GLOBAL OPERATIONS CONFERENCE · 2026

无人化工程的未来展望

从自动化到自主化：黑灯工厂的下一程

不是无人，而是可控的无人运行

生产管理 · 全球大会

高管专场 · 20–25 分钟

黑灯工厂是制造系统的「确定性升级」

Executive answer

不是无人，而是可控的无人运行；不是单点自动化，而是可复制的系统能力。

3 个价值

01 **成本**
单位产出成本与人工工时

02 **质量**
一次合格率与追溯能力

03 **韧性**
夜班、缺工、波动下仍能交付

先讲方向，再讲金额

试点前先测基线

3 个前提

01 **稳定工艺**
节拍、良率、换型可重复

02 **数据闭环**
设备、质量、物料可见

03 **异常治理**
发现、判断、处置、复盘

六项条件里的前三项

缺失任一项，黑灯不可持续

1 个里程碑

夜班无人

未来 3 年，第一个可验证目标

1	**先算账**	投资边界
2	**再分级**	车间目标
3	**再复制**	多基地标准

验收：无人时长占比 · 单位人工工时 · 介入频次

不追求全线 100% 无人；先让一个夜班在无人时仍然可控。

四股力量，把黑灯从「选项」变成「必答题」

不是技术驱动，是经营驱动。

01 劳动力供给与成本

夜班、重复岗位招工与留人难度上升［数据待填］

02 需求波动

小批量、多品种、短交期，换型频次上升

03 质量与合规

一致性、追溯、碳足迹要求提高

04 全球布局

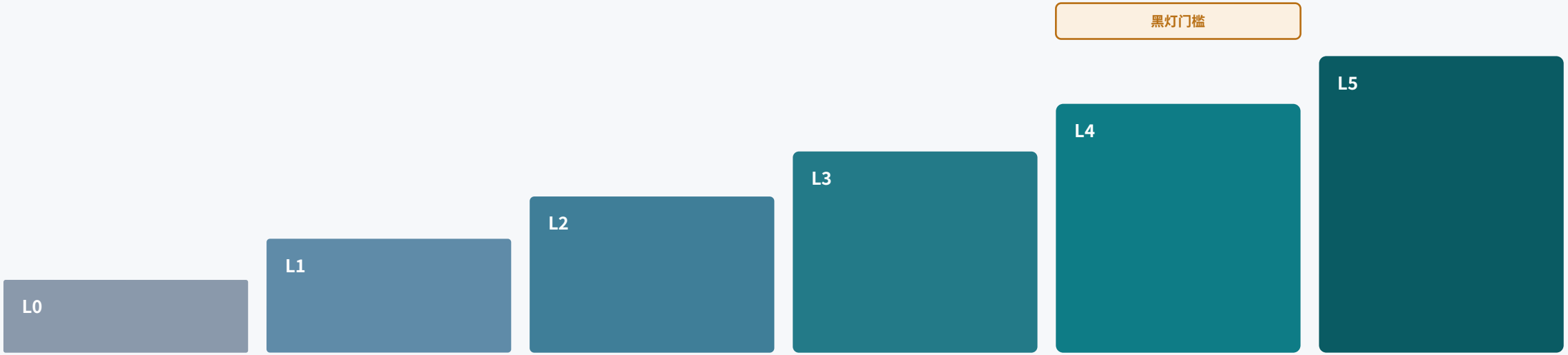
多基地复制需要统一标准与数据底座



四个压力同时出现，
黑灯才成为战略议题。

黑灯不是二选一，而是 L0–L5 的能力等级

Maturity model



无人时长占比

一天中无需人工介入的运行时间

单位产品人工工时

每件产品消耗的直接人工时间

人工介入频次

每班需要人处理的异常次数

黑灯工厂给业务带来什么：五个收益，不止省人

Business value

01

效率

减少换型与等待
提升 OEE 与人均产出

关键动作

换型标准化、瓶颈自动化

典型指标

OEE ↑ [数据待填]

目标待基线

02

质量

减少人工波动
提升一次合格率与追溯

关键动作

在线检测、 SPC 闭环

典型指标

FPY ↑ [数据待填]

目标待基线

03

柔性

快速换型、混线生产
支撑小批量多品种

关键动作

模块化工装、快速换型

典型指标

换型时间 ↓ [数据待填]

目标待基线

04

韧性

夜班、节假日、缺工场景
仍能稳定交付

关键动作

多能工 + 远程运维

典型指标

交付达成 ↑ [数据待填]

目标待基线

05

人与安全

人从重复、危险岗位
转向异常处置与改善

关键动作

3D 岗位替代、人机隔离

典型指标

安全事件 ↓ [数据待填]

目标待基线

数字待基线：先讲方向，再讲金额；不报未经核算的回收期。

不是越无人越好：先算账，再分级

Where it pays

产量 / 节拍 高

谨慎

柔性装配 / 换型复杂

标准化 / 重复性 高

先做

上下料 / 视觉检测 / 码垛

不做 / 停在 L3

高混合、低产量、工艺不稳

模块化

单机自动化 / 快速复制

重复性 / 标准化 →

决策口径

- 投资回收与现金流 [待填]
- 人工节省与岗位重构 [待填]
- 良率提升与返工损失 [待填]
- 停机损失与交付风险 [待填]
- 能源、维护与复制成本 [待填]

没有基线，就不立项。

高混合、低产量、工艺不稳定：可能停在 L3 更划算。

黑灯不是一堆设备，
而是一套「无人运行操作系统」

设备只是表层；标准、数据、异常治理决定成败。

01	**组织机制**	owner 、值班机制、跨部门作战
02	**异常治理**	分级响应、远程支持、知识库闭环
03	**数据闭环**	设备、质量、物料、能源实时可见
04	**设备自治**	自动上料、检测、补偿、恢复
05	**标准作业**	工艺稳定、节拍平衡、换型标准

黑灯失败，通常不是机器人不行，而是异常机制不行。

六项条件缺一不可，最弱一项决定上限

Preconditions

01

技术

设备互联、自动化单元、 AI 视觉与机器人

建设重点

设备接口与
单元短板

待评估

02

数据

统一口径、实时采集、质量追溯

建设重点

主数据与
采集口径

待评估

03

人才

自动化运维、数据分析、异常处置

建设重点

能值夜班的
运维梯队

待评估

04

组织

一把手工程、跨部门协同、明确 owner

建设重点

专职 owner
与作战机制

待评估

05

资金

分批投入、试点预算、投资门槛

建设重点

按单元算账
分批投入

待评估

06

合规与安全

功能安全、网络安全、数据合规

建设重点

安全评估
网络分区

待评估

技术 × 数据 × 人才 × 组织 × 资金 × 合规 = 黑灯等级

最弱一项决定上限

这不是采购清单，而是能力乘法；任何一项为零，整体为零。

我们准备好了吗：三个车间，三张补短清单

Readiness check

注塑车间

重点：模具履历与快速换型

工艺稳定	○ ○ ○ ○ ○
设备自治	○ ○ ○ ○ ○ **重点补短**
数据闭环	○ ○ ○ ○ ○
异常治理	○ ○ ○ ○ ○
组织能力	○ ○ ○ ○ ○

1–5 分自评 · 待评分

手工装配车间

重点：标准化与全流程追溯

工艺稳定	○ ○ ○ ○ ○
设备自治	○ ○ ○ ○ ○
数据闭环	○ ○ ○ ○ ○ **重点补短**
异常治理	○ ○ ○ ○ ○
组织能力	○ ○ ○ ○ ○

1–5 分自评 · 待评分

全自动装配车间

重点：异常分级与自动恢复

工艺稳定	○ ○ ○ ○ ○
设备自治	○ ○ ○ ○ ○
数据闭环	○ ○ ○ ○ ○
异常治理	○ ○ ○ ○ ○ **重点补短**
组织能力	○ ○ ○ ○ ○

1–5 分自评 · 待评分

低于 3 分先补基础，不急着上黑灯；输出：一车间一清单一 owner。

未来不是一幅海报，而是六类场景的组合

01

自主生产组织

排产、调度、异常响应由系统闭环

owner · 基线 · 指标

02

数字化协同

计划、物料、质量、设备同一底座

owner · 基线 · 指标

03

柔性制造

小批量、多品种、快速换型

owner · 基线 · 指标

04

人机协作

人从操作者变为异常处理者

owner · 基线 · 指标

05

绿色低碳

能耗、废料、碳排实时优化

owner · 基线 · 指标

06

供应链韧性

多基地、透明可视、快速切换

owner · 基线 · 指标

每个场景： owner · 基线 · 指标；分批进入，不并行铺开。

从 22:00 到 06:00：黑灯到底怎么运行

如果今晚没有人，03:00 的异常谁来处理?



03:00 异常闭环：发现 → 隔离 → 判断 → 处置 → 复盘；人不进现场，但必须能接管。

人的角色：从「盯机台」到「处理例外、优化系统」。

AI 机器人用在哪里：先从 3D 岗位开始

Dirty · Dull · Dangerous：先替代最不值得人干的岗位。

3D 岗位

搬运、上下料、打磨、喷涂、夜班巡检

首批：上下料、夜班巡检

高精度 / 高一致性

视觉检测、装配、点胶、焊接

首批：视觉检测、点胶

物流与线边

AMR / AGV、自动仓储、齐套配送

首批：线边配送、空箱回收

柔性与人机协作

协作机器人、移动操作、人形机器人（中长期）

首批：协作装配、移动操作



AI 不止机器人本体：排产、质量预测、异常诊断、参数优化。

先做哪几个：价值 × 可行性

Prioritisation

业务价值 ↑

高价值 · 低可行｜攻关

- 柔性装配
- 跨工序调度

门槛：柔性工装、工艺窗口

高价值 · 高可行｜先做

- 机器上下料
- 视觉检测
- 码垛搬运
- 设备巡检

门槛：设备接口、视觉数据

低价值 · 低可行｜暂缓

- 人形机器人
- 整线自适应

门槛：安全认证、成本下降

低价值 · 高可行｜补基础

- 单机联网
- 电子 SOP

门槛：主数据、设备接口

实施可行性 →

第一波 0–12 个月

机器上下料、视觉检测、码垛搬运、设备巡检

第二波 12–24 个月

柔性装配、在线质量闭环、跨工序调度

第三波 24–36 个月

移动操作 / 人形机器人、整线自适应

选择顺序：先做右上 → 攻关左上 → 补基础右下 → 暂缓左下；不追演示效果。

从今晚开始：三步走与三个请求

0–6 个月

打基础

标准、数据、异常机制

6–18 个月

首批黑灯单元

夜班无人 + 可复制模块

18–36 个月

多基地复制

统一标准与治理

01 批准试点预算与基线测量

02 指定跨部门 owner

03 同意「先算账、再立项」

黑灯不是终点，是制造系统持续进化的起点。

谢谢 · 欢迎讨论