

洁净空调系统的应用及其技术分析

李兵

(北京久芯科技有限公司 北京 100176)

摘要: 随着我国工业生产体系技术创新力度的不断提升, 打造良好的工业生产环境已经成为了多方关注的重点, 尤其在半导体芯片等领域的工业生产, 对生产环境的要求极为苛刻, 因此拥有一套良好的新风空调系统, 对于工业生产来讲有极强的促进作用。本文以洁净空调系统作为主要分析对象, 建立在某工厂洁净空调系统应用和性能的基础上进行分析, 并且在综合设计、施工和节能这几方面提出优化策略, 结合未来发展需求制定科学的发展规划, 有望能够为当前的相关行业创新提供借鉴。

关键词: 洁净空调系统; 技术分析; 性能研究

0 引言

随着人们生产生活需求的不断提升, 暖通空调行业面临着较大的挑战和压力, 尤其是为了有效应对社会突发公共卫生事件, 必须要打造良好的通风体系, 而在工业生产环境中工业生产的废气排放和不同区域的空气流动质量将影响工业生产效率。本文便是以案例分析法和技法分析作为主要方式, 结合洁净空调系统的设计和应用展开探讨。这不仅是增强洁净空调系统应用价值的重要举措, 也是进一步提升工业生产稳定性和安全性的关键研究课题。

1 洁净空调系统特点分析

首先, 对空气本身的洁净度有更高要求。常规的暖通空调往往是粗效过滤和一级过滤, 但洁净空调中设计了三级过滤体系, 以粗、中、高这三个标准为主, 同时也设计了化学分子吸附过滤装置, 能够有效处理危害生产的化学气体。

其次, 在压力调整方面也有一定的差异性, 普通的空调对于室内及室外的空气压力并没有太高要求, 但是洁净空调为了进一步避免部分区域的污染空气渗出, 或者导致不同区域之间的物质交换, 通常会将会洁净区划分成负压区和正压区。

再次, 洁净空调系统的成本较高, 这是为了进一步保障洁净的效果, 其选材、设备性能、加工工艺、安装环境和设备储存环境都有一定的高要求特点。

2 洁净室新风处理系统构成及运行原理说明

2.1 系统配置方案

某工厂生产 12 寸存储芯片, 洁净室面积 30000m², 洁净等级为 ISO6, 局部 ISO5 (光刻区); 本项目配置了 24 台 140000CMH 风量的新风空调 (主要风量用来

平衡设备的排气)。新风机组分成 2 组, 5 台供应光刻区, 19 台供应其余的洁净区域, 每组空调设置单独集管, 集管上连接若干新风支管送风进入对应的洁净区域; 两路新风集管设置了联通阀, 其中一组内空调设备故障或风量不足时另一组可以补充供应, 本项目主要配置了酸碱及有机类的化学过滤器。洁净空调的气流循环示意图图 1。

2.2 主要控制原理说明

2.2.1 压差计送风量控制

洁净区域划分为 ballroom 各生产分区和光刻区。新风用以补偿工艺排风并保证洁净室内的正压。各洁净区域的压力控制由各区域压力传感器控制对应新风送风支管气动控制阀的开度大小来实现。通过新风集管两端的压力传感器对新风空调机组送风机进行变频控制, 实现送风量调节, 以补偿工艺排风量变化和正压渗漏风量变化。

2.2.2 温湿度控制

洁净室吊顶的上面及下面均安装温湿度传感器, 平均分布在各生产区, 敏感区域布置密度相对较大。各级过滤器分别设压差显示仪 (具有远传功能), 新风机组和干盘管冷热水阀均采用气动阀并设置旁通, 风阀采用气动阀。每个新风机组出口安装气动调节风阀, 通过设定开度或按钮点动的方式逐步开启风阀, 新风机组静压箱集管上设压力传感, 出风口设置温湿度传感器 (精度要求: 温度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 湿度 $\pm 1\%\text{RH}$), 室外设置露点探测器, 信号回传至中央监控系统。

2.2.3 空气质量控制

新风机组内需设置初效、中效及高效过滤段对新风的洁净度进行一定程度的过滤, 在通过洁净室吊顶上的 FFU 进入洁净室时进一步净化以满足生产需求。新风机组内的水洗加湿段、化学过滤段及 FFU 上安装的化学过滤器负责对空气中的化学污染分子进行去除, 洁

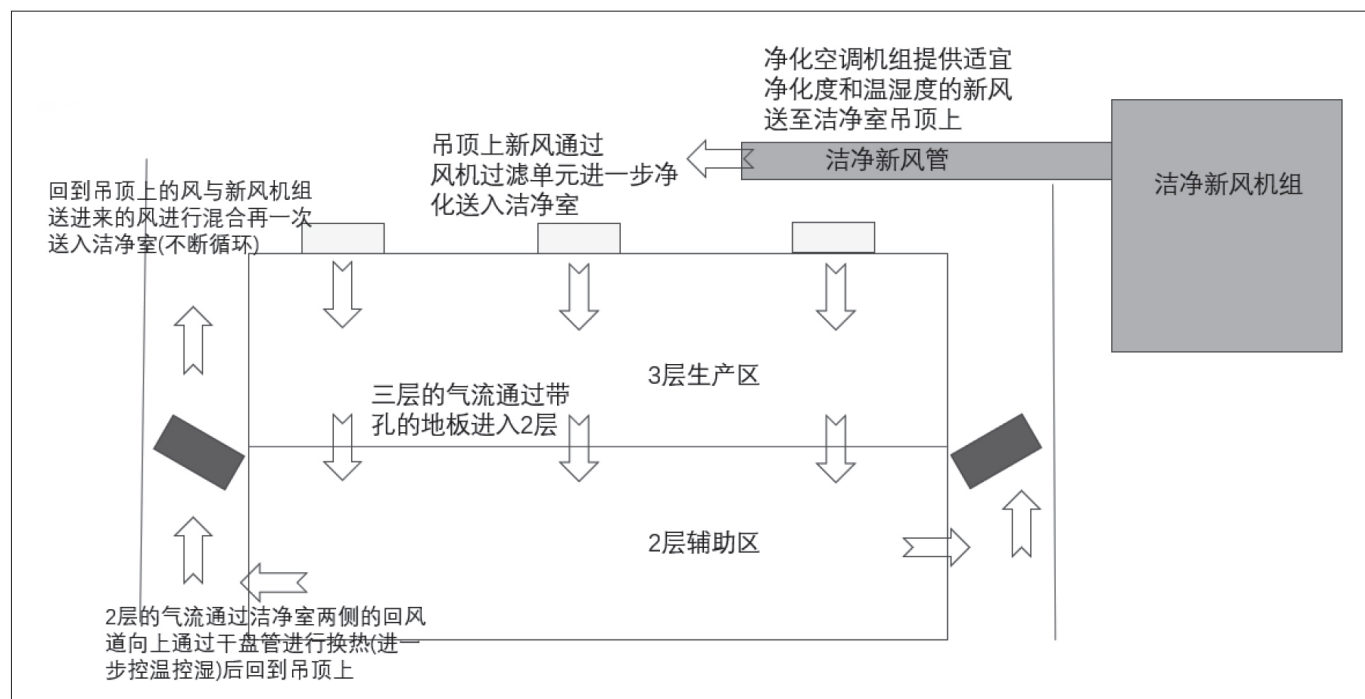


图 1 洁净空调的气流循环示意

净室内地板下及吊顶上均设置化学污染物在线监测探头，实时将污染物浓度反馈至中央控制室。

3 洁净空调系统相关技术分析

3.1 设计方案的优化

3.1.1 气流组织模拟

探讨合理的气流组织方式对于空调设计是极为重要的，适宜的气流组织方式能够使洁净室内的温度、湿度及洁净度很容易地符合设计要求，反之可能根本达不到理论计算的设计效果，尤其是大规模量产且无单独隔离的 Ballroom 生产区域。各工艺的生产设备外形、散热量、环境需求均有一定的差异，在项目设计初期应用 CFD 气流模拟技术，选择合适的气流组织，对洁净室的送风管路设计、FFU 布置、高架地板的通孔率布置均具有很大的指导意义。

3.1.2 压差控制的实现

从具体的应用环境角度来讲，洁净空调系统在使用过程中换气次数的频率较高，尤其是生产过程中大量地排气将室内的空气带走，洁净室内换气次数基本维持在每小时几十次。如何避免出现系统抢风，实现洁净室内压差的控制，这为整体的空调系统设计带来了困难。吊顶上风机过滤单元的合理设置相当于对新风空调送入静压层的空气进行了二次分配，FFU 的存在不仅保证了洁净度，同时也可以通过风速的调节实现不同区域的压差控制。

3.1.3 化学污染物的控制

化学污染物又称为 AMC(Airborne Molecular

Contamination)，是指危害生产工艺并导致成品率降低的分子态化学物质，AMC 会在半导体制造的栅底氧化、薄膜、多晶硅和硅化物形成、接触成型、光刻等多个关键工艺上造成各种危害。随着半导体制程技术的全面发展，芯片线宽全面进入到纳米级别，洁净室对于 AMC 的控制变得越来越严苛，因此洁净空调系统设计时应当将 AMC 的控制纳入考量范围。

新风机组的水洗加湿段需要明确对有害气体的去除效率，酸性污染物（如 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 PO_4^{3-} 、 NO_x 等）和碱性污染物（如 NH_4^{+4} ）通过有效地喷淋水洗，去除效率可达 40% ~ 90%。同时新风机组还应单独设置化滤段，本文中提到的芯片项目在进行新风机组的设计时，设置了 2 个化滤段，分别安装了酸性化学滤网和 O_3 的化学滤网。

根据各生产工艺对不同 AMC 的敏感性区别，对应区域吊顶上 FFU 亦需要安装相应种类的化学滤网，同时在吊顶下设置 AMC 在线监测的传感器，一旦探测到 AMC 超过控制标准，应及时检查对应的化滤功能段，确保 AMC 不会对生产造成实质影响。

3.2 节能技术分析

节能环保已经是当前社会发展的核心主题，而洁净空调系统本身的换气次数远大于常规的空调系统，为了进一步追求洁净程度，往往会增加能耗，也会通过加大送风量和新风量的方式，维持整体工厂环境的质量。另外，大部分系统配备的风机较大，这也就导致系统耗能和运行费用较高。因此，在落实洁净空调系统设计的过程中，还要秉承节能环保的理念，落实好技术

体系和优化方案的创新。

3.2.1 落实新风量控制

在满足加工区域最小新风量标准的层次上,还需要实现新风量的精准化控制,这样可以进一步减小排风量和正压渗透风量,对于维持系统的稳定性有一定促进作用。从具体设计角度来讲,可以进一步加强整体系统设备的排风密闭型,这样能够有效减少排风量,同时也可以提升排风效果。整体系统的维护结构和风管本身的密闭性也需要进行优化,这样也可以减少正压渗透风量。

3.2.2 落实负荷控制

在系统运行期间可能会出现不必要的能源浪费,这就要求技术人员在实际换气次数、使用环境需求和不同空间需求等多种因素的基础上进行调整,进一步减少换气次数,同时满足实际的通风需求,这样也可以维持原有的节能程度,更能够避免不必要的能源浪费。

3.2.3 落实变频调速风机的使用

定频风机在运行初期阻力较小,送风量较大,可以结合实际的风量调节阀进行送风量调节,能够避免能耗损失。但是在运行的后期随着阻力的不断提升,也导致送风量下降,不仅无法满足实际的送风需求,也会导致能源消耗。因此,当前通常采用变频调速风机,这样不仅可以维护风量的恒定状态,也可以在降低洁净等级的同时,及时地进行送风量及频率的调控,这对于节能减排有一定的促进作用。

3.2.4 控制降低风机温升负荷

在运行的过程中不能忽视循环机组、新风机组和空调机组本身的温度带来的能量损耗。而想要达到这样的目的,就要避免无故增大风机压头,合理地落实风机和电机的性能分析,避免启停对系统产生的影响。

3.2.5 提升日常维护质量

在系统运行的过程中,要加强日常运维管理的效率和质量,这样不仅可以维持洁净空调系统的良好运行状态,也可以及时地定位系统存在的问题,针对性能下降和损耗较为严重的环节进行调整,更换易损部件,及时进行系统养护,这样能够减少最基础的故障导致的能源浪费,也可以维持系统的高质量运转,更好地满足区域的通风需求。

4 结语

结合目前工业厂房的实际运行状态来看,洁净空调系统是为其提供良好工作环境的根本保障。本文建立在洁净空调系统基础概念及运行方式的基础上,以

实际案例作为切入点进行分析。阐述了目前应用较为广泛的系统结构和相关参数,同时结合其复杂性和基础标准进行了简述。笔者认为,打造完善的设计理念,落实好施工质量管控,加强节能环保设计力度,能够为洁净空调的价值发挥奠定良好基础。施工人员更要按照相关标准落实基础养护和性能优化,进一步提升后期的运维管理质量,有效保障系统的高质量运行。

另外,高能耗是洁净空调系统运行期间难以避免的核心问题,文章虽然建立在多种措施的基础上,打造了节能环保策略,但是在实际应用过程中,还需要综合其中的部分细节进行统一考虑。比如,应该进一步开发洁净空调系统的自动化装置体系,打造智能化管理模式,这样可以结合实际环境的需求进行自主调控,避免不必要的能源浪费;全面提高系统的密封性,能够减少正压漏风量;同时建立在噪声和振动的基础上进行控制,可以有效避免噪声污染和系统性能损耗;在常规运维管理的过程中,还需要提供精准的清洁服务,打造专业的运维管理团队及清洁团队,针对不同场合下的洁净空调系统打造针对性的保养方案,这样不仅能够提升送风质量、增加区域洁净度,也可以进一步拓展就业面,促使洁净空调系统的社会效益得以提升。

参考文献:

- [1] 朱磊森,曾隆,牟谷一.HVAC系统在洁净厂房施工中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2021(11):93-94.
- [2] 代丹,林绿渊,肖武,郜义军,张改.制药厂房洁净空调系统能耗监测及分析方法[J].暖通空调,2021,51(10):33-38+32.
- [3] 吴伯谦,於仲义,袁旭东.室内气流组织数值模拟机仿真软件[J].计算机应用与IT技术,2006,(04)011:1-2.
- [4] 罗少良.广东某药验所洁净空调系统设计与节能策略[J].低碳世界,2021,11(09):144-145.
- [5] 安志聪.电子工业洁净厂房净化空调自控系统设计[J].建筑电气,2021,40(09):47-53.
- [6] 汪延璐.热回收节能技术在洁净空调系统中的应用[J].科技与创新,2021(11):174-175.
- [7] 张婧,冯贵墨.一种新型洁净空调控制系统[J].科学技术创新,2021(15):186-187.

作者简介:李兵(1985-),男,汉族,陕西西安人,本科,工程师,研究方向:洁净空调系统。