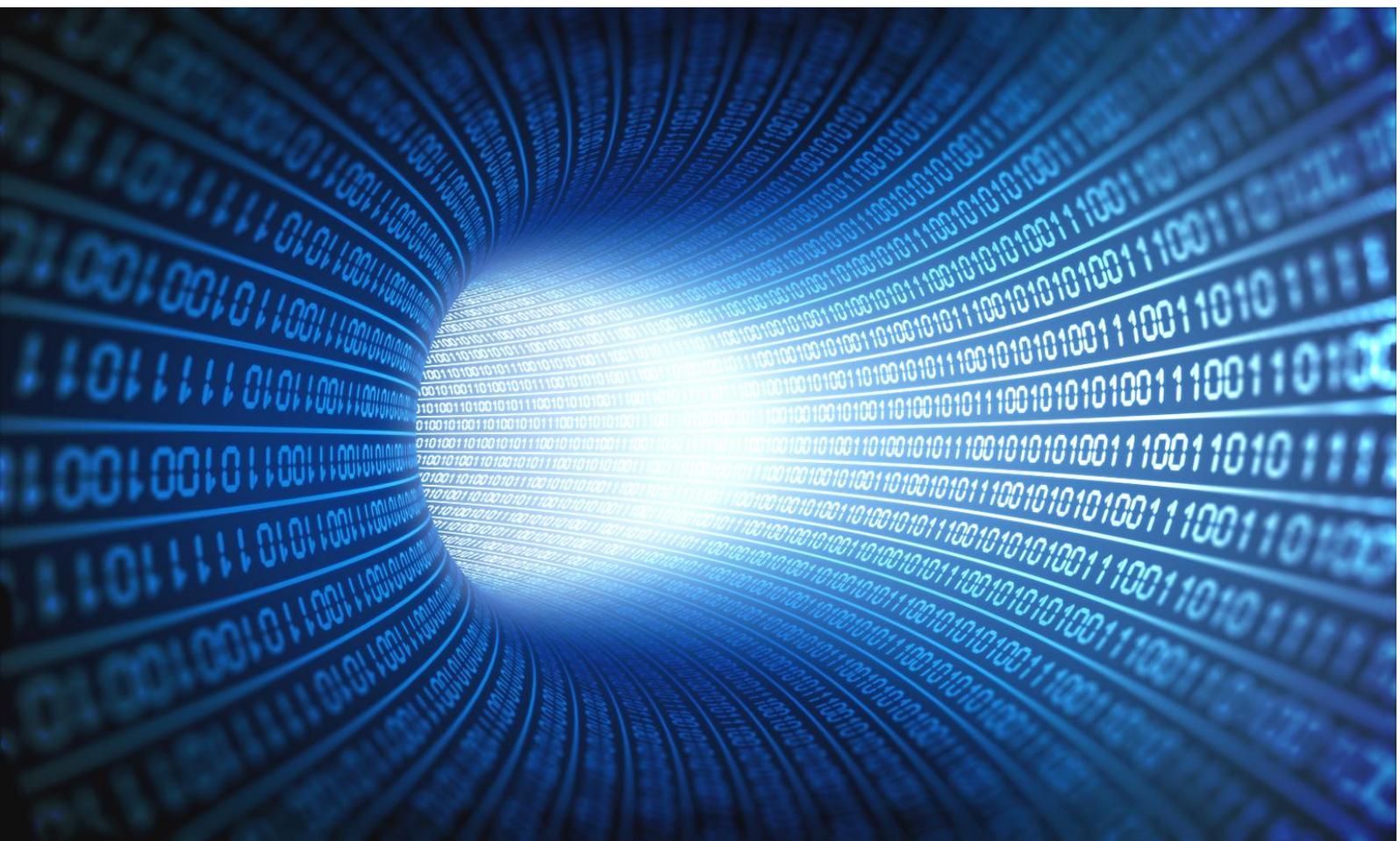


# 五大重点细分行业中小企业数字化转型路线图



海南省工业和信息化厅  
2024年5月

# 目录

医药制造业 .....	1
农副食品加工业 .....	16
电气机械和器材制造业 .....	31
汽车制造业 .....	47
建材制造业 .....	62

# 医药制造业

## 前言

医药制造业是海南省八大工业支柱行业之一，也是全省制造业优质中小企业最为集聚的细分行业，2023年，全省医药制造业增长达到10.5%，行业内专精特新中小企业、“小巨人”、创新型中小企业数量达到54家。

目前，省内医药制造业中小企业自动化程度相对较高，但数字化、智能化改造仍处于起步阶段，特别是受集采影响，中小药企经营效益持续走低，亟需通过数字化赋能产能扩充和降本增效。

本路径指南通过梳理我国医药制造业数字化转型的总体形势，研究提出数字化转型的总体架构，针对省内中小型制药企业数字化转型共性需求提炼针对性的典型应用场景，分阶段总结数字化转型的实现路径，以期为全省医药制造业中小企业数字化转型提供指引和参考。

## 一、背景意义

### （一）总体形势

医药制造业是技术密集型行业，具备高投入、长周期、高风险、高收益等特点。近年来，医药制造业数字化发展面临多重机遇挑战。一是国家高度重视医药制造业数字化转型，出台系列政策支持新一代信息技术赋能医药研发、智能制造、产品全生命周期质量追溯、数字化智慧监管等重点领域。二是国家制定了 GLP、GMP 等系列法规准则，要求制药企业建立药物警戒体系，对药品研发、生产、质量管控、流通等全链提出了更高的监管要求，推动制药企业建立完善、高质量的数据管理体系，实现全过程监测、追溯和管理。三是国家稳步推进药品集采工作，集采品类覆盖口服制剂、注射剂、胰岛素、口腔修复材料等多个领域，未来还将继续扩大覆盖品种和采购金额，一方面，集采价格下降将不断挤压仿制药利润空间，推动仿制药企业加大创新药研发投入力度，降低生产成本；另一方面，未纳入集采范围的产品将转向零售市场，推动制药企业建立起面向消费者的数字化分销网络和营销体系。四是仿制药一致性评价要求制药企业通过数字化、智能化技术不断提升药物研发能力和质量管控水平。在监管要求更加严格、市场竞争日趋激烈、经营效益遭受冲击的背景下，数字化转型已成为制药企业实现持续健康发展的必然选择。

当前，我国医药制造业企业数字化转型仍处在局部改造阶段，药品质量追溯、供应链管理、营销体系创新是制药企业数字化转型优先关注的领域。伴随人工智能、工业互联网等技术在医药制造行业应用更加成熟、改造经验持续积累，AI 辅助药物研发、智能制造将是未来数字化转型的主要方向。

## （二）转型意义

**加速创新研发。**在药物发现、实验室管理、研发项目管理等领域应用数字化、智能化技术，有助于提升企业研发成功率和效率。在药物发现阶段，基于大数据、人工智能等技术广泛搜集分析非结构化信息，精准捕捉潜在市场机遇，深度挖掘前沿技术突破点，前瞻性布局药物研发新领域。在药物研发阶段，应用信息化系统有助于规范实验室管理和研发项目管理，实现研发项目全过程数据追溯和管理，能缩短靶点筛选、药物设计、药物毒性预测、模拟验证的时间，有效提升靶点到药品的研发可行性和效率。

**提升产品质量。**通过打造覆盖采购供应、生产制造、质量检测、仓储物流等全业务环节的数字化供应链管理体系，应用工业互联网、物联网等技术，实时监测并精准把控物料配比、流程参数、环境参数、中间品质量、设备运行情况等，有利于制药企业实现生产资源调度最优化、风险及时预警、产线高效运行，有效提升生产效率和产品质量；通过质量在线控制、供应链上下游数据打通和质量追溯，不仅能有效提

升供应链运行周转效率，也确保了不同批次间产品质量的一致性。

**实现精准营销。**构建数字化营销体系，不仅有利于制药企业对药品流通全流程进行有效管控和追溯管理，满足监管合规要求，为分销网络优化布局提供数据支持；线上营销渠道也将助力制药企业高效对接和响应客户需求，降低营销成本，提升营销效率。

### **（三）共性需求**

通过对省内医药制造业中小企业数字化应用情况调研了解到，中小型医药企业数字化转型仍处于起步阶段，企业优先考虑在研发项目管理、仓库管理、进销存管理、质量追溯、财务管理等环节应用信息化系统，单点应用居多，系统数据集成不够，自动化程度普遍较高，但数字化水平相对较低。目前，省内医药制造业中小企业数字化转型共性需求主要集中在核心业务系统建设和系统、数据集成应用。

#### **1.研发设计**

创新研发环节强化项目管理、知识管理、专利导航等信息化系统建设，通过大数据、AI 算法模型等辅助支持，助力企业开展知识产权布局，提升创新研发效率。

#### **2.生产制造**

大多数中小企业早期产线设计并没有考虑到数字化的可扩展性，现有硬件难以匹配数字化改造，停产周期不确定，

改造难度大。不少企业以降低生产成本、扩大生产规模为目标，综合考虑人工成本、设备维护成本，在新建厂房提出打造数字化、智能化车间的建设需求，实现不同生产工序间、生产和仓储间的自动配送，对生产制造全流程进行线上管理和数据自动采集分析。

### **3.质量管控**

在质量管控和药物不良反应监测环节，不少企业面临质量监管困难，需要信息化系统实现研发、临床试验、生产、库存、流通等供应链全流程质量追溯管理，建立覆盖药品全生命周期的不良反应发现、评价、认识和预防体系。

### **4.业务协同**

原材料成本在省内医药行业中小企业生产经营成本中占比相对较高，国家药品批文中对原材料及供应商有关联审批和相应检测检验标准，可选择性空间小，原材料成本还会受到天气、资本、市场等多重因素影响，导致原材料采购成本不可控。实现上游供应商和原材料采购环节的线上管理和数据分析应用，有利于企业对原材料成本进行更好管控。

### **5.系统集成**

目前，企业采用的生产设备和财务管理、进销存管理、智能仓储管理、质量管理、生产制造系统等信息化系统来自不同厂商，还有部分企业自建系统模块，且大多数系统需要单独开发数据接口，导致各个业务系统之间、系统与设备之

间集成和数据互联互通难度大。

## 二、总体架构

省内医药制造业中小企业数字化转型总体架构主要包括“四层三体系”，分别为设备层、网络层、控制层、应用层以及 IT 运维、安全防护、基础保障三大体系。

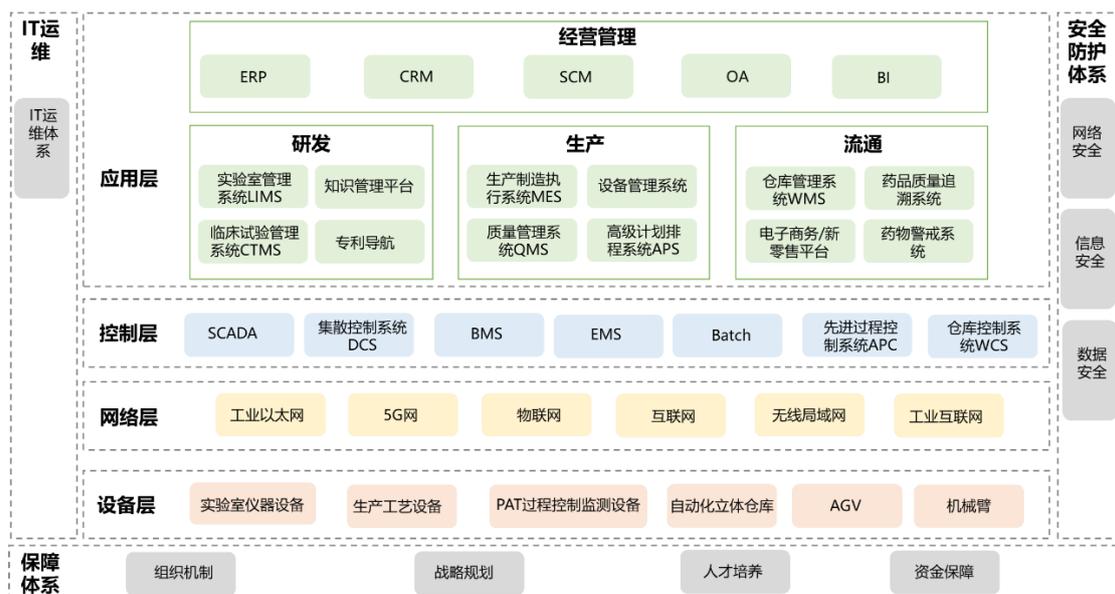


图 1 医药制造业中小企业数字化转型总体架构

### （一）四层架构

#### 1. 设备层

设备层是实现数字化转型的重要基础，主要包括实验室设备、生产工艺设备、智能化仓储设备以及 AGV、机械臂等智能辅助设备。设备层执行具体生产作业指令，并为控制层、应用层提供底层数据支持，通过工艺、产能、质量、能耗、运行维护等关键数据抓取，满足设备、系统、产线之间的数据互联互通需求。

#### 2. 网络层

网络层是实现控制指令下达、设备参数监测、任务工单传递等的核心通道，主要包括工业以太网、物联网、5G网、互联网、无线局域网、工业互联网等，通过不同通信网络的衔接配合，实现业务流、数据流、信息流的畅通共享。其中，工业以太网主要用于为生产网络提供控制指令下达等服务；物联网提供设备之间的网络通信服务；无线局域网为企业提供安全的内部网络支持；工业互联网通过人、机、物的全面互联，实现全要素、全产业链、全价值链的全面链接。

### 3.控制层

控制层向上对接信息化管理系统，向下对接设备层、采集整合相关数据，主要包括数据采集及监控系统(SCADA)、集散控制系统(DCS)、能源管理系统(EMS)、生产过程控制系统(MES)、生产环境智能控制系统(BMS)、批处理(Batch)系统、可编程控制器(PLC)、现场总线控制系统(FCS)、计算机集成过程控制系统(CIPS)。其中，数据采集及监控系统(SCADA)能够实现生产过程集成实时监控、异常报警记录、数据集成管理等，解决数据孤岛问题；过程分析技术(PAT)是用于设计、分析和控制生产过程的技术，通过在线收集原料及中间体物料等关键质量参数、工艺性能，实现产品质量精准控制。

### 4.应用层

应用层是研发、生产、流通、经营管理等环节全面数字

化的集中体现，应用层主要包括业务管理层和经营管理层。其中，业务管理层通过实验室信息管理系统（LIMS）、生产制造执行系统（MES）、质量信息管理系统（QMS）、仓储管理系统（WMS）等系统建设和集成，实现业务管理一体化应用。经营管理层重点在于对内集成分析应用关键业务、管理数据，通过可视化展示辅助经营管理决策，对外与供应商和客户实现数据对接，解决产业链上下游业务协同问题。

## **（二）三大体系**

### **1.基础保障体系**

基础保障体系是企业数字化转型顺利推进的前提条件，从组织机制、战略规划、人才培养、资金保障等多方面为数字化建设提供充足要素支撑。其中，组织机制重点在于强化组织领导，推进“一把手”工程，建立与数字化建设适配的管理机制；战略规划重点在于统筹制定并动态优化企业数字化转型的总体战略和发展规划；人才培养关键在于建立覆盖领导层、管理层、员工层的数字化能力素养培训体系；资金保障在于为数字化转型提供持续稳定的资金支持，建立专项资金管理机制，提升数字化投入产出比。

### **2.安全防护体系**

安全防护体系是确保设备、系统、网络、数据、信息等各方面安全的坚实基础，主要包括实验室仪器设备、生产工艺设备、辅助设备终端安全；工业以太网、物联网、5G

网等网络安全；MES、QMS、ERP 等应用系统安全；业务运营、经营管理等方面的信息、数据安全。

### **3.IT 运维体系**

IT 运维体系是推动数字化设备、系统、软件、平台等高效运行的重要举措，通过建立统一、集中、高效的运维服务体系，畅通数字化服务商、内部 IT 部门/人员和数字化应用部门信息沟通渠道，及时响应运维需求，对应用系统、平台软件、基础设施、网络安全等进行运营维护。

## **三、典型应用场景**

针对省内医药制造业中小企业数字化转型的共性需求，总结提炼针对性的典型应用场景。

### **（一）创新研发**

#### **1.AI 辅助新药研发**

打造 AI 药物开发平台，应用人工智能（AI）、云计算、大数据等信息技术，开展计算机辅助药物设计、靶点发现、模拟筛选和化合物优化等工作，提升新药研发效率。结合自然语言处理、深度学习和图像识别等 AI 技术，构建药物研发知识图谱，通过大数据靶点发现系统、AI 化合物合成系统、AI 化合物筛选系统、智能验证系统等，提高靶点识别筛选效率，有效缩短药品研发周期。

#### **2.研发项目全流程管理**

建立完善实验室管理系统，对实验室人员、仪器、样品、

试剂、方法、流程、系统工具等要素进行集中管理，实现实验室标准化管理、实验数据全过程记录和知识工具等整合共享。对项目立项、项目策划、项目实施、项目验收、项目结项、项目转化应用等研发项目全流程进行线上管理，实现资源调度、进度追踪、预算管控、成果管理。

## **（二）生产制造**

**一是生产作业数字化。**通过 APS、ERP、MES 等系统集成，整合订单、库存、生产任务、要素资源等各类信息，优化并自动下发排产计划。应用 MES 系统以及 SCADA、PAT 等控制系统，下发产品配方、设置生产参数、在线称量配料、实时监测生产数据。

**二是在线质量管控。**应用 PAT 技术，在生产过程中对原料、中间体的关键质量参数和工艺指标进行实时检测。开发药品生产过程质量监测模型，替代部分离线检验环节，提升质量控制精准性。应用 AI 视觉等技术对药品外观、杂质异物、包装外观等进行质量监测。通过集成 LIMS、MES 系统，对生产批次、检测数据等进行线上管理，确保产品质量相关记录的合规性。

**三是设备管理数字化。**建立设备管理系统，集成应用巡检 APP、视频监控系统、传感器等多种方式，实现巡检计划、巡检运维标准、巡检记录等流程管理信息化，实时采集并分析设备运行数据，对异常情况进行及时报警和处理。对设备

运行参数、维修维护等数据进行分析，建立缺陷标准库、故障预测性模型，制定设备维修保养工作计划，实现在线诊断、预测性维护和运行状态的调试优化。

### **（三）药物警戒**

建立药物警戒系统，采用 APP、热线、邮箱、文献检索等多个不良事件采集工具，完善与临床试验机构、药物流通企业等相关方的药物不良反应信息采集和互通共享渠道，通过统计检验、模式识别、机器学习等深度挖掘药品不良反应监测数据，实现风险因素识别和不良反应预警。推动药物警戒系统与原材料、产品质量监测数据对接，加强药品全生命周期管理。

## **四、实现路径**

数字化转型是统筹规划、分步实施的长周期工程，需要企业根据管理需求和业务特点，提前谋划总体架构、技术路线和分阶段实施方案。

### **（一）单点突破**

目前，省内大多数中小型制药企业都处在单点突破的早期探索阶段。处在该阶段的中小企业应立足核心紧迫需求，针对关键业务领域摸排自身现状，部署软硬件系统，在实验室管理、质量管理、仓储管理等局部环节开展数字化试点，通过药品质量追溯等系统软件实现供应链一个或几个业务板块内的数据联通。

## **（二）集成互联**

集成互联阶段的制药企业已具备一定的数字化基础，并将数字化建设向创新研发、生产制造、质量检测等核心业务环节延伸，通过传感器实时监测、打通跨系统数据接口、打造一体化管理平台等多种方式，实现应用层、控制层、设备层等上下层系统、系统与设备之间的集成，推动单体设备、单点应用向跨领域、全流程、全级次互联数字化网络进行转变，构建集成共享、高效畅通、全面覆盖的数据管理体系。

## **（三）智能驱动**

处在该阶段的企业，一方面，通过经营管理、业务管理数据的集成分析和应用，引入人工智能、机器学习等新技术，形成系统的自学习、自优化能力，助力企业持续优化和完善业务流程，提高生产经营效率和质量；另一方面，通过与产业链上游供应商和下游分销商、客户的系统互联，实现上下游业务深度协同，助力企业显著提升创新能力和供应链管理效率。

# **五、保障措施**

## **（一）政府层面**

与其他制造业领域相比，省内医药制造业中小企业数字化转型基础相对较好，政府主管部门应从企业数转和外部环境两方面着手推动省内医药制造业中小企业逐渐实现数字化能力水平跃升。

一是以推动企业数智化转型、提升企业创新能力为主要方向，一方面，加大智能制造支持力度，引导中小药企探索打造数字化车间、智能工厂、绿色工厂，通过设备数智化改造和物联网、AI 视觉技术应用，以及设备、系统集成打通，全面提升生产效率和产品质量；另一方面，鼓励中小药企探索计算机辅助药物设计、靶点发现、模拟筛选和化合物优化等 AI 辅助研发典型应用场景，加强研发项目一体化管理和知识库建设，持续提升药物研发水平和创新能力。

二是以强化龙头企业“链式”带动、加大人才要素保障为主线，一方面，加快龙头企业引进培育力度，推动省内医药制造业不断延链、拓链、强链，形成“链式”带动中小企业数字化转型的产业生态；另一方面，针对中小企业缺乏专业数字化运营体系和人才储备等问题，定期收集中小企业数字化培训需求，为中小企业提供数字化专业知识技能培训。

## **（二）行业层面**

引导海口高新区等医药制造业中小企业集聚的产业园区先期探索建设生物医药行业高质量发展监测和公共服务平台。以园区重点企业发展情况全面摸底和统计监测为基础，建立重点企业库，对重点企业生产经营数据、数字化能力水平等进行动态更新。建设专利检索平台、产业链协同平台等公共服务模块，其中，专利检索平台重点为园区内中小企业提供医药领域专利检索服务，助力中小企业开展知识产权布

局；产业链协同平台重点开发产能供需对接平台、智能化仓储物流管理平台等子平台，推动区域内企业实现标准化车间、产线富余产能、销售渠道和订单、智能化仓库、物流配送等资源共享，充分挖掘区域企业产能、扩大区域产值和收益、降低生产和库存成本、进一步拓宽市场渠道。

### **（三）服务商层面**

数字化转型服务商应面向海南省医药制造业中小企业开展深度调研、把脉问诊，对行业发展特点、生产工艺和关键工序、企业数字化转型共性诉求和个性化需求等进行深入研究，聚焦数字化车间、智能工厂、药物警戒、质量追溯等典型场景，研发推广行业共性解决方案、企业个性化定制模块，实现软件产品、解决方案与企业实际业务流程、需求的高度适配。引导数字化集成服务商发挥整体规划、系统集成、资源统筹优势，为中小企业提供设备、系统、软件、平台、硬件等集成解决方案，助力中小企业打通跨业务环节数据链、解决“信息孤岛”问题。

# 农副食品加工业

## 前言

海南省农副食品加工业中小企业近年来呈现出稳健而积极的发展趋势。2023 年全省规模以上农副食品加工业增加值增长 28%，拉动规模以上工业增加值增长 1.4 个百分点。

海南省拥有丰富的热带水果、海鲜等食材资源，为食品饮料制造业提供了丰富的原材料。这些高质量的原材料使得产品在市场上具有相当竞争力。

但目前，相比于国内农副食品加工业企业整体较高的数字化生产管理水平，省内农副食品加工业中小企业的数字化水平普遍偏低，企业间数字化程度相差较大，多数规下中小企业生产车间不规范，生产质量难把关。

本路径指南通过梳理我省农副食品加工业数字化转型的总体形势以及省内中小企业数字化转型面临的实际困境和需求，研究提出数字化转型的总体架构，针对省内农副食品加工业中小企业数字化转型共性需求提炼针对性的典型应用场景，分阶段总结数字化转型的实现路径，以期为全省农副食品加工业中小企业数字化转型提供指引和参考。

## 一、背景意义

### （一）总体形势

随着我国的发展环境和居民的生活环境、生活状态、物质需求的深刻改变，农副食品加工业作为国民经济重要支柱产业和民生保障的基础产业，正迈进一个以营养健康为标志的高质量发展时代。食品行业也由原本的生存型消费逐渐转变为健康型与享受型消费。人们的饮食需求不再仅仅满足于吃饱，而是更加注重食品的安全性、健康性以及消费的多样化。

当前食品营养数字化、人体健康数字化势不可挡，企业数字化转型既是农副食品加工业健康发展的必要需求，也是顺应国家时代宏观发展的必然要求。

在物联网、云计算、大数据等在技术驱动下，农副食品加工业企业在生产、加工、包装、物流、仓储、营销、市场、服务等各个环节正快速与互联网深度融合，逐步形成以数据支撑业务发展、上下游企业协同转型、跨行业融合的数字化生态体系。

### （二）转型意义

#### 1. 实现降本增效

应用数字化技术实现人力、设备、物料等资源的动态配置和精确管控，提高物料流转效率、减少人力投入。通过对设备的自动巡检、运营状态监测、故障诊断和预警、预测性

维护，有效降低设备故障停机率，延长设备使用寿命，降低设备能耗。

## **2.加强质量追溯**

依托物联网等技术及 RFID（电子标签）、二维码等信息载体，收录食品生产加工和销售流通的各个环节中的数据，保障全流程数据的完整、可追溯，实现从生产源头到消费终端的顺向追踪，以及从消费终端到生产源头的逆向回推，提高企业对质量安全问题的监控及应对能力。

## **3、强化精细运营**

数字化助力企业实现订单与生产的高效衔接，及时响应市场需求变化，缩短新产品设计时间，实现创新产品的高效生产和快速上市，建立基于互联网、电商等的新型业务通路。

## **4.增强全链协同**

通过数字化技术实现信息在材料供应商、生产企业、物流企业、下游客户、门店渠道之间的信息共享与动态管理，实现跨企业多源信息交互和全链条协同优化，提升全产业链效率。

### **（三）共性需求**

通过对省内中小企业数字化应用情况调研了解到，目前海南省农副食品加工业中小企业尚未建立完善的数据治理机制，数据管理水平较低，没有形成标准规范，要素协同短期内无法实现。管理层面企业数字化转型缺少统一布局规划，

没有清晰的数字化转型目标，对数字化转型作用成效认识不到位，尚未形成统一的数字化转型协调机制。在生产层面大多数中小企业仍处于半自动化阶段。关键生产工序还无法实现机器替代人工，仍以半自动化、人工参与核心生产环节为主，仅有少部分中小企业在新规划厂房中运用自动化生产设备和自动化仓库。

**1.研发数据缺乏管理：**新品创新迭代速度快，原料与配方的遵从性管理与检查多依赖线下工人，准确率低成本高。缺乏对新品研发过程的数据如配方、成分、含量口感外观等数据信息的存储和管理。

**2.生产计划不稳定：**缺乏对市场营销趋势的预见性，物料计划/库存准备不充分，没有柔性健全的订单锁定冻结和生产协同机制，无法快速满足和响应市场需求，造成企业成本浪费和客户流失。

**3.订单履约难，缺货与爆仓并存：**客户触点多，订单来源通路繁杂，普遍存在错漏改调等现象，导致订单及时性与准确性不高，。进而影响生产计划与产能匹配，导致缺货、爆仓。

**4.业务环节多，食品安全监管难：**企业业务环节长、产品本身有保质期、渠道杂多增加食品安全监管难度。

**5.成本利润难以精确控制：**销售通路多，竞争形势变化快，企业业务配适度不高，人工参与度高管控难，无法按照

订单精细化管理成本和利润。

## 二、总体架构

根据调研发现的共性问题以及企业普遍数字化基础较差的现状，数字化转型架构应围绕设数字化设备、系统应用、云平台三层架构展开。数字化设备作为硬件和软件基础设施，主要执行具体的生产作业，同时收集、整合有关设备及生产数据，进而通过数字化系统的应用将工厂生产各环节涉及的人员、设备、物料、环境、规程有机结合，对产品的全生命周期进行规范化、电子化、可视化、可追溯化管理，确保生产数据的精确性、可靠性和完整性，从而有效降低生产质量风险，提高效率，提升竞争力。最后通过上云上平台将研发设计、生产管控、经营管理、售后服务等核心业务环节部署到云平台，达到数据透明、实时管控、提升生产效率、提高产品质量、降低能耗排放、优化产业协同的效果。

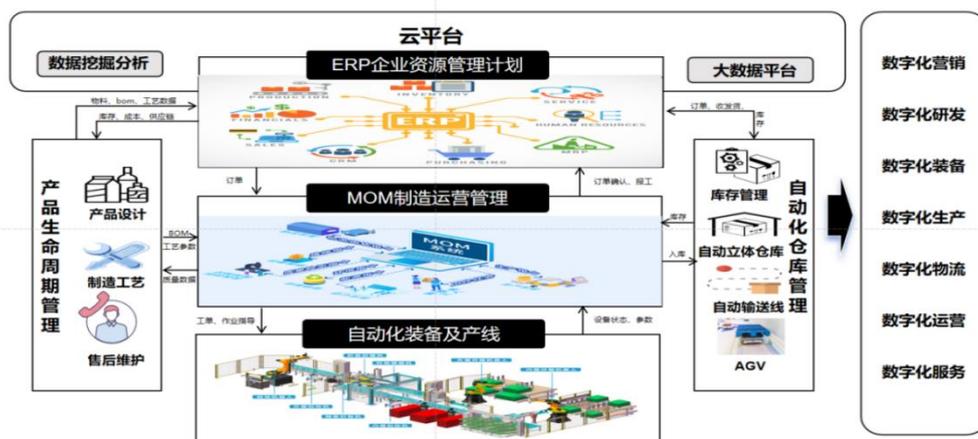


图 2 农副食品加工业中小企业数字化转型总体架构

### (一) 三层架构

## 1.设备层

设施层是数字化转型的基础，企业需要建立适当的硬件和软件基础设施，包括自动化生产、生产控制两大模块，以支持数字化业务。自动化生产设备包括原料入库计量设备、在线混料机、均质机、分离机、智能检测设备、智能包装设备、自动化立体仓库和自动导引运输车（AGV）等。

## 2.系统层

系统层建设应围绕业务需求开展。企业可通过 PLM 系统，建立企业标准统一的研发基础数据库、管理流程、制度规范及权限管理，让企业核心配方、生产工艺从传统手工管理转变成数据智能管理，缩短产品研发周期。通过应用 ERP、APS、MES/MOM 等管理系统，综合考虑产品、工序、物料及设备等因素，制定主生产计划、精细排程、物料需求计划、库存计划，从而保证成品交期，提升设备利用率和库存周转率。通过应用质量管理体系（QMS），实现原材料质量管理、生产过程质量管理、产成品质量管理、送检计划管理、质量异常实时预警、不合格品管理、客诉管理、产品全生命周期质量管理、质量改进闭环跟踪、流程标准化等功能。应用仓储管理系统 WMS，对物料的入库、出库、库房盘点等进行位置映射管理、批次状态管理和物料转移任务管理，实时监控物流运动和库存水平，提高库房利用率，确保物料转移的准确性，提高物料转移效率。实现仓储配送与 MES 系统、

ERP 系统等业务系统的集成，基于生产计划制定配送计划，基于生产线实际生产情况拉动物料配送，实现原材料、半成品等定时定量配送，基于客户和产品需求调整目标库存水平。最终通过各系统集成实现生产管理、仓储管理、采购管理各环节的数据协同共享。

### **3.平台层**

平台层围绕研发设计、生产管控、经营管理、售后服务等核心业务环节，利用网络将企业的基础设施、管理及业务部署到云平台，即可获取云服务商提供的计算、存储、数据服务，供有需要的部门或者人员实时使用，达到数据透明、实时管控、提升生产效率、提高产品质量、降低能耗排放、优化产业协同的效果。

## **（二）架构搭建**

### **1.业务架构**

业务架构是对业务需求的提炼和抽象，对产品（项目）所涉及需求的业务进行业务边界划分，对应业务域的需求逻辑。企业应全面梳理各业务环节、生产工序流程，确定数字化应用业务场景，定义流程能力，包括业务目标，执行文件、业务流程规则。农副食品加工业中小企业主要的业务环节一般为生产制造环节，包括原材料采购、生产加工质量控制；仓储物流环节，包括场内物流、场外物流。市场营销环节，包括品牌推广、市场研究、销售渠道等。客户服务环节，包

括售后满意度评价、客户画像、售后协同等。

## **2.应用架构**

应用架构是对整个系统应用场景的总体架构，需要指出系统对应的应用场景、系统层次以及系统各个层次的应用服务目标。企业在应用架构搭建时应该充分考虑发展阶段和业务复杂程度。在设计之时需要对系统的应用场景有清晰的认识，明确系统要服务的对象、处理的业务流程以及所处的行业环境。系统层次指不同功能模块的划分，以及这些模块之间如何协同工作。在明确系统层次后，还需进一步明确各层次的应用服务目标，尽量做到可量化、可评估。

## **3.技术架构**

技术架构是对在业务架构中提出的功能（或服务）进行技术方案的实现，包括软件系统实现、操作系统选择和运行时设计。在软件系统的实现方面，技术架构需要确定采用何种编程语言、开发框架和工具，以确保系统能够高效、稳定地实现业务功能。不同的操作系统在性能、稳定性、安全性等方面存在差异，因此需要根据系统的业务特点和运行环境来选择合适的操作系统。

## **三、典型应用场景**

针对省内农副食品加工业中小企业数字化转型的共性需求，总结提炼针对性的典型应用场景。

### **（一）研发环节**

## 1.数字化研发设计

利用物联网、云计算、人工智能等数字技术将食品原料物性、营养特性、人群营养特征、配方配比等信息进行数据化处理和综合分析，实现对配方和工艺的标准化与智能操控，推动食品研发数据版本化。通过大数据分析预测市场消费趋势并结合历史数据，推动符合消费人群特质的产品设计革新、品类创新，从研发层面获得竞争优势。

## 2.产品生命周期管理

应用产品生命周期管理系统（PLM）。建立企业标准统一的研发基础数据库、管理流程、制度规范及权限管理，让企业核心配方、生产工艺从传统手工管理转变成数据智能管理，缩短产品研发周期。

### （二）生产管理环节

基于市场需求预测和销售订单，通过应用 ERP、APS、MES 等管理系统，综合考虑产品、工序、物料及设备等因素，制定主生产计划、排产排程、物料需求计划、库存计划。打通各系统间数据接口实现采购数据、销售数据与生产数据协同共享，基于 ERP 系统的产品订单，APS 系统可根据物料清单和库存分解订单计划，自动生成主生产计划与物料需求计划。主生产计划根据系统内指定的批次规则自动分解成生产批号，与 MES 系统对接进行批量生产作业的下发，同时 APS 系统还能够在内部计划变更、紧急订单、设备故障、原料无

法及时到货等异常情况发生时迅速响应，生成新的生产计划，同时协同各环节进行调整。通过系统间协同作业，企业可实现及时采购、及时生产，降低库存和资金占用，从而提升成品交期率、设备利用率、库存周转率以及资金周转率。

### **（三）质量控制环节**

应用质量管理体系（QMS），进行原材料质量管理、生产过程质量管理、产成品质量管理、送检计划管理、质量异常实时预警、不合格品管理、客诉管理、质量改进闭环跟踪。通过应用品质自动化感知等质量安全控制技术及仪器设备，实现真菌毒素、重金属以及农药残留等食品安全指标自动检测，数据自动上传。通过系统协同，质量检验数据可在 ERP 系统、生产管理系统、WMS 系统、SRM 系统之间相互衔接，实现企业检验标准规范化、质量数据一体化、质量管理可视化、质量异常实时预警。

## **四、实现路径**

### **（一）技术改造**

对原材料称量、配比、加工、烘干、检测、包装、运输、仓储等关键业务环节进行自动化升级改造，通过采购自动称量设备、配比设备、自动包装设备、自动运输车、自动堆码机、机械臂等数字化设备，减少人工干预，提高食品生产的标准化、稳定性和规范性，减少生产损耗，降低人工成本。

### **（二）全面感知**

通过运用条码读写器、RFID 等设施，对产品生产、加工、原材料及产品出入库、场内外物流等全环节数据进行采集和识别。运用“一物一码”等技术，集成食品原材料来源、生产批次、生产日期等信息，打造全过程质量可追溯体系。采购数字化设备建立自动化生产线，或通过安装数据采集和识别设备，采用 PLC、CNC（计算机数控系统）系统、边缘网关等其他数字化外设，对现有设备进行改造，实现对生产设备和关键控制节点的实时监测预警。

### **（三）补全应用**

当前发展阶段企业应以 ERP 等基础系统为依托，围绕核心经营管理需求搭建业务系统，推动企业数字化从单项覆盖向各环节集成应用，重点打通采购、生产、销售数据流。借助可视化看板、数据大屏等技术，将采集数据根据业务需求进行汇总分析，生成可交互的实时分析报告。从长远规划来看企业应逐步实现从单一环节信息化系统应用逐步到物联网平台应用，再到工业互联网平台应用，最后实现产业链上下游企业协同发展。

### **（四）数据洞察**

利用数字化技术和工具实现精益分析和管理的，针对设备生产率、产品质量稳定性、产品库存情况、原材料库存情况等核心关注点，定制数据分析模块，按固定周期生成生产经营数据专题报告，指导经营决策。结合销售侧数据，

对淡旺季产能需求、最佳资源效率进行分析，结合设备寿命、维修费用、设备故障率等数据，制定设备开停机、调试及维修计划，降低固定成本。通过大数据分析、机器学习、3D建模等技术，实现工厂仿真、产线仿真、仓储仿真，客观、实时全面地发现企业生产问题。

## **五、保障措施**

### **（一）企业层面**

#### **1.建立有效组织体系，制定转型方案**

建立由企业高层直接领导，由信息化、生产、质量、设备等各业务部门全面参与的数字化转型组织体系，结合企业实际情况和具体要求，评估关键业务流程的数字化转型现状、痛点及需求，借鉴行业成功案例，制定适宜的数字化转型方案，分阶段、分步骤组织实施。对数字化转型的主要任务进行优先级排序，集中优势资源保障关键环节任务的顺利实施和交付。对于涉及多个系统和多个业务流程的建设任务，根据业务逻辑和技术流程，建立不同的工作流，分模块推进项目实施。

#### **2.推动多方合作，强化专业技术支撑**

加强与数字化服务商、智库咨询机构、工业软件服务商等主体交流合作，采购专业化的数字化转型诊断咨询、整体方案设计等服务。与数字化转型服务商深度交流，围绕企业特定需求定制有关功能模块。加强数字化系统的日常维护、

操作人员的培训、流程变革的管理以及系统功能发掘与迭代升级。

### **3.加大要素投入，支撑企业数字化转型**

资金方面，做好投入产出测算，根据企业实际适量增加企业技术资金投入，充分保障企业数字化转型过程设备与技术的充分应用。人才方面，企业应重视人才的合理培养与利用，通过人才招聘、人才推荐、专家培训、专业技术培训等措施，组建一只高质量数字化人才团队。技术方面，持续技术创新是企业数字化转型的长效动力，包括信息技术创新以及业务技术创新，通过技术创新，打造优质品牌，提高产品品质和效益，提高市场份额，降低数字化转型难度和门槛，实现数字化转型和营业收入增长的相互哺育。

## **（二）行业层面**

### **1.统一数据规范，实现产品信息追溯**

加强顶层设计，数字化服务商、行业协会、智库单位应积极主动开展农副食品加工业数字化转型相关标准研制。建设农副食品加工业产品追溯公共服务平台，赋予每一批产品身份标识，实现来源可查、去向可追，进一步实现标准化、规范化的全供应链信息追溯体系，形成行业大数据集，从而推动行业整体的发展

### **2.打造转型标杆，强化示范引领作用**

行业龙头企业应该积极主动开展数字化转型工作。探索

行业转型路径、发现转型痛点难点、总结数字化转型经验，形成一套可复制、可推广的行业数字化转型实施架构，为转型意识较强的农副食品加工业企业提供可借鉴的转型方案，进而示范带动全行业数字化转型，凝聚数字化转型共识，提升数字化转型整体影响力。

### **（三）政府层面**

#### **1.强化政策保障，提升数字化应用能力**

将数字化转型作为产业高质量发展的重要抓手，完善数字化的政策支持体系，组建行业供应商资源池，加强针对性宣贯引导，强化企业对数字化转型功能和价值的认知。针对企业数字化转型面临的投入大、风险高、见效慢等一系列顾虑问题给予一定的资金扶持，提升市场主体的数字化转型的积极性。

#### **2.开展免费数字化转型服务，增强供需匹配度**

由政府牵头为企业开展免费数字化转型诊断咨询。引导数字化服务商分阶段、分场景为中小企业设计出具有针对性的数字化产品与服务，为中小企业提供点对点的、适合自身发展的个性化解决方案，再由政府集中遴选并采购适合中小企业需求的低成本、轻量化、平台型、见效快的数字化解决方案，供中小企业应用，降低中小企业数字化转型成本。

# 电气机械和器材制造业

## 前言

海南省电气机械和器材制造业以金盘、威特、美亚等龙头骨干企业为引领，已形成高低压变压器、电线电缆、配电箱和配电柜等主导产品，拥有创新型中小企业、专精特新中小企业、“小巨人”企业共 9 家。

近年来，以金盘为代表的行业龙头企业积极探索工业互联网平台、智能化工厂等数字化转型典型应用场景建设，部分骨干企业应用传感器、大数据算法模型将产业链延伸到下游“智慧楼宇”“智慧用电”解决方案，部分优质中小企业已在钣金箱体、喷涂、组装、电线电缆绞合等标准化工序建立自动化生产线。总体来看，省内电气机械和器材制造业中小企业在采购供应、生产制造、质量检测、库存管理、销售管理等核心业务环节数字化水平仍然不高。

本路径指南通过梳理电气机械和器材制造业数字化转型的总体形势，研究提出数字化转型的总体架构，针对省内中小企业数字化转型共性需求提炼针对性的典型应用场景，分阶段总结数字化转型的实现路径，以期为全省电气机械和器材制造业中小企业数字化转型提供指引和参考。

## 一、背景意义

### （一）总体形势

近年来，国家对打造清洁低碳安全高效能源体系、构建以新能源为主体的新型电力系统进行重点部署，新能源、智能电网呈现出爆发式增长态势，为电气机械和器材制造业带来巨大的市场空间。同时，电气机械和器材制造业面临产能过剩、低价竞争、创新不足、缺乏品牌影响力等多重挑战，中低端需求逐渐下降，科技创新水平高、产品附加值高的产业链快速发展，行业逐渐迈入高端化、绿色化转型升级的关键期。大力推动智能制造，实现设备数字化、智能化替代，提升产品性能和效率、降低生产成本，成为企业转型升级、创新发展的必由之路。

目前，电气机械及器材制造业的部分企业已探索形成行业典型应用场景，借助智能化生产设备、传感器等实现生产过程实时监测和优化控制，通过设备运行情况的实时监测分析实现故障预警、预测性维护，不断提升生产效率和产品质量；在产品设计环节，企业采用数字化设计软件、仿真技术等对产品性能、部署方案进行优化完善。未来，通过数字孪生技术搭建与真实场景相匹配的虚拟场景，对产品全生命周期进行实时监测、运行维护、模拟分析和优化调整，将成为行业数字化转型趋势。

### （二）转型意义

**增强研发创新能力。**采用数字化建模和仿真工具实现产品设计仿真，综合考虑产品的不同应用场景和力、热、电、压力等多个场域限值，建立适用不同场景需求的仿真模型，对产品性能、安装方案等进行综合测试，并针对性能薄弱环节进行持续改进和优化，形成标准化产品设计工艺，以特定场景、特定需求的应用实践经验持续指导仿真模型优化，有助于企业缩短研发周期，降低产品开发成本，提升产品研发创新能力和效率。

**提升生产效率和质量。**通过数字化仿真建模对约束条件下的生产、装配工艺进行仿真，模拟不同生产工序的运行和配合情况，预测加工生产和装配效果，实现生产、装配工艺流程再造，对企业生产的变压器、配电箱、开关柜等电力装备及部件运行故障临界状态进行参数仿真，有助于企业提升工艺技术水平 and 产品质量。采用 MES、APS 等信息化系统，根据订单需求对原材料、产线设备、工人等要素配备情况进行合理配置，实现自动排产，助力企业实现生产要素优化配置和成本管控。

**实现供应链高效管理。**电气机械及器材制造业行业的产品多以定制化为主，通过打造数字化供应链管理系统，对上游供应商管理、原材料采购和下游订单系统、客户管理系统进行集成打通，有助于企业根据客户定制化需求和订单预测情况动态生成不同种类、规格、批次、性能的物料清单，实

现产进销深度协同，构建高效运行的供应链体系。同时，构建数字化运维服务体系，为客户提供智慧能源管控、智能化设备运行监测等服务，还有助于企业拓展延伸产业链，持续提升产品附加值。

### **（三）共性需求**

#### **1.生产过程管控需求**

目前，省内电气机械及器材制造业的大多数中小企业在生产制造要素管控、生产计划下达、设备工艺参数采集都以人工为主。产品定制化特性对生产制造过程物料需求、工艺工序、质量把控提出了不同要求，中小企业需要通过信息化系统实现生产制造全过程管控，并根据实际需要应用自动化配送设备衔接不同生产工序环节。

#### **2.供应链管理需求**

中小企业对供应链数字化管理提出了需求，一方面，通过建设进销存管理系统，对上游原材料、产品生产、销售环节进行关联管理，应用条码方式实现产品追溯、出入库管理；另一方面，基于销售管理系统的客户分类分级管理进行折扣定价、差异化营销。

## **二、总体架构**

电气机械及器材制造业中小企业数字化转型技术架构主要包含基础层、控制层、业务层和管理层等四个层次。

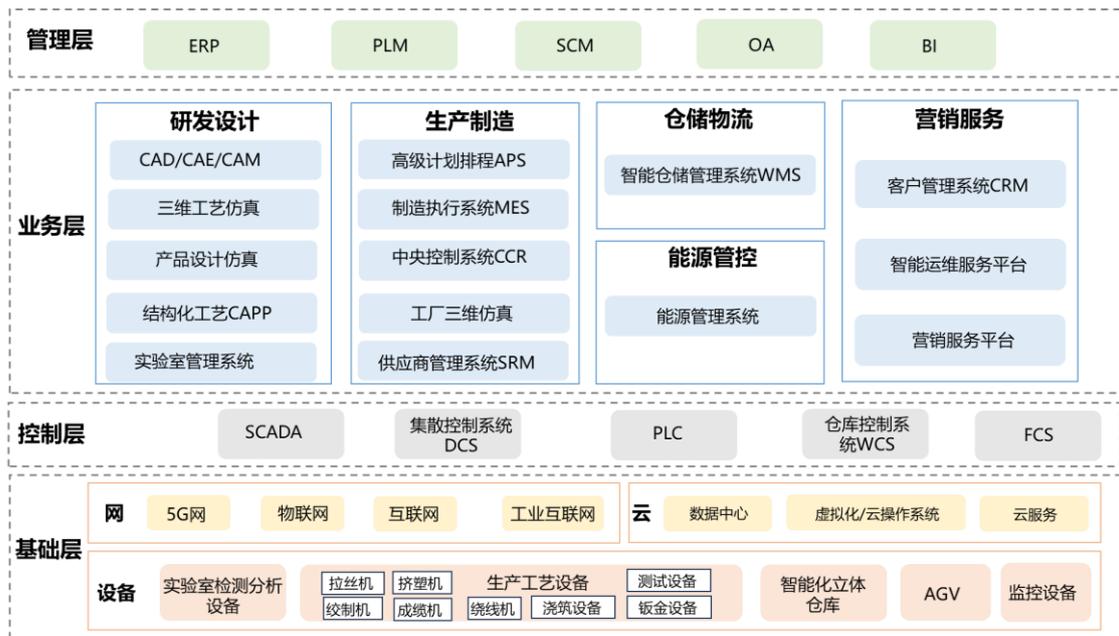


图 3 电气机械及器材制造业中小企业数字化转型技术架构

### (一) 基础层

基础层主要包含设备、网络、云等三方面。其中，设备终端主要包括实验室试验分析设备，拉丝机、绞制机、挤塑机、成缆机、绕线机、浇筑设备、装配设备、钣金设备、测试设备等核心生产工艺设备，以及智能化立体仓库、AGV、堆垛机等仓储物流配送设备、安全生产监控设备。网络层是实现控制指令下达、设备参数监测、任务工单传递等的核心通道，重点建设物联网、互联网、工业互联网、5G 网络等内外部网络，实现人、机、物等全要素的全面互联。云层面重点建设数据中心，开展数据存储、治理和分析应用，打造分布式、容器化及微服务化的云平台。

### (二) 控制层

控制层是信息化管理系统向下延伸的触角，对接设备层、

开展设备层相关数据采集整合，主要包括数据采集及监控系统(SCADA)、集散控制系统(DCS)、可编程控制器(PLC)、现场总线控制系统(FCS)、仓库控制系统(WCS)。其中，集散控制系统(DCS)主要负责接收MES、WMS业务系统的生产任务，优化分析生成调度执行指令，并下达到设备终端，完成集控产线调度作业，监测、采集和存储设备状态等信息，对异常信息及时响应。仓库控制系统(WCS)主要接收WMS业务系统的作业任务，优化分析生成调度执行指令，并下发到智能立体仓库设备终端，完成出入库、分拣、盘点等调度作业。

### **(三) 业务层**

业务层重点围绕产品/工艺设计、生产制造、仓储物流、能源管控、营销服务等核心业务环节建设数字化工具和信息化管理系统。

研发设计环节聚焦产品设计、工艺设计、实验室管理等应用CAD/CAE/CAM、三维工艺仿真、产品设计仿真、结构化工艺CAPP等设计工具软件和仿真软件，建设实验室管理系统。其中，三维工艺仿真、产品设计仿真工具主要用于结合客户产品需求和技术方案要求，建立仿真模型，对产品性能、组装工艺、安装方案等进行模拟，不断优化产品、工艺设计；结构化工艺CAPP重点对产品、零件、工序、设备、工装等工艺组成部分进行独立编辑、管理、存储、应用和共

享，实现工艺的结构化设计、展示和存储；实验室管理系统重点面向环境、温度等专业实验室实现精密仪器设备数据采集、样品管理、资源管理、研发项目管理等功能。

生产制造环节重点建设高级计划排程 APS、制造执行系统 MES、中央控制室 CCR、工厂三维仿真、供应商管理系统 SRM 等信息化系统。其中，APS 系统主要用于实现产能负荷报表、机床占用情况、日班计划等自动生成以及自动排程、自动分配任务，提升生产计划效率以及紧急订单快速应对计划变更，提升生产资源利用以及生产负荷均衡、生产能力最大化；制造执行系统（MES）重点对订单获取、生产计划、物料领用、生产执行、设备管理、质量检验、产品入库等生产全过程进行集中一体化管理；中央控制室（CCR）重点对工厂内部各类设施设备及环境进行集中监测和管理；工厂三维仿真主要用于在虚拟工厂环境中开展产线、生产设备、配送设备等建设布局，并开展生产计划和负荷、产能、成本、能耗等模拟分析，验证产线布局运行的可行性，助力企业实现产能最大化和成本管控最优化。供应商管理系统（SRM）重点实现供应商准入、分级分类管理以及采购需求提报、合同签订、采购订单协同、收发货管理和对账、结算等功能。

仓储物流环节重点建设智能仓储管理系统（WMS），实现部件采购入库、产品入库、销售出库、物料配送等有效管理。

能源管控环节重点建设能源管理系统，对能耗数据进行采集监测分析和异常预警，并支持能源分配、使用和管理方案的持续优化。

营销服务环节重点建设客户关系管理系统（CRM）、智能运维服务平台、营销服务平台。其中，客户关系管理系统（CRM）重点实现项目信息、报价管理、合同管理、销售机会、收付款计划、客户管理等功能；智能运维服务平台主要对变压器、储能设备等产品的运行情况进行远程监测、故障预警诊断等；营销服务平台重点面向客户提供询价、下单、投诉建议等服务。

#### **（四）管理层**

管理层主要包括 ERP、PLM、SCM、OA、BI 等经营管理环节信息化系统。其中，ERP 系统主要对采购、生产、销售、仓库、财务等模块进行一体化管理，着力打通公司内部的业务流、资金流、信息流；PLM 重点实现从产品设计、生产、交付、运维等全生命周期管理；SCM 系统主要集成采购管理、供应商管理、库存管理、销售管理、仓储物流管理、客户服务等业务环节，打通从供应商、制造商、销售商到终端用户的全供应链数据；OA 重点实现办公流程的线上化，打通跨组织、跨层级审批流，实现便捷移动办公；智能决策 BI 系统主要为公司管理层提供经营、业务数据分析和可视化报表，辅助管理层开展经营管理决策。

### 三、典型应用场景

#### (一) 数字化设计

由于变压器、配电箱、电线电缆等产品具备定制化特点，省内电气机械和器材制造业中小企业数字化设计应用场景主要集中在三维仿真建模以及产品、工艺的结构化管理。

**提升产品/工艺设计数字化水平。**面向客户个性化、定制化产品需求，运用三维仿真建模技术对变压器、配电箱、电线电缆等各个部件参数、工艺流程和组装方案等技术方案进行三维仿真建模，通过模型参数修改和模拟，验证产品/工艺设计技术方案的准确性，持续改进产品性能。应用结构化工艺 CAPP 对产品系列编码、工艺路线和组成部分、生产版本进行统一管理，实现产品设计规范化、工艺设计标准化、设计管理便捷化，实现产品材料选用、结构尺寸设计、技术参数量化设计的一致性。结合产品设计、工艺设计模板，根据客户对产品结构、材料选型的需求，自动计算物料定额与结构尺寸。推动三维仿真建模工具、CAPP 与 ERP 系统、MES 系统对接，实现产品、工艺数据的传输、交换、更新。

**运用三维动态仿真技术实现产线设计最优。**面向生产工序复杂多样的产线，通过三维动态仿真系统对产线的工艺流程、生产设备布局、产能设置、配送路线等进行动态模拟，在新产线建设之前模拟验证并形成最优的设计方案，助力企业构建生产要素最优配置、工艺流程效率高、产能大的生产

线，减少投产后的布局调整。

## （二）数字化生产

**推进车间设备数字化改造。**推动传统设备加装传感器和通信接口，引入高速绞线机、自动化成缆机、全自动绕线机、全自动横剪叠码线等自动化设备，以及装配和测试辅助工作台等设备，支持一线工人通过机器控制屏、工作台等设置设备运行速度、工艺参数，辅助提升工作效率。通过 5G、物联网等技术实现工厂设备互联，对设备运行情况的实时监测、故障预警和预测性维护。根据车间排产计划，应用 AGV 小车自动规划道路，快速完成物料配送。

**实现生产制造全流程精细化管理。**应用 APS、MES、设备管理等信息化系统，根据产能负荷自动排程和分配生产任务，提升生产计划效率以及紧急订单变更应对效率；实现生产设备运行状态实时采集和监测，通过故障预警、定期巡检，开展预测性设备检修和维护，减少停产风险；与自动化生产设备、AGV 配送设备等打通数据接口，对生产计划下达、物料配送、生产过程监测、质量检测结果追溯、设备运行状态监测等进行统一管理。探索应用三维扫描建模技术，通过对产品外观三维扫描数据以及系统标准模型数据对比进行质量检测，比对结果不合格时自动报警并提示人员处理。推动 MES 系统与 ERP 系统对接，针对无法实现自动化、数字化改造的关键生产工序，支持基于线上系统按照统一数据标签

手动填报相关数据，基本实现生产全流程的线上管理、数据采集和分析。在中央控制室建设车间可视化管理平台，集成采购情况、生产进度、设备运行、库存状态、质量监测等数据。提升现场管理数字化水平，支持一线管理人员通过电脑或 PAD 实现人员上岗、任务接收、工艺文件查看、物料领用、生产单切换、质检信息录入、设备巡检记录、工时查看等。

### **（三）数字化供应链**

打造采购、生产、库存、销售等集成管理的数字化供应链体系。通过采购管理模块实现对上游供应商信息、采购订单、收发货管理、对账结算等功能；通过库存管理模块实现自动出入库和库存统计等功能；通过销售管理模块实现市场机会跟踪、报价管理、合同管理、客户信息维护、收付款管理等功能，通过小程序、APP、电商平台等多种形式为客户提供下单、物流追踪、投诉、客服等服务。通过打通供应链关键业务数据，支持企业根据订单信息和库存状态自动制定并下达采购计划和排产计划，实现采购预警，推动订单进度与产品出库、发货的信息协同，通过“一物一码”实现部件采购、批次生产、质量检测、分销和终端销售等全流程数据溯源。

### **（四）数字化运维服务体系**

数字化运维服务体系是电气机械及器材制造业中小企业延伸产业链、提升产品附加值的重要抓手。通过在变压器、

储能设备、配电箱等产品上加载传感器，建立后台数字化运维服务体系，为客户提供设备远程监测、定期巡检、故障诊断和预测性维护等服务，同时，充分挖掘设备远程监测数据，开发智慧楼宇、节能环保、能源综合利用等解决方案，推动企业从制造业逐渐向生产性服务业进行延链、拓链。

#### **四、实现路径**

总体来看，电气机械及器材制造业中小企业数字化转型重点围绕管理效率提升、业务能力优化、系统一体集成和数据深度挖掘等四个层面展开，中小企业应深度把握公司的管理、业务数字化应用需求，综合考虑需求紧迫性、投入产出效益等制定分步实施的数字化转型计划。

##### **（一）管理效率提升**

在数字化转型的初期阶段，中小企业重点开展财务管理、人力资源管理、协同办公等基础经营管理环节的信息化系统建设，并着力推动采购管理、生产管理、质量管理、库存管理、销售管理等相关数据系统录入和跨部门共享，伴随基础层设备、网络的数字化升级改造，逐步实现设备与各系统的数据自动采集和上传，持续提升经营管理数字化水平。

##### **（二）业务能力优化**

中小企业应先期探索紧迫性高、改造效益明显、替代性强的部分生产工序开展老旧设备升级改造、引入自动化新设备，大幅提升生产效率和产能。伴随需求稳定增长和产品多

样化发展，与设备服务商、软件服务商合作开发符合公司特定工序生产需求的自动化、数字化设备，引入辅助工作台、控制面板等工具，探索打造全自动化生产线和立体化仓库，应用 MES、APS 等系统，并在产品/工艺开发环节引入三维仿真建模工具，探索应用机器视觉、三维扫描建模等技术，全面提升产品设计、工艺设计、生产制造、质量检测等核心业务能力。

### **（三）系统一体集成**

通过传感器、数据接口、视频监控系统以及物联网、工业互联网等网络建设，实现车间设备、人员、物料等生产要素互联，通过数据采集及监控系统（SCADA）、集散控制系统（DCS）、可编程控制器（PLC）、现场总线控制系统（FCS）、仓库控制系统（WCS）等控制系统，实现设备与应用层信息化系统的集成，基于 SCM、PLM 等集成系统的建设，实现跨业务、跨系统数据联通，打造覆盖全要素、全环节的数字化管理体系。

### **（四）数据深度挖掘**

通过对经营管理、业务运营、产品运维等多维数据的采集、汇总、处理、分析和应用，打造车间可视化管理平台、领导驾驶舱、数字化运维服务平台等数据集成分析展示平台，通过用户权限为公司管理层、业务人员、一线工人、客户等提供分类分级数据支持和辅助决策。同时，基于数据深度挖

掘助力企业延伸产业链，打造新业态，创造新的发展动能。

## **五、保障措施**

### **（一）企业层面**

建立适应中小企业数字化转型工作需求的组织架构和人员团队，面向管理层和一线员工开展数字化基础技能培训，提升员工数字素养和信息化系统应用操作能力。与面向细分行业的产品服务商加强合作，结合企业自身业务特点和痛点难点共同研究、定制开发针对性、个性化的“小快轻准”功能模块，切实解决企业自身实际问题。

### **（二）政府层面**

总体来看，海南省电气机械和器材制造业中小企业数字化转型相对薄弱，且区域行业龙头骨干企业与中小企业数字化水平相差较大，“小灯塔”企业相对较少。因此，政府主管部门应以梯度培育和试点先行为主要工作方向，分级分类推动电气机械和器材制造业中小企业加快数字化转型。一方面，支持市县主管部门以培育省级创新型中小企业、专精特新中小企业为抓手，开展电气机械和器材制造业中小企业数字化水平全面摸排和诊断评估，按照工信部发布的《中小企业数字化转型水平评测指标》标准，建立四级中小企业数字化梯度培育体系，分级分类推动细分行业中小企业数字化转型。另一方面，引导中小企业围绕数字化设计、数字化生产、数字化供应链、数字化运维服务等探索典型应用场景，培育

一批数字化转型成效显著的“小灯塔”企业，通过典型应用场景推广和“小灯塔”企业标杆学习，带动中小企业“有样学样”。

### **（三）服务商层面**

数字化服务商应对海南省本地电气机械和器材制造业中小企业发展特点和问题需求进行深入研究，针对目前标准产品无法解决的部分工序设备替代难、系统集成管理难等问题，服务商应与中小企业深度合作开发符合需求的产品和解决方案。同时，通过定期宣贯、专题培训、线上分享等多种方式，面向中小企业普及推广典型应用场景、转型方法路径、成功案例经验以及基础应用产品的投资收益、成本回收周期等专业知识。

# 汽车制造业

## 前言

海南省政府一直致力于推动汽车产业的发展，通过政策扶持和招商引资等系列措施，为汽车制造业企业提供了较好的发展环境。随着自动驾驶、云计算底层技术在汽车领域的不断渗透，叠加新能源汽车智能化发展带动，汽车领域技术应用将进一步重构汽车价值链及运营模式，汽车行业数字化转型成为必由之路。当前海南省汽车制造业企业的数字化整体仍处在较低水平，企业数字化转型认识不足、数字化设备应用不到位，数字化管理不深入等问题显著。

本路径指南通过梳理我国汽车行业数字化发展总体形势，结合海南省汽车行业数字化发展现状，研究提出数字化转型的总体架构，针对省内汽车制造业企业数字化转型共性需求提炼针对性的典型应用场景，分阶段总结数字化转型步骤路径，以期为全省汽车制造业中小企业数字化转型提供指引和参考。

## 一、背景意义

### （一）总体形势

海南省汽车制造业以零部件制造业企业为主，当前随着汽车在轻量化、信息化和智能化方面的产业布局不断加速，汽车零部件行业作为汽车产业链的重要一环，也必须进行相应的业务调整和重新布局，以适应主机厂实现业务转型升级后采购需求的变化。

主机厂集中资金，加大对新能源及智能驾驶方面的投入，但随着资本需求的不断增加，利润资金池却在不断收窄，因此，对供应商成本降要求也在不断提升，导致零部件企业持续面临产品价格下降压力。而在成本方面，上游原材料价格处于上涨周期、人力成本始终处于上升通道导致零部件企业整体盈利水平下降。

供应链面临不确定性。由于汽车供应链的惯性和传导存在时滞，中上游企业对冲击的调整幅度通常大于下游产业，疫情期间，整车厂的停产直接造成零部件供应商减产或停产，供应链区域化的趋势愈发明显，为了及时定位最优供应商，并应对贸易摩擦与海运运费上涨，整车厂正在对供应商实现优化整合，零部件供应商需在其工厂附近进行属地化配套，致使供应链企业趋近于固定，很难打开新的主机厂市场。

零部件企业面临着利润下降，供应量不稳定等多重经营难题，而企业数字化转型将成为解决难题的关键抓手。

## **(二) 转型意义**

### **1.通过精细化管理实现降本增效**

精细化管理：应用数字化技术实现人力、设备、物料等资源的动态配置和精确管控，提高物料流转效率、减少人力投入。通过对设备的自动巡检、运营状态监测、故障诊断和预警、预测性维护，有效降低设备故障停机率，降低设备能耗。一物一码，实时同步生产、库存、采购信息。加强环节控制，应用信息化系统联动各个环节，实现对物料成本控制、加工精度控制、设备与人员产能产量控制、质量不良不合格以及库存物料积压导致的成本变化控制、采购价格波动的控制。强化质量管控，实现全面质量数据采集，提升产品合格率，实现一次质检，提升主机厂对供应商产品质量信任度。

### **2.通过数据协同共享提高对供应链风险的抵御能力**

通过数字化技术实现数据在材料供应商、生产企业、物流企业、下游客户质检的信息共享与动态管理。实现跨企业多源信息交互和全链条协同优化，提升生产效率，实现预测式、拉动式生产。

## **(三) 共性需求**

通过对省内汽车制造业中小企业数字化应用情况调研了解到，当前行业企业生存发展面临较大困难，企业数字化转型需求低迷，转型意愿不强。通过走访企业生产管理现场和与企业高层座谈交流总结发现，企业在数字化转型方面主

要面临以下共性需求。

1.设备老旧未进行数字化改造，设备无法联网，生产管理人员无法及时了解生产状态或设备运行状态。可通过对设备进行数字化改造、加装传感器、打通入网协议等方式使传统设备升级为可主动采集回传生产数据、实时记录生产状态的数字化设备，实现自动化生产，控制减少人工参与。

2.受到主机厂订单量影响，生产计划变动频繁。可通过使用信息化系统如MES系统、APS系统进行智能排产。APS系统可基于企业的生产能力、订单需求等信息，生成最优的生产计划，MES系统根据APS系统生成的生产计划，进行生产任务的调度和协调，以保证生产效率和产品质量。

3.生产环节人工要素过多，如人工物料投放、人工压模、人工焊接等。各环节缺少完善记录，无法对成本进行精益管理，导致生产成本失控。可尽量减少人工参与，并通过数字化手段进行标准BOM物料成本控制、标准工艺毛坯加工精度控制、BOM、工艺变更与工单的全自动关联控制、质量不良不合格导致的成本变化控制等。

4.人工质检导致质检效果差、效率低、实效慢。可通过数字化改造逐步实现自动质检或AI质检。将原有的只对成品质检转变为对生产各环节操作规范性的质检，如梳理装配动作、识别影响产品质量的关键动作。并将检测设备与工单全自动关联，实现质检数据全自动实时统计与分析、质检数

据和质量控制异常的全自动预警。在此基础上联动主机厂，实现一次性交验。

5.人工盘点耗时耗力，数量误差较大。可通过手持扫描终端、产品电子条码+无人机、无人机+RFID 等盘点方式进行自动盘点。并将 RFID 系统与仓库管理系统相连接，在后台系统中实时查看产品数量，及时进行出入库管理。

6.企业内部各环节以及外部供应链的各企业之间无法实现协同联动。企业内部各环节未打通，外部无统一平台进项交易，或者统一平台权限受限仅可以获取订单，无法上传交货信息。内部可通过建立统一数据标准将各系统打通，实现销售与计划、采购、生产之间的数据打通，实现各环节协同配合，外部可由主机厂企业搭建统一的工业物联网平台，供应链企业可实现订单获取、采购交付、生产计划制定等协同作业。

## 二、总体架构

汽车制造业企业数字化转型总体架构大体分为五个层面，分别为车间层、网络层、感知层、平台层、用户层。前三层主要是将设备生产信息转化为可以分析利用的数据。系统层通过信息化系统的应用，对设计、采购、生产、质量各类信息进行采集分析。用户层利用数据分析结果对企业设计、制造、供应链、营销等各个环节提供量化、客观的数据支持，加强操作人员决策的精准性、科学性。

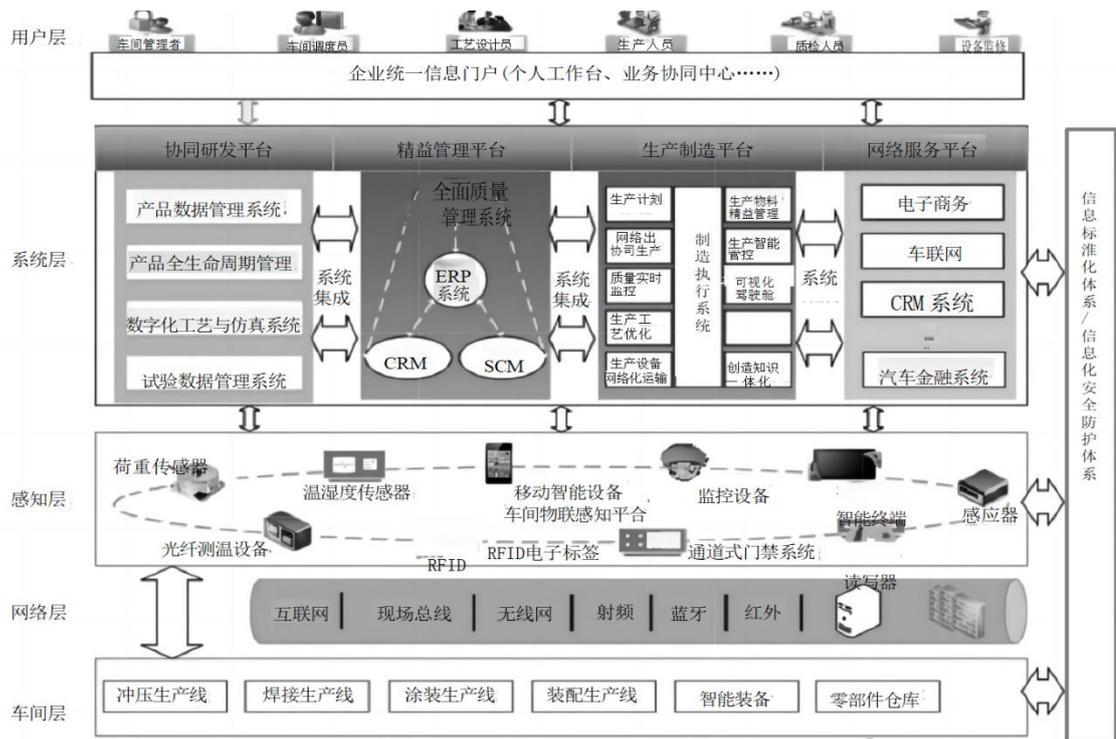


图 4 汽车制造业中小企业数字化转型总体架构

## (一) 架构搭建

### 1. 车间层

企业通过对传统制造装备进行数字化改造，购置精密数控装备，引入工业机器人等构建自动化冲压生产线、自动焊接生产线、柔性化装配生产线。

### 2. 网络层

企业在构建传统工业现场总线控制网络的基础上，利用云计算、边缘计算等信息技术，构建包括数据库、服务器、存储设备和安全等软硬件设施的数据中心，实现车间数据的动态存储、处理及分析。

### 3. 感知层

企业通过部署 RFID、温度湿度传感器、红外传感器、

数字化设备形成车间感知网络环境，构建车间物网感知平台，实现冲压生产线、焊接生产线、涂装生产线以及各类数字化装备等物理设备与虚拟设备的逻辑映射与感知，实现车间的生产进度信息、质量信息、能耗信息、车间现场环境等车间多源信息的实时采集与统一传输。

#### **4.系统层**

企业可通过搭建以 PLM 为核心的协同研发平台、以 ERP 为核心的精益管理平台、以 MES 为核心的生产制造平台和为客户核心的 CRM 客户资源管理平台等一体的企业综合管控平台，实现在研发设计、生产制造、经营管理等业务领域的信息化集成管控。

### **（二）三大支撑**

#### **1.基础支撑**

搭建支撑企业各信息系统及业务管控平台安全、可靠、稳定运行的基础网络支撑环境。制定标准化体系包括产品数据结构标准、生产设备编码体系、产品研发技术规范、质量检测技术规范等，通过标准规范的建设和完善，确保企业数据的结构化、规范化，为综合管控平台建设提质增效。围绕信息安全管理制度、人员安全管理制度、系统建设管理制度、系统运维管理制度等内容，建立满足人员管理、系统建设、系统运维等各个阶段和环节的行为规范和操作规程，通过制度化、规范化的流程和行为，保证各项工作开展的统一性、

一致性。

## 2.业务管控

研发平台应以支持企业各研发部门的协同应用为重点,搭建以产品全生命周期管理为核心、以三维设计与仿真工具、仿真数据管理系统、产品试验与测试系统为辅助的协同研发平台,形成基于三维数字模型的设计、制造、仿真、验证的数字化研发体系,有效支持产品升级和技术模式的创新。

精益管理平台应以企业 ERP 系统的深化应用为着力点,搭建以 ERP 为核心,集供应链管理、客户关系管理、决策支持管理等功能的精益管理平台,支持产品研发设计,实现对生产制造现场、经营管理全过程全价值链的精益管控,为企业提供战略管控、运营管控、财务管控和风险管控支持,全面提升企业的经营管理水平。

生产制造平台应以实现车间物料精益化管理、生产质量实时追随为突破口,结合 RFID、车间传感组网、工业机器人等先进制造技术,搭建以制造执行系统为核心的生产制造平台,实现汽车产品的透明化生产、可视化总装和严格的质量控制。

网络服务平台应以提升增值服务能力为重点,建立以客户为核心,以面向汽车整车及其配套零部件销售的电子商务平台,支持产品网络化定制销售、远程维修维护、在线运行诊断、整车租赁与分时共享等增值服务的开展,提升汽车行

业企业的服务能力和综合竞争能力。

### **3.产业链协同**

产业链协同平台应结合云计算、大数据等先进技术，基于汽车主机生产企业成套的信息化实施经验，带动产业链各企业的信息化建设和应用，以工业互联网为平台，逐步形成以协同研发、协同采购、协同生产、协同营销、协同资源等为主题的“互联网+协同制造”模式，促进全产业链的转型发展。

## **三、典型应用场景**

针对省内汽车制造业中小企业数字化转型的共性需求，总结提炼针对性的典型应用场景。

### **（一）供应链协同**

构建一个集成的供应链管理系统，实现供应链各环节数据的实时采集、交换和共享。通过电子数据交换（EDI）等技术，实现文档的电子化自动传输，简化流程并加速业务处理。运用大数据分析和人工智能技术，对供应链数据进行深入挖掘，预测市场需求、库存需求以及潜在的供应风险。利用数字化工具创建供应链的可视化仪表盘，展示关键绩效指标（KPI）和实时数据。

### **（二）生产制造**

利用数字化技术建立生产线的虚拟模型，通过仿真软件模拟生产流程，以优化生产布局和资源配置。部署 MES 以

收集生产现场数据，管理生产订单的执行、物料追踪、质量控制等关键环节。采用大数据分析技术，对生产过程中产生的大量数据进行挖掘和分析，发现生产瓶颈和改进机会。实施统计过程控制（SPC），通过数字化工具实时监控关键质量指标，确保产品质量稳定。采用虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术，为员工提供交互式培训，提升操作技能和安全意识。

### **（三）系统集成**

在实现对车间设备的数字化改造和对信息化系统的逐步补全后，企业可以通过搭建集成数据平台对各系统进行集成，打通数据孤岛，通过数据交互协同实现企业内各业务环节的高效运行。MES 系统可通过与 ERP 系统集成，完成从销售订单到生产计划的转换，通过与 MDC/DNC 系统（分布式控制网络系统）集成，实现自动化设备加工过程数据的自动采集，通过与 PLM 系统集成，可实时查看最新的工艺操作指导，通过与 EAM 系统集成，完成设备故障维修与记录反馈等。

## **四、实现路径**

### **（一）技术改造**

对物料投放、焊冲压等关键生产环节进行数字化升级改造，通过采购工业机器人、自动冲压机床、分布式 IO、工业控制器等，构建一体化生产线，实现自动投料、自动冲压、

自动焊接，提高数控化率，减少人工干预，提高生产稳定性和规范性，减少生产损耗，降低人工成本，提升产品合格率。通过运用条码读写器、RFID 等设施，对生产、加工、物料及产品出入库等全环节数据进行采集和识别。运用摄像头、传感器等硬件，实现车间、场线状态的全面感知。引导数字化服务商发挥 IoT 链接能力，采用 PLC、CNC（计算机数控系统）系统、边缘网关、雾计算等其他数字化技术，对现有设备进行改造，实现对生产设备和关键控制节点的实时监测预警。

## （二）应用补全

以 SAP 系统、MES/MOM 系统等基础系统为依托，围绕生产需求搭建系统，推动企业数字化从单项覆盖向各环节集成应用。重点打通采购、生产、销售数据流，借助可视化看板、数据大屏等技术，将采集的数据根据业务需求进行汇总分析，生成可交互的实时分析报告，提升信息透明度。利用数字化技术和系统实现精益分析和管控，针对设备生产率、产品质量稳定性、产品库存情况、原材料库存情况等核心关注点，定制数据分析模块，按固定周期生成生产经营数据专题报告，指导经营决策。通过大数据分析客观、实时、全面地发现企业生产问题，加强对过程节点控制，迭代工艺质量。

## （三）协同发展

构建一体化的智能运营平台，实现业务有效集成与优化

整合，提升信息共享水平，实现标准化、精细化运营管理，助推企业的快速转型。建立供应链协同的计划管理体系，打通产供销需求传递通道，开发智能算法模型，根据数据结果生成生产排期、供应链采购计划，以数据驱动上游采购、中游生产、下游销售等全供应链的智能化管理，打造自感知、自适应的柔性化产线和供应链，提高供应链整体运转效率和运转质量。

## **五、保障措施**

### **（一）企业层面**

**1.提升数字化转型意识。**企业领导层面应该提高对数字化转型的认识，充分意识到数字化转型对企业生存发展、孕育新质生产力的重要作用，制定中长期数字化转型规划，通过数字化改造促进转型升级。

**2.构建有效组织体系。**建立由企业高层直接领导，由生产、质量、设备等各业务部门全面参与的数字化转型组织体系，结合企业实际情况和具体要求，评估关键业务流程的数字化转型现状、痛点及需求，借鉴行业成功案例，制定适宜的数字化转型方案，分阶段、分步骤组织实施。对数字化转型的主要任务进行优先级排序，集中优势资源保障关键环节任务的顺利实施。对于涉及多个系统和多个业务流程的建设任务，根据业务逻辑和技术流程，建立不同的 workflows，分模块推进项目实施。

**3.加强交流合作。**加强与数字化服务商、智库咨询机构、工业软件服务商等主体的交流合作，采购专业化的数字化转型诊断咨询、整体方案设计等服务。

**4.加大资金投入。**做好投入产出测算，为数字化转型提供充足的资金支持。充分保障企业关键领域对数字化技术的应用与创新。

**5.重视人才的培养与利用。**通过人才招聘、专家培训、专业技术培训等措施，培养一批拥有数字化素养的员工，营造数字化转型氛围，推动数字化转型顺利开展。

## **（二）政府层面**

**1.加强规划组织领导。**加强相关政策宣传力度，健全政府与企业、协会团体等组织沟通交流机制，鼓励动员各类市场主体、智库机构、高校科研院所等社会力量积极参与推进数字化转型的规划与实施。遴选一批小灯塔企业，为中小企业数字化转型提供样本指导。

**2.强化政策精准支持。**加强对产业重点环节、重点企业的支持。用好智慧海南专项资金，进一步优化升级在科技创新、“智改数转”、企业培育、绿色发展等方面的支持政策。

**3.加大人才引培力度。**实施更积极、更开放、更有效的人才科创政策，加大高层次人才引进力度。优化专业技术人才引培、留用机制，盘活资源，打造一批高水平工程师队伍。深化产教融合，支持新型职业技术资格评定，开展企业学院

建设试点，增强职业院校、技能大师工作室、公共实训基地等载体的高技能人才培养能力。健全需求精准对接机制，进一步保障企业用工需求。

### **（三）服务商层面**

**1.加深对企业需求的理解。**加大对企业发展现状以及数字化转型需求的摸排，充分了解企业数字化发展情况。丰富与客户的触点，通过精准的方案解决客户问题，简化客户作业步骤，优化客户交易流程。

**2.开发优化数字化转型产品。**针对中小企业面临的共性与个性问题，研发适合中小企业的小轻快准产品，实现较少投入，带来较好效果，提振中小企业转型信心。优化服务模式，围绕企业特定需求定制有关功能模块，加强数字化系统的日常维护、操作人员的培训、流程变革的管理以及系统功能发掘与迭代升级。

**3.积极扩充生态合作伙伴。**与数控机床、激光切割、自动焊接设备等汽车行业装备制造制造商、智能工厂以及非标定制自动化集成商对接，提升软硬件协同开发应用水平，推动主要设备制造商开放数据接口、应用程序接口（API）或使用开放或基于标准的数据传输协议。

**4.试当让利中小企业。**提供价优质上的转型服务，同时提供标准优质的售后服务，提升客户满意度。

# 建材制造业

## 前言

非金属矿物制品业是海南省八大工业支柱行业之一，也是省内中小企业较为集聚的细分行业之一，中小企业主营业务集中分布在矿渣微粉、水泥、混凝土减水剂、混凝土、砂浆、玻璃、灰砂砖、墙体、板材等建材制造领域，行业内创新型中小企业、专精特新中小企业、“小巨人”数量达到 45 家。

近年来，为降低人员成本、提高生产效率、优化工艺技术，省内优质中小企业着手推动生产设备自动化改造和信息化系统应用革新，数字化转型成效初步显现，为全行业中小企业以数字化赋能专精特新发展提供有益借鉴。但大多数中小企业数字化转型仍处于初级探索阶段，虽然在财务、销售、库存、物流等环节已采用 ERP 等软件实现线上管理，生产、采购、质量追溯、客户管理等环节数字化水平仍相对较低，数据以人工采集录入为主，企业上云用云环节相对单一。

本路径指南通过梳理建材制造业数字化转型的总体形势，研究提出数字化转型的总体架构，针对省内中小企业数字化转型共性需求提炼针对性的典型应用场景，分阶段总结数字化转型的实现路径，以期为全省建材制造业中小企业数字化转型提供指引和参考。

## 一、背景意义

### （一）总体形势

在远期需求下降、消费品质提升、行业竞争加剧、产品同质化严重、品牌影响力弱、双碳要求趋严的大背景下，建材行业逐渐从总量扩张向质量提升、从资源消耗型向绿色创新型、从劳动密集型向数智生产经营、从价值链低端向中高端进行转变，绿色低碳、创新发展、数智转型是建材制造业未来发展的主要方向。随着生活水平的不断提升，环保、美观、节能、安全的建筑材料越来越受到市场青睐，向高质量发展已成为必然，产品需求呈现多品种、小批量、个性化、定制化、高品质的特点，需要企业满足售后服务、客户体验、快速交货等服务需求，建材企业面临多重发展机遇挑战。

伴随两化融合持续深化以及数字化、智能化转型升级的初步探索，建材制造业聚焦物流信息不同步、产业链供应链协同发展程度不高、应收账款压力大、生产模式落后等共性问题，在无人地磅、自动取样和检测、物料入库、智慧物流等等领域初步探索形成多样化应用场景，实现了原材料入场、车间资源调度、物流精准配送追踪等多个业务环节的数字化升级。同时，建设数字化工厂，对设备运行情况、生产过程数据、质量检测数据、视频监控数据等进行实时采集和分析，并通过三维可视化全面掌握工厂运行情况。

未来，建材制造业将在以下三大方向进行转型变革：一是建立建材产品全生命周期质量追溯管理体系，通过数字化、智能化工具建立质量追溯认证体系，提供重要建材产品防伪认证和防窜货管理；二是以绿色低碳为导向，通过智能制造、工业互联网等持续优化生产工艺、提升产品质量和生产效率，推广低碳、高性能建材产品；三是推动行业数字化智能化绿色化深度融合，着力构建覆盖研发设计、采购供应、生产制造、质量管控、物流配送、市场营销等全链条的一体化集成系统，实现智能化生产、网络化协同、规模化定制、服务化延伸。

## （二）转型意义

**提升生产效率与质量。**通过 ERP、DCS、全自动化生产线等建设应用，实现配方、生产任务清单远程自动下达到设备，对生产设备运营情况进行远程监控和管理。在原材料入场、产成品出厂环节通过无人地磅系统进行自动称重计量，集成无人地磅系统、物流配送系统，有效提升物料和产品的出入厂效率。

**降低成本与提高效益。**建立数字化供应链管理体系，实现“按需生产”和精益生产，打造低库存、高效率、稳定可靠的供应链体系，提高客户需求响应、订单交付效率，降低整体运营成本。通过生产设备数字化、智能化改造，对生产过程、设备运行状态等进行实时监测和分析，提升生产效率

和产品质量，实现设备故障快速诊断及远程处理，降低设备运维成本，保障安全生产。

**实现绿色低碳发展。**通过数字化手段优化能源管理体系，通过对生产过程、关键环节及重点设备能耗情况的实时监测，及时捕捉能耗超标点，提升能源调度和利用效率，降低能耗，减少碳排放。通过数字化、智能化转型升级不断革新生产工艺，促进企业向绿色、低碳、环保、可持续方向发展。

### **（三）共性需求**

#### **1.生产质量管控需求**

目前，海南省缺少统一的砂石供应基地，导致建材制造业中小企业的原材料质量管控成本相对较高，大多数企业仍采用人工方式进行入厂检测，实现原材料含水率辅助判断、料仓库存自动判断，从原材料、生产过程、物流运输到销售的全流程质量追溯是未来中小企业保障产品品质的重要手段。同时，生产设备联网管理和运行情况实时监测也是省内中小企业实现安全生产的普遍诉求。

#### **2.应收账款压力大**

建材制造业中小企业大多数处于产业链供应链的上游，下游客户多为大型建筑施工企业，中小企业基本以垫资生产为主，应收账款占全部营收的比重较高。传统手工记账方式导致对账时间长、财务结算成本相对较高，也是应收账款账期过长的原因。通过财务系统、订单系统、合同管理系统、

开票系统等数据对接，有利于企业对应收账款进行精细分类分级管理、自动计算、自动催款，提升应收账款周转率。

### **3.物流管理要求高**

建材制造业的混凝土行业对运输时限要求比较高，运输时间过长将影响混凝土质量，同时，下游客户对产品物流配送全程动态监管也提出了要求，因此需要数字化工具对运输位置、运输路线和时效进行管控。

### **4.产业链上下游对接效率不高**

目前，大多数省内中小企业向上游供应商订货、下游客户下订单仍采用电话、微信接单等传统模式，导致订单信息难汇总、难查询，对订单信息的响应时效性不高。与产业链上下游对接系统、数据，实现采购计划自动预警，有利于企业构建高效的原材料采购供应和销售管理体系。

## **二、总体架构**

建材制造业中小企业数字化转型总体技术架构主要包括基础层、支撑层、应用层、应用层四大层次。

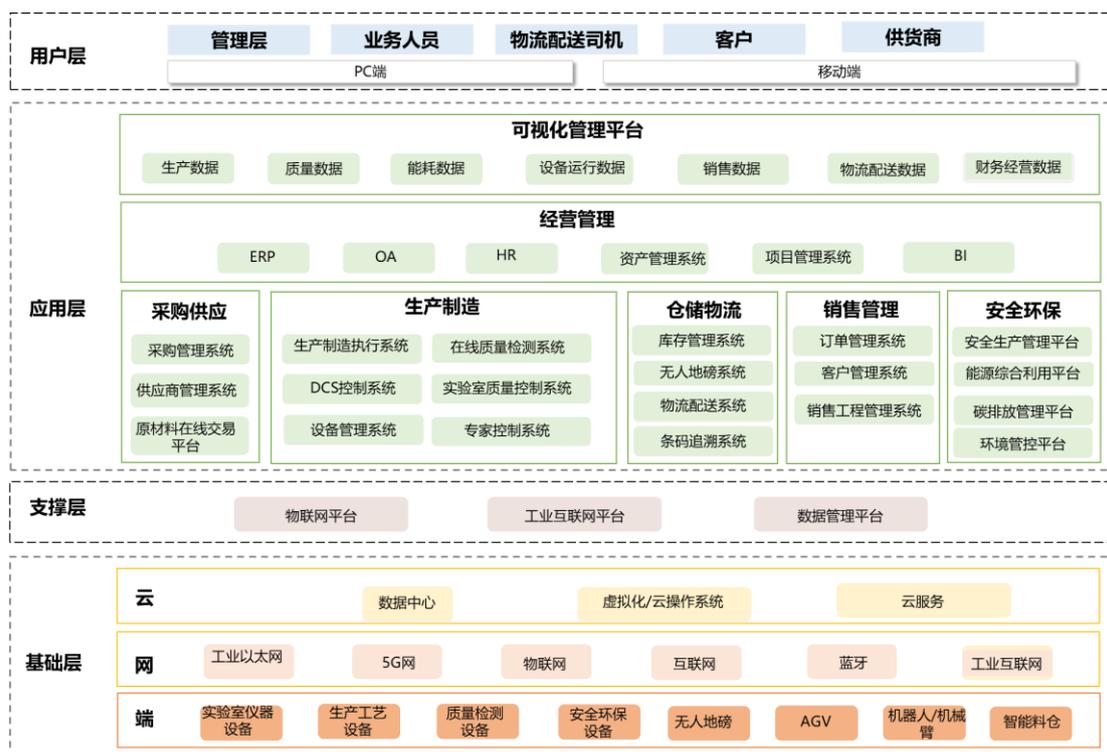


图 5 建材制造业中小企业数字化转型应用架构图

### (一) 基础层

基础层主要包括云、网、端三大体系建设。其中，云层面重点建设数据中心，开展数据的存储、治理和分析应用，建设具备分布式、容器化以及微服务化等特征的云平台。网络层是实现控制指令下达、设备参数监测、任务工单传递等的核心通道，主要包括工业以太网、物联网、5G 网、互联网、工业互联网等，通过不同通信网络的衔接配合，实现业务流、数据流、信息流的畅通共享。设备端主要包括实验室试验仪器设备，窑炉、磨机、取料、搅拌等生产工艺设备，以及质量检测设备、安全生产和环保管控设备、无人地磅、机器人、机械臂、智能料仓、智能罐等设备。

### (二) 支撑层

支撑层主要包括物联网平台、工业互联网平台、数据管理平台等。其中，物联网平台重点集成设备接入、设备管理、数据采集和传输通信等功能，支持生产工艺、仓储物流等设备数据上云以及上层管理系统指令下达和远程控制。工业互联网平台重点集成生产管理、安全管理、质量管理、设备管理、能源管理等智能制造场景，实现工业设备互联互通，实时采集生产、工艺、设备等数据，实现跨部门、跨领域、跨业务数字化协同。数据管理平台重点对实验数据、生产数据、质量数据、销售数据和经营管理等重要数据进行集成、处理、分析和应用。

### （三）应用层

应用层重点围绕采购供应、生产制造、仓储物流、销售管理、安全环保等关键业务环节以及人、财、物等经营管理环节开展信息化系统建设。

采购供应环节重点建设采购管理系统、供应商管理系统，应用建材制造行业原材料在线交易平台等提升原材料采购效率和质量。

生产制造环节重点建设生产制造执行系统、DCS 控制系统、设备管理系统、专家控制系统、在线质量检测系统、实验室质量控制系统。其中，专家控制系统通过加设智能过程控制系统，对 DCS 上传数据进行分析、优化，并结合工业大数据和动态优化控制模型，将原料配制、破碎粉磨、成型、

煅烧等生产场景的最佳决策及时反馈给 DCS 系统,实现建材生产过程的智能化远程控制。

仓储物流环节重点建设库存管理系统、无人地磅系统、物流配送系统、条码追溯系统。其中,条码追溯系统集成原材料质量、生产配方、出厂质量检测、物流配送设备等全过程质量数据,提升产品质量水平。

销售管理环节重点建设订单管理系统、客户管理系统、销售工程管理系统,方便下游客户线上下单、电子单签收,助力销售人员实现客户信息和施工现场数据采集集成。

安全环保环节重点建设安全生产管理平台、能源监测和综合利用平台、碳排放管理平台、环境监测和管控平台。

经营管理重点围绕人、财、物、业等建设 ERP、OA、HR、资产管理系统、项目管理系统、智能决策 BI 系统。

可视化管理平台重点对生产、质量、能耗、设备运行、销售、物流配送、财务经营等核心业务、管理数据进行集成分析和展示。

#### **(四) 用户层**

用户层重点结合公司内部管理层、一线业务人员以及客户、供应商、物流配送机构等外部机构应用需求,采用 PC 端和移动端两种方式,通过权限管理为不同层级、不同领域需求方提供差异化功能服务支持。

### **三、典型应用场景**

**数字化工厂建设。**整合分析混凝土配合比数据，应用大数据、人工智能等技术构建混凝土配合比模型，根据客户需求自动生成相应的配合比。推动中控系统与销售管理、ERP系统对接，下单信息传送到生产调度中心，自动生成并下达生产任务单、配方，通过生产看板显示车辆、司机匹配情况，实现物料传送、搅拌机远程操作、包装、装车等全过程自动化。通过设备管理系统集成设备健康状态在线监测、智能分析预警、在线巡检、故障诊断等，对设备全生命周期进行管理。

**质量检测和追溯。**建设智能化实验室质量控制系统，实现原材料、半成品、熟料、成品水泥等生产全流程自动化取样、制备、检测和智能化分析与控制，全面提高水泥生产质量。应用在线质量检测系统对关键生产工序指标进行实时量化检测，通过生产过程质量数据自动采集和动态监测，实现质量数据可追溯。运用工业互联网标识码对原材料、质检样品、生产设备等进行标识，将原材料质量、生产配方、出厂检测、运输泵送设备、第三方检测等质量信息进行关联，通过“码码关联”汇集销售订单、生产任务单、作业单、完工入库单、发货单、原材料采购单、原材料质检单等全过程信息，方便客户通过标识码获取产品质量相关信息，提高企业产品质量管控水平。

**物流精准追踪。**在物流配送体系引入新能源车，配备数

字化管理模块，借助物流配送系统，实现运力调度、轨迹查询、安全监控、在线结算等功能。建设物流计价系统，结合运输距离、浇筑难度等进行精细报价。建设驾驶员“一卡通”系统并与销售系统实现对接，集成车牌号、吨位、客户信息等，通过无人地磅自动称重打印榜单，通过榜单上的二维码可实现物流追溯管理和防窜货管理。

**产业链深度协同。**建设供应商管理系统和采购系统，实现对上游供应商订货需求自动下单，并与采购管理、库存管理系统对接数据，推动库存管理系统与上游原材料供货商订货系统、物流配送系统对接，实现联网和数据共享，提升原材料采购效率。接入砂石等原材料交易平台，构建更加稳定、更加优惠、质量更优的原材料供应体系。

**营销数字化。**打造销售管理系统，实现在线下单、订单查询、车辆地图、电子签单、便捷签收投诉建议等功能。建立客户信息管理系统和销售工程管理系统，实现客户资信、付款条件、执行人员、施工现场运行情况等全方位信息动态管控。通过财务系统与客户信息管理系统、销售管理系统等数据对接，形成日结算的财务报表，实现应收、应付、已收、已付账款等信息的集成和分析，实现应收账款自动结算、自动催款。

**安全环保数字化管控。**基于安全环保管理平台实现生产过程环保数据实时监测、安全生产实时跟踪预警、异常数据

实时报警推送、根因溯源分析、安全生产在线培训。

## **四、实现路径**

### **（一）开展组织变革**

中小企业应加强与数字化建设相适应的组织机构和管理机制建设，将数字化转型作为“一把手”工程进行推进，设立数字化推进部门，引导公司上下形成数字化转型普遍共识。明确数字化转型目标、应用需求，制定数字化转型战略和分步实施计划。

### **（二）分步推进转型**

综合考虑应用需求的紧迫性、系统功能间的关联性、投入产出成效等分步开展数字化建设。围绕管理数字化需求开展财务管理、人力资源管理、资产管理、协同办公等信息化系统建设，有效提升企业内部管理效率和水平。围绕自动化生产线、生产作业数字化管控、无人地磅、驾驶员配送系统、订单系统等需求紧迫、收效快的领域先期开展信息化、数字化建设，并逐步开展实验室管理系统、供应商管理系统、客户信息管理系统、安全环保管控平台、能源综合利用平台等系统建设。

### **（二）实现系统集成**

通过建设物联网平台、工业互联网平台等实现设备和信息化系统数据对接和集成，采用数据接口、综合管理平台等多种方式实现采购供应、生产制造、质量检测、仓储物流、

能源管控、安全环保等系统集成和数据对接，对供应链全过程进行质量追溯、能源综合利用、安全生产、环境监测。

#### **（四）强化数据驱动**

中小企业应开展数据治理工作，建立健全数据采集、集成、存储、处理、分析、应用等数据全生命周期管理机制，围绕核心经营管理要素和典型业务场景，开展生产状态、设备运行、质量检测、能耗监测、安全生产、财务收支等重要数据分析、应用和可视化展示。

### **五、保障措施**

#### **（一）政府层面**

政府主管部门应以推动中小企业绿色低碳发展和提质升级拓链为目标，聚焦重点环节引导中小企业提升数字化应用水平。一方面，推动中小企业加快设备技术改造，通过自动化、数字化生产设备革新生产工艺，加大企业数字化车间、绿色工厂建设的财政支持力度；另一方面，引导中小企业结合行业数智化、绿色化发展趋势以及生产工艺革新、新产品和新市场开拓需求，将公司内部数字化转型模式、经验和自研产品、设备封装打包形成新业态和新业务，通过提质升级、延链拓链创造新的发展动能。

#### **（二）行业层面**

引导行业龙头骨干企业等牵头打造砂石平台汇聚优质资源，为省内中小建材制造企业构建更加稳定、更加优惠、

质量更优的原材料供应体系。加快推动省内龙头企业建设建材制造行业标识解析二级节点平台，打造行业典型标识解析应用体系，加强产业链价值链协同共享，实现能源资源优化配置。引导行业协会等围绕中小企业在工业互联网、智能制造等领域的人才需求，建立复合型人才培养体系，为中小企业输送一批既熟悉建材行业又掌握数字化专业技术的专业人才。

### **（三）服务商层面**

针对建材制造业中小企业小批量、多批次、多样化的生产特点，与中小企业加强合作、共同开发符合企业生产经营实际需求和特点的定制化产品、解决方案，解决通用产品难适配问题。发挥大型信息化服务商资源优势和能力，为中小企业开发具备数据接口的“小快轻准”产品和解决方案，助力中小企业实现系统集成和数据对接。通过工业互联网平台助力中小企业对接产业链上下游资源，解决产业链协同难题。