

X/XX

团 体 标 准

X/XX

包装行业数字化转型实施指南

Implementation Guide for Digital Transformation in Packaging Industry

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

发 布

目 次

前言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
3.1 数字化转型实施	4
3.2 产品研发管理	4
3.3 销售订单管理	4
3.4 生产制造管理	4
3.5 质量追溯管理	5
3.6 智能物流管理	5
3.7 智慧运营管理	5
3.8 数字化人员管理	5
3.9 设备管理	5
3.10 生产数据	5
3.11 预测性维护	5
3.12 制造执行系统	5
4 核心特征	5
4.1 模块化架构	5
4.2 渐进式实施	7
4.3 数字化解决方案	7
4.4 场景要素牵引	7
5 总体架构	7
5.1 业务域层	7
5.2 数据底座	8
5.3 分级能力矩阵	8
5.4 转型保障体系	8
5.5 绩效评价体系	9
6 业务域层建设内容	10
6.1 产品研发管理	10
6.2 销售订单管理	11
6.3 生产制造管理	12
6.4 质量追溯管理	14
6.5 智能物流管理	15
6.6 智慧运营管理	16
6.7 数字化人员管理	17
7 数字化转型实施架构设计	18

7.1 数据底座..... 18

7.2 转型保障体系..... 19

7.3 绩效评价体系..... 20

7.4 数字化转型系统架构..... 21

7.5 数字化转型功能模块..... 21

7.6 数字化转型实施核心框架..... 22

8 建设路径..... 23

8.1 建设规划..... 23

8.2 分级建设路径..... 23

9 建设实施步骤..... 25

9.1 建设准备..... 25

9.2 分层级实施..... 25

9.3 运行维护与智能化评价方法..... 26

9.4 实施流程..... 27

9.5 数字化转型实施升级建设..... 27

9.6 生产过程实时监控与优化..... 27

9.7 质量管控与追溯..... 27

9.8 物料配送自动化..... 29

9.9 能源消耗智能管控..... 29

参考文献..... 30

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本指南立足于包装行业实际情况，提出该行业轻量化数字化转型的实施路径，指南覆盖设备层、车间级和企业级三个转型层次，贯穿规划、建设、评估、优化四个实施环节。提出：以关键设备数字化改造为切入点，通过标准化接口实现生产数据的实时采集与互联互通；以生产流程优化为主线，构建从订单接收到产品交付的数字化管控体系；以企业整体效能提升为目标，推动研发、生产、供应链等全价值链业务协同。

本文件由提出并归口。

本文件起草单位：XXXX。

本文件主要起草人：XXXX。

本文件及其所代替或废止的文件的历次版本发布情况为：

——XXX

包装行业数字化转型实施指南

1 范围

本文件给出了包装行业数字化转型实施的术语和定义、建设目标、建设内容以及建设实施等方面的相关建议。

本文件适用于成都市包装印刷企业开展数字化转型实施的建设指导,重点针对纸制品包装(含彩盒、纸箱等)、塑料软包装(含复合膜、袋等)、金属包装(含易拉罐、金属罐等)及玻璃包装容器等细分领域的数字化转型实施。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 22239-2019 信息安全技术网络安全等级保护基本要求
- GB/T 36323-2018 信息安全技术工业控制系统安全管理基本要求
- GB/T 25486-2010 网络化制造技术术语
- GB/T 39116-2020 智能制造能力成熟度模型
- GB/T 50311-2016 综合布线系统工程设计规范
- 《成都市智能工厂和数字化车间认定要素》
- 《成都市智能工厂和数字化车间认定管理办法》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 数字化转型实施

企业通过系统性融合数字技术与核心业务流程,重构产品研发、生产制造、供可链管理等全价值链协同模式,建立数据驱动的智能决策体系,实现运营效率提升、质量精准控制和商业模式创新的战略性变革过程。

3.2 产品研发管理

基于产品研发技术构建贯穿设计打样、工艺验证到量产转化的全流程协同平台,实现包装材料的环保属性仿真、印刷工艺参数智能推荐及客户需求敏捷响应,推动研发周期压缩与创新成果快速转化。

3.3 销售订单管理

依托订单全生命周期数字监控体系,集成客户需求解析、产能智能匹配、交付动态追踪等功能,建立从商机转化到物流签收的端到端可视化管控机制,提升订单履约精准度与客户体验。

3.4 生产制造管理

通过物联网与工业互联网平台连接设备层、产线层与工厂层，实现生产工艺参数自适可调控、生产资源动态优化配置及能效闭环管控，形成柔性化、透明化、绿色化的智能制造体系。

3.5 质量追溯管理

可用RFID或二维码标识构建覆盖原材料入库、制程检验到成品出货的质量数据链，支持缺陷根因秒级定位与工艺参数反向优化，确保质量数据不可篡改和全流程可追溯。

3.6 智能物流管理

基于实时生产节拍与库存状态感知，通过AGV智能调度、三维数字仓储和路径优化算法实现物料精准配送与线边库存动态平衡，达成仓储周转效率与物流成本的双重优化。

3.7 智慧运营管理

整合企业资源计划（ERP）、商业智能（BI）与碳排放监测系统，构建覆盖成本分析、能效评估与供应链协同的决策支持平台，驱动运营策略持续改进与资源全局优化配置。

3.8 数字化人员管理

建立岗位数字技能矩阵与智能辅助工具体系，通过操作指引、知识图谱推送和在线赋能平台提升全员数字素养，培育数据驱动的问题解决能力与持续创新文化。

3.9 设备管理

以设备为研究对象,追求设备综合效率,可用一系列理论、方法,通过一系列技术、经济、组织措施,对设备的物质运动和价值运动进行全过程管理。

注1:前期管理:规划、设计、选型、购置、安装、验收

注2:后期管理:使用、维护、维修等过程。

[GB/T37393-2019, 定义3.5]

3.10 生产数据

在包装印刷生产活动中产生的各类数据，包括设备运行数据、生产工艺数据、产品质量数据、物料消耗数据、人员绩效数据等。

3.11 预测性维护

根据观察到的状况而决定的连续或间断进行的预防性维修,以监测、诊断或预测构筑物、系统或部件的条件指标。这类维修的结果可表明当前和未来的功能能力或计划维修的性质和时间表。

注:也称为基于状态的维修。

[GB/T29308-2012, 定义3.13]

3.12 制造执行系统

生产活动管理系统,该系统能启动、指导、响应并向生产管理人员报告在线、实时生产活动的情况这个系统辅助执行制造订单的活动。

[GB/T25486-2010, 定义2.1627]

4 核心特征

4.1 模块化架构

采用松耦合的系统架构设计理念，将数字化功能分解为可独立部署的标准化模块，支持企业根据

实际需求灵活组合。各功能模块通过标准化接口实现数据交互，确保系统扩展性和兼容性，为后续系统升级预留空间。

4.2 渐进式实施

建立分阶段、可量化的转型推进机制，将整体转型过程划分为产线级、车间级、企业级三个递进阶段。每个阶段设定明确的技术指标和实施要求，支持企业根据资源条件选择适合的切入点，实现数字化转型的平滑过渡和持续改进。

4.3 数字化解决方案

优先采用云端部署、边缘计算等轻量化技术手段，降低企业硬件投入和运维成本。重点包括基于SaaS模式的可用服务、分布式数据采集架构、移动端人机交互界面等，确保90%以上的现有设备可通过技术改造接入数字化系统。

4.4 场景要素牵引

针对包装行业特有的生产工艺和质量控制要求，开发专项数字化解决方案。重点包括专色印刷的智能配色系统、模切工艺的自动清废检测、复合材料的在线质量监控等专业场景的技术创新，实现行业认知与数字技术的深度融合。

5 总体架构

总体架构采用分层设计理念，形成以业务域为牵引、数据底座为支撑、能力进阶为导向的协同体系，以转型保障体系和绩效评价体系为支撑。

5.1 业务域层

产品研发管理：产品研发管理分为报价物料管理、打样物料管理、制造物料规划三个板块，旨在构建全链路数字化研发体系，贯通市场需求分析、材料选型验证到量产工艺转化的全流程。基于数字孪生技术建立虚拟仿真环境，实现包装结构参数化建模与物理特性智能匹配。深度融合历史工艺知识库与新材料特性数据库，开发智能配方推荐引擎，攻克专色印刷一致性、复合强度预测等行业核心技术难题。建立跨企业协同创新平台，整合产学研资源加速技术成果转化，形成设计-打样-量产的无缝衔接闭环。

销售订单管理：销售订单管理分为客户订单接收、订单执行跟踪、订单交付管理三个板块，旨在建立端到端订单智能管控中枢，覆盖客户需求解析、产能动态匹配及交付全流程可视化追踪。通过智能合约自动校验订单合规性，关联实时设备负荷与物料库存数据精准承诺交期。构建客户自助门户，支持个性化订单配置与进度实时查询。重点强化多品种小批量订单的弹性响应机制，优化资源调度策略破解短交期交付瓶颈，实现订单履约全周期透明化管控。

生产制造管理：生产制造管理分为生产计划排程、生产人员管理、生产设备管理、生产工序报工、生产条码管理、生产数据采集六个板块，旨在打造柔性化智能制造执行体系，实现设备互联互通、工艺参数自适应调控与能效闭环优化。通过制造数字孪生体实时监控印刷套准精度、模切压力等核心参数，部署智能排程引擎依据订单优先级动态调整产线序列。突破小批量快速换产技术瓶颈，集成工装智能配置与工艺参数自学习功能，最大限度压缩调试时间与物料浪费。建立生产资源动态平衡机制，提升设备综合利用率与能源使用效率。

质量追溯管理：质量追溯管理分为来料检验管理、首件检验管理、制程巡检管理、出货检验管理、质量追溯管理六个板块，旨在构建覆盖原材料至成品的全链条质量数据闭环，基于区块链技术建立不可篡改的质量存证体系。融合机器视觉与多源传感网络在线监测色彩偏差、封合强度等关键指标，实现缺陷根因秒级定位。开发质量知识图谱引擎，深度关联工艺参数波动与缺陷产生规律，形成

预防性质量干预机制。建立客户可验证的电子质量档案，增强供应链质量协同能力与品牌信任背书。

智能物流管理：智能物流管理分为智能仓储管理、车间物流管理、智能物流调度三个板块，旨在创建精准化物流调度网络，实现仓储资源动态调配与生产节拍深度协同。基于三维数字仓储模型优化立体库位分配策略，通过路径规划算法提升AGV搬运效率。构建物料标识化监控体系，对油墨、溶剂等特殊物料实施环境状态实时感知与流转追溯。建立智能拉动补货机制，依据生产线边消耗速率动态触发精准配送，实现库存周转效率与仓储空间利用率的双重优化。

智慧运营管理：智慧运营管理分为智能成本分析、运营智能改善、利润优化管理三个板块，旨在形成数据驱动的全域决策支持中枢，整合资源计划、供应链协同与碳排放监测功能。构建多维度成本利润分析模型，量化原材料波动对经营效益的影响路径。建立供应链弹性评估体系，预判断链风险并生成应急预案。开发绿色制造评价指标库，贯穿产品全生命周期实施碳足迹追踪，驱动环保工艺革新与资源循环利用策略持续升级。

数字化人员管理：数字化人员管理分为数字化能力矩阵、智能工具赋能、创新文化建设，旨在构建全员数字能力赋能体系，融合岗位技能矩阵认证、智能辅助工具与创新激励机制。部署操作指引系统，实现关键设备操作规程的实时可视化指导。建立创新提案管理平台，收集工艺改良建议并跟踪转化成效。培育数据驱动的问题解决文化，通过跨部门知识共享社区沉淀隐性经验，激发持续改进的内生动力与组织创新能力。

5.2 数据底座

全域数据融合层：构建覆盖设备物联数据、生产工艺数据、质量检测数据及供应链数据的全要素采集体系，通过统一数据接入网关实现多源异构数据的标准化接入与清洗转换，为上层可用提供高质量数据资源池。支持包装行业特有的印刷色差、模切精度等核心参数的高频采集与实时同步。

智能分析引擎层：部署机器学习算法库与行业知识图谱，实现工艺参数优化、质量缺陷预测、能耗异常诊断等场景的智能化分析。结合包装材料特性与生产工艺规律开发专用分析模型，驱动生产决策由经验导向向数据驱动转型。

服务化支撑层：通过API服务总线封装数据服务能力，提供工艺优化、排产调度等可复用微服务组件。建立数据沙箱环境支持业务人员自助式分析，降低数据可用技术门槛，赋能企业自主创新。

5.3 分级能力矩阵

L1基础级：企业开始对数字化转型进行规划，具备基础的数字化转型水平和条件，对核心业务信息数字化管理，如将部分业务手工记录转为在线文档。

L2提升级：企业采用自动化技术、信息技术手段对核心装备和业务环节进行改造和规范，实现单一业务环节的数字化转型，并能够结合国内外实践实施两化融合管理，使用轻量化MES、ERP等工具对业务工作数字化管理。

L3先进级：企业对装备、系统等启动创新集成，实现跨业务环节的数据共享从单一环节优化走向多流程数字化协同，如打通库存、采购、排产、配送等关键环节数据，通过数据协同提升业务运行效率和准确性。

5.4 转型保障体系

构建覆盖标准规范、数据管理与运维体系的综合性支撑架构，通过统一技术标准打通设备异构壁垒，建立全生命周期数据管控机制保障决策可信度，部署预测性运维中枢实现系统持续优化。该体系以标准化框架为基石，以数据资产化运营为引擎，以智能保障机制为护盾，形成支撑业务系统稳健运行的数字基础设施，驱动数字化转型从单点突破向生态协同跃迁。

5.4.1 标准规范

技术互操作规范：制定设备接入协议统一转换标准，解决传统印刷设备、智能检测装置等多代系

装备的互联互通问题。明确数据字典定义规则，确保油墨配比、承印物参数等行业核心数据的语义一致性。

业务集成规范：定义ERP/MES/QMS等系统间的服务接口标准，规范订单状态同步、工艺参数下发等关键业务流程的数据交互格式。建立跨企业数据交换机制，支持包装产业链协同创新。

安全合规规范：依据GB/T22239等标准建立分级防护体系，针对印刷配方、客户订单等敏感数据实施加密存储与访问控制。制定数据伦理治理准则，保障企业数据主权与隐私合规。

5.4.2 数据管理

全生命周期管控：建立从数据采集、存储、处理到归档销毁的闭环管理机制，制定包装产品设计数据、生产过程数据等不同类别数据的存储周期策略。实施数据血缘追踪技术，确保质量追溯数据的完整性与可信度。

数据资产化运营：构建数据价值评估模型，量化工艺优化数据库、设备运行知识库等核心资产对业务降本增效的贡献度。建立数据资产目录与服务目录，推动数据资源向生产要素转化。

数据质量保障：开发专用校验规则库，自动检测印刷色号偏差、物料编码错位等行业典型数据异常。实施数据质量持续改进机制，通过源头治理与过程控制提升决策数据可靠性。

5.4.3 运维体系

组织管理机制：构建权责明确的运维组织架构，设立专职数字化转型运维团队，明确系统监控、故障响应、版本迭代等环节的责任主体。建立跨部门协同机制，确保生产、IT、质量等部门在运维流程中的无缝协作。

智能监控平台：搭建融合设备健康度分析、网络流量监测、可用性能管理的立体化监控中枢，实现对印刷机传动系统、模切机液压装置等关键设备的状态预测性预警。建立运维知识库自动匹配故障处置方案。

敏捷响应机制：制定分级事件响应流程，针对色彩管理系统宕机、订单系统阻塞等不同等级故障设定处置时效标准。构建远程专家协同平台，支持设备厂商与运维团队的跨组织联合排障。

持续进化能力：建立数字化转型成熟度评估模型，定期诊断系统架构瓶颈与能力缺口。设计模块化升级路径，支持从单点可用到全局优化的平滑演进，保障技术体系与业务发展的动态适配。

5.5 绩效评价体系

构建覆盖能力成熟度、运行效能与价值贡献的三维评价模型，建立数字化转型全周期度量机制。通过基础能力指标评估技术底座完备性，核心效能指标监测生产质量提升水平，战略价值指标量化业务模式创新成效。采用动态诊断工具识别能力缺口，结合行业标杆比对优化演进路径，形成“实施-评价-改进”闭环管理体系，驱动数字化转型从技术应用向价值创造深化。

5.5.1 分层评价维度

分层评价维度通过能力成熟度轴聚焦技术底座完备性，系统评估标准规范覆盖率、数据治理深度及技术工具渗透水平；运行效能轴监测生产过程优化实效，跟踪订单交付时效、质量稳定性与资源利用效率等核心指标；价值贡献轴量化转型战略成效，评估客户体验升级、创新成果转化及生态协同能力等长效价值。通过多维度耦合分析，精准定位转型进程中的能力短板与突破方向。

5.5.2 动态演进机制

建立分级递进式评价标尺，支持企业基于L1-L3能力基线定位发展阶段。开发差距诊断矩阵工具，关联能力缺口与改进路径生成优化方案库。构建行业基准参照体系，整合标杆企业最佳实践形成可复用的演进模式。通过周期性成熟度扫描与路径动态调优，实现从基础建设到创新引领的阶梯式跃迁。

5.5.3 闭环管理特征

形成“评价-诊断-优化”闭环治理体系，将评估结果反向注入技术架构迭代与业务流程重组。关键评价指标纳入企业战略绩效管理框架，驱动资源配置与决策机制升级。建立数字化转型健康度年度发布机制，通过白皮书沉淀行业知识资产，持续完善评价模型与方法论体系，保障转型进程与业务战

略动态契合。

6 业务域层建设内容

包装行业数字化转型实施业务域层建设内容从产品研发管理、销售订单管理、生产制造管理、质量追溯管理、智能物流管理、智慧运营管理、数字化人员管理七个方面综合考量。

6.1 产品研发管理

构建全链路数字化研发体系，实现从概念设计到量产验证的协同创新。通过PLM系统贯通材料特性数据库与工艺知识库，支持包装结构的参数化建模与虚拟仿真。重点开发智能配方推荐引擎，基于历史数据与材料物性匹配最优工艺参数，解决新材料适配周期长、打样成本高的行业痛点。建立跨企业协同设计平台，推动产学研资源整合与创新成果快速转化。

6.1.1 报价物料管理

6.1.1.1 基础电子化建设

- a) 宜用电子表格工具建立基础物料数据库，实现关键参数结构化存储与版本管理。
- b) 制定标准化报价模板规范，明确人工录入流程与数据校验规则。
- c) 部署简易历史报价检索系统，支持按客户/物料类别的条件查询功能。

6.1.1.2 流程自动化升级

- a) 部署轻量级报价软件系统，实现材料成本自动计算与利润分析。
- b) 配置条码扫描设备快速采集物料信息，减少人工输入误差。
- c) 建立电子化审批 workflow，支持跨部门在线协同评审与版本追溯。

6.1.1.3 系统集成贯通

- a) 贯通CRM与ERP系统数据通道，实现客户需求自动转化物料清单。
- b) 构建成本数据中台，关联供应商价格波动生成动态报价方案。
- c) 部署智能比价分析平台，整合历史交易数据优化报价策略。

6.1.2 打样物料管理

6.1.2.1 数字化基础构建

- a) 建立电子化打样台账系统，记录材质规格等核心工艺参数。
- b) 配置文档管理系统存储样品图文资料，实现基础检索功能。
- c) 制定数字化流程规范，明确数据采集标准与版本控制规则。

6.1.2.2 自动化能力提升

- a) 部署PLM系统打样模块，关联3D模型与物料特性数据库。
- b) 宜用工业相机采集材料表面数据，实现物理特性数字化。
- c) 建立供应商协同接口，支持特殊材料在线申请与电子审批。

6.1.2.3 跨系统协同优化

- a) 贯通设计系统与生产系统数据链，自动传递打样工艺参数。
- b) 构建质量数据关联模型，实现打样效果与量产标准比对分析。
- c) 部署打样知识管理平台，沉淀成功案例支撑工艺决策。

6.1.3 制造物料规划

6.1.3.1 电子化框架搭建

- a) 宜用MRP工具实现BOM电子化管理，支持基础物料需求运算。
- b) 建立库存电子台账系统，设置安全库存阈值预警机制。
- c) 部署可视化库存看板，动态展示关键物料存量与周转状态。

6.1.3.2 自动化执行升级

- a) 部署WMS系统库位管理模块，实现物料精准定位与状态追踪。
- b) 配置RFID技术自动采集出入库数据，实时更新库存信息。
- c) 建立JIT物料调度机制，根据生产计划触发配送指令。

6.1.3.3 系统化集成决策

- a) 贯通MES与WMS系统数据流，同步生产需求与库存动态。
- b) 构建供应商协同平台，整合交货周期数据优化采购策略。
- c) 部署物料数字孪生看板，可视化监控全流程流转状态。

6.2 销售订单管理

建立端到端订单智能管控中枢，贯通客户需求解析、产能匹配与交付追踪全流程。部署订单全生命周期监控平台，通过规则引擎自动校验订单合规性，关联实时产能数据动态承诺交期。构建客户自助门户，支持在线订单配置、进度可视与异常预警。重点强化短交期订单的智能排程能力，优化资源调配策略以提升订单履约率与客户满意度。

6.2.1 客户订单接收

6.2.1.1 流程规范化建设

- a) 建立电子订单录入模板，规范客户需求关键字段采集标准。
- b) 配置基础数据校验规则，防止关键信息遗漏与格式错误。
- c) 部署订单状态管理工具，支持人工标注与简易查询功能。

6.2.1.2 智能化处理升级

- a) 部署OCR识别系统自动提取纸质订单信息，转化为结构化数据。
- b) 构建规则引擎校验订单完整性，自动标识异常数据。
- c) 建立电子分派 workflow，实现问题订单快速流转处理。

6.2.1.3 全链路集成管理

- a) 贯通CRM与MES系统接口，自动转化销售订单为生产指令。
- b) 通过数据中台关联产能信息，实时反馈订单可承诺交期。
- c) 构建订单全生命周期追踪平台，整合历史数据辅助决策。

6.2.2 订单执行跟踪

6.2.2.1 电子化监控基础

- a) 建立电子化工单管理系统，记录生产进度基础数据。
- b) 配置人工进度填报界面，支持工序完成状态标记。
- c) 部署简易延期预警工具，识别超时未完成工单。

6.2.2.2 自动化采集升级

- a) 部署MES工位数据采集终端，实时获取工序完成状态。
- b) 配置设备运行状态传感器，自动采集设备稼动数据。
- c) 建立电子异常提报流程，支持问题工单快速响应。

6.2.2.3 系统化闭环管理

- a) 贯通MES与ERP系统数据通道，实时映射订单生产状态。
- b) 通过数据中台关联质量检测结果，构建质量进度关联视图。
- c) 部署生产执行监控平台，可视化展示订单全流程进度。

6.2.3 订单交付管理

6.2.3.1 标准化流程建设

- a) 建立电子交付清单模板，规范物流信息记录格式。
- b) 配置出库校验规则引擎，确保产品与订单一致性。
- c) 部署客户签收记录工具，支持电子签名与凭证存储。

6.2.3.2 物流自动化升级

- a) 部署条码系统采集物流节点数据，实现运输过程可视化。
- b) 配置GPS定位设备监控运输车辆，实时追踪在途状态。
- c) 建立电子客户反馈通道，收集签收评价与异常报告。

6.2.3.3 全链条集成管理

- a) 贯通WMS与TMS系统数据接口，同步仓储物流信息。
- b) 通过集成平台对接客户系统，自动反馈交付完成状态。
- c) 构建交付质量分析中心，关联客户反馈优化服务策略。

6.3 生产制造管理

打造柔性化智能制造体系，实现设备、工艺与资源的动态协同优化。通过MES系统构建生产数字孪生体，实时监控印刷套准精度、模切压力等核心参数。部署自适应调度引擎，依据订单优先级与设备状态自动调整生产序列。重点突破小批量订单的快速换产技术，通过工装智能配置与工艺参数自学习，最大限度减少调试浪费。

6.3.1 生产计划排程

6.3.1.1 电子化排程基础

- a) 宜用电子表格工具制定生产计划，支持基础版本管理。
- b) 建立人工冲突标识机制，可视化展示资源占用冲突。
- c) 部署计划变更记录系统，追踪调整历史与依据。

6.3.1.2 智能化优化升级

- a) 部署MES系统排程模块实现多约束条件自动排程，优化设备负载。
- b) 配置设备状态监控传感器，实时采集产能可用数据。
- c) 建立计划滚动更新机制，动态吸收生产执行偏差。

6.3.1.3 系统化协同决策

- a) 贯通ERP与MES系统数据流，同步订单与实时产能。
- b) 通过数据中台关联物料库存信息，自动校验计划可执行性。
- c) 构建产能负荷仿真平台，预演不同排产方案影响。

6.3.2 生产人员管理

6.3.2.1 数字化建档基础

- a) 建立电子员工档案库，记录技能认证与培训信息。
- b) 配置人工排班管理工具，可视化展示班组结构。
- c) 部署培训记录跟踪系统，管理课程完成状态。

6.3.2.2 自动化调度升级

- a) 部署智能考勤终端自动采集出勤数据，关联岗位需求。
- b) 配置RFID工牌追踪人员位置，优化产线人力分布。
- c) 建立电子任务分派流程，按技能匹配自动推送工单。

6.3.2.3 系统化效能优化

- a) 贯通HR系统与MES数据接口，实时同步人力状态。
- b) 通过集成平台关联生产绩效指标，分析人效瓶颈。
- c) 构建技能提升知识库，智能推荐个性化培训方案。

6.3.3 生产设备管理

6.3.3.1 电子化台账基础

- a) 建立设备电子档案库，记录型号参数与维保历史。
- b) 配置人工点检记录系统，规范日常维护流程。

- c) 部署故障报修工单工具，支持异常快速提报。
- 6.3.3.2 MES系统单点应用
 - a) 部署MES设备管理模块，实时采集设备运行状态数据。
 - b) 配置设备异常报警规则，自动触发维修工单。
 - c) 建立电子维保计划，定期生成预防性维护任务。
- 6.3.3.3 系统化健康管理
 - a) 贯通MES与EAM系统数据通道，同步生产维保计划。
 - b) 通过数据中台关联能耗信息，分析设备能效瓶颈。
 - c) 构建设备健康管理平台，综合评估运行效率与可靠性。
- 6.3.4 生产工序报工
 - 6.3.4.1 电子化记录
 - a) 宜用电子表格建立工序记录模板，人工填报完成数量与工时数据，实现基础电子化存档。
 - b) 配置版本管理机制确保记录可追溯，部署简易查询工具支持按订单检索进度状态。
 - c) 制定数据填报规范，明确异常工况人工标注要求，保障记录完整性。
 - 6.3.4.2 自动化采集
 - a) 部署MES工位终端设备，工序开始/结束时自动触发记录，实时采集生产进度。
 - b) 配置触摸屏交互界面，支持不良品分类标注与数量录入，自动关联责任工位。
 - c) 建立电子流转卡系统，任务完成后自动推送至下道工序，减少人工交接延迟。
 - 6.3.4.3 系统集成
 - a) 贯通MES与ERP系统接口，实时同步报工数据至生产分析模块，消除信息孤岛。
 - b) 关联质量检测系统数据，构建工序合格率效能分析模型，识别质量瓶颈点。
 - c) 部署生产节拍监控平台，可视化呈现各工序周期时间，预警产线平衡率异常。
- 6.3.5 生产条码管理
 - 6.3.5.1 基础应用
 - a) 建立产品条码编码规则手册，规范一维码标签打印标准，支持人工扫码采集。
 - b) 配置手持扫描枪设备，关键节点人工扫描记录流转信息，实现基础追溯。
 - c) 部署单件级查询工具，支持通过条码检索生产批次与基础工艺参数。
 - 6.3.5.2 MES系统单点应用
 - a) 部署MES条码管理模块，自动生成产品唯一标识。
 - b) 配置自动贴标设备，产线动态赋码与信息绑定。
 - c) 建立条码校验规则，实时拦截错误标签产品。
 - 6.3.5.3 全链路贯通
 - a) 贯通WMS与MES系统数据流，同步物料码与产品码关联关系，构建溯源基础。
 - b) 建立全流程数据追溯链，支持正反向跨工序追溯查询，快速定位问题环节。
 - c) 部署移动端扫码验证接口，客户可查询产品生产履历与质检报告态。
- 6.3.6 生产数据采集
 - 6.3.6.1 人工录入
 - a) 建立设备参数电子记录模板，规范温度压力等关键数据人工录入格式。
 - b) 配置基础逻辑校验规则，确保必填数据完整有效，防止关键信息遗漏。
 - c) 部署日报自动生成工具，支持基础产量与工时统计，替代手工报表。
 - 6.3.6.2 MES系统单点应用
 - a) 部署MES数据采集模块，自动获取设备运行参数与关键工艺环境参数。
 - b) 配置PLC通讯接口，自动获取设备运行状态代码与启停时间。
 - c) 建立边缘计算节点，高频振动数据本地缓存压缩，降低网络负载。

6.3.6.3 系统化集成

- a) 贯通SCADA与MES系统，映射设备实时运行状态至生产监控平台。
- b) 构建数据中台统一治理能耗产量等多源数据，消除数据碎片化。
- c) 部署数字孪生监控看板，三维可视化呈现产线设备运行健康状态。

6.4 质量追溯管理

建立全链条质量闭环控制系统，覆盖原材料入库至成品出货全过程。应用区块链技术构建不可篡改的质量数据链，实现缺陷根因定位。部署机器视觉与传感网络，在线监测色彩偏差、复合强度等关键指标。开发质量知识图谱，关联工艺参数与缺陷模式，形成预防性质量优化机制。构建客户可验证的电子质量档案，增强品牌信任度。

6.4.1 来料检验管理

6.4.1.1 电子化记录

- a) 建立电子检验表单模板，固化检测项目与允收标准，规范人工录入。
- b) 配置基础判定规则库，辅助检验员快速决策，减少人为判断差异。
- c) 部署供应商绩效看板，统计来料批次合格率趋势，支撑考核决策。

6.4.1.2 自动化检测

- a) 部署机器视觉系统，自动识别卷材表面划痕凹陷等外观缺陷。
- b) 配置材料拉伸试验机，自动采集抗拉强度等关键物性参数。
- c) 建立电子评审流程，质量异常时在线发起评审与处置方案。

6.4.1.3 协同管理

- a) 贯通QMS与SRM系统，共享供应商历史质量数据与改进记录。
- b) 构建风险预警模型，基于物料特性预判潜在质量问题。
- c) 部署供应商协同平台，在线发起整改要求并跟踪闭环。

6.4.2 首件检验管理

6.4.2.1 流程管理规范

- a) 建立电子首检报告模板，固化尺寸外观等必检项目清单。
- b) 配置版本控制机制，管理工艺变更后的标准同步与记录。
- c) 部署电子签核工具，实现审批流程留痕与权限控制。

6.4.2.2 数字化辅助

- a) 部署三维扫描设备，自动比对实物与设计模型轮廓偏差。
- b) 配置分光光度计，量化专色印刷LAB值差异并生成报告。
- c) 建立检验数据看板，实时监控首检时效与合格率波动。

6.4.2.3 智能决策

- a) 贯通MES与QMS系统，自动传递最新版检验标准至产线。
- b) 关联历史检验数据，构建工艺参数知识库辅助调机决策。
- c) 部署智能判定引擎，基于多维度数据辅助放行决策。

6.4.3 制程巡检管理

6.4.3.1 电子化巡检

- a) 建立电子巡检路线图，规范印刷模切等关键工序巡检点位。
- b) 配置工业PDA设备，支持现场录入参数偏差与异常描述。
- c) 部署异常提报工具，结构化记录问题现象与初步分析。

6.4.3.2 单点自动化

- a) 安装温湿度传感器自动采集印刷车间环境数据，实时监测温湿度变化并生成记录报告。
- b) 配置工业相机定时拍摄关键工序状态画面，自动存档备查并支持异常画面标记。

c) 建立电子化异常提报流程，结构化记录问题现象与位置信息，自动触发整改任务。

6.4.3.3 系统集成

a) 对接MES系统获取设备运行参数数据，关联工艺设定值与实际值进行比对分析。

b) 整合质量系统检测结果数据，识别高频异常工序点位并生成热力图展示。

c) 部署巡检计划动态优化工具，依据风险等级自动调整关键点位检查频次。

6.4.4 出货检验管理

6.4.4.1 电子化记录

a) 建立Excel检验记录模板，人工录入抽样检测结果与判定结论，按客户要求分类存储。

b) 制定电子文档管理规范，明确客户检验标准命名规则与存储路径，确保版本统一。

c) 部署基础查询工具，支持按订单编号或产品批号检索历史检验记录与报告。

6.4.4.2 自动化检测

a) 配置自动称重系统校验产品数量完整性，自动生成重量分布报告并标识异常。

b) 使用X光机检测包装内部结构完整性，自动识别缺失部件或异物并触发报警。

c) 建立电子放行审批流程，在线提交检测报告并留存审批记录与电子签名。

6.4.4.3 系统集成

a) 对接WMS系统出库指令，自动触发检验任务并分配待检产品批次信息。

b) 关联客户系统验收标准库，预判质量符合性风险并生成差异分析报告。

c) 部署质量报告客户自助查询平台，支持扫码查看完整检验数据与放行凭证。

6.4.5 质量追溯管理

6.4.5.1 基础追溯

a) 建立批次管理电子台账系统，记录原料入库至成品出库关键节点信息与责任人。

b) 配置手持式扫码设备，支持人工扫描产品条码查询单件基础生产信息。

c) 部署简易分析工具，定位质量问题关联工序环节并生成责任环节报告。

6.4.5.2 自动化追溯

a) 部署RFID系统自动采集产品流转路径信息，实时记录位置状态与时间戳。

b) 关联关键工艺参数记录数据，构建完整生产数据链支持正向反向追溯。

c) 自动生成电子追溯分析报告，可视化展示问题产品全流程路径与关联数据。

6.4.5.3 全链贯通

a) 对接MES/QMS/WMS系统数据接口，构建覆盖供应链的端到端追溯链条。

b) 应用数据存证技术确保关键工序数据不可篡改，支持第三方验证可信度。

c) 部署智能诊断分析工具，基于追溯数据自动生成改进措施建议方案。

6.5 智能物流管理

创建精准化物流调度网络，实现物料流转与生产节拍的动态平衡。通过WMS系统与AGV协同，优化立体库位分配与搬运路径。部署智能拉动系统，基于实时生产需求触发精准配送指令。重点解决包装容器、油墨耗材等特殊物料的追溯难题，建立一物一码标识体系与环境状态监控机制，保障物料流转全程可控。

6.5.1 智能仓储管理

6.5.1.1 基础电子化

a) 使用Excel建立库位信息表，人工记录物料存放位置与数量信息。

b) 制定电子文档命名规则，分类存储出入库单据与库存台账。

c) 部署简易查询功能，支持按物料编码检索库存位置。

6.5.1.2 单点自动化

a) 部署电子货架标签系统，自动显示物料实时库存数量。

- b) 配置AGV小车执行固定路径搬运任务，替代人工运输。
- c) 建立库存预警机制，库存低于阈值时自动邮件提醒。

6.5.1.3 系统集成

- a) 贯通WMS与MES系统，实时同步生产物料需求。
- b) 构建库存优化模型，动态调节安全库存水位。
- c) 部署三维仓储看板，可视化监控库容状态与周转率。

6.5.2 车间物流管理

6.5.2.1 流程电子化

- a) 制定电子化物流路线图，规范物料配送路径与节点。
- b) 配置交接记录表格，人工登记物料收发时间与数量。
- c) 部署任务分配工具，人工调度配送任务优先级。

6.5.2.2 自动化执行

- a) 部署AGV集群系统，按预设路线执行工位配送。
- b) 配置电子看板设备，实时显示各工位物料需求。
- c) 建立电子拉动信号系统，人工触发补货请求。

6.5.2.3 系统集成

- a) 对接MES生产计划系统，依据工单进度动态调整配送。
- b) 构建路径优化算法模型，减少无效搬运距离。
- c) 部署物流监控看板，实时跟踪配送任务状态。

6.5.3 智能物流调度

6.5.3.1 电子化调度

- a) 建立运输任务电子台账，人工分配车辆与货物信息。
- b) 配置路径规划辅助工具，优化人工调度决策效率。
- c) 部署在途监控表格，人工记录异常事件与位置。

6.5.3.2 单点自动化

- a) 宜部署AGV调度系统规划固定搬运路径。
- b) 宜用传感器监控物流设备运行状态。
- c) 宜建立故障处理规则库，人工响应异常。

6.5.3.3 系统集成化

- a) 宜部署任务分配引擎，动态调整AGV搬运任务。
- b) 宜构建物流状态看板，可视化展示设备位置。
- c) 宜打通生产计划系统，人工触发物料配送指令。

6.6 智慧运营管理

构建数据驱动的决策支持中枢，整合资源计划、能耗监测与供应链协同。通过商业智能（BI）平台融合多源数据，可视化呈现成本构成、设备效能等关键指标。部署预测性分析模型，预判市场波动对原材料价格的影响。重点建立绿色制造评价体系，量化产品全生命周期碳排放，驱动环保工艺革新与资源循环利用。

6.6.1 智能成本分析

6.6.1.1 基础电子化

- a) 使用Excel表格建立成本台账，人工录入原材料、能耗等基础数据。
- b) 制定电子文档管理规则，分类存储各类成本记录单据。
- c) 部署简易查询工具，支持按月份或产品类别检索历史数据。

6.6.1.2 单点自动化

- a) 部署成本分析软件，自动采集生产设备能耗数据。
- b) 配置数据接口，自动导入供应商物料价格信息。
- c) 建立成本异常预警机制，超阈值自动邮件提醒。

6.6.1.3 系统集成

- a) 对接财务系统与生产系统，同步实际成本与标准成本。
- b) 关联供应链系统数据，分析采购成本波动影响。
- c) 部署多维度成本看板，可视化展示成本构成。

6.6.2 运营智能改善

6.6.2.1 电子化记录

- a) 建立电子问题记录表，人工收集生产异常信息。
- b) 制定改善提案模板，结构化存储改进建议。
- c) 部署基础查询功能，支持按责任部门检索记录。

6.6.2.2 流程自动化

- a) 部署BI工具自动生成运营分析报告。
- b) 配置数据采集接口，自动获取设备停机数据。
- c) 建立电子评审流程，在线处理改善提案。

6.6.2.3 系统集成

- a) 整合生产、质量、能耗系统数据。
- b) 构建运营效能分析模型，识别瓶颈环节。
- c) 部署改善方案推送引擎，定向分发优化建议。

6.6.3 利润优化管理

6.6.3.1 电子化分析

- a) 建立利润计算电子模板，人工录入收入成本数据。
- b) 制定产品利润档案，分类存储历史分析记录。
- c) 部署基础对比工具，支持产品线利润横向比较。

6.6.3.2 自动化升级

- a) 部署利润分析系统，自动关联成本与销售数据。
- b) 配置价格波动监测模块，跟踪原材料市场行情。
- c) 建立利润预警规则，异常波动自动触发提醒。

6.6.3.3 决策支持

- a) 对接ERP与CRM系统，整合订单与成本数据。
- b) 构建利润预测模型，模拟不同定价策略影响。
- c) 部署利润驾驶舱，可视化监控各产品线贡献。

6.7 数字化人员管理

形成全员数字能力赋能体系，贯穿技能培训、智能辅助与创新激励。建立岗位数字技能矩阵，通过操作指引与知识推送系统提升现场响应能力。部署创新提案管理平台，收集工艺改良建议并跟踪转化成效。重点培育数据驱动的问题解决文化，构建跨部门知识共享社区，激发持续改进的内生动力。

6.7.1 数字化能力矩阵

6.7.1.1 基础电子化

- a) 使用Excel建立岗位技能清单，人工定义基础数字化能力要求。
- b) 制定电子培训档案模板，记录员工基础软件操作培训记录。
- c) 部署简易查询功能，支持按岗位检索能力要求标准。

6.7.1.2 单点工具应用

- a) 部署在线考试系统，自动评测员工基础软件操作能力。
- b) 配置电子工牌系统，记录岗位操作认证状态。
- c) 建立电子化能力台账，管理多技能岗位认证记录。

6.7.1.3 系统集成

- a) 对接HR系统与生产系统，同步岗位能力需求数据。
- b) 关联生产绩效数据，分析技能短板对效率影响。
- c) 部署能力提升建议引擎，生成个性化培训方案。

6.7.2 智能工具赋能

6.7.2.1 电子化辅助

- a) 建立电子作业指导书库，人工上传设备操作文档。
- b) 配置基础检索工具，支持按设备型号查询文档。
- c) 部署简易故障代码表，人工记录处理方案。

6.7.2.2 自动化辅助

- a) 部署设备操作指导系统，扫描设备显示操作步骤。
- b) 配置智能语音助手，语音查询常见故障解决方案。
- c) 建立电子点检流程，扫码触发设备检查清单。

6.7.2.3 系统集成

- a) 对接MES系统获取设备实时状态数据。
- b) 关联维修知识库，智能推荐故障处理方案。
- c) 部署智能决策看板，可视化展示设备健康状态。

6.7.3 创新文化建设

6.7.3.1 电子化管理

- a) 建立电子提案收集模板，人工提交改进建议。
- b) 制定评审流程文档，规范人工评审步骤。
- c) 部署提案归档系统，分类存储优秀案例。

6.7.3.2 流程自动化

- a) 部署创新管理平台，在线提交与追踪提案。
- b) 配置自动评分规则，量化评估提案价值。
- c) 建立电子奖励系统，自动发放创新积分。

6.7.3.3 生态化建设

- a) 对接产学研资源库，共享行业创新案例。
- b) 构建跨企业创新社区，促进技术交流合作。
- c) 部署创新影响力评估模型，优化激励机制。

7 数字化转型实施架构设计

7.1 数据底座

构建支撑全业务域智能决策的统一数据基础设施，形成覆盖数据采集、治理、服务全链路的赋能体系。通过边缘计算节点实现设备层毫秒级高频数据实时处理，建立多源异构数据融合机制打通信息孤岛，部署智能分析引擎挖掘工艺参数与质量结果的隐性关联规则。构建行业知识图谱封装核心工艺经验，提供标准化API服务接口支撑敏捷创新，确保数据资源向智能资产的持续转化。

7.1.1 边缘感知层

- a) 部署轻量化采集终端，实现设备振动、温度等高频运行参数的毫秒级捕获，支持本地化数据清

洗与特征提取。通过协议自适应模块兼容PLC、传感器等多源信号，建立边缘计算节点完成实时工况分析，保障关键工艺控制的低时延响应能力。

b) 构建工艺参数动态感知网络，针对印刷色差、模切精度等核心指标实施在线监测。开发边缘规则引擎，对超限工况触发本地化预警指令，减少云端依赖。采用增量压缩传输技术降低网络负载，确保关键数据不丢失。

c) 建立设备自主决策单元，基于实时工况数据执行预置控制策略。如印刷机自动调节墨量、模切机动态补偿压力偏差等，形成边缘层闭环控制能力。支持断网续传机制，保障极端工况下的基础运行稳定性。

d) 宜开发边缘知识库，封装设备调优经验与故障处置规则。通过机器学习实现异常模式自识别，对常见问题生成本地化处置方案，提升现场响应时效性。

e) 宜构建边缘协同网络，实现跨设备数据联动分析。如联动烘干温度与印刷速度参数，自主优化能耗与质量平衡点，形成分布式智能决策能力。

7.1.2 平台治理层

a) 建立全域数据资源池，整合设备运行、工艺参数、质量检测等异构数据源。通过统一元模型定义实现多源数据标准化映射，构建企业级数据资产目录体系。

b) 实施数据全生命周期管控，制定分级存储策略与访问控制规则。部署数据血缘追踪工具，记录从采集到应用的完整流转路径，确保质量追溯的可信性与完整性。

c) 构建主动治理机制，开发行业专用校验规则库。自动识别油墨配比异常、物料编码错位等典型问题，通过数据质量看板可视化展示治理成效。

d) 宜部署智能主数据管理引擎，动态关联工艺参数库与质量标准库。基于历史数据自学习生成数据清洗规则，持续优化治理策略。

e) 宜建立数据价值评估模型，量化工艺优化库、设备知识库等核心资产对降本增效的贡献度，驱动数据资产化运营。

7.1.3 智能服务层

a) 开发标准化数据服务接口，提供设备状态、工艺参数等基础数据访问能力。构建自助分析沙箱环境，支持业务人员拖拽式数据探索与可视化分析。

b) 封装行业专用算法组件库，如专色匹配优化、能耗预测等模型。提供API服务支持快速调用，降低智能应用开发门槛。建立服务编排工具，实现多模型协同计算。

c) 部署预测性服务引擎，基于历史数据生成工艺优化建议。如推荐印刷压力参数区间、预判设备维护窗口等，形成数据驱动的决策辅助能力。

d) 宜构建行业知识图谱，关联材料特性、工艺参数与质量结果的隐性规律。通过语义检索智能推送优化方案，支撑复杂问题决策。

e) 宜开放生态服务接口，支持与供方系统交换质量数据、与客户系统共享订单进度，构建跨企业协同创新平台。

7.2 转型保障体系

构建标准规范、数据治理与智能运维三位一体的可持续保障机制，形成支撑数字化转型纵深推进的核心基础设施。标准规范框架通过统一技术协议与业务接口消除系统孤岛，数据治理机制建立全生命周期可信数据资产运营体系，智能运维中枢实现从被动响应到主动优化的能力跃迁。三大体系通过闭环联动机制实现协同进化：标准体系为数据治理提供规则基准，治理成果为智能运维注入决策依据，运维实践反哺标准迭代与治理优化，最终形成支撑业务持续创新的动态保障生态。

7.2.1 标准规范

a) 建立设备接入统一标准，定义传感器选型、通信协议等基础技术要求，解决多代系装备兼容问题。制定数据字典规范，明确油墨配比、承印物参数等核心字段语义，消除跨系统理解歧义。

b) 构建业务集成规范体系，规定订单状态同步、工艺参数下发等关键流程的数据交互格式。制定接口服务目录，支持ERP/MES等系统松耦合集成，降低改造实施复杂度。

c) 完善安全合规基准，依据等级保护要求划分数据敏感等级。建立工艺配方、客户订单等敏感信息的加密存储与访问控制机制，保障核心资产安全可控。

d) 宜开发标准符合性自检工具，自动识别协议偏差与接口异常。构建标准版本追溯机制，确保规范文件与实施系统的一致性。

e) 宜建立跨企业标准协同机制，联合供方制定包装容器标识、质量追溯链等产业级规范，促进生态协同创新。

7.2.2 数据管理

a) 制定全生命周期管控策略，明确工艺参数、质量记录等不同数据类型的存储周期与归档规则。部署基础血缘追踪工具，记录关键数据流转路径，支持问题溯源分析。

b) 构建质量闭环控制体系，开发印刷色差、物料编码等典型数据异常的自动校验规则。建立治理看板可视化展示完整性、一致性等核心指标达标情况。

c) 实施数据资产登记制度，对工艺知识库、设备运行库等核心资产进行价值评级。制定资产运营规程，规范数据服务发布与调用流程。

d) 宜部署智能治理引擎，基于历史问题自学习生成清洗规则。关联业务场景动态优化治理策略，如订单波动期自动调整库存数据采集频率。

e) 宜构建数据价值评估模型，量化质量追溯数据对客诉率降低的贡献度，驱动治理资源精准投放。

7.2.3 运维体系

a) 建立分级监控机制，对印刷机传动系统、模切液压装置等关键设备设置差异化预警阈值。配置基础告警规则，对设备离线、参数超限等事件触发即时通知。

b) 构建故障知识库，封装常见异常处置方案与备件更换流程。开发工单自动分派引擎，依据设备类型与故障代码匹配最佳处理团队。

c) 制定持续优化规程，定期开展系统健康度评估。建立版本迭代沙盘机制，预演升级方案对业务连续性的影响，控制变更风险。

d) 宜部署预测性维护中枢，基于振动频谱、温度趋势等数据预判设备劣化周期。自动生成预防性维护计划并关联备件库存状态。

e) 宜构建产学研协同运维生态，对接设备厂商远程诊断平台，整合行业专家资源攻克复杂故障，形成知识共享与能力共进的良性循环。

7.3 绩效评价体系

构建“能力-效能-价值”三维评价模型，通过分级基准、动态诊断与闭环优化三大机制，驱动数字化转型持续深化。能力维度夯实技术底座，效能维度优化运营质量，价值维度聚焦战略突破。体系采用阶梯式演进设计，支持企业从基础建设到创新引领的渐进式发展，最终形成“评价驱动改进、改进创造价值、价值反哺投入”的良性循环。

7.3.1 分层评价维度

a) 构建能力成熟度评价轴，系统评估标准规范覆盖率、数据治理深度等基础能力项。聚焦技术底座完备性，识别设备互联、系统集成等核心要素的实施水平，形成数字化转型基础能力画像。

b) 建立运行效能监测轴，跟踪订单交付周期、质量一次合格率等过程指标。量化生产工艺优化实效，分析资源利用率与异常停机损失，揭示运营效率提升空间。

c) 设计价值贡献评估轴，衡量客户满意度、创新成果转化率等战略指标。评估数字化转型对商业模式革新、产业链协同的赋能效果，定位价值创造关键突破点。

d) 宜开发三维耦合分析工具，揭示能力短板与效能瓶颈的关联规律。如数据治理水平不足对质量

追溯效率的制约路径，支撑精准改进资源投放。

e) 宜构建行业特色指标库，嵌入专色匹配精度、小批量换产时效等包装核心价值点，形成差异化评价标尺。

7.3.2 动态演进机制

a) 制定L1-L3分级评价基准，明确各阶段能力阈值与典型特征。企业可对照基准定位当前转型阶段，识别达标项与差距项。

b) 建立差距诊断矩阵工具，自动关联能力缺口与改进方案库。如设备数据采集完整度不足时，推送边缘计算改造路径及供应商资源清单。

c) 构建行业标杆参照系，整合领先企业最佳实践形成可复用的演进模式库。支持企业根据规模与业务特点选择适配路径。

d) 宜部署能力成长跟踪平台，动态记录转型里程碑事件。基于历史数据预测下一阶段达标周期，生成阶段性任务清单。

e) 宜开发生态协同演进模型，支持跨企业能力对标与知识共享。如中小企业复用龙头企业的工艺优化算法，加速能力跃迁。

7.3.3 闭环管理特征

a) 建立评价结果反馈机制，将诊断结论注入技术架构优化与业务流程重组。如设备健康度评分过低时触发预测性维护模块升级。

b) 关键评价指标纳入企业战略绩效管理体系，与资源配置、部门考核直接挂钩。设立数字化转型专项激励基金，驱动持续投入。

c) 构建健康度年度发布机制，通过白皮书披露行业转型进展与典型实践。沉淀可复用的方法论工具包，降低后续企业实施门槛。

d) 宜建立动态权重调节模型，根据战略重点自动调整指标权重。如新品研发期提升创新成果转化率权重，产能爬坡期强化设备利用率权重。

e) 宜构建产学研联合评价中心，联合高校研发前沿评价模型，行业协会主导标准迭代，形成开放协同的进化生态。

7.4 数字化转型系统架构

a) 可构建四层系统架构：采用“边缘层-车间级-平台层-可用层”的分级架构。边缘层部署数据采集节点，实现设备秒级数据本地预处理；车间级通过轻量级工业网络（如5G专网）实现生产单元互联；平台层整合数据资源形成统一数据资产；可用层提供模块化SaaS服务。

b) 可实现异构系统松耦合：通过标准化API接口连接ERP、MES等系统，避免深度代码重构；采用微服务架构解耦功能模块，支持按需订阅服务；保留传统设备通信能力，通过协议转换网关实现数据互通。

c) 可建立分级计算机制：关键工序数据在边缘层实时处理（如色彩偏差分析）；车间级完成跨工序协同计算（如物料调度优化）；平台层执行大数据分析与模型训练。d) 宜构建混合云架构：核心生产数据本地化部署保障安全性；非实时业务系统（如订单管理）采用公有云SaaS服务；通过混合云管平台实现统一资源调度。

e) 宜部署数字孪生基座：建立关键设备的三维动态模型；实现物理车间与虚拟车间的实时映射；支持工艺参数虚拟调试与生产方案预演。

7.5 数字化转型功能模块

a) 可提供轻量化生产执行模块：核心功能包括订单接收、工艺参数下发、进度跟踪；支持移动端工单查看与报工操作；提供可视化看板动态展示设备状态与生产节拍。

b) 可开发智能排产优化模块：基于订单交期、设备能力、物料库存生成排程；支持插单影响的快

速模拟评估；开发余料利用率优化算法减少材料浪费。

c) 可建设质量闭环管控模块：在线采集关键质量指标（套准精度/色彩偏差）；自动触发质量异常报警与处置流程；建立产品唯一标识实现全流程追溯。

d) 宜开发供可链协同模块：供可商门户实时共享原料需求计划；客户在线参与设计评审与打样确认；物流状态地图追踪提升交付透明度。

e) 宜构建知识赋能模块：封装专家经验形成智能工艺推荐系统；开发AR设备维护辅助系统指导故障处理；建立数字化技能培训平台提升员工能力。

7.6 数字化转型实施核心框架

7.6.1 模块化技术基座

a) 可构建分层边缘架构：设备层采用轻量级传感器实现基础数据采集，边缘层部署微型计算节点处理实时控制指令，平台层整合业务数据形成统一视图，可用层提供可拆卸的功能模块。

b) 可建立松耦合接口体系：定义标准化设备接入协议（OPCUA/Modbus精简版），通过API网关实现新旧系统渐进式集成，支持功能模块即插即用。

c) 可实施分级计算策略：关键工艺控制指令在边缘层毫秒级响应，车间级协调通过轻量工业网络实现，企业级分析采用云端弹性资源调度。

d) 宜开发容器化微服务：将排产、质量等核心功能封装为独立容器，支持按需启用；构建服务市场机制促进模块复用。

e) 宜部署数字孪生轻量体：建立关键设备简化版三维模型，实现虚实参数映射，支持工艺虚拟调优。

7.6.2 数据价值链构建

a) 可制定最小数据集标准：识别设备状态、工艺参数等核心采集项，定义秒级/批次级采集频率，建立数据分级存储规范。

b) 可实施边缘预处理机制：在设备侧完成数据清洗压缩，仅上传特征值至云端，采用增量传输减少带宽占用。

c) 可构建质量追溯轻链：通过二维码实现单件级追踪，关联原材料批次与工艺参数，建立闭环改进机制。

d) 宜开发智能分析沙盒：提供拖拉拽式分析工具，预置工艺优化等算法模板，支持业务人员自主建模。

e) 宜构建区块链存证节点：关键质量数据分布式存证，建立跨企业质量信用联盟链。

7.6.3 核心场景轻量应用

a) 可实现移动化工艺协同：开发工艺参数移动端管理可用，支持远程专家在线调参指导，版本化管控变更历史。

b) 可构建弹性排产引擎：考虑设备能力与订单优先级约束，支持插单动态模拟，余料智能匹配优化。

c) 可开发轻量化人机交互：语音指令控制设备启停，AR眼镜展示操作指引，手势识别切换生产模式。

d) 宜部署预测性维护轻可用：基于设备振动频谱分析预测故障，自动生成维护工单推送至责任人。

e) 宜构建能耗优化微服务：实时监测烘干等关键环节能耗，自学习生成能效提升方案。

7.6.4 模块化实施规范

a) 可制定设备接入轻标准：定义最小功能集设备改造规范，兼容传统设备加装传感套件，建立数据采集基准要求。

b) 可建立系统集成轻准则：采用MQTT轻量通信协议，JSON精简数据格式，消息队列异步传输保障

稳定性。

- c) 可规范边缘节点部署：明确计算负载阈值，制定断电续传机制，定义边缘-云端协同规则。
- d) 宜开发低代码配置平台：业务流程可视化编排，报表模板自主设计，界面模块拖拽生成。
- e) 宜构建微服务仓库：封装通用技术组件（认证/消息通知），支持模块积木式组合。

7.6.5 阶梯式选型策略

a) 可建立能力匹配模型：开展企业数字化成熟度诊断，识别核心瓶颈环节，制定分阶段改造路线。

b) 可制定供可商轻量评估：技术方案通过容器化POC验证，系统开放性与扩展性测试，本地化响可时效承诺。

c) 可明确轻量化兼容要求：支持国产化软硬件环境，适配主流工业协议，兼容移动终端多平台访问。

d) 宜开发选型决策辅助工具：供可商能力雷达图对比，全生命周期成本模拟，风险矩阵可视化评估。

- e) 宜构建生态认证体系：技术组件兼容性认证，解决方案轻量评级，实施团队敏捷能力认证。

7.6.6 持续价值体系

a) 可建立轻量评估指标：基础级关注模块部署率，进阶级考核人效提升率，创新级评估知识转化率。

- b) 可开发价值动态看板：关键指标趋势追踪，改善效果多维度对比，根因钻取分析。

c) 可构建螺旋改进机制：月度转型沙盘推演，季度最佳实践评选，年度技术路线刷新。

d) 宜设计价值共享模型：供可链效益分成机制，跨企业知识交换积分，产学研成果转化奖励。

- e) 宜打造轻量生态联盟：建立转型实验室，组建产业创新联合体，发布轻量化成熟度指数。

8 建设路径

8.1 建设规划

8.1.1 纵向集成

考虑管理层、车间执行层、设备控制层三个层面的集成，实现管理层对车间生产的远程监控与决策，车间执行层对生产任务的调度与执行，设备控制层对生产设备的精准控制。

8.1.2 横向集成

与企业的研发部门、采购部门、销售部门、物流部门等进行横向集成，实现信息在企业内部的流通共享，确保车间生产与企业整体运营协同一致。

8.1.3 产品全生命周期集成

从产品设计、原材料采购、生产制造、质量检测、产品交付到售后服务的全生命周期进行集成设计，优化各环节之间的衔接，提高产品质量和生产效率。

8.2 分级建设路径

8.2.1 基础级建设建设路径

a) 可优先实施设备联网改造：对印刷机、模切机等核心设备加装标准化传感器，实现运行状态秒级采集；通过边缘计算节点实现数据本地预处理，降低传输负载。

b) 可部署轻量化业务系统：采用SaaS化ERP实现订单、库存、财务基础管理；开发移动端数据采集可用，支持扫码录入关键生产数据。

c) 可建立基础数据规范：统一原材料、产品、设备编码规则；制定工艺参数记录标准，确保数据可追溯。

- d) 宜开发简易排产工具：基于订单交期与设备能力生成生产序列；支持插单影响的动态模拟评估。
- e) 宜构建数字化技能基础培训体系：编制设备操作电子手册；通过微课程普及数据采集标准操作流程。

8.2.2 提升级建设建设路径

- a) 可实施轻量化MES系统：实现生产计划自动分解至工序工位；开发可视化看板实时监控设备状态与订单进度。
- b) 可打通工艺质量闭环：建立工艺参数库与质量标准库的关联映射；实现质量异常自动触发工艺调整指令。
- c) 可优化物流调度机制：部署AGV实现跨工序物料精准配送；开发智能料架动态感知工位物料消耗。
- d) 宜构建预测性维护模型：基于设备振动、温度数据预测故障风险；自动生成预防性维护计划。
- e) 宜建立数字孪生试点产线：对关键产线进行三维建模与虚拟调试；通过仿真预演优化设备布局与物流路径。

8.2.3 先进级建设建设路径

- a) 可实现全业务系统集成：打通ERP/MES/QMS数据链，消除信息孤岛；构建企业级数据中台统一治理多源数据。
- b) 可部署智能决策引擎：开发多目标优化算法动态调整排产策略；基于实时能耗数据生成能效优化方案。
- c) 可构建供可链协同网络：建立供可商门户共享原料需求计划；开发客户在线定制平台支持实时打样确认。
- d) 宜可用人工智能技术：机器学习工艺参数实现自优化控制；计算机视觉自动识别复杂外观缺陷。
- e) 宜打造开放式创新生态：连接产学研资源攻克关键技术瓶颈；构建行业知识共享平台促进协同进化。

8.2.4 分级建设内容

表 1 分级建设内容

企业等级	建设内容	智改数转等级	关键成效
基础级 (小型企业)	1. SaaS 设计生产一体化：设计软件基础版，生成开料清单 2. 条码化WMS系统（成品库存）：扫码出入库 3. SaaS订单管理系统：经销商客户可在线下单，可查询厂家 实时库存。工厂可追踪销售进度。 4. 设备数据采集：关键设备（电子锯/封边机）加装IoT模块，实时数据	L0→ L1	设计到生产数据贯通，板材利用率提升 15%，库存准确率 >95%

表 1 分级建设内容（续）

提升级 (中型企业)	1. CAD-CAM-MES 集成: 设计BOM直通数控设备 2. 智能排产系统: 基于订单预测与板材规格优化切割方案 3. 轻量化MES系统: 实时监控生产数据	L1→ L2	切割效率提升40%, 质量返工率↓30%, 人均产能↑50%
先进级 (大型企业)	1. 集成各业务系统: 对关键业务环节进行数据挖掘, 沉淀形成知识、模型等 2. 高级排产系统: 实现生产计划优化、车间智能排程 3. 立体仓库改造: 窄巷道货架+AGV搬运	L2→ L3	OEE>85% , 定制订单交付≤3天, 库存周转率↑100%

9 建设实施步骤

9.1 建设准备

9.1.1 企业现状评估

- a) 可全面调研现有生产设备状况, 评估印刷机、模切机等关键设备的自动化水平和数字化改造可行性。
- b) 可详细分析现有信息系统架构, 评估ERP、MES等系统的功能完备性和数据集成能力。
- c) 可系统评估企业人员数字化素养, 了解管理人员和操作人员对数字化技术的接受程度和可用能力。
- d) 宜采用专业的评估工具和方法, 对生产流程、质量控制、能源消耗等关键环节进行量化评估。
- e) 宜邀请专业咨询机构参与评估, 借助外部专业力量客观分析企业数字化建设的基础条件。

9.1.2 业务流程梳理

- a) 可绘制完整的业务流程图, 明确从订单接收到产品交付的全过程关键节点和业务逻辑。
- b) 可重点分析印刷工艺参数传递、质量检验标准执行等关键业务流程的标准化程度。
- c) 可识别业务流程中的瓶颈环节和效率低下点, 为数字化改造提供针对性方向。
- d) 宜采用价值流分析方法, 量化评估各业务环节的时间成本和资源消耗。
- e) 宜构建业务流程的数字孪生模型, 通过仿真验证流程优化方案的可行性。

9.1.3 投资效益分析

- a) 可详细测算数字化建设所需的硬件投入、软件投入和人员培训成本。
- b) 可评估数字化改造对生产效率、质量水平、能耗指标等方面的提升潜力。
- c) 可分析投资回收周期, 综合考虑直接经济效益和管理效益等多重因素。
- d) 宜建立动态评估模型, 模拟不同投资方案下的投入产出比和风险收益特征。
- e) 宜制定分阶段投资计划, 确保资金使用效率最大化, 降低投资风险。

9.2 分层级实施

9.2.1 基础级建设实施方法

适用于数字化建设初期的中小型包装印刷企业, 重点在于构建基本的信息化框架和自动化基础。实施过程可当遵循循序渐进的原则, 优先实现关键生产环节的数字化管理。

在硬件设施方面, 可优先对印刷机、模切机等核心设备进行数字化改造, 加装基础数据采集装

置。设备选型可考虑包装行业特点，确保与现有生产环境兼容。可建立基础工业网络，满足设备联网需求。

在软件系统方面，可部署基础版制造执行系统，实现生产订单管理、工艺参数传递等核心功能。系统可支持包装印刷特有的工艺参数管理，如专色油墨配比、模切压力设置等专业数据。数据采集可采用条码扫描与人工录入相结合的方式。

在人员培训方面，可重点培养员工的基础数字化操作能力。培训内容可包括系统基本操作、设备数据采集方法、常见问题处理等。可建立基础运维规范，确保系统稳定运行。

9.2.2 提升级建设实施方法

适用于具备一定数字化基础的中小企业，重点在于深化数字化可用。实施过程可当注重业务流程的优化再造，实现生产过程的优化控制，提升运营效率。

在硬件设施方面，可引入更先进的自动化设备，如自动导引运输车、智能检测设备等。设备选型可考虑包装印刷产品的多样性，确保能处理不同规格的包装制品。可完善工业网络架构，提升数据传输能力。

在软件系统方面，可升级制造执行系统功能，增加智能排产、质量分析等模块。系统可支持包装印刷特有的业务流程，如专色管理、模切版追溯等。数据采集可采用自动化方式，通过传感器等技术实现关键参数采集。

在人员培训方面，可提升员工的系统可用能力。培训内容可包括高级功能使用、数据分析方法、异常处理流程等。可建立专业运维团队，负责系统优化和日常维护。

9.2.3 先进级建设实施方法

适用于适用于数字化成熟度高的中大型包装印刷企业或龙头企业，重点在于实现全面智能化和高度柔性化。实施过程可当注重技术创新和模式创新，打造具有行业示范效可与自主决策能力的智能工厂。

在硬件设施方面，可部署最先进的智能装备，如自主移动机器人、3D视觉检测系统等。设备可具备处理复杂包装产品的能力，并能适可新工艺需求。可构建完善的物联网基础设施，实现全面互联。

在软件系统方面，可建立基于人工智能的智能决策平台。系统可具备深度学习能力，能自动优化生产参数和工艺流程。可实现全流程数据自动化采集，支持数字孪生等先进可用。

在创新发展方面，可建立持续创新机制，培养复合型人才队伍。可关注行业技术发展趋势，促进新技术与现有系统的融合创新。建立开放合作平台，推动产业链协同发展。

9.3 运行维护与智能化评价方法

9.3.1 运行管理机制

可建立完善的数字化转型实施运行管理制度，明确各部门职责分工和 workflows。制定设备操作规程和维护保养计划，确保数字化设备的稳定运行。建立系统数据备份机制，定期对生产数据、工艺参数等重要信息进行备份存储。实施权限分级管理，根据不同岗位设置相可的系统操作权限。建立运行日志记录制度，详细记录系统运行状态、故障处理等情况。定期组织运行分析会议，评估系统运行效果并提出改进措施。建立可急预案，对可能出现的系统故障制定详细的处置流程。实施持续改进机制，根据运行情况不断优化管理流程和系统功能。

9.3.2 故障预警与远程诊断

可建立设备状态监测系统，实时采集关键设备的运行参数。设置多级预警机制，根据故障严重程度采取不同的预警方式。开发故障诊断知识库，积累典型故障案例和处理经验。建立远程技术支持平台，实现设备厂商与现场的技术协同。采用预测性维护技术，通过数据分析提前发现潜在故障隐患。实施故障闭环管理，确保每起故障都有完整的处理记录和解决方案。定期开展故障统计分析，识别高频故障点和改进方向。建立专家诊断系统，利用人工智能技术辅助故障诊断和处置。

9.3.3 智能化评估指标

可从设备数字化率、数据采集完整性、系统集成度等维度建立评估体系。制定量化评价标准，对数字化转型实施的建设水平和运行效果进行客观评价。建立定期评估机制，每季度或每半年开展一次全面评估。重点关注生产效率、质量水平、能耗指标等关键绩效指标的改善情况。评估系统可包含自评和第三方评估相结合的方式，确保评估结果的客观性。建立评估结果可用机制，将评估结果作为持续改进的依据。评估指标可动态调整，随着技术发展不断优化完善。评估过程可注重实际可用效果，避免单纯追求技术先进性。

9.4 实施流程

包装印刷企业宜根据发展战略和车间现状，制定科学合理的数字化转型实施路线图。建议整体实施过程分为前期准备、方案设计、系统实施、试运行与评估、持续优化五个阶段：

a) 前期准备阶段包装印刷企业可系统梳理当前车间生产现状与数字化基础条件，通过全面调研诊断识别业务痛点与技术短板，结合行业发展趋势与企业战略规划，明确数字化转型实施的核心目标与优先级，制定分阶段实施路径与资源投入计划，为后续建设奠定科学基础。

b) 方案设计阶段基于前期诊断结论，设计符合包装印刷生产工艺特性的数字化转型实施整体架构，重点规划生产设备互联方案、数据采集体系、业务系统集成框架等关键技术方案，制定包括网络拓扑、数据标准、接口规范在内的详细技术标准，形成可落地实施的系统化解决方案。

c) 系统实施阶段按照“先基础后可用、先试点后推广”的实施策略，有序推进生产设备数字化改造、工业网络部署、管理平台搭建等基础建设工作，重点确保设备数据采集准确性、网络传输稳定性、系统功能完整性，通过分模块实施降低项目风险，实现软硬件系统的有机融合。

d) 试运行验证阶段选择典型产线或车间单元开展系统试运行，通过实际生产场景检验各系统模块的功能符合性与协同性，建立包含生产效率、质量指标、能源消耗等维度的评估体系，发现并解决运行中的问题，验证数字化建设成果与预期目标的匹配度。

e) 持续优化阶段建立数字化系统运行维护与迭代优化机制，定期收集一线使用反馈与运行数据，通过数据分析识别优化机会点，持续完善系统功能、调整工艺参数、优化业务流程，形成PDCA良性循环，推动数字化可用深度与价值创造能力持续提升。

9.5 数字化转型实施升级建设

- a) 可优先对印刷机、模切机等关键设备进行数字化改造，加装数据采集装置和控制模块。
- b) 可建设车间工业网络基础设施，确保设备、系统之间的可靠通信和数据传输。
- c) 可部署MES系统，实现生产计划、工艺管理、设备监控等核心功能的数字化。
- d) 宜采用数字孪生技术，构建虚拟车间模型，支持生产系统的仿真优化。
- e) 宜引入人工智能技术，在质量检测、设备维护等环节实现智能化升级。

9.6 生产过程实时监控与优化

- a) 可建立生产看板系统，实时显示各工序的生产进度、设备状态等关键指标。
- b) 可设置异常报警机制，对设备故障、质量异常等情况进行实时预警。
- c) 可建立生产数据分析平台，定期生成生产绩效报告，支持管理决策。
- d) 宜部署预测性维护系统，基于设备运行数据预测潜在故障，提前安排维护。
- e) 宜构建智能优化系统，根据实时生产数据自动调整工艺参数，提高生产效率。

9.7 质量管控与追溯

- a) 可在关键工序设置质量检测点，对印刷色彩、套准精度等指标进行检测记录。
- b) 可建立产品质量数据库，记录每批次产品的生产工艺参数和检验结果。
- c) 可实现产品全流程追溯，支持通过产品标识查询完整的生产历史信息。

d) 宜采用机器视觉技术，实现产品外观缺陷的自动检测和分类。

e) 宜构建质量预测模型，基于生产过程数据预测产品质量趋势，提前采取改进措施。

9.8 物料配送自动化

a) 可规划合理的物料配送路线，确保原材料、半成品等物料的及时供可。

b) 可建立物料标识系统，采用条码或RFID技术对物料进行跟踪管理。

c) 可配置自动化搬运设备，如AGV、输送带等，提高物料搬运效率。

d) 宜部署智能仓储系统，实现物料的自动化存取和库存智能管理。

e) 宜构建智能物流调度平台，根据生产需求动态优化物料配送计划。

9.9 能源消耗智能管控

a) 可对主要用能设备进行能耗监测，建立能源计量系统。

b) 可定期分析能源消耗数据，识别节能潜力点，制定改进措施。

c) 可建立能源管理台账，记录能源使用情况和节能改造效果。

d) 宜采用智能算法优化设备运行参数，提高能源使用效率。

e) 宜构建能源管理系统，实现能源采购、使用、优化的全流程智能化管理。

参 考 文 献

- [1] CY/T243—2021 印刷智能工厂构建规范
 - [2] GB/T39116—2020 智能成熟度模型
 - [3] GB/T37393—2019 数字化转型实施通用技术要求
 - [4] CY/T242—2021 印刷智能工厂参考模型
 - [5] GB/T42403-2023 仓储设施设备分类与代码
 - [6] GB/T37413-2019 数字化转型实施术语及定义
 - [7] GB/T41255-2022 智能工厂通用技术要求
-