

# 电子洁净厂房建筑改造设计案例研究与分析

郑玉亮

中国电子系统工程第二建设有限公司 上海 200000

**摘要：**本文进行了电子洁净厂房建筑改造设计的案例研究与分析。通过对特定电子洁净厂房的改造设计过程进行深入探讨，揭示了空间布局优化、洁净度与空气净化设备升级、建筑材料与构造选择以及暖通与给排水系统设计等关键要素在改造设计中的重要作用。通过对比分析改造前后的生产环境、能效和可持续性，本文证明改造设计的有效性，为类似项目的实施提供有价值的参考和借鉴。

**关键词：**电子洁净厂房；建筑改造设计；案例分析

## 1 电子洁净厂房概述

电子洁净厂房是专为电子产品生产而设计的特殊建筑空间，其核心在于提供一个高度洁净、无污染的生产环境。这类厂房通常采用先进的空气净化技术和严格的施工标准，确保空气洁净度达到特定要求，以满足电子产品制造过程中对微小颗粒、尘埃、有害气体等的严格控制需求。在电子洁净厂房内，不仅空气质量得到了有效保障，而且温度、湿度、静电防护等环境因素也被精确控制，为电子产品的精密加工和组装提供了最佳条件，厂房布局合理，物流顺畅，有利于生产效率和产品质量的双重提升。

## 2 电子洁净厂房建筑改造设计的目标与原则

### 2.1 提高生产效率和产品质量

电子洁净厂房的改造设计首要目标在于提高生产效率和产品质量，优化生产流程是提高生产效率的关键，在改造设计中，需要仔细分析现有的生产流程，识别瓶颈和不必要的环节，通过重新布局和引入自动化设备来简化流程。洁净厂房内的设备布局也应考虑生产线的流畅性，确保各个工序之间的衔接顺畅，减少生产中断。提升洁净度控制对于提高产品质量至关重要，电子产品制造过程中，微小的尘埃和颗粒都可能对产品质量造成严重影响。在改造设计中，需要加强空气净化系统的性能和覆盖范围，确保整个生产环境达到所需的洁净度等级。还应采用先进的密封材料和构造技术，防止外界污染物进入洁净区域<sup>[1]</sup>。定期对洁净区域进行清洁和维护，保持其长期处于良好的洁净状态。改善工作条件也是提高生产效率和产品质量不可忽视的一环，洁净厂房内的工作人员需要长时间在高精度、高效率的环境下工作，为他们提供一个舒适、健康的工作环境至关重要。改造设计应注重人体工程学原理，合理设置工作台高度、照明和通风条件，减少工作人员的疲劳和不适，提供必要

的防护设施和应急措施，确保工作人员的安全和健康。

### 2.2 降低生产成本和能源消耗

降低生产成本和能源消耗是电子洁净厂房改造设计的另一个重要目标。这一目标可以通过优化建筑设计、引入节能技术和改进生产工艺来实现。在建筑设计方面，可以通过合理的建筑布局 and 材料选择来降低能耗。例如，采用大跨度柱网结构可以减少内墙数量，提高空间利用率，同时减少围护结构的热损失。选用保温、隔热性能良好的建筑材料可以降低能耗，提高建筑的能效。合理设置窗户和遮阳设施，利用自然光和自然通风，也可以减少照明和空调系统的能耗。引入节能技术是降低能耗的有效手段，通过智能化管理系统对能源进行实时监测和优化，可以实现能源的高效利用。还可以考虑利用可再生能源，如太阳能、风能等，为洁净厂房提供部分或全部电力需求。改进生产工艺也是降低生产成本和能源消耗的重要途径，通过优化生产工艺流程，减少不必要的工序和材料浪费，可以降低生产成本。采用先进的生产设备和工艺，提高生产效率和产品质量，也可以间接降低能耗和成本。

### 2.3 遵循绿色建筑和可持续性原则

在电子洁净厂房的改造设计中，遵循绿色建筑和可持续性原则是实现长期可持续发展的关键。这一目标体现在多个方面，包括环保材料的选择、节能技术的应用、水资源管理以及废弃物处理等。首先，选择环保材料是实现绿色建筑的基础，在改造设计中，应优先选用可回收、可降解或低挥发性有机化合物（VOC）释放的建筑材料和装饰材料。这些材料不仅对环境友好，还可以减少后期维护和清洁所需的能源和资源消耗。选择具有抗菌、防霉、易清洁特性的材料，可以减少洁净区域的污染和维护成本。节能技术的应用是实现可持续发展的重要手段，除了前面提到的照明系统、空调系统和通

风系统的节能改造外,还可以考虑采用先进的能源管理系统,实时监测和优化能源使用效率。通过引入模块化和标准化的设计方法,使洁净厂房的组件易于更换和维修,延长其使用寿命,减少资源浪费。水资源管理也是绿色建筑和可持续性原则的重要组成部分,在改造设计中,应设计和实施节水措施,如安装节水型水龙头、淋浴设备和冷却系统。考虑雨水收集和利用系统,用于非饮用水需求,如冲厕、绿化等。这些措施不仅可以减少水资源的浪费,还可以降低水费支出。废弃物处理也是实现可持续发展的重要环节,在改造设计中,应建立垃圾分类和回收制度,减少废弃物产生量。鼓励使用可重复使用的包装和容器,减少一次性塑料制品的使用。与供应商建立绿色供应链合作关系,确保原材料和零部件的环保性,减少生产过程中的废弃物产生。

### 3 电子洁净厂房建筑改造设计案例分析

#### 3.1 案例一

某微电子有限公司原有的洁净厂房由于生产工艺升级和设备更新,需要进行全面的改造设计。该案例的核心挑战在于如何在保持生产连续性的同时,实现洁净度的大幅提升和生产效率的优化。改造设计首先针对洁净区域的布局进行了优化,原有的生产线布局较为紧凑,导致物料搬运和人员流动不畅,影响生产效率。在改造中,设计采用开放式布局,将生产线按照工艺流程重新排列,并设置宽敞的物料搬运通道和人员通道,确保了生产流程的顺畅和高效。为了提升洁净度,改造设计对空气净化系统进行了全面升级,原有的空气净化系统存在过滤效率低、送风量不足等问题,无法满足新工艺对洁净度的要求<sup>[2]</sup>。在改造中,设计引入高效过滤器,并增加送风量,确保整个洁净区域的空气洁净度达到ISO 7级标准。还采用先进的密封材料和构造技术,防止外界污染物进入洁净区域。在节能方面,改造设计也取得显著成效。设计对厂房的围护结构进行保温、隔热处理,减少能耗。引入智能照明系统和变频空调系统,实现能耗的实时监测和优化。这些措施不仅降低了能耗,还提高厂房的能效。改造设计还注重员工的舒适性和健康性。设计在洁净区域内设置舒适的休息区,并提供必要的防护设施和应急措施,确保了员工的安全和健康。

#### 3.2 案例二

半导体洁净室的平面规划设计是另一个具有挑战性的案例。该案例的目标是在有限的空间内实现高度洁净的生产环境,并满足半导体生产对洁净度、温度、湿度和静电防护的严格要求。在平面规划设计中,设计首先根据生产工艺流程对洁净室进行了功能分区。将生产

区、辅助区、存储区等合理划分,确保生产流程的顺畅和高效。在每个功能区域内都设置相应的洁净级别,以满足不同生产工艺对洁净度的要求。在洁净室的设计中,设计采用先进的空气净化技术和密封构造技术。通过引入高效过滤器和送风系统,确保整个洁净室的空气洁净度达到ISO 6级标准。采用双层墙、双层窗等密封构造技术,防止外界污染物进入洁净室。设计还考虑了半导体生产对温度、湿度和静电防护的严格要求,在洁净室内设置了精密的温湿度控制系统和静电防护设施,确保生产环境的稳定性和安全性。在平面规划设计中,设计还注重物料的搬运和人员的流动。设置宽敞的物料搬运通道和人员通道,确保了生产流程的顺畅和高效。在洁净室内设置了必要的辅助设施和休息区,为员工提供了良好的工作环境。

#### 3.3 案例三

电子洁净厂房的净化空调系统设计是确保生产环境洁净度和稳定性的关键。在某电子洁净厂房的改造设计中,设计对原有的空调系统进行了全面升级和优化。首先,设计对洁净区域的空气洁净度进行重新评估,并根据评估结果对空调系统的过滤器和送风量进行调整。引入高效过滤器,并增加送风量,确保整个洁净区域的空气洁净度达到ISO 7级标准。采用先进的空气净化技术,如臭氧消毒、紫外线杀菌等,进一步提高空气的洁净度和安全性。在节能方面,设计对空调系统的运行策略进行优化。通过引入智能控制系统,实现空调系统的自动调节和能耗的实时监测。根据生产需求和外界环境的变化,智能控制系统可以自动调节空调系统的送风量、温度和湿度,确保生产环境的稳定性和节能性。设计还考虑了空调系统的可靠性和维护性,在设计中采用冗余设计,确保空调系统的稳定运行。设置了易于维护和清洁的过滤器、风机等部件,降低维护成本和停机时间。在净化空调系统的设计中,设计还注重了员工的舒适性和健康性。通过合理设置送风口和排风口,确保空气在洁净区域内的均匀分布和有效循环,在空调系统中设置空气净化装置和湿度调节装置,为员工提供了舒适、健康的工作环境。

### 4 电子洁净厂房建筑改造设计关键要素分析

#### 4.1 空间布局优化

电子洁净厂房的空间布局优化是整个改造设计的基础,它直接关系到生产效率、洁净环境的稳定性和未来扩展的可能性。在进行空间布局优化时,首要步骤是对现有生产流程进行详尽的分析,识别出生产过程中的瓶颈、冗余以及潜在的交叉污染点<sup>[3]</sup>。通过引入精益生产

理念,重新规划生产线布局,旨在减少物料搬运距离、优化人员流动路径,并合理布置生产设备,以实现生产流程的高效、流畅。洁净区与非洁净区的明确划分至关重要,这有助于避免交叉污染,同时设置缓冲区作为过渡区域,进一步增强了洁净环境的可控性。在规划过程中,还需前瞻性地考虑未来生产工艺升级、设备更新以及产能扩充的需求,确保改造后的厂房空间布局既满足当前需求,又具备足够的灵活性和可扩展性,为企业的长远发展奠定坚实基础。

#### 4.2 洁净度与空气净化设备

洁净度作为电子洁净厂房的核心指标,直接关系到产品质量、生产效率和客户信任度。在改造设计中,洁净度与空气净化设备的选择与设计显得尤为重要,高效、可靠的过滤器,尤其是HEPA(高效颗粒空气)过滤器,是确保空气洁净度的关键。它们能够有效去除空气中的微粒、细菌和病毒,为生产环境提供高标准的洁净空气。送风系统和排风系统的合理设计同样不可或缺,它们需要确保空气在洁净区域内均匀分布并有效循环,避免死角产生。空气净化设备的维护和更换周期需纳入考量,定期的检查和维护可以延长设备寿命,保持其高效运行。随着科技的进步,引入先进的空气净化技术和智能控制系统已成为趋势,它们能够实时监测空气洁净度,并根据生产需求自动调节送风量、温度和湿度,确保生产环境的稳定性和可控性,进一步提升产品质量和生产效率。

#### 4.3 建筑材料与构造

建筑材料与构造的选择对于电子洁净厂房的洁净度、能效、安全性和可持续性具有深远影响。在材料选择上,应优先考虑其洁净性能、耐腐蚀性、防火性能和环保性。墙面材料应选用不易产生尘埃、易于清洁且具有一定抗菌性能的材料,如不锈钢板、彩钢板或特殊涂料处理的墙面。地面材料则需具备良好的耐磨性、防滑性和易清洁性,同时考虑其抗菌、防霉特性,如环氧树脂地坪或PVC地板。在构造设计上,密封性能至关重要。门窗、墙体和天花板应采用密封性能良好的设计,防止外界污染物如尘埃、微生物等进入洁净区域。合理设置排气口和缝隙,避免内部污染物积聚和扩散,确保

洁净环境的稳定性。建筑材料的可回收性和再利用性也是现代电子洁净厂房改造设计中的重要考量,通过采用环保材料和技术,减少资源消耗和环境污染,促进企业的可持续发展。

#### 4.4 暖通与给排水设计

暖通与给排水设计是电子洁净厂房改造设计中不可或缺的一环,它们直接关系到生产环境的舒适度、能效和环保性。在暖通设计方面,需要合理设置空调系统,确保洁净区域的温度、湿度和空气洁净度达到生产要求。空调系统应采用高效节能的设计,如变频空调系统,根据生产需求自动调节送风量、温度和湿度,实现能源的最大化利用。智能控制系统的引入,可以实时监测和调整空调系统的运行状态,确保生产环境的稳定性和可控性。在给排水设计方面,需要设置合理的供水系统和排水系统,确保生产过程中的用水需求得到满足,同时避免水资源的浪费和污染。供水系统应采用循环用水和节水技术,减少新鲜水的消耗。排水系统则需考虑废水处理,将生产过程中的废水进行无害化处理,减少对环境的影响。通过优化暖通与给排水设计,不仅可以提升生产环境的舒适度,还能有效降低能耗,实现节能、环保和可持续发展的目标。

#### 结束语

本文通过对电子洁净厂房建筑改造设计的案例研究与分析,深入探讨了改造设计的关键要素和实施策略。改造后的厂房不仅提升生产效率和产品质量,还实现能效的大幅提升和环境的可持续发展。本研究为电子洁净厂房的改造设计提供有益的探索和实践,期待未来能有更多类似项目借鉴和应用这些经验和成果,共同推动电子制造业的高质量发展。

#### 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(59):123-124.
- [2]李良新.大型电子洁净厂房建筑设计分析[J].中国房地产业,2020(75):231-232.
- [3]胡尧.母恩喜.新形势下电子洁净厂房建筑设计的探讨分析[J].重庆建筑,2020,15(2):15-17.