管理学年鉴
Annals of Management
ISSN Print: 3079-5567
ISSN Online: 3079-5575
https://doi.org/10.63313/Management.8019

制造企业生产浪费成因与精益工具适配的案例比较研究

李程[1]，代子航[2]

[1]西南石油大学，四川 成都
[2]东北财经大学，大连 辽宁

发布日期：2026年10月30日

摘　要

目的：比较不同制造生产情境下相似浪费表现的形成因素与精益改善措施，考察工具选择依据及效果证据的适用边界。方法：以五篇具体生产系统研究为主要案例、一篇涉及16家工程订单制企业的访谈研究为辅助资料，采用目的性文献选择、逐条证据编码和跨案例比较，区分原文观察、确认要因、拟议方案与比较推论。结果：工位节拍失衡、机床换型和设备综合效率损失分别需要CT、换型时间和OEE等诊断资料；车间准时配送与上游JIT采购作用于不同决策层级；工序整合与设施重布受到不同工艺和空间约束。由此形成四组条件性工具适配情境。改善前后报告、未来状态目标、布局预测与访谈观察所支持的效果判断不同。结论：精益改善应先界定损失层级和主要约束，再选择候选措施及相应评价方式；本研究提供可追溯的比较证据，但不能证明通用最优组合或单项工具的因果净效应。

关键词

精益生产；生产浪费；跨案例比较；证据编码；工具适配

A Comparative Study of Production Waste Drivers and Contextual Fit of Lean Tools in Manufacturing Enterprises

Cheng Li[1]. Zihang Dai[2]

[1]Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, China
[2]Dongbei University of Finance and Economics, Dalian, Liaoning, China

Abstract

Purpose: Similar manifestations of production waste do not necessarily originate from the same operating mechanism. Waiting may reflect an imbalance in workstation cycle times, a lengthy machine changeover, or interruptions in equipment operation. Inventory can be associated with

文章引用：李程，代子航. (2026). 制造企业生产浪费成因与精益工具适配的案例比较研究. 管理学年鉴, 1(2), 97－105. ISSN Print: 3079-5567, ISSN Online: 3079-5575.
DOI: 10.63313/Management.8019

shop-floor replenishment or with delays in upstream procurement, whereas excess material movement may arise from separable process steps or physical restrictions on plant layout. This study compares these distinctions in published manufacturing cases. It addresses three corresponding questions: what problem drivers and diagnostic levels can be distinguished across the cases; how the reported conditions shape tentative choices among lean interventions; and how the forms of evidence reported in the articles limit conclusions about improvement outcomes.

Methods: Five peer-reviewed studies of identifiable manufacturing production systems constitute the primary cases. They concern connector assembly, X-series product manufacturing, aerospace-part machining, ready-made garment operations, and a steel-processing facility. One additional study involving interviews with 16 engineer-to-order organisations from several industries serves as supporting evidence on implementation barriers; it is not pooled with the five production-system cases. The selection is purposive, based on subject relevance, accessible original reports, comparability of diagnostic information, and variation in manufacturing conditions. The published paper serves as the source unit, while each traceable observation concerning a problem, a reported or candidate driver, an intervention and/or an outcome is an evidence-record unit. Twenty-eight such records were reviewed in the present coding register. Reported observations, author-confirmed causes, unconfirmed candidates, implemented measures, proposed targets, calculated scenarios and reported outcomes were differentiated. Each record retains the corresponding page, table or section where available. Cross-case interpretations were separately recorded so that an inference made in this study would not be represented as a conclusion established by the original authors. Because the earlier exploratory retrieval process did not preserve a full list of search hits and exclusions, a dated supplementary verification log is provided rather than a retrospective claim of systematic-review screening. The study does not conduct independent shop-floor experiments or estimate causal effects.

Results: The comparison identifies distinct diagnostic requirements behind superficially similar production losses. In connector assembly, the original authors measured workstation cycle times, reported a line-balance rate of 75.31% before improvement, and reorganised tasks together with batch-based replenishment and buffers. The aerospace machining case reports a 120-minute milling changeover, process-routing difficulties and reliance on shared off-line measurements. Its intervention package differs from a workstation-balancing programme. In the garment case, equipment losses are decomposed through availability, performance and quality in the overall equipment effectiveness (OEE) measure. These cases support a distinction among workstation, changeover and equipment-system measurement levels. A second contrast separates internal replenishment and work-in-process control from the component-supply and just-in-time purchasing decisions discussed in the X-series case. A third contrasts process integration in isolated operations with facility-layout planning subject to overhead-crane reach, inter-bay transfer restrictions and available space. These differences inform four tentative matching situations concerning work balance, inventory and supply, equipment-related loss, and material flow or layout. The supplementary engineer-to-order interviews provide a limiting example: high product variety can make fixed error-proofing devices difficult to maintain, but the interviews do not establish the effectiveness of a replacement technology. Outcome reports also differ in evidential status. Some describe before-and-after changes following combined interventions, the X-series report labels several future-state figures as targets, the steel-processing study calculates prospective benefits of a layout alternative, and the auxiliary study reports observations from interviews. A rise in garment-system OEE from 76% to 90% represents 14 percentage points, not an independently identified effect of value-stream mapping.

Conclusion: Manufacturing managers should first identify the level at which a loss is measured and the operating conditions that generate it. Candidate lean measures can then be screened against process adjustability, replenishment reliability, equipment capabilities and physical layout constraints. The evaluation design should be aligned with whether the intervention is merely proposed, calculated or reported as implemented. The resulting tool-fit relationships are a source-traceable comparative synthesis, not a universally optimal decision algorithm. Their broader effectiveness requires additional cases, consistent operational measures and independent field verification.

Keywords

Lean Manufacturing; Production Waste; Cross-Case Comparison; Evidence Coding; Contextual Tool Fit

Copyright © 2026 by author(s) and Erytis Publishing Limited.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

1. 引言

制造企业的等待、库存和搬运等非增值活动往往以类似名称出现，却并不一定由相同的生产因素引起。装配线中的等待可能与工位负荷差异有关，机加生产中的停顿可能来自长时间换型或共享测量资源，而设备综合运行效率下降又可能由停机、速度与质量损失共同构成。如果仅根据浪费名称直接套用精益工具，容易把不同的生产决策混为一谈。

Shah 与 Ward 分别讨论了精益实践组合及其绩效关系[1]、精益生产的定义与测量[2]；Hines 等分析精益思想的发展[3]，Bhamu 和 Sangwan 则系统整理了精益实施的文献与研究问题[4]。Badhotiya 等通过案例综述总结精益实施实践的多样性[5]，Rojas 等关注不确定性条件下的精益建模[6]，Singla 和 Sharma 分析精益实践实施范围与生产率的关系[7]。特别是 Naeemah 和 Wong 已对精益工具选择方法开展专门综述[8]，Sherif 和 Salonitis 也系统评述了制造过程改进决策工具[9]。因此，单纯构建“浪费—工具”对应清单不足以构成新的研究贡献。

相较于工具类别的概念性匹配，已有单厂案例还包含另一类可利用的信息：问题是通过何种数据被识别的，作者确认了哪些原因，方案究竟是实际实施还是仍属未来目标，以及场地、设备和供料条件如何限制措施选择。这些信息散见于个案方法、图表和结果之中，尚需在一致的证据单元下进行对照。为此，研究考察三个问题：①相似生产浪费在不同案例中对应哪些不同的诊断层级和形成因素；②哪些生产约束改变了精益改善措施的候选范围；③不同效果资料支持何种程度的改进判断。文章采用已发表文献的逐条编码与跨案例比较，不额外构造企业调查数据。

2. 研究设计与方法

2.1. 资料范围与目的性选取

研究以已正式发表且能够核对原文关键图表的制造生产系统研究为资料来源。五篇主要案例分别涉及连接器装配[10]、X 系列产品生产[11]、航空零件机加工[12]、成衣生产系统[13]和钢材加工布局[14]。它们能够呈现工位与配送、供应采购、设备换型、综合设备损失及设施空间等不同生产层级。Schulze 和 Dallasega 对 16 家工程订单制企业的访谈研究[15]只用于观察高产品变型下的工具适用障碍，不参与五个生产系统的改善率比较。

样本采用目的性选择而非随机抽样或系统综述式的穷尽筛选，纳入依据为：具有可识别的生产过程；提供具体损失、诊断数据或要因确认；提出或实施可辨别的措施；以及原文结果能够区分目标、预测与实施后报告。2026 年 10 月 26 日通过六篇论文的正式 DOI、出版社或期刊 PDF 进行定向复核，同时使用中英文主题词进行补充检索。补充检索发现其他相关案例，但未据此推定现有五篇覆盖全部相关研究。

由于早期探索检索未完整保留命中总数及逐条排除理由，本文不呈现未经记录的筛选数量；这限制了样本的全面性和可复现程度。补充核验的来源、检索式与未纳入文献的理由另行记录。

Table 1. Sources and roles in the comparison
表 1. 研究资料与比较角色

文献	生产情境	主要诊断信息	在本研究中的作用
[10] 连接器装配	工位作业与车间补料	CT、线平衡率、配送批次	区分作业平衡与内部物流
[11] X 产品制造	采购与孤岛工序	要因确认表、未来价值流	区分确认原因与目标值
[12] 航空机加	多品种小批量	换型时间、工艺路线、共享测量	分析换型与工艺组织
[13] 成衣生产	设备与物料搬运	OEE 及其分项	区分综合设备损失
[14] 钢材加工	厂房设施与物流	起重机范围、跨工区限制、布局测算	分析硬性空间约束
[15] ETO 访谈	16 家跨行业企业	工具实施障碍	辅助检验适用边界

资料来源：文献[10-15]；[15]不与五项生产系统研究合并为同质样本。

2.2. 证据记录单位与编码规则

单篇文献是资料来源单位，一条能追溯到原文页码或图表的观察、确认要因、措施或结果是证据记录单位。同一篇文章可形成多条记录。本轮对六篇资料整理 28 条原文证据，另形成 6 条独立的跨案例解释性判断。原文记录至少包含案例编号、页码、问题对象、证据性质、原文能够支持的内容和不允许外推的结论。记录并不因为内容在同一篇文章中出现就自动构成一条已经验证的“原因—工具—效果”因果链。

编码按内容属性区分：OBS 表示原文现状或限制条件；CONF 表示作者经要因确认程序判定的因素；CAND 表示尚未确认的候选因素；ACT 表示作者报告已实施的措施；PLAN 表示拟议方案、未来目标或预测；OUT 表示原作者报告的结果；BAR 表示访谈或原文明确报告的实施障碍。跨案例解释另记为 I，不与原文事实共用编码；缺少信息记为 NR，不将其解释为相应问题不存在。上述标签反映资料性质，并不构成严格的因果证据等级。

以周春柳等[11]第 194 页要因确认表为例，“部分工序不饱和”“热元件供应流程长”和“孤岛作业多”属于 CONF 记录；“热元件计划下达周期长”虽进入候选清单，却未确认为要因，只能编码为 CAND。该文第 197 页表 4 将生产线平衡率 84.5%列为“目标值”，故归入 PLAN，不与后测实绩混淆。再如王玺等[10]的 75.31%线平衡率源于第 156 页工时表，属于 OBS；其改善后 93%的平衡率和综合改善指标是 OUT，不能自动解释为 ECRS 单项的净效果。通过这种“原文位置—判别依据—性质—解释边界”的记录方式，逐条形成可复核的分析底稿。

2.3. 比较程序与效果资料识别

先开展个案内整理，确定损失发生在工位作业、设备准备、供料采购还是设施布局层级；随后比较相同宽泛浪费名称下的具体诊断指标和形成因素；再核查工艺可调整性、供料可靠性、设备条件与厂房空间约束，归纳候选措施及其不适用风险。五个生产系统案例用于比较问题与方案，[15]则用于辅助检查由工具清单直接推广到高变型企业时可能出现的反例。

效果资料分别记录“结果形成方式”和“效果识别方式”。前者包括已实施项目的报告结果、方案目标、布局预测和访谈观察；后者包括前后比较、指标计算、仿真测算和定性访谈。例如 OEE 是一种计算指标，可同时采用前后对照，而非与前后比较互斥的类别。因研究多数同时实施多项措施且缺少统一控制组，比较仅解释各研究的报告结果，不计算单一工具的平均因果效应。编码未进行双人独立一致性检验，结

论限于已纳入案例的探索性解释。

3. 典型生产浪费的形成因素与跨案例差异

3.1. 由浪费名称转向可测量的损失与要因

五个生产系统案例都涉及非增值活动，但使用不同层级的数据识别问题。连接器装配研究测量单工序 CT 并识别工位负荷差异[10]；航空机加研究把换型准备、工艺往返与共享三坐标测量纳入诊断[12]；成衣研究以 OEE 中的可动率、性能和质量分项评价运行损失[13]。X 产品案例还给出专门的要因确认表[11]，而钢材加工案例的约束主要是设施邻接和物理吊运条件[14]。因此，“等待”与“搬运”只能作为问题入口，不能直接替代诊断结论。

Table 2. Diagnostic evidence, waste drivers and limits across five production systems
表 2. 五项生产系统案例的诊断依据、形成因素与证据界限

案例	原文诊断事实	已确认或直接分析的因素	可形成的比较判断及边界
[10] 连接器装配	8 工序 CT 差异；平衡率 75.31%；按烘干批次补料	作业负荷差异、工序衔接与内部配送	作业平衡与 WIP 需分开诊断；不推定最优缓冲量
[11] X 产品	第 194 页要因确认；第 197 页目标表	不饱和工序、供应流程长、孤岛作业多	计划下达周期长未确认；目标值非后测
[12] 航空机加	铣加工换型 120 min；离线共享测量及工艺流转	机床准备、检测资源、功能型布局	换型与共享检测属于不同损失源；多措施联合
[13] 成衣	OEE 按可动率、性能、质量计算	设备维护与物料搬运等问题	OEE 为系统指标，不能当作 VSM 单项结果
[14] 钢材加工	起重机约 3 m 不可操作区；跨工区转运受限	吊运范围、布局邻接与可用空间限制	物理可行性先于最短距离；收益属拟议测算

资料来源：[10]第 155—158 页；[11]第 194 页表 2 及第 197 页表 4；[12]第 257—261 页；[13]关于 OEE 与 DMADV 的结果部分；[14]第 3834—3835 页的约束说明，以及第 3838—3841 页的布局方案、表 7 和图 15。表中形成因素系原研究的诊断或分析，不表示在统一设计下检验了因果效应。

3.2. 工位等待、换型停机与设备效率损失的差异

王玺等[10]的工时表列出 8 道工序的 CT，分别为 60、42、34.5、36、29、54、51 和 55 s，据此计算出 75.31%的改善前线平衡率。该诊断直指工步配置与作业负荷差异。文中采用工步合并、作业重排、工装辅助与标准化作业，同时改善物流配送；作者报告改善后平衡率为 93%。从这项案例可以判断：若等待源于工位 CT 差异，应优先检验瓶颈与任务分配，而不能直接依靠减少运输距离解决工位负荷不均。

航空机加研究[12]中的停滞却位于另一层级。铣加工换型时间达到 120 min，工装准备、机上装夹、调整和对刀占用设备时间；频繁的离线三坐标检测还涉及共享资源与转运等待。换型损失首先需要按机内/机外准备和工装兼容性分解，共享测量排队则需查看检测资源与工艺路线。若将两者都统称为“生产线节拍问题”，可能把措施作用对象错置。作者随后综合应用零点快换、在机测量和工艺调整，并报告换型时间由 120 min 缩至 10 min，但并未独立给出每项措施的贡献。

Aziz 等[13]则提供了设备系统层级的对照。研究将可动率、性能和质量组合计算 OEE，改善前的对应数值为 0.837、0.929 和 0.977，得到约 76%；研究强调设备维护和人工物料搬运的影响。在后续综合改造中，相应分项变为 0.927、0.982 和 0.993，OEE 约 90%。三项案例的对比显示，虽然外在表现都可能是“生产效率低”，但工位 CT、换型时间和 OEE 回答的是不同层级的问题，改善时应首先明确测量单位，

再选择干预措施。

3.3. 车间 WIP、外部采购与设施物流的不同约束

在库存与供料方面，连接器装配案例[10]根据烘干处理批次、配送间隔和产线工位储存能力安排补料及必要缓冲。其改善对象是企业内部工序间的物流节奏，不是采购提前期。X 产品案例[11]则将“热元件供应流程长”确认为要因之一，提出 JIT 采购和供应流程调整。两项研究均涉及库存控制，但一个以工序节拍和内部配送能力为约束，另一个涉及供应商与采购组织。将二者简单合并为“实施 JIT 可减少库存”，会忽略决策层级与风险来源的差异。

布局改善同样存在不同的可行性前提。X 产品研究针对孤岛工序讨论连续流、工序整合与搬运路线调整[11]；钢材加工研究则通过 SLP 提出布局备选方案，并明确起重机工作区约 3 m 不可操作长度、相邻工区转运受限制以及局部空间已由外部企业占用[14]。前者的关键问题之一是工艺步骤能否整合，后者首先要确认吊运半径与场地约束是否允许设施重布。即便某备选方案在图纸上缩短了物料路线，也不能绕过物理可行性验证。

与前述观察相对应，钢材加工研究第 2.18.1 节结合布局方案、表 7 和图 15 报告的约 539.5 m 至 355 m 物料流变化来自方案比较，并非改造投产后的独立测量；X 产品研究的部分改善指标则来自未来目标表。这些差异不仅决定数字该如何引用，也影响措施能否被视为已经取得运营成效。

3.4. 跨案例归纳与反向材料

基于表 2 的逐项比较，可以归纳三类具有应用意义的差异：其一，同名效率损失可能需要工位 CT、设备换型记录或 OEE 构成等不同诊断资料；其二，库存管理既涉及车间内部流动，也涉及上游采购，各自的提前期与缓冲约束不同；其三，改善方案的可行性有时受工艺可重组性影响，有时受起重机作业范围等硬约束限制。这些并非制造企业总体的出现频率排序，而是五项已发表生产系统案例中能够追溯的情境差异。

辅助访谈[15]补充了一个不宜机械推广工具的反向情形：工程订单制企业 J 由于产品和零部件变型多，固定防错装置需要频繁更换，实施困难。该材料能够提示“防错工具不必然适用于所有高变型环境”，但没有验证某个替代装置的效果。因此，后续工具适配结论需要允许“现有证据不足以推荐”的情形。

4. 基于形成因素的精益工具适配与效果评价

4.1. 诊断工具、改善工具与评价指标的区别

识别问题和改变生产过程不是同一活动。VSM 用于识别物料与信息流中的非增值环节，工时分析用于确定瓶颈与作业负荷，SLP 用于形成并比较布局方案，OEE 用于描述设备可动率、性能与质量的综合结果。ECRS 工步重组、拉动配送、零点快换、设备维护以及设施重布才是可能改变现场运行的具体措施。不同类型的工具不能因为同时出现在一篇精益改善论文中，就被推定具有相同的干预功能。

4.2 四组典型情境中的工具取舍

Table 3. Contextual matching of major problems, diagnostic data and candidate measures
表 3. 主导问题、诊断依据与候选改善措施的条件性适配

判断情境	首先需要的数据	案例中的候选措施	优先排除或核查的条件	原文证据阶段
A 工位负荷差异还是供料中断	CT、瓶颈位置、配送批次	工步重组、线平衡；拉动式配送	若主要损失为换型，不应仅做线平衡	[10]综合实施后报告

B 车间 WIP 还是上游采购库存	工序节拍、缓冲需求、采购流程	内部配送与有限缓冲；JIT 采购	供应响应、采购提前期和连续生产风险	[10]实施报告；[11]目标/方案
C 机床换型还是设备综合损失	换型记录、OEE 分项、检测等待	零点快换、在机测量；维护与搬运改进	工装兼容、检测瓶颈、损失分项	[12][13]综合前后资料
D 可整合工序还是受限设施布局	工艺路线、物料流向、吊运范围	工序整合；SLP 及布局候选	起重机可达范围、跨区运输、迁移成本	[11][14]方案/测算

资料来源：文献[10-14]。表中选择条件为基于原文诊断与限制形成的探索性归纳，尚未经跨企业的独立效果验证。

对于情境 A，实际取舍不应从“哪种工具最流行”开始，而应从等待来自何处入手。如果工位 CT 显著不均衡，才具备开展线平衡与工步重排分析的前提；若主要是物料未到，应先确认配送批次和补料频率；若是机床换型停机，则需要转向设备准备活动分析。连接器装配案例[10]与航空机加案例[12]的改善路径不同，主要缘于两者测量并处理了不同层级的损失，不能据此判断哪一企业采用的工具更先进。

对于情境 B，内部在制品与上游采购应分别设计控制逻辑。连接器装配的批次补料需要兼顾烘干处理节拍和适当缓冲，不能简单追求工序间零库存；X 产品提出的 JIT 采购则必须考虑供应流程、采购提前期及外部交付风险。因而即使二者都使用“准时化”概念，也不能直接复制配送规则或合并其库存改善比例。

情境 C 强调损失构成不同导致措施次序不同。换型停机要先拆解准备、装夹、对刀和工装管理，才能判断哪些活动可以移出机床占用时间；OEE 偏低则应检验可动率、性能与质量三项分量，若主要损失来自物料搬运，则仅改善设备维护不足以解决效率约束。航空机加[12]与成衣生产[13]两项研究分别支持上述诊断方向，但均涉及组合改善，不能据此对单项工具进行效果排名。

情境 D 强调可行性先于优化指标。在工序可整合的场景，可以考虑简化物料回流；在钢材加工这种吊运范围受限的车间，需要先检查相邻工区间的转运条件、建筑空间及设备迁移成本，再评价不同方案的路线长度。该逻辑不表示 SLP 必然优于工艺调整，而是要求在适当的物理与工艺可行域内比较候选措施。

4.3. 改善效果证据与决策阶段

工具被使用并不意味着其适用性已获得独立验证。王玺等[10]在布局、拉动配送、线平衡和标准作业的组合下报告生产周期缩短 26.93%、WIP 减少 26.78%；唐辉和苏红芬[12]在综合优化后报告生产周期从 237.6 h 降至 176 h、换型时间由 120 min 降至 10 min。两篇资料能支持各自的综合前后变化，却不能据此计算 ECRS 或 MES 的单独贡献。

周春柳等[11]表 4 明确采用“现值—目标值”列名，其中平衡率 58.4%至 84.5%应按方案目标引用；Salins 等[14]在第 2.18.1 节、表 7 及图 15 中报告的物料流减少约 34%，来自拟议布局的计算比较，适合判断候选布局的相对潜力，尚不属于改造后的运营实测。该文第 3846 页表 10 列示的年度成本算式存在不一致之处，故不据此引用精确年度节约额。Aziz 等[13]报告 OEE 由 76%提高至 90%，即 14 个百分点，该结果与维护、物料搬运等综合改造相关。

Table 4. Types of outcome evidence and corresponding decision uses
表 4. 结果证据与相应决策用途

资料来源	数值或发现	证据形成方式	可用于何种判断	不能支持何种结论
[10]连接器、[12]航空机加	周期/WIP 改善；换型 120→10 min	多措施实施后报告	描述综合项目变化与建立后续监测基线	单项工具净效应

[13]成衣	OEE 76%→90%	指标计算与综合前后比较	定位和评价设备系统损失	VSM 单项提高 14%
[11]X 产品	平衡率 58.4%→84.5%	未来状态目标	明确拟议改善目标和验收要求	已实现的独立后测
[14]钢材加工	拟议布局物料流约减 34%	方案测算	比较布局候选与规划可行性	投产后实际节约额
[15]ETO 企业	固定防错在高变型条件下应用困难	跨企业访谈	识别实施障碍、限制推广	替代防错方案已验证有效

资料来源：文献[10-15]。前后比较、计算和预测是不同维度的证据属性，不据此合并改善比例。

4.4. 候选规则的适用边界

将表 3 与表 4 结合，可形成一条便于后续现场检验的判断链：首先以可测量的损失明确问题层级，再用原文诊断和现场资料缩小候选措施，随后以工艺、供料、设备和场地条件排除不可实施的方案，最后根据方案处于设计、实施或后测阶段选择评价方式。该框架强调决策过程的可追溯性，而非给出未经检验的工具优先级。动态价值流与混合仿真[16]、精益分阶段实施研究[17]可为进一步验证提供方法线索，但不能替代本研究未开展的独立现场试验。

5. 讨论与管理启示

Naeemah 和 Wong 已就精益管理工具的选择方法进行综述[8]；Sherif 和 Salonitis 则从更广义的制造过程选择与绩效改进角度评述决策工具[9]。本研究的有限增量，不在于提出新工具，而在于将“问题是否被原文确认”“措施是否实际使用”“结果是否已经观测”分开记录，并通过具体案例比较显示：相似损失可能属于不同决策层级，因此需要不同诊断信息和约束核查。对制造企业而言，精益改善应在方案阶段核对数据与可行性，在实施阶段记录多项变更，在后测阶段以一致指标判断运营变化，避免将方案目标直接当作实际绩效。

研究使用目的性二手案例，检索历史和筛选记录不完整，且所纳入生产系统的工艺与评价指标不同。编码没有进行独立研究者一致性检验，单厂研究多采用联合措施，难以区分各工具的独立效果。上述条件决定了本文适配关系的用途是辅助解释和提出可检验的候选规则，而非对制造业总体进行统计推广。

6. 结论

基于五项制造生产系统研究和一项辅助访谈研究，本文得到三项认识：其一，工位负荷、机床换型、设备系统运行和设施物流虽可表现为相似的效率损失，却需要不同层级的诊断资料；其二，内部配送与采购库存、工艺整合与设施布局等问题的约束条件不同，工具选择应在确认原因与可行性之后进行；其三，综合实施后变化、未来目标、布局预测和访谈障碍具有不同的证据作用，不能替代独立的工具效果验证。四组候选适配情境可为现场诊断提供比较依据，其有效性仍需要进一步实证检验。

数据与研究资料说明

研究使用的公开发表案例均在参考文献中列明。逐条证据编码表与补充检索记录另行保存；表中解释性归纳与原作者直接报告的信息分别标识。

Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process

During preparation of this manuscript, OpenAI ChatGPT was used to assist with literature-search leads, organisation and comparison of published case information, preliminary analytical structuring, drafting, and

language editing. Responsibility for the accuracy, interpretation and integrity of the submitted work rests with the authors.

利益冲突声明

［请在投稿前依据实际情况填写利益冲突或无利益冲突的声明。］

参考文献

[1] SHAH R, WARD P T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance[J]. Journal of Operations Management, 2003, 21(2): 129-149. DOI: 10.1016/S0272-6963(02)00108-0.

[2] SHAH R, WARD P T. Defining and developing measures of lean production[J]. Journal of Operations Management, 2007, 25(4): 785-805. DOI: 10.1016/j.jom.2007.01.019.

[3] HINES P, HOLWEG M, RICH N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking[J]. International Journal of Operations & Production Management, 2004, 24(10): 994-1011. DOI: 10.1108/01443570410558049.

[4] BHAMU J, SANGWAN K S. Lean manufacturing: literature review and research issues[J]. International Journal of Operations & Production Management, 2014, 34(7): 876-940. DOI: 10.1108/IJOPM-08-2012-0315.

[5] BADHOTIYA G K, GURUMURTHY A, MARAWAR Y, et al. Lean manufacturing in the last decade: insights from published case studies[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2024, 35(4): 766-798. DOI: 10.1108/JMTM-11-2021-0467.

[6] ROJAS T, MULA J, SANCHIS R. Quantitative modelling approaches for lean manufacturing under uncertainty[J]. International Journal of Production Research, 2024, 62(16): 5989-6015. DOI: 10.1080/00207543.2023.2293138.

[7] SINGLA V, SHARMA S. Assessing the moderating role of the extent of implementation of lean methods in predicting productivity improvement[J]. RAUSP Management Journal, 2023, 58(3): 219-232. DOI: 10.1108/RAUSP-08-2022-0196.

[8] NAEEMAH A J, WONG K Y. Selection methods of lean management tools: a review[J]. International Journal of Productivity and Performance Management, 2023, 72(4): 1077-1110. DOI: 10.1108/IJPPM-04-2021-0198.

[9] SHERIF Z, SALONITIS K. A systematic review of decision tools for process selection and performance improvement in manufacturing[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2025, 141: 1113-1141. DOI: 10.1007/s00170-025-16806-y.

[10] 王玺, 梅清晨, 贾禄冰. 价值流分析在连接器装配中的精益改善应用[J]. 制造技术与机床, 2022(4): 154-158. DOI: 10.19287/j.mtmt.1005-2402.2022.04.025.

[11] 周春柳, 姚威, 田艳, 等. 基于价值流分析的 X 产品生产流程优化[J]. 制造技术与机床, 2024(9): 189-199. DOI: 10.19287/j.mtmt.1005-2402.2024.09.027.

[12] 唐辉, 苏红芬. 基于价值流分析的航空零件机加生产线优化研究[J]. 制造技术与机床, 2026(10): 256-262. DOI: 10.19287/j.mtmt.1005-2402.2026.10.027.

[13] AZIZ A, TALAPATRA S, BELAL H M. Improving equipment effectiveness through visual stream mapping: some exploratory research findings in the ready-made garment (RMG) sector[J]. Global Journal of Flexible Systems Management, 2024, 25: 303-324. DOI: 10.1007/s40171-024-00386-z.

[14] SALINS S S, ZAIDI S A R, DEEPAK D, et al. Design of an improved layout for a steel processing facility using SLP and lean manufacturing techniques[J]. International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 2024, 18: 3827-3848. DOI: 10.1007/s12008-024-01828-9.

[15] SCHULZE F, DALLASEGA P. Lean and Industry 4.0 mitigating common losses in Engineer-to-Order theory and practice: an exploratory study[J]. Flexible Services and Manufacturing Journal, 2024, 36: 780-820. DOI: 10.1007/s10696-023-09503-z.

[16] LIU M, SUN M, ZHANG X, et al. Real-time shop floor operations improvement based on dynamic value stream mapping and hybrid simulation in Industry 4.0: an economic perspective[J]. International Journal of Production Research, 2025, 63(18): 6776-6800. DOI: 10.1080/00207543.2025.2487921.

[17] BHAMU J, SANGWAN K S. A framework for lean manufacturing implementation[J]. International Journal of Services and Operations Management, 2016, 25(3): 313-333. DOI: 10.1504/IJSOM.2016.079515.