 由于红外线加热的影响, 在 3 min 内, 外部温度标准器与防辐射装置内部的温度标准器的测量比对误差最大时达到 0.8 °C。这说明了装置的防辐射性能是良好的。

### 3 结论

气象用的强制通风防辐射装置采用垂直风道方法设

计, 因地制宜地内嵌于百叶箱内使用, 既满足现有气象观测规范要求, 又能达到改善湿度传感器的通风和温度传感器的防辐射的目的; 内嵌式设计可以很好地保护装置避免直接雨淋日晒, 延长使用寿命。采用可调式强制通风方法可以适应不同通风条件的要求。测试和使用结果表明, 内嵌式强制通风防辐射装置的主要性能指标达到了设计要求, 具备在地面气象观测中使用的基本条件。当然, 由于需要通风器的小电机全天候 24 h 连续不断的运转, 野外观测场往往层土飞扬, 灰尘积累可能导致小电机容易损坏, 是否能够长期正常使用还有待于进一步考验。

### 参考文献

- [1] 罗宗炎, 许峰. 湿敏电容传感器在气象领域中应用的分析研究[J]. 气象水文海洋仪器, 2002(2):12-17.
- [2] 汤辰, 万衡, 王凯凯. 高分子电容型湿度传感器研制[J]. 电子器件, 2016, 39(3):571-575.
- [3] 王晓蕾, 林捷. 自动气象站温度传感器的辐射误差[J]. 解放军理工大学学报自然科学版, 2006, 7(4):405-408.
- [4] 周海鸿, 周嘉奉. 基于 ZigBee 技术的温湿度监测系统[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(7):75-79.
- [5] 代中华, 高太长, 赵世军, 等. 凝结式湿度传感器系统设计与试验[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(9):86-91.
- [6] 刘宇, 武春爱, 张佳佳, 等. 基于检定环境对风速表标准值影响的研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(10):72-75.
- [7] 杨泽斌, 樊荣, 孙晓东, 等. 基于 EKF 的无轴承异步电机无速度传感器控制[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(5):1023-1030.
- [8] 敖振浪, 敖进华, 罗雄光, 等. “入土为安”防雷策略的研究与实践[J]. 电子测量技术, 2016, 39(7):49-52.
- [9] 吕雪芹, 敖振浪. 新型自动气象站 4 路高速串口的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2014, 37(5):121-123.
- [10] 陈凤贵, 刘克华, 姜明波, 等. 地面风场风速测量标准装置性能测试分析[J]. 装备环境工程, 2013(2):9-13.
- [11] 吕雪芹, 敖振浪. 冷镜式露点仪动态测量误差的实验与分析[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(增刊 1):14-18.

### 作者简介

敖振浪, 1962 年出生, 教授级高级工程师, 主要研究方向为气象探测仪器设备研发、设备防雷技术研究、嵌入式软件硬件开发。

E-mail: zlao@grmc.gov.cn