

# 面向工业 4.0 的西门子 OPCENTER 系统分析报告

## 摘要

随着工业 4.0 浪潮的普及化，制造执行系统(MES)已成为实现车间数字化、智能化的核心平台。本文将以西门子 Opcenter MES 作为研究对象，先从系统集成互联能力、模块化设计与技术前沿性等多方面进行定性分析、说明其在低代码定制与智能预测维护等方面的优势与落地挑战；再以半定量方法对其数据集成能力、实时性能、智能分析能力及部署成本等关键维度进行对比；最后结合 Absolut、BASF、Danfoss 等运行案例开展多方面的定量分析，验证 OpcenterMES 再不同行业场景下对生产绩效的显著提升。通过多维度的综合评估分析，为企业在未来 MES 选型、实施与优化过程中提供一定的参考价值。

**关键词：**制造执行系统、绩效指标、Siemens Opcenter、工业 4.0

## Abstract

With the widespread adoption of Industry 4.0, Manufacturing Execution Systems (MES) have emerged as the pivotal platform for achieving digitalization and intelligence on the shop floor. This paper examines Siemens Opcenter MES as a case study. First, a qualitative analysis is conducted from multiple perspectives—including system integration and interoperability, modular design, and technological innovation—to elucidate its strengths and implementation challenges in low-code customization and predictive maintenance. Next, a semi-quantitative evaluation compares key dimensions such as data integration, real-time performance, intelligent analytics, and deployment cost. Finally, drawing on operational cases from Absolut, BASF, and Danfoss, a comprehensive quantitative analysis is presented to demonstrate the significant production performance improvements delivered by Opcenter MES across diverse industry scenarios. Through this multi-dimensional assessment, the study offers valuable insights for enterprises in MES selection, implementation, and optimization strategies.

# 目 录

1. [概述](#)
2. [Siemens Opcenter 系统架构](#)
3. [MES 系统功能分类](#)
4. [MES 关键技术](#)
5. [运行案例](#)
6. [主要挑战](#)
7. [未来发展趋势](#)
8. [分析与结论](#)
9. [参考文献](#)

1 概述

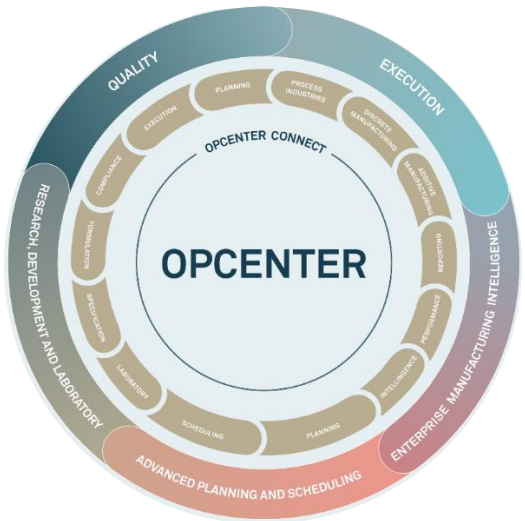


图 1: Siemens Opcenter 概述图

在智能制造和工业 4.0 时代，制造型企业面临愈发严格的柔性生产、快速响应和质量管控要求，所以业界较为领先的制造业则致力于迈向智能化和数字化转型。由于企业需要打通企业资源计划（ERP）与车间的联系，实现可追溯性和闭环管理，但是 ERP 系统侧重于企业层面的资源规划，在车间层实时监控和执行方面仍存在盲区，如缺乏生产过程的可见性、库存管理不善、预测不准确、无法按时完成生产计划以及合规流程效率低下等问题。这些挑战最终将直接影响企业的生产率、生产效率和盈利能力。

制造执行系统（MES）作为车间级信息化系统，因其可实时融合生产信息、可接受 ERP 下达的生产任务，在车间管理、生产监控、质量追溯、资源优化等方面发挥着不可替代的作用。这表明，现代制造商不仅需要优化内部流程的系统，还需要能够灵活应对外部干扰的解决方案。此外，对数据驱动决策的日益依赖要求 MES 系统能够从车间收集、分析和呈现实时信息。这标志着制造业管理模式正从被动响应转向积极主动的数据驱动模式。

本文选择 Siemens Opcenter（前身为 SIMATIC IT）作为分析对象，从企业需求、系统结构、功能模块、关键技术、定性分析、半定量分析、定量分析及运行案例等方面进行系统评估与报告。西门子 Opcenter 为全球工业软件巨头，前身是 UGS/MOMENTUM，在制造业深耕 30+ 年，主要负责大型复杂制造企业的全流程管控，涵盖了生产执行(MES)、高级排程(APS)、质量管理(QMS)、设备管理（EAM）等全模块，支持跨国多工厂协同，尤其是汽车制造、半导体、制药等行业。

需求	备注
生产透明化	实时采集与监控设备和工艺数据，消除信息孤岛。
柔性生产	支持多品种、小批量的快速切换与追踪。
质量可追溯	对原材料、生产工艺、检验结果等进行闭环管理，满足法规和客户需求。
资源优化	最大化设备利用率、物料周转率和人力效率。
数据驱动决策	提供可视化报表与分析工具，支持持续改进与精益生产。

表 1：企业需求分析表

## 2 Siemens Opcenter 系统架构

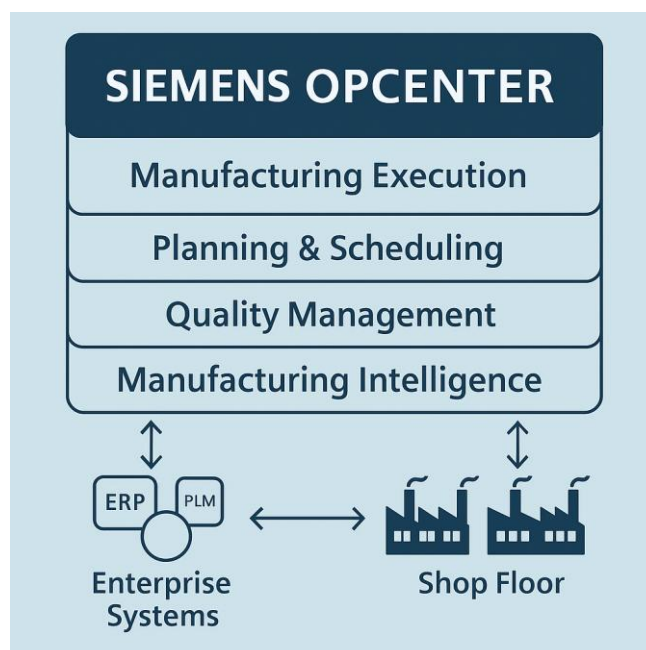


图 2: Siemens Opcenter 系统架构图

Siemens Opcenter MES 通常采用多层架构，如图 2 所示，上层为企业层，包括了 ERP\PLM 等系统的双向数据交互。中间层为 MES 平台，包括有 Opcenter Execution/Quality/Intelligence 等模块)，下层为车间层包括 SCADA,IIoT,CNC，机器人及各类传感器等。

后续的应用服务层包含有生产调度、工艺指导、质量管理、性能分析等。数据存储层如 SQL 涉及到了关系型数据库与历史数据库并存。企业层向 MES 层下达生产订单，而 MES 层执行生产监控、资源协调和质量管控等，并将生产数据反馈给系统，实现设计到生产的数字孪生闭环。

例如，Opcenter Execution 可与 Siemens Industrial Edge 协同，将车间机器数据在边缘进行本地处理和 AI 分析，仅将关键结果传输到 MES，降低时延和云端依赖。Opcenter MES 架构支持可配置的多租户环境和集群部署，能与现代 IT 环境（如 Docker 容器、虚拟化等）兼容，并通过标准协议（如 OPC UA、REST API）实现与 PLC、LIMS、ERP、供应链系统的无缝集成。

### 3 MES 系统功能分类

西门子 Opcenter MES 提供了全面的功能，如下表所示：

模块	功能描述
生产执行与调度	订单分解、资源分配、作业排程、瓶颈分析
质量管理与追溯	在线检验、异常报警、SPC 分析、批次追溯，电子批记录
物料与库存管理	原材料投料、在制品跟踪、成品入库管理
数据分析	仪表盘、报表工具、KPI 监控、生产绩效分析

表 2：系统功能分类图

- **生产执行与调度：** 系统对生产订单进行下达和跟踪，包括生产订单管理、车间调度等，实现车间生产步骤的可视化和控制。通过将企业系统与自动化设备进行数字化连接，缩短交付时间。最大限度地提高生产效率，确保产品按计划、按时且经济高效地生产。通过确保所需资源在正确的时间出现在正确的地点，提高资源利用率。例如，Opcenter Execution 支持先进排产(APS)功能，可根据优先级、资源情况优化生产序列，从而显著缩短生产周期。
- **质量管理与追溯：** Opcenter Quality 模块可实时采集工序质量数据，在线检测不良，进行缺陷分析。系统提供完整的产品批次和物料追溯功能，实现从原材料到成品的正反向追溯，确保符合严格的质量标准。同时，能够管理不合格品并实施纠正和预防措施，为受监管行业自动生成自审计的电子设备历史记录 (eDHR) 和电子批记录 (eBR)。
- **物料与库存管理：** 实时监控物料流动与库存状态，实现 WIP(在制品)跟踪和物料领取管控。MES 可与 ERP 集成，实现物料需求计划(MRP)、条码扫描、库存上下限预警等功能，避免出现缺料或库存积压情况发生。
- **数据分析：** 通过实时数据采集与大数据分析来自制造环境各个来源的数据，对关键性能指标 (KPI)、设备 OEE、人员效率等进行报表和看板展示。Opcenter 系统能对生产数据进行统计和比较，支持上位机报表、BI 可视化和移动端电子看板，使管理层能迅速定位瓶颈并持续改进。MES 平台可输出车间级和企业级报表，并与 Opcenter Intelligence 等分析工具配合，实现预测分析和深度数据挖掘。

综上所述，Opcenter MES 具有涵盖生产、质量、物料等多维且全面的功能，覆盖了从计划到执行再到分析的整个制造生命周期，从而实现生产过程的闭环优化与智能管控。

## 4 MES 关键技术

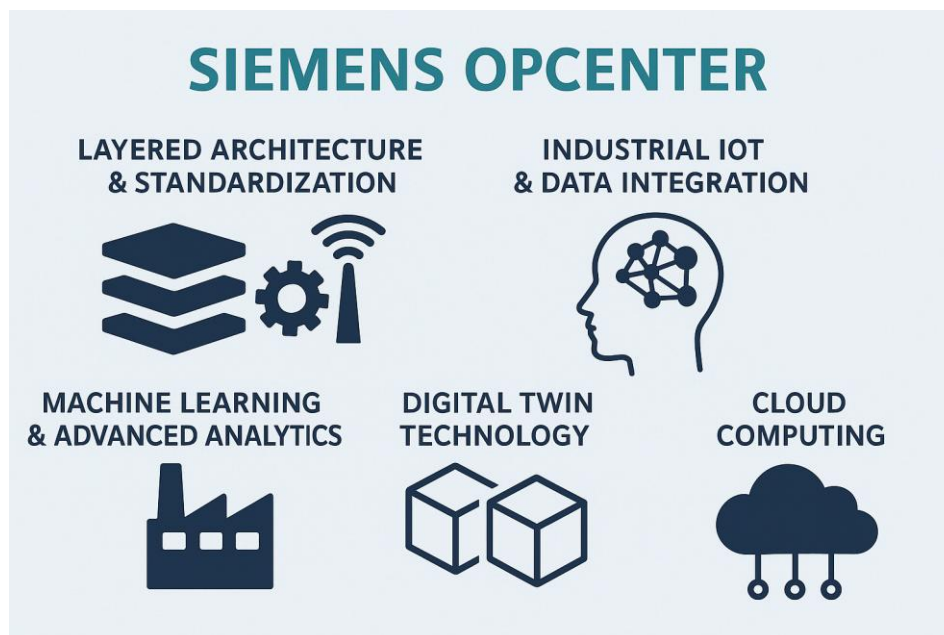


图 3：关键技术图

Opcenter MES 基于其灵活且可扩展的技术架构，集成了多种关键技术以发挥其功能和性能：

- **分层架构与标准化：**遵循 ISA-95 工厂分层模型，上层为 ERP/PLM/MES 集成，中层为 MES 执行层，下层为控制层，实现了设计、计划和车间执行之间的闭环连接。Opcenter 基于 Mendix 低代码平台开发，支持灵活扩展 MES 功能和个性化定制化界面，有利于快速部署新功能并降低开发成本。
- **工业物联网(IIoT)与数据集成：**利用 OPC UA、MQTT 等协议，Opcenter 可与各种 PLC、传感器、SCADA 系统以及物联网平台（如 Siemens MindSphere）实时通信，且支持多源数据的融合处理和经物联网上传 MES 进行分析。
- **机器学习与高级分析：**Opcenter Intelligence 等组件结合 MES 数据，可实现预知维护、品质预测和产能优化算法。通过大数据和机器学习技术，生产商可以发现潜在趋势如生产异常检测，及时采取措施改善维护、质量和生产计划。
- **数字孪生技术：**MES 系统能够与仿真模型结合，根据实时数据模拟生产流程并进行优化，以获得最佳参数设置，实现预测性调度与验证。
- **云计算协同：**Opcenter 支持云部署和多工厂协同，企业可将 MES 迁移到私有云或公有云（AWS、Azure 等），实现高可用架构和弹性扩展。借助云端分析和运营中心，跨地域生产线的的数据可集中化管理和分析，为全球供应链提供支持。

# 5 运行案例

Opcenter MES 系统已经在多个行业领域取得广泛应用，典型案例包括有：

- 1. **The Absolut Company (食品饮料)**：全球知名伏特加制造商 The Absolut Company,瑞典 Ahus 伏特加的旗舰工厂部署了 Opcenter APS 和 Opcenter Execution Process，其中已经涵盖了五条全自动化与一条柔性生产线。该系统对其连续蒸馏生产线实现了端到端数字化生产管理平台，这满足了工业 4.0 战略，提升了订单处理效率和产品可追溯性。据统计，Opcenter APS 和 Execution Process 系统与上游 ERP 系统无缝对接，集成了质量管理、计划排程、数据报告等功能，有效支撑了 1.25 亿瓶/年高效、低碳排放生产目标，成功实现了对自动化生产线的实时监控和多品种小批量生产的快速切换。通过全面自动化与 MES 集成，其瓶装自动化率接近 100%、生产查询时间从 4 小时缩短至分钟级和能耗效率提高 98%，使其监管要求得到满足、产品质量一致性提高，生产流程更加透明且可控。

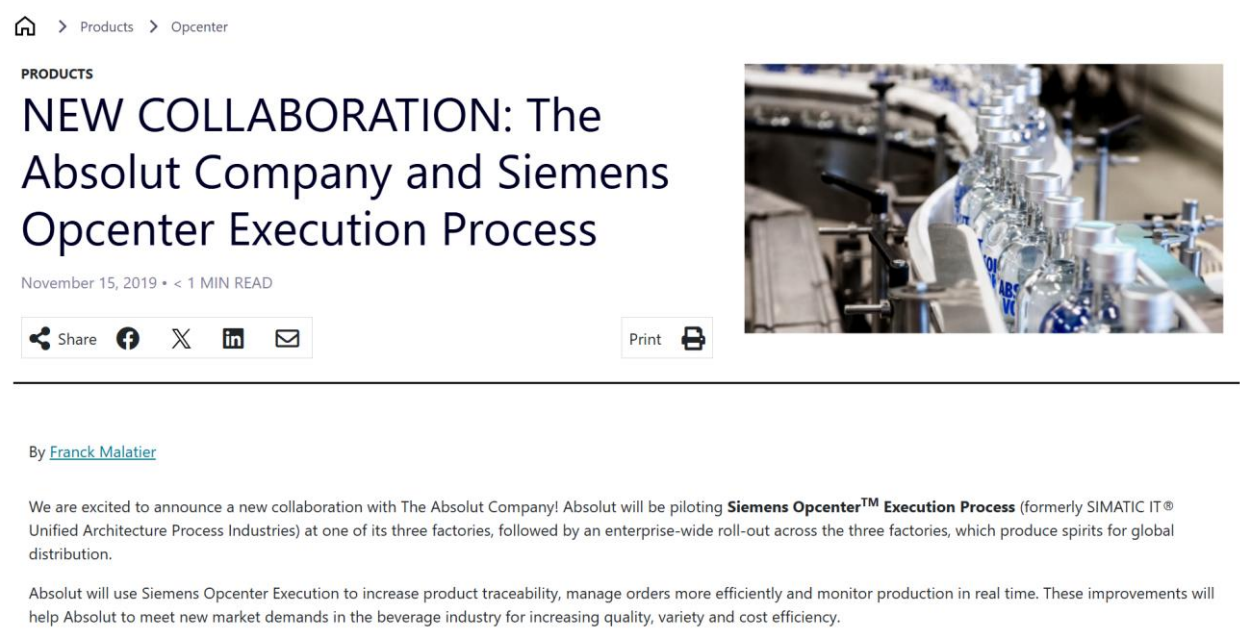


图 4：Absolut 运行案例图



2. **BASF Coatings (汽车涂料)**: 位于德国的汽车涂料和溶剂型底漆制造商，利用 Opcenter MES 自动数字化采集涂料配方和生产数据，并集成 SIMATIC PCS7 控制系统，成功取代了打印作业，实现无纸化和人工记录错误的问题出现。此外，他们还部署了近 36 台 SIMATIC RTLS4030G 网关与 RTLS4030T 传感器，实现 30cm 高精度实时定位。自从该系统实施后，数据接口数量大幅减少，改善了整体工艺透明度，实现了可持续生产的目标，为后续功能扩展奠定了基础。

CASE STUDY

## Implementing a modern MES to reduce the number of interfaces and overall project risks

BASF Coatings uses Opcenter to improve process transparency and install a real-time locating system



### BASF Coatings

BASF Coatings is located in Würzburg, Germany and manufactures coatings and solvent-borne basecoats for the automotive industry for more than 50 million vehicles globally. BASF Coatings aims to offer sustainable and technologically advanced surface solutions to drive future mobility.

<https://www.basf-coatings.com/global/en.html>

Headquarters: Würzburg, Germany

Products: Opcenter APS, SIMATIC IT Production Suite & LMS



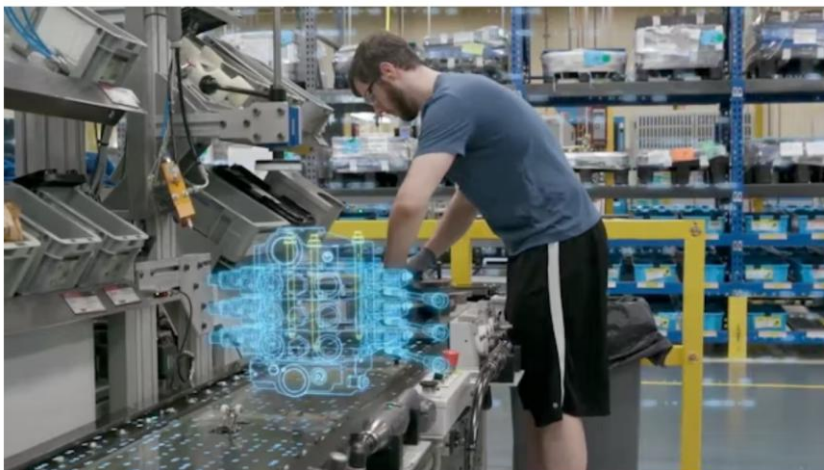
图 5: BASF Coatings 运行案例图

3. **DANFOSS (工业机械)**: 位于丹麦的 DANFOSS 丹佛斯利用了 Opcenter Execution Foundation 替代了传统系统，实现多工厂统一管控与多产品混线生产。他们利用西门子的全球支持团队与可复用 MES 模板，平衡了向全球快速扩张与质量要求，并缩短系统上线时间。模块化的功能让丹佛斯能快速配置和切换生产线，应对不同配置下的产品需求，标准化制造环境，显著缩短新产品引进时间，为后续扩展简历可扩展的数字化基础。

CASE STUDY

## Danfoss' digital journey and strategic approach to MES

Leveraging Siemens' industry-leading technology in a flexible enterprise architecture approach



### Danfoss

Danfoss is a privately-owned, multinational company headquartered in Nordborg, Denmark. The company's expansive portfolio of industrial solutions and components includes hydraulics, motors, controllers, drives, compressors, sensors, switches, pumps, and meters that are designed to drive global advancements in sustainability for energy efficiency, renewables, food supply, and connectivity.

<https://www.danfoss.com/en/>

Headquarters: Nordborg, Denmark

Products: Opcenter Execution Foundation

Industry Sector: Industrial machinery



图 6: DANFOSS 运行案例图



4. **Egicon (电子制造)**: 作为电子技术开发与生产的技术服务商在 2019 年部署了 Opcenter Execution Electronics IoT,同时配合 Valor 方案在生产与质量体系中全覆盖集成, 实现车间数据无缝流转。通过 Valor 连接设备与仓储来构建数字化基座、引入 Opcenter IoT 采集实时制造数据来取代人工, 实现可追溯性、监控生产进度、支持防错与实时调整等功能。最后, 据统计该企业返修率成功降低了约 80%、实现了无纸化车间和实时 OEE 看板, 显著提升生产效率。

#### CASE STUDY

## Egicon uses Valor and Opcenter to reduce repair rates by 80 percent while eliminating scrap

Siemens solutions enable electronics manufacturer to turn traceability requirements into added value for their customers



#### Egicon

Established in 2009, Egicon s.r.l. is an Italian electronics manufacturer producing ECUs, instrument clusters, and human-machine interfaces for the automotive, agriculture, biomedical and aerospace sectors.

<http://www.egicon.com/>

**Headquarters:** Mirandola, Modena, Italy

**Products:** Opcenter APS, Opcenter Execution Core, Opcenter Execution Electronics, Opcenter Execution Electronics IoT - MSS (Valor IoT manufacturing - Shopfloor), Opcenter Intelligence for On Premises, Valor Process Preparation

**Industry Sector:** Electronics, Semiconductor devices



图 7: Egicon MES 系统运行案例图

## 6 主要挑战

Opcenter MES 系统虽然功能十分强大且模块丰富, 但也对应着系统设计、硬件采购、二次开发等都需要大量前期投入成本, 尤其是项目实施初期, 需进行人员培训、系统架构搭建等工作, 都会推高项目成本, 增大中小企业的压力。

另外对于不同行业存在不同的标准、流程等, 导致该系统需要进行二次开发来满足个性化需求, 增加了项目复杂度。随着 MES 系统上线后企业的业务规模会不断扩大、功能迭代等。这会需要对 MES 系统进行全面升级, 而升级会面临系统兼容性等挑战, 且车间的硬件和传感器也会需要进行更新-代, 可能带来新的协议适配挑战。这一切挑战都会进一步提高系统的维护成本。

除此之外, 在云边协同与工业物联网的快速发展的背景下, MES 系统也同样会受到各种网络安全威胁、恶意攻击及数据泄露等重大安全事件, 进而出现生产中断等事故发生。因此, 相关企业需要额外支出来部署多租户隔离、访问控制及加密传输等安全机制, 以保障企业的核心数据完整性和机密性。

最后, 当企业要引入 MES 系统的时候, 需要对相关人员如车间操作人员、IT 运维团队与管理层进行培训, 且需要确保各部门的沟通顺畅, 否则会导致系统功能无法有效落地。同时, MES 架构师、数据分析师等新兴岗位仍存在供不应求的情况, 也给系统的长期稳定性带来一定的挑战。

## 7 未来发展趋势

随着云计算技术的成熟，MES 厂商正探讨将传统单体架构迁移至容器化、微服务化设计，并以 SaaS 模式提供模块化服务，以实现用户更灵活的订阅与部署、简化管理成本。Opcenter Intelligence 等组件的推出也将在异常检测、预测维护等场景大规模应用，同时结合实时数据流与历史数据库来构建生产过程的数字孪生模型，以大幅提升流程效率和决策准确性。

为应对行业多样化的定制需求，低代码平台如 Mendix, Trae, Cursor 将成为行业主流，让业务人员缩短项目开发周期，又降低维护难度，实现“自定义+可复用”的快速迭代。未来，MES 系统将会是发展成更开放的生态平台。第三方软件、行业解决方案与垂直领域的应用可一键下载、集成与升级，让用户和开发商在平台上协同创新，形成“平台+生态”的产业闭环。

## 8 分析与结论

综上所述，西门子的 Opcenter MES 系统有很大的优势，如它能实现对车间生产的全面可视化和闭环控制。Opcenter Execution 实现了从 ERP 到设备的端到端集成控制，优化了生产排程和资源分配；Opcenter Quality 模块也保证了质量数据实时采集和全程可追溯。从典型运行案例可知，Opcenter 能提高生产的柔性、提升产品质量与透明度，并简化管理流程。

凡事都有两面性，有利必有弊。Opcenter MES 的落地实时也面临着许多挑战，如系统设计较为复杂导致前期投入和开发成本较高、个别行业的客制化需求也会带来一定的难度、长久的运行维护成本也较高。因此，该系统被认为更适用于高附加值和高可靠性要求的制造领域。

我认为随着云计算和 AI 技术的快速迭代更新，如可利用 Opcenter Intelligence 等平台来推进新技术在优化生产中的应用。Opcenter MES 的设计开发团队也会朝着更开放、智能和模块化的方向发展，为更多的企业提供更多的帮助。

## 9 参考文献

[1] MALATIER F. NEW COLLABORATION: The Absolut Company and Siemens Opcenter Execution Process. (2019-11-15) <https://blogs.sw.siemens.com/opcenter/new-collaboration-the-absolut-company-and-siemens-opcentertm-execution-process/> [2] SIEMENS. BASF Coatings uses Opcenter to improve process transparency and install a real-time locating system. (2023) <https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-basf-coatings/> [3] SIEMENS. Danfoss' digital journey and strategic approach to MES. (2023) <https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-danfoss-mes/> [4] Siemens Digital Industries, "Unleash the power of lowcode capabilities on top of a rich and mature MES," White Paper, 2023. <https://resources.sw.siemens.com/> [5] Siemens. "Egicon uses Valor and Opcenter to reduce repair rates by 80 percent while eliminating scrap" (2019) <https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-egicon/>