

实验室通风系统的设计

一、实验室常用的通风系统

实验室通风系统经历了定风量系统、双风量系统、变风量系统三个发展阶段。

1、排风系统

(1) 定风量系统

排风机采用单速定频风机，排风量基本不变，系统无法随排风柜使用数量及排风柜门开启高度而调节风量，因此采用该系统所带排风柜不宜大于 3 个，该系统优点是投资小，控制简单；缺点是排风柜面风速难以保证，会有部分有毒有害气体从排风柜中逸出（面风速过小或过大都能造成气体从排风柜中逸出），且运行费用高。

(2) 双风量系统

排风机采用双速风机，较定风量系统有所改进，但没有从根本上改变定风量系统的缺点，采用该系统所带排风柜不宜大于 5 个，目前应用不多。

(3) 变风量系统

排风机采用变频风机，在排风主风道上设压力传感器，将压力传感器测得的压力与设定压力值比较，由变频器调节风机转速，达到调节风量的目的。在变风量系统中排风柜采用面风速控制，采用感应区红外探头检测排风柜前人员的存在与否来控制柜门面风速，当操作人员出现在排风柜前时，红外探头传感器输出信号，将排风柜面风速设定到高排风量模式，此时排风柜面风速控制在 0.5m/s，当操作人员离开的时候，红外探头传感器输出信号，将排风柜面风速设定到低排风量模式，此时排风柜面风速控制在 0.3m/s，当实验室内无人时，排风柜面设定到最小排风量模式，即值班排风模式，维持排风柜和管道中保持负压，保证有毒有害气体不外逸，有时为满足实验室最小排风量要求，房间还要设辅助排风，当排风柜排风量不满足实验室最小排风量要求时，辅助排风自动打开，保证实验室最小排风量。该系统有如下优点：①在实验操作过程中，排风柜门开度变化较大，采用面风速控制非常合理，与传统定风量系统比较，运行能耗要节省很多，且对操作人员的人身安全及实验精度的影响都更有利；②一个系统可带多个排风柜，可共用一个主管道，风井集中，有利于实验室工艺布置，减少土建造价；③由于多个排风柜合用一套排风系统，在实际工作过程中，排风柜不可能同时达到最大排风量，因此在排风设备及主风道选择时可考虑一定的同时使用系数，比定风量系统要小一些；④由于排风集中，便于能量回收及排风处理。

事故排风：当实验室内有高危险性实验时（一般由工艺设计人员提供），排风系统设计应考虑发生突然事故时，能即时将有毒有害气体排除，排风量按 12 次

/h 换气次数计算。

2、补风系统

实验室一般排风量较大，且连续排风时间较长，容易造成室内负压过大，为平衡室内外压差，需要对实验室进行补风，以维持房间设定的压力。

补风量计算：

补风量应根据房间排风量及设定的负压值（相对相邻房间、走廊或大气）计算确定，补风量按下列公式计算： $L_b=L_p-L_y$ 式中， L_b 为补风量， m^3/h ； L_p 为排风量， m^3/h ； L_y 为维持负压所需风量，也叫余风量， m^3/h ； L_y 可按负压值与房间换气次数的关系确定，也可按缝隙法计算。

补风方式：有自然补风和机械补风两种方式。

自然补风不设补风机，将室外新风经过滤器、管道进入室内，由于新风是由负压吸进室内，气流达到动态平衡，同时也保证实验室气流流向稳定，且始终处于负压状态。优点是不需设补风机，节省初投资和运行费用；缺点是需要的进风井或进风百页面积大，占用建筑使用面积大或影响建筑立面效果，其次是补风无法进行加热或冷却处理。

机械补风与排风系统对应设置机械补风系统，将室外新风经集中处理后，由补风机经管道送入房间内，采用定风量还是变风量系统，一般与排风系统对应，即排风为定风量系统，补风也为定风量系统，排风为变风量系统，补风也为变风量系统。

补风地点：补风可直接补在排风柜内或柜门前，也可补在房间内，补在排风柜内或柜门前的优点是补风不需要做加热或冷却处理，可节省能源；缺点是操作人员工作环境舒适性差，有时可能对实验数据有影响，补在排风柜内方式不适用有面风速要求的排风系统。补在房间内，补风一般需经过加热或冷却处理，其优点是操作人员工作环境好，对排风柜面风速及柜内气流无影响；缺点是能量消耗要比直接补在排风柜内或柜门前大。

3、排风柜变风量控制器

目前常用的风量控制器有两类：一类是测量柜门面风速，通过与设定风速比较，调节风阀开度以达到设定值，风阀一般采用蝶阀，其优点是：①精度不受柜前有无人员遮挡影响。②阀门阻力小。缺点是：①精度受测量点的位置和数量影响。②测量到的风速需要通过传感器转换成电信号调节风阀，系统反映速度稍慢。另一类是通过测量柜门位置，调节风阀开度，风阀一般采用文丘里阀，其优点是：通过测量柜门位置直接控制风阀开度，系统反映快，响应时间短。缺点是：①排风量会受柜前有无人员遮挡影响。②风阀阻力较大。

二、通风系统控制

1、定风量、双风量系统控制

定风量、双风量系统控制比较简单，在实验室内设风机启动按钮，根据需要直接启停风机。

2、变风量系统控制

送排风机控制：风机采用变频风机，在主风道内设压力传感器，将压力传感器测得的压力与设定压力值比较，由变频器调节风机转速，达到调节风量的目的。

排风末端设备控制：在排风柜的排风支管上设风量控制阀，当末端通风设备风量需要发生变化时，风量控制阀迅速动作，响应时间要在 1s 之内。

实验室压力控制：实验室压力控制主要有两种方法，直接压差控制法和余风量控制法。直接压差控制法即通过压差传感器测量室内与参照区域的压差，与设定压差比较，控制器根据偏差调节送风量，从而达到要求的压差，此法适用压力控制精度不高的负压实验室；余风量控制法，是让排风量与送风量之间保持一定的风量差，使室内外产生一定的压差，此法适用于压力控制精度高的实验室（如洁净实验室、生物安全实验室）。

通风柜面风速控制系统工作原理：

（1）面风速控制系统持续的监测实际面风速状态，当任何因素影响风速变动时，系统将自动调整管道上的风阀以恒定的面风速值。

（2）系统通过红外线监测器实现当通风柜前有操作人员工作时面风速控制在某一设定值（如 0.5m/s），当通风柜前无人操作时，系统自动转换到另一设定值（如 0.3m/s）以节省运行费用。

（3）通风柜门位过高时有声音报警。

（4）由于故障面风速过高或过低时有声光报警。

（5）当出现异常情况时，开启事故排风模式，控制系统将风阀开到最大开度，不受面风速值的控制。

（6）通常面风速控制系统本身对面风速及风量的设定及控制值只有两种状态即有人、无人或白天、夜间。

管道静压控制系统原理：

（1）持续检测管道内的静压变化，通过调整风机转速来恒定管道内静压。

（2）控制系统在 0.1s 内探测到压差变化并输出控制信号。

（3）夜间工况时，控制系统有第二状态设置。

三、能量回收

实验室工作过程中，在排除大量有害气体的同时，也带走了大量的室内能量，为减少这部分能量损失，在通风系统设计时，要考虑排风能量回收，目前常用的回收方式有：

1、采用中间介质进行能量回收，在排风机组内设盘管余热回收段，在送风机组内设盘管新风预热段，二段之间通过管路、水泵形成一个循环系统，通过中间介质（水或乙二醇）将排风中的能量转移到送风中，该系统虽然回收效率不是很高（显热效率在 60%以下），但非常安全，不存在排风污染新风问题。

2、采用板式空气换热器，排风与新风在板换内完成能量交换，系统比较简单，但设备尺寸较大，占用机房面积大。

四、尾气排放及排风处理

有些实验设备在工作过程中，要产生尾气，其设备本身带有排气装置，在通风设计时，应根据工艺要求，在房间适当位置设一直通室外的竖向尾气排放管。管材一般选用塑料管，在排气立管适当高度设可与排气装置连接的接口及阀门。另外，实验室有些排风需经过处理后，才能排向大气，在排风系统划分时，要将不能直接排放的实验室排风集中在一个系统，以便于集中处理。采用何种处理方式，应根据排气性质决定，一般常用的方法是采用活性炭吸附法。

五、设计中注意的问题

1、在划分通风系统时，要将实验性质相同或相近的排风设在一个系统，对混合后可能引起燃烧、爆炸或形成毒性更强的有害物质的排风要分设排风系统。

2、排风不允许直接排放，需经处理后才能排向大气的实验室要尽量设在一个排风系统内。

3、要注意各末端排风设备间的阻力平衡，如局部排风罩阻力远小于排风柜及控制阀的阻力，这时要在局部排气罩的支管上设定风量阀。

4、万向排气罩阻力较大（一般在 200Pa 以上），在和其他末端并联时，要特别注意，在系统压力不能满足要求时，可在其支管上设小型管道风机，以满足其压力要求。

5、生物安全柜要单排。

6、当实验室排风量较大时，要在走廊、大厅等公共区域设补风，以避免负压过大，造成开门或关门困难。

7、选择能量回收方式时，要注意防止排风污染新风问题。