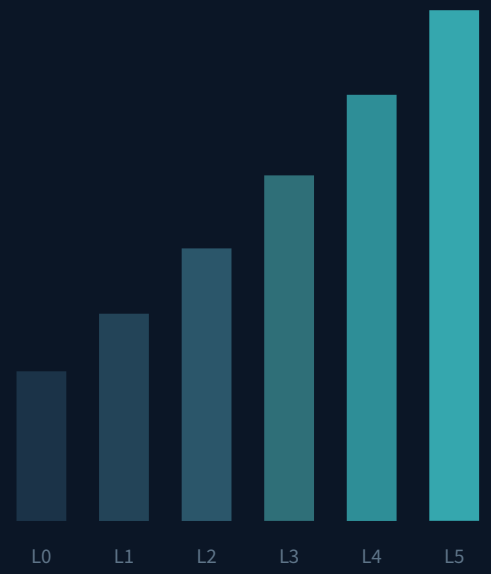
GLOBAL MANUFACTURING CONFERENCE • 2026

从自动化到自主化
未来黑灯工厂蓝图

From Automation to Autonomy — A Lights-Out Factory Blueprint

注塑车间　手工装配车间　全自动装配车间



20 分钟主报告 • 版本 v1.0 • 2026-11-12

管理层 / 区域业务 / 技术代表

一页结论：先易后难，标准先行

Executive summary

黑灯不是「无人」，而是「可控的无人运行」。

愿景

稳定、透明、自适应的制造系统

在需要时实现无人运行；
人从重复劳动转向
异常处置与持续改善。

3 个车间 · 1 条价值流 · 1 套底座

三车间目标（建议）

注塑车间	L2 → L4
手工装配车间	L1–L2 → L3
全自动装配车间	L3 → L4

待基线确认后锁定

今天要三个决策

1. 批准目标等级与定义
2. 批准基线与试点预算
3. 指定业务与数据 owner

实施顺序 = 难度顺序：注塑 → 全自动装配 → 手工装配 | 三个车间是一条价值流的三段，不是三个孤立项目

不是技术升级，是制造系统确定性的升级

Why now

01 **用工供给与成本压力**

区域差异显著，重复岗位招工与留人难度上升

02 **小批量、多品种、短交期**

换型频次上升，刚性产线难以消化波动

03 **质量一致性要求提升**

人工判断带来的波动，越来越难被客户接受

04 **能源与碳约束收紧**

待机能耗、废料与良率直接影响成本与合规

05 **全球多基地复制**

各区域各做一套，导致标准、数据与维护碎片化

一个判断

自动化解决「稳定重复」，
黑灯解决「变异与异常」。
不消除变异，黑灯只是把停机搬到晚上。

三条边界

- 不为黑灯而黑灯：先看场景是否值得
- 不追求全线 100% 无人：分级设定目标
- 先算账、再立项：没有基线就不上项目

黑灯不是无人，是可控的无人运行

Definition & maturity

黑灯 = 在设定时段内，无现场人工介入的连续运行。

等级不是越高越好——匹配产品、批量与投资回报，才是目标。



无人时长占比

无人干预连续运行时长 / 计划生产时长

单位产品人工工时

直接人工工时 / 合格产出

人工介入频次

干预次数 / 千件

建议目标：注塑 L4 • 全自动装配 L4 • 手工装配 L3（个别 SKU 试点 L4）| 待基线确认

三个车间，一条价值流，一套底座

One value stream, one foundation

原料入库 → **注塑** → 半成品缓冲 → **装配**
全自动 / 手工 → 成品 → 仓储

决策层	APS 高级排产 · 控制塔 · 经营看板
执行层	MES · WMS · QMS · EAM
物理层	设备 / 机器人 · AGV · 传感 / 视觉 · 能源

统一底座：数据模型 · 主数据 · 质量追溯 · OT 安全

三个车间不是三个项目，是一条价值流的三段。

三种生产逻辑，决定三种黑灯打法

Three production logics, three playbooks

维度	注塑车间	手工装配车间	全自动装配车间
生产逻辑	工艺设备密集	人力 / 柔性密集	节拍 / 连线密集
节拍由谁决定	设备	人	线体与上料
黑灯难度	中低	高	中
首要瓶颈	换模、换料、取件	齐套、防错、技能	上料、换型、微停机
等级（建议）	L2 → L4	L1–L2 → L3	L3 → L4
首要抓手	快换模 + 中央供料	电子 SOP + 过程防错	自动上料 + 配方换型

难度顺序 = 实施顺序：注塑 → 全自动装配 → 手工装配；但标准与数据底座必须同步。

注塑：先把一个单元整班点亮

Injection molding: light up one cell first

现状：五个断点

待基线确认

01 取件靠人工或简易机械手

02 换模靠人工 + 吊装

03 加料分散、夜班断料

04 外观检测依赖目检

05 OEE 与工艺参数不透明

目标形态：无人注塑单元

中央供料 / 除湿干燥

↓

注塑成型

↓

机器人取件

↓

剪浇口 / 去毛刺

↓

视觉检测 + 称重

↓

自动装盘 / AGV 入库

黑灯场景：夜班无人，异常自动停机 + 远程报警，一人跨多台值守。

关键举措（P0）

- 快速换模 QMC + 模具台车
- 机边机器人 + 自动取出
- 中央供料 + 缺料报警
- 参数采集与 OEE

判断：换模与换料仍是最大停机源，先攻这两项。

目标等级

L2 → L4

（建议，待基线确认）

手工装配：不追求全黑，追求可认证的少人夜班

Manual assembly: certified lights-out shifts, not full darkness

现状：五个断点

待基线确认

01 工位多、节拍由人决定

02 纸质 SOP 、技能依赖强

03 防错靠人、终检兜底

04 齐套靠人、缺料停线

05 换型频繁、切换损失大

目标形态：按 SKU 分级

A 类 稳定大批量 → 自动专机 / 半自动线

B 类 多型号中批量 → 协作机器人 + 半自动工位

C 类 复杂总装小批量 → 人机协同 + 全程防错

无人夜班：仅对通过认证的 SKU 开放

先做可认证的 SKU 子集，再扩展；不追求整车间一次点亮。

关键举措（P0）

- 电子 SOP + 工位安灯
- 关键工序防错
- AGV 齐套配送
- 全流程追溯

判断：先把「人的判断」变成设备可执行的规则。

目标等级

L1–L2 → L3

（建议，待基线确认）

全自动装配：瓶颈在最后 10%

Automatic assembly: the last 10% is the bottleneck

现状：五个断点

待基线确认

01 上料仍需人工

02 换型靠人工调试

03 卡料 / 缺料导致停机

04 检测阈值靠人调

05 故障恢复靠人

目标形态：黑灯线

自动上料 / 料仓

↓

配方化换型

↓

在线检测 + SPC

↓

异常自恢复

↓

整线无人 ⩾ 8h

先消除「换型 + 上料」两个人工锚点，再谈整线黑灯。

关键举措（P0）

- 料仓 / 柔性供料 + 缺料预警
- 配方化换型 + 快换工装
- 在线检测 + 自动判定
- 异常分级 + 自动重试

判断：上料与换型是最后两个人工锚点。

目标等级

L3 → L4

（建议，待基线确认）

各自最优 ≠ 整体最优

End-to-end coordination

注塑 → 半成品缓冲 → 全自动 / 手工装配 → 成品 / 仓储

物料流

- 半成品缓冲策略
- AGV 与线边配送
- 齐套与包装
- 异常物料隔离

信息流

- 一体化排产
- 订单与在制可视
- 全流程追溯
- 异常闭环回灌

异常流

- 分级响应
- 跨车间联动
- 单点故障隔离
- 根因分析与改善

共享能力：中央仓储 · 数据平台 · 质量追溯 · 模具治具 · 多能工池 · 能源 · 远程值守

协同的目标：库存更低、切换更快、异常不外溢。

一次建设，三处复用

Build once, reuse across workshops

应用层	MES · APS · QMS · WMS · EAM · 能源 / 安灯
平台层	时序库 / 数据湖 · 主数据 · ISA-95 · 数字孪生
边缘层	网关 · 采集 · 边缘推理 · 断网缓存
设备层	PLC · 机器人 · 传感 / 视觉 · AGV

纵向： OT 安全 IEC 62443 · 功能安全 ISO 13849 · 运维与变更管理

设备无关： OPC UA 优先

边缘优先：断网可降级

统一模型： ISA-95

先算账，再立项

Value before investment

财务	人工 · 能耗 · 良率 · 库存 · 维护 · 产能
运营	OEE · 交期 · 换型 · 异常响应 · 质量一致性
战略	可复制性 · 用工风险 · 接单能力 · ESG / 碳

经济边界

- 高混合、低批量：可能止步 L3
- L4 需要稳定产品与足够批量
- 不报未经核算的回收期
- 分阶段投资，每阶段设退出判据

最敏感变量：批量 › 人工成本 › 稼动率 › 投资额

回收期 = 增量投资 ÷ 年化增量收益
（含维护、备件与值守成本）

每个场景必须回答：基线 → 举措 → 目标 → 口径 → 责任人

价值不是总和，而是可归因、可复核的单场景账。

四级门槛，三期推进，一套蓝图复制

Staged gates and a replicable blueprint

Phase 0 · 0–3 月 · 基线

成熟度评估
数据采集
选定试点

退出判据

基线完整
预算获批

Phase 1 · 3–12 月 · 单点

注塑无人单元
全自动线黑灯班
手工线数字防错

退出判据

连续 4 周
达到目标等级

Phase 2 · 12–24 月 · 连线

端到端拉通
夜班无人
协同排产

退出判据

价值流 KPI
异常闭环

Phase 3 · 24–36 月 · 复制

蓝图标准化
三档配置
多基地复制

退出判据

复制周期
与成本达标

四条设计原则

- **先稳定后无人**
- **先数据后 AI**
- **先单点后连线**
- **先标准后复制**

复制模式：总部蓝图 + 区域适配 | **三档配置：基础 / 标准 / 进阶** | **10 项复制检查清单**

每一期结束都必须过 Gate；不达标就停在原地补课。

有人负责，才有无人的夜班

Governance, people and risk

指导委员会
管理层
目标 · 预算 · 跨区域协调

项目群
跨区域
标准 · 接口 · 验收口径

车间执行组
现场
落地 · 异常 · 持续改善

Top 5 风险与缓解

订单波动导致收益不达	柔性优先，保留人工快速切换
老旧设备协议不开放	网关改造，逐台评估
上料 / 换型难度被低估	先验证，设技术 Gate
夜班无人值守合规	法务 / EHS 前置评审
跨区域标准不一致	总部蓝图 + 区域适配清单

人的转型

操作 → **设备 / 异常处理** → **数据分析 / 远程值守**

无人化的前提，是有人对异常负责；治理与能力建设必须先于设备到场。

先锁定 P0：没有它，黑灯不成立

Version 1 requirements: lock the P0s

注塑车间 P0	手工装配车间 P0	全自动装配车间 P0
1 中央供料 + 缺料报警	1 电子 SOP	1 自动上料 + 缺料预警
2 机边机器人取件	2 工位安灯 / 呼叫	2 配方化换型
3 快速换模 + 模具台车	3 关键工序防错	3 在线检测 + SPC
4 参数采集与 OEE	4 AGV 齐套配送	4 线体数据采集与微停机分析
5 安全联锁与异常停机	5 全流程追溯	5 异常分级 + 自动重试

验收指标（首批）

黑灯时长占比	单位产品人工工时	OEE	FPY	换型时间	人工介入频次

验收四件套：口径 · 基线 · 样本期 · 责任系统 | 连续 4 周达标 + 异常场景演练

今天需要三个决定

Three decisions today — the rest can follow in the 90-day plan

01 批准黑灯定义、成熟度模型与三车间目标等级

02 批准 Phase 0 基线与试点预算

03 指定三个车间的业务 owner 与数据 owner

90 天

30 天	范围与 owner 基线采集启动
60 天	需求 v1.1 技术方案与估算
90 天	立项评审 试点启动

先让一个单元整班无人，再让一条价值流无人。