

# 化工行业净化空调、排风系统设计要点研究

唐嘉宝

中国电子系统工程第四建设有限公司 天津 300131

**摘要:** 本文基于化工行业净化空调系统,总结了甲、乙类厂房净化空调、排风设计的要点、难点,提出了目前甲乙类厂房净化空调系统设计的几种形式,分析研究了各种形式的优缺点。同时总结了排风系统的设计要点,提出了甲乙类厂房净化区排风系统的材料和设备的常见要求。

**关键词:** 化工; 电子化学品; 甲乙类厂房; 净化空调; 净化排风

引言: 随着我国电子元件制造业的飞速发展,电子化学品的供应需求也日趋增加。不论是像电子级酸、碱溶剂等通用电子化学品,还是像光刻胶、显影液、刻蚀液等功能性电子化学品的生产、研发,都对工业厂房的净化空调设计提出了更高的要求,同时也带来了严峻的挑战。

电子化学品的三个主要应用场景对产品的等级要求有所不同,太阳能电池领域对洁净度要求相对较低,仅需达到G1等级。显示面板领域一般要求达到G2、G3等级。半导体领域,分立器件对超净高纯试剂等级要求相对较低,基本集中在G2级;集成电路用超净高纯试剂的纯度要求最高,中低端领域(8英寸及以下晶圆制程)要求达到G3、G4水平,部分高端领域(大硅片、12英寸晶圆制程)要求达到G5等级(10ppt)。电子化学品需要净化的区域一般为罐装、分装区以及试验区。产品最终分装及0.1-0.2 $\mu\text{m}$ 颗粒测试过程中,甚至需要配套10级超净环境。目前电子级化学品生产车间的洁净度要求常见类型有万级、十万级,对于一些电子级化学品的灌装区要求达到千级、百级。

众所周知,由于精细化工行业中产品的性质,很多工业厂房的火灾危险性类别都是甲、乙类的,而在这种甲、乙类厂房中的净化车间,对暖通空调的设计有很严格的要求。根据《建筑防火通用规范》GB55037-2022的要求,甲乙类生产场所的空气不应循环使用<sup>[4]</sup>。这就要求甲、乙类车间的净化空调系统需采用全新风空调系统,使净化空调的能耗增加,给企业的运营和管理带来比较大的负担。另外,化工行业中电子化学品常常伴有腐蚀性、易燃易爆性、有毒性等,这也就对空调、排风风管材质、金属与非金属风管的防静电接地设计、空调系统与通风系统的联合控制设计提出了更高的要求。

## 1 净化空调系统设计要点

目前对于甲乙类厂房中的净化空调系统设计主要有

以下几种形式:

### 1.1 全新风送风,末端加高效过滤风口

这种形式的空调系统,主要应用在洁净等级为万级、十万级的场合,因为万级、十万级的换气次数一般为每小时25次换气以下<sup>[3]</sup>,对于全新风空调的能耗没有那么大。净化空调的组合段根据不同的项目要求,有初效过滤、加热、表冷、加湿、中效过滤等段位,也可根据环境的要求,增加化学过滤段。末端采用高效过滤风口,排风利用回风夹道,设置下排风口,利用排风机排出。

此种形式的空调系统,由于是全送全排,因此不适用于洁净等级比较高的厂房,另外如果风量较大,组空表冷盘管会分成多排,造成接管复杂,控制流量的电动阀门如果仅在主管设置,会导致送风温度精度不够,如果每个支管都设置电动阀,则会增加工程成本。

另外末端为高效送风口,风管阻力较大,增加了全新风机组的风机的机外余压,用电负荷增加。且高效送风口对于层高比较高的洁净室,气流组织的效果不好。

### 1.2 全新风送风,末端采用百叶送风口或者旋流送风口

同样,这种形式的空调系统,也用在净化等级不高的场所,但是与前者不同的是,高效过滤段往往需要加在机组的正压段。这种形式一般用在洁净室层高比较高的情况下,末端设置旋流风口,解决了高效过滤送风口辐射高度的问题。

但是,这种形式的空调也存在一定的问题。高效过滤段加在组空的正压段,在更换过滤时,由于洁净室的末端没有高效过滤的保护,所以可能会需要停机更换过滤,但是一般对于洁净室,停机更换意味着再生产时,还需要一定的时间循环才能达到动态洁净,带来生产的不连续性,此时就需要增加备用风机或者备用机组,也给设备布置和前期投资造价带来影响。

### 1.3 全新风送风,局部采用FFU循环

这种形式的空调系统，主要应用在洁净等级为大环境万级或者十万级，局部百级或者千级的场合，由于百级设计时采用面风速的计算方法<sup>[3]</sup>，折合成换气次数往往达到几百次每小时，如果单纯采用全送全排的形式，不仅能耗巨大，在某些计算条件下估算能到达循环空调运行费用的10倍<sup>[1]</sup>；而且设备数量多，尺寸大，机房的面积占用过大，给机房的布置带来困难。所以，一般都采用局部FFU循环的方式，用FFU来增加换气次数。这种形式的空调系统，与前者对比最大的不同就是，利用FFU循环，需要在洁净室内再额外增加一个洁净棚或者层流罩。洁净棚一般采用钢框架，在顶部设置FFU龙骨，围护结构可为洁净透明软帘或者钢化玻璃，下部留有空隙，便于回风。采用这种方式的空调系统，一般要求全新风空调的风量可按大环境的洁净等级计算，末端仍采用高效送风口的形式，高效过滤风口布置在房间吊顶上，排风利用回风夹道，设置下排风口，利用排风机排出；局部百级的循环风量可利用FFU的自循环达到。这样既保证了净化等级，同时机组也没有很高的能耗。



但是，这种系统也有一些缺点。第一，空调系统比较复杂，相当于设置了两种循环方式。第二，由于室内还需要增设洁净棚，而洁净棚的高度受到设备高度的限制，不能太低，同时洁净棚上部的FFU由于需要一定的检修空间，又不能距离室内吊顶太近，这就对层高提出了要求。所以在一些改造项目上，由于层高受限，因此应用时有一定的局限性。第三，此系统满足的局部百级区域的气流组织，但是由于FFU的自循环影响到外部大环境的气流组织，因此外部万级或者十万级的区域，气流组织往往不稳定。

对于一些灌装区，由于化工材料可能存在暴露性，有些关键位置的净化等级达到10级，这种情况就需要灌装机的生产厂家在设备自身上增加层流罩，这种层流罩仅设置在关键部位，所以占地面积不大，而且与灌装设备衔接紧密，对净化级别有了良好的保证。



如果净化空调区域中还存在隔离爆炸危险区域的正压门斗，需要注意的是，门斗的正压风量平时应该由净化空调承担，同时设置备用正压风机，设置中、高效过滤。这样做的目的是因为正压门斗一般需要保证30pa的正压，如果正压门斗的风不是洁净风，就有可能破坏洁净室内的净化空调系统，这一点也需要额外注意，不同于一般的洁净室设计，也不同于一般的化工行业的正压门斗设计。

## 2 净化排风系统设计要点

甲乙类厂房中除净化送风系统的特殊性，净化排风系统也有很多特点。

首先是对于排风管道材质、设备材质的特殊要求。

化工项目中，甲乙类厂房的排风，一般具有爆炸危险性，同时由于生产过程中使用的原料、特气的不同，往往还伴随腐蚀性。爆炸危险性和腐蚀性同时存在，给排风系统风管材质的选择带来了困难。采用不锈钢风管是一种常见的材料<sup>[2]</sup>，如果腐蚀性较强，还会采用镀锌钢板风管内喷涂防腐环氧树脂，但是这种形式的风管，施工工艺相对复杂，带来成本的增加。还有的排风系统，需要用不锈钢风管内衬特氟龙，此种风管造价很高，对项目的经济性有很大的影响。对于有腐蚀性排风的风管设计还需要注意的一个关键点是，对排风管道设置坡度以及考虑积液排放的措施，这在非化工行业的项目往往容易被忽略，尤其是在一些局排的管道设计中，由于工艺局排的气体浓度较大，出现冷凝液积聚在风管内壁，长时间停留造成管壁腐蚀。另外化工行业由于自身的危险性，需要空调机组、排风机、电动阀、PLC控制柜等设备做整机的防爆，这都是成本的巨大支出。

其次是对排风系统控制的特殊要求。

由于化工行业的特殊性，洁净室内往往也需要设置事故通风，一般来说净化空调的换气次数远大于规范要求的事事故通风的换气次数，因此甲乙类厂房中洁净室内的排风往往既作为平时防爆通风又作为事故通风，而化工行业中，事故通风根据环评的要求，多数情况下，需要进行处理，常见的处理方式一般为吸附、喷淋或者燃烧。对于平时防爆通风，是可以直排大气的，需要单

独设置排风机，而对于事故通风，就需要进入尾气处理装置，尾气处理装置的排风机起到了事故风机的作用，需要双电源及设置备用风机。这样一来，就需要在平时与事故之间进行切换，布置排风管道的时候需要设置旁通管道，并加入电动开关风阀进行切换。同时还需要考虑不同排风情况下风管的负压，非事故时，仅时局排经过管道收集由尾气处理的事故风机排出；事故时，电动阀打开，全部排风经管道收集由气处理的事故风机排出。这两种情况下的管道压力是不一样的，但是尾气处理的事故风机的风压和风量如果是一定的，那必然会使非事故时，电动阀后的管道压力增加，造成爆管。



目前有三种常见的解决方式：

2.1 事故风机风压、风量不变的情况下，将电动阀后的风管设置为高压系统，风管壁厚按高压系统选择，同时风管安装时考虑加固。

2.2 事故风机变频，在电动阀后的风管上安装风管压力传感器，连锁风机变频。

2.3 事故风机一般为冷备用，考虑事故风机热备，根据项目情况，将事故风机分成两个或者多个并联，平时根据风量考虑开启一台，事故时，气体报警器连锁所有事故风机同时启动。

进行排风设计时，可按照项目的具体情况，选择适合的系统。

事故时，为洁净区服务的防爆组合式新风机组作为事故的补风需要同时启动，另外还需要关闭平时排风的防爆离心风机，打开平时风机与事故风机旁通管道上的

电动开关风阀，同时还要打开尾气处理设备的风机。这一连串的操作，涉及多个风机的启动以及电动阀的开启与关闭，给事故发生时人为的操作带来了困难，也给厂务的管理带来了难度。因此可以将洁净区的防爆组合式新风机组与排风以及事故时尾气处理设备的控制集合在一个PLC系统下，同时设置一个开关整合所有事故时的控制逻辑，做到“一键启停”。

另外甲乙类厂房净化空调的排风系统还有一个设计要点与普通净化类空调设计不同，这就是上夹层，或者说吊顶空间的事故通风系统。净化空调的吊顶空间，一般可以有2米到3米，这个上夹层，在普通的净化空调系统中，可能不用做什么特殊设计，但是在化工行业的净化系统，由于这个空间存在一些输送特殊气体的管道、阀门，很有可能在这个狭小的空间发生泄漏，由于这个上夹层较为封闭，容易造成气体的聚集，给生产安全带来很大的隐患。因此，甲乙类厂房净化空调的排风系统还需要考虑对这个空间的排风。事故风机要与气体报警器连锁，事故时同时打开事故排风机和补风机<sup>[5]</sup>。

#### 结语

综上所述，本文对化工行业甲乙类厂房中的净化空调、排风系统的设计要点进行了分析和总结，目前不论是从空调形式的能耗，还是从风管材料的选择，还是控制系统的集成化，对项目成本控制方面还是压力比较大的。但是从目前的应用场景和规范要求，选择合适的空调系统形式以及排风形式，对化工行业的特点充分地思考，就可以尽可能的减少能耗，保证安全，保证净化系统的效果。

#### 参考文献

- [1]孙宇明,高峰.OLED掩膜版(Mask)清洗厂房洁净空调设计分析[J].洁净与空调技术,2020(3):4.
- [2]王爽.化工厂房的通风设计思路和要点[J].化工中间体,2022(010):000.
- [3]GB 50073-2013,洁净厂房设计规范[S].
- [4]GB 55037-2022,建筑防火通用规范[S].
- [5]HG/T 20698-2009,化工采暖通风与空气调节设计规范[S].