

大型电子洁净厂房建筑设计的探析

鲁昱成

中机中联工程有限公司

摘要:近年来,随着半导体、光电、纳米、生物医药等高端产业的快速发展,电子洁净厂房建设需求日益增长。在电子洁净厂房建筑设计中,为确保生产质量和生产环境的洁净度,建筑设计必须满足特殊要求,在空调、装饰、建材、灰尘控制等多个方面予以合理解决。本文围绕大型电子洁净厂房建筑设计问题,针对其设计中需要注意的多个方面进行论述。通过介绍实际案例,探讨了该类建筑的设计要素和技术特点,以及需考虑的细节问题。希望通过详细的理论分析和实践案例的阐述,能够为电子洁净厂房建筑设计提供有益参考。

关键词:大型电子洁净厂房;建筑设计;空调;装饰;建材;灰尘控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.095

前言

近年来,随着信息技术的飞速发展,电子产业受到越来越多的关注。而电子洁净厂房作为电子产业中至关重要的一部分,其建筑设计对于提升生产效率、保证产品质量具有关键性作用^[1]。在这种背景下,大型电子洁净厂房建筑设计备受业界关注。与传统工业厂房不同,大型电子洁净厂房在建筑设计方面有着非常特殊的要求和特点。首先,洁净度要求高,对于灰尘、细菌等杂质需要进行密闭控制;其次,温湿度控制精度高,除了满足人员舒适度外,还能有效降低电子器件老化速度;此外,空气流动性能也是电子洁净厂房建筑设计的重要指标之一。因此,在大型电子洁净厂房建筑设计过程中,需要考虑各种因素,如洁净度、温湿度、空气流动等,从而达到降低能耗、提高生产效率、保证产品品质的目的^[2-3]。本文旨在对大型电子洁净厂房建筑设计进行探究,分析其特殊要求和特点,并结合实例阐述了其设计原则和技术实现。通过本文的介绍,希望能够对电子洁净厂房设计领域的从业人员提供有价值的指导和借鉴,为该领域的发展贡献一份力量。

一、工程概况

本文选取了某高科技公司电子洁净厂房建筑设计为案例,并联系上述的关键词和主题进行论述。该厂房占地10万平方米,建筑高度达45米,拥有多个生产区和仓库区。空气过滤要求极高,工艺流程复杂,对框架结构、外形造型、装饰材料等均有严格要求。通过采取一系列专业化措施,成功解决了该厂房在建筑设计中遇到的多个问题。

二、电子洁净厂房设计要求

(一) 洁净度要求高

首先,洁净度是大型电子洁净厂房建筑设计过程中

非常重要的要求之一。在电子芯片等器件生产过程中,灰尘和细菌等微小颗粒会对生产设备和产品质量造成影响^[4]。因此,在建筑设计中需要采用密闭结构进行控制,避免二次污染。例如,由北京市园林规划设计研究院负责设计的CEIEC信息产业基地就在其建筑结构上进行了较为完善的优化,如增加防尘门、设置单向进口通道等,以达到更高的洁净度。在该公司的电子洁净厂房建筑设计中,为了达到极高的洁净度要求,采用了集约化、标准化和自动化手段,结合空气净化和过滤装置,限制人员流动等方式进行精确控制。比如,本项目中,在该公司的电子洁净车间内,使用了不同级别的过滤器,并且需要经过粒子测试才能进入车间。此外,车间还设置有恒温、恒湿系统,以保持良好的工作环境。

(二) 温湿度控制精度高

电子元器件容易受到温度和湿度等环境因素的影响,降低工作效率或提前损坏^[5]。因此,在建筑设计时需要考虑对温湿度的严格控制。例如,在深圳市龙华区开展的富士康生产基地卫星厂房的建筑设计中,系统集成工程公司结合电子洁净厂房的特点和采用的新型技术手段,通过监测、自动控制等多种方式实现温湿度精准控制。在本项目中,为了确保电子产品制造的稳定性和可靠性,同时提高生产效率,该公司在洁净厂房设计中注重了温湿度的控制。根据该公司的设计方案,电子洁净厂房内的温度控制在20摄氏度左右,湿度控制范围在45%~60%之间。为了实现这样高精度的控制,该公司使用了高效的恒温、恒湿系统,并采用先进的传感器和自动化控制系统,对温湿度进行精密调节。

(三) 空气流动性能要优良

电子洁净厂房内空气需要具有流动性,并保持有效的均匀分布。在大型电子洁净厂房建筑设计过程中,可以考虑采用风机或者送风扇等设备对空气进行改变和调整,以达到更好的效果^[6]。例如,由南京明陆口罩股份有限公司建造的洁净车间,其空气流动性能良好,使用多个高效过滤器,同时设置三大通道空气循环,即出、入、返回空气三条通道,确保了车间内每平方英尺的室内空气流动能够达到30次以上。在本项目中,在该公司的电子洁净厂房设计中,空气流动性能得到了充分考虑。该公司引入了正压式送风系统,通过送风口吹出清洁空气使室内形成一个微正压氛围,防止外部异物进入室内影响生产加工。针对工作区域部分的缺陷或者局部死角进行改造,在保证全局空气质量的同时对局部空气质量进行提升。

三、电子洁净厂房设计原则

(一) 安全性是首要考虑因素

由于电子制造涉及高压电、腐蚀物质和易燃易爆等危险因素，因此电子洁净厂房在设计过程中首要考虑安全性问题^[7]。具体措施包括配备完善的消防系统、设置足够数量的紧急出口、设置食堂、休息区等必要公共设施。比如上市公司北方华创的某电子厂房，在设计时特别注意了建筑材料的防火性能，同时穿戴工作服进行防静电处理，通过不断推进防爆工作，将员工人身安全保护得到有效保障。本项目中，该电子洁净厂房在建造之前即计划安排火灾预防设备，并定期对此进行检修和保养。同时，还使用由负离子发生器提供的清洁系统等措施来确保员工的健康和安全。除此之外，该电子洁净厂房还有医疗室、应急处理能力强的后勤建筑物等设置，从而最大限度地保证了生产安全。

（二）建筑布局分清面积和干净度等级

电子洁净厂房应根据各自的生产流程，将生产区域与非生产区域划分清楚，对各区域的洁净度等级进行明确。同时，按照生产需要优化布置各项设施和流程，并留出足够的机动性空间。例如，某知名企业在湖南湘潭建造一座大型电子厂房时，在建筑布局上采用了双主厂房、双实验室、藏库以及配电房等区块化设计。为了更好地区分每个生产区域的差异，本项目的电子洁净厂房将其分为了六个主要制造区域，并且根据不同的生产工艺要求确定了干净度等级。同时，在有限的空间内优化布局，使得生产流程优化，并留出了足够的机动性空间。为了进一步避免杂散复杂的通道，将生产区域与非生产区域牢固地隔离开来。

（三）精密机房应单独设置专属进出通道

精准机房是电子洁净厂房内部最为关键的生产环节之一，应该单独占用一个房间，并设置专门的进出通道，防止污染物进入该房间。若贸然将其与其他元器件一起存放，则可能会引起严重的设备故障问题。例如，日本东芝公司在设置电子洁净厂房时，对精密机器房进行了单独设计，并采用了防静电处理、二次过滤措施等方法来提高零部件和生产设备的品质。在本项目中，该电子洁净厂房在精密机房的设计中采用了单独占用一个房间，并设置专门的进出通道的设计方案，这些措施可以有效防止污染因子的透入，在保障业务的同时确保零部件和设备的品质。

（四）设计合理的送风系统

对于电子洁净厂房的送风系统必须要在保证准确温湿度的前提下，具有较高的流速、过滤效率、稳定性、压差控制等性能。例如，世界500强公司美的集团子公司的某电子厂房，通过引进先进的送风系统技术，并在具体运营中不断优化调整工艺流程和设备装置，提高机房的生产效率和产品品质。为满足在实际生产环节中对于干净度等级的要求，本项目在该电子洁净厂房中采取了先进的送风系统技术，它具有更高的流速、过滤效率、稳定性以及压差管控等特点，能够保证流处理转移设备房之间的同步性，并通过CDA 空气空调直接规则化监管调整冷却系统的运行稳定性、倍增产品质量。此外，该

电子洁净厂房还消毒和维护送风管道，确保环境干净。

四、电子洁净厂房设计技术实现

电子洁净厂房建筑设计需要采用一系列技术手段来实现，以保证高水平的洁净度和生产效率。其中，压差控制及自动调节装置、送风管道细节处理、地板的细节设计是电子洁净厂房设计技术实现的重要方面。下面将详细探讨这三个方面的设计技术实现，并结合某高科技公司电子洁净厂房建筑设计实例进行阐述。

（一）压差控制及自动调节装置

电子洁净厂房中需要保持一定的压差控制，以防止外界的污染物进入到洁净区域内部。压差控制是指在洁净区和非洁净区之间保持良好的气流分离状态，以避免污染颗粒进入洁净区，通常情况下，非洁净区的气压要低于洁净区，这样可以确保洁净区内的洁净空气不被外部空气污染。自动调节装置是通过传感器、温度计、湿度计等设备采集数据，并采取相应的动作来调节温度、湿度、气流速度和送风量等，从而实现智能化调控^[8]。例如，当洁净区域湿度超出预定值时，系统会自动调整送风量和湿度，保证洁净区域内的湿度控制在合理范围内。大型电子洁净厂房需要保持高水平的空气质量和洁净度，在这样的环境下，压差控制及自动调节装置已经成了必备的技术手段。为此，在设计时需要采用专业的压差控制装置和自动调节装置。例如，本公司在其电子洁净厂房中采用了先进的变频空调系统，并利用PLC控制系统进行压差控制与自动调节。它能够根据洁净度需求自适应调节送风量、风速和温度，实现智能化调控。

（二）送风管道细节处理

电子洁净厂房的送风管道细节设计也至关重要，这直接关系到空气质量及洁净度。因为送风管道负责向洁净区域提供干净空气，任何不适当的设计和施工操作都可能影响到洁净度的保持。下面将详细阐述送风管道细节处理的内容。实际设计中，需要注意的一点是确保送风管道具有良好的连接性和密封性，以防止传递污染物。在选择送风管道材料时，首先要考虑的是它对环境无污染、易清洗以及有良好耐腐蚀性能等特点。根据实际情况，可使用不锈钢、铝合金板或FRP（玻璃钢）作为送风管道的主要材料。管道的密封与连接是确保洁净区与非洁净区分离的关键步骤。必须采用密封性能可以高效而又方便实施的管道连接方法。例如，IRCA+V形密封、胶圈密封等，更好地保证管道的严密性。管道的布局和设计也非常关键。设计的管道应该尽可能避免弯头和阻流结构，以最大限度地减小风力损失。同时，在设计送风管道的具体位置时，还要注意将其放置在易于维护或更换的位置。比如，可以预留一些空间，以方便日后管道维修和更换。为了尽可能避免管道内部出现漏风现象，送风管道必须按照精度要求在制造和安装过程中加强质量控制，并进行合理的光纤封胶、封条和密封保障。此外还可设有洁净区管道去残，可以帮助清除管道中的残余污染物质。例如，本公司在电子洁净厂房研发时，采用了高科技无缝风管，不仅能最小化漏

风问题、还可调节管道阻力,趋近专业零污染方案。

(三) 地板的细节设计

地板是电子洁净厂房设计中重要的一环,它直接影响到生产车间的洁净度和舒适度。因为地板作为洁净区中最广泛和直接的表面材料,其质量对洁净度的影响非常大。因此,在地板设计上需要做到精益求精,充分考虑空气对于地表颗粒的扰动。在选择地板材料时,必须考虑其耐磨性、耐化学腐蚀性、易清洁等特点。根据实际情况,可以选择PVC地板、自流平地坪、环氧地坪等合适的地板材料。地板的安装方式也是一个需要注意的细节问题。地板应该选用无缝铺设或对口焊接的方式进行安装,以便确保地板的连接处没有死角,避免产生积尘。安装人员还要确保地面基础均匀平整,并在地板的下层加垫聚乙烯发泡层,起到消声和防震等作用。此外,地板边缘的处理也很重要。地板与围墙之间应留出空隙,然后用封边条填补空隙,防止尘埃和污垢破坏地板洁净度。在地板的设计中需要考虑其周围设施及其维护。地板周围应设有排水沟以便于地面清洗;地面内部也可以加入搪瓷漆涂层或进行超光电处理等技术手段以增加地面平整度并延长使用寿命。例如,本公司在设计时选用了电脑控制的自流平地面固体浇注系统,避免胶合、插拼式安装,使地面部分反应更协调,同时也更根据塑料材料的产量与规格而灵活变动,从而保证了洁净效果。

五、未来趋势

(一) 智能化设计

随着人工智能、物联网等技术的不断发展,将会有更多的智能化设计应用到大型电子洁净厂房建筑设计中。智能化设计是未来大型电子洁净厂房建筑设计的一个重要趋势,它可以提高工作效率、提升产品质量,并且降低能耗和维护成本。在未来,大型电子洁净厂房将采用更为先进的自动清洁系统。这些系统可以根据洁净度的需求定期进行清洁,并且可以保存清洁记录,在必要时对清洁进行调整。当污染物浓度达到预设值时,阈值会触发清洁程序,以确保环境的长期干净。未来大型电子洁净厂房将使用更高级的智能控制系统,以便灵活适应不同生产线的需求。例如,可以根据生产线上的运转状态自动调整空气流量,并对不同产线的操作数据进行分析,以便更好地进行实时监测和处理。能源管理系统可以让大型电子洁净厂房的电力、水文等资源得到最优利用,这样可以节省电费和能源开支。未来这种系统将更加智能化,可以进行更为精确的能源监测和管理,以确保洁净厂房的运转效率和节能效果。未来,大型电子洁净厂房将会采用无人机技术进行建筑检测。这些无人机可以完成室内外全面检测,快速识别建筑结构变形、磨损和裂缝等情况,并实时反馈数据给管理系统。这样可以及时预防问题发生,提高洁净厂房安全性和可靠性。

(二) 可持续性发展

在未来的洁净厂房设计中,可持续性发展将成为重

要的考虑因素。无论是使用节能材料还是采用太阳能或风力等再生能源作为能源来源,都将成为未来洁净厂房建筑设计上的重点。另外,智能技术的应用可以增强大型电子洁净厂房对环境的适应性和响应能力。通过实时监控和反馈数据,洁净厂房管理人员可以及时调整设备参数,从而更加有效地控制能源消耗。此外,它可以改善排放规范、空气质量等方面,有利于追求更高的绿色生产标准。

(三) 模块化设计

未来的洁净厂房建筑将更加注重模块化设计,许多功能将被针对模块化分解,从而降低了制造和维护成本,并使得维护工作变得更加容易。同时,采用模块化设计还可以带来更好的可持续使用性。由于每个模块可以轻松移除,重新分配或升级,这极大地提高了建筑的可扩展性。因此,在未来设计中,模块化将更加强调经济和环境可持续性。

(四) 弱电系统智能化

未来的洁净厂房建筑智能化程度会更高,特别是在弱电系统方面。例如通过自动控制弱电设备,在保持电力供应稳定的情况下减少无效用电。而且可以随时记录市电数据,并在按照预期进行分析以便能让更加科学合理地管理这些设备。

六、结语

综上所述,在大型电子洁净厂房建筑设计过程中,需要充分考虑到洁净度、温湿度、空气流动性能等一系列特殊要求。在设计阶段应从安全性、建筑布局、送风系统等方面入手,技术实现上要注意压差控制、送风管道和地板等细节处理。通过本文全面介绍,对该领域从业人员的工作具有一定的指导和借鉴意义。

参考文献

- [1] 吴臻. 电子洁净工业厂房建筑防火及消防设计分析[J]. 江西建材, 2021, 01(10): 219-220.
- [2] 赵东升. 超大型电子工业洁净厂房给排水及消防系统设计[J]. 中国给水排水, 2021, 37(14): 99-104.
- [3] 赵护印. 筒仓电子洁净工业厂房的建筑节能设计[J]. 粘接, 2020, 41(04): 128-131.
- [4] 傅伟荣. 新形势下电子洁净厂房建筑设计的探讨分析[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2018, 01(10): 175-176.
- [5] 韩伟. 大型电子洁净厂房建筑设计研究[J]. 工程建设与设计, 2018, 01(08): 35-36.
- [6] 罗斯, 牛红霞, 张睿, 等. 大型电子洁净厂房格构梁施工技术[J]. 工程建设与设计, 2023, 01(05): 174-178.
- [7] 黄舟. 极早期火灾报警系统在电子洁净厂房中的应用[J]. 四川建材, 2022, 48(12): 218-220+224.
- [8] 陈诚, 周章飞, 吴雾郎. 某电子洁净厂房新风的设计和运行[J]. 江西建材, 2020, 01(10): 60-61+63.