

风系统划分更多的是从生产区规划、服务区域位置以及温湿度控制精度来划分。一般来说,小型的半导体厂房经常只设置一个洁净新风系统,将黄光区(光刻区)、核心生产区、支持区以及一些实验区等由一个系统补充洁净新风,主要是考虑小型厂房温湿度要求低、风量低、无足够洁净机房面积。对大型半导体厂房,经常根据整体厂房分期、温湿度要求的差异、洁净功能区位置等分为最少两个系统。最常见的就是黄光区一个系统、其余区域一个系统,这主要是考虑黄光区温湿度要求高($\pm 0.5^{\circ}\text{C} \pm 3\%$),如果和其余生产区合用,一方面会因运行状态的不同导致新风系统无法同时满足两个区域需求,另一方面因黄光区高精度要求导致要对新风除湿/加湿后要进行再热控制温差,消耗热水且折损了新风承担室内部分热负荷的能力。

3.1.2 系统划分后就是系统风量的计算,一般来说半导体厂房因排风量大、体积大基本可以忽略人员新风的需求,

直接按排风量+正压风量来计算系统风量。在这个过程中需要注意以下几个容易忽略的问题:排风量应包含房间排风和工艺排风(工艺排风还要包含生产区内特气化学品的阀箱排风),正压风量在设计时一般采用换气次数法(1~2次/h)。但应注意大型厂房内部一般设置天车系统,其连接不同压力隔间时经常需要设置天车所需的常开洞口,正压风量应注意核对这部分洞口的庞大漏风量,以免无法维持设计压力梯度。

3.1.3 区别于其余行业的洁净空调系统,半导体的空调箱一般采用以下功能段:初、中、高最少三级过滤(视当地情况可以在入口前设置卷绕过滤器如当地有多雾、沙尘等等);预热、预冷、除湿、再热四道盘管,其中预冷常采用中温水以降低冰机运行能耗(一般设有单独的中温冰机系统)、水洗加湿(需常年运行去除AMC)、化学过滤(采用活性炭时一般在其后增设中效来预防其掉颗粒),下图是半导体厂房洁净空调箱功能段示意:

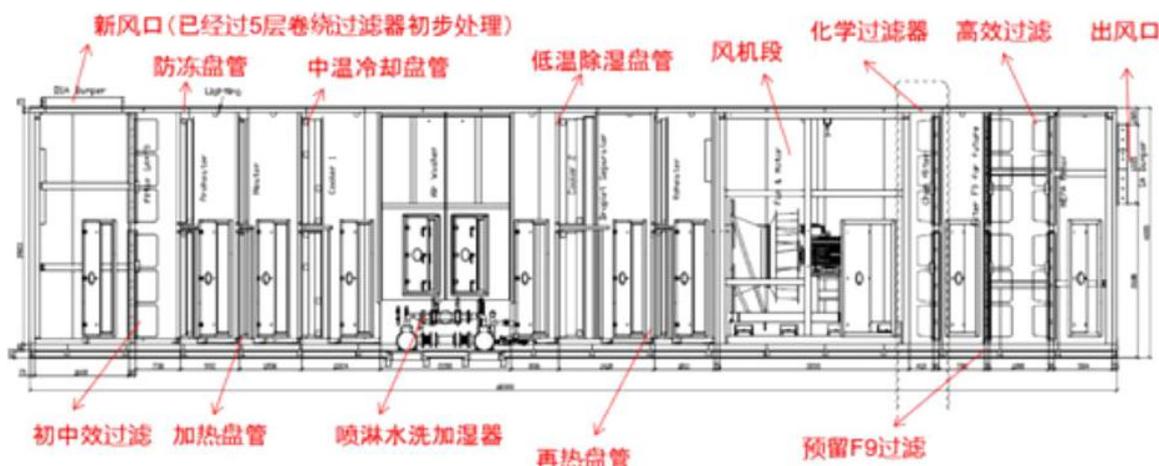


图2 空调箱功能段图

这些年来半导体的洁净空调箱设计参数经常在以下两个方面频繁出现问题:半导体洁净空调室外空气参数应考虑偏极限温湿度条件,因芯片厂都是全年24小时运转,温湿度超标引起良品率降低甚至生产宕机将导致巨大损失,每年外气参数超过规范中空调室外设计参数的频次是非常多的,外气超设计后只需要几分钟时间洁净室内湿度就会超标;另一个是除湿盘管除湿能力不足,很多设计者仅采用露点送风,忽略了洁净室内因生产、人员及漏风等引起的湿负荷,除湿盘管出风温度建议低于室内露点 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 左右。

3.1.4 洁净新风空调系统的管路设计主要在于系统集管设计及末端支管送风均匀性。庞大的洁净新风空调系统经常在百万风量,因此无法按系统风量来设计集管尺寸,而很多设计者仅凭经验直接以两台空调箱容量设

计集管尺寸是不合理的,应根据空调箱任意一台为备机情况下以及集管各进出风管道位置来验算其最不利的截面,以最不利截面计算所需面积来确定集管尺寸。末端支管送风一定要考虑新风与FFU循环风的均匀性,经气流模拟及实际案例来看,在新风管数量相同的情况下新风送入FFU回风井道,与FFU回风逆式混合是效果最好的方式。当然对于辅助区支持区等如果其DCC水平放置,风管无法进入回风井道,则仍然可以采用将新风管在吊顶内均匀出风设计^[1]。

4 FFU 的设计包含 FFU 风量计算、FFU 设计选型、FFU 的布置

4.1 FFU的风量应取决于满足洁净度需求风量、消除室内发热负荷所需风量的最大值来决定。下图是洁净度所需风量及气流组织的设计标准。

表1 洁净等级风量设计表

| 空气洁净度等级 | 气流流型 | 平均风速 (m/s) | 换气次数 (h ⁻¹) |
|---------|---------|------------|-------------------------|
| 1~5 | 单向流或混合流 | 0.20~0.45 | — |
| 6 | 非单向流 | — | 50~60 |
| 7 | 非单向流 | — | 15~25 |
| 8~9 | 非单向流 | — | 10~15 |

注：(1) 换气次数适用于层高小于4.0m的洁净室。
(2) 室内人员少、热源少时，宜采用下限值。

一般来说，进行DCC负荷计算常采用4度温差为基准（主要是考虑控制DCC阻力及房间精度要求），洁净生产区机台发热量大很多区域是负荷计算风量高于洁净所需风量。

4.2 FFU选型主意在于尺寸、压头、过滤器等级几个方面。其中尺寸一般选择1200x1200的类型与吊顶龙骨互相匹配，当房间较小如缓冲间等无法安装1200x1200情况或10级以上洁净室需要满布FFU的时候才考虑安装1200x600半框FFU。一般来说根据设计选用的FFU尺寸及设计面风速（一般按0.45m/s标准设计流速考虑）既可以计算出单个FFU的设计风量，从而计算出每个房间所需的FFU数量。对于FFU压头，半导体厂房通常选用240帕以上的机外余压，主要是考虑其FFU风量循环是操作层、高架地板、华夫孔、下技术夹层、回风井道、吊顶静压箱层的大循环，整个空间整体高度一般跨越三层厂房楼层总高度在十几米甚至二十米；同时在FFU实际运行中还需要考虑入口增设初效或化学过滤器的阻力。FFU的过滤器等级一般来说百级以下采用H14，百级及以上根据等级要求采用U15/U16等等级^[2]。

4.3 FFU的布置主要考虑其均匀性，尽量避免死角，相对来说生产区的FFU因洁净等级较高、发热量大其最终数量或布置率都是比较高的，只要注意一些边界死角，剩余采用均匀布置即可满足洁净度要求。但对于辅助洁净区，如一些检测类则可能其等级较低如万级FFU的数量较少，在布置时不仅要考虑FFU均匀，还应结合回风井道的位置进行核对调整。

5 DCC 的设计包含 DCC 面积计算、DCC 布置安装、DCC 参数设计

5.1 DCC的面积是根据FFU循环总风量来计算，考虑到阻力控制及避免意外情况下冷凝水漂水，我们一般设计DCC的有效风速不超过2.5m/s，需要注意的是在计算DCC面积的同时，应同步简单核算回风井道面积，以免

出现DCC设计面积足够而回风井道不足的情况。

5.2 对于半导体厂房来说，生产区的DCC计算面积是非常庞大的，而厂房间里使用面积紧张，且内部管线繁杂，因此需考虑合适的安装方式来保证DCC的面积，生产区常见的安装方式一般有回风井道上方安装（吊顶层）及下方安装（下技术夹层），考虑到安装维护便捷性及漏水后影响，推荐采用下方安装的方式，当安装面积不足可采用斜向、水平或垂直折型、倒L型等安装方式增大安装面积。支持区及辅助区洁净室一般为单楼层的空气循环，DCC均是在吊顶上水平或垂直安装。

5.3 DCC的参数主意包含尺寸、面积、风量（风速）、进出风温差、供回水温差及接管和安装方式等。经过DCC面积计算和安装布置结合中水管接管就能确认DCC尺寸、数量和接管方向。每个区域FFU的设计风量及发热负荷结合DCC布置则可以计算出每个盘管所需的设计风量及发热负荷。同时根据漏水冷凝水防范，还可以要求带有水盘进行排水。

结束语：半导体厂房洁净空调系统体量大，能耗高，基本上数倍于其余类型的洁净室，因此在设计时应仔细根据业主需求及相关信息来合理设计系统，充分考虑系统安全、稳定及可靠，避免因设计问题导致温湿度控制无稳定影响生产等。在满足稳定可靠的前提下，考虑一些绿色节能措施，比如夏季时新风空调箱通过预热盘管回收热量用于末端再热盘管升温需求（需要注意对于黄光区精度要求高的应慎重使用，以免因控制干扰导致无法达到高精度要求），选择高效风机，在满足使用面积情况下控制FFU循环阻力降低运行能耗且缓解吊顶层出现微负压问题等。

参考文献

- [1]刘沂,《科技风》,2019年26期P5~P6.
- [2]胡翹楚,《工业技术》,2016年12期,P33~P34.