

# 半导体厂务空调系统多目标协同节能控制策略研究

乔冬良

浙江欣晖科技有限公司 浙江 海宁 314499

**【摘要】**：半导体厂务空调体系要兼顾生产场景温湿度恒定、洁净度达标等严苛指标与能耗管控目标，多维度指标耦合矛盾会束缚能耗管控成效与作业稳态，依托晶圆制造工序特征与空调机组运转轨迹，调校调控思路与配合模式，推动空调机组低耗作业、环境指标精细管控、设备运转稳健性同步进阶，构筑半导体厂务空调体系高效低排放运转的技术路径与实践参照。

**【关键词】**：半导体厂务；空调系统；协同节能；控制策略

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.054

## 引言

半导体制造全流程对环境指标设立严苛判定标准，温湿度稳定、洁净等级达标的作业场景是维系晶圆成品品质与产能释放的基础载体，承担环境维系功能的空调机组在厂区整体能耗支出中占据较大比重，这类机组要承接环境指标精细调控与能耗削减的双重任务，实际作业阶段易显现指标调控偏差扩大、机组联动适配性薄弱、能源损耗偏多等状况，干扰制造流程平稳推进，也与行业低碳化发展导向相背离，钻研贴合厂区应用场景的多目标协同节能调控手段，化解多类管控目标相互牵制的矛盾，可压缩厂商经营投入，助力半导体行业向绿色低碳方向完成迭代升级。

## 1 半导体厂务空调系统运行现状及核心问题

### 1.1 半导体厂务空调系统运行特性

半导体厂务空调同常规楼宇空调存在明显区别，运转状态全程贴合芯片制造环节的环境诉求，具备持续作业、精细调控、平稳运转的突出特质，生产区域洁净等级、温湿度浮动区间被限定在狭窄阈值内，机组保持全天候不间断作业模式，依据制程变更同步适配环境指标调节方案，厂区体量大、装置排布紧凑，空调机组、风路构造、检测终端形成关联联动的复杂架构，生产环节释放的余热与杂质需同步完成疏导与净化处理，整体运转成效直接作用于晶圆产出合格率与生产线平稳程度。

### 1.2 半导体厂务空调系统现存核心问题

现阶段此类空调系统运转环节的突出短板体现在多维管控失衡、单元配合效率偏低等层面，环境管控与能耗管控的权衡环节易出现管控力度超标状况，片面追求环境指标精准度弱化能耗管控维度，驱动机组长时间处于高负载工况，能源损耗规模偏大，各类机组与检测终端缺少高效联动机制，单机独立作业模式难以匹配全域环境诉求与系统负载变动完成参数动态修正，调控响应迟缓、机组冗余作业等状况频发，传统管控模式适配动态制程变更能力有限，指标浮动超差问题制约整体运转效益释放<sup>[1]</sup>。

### 1.3 空调系统多目标控制的核心诉求

该类空调多维目标协同管控的关键诉求覆盖环境管控、能

耗缩减、装置平稳三大核心方向，环境管控维度实现生产区域温湿度、洁净等级的精准锁定，规避指标浮动对制程环节形成的干扰，稳固晶圆产出品质统一性，能耗管控维度在满足环境基准前提下压缩机组能耗规模，削减厂商用电支出与运维成本，贴合行业绿色发展导向，装置平稳维度强化各单元联动稳定性，降低故障停机频次，规避生产中断风险，拉长机组使用周期，达成多维度管控目标的统筹适配。

## 2 半导体厂务空调系统多目标协同机理分析

### 2.1 多目标协同控制的核心内涵

半导体厂务空调系统多目标协同控制，跳出单一维度调控的固有框架，推动环境指标精细管控、能耗削减、机组平稳作业三类核心诉求达成有机融合，依托完备的联动架构梳理各类管控诉求间的内在关联，规避不同维度目标彼此牵制的状况，机组作业阶段可同步响应多重管控要求，这类调控模式并非多类目标的简单整合，依托调控逻辑的迭代升级统筹各类装置作业资源，推动单元组件与作业流程高效联动，拉升系统全域作业效益，贴合芯片制造环境标准，压缩能源损耗规模，维系机组长效平稳作业，践行全域化统筹化的管控理念。

### 2.2 环境控制与节能目标的耦合关系

环境管控与能耗削减构成半导体厂务空调体系的核心管控维度，两类目标存在深度交织的内在关联，彼此依托又存在对立属性，环境层面的稳定管控是能耗管控工作开展的基础，车间环境指标达标的前提下，能耗优化工作才能体现应用价值，片面侧重能耗削减会引发环境指标偏移，拉低生产成品质量，背离机组核心作业定位，能耗管控工作的推进可反哺环境管控环节的长效开展，调控模式升级能够缓解装置高负载损耗，强化机组作业稳定性，巩固环境指标管控精度，单一化调控模式易放大两类目标的对立性，依托联动机制解析能够化解矛盾，推动两类目标同步升级<sup>[2]</sup>。

### 2.3 协同控制的关键影响因素

半导体厂务空调系统多目标协同管控成效，受多重关键要素作用，主要涵盖制程要求、机组性能、调控逻辑三类核心内容，芯片制造制程的差别会带动环境指标诉求发生变化，进一

步作用于多目标优先级设定与联动调控方案, 制程复杂程度提升会同步抬升联动管控的精度门槛, 空调体系内部装置性能能直接决定联动管控的落地可能, 装置调控精度、响应速率、适配能力都会作用于各类目标的达成效果, 装置性能短板会引发调控滞后、指标浮动等问题, 科学合理的调控逻辑可理顺多目标关联, 优化机组作业状态, 强化联动管控整体效益。

### 3 半导体厂务空调系统多目标协同节能控制方案设计

#### 3.1 协同控制框架构建

协同控制框架搭建以多重管控目标统筹均衡为核心导向, 贴合半导体厂务空调机组运转特质与制程作业标准, 打造感知、分析、调控、反馈一体化的闭环联动架构, 感知环节依托高灵敏度采集装置, 动态抓取生产区域温湿度洁净度等环境指标与空调机组各类运转数据。为后续管控制作供给完备数据基础, 分析环节对归集的多类指标开展整合研判, 核验环境指标合规性机组作业能效水平装置工况健康程度, 厘清多目标内在关联与管控核心方向, 调控环节依托研判结论与迭代升级的管控逻辑, 下发调度指令至各类空调装置, 推动单元机组同步联动作业, 反馈环节持续追踪调度后的指标变动情况, 评估管控实施成效并动态修正调度方案, 依托闭环运转模式筑牢多目标统筹达成的基础条件。

#### 3.2 多目标优先级划分与调控逻辑

多目标权重排序工作紧密对接半导体制造制程标准与机组实际运转状况, 确定不同作业场景下各类管控目标的先后序列, 为联动调度供给清晰执行参照, 常规连续生产场景中, 环境指标的精细化管控居于首要位次, 保障晶圆制造成品品质不受外部扰动, 待环境类指标维持稳定合规区间后, 将能耗管控与损耗削减调整为核心导向, 最大限度压缩系统整体能源消耗, 机组全周期运转阶段, 装置平稳可靠作业始终作为底层保障目标, 降低异常停机与故障触发概率。管控逻辑依托权重排序方案搭建执行框架, 借助前置指标临界值与调度运算模型完成多目标动态调节, 目标间产生抵触状况时依照权重序列开展统筹调和, 优先保障高位次目标落地成效, 兼顾低位次目标管控要求, 达成多类管控目标的统筹均衡。

#### 3.3 协同控制方式优化设计

协同管控模式的改良设计聚焦装置联动指标匹配时序衔接三大核心维度开展, 装置联动维度破除各类空调主机检测终端独立作业的固有形态, 搭建装置间联动调度架构, 驱动各类装置依据系统全域运转态势与环境诉求动态修正自身运转指标, 规避冗余作业与调度响应迟缓等问题, 指标协同维度改良环境指标与装置运转指标的适配关联<sup>[3]</sup>。依照生产区域环境指标变动态势, 动态调节空调机组运转转速送风风量制冷输出功率等关键指标, 达成精细管控与能耗削减的双重目标, 时序协

同维度贴合半导体制造制程的时间推进特征, 预判环境指标变动走向并前置调节空调机组运转状态, 抑制指标异常浮动, 同时结合用电价格峰谷分布规律优化装置作业时序, 进一步压缩厂区整体运营支出成本。

### 4 半导体厂务空调系统协同节能控制实施路径

#### 4.1 控制设备选型与适配改造

控制设备的合理选型及适配改造是协同节能控制方案落地的核心支撑, 需贴合半导体厂务空调系统运转特质与协同管控诉求, 筛选适配性强的控制及监测设备, 监测设备优先选用高精度、高响应速率的温湿度传感器、洁净度检测仪等, 保障各类环境指标与设备运转参数的实时精准采集。为协同调控提供坚实数据支撑, 控制设备选用具备协同管控能力、运转平稳且能耗可控的控制器及执行设备, 确保能精准对接调控指令, 推动各设备高效联动, 同时对现有空调设备开展适配改造, 升级设备控制组件, 提升设备协同适配性与调控精度, 淘汰老旧高耗设备, 确保改造后设备契合协同节能控制方案要求, 保障方案稳步落地。

#### 4.2 协同控制流程规范与完善

协同控制流程的规范完善核心是明确各环节操作标准与责任划分, 保障协同节能控制方案有序推进, 结合协同管控框架与调控思路, 制定详尽的协同控制操作流程, 明确参数采集、分析、调控、反馈各环节的操作规范、时间节点与技术要求, 规避操作不规范引发的调控成效不佳问题。健全流程管控机制, 建立参数监测台账与调控档案, 实时追踪流程执行进度, 精准排查流程漏洞与潜在问题并开展针对性优化, 结合半导体生产工艺的动态变化, 灵活调整协同控制流程, 确保流程始终适配生产诉求与系统运转状态, 提升协同控制的实际效能。

#### 4.3 实施过程中的关键保障措施

协同节能控制方案实施过程中的关键保障的核心涵盖技术、人员与管理三大维度, 技术层面组建专业技术团队, 负责方案落地实施、设备调试及全程技术支持, 快速处置实施过程中出现的各类技术难题<sup>[4]</sup>。保障方案实施的专业性与科学性, 人员层面针对相关操作人员与维护人员开展专项培训, 提升其对协同控制设备、流程及逻辑的掌握水平, 确保规范操作设备、严格执行流程, 维系系统平稳运转, 管理层面建立完善设备维护管理、能耗统计及考核机制, 强化空调系统运转状态与能耗情况的全程管控, 压实各环节责任, 推动协同节能控制各项措施落地见效。

### 5 半导体厂务空调系统协同节能控制效能验证与优化

#### 5.1 效能验证的核心内容与方法

效能验证的核心围绕多目标达成情况推进, 重点核验环境

指标调控精度、系统能耗削减成效与设备运转稳健性，环境指标调控精度核验依托持续捕捉车间温湿度、洁净度等参数，核验其是否稳定处于标准区间，研判协同控制方案的环境调控效能，系统能耗核验通过对比方案实施前后空调系统的能耗数据，研判节能降耗目标的落地情况，设备运转稳健性核验通过追踪设备工况。统计故障停机频次与维护周期，核验系统运转稳定性，验证采用现场实测与工况追踪相结合的模式，持续归集验证数据，全面客观研判协同节能控制方案的落地效能。

### 5.2 运行过程中的动态优化调整

协同节能控制方案的落地无需固守既定模式，需在运转过程中结合验证结果与实际工况开展动态优化，针对效能验证中显现的问题，诸如环境参数浮动超标、能耗削减未达预期、设备联动不畅等，深入剖析问题根源，靶向优化调控逻辑、设备运转参数与联动机制。结合半导体生产工艺调整、季节更迭、环境温度起伏等实际情况，灵活调整多目标权重与调控策略，确保方案始终适配系统运转诉求，同时追踪行业技术发展态势，引入先进调控技术与模式，持续优化协同控制方案，拉升系统运转效能。

### 5.3 适配不同生产场景的优化完善

半导体生产包含多种工艺场景，各场景的环境指标诉求、

空调系统运转负荷存在差异，需对协同节能控制方案开展场景化优化，针对芯片制造、封装测试等不同工艺场景，结合其具体环境指标要求与生产负荷特征，调整多目标权重、调控逻辑与设备运转参数，制定适配各场景的协同控制子方案，建立场景化调控台账，留存不同场景下的调控参数与运转成效<sup>[5]</sup>。总结场景化调控经验，形成可复制、可推广的场景化优化方案，结合生产场景的新增与调整，及时优化协同控制方案，确保方案全面适配各类生产场景，实现全场景多目标协同节能。

## 6 结语

本文针对半导体厂务空调系统多目标协同节能控制策略开展系统探究，立足芯片生产环境标准与能耗管控诉求，破解多目标耦合矛盾，梳理系统运转现状与核心短板，剖析多目标协同机理，设计协同节能管控方案，明确落地路径并完善效能验证与优化举措，研究紧扣实际生产需求、聚焦问题破解，构建适配半导体厂务空调系统的多目标协同节能管控体系，可有效达成环境指标精细管控、能耗削减与系统稳健运转的统筹平衡，为半导体企业空调系统节能改造提供可行支撑，助力产业绿色低碳迭代，也为同类工业空调多目标协同节能控制提供参照，填补相关应用研究的实践空白。

## 参考文献：

- [1] 朱弯弯.战略财务测算在半导体项目投资决策中的应用[J].合作经济与科技,2026,(04):82-84.
- [2] 杨艺.基于国产化策略的半导体厂务系统设计[J].上海电气技术,2025,18(02):55-58+17.
- [3] 石坤,罗鑫宇,李彬,等.基于数据驱动的中央空调系统多状态互动能力研究[J].电力需求侧管理,2025,27(03):82-86.
- [4] 王妍,徐晓丽,王晨,等.净化空调系统多维度数据分析与智能诊断平台[J].洁净与空调技术,2025,(01):1-5.
- [5] 尤新勇,郭莉,黄旺城.功率半导体芯片类项目中工艺管理对厂务系统成本的影响[J].洁净与空调技术,2024,(03):103-104+98.