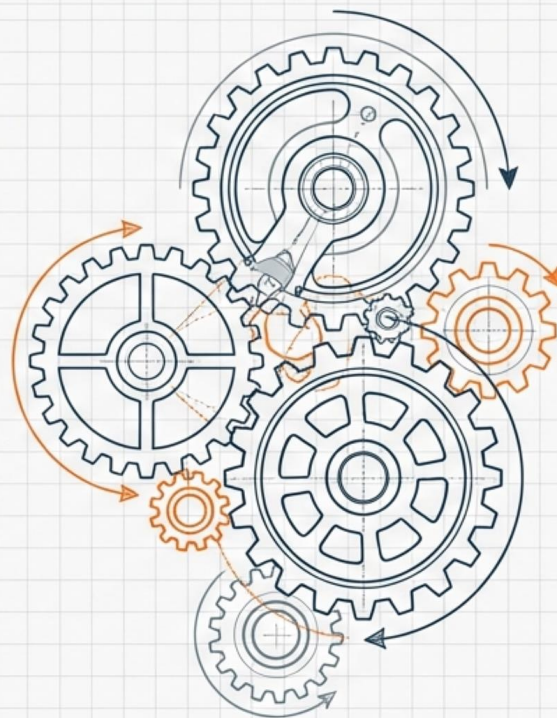


零缺陷管理

十大防错原理实战手册

从“三防”理念到生产现场的各个击破



本手册旨在将抽象的防错理论转化为可视化的实战工具。

核心目标： **Success Every Time**（每次都成功）

为什么我们需要防错？人为失误的心理根源

机器会出故障，但绝大多数缺陷源于人的疏忽。仅仅依靠“小心”是不可靠的，因为心理因素不可控：



Disregard

轻视

在缺乏了解真相的情况下草率行事（如：不看说明书操作新机器）。



Complacency

麻痹

习惯于现状，忽视潜在风险（如：长期无事故导致的警惕性下降）。



Arrogance

自负

过于相信自己的经验，不听取他人意见（如：凭经验调色导致浪费）。



Relaxation

松懈

认为工作平稳无问题便放松警惕。

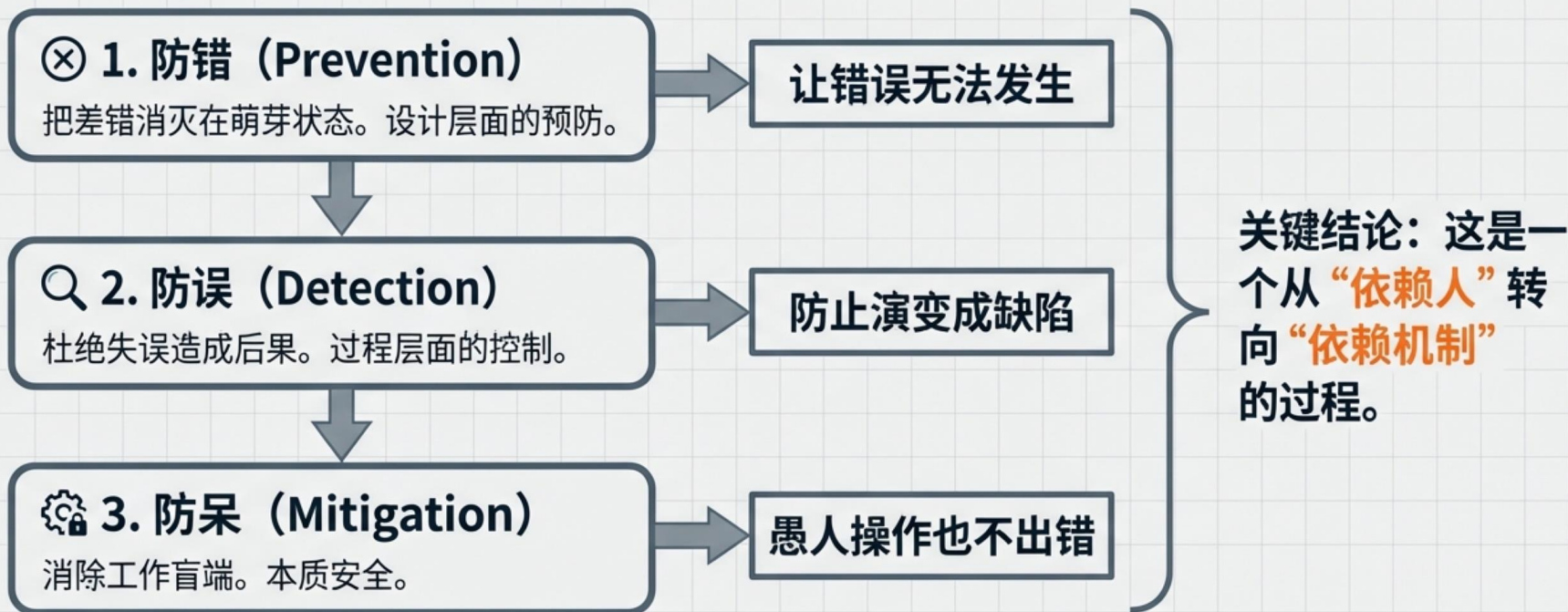


Carelessness

大意

不良习惯形成的非故意行为（如：因紧急电话而忘记原定任务）。

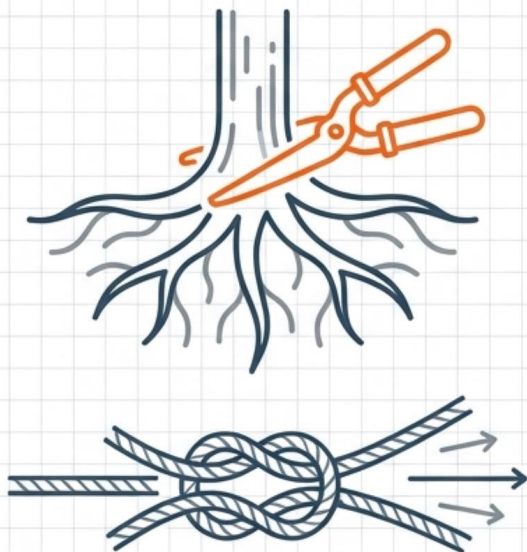
“三防”体系：构建防御缺陷的纵深防线



原理 1 & 2: 断根与保险

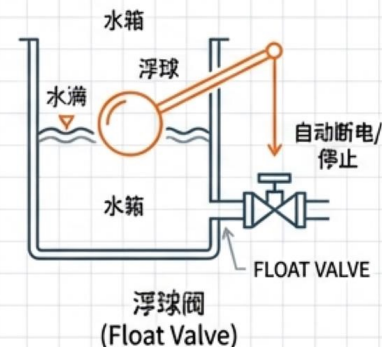
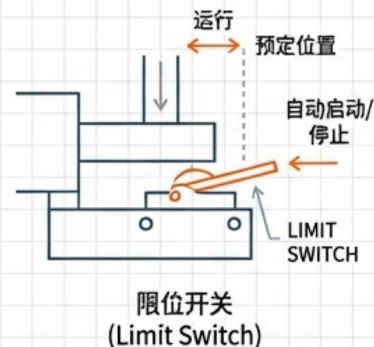
1. 断根 (Elimination) ✕

从源头彻底排除发生错误的原因。通过重新设计产品或流程，使错误根本不可能发生。



2. 保险 (Insurance) 锁

就像电路中的熔丝，当错误发生时自动停止工作，防止损失扩大。



- 限位开关 (Limit Switches): 机器运行到预定位置自动启动或停止。
- 浮球阀: 水箱水满自动断电。
- 重力感应: 电梯超重自动报警。

原理 3 & 4：自动与相符

3. 自动 (Automation)

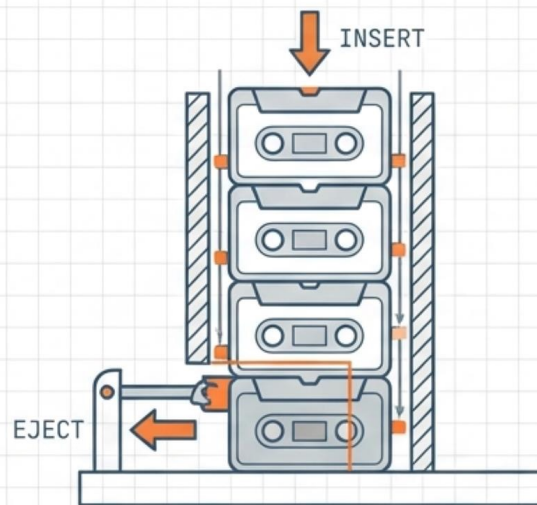
利用机械、液压、气动等装置，减少对人记忆和体力的依赖。

- 计数器控制——如钻孔机，若未完成规定数量（如5个孔），工件无法取下。



4. 相符 (Matching)

利用形状、尺寸或数学逻辑的对应关系来检核。

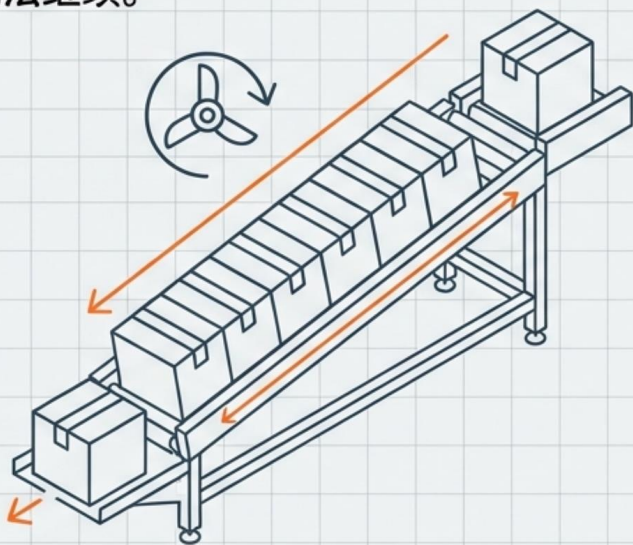


经典案例：利用几何不对称性，方向错误则无法插入。

原理 5 & 6: 顺序与隔离

5. 顺序 (Sequence)

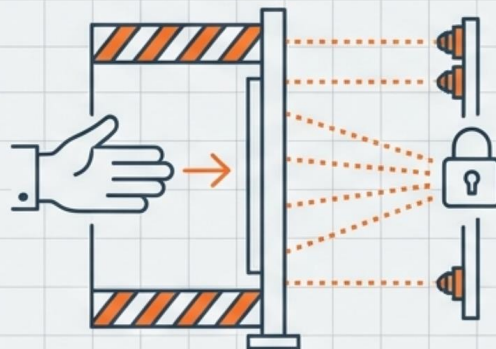
强制执行作业顺序，一旦次序改变或省略，工作无法继续。



FIFO 滑轨：强制按顺序取用，防止测试次序混乱。

6. 隔离 (Isolation)

通过物理屏障将危险或错误源隔离。

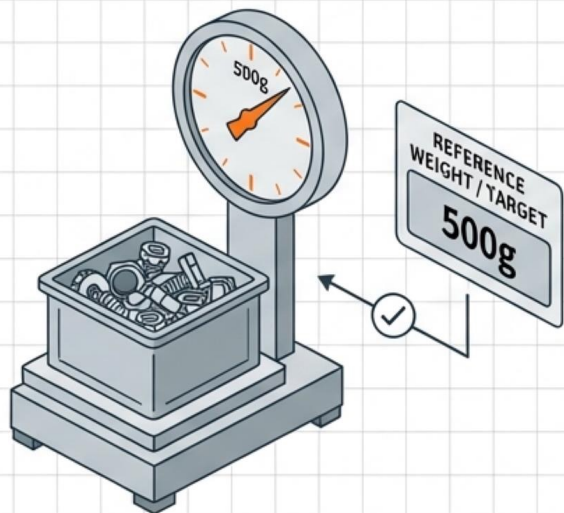


冲压机上的安全防护网、红外线光栅。当手伸入危险区域时，机器自动锁定。

原理 7 & 8：复制与层别

7. 复制 (Replication)

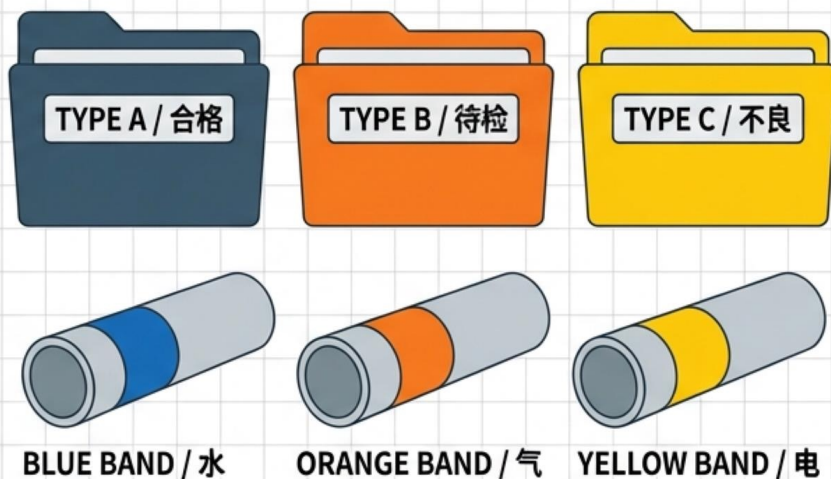
利用同一工件的“复写”或“镜像”特性来检查。



称重检查：利用总重量核对是否缺件（如少一颗螺丝）。

8. 层别 (Differentiation)

利用颜色、标记等视觉管理手段区分不同性质的材料。

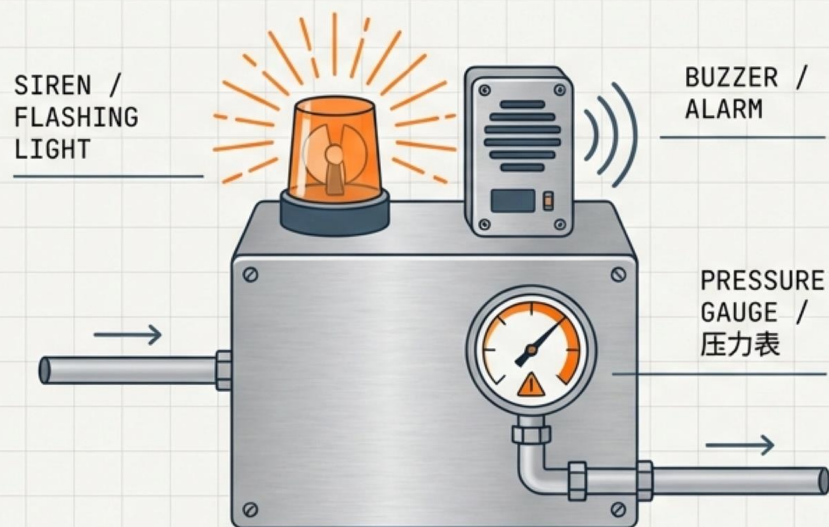


利用颜色和标记区分材料，防止混用和错误。

原理 9 & 10：警告与缓和

9. 警告 (Warning)

当异常发生时，通过声、光、色发出警报。



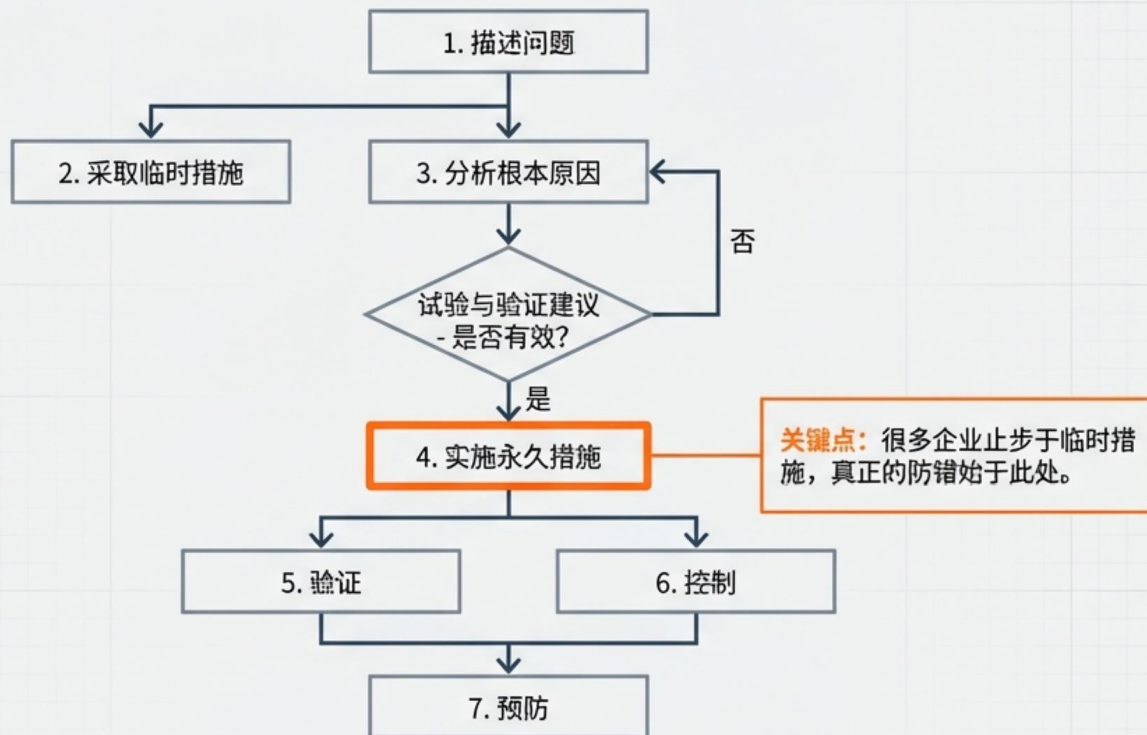
声光报警：液面或压力异常时自动触发。

10. 缓和 (Mitigation)

当错误无法完全避免时，采用方法降低其造成的损害。

采用低成本材料代替昂贵材料进行试制；或者使用缓冲包装防止搬运损坏。

实施路线图：七步纠正措施



什么时候需要防错？识别“红旗”条件

不要等待缺陷发生。在以下高风险条件下，应主动做出反应：



重复性工作 (Repetitive Tasks)

容易导致疲劳和注意力涣散。



分心调整 (Adjustments)

需要高度专注的精密作业被干扰。



缺乏标准 (Lack of Standards)

标准模糊不清，依赖个人判断。



大量零部件 (High Volume)

组合完成后剩余零件（余数确认）。



环境变化 (Environment)

光线不足、噪音干扰或急单压力。

最终战略：每次都成功

从被动反应到主动预防

- 被动：对观察到的缺陷作出反应。
- 主动：识别过程中的红旗条件，在错误发生前部署防错装置。



核心思维

核心思维：错误是可以预测的，因此也是可以预防的。通过 FMEA 与防错装置的结合，实现“零缺陷”。

十大防错原理速查清单

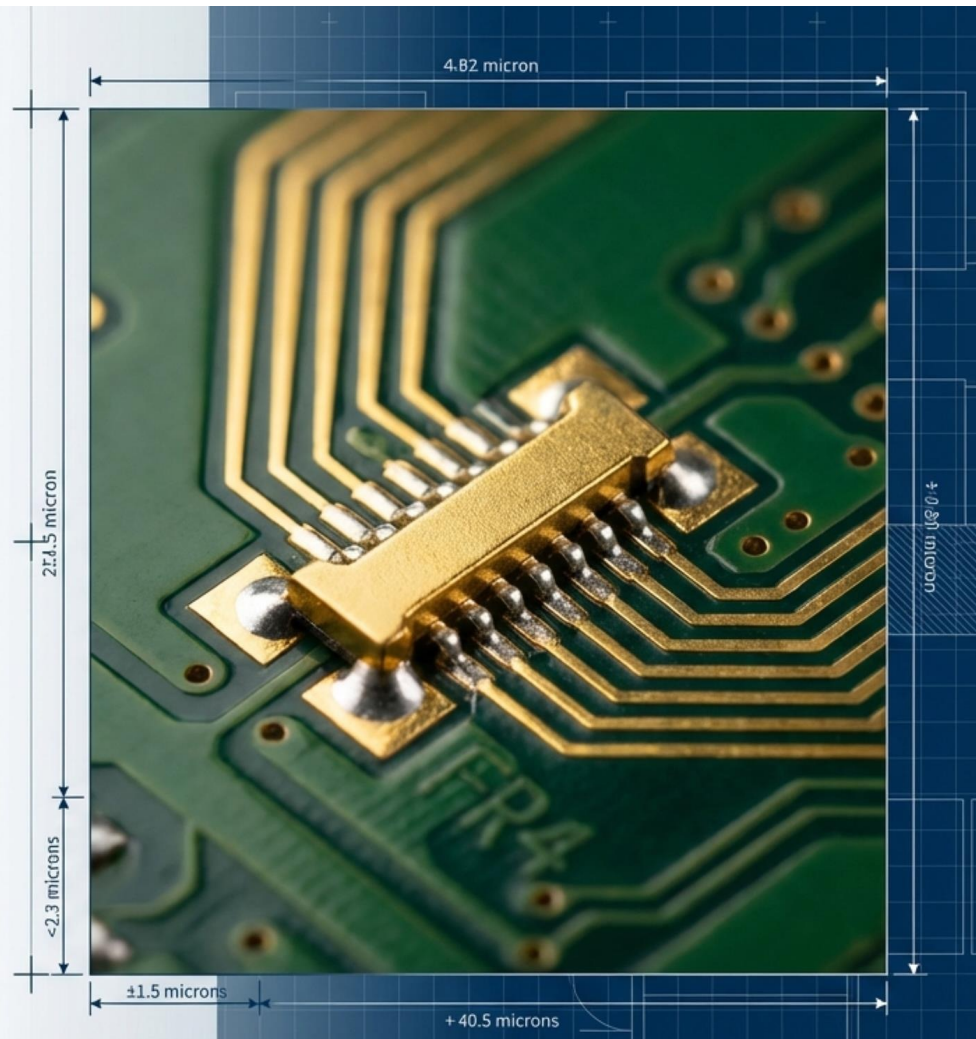
1-5 Principles	6-10 Principles
1. 断根 (Elimination) - 排除原因	2. 保险 (Insurance) - 自动停止
3. 自动 (Automation) - 机器控制	4. 相符 (Matching) - 形状对应
5. 顺序 (Sequence) - 强制次序	6. 隔离 (Isolation) - 保护屏障
7. 复制 (Replication) - 镜像比对	8. 层别 (Differentiation) - 视觉区分
9. 警告 (Warning) - 声光报警	10. 缓和 (Mitigation) - 降低损失

第一次就把事情做对。

零缺陷工程：基于 PFMEA与防错法的 制程优化策略

消费电子制造工艺总监的系统化质量保证蓝图

Internal Strategy Document | Process Engineering Division



消费电子(CE)行业的残酷现实： 速度、规模与脆弱性

核心洞察：竞争是绝对的。



零返工余地

产品生命周期极短，部件微型化。一旦发生缺陷，往往意味着报废而非返工。



不仅是QC，更是QA

传统的"事后检验"已无法满足产能爬坡需求。必须从"挑出坏品"转向"制造不出坏品"。

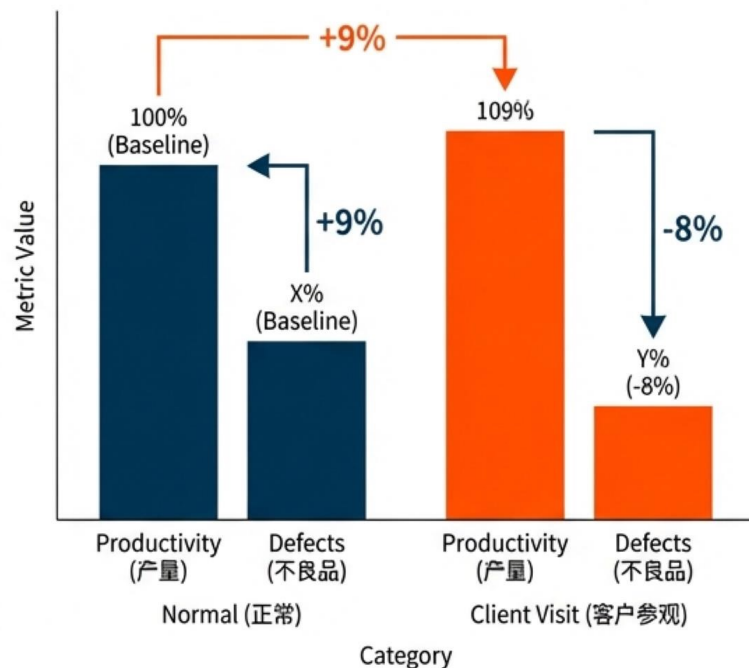


客户参观效应

我们不能依赖操作员的"紧张感"来维持质量，必须依赖系统的鲁棒性。

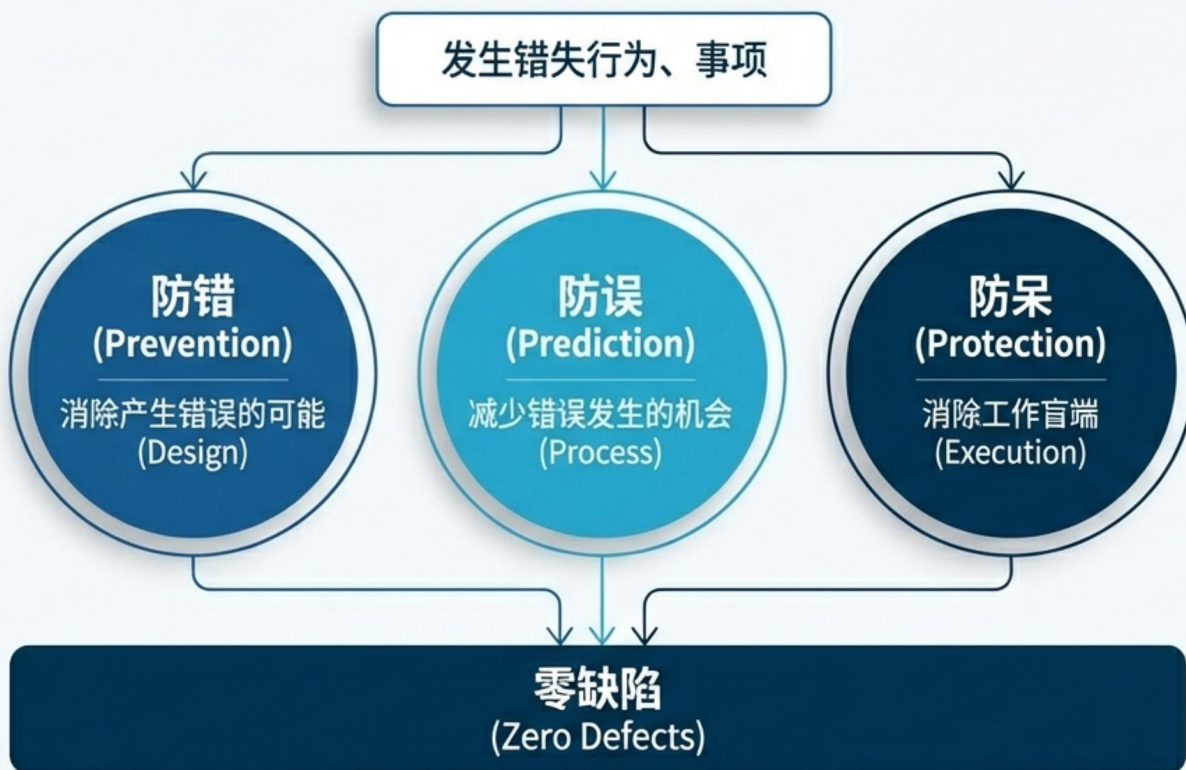
The Visitor Effect (客户参观效应)

Productivity +9%, Defects -8% During Client Visits



*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0>

核心哲学：从“救火”转向“三防”体系



4M1E Context

- 人 (Man):
最不可控的变量
- 机 (Machine) & 法 (Method):
我们的防线

“

“只有当措施落实了，纠正措施才算完成。暂时的措施只是止血，永久的措施才是治愈。”

”

*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0>

战略雷达：PFMEA（过程失效模式及后果分析）

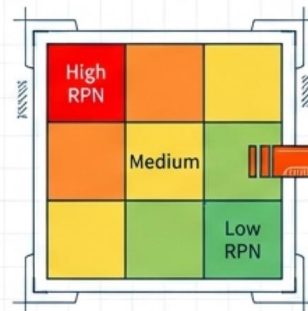
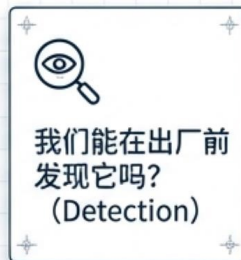


*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0>

关键动作：在生产工装准备之前开始，在所有工序定型之前完成。

量化风险：RPN评分逻辑与决策

$$\text{RPN} = \text{S (严重度)} \times \text{O (发生度)} \times \text{D (探测度)}$$



优先工程
资源投入

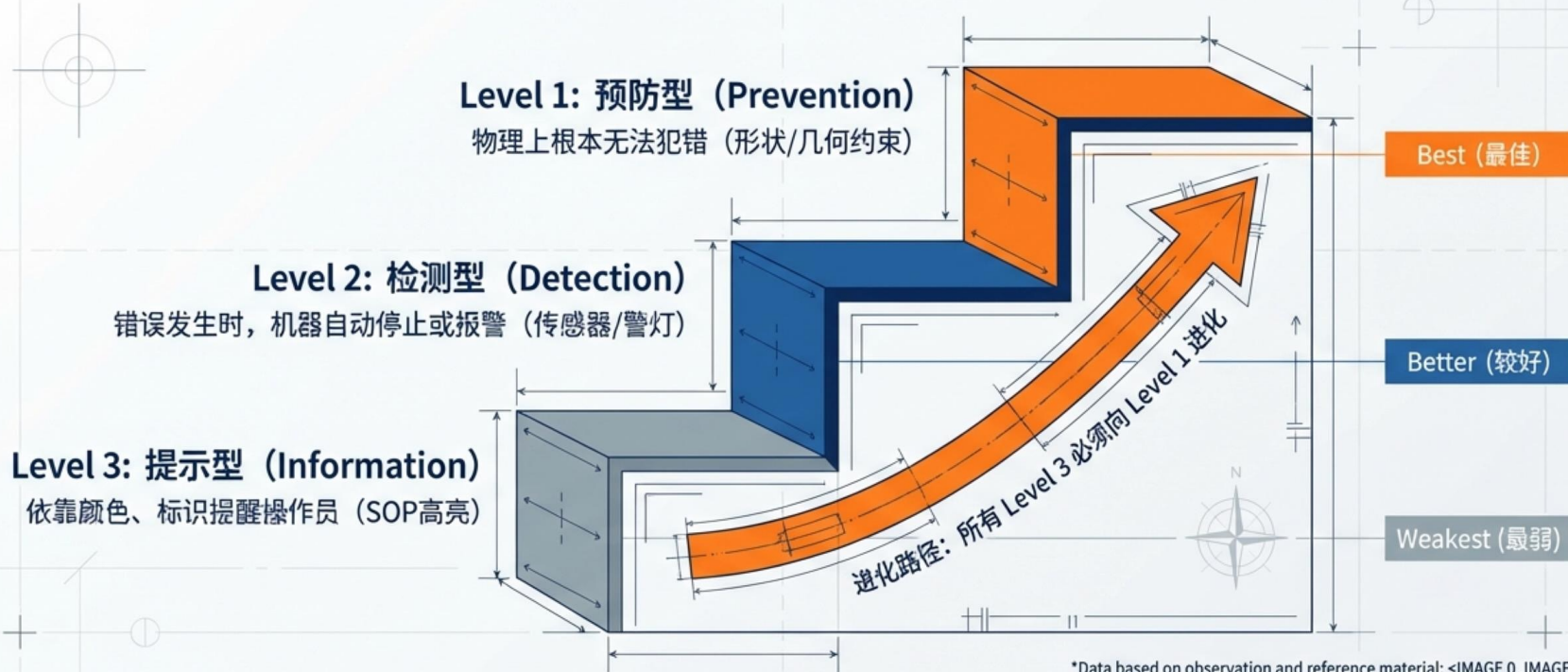
战略洞察：我们的目标是通过工程手段降低‘D’（让错误显形）最终降低‘O’（让错误消失）。

逆向思维：从“预防失效”到“确保成功”（SET）



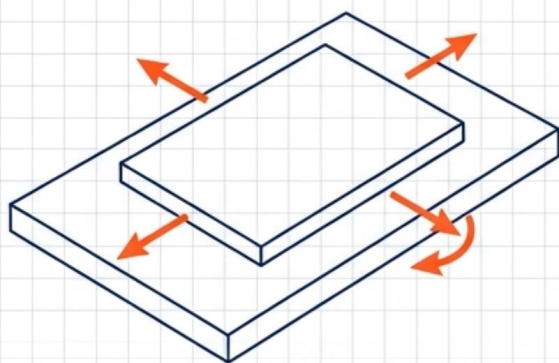
例如：与其担心'虚焊'，不如强制锁定机器参数（温度、压力、时间），只有参数完美匹配时才允许执行焊接。

防御之盾：Poka-Yoke 的层级策略

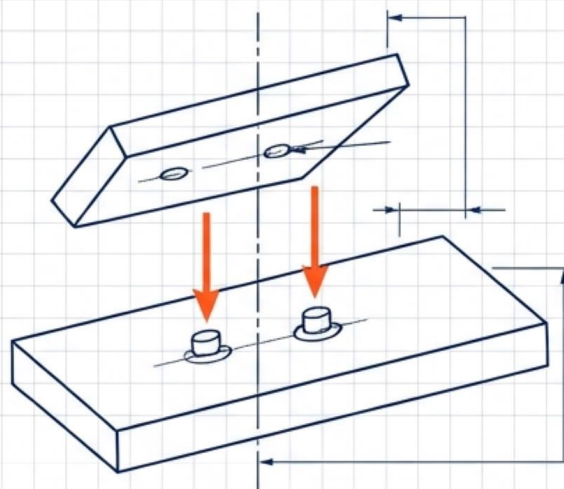


*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0, IMAGE 1>
Blueprint Navy Noto Sans SC Regular

硬体策略：利用物理几何特征



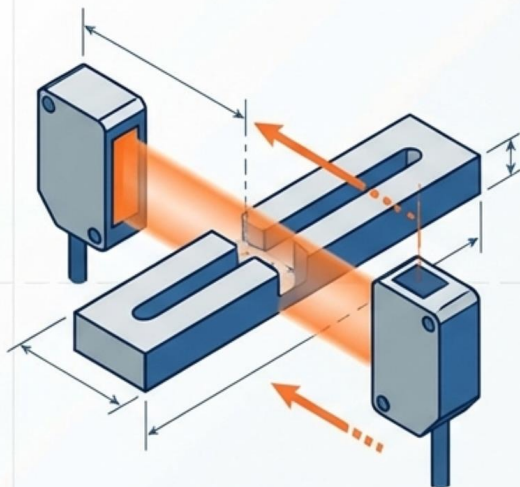
平面定位
(容易偏移)



导向销定位
(唯一路径)

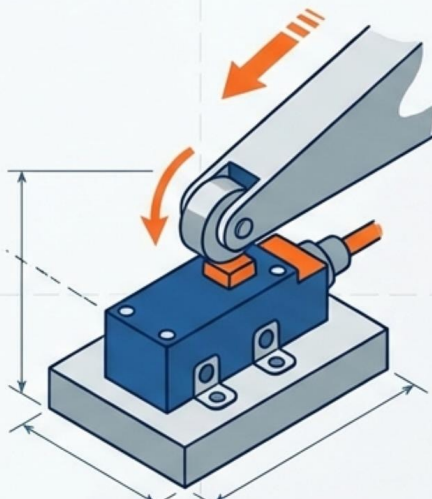
- 导向销 (Guide Pins) : 消除定位偏差
- 阻碍块 (Interference Blocks) : 防止反向安装
- 非对称设计 (Asymmetry) : 确保唯一性

智能策略：传感器与自动化监控



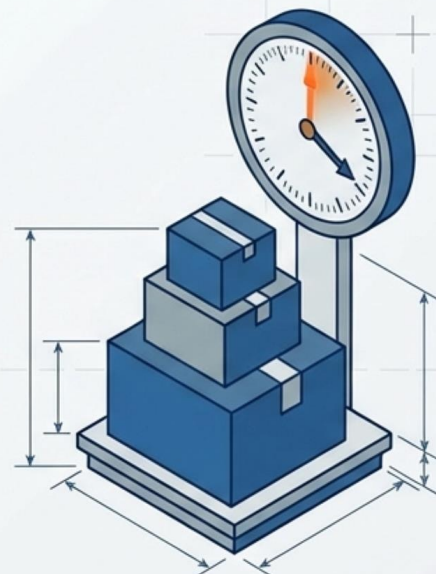
光电传感器

检测部件是否开槽或到位



行程开关

确认夹具闭合或部件到位

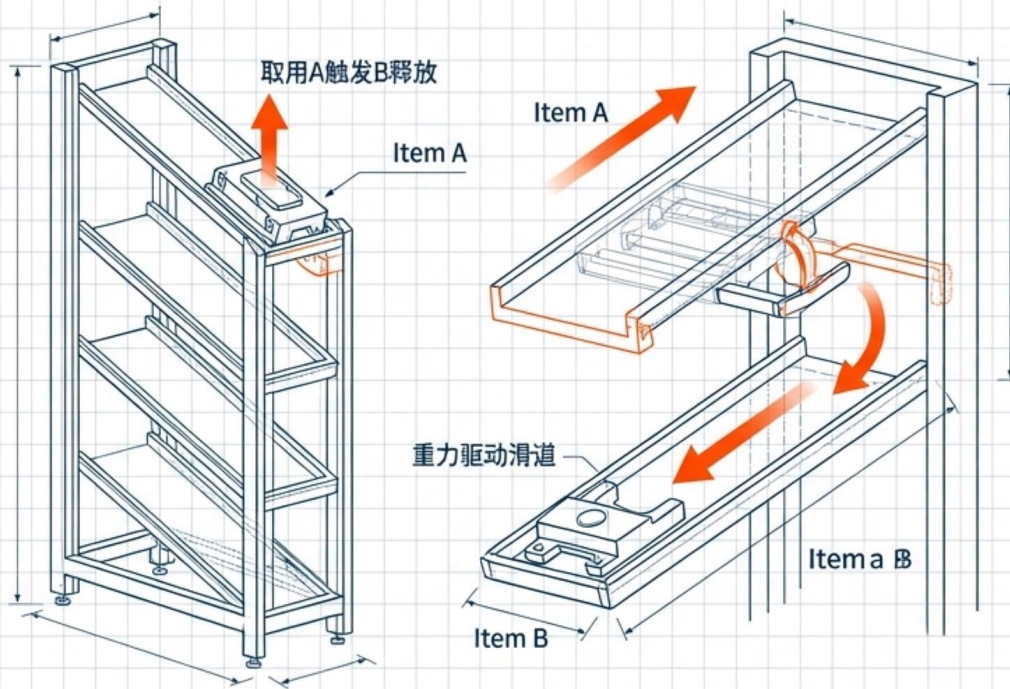


称重检测

利用微量重量差异识别漏件
(如：缺少说明书)

“自动化不仅是为了效率，更是为了强制执行标准，充当‘警察’的角色。”

逻辑策略：流程锁定与配套管理



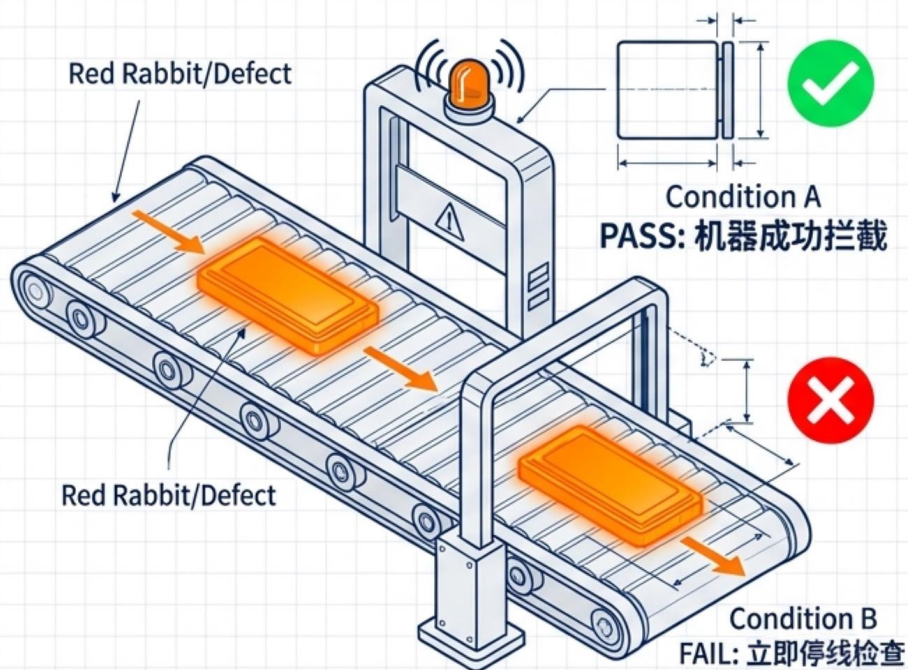
控制流的逻辑

- 计数器与配料盘 (Kitting)
预先清点。如果装配完盘子不空，说明漏装了。
- 顺序限制 (Sequence Control)
只有完成步骤A，步骤B的治具才会打开。
- 先进先出 (FIFO)
物理限制只能取用最早的物料。

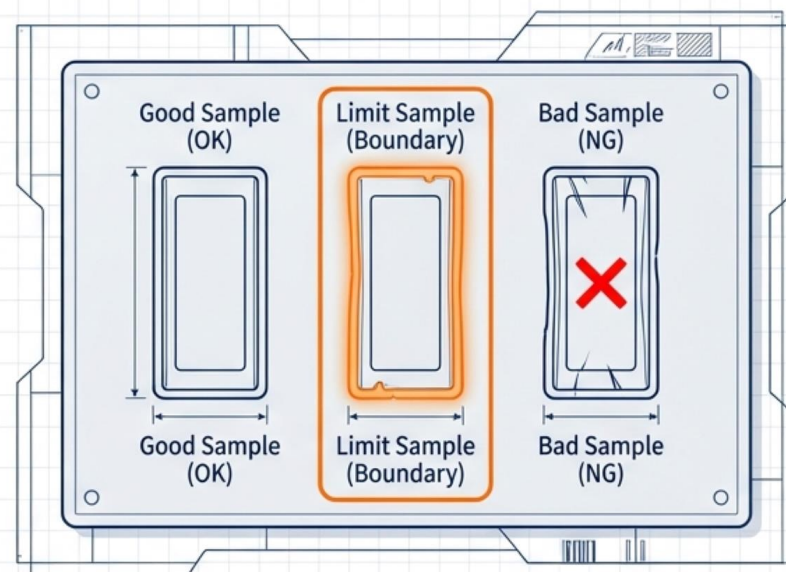
*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0, IMAGE 1, IMAGE 2>
Blueprint Navy Noto Sans SC Regular

系统验证：红兔子(Red Rabbit)与限度样板

The Red Rabbit Test



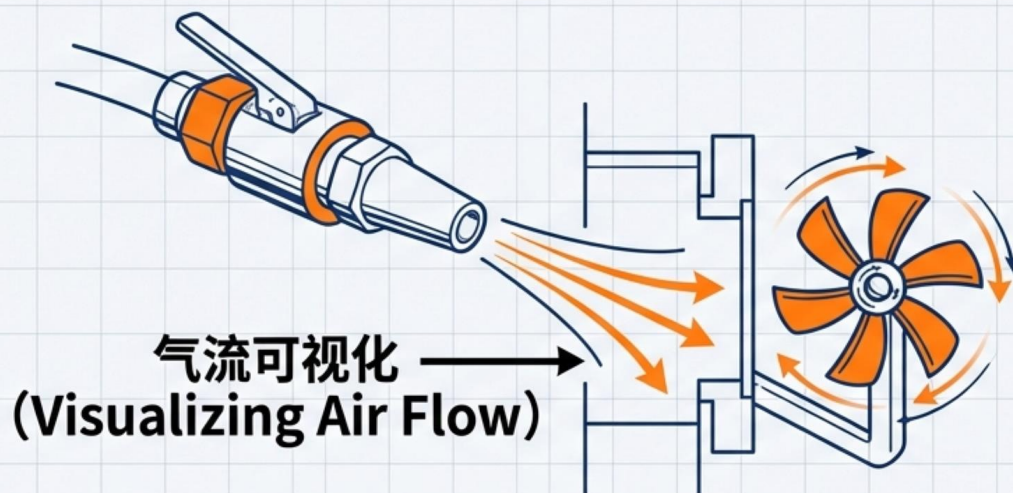
Limit Samples (限度样板)



定义合格与不合格的边界，需定期检查样板有效性。

防错装置的维护：防错的防错

缺乏维护的防错装置比没有装置更危险。



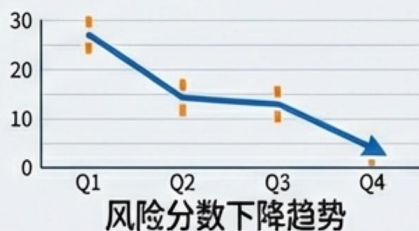
使用风车指示器让不可见的气流可视化，防止因气泵故障导致的检测失效。

维护协议：

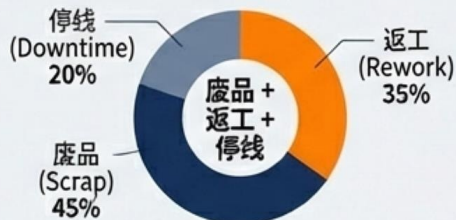
- 定期点检（传感器灵敏度、弹簧疲劳度）
- 纳入 TPM（全员生产维护）体系

管理驾驶舱：关键绩效指标 (KPIs)

RPN 降低率



COPQ (劣质成本)



逃逸率 (Escape Rate)



防错装置稼动率

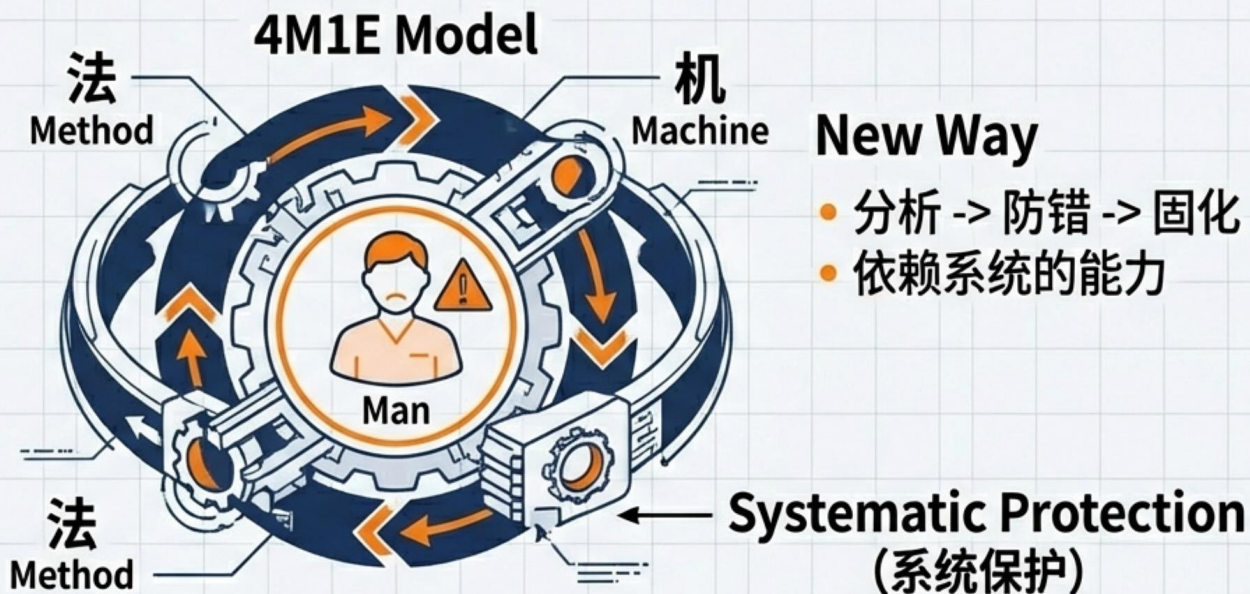


设备可靠性监控

文化融合：从“责备人”到“优化法”

Old Way

- 培训 -> 警告 -> 惩罚
- 依赖人的注意力



New Way

- 分析 -> 防错 -> 固化
- 依赖系统的能力

“An operator error is an engineering opportunity.
如果一个错误是可能发生的，那么制程本身就是有缺陷的。”

结语：通往零缺陷的路径

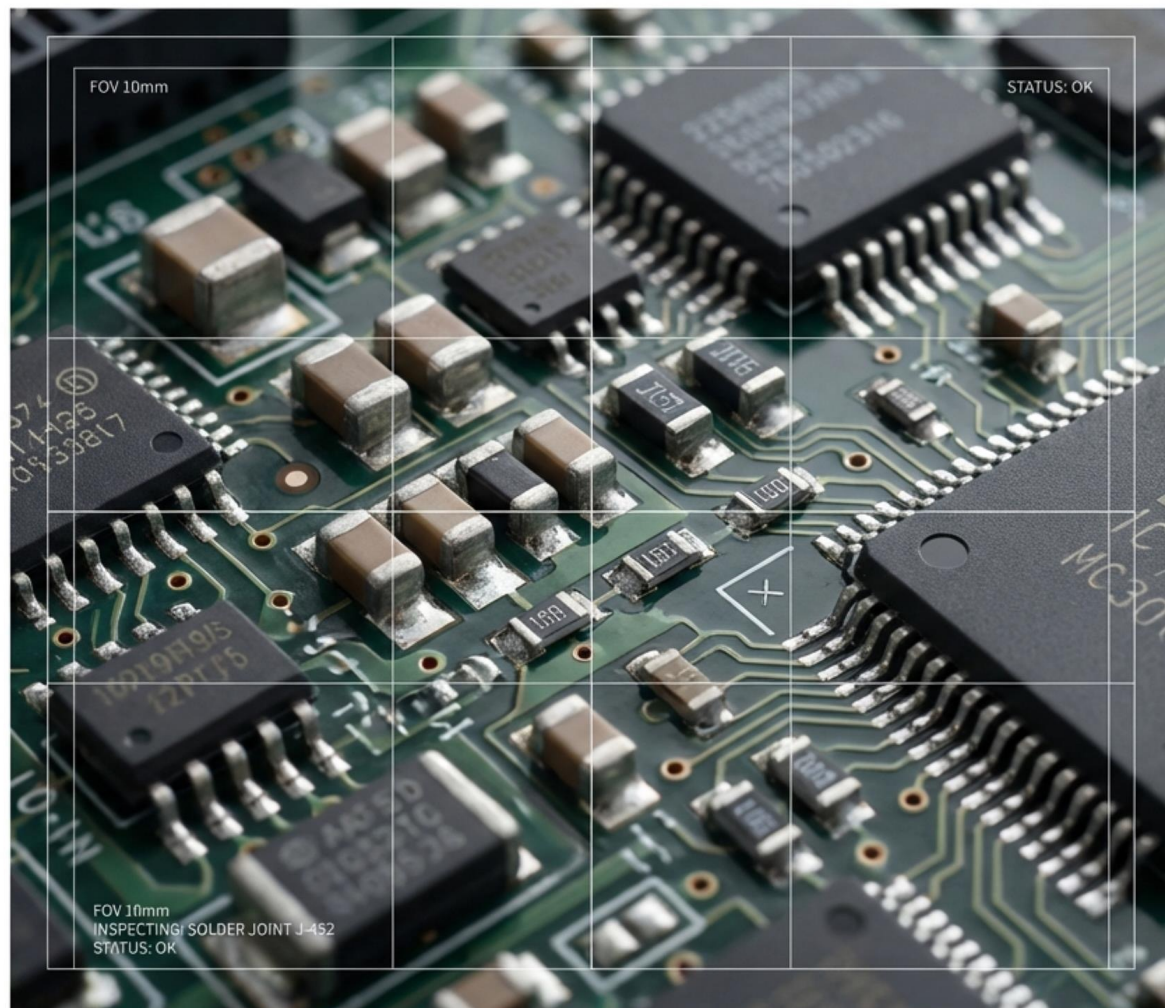


质量不是检验出来的，是设计和制造出来的。
我们的目标是建立一个让“做错”比“做对”更难的系统。

零缺陷制造：消费电子工厂防呆防错实战指南

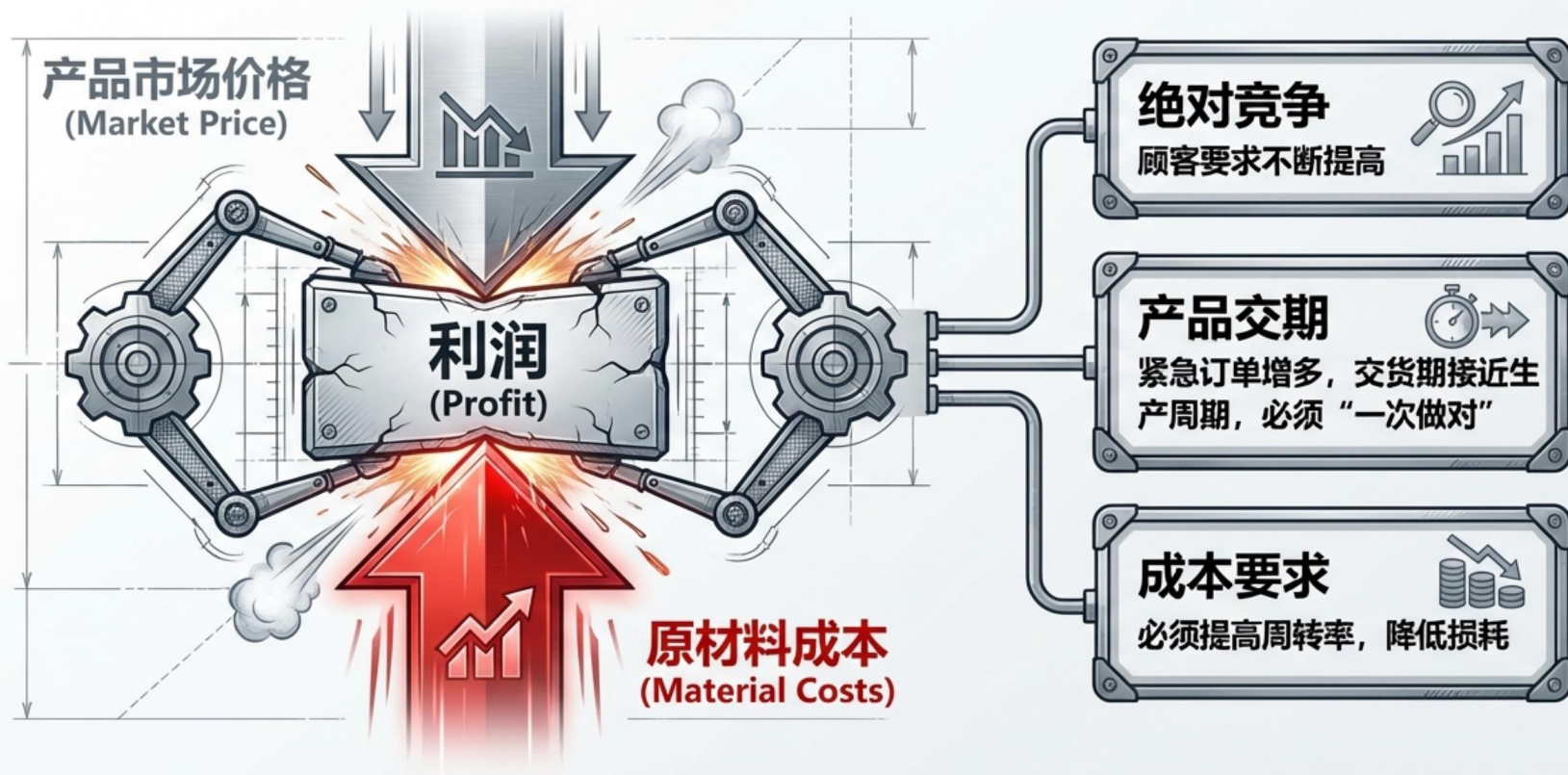
从原理到执行：构建“三防”体系，
消除人为失误

内部培训资料 | Lean Manufacturing Division



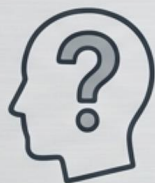
企业的生存现状：我们没有犯错的余地

企业的生存与发展是竞争的结果。在原材料涨价、产品降价的市场夹缝中，唯有提升执行力才能生存。



正视人为失误：人不是机器

无论我们如何培训，只要是人，就会犯错。我们需要系统来弥补人的不可靠性。



疏忽遗忘
(Forgetfulness)



不熟悉/误解
(Unfamiliarity)



识别错误
(Identification Error)



缺乏熟练
(Unskilled)



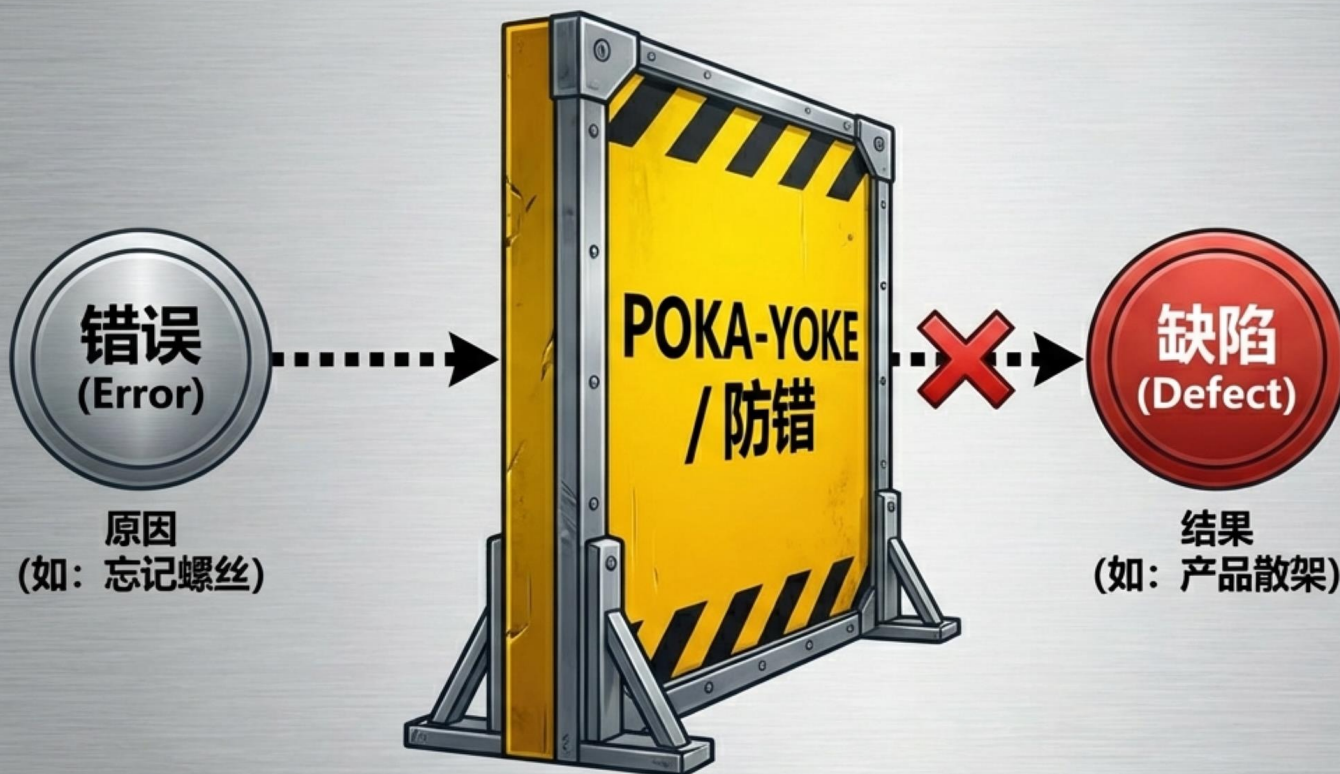
动作太慢/不标准
(Slowness/Non-Standard)



故意/固执
(Stubbornness)

POKA-YOKE 核心思想：切断错误与缺陷的链条

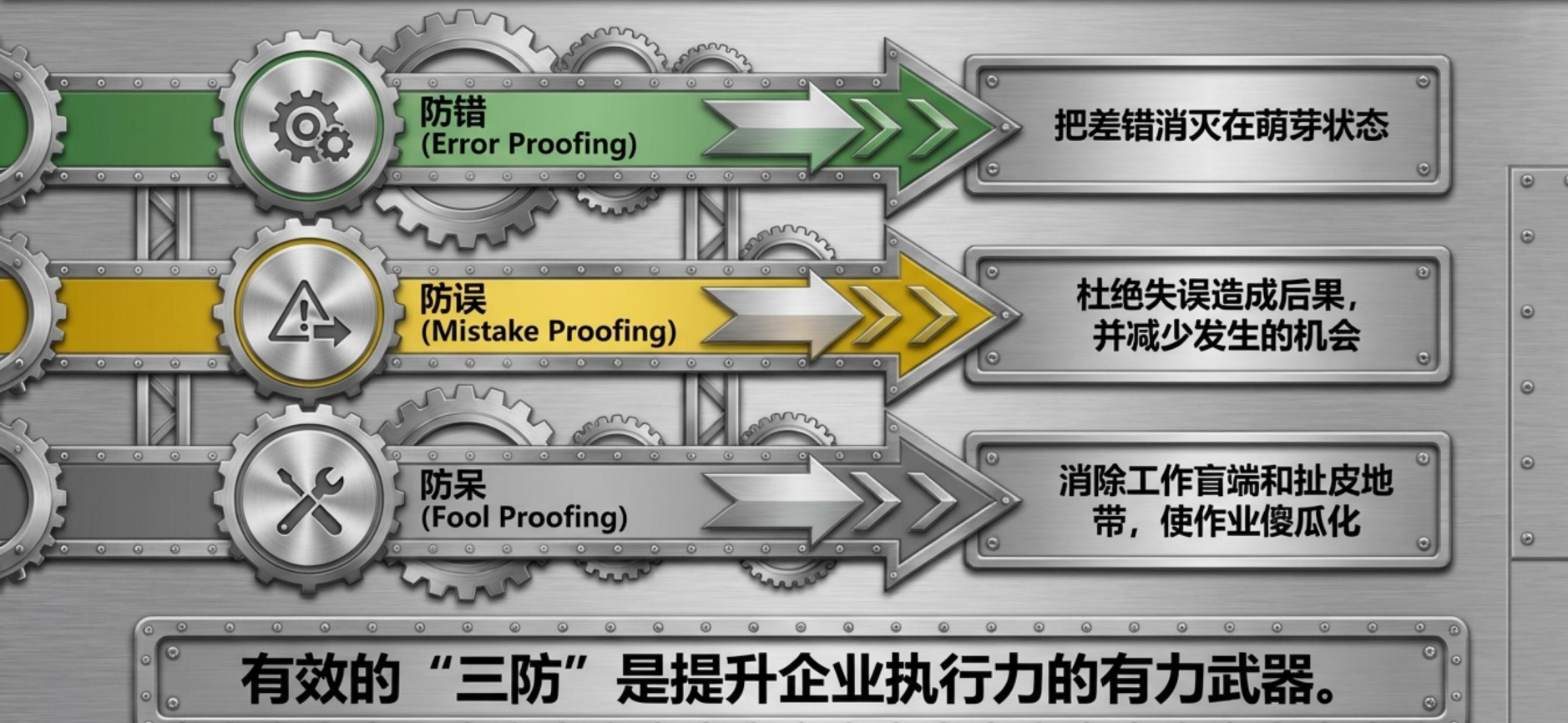
POKA-YOKE 核心思想：切断 断错误与缺陷的链条。



起源

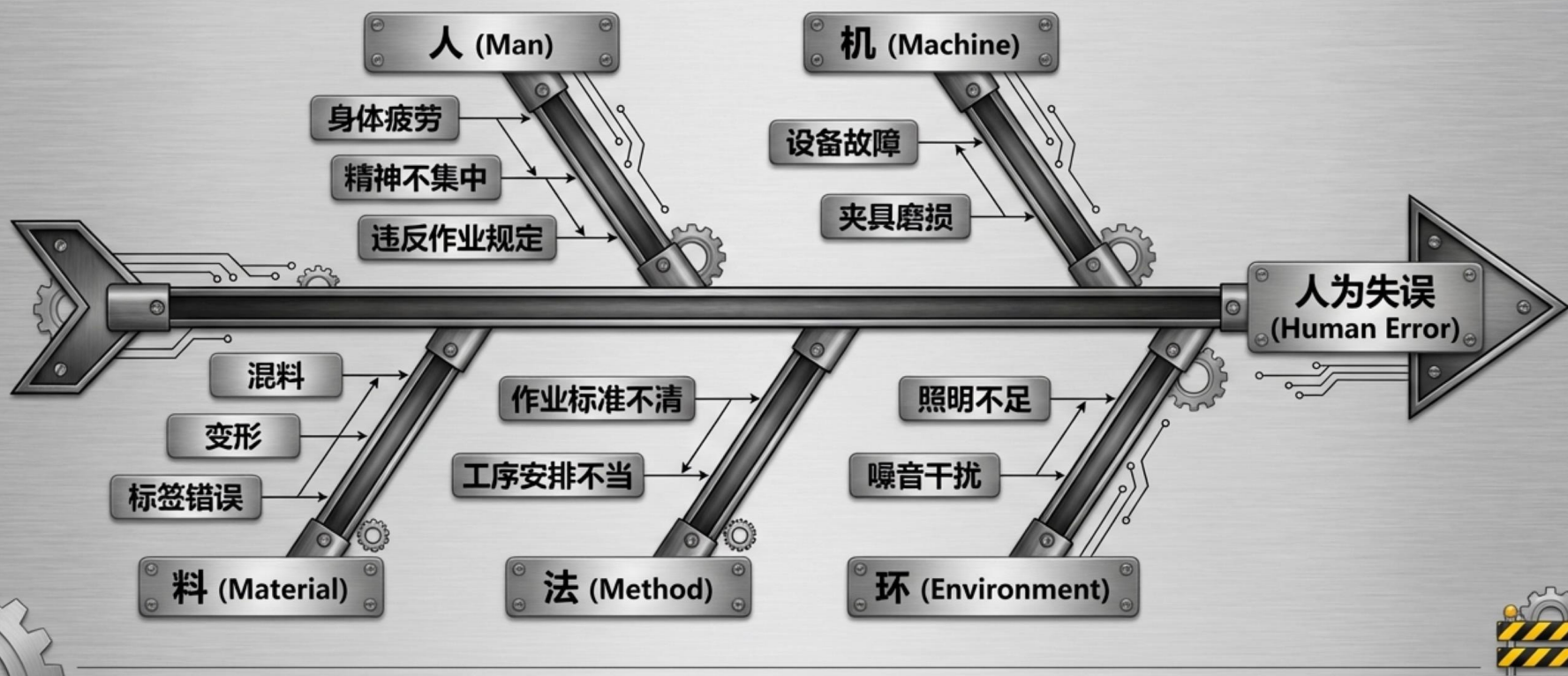
源于丰田生产方式 (TPS)。最初称为 “Baka-Yoke” (防傻)，后演变为 “Poka-Yoke” (防错) 以尊重作业人员。

我们的策略：“三防”体系



错误的源头分析：4M1E

有效实施 POKA-YOKE 一般要从生产关联的五大因素展开。



防错装置的等级分类



Level 1: 防止缺陷 (Prevention)

不可能制造出坏品。物理上限制错误发生。(Best)

Level 2: 发现缺陷停止 (Detection/Stop)

发生错误时，机器自动停止。防止缺陷流向下一工序。(Better)

Level 3: 探测缺陷 (Warning)

发出声音或灯光报警，依赖人工干预。(Good)



技术手段：我们如何物理拦截错误？

1. 接触型 (Contact)



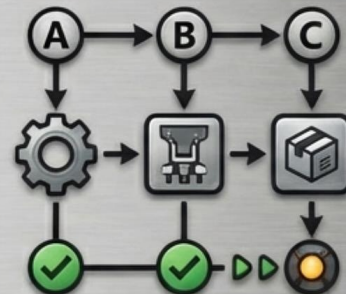
利用产品的形状、尺寸等物理特征。如果形状不匹配，设备不启动或装不进去。

2. 计数型 (Fixed Value)



检查动作次数或零件数量。如：螺丝盒里的螺丝必须全用完。

3. 动作步骤型 (Motion Step)

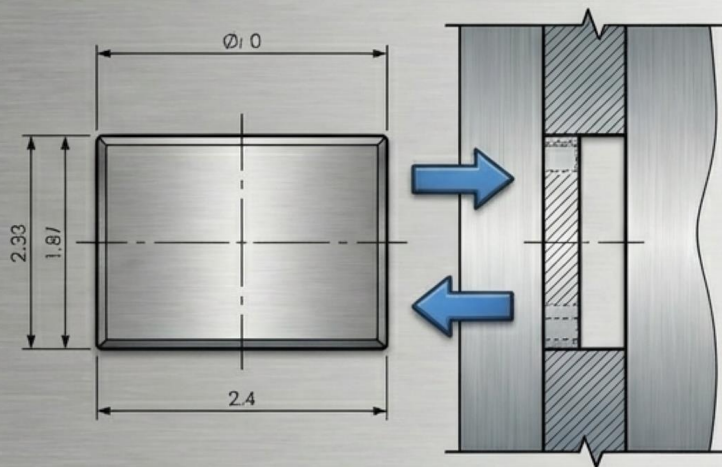


必须按预定顺序完成动作。如：不拿取部件A，无法拿取部件B。

案例分析 1：利用形状进行限制

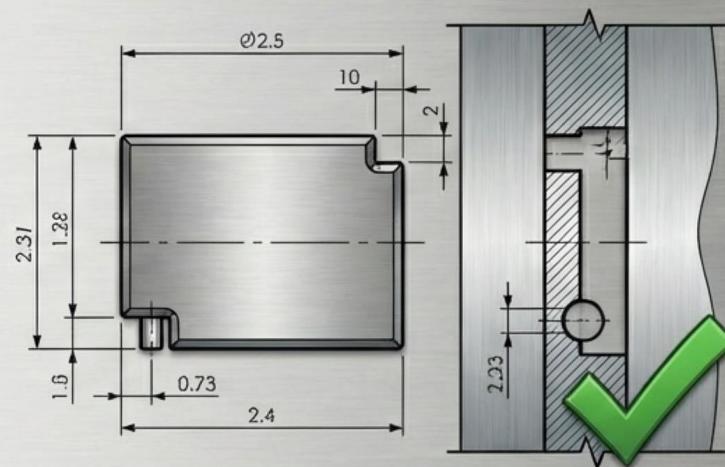
原理：接触型 (Contact Method)

Before / 容易出错



对称设计，容易装反。

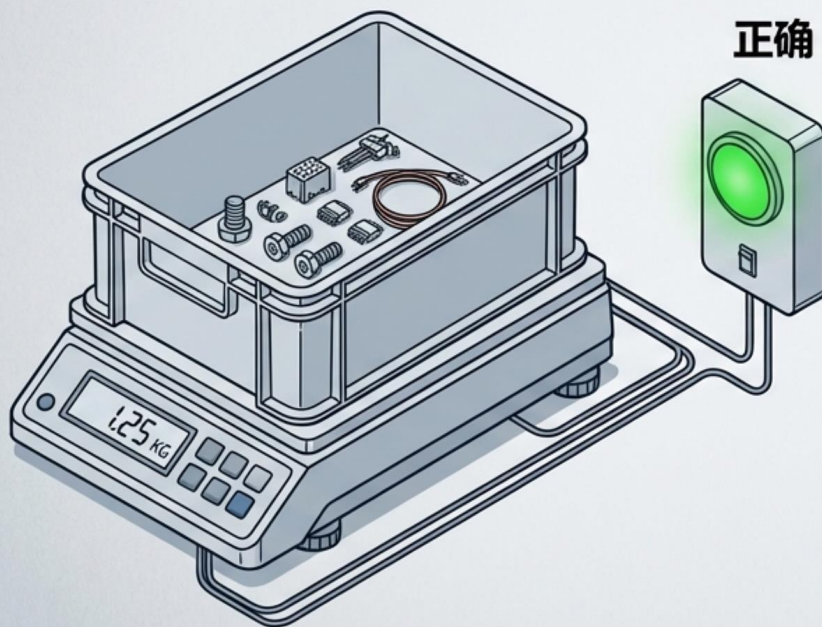
After / Poka-Yoke



增加定位销或非对称设计，
只有一种方向能装入。

案例分析 2：数量与顺序控制

原理：计数型 (Fixed Value Method)



- 1. **预先配料 (Kitting)**: 对某一产品所需的部件预先清点。
- 2. **异常检测**: 称重传感器检测。如果装配完成后重量不对 (有剩余), 报警灯亮起。



报警

防错实施六步法：第一阶段（分析）

Step 1: 识别和描述

详细识别缺陷/红旗条件。
指派专人跟踪。

Step 2: 确定根本原因

使用因果图和 5 Why 分析。
必须找到真正的根源。

Step 3: 评审现行标准

检查 SOP。
防错的机会在于对程序的仔细研究。

防错实施六步法：第二阶段（行动）

Step 4: 识别偏离

观察实际过程与
SOP 的差异。
找出操作上的随
意性。

Step 5: 选择装置类型

原则：简单、低成
本、有效。
避免过度设计。

Step 6: 创建与测试

制作原型装置。
测试直到证明能有
效消除缺陷。

主动出击：识别“红旗”条件

不要等到缺陷发生才反应。要识别导致错误的前提条件。

被动反应 (Reactive)



对观察到的缺陷
作出反应。

主动反应 (Proactive)



识别过程中的
红旗条件 (Red
Flags) 。

Example: 夹具松动是“红旗”，
产品报废是“缺陷”。

Industrial Precision

零缺陷的承诺：100% 检验

不接受缺陷 (Do Not Accept)

不制造缺陷
(Do Not Make)



不传递缺陷
(Do Not Pass)

抽样检验是不够的。防错装置允许我们在低成本下实现 100% 全检。

下一步行动

1. 错误不可避免，但缺陷可以预防。
2. 利用“三防”原理和 4M1E 分析。
3. 遵循六步法实施低成本装置。

**今天就去现场（Gemba），
找出一个“红旗”条件，并消除它。**