

江苏省制造业智改数转网联 拖拉机行业实施指南

江苏省工业和信息化厅
二〇二五年

目 录

第一章 背景与现状	1
一、拖拉机指南范围	1
二、拖拉机行业概述	2
（一）概念、产业链、生产流程	2
（二）全国拖拉机行业概述	5
（三）江苏拖拉机行业概述	7
三、拖拉机行业智改数转网联现状	8
（一）实施成效	8
（二）面临问题	11
第二章 目标与架构	14
一、总体目标	14
二、实施架构	14
第三章 基础能力	17
一、网络、标识等基础设施能力建设	17
（一）企业内外网络建设	17
（二）标识解析体系应用	20
二、数据采集能力建设	22
（一）“哑设备”数字化改造	22
（二）智能设备联网	23

三、信息系统能力建设	24
（一）信息系统部署	24
（二）信息系统集成	25
四、工业信息安全能力建设	28
（一）开展信息安全评估工作	29
（二）建立信息安全技术体系	29
（三）建立信息安全管理体​​系	30
第四章 环节与场景	32
一、研发与设计	32
（一）数字化研发与设计	32
（二）数据驱动设计优化	39
二、计划调度	44
（一）生产计划优化	44
（二）车间智能排产	47
三、生产作业	50
（一）精益生产管理	50
（二）产线柔性配置	62
（三）智能协同作业	67
四、质量管控	71
（一）产品质量优化	71
（二）质量精准追溯	76
五、设备管理	81
（一）设备在线运行监测	81

(二) 设备故障诊断与预测	85
六、仓储物流	89
(一) 智能仓储	89
(二) 精准配送	94
七、营销与售后	98
(一) 数据驱动营销	98
(二) 产品远程运维	100
八、产品数字化	106
(一) 拖拉机电动化	106
(二) 拖拉机智能化	111
(三) 拖拉机数字管理平台	116
第五章 路径与方法	120
一、实施路径	120
(一) 实施思路	120
(二) 基本路线	121
(三) 分类改造	123
二、相关政策	126
(一) 诊断评估体系	126
(二) 改造服务平台	131
(三) 标杆示范创建	134
(四) 供需对接活动	143
(五) 中小企业专项政策	148
第六章 愿景与展望	153

附件 1 人工智能典型应用场景	156
附件 2 改造投入清单及图谱	158
1. 行业系统化场景图谱示意图	158
2. 智能化改造装备清单	162
3. 数字化转型数据要素清单	164
4. 知识模型资源清单	172
5. 工具软件清单	178
6. 网络化联接设备清单	184
7. 数字化转型人才技能清单	186
附件 3 企业案例	192
案例一：常州东风农机集团有限公司	192
案例二：常发农业装备股份有限公司	194
案例三：江苏沃得农业机械股份有限公司	196
案例四：江苏悦达智能农业装备有限公司	199
案例五：凯龙科技股份有限公司	201
案例六：徐工集团工程机械股份有限公司	203
案例七：中国一拖集团有限公司“东方红云现代农业装备工业互联网平台”	206
案例八：潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司智慧农业全新生态体系	212
案例九：潍柴动力股份有限公司智能工厂	215
案例十：山东玲珑轮胎股份有限公司智能工厂	223
案例十一：中联重科股份有限公司数字化创新模式	230

案例十二：杭州东华链条集团有限公司	236
附件 4 服务商目录	239
附件 5 技术缩略语	244
附件 6 江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引 ...	246

第一章 背景与现状

一、拖拉机指南范围

为贯彻落实《“十四五”智能制造发展规划》《制造业企业数字化转型实施指南》《江苏省制造业智能化改造和数字化转型三年行动计划（2022—2024年）》《江苏省深化制造业智能化改造数字化转型网络化联接三年行动计划（2025—2027年）》等政策要求，推动江苏省拖拉机行业“智改数转网联”高质量发展，支撑全省农业装备全程全面升级，编写本实施指南。指南以智能化改造、数字化转型、网络化联接为导向，聚焦拖拉机行业特点、转型现状、重点环节/典型场景等，提出拖拉机行业智改数转网联的解决方案、实施路径。

第一章阐述拖拉机在农机行业中的重要地位以及拖拉机分类、产业链、生产流程，阐述全国与江苏省拖拉机行业的发展现状、发展趋势以及行业智改数转网联现状、面临问题等。**第二章**阐述江苏省拖拉机行业智改数转网联的总体目标，以及四项基础能力、八个重点环节的实施架构。**第三章**梳理和分析网络、标识、数据采集、信息系统、工业信息安全等基础能力建设内容。**第四章**围绕研发设计、计划调度、生产作业、质量管控、设备管理、仓储物流、营销与售后、产品数字化等八个重点环节，梳理和分析痛点难点，提出针对性解决方案和场景案例。**第五章**阐述拖拉机行业智改数转网联实施路径，梳理相关服务平台与政策。**第六**

章阐述拖拉机行业智改数转网联的未来愿景与展望。

二、拖拉机行业概述

(一) 概念、产业链、生产流程

1.概念及分类

拖拉机是指用于牵引和驱动作业机械完成各项移动式作业的自走式动力机，也可做固定作业动力，主要用于农业、工业、林业领域。其中在农业领域，拖拉机已成为我国农机市场占比最大、应用最广的机械设备，也是我国推进农业机械化、建设现代农业的重要机械设备。按结构类型，拖拉机可分为轮式拖拉机、履带式拖拉机、船式拖拉机、手扶拖拉机、自走底盘拖拉机等；按功率大小，可分为小型拖拉机、中型拖拉机、大型拖拉机、重型拖拉机；按使用能源类型，可分为燃油拖拉机、新能源拖拉机；按功能用途，可分为农业用拖拉机、工业用拖拉机、特殊用拖拉机等；此外，还可以按驾驶方式、传动和换挡特点等对拖拉机进行分类。拖拉机分类如图 1-1 所示。

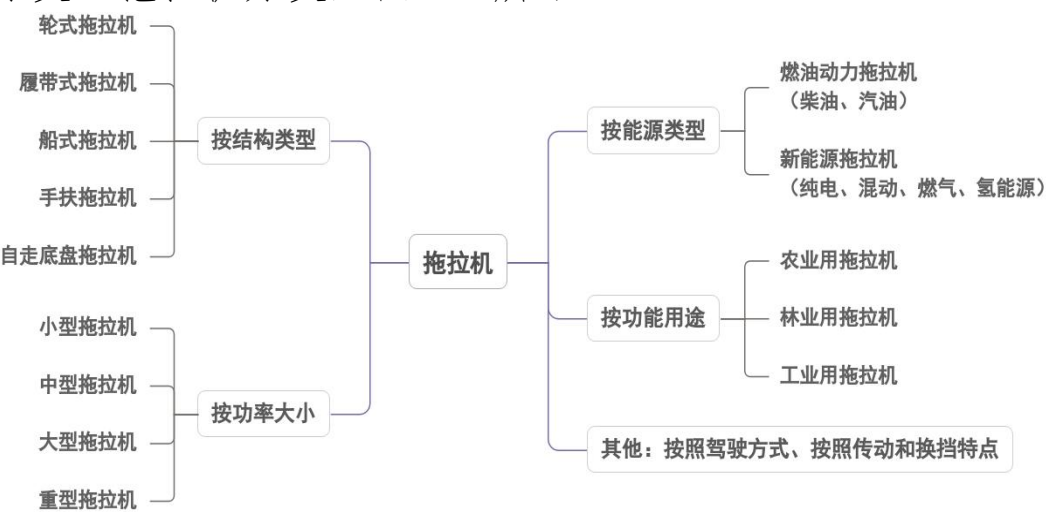


图 1-1 拖拉机分类

2.产业链

拖拉机是典型的复杂系统装备，主要由动力系统、底盘系统、电器系统三大部分组成，具体包括发动机、机身、传动、行走、转向、液压悬挂、动力输出、电器仪表、驾驶操纵及牵引等系统或装置。从拖拉机产业链看：拖拉机产业链上游为拖拉机原材料与关键零部件环节，主要产品包括钢材、有色金属等原材料以及发动机、变速箱、控制器、传感器、滤清器、齿轮、轴承、链条、轮胎等零部件；中游为拖拉机整机的制造环节，主要产品包括轮式拖拉机、履带式拖拉机、大拖、中拖、小拖等；下游为拖拉机的应用环节，主要应用场景涉及农业、林业、工业等领域。拖拉机产业链如图 1-2 所示。



图 1-2 拖拉机产业链

3.生产流程

拖拉机整机生产制造过程可分为装配与调试，具体生产流程如图 1-3 所示。相比于整机调试阶段，整机装配阶段的工艺流程更为复杂，目前受限于投入产出比、智能制造技术等原因，拖拉机生产企业在装配阶段几乎全部通过人工或人机协同进行操作，调试阶段则多用一条整机智能检测线，通过自动化检测装置对整机性能进行检测。

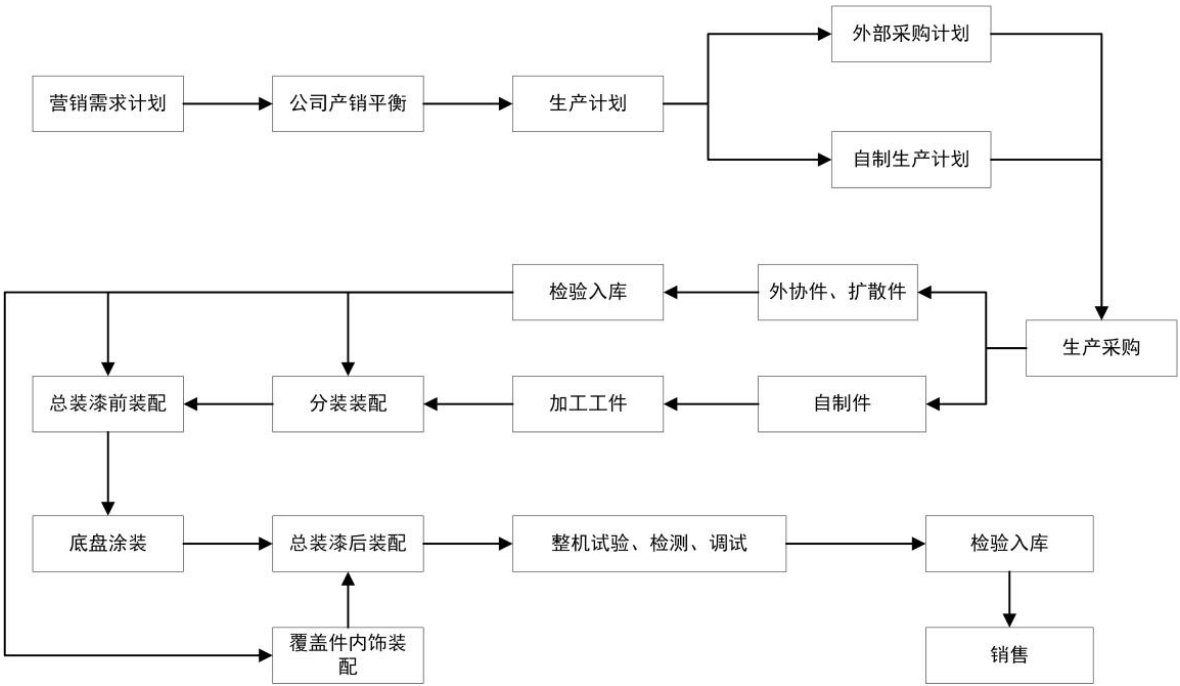


图 1-3 拖拉机生产流程

拖拉机整机装配过程可以分为分装装配、内饰装配与总装装配三个子过程：

分装装配。清洗组合→前后箱装配及合装→底盘试验→对接发动机→转至总装；其中，前箱线：前箱壳体→清洗→上线→装配完成→转至合装线；后箱线：后箱壳体→清洗→上线→装配完成→转至合装线；合装线：后箱上线→完成合装前装配→与前箱

合装→完成装配→转至底盘台试验→转至发动机对接区→对接发动机等→检验合格→转至总装漆前线。

内饰装配。四组合上装配线→装配部分零部件→装配后机罩→装配框架（驾驶室）等→驾驶室总成→电器试验→检验合格→转至总装后线；其中，后机罩装配试验、框架（驾驶室）装配完成后上装配线，前机罩组合试验完成后转至总装。

总装装配。底盘上总装前线→完成漆前装配→上涂装线→完成底盘油漆→下涂装线→上总装后线→装配驾驶室总成合件→装配前后轮→完成漆后装配→下总装后线→加油加水→送整机调试。

（二）全国拖拉机行业概述

1.支持政策

近年来，我国陆续出台多项政策鼓励农业机械行业发展与创新，包括《“十四五”全国农业机械化发展规划》《2024—2026年农机购置与应用补贴实施意见》《加快建设农业强国规划（2024—2035年）》《全国智慧农业行动计划（2024—2028年）》《全国现代设施农业建设规划（2023—2030年）》《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》《关于进一步深化农村改革扎实推进乡村全面振兴的意见》等。相关政策内容涉及对动力换挡智控拖拉机、智能大马力拖拉机等予以重点补贴等，有效支撑了我国拖拉机行业的高质量发展。

2.产业规模

随着我国农业机械化的不断推进，近年全国拖拉机产量、保

有量、销售额总体保持增长趋势，2024 年受宏观经济等因素影响，呈现短期下滑。国家统计局数据显示，2024 年全国拖拉机产量 48.94 万台，比 2023 年的 55.15 万台相比下降 11.26%。其中，大型拖拉机产量 11.18 万台，同比下降 0.3%；中型拖拉机产量 23.65 万台，同比下降 16%；小型拖拉机产量 12.0 万台，同比下降 15.1%。2024 年，我国拖拉机累计出口数量 15.43 万辆，同比增长 6%，累计出口金额 66.88 亿元，同比下降 3%。

3.重点企业

我国拖拉机行业发展过程中，涌现出中国一拖、潍柴雷沃、常州东风、沃得农机、潍坊华夏等一批拖拉机明星企业。2024 年全国拖拉机市场销量中，潍柴雷沃、中国一拖市场占有率分别排第一、第二位，均超过 20%；其次分别为东风农机、潍坊华夏、沃得农机，市场占有率在 5%左右。前五企业合计销量占比约 60%。总体而言，目前我国拖拉机行业呈现“双雄主导、外资高端压制、新势力搅局”的格局。中国一拖和潍柴雷沃通过技术升级巩固头部地位，但外资在超高马力段仍具优势。未来竞争将聚焦于 CVT 技术普及、混动产品开发、差异化策略以及出口市场拓展。

4.发展趋势

近年来，我国农业机械领域政策频繁提及智能农机装备、高端智能机械、绿色化机械等关键词，反映出拖拉机高端化、智能化、绿色化已成行业重要发展趋势。产品结构升级与市场分化方面，200 马力及以上拖拉机销量占比或持续扩大，履带拖拉机、丘陵地小型拖拉机等细分市场实现差异化发展。智能化与信息技

术深度融合方面，拖拉机行业加速向智能化转型，搭载北斗导航、智能传感器和物联网技术的智能机型逐渐成为主流。新能源化与节能环保转型方面，新能源拖拉机成为行业关键竞争领域，传统燃油机型通过高效发动机、轻量化设计降低能耗。

（三）江苏拖拉机行业概述

1.江苏省拖拉机行业发展基础

产业规模与实力居全国前列。作为制造大省，江苏农机产业门类齐全、产品品种广，拖拉机生产制造能力处于全国领先地位。从区域分布上看，已初步形成南京周边农业物联网设备产业集群、苏南地区粮食生产机械和小型发动机产业集群、扬州地区饲料机械产业集群、连云港周边旋耕及秸秆还田机械集群、徐州地区的喷灌机械产业集群。从统计数据看，2024 年全省农机工业规模以上企业超过 300 家，企业主营业务收入合计超 700 亿元，营业利润合计超 50 亿元，企业数量和产业规模均居全国前列。总体而言，江苏农机制造业集聚度不断提高，逐步形成农机制造和农机应用“两个千亿元级”农业机械产业化产业。

拖拉机产品产销量持续增加。2024 年江苏省拖拉机产量超过 11 万台（估算），继续保持全国第二位，沃得农机、东风农机、常发农装等多家拖拉机相关企业在国内外市场上销售成绩亮眼。其中，沃得农机 2024 年营业收入突破 120 亿元，出口额突破 10 亿元，东风农机的中马力拖拉机、悦达农装大棚王系列、徐轮的农用轮胎等连续产销量多年位居全国前列。2024 年在农机补贴政策的带动下，全省新增各类农业机械近 8 万台套，其中

轮式拖拉机增加超 9000 台。辅助驾驶拖拉机、智能化拖拉机的比重逐步提升，丘陵山区拖拉机研发与推广取得显著成效，市场占有率持续提升。

2.江苏省拖拉机行业发展不足

技术水平仍待提升。江苏省拖拉机生产制造能力较强，但技术先进性与约翰迪尔、凯斯纽荷兰等全球龙头仍有明显差距，主要表现在智能控制策略、机电液一体化技术、制造工艺和人机工程、无故障作业时长等方面。同时，江苏省高端拖拉机的关键零部件研发与自供能力仍待提升，先进电控与液压、精密传感器、高性能控制芯片、关键作业装置、核心工艺材料等方面存在技术瓶颈与进口依赖。

专业人才储备不足。拖拉机研发制造领域的高端人才以及人才培养储备方面不足，影响拖拉机制造业的创新能力和市场竞争力；企业一线技术工人的素质参差不齐，流动性较大，影响企业生产的稳定可靠和产品质量的提升。另外，拖拉机企业还面临行业内卷严重、资金回笼慢等问题。

三、拖拉机行业智改数转网联现状

（一）实施成效

1.智能装备应用水平

拖拉机行业作为复杂装备之一，生产过程涉及大量智能化装备。目前江苏省重点拖拉机生产企业已基本实现核心生产环节智能化设备的覆盖，包括数控机床、智能冲压机、激光切割机、焊

接机器人等。如，沃得农机拥有瑞士百超激光切割机、德国离子切割机、美国多端面加工中心、日本数控转塔冲床、5轴联动加工中心等进口设备，建成5个进口数控加工中心，6条自动化生产流水线，产品零部件自制率达80%以上。东风农机拥有主要生产设备1621台/套，其中大型设备47台、数控设备370余台、自动半自动生产线23条。

2.信息系统应用水平

工业软件与信息系统是企业实现数字化转型、提升数据赋能的关键。目前，江苏省拖拉机生产重点企业已普遍应用企业资源规划(ERP)系统、生产执行系统(MES)、仓储管理系统(WMS)、供应链管理(SCM)软件、产品生命周期管理(PLM)等工业信息系统，并依托集团优势，带动产业链上下游企业与下属公司信息系统应用水平提升。如，东风农机轮式拖拉机智能工厂规范化部署云平台、云应用，促进各平台系统互联互通，利用云厂商安全防护能力为整个工业数字化应用提供安全保障，形成公司全场景、全智能的数字平台。

3.基础网络建设水平

内外网络建设是企业实现设备与软件互联、工业联网的基础。目前，江苏省拖拉机重点企业已广泛应用专线网络、5G网络、蜂窝网络等，通过网络建设基本实现人、机、物的全面互联，构建起全要素、全产业链、全价值链全面连接的新型生产制造和服务体系，带动行业网络建设水平显著提升。如沃得农机积极拓展新型网络技术应用场景，采用5G网络技术，将其用于部分产品

的自动驾驶。另外，江苏各地方政府亦积极主动推动基础网络建设，如镇江与四大通信运营商签订 5G 网络建设合作协议，签约总额达百亿元，政策惠及当地农机与拖拉机关联企业。

4.设备设施联网水平

江苏省拖拉机企业设备设施联网，呈现出以区域产业链为基础、集团规模为优势的特点。东风农机、常发农装等重点企业通过生产设备互联，提升拖拉机生产过程智能化与网络化水平，包括应用物联网技术实现生产设备远程监控和故障诊断，基于网络联接采集和分析数据，实现生产计划优化、资源利用率提高；通过农机终端物联，提升拖拉机终端产品智能化与网络化水平。如东风农机 DF1204-CVT 拖拉机等产品，搭载智能云平台，与自动导航配合，实现多种智能机具互联以及无人作业、远程监控、故障识别。盐海拖拉机研发区域遥控无人驾驶拖拉机和丘陵山地拖拉机，获得多项省、市级科技计划项目立项支持。

5.生产流程管控水平

江苏省重点拖拉机企业积极推动生产流程智能化与数字化管控，实现生产效率、产品质量提升。如常发农装的总装智能车间，通过智能化、自动化升级改造，实现机器取代人的全流程自动化，生产效率由原来的 80 台/日提高至 120 台/日。通过智能化、自动化设备的运用，产品工艺特性和产品参数标准化，减少操作人员和能源消耗，运用在线测试设备快速、高精度对整机产品性能质量进行在线检测。悦达农装设计拖拉机整机控制平台，整合柴油机 ECU 和电控液压阀 ECU、动力换向 ECU 等进行统一控

制，推进生产设备数据自动采集分析等智能化改造，实现设备自动操作，减少人为操作和失误风险，提高产品一致性。

6.综合效益提升情况

近年来，江苏省农机行业与全省制造业同步推进智改数转网联，取得显著成效。重点拖拉机企业积极主动多维度推动改造、转型，适应快速变化的全球经济环境，提高竞争力，实现长期可持续发展。东风农机、常发农装、四达动力等企业先后获得江苏省智能工厂荣誉，潍柴动力扬州、凯龙高科、樱田农机等企业先后获得江苏省智能车间荣誉。如，常发农装投用的总装智能车间占地超 1.5 万平方米，通过智能化、自动化升级改造，已经实现全流程自动化，生产效率提升 50%、作业人员减少 30%、生产制造成本降低 30%以上。

（二）面临的问题

1.智能化改造成本高

拖拉机制造过程智能化改造，需要投入大量的资金和资源，而拖拉机行业本身市场规模不大，企业推进转型时往往十分重视投入产出比，因此当前该行业仍存在部分生产环节主要依赖人工操作及半自动化辅助的情况。例如，东风农机、常发农装等企业反映，成本问题是目前企业改造考虑的主要因素之一，虽然企业愿意投入已基本可以做到与乘用车类似的无人工厂，但是拖拉机产品生产制造呈现小批量、多型号的特征，重拖、大拖、中拖、小拖产线兼容性差，因此单线大规模投入效益低，较多环节使用人工仍是企业优选。

2.数据标准不统一

拖拉机行业所用各类智能设备、信息系统，数据标准的不统一问题较为突出，由于缺乏一个统一的数据标准和接口规范，各设备和系统之间难以实现数据的互通和共享，导致企业数字化、智能化水平较难达到广泛互联水平。例如沃得农机、东风农机等反映企业推进设备、系统集成时，面临数据顺利传输和处理等问题，较多国外企业不提供数据协议，部分国内企业可破解但存在使用顾虑，目前市面上可供选择的改造方案多为乘用车服务商提供，与拖拉机企业适配性还需提升。

3.数字化基础不齐

拖拉机行业企业尤其是部分上游配套企业的数字化基础设施建设滞后，缺乏必要的信息化设备和系统支持，装配等环节人工占比高，难以支撑起高效的数字化改造。拖拉机智能化、可靠性基础技术原始创新能力较弱，信息系统安全重视不足，产业链和供应链安全性不高。亟需智改数转网联实施中，强化中小企业数字化基础设施建设，提升产业链上下游企业协同能力；突破基础技术、前沿技术瓶颈，减少对外依赖。

4.数字化人才短缺

拖拉机行业具备高水平智能化与数字化技术人才相对较少，难以满足企业转型需求。当前新一代信息技术与装备制造业的不断融合，智能化农机、数字化农机已成为农机装备产业发展的必然趋势。实现这一目标不仅需要先进的技术和设备，更需要具备相关技能和知识的专业人才。而目前数字技术与 AI 技术人才引

进难，兼备农机行业知识背景的人才更加匮乏，导致拖拉机企业推进智改数转缺乏人才支撑。

第二章 目标与架构

一、总体目标

全面贯彻落实省委、省政府关于推进新型工业化、建设制造强省与数实融合强省的决策部署，基于新一代信息技术、人工智能技术、先进制造技术，深化智改数转，叠加网联赋能，以拖拉机全生命流程为实施载体，以关键环节与场景为改造核心，以研发、生产、运营、管理全过程数字化为重点支撑，以工业互联互通为关键助力，通过智能装备、流程再造、过程透明、业务优化的集成应用，推动拖拉机企业缩短研发周期、提高生产效率、降低运营成本、提升产品质量，加快构建设计制造一体化、产供销协同一体化、运管维综合一体化的新模式、新业态，助力江苏省农机装备全程全面升级和农机产业链高质量发展。到 2027 年，全省拖拉机制造产业链规上企业关键工序数控化率达 80%以上；拖拉机整机企业基础级、先进级、卓越级、领航级智能工厂梯度建设以及拖拉机上下游产业链中小企业初始级、规范级、集成级数字化转型工作取得显著进展；拖拉机装备补短板成效明显、关键核心技术取得突破、科技创新水平整体跃升。

二、实施架构

拖拉机研发设计与生产制造过程复杂，依赖完善技术标准体系的支撑与保障，国内拖拉机行业标准主要集中于整机及其零部

件产品，拖拉机智能化改造、数字化转型、网络化联接的相关标准仍在建立和完善阶段。同时，不同产业链位置、不同规模企业，在推进实施智能化改造、数字化转型、网络化联接的重点环节、典型场景、解决方案时存在一定差异。为此，对标《智能制造系统架构》（GB/T 40647-2021）、《智能制造能力成熟度模型》（GB/T39116-2020）、《江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引》等，结合拖拉机行业个性化实际，聚焦网络与标识、数据采集、信息系统、工业信息安全等4项基础能力建设，以及研发设计、计划调度、生产作业、质量管控、设备管理、仓储物流、产品数字化、营销与售后等8个重点环节，推动设计制造一体化、产供销协同一体化、运管维综合一体化。拖拉机行业“智改数转网联”的“4+8”实施架构，如图2-1所示。



图 2-1 拖拉机行业“智改数转网联”实施架构

第三章 基础能力

一、网络、标识等基础设施能力建设

（一）企业内外网络建设

拖拉机制造企业运营技术（OT）网络与信息技术（IT）网络面临数据难统一，无法支撑上层智能应用；工业协议封闭，数据采集对接难；电磁干扰大，传统工业网络可靠性不足等挑战。企业推动内外网络建设，以网络覆盖拖拉机制造全流程为目标，逐步消除厂内网络盲区，保证信息安全前提下，实现信息贯通、数据共享、资源优化、整体管控，提升生产制造效率。

目前常用的工业网络包括有线通信、无线通信，有线通信包括现场总线、工业以太网等，无线通信包括 Wi-Fi、LoRA、蜂窝网络（如 4G、5G）等。协议和网络连接要求会随整个网络层次上的应用需求、可靠性要求以及带宽等因素发生变化。企业在投资建设新网络或升级现有网络，进行网络的规划、设计时，应充分考虑各种通信网络的优缺点，结合实际应用场景进行选择。

运行环境。工业基础设施和设备多暴露于特定的环境中，工作温度、湿度范围、振动、噪声影响、抗干扰能力，均是通信方式、网络和协议选择时需要考虑的重要因素，需选择既不影响通信可靠性，又能适应此类环境要求的通信方式和网络。

实时性与确定性。工业网络与传统 IT 网络对时延的敏感度

存在显著差异，在部分生产应用场景中，通信链路不允许存在显著延迟，因此非实时协议或存在数据包滞留风险的通信协议无法满足此类场景需求。

可扩展性。可扩展性是企业网络建设的重要考量因素。随着企业的发展，网络需要能够轻松应对新增设备、用户以及业务需求的增长。网络架构设计成模块化，便于在未来进行升级和扩展。例如，可以采用分层设计的网络架构，包括核心层、汇聚层和接入层，每层均可根据需要进行扩展，而不会对整体网络造成大的影响。同时，需选择具有可扩展性的网络设备和技術，如支持更高带宽的交换机、路由器，以及能灵活配置的网络管理系统。

拓扑结构。拓扑结构的选择对于企业网络建设的效率和稳定性至关重要。不同的拓扑结构适用于不同的企业规模和业务需求。对于小型企业，可考虑使用星型拓扑，其易于管理和扩展，且成本较低。对于大型企业或需要高可靠性和冗余的场景，可考虑使用网状拓扑，其能提供多条路径进行传输数据，从而确保网络的稳定性。此外，根据企业的网络性能需求，如支持实时视频会议或大规模数据传输，可选择分布式网络拓扑结构，以优化数据传输效率。

除上述因素之外，企业在进行网络的规划、设计的同时，还需充分考虑终端节点电源、供电线路、丢包率、吞吐量、安全性、网络覆盖范围、网络负载和架构等因素。

表 3-1 工业通信网络技术路线

	特点	应用场景
现场总线	<p>1.实时性: 基于 ISO/OSI 七层模型或其简化模型, 能够实现实时、高效的数据传输和通信。</p> <p>2.多样性: 存在多种现场总线技术, 如 Profibus、CC-Link、HART、CAN 等, 各项技术有其适合的应用范围。</p> <p>3.可靠性: 能够在恶劣的工业环境中稳定运行, 保证信息传输的准确性。</p> <p>4.成本效益: 现场总线成本较低, 且易于安装、运营和维护。</p>	<p>1.中小型自动化项目: 适用于预算有限、系统规模较小的项目, 提供经济实惠的解决方案。</p> <p>2.设备互联: 在需要设备互联互通但对实时性和带宽要求不高的场合, 现场总线是合适的选择。</p> <p>3.特定行业应用: 某些特定行业或应用可能更适合使用特定的现场总线技术, 如 HART 在过程控制中的应用。</p>
工业以太网	<p>1.开放性: 采用 TCP/IP 协议, 与 IEEE 802.3 标准兼容, 易于与现有的 IT 基础设施集成。</p> <p>2.速率高: 百 M 快速以太网已广泛应用, 1Gb/s 以太网技术逐渐成熟, 传统的现场总线最高速率仅 12Mb/s。</p> <p>3.可持续: 为控制系统的后续发展提供可能性, 用户和技术升级方面无需独自的研究投入。更好满足机器人、AI 等技术应用对带宽和性能的需要</p>	<p>1.大型自动化系统: 适用于需要高速、大容量数据传输的大型工业自动化项目。</p> <p>2.信息集成: 在工厂管理、车间监控等信息集成领域有广泛应用, 实现企业信息网络和控制网络的统一。</p> <p>3.高速实时控制: 通过工业以太网技术, 满足高速、实时性数据通信的需求。</p>
工业无线通信	<p>1.无线传输: 通过无线信号传输数据, 无需布线和物理连接。降低了设备之间的连接成本和复杂性。</p> <p>2.可移动性: 无需固定布线, 设备可以在工厂内自由移动或在需要时进行重新配置。</p> <p>3.扩展性: 支持广泛通信距离, 从几米到几千米, 使用无线中继设备可以进一步扩展。</p>	<p>1.信息采集: 设备及产品信息的无线采集。</p> <p>2.特定场景: 非实时控制, 对准确性、稳定性要求不高的场景。</p>

（二）标识解析体系应用

工业互联网标识解析体系通过赋予对象（产品、设备等）唯一的身份标识，并借助工业互联网标识解析系统，实现跨地域、跨行业、跨企业的信息查询和共享。工业互联网标识解析体系主要由根节点、顶级节点、二级节点、企业节点和递归节点构成，节点产生数据，不同层级的节点保存不同的信息，借助网络实现数据流动互通。其中，二级节点是标识解析体系的中间环节、关键环节，直接面向行业和企业，衔接国家顶级节点和企业，二级节点主要通过二维码、电子标签等载体采集数据，并将标识与信息、地址等融合，通过“一码多识，分权管控”，实现工业大数据的按需共享，支撑数据合理流转，激发数据应用，打破工业信息孤岛。

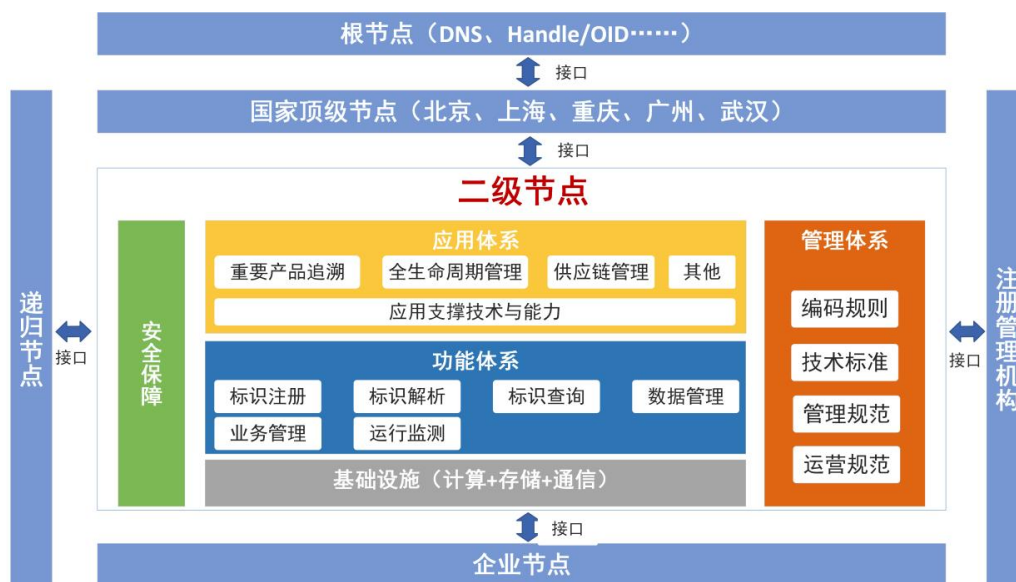


图 3-1 二级节点建设框架

二级节点建设。二级节点建设涉及标识编码分配和管理、信息系统建设和运营、标识应用对接和推广等工作，整体架构可划

分为管理、功能、应用和安全保障四大体系。其中，管理体系主要用于规范二级节点建设与运营相关的管理要求，包括编码规则、技术标准、管理规范 and 运营规范等。功能体系应具备标识注册、标识解析、标识查询、数据管理、业务流程管理、运行监测等系统功能。应用体系主要包括提供标识应用支撑能力，以及各类标识应用，如产品溯源、全生命周期管理、供应链管理、智能化生产管控。安全保障主要是保障标识解析二级节点的安全、稳定、可靠运行。

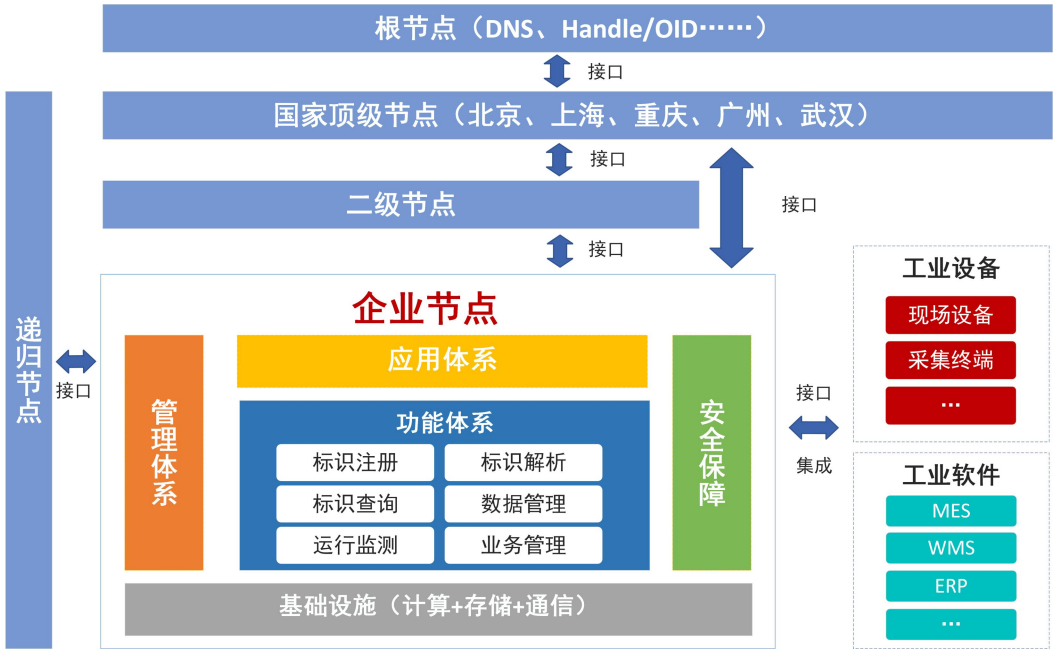


图 3-2 企业节点建设框架

企业节点建设。企业节点连接二级节点与企业内部系统，需同时遵从二级节点的编码规范、技术标准等要求以及企业相关规定。基于企业不同的规模、类型，企业可根据自己的需求在标识注册、解析等功能基础上，建立企业自身管理方式和应用服务。企业节点可自建部署或委托部署，委托模式时企业节点可以将标

识解析相关数据和服务托管给二级节点运营方。企业节点建设框架如图 3-2 所示。其中，功能体系方面，企业节点与工业软件、工业设备交互，实现编码的标识注册、标识解析、数据管理、运行监测等功能，根据需要提供异构标识的翻译和映射等功能，企业节点根据实际需要可以建设业务管理功能。

二、数据采集能力建设

针对拖拉机企业设备种类多、数据类型多、生产过程与工艺复杂等特点，使用合适的感知设备和感知技术，建立针对性的感知系统，将采集到的数据等信息通过标准接口存入动态数据库、管理数据库等。

（一）“哑设备”数字化改造

目前拖拉机企业仍有较多设备因联接能力限制，联不上网络、不开放接口或缺少可靠联接，成为吐不出数据的“哑设备”。

旧设备改造。企业可以对关键老旧设备进行技术改造，增加数控模块、通讯模块，推荐使用 RJ45、RS232、RS485 等标准通信接口，支持 Modbus、OPC、TCP/IP 等主流通讯协议。同时通过车间工业网络的部署，对接 PLC 系统、微电脑处理系统等设备控制系统，采集设备状态数据。

传感器加装。企业可以根据不同种类设备、数据类型，使用合适的感知技术与感知设备进行数据采集，包括振动传感器、流量传感器、声波传感器、视频摄像机、RFID 读写器等。数采设备或传感器通过有线网络接入交换机或通过无线传输网络接入

基站等网络设备实现信息接入，将设备数据上传到云端平台。

旋转类设备监测。对于旋转类机械设备，企业可以选择在设备本体上安装设备状态监测仪、振动传感器。设备状态监测仪具备数字滤波、谐波分析等功能，可以从频域角度分析振动状态，实时掌控设备状态变化，并通过无线网络技术，将设备的运行状态数据上传，为数据分析与故障诊断提供依据。

（二）智能设备联网

工业设备种类繁多、源头数据格式不一致、互联协议不统一，存在严重的“语言障碍”，导致设备改造成本高，数据采集周期长，严重制约工业设备联网、上云。企业可以通过可编程逻辑控制器（PLC）、DCS、工控软件以及采集模块等进行数据归集、分析，全面提升企业设备联网和数据采集能力。

数据采集系统。企业可采用内置数据采集协议模板、兼容转换多种协议的数据采集系统，系统一般可以对接市面上主流的生产设备，包括 PLC、机器人、数控机床、切割机、注塑机、电力仪表、各种传感器等。同时，能够打通 ERP、MES 等信息化系统，实现设备数据的互联互通。

移动设备联网。移动机器人、AGV 小车等移动场景设备可以通过无线网络变得更加灵活，以适应柔性化制造等场景。目前 5G 与 Wi-Fi6 为主流的两种无线技术，低时延、可靠性能够满足大部分工业场景的需求。其中，5G 在室外的广覆盖更好，Wi-Fi6 在成本和生态方面更具有竞争力，企业可根据自身需要选择合适的技术。

设备网关布置。企业可以采用直接部署在边缘服务器或云服务器上的数据采集网关软件，通过安装软网关，平台远程统一下发配置，即可对整个车间设备进行数据采集。此种方式无需复杂改造，即可快速实现设备联网，能够大幅降低实施成本。企业也可采用传统方式，在设备通讯口配置物理网关，对网关进行设置、连接并接入平台。



图 3-3 企业数据采集能力建设

三、信息系统能力建设

企业信息系统能力建设的核心目的在于生产经营“数据化”，即对企业生产、采购、销售过程以及客户服务、现金流动等业务过程进行数据记录，进而开展数据治理与应用，实现数据为业务赋能。

（一）信息系统部署

研发设计环节,实施工厂与工艺建模仿真,建设PLM或PDM系统,实现数字化产品与工艺协同研发;生产制造环节,建设数字化车间及智能生产线,部署MES、QMS、APS、DNC、SCADA等系统,实施各核心系统的集成,实现设备互联和系统互通;运维服务环节,配置ERP、WMS、SRM、CRM等系统,建设基于大数据驱动的远程运维服务平台,实现数据共享和业态互融。

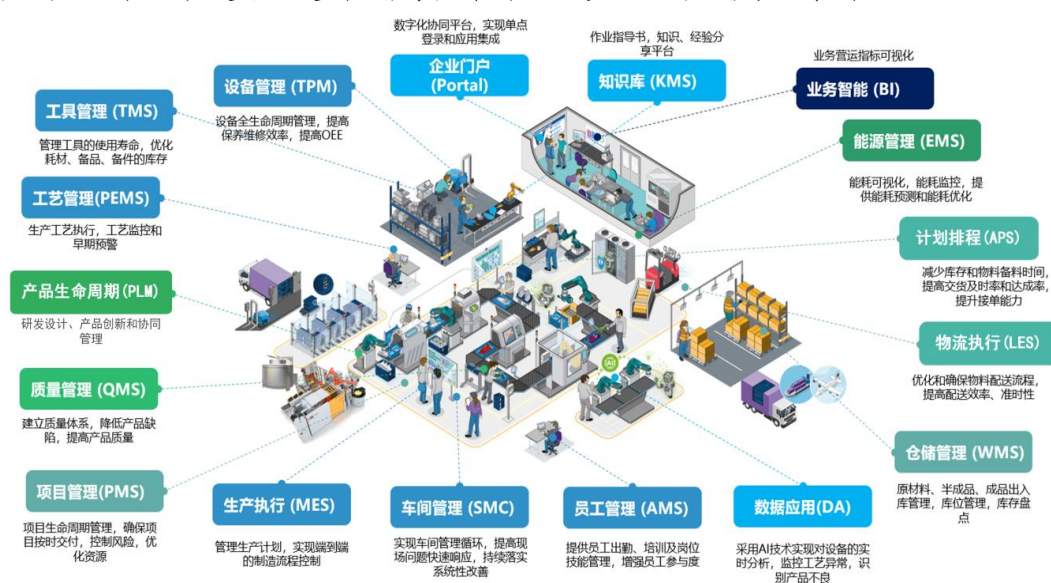


图 3-4 企业信息系统部署

(二) 信息系统集成

信息系统部署基本完成后,企业可能面临系统各自独立而导致的数据孤岛情况。拖拉机产业链企业可以通过建立完整的系统集成架构和全局控制网络,通过制定集成技术规范、利用中间件工具、统一数据格式、规范数据接口以及搭建集成平台等手段,实现生产设备、控制系统与软件系统间的集成互联,实现ERP、MES、WMS、PLM、APS、DNC等系统的集成互联,推动信息、数据、资源的跨部门间共享及分析,提升企业整体效率。

MES、ERP 系统集成。首先，明确集成的核心目标与需求，例如是否要实现生产计划与库存管理实时同步、是否需要统一的数据流和报告体系。其次，对生产相关业务流程进行梳理和优化，通过流程整合 MES 和 ERP。基于流程在 MES 和 ERP 之间的“进”和“出”设计两个系统间的接口，通过接口进行计划、命令的传递和实际的接收，使生产计划、控制指令、实时信息在整个 ERP、MES、过程控制系统、基础自动化的体系中透明、及时、顺畅地交互传递。集成系统的具体关键功能包括：1) ERP 系统向 MES 系统提供车间生产任务数据，作为 MES 排产计划来源；2) MES 系统向 ERP 系统提供限额领料需求，以实现系统自动领料；3) ERP 系统向 MES 系统提供零件限额领料的详细信息，使车间及时了解生产准备情况；4) 通过 MES 系统向 ERP 系统提交完工入库信息，以实现系统自动入库；5) ERP 系统接收 MES 系统提供的零部件完工信息后自动勾兑生产计划，使生产管理人员及时掌握车间任务进度。

MES、APS 系统集成。集成的主要目的在于优化企业车间生产的计划和调度算法，实现生产自动排程，进而快速响应市场需求，提高生产效率。首先，对生产相关业务流程进行梳理和优化，通过流程整合 MES 和 APS。其次，满足 APS 排程的基本数据的需求，将 APS 排程需要的生产设备状况、生产能力，以及部门、班组、工人、时间、效率等信息接入 APS 系统。实际生产过程中，APS 系统获得详细的生产基础数据、设备数据之后，基于订单需求为生产管理提供的排程信息，包括：1) 生产排程对比，

APS 高级生产排程系统根据不同的排程策略，制定不同的排程计划，系统通过自动对比分析，提炼出最佳的生产排程效果；2) 生产排程计划，将最终生产排程计划方案输入到 MES 系统中，MES 系统根据细化的生产排程计划，进行工序的详细制造指令、工人、时间、工装、工具、刀具以及其他物资辅料等的安排，实现对具体生产的规范与计划性之指导与安排。

MES、WMS 系统集成。WMS 提供实时的库存数据（在库、在途、预留和已分配的物料信息）、库存项目的具体存储位置、库存相关的操作记录（入库、出库、拣选、盘点等）。数据给到 MES，MES 系统根据仓库数据快速调整生产计划，采购计划等。数据集成包括：1) 物料跟踪：WMS 将物料的存储位置、数量、状态等信息同步到 MES 系统，MES 来判断生产过程中所需物料的可用性；2) 订单管理：WMS 将订单的创建、拣选、打包和发货等状态同步 MES，MES 可以根据 WMS 提供的订单状态信息来安排生产计划，确保按时完成生产任务；3) 库存管理：WMS 实时监控库存水平，低库存时可以通知 MES 调整生产计划或进行采购；4) 生产进度与异常报告：当生产进度或质量出现问题时，MES 可以及时通知 WMS，以便调整物流计划、动态调整库存预测和实际库存量，如重新安排发货时间或处理不合格产品；5) 工艺路线与作业指导：WMS 需要 MES 的工艺路线和作业指导信息来安排合适的物料和包装方式，以支持特定的生产工艺要求；6) 质量追溯：当产品质量问题发生时，MES 可以追溯到相关的物料批次。WMS 通过这些信息可以帮助定位问题物料，并

采取相应的措施，如隔离或回收；7) 设备维护：MES 监控设备状态，预测维护需求。WMS 可以据此调整仓库内的物流作业，以适应可能的生产中断。

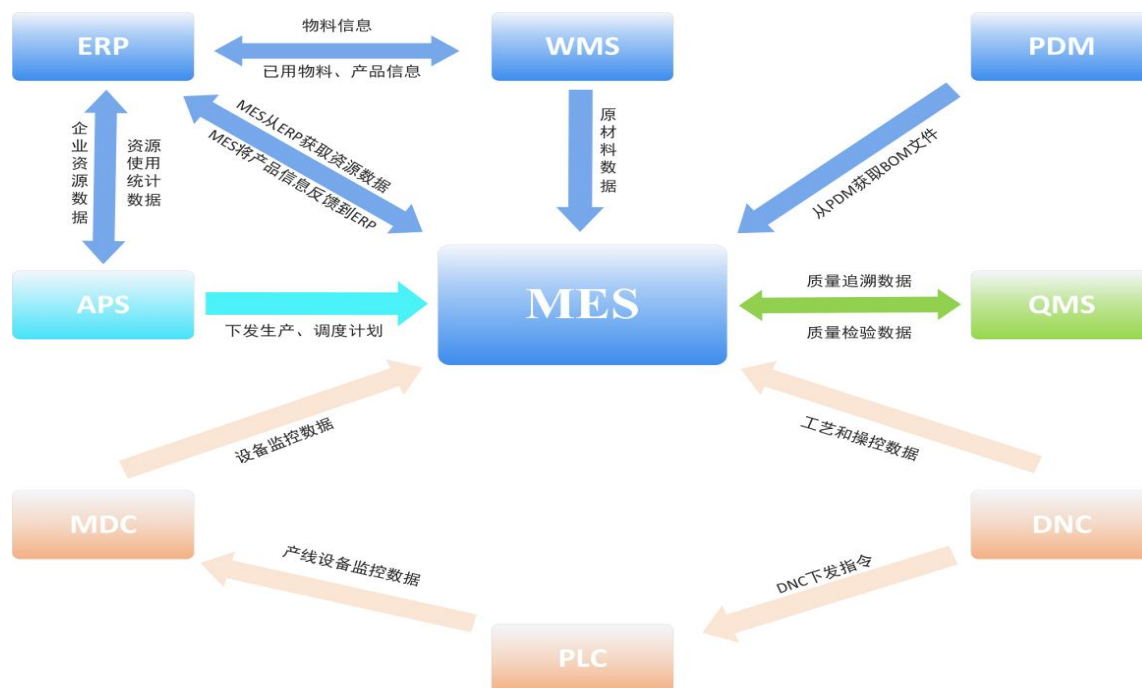


图 3-5 企业信息系统集成

四、工业信息安全能力建设

参照国家信息安全三级等保体系要求以及国际信息安全管理体（ISO/IEC27001）、国际工业控制系统信息安全标准（IEC62443）、国家工业控制系统信息安全标准（GB/T 30976）等标准，平衡信息系统的安全和效率，运用融合通信组网、骨干网安全域加固、安全态势感知与联动、核心业务灾备及应急响应等技术手段，实现拖拉机企业骨干网络以及关键数据的高可用性、高扩展性、高安全性，满足企业自身安全需求，为拖拉机行业智能化改造、数字化转型、网络化联接提供技术保障。



图 3-6 工业信息安全能力建设框架

（一）开展信息安全评估工作

通过技术评估、资产梳理、人工访谈等方式，对企业工业信息系统进行全面而系统的安全性能评估。评估范围包括设备安全、工控安全、网络安全、平台安全、应用安全、数据安全等，评估内容包括设备与系统的安全性能、防护能力、可靠性等。通过评估，摸清自身信息系统的安全状况，发现潜在的安全隐患和薄弱环节。制定企业工业信息安全能力提升规划与方案，推进信息安全等级保护工作，贯彻落实等级保护和分级保护制度，建立纵深防护的技术体系，保障工厂业务安全稳定运行，保护商业秘密和国家秘密安全。

（二）建立信息安全技术体系

部署安全基础设施，引入安全终端、安全检测设备、防火墙与入侵检测系统、防病毒系统等。构建安全技术运营体系建设，

做好安全基础设施的运行维护，确保作用有效发挥。提升预警能力，可建立安全生产风险特征库和关键设备失效数据库，基于数据分析、机器学习等技术，推动安全生产风险的精准预测、智能预警。

网络安全。企业应细化网络安全域设置（分保密域、核心域和普通服务域），采用专线、网闸、逻辑区域隔离等网络安全技防措施，实现内部信息共享交换与外部接入区域之间的安全隔离。

数据安全。确定应用系统的数据安全等级，对进出安全区域边界的数据信息进行控制，阻止非授权及越权访问。部署相应的存储设备，可建立专门的数据中心机房，并建立数据备份与恢复机制

工控安全。控制系统接入信息化系统时，需加装经公安部认证的单向隔离网闸，实现工业控制系统之间的横向隔离、纵向纵深防御，识别非法请求并阻止超越权限的数据访问和操作，确保企业生产过程控制系统的信息安全。

设备安全。生产设备终端通过 DNC 局域组网、基于 5G 的工业互联网技术进行终端组网，实现网络、服务器和桌面的虚拟化应用，实现设备配置管理、实时监控、授权管理、认证管理及日志管理等服务，有效监测操作。

终端安全。非涉密办公终端采用 DG 数据加密、桌面云技术、病毒安全防护平台、防数据流失安全平台、安全准入等安全措施。

（三）建立信息安全管理体

制定信息安全相关的制度、规范、流程、策略，包括信息安

全制度、信息安全责任制和权限管理机制、信息安全培训与考核机制、应急响应机制等，确保安全体系有效落地。

制度规范。明确信息安全工作的目标和原则，制定详细的信息安全管理制度和操作规程，确保各项安全措施得到有效执行。

责任落实。建立信息安全责任制，明确各级管理人员和运维人员的职责和权限，确保信息安全工作有人负责、有人监督；定期开展信息安全培训和考核，提高全员的信息安全意识和技能水平。

闭环管理。建立控制安全、网络安全、数据安全的管理台账、资料库，实现安全管理工作的数字化，实现“事前计划、事中跟踪控制和预防、事后追溯分析”的闭环管理。

应急响应。建立完善的安全事件应急响应机制，建设安全生产事件案例库、应急演练情景库、应急处置预案库、应急救援队伍库、应急救援物资库等。

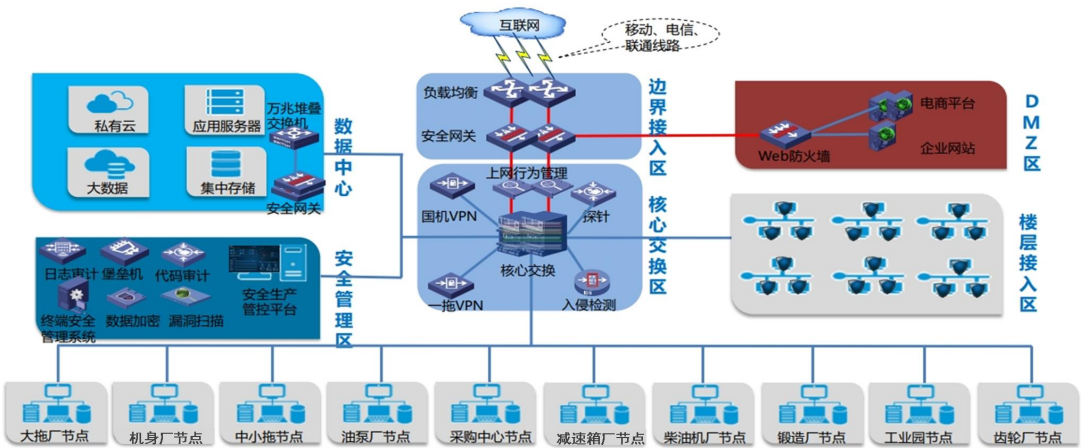


图 3-7 拖拉机整机企业工业信息安全框架

第四章 环节与场景

一、研发与设计

（一）数字化研发与设计

1.难点痛点

（1）协同研发意识与能力弱，传统研发设计流程中，缺乏统一的协同设计平台，设计人员各自负责不同环节，文档管理混乱，设计人员之间无法实时沟通和协作。导致整车与发动机开发脱节、设计与制造脱节、BOM脱节、设计数据重复与冗余等问题，设计过程中的修改和迭代变得复杂而低效，研发效率低。

（2）缺乏统一管理体系、有效的项目管理方法与工具，研发与项目数据孤岛现象明显，传统的研发设计方式中，设计变更流程长，设计数据容易在传递和修改过程中产生误差，导致数据一致性和准确性难以保证，引发设计缺陷、生产错误甚至安全事故，对产品的质量和可靠性构成威胁。

（3）部分中小企业产品三维设计能力和推广不足，存在图纸或者二维数字模型转化为三维数字模型、柴油发电机传统平面设计通过二维图纸流转实施制造等情况，造成图形空间理解困难、尺寸公差传递遗漏、三维制造工艺设计仿真条件不足、设计制造难以高效协同等问题。

2.解决方案建议

（1）产品集成开发与生命周期管理。引入集成产品开发（I

PD)管理体系,构建研发设计、生产作业、质量管理等跨部门、跨团队的协同研发设计机制,形成设计制造协同闭环。引入生命周期管理工具(PLM),对所有产品进行分类集中管理,全面在PLM中开展研发设计,搭建PLM+三维设计软件平台,形成每份产品技术资料库。基于数据驱动流程各环节信息数据传递,固化信息化工作流程,打通设计与工艺环节的业务流与数据流。构建多层BOM管理体系,严格执行规范的设计更改流程。

(2)产品数字化设计与仿真。采用计算机辅助设计和工程软件工具(CAD、CAE等),提高拖拉机研发设计能力和效率;可结合三维建模、结构强度计算等数字化建模和仿真技术,加强设计知识数据库建设;推进基于模型设计(MBD)、集成产品开发(IPD)和产品数据管理(PDM)等标准和流程,开展拖拉机零部件基于模型的产品设计、仿真优化和虚拟测试,提高产品设计效率、加强设计制造协同、提升产品设计保证、缩短产品研发周期。

(3)制造工艺数字化设计与仿真。建立工艺研发体系,规范工艺管理流程,实现工艺参数电子化、在线工艺管理与分工。面向发动机、传动、行走、转向、液压悬挂、驾驶操纵及牵引等系统或装置制造工艺设计,采用计算机辅助制造和工艺设计软件工具(CAM、CAPP等),建立工艺、模具、刀具以及参数等知识数据库,结合成形机理数字建模、三维工艺建模、工艺规程仿真、作用力热仿真、材料成形过程仿真、零件表面成形仿真等制造工艺数字化建模和仿真技术,开展基于模型和数据驱动的拖拉

机制造工艺数字化设计、虚拟仿真和参数优化。

（4）装配工艺数字化设计与仿真。面向部件、组件、单元体的装配和试验测试，采用计算机辅助工艺过程设计软件工具（CAPP 等），建立装配工艺、装配工装、试验工艺、试验工装等数据库，建设数字化装配仿真平台和虚拟装配模型，开展可装配性仿真验证、装配工艺规划、装配工艺仿真分析、虚拟装配、试验方案设计、试验过程仿真分析等。针对物理样本建立虚拟副本进行缺陷和故障的发现和性能持续的改进，验证装配工艺设计的合理性，提前发现并解决装配工艺存在的问题，实现进度可视化、透明化管理，提高装配效率和试验成功率。结合人机工程仿真技术，分析安装工人的视觉匹配度、肢体工作空间及姿势疲劳易感度，优化不合理的工艺姿势。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

PLM 为核心的拖拉机工艺、产品设计
<p>应用 PLM 系统，配合 OA 系统等管理软件，提升产品设计开发进度、产品优化改进速度，采用数字化三维设计与系统虚拟样机，缩短产品验证周期，提高设计效率和设计准确率，使研发人员间协作更加高效，并积累形成企业产品知识库。</p> <p>PLM 系统实现工艺设计的关键点包括：（1）基于 IPD 研发体系落地和深化，借助 PLM 系统，固化企业业务流程体系。（2）建立产品全生命周期管理平台，通过 PLM 实现产品从需求到实现的全过程数据管理。（3）形成产品研发过程中以项目管理和产品数据管理双重并重的管理模式。</p>

(4) 建立统一设计工具管理平台，在产品线上建立零件/文档/活动等业务对象的状态管理，运用映射状态对象的成熟度，实现透明化的管理。(5) 产品开发与工艺规划一体化管理平台。(6) 实现知识管理与创新。

01 工艺设计

利用虚拟制造技术，将工艺设计工作从模拟量转变为数字量传递，从根本上改变工艺设计的工作模式，可对加工过程进行直接指导及管控。实现工艺设计的可视化、三维装配工艺仿真验证、三维工艺车间指导生产。

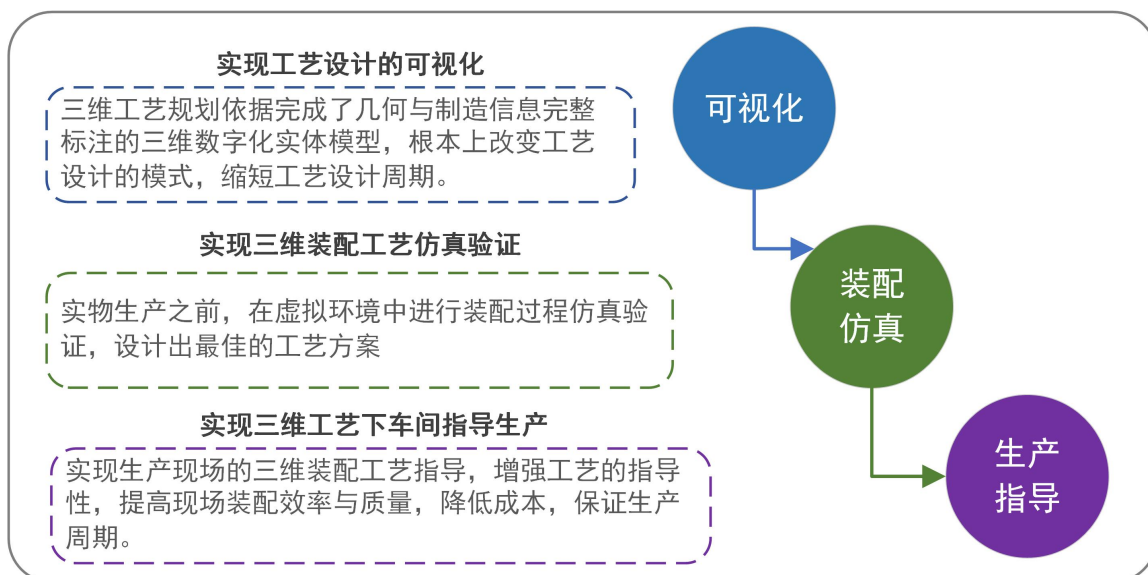


图 4-1 工艺设计体系框架

02 产品设计

推进产品系列化研发，模块化、标准化设计，缩短新产品开发周期，满足不同客户对拖拉机产品配置的需求。基于模块化、标准化设计实现柔性化生产，提高零部件的通用化，降低生产成本，缩短生产周期，提高产出效率。

通过多年积累，逐步形成较为完善的开发设计标准化、规范化制度，将拖拉机整车设计划分为 30 多个总成部件。开发、设计新产品方面，通

过虚拟整车模拟，排除已成熟、可复用的总成件，下达需开发设计的部件及关联部件整合设计任务，设计完成后进行整体性能模拟。生产系统方面，通过搭建可配置化 BOM，设置类、特性等关系约束条件具现，并实现销售环节下单时的关联。

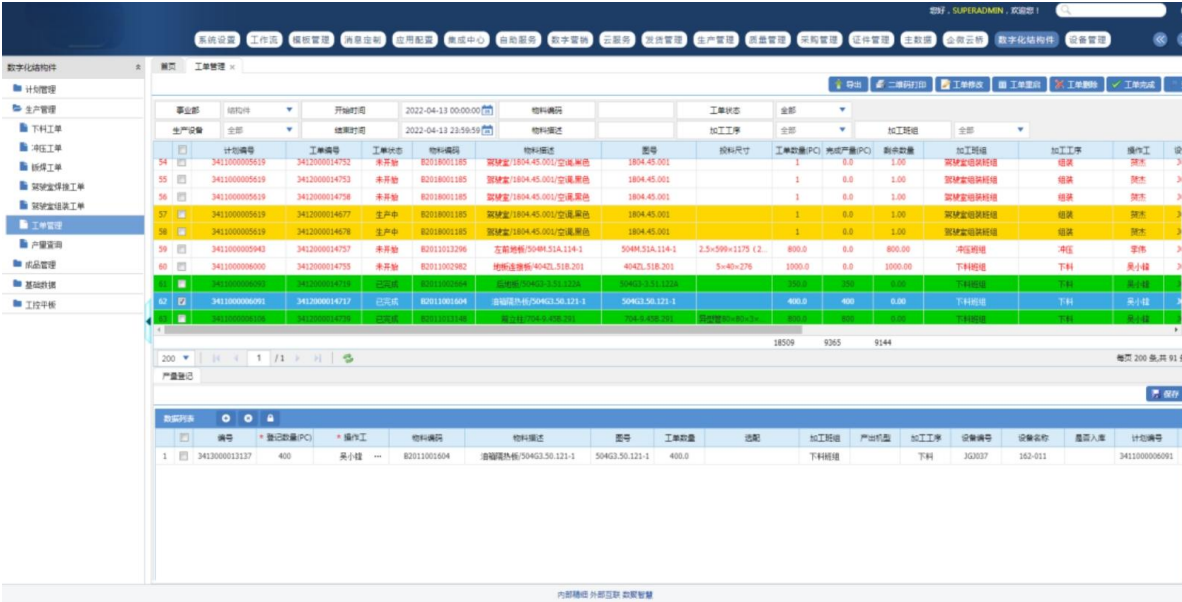


图 4-2 PLM 平台界面

典型应用场景二：

柴油机数字化研发设计

建立 PDM 为核心的数字化研发设计业务域，高效管理研发业务域项目、产品全生命周期和产品数据。建设系统包括：产品数据管理系统（PDM）、智能化快速设计系统（IRDS）、产品应用开发系统（PADS）、供应商协同设计系统（SCD）、仿真数据管理系统（SDM）、试验导航管理系统（WETP）、工艺管理平台（WPM）、智能标定系统（WICS）。

01 数字化智慧研发平台

运用数字化快速建模设计、虚拟开发仿真、物联网智能测控系统，打造端到端的智慧研发体系，实现设计、仿真、试验一体化，使新产品开发平均周期大幅缩短。

利用 PLM 平台，对发动机结构拓扑、产品工艺进行持续改进创新、建模仿真、验证分析，不断优化产品的工艺流程、研发水平和全生命周期，升级企业产品制造水平，适应各阶段市场需求。

实时采集分析产品运行数据，实现“客户洞察—产品设计—产品仿真—产品标定—产品试验”过程数据贯通，为产品全生命周期研发提供数据支持。

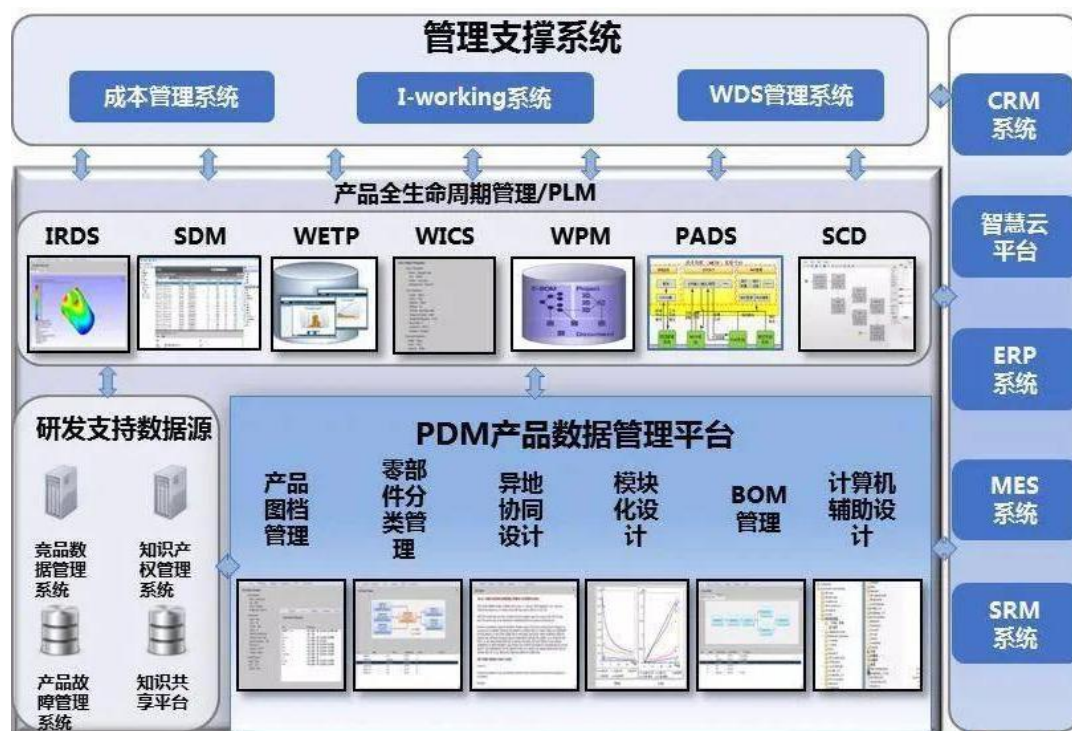


图 4-3 柴油机企业数字化研发设计架构

02 集团内研发设计协作

搭建全球云设计平台，融合企业 PLM 和云服务，实现企业集团公司与子公司之间的跨地域实时协同工作。协同设计步骤：

(1) 采用 PLM 集成的柴油机三维设计软件对车间待产发动机产品的零件模型及整机装配模型进行建模, 绘制出相应的工程图, 编写相应的工艺信息和工艺流程信息。

(2) 对产品三维模型图、二维工程图及其包含的产品各种结构信息与产品属性信息(结构信息包括装配信息、尺寸信息; 属性信息包括零件材料信息等)、相应工艺信息和工艺流程信息进行归集。

(3) 将设计结果一同构建在 PLM 数据库模型中, 并自动产生产品结构树。

典型应用场景三:

拖拉机变速箱虚拟装配

针对拖拉机变速箱装配工艺复杂、成本高、产品开发周期长等问题, 基于虚拟现实与拖拉机变速箱虚拟装配技术, 开发具有沉浸感、想象性、交互性等特点的拖拉机变速箱虚拟装配系统。

01 变速箱虚拟现实模型

在虚拟装配环境中建立拖拉机变速箱装配信息层次模型。在 CAD 系统中提取装配体三维模型, 运用装配信息的内容、储存方式、结构层次表达虚拟装配模型, 经重构整合后导入虚拟装配系统。采用层次包围盒法等对模型进行碰撞检测, 避免模型之间产生彼此穿透现象。

02 制定装配路径规划

通过装配路径规划生成零部件的装配轨迹。首先进行装配路径前处理, 在装配操作之前规划装配路径, 设计一条无干涉轨迹, 零部件将按照

该轨迹从初始位置到达最终装配位置。运用两端搜索法进行装配路径后处理，对生成的路径轨迹进行优化，获得最终装配路径。

03 开展虚拟装配试验

在 Unity3D 等环境中开发虚拟装配软件，实现变速箱零部件在虚拟装配环境中的移动、旋转、定位装配、场景漫游、音效播放、零部件名称显示、装配路径规划等功能。利用头戴显示器等交互设备，开展拖拉机变速箱装配试验。

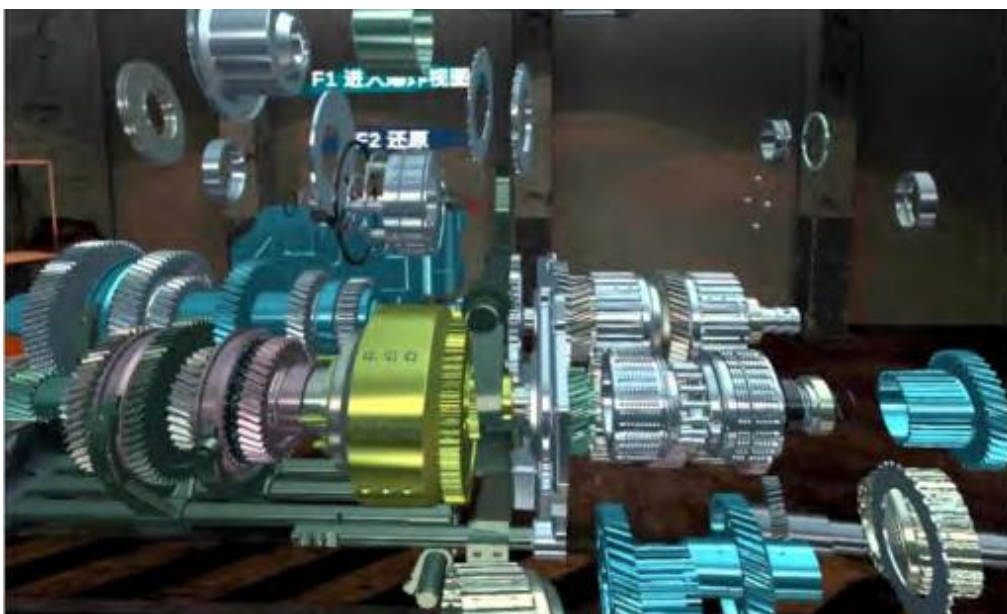


图 4-4 变速箱虚拟装配模型效果

（二）数据驱动设计优化

1. 难点痛点

（1）数据分析不足，企业在数据分析方面存在不足，缺乏专业的数据分析工具和方法，导致数据无法被有效利用来识别产品性能瓶颈和优化方向。

(2) 新产品开发或个性化需求过程中，涉及多个业务流程与环节，由于产品数据相对分散且存在数据孤岛现象，项目开发资源无法进行统筹协调调度。

(3) 跨部门数据集成困难，拖拉机制造业涉及大量跨部门的数据交换，如生产、库存、销售和供应链等，不同部门的系统间的数据孤岛阻碍了信息的实时流动和有效整合。

2. 解决方案建议

(1) 引入研发设计项目管理系统，集成 PLM 系统、ERP 系统和 BI 系统等。全流程记录和分析项目数字资料，通过项目计划、项目执行等环节数字化管理，确认各环节责任人、各阶段交付成果，从而有效管控项目研发设计进度和质量。

(2) 部署智能化试验设备，采集试验数据，确保产品设计、性能等符合要求。遵循《农林拖拉机安全第 1 部分：基本型拖拉机》（GB/T 42538.1-2023）等国家标准，确保噪声、振动、制动性能等安全数据符合要求，在实验室模拟不同地形（如湿地、坡道）和作业强度（如旋耕、翻耕），进行疲劳寿命测试（如 fe-safe 分析）和实地验证（如连续作业 5 小时无故障）。

拖拉机智能化试验设备

01 整机试验台

测试拖拉机整机的性能，包括动力性能、牵引性能、制动性能、操纵稳定性等，模拟实际作业工况，基于试验数据对拖拉机整机性能进行优化和调试。

02 PTO 试验台

测试拖拉机发动机，包括发动机功率、扭矩、油耗、排放等参数，基于测试数据对发动机性能进行优化和调试。

03 底盘加载试验台

对装配完成的底盘进行加载试验，最大限度发掘产品缺陷，针对暴露问题进行及时整改，降低人工修理成本和整机故障风险，提高传动系一次下线合格率。

04 传动系统试验台

对拖拉机的变速箱、传动轴、后桥等传动部件进行试验，检测其传动效率、可靠性、耐久性等性能。

05 液压系统试验台

测试拖拉机液压系统的压力、流量、油温等参数，以及液压元件的性能和可靠性，确保液压系统的正常工作。

（3）采集分析整机及关键零部件数据，挖掘改进空间，促进设计优化。对拖拉机、发动机、变速箱等安装传感器，实时采集整机性能、燃油效率等数据，将采集到的数据通过网络接口、网关、无线通信、移动网络等方式传至云端。云端系统接收、存储、处理和分析数据，实现异常或潜在故障发现，系统自动警报、维护建议生成。根据数据分析结果，对拖拉机的性能进行优化，通过长期的数据积累和分析，发现拖拉机的设计缺陷和改进空间。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

数据驱动柴油机设计流程优化

数据分析可以帮助开发团队更好地理解用户需求,在产品开发过程中做出更优决策,提高开发效率。通过数据驱动的设计优化,设计团队可以不断优化产品,提升用户满意度和产品竞争力。

建立研发设计平台,支撑数字化研发管控能力建设,PLM 系统集成 NX 等设计软件以及 PM 项目管理系统、OA 系统,能够满足设计开发管理、产品及零部件管理、BOM 管理、工艺管理、变更管理、图文档管理、项目进度管理等。

01 产品设计项目管理

引进 PM 系统实施项目管理,以计划管理为主线,建立并行与协同项目计划管理模式,支持总体计划与部门分解计划的二级计划管理,实现项目宏观计划监控与微观任务管理的协调,达到项目计划指导下的并行和协同。建立项目、计划、任务和交付物状态追踪管理方法,支持项目的宏观过程状态监控和任务的动态追踪,与 PLM 系统进行集成,高效精准流转研发文档数据,为管理者提供项目过程管理信息支持。

02 产品研发方案设计

经审批立项的产品开发项目,在 OA、PM、PLM 系统中进行标杆样机分析,完成概念方案设计,全流程在线化管控。在 PLM 系统将项目编号与标准成本关联后发起成本预测,并流转至 OA 系统进行评审。

03 产品设计开发管理

PLM 集成 NX 等软件,研发设计人员可在 PLM 进行设计;图纸、工艺文件、规程、标准、文档审批等通过 PLM 与 OA 集成进行在线化管控,同时,PM 项目管理系统与 PLM 集成,使项目管理人员能够通过 PM 或

PLM 平台实时查看产品设计进度及阶段文档。

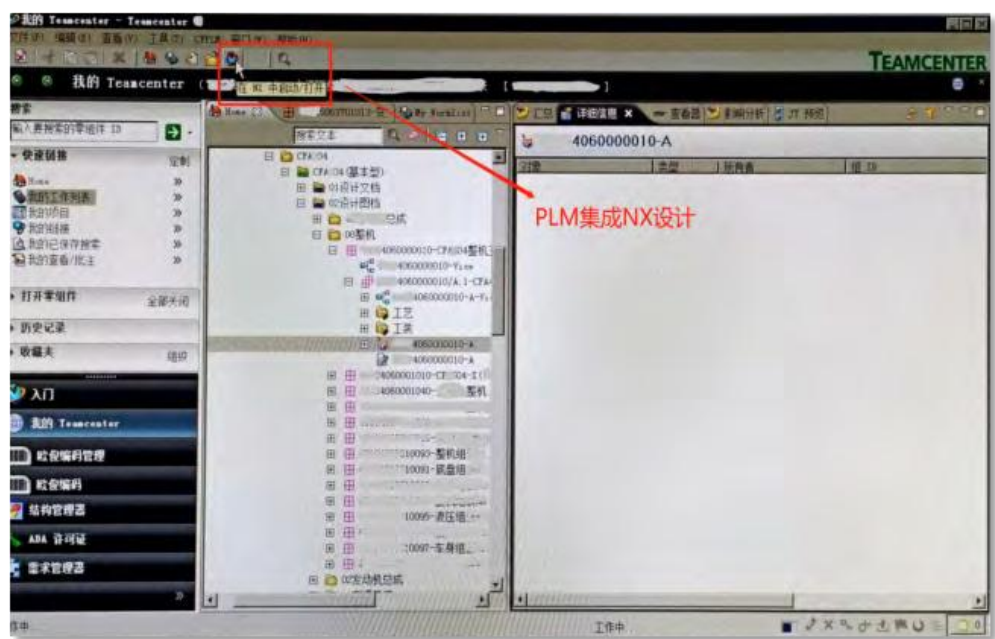


图 4-5 PLM 集成各类软件

04 研发交付管理

PLM 将研发设计形成的 BOM、工艺指导书自动更新切换并同步至 ERP、MES、APS 等系统中，工艺指导书可下发至工位机，实现研发在线交付。通过 PM 系统在线管理研发项目各节点文档，项目完成后，PM 系统自动将研发项目文档自动归档到知识库，提高知识共享性。

典型应用场景二：

拖拉机数据采集与设计优化

拖拉机上安装多种传感器，建立完善的数据采集、传输和分析系统，提升拖拉机的智能化水平和用户体验。

01 传感器安装与数据采集

在拖拉机上安装包括发动机传感器、燃油传感器、温度传感器、压力

传感器等在内的多种传感器。数据通过数据采集系统传输至中央处理器，经过初步处理后，会被传输至云端服务器进行进一步的分析和存储。

02 数据传输与云端分析

采集到的数据传输至云端服务器，云端服务器利用大数据和人工智能技术对这些数据进行分析 and 挖掘。通过分析数据，系统能够实时监测拖拉机的运行状态，如发动机是否过热、燃油消耗是否正常等。同时，系统还能根据作业效率数据评估拖拉机的性能，如单位时间内的耕地面积、播种密度等。

03 性能优化与产品改进

基于采集数据的分析结果，对拖拉机进行性能优化和产品改进。例如，通过调整发动机参数、优化传动系统、改进作业模式等，提高拖拉机的作业效率和燃油效率。

还可根据用户需求和反馈数据，进行产品改进。例如，增加用户友好的界面、提升驾驶舒适性、增强拖拉机的耐用性等。助力提升产品的市场竞争力和用户满意度。

二、计划调度

（一）生产计划优化

1. 痛点难点

（1）离散型制造计划调度较难。拖拉机行业属于典型的离散型制造业，较多企业同时生产插秧机、收割机等农业装备。拖拉机的生产流程由大量不同的组件和环节组成，涉及物料、设备

较多，流程的不连贯性会导致生产效率低下，以及生产计划难以精确预测。为此，迫切需要帮助企业实现生产计划的优化和生产过程的数字化管理。

（2）场地调度过度依赖经验。总组场地调度过程涉及重大设备（吊车、龙门吊等）以及巨型分段和总段的吊装，调度顺序和时间以及具体位置信息直接决定了拖拉机搭载的质量和效率。目前的拖拉机总组场地调度管理更多依赖调度员的经验，缺少辅助决策手段的支持。

2.解决方案建议

（1）推动源头管理与系统对接。构建企业资源管理系统，实现基于采购提前期、安全库存和市场需求的计划优化。从计划源头加强客户订单管理，如与客户建立了长期稳定订单关系，可以建立客户关系管理系统（CRM），接入客户供应链管理系统，实时跟踪客户订单下达与变化情况；加强原材料采购和外协供应商管理，如有长期稳定合作关系，可以建立采购与供应商关系管理（SRM）系统，及时下达采购需求，提前做好供应准备。

（2）总组场地调度管理系统。结合拖拉机总组场地调度管理现状，提出总组场地调度管理解决方案，应用场地布局智能优化技术、多吊车协同优化等分段调度技术，实现场地网络化\可视化管理、调度方案\吊车计划方案优化；制定调度算法与约束规则，优化场地利用；实现三维可视化仿真技术，直观展示场地历史、现在和未来的布局情况，为数据孪生平台构建奠定基础。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机生产计划资源配置

建立以 MES 为中心的智能制造平台，支撑数字化生产管控能力建设，实现生产流程数字化管控。提高生产效率和产品质量，降低生产成本，保证生产稳定运行。

销售需求经 CRM 传输至 ERP、MES、APS，自动转换为生产配置需求。超级 BOM 由 PLM、ERP 传输至 APS，自动生成各事业部车间计划及工序计划，并下达至对应 MES 系统。MES 进行排程，形成工序计划并下达至各生产工位进行调度并组织生产，同时采集各工序、工位过程控制信息和质量信息。通过 WMS 与 MES、APS 等系统的集成应用实现对物料全过程的在线化管控及可溯，通过成品条码系统与各系统的集成实现成品全过程的在线化管控及可溯。

01 生产需求转换

销售需求

生产配置需求

产品分类

特性

产品分类

特性

图 4-6 销售需求自动转化为生产配置需求

— 46 —

02 生产计划管理

车间计划、订单计划由 APS 与 CRM、ERP 实现，APS 接收 CRM 中经审核的生产调度计划，排产人员依据调度单进行需求运算，生成产线计划及采购计划，并同步至 ERP 系统中生成生产订单及采购订单。

车间计划、订单计划由 APS 与 CRM、ERP 实现，APS 接收 CRM 中核的生产调度计划，排产人员依据调度单进行需求运算，生成产线计采购计划，并同步至 ERP 系统中生成生产订单及采购订单。

[illegible]

MES 接收 APS 生产计划，各事业部计划人员通过 MES 系统进行工序的开工、报工。开工、报工：操作人员通过 PDA 扫码，登录产线 MES 系统，查看当前工序任务，进行开工、报工；可在线查看工序任务对应工艺规范要求，进行指导生产；同时可扫码查看前道工序报工情况，最终各工序报工情况同步至 ERP 系统中。

1.痛点难点

（1）涉及资源与要素多，排程复杂，缺少智能排产工具。拖拉机制造企业生产计划制定需要考虑场地、设备和人力等多种资源条件。相关资源因为属性不同、项目占用情况不同，动态信息需要及时更新和控制；还需考虑不同项目之间以及设计、物流和生产之间的协调关系（物料、图纸与工序流程紧密联结），以及生产过程中存在的不确定因素（工程变更）。多项目之间资源冲突、多级计划之间相脱节、计划和生产脱节等问题是制约生产效率的关键因素之一，计划的制定与管理缺乏有效的信息化/智能化手段支撑。

2.解决方案建议

（1）引入生产排程工具。大型企业可引入生产计划与排程系统（APS），采用高级排程算法，通过数据驱动实现并行组织生产、备货库存优化、内外部产能动态协同平衡、交期精准预测、生产计划快速生成、生产计划动态调整等。中小企业通过企业资源计划系统（ERP）和制造执行管理系统（MES）自动生成生产主计划，并可自动分解生产任务到工序、工位、班组、人员，减轻人工计划排产工作量。

（2）优化生产排程模型。引入生产计划排程模块或系统后，建立车间排产调度最优化模型，基于排产调度管理记录和当前生产状况，计算出现阶段最优排程方案，并可根据实际进行人为优化调整。随着系统的使用与反馈，排程算法和模型获得优化，不断更新高效高质的排产调度方案，最终实现无须人为参与的最优

排产调度方案制定。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

某农机企业计划排程系统

基于排程系统，制定合理优化的详细生产计划，将实际与计划结合，接收 MES 制造执行系统反馈信息，彻底解决工序生产计划与物料需求计划难做的问题。

01 核心功能

制定合理优化的详细生产计划，快速得出物料需求计划明细表，采购部门可以按物料需求数量、需求时间进行采购申请，实现在物料需求时间之前，供应商能够进行送料到仓库，减少停工待料的情况。

提供工单计划、采购计划、交货计划、设备资源计划、物料库存等项目报表，从不同维度展示计划结果，使生产管理员和计划员能够借助报表快速分析和决策执行。通过排程系统，各部门能及时、直观了解车间作业计划、订单生产计划、库存动态变化、设备资源使用计划等。

02 系统集成

排程系统与企业各系统间数据互通，操作时可以触发约束条件，形成预警。排程系统结合 ERP、MES、PLM 等系统提供数据支持，高效实现生产计划滚动排产，成为企业实施精益制造的最有效工具。例如，依据事先设定的约束条件预测出产品交付时间，通过销售环节传递给销售人员或直接通过信息系统推送给客户。

03 其他措施

(1) 通过收集、分析生产过程信息，对计划进行优化、调整，应对

任务的变化并做出及时响应。

（2）建立生产调度优化规则，以具备更好的环境适应性；保证生产目标最优，更好地适用公司多品种的智能化柔性制造，进而实现精益生产。

（3）采用智能化设备对整机装配流转环节进行管控，计划下达、上线装配即生成流转码，贯穿整个流水线。柴油机、离合器等重点关键件厂家按照企业智能化要求保证一物一码，实现全过程追溯管理。

三、生产作业

（一）精益生产管理

1.痛点难点

（1）离散型生产流程长，过程管理复杂。制造工序孤岛式分布，作业人员、设备信息、物料、生产任务等高度离散。车、铣、钻、磨、抛光、品检等工序多，整车和复杂零部件还需装配和调试，尤其是整车装配大多通过人工操作。众多的加工件，分布于多个车间，易造成人力资源和物料的浪费。

（2）数据与信息流通不畅，精细化生产管理水平低。部门之间信息流通不畅，沟通时效低。加工工序多样化，任务进度难以监控。生产过程实时信息无法实时反馈，异常处理缓慢，易造成停工待料。生产现场单据多，信息较多通过纸质文件记录、传递和统计。生产进度不透明，给业务和跟单带来诸多不便。

（3）部门协同与改革推进难。部门间存在利益冲突，沟通不畅，易发生工作矛盾，导致实施精益管理改革时，跨部门协作

无法顺利推进，难以形成合力。员工对精益管理改革存在抵触心理，管理层对短期效益过度追求，缺乏有效激励机制。

2. 解决方案建议

(1) 通过价值流映射等工具，深入把握整个生产流程，识别瓶颈和不平衡点。确定每个生产环节的生产能力，包括设备生产速率和员工的工作效率。考虑重新设计或优化生产线布局，以便更有效地处理物料流、信息流和人员流。考虑重新设计或优化流程，减少传递时间和等待时间，提高整体流程效率。平衡各个工作站的任务，确保每个工作站的工作负载相对均衡。



图 4-8 拖拉机企业智能生产作业协同框架

(2) 全过程数据监控与分析。对整个生产过程、原料、操作和设备参数实时跟踪，使状态参数和指标参数达到最优，减小中间操作对指标波动的影响。实时记录并监控生产工序的任务进

度情况及劳动生产率、设备利用率、产品合格率、废品率等情况，进行诊断、统计和分析，通过系统综合统计信息查询功能，及时发现执行过程中的问题并进行改善。

（3）生产过程数字化管理。通过 MES/MOM 系统在生产调度、计划执行、现场管理、质量管理、物料管理、在制品管理等层面，对生产活动进行信息采集和管理，覆盖紧急插单、生产报工、现场物料载码、质检下达与报工、质量异常与档案、在制品转入转出等业务活动，为每一产品建立完整的生产档案溯源，保证关键工艺/工序的操作正确性，并通过可视化报表推送，增加生产过程透明度。

（4）数字孪生建模仿真。建立生产车间或生产线的数字孪生仿真系统，将设备运行数据、产品生产等过程数据与数字孪生系统数据通过工业接口协议（OPC、TCP/IP 等）进行对接，开展仿真模型实时运算，通过优化指导方案和 SCADA、MES 系统的数据反馈，为生产决策提供依据。

（5）精益生产管理改革保障。建立强有力的领导支持，传达转变的必要性和优势，设定明确、可衡量、可达成的目标，鼓励全员参与，营造积极的变革文化，确保有足够资金、技术、时间、人力等资源支持精益转型，建立反馈机制和激励机制，以维持可持续的精益管理。

（6）大中小企业差异化改造路径。大型行业企业可以建立完整完善的 MES 系统，实现全流程的数字化管控。中小型行业企业可以使用部分 MES 核心功能，优先解决工艺下发、工单下

发、生产报工等基本数字化管理。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机车间精益生产管理

通过引进 MES 系统与数字孪生车间系统，改变原先系统难以维护的痛点，简单且低成本地实现要求严格的 PLC 应用程序，根据不同问题或目标，采取不同最优化方法，实现生产过程的闭环调节控制。有效解决加工过程中产品过剩、物料浪费，以及精准管控能力弱、装置能耗与物耗高等问题，提高生产效率。

01 MES 生产系统

建立 MES 生产执行管理系统，集成生产计划安排、生产调度管理、生产物料管理、生产质量监控、生产过程跟踪、成品出入库管理等功能，实现数字化管理。

02 数字孪生车间

建立拖拉机数字孪生的智能车间，实现车间设备真实运行情况和产品生产过程的虚拟实时同步映射，将生产计划与执行状况、生产现场状况、车间生产、消耗、质量、设备、能耗等主要管理业务的关键指标进行监控、预警分析。

拖拉机数字孪生的智能车间，包括物理车间、虚拟车间、车间服务、车间孪生数据等体系。物理车间是车间现有物理实体的集合，涵盖人员、工厂、产线、设备、传感器、边缘计算设备等；虚拟车间是物理车间在信息空间上的呈现，涵盖直观展示管控平台、视频、三维、ERP、MES 等车间的运行状态；车间服务主要实现功能服务和基于 PaaS 层的业务服务；

功能服务包括感知控制、数据处理、模型构建、机理模型 4 部分。

03 生产中控大屏

建立车间生产中控大屏，通过可视化报表的形式实现车间生产过程、监控设备、人员、物料等实时管理，实现产品生产全流程的生产资源高效管控。



图 4-9 农机生产中控大屏

04 定点工位机协同

实现刷卡验证上机操作，工位机可访问 MES 系统，可通过系统发起工模、技术、设备、物料等不同需求呼叫，呼叫信息即时反馈在系统中，应用订单条形码精准下发任务和追踪实时生产进度，与主生产设备身份二维码绑定，配合物料扫码，做到生产过程人、机、料的精准管控。

典型应用场景二：

拖拉机数字孪生装配线

数字孪生产线通过各种智能化和信息化的手段获取到车间内的生产

数据，构建与集成生产管理系统，在虚拟环境下对产品设计、生产加工、车间物流等环节进行可视化和建模仿真，实现各环节的设计规划、虚拟验证和分析评估等功能，有效提升企业生产管理效率。

01 装配线组成

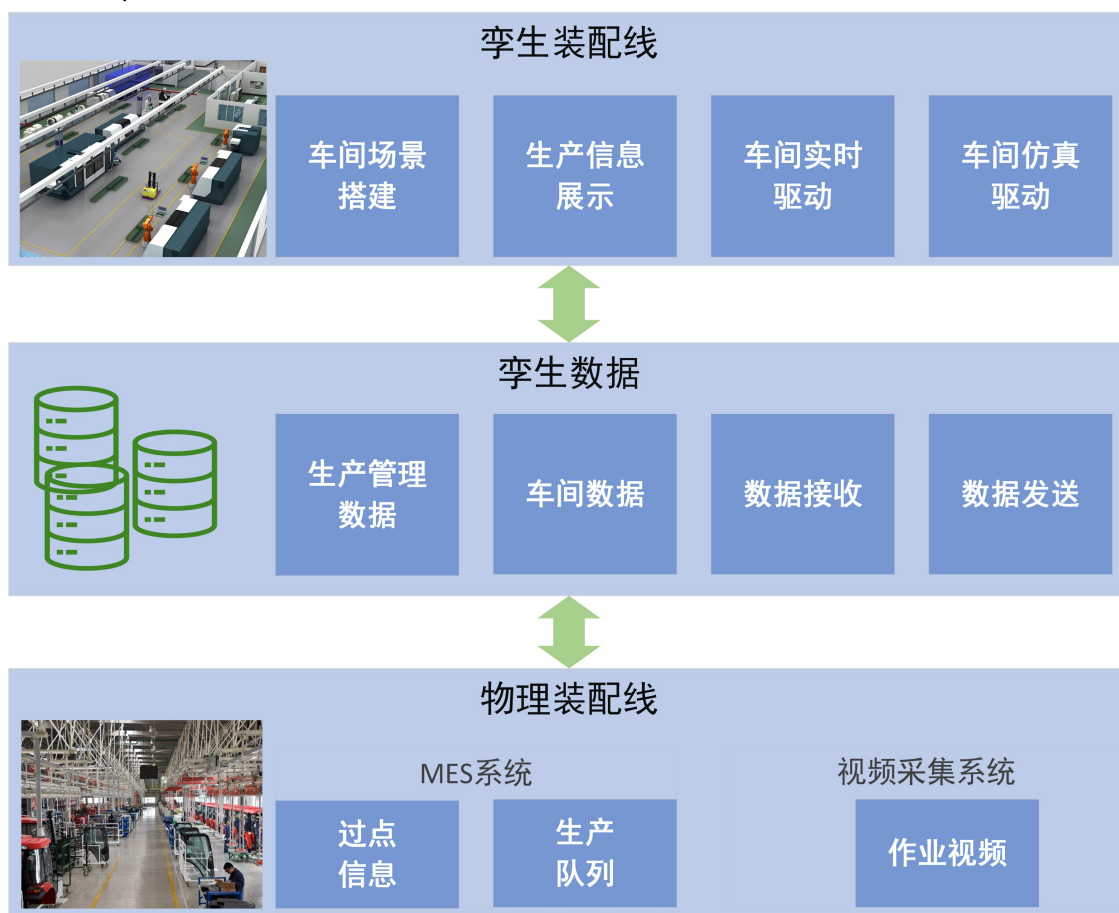


图 4-10 拖拉机装配数字孪生装配线架构

（1）物理装配线。产品实际生产的场所，生产装配线所有实物的合集，包括产线各类生产设备、数采探测设施、产品组装过程等。实际装配线通常通过数据采集设施与 MES 系统集成，利用生产队列信息、过点信息和瓶颈工位的视频数据，实现加工过程的控制与优化。

（2）孪生装配线。产线的实体模型和信息的数据镜像，可以模拟产线生产运行过程，实现生产信息的三维可视化展示。驱动产线模拟运行的

数据来源于物理装配线。

（3）孪生数据。通过孪生装配线产生的运行过程数据和结果数据，物理装配线采集到的各类生产数据，可以实现孪生装配线的数据同步驱动和仿真驱动。

02.孪生装配线构建

（1）建立装配线三维模型库。使用 Solidworks 等对孪生装配线的各类三维模型进行创建，使用 Unity3D 等进行数字孪生装配线的开发。对料箱、料架、台架、装配工件等模型进行直接导入，或轻量化处理后导入。

（2）孪生装配线三维场景搭建。完成产线上各类设备模型构建后，在 Unity3D 等场景中进行整个产线场景的搭建。根据装配产线实际布局，可将产线划分为生产区、物料区、转换区三个部分。

（3）装配线人机交互技术引入。搭建三维场景信息看板，实现基于三维场景的角色视角切换控制等。

03 产线数据采集

将产线设备数据、模型数据、生产进度数据、质量数据、物流数据、NC 程序等通过自动化采集、条码扫码采集、终端输入采集等方式实时传输到数据中心/数据库。

04 孪生装配线模型驱动

基于数字孪生装配线的实时驱动技术，实时驱动数字孪生装配线，使孪生装配线可以根据产线 MES 系统中的实时信息同步运行，实现产线运行状态的可视化监测，包括产品各工位之间的流转、产品上线等过程

（1）数据驱动三维模型。根据实时数据驱动三维模型，分析运动模型运动流程，根据三维图形变换理论定义模型运动状态，装配线运行数据

更新时，装配线内的动态模型能够执行相应动作状态。

(2) 数据采集与更新。孪生装配线读取采集到 MES 系统数据库中的过点信息，实现驱动孪生装配线同步运行。各工位需要实时更新的数据主要包括订单物料编码、机型系列、扫描时间等。

(3) 生产过程实现。产品工位流转过程。通过调用 Unity3D 中组件结合三维图形变换理论实现。

(4) 产品上线过程。根据上线工位扫描点更新的机型系列信息生成相应的产品模型，通过上线点的三维坐标将三维模型变换到上线工位。

典型应用场景三：

农机轮胎 5G 工厂

依托工业互联网平台，应用 5G 工业专用网络、物联网技术、大数据等技术，推动生产、质检、仓储物流、控制与传感等各类工厂硬件设备之间的数据互联与协同控制，推动各种硬件设备通过各类数据接口与 CAE、PLM、MES、APS 等业务系统形成互联互通。应用数据挖掘技术、关联分析技术等，推动多维度数据分析、预测和业务优化有机结合，实现工厂生产效率提高、产品不良品率降低。

01 工厂架构

企业采用“1+N”的数字化架构，“1”指数据中台，“N”包括品控、设备、能源等多个协作平台，可根据需要进行扩展和修改。基于轮胎厂的每一道工序，对已有设备信息进行采集，通过 5G 工业边缘网关，将信息采集到 MES 管理系统，统一管理，实现轮胎厂物流、设备、工序等的全连接，

实现数字化工厂生产要素全面互联管控。

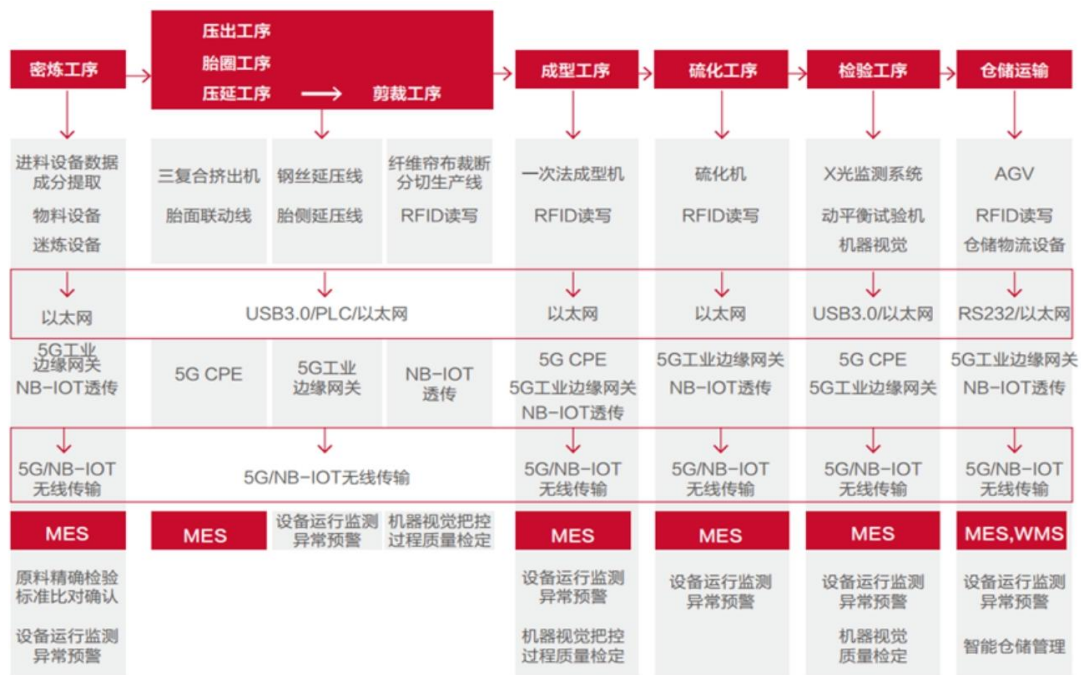


图 4-11 5G 工厂产线流程图

02 RFID 标签与物流管理全连接

根据 5G 全连接工厂生产情况、设备情况、操作流程等综合考虑，设计出一套 5G 全连接工厂使用的 RFID 系统，实现物料自动识别功能及物流运输需求。

主要硬件：RFID 数据采集系统以及天线接收系统；主要硬件功能用途：天线接收系统--胶料托盘或者半成品工装到位后，检测设备检测到位信号，触发天线接收装置识别物料信息；RFID 数据采集系统--天线接收系统识别到芯片信息后，把芯片信息发送给 RFID 数据采集系统，RFID 数据采集系统经过处理后把物料信息发送给 MES 系统，当 MES 系统判断物料投入错误时，发出报警提示，操作人员及时处理。

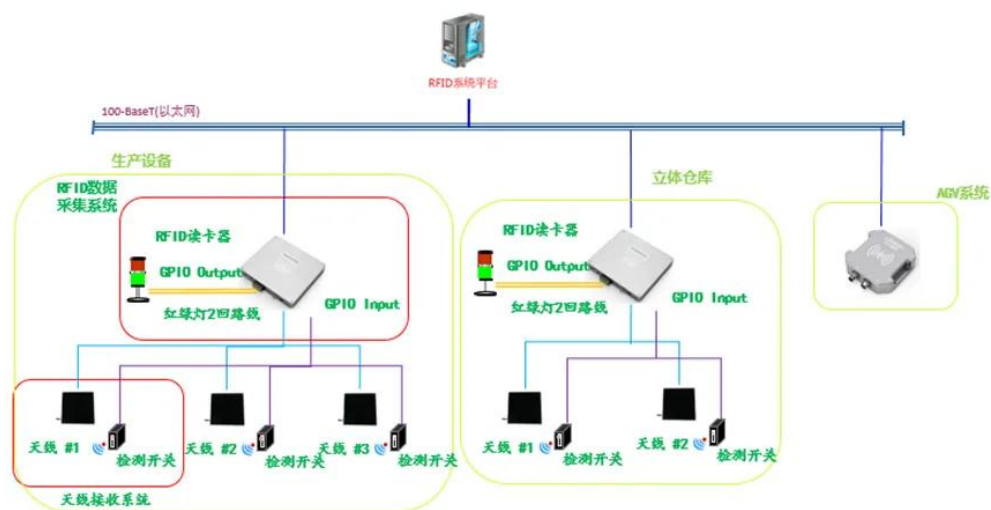


图 4-12 RFID 系统平台结构

03 5G 与 Wi-Fi 双链路切换

基于现场 Wi-Fi+5G 专网,对现场 5G 工业网关进行定制后,进行 NAT 转发实现数据传输,实现 5G 双链路切换。

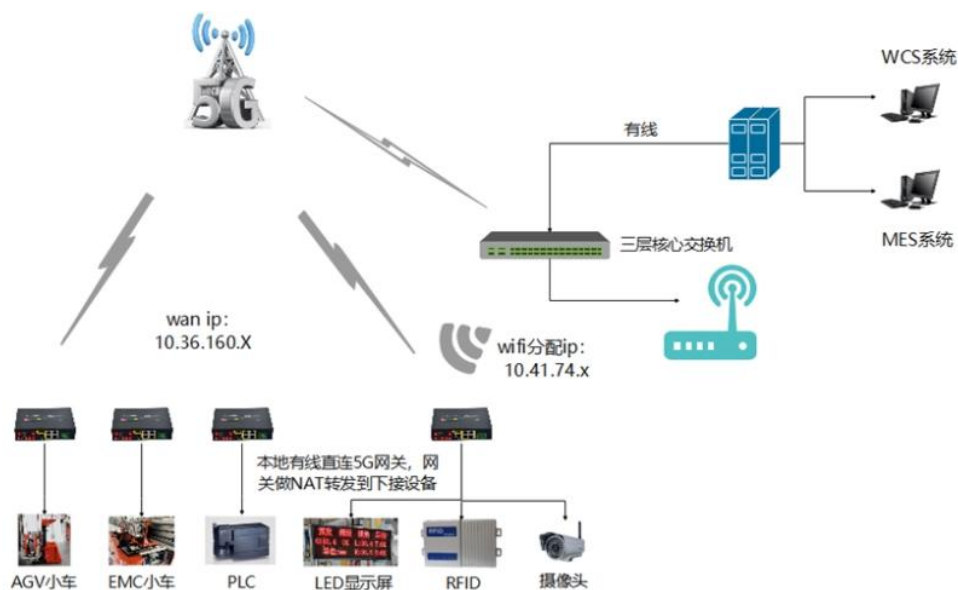


图 4-13 双链路切换组网拓扑

04 5G+AI 生产安全保障

应用 5G 摄像机,将视频数据经过 MEC 分流后进行 AI 分析,最后将分析结果返回综合安防平台,监控中心工作人员收到分析结果信息后进行

决策处理。将 AI 能力 MEC 化，设备成本低，且应用 5G 技术，传输速率高、时延低，使用视频数据切片技术，不影响正常生产，网络拓扑简单，容易发现故障。

典型应用场景四：

柴油机车间精益生产管理

信息系统方面，通过 ERP 系统、MES 系统、SCADA 系统、DNC/PLC 系统与现场 PDA 系统集成，实现订单生产全过程信息的实时监控和过程管理。通过 SCADA 系统集中管控法兰克、MAZAK、DMG 等数控系统，对产线数控机床进行联网及数据采集，提供工厂级、车间级、产线级以及设备级生产管控及统计分析，实现工厂生产过程数据可视化。

车间双层循环布局，生产线主要有：缸盖线、内装线、外装线、RGV 配送线、自动输送线等。缸盖线、内装线、外装线、工业机器人和自动检测设备可以组成柔性生产的全自动智能装配线，从上件到入库不落地生产。解决车间生产秩序混乱、生产资源浪费的问题，全员劳动生产率显著提高。具体如下：

（1）识别从原材料到成品的整个生产过程中的价值流，包括所有必要的步骤和非增值活动。以帮助确定哪些环节可以改进或消除。鼓励全员参与持续改进活动，不断寻找并实施小的、逐步的改进措施。覆盖工作流程的微调、工具改进或操作标准化。

（2）实施 5S 以创建整洁有序的工作环境，减少寻找工具和材料的时间，提高工作效率。借助装配线柔性生产能力使生产流程连续流动，减少

批量生产和等待时间。

(3) 通过实施质量圈活动、根源分析 (RCA) 和统计过程控制 (SPC) 等工具来预防和减少缺陷。

(4) 确保员工理解精益理念, 并具备实施精益工具和方法的能力。定期培训和团队建设活动是关键。

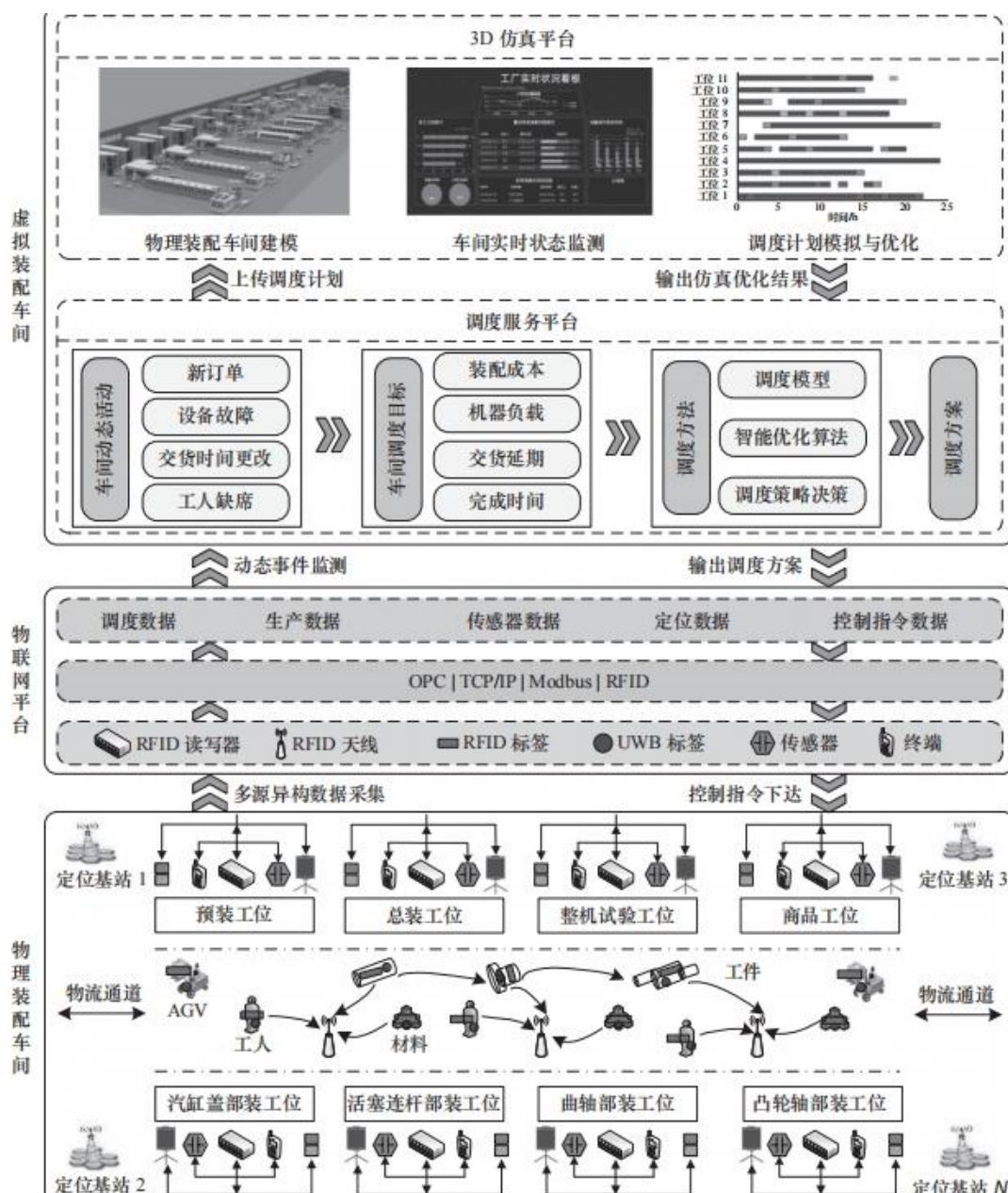


图 4-14 柴油机装配车间生产与调度框架

（二）产线柔性配置

1.痛点难点

（1）设备适应性低、效率低、成本高。生产制造设备适应性低，工序、节拍固定，设备间协同配合不流畅、互通性差。容易出现个别设备产能瓶颈而部分设备产能过剩的情况，以及设备重复投入、利用效率低等问题。无法实现多品种频繁快速切换，零部件小批量（或）单件生产与批量生产切换、不同型号产品混线难以满足。

（2）人机交互复杂，易导致误操作。生产制造过程，人机交互是实现柔性生产的重要环节。缺少符合人机工程学原理的人机界面，操作界面难读、操作方式复杂，面临柔性生产需求的频繁变化和不确定性时，容易导致人员误操作。操作、检验人员需周转各个工序，工作强度高。

（3）软硬结合难，客户要求变化快。柔性制造需要靠软件系统识别与调度，需将新产品的要求变成程序指令，需对原有生产方式进行调整。客户需求变化快时，将需求快速变成产品的快速协调能力不足，数字化储备问题不足，不能快速响应需求和生产变化。

2.解决方案建议

（1）柔性单元设计。设计专门用于定制化生产的工作单元，允许生产定制化产品而无需重大改变整个生产线，选择能够适应不同产品要求、具有快速调整和转换功能的生产设备。柔性生产单元读取条形码、二维码、RFID等携带的产品信息，通过调用

数据库里的工艺参数、工装编码、刀具编码等信息，自动调整设备参数、更换调整工装夹具、刀具、辅料等，实现多规格产品共线生产，采用快速换型技术，以最小化产品切换时间，使生产线更灵活，缩短产品的生产周期，提高生产效率，快速满足市场小批量个性化定制的需求。

（2）柔性技术应用与管理。部署实时生产数据监控系统，以便追踪生产线任务、进度并进行实时调整。利用数字孪生技术模拟生产过程，进行虚拟测试和优化。利用数据分析和预测技术，预测市场需求趋势，为生产计划做出及时调整。使用可编程控制系统，通过编程调整生产线的操作，以适应不同产品的生产需求。实现生产过程自动化的同时，确保人工操作的灵活性，培训操作人员，使其能够熟练地执行快速换型操作。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

轮式拖拉机柔性焊接
<p>轮式拖拉机驾驶室钣金件、结构件焊接中，焊点数量多、要求高，人工焊接效率低下、焊接质量不可控。建设轮式拖驾驶室柔性焊接生产线，主要设备采用柔性设计，通过工装夹具快换、电气控制程序切换等方式，满足小型、中型、大型、重型多种轮拖机型驾驶室焊接的生产要求，达到设备利用率最大化。</p> <p>该生产线用于轮拖驾驶室的顶框架、底板总成、龙门架、前框架和驾驶室总成的组对、焊接和物流输送。生产线主要装备包括：龙门架机器人焊接工作站、前框架机器人焊接工作站、顶框架机器人焊接工作站、底架</p>

总成双机器人焊接工作站、驾驶室总成双机器人焊接工作站，以及搬运机器人、输送线、滑台和 KBK 等运送设备。

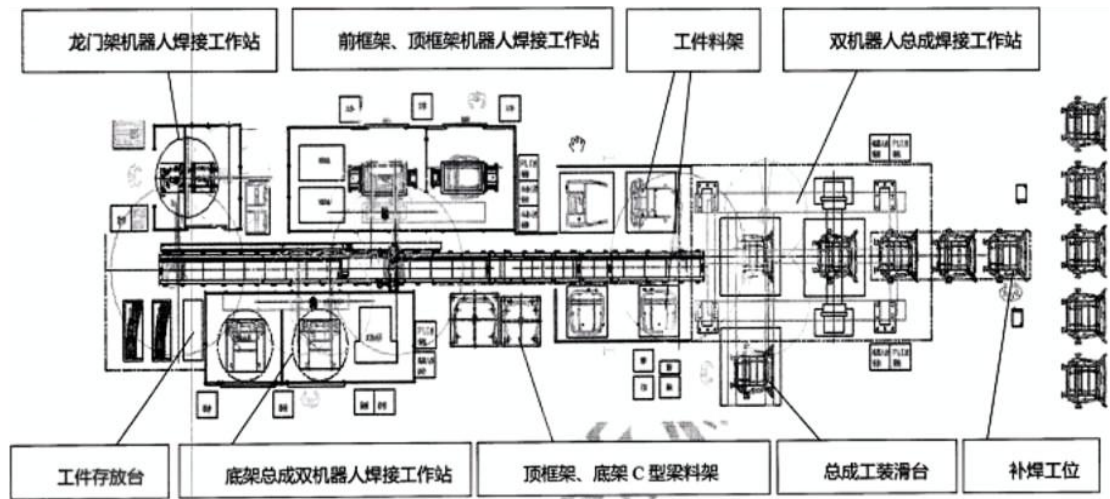


图 4-15 轮拖驾驶室柔性焊接生产线设备模型布局

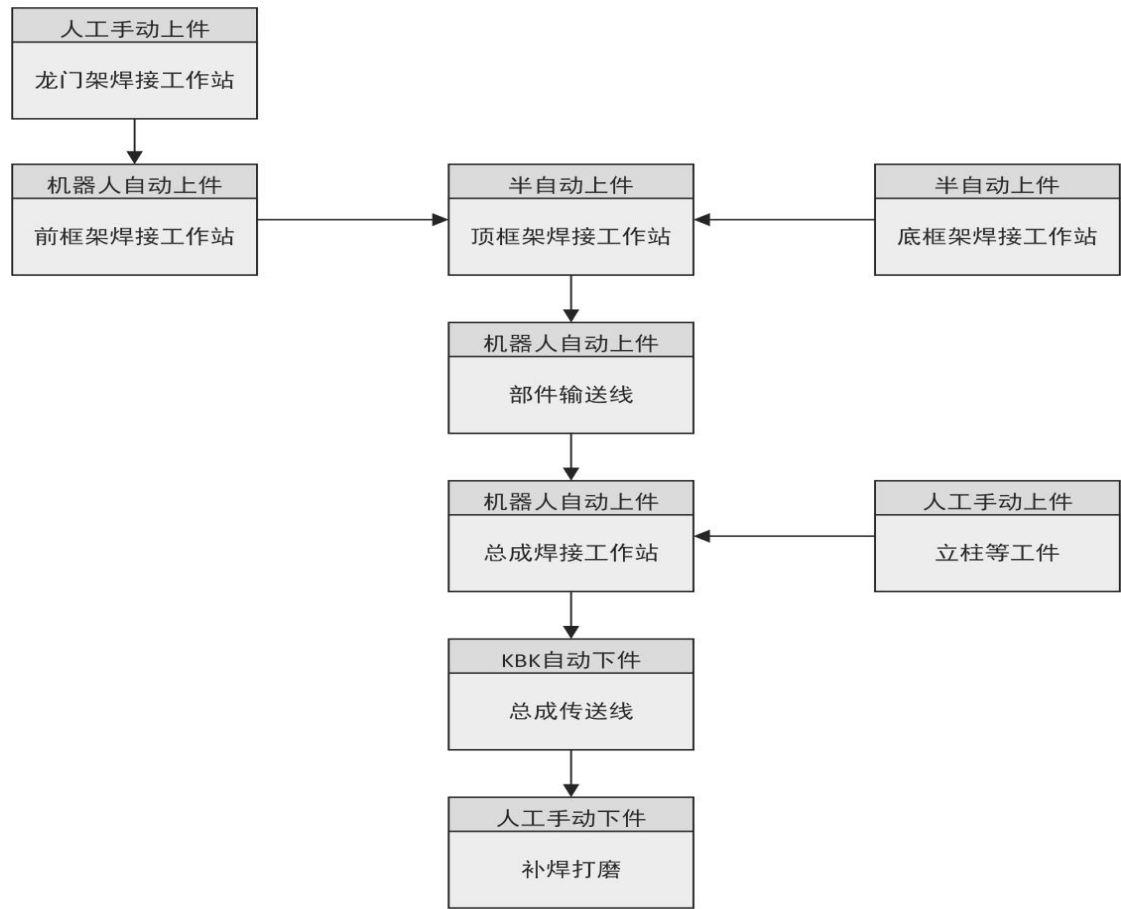
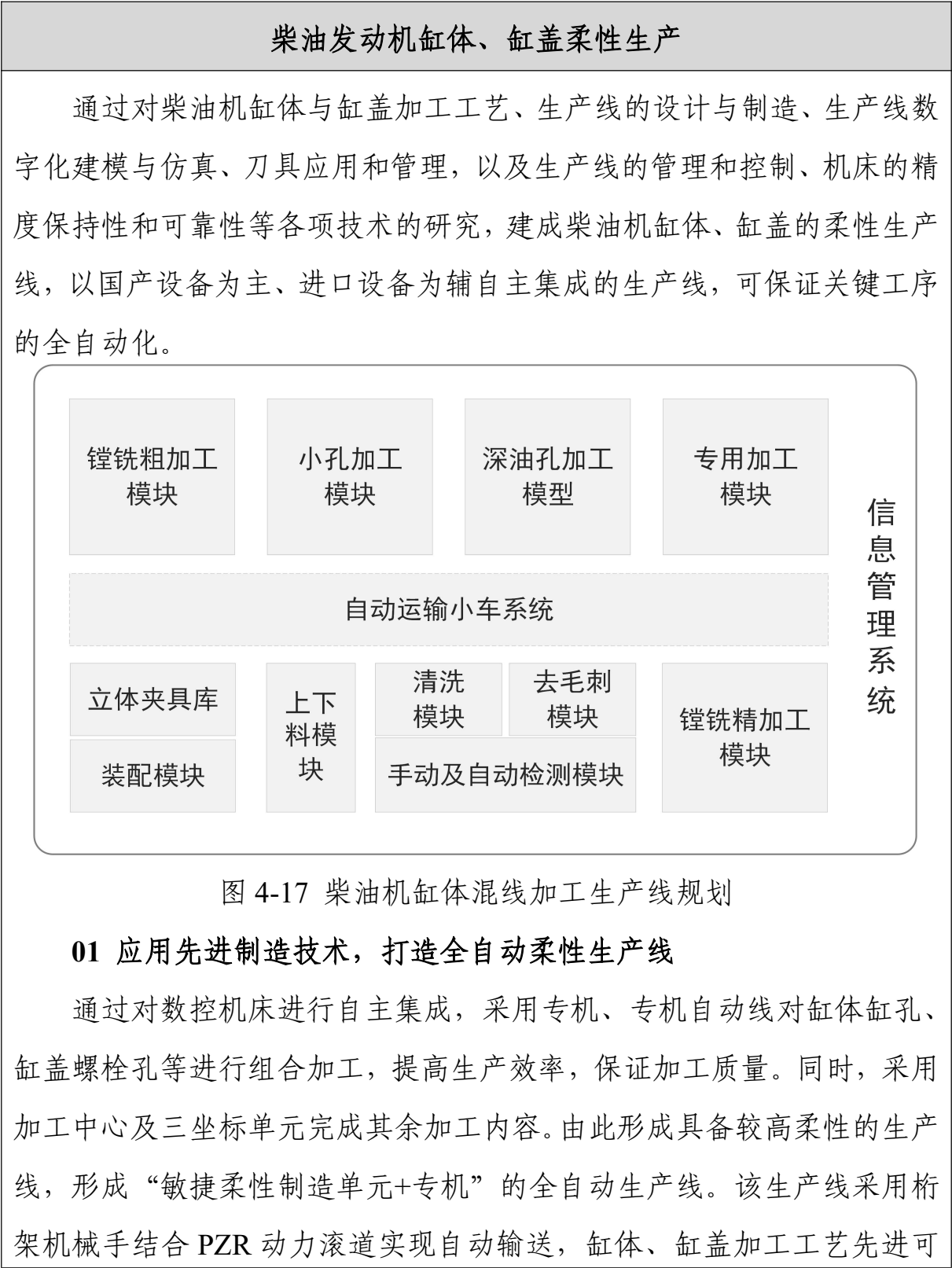


图 4-16 轮拖驾驶室柔性焊接生产线生产流程

典型应用场景二：



靠。通过对缸体主凸轮孔、缸盖油嘴孔和底面等关键难点精加工工艺进行研究攻关，采用线镗工艺、高复合刀具技术等，成功地解决一系列工艺难题，确保零件加工质量的稳定性，满足产品设计要求。

02 应用先进装备技术，提升国产数控装备覆盖水平

生产线采用 MDH80 精密加工中心和 HDL63 三坐标加工中心单元，并对原有机床参数和配置进行改进，使其更适合于连线加工，提高精度保持性。针对 MDH80 精密加工中心，进行以下方面提升：

（1）X、Y、Z 三个坐标导轨采用高刚性的直线滚动导轨，快速移动速度由原来的 36m/min 提升至 45m/min，在高刚性加工中心中，这一参数处于国内领先水平及国际先进水平。

（2）通过优化伺服驱动技术，新增快速移动程序块的叠加功能，使单机加工节拍提升了 10%。

（3）选用最高转速为 8000r/min 的机床主轴。对设备主轴运行状态进行监控，在保证质量的情况下，实现电主轴的预见性维修。

（4）机床 X、Y、Z 轴增加精度 0.003 的光栅尺，实现全闭环控制。

（5）回原位功能。特殊的刀具停在工件内，采用特定的回原位方式，不同长度的刀具采用不同的回原位轨迹，各轴按顺序安全回原位，简化操作，保障安全。

（6）检测件和报废件设置功能。通过设置诸如检测频次等，确定检测件和报废件，使之自动流至相应出口，实现自动生产。

03 应用数字化建模与仿真技术，提升生产线规划水平

利用 Plant Simulation 等工具，构建整线数字化模型，对生产线的性能进行具体的分析及优化，如缓存区优化、物流优化等。

利用 FactoryCAD 等工具,开展生产线三维建模仿真及合理布局设计,构造虚拟生产环境。通过数字化建模及仿真,优化整线布局,获取较优的节拍产量与成本支出等性能参数,使生产线规划更贴近实际、更合理,同时形成相应工艺知识库,为其他类似工艺规划奠定基础,有效提升生产线规划水平。

(三) 智能协同作业

1.痛点难点

(1) 效率与质量。部分工序长期依赖人工完成,生产效率低、工艺水平不统一、可靠性与稳定性保障差、现场改造调试时间长,导致生产效率和水平较低。

(2) 环境与强度。部分工序或工种强度高、风险高、危险系数高、工作环境恶劣,长时间工作导致工人劳动强度过大、操作失误率提升,工人的身体健康和安全难以保障。

2.解决方案

(1) 部署智能制造装备。集成协作机器人、工业机器人、人机交互设备等智能制造装备,实时采集生产现场的设备运行轨迹、工序完成情况等相关数据,综合运用统计、规划、模拟仿真等方法,对设备间协同工作方式进行了优化,将生产现场的多台设备按需灵活组成一个协同工作体系,实现生产设备、物流装备、生产线等实时控制、高效组织、协同作业。

(2) 人机协同技术应用。配置生产辅助系统、专家指导系统等,通过指导信息、设备操作电子说明书、生产图纸、管理文

件等信息，辅助现场人员进行复杂设备、精细化设备的装配与操作，在部分环节实现现场装配人员简单培训后即可上岗，实现生产作业过程的智能化，提升生产效率。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机生产人机协同

采用 MES 报工系统、机械臂桁架机器人、工业机器人等人协同控制技术、多机协同技术，将生产现场的设备按需灵活应用。自主识别物料、辅料，自动控制机械臂进行物料抓取、移动、放置，控制机械臂操纵加工装置完成作业，实现压铸、精加工等工序的自动流转、精准定位，实现生产设备、物流设备、生产线等实时控制和高协同作业。

01 MES 报工系统

绑定工位、设备、人员、物料，对下达的生产任务需求通过编程的方式导入到智能机器人系统中，实现人机协同。

生产计划 指导书 检验 返工 退出

工位： YT1JS

日期： 2022-10-25 白班

35/50

产品编号： 1JS202210250145

产品名称： 1JS水田埋茬打浆机

产品条码： QCP5YVAPNR2399040027

RFID条码： 写入成功

扫描区

生产计划 作业指导书 检验情况

序号	产品编号	产品名称	备注
28	1JS202210250137	1JS水田埋茬打浆机	
29	1JS202210250138	1JS水田埋茬打浆机	
30	1JS202210250139	1JS水田埋茬打浆机	
31	1JS202210250140	1JS水田埋茬打浆机	
32	1JS202210250141	1JS水田埋茬打浆机	
33	1JS202210250142	1JS水田埋茬打浆机	
34	1JS202210250143	1JS水田埋茬打浆机	
35	1JS202210250144	1JS水田埋茬打浆机	

修改计划 提交

图 4-18 MES 报工

— 68 —

02 任务优化与设备分工

将生产现场的多台设备按需灵活组成一个协同工作体系，实时采集设备运行轨迹、工序完成情况等数据，根据数据分析优化结果对 MES 系统下发调度策略等指令，实现多个设备分工合作，减少同时在线生产设备数量，提高设备利用效率，降低生产能耗。

03 PAD 终端与识别误操作

通过设备端 PAD 终端实现人机对话，打造全自动智能化生产线。加入视觉采集器，如滤芯选装采用智能分辨系统，通过机器视觉实现选配组别数据自动识别与操作提示，出现异常自动发出声光提示报警。

04 关键工序工业机器人协同



图 4-19 协作机器人螺栓拧紧

装配、搬运、锁缚、涂胶、检测、上下料等环节，广泛应用工业机器人/协作机器人。如装配产线的螺栓拧紧工序，可由作业人员辅助定位，

准确后由机器完成拧紧动作。智能传感器同时将扭矩数据自动传送到控制器，自动判定产品是否合格。

典型应用场景二：

拖拉机变速箱自动涂胶

选用长臂展的机械臂可移动机器人自动涂胶机涂胶。配置合适的零件识别系统，精准定位涂胶，路线。保证出胶胶线粗细统一，涂胶路线一致。从而保证底盘部分主要密封面的密封质量和底盘内部的清洁度。有效解决大马力拖拉机变速箱及后桥涂胶效率低、出胶粗细不均匀、人工涂胶出胶多、胶线路径一致性不好等问题。具体如下：

01 方案内容

机器人自动涂胶机的零件识别配置激光定位系统时，机器人带动激光传感器，在工件涂胶面上检测 3 个点，建立空间平面。在工件其他面上检测 3 个点。通过 6 个点建立工件的空间立体坐标位置。软件系统自动计算出工件实际空间坐标位置，并将实际坐标位置反馈给机器人，机器人按照修正后的涂胶路径进行涂胶。

02 方案优势

适合工件涂胶前的流水线装配及固定台装配两种姿态方式，采用此激光定位系统配置，同时实现水平涂胶、立式涂胶。工件要求五面涂胶时，机器人自动涂胶机移动小车仅需人工调整工件对角位置的两个点，即可完成五面涂胶。此方案有效降低员工涂胶工序的劳动强度，提高涂胶工作效率。经过测量分析，后桥零件涂胶面为五面，变速箱零件为一个面涂胶，

加上人工移动机器人、激光标定等时间后桥零件涂五个面可在五分钟内完成。



图 4-20 自动涂胶检测系统界面

四、质量管控

（一）产品质量优化

1. 痛点难点

（1）生产制造环节多、过程质量管控难。生产过程、装配过程与工艺复杂，整机性能与质量稳定性保障难，零部件加工精度难以保证，箱体铸件等缺陷频发。部分企业质量管理以事前提醒、事后检查为主，缺乏有效过程控制手段，过程质量数据采集与利用依赖人工和纸单，准确性、及时性难以保证。

（2）装配依靠人工，质量稳定性低。拖拉机整机与复杂部件装配过程，较多依赖人工操作，质量稳定性低。部分企业采用纸质作业指导书，难以直观展示复杂装配步骤和细节，导致理解困难，增加操作失误风险，影响装配质量与效率。工人技术水平

不一，导致装配不到位等问题。如发动机与变速箱装配过程，精度不够可能引发运行中的振动和噪音问题，甚至损坏零部件。

（3）质量数据价值挖掘与应用不足。零件质量、整体装配质量、工艺质量，以及整机提升、行驶性能、极限摆角、制动性能测试等相关质量数据缺少统一管理，数据库尚未建立。缺少深度挖掘数据价值的专业工具与模型，数据分析结果侧重现状把控与问题追溯，在预防、预警等数据治理方面的应用仍较浅。

2.解决方案建议

（1）建设质量管理信息化系统。建立企业质量管理体系（QMS），与生产现场和过程数据联通，实现质量策划、质量执行、数据采集、质量分析、质量溯源、质量改进的数字化全面质量管理过程。建立质量数据库，广泛使用零件、刀具、工具、夹具等数字身份识别（RFID、二维码等）。

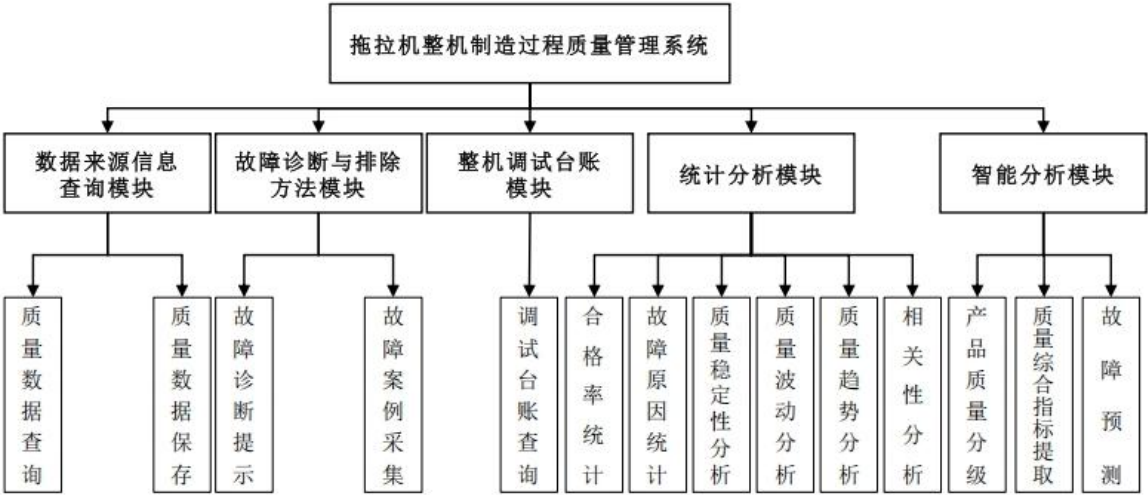


图 4-21 拖拉机质量管理体系功能模块

（2）工艺预警优化过程质量管控。记录生产工艺中每次工

艺参数运行的工艺状态，定性、定量地分析生产效率、生产成本及设备异常率，将生产工艺参数进行多角度平衡，引入最优保存策略，依据产品的种类及对应的最优决策，分析并更新最优生产工艺参数，对不符合条件的工艺参数进行智能预警。

（3）智能作业减少人为操作失误。针对人工装夹、人工找基准、人工调参数等交互环节，运用具备在线仿真、在线预测、在线调参、在线校准等功能的软件系统减少人工输入，运用与数控系统交互的上位工艺管理软件实现数字工艺规程管控，避免人为超越工艺规程。

（4）智能检测强化过程质量控制。针对人工检测、人工记录、人工填报等环节，运用数字化检测工具、在线检测系统实现最大限度的自动量化检测，通过工业互联网实时记录上传数据，实现数据的真实、准确、可靠、实时和高效。

（5）大中小型企业差异化改造路径。大型企业可以全面建设质量管理体系和质量数据库，加强生产过程设备和人员的数字化管理，推进智能化生产、智能化检测，并运用大数据和人工智能技术提高质量数据统计、分析、挖掘、追溯和预测能力。中小企业优先围绕设备加工过程提高数字化管控水平，保障单个产品质量，运用已有的信息化系统，初步实现质量数据记录的电子化档案管理。后续再根据发展需求，逐步增加生产过程的数字化管理与智能化操作手段和工具。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

轮式拖拉机液压提升在线检测

面向轮式拖拉机、履带式拖拉机等农机产品，引入液压提升性能在线检测系统，解决轮拖液压提升性能检测过程繁琐、效率低下的痛点，通过在线检测、质量分析、评价、质量追溯和闭环优化，提高产品合格率，降低质量损失率。

该轮拖液压提升性能在线检测系统用于 50-300 马力的拖拉机的整机提升性能的检测，该系统采用液压加载缸对拖拉机下悬挂点加载，可适应多种机型提升动作准确可控，同时具有静沉降测试功能，所有采集控制通过工控机与 PLC 实现，具有自动记录、自动判断以及联网功能。该系统关键装备包括：液压加载系统（含泵、比例阀等）、前张紧总成、提升加载总成、提升加载托板、位移传感器；关键软件包括：控制系统、PLC 数据采集系统等。基本构造如图所示：

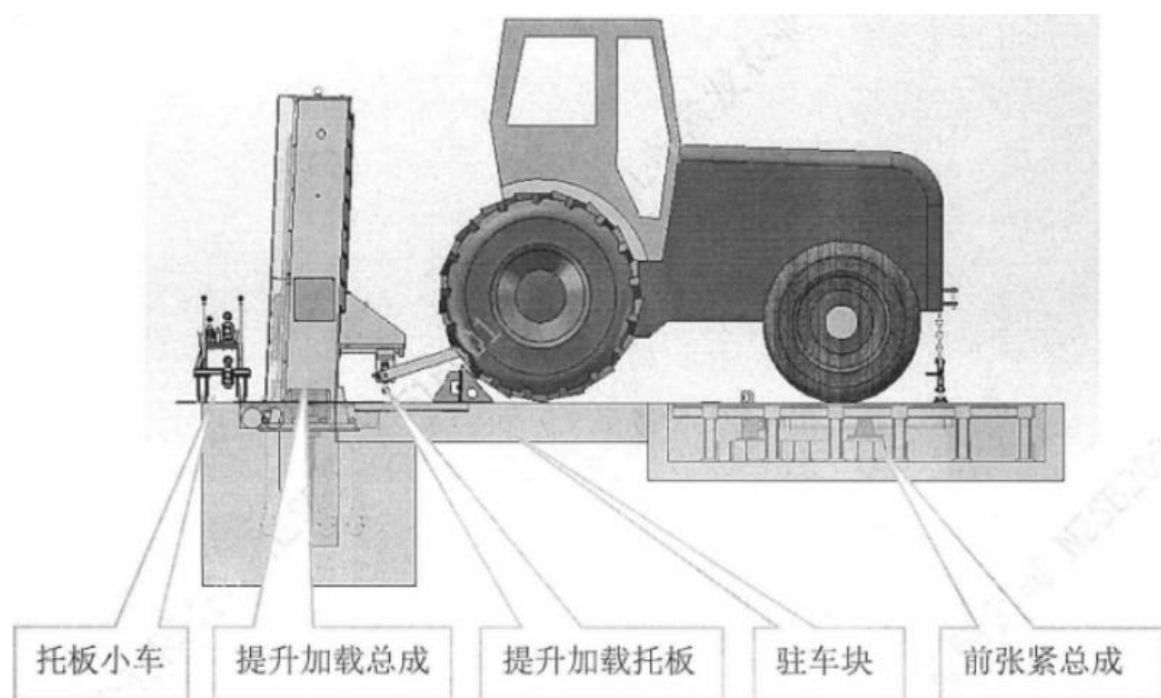


图 4-22 轮式拖拉机液压提升在线检测系统

- (1) 采用液压油缸加载，可实现无级可调，加载范围大，精度高。
- (2) 拖拉机整机提升快速检测装置，加载与挂接装置一体化，可根据不同悬挂类型更换的六自由度活动加载托板方便与拖拉机挂接。
- (3) 加载速度快，可满足 6 次/min 的加载频率。
- (4) 加载力根据预设随机型自动调整加载力、提升行程、静沉降自动测试判断。
- (5) 数据通过 PLC 采集，处理速度快，控制精度高。

典型应用场景二：

发动机外观自动检测

发动机装配过程，由于部分零部件特性导致不能实现全自动装配，人工装配线束、传感器、歧管等，会存在零部件装配不到位、零部件漏装、零部件错装等问题，导致发动机成为不合格产品。

发动机装配线末端设置外观检测工位，引入自动检测机器人，实现发动机下线前外观检测，同时检测结果与发动机绑定，实现精准追溯。有助于确保产品质量。具体方案如下：

- (1) 下线前，检查发动机整机的装配完整性和装配质量。除发动机油底壳面无需检测外，其他五个面都需检测。
- (2) 工作站设置两台协作机器人，机器人搭载一台 2 D 智能相机，协作机器人在既定程序下带动智能相机完成五面所有点位的拍照检测。
- (3) 工作站控制分析系统通过解析照片内容，完成发动机装配质量判定。

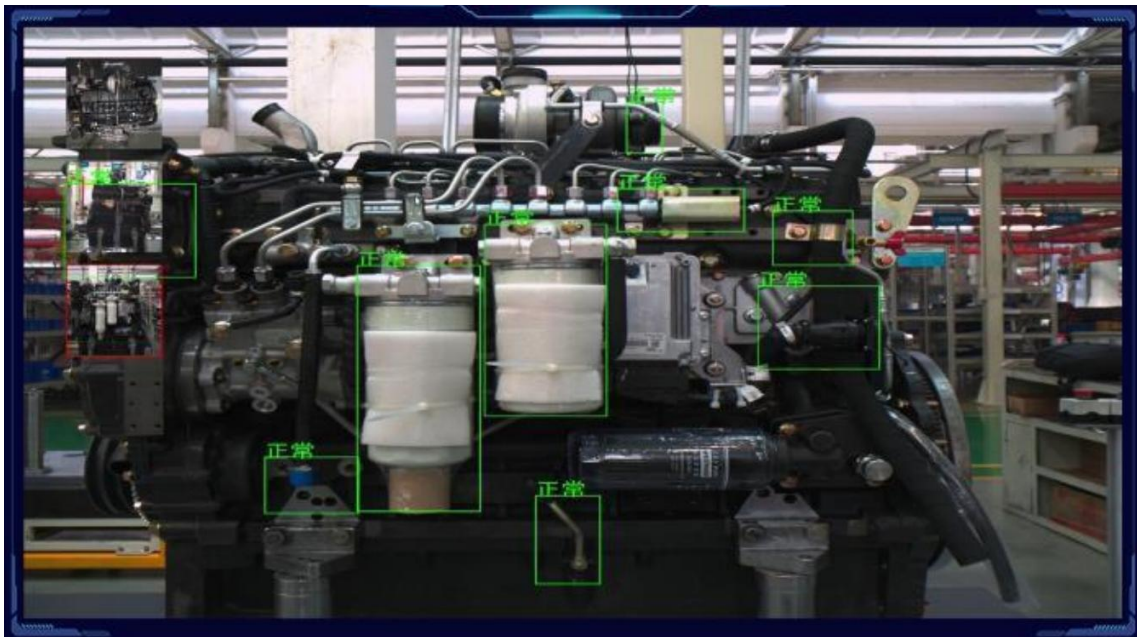


图 4-23 发动机外观视觉检测

（二）质量精准追溯

1. 痛点难点

（1）质量问题追溯难。质量数据收集与分析不足，质量问题溯源缺少数据支撑。整机产品复杂，质量追溯涉及多个环节和部门，追溯过程繁琐、效率低下。整机售后质量追溯涉及多个环节，客户需求快速响应，投诉高效处理面临挑战。

（2）质量问题协调难。部分企业质量部门依靠人工对质量数据与问题进行统计、汇总，再逐个协调各相关业务部门拟定整改措施。部门间、企业与用户间沟通、处理不畅，导致部分质量问题频繁发生，多次重复出现未得到及时整改。

（3）整机企业涉及零部件种类繁多，检验标准和要求各异，

增加了进货检验的复杂性和难度。小企业质量问题较多依靠人工记录，时间跨度长、效率低，反馈、追溯、整改不能闭环。

2.解决方案建议

（1）建立质量数据库，夯实溯源基础。通过大数据技术和人工智能算法挖掘分析质量数据,形成质量与精度、质量与工艺、质量与过程的映射关系。通过实时监视和可视化实现产品和过程之间的联系，实现从返修到成品单件、到生产过程、到原材料供应整个产品生命周期的信息监控和追溯。

（2）建立质量追溯系统，应用溯源技术。利用现代工业互联网技术和工具，借助二维码、条形码等对单个产品进行产品追溯信息检查。通过扫描产品的二维码等方式可以查询产品的生产日期、生产厂家、物料来源、企业物料流转、具体工位、具体工作操作人员等。

（3）建立质量问题反馈平台，提升溯源能力。通过用户端质量问题反馈平台（移动端、电脑端），用户和质量专员可以将拖拉机质量问题反馈至云端，对接 MES 系统或 QMS 系统，查询问题农机所属生产部门。平台接收、统计、分析质量问题数据，从而实现整机售后质量追溯管理。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机整机质量追溯
集成农机 APP 与 QMS 系统，建立产品质量反馈与追溯平台，对市场反馈的产品质量问题快速响应，多部门协同、精准追溯、落实整改措施、

市场验证跟踪闭环处理，大幅提高产品质量改善效率，实现质量问题必有记录、质量追溯必须精准、整改措施必须闭环的目标。

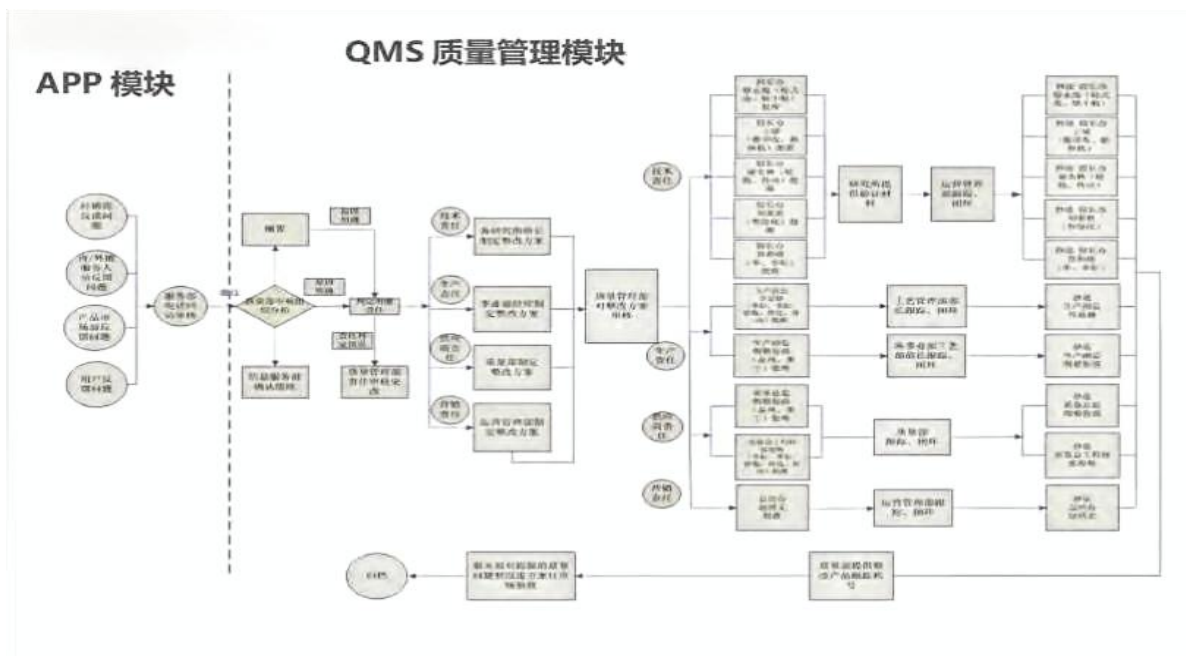


图 4-24 农机 APP 与 QMS 系统结合

01 故障质量反馈

用户使用过程中碰到的各种质量故障问题均通过 APP 报修，三包服务人员在维修过程中使用 APP 系统登记农机机号，现场对故障部件拍照，故障现象描述并进行提交。

02 质量责任判定

反馈在 APP 系统中经过质量专员初审后，自动按照产品信息判断所属产线。产线在 QMS 质量平台系统中根据产品机号、故障部件照片、故障部件序列号标识、故障现象描述进行质量归属判定。QMS 系统按照质量归属根据系统中的设定，自动流转 to 对应产品线的产品设计部门、生产部门、采购部门并提醒部门负责人根据质量追溯信息制定整改方案，整改方案在系统中审批后进入整改阶段，完成整改后在系统中进行记录。

03 质量问题解决

QMS 系统提醒负责人根据质量追溯信息制定整改方案，整改方案在系统中审批后进入整改阶段，完成整改后在系统中进行记录，质量部门维护后续对采取整改措施的农机机号到系统进行市场验证，系统自动跟踪该部分机号的农机的故障反馈数据，三包服务部门对经过市场一定时间验证的质量故障问题进行闭环。

典型应用场景二：

外购拖拉机零部件质量管理与追溯

将质量 QMS 系统与 SRM、OA、WMS、ERP 等对接。外购件入库质检环节，质量平台的数据实时同步录入 ERP 系统。需要判定回用的业务场景，系统自动触发 OA 审批，审批通过后将结论及扣率信息自动回写 ERP 及质量平台。有效解决质量标准不明确、员工掌握质量信息不及时、部门间信息传递不及时与不准确等问题，帮助企业更有效地管理和控制外购产品质量，提前发现和解决潜在的质量问题。

（1）检验规则方面，针对各类业务场景在 ERP 系统的质检模块维护完整的质检档案。

（2）采购到货后通过 WMS 移动端登录供应商信息，查询到对应订单号，进行扫码入库，并通过系统集成将入库信息同步至 ERP 系统。

（3）来料后通过 WMS 系统客户端选择对应供应商，进行送货传递凭证打印，同步进行质检提报。所有原材料入厂时存放在待检区分类贴码管理，供应商或者物料在自助终端登记到货后，在 ERP 系统自动生成报

检记录，质检人员将质检记录录入系统，依据来料情况进行入库放行。

(4) 品质人员在线记录检验过程及数据，并将最终结论反馈到终端系统。

(5) 期间产生不合格或可能可以回用的，自动触发 OA 审批流程，相应质量条线责任人根据质检检验过程数据在 OA 系统中通过流程审核确认是否可以入库使用，OA 流程结束其判定结论系统自动回写到 ERP 系统相关单据。

(6) 外购零部件按供应商统计采购送货合格率及不合格原因。

交货合格率统计表-供应商

ID	供应商	供应商名称	到货数量	不合格数量	回用数量	QPPM
3000	常州常发		585.000	0.000	40.000	194
600030	余姚市洪		871.000	0.000	0.000	0
600078	温州市帝		030.000	0.000	0.000	0
600081	无锡市金		550.000	0.000	0.000	0
600188	常州由发		017.000	0.000	0.000	0
600189	常州市武		486.000	0.000	0.000	0
600210	丹阳市访		209.000	0.000	0.000	0
600214	常州市云		710.000	0.000	0.000	0
600237	常州市民		975.000	0.000	0.000	0
600244	常州市宏		086.000	0.000	0.000	0
600246	常州市华		790.000	0.000	0.000	0
600323	南京明达		236.000	4.000	0.064.000	213
600754	无锡威孚	公司	611.000	0.000	0.000	0
600801	常州欧联		836.000	0.000	0.600.000	147
600860	江苏飞扬		517.000	0.000	0.000	0
600885	常州市武		827.600	0.000	0.000	0
601043	无锡市贝		561.000	0.000	0.000	0
601327	聊城市恒		932.000	0.000	0.000	0
601539	湖州生力		104.000	0.000	0.000	0
601558	嘉善华通		596.000	0.000	0.000	0
601650	盐城市博		739.000	5.000	179.000	173
601750	江苏人本		908.000	0.000	0.000	0
602560	江苏联美		749.000	0.000	0.000	0
602816	上海星联	公司	519.000	7.000	207.000	919
602840	兴化市合		958.000	7.000	215.000	167
602842	南京巨源		790.000	0.000	0.000	0
602922	常州市苏	司	664.000	0.000	0.000	0
602951	罡钛(上		012.000	0.000	0.000	0
603017	浙江汇创		332.000	0.000	0.000	0
603039	无锡凯伦		333.000	539.000	0.539.000	674

图 4-25 外购件合格率统计



图 4-26 入库信息同步至 ERP 系统

五、设备管理

(一) 设备在线运行监测

1. 痛点难点

(1) 设备状态在线监控不足。拖拉机产品制造作为劳动密集型和技术密集型的产业，需用到大量的生产设备。较多企业老旧设备多，设备物理空间占比大，作业过程动态变化给设备状态监测、安全生产带来较大挑战。同时由于缺少信息集成手段、投入成本等因素，较多拖拉机制造企业针对生产设备监控仍处于定期检查阶段，监控信息传输不及时，时效性满足不了需求。

(2) 设备备件管理缺少数字手段。拖拉机生产设备的备件种类繁多，涉及不同规格的零部件。企业对相关设备备件的管理普遍存在的问题包括：设备备件的需求预测不准确，缺乏对设备备件消耗数据的科学分析，备件采购和库存管理缺乏协同，信息

不畅通等。导致在传统的备件管理模式下，容易出现备件库存积压或缺货的情况。例如，某些不常用的减速器备件长期积压占用资金，而一些关键的链条备件却因缺货导致设备维修延误。

2. 解决方案建议

（1）设备管理与监控数字化。通过系统化集成，打通各类设备管理平台。在现有加工线、装配线关键工位的装备中嵌入具有可感知、可采集、可传输的智能化嵌入式芯片，使关键工位的装备能够实时获取生产线上流转产品的信息。从上搭建起设备管理平台、从下推进 SCADA 生产线设备数采联网，推动设备运维数据采集分析与维护业务流程的贯通。推进现场设备运行温度、压力、振动等状态数据的自动实时监控，运维人员全过程全时域掌握设备现场运行状况，实现设备管理与检测“线上化、少人化、智能化”。

（2）促进设备数据互联互通。建设底层装备信息数据采集互联互通网络系统。引入智能网关设备，通过提供制造业现场生产设备的信息集成与协议转换能力，实现不同设备或者管理控制系统的联通，构建现场通信协议仓库，提高工业大数据采集和设备互联互通能力。同时，升级工业互联网，对现有工业互联网进行智能化升级改造，具体包括工业 PON 网络的建设和架设园区 LTE 网络等。

（3）优化设备备件管理系统。建立设备备件管理数据库，通过对设备运行数据和备件消耗数据的分析，建立备件需求预测模型，提高备件需求预测的准确性；实现备件采购、库存管理和

设备维护计划的协同，根据设备维护计划自动生成备件采购计划，确保备件的及时供应和合理库存。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

轮式拖拉机产线设备在线管理

通过智能设备投入、数据采集、网络互联、管理平台集成，将设备信息电子化、管理内容集成化、操作便捷化。实现各类生产设备、检验试验设备、安全环保设备、特种设备的系统化管理，实现设备使用全生命周期管理。实现系统化管理设备台账履历、设备点检、设备保养、设备维修、备品备件、设备资产、设备管理报表等，加强了设备周期性、预防性管理能力，提高数据的决策利用率。



图 4-27 轮式拖拉机数控设备与智能产线

01 广泛应用数控设备

普及应用高效数控设备与生产线，提升生产效率。通过技术改造与持

续投入，产品铸造、加工、涂装、总装制造环节设备数控化率达 90%。其中，铸造采用静压线和消失模生产线，零部件加工主要采用精密卧式加工中心、数控高速端面外圆磨床、智能化复合加工机床、五轴数控磨削中心、三维激光切割机、焊接机器人等设备，配有齿轮测量中心、三坐标测量仪、romer 绝对关节臂测量系统等检验设备，整机装配采用装配线与在线检测设备，整机试验配有 300 马力负荷牵引车、250 马力拖拉机 PTO 试验台、液压输出功率试验台、液压悬挂试验台、300 马力传动系统加载试验台等试验检测设备。

02 关键工序设备互联

对关键工序制造与检测设备进行了互联，关键设备互联率达 46%。实时采集设备数据、生产完成信息和质量信息，通过智能化设备以及二维码扫描跟踪生产加工过程。通过智能设备更新、扩充投入，生产设备与排程系统联通，主要加工设备均实现自动化排产，工艺自动下达。使用制造执行系统，在设备联网基础上，实时监控产线、产线设备、人机资源等，使生产现场透明化、可视化。

03 使用设备管理系统

自研设备管理系统，通过系统化集成，打通各类设备管理平台，提高管理效率。通过设备台账、设备运行记录、周期性的检修计划、维修保养记录等数据，对设备状况进行精准监控，对设备的五大运行指标（设备完好率、设备运转率、开机停机率、检修完成率、维修费用率）进行精准统计，并按月份进行波动趋势分析，设备利用率显著提升，实现对设备的精细化管理。



图 4-28 拖拉机企业设备台账界面



图 4-29 拖拉机企业备品备件管理

(二) 设备故障诊断与预测

1. 痛点难点

(1) 设备故障诊断效率低下。设备缺乏有效的故障监测和预警系统，设备的控制系统与故障诊断系统未有效融合，无法为维修人员提供准确的故障提示信息。当链条生产、轮胎制造等设备出现故障时，维修人员往往需要花费大量时间进行故障排查。

对于复杂的自动化设备，由于故障信息获取不及时、不全面，很难快速定位问题根源，导致长时间停机，严重影响生产效率。

（2）设备维护计划合理性不足。难以准确评估每台设备的磨损情况和故障风险，缺乏对设备运行数据的有效分析，无法依据设备实时状态制定个性化的维护计划。拖拉机生产中，涉及如柴油机、变速箱等关键零部件的加工设备以及整机装配线设备，由于设备种类繁多、使用频率各异，传统的统一维护计划无法满足不同设备的实际需求。部分设备过度维护使得成本增加，而一些关键设备因维护不足出现故障，影响生产连续性。

2.解决方案建议

（1）建立故障智能诊断平台。对设备控制系统进行升级，将设备运行数据传输到统一的故障诊断平台，建立故障知识库，收录各类设备的常见故障模式和解决方案。根据设备部位特性及常发故障历史数据，结合现场设备实时采集的数据，开展设备可靠性智能预测分析及异常处理。推进加工中心主轴寿命预测、发动机测试系统负载力矩监控、喷涂线电机组运行温度及振动等智能预测维护及可视分析。依托 SCADA 系统实时数据和 EAM 系统检维修数据，实现设备异常故障实时推送、接单响应投入维修资源，开展故障诊断分析，逐级调配产线级、分厂级、公司级资源，消除生产设备异常，并实现数据积累及回馈。

（2）使用设备健康管理模型。自主开发或引入设备健康管理模型，基于现场设备数据微调模型，提高模型适用性和精准度，预测设备的故障概率和剩余使用寿命。根据设备健康状况，制定

个性化、针对性的维护计划，合理安排维护时间和维护内容，实现精准维护。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

MES 与设备数字化运维

通过应用 MES 系统设备管理模块，开展设备运行参数、运行装备等数据的采集和分析，完成设备日常维护保养计划的制定与管理、巡检和维护、故障和维修，保持设备时刻处于健康状态，实现对设备的合理调配使用，并根据设备状态检测结果合理调整维保计划、优化维保方案，减少设备故障率，提高设备使用寿命。

01 设备维护

通过 MES 系统设备管理模块，根据不同设备使用特性，设置维保类型及周期。分为年度精度检测、设备预见性维护、设备点检等，进行设备维护三级保养。设置维修预警时间，按照季度、年度两种预见性维护类型进行预警提示。任务项涵盖数控设备的传动系统、操作系统、电气系统、润滑装置等，确保其性能与精度符合工艺要求。

通过 MES 系统设备管理模块，根据设备运行情况和时长及时通知设备管理人员进行管理。通过系统对设备检验记录、设备维护记录管理与分析，针对设备运行情况进行年度精度调整检查，合理调整年度维护计划。通过对维保计划的执行，保持设备时刻处于健康状态，实现对设备的合理调配使用，并根据设备状态检测结果合理调整维保计划、优化维保方案，降低设备故障率，提高设备使用寿命。



效率。

03 刀具维护

通过 MES 系统设备管理功能，生产现场通过数控系统设定刀具的标准寿命发起换刀，根据生产过程产量数据自动累计刀具的加工使用次数或直接读取设备数据。能读取的设备，根据设备状况从 NC 系统读取；不能读取的设备，根据加工量累计。通过刀具加工量统计分析对刀具可用寿命进行预测计算，在刀具进行保养或维修后可调整可用寿命，实现生产优化。

六、仓储物流

（一）智能仓储

1.痛点难点

（1）库存管理数字化与规范性不足。仓储入库、倒垛、出库计划以人工在系统制定为主，信息以人工在信息系统录入为主，信息流滞后于实际物流。同时，拖拉机行业涉及整机、动力系统、变速箱、链条、轮胎等多种类型的物资，库存信息不准确的情况易发生。不同类型物资的存储管理缺乏统一规范，没有有效的库存监控系统。例如，零部件的入库、出库记录不及时或存在误差，导致实际库存与账目不符，影响生产计划的顺利执行；整机库存存放位置记录不清会增加查找和调配的难度。

（2）空间动态布局与调整能力不强。缺乏对货物出入库流量和存储需求的分析，没有根据货物特性和流转频率设计合理的存储布局。拖拉机行业仓储对于不同规格的柴油机、变速箱等零

部件，以及不同型号的整机，缺乏科学的存储空间规划。部分区域过度占用，而其他区域闲置的情况，往往导致仓储空间浪费，同时增加货物搬运的距离和成本。

2. 解决方案建议

（1）建立智能化库存管理系统。建立先进的自动化立体仓库，实现从采购入库、存拣一体到拉动出库的全过程物料流转自动化。引进或设计智能仓储管理系统，构建仓储拣选自动化一体的现代化智能物流运作模式，遵循先进性、安全性、兼容性、可靠性和可扩展性的原则，进行可行性分析、技术路线认证、有效性分析。仓储管理系统支持物料总需求计划与采购计划协同的持续性改进，支持以客户需求为中心的连续自动补货；支持拉式供应链 JIT、柔性化以及出入库策略合理组合运用等。

（2）仓储系统集成与数据应用。采用大数据分析技术实现仓储数据动态可视化，优化仓库布局、分拣规则、人员配置等，提升物流执行效率，形成高效的智能仓储体系，有效支持企业大规模定制和柔性化生产。依托 WMS 与 ERP、MES 等信息平台的数据互联互通与集成，通过条形码、二维码、RFID 等信息载体和无线终端技术，实现物料自动出入库、自动分配货位储存等功能，实现计划 - 采购 - 仓储 - 配送的高效协同。

（3）实施仓储空间优化方案。优化仓储布局 and 规划，提升对仓储布局、收发存过程的重视和优化能力，增强内外部协同。对仓库货物的出入库数据进行分析，统计不同货物的流转频率和存储需求，按照 ABC 分类法等对货物进行分类；根据货物分类

结果，将流转频繁的货物（如常用型号的链条、轮胎等）存储在靠近出入口和通道的位置，将体积大、重量重的整机和柴油机等合理安排在大型存储区域，并预留一定的弹性空间。定期评估仓储空间的利用情况，根据货物存储需求的变化，调整存储布局，实现仓储空间的动态优化。研究通过数字孪生、虚拟仿真等技术，完成车间仓储与物流整体三维模型的搭建与运行。实现虚拟与现实数据同步循环，利用数据分析和人工智能完成最优仓储、补货预测等，满足柔性化、个性化生产要求。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机企业柔性化仓储管理

建立以生产订单为主线，以产品流程为驱动的柔性化管理体系，改善业务流程，使资源配置更加合理。实现物流、信息流、资金流三合一，优化企业运行模式。整机事业部、零件事业部构建完备的立体仓库，实现一码流转，一体化仓储管理，账物一致性提升。

01 WMS 仓储管理系统

应用 WMS 仓储管理系统，梳理仓库管理业务，利用系统将人、机、物料串联，提升仓库利用率和流转效率、降低仓库管理成本。智能化仓储管理系统与 ERP 系统对接后，从生产计划的制定开始到下达货物的出入库指令，实现全流程自动化作业，且系统自动过账，保证信息准确及时，避免账实不同步的问题，切实提高仓库的管理水平。通过仓库与制造单元装备的协作联动，实现高效、快捷的全面物流输送体系。

以生产订单拉动仓库配送方式组织生产，在 WMS 系统中进行规范化管理，仓库建模时将物料、保管员、库位等要素进行整合。ERP 系统 MRP 运算后生成的物料需求计划，即时同步至 WMS 系统，并按照保管员与物料关系进行自动拆分，保管员按需求捡配出库，同时送达各装配线工位，实现从原材料仓库至线边仓的物、账同步转移。

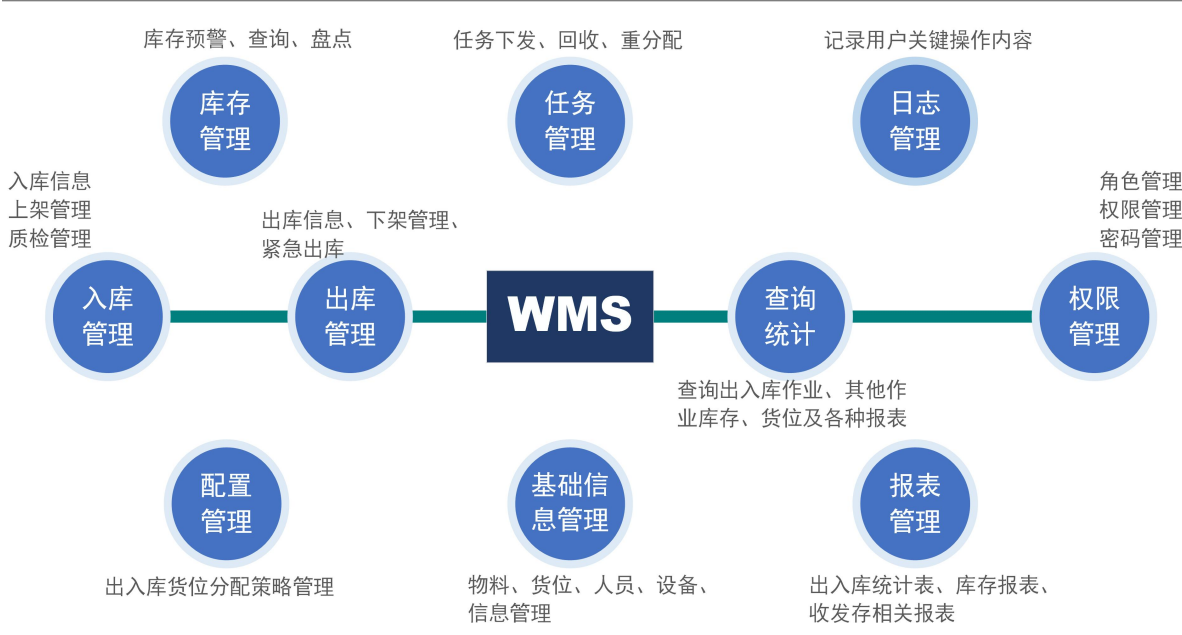


图 4-31 WMS 仓储管理系统模块

02 立体仓库

建立立体仓库，提升场地使用效率，提升入库业务、出库业务、仓库调拨、库存调拨等管理效率。利用批次管理、物料对应、库存盘点、质检管理、虚仓管理和即时库存管理等功能，控制并跟踪仓库业务的物流和成本管理全过程。通过仓库与制造单元装备的协作联动，实现高效、快捷全面的物流输送体系。

基于立体仓库体系，通过移动端作业对物料的上架、拣选、补货、盘点、移库等操作进行统一调度和下达指令，实时接收来自终端的反馈数据，

实现对库存物资管理实时有效的控制，实现快速、高效的库存管理，加快物流流转速度。PDA、工控机、手机等多种智能设备配合 APP、小程序等应用，立体库使用率显著提升。

（1）入库管理。收货、质检、上架流程完善，支持先质检后收货，动态设置多场景收货策略，支持 PDA 设备执行入库操作，根据货物上架策略获取目标库位，由人工/AGV 将货物运送至指定位置，扫描库位标签绑定完成入库操作。

（2）出库管理。拣货、打包、装箱流程完善，配合 PDA 设备扫描审核，出现错误时，会发出警报，让库管人员及时处理，数据同步更新数据库完成出库。

（3）盘点管理。WMS 创建盘点并审核，库管人员通过移动终端查看盘点任务前往指定盘点地点，利用 PDA 进行货物盘点扫描，并与数据库中的信息进行比对，在移动端显示实时的差异信息，供给盘点工作人员核查。盘点完成的信息与后台的数据库信息进行核对，生成盘点表。

（4）可视化库位管理。将仓库库位信息通过可视化的方式进行展示以实际平面图的方式展示各库位库存情况。利用车间看板、工作站、作业平板甚至手持移动终端进行查看，帮助各类人群均能够实时了解各库位库存信息。

（5）数据统计分析。WMS 定期自动保存库存快照及实时变化情况，以备核查。详细、精确统计人员作业情况，为绩效考核和任务量调整提供数据支撑。

（6）预警管理。提供近效期预警、低周转预警、单据超时预警、紧急任务卡顿预警、库存上下限阈值预警。



图 4-32 农机企业立体仓库

（二）精准配送

1. 痛点难点

（1）物流配送数据利用不足。对物流配送数据分析不足，无法根据实时交通状况、货物重量体积等因素优化配送方案与路线。物流信息系统与生产计划系统、销售系统的协同性亟须提高，信息传递不及时。

（2）配送计划与路线待优化。向生产车间配送链条、轮胎等零部件以及成品拖拉机配送过程中，配送计划、路线规划存在优化空间，车辆满载率低。配送计划缺乏灵活性，无法及时应对生产计划的变更或客户订单的临时调整，导致配送延迟，影响生

产进度和客户满意度。

2.解决方案建议

（1）建立和优化配送管理系统。结合售后服务与仓储物流中心等任务，新购自动化、智能化仓储物流设备，提升配件管理能力、配件仓储与发运效率。依托 WMS 仓储管理系统、LES 物流执行系统、RCS 自动导向车调度系统、LMS 线边立库管理系统，综合运用激光导航、自主建图、室内定位、5G 传输等自动化技术，实现“最后一公里”的精准配送。

（2）深度应用 JIT 精益理念，引进多种投料方式。通过业务场景模块化配置的方法，搭建 LES 工位级物料拉动平台，推进转运工具工装标准化。搭建多层穿梭车(MS)线边超市与 AGV 自动转运平台，建设大存储量多层穿梭车（MS）线边超市，标准件物料可在线边超市实时拣选，地面料箱使用 AGV 进行点对点或巡线投料，配合空中和地面运输线进行精准投料，打造线边立体化投料系统。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

农机轮胎车间 AGV 应用
针对农机轮胎制造过程复杂，生产车间设备布局分散、种类多而密集、生产要料集中快速，部分工艺段（密炼、硫化）作业环境差等问题，在炼胶车间、部品车间、成型车间、硫化车间和模具库等，全面应用移动搬运机器人（AGV），实现无人智能 AGV 叉车不间断运行，全面替代人工，

提升物流效率，增加物料搬运的准确性、安全性。

01 炼胶车间

采用 AGV 系统实现密炼机生产线胶料的自动搬运、存储、识别管理，以及空托盘的自动码垛、回收。母炼机、终炼机下线生产的胶料自动叠盘，AGV 搬运胶料分别送至母炼胶、终炼胶暂存区，AGV 具备 WMS 仓储管理能根据胶料规格型号自动存放管理；MES 计划下达生产指令后，AGV 将母炼胶暂存区胶料，送至终炼胶上线位置，并将空托盘回收；终炼胶暂存区胶料，送至部件车间压延压出机上线位置；密炼机上下胶片处设计有输送线，实现胶片自动输送、缓存，以及空托盘自动输出。

02 部件车间

采用 AGV 系统实现压延压出生产线胶料，以及空托盘/空台车的自动搬运、存储、识别管理。根据 MES 计划，AGV 将所需规格的终炼胶搬运至对应压延压出线上胶位置，并将空托盘码垛回收入库；AGV 将压延压出线部件台车搬运至部件暂存区存放管理，并将空台车搬运至对应压延压出线下线收料位置。

03 成型车间

通过 AGV 系统实现成型机所需部件的智能化配送。根据 MES 生产计划，需要生产的轮胎规格排班到对应成型机，而成型机需要的各种物料也发送到 AGV 系统，AGV 将暂存区的内衬层、胎面、胎侧、胎圈、胎体、带束等部件，运至成型机上料等待位，并将对应空台车运回暂存区存放。

04 硫化车间

通过 AGV 系统自动化配送胚胎至硫化机台，以及自动化搬运模具等。胚胎物流采用 AGV 承载胚胎车送至硫化机边，一般胚胎车可以承载 4 个

—6个胚胎，提高搬运效率。

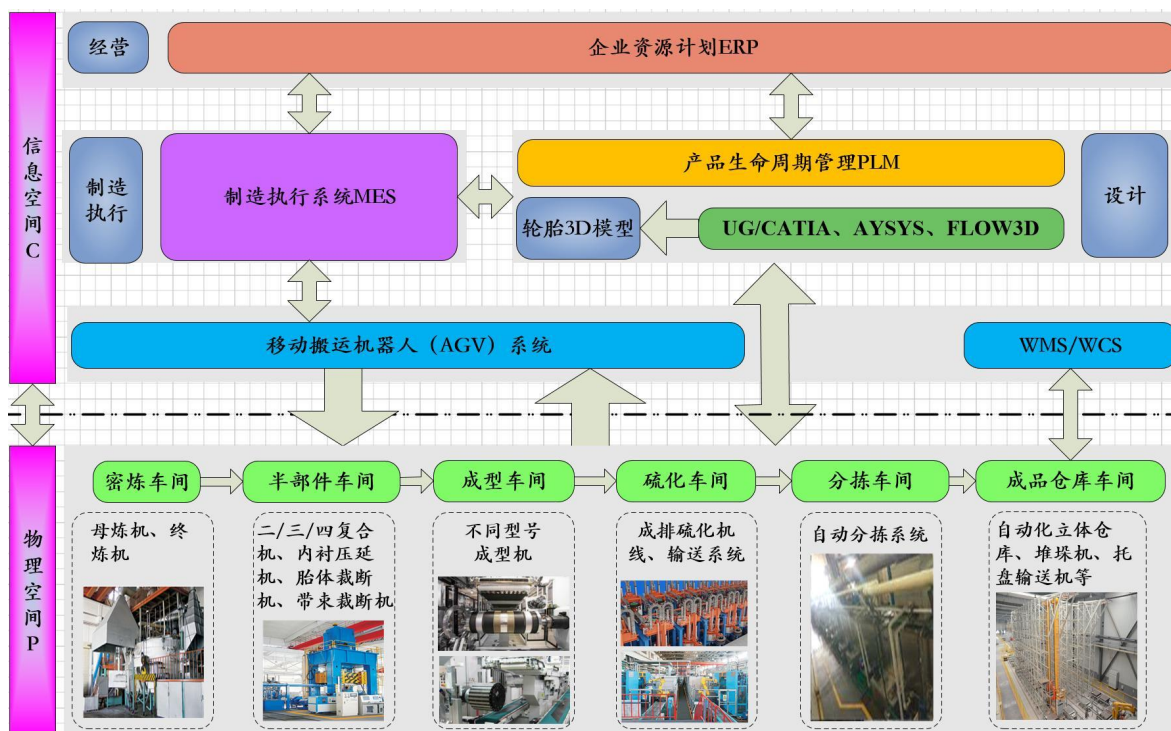


图 4-33 企业无人智能 AGV 应用架构

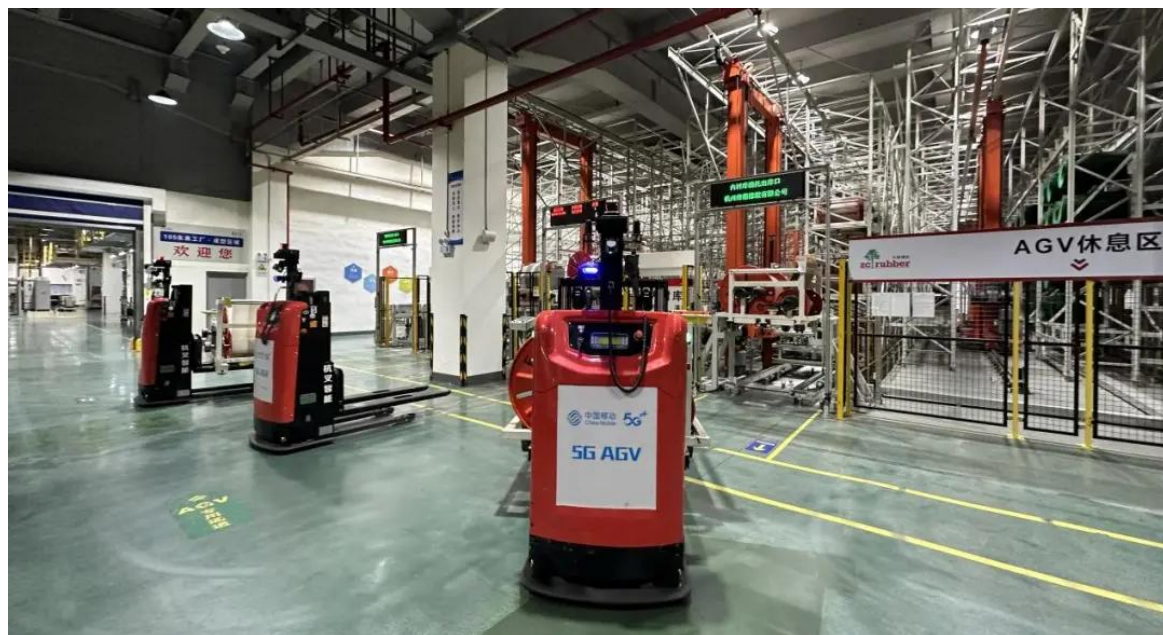


图 4-34 企业无人智能 AGV 应用现场

七、营销与售后

（一）数据驱动营销

1.痛点难点

（1）无法精准识别用户需求。拖拉机企业运用大数据、物联网等先进技术追踪用户行为、精准预测市场需求，继而向生产端延伸提升生产效率和产能效率的能力待提升。企业运用产品区域数据、产品使用数据、产品性能数据开展精准营销的待提升。普遍缺少基于数据分析预测与满足小批量、个性化、多样化的生产需求的能力。

（2）现有营销渠道利益制约。拖拉机企业普遍实行区域品牌代理、产品经销制。开展线上销售，被动形成跨区域“窜货”现象，打乱现有渠道布局。各地同类补贴标准不同，产品定价跨区域难以统一，缺乏购机补贴的绿色通道，手续相对较多。导致拖拉机企业不愿实施营销转型，担心原有的渠道忠诚度、渠道管控力会弱化，影响到正常的产品销售、价格体系。

（3）支撑政策理解与应用不足。拖拉机整机企业全国布局，开展营销需要充分理解和利用政策。目前，除了国家农机相关政策外，各省、各市关于农业机械、设备更新等的政策多样，且经常更新和变动。较多企业在营销时，存在政策信息掌握不及时、政策理解不到位、政策利用不充分的情况。

2.解决方案建议

（1）建立客户关系管理系统（CRM），进行销售业务过程内外部行为的全面管理。以 CRM 系统为基础，实现客户信息收

集、管理、分析和利用；以客户数据的管理为核心，记录企业在市场营销和销售过程中和客户发生的各种交互行为，以及各类有关活动的状态，通过各类数据模型，为后期销售行为的分析和决策提供支持。

（2）升级营销模式，建设数字化营销平台，从以传统的产品为中心转变到以客户为中心。丰富线上营销模式，保持高效用户转化，同时为线下营销精准布局，促进线上、线下营销体系双融合。充分利用大数据分析，最大化发挥数字化营销作用，坚持对售前、售中、售后的所有数据统一分析，量化效果，实现对业务员、经销商、终端消费者精细化管理，开展精准营销。建立拖拉机相关政策库，按地区、类别、时间、摘要等要素梳理，形成在线可实时查阅文档，设置专门的政策解读岗位或人员。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机电子商务营销
<p>利用电子商务创新营销模式，将移动商城、小程序、微信作为拓展业务范围的重要手段，实现拖拉机产品展示、产品答疑、技术指导和订单下达等在线与数字化服务。</p> <p>01 拖拉机网上营销门户</p> <p>发挥移动互联网无缝衔接用户和市场的优势，利用社会化电子商务平台，建设拖拉机产品网上营销门户，逐步开展配件及主机的网络营销，借助电子商务与传统营销模式的结合，推动营销能力的提升。</p> <p>制定符合公司实际情况的移动营销信息化方案，开展微推送、微活动、</p>

微提醒等方面的应用，实现智能产品、产品溯源、虚拟体验、社交营销等，形成线上线下微互动的营销方式。利用互联网进行产品和营销模式创新，深化应用 CRM 系统，紧密围绕客户需求和市场形势，增加管理细粒度，强化用户体验，掌握用户需求，实现精准营销。

02 备配件电子商务系统

推进备配件电子商务系统应用，实现主机产品的机械与电子零件目录编制、上传，有效管理零备件等数据；服务商和服务站通过互联网实时查询备配件并下达订单，快速响应用户服务和备件采购需要。

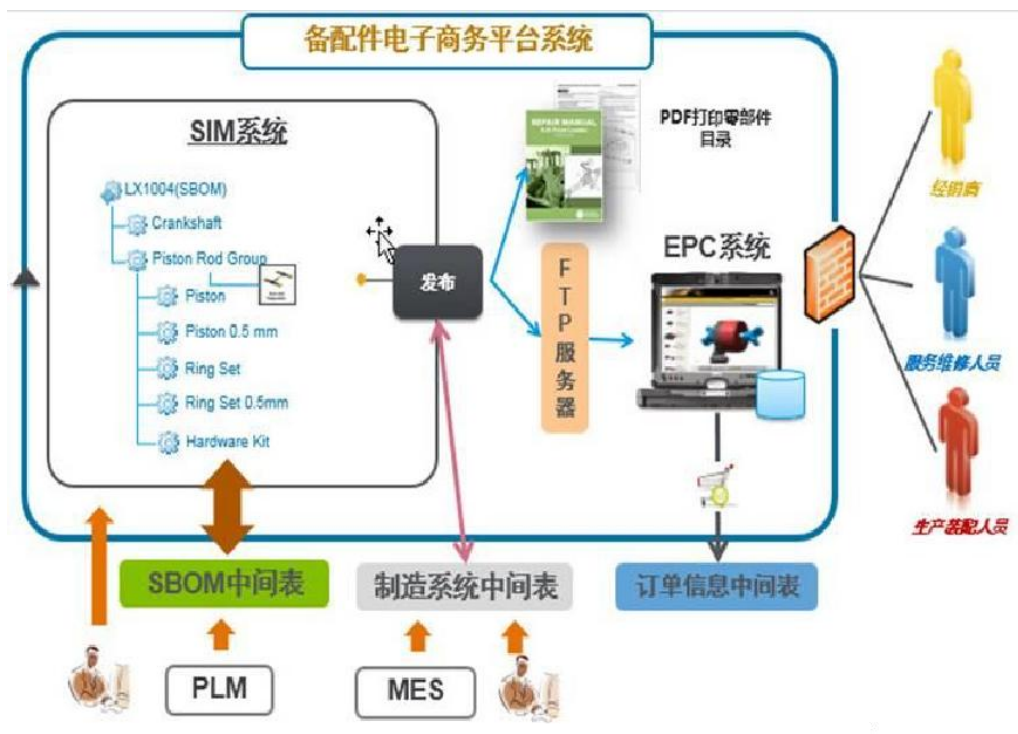


图 4-35 备配件电子商务系统

(二) 产品远程运维

1. 痛点难点

(1) 拖拉机售后服务响应较慢。拖拉机在使用过程中因作

业条件恶劣、作业强度大，导致出问题概率较一般装备要高，传统售后服务模式由于配件种类繁多、服务地点偏远、维修服务人员不足等原因，会出现派单效率低、服务周期长、服务过程监管困难、服务过程缺乏标准化、服务费用结算不透明、配件库存结构不合理等问题。

（2）远程运维诊断实施效果差。拖拉机、发动机等工况数据的挖掘不够，相关状态监测与预警的工具、模型缺少或实际应用不深，导致其对拖拉机的运维和诊断的实际作用未能有效释放。企业担心用户频繁接收到预警信息、维护信息等，怀疑企业产品质量，选择保守推广和使用。

2. 解决方案建议

（1）构建数字售后服务体系。建立售后数字化服务平台，打通远程监控运维系统，打造从用户报修、工单管理、现场服务、配件管理、人员管理、服务结算到运营分析等全链路的解决方案。接到用户报修，可以通过平台准确定位故障问题及部件，安排工程师上门服务，实现快速服务。

（2）建设远程监控运维系统。对接入系统的拖拉机进行数据采集与无线上网，实现整机及发动机的远程监控、故障预警、运维管理、远程维护等操作。如农机及关键系统有异常情况发生，依据报警策略报警，通过手机短信或 APP 信息的方式推送给客户及相关人员。

3. 典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机数字化售后服务

01 产品二维码：客户快捷报修，打通连接客户“最后一公里”

为使服务流程更简单快捷，为每台拖拉机配置专属的二维码。在设备出现故障时，客户通过扫描二维码即可进行问题报修，同时支持设备问题视频与照片拍摄，助力简单清晰传递信息。

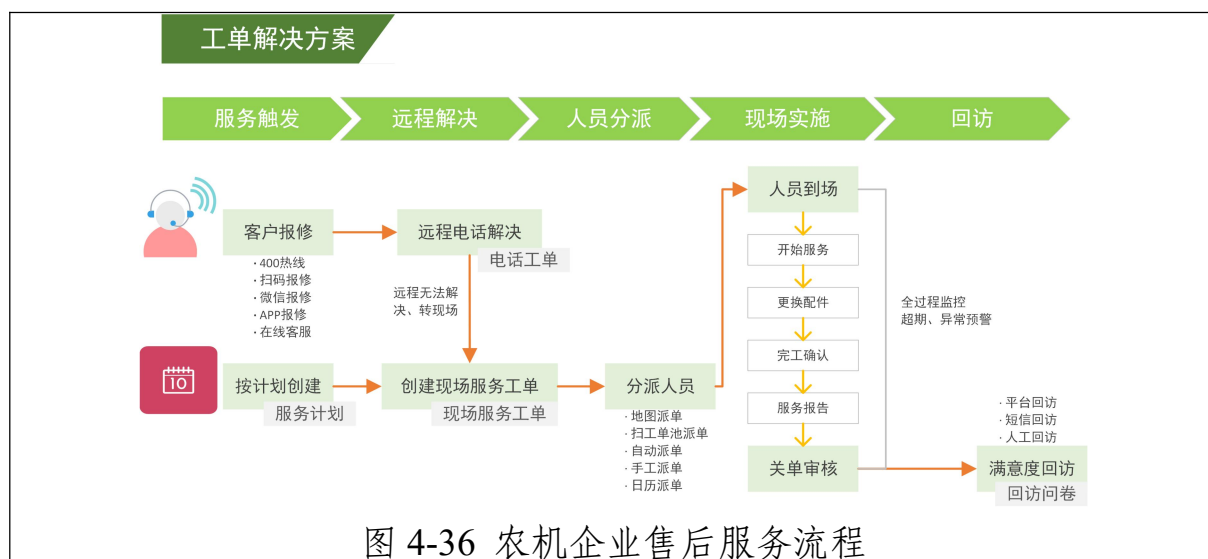
在收到服务申请后，可以自动根据客户的地理位置及服务申请类型分配工程师进行实时响应，并且填报的客户信息与设备问题信息会形成设备电子档案，方便信息追溯。在官网、公众号等平台增加在线客服功能，还能进行远程诊断，第一时间为客户排除故障，以免耽误作业。每一位工程师使用 app，从接收问题到解决问题，历经开始、维修、完成，记录维修档案，形成知识沉淀。

02 备件资源：资源合理配置，改善客户服务体验

建设生产备件仓、服务备件仓，实现主要备件种类全覆盖。在具体工单处理中，如果有配件的需求，工程师直接在平台进行配件申领，绑定工单，保障服务时效性的同时将备件和工单关联，进行一体化管理，节约运维成本。

03 数据洞察：产品验证，持续走向行业深处

提升各类机型联网能力，通过基于设备物联的一体化运维解决方案，采集现场设备实时数据，当设备运行异常时，在平台自动创建服务工单，工程师以远程或现场服务形式及时排除异常，同时联动备件、结算等资源管理，形成从设备告警到服务派工到问题解决的主动服务闭环。



典型应用场景二：

柴油发动机故障智能诊断系统

建立发动机故障智能诊断系统，包括数字孪生系统、状态监测系统，推进 ECU 软件数据的柔性化标定加 CAN 总线显示技术及智能 APP 互联网技术的应用，实现发动机运行数据的复制、移动、故障闪码报警、远程诊断、卫星定位、定点上门服务 etc 智能联网维护模式，准确便捷，提高用户出勤率，将极大地改变用户的使用体验。

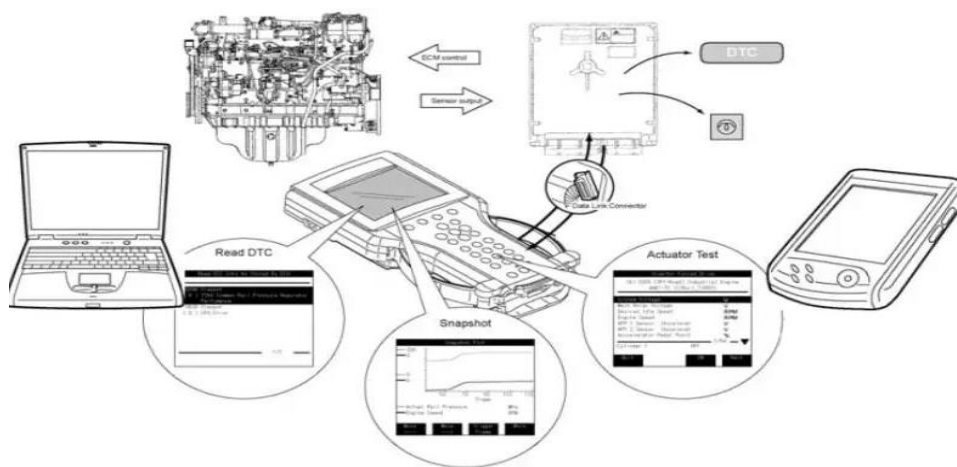


图 4-37 柴油发动机故障智能诊断

01 发动机数字孪生系统

(1) 收集柴油发动机的传感器数据，例如温度、压力、转速等，并建立一个相应的物理模型。

(2) 开发数学模型，用以描述发动机的工作状态和性能，可以采用机器学习算法或其他相关方法。

(3) 将采集到的传感器数据输入到数学模型中进行训练、优化和验证，以得出最佳的模型参数。

(4) 基于优化后的数学模型进行数字孪生的构建和验证，即通过对模拟数据与真实数据进行比较，检验数字孪生的准确性和可靠性。

(5) 利用数字孪生预测柴油发动机在不同工况下的性能表现和故障情况，从而提前做好维护和保养工作。

02 发动机状态监测系统

考虑柴油机状态监测参数的可获取性，系统加装难度、系统的可维护性以及效费比等因素，重点从热工、油液、振动、缸压等维度开展柴油机状态监测及预测性维护工作。整个系统自下而上可分为 5 层。

(1) 感知层主要采用新型传感器感知柴油机上止点、瞬时转速、振动、瞬时缸压、润滑油的理化及颗粒相关信号。

(2) 采集层采用 Modbus RTU/CAN Open、ModbusTCP 等数据传输协议实现数据采集及协议解析。

(3) 数据层包括配置数据、设计数据、台架试验数据、实船运行数据等。

(4) 模型层主要包括趋势监测模型、状态监测模型、预测性维护模型、设备退化模型等。

(5) 展示层为人机交互层，在柴油机状态监测及预测性维护系统服务器上查看各设备及部件健康度、趋势及分析、设备亚健康预警、辅助决策建议、设备维护维修建议等。

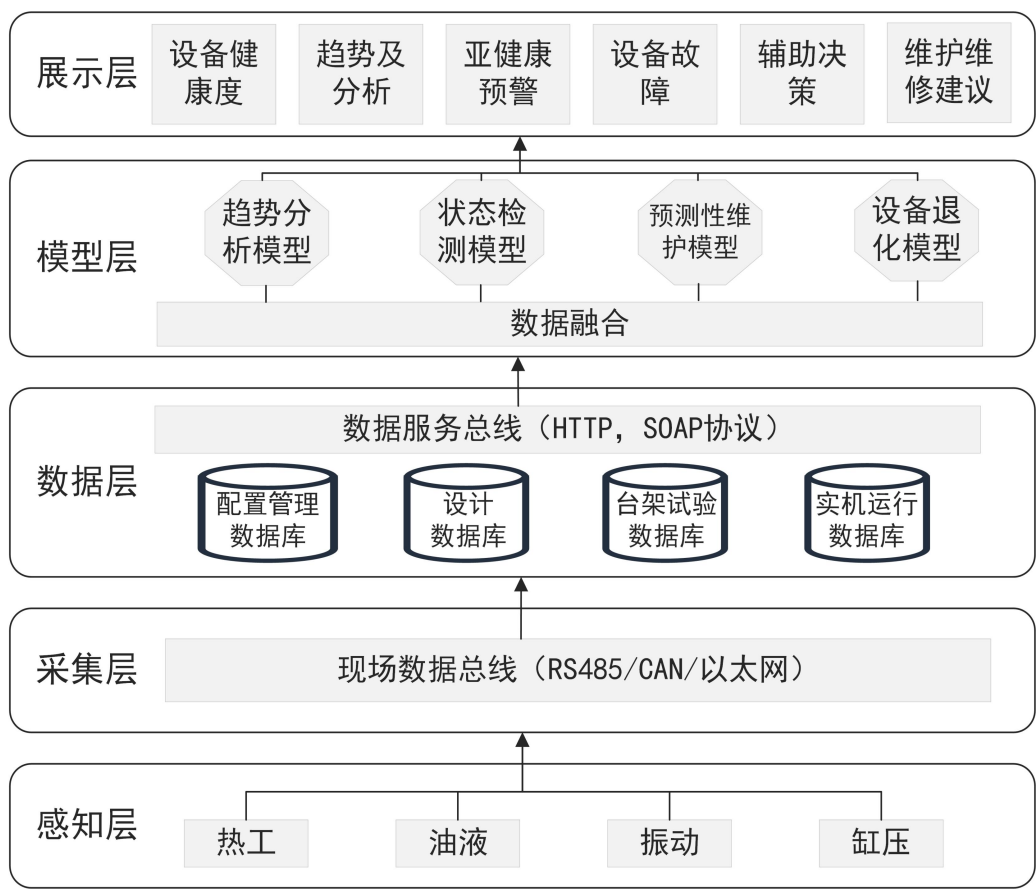


图 4-38 柴油发动机状态监测系统

典型应用场景三：

拖拉机变速箱远程监测系统

远程监测系统在拖拉机变速箱的在线监测技术中发挥着关键作用，设计用于远程获取、分析和管理变速箱的数据，并提供了多种功能来实现实时监测和远程管理。

01 数据采集与分析

利用传感器监测关键参数，包括振动、温度、压力、速度和油品质量。将采集数据发送到监测系统或远程服务器。对数据进行统计分析、趋势分析、异常检测和模式识别，识别出潜在的问题或趋势。

02 远程监测系统设计

监测系统提供用户友好的界面允许操作人员或维护人员访问数据并进行分析。常用分析方法包括振动频谱分析、温度趋势分析、压力曲线分析等。常用界面包括仪表板、图表、警报和通知功能。

03 远程监测系统功能

远程监测系统实时监测拖拉机变速箱的状态。通过数据分析发现潜在的故障或问题，预测拖拉机变速箱的寿命、剩余可用时间或维护周期，提供问题信息与描述，帮助开展预防性维护、协助维护人员进行维修。

远程监测系统具备远程支持功能，能够让专家远程访问数据，协助解决问题或提供建议。远程监测系统允许远程控制，如远程变速或离合器操作。调整拖拉机的性能或应对紧急情况。

监测系统存储历史数据，以便进行趋势分析和性能评估。

八、产品数字化

（一）拖拉机电动化

1.痛点难点

（1）面临新的市场形势。新能源农机制造与应用技术不断发展，部分企业在新技术、新产品开发较慢，未来市场占有率面

临下滑压力。用户购买积极性不高，对新技术认知度与接受度有限，担心混动、电动技术可靠性和维修保养问题。农村充电基础设施匮乏，难以做到连续作业，同时充电时间长，影响作业收益。用户购买成本压力较大，新增的电池组、电机、电控、充电器等关键部件成本高，导致混动拖拉机整机价格偏高。

（2）面临新的技术难题。电动、混动拖拉机自身存在的产品技术、性能等问题，有待进一步提升。相较于燃油拖拉机，电池能量密度限制，连续负荷时间短，难以满足长时间、大面积、农忙集中作业等需求。电池长期使用后性能下降，需要定期保养和更换，电池循环寿命有限，增加了更换成本和运营成本。动力输出稳定性待提高，从事复杂作业工况会出现动力切换不顺畅等现象。大功率电动拖拉机技术有待成熟，在深耕深松、联合作业等工况下动力表现不如传统燃油拖拉机。

2.解决方案建议

（1）围绕核心技术，开发新型产品。混合动力拖拉机方面，重点围绕传统动力系统与电动系统集成，突破动力源、能量管理、动力换挡与无级变速（CVT）等关键技术。电动拖拉机方面，重点围绕动力系统，重点突破电池集成、电机与电控技术、电液悬挂控制、传动与变速技术和智能化控制技术。

（2）围绕关键瓶颈，做优市场服务。开发不同场景、不同需求下的新能源拖拉机产品，供用户选择。推动电动、混动拖拉机研发、生产、销售和服务一体化，开展拖拉机整机及电池等零部件的远程维护维修。实时采集电池、电机数据，为客户提供维

护使用帮助与预警。

(3) 围绕适用场景，拓展应用模式。如小规模作业地块及果园、菜地等场景中，使用小型混动、电动拖拉机，实现在狭窄空间内作业，满足精细作业需求。如温室大棚等场景中，使用环保、低噪音的电动及混动拖拉机，在封闭环境中作业，实现节能环保，有利于作物生长。

新能源拖拉机关键技术

01 混合动力拖拉机

(1) 动力系统技术。采用内燃机与电动机组合，重负荷作业时，以内燃机为主，电动机辅助。轻负荷作业时，主要由电动机驱动。连接方式采取串联式、并联式和混联式三种方式。

(2) 能量管理系统技术。依据工况和电池电量，智能分配内燃机和电动机的输出功率。电量充足，使用负荷小时，优先用电动机；电量低或高负荷时，启动内燃机并为电池充电。

(3) 传动与变速技术。采用电力或液压驱动的无级变速系统，确保拖拉机在不同作业速度和负荷下高效运行。保证内燃机和电动机的动力高效、平稳地传递到驱动轮和动力输出轴，减少动力损失和传动噪音。

02 纯电动拖拉机

(1) 电池技术。与头部电池供应商或集成商合作，根据作业需求和续航要求，选择合适容量和功率的电池组。监测电池电压、电流、温度、荷电状态等参数，进行过充、过放、过热保护，延长使用寿命。

(2) 电机与电控技术。可优先采用永磁同步电机，采用矢量控制、直接转矩控制等先进控制算法，精确控制电机的转速、转矩，实现电动拖

拖拉机的平稳启动、加速、减速和制动，提高运行效率和响应速度。

（3）传动与变速技术。电力传动无需复杂的机械变速箱，通过控制电机转速和转向实现动力传递和变速，结构简单、传动效率高。无级变速：利用电机的调速特性，通过电子控制技术实现无级变速，使拖拉机在不同作业场景下，能灵活调整速度，提高作业效率和适应性。

（4）智能化控制技术。结合卫星导航、视觉识别等，实现电动拖拉机的自主导航和路径规划，提高作业精度和效率。配备传感器，实时监测作业环境和作物信息，自动调整作业参数，实现精准农业作业。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

纯电动拖拉机

开发小中大型纯电智能拖拉机，搭载电池与高压电控系统、动力与可靠电传动系统、多功能连接系统。同时基于纯电动拖拉机，可定制智能PTO作业系统、无人驾驶系统、智能驾驶室系统等。

（1）电池与高压电控系统。采用农机专用大容量电池包，磷酸铁锂LFP刀片电芯，可靠性高，循环寿命长，保证作业时长。可实现1小时内由0%补至100%，采用充换一体电池包，可实现10分钟简易快速换电。发多功能智能电控系统，实现MCU、PDU、DCDC、PTC控制器等集成，结构及硬件深度集成。

（2）动力与可靠电传动系统。采用重型高扭电机，提供最高1700Nm扭矩输出，瞬态响应能力远超传统发动机。多电机功率叠加，科学分配，

整机功率储备>20%，扭矩储备>50%。AMT 高集成度多输入多输出变速系统，区间无级变速，段间自动换挡，换挡时间<0.3 秒。支持能量回收、极速起步、极限脱困等多种特色驾驶功能。

（3）多功能连接系统。后提升力高，支持力位综合调节功能。后部最多 3 路电控流量可调远程输出阀。液压系统泵流量额定 52.5L/min，峰值流量超过 100L/min，满足短时超流量机具需求。后置高压直流 120kW 大功率输出。后置 110/220V 可选市电输出口，支持焊机、电钻及角磨机等常用设备，提供电动工具野外作业的便利性。举升及液压输出系统全部电控升级，支持高阶无人作业系统接管。

（4）中央传动系统。加强型后桥，结构尺寸和重量性能强，可提供不小于 38kN 的强大牵引力。全新设计电子制动系统，支持线控制动、制动能量回收、单边制动、自动脱困控制，以及防抱死制动 ABS 等多种智能制动功能。四驱分动、驻车制动以及差速操控，全面实现线控化，操作高效，提供高阶无人驾驶接口。



图 4-39 纯电动拖拉机产品

（二）拖拉机智能化

1.痛点难点

（1）智能化与技术创新水平不高。智能拖拉机相较于国外起步晚，小面积作业场景对智能化的需求弱，导致国内智能拖拉机的整体智能化水平、协同作业性能与国际先进水平存在差距，限制了其在农业生产中的广泛应用和效率提升。同时国内智能拖拉机关键技术与核心零部件的技术创新仍存在明显不足，包括整车电控技术、自动化作业技术、精准定位技术、智能决策模型算法等。另外，国内农业专用芯片、信息感知农业传感器、智能控制器、精密液压元件等核心零部件仍存在进口依赖。

（2）标准化与协同作业能力欠缺。智能拖拉机在传感器、物联网设备应用等方面，面临质量、精度、国际标准兼容性以及可靠性等方面的问题。例如，不同企业生产的拖拉机产品接口和功能缺乏统一的标准规范和互换性，导致拖拉机之间无法实现有效的互联互通和协同作业。相关标准的缺失，影响了智能拖拉机的整体性能和效率，限制了其在现代农业生产中的集成应用和智能化水平的提升。亟需加强相关标准化建设，提高拖拉机的互换性和协同作业能力。

2.解决方案建议

（1）夯实电动控制技术。应用新能源技术、线控技术，实现拖拉机驱动系统、PTO 动力输出系统、制动/转向系统、液压提升系统及整车控制系统等电控化。通过对驱动电机和四轮转向的组合精确控制，可实现同向斜行转向、异向倍速转向和零转弯

半径原地转向等多种行车模式，可有效提高整机越障性能、土地利用率和作业效率。

（2）研发无人驾驶拖拉机。生产不同智能化配置水平拖拉机产品供用户选择。利用激光雷达、摄像头、卫星定位等传感器实时感知周围环境，通过先进的算法进行决策和控制，自主完成耕种、播种等任务。开发拖拉机智能化改造路线，提升传统和存量拖拉机智能能力，加装辅助驾驶系统、域控制系统、改造提升线控水平。

（3）研发辅助决策拖拉机。加装数据采集传感器、终端设备、大模型等，采集土壤成分、气象信息、作物生长状态等农业数据，结合云计算和大数据分析技术，在农田管理、作物监测、病虫害分析、土壤和环境监测等方面提供决策支持。

智能拖拉机关键技术
<p>01 无人驾驶</p> <p>（1）环境感知。传感器融合技术，融合激光雷达、摄像头、毫米波雷达等多传感器数据，通过卡尔曼滤波、贝叶斯网络等算法，提升环境建模的可靠性与冗余度。复杂场景处理技术，针对农田中低矮作物、不规则地形，优化传感器高度与视角（如加装近地摄像头），利用 LSTM 神经网络预测环境动态目标行为，提升突发状况应对能力。</p> <p>（2）决策与路径规划。行为决策技术，将规则引擎与强化学习结合，基于预设规则处理常规场景（如保持、掉头），通过强化学习优化复杂场景决策。全局规划技术，结合高精地图与实施任务需求、环境信息，使用</p>

A*、Dijkstra 等算法生成最优路径，采用快速扩展随机树或人工势场等算法动态避开障碍物，适应农田、道路等场景。

(3) 智能控制与执行。动力换挡技术，利用行星不定轴式双联齿轮结构等实现动力换挡。拖拉机线控转向技术，通过电信号控制转向电机，提升响应速度。拖拉机线控制动技术，集成电子稳定系统（ESP）等，实现精准制动。模型预测控制技术，基于动力学模型优化扭矩分配与悬架调节，提升复杂路况下的稳定性。

(4) 其他：高精定位、多机协同、域控制器，智能网联性能仿真与测试验证。

02 智能座舱

(1) 智能显示：采用多屏联动（如角柱屏、中控屏、智能拓展屏与手机屏），集成 360° 环视影像、北斗导航定位及作业数据实时监测功能。构建全景视野悬浮驾驶室。

(2) 智能交互：搭载人机交互集成可触控面板，通过面板操作实现拖拉机一键控制。搭载智能语音助手，通过语音指令实现远程控制。搭载作业数据监测系统，辅助生产作业。

(3) 舒适性：采用封闭与低噪音设计，搭载可调节方向盘、旋转气悬浮减震座椅、智能空调、机载娱乐系统等，提升驾驶舒适性。

(4) 其他：拖拉机网联平台，拖拉机智能安全、主动安全，农业生产专家系统等。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

智能拖拉机

开发智能拖拉机产品，完成从辅助驾驶到自动驾驶、从人工作业到智能作业的跨越，实现拖拉机田头自动掉头以及农具自动控制提升等。智能化拖拉机有助于提高作业效率、田块利用率，并有效降低燃油、种子、化肥浪费。

（1）智能掉头。配备全智能、半智能和手动3种驾驶模式，轻松实现智能驾驶。

（2）一键提升+翻转。适用于翻转犁作业场景，仅需一键，高效完成掉头，降低作业劳动强度，作业综合效率显著提升。

（3）自动耕深保持。农业耕作深度的精准度和一致性关系到农作物的生长和产量，用户可通过屏幕精准设置耕深，在颠簸时拖拉机电液悬挂控制系统会主动调整农具保持耕深一致，平均亩产量明显提升。

（4）定速巡航。作业时，保持车辆始终处于燃油经济性较高的车速水平上，有效节省燃油。通过自动驾驶精准路径规划和定速巡航，降低重复作业和变速作业带来的农资、农药浪费。

（5）维保信息提醒。可根据主机厂维保手册的保养周期内容，定期通过车载显示器提示用户规范保养车辆，省时更省心。

（6）实时后视影像。智能拖拉机后视影像实时显示在驾驶室的屏幕上，可直观、随时查看作业情况。

（7）精准计亩+手机账本。通过手机实时查看车辆位置和作业面积，并通过手机账本记录作业情况，实现出车干活有据可查，车况、账目清晰明了。

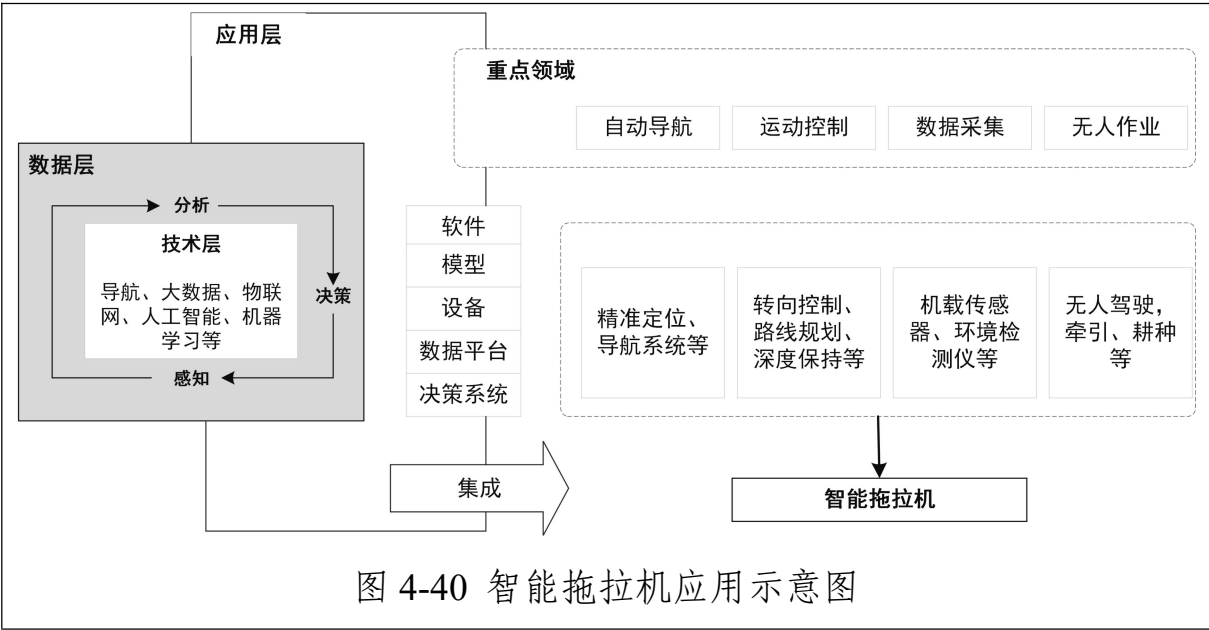


图 4-40 智能拖拉机应用示意图

典型应用场景二：

乘用车 AI 大模型（参考）

全栈自研人工智能大模型体系，覆盖智能驾驶、智能座舱、整车控制等全场景，旨在通过 AI 技术推动汽车智能化升级。

01 核心技术能力

（1）三大基础模型。整合语言大模型（超 10 万亿 tokens 训练量，支持拟人化情感交互）、多模态大模型（跨模态语义解析与内容生成）和数字孪生大模型（虚实融合的 3D 生成与高精度仿真），实现从现实到虚拟的全场景覆盖。

（2）全域 AI 技术。构建“智能汽车全域 AI”体系，整合算力中心、芯片、卫星、飞行器等资源，构建空天地一体化智能生态，覆盖车端、手机等终端的跨设备协同。

02 核心应用场景

(1) 自动驾驶。多模态感知，通过视觉、听觉等多源数据融合，精准识别道路、行人及复杂交通标志。数据优化，大模型每日生成 10 万张有效标注数据，缩短自动驾驶验证周期 30%，降低成本 50%。虚拟仿真，数字孪生模型模拟极端天气、复杂路况等虚拟场景，提升算法鲁棒性。

(2) 智能座舱。交互升级，与 DeepSeek R1 融合，支持 2000+ 车载接口的智能调度，实现“一句话联动 15 个功能”（如调节温度、播放音乐）。主动服务，根据天气、路况自动触发座椅加热，结合用户驾驶习惯提供个性化路径规划。语音交互，支持粤语、四川话等方言及个性化音色定制，可模拟自然音效营造舒适氛围。

03 技术融合与开源贡献

(1) 与 DeepSeek 耦合。通过知识蒸馏训练，将 DeepSeek 的类人认知能力融入星睿车控模型和端侧交互模型，提升模糊意图理解能力（如解析“有点闷但别太冷”）和上下文关联理解（增强 3 倍）。

(2) 开源生态建设。联合阶跃星辰开源多模态大模型 Step-Video-T2V 和 Step-Audio，提供强大的视频/音频生成与交互能力，推动行业技术普惠。

(3) 以 AI 科技普及者为目标，通过自研+开源双路径，推动智能汽车从“功能驱动”向“体验驱动”转型。其技术已率先搭载于 2024 款新车型，计划 2025 年通过 OTA 升级实现大规模落地。

（三）拖拉机数字管理平台

1. 痛点难点

(1) 技术融合与平台功能待提升。大数据、云计算、物联

网等新兴技术为拖拉机的远程监控和智能调度提供了可能，但目前业内企业在信息化物联管理平台的布局上仍处于起步阶段。相关平台在后台监控、车辆管理、车辆控制、数据分析等方面的功能尚不完善，导致用户无法充分获取、分析拖拉机的状态信息，并实现远程控制。同时，平台的数据整合分析功能也处于初始阶段，无法有效地对拖拉机位置、设备状态、故障信息等数据进行深度挖掘和利用，从而影响了用户对拖拉机的管理效率。

（2）数据开放共享与调度指挥功能待提升。拖拉机产品数据缺乏开放共享，不能有效发挥统一管理与调度指挥功能。拖拉机信息化、物联化管理中，各品牌、各型号的拖拉机产品之间尚未实现数据的互联互通，用户平台无法整合来自不同产品的数据，导致信息孤岛化，难以获得全面的拖拉机状态信息。同时，由于调度指挥功能的不完善，无法根据实时数据对拖拉机进行有效调度和指挥，进一步限制了拖拉机协同管理能力。

2.解决方案建议

（1）建设拖拉机物联化管理平台。实现拖拉机运行实时监测及数据实时采集，提升大数据分析能力，融合生产制造、库存客户关系、供应商管理等系统数据要素，实现对拖拉机的远程识别、诊断、监控信息推送、售后服务、供应链管理等功能。

（2）接入智慧农业农机服务平台。开发或基于具有任务分配、供需对接、作业监控、远程交互、作业管理、作业监测评价、多机协同调度等功能的智慧农业农机服务平台，推动拖拉机、农机、用户、企业等“上云”，为农业生产提供高质量的服务。

3.典型应用场景

典型应用场景一：

拖拉机/农机物联平台

构建拖拉机/农机全方位一体化的在线管理与服务平台，开发农机资源管理、智能调度与共享、维护与故障预警等功能，形成“互联网+智能农机”新模式，提升农机、农业生产管理效率。



图 4-41 农业与农机物联平台

（1）拖拉机资源管理。物联拖拉机等作业机械，实现农机注册与档案管理（型号、使用年限、维护记录）、实时作业状态监控（位置、作业面积、工况、油耗等）。

（2）智能调度与共享。实现基于 GIS 的农机供需匹配（农户发布需求，平台推荐最近/最优农机），搭配动态定价系统（根据供需、季节、作业类型自动调整租金）。

（3）维护与故障预警。提供农机预测性维护服务（AI 分析传感器数据，提前预警故障），开展维修供需对接（平台接入第三方维修团队或厂家售后）。

（4）数据分析与决策支持。提供农机利用率分析（闲置率、区域分布热力图），提供作业效率优化建议（如播种/收割路径规划），开发政府监管接口（补贴发放、农机安全监测）。

（5）用户服务与社区。开展在线培训、直播培训（农机操作教程、政策解读等），提供金融保险服务（农机租赁分期等），搭配农户评价体系（农机服务质量评分等）。

第五章 路径与方法

一、实施路径

（一）实施思路

企业推进智改数转网联可参考两大驱动因素、一个基本路线、一个能力保障体系的“2 + 1 + 1”实施思路开展。实施思路具体内容如下图所示。

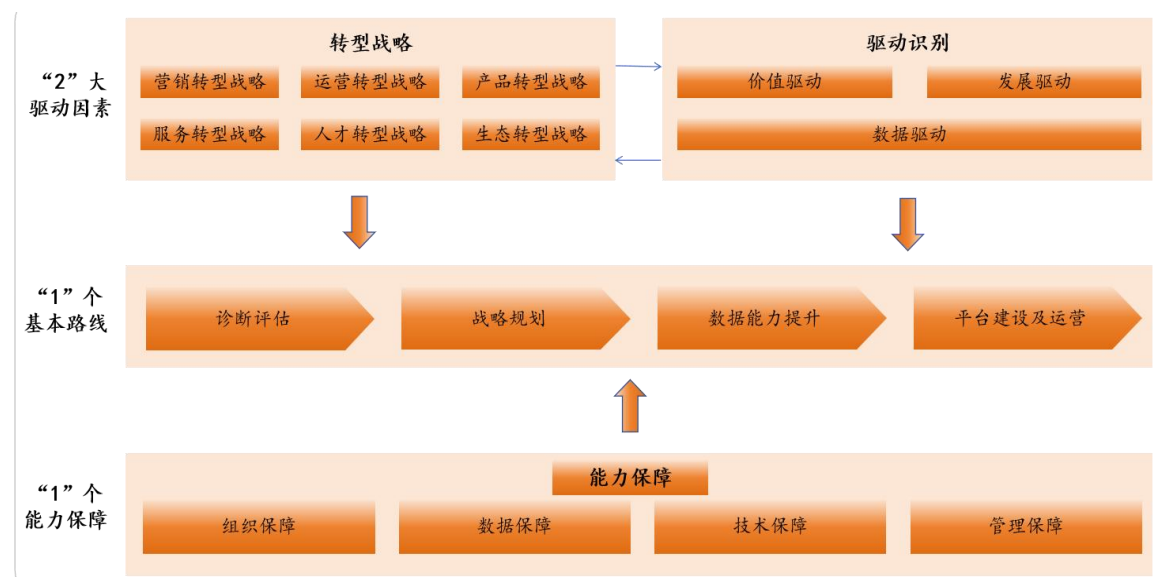


图 5-1 企业智改数转网联实施思路

1.两大驱动因素

战略要求和驱动识别，是企业推进智改数转网联的内在动力，体现转型过程中对各项工作任务的根本要求，体现智改数转网联最终需要实现的核心目标。

2.一个基本路线

基本路线，是企业推进智改数转网联的具体工作步骤与内容，

是完成改造转型任务的核心指引。企业在基本思路的指导下“总体布局，部分先行”，循序渐进不断优化，逐步完成智改数转网联的目标任务。

3.一个能力保障体系

为确保企业智改数转网联任务顺利推进、目标顺利达成的各方面保障要求，主要包括组织保障、数据保障、技术保障和管理保障四个方面内容，为企业智改数转网联“保驾护航”。

（二）基本路线

企业智改数转网联应遵循“统一规划、分步实施、步步可用”的方针，按照诊断评估、战略规划、数据能力提升、平台建设及运营和迭代升级的基本路线，不断优化提升，最终实现企业智改数转网联的目标。具体的基本路线如下图所示。



图 5-2 企业智改数转网联路线

1.诊断评估

通过 PEST 分析法（宏观环境的分析，包括政治、经济、社会、技术）识别驱动因素，评估企业“智改数转网联”环境基础。利用 SWOT 方法（优势、劣势、机会、威胁）分析企业优劣势，评估企业是否适合开展智改数转网联。通过两化融合评估、数字化转型成熟度评估、智能制造能力成熟度评估、数据管理能力成熟度评估等分析企业智改数转网联现状、问题。通过诊断评估，探寻企业改造转型的最佳方式、针对性方案，明确改造转型的资源需求。

2.战略规划

战略规划是企业推进智改数转网联的起点，通过规划指明企业智能化改造、数字化转型、网络化联接建设的方向、目标、远景及使命。结合企业发展现状、存在问题、转型目标等，制定针对性的实施方案、解决方案，勾勒出未来蓝图，明确企业在业务变革、技术保障、产业价值链转型的具体方法。

3.数据能力提升

数据能力提升是企业推进智改数转网联的关键环节，企业通过提高数据采集能力、数据分析能力、数据应用与治理能力，以数据赋能研发、生产、运营等环节，最大化释放数据价值，激发企业智改数转网联活力。

4.平台建设运营

按照战略规划、实施方案的具体要求，以数据为驱动实施落地执行方案。结合经营管理需求、业务流程优化，建设综合数字化平台，依托平台集成各类信息系统软件，迭代平台前端应用，

丰富平台功能，提升服务能力。

5.后续迭代升级

以企业智改数转网联长期目标、结果、问题为导向，采用阶段实施、持续跟进、敏捷迭代的方式，结合技术动态，深入推进智改数转网联战略规划，结合企业动态发展情况不断优化提升改造转型方案的适配性、实操性。

（三）分类改造

根据不同企业的特点，采用差异化的政策和措施，按照基本、规范、领先的三级分层推进策略，满足不同企业智改数转网联需求。其中，基本级注重补短板，主要解决“有没有”的问题；规范级强调提质增效，主要解决“好不好”的问题；领先级追求创新引领，主要解决“强不强”的问题。

1.基本级（小微企业）

核心目标。核心目标在于帮助小微企业实现数字化初步覆盖，解决信息化基础薄弱的问题。改造转型后评价方式与指标包括：是否具备基本的信息化能力（如在线办公、财务管理和客户管理等），是否完成核心业务流程的数字化改造，员工是否掌握基础的数字化操作技能。

主要任务。普及数字化工具，推广易用、低成本的数字化工具，帮助企业完成基础信息化建设。使用轻量级应用，减少初期投入。搭建基础设施，推动企业接入互联网、云计算等基础服务，完善网络环境和硬件设施。提升数字化意识，通过培训、案例学习等方式，增强企业管理者和员工对智改数转网联的认知。

信息系统。完成基础信息化建设，推广易用、低成本的数字化工具（如云办公软件、财务管理工具、客户管理系统等），部署 ERP、OA 等核心系统，满足基础业务数字化需求，使用 SaaS（软件即服务）模式、BI（商业智能）工具的轻量级应用。

数据采集。主要采集业务活动所需要的主要数据；结合经验、人力开展数据分析。

2.规范级（中型企业）

核心目标。核心目标在于帮助中型企业实现业务流程的全面数字化，提升运营效率。改造转型后评价方式与指标包括：是否实现主要业务流程的自动化和智能化？数据是否成为企业决策的核心依据？是否形成稳定的数字化生态系统？

主要任务。数据驱动决策，通过大数据分析优化业务流程，实现从经验驱动到数据驱动的转变。智能化升级，引入人工智能、物联网等先进技术，提升生产制造、供应链管理等环节的智能化水平。

信息系统。部署 MES、PLM、ERP、OA 等核心系统，选择性部署 QMS、SRM、CRM 等关键系统，或引入相关系统的模块化功能。依托 ERP 系统，协同 MES、OA 等，利用 PLC 数据采集，支撑数据抓取与传递，实现生产过程信息、订单信息、客户信息、设备运行状态等数据实时追溯。建车间效率看板，或选择建设虚拟产业或车间，模拟生产场景，优化工艺参数。可引入低代码开发平台，通过拖拽式开发快速搭建各类场景应用。

数据采集与应用。使用二维码、条形码、RFID、PLC 等实现数据采集。基于信息系统数据，结合人工经验开展数据分析，满足特定范围的数据使用需求。实现数据及分析结果在部门内在线共享。以 PLC 集群控制自动化产线。关键工序产线配备工控机、PDA 等数字化设备，设备包含标准接口，并支持主流通信协议。

3.领先级（大型/集团企业）

核心目标。核心目标在于帮助龙头企业实现全面数字化转型，成为行业标杆，带动整个产业链的升级，全面提升企业竞争力。改造转型后评价方式与指标包括：是否实现全价值链的数字化覆盖，是否形成具有行业领先性的数字化产品或服务，是否在全国或全球范围内建立起数字化竞争优势。

主要任务。探索基于数字化的新商业模式（如平台经济、共享经济），创造新的增长点。集成设备物联与边缘计算，推动 5G、物联网、人工智能、区块链等前沿技术的深度应用，如建设人工智能与机器学习平台，提供智能预测与决策支持。加强与上下游企业的数字化协同，构建产业链数字化生态。利用数字化手段拓展国际市场，提升行业竞争力和全球影响力。

信息系统。满足前述规范级建设要求。部署 ERP、MES、PLM、QMS、WMS、APS、CRM、SRM、SCADA、OA 十大信息化系统，推进系统深度集成，整合多源异构系统，破解数据孤岛问题，构建虚拟工厂，模拟生产场景，优化工艺参数。将企业关系管理方案、供应商管理、客户关系管理、制造执行管理和办

公自动化系统集于一体，实现订单在线获取、供应链平台共享，实现智能制造、客户与生产实时匹配，实现跨区域、多业务板块高效协同。

数据采集与应用。满足前述规范级建设要求。利用传感器，实现关键环节数据自动采集，建立统一数据编码、数据交换格式等。整合数据资源，支持跨部门的业务协调，实现数据及分析结果的跨部门在线共享；建立企业统一数据中心，建立常用数据分析模型库，支持业务人员快速进行数据分析；采用大数据技术，应用各类型算法模型，预测制造环节与拖拉机状态，为制造活动提供优化建议和决策支持。

二、相关政策

（一）诊断评估体系

1.两化融合自评估

基于《工业企业信息化和工业化融合评估规范》（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估，客观掌握企业自身数字化水平基本情况。登录网址为 <https://jspg.cspiii.com>。

国家工业信息安全发展研究中心每年 10 月完成全国及各省的两化融合发展水平及评估报告，12 月完成江苏省各设区市两化融合及数字化转型重点指标评估报告，以及各地组织参评工作情况报告。

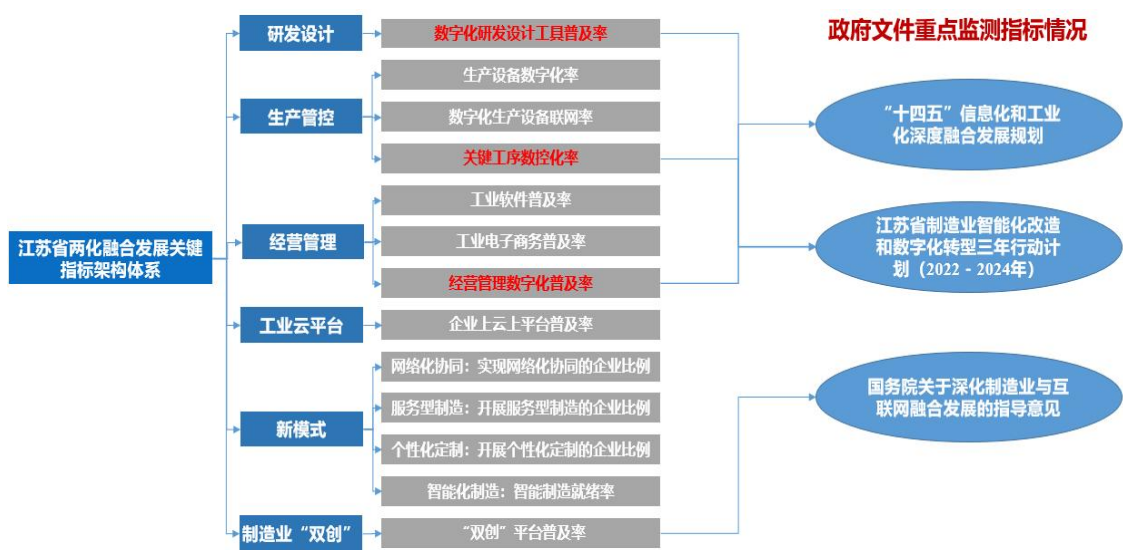


图 5-3 两化融合自评指标体系

2.两化融合管理体系贯标

两化融合管理体系系列标准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。

系列标准包括：《工业企业信息化和工业化融合评估规范》（GB/T23020-2013）、《信息化和工业化融合管理体系基础和术语》（GB/T23000-2017）、《信息化和工业化融合管理体系要求》（GB/T23001-2017）、《数字化转型参考架构》（TAITRE10001-2020）、《数字化转型价值效益参考模型》（TAITRE10002-2020）、《数字化转型新型能力体系建设指南》（TAITRE20001-2020）、《两化融合管理体系新型能力分级要求》（TAITRE10003-2020）

贯标流程如下图：

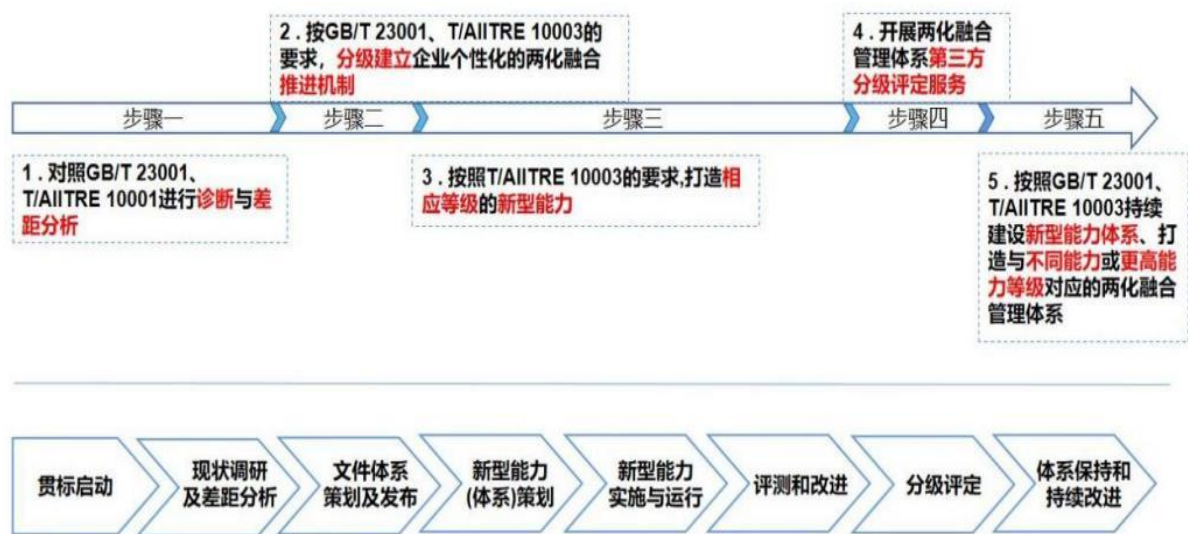


图 5-4 两化融合贯标流程

企业登录网址：<https://jspg.cspsiii.com/login>，贯标方式包括三种：

自行贯标。适合工业化与信息化基础较好，有前期贯标基础和人才的示范企业。

委托第三方贯标服务机构指导开展贯标。适合于工业化与信息化基础比较薄弱、信息化人才匮乏、初始投入有限、初次贯标企业，特别是中小规模的企业。

课题研究式贯标。大型集团企业可以将不同级别的分级贯标建设作为研究课题，联合联盟、咨询机构或评定机构进行课题研究，研究成果成熟后再在下属单位进行成果转化推广。

3.数字化转型成熟度评估

《数字化转型成熟度模型》（T/AIITRE10004—2023）给出了数字化转型成熟度模型构成、不同成熟度等级与水平档次的要求。明确了数字化转型规范级、场景级、流程级、平台级、生态

级 5 个不同成熟度等级及其 10 个细化水平档次，从发展战略、新型能力、系统性解决方案、治理体系、业务创新转型 5 个评价域给出不同成熟度等级的具体要求。

企业可以通过线上线下结合方式展开诊断对标，线上（网址 <https://www.dltx.com/zhenduan>）自诊断报告包括数字化转型总体得分、所处阶段、全国对标及行业对标情况在发展战略、新型能力、系统性解决方案、治理体系、业务创新转型等方面的短板和数字化转型总体发展建议。线下深度诊断将邀请评审专家将评估发现和行业进行对标评估，提供咨询建议，最终给出线下深度诊断报告包含企业发展现状和问题清单。

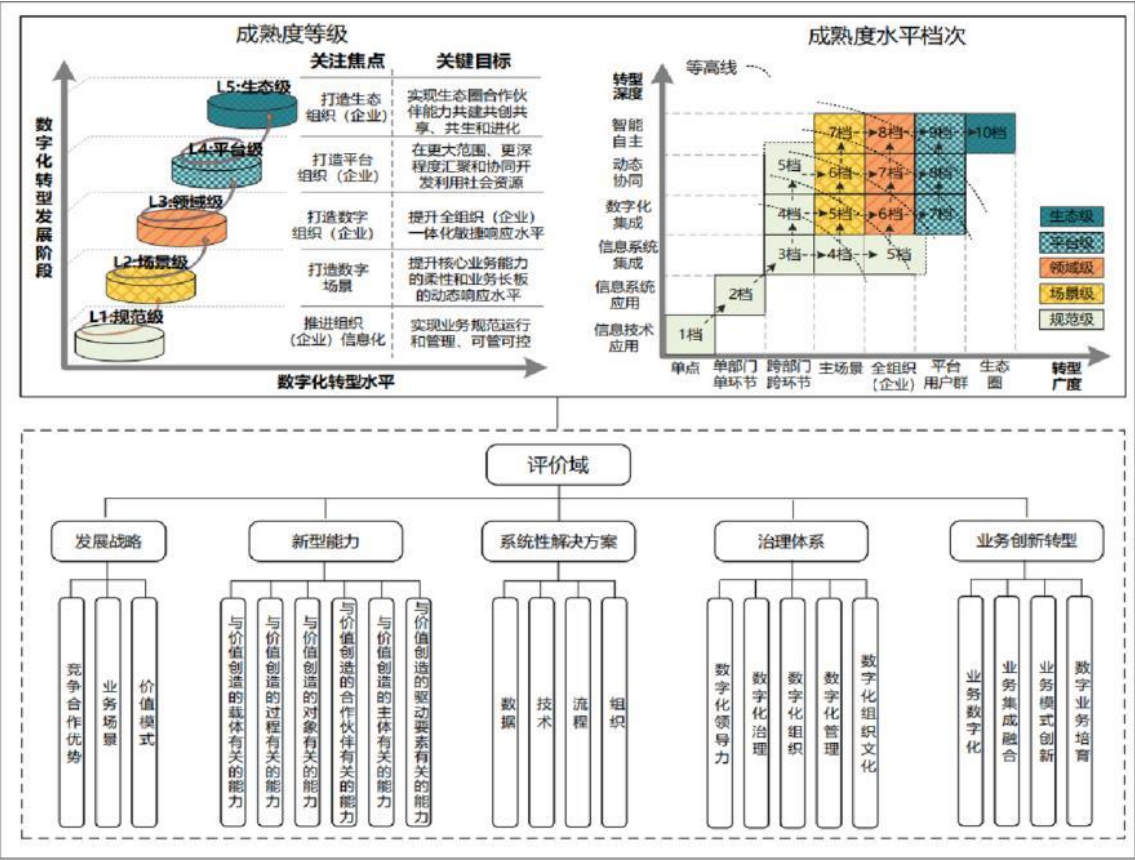


图 5-5 数字化转型成熟度模型

4.智能制造能力成熟度评估（CMMM）

《智能制造能力成熟度模型》（GB/T 39116-2020）规定了智能制造能力成熟度模型的构成、成熟度等级、能力要素和成熟度要求。该标准适用于制造企业、智能制造系统解决方案供应商和第三方开展智能制造能力的差距识别、方案规划和改进提升。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，并提供与同行业同地区企业对比分析报告。

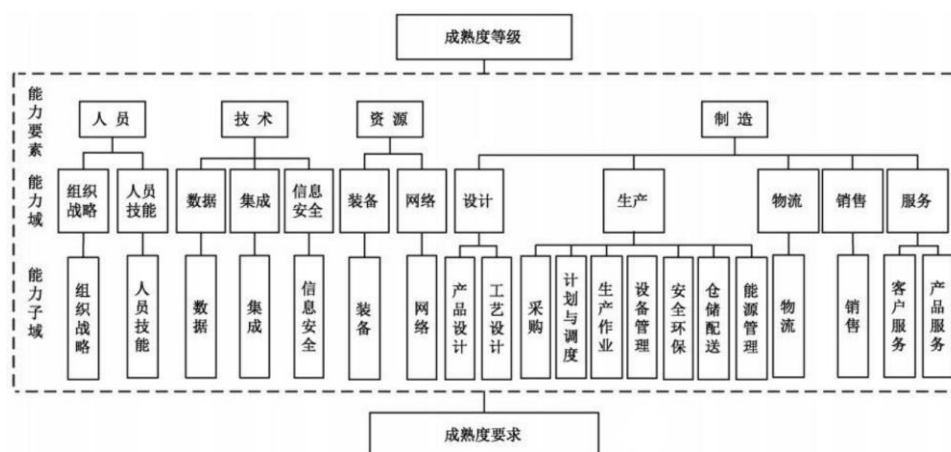


图 5-6 智能制造能力成熟度模型

5.数据管理能力成熟度评估（DCMM）

《数据管理能力成熟度评估模型》（GB/T 36073-2018）将组织内部数据能力划分为八个部分，描述每个组成部分的定义、功能、目标和标准。该标准适用于信息系统的建设单位、应用单位等进行数据管理的规划、设计和评估。数据管理能力成熟度评估网址：<http://www.dcm.org.cn>。企业首先进行在线自评，后提

交数据管理能力成熟度评估申请，由评估机构进行评估。具体评估流程如下图：

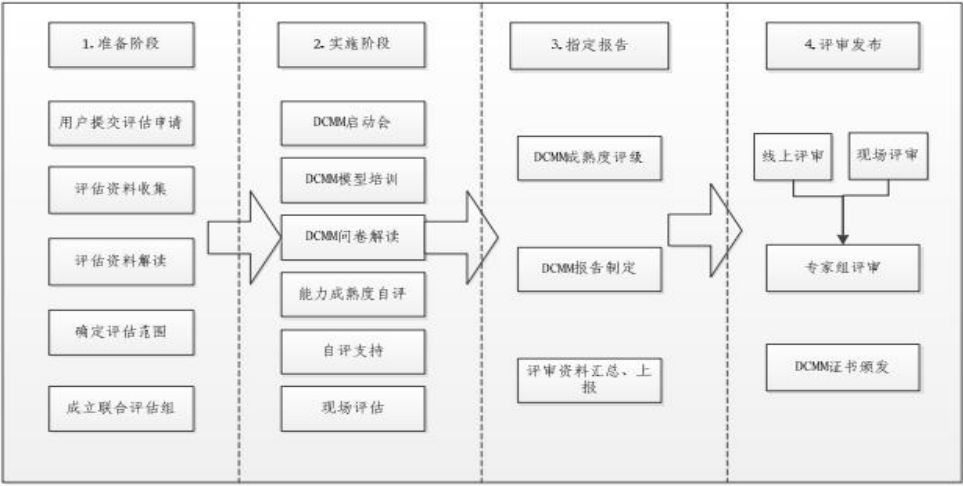


图 5-7 数据管理能力成熟度评估流程

（二）改造服务平台

1.江苏省智改数转网联咨询诊断公共服务平台

江苏省智改数转网联咨询诊断公共服务平台（即智改数转网联服务资源池，<https://www.eqiyun.cn>），是集聚制造业“智改数转网联”服务商的平台，促进企业与服务商之间的供需对接。服务资源汇聚七大类服务商：智能装备服务商、网络服务商、标识服务商、工业互联网融合应用服务商、系统解决方案服务商、工业信息安全服务商、生产性服务业供应商。服务商在资源池开设店铺展示产品，支持制造企业高效获取服务商基本信息和服务商服务能力等。

同时，资源池汇聚智能化改造数字化转型解决方案，面向企业“减存”“增效”“降本”“提质”，提供丰富的解决方案供企业参考和对接服务商。



图 5-8 智改数转网联咨询诊断公共服务平台

2.江苏省工业互联网公共服务平台

江苏省工业互联网公共服务平台旨在引导全省工业互联网平台良性发展，持续提升工业互联网创新能力，强化平台体系建设，统一国家级平台和省级平台间评价指标体系，助力全省平台企业精准化发展。

企业可以访问江苏省工业互联网公共服务平台（<http://jsiips.asuncloud.com>）查询省内平台相关荣誉信息。注册登录后，企业可使用企业画像、项目申报、竞争力对标分析等功能。通过完善平台信息实时查看平台区域、行业内的排名情况以及与对标企业的分析情况，了解自身在平台基础能力、平台服务能力、平台赋能能力、平台可持续发展能力等方面的优劣势，对平台发展具有指导性作用。



图 5-9 江苏省工业互联网公共服务平台

3.江苏省工业信息安全公共服务平台

依托平台，开展工业信息安全防护星级企业培育工作。通过检测评估、咨询诊断和整改提升等流程，提升企业安全防护能力，帮助企业实现星级达标（工控安全防护基础建设级或平台安全防护基本级及以上等级）或星级提升。



图 5-10 江苏省工业信息安全公共服务平台

2024 年度培育工作详情发布于省工信厅网站，《关于开展江苏省 2024 年度工业信息安全防护星级企业培育工作的通知》培育工作优先在各类信息化基础较好的工业企业和工业互联网平台企业中遴选。积极鼓励近年来获得国家、省、市工信部门认定的各类信息化基础较好的工业企业和工业互联网平台企业参加培育工作。企业需进行的流程如下：

企业自评估。各设区市工信局组织企业在江苏省工业信息安全公共服务平台（<https://www.jsgyaq.com>）注册账号并填报企业基础信息，各设区市工信局组织本地区的自评估咨询服务机构，指导企业开展自评估相关工作。

整改提升。服务机构对完成自评估的企业开展线上核查评估，并根据企业自评估安全防护状况给出整改建议。企业根据整改建议进行对标整改，企业整改后将整改情况从平台提交。

现场核查。结合企业自评估和机构线上核查评估情况，省工信厅指定专业服务机构对重点企业开展现场评估，为企业提供专业诊断服务并帮助提升。

省工信厅将根据线上核查评估和现场抽查评估结果，确定安全防护星级企业名单。

（三）标杆示范创建

1. 国家级试点示范

（1）智能工厂梯度培育

按照《智能工厂梯度培育行动实施方案》《智能工厂梯度培育要素条件》，分基础级、先进级、卓越级和领航级四个层级开

展智能工厂梯度培育。鼓励制造业企业参考智能制造能力成熟度评估结果制定智能工厂建设提升计划，对照基础级智能工厂要素条件开展自建自评。省级工业和信息化主管部门联合相关部门制定本地区、有关中央企业制定本集团智能工厂培育计划和支持措施，组织开展先进级智能工厂评审认定工作，并推荐符合条件的申报卓越级智能工厂。工业和信息化部联合国家发展改革委、财政部、国务院国资委、市场监管总局、国家数据局共同组织开展卓越级智能工厂培育工作。鼓励有意愿、有条件的卓越级智能工厂积极申报领航级智能工厂，由所在地区或所属中央企业向工业和信息化部等部门推荐，在国家智能制造专家委员会指导下开展建设工作。

（2）信息技术与制造业融合发展试点示范

围绕深化新一代信息技术与制造业融合发展，聚焦“数字领航”企业、两化融合管理体系贯标、特色专业型工业互联网平台等方向，遴选一批试点示范项目，探索形成可复制、可推广的新业态和新模式，为制造业数字化转型注入新动能。《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2023 年新一代信息技术与制造业融合发展试点示范申报工作的通知》发布于工信部网站。

申报条件：1.“数字领航”企业方向申报主体是获得过工业和信息化部制造业数字化转型领域相关试点示范的制造企业，包括新一代信息技术与制造业融合发展示范、制造业与互联网融合发展试点示范、工业互联网试点示范、智能制造试点示范等，不接受联合体申报。2.两化融合管理体系贯标和特色专业型工业互联

网平台方向申报主体包括制造企业、信息技术企业、互联网企业、电信运营商、科研院所或其联合体等，应在中华人民共和国境内注册，具备独立法人资格，具有较好的经济实力、技术研发和融合发展能力。3.“数字领航”企业方向不支持已入选企业重复申报。两化融合管理体系贯标和特色专业型工业互联网平台方向不支持已列入前期同类试点示范的项目或仍在示范期的项目重复申报，不支持未建或在建项目申报。中德智能制造合作方向不接收仅购买产品但未进行实质性合作的项目。

（3）工业互联网平台创新领航应用案例

聚焦工业企业数字化转型面临的关键问题，围绕平台化设计、数字化管理、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等六大应用模式，征集遴选一批技术先进、模式创新、成效显著、易复制推广的工业互联网平台创新领航应用案例。《工业和信息化部办公厅关于开展 2023 年工业互联网平台创新领航应用案例征集活动的通知》发布于工信部网站。

申报条件：1.申报单位应在中华人民共和国境内注册，具备独立法人资格、较好的经济实力、技术研发和融合创新能力。2.应用案例能有效支撑开展制造企业数字化转型，并有可量化的经济效益或社会效益。3.申报单位如实填写申报书，申报材料要描述详实、重点突出、表述准确、逻辑性强，杜绝虚构和夸大。

（4）工业互联网试点示范

围绕新技术类、工厂类、载体类、园区类、网络类、平台类、安全类 7 大类 27 个具体方向，遴选一批工业互联网试点示范项

目。优先支持在国家新型工业化产业示范基地、工业稳增长和转型升级成效明显市（州）中的项目，完成工业互联网创新发展工程验收的项目，革命老区的项目，在绿色低碳、安全生产、国际合作、军民融合等方面有显著成效的项目。《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2023 年工业互联网试点示范项目申报工作的通知》发布于工信部网站。

申报条件：1.项目申报主体可以为工业企业、基础电信企业、信息技术企业、互联网企业、高校及科研院所、园区运营管理机构等。申报主体应在中华人民共和国境内注册、具备独立法人资格，具有较好的经济实力、技术研发和融合创新能力。2.优先支持符合以下一项或多项条件的工业互联网项目：一是在国家新型工业化产业示范基地、工业稳增长和转型升级成效明显市（州）中的项目；二是完成工业互联网创新发展工程验收的项目；三是革命老区的项目；四是在绿色低碳、安全生产、国际合作、军民融合等方面有显著成效的项目。3.已列入前期试点示范且仍在示范期的项目（2 年有效期）不可重复申报，未验收或验收未通过的工业互联网创新发展工程项目不可申报，未建项目不可申报。4.每个申报主体同一类型只能申报一个试点示范方向，同一申报主体最多不超过 2 个项目，同一项目不能重复申报。申报主体对单位资质、项目申报书内容的真实性负责，且必须提供项目相关视频证明材料，否则视为无效申报材料。

（5）制造业数字化转型典型案例

调动激发企业实施数字化改造的积极性，交流互鉴实施数字

化改造的成功经验做法，开展制造业数字化转型典型案例征集。案例应具有较强的创新性、代表性、示范性和实效性，具有较强的借鉴意义和推广价值，重点突出、表述准确、逻辑清晰，资料详实，图文并茂。《工业和信息化部办公厅关于开展 2024 年度制造业数字化转型典型案例征集工作的通知》发布于工信部网站。

申报条件：1.案例要坚持正确的政治方向、舆论导向与价值取向，客观真实，不存在虚假夸大陈述。2.案例应符合国家有关法律法规及相关政策要求，可对外公开。3.案例具有较强的创新性、代表性、示范性和实效性，具有较强的借鉴意义和推广价值。4.案例应重点突出、表述准确、逻辑清晰，资料详实，图文并茂，按照规范格式编写，字数不超过 2000 字。

2.江苏省试点示范

（1）智能工厂梯度培育

鼓励制造业企业参考《智能制造典型场景参考指引（2024 年版）》《江苏省智能工厂梯度建设要素条件（2025 年版）》，在车间智能化改造基础上，加强智能制造装备、工业软件与操作系统和工业网络设备等集成应用，开展基础、先进、卓越和领航级智能工厂梯度建设。

1）基础级智能工厂

获评方式：自建自评，不需申报认定。（符合先进级申报条件的企业，可以直接申报先进级智能工厂）

要素条件：企业参考《江苏省智能工厂梯度建设典型场景企业自评价参考（2025 年版）》（本节以下简称《自评价参考》），

围绕工厂建设、研发设计、生产作业、生产管理、运营管理等开展智能工厂建设,至少覆盖生产作业环节,建设场景数不低于《自我评价参考》中的 8 个场景,智能制造能力成熟度自我评价水平达到 GB/T39116-2020《智能制造能力成熟度模型》二级及以上。

2) 先进级智能工厂

申报方式:《关于组织开展 2025 年江苏省先进级智能工厂申报工作的通知》发布于省工信厅网站。企业可对照《江苏省智能工厂梯度建设典型场景企业自我评价参考(2025 年版)》,开展智能工厂建设水平自我评价,符合条件的通过所属地市工信局推荐申报省先进级智能工厂。其中,已入选 2024 年国家卓越级智能工厂的企业同时明确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明确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。

申报条件: 1.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。2.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。3.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。4.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）。

3）卓越级智能工厂（仅有国家级）

获评方式：省工信厅推荐，工信部认定。企业参考《智能制造典型场景参考指引（2024年版）》（工信厅通装函〔2024〕361号）、《智能工厂梯度培育要素条件》，按照《卓越级智能工厂项目申报材料清单》编制申报书。

申报条件：1.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。2.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。3.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。

要素条件：企业参考《自评价参考》，围绕工厂建设、研发设计、生产作业、生产管理、运营管理等开展智能工厂建设，覆盖全部五个环节，建设场景数不低于20个场景，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》三级及以上。

4) 领航级智能工厂（仅有国家级）

获评方式：先获评卓越级智能工厂，再由地方推荐申报。由国家智能制造专家委员会指导。

要素条件：企业参考《自评价参考》，围绕工厂建设、研发设计、生产作业、生产管理、运营管理等开展智能工厂建设，覆盖全部五个环节，建设场景数不低于 25 个场景，智能制造能力成熟度自评价水平达到 GB/T 39116-2020《智能制造能力成熟度模型》四级及以上。

（2）5G 工厂

按照 2024 年省工信厅 5G 工厂相关建设要求，申报单位在已评价为智能工厂的基础上，可根据实际情况申报 5G 工厂，须在基础设施建设、厂区现场升级、重点场景应用、网络安全防护及关键环节自主可控等 4 个方面起到示范带动作用。企业需认真对照《江苏省制造业智能制造示范工厂（含 5G 工厂、工业互联网标杆工厂方向）培育和建设指南》《江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引》，填写申报书。（2025 年最新申报政策尚未发布，可关注省工信厅网站 <https://gxt.jiangsu.gov.cn>）

（3）工业互联网标杆工厂

按照 2024 年省工信厅工业互联网标杆工厂建设相关要求，申报单位在已评价为智能工厂的基础上，可根据实际情况申报工业互联网标杆工厂，须在企业基础能力、企业标杆能力、业务模式创新等 3 个方面起到示范带动作用。企业需认真对照《江苏省制造业智能制造示范工厂（含 5G 工厂、工业互联网标杆工厂方

向) 培育和建设指南》《江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引》，填写申报书。（2025 年最新申报政策尚未发布，可关注省工信厅网站 <https://gxt.jiangsu.gov.cn>）

（4）工业互联网平台

平台分为企业级、行业级、区域级、跨行业跨领域 4 类。其中，企业级平台重点聚焦工业设备设施改造、研发设计、生产管控、经营管理、客户服务等活动的数字化和集成互联，行业级平台聚焦原材料、装备、汽车零部件、电子信息等垂直行业，区域级平台聚焦制造资源集聚程度高、产业转型需求迫切的园区，跨行业跨领域平台面向化工、钢铁、机械装备、轨道交通、汽车、电子等重点行业和研发设计、生产制造、运营管理、仓储物流、运维服务、安全生产、节能减排、质量管控等重点领域。企业需认真对照《江苏省企业级重点工业互联网平台建设指南》《江苏省行业级重点工业互联网平台建设指南》《江苏省区域级重点工业互联网平台建设指南》《江苏省跨行业跨领域重点工业互联网平台建设指南》，填写项目申报书。《省工业和信息化厅 省财政厅关于组织开展 2024 年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》发布于省工信厅网站。

（5）星级上云企业

“企业上云”是指企业通过向云服务商租（购）数字化转型工具和服务，将企业的基础设施、设备、系统、业务、平台等部署到云端，利用网络便捷地获取计算、存储、数据、应用等资源或设计、生产、物流、销售、服务等专业能力。江苏省工信厅每

年开展“星级上云”企业评定工作。上云企业按照不同建设目标和要求，根据上云实践、上云内容、上云成效等多个方面，评定企业上云的星级。《省工业和信息化厅关于组织开展 2024 年度首批省星级上云企业创建工作的通知》发布于省工信厅网站。

申报条件：1.在江苏省注册且具有独立法人资格的企业，以规模以上工业企业为主。2.企业可通过公有云、私有云或混合云等形式上云。3.企业可在三星级、四星级、五星级中任选一类进行申报。其中，星级上云企业须逐级申报，不得重复申报已获评星级。具体申报要求详见《江苏省星级上云企业遴选工作指南（2024 年版）》。

申报方式：企业登录江苏省数字工信一体化平台门户（数字工信，<https://jsgxt.jszwfw.gov.cn:8090/esp/#/portal>）。结合星级上云企业实际工作安排，自行确定并在数字工信平台设置本地企业申报信息填报开始及截止时间。申报企业按照时间要求在平台中填报申报信息，并严格按照星级上云企业申报要求如实在平台上传项目申报电子版材料，确保项目和申报材料真实、客观。

	三星级上云	四星级上云	五星级上云
面向对象	中小微企业	工业基础较好的企业	龙头企业
部署模型	公有云	公有、私有、混合云	公有、私有、混合云
关注重点	各类场景云化软件的开发和应用	工业设备的联网上云	数据+模型的创新应用
作用	引导企业通过购买公有云服务，以较低的成本实现基础云服务应用，实现普遍性、通用性的数据和业务上云，加深企业对上云的认识。	鼓励工业设备接入云端，结合边缘侧对数据处理和分析，获得云端设备服务，提升上云质量。	为行业提供标杆和模板，发挥龙头企业在行业中的示范带头作用。

图 5-11 企业上云星级

（四）供需对接活动

1.世界智能制造大会

世界智能制造大会以“让制造更聪明”为使命，以“聚融创变”为路径，以“全球视野、中国战略、江苏示范”为指引，汇聚国际国内权威机构、知名高校院所、行业龙头企业等代表，为智能制造发展建言献策，共同探讨前沿趋势、碰撞智慧火花、贡献智造力量，持续构建一个多元、开放的全球智能制造交流合作的国际化平台。

2024世界智能制造大会于2024年12月20日—22日在南京国际博览中心举行，由江苏省人民政府、工业和信息化部、中国工程院、中国科学技术协会共同主办。大会以“数智赋能、链通未来”为主题，延续“线上线下相结合”办会模式，举办开闭幕式、专场活动、云上博览会、全球工业机器人高峰论坛等系列活动等展出面积45000平方米、参展商400家、专业观众30000人次。突出“高端化、国际化、专业化、体系化”办会理念，围绕“加快构建新发展格局，着力推动高质量发展”主线，聚合专业力量、构建多元平台，全面引领制造业智能化改造和数字化转型。

2.国际软件产品和服务交易博览会（软博会）

国际软件产品和服务交易博览会（软博会）是南京高标准建设中国软件名城的重要载体和平台，已连续举办20届，2024年为第20届，展会规模和层次已处于国内领先地位，展会由江苏省工业和信息化厅、南京市人民政府主办，是国内领先的集新品发布、产品交易、行业交流、项目对接等功能于一体的综合性软件行业专业盛会。

2024年软博会于2024年12月17日—19日在南京国际博览

中心举行。大会把握数字化、网络化、智能化发展契机，引入中国软件行业协会的全国软件行业资源，以市场化运作为筹备模式，打造“1+2+4+n+云上”的展会框架，邀请国内外知名软件企业、重点软件园参展，重点展示国际国内软件产业发展最新进展，关键基础软件、行业应用软件、新型平台软件、信息安全软件、开源生态等领域前沿成果，新一代人工智能、元宇宙等前沿信息技术成果，软件赋能数字经济发展优秀案例等。

3.两化融合暨数字化转型大会

两化融合暨数字化转型大会由工业和信息化部与地方政府主办。第三届大会于2023年3月在苏州召开，大会以“融合新征程数智新未来”为主题，设置大会开幕式及1场全体会议和13场分论坛。会议围绕“融势启新、凝心共筑”“融汇焕新、聚力前行”“融合赋新、创享未来”，深度聚焦两化融合与数字化转型主要任务、重点工程及数字化人才培养等议题，展开深入交流研讨。在重庆、贵州、青岛等地设置分会场，开设“云端展览”，以“现场+多地+云端”等形式，聚焦产业数字化和数字产业化创新发展与实践，搭建线上会展云平台，打破时空壁垒，实现精彩内容云端展现，系统、多维呈现两化融合在促进工业经济增长和传统产业提升方面的显著成效和最新进展，进一步为政府精准施策、产业转型升级、企业融合发展提供了重要的支撑。第四届两化融合暨数字化转型大会，2024年12月雄安新区召开。

4.工业互联网大会

工业互联网大会由工业和信息化部与地方政府主办，2023

年大会于 2023 年 6 月在苏州召开。大会以“数实融合 数智赋能——高质量推进新型工业化”为主题，开设工业互联网信息模型发展论坛、工业互联网助力企业数字化转型高端论坛等高端论坛近 30 场，邀请国内外权威专家、先进企业和行业组织代表，通过论坛、对话、成果发布会、深度行、企业路演等活动，从不同视角分享工业互联网建设经验和典型案例，探讨工业互联网发展的新技术、新模式、新业态、新趋势。大会发布了首批 20 家 5G 工厂示范标杆，覆盖电子信息、装备制造、原材料、消费品等重点行业。

5. “i 创杯”互联网创新创业大赛

“i 创杯”互联网创新创业大赛设立于 2015 年，是由江苏省工信厅主办，专注于互联网领域的最高规格赛事之一。大赛始终致力于发现和培育基于互联网的新技术、新产品、新业态和新模式。在全国 22 个城市举办了 231 场巡回路演，累计吸引了 8422 个项目报名。有 300 多家投资机构的 600 位投资人向创新创业者们发出了近 2000 张投资邀请函。

第八届“i 创杯”互联网创新创业大赛于 2023 年举行，以“数实互促互融 产业共创共赢”，吸引 1155 个项目报名参赛，经过初赛、复赛和路演，最终有 103 个项目成功晋级决赛，角逐 9 个总决赛席位，竞争特等奖和一、二等奖。大赛以赛促产作用明显，微型智能天线系统研发总部项目、数字孪生生产制造系统研发项目、医学元宇宙可生成式数字资产运营平台项目、AI 数值仿真计算总部项目、易存科技高性能存储项目、泛半导体数字孪生项

目、便携式无障碍出行牵引车生产基地项目、注塑数智云协同制造平台项目等 8 个项目与无锡经济开发区雪浪小镇签约，未来将开展一系列深入合作。

6. 中国国际工业博览会（工博会）

中国国际工业博览会集“展示、交易、评奖、论坛”四大功能于一体，聚焦新工业新经济，会聚顶尖专家精英，引领产业科技创新风尚，全力构建开放、创新、包容的产业生态，覆盖从制造业基础材料、关键零部件，到先进制造装备、整体解决方案的智能绿色制造全产业链，是国内展览规模最大、参展企业最多、展示领域最广、国际化程度最高的工业展会之一。自 1999 年创办以来，每年秋季在上海举办，已成功举办二十四届。

2024 年中国国际工业博览会于 2024 年 9 月在上海举行，展览总面积达 28 万平方米，设置九大专业主题展，吸引 28 个国家和地区的约 2600 家参展商齐聚申城。会议以“工业聚能 新质领航”为主题，设立“1+3+1+N”的焕新活动体系，即 1 场开幕式、3 场行业峰会、1 场科技峰会、N 场专题活动、行业研讨会和新品发布会等行业全面、话题热议、内容丰富活动，聚焦工业自动化、数控机床与金属加工、新能源与智能网联汽车、机器人等领域，展示了中国新型工业化高质量发展的核心技术，为产业转型升级提供示范样板。

7. 世界人工智能大会

世界人工智能大会（WAIC）是中国和全球人工智能前沿技术的重要展示平台。

2024 世界人工智能大会（WAIC 2024），由外交部、国家发展改革委、教育部、科技部、工业和信息化部、国家网信办、中国科学院、中国科协和上海市政府共同主办。大会开设全球治理、产业发展、科学前沿 3 场主论坛，若干场行业论坛，涵盖 AI 伦理治理、大模型、大数据、算力、具身智能、AI for Science、新型工业化、自动驾驶、投融资、教育与人才十大重点议题。大会设置人工智能应用场景展览区，重点围绕核心技术、智能终端、应用赋能三大板块，聚焦大模型、算力、机器人、自动驾驶等重点领域，集中展示一批“人工智能+”创新应用最新成果，首发一批备受瞩目的创新产品。来自全国以及瑞士、美国、新加坡、加拿大、英国、墨西哥等近 20 个国家的超过 100 个场景方，现场发布近 200 个实际采购需求，覆盖农业、工业制造、物流、医疗、文旅、新消费等千行百业，采购金额超百亿元人民币。

（五）中小企业专项政策

1. 江苏省专精特新中小企业

专精特新中小企业认定是全国范围内对创新型中小企业的重要扶持政策。《省工业和信息化厅关于组织开展 2024 年度省级专精特新中小企业（第一批）申报认定工作的通知》发布于省工信厅网站。

申报条件。申报企业须为中小企业（符合《中小企业划型标准规定》工信部联企业〔2011〕300 号），在江苏境内注册，具有独立法人资格，经营和信用状况良好，纳入“江苏省优质中小企业培育库”的在库企业（年度新增入库或数据更新通过审核），

且公告为创新型中小企业（有效期内）。优先推荐属于“1650”产业体系重点领域企业。

申报方式。申报采取线上填报与线下报送结合的方式。企业进入“江苏政务服务网－江苏省工业和信息化厅旗舰店”（<https://www.jszwfw.gov.cn/col/col140127/index.html>），在线办理“专精特新中小企业培育和认定”，通过统一身份认证系统登录后，按照申报步骤和要求填报《江苏省专精特新中小企业申报书》并上传相关佐证材料。

审核推荐。请各设区市工信局严格把关，对照条件对企业申报材料进行初审，重点审核独立法人地位、企业规模、所属领域、产品核心竞争力和市场占有率、产业链配套能力以及有无环境、质量、安全等方面违法记录等。

评审认定。省工信厅将按程序组织对各地推荐申报的企业进行形式审查、专家评审等综合性审核后，择优确定认定企业名单。认定结果将在省工信厅门户网站进行公示公告，有效期为3年。

2.江苏省中小企业公共服务平台

江苏省中小企业公共服务平台主要为全省中小企业发展提供服务，具体包括政策指导、创业导向、金融支持、对外交流、法律咨询、信息沟通等服务。具体服务板块如下：

（1）享政策。面向全省中小企业，开展专精特新、智改数转、企业减负、融资促进等方面政策解读、政策推荐、政策匹配等服务。

（2）找服务。面向全省中小企业，提供智改数转、投融资、

创业、人才、培训、技术创新、管理咨询，以及营销、法律等服务。

（3）获融资。缓解融资难融资贵难题，面向全省中小企业，提供高效便捷的金融服务，包括专精特新、普惠金融、政策性金融等产品。

（4）拓市场。提供面向中小企业的招标投标信息。



图 5-12 江苏省中小企业公共服务平台

3.全国中小企业数字化转型公共服务平台

中小企业数字化转型公共服务平台依托国家工业互联网大数据中心建设，基于工信部发布的《中小企业数字化转型指南》和《中小企业数字化水平评测指标（2024 年版）》（详见工信部网站）开展线上评测，为中小企业数字化转型自评估提供科学工具，支撑专精特新中小企业培育遴选工作，推动实现中小企业

数字化转型服务、政府管理职能赋能和行业评估评测相结合。网址 <http://caii-sme.indusforce.com/#/home>。

通过线上平台评测，企业可以掌握自身数字化发展水平，评测结果将作为《优质中小企业梯度培育管理暂行办法》（工信部企业〔2022〕63号）中“专精特新中小企业认定标准”第5个评价指标“数字化水平”的评价依据。企业还可在平台查看数字化转型案例集，包括政府推进模式案例、“链式”转型典型案例等。



图 5-13 全国中小企业数字化转型公共服务平台

4.全国优质中小企业梯度培育平台

面向全国中小企业提供政策信息、培训辅导、供需对接等服务。企业可在线申报科技型中小企业、创新型中小企业、专精特新中小企业、专精特新“小巨人”企业。

科技型中小企业支持领域：依托一定数量的科技人员从事科

学技术研究开发活动，取得自主知识产权并将其转化为高新技术产品或服务，从而实现可持续发展的中小企业。申报企业需满足职工总数不超过 500 人、年销售收入不超过 2 亿元、资产总额不超过 2 亿元。

创新型中小企业、专精特新中小企业、专精特新“小巨人”企业是优质中小企业培育的三个层次，三者相互衔接、共同构成梯度培育体系。其中，创新型中小企业重点支持具有较高专业化水平、较强创新能力和发展潜力的企业，认定包括“直通车”和“评价指标”两种方式。



图 5-14 全国优质中小企业梯度培育平台

第六章 愿景与展望

一方面，全国、江苏持续推动农业强国、农业强省建设，提出了“全领域推进农业科技装备创新，加快实现高水平农业科技自立自强”等要求，为拖拉机行业发展提供了政策保障和发展指引；另一方面，当前人工智能、物联网、替代能源等新技术与拖拉机行业加速融合，新技术应用正加快拖拉机生产过程的降本、增效、提质以及拖拉机整机的性能提升、效率提高，进而带动拖拉机装备全程全面升级。以此展望未来，拖拉机行业有望在各级政策有力支持下，围绕生产制造端、整机产品端，沿着“智能化与无人化”“数字化与服务化”“绿色化与集成化”的三维路径深度发展，并逐步融入“无人化作业、数据驱动决策、全生命周期管理”的智慧农业生态，为农业强国、农业强省建设增添后劲。

智能化、无人化构筑拖拉机行业新发展形势。**制造端：**柔性生产技术持续迭代，先进解决方案成本降低，支撑拖拉机企业建设无人化黑灯工厂；应用人工智能、数字孪生、机器人等先进技术，推进拖拉机虚拟装配、无人装配与人机协同装配；应用工业大模型等技术辅助拖拉机制造、装配、试验，提升生产效率和产品质量。**产品端：**应用无人驾驶、高精度导航、智能传感器等技术，开发具有路径规划、作物识别等功能产品，使拖拉机能够自主完成耕作、播种等田间作业，提高作业精度，减少人力依赖，降低劳动成本。集成土壤检测、作物监测等多源数据，实施变量

播种、施肥，根据作物实际需求调整投入量，实现资源精准利用，提高产量同时减少对环境的影响。

数字化、服务化为拖拉机行业提供智能决策支撑。制造端：通过工业互联网实现生产流程优化与供应链协同；通过 AI 智能体与大模型技术，辅助企业计划制定与日常经营管理；产业链上下游与集团内部通过数字化平台、工业互联网平台实现供应链、研发设计、生产作业的高效协同。**产品端：**深化拖拉机远程运维与服务，将运行状态、作业数据等实时传输至云端平台，动态掌握整机路径、作业进度、燃油消耗等信息，开展故障预警和计划维护。搭建拖拉机或农机行业的物联网生态系统，通过物联网采集整机、农田、作业任务等数据，经云计算平台分析，提供定制化的耕种建议、虫害预警等农业生产服务，实现更加精细化的管理和决策支持。

绿色化、集成化成为拖拉机行业可持续发展新模式。制造端：普及应用能源管理系统，引入清洁能源、优化生产工艺，推进绿色工厂、零碳工厂建设。建立绿色供应链标准，建立废旧拖拉机、拖拉机动力电池回收体系，推动零部件再利用和二手设备交易，减少资源浪费。**产品端：**新能源拖拉机应用越发普遍，固态电池技术、先进电驱动技术、电液一体化技术不断突破，面向细分应用场景开发的针对性电动或混合动力拖拉机种类愈加丰富，减少化石燃料依赖和环境污染。拖拉机集成播种、施肥、收割等多功能模块，融入智慧农业、农场解决方案，为农户提供智能设备、农业管理系统、数据分析平台等一体化、从硬件到软件的服务，

助力实现农业生产全过程的数字化管理和决策支持。

附件： 1.人工智能典型应用场景

2.改造投入清单及图谱

3.企业案例

4.服务商目录

5.技术缩略语

6.江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引

附件 1 人工智能典型应用场景

人工智能技术具有技术创新快、应用渗透强等特点，目前正与包括农机、农业内的各行各业深度融合。拖拉机与人工智能行业的融合，既是技术创新的实践，也是农业理念的革新，或将推动生产效率、资源利用率与可持续性达到前所未有的高度，有力支撑一个智慧、高效、绿色的农业愿景。

1.无人驾驶

无人驾驶技术应用于拖拉机，可助力实现自动播种、施肥等农业操作。通过机器视觉、智能感知、线控底盘等技术，无人驾驶拖拉机能够根据预设的路线和作业要求，精确控制行驶速度和作业深度，提高作业效率，减少人力成本，同时降低因人为操作失误导致的作物损害。

2.故障预警

通过物联网（IoT）技术和传感器集成，实时监测拖拉机整机、发动机、变速箱状态，以及液压系统压力、零部件磨损情况等关键指标，进行深度数据挖掘，提前发现潜在故障并预警，避免因突发故障造成的停机损失，延长设备使用寿命。

3.视觉检测

利用图像识别技术，采集产线柴油发动机、变速箱、动力电池、链条、轴承、齿轮等拖拉机关键零部件图像，结合图像分割、机器学习算法、大数据分析等技术，判别产品质量是否符合要求，提升质量控制效率。

4.专家系统

基于拖拉机使用与操作电子手册，结合智能语音、人机交互等技术，开发配备于拖拉机的专家系统，根据产品属性、使用需求、作业场景等信息，为农户提供个性化的操作建议、农业作业参考方案等，拓展服务型拖拉机。

5.行业大模型

构建农业领域大型知识图谱和模型，整合农业、农机基本数据，以及作业季气象、产量、供需等多源信息，搭载于智能拖拉机，为用户决策提供支持，如预测区域市场价格、作物生长周期、优化作业调度等，提升农业生产服务能力。

6.智能监测

搭载智能高清摄像头，对农作物生长状况、田间作业环境进行实时监测，结合图像智能识别技术，识别病虫害、营养不良等问题，及时采取措施。同时，可以用于检查土壤状况、种子分布均匀性等，确保农业生产质量。

7.智能感知

搭载各类传感器（如温湿度传感器、光照传感器等）收集环境数据，结合 AI 算法分析，根据实际环境变化自动调整作业参数，如调整灌溉量、改变播种密度等，以适应不同作物和环境的需求，实现更加精细化的农业生产管理。

附件 2 改造投入清单及图谱

1. 行业系统化场景图谱示意图

		研发设计环节 A			智能制造环节 B					运营管理环节 C		供应链环节 D		售后服务环节 E		
		数字化协同研发：拖拉机行业利用现代信息技术手段，将研发过程中的各个环节、各个角色以及相关的资源和信息进行集成、共享和协同，从而实现研发流程的自动化、智能化和高效化。 工具链：目前拖拉机行业应用了 PLM、UG/Solidworks、PM 项目管理和 MATLAB 等系统或软件进行数据管理和协同研发，贯穿拖拉机行业从设计、仿真、测试到生产各业务环节和应用场景，实现研发设计环节数字化管理。 数据链：通过传感器、物联网等技术手段，采集各业务环节过程中的数据，通过对数据进行清洗、整合和分析，便于研发设计环节做出优化和改进，从而提高研发效率和产品质量。 标准链：通过对设计流程、开发流程、测试验证流程、数据格式、数据字典、数据接口等方面进行统一标准或规范化，确保产品的质量和性能，以及数据的一致性和准确性，提高协同研发效率和质量。 痛点问题：1. 数字化协同研发意识薄弱：许多拖拉机制造企业尚未意识到数字化协同研发的重要性和必要性，仍采用传统的研发模式，缺乏数字化协同研发工具和平台，导致研发效率低下。2. 数据孤岛现象：企业内部各部门之间的数据难以实现共享和互通，导致数据孤岛现象严重。数据标准不统一，数据格式不兼容，使得数据在跨部门流转时存在障碍。3. 缺乏统一的管理体系：拖拉机制造企业缺乏统一的管理体系，导致数字化协同研发过程中的数据管理、版本控制等方面存在混乱。另外缺乏有效的项目管理方法和工具，使得研发项目难以按时按质完成。														
		主场景														
		A1.1 主场景：产品设计主场景 工具软件：CAD/SolidWorks/UG/CAE/PLM 等系统及软件 数据要素：产品规格书、产品数据模型、设计 BOM、产品全生命周期管理数据 知识模型：需求分析模型、三维 CAD 建模、CAE 模型 人才技能：机械设计与制造、电子技术与自动化、人工智能（AI）技术、材料科学与工艺技能 痛点问题：整机厂直接面对终端用户，涉及众多的环节和复杂的功能要求，如何管控和协调产品设计进度，另外设计与生产存在一定的脱节，如何保证产品性能和功能的有效性。			B2.1 主场景：工艺设计主场景 工具软件：CAD/AR/PLM/电子看板 数据要素：工艺文件、工艺 BOM、装配图纸、作业指导书、试验验证模型 知识模型：三维 CAD 建模、运动仿真分析、工艺规划和优化模型、虚拟装配模型 人才技能：制造工艺、材料科学与工艺技能、工装夹具与模具设计、数据采集与预处理 痛点问题：拖拉机装配过程中涉及大量零部件的组装和调试，如何有效管控加工质量和加工进度，直接影响整机的性能和可靠性。					C3.1 主场景：拖拉机新品开发管理主场景 工具软件：CAD/PM 项目管理系统/PLM/ERP/BI 数据要素：性能测试数据、市场销售数据、质量检测数据、可靠性实验数据、环境试运行试验数据、竞品分析数据 知识模型：项目质量管理模型、项目进度管理模型、项目成本管理模型、项目风险管理模型 人才技能：机械设计与制造、项目管理 痛点问题：1. 设计变更管理：在新产品开发过程中，设计变更可能频繁发生，如何有效管理设计变更，确保变更信息的准确性和及时性是一个挑战。2. 跨部门协作：项目管理涉及多个部门和团队之间的协作，如何协调各方资源，确保项目顺利进行是一个关键问题。		D4.1 主场景：拖拉机研发制造资源管理主场景 工具软件：CAD/ERP/SRM/PLM 数据要素：工艺图纸、设计 BOM、制造 BOM、工程变更数据 知识模型：资源需求预测模型、资源配置优化模型、资源协同管理模型 人才技能：供应链管理技能、产品设计技能、数据分析能力 痛点问题：拖拉机企业的供应链系统复杂且庞大，涉及多个节点企业和环节，这使得供应链的风险难以预测和控制。尤其是新产品开发环节，涉及产品的验证和测试，需采购或使用少量的零部件，采购周期长。		E5.1 主场景：产品设计优化主场景 工具软件：CRM/物联网大数据平台 数据要素：客户反馈数据、设备监测数据、设备采集数据 知识模型：用户反馈分析模型、远程诊断与数据分析模型、产品研发设计优化模型 人才技能：供应链管理、机械设计与制造、项目管理、数据采集与分析 痛点问题：1. 数据整合难度：质量管理反馈数据、生产管理反馈数据、客户反馈数据以及远程监控数据来自不同渠道，格式和标准不统一，增加了数据整合的难度。2. 数据分析精度：受数据来源、数据质量和数据分析方法等因素的影响，数据分析结果的精度和可靠性有待提高。		
1 研发 设计	细 分 场 景	A1.2 细分场景：柴油发动机基于 PLM 系统+NX 软件平台化设计 痛点问题： 1. 传统二维设计难度大、效率低：柴油发电机传统的平面设计，通过二维图纸流转实施制造，设计流程复杂、设计效率低，无法并行进行工艺、质检设计。同时，图纸更新信息流传不及时、不到位，时常出现“过版”图纸指导生产的现象。通过 NX 三维软件实现了部分产品零部件的三维设计，但依旧无法解决数据源不统一、研发设计与工艺质检数据不唯一、图纸更新不及时等问题。而搭建基于 PLM+NX 模式的设计平台，实现了产品全生命周期数据流程贯通。解决了产品设计数据分散、版本混乱的问题，提升了设计效率，确保了产品质量的稳定性和一致性。 2. 设计与制造脱节：柴油发动机在传统的研发设计模式中，发动机与整车的性能设计和开发相对独立，整车与发动机的性能往往是被动式的匹配。而基于 PLM 系统+NX 三维软件的模式，则能够实现从设计到制造的无缝对接。	A1.3 细分场景：拖拉机变速箱体基于 CAE 仿真设计优化 痛点问题： 1. 机械强度评估不准确：传统的变速箱设计往往基于经验公式和简化模型进行强度评估，难以准确反映箱体的实际受力情况。可能导致箱体在使用过程中出现开裂、变形等失效问题。 2. 结合面密封性难以保证：传统设计方法中，箱体密封性的设计和验证往往依赖于试验和经验，难以确保密封效果的稳定性和可靠性。 3. 传动系效率评估不足：传动系的效率直接影响拖拉机的性能和燃油经济性。传统设计方法中，对传动系效率的评估往往缺乏系统性，难以准确反映传动系统的整体性能。 4. 齿轮强度校核不全面：传统设计方法中，齿轮强度的校核往往依赖于经验公式和简化计算，难以全面反映齿轮的实际受力情况。	A1.4 细分场景：拖拉机研发基于 PLM 系统数字化管理 痛点问题： 1. 数据孤岛与不一致性：各设计人员之间数据不共享，导致信息孤岛现象，设计环节因协作效率低，导致产品开发周期长，成本高。PLM 系统提供了一个集成化的平台，统一管理产品相关数据，同时通过协同化管理，实现跨部门、地域协同共享。 2. 文档管理混乱：设计图纸、工艺文件等文档管理不规范。查找和更新文档耗时费力，影响工作效率。PLM 系统提供文档管理功能，规范产品相关文档的管理。 3. 设计变更流程长，版本一致性难度大：传统模式图纸变更依靠纸质单据进行审批，流程长，需要依靠人员手动进行下发图纸，耗时。同时因图纸版本较多，电子版储存在不同的设计人员处，易出现图纸版本不一致的现象。PLM 系统通过图纸版本控制和变更管理，确保图纸的准确性和一致性。	B2.2 细分场景：设计工艺 BOM 协同 痛点问题： 1. BOM 脱节：拖拉机关键部件设计 BOM、工艺 BOM 和制造 BOM 之间缺乏有效衔接，导致信息传递不畅，影响生产效率和准确性。而基于 PLM 系统，可以实现设计 BOM、工艺 BOM 和制造 BOM 的协同管理。通过流程进行设计 BOM 校对、工艺 BOM 转换工作，完成制造 BOM 结构创建，并传入 ERP 系统。 2. 数据重复与冗余：在传统拖拉机关键部件工艺设计环节中，BOM 的建立往往涉及大量重复工作，且人工参与度高，容易引入错误。而 PLM 系统能够直接从设计图纸中提取零部件信息，自动生成 BOM，减少了重复工作和人工参与。同时，系统支持自动化配置工具，进一步提高了设计效率。 3. 设计与工艺协作不畅：拖拉机关键部件设计与工艺部门之间沟通不畅，导致设计不合理、工艺路线繁杂重复等问题。而 PLM 系统为设计与工艺部门提供了一个协同工作的平台。通过系统，设计部门可以及时了解工艺部门的需求和反馈，对设计进行合理调整。	B2.3 细分场景：箱体制造工艺仿真优化 痛点问题： 1. 箱体铸件缺陷频发：由于箱体铸造过程中的复杂性和不可控因素，传统箱体制造工艺往往难以避免气孔、缩孔、裂纹等铸件缺陷。而 CAE 软件可对铸造过程进行模拟凝固分析，预测可能出现的铸件缺陷。通过调整铸造工艺参数和优化铸造模具设计，可以有效减少气孔、缩孔、裂纹等缺陷的发生。 2. 加工精度难以保证：箱体加工精度要求高，传统工艺在加工过程中往往依赖于操作人员的经验和技能水平，导致加工精度不稳定。而有限元分析软件可以对加工过程进行受力及变形分析，指导定位、夹紧等工艺设计。通过优化加工工艺参数和夹具设计，可以减小加工误差，提高加工精度。	B2.4 细分场景：轮拖装配工艺仿真优化 痛点问题： 1. 传统轮式拖拉机装配过程中，工人需要依靠经验和图纸进行手工操作，这往往导致装配效率低下，且容易出错。而通过仿真软件和虚拟现实技术，可以对装配工艺方案进行三维仿真，模拟拖拉机组装的全过程。这有助于工人提前了解装配过程，减少实际操作中的摸索和试错时间，从而提高装配效率。 2. 由于手工操作的不确定性，拖拉机装配质量往往难以得到保证。此外，装配过程中的误差和缺陷也可能导致拖拉机在使用过程中出现故障。而通过仿真过程可以对装配过程中的各种因素进行精确模拟和分析，找出影响组装质量和效率的关键因素。这有助于工人对装配过程进行精细化控制，确保装配质量。	B2.5 细分场景：三维可视化指导书 痛点问题： 1. 信息更新不及时：轮式拖拉机装配环节以纸质作业指导书为依据，难以迅速更新其中的信息。当装配工艺或装配动作发生变化时，需要变更审批后重新下发，这不仅耗时耗力，还可能造成信息滞后。而三维可视化作业指导书可以实时更新装配工艺和装配动作信息，并下发至现场终端机，确保装配工人始终掌握最新的装配要求。 2. 理解难度大：拖拉机装配涉及较多的零部件，纸质作业指导书对于复杂的装配步骤和细节，难以直观展示，导致装配工人理解困难，增加操作失误的风险，影响装配质量和效率。而三维可视化作业指导书提供了清晰的装配次序、装配路径、装配手段和装配质量技术要求，有助于规范装配工人的操作行为，提高装配质量和效率。	C3.2 细分场景：拖拉机新品开发全流程管控 痛点问题： 1. 跨部门协作困难：拖拉机新品开发涉及研发、采购、生产、销售等多个部门，传统模式下部门间协作效率低下，信息传递不畅，影响项目的整体进度和质量。而项目管理系统通过集成各个业务部门的数据和信息，打破部门壁垒，实现信息的实时共享和高效协同。 2. 拖拉机开发进度管控难：传统模式下，拖拉机新品开发项目进度的监控往往依赖于人工汇报和定期检查，存在一定的滞后性，若出现延期或质量问题，往往难以及时发现和解决，给项目带来一定的风险。而项目管理系统通过建立项目进度管理和问题反馈机制，实现对项目进度的实时跟踪和监控。同时，通过 BI 大屏展示项目负责人及进度，提高项目透明度。 3. 新品开发经验难以复用：传统模式下，项目文档管理不规范，项目经验难以有效沉淀和复用。而项目管理系统通过统一管理项目文档和知识经验，实现项目经验的有效沉淀和复用。有助于企业在面对类似项目时能够快速借鉴以往经验，减少摸索和试错成本，提高开发效率和质量。		D4.2 细分场景：产品开发内部资源协同 痛点问题： 1. 数据孤岛与信息不共享：各部门使用的信息化系统相互独立，数据资源无法实现互联互通。设计、生产、采购等部门之间的信息流通不畅，导致协同效率低下。而通过 MES、PLM、ERP 等系统的集成，实现各部门之间的数据共享和流通。设计、生产、采购等部门能够实时获取所需信息，提高协同效率。 2. 研发周期长与设计变更困难：研发设计流程繁琐，涉及多个环节和部门，导致研发周期长。设计变更需要经过多个部门的审批和协调，过程复杂且耗时。而系统集成提供协同设计平台，实现多部门之间的并行设计和审批。		E5.2 细分场景：用户服务优化设计 痛点问题： 1. 客户需求反馈滞后：拖拉机客户需求的收集主要依赖于电话回访和客户主动反馈，这种方式往往存在滞后性，同时缺乏对客户使用习惯、偏好、满意度等全面数据的收集，导致研发设计缺乏足够的数据支持。而通过深化应用 CRM 系统和 app 保修系统，企业能够实时收集和分析客户的历史交易数据、行为偏好、反馈意见等信息，为客户提供全面的画像，便于准确地把握客户需求和市场趋势，从而服务研发设计优化。 2. 研发设计周期长：拖拉机客户需求反馈滞后和数据收集不全面，研发设计团队往往需要花费更多时间进行市场调研和产品设计，导致研发周期长，难以满足市场快速变化的需求。而利用 CRM 系统、app 系统收集的客户使用保修数据和工业网络互联互通平台集聚的市场需求、研发设计等资源，企业能够进行数据分析，为研发设计提供科学依据，缩短研发周期，提高产品质量和竞争力。		E5.3 细分场景：远程诊断服务优化设计 痛点问题： 1. 数据收集与分析的局限性：由于数据收集和分析的局限性，拖拉机企业在研发设计优化方面可能缺乏针对性和准确性。这可能导致优化措施的效果不明显，甚至可能浪费研发资源。而基于北斗的农机物联网管理平台，结合远程诊断功能，可以更加准确地定位故障发生的原因和频率，从而实现研发设计针对性优化。 2. 缺乏智能化技术支持：传统模式缺乏智能化技术的支持，如物联网、大数据、远程诊断等。这使得企业在故障预测、预警和优化设计方面缺乏先进的技术手段。而充分利用物联网、大数据、远程诊断等智能化技术，实现了对拖拉机设备的远程监控和诊断，为研发设计提供了更加先进的技术手段和支持。	

		研发设计环节 A		智能制造环节 B			运营管理环节 C			供应链环节 D		售后服务环节 E	
2 生产 制造		数字化协同制造：基于新一代数字信息技术，贯穿研发设计、生产制造、运营管理、客户服务等制造活动的各个环节，具有信息深度自感知、智慧优化自决策、精准控制自执行等功能的先进制造的模式与过程。 工具链：SolidWorks /CAD/PLM/PDM/WMS/EPR/MES/CRM/APS 数据链：目前平台间的数据交互多种，MQTT/OPC/OA/API 等数据的互通，实现工厂内部，工厂与外部、上下游数据的高效协同。 标准链：从研发到生产、仓储、质量、销售一系列的数据，包括企业经营管理的数据，形成内部多条标准化的数量链。 痛点问题：拖拉机行业生产质量要求十分严格，包括原材料控制、零部件质量、制造过程控制、工艺参数控制、整机测试等；供应商配送货的准点率和交货数据制约组装线的效率。											
	主场景	A2.1 主场景：数字孪生 3D 仿真组装主场景 工具软件：SolidWorks /CAD/PLM/PDM 数据要素：开发组件、设计模块、模拟仿真、模块组装 知识模型：3D 数字建模、零件库模型、虚拟建模 人才技能：3D 建模、数字化建模、大数据分析 痛点问题：组装的时候出现误差问题、缺料情况、质量问题等等制约了安装的效率。		B2.1 主场景：装配柔性化生产制造主场景 工具软件：MES/ERP/SCADA/APS/PHM 数据要素：排单计划、数据采集、生产流程 知识模型：生产数据模型、排版计划模型、设备数据模型 人才技能：数据采集、代码编程、机械设计 痛点问题：发动机组装环节自动化排单、数据化采集，视觉等在线自动化控制功能应用和优化。			C2.1 主场景：整机组装生产数据管理主场景 工具软件：MES/ERP/APS/WMS/QMS 数据要素：生产数据、仓库管理、来料检验、质量控制 知识模型：BOM 表数据模型、测量数据大模型、 人才技能：代码编码、数据分析、质量控制 痛点问题：多平台生产数据的对接，数据的有效性，时效性控制。			D2.1 主场景：发动机供应链生产配送控制主场景 工具软件：ERP/SCM/QMS 数据要素：供应链、生产管理、客户管理、质量控制 知识模型：送货周期数字模型、配送效率数据模型 人才技能：代码编码、数据分析、质量控制、机械设计、供应商管理 痛点问题：供应链环节的数据对接，配送环节，人工干预的差异化。		E2.1 主场景：生产环节售后服务反馈机制分析主场景 工具软件：CRM/SCM 数据要素：质量控制、售后管理、供应商管理 知识模型：供应商服务评分模型、客诉反馈数据模型 人才技能：供应商管理、质量控制、代码编码 痛点问题：售后服务反馈时效性和生产环节有脱节，如何考虑时效性差异。	
	细分场景	A2.2 细分场景：发动机组装数字孪生模拟仿真 痛点问题：发动机零件多，精度要求高，公差范围小，通过数字孪生的方式，3D 模拟安装，在生产前期通过模拟仿真的方式，检查安装顺序，安装公差，减少生产安装的时间。	A2.3 细分场景：零配件摆放、配送数字仿真布局 痛点问题：结构件，加工件多，零件或半成品等摆放的位置、供货顺序、配送路线等在整车安装的时候制约了安装效率。	B2.2 细分场景：发动机组装数据信息化采集 痛点问题：发动机组装以手动安装为主，自动化程度相对偏低，数据信息化采集能力弱。	B2.3 细分场景：车间生产计划自动化排程 痛点问题：发动机组装规格多，批次不一，日常排单为手工，如何根据订单及生产流程系统自动化排单。	B2.4 细分场景：车间设备维修保养预警 痛点问题：车间设备保养依赖人工经验，依赖电子表单，定期更换保养，根据真实情况实现预警式保养维修。	C2.2 细分场景：BOM 表组装数据溯源和分析 痛点问题：整机组装过程中，BOM 表零件多，入仓，出仓，退仓。涉及次数多，如何保证同一批次零件的可追溯性。整机组装过程中如何保证零件数量及批次的正确性。	C2.3 细分场景：仓库配送时效性 痛点问题：整机组装过程中，涉及大量的零配件，在日常的装配流水线上如何保证领用的数量和安装的数量以及退库的数量一致性。	C2.4 细分场景：检验数据上传平台系统 痛点问题：来料检验的数据和过程检验数据，大多采用纸或者电子表格形式，通过人工上传到系统。如何减少人工干预的。	D2.2 细分场景：供应链配送效率管理 痛点问题：整车组装线有多规格、多批次的来料，某项零配件的缺失，会影响组装效率，过多又导致库存压力大，如何打通组装数据链，按需按点及时配送，控制成本及效率。	D2.3 细分场景：供应链配送产品质量控制 痛点问题：发动机供应链配送质量由 SQE 控制，出现不合格品，整个批次需要退回返工，SQE 花费时间长，如何保证原料供应质量，缩短正品供货周期时间。	E2.2 细分场景：终端客户反馈服务系统 痛点问题：终端客户使用的问题反馈，追溯到生产环节，往往已经过去很久，如何缩短反馈时间。	E2.3 细分场景：供应商的售后服务体系 痛点问题：频繁更换供应商，对于产品的工艺、质量、数量、交期至关重要的，采购和 SQE 对于前期的考察及审核要花费大量的时间，考核供应商的评分系统的建立对组装车间的效益。

		研发设计环节 A		智能制造环节 B		运营管理环节 C		供应链环节 D		售后服务环节 E						
3 经营管理		<p>数字化协同管理：通过先进的计算机技术手段，有效设计顶层战略规划，实现经营数据全流程收集和分析，对企业资源进行统一规划和动态管理，支撑企业可持续发展。</p> <p>工具链：通过现场调研和资料收集，目前拖拉机行业应用了 ERP、MES、APS、SPC、CRM、SCM、WMS、OA、BI、设备管理系统、能源管理系统、工业互联网大平台及手机 APP 等进行有效经营管理和分析决策，可应用的数字化工具全、智能化程度高。</p> <p>数据链：企业资源管理环节、生产运营环节、数据应用场景已实现软硬件之间、各系统之间已实现有效集成，数据互联互通，资源实时协同。</p> <p>标准链：企业内有统一的数据治理标准需求；行业内新产品、新技术有统一的生产标准需求。</p> <p>痛点问题：拖拉机行业各同质化企业间竞争关系突出；企业上下游数据未有效联通；部分企业手工场景、老旧设备较多，老旧厂房改造困难；拖拉机远程运维成本占比较大，拖拉机整机及其零部件均有一定的库存积压风险；维保人员区域分布不均，时效性不高。</p>														
	主场景	A3.1 主场景：市场开发运营主场景 工具软件：工业互联网大平台、ERP、CRM、SCM 数据要素：市场调研表及可行性报告、新品开发制度及过程表单 知识模型：市场定性定量分析模型、产品生命周期模型 人才技能：计算机技术、产品开发与设计能力、市场运营能力、战略规划能力 痛点问题：拖拉机新产品开发和运营成本高；前端农户无法精确表达，无足够数据采集量，研发成本和周期变化空间大；以汽车、飞行器为主的平行领域新技术发展快，研发初期成本高导致行业应用受到限制；拖拉机同行同质化竞争激烈，行业内卷严重。			B3.1 主场景：工厂规划运营主场景 工具软件：三维建模软件、动画生产软件、数字孪生技术 数据要素：厂区规划方案及可行性报告、厂区内空间数字信息、厂区施工图纸 知识模型：仿真模拟模型 人才技能：计算机技术、三维仿真技术、数字孪生技术 痛点问题：拖拉机行业发展历史长，老旧厂房多，厂房规划和新建成本高、投入大；老旧车间改造周期长，影响生产和出货能力。		B3.2 主场景：资源动态调配主场景 工具软件：工业互联网大平台、ERP、MES、WMS 数据要素：订单数据、产品加工过程信息、设备数据 知识模型：资源线性规划模型 人才技能：计算机技术、项目管理能力、工艺设计能力、机械加工技术、运营管理能力、设备管理能力 痛点问题：拖拉机生产涉及供应商多、供应链长，信息化数据未联动，资源匹配和优化能力弱；除集团型、链主型企业外，各企业改造过程成效低或不明显，易出现规划不足或中途放弃。		C3.1 主场景：企业资源规划主场景 工具软件：人力资源管理软件、财务管理软件、ERP、OA、工业互联网大平台 数据要素：人力资源库、招聘/培训/选拔/审查等规章制度及过程表单、企业资源能力清单、财务报表、法律法规及过程表单、安全监督规范及过程表单、数据库资料、数据治理制度及过程表单 知识模型：人力资源价值链模型、财务三表模型、风险管理模型、数据管理成熟度模型 人才技能：计算机技术、人力资源规划能力、财会能力、法务能力、风控能力、数据治理能力 痛点问题：拖拉机除集团型企业外，大部分企业还未定义企业级的、统一的数据标准，也未建立规范的数据管理组织架构，数据规则多样，数据定义混乱；企业培训不规范、监管措施不到位，跟踪执行不彻底，导致安全方面员工意识淡薄，保密、风险等在企业资源管理过程中重视度不足。		C3.2 主场景：能耗管理主场景 工具软件：ERP、能源管理系统 数据要素：能耗数据、采集设施基本信息 知识模型：仿真模拟模型 人才技能：计算机技术、电工技术、电子信息与自动化 痛点问题：拖拉机行业生产设备以智能化单机、手工类设备较多，能耗数据没有下沉到单体设备，能源管理较为粗放，月度统计为主；除原材料生产型企业或原材料加工的大型设备以外，企业的能耗在成本的占比不高，数据采集精度也不足，容易被企业忽视。		D3.1 主场景：供应链协同主场景 工具软件：ERP、SCM 数据要素：服务商信息、外购材料及产品信息、第三方检验检测信息、物流信息、产品加工过程信息、库存数据 知识模型：供应链运作参考模型（SCOR 模型） 人才技能：计算机技术、运营管理能力、库存管理能力、客户运维能力等 痛点问题：拖拉机行业供应商之间竞争激烈，服务能力和技术信息不透明；拖拉机的远程运维成本高，物流易形成库存，压缩行业利润空间。		E3.1 主场景：客户运维主场景 工具软件：ERP、CRM、工业大平台 数据要素：客户资料、产品数据库 知识模型：DMAIC 模型 人才技能：计算机技术、机械设备维修技术、拖拉机驾驶技术、无人驾驶技术等 痛点问题：拖拉机行业客户以个体为主，个性化服务问题多；拖拉机应用行业广、服务区域大，服务时效问题、区域环境差异易导致设备异常问题、维修人员分布不均衡问题等现象较为突出。	
	细分场景								D3.2 细分场景：供应商管理细分场景 痛点问题：供应商竞争激烈，利润空间低，需要及时关注质量和供货时效；拖拉机型号多样、零部件种类丰富，管理复杂性高。		D3.3 细分场景：物流和库存管理细分场景 痛点问题：远程运输成本高，压缩企业利润空间；拖拉机成品库存易积压，压缩企业利润空间。	E3.2 细分场景：主动客户服务细分场景 痛点问题：客户对产品信息描述不清晰，沟通和调度不及时；拖拉机使用区域大，偏远区域网络覆盖率不足，服务不及时。		E3.3 细分场景：产品质量追溯细分场景 痛点问题：客户问题描述不清晰，无法第一时间匹配相关资源；拖拉机使用人维修能力不足，长期需要一定的成本组建技术维修团队。		

		研发设计环节 A		智能制造环节 B		运营管理环节 C		供应链环节 D		售后服务环节 E	
4 客户 服务	<p>数字化协同服务：客户需求定制化，真实使用数据反馈，客户评价反馈及改进。贯穿研发、设计、生产、安装、质量、物流、售后、客服多维度闭环式管理。实现数字化协调快速发展，促进产业高质量发展。</p> <p>工具链：通过集成 CRM、PLM、MES、ERP、SCM 等系统，实现跨研发、制造、供应链、运营和售后各环节的数据流通。利用 API 接口、数据中台和 IoT 技术，打通客户需求、生产过程、物流配送和售后反馈的数据链，形成贯穿全流程的工具链。结合大数据分析和 AI 算法，确保实时数据共享、协同优化和智能决策，提升全链条效率与客户体验。</p> <p>数据链：客户需求与研发设计中的配置参数，制造环节的生产数据与质量追踪信息，供应链的物料流转数据与库存状态，运营中的订单与物流信息，以及售后反馈中的设备运行与维保记录。通过将客户需求贯穿至设计、生产、供应链、运营和服务，形成关联闭环，支持实时优化和精准决策，构建端到端的数据链。</p> <p>标准链：研发设计中的产品设计与测试标准，制造环节的工艺流程与质量控制标准，供应链的采购、物流与库存管理标准，运营中的生产计划与数据接口标准，以及售后的维修服务与客户反馈标准。通过统一编码、接口规范和数据格式，这些标准可贯通各环节，形成标准化的流程链条，实现高效协同与资源优化。</p> <p>痛点问题：拖拉机产业链客户服务的痛点主要体现在需求响应不及时，定制化产品交付周期长，影响客户满意度；售后服务不精准，缺乏故障预测与智能诊断，维修效率低，导致客户停机时间长；服务质量参差不齐，服务网点分布不均、标准化管理不足，引发区域服务差异；反馈处理滞后，客户问题跟踪效率低、处理周期长，影响客户信任；此外，客户反馈、设备运行数据与设计、生产环节未形成闭环，难以支持服务持续优化。</p>										
	主场景	<p>A4.1 主场景: 农机用户需求数据贯穿拖拉机产品研发设计</p> <p>工具软件: 农机 CRM 客户关系管理系统</p> <p>数据要素: 作业性能需求数据、农艺要求数据、操控便利性需求、经济性需求。</p> <p>知识模型: 农机用户作业场景分析模型、拖拉机性能参数匹配模型、农机购置决策影响因素模型。</p> <p>人才技能: 用户访谈与田间调研能力、农艺技术理解能力、自然语言处理（NLP）、数据分析、市场研究。</p> <p>痛点问题: 不同区域、不同种植模式下的作业需求获取不充分；用户对智能化功能的实际需求程度难以准确评估；样机试验数据与实际农田作业工况存在差异；用户对性能参数（如动力输出、燃油经济性）的需求难以量化；市场调研数据未能充分反映季节性农事活动的特殊要求。</p>	<p>A4.2 主场景: 客户农机作业环境与工况研究</p> <p>工具软件: PLM 产品生命周期管理系统、农机工况数据采集与分析平台</p> <p>数据要素: 作业环境数据、气候环境数据、作物品种数据、作业工况数据、区域差异化数据</p> <p>知识模型: 产品性能仿真模型</p> <p>人才技能: 有限元分析（FEA）、智能控制系统开发</p> <p>痛点问题: 整机性能测试数据与实际作业工况存在偏差、设计部门对区域性作业环境理解不足，产品适应性不强；新功能开发与用户实际需求脱节；试验、研发、工艺等部门数据共享不足，影响产品优化效率；设计变更流程周期长，难以快速响应市场需求变化。</p>	<p>B4.1 主场景: 客户农机个性化定制生产</p> <p>工具软件: 智能农机 MES 制造执行系统、农机装配线排产优化系统</p> <p>数据要素: 定制化生产数据，如配置选装数据、性能参数数据、智能化选装数据、作业工具匹配数据、区域特殊要求数据</p> <p>知识模型: 定制化生产优化模型</p> <p>人才技能: 运筹学、优化算法</p> <p>痛点问题: 多品种小批量生产效率低，换型时间长；核心零部件（如发动机、变速箱）供应周期与装配节拍不匹配；季节性订单波动大，生产计划难以平衡；特殊定制需求导致装配工序复杂度增加；零部件库存管理压力大，资金占用高；产能规划与市场需求预测偏差，造成产能浪费或供给不足。</p>	<p>B4.2 主场景: 客户质量敏感点数据追踪</p> <p>工具软件: 农机智能 QMS 质量管理体系</p> <p>数据要素: 客户对质量的敏感点（如关键部件的耐久性）关联的生产数据。</p> <p>知识模型: 农机质量预测模型</p> <p>人才技能: 机器学习算法应用（SVM、随机森林等）、数据清洗与处理、统计分析</p> <p>痛点问题: 关键零部件（变速箱、液压系统等）质量波动难以实时监控；装配过程质量参数采集不全面，追溯困难；现场作业环境复杂，产品质量表现难以准确评估；用户反馈的质量问题与生产数据关联度低。</p>	<p>C4.1 主场景: 农机订单客户全流程跟踪与交付管理</p> <p>工具软件: 客户订单跟踪系统</p> <p>数据要素: 订单配置数据、生产进度数据、质检数据、物流运输数据、季节性需求数据、地方农机补贴政策数据</p> <p>知识模型: 农机订单交付预测模型</p> <p>人才技能: 动态规划、需求预测建模</p> <p>痛点问题: 生产计划与销售订单衔接不畅，交期难以准确预估；旺季订单集中，产能调配压力大；配套农具到货不同步，影响整机交付；区域性补贴政策变化导致订单波动；物流环节信息反馈不及时，影响客户体验；经销商库存信息不透明，影响订单分配效率。</p>	<p>D4.1 主场景: 农机整机与配件物流配送优化</p> <p>工具软件: 农机智能物流管理系统</p> <p>数据要素: 整机运输数据、区域配送数据、各区域配件中心库存配件、经销商网点和终端用户分布数据</p> <p>知识模型: 农机配送路径优化模型</p> <p>人才技能: 图论算法、路径规划</p> <p>痛点问题: 农忙季节运力紧张，整机配送延误；偏远地区配件供应不及时；季节性需求导致仓储压力大；应急配送成本高。</p>	<p>D4.2 主场景: 客户需求农机核心零部件采购协同</p> <p>工具软件: 农机供应链管理系统（SCM）</p> <p>数据要素: 采购需求数据, 基于客户需求的关键部件采购计划。</p> <p>知识模型: 需求供应匹配模型</p> <p>人才技能: 供需动态建模、系统动力学、优化技术</p> <p>痛点问题: 新能源/智能化部件供应体系不成熟；季节性订单波动影响供应稳定性；关键零部件库存成本高; 供应商产能与需求预测不匹配。</p>	<p>E4.1 主场景: 农机售后服务综合管理</p> <p>工具软件: 客户支持系统</p> <p>数据要素: 整机运行数据、故障诊断数据、配件消耗数据、用户评价数据</p> <p>知识模型: 故障预测模型</p> <p>人才技能: 农机维修技术、服务质量管理</p> <p>痛点问题: 季节性用工高峰服务人员不足、偏远地区服务响应慢、新型智能化故障诊断难度大、技术人员专业能力参差不齐、配件供应不及时影响维修效率。</p>	<p>E4.2 主场景: 客户农机产品改进需求管理</p> <p>工具软件: 产品改进需求管理系统</p> <p>数据要素: 升级需求数据，客户提出的功能改进或软件更新建议。</p> <p>知识模型: 产品升级优化模型</p> <p>人才技能: 研发设计、项目管理、客服管理、质量管控。</p> <p>痛点问题: 用户需求多样化，难以平衡各方诉求；改进成本与售价提升空间矛盾；新技术应用与用户接受度不匹配；产品升级与维修服务体系协同难；区域性需求差异大，难以统一改进方案。</p>	
	细分场景	<p>A4.3 细分场景: 客户市场反馈数据优化研发设计</p> <p>痛点问题: 拖拉机行业市场调研反馈数据迟滞，无法及时根据客户评价和竞争对手产品的优缺点分析来进行新产品的研发。</p>					<p>C4.2 细分场景</p> <p>痛点问题: 设备运行数据采集难度大，无法结合客户反馈优化生产和物流（如交货周期、库存管理）。</p>				

2. 智能化改造装备清单

序号	适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/进口
1	客户质量敏感点数据追踪	思谋科技 DT-8000 动力质检一体机	用于：传统动力发动机功率、扭矩、排放、油耗实时检测；混合动力电机功率、控制器性能、动力耦合效率检测；纯电动动力电池性能、续航里程、充电特性检测。并且支持远程数据上传与分析。	50~70	国产
2	客户质量敏感点数据追踪	吉孚动力 HY-6500 传动系统综合测试台	用于拖拉机变速箱换挡性能测试、混动系统动力传递效率测试、PTO 输出特性检测、关键零部件寿命预测、实时数据采集与故障诊断。	85~120	国产
3	研发设计	整机试验台	用于对拖拉机整机的性能进行测试，包括动力性能、牵引性能、制动性能、操纵稳定性等，模拟实际作业工况，获取准确的试验数据。	20-50	国产
4	研发设计	PTO 试验台	专门针对拖拉机发动机进行测试，可测量发动机的功率、扭矩、油耗、排放等参数，对发动机的性能进行优化和调试。	15-100	国产
5	研发设计	底盘加载试验台 (30-200HP)	研发应用底盘加载试验台对装配完成的底盘 100%进行加载试验。以最大限度地将产品的缺陷及早暴露，并针对暴露出来的问题进行及时整改，从而降低人工修理成本和整机故障风险，提高传动系一次下线合格率。	50-200	国产

序号	适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/进口
6	研发设计	传动系统试验台	对拖拉机的变速箱、传动轴、后桥等传动部件进行试验，检测其传动效率、可靠性、耐久性等性能。	10-30	国产
7	研发设计	液压系统试验台 (50-300HP)	用于测试拖拉机液压系统的压力、流量、油温等参数，以及液压元件的性能和可靠性，确保液压系统的正常工作。	50-100	国产
8	生产制造	发动机自动化组装线	用于拖拉机发动机的自动化组装与安装，通过机器人、机器视觉等技术手段实现无人化作业，预防操作错误。	4000-10000	国产
9	生产制造	整车组装线	用于拖拉机发动机的自动化组装与安装，通过机器人、机器视觉等技术手段实现无人化作业，提升效率。	5000-20000	国产

3. 数字化转型数据要素清单

序号	场景	数据要素类型	描述
1	农机用户需求数据贯穿拖拉机产品研发设计	客户产品需求数据	作业性能需求数据（如牵引功率、PTO 输出功率、提升力等）、农艺要求数据（如作业深度、行距要求、地头转弯半径等）、操控便利性需求（如智能导航、自动调平、远程故障诊断等）、经济性需求（如油耗水平、维修成本、购置补贴等）。
2	客户农机作业环境与工况研究	客户作业场景数据	作业环境数据（土壤机械特性、地形坡度、耕作深度等）、气候环境数据（温度、湿度、降水量等）、作物品种数据（株高、行距、生长周期等）、作业工况数据（发动机负荷、变速箱温度、液压系统压力等）、区域差异化数据（地块大小、农艺要求、季节性使用等）。
3	客户农机个性化定制生产	定制化生产数据	配置选装数据（动力系统、变速箱型号、轮胎规格等）、性能参数数据（额定功率、最大扭矩、提升力等）、智能化选装数据（自动导航、智能调平、远程监控等）、作业工具匹配数据（农具接口类型、液压输出要求等）、区域特殊要求数据（高原型、水田型、果园型等）。
4	客户质量敏感点数据追踪	质量的敏感点数据	客户需求的质量敏感点（如关键部件的耐久性）等关联的生产数据。
5	农机订单客户全流程跟踪与交付管理	订单相关数据	订单配置数据（机型、功率段、配置选装等）、生产进度数据（下料、装配、整机调试等）、质检数据（动力性能、液压性能、整机测试等）、物流运输数据（发运时间、在途位置、到货时间等）、季节性需求数据（春耕、秋收等农时节点）、补贴政策数据（各地补贴标准、有效期等）。

序号	场景	数据要素类型	描述
6	农机整机与配件物流配送优化	物流数据	整机运输数据（运输车型、装载方式、固定要求等）、区域配送数据（农时季节性、道路条件、交付时效等）、配件库存分布（各区域配件中心库存水平、补货周期等）、客户位置数据（经销商网点、终端用户分布等）。
7	客户需求农机核心零部件采购协同	采购需求数据	基于客户需求的关键部件采购计划。
8	农机售后服务综合管理	客户使用反馈数据	包括设备运行情况、故障率和客户评价、客户设备的保养记录和维修需求。
9	客户农机产品改进需求管理	升级需求数据	客户提出的功能改进或软件更新建议。
10	生产制造	生产产能数据	生产运行产生的数据，过程数据，正品，疵品，生产效率等等。
11	生产制造	机加工工艺数据	在设备零配件加工过程中的加工精度，加工误差，以及包含加工设备的选用，原材料选型，材料处理，工艺处理等数据。
12	生产制造	安装装配工艺	发动机，齿轮箱等安装过程中的安装工艺，包括安装时所用的工装夹具，安装设备，安装工具，以及安装过程中的扭力，压力，温度，湿度，误差等等。
13	生产制造	来料检验数据	外购件或外加工件的来料检测数据，包括检测数量、外观、材料、性能、质保期等数据。
14	生产制造	生产过程检测数据	在生产过程中对零部件和整机进行质量检测的数据，包括尺寸精度、外观质量、性能指标等检测结果，用于质量追溯和改进生产工艺。

序号	场景	数据要素类型	描述
15	生产制造	成品检测数据	在生产过程中对零部件和整机进行质量检测的数据，包括尺寸精度、外观质量、性能指标等检测结果，用于质量追溯和改进生产工艺。
16	生产制造	仓库数据	生产过程中仓库的原材料及半成品和成品的发货数据，退库数据，入库数据，合格及不合格数据。
17	研发设计	产品规格书	包括拖拉机的功率、扭矩、轴距、轮距、整机质量等基本参数，以及不同型号产品的具体规格差异，为设计提供基础依据。
18	研发设计	零部件图纸与模型	以 CAD 格式存储的拖拉机各零部件的二维图纸和三维模型，精确描述零部件的形状、尺寸、公差等信息，便于设计修改和协同工作。
19	研发设计	物料清单（BOM）	详细记录拖拉机生产所需的各种物料，包括原材料、零部件、标准件等的名称、规格、数量、供应商等信息，是生产计划和成本核算的重要依据。
20	研发设计	性能测试数据	来自整机试验台、发动机试验台、传动系统试验台等设备的测试数据，如动力性能、牵引性能、制动性能、油耗、排放等指标，用于评估拖拉机的性能水平和优化设计。
21	研发设计	可靠性试验数据	通过长时间的耐久性试验、可靠性试验等获取的数据，记录拖拉机在不同工况下的故障情况、零部件磨损情况等，为提高产品可靠性提供依据。
22	研发设计	环境适应性试验数据	在不同地区、不同气候条件下进行的试验数据，如高温、低温、潮湿、沙尘等环境下拖拉机的性能表现和适应性情况，以便对设计进行针对性改进。
23	研发设计	质量检测数据	在生产过程中对零部件和整机进行质量检测的数据，包括尺寸精度、外观质量、性能指标等检测结果，用于质量追溯和改进生产工艺。

序号	场景	数据要素类型	描述
24	研发设计	市场销售数据	包括拖拉机的销售量、销售额、市场份额、销售区域等数据，以及市场趋势分析和预测结果，帮助企业了解市场动态，制定合理的研发和生产计划。
25	研发设计	竞品分析数据	对同行业竞争对手产品的技术参数、性能特点、市场表现等进行数据分析，以便找出自身产品的优势和不足，确定研发重点和差异化竞争策略。
26	市场开发运营	市场调研表及可行性报告	市场调研表和可行性报告在新品开发中帮助企业了解市场需求、评估竞争环境、预测市场潜力，为产品决策提供科学依据。
27	市场开发运营	新品开发制度及过程表单	新品开发制度及过程表单在新品开发过程中能够高效率、控制过程进度，它们帮助规范团队成员在新品开发过程中明确项目目标、需求和约束，制定项目计划和预算，评估项目的可行性和风险。
28	工厂规划运营	厂区规划方案及可行性报告	厂区规划方案及可行性报告在工厂规划运营过程中的作用是确保工厂建设的科学性、合理性，并降低投资风险。可以帮助明确项目背景、市场需求、技术方案、投资规模等关键因素，优化资源配置，提高生产效率，确保安全生产，并符合环保和节能要求。
29	工厂规划运营	厂区内空间数字信息	厂区内空间数字信息在工厂规划运营过程中可实现资产设备动态位置监控、人员定位、巡检管理以及安全消防管理，提升运营效率和安全性。通过集成空间位置平台，可以优化资源配置，提高生产效率，确保安全生产，并符合环保和节能要求。
30	工厂规划运营	厂区施工图纸	厂区施工图纸在工厂规划运营过程中可以明确建筑布局和设施配置，是施工和验收的重要依据。

序号	场景	数据要素类型	描述
31	资源动态调配	订单数据	订单数据在资源动态管理过程中的作用是实时追踪和管理业务流程，包括生产、库存、销售和财务等关键信息，帮助企业及时调整资源分配策略，避免资源浪费，并提升整体效率。
32	资源动态调配	产品过程加工数据	产品数据库在资源动态管理过程中的作用是提供实时更新的数据支持，提高数据处理效率，并为决策提供数据分析和支持。
33	资源动态调配	设备数据	设备数据在资源动态管理过程中的作用是实现设备的实时监控、预测性维护、优化资源配置和提升管理效率。通过实时追踪设备状态，可以及时调整设备的使用安排，避免设备的闲置和浪费，从而提高设备的利用率。
34	人力资源管理	人力资源库	人力资源库在人力资源管理过程中的作用是集中存储员工信息，支持招聘、培训、绩效评估和人才规划等决策，提高人力资源管理效率和准确性。
35	人力资源管理	招聘/培训/选拔/审查等规章制度及过程表单	规章制度及过程表单在人力资源管理过程中确保流程标准化、合规性，提高效率和透明度，降低法律风险，促进公平公正，提升员工满意度和组织效能。
36	财务管理	资源能力清单	资源能力清单在财务管理过程中的作用是提供决策依据，优化资源配置，提高管理效率和效益，确保财务信息的准确性和新颖性。
37	财务管理	财务报表	财务报表在财务管理过程中的作用是提供企业财务状况和经营成果的直观反映，帮助管理者作出决策，评估企业盈利能力、偿债能力和资金流动性，也是对外报告企业财务状况的

序号	场景	数据要素类型	描述
			重要依据。
38	财务管理	法律法规及过程表单	法律法规及过程表单在财务管理过程中的作用是确保财务活动的合规性、提高财务管理效率和质量，并为企业决策提供依据。它们帮助企业遵循会计准则和税法规定，防范财务风险，保障财务信息的真实性和准确性。
39	安全管理	安全监督规范及过程表单	安全监督规范及过程表单在安全管理过程中的作用是确保安全监督工作的标准化和系统化，提高安全检查的执行力和效率。它们帮助监督人员对照检查表逐项检查，明确责任和追溯检查的具体情况，从而预防和减少安全事故的发生。通过规范化的表单管理，可以更好地掌控施工过程，确保工程按时、按质、按量完成，提升安全管理水平。
40	安全管理	数据库资料	数据库资料在安全管理过程中的作用是确保数据的安全性、完整性和合规性。可以帮助企业实施访问控制、数据加密、审计监控等安全措施，以保护敏感数据不被非法访问或泄露。数据库资料还支持安全漏洞评估和修补，减少安全风险。
41	数据治理	数据治理制度及过程表单	数据治理制度及过程表单在数据治理过程中的作用是为数据管理提供明确的规范和操作框架，确保数据的合规性、安全性和质量。还帮助组织明确数据管理的责任、流程和标准，促进数据的一致性和可追溯性，支持决策制定和业务运营。
42	能耗管理	能耗数据	能耗数据在能耗管理过程中是实现能源消耗的实时监测、数据分析和管理，帮助企业降低能源成本，提高能源利用效率，实现绿色可持续发展。通过实时监测和分析能耗数据，可以准确掌握能源消耗情况，为后续的管理和优化提供数据支持。

序号	场景	数据要素类型	描述
43	能耗管理	设备数据	设备数据在能耗管理过程中的作用是实现对设备能耗的实时监测和分析，优化能源使用效率，降低能源消耗。通过监测设备运行状态和能源消耗情况，可以及时发现并解决设备运行中的问题，减少能源浪费，提高能源利用效率。
44	能耗管理	采集设施基本信息	采集设施基本信息在能耗管理过程中的作用是确保数据的准确性和完整性，为能耗分析和决策提供基础。通过实时监控和采集设备的能耗数据，可以及时发现能耗异常，优化能源分配，提高能源利用效率。
45	供应链协同	服务商信息	服务商信息在工厂规划运营过程中的作用是确保质量、进度和安全，提供专业的设计、施工、咨询和项目管理服务，帮助企业实现转型升级。
46	供应链协同	外购原材料及产品信息	外购原材料及产品信息在供应链协调过程中的作用是确保材料供应的及时性和产品质量，优化库存管理，降低成本，提高供应链的透明度和响应速度。通过准确追踪外购材料和产品的状态，企业能够更好地协调生产计划，满足客户需求，增强市场竞争力。
47	供应链协同	第三方检验检测信息	第三方检验检测信息在供应链协调过程中的作用是确保产品和服务的质量与合规性，提高供应链的透明度和效率。通过独立的质量检测，第三方检验检测机构能够为供应链各方提供客观、公正的评估结果，帮助企业识别和改进质量问题，降低风险，并增强客户信任。
48	供应链协同	物流信息	物流信息在供应链协调过程中的作用是实现库存优化、提高配送效率、降低运输成本，并增强对市场需求的响应速度。通过实时追踪货物流动，企业能够及时调整生产和库存策略，确保供应链的灵活性和客户满意度。
49	供应链协同	库存信息	库存信息在供应链协调过程中的作用是实现库存水平的实时监控，优化库存管理，减少库存积压和缺货风险，提高响应速度，降低成本，增强供应链的灵活性和客户满意度。

序号	场景	数据要素类型	描述
50	客户运维	客户资料	客户资料在客户运维过程中的作用是提供个性化服务和支持，增强客户满意度和忠诚度。通过分析客户资料，企业能够更好地理解客户需求，制定针对性的服务策略，及时响应客户反馈，提升服务质量，从而促进客户关系维护和业务增长。
51	客户运维	产品数据库	产品数据库在客户运维过程中的作用是提供全面的供应链数据支持，包括存储产品信息、管理产品变更、优化供应链管理、支持市场分析和决策、提升客户服务和支持。通过产品数据库，企业能够追踪产品的采购、生产、库存和销售等环节，及时调整供应链的运作，提高供应链效率和响应能力。

4. 知识模型资源清单

序号	场景	知识模型	描述
1	客户需求数据贯穿产品设计	客户需求分析模型	基于市场调查和历史销售数据，预测不同区域和客户群体的拖拉机需求变化。
2	客户使用场景研究	产品性能仿真模型	通过虚拟仿真技术评估拖拉机各部件在不同工作条件下的性能表现，优化设计和提升稳定性。
3	客户定制化生产	定制化生产优化模型	根据客户特定需求，优化拖拉机的生产流程，确保定制化产品的高效生产与交付。
4	客户质量敏感点数据追踪	质量预测模型	通过数据分析和机器学习，预测生产过程中的质量风险，提前发现潜在的质量问题并采取相应措施。
5	客户订单进度实时反馈	时间序列预测模型	基于历史数据预测拖拉机销量、零部件需求、维修服务等随时间变化的趋势，支持库存管理和生产调度。
6	客户交付物流优化	物流路径优化模型	利用智能算法优化拖拉机零部件和成品的运输路径，降低运输成本并缩短交付周期。
7	客户关键部件采购需求同步	需求供应匹配模型	通过分析市场需求和供应链能力，自动匹配生产与供应，减少库存积压和供应缺口。
8	客户反馈服务综合处理	客户满意度分析模型	基于客户反馈和服务数据，评估客户对拖拉机产品与服务的满意度，并为产品改进提供数据支持。
9	客户反馈服务综合处理	设备故障预测模型	通过传感器数据和机器学习分析，提前识别设备潜在故障并优化维护计划，减少停机时间。

序号	场景	知识模型	描述
10	客户改进需求跟进	产品升级优化模型	利用客户反馈和技术趋势分析，指导拖拉机产品的升级方向和改进策略，提高市场竞争力。
11	研发设计	需求分析模型	分析用户对拖拉机的期望和倾向，以及农业经营规模、农机产品的经营与销售方式等因素，为产品开发设计提供科学依据。
12	研发设计	CAD 模型	各大主流 CAD 软件平台上的拖拉机及零部件三维模型。
13	研发设计	三维设计模型	利用三维设计软件（如 SolidWorks、Pro/E、UG 等）进行拖拉机整机的三维建模。
14	研发设计	虚拟装配模型	通过专业软件构建的拖拉机虚拟装配模型，用于模拟零部件的装配过程，检查装配干涉问题，优化装配工艺。
15	研发设计	运动仿真分析模型	利用运动仿真软件对拖拉机的运动部件进行仿真分析，模拟其在实际工作中的运动状态。
16	研发设计	CAE 模型	利用 ANSYS、ABAQUS 等 CAE 软件建立的拖拉机结构强度、振动、疲劳等分析模型，如基于 ABAQUS 的拖拉机座椅有限元建模与压力特性分析模型。
17	研发设计	工艺规划与优化模型	根据拖拉机的结构特点和生产要求，规划出合理的工艺路线，根据拖拉机的结构特点和生产要求，规划出合理的工艺路线。
18	研发设计	项目质量管理模型	项目启动阶段，明确拖拉机的质量目标和标准，制定详细的质量计划，为项目的实施提供清晰的质量管理方向，建立一个完善的质量保证体系，通过定期的质量审查和监控，确保项目在各个阶段都能达到预期的质量要求。

序号	场景	知识模型	描述
19	研发设计	项目进度管理模型	制定详细的项目进度计划，包括各阶段的任务分解、时间安排和资源分配，制定详细的项目进度计划，包括各阶段的任务分解、时间安排和资源分配。
20	研发设计	项目成本管理模型	对拖拉机整机项目的成本进行估算，包括材料成本、人工成本、设备成本等。制定详细的成本预算，提供资金保障。
21	研发设计	项目风险管理模型	对拖拉机整机项目开发过程中可能遇到的风险进行识别，包括技术风险、市场风险、质量风险等，对识别的风险进行评估。
22	研发设计	资源需求预测模型	对拖拉机整机的功能、性能、可靠性等要求进行详细分析，明确研发设计所需的各种资源。
23	研发设计	资源配置优化模型	根据研发设计任务的需求，合理配置各种资源，包括人力资源的分配、技术资源的整合、设备资源的调度等。
24	研发设计	资源协同管理模型	加强研发设计部门与其他部门（如生产部门、采购部门等）之间的协同合作，确保资源的有效整合和利用。
25	研发设计	用户反馈分析模型	建立用户反馈改进机制，将用户反馈转化为产品研发设计的具体改进措施。
26	研发设计	远程诊断与数据分析模型	通过传感器实时采集拖拉机整机的运行数据，如发动机转速、油耗、水温等。根据数据分析结果，提出产品研发设计的优化建议，如改进结构、优化性能等。
27	研发设计	产品研发设计优化模型	根据用户反馈和远程诊断数据分析结果，制定产品研发设计的优化流程。采用计算机辅助设计（CAD）、有限元分析（FEA）等优化设计方法，对拖拉机整机的结构、性能等进行优化。制作样机进行实际测试，收集测试数据并进行分

序号	场景	知识模型	描述
			析，确保优化后的拖拉机整机满足用户需求和性能要求。
28	研发设计	流体动力学模型	针对拖拉机液压系统、冷却系统等建立的流体动力学模型，通过 CFD 软件模拟流体的流动、压力分布等情况，优化系统设计。
29	研发设计	结构强度分析模型	基于有限元分析（FEA）方法构建的拖拉机车架、底盘、悬挂系统等关键部件的结构强度模型，通过模拟部件在各种工况下（如满载行驶、田间作业时的颠簸等）所承受的应力和应变情况，优化部件的结构设计，确保其具有足够的强度和刚度，同时避免过度设计造成的材料浪费和成本增加，提高产品可靠性和经济性。
30	生产制造	生产数据模型	通过实时的数据更新，企业可以精准掌握生产及库存水平，做到有备无患。当需求激增时，企业能迅速响应，确保不会陷入缺货的尴尬境地。
31	生产制造	生产质量数据模型	质量模型的引入帮助企业在源头把控产品的各项指标。通过细致的数据追踪，企业能够提前发现潜在的质量隐患，避免严重的质量事故。
32	生产制造	生产工艺数据模型	生产平衡、物料平衡、能源平衡的统计模型和工程模型。它对产品生产的工序和步骤制定具体的工艺方案和工艺路线图，确保生产过程的顺利进行。
33	市场开发运营	市场定性定量分析模型	市场定性定量分析模型是一套结合了定性（如消费者访谈、焦点小组等）和定量（如问卷调查、销售数据等）研究方法的工具和框架，用于深入理解和预测市场趋势、消费者行为和产品表现，以支持企业决策。
34	市场开发运营	产品生命周期模型	产品生命周期模型描述了一个产品从推出市场到最终退出市场的整个过程，包

序号	场景	知识模型	描述
			括引入、成长、成熟和衰退四个阶段，帮助企业规划产品策略和市场行为。
35	工厂规划运营	仿真模拟模型	仿真模拟模型是一种基于数学和逻辑构建的虚拟模型，用于模拟现实世界或抽象系统的行为和过程，以便在不实际执行的情况下预测系统反应、评估策略或优化性能。
36	资源动态管理	线性规划模型	线性规划模型是一种数学优化方法，用于在一组线性不等式或等式约束条件下，求解线性目标函数的最大值或最小值。这是资源动态管理中的常用模型。
37	人力资源管理	人力资源价值链模型	人力资源价值链模型是一种将人力资源管理活动与组织价值创造过程相结合的框架，它涵盖了价值创造、价值评价和价值分配三个核心环节，旨在通过优化人力资源的规划、招聘、培训、绩效管理等活动，提升组织绩效和员工价值。
38	财务管理	财务三表模型	财务三表模型包括资产负债表、利润表和现金流量表，它们共同反映了企业的财务状况、经营成果和现金流动情况。
39	财务管理	风险管理模型	风险管理模型是一种识别、评估和优先处理潜在风险的管理框架，旨在通过制定策略来降低不确定性、保护资产和实现组织目标。
40	数据治理	数据管理成熟度模型	数据管理成熟度模型（DCMM）是一个评估框架，它定义了组织数据管理能力的八个核心能力域，包括数据战略、数据治理、数据架构、数据应用、数据安全、数据质量、数据标准和数据生存周期，并据此评估组织的成熟度等级。
41	能耗管理	仿真模拟模型	仿真模拟模型在能耗管理中的应用主要是通过模拟和分析建筑或系统的能源消耗，以优化能源使用效率和降低能耗。这些模型可以模拟建筑的物理环境，包

序号	场景	知识模型	描述
			括热流、空调系统的运行状态，以及不同设计方案的能耗效应，从而比较不同设计方案并优化设计策略。
42	供应链协同	供应链运作参考模型 (SCOR 模型)	供应链运作参考模型 (SCOR 模型) 是一个跨行业的供应链管理框架，它定义了五个核心流程：计划 (Plan)、采购 (Source)、制造 (Make)、交付 (Deliver) 和退货 (Return)，旨在帮助企业优化供应链运作效率和效果。
43	客户运维	DMAIC 模型	DMAIC 模型是一种数据驱动的质量改进方法论，用于定义 (Define)、测量 (Measure)、分析 (Analyze)、改进 (Improve) 和控制 (Control) 业务流程，以实现持续改进和质量管理。

5. 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	CRM 客户关系管理系统 (用友 U8)	客户数据管理、销售预测、市场活动跟踪及客户生命周期管理,提升客户互动与满意度。	10-100	国产
2	PLM 产品生命周期管理系统 (Siemens Teamcenter)	管理产品从设计、开发到退役的全生命周期数据,支持多部门协同,提高研发效率和产品质量。	50-300	进口
3	QMS 质量管理体系 (SAP QMS)	质量控制、检测流程管理、问题追溯及质量改进,降低质量风险并满足监管要求。	20-200	进口
4	客户订单跟踪系统 (金蝶 K3)	跟踪订单状态、生成发票及交付通知,支持跨部门协作,确保订单按时交付并提供透明化的订单信息。	10-100	国产
5	物流跟踪系统 (Transporeon)	实时跟踪运输车辆和货物状态,优化运输路径,减少物流成本并提升交付时效性。	20-150	进口
6	SCM 供应链管理系统 (Oracle SCM Cloud)	供应链规划、采购、库存管理及供应商协作,提高供应链的效率和响应能力。	50-500	进口

序号	工具软件	描述	投入区间 (万元)	国产/进口
7	客户服务平台系统 (华为云客户服务平台)	提供工单管理、客户支持、在线咨询及数据分析,提升客户服务效率和用户体验。	10-200	国产
8	AutoCAD	拖拉机设计中用于绘制零件图、装配图、总装图等,支持多种格式文件的导入导出,方便与其他软件协同工作。	5-15	进口
9	Unigraphics NX	功能强大的三维 CAD/CAM/CAE 一体化软件,在复杂曲面建模、模具设计等方面具有优势。可用于拖拉机复杂部件的三维建模、模具设计和数控加工编程等。	30-80	进口
10	Pro/Engineer	三维 CAD/CAM/CAE 软件,在参数化设计方面具有领先地位。可用于拖拉机零部件的参数化建模、装配设计和工程图生成等。	30-80	进口
11	ANSYS	一款通用的有限元分析软件,可对拖拉机的结构强度、振动、热传导等进行仿真分析,帮助工程师优化设计,提高产品的可靠性和性能。	10-20	进口
12	ADAMS	机械系统动力学仿真分析软件,可用于拖拉机的运动学和动力学分析,如悬挂系统、转向系统等的性能分析和优化。	5-18	进口
13	MATLAB/Simulink	用于控制系统的建模、仿真和分析,可对拖拉机的动力系统、传动系统等的控制策略进行设计和优化。	3-8	进口

序号	工具软件	描述	投入区间 (万元)	国产/进口
14	Teamcenter PLM 系统	对拖拉机产品从概念设计到退役的全生命周期进行管理,实现数据的集中存储、共享和协同,支持多部门、多地点的团队协作,提高研发效率和产品质量。	80-500	进口
15	PDM 系统	从产品设计、开发、生产、销售等全过程,实现更高效、更灵活、更智能的数字化管理,建立跨部门、跨地域的协同设计平台,实现设计资源的共享和协同工作,提高设计质量,并降低研发成本。	30-80	国产
16	ERP	ERP 系统即企业资源规划系统,它整合了企业的财务、人力资源、生产、供应链等多个业务流程。通过 ERP,企业能够实现资源的优化配置,提高运营效率,降低成本,并增强决策的数据支持。拖拉机行业使用,有助于提升企业内部信息流通,确保数据一致性和准确性,更早建立企业数据基础。	20-150	国产
17	OA	OA 即办公自动化系统,主要功能包括:文档管理、流程管理、日程管理、邮件和消息通知、任务分配和跟踪、考勤管理、报表分析、知识管理以及权限管理等。这些功能可以提高拖拉机行业企业的办公效率、优化工作流程、加强信息共享和协同,从而提升组织的整体运营效率和管理水平。	10-100	国产

序号	工具软件	描述	投入区间 (万元)	国产/进口
18	WMS	WMS 即仓库管理系统，主要功能包括库存管理、入库与出库管理、货位管理、订单处理、仓库布局优化、条码和 RFID 技术的支持以及报表与数据分析。这些功能可帮助拖拉机行业企业精确控制仓库业务流程，提高仓库运作效率，降低成本，并实现库存的实时追踪和优化。	15-30	国产
19	SRM	SRM 即供应商关系管理，主要功能包括供应商管理、采购管理、合同管理、绩效评估和风险管理。它通过集中管理供应商信息、采购订单、合同协议等，帮助拖拉机行业企业提高采购效率、降低采购成本，并确保供应商的服务质量。另外，SRM 系统还能增强采供合作关系，降低采购成本，提高到货及时率，并快速响应市场需求。SRM 主要偏向于供应端的管理。	5-50	国产
20	BI	BI 即商业智能系统，主要功能包括数据集成、数据存储、数据挖掘、报表生成、数据分析、预测分析和数据可视化。它通过收集和分析企业内外的数据，帮助企业洞察业务趋势、优化决策过程、提高运营效率，并增强竞争力。BI 工具能够将复杂数据转化为直观的图表和报告，使决策者能够快速理解信息并做出基于数据的决策。	5-50	国产
21	能源管理系统	能源管理系统（EMS）的作用在于优化企业能源消耗、降低成本、提高能源使用效率和可靠性。它通过实时监控和数据分析，帮助企业实现能源的精细化管理，预测能源需求，减少浪费，并支持能源决策。	30-200	国产

序号	工具软件	描述	投入区间 (万元)	国产/进口
		EMS 还增强了能源供应的安全性，通过智能调度和优化，确保能源供应的稳定性，促进可再生能源的整合，支持可持续发展。尤其在拖拉机转型智能化、无人化方向，能源管理系统越来越受到企业重视。		
22	人力资源管理软件	人力资源管理软件，其作用在于自动化和简化人力资源流程，包括招聘、员工信息管理、薪酬和福利管理、绩效评估、培训与发展、考勤和休假管理等。可以帮助拖拉机行业企业优化人力资源配置，提高工作效率，减少人为错误，增强员工满意度，并通过数据分析支持战略决策，还有助于合规性管理和风险控制，确保企业遵循劳动法规。	20-100	国产
23	工业互联网大平台	拖拉机行业的工业互联网大平台的应用，可以整合物联网、5G、大数据、人工智能等新技术，提升信息化能力，实现全生命周期服务管理，包括远程监控、诊断、精准作业等。平台可以推动研发创新，提高自主创新能力，优化供应链协同和生产组织模式。平台可以提升生产精细化管控能力，从而增强柔性制造能力，提高作业效率。通过数据整合、分析和预测还助力于优化产品研发质量控制。功能强大的大平台，可以集聚供应链上下游共享资源，实现研发、生产、质量等全方面协同，推动行业整体数字化转型升级。	50-200	国产

序号	工具软件	描述	投入区间 (万元)	国产/进口
24	售后服务 APP	手机端 APP，功能包含客户管理、产品数据、售后管理、维修派工、物流信息、知识管理等。在大量系统集成后，APP 可以调动后台数据，形成强大功能。常见的应用是在农机产品销售到终端农机用户后，在使用过程中碰到的各种质量故障问题均通过 APP 报修，维修人员使用 APP 进行过程处理并全程跟踪。	20-200	国产
25	MES	通过实时数据采集、生产调度、质量管理、库存控制等功能，帮助企业实现生产过程的全方位监控和优化。MES 系统作为连接企业的计划管理层和现场控制层的桥梁，确保生产计划在车间层面的有效执行。	350-150	国产

6. 网络化联接设备清单

序号	适用场景	设备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/进口
1	客户质量敏感点数据追踪	生产过程远程监控系统(中控集团 ZK)	对生产过程中的关键参数进行收集并反馈至客户企业的系统中。	50-100	国产
2	研发设计	传感器	传感器是拖拉机研发设计中不可或缺的设备,用于收集各种数据,如温度、压力、湿度、速度、位置等。这些数据对于评估拖拉机的性能、优化设计以及确保安全运行至关重要。	0.003-0.2	国产
3	研发设计	通信模块	通信模块用于实现拖拉机与外部设备或网络的连接。这包括无线通信模块(如 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee 等)和有线通信模块(如 CAN 总线、Ethernet 等)。通信模块使得拖拉机能够与远程服务器、移动设备或其他农业设备进行数据交换。	0.03-0.4	国产
4	研发设计	数据采集系统	数据采集系统用于记录和存储拖拉机运行过程中的各种数据。这些数据可以用于后续的分析和优化,以及故障诊断和预测维护。	0.2-1	国产

序号	适用场景	设备名称	主要功能	投入区间 (万元)	国产/进口
5	研发设计	远程监控系统	远程监控系统允许研发人员在远程位置监控拖拉机的运行状态。这通常包括视频监控、远程数据访问和远程控制功能。	0.5-10	国产
6	生产制造	路由器	路由器是网络中的核心设备,负责在不同网络之间转发数据包,实现不同网络或网段间的互联互通。	0.05-0.2	国产
7	生产制造	采集器	自动收集、存储和传输各种数据的设备。它通常与传感器、测量仪器和计算机系统连接,能够实时监测环境、物理量 and 操作状态。	0.05-0.3	国产
8	生产制造	交换机	交换机是一种高速局域网设备,负责在局域网内转发数据包,提供高速的数据交换功能。	0.2-0.8	国产
9	生产制造	RFID 标签/扫码枪	条形码等方式获取数据,并将其存储在内存中或通过网络传输到数据库、云端或其他设备进行进一步分析。	0.2-0.8	国产

7. 数字化转型人才技能清单

序号	人才技能类型	描述
1	自然语言处理（NLP）	涉及理解和生成人类语言的技术，用于改善计算机与人类的交互。
2	数据分析	涉及收集、处理和分析数据，以提取有用信息和支持决策。
3	市场研究	研究市场趋势、消费者行为和竞争对手，以支持产品开发和市场策略。
4	运筹学	应用数学模型和统计方法来支持决策制定，优化复杂系统的性能。
5	优化算法	开发和应用算法以找到问题的最优或近似最优解。
6	动态规划	一种通过将复杂问题分解为更简单的子问题来求解的数学方法。
7	需求预测建模	构建模型以预测未来的需求，帮助企业进行库存管理和资源规划。
8	图论算法	应用图论中的算法来解决网络优化、路径规划等问题。
9	路径规划	设计算法来确定从起点到终点的最优路径，常用于物流和导航系统。
10	情感分析	使用文本分析技术来识别和提取情感倾向，用于市场研究和客户服务。

序号	人才技能类型	描述
11	有限元分析（FEA）	一种计算机模拟技术，用于预测物理系统在实际应用中的反应。
12	计算机辅助设计（CAD）	使用计算机软件进行精确的工程设计和绘图。
13	机器学习（SVM、RF）	应用算法和统计模型让计算机系统通过数据学习并改进其性能。
14	数据清洗与处理	清理和转换数据以提高数据质量，使其适合分析。
15	统计分析	使用统计方法来分析数据，提取信息，支持决策。
16	供需动态建模	构建模型来模拟供需关系，预测市场变化。
17	系统动力学	研究系统内部反馈机制和动态行为，以理解和预测系统随时间的变化。
18	优化技术	应用各种数学和计算技术来找到最佳解决方案或改进系统性能。
19	用户需求分析	研究和分析用户需求，以设计更符合市场需求的产品或服务。
20	多目标优化	在多个目标之间找到最佳权衡，常用于解决需要同时考虑多个性能指标的复杂问题。
21	产品升级优化模型	基于数据分析、用户反馈、市场趋势和其他相关因素，以确定产品改进的优先级和方向。

序号	人才技能类型	描述
22	机械设计与制造	涉及机械原理、材料力学、制造工艺等方面的知识。数字化转型人才需要能够运用这些知识进行拖拉机的设计和制造，并且能够使用相关的设计软件进行 3D 建模和仿真分析。
23	电子技术与自动化	具备电子电路设计、传感器应用、自动控制理论等方面的知识，能够设计和实现拖拉机的电子控制系统。
24	数据采集与预处理	能够设计数据采集方案，从拖拉机的各种传感器、控制系统和外部设备中收集数据。
25	数据分析与处理	掌握数据分析方法和工具，能够对拖拉机运行过程中产生的数据进行分析，提取有价值的信息，为产品改进提供依据。
26	人工智能（AI）技术	AI 技术在拖拉机的智能化发展中也有广泛应用，如自动驾驶、智能决策等。需要掌握 AI 技术的基本原理和应用，能够将 AI 技术应用于拖拉机的研发设计中。
27	材料科学与工艺技能	熟悉各种材料的性能特点和应用范围，能够根据设计需求选择最合适的材料，掌握材料优化的方法和技巧，能够通过对材料的改进和优化，提高拖拉机整机的性能和可靠性。
28	制造工艺技能	工艺设计师需要深入了解各种制造工艺，如铸造、锻造、焊接、机加工等，以及这些工艺的原理、特点和应用范围。工艺设计师需要深入了解各种制造工艺，如铸造、锻造、焊接、机加工等，以及这些工艺的原理、特点和应用范围。
29	工装夹具与模具设计	对于需要模具成型的部件，工艺设计师需要具备模具设计的能力，包括模具结构的设计、模具材料的选择等。
30	项目管理	项目规划与策划、项目规划与策划。

序号	人才技能类型	描述
31	供应链管理	选择和管理供应商，确保供应商提供的产品和服务符合项目要求，选择和管理供应商，确保供应商提供的产品和服务符合项目要求。
32	计算机技术	计算机技术是涉及硬件、软件和网络等方面的一系列科学原理和应用方法，用于处理、存储和传输数据，以支持信息时代的各种计算和通信需求。
33	电子信息与自动化	电子信息与自动化是集成电子工程、信息处理和自动控制原理的跨学科领域，旨在开发智能系统和设备，实现信息的高效获取、处理、传输及自动化控制。
34	三维仿真技术	三维仿真技术是一种创建数字模型的方法，在三维空间中模拟真实世界的过程或系统，遵循预定义规则或物理定律。在实际应用中，三维仿真技术允许专业人员在虚拟环境中分析、实验和预测结果，而无需承担现实世界测试的限制或风险。
35	数字孪生技术	数字孪生技术是创建物理实体或系统的虚拟数字副本，以实现实时监控、分析和优化的先进集成技术。
36	机械加工技术	机械加工技术是利用机械设备对工件进行加工，以改变其形状、尺寸、表面粗糙度等，制造出具有特定功能和精度的机械零件的工艺过程。
37	机械设备维修技术	机械设备维修技术是对机械设备进行故障诊断、维护保养、修复和改造，以确保设备正常运行、延长使用寿命和提高生产效率的专业技能和方法。
38	拖拉机驾驶技术	拖拉机驾驶技术是操作拖拉机进行田间作业、运输和牵引等任务所需的技能，包括安全驾驶、精准操作和维护保养等相关知识和实践技巧。
39	无人驾驶技术	无人驾驶技术是通过多种车载传感器（如摄像头、激光雷达、毫米波雷达、GPS、惯性传感器等）来识别车辆所处的周边环境和状态，并根据所获得的环境信息（包括道路信息、交通信息、车辆位置和

序号	人才技能类型	描述
		障碍物信息等）自主做出分析和判断，从而自主地控制车辆运动，最终实现无人驾驶。
40	产品开发和设计能力	产品开发和设计能力是企业在新产品的构思、设计、研发和测试过程中，将创新理念转化为实际产品的专业技能和创新能力。
41	市场运营能力	市场运营能力是企业市场中进行产品推广、品牌建设、客户关系管理和销售执行等活动，以实现商业目标和增加市场份额的专业技能和策略运用。
42	战略规划能力	战略规划能力是组织制定和实施长远目标和行动计划的能力，包括分析环境、设定愿景、制定战略、配置资源以及监控和调整战略以应对变化。
43	数据治理能力	数据治理能力是组织内部对数据资产进行管理和控制的一系列流程和政策，旨在确保数据的质量、安全性和合规性，同时提高数据的价值和使用效率。
44	数据分析和管理能力	数据分析和管理能力是运用统计学、计算机科学和业务知识，对数据进行收集、处理、分析和解释，以提取有用信息、支持决策制定和优化业务流程的专业技能。
45	运营管理能力	运营管理能力是组织在生产和供应链管理中，通过规划、组织、指导和控制生产过程，以优化资源配置、提高效率、降低成本并确保产品质量的能力。
46	客户运维能力	客户运维能力是从消费者的思维习惯出发，围绕消费者的利益点，为消费者提供更高质量、更高性价比或更便捷、更懂消费者心理的产品或服务的能力。保障并不断提升服务的可用性，确保用户数据安全，提升用户体验，以及用自动化的工具/平台提升软件在研发生命周期中的工程效率。
47	库存管理能力	库存管理能力是企业供应链中对库存水平进行有效控制和优化的能力，包括库存规划、订单处理、仓储管理、库存控制和库存补充等方面，以降低成本、提高服务水平和响应市场变化。

序号	人才技能类型	描述
48	项目管理能力	项目管理能力是团队在有限资源下，运用专门的知识、技能、工具和方法，系统地规划、执行、监控和收尾项目活动，以实现项目目标的能力。
49	工艺设计能力	工艺设计能力是根据产品需求和制造条件，制定和优化制造流程、操作方法和生产技术方案的专业技能，以确保产品质量、提高生产效率和降低成本。
50	设备管理能力	设备管理能力是组织对设备进行有效选型、购置、安装、调试、使用、维护、修理、更新改造和报废等全过程管理的能力，以确保设备的最佳性能和最长使用寿命，支持生产效率和产品质量。
51	人力资源规划能力	人力资源规划能力是组织根据战略目标和业务需求，系统地分析、预测和规划人力资源需求，以合理配置、开发和管理人力资源，确保组织在适当的时间和地点拥有适当数量和质量的人才。
52	财会能力	财会能力是组织在财务管理和会计核算方面的专业技能，包括财务报告、预算管理、成本控制、税务规划和财务分析等，以确保财务信息的准确性和合规性，支持决策制定和业务运营。
53	法务能力	法务能力是组织理解和运用法律知识，以识别、评估和处理法律风险，制定合规策略，并在必要时进行法律咨询和诉讼的能力。
54	风控能力	风控能力是在风险应对上所掌握的技术、手段、资源、经验等，良好的风控能力不但可以有效规避和减少风险，同样也可以从风险中发挥机遇。
55	安全生产能力	安全生产能力是企业或组织在生产过程中采取有效措施，确保人员安全、设备安全 and 环境安全，预防和减少事故发生的能力。

附件 3 企业案例

案例一：常州东风农机集团有限公司

1. 企业基本情况

常州东风农机集团有限公司始建于 1952 年，总资产 38.06 亿元，现有在职员工 1750 余人。致力于拖拉机及农业机械的研发、制造、销售与服务，包括拖拉机、农业机械、零部件、农机具等板块，已发展成为集大中型轮式拖拉机、手扶拖拉机、稻麦联合收割机、插秧机、烘干机、采棉机、农机具等产品于一体的综合大型农机制造企业。主导产品东风牌大中型轮式拖拉机年产量位居行业第三位，其中 60 马力以下轮式拖拉机年产量已连续多年位居全国第一位。

2. 智改数转网联主要做法

建设轮式拖拉机智能工厂，应用云计算、大数据、物联网等数字化与智能制造技术，打造数控智能生产线、工业互联网平台等，提升企业综合竞争力。

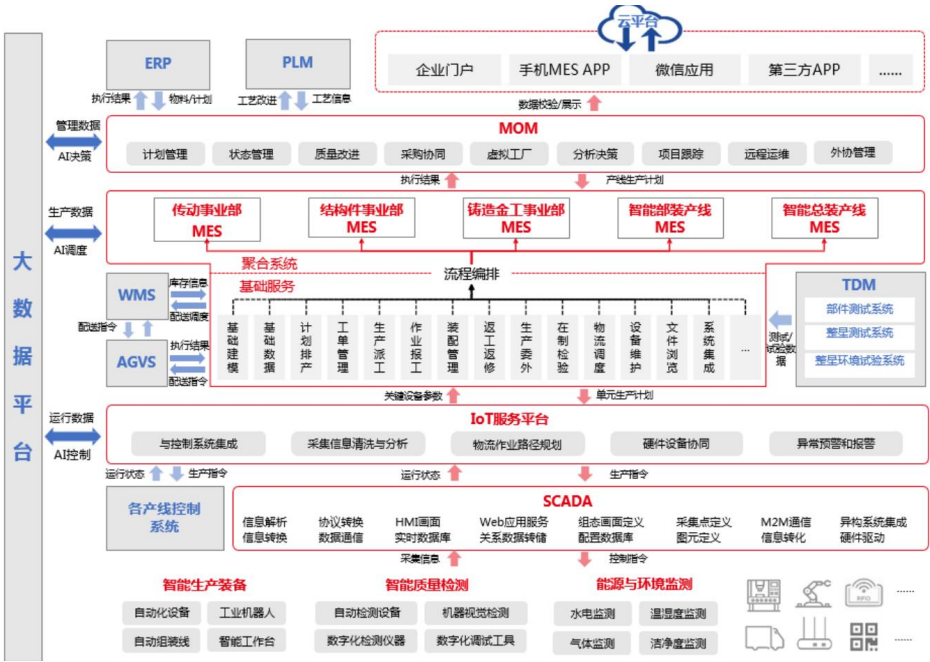
数控设备、机器人。拥有主要生产设备 1621 台/套，其中大型设备 47 台、数控设备 370 余台（含加工中心 125 台、工业机器人 9 台）、自动半自动生产线 23 条。生产工艺覆盖铸造、机加工、冲压、焊接、热处理、涂装、装配等全过程。设备数控化率达到 90%，实现关键设备互联互通、状态监控、故障预警。

生产过程智能管控。实现排产自动化、生产过程可视化，以及多品种小批量混合排产的柔性生产。零件制造、部件以及整机

装配等关键工序应用在线检测技术，实现工序在线智能检测以及检测数据自动上传。建立产品质量追溯系统，提升零件制造合格率、整机制造合格率。

信息系统与数据决策。上线运行 SAP、PLM、MES、SRM、CRM 等信息化系统，实现系统互联互通、内部数据共享，实现设计、工艺、订单、排产、采购、制造、交付、质量控制等经营过程一体化，降低运营成本，管理水平与能力全面提升。

全生命周期管理平台。通过云平台与数据上云，实现作业监测与远程运维、故障信息推送；建设全场景智能客服系统、云物流系统、OTD 业务中台，推进移动端扩展和融合、同一平台接待多渠道的用户，实现服务能力、市场占有率提升。



附图 3-1 东风农机信息化平台架构

3.智改数转网联实施成效

获批江苏省智能制造示范工厂、江苏省工业互联网示范工程

五星级上云企业。智能工厂自建设以来，企业生产运行效率和精细化管理水平大幅提升，综合销售收入、劳动生产率显著提高，万元产值综合能耗明显降低。

案例二：常发农业装备股份有限公司

1.企业基本情况

江苏常发农业装备股份有限公司成立于2003年9月，常发集团旗下子公司，是集农机研发、生产、销售为一体的大型农业装备制造企业。总占地面积2000余亩，现有员工4000余人，专业技术人员1500余人，2023年主营业务收入近30亿元。下设单缸机、多缸机、轮拖、铸造、轮式收插秧机、传动、履带式收割机等七大制造中心，以及研究院、营销公司、海外营销公司、常发重工四大子公司。建有国家认定企业技术中心、国家级工业设计中心等研发平台，荣获中国专利优秀奖、中国外观设计优秀奖、中国优秀工业设计奖入围奖、江苏省服务型制造示范企业、江苏省创新型领军企业等荣誉奖项。参与国家高技术研究发展计划（863计划）--单缸柴油机关键技术与产品开发，荣获“中国名牌产品”、中国产学研合作创新一等奖、中国机械工业科学技术奖二等奖。

2.智改数转网联主要做法

产线设备方面。推动精益化生产，建有轮拖工厂总装线两条，总装线由自动化变速箱部装线、自动化后桥部装线、自动化底盘线、自动化喷漆线、自动化总装线，以及匹配产能的数台线外自

动化压装、吊装、检测设备组成。建有自动化驾驶室装配线一条。车间各流水线及线外设备均采用单件流布局模式，最大化降低零件物流距离。



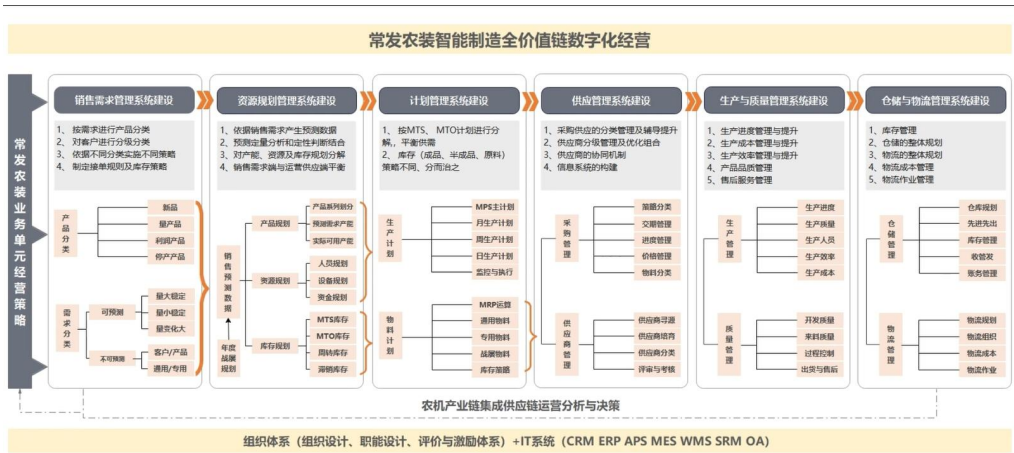
附图 3-2 常发农装智能装配生产线

生产管理方面。生产部门实施车间生产制造精细化管理，采用成品条码扫描式管理入库，建立智能用电及能效管理系统，在线监测车间生产能耗动态过程，收集大量分散用电数据。自行开发轮拖车联网、物联网、常发农装 APP，整合售前、售后业务、车辆监控功能，同时具备内容与社交功能，实现用户、经销商、厂家之间的良性互动。

网络建设方面。完成中心机房、主干网络、交换机、防火墙、服务器、网络存储、虚拟化、无线网络、自动化设备及生产线等信息化基础设施建设。生产现场采用以太网物联网架构，将设备及工位统一联网管理，使设备与设备之间、设备与计算机之间能够联网通讯，设备与工位人员紧密关联。

信息系统方面。以 SAP-ERP 系统为核心，集成 WMS 仓储

管理系统、泛微 OA 系统、MES 生产制造执行系统、SRM 供应商管理系统等，覆盖日常生产经营各个环节，实现数字化管理生产任务安排调度、车间作业计划生成和执行、原料出库、产品进库等任务。研发、工艺部门构建西门子 TeamCenterPLM 系统平台，构建数据管理协同环境，支持用户管理、跟踪和控制产品全生命周期中所有产品的三维设计。



附图 3-3 常发农装智能制造全价值链数字化经营

3.智改数转网联实施成效

建有轮式拖拉机智能工厂，获评 2024 年江苏省智能制造示范工厂。通过工信部两化融合 AAA 级贯标评定，获评 2023 年江苏省两化融合管理体系贯标示范企业。智能化改造后生产效率、产品合格率大幅提高，生产制造成本明显降低，智能制造水平已达国内农机行业领先水平，有效提升企业综合竞争力。

案例三：江苏沃得农业机械股份有限公司

1.企业基本情况

江苏沃得农业机械股份有限公司隶属于江苏沃得集团，是国内领先的大型现代化农业机械装备制造商，致力于为客户提供现代农业全程机械化的专业机械装备。现有员工 10000 余名，2024 年实现销售收入约 120 亿元，同比增长 30%，其中海外市场销售收入突破 20 亿元，同比增长 100%，各类动力机械销售超 10 万台。已形成以联合收割机、拖拉机为核心，以插秧机、打捆机、甘蔗机、植保无人机、喷雾机、烘干机等为组合的产品矩阵，覆盖从种植、田间管理、收获、秸秆综合利用到粮食后处理等现代农业生产的各个环节。

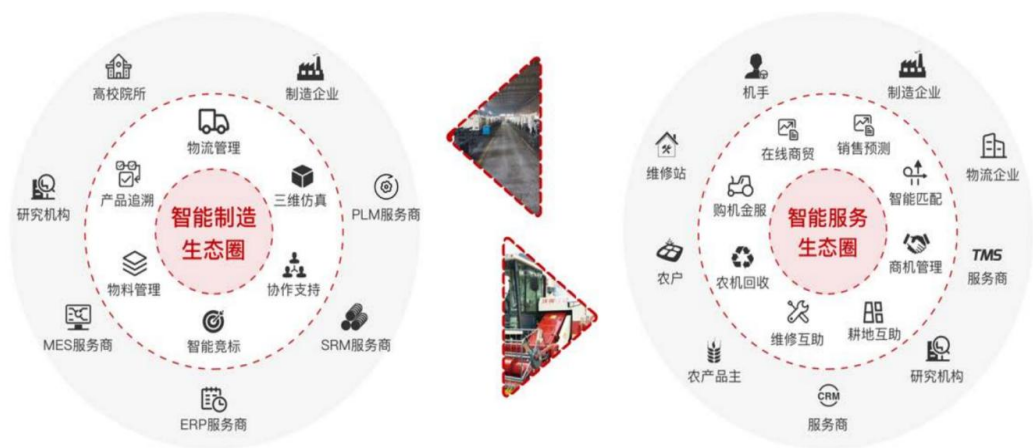
2.智改数转网联主要做法

沃得农机面向“智能供应链”“智能运营”“智能制造”“智能农机”四大场景构建全面的生态格局。围绕农机产品，利用互联网、物联网、大数据、标识解析、防伪溯源等底层技术支撑，赋能产业链上下游，助力传统农机向数字化、智能化发展。搭建从连接－数据－应用的沃得智云工业互联网平台。



附图 3-4 沃得农机信息化建设

智能供应链与运营。采集分析物流、采购、销售、服务、作业、电商、安全等数据，实现典型商业场景数字化，支撑企业内部经营决策，效能升级。从产品端到用户端，通过数据连接，业务赋能，将企业、用户、合作伙伴连接到生态圈里，智能运营农机各细分市场。实施数字化营销与售后，搭建“蚂蚁快修”“农作帮”“派工速达”“沃得惠农e城”等服务模式。



附图 3-5 沃得农机智能运营示意图

智能农机。加大研发投入，推进农机智能化。高端农机装备产品/部件中嵌入信息技术，利用传感器及总线技术开展电子监控和故障诊断技术应用，提升产品数字化控制水平，结合实时生产网络、基于位置精准管理、田间自动导航等实现农业生产过程的精确化、信息化和智能化。

智能制造。建设沃得农机数字化车间智能管理系统，以智能制造为抓手推动制造过程创新，重点推进设计、工艺、生产、服务过程的智能化。实现智能制造与先进管理理念同步实施——“提质、降本、增效、保安全、满足定制化需求”。

3.智改数转网联实施成效

实现农机零部件结构设计、生产工艺、技术水平与数控机床、数控加工中心等自动化生产设备前端协同发展，产品自制率达到80%以上。建成沃得智云工业互联网平台、沃得智云物联网服务平台、数字农业平台。通过工信部两化融合管理体系评定，获得多项数字化转型领域国家专利。

案例四：江苏悦达智能农业装备有限公司

1.企业基本情况

江苏悦达智能农业装备有限公司成立于2008年11月，现有资产8.64亿元人民币，职工600余人，占地面积500余亩。公司主导产品品种近百个，产品功率覆盖25-260马力，销售区域遍及国内三十多个省、市和自治区，外销北美洲、欧洲、南美洲、非洲、东南亚及中东等九十多个国家和地区，出口交货值多年位居全国同行业前茅。“黄海金马”牌拖拉机荣获“中国名牌”产品称号和“国家免检产品”称号，是中国拖拉机行业同时荣获该荣誉的四大品牌之一。

2.智改数转网联主要做法

推动拖拉机智能升级。较早提出“双智能”规划，着眼于大马力拖拉机FPS-全动力换挡、CVT-无级变速、无人驾驶、CAN总线等，实现技术突破、提供智能服务。实现CAN总线控制，设计拖拉机整机控制平台，整合柴油机ECU和电控液压阀ECU、动力换向ECU等进行统一控制。



附图 3-6 悦达农装智改数转架构

引进智能设备与产线。具备较强的产品开发设计能力和完善的质量管理体系，生产设备精良，拥有前处理阴极电泳生产线、总装生产线以及德国、意大利等国生产的进口加工中心组成的柔性加工线，激光切割机和焊接机器人组成的智能焊接生产线，现有数控切割机 30 余台、焊接机器人 10 余台。

提升管理信息化水平。使用 ERP 等系统经营管理，包括计划、采购、仓储、财务等。使用 OA 进行办公管理、日常审批，用微信小程序进行日常管理。使用“盐智云”数智工厂运营系统进行生产管理。搭建产品管理平台，可以对产品使用信息进行远程收集。

3.智改数转网联实施成效

获评江苏省两化融合示范单位，建有江苏省农机装备产业电动拖拉机研发基地。承担“绿叶类蔬菜全程机械化生产关键技术及装备”等重点项目，突破电动拖拉机“三电”集成控制、无人

驾驶、无级变速等关键技术。通过建设 MES 系统、PLM 系统、APS 系统，公司生产效率、产品质量显著提升，研发周期明显缩短，运营成本显著降低。

案例五：凯龙科技股份有限公司

1.企业基本情况

凯龙科技股份有限公司成立于 2001 年 12 月，占地总面积 230 余亩，员工 1100 余名。建有博士后科研工作站、国家企业技术中心、江苏省重点企业研发机构、江苏省工程技术研究中心、江苏省企业技术中心。承担国家科技创新基金、科技部政策引导类专项、国家发展改革委重点产业振兴和技术改造专项、江苏省重大科技成果转化等多项国家、省市级项目。近年来，柴油机尾气后处理系统全国市场占有率近 20%，排名全国前列，与潍柴、玉柴、锡柴、上柴、一汽解放大柴、依维柯、全柴、洛拖、雷沃、常柴等客户建立良好的合作关系。

2.智改数转网联主要做法

凯龙高科数字工厂项目围绕凯龙高科数字化、智能化、工业互联网标杆工厂的建设总目标，以凯龙高科总公司为主体作总体规划设计，打造统一数字化平台底座，通过业务数据相互融合，控制系统、信息化管理系统、企业经营系统和多元生态系统相互协同，实现“应用一体化、数据一体化、设备一体化”的目标。项目以“平台+应用”架构模式，立足运营和管理需求，提供面向生产管控类、设备管控类、能源管理类、辅助决策类、经营管

理类的应用，进一步提升凯龙高科综合运营水平。



附图 3-7 凯龙高科数字工厂架构

智能装备全面应用。自主设计载体催化剂涂覆流水线、蜂窝陶瓷载体生产流水线、尿素喷射泵装配流水线、喷射控制器(DCU)流水线、泵罐一体式尿素配给系统装配流水线及催化器封装等。实现车间核心智能设备 100%联网，可远程在线监控。采用国际先进的车间设计及仿真系统，采用国产化 ERP、MES、IOT 等信息系统。

数字化测试与试验。拥有 10 个发动机综合测试台架，4 个电力瞬态试验台架，配有 AVL 电力测工机、排放仪、颗粒分析仪、激光粒度分析仪及振动、淋雨、盐雾、高低温等试验检测设备，具备对各种机型柴油机和后处理系统及核心部件进行性能测试与检测能力，拥有 CVS（全流排放）测试能力。

生产过程实时管控。上线 MES 系统，通过生产线工站扫码收集关键零部件的批次及序号。通过二维码标识快速追溯生产批

次，实现生产过程信息追溯。气密检测工序、GBD 工序等实施自动检测，在线判读检测结果。通过物联网技术，实现车间人事、生产、质量和成本等业务可视化。

车间内外联动协同。产线物料由搬运机器人移栽配送，通过条码扫描，实现物料按批次入库、出库，控制先进先出。以 ERP 系统作为车间生产信息中枢，自动运算客户需求，传递到 IOT 生成生产任务计划，传送至 MES 生产采集终端，实现设计、生产、销售、库存、采购、办公等环节全程无缝管理。

3.智改数转网联实施成效

2023 年获评江苏省智能制造示范车间，全面实现基础装配数字化、生产过程数字化、生产管理数字化、分析应用数字化。通过建设智能车间，企业产线效率大幅提升，生产运营成本降低 10%以上，产品不良品降低 30%以上；通过应用信息化系统，实现生产过程无纸化流转。

案例六：徐工集团工程机械股份有限公司

1.企业基本情况

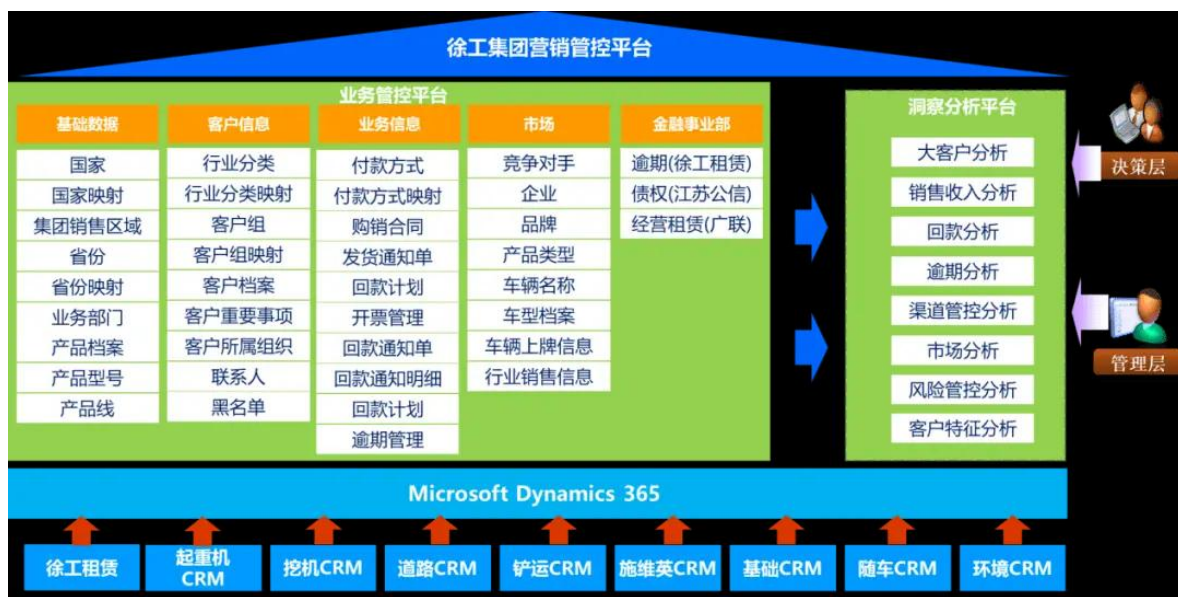
徐工集团工程机械股份有限公司位于江苏省徐州市，是中国工程机械行业的奠基者、开拓者和引领者，是工程机械行业具有全球竞争力、影响力的千亿级龙头企业。企业主要指标始终稳居中国工程机械行业第 1 位，连续三年位列世界工程机械行业第 3 位，连续四年位列“世界品牌 500 强”。徐工集团下设徐工农业装备子公司，从事高端农业装备产品研发、制造、销售及服务，

产品涵盖中大马力拖拉机、大型联合收获机械、植保机械、重型作业机具等。

2.智改数转网联主要做法

组织结构变革。从运营数字化管控、生产数字化管控、营销和服务数字化管控三方面对组织结构进行优化：以预算为主线的运营数字化管控方面，推进全面预算项目，经营管理部部门职责增加预算管理职能，增设专职或兼职预算岗位；生产数字化管控方面，生产管理岗位新增岗位要求，需要熟悉数字化设备、数据采集终端、熟练使用 MES、SCADA 系统，生产分厂增设兼职 MES 关键用户，原有系统管理员增加 MES 运维职能；营销服务方面，组织机构由直线型向流程型转变，撤销各事业部/分子公司的物流部门，成立徐工智联物流公司，统筹徐工内部物流、配送服务管理。

业务流程优化。围绕集团数字化管控能力打造，从经营管理数字化管控、生产数字化管控、营销和服务数字化管控三个方向，重新对全面预算管理流程、全面预算管理与 ERP 集成流程、生产制造管理流程、生产制造管理—计划生产流程（子流程）、生产制造管理—质量管理流程（子流程）、生产数据采集与分析流程（SCADA）、营销管控平台总体流程、营销管控平台—客户主数据管理流程（子流程）、备件协同管理平台总体流程、备件协同管理平台—条码管理流程（子流程）、全球物联网平台总体流程、智能供应链管理流程等 10 多个核心流程进行优化。



附图 3-8 集团营销管控平台

技术实现。徐工两化融合建设过程，逐步形成“一条主线：两化深度融合”“四个方向：智能研发、智能制造、智能管理、智能服务”“三大领域：信息化整体水平提升、培育集团信息化产业、国际化支撑”“九大工程：云制造、大数据、物联网、智能供应链等”的发展体系。以集团数字化管控能力建设为目标，充分调研业务需求基础上，制定技术方案，评审确定项目蓝图设计、功能设计、详细设计、功能开发实现等技术方案，按照项目实施计划进行分步实施。技术实现内容包含：全面预算项目、优化与集成、MES 项目优化、SCADA 项目建设、营销管控平台等。

数据开发利用。根据数据开发利用需求，协同外部实施方制定（全面预算）数据接口—ERP 接口优化方案、营销管控平台项目数据分析设计方案、MES 与 SAP ERP 接口方案、数据采集与分析系统实施应用方案等数据开发利用方案，明确业务方和实施

方的职责和时间计划。

规范与运行控制。对研发数据、生产数据、销售数据、采购数据、市场服务数据等多种必要的基础资源进行数字化和标准化，确保初始数据的准确性和有效性。编制《数据分析技术培训手册》《关键用户培训手册_徐工营销管控平台》《营销管控平台管理制度》《MES 操作说明书》《SCADA 操作说明书》《全球物联网平台使用手册》《智能供应链操作说明》《徐工办公云使用手册》等十余份操作指导书，并对相关岗位人员进行多次培训，确保知识向应用主体的有效转移。

3.智改数转网联实施成效

通过集团数字化管控能力建设实现全面预算精细化管理：以预算为主线，构建公司从战略规划到计划、计划到预算、执行监控到分析、分析到考核评价的集团预算闭环管理体系，预算执行准确率由原来的 70%提升到 90%以上。生产制造数据穿透管理：深度集成 PDM、ERP、SRM、CRM、MES、SCADA 等核心信息系统，实现人、财、物、信息的数据互通和集成管理。营销一体化管理：内部业务数据统一，业务入口和业务流程标准统一，实现集团的一体化管理与运营，实现客户、经销商、供方等业务的精细化管理。

案例七：中国一拖集团有限公司“东方红云现代农业装备工业互联网平台”（公开资料整理）

1.企业基本情况

中国一拖集团有限公司前身为第一拖拉机制造厂，是我国“一五”时期 156 个重点建设项目之一，1990 年被国务院企业管理委员会评为“国家一级企业”。主要产品覆盖农业装备产业链体系，具体包括拖拉机等农机装备产品，以及传动系统、驾驶室、铸锻件等核心零部件。2024 年企业营业收入超过 100 亿元，大轮拖销售增长 20.7%，中轮拖销售增长 5%，收割机销售增长 42%。企业自主生产“东方红”系列，连续多年获得“最具影响力品牌”“创新产品品牌”等殊荣，“东方红”商标被认定为首批“中国驰名商标”。

中国一拖以制造过程数字化、高端化、智能化、绿色化为重点，加快高端制造智能产品商品化进程，深入推进智能制造。2024 年动力换挡 LZ2604、无级变速 LW3204 拖拉机实现小批量销售，LF3204 动力换挡、LW2404 无级变速以及 HB2204 混合动力产品实现上市推广。2024 年投资近 4 亿元，用以实施智能多用途拖拉机能力提升、高效低排放 YTN3 柴油机智能制造建设、齿轮数控化设备更新项目等，推动企业工厂数智化应用能力不断提升，打造现代化智能工厂场景，引领行业高端制造。

2.工业互联网平台搭建情况

“东方红”平台创新领航。中国一拖先后投资近 10 亿元，建设智能机械加工厂、智能驾驶舱数字化工厂、新型柴油机智能生产工厂，广泛使用桁架机器人、AVG 机器人、在线自动装配、在线检测设备、智能立体仓库等新工艺、新技术，实现从运输、摆件到加工的全流程自动化，大幅提高生产效率，产品合格率近

100%。同时，公司采用数据联通融通模式，其“东方红云现代农业装备工业互联网平台创新应用”入选工信部 2022 年工业互联网平台创新领航应用案例，带动行业内中小企业“云上”融入产业链和大企业生产运营体系。该应用案例建设内容包含“一基地、三平台”，即先进农业装备制造基地、智慧农机与智慧农业创新平台、农业装备成套集成与产业资源开放合作平台、农业与农村工程综合服务平台。旨在实现以下目标：行业赋能服务企业 1000 家以上，建立设计、生产、服务等知识共享库，搭建物联网平台，规模接入各类工业设备。



附图 3-9 工业互联网平台架构

供应链高效协同。通过工业互联网平台中的 SCM 系统，实

现与中小企业供应商的业务协同，提升产业链工作效率及保供能力。一是供应链的协同工作，实现 VMI 模式，达成物料需求、采购订单、到货数据、库存数据对供需双方透明，备料拉料信息能够实时采集及通知，减少中小企业供应商存货积压的风险。二是供应商实时交互，实现发票的在线预制，实现业务相关数据的电子化采集及条码标签、业务单据的打印，减少人工录入数据的工作量，提高业务操作效率与正确率，简化中小企业供应商的生产管理。三是供应商物资寄售管理，实现与 SAP、MES 深度集成、信息系统间的数据共享，进一步提高生产节拍，增强产供协同能力、减少库存损耗、降低生产成本。

“配销服”新模式快速发展。通过搭建集销售、服务于一体的 B2B 备配件电子商务平台——EPC 平台，打造一套线上线下同步运营、销售服务全面协同、企业客户多方共赢的配件销售服务新模式。EPC 平台主要面向全国各地农机经销商及东方红服务站，方便产业链下游经销商、服务站等中小企业通过统一的平台购买平价农机配件，提升服务便捷性和渠道商盈利性，促进合作双赢。通过 EPC 平台应用：一是成功搭建经销商中小企业与主机生产厂家大企业之间的在线下单与销售平台，实现拖拉机、收获机、柴油机及零部件图册的编制、审核、在线发布，终端经销商查询所需备配件零件号的过程更加方便快捷，能够更直观的确认可视化的图形模型，进行农机配备件订购，改变原来纸上查询、层层电话沟通确认下单的模式，大幅提高备配件供应的效率；二是实现备配件产品的订购及销售业务的管理，东方红配件中心人

员能够在线维护备配件价额、管理备配件销售用户，数据精准可靠；三是促进国贸公司、中非重工负责外贸产品及零部件物料清单翻译、外贸产品在电子商务网站上的发布、备配件销售、服务订单的处理。

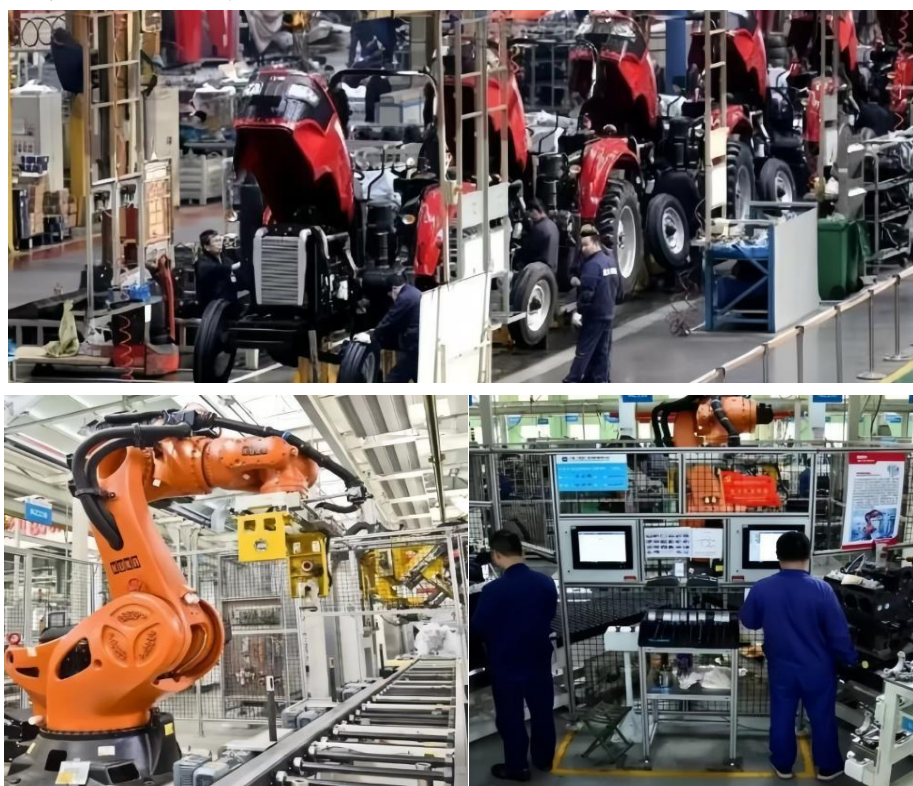
3.工业互联网平台应用成效

打破信息孤岛。目前“东方红云”平台系统集成中国一拖集团内部网络的 60 余项业务，覆盖企业内部主要生产单元和专业厂，实现管理合理、效率高、服务优的目标，全面打通“产—供—销”的供应链体系。平台通过工业 APP 和微服务架构为企业内部赋能，积极建立面向农机装备行业，打造设备泛在连接、数据统一集聚、上下游企业资源优化整合、引领行业企业数字化转型升级为目标的一体化智能服务平台，通过不断优化上下游产业链的资源结构，带动整体产业的智能化提升。平台已具备服务企业 1000 家以上能力，已实现与行业内中小企业数据联通，带动中小企业“云上”融入产业链，具备 30 种以上类型设备规模接入能力和 10 万台以上工业设备同时在线能力。

工作效率大幅提升。工业互联网平台的投用加快新产品的研发，采用数字化手段，通过三维设计、仿真、小批量试制等程序，研发周期由 2 年减少到 6—8 个月。另一方面，通过工业互联网平台 SCM 模块，实现供应商寄售管理及与供应商供需协同、500 余家长期合作供应商的高效协同。生产计划订单下达后，供应商能够快速获取订单信息，安排相应的生产，大幅提升工作效率、保供能力。该供应商协调系统每年可减少 2 亿元库存资金，缩短

5—10 天库存周期。

产业链生态良性发展。2017 年开始通过该平台对外开展备配件销售业务。经过多年运营，EPC 平台上管理的经销商和服务站总数达 2000 余家，平台销售额数千万元。通过该平台应用建立高效的农机备配件销售渠道，让更多终端中小企业获得盈利空间，让更多用户能够购买到原厂、平价备配件。同时，平台助力精准找寻用户。目前，中国一拖只接受网上下单，客户在网上生成个性需求订单，通过用户数据的积累，公司能够掌握不同地区的消费需求，从而开发出不同的针对性产品。例如，销往东北等高纬度地区的拖拉机，通过车载终端可以及时提醒用户在冬季放水，大幅减少发动机缸体冻裂情况。



附图 3-10 工业互联车间

案例八：潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司智慧农业全新生态体系（公开资料整理）

1.企业基本情况

潍柴雷沃智慧农业科技股份有限公司是国内规模最大的农业装备企业，主营业务覆盖拖拉机等多个领域，为现代农业提供全程机械化整体解决方案，产品主要包括 25 马力至 240 马力的大中型拖拉机等。2024 年企业营业收入 174 亿元，同比增长 18%；出口收入 18.3 亿元，同比增长 38%，海外出口覆盖全球超过一百个国家和地区。建成国家和省级重要科研创新平台十余个，先后承担国家级、省级技术创新项目 150 余项，获德国“红点奖”、欧洲年度拖拉机银奖等国际奖项，获国家科技进步奖二等奖、农业农村部神农中华农业科技奖一等奖等国家、省部级奖项近 50 项。产品雷沃欧豹 M3004-7NP1 轮式拖拉机荣获 2024 中国农业机械年度市场领先金奖。

2.智慧农业全新生态体系建设情况

近年来，潍柴雷沃技术创新团队围绕智能驾驶、精准作业、智慧农业管理平台等方面，不断储备和积累关键技术，积极切入智慧农业服务业务，实现从单纯提供农机产品向提供智慧农业系统服务方案转型。

智慧农业加速布局。潍柴雷沃以智能驾驶技术为核心，结合北斗卫星定位技术和遥感技术，开发行业首家集成“农机+作物+土壤+环境”为一体的智慧农业管理平台，覆盖 24 个省，服务面积 370 多万亩。与科研单位和合作单位建设智慧农场近 30 家，

配置全程化智能农机、全场景农业物联网设备以及空天地一体化数据平台，研发推广无人农场所需的一系列新技术、新产品，为客户提供耕、种、管、收生产作业全环节的现代农业服务。2023年，农场管理平台 2.0 从平台架构能力、管理能力、精准服务等层面进行补强，新增业财一体功能，升级卫星遥感功能增加巡田指导、冠层水分分析功能，优化农机管家版块框架，实现可制定秋收期间的农服作业计划。2024 年，智慧农场管理平台 3.0 为客户提供“耕整监控、播种监控、苗情监测、产量监测”等数据服务，基于对用户需求精准分析，物联网平台增加摄像头和灌溉设备管理等功能，更好地满足用户个性化需求和习惯。



附图 3-11 智慧农业平台

跨区作业精准响应。与农业农村部合作开通“全国三夏农机跨区作业信息服务平台”，不断深化“三纵一横”卅字服务模式，形成全时全域全场景的服务保障体系。为确保三夏期间用户跨区作业的顺利进行，依托平台并整合车联网、CRM 系统以及遥感、气象等第三方数据，打造先进的“智慧云脑”服务平台，为用户提供产品全生命周期服务。该平台可实时掌握企业生产的智能农机在全国各地分布情况、作业情况等数据，合理储备服务资源、

易损配件。同时，平台可提供全时远程服务，包括信息咨询、派工救援、远程诊断、大数据分析等精准支持，已累计为近百万跨区机手提供作业进度、作业供需等信息指导。目前，已在跨区沿线建立服务作业网格 200 余个，抽调近千名技术专家/服务工程师，与终端网络数千名服务人员，超千辆服务车联合作战；建设分中心库、配件临时库、配件流动车的三级配件供应网络，配件投放覆盖全国 2500 个作业区县；依托全国 2000 家服务配件网络，严格执行“15 分钟响应，4 小时到位，24 小时闭环”限时服务标准，对作业数据、跨区数据等进行统筹分析，提前调拨服务保障力量到达集中作业区域，实现对服务资源的精准调配和管理，确保三秋作业区域全覆盖。

3.智慧农业全新生态体系建设成效

智能农机实现技术突破。搭载无人驾驶系统的潍柴雷沃智能农机融合智能传感、远程通信等技术，实现作业路径自主规划、行进速度调控、自动转向、远程遥控、协同互联，大幅提高作业精准化程度；产品 CVT 大马力智能拖拉机实现全系列商业化应用，打破国外垄断、补齐行业短板；丘陵山地拖拉机突破“折腰+扭腰”、机具姿态自适应调控技术，极大提升我国丘陵山地农机装备机械化水平；“深翻+复式条播”的增产技术实现增产 15% 以上，入选“中国农业农村重大新技术”；亩均作业效率提高 29.8%、油耗降低 25.5%。

智慧农业不断升级。不断储备智能驾驶、精准作业和智慧农业管理平台等方面核心技术，承接建设无人农场 20 余家，遍布

12 个重点省份；安装农机智能远程监控近 38 万套，平台活跃用户超 4 万个，核心客户应用面积超过 200 万亩。同时，企业农机农艺融合技术不断推广，智慧管理平台的应用场景更加多元。已在山东邹平、高密等地开设农服子公司，在潍坊安丘、烟台莱州、德州平原、济南商河等地区成立农服中心，整合数百台潍柴雷沃智能农机，打造了一支标准化、专业化、职业化的农服队伍，服务区域覆盖范围不断扩大，农服资源实现整合共享。

案例九：潍柴动力股份有限公司智能工厂（公开资料整理）

1. 企业基本情况

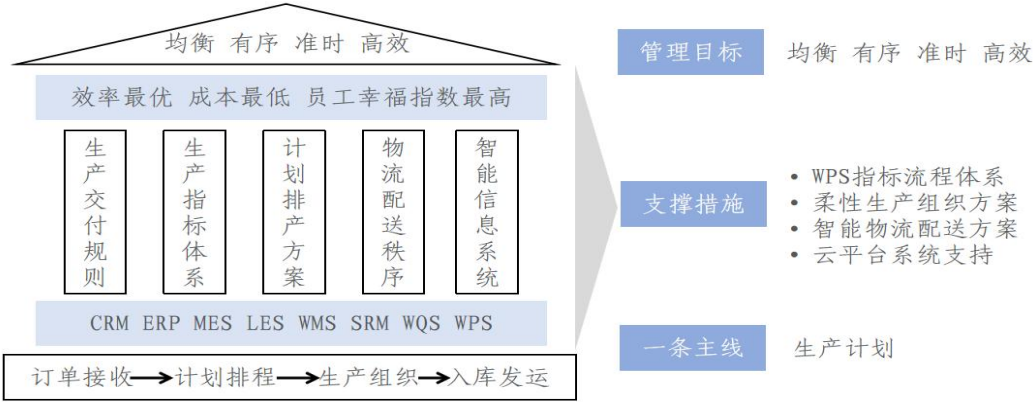
潍柴动力是中国领先、在全球具有重要影响力的工业装备跨国集团。主营业务涵盖动力系统、农业装备、智慧物流等业务板块，产品远销 150 多个国家和地区。拥有潍柴动力发动机、潍柴雷沃智慧农业、法士特变速器、汉德车桥、火炬火花塞以及德国凯傲、德国林德液压等国内外知名品牌。获国家科技进步奖一等奖、中国质量奖、中国专利金奖、中国商标金奖·商标创新奖等荣誉。2023 年，潍柴动力营业收入 2139.58 亿元，其中农业装备业务占比 7.49%，达 160.34 亿元。

2. 智能工厂主要做法

基于数字孪生的制造。潍柴数字孪生技术从智慧园区、数字化工厂、智能产线、虚拟产品四个维度满足管理人员、技术人员、操作人员对生产过程的需求。技术方面，围绕模型建设、数据传输、功能开发等推进研究落地。模型建设方面，围绕模型快速建

造与模型轻量化技术，研究实践 GIS 场景建模、点云建模、多维度图片建模等方法；数据传输方面，通过数字孪生平台与 SCADA 系统、MES 系统互联互通，实现数据实时采集与孪生平台实时应用；功能开发方面，围绕生产、能源、人员、安环等方面，推动数字孪生系统在制造领域、管理领域的应用和能力挖掘。

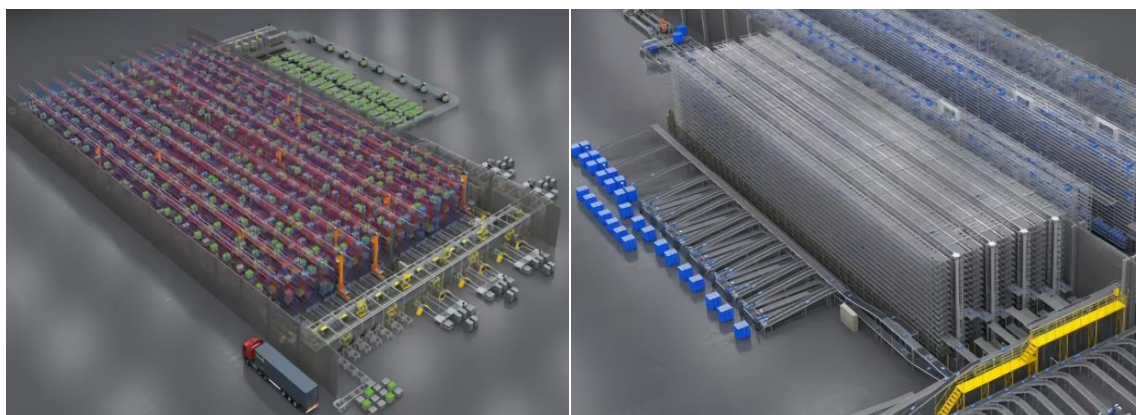
智能生产计划优化。运用 ERP 系统和寻优算法技术，基于采购前提、安全库存和市场需求等对生产计划进行优化，通过 T+X 计划齐套运算输出，智能引导计划锁定。基于市场需求预测，通过 ERP 的 MRP 功能模块计算无限约束的物料需求计划，指导采购计划。对于已触发的市场需求订单，依托 ERP 中枢系统功能，实现 ERP、CRM、PDM、SRM、WMS 等信息系统集成，通过 ERP 功能模块实现市场订单需求基于库存、远期到货的全局订单运算，并输出对于市场及采购计划的反馈与预警。针对高柔性离散加工车间的排产需求，通过混合调度智能算法，综合考虑多渠道订单来源、多资源约束的生产计划分解，实现静态排产调度优化，车间异常状况的快速响应与动态排产优化。



附图 3-12 生产计划模块功能

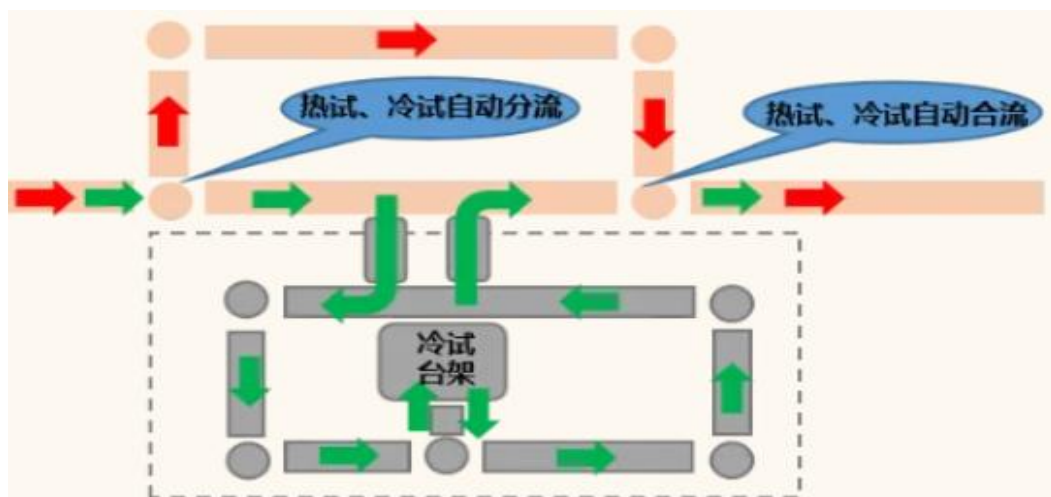
智能仓储。智能立体仓库依托仓储管理系统（WMS）与制造执行系统（MES）数据互联互通，通过条形码技术和无线终端技术，实现物料自动出入库、自动分配货位储存等功能，实现计划－采购－仓储－配送的高效协同。支持以客户需求为中心的连续自动补货，拉式供应链 JIT、柔性化以及出入库策略合理组合运用，实现仓储拣选自动化一体的现代化智能物流运作模式。

精准配送。依托 WMS 仓储管理系统、LES 物流执行系统、RCS 自动导向车调度系统、LMS 线边立库管理系统，综合运用激光导航、自主建图、室内定位、5G 传输等自动化技术，实现“最后一公里”的精准配送。深度应用 JIT 精益理念，引进多种投料方式。通过业务场景模块化配置的方法，搭建 LES 工位级物料拉动平台，推进转运工具工装标准化。搭建多层穿梭车（MS）线边超市及 AGV 自动转运平台，建设存储量 5000 箱的多层穿梭车（MS）线边超市，标准件物料可在线边超市实时拣选，地面料箱使用 AGV 进行点对点或巡线投料，配合空中和地面运输线进行精准投料，打造线边立体化投料系统。



附图 3-13 智能仓储与高密度存储自动化拣选

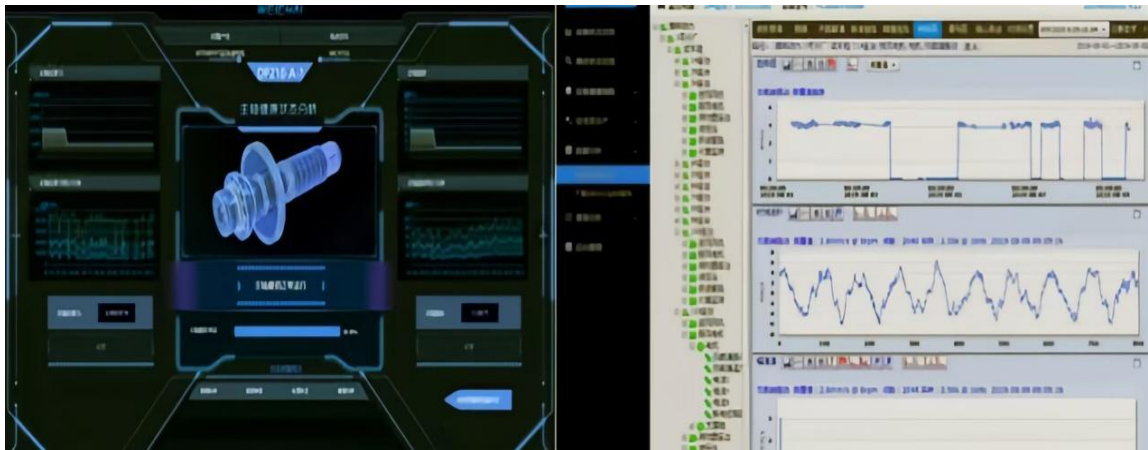
智能在线检测。加工车间，对关键参数的工序自主设计在线智能检测技术方案，建立加工测量双向正反馈制造模式，关键工序 100%在线自动检测，实现制造过程全透明。关键部位螺栓全部采用电动工具拧紧，实现拧紧数据实时检测及 100%上传；自主开发活塞顶面距离、物理上止点、缸套凸出量、油头凸出量、气门间隙等五大专用在线检测设备，满足产品性能一致性在线检测需求。建立潍柴数据格式规范，形成一以贯之的数据传送通道。创新性实现冷、热试自动分合流柔性工艺流程设置，开发完成冷试在线测量技术，实现发动机 17 项核心工艺参数在线测量。



附图 3-14 冷热试工艺自动分流

智能维护管理。融合设备智能运维理念与方法，充分利用信息化、大数据等前沿技术，从上搭建起设备管理平台 EAM、从下推进 SCADA 生产线设备数采联网，推动设备运维数据采集分析与维护业务流程的贯通，从 EAM 系统自动推送点检维护计划执行，到现场设备运行温度、压力、振动等状态数据的自动实时监控，运维人员可全过程全时域掌握设备现场运行状况。依托

SCADA 系统实时数采和 EAM 系统检维修数据，实现设备异常故障实时推送、接单响应投入维修资源，开展故障诊断分析，逐级调配产线级、分厂级、公司级资源，消除生产设备异常，并实现数据积累及回馈设备前期，推动设备智能运维的可持续性、可扩展性。同时，根据设备部位特性及常发故障历史数据，结合现场设备实时采集的数据，开展设备可靠性智能预测分析及异常处理；实现加工中心主轴寿命预测、发动机测试系统负载力矩监控、喷涂线电机组运行温度及振动等智能预测维护及可视分析。



附图 3-15 主轴寿命预测

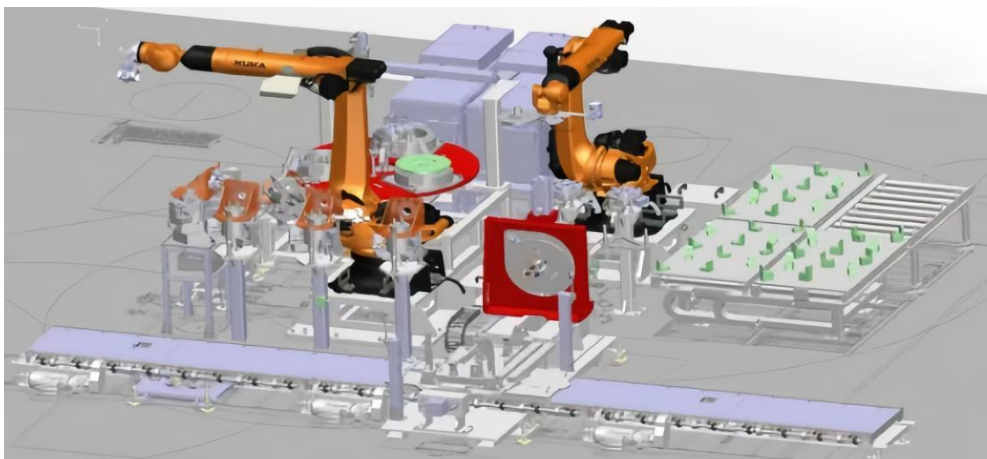
能耗数据监测。项目应用自动化、信息化、数字化技术，对游离分散在各园区的 3000 余块各级能耗表计实施智能监控，搭建潍柴能源管理系统（EMS），实现园区级、工厂级、产线级及重点耗能设备的耗能数据采集率达到 100%，通过能源购入、转换、输送、消耗全过程的能源价值监控分析，实现不同层级用能的精细化管理。同时，实施动能设备系统的自控改造，实现园区内包括变配电、空压机站房、制冷站房、采暖站房、循环水站房、

暖通空调机组等动能系统设备的集中管控运维，实现各级能耗数据与动能系统设备联通匹配调控的全要素打通。依托潍柴能源管理系统（EMS）实现能耗数据实时分析及指标管控和节能举措应用后效果再评估的全链条闭环管控。



附图 3-16 能源管理系统

离散型工艺数字化设计。搭建知识驱动的三维工艺数字化平台，建设工艺特征库、工艺方法库、工艺性审查标准库；应用计算机仿真软件，实现工艺开发仿真场景全覆盖。开发多种数据转化工具以集成行业主流 CAD 软件和主要模型数据格式，实现产品模型、设备模型、工装模型、刀具模型的高度复用；通过机械加工 CAM 虚拟编程提前校验数控程序错误，与设备实物资产高度映射的后处理程序包可免配置直接调用；真实工厂数据无缝导入仿真环境，产品与产线设备实现动态三维干涉检查。基于设计、工艺构建实时优化模型，实现三维工艺设计的动态优化，支撑潍柴数字化工艺新业务应用。



附图 3-17 产线布局与设备模型导入仿真环境

3.智能工厂建设成效

对物理场景进行 1:1 的虚拟复制，实现关键场景数据打通以及虚实双向交互映射，涉及面积大约 88 万平方米，模型数量可达数千万级别。



附图 3-18 机械臂以虚映实

实现订单的层级预警、订单交付可视化，提升排产人员工作效率 37.5%，计划排产工作时间由 8 小时缩短至 5 小时；加工设备利用率提高 10%以上。通过智能排产，可实现产品种类不低于

15 种、设备数量不低于 50 台的大规模车间排产，且针对产量不低于 1000 件的大规模柔性车间排产情景时，智能排产算法求解结果与理论最优解的相对误差率不超过 15%。

DMS、ASRS 等自动化立体库的投用，增加仓库利用率，实现 11500 余个物料件号自动化仓储与分拣配送，每天 3 万余个订单数据由系统自动传递；系统中实现精细库存管理，物料定置率、分拣准确率和先进先出率等关键指标均达到 100%，物流配送效率提升 20%以上，紧急订单响应速度提高 40%以上。

物料高秩序配送体系的搭建使转运效率提升 30%；多级库存的精细化管理使线边缓存区周转率提高 50%，线边库存水平降低 40%；物流作业任务的实时分解和精准推送实现配送投料及时率 100%，降低配送作业强度 80%以上；LES 物流执行系统运行速度提高 50%以上。

依托于工业互联网及信息采集软硬件开发部署，发动机核心装配拧紧过程 100%检测及数据上传，发动机制造过程中影响性能一致性的工艺参数实现 100%自动在线检测及预警；完成发动机全自动在线冷试测试技术应用，燃油消耗相较于传统台架热试降低 60%，测试时间减少 90%，数据采集率实现 100%。

搭建设备运行指标体系并进行可视化展示，实现检维修计划完成率 100%，设备可动率达到 99.5%以上，平均故障修复时间降低至 40 分钟以下。

工厂级、产线级能耗采集率 100%，100kW 及以上重点电能消耗实现 100%采集。潍柴能源管理系统（EMS）与动能站房自

控系统、MES 等进行系统互联，构建“源—网—荷—储”新型节能低碳管控模式，综合能耗可降低 2%~4%，站房综合能效提高 13%，可降低动能费用约 1000 万元。

工艺知识库集成应用程序可以支持工艺规划与产品设计，实现三维工艺模型实时可指导优化，工艺性审查效率提升 60%以上，缩短新产品研发样件交付周期 14%以上。

案例十：山东玲珑轮胎股份有限公司智能工厂（公开资料整理）

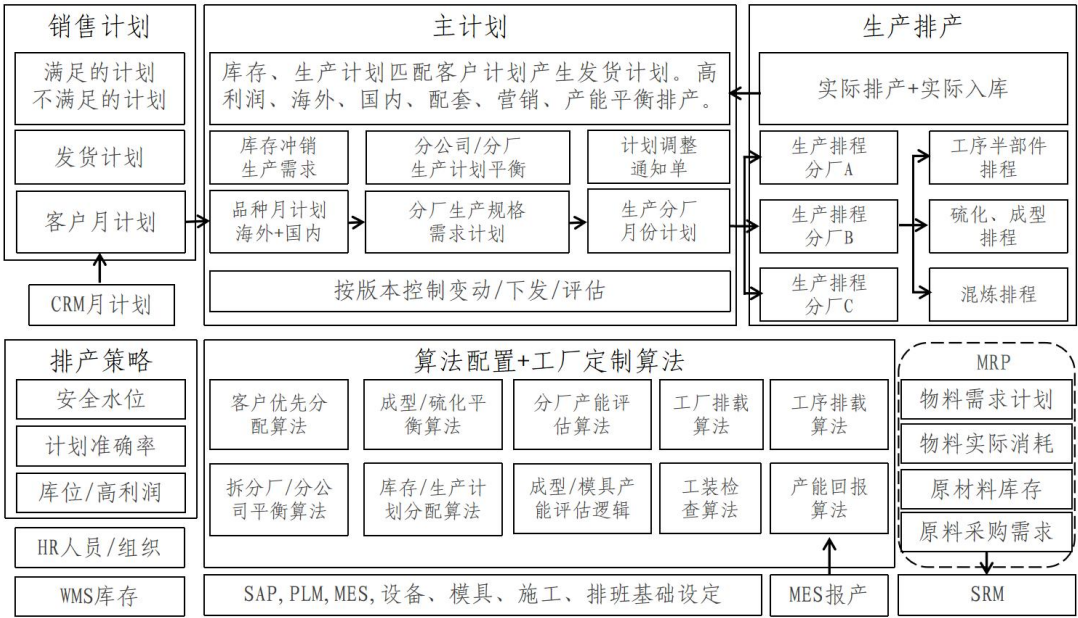
1.企业基本情况

山东玲珑轮胎股份有限公司成立于 1975 年，拥有五大系列产品的技术型轮胎，全系列农业子午胎和农业斜交胎产品被广泛应用于拖拉机等现代农业，具有高牵引性、高稳定性、高舒适性的优势。全球拥有 7 个研发机构和 7 个生产基地，建有国家级工业设计中心、国家认定企业技术中心、国家认可实验室、噪声实验室和获得欧盟认可的滚动阻力实验室等，获中国工业大奖、中国 500 最具价值品牌、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖等荣誉。2023 年营业收入 201.65 亿元，同比增长 18.58%。

2.智能工厂主要做法

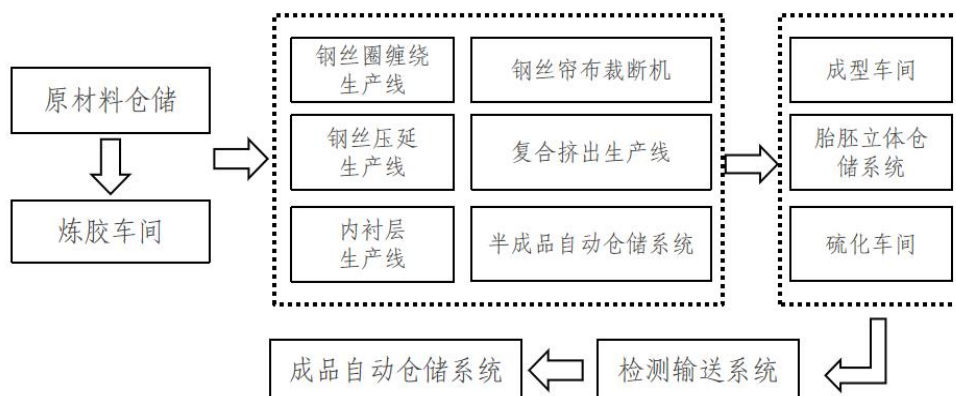
计划调度—轮胎智能排产系统。根据行业生产特点，轮胎行业的计划调度一体化系统提供市场销售分析与销售预测、月度和每周的轮胎产品销售计划、生产计划、工序作业调度计划，具体如下图所示。关注管理层和生产层的计划调度，实现由 ERP 层、

MES 层到 PCS 层的过渡，实现全方位计划调度管理。在 MES 层，主要进行计划详细排程和突发事件的动态调度，并根据轮胎生产施工表将轮胎计划分解为各个生产工序的半成品计划和胶料计划。轮胎制造高级计划与排产 APS 系统主要针对密炼、压延、裁切、成型、硫化五个工序步骤，为满足各种销售订单及保证库存的生产计划合理分配生产资源。



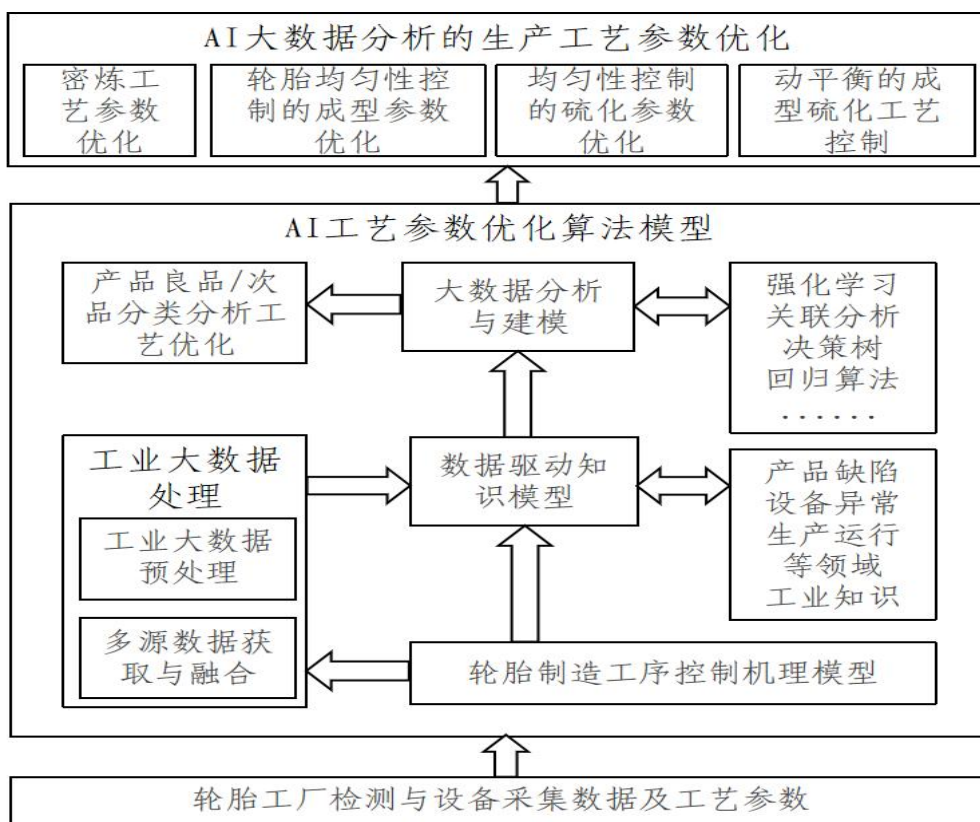
附图 3-19 轮胎行业销售计划与生产计划

计划调度 - 轮胎智能仓储系统。智能仓储物流系统主要由立体仓库系统、胎胚/物料自动传输系统、自动码垛系统、物料搬运机器人与 AGV 无人小车、WMS 仓库管理系统等组成，实现智能自动仓储、智能物流输送调度，并可以与智能工厂的其他系统和设备进行有效连接，实现与 ERP、MES 等信息平台的数据整合与互联互通，达成与数字化、自动化、智能化制造设备互联互通的目标。



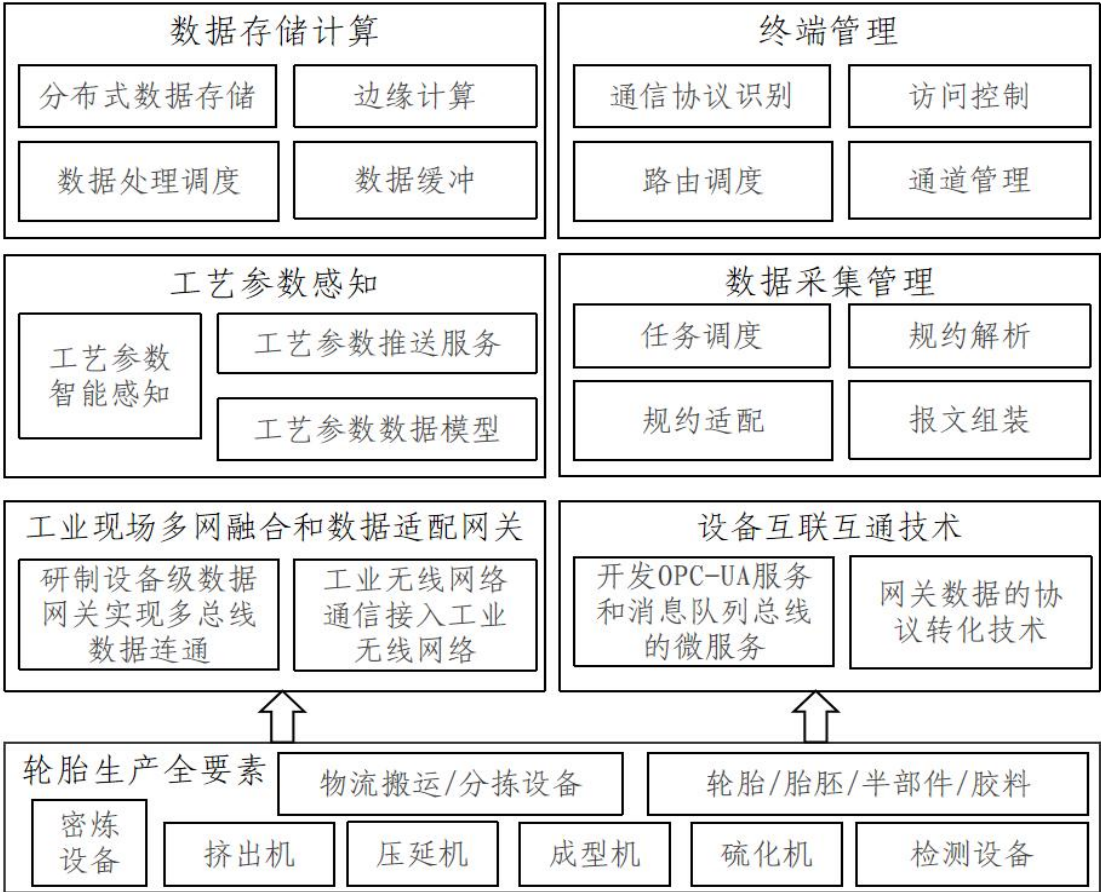
附图 3-20 轮胎制造自动化生产线与自动仓储输送

生产作业 - 基于 AI 的生产过程控制参数优化。项目基于积累的生产工序大数据，构建工艺控制参数优化分析的工业 AI 模型，进行密炼工序中胶料与原料的最佳混炼工序、半部件压出工序的控制参数优化分析、轮胎均匀性的成型控制参数分析。



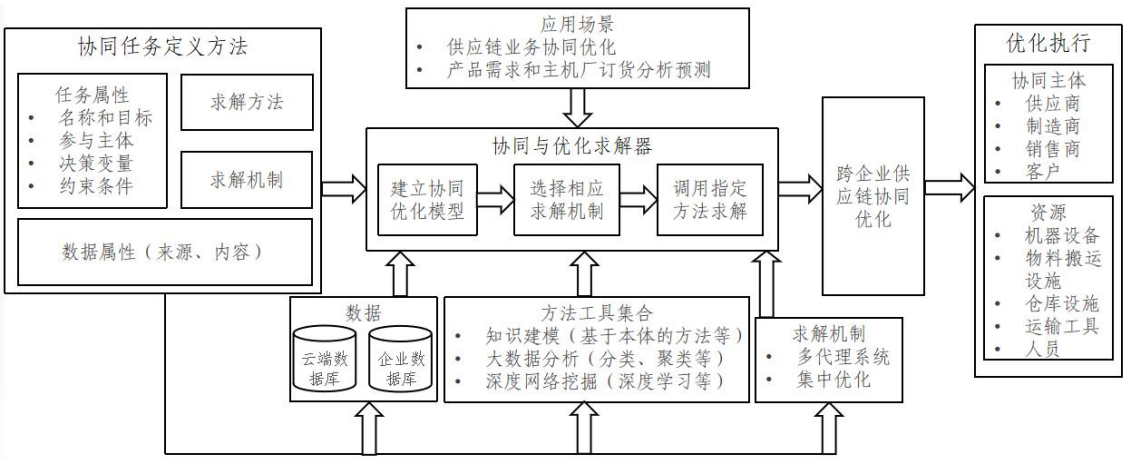
附图 3-21 基于 AI 的生产工艺控制参数优化

质量管控－轮胎全过程数据采集与质量管控。建立有效的质量信息集成平台，将轮胎生产制造过程质量控制相关数据采集与集成。借助大数据技术，基于质量大数据统计方法建立产品质量可靠性模型；基于产品质量树构建统一的产品质量数据模型，建立多源数据融合的质量大数据存储结构，对轮胎产品的质量数据（包括轮胎信息、密炼、成型、硫化、质检信息）进行多维度追溯分析。轮胎工厂感知互联与一体化数据采集的核心功能架构如下图所示，主要包括设备互联互通、数据储存与计算管理、工业现场多网融合和数据适配网关等模块。

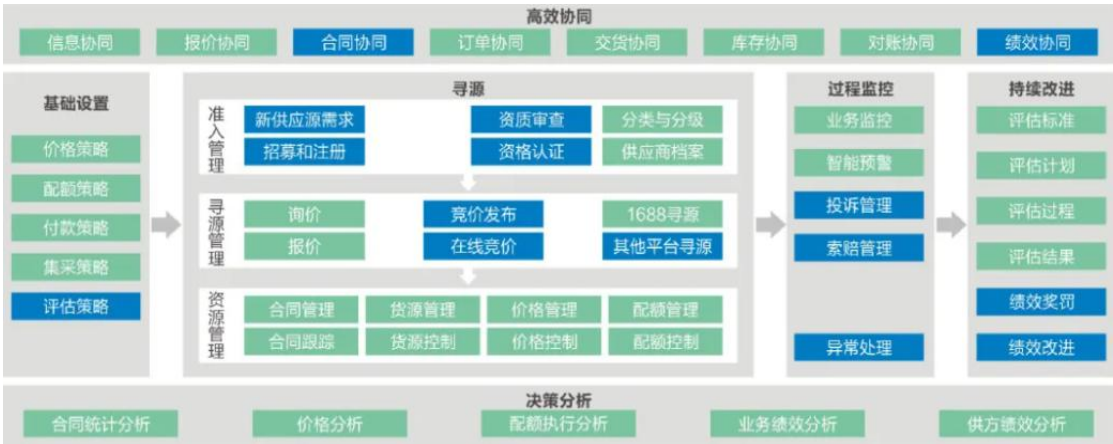


附图 3-22 实时数据采集与监控 SCADA 系统功能架构

运营管理－面向多工厂集中数据采集的供应链管理。设立供应链数据共享中心，包括单中心、多中心和去中心三种交换共享模式。通过供应链上下游协作化管理模式，对轮胎工厂与上下游企业间的生产计划、供需计划协同方法，供应链协同运作机制等要素进行重构优化管理，建立跨组织双赢的供应链业务流程结构。通过供应链协同管理 APP 帮助企业建立自身的供应体系和经销商体系，构建供需双方在线业务协同平台，平台充分整合供需双方业务伙伴，帮助供需双方构建业务协同平台。



附图 3-23 供应链协同优化方法



附图 3-24 供应链协同管理 APP 功能

能源管理－轮胎能源管理系统。通过大数据可视化监控分析平台，打造玲珑数据中台。通过 DCS 系统，实现电能计量表和冷风、蒸汽等流量计的数据采集。通过对能源动力中心各分站已有工艺设备和已运行控制系统进行整合，实现分散控制、集中管理的目标，提升能源动力运行的自动化程度。在 DCS 上层，结合大数据平台，建设能源管理系统，实现对用能数据的分析、异常定位和用能合理规划。



附图 3-25 用能监控

3.智能工厂建设成效

通过轮胎智能排产场景建设，利用大数据平台与 ERP 对接，实现生产与销售的数据贯通。通过建立 APS 系统，快速制定符合各种生产约束条件（人机料法环）、满足计划目标与策略的、优化的详细生产作业计划，使整体排产准确率提升 58%。以招远 PCR6 为试点，实现从成型硫化到各个半部件的自动排产，其中半部件排产时间降低至 1 小时以内，排产工作量减少 60%以上，

误产率下降 61%。

通过轮胎智能仓储场景建设，利用自动立库、自动 AGV 等硬件设备，实现设备出入库的无人化操作。通过 WMS 系统与生产及物流系统对接，完成对生产中物料和成品胎的出入库在线管理，提升物流流转效率，降低库存成本。

通过质量精准追溯场景建设，利用 SRM 系统、MES 系统、WMS 系统、CRM 系统建立大数据平台，解决质量追溯问题，实现对轮胎全生命周期数据的整合、串联及可视化展示，使相关业务处理效率提升 600%。

通过数据驱动产品设计优化场景建设，对已具备工艺参数采集缺少通信的设备通过加装 PLC 模块进行参数采集。通过追踪产品指标的波动进行提前干预，使产品 A 级品率提升 5%。通过对产品生产参数的分析，完成 1000 份以上轮胎工艺配方优化。

通过面向多工厂集中数据采集的供应链管理场景建设，实现工厂的原料预采购安排，提升经销商的资金周转率、产业链上企业的供应链协作水平、公司内外部的有效协同。

通过产品数字化研发与设计场景建设，进行参数模型设计和规范设计流程，使逆向设计工作效率提升 90%，花纹设计效率提升 200%，模具设计效率提升 300%。

通过能耗数据监测场景建设，利用能源动力 DCS 系统，通过对能源动力中心各分站已有工艺设备和已运行控制系统进行系统整合，提升能源动力运行的自动化程度。

通过轮胎智能工厂的生产作业场景建设，实现生产数据的大

融合。完成智能化改造的工厂生产效率高于普通工厂 200%，同时产品 A 级品量高于普通工厂 80%。

案例十一：中联重科股份有限公司数字化创新模式（公开资料整理）

1.企业基本情况

中联重科股份有限公司成立于 1999 年 8 月，主要从事工程机械、农业机械等领域的研发制造，其耕王（拖拉机）等产品系列市场占有率多年行业领先。2023 年农业机械业务营业收入 20.92 亿元，同比增长 7.31%。全球范围内，建有 30 余个一级业务航空港、350 多个二级网点，产品覆盖超过 140 个国家和地区。建成投产液压阀智能工厂，获得产品技术奖励十余项，拥有授权专利近 2000 项。入选国家级“双跨”平台，获评工信部绿色工厂、智能制造优秀场景，获评中国农业机械年度新能源金奖、金穗奖。近年陆续发布国内首创大马力 AI 拖拉机和中小马力纯电拖拉机等创新产品。

2.智能化转型升级先进做法

战略规划。制定“2+2+2”总体转型战略，即立足“产品和资本”2 个市场，推进“制造业与互联网、产业和金融”2 个融合，做强“工程机械、农业机械”2 个板块，打造全球化高端装备制造服务企业。数字化转型战略上，以中联智慧产业城建设为依托，以“产品在网上、数据在云上、市场在掌上”的高端装备智能制造服务新商业模式转型思路为引领，构建“智慧产业城实

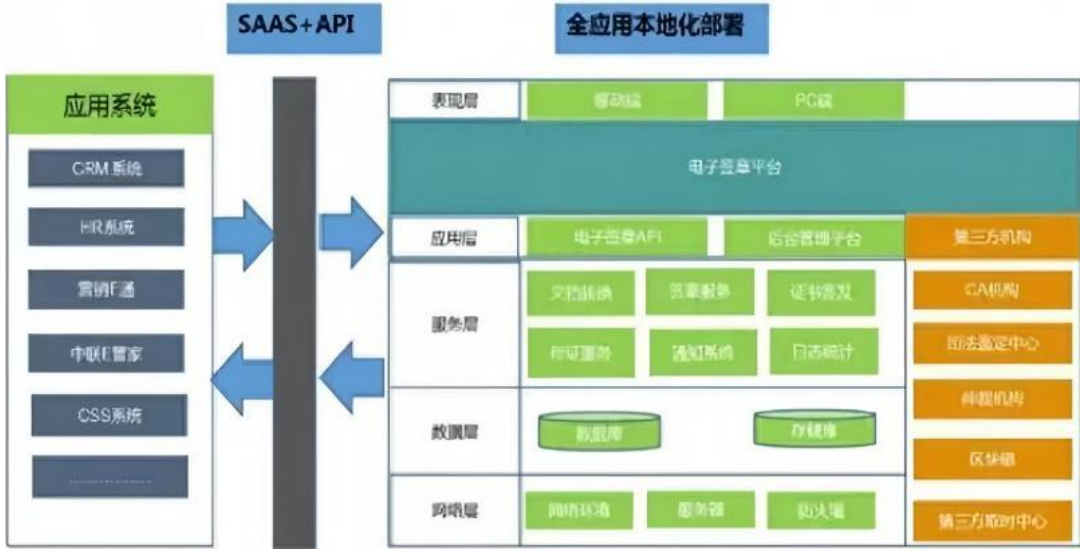
体建设+服务新商业模式创新”的数字经济新业态。以中联重科为圆心，实现研发、制造、供应链、营销、服务的端对端业务集成，连接、协同、赋能农业机械行业农户等价值链、生态圈等各环节。

智能化产品创新模式。立足产品 4.0 战略和柔性制造，以“模块化平台+智能化产品”为核心，深度融合、传感、互联、智能化领域开展技术攻关，孵化出一批工程机械产品智能化整体解决方案，研发出多款性能卓越、安全可靠、绿色高效的智能化产品。智能化产品创新依靠聚力打造“产品、互联、应用”三大技术开发能力，分别围绕“智能故障诊断系统、工况自适应控制、智能安全控制”“数据终端开发、数据动态传输机制设计、数据传输规范”和“控制软件远程升级、物联网工业云平台开发、移动端 APP 应用开发”三线九点持续发力，通过实现设备智能安全保障、实时数据“采、传、析、享”和智能管理服务增值，以达到对产品创新赋能的效果。



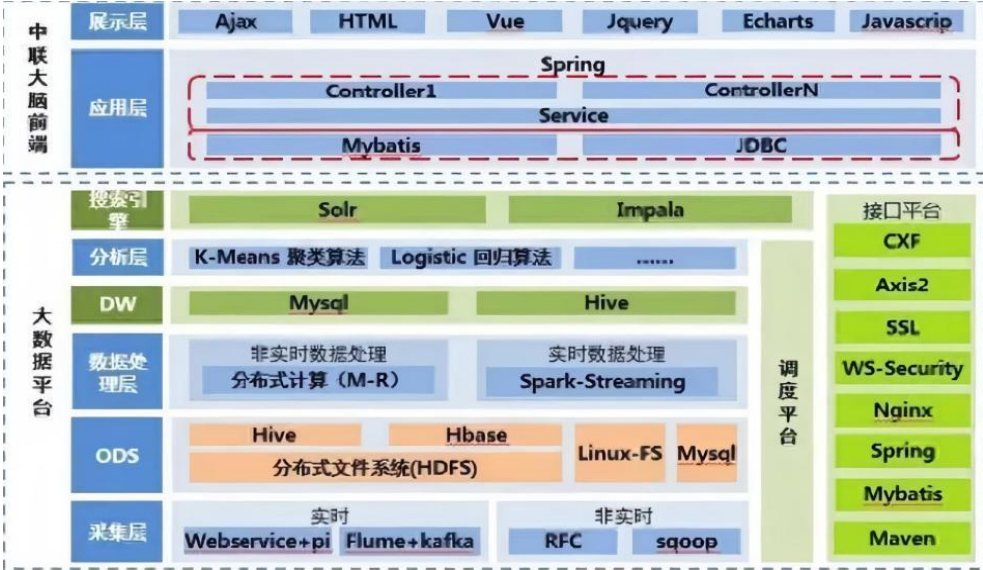
附图 3-26 塔机远程控制和 5G 遥控挖机

端到端客户营销服务模式。基于 CRM 营销管理平台 and 一批搭载 ZValleyOS（中科云谷工业互联网）平台自主研发的移动工业互联网 APP，围绕全流程设备营销和设备经营运维两大领域，沿服务链实现主动式智能化管理，将原来“等、靠、要”式被动服务升级为基于数据的实时、在线、主动服务，将服务延伸至设备安全、使用效能、资产盘活、客户经营、二手交易等设备全生命周期，为客户提供增值服务。一方面依托 CRM 系统，结合云帮销、产品云等新应用，通过营销管理业务端对端运营来打通客户对接服务渠道；另一方面基于自主研发的 ZValley OS 平台，围绕设备性能监控跟踪管理、设备融资租赁管理、混凝土设备运营管理等实际需求，打造“中联 e 管家”“智租”“智砼”等一批工业互联网 APP，构建起包含终端智能化设备改造、边缘计算、物联网设备接入、大数据工业机理模型分析、工业 APP 应用等在内的企业级工业互联网系统解决方案，提供端对端技术保障。



附图 3-27 端到端的客户营销服务技术实现

数字化决策模式。ZValleyOS 平台运用 Hadoop（分布式系统集成架构）分布式集群计算，构建机器学习模型，利用机器学习算法进行数据处理与模型拟合，全面提升数字驱动效能，助力经营决策，目前已为产品、客户、营销服务、企业运营、风险管控、财务管理等业务提供数据服务近 500 多项。营销服务方面，通过服务人员的定位、设备的定位以及派工等信息对服务人员的位置和工作状态进行实时监控，合理安排服务人员工作调配及最佳派工路径。服务现场，通过集成摄像头的头盔，应用深度学习视觉理解引擎，对服务工程师的维修过程进行分析，自动生成巡检分析与记录，提升服务标准化水平。设备预测性维护方面，针对泵车超温的难题，通过物联网工况数据关联分析，构建出超温原因识别模型，准确率达 85%，泵车超温率整体降低 3%；通过应用机理模型和机器学习算法，实现对智能化泵车砗活塞故障的预测，预计未来 1000 方砗活塞故障预测精度将超过 75%。



附图 3-28 数字化决策技术实现

智慧仓储整体解决方案。推出“基于大语言模型的智能仓储管理系统（AIGC-WMS）”，是中联重科首个基于人工智能大模型的新一代工业互联网平台在智能制造领域仓储环节的应用。系统通过研发自主、安全、可控的 AIGC-WMS 产品，打造数据和价值之间的安全可靠桥梁。新产品通过语义识别+大数据模型建设，颠覆现有交付模式，用 AI 大模型语音识别链接数据价值，重唤服务活力，实现仓储收发作业智能化和人机高效协同。重点打造的入库管理、出库管理等功能模块，具备同步处理机器指令和人员指令，应对复杂交互场景的能力，以智慧增效贯彻生产始终，以数字视觉赋能工业生产，以机器代替传统人工作业，引领产业提质增效。



附图 3-29 基于产品全生命周期管理的数字化研发设计协同

3.智能化转型升级取得成效

近年来，中联重科着力融合人工智能等创新技术与先进制造

技术，将相关技术全面渗透到各生产环节。在中联智慧产业城，中联重科利用人工智能技术打造端对端的智能制造运营体系，可实现制造的最低成本、最快速度、最高质量和最大柔性。中科云谷作为中联重科孵化的互联网高新技术企业，依托自主研发的基于生成式人工智能的工业互联网平台，在工业领域实现大、中、小模型牵手，以及数据与知识融合。

企业价值方面。一是产品市场份额持续领先。建筑起重机械销售规模保持全球领先，履带起重机等主导设备国内市场份额位居行业领先。二是市场推广创新成果突出。借助端到端的客户营销服务能力实现产品销量和口碑双提升。三是研发创新成果提升显著。率先将“5G+工业互联网”应用于塔机研发，5G塔机远程智控系统成功应用，实现从“塔机高空操作变地面操作”到“远程智能控制”的跨越；12000吨米的上回转塔机及全球首款60米纯电动泵车等新能源智能设备相继下线，充分彰显公司强大的研发创新能力。中科云谷率先推出首个基于人工智能大模型的新一代工业互联网平台，将大中小模型混合，数据与知识融合，打造一个既拥有生成式人工智能的创作和链式思维能力，满足工业需求中的目的性、因果性、逻辑性、严谨性要求的平台，其“基于大语言模型的智能仓储管理系统”成功入选2024湖南省“智赋百业”人工智能融合发展与安全应用典型案例，成为新平台在智能制造领域仓储环节的应用，可将仓库传统“人找货”的作业模式转变为“货到人”的作业模式，有效提升仓库作业效率2至3倍，降低仓库60%人工成本，“货到人”拣选准确率高达99.99%。

社会价值方面。中联重科企业数字化转型的落地应用，为行业积累“传统制造”转型升级的宝贵经验，成为行业信息化应用的标杆。基于自主研发的 ZValleyOS 产品智能化、服务智能化、决策智能化的应用，打造以制造龙头企业为平台核心的行业生态圈和社会化智能服务集群，促进行业内、区域间大中小型企业融通发展。此外，中科云谷自主研发、基于人工智能技术的智慧仓储整体解决方案，以“云原生+AI 原生平台”为基础，集成自主移动机器人、四向穿梭车等智能物流设备，构建起存储、分拣、调度、搬运等仓储数字化管理体系，覆盖轻载仓储物流、中重载仓储物流、超重载工厂搬运等三大类应用场景。其应用可平均提升人员劳动效率 200%、提升空间利用率 400%、提升物流调度效率 100%，兼具高安全性、高准确率、高作业效率和高投资回报率等优点。同时，其“云原生平台”能实现全球两小时内一键完成新仓库启用，在 7 天内快速完成系统环境部署。中科云谷人工智能技术还广泛应用于钢板切割作业等多个环节。目前，中科云谷已发布行业首个垂域大模型，平台上构建 1 万多个工业模型、300 多种人工智能算法，未来致力于将中联重科在工程机械领域积累的数字化和智能化经验，拓展应用到电力装备、注塑装备、智慧矿山、智慧农业等更多领域。

案例十二：杭州东华链条集团有限公司（公开资料整理）

1.企业基本情况

东华链条集团创建于 1991 年 11 月，总部位于杭州市临平区

国家级经济技术开发区。主要生产标准、非标和特种链条，产品覆盖三万多个品种、十万多个规格，广泛应用于农机、工程机械、航空、汽车等领域。拥有 DONGHUA、KöBO、“東華”“自强”等国内外知名品牌，建有中国、德国、波兰、日本等六个研发制造基地（工厂），已成为全球链传动行业品种齐全、应用领域广泛的一站式全配套专业制造企业。

2.智改数转网联主要做法

推动数字管理。引进国际领先的管理软件 SAP-ERP 系统和国际先进的数字管理理念。将信息化系统覆盖各个业务环节，截至目前集团及下属公司已全部上线运营统一的财务、人力、销售、采购、仓储、生产管理系统，建立起覆盖全集团的信息化运营管理和决策平台。

打造智能工厂。研究开发先进的链条制造技术和自动化装备，实施未来工厂建设和升级改造，实施智能制造数字化项目，推动工业互联网平台+制造，实现关键车间生产作业全过程扫码，自动化数据采集与设备在线监控。实施以订单为主线、以产品流程为驱动的柔性化管理体系，建立从订单评审至发货全面打通、无缝对接的 SAP 系统。

建立全球研发体系。打造以杭州总部为核心，以德国、日本等海外分部为依托的全球研发系统，实现研发、制造、销售无缝对接的全球化创新体系。引进数控加工中心、慢走丝线切割机床、高速压力机、高速装配机、真空热处理炉等研发设备。引进光谱分析仪、三维坐标测量仪、图像测量仪、疲劳试验机、链条磨损

试验台、发动机链条耐久性试验台等试验检测设备。

开展数字检测试验。拥有检测设备 70 余台套，包括各类产品的拉力试验机 9 台，链条长度测量仪 4 台，损试验机 8 台，疲劳试验机 3 台，金相显微镜 4 台，金相显微硬度计 3 台。通过专业的设计和有效的产品试验验证确保产品性能满足用户的需求，包括开展发动机正时系统设计、动力学建模及仿真分析、有限元分析、系统设计、耐久性与产品可靠性试验。

3.智改数转网联实施成效

依托杭州总部，建立起满足全球客户需求为目的创新研发和制造各类高精度、高性能、有特殊要求的高端链传动产品。建成国家企业技术中心、国家级博士后科研工作站、省级企业研究院、省级高新技术企业研究开发中心等技术创新平台。检测中心具备 CMA 计量认证、国家认可实验室 CNAS 认证等检测资质，是专业从事链条/链传动产品及相关零部件检测、行业内检测范围广和项目全的检测机构。

附件 4 服务商目录

1. 解决方案集成商

序号	名称	属地	主营业务及优势
1	南京鼎华智能系统有限公司	南京	智能制造解决方案服务商。具备二十九年生产排程与制造执行系统经验，研发制造执行管理系统（MES）、先进排程系统（APS）、品质管理系统（QMS）、智能战情室及智能中台（IIoT）等产品。
2	南京国睿信维软件有限公司	南京	信息化软件与平台解决方案服务商。面向汽车、工程机械、轨道交通、航空航天等领域，提供智慧企业整体解决方案相关的自主工业软件研发、咨询服务和系统集成。
3	南京中兴软件有限责任公司	南京	信息化软件与平台解决方案服务商。解决方案涉及 AGC、工业互联网平台、机器视觉平台、工业网络等。
4	江苏润和软件股份有限公司	南京	软硬件一体化解决方案服务商。基于 OpenHarmony 操作系统和工具，为制造业提供完整技术体系和解决方案。
5	江苏金蝶软件有限公司	南京	企业 ERP 及信息化软件解决方案服务商。金蝶在 SaaS EA（企业级应用软件云服务）、SaaS ERM（企业资源管理云服务）、财务云市场占有率维持排名全国第一。
6	江苏用友网络科技有限公司	南京	企业 ERP 及信息化软件解决方案服务商。主要业务覆盖 ERP 软件、集团管理软件、人力资源管理软件、客户关系管理软件、小型企业管理软件等。
7	南京鼎捷软件有限公司	南京	企业 ERP、MES 及智能制造解决方案服务商。以 ERP 产品和智能制造解决方案为核心，面向汽车零部件、机械装备等行业提供服务。
8	宝信软件（南京）有限公司	南京	工业软件及智能制造解决方案服务商。提供智能工厂顶层设计、智能装备软硬件产品开发等一体的自动化整体解决方案和全流程的自动化服务。

序号	名称	属地	主营业务及优势
9	南京维拓科技股份有限公司	南京	工业软件解决方案。面向工程机械、先进计算等领域，融合 AI、IPD、MBSE，提供工业软件 CAX 一体化技术平台与解决方案。
10	南京科远智慧科技股份有限公司	南京	信息化、智能化解决方案供应商。提供的智能工厂解决方案，覆盖智能化设备控制与信息收集、全面生产制造执行、全周期、全方位业务管控、智能决策等。
11	华为数字技术（苏州）有限公司	苏州	数字化转型解决方案服务商。业务覆盖信息与通信领域的设备、软件及相关产品的研发、技术服务、技术咨询、系统集成及解决方案等。
12	苏州赛腾精密电子股份有限公司	苏州	智能制造解决方案服务商。解决方案覆盖自动化组装线体、包装线、检测设备、工装夹（治）具、智能制造和智慧工厂整体规划等。
13	苏州富强科技有限公司	苏州	智能制造解决方案服务商。解决方案覆盖非标自动化设备、高精密检测设备、工业视觉系统、人机交互系统等。
14	昆山同日工业自动化有限公司	苏州	仓储物流解决方案服务商。提供从规划、设计、工业软件开发、互联网远程维控、工业互联网标识解析、装备制造、实施安装、调试、交货及服务为一体的全过程物流系统及智能工厂系统。
15	苏州同元软控信息技术有限公司	苏州	仿真工业软件解决方案。信息物理系统建模仿真工业软件产品研发、工程服务以及解决方案，自研科学计算与系统建模仿真平台 MWORKS。
16	苏州浩辰软件股份有限公司	苏州	CAD 设计软件解决方案。提供基础的 CAD 软件平台，同时提供面向制造业的专业 CAD 应用软件系统。
17	苏州路路达北斗导航技术有限公司	苏州	农机智能化解决方案。基于北斗和 4G/5G 通信的远程定位和控制管理，提供农机辅助驾驶、无人驾驶、自动避障、自动采集分析、自动识别算法等解决方案。
18	无锡信捷电气股份有限公司	无锡	自动化、智能化整体解决方案供应商。解决方案涉及汽车装备、农业机械、工程机械、仓储物流、新能源、

序号	名称	属地	主营业务及优势
			3C 电子等领域。
19	无锡先导智能装备股份有限公司	无锡	智能制造解决方案服务商。解决方案业务涵盖汽车产线、智能物流、激光精密加工装备、3C 智能装备、新能源智能装备等领域。
20	软通动力信息技术(集团)股份有限公司	无锡	数字化转型解决方案服务商。拥有软通咨询、软通金科、软通工业互联、软通数字能源、机械革命、清华同方、软通华方七大业务子品牌。
21	无锡中鼎集成技术有限公司	无锡	仓储物流解决方案服务商。在输送、仓储、拣选、控制、软件等环节,提供前期咨询、方案设计、数据仿真、设备制造、安装调试、售后等服务。
22	常州孟腾智能装备有限公司	常州	智能制造解决方案服务商。提供整车及零部件生产自动化产线、智能仓储系统、智能数字化工厂规划及数字化制造系统建设等方案与服务。
23	南通国盛智能科技集团股份有限公司	南通	智能制造一体化解决方案服务商。解决方案主要面向模具、汽车、工程机械、新能源、民用航空等领域。
24	江苏中天互联科技有限公司	南通	工业物联网解决方案服务商。提供工业互联网相关标识产品、采集终端产品、工业软件产品以及两化服务。
25	赛摩智能科技集团公司	徐州	智能制造系统解决方案服务商。提供数字化工厂整体建设、物流仓储系统建设、自动化产线建设、信息管控系统建设、工业机器人应用、工业互联网应用、大数据与物联网应用等服务。
26	徐工汉云技术股份有限公司	徐州	工业互联网解决方案服务商。提供工业互联网技术研发、应用和服务;信息传输及数据处理服务;物联网智能终端及设备联网、工业自动控制设备研发、生产、服务等。

2.智能装备及生产线提供商

序号	名称	属地	主营业务及优势
1	南京埃斯顿自动化股份有限公司	南京	面向工程机械、汽车、电梯、3C 电子、高低压配电设备、金属加工等行业提供自动化设备、自动化生产线、工业机器人应用集成、智能制造系统。
2	江苏金陵智造研究院有限公司	南京	面向离散制造业、仓储物流业提供高精度智能对接装配系统、重载全向智能移动平台、室外智能巡检机器人。
3	南京中科煜宸激光技术有限公司	南京	智能激光加工设备提供商。面向工程机械、汽车、船舶等行业，提供激光焊接应用、激光再制造应用等相关设备及工业软件。
4	菲尼克斯（南京）智能制造技术工程有限公司	南京	电气连接、工业自动化服务商。提供标识、组装和安装，自动化设备，连接器件等，提供设备连接、数字工厂建设、自动导引车系统等解决方案。
5	纽威数控装备（苏州）股份有限公司	苏州	国产数控机床龙头企业。产品覆盖柱式龙门加工中心、动柱式龙门加工中心、五轴联动龙门加工中心、五轴立式加工中心、高速型立式加工中心、电主轴立式加工中心等系列。
6	博众精工科技股份有限公司	苏州	专注于工业装备制造领域。业务覆盖新能源汽车、关键零部件、消费类电子、半导体、智慧仓储物流等领域数字化装备。
7	华辰精密装备（昆山）股份有限公司	苏州	高端精密磨削装备研发与制造企业。产品覆盖数控轧辊磨床、亚 u 磨削产品、数控直线导轨磨床 华辰柔性智能制造系统及产线等
8	苏州汇川技术有限公司	苏州	工业自动控制龙头企业。提供变频器、伺服系统、PLC/HMI、高性能电机、气动元件、传感器、机器视觉等工业自动化核心部件及工业机器人产品。
9	江苏北人智能制造科技股份有限公司	苏州	智能装备供应商。面向汽车、重工、机械、航空、船舶以及金属焊接产品等领域，提供工业机器人自动化、智能化的系统集成整体解决方案、自动化生产线。

序号	名称	属地	主营业务及优势
10	天奇自动化工程股份有限公司	无锡	智能装备供应商。拥有自动化物流装备、智能仓储与分拣、信息技术开发与服务、设备远程故障诊断分析与云服务等综合业务的产业集团。
11	无锡新松机器人自动化有限公司	无锡	智能装备供应商。提供工业机器人与自动化装备、自动化立体仓库及仓储物流设备、机械电子设备、大型自动化系统与生产线等。
12	江苏亚威机床股份有限公司	扬州	智能装备供应商。业务覆盖数控折弯机、数控转塔冲床、数控剪板机、数控板料折边中心、冲割复合机，以及工程机械、汽车、新能源等领域智能制造解决方案。
13	金石机器人常州股份有限公司	常州	工业机器人及自动化生产线供应商。产品覆盖滚轮导轨式桁架机器人，曲轴、活塞、车轴、缸体、缸盖、动力总成托盘等全自动生产线，以及空中分拣智能仓库系统等。
14	正将自动化设备（江苏）有限公司	宿迁	自动化配料设备及橡塑材料生产成套智能化装备。面向橡塑、轮胎行业，提供混炼胶、密封件、PVC造粒等的送、配料解决方案。
15	江苏恒力组合机床有限公司	盐城	数控加工中心提供商。在模具制造、工程机械、动力总成零件、前轴、后桥、轮毂、直驱电机、摇臂等零件加工领域，研发了多款针对性强、适用性高的高效自动加工机床。

附件 5 技术缩略语

序号	缩略语	全称	释义
1	AGV	Automated Guided Vehicle	自动导航小车
2	AI	Artificial Intelligence	人工智能
4	APP	Application	手机应用程序
5	APS	Advanced Planning And Scheduling	高级生产计划与排程系统
6	BOM	Bill of Material	物料清单
7	CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
8	CAE	Computer Aided Engineering	计算机辅助工程
9	CAM	Computer Aided Manufacturing	计算机辅助制造
10	CAPP	Computer Aided ProcessPlanning	计算机辅助工艺规划
11	CAX	Computer Aided X	计算机辅助技术的综合称谓
12	CRM	Customer Relationship Management	客户关系管理系统
13	DT	Digital Twin	数字孪生技术
14	DNC	Distributed Numerical Control	分布式数控机床管理系统
15	EAM	Enterprise Asset Management	企业资产管理系统
16	ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源计划系统
17	IoT	Internet of Things	物联网
18	JIT	Just in time	准时化生产

19	MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
20	MOM	Manufacturing Operation Management	制造运营管理
21	OA	Office Automation	办公自动化
22	OMS	Ordering Management System	订单管理系统
23	PDM	Product Data Management	产品数据管理
24	PHM	Prognostics And Health Management	故障预测与健康管理系 统
25	PLM	Product Lifecycle Management	产品生命周期管理
26	QMS	Quality Management System	质量管理体系
27	RGV	Rail Guided Vehicle	有轨导航小车
28	SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	数据采集与监视控制系 统
29	SRM	Supplier Relationship Management	供应商关系管理
30	SCM	Supply Chain Management	供应链管理
31	TMS	Transportation Management System	运输管理系统
32	WCS	Warehouse Control System	仓储控制系统
33	WMS	Warehouse Management System	仓储管理系统

附件 6 江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引

江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引

智能制造场景是智能工厂的核心组成部分，是指面向制造过程各个环节，通过新一代信息技术、先进制造技术的深度融合，部署高档数控机床与工业机器人、增材制造装备、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流与仓储装备、行业成套装备等智能制造装备，集成相应的工艺、软件等，实现具备协同和自治特征、具有特定功能和实际应用价值的系统。根据“十三五”以来智能制造发展情况和企业实践，结合技术创新和融合应用发展趋势，凝练总结了 3 个方面 16 个环节的 45 个智能制造典型场景，为智能工厂及智慧供应链建设提供参考。

一、生产全过程

1.计划调度环节。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，可参考以下场景：

（1）生产计划优化。构建企业资源管理系统，应用约束理论、寻优算法和专家系统等技术，实现基于采购提前期、安全库存和市场需求的计划优化。

（2）车间智能排产。应用高级计划排程系统（APS），集

成调度机理建模、寻优算法等技术，实现基于多约束和动态扰动条件下的车间排产优化。

（3）资源动态配置。依托制造执行系统（MES），集成大数据、运筹优化、专家系统等技术，开展基于资源匹配、绩效优化的精准派工，实现人力、设备、物料等制造资源的动态配置。

2.生产作业环节。部署智能制造装备，通过资源动态配置、工艺过程优化、协同生产作业，提高劳动生产率、降低产值成本率，可参考以下场景：

（4）产线柔性配置。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。

（5）精益生产管理。应用六西格玛、5S管理和定置管理等精益工具和方法，开展相关信息化系统建设，实现基于数据驱动的人、机、料等精确管控，提高效率，消除浪费。

（6）工艺动态优化。部署智能制造装备，搭建生产过程全流程一体化管控平台，应用工艺机理分析、多尺度物性表征和流程建模、机器学习等技术，动态优化调整工艺流程/参数。

（7）先进过程控制。部署智能制造装备，依托先进过程控制系统（APC），融合工艺机理分析、多尺度物性表征和建模、实时优化和预测控制等技术，实现精准、实时和闭环的过程控制。

（8）智能协同作业。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。

（9）人机协同制造。应用人工智能、AR/VR、新型传感等技术，提高高档数控机床、工业机器人、行业成套装备等智能制造装备与人员的交互、协作能力，实现加工、装配、分拣等生产作业的人、机自主协同。

（10）网络协同制造。建立网络协同平台，推动企业间设计、生产、管理、服务等环节紧密连接，实现基于网络的跨企业、跨地域的业务并行协同和制造资源配置优化。

3.仓储物流环节。部署智能物流与仓储装备，通过配送计划和调度优化、自动化仓储、配送管理，提高库存周转率，降低库存成本，可参考以下场景：

（11）智能仓储。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）。

（12）精准配送。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。

4.设备管理环节。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，可参考以下场景：

（13）在线运行监测。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。

（14）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。

（15）设备运行优化。建设设备健康管理系统，基于模型对设备运行状态、工作环境等进行综合分析，调整优化设备运行参数，提高运行效率，延长设备使用寿命。

5.质量管控环节。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，可参考以下场景：

（16）智能在线检测。部署智能检测装备，融合 5G、机器视觉、缺陷机理分析、物性和成分分析等技术，开展产品质量在线检测、分析、评价和预测。

（17）质量精准追溯。建设质量管理系统（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。

（18）产品质量优化。依托质量管理系统（QMS）和质量知识库，集成质量机理分析、质量数据分析等技术，进行产品质量影响因素识别、缺陷分析预测和质量优化决策。

6.安全管控环节。部署安全监控和应急装备，通过安全风险识别，应急响应联动，提升本质安全，降低损失工时事故率，可参考以下场景：

（19）安全风险实时监测与应急处置。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。

(20)危险作业自动化。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。

7.能源管理环节。部署能耗采集装置，通过能耗实时采集、监测，能耗数据分析与调度优化，提高能源利用率，降低单位产值综合能耗，可参考以下场景：

(21)能耗数据监测。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。

(22)能效平衡与优化。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。

8.环保管控环节。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，可参考以下场景：

(23)污染监测与管控。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。

(24)碳资产与废弃物管理。开发碳资产管理平台、废弃物料管理平台和行业成套装备，集成智能传感、物联网、区块链等技术，实现全流程的碳排放追踪、分析、核算和交易以及废弃物

处置和循环再利用全过程的监控、追溯。

9.工厂建设环节。依托数字基础设施，推动工业知识软件化，加快数据流通，通过工厂数字化建模、仿真、优化和运维，提升制造系统运行效率，降低运维成本，可参考以下场景：

（25）工厂数字化设计。应用工厂三维设计与仿真软件（CAX），集成工厂信息模型、制造系统仿真、数字孪生和 AR/VR 等技术，高效开展工厂规划、设计和仿真优化，实现数字化交付。

（26）数字孪生工厂建设。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。

（27）工业技术软件化应用。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，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。

（28）数字基础设施集成。部署工业互联网、物联网、5G、千兆光网等新型网络基础设施，建设工业数据中心、智能计算中心、工业互联网平台以及网络、数据、功能等各类安全系统，完善支撑数字业务运行的信息基础设施。

（29）数据治理与流通。应用云计算、大数据、隐私计算、区块链等技术，构建可信数据空间，实现企业内数据的有效治理和分析利用，推动企业间数据安全可信流通，充分释放数据价值。

二、产品全生命周期

10.产品设计环节。通过设计建模、仿真优化和虚拟验证，实现数据和模型驱动的产品设计，缩短产品研制周期，提高新产品产值贡献率，可参考以下场景：

（30）产品数字化研发与设计。应用设计、仿真软件和知识模型库，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、仿真与迭代优化。

（31）虚拟试验与调试。构建虚拟试验与调试环境，面向产品功能、性能、可靠性等方面，应用数字孪生、AR/VR、知识图谱等技术，通过全虚拟仿真或者半实物半虚拟仿真，开展产品调试和测试验证，缩短验证周期，降低研发成本。

（32）数据驱动产品设计优化。集成产品设计、生产作业、售后服务等环节数据，结合人工智能、大数据等技术，探索创成式设计，持续迭代产品模型，驱动产品形态、功能和性能的优化创新。

11.工艺设计环节。通过工艺建模与虚拟制造验证，实现基于数字模型的工艺快速创新与验证，缩短工艺开发周期，降低生产成本，可参考以下场景：

（33）工艺数字化设计。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、装配、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。

（34）可制造性设计。打通工艺设计、产品研发、生产作业等环节数据，结合知识模型库，全面评价与及时改进产品设计、工艺的可加工性、可装配性和可维护性等，降低制造与维护成本。

12.营销管理环节。依托数字销售渠道，通过市场与客户数据分析，精准识别需求，优化销售策略，提高人均销售额，可参考以下场景：

（35）销售驱动业务优化。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。

（36）大规模个性化定制。部署智能制造装备，依托产品模块化、生产柔性化等，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。

13.售后服务环节。依托智能产品，通过运行数据采集、分析，开展产品健康监控、远程运维和维护，提高顾客的服务满意率，可参考以下场景：

（37）产品远程运维。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。

（38）主动客户服务。建设客户关系管理系统（CRM），集成大数据、知识图谱和自然语言处理等技术，实现客户需求分析、服务策略决策和主动式服务响应。

（39）数据驱动服务。分析产品运行工况、维修保养、故障缺陷等数据，应用大数据、人工智能等技术，开拓专业服务、设

备估值、融资租赁、资产处置等新业务，创造新价值。

三、供应链全环节

14.供应链计划环节。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，可参考以下场景：

（40）供应链计划协同优化。应用大数据、人工智能等技术，结合市场需求预测和仓储、生产、物流等状态分析，实现采购计划、生产计划、配送计划的协同编制与同步更新。

（41）产供销一体化。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、数据流，实现销售、生产和采购的协同优化。

15.供应链采购与交付环节。通过供应链采购订单和交付物流的实时监控，提高供应商交付率，降低采购成本，可参考以下场景：

（42）供应链采购动态优化。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。

（43）供应链智能配送与动态优化。依托运输管理系统，应用实时定位、人工智能等技术，实现运输配送全程跟踪和异常预警、装载能力和配送路径优化。

16.供应链服务环节。通过供应链上下游数据采集与分析，精细化管理供应商，预测供应链风险并动态响应，确保订单交付，

可参考以下场景：

（44）供应商数字化管理。建立供应商管理系统（SRM），集成大数据、知识图谱等技术，实现供应商数据管理以及基于数据分析的供应商评价、分级分类、供应商寻源、优选推荐。

（45）供应链风险预警与弹性管控。建立供应链管理系统，集成知识图谱、云计算等技术，开展供应链风险隐患识别、定位、预警和高效处置。