

电子工业厂房洁净室管控及施工技术探讨分析

陆宏磊

中电系统建设工程有限公司 上海 200120

摘要：随着电子工业的飞速发展，对生产环境洁净度的要求日益提升。电子工业厂房洁净室作为保障产品质量和生产效率的关键设施，其施工及各类管控显得尤为重要。本文深入探讨了洁净室的定义、特点，以及各类管控和施工关键环节。通过分析洁净室施工准备、过程管理及常见问题应对策略，本文旨在为电子工业厂房洁净室的施工及管控提供一套科学、系统的解决方案，以提升工程质量和生产效益。

关键词：电子工业厂房；洁净室；管控；施工

引言：在高度精密的电子工业领域，生产环境的洁净度是影响产品质量与生产效率的关键因素。电子工业厂房洁净室作为保障生产环境的核心设施，其施工管理的重要性不言而喻。本分析旨在剖析洁净室施工和管控环节，从设计、材料、管控及施工准备到过程控制与问题应对，以期为提高洁净室施工质量、保障电子产品质量提供理论依据与实践指导。

1 电子工业厂房洁净室概述

1.1 洁净室定义与特点

洁净室，作为电子工业生产中不可或缺的一部分，是指对空气洁净度、温度、湿度、压差、噪声、振动、静电、照度等参数根据其需求都进行控制的密闭性较好的空间。即不论外在空气条件如何变化，其室内均具有维持原先设定要求性能之特性其主要功能在于为电子产品制造提供一个高度洁净的环境，以减少微粒污染对产品质量的影响，确保生产过程的稳定性和产品的可靠性。在电子工业生产中，洁净室扮演着保护精密设备、提升产品良率、降低故障率的重要角色。洁净室的特点主要体现在其严格的洁净度要求上。为了满足这一要求，洁净室在建造和运行过程中，必须采取一系列的技术措施以确保室内环境达到预定的洁净度标准。

洁净室分为三个状态：

(1) 空态：已建成并可以投入使用的洁净室，此阶段无设备及操作人员；(2) 静态：设备已就位，但此阶段无操作人员；(3) 动态：正常使用的洁净室，此阶段有设备及操作人员。

1.2 洁净度等级与标准

电子工业厂房洁净室的洁净度等级是根据空气中悬浮颗粒物的数量来划分的，通常采用的国际标准有ISO14644系列，而国内标准按照GB50073-2013洁净厂房设计规范。这些标准将洁净度分为不同的等级，从ISO1

(或对应的国内最高级)至ISO9(或对应的国内较低级)，等级越高表示洁净度越高。例如，ISO5级别要求每立方米空气中直径大于0.5微米的颗粒不超过3,520个，而ISO8级别则允许每立方米中此类颗粒数量达到3,520,000个。在电子工业中，常用的洁净等级包括ISO5、ISO7和ISO8，具体选择取决于产品的生产工艺和质量要求^[1]。

空气洁净度等级(N)	大于或等于要求粒径的最大浓度限值(pc/m ³)					
	0.1μm	0.2μm	0.3μm	0.5μm	1μm	5μm
1	10	2	—	—	—	—
2	100	24	10	4	—	—
3	1000	237	102	35	8	—
4	10000	2370	1020	352	83	—
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7	—	—	—	352000	83200	2930
8	—	—	—	3520000	832000	29300
9	—	—	—	35200000	8320000	293000

1.3 设计原则与要求

洁净室的设计应遵循一系列基本原则和要求，以确保其能够达到预定的洁净度标准并满足电子产品的生产需求。首先，气流组织是设计的核心之一，通过合理的气流组织，可以有效地防止室内尘埃的积累和扩散。其次，温湿度的控制也是非常重要的，适宜的温度和湿度可以减少静电的产生，保持人员的舒适性，同时也有利于产品的保存和加工。此外，防静电和防微尘也是设计中不可忽视的因素，需要采取相应的技术措施来降低静电和微粒对产品质量的影响。最后，洁净室的设计还需要考虑设备布局、人员流动、安全出口等因素，以确保生产过程的顺畅和安全。

2 电子工业厂房洁净室管控要点

2.1 AMC管控

(1) AMC介绍。气态分子级污染物(AMC)是危

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晶片表面的侵蚀, 洁净室设备的腐蚀, 非控制性之硼化物或磷化物掺杂, 晶圆表面或光学镜面上之阴霾和微粒发生等各种危害, 影响产品质量, 是半导体制造面临的越来越严峻的问题, 也是生产环境控制中急待解决的问题。根据化学品的特性, AMC可分为酸性污染物、碱性污染物、可凝结性有机污染物、掺杂性污染物这四类。

(2) AMC来源。包括室外和室内两条途径。室外AMC来源包括工艺排风、汽车尾气、锅炉排烟以及化工厂排气等; 洁净室内AMC的来源包括管路泄漏、清洗和湿法刻蚀设备泄漏、建筑与设备材料气体散发和洁净室内人员携带等。

(3) AMC控制。在项目开始阶段, 与业主和设计院确定适应于洁净室的建筑清单, 控制限制洁净室内的材料使用, 选择低挥发性(outgassing)的建筑材料(涂料、建材、密封胶等尤其重要); 外气的AMC去除方式是MAU安装水洗器和化学过滤器, 并达到规范的去效率, 内部产生的AMC去除方式是在FFU上安装化学过滤器, 在空气压缩机的空气入口安装化学过滤器, 并达到规范的去效率, 在施工期间, 加大新风量; 安装在线AMC检测系统^[2]。

2.2 防静电管控

2.2.1 静电管控的意义

静电会导致电子厂房生产流程中断和不良率提高, 并对设备内部的电子元件产生一定的损坏, 严重的话可能引起火灾或爆炸, 有效的控制静电可以对人及电子产品起到保护作用。

2.2.2 静电管控的措施

(1) 环境湿度控制: 保持洁净室一定的湿度, 以减少空气中静电的产生;

(2) 使用导电材料: 防静电地板、防静电涂料和防静电洁净服。防静电地板是洁净室防静电设计的重要组成部分。它采用导电材料制成, 具有良好的导电性和耐磨性, 能够将人员和设备产生的静电电荷迅速导入地下, 从而减少静电的积累和放电。在洁净室的墙面、地面和天花板等区域, 可以涂抹防静电涂料以增强其导电性能。这些涂料通常含有导电填料或导电聚合物等成分, 能够形成一层均匀的导电层, 将静电电荷迅速分散和导入地下。同时, 洁净室内的工作人员应穿着防静电工作服和鞋子, 以减少身体与地面或其他物体之间的摩擦产生的静电电荷。

(3) 静电消散装置: 安装离子发生器, 通过设备释

放离子来中和空气中的静电荷, 有助于保护敏感的电子产品和设备。

(4) 接地措施。在关键区域设置有效的接地系统, 将所有可能产生静电的设备、工具和管道等都与大地连接起来, 形成一个完整的静电防护网络。接地系统应定期检查和维护, 以确保其导电性能良好, 避免因接地不良而导致的静电问题^[3]。

2.3 洁净室管控

2.3.1 洁净室管控的意义。

洁净室管控是随着洁净室工作环境分阶段进行的, 通常分为三个阶段: 普通洁净阶段、非常洁净阶段和超洁净阶段。每个阶段的工作内容和管控要求都不完全一样, 但有着共同点, 其最终目的都是为了保证洁净室的洁净度, 避免环境污染, 达到洁净要求。

2.3.2 洁净室管控各阶段的任务

(1) 普通洁净阶段

基本要求: 建筑基本清洁完成, 管制区域基本封闭, 进入管制区域的人员须提前经过相关的洁净培训, 并将培训合格标签贴到相关醒目位置, 管制口设置管制人员, 对进入洁净区域的材料和人员进行合规管制。

管制规章: 在管制区域的工作需要工作许可证, 清洁的安全鞋、工作服, 再管制区域内不得饮食、抽烟, 尽可能避免污染作业, 有序堆放施工材料。

阶段主要施工任务: 管道支架安装, 空调、工艺、消防等管道安装, 电气桥架及线管安装等。

(2) 非常洁净阶段

基本要求: 执行全面的清洁工作, 包括所有的建筑部分和已安装的管道等, 根据需要设计临时隔断用来隔离洁净和非洁净区, 进行非常洁净的洁净培训, 并更新培训合格标签。

管制规章: 打印规定章程, 并贴在进入洁净区入口, 佩戴鞋套、头发套、PVC手套, 用IPA混合液对进入洁净室材料进行擦洗, 日常对洁净室清洁并安排人员对施工区域进行巡查。

阶段主要施工任务: 吊顶盲板、FFU、高架地板、洁净隔墙、喷淋头、照明灯具、洁净管道、摄像头等的安装。

(3) 超洁净阶段

基本要求: 从上到下的彻底清洁, 进行超洁净的洁净培训。

管制规章: 具体要求和非常洁净阶段管制规章一致, 还需穿洁净服和洁净鞋, 佩戴面罩、头套、PVC手套, 使用带高效过滤器的吸尘器, 可移动脚手架和梯子要用洁净胶带包裹, 只能用洁净室专用笔和纸, 只有经

过申请批准的打磨、切割和动火作业，并在完善的保护措施下才能在室内进行。

阶段主要施工任务：安装高效、超高效过滤器、洁净室认证测试、各系统调试、离子棒系统安装、工艺机台二次配施工等工作。

3 电子工业厂房洁净室施工管理研究

3.1 施工准备阶段

施工准备阶段是洁净室建设的基础，其充分性和细致程度直接关系到后续施工的顺利进行和最终效果。

(1) 施工方案制定。施工方案是施工过程中的指导性文件，必须基于设计图纸、施工要求以及洁净室的特定规范来编制。在制定过程中，首先要明确洁净室的等级标准，并据此确定相应的施工工艺、流程、质量控制标准等。同时，还需考虑施工现场的具体情况，如空间布局、设备安装位置、物流通道等，确保施工方案的可行性和高效性。施工方案应详细说明每个施工环节的具体要求、注意事项和验收标准，为后续施工提供明确的指导。(2) 施工人员培训。施工人员是洁净室建设的直接执行者，其素质和技能水平直接影响到施工质量和进度。因此，在施工前必须对施工人员进行全面的培训。培训内容应包括洁净室的基本概念、施工要求、安全规范、质量标准等方面。通过培训，提升施工人员的施工质量意识，使其明确自己在施工过程中的角色和责任，掌握正确的施工方法和技巧。此外，还应加强施工人员的团队协作和沟通能力，确保施工过程中的顺畅配合。(3) 材料与设备准备。洁净室对材料和设备的要求极高，必须确保所有施工材料与设备符合洁净室要求。同时，还需对材料进行严格的验收和检验，确保材料的质量符合标准。

3.2 施工过程管理

施工过程管理是洁净室建设的关键环节，直接关系到施工质量和进度。(1) 工序安排与调配。在施工过程中，应根据施工进度和洁净室要求，合理安排有尘与无尘作业。有尘作业如墙体开凿、管线铺设等应尽量安排在洁净室外部或使用防尘措施进行隔离；无尘作业如地面铺设、设备安装等则应在严格控制的环境中进行。通过合理安排工序和调配资源，减少交叉污染和尘埃产生，确保施工环境的洁净度。(2) 洁净度控制。洁净度控制是洁净室施工的核心内容之一。在施工过程中，应采取有效的洁净措施，如定期清扫、保持通风、使用空气净化设备等，降低施工环境中的尘埃和微粒浓度。此外，施工人员应严格遵守洁净室的着装规定和操作规范，减少因人为因素引起的尘埃污染。(3) 质量控制。实施严格的施工质量管理体系是确保装饰装修效果达标的

重要保障。在施工过程中，应建立完善的质量管理体系，明确各道工序的质量标准和验收要求。通过加强质量检查和验收工作，及时发现和纠正施工中的质量问题，确保每道工序都达到设计要求和质量标准。同时，还应加强对施工过程的监督和指导，确保施工人员按照施工方案和操作规程进行施工，避免出现质量事故和安全隐患。

3.3 问题与应对策略

在施工过程中，难免会遇到各种问题和挑战。下面介绍洁净室常见的问题及应对策略。

常见问题分析。尘埃污染是洁净室施工中最常见的问题之一。由于施工环境的复杂性和不确定性，尘埃粒子可能随时产生并扩散到整个施工区域。此外，材料损坏也是常见的问题之一。由于施工过程中的搬运、安装等操作不当，可能导致材料表面划伤、变形或损坏。针对这些问题，需要采取有效的预防和应对措施。

应对策略。首先，加强现场清洁工作。在施工过程中，应定期清扫施工区域和周边环境，及时清除尘埃和垃圾。对于易产生尘埃的作业区域，应采取有效的防尘措施进行隔离和防护。同时，加强施工人员的清洁意识和操作技能培训，减少人为因素引起的尘埃污染。其次，严格把关材料质量和使用过程。在采购材料时，应选择信誉好、质量可靠的供应商进行合作；在材料使用过程中，应严格遵守操作规程和使用要求，避免材料损坏和浪费。对于已损坏的材料，应及时更换和处理，确保施工质量和进度不受影响。最后，加强施工过程中的监督和检查。通过加强对施工过程的监督和检查，及时发现和纠正施工中的问题和不足之处；同时，总结经验教训，不断完善施工管理体系，提高施工效率和质量控制水平。

结束语

综上所述，电子工业厂房洁净室管控及施工管理是一个复杂而精细的过程，涉及多方面的技术要求和严格的施工管理措施。本研究通过对洁净室定义、特点、管控的种类及施工管理全过程的深入探讨，为电子工业厂房洁净室建设提供了宝贵的参考和借鉴。未来，随着电子技术的不断发展和创新，洁净室施工管理将面临更多新挑战，需要持续关注和研究，以不断提升施工质量，为电子产品的高品质生产保驾护航。

参考文献

- [1]王永强,洁净厂房施工管理的关键环节探讨[J].建筑技艺,2021,(04):23-25.
- [2]工业和信息化部,GB50073-2013洁净厂房设计规范.
- [3]杨华,电子工业洁净厂房施工质量控制要点分析[J].建筑技艺,2021,(06):48-50.