

江苏省制造业智改数转网联 功能性食品行业实施指南

江苏省工业和信息化厅
二〇二五年五月

目录

一、背景与现状	1
1.指南范围	1
2.行业概述	2
3.行业智改数转网联现状	3
二、目标与架构	11
1.总体目标	11
2.实施架构	12
三、基础能力	22
1.网络基础设施能力建设	22
2.标识解析体系建设	30
3.数据采集能力建设	34
4.信息系统能力建设	44
5.信息安全能力建设	49
四、环节与场景	60
1.配方研发环节	60
2.工艺设计环节	73
3.营销管理环节	88
4.售后服务环节	100
5.工厂建设环节	111
6.计划调度环节	121
7.生产作业环节	142
8.仓储物流环节	160
9.设备管理环节	174
10.质量管控环节	191
11.安全管控环节	207
12.能源管理环节	220
13.环保管控环节	233
14.供应链管理环节	243
五、路径与方法	260
1.实施路径	260

2.相关政策	271
六、愿景与展望	283
附件 1：人工智能典型应用场景	286
附件 2：投入改造清单及图谱	298
1.行业智能化改造装备清单	298
2.数字化转型数据要素清单	302
3.知识模型资源清单	304
4.工具软件清单	306
5.网络化联接设备清单	308
6.行业数字化转型人才技能清单	310
7.投入改造清单及图谱	312
附件 3：典型案例	320
典型案例一	320
典型案例二	324
典型案例三	328
典型案例四	331
典型案例五	335
典型案例六	340
典型案例七	343
典型案例八	346
典型案例九	351
典型案例十	354
附件 4：服务商目录	357
附件 5：技术缩略语	366

一、背景与现状

1. 指南范围

本指南精准聚焦于江苏省功能性食品行业“智改数转网联”的关键环节，根据不同类别产品的特性涵盖了原材料采购、材料检验、配方与工艺研发、生产和混合、质量控制、供应链、营销、消费者反馈与售后、法规合规与监察以及企业管理等核心环节的软硬件升级、改造和优化路径。指南论述和提供了各环节在智能化改造数字化转型过程中存在的问题、可改造的场景、解决方案和优秀企业实践案例，并通过分析指导企业系统性开展工作，梳理总结出行业内企业智能化改造数字化转型的系统架构、实施路径、重点环节、典型场景和实施方法，为行业内企业明确“智改数转网联”方向，推动行业内企业积极开展“智改数转网联”建设工作，促进江苏省功能性食品行业高质量发展。

指南同时提供了企业进行“智改数转网联”的人工智能典型应用场景、投入改造清单及图谱、典型案例、服务商目录、技术缩略语、江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引、相关政策荣誉介绍、优秀企业系统性实践案例等。建议江苏省功能性食品企业根据自身发展现状，参考指南提供的路径方法开展“智改数转网联”转型升级工作。

2.行业概述

江苏省功能性食品产业链涵盖特殊医学用途配方食品（简称特医食品）、营养保健食品、乳源制品、功能性饮料、食品添加剂等领域，相关企业主要分布在无锡、泰州、徐州、苏州、南京等地。

功能性食品的产业链上游为功能性原料制造、中游为功能性食品制造、下游为功能性食品流通。

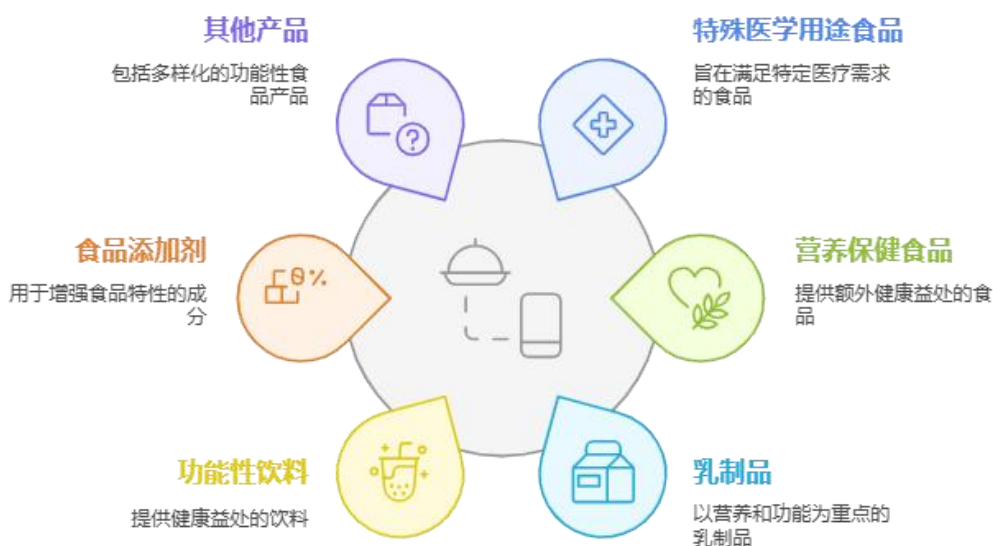


图 1：江苏省功能性食品产业链涵盖图

江苏省功能性食品产业链涵盖特殊医学用途配方食品、保健食品、乳源制品及功能性饮料等领域，2024 年实现营业收入约 500 亿元。在技术研发方面，益生菌与微生态制剂、功能食品原料及功能因子开发、特殊膳食食品研究、生物活性成分提取、食品微胶囊化、超微粉碎等关键技术水平处于国内领先地位。其中，特医食品企业数和产品数约占全国 1/3，稳居全国首位。纽迪希亚、华瑞肠内营养制

剂产品占全国 90% 市场份额，雀巢健康膳食补充剂占国内 10% 以上市场份额；黎明大蒜素、口服液等精深加工产品出口 60 多个国家和地区；艾兰得是全球最大的营养保健品制造企业和中国最大的营养保健品出口企业。

3. 行业智改数转网联现状

3.1 行业智改数转网联现状概述

近年来，江苏省功能性食品企业在“智改数转网联”转型中取得显著进展，特别是在特殊医学用途配方食品、乳源制品、功能性饮料等行业，部分企业已经通过智能供应链管理、生产自动化与智能化、个性化营销与消费者洞察、食品安全追溯与风险管理等数字化技术，有效提升了生产效率、产品质量和市场竞争力。例如，卫岗乳业等龙头企业利用人工智能、大数据和物联网技术，优化了生产流程、降低了资源浪费，推动了绿色发展。

然而，企业在转型过程中仍面临以下共性挑战：首先，资金投入需求大，尤其对于中小企业而言，转型成本较高；其次，技术人才的短缺和专业人才的匮乏影响了转型进度。数据安全和隐私保护问题日益严重，尤其在数字化和信息化程度不断提高的背景下，如何保护敏感数据是企业亟需解决的问题。此外，行业内标准化建设相对滞后，缺乏统一的数据格式和技术规范，影响了行业之间的协同效率。

3.2 特医食品企业

特医食品企业已经成为江苏省功能性食品行业“智改数转网联”的先锋主力军，然而特医食品企业与其他行业在“智改数转网联”方面有所不同。面对严格的质量监管、激烈的市场竞争以及消费者对高品质与个性化服务的高期待，特医食品企业积极拥抱数字化与智能化技术，通过构建完善的数字化体系，实现从原料采购、生产加工到终端销售全链条的透明化、高效化管控，从而在保障产品质量安全的同时，精准满足消费者多样化需求，赢得市场先机。

通过调研发现，江苏省内特医食品企业大部分已经完成先进的自动化生产线改造、智能监控系统以及数据分析BI平台的建设。数字化管理系统的应用基本涵盖了企业管理的各个维度，尤其在生产流程优化与供应链管理方面，发挥了重要作用。企业在“智改数转网联”改造升级过程中广泛应用了大数据、云计算和人工智能等技术，帮助企业集成和分析大规模健康数据，提供更精确的疾病预测与健康方案。人工智能在医疗诊断中也有广泛应用，特别是在个性化医疗产品开发方面，通过分析消费者的疾病信息、用药状况等，可实现更加精准的产品研发与市场推广。

特医食品行业前景广阔，市场需求不断增加，政策支持力度加大，产业链不断完善。然而，尽管数字化转型带来了诸多机遇，行业也面临着一些挑战：产品数量与健康需求不匹配、购买渠道不畅通、医院准入难度较大等问题。

在数字化转型方面，数据安全和隐私保护是特医行业企业需要重点关注的问题。由于处理大量的医疗数据和个人隐私信息，企业需要建立完善的数据安全管理体系，防止数据泄露和滥用。此外，数据整合也是数字化转型中的一大难题，需要克服数据来源的广泛性、多样性和复杂性带来的技术难题。

特医食品企业数字化转型中的现状与挑战

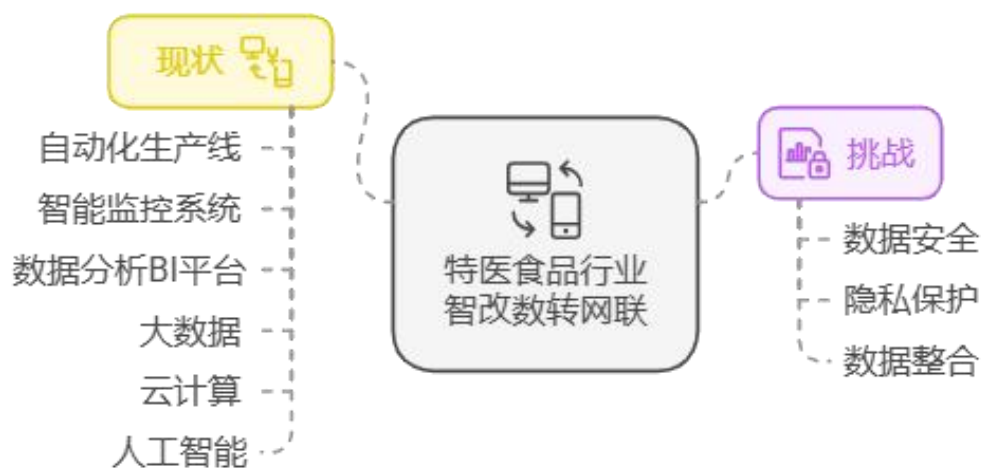


图 2：特医食品行业企业的“智改数转网联”现状与挑战

3.3 乳源制品企业

乳源制品企业关注数字化转型，主要源于乳品行业的发展已趋于成熟，供应端的产能过剩但销售端的增长乏力。一方面，上游的原料成本持续上升；另一方面，乳源制品终端涨价空间有限。在此背景下，通过生产供应链数字化降本增效是有效的解决方案。

调研显示，中国乳源制品行业数字化已经历三个阶段，龙头企业完成大部分单点环节的数字化，而中小型公司相

对滞后。目前，行业正进入全域+敏捷数字化发展阶段，亟需开展全流程、可快速响应的数字化改造。企业通过数字化减少人工支出、提升产奶效率、缩短产品周转时间、减少运输损耗，从根本上增加了乳源制品销售端的可利用价值，已成乳企共识。具体而言，乳企通过数字化实现全渠道建设，精准把握和预测消费行为及市场风向，有针对性地进行战略抉择。同时，数字化还能帮助企业建立更加完善的运营体系、智慧冷链体系、食安品控追溯体系，提升产品研发能力，增强品牌影响力，从而获得更好地生存和发展空间。此外，数字化还能提升渠道的效率，并进一步整合乳企在全渠道的积累情况。

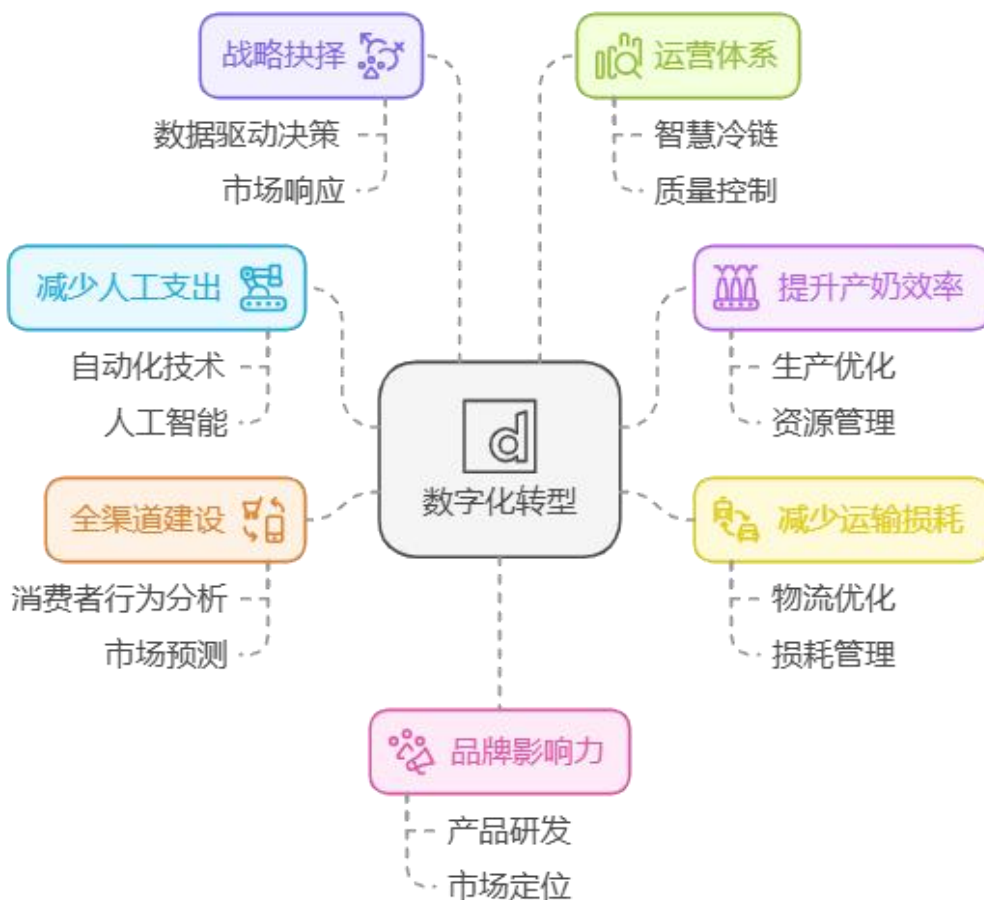


图 3：部分乳品企业已开展《智改数转网联》的转型内容

未来，乳企数字化转型的关键是建立与消费者之间的关系，而不仅仅停留在产品层面上。消费者偏好变化迅速，企业需要快速响应，及时调整产品策略，精准把握市场需求，并从研发、生产、质量等方面迅速反应，实现产品快速迭代。这一转型过程需要长期的技术积累、人才培养和持续的研发投入，并非一日之功。

3.4 营养保健品企业

在营养保健品行业，各企业的智改数转成熟度存在较大差异。部分领先企业已经通过数字化转型，提升了运营效率和市场竞争力。这些企业通过在生产、营销和客户服务等多个方面进行了数字化升级，采用智能制造技术、大数据分析和智能客服机器人等手段，实现了全面的数字化转型。其转型成效主要表现在以下几个方面：

生产领域的数字化转型：保健品生产企业在生产过程中引入了智能制造技术，通过自动化设备和物联网设备实时监控生产过程，确保产品质量。数据分析的应用优化了生产流程，提高了生产效率和产品质量。

营销领域的数字化转型：保健品企业利用大数据和人工智能技术进行精准营销。通过分析消费者行为数据，企业能够制定个性化的营销方案，提高市场投放的效果和消费者满意度。同时，社交媒体和电子商务平台的运用也扩大了品牌影响力，提升了销售业绩。

客户服务领域的数字化转型：保健品企业通过数字化平台提供便捷的服务体验。在线客服系统和智能客服机器人的应用，提高了客户服务的效率和满意度。通过数据分析，企业能够更好地了解消费者需求，不断改进产品和服务。

销售渠道的数字化转型：电商渠道在保健品销售中占据主导地位。电商平台的便捷性和多样性吸引了大量消费者，线上销售占比不断上升。传统药企通过互联网平台找到了品牌增长的第二曲线，完成了企业的数字化转型。

相比之下，部分中小企业仍然处于企业数字化转型的初步阶段，仅仅在智能化装备上做出一些投入和改进，而在软件、数据处理等方面的投入微乎其微。



图 4：营养保健品企“智改数转网联”的转型现状差异

3.5 功能性饮料、食品添加剂等其他功能性食品企业

保健品行业企业多为流程工业，具有自动化程度高、生产批量大的特点。为确保食品安全和质量稳定，企业对生产过程的监控、产能分析、现场管理都有严格的高精度控制要求。作为快速消费品行业，企业需追求规模效益并

快速响应市场需求，通过精益管理实现成本控制与柔性制造，保持可持续发展。许多大型企业已实施多项“智改数转网联”建设，具体包括：

（1）在生产环节，数字化技术得以广泛应用。工厂采用了先进的自动化生产线和智能监控系统，从灌装到包装的整个过程实现了高度自动化，大大提高了生产效率。同时，通过智能传感器和数据分析，实时监测生产设备的运行状态，进行预测性维护，减少了设备故障停机时间。

（2）在包装环节，企业使用高速自动化包装设备和智能质量检测系统，快速识别和剔除不合格产品。同时，利用大数据分析市场需求，实现精准生产和库存管理。

（3）随着电商的兴起和消费者购物习惯的变化，食品饮料企业纷纷开始探索线上线下融合的全渠道销售模式。

行业数字化转型面临的主要难点和痛点包括：

（1）目前成熟度较高的工业数字化软硬件核心技术多来自国外，缺乏我国自主知识产权的核心技术，关键软硬件标准规范（如：I/O接口与通讯协议）不统一，导致行业企业数字化改造升级技术难度大、成本居高不下等问题。这种情况不仅影响了企业实施数字化转型的决策信心，更使得中小企业无力进行数字化改造。

（2）很多企业在实施数字化建设后，虽获取了海量的实时数据（工艺参数、过程检测、设备运行、产品追溯、仓储物流等），但因缺乏合适的数据分析模型，无法有效

筛选、分析和利用大数据，导致数字化水平停留在“报表可视化”，未能充分发挥大数据在改进企业管理、提升效率效益中的作用。

(3) 数字化转型服务商及其解决方案多来自离散制造领域，缺乏适用于流程工业的解决方案，导致企业在解决方案应用过程中“摸石头过河”，严重影响企业数字化改造实施成效，甚至造成投资浪费。

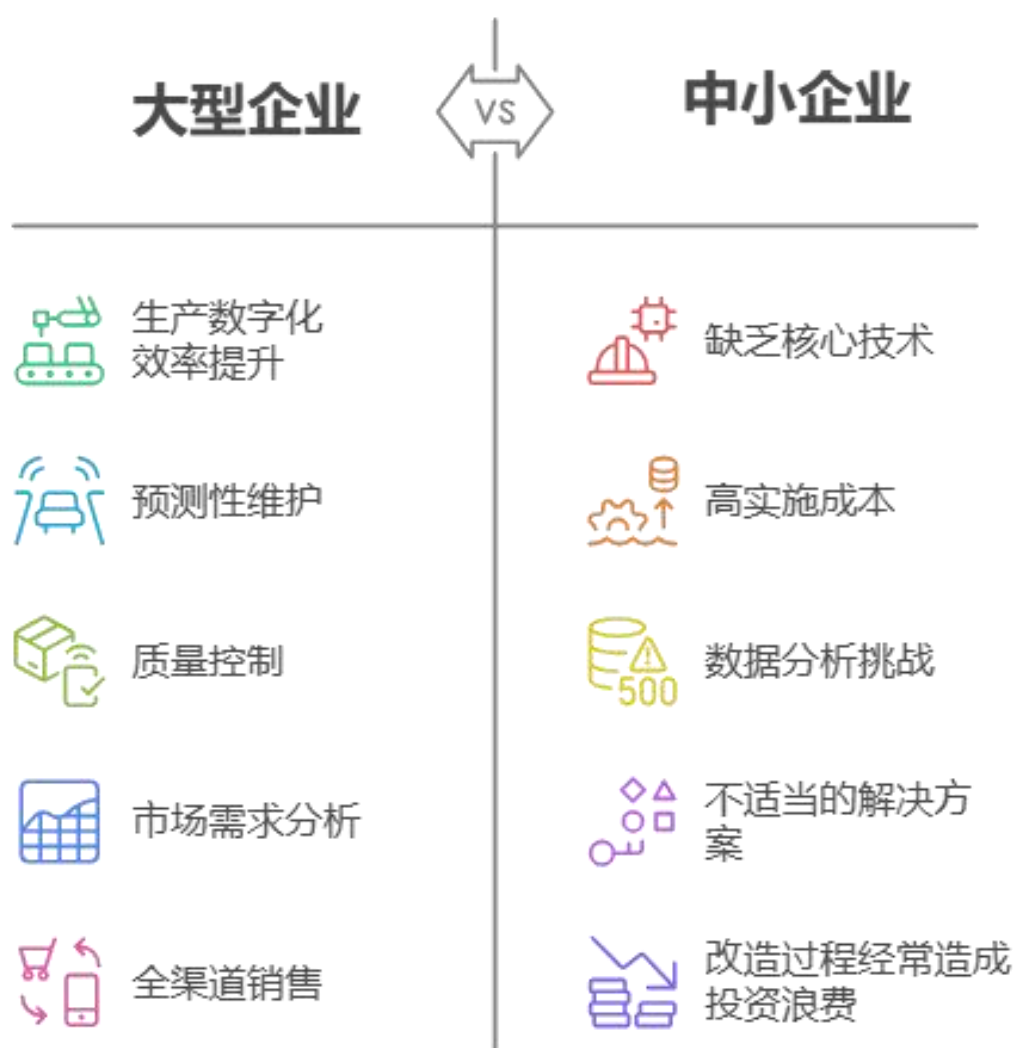


图 5：功能性食品企业数字化转型中的现状

二、目标与架构

1. 总体目标

功能性食品企业智能化改造和数字化转型的目标是通过智能化改造和数字化转型提升功能性食品企业在原料采购、配方研发、生产制造、质量检测、包装运输、销售服务和安全监测等各环节的效率。这一转型包括部署高端实验设备、智能仓储设备、自动化生产线、检测与分析设备及智能包装机等智能化设备，并应用以下数字化系统（部分）：

- （1）产品全生命周期管理系统（PLM）
- （2）计算机辅助食品设计软件（CAFD）
- （3）仿真设计软件（如三维建模软件）
- （4）制造执行系统（MES）
- （5）企业资源计划系统（ERP）
- （6）供应商关系管理系统（SRM）
- （7）客户关系管理系统（CRM）
- （8）综合管理平台

通过汇聚各环节的数据，并利用大数据、云计算和区块链等技术，帮助企业建立具备自感知、自决策、自执行、自适应和自学习能力的生产制造模式，从而提升产品质量、增加经营效益和优化业务模式。

此外，还需明确大中小企业实施路径的异同，制定相应的实施方案建议表，并将智能化改造和数字化转型细化为若干能力子域，根据企业类型划分优先级。

2. 实施架构

2.1 核心目标

以推动功能性食品行业的“智改数转网联”升级为核心目标，紧密围绕行业特性，通过技术、数据与应用场景的深度融合，打造具有行业特色的实施架构，全面提升功能性食品行业的核心竞争力和可持续发展能力，解决行业研发、生产、服务等环节的关键问题。

2.2 实施架构分层设计

2.2.1 技术支撑层—筑牢行业特色技术基石

本层聚焦功能性食品行业独特的技术需求，提供关键技术支撑，为数据采集、传输和处理奠定坚实基础。

（1）智能检测技术

配备高效液相色谱（HPLC）、气相色谱（GC）等专业分析仪器，针对功能性食品中的活性成分（如益生菌、功能性多肽、维生素等）进行精准检测，实时采集功能性成分含量、纯度等数据，为产品质量把控和配方优化提供精确依据。同时，结合智能传感器，实现检测过程的自动化和智能化，提升检测效率和准确性。

（2）工业物联网（IIoT）

在生产设备、实验室设备（如配方工程师平板电脑系统）、仓储设施等部署智能传感器与工业物联网网关，构建覆盖全产业链的物联网网络。实时采集生产工艺数据（如温度、压力、流量等）、配方研发数据、设备运行状态数据、仓储环境数据（如湿度、温度）等。通过物联网实现设备之间的互联互通，为数据的实时传输和共享提供通道。

（3）人工智能与大数据

利用行业特有的设计与仿真模型数据集、生产工艺相关数据、市场需求数据等，开发基于 AI 的创成式设计软件工具、计算机辅助食品设计软件（CAFD）等。通过人工智能算法进行配方优化、生产流程预测、市场趋势分析等，例如根据消费者健康数据和市场反馈，自动生成个性化功能性食品配方；利用大数据分析生产过程中的质量数据，识别质量隐患并提出改进措施。

（4）区块链技术

针对功能性食品从原料采购到产品销售的全流程，运用区块链技术确保数据的不可篡改和可追溯性。记录原料的产地、种植/养殖过程数据、生产加工环节的质量数据、物流运输信息、销售渠道数据等，为产品的质量溯源和防伪提供可靠保障，增强消费者对产品的信任度。

（5）智能传感器与边缘计算

在生产设备、检测设备和实验室设备上安装智能传感器，实时采集设备的运行参数、能耗数据、检测数据等。通过边缘计算技术对采集到的数据进行本地预处理，筛选出关键数据传输到云端，减少数据传输量和传输延迟，提高数据处理效率。同时，利用边缘计算实现设备的本地智能控制，如根据设备运行状态自动调整生产参数，实现设备的优化运行。

2.2.2 数据层—整合行业特色数据资源

实现多源行业特色数据的采集、整合和分析，为上层应用提供可靠的数据支持。

（1）数据采集

功能性成分数据：通过智能检测设备采集功能性食品中各类活性成分的含量、结构、稳定性等数据，以及原料中功能性成分的来源和特性数据。

生产数据：涵盖生产工艺数据（如配方比例、生产流程步骤、工艺参数）、设备运行数据（如设备转速、能耗、故障记录）、质量数据（如半成品和成品的质量检测结果、不合格品原因分析）、安环管理数据（如污染物排放数据、安全生产事故记录）等，通过工业物联网和智能传感器实时采集。

健康与市场反馈数据：利用消费者互动设备（如智能手环、健康监测 APP）收集消费者的健康指标数据（如血糖、血压、免疫力等），通过市场分析与数据管理系统、

客户关系管理系统（CRM）获取市场需求数据、消费者购买行为数据、产品评价数据等。

供应链数据：包括供应商数据（如供应商资质、原料供应能力、价格波动）、订单数据、仓储数据（如库存数量、库存位置、仓储周转率）、物流数据（如运输路线、运输时间、运输成本）、供应链金融数据等，通过供应链管理（SCM）、仓储管理系统（WMS）等进行采集。

（2）数据整合与分析

建立统一的数据标准和数据仓库，对采集到的多源异构数据进行清洗、转换和整合，形成完整的行业数据资源池。运用数据分析与决策支持（BI）工具、大数据分析平台等，对数据进行深度挖掘和分析，提取有价值的信息，如市场趋势预测、生产效率优化方案、产品质量改进方向等，为上层应用提供精准的数据支持。

2.2.3 应用层—聚焦行业典型场景与环节

（1）产品全生命周期核心环节

产品设计环节：借助基于 AI 的创成式设计软件工具、计算机辅助食品设计软件（CAFD），结合功能性成分数据、市场需求数据和消费者健康数据，进行个性化功能性食品的配方研发和产品设计。例如，根据不同人群（如老年人、儿童、运动员）的健康需求，自动生成具有特定功能（如增强免疫力、改善肠道健康、补充能量）的产品配方，并进行产品形态（如片剂、粉剂、口服液）和包装设计。利

用数字孪生技术构建产品的虚拟模型，进行产品性能模拟和功能验证，减少实物样品的研发成本和时间。

工艺设计环节：运用数字孪生技术相关工具、仿真软件，对功能性食品的生产工艺进行虚拟建模和仿真调试。结合生产工艺数据和设备运行数据，优化生产流程，确定最佳的工艺参数（如反应温度、时间、压力），提高生产效率和产品质量稳定性。通过虚拟试验与调试，提前发现工艺设计中的问题并进行改进，降低实际生产中的风险。

营销管理环节：利用市场分析与数据管理系统、客户关系管理系统（CRM），对市场需求数据、消费者反馈数据和竞争对手数据进行分析，制定精准的营销策略。通过消费者互动设备（如智能终端、社交媒体平台）开展互动营销活动，收集消费者的个性化需求，实现产品的精准推广和销售。利用区块链技术实现产品的溯源营销，向消费者展示产品的全产业链信息，提升产品的品牌价值和市场竞争力。

售后服务环节：通过智能诊断硬件设备（RFID 技术、消费者互动设备）跟踪产品的售后使用情况，收集消费者的反馈意见和产品故障数据。利用设备管理系统（EMS）和数据分析与决策支持（BI）工具，对售后数据进行分析，及时发现产品存在的问题并进行改进。同时，依托数据分析结果，为消费者提供个性化的健康咨询和产品使用指导，提升消费者的满意度和忠诚度。

（2）生产全过程核心环节

计划调度环节：依托生产制造执行系统（MES）、企业资源计划（ERP）和高级计划与排程（APS）系统，结合订单数据、生产工艺数据、设备产能数据和库存数据，制定合理的生产计划和调度方案。该方案可实现生产任务的自动分配和资源的优化配置，确保生产过程的高效有序进行，提高设备利用率和生产效率，降低生产成本。

设备管理环节：利用设备管理系统（EMS）、智能传感器和边缘计算技术，对生产设备进行实时监控和预测性维护。系统实时采集设备运行数据（如振动频率、温度、电流），通过数据分析提前预测设备故障，从而制定维护计划，减少设备停机时间。同时，结合设备租赁与产能共享数据，实现设备资源的共享和优化配置，提高设备的使用效率。

供应链协同环节：通过供应链管理（SCM）、仓储物流系统（WMS）、数字化供应链系统和供应链数据监测系统，实现供应商、制造商、分销商和零售商之间的信息共享和协同合作。实时跟踪供应链中的物流、信息流和资金流，优化供应链流程，降低供应链成本，提高供应链的响应速度和灵活性，确保原材料和产品的及时供应。

质量管控环节：运用智能质量检测系统、区块链技术和RFID与条码技术，对产品从原料采购到生产加工、仓储物流直至销售的全过程进行质量管控。在原料入库环节，

通过智能检测设备对原料质量进行检测，利用区块链记录检测结果；在生产过程中，实时采集质量数据并进行分析，对不合格品进行实时预警和处理；在产品出厂时，通过RFID和条码技术实现产品的唯一标识和溯源，确保产品质量的可追溯性。

2.2.4 价值实现层—创造行业专属核心价值

通过全架构的运行，实现以下四大核心价值，助力功能性食品企业实现高效、可持续的高质量发展。

（1）精准健康价值：

基于消费者的健康数据和个性化需求，利用人工智能和大数据技术，开发出具有精准功能的功能性食品，为消费者提供定制化的健康解决方案。例如，针对糖尿病患者开发低GI值的功能性食品，针对亚健康人群开发具有调节免疫力功能的食品，满足消费者日益多样化和个性化的健康需求，提升产品的附加值和市场竞争力。

（2）全生命周期质量保障

通过区块链技术实现产品全产业链的溯源，同时利用智能检测技术和质量管控环节对产品质量进行全程监控，确保产品从原料采购到生产加工、销售服务的每一个环节都符合质量标准。建立完善的质量追溯体系和质量反馈机制，及时发现和解决质量问题，为消费者提供安全、可靠的功能性食品，提升企业的品牌信誉和市场口碑。

（3）市场竞争力提升

借助高效的产品研发设计工具、智能的生产制造系统和精准的营销管理手段，企业能够快速响应市场需求，缩短产品研发周期，降低生产成本，提高产品质量和生产效率。通过供应链协同和数字化管理，优化企业的资源配置，提升企业的运营管理水平，增强企业在市场中的竞争优势，实现市场份额的扩大和经济效益的增长。

（4）绿色与可持续发展

利用能耗管理系统、分布式控制系统（DCS）和先进控制系统（APC），对生产过程中的能耗和污染物排放进行实时监控和优化，实现节能减排和绿色生产。通过数字化供应链系统和仓储物流系统，优化物流路线和仓储布局，降低物流成本和资源浪费，推动行业的可持续发展。同时，开发绿色环保的功能性食品包装材料和生产工艺，积极响应全球绿色发展趋势，提升企业的社会责任感和可持续发展能力。

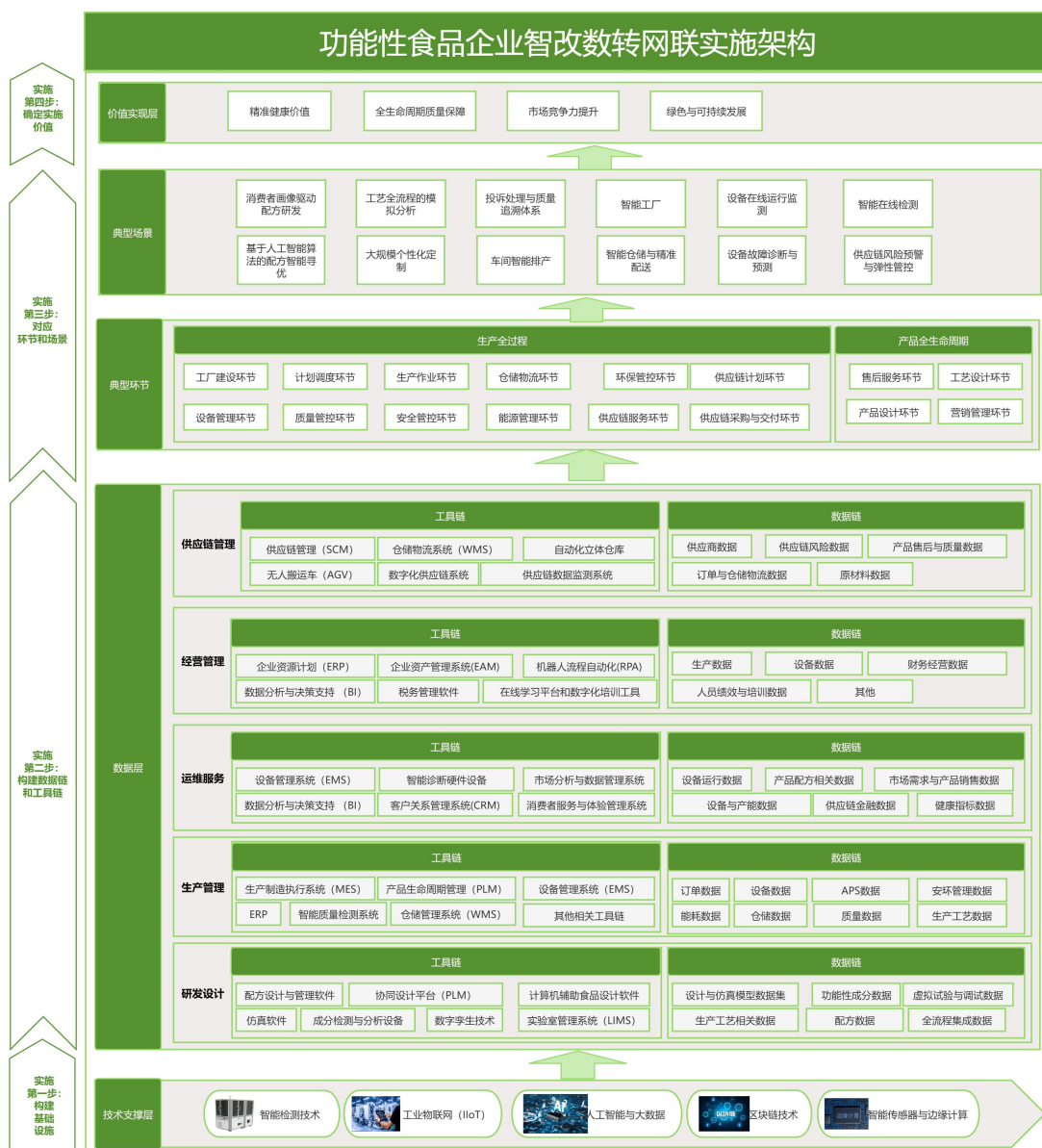


图 6：功能性食品企业“智改数转网联”实施架构图

2.3 架构优势

本实施架构紧密结合功能性食品行业的特点，突出行业特色数据和应用工具的深度融合，构建了四层协同体系：技术支撑层针对行业关键技术和设备进行优化配置，数据层整合行业专属的多源数据，应用层覆盖产品全生命周期和生产全过程的典型场景与环节，价值实现层聚焦行业核

心价值创造。各层次之间相互协作、相辅相成，形成一个完整的闭环体系，为功能性食品行业的“智改数转网联”升级提供具有针对性和指导性的解决方案，全面提升行业的核心竞争力和可持续发展能力。

三、基础能力

1. 网络基础设施能力建设

功能性食品企业在生产过程中产生大量实时数据传输，需要多维度的数据监控，因此网络必须具备高速稳定的特点，确保数据传输的准确性和及时性。根据功能性食品行业特性，其网络基础设施的建设应该着重满足以下要求：

数据传输的准确性和及时性

企业应紧密结合生产现场和业务管理需求，积极采用宽带网络、现场总线、工业以太网、工业 PON、工业 WiFi、5G 等先进技术，确保网络高效、稳定和安全。对于固定位置且对数据传输稳定性要求极高的设备（如大型生产线的核心设备），建议采用有线以太网连接；而对于移动设备或分布较分散的设备，可采用无线传输技术（如 Wi-Fi、4G/5G 或工业专用低功耗广域网）。

网络的可扩展性和环境适应性

企业生产加工环境复杂，可能涉及粉尘、高温、潮湿等恶劣条件，因此网络设备的选型需要满足工业级防尘、防水、抗冲击等要求，确保网络设备在恶劣环境下稳定运行。

网络需具备高度的安全性

防止网络攻击和数据泄露。工业交换机等网络设备应具备强大的安全功能，如端口安全、访问控制列表、虚拟局域网（VLAN）等，以确保数据的安全传输和存储。对于

老旧系统，可以通过虚拟化技术将其整合到工业数据中心（IDC），并部署全天候威胁检测和高频次资产审计，以降低网络安全风险。

远程监控与可视化

搭建基于 Web 技术或移动应用程序的远程监控平台，使管理人员和运维工程师能够远程访问设备运行数据。监控平台应采用直观的图形化界面（如仪表盘、趋势图、报警列表等），便于实时监控设备的关键参数和运行状态。

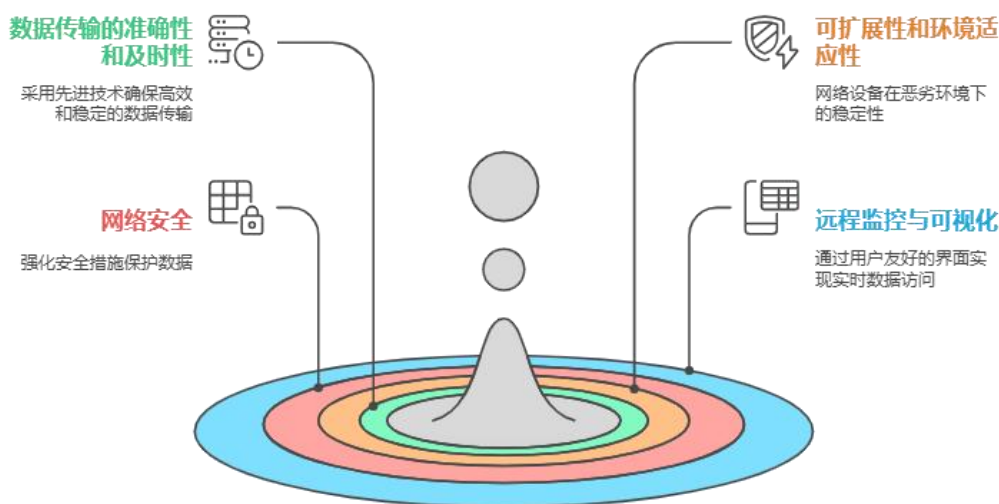


图 7：功能性食品行业网络基础设施能力建设重点

1.1 企业内网

1.1.1 宽带网络建设

（1）建设要求：企业内网需拥有高速、稳定的宽带连接，以便支撑大量数据的传输与处理。强烈推荐采用千兆或万兆以太网，切实保证网络带宽能够充分满足生产数据、视频监控以及远程控制等高带宽需求。

(2) 应用场景：广泛适用于企业内部各个部门之间的数据传递，例如生产数据、检测数据、财务数据、人力资源数据等。

(3) 技术选型：

设备选择：选用支持 IEEE802.3 标准的以太网交换机和路由器，如华为、思科等知名品牌的设备。

布线要求：采用六类（Cat6）或七类（Cat7）网线，以支持千兆或万兆传输速率。

PoE 供电：选用支持 PoE（Power over Ethernet）的交换机，可极大地简化布线流程，同时方便安装摄像头、无线 AP 等设备。

1.1.2 现场总线建设

(1) 建设要求：现场总线主要用于连接生产设备与控制系统，从而实现设备之间的通信。常见的现场总线标准涵盖 PROFIBUS、CAN、Modbus 等。企业应选择合适的现场总线标准，以确保设备之间的兼容性与互操作性。

(2) 应用场景：适用于生产车间内的设备互联，比如传感器、控制器、执行器等。

(3) 技术选型：

标准选择：依据设备类型和通信需求，审慎选择合适的现场总线标准。例如，PROFIBUS 适用于工业自动化领域，而 Modbus 则适用于楼宇自动化。

设备选择：选用支持相应标准的 PLC（可编程逻辑控制器）、传感器、执行器等设备。

布线要求：使用屏蔽双绞线，有效确保信号传输的稳定性与抗干扰能力。

1.1.3 工业以太网建设

（1）建设要求：工业以太网作为一种基于以太网技术的工业通信网络，具有高带宽、低延迟、高可靠性的显著特点。推荐使用 IEEE 802.3 标准的工业以太网，全力支持实时数据传输和远程设备管理。

（2）应用场景：适用于对实时性和可靠性要求极高的生产场景，例如自动化生产线、智能仓储系统等。

（3）技术选型：

协议选择：选用支持 PROFINET、EtherCAT 等工业以太网协议的设备，切实保障网络的稳定性与实时性。

设备选择：选用工业级以太网交换机和路由器，如西门子、施耐德等品牌的设备。

冗余设计：采用环形拓扑结构，实现网络的冗余备份，大幅提高网络的可靠性。

1.1.4 工业无源光纤网络（PON）建设

（1）建设要求：工业 PON 是一种基于光纤的通信技术，具备长距离、高带宽、抗干扰能力强的突出优势。推荐使用 GPON（吉比特无源光网络）或 EPON（以太网无源光网络），有效确保网络的稳定性与可靠性。

(2) 应用场景：适用于大型生产厂区的网络覆盖，比如多车间、多厂房之间的数据传输。

(3) 技术选型：

设备选择：选用符合工业标准的 PON 设备，如华为、中兴等品牌的 OLT（光线路终端）和 ONU（光网络单元）。

布线要求：使用单模光纤，确保长距离传输能力和抗干扰性能。

冗余设计：采用双链路冗余设计，显著提高网络的可靠性。

1.1.5 工业 WiFi 建设

(1) 建设要求：工业 WiFi 用于无线连接移动设备和固定设备，有力支持灵活的网络布局。推荐使用 802.11ac 或 802.11ax 标准的工业级 WiFi 设备，切实确保网络的稳定性与安全性。

(2) 应用场景：适用于需要移动设备接入的生产场景，例如手持终端、移动机器人等。

(3) 技术选型：

设备选择：选用支持 802.11ac 或 802.11ax 标准的工业级 WiFi AP（接入点），如 Ruckus、Aruba 等品牌的设备。

布线要求：使用 PoE 供电的网线，简化布线，方便安装。

Mesh 网络：采用 Mesh 网络技术，确保信号覆盖范围和稳定性。

安全措施：启用 WPA3 加密，全力确保网络的安全性。

1.1.6 5G 建设

（1）建设要求：5G 技术具有高速度、低延迟、大连接数的独特优势，非常适用于高带宽、低延迟的工业应用。推荐使用 5G 专网，切实确保网络的专用性和安全性。

（2）应用场景：适用于远程控制、实时监控、高清视频传输等高要求的生产场景，比如无人驾驶叉车、无人机巡检等。

（3）技术选型：

专网建设：与电信运营商紧密合作，建设 5G 专网，确保网络的专用性和安全性。

设备选择：选用支持 5G 的工业级终端设备，如 5G CPE（客户前提设备）、5G 模组等。

边缘计算：部署边缘计算节点，实现数据的本地处理和实时响应。

1.2 企业外网建设

1.2.1 宽带互联网建设

（1）建设要求：企业外网应具备高速、稳定的宽带连接，以有力支持与外部合作伙伴、客户的通信和数据交换。推荐使用光纤宽带或专线连接，切实确保网络的稳定性和安全性。

（2）应用场景：适用于企业与供应商、分销商、客户的在线沟通和数据交换，例如订单管理、供应链协同等。

（3）技术选型：

设备选择：选用高性能的光纤宽带路由器和防火墙，如华为、思科等品牌的设备。

带宽要求：根据企业需求，精心选择合适的带宽，如100Mbps、1Gbps等。

安全措施：启用防火墙、入侵检测系统（IDS）等安全措施，确保网络的安全性。

1.2.2 专网建设

（1）建设要求：专网是指为企业专门搭建的独立网络，具有高安全性和专用性。推荐使用MPLS（多协议标签交换）或SD-WAN（软件定义广域网）技术，切实确保网络的稳定性和安全性。

（2）应用场景：适用于企业与分支机构、合作伙伴之间的数据传输，例如远程办公、视频会议等。

（3）技术选型：

MPLS：选择支持MPLS的网络服务提供商，如中国电信、中国联通等。

SD-WAN：使用支持SD-WAN的网络设备，如Cisco SD-WAN、VMware SD-WAN等。

冗余设计：采用双链路冗余设计，提高网络的可靠性。

安全措施：启用加密传输、访问控制等安全措施，确保数据的安全性。

1.2.3 云服务建设

(1) 建设要求：企业可以充分利用公有云、私有云或混合云服务，实现数据的存储、备份和处理。推荐使用符合行业标准的云服务提供商，切实确保数据的安全性和可靠性。

(2) 应用场景：适用于企业的大数据处理、备份恢复、灾难恢复等场景，例如数据湖、数据仓库等。

(3) 技术选型：

云服务商选择：选择符合 ISO/IEC 27001 等国际标准的云服务提供商，如阿里云、腾讯云、AWS 等。

服务类型：根据企业需求，合理选择合适的云服务类型，如 IaaS（基础设施即服务）、PaaS（平台即服务）、SaaS（软件即服务）等。

数据安全：启用数据加密、访问控制等安全措施，确保数据的安全性和合规性。

1.2.4 物联网（IoT）建设

(1) 建设要求：物联网技术用于连接各种设备和传感器，实现数据的采集和传输。推荐使用 LoRaWAN、NB-IoT 等低功耗广域网技术，确保设备的长寿命和低功耗。

(2) 应用场景：适用于远程监控、环境监测、资产管理等场景，例如温湿度传感器、位置追踪器等。

(3) 技术选型：

标准选择：根据应用场景，审慎选择合适的物联网标准，如 LoRaWAN 适用于长距离、低功耗的场景，NB-IoT 适用于大规模连接的场景。

设备选择：选择支持相应标准的物联网设备，如 LoRaWAN 模块、NB-IoT 模块等。

数据传输：使用 MQTT（消息队列遥测传输）等轻量级协议，确保数据传输的高效性和可靠性。

平台选择：选择支持物联网的云平台，如华为 OceanConnect、阿里云 Link 等，实现设备管理和数据分析。

2. 标识解析体系建设

2.1 标识解析体系概述

标识解析体系作为工业互联网的关键构成部分，为每个物理或虚拟对象赋予独一无二的标识符，并提供高效的解析服务，从而达成对象的全球唯一识别以及信息的互联互通。在功能性食品行业，这一体系具有重大意义：一方面能够助力企业实现产品全生命周期的精细管理与全程追溯；另一方面显著提升供应链的透明度与运作效率，有力保障食品安全，切实维护消费者的合法权益。

功能性食品行业在标识解析体系的建设与应用进程中，务必紧密结合行业特性与企业实际需求，精心构建高效能的标识解析体系，全面实现产品全生命周期的精细管理与追溯，大力提升供应链的透明度与效率，坚决保障食品安全以及消费者权益。通过标识解析体系的广泛应用，企业

能够切实提高生产效率与产品质量，有效降低运营成本，显著增强市场竞争力。

2.2 标识解析体系的建设内容

2.2.1 标识编码

编码规则制定：确立统一且严谨的编码规则，以确保每一件产品、每一台设备、每一类原材料等均能获取唯一的标识符。常见且权威的编码标准如 **GS1**、**Handle**、**OID** 等可供选用。

编码生成与分配：借助先进的标识解析平台，生成并精准分配唯一的标识符。例如，遵循 **GS1** 标准，**GTIN**（全球贸易项目代码）可精准标识产品，而 **SSCC**（串号箱装代码）则适用于物流单元的清晰标识。

编码管理系统构建：搭建完备的标识编码管理系统，全面记录并精细管理所有标识符的生成、分配及使用状况，坚决保障标识符的唯一性与准确性。

2.2.2 解析服务

解析节点布局：科学建立标识解析节点，涵盖国家级、区域级以及企业级等不同层级，依据实际需求合理选定。

解析平台运用：充分利用如国家工业互联网标识解析顶级节点及其二级节点等优质平台，高效实现标识符的解析与数据查询。

解析协议支持：积极支持多种解析协议，如 HTTP、DNS、LDAP 等，全力确保不同系统间的良好兼容性与高效互操作性。

2.2.3 数据管理

数据存储中心建设：精心打造标识解析数据中心，妥善存储与标识符紧密相关的数据，涵盖产品信息、生产日期、批次号、物流详情等丰富内容。

数据同步机制优化：切实实现标识解析数据的实时同步，全力保障数据的精准性与一致性。可灵活运用数据同步工具或 API 接口达成数据的双向同步。

数据安全保障强化：综合采用加密技术、严格的访问控制等强效安全措施，坚决守护数据的安全性与隐私保护。

2.2.4 应用集成

系统集成对接：将标识解析系统与企业的 ERP（企业资源规划）、MES（制造执行系统）、SCM（供应链管理）等核心信息系统深度集成，全面实现数据的无缝互联互通。

设备集成融合：推动标识解析系统与生产设备、物流设备等关键设施紧密集成，有效实现生产过程的自动化与智能化。

应用开发创新：积极开发基于标识解析的多元应用，如功能强大的产品追溯系统、高效的供应链管理系统、严格的质量管理系统等，显著提升企业的管理效能与市场竞争实力。

2.3 标识解析体系的应用内容

2.3.1 产品追溯

追溯管理全面实施：凭借标识解析体系，实现产品全生命周期的追溯管理全覆盖。从原材料采购起始，历经生产加工、仓储物流、销售配送等所有关键环节，详尽记录并精细管理每一个核心节点的重要信息。

追溯查询便捷高效：消费者与监管机构能够通过轻松扫描产品上的二维码或条形码，即可快速查询获取产品的生产详情、质量检测报告、物流轨迹等关键信息，有力确保产品的安全性与卓越品质。

2.3.2 供应链管理

供应链协同深度优化：借助标识解析体系，达成供应链上下游企业间的信息充分共享与业务高效协同。供应商、制造商、分销商、零售商等能够通过标识解析平台，实时获取并交换产品信息、订单详情、库存状况等核心数据，大幅提升供应链的透明度与运作效率。

库存管理精细精准：通过标识解析体系，实现库存的精细化管理。企业能够实时精准监控库存动态，及时灵活调整生产计划与采购安排，有效规避库存积压与断货风险。

2.3.3 质量管理

质量追溯全程掌控：依托标识解析体系，实现产品质量的全程追溯无遗漏。从原材料采购环节，到生产加工、

质量检测、成品入库等关键流程，全面记录并管理每一个核心节点的质量相关信息。

质量控制实时有效：借助标识解析体系，达成质量数据的实时监控与深入分析。企业能够及时敏锐地发现并妥善解决问题，显著提升产品的质量水平与可靠性。

2.3.4 消费者互动

产品信息查询透明便捷：消费者通过扫描产品上的二维码或条形码，即可便捷查询产品的生产信息、质量检测报告、使用说明等详细内容，有效提高消费者的信任度与满意度。

主动收集消费者的反馈与建议：企业能够通过标识解析体系，主动收集消费者的反馈与建议，持续优化产品与服务，显著提升市场竞争力。

3.数据采集能力建设

食品加工行业生产流程复杂，数据采集系统需具备灵活配置的能力，以适应不同的生产场景和设备。需支持有线和无线传输方式，满足固定设备和移动设备的数据采集需求。以下是建设过程中需要注意的要点：

（1）数据采集的实时性

根据生产环节和设备特性，合理设置数据采集频率。例如，对于关键工艺参数（如灭菌温度）需要高频采集，而对于能耗数据则可适当降低频率。实时数据采集能够支持生产过程的动态监控和故障预警。

（2）数据采集的全面性

功能性食品生产加工过程中需要采集的数据类型丰富，包括生产环节的温度、湿度、压力、流量等工艺参数，以及设备运行状态数据（如振动、能耗等）。同时，还需采集原材料质量、库存水平、能源消耗等数据，以支持生产优化和成本控制。

（3）数据采集的灵活性

功能性食品生产加工行业生产流程复杂，数据采集系统需具备灵活配置的能力，以适应不同的生产场景和设备。支持有线和无线传输方式，满足固定设备和移动设备的数据采集需求。

（4）数据采集的准确性

采用高精度的传感器和自动化设备，确保采集数据的准确性和可靠性。对采集到的数据进行实时校验和异常检测，避免因设备故障或人为操作导致数据偏差。

（5）数据存储与压缩

食品加工数据量大，需采用合理的存储策略。对于正常生产数据，可采用有损压缩以节省存储空间；对于异常数据，则需采用无损压缩以保留完整信息。数据存储需满足食品安全法规要求，确保数据的可追溯性。

（6）数据安全性与隐私保护

数据采集过程中需严格遵守数据安全法规，防止数据泄露和未经授权的访问。对于涉及食品安全和商业机密的数据，应采用加密技术和访问控制机制。

（7）设备与系统的集成

数据采集系统需与现有的生产管理系统（如MES、ERP）无缝集成，实现数据的实时共享和协同工作。通过物联网技术，实现设备之间的互联互通，提高生产效率。

（8）能源管理的数据支持

通过实时采集能源消耗数据（如水、电、气），实现能源的可视化管理和节能分析。基于能耗数据，制定科学的节能策略，降低生产成本。

（9）数据的分析与应用

采集的数据应通过数据分析工具进行挖掘，以发现生产过程中的瓶颈和优化空间。利用大数据分析技术，实现能耗优化、质量控制和市场预测等功能。

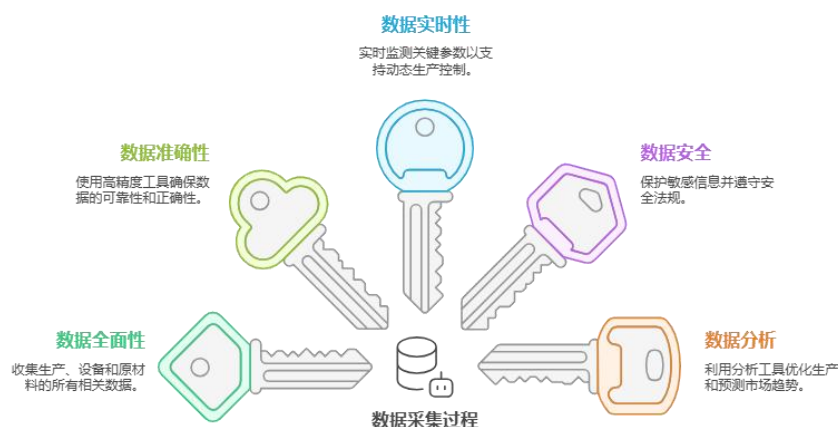


图 8：功能性食品企业“智改数转网联”数据采集能力建设的关键要素

3.1 “哑设备”改造

3.1.1 改造目的

为了提升设备的联网水平，使其能够顺利接入企业内网或工业互联网，从而实现远程、实时的监控与管理，大幅提高设备管控的时效性和便捷性。显著增强数据采集能力：通过安装各类数据传感器，构建完善的数据采集系统，精准、实时地获取设备运行状态及生产数据等关键信息，为企业的生产管理和战略决策提供全面、精确的数据支撑。有效提高生产效率：借助实时数据监控与分析，迅速察觉并解决生产过程中的各类问题，优化生产流程，提升产品质量的一致性和稳定性。

3.1.2 改造方法

（1）传感器选型与应用

精心选用高精度温度传感器，对设备关键部位的温度予以实时监测，确保设备在适宜的温度范围内稳定运行，有效预防因温度异常所导致的设备故障和生产中断。

部署专业湿度传感器，精准掌控生产环境的湿度状况，为功能性食品的生产营造理想的环境条件，有力保障产品质量不受湿度波动的影响。

安装高性能压力传感器，实时监控设备内部的压力变化，保障设备在规定压力范围内安全、高效地运行，避免压力异常引发的生产事故和设备损坏。

采用先进的流量传感器，精确测量液体或气体的流量，保证生产过程中物料输送的稳定性和连续性，确保生产工艺的精准执行。

配置高精度位置传感器，实时追踪设备的位置和运动状态，实现对设备的精准定位和精确控制，提高生产操作的准确性和可靠性。

安装灵敏的振动传感器，实时监测设备的振动情况，通过对振动数据的分析，及时发现潜在的设备故障，提前采取维护措施，降低设备突发故障的风险。

选用高性能电流传感器，实时监测设备的电流状况，确保设备的电力供应稳定可靠，防止电流异常对设备正常运行造成不利影响。

（2）数据采集模块的加装与配置

模块选择：审慎挑选适应工业复杂环境的高性能数据采集模块，例如稳定性卓越的可编程逻辑控制器（PLC）、高效精准的数据采集卡等，确保传感器数据的精确采集和稳定传输。

安装位置优化：依据设备的机械结构、电气特性和工作原理，科学合理地确定数据采集模块的安装位置，最大程度地保障数据采集的准确性和可靠性。

连接方式适配：根据设备的类型（固定或移动）、现场环境以及数据传输要求，灵活选用有线（如 RS-485、以

太网)或无线(如 Wi-Fi、蓝牙)的连接方式,实现数据采集模块与设备之间高效、稳定的数据传输。

(3) 数据传输、存储与管理

数据传输方案:综合运用工业以太网、现场总线(如 CAN 总线、Modbus)、无线通信(如 4G/5G、LoRa)等先进的数据传输技术,将采集到的海量数据安全、快速、稳定地传输至中央数据服务器或云端,实现数据的集中管理和共享。

数据存储架构:构建多层次、高可靠的数据存储系统,其中关系型数据库(如 MySQL、Oracle)用于结构化数据的存储和查询,非关系型数据库(如 MongoDB、Cassandra)用于处理大规模的非结构化数据,数据湖(如 Hadoop)用于存储原始数据和历史数据,以满足不同类型数据的存储需求。

数据备份策略:制定严格的数据备份计划,采用定期全量备份与实时增量备份相结合的方式,运用磁带库、异地存储等技术手段,确保数据的安全性、完整性和可恢复性,有效防范数据丢失和损坏的风险。

(4) 数据处理与分析技术应用

数据清洗与预处理:运用先进的数据清洗算法和工具,对采集到的原始数据进行去噪、异常值处理、缺失值填充等操作,保障数据的准确性和可用性,为后续的分析工作筑牢坚实基础。

数据整合与融合：通过数据仓库、ETL（Extract-Transform-Load）工具等技术手段，将来自不同设备、不同传感器、不同数据源的多维度数据进行整合和融合，构建统一、完整、一致的数据视图，为深度分析和综合决策提供全面的数据支持。

数据分析与挖掘：充分运用大数据分析技术（如Hadoop生态系统、Spark）、机器学习算法（如决策树、聚类分析、神经网络）和深度学习模型（如卷积神经网络、循环神经网络），对清洗整合后的数据进行深度分析和挖掘，提取隐藏在数据中的有价值信息和潜在规律，例如精准预测设备故障的发生时间和类型、优化生产工艺参数、制定精准的生产计划等。

数据可视化展示：借助专业的数据可视化工具（如Tableau、Power BI、Echarts），将复杂的数据以直观、易懂的图表（如柱状图、折线图、饼图、热力图、箱线图）、报表和仪表盘等形式予以呈现，为管理人员和决策层提供清晰、直观的数据洞察，助力其快速、准确地做出决策。

（5）实时监控与报警系统构建

实时监控平台：搭建功能强大、响应敏捷的实时监控系统，通过高清大屏幕、PC终端、移动设备（如平板电脑、智能手机）等多种终端设备，以直观的图形界面和实时数据更新，动态展示设备的运行状态、生产数据的动态变化、

关键工艺参数的实时数值等，实现对生产过程的全方位、无死角监控。

智能报警机制：建立基于规则和阈值的智能报警系统，依照设备的正常运行范围、生产工艺的要求以及质量控制的标准，设置科学合理的报警阈值和触发条件。当设备运行状态、生产数据等关键指标超出预设的正常范围时，系统能够自动、及时地触发报警，通过声光报警、短信通知、邮件提醒等多种方式，迅速将异常信息传递给相关的管理人员和技术人员，确保问题得到及时处理，避免生产事故和质量问题的发生。

3.2 智能设备联网

3.2.1 联网设备与技术

(1) 可编程逻辑控制器（PLC）

功能特性：PLC 作为专为工业环境设计的数字运算操作电子系统，具有高可靠性、强抗干扰能力以及丰富的编程接口，能够实现逻辑控制、顺序控制、定时计数等多种复杂的控制功能。

应用场景：在功能性食品生产线中，广泛应用于自动化设备的顺序控制、运动控制、过程控制等领域，例如包装机械的动作控制、输送带的速度调节、搅拌设备的温度和时间控制等。

联网方式：支持多种工业通信协议，如 Modbus TCP/IP、Profinet、Ethernet/IP 等，能够与上位机监控系统、其他

PLC 设备以及现场智能仪表实现高效、稳定的数据交互和协同控制。

（2）工控机（IPC）

功能特点：IPC 是一种具备高稳定性、强扩展性和良好兼容性的工业级计算机，配备专业的工业主板、防尘防震机箱、宽温电源等硬件组件，能够在恶劣的工业环境下长时间稳定运行。

应用范围：在功能性食品生产中，主要用于数据采集与处理、生产过程监控、质量管理、设备运维管理等方面，能够运行复杂的工业控制软件和数据分析工具，实现对生产数据的实时采集、存储、分析和报表生成。

联网接口：拥有丰富的联网接口，如以太网口、USB 口、串口等，支持 TCP/IP、UDP 等网络协议，能够与 PLC、传感器、执行器、服务器等设备进行高速、可靠的数据通信。

（3）数据采集模块

功能介绍：数据采集模块是用于采集现场各种模拟量、数字量信号，并将其转换为数字信号进行传输和处理的设备，具有高精度、高采样率、多通道、支持多种信号类型等特点。

应用实例：在功能性食品生产现场，可用于采集温度、压力、流量、液位等传感器的信号，以及设备的运行状态、开关量信号等，为生产监控和数据分析提供原始数据来源。

联网模式：通常支持以太网、RS-485、CAN 总线等通信方式，能够与 PLC、IPC 等设备进行无缝连接，实现数据的实时上传和远程监控。

3.2.2 数据归集、分析与利用

数据归集策略：通过 PLC、IPC、数据采集模块等设备，实时、全面地采集生产过程中的各类数据，涵盖设备运行参数、工艺过程数据、质量检测数据、环境监测数据等。利用工业以太网、现场总线、无线通信等技术手段，将采集到的数据准确、快速地传输至中央数据服务器或云平台，确保数据的及时性和完整性。

数据分析方法：采用数据清洗、数据整合、数据挖掘等技术对归集的数据进行处理和分析。运用统计分析、机器学习、深度学习等算法，挖掘数据中的潜在规律和关联关系，为生产优化、设备维护、质量控制、能耗管理等提供决策依据。

数据利用途径：基于数据分析结果，实现生产过程的实时监控与可视化展示，通过大屏幕、移动终端等设备为管理人员提供直观的生产态势感知。建立智能报警系统，当生产指标偏离设定阈值时及时发出警报，提醒相关人员采取措施。利用数据分析优化生产工艺和流程，提高生产效率和产品质量。开展预测性设备维护，根据设备运行数据提前预测潜在故障，减少设备停机时间，提高设备利用

率。通过数据共享与协同，实现供应链上下游企业的信息互联互通，提升整个供应链的响应速度和协同效率。

4. 信息系统能力建设

食品加工行业的信息系统涵盖了从生产管理到供应链协同、客户关系管理等多个方面，主要包括：协同设计平台（PLM）、配方管理系统、计算机辅助食品设计软件（CAFD）、企业资源规划系统（ERP）、制造执行系统（MES）、供应链管理软件（SCM）、客户关系管理系统（CRM）、仓储管理系统（WMS）、工业互联网平台、溯源管理系统、分布式控制系统（DCS）、设备管理系统（EMS）、智能质量检测系统、能耗管理系统、消费者服务与体验管理系统、数据分析与决策支持（BI）等信息化系统。下面重点罗列企业基础能力需要的部分系统：

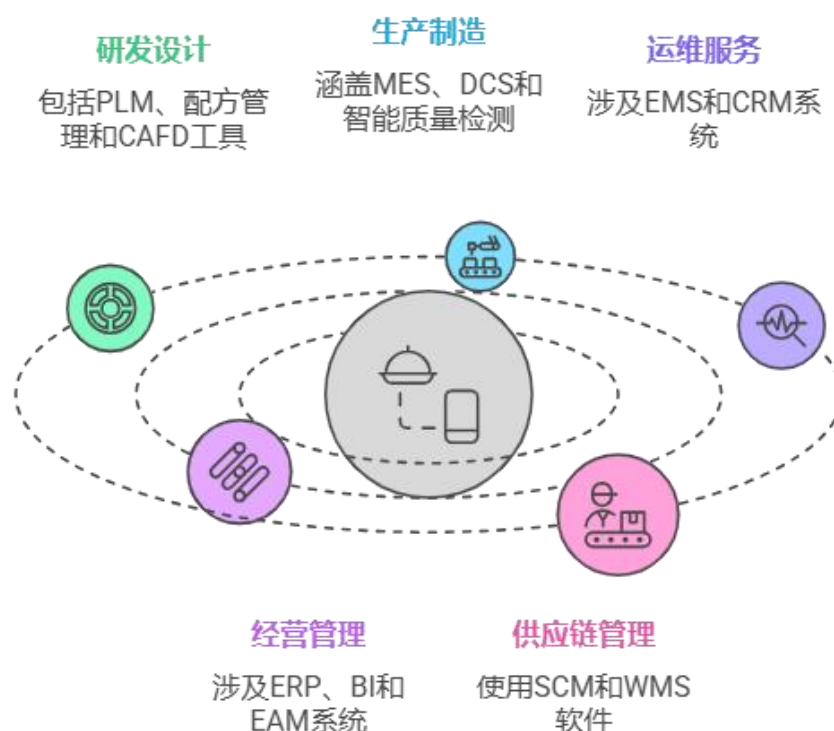


图9：功能性食品企业“智改数转网联”关键信息系统建设

4.1 企业资源规划管理系统（ERP）

4.1.1 功能与模块

ERP 系统是一个集成化的管理信息系统，涵盖了企业的各个业务领域，如财务管理、采购管理、销售管理、库存管理、生产管理等。通过统一的数据库和业务流程，实现企业资源的优化配置和高效管理。

主要模块：

财务管理：实现财务数据的集中管理，提供财务报表和分析报告，帮助企业管理层做出科学决策。

采购管理：优化采购流程，实现供应商管理、采购订单、收货检验等环节的自动化，降低采购成本。

销售管理：实现销售订单、发货、收款等环节的自动化管理，提高客户满意度。

库存管理：实时监控库存情况，优化库存结构，减少库存积压和断货。

生产管理：实现生产计划、生产调度、生产统计等环节的自动化管理，提高生产效率。

4.1.2 系统优势

集成化管理：实现企业各个业务领域的数据集成和流程优化，提高管理效率。

实时监控：通过实时数据监控，及时发现和解决问题，提高生产效率和产品质量。

决策支持：提供丰富的报表和分析工具，帮助企业管理层做出科学决策。

4.2 制造执行系统（MES）

4.2.1 功能与模块

MES 系统是一个面向车间生产的实时信息系统，主要负责生产调度、生产执行、质量管理、设备管理等环节。通过实时数据采集和分析，实现生产过程的透明化和可控化。

主要模块：

生产调度：根据生产计划，自动调度生产任务，优化生产排程。

生产执行：实时监控生产进度，记录生产数据，提供生产统计报告。

质量管理：实现质量数据的实时采集和分析，及时发现和解决质量问题。

设备管理：实时监控设备状态，提供设备维护和保养建议，延长设备寿命。

4.2.2 系统优势

实时性：实时采集和处理生产数据，提高生产过程的透明度和可控性。

灵活性：支持动态调整生产计划，适应市场需求变化。

质量控制：通过实时数据监控，提高产品质量和客户满意度。

4.3 分布式控制系统（DCS）

4.3.1 功能与模块

DCS 系统是一种用于过程控制的自动化系统，主要用于连续生产过程的监控和控制。通过分散的控制单元和集中的管理平台，实现生产过程的高效控制。

主要模块：

过程控制：实时监控和控制生产过程中的温度、压力、流量等参数，确保生产过程的稳定性和连续性。

数据采集：实时采集生产数据，提供生产统计报告和分析报告。

故障诊断：通过实时数据监控，及时发现和诊断设备故障，减少停机时间。

4.3.2 系统优势

高可靠性：通过分散的控制单元，提高系统的可靠性和稳定性。

实时性：实时监控和控制生产过程，提高生产效率和产品质量。

灵活性：支持多种控制策略和控制算法，适应不同的生产需求。

4.4 云化工业软件和工业互联网平台

4.4.1 云化工业软件

云化工业软件是指将传统的工业软件部署在云端，通过互联网提供服务。企业可以根据实际需求，按需使用和付费，无需购买和维护昂贵的硬件设备。

主要模块：

ERP 云：提供云端的 ERP 服务，实现财务管理、采购管理、销售管理、库存管理等功能。

MES 云：提供云端的 MES 服务，实现生产调度、生产执行、质量管理、设备管理等功能。

SCADA 云：提供云端的 SCADA 服务，实现数据采集、监控和控制功能。

4.4.2 工业互联网平台

工业互联网平台是一个连接设备、系统和人的综合平台，提供数据采集、数据存储、数据分析、应用开发等服务。通过平台，企业可以实现设备的远程监控和管理，优化生产过程，提高生产效率。

主要模块：

设备管理：实现设备的远程监控和管理，提供设备维护和保养建议。

生产优化：通过数据分析，优化生产计划和工艺流程，提高生产效率。

供应链管理：实现供应链上下游企业的信息协同，提高供应链的整体运行效率。

应用开发：提供开放的开发平台，支持企业开发定制化的工业应用。

4.4.3 系统优势

成本效益：按需使用和付费，降低企业的初始投资和运维成本。

灵活性：支持快速部署和扩展，适应企业的发展需求。

安全性：提供多层次的安全防护措施，确保数据的安全性和隐私保护。

创新性：支持企业开发和应用新的工业技术，推动企业的创新发展。

5.信息安全能力建设

5.1 建设概述

功能性食品行业信息安全能力建设的主要内容主要包括以下几个方面：

（1）数据安全与隐私保护

功能性食品行业涉及大量消费者健康数据、生产工艺数据以及研发信息，这些数据具有高度敏感性，需要严格保护其安全性和隐私性。具体措施包括：

数据加密：对存储和传输中的数据进行加密处理，防止数据泄露。

访问控制：建立严格的权限管理体系，确保只有授权人员可以访问敏感数据。

数据备份与恢复：定期备份关键数据，并确保在数据丢失或损坏时能够快速恢复。

（2）合规性管理

功能性食品行业受到严格的法规监管，企业必须确保信息安全措施符合相关法律法规的要求。重点包括：

法规遵循：建立法规数据库，实时跟踪国内外法规更新，确保产品标签、功效声称等符合法规要求。

标签合规性：严格规范产品标签标注，避免虚假宣传和误导消费者。

风险管理：建立食品安全风险数据库，对生产、储存、运输等环节进行风险识别和评估。

（3）供应链安全

功能性食品的供应链涉及多个环节，涵盖从原材料采购到成品配送，每个环节都可能面临信息安全风险。因此，需要建立以下保障机制：

供应商管理：对供应商进行严格筛选和评估，确保其提供的原料符合安全标准。

溯源系统建设：通过数字化手段建立溯源系统，实现产品从原材料到成品的全程追溯。

（4）研发与生产环节的信息安全

研发和生产环节是功能性食品企业的核心，信息安全能力建设需要重点关注：

研发数据管理：通过产品生命周期管理系统（PLM）整合研发数据，确保配方、实验数据等的安全性和完整性。

生产过程监控：利用制造执行系统（MES）实时监控生产过程，防止数据篡改和生产事故。

质量控制：通过信息化手段实现生产过程的质量监控，确保产品符合既定标准。

（5）数字化与智能化应用中的信息安全

随着人工智能和大数据技术在功能性食品行业的广泛应用，信息安全面临新的挑战。企业需要重点构建以下防护机制：

数据隐私保护：在数据采集、分析和共享过程中，严格保护消费者和企业的隐私。

AI模型安全：确保人工智能模型的可解释性和可靠性，防止因算法漏洞导致的安全风险。

（6）员工培训与意识提升

信息安全能力建设不仅依赖技术手段，还需要提升员工的信息安全意识。企业应定期开展信息安全培训，确保员工了解最新的安全法规和技术手段。

（7）应急响应与持续改进

建立信息安全应急响应机制，确保在发生安全事件时能够快速响应并降低损失。同时，企业应持续评估和改进信息安全措施，以应对不断变化的威胁环境。

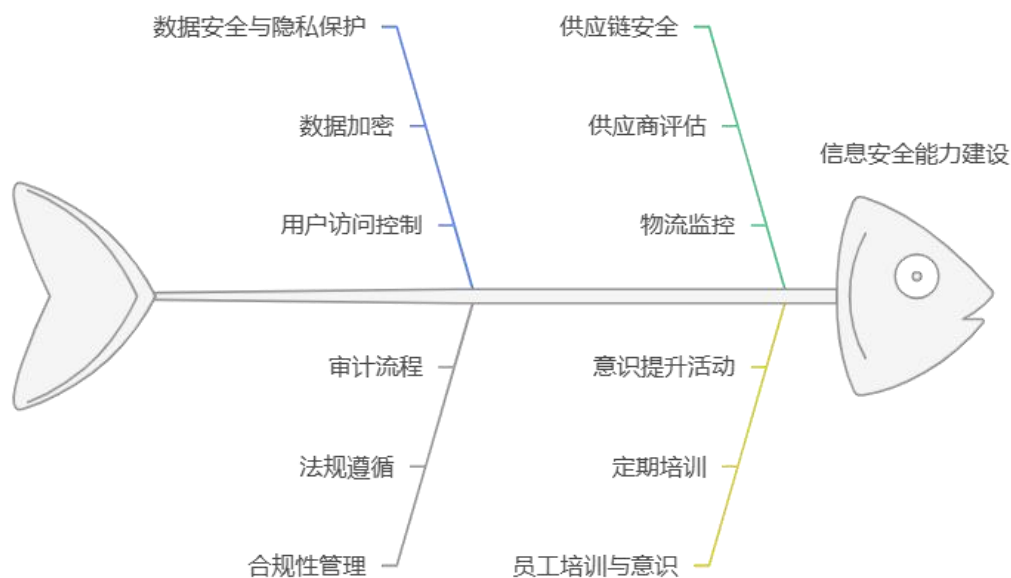


图 10：功能性食品企业“智改数转网联”信息安全能力建设内容

通过以上措施，功能性食品企业可以有效提升信息安全能力，保障企业运营的稳定性和消费者的信任。

5.2 建设详情

5.2.1 设备安全

（1）基本框架

物理安全：保障设备的物理安全，防止未经授权的访问与破坏。

固件安全：确保设备固件的完整性与安全性，定期更新固件以修补已知漏洞。

访问控制：严格实施访问控制措施，仅授权人员可访问设备。

（2）建设内容

安装门禁系统：在关键设备与生产区域设置门禁系统，采用刷卡或生物识别技术，限制进入人员。

视频监控系统：安装覆盖关键设备和生产区域的视频监控系统，实时监控现场情况并记录视频资料，便于事后调查。

定期安全检查：按时进行物理安全检查，确保门禁系统、视频监控系统等设备正常运行，及时发现并修复安全隐患。

建立固件更新机制：制定固件更新计划，定期检查设备固件版本，确保使用最新版本固件。

固件备份：在更新前备份现有固件，预防更新过程中出现意外情况。

固件验证：运用数字签名等技术验证固件完整性，确保下载的固件未被篡改。

强密码策略：实施复杂且定期更换的强密码策略。

多因素认证（MFA）：采用短信验证码、指纹识别等多因素认证技术，增强访问安全性。

权限管理：遵循最小权限原则，确保每个用户仅能访问其工作所需的数据和系统资源。

5.2.2 控制安全

(1) 基本框架

控制系统安全：保障 PLC、DCS 等控制系统的安全，防范恶意攻击与非法操作。

安全审计：定期进行安全审计，检查控制系统的配置与运行情况。

应急响应：建立应急响应机制，及时处理控制系统中的安全事件。

(2) 建设内容

安全通信协议：使用 TLS/SSL 等安全通信协议，保护控制系统与外部系统的通信数据。

防火墙和入侵检测系统（IDS）：在控制系统与外部网络之间部署防火墙和 IDS，阻止未经授权的访问和攻击。

定期更新：按时更新控制系统软件，修补已知漏洞，确保系统安全性。

配置检查：定期检查控制系统的配置文件，确保符合安全标准。

日志记录：启用日志记录功能，记录控制系统的所有操作和事件，方便事后审计与分析。

第三方审计：定期邀请第三方安全机构进行安全审计，发现并整改潜在安全隐患。

应急响应团队：组建包括 IT、生产、安全等部门人员的应急响应团队，负责处理安全事件。

应急预案：制定详细的应急预案，明确应急响应流程和责任分工，定期进行应急演练，提高应对突发事件的能力。

事件报告：建立事件报告机制，确保安全事件能够及时上报和处理。

5.2.3 网络安全

（1）基本框架

网络隔离：实现生产网络与企业内网、外网的隔离，防止外部攻击影响生产系统。

防火墙：部署防火墙，阻止未经授权的访问和攻击。

入侵检测与防御：部署入侵检测系统（IDS）和入侵防御系统（IPS），实时监控网络流量，及时发现并阻止攻击。

（2）建设内容

VLAN 划分：运用 VLAN 技术，将生产网络划分为多个逻辑子网，实现网络的逻辑隔离。

DMZ 区域：设置 DMZ 区域，将对外提供服务的服务器放置其中，降低外部攻击风险。

工业防火墙：在生产网络与企业内网、外网之间部署工业防火墙，执行严格的访问控制策略。

选择高性能防火墙：挑选性能稳定、功能强大的工业防火墙，确保能够处理高流量的网络数据。

配置安全策略：根据企业需求，配置合理的防火墙安全策略，限制不必要的网络访问。

定期更新规则：定期更新防火墙规则，修补已知安全漏洞，保证防火墙的有效性。

部署 IDS 和 IPS：在关键网络节点部署 IDS 和 IPS，实时监控网络流量，及时发现并阻止恶意攻击。

安全日志分析：定期进行安全日志分析，发现潜在安全威胁，采取相应防护措施。

威胁情报共享：加入威胁情报共享平台，获取最新威胁情报，及时调整安全策略。

5.2.4 平台安全

（1）基本框架

云平台安全：确保云平台的安全性，防止数据泄露和恶意攻击。

容器安全：保障容器的安全性，防止容器内的应用程序受到攻击。

身份与访问管理：严格实施身份与访问管理（IAM），确保只有授权用户可以访问平台资源。

（2）建设内容

选择可信的云服务提供商：挑选具有良好安全记录和合规认证的云服务提供商，如阿里云、华为云等。

数据加密：使用 SSL/TLS 等加密技术保护数据在传输过程中的安全性，采用 AES 等加密算法保护数据在存储过程中的安全性。

定期安全评估：定期进行安全评估，确保云平台的安全性和合规性。

使用安全的容器镜像：从可信的源获取容器镜像，使用经过安全扫描的镜像。

定期更新容器镜像：按时更新容器镜像，修补已知漏洞，确保容器的安全性。

运行时安全监控：运用容器运行时安全监控工具，实时监控容器的运行状态，及时发现并阻止恶意活动。

实施多因素认证（MFA）：采用短信验证码、指纹识别等多因素认证技术，增加访问安全性。

权限管理：执行最小权限原则，确保每个用户只能访问其工作所需的数据和系统资源。

定期审查用户权限：定期审查用户权限，确保权限的最小化原则，及时撤销不再需要的权限。

5.2.5 应用安全

（1）基本框架

代码安全：确保应用程序的代码安全，防止代码注入和缓冲区溢出等漏洞。

安全测试：进行安全测试，发现并修复应用程序中的安全漏洞。

安全更新：定期更新应用程序，修补已知漏洞，确保应用程序的安全性。

（2）建设内容

静态代码分析：使用静态代码分析工具，检查代码中的安全漏洞，如 SQL 注入、XSS 攻击等。

代码审查制度：实施代码审查制度，确保代码的安全性和规范性。

安全编码培训：定期对开发人员进行安全编码培训，提高开发人员的安全意识和技能。

渗透测试：定期进行渗透测试，模拟黑客攻击，发现并修复应用程序中的安全漏洞。

漏洞扫描：使用漏洞扫描工具，定期扫描应用程序，发现并修复已知漏洞。

安全测试报告：生成安全测试报告，记录测试结果和修复建议，确保问题得到及时解决。

建立安全更新机制：制定安全更新计划，定期检查应用程序版本，确保使用最新版本的应用程序。

自动化更新工具：使用自动化更新工具，简化安全更新的流程，确保更新的及时性和有效性。

用户通知：在进行重大更新时，及时通知用户，确保用户的知情权和选择权。

5.2.6 数据安全

（1）基本框架

数据加密：使用加密技术，保护数据在传输和存储过程中的安全性。

数据备份：定期进行数据备份，确保数据的完整性和可用性。

数据访问控制：严格实施数据访问控制措施，确保只有授权用户可以访问敏感数据。

（2）建设内容

传输加密：使用 **SSL/TLS** 等加密协议，保护数据在传输过程中的安全性。

存储加密：采用 **AES** 等加密算法，保护数据在存储过程中的安全性。

密钥管理：建立密钥管理系统，确保密钥的安全存储和管理。

建立数据备份机制：制定数据备份计划，定期进行数据备份，确保数据的完整性和可用性。

冗余存储技术：使用冗余存储技术，如 **RAID**、分布式存储等，确保数据的高可用性和容错性。

备份验证：定期验证备份数据的完整性和可用性，确保在需要时能够顺利恢复数据。

访问控制列表（**ACL**）：使用访问控制列表，限制用户对敏感数据的访问权限。

数据分类和标记：实施数据分类和标记，确保数据的分类管理，便于访问控制和审计。

审计日志：启用审计日志功能，记录数据访问和操作行为，便于事后审计和分析。

四、环节与场景

功能性食品行业的“智改数转网联”主要围绕研发创新、生产制造、供应链管理、市场营销、客户服务等核心环节展开，在多个场景中落地应用，助力行业提升竞争力、实现高质量发展。其中特医食品与乳制品、功能性饮料行业存在显著差异，这与特医食品的特殊属性和严格监管要求紧密相关。下面详细介绍不同环节和场景：

1. 配方研发环节

1.1 本环节主要内容

功能性食品的配方研发环节是一个系统化的过程，涉及市场调研、配方设计、实验室研究、临床试验等多个阶段。

1.1.1 市场调研和产品定位

首先是深入了解消费者对功能性食品的核心需求和期望，包括具体功能需求（如增强免疫力、改善睡眠、体重管理等）、口味偏好、剂型选择（片剂、胶囊、口服液、软糖等）以及价格敏感度。其次要分析竞争对手的产品特点与市场定位，挖掘市场空白点，明确差异化竞争优势。

1.1.2 功能成分筛选与配方设计

基于市场需求和科学研究，选择具有明确功能性作用的成分（如维生素、矿物质、植物提取物、益生菌等）。通过各种技术和数字化分析手段优化配方设计，合理调整

成分比例与组合，确保功能效果最佳化，同时注重产品的安全性、稳定性和口感体验。

1.1.3 产品测试与验证

开展实验室测试，评估功能成分含量、产品稳定性和安全性等关键指标。实验室阶段，进行小规模配方试验，验证配方的可行性。

主要工作包括：

功能性成分的提取与纯化：采用萃取、发酵、酶解等技术提取功能性成分；

配方稳定性测试：评估配方在不同条件下的稳定性，如温度、湿度、光照等；

初步功效验证：通过体外实验或动物试验验证配方的健康功效。

1.1.4 确定产品外观并进行包装加工

包括形状、颜色和图案，提升产品吸引力与品牌辨识度。开发符合产品特性和市场需求的包装方案，选择环保材料，确保产品保鲜、防潮、防氧化等性能，并兼顾消费者使用便捷性。

1.1.5 组织消费者试用测试

收集反馈，优化产品在口感、功效及外观设计等方面的表现并进行改善，确保最终产品满足市场需求和用户期望。

1.2 本环节痛点

1.2.1 研发人才数字化素养欠缺

在功能性食品配方研发中，虽有食品科学、营养学等专业人才，但他们对数字化工具和技术的掌握不足。具体表现为：面对海量的市场数据、消费者健康数据，研发人员难以运用数据分析软件进行有效挖掘，导致无法精准把握消费者对功能成分、口味偏好等需求，造成研发方向偏离市场实际需求。同时，在运用数字化模拟技术优化配方时，因缺乏相关技能，无法充分发挥技术优势，从而延长了研发周期。

1.2.2 研发数据分散与整合难题

研发过程涉及多源数据，包括原材料特性数据、临床试验数据、市场反馈数据等。这些数据分散在不同部门、系统甚至不同存储介质中，缺乏统一的数据管理平台进行整合与分析。例如，原材料供应商提供的数据格式不统一，临床试验数据存储在医疗机构难以获取，市场反馈数据分散在电商平台、线下经销商处等多个渠道。这种数据的分散使得研发人员难以全面掌握信息，无法基于完整数据进行配方优化，制约了产品创新速度。

1.2.3 研发设备智能化程度低

许多企业的研发设备仍较为传统，智能化、自动化水平不足。在成分提取、配比实验等环节，依赖人工操作，效率低且易出现误差。比如，传统的成分提取设备无法根

据预设参数自动调整工艺，人工控制时难以精准把控温度、压力等关键因素，影响功能成分的提取率和纯度，进而影响产品功效和质量稳定性。同时，设备之间缺乏互联互通，无法实时共享数据，限制了整体研发流程的协同性。

1.2.4 缺乏数字化研发协作平台

功能性食品研发需要多部门协同，如研发部门、市场部门、生产部门等。然而当前多数企业缺乏数字化的研发协作平台，导致部门间信息沟通不畅。具体表现为：市场部门获取的消费者需求和市场趋势信息难以及时准确传达给研发部门；同时，研发部门的配方调整计划也无法提前同步给生产部门进行工艺调整准备。这种信息壁垒导致研发过程反复沟通、协调，延误研发进度，且易出现理解偏差，影响产品最终效果。

1.3 改造需求

功能性食品行业在配方研发和设计阶段的数字化改造需求主要集中在以下几个方面：



图 11：功能性食品行业的产品设计研发环节的数字化转型需求

1.3.1 配方管理系统实现数字化集中化管理

通过数字化配方管理系统，实现配方数据的集中存储、实时更新和共享，避免传统手动记录导致的数据不一致和错误。

版本控制与变更管理：支持配方的版本控制，记录历史变更，确保研发团队能够随时获取最新配方信息。

数据安全性与合规性：确保配方数据的安全性，支持合规性检查，避免因成分或标签问题导致的法规风险。

1.3.2 产品生命周期管理（PLM）系统实现全流程整合

PLM 系统能够覆盖从产品概念设计、配方研发、采购、制造到上市销售的全生命周期，提供“单一事实来源”中心，避免数据孤岛。

研发效率提升：通过 **PLM** 系统，企业可以快速响应市场变化，缩短产品研发周期，提高创新能力。

成本优化：通过精细化管理配方，优化原材料使用，降低研发和生产成本。

1.3.3 AI 与大数据的应用洞察消费者需求

利用大数据和 **AI** 技术，实时分析市场趋势和消费者偏好，快速调整配方和研发方向。

配方优化与验证：**AI** 工具可以自动生成多个配方方案，并通过模拟和测试快速验证其可行性，从而加快新品上市速度。

智能推荐：基于市场反馈和消费者需求，**AI** 可以自动调整配方参数，优化产品性能。

1.3.4 数字化工具提升跨部门协作效率

数字化工具能够实现研发团队与市场、生产、质量等部门的实时协作，减少沟通障碍和延误。

项目管理：通过 **PLM** 系统，企业可以对研发项目进行全程管控，包括任务分配、进度跟踪和资源调配。

1.3.5 数字化系统实现合规性与风险管理

数字化系统能够实时跟踪法规变化，确保配方开发符合相关标准。

风险评估：通过系统化的风险评估工具，提前识别配方开发中的潜在风险。

1.3.6 数字化实验室

通过电子实验记录本和自动化数据采集，确保实验数据的真实性和完整性。

数据分析与优化：利用实验管理系统（LFMS）对实验数据进行深度分析，优化配方设计。

1.3.7 供应链协同与供应商管理

通过数字化平台，对供应商的原材料进行精细化管理，确保原材料质量和合规性。

可持续采购：利用 PLM 系统管理供应商的可持续性标准，推动绿色采购。

1.3.8 个性化与定制化

市场响应：数字化工具能够快速响应消费者对个性化产品的需求，支持定制化配方设计。

快速迭代：通过数字化平台，企业可以快速调整配方，满足市场变化。

1.3.9 数据安全与知识沉淀

信息安全：采用加密和权限管理技术，确保配方数据的安全性和保密性。

知识管理：通过系统沉淀配方开发过程中的知识和经验，便于团队成员快速查询和学习。

通过以上数字化改造，功能性食品企业可以显著提升配方研发效率，优化产品质量，加快市场响应速度，同时降低研发成本和法规风险。

1.4 改造场景

1.4.1 场景一：配方研发全流程模拟分析与精确优化

(1) 场景描述

本场景的目标是通过数字化手段对生产过程中的各个环节进行建模、模拟和优化。具体包括以下几个方面：

工艺流程建模：对功能性食品的生产全流程进行建模，涵盖原料预处理、提取、浓缩、混合、成型、干燥、包装等环节。

参数优化：通过模拟分析，调整关键工艺参数（如温度、时间、压力、pH值等），以提高产品质量、降低能耗和减少浪费。

质量控制与问题诊断：实时监控生产过程中的数据，分析潜在问题并提供解决方案，确保产品质量的稳定性和一致性。

成本与资源优化：通过模拟不同的生产方案，减少试错成本，优化资源利用，降低生产成本。

(2) 场景实现的技术路径

虚拟仿真软件：

功能：虚拟仿真软件可以模拟整个生产过程，包括原料混合、加热、冷却、灌装等环节。通过调整工艺参数，预测产品质量和生产效率的变化。

应用：在乳源制品研发中模拟发酵和设备温度控制；在饮料配比研发中，优化果汁混合比例和浓度。

数值模拟技术：

功能：通过计算机模拟物理和化学过程，预测加工过程中的温度、流量、压力等参数，优化生产流程。

常用方法：流体模拟、有限元分析、多物理场模拟等。

数字孪生技术：

功能：建立与真实生产线对应的数字模型，实现生产过程的仿真和优化。通过数字孪生模型，快速测试不同的工艺参数，找到最优解。

数据分析与优化：

功能：利用数据分析软件，分析生产数据（如原料使用量、能耗、生产时间等），优化生产计划和成本控制。

智能化生产系统：

功能：结合MES（制造执行系统）和PLM（产品生命周期管理）系统，实时监控生产过程，确保工艺参数的精确执行和产品质量的稳定性。

质量与安全管理系统：

功能：通过软件工具跟踪原料来源、加工过程和最终产品，确保食品安全标准的遵守。

产业链协同数据共享：

与专业数据服务公司合作，建立安全的共享数据平台。通过数据交换和协同分析，推动原材料供应商、食品生产商和销售渠道的协作。

1.4.2 场景二：通过研发数字化平台实现配方研发的协同测试与优化

（1）场景描述

基于复杂建模、物性表征与分析、多目标优化等技术，搭建数字化协同设计环境，开展产品、配方等设计和仿真与迭代优化。功能性食品的协同测试验证通常包括以下几个方面：

功效验证：通过动物实验、细胞实验或人体试食等方式，验证产品是否具有宣称的功能，如增强免疫力、抗疲劳、抗氧化等。

安全性评估：检测产品是否对机体产生不良影响，包括毒性、依赖性等。

成分分析：检测产品中的功能性成分含量，确保其符合设计标准。

稳定性测试：评估产品在不同环境条件下的稳定性，确保其在保质期内保持功能和安全。

协同测试：通过多部门协作，整合研发、生产、质量控制等环节的数据，优化产品性能。

（2）场景实现的技术路径

功能成分数据库构建：

广泛汇聚全球范围内的科学研究和临床实验数据，搭建或合作一个全面覆盖功能成分、营养成分及其健康功效的动态数据库。此数据库具备实时更新功能，能够及时融

入最新的研究成果、新出现的成分信息以及行业趋势动态，为配方研发筑牢坚实的数据根基。

动物实验模型：

常用的模型包括 D-半乳糖诱导的衰老模型、负重游泳抗疲劳模型等。

通过观察动物的行为、生理指标（如血清生化指标、器官重量等）来评估产品的功效。

细胞实验：

采用 MTT 比色法检测细胞活性，或通过检测细胞内酶活性来评估产品的抗氧化能力。

人体试食实验：

遵循国家相关规范，通过科学设计的研究方法，评估产品在人体中的实际功效，如增强免疫力、调节血脂等。

成分检测与分析：

利用高效液相色谱（HPLC）、气相色谱-质谱联用（GC-MS）等技术检测功能性成分的含量。

数字化与协同平台：

借助实验室管理系统（LIMS）和产品生命周期管理系统（PLM），整合研发、生产、质量控制等环节的数据，实现协同测试与优化。

1.5 解决方案建议（案例）

通过AI技术深度整合消费者数据，开发个性化产品

某知名乳制品科技公司，利用大数据和 AI 技术，整合来自 500 多万销售终端、10 亿级消费者反馈以及合作伙伴提供的信息，精准洞察消费者健康需求。通过这些数据，企业能够根据不同年龄段、健康需求和消费场景，开发个性化产品。例如：

舒化富硒无乳糖牛奶：针对乳糖不耐受人群开发，通过 LHT 乳糖水解技术解决乳糖不耐受问题。

儿童奶：专为儿童设计，添加多种营养成分，满足儿童成长需求。

特殊医学用途全营养配方粉：针对术后患者开发，满足其全面营养补充需求。

企业通过 AI 技术优化产品研发和生产流程，提升产品创新效率，主要实现路径包括：

1、GenAI 智能测试大模型：开发的 GenAI 模型能够快速测试多种营销素材，并针对九大目标人群创建细分数字人模型，显著提升营销创意测试的效率。

2、利用生成式 AI 工具，基于多年积累的底层数据，生成产品创新概念，为新品开发提供支持。

3、将 AI 技术应用于供应链管理，优化生产调度和资源配置。

4、建设智能决策系统：通过 AI 算法优化原奶调配和供应链运输，降低单吨运输成本 13.5%，提升运输及时率至 98%，并实现全程可视化追溯。

5、建设数字孪生工厂：上线数字孪生工厂，将现实工厂搬入数字空间，消费者可以在线参观乳品生产全过程，增强品牌透明度和消费者信任。

某功能性饮品企业构建统一的自动化配方研发测试平台

某企业通过数字化平台的引入，不仅解决了测试工具碎片化和协作效率低下的问题，还实现了测试流程的自动化和标准化，提升了整体研发效率和产品质量。这种数字化转型为企业在市场竞争中提供了显著优势。主要实现路径包括：

1. 平台化管理

统一测试工具：将分散的测试工具整合到 **MeterSphere** 平台，避免了测试人员在多种工具间切换，降低了人力维护成本。

数据迁移与接口同步：利用 **MeterSphere** 支持 **Postman** 和 **JMeter** 脚本数据的导入功能，将存量测试数据迁移至平台，并通过 **IDEA** 接口同步插件，减少接口文档维护时间。

2. 研发管理平台（DevOps）集成与自动化

持续测试流程：结合 **MeterSphere**（测试平台）和云效，构建了从“研发接口同步及 **Mock**”到“测试进度和成果展示”的完整测试流程闭环。

自动化触发测试：每次产品发布前，系统定时触发回归测试和日常巡检任务，减少了测试人员的重复工作，提高了测试效率。

3. 团队协作优化

降低沟通成本：通过统一平台，开发团队与测试团队之间的协作更加高效，测试团队能够更快地响应开发需求。

提升交付质量：平台化管理和自动化测试流程的结合，使得企业能够实现“持续测试”目标，显著提升产品上线质量。

2. 工艺设计环节

2.1 本环节主要内容

功能性食品的工艺设计环节是确保产品功效、质量和稳定性的关键步骤。以下是本环节的详细步骤：

2.1.1 原料选择与预处理

原料筛选：选择具有明确功能因子、高生物活性且安全可靠的原料。例如：桑葚、枸杞、覆盆子等天然植物原料常用于功能性食品，因其富含多酚、维生素等活性成分。

预处理：对原料进行清洗、干燥、粉碎等预处理。例如，山楂切片后在 80℃ 烘干，枸杞低温处理防止黏着。

2.1.2 提取与浓缩

提取工艺：根据原料特性选择合适的提取方法，如热水提取、醇提、超声波提取等。

浓缩工艺：采用减压蒸发、旋转蒸发等技术对提取液进行浓缩，确保活性成分的稳定性和生物利用率。

2.1.3 成型与干燥

成型工艺：根据产品形态要求，采用压制、注塑、造粒等成型方式。例如，固体饮料粉末通过喷雾干燥或真空干燥成型。

干燥处理：控制干燥温度和时间，确保产品形态稳定。

2.1.4 工艺技术应用

超微粉碎技术：用于提高原料的生物利用率，例如将山楂和枸杞进行超微粉碎处理。

膜过滤技术：用于分离纯化活性成分，确保其稳定性和生物活性。

微胶囊技术：用于包埋活性成分，提高其稳定性和缓释效果。

2.1.5 功效验证与优化

功效验证：通过动物实验、人体试食试验等方法，评估产品的功能效果，确保其符合预期目标。

优化调整：根据实验结果和消费者反馈，不断优化配方和工艺，提升产品质量。

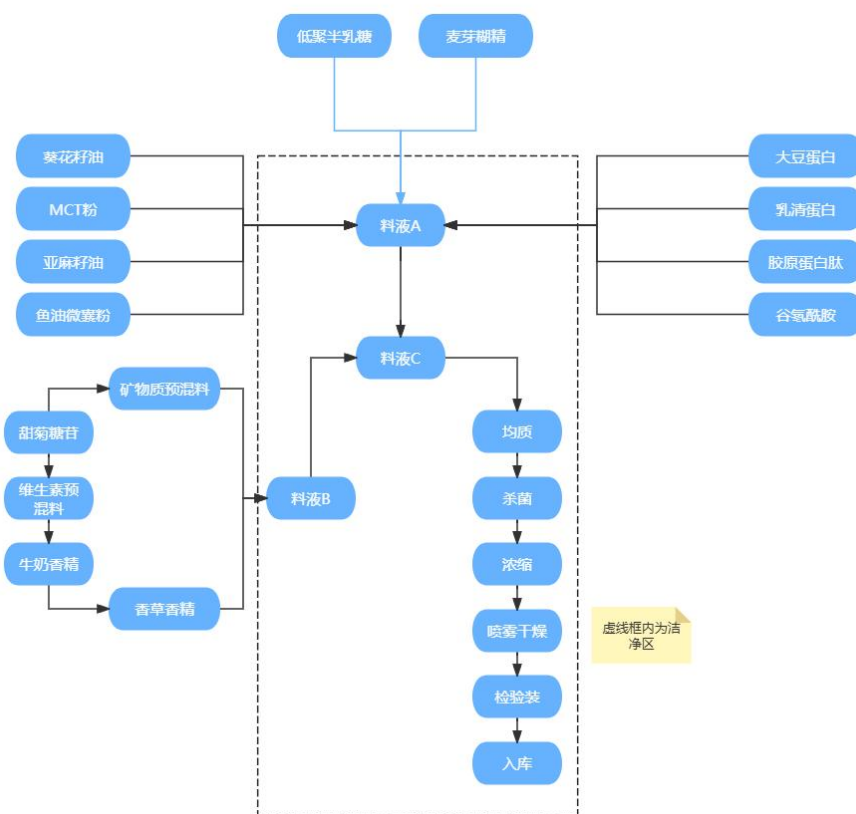


图 12：特医食品湿法生产工艺流程图

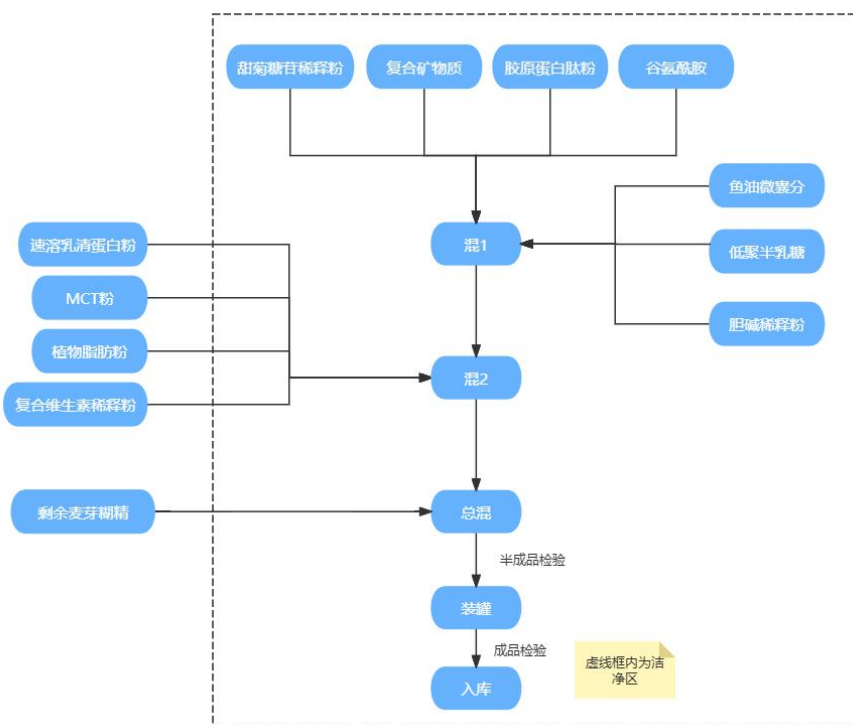


图 13: 特医食品干法生产工艺流程图

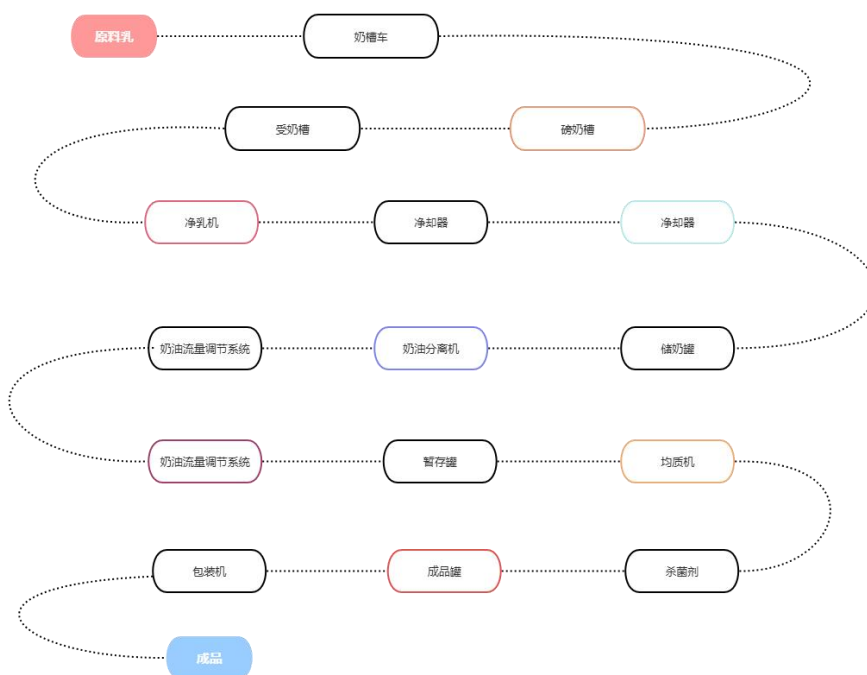


图 14: 巴氏杀菌乳生产工艺流程图

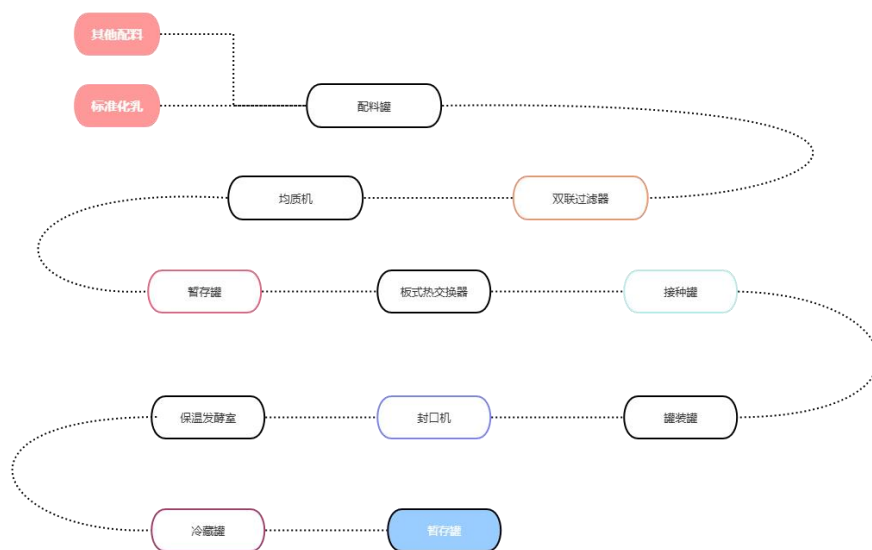


图 15: 凝固型酸乳生产工艺流程图

2.2 本环节痛点

2.2.1 企业规模差异致使的工艺难题

研发与改造能力不均

大型功能性食品企业凭借完备的研发机构与充足资金，可开展深层次的工艺基础性研究，如探索功能成分的新型提取技术，优化营养成分在加工过程中的稳定性，以及尝试全新的生产工艺。以微胶囊包埋技术为例，一些大型企业能够投入资源研究，精准保护功能性成分，提升产品功效，使得它们在核心技术创新和专利布局上占据优势。相比之下，小型企业因研发投入有限，常依赖外部供应商技术，自身缺乏自主研发能力，难以对工艺进行深度优化，导致产品多为模仿、附加值低，在市场竞争中处于劣势地位。

供应链整合能力差异

功能性食品工艺设计涉及原料采购、设备更新及质量监控等多环节协同。大型企业凭借强大的供应链整合能力，通过规模化生产和集中采购，有效降低成本并提升效率。例如，大型企业能与优质原料供应商建立长期合作，保障原料稳定供应与质量，同时统一更新先进生产设备，提升整体工艺水平。小型企业则因议价能力弱、资源整合能力不足，在供应链波动时，难以迅速调整工艺。如原料价格大幅波动或供应中断，可能导致其无法及时采用替代原料并调整生产工艺，进而影响产品质量和生产进度。

2.2.2 产品类型差异引发的工艺困境

工艺要求的高专业性与分工化

功能性食品类型多样，不同类型产品工艺要求截然不同。固体饮料需着重优化溶解性与速溶性设计，如通过颗粒大小控制、添加助溶成分等方式实现；软胶囊要提升封装稳定性与防潮特性，涉及囊材选择、封装工艺参数优化等；口服液则对成分均匀性和灭菌工艺要求严苛，需精准控制搅拌、均质工艺以及灭菌温度、时间等。企业若仅在单一产品类型积累经验，缺乏跨类型产品的技术储备，在拓展产品线时，将难以快速适应新的工艺研发需求，阻碍市场拓展。

技术瓶颈与创新需求

消费者对功能性食品的健康功效和感官体验关注度极高，给产品工艺带来巨大挑战。在生产中，高温灭菌易破

坏活性成分，如何在保证微生物指标合格的同时，最大程度保留活性成分成为难题。多种功能成分混合时，如何提升协同效应，避免相互拮抗，也是企业面临的技术挑战。口感和质地方面，功能性食品常因添加功能性成分而口感不佳，如何改进口感的同时不影响功效，对企业创新能力提出高要求。部分企业因创新能力不足，难以推出满足市场需求的新型产品，逐渐失去市场竞争力。

2.2.3 品牌定位差异导致的工艺矛盾

品质与成本之间的平衡难题

高端功能性食品品牌为突出活性成分含量、生物利用度及功效验证，在工艺设计上不惜投入大量资源。如采用先进的超临界流体萃取技术获取高纯度功能成分，运用纳米技术提高成分生物利用度。中低端品牌为控制成本，往往在工艺精度上做出妥协，如减少功能成分添加量或选用成本较低但效果稍逊的生产技术。这种工艺差异导致不同品牌产品在市场上质量差异明显，中低端品牌在面对消费者对品质日益提升的要求时，竞争力逐渐下降。

消费者需求驱动的技术策略差异

高端品牌以健康功能为核心卖点，工艺改造围绕功能成分的精准释放与科学验证。如运用控释技术，使功能成分在体内特定时间、部位释放，提高功效；采用靶向技术，让功能成分精准作用于目标组织。中低端品牌则以价格优势和市场占有率为导向，工艺改造侧重于规模化生产。如

通过优化生产线布局、提高自动化程度来降低成本，满足大规模市场需求。但这种策略差异使中低端品牌在技术创新上相对滞后，难以满足消费者对高品质、多功能产品的潜在需求，因为长期发展受限。

2.3 改造需求

功能性食品的工艺设计环节数字化改造需求主要集中在以下几个方面，以提升研发效率、优化产品质量并降低生产成本：

2.3.1 研发设计的数字化与虚拟仿真

虚拟仿真与工艺优化：通过虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术，创建产品加工过程的仿真模型，结合人工智能算法和大数据分析，模拟实际生产过程中的工艺参数，自动生成最优的工艺加工路线。

数字样机与协同测试：利用数字孪生技术构建产品数字样机，通过云平台存储和共享数据，支持跨部门、跨区域的实时访问和性能评估。机器学习可用于快速定位潜在问题，降低中试成本。

2.3.2 工艺参数的动态优化

实时数据分析与动态调整：通过在生产线上部署物联网传感器，实时采集设备参数、工艺数据和中间产品特征数据，实现多维度动态分析，优化生产过程中的工艺参数。

智能化生产与质量管控：利用数字化技术实现生产过程的自动化管理，包括质量检测、设备维护和能耗监测，确保产品质量和生产效率。

2.3.3 现代加工技术的数字化集成

超微粉碎与微胶囊技术：通过数字化平台优化超微粉碎和微胶囊化工艺参数，提高活性成分的稳定性和生物利用率。

膜过滤与分离技术：利用数字化模型优化膜过滤工艺，提高分离效率，确保产品中活性成分的纯度。

2.3.4 产品全生命周期管理

PLM 系统集成：通过产品生命周期管理系统（PLM），整合配方设计、工艺优化、质量控制和市场反馈等数据，实现从研发到生产的全生命周期管理。

供应链协同：利用数字化平台优化供应链管理，实现原材料采购、生产计划和物流配送的协同优化。

2.3.5 功效验证与持续优化

数字化功效评估：通过大数据分析和机器学习技术，结合临床试验和市场反馈，快速评估产品的功效性和安全性，为配方优化提供数据支持。

柔性精准营养干预系统：利用数字化技术开发柔性精准营养干预系统，根据消费者需求和市场趋势，快速调整配方和工艺。

2.3.6 绿色制造与可持续发展

低碳制造技术集成：通过数字化改造，优化超微粉碎、非热加工、组合干燥等低碳制造技术，减少生产过程中的能耗和废弃物排放。

智能监控与节能减排：利用智能化监控系统实时优化生产过程中的能耗和资源利用效率，推动绿色制造。

通过以上数字化改造，功能性食品企业能够显著提升研发效率、产品质量和市场响应速度，同时降低生产成本和环境影响，推动行业的高质量发展。

2.4 改造场景

2.4.1 场景一：生产工艺全流程的模拟分析与精准优化

（1）场景描述

应用工艺设计、仿真软件和工艺知识库，基于机理建模、物性表征和数据分析技术，建立加工、检测、物流等工艺模型，进行工艺全过程仿真，预测工艺设计缺陷并优化改进。

工艺全流程的模拟分析与精准优化已成为推动产品质量和生产效率的重要手段。基于数字化技术和仿真工具，企业能够对生产流程进行系统性分析，实现从原料处理到成品生产的各环节的工艺智能化水平升级。

通过建立精准的数学模型和高性能仿真平台，企业可以模拟生产过程中关键工艺参数的变化，例如植物提取物中活性成分的提取条件或益生菌菌株的稳定性。模拟结果

能够有效预测生产瓶颈，包括活性成分损耗、生产效率不足和微生物污染风险，为优化工艺提供数据支持和改进方案。

（2）场景实现的技术路径

数学模型构建：基于功能性食品生产工艺背后错综复杂的物理、化学及生物学原理，广泛收集海量多维度生产数据。这些数据涵盖功能性原料的详细特性，如活性成分含量、结构特征、稳定性条件；各类工艺参数，包括温度、压力、时间、酸碱度等在不同生产阶段的设定；生产环境条件，如洁净度、湿度、光照等要素。运用先进的数学建模方法，精心打造能够精准、全面刻画生产过程的数学模型。该模型包含四大核心模块：物料平衡，精准考量功能性成分在各环节的转化与损耗；能量传递，确保生产过程中的能耗控制与能量利用效率；化学反应动力学，明晰活性成分之间的相互作用与反应进程；微生物生长与控制模型，保障产品的微生物安全性。这些多核心领域的综合建模为后续模拟分析奠定了坚实的理论基础。

仿真软件应用：选用专业适配功能性食品生产模拟的工业仿真软件，将精心构建的数学模型无缝导入其中，对生产工艺开启高度逼真的虚拟模拟。通过灵活设定不同的参数组合，全方位模拟各类实际生产场景，包括不同季节原料品质差异、设备老化引发的性能波动等情况。直观呈现生产过程中物质的动态变化：功能性成分的分解、合成

与转化；能量的流动走向，明确能耗关键点；产品质量的实时演变过程，包括功效成分含量变化、微生物指标波动等。借助软件强大的可视化功能，将模拟结果以直观图表、动态演示等形式清晰呈现，为技术人员深入剖析生产过程提供极大便利，使其能够迅速定位问题与优化方向。

数据驱动优化：在模拟过程中，持续不断地收集、整理与分析模拟数据，并与实际生产过程中积累的大量数据进行严谨对比验证。通过数据挖掘与分析技术，对数学模型进行持续迭代优化，使其与实际生产情况更为契合。依据模拟结果，精准锁定工艺中的瓶颈，例如干燥环节可能出现的活性成分过度损失、灌装过程中因流速问题导致的产品污染风险等。针对这些问题，制定极具针对性的优化方案：在设备参数方面，精细调整干燥温度曲线、优化灌装流速；在工艺流程方面，引入新的预处理步骤以提高原料稳定性，或者简化冗余工序以提升效率。通过模拟来验证方案的有效性，经过多轮迭代优化，直至达到理想的最佳工艺状态，实现生产效率、产品质量与成本控制的多重优化目标。

2.4.2 场景二：基于虚拟仿真技术的产品工艺优化

（1）场景描述

功能性食品产品工艺虚拟仿真技术在生产企业的应用已成为推动行业数字化转型和工艺优化的重要手段。虚拟仿真技术在功能性食品生产企业的应用主要集中在工艺优

化、员工培训和新产品开发等方面。通过虚拟仿真平台，企业能够模拟真实的生产环境，优化工艺参数，提高生产效率，同时降低试错成本。例如，某茶叶生产技术虚拟仿真实验教学项目通过模拟茶叶生产车间、设备操作和工艺流程，实现了对茶叶生产全过程的虚拟仿真。该项目不仅用于高校教学，还为企业提供了岗前培训和工艺优化的解决方案。

未来，虚拟仿真技术在功能性食品生产企业的应用将更加广泛和深入。企业将结合人工智能、大数据和物联网技术，实现生产过程的智能化管理和优化。此外，虚拟仿真平台还将进一步拓展到供应链管理和市场分析领域，为企业提供更全面的数字化解决方案。

（2）场景实现的技术路径

功能性食品产品工艺虚拟仿真的技术路径主要包括以下几个方面：

虚拟仿真技术的基础构建：虚拟仿真技术通过 3D 建模、虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等手段，构建高度仿真的虚拟实验环境。这种环境可以模拟真实的食品生产过程，包括原料处理、提取、浓缩、调配、包装等环节。

工艺流程的模拟与优化：通过虚拟仿真平台，企业可以模拟功能性食品的生产工艺流程，优化关键工艺参数。例如，食用菌功能性饮料生产工艺虚拟仿真项目能够模拟从原料预处理到最终产品的全过程，帮助企业优化生产流

程。此外，虚拟仿真还可以通过多方案设计和多人协作实验快速筛选出最优的工艺方案。

设备操作与培训：虚拟仿真技术可以模拟真实设备的操作过程，降低设备操作的复杂性和风险。例如，某企业的虚拟仿真教学平台能够模拟发酵、鱼油提取、食用菌饮料生产等工艺中的设备操作，帮助员工熟悉设备功能和操作流程。

质量控制与安全评估：虚拟仿真平台可以模拟食品生产过程中的质量检测和安全评估环节。例如，通过模拟食品中的农药残留检测、重金属检测等实验，帮助企业提前发现潜在的质量和安全隐患。

功能性食品产品工艺虚拟仿真技术通过模拟真实生产环境和工艺流程，优化工艺参数，降低实验成本和风险，同时为企业提供高效的教学和培训工具。这种技术不仅提升了企业的生产效率和产品质量，还为培养高素质的食品行业人才提供了有力支持。

2.5 解决方案建议（案例）

基于数字化工艺模拟技术对功能性饮料生产工艺全面优化

某知名功能性饮料公司，在功能性饮料生产中，借助数字化工艺模拟技术对其经典产品的生产工艺进行优化。考虑到饮料中含有的咖啡因、牛磺酸等功能性成分以及多种香料的稳定性，通过模拟不同的混合方式、杀菌温度和时间以及灌装速度对饮料口感、风味保持和成分稳定性的影响。经过优化后，不仅最大程度保留了功能性成分的活性，还使产品的口感更加稳定一致，保质期内风味变化极小。以下是具体的案例和技术路径：

1.生产设备预测性维护：工厂引入了 ZETA 网络和端智能振温传感器，通过高精度、高频响的数据采集，将设备的振动和温度数据传输至工业预测性 SaaS 平台进行分析和处理。该方案帮助企业显著降低了设备故障率和维修次数，减少了生产线的停机时间，节省了数百万的运营成本。

2.灌装生产线行为仿真：企业利用基于虚拟现实的灌装生产线行为仿真技术，通过 Petri 网行为模型对生产线进行建模和仿真。这种技术能够对生产线的系统行为和实体行为进行详细分析，优化生产流程，减少生产瓶颈。

3.工艺优化与质量控制：在生产过程中可以利用虚拟仿真软件（如 Simul8、FlexSim、AnyLogic 等）对生产线进行模拟和优化。这些软件能够帮助企业在实际生产前进行多次工艺模拟，通过反复验证找到最佳的生产方案，从而减少废品和能源浪费。例如，通过模拟 PET 瓶成型过程中的拉伸吹塑和冷却固化阶段，分析工艺条件对成型瓶厚度分布的影响，从而优化生产工艺。

4.虚拟仿真实验教学：企业将虚拟仿真技术应用于员工培训和知识传承。例如，通过虚拟仿真平台模拟饮料生产的关键环节，如原料预处理、提取、混合、灌装等，帮助员工熟悉操作流程，提高技能水平。这种混合式教学模式不仅降低了培训成本，还提高了培训效果。

从原料仓库到生产线、再到实验室检测的全流程智能化技术 实现营养补充剂压片工艺优化

专注于营养补充剂的企业，在生产营养补充剂压片产品时，运用数据集成管控系统收集压片过程中的压力、速度、颗粒湿度等工艺参数数据，以及成品的硬度、崩解时限等质量检测数据。通过机器学习算法对大量历史数据进行分析，发现压片压力和颗粒湿度之间存在复杂的非线性关系，这一关系对产品的硬度和崩解时限有着关键影响。基于分析结果，对压片工艺进行了优化，制定了根据颗粒湿度实时调整压片压力的策略。实施后，产品的不合格率从8%降至3%，生产效率提高了25%，有效降低了生产成本并提升了产品质量。以下为企业数字化转型的关键技术与应用：

智能化生产系统：通过建立“透明工厂”，引入连续化固体制剂智能生产线，实现了从原料仓库到生产线、再到实验室检测的全流程智能化。这种系统通过实时数据采集和分析，优化生产流程，减少人工干预，提高生产效率和产品质量。

数据驱动的工艺优化：采用响应面法（Box-Behnken设计）结合数字化模型，对多种维生素矿物质片的成型工艺进行优化。通过实验数据建立数学模型，分析制粒时麦芽糊精与微晶纤维素的比例、聚维酮 K30 浓度、硬脂酸镁添加量等因素对片剂成型的影响，最终确定最佳工艺参数。

实时质量监控与反馈：利用近红外光谱（NIR）和高光谱成像技术对生产过程进行实时监控。这些技术可以快速检测物料的混合均匀性、水分含量等关键质量属性，并通过多变量分析模型实时反馈调整生产参数，确保产品质量的稳定性。

汤臣倍健建立了“全球原料追溯系统”，配备先进的防伪追踪系统、仓库管理系统（WMS）和生产制造执行系统（MES），采用条码管理和无线射频技术（RF），实现从原料入库到成品销售的全程数据记录。这种系统不仅提高了供应链的透明度，还为生产过程提供了精准的原料信息，进一步优化了工艺控制。

3. 营销管理环节

3.1 本环节主要内容

3.1.1 市场洞察与定位

企业运用大数据分析技术和专业市场调研，深入了解消费者需求、把握市场动态趋势，同时严密监测竞争对手情况。通过对消费者行为数据、购买偏好、地域分布等多维度信息的分析，精准确定目标客户群体和产品市场定位。这既能帮助企业发现潜在市场机会，为产品研发和营销策略制定提供科学依据，又能依据竞争对手的动态调整自身战略，保证产品和服务在市场中的优势地位，提高市场响应速度和竞争优势。

3.1.2 数字化营销渠道拓展

在数字化时代下，拓展数字化营销渠道对提升产品市场覆盖面和品牌知名度极为关键。企业通过搭建官方网站、电商平台、社交媒体账号等渠道，提升市场覆盖面与品牌知名度。运用搜索引擎优化（SEO）、搜索引擎营销（SEM）、社交媒体广告投放等手段，提高产品曝光率，增加与潜在客户的接触频次，从而促进产品销量增长。同时，通过电子商务平台与社交媒体平台的跨渠道整合，实现精准用户画像和个性化推广，强化市场渗透能力。

3.1.3 个性化营销与客户关系管理

在竞争激烈的市场环境下，个性化营销是提高客户满意度和忠诚度的重要手段。企业依据消费者购买历史、行

为数据和个人偏好，为客户提供定制化的产品推荐和营销活动，优化客户体验。借助客户关系管理系统（CRM），对客户进行精细化分类管理，提高客户维护和互动质量。这种个性化营销策略不仅能增强客户粘性，促进客户重复购买，更能实现长期客户价值最大化，为企业持续创造盈利。

3.1.4 营销数据分析与决策支持

企业通过全面的数据收集和深入的数据分析，准确评估各项营销活动的效果，为后续战略调整提供有力的数据支持。通过对销售数据、市场份额、客户反馈等关键指标的评估，及时发现营销活动中的问题和瓶颈，优化资源配置，调整营销策略。数据驱动的决策支持系统，能使企业根据市场反馈快速响应市场变化，制定精准、高效的营销方案，提高市场推广效率和投资回报率。

3.2 本环节痛点

3.2.1 品牌定位与差异化营销

痛点描述：功能性食品市场竞争激烈，产品同质化现象严重，企业需要通过差异化营销突出品牌特色，但缺乏有效的手段和数据支持。

影响：品牌难以在消费者心中形成独特的认知，导致市场竞争力不足。

3.2.2 健康教育与消费者认知

痛点描述：功能性食品的功效性需要通过健康教育来提升消费者的认知，但目前健康教育的内容和方式较为单一，难以满足消费者多样化的需求。

影响：消费者对产品的功效理解不足，影响产品的市场接受度和复购率。

3.2.3 个性化推荐的精准度

痛点描述：虽然企业尝试通过大数据和算法实现个性化推荐，但由于数据量不足或算法不完善，推荐结果的精准度较低，难以满足消费者的个性化需求。

影响：消费者体验不佳，转化率和复购率难以提升。

3.2.4 社交媒体营销的复杂性

痛点描述：社交媒体平台众多，用户行为和偏好差异较大，企业难以制定统一且有效的社交媒体营销策略，同时对社交媒体舆情的监控和管理能力不足。

影响：社交媒体营销效果不稳定，难以形成有效的品牌传播和用户互动。

3.2.5 线上线下融合的挑战

痛点描述：企业在实现线上线下融合营销时，面临渠道管理复杂、数据同步困难、用户体验不一致等问题。

影响：全渠道营销的效果大打折扣，消费者体验不佳，影响品牌忠诚度。

3.2.6 数据整合与孤岛问题

痛点描述：企业内部的营销数据分散在不同的系统（如 CRM、ERP、电商平台、社交媒体平台等），数据格式不统一，难以整合和共享，导致数据孤岛现象严重，影响了数据分析和决策的效率。

影响：无法实现全面的消费者洞察和精准营销，营销策略的制定缺乏科学依据。

3.3 改造需求

功能性食品行业的营销管理环节在智能化改造与数字化转型中，需要从数据整合、技术基础设施、数字化营销工具、人才培养、法规合规性、消费者体验优化和品牌建设等多方面入手。通过这些改造需求的实施，企业能够实现精准营销、提升消费者体验、增强品牌竞争力，并满足严格的法规要求，从而在激烈的市场竞争中脱颖而出。

3.3.1 建设数字化营销工具

构建覆盖线上（电商平台、社交媒体、官网）和线下（实体店、展会）的全渠道营销平台，实现多渠道协同。

个性化推荐系统：基于消费者行为数据和偏好，开发个性化推荐算法，为消费者提供精准的产品推荐。

会员管理系统：升级会员管理系统，通过积分、优惠券、专属活动等方式增强用户忠诚度。

品牌互动平台：搭建品牌互动平台（如品牌小程序、线上社区），增强与消费者的互动和沟通。

物流与售后数字化：实现物流信息的实时追踪和售后流程的数字化管理，提升消费者体验。

3.3.2 数据整合与管理

建立统一的数据中台：整合企业内部的 CRM、ERP、电商平台、社交媒体等多渠道数据，打破数据孤岛，实现数据的统一管理和共享。

数据治理与标准化：制定数据标准和规范，对采集的数据进行清洗、分类和标注，确保数据的准确性和一致性。提高数据质量，支持高效的数据分析和决策。

数据安全和隐私保护：部署数据加密、访问控制、隐私保护等技术手段，确保消费者数据的安全和合规使用。增强消费者对品牌的信任，降低数据泄露风险。

3.4 典型场景

3.4.1 场景一：以销售为核心驱动力推动业务流程与策略的系统性优化

（1）场景描述

本场景应用大数据、机器学习、知识图谱等技术，构建用户画像和需求预测模型，制定精准销售计划，动态调整设计、采购、生产、物流等方案。

在特殊医学用途配方食品领域，通过分析销售渠道数据，企业能够判断特定产品在医院、药店及电商平台的销售趋势，及时发现渠道瓶颈并调整分销策略。在乳源制品行业，销售数据分析有助于识别不同区域的市场需求差异，

推动产品定位和营销策略的精准化。在营养保健品和功能性饮料行业，销售数据的细化分析可以帮助企业发现产品销量波动的根本原因，例如渠道差异、价格波动或市场竞争状况。此外，销售数据结合市场调研，能够进一步评估产品口味、包装设计及功能宣称的市场接受度。

对于食品添加剂和茶叶行业，销售数据分析则有助于企业识别特定产品的市场份额和潜在需求，及时作出供应链和生产调整，确保产品能够迅速响应市场变化。通过对销售数据的全面分析，企业能够获得决策支持，优化业务流程，提升销售效果，并在竞争激烈的市场中保持长期的竞争力。

（2）实现场景的技术路径

为以销售为核心驱动力推动功能性食品行业的业务流程与策略的系统性优化，企业需要借助一系列智能化设备和软件技术手段。以下是具体需求：

物联网设备：通过物联网设备实现对终端门店的拜访、订单、促销和终端维护的掌控。

智能终端设备：配备移动 CRM 应用和智能手持终端，使销售人员能够随时随地访问客户信息、跟进销售进度，并进行现场订单处理。

数据分析与可视化设备：部署智能数据可视化工具，将销售数据、客户反馈和市场动态以直观的图表形式展示，帮助管理层快速做出决策。

客户关系管理系统（CRM）：选择功能强大的 CRM 系统（如 Zoho CRM、简道云等），实现客户信息的集中管理、销售流程的自动化以及客户关系的全面洞察。通过 CRM 系统，企业可以构建客户 360° 视图，实现线索管理、商机转化、客户跟进的全流程自动化。

营销自动化工具：利用营销自动化软件（如智能获客软件），实现从线索收集、评估到营销信息推送的自动化流程。通过大数据分析和客户画像，精准定位潜在客户，提高营销效率和转化率。

大数据分析与人机智能：结合大数据分析和人工智能技术，实现对市场趋势、客户需求和销售数据的深度挖掘，提供预测分析和决策支持。

例如，利用 AI 技术进行客户行为预测、销售预测和个性化推荐。

移动应用与社交媒体集成：开发移动 CRM 应用，支持销售人员随时随地访问客户信息和销售数据。通过社交媒体集成，拓宽企业与客户互动的渠道，提升客户参与度。

销售流程可视化与优化工具：利用智能管理系统实现销售流程的可视化，通过销售漏斗分析、客户互动跟踪等功能，优化销售流程，提升效率。

3.4.2 场景二：大规模个性化定制

（1）场景描述

随着功能性食品市场的不断发展，消费者的需求愈发多元化，大规模个性化定制已成为企业满足多样化需求、提升市场竞争力的核心策略。借助大数据分析和人工智能技术，企业通过部署智能制造装备，依托产品模块化、生产柔性化等，实现以大批量生产的低成本、高质量和高效率提供定制化的产品和服务的目标。

该场景特别适用于以下行业：

特殊医学用途配方食品：该行业致力于为特定健康需求的消费者提供定制化的营养方案。通过分析消费者的个体特征（如慢性病、营养缺乏等），企业可针对不同患者群体（如糖尿病、高血压、营养不良等）提供个性化的配方食品，以帮助其实现精准的健康管理。

乳源制品：在乳源制品行业，通过分析消费者的饮食习惯、过敏信息等，企业能够定制适应不同需求的乳源制品，如低乳糖、富含钙、增强免疫力等功能性乳源制品。这种个性化产品能够帮助企业精准满足消费者的多元化需求。

营养保健品：对于注重健康管理和提升身体素质的消费者，企业可通过大数据和 AI 分析，提供个性化的保健品组合方案。例如，为需要增强免疫力或改善肠道健康的消费者量身定制包含特定功能成分的营养保健品套餐。

功能性饮料：通过分析消费者的运动习惯、饮水量及健康目标，功能性饮料企业能够提供个性化的饮料解决方

案，如运动补充饮料、肠道调节饮料等，精准满足不同消费者的功能性需求。

食品添加剂：虽然食品添加剂行业通常针对特定功能成分进行研发，但在满足消费者定制化需求的趋势下，企业也可根据消费者的健康需求（如低糖、低盐、增强免疫等）提供个性化的配方，满足特定群体的需求。

茶叶：茶叶行业可以通过分析消费者的口味偏好、健康需求（如减肥、抗氧化、降压等）定制个性化的茶饮产品，提供不同茶叶组合，以满足不同消费者群体的功能需求。

通过上述个性化定制策略，功能性食品企业不仅能够更好地满足消费者的个性化需求，还能够提升品牌竞争力，开拓市场份额。

（2）实现场景的技术路径

为实现功能性食品的大规模个性化定制，企业需要借助一系列智能化设备和软件技术手段，结合基因组学、代谢组学等技术，开发精准营养模型，为不同人群（如老年人、运动员、孕妇）提供针对性的功能性食品。与医疗机构、健康管理平台合作，将个性化营养方案纳入整体健康管理服务，以下是具体实施路径：

健康监测设备：利用可穿戴设备（如智能手环、智能手表）和移动健康监测设备，实时收集消费者的健康数据（如心率、血糖、睡眠质量等），为个性化定制提供依据。

智能生产设备：引入自动化、智能化的生产线，支持柔性生产，能够根据消费者的定制需求快速调整生产参数。

3D 打印设备：用于食品的个性化定制，通过 3D 打印技术实现营养成分的精准控制和个性化食品的快速制造。

营养干预与健康管理应用：开发移动应用或健康管理平台，为消费者提供个性化的营养建议、健康监测和产品推荐。

大数据分析平台：通过大数据分析消费者的健康数据、购买行为和偏好，构建消费者画像，为个性化定制提供精准的决策支持。

人工智能与机器学习：利用 AI 技术进行健康数据分析，预测消费者的营养需求，生成个性化的营养方案。

个性化定制平台：开发基于云的个性化定制平台，消费者可以通过平台输入健康数据和需求，平台根据算法生成定制化的功能性食品配方。

3.5 解决方案建议（案例）

通过市场与客户数据分析，精准识别需求，优化销售策略

某公司旗下一款针对中老年群体的鱼油软胶囊，在二三线城市销售增长遇到瓶颈。传统营销手段效果有限，市场反馈表明产品定位和营销策略需要优化。

1. 数据驱动的市场洞察

通过对销售数据的深入分析，公司发现二三线城市的中老年消费者对产品的认知度较低，且对价格较为敏感。同时，数据还显示，消费者对产品的功效和安全性存在疑虑。

为解决这些问题，公司引入了大数据分析平台，结合智能数据可视化工具（如 Smartbi），将销售数据、市场调研数据和消费者反馈进行整合分析。通过可视化看板，管理层可以实时监控销售动态和市场趋势，快速做出决策。

2. 个性化营销与健康管理平台

借助 AI 技术，公司开发了“AI 营养师”平台，为消费者提供个性化的营养建议。通过与医疗机构合作，公司引入了精准营养模型，根据消费者的健康数据（如体检报告、健康监测数据）生成定制化的鱼油软胶囊配方。此外，公司还推出了健康管理平台，为中老年消费者提供在线健康咨询、慢病管理等服务，增强消费者对产品的信任。

3. 智能包装与溯源技术

为提升消费者对产品的信任度，公司引入了智能包装技术，在产品包装上应用 RFID 标签和二维码。消费者通过手机扫描，可以获取产品的详细信息，包括原料来源、生产日期、质量检测报告等。

4. 线上线下融合的销售策略

公司通过移动 CRM 应用，优化了销售人员的管理和服务能力。销售人员可以实时获取客户信息，提供个性化的服务，并通过线上平台与消费者保持互动。

通过智改数转，公司不仅解决了销售瓶颈问题，还提升了品牌竞争力和消费者体验。

利用大数据分析和人工智能技术搭建个性化定制平台

某健康科技公司专注于功能性食品的研发与销售，旗下一款针对中老年群体的鱼油软胶囊在二三线城市销售增长遇到瓶颈。公司意识到，传统的标准化产品和营销策略难以满足消费者日益多样化的健康需求，因此决定通过智能化改造与数字化转型（智改数转）实现个性化定制服务。

1.搭建个性化定制平台：公司搭建了基于大数据分析和人工智能算法的个性化定制平台。消费者注册后填写详细的健康问卷，包括身体各项指标（如血压、血脂）、日常饮食偏好、运动习惯等。平台利用这些数据为消费者生成个性化的健康档案。

2.精准推荐个性化套餐

基于消费者的健康数据，平台利用人工智能算法推荐适合其健康需求的功能性食品套餐。例如，对于一位患有轻度高血压且偏好素食的消费者，平台推荐了以下个性化套餐：

植物蛋白饮品：富含钾元素，有助于调节血压。

草本营养补充剂：具有降压功效，适合高血压人群。

高纤维素食代餐饼干：满足素食偏好，同时提供必要的营养支持。

3.智能化生产与供应链管理：为支持个性化定制，公司引入了智能化生产设备和物联网技术，实现柔性生产。通过智能传感器和生产管理系统，公司能够实时监控生产进度和产品质量，确保个性化产品的高效生产。同时，智能物流管理系统确保产品能够快速、准确地送达消费者手中。

4.健康管理与效果追踪：公司还开发了健康管理平台，消费者可以通过手机应用实时追踪健康数据和产品使用效果。平台利用大数据分析技术，为消费者提供健康建议和产品优化方案。例如，消费者在使用一段时间后，血压得到有效控制，平台会根据其反馈进一步优化产品推荐。

该健康科技公司通过搭建个性化定制平台，利用大数据分析和人工智能技术，实现了从产品推荐到健康管理的全流程智能化服务。

4. 售后服务环节

4.1 本环节主要内容

4.1.1 客户反馈收集

在智改数转网联的框架下，功能性食品企业需全方位构建客户反馈收集途径。在线客服依托即时通讯工具，能与客户实时互动，客户可随时反馈产品使用体验、效果评价及遇到的问题。客服热线为习惯电话沟通的客户提供便利，专业客服团队迅速记录反馈内容。设立专门的客户反馈邮箱，便于客户详细阐述问题，并能上传照片、视频等辅助资料。

对收集到的客户反馈，需进行科学分类整理，如按产品质量、使用效果、服务体验等类别划分。运用数据分析工具深度挖掘，洞察客户需求与痛点。若大量客户反馈某功能性食品口感欠佳，企业应将其作为产品改进重点；若客户频繁咨询适用人群，企业可据此优化产品宣传。这些分析结果为产品改进与服务提升提供了关键依据。

4.1.2 问题解决与处理

企业需建立高效的快速响应机制。借助自动化系统，在客户提出问题或投诉时，系统能即刻通知客服人员进行处理。设定严格响应时间，如在线客服 1 分钟内回复，客服热线 3 声铃响内接听。

依据问题性质和严重程度，制定差异化处理方案。对于简单技术问题，如产品使用方法疑问，客服通过线上指

导或发送操作视频提供技术支持。针对产品质量问题，像产品变质、包装损坏，及时为客户办理退换货，并承担物流费用。若问题严重，如产品致客户不良反应，企业需采取补偿措施，包括经济补偿、提供额外产品或服务，以挽回客户损失，维护企业形象。

4.1.3 产品维护与升级

对已售功能性食品，企业应定期维护检查。具体措施包括：通过短信或邮件向客户发送产品保养建议，如储存条件、保质期提醒。安排客服定期回访，了解产品使用情况并收集新的反馈意见。对于需长期服用的产品，定期回访能掌握客户不同阶段的服用效果与体验。

密切关注客户需求和市场变化是产品升级改进的核心驱动力。经市场调研和客户反馈分析，明确产品不足与潜在需求。若市场对低糖、无添加功能性食品需求增长，企业可升级产品配方。通过官方网站、社交媒体、短信等渠道，及时向客户推送产品升级信息，说明升级内容与优势。对支持线上升级的产品，如智能营养监测设备，建立便捷的在线升级服务体系，为客户提供高效的产品更新体验。

4.1.4 客户关系维护

借助数字化手段，企业以多种方式与客户保持良好沟通。在春节、中秋等重要节日，向客户发送含专属优惠码的祝福短信或邮件。举办线上或线下客户活动，如健康讲

座、新品试用，并邀请客户参与。为会员提供专属服务，如积分兑换、优先购买权、专属折扣。

建立完善的客户档案系统，记录客户购买历史、反馈信息、偏好等。运用大数据技术分析客户档案，实现细分管理。对常购特定品类产品的客户，推送相关新品信息与优惠；对有特定需求的客户，提供个性化解决方案与服务推荐，提升客户满意度与忠诚度。

4.2 本环节痛点

4.2.1 信息沟通不畅

在功能性食品售后服务环节，企业与客户之间缺乏高效、畅通的信息沟通渠道。客户反馈问题时，常遭遇电话长时间占线、邮件回复缓慢、在线客服排队等待时间过长等状况，导致客户问题无法及时、准确地传达给企业。而当企业制定出解决方案后，又因缺乏有效信息传递途径，无法迅速将解决方案告知客户，使得问题解决的时效性大幅降低，严重影响客户满意度。

4.2.2 服务效率不高

售后服务流程繁琐，涉及多个部门与环节的协同作业。在实际操作中，部门间信息传递易出现延误、偏差，工作衔接也常出现问题。从客户反馈问题开始，历经问题受理、分配、调查、解决等一系列环节，整个过程耗时较长。这不仅降低了客户对企业的信任度，也对企业口碑造成负面影响。

4.2.3 数据利用不足

企业在售后服务过程中积累了大量客户数据，涵盖客户基本信息、反馈的问题类型、产品使用情况等。然而，目前企业对这些数据的收集与分析工作不够深入、全面。未能充分挖掘数据背后潜藏的客户需求、行为模式以及问题发生规律，致使这些宝贵的数据资源未能转化为推动产品改进、服务优化以及市场决策的有力支撑。

4.3 改造需求

4.3.1 智能化技术应用

在售后服务场景的各个触点，包括但不限于官方网站、移动端应用程序、客服热线接入端口等，深度嵌入人工智能、大数据及物联网等前沿技术。利用自然语言处理技术，使智能客服机器人能够精准识别客户咨询的语义，针对产品功效、食用方法、保质期查询等常见问题，实现7×24小时自动化、精准化应答，从而大幅缩短客户等待时间，提升服务即时性。同时，构建大数据分析平台，整合客户购买记录、使用反馈、浏览行为等多维度历史数据，运用机器学习算法构建需求预测模型，提前洞察客户在产品复购、特殊定制需求等方面的潜在需求，为主动式服务提供有力支撑。

4.3.2 服务流程优化

对现有的售后服务流程进行全面梳理，涵盖客户反馈接收、登记、分类、转派、解决方案制定与实施，以及满意度回访等环节，优化各环节效率。

通过去除不必要的审核步骤、简化繁琐的信息传递流程、精简冗余环节，提升整体运作效率。建立以客户问题响应时间为核心指标的快速响应机制，设定明确的时间节点，如客户问题接收后 15 分钟内完成初步分类与转派，对于一般性问题 4 小时内给出解决方案，确保客户反馈的问题能够在最短时间内得到妥善处理。

4.3.3 人才培养与团队建设

制定完善的人才培养计划，针对功能性食品的成分、功效、适用人群、禁忌等专业知识，定期组织内部培训课程与外部专家讲座，提升售后服务人员的专业素养。同时，开展服务意识专项培训，通过案例分析、角色扮演等方式，强化员工以客户为中心的服务理念。在团队建设方面，搭建高效的沟通协作平台，打破部门壁垒，促进信息共享。建立科学的绩效考核机制，将服务质量、客户满意度、问题解决效率等指标纳入考核体系，激励员工积极提升个人能力，打造一支高效协同的售后服务团队。

4.4 典型场景

4.4.1 场景一：客户咨询与反馈处理

(1) 场景描述

在功能性食品行业，有效处理客户咨询与反馈对企业优化产品、提升客户满意度及市场响应能力至关重要。消费者在选购和使用功能性食品时，通常会围绕产品功效、成分、食用方式等提出问题，使用后也会通过不同途径反馈使用体验和潜在需求。例如，消费者购买助眠类功能性食品时，可能会关心成分的安全性、食用时机及剂量等，使用后可能会反映口感不佳或效果不明显。企业若能及时响应这些反馈，不仅有助于提升客户满意度，还能为产品改进和创新提供重要参考。

该场景适用于以下行业：

特殊医学用途配方食品：该行业产品面向特定健康需求人群，消费者对产品功效与安全性有较高要求。通过处理客户咨询与反馈，企业能够优化配方，提高产品的治疗效果与安全性。

乳源制品：消费者关注乳源制品的口感、成分及健康效益，尤其是功能性乳源制品的需求。通过客户反馈，企业可以优化产品口感和功能，提升市场竞争力。

营养保健品：消费者关注保健品的功效与适用人群。及时响应客户反馈，调整产品的配方与使用建议，有助于提升产品的效果和市场适应性。

功能性饮料：在此行业中，消费者常关注产品是否达到预期效果，如增强体能、改善肠道健康等。企业可以根据反馈调整饮料的配方和功能，更好地满足市场需求。

食品添加剂：食品添加剂行业中，消费者关注产品成分的安全性与使用量。通过有效回应客户反馈，企业可提高产品的安全性与适用性，增强市场信任度。

茶叶：茶叶消费者关注口感、健康效益及个性化需求。根据反馈，企业可以优化茶叶品种、口味和功能性，以提升消费者满意度和产品市场竞争力。

通过系统处理客户反馈，企业能够更精确地优化产品，提升竞争力，并实现持续创新。

（2）实现场景的技术路径

智能客服部署：自然语言处理（NLP）技术应用：运用NLP技术训练智能客服机器人，使其能精准领会消费者问题的含义与意图。通过学习海量历史咨询数据，机器人可快速分辨出功效、成分等不同类型问题，并从知识库中找到答案。例如，消费者问“这款产品对肠胃有什么好处”，机器人能依据训练提取关键词，精准匹配知识库内容进行作答。

知识库构建与更新：搭建一个全面的功能性食品知识库，涵盖功效原理、成分详情、食用方法、保质期等信息。安排专人定期更新，保证内容与产品实际一致；新产品上市后，相关信息需及时录入知识库系统；当产品成分发现新功效时，必须第一时间更新知识库内容，确保智能客服回复准确。

24 小时在线服务架构搭建：借助云计算技术搭建智能客服服务架构，确保机器人全天无休稳定运行，实时解答问题。设置多服务器备份，防止服务器故障导致服务中断。通过缓存技术和优化算法，加快客服机器人响应速度，确保即使在咨询高峰期，消费者也能快速得到回复。

多渠道反馈收集与分析：多渠道数据采集系统搭建：在企业官网、APP、微信公众号、电商平台等多个平台设置反馈收集入口。官网设“用户反馈”板块，APP 设“意见反馈”按钮，微信公众号开通留言和问卷功能，电商平台整合消费者评价数据。利用数据接口技术，把各渠道反馈数据实时收集到统一数据库。

大数据分析技术运用：用 Flink、Doris 等大数据分析工具，对收集来的大量反馈数据进行清理、去重和分类。利用情感分析算法，判断消费者反馈是满意、不满意还是中立。通过文本挖掘技术，提取反馈里的关键信息，像产品问题、潜在需求等。比如，从消费者评论中提炼出产品包装改进建议。

可视化与报告生成：将分析结果用直观的图表呈现，如用柱状图展示不同产品的满意度，折线图呈现产品问题随时间的变化。定期生成反馈分析报告，为企业管理层和相关部门提供清晰的数据洞察，助力制定产品改进和服务优化策略。

4.4.2 场景二：产品远程运维

(1) 场景描述

建立产品远程运维管理平台，集成智能传感、大数据和5G等技术，实现基于运行数据的产品远程运维、健康监控和预测性维护。

该场景适用于以下行业：

特殊医学用途配方食品：该行业产品面向特殊人群，任何质量问题可能影响消费者健康，建立有效的投诉处理和质量追溯体系至关重要。

乳源制品：乳源制品行业对质量要求严格，任何问题都可能影响消费者健康和品牌形象，质量追溯体系帮助企业定位问题来源，确保产品安全。

营养保健品：消费者关注产品的功效性和安全性，质量问题直接影响品牌信誉。质量追溯体系可以帮助企业快速查明问题原因并及时处理。

功能性饮料：质量问题涉及产品效果和安全性，投诉处理与质量追溯体系有助于确保消费者权益，降低企业风险。

食品添加剂：功能成分的质量控制至关重要，投诉处理和质量追溯体系有助于确保产品符合标准并避免质量事故。

茶叶：茶叶的质量问题涉及口感和成分等方面，质量追溯体系帮助企业精准查找问题，确保产品质量。

通过建立高效的投诉处理与质量追溯体系，企业能够及时解决质量问题，维护品牌形象并增强消费者信任。

（2）实现场景的技术路径

建立产品远程运维管理平台：集成智能传感、大数据和 5G 技术，实现对产品运行数据的实时采集、传输和分析。

智能传感技术：在产品中嵌入传感器，实时监测产品运行状态（如温度、压力、振动等），并将数据传输至云端。

5G 技术：利用 5G 的高速率和低延迟特性，确保数据的实时传输和远程控制功能的高效实现。

大数据分析：通过大数据平台对采集到的运行数据进行分析，识别潜在故障模式，为预测性维护提供依据。

第一步：技术选型与平台搭建

选择适合的智能传感器和 5G 模块，搭建产品远程运维管理平台。集成大数据分析工具和机器学习框架，构建数据处理和分析架构。

第二步：数据采集与监控

嵌入传感器，实时采集运行数据并传输至云端。开发可视化界面，实时展示产品运行状态和健康指标。

第三步：预测性维护与优化

利用机器学习算法构建预测性维护模型，实现故障预测和维护建议的自动化。结合数据分析结果，优化产品设计和生产工艺。

第四步：客户服务与体验提升

集成 CRM 系统，实现客户需求的精准分析和主动式服务。提供远程运维服务，提升客户满意度和产品体验。

4.5 解决方案建议（案例）

通过集成大数据技术，实现客户需求分析、服务策略决策

一家专注于线粒体靶向抗氧化剂的保健品品牌，近年来通过数字化手段实现了品牌升级和健康管理服务的优化。其核心产品 MitoQ 分子能够改善细胞健康、降低氧化应激水平，支持抗衰老和慢性病管理。为满足消费者对健康管理的多样化需求，MitoQ 通过以下实践推动了数字化转型：

个性化推荐系统：MitoQ 利用大数据和 AI 技术，根据消费者的健康数据（如年龄、性别、健康状况）和购买行为，提供个性化的产品推荐。例如，对于患有轻度高血压且偏好素食的消费者，系统会推荐富含钾元素的植物蛋白饮品、具降压功效的草本营养补充剂以及高纤维素食代餐饼干。

通过数字化和智能化手段，MitoQ 实现了以下成果：

消费者满意度提升：个性化推荐和健康管理服务显著提升了消费者的满意度和信任度。

品牌竞争力增强：通过数字化营销和健康教育，MitoQ 的品牌知名度和市场竞争力显著提升。

健康效果显著：消费者在使用 MitoQ 产品后，健康指标（如血压、氧化应激水平）得到有效改善。

5. 工厂建设环节

5.1 本环节主要内容

依托数字基础设施，推动工业知识软件化，通过数字化建模、仿真与优化，提升制造系统运行效率并降低运维成本。

5.1.1 生产流程的自动化与智能化

自动化生产线建设：引入自动化设备，实现原料处理、加工制造、包装和质检等环节的自动化。例如，通过自动化设备实现原料的自动输送、清洗、切割、混合等处理过程，减少人工操作，提高生产效率和产品质量。

智能控制系统：利用物联网、大数据和人工智能技术，实时监控生产过程中的各项指标（如温度、湿度、微生物含量等），实现自动报警和故障处理，确保食品安全。

5.1.2 数据管理与智能决策

数据管理系统的建立：构建统一的数据管理平台，实现生产数据的实时采集、存储和分析，为生产决策提供数据支持。

大数据与人工智能应用：利用大数据分析和机器学习技术，对生产数据进行深度挖掘，优化生产流程，提升生产效率和产品质量。

5.1.3 供应链的数字化与智能化

供应链管理优化：通过数据分析技术，优化供应链管理，实现原材料采购、库存管理和物流配送的智能化和可视化。

产品溯源与质量监控：利用区块链技术，实现产品从生产到销售的全程追溯，增强消费者对产品的信任。

5.1.4 设备监测与运维管理

智能运维系统：通过物联网技术，实时监测设备的运行状态，实现故障预警和预防性维护。

远程监控与控制：搭建远程运维管理平台，实现设备的远程监控、远程控制和远程维护，降低运维成本。

5.1.5 绿色低碳与可持续发展

绿色工厂建设：推广节水、节能、节粮的加工技术装备，提升资源利用效率，降低生产过程中的能源消耗。

循环经济与副产物利用：加强加工副产物的二次开发，提升资源综合利用水平。

5.1.6 个性化定制与柔性生产

个性化定制服务：通过智能化生产系统，根据消费者的健康数据和偏好，提供个性化的产品定制服务。

柔性生产线：建设柔性生产线，支持小批量、多品种的生产模式，满足市场多样化需求。

5.2 本环节痛点

5.2.1 成本与技术难题

研发与生产成本高：功能性食品的研发和生产涉及较高的成本，包括原材料采购、科研投入和生产工艺的改进。例如，一些新的功能性成分的应用和生产过程的复杂性可能带来技术挑战。

技术门槛高：智能化改造需要企业在物联网、大数据、人工智能等领域投入大量资源，但部分企业尤其是中小企业可能缺乏技术基础和资金支持。

5.2.2 个性化定制与柔性生产的挑战

个性化需求与标准化生产的矛盾：消费者对个性化、定制化产品的需求日益增长，但传统的大规模生产模式难以满足这种需求，企业需要在个性化定制和标准化生产之间找到平衡。

柔性生产的技术挑战：实现柔性生产需要企业在生产设备和工艺上进行智能化改造，以支持小批量、多品种的生产模式，这对企业的技术水平和资金投入提出了较高要求。

5.3 改造需求

5.3.1 硬件改造需求

生产设备升级：自动化包装与输送设备：引入自动化包装机、智能输送系统等设备，减少人工操作，提高生产效率。

智能检测设备：配备先进的检测设备，如自动化检测系统和质量监控设备，确保产品质量的稳定性。

智能传感器与物联网设备：在生产设备和关键环节部署智能传感器，实时监控温度、湿度、压力等参数，确保生产过程的稳定性和产品质量。

物联网设备集成：利用物联网技术实现设备之间的互联互通，支持远程监控和故障预警。

节能设备：采用节能型设备和工艺，降低能源消耗。

环保设备：安装废水处理、废气净化等环保设备，减少对环境的影响。

车间布局优化：重新规划车间布局，提高生产流程的连贯性和效率。

自动化生产线升级：引入先进的自动化生产线，减少人工操作，提高生产效率和产品质量。例如，某功能食品企业通过智能化改造，将自动化率提升至90%以上，产品合格率提升至95%以上。

5.3.2 软件与集成改造需求

智能控制系统集成：建设覆盖生产车间的自动化控制系统，实现生产流程的自动化调度、监控和优化。

大数据与人工智能应用：利用大数据分析和机器学习技术，优化生产流程，提升生产效率和产品质量。

生产数据管理：构建信息化管理系统，集成生产、库存、物流、销售等环节，实现信息共享和流程协同。

质量追溯与监控：利用区块链技术实现产品全生命周期的追溯，增强消费者对产品的信任。

节能减排技术：采用绿色低碳材料和节能技术，降低生产过程中的能源消耗和废弃物排放。

环保设施建设：根据国家环保要求，对车间废水、废气、固废等排放进行处理，确保生产过程符合环保标准。

供应链管理优化：通过数据分析技术，优化供应链管理，实现原材料采购、库存管理和物流配送的智能化。

产业链协同：推动产业链上下游的数字化协同，提升整体效率。

5.4 典型场景

5.4.1 场景一：工业技术软件化应用

（1）场景描述

企业应用大数据、知识图谱、知识自动化等技术，将工业技术、工艺经验、制造知识和方法沉淀为数据和机理模型，进行数据化显性化。同时与先进制造装备相结合，建设知识库和模型库，开发各类新型工业软件，支撑业务创新。

（2）实现场景的技术路径

智能工厂建设实施中，通过组建水剂生产线系统、粉剂产线湿混（干混）及干燥系统，搭建质量检测系统、超洁净高温灌装系统等智能设备及系统，配备先进的软件系统，将智能设备与系统、软件有机的融合，打造全程智能

化的购产销流程；工厂车间全网络覆盖，通过 ERP 及与相关系统软件的集成，基本实现无人自动化生产，打通了计划管理、供应链、车间、质量、仓储、财务、销售等模块智能化链路。

通过 ERP 及智能设备定制系统实现生产过程中的数据采集、传输、检测、控制及反馈。生产过程在中控室智能数据界面上实时显示设备运行状态等情况，并实时监测控制。操作人员可以通过机器上自动监控模块随时掌握进出料速度、车间环境、质量等生产情况，并可以随时进行在线调整。生产线采用中央集成自动化控制系统，可实时采集和记录设备的流量、温度、压力、密度等运行数据，并且系统可以将数据汇集成运行曲线，以实时监控生产的运行趋势，生产运行曲线可自动保存并可以随时追溯。

国内特医行业智能化生产工厂有着高精度、高自动化、高效安全、低能耗、中央集成控制等特点，对整个特医食品行业的建设有较强的引领示范效应。通过智能工厂建设，极大地加快了产品取证及商业化量产步伐。

5.4.2 场景二：数字孪生工厂建设

（1）场景描述

企业应用建模仿真、多模型融合等技术，构建装备、产线、车间、工厂等不同层级的数字孪生系统。通过物理世界和虚拟空间的实时映射，实现基于模型的数字化运行和维护。

（2）实现场景的技术路径

数字孪生系统的构建：企业利用数字孪生技术，为生产设备、产线、车间和整个工厂创建虚拟模型。虚拟模型与物理实体之间实现双向映射，通过实时数据传输和模型校正，确保虚拟模型能够动态反映物理实体的运行状态。

装备级数字孪生：对关键生产设备（如自动化生产线、智能包装设备）进行建模，实时监控设备的运行参数（如温度、压力、振动）。

产线级数字孪生：将多台设备和生产流程整合为一个系统级模型，模拟生产过程中的物料流动、工艺参数调整等。

车间级数字孪生：构建车间的整体虚拟模型，包括人员、物料、设备等生产要素，实现生产任务的优化调度和资源管理。

工厂级数字孪生：将整个工厂的生产、物流、仓储等环节集成到一个数字孪生系统中，实现全厂的智能管理和优化。

生产过程的仿真与优化：通过数字孪生系统，企业在虚拟空间中对生产过程进行仿真和优化，提前发现潜在问题并调整生产策略。

工艺规划与仿真：在产品设计和生产规划阶段，利用数字孪生技术进行工艺仿真，优化生产流程，减少生产周期和成本。

生产过程监控：实时采集生产数据，通过虚拟模型与实际数据的对比分析，及时发现生产过程中的异常情况并进行调整。

质量追溯与管理：基于数字孪生系统，实现产品的全生命周期质量追溯，确保产品质量的稳定性和一致性。平台根据算法生成定制化的功能性食品配方。

5.5 解决方案建议（案例）

建设并升级智能化管理系统，打造“乳制品智能工厂”

公司主要生产谷物早餐奶、谷粒、脱脂、M-PLUS 高蛋白、嗨 MILK 脱脂等多种畅销产品，整个生产过程均采用集中控制系统，是目前宿迁地区现代化程度最高、生产规模最大的乳制品加工龙头企业，先后获评省级智能制造示范工厂、省四星级上云企业等荣誉称号。

1、应用 SAP ERP 系统企业：通过系统集成实现财务、计划、采购、生产、仓储、销售各项业务信息共享、协同管理，针对原料、设备、人员等生产信息进行实时监控并对数据进行处理分析，基于 SAP 的生产计划模块实现生产计划自动排产功能，提高了生产计划的准确率。

2、部署 CRM 系统将 CRM 系统与 SAP ERP 系统进行联通，将销售、生产、物流等业务进行集成，由 SAP 事业部发货，在 CRM 查询调度回复、发货状态、物流信息，完成入库确认、客户对账，提高了订单流转效率和信息精准度。

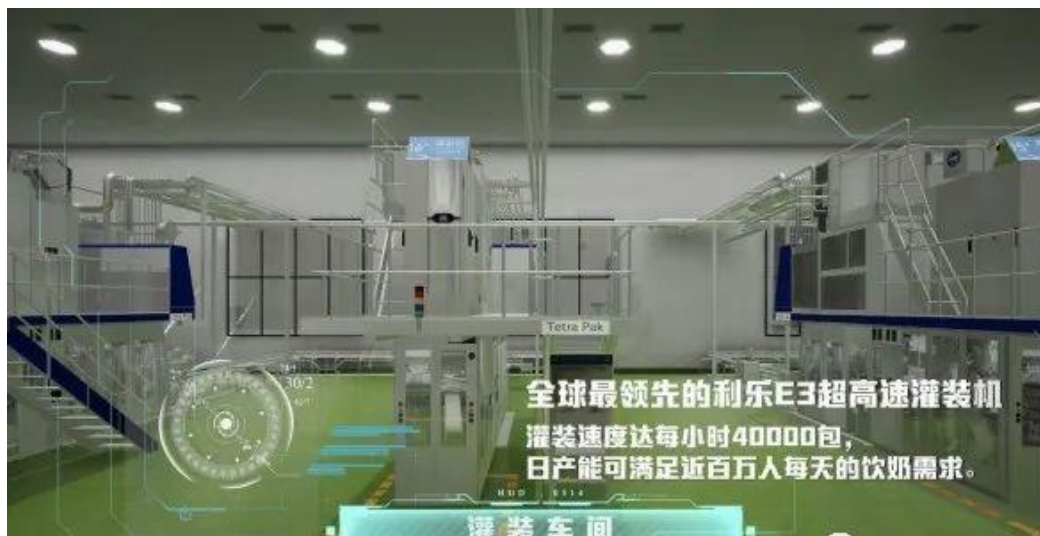
3、开发智能物流工业 APP：通过智能物流工业 APP 和物流智能平台实现车辆位置、货物信息、物流路径等物流信息的实时监测、更新，可实时通过平台实现物流调度和智能管控，客户可实时查看货品所在车辆位置轨迹，极大地加强了物流过程管控，解决了普通物流带来的物流信息不清、滞后、沟通成本高等问题。

智能工厂实现了能源数据化、数据可视化、计量规范化、管理动态化、决策科学化、服务人性化。经济效益大幅提升，单吨能耗降低到 300.28 吨标准煤、降低 6%，产值提高了约 45%，利润率提升约 0.4%。同时，通过自动输送、智能立体仓库线等，人员劳动强度大大降低，减少了安全隐患。

应用建模仿真、多模型融合等技术 构建工厂不同层级的数字孪生系统

某液态奶全球智造标杆基地是目前全球产能领先的智能制造工厂。工厂采用了工业互联网、5G 和 BIM 技术，打造全球首座人工智能、绿色生产的数字化工厂，日处理鲜奶能力达 6500 吨。以健康谷中液态奶全球智造标杆基地真实场景 1:1 还原液态奶生产线全过程，用户可以在孪生工厂内进行线上参观与互动。用户可以在液态奶生产线场景进行选择，实时浏览液态奶生产全流程。

在预处理车间，有分离、均质、膜过滤和超高温灭菌等核心工艺，每个工艺都对牛奶品质起着至关重要的作用。牛奶经过预处理后，通过管路输送至灌装车间，可以看到灌装机不断进行牛奶灌装。伊利通过持续引进先进的设备与技术，灌装速度已经实现了跨越式提升，从每小时 5000 包到 10000 包，再到如今引进全球最领先的利乐 E3 超高速灌装机，灌装速度达到了每小时 40000 包。这个速度意味着普通人每眨眼一次，就已经灌装了超 4.4 包牛奶，日产能可满足近百万人每天的饮奶需求。想更清晰地了解液态奶的生产流程，观众可以通过中控大屏，看到牛奶生产的牧场端、工厂端和物流端，看到从饲料到原奶，到成品奶，然后再到超市的完整流程，真正让消费者放心地享受高品质液态奶。



6.计划调度环节

6.1 本环节主要内容

本环节主要是指企业通过市场需求预测、产能分析、库存分析、计划排产和资源调度等，提高劳动生产率和订单达成率，具体内容如下：

6.1.1 产能分析

产能分析是评估生产效能的关键环节。企业运用智能化设备管理系统，清查设备与生产线，借助传感器实时采集数据，核算设备产能。引入 OEE 智能评估系统，从时间、性能、合格率维度剖析设备运行，利用故障预警、性能监测、质量追溯系统，保障设备高效稳定运行。通过物联网监测设备精准掌握利用率，运用大数据分析识别异常。结合设备运行数据与算法，制定维护计划与升级方案，确保产能稳定并持续提升。

6.1.2 库存分析

库存分析在智改数转网联架构下，是平衡供需、优化资源的枢纽。企业利用智能化库存管理与物联网技术，实时采集库存数据。通过计算库存周转率，运用大数据评估各项成本，利用数据挖掘分析库存与生产适配性。借助智能采购与生产执行系统，规划原料采购与使用，控制半成品库存。依据销售订单管理系统，运用智能算法调整成品库存策略，通过预警系统规避积压或缺货风险，提升库存效益。

6.1.3 计划排产

计划排产是整合信息、保障生产执行的核心。企业基于精准需求预测、产能与库存数据，运用生产计划软件确定生产数量、时间与批次。针对复杂生产工艺，利用数字化模拟技术规划流程，通过虚拟生产系统与排程算法，减少生产切换浪费。从设备、原料、人员三方面，运用智能风险评估验证计划可行性。借助设备远程监控、供应链协同、人力资源管理系统，确保生产有序开展。

6.1.4 资源调度

资源调度旨在实现资源的最优配置与动态优化。企业依据生产任务管理系统，通过智能化人力资源管理系统，基于技能匹配算法分配人力。运用设备管理系统，依据设备状态与调度算法调配设备，提高设备利用率。结合生产与库存，运用智能物流配送系统规划物料配送，严控特殊原料运输环境。建立生产进度跟踪机制，利用数据分析模型，根据实际情况灵活调配资源，保障生产计划顺利执行。

6.1.5 市场需求预测

在功能性食品行业智改数转网联进程中，市场需求预测为计划调度奠定基础。企业凭借数字化平台与智能算法，深度挖掘电商、社交媒体等多源数据，精准把握消费者对不同功效产品及新兴成分的需求偏好。通过线上调研手段，收集不同消费群体信息，密切跟踪竞争对手动态。综合消费者观念、宏观经济、政策法规等因素，构建基于机器学

习的预测模型，融合多维度数据，为生产计划提供精确且前瞻性的需求指引。

6.2 本环节痛点

6.2.1 计划调度的复杂性

功能性食品行业涉及多种原料采购、生产加工、质量检测 and 物流配送等环节，计划调度需要综合考虑多方面因素，如原材料供应的稳定性、生产设备的可用性、订单的紧急程度等，导致计划调度工作复杂度较高。

功能性食品的生产过程对工艺和质量要求较高，需要严格按照特定的配方和工艺进行生产，这增加了计划调度的难度。

6.2.2 数字化水平不足

部分企业尚未实现生产计划和调度的数字化管理，仍依赖人工经验进行决策，导致计划的准确性和及时性难以保证。

缺乏有效的数据采集和分析系统，难以实时监控生产进度和设备状态，无法及时调整计划以应对生产过程中的突发情况。

6.2.3 质量管控压力大

功能性食品的质量直接关系到消费者的健康，因此对质量管控要求极高。在计划调度环节，需要确保每个生产批次都符合严格的质量标准，增加了计划调度的复杂性。

由于缺乏统一的产品监管和认证标准，部分企业可能在质量管控上存在不足，影响整个行业的信誉。

6.2.4 市场变化的应对能力不足

功能性食品市场需求变化较快，消费者对产品功效和安全性的关注度不断提高。企业需要及时调整生产计划以适应市场需求，但目前许多企业在计划调度的灵活性和响应速度上存在不足。

6.2.5 中小企业面临的挑战

资金和技术限制：中小企业在智能化改造和数字化转型方面面临资金和技术瓶颈，难以投入足够的资源进行生产计划调度系统的升级。

人才短缺：缺乏专业的生产管理人才和数字化技术人才，导致计划调度的科学性和有效性不足。

6.2.6 大型企业面临的挑战

系统集成难度大：大型企业通常拥有复杂的生产系统和多样的业务流程，不同系统之间的数据集成和协同工作难度较大，影响计划调度的整体效率。

供应链管理复杂：大型企业需要管理庞大的供应链网络，涉及多个供应商和物流合作伙伴，计划调度需要考虑供应链的稳定性和协同性。

6.2.7 特定产品类型面临的挑战

特医/保健食品：食品的生产需要严格遵循国家相关法规和标准，计划调度需要确保产品符合注册或备案要求，同时满足市场对保健功能的多样化需求。

益生菌等产品：益生菌产品的生产对菌株的活性和稳定性要求极高，计划调度需要确保生产过程中的温度、湿度等条件符合要求。

6.3 改造需求

6.3.1 共性改造需求

数字化计划调度系统

需求：企业需要引入先进的数字化计划调度系统，实现生产计划的自动化生成、实时监控和动态调整。通过系统集成，打破信息孤岛，确保生产、采购、销售等环节的数据实时共享。

目标：提高计划的准确性和灵活性，减少因信息滞后导致的生产延误。

智能生产排程

需求：利用人工智能和大数据技术，优化生产排程，根据订单优先级、设备状态、原材料库存等因素，自动生成最优生产计划。

目标：提升生产效率，减少设备闲置时间，提高资源利用率。

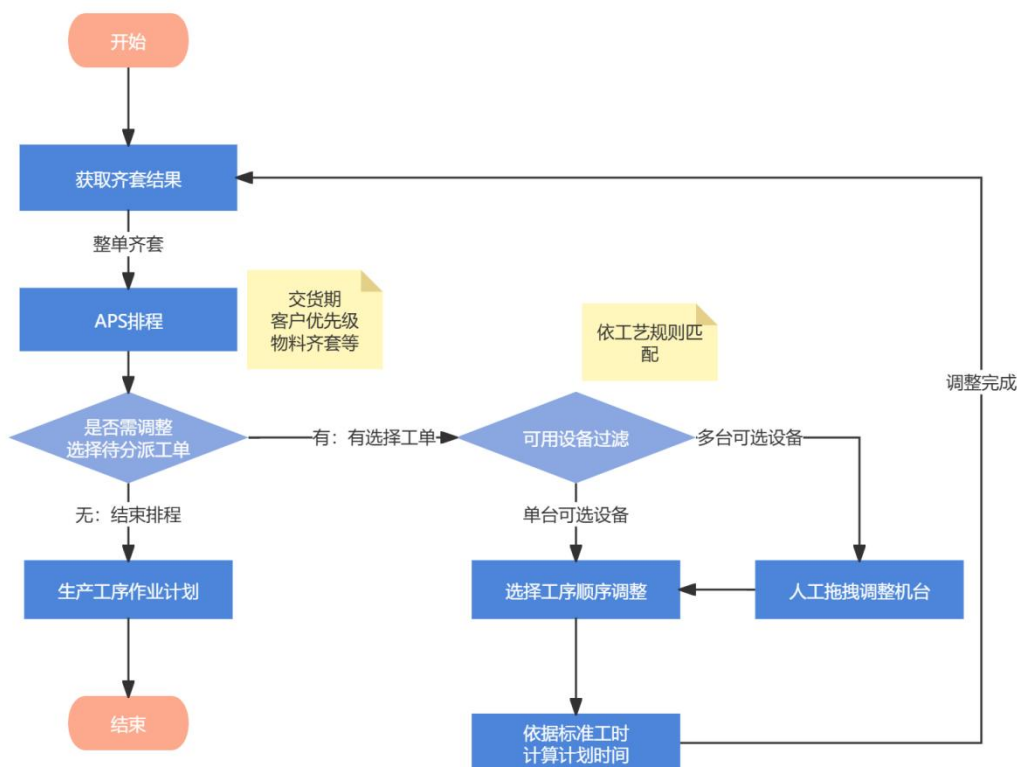


图 16: 某保健品生产企业的优化排产步骤

供应链协同优化

需求：加强与供应商的协同，通过数字化平台实现原材料供应的实时监控和预警，确保原材料的稳定供应。

目标：减少因原材料短缺导致的生产中断，提高供应链的韧性。

质量管控与计划调度的融合

需求：在计划调度中嵌入质量管控模块，确保生产计划与质量标准的紧密结合，实时监控生产过程中的质量指标。

目标：提高产品质量稳定性，减少因质量问题导致的生产返工和延误。

6.3.2 个性改造需求

中小企业

需求：中小企业普遍缺乏资金和技术，需要政府提供专项补贴或低息贷款，支持其引入基础的数字化计划调度系统。

目标：逐步实现生产管理的数字化转型，提升企业的市场竞争力。

大型企业

需求：大型企业需要解决系统集成问题，将现有的ERP、MES等系统与新的计划调度系统深度融合，实现全链条的智能化管理。

目标：提升企业整体运营效率，优化资源配置，增强企业的抗风险能力。

特定产品类型企业

需求：如保健食品企业，需要在计划调度中考虑产品注册和备案的要求，确保生产计划符合法规标准。

目标：避免因法规不符合导致的生产停滞，保障企业的合规运营。

6.4 典型场景

6.4.1 场景一：生产计划精准优化

(1) 场景描述

在功能性食品行业，随着消费者健康意识的提高，市场需求呈现出快速增长和动态变化的特点。企业通过市场

需求预测，已明确某款功能性食品的需求量将在未来一段时间内显著增加。为了应对这一变化，企业通过工业互联网平台集成功能性食品行业中采购、生产、仓储等环节的数据，结合市场需求和各工厂的产能状况，灵活调整生产计划，实现资源的高效配置及跨工厂、跨基地的协同生产。通过精确的需求预测与动态库存管理，企业能够有效避免缺货和库存积压，减少原材料过期损耗及库存成本。此外，生产计划的精准优化还可显著提升生产线的响应速度与生产效率。借助智能化生产计划管理系统，企业能够优化生产调度、合理规划物料供应及生产任务，确保生产过程的高效与顺畅，进而提升整体效益，增强市场竞争力。



图 17：生产排产现场

通过精准的生产计划优化，企业能够更好地应对市场需求变化，提高资源配置效率，减少库存压力，保障产品质量，提升市场竞争力。

（2）实现场景的技术路径

数据采集与整合

企业运用企业资源管理系统（ERP），从销售终端系统收集各地区、各销售渠道的历史销售数据，包括月度销售量、销售价格及客户反馈等。同时，与专业市场调研机构合作获取市场需求预测数据，了解目标客户群体消费趋势、需求偏好及市场规模增长预测。此外，从供应链管理系统提取原材料库存、供应商供货周期数据；从生产管理系统采集生产设备运行状况、产能参数及生产工艺流程和标准数据。

采用数据清洗技术对采集数据进行去重、纠错和填补缺失值处理，确保数据准确。通过数据标准化技术统一数据格式与编码规则，实现数据高效整合，为后续分析和决策提供数据基础。

瓶颈识别与分析

引入约束理论（TOC），对生产流程进行全面梳理。通过绘制生产流程图，分析各生产环节的投入产出关系、资源利用效率和时间消耗，运用价值流分析等方法定位影响生产效率的关键环节。

借助大数据分析技术，对历史生产数据进行挖掘。通过建立时间序列模型、关联分析模型等，找出在不同市场需求波动下导致生产进度延迟或产能受限的环节，从而准确定位生产瓶颈。例如，原材料采购周期长、特定生产设备维护时间长等问题。

模型构建与优化

基于约束理论确定的瓶颈及整合后的数据，运用遗传算法、粒子群优化算法等寻优算法构建生产计划优化模型。模型构建时，明确以最大化企业利润、最小化生产成本、最小化库存水平和确保按时交付为综合目标函数。

考虑原材料供应不确定性、生产设备产能限制、生产工艺约束及市场需求动态变化等因素作为模型约束条件。通过调整算法参数和迭代次数，运用智能优化算法求解，得出生产批次、生产数量和生产时间的最优安排方案。

智能评估与调整

构建基于人工智能的专家系统，将行业专家经验、生产工艺知识及企业生产管理经验进行知识化表示，构建知识库，并运用知识图谱技术进行结构化组织，提升知识检索与应用效率。

将优化后的生产计划方案输入专家系统，专家系统利用基于规则和案例的推理技术，从生产工艺可行性、资源配置合理性、成本效益最优性和市场风险应对能力等维度

进行评估。若发现生产工序逻辑冲突、资源分配不均衡等问题，及时给出调整建议。

企业根据专家系统建议，结合实际生产情况，通过模拟仿真等手段评估调整方案效果，对生产计划进行优化，确保其符合企业生产能力且满足市场需求。

实时监控与动态优化

在生产计划执行中，利用物联网技术在生产设备、原材料存储区域和生产线上部署传感器，实时采集生产设备运行状态、原材料消耗进度、产品生产进度等数据，并通过无线传输技术传输至 ERP 系统。

运用数据分析技术，结合数据挖掘算法和机器学习模型对实时数据进行监测分析，同时与预设生产计划进行对比。一旦实际生产与计划出现偏差，如生产进度延迟、原材料库存不足，系统将通过短信提醒、系统弹窗等预警机制发出信号。

企业依据预警信息启动动态优化机制，运用智能决策算法结合实时数据和市场需求变化，对生产计划实时调整。例如，重新安排生产任务优先级、调整原材料采购计划、优化生产设备调度等，通过生产调度系统自动化调整功能，实现生产过程优化，保证生产高效稳定运行，适应市场需求变化。

（3）改造预计成效

提升市场响应速度

通过快速的市场需求分析和敏捷的生产计划调整机制，企业能够及时响应市场需求变化。具体表现为：增加热门产品产量、优化生产流程、缩短生产周期、缩短产品上市时间、满足消费者需求、抢占市场份额、增强市场竞争力。

降低库存成本

借助精准的生产计划优化，企业运用库存管理模型，依据市场需求安排原材料采购时间和数量，避免原材料积压。同时，通过优化生产批次和数量，利用生产与销售协同预测模型，使生产与销售紧密衔接，减少成品库存积压，提高资金使用效率，为企业研发和市场拓展释放资金。

提高生产效率

通过约束理论识别和消除生产瓶颈，以及智能优化算法优化生产流程，提高了生产设备利用率。通过优化设备维护管理系统减少设备停机时间；通过重组生产流程缩短等待、闲置和物料搬运时间，提升生产效率。此外，生产计划的精准性和稳定性减少了计划变更导致的生产中断和资源浪费，进一步降低单位产品生产成本。

增强计划准确性与可行性

专家系统的应用使生产计划制定融入专业知识和实践经验，避免单纯依靠数据模型脱离实际的问题。通过多维度评估和调整，确保生产计划在生产工艺、资源配置和成本控制等方面的合理性与可行性。实时监控与动态优化机制使生产计划能根据实际生产和市场需求变化及时调整，

保持准确性和适应性，为企业稳定生产和可持续发展提供保障。

6.4.2 场景二：车间智能排产

(1) 场景描述

在功能性食品行业，生产车间排产面临多个挑战。产品种类繁多，且每种产品的生产工艺要求严格。智改数转网联转型提升了排产的效率，但也带来了诸如原料特性差异、生产工艺要求、设备调控和动态扰动等问题。原材料的质量波动、短保质期和库存管理要求、设备与人员的变化，以及法规政策的调整，均使得生产计划的调度变得更加复杂。智能排产系统通过实时数据监控和精准调度，帮助优化生产流程，提高生产效率，确保产品质量的一致性。

该场景适用于以下行业：

特殊医学用途配方食品：需要对患者群体进行定制化生产，涉及复杂的配方和工艺控制。

乳源制品：生产过程中的温湿度控制要求严格，需确保产品质量的稳定。

营养保健品：原料来源广泛且工艺要求高，需要精准的生产调度和原料管理。

功能性饮料：对功能成分的生产 and 配方要求精确，需动态调整生产计划。

食品添加剂：生产过程中需对各类添加剂进行精准调度，确保产品的一致性。

茶叶行业：在成分提取和加工过程中，生产工艺要求精确，原料管理至关重要。

智能排产系统在功能性食品行业中帮助优化生产计划、提高生产效率，并确保产品质量一致性。通过对生产数据的实时采集与分析，智能排产系统能够应对原材料变化、工艺要求和生产干扰因素，从而为企业提供精确的生产调度和质量控制。

（2）实现场景的技术路径

数据采集与整合

在生产设备上，除部署常规运行状态传感器，还针对功能性食品生产需求安装成分监测传感器。如在发酵设备装微生物活性监测传感器，实时监测益生菌发酵活性；在混合设备装成分均匀度传感器，确保成分混合均匀。利用物联网技术收集原材料批次、保质期、进货时间等数据，以及人员技能、培训记录等信息。通过企业资源规划（ERP）系统整合销售订单交付时间、客户特殊要求等数据。

采用专业数据清洗算法，去除传感器误差、传输故障导致的错误数据。运用数据标准化技术统一不同格式、精度的数据，存储至功能性食品行业定制的数据仓库，确保数据准确、完整、可用，为后续分析决策打下基础。

（2）建立智能排产模型

引入适配功能性食品行业的高级计划排程系统（APS），结合该行业调度机理建模技术。依据产品复杂生产工艺，

精确分析各生产步骤先后顺序、时间及资源需求，着重考虑不同产品对设备精度、环境条件的特殊要求。

构建多目标排产模型，目标为最大化生产效率、保证产品质量稳定、满足法规要求、确保按时交付。约束条件除设备产能、人员、原材料限制外，增加产品质量参数约束，如特定成分含量范围、微生物指标等，并考虑法规政策变化对生产工艺调整的时间要求。运用非支配排序遗传算法（NSGA-II）等先进优化算法，在复杂约束下寻找最优排产方案，涵盖生产任务分配、设备调度、人员安排。

（3）实时监控与动态调整

开发可视化监控平台，除展示设备运行、生产进度等常规信息，重点突出功能性食品生产关键质量指标，如产品成分含量变化、微生物生长曲线。利用大数据分析和机器学习算法深度挖掘实时数据，提前预测质量问题与设备故障。

当出现设备故障、人员缺勤、原材料质量波动、法规政策调整等动态扰动时，APS系统快速响应。如检测到某批次原材料关键成分偏差，系统即刻调整生产工艺参数，如延长混合时间、调整反应温度，并重新分配生产任务，保证产品质量。面对法规政策更新，系统评估对当前生产计划的影响，调整生产任务优先级，优先安排工艺或包装调整的产品生产，协调采购部门准备新包装材料，确保企业合规生产。

6.4.3 场景三：大数据技术引导资源动态配置

(1) 场景描述

功能性食品行业在生产规模扩大和市场需求多样化背景下，面临资源调度的复杂挑战。通过大数据技术，企业能够实时监控并分析人力、设备和物料的使用情况，实现精准调配，确保生产过程的连续性与高效性。人力资源调度需依据生产工艺要求和员工技能，设备管理要求掌握设备运行状态并及时调整任务，物料管理则需依赖需求预测和库存规划，确保物料供应与库存成本的平衡。大数据技术的应用为动态资源配置提供了有力支持。

该场景适用于以下行业：

特殊医学用途配方食品：需要精准调配专业人员与设备以满足严格的生产要求。

乳源制品：涉及复杂的工艺流程，对人力、设备和物料的协调管理要求较高。

营养保健品：生产功能成分复杂，对资源配置的精确性提出较高要求。

功能性饮料：多样化的生产工艺要求灵活的资源调度与管理。

食品添加剂：需严格管理设备与物料以确保生产质量。

茶叶行业：涉及生产工艺和物料管理的精细化要求，资源配置是关键环节。

大数据技术通过实时监控与精确预测，优化了功能性食品行业的资源配置。它有效提升了人力、设备和物料调度的效率，确保生产过程稳定、成本可控和产品质量一致，为企业应对市场变化和提升竞争力提供了重要支持。

（2）实现场景的技术路径

数据采集与传输

企业运用物联网技术，在生产设备上部署多种传感器。在发酵罐安装高精度的温度、湿度、酸碱度传感器，以采集发酵环境参数；在灌装机配置流量、压力、位置传感器，用于监控灌装速度、压力及位置精度。通过集成员工管理与智能考勤系统，收集员工的出勤、技能等级、工作时长、培训经历等信息。借助先进的物料管理系统，获取物料的库存数量、出入库记录、供应商信息及批次质量数据。

借助 5G 网络，将采集的海量多源数据实时传输至企业数据中心。运用边缘计算技术，在设备端对实时性强、计算量小的数据进行初步处理，如检测设备运行参数的异常、进行简单统计分析等，以减少数据传输量，提高数据处理效率，为后续决策提供及时且准确的数据支持。

大数据分析建模

采用大数据分析技术，对生产数据进行深度挖掘。构建时间序列模型，结合设备的历史运行、维护及实时监测数据，预测设备的故障概率与维护需求时间。例如，运用 ARIMA 模型分析设备的关键运行参数，提前预测故障，以

便安排维护计划，降低设备故障率，提高设备的可用性。利用聚类分析算法，根据生产任务的工艺、操作流程及技能要求，对人员技能需求进行分类，为人员调配提供匹配依据。比如，通过 **K-means** 聚类算法将生产任务分为复杂工艺操作、常规操作等类别，对应不同技能等级与专业方向的人员。

构建物料需求预测模型，综合考虑市场需求变化、历史销售数据、生产计划调整及原材料供应周期等因素，预测物料需求趋势。运用线性回归、机器学习等算法，结合市场需求、生产订单及库存数据，建立物料需求预测模型。通过遗传算法、粒子群优化算法等优化算法，制定物料采购与库存管理策略。确定最佳采购时间、数量与供应商，设定合理的安全库存、补货点与补货量，确保物料库存既能满足生产需求又不会积压。

智能决策与调度

基于大数据分析建模结果，结合运筹优化技术，构建智能决策系统。当生产任务出现进度滞后或资源需求变化时，系统自动分析原因，并依据预设规则与算法生成资源调配方案。若某生产任务因人员不足而进度滞后，系统根据人员技能库、当前人员状态及任务技能需求，从其他岗位调配闲置人员；若设备发生故障，系统评估其他可用设备的产能、任务负载与兼容性，将受影响的生产任务分配至其他设备，以确保生产的连续性。

通过与制造执行系统（MES）集成，将智能决策系统的调度指令实时传达至生产现场。利用MES的实时监控功能，实现对生产过程的全方位监控与动态调整。借助专家系统，融入行业专业知识、经验及企业生产管理规范，对复杂生产问题进行分析决策，提供专业解决方案。例如，当遇到多种设备故障或生产工艺异常时，专家系统依据知识库给出应对策略。

6.5 解决方案建议（案例）

企业通过数字化技术、优化算法实现生产计划精准优化

一家专注于功能性维生素产品的企业，通过市场调研和数据分析发现，某款针对上班族抗疲劳的复合维生素产品在加班旺季前需求将大幅增长。该企业主要生产多种营养补充剂，其中抗疲劳复合维生素产品在市场上具有较高的知名度和竞争力。实施过程：

企业借助 ERP 系统，整合了原材料供应商信息、生产车间设备产能及销售部门需求预测数据。通过 ERP 系统的物料需求计划（MRP）模块，企业根据生产计划生成了详细的物料需求清单，确保原材料的及时供应。

识别瓶颈：

运用约束理论（Theory of Constraints, TOC），企业发现原材料混合工序是生产瓶颈。通过鼓-缓冲-绳法（Drum-Buffer-Rope Approach, DBR 法），企业将瓶颈工序的生产节拍作为全局的“鼓点”，确保整个生产流程的物料流动与瓶颈工序的产能相匹配。

优化生产计划：

企业通过寻优算法（如遗传算法、粒子群优化算法等）优化生产批次和数量。根据原材料采购提前期，企业分阶段安排生产，确保原材料及时供应与生产的连续性。例如，通过智能算法模拟退火算法，企业优化了生产批次的分配，减少了设备换型时间和生产等待时间。

评估与调整计划：

利用专家系统评估生产计划，企业调整了部分生产环节的时间安排，避免设备维护期与生产高峰期冲突。通过专家系统的动态调整功能，企业能够根据实时数据和专家经验，灵活调整生产计划，确保生产的高效运行。

案例成果

通过以上措施，企业成功满足了市场需求，产品缺货率控制在 5% 以内，库存周转率较以往提升了 25%。这一成果不仅提高了企业的市场响应速度和客户满意度，还显著降低了库存成本，提升了企业的运营效率。

企业通过APS系统在优化生产计划实现智能排产

某功能性食品企业在同一生产车间同时生产能量补充剂和营养棒。能量补充剂的生产依赖高精度的混合设备和无菌灌装设备，而营养棒的生产则需要烘焙设备和包装设备。由于设备故障时有发生，企业的生产计划调度面临挑战。

案例实施过程：

设备故障与实时监测：

在一次生产过程中，能量补充剂的灌装设备突发故障。车间的APS（高级计划与排程）系统通过实时监测设备状态，迅速捕捉到故障信息。

动态任务调配：

APS系统立即根据车间内其他设备的可用状态，将故障设备上未完成的生产任务调配至另一台备用灌装设备。同时，系统同步调整了操作人员的工作安排，确保任务的无缝衔接。

生产计划优化：

通过APS系统的智能算法，企业能够快速评估设备故障对生产计划的影响，并动态调整生产顺序和任务分配。系统还能够根据实时数据优化生产路径，减少换模换型时间，确保生产效率最大化。

可视化与预警：

APS系统通过甘特图等可视化工具，直观展示订单计划分布及生产加工周期。在任务调整过程中，系统能够实时预警可能的延期风险，并提供解决方案。

案例成果

通过APS系统的快速响应和智能调度，企业成功避免了生产中断，确保了生产计划按时完成。车间生产效率未受明显影响，产品缺货率得到有效控制，库存周转率也得到显著提升。

7. 生产作业环节

7.1 本环节主要内容

7.1.1 部署智能制造装备

在功能性食品行业智改数转网联进程中，企业通过部署智能制造装备来适配其原料与工艺的特殊性。自动化生产线利用数字化编程与智能控制，按原料特性精准调控加工参数，如在益生菌产品生产中，针对菌种发酵、提纯对温湿度的严格要求，确保质量稳定，满足原料精准加工需求。

智能机器人凭借机器视觉与力反馈控制，在需严格卫生标准的生产环境中，高效完成物料搬运等任务，通过工业网络协同作业，降低人工污染风险，契合行业对生产环境的严苛要求。

高精度检测设备依托智改数转网联，实时监测微生物、功效成分、重金属等关键指标，保障产品功效与安全符合行业法规及消费者对质量的高要求。

7.1.2 资源动态配置

功能性食品企业在智改数转网联赋能下，资源配置紧扣行业波动特性。订单需求随季节、消费群体而大幅变动，智能调度系统运用大数据与深度学习算法，在需求高峰期迅速调配人力至关键工序，确保产能满足市场，如秋冬季节免疫调节产品需求大增时的高效应对。

原料供应受季节、产地影响，企业依据库存实时调整采购，保证生产连续。在财力上，鉴于行业研发投入大、竞争激烈，通过成本效益模型优化资金分配，重点投入设备维护、研发与供应链优化，提升资源利用效率与企业效益。

7.1.3 工艺过程优化

借助智改数转网联，功能性食品企业针对复杂生产工艺实现精准优化。工艺机理分析结合数字化模拟，解析原料特性、反应及工艺参数对质量的影响，如功能性饮料生产中对功效成分释放与稳定的精确控制。

多尺度物性表征从微观到宏观为工艺优化提供依据，通过工业网络实现数据高效分析，助力精准工艺调整。流程建模与机器学习挖掘生产数据，持续改进工艺，优化配方与参数，满足消费者对功效与口感的双重需求。

7.1.4 协同生产作业

在智改数转网联推动下，协同模式契合功能性食品行业需求。企业内部通过物联网实现生产、检测、物流设备互联。针对产品对物流时效性与环境要求高，保障生产与物流无缝对接，从而确保产品质量。

人机协同发挥工人经验与智能设备优势，提升生产效率与质量。网络协同制造打破企业壁垒，企业通过供应链协同平台稳定原料供应，与研发机构合作加速产品迭代，满足行业创新需求，提升整体竞争力。

7.2 本环节痛点

7.2.1 基于企业规模的差异

在功能性食品行业生产作业智改数转网联改造中，大型企业资金雄厚、技术研发能力强，可投入大量资源用于设备更新与技术引进。但企业内部管理架构复杂、层级多，部门间沟通协调存在障碍。生产作业信息传递层级多，易出现信息失真与延迟，导致协调成本增加。此外，决策流程冗长，从基层收集改造需求信息到高层决策，需经多部门层层审核，如引入智能生产管理系统，涉及基层车间、生产、技术、财务等部门，各部门因利益考量、沟通不畅等问题，易阻碍决策进程，影响改造方案制定与执行效率。

中小型企业生产作业智改数转网联改造时，资金短缺问题突出，这限制了其人才引进与留存。智改数转网联要求生产人员具备信息技术与数字化操作技能，而小型企业因薪资待遇、发展空间有限，难以吸引此类专业技术人才，即便招到也易流失。例如，掌握智能设备操作维护技术的人员常因薪资与晋升问题跳槽。专业人才匮乏，使小型企业在改造中面临技术难题无法解决、新设备操作不熟练等问题。小型企业虽组织架构简单、决策灵活，但缺乏技术与资金支持，改造推进困难。

7.2.2 源于产品类型不同

功能性食品产品多样，不同类型产品生产作业的工艺与设备要求差异大，致使智改数转网联改造难度不一。

固体饮料生产作业包括原材料混合、制粒、包装等环节。智改数转网联改造时，原材料混合需借助智能混合设备，通过传感器监测原料流量、比例等参数，利用自动化控制系统精准控制配比，保证产品质量一致。制粒环节需自动化制粒设备，通过智能系统调节温度、湿度、压力等参数，实现精准控制，提升制粒效率与质量稳定性。包装环节需智能包装设备，依据预设规格快速准确完成包装，并实现包装过程信息化管理，记录包装时间、批次等信息。

口服液生产作业对卫生条件要求极高，尤其是灌装与封口环节。智改数转网联改造需高精度灌装设备，利用先进传感器技术与自动化控制算法确保灌装剂量准确。同时，需先进封口设备保证密封性与生产效率，如采用无菌灌装技术与智能封口系统。此外，管道清洗、消毒等环节也需智能化设备与系统支持，实现生产自动化与卫生化管理。不同产品类型对智能制造装备与技术需求差异大，增加了企业技术选型与方案制定的复杂性，需针对不同产品制定个性化改造方案，加大了改造难度与成本。

7.2.3 因品牌定位而产生的区别

高端功能性食品品牌在生产作业智改数转网联改造中，高度重视产品质量与品牌形象。从原材料采购开始，借助先进溯源与质量检测技术确保原材料质量达标。生产作业中，运用高精度传感器监测生产环境参数，如温度、湿度、压力等，通过智能控制系统精确调控生产设备，保证生产

一致性。如发酵类产品生产，精确控制发酵温度与时间，确保风味与功效成分稳定。同时，采用智能检测设备对各生产工序产品进行严格检测，涵盖外观、理化指标、微生物指标等，全方位把控质量。若无法满足这些要求，将损害品牌形象，从而导致客户流失。

中低端品牌在市场竞争中，生产作业智改数转网联改造侧重成本控制与生产效率提升。一方面，运用精益生产理念优化生产流程，减少不必要环节与浪费，如优化生产线布局来缩短物料搬运距离与时间，从成果提高生产连续性。另一方面，因资金限制，技术与设备选型需在成本与效率间平衡，倾向于选择性价比高的方案。然而，平衡把握难度大，过度追求低成本可能导致技术设备无法满足生产需求，影响产品质量；过于注重技术投入则可能超出成本预算，削弱价格竞争力。例如，选择智能包装设备时，若设备价格过低，可能出现包装速度慢、质量差等问题，影响产品销售。

7.3 改造需求

7.3.1 技术升级需求

在功能性食品生产的关键环节，像原料预处理、混合搅拌、成型加工及包装等，引入具备自动化控制与自适应调节功能的智能设备。例如在原料预处理阶段，使用配备传感器的智能筛选与清洗设备，该设备依据原料的形状、大小、杂质等特性，自动调节筛选参数与清洗力度，确保

投入生产的原料质量符合标准。在成型加工过程中，运用带有实时反馈功能的智能成型设备，按照预先设定的产品规格与质量要求，自动调整加工参数，保障产品的形状和尺寸统一。

借助物联网技术，在生产的关键节点布置传感器，实时收集设备运行状态、生产环境参数（包括温度、湿度、洁净度）以及产品质量相关数据。这些数据经边缘计算初步处理后，传输至中央控制系统。通过大数据分析与人工智能算法，对生产流程进行实时建模与分析，及时察觉质量风险与效率瓶颈。例如，当某条生产线的产品次品率升高时，系统能够迅速分析并定位设备参数的异常，自动进行调整或向操作人员发出预警以便干预，实现生产流程的动态优化。

在生产作业线上融入无损检测技术，例如近红外光谱分析和机器视觉检测。近红外光谱可快速检测产品的功效成分含量，机器视觉则能精准判断产品外观及包装的完整性。通过构建质量检测模型与数据库，并结合机器学习算法，实时对产品质量进行评估与分级。一旦检测到不合格产品，系统自动进行分拣，并追溯问题根源，为生产改进提供数据依据。

7.3.2 管理创新需求

以精益生产理念为导向，运用价值流分析工具对功能性食品生产流程进行梳理，明确增值与非增值活动。减少

生产过程中的等待时间、降低物料搬运与库存积压，优化生产布局，实现连续且高效的生产。例如采用“一个流”生产方式，避免批量生产带来的中间库存与等待时间。引入看板管理系统，实现生产过程可视化，方便操作人员与管理人员了解生产进度和物料需求，并及时做出决策。

在生产环节，依据六西格玛管理方法，搭建质量管控体系。确定如功效成分稳定性、微生物指标合规性等关键质量特性，运用统计过程控制（SPC）技术，对生产关键参数进行实时监控与分析。通过绘制控制图，及时发现异常波动，利用鱼骨图、5Why分析法深入剖析原因，并采取改进措施。定期开展质量改进项目，通过团队协作优化生产流程，降低质量变异，提高产品的一次合格率。

建立生产作业与供应链上下游之间的协同机制，通过信息化平台，实现生产作业计划与供应商的原材料供应计划、经销商的产品需求计划实时对接。根据生产进度和原材料消耗情况，自动向供应商发出补货请求，防止因原材料短缺导致生产停滞。依据经销商订单和市场预测，合理调整生产计划，优化库存管理，提升产品交付速度与满足率，增强企业在市场中的竞争力。

7.3.3 人才培养需求

为契合生产智能化升级的需求，培养既熟悉功能性食品生产工艺，又掌握智能制造技术的专业人才。通过内部培训、专家指导以及校企合作等途径，让员工掌握可编程

逻辑控制器（PLC）的编程与调试、工业机器人的操作与维护（包括示教编程、路径规划），以及智能制造系统集成技术，助力生产作业实现智能化运行。

鉴于生产环节产生的大量数据，培养具备数据分析与管理能力的人才。通过培训，使员工掌握数据采集、清洗、存储等知识，熟练运用 Python、R 语言等工具，对生产作业数据进行挖掘与分析。例如，通过分析设备运行数据预测故障，通过分析产品质量数据改进生产工艺。同时培养员工的数据可视化能力，为生产决策提供直观的数据支持。

随着生产数字化转型的推进，网络安全和信息化管理至关重要。培养熟悉网络安全技术与信息化管理的人才，通过专业培训与认证，使其掌握防火墙设置、入侵检测系统的部署与管理、数据的加密存储与传输，以及生产管理系统、质量管理系统等信息系统的日常运维与优化，保障生产过程中的信息安全。

7.4 典型场景

7.4.1 场景一：智能协同作业

（1）场景描述

部署智能制造装备，基于 5G、TSN、边缘计算等技术建设生产现场设备控制系统，实现生产设备、检测装备、物流装备等实时控制和高效协作。智能工厂是功能性食品制造领域实现高效生产的核心模式。通过智能化、数字化和工业互联网技术的深度应用，智能工厂能够动态管理原

材料、精准控制生产工艺，并通过集中控制和数据分析优化生产流程。各生产环节，如原料管理、预处理、混合搅拌和成型加工等依托智能设备和大数据技术实现高效协同，保障产品质量和生产效率。同时，人工智能算法监控设备状态，进行故障预测，进一步提高生产的连续性与稳定性。



图 18：企业车间协同看板

智能工厂通过智能设备、数字化工艺和集中管控，实现了功能性食品制造的高效生产。原材料管理、生产工艺优化及设备监测等多方面的技术应用，既提高了生产效率和产品质量，又降低了人工干预和资源浪费，为企业增强市场竞争力提供了坚实基础。

（2）实现场景的技术路径

物联网技术深度应用

在功能性食品智能工厂的仓库与生产车间，物联网技术广泛部署。功能性食品原料多样且特性各异，部分对仓

储环境要求严苛。仓库内，传感器分布于货架与存储容器上，针对功能性食品原料，实时监测库存数量、保质期，尤其对易变质或受环境影响大的原料，如富含活性成分的草本提取物，密切监测仓储环境的温度、湿度等参数。

生产设备中，智能筛选与清洗设备、混合搅拌设备、成型设备等集成多种传感器。以智能筛选设备筛选功能性食品原料时，图像传感器识别原料外观瑕疵，压力传感器调控筛选力度，防止功能性成分受损。这些传感器采集的数据通过物联网网关，借助 MQTT、CoAP 等协议，快速传输至中央控制系统。鉴于功能性食品生产对数据时效性要求高，此传输过程实现数据高效汇聚与集中管理，为后续基于功能性食品生产特性的深度分析与决策奠定基础。

智能设备集成与自动化控制

功能性食品生产工艺复杂，需多种智能设备协同作业。智能工厂引入先进设备，通过工业以太网、PROFIBUS 等现场总线技术，将其集成到统一生产控制系统。

以混合搅拌设备为例，在生产富含多种益生菌的功能性食品时，中央控制系统下达特定配方生产指令，设备随即自动调整搅拌时间、速度、扭矩等参数。因益生菌活性受搅拌条件影响大，设备运行中实时反馈物料混合状态、温度变化等数据，确保混合过程既均匀又不破坏益生菌活性。这种双向数据交互，满足功能性食品生产对精准度和

稳定性的严格要求，实现从配方指令到生产监控的全流程精确控制，保障产品质量稳定。

大数据分析 with 人工智能算法赋能

智能工厂中央控制系统搭建大数据分析平台，对功能性食品生产数据进行深度挖掘。功能性食品生产涉及原料特性、生产工艺参数、产品质量标准等众多变量，相互关联复杂。

平台运用数据挖掘、机器学习技术，构建回归分析、决策树等数据模型，分析不同批次产品质量与生产参数的关系。例如，研究在不同产地原料、不同生产时段、不同设备状态下，功能性食品功效成分含量的变化规律，建立精准质量预测模型。在设备管理方面，基于深度学习的神经网络算法，对设备振动、温度、电流等运行参数进行实时分析。鉴于功能性食品生产设备需保证生产连续性，通过提前预测混合搅拌设备搅拌叶片运行 500 小时后可能出现磨损情况，提前安排维护，确保生产不间断，保障功能性食品稳定供应。

人员技能培训与管理体系建设

功能性食品生产对人员技能要求高，需适配智能工厂生产需求。

在人员技能培训方面，制定契合功能性食品生产的全面培训计划。培训内容涵盖智能制造技术基础理论，如工业互联网架构在功能性食品原料溯源、生产监控中的应用，

以及数字化生产原理对维持功能性成分稳定性的作用。同时，开展智能设备操作与维护实操培训，包括针对功能性食品特殊生产工艺的设备参数调整方法，以及生产流程管理的先进理念与方法，如优化生产流程确保功能性食品功效一致。通过理论授课、现场实操、在线学习等方式，提升操作人员专业技能。

在管理体系建设方面，明确各岗位在功能性食品生产中的职责与详细工作流程。从原料检验、生产操作到成品检测，每个环节明确专人负责。例如，原料检验岗位需严格把控功能性原料质量，确保符合功效标准。引入绩效考核、激励机制，充分调动员工积极性与责任心，促进团队高效协作，为功能性食品智能工厂稳定运行提供人力保障。

7.4.2 场景二：产线柔性配置

（1）场景描述

部署智能制造装备，应用模块化、成组和产线重构等技术，搭建柔性可重构产线，根据订单、工况等变化实现产线的快速调整和按需配置，实现多种产品自动化混线生产。

产品模块化快速开发：通过数字化建模工具和数据管控平台，企业可以根据设计需求选择、配置和组合产品模块，并通过参数化设计快速修改模块设计，从而生成定制化产品的设计方案和工艺方案。这种模块化设计不仅提高

了开发效率，还能快速响应市场变化，满足不同客户的需求。

柔性资源配置与动态调度：企业需要连接各类生产资源，实时感知生产要素状态。针对小批量定制工单，精确制定生产计划、物料需求计划和车间任务排产。通过柔性配置生产资源，并实时动态调整计划排程，企业能够在生产过程中灵活应对突发情况，确保生产任务的顺利完成。

柔性自适应加工：柔性产线能够基于数据对单件或小批量产品进行精准识别、资源匹配和生产全过程的精确控制。这使得企业可以在同一条生产线上实现不同工艺流程的多品种、变批量产品的生产，满足个性化定制需求，同时保持高效的生产效率。

柔性供应链系统：为实现柔性生产，企业需要打通产业链、供应链，建立面向研发、生产、运营等业务的供应链协同机制。通过跨企业的数据共享，增强供应链资源的柔性配置，企业能够快速响应定制需求，实现敏捷交付。

智能化生产与设备：利用工业互联网、机器人、智能传感等技术，企业可以构建智能化的生产系统。这些系统能够实现生产过程的自动化和智能化，提高生产效率和产品质量，同时增强对不同需求任务的快速响应能力。

生产过程优化：通过5G网络和数字孪生技术，企业可以实现生产设备健康管理、工艺产线的数字孪生以及全

流程产品质量管理。这不仅提高了故障诊断效率，减少了维修时间，还优化了点巡检计划，降低了维护成本。

个性化定制与市场需求：柔性生产能够满足消费者对产品个性化的需求。例如，通过柔性生产线，消费者可以在手机终端选择任意比例搭配的果汁，生产线自动接单生产，二维码扫描出货，整个过程无需人工参与。这种生产方式不仅提高了企业的灵活性和应变能力，还增强了产品的市场竞争力。

减少生产成本与提高效率：通过柔性化生产，企业可以在保持大规模生产低成本优势的同时，实现多品种、小批量的生产。这不仅减少了生产成本，还提高了设备利用率和员工劳动生产率。

（2）实现场景的技术路径

为了实现功能性食品行业的产线柔性配置，企业需要从硬件、软件和网络三个方面构建一套完整的智能化生产体系，以下是具体的技术路径：

①自动化生产设备：

引入高精度的混合设备、无菌灌装设备、烘焙设备、包装设备等自动化生产设备，确保生产过程的高效性和稳定性。

配备智能机器人和柔性生产线，能够根据生产任务快速调整设备配置，实现多品种、小批量产品的生产。

安装机器视觉系统，用于产品的在线质量检测和物料分类，提升生产组织效率。

②智能传感器与仪表：

在生产设备中安装温度、湿度、压力等智能传感器，实时监控生产环境和设备状态。

使用高精度物位测量仪表，防止产品溢罐或误排放，确保生产过程的精确性。

③模块化设备设计：

采用模块化设计的生产设备，便于快速更换和升级设备模块，以适应不同产品的生产需求。

④高级计划与排程系统（APS）：

选择与 ERP、MES、WMS 等系统无缝对接的 APS 系统，如云筹优化 APS 或 KOne APS，实现生产计划的自动化生成、动态调整和可视化管理。

利用 APS 系统的智能算法，综合考虑订单优先级、设备状态、资源负载等因素，进行一键式智能排产。

⑤生产执行系统（MES）：

部署 MES 系统，用于实时监控生产进度、设备状态和质量数据，确保生产计划的顺利执行。

通过 MES 系统实现生产过程的数字化管理，支持生产任务的动态调度和资源优化。

⑥数据管控平台：

建立数字化建模工具和数据管控平台，支持产品的模块化快速开发和工艺方案的快速生成。

利用大数据分析技术，对生产过程中的数据进行深度挖掘，优化生产流程，提高生产效率。

⑦工业互联网平台：

建立工业互联网平台，实现生产设备、传感器、控制系统之间的互联互通。

利用 5G 网络的低延迟、高带宽特性，支持设备的实时数据传输和远程监控。

⑧.云服务平台：

利用云计算技术，将 APS、MES 等系统部署在云端，支持多用户同时在线使用，降低企业的 IT 成本。

通过云服务平台实现供应链的协同管理，支持企业与供应商、客户之间的数据共享。

⑨区块链技术：

应用区块链技术实现食品生产的全程追溯，增强消费者对产品的信任度。

7.5 解决方案建议（案例）

全数智化超级工厂通过智能协同作业著提高生产效率

某全数智化超级工厂是全球乳业首座全数智超级工厂，通过部署智能制造装备并结合 5G、TSN、边缘计算等技术，实现了生产设备、检测装备、物流装备的实时控制和高效协作。以下是其在智能协同作业方面的具体实践：

高速灌装与自动化包装：工厂的高速纸包灌装系统平均每秒可灌装 12 包牛奶，一盒牛奶从牧场到包装下线全程不超过 13 小时。通过自动化留样、电子束灭菌等技术，实现了包装车间的高度自动化，原本需要 200 名工人的区域如今只需不到 20 人。

设备集中控制与智能调度：利用智能控制平台，工厂实现了产线设备的集中控制，智能化生产系统可自动导航最优设备节点、物料流转路径、能源供应调度和质量控制规则。生产过程中的每包牛奶涵盖 100 多项业务点、上千个动作要素、36 个关键控制点和 139 项检验项目，全部通过数字化在线管控。

低延迟通信与设备协同：基于 5G 技术的低延迟特性，工厂实现了生产设备之间的高速、低延迟通信，确保设备的实时控制和协同工作。5G 技术还支持了 AGV（自动引导车）集群调度和协同控制，满足了物流设备对实时控制的苛刻要求。

边缘计算平台：工厂利用边缘计算技术，将数据处理和决策逻辑靠近设备端，减少了数据传输延迟，提高了生产效率。边缘计算平台具备存储、计算和应用等多项功能，能够为接近物和数据源头提供及时的近端服务。

效率提升：与传统工厂相比，宁夏工厂人均效能提高了 20 倍，劳动生产率提高了近 20 倍，实现了“百人百亿”的突破。包装效率提升了 67%，空间利用率提升了 37%，提升了 2.06 倍。质量与安全：产品精度提升了 55%，质量缺陷减少了 60%，质量一键追溯效率从 2 小时缩短到 2 分钟。通过关键质量点实时在线检测等技术，保证了每一包牛奶的品质和标准统一。能源优化：智慧能源系统优化了设备数量，减少了异常损耗，实现了能源消耗整体降低 43%。

企业通过整合数据资产，赋能柔性化生产和个性化需求

某企业作为全球领先的营养健康解决方案服务商，致力于通过数字化转型实现柔性化生产，以满足市场对个性化产品的需求。企业与阿里云合作启动了 C2M（用户直连制造）项目，旨在通过整合数据资产，赋能柔性化生产和个性化需求。实施过程包括：

数字化平台建设：

企业以阿里云云计算、大数据、物联网为基础，建设了 C2M 工业互联网平台，以粉剂工厂为试点，满足未来业务需求，支撑业务的灵活扩展。

通过该平台，企业实现了从原料到库、订单下达、排产、成品入库等关键节点的标准化和透明化。

智能排产与生产优化：企业运用卓越制造体系，实现配方配液的精益生产。通过重新规划配液工序的布局，实现单元化布局设计，最大化设备利用率。

企业利用智能机械臂工作台，通过分布式制造模式，实现试剂的自动配送及在线称重，提高了生产效率和配方保密性。

模块化产线设计：企业的生产线采用模块化设计，能够快速排列组合、及时调整生产。这种设计使得企业能够在面对原材料供应波动等复杂情况时，快速决策并调整生产计划。

数据驱动的决策：企业通过监测每台设备的运行情况，积累精准的数据资产，为柔性制造提供基础。每个车间都设有数据看板，设备参数透明化，帮助管理层做出更精准的决策。

供应链弹性管理：在全球供应链面临挑战时，企业基于统一的基础数据，能够快速匹配原料、配方和质量标准，实现高质量生产。这种弹性管理模式使得企业能够在海外工厂停摆时，迅速调整生产计划。

成果与效益

生产效率提升：通过柔性机械臂和透明化 OEE（设备综合效率），企业的制造周期缩短了 35%，库存降低了 20%，用工成本减少了 15%，人员效率提升了 22%。

供应链优化：企业实现了快速反应、弹性生产的模式，增强了供应链的韧性。

8. 仓储物流环节

8.1 本环节主要内容

8.1.1 部署智能物流与仓储装备

在功能性食品行业推进智改数转网联进程中，引入先进智能物流与仓储装备是提升效率与质量的关键。自动化立体仓库凭借高度自动化存储与检索系统，实现功能性食品原料、半成品、成品的高密度存储，并与生产系统无缝对接，快速响应生产需求，精准调配货物。

智能搬运机器人，如 AGV 和 AMR，依托先进导航与强大负载能力，在仓储环境中灵活搬运物料。因其能满足功能性食品仓储的卫生、安全要求，有效降低人工搬运的污染与损耗风险。

自动分拣系统运用图像识别和智能控制技术，依据产品类别、规格、订单信息，快速准确分拣功能性食品，大幅提高分拣效率，降低错误率，保障产品及时进入配送环节。

8.1.2 配送计划和调度优化

功能性食品配送需求受市场波动、保质期、客户分布等因素影响。企业基于客户订单、库存水平、运输能力，利用大数据分析与智能算法制定配送计划。

通过分析历史订单、市场趋势、交通路况，智能算法为每批产品规划最优配送路线。同时，根据车辆载重量、

行驶里程、维护周期，精细化调度车辆，充分利用车辆资源，避免空载与低效运输，提高配送效率，降低运输成本。

8.1.3 自动化仓储管理

智能仓储管理系统（WMS）是实现功能性食品仓储自动化管理的核心。该系统运用条码、RFID、智能传感技术，对仓储作业进行数字化管控。

货物入库时，系统通过条码或RFID识别，自动记录货物种类、数量、批次、生产日期等信息，并按预设策略安排存储位置。盘库时，智能传感实时监测货物状态，结合系统数据，快速准确盘点库存，及时发现差异。出库时，系统依订单信息规划拣货路径，指导拣选并更新出库信息。这些自动化操作提升了仓储作业的准确性与效率，减少人工误差与延误。

8.1.4 配送管理

功能性食品企业通过集成智能仓储与物流装备，实现原材料、在制品、产成品流转的全程跟踪。利用实时定位技术，企业实时掌握货物运输位置与状态，实现物流可视化管理。

借助机器学习技术，系统根据实时路况、天气、交通管制等动态因素，动态调度物流、自动配送并优化路径。如遇交通拥堵，系统自动重新规划路线，确保货物按时送达。这种智能化配送管理提高了物流效率与可靠性，满足客户对配送时效性和准确性的需求。

8.2 本环节痛点

8.2.1 中小企业资金与技术限制

中小企业资金有限，难以投入先进的仓储物流设备和管理系统。

缺乏专业的物流管理人才，导致仓储物流效率低下。

8.2.2 大型企业多渠道管理复杂

大型企业业务范围广，涉及线上线下多渠道销售，物流配送管理复杂。需要整合不同渠道的物流资源，实现统一调度和优化。

8.2.3 特定产品需求特殊性

如保健食品等对仓储环境和物流条件要求更高，需要特殊的仓储设施和运输设备。

某些功能性食品的市场需求季节性强，仓储物流需要灵活调整。

8.2.4 仓储管理效率低

功能性食品行业涉及多种产品和原料，仓储管理复杂。传统的仓储管理模式难以实现高效管理，容易出现库存积压、货物错放等问题。

缺乏先进的仓储管理系统，导致库存盘点不准确，影响生产计划的制定。

8.2.5 物流配送不及时

功能性食品对时效性要求较高，但物流配送环节常因运输距离、交通状况等因素导致延迟。

缺乏实时监控和优化物流路径的系统，无法及时调整配送计划。

8.2.6 冷链运输不足

部分功能性食品需要冷链运输以保持品质，但冷链设施不完善，导致产品在运输过程中变质。

冷链物流成本高，企业难以承担，影响产品价格竞争力。

8.2.7 供应链信息不透明

功能性食品供应链涉及多个环节，信息传递不及时，导致企业难以实时掌握库存和物流状态。

缺乏统一的供应链管理平台，难以实现数据共享和协同。

8.3 改造需求

功能性食品行业在仓储物流环节的改造需求主要集中在以下几个方面：

（1）智能化仓储管理系统

需求：引入先进的仓储管理系统（WMS），实现库存的实时监控和精准管理。通过条码或RFID技术，对产品进行标识和追踪，提高出入库效率和准确性。

目标：优化仓储流程，降低运营成本，提高库存周转率。

（2）冷链技术升级

需求：完善冷链设施，包括冷库、冷藏车等，确保功能性食品在仓储和运输过程中的品质。

目标：降低冷链运输成本，提高冷链运输的透明度和可控性。

（3）自动化物流设备

需求：部署自动化物流设备，如自动引导车（AGV）、堆垛机等，实现仓储和物流环节的自动化操作。

目标：提高物流效率，减少人力成本，提升作业安全性。

（4）实时数据监控与分析

需求：利用物联网（IoT）技术，实现对仓储物流环节的实时数据监控和分析，包括温度、湿度、库存水平等。

目标：通过数据分析优化物流路径和仓储布局，提高决策的科学性和及时性。

（5）供应链协同与信息共享

需求：构建供应链管理平台，实现与供应商、经销商的信息共享和协同作业。

目标：提高供应链的透明度和响应速度，减少库存积压和缺货现象。

（6）智能分拣与配送

需求：引入智能分拣系统，提高分拣效率和准确率，减少货损。

目标：实现精准配送，提高客户满意度。

（7）绿色物流与可持续发展

需求：采用新能源车辆和环保包装材料，减少物流环节的碳排放。

目标：提升企业的社会责任感，符合消费者对环保的需求。

（8）保质期与批次管理

需求：通过系统实现对产品保质期的精细化管理，避免过期产品流入市场。

目标：确保食品安全，提高企业的质量管理水平。

通过上述改造需求的实施，功能性食品企业可以显著提升仓储物流环节的效率和管理水平，增强市场竞争力。

8.4 典型场景

8.4.1 场景一：智能仓储

（1）场景描述

在功能性食品行业，随着企业规模扩大和业务拓展，仓储管理难题涌现，如传统人工管理下的入库记录繁琐易错、盘库效率低且易出错、出库找料慢且易拿错，严重阻碍企业运营效率和客户满意度。企业建设智能仓储管理系统（WMS），应用条码、射频识别、智能传感等技术，依据实际生产作业计划，实现物料自动入库（进厂）、盘库和出库（出厂）。

智能仓储对于解决特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及大型茶叶

生产加工企业在仓储管理方面的难题具有重要意义，能够有效提升各行业的运营效率和管理水平，减少人工管理带来的错误和延误，更好地适应企业规模扩大和业务拓展的需求。

（2）实现场景的技术路径

① 自动化设备升级

自动化货架系统：采用自动化立体仓库（AS/RS）系统，能够大幅提升库存管理效率，将仓储空间的使用率提高达85%，尤其适合高投资回报需求的行业。

自动分拣与传送系统：引入高速自动分拣机和高效的传送带网络，能够快速识别和分类包裹，减少人工搬运时间，提升处理速度。

AGV 与 AMR 应用：自动导引车（AGV）和自主移动机器人（AMR）可实现货物的自动搬运和存储，优化路径规划，提高运输效率。

② 智能化管理平台

智能仓储管理系统（WMS）：通过WMS系统实现库存的实时监控和精准管理，支持智能存储货位推荐、智能订单分配、智能拣选路径规划等功能。

大数据与机器学习：利用大数据分析和机器学习算法，预测仓储需求变化，优化库存管理，提前做好备货和补货计划。

实时监控与预警：借助物联网技术，实现对仓储设备和货物状态的实时监控，及时发现并处理异常情况。

③智能分拣与配送

智能分拣线：通过推单和订单线路分配，智能分拣线能够充分利用分拣线的产能，快速计算从点 A 到点 B 的最短路径，缩短货物传送时间。

视觉识别与检测：利用 AI 技术对货物进行图像识别和检测，实现自动识别和追踪，提高分拣准确率。

无人配送：在仓储和配送环节中，使用无人机或无人车进行高效的包裹运输，减少人工干预。

④.绿色可持续发展

绿色仓库设计：采用环保材料和节能技术，减少仓储运营中的能源消耗，实现绿色可持续发展。

环保包装材料：使用可回收或生物降解的包装材料，减少对环境的影响。

⑤数字孪生与虚拟现实

数字孪生技术：创建仓储系统的虚拟副本，优化工作流程，识别低效环节，在实施变更前进行模拟和评估。

AR 与 VR 应用：通过增强现实（AR）和虚拟现实（VR）技术，为员工提供实时指导，减少搜索时间和人为错误。

⑥安全与可靠性

网络安全措施：随着仓储技术的数字化和智能化，强大的网络安全措施至关重要，以防范数据泄露和运营中断。

设备可靠性：采用高可靠性的自动化设备，减少因设备故障导致的运营中断。

通过以上技术路径的实施，功能性食品行业能够显著提升仓储物流环节的效率和管理水平，降低运营成本，同时满足市场对产品品质和交付速度的高要求。

8.4.2 场景二：精准配送

（1）场景描述

在功能性食品行业，企业规模扩大和业务拓展带来仓储管理难题：一方面，传统人工管理入库记录繁琐易错、盘库效率低易出错、出库找料慢易拿错；另一方面，业务范围广泛，产品销售面向全国乃至全球，客户分布地域跨度大、传统配送模式下运输成本高、车辆调度缺乏科学规划、配送路线未考虑实时交通状况等问题，影响企业运营和声誉。

企业可通过集成智能仓储系统和智能物流装备，应用实时定位、机器学习等技术，实现原材料、在制品、产成品流转全程跟踪，以及物流动态调度、自动配送和路径优化。

智能仓储和精准配送对于特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业都具有关键作用。智能仓储解决物料管理难题，

精准配送优化物流配送环节，两者协同可提升各行业运营效率和管理水平、降低成本、减少错误和延误、增强企业市场竞争力，更好地适应企业规模扩大和业务拓展的需求。

（2）实现场景的技术路径

①物联网与实时监控

实时数据采集：通过在运输工具、仓储设施和货物上安装传感器，实时采集货物位置、状态、环境参数（如温度、湿度）等数据，确保配送过程的透明度。

设备互联与协同：利用物联网技术实现设备之间的互联互通，使物流系统能够根据实时数据自动调整工作模式，例如优化配送路线以避免拥堵。

②大数据与智能决策

需求预测与库存管理：利用大数据分析历史订单数据、交通信息、天气数据等，预测未来的订单量和配送需求，实现动态库存管理和精准配送。

智能路径规划：结合实时交通状况、天气条件和订单信息，通过机器学习和深度学习算法生成最优配送路径，动态调整配送顺序，提高配送效率。

③自动化与机器人技术

无人配送车与无人机：无人配送车和无人机集成高精度地图、雷达、摄像头等传感器，借助 AI 算法实现路径规划、避障和智能决策。无人配送车适用于城市最后一公里

配送，而无人机则可在偏远地区或交通拥堵区域提供快速配送。

仓储机器人：在仓储环节，使用自动化机器人（如AGV、AMR）进行货物搬运和分拣，提高仓储作业效率和准确性。

④智能调度与优化

动态资源分配：根据实时订单情况和配送资源状态，智能调度系统动态分配配送任务，优化车辆和人员的利用效率，避免资源浪费。

多维优化：处理路径规划的复杂计算，结合实时路况和历史运输记录，实现时间、成本和效率的多维优化。

⑤客户体验与服务升级

实时跟踪与反馈：建立基于物联网的货物追踪体系，配合大数据平台，实现对包裹位置的实时掌握。客户可以通过手机应用程序随时查看包裹状态，增强服务透明度。

个性化服务：运用机器学习技术分析客户购买习惯和偏好，提供定制化的配送方案，如优先处理紧急订单或推荐最近的提货点。

⑥云计算与数据处理

弹性计算资源：云计算技术为物流行业提供弹性可扩展的计算资源和存储空间，支持数据的集中管理和共享，促进跨部门、跨企业的协同作业。

实时数据处理：在同城即时配送等场景中，处理高频率的订单更新和路径查询请求，确保低延迟响应和快速调度。

8.5 解决方案建议（案例）

引入自动化设备、智能分拣系统和WMS系统

实现企业智能仓储系统

一家大型乳制品企业，因产品线丰富，需管理大量原奶、添加剂和包装材料。传统人工仓储管理弊端尽显，入库靠人工填单，耗时易错；盘库依赖人工清点，效率低且数据不准；出库凭记忆找料，易延误还常拿错物料，严重影响生产和客户满意度。为解决上述问题，企业引入智能仓储系统，融合自动化立体仓库、智能分拣设备和 WMS 系统。以下是具体改造路径：

1. 自动化立体仓库

高效存储与出入库：通过高层货架和自动堆垛机，实现货物的自动存取和管理，节省空间并提高作业效率。

系统集成：与 ERP、MES 等系统集成，实现数据共享和协同，提高信息透明度。

智能调度：系统根据实时库存和订单需求，自动调度设备，优化出入库流程。

2. 智能分拣设备

精准分拣：利用条形码、RFID 等技术，实现货物的自动分拣，减少人工操作的误差。

动态调整：根据订单量和货物类型，动态调整分拣路径和任务分配，提高分拣效率。

3. WMS 系统

全方位信息化管理：实现从原材料入库到成品出库的全流程信息化管理，实时更新库存数据。**数据分析与预测：**通过大数据分析，预测库存需求，优化补货策略，减少库存积压。**移动化操作：**通过移动设备，实现盘点、作业和管理的实时操作，提高作业效率。

引入智能仓储系统后，成效显著：

效率提升：入库、盘库和出库效率大幅提高，时间显著缩短。**错误率降低：**错误率近乎为零，显著提升了运营管理水平。

客户满意度提升：精准配送和高效管理，提高了客户满意度。

精准配送的实践应用

某乳业通过数字化技术实现了乳制品的精准配送，以下是其具体实践应用：

1. 数字化供应链建设

光明乳业打造了全国首个全产业链“数字样板间”，实现了从牧场到工厂，再到物流运输，最终送上餐桌的全链路数字化。通过物联网技术和人工智能算法，光明乳业实现了全国1008辆冷藏车辆的实时跟踪和温度实时监控，为全国5万个网点提供新鲜牛奶的配送服务。

2. 智能物流管理系统

光明乳业的物流管理系统实现了以下功能：

实时监控：通过物联网技术，实时监控冷藏车辆的位置和温度变化，确保冷链运输的稳定性。

智能调度：利用大数据和人工智能算法，优化配送路线，提高配送效率。

全程追溯：通过二维码技术，消费者可以通过手机终端扫码获取产品信息，实现产品全生命周期的追溯。

3. 五星冷链标准

光明乳业旗下全资子公司光明领鲜物流是行业内首创五星冷链标准认证企业，拥有65个物流中心和17.2万平方米的工厂。依托数字化管理，光明领鲜物流成为行业首家且唯一获得五星级冷链资质的企业。

4. 个性化配送服务

光明乳业通过随心订平台，推出即时购、周期购、门店订、自提购等多种服务模式，满足消费者的个性化需求。通过开展个性化定制和服务化延伸，光明乳业为全国75个城市350万个家庭提供新鲜食品周期购服务。

企业通过数字化技术实现了乳制品的精准配送，不仅提高了配送效率和产品质量，还满足了消费者的个性化需求。这一实践为乳制品行业的精准配送提供了宝贵的参考和借鉴。

9.设备管理环节

9.1 本环节主要内容

通过部署智能传感与控制装备，通过设备运行监测、故障诊断和健康管理，提升设备综合效率，降低运维成本。功能性食品行业的设备管理环节具有高度自动化、精准控制、全产业链互联、数据驱动优化、数字化平台支持和个性化需求等特点。通过引入先进的技术和管理手段，企业能够提高生产效率、产品质量和市场竞争能力。

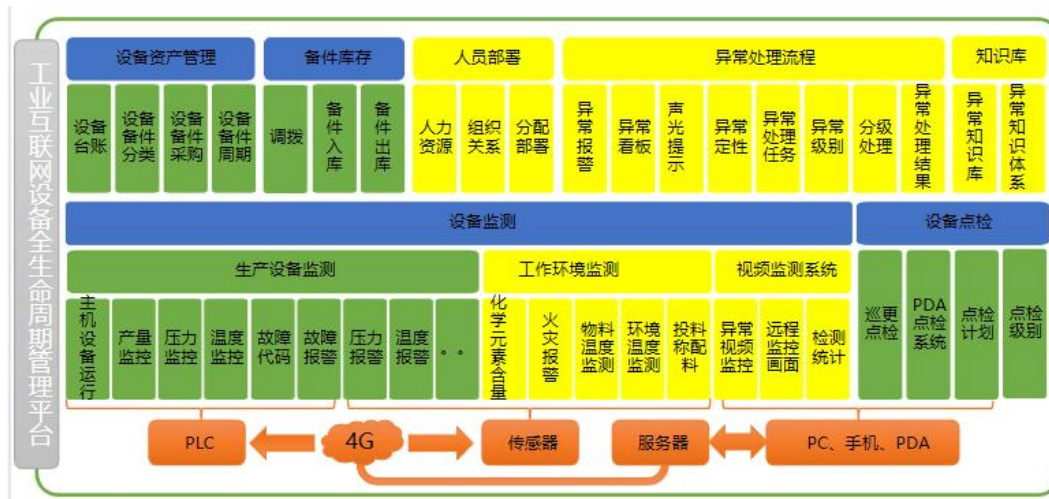


图 19：设备全生命周期管理

9.1.1 部署智能传感与控制装备

在功能性食品行业智改数转网联进程中，生产设备部署智能传感与控制装备凸显行业特性。由于功能性食品生产对卫生及质量稳定性要求极高，设备运行参数直接关系到产品品质。为此，在设备关键部位安装高灵敏度、耐腐蚀的智能传感器，可实时精准采集温度、压力、转速等关键数据。这些传感器能快速捕捉设备细微变化，适应酸碱、潮湿等特殊生产环境，确保数据采集准确稳定。

同时，安装智能控制装置，借助先进网络通信技术，实现设备远程操控与自动化运行。鉴于生产车间需维持洁净环境，减少人员频繁进出对卫生的影响，操作人员可在远程洁净区外终端下达指令，精准控制设备启停、速度调节等操作，提升操作便捷性与灵活性，降低污染风险，保障安全生产。

9.1.2 设备运行监测

运用集成的智能传感、5G 及大数据分析技术，构建适配功能性食品行业需求的设备运行监测体系。智能传感设备持续采集设备运行数据，5G 网络以高速率、低延迟特性，确保数据实时稳定传输至数据分析平台。

大数据分析技术针对行业生产特点，深度挖掘、实时分析海量运行数据，自动巡检设备状态。通过预设与生产工艺紧密相关的算法和阈值，系统能准确判定设备运行状态。一旦发现异常，即刻启动性能分析程序，剖析异常原因，如温度控制不当影响活性成分稳定性、压力异常导致包装质量问题等，并及时发出报警，提醒相关人员处理，保障设备稳定运行及产品质量稳定。

9.1.3 设备故障诊断与预测

综合运用物联网、机器学习、故障机理分析等前沿技术，搭建设备故障诊断与预测模型，充分考量行业生产特性。物联网实现设备数据全面互联互通，将与产品质量相关的关键参数数据实时汇聚至模型。

机器学习算法对大量历史故障及正常运行数据进行学习，挖掘潜在规律与模式。结合故障机理分析，针对生产设备因频繁启停、物料腐蚀等因素导致的故障模式，深入研究故障物理机制。基于此，模型依据当前设备运行数据，精准预测可能出现的故障失效模式，如发酵设备温度传感器故障可能致发酵失控，影响益生菌活性。企业据此提前制定维护计划，开展预测性维护，避免设备突发故障，降低产品质量问题与生产中断风险，保障生产连续性与产品质量可靠性。

9.1.4 设备运行优化

构建设备健康管理系统，以设备运行状态、工作环境等多源数据建立模型，紧密围绕行业生产需求。功能性食品生产设备运行既要保证效率，又要确保功效成分不受破坏。通过对模型综合分析，精准识别运行中的瓶颈与低效环节，如加热设备升温速率不合理影响热敏性成分活性。

根据分析结果，系统自动调整优化设备运行参数，如调整电机转速优化物料搅拌，确保功能性成分均匀分布；优化加热时间与温度曲线，保障热敏性成分稳定，从而提高运行效率，保证产品质量。通过合理参数优化与预防性维护，减少设备磨损与损耗，延长使用寿命，降低维护成本，提升企业在功能性食品生产领域的经济效益与产品竞争力。

9.2 本环节痛点

9.2.1 企业规模差异

功能性食品大型企业设备多且杂，涉及全生产流程，如大型搅拌、自动化生产线、高精度检测设备。生产流程复杂，各环节关联紧密。设备管理既要保证单台设备正常运行，又要实现设备间协同与整体调度。例如多产品、多批次生产中，不同生产线设备需按计划切换模式，管理难度大。不过，大型企业资金和技术实力强，可购置先进设备管理系统，如ERP设备管理模块、物联网设备全生命周期管理软件，还能组建团队自主研发或定制解决方案，从而进行智能化改造。但大规模设备更新和系统改造，资金投入大、技术整合难，且会冲击现有生产流程。

中小型企业设备少、生产流程简单，设备管理相对轻松，但因资金匮乏，难以负担高端设备管理系统的采购、部署及维护费用，如智能设备监测系统的采购与后续费用。同时，缺乏专业技术人才，在设备智能化改造、故障诊断与修复方面能力不足。面对设备管理的智改数转网联需求，如传统设备接入物联网因技术短板难以推进，导致设备管理升级困难。

9.2.2 设备类型差异

功能性食品生产设备多样，管理需求各异。在食品加工环节，反应釜、研磨机，需精确控制温度、压力、转速等参数以保证产品品质。设备管理中，需通过传感器实时

采集参数，并借助智能控制系统进行调节，一旦参数失控，易致产品质量问题或生产事故。包装设备如灌装机、贴标机，要求高速高精度。设备管理需关注运行稳定性，确保包装材料供应与设备运行同步，防止包装缺陷。检测设备如微生物、营养成分检测仪，对检测数据准确性和可靠性要求高。设备管理要保证校准精度、定期维护及数据实时传输分析。由于不同类型设备的差异，要求针对性管理策略，这在一定程度上增加了管理的复杂性。

9.2.3 品牌和技术差异

不同品牌与技术水平的设备，性能、可靠性和可维护性不同。高端品牌设备采用先进技术和优质零部件，性能好、故障少，但技术复杂，维修需专业人员与特定工具，成本高。如部分进口高端食品加工设备，维修技术被厂家垄断，维修费用高、周期长。中低端品牌设备价格低，但性能和可靠性较弱，需更频繁维护。智改数转网联中，不同品牌设备由于通信协议、数据接口不同，导致互联互通困难，如 A、B 品牌设备因协议不兼容，难以实现数据共享与协同工作。

9.2.4 企业信息化基础差异

信息化基础好的企业，在设备管理智改数转网联中占有优势。这类企业有完善信息化架构，包括网络、数据中心和业务管理系统。能快速将设备接入信息化体系，实现设备与其他业务数据融合共享。如与 ERP 系统集成，设备

运行数据可实时反馈到生产计划、库存管理等环节。而信息化基础薄弱的企业，网络带宽、数据存储和处理能力有限，难以支撑设备管理智能化的数据传输与分析。引入新设备管理系统时，可能因网络延迟影响设备实时监控与远程控制，且因缺乏统一数据标准和接口规范，导致与现有业务系统集成存在较大难度。

9.2.5 产品更新换代速度差异

产品更新换代快的企业，设备管理面临挑战。为满足新产品需求，需频繁调整生产工艺和设备配置，要求设备具备灵活性和可重构性。例如推出新配方产品时，可能要重新设置食品加工设备参数，甚至改造或更换部分设备。设备管理不仅要关注日常维护，还要提前规划升级改造方案。相反，产品更新换代慢的企业，设备管理相对稳定，更新改造频率低，但可能在技术创新和设备升级方面滞后，面临设备竞争力不足问题。

9.2.6 行业监管变化影响

功能性食品行业受法规监管严格且要求不断变化。设备管理方面，法规对设备卫生、安全、数据记录与追溯有明确要求。如新食品安全法规可能要求详细记录设备清洁消毒过程并实时追溯。这要求企业设备管理系统及时适应监管变化，进行功能升级和数据管理调整。但法规更新不确定，行业解读有差异，企业应对困难。部分企业可能因

未及时了解法规，导致设备管理不合规，面临罚款、停产风险。频繁法规调整也增加了企业的合规成本。

9.2.7 设备老旧程度与兼容性问题

功能性食品企业存在大量老旧设备。这些设备技术落后，缺乏智能化接口和数据传输能力，难以接入智改数转网联体系。对其进行智能化改造，技术难度大、成本高。如早期食品加工设备的继电器控制系统，改造需更换整个控制系统，涉及大量硬件和软件工作。即便改造，因性能限制，与新智能设备兼容性差，协同工作时可能出现数据传输不稳定、控制指令执行不一致等问题。淘汰老旧设备购置新设备，企业资金压力大，在设备更新和智能化升级上陷入两难。

9.3 改造需求

9.3.1 技术升级需求

在生产设备上全面部署智能传感器，实时采集温度、压力、振动、转速等关键运行参数。如在发酵设备中安装高精度温度传感器，精准监控发酵温度，保障发酵工艺稳定，防止产品质量受温度异常影响。

构建设备管理大数据分析平台，整合设备采购、安装调试、运行维护等全生命周期数据。运用大数据分析挖掘数据关联，为设备性能评估、故障预测提供支撑。例如，分析零部件更换频率与运行时间、生产任务量的关系，提前规划零部件采购。

人工智能应用：引入人工智能算法对设备运行状态进行智能诊断与预测。利用机器学习算法学习历史故障数据，建立故障预测模型，提前发现潜在故障隐患，实现预防性维护。如通过分析设备振动数据趋势，预测机械部件松动等故障风险。

9.3.2 数据管理需求

制定统一的设备运行数据标准，明确采集频率、格式、存储方式。对不同设备数据进行标准化处理，确保数据一致性与兼容性。例如，统一以千瓦时为单位采集和记录所有生产设备的能耗数据。

实施严格的数据质量管控措施，运用数据清洗技术去除噪声、异常值和重复数据。建立监控机制，定期评估优化数据质量。如通过设定数据阈值，自动识别和纠正异常运行数据。

深入分析设备运行数据，评估设备运行效率、能耗水平、维护成本等指标，为设备更新、维修计划提供科学依据。如根据能耗数据分析确定高能耗设备，制定节能改造方案。

9.3.3 协同管理需求

深度集成设备管理与生产管理系统，实现生产计划与设备状态实时交互。依据生产任务合理安排设备运行时间与负荷，避免设备过度使用或闲置。当生产计划调整时，设备管理系统能及时响应，评估设备调整或维护需求。

建立设备运行数据与产品质量数据的关联，分析设备运行参数对产品质量的影响，优化设备运行参数，提升产品质量稳定性。产品质量波动时，可快速追溯到相关设备运行状态，查找质量问题根源。

协同设备管理与供应链管理，依据设备维护计划和零部件库存，与供应商建立紧密沟通机制，确保零部件准时采购和交付。设备需更换关键零部件时，供应链管理系统能迅速响应，减少设备停机时间。

9.3.4 人才培养需求

针对智能传感、大数据分析、人工智能等新兴技术在设备管理中的应用，开展专项培训，培养精通设备管理技术的专业人才。通过系统培训，使员工掌握设备故障诊断、数据分析、系统维护等技能，确保新技术有效应用。例如，组织员工参加设备智能诊断技术培训，提升故障判断能力。

鉴于设备管理与生产、质量、供应链等多环节紧密相关，通过内部轮岗、联合培训等方式，培养熟悉功能性食品生产流程、质量管理体系、供应链运作模式，且具备设备管理知识的跨领域复合型人才，促进部门间高效协作。

9.3.5 风险管理需求

结合设备运行数据、历史故障记录、生产环境等因素，建立设备故障风险评估体系，量化评估故障风险。根据评估结果制定应急预案，如为关键设备提前储备备用零部件，制定紧急维修流程，降低设备故障导致的生产中断风险。

密切关注行业技术发展动态，评估新技术对现有设备管理体系的影响。提前制定技术更新计划，合理安排设备升级改造时间与资金投入。在新技术引入时，做好技术兼容性测试与员工培训，确保平稳过渡。

9.4 典型场景

9.4.1 场景一：设备在线运行监测

（1）场景描述

在功能性食品生产里，设备运行状态极大地影响产品质量和生产效率，设备种类多样且各环节对设备参数控制要求严格。生产过程对卫生和精度要求极高，设备异常易引发产品质量问题和生产中断，传统人工巡检监测方式效率低、主观性强，难以满足生产严格要求。

本场景主要是集成智能传感、5G、大数据分析等技术，通过自动巡检、在线运行监测等方式，判定设备运行状态，开展性能分析和异常报警，提高设备运行效率。

设备在线运行监测对于特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业都至关重要。它能够弥补传统人工监测的不足，实时、准确地掌握设备运行状态，有效避免因设备故障导致的产品质量问题、生产中断和经济损失，提高各行业的生产效率和产品质量，增强企业的市场竞争力。

（2）实现场景的技术路径

在功能性食品行业，设备在线运行监测是确保生产效率、产品质量和安全性的关键环节。以下是针对该行业的设备在线运行监测技术路径：

① 智能化传感器与数据采集

高精度传感器：在生产设备中安装高精度的传感器，用于实时监测温度、湿度、压力、流量等关键参数。这些传感器能够提供精确的数据，确保生产过程的稳定性和产品质量。

数据采集与传输：通过物联网技术，将传感器采集的数据实时传输到中央控制系统。这不仅提高了数据的实时性，还减少了人工干预，降低了错误率。

② 实时监控与分析

在线检测技术：采用原位在线检测技术，如近红外光谱仪，对生产过程中的原料、中间体和成品进行实时分析。这种技术能够快速检测有效成分的含量和纯度，确保产品质量。

智能分析系统：利用大数据和人工智能技术，对采集的数据进行实时分析和预测。通过机器学习算法，系统可以自动识别潜在的故障和质量问题，并提前发出预警。

③ 自动化控制与优化

自动化控制系统：通过智能控制器实现生产设备的自动化控制。这些控制器可以根据实时数据自动调整设备的运行参数，确保生产过程的精确性和一致性。

优化算法：结合生产数据和历史经验，利用优化算法动态调整生产计划和设备运行模式。这不仅提高了生产效率，还降低了能耗和成本。

④可视化与预警系统

可视化平台：建立可视化的监控平台，通过图表、仪表盘等形式直观展示设备运行状态和生产数据。这使得管理人员能够快速了解生产情况，及时做出决策。

智能预警：当监测数据超出预设范围时，系统自动发出预警信号。通过短信、邮件或手机应用等方式，及时通知相关人员，确保问题能够迅速得到解决。

⑤设备健康管理

故障预测与维护：利用大数据分析设备的运行数据，预测潜在故障。通过提前安排维护，减少设备停机时间，提高设备的可靠性和使用寿命。

远程监控与诊断：通过互联网实现设备的远程监控和诊断。技术人员可以远程查看设备状态，进行故障诊断和维护指导，提高维护效率。

通过智能化传感器、实时监控与分析、自动化控制、可视化平台以及设备健康管理等技术路径，功能性食品行业能够实现设备的在线运行监测，提高生产效率、产品质量和安全性。这些技术的应用不仅优化了生产过程，还为企业带来了显著的经济效益。

9.4.2 场景二：设备故障诊断与预测

（1）场景描述

在功能性食品生产领域，设备稳定运行对生产连续性和产品质量至关重要，设备种类多且专业化程度高，设备故障会引发生产中断、原材料浪费和产品质量问题。传统依靠人工经验进行设备故障排查与预测的方式存在局限性，难以满足高效生产需求。

本场景综合运用物联网、机器学习、故障机理分析等技术，建立故障诊断和预测模型，预测故障失效模式，开展预测性维护，提高设备综合利用率。

设备故障诊断与预测对于特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业有着不可忽视的作用。它能够克服人工经验判断的不足，实时监测设备状态，精准预测设备故障，有效避免生产中断、产品质量下降等问题，提高各行业的生产效率和经济效益，助力企业在市场竞争中占据优势。

（2）实现场景的技术路径

在功能性食品行业，设备故障诊断与预测技术是确保生产效率、产品质量和安全性的的重要手段。以下是针对该行业的技术路径：

① 智能化传感器与数据采集

高精度传感器：在生产设备中安装高精度的传感器，用于实时监测温度、湿度、压力、流量等关键参数。这些

传感器能够提供精确的数据，确保生产过程的稳定性和产品质量。

数据采集与传输：通过物联网技术，将传感器采集的数据实时传输到中央控制系统。这不仅提高了数据的实时性，还减少了人工干预，降低了错误率。

②实时监控与分析

在线检测技术：采用原位在线检测技术，如近红外光谱仪，对生产过程中的原料、中间体和成品进行实时分析。这种技术能够快速检测有效成分的含量和纯度，确保产品质量。

智能分析系统：利用大数据和人工智能技术，对采集的数据进行实时分析和预测。通过机器学习算法，系统可以自动识别潜在的故障和质量问题，并提前发出预警。

③自动化控制与优化

自动化控制系统：通过智能控制器实现生产设备的自动化控制。这些控制器可以根据实时数据自动调整设备的运行参数，确保生产过程的精确性和一致性。

优化算法：结合生产数据和历史经验，利用优化算法动态调整生产计划和设备运行模式。这不仅提高了生产效率，还降低了能耗和成本。

④可视化与预警系统

可视化平台：建立可视化的监控平台，通过图表、仪表盘等形式直观展示设备运行状态和生产数据。这使得管理人员能够快速了解生产情况，及时做出决策。

智能预警：当监测数据超出预设范围时，系统自动发出预警信号。通过短信、邮件或手机应用等方式，及时通知相关人员，确保问题能够迅速得到解决。

⑤设备健康管理

故障预测与维护：利用大数据分析设备的运行数据，预测潜在故障。通过提前安排维护，减少设备停机时间，提高设备的可靠性和使用寿命。

远程监控与诊断：通过互联网实现设备的远程监控和诊断。技术人员可以远程查看设备状态，进行故障诊断和维护指导，提高维护效率。

9.5 解决方案建议（案例）

设备在线运行监测系统

在设备管理与优化环节，某保健品企业建立了EM（设备管理系统），涵盖设备设施资产管理、维护文档、维护数据管理、预防性保养、工单管理、备品备件管理、现场点巡检移动管理等功能模块，自带故障分析知识库，可以自动生成技术、管理和维修成本分析报表，针对设备资产维护工作进行纵横交叉式系统分析，以提供决策支持。

备品备件管理：为了不断提升备品备件的使用效率，大幅度节约企业各种生产成本，企业严格记录备件消耗和备品备件物流信息，并与工单和有关设备相关联。相关数据不仅可以优化库存和采购量，有效提高资源利用率，还能用于分析备件的使用情况，帮助改进后续的预防性维护保养工作。

为了降低故障率，提高设备产能、效率，延长生命周期，企业大量引进智能化、自动化设备，比如连续制粒机、菲特压片机、纳诺包衣机等。此外，根据实际需要对一些旧设备进行改进技术改造，提高设备自动化、智能化水平。采用TPM管理（全员生产维修）、QCC（质量管理小组）、目视化管理、6S管理等机制，应用安灯系统、手机报修APP等，全面提升设备性能，实现设备全生命周期管理目标，有效提高了企业管理水平。企业还建立了《设备的更新改造管理规程》，综合考虑质量、效率、交期、节能降耗、环境保护、成本控制等过程有效性因素，在确保产品质量安全的前提下，对产品实现过程进行设计。

企业建设EM系统，实现管理可视化、维护数字化、执行无纸化，有效地解决了企业缺乏统一的跨区域设备管理标准和管理手段、设备维护不及时、设备维护成本高、OEE（设备综合利用率）低下等问题。企业实现设备全生命周期在线管理，设备产能利用率提升16%，设备综合利用率提升12.6%，设备维护成本降低5%。

设备故障诊断与预测

基于标识解析二级节点，企业瞄准行业设备盘点、维保、台账、共享等资产管理领域暴露出的众多痛点，建设营养食品行业的创新应用平台，满足基于标识解析的设备台账管理和定点巡检管理等应用场景的使用需求，使企业设备实现数字化管理与资源最大化利用。该环节做法可以推广应用到各企业设备智能化转型建设中，以解决设备种类和数量繁多盘点难、出入库的手工登记费时费力、传统电话报修沟通成本高且效率低下、设备档案管理混乱、故障根源分析和反复性故障难以统计等问题，全面提升设备全生命周期管理及智能化运维服务能力，推进企业“智改数转”。

通过 PLC+IT 和工业互联网技术，企业集成数据采集系统、数据传输系统和 HMI 软件建成 SCADA 系统，实时收集涵盖操作、运行情况、工况状态、环境参数等体现设备和产品运行状态的数据，并将其传输到计算机系统，以图像或文本的形式呈现，方便操作员从集中的位置实时监视和控制整个系统，根据每个系统的复杂性和相关设置，操作员可控制任何两个单独的系统，自动执行相关操作或任务。

报修和维修管理：车间工人可通过手机提交维护申请，大大减少纠正性维护过程中的工作量，还能避免数据库中出现过多的冗余数据，给设备维修团队节省了大量的时间，让他们有更多时间专注在预防性维护保养和改进工作上。

保养和点巡检管理：维护团队通过移动设备执行现场维护工作，包括但不限于点巡检工作。维护技术人员可以直接通过手机和 PDA 进行工单自动收集、替换服务单/工单操作，避免纸张和 Excel 电子表格双重输入，在提高维护团队工作效率的同时大幅度减少行政工作。

10.质量管控环节

10.1 本环节主要内容

10.1.1 原材料质量管控

在功能性食品行业智改数转网联的质量管控架构中，原材料质量管控是质量架构的核心基础。借助物联网技术，对原材料采购、运输、存储及使用全流程实施精准追溯。在原材料上部署 RFID 标签，通过物联网网络，实时采集并传输其位置、温湿度等状态信息，确保来源可靠、质量稳定。

本环节需要企业部署智能检测装备，通过在线检测、质量分析、质量追溯和闭环优化，提高产品合格率，降低质量损失率。运用大数据分析，深度挖掘并横向对比不同供应商的原材料质量数据。剖析各项质量指标的波动、合格率趋势等，筛选优质供应商。同时，基于历史数据构建质量预测模型，实现原材料关键质量指标的动态趋势预测，针对可能的质量下滑或异常提前制定应对策略。

与科研机构深度合作，依托其专业检测设备与技术，全面检测分析原材料。精确测定营养、功效成分含量，严控重金属、农药残留等有害物质，确保原材料契合功能性食品的高质量标准。

10.1.2 生产过程质量管控

生产过程中，利用智能化生产设备实时监测关键参数。温度、湿度、压力等传感器遍布设备，将数据实时传输至

中央控制系统。参数一旦偏离预设范围，系统即刻自动报警，并依预设程序精准调整，保障生产稳定性与一致性。

借助数字化技术模拟优化生产过程。构建复杂的生产过程数学模型，结合实际数据，分析不同工艺参数组合对产品质量的影响。如模拟在不同搅拌速度、反应时间、加热速率下，产品功效成分的活性与稳定性变化，确定最佳生产工艺，提前规避潜在质量问题。

集成机器视觉与近红外光谱分析系统，构建在线质量检测体系。机器视觉系统快速扫描产品外观，精准识别划痕、变形等缺陷；光谱分析技术实时检测产品内部营养、功效成分含量，确保产品质量符合严格标准。

10.1.3 成品质量管控

建立完善的成品质量追溯系统，运用二维码、条形码技术，实现成品从生产到销售的全程追溯。消费者扫描二维码，即可获取生产日期、生产批次、原材料来源、质量检测报告等信息，增强其对产品质量的信任。

对成品进行严格的多维度质量检测，涵盖物理、化学、微生物指标。检测产品硬度、溶解度等物理性能，分析营养、功效成分、添加剂等化学性能，把控微生物含量，确保产品符合国家和行业质量标准。

利用大数据分析评估与预测成品质量，整合以往质量检测数据与物联网采集的温湿度时序数据，构建质量变化预测模型。预测产品在不同温度、湿度、光照下的质量演

变，提前采取调整包装、优化存储等措施，延长产品保质期，提升质量稳定性。

10.2 本环节痛点

10.2.1 企业规模差异

功能性食品大型企业资金与技术实力强，在质量管控智改数转网联改造中优势明显。通过配置专业的高精度色谱、质谱分析仪等先进检测设备，全面检测原材料、半成品与成品质量。同时，能组建专业团队开发定制质量管控软件，通过集成 ERP 系统，实现从原材料采购到产品销售全流程质量追溯与管控。然而，大型企业生产规模大、产品线丰富、质量管控体系复杂，改造时需协调多部门、多环节，在确保不影响正常生产的前提下推进改造工作，无疑增加了改造难度。

小型企业资金有限，难以承担先进微生物快速检测设备等高端检测仪器的采购费用。受薪资与发展空间限制，难以吸引和留住专业技术人才，导致质量管控技术研发与应用能力不足。在智改数转网联改造中，小型企业无力进行大规模系统升级与技术改造。如引入物联网质量监控技术时，因缺乏专业人员进行设备安装、调试与维护，新的质量管控技术难以落地，制约了质量管控水平提升。

10.2.2 产品类型差异

功能性食品产品类型多样，不同剂型质量管控要求不同。固体饮料生产关键参数包括颗粒大小、均匀度、水分

含量，主要检测方法有粒度分析、水分测定。软胶囊对囊壳厚度、密封性、内容物稳定性要求严格，需密封性检测、溶出度测定。口服液注重有效成分含量、pH值、微生物限度，采用高效液相色谱法测有效成分、酸度计测pH值等检测方法。企业长期生产某类产品积累了经验，但涉足其他类型产品时，因缺乏对新类型产品关键质量参数的了解及相应检测技术、设备，质量管控难度大增。如专注固体饮料生产的企业拓展到软胶囊生产，可能因不熟悉质量管控要点，容易出现产品漏液、内容物变质等问题。

10.2.3 品牌定位差异

高端功能性食品品牌视产品品质为核心竞争力，在质量管控智改数转网联改造中追求精细度。这些品牌通常愿意投入大量资金，从原材料采购的供应商管理系统实时监控，到生产过程高精度传感器与自动化控制确保参数精准，再到成品检测增加项目和频次，均采用先进检测技术设备。同时，高度重视质量管控体系的智能化、数字化升级，以维护品牌形象，提升产品质量稳定性与可追溯性。

中低端功能性食品品牌注重成本控制与市场份额扩大。在质量管控智改数转网联改造中，虽希望提升质量管控水平，但因资金限制，投入谨慎。倾向选择成本较低的检测设备与技术，在保证产品基本质量达标前提下降低成本。如生产过程监控采用简单自动化设备与监控软件，对生产参数控制精度低；原材料采购更注重价格，对供应商质量

管控要求宽松，导致质量管控智能化、数字化转型步伐较慢。

10.2.4 企业信息化程度差异

信息化程度高的企业，能快速整合质量数据。搭建了完善的数据管理平台，实现原材料、生产、检测等环节数据实时汇总分析。利用大数据分析挖掘潜在质量风险，提前预警并采取措施。借助先进信息系统，与供应商、经销商高效共享质量信息，协同提升产品质量。信息化程度低的企业，数据分散在各部门孤立系统，难以整合共享。质量管控改造时，数据流通不畅，无法为智能化质量管控提供支持。如引入质量追溯系统，因无法获取完整生产数据，导致追溯链条中断。

10.2.5 市场覆盖范围差异

全球市场覆盖的功能性食品企业需应对不同国家和地区的质量标准与法规。企业需投入大量资源了解并满足这些差异，确保产品在各市场符合当地标准。如欧盟对食品添加剂、美国对营养成分标注有严格规定，企业需调整质量管控体系。相比之下，本地或区域市场企业，质量管控主要依据国内或地区标准，相对简单，但拓展市场时，可能因不熟悉其他地区标准导致质量管控难以满足新市场需求，最终造成产品出口受阻。

10.3 改造需求

在功能性食品行业的质量管控环节，企业改造需求主要集中在以下几个方面：

10.3.1 智能化质量检测系统

引入自动化检测设备：采用原位在线检测技术，如近红外光谱仪，对生产过程中的原料、中间体和成品进行实时分析，快速检测有效成分的含量和纯度。

智能分析系统：利用大数据和人工智能技术，对采集的数据进行实时分析和预测，自动识别潜在的质量问题。

10.3.2 实验室信息管理系统（LIMS）

样品跟踪与管理：通过 LIMS 系统，企业能够实时跟踪样品的测试进度和位置，确保样品不会丢失或混淆。

自动化数据输入与结果报告：LIMS 系统提供自动化的数据输入和结果报告功能，降低人为错误的风险，确保测试结果的准确性和一致性。

与 ERP 系统集成：LIMS 系统能够与企业的 ERP 系统无缝集成，实现数据的实时共享和高效利用。

10.3.3 预测性维护系统

设备状态实时监测：通过安装在关键设备上的传感器，持续收集设备运行数据，如温度、振动、压力等。

故障预测与诊断：利用机器学习和人工智能算法，对设备运行数据进行分析，提前预测潜在故障，提供故障诊断报告和维修建议。

远程监控与诊断：通过物联网技术，实现设备的远程监控和诊断，技术人员可以远程查看设备状态，进行故障诊断和维护指导。

10.3.4 质量控制流程优化

实时监控与预警：建立可视化的监控平台，通过图表、仪表盘等形式直观展示设备运行状态和生产数据，当监测数据超出预设范围时，系统自动发出预警信号。

合规性管理：确保企业满足行业法规和认证要求，如 HACCP、SSOP、BRC、SQF、ISO2200 等，提供自动化流程、文档及报告，满足审核标准。

10.3.5 质量追溯与批次管理

批次谱系报告：通过 LIMS 系统，企业能够生成详细的批次谱系报告，实现从原材料到成品的全程追溯。

质量追溯：利用物联网和区块链技术，实现产品从生产到销售的全程追溯，增强消费者对产品的信任。

10.4 典型场景

10.4.1 场景一：智能在线检测

（1）场景描述

功能性食品行业对产品质量稳定性和一致性要求极高，像片剂类功能性食品生产工序多，环节紧密相连，传统抽检方式无法全面覆盖产品，存在缺陷产品流入市场风险，且在生产规模扩大、需求增长时，传统检测手段无法满足

高速生产下对质量管控和生产效率的要求，引入智能在线检测系统十分关键。

比如茶叶方面：茶叶品质受采摘、加工等多环节影响。智能在线检测可对茶叶的外形、色泽、含水量、农药残留等进行监测，保证茶叶质量稳定，提升产品竞争力。

智能在线检测对于特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业都具有不可或缺的作用。它弥补了传统检测手段的不足，能够在生产过程中全面、实时、精准地检测产品质量，有效降低不合格产品率，提高生产效率，保障消费者权益，增强企业的市场竞争力，促进各行业的健康发展。

（2）实现场景的技术路径

①智能检测装备部署

企业在片剂生产线关键位置安装高速高清相机，相机帧率高，能够在生产线高速运转时清晰捕捉每片片剂的细微特征。同时，搭载先进机器视觉系统，运用图像识别算法对拍摄的片剂图像进行实时分析。通过边缘检测、纹理分析等技术，系统可快速识别片剂是否存在裂纹、斑点、形状不规则等外观缺陷，并精准定位缺陷位置与类型。

在生产线合适位置安装近红外光谱分析仪，对片剂进行成分含量在线检测。分析仪发射近红外光，收集片剂对不同波长光的吸收信息，依据特定光谱与成分含量的对应关系，快速、准确测定片剂中各类功效成分含量。这种非

接触式检测方式不影响生产线正常运行，且能实时提供准确成分数据。

利用 5G 网络高速率、低延迟特性，将高速高清相机拍摄的图像数据以及近红外光谱分析仪检测的成分数据快速传输至数据处理中心。5G 网络确保数据实时、完整传输，为后续分析评价和质量预测提供可靠数据基础，使生产线上检测数据能及时到达分析系统，实现实时处理与反馈。



图 20：某企业包衣在线检测实时图

② 融合技术分析评价

深入研究常见片剂缺陷，运用缺陷机理分析方法建立缺陷模型。以硬度不足这一常见缺陷为例，对生产工艺中的压片环节进行详细分析。通过实验和数据分析，确定压片过程中压力、时间等参数与片剂硬度的关系。基于这些

研究结果，构建数学模型，模拟不同参数条件下片剂硬度变化，得出最佳压片参数组合，为生产过程参数调整提供科学依据。

运用物性和成分分析技术，对近红外光谱分析仪检测的成分含量数据进行实时分析与评价。建立标准成分含量数据库，将实时检测数据与之对比，判断每批次产品成分是否符合标准。同时，分析成分含量波动趋势，及时发现潜在质量风险。例如，当某一功效成分含量接近标准下限，系统立即发出预警，提示生产部门调整生产工艺，确保产品成分始终处于合格范围。

③产品质量预测

收集整理大量历史检测数据，包括片剂外观检测结果、成分含量数据以及对应的生产工艺参数等。运用数据挖掘技术，从海量数据中提取有价值信息。采用机器学习算法，如决策树、神经网络等，构建质量预测模型。该模型通过学习历史数据，掌握产品质量与生产过程各因素的内在联系。

根据当前生产过程实时检测数据，质量预测模型对产品在后续环节可能出现的质量问题进行预测。例如，当系统检测到当前批次片剂成分含量有轻微波动时，模型分析历史数据中类似波动情况下产品在包装环节出现的问题，预测可能出现的包装质量问题，如因片剂尺寸或重量变化导致的包装不匹配。然后，系统自动调整包装设备参数，

如封口压力、包装尺寸等，确保产品质量稳定，避免因质量问题导致的产品召回或客户投诉。

10.4.2 场景二：质量精准追溯

（1）场景描述

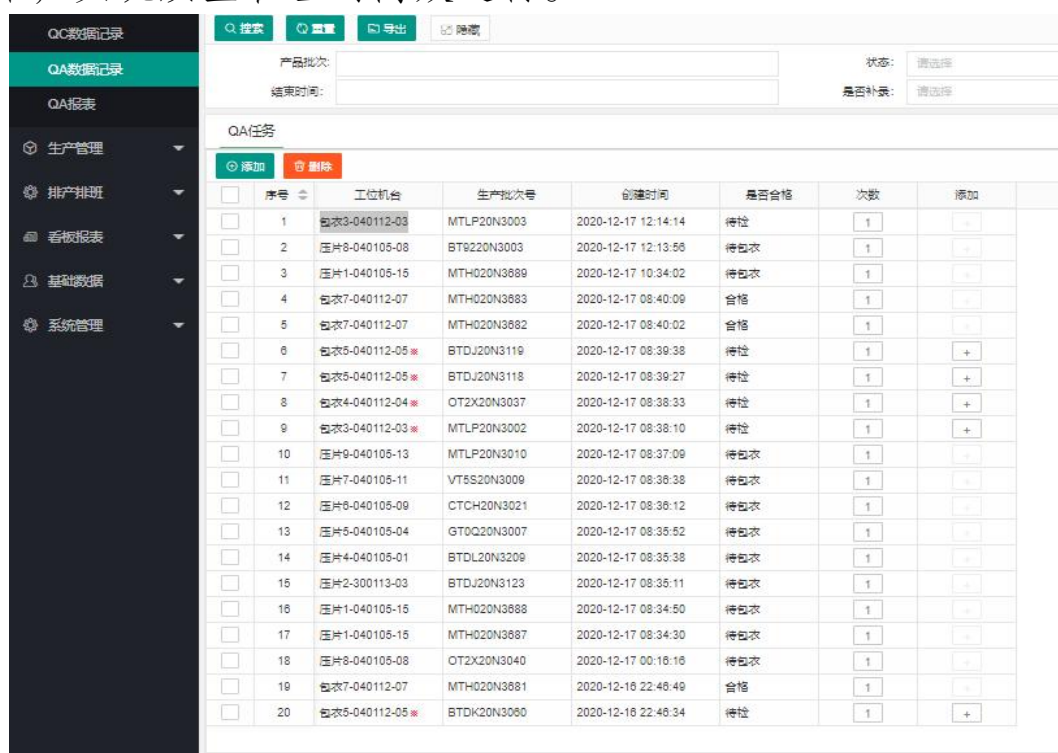
在功能性食品行业中，产品质量追溯对保障消费者权益与维护企业声誉意义重大。随着市场对食品安全关注度提升，消费者越来越关注产品全流程质量信息。但传统追溯方式存在信息记录不完整、不准确的问题，难以精准追溯。在全球化复杂供应链下，构建高效可靠的质量追溯体系迫在眉睫。

本环节主要需要企业建设质量管理体系（QMS），集成5G、区块链、标识解析等技术，采集并关联产品原料、设计、生产、使用等全流程质量数据，实现全生命周期质量精准追溯。质量精准追溯在特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业均具有关键作用。它能克服传统追溯方式的不足，满足消费者对产品质量信息的需求，在面对质量问题时，帮助企业迅速定位问题源头，采取有效措施，从而保障消费者权益，维护企业声誉，提升行业整体质量水平与市场竞争力。

（2）实现场景的技术路径

①质量管理体系（QMS）建设

企业开发基于云计算的质量管理系统，将 5G、区块链、标识解析等技术深度集成。利用云计算的强大计算和存储能力，确保系统能够高效处理海量的质量数据。5G 网络为数据的实时传输提供保障，使各个环节的数据能够快速上传至系统。在系统架构上，采用分层设计，包括数据采集层、数据传输层、数据存储层和应用层，各层之间协同工作，实现质量管理的高效运行。



序号	工位机台	生产批次号	创建时间	是否合格	次数	添加
1	包衣3-040112-03	MPLP20N3003	2020-12-17 12:14:14	待包衣	1	-
2	压片8-040105-08	BT9220N3003	2020-12-17 12:13:58	待包衣	1	-
3	压片1-040105-15	MTH020N3889	2020-12-17 10:34:02	待包衣	1	-
4	包衣7-040112-07	MTH020N3883	2020-12-17 08:40:09	合格	1	-
5	包衣7-040112-07	MTH020N3882	2020-12-17 08:40:02	合格	1	-
6	包衣5-040112-05	BTDJ20N3119	2020-12-17 08:39:38	待包衣	1	+
7	包衣5-040112-05	BTDJ20N3118	2020-12-17 08:39:27	待包衣	1	+
8	包衣4-040112-04	OT2X20N3037	2020-12-17 08:38:33	待包衣	1	+
9	包衣3-040112-03	MPLP20N3002	2020-12-17 08:38:10	待包衣	1	+
10	压片9-040105-13	MPLP20N3010	2020-12-17 08:37:09	待包衣	1	-
11	压片7-040105-11	VT5S20N3009	2020-12-17 08:36:38	待包衣	1	-
12	压片8-040105-09	CTCH20N3021	2020-12-17 08:36:12	待包衣	1	-
13	压片5-040105-04	GTOQ20N3007	2020-12-17 08:35:52	待包衣	1	-
14	压片4-040105-01	BTDL20N3209	2020-12-17 08:35:38	待包衣	1	-
15	压片2-300113-03	BTDJ20N3123	2020-12-17 08:35:11	待包衣	1	-
16	压片1-040105-15	MTH020N3888	2020-12-17 08:34:50	待包衣	1	-
17	压片1-040105-15	MTH020N3887	2020-12-17 08:34:30	待包衣	1	-
18	压片8-040105-08	OT2X20N3040	2020-12-17 00:16:16	待包衣	1	-
19	包衣7-040112-07	MTH020N3881	2020-12-16 22:48:49	合格	1	-
20	包衣5-040112-05	BTDK20N3060	2020-12-16 22:48:34	待包衣	1	+

图 21：产品 QA 数据记录截图

在原料采购环节，为每一批次的原材料赋予唯一标识，如二维码或 RFID 标签，详细记录其来源、供应商信息、质量检测报告等数据，并通过 5G 网络实时上传到质量管理系统。在生产加工环节，对每一个生产批次进行标识，记录生产过程中的工艺参数、质量检测数据等，包括原料投入

量、加工温度、加工时间等关键信息。在仓储物流环节，借助物联网技术，通过部署温湿度传感器、GPS定位设备等，对产品的存储环境和运输过程进行实时监控，记录温度、湿度、位置等信息，并将这些数据实时上传至系统。在销售环节，产品附上可扫码查询的二维码，消费者扫码即可获取产品全流程质量数据。

② 全流程质量数据采集

利用传感器、扫码设备等多种设备采集产品在各个环节的质量数据。在生产线上，安装温度传感器、压力传感器、流量传感器等，实时监测生产过程中的温度、压力、流量等参数，确保生产工艺的稳定性。在包装环节，使用扫码设备对每一瓶饮料进行扫码标识，记录包装日期、批次号等信息。在仓储物流环节，传感器实时采集温湿度数据，GPS设备记录运输位置信息。

通过标识解析技术，将不同环节的质量数据进行关联。为每个产品和原料的标识分配唯一的解析代码，当需要查询某一产品的质量信息时，通过解析代码可以快速获取该产品在各个环节的相关数据，实现从原料到成品的全生命周期质量追溯。例如，当消费者扫描产品二维码时，系统通过标识解析，将原料采购、生产加工、仓储物流等环节的数据进行整合，以直观的方式呈现给消费者。

③ 确保追溯的真实性和可靠性

利用区块链技术，将质量数据存储分布在分布式账本上。区块链的分布式特性使得数据存储在多个节点上，任何单个节点的数据篡改都无法得到其他节点的认可，从而确保数据不可篡改。每个参与方，包括原材料供应商、生产企业、物流企业、销售渠道等，都在区块链上拥有自己的节点，能够记录和查询质量数据。

对存储在区块链上的质量数据进行加密处理，确保数据的安全性。同时，建立严格的权限管理机制，不同的参与方根据其角色和职责被赋予相应的权限，例如，原材料供应商只能查看和记录与自己供应原料相关的数据，生产企业可以查看和记录生产环节的数据，消费者只能查询产品的质量追溯信息，提高追溯的透明度和可信度。

10.5 解决方案建议（案例）

智能在线检测系统

某知名功能性食品企业创新质量管理模式，融合前沿科技升级产品质量检测体系。部署集成机器视觉、大数据分析、高精度成分分析技术的智能检测设备，实时在线监测产品质量。在关键控制点，运用视频和激光称重技术按规则采集质量指标样本。借助 SPC 统计技术与 X-R 控制图，依据 6 个判定规则判断生产过程是否在 3σ 水平值内受控，异常时预警，助力工作人员调整，保障产品质量，提升市场竞争力。

在质量管控环节，企业集成 MES 质量检测 and SPC（统计过程控制）等功能模块，部署智能检测装备，通过质量数据统计分析、智能在线检测和全过程质量追溯，实现精细化质量管控，有效降低产品不合格率，持续提升产品质量。

部署智能检测设备，融合机器视觉、大数据分析、成分分析等技术，在线检测、分析产品质量。在关键控制点，采用视频检测与激光称重技术，按设定规则，连续有效采集样本质量指标。应用 SPC 统计技术，由 X-R 控制图显示各数据点，并依据 6 个判定规则，自动识别过程是否受控于 3σ （传热学上的黑体辐射常数）水平值内，以确保产品质量达标。

成效：利用二级节点标识解析技术，对营养食品全生命周期进行管控。通过大数据、云计算等数字化技术，将基于工业互联网平台集成标识解析二级节点，建成生产过程追溯管理应用平台，建设产品生产过程追溯系统，实现平台和系统的对接，充分发挥标识和解析的基础支撑作用。同时，利用自动化和信息化手段，实时采集各工序有效数据，在企业内部实现原料、工艺、生产、配送等环节信息有效整合和产品信息全程追溯。对影响产品的质量因素和管理因素进行分析，提高营养食品行业企业的管理能力评价水平，为提升营养食品品质管理、应对质量风险、提升内部管理智能化水平提供基础解析信息支撑，最终避免不合格的营养食品流入市场，进一步提高营养食品的安全性。

质量精准追溯

某知名功能性食品企业借助工业互联网平台，运用标识解析技术，在 PLM 产品生命周期管理系统和 QMS 质量管理系统中，全面采集原料、工艺、物流等环节信息。企业通过标准作业，将 PLM 法规审核、PAT 过程检测与质量闭环管理相结合，达成法规审核和检测放行的自动化。同时，基于数据互联，构建“大数据平台+智能车间+质量全流程管理”模式，实现数据驱动质量管控与全面信息化质量管理。

企业自研建立 PLM 产品生命周期管理系统和 QMS 质量管理系统，基于工业互联网平台应用标识解析技术，全过程采集原料、工艺、物流等环节的信息。在标准作业的基础上，实施 PLM 法规审核+PAT 过程检测+质量闭环管理，实现了法规审核和检测放行的自动化。在数据互联的基础上，实施大数据平台+智能车间+质量全流程管理模式，实现数据为质量所用和全面信息化质量管理。

依托 QMS 质量管理系统，在线收集产品质量数据至大数据平台，形成数字化质量标准、合规标准和判断模型，为质量检查提供自动数字化服务。通过数据分析、识别质量影响因素，对可改善的相关生产环节进行微调，优化提升产品质量的同时减少质量管理人员的工作量，并且大幅降低因人为检查失误导致的损失，降低生产成本。

成效：

通过对质量管理核心业务流程进行标准化梳理、固化，进而优化质量管理工作流程，并实现质量过程管理的“可控”。

通过层层分解质量管理计划与质量目标、统计产品合格率、监控管理质量问题整改等方法，实现质量管理工作的全面“可管”。

11.安全管控环节

11.1 本环节主要内容

11.1.1 部署安全监控和应急装备

本环节主要指企业部署安全监控和应急装备，通过安全风险识别与应急响应联动机制，提升本质安全，降低损失工时事故率。

在功能性食品行业智改数转网联实践中，安全监控与应急装备部署凸显数字化、智能化特性。生产场所布设的安全监控设备，集成智能传感与网络通信技术。火灾报警器凭借智能烟雾和温度传感器，能够迅速捕捉火灾初期细微变化，并通过无线网络即时传输警报。气体探测器利用高精度传感技术，实时监测有害、易燃气体浓度，当超安全阈值时，即刻向安全生产管理系统预警。

视频监控系统依托高清摄像头与智能图像识别算法，全方位实时监控生产区域，自动识别人员违规操作、设备异常震动等异常与潜在风险，并实时上传数据至管理平台。应急救援设备也实现智能化管理，灭火器、消防栓配备智能监测模块，实时反馈压力、有效期等状态，保障紧急时正常使用。急救箱运用物联网技术，智能管理药品和器材有效期，及时提醒补充更换。

11.1.2 安全风险识别

智改数转网联赋能的安全风险识别，以多技术融合的智能化为核心。智能传感设备构建数据采集网络，实时收

集温度、压力、流量等物理参数，通过高速网络传输至数据分析平台。机器学习算法实时分析海量数据，自动识别异常模式，精准定位风险源。

机器视觉系统运用深度学习技术，深度解析生产场景图像，精确识别危化品存储状态、设备运行情况，及时发现人员不安全行为。特征分析技术借助大数据挖掘，剖析物质特性、反应机理与工艺流程，挖掘潜在安全风险因素。专家系统集成安全专业知识与经验，通过知识图谱和推理引擎，综合研判复杂安全风险，给出风险评估与应对建议。多技术融合，实现对危化品、危险环节的动态、精准风险识别，展现智改数转网联强大的智能分析能力。

11.1.3 应急响应联动

智改数转网联支撑的应急响应联动具备高效、智能、协同特性。安全生产管理系统基于云计算与大数据架构，能快速处理海量安全风险数据。当系统通过智能风险识别捕捉到风险信号时，会瞬间触发应急预案。

借助 5G 等高速网络，系统能够迅速将警报精准推送至安全管理人员、应急救援小组及受影响员工，确保信息及时、准确传达。同时，自动启动应急设备，如远程开启消防喷淋、释放灭火气体，智能调度消防泵、通风设备等大型应急设施，保障高效运行。

在应急救援中，各部门通过安全生产管理系统紧密协同。系统依据应急预案自动调配救援资源，协调消防、医

疗、后勤等部门行动。如实时规划救援路线，引导救援人员迅速抵达事故现场；合理安排医疗资源，确保受伤人员及时救治。这种高效、智能、协同的应急响应机制，最大程度降低了安全事故的损失，保障人员生命财产安全与生产连续性，体现智改数转网联在应急响应联动中的卓越效能。

11.2 本环节痛点

11.2.1 生产工艺差异

不同功能性食品生产工艺安全风险不同。部分涉及高温、高压，或使用、产生易燃易爆物质，还有生物发酵工艺存在微生物泄漏风险。智改数转时，企业应针对高风险环节，安装高精度传感器，通过智能数据传输反馈至管控平台；配备气体检测与通风系统，利用智能控制实现自动换气；对高温高压设备设置报警与紧急停车系统，并推送报警信息；对易燃易爆环境采用防爆电气与静电消除装置，同时进行远程监控。

11.2.2 技术应用不足

部分企业对智能传感、机器视觉等先进技术应用有限，仍依赖人工巡检。在智改数转趋势下，企业应在生产车间部署各类传感器，利用机器视觉监控人员行为，建立智能化管控平台，运用大数据分析与人工智能算法预警安全风险。

11.2.3 员工安全意识薄弱

部分企业员工安全风险意识淡薄，存在违规操作。智改数转中，企业应借助线上平台、VR/AR 等技术开展安全培训，通过信息化系统监督员工行为，设立数字化奖惩机制，营造安全文化氛围。

11.2.4 标准不统一

行业安全管控缺乏统一标准，各企业在设施配备、操作流程、风险评估等方面差异大。智改数转背景下，行业协会与相关部门应明确智能安全设备配备、安全操作流程数字化管理、安全风险评估数字化方法等要求，建立线上检查机制，组织线上经验交流活动。

11.2.5 行业法规变化应对滞后

行业法规不断更新，部分企业难以及时跟踪、解读并调整安全管控措施。智改数转中，企业应利用网络爬虫、自然语言处理技术，建立法规跟踪与分析的智能化系统，通过智能决策系统自动调整管控策略与流程。行业协会与相关部门应通过线上平台发布法规解读与指导意见。

11.2.6 供应链安全协同困难

功能性食品安全管控贯穿供应链，但各环节信息共享不足，安全标准与管控水平参差不齐。在智改数转背景下，应构建供应链安全协同信息化平台，利用区块链技术共享安全信息，通过大数据分析 with 人工智能算法评估预警风险，建立统一安全标准与认证体系，在线审核监督供应商。

11.3 改造需求

在功能性食品行业的安全管控环节，企业改造需求主要集中在以下几个方面：

11.3.1 智能化监控与追溯系统

建立数字化追溯系统：通过物联网技术，对产品原辅料、生产过程控制及产品流向进行数字智控，实现来源可溯、去向可追、问题可查。

食品安全监控系统：设置食品安全监控系统，对生产过程进行全程监控，确保食品生产的安全和卫生。

11.3.2 设备更新与优化

更新老化设备：淘汰不合格设备，引入自动化、智能化生产设备，如自动化包装机、智能输送系统、自动化检测设备，以提升生产效率和产品质量。

设备状态监控：引入智能化设备管理系统，实时监控设备运行状态，提前预测潜在故障，减少设备停机时间。

11.3.3 生产环境改造

卫生改造：对车间进行彻底清洁和消毒，改善通风设施，减少空气中的污染物浓度，更新和完善卫生设施。

环保设施建设：根据国家环保要求，对车间废水、废气、固废等排放进行处理，确保生产过程符合环保标准。

11.3.4 人员培训与技能提升

专业技能培训：针对项目实施过程中涉及的各类人员，开展专业技能培训，提高员工的自动化操作、信息化管理和安全生产意识。

安全培训：建立健全安全生产管理制度，包括安全操作规程、应急预案、安全培训等，确保生产过程中的安全。

11.3.5 质量检测技术升级

引入先进检测设备：加快食品质量安全系统技术工程化应用和智能化远程检测技术发展，提高检测精度、可靠性、稳定性和使用寿命。

全生命周期质量安全监测：大力发展食品生产过程和产品全生命周期质量安全远程控制实时监测系统。

11.3.6 供应链管理优化

供应链协同：优化供应链管理，提高原材料采购、生产过程控制、产品销售等环节的协同效率。

绿色物流建设：推动绿色物流建设，减少物流过程中的能源消耗和环境污染。

11.3.7 政策与标准完善

完善食品功能声称管理体系：完善食品功能声称管理体系，规范产品标签，加强市场监管。

分级管理与企业自律：推行“功能食品”分级管理，并辅以企业自律与相关监查机制，提高准入门槛，促进研发功效导向。

通过上述改造需求的实施，功能性食品企业能够显著提升安全管控水平，降低生产风险，提高产品质量和市场竞争能力。

11.4 典型场景

11.4.1 场景一：安全风险实时监测与应急处置

（1）场景描述

功能性食品行业生产流程复杂，部分环节大量使用危险化学品，如乙醇、丙酮、酸碱类试剂及含氯消毒剂等。危险化学品管理不当易引发严重安全事故，不仅威胁员工生命安全，还会对产品质量、生产连续性 & 企业声誉造成严重损害。传统人工巡检难以满足智能化转型下对危险化学品安全管控的需求，急需有效的安全风险实时监测与应急处置机制。

该场景主要是企业依托感知装置和安全生产管理系统，基于智能传感、机器视觉、特征分析、专家系统等技术，动态感知、精准识别危化品、危险环节等各类风险，实现安全事件的快速响应和智能处置。

安全风险实时监测与应急处置对特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业意义非凡。这些行业在生产中均可能面临危险化学品带来的安全风险，传统人工巡检难以满足需求。建立有效的安全风险实时监测与应急处置机制，能保障人

员安全、产品质量与企业声誉，推动各行业安全、稳定、可持续发展。

（2）实现场景的技术路径

①智能传感设备部署

企业针对功能性食品生产中的危化品特性，在存储区安装多种智能传感设备。在有机溶剂存储区，配备对有机挥发气体高敏的PID气体探测器；针对含氯消毒剂存储区，设置对含氯气体敏感的电化学气体传感器。同时，在关键位置安装温度、压力、湿度传感器，全方位监测存储环境参数。利用物联网技术，将这些传感器通过工业以太网与无线传感器网络（如ZigBee、LoRa）组网，使数据实时汇聚至安全生产管理系统的数据采集终端。

②安全生产管理系统运作

系统的数据采集终端基于大数据框架，持续收集传感器数据。经数据清洗、去噪及格式转换，将数据存入具备高并发读写能力的分布式实时数据库，为后续分析提供可靠数据基础。

系统通过内置的机器学习异常监测模型，结合行业历史数据与安全标准，设定危化品参数安全阈值。一旦监测数据超阈值，立即触发警报，通过声光设备及5G通信，向车间人员和管理人员发送警报信息。

警报触发后，调用预载大量行业安全事件模型与案例的专家系统。运用深度学习算法与推理引擎，分析传感器

数据关联，确定安全事件类型与严重程度，为应急处置提供详细科学的决策建议。

③应急预案启动与执行

依据专家系统分析结果，安全生产管理系统通过智能匹配算法，快速筛选并启动契合当前安全事件的应急预案，这些预案涵盖人员疏散、设备操作、救援行动等内容。

利用工业互联网技术，向危化品存储区阀门及通风设备控制系统发送指令，切断泄漏源、调整通风参数。同时，通过企业内部通信系统，向应急救援小组成员明确应急任务与职责。

借助工业物联网平台，系统利用设备传感器与人员终端实时跟踪应急处置进展。通过智能优化算法，依据反馈信息动态调整应急策略，确保高效应对安全事故。

11.4.2 场景二：危险作业自动化

（1）场景描述

功能性食品生产中的高洁净区对保障产品质量和安全性意义重大，像益生菌制剂、高端营养补充剂这类对污染敏感的产品在此生产。人员和物料出入是洁净区主要风险源，人员携带污染物、物料沾染污染物，未经严格净化进入会污染环境。传统依赖人工记录和简单清洁消毒的管控方式存在记录错漏、清洁消毒效果难评估等问题，无法满足严格安全管控要求，易引发产品质量和食品安全问题。

该场景主要需要企业部署智能制造装备，集成智能传感、机器视觉、特种机器人、5G 等技术，打造面向危险作业的自动化产线，实现危险作业环节的少人化、无人化。

高洁净区人员与物料出入管控对特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业都至关重要。传统管控方式的不足使得各行业面临产品质量风险，严格、科学的出入管控措施能够有效降低污染风险，保障产品质量，满足各行业对高品质产品生产环境的要求，维护消费者权益，提升企业市场竞争力。

（2）实现场景的技术路径

①技术装备支持

智能制造装备：企业需要部署先进的智能制造装备，如工业机器人、自动化控制系统、智能传感器等，以实现危险作业环节的自动化。

特种机器人：针对特定危险环境，如高温、高压、有毒有害等，部署特种机器人，如防爆机器人、耐高温机器人等，以减少人员在危险环境中的暴露。

智能传感与机器视觉：利用智能传感器和机器视觉技术，实现对危险作业环境和操作过程的实时监测和精准识别，确保自动化系统的安全运行。

②网络与通信支持

5G 技术：5G 网络的低延迟、高带宽特性能够支持设备之间的高速通信和实时控制，是实现危险作业自动化的重要技术基础。

时间敏感网络（TSN）：TSN 技术能够确保数据传输的实时性和可靠性，对于需要精确控制的危险作业自动化系统至关重要。

③软件与系统支持

安全生产管理系统：企业需要构建集成的安全生产管理系统，实现对危险作业的全面监控、风险评估和应急响应。

智能监控与预警系统：通过智能监控和预警系统，实时感知危险作业环境中的风险，及时发出预警并采取措施。

专家系统：利用专家系统对监测数据进行分析和诊断，提供决策支持，优化危险作业的自动化流程。

11.5 解决方案建议（案例）

某食品添加剂企业安全管理案例

某大型食品添加剂生产企业在生产过程中大量使用危险化学品，如强酸、强碱等。以往，企业依靠人工巡检来监测这些化学品的安全状况，但这种方法存在周期长、易受主观因素干扰等问题，难以及时发现隐患，例如强酸罐体泄漏未能及时察觉。为解决这些问题，企业决定构建一套安全风险实时监测与应急处置体系。

技术路径与应用

智能化感知与监测系统

传感器部署：在关键位置安装气体泄漏、压力、温度、液位等传感器，实时采集数据并上传至监控系统。**机器视觉技术：**利用机器视觉技术对生产过程进行实时监控，识别潜在的卫生问题或操作失误。

数据分析与预警机制

大数据分析：通过大数据分析技术，对采集的数据进行实时分析，预测潜在风险并发出预警。**预警系统：**当数据超标时，系统通过声光、短信、邮件等方式及时通知相关人员。

应急处置预案与演练

预案制定：企业制定了详细的应急处置预案，针对不同类型的事故明确流程、分工和措施。**定期演练：**定期开展应急演练，模拟事故场景，检验预案的可行性和员工的应急响应能力。

安全责任清单管理

责任落实：通过安全责任清单管理子系统，将企业主体责任清单、岗位责任清单层层分解落实到具体岗位和人员。**信息联动：**与双重预防以及特殊作业等系统进行信息联动，保障安全生产责任落实到日常工作中。**事故预防能力提升：**通过智能化监测和预警系统，企业成功避免了多起事故，事故发生率降低了80%。**应急处置效率提高：**在演练中，事故控制时间大幅缩短，应急响应更加迅速。

企业构建危险作业自动化体系实现危险作业自动化

某大型食品添加剂生产企业在生产过程中大量使用危险化学品，如强酸、强碱等。以往，企业依靠人工巡检来监测这些化学品的安全状况，但这种方法存在周期长、易受主观因素干扰等问题，难以及时发现隐患，例如强酸罐体泄漏未能及时察觉。为解决这些问题，企业决定构建一套危险作业自动化体系。

技术路径与应用

智能化感知与监测系统

传感器部署：在关键位置安装气体泄漏、压力、温度、液位等传感器，实时采集数据并上传至监控系统。

机器视觉技术：利用机器视觉技术对生产过程进行实时监控，识别潜在的卫生问题或操作失误。

危险作业自动化产线

智能制造装备：部署智能制造装备，如特种机器人，用于处理危险化学品的搬运和操作，减少人员在危险环境中的暴露。

5G 技术：利用 5G 网络的低延迟、高带宽特性，实现设备之间的高速通信和实时控制。

数据分析与预警机制

大数据分析：通过大数据分析技术，对采集的数据进行实时分析，预测潜在风险并发出预警。

预警系统：当数据超标时，系统通过声光、短信、邮件等方式及时通知相关人员。

应急处置预案与演练

预案制定：企业制定了详细的应急处置预案，针对不同类型的事故明确流程、分工和措施。定期演练：定期开展应急演练，模拟事故场景，检验预案的可行性和员工的应急响应能力。

应用效果

事故预防能力提升：通过智能化监测和预警系统，企业成功避免了多起事故，事故发生率降低了 80%。应急处置效率提高：在演练中，事故控制时间大幅缩短，应急响应更加迅速。

12.能源管理环节

12.1 本环节主要内容

12.1.1 部署能耗采集装置

本环节主要指企业通过部署能耗采集装置，通过能耗实时采集、监测，并于能耗数据分析与调度优化，从而提高能源利用率，降低单位产值综合能耗。

在功能性食品行业深度践行智改数转网联的进程中，部署能耗采集装置是达成精细化能源管理的根基。在生产关键节点，全面安装智能电表、水表、气表等设备。这些智能装置集成了高精度传感器与先进通信技术，能够实时、精准地采集电力、水、气等能源消耗数据。无论是生产设备运转的电力消耗，还是生产工艺中的水、气使用，均能精准记录，并通过内置通信模块，快速、稳定地将数据传输至后续处理系统。

12.1.2 能耗实时采集、监测

依托能源管理系统（EMS），融合智能传感、大数据、5G等前沿技术，实现对功能性食品生产全流程能耗数据的实时采集与计量。智能传感设备全方位分布于生产流程，持续收集能源相关物理量数据。

大数据技术为海量能耗数据的存储、管理与分析筑牢基础，确保数据完整、准确。5G网络以其高速、低延迟特性，保障能耗数据瞬间从生产现场传输至EMS核心处理单元。在EMS可视化界面，企业管理人员可直观洞察能源消

耗实时动态。借助能耗趋势图、设备能耗占比饼图等多样图表，全面掌握不同时段、环节、设备的能耗状况，为能源管理决策提供直观依据，彰显智改数转网联的实时性与可视化优势。

12.1.3 能耗数据分析与调度优化

运用能效优化机理分析、大数据和深度学习等技术，深度挖掘采集的能耗数据。能效优化机理分析从能源利用原理出发，剖析生产工艺中能源消耗机制，找出潜在能源浪费根源。

大数据整合设备运行、生产订单、环境参数等各类生产数据，与能耗数据关联分析，挖掘潜在联系与规律。深度学习算法基于大量历史能耗数据训练，构建精准能耗预测模型，预测不同生产场景下的能源需求趋势。

通过综合运用这些技术，企业能精准锁定能源消耗关键环节与设备。针对重点对象，优化设备运行参数，如调整电机转速、优化加热设备启停时间；或改进工艺参数，如优化发酵温度控制曲线、调整物料输送速度。借此实现能源综合平衡与优化调度，提升能源利用效率，降低成本，推动功能性食品行业绿色、可持续发展，凸显智改数转网联在能源管理上的智能优化特性。

12.2 本环节痛点

12.2.1 数据准确性问题

能耗采集装置的准确性和可靠性，对能源管理至关重要。实际中，因设备故障、数据传输干扰等，能耗数据常出现误差。例如，智能电表传感器故障，会导致电量采集错误；数据传输受到电磁干扰时，可能出现丢失或乱码，从而影响能源管理系统的分析与决策。不准确的能耗数据会导致企业无法掌握能耗情况，使其制定的节能措施缺乏针对性，进而可能造成能源浪费或不必要投入。如依据错误数据改造设备，可能达不到节能效果，甚至增加成本。

12.2.2 技术应用不足

智能传感、大数据、深度学习等技术在能源管理中潜力大，但在功能性食品行业应用不广泛。许多企业依赖传统管理方式，未充分利用新技术优化能源。智能传感能实时监测设备能耗状态，发现异常；大数据可挖掘能耗规律，预测需求；深度学习能根据数据优化能源分配。部分企业因技术认知不足、资金限制，未引入这些技术。如未安装智能传感器，无法实时获取设备能耗数据，难以实现实时监控与动态管理。

12.2.3 管理意识薄弱

部分功能性食品企业对能源管理重视不足，缺乏有效制度和措施。未建立能源管理目标与考核机制，员工节能意识淡薄，存在能源浪费现象，如设备长时间空转、照明

系统未合理设置开关时间。未定期审计与分析能耗，难以及时发现问题与节能潜力。设备采购时，未将能源效率纳入考量，可能导致采购高耗能设备，从而增加长期能源成本。此外，管理意识缺乏，阻碍企业能源管理水平提升，降低经济效益和环境效益。

12.3 改造需求

12.3.1 技术升级需求

在功能性食品生产、仓储及办公区域，全面安装智能电表、水表、燃气表等能源监测设备，实时采集与传输电力、水、燃气等能耗数据。例如，智能电表能够对不同生产设备的用电功率、电量变化进行实时监测，为能源分析提供精准数据。同时，部署智能照明系统，通过光线与人体感应装置，自动调控照明亮度与开关，实现照明节能。

构建一体化智能能源管理系统（EMS），借助物联网整合分散的能源监测数据。运用大数据分析 with 人工智能算法，挖掘能耗数据价值。通过分析历史数据，系统能够预测不同季节、生产阶段的能源需求，并提前规划能源调配。系统实时评估能源使用效率，发现低效设备或区域时，自动预警并提供优化建议，如调整设备参数、优化生产流程。

12.3.2 数据管理需求

建立统一的能耗数据采集标准，明确采集频率、格式、单位，确保不同设备数据的一致性与可比性。按时间、设备、区域等维度分类存储能耗数据，构建结构化能源数据

库，便于数据查询与分析，如按日期和设备编号存储每日各生产设备的电力消耗数据。

运用专业工具分析能耗数据，通过数据挖掘确定能源消耗的峰谷时段，剖析生产工艺、设备状态、环境等因素对能耗的影响。基于分析结果，制定错峰生产计划以降低成本，依据设备能耗与生产效率关系确定最佳运行参数，实现能耗与效益平衡。利用数据可视化技术，直观呈现能耗情况，助力管理层决策。

12.3.3 能源审计与优化需求

引入专业能源审计机构或组建内部团队，定期对企业能源利用进行全面审计，涵盖能源采购、转换设备效率、各生产环节能耗强度等。通过审计，识别能源浪费与低效利用环节，如发现某老旧生产设备能耗超行业平均水平，为设备更新或改造提供依据。

依据能源审计结果，制定并实施优化措施。对高耗能设备进行技术改造，如锅炉节能改造提升热转换效率；优化生产流程，减少能耗步骤，如调整生产线设备启动顺序，避免电力冲击与浪费。建立能源效率绩效考核机制，激励员工参与节能工作。

12.3.4 绿色能源转型需求

评估企业所在地区太阳能、风能、生物质能等可再生能源资源，结合企业能源需求与场地条件，制定绿色能源应用规划。如光照充足地区，规划建设太阳能光伏发电设

施满足部分用电需求；周边生物质资源丰富，考虑建设生物质能供热系统。

按规划推进绿色能源项目，确保技术可行、经济合理。如建设太阳能光伏发电项目时，选用高效光伏组件与先进逆变器提升发电效率。建立运行管理机制，实时监测绿色能源设施运行状态，确保稳定高效。积极争取政府对绿色能源项目的政策支持与补贴，降低转型成本。

12.4 典型场景

12.4.1 场景一：能耗数据监测

（1）场景描述

功能性食品行业生产流程复杂，环节众多，各环节设备与工艺不同导致能源消耗复杂。传统依靠人工抄表和事后统计分析的能耗管理方式，无法实时反馈能耗状况，难以及时发现能源浪费问题，不仅增加企业运营成本，也不符合可持续发展理念。在竞争激烈的市场环境下，精准的能耗数据监测与能源管理优化对企业降本增效、提升竞争力至关重要。

该场景主要是指企业基于能源管理系统（EMS），应用智能传感、大数据、5G等技术，开展全环节、全要素能耗数据采集、计量和可视化监测。

能耗数据监测对于特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂行业以及茶叶行业均具有重要意义。这些行业生产过程能耗复杂，传统管理

方式存在弊端，而能耗数据监测能够助力各行业实时掌握能耗状况，及时发现能源浪费问题，进而优化能源管理，降低运营成本，增强企业在市场中的竞争力，同时也符合可持续发展的要求。

（2）实现场景的技术路径

①智能传感设备部署

在生产车间各类设备上安装多种智能传感设备。针对电机、加热装置等用电设备，配备高精度电流、电压传感器，实时监测设备电力消耗。对于蒸汽、燃气等能源介质，安装流量传感器，精确计量其使用量。在制冷设备上，安装温度、压力传感器，通过监测制冷系统运行参数，间接评估能耗情况。例如，在发酵罐温控系统中，安装电流传感器监测制冷压缩机耗电量，同时安装温度传感器监测罐内温度，以剖析温度控制与能耗的关联。

借助物联网技术，将所有智能传感设备构建成高效的传感器网络。采用有线与无线相结合的方式，对于车间同一区域内距离较近、布线便捷的多台包装设备，通过工业以太网传输数据，确保数据传输的稳定性与高速率。对于分布在不同楼层、布线困难的原料预处理设备，采用 ZigBee、LoRa 等无线传感器网络（WSN）技术，实现数据可靠传输。所有传感器采集的数据，通过网关等设备实时汇聚至能源管理系统（EMS）的数据采集终端。

②能源管理系统运作

能源管理系统的数据采集终端持续接收来自传感器网络的实时能耗数据。对采集到的数据进行初步处理，包括数据清洗、去噪、格式转换等操作，剔除因传感器故障或环境干扰产生的异常数据，确保数据的准确性与可靠性。随后，将处理后的数据存储至系统的分布式数据库，该数据库具备高并发读写能力，可满足功能性食品企业大规模生产过程中对能耗数据快速存储与查询的需求。

运用大数据分析技术，对存储于数据库中的能耗数据进行深度分析。通过数据挖掘算法，探寻能源消耗的规律与趋势，如分析不同生产批次、不同时间段的能源消耗差异，以及设备运行状态与能耗的关联。同时，构建能耗模型，预测不同生产情形下的能源需求，为企业能源规划与设备优化提供数据支撑。

将分析后的能耗数据以可视化形式呈现给企业管理人员。通过能源管理系统的仪表盘、图表等，直观展现各生产环节的能源消耗状况、设备运行状态等信息。例如，以柱状图对比不同生产车间的月度电力消耗，以折线图呈现某台关键设备能耗随时间的变化趋势。管理人员可通过电脑、平板或手机等终端随时查看能耗数据，及时发现能源浪费问题及潜在节能契机。

12.4.2 场景二：能效平衡与优化

（1）场景描述

功能性食品行业受市场竞争和环保法规双重压力，急需降低成本、提升能源利用效率。单位产值综合能耗是衡量企业能源利用水平的关键指标，降低该指标益处众多。然而，功能性食品生产流程复杂，各环节工艺不同，能源利用效率差异大。原料加工阶段存在设备老旧、配置不合理的问题，产品杀菌环节传统工艺能耗高且影响品质，各生产环节间能源分配也缺乏智能化调控，这些都严重阻碍了企业整体能源利用效率的提升。

本场景主要指企业通过应用能效优化机理分析、大数据和深度学习等技术，优化设备运行参数或工艺参数，实现关键设备、关键环节等能源综合平衡与优化调度。

功能性食品行业大多具有生产流程复杂、能源消耗环节多且各环节能源利用效率差异大的特点。面临着市场竞争和环保法规的压力，通过能效平衡与优化，能够降低单位产值综合能耗，削减运营成本，提升产品品质，增强企业市场竞争力，同时也符合可持续发展的要求，是这些行业实现高质量发展的必然选择。

（2）实现场景的技术路径

①能源消耗分析技术应用

企业借助智改数转网联技术，组建专业团队，运用先进工具研究各生产环节能源消耗机理。以智能发酵罐为例，通过传感器采集数据，结合微生物发酵模型，分析能源转

化过程，利用大数据挖掘能源需求与微生物代谢的关联，找准能源损耗节点，为优化策略奠定基础。

利用智能化设备与物联网，全面采集设备运行、工艺及环境参数等能耗数据，通过 5G 网络传输至数据中心。经大数据清洗、整合构建数据库，再用深度学习算法挖掘历史数据，构建能源消耗预测与能效评估模型，依据多维度信息预测能源需求，为优化提供数据支撑。

②设备与工艺优化

通过智能化系统与工业互联网，远程精准调控设备运行参数。对于电机驱动设备，用智能传感器监测，结合边缘计算与云端策略优化电机运行。大型干燥设备则依据物料实时数据，通过物联网实现各模块联动，利用智能算法优化加热、通风等参数，同时借助 5G 网络实现设备间协同运行，提升能源利用效率。

运用数字化模拟技术对生产工艺进行建模分析。以杀菌工艺为例，结合大数据对比不同杀菌方式对产品质量与能耗的影响，推动传统工艺向新型高效杀菌技术转变。经大量实验确定最佳工艺参数，如浓缩工艺中的关键参数，并通过网络化联结技术关联各环节工艺参数，实现能源平衡与高效生产。

③能源管理绩效考核机制建立

基于智改数转网联提供的数据，制定全面考核指标体系，除传统能耗与能效指标外，纳入能源管理系统运行相

关指标。利用大数据分析各部门岗位贡献，为其设定个性化考核目标，如生产部门按产品线、批次设定能耗降低目标，设备维护部门明确设备能效与监测设备运行率要求。

通过智能化系统采集数据，结合多种方式考核能源管理绩效，用区块链技术保障数据公正。将考核结果与员工薪酬、晋升等挂钩，设立专项奖励基金，对表现突出者给予物质与精神奖励，对未达标者进行培训辅导与处罚，营造全员节能氛围。

12.5 解决方案建议（案例）

企业引入能源管理系统实现对水、电、气等多种能源的 精细化监控

某知名企业为了提升能源管理效率，降低能源消耗成本，并确保生产过程中的能源使用安全，引入了先进的能源管理系统（EMS）。该系统通过智能化手段，实现了对水、电、气等多种能源的精细化管理和实时监控。

技术路径与应用

能源消耗统计与数据分析

通过 EMS 系统，企业能够对各类能源消耗进行实时统计和查询，系统自动采集和分析数据，并以可视化图表的形式呈现，帮助管理者直观了解能源消耗情况。

系统能够明确峰谷时段的能源使用情况，为能源审计和节能规划提供详细的数据支持。

精细化与智能化能源管理

实时监测电能质量，解决谐波等问题，提升用电质量与设备效率。

监测电气火灾参数，保障用电安全。

建立完善的能源计量体系，生成涵盖多维度分析的能耗报告，为能源管理、节能改造及审计提供关键支持。

系统具备强大的数据采集能力，能够接入数万数据点位，包括智能电表、水表、流量计、冷热量表等。

能源管理效率提升：通过 EMS 系统，企业实现了能源管理的自动化和透明化，显著提高了能源管理效率。

节能降耗成效显著：企业通过精细化管理，成功降低了能源消耗，减少了运营成本。

用电安全保障：实时监测电气火灾参数，有效预防了电气火灾事故的发生。

企业形象与竞争力提升：通过有效的能源管理，企业不仅提升了自身的社会形象，还增强了市场竞争力。

控制策略和优化案例

某知名企业为了提升能源管理效率，降低能源消耗成本，并确保生产过程中的能源使用安全，引入了先进的能源管理系统（EMS）。该系统通过智能化手段，实现了对水、电、气等多种能源的精细化管理和实时监控。

能耗分析与优化调度

历史数据分析：EMS系统深入分析挖掘历史数据，制定科学的能源使用计划，避免能源浪费。通过对历史数据的深度分析，系统能够识别能源使用的高峰和低谷时段，为能源审计与节能规划提供数据支撑。

能耗预测：结合实时和历史数据，系统能够预测未来的能耗需求，为能源分配与调度提供科学依据。通过大数据技术对全厂能源日平均消费量趋势进行分析，提前掌握能源消费趋势，从而提前布局管控政策。

精细化与智能化能源管理

实时监测与优化：系统采用负荷管理和能源优化策略，根据生产需求实时调整设备负荷，降低碳排放，实现经济性应用。通过智能算法，系统能够优化能源分配，确保设备在高效运行状态下工作。

远程调优与能效分析：EMS系统能够远程调优重点耗能设备，并进行能效分析，明确节能方向，助力企业提升设备能效。通过实时监控和数据分析，系统能够识别设备的运行状态，提供优化建议。

应用效果

能源成本降低：通过技术改造和过程优化，企业直接节省了大量的能源费用，能源成本降低了20%。

生产效率提升：优化生产过程，减少了设备空转和等待时间，生产效率提升了15%。

碳排放减少：由于能源消耗的减少，企业的碳排放减少了18%。

设备能效提升：通过远程调优和能效分析，企业设备的能效得到了显著提升，具体效果可以通过能耗降低百分比、生产效率提升情况等指标进行评估。

13.环保管控环节

13.1 本环节主要内容

13.1.1 部署环保监测装置

在功能性食品行业深度推进智改数转网联之际，部署环保监测装置是严格环保管控的基石。在生产流程关键点位，全面安装先进环保监测设备。气体传感器实时、精准检测废气排放，监测指标涵盖二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物等关键污染物指标；水质监测仪针对生产废水，实时监测酸碱度、化学需氧量（COD）、生化需氧量（BOD）及重金属含量。这些设备配备高精度传感器与高效传输模块，能够迅速、准确地将采集的排放数据传输至后续分析管理系统，为环保管控提供坚实数据支撑，凸显智改数转网联的精准感知与高效传输特性。

本环节主要是指企业部署环保监测装置，通过排放采集与监控，排放分析与优化，降低污染物排放，减少单位产值碳排放量。

13.1.2 排放采集与监控

依托环保管理平台，融合机器视觉、智能传感与大数据技术，实现对污染物排放的全方位实时采集与监控。机器视觉通过图像采集与分析，能够直观识别物料泄漏、废气无组织排放等异常情况。智能传感从物理、化学层面持续收集排放数据，构建庞大数据集。

大数据技术能够有力支持海量排放数据的存储、管理与分析。经整合不同生产环节、时段的排放数据，环保管理平台精准把握各环节排放动态。企业管理人员借助平台的可视化界面，实时查看排放数据趋势、污染物占比，及时察觉异常并迅速应对，充分展现智改数转网联的实时监控与智能分析优势。

13.1.3 排放分析与优化

运用专业数据分析手段，深度剖析采集的排放数据。通过数据挖掘，结合生产工艺与设备运行信息，精准定位污染物排放主源，如确定某设备老化致废气超标，或某生产环节化学反应控制不当使废水污染物超标。

同时，分析温度、压力、反应时间等工艺参数及设备维护、人员技能等人为因素对排放的影响。基于分析结果，制定针对性优化措施。设备问题及时更新或维护，工艺问题则调整参数或改进流程，有效降低排放，减少环境影响，推动行业绿色转型，体现智改数转网联驱动下的科学决策与精准优化。

13.1.4 碳资产与废弃物管理

创新性开发碳资产管理和废弃物料管理平台，集成智能传感、物联网、区块链技术。碳资产管理平台中，智能传感实时监测生产中的直接与间接碳排放，物联网实现数据全面采集与传输，确保完整性和实时性。

区块链技术为碳排放数据提供不可篡改的记录存储，保障数据真实可信。企业借此平台实现全流程碳排放追踪、分析、核算与交易。在废弃物料管理平台，智能传感全程监控废弃物料产生、存储、运输与处置，物联网整合各环节数据，实现废弃物处置与循环再利用的全程追溯。这种智能化、数字化管理方式助力企业节能减排，挖掘废弃物价值，提升资源利用效率，推动行业可持续发展，彰显智改数转网联在环保管控中的创新管理特性。

13.2 本环节痛点

13.2.1 环保技术研发投入差异

环保技术研发投入大的企业，在智改数转中能创新环保管控手段。这类企业有专门研发团队，专注开发新型环保技术和设备。如研发高效污染物降解技术处理难降解污染物，探索新型清洁能源应用，降低碳排放。持续技术创新使企业能更好适应环保要求，提升环保竞争力。而环保技术研发投入少的企业，只能依赖现有环保技术和设备，缺乏自主创新能力。面对环保政策变化或新环境挑战，反应迟缓，难以快速调整环保管控策略，可能导致环保合规风险。

13.2.2 产品类型差异

不同类型功能性食品生产导致污染物和碳排放量各异。例如，功能性饮料生产用水量大，污水排放量大且成分复杂。智改数转中，企业需利用智能传感监测用水量 and 水质，

并通过大数据分析优化工艺，实现水资源循环利用与污水减排。部分功能性食品包装环节产生大量固体废弃物，企业可借助智能分拣设备和物联网废弃物管理系统，实现固体废弃物分类回收与资源化利用。产品类型差异要求企业制定针对性环保管控策略，同时也增加了改造的复杂性。

13.2.3 企业数字化转型进度差异

数字化转型快的功能性食品企业，在环保管控智改数转中优势明显。这类企业数字化基础设施成熟，如高速稳定的内部网络、强大的数据中心。在环保管控中，能快速将智能环保设备接入数字化平台，实现环保数据实时收集、整合与分析。如与企业资源计划（ERP）系统集成，关联环保数据与生产、采购等环节数据，整体优化企业运营，降低环境影响。而数字化转型慢的企业，网络基础设施薄弱，数据处理能力有限。在智改数转中，难以实现环保设备智能化升级与数据有效传输。如引入智能环境监测设备时，因网络延迟高，数据无法及时上传至管理系统，影响环保决策的及时性和准确性。

13.3.4 技术应用不足

智能传感、大数据、区块链等技术在环保管控中潜力大，但在功能性食品行业应用不广泛。多数企业依赖传统管控手段，对新技术应用能力有限。智能传感可监测污染物排放浓度、设备运行状态；大数据能挖掘环保数据规律，预测环境风险；区块链可确保环保数据真实、不可篡改。

但企业因技术认知不足、资金短缺或人才匮乏，未充分利用这些技术。如许多企业未安装智能传感器，无法实时掌握污染物排放情况，难以精准管控。

13.3.5 数据管理不善

环保管控涉及大量监测和管理数据，如污染物排放、环保设备运行、环境监测数据等，但企业普遍缺乏有效数据管理手段。数据采集因设备老化或技术落后，准确性难保证。数据传输存在丢失、延迟问题。数据存储和分析缺专业系统，无法高效存储、分析和挖掘海量数据。如企业无法据历史数据预测污染物排放趋势，影响环保管控决策与效果。

13.2.6 部分企业意识淡薄

部分功能性食品企业对环保管控重视不够，环保意识和责任感缺失。生产中过度关注经济效益，忽视环境影响。未将环保理念融入企业战略和日常管理，缺乏主动进行环保管控智改数转的动力。如部分企业为降成本，不愿投入资金升级环保设备或采用环保工艺；对员工环保培训不足，导致员工环保意识淡薄，可能出现违规排放行为。这阻碍了行业环保管控水平提升和可持续发展。

13.3 改造需求

13.3.1 技术升级需求

智能监测设备部署：在生产车间、废水废气排放口、厂界周边部署高敏高精度环保监测设备。废水排放口设多

参数水质监测仪，24小时监测COD、BOD、氨氮、重金属离子；废气排放口安装VOCs、二氧化硫、氮氧化物监测设备，实时捕捉排放动态；厂界设噪声监测仪。利用5G物联网，将数据快速传输至环保管理平台，实现实时监控，为管控提供数据支撑。

智能管理系统构建：打造融合大数据、AI、云计算的环保管理系统。通过大数据算法分析长期监测数据，构建排放预测模型，提前预警超标。运用AI图像识别与机器学习，依据生产及设备数据识别污染源头。借助云计算实现数据高效处理存储，通过智能控制系统，实时调整污染治理设备参数，确保治理效果，实现节能减排，提升管控效率。

13.3.2 数据管理需求

数据采集与存储：建立统一数字化采集体系，利用数字化传感器与智能终端，确保数据采集频率、格式、单位统一。通过采集软件自动实时采集数据，存储于云端数据库，按时间、污染物、监测点位进行分类，便于查询分析，保障数据一致性、完整性与可追溯性。

数据驱动决策：运用Python、R语言等工具分析环保数据。建立数据模型，分析生产负荷、季节、设备运行等因素与污染物浓度关系，从而准确定位高污染环节。通过数据可视化呈现排放规律，为制定治理策略、选择治理方案提供科学依据，实现智能决策。

13.3.3 智能环保设备升级迭代需求

升级规划制定：根据行业趋势与企业需求，制定智能环保设备长期升级规划。明确阶段目标，如未来三年将废水处理设备自动化控制提升至90%以上，实现远程操控与故障自诊断；对废气净化设备进行智能化改造，引入催化氧化与智能控制系统，增强污染物处理能力。

新技术融合：关注环保新兴技术，如纳米过滤、量子点传感器技术，并融入设备升级。在水质监测设备应用量子点传感器提高重金属检测精度；在污水处理设备引入纳米过滤膜提升难降解有机物去除效果，保持设备技术领先。

13.3.4 环保业务流程数字化重塑需求

流程数字化建模：用流程建模软件对环保业务流程进行端到端数字化建模，涵盖原材料采购环保评估、生产污染防治防控、废弃物处理与排放监测。以可视化模型明确各环节输入、输出及数据流向，实现流程透明与可追溯。

流程自动化与优化：基于数字化模型，引入自动化工作流引擎实现流程自动化。超标预警时自动启动应急流程，通知部门、调配资源并记录过程。运用流程挖掘技术，分析并优化流程瓶颈与低效环节，减少人工干预，提升流程整体效率。如将环保设备维护申请流程优化为线上自动化审批，缩短审批周期。

13.4 典型场景

13.4.1 场景：污染监测与管控

（1）场景描述

功能性食品行业生产工序复杂，会产生废水、废气等污染物。传统污染治理依靠人工经验和固定流程，难以适应污染物排放的动态变化，例如不同生产批次废水污染物浓度存在波动，设备老化会使废气泄漏风险增加。这不仅降低污染治理效果，可能导致排放超标，还会造成能源和资源浪费。在环保法规趋严、监管加强的情况下，企业需要借助先进技术实现污染治理的智能调控，以此满足环保合规要求，降低成本，提升可持续发展能力。

本场景主要是指企业通过搭建环保管理平台，应用机器视觉、智能传感和大数据等技术，开展排放实时监测和污染源管理，实现全过程环保数据的采集、监控与分析优化。

污染治理智能调控对特殊医学用途配方食品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂等行业很十分关键。这些行业生产过程复杂，污染物排放动态变化，传统污染治理模式存在不足。引入智能调控技术，能提升污染治理水平，让企业符合环保法规要求，降低成本，增强可持续发展能力和市场竞争力，推动行业绿色发展。

（2）技术路径

① 数据采集与分析

在生产车间及污染治理设施中广泛部署各类监测设备，如水质传感器、气体分析仪和流量传感器等，实时采集生产过程中的废水、废气排放数据。同时，收集生产设备运行参数、工艺操作数据，如生产设备的转速、温度、压力，以及原材料投入量、配比等信息。借助物联网技术，将分散的监测设备组网，通过有线或无线传输方式，把数据实时传输至环保管理系统的数据库。

环保管理系统运用大数据算法与 AI 技术，对长期积累的海量监测数据进行深度挖掘与分析。通过构建数据模型，探寻生产过程与污染物排放的内在关联及规律。分析不同生产批次、时段内生产废水污染物浓度与生产工艺参数的关系，以及废气排放与设备运行状态的联系。通过机器学习算法对数据进行训练，使系统能够依据当前生产状况与历史数据，预测未来污染物排放趋势。

②智能调控与响应

当环保管理系统预测生产废水污染物浓度可能升高时，自动向污水处理设备的智能控制系统发出指令。污水处理设备的智能控制系统据此提前调整曝气量与药剂添加量。通过智能调节曝气机转速与运行时间，增加水中溶解氧含量，促进微生物对污染物的分解；精准控制药剂添加泵流量，确保适量添加絮凝剂、消毒剂等药剂，强化废水处理效果。调控过程中，持续监测废水水质指标，根据实际处理效果实时调整调控参数，确保废水达标排放。

利用 AI 图像识别和机器学习技术，实时监测生产设备周边环境。当系统检测到某台生产设备因老化出现废气泄漏时，立即通过定位技术确定设备位置，并通知维修人员检修。同时，自动调整周边废气收集装置功率，通过智能控制系统增大抽气能力，确保泄漏废气及时被收集处理，减少污染物无组织排放。在维修人员抵达前，持续监测废气泄漏状况，动态调整收集装置运行参数，保障污染治理效果。

③设备维护与管理

在生产设备和污染治理设备上安装各类传感器，实时监测设备运行状态，包括振动、温度、压力、电流等参数。通过分析这些参数，系统能够判断设备运行是否正常，是否存在潜在故障隐患。例如，监测到某台风机振动异常增大时，系统发出预警信号，提示可能存在风机叶片磨损、轴承损坏等问题。

环保管理系统依据设备状态监测数据，结合设备历史运行数据与维护记录，通过运用 AI 算法分析，制定科学合理的设备维护计划。系统检测到设备出现故障或达到维护周期时，自动生成维护工单，明确维修内容、人员与时间。同时，利用大数据分析技术评估设备维修成本、停机时间等，为企业设备管理决策提供数据支撑，实现设备高效维护与管理，保障污染治理设施稳定运行。

13.5 解决方案建议（案例）

污染治理智能调控案例

某知名企业规模庞大，生产涵盖多品类乳制品，随着生产扩张，污染物增多。此前依赖人工经验与固定流程治理污染，废水处理无视浓度波动、废气治理难以及时发现设备老化隐患，导致废水超标排放，企业被责令整改与罚款，形象受损。

为解决问题，企业搭建污染治理智能调控系统。在关键位置安装水质、气体及设备状态传感器，实时采集数据并上传至环保数据中心；运用专业软件与智能决策系统，基于大数据和人工智能分析数据，异常时自动生成调控方案；改造污染治理设备实现自动化控制与远程管理，故障时预警并远程诊断。

系统实施后，成效显著。污染物达标排放率从 80% 提升至 98% 以上，避免环保处罚；废水处理药剂用量降 20%，废气治理设备能耗降 15%，降低治理成本；还实现生产与环保协同，保障生产同时控制污染排放，为行业提供经验，推动绿色发展。

14. 供应链管理环节

14.1 本环节主要内容

本环节主要指企业通过打通供应链上下游生产、仓储、物流等环节，开展供应链计划协同优化，提高供应商准时交付率。

14.1.1 供应链数字化基础搭建

（1）打通上下游信息通道

在功能性食品行业，供应链涵盖原材料供应商、生产企业、仓储企业、物流企业及销售渠道等多个关键环节。智改数转网联的首要任务是打破这些环节间的信息壁垒，通过搭建数字化供应链平台，并运用先进网络技术与数据交互接口，将各环节企业紧密相连。

该平台如同中枢神经系统，实现企业间关键数据的实时共享，包括原材料库存、生产进度、物流轨迹、销售数据等。不同环节企业基于共享数据，在产品研发、订单处理、库存调配等业务流程上深度协作，同时借助流程自动化与标准化工具，优化跨环节业务流程，从而大幅提升供应链整体效率。

（2）供应链数据采集与分析

全面收集供应链各环节数据，包括供应商的生产能力、供货历史、成本结构，生产环节的产量、设备利用率、次品率，库存环节的库存水平、库存周转率，以及销售环节的销售额、销售渠道、客户需求等。

通过运用大数据分析技术对这些数据进行深入挖掘和分析，并构建数据模型，从而清晰了解供应链的运行状况与趋势。例如，通过分析销售数据预测市场需求走向，依据库存数据优化库存管理策略，基于供应商数据评估供应商绩效与风险，为供应链决策提供有力支持。

14.1.2 供应链核心环节管理

（1）精准采购规划

综合考虑生产计划、库存水平、市场需求预测等因素，借助数字化平台精准分析各环节数据，确定功能性食品生产所需原材料、包装材料等物资的采购需求，明确采购品类与数量。

运用供应商评估体系，从生产能力、产品质量、信誉口碑、价格竞争力等多维度对供应商进行评估与选择。与筛选出的供应商协商价格、交货期、质量标准等条款，签订采购合同，确保双方权益得到法律保障。

对采购订单进行全程跟踪与管理，通过数字化手段实时掌握订单执行进度，确保物资按时交付。若出现交付延迟等问题，及时与供应商沟通协调，并采取相应措施应对。

（2）高效交付物流

借助物联网、GPS 等技术，实时监控物资运输过程，获取货物位置、状态等信息。通过物流监控平台，企业可随时查看货物运输轨迹，了解运输途中是否遭遇不可抗力、交通拥堵等情况。

设置交付物流异常预警机制，一旦运输过程出现偏离正常路线、运输时间过长等异常情况，系统自动发出预警。相关人员及时处理运输问题，如协调运输公司调整路线、加快运输速度等，确保物资安全、准确送达目的地。

14.1.3 供应链协同优化

（1）供应链计划协同

运用大数据、人工智能等前沿技术，精准预测功能性食品的市场需求。结合仓储库存水平、生产能力与进度、物流运输状态等实时信息，实现采购计划、生产计划、配送计划的协同编制与同步更新。例如，预测到某类功能性食品在特定季节需求将大幅增长，采购部门提前与供应商

沟通增加原材料采购量，生产企业调整生产计划安排，通过加班或新增生产线来提升产能。同时，物流企业提前规划运输路线与调配车辆资源。

实时监测市场需求波动、库存动态变化、生产进度偏差和物流运输异常等因素，利用智能算法动态调整供应链计划。一旦市场需求突发变化，系统迅速反应，重新规划采购、生产与配送任务，确保供应链始终高效运作，提高计划的准确性与灵活性，以适应市场动态变化。

（2）供应商协同管理

通过与供应商构建紧密战略合作伙伴关系，利用供应链平台实时共享功能性食品企业的需求信息、生产计划及库存状况等关键数据。供应商据此更精准地安排自身生产计划，合理调配原材料、人力与设备资源，提前规划配送路线与时间，从而确保按时、按量交付原材料和零部件。

通过建立供应商管理系统（SRM），对供应商进行全面管理。详细记录供应商基本信息、资质证书、合作历史等数据，为后续评估与合作提供数据支撑。从产品质量、交付准时性、价格合理性、售后服务等多维度对供应商进行打分评价，依据评价结果将供应商分级分类，如分为战略供应商、优质供应商、一般供应商等，针对不同类别供应商采取差异化管理策略。借助系统数据分析，为企业寻找潜在优质供应商，并根据企业需求推荐最合适的供应商，从而确保供应商的质量和可靠性。

14.1.4 供应链风险防控

(1) 风险识别与预警

利用知识图谱、云计算等技术，构建供应链风险识别模型。知识图谱整合供应链各环节关系与数据，通过云计算强大的计算能力，对供应链风险进行识别、定位和预警。例如，识别原材料供应中断风险、物流运输延误风险、市场需求突变风险等。

(2) 风险应对与处理

当风险发生时，系统迅速做出响应，启动应急预案。如遇到原材料供应中断，及时寻找替代供应商或调整生产计划；面对物流运输延误，协调物流资源，通过加快运输速度或变更运输路线，确保订单顺利交付，保障供应链稳定运行。

14.2 本环节痛点

14.2.1 产品质量控制不力

功能性食品行业对产品质量要求极高，但部分企业由于生产加工环境和设备条件有限，无法保证产品的一致性和质量稳定性，这导致供应链上游出现假冒伪劣产品 and 不合格产品，给消费者带来安全隐患。

14.2.2 缺乏信息共享机制

供应链各环节之间缺乏有效的信息交流与共享机制。供应商无法及时掌握市场需求变化、库存状况以及物流情

况等重要信息，导致库存过剩或缺货问题频发，增加了运营成本。

14.2.3 物流效率低下

功能性食品的物流环节对温度、湿度等条件有严格要求，这为物流操作带来了困难和挑战。物流过程中需要保证产品质量，同时减少损耗和延长货物的保鲜期，这使得整个供应链的运作效率受到限制。

14.2.4 供应链成本高

功能性食品行业的供应链管理涉及多个环节，每个环节都需要投入大量的人力、物力和财力资源。尤其是在检测认证环节，企业需要投入更多成本来确保食品质量和安全，这进一步增加了供应链的整体成本。

14.2.5 原材料供应不稳定

功能性食品的原材料来源广泛，包括动植物提取物和化学原料。由于动植物原料具有地域性，且化学原料的研发加工壁垒较高，原材料供应的稳定性和价格波动成为企业关注的重点。

14.2.6 市场风险与政策限制

功能性食品市场发展迅速，但政策监管严格。例如，保健食品需要经过严格的注册和备案流程，这增加了企业的合规成本和市场准入难度。此外，部分功能性食品缺乏专门的管理政策，多按照普通食品监管，导致市场竞争粗放。

14.2.7 供应链可持续性不足

传统食品供应链存在资源滥用、环境污染和信息不对称等问题，严重制约了行业的绿色可持续发展。农产品批发市场的数字化程度较低，进一步影响了供应链的可持续性。

14.3 改造需求

14.3.1 技术升级需求

引入大数据技术整合市场需求、销售、库存及原材料供应等多源数据，分析并预测功能性食品的市场需求趋势。运用人工智能算法优化供应链计划，自动生成采购、生产和配送计划，提升供应链各环节协同性。如依据季节、地域和消费热点，精准预测不同地区的产品销量，合理安排生产与配送。借助云计算强大算力，快速处理海量数据，保障计划制定的高效与准确。

供应链服务技术革新：在仓储管理中，利用大数据分析库存周转率和产品保质期，实现智能库存管理。通过人工智能控制 AGV、智能货架等自动化仓储设备，提高货物存储与分拣效率。物流配送方面，借助云计算优化物流路线，结合实时交通数据，实现智能配送调度，提升供应链服务的管理水平和效率。

运用大数据筛选优质供应商，依据产品质量、交货期和价格等数据进行综合评估。利用人工智能实现采购流程自动化，如自动下达采购订单、智能合同管理。交付环节

引入物联网技术，实时跟踪货物运输状态，通过传感器采集运输中的温度、湿度数据，确保产品在适宜环境运输。利用人工智能分析运输数据，提前预测交付时间和潜在问题，实现智能化交付。

14.3.2 流程优化需求

全面梳理功能性食品供应链各环节流程，从原材料采购、生产加工到仓储物流与销售终端。识别并消除冗余环节，如简化采购审批中的重复签字流程。减少时间浪费与库存积压。例如，优化生产排期减少设备闲置，采用准时制生产理念降低原材料库存。提高供应链整体效率，缩短从原材料到成品的交付时间，增强对市场需求的响应速度。

14.3.3 数据管理需求

构建供应链数据中心，收集采购环节的供应商、采购价格、原材料质量数据，以及交付环节的物流成本和运输时间数据。运用数据分析技术挖掘数据价值，为采购决策提供依据，如确定最佳采购时机、选择性价比高的供应商。根据物流数据分析优化配送方案，降低物流成本，提高交付效率。

深度分析供应链数据，不仅用于采购与交付决策，还为企业战略决策、市场拓展等提供支持。通过分析销售与市场需求数据，辅助企业确定新产品研发方向、拓展销售区域。利用供应链成本数据，助力企业制定成本控制策略，提升企业整体竞争力。

14.3.4 协同合作需求

搭建企业与供应链上下游企业的信息共享平台，利用云计算实现数据实时共享。例如，企业向供应商实时共享原材料库存和生产计划，供应商据此调整生产和供货计划。共同优化资源配置，如联合采购降低原材料成本，共享物流资源提高配送效率。建立风险共担机制，面对市场波动和原材料短缺等风险，上下游企业共同协商应对策略，保障供应链稳定运行。

供应链各环节企业加强合作，实现资源共享与优势互补。例如，生产企业与物流企业合作，物流企业凭借运输网络优势，为生产企业提供定制化物流解决方案；生产企业则为物流企业提供稳定货源。通过合作创新商业模式，共同开拓市场，实现共赢发展，提升功能性食品供应链的整体竞争力。

14.4 典型场景

14.4.1 场景一：产供销一体化

（1）场景描述

在功能性食品企业运营中，销售、生产和采购环节紧密依存。但传统模式下，这三个核心系统彼此独立，各部门依据自身有限信息决策，信息流通存在障碍。销售部门接到订单后，难以及时、准确地将订单关键信息传递给生产和采购部门。生产部门无法根据订单需求和库存情况制定合理生产计划，采购部门也无法依据生产计划和原材料

库存水平及时采购原材料。信息不畅降低企业供应能力，一方面原材料供应不足会导致生产延误、订单交付延迟；另一方面生产与销售脱节会造成产品库存积压，占用资金和仓储空间，增加运营成本，限制企业市场竞争力和可持续发展。

本环节主要是指企业通过人工智能、云计算等技术，打通销售、生产和采购系统的业务流与数据流，实现三者的协同优化。

产供销一体化适用于特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂等行业。这些行业销售、生产和采购环节关联紧密，传统模式信息流通不畅引发系列问题，制约企业发展。实现产供销一体化，能优化信息传递，提高生产效率，减少库存积压，降低运营成本，增强企业应对市场变化能力和市场竞争力，推动各行业可持续发展。

（2）场景实现的技术路径

在功能性食品行业，实现产供销一体化的供应链管理是提升企业竞争力和运营效率的关键。以下是针对供应链环节建设的技術路径：

① 数字化供应链管理系统

信息化平台建设：构建以核心 ERP 系统为基础的产供销一体化信息平台，实现各部门数据信息的共享和高效协同管理。例如，御冠食品通过建立畅捷通为核心的信息化

系统，打通了业务、技术、生产、采购及仓储等部门的全过程管理，实现了客户订单的全流程跟踪。

数据驱动决策：利用大数据分析和人工智能技术，对供应链各环节的数据进行实时监控和分析，提供科学的决策支持。例如，通过 AI 技术进行需求预测、库存优化和运输路线规划。

② 智能化生产与物流

智能制造：投资建设自动化生产线和智能化车间，提高生产效率和产品质量。例如，御冠食品投资建设了十万级净化车间和全自动化生产线，通过 ISO22000、HACCP 等体系认证，确保从原料到成品的每一个环节都达到最高标准。

智能物流：采用物联网、5G 和边缘计算技术，实现物流过程的实时监控和优化。例如，顺丰通过大数据仓网规划和供应链控制塔可视化管理，实现了智能补货和物流配送服务。

③ 绿色与可持续供应链

可持续采购：优先选择具有良好环境和社会责任记录的供应商，建立长期合作关系，共同推动可持续发展。

绿色生产：通过技术改造和工艺优化，减少能源消耗和废物排放，采用清洁能源和循环利用技术。

绿色物流：优化运输路线，采用环保运输工具，减少碳排放。

14.4.2 场景二：供应链采购动态优化

（1）场景描述

功能性食品行业的企业对原材料采购需求较大。原材料市场价格受季节、供求关系、国际政治经济形势等因素影响，波动频繁且幅度大。同时，供应商的交付能力有差异，有的供应商会因自身生产设备故障、原材料供应不足、物流运输受阻等情况，无法按时、按质、按量交付货物。这种不稳定的市场环境和供应商状况，给企业采购工作带来了显著困难。采购成本难以控制，高价采购会增加运营成本；供应商交付不稳定会导致生产中断，影响产品交付，损害企业声誉和客户满意度。因此，企业需要制定能够应对市场变化和供应商不确定性的采购优化方案。

本场景主要是指企业建设供应链管理系统（SCM），集成寻优算法、知识图谱、5G等技术，实现采购订单的精准跟踪、可视化监控和采购方案动态优化。

供应链采购动态优化适用于特殊医学用途配方食品、乳源制品、营养保健品、功能性饮料、食品添加剂、茶叶等行业。这些行业都面临原材料市场价格波动和供应商交付不稳定的问题，这对企业成本控制、生产连续性和市场声誉产生负面影响。通过实施采购动态优化方案，能够应对市场变化和供应商不确定性，降低采购成本，保障生产稳定，提升企业市场竞争力，推动各行业的健康发展。

（2）场景实现的技术路径

在功能性食品行业中，供应链采购动态优化是提升企业运营效率和市场竞争力的关键环节。以下是实现采购订单精准跟踪、可视化监控和采购方案动态优化的技术路径：

①建设供应链管理系统（SCM）

集成化平台：构建一个集成化的供应链管理系统（SCM），整合采购、库存、销售、物流等环节，实现数据共享和业务协同。

实时数据更新：系统应具备实时数据更新功能，确保采购订单的状态、库存水平、物流进度等信息能够实时反映。

②集成寻优算法

需求预测与优化：利用大数据分析和机器学习算法，对历史销售数据和市场趋势进行分析，实现精准的需求预测。基于预测结果，系统自动调整采购计划，优化采购数量和时间。

动态调整：在采购过程中，根据实时数据和市场变化，动态调整采购方案。例如，当发现某一供应商的交货时间延迟时，系统能够自动寻找替代供应商并调整订单。

③应用知识图谱

供应商评估：构建供应商知识图谱，整合供应商的信誉、交货时间、产品质量等多维度信息，为采购决策提供支持。

风险识别：通过知识图谱识别供应链中的潜在风险，如供应商的财务状况变化、原材料价格波动等，并提前采取措施。

④5G 技术应用

实时监控：利用 5G 网络的低延迟和高带宽特性，实现采购订单的实时监控。通过物联网设备，实时跟踪原材料的运输状态和库存水平。

远程协作：支持远程协作功能，采购人员可以通过移动设备随时随地查看订单状态、与供应商沟通，从而提高工作效率。

⑤可视化监控

仪表盘与报告：系统提供直观的可视化仪表盘，展示采购订单的进度、库存水平、物流状态等关键信息。通过数据可视化技术，管理人员能够快速了解供应链的整体状况。

预警机制：设置预警机制，当订单延迟、库存不足或物流异常时，系统自动发出警报，提醒相关人员及时处理。

⑥采购方案动态优化

多因素考量：在优化采购方案时，综合考虑成本、质量、交货时间、供应商信誉等多因素，确保采购方案的最优性。

持续改进：基于实时数据和反馈，持续优化采购策略。例如，通过分析供应商的绩效数据，不断调整供应商选择和采购量。

通过上述技术路径的实施，功能性食品企业能够实现供应链采购的动态优化，提高采购效率，降低采购成本，增强供应链的灵活性和韧性。

14.5 解决方案建议（案例）

企业产供销一体化

某知名乳制品企业在全国范围内拥有多个奶源基地、生产工厂及全国性销售网络。在传统运营模式下，销售、生产、采购部门信息传递延迟。旺季订单激增时，生产和采购部门难以及时响应，订单交付延迟、客户流失；淡季市场需求下降，信息未及时传达，造成产品积压、资金占用。

1、技术路径与实施

一体化信息管理系统

系统集成：企业构建了集成化的供应链管理系统（SCM），整合了ERP（企业资源计划）、WMS（仓库管理）、BPMS（业务流程管理）、条码管理、OA（办公自动化）等多个系统，实现了数据的实时同步和共享。实时数据管理：通过与DataPipeline合作，企业建立了企业级实时数据融合平台，实现了异构数据节点间的实时同步与批量数据处理。

2、跨部门协同工作小组

协同机制：企业建立了跨部门协同工作小组，定期召开协调会议，共同制定计划、解决问题。通过这种机制，销售、生产、采购等部门能够实时共享信息，确保各部门之间的协同运作。定期会议：定期召开的协调会议成为各部门沟通的重要平台，通过共同制定计划和解决问题，提高了整体运营效率。

3、优化供应链管理

供应商合作：企业与供应商、经销商建立了长期合作关系，并共享数据，提升了供应链的响应速度与灵活性。库存管理：通过优化供应链管理，企业实现了库存的精细化管理，基本实现日清日结，并可查询库存动态。智能决策：利用大数据分析和人工智能技术，企业能够对供应链各环节的数据进行实时监控和分析，提供科学的决策支持。

4、成效与影响

订单交付及时率提升：实施产供销一体化后，订单交付及时率从80%提升至95%以上，客户满意度显著提高。库存周转率提高：库存周转率提高了30%，成本降低了25%，有效减少了资金占用。生产效率提升：生产效率提高了20%。

企业通过建设数字化供应链管理系统等模式实现供应链动态优化

某公司是一家全球领先的营养健康解决方案服务商，其业务覆盖全球 80 多个国家和地区，拥有超过 4000 名员工。面对复杂的全球市场环境和不断变化的客户需求，通过数字化转型和智能化升级，实现了供应链的动态优化，提升了企业的运营效率和市场竞争力。

1、数字化供应链管理系统（SCM）

系统集成：构建了集成化的供应链管理系统（SCM），整合了 ERP（企业资源计划）、WMS（仓库管理）、BPMS（业务流程管理）、条码管理、OA（办公自动化）等多个系统，实现了数据的实时同步和共享。

2、实时数据管理：通过与 DataPipeline 合作，建立了企业级实时数据融合平台，实现了异构数据节点间的实时同步与批量数据处理任务。

3、全球供应链整合

全球统一数据：通过数字化手段，统一了全球供应链的基础数据，包括物料、配方、质量标准等，确保全球各工厂能够基于统一的数据进行生产。

4、个性化定制与 C2M 模式

C2M 工业互联网平台：与阿里云合作，建立了 C2M 工业互联网平台，打通了消费端到生产端的全流程，实现了可视化、可追溯、可服务的商业模式。

5、成效与影响

供应链弹性提升：在疫情等不稳定因素的冲击下，供应链体系依然保持了稳定的生产交付能力。

运营效率提高：通过数字化转型和智能化升级，实现了降本增效，平台产生的数据达到 10 万亿字节，通过对信息资源的深挖和广泛应用，帮助企业提升了运营效率。

市场竞争力增强：通过供应链动态优化，不仅提升了自身的市场竞争力，还为全球客户提供更高质量的产品和服务。

五、路径与方法

1. 实施路径

在功能性食品行业的发展进程中，智能化改造、数字化转型与网络化联接已成为提升企业竞争力的关键要素。由于大中小企业在资源、技术、资金以及管理能力等方面存在差异，其实施路径也各有侧重。以下将以特医食品、食品添加剂及其他两类企业为典型，从智能化改造、数字化转型、网络化联接三个维度，细化为多个能力子域，并依据功能性食品行业大中小企业的特点划分优先级，旨在为不同规模功能性食品企业提供具有针对性的实施方案指引，助力企业精准施策，实现高效发展。

1.1 特医食品、乳源制品、功能性饮料行业

特医食品与乳源制品、功能性饮料行业存在显著差异，这与特医食品的特殊属性和严格监管要求紧密相关。

研发环节

特医食品：在智改数转网联实施中，研发环节需大量整合临床数据、患者营养需求数据以及疾病研究成果。大型特医食品企业可能利用人工智能深度分析这些数据，开发针对特定疾病的精准配方。例如，针对糖尿病患者的特医食品研发，要通过数据分析精准调控碳水化合物、膳食纤维等成分比例。这一过程数据专业性强、来源复杂，对数据管理和分析技术要求极高。

乳源制品与功能性饮料：研发更多基于市场调研和消费者偏好数据，如乳源制品会依据不同消费群体对口感、营养的需求调整配方，功能性饮料根据运动、提神等功能需求开发新品。数据相对更侧重于市场趋势和消费者反馈，技术应用深度和数据复杂性低于特医食品。

生产环节

特医食品：生产过程对精准度和稳定性要求苛刻，实施智能化改造时，需利用高精度传感器和复杂的自动化控制系统，确保每一批次产品在营养成分、生产工艺参数上的高度一致性，以满足特定患者群体的治疗和康复需求。数据采集和监控要覆盖原材料投入、生产流程的每一个细节，对生产设备联网和数据传输的及时性、准确性要求远超其他行业。

乳源制品与功能性饮料：虽然也注重生产质量，但在生产精度和稳定性要求上，特医食品更为严格。在乳源制品和功能性饮料生产过程中，设备智能化改造更多是为了提高生产效率、降低成本和保障基本质量标准。

质量管控

特医食品：质量管控贯穿产品全生命周期，实施数字化转型时，需建立严格的全流程追溯体系，从原材料采购、生产加工到销售使用，每一个环节的数据都要完整记录并可随时追溯。因为特医食品直接关系患者健康，任何质量

问题都可能引发严重后果，所以对质量数据的管理和分析能力要求极高。

乳源制品与功能性饮料：同样重视质量追溯，但特医食品在追溯的严格程度、数据完整性和准确性上要求更高。乳源制品和功能性饮料主要面向普通消费者，质量问题的影响范围和严重程度相对特医食品有所不同。

法规适配

特医食品：由于受到严格监管，在实施智改数转网联时，需确保所有数字化系统和数据管理符合相关法规标准，如产品注册审批流程、标签标识规范等。在数据管理和应用上，要特别注意患者数据的隐私保护和合规使用，企业需投入更多资源进行合规性建设。

乳源制品与功能性饮料：法规监管要求相对宽松，乳源制品和功能性饮料在数字化转型中，虽然也需遵循相关法规，但在数据合规和系统适配方面的压力低于特医食品行业。

但是特医食品与乳源制品、功能性饮料行业也同时存在着相同方向，以下是针对大中小企业实施路径的异同、实施方案建议以及能力子域的优先级划分：

1.1.1 大中小企业实施路径的异同

（1）相同点

基础建设：大中小企业都需要加强网络基础设施建设，提升网络带宽和稳定性，以支持数据传输和设备联网。

数据管理：都需要建立数据管理体系，确保数据的准确性、完整性和安全性，同时利用数据分析优化生产流程。

人才培养：都需要培养或引进具备数字化和智能化技术的专业人才。

供应链协同：都需要通过数字化手段提升供应链的透明度和协同效率。

（2）不同点

投资规模：大型企业通常有更多资金用于大规模的数字化转型项目，如建设智能工厂和工业互联网平台；中小企业则更倾向于采用轻量化、低成本的数字化工具。

技术应用深度：大型企业可以实施更复杂的技术集成和创新，如人工智能和大数据的深度应用；中小企业则更注重现有技术的快速应用和效益提升。

转型速度：中小企业由于决策链短，转型速度可能更快；大型企业则需要更多时间进行系统规划和集成。

1.1.2 实施方案建议

（1）大型企业

智能工厂建设：借助 5G、物联网、大数据等技术，建设 5G 全连接工厂和智能工厂，实现生产流程智能化监控与优化，提升效率和产品稳定性。

研发与创新：利用大数据和人工智能技术进行产品研发和定制化服务。

供应链优化：通过数字化平台，与供应商、经销商实时共享信息，实现供应链的实时监控和协同优化，提高响应速度和协同效率。

数据整合与智能决策：通过整合研发、生产、销售等多环节数据，构建智能决策系统，实现精准市场预测与资源调配。

（2）中型企业

设备升级与联网：广泛应用智能装备及信息化软件，实现车间设备互联互通。

生产过程优化：引入MES（制造执行系统）等软件，实现生产过程实时监控与质量追溯，提升生产透明度和效率。

营销与客户管理数字化：搭建客户关系管理系统，进行精准营销和个性化服务，拓展市场和提高客户满意度。

数据管理与应用：建立数据管理体系，利用数据分析提升生产效率和产品质量。

供应链协同：通过ERP系统优化采购、库存、物流管理，加强与上下游企业的数字化协同，提升供应链的稳定性和响应速度。

（3）小型企业

基础设施升级：加强网络基础设施建设，提升网络带宽和稳定性。

轻量化应用：采用订阅式服务和轻量化软件产品，降低转型成本。

数字化生态融入：积极对接行业龙头企业和工业互联网平台，开展协同创新。

业务流程优化：通过数字化手段优化研发设计、生产制造、仓储物流等业务环节。

1.2 食品添加剂等相关行业

1.2.1 大中小企业实施路径的异同

（1）相同点

数据管理与质量追溯：食品添加剂行业对产品质量和安全性要求极高，大中小企业都需要通过数字化手段建立从原材料采购到产品销售的全程追溯体系，确保数据的准确性和完整性。

供应链协同：企业需要加强与上下游企业的数字化协同，优化供应链管理，提升供应链的透明度和稳定性。

基础建设：都需要加强网络基础设施建设，提升网络带宽和稳定性，以支持数据传输和设备联网。

（2）不同点

投资规模与技术应用深度：

大型企业：有更多资金用于大规模的数字化转型项目，如建设智能工厂和工业互联网平台，可实施更复杂的技术集成和创新。

中型企业：倾向于采用性价比高的数字化工具和技术，逐步推进生产过程的智能化。

小型企业：更注重轻量化、低成本的数字化应用，如引入基础的 ERP 系统。

转型速度与灵活性：

大型企业：由于决策链较长，转型速度相对较慢，但转型更加系统和全面。

中小企业：决策链短，转型速度更快，能够快速响应市场变化。

1.2.2 实施方案建议

（1）大型企业

智能工厂建设：建设 5G 全连接工厂或智能工厂，实现生产过程的智能化、自动化和柔性化生产。

研发与创新：利用物联网、大数据和人工智能等技术对食品添加剂原料物性、营养特性、人群营养特征等进行数据采集和整合分析，推动符合消费人群特质的食品添加剂设计革新、品类创新，缩短研发周期。

供应链优化：打造供应链协同平台，通过数字化平台实现供应链的实时监控和协同优化，提升供应链的稳定性和响应速度。

数据管理与质量追溯：建立从原材料采购到产品销售的全程追溯体系，确保产品质量和安全性。

数据整合与智能决策：引入智能优化决策模型，实现企业经营、管理和决策的智能优化，促进销售、订单、生产指令、发货、物流、收款、财务结算等业务流程的线上化执行与协同。

（2）中型企业

设备升级与联网：广泛应用智能装备及信息化软件，实现车间设备互联互通。

生产过程优化：通过MES（制造执行系统）等软件实现生产过程的实时调度和优化。

数据管理与应用：建立数据管理体系，利用数据分析提升生产效率和产品质量。

供应链协同：加强与上下游企业的数字化协同，提升供应链的透明度和稳定性。

（3）小型企业

基础办公自动化：引入OA系统，实现公文流转、审批、考勤等自动化，提高办公效率和管理水平。

轻量化应用：采用订阅式服务和轻量化软件产品，如基础的ERP系统，降低转型成本。

业务流程优化：通过数字化手段优化研发设计、生产制造、仓储物流等业务环节。

数字化生态融入：积极对接行业龙头企业和工业互联网平台，利用电商平台、行业云平台拓展销售渠道和获取资源，开展协同创新，降低数字化转型成本和风险。

1.3 能力子域及优先级划分

(1) 优先级划分综述

大型企业：

优先级 1：智能工厂建设、研发与创新。

优先级 2：供应链优化、数据管理与质量追溯。

优先级 3：销售与服务。

中型企业：

优先级 1：设备升级与联网、生产过程优化。

优先级 2：数据管理与应用、供应链协同。

优先级 3：销售与服务。

小型企业：

优先级 1：基础设施升级、轻量化应用。

优先级 2：数字化生态融入、业务流程优化。

优先级 3：数据管理与质量追溯。

通过以上分步走策略，企业可以根据自身规模和发展阶段，选择适合的“智改数转网联”路径，实现高质量发展。

(2) 细分能力域优先级详细划分

根据 2024 年 6 月 1 日国家工信部正式实施的 GB/T43439-2023《信息技术服务数字化转型成熟度模型与评估》标准，结合江苏省功能性食品行业企业特性，建议大中小企业按照如下的细分能力域优先级进行“智改数转网联”建设。

能力子域		优先级			描述
		大型企业	中型企业	小型企业	
数字化生产	产品设计	1	2	3	利用数字化技术进行产品设计和仿真，提高设计效率和产品质量。
	工艺设计	1	2	3	优化生产工艺设计，通过数字化手段实现工艺参数的精确控制和优化。
	计划调度	2	2	2	实现生产计划和调度的智能化，提升生产效率和资源利用率。
	生产作业	1	2	2	通过物联网技术实现生产设备的联网和智能化控制，提升生产作业效率。
	质量管控	1	1	1	建立数字化质量管控体系，实现从原材料到成品的全程质量追溯。
	设备管理	2	2	2	利用物联网技术实现设备的远程监控和预测性维护，降低设备故障率。
	仓储配送	2	2	2	实现仓储和配送的自动化和智能化，提升物流效率和准确性。
	服务产品	3	3	3	通过数字化手段提升客户服务体验，提供个性化的产品和服务。
组织	组织建设	1	1	1	建立跨部门的数字化转型团队，明确各部门职责，确保转型战略的落地。
	转型战略	1	1	1	制定全面的数字化转型战略，明确短期和长期目标，涵盖研发、生产、供应链、销售等环节。
	流程管理	2	2	2	优化研发、生产、质量管控等流程，实现流程自动化和标准化，提升效率和质量。
	变革管理	2	2	2	推动组织架构和管理模式的变革，建立敏捷的组织文化，适应快速变化的市场环境。
技术	研发管理	1	2	3	利用大数据和人工智能技术进行产品研发和定制化服务，缩短研发周期，提高创新能力。
	技术创新	1	2	3	建设智能工厂，应用物联网、大数据、人工智能等技术，实现生产过程的智能化。
	信息安全	2	2	2	建立完善的信息安全管理体系，确保数据安全和隐私保护符合行业法规要求。
数据	业务数据化	2	2	2	实现业务流程的数据化，通过数据分析优化决策，提升运营效率。
	数据管理	2	2	2	建立数据管理体系，确保数据的准确性、完整性和可用性，支持数据驱动的决策。

	数据资产	3	3	3	将数据作为资产进行管理，挖掘数据价值，支持业务创新和市场拓展。
	数据业务化	3	3	3	
资源	基础设施	1	1	1	建设 5G 全连接工厂和工业互联网平台，提升网络基础设施的性能和稳定性。
	应用支撑资源	2	2	2	引入先进的数字化工具和平台，如 ERP、MES、CRM 等，提升业务运营效率。
	资金支持	1	2	2	有足够的资金投入用于大规模的数字化转型项目，确保项目的顺利实施。
数字化运营	数字化营销	3	3	3	利用数字化手段拓展销售渠道，提升品牌知名度和市场竞争力。
	数字化财务	2	2	2	实现财务流程的自动化和数字化，提升财务管理效率和风险控制能力。
	数字化供应链	2	2	2	通过数字化平台实现供应链的实时监控和协同优化，提升供应链的稳定性和响应速度。

大型企业：优先级 1 的能力子域是企业数字化转型的核心，需要重点投入资源进行建设；优先级 2 的能力子域是转型的重要支撑，需要逐步推进；优先级 3 的能力子域是转型的拓展方向，可根据企业发展情况逐步实施。

中型企业：优先级 1 的能力子域是企业数字化转型的基础，需要优先投入资源进行建设；优先级 2 的能力子域是转型的关键环节，需要重点推进；优先级 3 的能力子域是转型的拓展方向，可根据企业发展情况逐步实施。

小型企业：优先级 1 的能力子域是企业数字化转型的切入点，需要优先投入资源进行建设；优先级 2 的能力子域是转型的重要环节，需要逐步推进；优先级 3 的能力子域是转型的拓展方向，可根据企业发展情况逐步实施。

2.相关政策

2.1 《两化融合管理体系贯标》认定

(1) 内容介绍

两化融合管理体系是推动企业数字化转型的国家标准，主要致力于为企业数字化转型提供从发现问题到解决问题的全程服务，解决具体执行过程中方法工具支持、解决方案实施、管理机制落地、成效跟踪优化等问题。目前，两化融合管理体系相关的国家标准包括：

GB/T23000-2017《信息化和工业化融合管理体系基础和术语》。GB/T23001-2017《信息化和工业化融合管理体系要求》。GB/T23006-2022《信息化和工业化融合管理体系新型能力分级要求》。GB/T23007-2022《信息化和工业化融合管理体系评定分级指南》。

(2) 贯标流程

项目阶段	基本内容	交付成果
项目启动阶段	贯标项目启动会辅导。	启动会及相关会议材料等。
项目调研和诊断阶段	a.开展企业现状调研、数字化转型诊断及差距分析；b.数字化转型诊断方法辅导。	调研方案、调研问卷/访谈提纲、数字化转型诊断、调研及差距分析报告等。
体系策划阶段	策划贯标咨询方案/贯标工作实施方案，确定拟复盘的新型能力建设项目。	贯标咨询方案/贯标工作实施方案、体系文件编写清单等。
体系建立和运行阶段	a) 两化融合及数字化转型系列标准培训；b) 文件编写培训；c) 两化融合及数字化转型相关理论、政策、趋势等相关知识培训；d) 两化融合及数字化转型典型案例分析；e) 战略管理培训；f) 项目管理培训；g) 绩效管理培训；h) 组织管理和领导力建设培训；i) 战略管理	培训课程、复盘会及相关会议材料、管理活动辅导，以及两化融合管理体系文件、战略管理、项目管理、绩效管理、组织和领导力管理的相关工具模板等。

项目阶段	基本内容	交付成果
	复盘会及战略洞察、战略规划、战略解码辅导；j) 项目管理复盘会及项目管理辅导；k) 绩效管理复盘会及绩效管理辅导；l) 组织管理和领导力建设辅导；m) 文件编写辅导；n) 战略分解与新型能力策划辅导。	
体系评测和改进阶段	a) 两化融合内审员培训；b) 内审辅导；c) 管理评审辅导；d) 符合性审核；e) 基于评估诊断和监测测量结果实施体系改进的辅导。	内审员培训，内审、管理评审辅导及相关材料等。
第三方评定阶段	迎接审核相关的注意事项、辅导企业准备申请材料、审核发现问题整改辅导。	迎审准备及外审不符合整改辅导等。

(3) 咨询服务和认定服务

企业可基于《工业企业信息化和工业化融合评估规范》（国家标准 GB/T23020），利用国家两化融合公共服务平台江苏省分平台、开展两化融合及数字化转型重点指标自评，从而客观掌握企业自身数字化水平基本情况。自评评估登录网址为 <https://gq.dltx.com/>。

企业也可申请向工信部认可的审核机构进行两化融合管理体系贯标评级申请，由审核机构根据两化融合管理体系系列标准进行企业登记评定。企业可登 <https://pd.dltx.com/portal/index.html#/GatewayPage> 在网站首页的“评级结果查询”板块找到各个经过官方评级的咨询机构和审核机构进行贯标登记的申请评定工作。

2.2 《智能制造能力成熟度》（CMMM）认定

(1) 内容介绍

2021年5月《智能制造能力成熟度模型》（GB/T39116-2020）和《智能制造能力成熟度评估方法》（GB/T39117-2020）两项国家标准正式实施，各省市主管部门相继出台相关政策，鼓励企业基于智能制造国家标准开展智能制造能力成熟度标准符合性评估（简称“CMMM评估”）。

该标准在对国内外相关成熟度模型研究的基础上，结合我国智能制造的特点和企业的实践经验总结出的一套方法论，给出了组织实施智能制造要达到的阶梯目标和演进路径，提出了实现智能制造的核心要素、特征和要求，为内外部相关利益方提供了一个理解当前智能制造状态、建立智能制造战略目标和实施规划的框架。该模型参考借鉴了《国家智能制造标准体系建设指南》中智能制造系统架构提出的生命周期、系统层级和智能功能3个维度，对智能制造所涉及的活动、装备、特征等内容进行了描述。

成熟度等级规定了智能制造在不同阶段应达到的水平。成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为一级（规划级）、二级（规范级）、三级（集成级）、四级（优化级）和五级（引领级），如图所示，较高的成熟度等级要求涵盖了低成熟度等级的要求。

一级（规划级）：企业应开始对实施智能制造的基础和条件进行规划，能够对核心业务活动（设计、生产、物流、销售、服务）进行流程化管理。

二级（规范级）：企业应采用自动化技术、信息技术手段对核心装备和核心业务活动等进行改造和规范，实现单一业务活动的数据共享。

三级（集成级）：企业应对装备、系统等开展集成，实现跨业务活动间的数据共享。

四级（优化级）：企业应对人员、资源、制造等进行数据挖掘，形成知识、模型等，实现对核心业务活动的精准预测和优化。

五级（引领级）：企业应基于模型持续驱动业务活动的优化和创新，实现产业链协同并衍生新的制造模式和商业模式。

（2）认定流程

① 自评估

登录自评估平台

结合企业实际情况选择评价模型

② 确定评价域

结合企业的业务特点，选择需要评估内容

③ 现场评估

根据《智能制造能力成熟度模型》要求，实施现场评估

识别缺陷，确认待改进方向

④ 评估结论

给予分数与等级，确认评估结果：智能制造能力等级

给出评估报告/授予评估证书

（3）咨询服务和认定服务

企业可以通过智能制造数据资源公共服务平台（<https://www.c3mep.cn/>）开展智能制造能力成熟度自评估。通过自评估可判定企业智能制造整体水平，帮助企业识别当前智能制造发展现状，提供与同行业同地区企业对比分析报告。同时可以根据网站公示的咨询机构，寻找官方认可的咨询合作伙伴。

2.3 《数字化转型成熟度模型与评估》（DLMM）认定

（1）内容介绍

《信息技术服务 数字化转型 成熟度模型与评估》（GB/T 43439-2023）是我国数字化转型领域的重要通用性标准，确立了数字化转型成熟度模型的构成，定义了7个能力域、29个能力子域的要求，并从5个等级对企业数字化转型成熟度进行评估。

（2）认定流程

企业按要求提交星级评估申请，评估机构根据其申请材料，初步判断企业数字化转型成熟度是否符合所申请评估星级的要求，作出是否受理评估申请的决定。待受理评估申请后，评估机构按照企业所申请的评估星级要求，组织专家开展文件审查和现场评估工作，并按程序将推荐性结论和有关材料提交至专家委员会进行专家综合评审。

（3）咨询服务和认定服务

企业可登录 <https://gq.dltx.com/zhenduan> 开展数字化转型成熟度自评估。通过自评估可判定企业数字化转型整体水平。

2.4 《数据管理能力成熟度评估》（DCMM）认定

（1）内容介绍

GB/T36073-2018DCMM 数据管理能力成熟度评估模型（Data Management Capability Maturity Assessment Model）是我国首个数据管理领域国家标准。该标准适用于信息系统的建设单位、应用单位等机构，为其数据管理工作的规划、设计和评估提供规范依据，同时也可以作为针对信息系统建设状况的指导、监督和检查的依据。DCMM 模型定义了 8 个核心能力域、28 个能力项和 445 条评定指标，涵盖以下方面：

①数据战略：数据战略规划、数据战略实施、数据战略评估

②数据治理：数据治理组织、数据制度建设、数据治理沟通

③数据架构：数据模型、数据分布、数据集成与共享、元数据管理

④数据应用：数据分析、数据开放共享、数据服务

⑤数据安全：数据安全策略、数据安全治理、数据安全审计

⑥数据质量：数据质量需求、数据质量检查、数据质量分析、数据质量提升

⑦数据标准：业务术语、参考数据和主数据、数据元、指标数据

⑧数据生存周期：数据需求、数据设计和开发、数据运维、数据退役

（2）认定流程

①初步准备：明确评估目标并组建团队

②内部自评：参照 DCMM 标准进行自评

③文档审查：评估机构审查提供的文档

④人员访谈：与关键利益相关者进行访谈

⑤现场评估：验证工具和流程的执行情况

⑥报告与改进计划：分析结果并制定改进计划

⑦认证颁发：审核通过后获得 DCMM 认证

（3）咨询服务和认定服务

数据管理能力成熟度评估服务平台：<https://www.dcm-cfeii.com/>。同时可以根据网站公示的认定机构查询，寻找官方认可的咨询合作伙伴。

2.5 《数据安全能力成熟度模型》（DSMM）认定

（1）内容介绍

《信息安全技术数据安全能力成熟度模型》（GB/T37988-2019）（以下简称“DSMM”）是由阿里巴巴联合中国电子技术标准化研究院、国家信息安全工程技

术研究中心、中国信息安全测评中心等业内权威机构联合编写的国家标准，于2019年8月30日发布，2020年3月1日正式实施。数据安全能力成熟度评估（以下简称“DSMM评估”）是依据《信息安全技术 数据安全能力成熟度模型》（GB/T37988-2019）国家标准和《数据安全能力建设实施指南 V1.0》，对组织的数据安全开展能力评估。

（2）认定流程

前期沟通是项目的开端，双方通过交流明确项目目标、需求和预期；项目启动阶段，组建项目团队，制定项目计划，为后续工作奠定基础；现状调研旨在深入了解项目当前状况，收集相关数据和信息；现场评估则是实地考察，获取第一手资料；评估分析对收集到的数据和信息进行深入剖析，发现问题与不足；报告撰写将评估分析结果整理成报告，呈现项目全貌；专家评审邀请专业人士对报告进行审核，确保结论的科学性和准确性；末次汇报向相关方汇报最终成果，沟通项目结果与后续计划。

2.6 智能工厂认定

贯彻落实国务院办公厅印发的《制造业数字化转型行动方案》，按照《“十四五”智能制造发展规划》任务部署，构建智能工厂、解决方案、标准体系“三位一体”工作体系，打造智能制造“升级版”，工业和信息化部、国家发展改革委、财政部、国务院国资委、市场监管总局、国家数据局决定联合开展智能工厂梯度培育行动。

（1）卓越级智能工厂

申报条件：

申报主体在中华人民共和国境内注册，具有独立法人资格（石油石化、有色金属等有行业特殊情况的，允许法人的分支机构申报），并满足《智能工厂梯度培育要素条件》基础要求。

申报主体已完成智能工厂建设，智能制造水平处于国内领先，原则上应已获评先进级智能工厂，并达到卓越级智能工厂要素条件要求。

申报主体愿意配合开展现场核查，技术推广和典型案例交流等工作。

（2）江苏省先进级智能工厂

申报条件：

申报主体在江苏省境内注册，具有独立法人资格的工业企业（石油石化、有色金属、烟草、汽车等有行业特殊情况的，允许法人的分支机构申报，须有统一社会信用代码），企业和产品均具有较强市场竞争力。

申报主体生产经营正常（须提供近三年财务报表，经营不满三年的按实际年度提供财务报表），近三年未发生重大（含）以上安全、环保、质量事故（事件），未被列入严重失信主体名单。

申报主体已完成智能工厂建设，通过江苏政务服务网江苏省工业和信息化厅旗舰店智能工厂等级水平自评测达

到先进级智能工厂等级水平，且申报主体智能制造能力成熟度自评价水平达到 GB/T39116-2020《智能制造能力成熟度模型》二级及以上。

申报主体愿意配合开展现场核查、技术推广和典型案例交流等工作，对申报所有材料真实性负责（须提供真实性承诺）。

申报流程（参考 2025 年）：

申报主体编制《江苏省先进级智能工厂申报书》（附件 5），于 2025 年 3 月 20 日前在江苏政务服务网江苏省工业和信息化厅旗舰店完成线上申报。申报主体应对申报内容真实性负责，并确保申报材料不涉及国家秘密、商业秘密。

“筑峰强链”企业申报时可在江苏政务服务网江苏省工业和信息化厅旗舰店选择直报省工信厅，由所属集群产业处室初审推荐；非“筑峰强链”企业（含省属国有企业）的申报主体须由各设区市工业和信息化主管部门初审推荐。

推荐单位应于 2025 年 4 月 7 日前完成线下查验和线上审核，按推荐项目优先顺序填写推荐汇总表。其中：各设区市工业和信息化主管部门初审推荐须行文（一式 2 份）报送江苏省工业和信息化厅信息化发展处。

已入选 2024 年国家卓越级智能工厂的企业同时认定为省先进级智能工厂；入选原国家智能制造示范工厂揭榜单位、原国家数字领航企业、国家 5G 工厂且为原省智能制造

示范工厂的企业在省数字工信平台提交申报材料，经信用审查后直接认定为省先进级智能工厂。其他往年入选省智能制造示范工厂、省 5G 工厂、省工业互联网标杆工厂等单位满足申报条件的直接进入专家评审。

省工业和信息化厅会同相关部门组织开展评审认定和宣传推广工作。对符合条件的省先进级智能工厂能力建设提升项目将择优给予政策支持；对入选国家卓越级和领航级智能工厂的单位给予政策支持。发生重大（含）以上安全、环保、质量事故（事件），申报资料造假、严重失信等违规行为，不再符合省先进级智能工厂要求的企业，经核实后可取消省先进级智能工厂资质。

2.7 国家 5G 工厂名录认定

《国家 5G 工厂名录》是由工业和信息化部主导发布的项目，旨在深入推进“5G+工业互联网”创新发展，加快高水平 5G 工厂建设，推动数字经济和实体经济深度融合。以下是关于该项目的详细介绍：

背景：随着 5G 技术的快速发展，其在工业领域的应用逐渐成为推动制造业转型升级的关键。2022 年，工信部发布了《5G 全连接工厂建设指南》，明确提出推动万家企业开展 5G 工厂建设，建成 1000 个工厂，打造 100 个标杆工厂。

目标：通过遴选高水平的 5G 工厂，树立行业标杆，推动 5G 技术在工业生产各领域、各环节的全面应用，提升生产效率和产品质量，降低企业成本。

申报主体：项目申报主体涵盖制造业、采矿业、电力、港口等重点领域的企业。

评审流程：由省级工业和信息化主管部门、通信管理局推荐，经工业互联网战略咨询专家委员会评审通过，最终确定入选名录的 5G 工厂。

发布周期：2023 年首次发布《5G 工厂名录》，2024 年是第二次发布。2024 年 11 月 19 日，工信部在 2024 中国 5G+工业互联网大会上发布了《2024 年 5G 工厂名录》。

六、愿景与展望

在当前科技快速发展的背景下，功能性食品行业正全面推进智能化改造、数字化转型与网络化联接。这一进程将为行业带来系统性变革，展现出明确且极具潜力的发展前景。

智能化改造将重塑功能性食品的生产模式。在生产环节，智能设备将实现高度自动化操作，精确控制每一道工序。通过传感器实时采集生产数据，并运用人工智能算法进行深度分析，以此实现生产过程的自我优化与故障预警。例如，在原料混合工序中，智能设备依据预设营养配方精准调配各类成分，确保产品质量稳定均一。同时，智能化仓储管理系统能够自动完成原料与成品的存储、检索和调配工作，显著提高仓储效率，降低人力成本。

数字化转型将革新行业的运营与管理体系。企业借助大数据平台，对市场动态、消费者行为以及产品销售数据进行实时监测与深入挖掘。这不仅有助于准确预测市场需求，及时调整产品研发与生产计划，还能实现精准营销。通过分析消费者的健康数据和偏好，为不同用户群体定制个性化营销方案，进而提升产品的市场占有率。在企业内部管理方面，数字化办公系统实现信息即时共享与高效协同，使项目审批、团队协作等流程更加便捷高效。

网络化联接将构建全产业链紧密协同的生态系统。依托工业互联网，上游原料供应商、中游生产企业以及下游

销售商和消费者得以紧密连接。原料供应商能够实时获取生产企业的原料需求信息，实现精准供应；生产企业可依据市场销售数据及时调整生产策略；销售商则可通过网络平台与生产企业直接沟通，反馈市场需求与消费者意见。此外，消费者可以通过网络参与产品研发过程，提出需求与建议，形成从消费端驱动生产端的创新模式。

希望通过本行业指南的发布，实现以下愿景：

提升行业竞争力：通过智能化改造、数字化转型和网络化联接，帮助江苏省功能性食品企业提升生产效率、产品质量和创新能力，增强企业在市场中的核心竞争力。

引领行业发展方向：为江苏省功能性食品行业提供一套全面、系统的智改数转网联实施路径和方法，引导企业主动拥抱数字化技术，推动行业整体向高端化、智能化、绿色化方向发展。

促进产业升级：助力企业实现从传统生产模式向智能化生产模式的转变，推动功能性食品产业的转型升级，提升产业附加值。

推动新业态发展：支持江苏省功能性食品企业与电商平台、商超、社区生鲜等销售渠道进行产销对接，利用信息消费体验中心、直播平台等打造多元化消费场景。同时，鼓励企业拓展产业链，促进食品产业与康养、旅游、科教、文娱等产业融合发展。

形成产业集群效应：通过智改数转网联，促进江苏省内功能性食品企业之间的协同创新和资源共享，形成产业集群效应，提升区域产业的整体竞争力。

在数字化、智能化、网络化技术的推动下，江苏省功能性食品行业将成为健康产业的引领者。一方面，为消费者提供更优质、个性化且安全的功能性食品，助力提升生活品质、维护身体健康；另一方面，推动整个食品行业的技术升级与创新发 展，为社会的可持续发展贡献力量。

附件 1：人工智能典型应用场景

案例一：常州峪兰生物 AI 技术与合成生物学深度结合实现“阿魏酸香兰素”从设计到落地周期 18 个月

一、项目简介

智峪生科依托自研 AI 计算平台，赋能绿色制造工厂，推动行业向绿色、智能化、高端化转型升级。通过成功融合已知数据挖掘未知领域，以及设计工具从无到有的创造，公司赋能合成生物学 DBTL 和放大生产等各个环节，实现降本增效。同时，智峪生科将 AI 计算赋能贯穿于从实验设计到产品制造的全流程，实现了产品创新和资源的高效利用。

二、场景需求

香兰素是一种广谱香料，具有调味和定香的效果，主要应用领域包括：食品工业、医药中间体、饲料、调味剂和化妆品等。

香兰素类型产品中，“卷、污、慢”是行业普遍存在的问题。具体来说，“卷”是指传统化工或生物路线由于过于单一，容易形成内卷问题；“污”是生物制造的高污染、高能耗问题；“慢”则指新路线或新分子的研发周期长。面对这些挑战，行业急需解决这些问题，才能在市场拓展中立于不败之地。

三、解决方案介绍

相较于原有基于反复多次实验的研发范式，智峪生科通过 AI+合成生物学研发平台，由 AI 先在计算端进行研发生成，再进行实验验证，从而显著缩短研发时间，降低实验成本。

在酶设计、路径设计和细菌设计等方面，公司基于设计方案进行构建，再通过实验测试来验证设计是否达到预期目标。由实验产生的数据结果被用来学习和优化，并指导后续的设计工作。在信息和计算技术与生物技术的深度融合基础上，进而实现“设计-构建-验证-学习”（DBTL，Design-Build-Test-Learn）的循环。



图 22：智峪生科的自动化实验室

工艺方面，以阿魏酸作为底物酶转化生产的香兰素产品工艺简便，在污染和能耗方面具有显著优势。与传统发酵法相比，该工艺所需的设备规模更小，几乎不产生废水

排放，实现了高效率和环保的目标。此外，该工艺在设备投入和能耗上大幅度降低，污染排放量远低于化工法，甚至优于传统生物制造法。

在新工艺路线的开发方面，智峪生科通过运用 AI 技术，显著加速了这一过程，将原本需要数年时间的研发周期大幅缩短至数天。创纪录地实现了香兰素从项目启动到产品大规模生产的整体周期仅用了一年半时间，这也标志着 AI 生物制造的产业化能力得到了实际验证。

在元件挖掘方面，智峪生科基于 AI 技术，仅用不到 1 周时间就通过功能计算序列成功预测出具有活性的酶，并通过实验验证；在元件优化方面，通过 AI 全理性设计酶改造技术，仅耗时 3 个月即获得更好的酶变体，并进行实验验证。

四、项目效果

智峪生科将 AI 计算（IT）和设计完全整合到合成生物学的研发（BT）和量产（VT）上，还将其独特的 T³业务模式在生产线上成功验证，实现从反应路线设计到相关生物元件的挖掘、设计及改造，再到自动化高通量智能化的研发和生产。智峪生科突破性地仅用 1 年半时间便实现了从 AI 蛋白设计到天然阿魏酸香兰素（以下简称“香兰素”）产品的突破性研发，并且具有低成本和百吨级稳定量产潜力。

五、项目经验

目前，智峪生科基于 AI 和合成生物学的深度融合，正在通过产品矩阵的方法，为拓展业务做准备，其产品管线涵盖了天然香料、化妆品原料、功能食品添加剂等多个领域。



图 23：智峪生科一站式制造平台

AI 与生物技术的结合，在生物制造领域展现出巨大的潜力。尽管 AI 在生物制药领域，如虚拟筛选等方面已有相关成果，但在临床试验等后期阶段的作用尚未达到预期。相比之下，AI 在生物制造领域从酶的设计、挖掘到改造的不同层面都能够提供赋能。

未来，如果 AI 能够进一步渗透到生物制造的各个层面，包括酶催化、后处理工艺和质量检测，实现全流程的数字化和信息化，则有望打造无人化的“黑灯工厂”。这样的工厂将能够按需定制产品，减少人力资源需求，提高生产效率和环保性。

案例二：雀巢使用 AI 解决方案优化粉状饮料产品 Nesquik 和 Ovaltine 的生产

一、项目简介

雀巢与 AVEVA 合作开展了一个“灯塔”项目，希望通过此项目优化其粉状饮料产品 Nesquik 和 Ovaltine 的生产。

二、场景需求

在雀巢工厂，产品 Nesquik 和 Ovaltine 的造粒过程一般是由操作人员手动进行的。然而人工操作在这一流程中具有相当明显的弊端：工厂的生产线每 30 至 60 分钟就要通过手动取样来检测粉末的水分和密度。这种人工操作方式使得操作人员在每次生产过程中只能获得滞后的指标，最终导致粉末的质量不稳定。这还导致了产品的浪费，因为雀巢需要往罐内放入更多的粉量，以达到视觉上令人满意的填充面。由于缺乏数据驱动的方法，产品水分和密度偶尔会出现无法预期的波动。这意味着产品即使达到了规定的重量要求，但容器的填充面却不一致，微小的波动却会造成天壤之别，远远达不到产品的出厂要求，随之而来的就是重复纠正、调整甚至全盘返工。

三、解决方案介绍

雀巢借助 AVEVA 的软件设计了一种基于 AI 的解决方案，利用实时生产数据和高级分析技术来限制波动，实时预测产品的密度和水分，大大优化了其造粒工艺。同时可

以为操作员提供可调变量的建议，以便他们能够独立制作出更具一致性的粉末。

项目能够根据实时生产数据预测粉末的水分和密度，并给出设定值建议，以将这两项参数保持在理想范围内。完整高效的数据架构有序搭建起来：

数至云端：团队首先需要将生产数据上传到云端，以便利用人工智能和机器学习进行高级分析。

数据互联：团队利用 AVEVA Historian 将韦弗利工厂其中一个造粒塔的必要过程数据传输到 CONNECT 数据服务中。

全盘可视：通过 CONNECT，雀巢为操作人员快速搭建了一个仪表板，以直观显示预测的水分和密度以及建议的过程设定值，所有这些都由 AVEVA Advanced Analytics 提供支持。

精确直观：操作人员可以查看位于数据采集系统（SCADA）屏幕旁的定制仪表板，该仪表板显示密度和水分的预测值和实际值。

一以贯之：设定值建议面板使过程控制变得更加精准，消除了不必要的猜测。操作人员只需遵循 AVEVA Advanced Analytics 的指导，即可确保产品的一致性。



图 24：操作仪表盘显示密度和水分的预测值和实际值

实际值以绿色标示。操作人员遵循 AVEVA Advanced Analytics 提供的设定值建议，以确保产品的一致性。

四、项目效果

雀巢项目团队利用历史的过程和实验室数据来训练无代码分析模型，建立了密度和水分等产品质量参数与过程变量之间的相关性，并取得了非常显著的成果。这些模型会自动生成设定值建议，供操作人员在工厂进行设备调整时使用。在“灯塔”项目的一班八小时试验中，团队观察到生产出的粉末更加稳定，水分和密度也达到了最佳水平。实验结束时，收集到的废料几乎是空的，细粉的流通量大幅减少，说明浪费的粉末被大幅缩减。

雀巢在输送带下方使用直列检重秤，实时称量每件经过的产品。团队发现试验中产生的粉末水分始终较高，而密度较低，因此无需过量填充罐子以达到所需的填充面。试验结束时发现，每生产 10 个 1 千克装罐，雀巢就能节省

1 千克的粉，使用 AVEVA 的 AI 解决方案帮助雀巢节约了 10% 的成本。



图 25：人工智能计算在预测产品密度方面的准确性

五、项目经验

解决方案的灵活性和可拓展性极高。在云端运行这种解决方案让公司能够轻松地将分析模型推广到不同地区的其他工厂，而无需投资额外的本地基础设施，不仅加快了部署过程，还确保了全球各地轻松复制更新和改进。在技术的护航下，雀巢可以在云端更快地实施新功能、进行 A/B 测试和部署更新，从而不断优化过程，保持竞争优势。雀巢计划将这一方法推广到其他采用类似造粒工艺生产的雀巢产品中，譬如 **Carnation Breakfast Essentials** 早餐营养品和麦芽奶，团队同时也打算使用这种方法来优化披萨饼皮生产的一致性。

案例三：蒙牛“萃智牛博”：AI赋能快消品研发新速度

一、项目简介

聚焦快消品研发效率低、信息获取难的问题，蒙牛通过“萃智牛博”项目，结合文献助手与专利助手，实现文献检索、专利分析及知识管理的智能化，显著提升研发效率与知识复用能力，加速新品上市进程。

二、场景需求

乳源制品行业竞争激烈，新品上市的时效性至关重要，需要高效地进行配方设计和产品创新。但研发工作受限于信息获取的挑战，如海量的研发文献、专利信息，以及复杂的跨领域检索需求，使得传统人工方式在信息搜集、关键点提取方面效率低下，且易遗漏关键信息，导致研发前期的时间周期过长，难以快速响应快速迭代的市場趋势。

此外，研发过程中积累的知识和经验分散在个人手中，缺乏系统管理和复用机制，进一步降低了整体研发效率。因此，研发团队亟需一套高效的解决方案，以应对信息爆炸、加速研发进程、降低研发成本，并确保知识的积累与复用。

三、解决方案介绍

“萃智牛博”项目构建了文献助手与专利助手，协助研究人员整理总结翻译相关内容，推荐检索结果并优化，解读并提取文献专利信息。

1、文献助手

通过海量的研发文献数据库提取关键性信息，建立高效的知识体系，节省研究人员花费在检索研发文献中的时间，具体由 3 个 Agent 组成：

检索解析 Agent：通过国内外主流文献数据库 API 直接导入至蒙牛 AI 中台，并支持关键词查询与智能化推荐。

全文解读 Agent：萃取选中文献与专利当中的关键信息并结构化呈现，支持翻译与问答形式的交互。

分析 Agent（研发测试中）：分析文献的趋势热点、技术功效关系、网络分析与技术专利空间。



图 26：蒙牛开发的萃智牛博 AI 项目（文献助手）

2、专利助手

通过专利数据库、专利文献进行检索与分析：提高专利信息处理的效率和准确性，具体由 3 个 Agent 组成：

检索策略优化 Agent：确定检索主题检索相关专利、获取专利信息表。

专利分类标注 Agent：处理专利信息、技术功效词数据集、分类模型。

功效矩阵构建与应用 Agent：由 AI 自动化专利分类标注、自动化技术功效统计、自动化制作矩阵图、技术功效矩阵的应用。

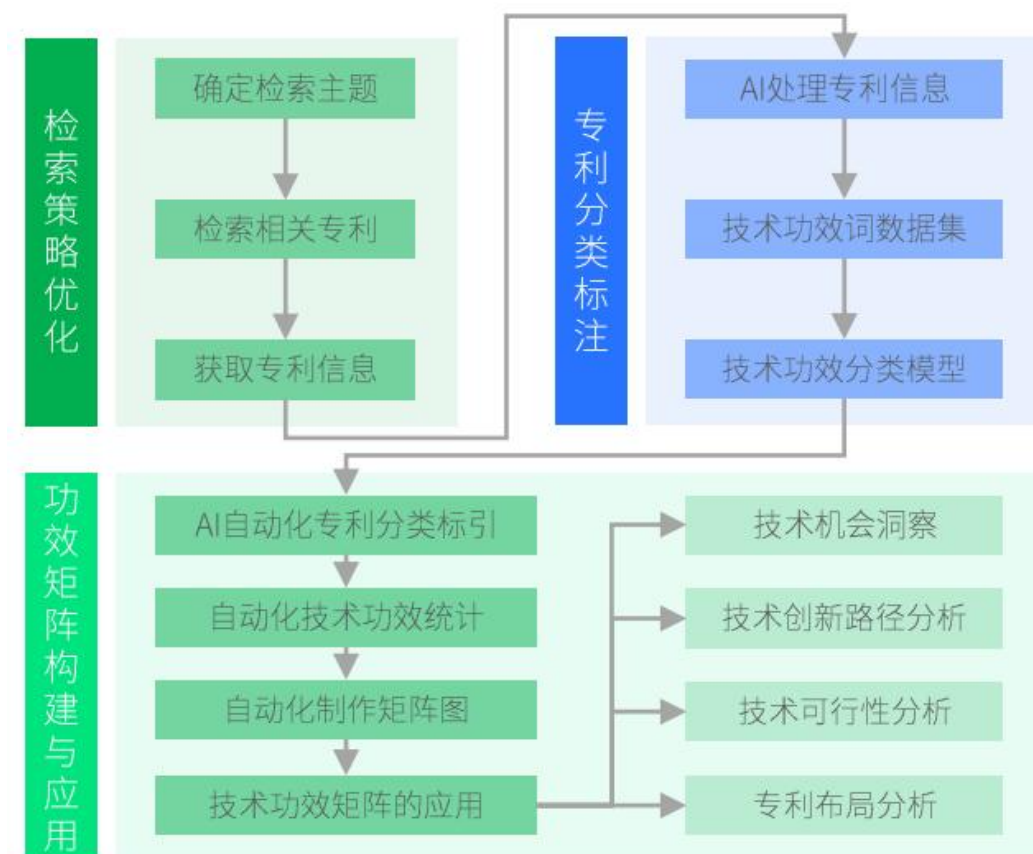


图 27：蒙牛开发的萃智牛博 AI 项目（专利助手）

四、项目效果

首创了集成配方开发和专利研究的平台，为研发团队提供专利战略支持，助力其优化研发布局。提效降本显著减少文献查询和信息筛选的时间，阅读速度提升 87.5%（每年节约超 630 人·天，相当于 2.5 名高级研发工程师）。

分析交付周期缩短 83.3%（每年节省技术调研时间超 150 周，相当于 3 名专利工程师）。

缩短从健康需求识别到产品开发的周期，帮助团队快速了解各个成分具体效果，推出市场化的方案。节约文献调研（从四月开始一共阅读超过 76000 篇）/专利分析/知识库开发费用近百万元。自动化与智能化 AI 在专利信息采集、分析和摘要生成中显著减少了人工的干预，提高效率与准确性。同时，更智能化的根据成分以及文献内容分类文献，降低了试错成本，提高了检索效率。

五、项目经验

成功的 AI 应用应该以使用者为中心，聚焦实践效能提炼总结文档内容是大模型的核心基础能力，不少基础模型厂商都在网页端提供了类似的问答服务，而在企业内部的 AI 应用推广应优先考虑易用性和实用性，确保其能够切实解决用户痛点。

“萃智牛博”通过集成 AI 能力至现有平台，并提供便捷功能，有效降低了使用门槛，并通过打磨细节提高使用体验，促进了 AI 在日常工作流程中的深度融合。如将搜索出来的文献内容发送到个人邮箱，做到留痕并容易整合，同时提供 AI 问答模式让其理解文献内容，提取关键信息更加便捷。

附件 2：投入改造清单及图谱

1.行业智能化改造装备清单

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/ 进口
通用	压片机	成型功能 密度调节 改善物料特性 批量生产	200-400	进口
通用	包衣机	形成保护膜 修饰外观 调节口感和气味 控制释放特性	200-320	国产
通用	整粒机	粉体颗粒的整形和均匀化 破碎团聚物以获得均匀颗粒	150-250	国产
通用	制粒机	将粉末压制成颗粒 增加粉体的流动性和密度	180-260	国产
通用	离心机	固液分离 液体中杂质的分离和纯化	180-260	进口
通用	均质机	颗粒的细化与均匀分布 提高食品乳化和稳定性	350-450	进口
通用	灌装机	将液体、粉体或颗粒产品 精确填充到包装容器中 提高灌装速度和精度	2500-4500	进口
通用	发酵罐	控制环境条件进行微生物 发酵 提供稳定的发酵工艺环境	150-250	国产
通用	空压机	供应压缩空气作为动力源 或气体支持 驱动气动设备	400-500	进口
通用	提取罐	从原材料中提取有效成分 支持溶剂、热水或其他介质的浸提工艺	50-70	国产
通用	机械臂	自动化搬运、装配和包装 提高生产效率和精度	50-70	进口
通用	粉剂充填机	定量填充粉末到包装容器 保证高精度和均匀分装	800-1200	国产
通用	沸腾造粒机	将粉末造粒，通过热风干燥成型 提高颗粒均匀性和流动性	30-50	国产
智能在线检测	EBI 检测系统设备	检测包装完整性和密封性 检查内容物是否合规	350-450	国产

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/ 进口
智能在线检测	紫外激光赋码系统设备	通过激光技术进行产品标识编码 提供精确、高耐久的激光刻印	110	国产
产品平台化设计	气质色谱仪	分离和检测复杂样品中的化合物 分析食品成分和检测微量污染物	70-120	进口
产品平台化设计	高效液相色谱仪	定性和定量分析食品中的化学成分 检测功能性食品的有效成分	18-35	进口
智能在线检测	液位泄漏检测机	检测容器内液体的液位高度是否符合标准 检查包装容器的密封性能	80-200	国产
智能在线检测	旋盖检测机	检查瓶盖的密封性和旋紧程度 识别瓶盖缺陷和漏装	20-40	国产
智能在线检测	X射线异物检测机	检测食品包装中是否存在金属、玻璃、骨头等异物 保证食品安全性	40-60	国产
智能在线检测	金属探测器	检测食品中是否混入金属异物 保障食品生产的安全性	15-50	国产
智能在线检测	糖测定仪	测量食品中糖分的含量 监控产品甜度指标	18-35	国产
智能在线检测	气动样品输送系统	高效运输样品至分析或检测站点 提高样品转移速度和精度	100-180	国产
无人仓储及智能物流	自动包装系统	完成食品包装的全自动化操作 提高包装效率与一致性	100-180	国产
无人仓储及智能物流	自动装卸载机	实现产品的自动装载与卸载 减少人工干预，提高物流效率	900-1200	国产
无人仓储及智能物流	升降输送带设备	提供物料的垂直输送和提升功能 实现空间优化与高效运输	350-450	国产
无人仓储及智能物流	篮筐输送设备	自动输送盛装原料或产品的篮筐 支持多工位作业衔接	250-350	国产

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/ 进口
无人仓储及智能物流	标签检测机	检测标签的完整性与准确性 识别标签缺失、偏移或印刷不良	10-20	国产
无人仓储及智能物流	叉车 AGV	自动化叉车, 执行物料运输和堆垛任务 支持精准导航和路径规划	40-60	国产
无人仓储及智能物流	机器人自动装箱码垛设备	自动化完成装箱与码垛作业 提高生产线的整体效率	1000-1300	国产
无人仓储及智能物流	装箱码垛机器人	执行产品的装箱、堆叠与排列任务 实现高精度与高速度操作	1800-2200	进口
远程能耗监测	制冷机组	提供制冷功能, 维持生产所需的低温环境 支持冷链存储和运输需求	600-800	国产
通用	真空混料机	实现真空环境下的物料均匀混合 防止氧化并提升混合质量	35-45	国产
质量智能检测	杀菌机组	消灭产品中的细菌和微生物 提高食品的安全性和保质期	110-130	国产
生产流程优化	全自动液体包装机	实现液体产品的自动化灌装与包装 提供密封性优良的包装效果	20-30	国产
生产流程优化	缩膜套标机	实现包装产品的热缩膜标签套标操作 提高产品外观美观性和标签稳定性	30-45	国产
智能在线检测	在线称重及字码异常视觉剔除系统设备	实时检测产品重量和标签字码是否异常 自动剔除不合格品	160-250	进口
远程能耗监测	热能、冷凝水回收系统	回收生产过程中产生的热能与冷凝水 提高能源利用效率	45-55	进口
生产流程优化	菌种添加系统	精确添加发酵或生产所需菌种 提供稳定的菌种投料控制	90-110	进口
污染治理智能调控	无菌空气系统	提供生产环境所需的无菌空气	60-80	进口

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/ 进口
		防止产品受微生物污染		
污染治理智能 调控	无菌水系统	生产和输送无菌水用于食 品加工 确保产品的卫生与安全	45-60	进口
污染治理智能 调控	浸入式杀菌 机系统	通过液体浸泡杀菌产品表 面和内容物 提高杀菌效率和均匀性	1200-1400	进口
污染治理智能 调控	托盘自动清 洗设备	对生产用托盘进行高效清 洗与消毒 提升生产卫生条件	75-85	国产
通用	双锥干燥器	对物料进行均匀干燥和混 合 适用于热敏性和含湿物料	600-700	国产
通用	螺杆冷水机 组	提供工业冷却需求的低温 水源	150-180	国产
污染治理智能 调控	污水处理成 套设施	对生产废水进行净化处理 达到排放标准或回用目的	450-500	国产
生产流程优化	自动控制系 统	实现生产设备的自动化控 制与监测 提高生产线稳定性与效率	150-180	国产
通用	恒温振荡培 养箱	提供恒温环境用于培养微 生物 兼具振荡功能以促进培养 效果	10-14	国产
通用	蒸发浓缩设 备	去除溶剂以提高物料浓度	280-300	国产
通用	喷雾干燥设 备	将液体物料快速干燥成粉 末 保留功能性成分并提高流 动性	180-200	国产
通用	热风循环烘 箱	提供均匀的热风环境用于 干燥物料	16-20	国产
生产流程优化	全自动胶囊 充填机	自动完成胶囊壳填充粉剂 或颗粒 提高填充速度和一致性	20-30	国产

2.数字化转型数据要素清单

序号	场景	数据要素类型	描述
1	产品平台化设计	设计数据	成分、规范、参数等
2	产品平台化设计	仿真数据	性能测试结果
3	产品平台化设计	AI 训练数据	历史设计与约束条件
4	产品工艺虚拟仿真	产品特征数据	材料、几何参数等
5	产品工艺虚拟仿真	工艺过程数据	切削速度、温度、加工时间等
6	产品工艺虚拟仿真	生产环境数据	设备性能和环境条件
7	产品工艺虚拟仿真	历史数据	工艺优化方案与反馈记录
8	产线及工厂三维优化设计	工厂布局数据	设备位置、物流路线等
9	产线及工厂三维优化设计	生产流程数据	工艺流程、物料流转信息
10	产线及工厂三维优化设计	资源配置数据	设备性能、人力分布等
11	产品协同测试验证	设计与需求数据	产品结构和设计参数
12	产品协同测试验证	仿真与测试数据	功能、性能测试结果
13	产品协同测试验证	数字样机数据	完整的产品数字模型与验证数据
14	生产工艺优化	生产数据	工艺参数、设备状态、收率等
15	生产工艺优化	传感数据	工艺过程、设备运行数据
16	生产工艺优化	优化数据	通过大模型得出的工艺控制策略
17	多工厂/多基地协同排产	订单数据	订单数量、交货期、优先级等
18	多工厂/多基地协同排产	生产能力数据	各工厂/基地产能、设备状态等
19	多工厂/多基地协同排产	仓储数据	原料库存、物料需求、运输安排等
20	多工厂/多基地协同排产	设备数据	设备性能、故障记录、维修状态等
21	无人仓储及智能物流	订单数据	订单状态与配送需求信息
22	无人仓储及智能物流	仓储数据	库存、货物存放与出入库记录
23	生产流程优化	生产数据	任务、原材料、资源等信息
24	生产流程优化	异常数据	插单、故障、物料短缺等信息
25	生产流程优化	优化数据	调整排程与调度规则的实时数据
26	生产流程优化	约束数据	生产过程中的资源限制、设备能力等条件
27	质量智能检测	质量数据	缺陷种类、位置等信息

序号	场景	数据要素类型	描述
28	质量智能检测	生产数据	工艺参数、设备状态等信息
29	质量智能检测	缺陷分析数据	缺陷原因与趋势分析结果
30	安环监测与监管	安全风险数据	危化品、危险环节等信息
31	安环监测与监管	污染源数据	污染源监测数据
32	安环监测与监管	监测数据	实时安环数据
33	远程能耗监测	能耗数据	各环节的能耗信息
34	远程能耗监测	优化数据	优化分析结果
35	远程能耗监测	能源平衡数据	能源使用与消耗平衡信息
36	设备在线监测维护	设备状态数据	实时设备运行数据
37	设备在线监测维护	维护数据	设备维护历史与预测信息
38	产品运维及后市场服务	库存与物流数据	配件与物流信息
39	产品运维及后市场服务	产品信息数据	产品生命周期与服务数据
40	人员数字化管理	绩效数据	员工工作表现与绩效记录
41	人员数字化管理	培训数据	员工学习进度与培训效果
42	客户洞察与营销管理	客户数据	客户行为、需求、历史交易等数据
43	客户洞察与营销管理	经营数据	销售、市场活动等运营数据
44	财务智能化管理	财务数据	包括账务信息与资金流动数据
45	财务智能化管理	业务数据	与财务管理相关的业务数据
46	供应链产品质量追溯	产品反馈数据	用户反馈与质量问题数据
47	供应链产品质量追溯	供应链数据	产品生产、出厂与物流信息
48	供应链断链预测预警	供应链数据	生产计划、库存、物流等环节的实时数据
49	供应链断链预测预警	风险指标数据	交货延迟、运输堵塞等关键指标数据
50	多级供应商采购管理	供应商数据	供应商信息、供应记录与质量数据
51	多级供应商采购管理	采购数据	订单、交货时间、质量标准等

3. 知识模型资源清单

序号	场景	知识模型	描述
1	产品平台化设计	设计模型	化学合成、几何、性能、参数化建模
2	产品平台化设计	仿真模型	性能评估算法
3	产品平台化设计	AI生成模型	优化设计方案
4	产品工艺虚拟仿真	工艺仿真模型	模拟加工路径和参数优化
5	产品工艺虚拟仿真	数据驱动模型	基于 AI 调整工艺参数
6	产品工艺虚拟仿真	生产优化模型	提升效率、减少资源浪费
7	产线及工厂三维优化设计	数字化建模	工厂和产线的流程与布局模型
8	产线及工厂三维优化设计	仿真优化模型	提升产线性能与资源配置效率
9	产品协同测试验证	协同研发模型	支持多方协作的设计与验证流程
10	产品协同测试验证	数字样机模型	产品生命周期数字化模型
11	产品协同测试验证	问题定位模型	机器学习快速定位设计缺陷
12	生产工艺优化	工艺优化模型	调整工艺流程优化生产
13	生产工艺优化	数字孪生模型	虚拟化生产线，支持自适应控制
14	生产工艺优化	大模型策略	分析不同生产条件下的最佳控制方案
15	多工厂/多基地协同排产	生产调度模型	基于能力与订单优先级优化排产
16	多工厂/多基地协同排产	智能优化模型	智能调度资源，实现全局优化
17	多工厂/多基地协同排产	供应链协同模型	优化跨厂/基地的物料与资源流动
18	生产流程优化	排产优化模型	优化生产计划，减少瓶颈，提高效率
19	生产流程优化	异常检测模型	实时监控生产异常并自动响应
20	生产流程优化	自适应调度模型	智能调整生产排程与调度
21	生产流程优化	资源配置模型	自动匹配生产资源，避免浪费
22	质量智能检测	质量检测模型	机器视觉与大数据支持实时检测
23	质量智能检测	缺陷分析模型	分析缺陷原因与趋势
24	质量智能检测	质量追溯模型	实现产品全生命周期质量追溯
25	安环监测与监管	风险监测模型	实时监控安全风险
26	安环监测与监管	污染物管理模型	监控污染物排放
27	安环监测与监管	预测与预警模型	智能风险预测与预警

序号	场景	知识模型	描述
28	远程能耗监测	能效平衡模型	优化能源配置
29	远程能耗监测	优化调度模型	调度与能源配置优化
30	设备在线监测维护	诊断模型	AI 分析设备状态进行故障预测
31	设备在线监测维护	维护优化模型	优化维护方案，提升可靠性
32	产品运维及后市场服务	资源优化模型	优化资源配置
33	产品运维及后市场服务	生命周期管理模型	管理产品全生命周期
34	人员数字化管理	绩效分析模型	分析员工绩效趋势与问题
35	人员数字化管理	学习进度追踪模型	追踪员工学习进度与技能提升
36	客户洞察与营销管理	客户需求分析模型	预测和识别客户需求
37	客户洞察与营销管理	客户价值识别模型	分析并识别高价值客户群体
38	财务智能化管理	自动化处理模型	通过 RPA 实现财务流程自动化
39	财务智能化管理	资金响应模型	实时响应业务活动中的资金需求
40	供应链产品质量追溯	质量追溯模型	跟踪产品质量问题及其根源
41	供应链产品质量追溯	研发优化模型	基于反馈数据优化产品设计参数
42	供应链断链预测预警	供应链风险评估模型	评估潜在的供应链断链风险
43	供应链断链预测预警	报警阈值模型	设定关键风险指标的报警触发条件
44	多级供应商采购管理	供应商优化模型	通过大数据分析优化供应商选择与管理
45	多级供应商采购管理	供应链协同模型	促进供应商间的协作与信息共享
46	无人仓储及智能物流	仓储布局优化模型	优化仓库空间利用与货物存储方式
47	无人仓储及智能物流	路径优化模型	基于算法优化搬运与运输路径

4. 工具软件清单

序号	工具软件	描述	投入区间 (万元)	国产/进口
1	ERP	集成企业资源，涵盖财务、供应链、生产、销售等模块，优化管理与流程	10-200	国产
2	PLM	配方设计与管理软件协同设计平台，基于 AI 的创成式设计工具，用于快速生成设计方案	10-200	进口/国产
4	CAFD	计算机辅助食品设计软件（CAFD）支持加工路径规划和参数优化	0.5-2/年	进口
5	AutoCAD	广泛应用于食品加工设备布局和工艺流程图设计，支持高精度的二维和三维绘图	0.8-2/年	进口
6	MES	实现生产过程管理、调度与执行，确保产品质量与生产效率	15-700	国产
7	SRM	管理供应商关系，优化采购流程、供应链协作及合同管理	30-300	国产
9	OA	提供办公自动化支持，包括日程安排、文件管理、内部协作等	2-50	国产
10	WMS/WCS	仓储管理系统，优化库存管理、物流调度与仓库操作	50-500	国产
11	CRM	客户关系管理，追踪销售机会、客户信息及售后服务	10-100	国产
12	LIMS	实验室信息管理系统，支持样本管理、实验数据处理和报告生成	50-100	国产
13	EMS	能源管理系统，监控和优化企业能源使用，提升能效	20-150	进口/国产
14	标识解析平台	提供产品标识和信息解析，支持全程追溯和防伪管理	20-400	国产
15	DCS	分布式控制系统，监控与自动化管理生产过程中的设备与工艺	200-1500	国产
16	QMS	质量管理体系实现产品全程追溯，	20-150	国产

序号	工具软件	描述	投入区间 (万元)	国产/进口
		防止伪造、窜货及提升质量管理		
17	EMS	设备故障预警与诊断系统实时监测设备运行状态，预警潜在故障并提供诊断	20-100	国产
18	大数据自助分析系统(BI)	分析公司数据，支持自助式报表生成与决策辅助	50-1000	国产
20	一物一码	为每个产品分配唯一二维码，提供溯源、防伪和库存管理功能	150-400	国产
21	财务核算系统	支持财务核算、会计凭证、资产管理与报表生成	5-200	国产

5. 网络化联接设备清单

适用场景	设备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/ 进口
通用	网络服务器	提供数据存储和管理服务 支持多种协议和用户请求处理	1-2	进口
通用	工控机	专为工业环境设计，运行控制软件和数据处理 提供稳定的计算平台，适应恶劣环境	8-10	进口
通用	设备控制器	控制和监控设备运行状态 实现自动化控制与调节	10-30	国产
通用	网络交换机	管理和转发数据包在网络中流通 提供局域网（LAN）内的设备间通信	5-8	国产
通用	分布式存储系统	分布存储大量数据，提高数据的可访问性与可靠性 支持数据冗余和故障恢复功能	5-8	国产
通用	防火墙	监控和控制进出网络的数据流量 保护内部网络免受外部攻击和未授权访问	1-2	国产
通用	数据加密设备	对敏感数据进行加密保护 确保数据传输与存储的安全性	2-6	国产
通用	PLC（可编程逻辑控制器）	执行自动化控制任务，控制生产过程 提供可靠的工业自动化控制平台	0.5-2	国产
远程能耗监测	数据采集模块	收集传感器数据并进行初步处理 支持多种数据输入格式和接口	0.5-2	国产
远程能耗监测	工业 IoT 传感器	监测环境参数，如温度、湿度、压力等 实现远程数据传输和实时监控	1-2	国产
产线及工厂三维优化设计	VR/AR 设备	提供虚拟现实或增强现实体验 支持工业培训、远程操作和可视化展示	8-20	国产

适用场景	设备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/ 进口
通用	边缘计算设备	在数据源附近进行数据处理和分析 降低延迟，减少数据传输负担，提高实时响应能力	8-20	国产
质量智能检测	机器视觉设备	捕捉并分析图像，进行质量检测 and 自动化操作 支持精确的缺陷识别和分拣任务	8-20	国产
通用	5G 网关	提供 5G 网络连接，支持高速数据传输 用于连接设备与云端或本地网络	2-3.5	国产
通用	终端（电脑，手机，手持 PDA）	提供操作界面和数据输入/输出功能 用于监控、操作和数据采集的终端设备	1-2	国产

6.行业数字化转型人才技能清单

序号	人才技能类型	描述
1	研发类	<p>熟悉 CAD/CAE 工具、AI 生成算法及模型优化。 掌握 VR/AR 开发、AI 算法及数据分析技能。 掌握数字孪生与仿真分析技术。 掌握协同设计与数字孪生技术。 掌握 DCS、APC、RTO 与数字孪生技术。 掌握数据集成、AI 算法与生产调度技术。 掌握 APS 开发、数据集成与云平台应用。 掌握机器视觉、大数据分析与管理信息系统开发。 精通安环监测与大数据分析。 掌握能耗管理与优化调度技术。 精通设备管理与 AI 技术。 精通工业互联网与 AI 技术。 掌握云平台与在线学习系统开发。 精通 RPA 技术与财务管理平台开发。 掌握 BI 平台与 AI 模型开发。 擅长根据数据反馈优化产品设计。</p>
2	实施类	<p>掌握云化工具和仿真流程操作。 熟悉仿真工具操作与参数调整。 熟悉模型更新与工具操作。 熟悉协同工具与数据管理。 熟悉工艺控制与实时优化操作。 熟悉生产计划管理、数据分析与系统操作。 熟悉柔性生产与调度优化。 精通质量检测与缺陷分析。 熟悉传感器与机器视觉技术。 熟悉智能传感与系统部署。 熟悉设备监控与维护工具部署。 熟悉供应链与生命周期管理。 擅长在线培训与技能提升方案。 熟悉财务系统与业务系统集成。 熟悉自动化仓储与无人搬运系统。 掌握仓储管理与供应链物流优化。 擅长开发供应链监控与应急调度系统。 擅长工业互联网平台与供应链协同工具开发。</p>
3	管理类	<p>优化数字化研发流程与数据协作策略的能力。 设计工艺流程并推动仿真落地。 优化生产流程并推动落地实施。 优化协同流程，提高研发效率。 具备生产智能化转型的管理能力。 优化跨厂生产流程，提升协同效率。 具备生产计划和资源配置管理经验。 擅长营销决策与策略制定。</p>
4	数据分析类	<p>精通数据分析与智能优化。 擅长数据分析与质量优化。</p>

序号	人才技能类型	描述
		<p>擅长安环数据分析与预警。</p> <p>精通能源数据分析与优化。</p> <p>擅长设备数据分析与故障预测。</p> <p>精通大数据分析与客户洞察。</p> <p>精通大数据分析与物流优化。</p> <p>精通大数据分析与质量追溯。</p> <p>精通大数据建模与风险评估。</p> <p>精通大数据分析与供应商寻优。</p>
5	自动化技术类	<p>熟悉自动化仓储与无人搬运系统。</p> <p>熟悉机器人控制技术与工业自动化应用。</p> <p>精通自动化设备集成与调试。</p> <p>掌握智能制造与自动化生产线设计。</p> <p>熟悉 PLC 编程与控制系统优化。</p> <p>精通传感器与控制系统在自动化中的应用。</p> <p>熟悉自动化测试与质量监控系统。</p> <p>掌握工业物联网（IIoT）在自动化中的实现。</p>
6	供应链管理类	<p>熟悉产品质量管理与维保流程。</p> <p>了解供应链管理与风险预警流程。</p> <p>熟悉多级供应商管理与协同平台部署。</p>
7	服务设计类	<p>擅长定制化服务与创新模式。</p> <p>精通客户需求分析与服务创新设计。</p> <p>熟悉服务流程优化与客户体验提升。</p> <p>掌握服务管理与运营优化策略。</p> <p>擅长跨部门协作与服务交付管理。</p> <p>熟悉数字化服务平台的构建与维护。</p> <p>精通服务设计思维与用户调研方法。</p> <p>擅长运用数据分析优化服务策略。</p>
8	HR 管理类	<p>熟悉绩效管理与员工培训流程。</p> <p>精通人才招聘与人力资源规划。</p> <p>擅长员工关系管理与组织发展。</p> <p>熟悉企业文化建设与员工激励机制。</p> <p>精通薪酬体系设计与福利管理。</p> <p>擅长 HR 数字化转型与系统应用。</p> <p>熟悉员工发展与职业生涯规划。</p> <p>精通人力资源数据分析与决策支持。</p>
9	营销管理类	<p>擅长营销决策与策略制定。</p> <p>精通市场调研与客户需求分析。</p> <p>擅长品牌管理与市场推广策略。</p> <p>精通数字营销与社交媒体推广。</p> <p>擅长产品定价与市场定位分析。</p> <p>精通内容营销与 SEO 优化策略。</p> <p>熟悉营销活动策划与执行。</p> <p>擅长跨渠道营销与客户忠诚度提升。</p>

7.投入改造清单及图谱

投入改造清单及图谱-行业系统化场景图谱示意图

场景分类	环节 A-配方研发	环节 B-工艺设计	环节 C-计划调度	环节 D-生产作业	环节 E-仓储物流	环节 F-设备管理	环节 G-质量管理	环节 H-安全与环保	环节 I-能源管理	环节 J-营销管理	环节 K-售后服务	环节 L-供应链管理
研发设计	数字化协同研发 工具链：配方设计与管理软件、基于 AI 的创成式设计软件工具、协同设计平台（PLM）、实验室管理系统（LIMS）、数字孪生技术相关工具、计算机辅助食品设计软件（CAFD）等技术工具、仿真软件、AutoCAD、实验室设备（配方工程师平板电脑系统）、检测与分析设备（高效液相色谱（HPLC）、气相色谱（GC）等分析仪器 数据链：设计与仿真模型数据集、数字样机数据、生产工艺相关数据、虚拟试验与调试数据、全流程集成数据 痛点问题：软件运维成本高、产品研制周期长、中试成本高、工艺过程设计效率低、工厂与产线设计缺乏灵活性											
	主场景	AI.1 主场景-产品平台化设计 工具软件： 配方设计与管理软件（如 Genesis R&D、ESHA Research、BIOVIA Engenuity/PLM 等），支持按参订阅。 数据分析与优化工具（Optiva、Formulation Studio、R/Python 等）。 实验室管理系统（LIMS）。 基于 AI 的创成式设计工具，用于快速生成设计方案。 数据要素： 设计数据（规范、参数等）、仿真数据（性能测试结果）、AI 训练数据（历史设计与约束条件）。 知识模型： 设计模型（几何、性能、参数化建模）、仿真模型（性能评估算法）、AI 生成模型（优化设计方案）。 人才技能： 技术研发类：熟悉 CAD/CAE 工具、AI 生成算法及模型优化。 应用实施类：掌握云化工具和仿真流程操作。 业务管理类：优化数字化研发流程与数据协作策略的能力。 痛点问题： 高成本：传统工具运维费用高昂。 人才短缺：缺乏 AI 和仿真	B1.1 主场景-产品工艺虚拟仿真 工具软件： VR/AR 软件：用于产品加工过程的可视化。 计算机辅助食品设计软件（CAFD）：支持加工路径规划和参数优化。 AI 算法平台：分析工艺参数，优化加工路线。 大数据分析工具：实时处理生产数据，支持模型优化。 数据要素： 产品特征数据：材料、化学参数、形态参数等。 工艺过程数据：速度、温度、加工时间等。 生产环境数据：设备性能和环境条件。 历史数据：工艺优化方案与反馈记录。 知识模型： 工艺仿真模型：模拟加工路径和参数优化。 数据驱动模型：基于 AI 调整工艺参数。 生产优化模型：提升效率、减少资源浪费。 人才技能： 技术研发类：掌握 VR/AR 开发、AI 算法及数据分析技能。 应用实施类：熟悉仿真工具操作与参数调整。 业务管理类：设计工艺流程并推动仿真落地。 痛点问题： 技术壁垒：企业缺乏 VR/AR 及 AI 相关技术能力。 数据不足：工艺参数和反馈数据不		D1.1 主场景-产线及工厂三维优化设计 工具软件： AutoCAD：广泛应用于食品加工设备布局和工艺流程图设计，支持高精度的二维和三维绘图。 数字孪生平台：构建工厂、产线、物流系统的数字化模型。 仿真分析工具：优化设备布局与生产流程。 可视化设计软件：调整设备位置与产线走向。 数据要素： 工厂布局数据：设备位置、物流路线等。 生产流程数据：工艺流程、物料流转信息。 资源配置数据：设备性能、人力分布等。 知识模型： 数字化建模：工厂和产线的流程与布局模型。 仿真优化模型：提升产线性能与资源配置效率。 人才技能： 研发类：掌握数字孪生与仿真分析技术。 实施类：熟悉模型更新与工具操作。 管理类：优化生产流程并推动落地实施。 痛点问题： 数据缺失：精准数据不足，影响建模。 成本高昂：数字孪生技术投入较大。 模型局限：仿真难以完全还原实际运行。 集成不足：数字模型与实际系统对接困难。 人才短缺：缺乏复合型技术人才。			G1.1 主场景-产品协同测试验证 工具软件： 协同设计平台：集成设计软件和模型库，支持协同研发。 实验室管理系统（LIMS）。 数字孪生工具：构建和管理产品数字样机。 云平台：存储和共享数字样机数据，支持跨区域访问。 性能仿真工具：验证产品功能与性能。 机器学习工具：快速定位潜在问题，优化设计。 数据要素： 设计与需求数据：产品结构和设计参数。 仿真与测试数据：功能、性能测试结果。 数字样机数据：完整的产品数字模型与验证数据。 知识模型： 协同研发模型：支持多方协作的设计与验证流程。 数字样机模型：产品生命周期数字化模型。 问题定位模型：机器学习快速定位设计缺陷。 人才技能： 研发类：掌握协同设计与数字孪生技术。 实施类：熟悉协同工具与数据管理。 管理类：优化协同流程，提高研发效率。 痛点问题： 数据整合难：协同平台数据共享受限。 成本高：技术部署和工具费用大。 沟通瓶颈：跨部门协作面临时间与地域障碍。 技术局限：机器学习定位问题精度有				

江苏省制造业“智改数转网联”功能性食品行业实施指南

场景分类	环节 A-配方研发	环节 B-工艺设计	环节 C-计划调度	环节 D-生产作业	环节 E-仓储物流	环节 F-设备管理	环节 G-质量管理	环节 H-安全与环保	环节 I-能源管理	环节 J-营销管理	环节 K-售后服务	环节 L-供应链管理
	<p>专业技能人员。 数据不足：训练与仿真数据不完善。 工具孤立，协作效率低下。 应用受限：生成式设计在复杂场景中表现不佳。</p>	<p>完善。 成本高：硬件和仿真平台投入较大。 模型局限：仿真模型难适应复杂产品需求。 协同不足：虚拟仿真与实际生产对接效果有限。</p>					<p>限。 人才短缺：缺乏跨部门协作及数字孪生技术人才。</p>					
细分场景	<p>A1.2 细分场景 基于人工智能算法的功能性食品行业配方智能寻优 通过整合设计、生产、售后服务等环节的数据，结合人工智能和大数据技术，功能性食品行业企业能够实施创成式设计并持续迭代产品模型。这一过程不仅优化和创新了产品形态、功能与性能，还确保了研发过程的精准性和高效性。科研机构、原材料供应商和生产企业的深度合作进一步推动了高品质功能成分的稳定供应，并加速了配方的高效转化，为产品研发提供了强有力的支持，提升了市场竞争力。 痛点问题： 数据整合难：各环节数据缺乏统一标准，信息流转不畅。 技术难度高：人工智能、大数据应用成本高、技术门槛大。 数据更新滞后：实时数据反馈延迟，影响优化效果。 协作障碍：科研机构、供应商与生产企业合作不够紧密。 标准与个性化矛盾：如何平衡生产效率与个性化需求。 质量与监管问题：持续优化中，产品质量和监管合规风险增大。</p>	<p>B1.2 细分场景 功能性食品生产工艺全流程模拟分析与精确优化 通过“计算机辅助食品设计软件（CAFD）”应用工艺设计、仿真软件和工艺知识库，结合机理建模、物性表征和数据分析技术，功能性食品行业企业能够建立涵盖加工、装配、检测、物流等环节的完整工艺模型。通过通过虚拟模拟和优化算法，帮助研发团队在虚拟环境中进行食品配方和工艺设计，预测不同工艺参数对产品的影响。这一过程不仅提升了工艺设计的精度和效率，还能在研发初期规避生产过程中的潜在风险，从而确保最终产品的质量和生产效率，降低生产成本，提升企业的市场竞争力。 痛点问题： 数据整合难：不同环节的数据缺乏统一标准，影响优化效果。 仿真精度不足：高精度工艺模型和仿真实施复杂，需大量数据和计算资源。 反馈滞后：实时监控与反馈机制不完善，调整不及时。 技术壁垒：高技术要求和成本使许多企业难以实施。 优化方案执行难：仿真问题与实际调整难以直接对接。 协作不畅：各部门之间协作不足，影响流程优化。</p>		<p>D1.2 细分场景 功能性食品行业工业技术软件化应用与智能化决策支持 通过大数据、知识图谱、知识自动化等技术，功能性食品行业企业能够将工业技术、工艺经验和制造知识转化为数据和机理模型。这些模型与先进制造装备结合，形成知识库和模型库，推动工业软件的开发与应用，支持业务创新。通过这一过程，企业不仅能够提升生产效率，还能利用智能化技术支持决策，优化工艺，提升生产灵活性和效率，从而增强企业的整体竞争力，并推动行业的技术进步和可持续发展。 痛点问题： 数据整合难：不同来源的数据质量和一致性问题影响模型可靠性。 技术实施复杂：大数据、知识图谱等技术应用需要高成本和专业人员。 模型更新滞后：知识库和模型库更新不及时，难以适应技术进步。 决策精准性不足：智能化决策的准确性和适应性仍需提升。 协作不畅：跨部门数据共享和协作不足，影响工艺优化。 技能差异：员工对新技术的掌握程度影响系统应用效果。</p>								

江苏省制造业“智改数转网联”功能性食品行业实施指南

场景分类	环节 A-配方研发	环节 B-工艺设计	环节 C-计划调度	环节 D-生产作业	环节 E-仓储物流	环节 F-设备管理	环节 G-质量管理	环节 H-安全与环保	环节 I-能源管理	环节 J-营销管理	环节 K-售后服务	环节 L-供应链管理
数字化协同生产 工具链：生产制造执行系统（MES）、产品生命周期管理（PLM）、仓储管理系统（WMS）、ERP（企业资源计划）、设备管理系统（EMS）、智能质量检测系统、RFID与条码技术、能耗管理系统、区块链技术、分布式控制系统（DCS）、先进控制系统（APC）、传感器与PLC（可编程逻辑控制器）、工业物联网网关、智能检测设备、可视化大屏与数据采集设备 数据链：订单数据、APS数据、能耗、质量、安环管理数据、仓储数据、设备采集数据、生产工艺数据、质量数据 痛点问题：多工厂协同难、生产工艺落后、生产流程不灵活、质量检测效率低、能耗管理落后、安环风险高												
生产制造	主场景细分场景	B2.1 主场景-生产工艺优化 工具软件： 分布式控制系统（DCS）：实时监控和控制生产过程。 先进控制系统（APC）：优化工艺参数控制。 实时优化控制系统（RTO）：动态调整生产参数。 数字孪生平台：支持传感、监测与自适应控制。 大模型应用：优化工艺参数，提升生产效率。 数据要素： 生产数据：工艺参数、设备状态、收率等。 传感数据：工艺过程、设备运行数据。 优化数据：通过大模型得出的工艺控制策略。 知识模型： 工艺优化模型：调整工艺流程优化生产。 数字孪生模型：虚拟化生产线，支持自适应控制。 大模型策略：分析不同生产条件下的最佳控制方案。 人才技能： 技术研发类：掌握DCS、APC、RTO与数字孪生技术。 实施类：熟悉工艺控制与实时优化操作。 管理类：具备生产智能化转型的管理能力。 痛点问题： 系统集成困难：技术集成难度大。 数据质量差：传感器数据不准确，影响优化效果。 优化复杂：大模型分析计算需求大。 人才短缺：需要具备多技能的人才。 初期投入高：系统部署和维护成本较高。	C2.1 主场景-多工厂/多基地协同排产 工具软件： 工业互联网平台：集成订单管理、生产调度与仓储数据。 生产计划管理系统：优化多工厂/基地生产排程和资源分配。 智能调度APP：实时调整生产计划，提升跨厂协同效率。 数据要素： 订单数据：订单数量、交货期、优先级等。 生产能力数据：各工厂/基地产能、设备状态等。 仓储数据：原料库存、物料需求、运输安排等。 设备数据：设备性能、故障记录、维修状态等。 知识模型： 生产调度模型：基于能力与订单优先级优化排产。 智能优化模型：智能调度资源，实现全局优化。 供应链协同模型：优化跨厂/基地的物料与资源流动。 人才技能： 研发类：掌握数据集成、AI算法与生产调度技术。 实施类：熟悉生产计划管理、数据分析与系统操作。 管理类：优化跨厂生产流程，提升协同效率。 痛点问题： 数据孤岛：工厂系统兼容性差，影响数据共享。 信息延迟：实时生产数据更新滞后，影响计划调整。 资源配置不均：产能差异导致资源浪费。 计划调整难：生产环境变化快速，需精确反馈。 人才缺口：缺乏复合型技术人才，推动协同困难。	D2.1 主场景-生产流程优化 工具软件： APS系统：集成设计、计划、加工、检测等数据，实时优化排程。 柔性生产应用：支持生产异常监控、插单处理，提升灵活性。 可视化管理工具：图形化展示排产、异常和生产进度。 智能调度系统：基于约束规则动态调整生产能力配置。 数据要素： 生产数据：任务、原材料、资源等信息。 异常数据：插单、故障、物料短缺等信息。 优化数据：调整排程与调度规则的实时数据。 约束数据：生产过程中的资源限制、设备能力等条件。 知识模型： 排产优化模型：优化生产计划，减少瓶颈，提高效率。 异常检测模型：实时监控生产异常并自动响应。 自适应调度模型：智能调整生产排程与调度。 资源配置模型：自动匹配生产资源，避免浪费。 人才技能： 技术研发类：掌握APS开发、数据集成与云平台应用。 实施类：熟悉柔性生产与调度优化。 数据分析类：精通数据分析与智能优化。 管理类：具备生产计划和资源配置管理经验。 痛点问题： 数据整合难：不同系统间数据整合困难。 响应慢：异常处理反应迟缓。 资源配置不当：资源浪费或不足。 灵活性不足：排程无法快速适应变化。 技术复杂：系统开发与实施门槛高。 人才短缺：缺乏复合型技术人才。	G2.1 主场景-质量智能检测 工具软件： 质量管理软件：支持全生命周期质量管理。 机器视觉：实时检测并自动识别缺陷。 缺陷分析工具：分析缺陷原因并优化工艺。 工业大模型平台：融合数据和模型分析，推动质量优化。 数据要素： 质量数据：缺陷种类、位置等信息。 生产数据：工艺参数、设备状态等信息。 缺陷分析数据：缺陷原因与趋势分析结果。 知识模型： 质量检测模型：机器视觉与大数据支持实时检测。 缺陷分析模型：分析缺陷原因与趋势。 质量追溯模型：实现产品全生命周期质量追溯。 人才技能： 技术研发类：掌握机器视觉、大数据分析与管理。 实施类：精通质量检测与缺陷分析。 数据分析类：擅长数据分析与质量优化。 痛点问题： 数据整合难：多系统数据整合困难。 识别误差：机器视觉精度可能不足。 实时性差：质量检测反馈存在延迟。 技术复杂：系统开发实施要求高。 人才缺乏：缺乏复合型技术人才。	H2.1 主场景-安环监测与监管 工具软件： 安环管理软件：安全与环保监测与管理。 智能传感系统：监测危化品与危险环节。 机器视觉：自动识别安全隐患与污染源。 大数据分析平台：风险预测与预警。 数据要素： 安全风险数据：危化品、危险环节等信息。 污染源数据：污染源监测数据。 监测数据：实时安环数据。 知识模型： 风险监测模型：实时监控安全风险。 污染物管理模型：监控污染物排放。 预测与预警模型：智能风险预测与预警。 人才技能： 技术研发类：精通安环监测与大数据分析。 实施类：熟悉传感器与机器视觉技术。 数据分析类：擅长安环数据分析与预警。 痛点问题： 数据整合难：数据来源复杂，整合困难。 实时监测不足：数据反馈延迟，影响优化。 优化难度大：模型开发复杂。 技术要求高：部署需要高技术支持。 人才短缺：缺乏安环管理专业人才。	I2.1 主场景-远程能耗监测 工具软件： 能耗监控软件：实现全环节能耗监测与可视化。 智能传感系统：实时采集能耗数据。 优化调度系统：利用大模型和寻优算法优化能源调度。 数据要素： 能耗数据：各环节的能耗信息。 优化数据：优化分析结果。 能源平衡数据：能源使用与消耗平衡信息。 知识模型： 能效平衡模型：优化能源配置。 优化调度模型：调度与能源配置优化。 人才技能： 技术研发类：掌握能耗管理与优化调度技术。 实施类：熟悉智能传感与系统部署。 数据分析类：精通能源数据分析与优化。 痛点问题： 数据整合难：能耗数据来源多样，整合困难。 实时监测不足：数据反馈延迟，影响优化。 优化难度大：模型开发复杂。 技术要求高：部署需要高技术支持。 人才短缺：缺乏专业人才。					

江苏省制造业“智改数转网联”功能性食品行业实施指南

场景分类	环节 A-配方研发	环节 B-工艺设计	环节 C-计划调度	环节 D-生产作业	环节 E-仓储物流	环节 F-设备管理	环节 G-质量管理	环节 H-安全与环保	环节 I-能源管理	环节 J-营销管理	环节 K-售后服务	环节 L-供应链管理	
		<p>B2.2 细分场景 智能化生产调度与工艺优化 通过应用大数据、数字孪生、大模型技术、先进控制系统（如 DCS、APC、RTO）以及自适应控制，功能性的食品行业企业能够实现高效、精准的资源配置与智能化生产工艺控制。这些技术的结合不仅提升了生产调度的灵活性和效率，还使得工艺优化成为可能。通过智能化生产调度系统，企业可以在确保产品质量的同时，减少资源浪费、降低能耗，并提高生产线的整体运作效率，从而增强企业的市场竞争力。</p> <p>痛点问题： 技术集成问题：不同系统和平台间的兼容性差，影响数据流通和决策效率。 数据准确性和实时性：传感器精度和网络延迟可能导致数据不准确或延迟，影响生产控制。 运维成本：系统的维护和更新需要持续投入，增加企业负担。 人员技能不足：智能系统操作复杂，员工需要大量培训，可能导致操作失误。 系统可靠性：系统故障可能导致生产停滞，影响生产效率和企业信誉。 供应链问题：物料供应不稳定可能导致生产延误和库存积压。 跨部门协作障碍：不同部门间沟通不畅，影响生产调度的协调性。 数据安全：数据存储和传输安全性不足可能导致信息泄露或攻击。</p>	<p>C2.2 细分场景 生产计划精准优化 企业通过工业互联网平台集成功能性食品行业中采购、生产、仓储等环节的数据，结合市场需求和各工厂的产能状况，灵活调整生产计划，实现资源的高效配置及跨工厂、跨基地的协同生产。通过精确的需求预测与动态库存管理，企业能够有效避免缺货和库存积压，减少原材料过期损耗及库存成本。此外，生产计划的精准优化还可显著提升生产线的响应速度与生产效率。借助智能化生产计划管理系统，企业能够优化生产调度、合理规划物料供应及生产任务，确保生产过程的高效与顺畅，进而提升整体效益，增强市场竞争力。</p> <p>痛点问题： 需求预测不准：市场需求波动大，预测误差可能导致生产过剩或缺货，影响市场响应。 资源配置不精准：跨部门和跨工厂的资源协调难度大，可能导致生产瓶颈或资源浪费。 库存管理复杂：原材料种类多且保质期短，库存积压或缺缺影响生产。 供应链不稳定：原材料供应受多种因素影响，难以确保及时供应。 跨部门沟通障碍：部门间协调不畅，影响生产计划执行和资源调配。 技术集成与运维成本高：系统集成和运维成本较高，影响持续优化和运营效率。 系统可靠性问题：系统故障或不稳定会导致生产中断，增加风险。</p>	<p>D2.2 细分场景 车间智能排产 通过部署高级计划排产系统（APS），功能性食品行业企业能够在云平台上打通设计、计划、加工、检测等环节的数据，并进行实时分析。这种系统支持柔性生产应用，能够根据生产执行情况实时监控计划异常，并提供插单和异常处理机制。系统采用基于约束规则的最优生产能力配置方法，在有限资源下优化生产效率。同时，借助智能化排程与调度模型，系统能够在生产过程中不断调整和优化，固化并复用调度模型，从而实现生产计划的动态调整与持续优化，显著提升生产效能并提高生产线的灵活性及响应速度。</p> <p>痛点问题： 数据孤岛：各环节数据分散，信息共享不畅，影响决策及时性和准确性。 灵活性差：传统排产系统难以应对快速变化的市场需求和生产环境。 资源调度不优化：生产能力未能最大化，导致资源浪费或生产瓶颈。 异常处理不足：缺乏有效监控与即时调整机制，影响生产进度和质量。 智能化不足：调度系统缺乏自我优化能力，影响持续改进。 排产模型更新困难：缺乏智能调整机制，无法有效提升生产效率。</p>			<p>G2.2 细分场景 智能在线检测 智能质量在线检测系统通过高速高清相机、近红外光谱分析仪和 5G 网络，实现对功能性食品行业生产线每片产品的精准检测与实时数据传输。系统结合机器视觉技术识别外观缺陷，并运用近红外分析检测成分含量，确保产品质量符合行业标准。通过缺陷机理分析与成分含量监控，系统能够及时发现潜在质量问题并优化生产工艺。与此同时，借助机器学习 and 历史数据分析，系统构建了质量预测模型，能够自动调整生产参数，确保产品的一致性与稳定性，减少生产过程中的质量波动与不合格产品，从而提升生产效率、降低成本，并进一步提升企业的竞争力。</p> <p>痛点问题： 质量控制的盲点：传统的抽检方式难以覆盖高速生产线上的每一片产品，导致不合格产品流入市场，增加了企业声誉风险。 生产效率与质量管控矛盾：在高生产速度下，传统的质量检测方式无法及时发现问题，造成大量不合格产品的产生，导致原材料浪费和生产成本增加。 质量波动管理困难：由于成分波动、设备参数不一致等因素，片剂产品质量可能存在波动，传统生产方式难以实时调整，增加了质量管理的复杂性。 数据孤岛问题：生产过程中各项数据（如图像、成分数据、生产工艺等）往往分散在不同系统中，缺乏有效的数据整合与实时分析，影响了质量监控的精准性与反应速度。 缺乏动态预测能力：生产过程中，缺乏基于历史数据与实时数据的质量预测能力，难以在问题发生前进行预警与干预，增加了质量波动和生产风险。</p>	<p>H2.2 细分场景 污染治理智能调控 通过搭建环保管理平台，结合机器视觉、智能传感器和大数据技术，功能性食品行业企业能够实现排放过程的实时监测与污染源管理。该平台通过优化数据采集与分析，不仅确保环保合规性，还提升了运营效率。面对监测覆盖不足、数据反馈滞后、污染源管理困难、环保数据整合难题以及监管合规压力等痛点，解决方案是通过智能技术实现精准监控与实时优化，确保排放符合环保要求，帮助企业有效降低污染风险，提升环保管理水平。</p> <p>痛点问题： 污染监测覆盖不全：传统手段难以覆盖所有排放节点，部分环节能耗数据存在采集盲区。 实时性不足：能耗数据获取与反馈存在延迟，难以及时响应异常能耗情况。 分析能力有限：缺乏深度分析手段，无法有效挖掘能耗数据背后的规律与优化潜力。 能耗浪费难定位：难以精准识别高能耗设备或环节，阻碍节能优化决策。 数据孤岛问题：能耗数据分散于不同系统中，缺乏统一管理整合，降低了管理效率。</p>	<p>I2.2 细分场景 能耗数据智能监测 通过能源管理系统（EMS），结合智能传感器、大数据和 5G 技术，功能性食品行业企业能够实时采集与分析生产、运输、办公等各环节的能耗数据。通过构建能耗数据的可视化平台，企业可以直观了解能耗结构与使用效率，识别能源浪费和低效使用环节。基于这些数据分析，企业能够制定科学的节能降耗策略，优化资源配置，推动绿色低碳发展，提升运营效率，并降低能源成本。</p> <p>痛点问题： 数据采集不全面：传统手段难以覆盖所有能耗节点，部分环节能耗数据存在采集盲区。 实时性不足：能耗数据获取与反馈存在延迟，难以及时响应异常能耗情况。 分析能力有限：缺乏深度分析手段，无法有效挖掘能耗数据背后的规律与优化潜力。 能耗浪费难定位：难以精准识别高能耗设备或环节，阻碍节能优化决策。 数据孤岛问题：能耗数据分散于不同系统中，缺乏统一管理整合，降低了管理效率。</p>				

江苏省制造业“智改数转网联”功能性食品行业实施指南

场景分类	环节 A-配方研发	环节 B-工艺设计	环节 C-计划调度	环节 D-生产作业	环节 E-仓储物流	环节 F-设备管理	环节 G-质量管理	环节 H-安全与环保	环节 I-能源管理	环节 J-营销管理	环节 K-售后服务	环节 L-供应链管理
运维服务	数字化协同运维 工具链：设备管理系统（EMS）、市场分析与数据管理系统、消费者服务与体验管理系统、数据分析与决策支持（BI）、客户关系管理系统（CRM）、智能诊断硬件设备（RFID技术、消费者互动设备） 数据链：设备运行数据、产品配件相关数据、设备租赁与产能共享数据、市场需求与产品销售数据、供应链金融数据 痛点问题：设备维护不及时、配件管理混乱、资源利用效率低、服务模式单一											
	主场景					F3.1 主场景-设备在线监测维护 工具软件： 设备管理系统（EMS）：进行设备监测与管理。 在线诊断系统：基于 AI 进行故障检测与诊断。 预测性维护工具：预测设备维护需求。 数据要素： 设备状态数据：实时设备运行数据。 维护数据：设备维护历史与预测信息。 知识模型： 诊断模型：AI 分析设备状态进行故障预测。 维护优化模型：优化维护方案，提升可靠性。 人才技能： 技术研发类：精通设备管理与 AI 技术。 实施类：熟悉设备监控与维护工具部署。 数据分析类：擅长设备数据分析与故障预测。 痛点问题： 数据整合难：设备数据整合复杂。 预测准确性差：预测模型精度不足。 维护成本高：故障修复成本较高。 技术要求高：部署需高技术支持。 人才短缺：缺乏专业人才。					K3.1 主场景-产品运维及后市场服务 工具软件： 市场分析与数据管理系统、消费者服务与体验管理系统、客户关系管理系统（CRM）、库存与物流。 AI 技术：优化产品信息与资源配置。 供应链平台：全生命周期管理与定制服务。 数据分析与决策支持（BI）。 数据要素： 库存与物流数据：配件与物流信息。 产品信息数据：产品生命周期与服务数据。 知识模型： 资源优化模型：优化资源配置。 生命周期管理模型：管理产品全生命周期。 人才技能： 技术研发类：精通工业互联网与 AI 技术。 实施类：熟悉供应链与生命周期管理。 服务设计类：擅长定制化服务与创新模式。 痛点问题： 数据整合难：信息整合复杂。 资源配置低效：优化难度大。 服务创新难：创新模式实现困难。 技术要求高：平台与服务创新技术门槛高。 人才短缺：缺乏专业人才。	
	细分场景					F3.2 细分场景 设备故障诊断与预测 通过物联网、机器学习和故障机理分析等技术，功能性食品行业企业能够构建设备故障诊断与预测模型，实现设备运行状态的实时监控与数据分析。该系统能够预测设备潜在的故障失效模式，提前识别关键部件的异常趋势，并实施预测性维护。通过提前发现问题，企业可以减少突发停机和生产中断，提升设备的综合利用率，从而提高生产效率、降低维修成本，并确保生产过程的连续性和稳定性。 痛点问题： 突发故障影响生产：传统维护方式多为事后响应，设备故障容易导致生产停滞，影响交付周期。 维护成本高：定期维护可能导致部分部件在未达到使用寿命时更换，造成资源浪费与维护成本上升。 故障原因难溯源：设备运行数据不足，难以准确分析故障原因与失效模式，导致问题反复出现。 预测能力不足：传统方法缺乏基于历史数据与实时监控的预测能力，难以及时发现潜在问题。 设备利用率低：未能充分发挥设备性能，增加了生产成本，降低了企业竞争力。					K3.2 细分场景 数据驱动服务 数据驱动服务以产品运行工况、维修保养、故障缺陷等多维数据为基础，结合大数据和人工智能技术，为功能性食品行业设备的全生命周期管理提供创新解决方案。通过深入的数据分析与价值挖掘，企业能够开拓专业服务、设备估值、融资租赁、资产处置等新型业务模式，推动制造向服务的转型。这不仅为企业带来了更多的增值服务机会，还提升了客户满意度和长期盈利能力，助力企业在竞争激烈的市场中实现可持续发展。 痛点问题： 数据孤立：设备运行和故障数据分散，未充分整合与利用。 服务单一：缺乏基于数据的增值服务，难以满足客户需求。 估值不准：设备状态和历史数据未充分应用，影响精准估值。 处置低效：缺乏科学评估，资产处置决策滞后或浪费资源。 租赁风险：租赁期间状态监测不足，增加损坏与保值风险。	

江苏省制造业“智改数转网联”功能性食品行业实施指南

场景分类	环节 A-配方研发	环节 B-工艺设计	环节 C-计划调度	环节 D-生产作业	环节 E-仓储物流	环节 F-设备管理	环节 G-质量管理	环节 H-安全与环保	环节 I-能源管理	环节 J-营销管理	环节 K-售后服务	环节 L-供应链管理
数字化协同管理 工具链：企业资源计划（ERP）、企业资产管理系统（EAM）、机器人流程自动化（RPA）技术、数据分析与决策支持（BI）、税务管理软件、在线学习平台和数字化培训工具 数据链：生产数据、设备数据、财务经营数据、人员绩效与培训数据等 痛点问题：财务管理效率低且易出错、客户洞察与营销决策缺乏精准性、人员管理与培训效果不佳												
经营管理	主场景			D4.1 主场景-人员数字化管理 工具软件： 云化绩效管理系统：实时记录与分析员工绩效表现。 在线学习平台：提供虚拟现实与增强现实支持的培训工具。 数字化培训工具：在线追踪员工学习进展。 数据要素： 绩效数据：员工工作表现与绩效记录。 培训数据：员工学习进度与培训效果。 知识模型： 绩效分析模型：分析员工绩效趋势与问题。 学习进度追踪模型：追踪员工学习进度与技能提升。 人才技能： 技术研发类：掌握云平台与在线学习系统开发。 HR 管理类：熟悉绩效管理 with 员工培训流程。 培训实施类：擅长在线培训与技能提升方案。 痛点问题： 绩效数据管理难：数据更新与分析滞后。 培训效率低：培训内容传递与学习效果难以评估。 学习进度难追踪：员工学习进度无法实时监控。 技术难度高：在线培训系统实施复杂。						J4.1 主场景-客户洞察与营销管理 工具软件： 商业智能（BI）平台：整合各类业务信息系统（CRM、OA、ERP）。 大数据分析工具：支持客户需求分析与营销决策。 人工智能模型：识别高价值客户并提供营销建议。 数据要素： 客户数据：客户行为、需求、历史交易等数据。 经营数据：销售、市场活动等运营数据。 知识模型： 客户需求分析模型：预测和识别客户需求。 客户价值识别模型：分析并识别高价值客户群体。 人才技能： 数据分析类：精通大数据分析与客户洞察。 技术研发类：掌握 BI 平台与 AI 模型开发。 营销管理类：擅长营销决策与策略制定。 痛点问题： 数据孤岛：不同业务系统数据难以整合。 客户洞察不足：识别高价值客户困难。 分析效率低：经营数据分析响应慢，决策滞后。 系统集成复杂：CRM、ERP 等系统集成难度大。		L4.1 主场景-财务智能化管理、 工具软件： 企业资源计划（ERP）、企业资产管理系统（EAM） 供应链管理（SCM），统一管理财务流程与业务系统集成。 线上协作管理系统：支持实时在线财务协作与资金响应。 数据要素： 财务数据：包括账务信息与资金流动数据。 业务数据：与财务管理相关的业务数据。 知识模型： 自动化处理模型：通过 RPA 实现财务流程自动化。 资金响应模型：实时响应业务活动中的资金需求。 人才技能： 技术研发类：精通 RPA 技术与财务管理平台开发。 实施类：熟悉财务系统与业务系统集成。 数据分析类：擅长财务数据分析与流程优化。 痛点问题： 流程繁琐：财务管理流程冗长、重复。 人工失误：人工操作易出错。 系统集成难：财务与业务系统集成困难。 实时响应不足：资金响应速度慢。 技术门槛高：RPA 技术和系统部署要求较高技术能力。
	细分场景			D4.2 细分场景 生产员工数字化管理 通过数字化手段优化车间员工的管理，以提升生产效率、确保安全性、减少管理成本，并提高生产一致性。通过云化绩效管理系统、虚拟培训平台、可穿戴健康设备以及智能化员工监控，企业能够实现员工绩效自动记录与分析、员工技能提升、健康管理、生产环境安全等多方面的管理优化。 痛点问题： 低效绩效管理：传统方式依赖人工记录，缺乏实时监控与精准数据，影响绩效评估和调整。 培训覆盖不足：传统培训周期长，难以大规模、高效地提升员工操作技能。 健康与安全管理滞后：难以实时监控员工健康状况，导致安全隐患和事故增加。 缺乏实时反馈：生产中缺乏及时的绩效与质量反馈，影响效率和质量控制。 高管理成本：人工操作导致管理效率低，成本较高，且容易出错。						J4.2 细分场景 大规模个性化定制 在功能性食品行业，企业面临多样化的市场需求，要求提供大规模个性化定制产品以满足不同消费者的需求。为此，企业采用智能制造装备，通过产品模块化设计和柔性化生产技术，实现大批量生产同时提供低成本、高质量、高效率的个性化产品。通过智能化设备的部署，企业能够灵活应对定制需求，快速调整生产线配置，以满足个性化定制的生产要求，从而提升市场竞争力。 痛点问题： 生产灵活性差：难以快速适应大规模个性化定制需求，生产线调整复杂。 高成本：定制生产涉及原材料采购、设备调整和物流管理，成本较高。 质量波动：个性化定制难以保持一致性，可能导致产品质量不稳定。 订单管理复杂：多样化需求增加订单调度难度，影响生产流程效率。 生产效率低：频繁调整工艺和设备参数可能降低生产效率。		L4.2 细分场景 产供销一体化 功能性食品企业通过企业资源计划（ERP）技术手段实现销售、生产和采购的协同优化，旨在提升整个供应链的效率和灵活性。通过应用人工智能、云计算等技术，企业能够打通这三个环节的业务流与数据流，优化供应链管理、生产调度和库存控制。此举使企业能够根据市场需求动态调整生产计划，提高响应速度、减少库存成本，并有效避免缺货和过剩问题，从而提升整体运营效率，增强企业的市场竞争力。 痛点问题： 信息孤岛：销售、生产和采购系统之间的数据未能有效连接，导致信息不对称、沟通不畅。 需求预测困难：销售数据与生产计划无法实时联动，导致产量与市场需求不匹配。 库存管理问题：缺乏精确的库存监控和调度，导致库存积压或断货，影响生产效率和客户交付。 生产与采购不协调：生产计划与采购进度未能同步，容易出现物料短缺或过剩，增加生产成本。 响应速度慢：市场需求变化快，但生产和供应链的调整反应较慢，影响企业竞争力。

江苏省制造业“智改数转网联”功能性食品行业实施指南

场景分类	环节 A-配 方研 发	环节 B-工 艺设 计	环节 C- 计划 调度	环节 D-生 产作 业	环节 E-仓储物 流	环节 F- 设备管 理	环节 G-质量管 理	环节 H-安 全与 环保	环节 I-能 源管 理	环节 J-营 销管 理	环节 K-售 后服 务	环节 L-供应链管 理
	数字化协同供应链 工具链：供应链管理（SCM）、仓储物流系统（WMS）、数据分析与决策支持（BI）、自动化立体仓库、无人搬运车（AGV）、数字化供应链系统、供应链数据监测系统 数据链：供应商数据、订单与仓储物流数据、产品售后与质量数据、供应链风险数据 痛点问题：供应商管理难度大、仓储物流效率低、产品质量追溯困难、供应链风险应对能力弱											
供应链管理	主场景				E5.1 主场景-无人仓储及智能物流 工具软件： 数字化平台：订单全流程跟踪与仓储管理系统。 自动化立体仓库系统：自动化货物存储与提取。 AGV（无人搬运车）：自动化搬运与运输管理。 大数据分析工具：优化仓储布局与出入库管理。 数据要素： 订单数据：订单状态与配送需求信息。 仓储数据：库存、货物存放与出入库记录。 知识模型： 仓储布局优化模型：优化仓库空间利用与货物存储方式。 路径优化模型：基于算法优化搬运与运输路径。 人才技能： 数据分析类：精通大数据分析与物流优化。 自动化技术类：熟悉自动化仓储与无人搬运系统。 物流管理类：掌握仓储管理与供应链物流优化。 痛点问题： 仓储管理复杂：仓库布局与货物管理效率低。 物流效率低：运输与搬运路径优化不足。 系统集成难度大：生产计划与仓储管理系统难以打通。 订单延误风险：配送准确性与交付时效难保障。		G5.1 主场景-供应链产品质量追溯 工具软件： 数字化供应链平台（SCM）：实现售后质量追溯与数据联通。 数据分析与决策支持（BI）：分析产品反馈数据与优化研发参数。 产品维保管理系统：实时响应用户维保需求与质量追溯。 数据要素： 产品反馈数据：用户反馈与质量问题数据。 供应链数据：产品生产、出厂与物流信息。 知识模型： 质量追溯模型：跟踪产品质量问题及其根源。 研发优化模型：基于反馈数据优化产品设计参数。 人才技能： 数据分析类：精通大数据分析与质量追溯。 供应链管理类：熟悉产品质量管理与维保流程。 技术研发类：擅长根据数据反馈优化产品设计。 痛点问题： 数据联通难：出厂与供应链数据难以打通。 质量反馈滞后：售后反馈与响应速度慢。 产品优化困难：产品研发参数优化依据不足。 用户满意度低：售后服务和质量保障不到位。					L5.1 主场景-供应链断链预测预警 工具软件： 供应链数据监测系统：整合资源计划、生产执行、仓储管理等系统数据。 大数据建模工具：构建供应链风险评估模型与监测。 预警与调度系统：实时监控供应链风险并触发报警。 数据要素： 供应链数据：生产计划、库存、物流等环节的实时数据。 风险指标数据：交货延迟、运输堵塞等关键指标数据。 知识模型： 供应链风险评估模型：评估潜在的供应链断链风险。 报警阈值模型：设定关键风险指标的报警触发条件。 人才技能： 数据分析类：精通大数据建模与风险评估。 供应链管理类：了解供应链管理 with 风险预警流程。 技术实施类：擅长开发供应链监控与应急调度系统。 痛点问题： 供应链透明度低：不同环节数据难以实时整合与分析。 风险预警滞后：无法提前识别供应链断链风险。 应急响应不及时：缺乏高效的应急调度机制。 监测成本高：数据收集与监测系统建设成本较大。
	细分场景				E5.2 细分场景 精准配送 通过集成智能仓储系统和智能物流装备，结合实时定位、机器学习等技术，功能性食品行业企业能够实现对原材料、在制品和成品的全程追踪与流转管理。通过动态调度与路径优化，系统能够确保物流资源的高效利用，提升配送的时效性和准确性，减少库存积压，降低物流成本。同时，确保按时交付，提升供应链的灵活性和响应能力，为企业提供更加精确和高效的配送服务，增强客户满意度和市场竞争力。 痛点问题： 物流调度不精准：缺乏智能化调度系统，导致配送路径选择不合理，配送时效和成本高。 库存管理不清晰：原材料、在制品和成品的库存状态无法实时掌握，易出现库存积压或缺货。 缺乏实时追踪：无法实时监控货物在运输过程中的状态，增加了配送过程中的风险与不确定性。 配送效率低：在运输过程中，传统配送方式可能导致路径不		G5.2 细分场景 质量精准追溯 通过建设质量管理体系（QMS），结合5G、区块链、标识解析等技术，功能性食品行业企业能够采集并关联产品从原料采购、设计、生产到使用过程中的质量数据。这一系统实现了从原料来源到最终产品使用的全生命周期质量追溯，确保产品质量的可追溯性、可验证性和可溯源性。通过这一过程，企业不仅提高了产品质量管理的透明度与合规性，还增强了消费者对产品质量的信任，从而提升品牌信誉和市场竞争能力。 痛点问题： 数据孤岛：质量数据分散，缺乏整合与共享，影响追溯准确性。 质量信息不透明：消费者和企业难以追溯产品质量来源，影响品牌形象。					AS.2 细分场景 供应链风险预警与弹性管控 通过构建智能化供应链管理系统，结合知识图谱、云计算等先进技术，功能性食品行业企业能够实现供应链中潜在风险的识别、定位、预警与快速响应。系统通过整合各环节数据与关系，动态分析供应链中的风险因素，并提前进行预警，帮助企业实时识别风险点，快速制定应对策略。此举不仅确保了供应链的稳定性，还提高了供应链的弹性和效率，增强了企业应对市场波动和突发事件的能力，推动了企业的可持续发展。 痛点问题： 供应链信息不透明：各环节数据分散，难以实时监控与整合，导致潜在风险难以识别。 风险应对滞后：缺乏及时的预警和应急处置机制，一旦出现问题，企业反应速度慢，造成损失。 供应链脆弱性：过度依赖单一供应商或特定地区的

场景分类	环节 A-配 方 研 发	环节 B-工 艺 设 计	环节 C- 计划 调度	环节 D-生 产 作 业	环节 E-仓 储物 流	环节 F- 设备 管 理	环节 G-质 量管 理	环节 H-安 全与 环 保	环节 I-能 源管 理	环节 J- 营 销 管 理	环节 K-售 后 服 务	环节 L-供 应链 管 理
					优化，影响交付时效。 信息孤岛：各环节间的信息传递不畅，导致物流调度和仓储管理的协同性差，影响整体运营效率。		问题识别滞后：无实时监控和追溯，质量问题难以快速定位。 合规性缺失：质量管理缺乏统一标准和合规保障，存在控制漏洞。 防伪困难：无有效追溯机制，假冒伪劣产品流入市场风险增大。					原材料，缺乏弹性，容易受到外部风险的冲击。 应对措施不精准：风险管理缺乏精确的预测与决策支持，导致应对策略不够有效，影响供应链效果。

附件 3：典型案例

典型案例一

江苏艾兰得营养品有限公司成立于 2010 年 4 月 30 日，企业性质为有限责任公司（港澳台法人独资），注册资本 106,800 万元，总部位于江苏省靖江市江山路 20 号。经过十多年的全球化布局和国际化管理，艾兰得在亚洲、美洲、欧洲建立了 11 个生产基地和 4 个国际研发中心，全球员工约 5000 人，已然成为全球最大的营养品 CDMO（合同定制研发生产）企业。其业务以制剂（片剂、软胶囊、硬胶囊、粉剂、颗粒）生产为主，产品销售网络遍布全球 80 多个国家和地区，覆盖欧美主流保健品商超、连锁药店及会员制俱乐部。

1、企业实施智改数转的主要做法

艾兰得“智改数转网联”的经验做法，必须坚持有利于企业绩效提升，抓好精益制造和流程管理两个“牛鼻子”，分阶段有序推进。带动上下游企业运营管理、成本控制、质量管控及追溯能力同步改，为营养健康食品行业和地方经济高质量发展赋能助力。

能源与安全管控升级：在能源管控上，部署智能传感与控制装备，利用 SCADA 设备大数据采集平台和 BI 大数据分析决策平台，采用中心线路布局，实时采集生产过程中关键设备用水、用电、蒸汽等能耗数据，按日、月进行分析计量，并纳入成本分析与预期降低范畴。同时，应用

能管平台实施技改项目，安装整流装置提升用电质量，从而实现降损节能，采用“阿米巴”成本核算单元优化能源管理，还集成能管平台设置多种错峰限时启动控制方式。在安全管控方面，信息安全上部署漏洞扫描、抓包分析等设备防护方式，形成纵深防御体系，采用双线负载均衡双防火墙安全冗余技术；设备安全上加强发电、不间断电源等系统数据的异地备份与权限管理，实现全时全方位安全监测和精准处理。生产流程智能化改造：引入智能化设备，对生产车间进行升级，优化生产流程，提高生产效率和产品质量。例如，部分车间实现了从原材料投入到成品产出的全自动化生产，减少了人工干预，降低了出错率。

通过加大智能化、信息化转型力度，全面提升自动化排产能力，帮助企业制定高精度详细生产计划、物料需求计划，以及采购计划等等，有效地解决了销售协同困难、订单准时交付率不高、物料不齐全、产能利用率不高等问题。整个工厂的产能利用率提 16%，订单交付率提升 5%，物料齐套提升 10%，客户满意度提升 4.5%，经济效益明显。

公司建立 APS（高级排产排程系统），综合考虑工艺、设备、物料、班组、生产日历、工装模具等各种生产制约条件，实现了物料需求、采购、生产等方面的高精度自动排程排产，对提前产品交付期、削减库存、提高设备利用率方面发挥了重要的作用。

根据整体在手订单清点物料库存、采购订单、物料BOM结构、工序开工时间等数据，以JIT（准时化生产方式）计算出物料需求计划数量与需求时间。基于车间工序计划，快速推算后续一段周期内的详细物料采购建议，指导物料送料、备料。销售/跟单员在创建订单后，APS会按照当前生产资源产能占用情况进行排程，可选择在所需生产资源当前未利用的空档期插空排产，或者在当前最后一个排产任务结束后继续进行排产。前端销售可以快速掌握每个订单交期，快速响应，实现分钟级交期答复，提升用户满意度，帮助销售接单。

结合订单交付期、余裕度、优先级等因素制定工作排序规则，定制满足负载均衡、切换最少等要求的资源选择策略。通过整合订单、设备、人员和存货的实时数据，自动生成生产计划，可准确到每一道工序、每一台设备、每一分钟，并使交货期最短、生产效率最高、生产最均衡化。

2、企业实施智改数转的成效

能源利用与成本控制：通过智能化、信息化的能源管控平台，实现了对各环节能源消耗的动态监控和数据化管理，能针对能源需求、用能情况进行能耗统计、分析和用能预测，为节能提供数据支持。企业还积极应用光伏发电、余热回收等技术实现能源梯级利用，2022年实现万元产值综合能耗下降14%左右，有效降低了能耗成本。

安全管理水平提升：建立起全面的安全管控体系，信息安全整体防御能力显著增强，设备安全管理实现无失误运作，保障了企业的稳定生产，更好地保护了企业资产和员工的身心健康。

生产效率与质量提高：智能化生产设备的应用和生产流程的优化，大幅提升了生产效率，产品质量也更加稳定可靠，助力企业在市场竞争中占据优势。

凭借在智改数转方面的突出成果，艾兰得两个车间被认定为省智能制造示范车间，公司被认定为省大数据产业发展示范企业，成为全国营养保健品行业唯一入选“工业互联网标识解析”二级节点运营项目的企业，还获得了省智能制造示范工厂认定和省工业互联网平台认定。

典型案例二

南京卫岗乳业有限公司前身为 1928 年宋庆龄先生创立的遗族学校及实验牧场，是中国乳品行业的先驱企业。经过多年发展，已成为农业产业化国家重点龙头企业、中国食品百强企业，在江苏省先进乳品生产企业中具有代表性。

“卫岗牛奶”获“中华老字号”称号，是国内咖啡行业主要的乳源制品供应商。

卫岗乳业在南京、淮安、徐州、日照、商洛、西宁等地布局工厂和牧场，构建了完整的乳业产业链。业务覆盖江苏、安徽、山东等多个地区，全国销售网点超 6000 个，在区域市场占据领先地位。

1、企业实施智改数转的主要做法

卫岗乳业数智化工厂应用目前世界最先进的乳品加工制造领域的新技术、新装备、新工艺，在提升产品品质的同时，生产效率得到显著提升，水、电、能耗大幅下降。整个工厂以 SAP、MES 系统为核心，通过 21 个系统集成，实现从生鲜乳入厂，到前处理、灌装等加工工序，再到仓储、成品物流以及设备清洗、质量检验各环节、全链条的全面数字化、智能化。

奶源采集阶段：引入智能化养殖设备和高精度传感器，实时监测奶牛健康、产奶量、进食量等数据，实现科学化养殖。如利用智能项圈收集奶牛活动数据预测发情期，提

升繁殖效率；部署自动挤奶设备，根据产奶情况调整挤奶参数，保障奶源品质。

生产加工环节：投资建设现代化乳品工业园，引入国际领先生产设备和前沿加工技术，可生产近 200 个品种的乳源制品。采用全自动化生产线，实现原料处理、杀菌、灌装到包装的全流程自动化控制，减少人工干预，提高生产效率和产品质量稳定性。



图 28：卫岗数字化智能工厂乳品生产线

搭建企业资源计划（ERP）系统：整合采购、生产、销售、库存、财务等业务环节，实现数据实时共享和统一管理，提高运营效率。运用大数据分析技术，分析销售数据、市场趋势和消费者偏好，为决策提供数据支持。通过分析不同地区、季节销售数据，优化生产计划和产品配送，降低库存成本。借助数据分析洞察消费者需求，加快新产品研发和上市速度，提升市场竞争力。同时，建立产品质量

追溯体系，利用物联网技术为每瓶牛奶赋予追溯码，消费者扫码可查询产品奶源地、生产批次等信息，实现全程质量监控。

物流配送环节：引入智能仓储管理系统（WMS）和运输管理系统（TMS）。通过WMS优化仓库布局，提高仓储空间利用率，实现快速出入库和精准库存盘点；利用TMS规划配送路线，实时跟踪车辆位置和运输状态，确保产品及时送达。此外，加强与供应商和经销商的数字化协同，建立供应链协同平台，实现信息共享，提高供应链响应速度和灵活性。

2、企业实施智改数转的成效

智能化设备和自动化生产线应用后，生产效率显著提高。以某条生产线为例，改造前每小时产量5000瓶，改造后提升至8000瓶，增长60%，同时降低了人工失误和损耗，提高了经济效益。

从奶源采集到产品销售的全过程数字化监控管理，确保产品符合严格质量标准。消费者对卫岗产品满意度从智改数转前的80%提升至90%。

借助大数据分析和数字化管理体系，能及时把握市场动态和消费者需求变化，新品研发上市周期从12个月缩短至8个月，提升了市场竞争力。智慧供应链实现各环节信息共享和协同运作，优化了物流配送流程，物流配送准时率从85%提升到95%，保障了市场供应稳定性。

通过智改数转，卫岗乳业在产品质量、生产效率、服务水平等方面得到提升，市场份额扩大。2021-2023年，入选多项国家级和省级荣誉榜单，如2021年入选工信部食品工业“三品”专项行动“创品牌”企业，2023年入选第十次监测合格农业产业化国家重点龙头企业名单及《2023中国农业企业500强》排行榜。

典型案例三

费森尤斯卡比华瑞制药有限公司作为中瑞首家合资企业，1982年签约，1987年投产，总投资4510万美元。1999年股权结构调整后，德国费森尤斯卡比公司持股51%，中方中国医药集团总公司及其子公司持股49%。公司工厂位于江苏无锡，占地18万平方米，总部设在北京。

公司产品涵盖肠外、肠内营养及配套器械，共20多个品种，3个处于专利期，年产能达1300万瓶大输液、1600万瓶小针和600万瓶肠内营养。自2000年起，产品在全球40多个国家和地区获批，2000年6月获欧盟GMP证书，成为中国首家向欧洲出口大输液和冻干粉针产品的制药企业。截至2008年底，肠外营养产品已出口超20多个国家和地区，超75%产品供应欧洲市场。

1、企业实施智改数转的主要做法

数字化生产管理：引进西门子计算机控制系统，对生产过程智能化控制，采用恒风量全自动变频控制空调净化系统，保证生产环境达标。建立数字化质量监控体系，实时预警质量异常。

基于EAM的设备在线监控：公司引入先进的企业资产管理系统（EAM），实现设备的在线监控。在关键生产设备，如大输液生产线的灌装机、灭菌设备等上面安装各类传感器，像温度传感器、压力传感器、振动传感器等。这些传感器能够实时采集设备的运行数据，比如设备的转速、

温度、压力、能耗等关键参数，并通过物联网技术将数据传输至 EAM 系统。EAM 系统对设备运行状态进行 24 小时不间断监测，一旦设备参数超出正常范围，系统立即发出预警，通知相关维修人员。例如，在某次生产过程中，EAM 系统监测到一台灭菌设备的压力出现异常波动，迅速发出警报，维修人员及时赶到现场排查问题，避免了因设备故障导致的生产中断。同时，EAM 系统还能依据设备的历史运行数据进行深度分析，预测设备可能出现的故障，提前安排维护计划。通过对灌装机过往运行数据的分析，预测到其某个关键部件在未来两周内有较高的损坏风险，提前准备好备件并安排维修，将被动维修转变为主动维护，大大提高了设备的可靠性和使用寿命，保障了生产的连续性。

协同平台搭建：与供应商、经销商建立数字化协同平台，实时共享生产计划、库存、物流等信息，提升供应链响应速度，疫情期间保障了医疗物资供应。

大数据预测需求：借助大数据分析整合多源信息，建立需求预测模型，合理安排生产与库存。

2、企业实施智改数转的成效

大输液生产线产量提升 50%，设备稳定性增强，故障停机时间减少，四期厂房特医食品生产线产量和产值创新高。得益于 EAM 系统的设备在线监控，设备平均无故障运行时间从原来的 80 小时延长至 120 小时，进一步保障了生

产效率。产品次品率从 5% 降至 2%，2024 年国际市场抽检合格率超 98%。

稳定的设备运行在 EAM 系统的支持下，为产品质量稳定提供了有力保障。

库存周转率提高 30%，库存成本降低 25%，运输、仓储成本分别降低 18%、20%。

新品研发上市周期缩短 35%，2024 年国内临床营养产品市场份额达 25%，较去年增长 3 个百分点。

典型案例四

维维食品饮料股份有限公司 1994 年成立，发展至今总资产达百亿元，是大型企业集团。公司业务多元，在豆奶、牛奶、面粉、食用油、白酒等领域构建起庞大产业版图，设有 30 多个生产基地，配备百余条现代化食品生产线，是全国最大的豆奶生产企业，位列“中国 10 家最大食品制造企业”之一，荣获国际“科学与和平”贡献奖。

公司经营范围覆盖食品生产、销售及相关配套服务，如饮料、糕点等食品生产、预包装食品批发进出口，以及道路运输、仓储、粮食收购销售等。主导产品豆奶粉年产量 17.8 万吨，凭优质原料与工艺获绿色食品认证，“天山雪”牌牛奶、“六朝松”牌面粉也颇具市场知名度。维维率先通过 ISO9001 质量管理体系和 HACCP 食品安全管理体系认证，“维维”商标为“中国驰名商标”，旗下部分产品获“中国名牌”称号及“国家免检产品”资格，还是“中国学生饮用奶定点生产企业”。

维维总部位于徐州，2008 年开建维维粮油食品物流产业园，投资 40 亿元，具备 100 万吨粮食仓储能力，涵盖多类产业项目。在全国多地设有生产基地和销售管理公司。2021 年成立食品研究院，完成粮食和食品“双轮驱动、两翼齐飞”战略布局，打造从原料基地到餐桌的全产业链，建立多个优质原料生产基地。

1、企业实施智改数转的主要做法

设备升级与自动化改造：在豆奶生产线上，引入先进的自动化设备，实现从原料筛选、磨浆、调配到包装的全流程自动化运作。例如，高精度的原料输送设备能将不同豆类及其他原料按照精确配比输送至生产环节，误差控制在极小范围内，极大提升了产品质量的稳定性。在牛奶生产车间，采用智能化的挤奶设备，可根据奶牛的健康状况和产奶量自动调整挤奶参数，确保奶源的新鲜和优质。同时，生产线上的自动化包装设备，能根据不同产品规格快速切换包装模式，提高包装效率。以某条豆奶生产线为例，升级改造后，包装环节的效率提升了 30%，每小时可多完成 500 件产品的包装。

生产过程实时监控：部署生产过程监控系统，利用传感器和物联网技术，对生产线上的温度、压力、流量等关键参数进行实时采集和分析。一旦发现参数异常，系统会立即发出警报，并自动调整设备运行参数，保障生产过程的连续性和稳定性。例如在豆奶的杀菌环节，通过实时监控温度和时间，确保产品达到最佳杀菌效果，同时最大程度保留营养成分。自引入该监控系统后，因生产参数异常导致的次品率降低了 50%。

构建一体化管理系统：搭建企业资源管理（ERP）系统，将采购、生产、销售、库存、财务等环节进行深度整合。通过该系统，采购部门能实时获取生产部门的原料需求信息，及时进行采购；销售部门能随时掌握库存情况，合理

安排销售计划；财务部门也能依据各环节数据进行精准核算和成本控制。实施 ERP 系统后，采购周期平均缩短了 2 天，库存周转率提高了 20%。

大数据驱动决策：借助大数据分析技术，对海量的销售数据、市场趋势、消费者偏好等信息进行深入挖掘。通过分析不同地区、不同季节、不同消费群体对维维各类产品的需求情况，优化产品研发方向。比如，根据大数据分析发现某地区消费者对低糖豆奶有较高需求，公司迅速研发并推出相应产品，精准满足市场需求。同时，利用大数据优化市场推广策略，提高营销投入的回报率。通过大数据分析优化营销渠道后，营销成本降低了 15%，而销售额提升了 10%。

2、企业实施智改数转的成效

智能化生产设备和自动化控制系统的应用，使生产效率大幅提高。

以豆奶生产线为例，改造前每小时产量为 5 吨，改造后提升至 8 吨，生产效率提升了 60%。同时，设备的稳定性增强，减少了因设备故障导致的停机时间，进一步保障了产能。设备平均无故障运行时间从原来的 50 小时延长至 80 小时，有效保障了生产的连续性。

通过精准的原料配比和生产过程的实时监控，产品质量得到有效保障。产品的次品率从智改数转前的 5% 降低至 2%，消费者对产品质量的投诉率明显下降，提升了品牌的

美誉度。根据市场调查，消费者对维维产品质量的满意度从 70% 提升至 85%。

数字化管理系统实现了信息的高效流通和资源的优化配置，降低了库存成本和采购成本。库存周转率提高了 30%，资金占用时间缩短，企业资金使用效率得到提升。同时，通过大数据分析优化营销渠道，减少了无效营销投入，降低了营销成本。库存成本降低了 18%，营销成本降低了 15%。

借助大数据分析，公司能及时捕捉市场动态和消费者需求变化，快速调整产品策略和生产计划。新品从研发到上市的周期缩短了 35%，使公司能够更好地适应市场竞争，推出更符合消费者需求的产品，市场份额也得到了一定程度的提升。市场份额较智改数转前提升了 8 个百分点。

典型案例五

徐州绿健乳业有限责任公司创立于 1923 年，是一家拥有百年历史的老字号乳企，作为中国乳源制品工业协会常务理事单位和江苏省奶业协会副理事长单位，在乳业领域地位显著。公司下辖乳品厂、沿湖牧场两个分公司，绿健脱水菜有限公司、绿健文亭商场有限公司两个全资子公司，以及 30 家参、控股牧场，构建了集乳牛饲养、乳源制品加工到销售的全产业链。产品丰富，涵盖十一大系列 70 余个品种，配送范围覆盖徐州市区及周边多个县区，拥有超 985 名员工，保鲜奶市场占有率连续 30 余年稳居同行业首位，被誉为“中国地方乳业的楷模”。此外，公司通过了多项权威认证，包括 ISO9001 质量管理体系认证、ISO22000 食品安全管理体系认证等，绿健牧场还通过国家 GAP 示范牧场一级认证，“绿健”品牌也被评为江苏省著名商标。



图 29：绿健乳业智能车间

1、企业实施智改数转的主要做法

设备智能化改造：绿健乳业斥资引入先进的智能化生产设备，如高速牛奶灌装机、机器人手抓臂等，在酸奶智能化车间与液态奶智能化车间，实现从发酵、灌装到包装全流程自动化运转。储奶罐、电磁阀阵等设备与中央控制室相连，通过自动化控制系统精准调控生产参数，保障产品质量稳定，提升生产效率。例如在液态奶生产中，高速牛奶灌装机的应用使得灌装速度大幅提升，每小时可灌装1200瓶，且能精确控制每瓶的容量，误差控制在 ± 1 毫升以内。

生产流程信息化管理：搭建全流程信息化管理系统，利用传感器和物联网技术，对生产线上的温度、湿度、压力等关键参数进行实时采集和监控。一旦参数出现异常，系统立即自动报警并调整，确保生产过程的连续性和稳定性。同时，通过信息化管理系统，实现生产数据的实时记录和分析，为生产优化提供数据支撑。比如在牛奶杀菌环节，系统可根据实时监测数据，精准控制杀菌时间和温度，在保证杀菌效果的同时，最大程度保留牛奶的营养成分。自引入该系统后，因参数异常导致的次品率降低了40%。



图 30：绿健乳业车间机器人

构建一体化管理平台：绿健乳业搭建企业资源计划（ERP）系统，将采购、生产、销售、库存、财务等环节深度整合。采购部门能依据生产进度和库存数据，及时、精准地采购原辅料；销售部门可实时掌握库存动态，合理安排订单和配送；财务部门则能基于各环节数据进行高效核算和成本管控。实施 ERP 系统后，采购周期从原来的 7 天缩短至 4 天，库存周转率提高了 30%，有效降低了运营成本。



图 31：绿健乳业中央控制

大数据驱动决策：借助大数据分析技术，对销售数据、市场趋势、消费者偏好等信息进行深度挖掘。分析不同地区、不同季节、不同消费群体对产品的需求，以此优化产品研发和市场推广策略。比如通过大数据发现，年轻消费者对低糖、低脂的功能性乳源制品需求增加，公司迅速研发相关产品，精准满足市场需求。同时，利用大数据优化营销渠道，提高营销投入的回报率。通过大数据分析优化营销渠道后，营销成本降低了 15%，而销售额提升了 12%。

2、企业实施智改数转的成效

智能化生产设备和信息化管理系统的应用，使生产效率大幅提高。以某条酸奶生产线为例，改造前每小时产量为 5 吨，改造后提升至 8 吨，生产效率提升了 60%。设备稳定性增强，故障停机时间减少，保障了产能。设备平均

无故障运行时间从原来的 50 小时延长至 80 小时，有效保障了生产的连续性。

通过精准的生产参数控制和严格的质量追溯体系，产品质量得到有效保障。产品次品率从智改数转前的 5% 降低至 2%，消费者对产品质量的投诉率明显下降，提升了品牌的美誉度。根据市场调查，消费者对绿健产品质量的满意度从 70% 提升至 85%。

数字化管理系统实现了信息的高效流通和资源的优化配置，降低了库存成本和采购成本。库存周转率提高了 30%，资金占用时间缩短，企业资金使用效率得到提升。通过大数据分析优化营销渠道，减少了无效营销投入，降低了营销成本。库存成本降低了 18%，营销成本降低了 15%。

借助大数据分析，公司能及时捕捉市场动态和消费者需求变化，快速调整产品策略和生产计划。新品从研发到上市的周期缩短了 35%，从原来的 12 个月缩短至 7.8 个月，使公司能够更好地适应市场竞争，推出更符合消费者需求的产品，市场份额也得到了一定程度的提升，较智改数转前提升了 8 个百分点。

典型案例六

扬州市扬大康源乳业有限公司始建于1918年，前身为通海农学堂实验牧场，现是扬州大学国有全资公司，也是“江苏老字号”，在乳制品行业颇具影响力。

公司依托扬州大学学科优势，建成多个创新平台，获评“高新技术企业”等称号。主要生产巴氏杀菌乳、酸牛乳等系列产品，在扬州市食品产业园设有生产基地，有11条生产线，产品配送至市区100多个直销点。近年来，公司推出花系列“网红”酸奶、“水韵扬州”冰淇淋口味酸奶等特色产品，市场反响良好。2024年春节前夕，日销奶制品超20万份，礼盒日销量数千箱，去年销售额同比增长23%，日产鲜奶、酸奶40多万份。

1、企业实施智改数转的主要做法

设备智能化升级：计划投资1.3亿新建年产16万吨乳源制品加工智能化示范车间，设12条生产线，主要生产巴氏杀菌鲜奶、低温酸奶等，引入全智能纸杯灌装机等设备，实现生产自动化。

生产流程数字化管控：运用传感器和物联网技术，实时采集、监控生产线上温度、湿度等关键参数，异常时自动报警并调整，通过信息化系统记录、分析数据，优化生产。



图 32：车间生产线

生态智慧牧场建设：牧场位于高邮市八桥扬州国家现代农业科技园，总投资 1.8 亿元，设计规模 3000 头，一期按 2000 头建设，获评多项荣誉。牧场运用物联网和智能设备，搭建智能化管理系统，实时监测奶牛健康、进食等数据，调整饲料配方，使奶牛日均产奶量提高 2-3 升。同时，通过沼气池收集牛粪转化为沼气供能，沼渣、沼液用作肥料，实现资源循环利用，还注重生态绿化。其优势体现在：

奶源品质保障：精准的奶牛健康监测与科学的饲料配方调整，从源头确保了奶源的高品质，产出的牛奶蛋白质含量高、营养丰富，为后续乳源制品加工提供优质原料。

生态环保优势：资源循环利用模式显著减少了碳排放和废弃物污染，降低了对环境的负面影响，符合可持续发展理念，提升了企业的社会形象。

可持续发展潜力：通过智能化管理和生态循环模式，降低了对外部能源和资源的依赖，提高了牧场的自给自足能力，增强了企业应对市场波动和资源短缺的韧性，为长期稳定发展奠定基础。

构建一体化管理体系：未来计划建立智能化工厂，提升信息化水平，整合采购、生产、销售等环节，实现精准采购、合理配送和高效核算。

大数据驱动策略：借助大数据分析销售、市场、消费者偏好等信息，优化产品研发与市场推广。如根据大数据推出“水韵扬州”系列酸奶，精准定位客户开展营销。

2、企业实施智改数转的成效

部分智能化设备引入后，酸奶单位时间产量提升 15%，待智能化示范车间投用，预计再提升 20%。同时，设备稳定性增强，停机时间减少。生态智慧牧场稳定的奶源供应，也为生产效率的提升提供了有力支撑。

因精准管理奶牛和控制生产参数，产品次品率从 5%降至 3%，消费者满意度从 70%升至 80%。优质的奶源是提升产品质量的关键因素，生态智慧牧场在其中发挥了重要作用。

牧场数据优化饲料采购，营销渠道优化减少无效投入，资源循环利用降低能源和废弃物处理成本，未来库存周转率预计提高 25%。生态智慧牧场的资源循环利用和智能化管理是降低运营成本的重要举措。

大数据助力捕捉市场变化，新品研发上市周期从 12 个月缩至 9 个月，市场份额提升 5 个百分点。生态智慧牧场生产的高品质奶源也为企业快速推出符合市场需求的新产品提供了可能。

典型案例七

雀巢健康科学（中国）有限公司是雀巢集团布局中国健康科学领域的重要部分。雀巢集团 1866 年创立于瑞士，是全球食品行业的领军者。雀巢健康科学（中国）依托集团资源，聚焦特殊医学用途配方食品、婴幼儿营养产品等领域，为中国消费者提供营养健康方案。目前，雀巢在国内运营 22 家工厂、3 个研发中心和 5 个创新中心，员工超 2.6 万，业务遍布全国。

1、企业实施智改数转的主要做法

智能设备与人机协同：雀巢健康科学（中国）有限公司在生产车间全面引入自动化生产线和智能机器人，构建了高效的人机协同制造模式。在特殊医学用途配方食品的生产过程中，智能设备发挥着核心作用，它们能够凭借先进的传感与控制技术，精准地控制各类营养成分的配比，误差可控制在极小范围，确保每一批次产品的质量稳定性。例如，在速愈素的生产中，智能设备能根据预设程序，精确地将各种营养元素按照特定比例混合，为肿瘤患者提供稳定且有效的营养供给。

而人工则在生产中扮演着不可或缺的角色。工人通过操作终端与智能设备紧密交互，实时监控设备的运行状态，对生产参数进行灵活调整。在质量抽检环节，人工凭借专业的技能和丰富的经验，对产品进行细致检查，不放过任何一个可能影响产品质量的细节。当生产过程中出现特殊

情况，如设备突发故障或原材料出现异常时，技术人员迅速响应，与设备的故障诊断系统协同工作。技术人员根据系统提供的故障信息，结合自身的专业知识，快速定位问题根源，并制定解决方案，保障生产的连续性。

数字化生产管理：运用物联网连接生产设备，实时采集运行和进度数据。管理人员通过数字化系统远程监控，设备故障时能快速定位并安排维修，还能根据工人和设备状态优化任务分配。例如，当某条生产线的设备出现异常温度升高时，数字化系统立即发出警报，并精准定位到具体设备和故障点，维修人员可迅速前往处理。同时，系统根据工人的技能水平和当前任务完成情况，以及设备的运行效率，合理分配生产任务，提高整体生产效率。

协同平台搭建：与供应商、经销商共建数字化协同平台，共享信息。供应商据此提前准备原材料，经销商及时掌握库存和补货信息。

大数据预测需求：借助大数据分析销售和消费者行为数据，预测产品需求，合理安排生产和库存，避免积压或缺货。

数字化营销：与京东等电商平台合作，利用大数据和精准营销工具。如在京东平台，通过京洞察新品孵化中心推出真视高学生奶粉，首月 GMV 超百万。

数字化服务体系：搭建在线营养咨询平台，与京东健康合作提供定制套餐和配送服务。参与“肿瘤患者营养关

爱计划”，与 Flywheel 飞未合作实现成交额、客户拉新与复购率提升。2024 年上半年，特医儿科、成人市场排名领先，自营店铺成交金额同比增长 15%。

2、企业实施智改数转的成效

智能化设备、数字化管理和人机协同使生产效率大幅提高。某特医学用途配方食品生产线改造后每小时产量从 500 件增至 800 件，提升 60%，设备平均无故障运行时间从 50 小时延长至 80 小时，生产应变能力增强。在遇到订单紧急调整时，人机协同模式能够迅速响应，工人与设备紧密配合，灵活调整生产流程和参数，按时完成生产任务。

智能设备精准生产，人工严格抽检，产品次品率从 5% 降至 2%，消费者满意度从 70% 提升至 85%。人工与智能设备的相互监督和补充，确保了产品质量的高标准，进一步提升了品牌在消费者心中的美誉度。

数字化优化使库存周转率提高 30%，库存成本降低 20%，大数据优化配送路线使运输成本降低 15%。

数字化营销和服务让品牌精准触达消费者，新品研发上市周期缩短 35%，从 12 个月缩至 7.8 个月。2024 年上半年，雀巢大中华大区净销售额 215 亿元，食品饮料业务有机增长 1.6%，多业务市场份额增长。

典型案例八

江苏一鸣生物是一家专注生物发酵技术生产天然食品添加剂的企业，目标是成为一流的天然添加剂解决方案供应商。公司是行业协会理事、会员单位，获多项荣誉，资信等级 AAA 级。在泰州、宿迁设有生产基地，无锡设研发中心，上海设贸易公司，形成研产销一体布局。主导产品有谷氨酰胺转氨酶等，因天然安全广泛用于食品加工，契合健康需求，市场份额高。

2024 年前三季度，开票销售 1.36 亿元，同比增长 14.3%。

1、企业实施智改数转的主要做法

自动化设备升级：引入自动化生产线，实现从原料处理到包装全流程自动化。如谷氨酰胺转氨酶生产，自动化设备精准控制发酵参数，温度误差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，酸碱度误差 $\pm 0.2\text{pH}$ ，使产品质量波动范围从 5%-8% 缩至 2%-3%。



图 33：全自动无尘配料系统

数字化生产管理：用物联网连接设备，实时采集运行和进度数据。自主研发的管理系统支持远程 24 小时监控，故障预警 1 分钟内定位问题，维修响应缩短至 30 分钟内，设备平均无故障运行时间从 40 小时延长到 60 小时。

协同平台搭建：与 200 多家供应商、150 多家经销商共建数字化协同平台，供应商提前 2-3 天备料，经销商实时掌握库存补货信息。

大数据预测需求：分析近 5 年销售和消费者数据，预测准确率超 85%，据此合理安排生产库存，库存周转率提高 35%。

能耗数据采集与监测：在各生产基地的关键设备和区域（如发酵罐、反应釜、动力车间等）安装智能电表、水表、气表等能源计量设备。这些设备搭载先进的传感器技术，能够高精度地采集能源消耗数据。通过物联网技术，将采集到的数据实时传输至能源管理系统。能源管理系统以每 15 分钟为一个周期，自动记录并上传数据，生成详细的能耗数据报表，涵盖电力、水资源、天然气等的使用量。管理人员可通过电脑或移动端的专属 APP，随时查看各生产环节的实时能耗数据，掌握能源消耗动态，比如在生产高峰时段，能实时了解各生产线的电力负荷情况。

数据分析与优化策略制定：运用大数据分析技术，对采集到的能源消耗数据进行深度挖掘和分析。借助专业的数据分析软件，建立能耗模型。通过该模型，详细分析不同生产设备、生产工艺以及不同时间段的能源消耗规律。例如，经过数据分析发现，某条发酵生产线在夜间低谷电价时段，由于设备运行参数不够优化，能源利用效率较低。针对这一情况，公司调整生产计划，将部分可调节的生产任务安排在白天用电高峰时段，充分利用白天设备的高效运行状态，同时降低了夜间的能源消耗成本。此外，通过分析不同产品生产过程中的能耗差异，对生产工艺进行优化，减少不必要的能源消耗。

节能措施实施与效果评估：根据数据分析结果，制定并实施一系列节能措施。在设备层面，对高能耗设备进行

升级改造，采用节能型电机、高效换热器等设备，提高能源利用效率。例如，将老旧的电机更换为节能型电机后，单台设备的能耗降低了 20%。在生产工艺方面，优化发酵过程中的温度、压力等参数，经过多次试验和优化，使发酵过程的能耗降低了 10%。同时，建立能源消耗考核机制，将能源消耗指标纳入各部门和员工的绩效考核体系，激励全员参与节能降耗。通过实施这些措施，公司能源消耗显著降低。与智改数转前相比，单位产品综合能耗下降了 15%，每年节省能源成本约 200 万元，不仅降低了企业运营成本，还提升了企业的绿色形象，符合可持续发展理念。

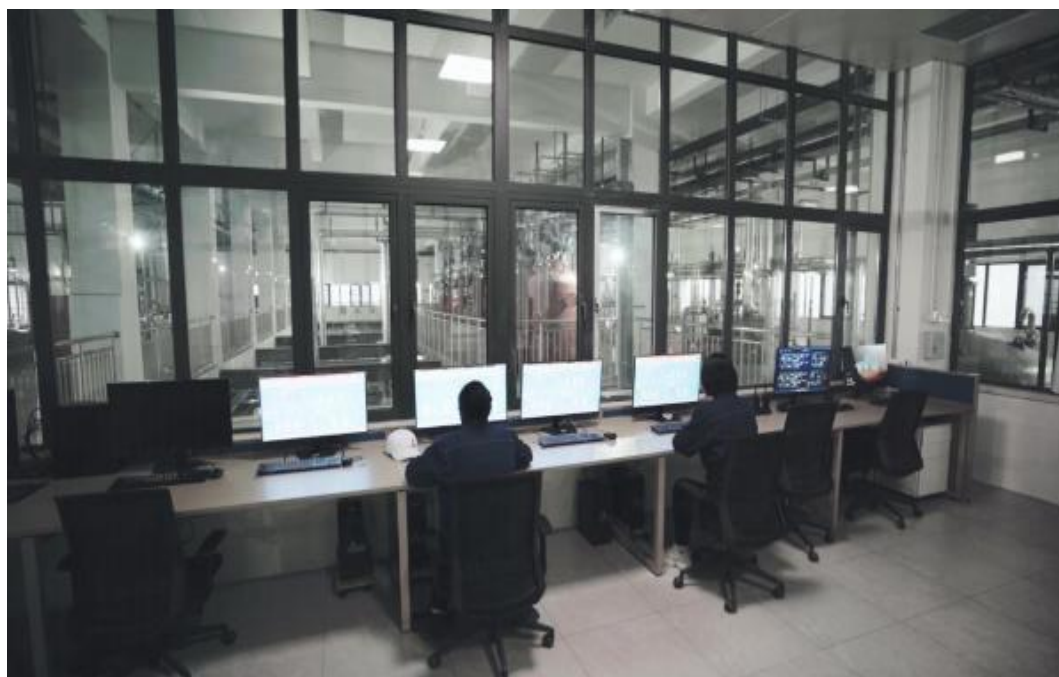


图 34：中控台同时操作多台设备

2、企业实施智改数转的成效

生产效率提升：可得然胶生产线每小时产量从 800 千克增至 1200 千克，提升 50%，设备故障次数从每月 10 次降至 5 次以下。

产品质量稳定：次品率从 6% 降至 3%，投诉率从每月 20 起降至 5 起以内，消费者满意度从 70% 升至 85%。

供应链成本降低：库存周转率提高 35%，库存成本降低 25%，运输成本降低 18%，仓储成本降低 20%。

市场竞争力增强：新品研发上市周期缩短 30%，从 18 个月缩至 12.6 个月，市场份额增长 8 个百分点。

能源管理成效显著：单位产品综合能耗下降 15%，年省能源成本约 200 万元，提升企业绿色形象，在同行业中树立了绿色发展标杆，吸引了更多注重环保的合作伙伴。

典型案例九

蒙牛乳业（集团）股份有限公司成立于1999年，总部位于内蒙古呼和浩特，是中国乳业龙头企业之一，常年稳居全球乳业前十。2004年在香港上市，中粮集团为第一大战略股东。公司产品涵盖液态奶、冰淇淋、奶粉、奶酪等品类，拥有特仑苏、纯甄、妙可蓝多等明星品牌，在高端纯牛奶、低温酸奶、奶酪等细分领域市场份额领先。2022年实现营收886.7亿元，经营利润72亿元，经营利润率提升至8.2%的历史最高水平。

蒙牛积极推进国际化布局，在印尼、新西兰、澳大利亚等地建立生产基地，产品覆盖东南亚、大洋洲、北美等十余个国家和地区。2024年，蒙牛宁夏工厂入选全球首家液态奶“灯塔工厂”，通过数智化技术将交付周期缩短55%、成本降低32%。公司实施“GREEN可持续发展战略”，目标在2050年实现全产业链碳中和，建成37座国家级绿色工厂，乌兰布和沙漠治沙项目将20万亩荒漠变为有机牧场。2024年位列荷兰合作银行全球乳业榜单第九，并与《哪吒》联名推出系列产品，进一步巩固品牌年轻化形象。

1、企业实施智改数转的主要做法

蒙牛采用了“AI赋能+EAM系统”的集成方案。在原有的EAM系统的基础之上加入AI Agent，搭建了“精益设备管理三层管控一体模型”，让EAM系统从传统的“记录

型”升级为“指导型”。从业务数据层到模型监测层再到AI指挥层，通过“三层联动”形成闭环管控，提供了科学有依据的运营管理方案。各层实时联动，调整策略和执行细节，保证整个体系始终保持高效运转。

业务数据层：模型的“神经网络”，负责数据采集、整合和管理。通过EAM系统将127项业务概览近500个业务节点转化为数字流，让不同工厂和部门之间的信息也能互联互通，为监控层和指挥层提供可信、完全的数据支持，避免信息孤岛。

模型监测层：模型的“眼睛”，实时监控设备和业务流程的运行状态，为模型“大脑”AI指挥层提供精准支持。建立了两大预测性维护平台与200余种小模型监控，实时采集设备的运行数据，并预测性分析，如故障预警，预测未来需求并提供优化策略等。

AI指挥层：模型的“大脑”，负责决策的制定和实时指挥，确保战略和执行有效对接。将模型监测层提供的实时数据导入AI指挥层，通过资产管理Agent（资产投资方向）、维修保养Agent（维修保养计划）、备件管理Agent（备件管理策略）分析设备运行状态、维修需求和库存，并下达指令到具体执行层。

三层模型是循环往复、不断变化的，借助AI的驱动，让业务进行不断的迭代打磨，系统指挥人员操作并提供智慧决策，实现深度的控制与管理，深度挖掘数据价值。

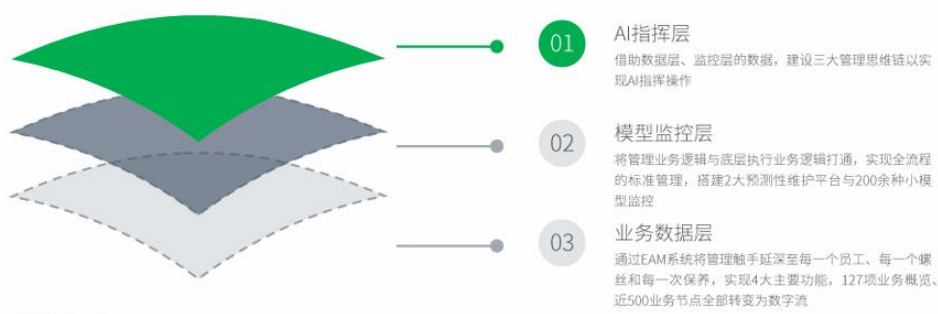


图 35：实施结构图

2、企业实施智改数转的成效

AI 驱动业务转型，优化全流程操作。由 AI 决策层提供数据指导和指令操作，如加速工单处理速度，从而提升维修保养效率，做到精准指导。

AI Agent 的参与补足了 EAM 系统不够智能化、不够灵活的特性，提升系统动态优化能力。如通过 AI 分析趋势，提前优化设备的利用率以及维护效率；又如提供更精准的资产投资科学化建议，提升资产回报率。

降低库存成本：通过动态优化备件库存，降低占用成本和闲置浪费，推荐经济的维修策略，并可提供计划订单的下达，降低紧急订单率。

优化维修保养成本：降低人工依赖性，节省维修费用及时间成本。

典型案例十

苏州恒瑞健康科技有限公司成立于 2016 年，是恒瑞医药集团旗下专注特殊医学用途配方食品（特医食品）研发、生产与销售的高科技企业，承担恒瑞从医药向大健康产业延伸的战略任务。公司以智能化改造为核心，建成国内首个特医食品智能工厂，集成水剂全自动生产线、粉剂进口生产线及 ERP/MES 系统，实现全流程数字化管理与无人化生产。其产品涵盖全营养、特定全营养及非全营养三大类，包括肿瘤特定营养配方等，累计获批 5 款特医食品（如乐赋、希瑞臻），居国内前列。

公司积极参与行业标准制定，推动“小蓝花”特医食品标志推广，入选江苏省首批特医食品实训基地，为行业提供技术示范与培训。依托恒瑞医药的临床资源，公司构建“数字医疗+特医食品”生态，通过互联网医院平台连接医患，提升临床营养服务能力。截至 2023 年，公司年销售额达 1200 万元，获评苏州市智能工厂示范企业等荣誉，成为行业智能化转型标杆。

1、企业实施智改数转的主要做法

建设国内首个特医食品智能工厂，配置全自动水剂/粉剂生产线，集成 ERP、MES、仓储管理等系统，实现生产全流程数字化链路。

开发环境精准控制系统（如低温工艺、溶解氧监控），解决乳清蛋白变性等行业技术难题，基本实现车间无人化作业。

构建统一数据管理平台，贯通研发、生产、销售全生命周期数据，支持质量追溯与流程优化。

建立数字化实验室，推动实验无纸化与数据标准化，参与国家特医食品法规制定，加速产品研发与审批。

通过“阳光采购挂网”政策联动医疗机构、药店，推动临床营养精准管理。

依托母公司资源构建“数字医疗+特医食品”生态，整合互联网医院平台，提升医患服务效率。

2、企业实施智改数转的成效

效率与成本优化：

生产效率提升约 20%，运营成本降低 15%，设备综合利用率达行业领先水平。

产品注册周期缩短，累计获批 5 款特医食品（如乐赋、希瑞臻），数量居国内前列。

行业标杆地位：

获评“苏州市智能工厂示范企业”“苏州高新区智能化制造十强”等荣誉，成为国内首家特医食品智能工厂示范企业。

牵头制定行业标准，推广“小蓝花”标志，推动公众对临床营养的认知提升。

产业链带动：

入选江苏省首批特医食品实训基地，为行业提供技术培训与标准化示范。

通过生态协同，加速特医食品在医疗场景的普及，助力产业向智能化、高质量发展转型。

附件 4：服务商目录

(服务商顺序不分先后)

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
1	杭州海康威 视数字技术 股份有限公司	浙江省 杭州市	产品包括视频管理软件、智能分析软件、安防综合管理平台等。市场份额高，在全球视频监控市场占有率超 30%，业务遍及全球 150 多个国家和地区。品牌影响力大，参与众多重大项目，如 G20 杭州峰会、北京奥运会等。行业经验丰富，在多行业积累了大量项目实施和服务经验，能提供个性化解决方案和优质售后服务。	工厂建设环节 生产作业环节 计划调度环节 仓储物流环节 安全管控环节
2	施耐德电气 (中国)有 限公司	北京市 朝阳区	断路器、继电器、变频器、传感器、电机控制与保护、运动控制与驱动等。	生产作业环节 安全管控环节 环保管控环节 能源管控环节 质量管控环节
3	金蝶国际软 件集团有限 公司	广东省 深圳市	金蝶云 ERP：SaaS SEA、SaaS ERM、财务云等市场占有率第一，业务覆盖范围广，客户超 740 万家，涵盖众多世界五百强及大型央企。产品矩阵丰富，全面覆盖从小微型到大型集团型企业需求，可根据客户需求定制，用户界面友好，操作简单。	营销管控环节 供应链管理环节
4	钉钉(中 国)信息技 术有限公 司	浙江省 杭州市	推出企业服务频道“钉选”，提供严选的企业服务；针对不同行业提供如物流行业数智生产力实践等解决方案，助力企业内部组织数字化升级并打通上下游产业互联。界面简洁，操作易上手；支持多平台，能随时随地办公；消息推送及时。	营销管控环节 供应链管理环节 售后服务环节
5	用友网络科 技股份有限 公司	北京市 海淀区	ERP 软件如用友 U8、用友 U9 等，为企业提供涵盖财务、供应链、生产制造、人力资源等多方面的一体化管理解决方案。产品矩阵丰富，从面向小微企业的畅捷通产品，到面向大型企业的用友 BIP、用友 U9 等，全面覆盖不同规模企业的需求。各产品之间集成性好，可实现数据的无缝流转和共享。	生产作业环节 计划调度环节

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
6	泛微网络科技股份有限公司	上海市 闵行区	开发面向大中型企业的平台型产品 e-cology、面向中小型企业的应用型产品 e-office、面向小微型企业的云办公产品 eteams。推出移动办公 APP e-mobile, 帮助企业实现手机端协同工作; 移动微信/钉钉集成平台, 可对接微信、钉钉等第三方平台, 实现企业私有应用及云应用的移动接入。针对 30 多个行业 87 个细分领域, 提供定制化的数字化办公解决方案。	营销管控环节 供应链管理环节 售后服务环节
7	帆软软件有限公司	江苏省 无锡市	商业智能与数据分析软件: 数据分析 BI 工具, 让业务人员能自主分析数据、调整经营决策; FineMobile 移动数据分析平台, 实现移动端数据展示与分析, 支持多种移动端功能与第三方平台集成。简道云作为云端应用搭建工具, 支持用户在线零基础搭建各类个性化管理应用, 覆盖数据收集、协作、审批等流程。帆软市场份额领先: 国内商业智能市场占有率连续多年位居榜首, 与超 30000 家大中型企业合作, 服务客户涵盖国家电网、中国石油等大量世界及中国 500 强企业, 业务覆盖 233 个细分行业。	营销管控环节 供应链管理环节 售后服务环节
8	成都博智维讯信息技术股份有限公司	成都高 新区	以 SAP 为核心的 ERP 实施, 包括传统 ERP 和 BI。提供销售管理咨询服务、IT 规划。涵盖 CRM 管理和 SFA 移动商务应用。自主软件产品有全渠道电商中台系统、CRM 全营销大平台、EISPCRM 系统、连锁门店 POS 系统等。	生产作业环节 计划调度环节
9	纷享销客有限责任公司	北京市 海淀区 中关村	连接型 CRM 核心业务 营销服一体化: 覆盖营销、销售、服务全流程, 针对 54 个行业场景提供专属 CRM 解决方案, 如为 ICT 行业搭建“营-销-服一体化系统, 为快消行业解决终端拜访等数字化难题。 智能分析 BI 平台: 融合多种数据分析场景, 用户可自助分析决策执行效果, 实现科学决策, 如通过可视化自助分析、多维度目标管理等功能, 助力企业掌握经营状态。企业累计服务科大讯飞、今麦郎、美年大健康等 60	营销管控环节 供应链管理环节 售后服务环节

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
			多万家企业客户，涵盖快消、农牧等众多行业。	
10	上海富勒信息科技有限公司	上海市青浦区	FLUXWMS（仓储管理系统）、FLUXTMS（运输管理系统）、FLUXOMS（订单管理系统）、FLUXDATAHUB（数据交换平台）、FLUXWCS（设备控制系统）等。富勒的WMS软件经过20多年发展，已高度产品化，融合了各行业上千家领先客户的最佳实践和管理经验，功能广度和深度领先。功能全面且灵活：其WMS、TMS、OCP、DATAHUB、WCS等产品，覆盖仓储、运输、订单协同、数据交换、设备控制等全供应链环节，满足多行业需求。	仓储物流环节 供应链管理环节
11	朗坤智慧科技股份有限公司	江苏省南京市	产品包括生产控制和业务管理类工业软件、工业互联网平台等；核心技术自主可控：自主研发的TrendDB时序数据库性能强劲，单机容量支持400万测点，压缩比达50:1。产品体系完善：苏畅工业互联网平台覆盖流程工业全生命周期管理，助力企业智能化改造。服务与生态优势：提供全流程服务，构建信创生态体系，与多家头部企业合作。	生产作业环节 计划调度环节
12	无锡中鼎集成技术有限公司	无锡市惠山区	物流系统解决方案定制：在输送、仓储、拣选、控制、软件等环节，为新能源、医药、家居、冷链、食品等多个行业客户提供从前期咨询、方案设计、数据仿真，到设备制造、运输、安装调试、售后服务的一体化定制化解决方案。可提供一站式的定制化服务，从项目前期到后期售后都有专业团队保障，能快速响应客户需求。	仓储物流环节 供应链管理环节
13	广州工博计算机科技有限公司	广州市天河区	提供管理咨询、IT规划、业务流程优化服务，助力企业制定战略规划，优化运营流程，提升管理效率。专注于SAP ERP系统及SAP商业智能系统的实施，保障系统顺利上线与稳定运行。依托华南理工大学现代制造信息系统研究中心，拥有自主研发的工博质检	生产作业环节 计划调用环节

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
			平台、条码管理系统、工博智能平台CIP。	
14	北京致远互联软件股份有限公司	北京市海淀区	协同管理软件产品：自主研发了V5协同管理平台，开发了面向中小企业组织的A6+产品，面向中大型企业和集团性企业组织的A8+产品，以及面向政府组织及事业单位的G6产品。 定制化服务：为不同规模的组织提供本地化数字化转型服务，包括一站式解决方案与定制化产品，提供标准软件二次开发、企业管理个性化订制、软硬件集成等。	营销管控环节 供应链管理环节 售后服务环节
15	鼎捷数智股份有限公司	上海市静安区	以ERP产品和智能制造解决方案为核心，涵盖MES、PLM、WMS、APS、QMS等工业软件服务。 行业解决方案：食品行业、烘焙行业、家电行业等众多领域，均有针对性的行业解决方案。	生产作业环节 计划调用环节 仓储物流环节
16	远光软件股份有限公司	广东省珠海市	围绕战略绩效等六大核心应用，通过云平台为大型集团企业提供集团管控、业务创新等云化服务，助力构建智能化经营管理体系。融合信息技术与能源技术，为能源产业链企业提供数字化、智能化产品和解决方案，推动能源智慧化协同，构建新型电力系统，助力绿色低碳发展。	能源管控环节
17	广东深蓝智能软件有限公司	广东省汕头市	聚焦计算机软硬件开发，提供定制化软件，满足不同企业需求，同时负责网络系统开发、安装及技术维护，保障网络稳定与数据安全。凭借专业知识，为企业提供战略规划、流程优化、信息化管理等咨询服务，助力企业提升管理效能。生产、销售计算机软硬件、电子产品及工业自动化设备，并为工业自动化设备提供技术改造服务，推动企业生产智能化升级。	生产作业环节 计划调用环节
18	北京三维天地科技股份有限公司	北京市海淀区	检验检测信息化：提供检验检测管理平台、云端实验室信息管理平台等产品，涵盖从检验任务下达、采样到报告发布的全流程管理，可应用于石油化工、有色冶炼、环保、医学检测等	供应链管理环节

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
			<p>多个行业。</p> <p>数据资产管理：包括数据标准管理平台、智乾主数据管理平台等，帮助企业实现数据的标准化、规范化管理，提升数据质量和价值。</p> <p>供应链管理：基于 J2EE 规范开发电子商务供应链管理平台，包含采购电子商务系统、采购供应链管理系统、供应商管理系统等组件，优化企业供应链流程。</p> <p>其他业务：提供客户服务平台、数据交换服务平台、数据采集与监控服务平台、数据分析平台、移动应用平台、质量管理平台、科研管理平台、质量大数据平台等产品与服务。</p>	
19	华为云计算技术有限公司	北京市海淀区	<p>提供包括云服务器、云存储、云网络等基础资源服务，为企业构建稳定、高效的数字化基础架构。涵盖人工智能、大数据、区块链等技术服务，帮助企业快速实现技术创新和业务升级，如提供 AI 分析工具助力企业实时监控运营数据。</p>	<p>工厂建设环节</p> <p>生产作业环节</p> <p>计划调度环节</p> <p>仓储物流环节</p> <p>安全管控环节</p>
20	山东新华医疗器械股份有限公司	山东省淄博市	<p>主营产品包括医疗器械、制药装备、医疗服务等。</p> <p>技术领先：拥有全球首台过氧乙酸低温灭菌器、国内首台高能医用电子直线加速器等高精尖产品。</p> <p>市场占有率高：感染控制产品种类和规模世界第一，制药装备软袋线国内市场占有率稳居行业第一。</p>	生产作业环节
21	上海普狄工业智能设备有限公司	上海市金山区	<p>业务范围覆盖自动化智能立体库、车身焊接柔性生产系统、高功率激光焊接系统集成、柔性机器人自动滚边和码垛系统等。公司具备完整的工艺方案、3D 设计、数字化工厂、机器人仿真模拟、精密加工、装备制造以及安装调试能力，可为客户提供完善的技术及实施解决方案。</p>	<p>工厂建设环节</p> <p>生产作业环节</p> <p>计划调度环节</p> <p>仓储物流环节</p>
22	杭州永创智能设备股份有限公司	浙江省杭州市	<p>公司主营包装设备、包装材料及智能化软件系统，产品涵盖标准单机设备和智能包装生产线。其优势在于：产</p>	<p>生产作业环节</p> <p>计划调度环节</p> <p>仓储物流环节</p>

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
			品系列化、成套化和定制化，技术处于行业领先水平；拥有国家级技术中心，研发实力强；品牌知名度高，产品远销 80 多个国家和地区；客户资源优质，涵盖伊利、蒙牛等知名企业。	
23	杭州中亚机械股份有限公司	浙江省 杭州市	主营各类灌装封口设备、后道智能包装设备、中空容器吹塑设备及无人零售设备，广泛应用于乳品、饮料、医疗健康等行业。公司拥有国际化的技术研发中心，产品系列丰富，涵盖成型、灌装、封口等主要生产工序。无菌灌装技术处于国内领先水平，打破国外垄断，性价比高。	生产作业环节
24	山东明佳科技有限公司	山东省 泰安市	主营在线智能检测设备、智能包装设备、工业机器人等。公司优势在于强大的研发创新能力，拥有山东省机器视觉智能检测包装设备工程技术研究中心等科研平台，并与多所高校保持紧密合作。产品广泛应用于啤酒、饮料、乳品等行业，累计为国内外企业提供智能检测设备一千余台套。	生产作业环节 质量管控环节
25	瑞典利乐公司	瑞士/ 上海	主营液态食品无菌包装材料、灌装机及相关技术服务。产品包括利乐砖、利乐枕、利乐钻等包装形式，广泛应用于乳品、饮料等行业。优势在于无菌包装技术领先，保障食品安全与营养，同时提供从加工到包装的全系统解决方案。	生产作业环节
26	江苏科海生物工程设备有限公司	江苏省 镇江市	主营生物工程设备、发酵罐、净化设备、干燥设备等。优势在于技术力量雄厚，生产设备先进，检测设备齐全，产品质量优于国家 GMP 认证要求。提供从设计、制造到安装、调试的一站式交钥匙工程服务，并拥有多项国家发明专利。	生产作业环节
27	扬州续辉饮料设备有限公司	江苏省 扬州市	主营乳品、饮料、啤酒设备的设计、制作与安装，提供原奶储罐、发酵罐、高速混合罐、巴氏杀菌机等设备。公司拥有高新技术企业资质，具备强大的研发和定制能力，产品广泛应用于乳品、饮料等行业。	生产作业环节

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
28	张家港怡中机械有限公司	江苏省 苏州市	主营食品饮料机械、罐装包装机械、机械输送及机电控制设备、管道配件、阀门、泵等。	生产作业环节
29	赛默飞世尔科技(中国)有限公司	上海	主营分析仪器、实验室设备、试剂、耗材和软件等,提供实验室综合解决方案及药物研发和临床试验方案。优势在于高研发投入,年投入超10亿美元,确保技术领先;通过并购增强竞争力,布局生命科学与体外诊断领域;在中国拥有8家工厂和2个研发中心,加速本土化战略实施。	生产作业环节 质量管控环节
31	重庆通用工业(集团)有限责任公司	重庆市 南岸区	主营离心式制冷机组、离心压缩机、鼓风机、离心通风机、环保成套设备及工程等。公司拥有国家认定企业技术中心,是国家技术创新示范企业、国家知识产权示范企业。产品广泛应用于石油、化工、冶金、环保等行业,并出口到美国、俄罗斯、日本等30多个国家。	生产作业环节
32	上海通华不锈钢压力容器工程有限公司	上海市 浦东新区	主营不锈钢压力容器、换热器、存储容器、反应容器、给排水设备及各种不锈钢非标产品。公司技术力量雄厚,设备精良,生产工艺先进,检测手段齐全。已通过ISO9002质量体系认证,拥有A2级压力容器设计、制造许可证。	生产作业环节
33	太仓市凯灵干燥设备厂	江苏省 苏州市	主营立式真空振动干燥机、卧式真空振动干燥机、双锥回转真空干燥机、药用胶塞清洗灭菌机等。	生产作业环节
34	无锡驰通能源科技有限公司(开利)	江苏省 无锡市	主营节能设备研发及销售、系统集成及合同能源管理;冷库设计、销售及安装;机电安装工程;制冷设备安装、维修及售后服务。公司以热泵技术为核心,提供系统集成解决方案,与美国开利等知名品牌合作,致力于营造健康、舒适、节能、智能的家居及办公环境。	生产作业环节
35	无锡麦图工业设备有限公司(阿特拉)	江苏省 无锡市	无锡麦图工业设备有限公司是阿特拉斯·科普柯的代理商,主营阿特拉斯·科普柯压缩空气全系列产品,包括空气压缩机、氮气压缩机、天然气	生产作业环节

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
	斯·科普柯)		压缩机等。公司提供销售、售后服务、节能改造、设备租赁及技术支持，产品广泛应用于制造、采矿、建筑等行业。	
36	无锡信卓自动化科技有限公司	江苏省无锡市	公司主要从事洁净室微环境控制系统的设计、供货、施工、编程调试、CSV验证及工程维保服务。产品广泛应用于半导体电子厂房、TFT/LCD液晶屏厂房、生物制药厂房、太阳能电池片厂房等新建厂房的恒温恒湿空调自控系统。公司经营品牌包括 Siemens PLC、HoneywellIBAS、SenseAir 空气质量传感器等。	生产作业环节 环保管控环节
37	百仑生物科技(江苏)有限公司	江苏省连云港市	主营发酵罐、生物反应器、配液系统、一次性生物反应器及袋子等，覆盖实验室、中试及大规模生产。公司通过美国 ASMEUStamp 认证和 ISO9001 质量管理体系认证，拥有丰富的工艺系统装备集成及验证经验，并提供个性化、智能化的生物反应过程解决方案。	生产作业环节
38	上海森松制药设备工程有限公司	上海市浦东新区	主营生物反应器、发酵罐、一次性使用工艺系统及相关设备，服务于制药、生物制药、医美和快速消费品等行业。公司提供“核心设备+增值服务+数智化整体工厂解决方案”，具备强大的研发能力和行业经验，致力于为客户提供高效、定制化的解决方案，确保产品质量和生产效率。	生产作业环节
39	东富龙科技股份有限公司	上海市闵行区	公司是一家为全球制药企业提供制药工艺、核心装备、系统工程整体解决方案的综合性制药装备服务商。主要产品包括冻干机、灌装联动线、全自动配液系统、空气消毒机等。公司拥有四大核心事业部：生物工艺事业部、制剂装备事业部、制药工程事业部、食品工程事业部。公司优势在于强大的研发能力、完善的销售网络、自主品牌领先以及国际化的战略布局。	生产作业环节

序号	名称	所在地	主营业务及优势	适用环节
40	广州坤林自动化科技有限公司	广东省 广州市	<p>公司是一家专业从事产品包装标识系统设备整合方案、智能包装自动化解决方案、工业视觉识别解决方案的高新技术企业。主营产品包括智能贴标系统、后段包装系统、检测识别系统、即时打印贴标机、平面贴标机、侧面贴标机、落地式贴标机、热熔胶贴标机等。公司核心团队在自动标识产品行业经验丰富，具有独特的创新能力和非标设计能力，可为客户提供定制化解决方案。</p>	生产作业环节
41	常州瑞曦生物科技有限公司	常州市 天宁区	<p>设备研发制造销售：生物制药设备、化工设备、工业自动化设备的研发、制造、销售，如为实验室、药厂等提供具有分离纯化功能的液相色谱配件及成套的高智能、全自动化的工业成套设备及生产线。</p> <p>技术服务与产品定制：提供技术咨询服 务，可按照客户需求进行个性化工 艺改造及非标方案订制，研发了微 界面反应器等液相色谱延伸产品。</p>	生产作业环节

附件 5：技术缩略语

序号	缩略语	全称	释义
1	PLM	Product Lifecycle Management	产品全生命周期管理系统
2	LIMS	Laboratory Information Management System	实验室信息管理系统
3	AutoCAD	Autodesk Computer Aided Design	自动计算机辅助设计软件
4	AI	Artificial Intelligence	人工智能
5	HPLC	High Performance Liquid Chromatography	高压液相色谱
6	AR	Augmented Reality	增强现实技术
7	VR	Virtual Reality	虚拟现实技术
8	EAM	Enterprise Asset Management	企业资产管理系统
9	RFID	Radio Frequency Identification	射频识别技术
10	CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计工具
11	CAE	Computer Aided Engineering	计算机辅助设计工程
12	ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源管理系统
13	MES	Manufacturing Execution System Association	制造执行系统
14	APS	Advanced Products & Systems	生产排程系统
15	SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	数据采集与监视控制系统
16	CRM	Customer Relationship Management	客户关系管理系统
17	SRM	Supplier Relationship Management	供应商关系管理系统
18	WMS	Warehouse Management System	仓储管理系统
20	PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器
21	AGV	Automated Guided Vehicle	自动导引运输车

序号	缩略语	全称	释义
22	DT	Digital Twin	数字孪生技术
23	QMS	Quality Management System	质量管理体系
24	VPN	Virtual Private Network	虚拟专用网络
25	APP	Application	手机应用程序
26	APC	Advanced Process Control	先进过程控制
27	DCS	Distributed Control System	分散控制系统