

# 半导体混流装配线投产排序优化研究

赵李斌

山东科技大学 266590

DOI:10.32629/ems.v8i5.20201

**[摘要]** 随着半导体产业向多元化、定制化方向快速发展,混流装配线已成为半导体生产的核心模式,其投产排序的合理性直接决定生产效率、产品质量与生产成本,是提升半导体企业市场竞争力的关键环节。半导体混流装配线具有产品种类多、工艺复杂、约束条件严苛、生产节拍不稳定等特点,传统投产排序方法难以适配其生产需求,易出现生产瓶颈、资源浪费、交货期延误等问题。本文结合半导体混流装配线的生产特性,阐述投产排序优化的核心内涵与重要意义,分析当前投产排序存在的问题及影响因素,探讨投产排序优化的原则与常用方法,提出针对性的优化策略,为半导体企业提升混流装配线生产效能、降低生产成本、保障生产有序推进提供参考,助力半导体产业高质量发展。

**[关键词]** 半导体;混流装配线;投产排序;优化策略;生产效能;成本管控

## 引言

全球半导体产业竞争加剧、市场需求多元化,半导体企业需实现多品种、小批量柔性生产,混流装配线因可在同一条生产线交替生产多种规格半导体产品,已广泛应用于芯片、元器件等生产。投产排序是半导体混流装配线生产组织的核心,指结合生产任务、工艺要求等,合理安排不同品种产品的投产顺序与批量,实现资源高效利用与流程顺畅衔接。与传统单一品种装配线相比,半导体混流装配线涉及多产品交替生产,受工艺、设备、物料、交货期等多重约束,排序复杂性显著提升。当前部分半导体企业仍采用传统排序方法,存在缺乏科学性、灵活性不足等问题,导致设备闲置与过载并存、物料积压、交货期延误等,影响生产效率与经济效益。因此,开展半导体混流装配线投产排序优化研究,破解难点、构建科学排序方案,对提升生产效能、降低成本、增强企业竞争力具有重要意义。

## 一、半导体混流装配线投产排序的核心内涵与重要意义

半导体混流装配线是指在一条装配线上,按照既定的生产节拍,交替生产多种不同规格、不同工艺要求的半导体产品,且每种产品的生产流程、工艺参数、物料需求存在一定差异的生产模式。其核心特征体现在柔性化、多品种、小批量、工艺复杂,既要满足不同产品的生产工艺要求,又要保障生产流程的连续性与稳定性。

半导体混流装配线投产排序优化,是指在满足生产工艺约束、设备负荷约束、物料供应约束、交货期约束等前提下,通过科学的排序方法,合理安排各品种产品的投产顺序与批

量,实现生产资源(设备、人力、物料)的最优配置,达到提升生产效率、降低生产成本、缩短生产周期、保障产品质量的目标。其核心内涵在于“平衡”与“优化”,即平衡设备负荷、平衡物料消耗、优化投产顺序,实现生产过程的高效、有序、低成本运行。

新形势下,开展半导体混流装配线投产排序优化具有重要意义。首先,能够提升生产效率,通过合理排序减少设备切换时间、等待时间,避免设备闲置与过载,充分发挥生产资源的利用效率,缩短生产周期;其次,能够降低生产成本,减少物料积压、设备损耗、人力浪费,优化资源配置,降低生产过程中的各类损耗;再次,能够提升生产柔性,快速适配市场需求的变化,灵活调整投产顺序与批量,保障交货期,提升客户满意度;最后,能够保障产品质量,通过优化排序减少工艺切换过程中的质量波动,降低产品不合格率,提升产品竞争力。

## 二、半导体混流装配线投产排序的影响因素与现存问题

### (一) 投产排序的主要影响因素

半导体混流装配线投产排序受到多种因素的综合影响,这些因素相互关联、相互制约,直接决定排序方案的合理性与可行性,主要可分为以下四类。

一是产品特性因素,不同半导体产品的工艺复杂度、生产周期、物料需求、质量要求存在差异,工艺复杂度、生产周期长的产品会占用更多的设备资源与生产时间,对排序方案的影响较大;同时,产品的交货期要求也会直接影响投产顺序,紧急订单、交货期短的产品需优先安排投产。

二是设备约束因素, 半导体混流装配线涉及多种专用设备, 不同设备的加工能力、负荷上限、维护周期存在差异, 部分设备可能存在瓶颈约束, 若排序不合理, 易导致瓶颈设备过载, 影响整个生产线的运行效率; 同时, 设备切换成本与切换时间也会影响投产排序, 切换频率过高会增加生产成本、延长生产周期。

三是物料供应因素, 半导体生产所需物料种类繁多、规格复杂, 物料的供应及时性、准确性直接影响投产排序的执行, 若物料供应延迟或短缺, 会导致生产中断, 影响投产计划的推进; 同时, 物料的库存水平也会影响投产批量的安排, 避免物料积压与短缺。

四是生产管理因素, 生产人员的专业能力、生产计划的合理性、质量管控要求等也会影响投产排序, 生产人员操作熟练度不足会影响生产节拍, 质量管控要求严格会增加生产过程中的检验时间, 进而影响排序方案的实施效果。

### (二) 投产排序现存的主要问题

当前, 我国半导体企业在混流装配线投产排序过程中, 仍存在诸多问题, 严重制约了生产效能的提升, 主要体现在以下四个方面。

一是排序理念滞后, 部分企业仍采用经验型排序方法, 依赖管理人员的主观判断安排投产顺序, 缺乏科学的理论支撑与数据支撑, 排序方案缺乏合理性与前瞻性, 难以适应多品种、小批量的生产需求, 易出现生产紊乱现象。

二是未充分考虑多约束条件, 排序过程中仅关注交货期或生产效率单一因素, 忽视了设备负荷平衡、物料供应、工艺约束等多重因素的综合影响, 导致排序方案难以落地执行, 出现设备过载、物料积压、生产中断等问题。

三是排序方法缺乏灵活性, 多数企业采用固定的排序模式, 未根据市场需求变化、生产过程中的突发情况(如设备故障、物料短缺)及时调整投产排序, 导致生产计划与实际生产脱节, 难以快速响应市场变化与生产异常。

四是数字化水平不足, 排序过程中缺乏先进的数字化工具与技术支撑, 生产数据的采集、分析与处理仍依赖人工操作, 效率低下且易出现数据误差, 难以实现排序方案的精准优化与动态调整, 影响排序效果。

## 三、半导体混流装配线投产排序优化的原则与常用方法

### (一) 投产排序优化的核心原则

半导体混流装配线投产排序优化需遵循科学、合理、可行的原则, 结合生产实际与约束条件, 兼顾效率、成本、质量与交货期, 核心原则主要包括以下四点。

一是负荷平衡原则, 确保各设备、各工序的负荷均匀分配, 避免出现设备过载或闲置的情况, 充分发挥生产资源的利用效率, 保障生产线的连续稳定运行; 二是工艺适配原则, 排序方案需符合半导体产品的生产工艺要求, 减少工艺切换过程中的时间损耗与质量波动, 确保产品质量; 三是交货期优先原则, 优先安排交货期短、紧急程度高的订单, 保障交货期的准时性, 提升客户满意度; 四是成本最优原则, 通过优化投产顺序与批量, 减少设备切换成本、物料积压成本、人力成本等, 实现生产成本的最小化。

### (二) 投产排序优化的常用方法

随着半导体产业的发展与管理技术的进步, 投产排序优化方法不断丰富, 结合半导体混流装配线的生产特性, 常用的优化方法主要分为以下三类, 各有其适用场景与优势。

一是启发式算法, 这是目前半导体混流装配线投产排序中应用最广泛的方法, 其核心是通过设定合理的启发式规则(如最短生产周期优先、交货期优先、设备负荷平衡优先等), 快速生成可行的排序方案。该方法具有计算速度快、操作简便、适应性强的优势, 能够快速应对多品种、小批量的生产需求, 适用于生产任务复杂、需要快速生成排序方案的场景, 但存在局部最优的局限性, 难以实现全局最优。

二是智能优化算法, 随着人工智能技术的发展, 遗传算法、粒子群优化算法、模拟退火算法等智能优化算法逐渐应用于投产排序优化中。该类方法通过模拟生物进化、粒子运动等自然现象, 实现排序方案的全局搜索与优化, 能够有效克服启发式算法局部最优的缺陷, 找到更优的排序方案。其优势在于优化精度高、能够处理多约束、多目标的排序问题, 但计算复杂度较高, 适用于对排序精度要求高、生产规模较大的场景。

三是数学规划方法, 通过建立投产排序的数学模型, 明确目标函数(如最小化生产周期、最小化生产成本、最大化设备利用率等)与约束条件(设备负荷、工艺要求、物料供应等), 通过求解数学模型获得最优排序方案。该方法具有理论严谨、优化结果精准的优势, 但建模过程复杂, 当生产规模较大、产品种类较多时, 求解难度较大, 适用于生产规模

较小、约束条件相对简单的场景。

在实际生产中, 半导体企业可根据自身的生产规模、产品特性、约束条件等, 选择合适的优化方法, 或结合多种方法的优势, 构建混合优化模型, 提升排序方案的合理性与可行性。

#### 四、半导体混流装配线投产排序优化的实践策略

针对当前半导体混流装配线投产排序存在的问题, 结合其生产特性与优化原则, 从理念更新、方法优化、技术支撑、管理完善四个方面, 提出针对性的投产排序优化实践策略, 推动排序方案的落地见效, 提升生产效能。

##### (一) 更新排序理念, 树立科学的排序意识

半导体企业应摒弃传统的经验型排序理念, 重视投产排序优化的重要性, 树立“全局优化、多目标平衡”的排序理念, 将排序优化纳入生产管理的核心环节。加强对管理人员的培训, 提升其对排序优化理论、方法的掌握程度, 推动排序工作从“经验驱动”向“数据驱动、科学驱动”转型。

##### (二) 优化排序方法, 构建多目标优化模型

结合企业的生产实际, 综合考虑设备负荷、交货期、生产成本、产品质量等多项目标, 构建适合自身的投产排序多目标优化模型。根据生产规模与产品特性, 选择合适的优化算法, 如中小规模生产可采用启发式算法, 大规模、高精度需求可采用智能优化算法, 或结合多种算法的优势, 提升排序方案的优化精度与可行性。同时, 建立排序方案的评估体系, 对排序方案的生产效率、成本、交货期等指标进行全面评估, 及时优化调整。

##### (三) 强化技术支撑, 提升数字化排序水平

加快数字化技术在投产排序中的应用, 引入生产管理系统 (MES)、智能排序软件等数字化工具, 实现生产数据的实时采集、分析与处理, 为排序优化提供精准的数据支撑。利用大数据、人工智能技术, 实现投产排序的动态优化与实时调整, 能够快速响应市场需求变化与生产过程中的突发情况, 提升排序方案的灵活性与适应性。同时, 实现排序方案与物料供应、设备管理、质量管控等环节的数字化联动, 保障生产流程的顺畅衔接。

##### (四) 完善管理体系, 保障排序方案落地

建立健全投产排序的管理制度, 明确各部门、各岗位在排序优化中的职责, 规范排序方案的制定、执行与调整流程,

确保排序方案能够有效落地。加强设备管理, 定期对设备进行维护与检修, 提升设备的稳定性与加工能力, 减少设备故障对排序方案的影响; 加强物料管理, 优化物料采购与库存管理流程, 确保物料供应的及时性与准确性, 避免物料短缺导致生产中断; 加强生产人员管理, 开展专业技能培训, 提升生产人员的操作熟练度与应急处理能力, 保障排序方案的顺利执行。

#### 五、结论

半导体混流装配线投产排序优化是提升半导体企业生产效率、降低生产成本、增强市场竞争力的关键举措, 其核心是在满足多约束条件的前提下, 通过科学的排序方法, 实现生产资源的最优配置与生产流程的顺畅衔接。当前, 半导体混流装配线投产排序仍面临理念滞后、方法不科学、数字化水平不足、管理不完善等问题, 制约了生产效率的提升。通过更新排序理念、优化排序方法、强化技术支撑、完善管理体系等实践策略, 能够有效破解排序过程中的难点问题, 构建科学合理、灵活可行的投产排序方案, 实现生产效率的提升、生产成本的降低、交货期的保障与产品质量的改善。未来, 随着半导体产业的不断发展与数字化、智能化技术的持续升级, 投产排序优化将向更加精准化、智能化、动态化方向发展。半导体企业应结合自身发展实际, 不断探索适合自身的投产排序优化模式, 持续提升排序优化水平, 充分发挥混流装配线的柔性生产优势, 快速响应市场需求变化, 推动企业高质量发展, 助力我国半导体产业实现自主可控与转型升级。

#### [参考文献]

- [1] 谭远良, 吕佑龙, 左丽玲, 等. 基于强化学习的航天产品装配线投产排序研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2022(7):160-164.
- [2] 王瑞骥. 半导体自动物料搬送系统的路径优化与调度算法研究[J]. 电子通信与计算机科学, 2024, 6(7).
- [3] 张刚, 张袁. 半导体联动设备生产中智能机械臂的应用与产能提升策略[J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(9):19-21.
- [4] 赵蓉. 新形势下 Y 半导体公司风险管理问题及对策[J]. 中外企业家, 2023(28):1-3.
- [5] 赵晓飞. 半导体生产混流装配线排序优化模型及求解[J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(03):789-796.