追求极致的流动：SMED（快速换模）实战与精益价值

消费电子制造视角的精益改善简报

速度即货币：从 F1 赛道到生产线

1950s

换胎时间：分钟级（Minutes）

Modern F1

F1换轮胎典型时间 5-10秒

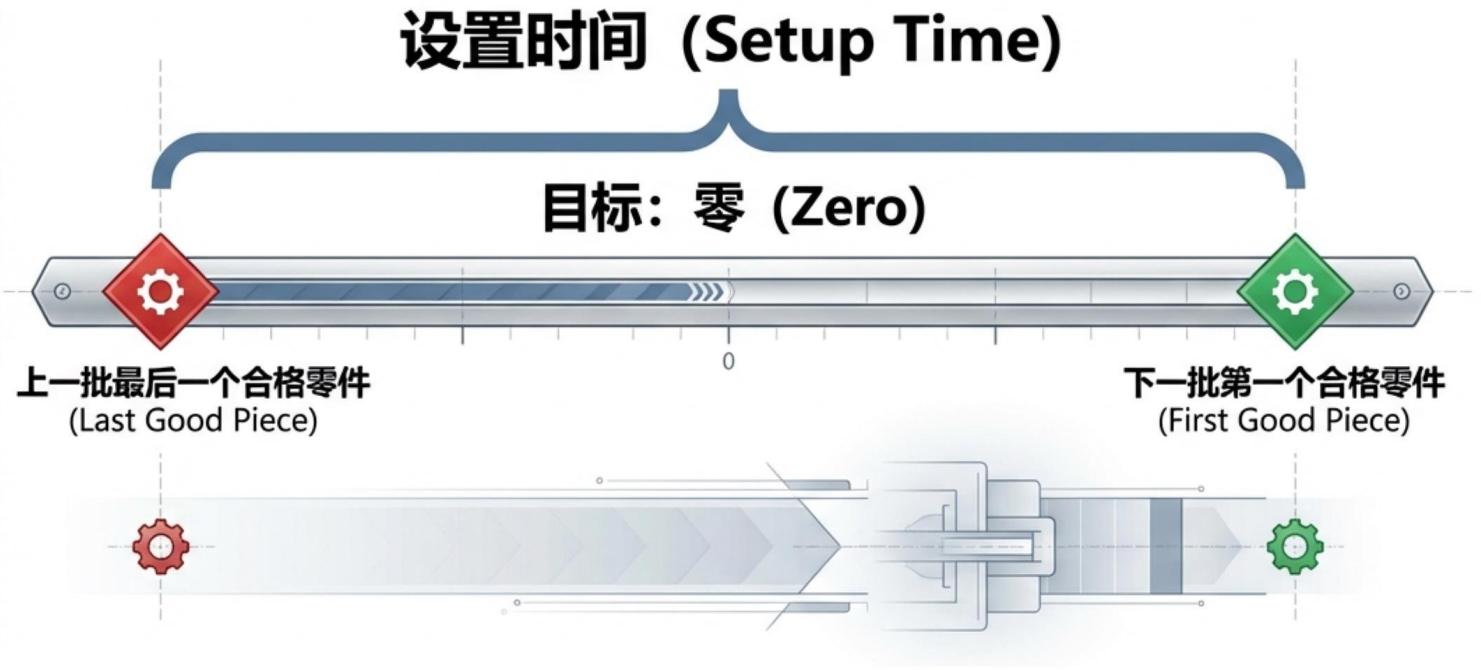
如同赛车运动，消费电子制造的胜负取决于我们能在多短的时间内恢复‘全速竞赛’（生产）。停机即是浪费。

定义目标：什么是真正的 SMED?

起源：
1950s Japan

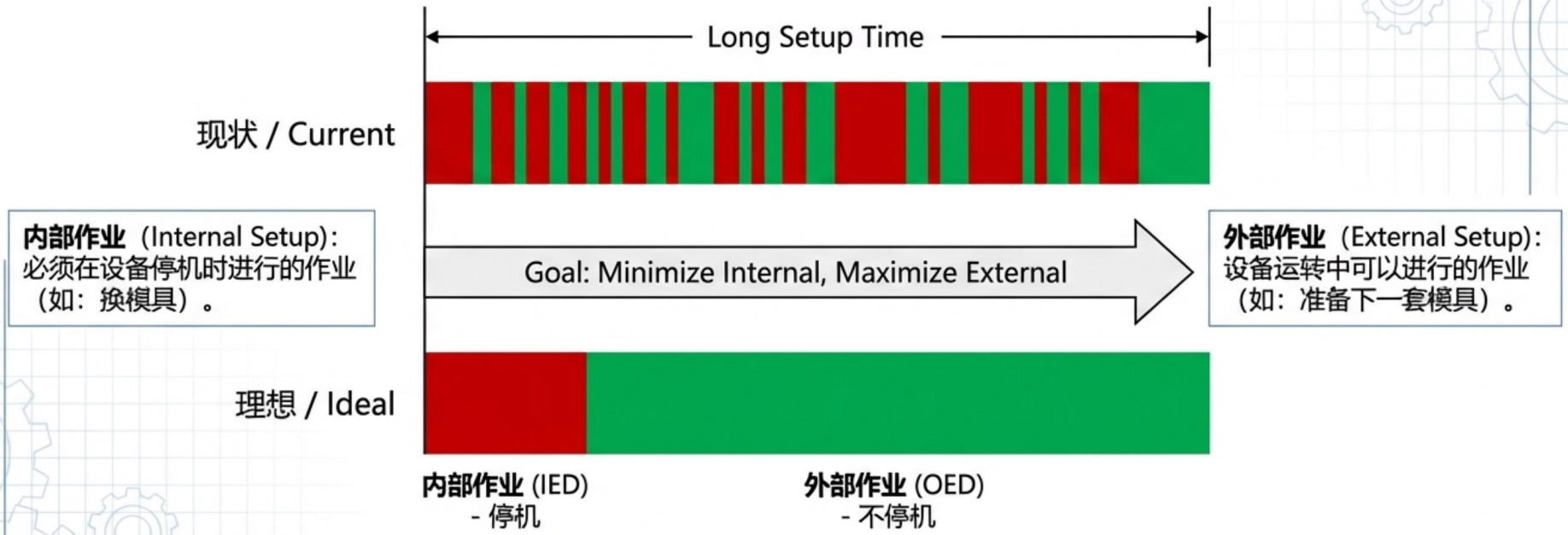
创始人：
新乡重夫
(Shigeo Shingo)

核心概念：
Single Minute Exchange of Die
(单分钟 = 个位数 < 10分钟)



核心方法论：内部作业 vs. 外部作业

Strictly using Red | internal/stop & Green for external/run



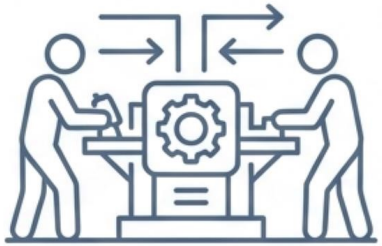
实施路径：SMED 标准六步法

1. **Observe & Document (观察与记录)**
   观察目前的换模设定并做成文件记录（录像/意大利面条图）。
2. **Separate (分离)**
   将外部及内部换模设定过程分别列出。
3. **Improve (改善)**
   改善每一个换模设定过程（内转外）。
4. **Observe New Process (观察新流程)**
   观察新的换模设定并做成文件记录。
5. **Standardize (标准化)**
   将新的换模设定程序步骤标准化（SOP）。
6. **Celebrate (庆祝)**
   庆祝你们的成功！

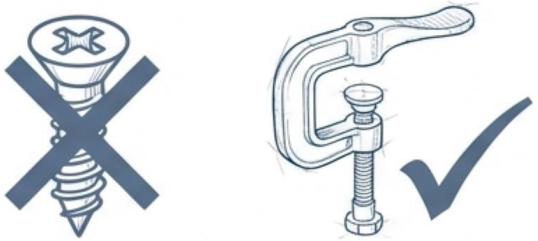
战术落地：工业工程（IE）方法的应用

先动脑，再动钱。

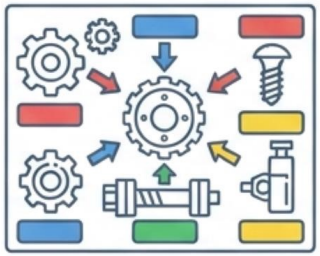
平行作业（Parallel Operations）



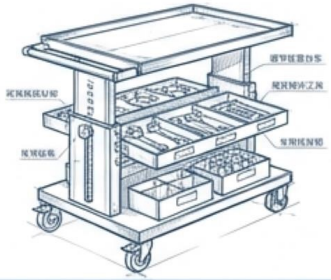
工装夹具（Functional Clamps）



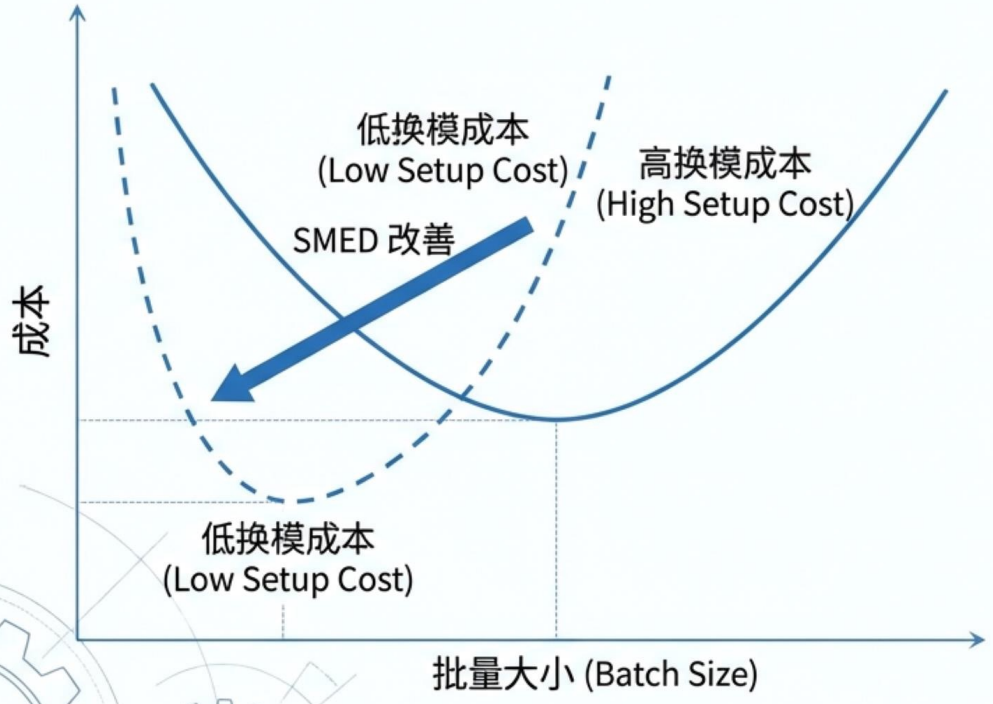
可视化管理（Visual Management）



专用台车（Dedicated Carts）



打破批量逻辑：SMED 与 周期时间（Cycle Time）



战略循环（The Loop）

快速换模（Fast Setup）→

小批量（Small Batches）→

低库存（Low Inventory）→

缩短交付周期 (Short Lead Time)

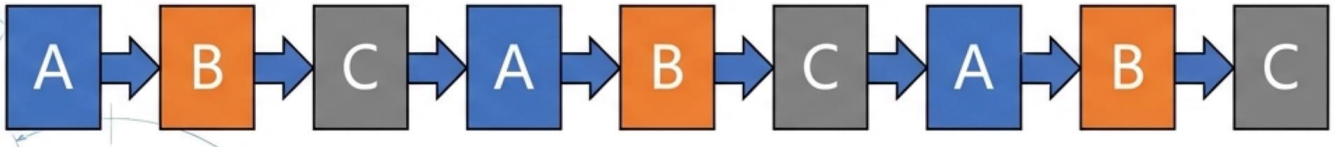
均衡化生产（Heijunka）的先决条件

传统大批量生产 / Mass Production

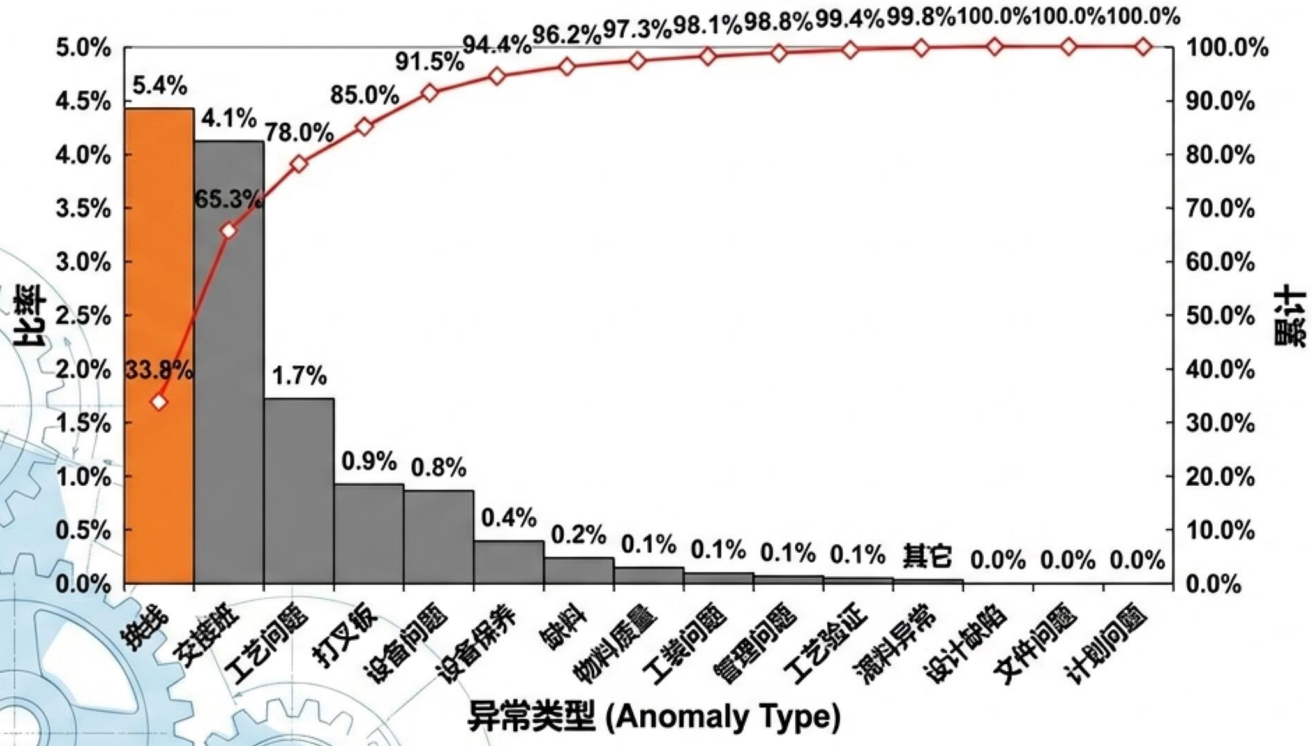
没有 SMED，均衡化无法实现。

SMED 降低了“换线惩罚”，使我们能够按客户需求(**超市拉动系统**)进行混流生产。

均衡化生产 / Heijunka



SMED 对 TPM 与 OEE 的贡献



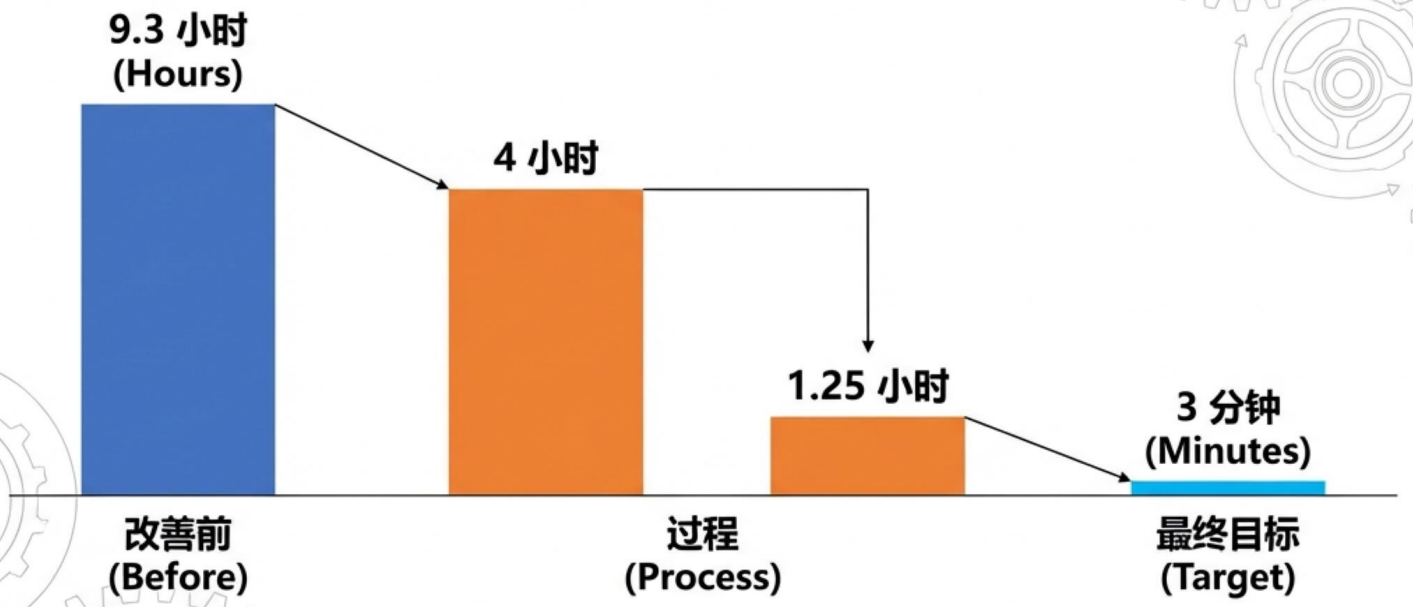
OEE 影响：换线时间属于“六大损失”中的稼动损失 (Availability Loss)。

TPM 协同：标准化换模能减少设备损坏（“零损坏”）和调整废品 (Scrap)。

HITACHI
Inspire the Next

改善实证：从小时级到分钟级

铸模机换模时间改善案例



Level 1：无概念

Level 2：单分钟（<10 min）

Level 3：一触即发（<1 min）

团队文化：Kaizen 改善周原则

1. 没有等级之分（No Rank)
– Everyone is equal.

2. 保持开放的心态（Open Mind)
- Embrace change.

3. Just Do It!
- 不要让完美阻碍了更好。

4. 无责备的环境
(Blameless Environment)
- Focus on the process, not the person.

总结：打造敏捷的消费电子工厂

高灵活性
(High Mix/Low Volume)

效率提升
(UPPH & OEE)

现金流优化
(Lower Inventory)

“SMED 不仅仅是缩短时间，它是我们将工厂从‘笨重的大象’转变为‘敏捷的猎豹’的关键能力。”

Midea

SMT产线SMED快速换模推进实战方案

基于消费电子工厂视角的效率与柔性提升

“SMED是一个基于团队的改进过程”

Industrial Editorial

为什么我们需要SMED?

降低库存 (Inventory Reduction)

减少换型时间 → 降低WIP库存 → 减少资金占用

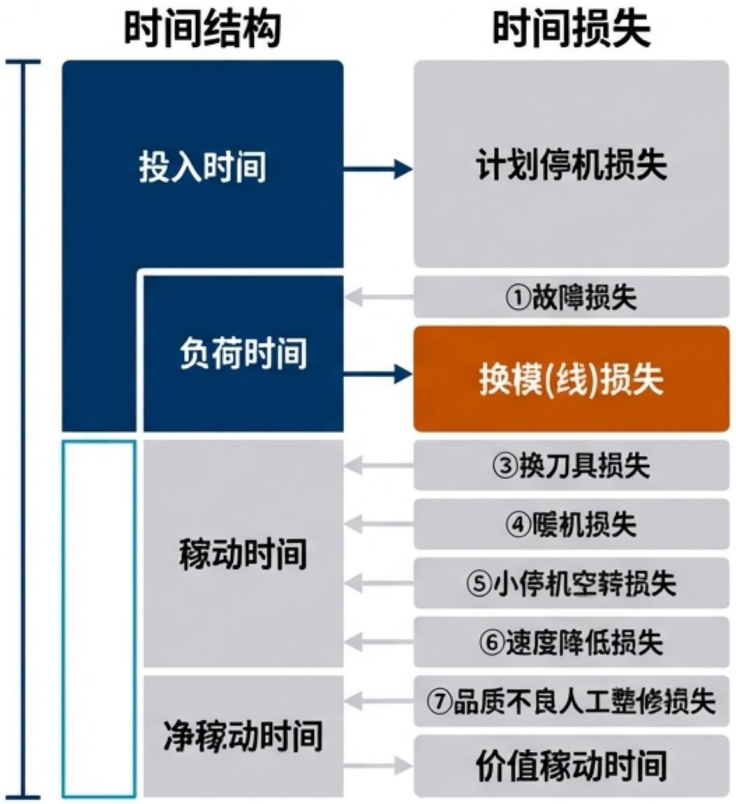
提升柔性 (Flexibility)

支持小批量(Small Batch)生产，不牺牲产能

稳定品质 (Quality)

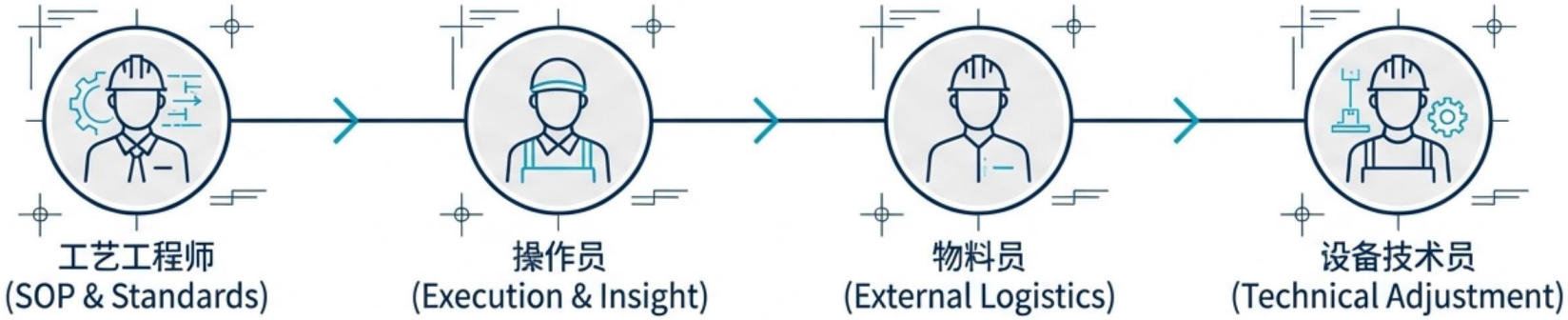
操作条件的事先准备，可以帮助产品品质的稳定性

Investment vs. Loss



组建改善团队：打破层级

团队成员之间没有等级之分

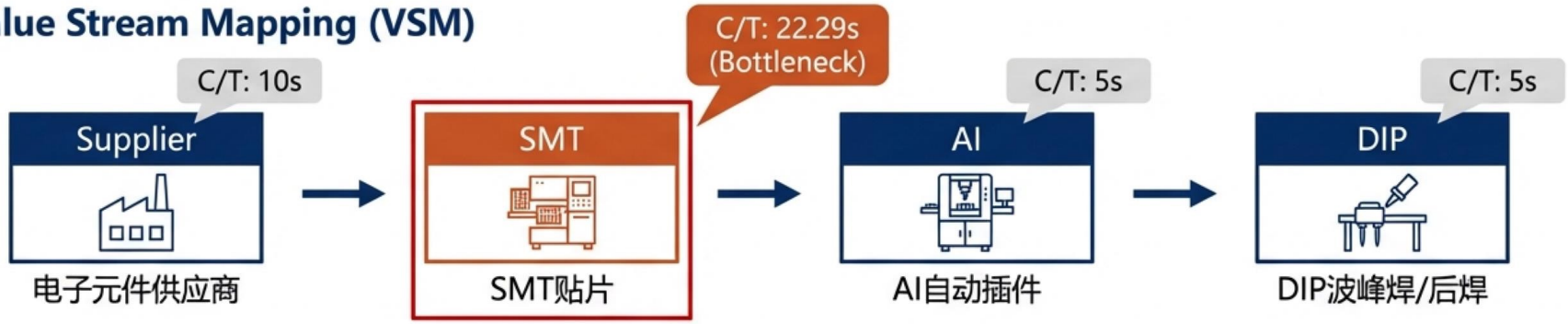


Kaizen Rules
改善规则

- 不用责备方式管理的工作环境（Blameless Environment）
- 先动脑，后花钱（Reach for the mind before the wallet）
- 计划只有在成果得以保持时才算成功（Sustain the gains）

现状分析：看见浪费

Value Stream Mapping (VSM)



Pareto Analysis of Downtime

Industrial Editorial

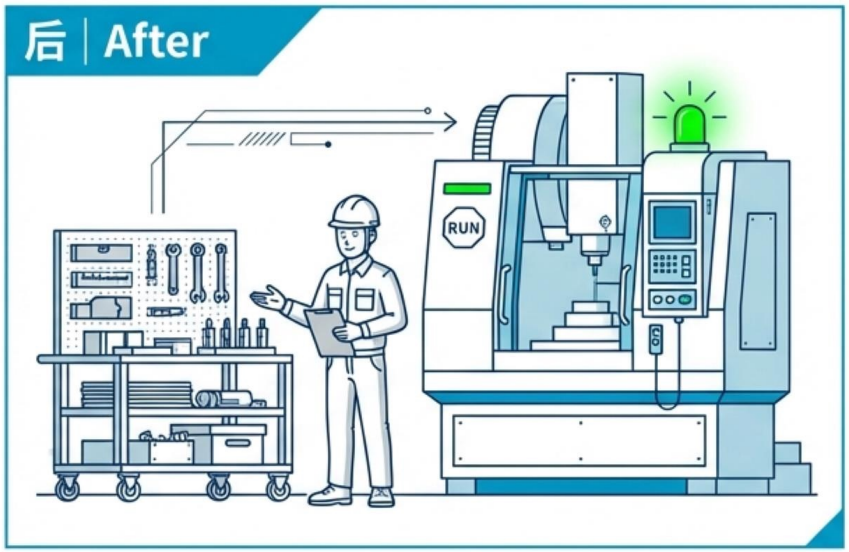
核心方法论：内部 vs 外部作业

内部作业 (Internal)：
须将机器停机后无法作正常生产
(e.g., 拆卸模具, 更换吸嘴)

外部作业 (External)：
机器在正常生产运转时,可同时进行
(e.g., 备料, 治具清洗)

步骤一：区分与转移 (Step 1: Separate & Convert)

停机后才开始找工具/备料

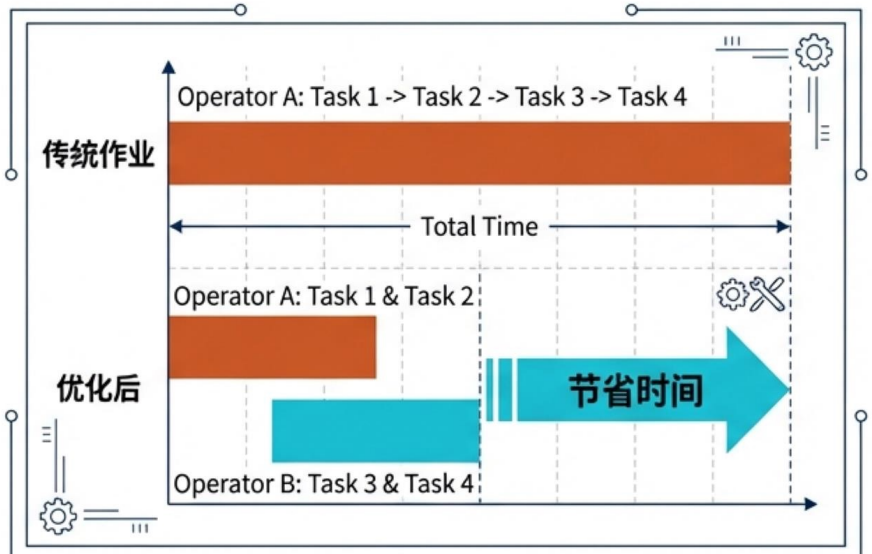


停机前完成所有准备工作

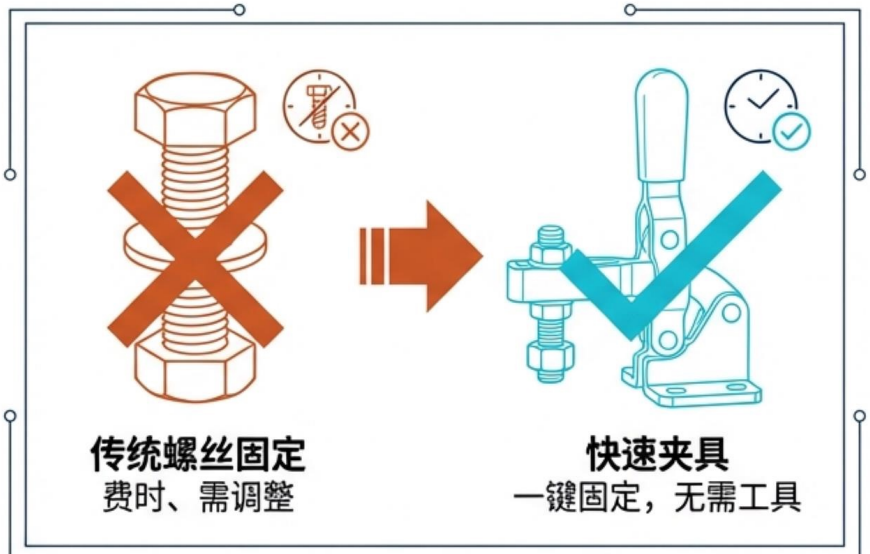
行动要点

- ☑ 建立换型事前检查表 (Pre-flight Checklist)
- ☑ 将备料与供料器安装移至外部时间 (Staging)
- ☑ 使用中间台车 (Use intermediate jigs/carts)

步骤二：优化内部作业



平行作业
(Parallel Processing)



消除螺丝拆装，使用快速夹具
(Eliminate Screwing)

消除调整 (Eliminate Adjustments)：设置定位销，无需调试，一发即中。

实战工具 1：可视化5S管理

问题：

寻找工具占用大量停机时间

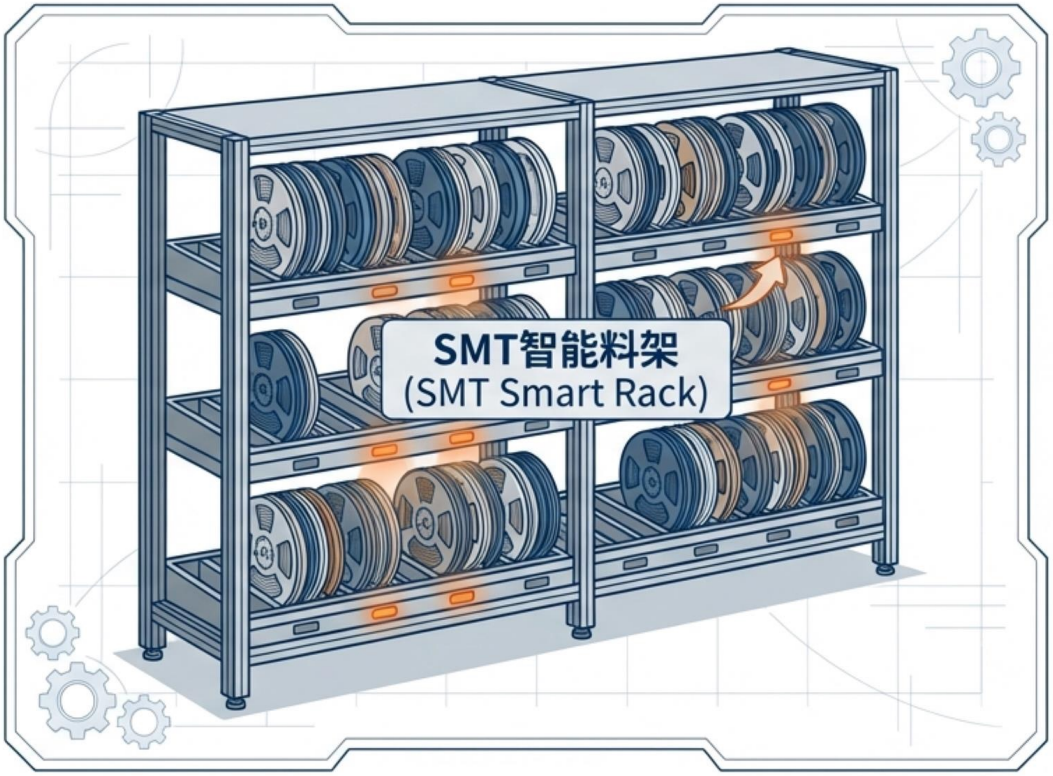
解决方案：

AI工具柜 + 形迹管理（Shadow Boards）

效果：

工具位置一目了然，取放时间<3秒

实战工具 2：拉动式物料系统



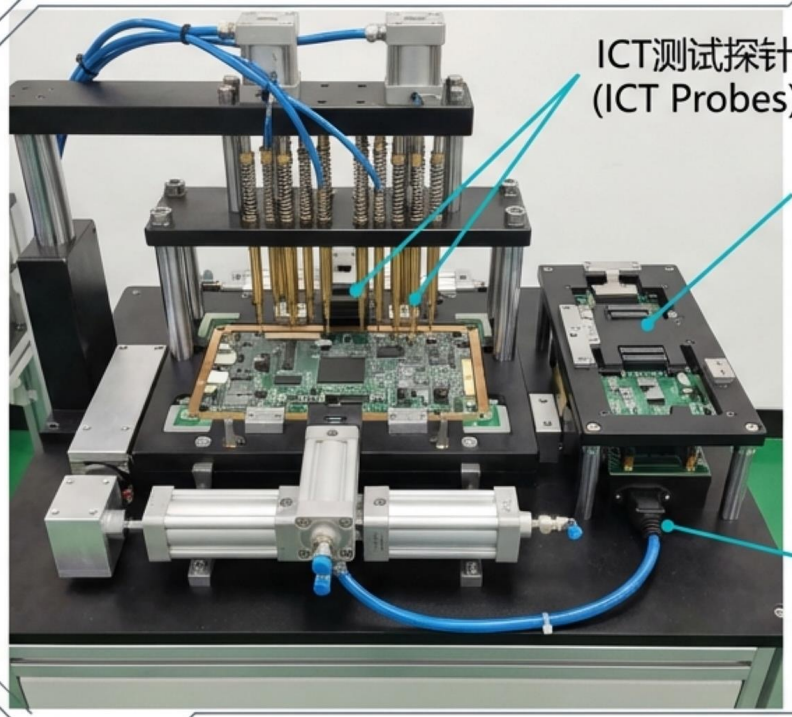
物料拉动系统
(Pull Material System)

1. **物料拉动区域**
(Dedicated Pull Area)

2. **亮灯指引**
(Light-Guided Picking)

3. **防止拿错，减少寻找时间**
(Error-proofing & Zero Search Time)

实战工具 3：工序合并与自动化

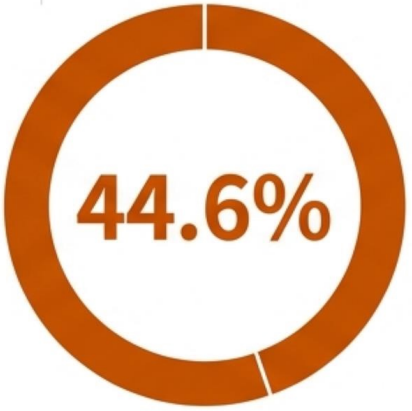


显示盒ICT/FCT一体化 (Integration)

成效：直接**减少**一道测试工序，每条线**缩减1人**（Eliminated one step, Reduced headcount by 1）。

案例研究：美的家用空调电子分厂

挑战与目标（The Challenge）



SMT OEE
（设备综合效率）

Cycle Time
（瓶颈节拍）

年均换型频率/线
（Changeovers/Year）

目标：效率逐年递增30%

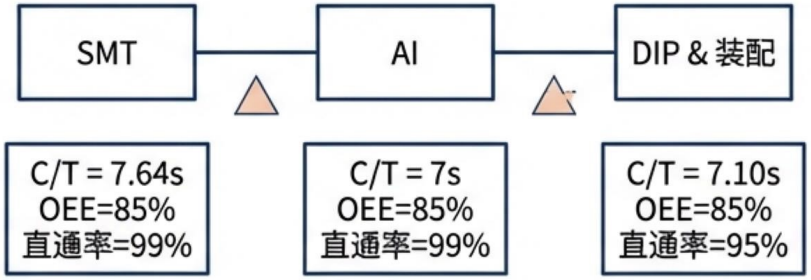
Industrial Editorial

改善成果：数据说话

Before vs. After

指标	改善前	改善后	提升幅度
SMT Cycle Time	22.29s	7.64s	65% ↓
OEE	44.6%	85.0%	90% ↑
增值比例 (Value Added Ratio)	Low	High	Significant ↑

Future State VSM



Industrial Editorial

成果固化：标准化作业

- 标准化（Standardization）：建立新的换模SOP
- 点检表（Checklists）：强制执行换型点检
- 培训（Training）：覆盖所有班次（All Shifts）

“计划只有在成果得以保持时才算成功。”

持续改进：永无止境

质量第一

Our foundation, non-negotiable.

我们以事实做为管理基础

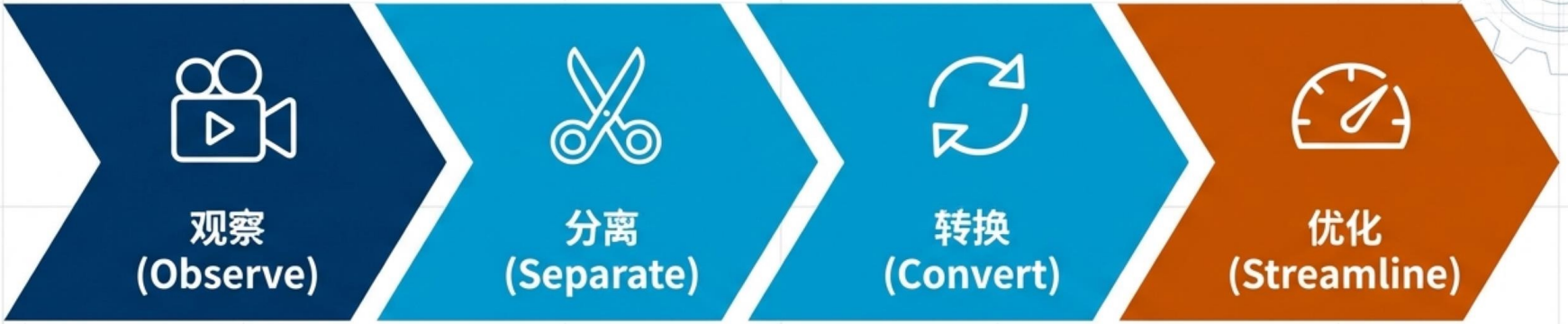
Data-driven decisions for measurable impact.

要生活就要持续改善

Never settle; innovation is our culture.

立即行动：拍摄你的第一次换模视频

总结：SMED实施路线图



拍摄视频，VSM分析

区分内部与外部作业

将内部作业移至外部

平行作业，快速夹具

终极目标：换型时间 < Takt Time

SMED 快速换模系统

精益生产的核心：从“小时”到“分钟”的飞跃

基于 Danaher Business System (DBS) 与标杆精益方法论

时间就是金钱：速度的极致

普通换胎（Traditional）

10 - 20 分钟

- 依赖个人技能
- 缺乏流程
- 工具寻找浪费

F1 赛车进站（SMED）

< 10 秒

- 团队协作
- 工具标准化
- 流程精确到毫秒

换模时间不仅仅是“停机时间”，它是企业的生产能力和灵活性。

什么是 SMED（单分钟快速换模）？

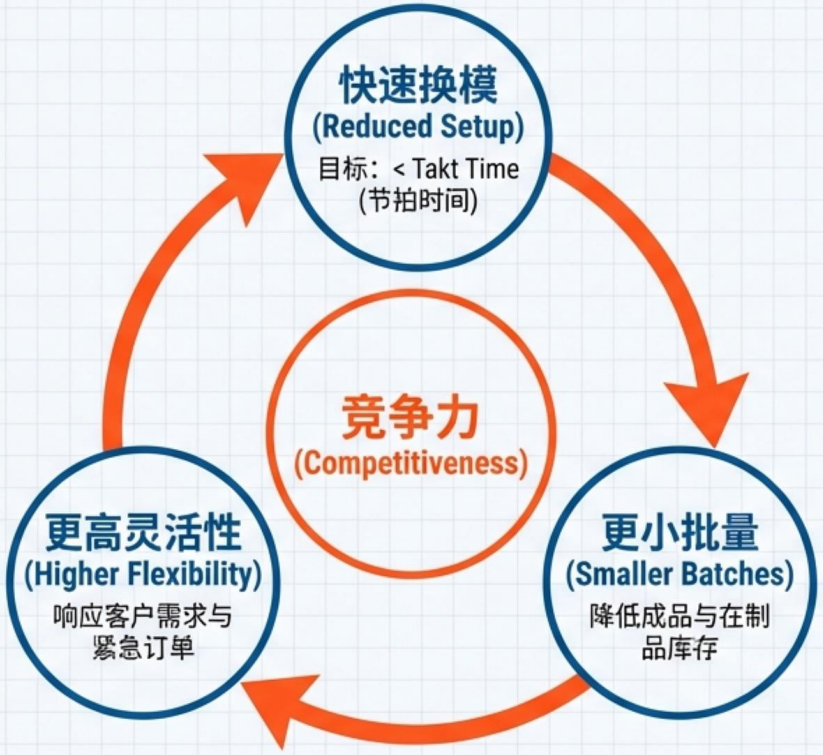
定义：SMED（Single Minute Exchange of Die）是一种旨在将换模时间缩短至10分钟以内（个位数分钟）的系统方法。

起源（Origins）

由丰田生产体系（TPS）创始人之一Shigeo Shingo（新乡重夫）提出。

“零损坏是品质要求的最高极限，但很少有公司致力于降低换模本身所需的技能和时间。”

为什么要实施 SMED?



1.	**降低库存** 减少资金占用。
2.	**提高灵活性** 实现小批量、多品种生产。
3.	**提升品质** 减少试模废品。
4.	**释放产能** 减少停机 = 增加生产。

核心概念：内部作业 vs. 外部作业

内部作业 (Internal Setup)

必须在机器停机状态下才能进行的操作。

- 拆卸模具
- 安装新刀具
- 调整中心点

外部作业 (External Setup)

可以在机器运转时进行的操作。

- 准备下一批模具
- 寻找工具
- 模具预热

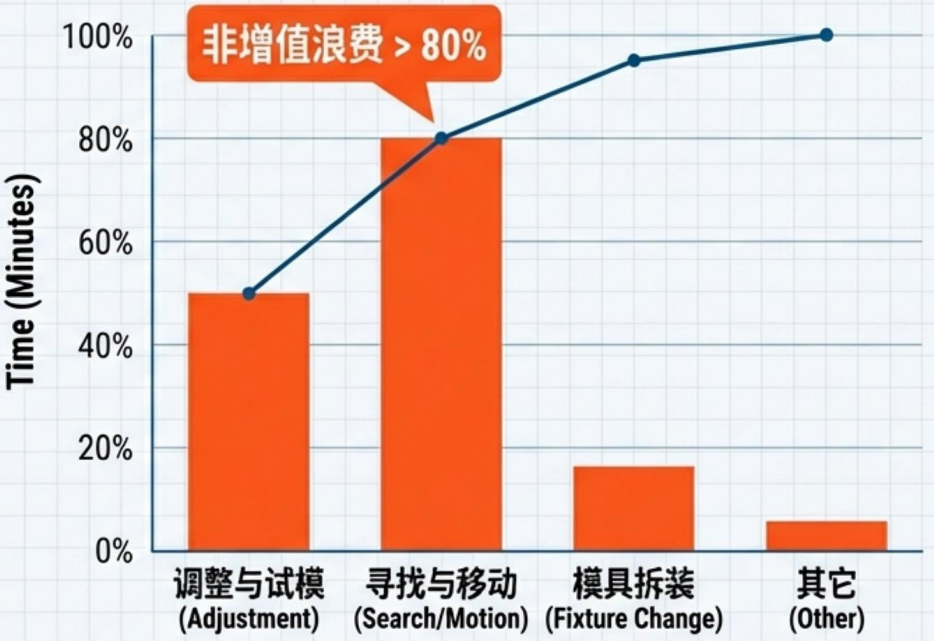
基本法则：一旦机器停机，操作员绝不能离开机器去进行任何“外部作业”的工作（如找扳手）。

传统换模的痛点与浪费

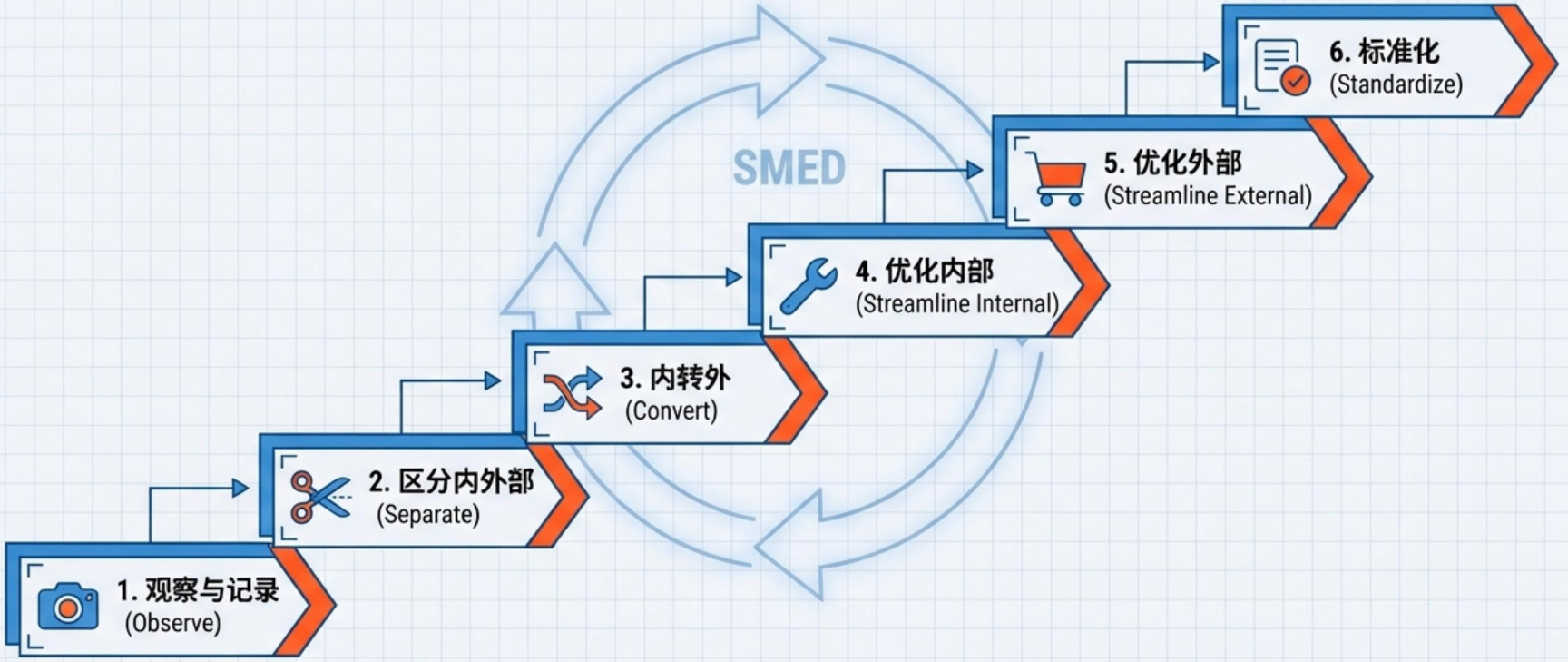
换模的七大浪费

- **1. 寻找 (Searching)：**
  停机后才开始找工具。
- **2. 移动 (Motion)：**
  往返于工具室。
- **3. 调整 (Adjustment)：**
  依靠感觉微调（占比最大）。
- **4. 缺陷 (Defects)：**
  首件不合格。

时间去哪了？(Where did the time go?)



SMED 实施六步法



系统的改进路径，每一步都是为了消除浪费。

第一步：观察与记录现状

行动指南 (Action Guide)

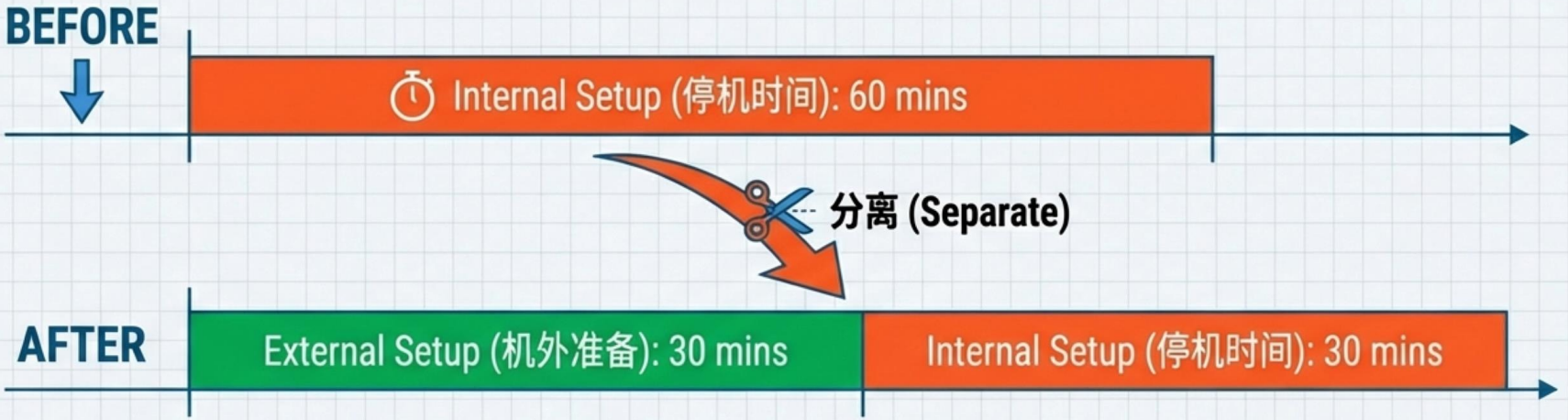
- **组建 Kaizen 团队**
  (不同职级参与)
- **全程录像**
  (Video the process)
- **绘制帕累托图**
  (Pareto Chart)
- **目标: 用数据说话，识别浪费。**

换模作业分析表 (Set-up Operations Analysis Chart)

Step No.	Element (动作)	Elapsed Time (耗时)	Type (类型)
1	Pick-up tools (寻找工具)	19 min	Internal (内)
2	Remove Fixture (拆卸模具)	15 min	Internal (内)
3	Look for bolts (寻找螺栓)	5 min	Internal (内)

寻找与移动是巨大的浪费！

第二步：区分内部与外部作业



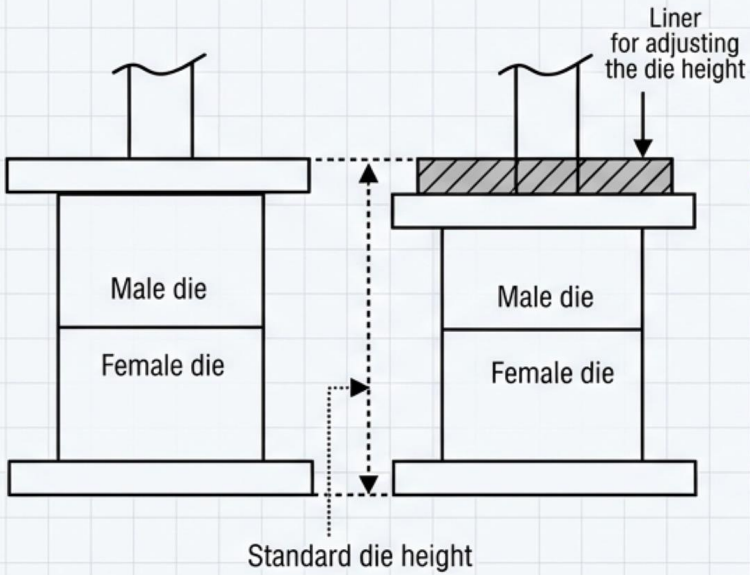
- **原则：凡是机器运行时能做的事，决不在停机时做。**

- ☐ 模具是否在停机前运到了机台旁？
- ☐ 工具是否在停机前准备好了？
- ☐ 吊车/叉车是否提前就位？

立竿见影：减少 30%-50% 换模时间

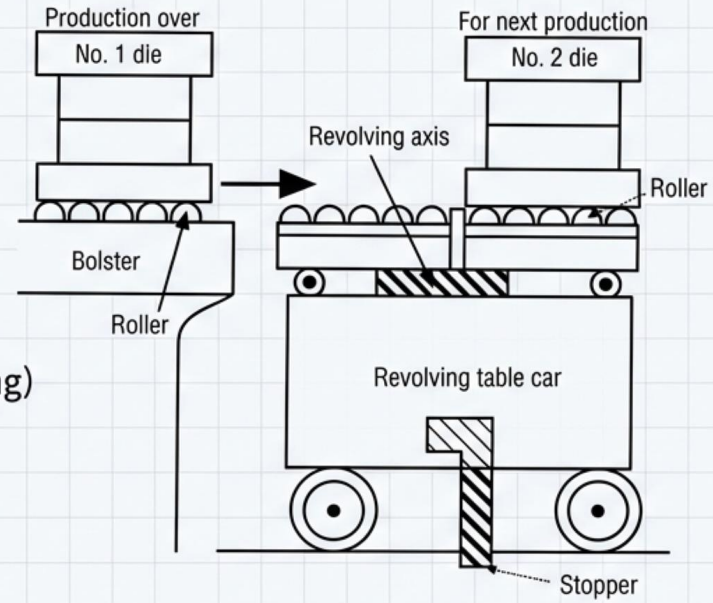
第三步：内部作业向外部转化

核心策略：通过技术手段，将必须停机做的事移到机外做。



功能标准化：统一模具高度，消除行程调整。

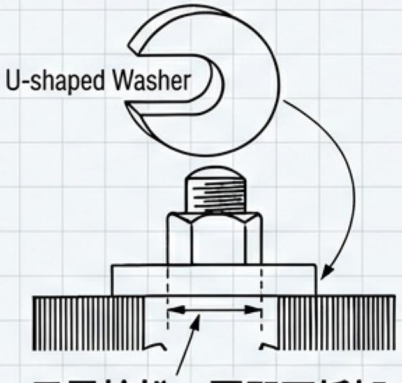
- **模具预热**
  (Pre-heating)
- **机外预对刀**
  (Off-line Presetting)



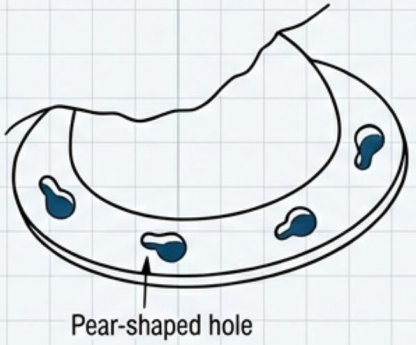
机外准备：使用换模车提前定位模具。

第四步：优化内部作业 — 螺栓是敌人！

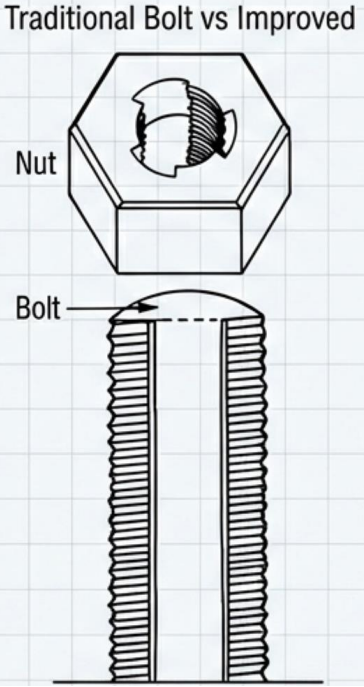
SMED 铁律：螺栓是我们的敌人 (Bolts are our enemies)



只需拧松一圈即可拆卸



一挂即锁



- **减少旋转**：避免完全卸下螺母。
- 使用**功能性夹具**：一触即扣（One-touch clamps）。
- **平行作业**：多人协作减少总时长。

第五步：优化外部作业 — 5S 是基础

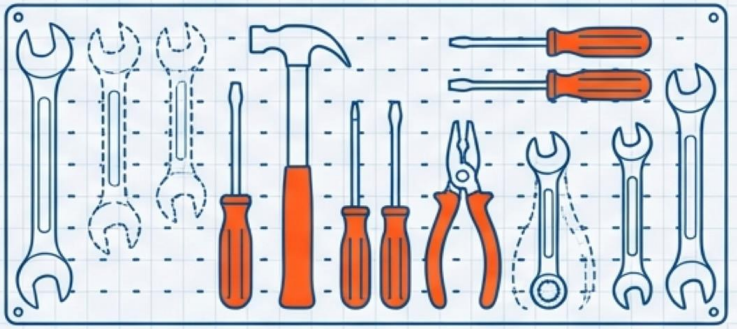
The Foundation: 5S is Essential for SMED Success

运动浪费：没有组织的寻找与移动
(Motion Waste: Unorganized Searching & Movement)

没有良好的 5S，SMED 无法成功。

行动清单：

- 1. **专用台车（SMED Cart）**：设计换模专用车，所有工具、模具“定置、定位”。
- 2. **目视化管理（Visual Management）**：颜色编码，一眼就能看出工具是否齐全。
- 3. **事前检查（Pre-check）**：在停机前，确认所有模具和工具完好无损（防止螺纹滑丝等突发状况）。



目视化管理：影子板
(Visual Management: Shadow Board)

第六步：标准化与维持 (Step 6: Standardization & Sustainment)

换模作业指导书
(Standard Work Sheet)

步骤 (Steps)	时间 (Time)	关键点 (Key Points)
1. 准备工具 (Prepare Tools)	2 min	使用SMED台车 (Use SMED Cart)
2. 拆卸旧模 (Remove Old Mold)	4 min	一次性拧松 (One-touch Loosening)
3. 安装新模 (Install New Mold)	5 min	对齐标记 (Align Marks)
4. 调试确认 (Debug & Confirm)	3 min	检查首件 (Check First Piece)

- **建立标准 (Create Standard)：将优化后的流程固化为文件。**
  (Document the optimized process into formal procedures.)
- **培训 (Training)：确保所有班次的操作员都掌握新流程。**
  (Ensure operators on all shifts master the new process.)
- **消除“技巧”(Eliminate Knack)：换模应像配方一样精确，不再依赖老师傅的“特殊手感”。**
  (Changeover should be precise like a recipe, no longer relying on the 'special feel' of experienced masters.)

规则：标准就是标准，必须严格执行，直到下一次改进。

SMED 的五个境界

境界一：无概念
(No Concept)

时间 > 30 mins

境界二：单分钟
(Single Minute)

时间 < 10 mins
(SMED)

境界三：零换模
(Zero Exchange)

消除换模

境界四：一触换模
(One Touch)

自动化切换

境界五：一周换模
(One Cycle)

极度灵活，混合生产

持续改善之路
(The Path of Continuous Improvement)

Kaizen Pran 改善精神与行动准则

- 不要让“完美”阻碍“更好”(Don't let perfect get in the way of better)
- 先动脑，再动钱 (Reach for the mind before the wallet)
- 抛弃固有观念，问“为什么？”(Discard fixed ideas, ask Why?)
- Just Do It！（立即行动）

SMED 不仅仅是技术的改进，更是态度的转变。
从今天开始，挑战每一颗螺栓，消除每一秒浪费。

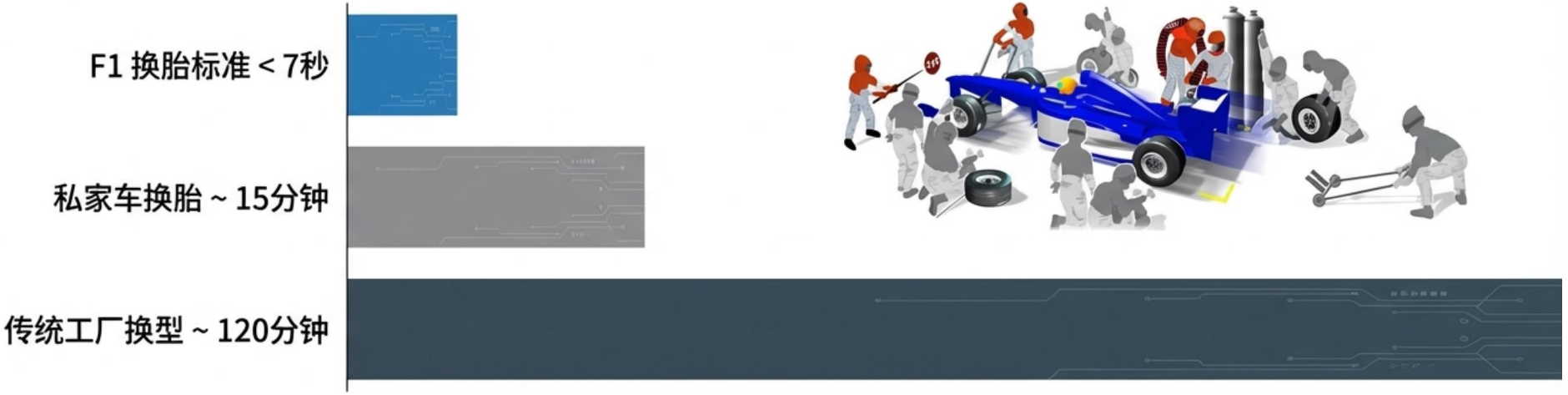
极致速度：从赛车P房到工厂的“一键切换”

基于精益数字化视角的技术演进路线图

工厂精益数字化经理技术分享

探讨从传统SMED到自动化改造，再到数字化协同的技术跨越。

7秒的基准：为什么我们还在以“小时”计？



传统换轮胎时间：120分钟 vs 标准换轮胎时间：小于15秒

是人更快了，还是系统更强了？

从两个小时到几秒钟的差距，不仅是熟练度的问题，更是技术与设计的问题。

解构速度背后的技术基因

标准化
单螺栓设计

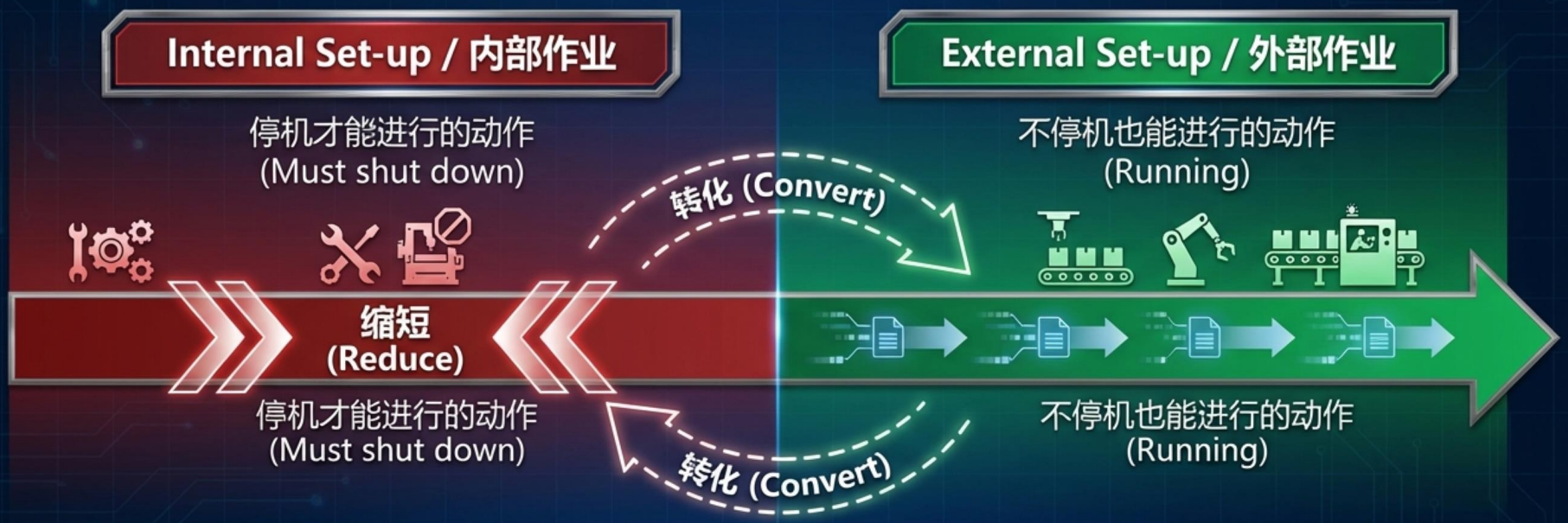
专用工具
气动枪与磁吸套筒

平行作业
20人协同

无调整
预标记位置

F1的启示：速度来源于消除“调整”与“等待”，并利用工具替代人工动作。

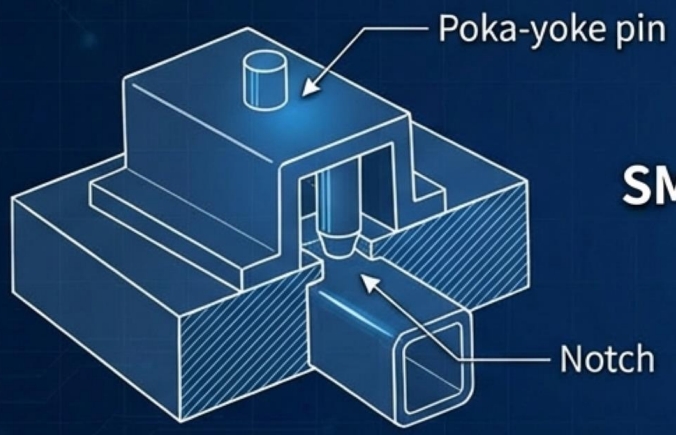
数字化改造的前提：理清内部与外部作业



无法自动化的混乱是零效率的。先优化流程，再引入技术。

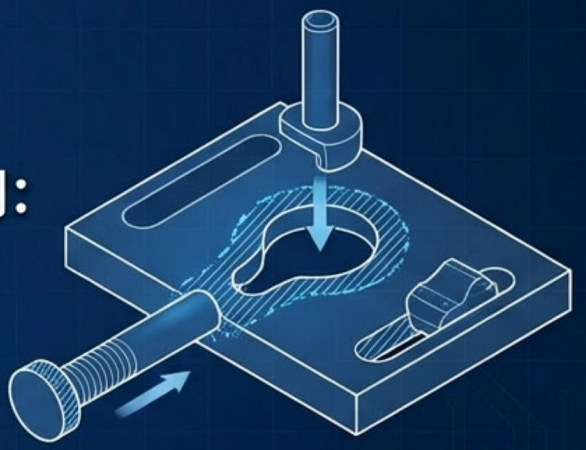
自动化改造 I：从手动螺栓到“一转即定”

无需调整（No Adjustment）– 定位销



SMED的基本法则：
一转即定

功能性夹具 (Functional Clamping) – 梨形孔



将紧固时间从‘分钟级’压缩至‘秒级’。

自动化改造 II：重型模具的快速交换系统

Data Sheet

技术规格（Technical Specifications）

- **问题：**依靠行车（Crane）吊装效率低下
- **解决方案：**自动化换模台车
- **核心技术：**滚轮传送与液压升降

✔ **优势：**常用、轻便且便于更换的自动化设备

跨越鸿沟：从机械化到数字化“一键切换”

当硬件不再是瓶颈，信息流的延迟成为了最大浪费。

数字化外部作业：电子叫料系统的应用

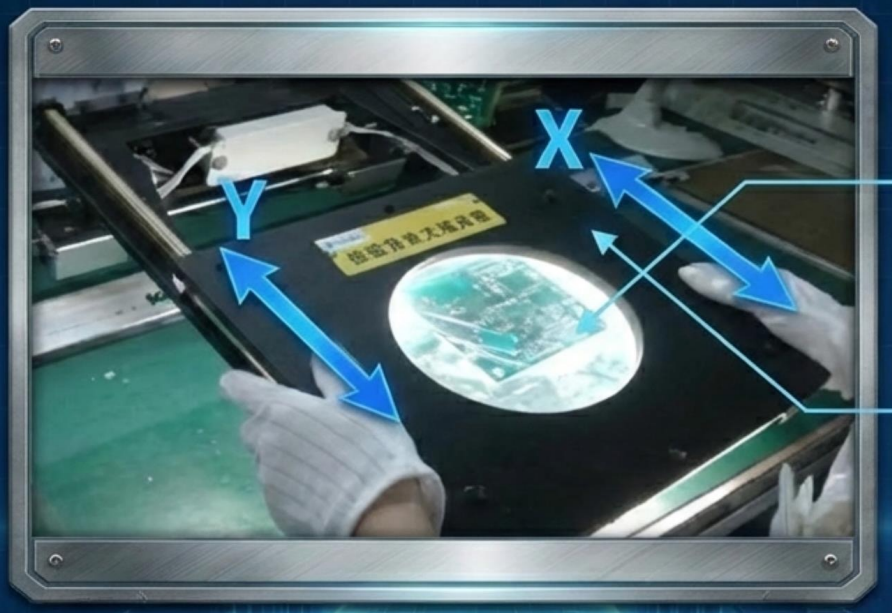
案例：美的小家电 - 电子分厂案例

创新点：将“缺料”信息转化为数据指令，实现恰时配送，消除停机等待。

实时可视化：Andon系统与生产看板

- 集成电子信息化看板与Andon系统
- 监控：UPPH，直通率（ICT/FCT），运行状态
- 价值：为“2小时检讨”提供数据支撑，确保换线窗口期的精准预测。

消除调整浪费：工装设备的精细化革新



聚焦固定
(Fixed Focus)

轨道式移动
(Rail-mounted)

- **问题：** 换线后的调试与首件检验往往耗时最长。
- **解决方案：** 轨道式外观检验放大镜 - 提升不良检出率，减少操作员眩晕，实现首件‘即插即用’。

终极愿景：构建“一键切换”的智能工厂

从SMED方法论出发，结合自动化硬实力与数字化软实力，这是未来工厂的速度。

总结：变革的三个台阶

智能化 (Intelligentize)

利用MES、Andon与电子叫料实现系统协同。

机械化 (Mechanize)

引入工装夹具与辅助设备（如Enerpac）。

标准化 (Standardize)

向F1学习，理清内外部作业。

天下武功，唯快不破。在工业4.0时代，速度即是竞争力。