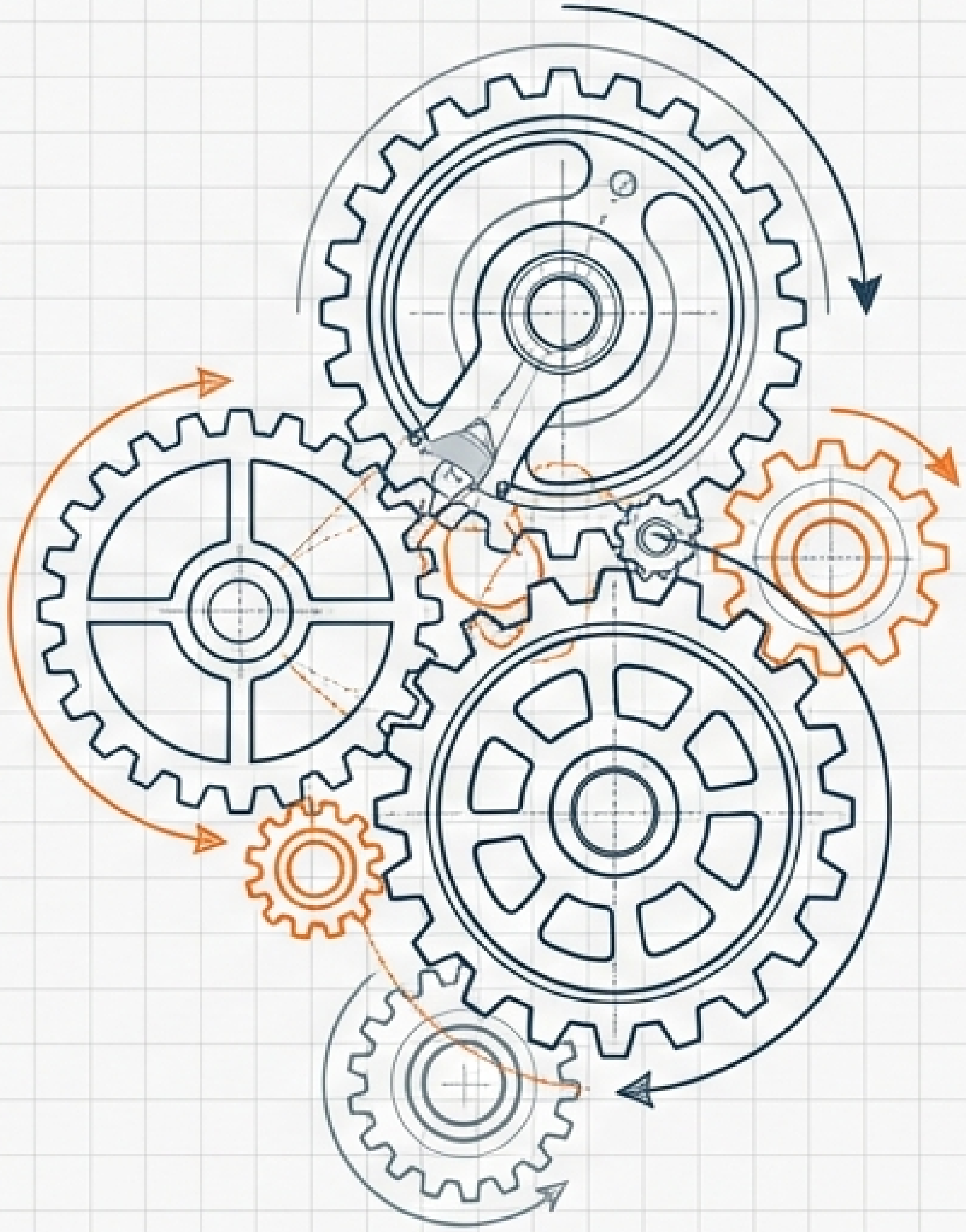
DOC-REF: 001-ZDM

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

1. 防错（Prevention）

把差错消灭在萌芽状态。设计层面的预防。

→ 让错误无法发生

2. 防误（Detection）

杜绝失误造成后果。过程层面的控制。

→ 防止演变成缺陷

3. 防呆（Mitigation）

消除工作盲端。本质安全。

→ 愚人操作也不出错

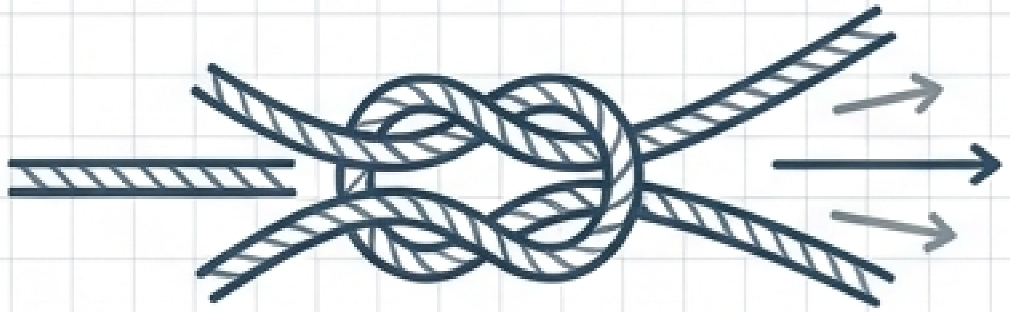
关键结论：这是一个从“依赖人”转向“依赖机制”的过程。

* Noto Sans SC Regular

原理 1 & 2：断根与保险

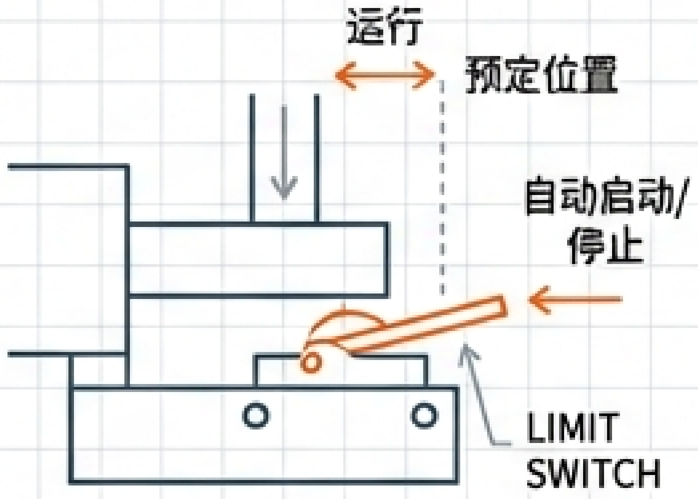
1. 断根（Elimination）

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。

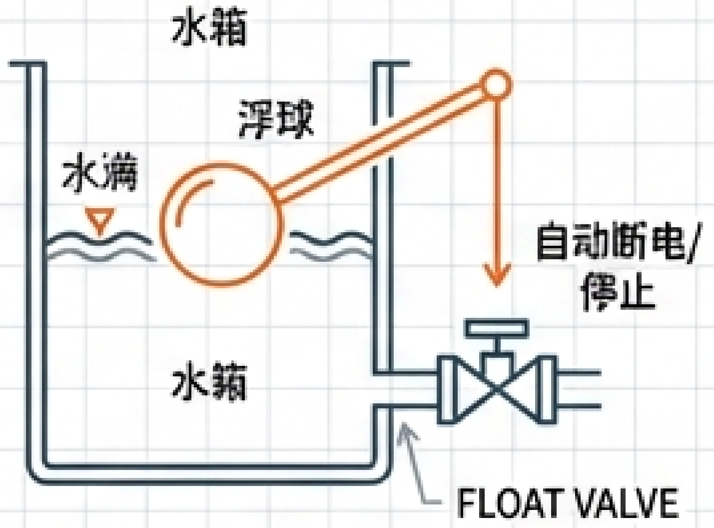


2. 保险（Insurance）

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 Switch)



浮球阀
(Float Valve)

- **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

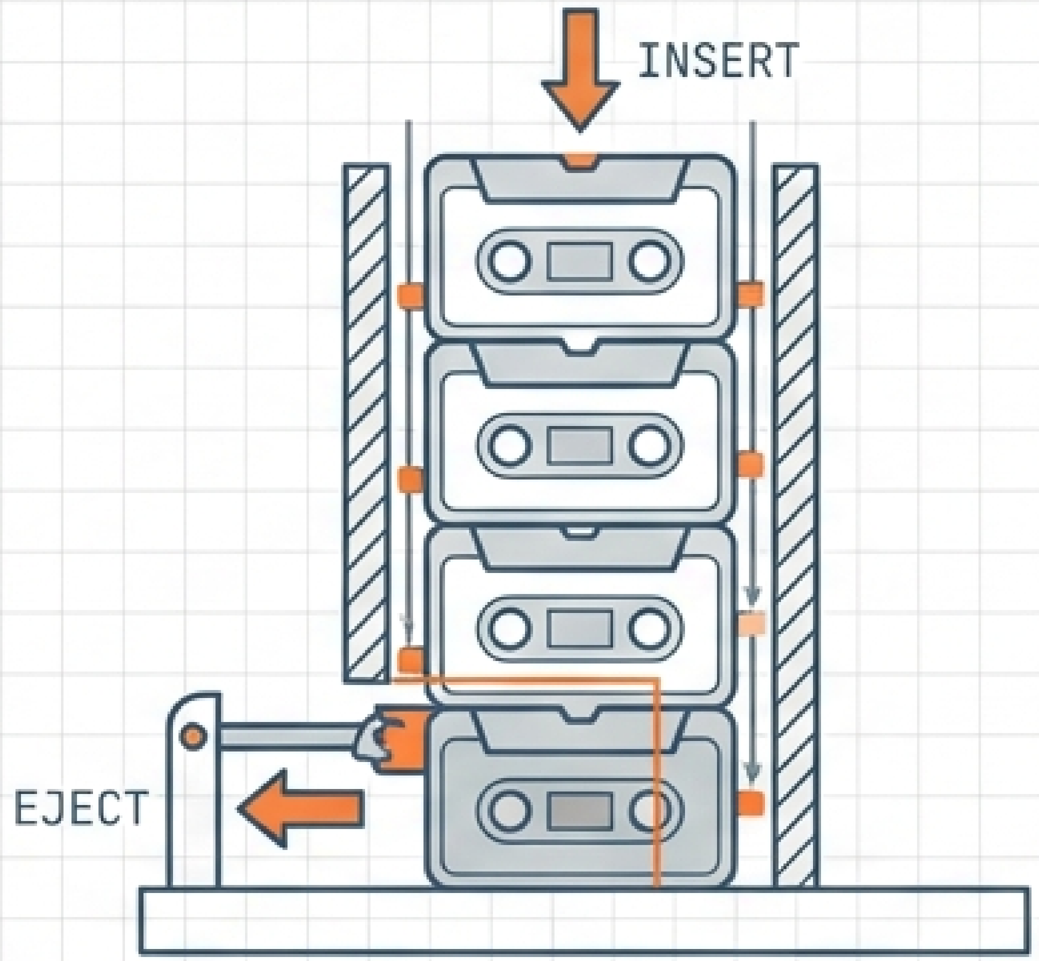
3. 自动（Automation）

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。

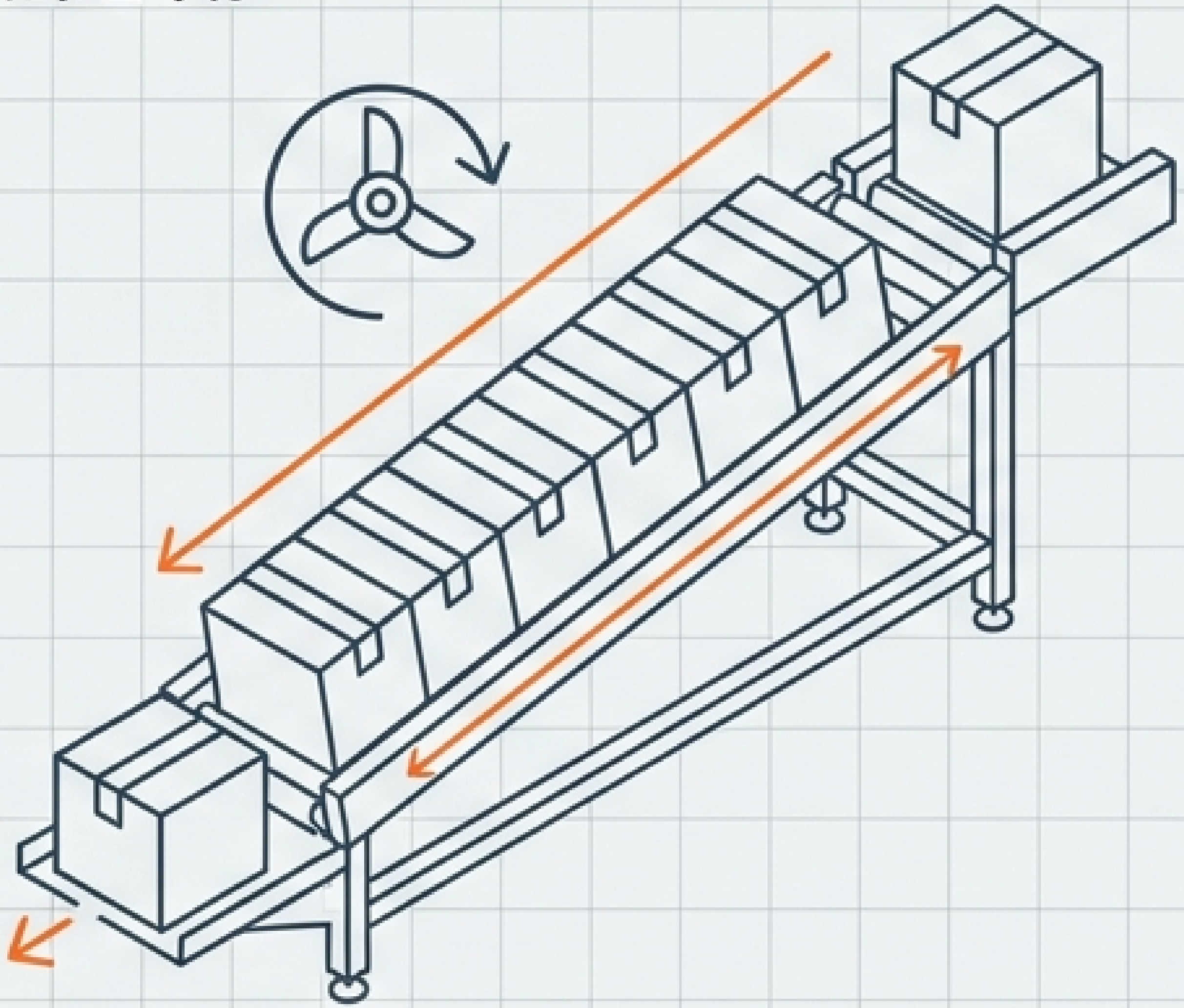


经典案例：利用几何不对称性，方向错误则无法插入。

原理 5 & 6：顺序与隔离

5. 顺序（Sequence）

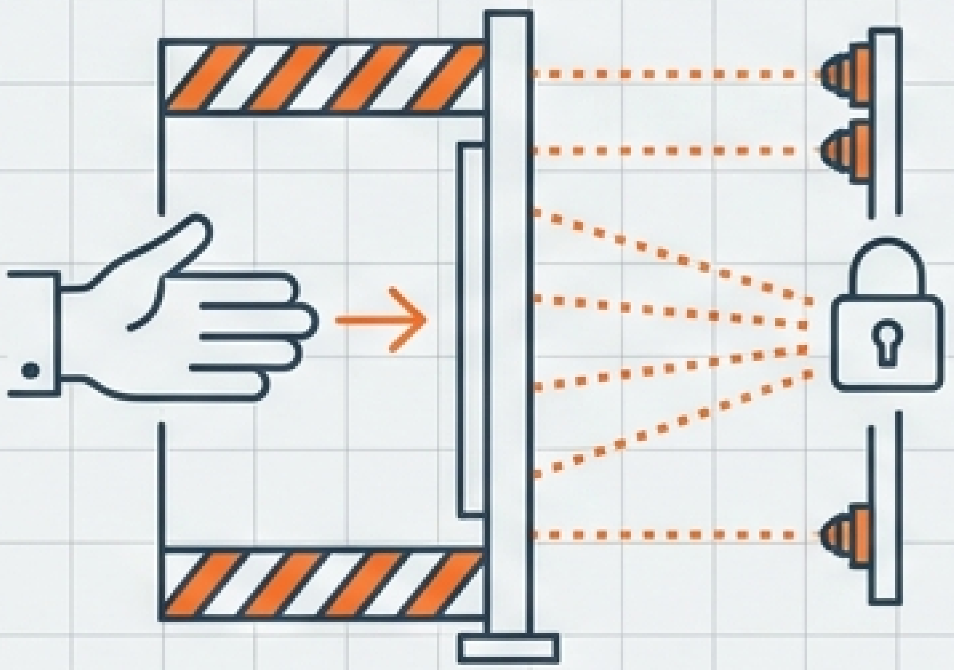
强制执行作业顺序，一旦次序改变或省略，工作无法继续。



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。

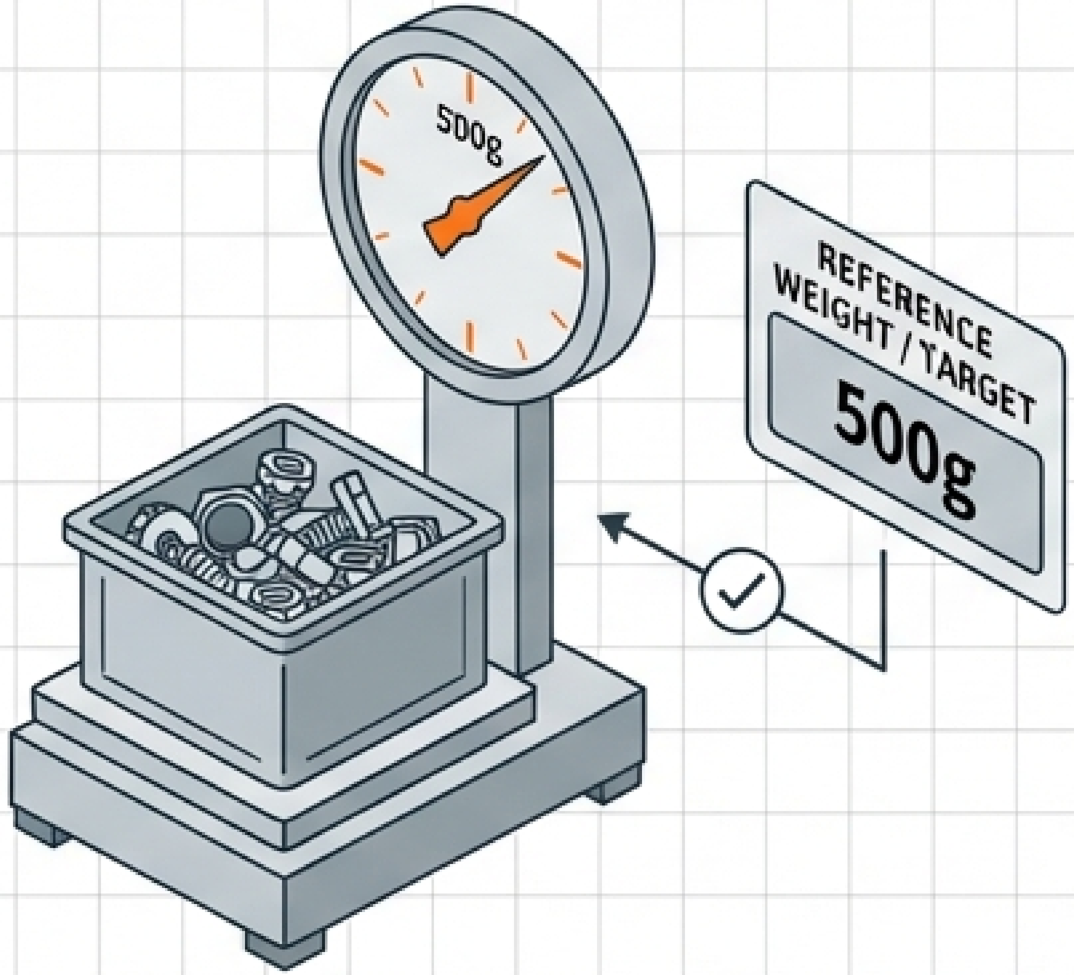


冲压机上的安全防护网、红外线光栅。当手伸入危险区域时，机器自动锁定。

原理 7 & 8：复制与层别

7. 复制（Replication）

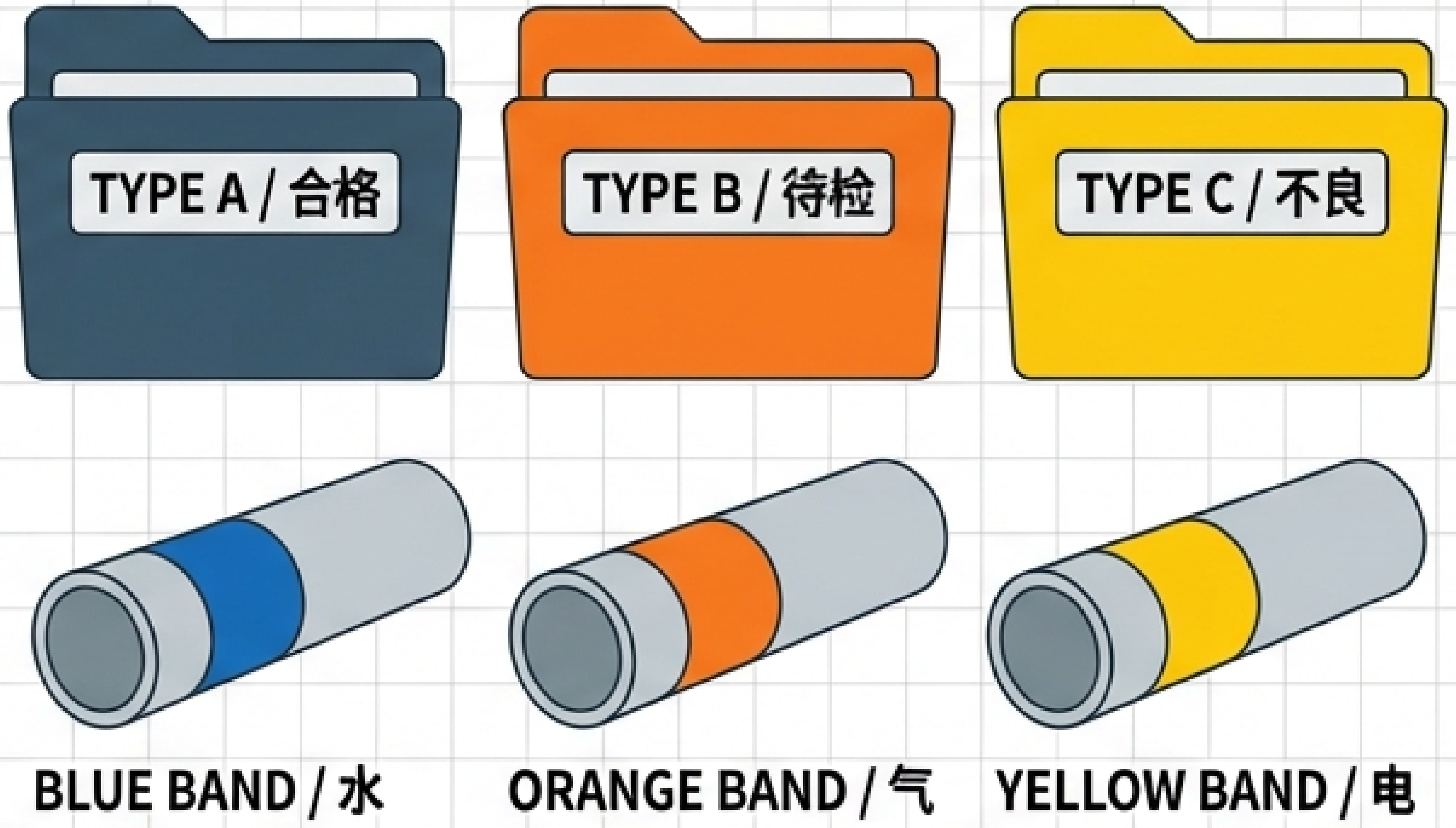
利用同一工件的“复写”或“镜像”特性来检查。



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。

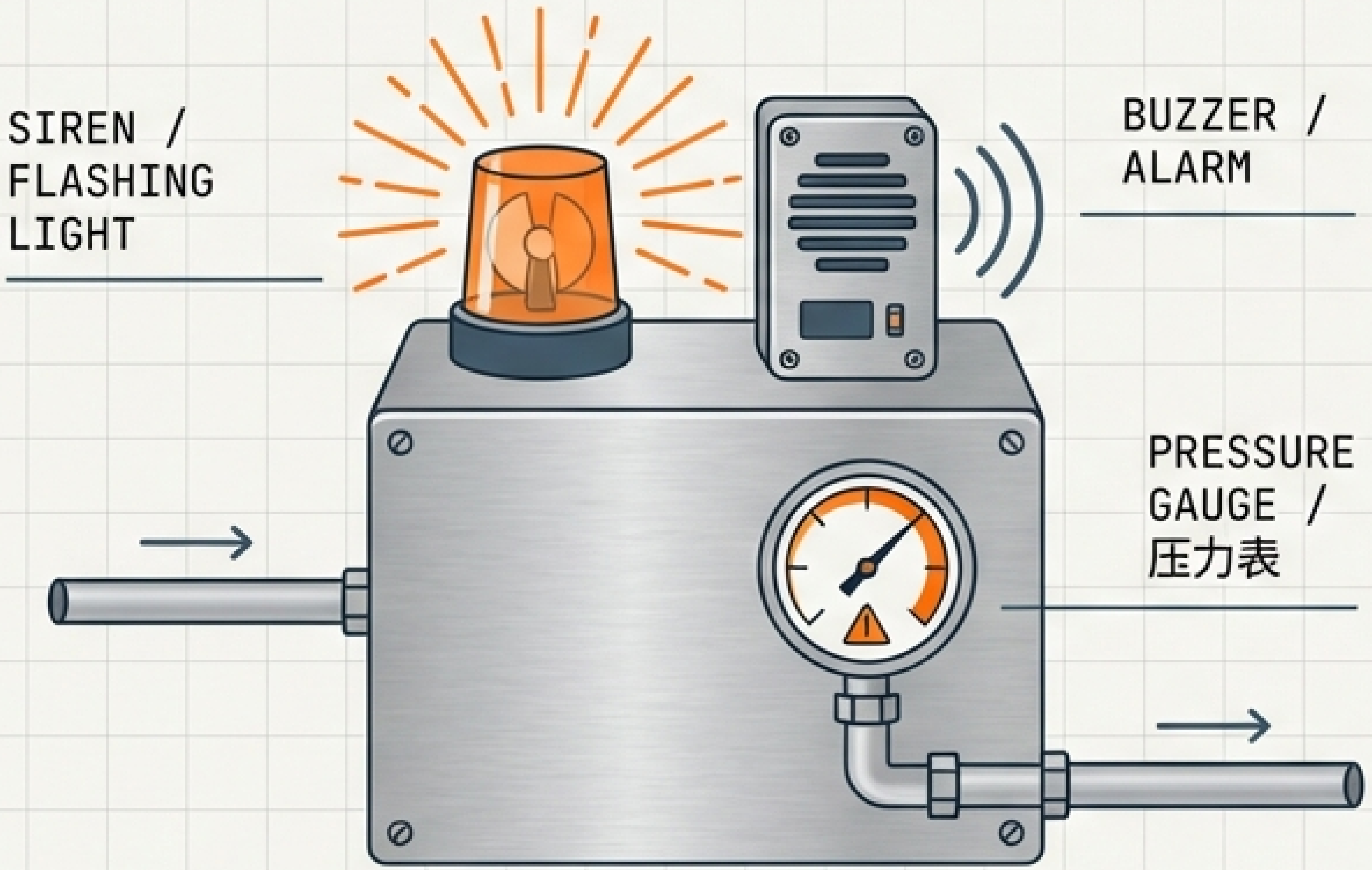


利用颜色和标记区分材料，防止混用和错误。

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。



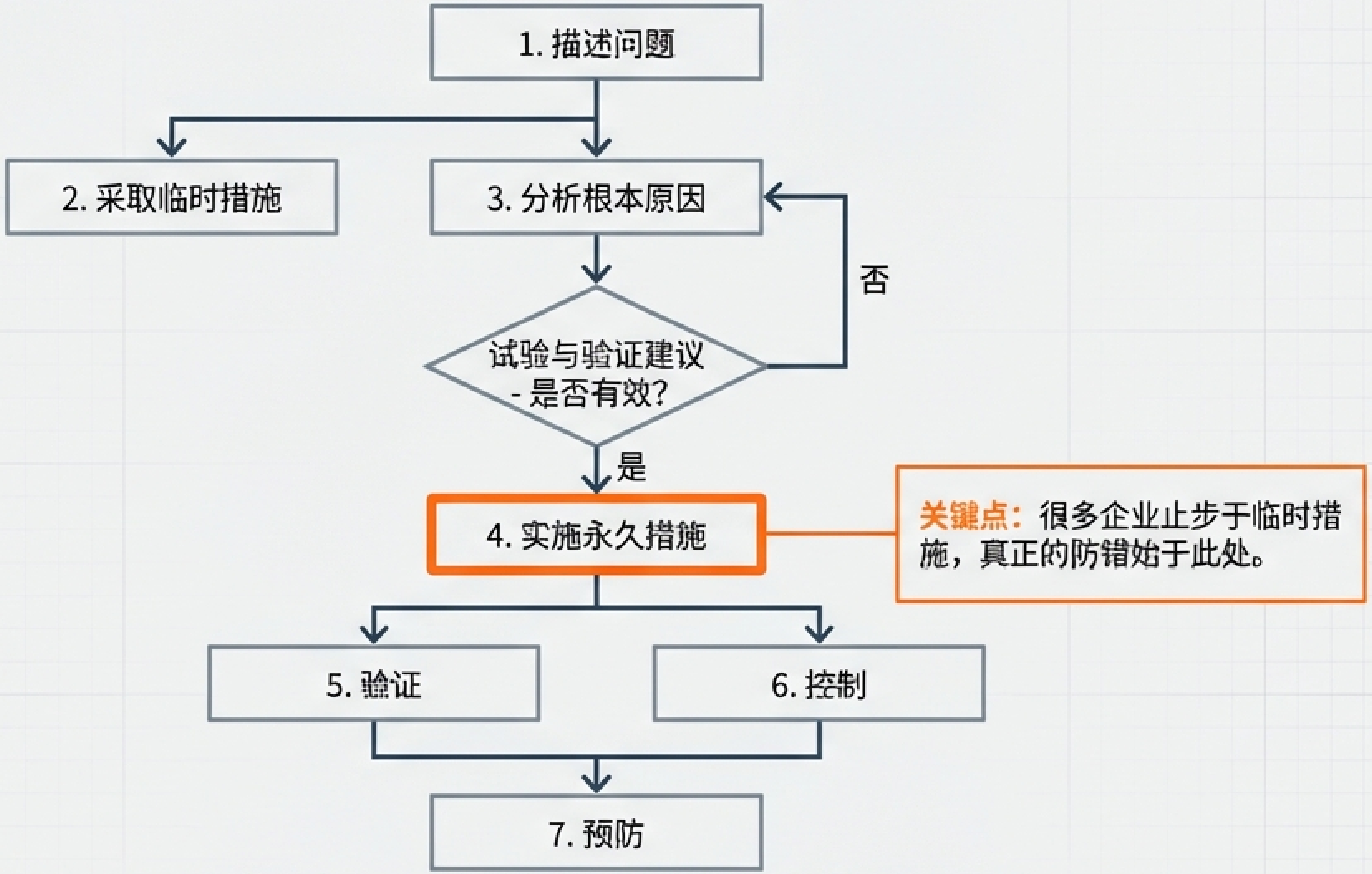
声光报警：液面或压力异常时自动触发。

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。

SET

Success Every Time

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”。

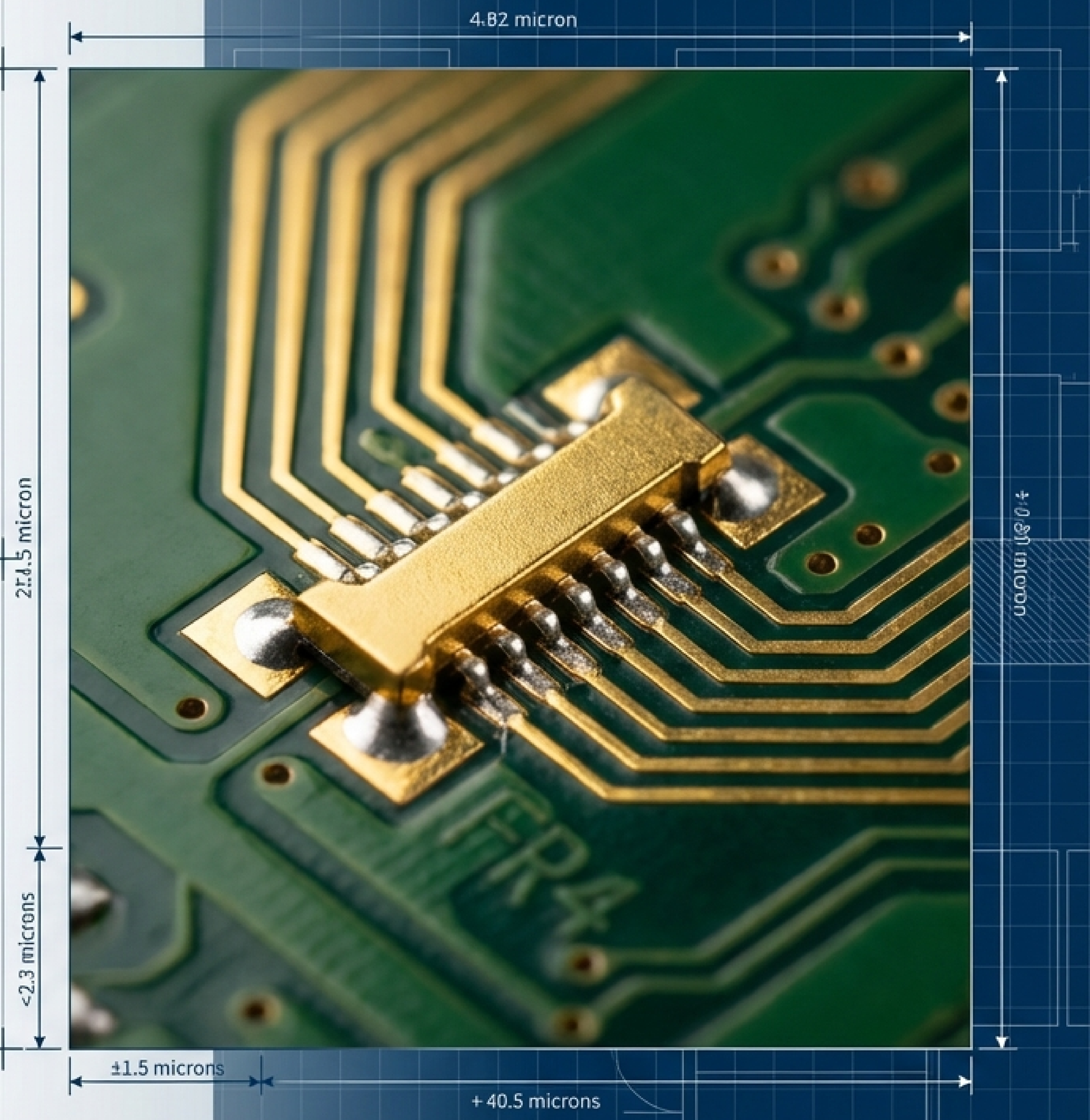
十大防错原理速查清单

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

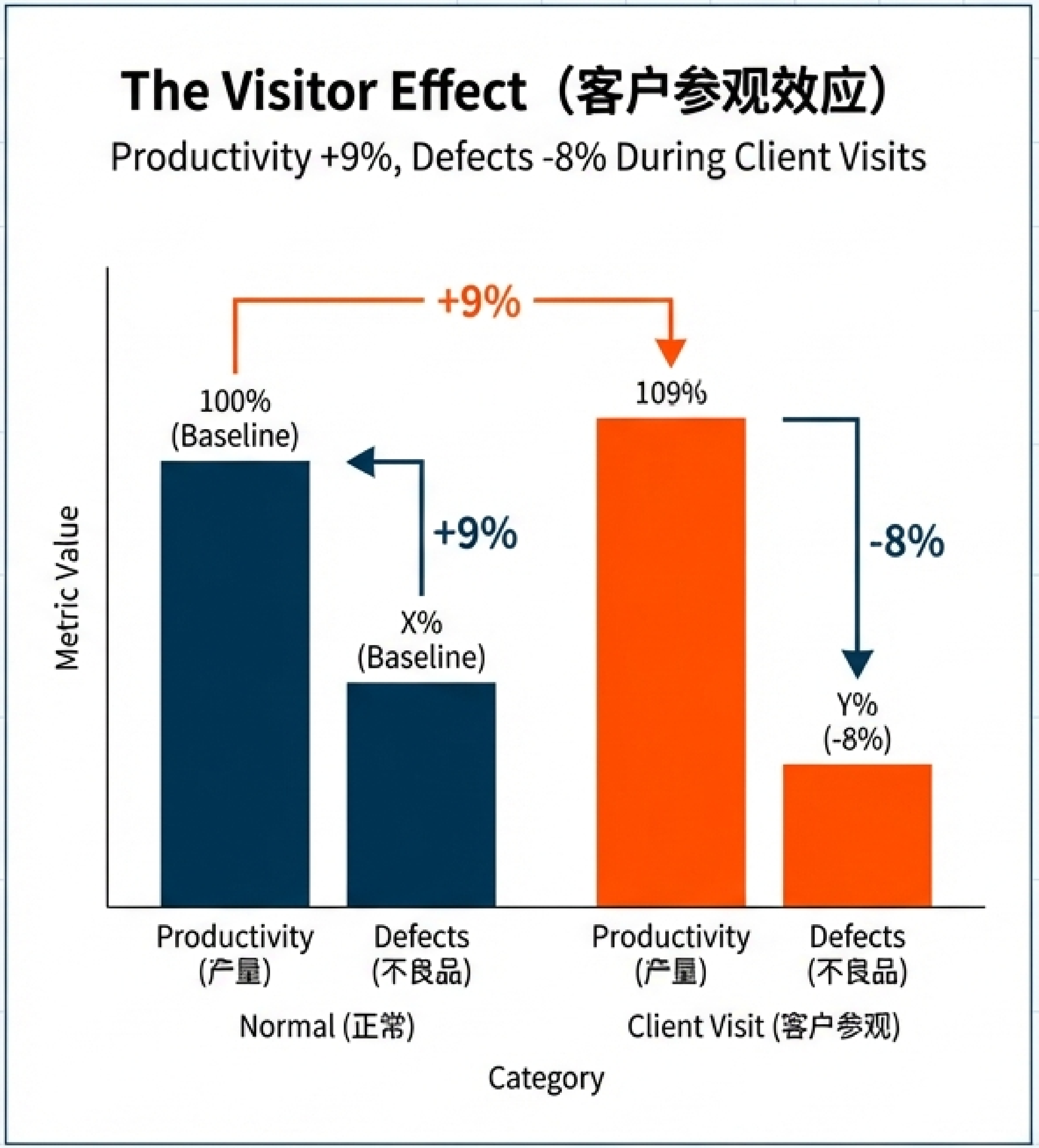
产品生命周期极短，部件微型化。一旦发生缺陷，往往意味着报废而非返工。

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"。

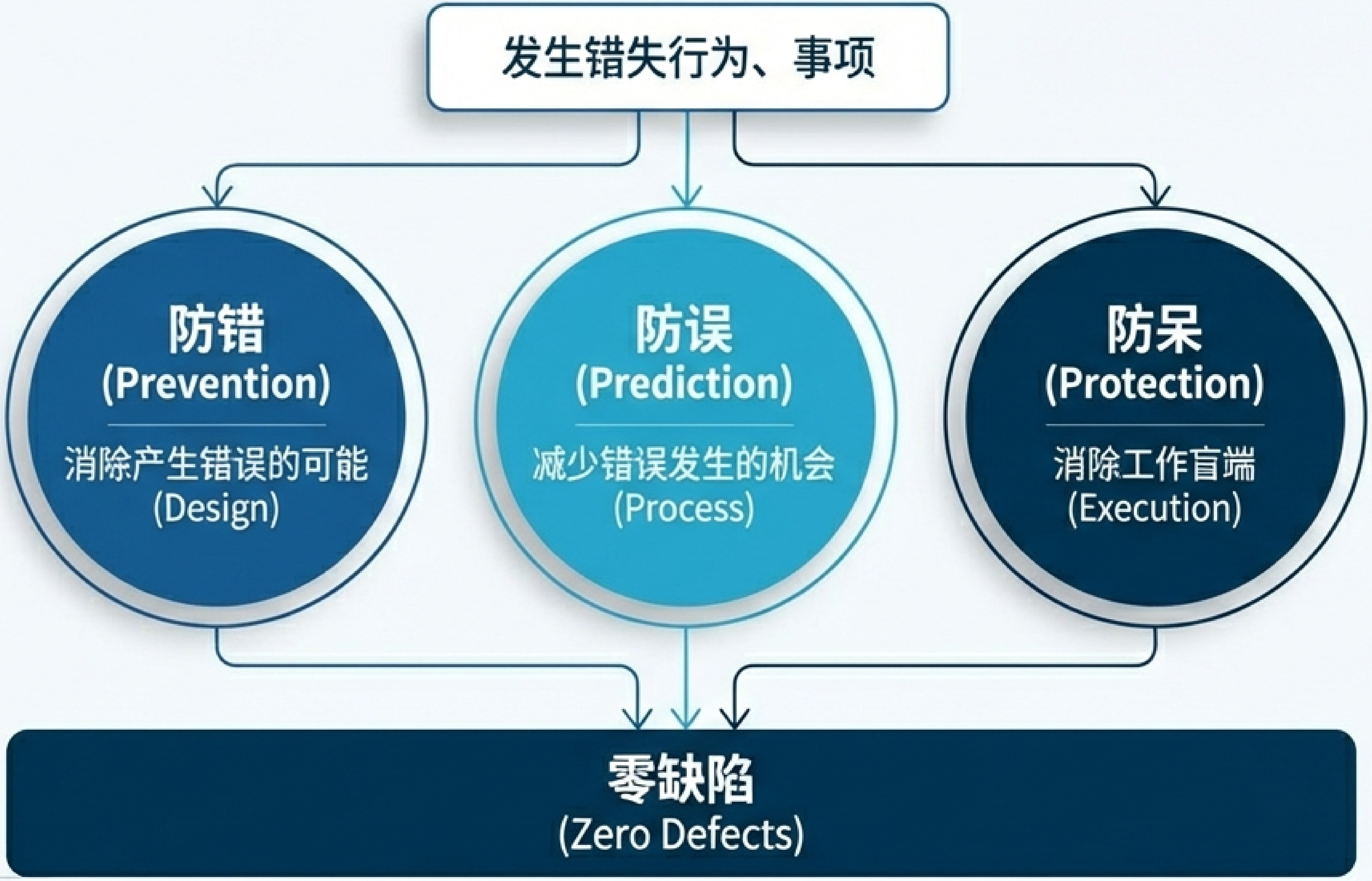
客户参观效应

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。



*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>

Precision Engineering Editorial

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。

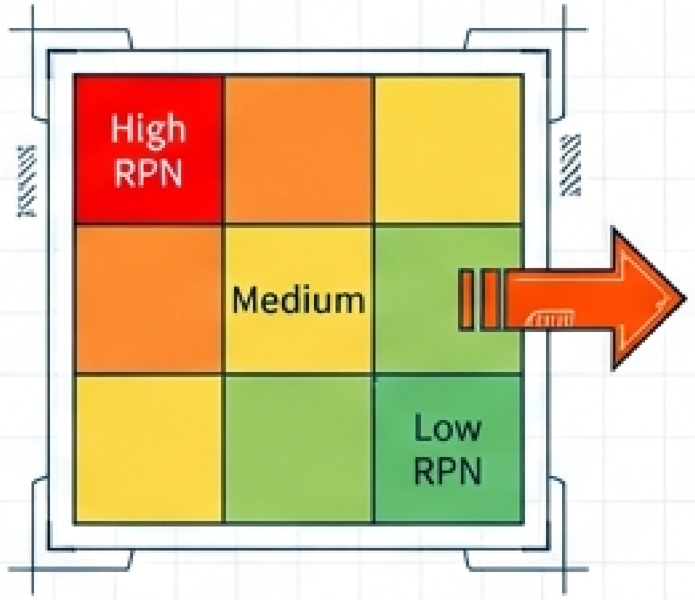
量化风险：RPN评分逻辑与决策

RPN = S（严重度）× O（发生度）× D（探测度）

后果有多严重？（Impact）

发生的频率有多高？（Frequency）

我们能在出厂前发现它吗？（Detection）



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）。

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

逆向思维：从“预防失效”到“确保成功”（SET）

Traditional FMEA	Success Every Time (SET)
基于恐惧 (Fear-based)	**基于成功** (Success-based)
哪里会出错？(Failure Mode)	成功需要什么条件？(Parameters)
Risk Mitigation	Energy Verification
Reactive (被动)	**Deterministic** (确定性)

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。

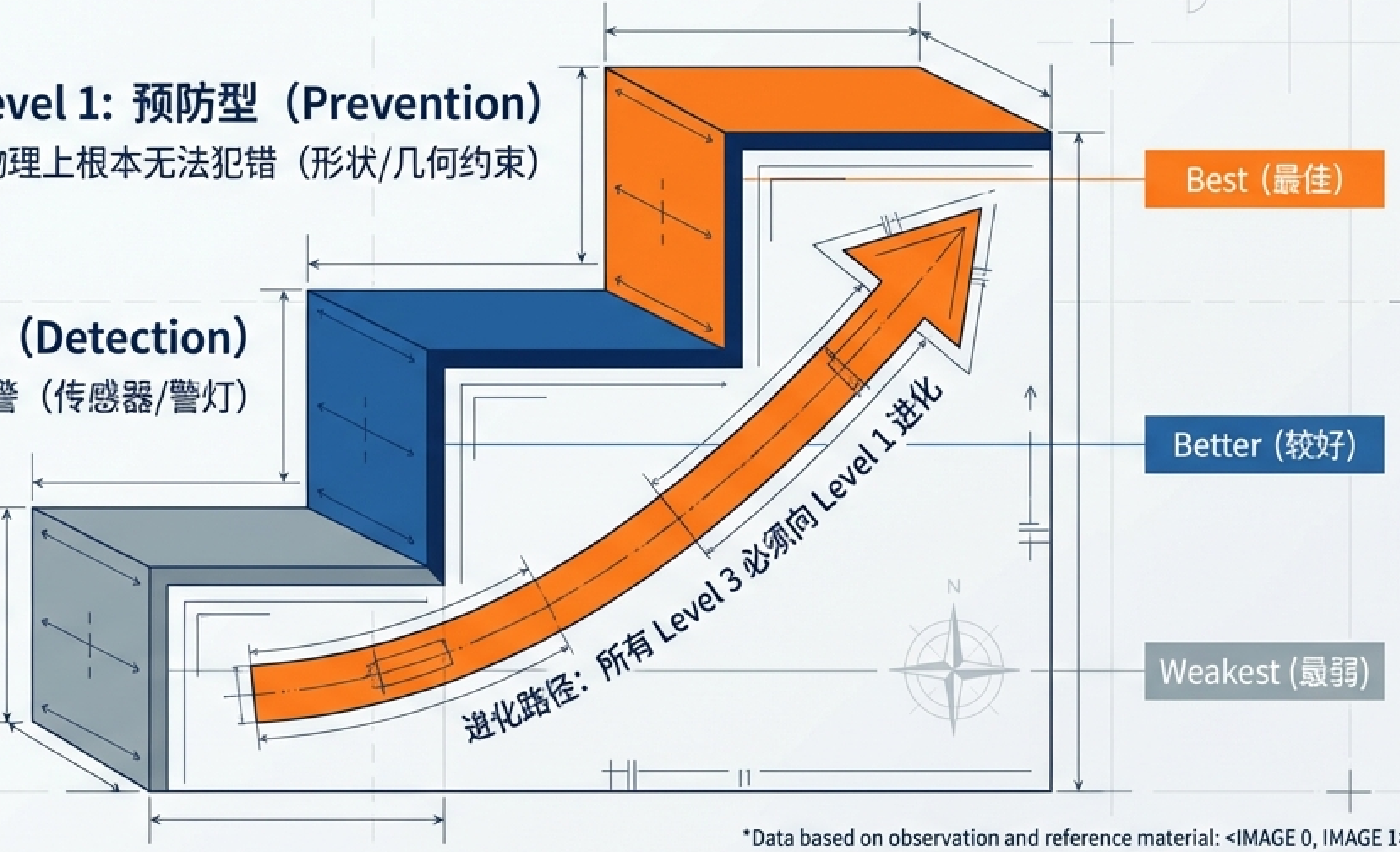
*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0, IMAGE 1>
Blueprint Navy Noto Sans SC Regular

防御之盾：Poka-Yoke 的层级策略

Level 1: 预防型（Prevention）
物理上根本无法犯错（形状/几何约束）

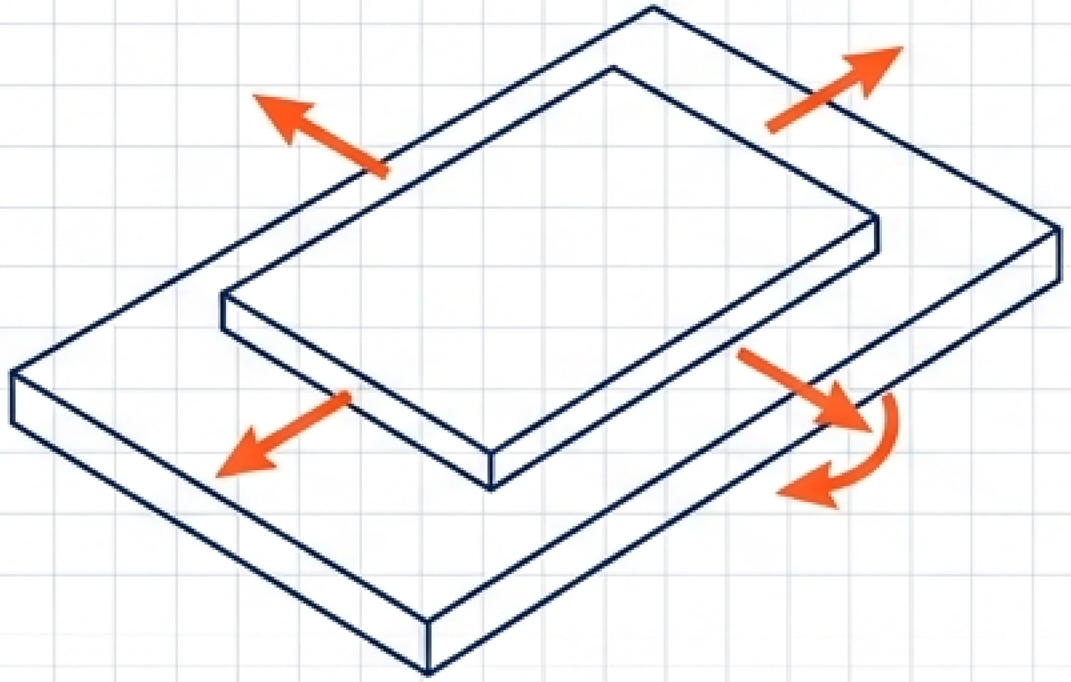
Level 2: 检测型（Detection）
错误发生时，机器自动停止或报警（传感器/警灯）

Level 3: 提示型（Information）
依靠颜色、标识提醒操作员（SOP高亮）

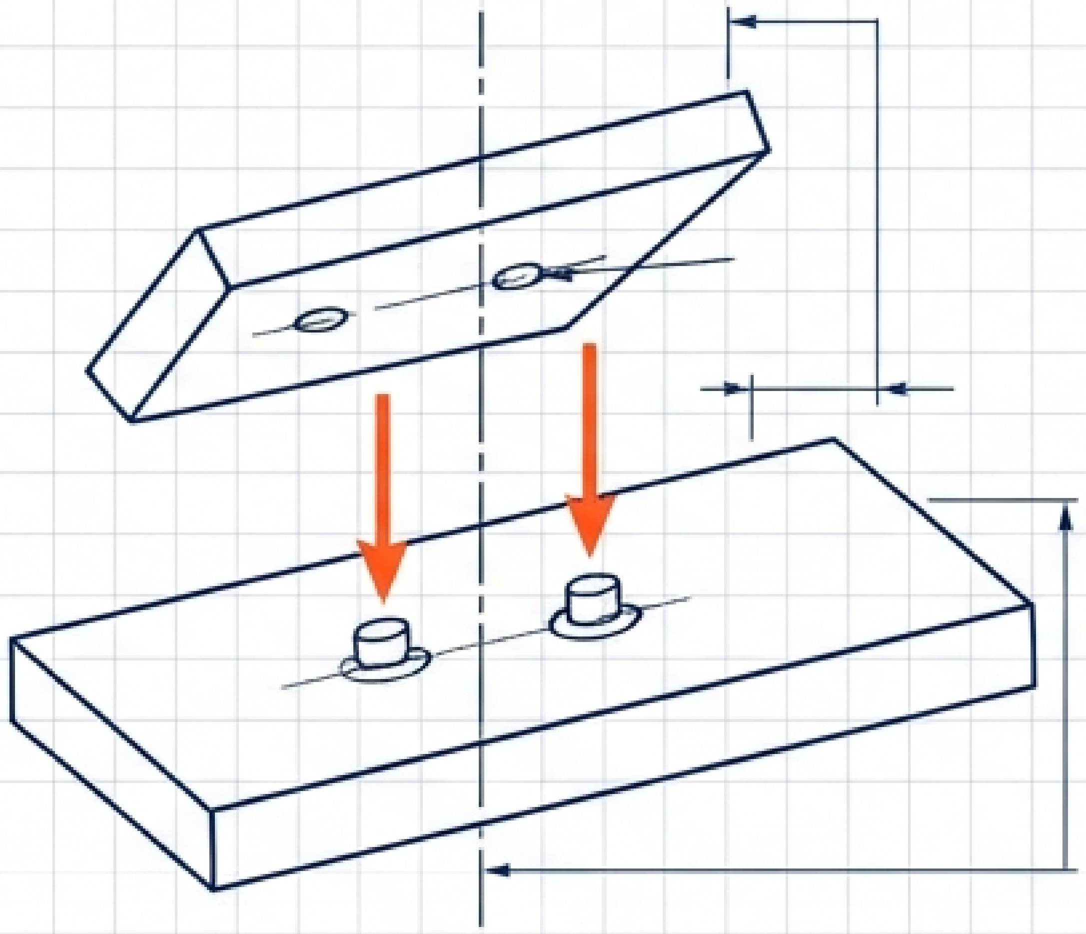


*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0, IMAGE 1>
Blueprint Navy Noto Sans SC Regular

硬体策略：利用物理几何特征



平面定位
(容易偏移)

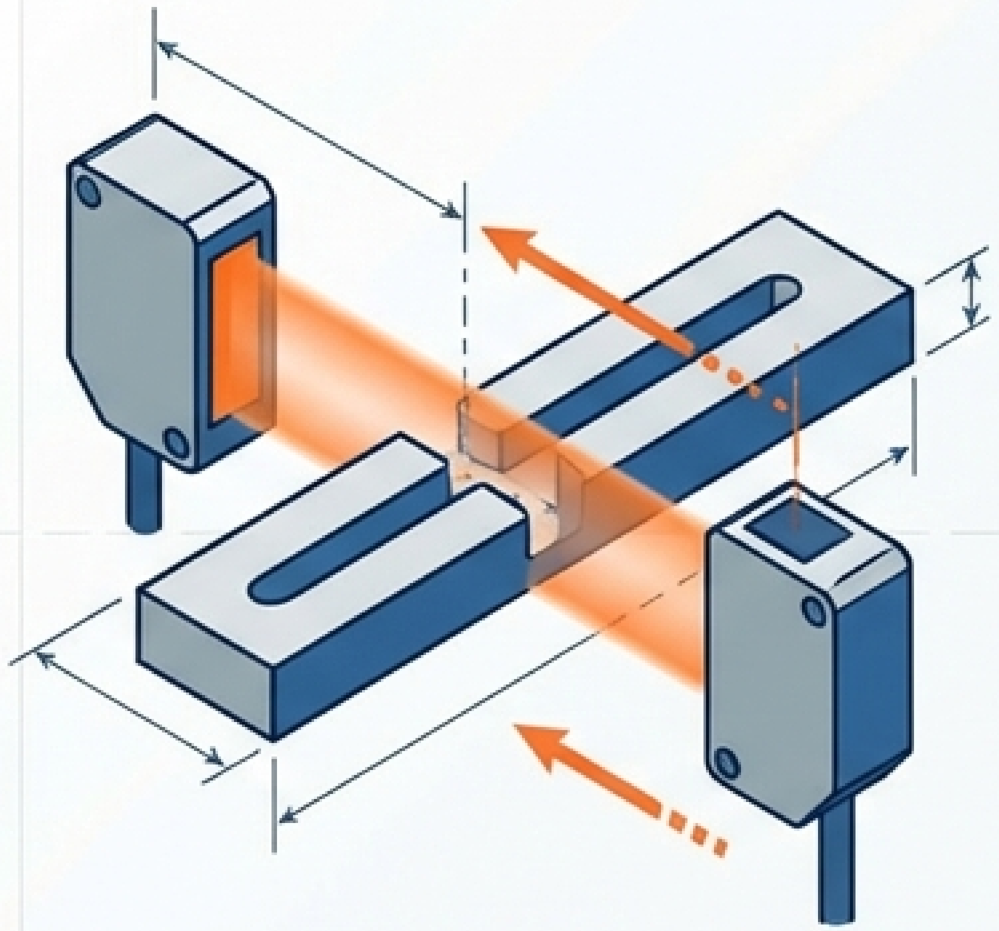


导向销定位
(唯一路径)

- 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

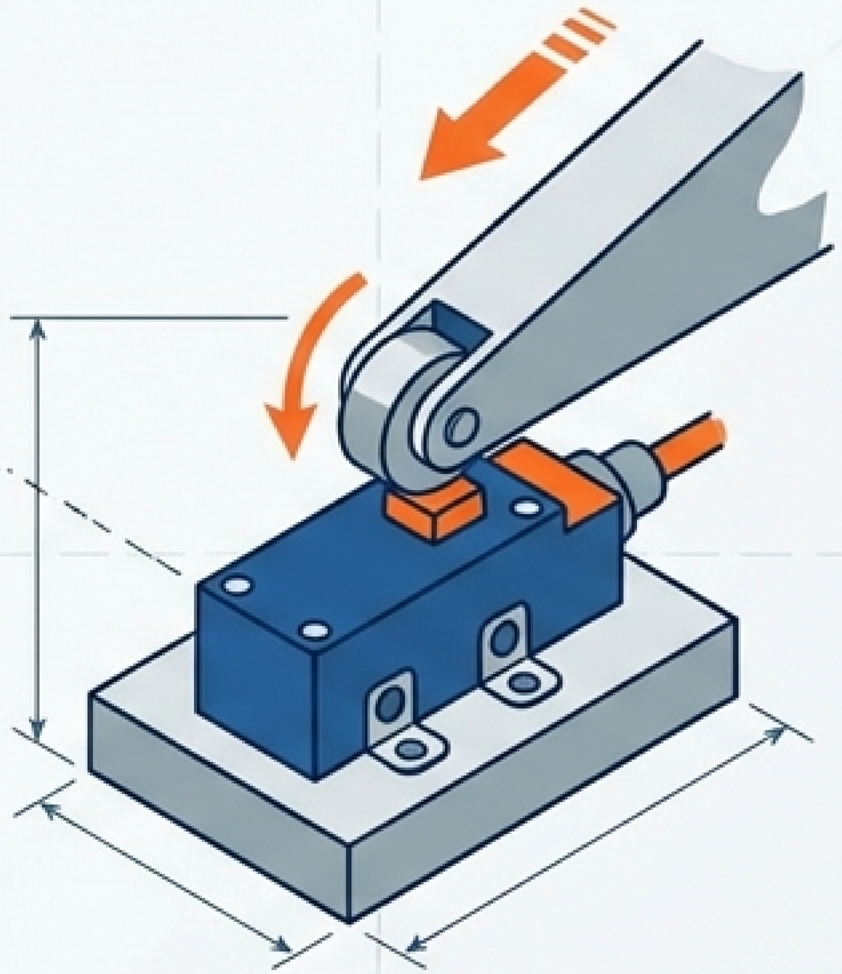
*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0, IMAGE 1, IMAGE 2> Blueprint Navy Noto Sans SC Regular

智能策略：传感器与自动化监控



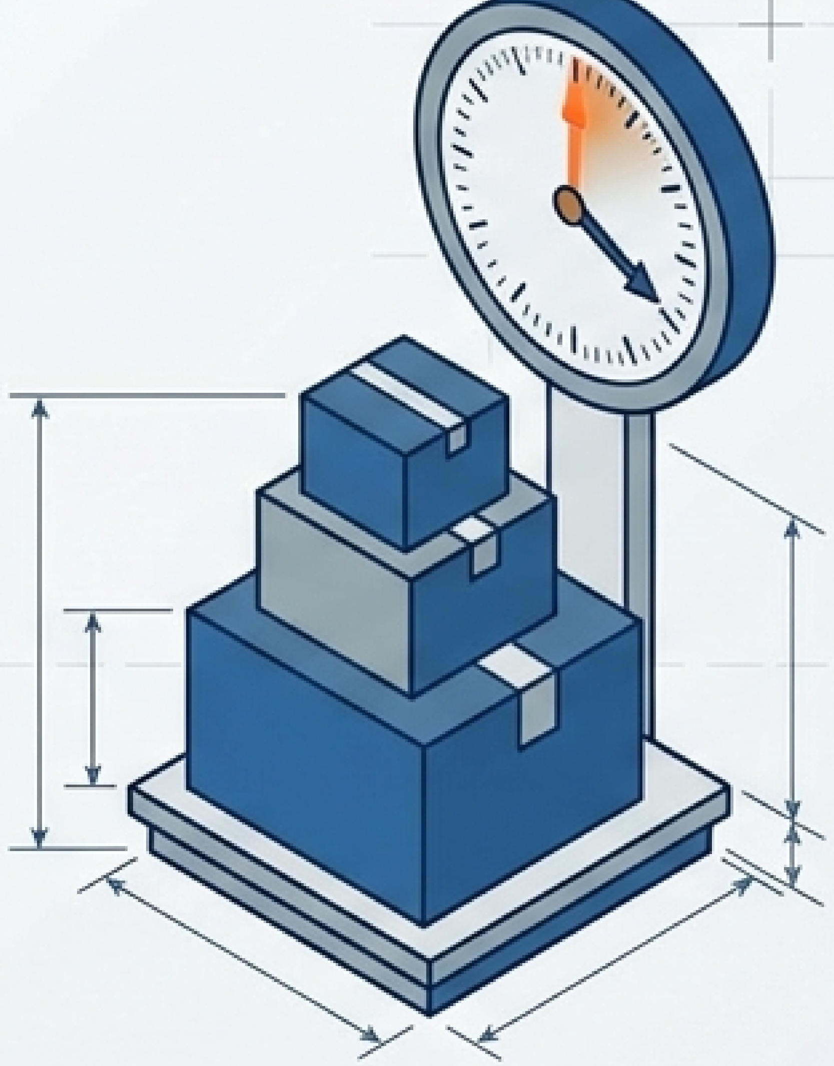
光电传感器

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

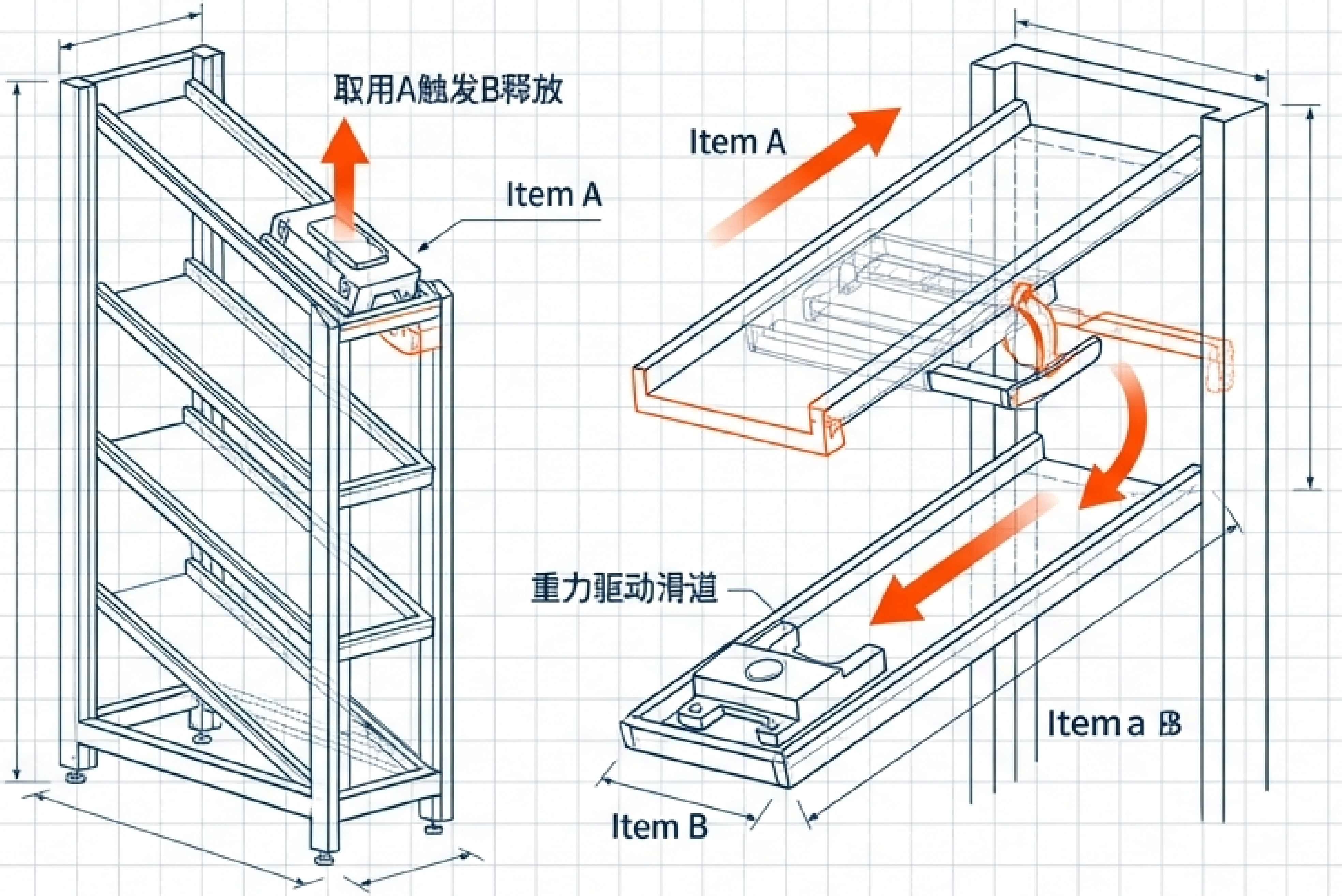
利用微量重量差异识别漏件

（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。”

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

逻辑策略：流程锁定与配套管理



控制流的逻辑

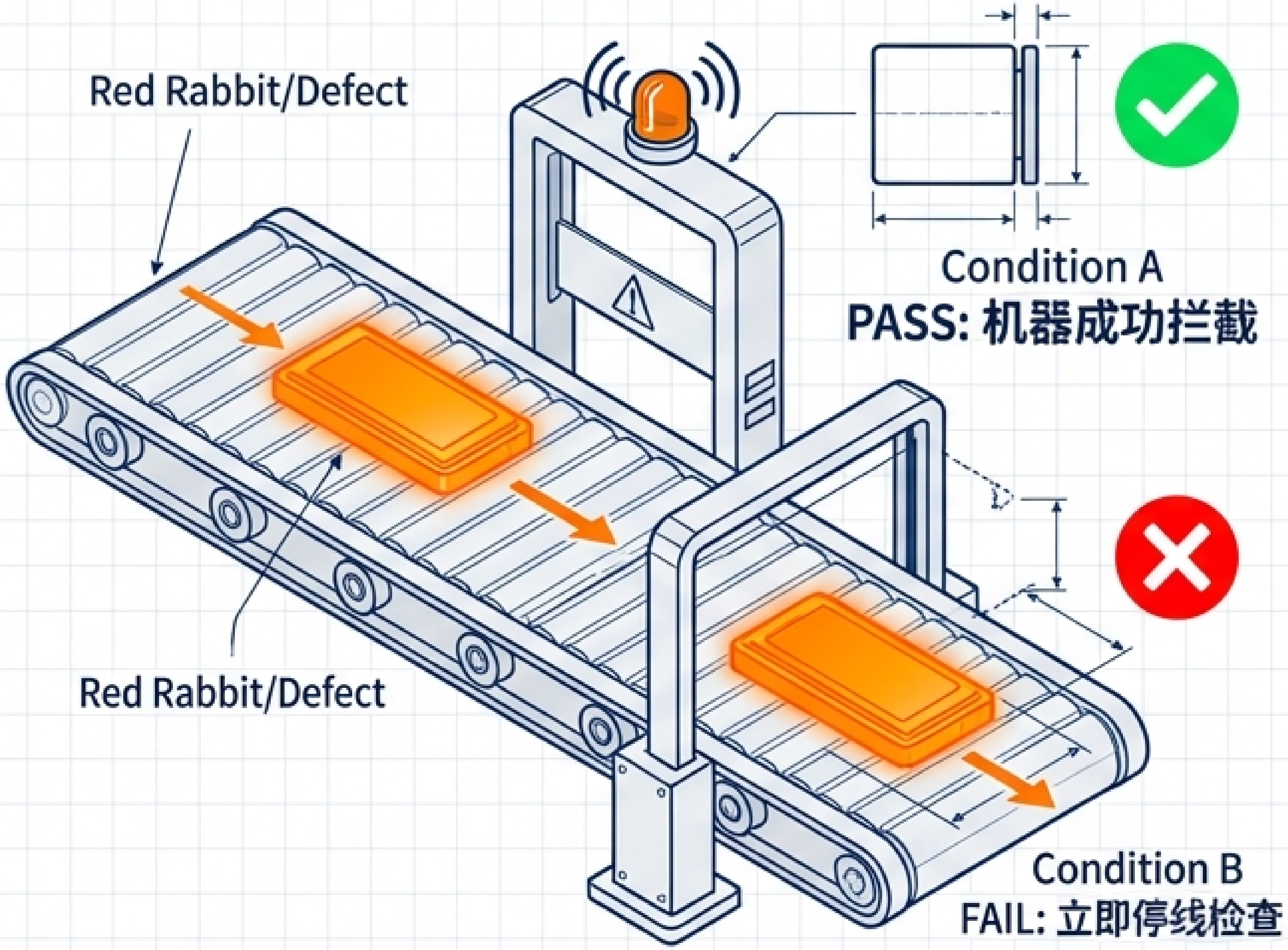
- **计数器与配料盘（Kitting）**
  预先清点。如果装配完盘子不空，说明漏装了。
- **顺序限制（Sequence Control）**
  只有完成步骤A，步骤B的治具才会打开。
- **先进先出（FIFO）**
  物理限制只能取用最早的物料。

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

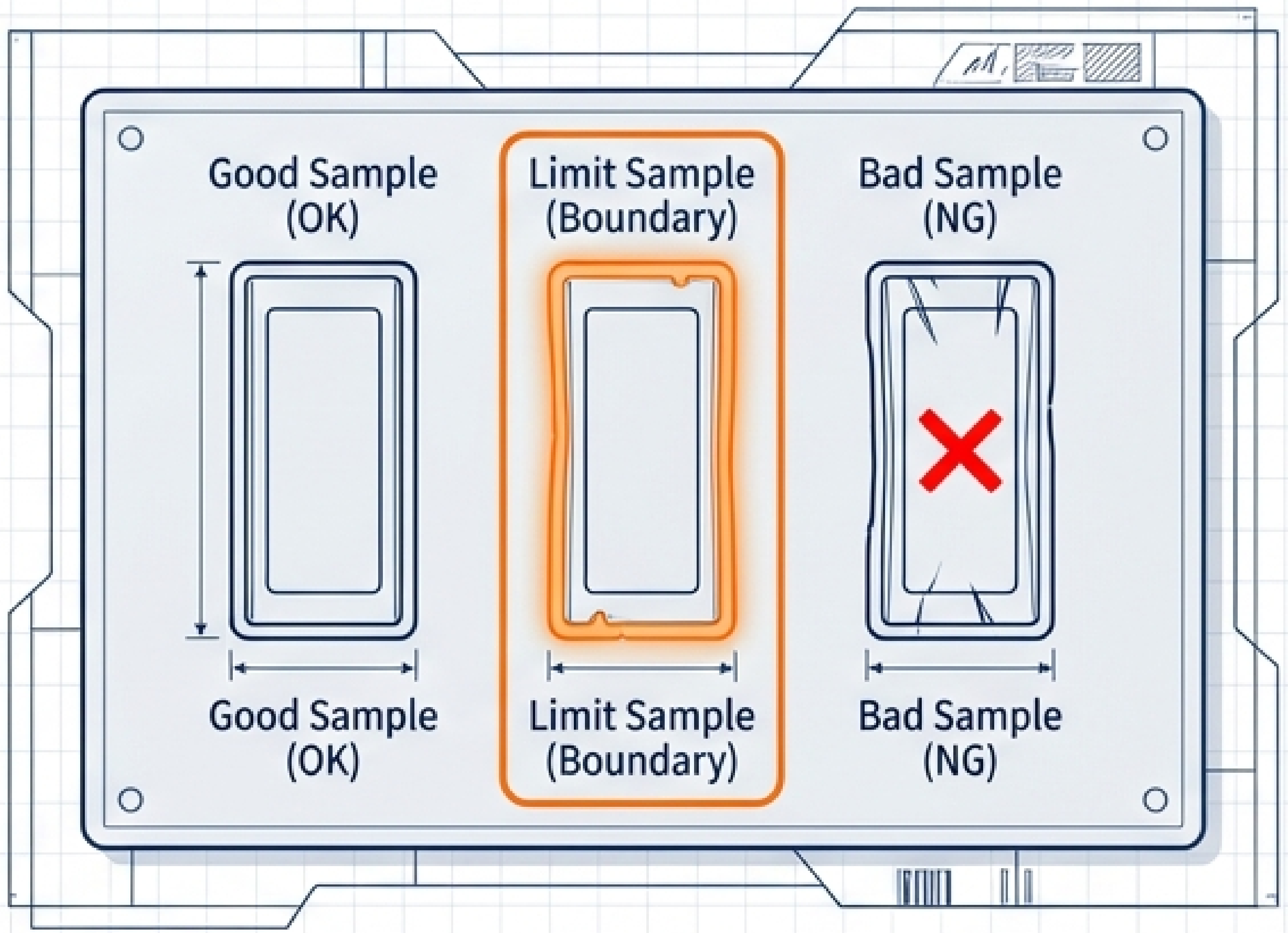
Precision Engineering Editorial

系统验证：红兔子(Red Rabbit)与限度样板

The Red Rabbit Test



Limit Samples (限度样板)



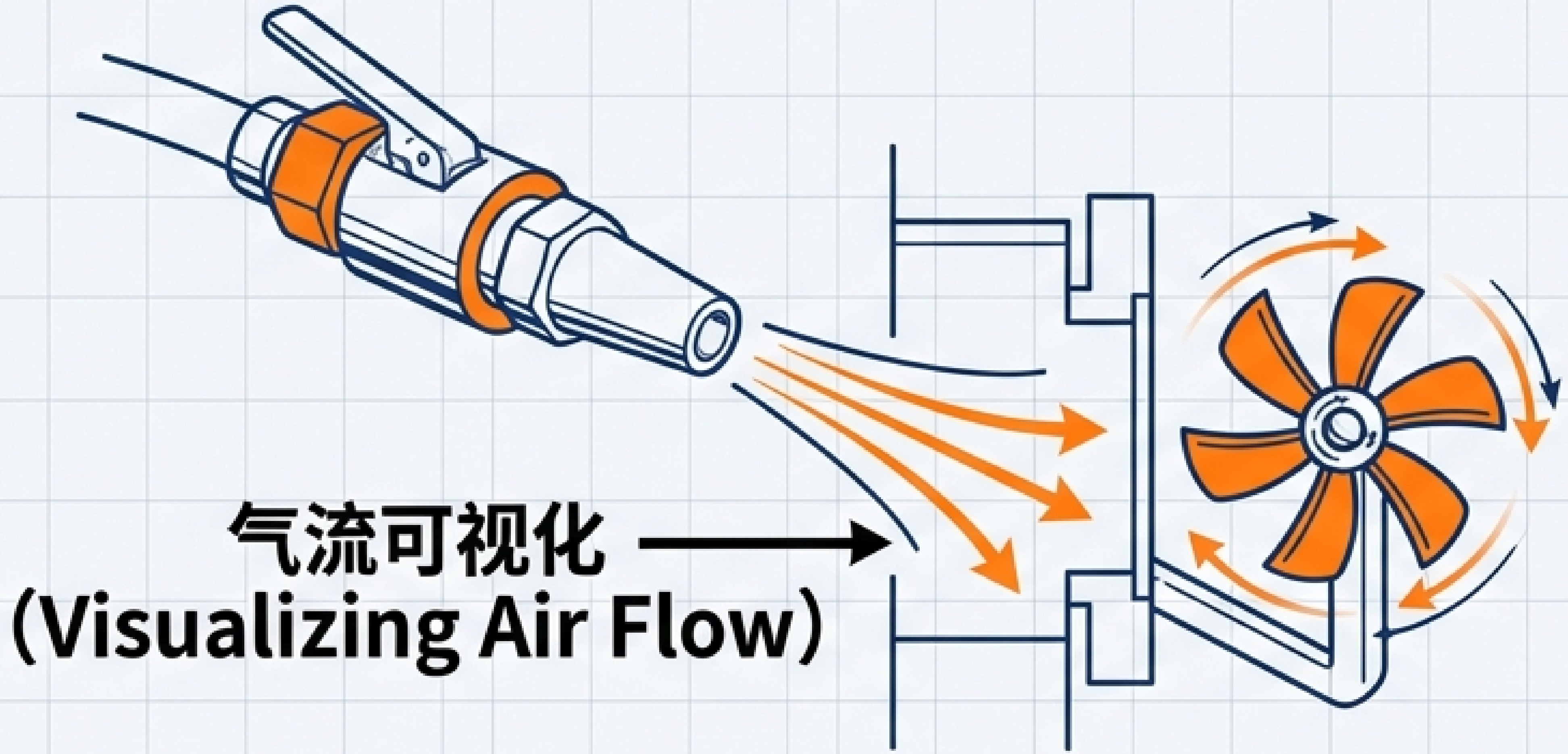
定义合格与不合格的边界，需定期检查样板有效性。

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

Precision Engineering Editorial

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。

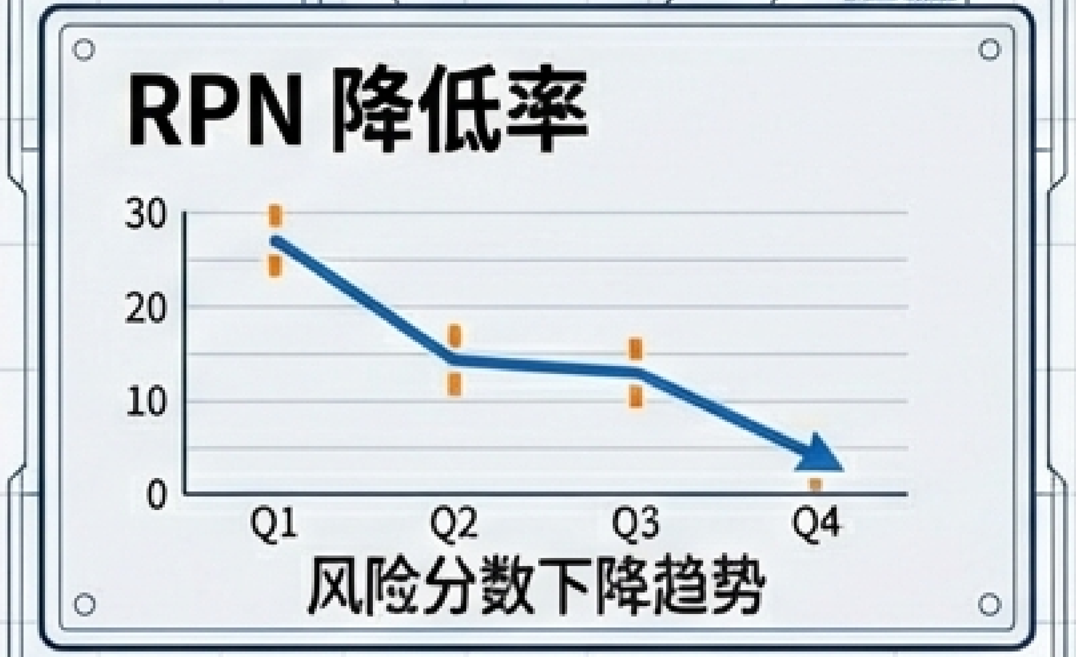
维护协议：

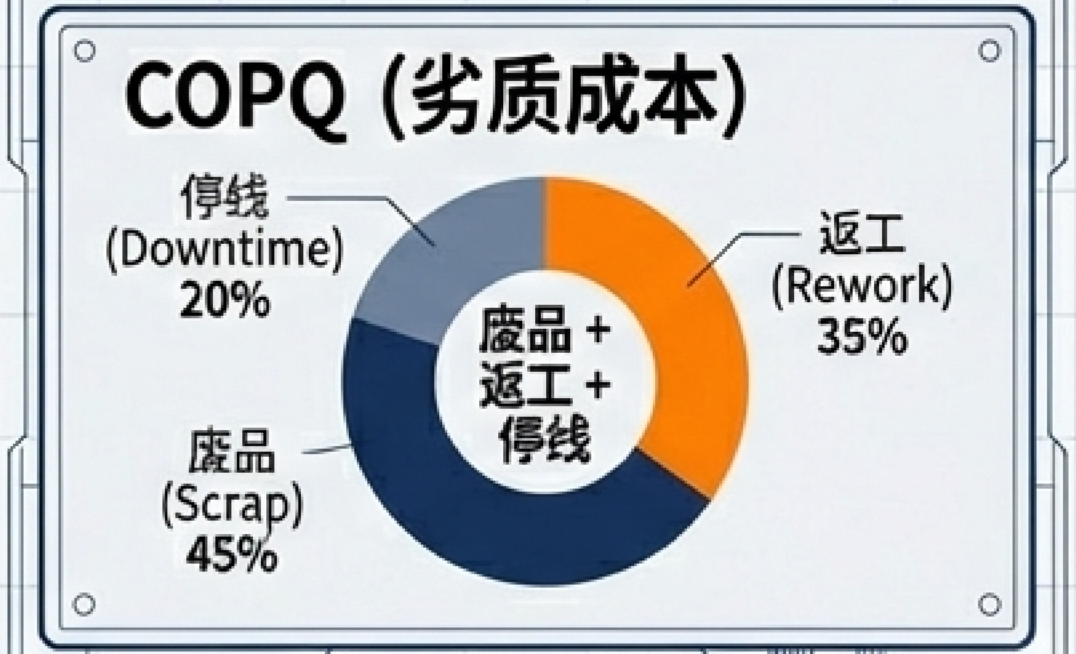
- 定期点检（传感器灵敏度、弹簧疲劳度）
- 纳入 TPM（全员生产维护）体系

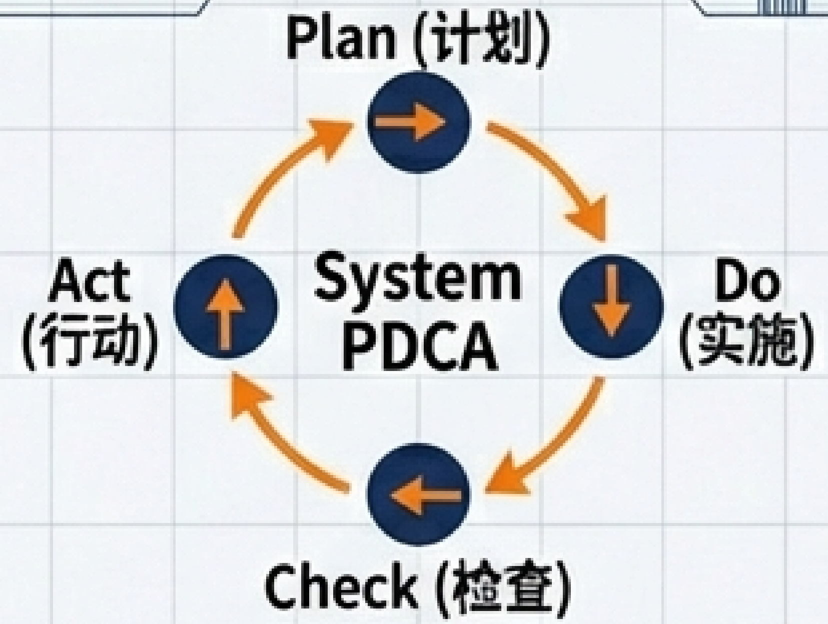
*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0, IMAGE 1, IMAGE 2>   Blueprint Navy   Noto Sans SC Regular

Precision Engineering Editorial

管理驾驶舱：关键绩效指标（KPIs）







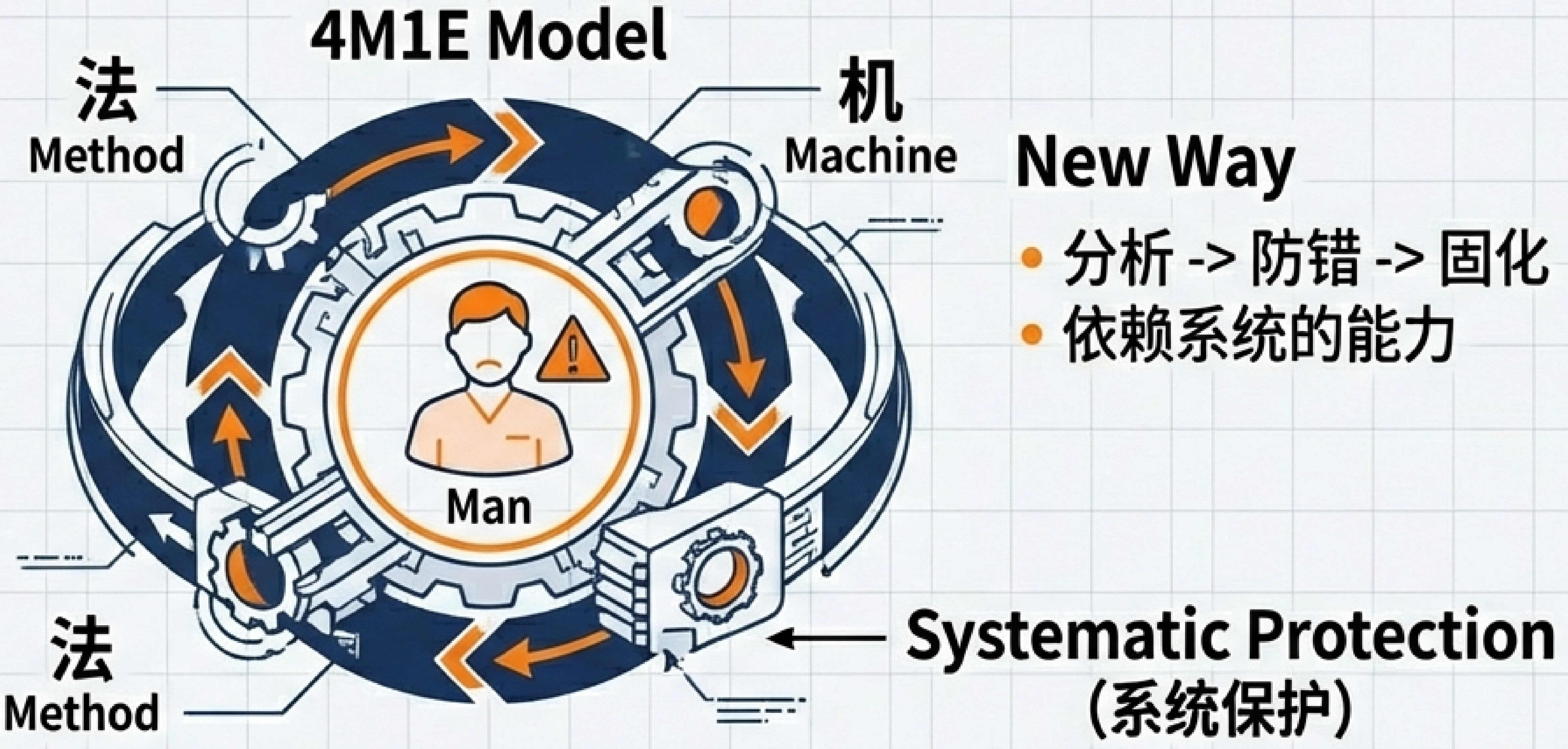
*Data based on observation and reference material: <IMAGE 0, IMAGE 1, IMAGE 2> Blueprint Navy Noto Sans SC Regular

Precision Engineering Editorial

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。”**

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

Precision Engineering Editorial

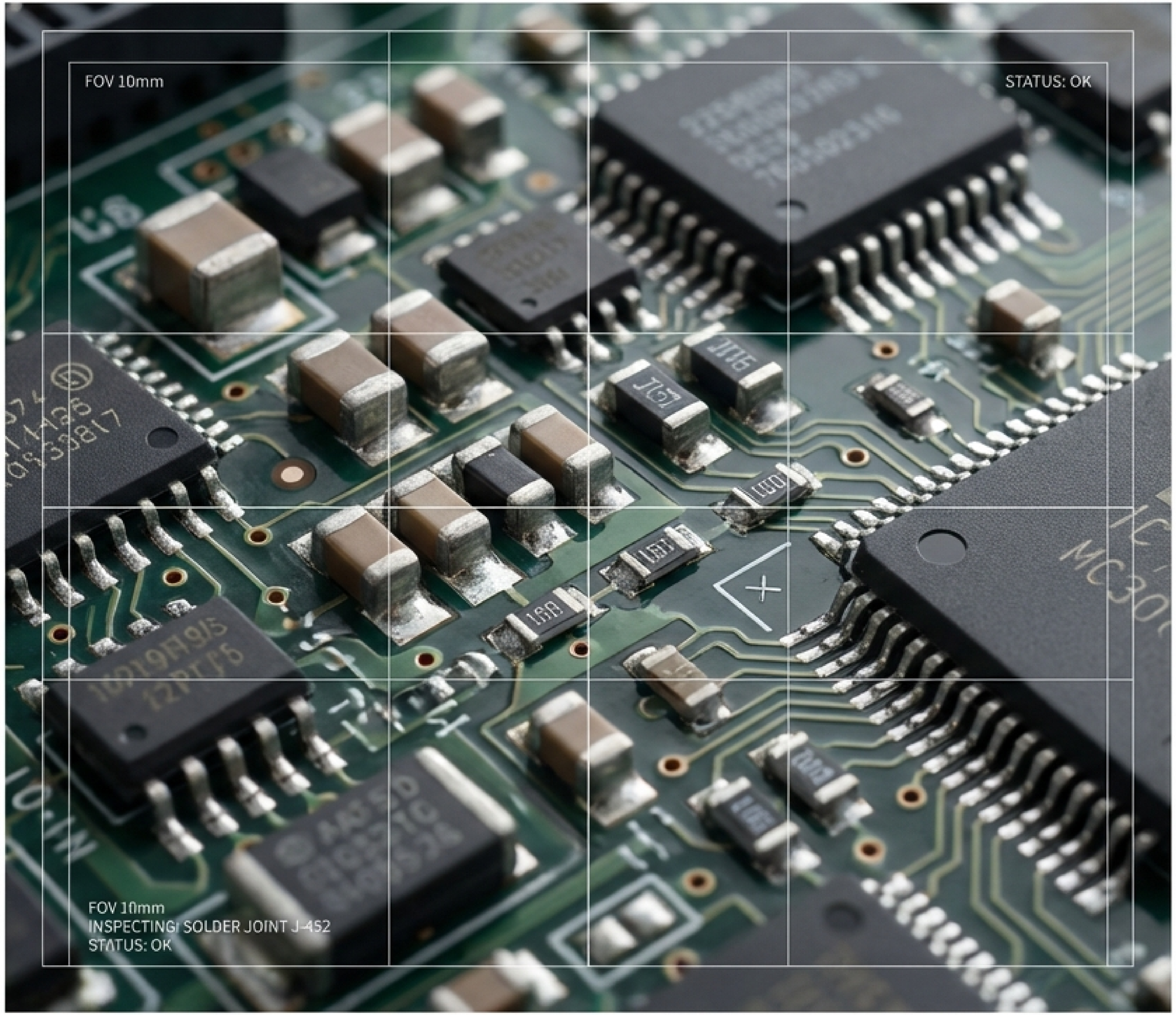
结语：通往零缺陷的路径

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。

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

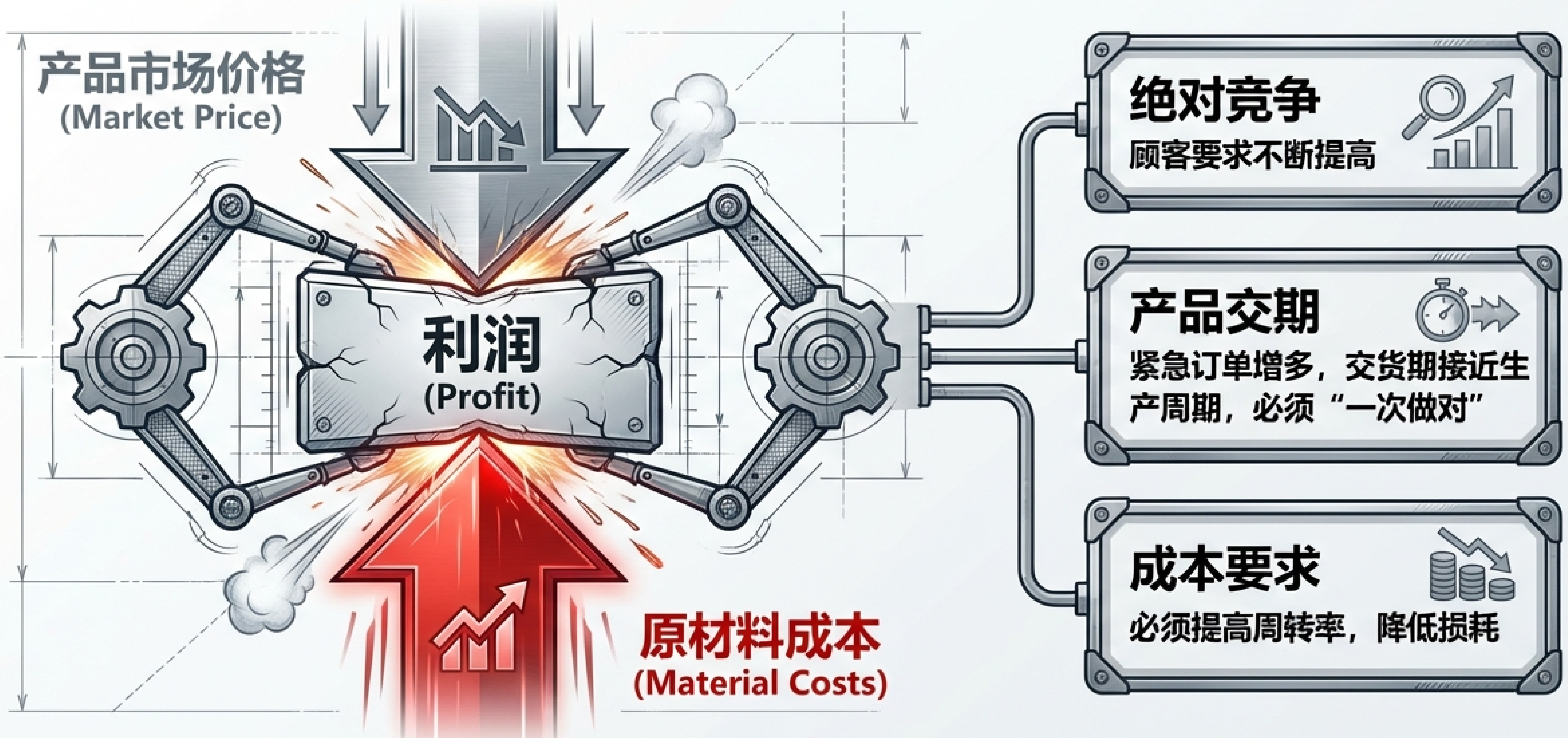
零缺陷制造：消费电子工厂防呆防错实战指南

从原理到执行：构建“三防”体系，消除人为失误



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。



NotebookLM

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)

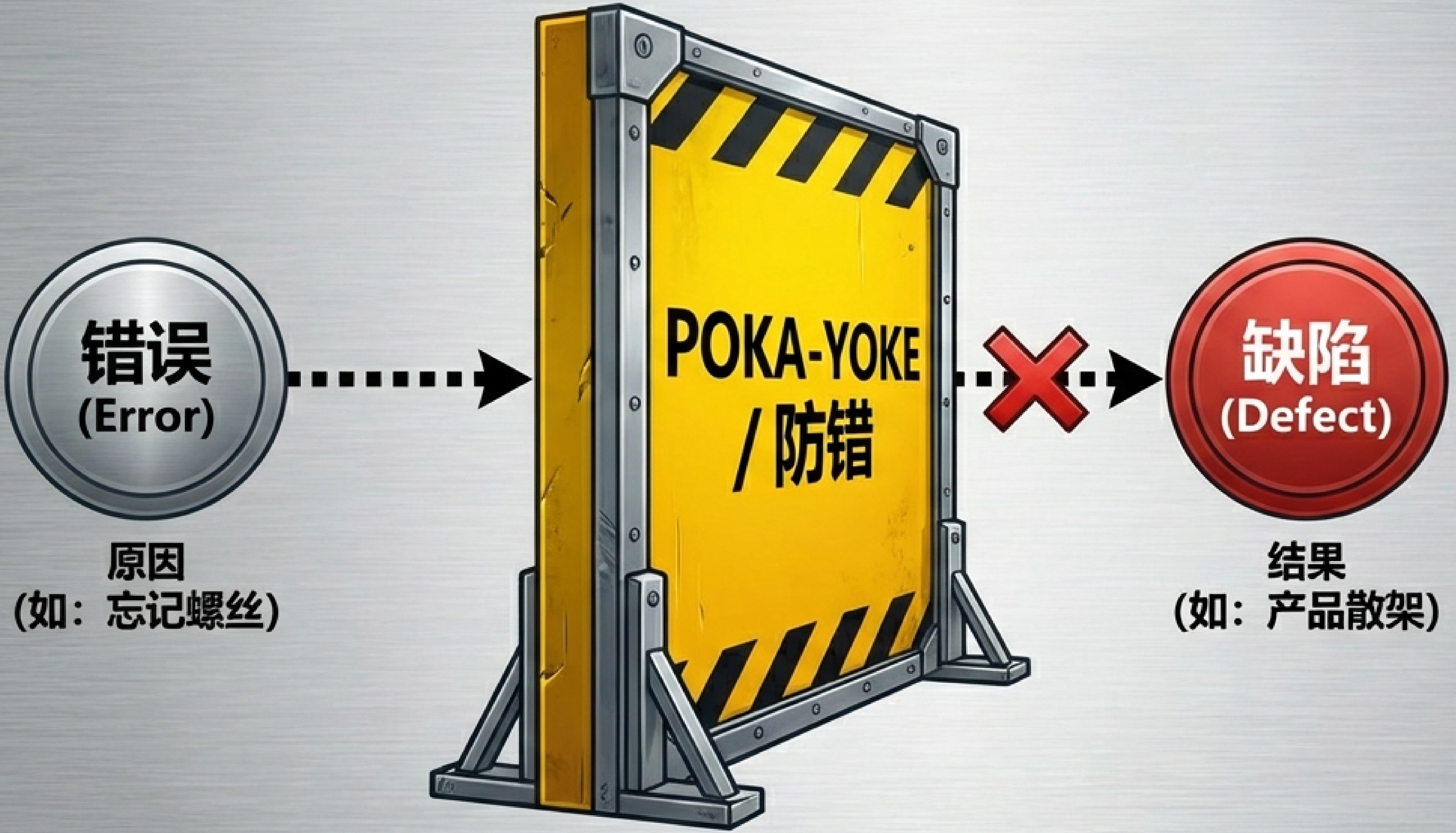
缺乏熟练
(Unskilled)

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。

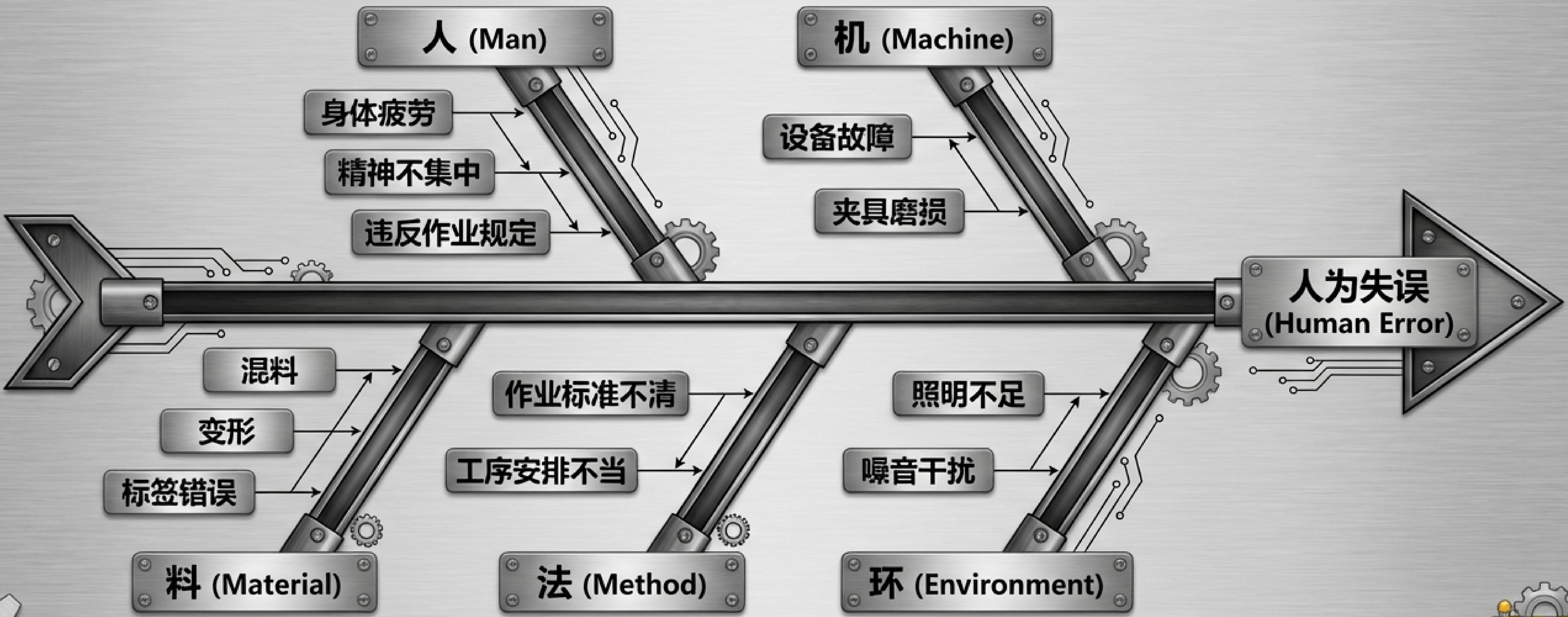
我们的策略：“三防”体系

- **防错 (Error Proofing)**：把差错消灭在萌芽状态
- **防误 (Mistake Proofing)**：杜绝失误造成后果，并减少发生的机会
- **防呆 (Fool Proofing)**：消除工作盲端和扯皮地带，使作业傻瓜化

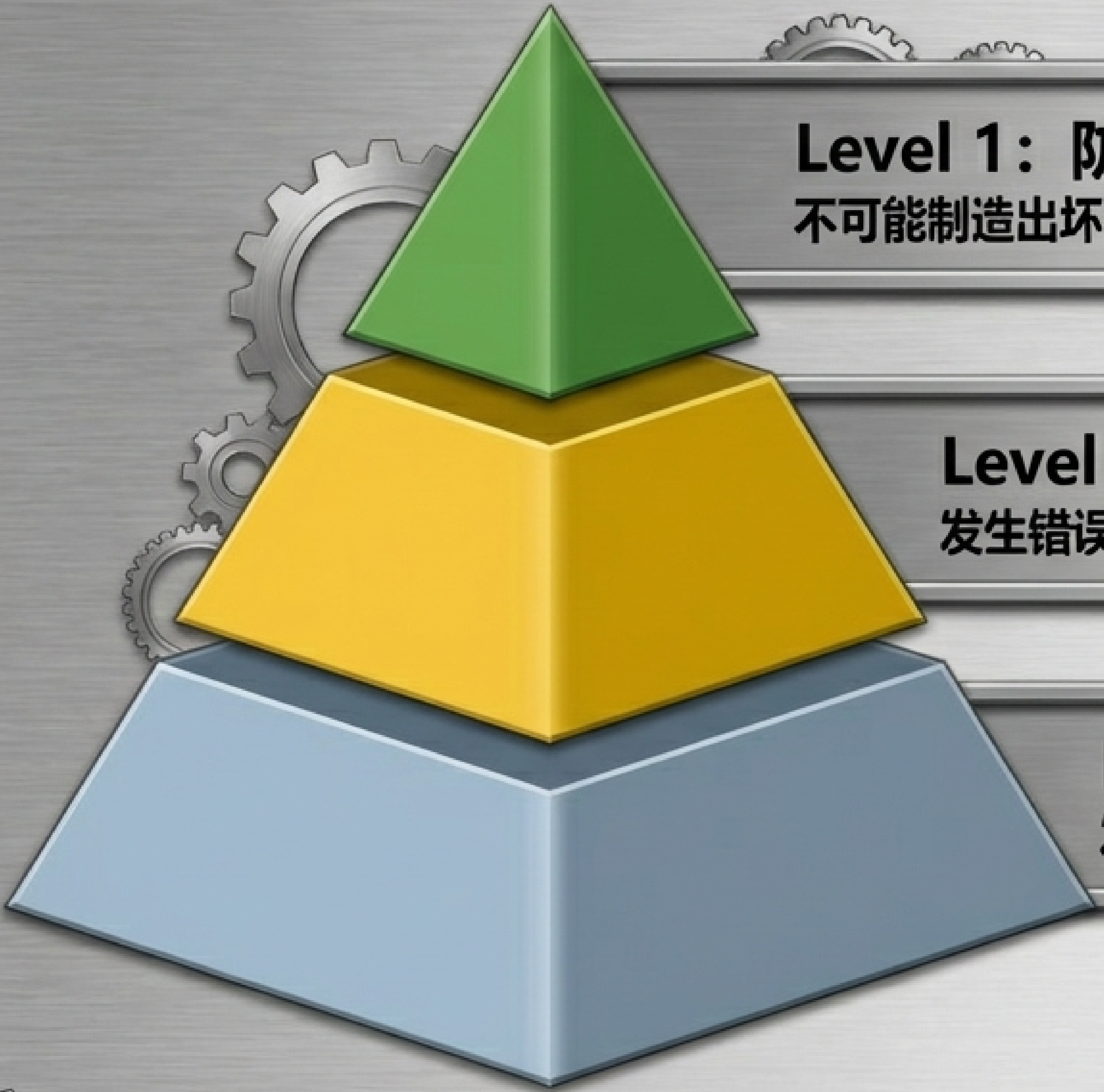
有效的“三防”是提升企业执行力的有力武器。

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？

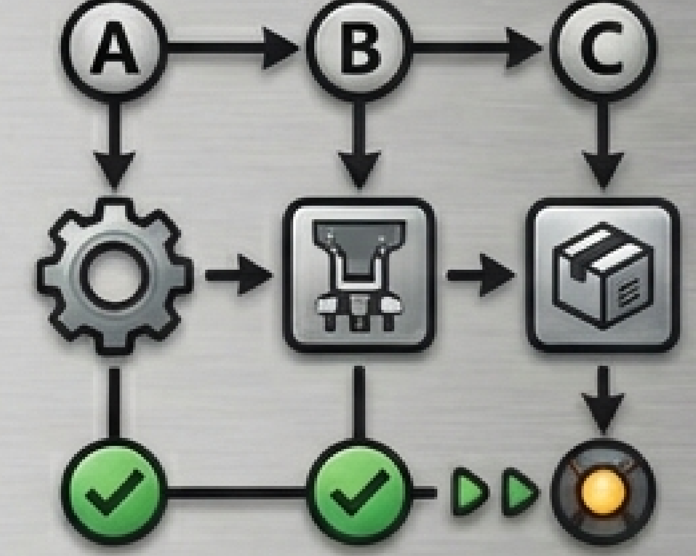
1. 接触型 (Contact)

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)

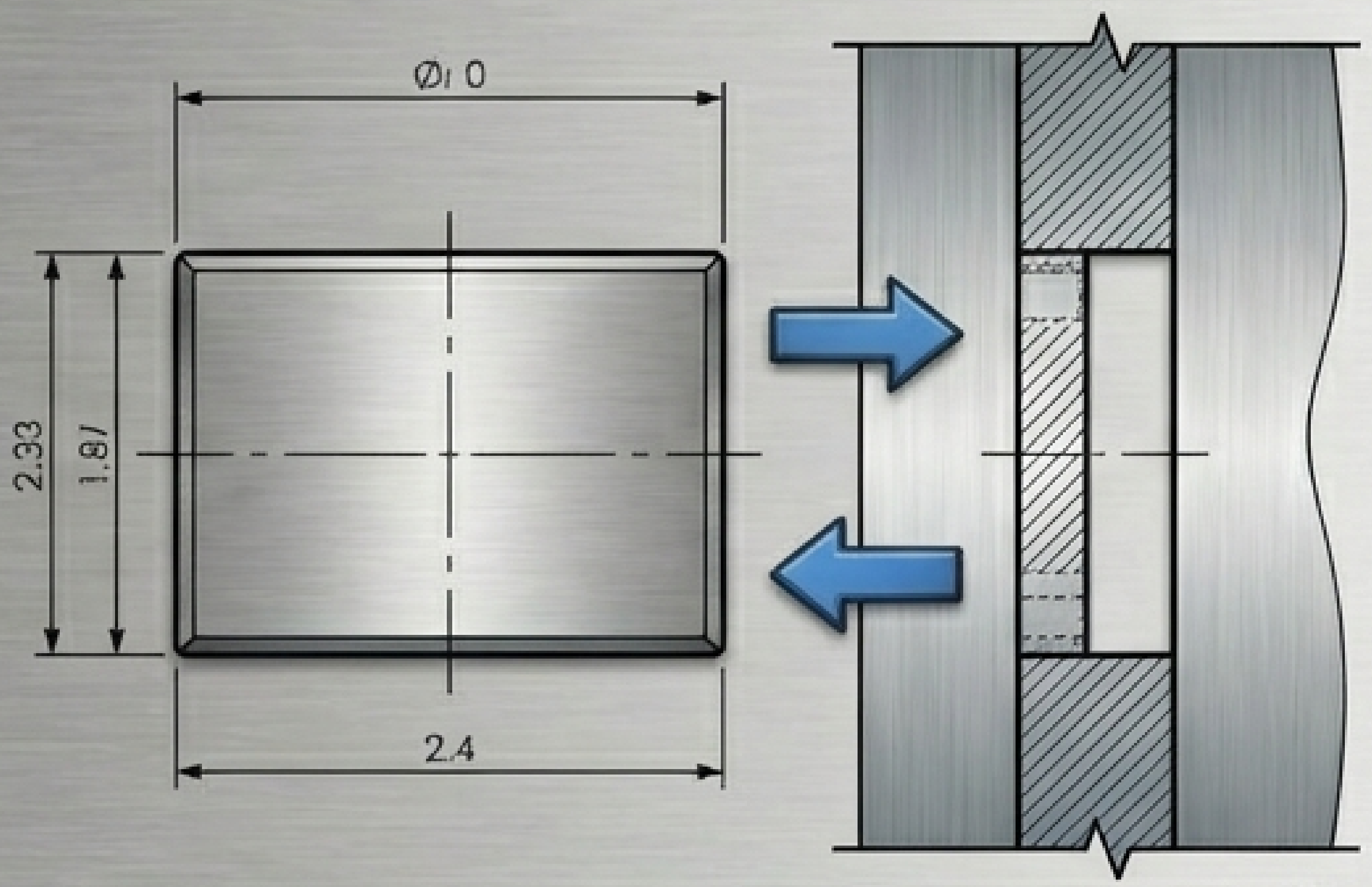


必须按预定顺序完成动作。如：不拿取部件A，无法拿取部件B。

案例分析 1：利用形状进行限制

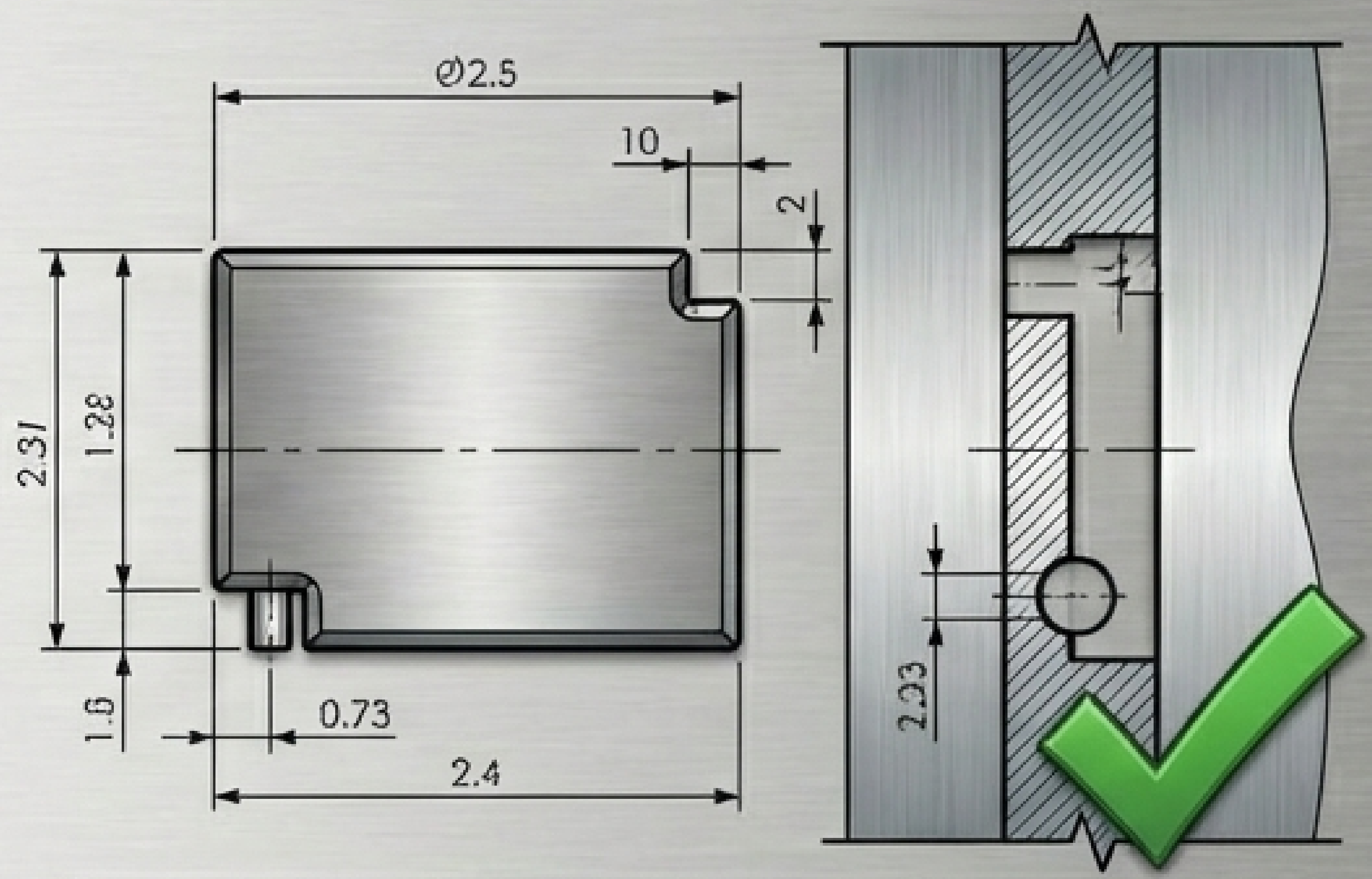
原理：接触型 (Contact Method)

Before / 容易出错



对称设计，容易装反。

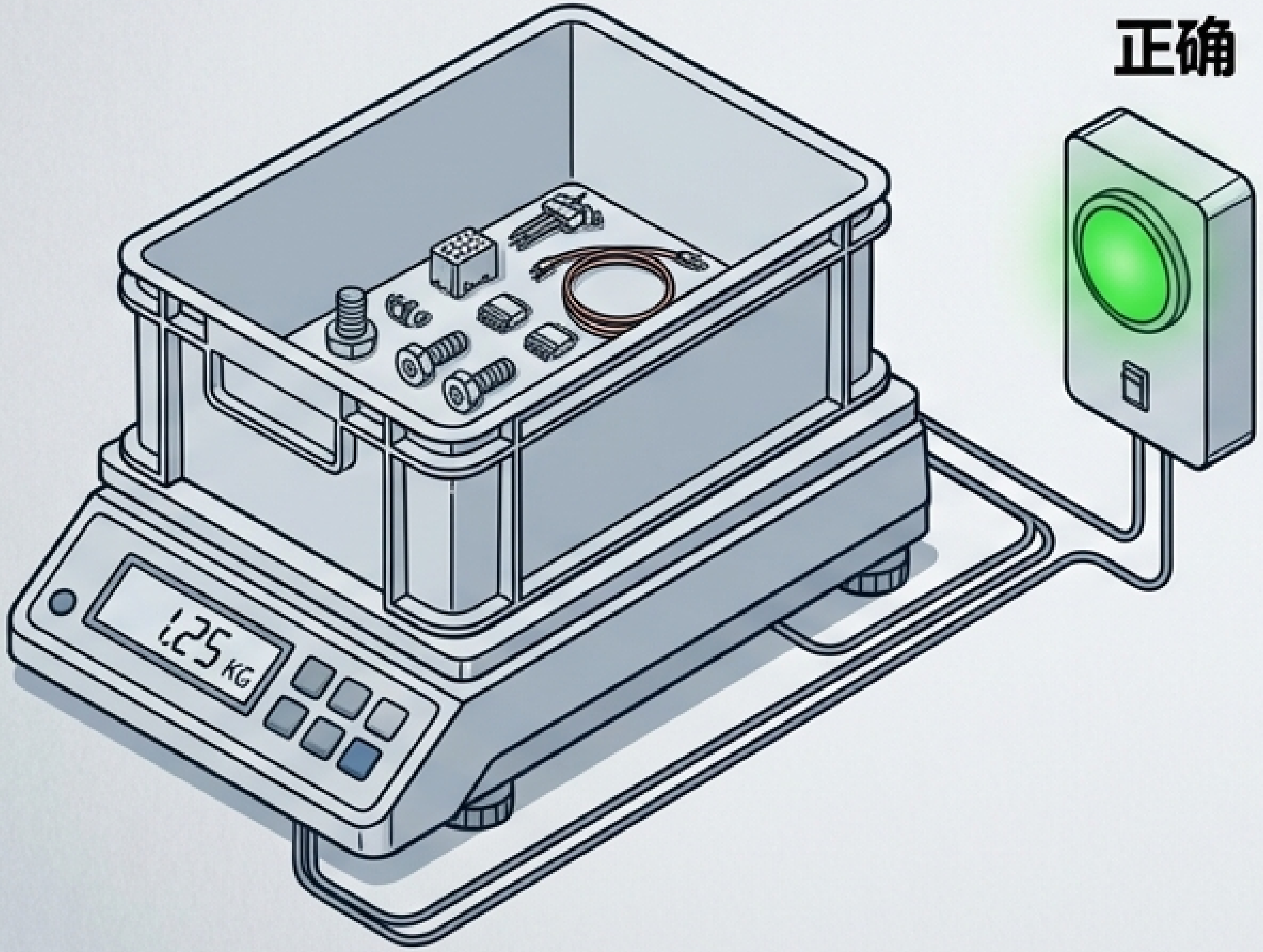
After / Poka-Yoke



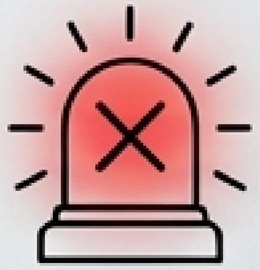
增加定位销或非对称设计，
只有一种方向能装入。

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。


Industrial Precision
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。
POKA-YOKE
NotebookLM

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。

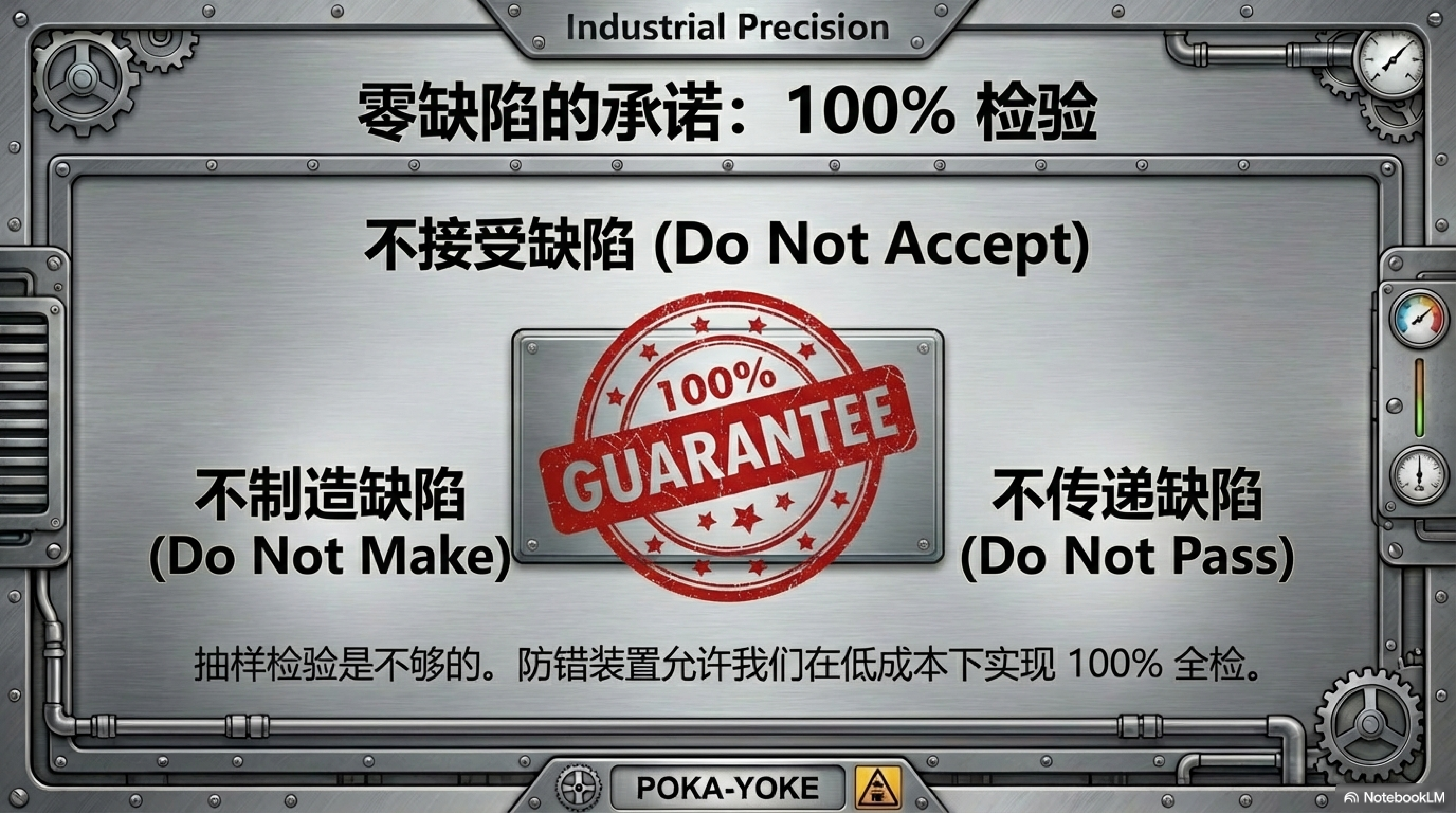
被动反应（Reactive）

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)
100%
GUARANTEE
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。
POKA-YOKE
NotebookLM

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.