

# 压差传感器在联合工房空调风压实时监测中的应用研究

张 兢 马凯瑞 齐建峰 刘海文

陕西中烟工业有限责任公司延安卷烟厂 陕西延安 716000

**摘 要:** 风压作为通风管理中的重要参数, 在过去联合工房空调风压实时监测中较常用微压传感器作为主要的监测辅助装置之一。然而由于微压传感器(量程-20—50Pa)价格贵, 可靠性差, 使用环境要求苛刻, 故课题组成员采用压差传感器取代微压传感器, 并将其应用于联合工房空调风压实时监测中。本研究就是在此背景下, 对压差传感器在联合工房空调风压实时监测中的应用过程展开的简要论述。

**关键词:** 压差传感器; 联合工房空调; 风压; 实时监测

## Application of differential pressure sensor in real - time monitoring of air - conditioning in combined workshop

Jing Zhang, Kairui Ma, Jianfeng Qi, Haiwen Liu

Yan 'an Cigarette Factory, China Tobacco Shaanxi Industrial Co., LTD., Yan 'an, Shaanxi 716000

**Abstract:** Wind pressure is an important parameter in ventilation management. In the past, micro-pressure sensor was commonly used as one of the main auxiliary monitoring devices in the real-time monitoring of air conditioning in the joint workshop. However, due to the high price, poor reliability and harsh environmental requirements of the micro-pressure sensor (range -20 - -50Pa), the research group members used the differential pressure sensor to replace the micro-pressure sensor, and applied it to the real-time monitoring of air pressure in the air conditioning of the joint workshop. This research is a brief discussion of the application process of differential pressure sensor in the real-time monitoring of air pressure in the combined workshop under this background.

**Keywords:** Differential pressure sensor; Joint workshop air conditioning; Wind pressure; Real-time monitoring

### 一、卷烟厂联合工房空调区域间风压现状

卷烟生产的联合工房是按照生产工序和流程设计建造的, 我厂采用“U型”厂房设计, 内部划分多个功能区, 如制丝车间、卷包车间、贮丝房等。联合工房中央空调系统负责保障各区域温湿度, 按照卷烟生产工艺要求不同区域有着不同的温湿度需求。设计时是以保障温湿度为核心的, 充分考虑了工艺需求以及区域内的冷、热负荷。但在生产过程中联合工房各区域内的排风、工艺除尘以及烟丝风送系统会影响到区域内的实际空调送风量, 导致各功能区之间和功能区与厂外发生气压不平衡, 相邻区域产生空气流现象, 即“窜风”。

卷烟厂自2008年技改投产以来, 这种因压力不平衡所产生的“窜风”在生产中一直存在。轻则导致门窗关闭困难、穿越区域的输料窗口物料被吹散, 严重时相邻区域温湿度相互干扰, 直接导致单独区域内的温湿度不

平衡。经对行业内兄弟企业调研, 联合工房内各空调区域间“窜风”普遍存在, 即使用可采用风量和微压传感器进行常规控制, 但风量计误差大、微压传感器故障率高, 仍难以可靠解决区域间风压不平衡问题。

### 二、卷烟厂空调区域间压力分析

#### 1. 卷烟厂空调区域间“窜风”分析

各空调区域间发生“窜风”这一现象, 理论上两个相邻区域间压力不相同所引发, 按照流体力学理论, 这一压力准确应称之为全压, 全压等于静压加动压, 即:  $P_q = P_i + P_b$ , 根据伯努利方程风—压关系, 风的动压为:

$$w_p = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2$$

$w_p$ : 风压 (KN/m<sup>2</sup>),

$\rho$ : 为空气密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$v$ : 为风速 (m/s)

各空调区域间温湿度不同, 因此其空气密度  $\rho$  不

同;各区域间空调排风量、送风量、除尘风量不同,理论上静压也不相同。按照这一理论,只要温湿度、静压不同,厂房内相邻两个区域全压永远不同。“窜风”这一现象也永远存在,只能通过研究改造空调系统,使其在一定范围内,减少“窜风”危害。

## 2. 卷烟厂空调系统新风阀对各区域压力的影响

除了空调区域内空气密度对空调区域间风压影响外,假设空调机组和所有生产停止,空调区域间将无风压差,影响空调区域间的风压主要是排风(除尘、排风等)与新风(补风)间的不平衡造成,排风(除尘、排风等)是生产进行的基本保障,因此可以认为新风量是影响区域风压的主要因素,卷烟工厂联合工房所有区域补风量几乎全部来自空调系统,尽管实际生产中有一定的压缩空气进入,通过测算其相对于空调机组,对区域风压影响可以忽略不计。通过分析卷烟工厂联合工房的所有空调区域都需补充一定量的新风才能保障风量平衡,才能实现区域间的风压平衡。因此新风量的补充即新风阀的调节可直接改变区域间的风压平衡。

## 3. 风压控制目标确定

《洁净厂房设计规范》(GB50073-2013)中明确了各区域间压差值的要求(微正压5-10Pa)。空调控制需要有建筑设计基础,洁净厂房在建筑设计中就已经考虑,区域间的密封达到洁净厂房规范的要求。烟草厂房无建筑设计基础,各区域的通道、门窗、伸缩缝、输送烟料窗口、各类管道穿越不同区域都没有进行相应的密封措施。通过查阅相关资料,采用现场测量的方法,在贮丝房与暂存间现场进行了“窜风”测量,在“窜风”大于2.5m/s时,相邻通道门关闭困难,输送皮带有“窜风”吹起输送通道烟丝,低于2.5m/s时则影响较小,在此风速下测得两个区域间的风压差为30Pa。本课题研究目标确定为区域间风压可控,且风压控制目标为 $\leq 30\text{Pa}$ 。

## 4. 制定措施

空调区域温湿度及排风量与生产相关,无法改变,且量化分析困难,通过其变化规律分析,可通过改变中央空调新风输送量,控制调节区域间风压。

延安卷烟厂原有中央空调控制系统虽然在一个上位机集控系统中进行操作监视,但各台空调机组(即各区域空调)间没有控制关系。需要在现有控制系统中加入区域间的风压平衡控制逻辑,在不影响温湿度调节的条件下实现区域压差可控。

## 三、压差传感器概述

压差传感器是一种用来测量两个压力之间差值的传

感器,通常用于测量某一设备或部件前后两端的压差。外壳为铝合金、不锈钢结构。两个压力接口为M10螺纹和旋塞、 $\Phi 6$ 塔头结构。广泛应用于纺织车间、锅炉送风、井下通风等电力、煤炭,纺纱棉箱,除尘设备,行业压力过程控制领域。

压差传感器的工作原理:压力变送器被测介质的两种压力通入高、低两压力室,作用在敏感元件的两侧隔离膜片上,通过隔离片和元件内的填充液传送到测量膜片两侧。当两侧压力不一致时,致使测量膜片产生位移,其位移量和压力差成正比,故两侧电容量就不等,通过振荡和解调环节,转换成与压力成正比的信号。接着进行信号调制得到调制电流,A/D转换器将解调器的电流转换成数字信号。

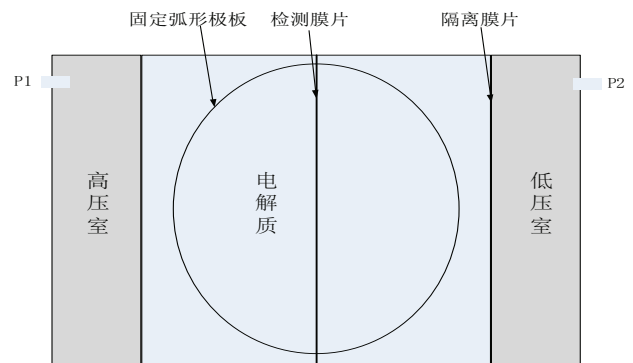


图1 压差传感器

通过对压差传感器进行分析后发现,较之于传统的微压传感器,压差传感器在理论上具有更强的风压控制效果。基于此,在本研究中尝试采用压差传感器替代原有的微压传感器,并在此基础上创新一种新的风压平衡控制系统。

## 四、压差传感器的前期规划部署

### 1. 压差传感器安装位置的选择

在经由确定需要使用压差传感器替代原有微压传感器之后,课题组成员首选需要对压差传感器的部署位置进行规划,以便于对各空调区域之间的空气压差进行直接测量,进而更好地反应出各区域之间的压差。在部署过程中,课题组成员首先制定了两种方案,具体如下:

方案一:将压差传感器的一端连接至空调控制区域,另一端连接至室外。如此一来测出的压差即为各区域和室外大气之间的压差。

方案二:以K4和K7空调控制区域为例,先将压差传感器的一端连接至K4空调控制区域,另一端连接至K7空调控制区域。如此一来测出的压差即为K4空调控制区域和K7空调控制区域之间的压差。

在确定出方案后, 课题组成员采取小组讨论的方式对两种方案的优缺点进行归纳总结, 并对分析各自的优缺点之后, 发现, 若采用方案2, 虽然无需安装通向室外的管道, 但由于其检测范围有限, 只能检测到相邻区域之间的压差, 无法计数出区域和大气之间的压差, 致使检测数据存在一定的局限性; 而若采用方案1, 则可以检测到每个空调控制区域和大气之间的压差, 并能通过压差数据分析得出区域间的压差, 但其弊端在于需要安装通向室外的管道。如此一来, 方案1将会额外增加一定的成本投入。但总体分析来看, 较之于方案2, 方案1所检测出的数据更加具有全面性, 对于系统整体风压平衡控制也更具有指导意义。因此最终确定将压差传感器的一端连接至空调控制区域, 另一端连接至室外。

### 2. 空调控制区域风压测量点确定

采用以大气压为基准的导压管, 采用压差传感器进行风压测量, 通过实地勘察对室外取压管以及每个压差传感器的安装位置进行了论证。室外取压点配置方式如下图(绿色为取压管道、蓝色方块为传感器位置):

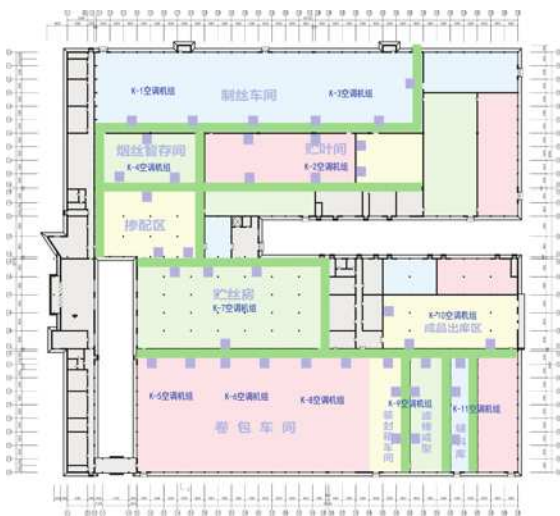


图2 空调区域风压测量点分布图



图3 压差监测实物图

### 3. 程序编写

按照逻辑图及风压测量点, 安装传感器, 编写PLC程序及上位机组态。

```

TV01_Manual_Set:=
TV02_Manual_Set:=
MVO1_Manual_Set:=
CALL "新风阀控制", DB36
Auto_Point :=DB32.DBX0.0
Run_Single :=M10.0
Manual_force :="T_H_CONTROL_DB",Manual_force
I_IN :="Control_Parameter_A",I_IN
I_OUT :="Control_Parameter_A",I_OUT
I_SET :="Control_Parameter_A",I_SET
TZ04_Set :=DB32.DB014 //新风阀与混风阀的关系
TZ05_Set :=DB32.DB018 //新风阀与排风阀关系
TZ02_Min_Set :=DB32.DB022 //最小新风阀开度设定
TZ03_Max_Set :=DB32.DB026 //最大新风阀开度设定
T_DB_NO_1 :=37
T_DB_NO_2 :=38
T_GAIN :=
T_TI :=
T_TO :=
I_MAX :=DB32.DB066 //室外焓值最大值
I_MIN :=DB32.DB070 //室外焓值最小值
T_OUT_New :="AI_XT",TMT_KT_01T
T_OUT_Set :=DB33.DB028 //室外低温设定
PV_H :=

TV_Min_Set :=
TV_OUT :="AO_XT",MV_KT_02_PQ
TV_Manual_Set:=
//调用变频器频率控制 FB1,使用 DB31
CALL "Frequency_Control", DB31
Auto_point :=
Run_Single :=M10.0
I_SET :="Control_Parameter_A",I_SET
I_PV :="Control_Parameter_A",I_IN
L_SUBB_Set :=1.500000e+000
Min_Fre_Set :=4.000000e+001
Gain :=
TI :=
TD :=
DB_NO :=26
Max_Fre_Set :=5.000000e+001
Fre_out :="AO_XT",Frequency_SF
Fre_manual_Set:=
//1#压差传感器读取数据
CALL "SCALE"
IN :=PIW400
HI_LIM:=5.000000e+001
    
```

图3 程序编写图

### 五、联合工房空调压差监测

#### 1. 基本监测内容

- (1) 室外取压管主要监测大气压;
- (2) 在不同区域安装压差传感器, 可直接测量两区域之间的压差, 同时当风通过时, 还可实时反应区段之间的通风阻力;
- (3) 在一些特殊的区域, 由于所需要的温湿度环境不同, 对空调通风风量的大小也会存在一定差异, 此时将压差传感器的一段深入空调出风口内部, 另一端经导压管至压差传感器, 测量局部空调全压或经压, 对照空调性能曲线, 实时掌握空调风量及效率。

#### 2. 监测方式

常用的压差传感器主要为硅压阻原理, 由硅单晶材料将压力化成应变电阻, 构成惠斯登电桥, 最终形成一个集力敏与力电转换检测于一体的硅压阻传感器。

微压传感器, 对于微压的测量, 一般微压检测期间的测量精度为3~5Pa, 这就要求在压阻性结构基础上设计放大应变环节, 使其具有更好的灵敏度。

### 六、压差传感器的应用

#### 1. 压差传感器误差分析

压差传感器安装完成, 系统程序编写完成进入应用阶段之后, 课题小组成员选取某区域进行应用试验, 通过记录传感器实际显示值, 并记录时刻, 然后在电脑检测系统中调出同一时刻的数值, 考察数据的一致性。同时分别采用压力机与精密气压计, 对比压差传感器在同一地点的应用效果, 通过分路测试的方式汇总数据进行对比, 考察压差传感器的测量精度。

通过对比可知, 压差传感器与压力机及精密气压计

测定结果基本一致, 最大测量误差为1.5%。对比结果如下:

表1 压差传感器与精密气压计、压力计测试结果对比

压差传感器 (KPa)	压力计 (Pa)	误差	微压差传感器	精密气压计	误差
2.12	2135	0.70	256.25	252	-0.85
2.08	2100	0.95	278.03	285	1.39
2.15	2160	0.46	291.68	296	0.86
1.39	1400	0.71	87.5	95	1.5
1.23	1225	-0.4	67.89	62	-1.18
1.29	1300	0.77	69.78	75	1.04

## 2. 局部压差监测

由于联合工房空调管道延伸布置范围较广, 存在较大窜风压差的实际, 经由在制定区域安装压差传感器, 使用压力计校正数据, 掌握初始状态值。经由监测发现, 通过安装压差传感器监测区域之间的压差, 及时判定区域是否存在窜风情况, 并积极采取相应措施对空调系统进行控制, 减少特定区域因窜风而发导致的环境不适宜情况的发生。同时压差传感器的应用, 主要以外部大气压为基准值, 因此可及时对大气压的升降而大量涌出的可能性进行监测和预报。

## 七、应用效果

(1) 压差监测系统通过采用高精度压差传感器、微压差传感器能够对联合工空调各区域压差进行监测, 管理人员通过该系统可以及时准确地掌握各区域空调内外压差及空调工况并能根据监测数据采取相应的优化调整措施。

(2) 压差传感器传输数据与精密气压计测量的数据

基本一致结果证明压差传感器的精度 $\leq \pm 2\%$ , 达到了国家相关标准的要求通过压差在线监测系统获取的数据准确可靠可以用于指导矿井通风管理。

(3) 压差传感器除了可以监测在线压差变化外, 通过及时分析变化原因采取保持特殊区域正常风压的措施, 即可减少特殊区域温湿度的改变, 大大降低工人的劳动强度节约人力和物力。

## 八、结束语

经由压差传感器的应用, 当前联合工房空调间压差 $\leq 30\text{Pa}$ 目标, 目前实施运行在 $\leq 15\text{Pa}$ , 并且实现在5-15Pa之间, 可依据设定值进行调节。联合工房内各空调区域间压力可进行精确控制。减少输送窗口烟料输送过程中的气流影响; 减少各区域间的温湿度干扰, 提高各空调区域内的温湿度均匀程度。

## 参考文献:

- [1]孙峰. 基于卷烟厂联合工房中央空调系统特点节能潜力分析[J]. 建设科技, 2014(14): 2.
- [2]王雷岗, 王冠军. 温度湿度独立控制技术在上海某卷烟厂联合工房中的应用[J]. 暖通空调, 2015(8): 4.
- [3]胡波, 于鲁海, 黄春艳, 等. 新风独立处理系统在卷烟厂的应用及节能效果分析[J]. 烟草科技, 2021, 54(1): 6.
- [4]羊一涛, 许建勇, 周沉桢. 一种对卷烟联合工房使用的大气流通设计方法: CN105841320A[P].
- [5]李航. 北京卷烟厂联合工房暖通设计综述[J]. 广东土木与建筑, 2011(4): 3.