

江苏省制造业智改数转网联

电线电缆行业实施指南

江苏省工业和信息化厅

二〇二五年

目录

一、 背景与现状	1
(一) 指南范围	1
(二) 行业概述	1
(三) 行业智能化改造数字化转型网络化联接的发展现状	5
(四) 前期调研与情况反馈	6
二、 目标与架构	10
(一) 总体目标	10
(二) 实施架构	10
三、 基础能力	14
(一) 网络、标识等基础设施能力建设	14
(二) 数据采集能力建设	23
(三) 信息系统能力建设	25
(四) 工业信息安全能力建设	28
四、 环节与场景	30
(一) 设备改造	30
(二) 集中供料	33
(三) 产线自动化	36
(四) ERP 规划建设	38
(五) 产品及工艺设计	40
(六) 计划与调度	43
(七) 生产作业	46
(八) 质量管控	49
(九) 设备管理	56
(十) 仓储配送	69
(十一) 安全与环保管控	76
(十二) 能源管理	83
(十三) 营销管理	88
(十四) 经营管理	91
(十五) 远程监造	94

（十六）系统集成	96
（十七）数据赋能	98
（十八）人工智能	102
（十九）人才管理	105
（二十）财务管理	108
五、 路径与方法	111
（一）实施路径	111
（二）相关政策	124
六、 愿景与展望	128
附件 1：典型案例	130
附件 2：技术缩略语	156
附件 3：服务商名录	158
附件 4：人工智能典型应用场景	160
附件 5：改造投入清单及图谱	163
附件 6：江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引	193

一、背景与现状

（一）指南范围

为进一步贯彻落实《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）》，推动我省电线电缆制造行业企业转型升级，提升产业发展质量和竞争力，特编撰本实施指南。

2023年9月19日，江苏省智能化改造和数字化转型工作推进会上指出，要全面实施《加快建设制造强省行动方案》，以走在前、做示范的担当作为，更大力度、更高质量推进制造业智能化改造数字化转型走深向实。会议强调，要着力加快智改数转工作进度，分级分类制定产业数字化转型路线，深化行业融合应用，加速企业链式转型。着力筑牢智改数转基础，加快新型基础设施建设，加快工业互联网创新发展，加强网络安全分类分级管理。着力优化智改数转环境，加大人才、服务、资金等方面的政策支持，助力广大企业在数字化转型大潮中敢试、敢闯、敢创新。

数字经济时代，将庞大的工业增加值转变为更高效益的工业附加值，制造业智能化改造数字化转型成为必由之路。作为国民经济中不可或缺的一部分，电线电缆行业在各种产业领域中扮演着重要的角色。从电力生产到终端用电，从输配电到各种设备的配套连接，电线电缆都是支撑整个社会运转的重要基础设施。因此，电线电缆制造业的智能化改造和数字化转型不仅关乎企业自身的发展，也对于整个国民经济的发展具有重要的推动作用。

随着信息化和数字化技术的快速发展，电线电缆制造业也需要与时俱进，将智能化和数字化技术应用于生产和管理的各个环节，以更好地满足社会的需求和市场的变化。

对此，本指南将介绍可用于电线电缆制造行业智能化改造和数字化转型的解决方案和案例，以便企业根据自身需求进行合理选择。希望本指南能够为江苏省电线电缆制造行业的智能化改造和数字化转型提供有益的指导和参考，促进产业的高质量发展，加速向价值链中高端跃升。

（二）行业概述

电线电缆行业是国民经济中重要的配套行业之一，主要应用于能源、交通、通信、汽车、石油化工以及航空航天等领域。该行业的产品包括电力电缆、光纤光缆、设备线缆等，是电气化、信息化社会中必不可少的器材。

此外，电线电缆行业在输送电能、传递信息、制造各种电机、电器、仪表等方面也

发挥着不可替代的作用，被誉为国民经济的“血管”和“神经”。

1、国内电线电缆行业发展概况

近年来，随着中国电力、石油、化工、城市轨道交通、汽车以及造船等行业快速发展和规模的不断扩大，特别是电网改造加快、特高压工程相继投入建设，以及全球电线电缆产品向以中国为主的亚太地区转移，中国电线电缆行业市场规模迅速壮大。电线电缆制造业已经成为我国电工电器行业二十余个细分行业中规模最大的行业，占据约四分之一的比重。

据中研普华产业研究院数据，电线电缆行业市场规模从 2018 年的 0.99 万亿元增长至 2023 年的 1.20 万亿元。2023 年我国电线电缆材料市场规模约为 9242.5 亿元，同比增长 5.4%。预计 2024 年市场规模将达到 1.35 万亿元，同比增长 13%。尽管在 2025 年市场规模增速有所放缓，但预计仍将保持在 1.30 万亿元以上。

在产能上，预计 2025 年为 500 亿千米，2026 年为 510 亿千米，2027 年为 520 亿千米，呈逐年上升趋势。

在产量上：预计 2025 年为 400 亿千米，2026 年为 410 亿千米，2027 年为 420 亿千米，也保持增长态势。

在产能利用率上：预计 2025 年为 80%，2026 年为 80.4%，2027 年为 80.8%，呈现小幅上升趋势。

在产品结构上：我国电线电缆产品主要分为电力电缆、电气装备电缆、导线（裸电线）、绕组线、通信电缆等五大类。其中，电力电缆应用范围最广，市场规模占比最大，为 39%；电气装备用电缆市场规模占比为 22%；导线、绕组线、通信电缆的占比分别为 15%、13%、8%。

在企业数量与分布上：我国电线电缆行业规模以上企业数量已经达到了 4000 余家，主要集中在沿海及经济发达地区，如广东、浙江、江苏三省的企业数量超过了全国总数的 50%，华东的电线电缆企业最为集中，数量超过全行业企业总数的一半以上。

近些年来，也存在着多个新领域的发展带动，如新能源领域，海上风电产业发展迅猛，2023 年，中国海上风电新增装机容量达到 4.12GW，海上风电累计装机容量达到 30.51GW，新增装机量继续位居世界第一，海上风电产业的蓬勃发展带动海缆产业步入了黄金增长期。同时，电线电缆产品广泛应用于电力、轨道交通、建筑工程、通信、石油、化工、汽车、船舶及航空航天等各个领域，随着这些领域的不断发展，对电线电缆的需求也将持续增加。

1.1 主要特点

行业季节性。由于电线电缆产品的下游应用领域如电网施工、轨道交通等基础设施建设、建筑工程建设等受冬季天气或春节假期影响，一般在每年一季度会放缓施工进度，电线电缆产品的供货进度相应受到影响。因此，这些因素对电线电缆产品的销售存在一定的季节性影响。

行业周期性。电线电缆行业的发展与国民经济发展形势密切相关，受电力、能源、交通、通信及工程建设等诸多支柱性产业景气度的影响较大。随着国家发展规划的实施，如巩固提升高铁、电力装备、新能源、船舶等领域全产业链竞争力，加快电网基础设施智能化改造和智能微电网建设，提高电力系统互补互济和智能调节能力，加强源网荷储衔接，提升清洁能源消纳和存储能力等，电线电缆行业将具有较长的景气周期。

行业成熟度。虽然我国电线电缆行业总体保持平稳发展，但行业增速已经逐渐放缓。这表明我国电线电缆行业已经逐渐从高速粗放的发展阶段步入中速高质的发展阶段。行业的竞争激烈，且集中度显著较低，未来仍具有较大的整合空间。

1.2 发展趋势和意义

行业集中度将进一步提升。目前我国电线电缆行业集中度较低。行业集中度低及高度分散化的行业格局不利于行业的持续发展，行业中大量中小企业在产品品种、选用技术等方面存在严重趋同性，普遍缺乏核心竞争力，容易引发企业之间的恶性竞争。

近年以来，质检部门加大了对电线电缆行业的监管。同时，随着我国电网建设及建筑工程高端化，市场对产品品质要求更高，加之铜、铝等主要原材料价格的不断波动，使得以低价竞争的中小规模的企业将面临越来越大的生存压力，具有技术、品牌、质量优势的企业将得以生存。基于以上原因，电线电缆行业结构调整已成为发展趋势。未来电线电缆行业将会加快整合，行业集中度将进一步提升。

总体研发创新能力将不断提高。在当前经济增长方式转变的大环境下，电线电缆行业中部分企业面临发展瓶颈。为摆脱发展困境，企业需通过加大研发创新投入，将以经营产品为中心的模式逐渐转变为向经营技术、经营服务为中心的模式，实现自身产业技术跨越升级。

现阶段我国电线电缆制造企业的研发能力同国外线缆巨头相比仍存在一定的差距，但随着下游产业对电线电缆配套产业提出更新、更高的要求，电线电缆行业企业将通过加大研发投入、完善研发体系等方式，不断增强自身综合创新能力和技术实力，并推动行业整体技术水平的提升。

特种高端电线电缆结构化升级。当前我国电线电缆行业产品结构较为突出的问题是普通线缆产品供应有余，高端产品供应不足，产品结构性矛盾突出。低端线缆产品由于技术水平较低、设备工艺简单，致使行业进入门槛较低，生产企业众多，从而导致行业产能过剩。相较于常规线缆，特种电缆因需要满足特殊的使用环境、敷设方式、运行条件及专项功能等要求，导致其技术含量要求较高，各领域均存在较高的准入资质要求。进入“十四五”以来，我国特种线缆行业将发展的基点放在创新驱动上，持续推进产业结构优化升级，全面提升质量品牌建设，创新融合绿色发展。

电线电缆行业数字化和智能化程度逐步提升。数字化和智能化是线缆行业由大向强的重要路径，《“十四五”规划和2035远景目标纲要》等，明确了从国家层面推进线缆行业技术升级和智慧化改造的方向，成为行业加速的重要引擎。诸多线缆企业智能转型的实践，也势必推动整体产业升级及协同的快速发展。因此，由于国家政策对制造业转型发展的推动，以及行业自身对提高效率和品质的需求所致，当前国内电线电缆行业的数字化和智能化程度逐步提升是行业发展的必然趋势。

总体来说，国内电线电缆行业的发展趋势是向着高效、环保、安全、数字化和智能化制造的方向发展。同时，随着新领域的拓展和新技术的引入，将为电线电缆行业带来新的发展机遇和挑战。

2、江苏省电线电缆行业发展概况

电线电缆是我国仅次于汽车的第二大国民经济配套产业，江苏省是全国电线电缆产业大省。经过多年发展，江苏线缆产业规模大、品种全、质量优，在全国乃至全球线缆行业都形成了一定影响力。江苏电线电缆产业主要包括电力电缆、通信电缆、控制电缆、特种电缆等多个品类，涵盖了从原材料采购到生产制造、加工、销售和回收利用等多个环节。

江苏线缆产业呈现出四大特点。一是**产业规模大**。2022年全国电线电缆企业10强中前5强（亨通、中天、上上、远东、宝胜）均在江苏，产销规模超过3500亿元，百强中有18家在江苏，产销规模占百强榜总量的42%。二是**产品门类全**。涵盖了电网发电、轨道交通、通讯传输、航空航天等国民经济几乎所有行业。三是**创新能力强**。围绕“双碳”“新基建”“数字中国”等一系列国家重点战略，江苏线缆企业主动作为，在特种光缆、特种电缆、通信线缆等领域形成了极强的市场竞争力。四是**集聚效应好**。以电线电缆头部企业为龙头，逐步形成了无锡宜兴、苏州吴江、扬州地区、南通地区等多个产业集聚区。

江苏省电线电缆行业的发展前景既充满机遇也面临挑战。虽然江苏省电线电缆行业的企业数量众多，但大多数企业规模较小，缺乏具有全国影响力的领军企业。市场竞争格局比较激烈，市场主体众多，线缆产品同质化现象较为严重。此外，随着环保要求的不断提高和资源紧缺的压力不断增加，江苏省线缆行业将更是面临着环保和节能减排方面的难题。这些问题的解决需要行业内的企业加大技术研发和质量控制的力度，提高产品的质量 and 可靠性，同时也需要政策引导和扶持，推动行业的整合和升级。

（三）行业智能化改造数字化转型网络化联接的发展现状

当前，国内和江苏省电线电缆行业的智能化改造和数字化转型水平正在不断提高。随着科技的不断进步和市场需求的变化，智能化和数字化已经成为电线电缆行业发展的必然趋势。

首先，从整体水平来看，国内电线电缆行业的智能化改造和数字化转型还处于初级阶段。大多数企业已经开始了智能化改造和数字化转型的探索和实践，但只有少数企业在这方面取得了显著成效。同时，江苏省作为国内电线电缆行业的发达地区之一，智能化改造和数字化转型的水平相对较高，有一批企业在智能化改造和数字化转型方面取得了较好的成果。例如，中天科技装备电缆有限公司基于 5G+工业互联网平台，通过 ASUN 工业互联网平台，对产线设备进行故障预警和预防性维护，并打造厂区智能物流，对 AGV 小车进行高精度障碍识别躲避和自动路线规划功能改造，实现了厂区智能化应用。不仅提高了企业的生产效率，也降低了出错率，提升了产品质量。

其次，我国电线电缆行业在智能化改造和数字化转型方面主要面临以下形势和问题：

整体水平逐步提升：越来越多的电线电缆企业开始关注智能化和数字化转型，并逐步引入新技术、新设备和新工艺，提高生产效率、降低生产成本、提高产品质量和性能，以及提升企业的市场竞争力。

技术创新能力不断提高：一些电线电缆企业开始加大技术研发投入，引进高端人才，积极探索智能化和数字化转型的新技术、新设备和和新工艺，提高自主创新能力和技术水平。

智能化和数字化转型的难点亟待解决：智能化和数字化转型需要投入大量资金和人力资源，对于一些中小型电线电缆企业来说，转型的难度较大。此外，一些企业的数字化转型还面临着部门之间信息“孤岛”和技术“瓶颈”等问题。

行业标准和管理制度尚不完善：目前，电线电缆行业的智能化改造和数字化转型还缺乏完善的行业标准和管理制度，对转型的质量和效果难以评估和控制。

供应链协同管理需要加强：电线电缆企业的供应链涉及多个环节和多个供应商，需要建立协同管理模式，实现供应链的数字化管理和优化。但是，目前很多企业的供应链协同管理能力还有待提高。

江苏省作为国内电线电缆行业的发达地区之一，在智能化改造和数字化转型方面也面临着类似形势。一方面，虽然江苏省有一批优秀的电线电缆企业，但这些企业在智能化改造和数字化转型方面仍面临着资金投入不足、技术创新能力不够、人才短缺等问题。另一方面，江苏省的电线电缆企业还需要面对来自其他地区的竞争压力。特别是在国家“一路一带”政策的推动下，越来越多的企业开始向海外市场拓展，这给江苏省的电线电缆企业带来了更大的竞争压力。

从痛点方面来看，首先，由于电线电缆产品的定制化程度较高，企业在生产过程中需要面对多种不同规格、型号的产品，这给企业的生产管理、品质控制等方面带来了一定的难度。其次，电线电缆行业存在着较为严重的产能过剩问题，企业之间竞争激烈，这也给企业的生存和发展带来了挑战。此外，电线电缆行业的生产过程中会产生大量的废气、废水和固体废弃物等污染物，对环境造成一定的影响。随着环保法规的不断加强，企业也面临着越来越大的环保压力。对此，江苏省也积极出台相关政策，推动该行业的数字化转型和创新发展。

综上所述，国内和江苏省电线电缆行业的智能化改造和数字化转型水平正在不断提高，但仍存在一些问题和挑战。为了更好地推动电线电缆行业的智能化改造和数字化转型，需要为企业提供智能化改造和数字化转型的架构和路径，加强技术创新和人才培养，提高企业的核心竞争力。同时，政府和企业也需要积极应对市场变化和竞争压力，加快数字化转型进程，以实现更高质量的发展。

（四）前期调研与情况反馈

1、过往活动及调研情况：

（1）2023年8月18日下午，智能制造进园区（电线电缆行业）供需对接交流会顺利举办。曙光电缆、红旗电缆、亚光电缆等近20家电线电缆行业重点企业和7家优秀解决方案服务商代表，智能制造系统解决方案供应商联盟江苏分盟、高邮市工业和信息化局和中国电子技术标准化研究院华东分院相关人员参加活动。此次活动旨在为电线电缆行业企业和服务商搭建供需对接平台，促进企业主动拥抱数字化、智能化转型。



图 1-供需对接活动



图 2-供需对接活动

(2) 2023 年 10 月 31 日，省工信厅在扬州高邮市举办“智能制造进园区为企服务促发展”（电线电缆行业）专题活动。活动吸引了省内电线电缆行业重点企业、智能制造领军服务机构、系统解决方案供应商等 170 余人参加。

通过前期深入对接，会上还达成了多项成果！分别是：电子标准院华东分院和高邮战略签约、高邮市电线电缆企业与智能制造系统解决方案服务商达成智改数转项目签约、高邮市电线电缆专精特新企业与金融机构达成金融合作项目签约。



图 3-线缆进园区



图 4-图谱发布



图 5-图谱发布



图 6-主题演讲

(3) 2022 年—2024 年江苏省电线电缆企业标杆游学活动，覆盖江苏宜兴、高邮、广陵等线缆集群。



图 7-标杆游学

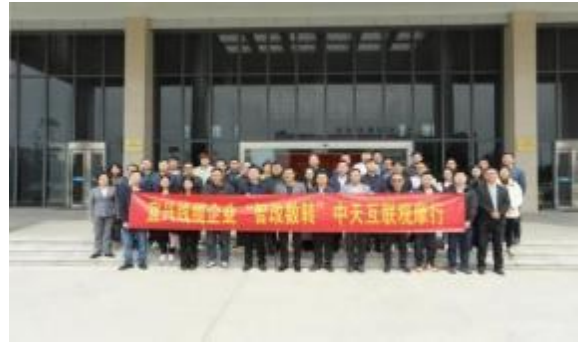


图 8-标杆游学



图 9-标杆游学



图 10-标杆游学

2、此指南调研情况

样本对象：江苏省企业 18 家，江苏省外对标企业 8 家。

样本企业：均为电线电缆企业。

样本分布：江苏省占比 69%，广东省占比 15%，山东省、浙江省、四川省和安徽省分别占比 4%。

产销模式：以销定产87%，特殊产品按订单研制 36%，常用产品及规格做库存 31%。

产品开发模式：市场需求的变化引导新产品开发 76%，技术创新推动新产品开发 20%，合作模式的转变促进新产品开发4%。



图 11-企业调研

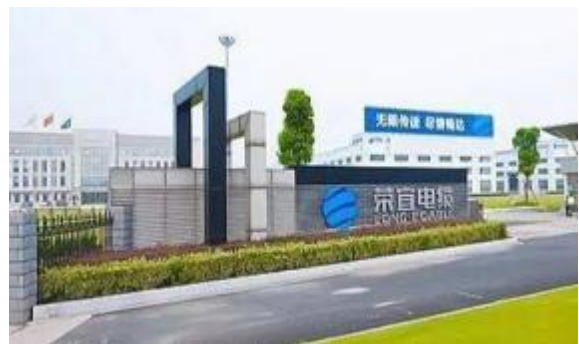


图 12-企业调研



图 13-企业调研



图 14-企业调研

智改数转网联需求排行：生产车间智能化改造、企业数字化转型整体规划、工业大数据应用、营销与售后、设备管理运维、工业软件需求、工业网络升级、产品智能化提升、工业安全防护。

通用问题：（1）自动化水平较低，目前同为传统的依赖人工操作、记录、搬运等形式；（2）信息化水平低，目前均只有 ERP，基础网络等，对信息化的认知、主动需求等很差。存在对数字化自动化的排斥或难以推行的痛点；（3）没有或等同于没有专职的信息化人员；基本觉醒对智改数转网联的认知，但缺少切入点和抓手以及推行成功的信心；（4）部分内部“CIO”引导方向不对；对信息安全、全流程规划梳理、人才培养等缺乏认知。

二、 目标与架构

（一）总体目标

通过智能化改造和数字化转型为电线电缆企业赋能，在流程管理、生产工艺、产品研发等方面全面实施智能化、数字化改造，构建精益化和柔性化结合的数字化生产方式，支撑企业研发创新、提升质量效益、促进企业做大做强，进而提升江苏省电线电缆行业的整体竞争力和水平。

运用工业互联网、物联网、人工智能等技术，建立数据模型，结合大数据分析技术，实现产品研发设计、生产制造、供应链管理、产品销售、仓储物流、售后服务等环节的数据联通、要素协同，提升管理效能。通过智能化生产设备、智能化的仓储物流、智能化的在线检测手段提升生产效率，减少生产成本，提升产品质量。

响应国家“双碳”战略，通过数字化的能源管理和智能化生产践行绿色制造，实现经济效益和社会效益的协调优化。建立稳定的供应、生产、销售等协作关系，有效配置资源要素。促进新一代信息技术在新产品设计开发中的应用，打破传统电缆局限，实现产品功能数字化创新。推进工业互联网标识解析的应用和推广，面向电线电缆行业提供稳定的标识注册和标识解析服务能力，通过工业互联网标识实现电线电缆产品的产品全生命周期溯源管理。

（二）实施架构

本指南基于电线电缆行业“服务业务、聚焦系统、节点管控、提质增效”的智改数转目标，设计了下图中的电线电缆行业智能化改造数字化转型系统架构。

智慧研发方面，通过建立统一研发平台和产学研合作，让不同部门、不同地域的研发人员能够实时共享信息、交流想法、协同工作。深入了解不同客户的需求和应用场景。通过市场调研、客户反馈等方式，收集客户对电缆产品在性能、规格、外观等方面的特殊要求，为差异设计提供依据。制定统一的研发流程和规范，明确各个环节的工作内容、责任人和时间节点。例如，建立从项目立项、设计开发、试验验证到产品量产的标准化流程，确保研发过程的高效有序进行。

绿色智造方面，借助物联网、工业互联网等技术，实现对电缆生产供应链的全程可视化管理。从原材料采购、运输、加工到产品销售，跟踪每一个环节的信息，确保供应链的透明度和可追溯性。运用先进的生产计划与调度算法，结合实时生产数据 and 市场需求预测，实现生产计划的动态调整和优化。利用ERP、MES等多个系统，将采购、生产、销售、库存等信息整合至统一平台。系统自动归集和分配直接材料成本、直接人工成本

及制造费用，生成成本报表，清晰展示产品成本构成，助力企业准确核算产品成本。系统在电缆生产现场部署数据采集设备，如传感器、扫码枪等，实时采集生产过程中的详细数据，包括生产设备运行状态、生产进度、质量检测结果等。通过系统对产品质量数据进行管理，记录质量检测结果和不合格产品信息。通过分析质量问题产生的原因和成本，如废品损失、返工费用等，帮助企业优化生产工艺，降低质量成本。

绿智供应方面，建立供应商评估指标体系，通过系统与供应商进行实时信息共享与沟通，促使供应商在原材料采购、生产工艺改进等方面与企业协同推进绿色发展。利用传感器和数据采集设备，实时采集生产过程中的能源消耗、污染物排放等数据，上传至系统进行分析。将绿色供应链各环节的数据进行集成，建立统一的数据库，实现数据的共享和协同。各部门可通过系统实时查询和获取所需数据，提高信息传递效率和准确性。

智慧营销方面，借助营销自动化工具，实现营销流程的自动化和智能化，包括线索生成、客户跟进、营销活动策划与执行、效果评估等环节。设立专门的客户服务中心，整合售前、售中、售后服务资源，为客户提供一站式的服务体验。客户可以通过电话、邮件、在线客服等多种渠道联系客户服务中心，获取产品咨询、技术支持、订单跟踪、投诉处理等服务。

智慧运营方面，采用自动化仓储设备，如立体仓库、自动导引车（AGV）、机器人等，实现货物的自动存储、检索和搬运。利用仓储管理系统（WMS）对库存进行实时管理和监控，准确掌握货物的库存数量、位置、出入库时间等信息。通过与生产系统和销售系统的集成，实现库存的自动补货和配送计划的优化，提高仓储空间利用率和货物周转效率。基于能源数据的分析，运用能源管理策略和节能技术，对企业的能源消耗进行优化和管理。通过数据采集、ERP和MES等系统的打通，实现重点客户的远程监造等要求。



图15-整体架构

此架构覆盖“智慧研发-绿色智造-绿智供应-智慧营销-智慧运营”全产品周期价值链，引导电线电缆企业在基础共性、关键环节智能化改造、数字化管理和数字孪生仿真、AI大模型等多个关键领域持续升级。同时，借助当下最为权威的智能制造领域国标之一：GB/T39116-2020智能制造能力成熟度模型，结合电线电缆行业本身特点，给出了智能制造的4个核心要素（人员、技术、资源、制造）和演进的5个阶段（流程化管理、数字化改造、网络化集成、智能化生产、产业链创新），为企业提升智能制造核心能力提供参考，为评价智能工厂提供依据。

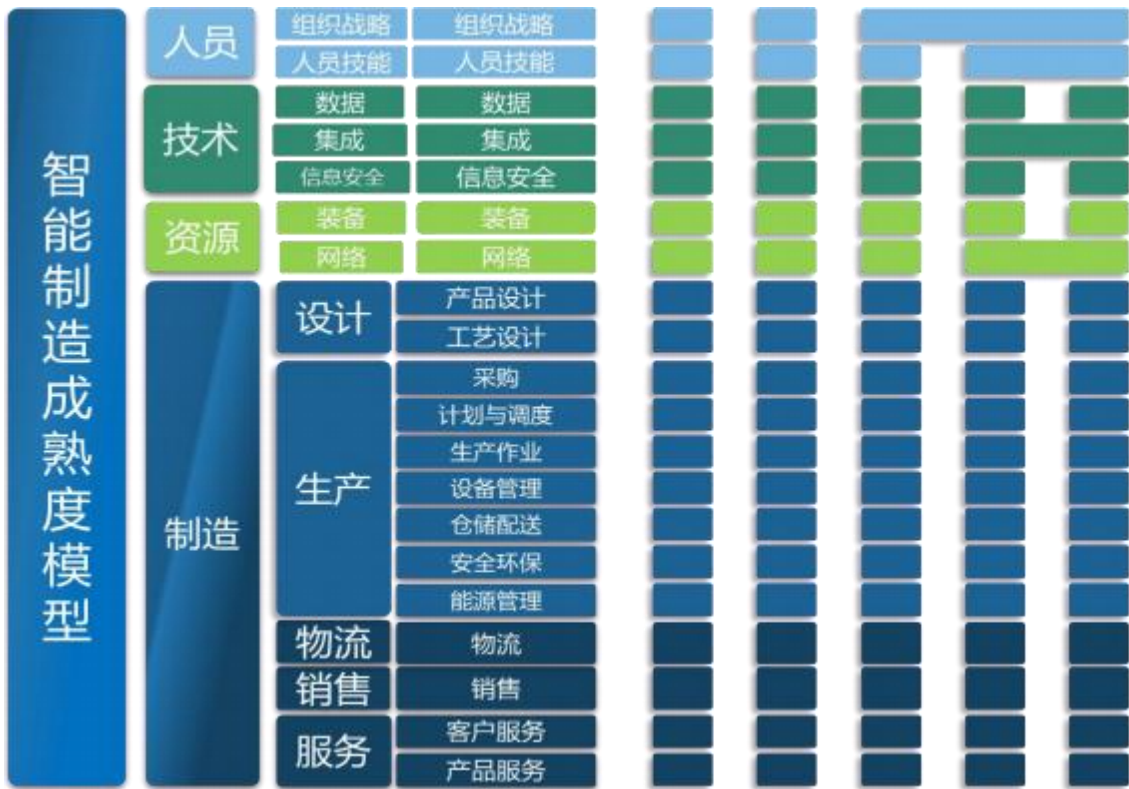


图16-CMM模型

三、基础能力

(一) 网络、标识等基础设施能力建设

1、环节描述

随着电线电缆行业竞争不断加剧，行业通过智能化转型向高端化发展已是大势所趋。如何进一步提升各类业务的智能化水平，推进不同业务间的协同联动，正在成为企业探索的重要方向。尤其工厂建设规划阶段，对车间布局、工艺设计、自动化、信息化等多方面建设极其重要。

2、存在哪些问题

(1) 人口红利消失

电线电缆行业属于劳动密集型行业，随着劳动力短缺、成本上升，人口红利就逐步消失了。如何向高端制造业转型，实现制造业数字化（智能化+数字化），进一步降低人力成本，成为现阶段需要考虑问题。

(2) 市场竞争加剧

伴随着行业需求增长放缓，以及各厂家对市场份额的激烈争夺，价格竞争趋于白热化。修炼内功实现降本，需要从经营过程深度挖掘生产数据，寻找降本点、突破点，提高原材料利用率、生产效率、品质合格率。从管理方面需要推进流程透明化，提升管理效率，快速响应、科学决策，急需工业互联网平台给予支撑。

(3) 多机交互受限制于网络

部分网络基础建设存在数据分散、前期采集容量偏小，限制了大数据分析的效果、多机交互受限制于网络实时性要求，无法达到的问题。急需利用 5G 网络高速率、低时延、大带宽的优势，实现全方位网络覆盖，达到工业互联网的全面打通。

(4) 上下游产业链数据无法共享

电线电缆产业链绵长，上下游企业及企业内部存在严重的信息孤岛，可应用国家工业互联网标识解析体系，实现生产、质检数据的互认追溯，打通产业链上下游企业。

3、解决方案建议

(1) **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。

(2) **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。

(3) **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。

解决方案 1：数字孪生工厂

数字孪生工厂

某装备电缆工厂数字孪生系统包含设备生产状态、设备运行状态、产线运行状态、智能安全监测、故障状态推送、能耗统计、仓储及物流信息实时映射，根据接入的实时数据，模型同步实现设备线边库车间数字信息可视化。主要通过 WMS-AMS 系统、能源系统、MES 系统、设备云系统、安全监测，实现数据信息统一规范化，集成大屏数据看板，形成智能化一体的数字孪生。

采用三维可视化，以 web 形式为用户提供虚拟场景设计、运维、管理、等一系列创新性高级应用服务，实现化实为虚、生产联动、设备告警、运维检修等多方面的业务及可视化功能。



图 17-数字孪生系统

虚拟孪生工厂车间真实还原现实物理生产车间，并模拟生产过程。通过对各个生产工艺的工艺流程、设备生产关键动作进行模拟，以动画的形式进行展示，能够快速展示各个生产工序的流程设备，同时针对不同的工序进行数据匹配，将生产数据与三维模型设备进行融合，实现三维模型设备与现实物理生产设备的联动，展示现场设备实时运行数据。

通过数字孪生中台系统将实时数据与三维场景相关联，在三维模型上进行实时数据展示，实现动态数据的三维可视化展示。将孪生中台实时回传的检测数据从数据库中读取，绘制在三维场景的设备、AGV 上方，实时监控设备运行状态等，遇到超出预设值时进行警告提醒。用户通过此功能可以调阅整个数字孪生工厂的生产情况，设备安装变更情况等三维场景中真实反映和表现。

在系统场景中通过交互设备模型查询其信息，包括设备名称、编号、执行状态、执行频率、维修记录、保养记录、设备履历等，能够对数字孪生工厂系统的重要设备的运行状态以及相关历史属性进行查询，了解数字孪生工厂的运行状态。

统计当前车间设备故障时间、故障设备的总数量、名称、规格型号及故障部件名称规格型号，实现设备运行状态可视化。

通过对接数据接口实现三维场景里重点设备业务数据可视化，展示重点关注设备状态，利用不同颜色图标代表不同的设备状态。并加入智能预警功能，一旦设备数据超过既定阈值，将在三维场景内对设备进行标红闪烁以呈现告警状态。由常规的人工巡检转换为智能巡检，及时了解设备的健康状态，降低了工厂运作人工成本。

通过数字孪生中台系统将实时数据与三维场景相关联，在数据大屏上实时展示当前场景的电、水、气能耗周期内用量，时间维度为：日、月、年，实时检测当前车间的能源损耗状态，便于企业对生产线进行调配。

采集并统计当前车间本周及上周的电力监测状态并进行对比，分析其趋势变化，以折线图形式进行展示，及时、准确的掌握设备运行状态，保证设备的安全、可靠和经济运行。

通过安全系统对当前车间内特定区域进行扫描监控，推送告警等级名称、告警数量、同比涨幅等信息，监视分析用户的行为，评估敏感行为与操作，识别异常行为，对异常行为进行统计和跟踪，有利于提高车间生产安全，减少生产事故。

通过对订单的跟踪，实现计划信息和生产信息的可视化，根据生产计划信息、车间订单、工单等数据信息，实时跟踪该订单的生产进度。同时通过每道工序的质量信息，实现从接到订单，原料投入到最后产成品的完全实时质量跟踪，不仅可以实现对不合格产品的逆向追溯，还可以产生质量统计分析报表，报表结果的反馈为 MES 生产性能分析提供了可靠的质量报告，使质量计划的执行具有更好的预见性。

仓储管理为不同自动化程度的立体仓库、平库系统提供了强有力的信息化管理。具

有操作简单直观，支持多语言、参数化配置、动态插件扩展等优点，将标准化产品软件与用户自定义流程相结合，充分满足项目的个性化功能需求。包好收货、存储、拣选、发货、库存控制、盘点等核心功能，实现物料批次管理和托盘的全程跟踪。

通过三维仿真模式展现出仓储过程，对物料、产品、库位等精准调度、科学管理，可配置定义到物料、可以提高企业运营效率，降低企业库存，提高库存物资的盘点效率增加出货准确率，为企业内部运营提供轻巧、灵活、全面的仓库管理。

数字孪生系统通过三维仿真的方式展现出物流全场景作业情况，对物料、AGV、产品的全流程物流可视化追踪、定位、管理、信息采集及指令传达等，实现物流可视化，确保物流过程中的准确性。

通过任务管理、工位管理、托盘管理、物料管理等功能，综合 AGV 调度策略，对 AGV 进行任务下发，实现对 AGV 的配送管理。针对工厂不同的作业场景，进行角色功能划分，同时具有极强的集成能力、灵活的接口方式实现其他外部系统的集成，进而实现工厂配送自动化。

记录所用设备的车机状态，位置信息，任务信息，并详细分析每台设备的使用情况，故障情况，支持人机交互，通过交互实时可视化当前位置 AGV 小车的信息资料及动态运动路线，为工程师全面了解设备运行状态提供依据。

系统可根据任务类型创建不同类型的任务单，通过孪生中台推送的任务自动生成任务清单，并可进行详细内容查看据任务状态自动分类。

解决方案 2：企业专网建设

企业专网建设

某线缆企业搭建企业专网，以满足生产指令实时下发，仓储物流及机器视觉应用等需求，主要包含 5G 企业专网和边缘计算平台。

1、5G 企业专网

针对企业不同需求，建设 5G 企业专网，在服务范围、网络能力、隔离度、服务保障等方面进行定制化的部署。企业专网具有性能要求高、数据不出工厂、隔离安全要求高、需求定制化等功能。5G 企业专网建设方案如下：

1.1 无线频段

采用 2.6GHz 频段覆盖方式。结合制造业特殊性，厂房和办公区域室内环境覆盖的情况下，信号传输损耗小覆盖距离广（相比 3.5GHz 优点）。

1.2 接入网

采取独立组网（SA）方式。考虑到制造业分布区域广、应用场景多、网络要求高，故采用区别于常规非独立组网（NSA）的企业专用独立组网方式。

室外应用场景。采用大规模阵列 AAU，其具有大带宽、低时延、波束赋型等特点。

室内应用场景。厂房和办公区域室内环境覆盖的情况下，采用室内微型站（DOT）覆盖，DOT 体积小巧，发射功率较小，多模多频，超大容量，深度覆盖，灵活部署，施工部署简单。

MEC 和 5G 专网将下沉到机房，机房之间通过光纤连接，各厂区 5G 室内分布系统本地建设，BBU 放置在厂区机房，IRU（中继）放置在楼层弱电间，DOT 放置在 5G 应用的厂区。

1.3 核心网

采用虚拟化方式部署 5G 核心网，在厂区内部署 UPF（MEC）通过承载网接入 5G 核心网。

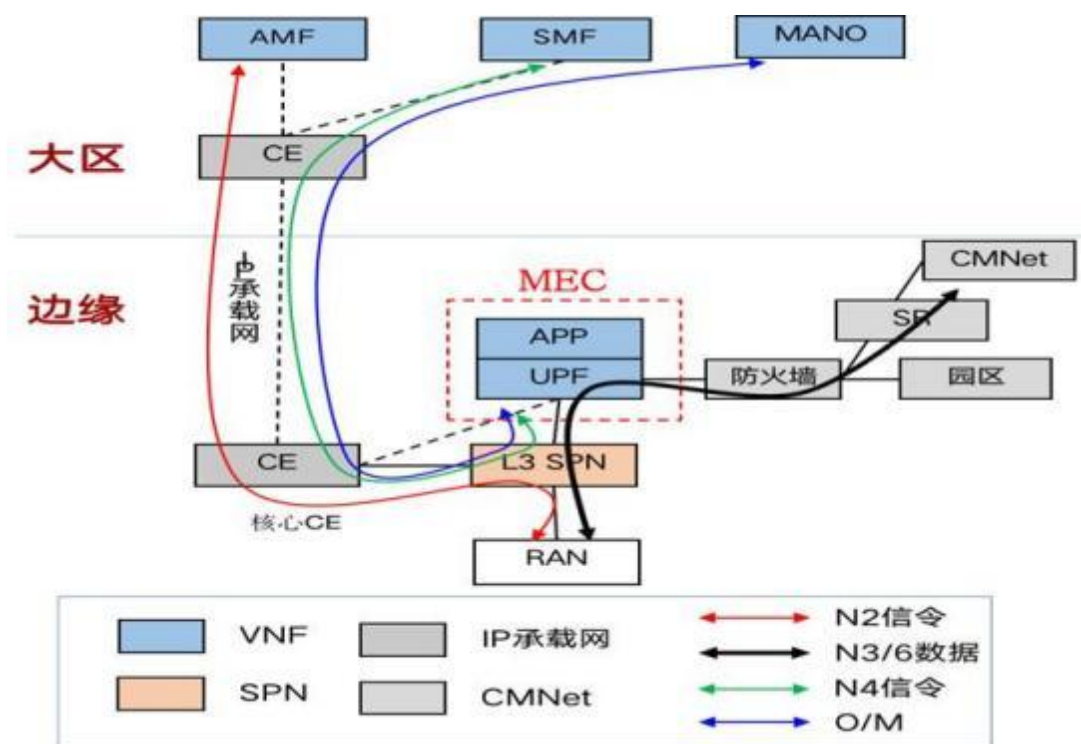


图 18-核心网架构

区域节点 UPF 与 APP 同时下沉到边缘；（APP 与 UPF 共部署或部署在边缘公网中）

基于 DNN/位置/切片进行分流，将部分 DNN/区域/切片的业务分流到边缘 UPF，通过缩短传输路径，缩短时延，提升用户体验。

2、边缘计算平台（MEC）

2.1 边缘计算平台组网

5G 应用一般需满足三大 5G+MEC 典型需求：应用和数据本地化，数据安全，网络安全；内容区域化，大带宽业务下沉，节省传输、确保体验；计算边缘化，端到端超低时延。

2.2 边缘计算方案架构

每个区域 MECUPF 使用集成边缘增强型一体化 UPF 进行部署。

控制面接入 5G 核心网；使用中心核心网管理面进行 MECUPF 的拉远部署及后期运维管理，带宽满足 100Gbps；

为区域内网络用户规划 DNN，并通过 AMF，SMF 配置实现本地用户的 UPF 参数实时调整；

安全防护由边缘机房防火墙负责；

架构特征：

实时性：5G 边缘计算靠近设备的边缘侧，对智能检测数据进行实时分析。

精确性：在 MEC 云平台基于历史数据完成对模型的训练，训练后的算法模型在边缘层持续完成迭代更新，识别精度随着模型的训练逐步提高；

数据安全：数据在本地边缘层进行实时分析和处理，在满足实时性的同时最大限度的保障数据的安全；

3、5G 终端模组部署

根据工厂应用场景，根据典型应用汇总形成以下模组应用布局。

AGV 高精度移动类模组布局，实现 AGV 模组本地化对接。



图 19-AGV 系统模组布局

大带宽数据量采集模组布局，增加工业数采网关，实现数据集中化采集。



图 20-大带宽数据量采集模组布局

低延时应用模组布局。

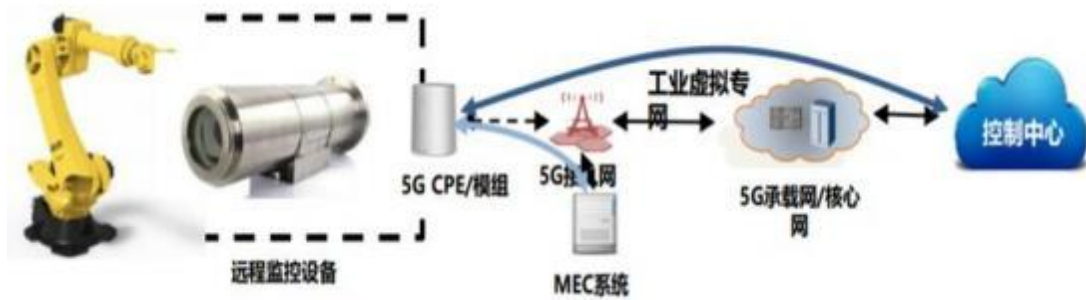


图 21-低延时应用模组布局

解决方案 3: 基于工业互联网标识解析体系的工业码云平台

基于工业互联网标识解析体系的工业码云平台

工业互联网标识是实现企业间互联互通的基础保障，是工业互联网的神经枢纽。未来工业相关企业都在工业互联网上融合交互数据，企业之间，产品之间如何认识，必须要通过工业互联网表示来实现。

工业互联网标识是能够唯一识别机器、产品等物理资源和算法、工序等虚拟资源的身份符号，类似于“身份证”。

电线电缆行业工业码云平台深度融合工业互联网标识，平台所发的码是可以通过二级节点平台进行解析，通过搭建标识注册子系统、标识解析子系统、标识代理子系统、数据同步子系统、业务综合管理子系统，为制造企业提供成套的标识注册、标识解析、标识查询服务。通过标识解析平台，企业可以将产品、设备及其零件，甚至工艺算法、软件模式在工业互联网标识解析二级节点进行注册，构建一码一物的标识体系。同时，企业也可以通过标识解析平台的标识解析、标识查询服务对以有标识的产品、设备进行解析、查询，获取产品的实时相关信息，实现产品全生命周期追溯和实时监测的过程精细化管理。

某线缆企业基于工业码云平台实现电缆编码规范及溯源管理，主要建设内容如下：

(1) 在电线电缆行业编码规范方面

工业码云平台遵循《工业互联网标识解析-线缆-标识编码规范》原则，可以定义生码规则，既符合统一数字标识管理规范，又能够扩展各种各样场景的应用功能，同时保证编码的高度安全可靠。

(2) 在电线电缆数据查询方面

根据各行各业应用场景，不同的应用，不同的场景采用不同的方式进行解析和查验，包括：扫码方式解析与查询；微信公众号方式解析与查询；PDA、扫码枪等其他方式解析与查询等；网络方式解析与查询。

(3) 在电线电缆应用场景方面

将标识解析节点应用与公司现有的工业码云平台结合起来，一方面，提供跨行业、跨地区的公共标识注册解析服务；另一方面，结合工业码云平台，提供一物一码 MES、WMS、防伪防窜货、全程追溯、生命周期管理、二维码营销、电子质保、电子售后服务等技术服务。

(4) 在电线电缆赋码采集方面

研究不同应用场景、不同包装附着物上喷码、赋码、数据采集、数据上传、编码解析的解决办法，并形成可以复制推广的数字标识赋码采集解决方案。

研究不同应用场景、不同包装附着物上贴标、数据采集、数据上传、编码解析的解决办法，并形成可以复制推广的数字标识标签解决方案。

(5) 在电线电缆运维服务方面

将工业码云平台与工业互联网标识解析二级节点对接，为企业提供跨行业、跨地区的公共标识注册解析服务，及工业互联网信息化服务。包括：搭建企业专用工业互联网+工业码云服务平台；协助企业进行 MES、ERP、WMS 信息化建设；协助企业赋码，喷码，采集及生产线自动化建设；协助企业制作一物一码互联网标签；助企业制定线上线下相结合的智慧营销解决方案。

核心优势主要包括以下几点：

一物一码，扫码解析。通过对电线电缆原材料、半成品、成品等物料赋予唯一防篡可信的“身份证”一标识码，实现产品全生命周期追溯和实时监测的过程精细化管理。



图 22-工业互联网标识解析体系

一码多识，分权管控。基于标识，管理人员扫描产品标识码，可以查询到电线电缆产品的基础参数、维保记录、巡检记录、警告记录等。而普通人员仅仅可以查询到产品的基础信息和物流信息。

一码到底，协同制造。结合标识解析与工业互联网平台，建设工业互联网平台通用解决方案，打通电线电缆行业核心产业链，通过标识串联上下游信息，建立生产一体化管控平台，实现智能化协同制造。

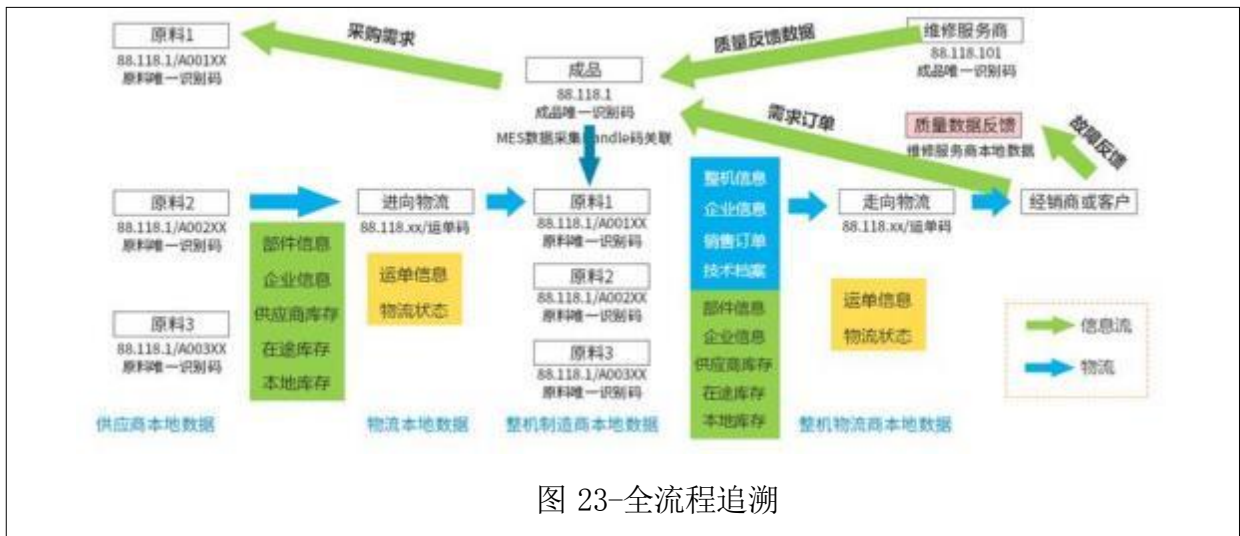
一码上云，设备先行。设备云平台解决方案基于工业互联网标识解析体系，借助二维码、RFID 技术实现电线电缆设备全生命周期的管理。

基于标识码的设备全周期管理，能够实现设备管理、备件管理、维保管理、巡检管理、设备看板、在线交易。

通过标识解析产品上智能模块的各项数据，实现远程监控、预防性维护等增值服务，从而实现产品联网、数据采集和大数据分析等多样化智能服务。

随着行业规范，云上设备可以通过唯一标识码进行互联互通和设备大数据共享。**一码全览，追根溯源。**正向监控产品从生产/加工到售后的产品状态信息，反向追溯从售后服务到前期生产过程各环节中产品的质量信息。

通过标识解析服务，对电线电缆物料、订单、物流、质量等信息进行统一标识，构建完整的档案，为生产商、服务商、客户提供完善的质量信息追溯服务，加强产品质量管理。



（二）数据采集能力建设

1、环节描述

设备数据采集是电线电缆制造行业智能化改造和数字化转型的核心环节。通过对设备运行数据的实时采集，企业可以实现生产过程的透明化、可追溯化和智能化管理，从而提升生产效率、降低能耗、减少设备故障率。数据采集的质量直接决定了后续数据分析、工艺优化和决策支持的准确性，因此其改造至关重要。

2、存在哪些问题

（1）数据采集不全面

许多企业仅对部分关键设备进行数据采集，而忽略了辅助设备或老旧设备，导致数据孤岛现象严重，无法全面反映生产状态。

（2）数据格式不统一

不同设备来自不同厂商，通信协议和数据格式各异（如Modbus、Profibus、CAN等），导致数据整合困难，难以进行统一分析和处理。

（3）实时性不足

部分企业依赖人工记录或定期采集数据，无法实现实时监控和预警，导致设备故障或工艺异常无法及时处理。

（4）数据安全性不足

数据采集和传输过程中缺乏有效的加密和防护措施，存在数据泄露或被篡改的风险。

（5）老旧设备改造难度大

部分老旧设备不具备数据输出接口，难以直接接入数据采集系统，改造成本高。

3、解决方案建议

（1）生产线设备数据采集

挤出机数据采集：实时监控挤出机的温度、压力和速度，确保产品质量稳定。

绞线机数据采集：实时采集绞线机的转速、张力等数据，优化绞线工艺，减少断线率。

(2) 能源消耗数据采集

电能消耗监控：在生产线各环节安装智能电表，实时监控电能消耗，识别高能耗环节并进行优化。

压缩空气监控：实时采集压缩空气系统的压力和流量数据，优化空压机运行效率，降低能耗。



图 24-IOT 平台

(3) 设备故障预警与预防性维护

关键设备振动监测：在关键设备（如拉丝机）上部署振动传感器，实时分析振动数据，提前发现轴承磨损等潜在故障。

温度异常预警：实时监控设备的温度数据，及时发现过热现象，避免设备损坏。

(4) 老旧设备数据采集改造

老旧挤出机改造：在老旧挤出机上加装电流传感器和智能网关，实时采集设备运行数据。

传统成缆机改造：通过加装转速传感器和边缘计算设备，实现成缆机运行数据的实时采集。

(5) 全面覆盖与标准化

部署统一的数据采集平台：采用工业物联网（IIoT）平台，支持多种通信协议（如 Modbus、OPCUA、MQTT 等），实现设备数据的统一接入和管理。

标准化数据格式：制定企业内部的设备数据标准，统一数据格式和存储方式，便于后续的数据分析和应用。

（6）数据安全防护

数据加密传输：采用SSL/TLS 等加密技术，确保数据在传输过程中的安全性。

访问控制与审计：建立严格的访问控制机制，对数据采集系统的操作进行日志记录和审计，防止未授权访问。

（7）能源管理优化

部署能源管理系统（EMS）：实时采集电能、水、气等能源数据，分析能源使用情况，优化能源分配。

智能电表与传感器部署：在生产线各环节安装智能电表和传感器，实时监控能源消耗。

4、实施成效

实现设备数据的全面覆盖和标准化，消除数据孤岛，提升数据利用效率。保障数据采集和传输过程的安全性，防止数据泄露或被篡改，确保生产数据的可靠性。实现老旧设备的数据采集，降低改造成本，提升整体生产线的的数据覆盖能力。降低能源消耗，优化能源使用效率，减少生产成本。

（三）信息系统能力建设

1、环节描述

电缆企业业务繁杂，涉及生产、销售、采购、库存等多个环节。通过系统（如 ERP 系统），可将各环节数据整合到一个平台，实现信息实时共享。这避免了信息不对称和数据不一致的问题，使各部门能及时了解相关信息，提高决策速度和准确性。系统能将企业的业务流程进行标准化和自动化。例如，通过 MES 系统对生产流程进行优化，自动下达生产任务、跟踪生产进度，减少人工干预，提高生产效率，降低错误率。同时，系统还能对流程中的关键节点进行监控和预警，及时发现和解决问题，确保业务流程的顺畅运行。

2、重点信息系统

（1）企业资源规划系统（ERP）

功能概述：整合企业内部的财务、采购、销售、库存、生产等各个业务环节，实现信息的实时共享和协同工作。通过对企业资源的合理配置和优化，提高企业的运营效率

和管理水平。例如，在采购环节，ERP 系统可以根据生产计划自动生成采购订单，并跟踪采购进度；在销售环节，能够实时查询库存情况，确保及时交货。

对电线电缆企业的价值：帮助企业实现对原材料采购、库存管理、生产计划制定以及销售渠道的有效管理，减少库存积压，降低成本，提高资金周转率。同时，为企业决策提供准确的数据支持，有助于制定科学的发展战略。

(2) 制造执行系统 (MES)

功能概述：主要用于车间生产过程的管理和控制，它连接了企业的计划层和控制层，实现了生产过程的可视化、追溯性和智能化。可以实时监控生产设备的运行状态、生产进度、质量数据等信息，并对生产过程中的异常情况进行及时处理。例如，当设备出现故障时，MES 系统会自动发出警报，并通知相关人员进行维修。

对电线电缆企业的价值：提高生产效率，保证产品质量，降低生产成本。通过对生产过程的精细化管理，企业可以及时发现生产中的问题，优化生产流程，提高设备利用率，减少废品率，从而增强企业的市场竞争力。

(3) 客户关系管理系统 (CRM)

功能概述：主要用于管理企业与客户之间的关系，包括客户信息管理、销售机会管理、客户服务管理等功能。通过对客户数据的分析和挖掘，企业可以更好地了解客户需求，提供个性化的服务，提高客户满意度和忠诚度。例如，CRM 系统可以记录客户的购买历史、偏好等信息，以便销售人员在与客户沟通时能够提供更贴心的服务。

对电线电缆企业的价值：有助于企业拓展市场，提高销售业绩。通过建立良好的客户关系，企业可以更好地把握市场动态，及时响应客户需求，提高客户的购买意愿和复购率，同时也有利于企业树立良好的品牌形象。

(4) 产品生命周期管理系统 (PLM)

功能概述：涵盖了产品从概念设计、研发、生产、销售到售后服务的整个生命周期。它可以实现对产品数据的集中管理，包括设计图纸、工艺文件、物料清单等，同时支持团队成员之间的协同工作，提高产品研发效率和质量。例如，在产品的设计阶段，PLM 系统可以让不同部门的人员同时参与设计评审，及时发现和解决问题。

对电线电缆企业的价值：加快产品上市速度，降低研发成本，提高产品质量。通过有效的产品生命周期管理，企业可以更好地跟踪和管理产品的整个生命周期，优化产品设计和生产流程，提高产品的市场竞争力。

(5) 实验室管理系统 (LIMS)

功能概述：涵盖样品的采集、登记、编号、流转、存储等环节，实现对样品全生命周期的跟踪管理，确保样品信息准确无误且可追溯。对实验室的人力、仪器设备、试剂耗材等资源进行管理。包括设备的校准、维护、使用记录，以及试剂耗材的库存管理、采购申请等，提高资源利用效率，确保实验室正常运转。通过设定质量控制规则和流程，对实验过程和结果进行质量监控。

对电线电缆企业的价值：LIMS 系统将样品检测流程信息化，自动分配任务、提醒检测人员，减少人工沟通成本和时间浪费。自动采集和分析实验数据，减少人工计算和录入错误，提高数据处理效率。LIMS 系统内置标准化的检测流程和操作规范，检测人员必须按照系统设定的步骤进行操作，确保每个检测环节都符合标准要求，减少因人为因素导致的检测误差。

(6) 仓储管理系统 (WMS)

功能概述：主要负责仓库的日常管理，包括货物的入库、出库、库存盘点、库位管理等功能。通过与 ERP 系统的集成，实现了库存信息的实时更新和准确管理。例如，WMS 系统可以通过扫描二维码或条形码实现货物的快速出入库，提高仓库的作业效率。

对电线电缆企业的价值：优化仓库布局，提高仓储空间利用率，降低仓储成本。同时，准确的库存管理可以避免因库存不足或积压导致的生产延误或资金占用问题，保证企业生产的顺利进行。

(7) 能源管理系统 (EMS)

功能概述：对企业的能源消耗进行实时监测、分析和管理，帮助企业实现节能减排的目标。它可以采集生产设备、办公区域等各个环节的能源数据，进行能耗分析和成本核算，并提供能源管理策略和优化建议。例如，EMS 系统可以通过对设备能耗数据的分析，发现高能耗设备，并提出节能改造方案。

对电线电缆企业的价值：降低能源成本，提高能源利用效率，实现可持续发展。电线电缆生产过程中需要消耗大量的能源，通过实施 EMS 系统，企业可以有效地管理能源消耗，降低生产成本，同时也符合国家的环保政策要求。

(8) 供应商管理系统 (SRM)

SRM 系统在电线电缆企业的供应链管理中扮演着重要角色。它帮助企业对供应商进行全面管理，包括供应商的开发、评估、选择、合作和考核等环节。在供应商开发阶段，SRM 系统通过对潜在供应商的资质、生产能力、产品质量、价格等方面进行评估，筛选出优质供应商。在合作过程中，SRM 系统与供应商保持密切沟通实时共享生产计划、库

存信息等，确保供应商能够按时、按质、按量供应原料。同时，SRM 系统还对供应商的绩效进行考核，根据考核结果对供应商进行分级管理，激励供应商不断提升服务质量。

(9) 客户关系管理系统(CRM)

CRM 系统在电线电缆企业的销售和客户服务环节发挥着关键作用。它通过对客户信息的收集、整理和分析，帮助企业深入了解客户需求和购买行为。在营销方面，CRM 系统根据客户的偏好和购买历史，为客户提供个性化的产品推荐和营销活动，提高客户的购买转化率。在客户服务方面，CRM 系统能够快速响应客户的咨询和投诉，记录客户反馈，及时解决客户问题，提高客户满意度和忠诚度。

(四) 工业信息安全能力建设

1、环节描述

在电线电缆制造行业的智能化改造和数字化转型过程中，信息安全环节至关重要。它不仅关系到企业的数据安全、生产运营的稳定性，还直接影响到企业的市场竞争力和可持续发展能力。通过加强信息安全建设，可以有效防范外部攻击、内部泄露等风险，确保企业数据资产的安全，同时提升企业的整体运营效率和管理水平。

2、存在哪些问题

(1) 网络安全方面

企业内部网络中可能存在未及时修复的系统漏洞、弱密码等问题，这为内部或外部的不法分子提供了可乘之机。如果企业部署了无线网络，可能存在无线信号未加密、访问控制不严格等问题。未经授权的人员可能通过无线网络接入企业内部网络，获取敏感信息。

(2) 数据安全方面

电缆企业拥有大量的敏感数据，如产品设计图纸、技术参数、客户订单信息、财务数据等。员工的误操作、恶意行为或外部攻击都可能导致这些数据泄露。部分电缆企业可能没有建立完善的数据备份策略，或者备份数据没有定期进行验证和测试。一旦发生数据丢失或损坏事件，如硬盘故障、自然灾害等，可能无法及时恢复数据，导致业务中断和重大损失。

(3) 应用安全方面

电缆企业使用的各种业务应用系统，如 ERP、CRM、MES 等，可能存在软件漏洞。这些漏洞可能被攻击者利用，从而获取系统权限，篡改数据或窃取信息。企业可能会使用一些第三方开发的应用程序或云服务来支持业务运营。如果这些第三方应用存在安全问题，如安全措施不到位、数据加密不足等，也会影响企业的信息安全。例如，使用了存在安全隐患的云存储服务，可能导致企业数据被泄露。

（4）员工安全意识方面

部分员工可能对信息安全的重要性认识不足，缺乏基本的安全意识和防范技能。企业可能没有为员工提供足够的信息安全培训，导致员工不了解企业的信息安全政策和操作规程，无法正确应对信息安全威胁。

3、解决方案建议

（1）加强信息安全管理建设

建立健全的信息安全管理体系，明确信息安全政策和标准，制定详细的信息安全管理制度和操作规程。同时，加强信息安全培训和意识教育，提高员工对信息安全的认识和重视程度。

（2）提升信息系统安全防护能力

采用先进的信息安全防护技术，如防火墙、入侵检测系统、安全审计系统等，确保信息系统的安全性和稳定性。同时，定期对信息系统进行漏洞扫描和安全评估，及时发现并修复潜在的安全漏洞。

（3）加强数据泄露防护

建立完善的数据加密和访问控制机制，确保敏感数据的安全传输和存储。同时，加强对数据泄露风险的监测和预警，及时发现并处理数据泄露事件。

（4）建立应急响应机制

制定详细的应急响应计划和预案，明确应急响应流程和责任人。同时，定期组织应急演练和培训活动，提高员工应对信息安全事件的能力和水平。

四、 环节与场景

（一）设备改造

1、场景描述

在电线电缆行业的智能化转型进程中，设备改造占据着核心地位。这一环节涵盖了多个关键方面，包括对老旧设备的升级，使其能够适应智能化生产的需求；开展数据采集能力建设，为后续的数据分析和智能决策提供数据基础；以及对工艺流程进行优化，以提高生产效率和产品质量。

通过设备改造，电线电缆企业能够实现生产效率的显著提升，减少人工干预，加快生产速度。同时，产品质量的稳定性也会得到增强，降低次品率，提高市场竞争力。在能耗方面，改造后的设备能够实现能耗降低，符合绿色发展的理念。此外，还能实现设备全生命周期管理，从设备采购、使用、维护到报废，进行全方位的监控和管理，延长设备使用寿命，降低设备成本。因此，设备改造是电线电缆行业迈向智能制造的重要基础，对于企业的可持续发展至关重要。

2、存在哪些问题

（1）设备互联互通性差

传统的电线电缆生产设备，其通信协议往往是封闭的。这就导致在进行数据采集时，面临诸多困难。不同设备之间无法便捷地进行数据交换和信息共享，从而形成了一个信息孤岛。例如，在一条电缆生产线上，绞线机、成缆机、挤出机等设备各自独立运行，无法协同工作，使得生产过程的整体调度和优化难以实现。

（2）自动化水平低

许多生产工序，如绞线、成缆等，仍然高度依赖人工操作。人工操作不仅在精度上难以保证，而且在生产的一致性方面也存在明显不足。以绞线工序为例，人工操作时，每批次绞线的紧密程度、节距等参数可能会出现波动，影响电缆的电气性能和机械性能。

（3）能耗监测缺失

对于拉丝机、挤出机等高耗能设备，目前缺乏有效的实时能耗分析手段。企业无法准确掌握这些设备在不同生产阶段的能耗情况，也就难以采取针对性的节能措施，导致能源利用率较低，增加了生产成本。

（4）维护依赖经验

当前设备的故障预测能力较弱，主要依靠维修人员的经验来判断设备是否出现故障以及故障的类型。这使得设备在出现故障前难以提前预警，只能在故障发生后进行停机检修。频繁的停机检修不仅会影响生产的连续性，还会增加维修成本和生产损失。

（5）中小企业设备老旧

部分中小企业由于资金有限，仍在运行使用超过 20 年的机械式设备。这些设备不

仅技术落后，生产效率低下，而且改造难度大、资金投入高。对于中小企业来说，一次性投入大量资金进行设备改造，面临着较大的资金压力，这在一定程度上限制了企业的智能化转型进程。

(6) 工艺参数固化

在生产特殊产品，如超高压电缆时，工艺参数的调整至关重要。然而，目前很多企业在这方面依赖人工调参，缺乏根据生产过程中的实时数据进行动态优化的能力。人工调参不仅效率低，而且容易受到人为因素的影响，导致产品质量的不稳定。

(7) 质量追溯困难

在一些关键工序，如绝缘层厚度控制，缺乏实时的数据记录。这使得在产品出现质量问题时，难以对整个生产流程进行追溯，无法准确找出问题的根源，不利于企业及时改进生产工艺和提高产品质量。



图 25-电缆生产全流程追溯

3、解决方案建议

(1) 设备互联互通

部署统一协议转换网关：在电线电缆生产设备中，存在多种不同类型的通信协议，如 Modbus、Profibus 等，这些协议互不兼容，阻碍了设备间的数据交互。通过部署统一协议转换网关，它可以作为一个中间桥梁，将不同协议的设备数据进行统一转换和解析，能够无缝对接各类生产设备，使得原本孤立的设备能够实现数据的互联互通。例如，绞线机使用 Modbus 协议，成缆机使用 Profibus 协议，通过 OPCUA 网关，它们的数据可以被统一采集和传输，为后续的集中管理和分析奠定基础。



图 26-设备物联

(2) 建立设备数据中台

在实现设备数据的采集后，需要对这些多源、异构的数据进行有效的管理。设备数据中台能够整合来自不同设备、不同生产环节的数据，将其进行清洗、转换和标准化处理。通过建立统一的数据模型，使得各类数据能够在—个平台上进行集成和分析。这样，企业可以对整个生产过程进行全面监控和管理，实现生产数据的实时共享，打破信息孤岛，为企业的决策提供准确、全面的数据支持。

(3) 老旧设备升级

采用“局部改造+云化替代”模式：对于中小企业大量存在的老旧机械式设备，—次性进行全面升级改造往往成本过高且难度较大。因此，可以采用“局部改造+云化替代”的模式。首先，在老旧设备上加装数据采集模块，实现设备运行数据的初步采集和上传，为后续的设备状态监测和分析提供数据基础。然后，根据设备的关键性能指标和实际生产需求，逐步替换设备的核心部件，提升设备的自动化和智能化水平。同时，对于一些功能可以通过云服务实现的部分，采用云化替代方案，降低企业的硬件投资成本。

(4) 建立质量追溯系统

为了解决质量追溯困难的问题，建立完善的质量追溯系统。在生产过程中，为每个生产批次的产品赋予唯一的二维码或 RFID 标签，记录该批次产品的生产设备参数、原材料信息、生产时间等关键数据。当产品出现质量问题时，通过扫描二维码或读取 RFID 标签，能够快速准确地追溯到产品的整个生产过程，找出问题的根源，及时采取改进措施，提高产品质量。

（5）关键技术路径

网络化：为了满足车间级设备通信的需求，部署 5G 专网或工业无线网络。5G 专网具有低时延、高带宽、高可靠性的特点，能够实现设备数据的高速、稳定传输，支持实时远程监控和设备间的协同作业。例如，在电缆生产线上，通过 5G 专网可以将设备的运行数据实时传输到监控中心，管理人员可以随时随地对设备进行监控和操作。工业无线网络则可以根据车间的实际布局和设备分布情况，灵活组网，实现设备的全面覆盖，确保设备通信的畅通。

智能化：在关键工序，如交联环节，部署 AI 控制系统。通过传感器实时采集交联过程中的温度、压力等关键参数，AI 控制系统根据预设的模型和算法，对这些参数进行实时分析和调整，实现温度、压力的闭环调节。例如，当检测到交联温度出现波动时，AI 控制系统能够迅速做出反应，调整加热功率，确保交联过程的稳定性，提高产品质量。

服务化：与设备厂商合作，探索“设备即服务”（DaaS）模式。在这种模式下，设备厂商不仅提供设备的销售和安装服务，还负责设备的日常维护、升级和技术支持。企业只需按需支付服务费用，无需承担设备的采购、维护等高额成本。设备厂商通过实时监测设备的运行状态，及时发现并解决潜在问题，保障设备的正常运行，同时根据企业的需求和技术发展，为设备提供升级服务，提升设备的性能和竞争力。

4、实施成效

设备改造应以数据驱动为核心，分阶段稳步推进。首先实现设备的联网，采集设备运行数据；然后对数据进行深入分析，挖掘潜在价值；在此基础上，对生产工艺和设备运行进行优化；最终实现设备的自治，即设备能够根据实时数据自动调整运行状态。通过制定标准化改造方案，降低实施难度和成本，结合行业共性需求和细分场景差异，聚焦质量管控、能耗优化等高价值环节，推动电线电缆行业从传统的“经验驱动”模式向“数据驱动”的智能化生产模式转型，提升整个行业的竞争力和可持续发展能力。

（二）集中供料

1、场景描述

在电线电缆制造领域，集中供料环节无疑处于关键地位，其紧密关联着原料的精准配送、库存的科学管理以及生产计划的高效协调等诸多核心流程。通过实施智能化改造，不仅能够显著提升整体生产效率，如同为生产线安装了高速引擎，还能大幅降低能耗，减少不必要的能源损耗，同时最大限度地削减人工干预，规避人为操作失误风险。同时，借助数据的实时监控功能，企业得以全方位优化供应链协同，确保各个环节紧密衔接、

顺畅运行。集中供料环节的数字化转型已然成为实现智能制造的根基所在，直接对产品质量的优劣、成本控制的成效以及交付周期的长短产生决定性影响。

2、存在哪些问题

（1）数据孤岛与协同不足

当前，多数电线电缆企业在集中供料环节仍深陷数据困境，过度依赖人工记录供料数据。而企业内部的 ERP 系统与 MES 系统之间未能实现完全贯通，这就直接导致生产计划与物料供应之间出现脱节现象，使得企业在面对生产过程中的突发状况时，实时调整能力极为孱弱，无法迅速做出精准应对。

（2）设备自动化水平低

诸多老旧的供料设备缺乏先进的智能传感与控制功能，难以实现原料的精准计量，无法在原料不足时自动补料，更不具备故障预警能力。企业不得不依赖人工定时巡检，效率低下，且极易因人为疏忽而产生错误，给生产带来诸多隐患。

（3）能耗与浪费严重

传统的供料系统属于粗放型管理，缺乏动态优化能力，对原料的使用效率低下，易造成大量原料浪费。部分企业甚至连电能消耗数据都未能实现实时监控，无法及时察觉能耗异常，导致生产成本不断攀升。

（4）特种材料管理复杂

部分电线电缆企业由于产品特性需求，需要处理诸如高精度铜材、绝缘材料等特种材料。这些材料对温湿度等环境因素极为敏感，稍有不慎便会影响其性能品质。然而，现有的供料管理系统缺乏环境监控与自适应调节功能，难以满足特种材料的严苛储存与使用要求。

（5）多车间协同困难

大型电线电缆企业通常涵盖多个车间，各车间的供料需求差异显著。但企业内部缺乏统一的调度平台，导致物料在各车间之间出现局部积压或短缺的乱象，严重影响整体生产效率。

3、解决方案建议

（1）自动化供料与智能仓储

AGV/RGV 无人配送：引入自动导引车（AGV）与轨道车（RGV）这一智能化运输组合，能够精准、高效地实现原料从仓库到生产线的配送任务。并且，结合 RFID 射频识别技术，为每一份原料贴上独特的“电子标签”，实时追踪物料位置，让物料行踪尽在掌控。

智能仓储管理系统（WMS）：充分利用物联网（IoT）传感器的强大感知能力，对库存状态进行 24 小时不间断监控。同时，借助 AI 人工智能算法，深度分析历史数据与实时动态，精准预测物料需求，进而优化补货周期，确保库存始终处于合理水平，既不积

压也不短缺。



图 27-MES 与集中供料对接

(2) 动态生产调度与优化

运用前沿的数字孪生技术，为供料系统打造一个与现实世界精准对应的虚拟模型。通过在虚拟环境中模拟不同生产计划下的物料流动情况，提前洞察潜在问题，优化配送路径与设备利用率，为现实生产提供最优策略。

(3) 构建统一数据平台

全力整合企业内部的 ERP、MES 与 WMS 系统，拆除系统之间的“数据壁垒”，打通供料全流程的数据链，实现生产计划、物料库存、设备状态等关键信息的实时协同共享。

(4) 设备智能化升级

为老旧供料设备加装智能传感器，如温湿度传感器用于特种材料环境监测，重量传感器实现精准计量，搭配 PLC 可编程逻辑控制器，赋予设备自动化运行的“智慧大脑”，使其能够根据预设指令自动完成供料任务，大幅提升供料精度与稳定性。大规模部署 AGV/RGV 等无人化配送设备，逐步取代人工搬运，减少人工干预环节，不仅能提升配送精度，还能降低人力成本，同时避免人为失误对生产造成的干扰。

(5) 动态调度系统开发

充分利用数字孪生技术模拟供料流程的每一个细节，结合 AI 人工智能算法，实时分析生产线上的动态需求，动态优化配送路径与生产节奏，确保物料供应与生产需求始终保持匹配。

(6) 质量与能效双控体系

建立基于区块链的原料追溯系统，从原料采购源头开始，将每一个环节的数据加密

记录在区块链上，确保质量问题发生时可快速定位，责任清晰可查。部署智能电表与能效分析平台，通过直观的数据可视化界面，将能耗数据清晰呈现给企业管理者，实现能耗透明化管理，便于及时发现能耗异常点并采取针对性改进措施，有效降低生产成本。

（三）产线自动化

1、场景描述

产线自动化是电线电缆制造行业智能化改造和数字化转型的核心环节之一。通过自动化技术的应用，企业可以实现生产流程的高效化、标准化和可控化，减少人工干预，提高生产效率和产品质量。自动化改造不仅能够降低生产成本，还能增强企业在市场中的竞争力，是推动智能制造的关键步骤。

2、存在哪些问题

（1）自动化水平不均衡

部分企业已实现部分工序的自动化，但整体产线的自动化水平较低，存在“自动化孤岛”现象，工序之间缺乏协同。

（2）设备兼容性差

不同工序的设备来自不同厂商，通信协议和接口不统一，导致设备之间难以实现数据互通和协同作业。

（3）智能化程度低

现有自动化设备多为基础自动化，缺乏智能决策和自适应能力，无法实现生产过程的动态优化。

（4）老旧设备改造难度大

部分企业仍在使用的老旧设备，改造成本高，且难以与现代化自动化系统集成。



图 28-电缆企业自动化改造

3、解决方案建议

(1) 挤出工序自动化

通过 PLC（可编程逻辑控制器）和 SCADA（数据采集与监控系统）实现挤出机的自动化控制，实时监控温度、压力和速度等参数。利用PID 控制算法，实现挤出机温度的自动调节，确保产品质量稳定。通过机器人或自动化装置实现模具的自动更换，减少停机时间。

(2) 绞线工序自动化

采用伺服驱动技术和机器视觉系统，实现绞线机的自动化控制和质量检测。通过伺服电机和传感器实现绞线张力的自动调节，减少断线率。利用机器视觉系统实时检测绞线外观质量，自动剔除不合格产品。

(3) 成缆工序自动化

通过工业机器人和自动化输送系统，实现成缆工序的自动化操作。**自动上料与下料：**利用工业机器人实现线盘的自动上料和下料，减少人工干预。**自动包带与屏蔽：**通过自动化设备实现电缆的自动包带和屏蔽层铺设，提高生产效率。

(4) 包装与仓储自动化

采用 AGV（自动导引车）和智能仓储系统，实现成品的自动包装和仓储管理。**自动包装线：**利用自动化包装设备实现电缆的自动捆扎、贴标和包装。**智能仓储管理：**通过 AGV 和 WMS 实现成品的自动入库、出库和库存管理。



图 29-电缆企业智能化

(5) 全面提升自动化水平

整线自动化设计：从单工序自动化向整条产线自动化升级，通过 MES（制造执行系统）实现工序之间的协同作业。

模块化设计：采用模块化设计理念，便于产线的扩展和调整，适应多品种生产需求。

（6）老旧设备改造

加装智能控制模块：在老旧设备上加装智能控制模块，实现基础自动化功能。低成本改造方案：采用无线传感器和边缘计算设备，降低改造成本。

4、实施成效

实现老旧设备的自动化改造，提升整体产线的自动化水平。实现从单工序自动化到整条产线自动化的升级，消除“自动化孤岛”。统一设备通信协议和接口，实现设备之间的数据互通和协同作业。增强柔性生产能力：通过模块化设计和智能调度，提升产线对多品种、小批量生产的适应能力。提升智能化水平：引入智能算法和自适应控制技术，实现生产过程的动态优化和智能决策。消除“自动化孤岛”，提升整体生产效率，降低人工成本。

（四）ERP 规划建设

1、场景描述

电缆企业进行 ERP 建设的背景通常与企业自身发展需求、行业竞争压力以及市场环境变化等因素密切相关。经过众多企业的调研和 market 分析，目前大部分企业已进行 ERP 系统的部署或者简单模块的部署，但由于每家企业数字化投入、信息化团队、转型认知等的差异，造成使用情况和深度不一，直接影响应用体验和其他系统的对接。

2、存在哪些问题

（1）企业规模扩大和业务复杂

随着电缆企业的发展，其生产规模不断扩大，产品种类日益丰富，涉及的业务环节也越来越多，包括原材料采购、生产制造、销售、库存管理、财务管理等。这些业务之间的关系错综复杂，传统的管理方式难以有效地协调和整合这些资源，容易出现信息不畅通、流程繁琐、效率低下等问题。

（2）库存管理问题突出

电缆企业通常需要大量的原材料和半成品库存来保证生产的连续性，但过高的库存会占用企业大量的资金和仓储空间，增加企业的运营成本。同时，库存管理不当还可能导致物料积压、过期浪费等问题。

（3）财务管理需要强化

电缆企业的财务管理涉及到资金流动、成本核算、财务报表等多个方面，准确的财务信息对于企业的决策至关重要。

(4) 生产管理难度增加

电缆生产过程较为复杂，需要对生产计划、物料需求、生产进度、质量控制等进行精确的管理。例如，电缆产品的生产需要根据不同的订单要求，合理安排生产流程和设备使用，同时要确保原材料的及时供应和产品质量的稳定。

3、解决方案建议

(1) 成立项目小组

由企业高层领导、各业务部门负责人、IT 技术人员组成 ERP 项目小组，明确各成员职责与分工，确保项目顺利推进。

(2) 业务流程优化

依据 ERP 系统理念，对企业现有业务流程进行优化与再造，消除不必要的环节与重复劳动，提高流程效率与协同性。



图 30-电缆企业 ERP 系统

(3) 系统定制开发

根据电缆行业特点及企业个性化需求，对选定的 ERP 系统进行定制开发，确保系统功能贴合企业实际业务。重点定制生产管理、成本核算、质量控制等关键模块。

(4) 数据迁移规划

制定数据迁移方案，整理企业现有数据，进行数据清洗、转换与导入测试，确保历

史数据准确无误地迁移至新的 ERP 系统。

(5) 功能测试与集成

对 ERP 系统各功能模块进行全面测试，检查系统功能是否满足设计要求，是否存在漏洞与错误，及时反馈并修复问题。组织企业各业务部门用户进行验收测试，收集用户反馈意见，对系统进行最后的调整与优化，确保系统满足用户实际使用需求。

(6) 持续改进与优化

持续收集系统运行数据，深入分析企业业务运营情况，发现潜在问题与优化空间。根据分析结果，对业务流程、系统功能进行持续优化与改进，不断提升企业管理水平与运营效率。

4、实施成效

ERP 系统整合销售订单、库存数据与市场预测，精准生成生产计划。系统按电缆产品生产工序、原材料使用等，精确分摊成本。精准的库存管理功能，依据生产需求补货，避免库存积压，库存周转率提高。业务数据自动同步至财务模块，生成财务报表，数据及时性与准确性大幅提升。

(五) 产品及工艺设计

1、场景描述

电线电缆企业在数字化过程中，由于电线电缆企业产品的特点是产品结构、型号、规格数繁多。工艺结构会随着企业生产改进、国家标准变更进行变化。不断的维护 ERP\MES 系统基础数据来维持系统运行，带来了数据不及时、重复工作量大等一些工艺数据应用问题。

2、存在的问题

创新能力不足

一些电缆企业过于依赖模仿或沿用传统产品设计，缺乏自主创新的动力和能力。以海底电缆为例，高端海底电缆的核心技术仍被少数国外企业垄断，国内部分企业在产品设计上难以取得突破，只能在中低端市场竞争。

(2) 设计与实际需求脱节

电缆企业在产品设计过程中，与客户沟通不充分，未能准确把握客户的个性化需求。比如在为数据中心设计电缆时，没有充分考虑到数据中心对电缆高带宽、低延迟、高密度等特殊要求，导致产品交付后无法完全满足客户的使用需求。

(3) 工艺设计与生产衔接不畅

工艺设计人员在制定工艺方案时，对生产设备、人员技能等实际生产条件考虑不足，导致工艺方案在生产过程中难以顺利实施。例如，设计的某电缆生产工艺需要高精度的加工设备，但企业现有的设备精度无法达到要求，从而影响产品质量和生产效率。

在产品生产过程中，由于市场需求变化或设计改进等原因，需要对工艺进行变更。但部分企业缺乏规范的变更管理流程，导致工艺变更信息传递不及时、不准确，生产部门未能及时调整生产工艺，从而引发生产混乱和质量问题。

(4) 产品与工艺设计协同不足

产品设计部门与工艺设计部门之间缺乏有效的沟通机制，信息传递不及时、不准确。例如，产品设计人员对产品的性能要求和设计意图未能清晰地传达给工艺设计人员，导致工艺设计无法满足产品设计的要求。

3、解决方案建议

场景1：产品数字化研发与设计。可以集中管理和存储电缆BOM数据，避免了数据分散和重复存储的问题。通过PLM系统协同工作和跨部门协作的功能，促进了不同部门成员之间的合作和沟通。PLM系统可以有效地进行电缆BOM的版本控制，及时更新和修订BOM数据。同时，通过PLM系统的历史追溯功能，用户可以追踪BOM数据的变更历史，了解变更原因和时间，更好地把握BOM数据的管理。

场景2：工艺数字化设计。电线电缆CAPP是一种计算机辅助工艺设计系统，用于帮助电线电缆企业进行工艺设计和变更，并实现工艺文件的电子化和自动化管理。该系统内置了线缆行业产品的标准化信息，包括型号、电压、规格、执行标准、生产工艺等数据，可以大大提高电线电缆企业的工作效率。

解决方案1：PLM进行产品数字化研发

PLM 进行产品数字化研发

PLM主要是一种用于在产品研发领域具有协作关系的企业之间，以及在单一地点的企业内部、分散在多个地点的企业内部，来支持产品全生命周期的信息的创建、管理、分发和应用的一系列应用解决方案。

某线缆企业为加强电缆BOM管理，上线PLM系统，实现对数据量化管理和版本的精准控制。

数据管理：PLM系统可以建立电线电缆BOM数据库，将所有电线电缆组件、零件、原材料等的信息进行整理和分类，包括数量、规格、型号、产地等。

版本控制和变更管理：随着产品的升级和技术更新等因素，电线电缆BOM可能会发生变更。PLM系统可以提供版本控制功能，对电线电缆BOM进行及时的更新和修订，并能够记录变更历史。同时，通过建立有效的变更管理流程，可以保证数据的准确性和一致性。

物料管理：PLM系统可以对电线电缆BOM数据进行物料管理，包括物料的可用性和可替代性等。这有助于企业更好地把握物料需求和库存情况，优化物料计划和采购流程。

数据分析：PLM系统可以对电线电缆BOM数据进行深入的分析，帮助企业了解生产成本、物料消耗等信息。这有助于企业做出更加科学合理的决策，优化生产流程，提高经济效益。

通过PLM系统进行电线电缆BOM管理，企业可以提高生产和管理效率，优化资源配置，降低成本，并提高企业的综合竞争力。

解决方案2：CAPP进行产品工艺设计

CAPP 进行产品工艺设计

电线电缆CAPP系列产品工艺设计解决方案是一种针对电线电缆企业的工艺设计领域的计算机辅助设计系统，旨在帮助企业提高工艺设计效率、缩短产品开发周期、降低生产成本等。

某线缆企业上线电线电缆CAPP，实现如下核心功能：

快速生成工艺流程：电线电缆CAPP系列产品工艺设计解决方案可以快速生成电线电缆产品的工艺流程图和作业指导书等文件。这些文件可以被自动导出并打印成纸质版或电子版，方便操作人员和管理人员使用。

标准化管理：该解决方案提供标准化的数据管理功能，可以统一管理电线电缆产品的型号、规格、材料、工艺等信息，实现信息共享和数据复用。

工艺流程优化：电线电缆CAPP系列产品工艺设计解决方案可以根据实际需要对原有的工艺进行调整和优化，实现生产流程的自动化和智能化，提高生产效率和产品质量。

工艺文件管理：该解决方案可以自动管理电线电缆产品的工艺文件，包括工艺流程图、作业指导书、检验记录等文件，方便管理人员和操作人员使用。

工艺规范

电缆名称				参考标准			
电压等级				文件编号	-		
产品型号	KVV22-450/750V			产品规格	2*0.75		
工艺流程：导体-->绝缘-->成缆-->内衬层-->铠装-->外护套							
表1 导体							单位:mm
标称截面	导体类型	导体结构(根数/单丝)	单丝根数	单丝直径	单丝直径偏差	导体外径	
0.75	1类导体	1/0.97	1	0.97	±0.010	0.97	
工艺要点： 1、铜导线芯应满足GB/T3953-2009中相应条款的要求。 2、导体表面应光洁、圆整,不得有油污、划伤、毛刺、锐边、突起、断裂的单线。 3、 导体中的电线在7根及以下不允许有接头。 4、导线芯的收排线应紧密、平整,不应有松线、塌线、扭曲、压线等。最上层线芯距盘边边缘应不小于50mm,线头应牢固固定。 5、20℃导体直流电阻应符合GB/T 3956-2008中的规定。							
表2 绝缘							单位:mm
PVC绝缘-70							
标称截面	导体类型	标称厚度	最薄点	平均最小厚度	平均最大厚度	平均厚度	最小外径
0.75	1类导体	0.6	0.44	0.54	0.66	0.61	2.05
PVC绝缘-70							
最大外径	偏心度	外径计算值					
2.29	<=15%	2.19					
工艺要点： 1、绝缘应紧密挤包在导体上,且容易剥离而不损伤导体,绝缘横断面无目力可见的气泡、砂眼等缺陷,绝缘表面应光洁平整、色泽均匀。 2、绝缘平均厚度不小于标称厚度,最薄点按工艺要求控制,绝缘偏心度不大于10%。 3、绝缘线芯应能经受GB3048.9规定的交流50Hz火花试验,作为生产过程中的中间检验。							
表3 成缆							单位:mm
PP填充		成缆		成缆后聚酯带绕包			
成缆外径	四周根数	绝缘外径	成缆外径	层数	厚度	带宽	绕包方式
2.19	2	2.19	4.38	2	0.035	25	重叠式
成缆后聚酯带绕包							
填充率	绕后外径						
0.25	4.59						
工艺要点： 成缆要保证缆芯的圆整,可适当调整缆芯的大小,可根据成缆设备和成缆后的圆整情况对直径1.5mm以下的填充芯进行取舍。							
表4 内衬层							单位:mm
标称厚度	最小厚度	最大厚度	平均厚度	最小外径	最大外径	外径计算值	
1.00	0.80	1.00	0.90	6.19	6.59	6.39	
编制	校对	审核	会签			批准	

(六) 计划与调度

1、场景描述

电缆企业订单具有多样性,涵盖不同规格、型号、用途的电缆产品。需依据订单交货期、产品生产周期等,精确制定生产计划,合理安排各订单生产顺序与时间,确保按

时交付。如对于一批高压电力电缆紧急订单，要优先安排生产，调整其他订单排期，保障交付及时性。

2、存在哪些问题

(1) 计划制定不准确

由于缺乏科学的依据和算法，导致生产计划往往基于经验或简单的估计来制定。这可能导致生产计划的准确性不高，出现交期冲突、逾产能等情况。

(2) 调度难度大

由于电线电缆生产的复杂性和多样性，调度人员或调度中心的所有成员需要不断协调和处理各种生产问题，包括交期调整、工序衔接、生产进度跟踪等。

(3) 配盘工作量大

电线电缆生产配盘的主要问题是，如何根据订单需求、生产工艺和原材料等因素，合理地进行电缆的切割、配料和组合，以满足客户的需求，同时保证生产效率和产品质量。

(4) 数据信息化水平低

许多电线电缆企业的生产数据仍然采用手工记录的方式，导致数据时效性、准确性都较差。这给生产计划与调度带来很大困难。

针对以上问题，电线电缆企业需要不断提升数字化水平，建立科学的生产计划与调度系统，优化生产流程和操作规范，提高产能利用率和产品质量稳定性，以实现更高效、更精准的生产计划与调度。

3、解决方案建议

场景1：生产计划优化。通过引进排程系统优化生产流程、制定全面的生产计划、集中线上管理和仓储物流全面信息化等措施，可以实现线缆生产计划的优化。这不仅可以提高企业的生产效率和竞争力，降低成本和提高产品质量，同时还可以增强生产计划的灵活性和适应性，改善工作环境和员工满意度。

场景2：车间智能排产。电线电缆的车间智能排程可以通过使用智能配盘系统提高线缆资源的利用率，避免浪费。通过合理的配盘，可以使得电线、单量部分工序如导体、绝缘等进行合并生产，能够更好地提高工序产量减少半成品和原材料的呆滞库存。

解决方案1：线缆生产计划高级排程

线缆生产计划高级排程

APS用于优化和改进生产计划和调度。在电线电缆行业中，由于其产品种类多、生

产流程复杂等特点，APS软件的使用可以极大地提高生产效率和降低生产成本。

某线缆企业通过APS系统制定和优化生产计划，与ERP、MES系统对接，实现如下效果：

精确预测电线电缆市场需求：通过收集和分析历史销售数据和市场趋势，预测未来的市场需求，帮助企业制定更为准确的电线电缆生产计划。

优化生产排程：根据市场需求、生产设备和人员配置等情况，自动计算最佳的生产排程计划，包括生产顺序、生产时间、生产数量等，以提高生产效率。

提高库存管理效率：通过实时监控库存量和需求量，自动进行库存调度和补充，确保生产线的正常运转，降低库存成本。

加强生产质量控制：在生产计划和调度过程中，APS软件可以实时监控生产质量，及时发现和解决问题，确保产品质量符合要求。

协同供应链管理：通过与供应链系统的集成，APS可以协调供应商、采购、物流等方面的管理，降低采购成本和物流成本。

精细化人员管理：通过实时监控人员的工作情况，合理安排人员的工作任务和工作时间，提高人员利用效率和生产效率。

数据驱动的决策支持：通过数据分析和可视化工具，为管理层提供实时、准确的生产数据和业务数据，帮助管理层做出更好的决策。

电线电缆APS方案的实施可以有效地解决电线电缆企业面临的生产管理难题，提高生产效率和产品质量，降低生产成本和物流成本，帮助企业实现可持续发展。

解决方案 2：电线电缆自动配盘

电线电缆自动配盘

某线缆企业为加强线缆用来，分段及装盘，使用MES系统中的配盘模块，达到如下效果：

数据采集与处理：方案需要具备采集和导入电线电缆种类、长度、规格等数据的功能，同时可以处理这些数据以计算电线电缆的起始端和终止端的位置。

自动计算电线电缆数量和长度：根据采集的数据，方案可以自动计算出所需电线电缆的数量和长度，为后续的配盘过程提供准确的基础数据。

配盘规则制定：方案能够根据预设的配盘规则自动安排电线电缆的布局和配盘顺序，这些规则可以根据实际需求进行定制和修改，以达到最佳的配盘效果。

自动配盘：基于计算结果和配盘规则，方案能够自动生成电线电缆的配盘计划，可以显示在屏幕上或打印出来，方便工作人员进行核对和执行。

用户交互界面：一个直观易用的用户界面可以方便工作人员对自动生成的配盘计划进行调整和修改，以确保配盘结果的准确性和合理性。

数据统计与分析：方案还提供记录每次配盘的结果，并统计和分析电线电缆的使用情况和历史数据的功能，有助于工作人员更好地了解电线电缆的需求和消耗情况。

库存管理：方案能够与企业的库存管理系统集成，实时更新库存信息，确保电线电缆的供需平衡。

报告生成：方案支持生成各种报告，包括电线电缆需求报告、配盘报告、库存报告等，帮助企业更好地了解电线电缆的生产、销售和库存情况。

自动化与智能化：方案通过引入自动化和智能化技术，如机器学习、人工智能等，能够提高配盘的准确性和效率，降低人工干预和错误率。

数据安全性与可靠性：方案需要确保数据的安全性和可靠性，采用先进的数据加密技术和备份措施，确保数据的完整性和安全性。

（七）生产作业

1、场景描述

部分电缆企业生产计划多依据过往订单与经验制定，对市场动态变化响应慢。部分中小企业受资金限制，生产设备老化严重，技术性能落后。老旧设备生产效率低、产品质量稳定性差，且能耗高。多数中小企业自动化程度低，大量依赖人工操作，劳动强度大、生产效率低且人为失误风险高。电缆生产对技术工人技能要求高，需熟练掌握设备操作、工艺调整等技能。但因行业吸引力有限，年轻劳动力流入少，企业内部培训体系不完善，导致技术工人短缺。

2、存在哪些问题

（1）自动化程度低

电缆生产过程中，很多环节仍然采用传统的手工或半自动化方式进行操作，如原材料处理、线缆绕制等。这些环节的自动化程度较低，容易受到人为因素和机械故障的影响，导致生产效率低下和产品质量不稳定。

（2）生产流程不顺畅

电缆生产过程中，各个生产环节之间的衔接和协调往往存在问题，如生产计划不合理、物料供应不及时、设备故障等。这些因素容易造成生产流程的不顺畅，影响生产进

度和产品质量。

(3) 人员技能不足

电缆生产过程中，操作人员的技能水平和经验对生产效率和产品质量有着重要影响。然而，由于培训和管理不足等原因，操作人员的技能水平往往参差不齐，导致生产过程中出现各种问题。

(4) 质量监控不严格

电缆生产过程中，质量监控是保证产品质量的重要环节。然而，由于质量监控不严格或缺乏有效的质量检测手段，往往导致产品质量不稳定或存在安全隐患。

3、解决方案建议

场景1：人机协同制造。在电线电缆生产过程中，建立人机协同作业模式，充分发挥人和机器的优势。通过引用机械手臂在电缆生产过程中实现自动化、高效、精准的操作。可以自动化完成电缆生产中的各项任务，如剥线、压接、检测、绕线等。可以提高生产效率和水平，降低生产成本和风险，提升企业的整体竞争力。

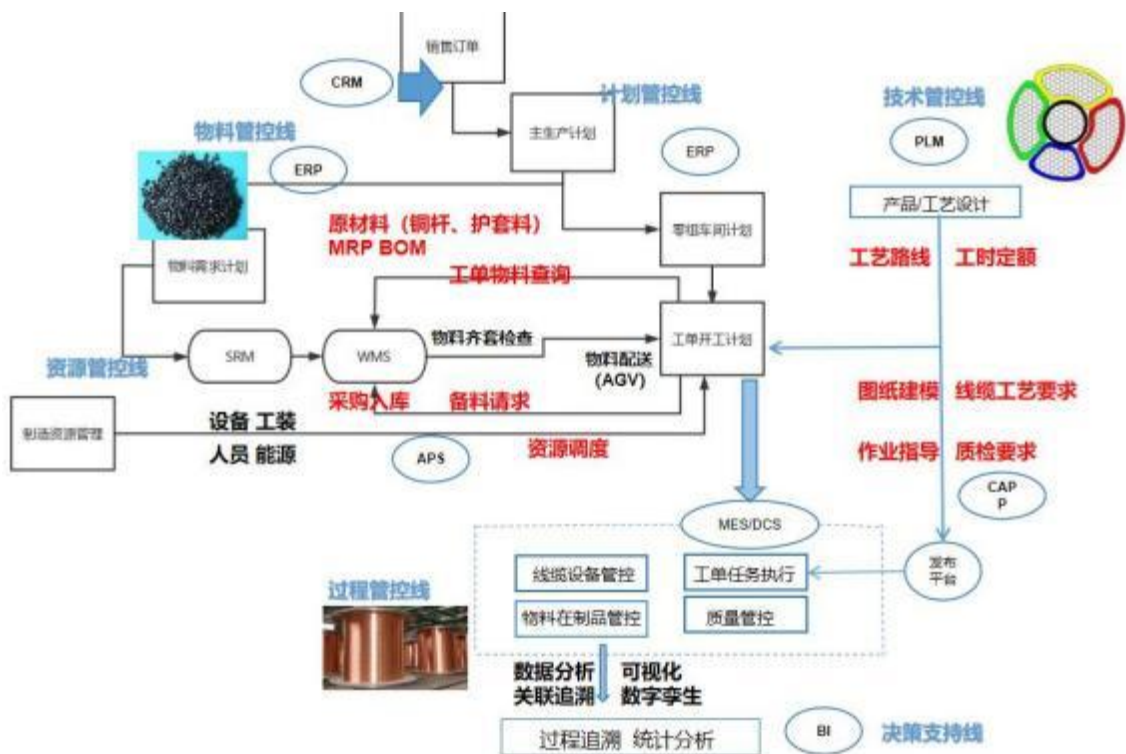


图31-全流程对接

场景2：网络协同制造。电线电缆生产协同平台是一种集合了生产管理、人员管理、质量管理、设备管理、安全管理等于一身的信息化管理系统。电线电缆生产协同平台用于生产计划、生产执行、生产统计等生产过程的管理。它可以根据订单和生产计划，自

动安排生产任务和生产计划，并实时监控生产进度，对生产过程中的问题及时进行处理和调整。它可以帮助企业提高生产效率、降低生产成本、提高产品质量、减少安全事故，提升企业的整体竞争力。

解决方案1：生产线机械手臂改造

生产线机械手臂改造

某电缆企业通过引入机械手臂，提高了生产效率、降低成本、改善工作环境以及提升产品质量，为企业的发展带来积极的影响。

主要应用场景如下：

拉丝：在拉丝工序中，机械手臂可以辅助原材料的输送，将原材料穿过压延孔，并精确控制拉丝的线径；

导体：在导体绞合工序中，机械手臂可以将多根线径相同的线精准地绞合成电缆导体；

绝缘：在绝缘层挤出和导体屏蔽工序中，机械手臂可以精确控制绝缘层的厚度和导体屏蔽层的形状；

成缆：在成缆和护套挤出工序中，机械手臂可以辅助完成电缆的成形和护套的包裹；

检测：在外观检测、尺寸检测和耐压试验工序中，机械手臂可以高效完成自动检测，确保电缆的质量；

包装：在包装入库工序中，机械手臂可以准确完成电缆的包装和入库工作。

解决方案2：基于MES实现协同制造

基于MES实现协同制造

某线缆企业通过MES系统与ERP的集成，实现生产计划的制定、下达和生产执行的实时反馈。MES系统可以根据ERP系统中的生产订单信息，结合工艺路线、设备状态等数据，制定出具体的生产计划和排程。同时，MES系统还可以实时监控生产执行情况，对生产过程中出现的问题及时进行预警和处理，确保生产计划的准确性和及时性。

生产数据采集与分析：通过MES系统中的数据采集模块，对电线电缆生产过程中的各项数据进行实时采集和监控。这些数据包括设备状态、生产进度、产品质量等。通过对这些数据的分析，可以及时发现生产过程中的问题和瓶颈，采取相应的措施进行改进和优化。

质量管理：MES系统可以对电线电缆生产过程中的各项质量数据进行实时监控和分

析，包括原材料的质量、生产工艺的稳定性、产品质量的合格率等。通过对这些数据的分析，可以及时发现质量问题并采取相应的措施进行改进和优化，确保产品质量的稳定性和可靠性。

库存管理：MES系统可以对电线电缆生产过程中的原材料和成品库存进行实时监控和管理。通过与ERP系统的集成，可以实现库存数据的共享和同步更新。通过对库存数据的分析，可以及时发现库存不足或过多的情况，采取相应的措施进行调整和优化，确保库存的充足性和准确性。

数据分析和决策支持：MES系统可以对电线电缆生产过程中的各项数据进行实时分析和监控，提供可视化的数据报表和图表。通过对这些数据的分析，可以帮助企业制定更加科学的生产决策和战略规划，提高企业的竞争力和可持续发展能力。

电线电缆生产作业MES解决方案可以帮助企业实现计划与生产执行的协同、生产数据采集与分析、质量管理、库存管理、节能降耗以及数据分析和决策支持等方面的功能。通过实施MES系统，可以提高电线电缆企业的生产效率和水平，降低生产成本和人力资源成本，为企业创造更大的价值。

（八）质量管控

1、场景描述

为增进质量检测流程中的协作效率，企业必须建立线上协同机制，以支撑检测活动记录及设备使用信息的即时更新与共享。通过实施线上协同，所有参与质量检测流程的人员及生产部门人员能够实时获取最新的检测数据，从而降低纸质记录所导致的信息延迟问题。消除纸质记录所引发的效率低下问题，实现检测流程的全面数字化，是提升质量控制水平的关键步骤。检测流程的数字化不仅简化了检测记录与报告的生成和存储流程，还显著降低了人为错误的发生概率。

2、存在哪些问题

（1）质量检测流程协同效率存在不足

在检测流程的核心环节，尤其是关于检测活动记录和设备使用信息的管理方面，仍然依赖于传统的纸质记录方式。这种做法导致信息流与实际工作流之间出现脱节，增加了内部沟通的成本，因为员工需要额外的时间来核对和传递信息。纸质检测记录不利于实时更新和共享，使得与生产车间等跨部门的协作变得困难，影响了决策效率。

（2）传统质量检测执行效率较低

在检测业务中广泛存在的纸质记录（包括检测记录、设备使用记录、检测报告等）

极大地减缓了数据收集和处理的效率，同时也增加了错误发生的可能性。检测过程记录的追溯和查询过程复杂且耗时，需要手动查找物理文件，并且存在丢失或损坏的风险。

(3) 质量检测设备利用率不足

目前，多数企业的质量检测设备尚未实现数据的自动采集与计划管理，这意味着每次检测都需要人工干预进行数据记录，既耗时又容易出错，限制了检测设备的数字化应用和综合利用率。缺乏有效的计划管理工具，无法合理安排检测任务，导致部分设备闲置或过度使用，进一步降低了检测实验室的整体检测效率和智能化水平。

(4) 质量数据分析与决策支持存在缺失

大量的检测数据由于停留在线下，未能有效整合到企业的的分析体系中，阻碍了深层次的数据挖掘和多维度分析。无法基于全面准确的检测数据进行质量改进和工艺优化，导致决策缺乏科学依据，难以实现精细化管理。此外，缺少对历史数据的有效利用，无法从中发现潜在的趋势和改进点。

3、解决方案建议

场景 1：质量检测流程线上协同

为增进质量检测流程中的协作效率，企业必须建立线上协同机制，以支撑检测活动记录及设备使用信息的即时更新与共享。通过实施线上协同，所有参与质量检测流程的人员及生产部门人员能够实时获取最新的检测数据，从而降低纸质记录所导致的信息延迟问题。此外，通过线上数据交互，例如实现跨系统的数据对接，如 ERP、MES 等系统，可以促进生产车间、质量检测等部门之间的高效协作，减少沟通成本。这不仅能够提升工作效率，还能确保数据的一致性和准确性。此类数字化转型有助于消除信息孤岛，推动企业内部信息流的顺畅运行。



图 32-电缆企业 ECODE 追溯

场景 2：质量检测过程数字化

消除纸质记录所引发的效率低下问题，实现检测流程的全面数字化，是提升质量控制水平的关键步骤。检测流程的数字化不仅简化了检测记录与报告的生成和存储流程，还显著降低了人为错误的发生概率。此外，自动化工具的运用使得检测数据能够自动录入系统，避免了手工输入可能引发的错误。这些措施的共同作用，不仅能够加速数据处理的速度，而且为后续的数据分析提供了坚实的基础，从而助力企业更迅速地做出基于数据的决策，提升整体运营效率。

场景 3：质量检测设备数据采集与处理

运用自动化数据采集技术取代传统的人工读数与记录方法，旨在提升数据收集的效率与精确度。该技术能够自动从检测设备中提取数据，并上传至云端以供分析。通过构建数据传输接口，确保检测设备能够利用标准化的数据传输协议（例如Modbus、OPCUA）连接至网络，实现数据的无缝集成和关键检测参数的自动采集。此举减少了人工操作可能引发的错误，加速了数据处理流程，使得实时监控和迅速决策成为现实。

场景4：质量检测数据分析与决策支持

产品的质量检测数据构成了企业核心的数据资产。深入挖掘检测过程中相关产品数据的应用，是提升企业产品质量数字化的关键途径之一。作为生产企业，必须借助生产数据、检测数据、设备运行数据以及相关的人力、机械、物料、方法和环境等因素的综合运用，才能全面提高产品质量，实现全面质量管理（TQMS）。通过对生产过程中原材料检验数据、生产半成品检验数据、成品检验数据等进行结构化处理，并按照产品质量维度构建相应的质量模型，可以实现产品检测价值的最大化。

解决方案 1：质量检测流程线上协同

质量检测流程线上协同

某线缆企业基于智慧实验室信息管理系统(LIMS)中的检验工单流转模块，实现质量检验工单的线上化申请和流转，极大地提升了企业的生产效率和质量管理能力。

所有质量检验工单都可以在线上进行申请，这不仅简化了流程，还减少了纸张使用和人工错误；通过系统消息和待办事项列表，检测任务可以及时、准确地传达给相关试验人员，确保每个任务都能按时完成。

检测单号	物料名称	物料类型	规格/标准	检测位置	检测日期	检测人	审核人	审核日期	操作
QC24-04101	过程检测	SC20240227	线缆-1号机位	2024-04-27	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
PH24-04102	实验入场	CLPK02022042	高压全检法	2024-04-09	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
QC24-04103	过程检测	SC20240227	线缆-1号机位	2024-04-27	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
PH24-04104	实验入场	CLPK02022042	高压全检法	2024-04-09	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
QC24-04099	过程检测	SC20240227	线缆-1号机位	2024-04-27	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
PH24-04101	实验入场	CLPK02022042	高压全检法	2024-04-09	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
PH24-04102	实验入场	CLPK02022042	高压全检法	2024-04-09	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
QC24-04098	过程检测	SC20240227	线缆-1号机位	2024-04-27	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
PH24-04103	实验入场	CLPK02022042	高压全检法	2024-04-09	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
PH24-04097	实验入场	CLPK02022042	高压全检法	2024-04-09	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
QC24-04097	过程检测	SC20240227	线缆-1号机位	2024-04-27	王明	王明	LIMS系统	查看	打印
PH24-04099	实验入场	CLPK02022042	高压全检法	2024-04-09	王明	王明	LIMS系统	查看	打印

图 33-LIMS 系统

实现跨系统之间的数据对接，打通了与 ERP（企业资源计划）、MES（制造执行系统）等系统的数据交互通道，实现了从原材料送检到成品检测全流程的数据共享包括但不限于工序送检、原材料送检、生产订单、生产工序及物料等主数据信息，为质量检测提供了全面的数据支持。将 LIMS 系统中的检验结果自动回传至上层系统，如 ERP 和 MES，以便于这些系统根据最新的质量数据进行生产调度和管理决策。



图 34-跨系统分析

解决方案 2：质量检测过程数字化

质量检测过程数字化

某线缆企业通过智慧实验室信息管理系统(LIMS)中的检测执行模块，确保所有质量检测活动都能在线进行记录与追踪，提升其质量检测过程的效率和准确性。

标准化与结构化的检验记录模板：建立标准化、结构化检验记录模板，实现检测数

据在线录入，通过计算机实现永久保存和直接应用与统计分析。

样品编号: SN240500344

检测项目: 内护套 (挤出型屏蔽层) 厚度测试及外观观察

检测日期: 2024年05月18日

检测标准: GB/T 12706.3-2008/GB/T 2951.11-2008 第11部分: 额定电压10kV及以下挤包绝缘电力电缆试验

项次	检测项目	检测结果	判定
1	导体直径	12.7	合格
2	导体电阻	0.88	合格
3	绝缘厚度	12.4	合格
4	绝缘电阻	12.4	合格
5	绝缘平均厚度	12.4	合格
6	绝缘同心度	12.4	合格
7	绝缘屏蔽层厚度	12.4	合格
8	绝缘屏蔽层最大厚度	12.4	合格

图 35-检测记录

灵活配置的检验策略：支持基于物料、物料属性以及工序等多维度进行检验策略的灵活配置，提高了试验人员的操作便利性和效率。

检测策略配置

物料名称	物料	工序	操作
3-导体	K210011N3A+98250-850750VPC屏蔽层	0K020120P10P-导体	编辑 删除
2-绝缘材料	0101250-8绝缘材料	0K020120P10P-绝缘	编辑 删除
1-电缆	0101200LH0200001-带屏蔽层的电力电缆	0K020120P10P-电缆	编辑 删除
1-电缆	P1004K20002000-450V-650750V 1+2.5	-	编辑 删除

图 36-检测项目配置

一键生成检测报告及自动判定：检测人员根据结构化的原始记录和检测标准能够一键生成结构化的检测报告，系统自动根据检测数据与标准数据的自动匹配和判定，实现检测报告的自动化生成，降低人工输入造成的数据误差风险。

样品编号: SN240600356

检测日期: 2024-06-18

检测项目	检测标准	单位	检测结果	判定
导体直径	12.7	mm	12.7	合格
导体电阻	0.88	Ω	0.88	合格
绝缘厚度	12.4	mm	12.4	合格
绝缘电阻	12.4	Ω	12.4	合格
绝缘平均厚度	12.4	mm	12.4	合格
绝缘同心度	12.4	%	12.4	合格
绝缘屏蔽层厚度	12.4	mm	12.4	合格
绝缘屏蔽层最大厚度	12.4	mm	12.4	合格

图 37-检测项目

解决方案三：质量检测设备数据采集与处理

质量检测设备数据采集与处理

某线缆企业通过智慧实验室信息管理系统(LIMS)中的数据采集模块，实现与现有检验设备的数据采集，打通设备与LIMS 软件产品之间的数据孤岛，通过数据采集实现检验设备数据自动写入到原始记录中，提高检测人员的检测效率和数据录入的准确性。

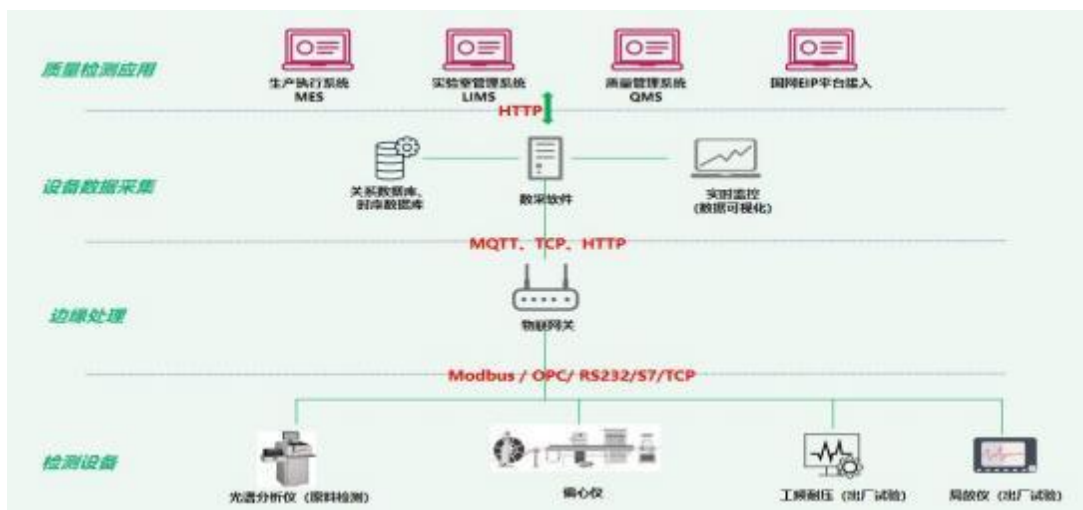


图 38-质量检测应用

原始记录		Original Record	
样品编号	SN23-0131008	型号规格	KVVP-450/750V 4*2.5
试验场所	电力电缆绝缘厚度 (管屏版)	ODLJYHQ	
检测项目	电力电缆绝缘厚度 (管屏版)	检测方法	上/下次检定日期
检测标准	实测值	环境温度(°C)	红色
设备编号	C08T09	设备日期	12-06/2023-12-05
导体颜色	绝缘线芯外径 mm	导体屏蔽 (内层)	66.94
导体外径(不含护套) mm	#2	#3	#4
内层厚度	#1	1.20	1.23
绝缘值 mm	最大值 mm	1.53	平均厚度 mm
最小值 mm	1.17	1.32	1.32
	绝缘 (中间层)		
中间层厚度 mm	16.38	16.47	16.9*
最小值 mm	16.38	最大值 mm	17.05
		平均厚度 mm	16.74
偏心率 %	3.9		
	绝缘屏蔽 (最外层)		

图 39-原始记录

解决方案四：质量检测数据分析与决策支持

质量检测数据分析与决策支持

某线缆企业通过智慧实验室信息管理系统(LIMS)中的数据分析模块,实现数据分析功能,包括样品进度查询报表、检测项目统计报表、工作统计图表、合格率统计图表、一次交检合格率图表、SPC 控制图以及正态分布图等。

构建实验中心看板,支持对历史 15 天内检测样品的检验情况、近 15 天提交原始记录和检验报告的排行展示、待认领、待检验、待审核、待编制报告的样品统计、近 30 天原材料、半成品、成品的检验结果展示等。



图 40-智能数据统计报表

构建工作统计图表,按照检验人员维度统计一段时间内的检验样品数量、检测项目数量以及样品的及时率。



图 41-工作统计图

搭建合格率统计图，可以查看一段时间内原材料/过程检/成品检重不同检验批次的检验合格率情况、供应商发生不合格情况以及帕累托图等。

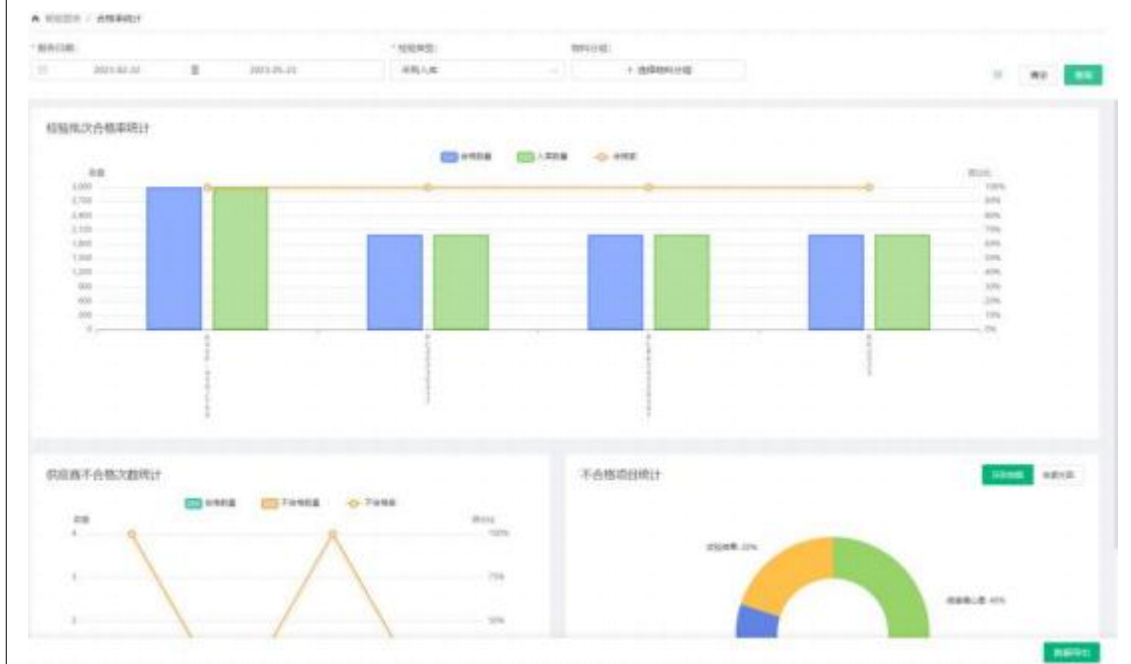


图 42-合格率统计图

搭建 SPC 控制图，可以进行自定义条件的选择，来筛选出需要的数据，通过生成的图表来查看相关工序等的制程能力。

(九) 设备管理

1、场景描述

电缆企业的设备管理至关重要，它直接关系到生产效率、产品质量、成本控制、安

全生产以及企业的可持续发展。设备的精度和稳定性直接影响电缆产品的质量。加强设备管理，定期进行安全检查和隐患排查，及时消除设备的安全隐患，能够为员工创造安全的工作环境，保障员工的生命安全和企业的财产安全，避免因安全事故带来的巨大损失。

2、存在哪些问题

(1) 设备生命周期难掌握

企业设备管理从规划、设计、采购、维修、保养、技改、报废的全过程未建立有效的设备电子档案，或者设备的履历信息不完善，无法查看设备相关的详细资料；相关设备档案数据分散在多个系统中（如 ERP、MES、EAM 等），档案数据不统一，缺失严重等。

(2) 设备故障维修不闭环

企业设备的故障时有发生，缺少有效的管控手段，多为手动记录设备维修情况，数据整理和管理较难，存在易错、易丢失，难查找的情况。

(3) 设备预防性维护难度大

企业设备维修保养计划管理难度大，信息缺乏共享机制，利用率低，主要体现在 3 个方面，**难计划**：设备部管理着大量设备，每个设备及部件均有定期的检修和保养工作，计划的整理和安排消耗相关人员大量时间，并且可能存在执行延误，无法保障设备达到最优使用效率；**难规范**：每个设备都有自己的特点，在设备维保、点检过程中如何根据设备制定规范，实施人员都是根据经验进行操作，人为因素影响过大；**难共享**：设备的维修效率不高，经验无法传承，维修不及时，且成本高，不能有效地集中管理。

(4) 备件库存不准确

线缆企业设备涉及的备件种类繁多，很多组织没有有效的系统来跟踪和更新备件库存数据，这导致他们无法准确了解库存水平，容易出现过多或过少的备件库存，不准确的库存数据可能导致生产中断或不必要的成本开销，同时还有一些组织在备件管理方面缺乏标准化的流程和操作规范。这会导致不同人员之间的管理差异，增加管理混乱和错误的可能性。

(5) 设备远程运维难度大

企业生产设备存在各种控制系统如 DCS、PLC 等，这些系统之间相互独立，对外通讯协议标准不统一，还存在一些年代久远的设备，无法提供相关控制系统，同时生产现场还分布着各种设备设施如焊管机、液压钳等，部分设备设施不具备联网条件，造成生产现场实时数据采集难度大，部分设备设施需要人工抄报数据，同时企业生产现场的设

备数量庞大，设备巡检人员少，很难做到全面覆盖且“只巡不检、签单巡检”现象严重，巡检质量和人员到位率无法保证；设备的型号类型种类繁多，需要的备品配件库巨大，企业容易做到设备的简单报警，但对早期的智能预警很难实现。

(6) 设备预防性维护靠经验

线缆企业生产设备种类繁多、运行机理较为复杂，未建立有效的设备预防性维护手段，设备运行过程中需要大量的人员进行跟踪维护，且设备故障引起停机所带来的安全隐患和检修成本巨大。

3、解决方案建议

场景 1：设备全生命周期管理

设备全生命周期管理是为了实现设备档案的数字化、网络化和智能化，提高设备档案的管理效率和利用价值，需要根据设备的特点和实际需求，确定需要记录的档案信息，即设备属性信息，例如设备的名称、型号、类别、品牌、供应商、购置日期、购置金额、保修期、所属部门，负责人、位置，使用状态、维修记录、保养记录，巡检记录，使用备件，设备技术资料等，形成设备履历，形成设备运维知识库，为后期设备运维提供借鉴。



图 43-电缆企业设备管理

场景 2：设备故障维修

设备若是在生产过程中产生故障，应有良好的报障与跟进处理机制，减少停机时间，降低停机率，实现故障动态清零，零故障不是说设备不出现故障，而是指设备在生产时间内不出现故障，而维修技术人员通过技术手段在非生产时间将设备的故障消除在萌芽状态。

场景 3：设备预防性维护

对现场生产设备进行预防性维护、管理和控制，确保设备处于完好状态，充分发挥设备的使用效能，从事后维护转变为预防维护，其中检修和定期保养是重要手段。

场景4：备件管理

建立备件精细化管理是设备管理过程中必不可少的一个环节，它保证了备件品种的及时供应，及时有效的备件供应可以缩短修理时间、减少停机损失，提高设备的可靠性，提高企业日常产能

场景 5：设备远程运维

统一各种控制系统的对外通讯协议标准，降低数据采集难度，在控制系统与信息系统网络之间加装物理单向隔离网闸，防止信息系统对控制系统产生干扰和影响。在现场仪表和设备采集，可利用 5G 网络、NB-IoT 等物联网网关等技术，采集现场设备设施实时数据，这些实时数据，可存储于工业时序数据库中，用于大数据的分析和应用。同时通过对 DCS、PLC 等相关工业控制系统的设备数据采集上报，在设备台账中实现即时查看设备关键参数的监控数据，查看某类设备的运行状态、运行参数，并依托智能化、自动化管控等技术，自动与监督标准范围要求对标，给出异常报警提示。



图 44-电缆企业设备知识库

场景6：设备预防性维护

采集电机、机泵、压缩机等设备运行历史数据，以数据驱动为核心，以 AI 智能算法及大数据分析为工具，通过行业知识与人工智能技术的高效融合，并结合大量的故障案例数据，实现对轴承温度、振动、流量、压力、电流参数实时预测，当预测值与实际值偏差大于阈值时，即可实现设备故障早期预警。设备运行中采用 DCS 系统高、低限值报警，在机组变工况运行状态时，不能及时发现设备参数异常和早期预警，具有较大的

局限性。比如：电机线圈温度随电机工况变化在一定范围内波动，该参数在 DCS 高报警前，已经明显偏离了正常范围，但此时 DCS 系统不能进行报警。智能预警即根据参数历史正常运行数据建立模型，对每个参数生成预测值，当实测值偏离预测值一定范围时（或设备健康相似度偏离正常值时），触发预警。该预警方式能提前发现设备运行参数异常，实现对设备故障早期智能预警。

解决方案 1：设备全生命周期管理





图 46-设备功能架构

在全生命周期管理的过程中合理的设备的档案信息是企业设备信息化管理至关重要的一步，如何定义收集好的设备档案信息？一般情况下设备档案信息如下图所示：

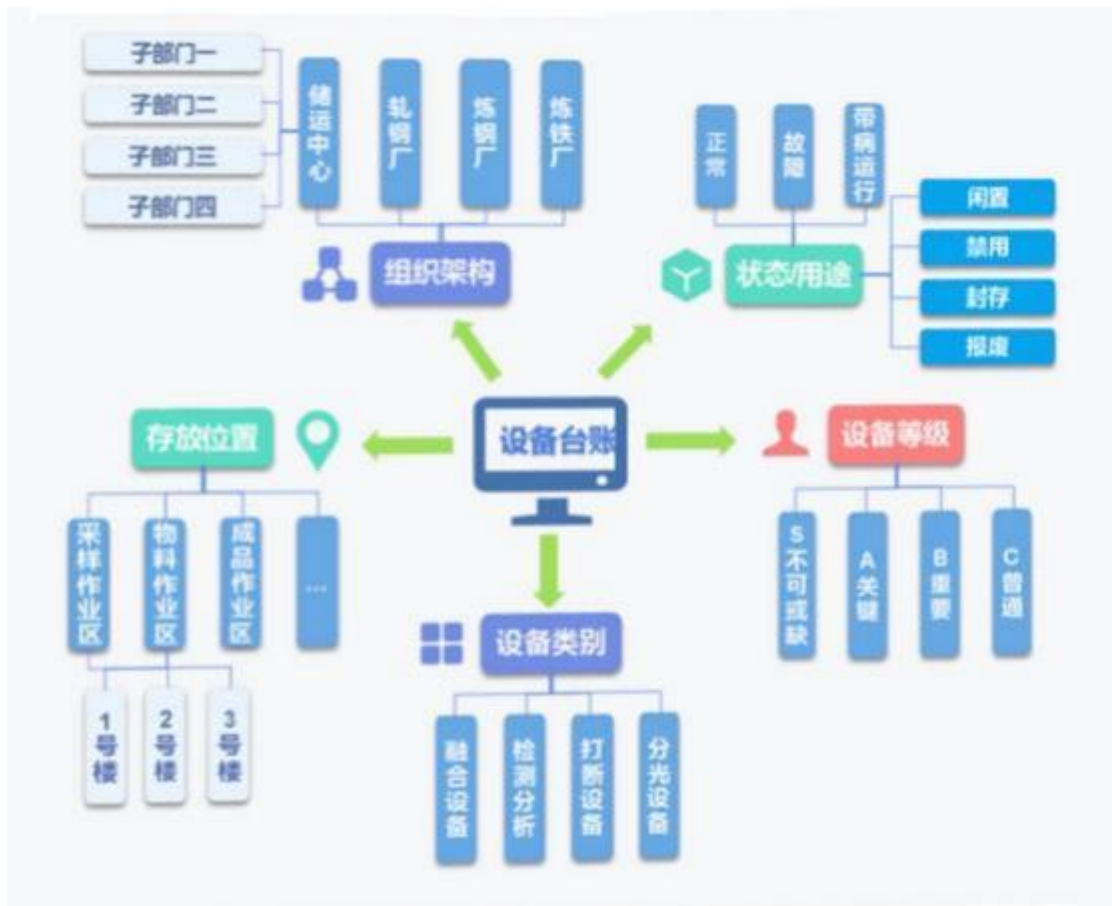


图 47-设备档案新组成

为每台设备颁发一个“身份证”，导入设备台账后，自动给每台设备生成标识码唯一身份标识。通过扫一扫可以快速获取相关的设备档案信息，包括设备名称、设备位号、

规格型号、生产厂家、出厂编号、操作参数、文档资料等静态数据信息，以及人力成本、备件成本、设备历史维修记录、备件更换记录、点检保养记录、盘点记录、检验记录、设备资料手册、设备实时物联数据等信息，通过扫一扫让设备自己会“说话”。



图 48-设备台账

解决方案 2：数字化维保工单

数字化维保工单

某线缆企业通过设备云平台的数字化维保工单模块对设备维保工单进行管理，设备管理的目标是动态零故障，零故障不是说设备不出现故障，而是指设备在生产时间内不出现故障，而维修技术人员通过技术手段在非生产时间将设备的故障消除在萌芽状态。若是在生产过程中产生故障，应有良好的报障与跟进处理机制，减少停机时间，降低停机率。

需要建立从设备报修、维修响应、维修记录到设备恢复正常的全作业流程；流程中建立备件领用与设备实际需求的关联管理（即维修必要才能领用），约束化科学管理备件领用过程。

维修的方式的主要应急维修、计划维修及缺陷库三种维修方式，应急维修是指对生产影响很大的故障，例如故障造成停机或影响生产的故障无需停机，维修时对生产影响很小的故障；计划维修：以设备缺陷库为依据制定检修计划；缺陷库：平时点巡检发现，或产线上报的暂时对生产影响不大的故障，集中停机检修处理根据设备的固定运行劣化周期定制，在故障发生前进行检修，恢复设备性能。

此外包含多种报障方式，实现工单线上化处理，规范处理流程，提高故障处理速度，为故障分析累积数据，工单的业务处理流程如下图所示：



图 49-工单流程

解决方案 3：设备维保数字化

设备维保数字化

某线缆企业通过设备云平台的设备维保模块实现设备养护计划集中管理，对养护计划任务完成情况跟踪管理，建立设备维修保养技术标准规范库，可以制定资产设备养护计划，设定养护说明、周期、类型、责任人、以及是否自动生成养护任务，周期可以按天、月、年，养护类型可以自定义，例如点检、润滑、校准、年检等，可制订养护规范。



图 50-保养标准

根据养护计划循环生成养护任务，养护任务派分到责任人，责任人按任务进行养护，并可以对于单个计划，可以统计已过周期、实际执行周期、完成率，本计划总维护费用，对当前计划周期未实施的计划，系统用图标进行提示。

对于预防性维护的实施，系统根据制订的养护计划，自动生成养护任务，任务生成后多种方式推送消息给责任人，责任人登录系统上可查看自己的养护任务，在 APP 端可以录入实施记录，包含养护过程、图片，耗材及费用信息。



图 51-保养任务

解决方案4：备件耗材精细化管理

备件耗材精细化管理

对于电线电缆企业而言，设备的正常运行是企业生产顺利进行的保障，而设备备件管理直接关系着设备正常运行，备件是设备维修的主要物质基础，也决定了维修成本的高低，由此可见，备件管理是设备管理下分的各个模块中尤其重要的一个环节。

某线缆企业通过设备云平台的备件管理实现备件耗材精细化管理，功能如下图所示：

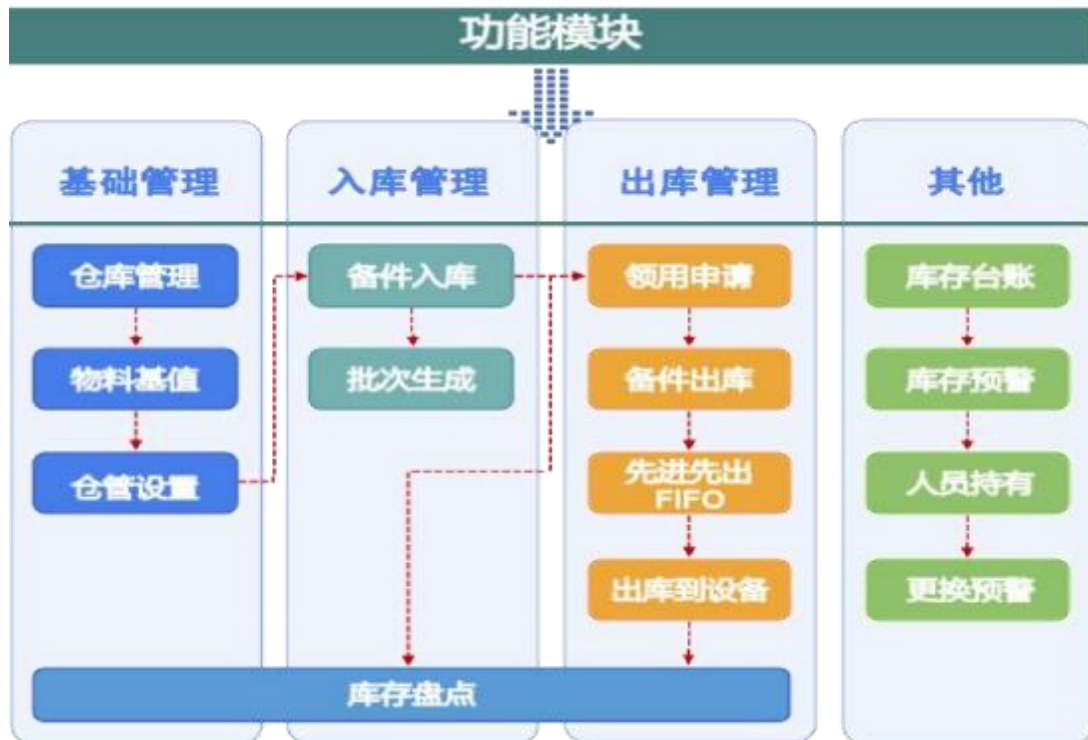


图 52-备件管理功能

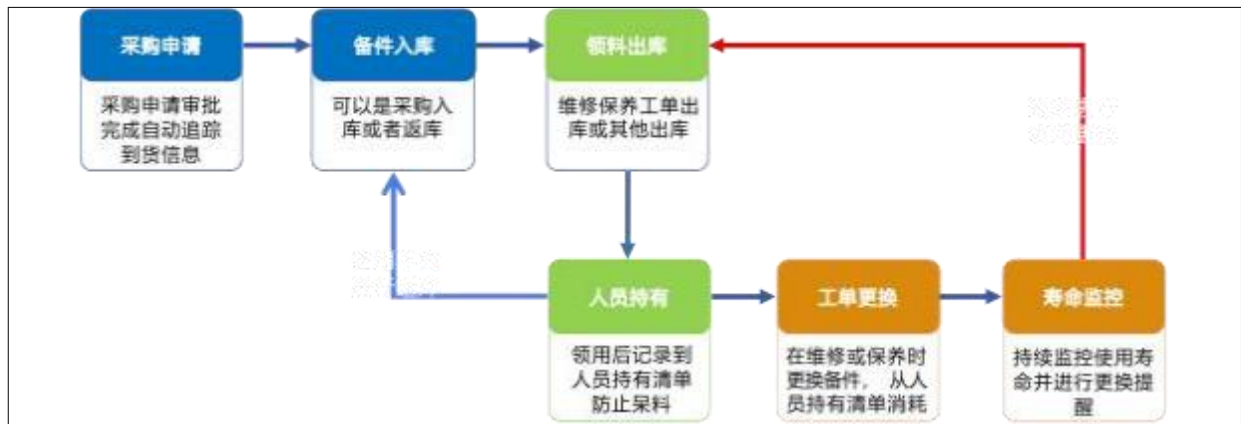


图 53-备件管理流程

1、建立设备 BOM

要清楚设备所需的备件，首先，可以参考产品 BOM 的概念，来建立设备的 BOM，建立设备 BOM 的前提是要熟悉设备结构及运行原理，这个可以邀请设备厂家进行支持与提供。

按照设备型号区分设备功能模块——部分/总成-子零件；

通过子零件对设备的影响辨别子零件是否为关键零件；

2、建立备品备件基值，唯一码管理

生产设备不同型号则使用的备件可能就会不同，材质，规格，不同厂家，不同标准等等，备件种类繁多，难追踪也难盘点，根据物资特性，对备件进行分类，建立基值并赋予唯一编码，还可为每个备件设置“一件一码(二维码)”，跟踪每件备件的流转；盘点时也可直接扫码盘点，方便快捷。

3、不断料，无呆料，设置安全库存

过多的备件储备会造成有限的维修经费的积压和浪费，占用企业流动资金，过少的备件储备会影响到设备维修进度，从而影响生产的正常运行，合理的备件储备有利于控制维修成本同时确保设备的正常运行。那么，就要为备件设置一个安全库存，超出或低于安全库存限制，则会进行预警提示。

4、备品备件定额采购及资金管理

备品备件的采购可分为两种方式，通过这两种方式来有效管理管控库存和采购资金。

备品备件定额方式。这种方式是由备件安全库存而来，对低于库存标准的备件及时采购补充。

定期采购方式。按一定周期采购，每次采购都要根据现有库存量、日常消耗情况，通过对库存备件的发放，库存周转率的分析等来计算要采购备件的数量。

5、加强备件的计划和统计分析管理

为加强备件管理，应积极进行备件库存指标、消耗指标、修复指标的统计，为备件管理工作提供决策依据，为制定备件工作规划提供参考依据。

6、出入库批次管理

将备件的领用，出库入库都要做好相应记录，标注好出入库日期，经手人员。入库可开启批次管理，为每批备件自动生成批次，出库时则可先进先出，也可选择批次进行出库。

7、仓库盘点，保障账实相符

仓库盘点的目标是明确经济责任，确保账实相符，保证现金流量及仓库容量，落实经济责任制，提高仓储管理水平。最终的盘点结果可与系统数据进行核对，如果存在误差，应及时做盘盈盘亏处理，及时修正系统和账目中的库存数据，确保数据准确率。

备件精细化管理的目的就是用最少的备件资金，合理的库存储备，保证设备维修的需要，不断提高设备的可靠性、维修性和经济性。

解决方案 5：设备远程运维

设备远程运维

某线缆企业设备数量大，现场维护效率低，成本高，通过设备远程运维实现设备的远程监控。通过 DCS、PLC 等工业控制系统或安装传感器和监控设备，将设备的运行状态、参数、指标等数据实时传输到中央监控中心。运维人员可以远程查看设备的运行情况，及时掌握设备的健康状态和异常情况。



图 54-数据采集架构

采用远程技术和连接工具，运维人员可以远程诊断设备故障，并进行快速的故障排除。通过远程访问设备的控制系统、传感器数据等，运维人员可以快速定位问题，并给出相应的解决方案。

通过远程控制工具和设备接口，运维人员可以远程操作设备，进行常规维护和调整。例如，远程升级设备软件、修改参数设置、进行设备的校准等。



图 55-设备远程运维

解决方案6：设备预防性维护

设备预防性维护

某线缆企业上线设备基础管理模块，基于运维数据和实施采集数据实现设备预防性维护。功能主要包括：总览、故障预测、数据分析、指标配置、设备健康评估、设备故障诊断、人工智能分析报告和专家知识库。总览页面，显示每台设备的状态，包括三种状态：正常、预警和报警。设备状态 1 分钟更新 1 次。故障预测显示每台设备的诊断分析结果、实时参数、预测参数、预测值与实际值的对比分析以及每个点位的状态等。设备故障诊断依据风机等设备常见故障-参数征兆规则库，采用逻辑回归、支持向量机等机器学习算法结合专家规则，实现风机常见故障诊断功能。人工智能分析报告根据模型计算的结果，设备报警和预警发生的情况、设备健康评估情况以及设备故障诊断情况，自动生成每台设备的运行日报，形成人工智能分析报告，提供给现场人员进行参考。专家知识库提供一个初始的诊断知识库，诊断知识库应涵盖了预警和诊断所监视的所有设备，诊断知识库中应包括设备的关键部件、典型故障、故障特征量、可能的原因和措施。通过平台提供的规则引擎实现计算机自动的诊断与推理，提供初始的诊断结果与意见。诊断知识库具有自积累和完善的功能，是一个可以不断发展的开放平台，应包括案例库、故障模式库和历史诊断单库。

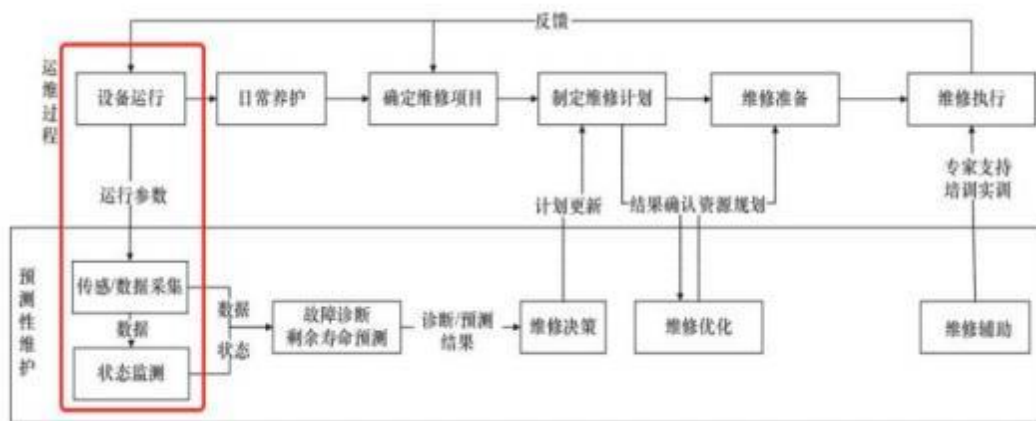


图 56-数据监测与预防性维护流程图

通过对设备运行数据采集、存储、治理、分析，建立覆盖设备全工况、全参数的预警模型、故障诊断模型、设备健康评价模型，实现设备远程智慧监控、设备异常早期预警、设备故障智能诊断、设备性能智能分析，设备健康智能评估，为企业对设备运维管理提供新手段，有效覆盖企业各级单位对设备健康和风险管理，规范设备管理和检修工作，提供设备精细化管理水平，有效性降低企业生产管理成本。



图 57-设备故障诊断

(十) 仓储配送

1、场景描述

电缆企业智能化仓储配送具有多方面的重要性，主要体现在提升运营效率、降低成本、优化服务质量和增强企业竞争力等方面。智能化仓储配送系统减少了对人工的依赖，

降低了人工操作的错误率，从而减少了因人为失误导致的损失。同时，自动化设备的高效运行也提高了工作效率，减少了人员数量，降低了人工成本。

2、存在哪些问题

(1) 缺乏信息化系统支撑

不少线缆企业还没有建立仓储管理系统或者仓储管理系统功能开发不完善，导致铜杆、钢带、塑料粒子等原材料、半成品和成品库等库存信息掌握不及时，容易出现库存过多、无法实时地统计出仓库使用率、入出库报表等来为决策提供数据支撑。

(2) 物料分类难度大

手工制表，盘点效率低，数据容易出错。由于尚未实现仓库与生产车间加工点对点直接贯通，导致原物料输送困难。由于原材料物料规格各不同，无AGV自动配送，物料配送调度难且投入成本过高。传统原材料配送采用人工物流管理的方式，没有AGV自动配送协助，需手动领，出现错领等情况。

3、解决方案建议

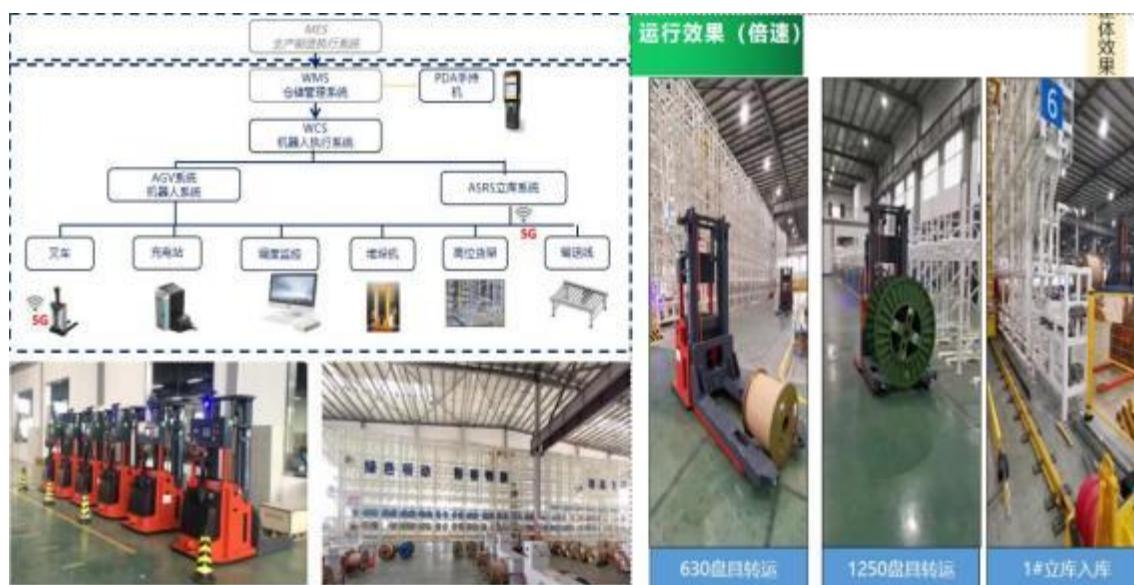


图58-电缆企业智能仓储

场景1：智能仓储

建设智能仓储系统，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）。

自动化存取：利用自动化设备，如自动搬运机器人和货架系统，实现电线电缆的自动存取，提高仓储效率。立体库和平库等

信息化管理：通过使用仓储管理系统（WMS），实现对电线电缆的入库、出库、移

库等信息的实时管理，同时能记录每日搬运卷数、次数、时间等数据，提高工厂信息化管理水平。

智能化转运：通过智能化转运设备，如 AGV 搬运机器人，实现电线电缆的智能转运，提高转运效率。

安全防护：通过智能避障等安全防护措施，确保搬运过程中的安全性和产品完整性。



图 59-智能仓储

场景2：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。

当前部分电线电缆企业物料配送前端采用 MES 系统的物料模块对物料进行领用、退库、消耗监控；生产端主要利用AGV 系统将物料自动配送到相应工序。更有领先的电线电缆企业建立仓储管理系统（WMS），实现仓储管理信息化，引入库退库管理系统，对出入库物料，全部采用标签条码识别；建立物料自动化配送系统，通过智能物流装备、集成视觉/激光导航、室内定位和机器学习等技术结合，实现自动分拣、动态调度、自动配送和路径优化功能。

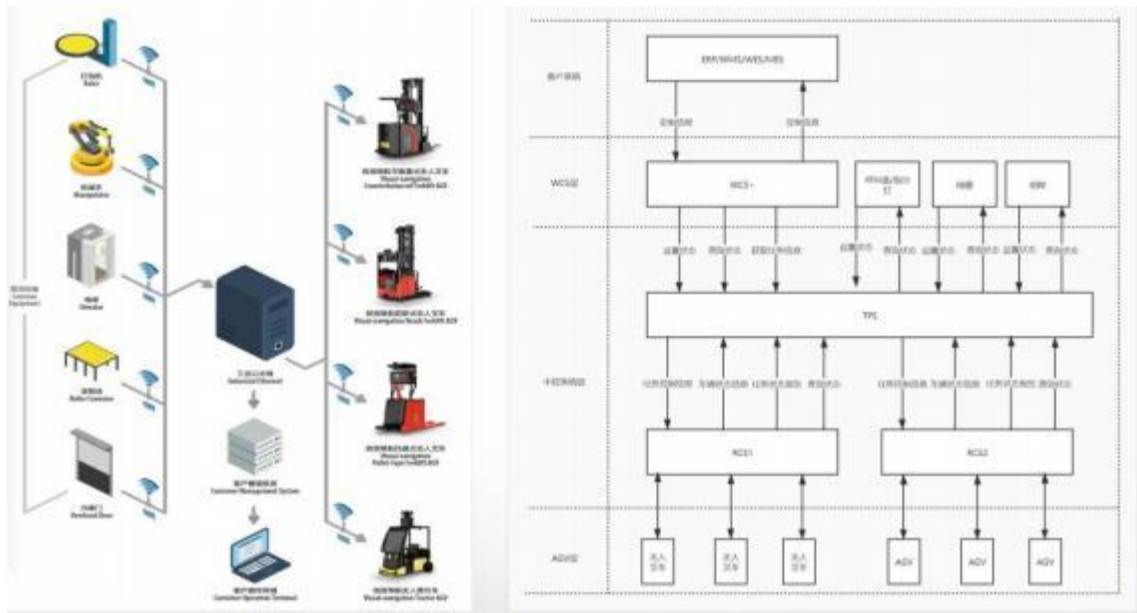


图 60-AGV 网络结构物料配送

解决方案1：融合立体仓储的仓库管理系统（WMS）

融合立体仓储的仓库管理系统（WMS）

某线缆企业应用WMS 仓库管理系统能够准确、高效地管理跟踪客户订单、采购订单、以及仓库的综合管理。使用后，仓库管理模式发生了彻底的转变。从传统的“结果导向”转变成“过程导向”；从“数据录入”转变成“数据采集”，同时兼容原有的“数据录入”方式；从“人工找货”转变成了“导向定位取货”；同时引入了“监控平台”让管理更加高效、快捷。条码管理实质是过程管理，过程精细可控，结果自然正确无误。

对接 ERP 系统，实时交互和数据同步。



图 62-电缆智能立体库

解决方案2：精准配送（集中供料、AGV）

精准配送（集中供料、AGV）

某线缆企业采用集中供给方式输送原材料，可降低生产成本，改善车间环境，实现了对原料的集中管理和密闭输送。通过管道输送和计量实现自动化控制，提高产品质量，节约人工成本、减轻劳动强度、改善现场环境，减少材料浪费。数据的采集上报，实时状态监控，实现智能化管理。

调用的微服务：面向工业场景类微服务包括生产类（如 ID 条码打印、RFID 管理、工序计划展开等）、服务类（如保养信息查询、设备工作状态查询、定位服务查询等）、持续集成服务及日志服务等。



图 63-集中供料



图 64-集中供料

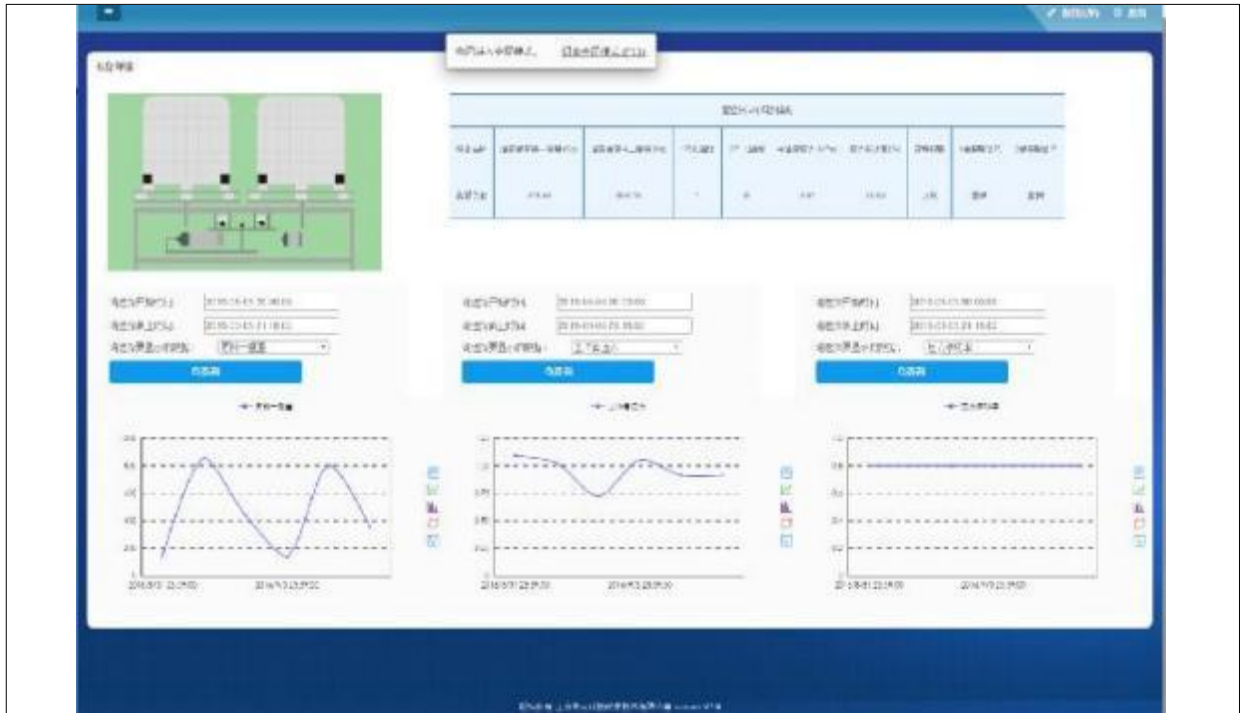


图 65-精准配送

某线缆企业通过采用AGV 转运方式，可以实现物料从起点到终点的精确流转。AGV 小车可以根据预先设定的路线和任务，自动完成物料的搬运和转运工作，从而减少了人工干预和错误率，提高了物料流转的效率和准确性。

在车间成品及半成品、原材料的转运工作中，AGV 小车也可以发挥重要作用。通过在物料上贴上二维码标签，可以实现物料信息的追踪和管理。当 AGV 小车搬运物料时，可以通过扫描二维码标签来获取物料的信息，并将信息传递给上位系统，从而实现物料流转的可追溯性和可管理性。这种方式可以减少寻找物料的时间，提高器具管理和生产效率。



图 66-电缆 AGV 配送

（十一）安全与环保管控

1、场景描述

电缆生产过程中涉及多种危险因素，如电气设备使用不当可能引发触电事故，高温设备和熔融金属可能导致烫伤，化学物质可能造成中毒或皮肤伤害等。通过加强安全管理，采取有效的防护措施和安全培训，可以降低事故发生率，保障员工的生命安全和身体健康。良好的环保措施能改善工作环境，减少粉尘、噪声、有害气体等对员工身体的危害，预防职业病的发生，提高员工的工作舒适度和生活质量。

2、存在哪些问题

（1）安全意识不足

部分员工对安全规章制度不够重视，存在侥幸心理，如在生产车间不按要求佩戴安全帽、安全鞋等个人防护用品。企业管理层对安全培训的投入不足，培训内容和方式缺乏针对性和实效性，导致员工安全知识和技能欠缺。

（2）设备安全隐患

一些电缆生产设备老化，缺乏及时的维护和更新，容易出现故障，如电线电缆挤出机的加热系统故障，可能引发火灾。设备的安全防护装置不完善，如拉丝机的防护栏损坏未及时修复，容易导致操作人员受伤。

(3) 作业环境风险

电缆生产过程中会产生噪声、粉尘等职业病危害因素，部分企业对作业环境的治理不到位，如通风换气系统不畅，导致车间内粉尘浓度超标，危害员工身体健康。生产车间布局不合理，物料堆放杂乱，消防通道不畅通，一旦发生火灾等紧急情况，容易影响人员疏散和消防救援。

(4) 固体废气废水废弃物管理

电缆生产过程中会产生废铜、废铝、废塑料、废水、废气等废弃物，一些企业对这些废弃物的分类收集和存放不规范，容易造成资源浪费和环境污染。对于难以回收利用的危险废物，如含油抹布、废活性炭等，部分企业未按照相关规定委托有资质的单位进行处理，而是自行随意处置，存在较大的环境风险。

3、解决方案建议

场景 1：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。

场景2：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。

解决方案1：安全风险管控平台

安全风险管控平台

某线缆企业搭建安全风险管控平台，总体架构设计遵循标准的信息化规划的“五个层次”（基础设施层、数据支撑层、平台支撑层、应用层、终端展示层）。



图 67-风险管控平台

主要功能分为集团层、产品公司管理层及车间现场层 3 大维度。车间层基于 5G 的安全行为监测，以视频处理、模式识别、深度学习等技术为基础，采用视频+深度学习的技术手段代替人工现场监督的方式。

根据企业的安全生产需求，通过定制化开发建设一套智能视觉分析系统，对视频画面中的职工行为进行跟踪检测、模型分析、识别比对，当出现违规行为时，系统自动预警并推送通知发出声光报警，第一时间提醒职工进行安全行为自检。高危情况可联动关停设备，安全生产管理人员进行及时处理，避免安全事故的发生。



图 68-硬件计算资源平台

解决方案2：双碳综合管理服务平台

双碳综合管理服务平台

某线缆企业建设双碳综合管理服务平台，将企业用户的功能及数据完全信息化，系统按照“4+N”的总体架构予以设计。即通过“4”项服务构建企业碳资产管理系统标准版，以满足企业碳资产管理基本需求，辅之以“N”项个性化定制模块，打造企业碳资产管理系统拓展版，满足企业深度参与碳交易及碳金融衍生服务需求。

需要针对两类用户的功能切分不同的模块。譬如企业用户，具有核算模板库、标准缺省值管理、数据字典配置、实时核算、数据存证等功能，同时也有人员组织管理、设备维护等功能。监管用户，具有组织管理、人员管理，报告存证管理等重要功能。同时也就有数据看板，企业整改项等管理功能，可以对下属企业与服务机构进行信任评分。

碳排放数据管理是企业摸清碳资产家底，梳理碳资产的基础和依据，贯穿整个系统的运行。

数据采集：根据国家温室企业排放报告和碳交易补充报告的要求，确定企业排放边界、识别排放源，提供系统对接、物联网在线监测、线上填报、报表导入等四种采集方式，实现碳排放数据的统一管理、交换共享。系统可根据企业设施特点，以层级结构将设备和排放数据直接关联，对企业内信息数据进行自动提取，对人工上传数据简化凭证制作、优化操作流程。

排放核算：根据国家生态环境部和国家发改委已发布的 24 个行业方法，实现碳排放的自动核算。

基础方程：温室气体（GHG）排放=活动数据（AD）×排放因子（EF），例如：以 1 度电为例，目前全国碳排放因子为 0.6101 千克/度，就是说我们使用 1 度电将会产生 0.6101 千克的二氧化碳排放。

报告生成：一键生成符合国家发改委要求的企业监测计划、温室气体排放报告和碳交易补充报告，方便企业自查和第三方核查，便于企业比对监测计划的执行效果，降低监管及核查成本。

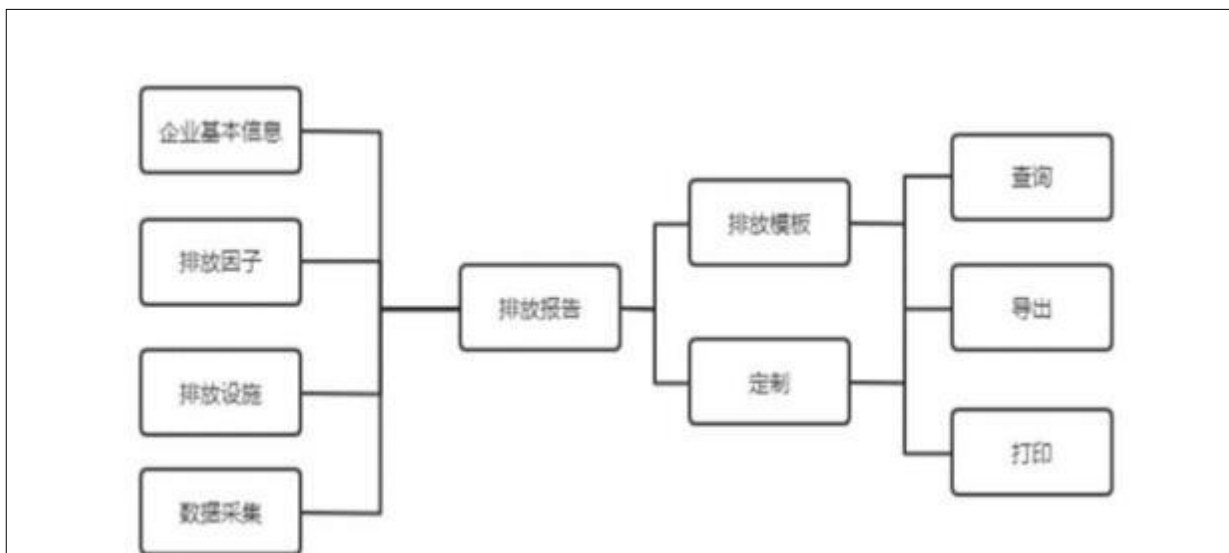


图 69-排放报告

配额管理旨在帮助企业提高配额使用的计划性和管理能力，通过配额的试算、追加、跟踪，为企业维护自身配额利益提供凭证，实现低成本按时履约，挖掘配额富余空间。



图 70-配额使用

例如：设置 A 车间计划额度 100 吨/月碳排放量，根据车间设备云平台、能源监测平台等采集数据进行核算统计，超过计划额度则进行报警，辅助决策进行配额的交易从而到达按时履约。

基于工业二级节点标识体系，建立数据“安全区”，实现对企业碳实时数据、文件数据、业务数据分门别类的标识存证。

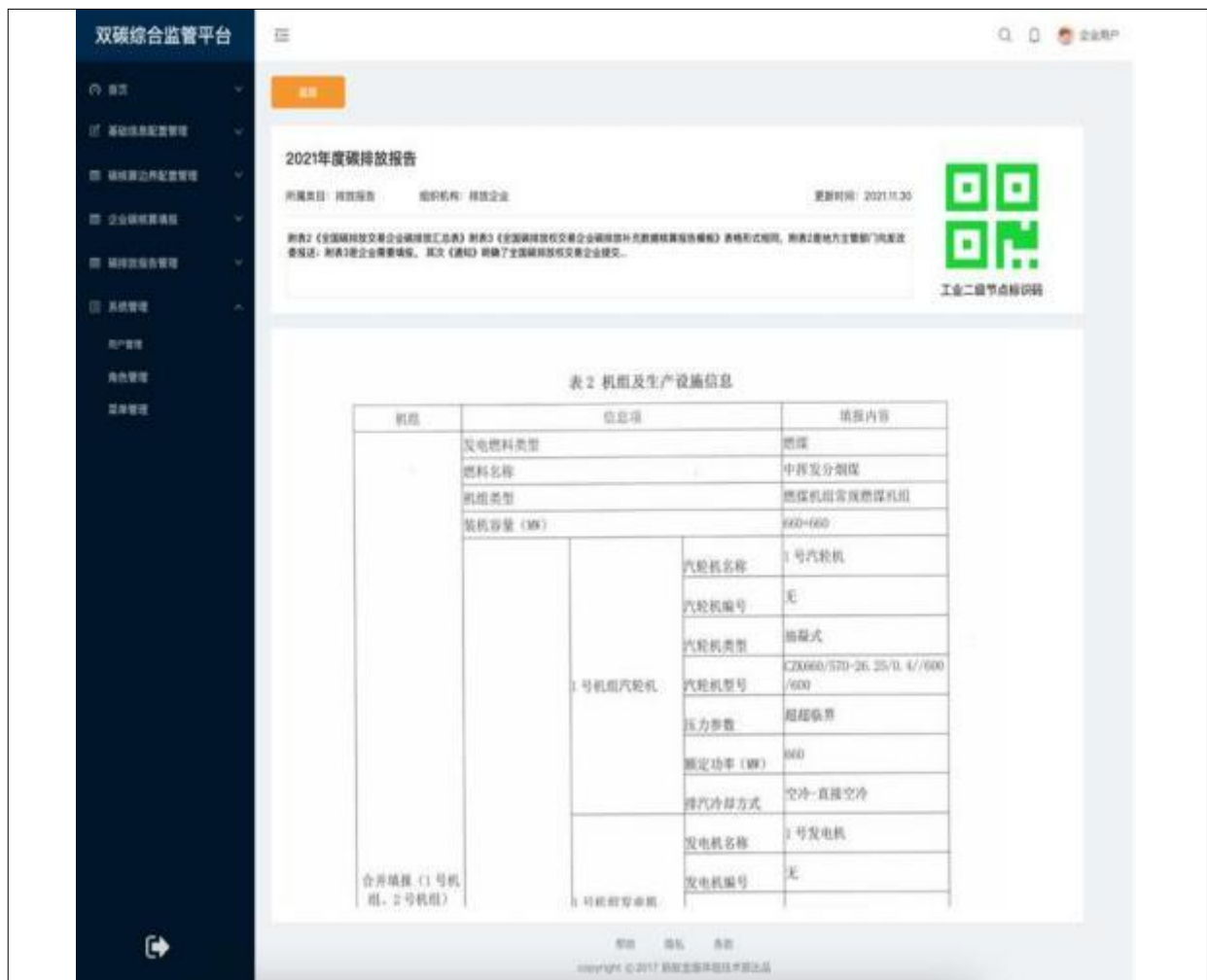


图 71-双碳综合监管平台

建立专属的安全区，采用标识解析技术来保证数据资源的标识存证。进入安全区的数据资源都赋予唯一标识，保证数据真实性，不可篡改。

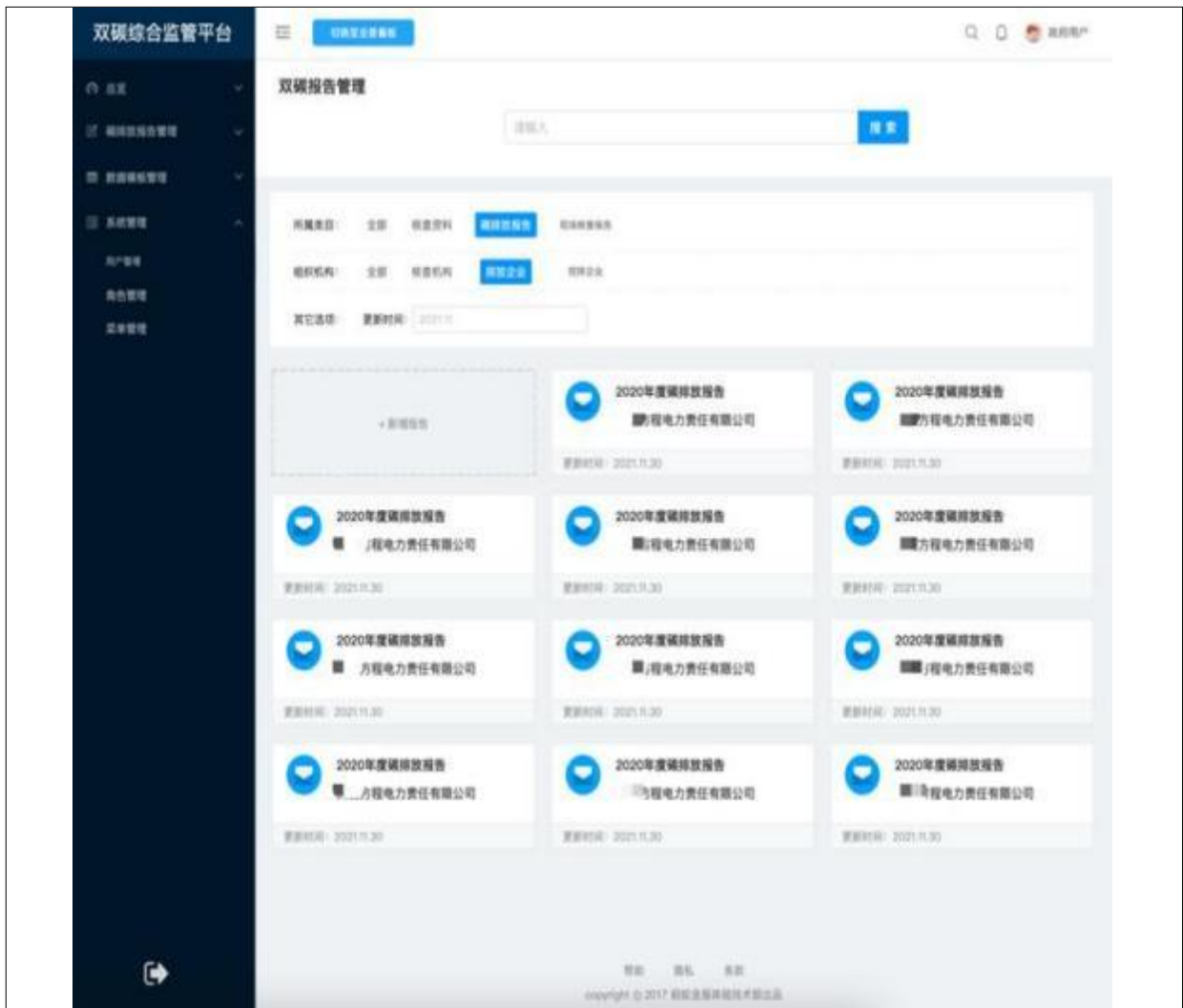
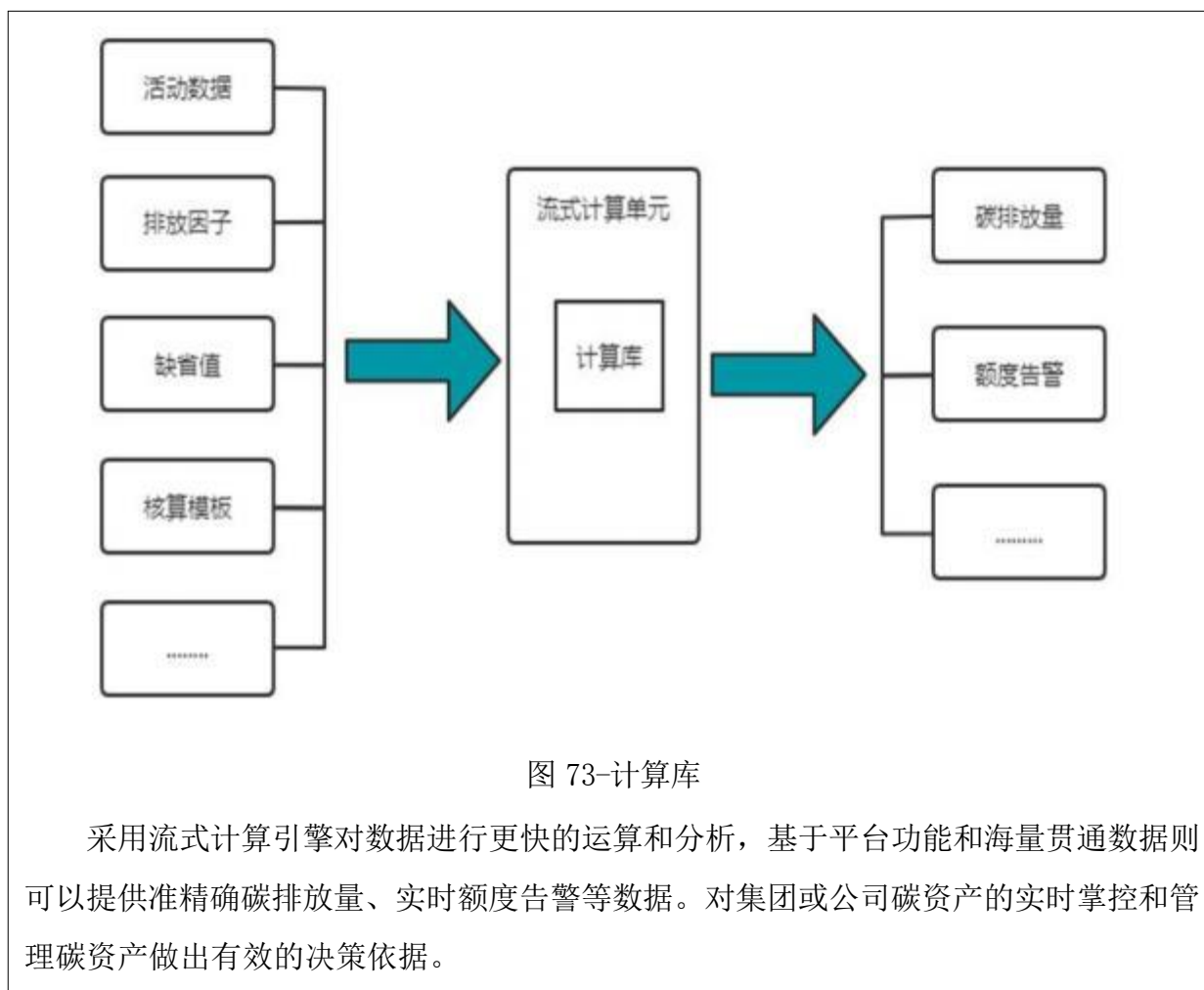


图 72-双碳综合监管平台

计算库集成各行业碳排放计算公式，系统可根据活动数据、排放因子、计算模板等进行精确计算，灵活配置计算方式并进行额度告警，以便能够更高效的适配用户需求，更快的向市场铺开。



（十二）能源管理

1、场景描述

我国线缆行业生产企业数量超万家，其中约四分之三以上为中小企业，EMS（能源管理系统）普及率小于 1.2%。且普遍存在能源计量数字化水平低、数据不实时、监管能源种类少、采集数据未作分析告警等情况。随着工业绿色能源转型、节能降碳的大趋势下，生产过程中能源管理将成为线缆企业智改数转网联的重要应用场景。

2、存在的问题

（1）能源管理体系不完善

制度与标准缺失：部分电缆企业缺乏完善的能源管理制度和明确的能源管理标准，对于能源采购、储存、分配、使用等环节没有详细的规范和流程，导致能源管理工作无章可循。

职责不明确：企业内部各部门在能源管理方面的职责划分不清晰，存在相互推诿的

现象。例如，生产部门认为能源管理是设备部门的事，而设备部门则认为生产过程中的能源浪费问题应由生产部门负责，使得能源管理工作难以有效落实。

(2) 能源计量与监测不足

计量器具配备不全：一些电缆企业没有为所有的能源使用环节配备足够的计量器具，如在一些辅助生产环节或办公区域，没有安装电表、水表等，导致无法准确统计能源消耗情况。

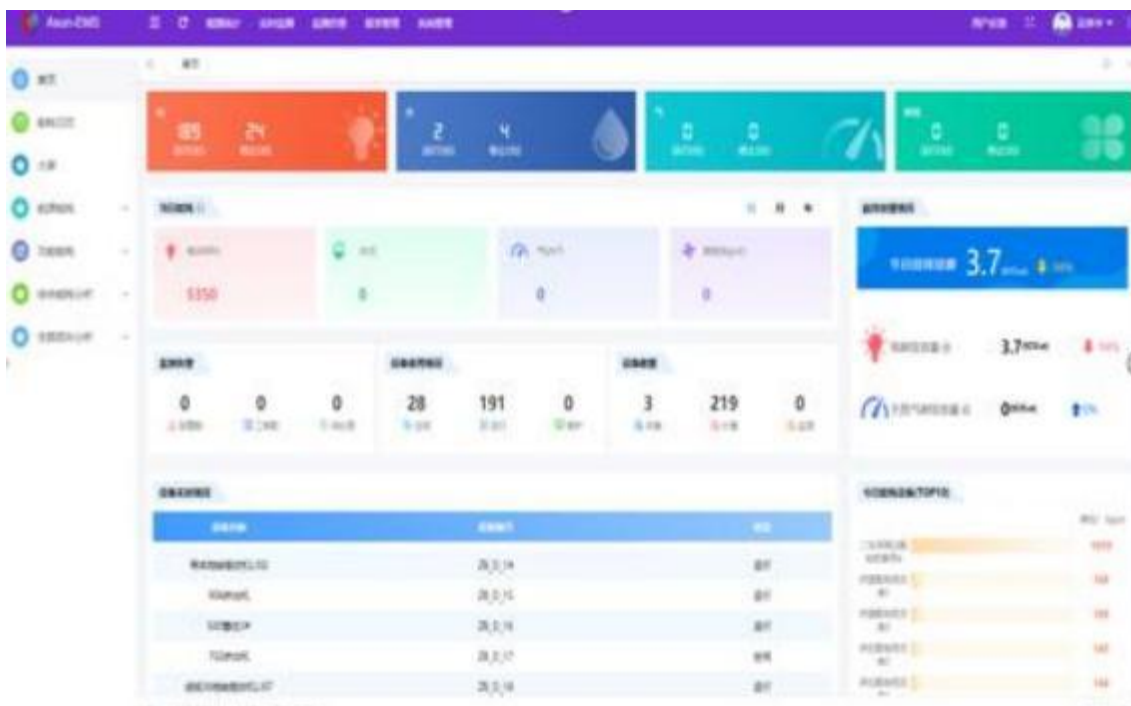


图 74-电缆企业能源管理系统

监测系统不完善：企业的能源监测系统可能存在数据采集不及时、不准确的问题，无法实时反映能源使用状况。而且，对于监测数据的分析和利用不够充分，不能及时发现能源浪费的环节和潜在问题。

(3) 能源利用效率低下

生产设备能耗高：部分电缆企业的生产设备老化，技术水平落后，能耗较高。例如，一些传统的电缆挤出机、拉丝机等设备，与先进的节能型设备相比，单位产品能耗明显偏高。

生产工艺不合理：在电缆生产过程中，工艺参数设置不合理也会导致能源浪费。如在电缆绝缘材料的加热过程中，温度控制不准确，加热时间过长，都会增加能源消耗。

能源回收利用不足：电缆企业在生产过程中会产生一些余热、余压等可回收利用的能源，但很多企业没有采取有效的回收利用措施，造成能源的浪费。

(4) 员工能源管理意识淡薄

培训不足：企业对员工的能源管理培训不够重视，员工缺乏能源节约意识和相关技能。员工可能不了解能源消耗对企业成本和环境的影响，在工作中存在随意浪费能源的现象，如不关灯、不关空调、设备空转等。

激励机制缺乏：企业没有建立有效的能源管理激励机制，员工节约能源的积极性不高。即使员工提出了一些节能建议或采取了节能措施，也得不到相应的奖励，导致员工对能源管理工作缺乏主动性和创造性。

3、解决方案建议

场景1：实时能源监测

针对不同的设备终端通过对接 SCADA、设备通讯网卡、计量表具数据串口、摄像头识别计数等方式进行数据采集和传输汇聚。应用 PDA、看板显示屏、大屏、手机等终端建立单台/套设备、工序、工段、车间及厂区集中控制中心等多层级实时能耗数据监测应用场景。

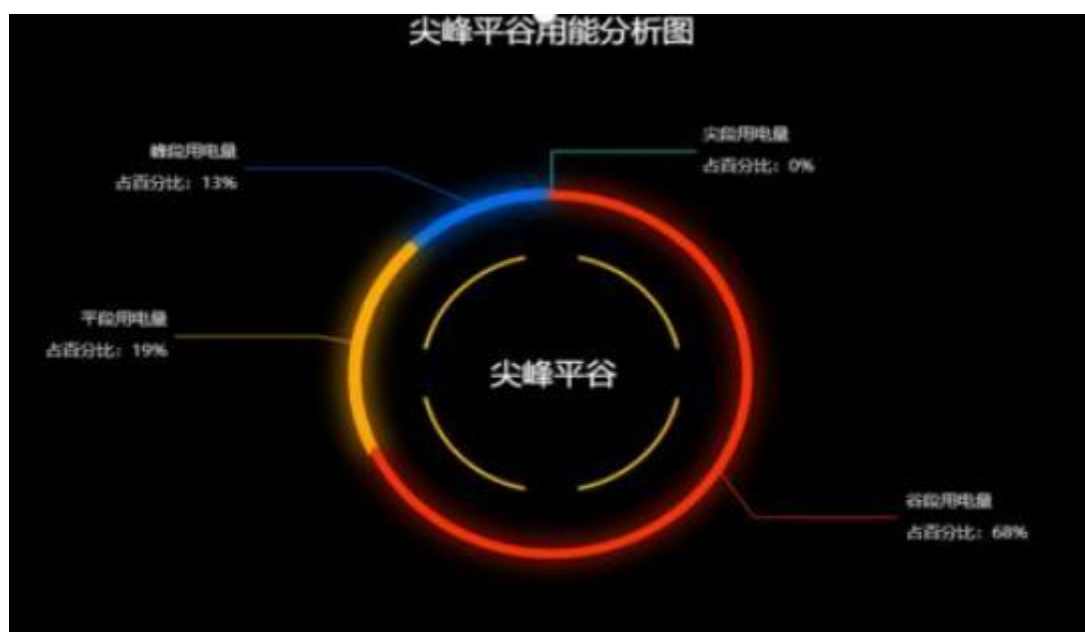


图 75-电缆企业能耗分析

场景 2：基于数字化应用的成本测算与核算

通过对采集的数据的汇聚，打通 ERP、MES 等应用系统进行大数据分析，建立与订单关联的能效成本测算和核算模型。为线缆行业快速报价提供能源侧成本组成。为车间能源绩效考核提供核算依据。

场景 3：基于数字化大数据分析用能优化

通过对采集的数据进行比对分析，测算同类设备或工序的用能情况。预测长周期下设备价值，为设备淘汰更新、技改提供价值建议。对有能耗管理表现优良的设备配置、工艺参数设定进行同类复制。

解决方案1：多终端多层级的实时能源监测解决方案

多终端多层级的实时能源监测解决方案

某线缆企业搭建多终端多层级的实时能源监测平台，对线缆生产设备能源相关的节点采集传感器数据，将生产过程中产生的各种数据进行采集和记录，以便后续分析和决策。通过 PLC 和物联网关对绞笼、涂覆、挤出、包覆机等单体设备和成套产线上的计量表具、液位、流量等数值进行采集，形成结构化能源数据。如设备无计量传感终端，需要进行合适的选型、安装、配置工作。



图 76-能源数据采集设备架构

使用有线或无线网络结合人工系统页面填报的方式将数据汇总至线缆企业级 IOT 物联平台，应用数据采集系统进行数据库写入等存储操作。据采集系统可以对采集的过程提供数据类型、频率、传输方式等交互式配置和控制。

采集的实时数据一方面设定阈值结合 HMI 显示屏或声光震三色灯进行设备侧实时告警、避免能源浪费和设备故障。

另一方面可以选择将数据存储在本地服务器或云服务器中供组态管理、工控系统及第三方如线缆生产 MES、线缆生产设备管理、线缆双碳管理应用调用。

数据展示侧以可视化方式展示，建议线缆企业建立单台/套设备、工序、工段、车间及厂区集中控制中心等多层级的展示层级。展示终端可采用 PDA、看板显示屏、大屏、手机等终端设备。形成具有线缆行业特征的多终端多层级的实时能源监测应用场景。

解决方案2：基于数字化应用的成本测算与核算解决方案

基于数字化应用的成本测算与核算解决方案

某线缆企业对线缆行业设计、营销、生产、仓储等产品全生命周期过程中使用的能源数据采集汇聚后，建设数字化的能源侧成本测算的功能，实时测算、预测和分析，帮助企业了解线缆生产全生命周期中各节点的能源成本构成和变动趋势。使线缆企业可以更加精确的预测成本，精准报价。

通过API接口对接企业 ERP、MES 等应用系统，将各线缆生产各节点能耗成本纳入核算流程中，建立与订单关联的能效成本测算和核算模型。一方面为线缆行业快速报价提供能源侧成本。另一方面为车间能源绩效考核提供核算依据。使企业实时、实绩的了解各生产节点环节能源应用的使用情况和效果，建立数字化利润绩效核算体系。

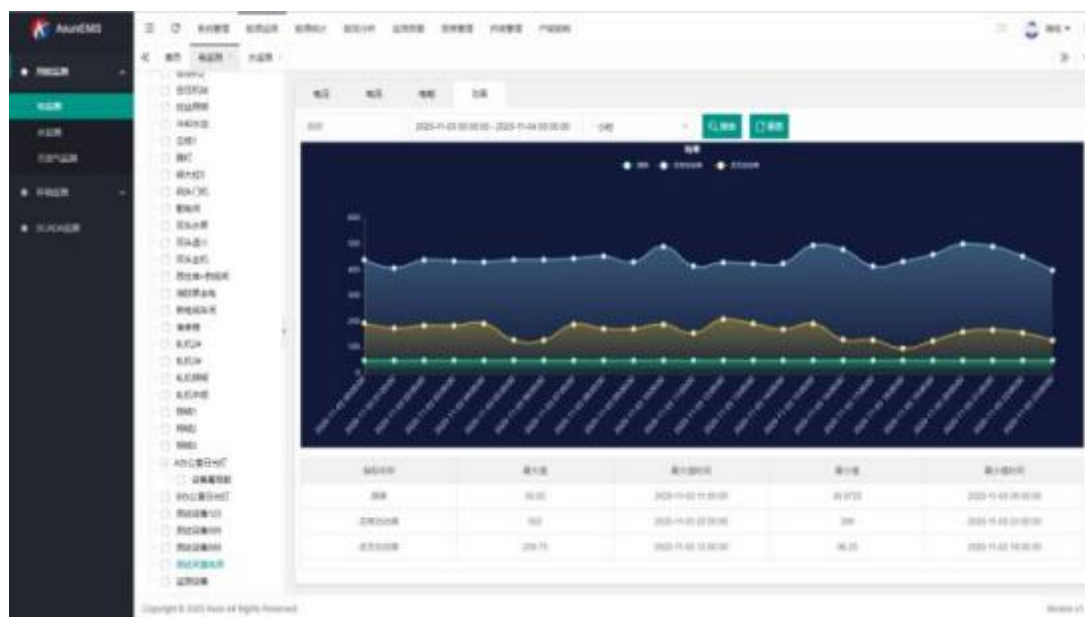


图 77-各区域节点用能数据监测界面

通过能源管理系统的数字化应用的成本测算与核算解决方案，对企业的能源使用效率进行精细颗粒度的评估。通过对各节点能源消耗的分析和比较，评估线缆在产品全生命周期下的能源使用效率，发现能源浪费和低效问题，并提出相应的改进措施。为优化能源应用提供坚实的数据支撑。

解决方案3：基于数字化大数据分析用能优化解决方案

基于数字化大数据分析用能优化解决方案

某线缆企业通过对采集线缆生产设备和工艺环节的用能大数据进行带时间戳的分析，可以识别出能源消耗峰谷，经与 MES、ERP 业务数据进行关联分析，掌握工艺和能耗之间的关联关系以建立能耗优化模型。

以生产过程的实时监控和优化为基础，建立科学用能策略，实现生产全生命周期的

能源消耗优化。

对同类设备的能耗曲线进行比对分析，以发现同订单、工艺状态下的高能耗或异常耗能区段，结合其他工控系统共同分析无效用能或浪费的原因。通过分析结果帮助企业制定合理的能源管理策略。如设备性能故障或人工因素导致的无效能耗。



图 78-用能尖峰平谷分析图

结合线缆行业生产特征，系统按日历周期、订单周期等多种方式可以生成周期性报告，提供精细到单台/套线缆生产设备的能源管理建议和改进方案。

（十三）营销管理

1、场景描述

营销管理中的自动报价环节是连接市场需求与企业生产的关键节点，涉及客户需求分析、成本核算、价格策略制定及快速响应等流程。其智能化改造的核心在于通过数字化工具整合供应链数据、市场动态和客户需求，实现精准、高效、透明的报价，从而提升客户满意度、缩短交付周期并优化企业资源配置。招投标工作是电线电缆行业中非常常见且亟需解决的问题，是否具备快速响应和精准报价显得尤为重要。

2、存在哪些问题

（1）部分企业报价模型单一

一些小型电线电缆制造企业，自动报价模型仅简单基于原材料价格和固定利润率，未充分考虑市场竞争、客户订单规模、长期合作关系等因素，在复杂市场环境下缺乏灵活性和竞争力。

(2) 数据准确性与及时性问题

原材料市场价格波动频繁，但企业获取原材料价格数据的渠道有限或更新不及时，导致自动报价无法实时反映成本变化。例如，铜、铝等主要原材料价格受国际市场影响，一天内可能多次波动，而企业若依赖人工定期采集价格数据，容易出现报价与实际成本偏差较大的情况。

(3) 过度依赖低价竞争

部分电缆中小企业把产品竞争优势定位于价格低廉，将低价竞争作为扩大市场的主要手段。当多家企业技术和质量处于同一层次时，为争夺有限市场，往往互相压价。这会导致企业利润空间小、资金周转紧张，难以实现营销方式创新，使营销管理陷入恶性循环。

(4) 系统集成度低

营销管理中的自动报价系统与企业其他管理系统，如生产管理系统、库存管理系统等数据交互不畅。例如，当库存不足需要重新排产时，自动报价系统不能及时获取生产周期和产能信息，影响报价中交货期的准确性。

(5) 经销商管理难题

电线电缆产品应用场景分散，依赖经销商拓展市场。但企业经销商众多时，在订货、发货、物流、开票、结算等环节易出现问题。如经销商不清楚库存、订单等信息，厂商需安排大量销售内勤对接，人力成本高、沟通效率低；经销商结算周期长，开票申请、发票核对等环节多、手续繁、易出错；返利政策复杂且不透明，易导致厂商与经销商产生矛盾，影响经销商积极性。

3、解决方案建议

(1) 多因素动态定价

电线电缆的生产成本受多种因素影响，实现多因素动态定价至关重要。大数据实时分析技术能够集成原材料期货价格，例如 LME 铜价，以及物流成本、产能利用率数据。通过对这些数据的实时监测和分析，系统可以根据原材料价格的波动、物流成本的变化以及企业自身产能利用率的高低，动态调整报价。当 LME 铜价上涨时，系统能及时感知并相应提高电线电缆的报价，确保企业的利润空间。而区块链透明化技术则通过区块链记录报价过程，区块链具有去中心化、不可篡改的特性，所有的报价数据都被加密记录在区块链上，每一个节点都可以查看和验证数据的真实性。这确保了价格的合规性，防止内部人员随意篡改报价，同时也让客户对报价的公正性和透明度更有信心。

(2) 全流程自动化报价

为了提高报价效率和准确性，采用 RPA（机器人流程自动化）技术。RPA 可以自动抓取 ERP 中的生产成本数据，它按照预设的规则，模拟人工操作，从 ERP 系统中准确提取生产过程中的各项成本信息，如原材料成本、人工成本、设备折旧成本等，然后依据这些数据生成报价单。生成的报价单会自动推送至客户，减少了人工干预，大大提高了报价的速度和准确性。此外，利用低代码平台可以快速搭建个性化报价模板。低代码平台允许用户通过简单的拖拽、配置等操作，无需大量编写代码，就能根据不同客户的需求和业务场景，快速搭建出符合要求的报价模板，满足企业多样化的报价需求。

(3) 市场细分与目标客户定位

基于行业应用、客户规模、地域分布等因素对电缆市场进行细分，深入分析每个细分市场的需求特点、竞争态势和发展潜力。结合企业自身优势，精准定位目标客户群体，为不同目标客户制定个性化的营销策略。例如，针对电力行业客户，重点推广高压电缆产品，并提供定制化的电缆敷设方案；针对中小企业客户，推出性价比高、标准化的通用电缆产品，并提供便捷的采购服务。

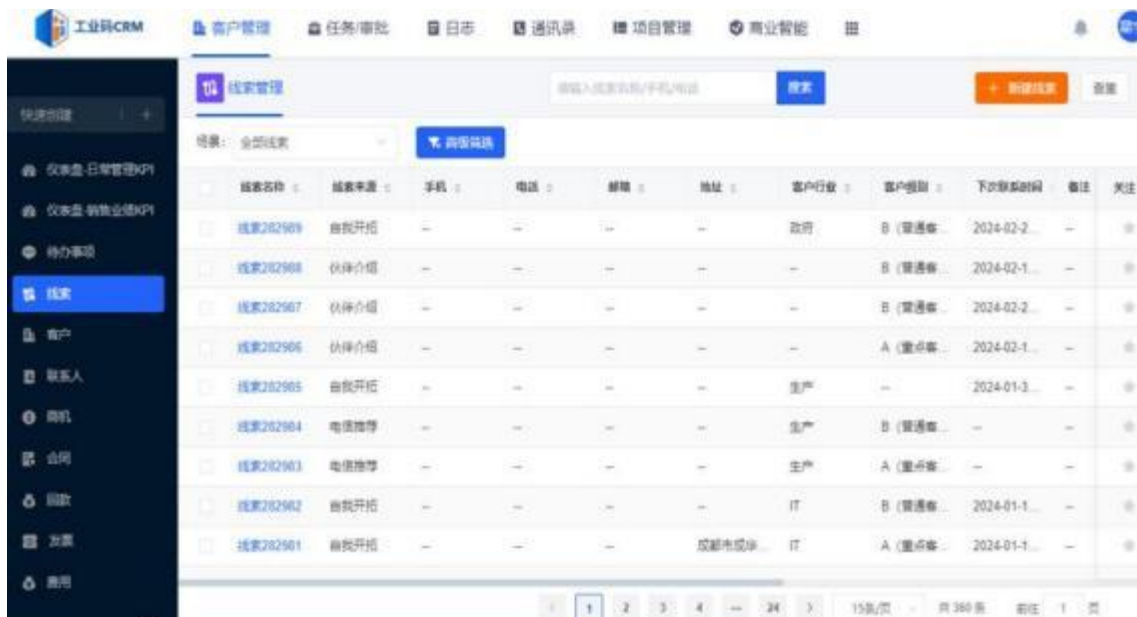


图 79-电缆企业 CRM 系统

(4) 信息化系统搭建

引入经销商管理系统（DMS），实现经销商与企业之间的信息实时共享。经销商可通过系统随时查询产品库存、订单状态、价格政策等信息，企业也能实时掌握经销商的销售数据、库存情况等。同时，系统集成订货、发货、开票、结算等功能模块，简化业务流程，提高工作效率。例如，经销商在系统中下单后，系统自动生成订单信息并推送

至企业生产和物流部门，同时启动开票流程，减少人工干预，降低出错率。

（十四）经营管理

1、场景描述

在数字化蓬勃发展的当下，电线电缆行业的精益管理已成为驱动智能化改造与数字化转型的关键基石。其核心内涵聚焦于依托标准化作业流程的构建、精细化流程的深度优化以及资源的合理化统筹配置，从源头上削减生产成本，全面提升产品质量，并显著提高交付效率，进而强化企业的市场核心竞争力。然而，审视江苏省电线电缆行业全景，精益管理环节存在诸多显著短板，这些问题如同枷锁，严重制约企业发展，对行业迈向高阶进程形成阻碍。

2、存在哪些问题

（1）工艺标准化程度低

当前，绝大多数企业在实际生产进程中过度依赖员工的个体操作经验，缺乏一套完备、统一且严谨的工艺标准文件作为规范指引。这直接导致生产流程稳定性欠佳，产品质量波动显著，难以保障一致性与可靠性。

构建全流程工艺标准体系迫在眉睫，该体系需覆盖从产品设计初始阶段、贯穿整个生产流程直至最终检测环节，确保各环节操作有精准、规范的标准可依循。

（2）装备与技术落后

生产一线所配备的设备大多陈旧老化，智能化程度处于较低水平，难以满足现代化、精细化生产需求。以绝缘层厚度检测为例，当前仍大量依赖人工手动操作模式，自动化检测设备的普及应用严重滞后。

亟需加速推动设备更新换代进程，积极引入数控机床、工业机器人等先进智能装备，为产业发展注入强劲动力，提升生产效率与精度。

（3）信息化手段薄弱

在电缆路径图纸管理领域，企业依旧深陷传统纸质文档管理模式，信息检索与共享效率低下；设备运行过程中产生的海量数据呈离散状态，未实现有效联网整合，致使实时监控与深度数据分析难以达成。

全力打造电缆全生命周期信息化管理平台，整合碎片化数据资源，实现数据的高效流通与共享，为生产决策提供精准依据。

（4）人员结构与管理缺陷

一方面，高技能专业人才稀缺，呈现供不应求态势；另一方面，基层管理粗放松散，工时利用率极低，部分企业甚至仅能达到 20%，造成大量人力成本浪费，管理效能低下。

亟待对现有组织架构进行系统性优化，同步强化数字化技能培训体系建设，并配套科学合理的绩效考核机制，充分激发员工潜能，提升整体运营效率。

3、解决方案建议

（1）5S及可视化管理

在电缆生产车间推行5S 管理，即整理、整顿、清扫、清洁、素养。通过整理，清理生产现场的杂物和不必要的物品，腾出空间，提高工作效率；整顿是对生产工具、物料等进行合理摆放，做到定置定位，便于取用；清扫是保持生产现场的清洁卫生，及时清除灰尘、油污等污染物，防止设备故障和产品质量问题；清洁是将整理、整顿、清扫的工作制度化、规范化，形成长效机制；素养是通过培训和教育，提高员工的文明礼貌和遵守规章制度的意识，养成良好的工作习惯。采用可视化管理工具，如看板、标识牌、信号灯等，将生产现场的各种信息直观地展示出来，使员工能够一目了然地了解生产进度、质量状况、设备运行等情况。

（2）库存管理优化

库存盘点与监控：定期进行库存盘点，确保库存数据的准确性。运用信息化系统对库存进行实时监控，设置合理的库存预警值，当库存水平低于或高于预警值时，及时发出预警信号，以便及时采取补货或调整生产计划等措施。**在制品库存控制：**通过优化生产计划和生产流程，减少在制品在生产过程中的积压。例如，采用拉动式生产方式，根据客户订单需求来驱动生产，避免过度生产导致在制品库存增加。

（3）质量管理提升

过程质量控制：加强对生产过程中关键质量控制点的监控，运用统计过程控制（SPC）技术，对生产过程中的质量数据进行实时采集和分析，及时发现质量波动并采取措施进行调整，确保产品质量的稳定性。**全员质量管理：**开展全员质量管理培训，使员工树立质量意识，明白自己的工作对产品质量的影响，鼓励员工参与质量管理活动，如质量小组、质量改进项目等，形成全员参与、全员关注质量的良好氛围。

（4）人员与知识数字化管理

企业通过构建知识管理系统（KMS）和 OA 协同平台，实现员工技能、经验与业务流程的数字化沉淀与共享：

KMS 应用：整合设计、工艺、设备等核心领域知识，形成标准化案例库与知识条目，覆盖办公、设计、设备管理等全场景；

HR 系统与人才培养：依托数字化平台建立员工电子档案，实现履历、培训记录、能力矩阵的 100% 电子化管理，并搭建“数字工匠”培训体系，开发相关培训课程，通过线上学习平台完成工厂员工培训与评测；



图 80-知识管理平台

OKR 与绩效考核：将知识平台使用率、案例贡献量等指标纳入KPI，结合 OKR 目标管理工具，量化员工在数字化实践中的贡献，例如工艺参数优化提案、设备运维经验反哺等。

(5) 全员数字化制度与体系构建

成立由总经办牵头的数字化部门，主导数字化转型战略规划，统筹跨部门资源协调，并建立智能工厂建设专项工作组。企业通过制度创新推动全员数字化深度参与：

激励机制：建立“知识产权积分”制度，员工通过提交工艺优化提案、知识库案例上传等获得积分，积分可兑换培训资源或晋升资格；

活动载体：开展“三我提案”（我建议、我创新、我实践）活动，鼓励一线员工提出数字化改进方案，并举办“双创大会”评选优秀案例，推动跨部门协作创新；

技能认证：结合“数字工匠”评选，对掌握智能装备操作、数据分析等技能的员工授予认证资格，并纳入职业晋升通道。

4、实施成效

通过全员数字化体系落地，企业实现效率与知识资产的双重突破：

人员管理：员工档案电子化率大幅提升，能力矩阵覆盖设计、工艺、设备等 7 大领域，精准匹配岗位需求与培训资源；

知识资产：大力加强知识平台累计沉淀技术案例、管理经验、课程资源等，通过年度知识上传与学习，形成“学习-应用-反馈”闭环；

业务协同：KMS 系统贯通各部门业务开展活动，通过知识沉淀转化，集团之间、工厂之间、部门之间的管理经验流通，项目总结学习，提高了各部门的业务开展效率和项目推进速度，减少试错成本，加快各个产品公司数字化转型和工艺精进。

(十五) 远程监造

1、场景描述

电缆企业远程监造是指利用现代信息技术，对电缆生产过程进行远程实时监控和管理的一种监造方式。它通过在电缆生产现场安装各种传感器、监控设备和数据采集系统、ERP、MES 等，将生产过程中的关键数据和图像信息传输到远程监控中心，使监造人员无需亲临现场，就能及时了解生产状况，对生产过程进行监督和指导。目前越来越多的用户加强了对电缆企业远程监造的要求和管理。

2、存在哪些问题

(1) 数据采集与整合困境

企业普遍存在生产设备与管理系统（如 MES、ERP、数采）相互独立、未有效打通的状况，形成一个个数据孤岛。各环节数据无法顺畅流转、协同共享，致使全流程的优化决策缺乏完整、准确的数据支撑。

不少中小电线电缆企业仍大量依赖人工巡检，生产线上传感器配置严重不足，像温度、压力、导体电阻这些关键参数无法做到实时采集，数据往往滞后数小时甚至更久，使得生产过程中的即时调整错失良机，极大影响生产效率与产品质量稳定性。

(2) 网络覆盖与传输阻碍

电线电缆生产环境极为复杂，诸如地下隧道、高温高压车间等特殊场所，传统无线网络信号极易受到干扰，频繁出现数据传输中断现象。这不仅导致实时监控失效，还可能因数据丢失造成生产事故追溯困难，给企业正常运营埋下隐患。

(3) 质量追溯体系漏洞

部分企业质量管理粗放，未建立完善的全生命周期质量档案。一旦出现导体电阻不合格、绝缘性能不佳等质量问题，难以精准追溯到具体的生产批次、工艺环节以及原材料供应商，无法快速有效采取整改措施，容易引发客户投诉与市场信任危机。

3、解决方案建议

(1) 生产过程实时监控

工艺参数动态调整场景：在电线电缆的挤出、绞线等核心生产环节，通过高精度IoT 传感器全方位采集生产线的温度、压力、转速等工艺参数，无缝对接、ERP、MES 系统。MES 系统依据预设的工艺标准与实时数据分析模型，自动优化调整设备运行参数，确保产品质量一致性，提升生产效率。例如，当挤出机温度偏离标准值一定范围，系统自动微调加热功率，实时纠偏。

设备状态远程诊断场景：针对挤出机、绞线机、硫化机等关键设备，利用 5G 高速网络结合边缘计算技术，对设备关键部位进行实时振动监测、温度监测以及运行电流监测。通过智能算法在边缘端对数据进行实时分析，提前预测设备故障风险，一旦发现异常，立即向运维人员发送预警信息，并提供故障可能原因与初步解决方案建议，降低设备突发停机造成的损失。



图 81-电缆企业远程监造平台

(2) 质量检测与追溯

在电缆生产流水线末端，部署先进的机器视觉系统，配备高清工业相机与专业图像处理软件。利用深度学习算法对电缆外径、绝缘层厚度、外观瑕疵等质量指标进行毫秒级别的快速检测，检测精度可达毫米甚至微米级。一旦识别出不合格产品，即刻联动可编程逻辑控制器（PLC），自动将次品分拣剔除，同时将检测数据实时上传至质量管控系统，为后续质量分析提供大数据支撑。

从原材料采购环节开始，基于分布式账本技术，将原材料供应商信息、批次号、检验报告，生产过程中的工艺参数、设备运行数据，以及成品检测数据等全流程信息逐一加密上链。消费者、监管部门等通过扫码等方式即可便捷查询产品全生命周期信息，实现从源头到终端的透明化质量追溯，增强市场信任。

(3) 设备运维与能效管理

对设备的关键部件，如电机、减速机、轴承、模具等进行定期检查，查看是否有磨损、松动、裂纹等异常情况。定期（一般为每月或每季度）对设备进行全面检查，除了日常维护中的检查内容外，还需要对设备的精度、性能等进行检测。定期组织运维人员参加电缆生产设备的专业知识培训，包括设备的工作原理、结构组成、操作方法、维护保养要点等。

借助大数据分析技术，对电线电缆生产过程中的各类能耗数据（如电力、蒸汽、压缩空气等）进行深度挖掘。建立设备能耗模型，结合订单排程、实时生产进度等因素，动态调整设备运行模式，如在非高峰时段集中安排高能耗工序，优化设备启停策略，降低整体碳排放，实现绿色生产。

（十六）系统集成

1、场景描述

系统集成是电线电缆制造行业智能化改造和数字化转型的关键环节。通过将生产设备、信息系统和管理平台进行有机整合，企业可以实现数据的高效流通、资源的优化配置以及生产过程的全面协同。系统集成能够打破信息孤岛，提升整体运营效率，是实现智能制造的基础。

2、存在哪些问题

（1）信息孤岛现象严重

企业的生产设备、管理系统和信息系统往往独立运行，数据无法互通，导致信息孤岛现象严重，影响整体效率。

系统兼容性差：不同系统（如 ERP、MES、SCADA 等）来自不同厂商，数据格式和接口不统一，难以实现无缝集成。

（2）数据整合难度大

由于数据来源多样、格式复杂，数据整合和清洗工作量大，难以形成统一的数据视图。现有系统集成多依赖批量数据处理，无法实现实时数据交互，影响生产决策的及时性。

（3）集成架构设计复杂

(3) 全面需求评估

组织企业内部各部门，包括生产、销售、财务、物流等，深入分析业务流程与需求。运用业务流程建模工具，绘制详细的业务流程图，明确各环节对系统功能的要求。如生产部门对设备自动化控制、生产进度跟踪功能有需求，销售部门注重客户关系管理和订单处理功能，以此为依据筛选合适的系统。

(4) 设立专项管理团队

组建跨部门的系统集成项目管理团队，成员包括技术专家、业务骨干以及项目经理。明确各成员职责，项目经理负责整体项目规划、进度跟踪和协调各方资源；技术专家解决技术难题；业务骨干确保系统功能符合业务需求。

(十七) 数据赋能

1、场景描述

数据赋能在电缆企业的发展中起着至关重要的作用，主要体现在优化生产流程、提升产品质量、精准市场营销、支持决策制定以及推动企业创新发展等方面。

2、存在哪些问题

(1) 生产成本难以控制

由于企业生产所需原材料价格受国际市场影响较大，如铜、铝等金属价格波动直接影响电缆生产制造成本。另外，供应链的不稳定性也会导致原材料价格波动，从而增加了企业进行有效预算和成本控制的难度。

(2) 生产效率低下

传统的生产计划往往基于经验判断和粗略的市场预测，缺乏科学的数据分析和精准的排产算法，导致生产计划与实际需求脱节。例如，生产计划可能无法准确预测市场需求的变化，导致生产过剩或生产不足，造成库存积压或订单延误，进而影响生产效率和客户满意度。此外，生产计划也可能无法充分考虑设备能力和生产线的约束条件，导致生产计划无法有效执行，生产进度混乱，生产效率低下。

(3) 产品质量难以把控

由于企业缺乏对生产过程的实时监控和数据分析，无法及时发现和解决生产过程中的异常情况，例如设备故障、产品质量问题等，导致产品总体质量下降，甚至造成安全事故。

(4) 存在数据孤岛现象

企业内部各业务部门拥有独立的系统，数据分散在 ERP、MES 等不同平台，缺乏统一的数据标准和接口，导致数据无法有效共享和整合，难以发挥数据价值。另外，由于数据采集方式不规范、数据更新不及时等问题普遍存在，导致数据质量难以保证，影响数据分析结果的准确性和可靠性。

3、解决方案建议

(1) 原材料智能化采购策略

某线缆企业开发了一个供应链风险管理平台，利用机器学习模型预测铜和铝的价格走势，并结合供应风险，实现了原材料（尤其是铜）的智能化采购，有效降低采购成本。具体的，通过对近年来铜市场情况、铜供需情况、我国政策情况以及相关的不确定因素几个角度进行量化分析，包括铜库存量、废铜进口量、铜产量、消费者物价指数（CPI）、人民币汇率（CFETS）和生产价格指数（PPI）等作为自变量，铜价格数据作为因变量，构建多元线性回归模型进行预测。

利用机器学习模型对供应风险进行量化评估，通过分析历史供应数据以及库存数据，结合价格预测模型，制定最优的采购计划。在预测到价格上涨时，提前采购以降低成本；在预测到价格下跌时，可以延迟采购以等待更有利的采购时机。采购计划可结合当前库存量以及生产需求，以确保采购计划不影响原材料的生产供应。

另外，将机器学习模型集成到采购管理系统中，实现智能化采购。系统可以根据实时价格预测和供应风险评估结果，自动生成采购建议或采购订单。通过将采购系统与供应商管理系统进行对接，企业可以实时跟踪采购进度、库存情况等信息，提高采购效率和管理水平，实现采购流程的自动化和智能化。

(2) 电缆制造质量评价模型

某线缆企业通过构建电缆制造质量评价模型并将其应用于电工装备平台中，实现对电缆生产过程中质量的客观、量化评价，避免了传统评价方式中的主观性和不确定性。该模型能够及时发现生产过程中的质量问题，帮助生产部门快速定位问题源头并采取改进措施，从而提高生产效率并降低因质量问题导致的成本增加。模型的应用同时也为电缆质量的持续改进提供了数据支持和决策依据。通过不断优化特征工程和模型参数，可以逐步提高模型的准确性和实用性，进而推动电缆生产质量的不断提升。



图 83-电缆企业AI 知识库

其具体做法包括数据处理阶段、特征工程阶段、机器训练阶段以及预测与评估阶段。流程如下：

基于人员、机器、物料、方法、环境、测量六大生产过程能力要素，采集并整理电缆的历史生产数据；

生成若干样本序列，进行数据的清洗，主要包括异常值处理与缺失值处理；

基于 SPC 特征、时序特征、实际生产与国家标准的交互特征进行特征构造；

利用信息增益算法，找出局部最优的特征，以实现特征智能化筛选；

利用梯度提升改进算法进行梯度迭代，并使用 shrinkage 方法防止训练过拟合，生成训练好的模型；

测试训练好的模型，并调试梯度提升改进算法的特征标签组合与参数；

导入电缆中需要被评估的产品的实时生产数据，利用专家评判法、层次分析法、客观赋权法来生成权重分配，最终进行量化评分，即得到该批次电缆的质量评价结果。

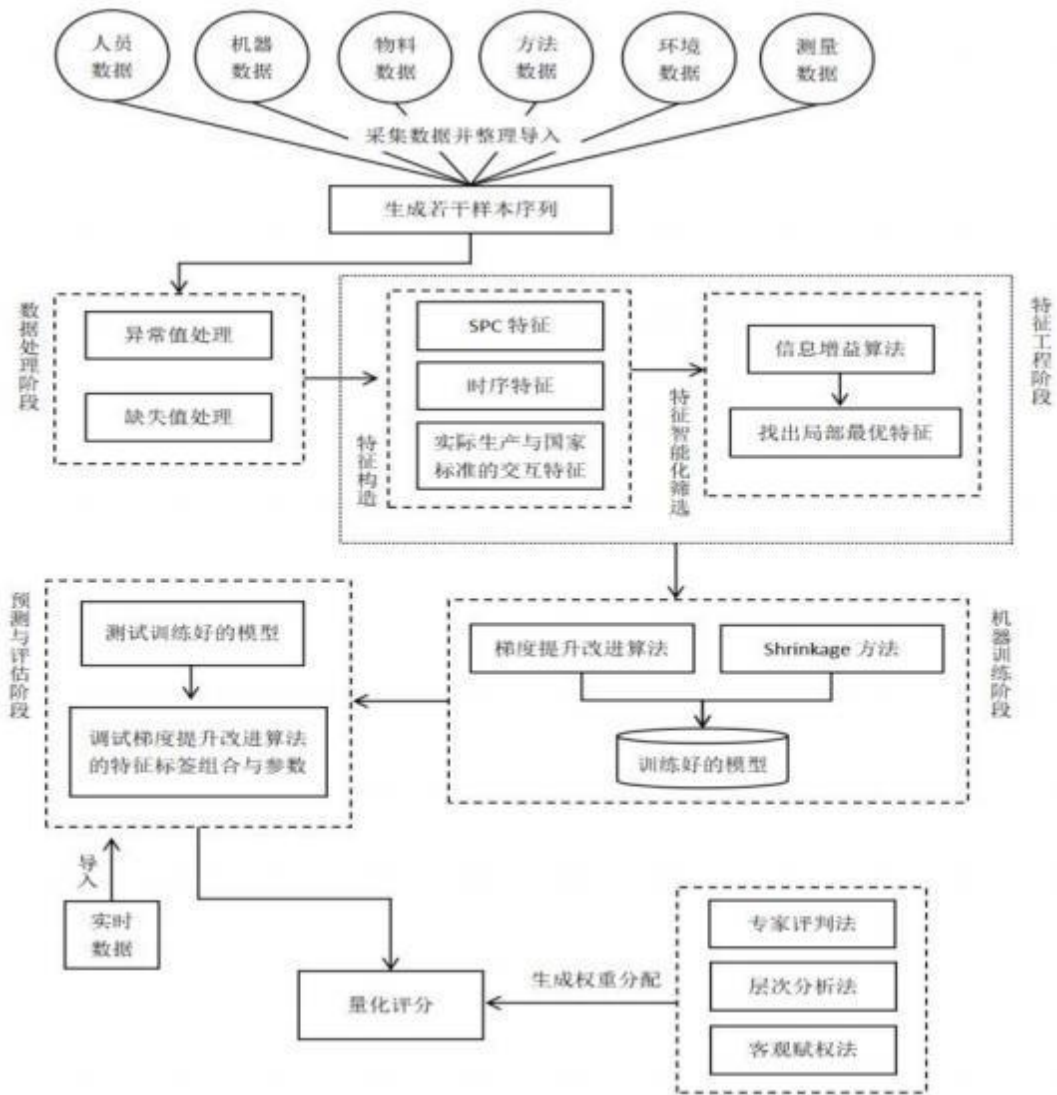


图 84-数据分析处理

(3) 数据中台建设

某线缆企业打造数据中台，实现设备全面物联，实施企业系统集成平台，实现系统全面互通，打通“数据孤岛”，以高效利用数据，支撑决策。

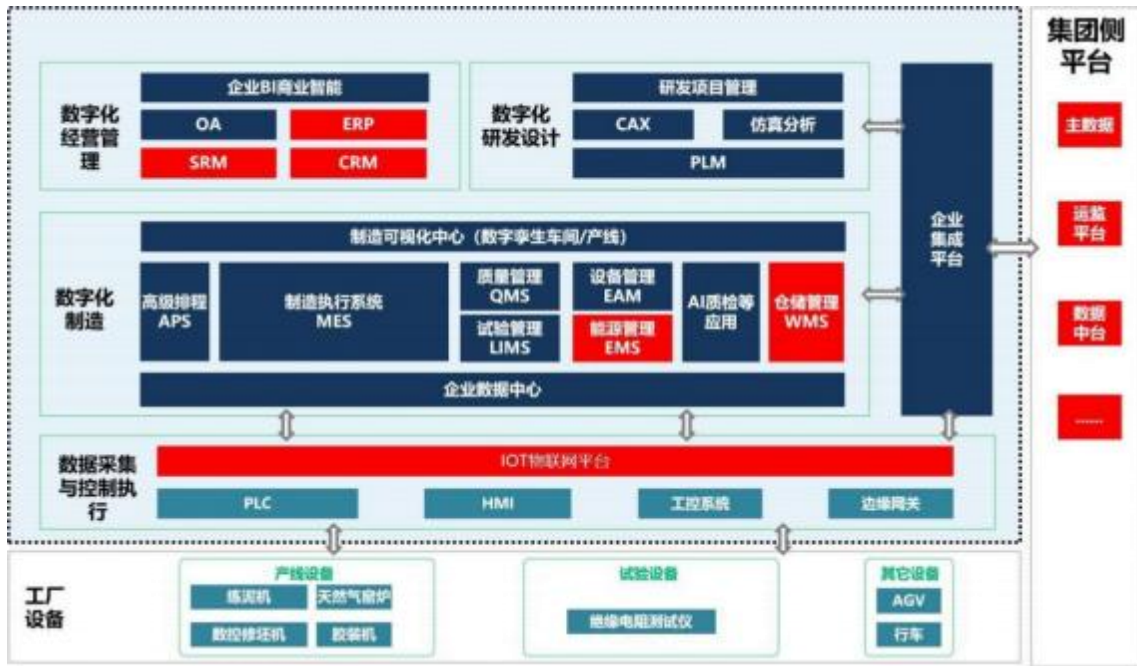


图 85-数据中台

通过建立一套统一的数据采集与整合机制，确保从供应链管理、生产流程、检测环节、设备维护、市场营销到财务管理等各部门的数据能够实时、准确地汇聚至数据中台。通过部署先进的物联网（IoT）技术，实现生产设备的全面物联，自动采集设备运行日志、生产效率、能耗等关键指标，提升数据采集的时效性和准确性。同时，采用API接口、数据总线等技术手段，将企业现有的ERP、MES、CRM、等信息系统进行集成，打破各部门间的“数据孤岛”，实现系统间的全面互通与数据共享。在此基础上，数据中台将运用大数据处理与分析技术，对这些海量数据进行深度挖掘与价值提炼，生成各类可视化报表、业务洞察报告及预测分析模型，为管理层提供全面、精准的数据视图，有效支撑战略决策与运营优化。此外，为确保数据安全与合规性，还需构建严格的数据治理框架，包括数据分类分级、访问权限控制、数据加密存储与传输等措施，保障数据资产的安全可控。通过打造统一的数据中台，企业能够充分利用数据资源，推动管理模式向智能化、精细化方向转型。

（十八）人工智能

1、场景描述

2、存在哪些问题

（1）数据问题

数据质量参差不齐：电缆生产过程中采集的数据可能存在噪声、缺失值、错误值等情况，不同设备、不同时期采集的数据格式和标准也可能不一致，这会影响人工智能模型的准确性和稳定性。

数据收集难度大：电缆生产涉及多个环节和多种设备，要全面收集生产过程中的各类数据，需要在设备上安装大量的传感器和数据采集装置，这不仅成本高，而且在一些老旧设备上实施难度较大。

数据安全和隐私保护：电缆企业的数据可能包含商业机密，如生产工艺参数、客户订单信息等。在人工智能应用中，数据的存储、传输和使用过程中存在安全风险，一旦数据泄露，会给企业带来严重损失。

(2) 技术问题

模型适应性差：电缆生产环境复杂多变，不同批次的原材料、不同的生产设备以及环境因素等都可能影响产品质量和生产过程。现有的人工智能模型可能难以适应这种复杂多变的生​​产环境，导致模型的泛化能力不足。

算法优化困难：人工智能算法的性能对模型的效果至关重要，但优化算法需要深厚的专业知识和大量的实验。电缆企业往往缺乏专业的算法工程师，难以对算法进行有效的优化，以满足企业特定的生产和管理需求。

与现有系统集成复杂：电缆企业通常已经拥有一些传统的生产管理系统，如 ERP、MES 等。将人工智能系统与这些现有系统进行集成，需要解决数据接口、系统兼容性问题，集成过程较为复杂。

(3) 人才问题

专业人才匮乏：人工智能是一门跨学科的技术，需要既懂人工智能算法、机器学习等技术，又了解电缆生产工艺和企业管理的复合型人才。这类人才在市场上较为稀缺，电缆企业很难招聘到足够的专业人才来支持人工智能项目的实施和应用。

人才培养成本高：为了满足企业对人工智能人才的需求，企业需要投入大量的时间和资金对内部员工进行培训。而且培训过程需要结合电缆企业的实际业务场景，培训难度较大，成本较高。

(4) 成本问题

前期硬件投入大：应用人工智能技术需要购置大量的硬件设备，如高性能服务器、图形处理单元（GPU）集群等，用于数据存储、计算和模型训练。这些硬件设备价格昂贵，对于一些中小企业来说，前期的硬件投入成本过高，可能会影响企业应用人工智能

的积极性。

后期维护成本高：人工智能系统的维护需要专业的技术人员，他们不仅要维护硬件设备，还要对软件系统、模型进行更新和优化。此外，随着数据量的增加和业务的发展，硬件设备可能需要不断升级，这都增加了企业的后期维护成本。

3、解决方案建议

(1) 数据治理与管理

数据质量提升：部署数据清洗工具，对采集到的原始数据进行噪声过滤、缺失值填补、错误值纠正处理。建立数据质量监控机制，定期评估数据质量，设定数据质量指标阈值，一旦数据质量不达标，及时告警并追溯数据采集源头，查明问题根源并加以解决。例如，针对电缆生产设备采集的温度、压力等数据，运用异常值检测算法识别并修正错误数据。

优化数据采集：结合电缆生产流程，在关键环节和设备上合理增设高精度传感器，实现生产数据全面、精准采集。运用边缘计算技术，在数据采集端对原始数据进行初步处理和筛选，减少无效数据传输，提高数据采集效率与传输稳定性。例如，在电缆挤出环节，安装压力传感器、温度传感器，实时采集关键工艺数据。

保障数据安全：搭建数据加密体系，在数据存储和传输过程中，采用AES加密算法对敏感数据进行加密处理，防止数据泄露。建立严格的数据访问权限管理机制，依据员工岗位和职责，精细划分数据访问级别，确保只有授权人员能够访问特定数据。例如，对涉及核心生产工艺的参数数据，仅允许特定研发人员和高层管理人员访问。

(2) 定制研发与优化

定制化模型开发：深入分析电缆企业生产、管理业务场景特点，基于行业数据，采用迁移学习等技术，对通用人工智能模型进行微调与优化，开发适配电缆企业实际需求的专属模型。例如，针对电缆质量检测，构建基于卷积神经网络（CNN）的定制化缺陷识别模型，提升缺陷检测准确率与效率。



图 86-电缆企业人工智能应用场景

算法创新与优化：组织专业算法团队，结合电缆生产工艺知识，对现有算法进行优化创新。引入强化学习算法，让模型在生产过程模拟环境中不断试错学习，自动寻找最优生产参数配置与决策策略。例如，运用强化学习算法优化电缆生产调度，实现生产效率最大化。

系统集成与融合：制定统一的数据接口规范与技术标准，运用企业服务总线（ESB）等集成技术，实现人工智能系统与电缆企业现有 ERP、MES 等信息系统的无缝对接与深度融合。例如，通过 ESB 实现人工智能质量检测系统与 MES 系统的数据交互，将质量检测结果实时反馈至生产管理环节，以便及时调整生产工艺。

（3）人才培育与引进

内部人才培养：与高校、专业培训机构合作，定制契合电缆企业业务需求的人工智能培训课程体系，定期组织内部员工参加线上线下培训。设立内部培训奖励机制，对在培训中表现优异、掌握相关技能并能有效应用于工作的员工给予奖励。

外部人才引入：制定有竞争力的薪酬福利与职业发展规划，吸引具备人工智能、机器学习、数据科学等专业背景且了解制造业的复合型人才加入企业。与高校建立人才合作关系，通过校园招聘、实习基地等方式，提前锁定优秀人才。

（十九）人才管理

1、场景描述

人才管理是电线电缆行业智能化改造和数字化转型的核心支撑环节，涉及技术研发、

生产优化、数字化工具应用等多个领域。当前行业面临人才结构性短缺、技能与需求脱节、管理体系滞后等问题，直接影响企业技术升级效率和竞争力提升。

2、存在哪些问题

(1) 高端人才短缺：

电缆行业的技术研发需要具备专业知识和丰富经验的高端人才，但由于行业吸引力相对不足，企业往往难以吸引和留住优秀的技术人才，限制了企业技术创新能力的提升。

(2) 专业人才供需失衡

在数字化浪潮席卷下，电线电缆行业对具备云计算、大数据、物联网等数字化技术的复合型人才需求极为迫切。但现实情况是，这类人才在市场上极为稀缺，高端技术研发岗位需要人才能够深入理解电缆生产工艺，并将数字化技术与之融合创新；智能化设备操作岗位要求操作人员既熟悉设备的机械原理，又能熟练运用数字化手段进行设备的监控与调试，而此类人才的缺口显著，导致企业在智能化转型过程中举步维艰。

中小企业由于自身资源有限，在吸引和培养高层次人才方面困难重重。它们往往难以提供与大型企业相媲美的薪酬待遇、良好的工作环境和广阔的职业发展空间，因此在人才竞争中处于劣势。目前仍依赖传统的“传帮带”人才培养模式，这种模式效率低下，且知识更新速度缓慢，无法跟上行业快速发展的步伐。此外，不同规模企业在人才管理上存在显著差异。小型企业因资金和资源匮乏，即便有合适的人才招聘渠道，也难以提供具有吸引力的薪酬福利，导致人才望而却步；大型企业虽然资源丰富，但组织架构可能过于复杂，人才晋升渠道不畅通，使得员工难以看到职业上升空间，从而影响了人才的积极性和稳定性。

(3) 职业教育与岗位需求脱节

职业教育体系滞后：随着电线电缆行业技术的快速迭代，新的生产工艺、智能设备不断涌现，但现有的职业教育体系未能及时跟上这一变化。课程设置依然停留在传统的教学内容上，与实际生产场景严重脱节。例如，在智能工厂已经普及自动化生产线、工业互联网平台的情况下，职业院校的课程可能还未涉及相关内容，导致毕业生进入企业后，无法直接上手工作，需要进行长时间的二次培训，这不仅增加了企业的培训成本，也浪费了人才的时间和精力。

企业内部培训体系不完善：企业自身在员工培训方面也存在不足，缺乏一套系统化的数字化技能提升路径。没有针对不同岗位、不同技能水平的员工制定个性化的培训方案，使得员工在面对新技术时，接受度和应用能力不足。员工在日常工作中难以接触到

最新的技术知识和实践案例，无法有效提升自己的数字化技能，进而影响了企业整体的数字化转型进程。

(4) 人才流失与激励机制不足

人才流失严重：技术人才的高流动性是电线电缆行业面临的又一难题，特别是非一线城市的企業，由于城市的吸引力相对较弱，在人才竞争中处于劣势，面临着严重的人才外流压力。技术人才的频繁流动，使得企业难以形成稳定的技术团队，核心技术的积累难以持续，企业在技术研发和创新方面的投入往往因人才的流失而付诸东流。

激励机制不合理：传统的绩效考核方式与数字化管理理念严重脱钩，仍然侧重于对员工传统工作任务的考核，而缺乏针对数字化转型成果的激励措施。例如，员工在引入新的数字化生产技术、优化生产流程等方面做出了突出贡献，但在绩效考核中却未能得到相应的体现和奖励，这极大地限制了员工参与数字化转型的积极性，使得企业在推动智能化改造和数字化转型过程中缺乏内在动力。

3、解决方案建议

(1) 在线学习平台

搭建企业级知识库和在线课程平台，整合行业内的最新技术知识、操作规范和实践案例。利用AI算法，根据员工的岗位需求、技能水平和学习历史，为员工推荐个性化的学习路径。采用微课形式，将复杂的技术知识分解成短小精悍的课程片段，方便员工利用碎片化时间进行学习，提升员工对5G工厂、工业互联网等前沿技术的认知和理解。例如，员工可以通过在线学习平台，随时学习关于工业互联网平台在电缆生产中的应用课程，系统会根据员工的学习进度和答题情况，智能推荐后续的相关课程。

(2) 政企协同推动职业教育改革

企业联动政府，牵头建立“行业-院校-企业”联合培养机制。组织行业专家、院校教师和企业技术骨干共同制定电线电缆行业的技能标准。作为电线电缆大省，**减少对黑龙江、河南等具备国内顶尖电线电缆培养专业省份的依赖**，并将电线电缆技能纳入本省职业教育课程体系。为鼓励企业积极参与课程设计和人才培养，政府可以给予企业税收优惠政策，如减免企业参与职业教育合作的相关税费，提高企业的积极性。

(3) 构建数字化人才管理体系

联合行业协会和相关部门，开发行业级数字化技能认证体系。明确不同数字化技能的等级标准和考核要求，将技能认证结果与员工的薪资晋升挂钩。通过省级人社部门将“智能设备操作师”等相关数字化技能纳入技能补贴目录，鼓励员工积极提升自己的数

数字化技能，提高行业整体的人才素质。

(4) 强化内部培养与留人机制

企业可以设立专项补贴资金，支持企业建立“数字技能提升基金”。企业利用该基金，为员工提供参加在线课程、外部培训和技能认证的费用支持，鼓励员工不断学习和提升自己的数字技能，实现终身学习。设立数字化转型专项奖金，对在工艺优化、技术创新、数字化项目实施等方面做出突出贡献的团队和个人给予股权激励。通过股权激励，让员工与企业的利益更加紧密地绑定在一起，增强员工的归属感和忠诚度，提升人才黏性。

4、实施成效

电线电缆行业人才管理的数字化转型是一项系统工程，需要兼顾政策引导、技术应用与机制创新。通过政企协同、平台赋能和终身学习体系的构建，能够系统性地解决人才短缺与技能断层问题，为行业智能化升级提供坚实的、可持续的人力资源保障，推动电线电缆行业在数字化时代实现高质量发展。

(二十) 财务管理

1、场景描述

在电线电缆这一关键行业领域中，财务管理是保障企业稳健前行、迈向可持续发展道路的核心支柱，其涵盖了预算规划制定、成本精准核算、现金流高效管理、财务深度分析以及严格的合规性监管等诸多关键环节。随着时代的发展，智能化改造与数字化转型浪潮正席卷而来，借助自动化流程、海量数据分析以及智能决策辅助工具，企业得以全方位提升财务运作效率，最大程度降低人为失误风险，为企业高层制定战略决策提供坚实、精准的数据支持。

2、存在哪些问题

(1) 数据孤岛与信息割裂困境

当前，众多电线电缆企业内部的财务系统宛如一个个孤立的“数据堡垒”，与生产、库存、销售等重要环节之间未能实现无缝对接与全面打通。这就使得关键数据散落于各个系统角落，碎片化严重，难以汇聚成完整、全局性的财务分析视野，极大地阻碍了企业决策层快速、精准地把握企业运营全貌，进而严重影响决策效率。

(2) 流程低效且过度依赖人工

传统的财务处理模式犹如老牛拉破车，高度依赖人工手动录入数据与繁琐的审核流程。这种方式不仅效率低下，如同蜗牛爬行，而且极易因人为疏忽而产生错误，尤其在成本核算这一复杂环节以及税务申报的精细流程中，面对日益加快的市场节奏，根本无法满足企业快速响应的迫切需求。

(3) 成本控制精细度欠佳

电线电缆行业深受原材料成本大幅波动的影响，然而传统财务系统却如同滞后的监测仪，难以实时追踪生产过程中的成本动态变化，导致成本核算严重滞后，无法为企业利润优化提供前瞻性指导。

(4) 行业特性带来的严峻挑战

电线电缆行业生产周期较长，产品种类又繁杂多样。这使得成本分摊工作变得异常复杂，现有的财务系统往往力不从心，难以支持多维度、精细化的成本核算需求，例如按订单、工序、批次等维度进行精准核算。

3、解决方案建议

(1) 构建统一数据治理体系

全力打通财务系统与生产、供应链等关键系统之间的数据接口，建立标准化、规范化的数据模型，例如严谨清晰的成本分摊规则，彻底消除信息孤岛现象，让数据在企业内部自由流通。同时，引入先进的数据中台技术，如同在企业数据中心搭建一座智能枢纽，实现多源数据的实时整合、清洗与高效转化，为动态财务分析提供源源不断的优质数据支持。

(2) 分阶段实施智能工具

对于中小企业而言，鉴于资源有限，可优先选择部署轻量化的SaaS财务系统，如用友、金蝶云等知名品牌，这些系统操作便捷、成本可控。后续再根据企业发展步伐，逐步向全面的ERP集成方案拓展延伸。大型企业则可引入由AI驱动的分析工具，深度优化预算编制流程，提升决策前瞻性。

(3) 强化合规与风险管控

自主研发智能税务合规引擎，能够自动、及时地更新政策法规库，并快速生成详尽、精准的合规报告。同时，巧妙结合区块链技术的不可篡改特性，确保财务数据在全生命周期内真实可靠，大幅提升审计透明度，接受全方位监督。

(4) 标杆案例推广与生态合作

积极借鉴中天科技、远东电缆等行业标杆企业的智能车间成功经验，例如“Asun

工业互联网平台”“远东智造云平台”，将成熟解决方案向全省行业推广普及，让更多企业受益。同时，联合专业服务商，共同构建电线电缆行业专属的财务数字化生态系统，降低中小企业数字化转型门槛，携手推动整个行业向智能化、绿色化的高质量发展方向大步迈进。

4、实施成效

完善财务内部控制制度，规范财务审批流程，加强内部审计监督。系统加强对应收账款和存货的管理。对应收账款，可根据客户信用等级制定差异化收款策略，并实时跟踪款项回收情况；对存货，采用经济订货量模型等方法，优化库存水平。

五、 路径与方法

（一）实施路径

1、实施建议

表 1 小型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★★	形成战略规划，确定项目负责人、投入预算，并形成落地方案。
	人员技能		★	培养或引进所专业技术人员。
技术	数据		★★	建立统一的数据架构与规则。 应用信息系统采集主要业务活动数据。
	集成		★	形成集成意识。 对主要信息系统如 CRM、MES、ERP、WMS 等进行集成。
	信息安全		★★	对关键工控系统，核心数字化中心进行安全评估。 在工业主机上安装防毒软件。
资源	装备		★★	在关键工序上引入半自动化、数字化、智能化生产设备、检验设备。
	网络		★	实现办公网络、工业控制网络和生产网络覆盖建立生产、设备等基础数据流。
	设计	产品设计	★★	推广产品流程化设计工具。 应用计算机辅助建立典型产品标准库、设计方案知识库等。
		工艺设计	★★	应用计算机辅助开展工艺，工序设计和优化。 建立典型工艺模板或流程、参数等关键要素的知识库。
		采购	★	利用信息系统对供应商进行管理。 基于生产、库存等信息制定采购计划。

制造	生产	计划与调度	★★★	结合订单、库存、采购、生产能力等数据，应用ERP 等信息系统生成生产计划并进行排产。
		生产作业	★★★	通过信息系统与智能化设备对产品质量进行基础判断。
		设备管理	★★★	对关键设备主要参数进行采集与分析。
				利用计算机或信息系统制定设备点巡检及维保计划，实现设备维保预警。
		仓储配送	★★★	运用ERP 库存管理系统实现基础仓储与配送管理。
		安全环保	★	建立安全培训知识库、员工职业健康及环保档案。 制定安全环保管理机制和操作规程。
		能源管理	★	对重点能耗设备进行实时计量。 对水电气等重点能耗进行动态监控，并分析及节能优化改造。
	物流	★★★	对订单、运输调度进行合理安排，根据物流重要程度确定跟踪物流信息的详略程度。	
	销售	★★★	利用 OMS, ERP 或其他方式对客户信息及时更新、统计并管理。	
	服务	客户服务	★	对客户服务信息进行统计、评价并反馈相关部门。 利用计算机或信息系统对客户服务信息管理。
		产品服务	★	建立产品质量案例，统计产品使用信息并反馈给相关部门。

表 2 中型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★★★★	制定智改数转网联发展战略并形成具体实施计划。 对发展战略的执行进行监控与评测，并持续优化。
	人员技能		★★★	建立知识管理体系，通过信息技术手段管理 人员贡献的知识和经验，开展分析和应用。
技术	数据		★★★	采用传感技术实现制造关键环节数据的自动采集。 建立统一的数据规则，整合数据资源，支持跨部门的业务协调和数据在线共享。
	集成		★★★★	形成完整的设备、系统集成架构。统一集成规范。
	信息安全		★★★★	采用安全隔离、授权访问等手段建立工控、生产和办公网络防护措施。
资源	装备		★★★★	采用具有数据管理等人机交互功能的智能装备。
	网络		★★★	建立具有远程配置功能的网络，部署工业互联网、物联网等新型网络基础设施。
	产品设计		★★★	对产品外观制造加工过程形态、味道、成品展示等关键要素的设计迭代优化。 开展产品设计与工艺设计的并行协同。 建立典型产品组件标准库及典型产品设计知识库。
	工艺设计		★★★	建立工艺设计管理系统和典型制造工艺流程、参数、资源等关键要素的知识

制造	设计			库； 基于数字化模型实现制造工艺关键环节的分析及迭代优化； 开展工艺设计与产品设计的并行协同。
	生产	采购	★★	通过信息系统开展供应商管理。 集成采购、生产、仓储等信息系统，自动生产采购计划。
		计划与调度	★★	基于库存、采购、生产等数据要素，采用基于多约束条件的算法开展排产，生成生产计划。
		生产作业	★★★★	ERP 系统自动下发工艺文件。 动态监控生产作业计划、生产资源、质量信息。
				开展关键工序质量在线检测和在线分析。
				实现生产过程的质量信息追溯。
		设备管理	★★★★	实现设备关键运行参数实时采集、统计、故障分析和远程诊断，自动生产检修工单。 在信息系统中建立设备故障知识库。
		仓储配送	★★	配置智能仓库，建立仓储管理系统，并与制造执行系统集成，实现半自动、自动出入库管理，采用技术手段入库与拣货。 集成配送设备与信息系统，实现物料及时配送。
安全环保	★★	在现场作业应用定位跟踪等方法强化安全管控。 建立安全培训、应急预案等知识库，以		

				及安全防护方案。
		能源管理	★★	动态监控和计量能源消耗。 建立能源管理信息系统，对能耗数据进行统计分析，并与其他系统进行数据共享与集成。
		物流	★★	通过信息系统管理运输配送信息。
		销售	★★	将销售信息系统与采购、生产、物流等业务集成，实现客户需求拉动采购、生产和物流计划。
	服务	客户服务	★★	建立客户服务平台或移动客户端等在线客服。 建立客户服务信息数据库和客户服务知识库。
		产品服务	★	收集产品运行信息管理、维修物料及寿命管理等数据，并反馈到设计、生产、销售等业务部门。

表 3 大型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域	优先级	建议
人员	组织战略	★★★★	对智改数转网联发展战略的执行进行监控与评测，并持续优化。对智改数转网联所需人员工作岗位进行评估并优化调整。
	人员技能	★★★★	建立知识管理体系，对人员知识、技能、经验进行数字化与软件化。
技术	数据	★★★★	建立企业级数据中心和数据分析模型库。采用大数据技术应用各类算法模型为制造活动提供优化建议和决策支持。
	集成	★★★★	对全业务过程进行集成。
	信息安全	★★★★	建立离线测试环境。采用具备自学习、

			自优化功能的安全防护措施。
资源	装备	★★★	对关键工序设备实现预测性维护。
	网络	★★★	建立分布式工业控制网络。
制造	设计	产品设计	★★★ 应用产品组件的标准库、设计知识库进行产品参数化模块化设计。 基于数字化模型对产品数据进行档案管理。 构建产品试验验证平台。 实现全生命周期跨业务间的协同。
		工艺设计	★★ 开展工艺设计和优化，对工艺知识库集成应用。 集成工艺设计、生产、检验等系统，实现工艺设计与制造协同。
	生产	采购	★ 通过与供应商的信息系统进行集成，实现协同供应链。 建立采购模型，实施监控采购风险、进行预警并自动提供优化方案。
		计划与调度	★★★ 基于先进排产调度的算法模型，利用信息系统自动形成详细生产作业计划。 实施监控生产要素，自动对异常进行决策与优化。
		生产作业	★★★ 应用信息系统自动实现生产指令下发到数字化设备。 构建模型实现生产作业在线分析优化，建立质量数据算法模型预测生产异常。 采集产品生命全周期数据，实现精准追溯，通过知识库分析改进。
		设备管理	★★★ 建立设备运行模型和故障知识库，自动给出预测性维护解决方案。

				应用设备分析数据自动驱动工艺优化和作业计划优化。
		仓储配送	★★★★	集成仓储设备、配送设备与信息系统集成，依据生产状态实时拉动物料配送。建立仓储模型和配送模型，优化库存与路径。
		安全环保	★★★★	动态识别危险源并治理。 集成环保数据与生产作业数据，建立数据分析模型进行预测预警。
		能源管理	★★	建立节能模型实现能流的精细化和可视化管理。
		物流	★★★★	对生产、仓储配送、运输管理进行信息系统集成优化。对运输配送全过程进行信息跟踪与路线优化。
		销售	★★	通过对客户信息的挖掘与分析，优化客户需求模型制定销售计划。 实现线上线下协同销售。 针对客户需求变化动态调整设计、生产、采购等方案。
	服务	客户服务	★★	提供主动式客户服务。 建立客户服务数据模型进行精准服务。
		产品服务	★★	开发智能产品。 建立远程运维平台，对数据进行挖掘分析，并与其他信息系统集成。

（备注：★★★★：表示高优先级；★★★：表示中优先级；★★表示低优先级）

2、诊断评估

(1) 智能制造能力成熟度评估 (CMMM)

GB/T39116-2020《智能制造能力成熟度模型》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（www.c3mep.cn）开展智能制造能力成熟度自评或委托第三方评估认证机构进行现场评估。通过评估可判定企业智能制造整体水平，帮助企业识别当前智能制造发展现状，提供与同行业同地区企业对比分析报告。



图 87- “智改数转网联” 服务闭环图谱

(2) 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 DCMM (DataManagementCapabilityMaturityAssessmentModel) 是我国首个数据管理领域国家标准，将组织内部数据能力划分为八个重要组成部分，描述了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时候的规划，设计和评估。也可以作为针对信息系统建设状况的指导、监督和检查的依据。DCMM 评估网址：<http://www.dcm.org.cn>

企业首先进行在线自评，后提交 DCMM 评估申请，由评估机构进行 DCMM 评估。评估流程为：

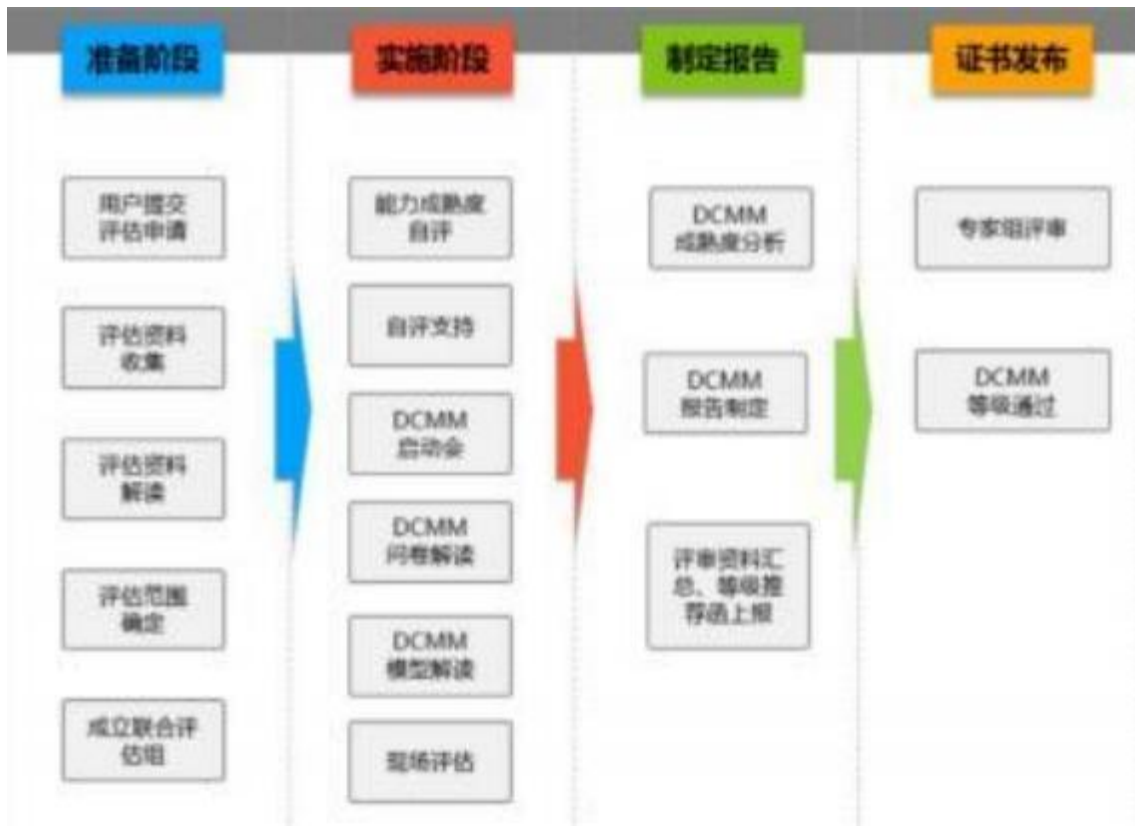


图 88-DCMM 评估流程

第一阶段(准备)：被评估组织填写 DCMM 评估申请表并签署技术服务合同；评估机构与被评估组织成立联合评估组，明确双方工作范围；评估机构向被评估组织发放相关材料清单，被评估组织进行第一次材料准备。

第二阶段(实施)：评估机构与被评估组织共同召开项目启动会，明确评估计划、评估流程、评估范围及评估人员；评估机构根据被评估组织所选择的评估业务类型进行实施，包括：DCMM 标准解读、现场企业自评或远程自评支持等。

第三阶段(发布)：从第二阶段结束后起算 5 个工作日内，被评估组织向评估机构提交补充材料。评估机构根据评估发现以及证明材料进行评分，制定 DCMM 评估报告并出具证书。

(3) 两化融合自评估与两化融合管理体系贯标

两化融合是企业提升自身创新能力和整体可持续竞争力的重要途径，企业可利用国家两化融合公共服务平台江苏省分平台（网址 <https://jspg.cspiii.com>），开展两化融合自评估、自诊断、自对标，通过诊断发现问题，通过对标找准方向，能够全面了解当前两化融合水平现状和发展定位，有效明确提升信息化环境下核心竞争力的可行路径。

企业两化融合评估依据为国家标准 GB/T23020-2013《工业企业信息化和工业化融合评估规范》。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 89-两化融合自评指标体系

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 90-两化融合贯标流程

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

一是自行贯标，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。二是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。三是课题研究式贯标，对大型的集团企业，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，待研究成果成熟后再在下属单位进行成果转化推广。

(4) 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。

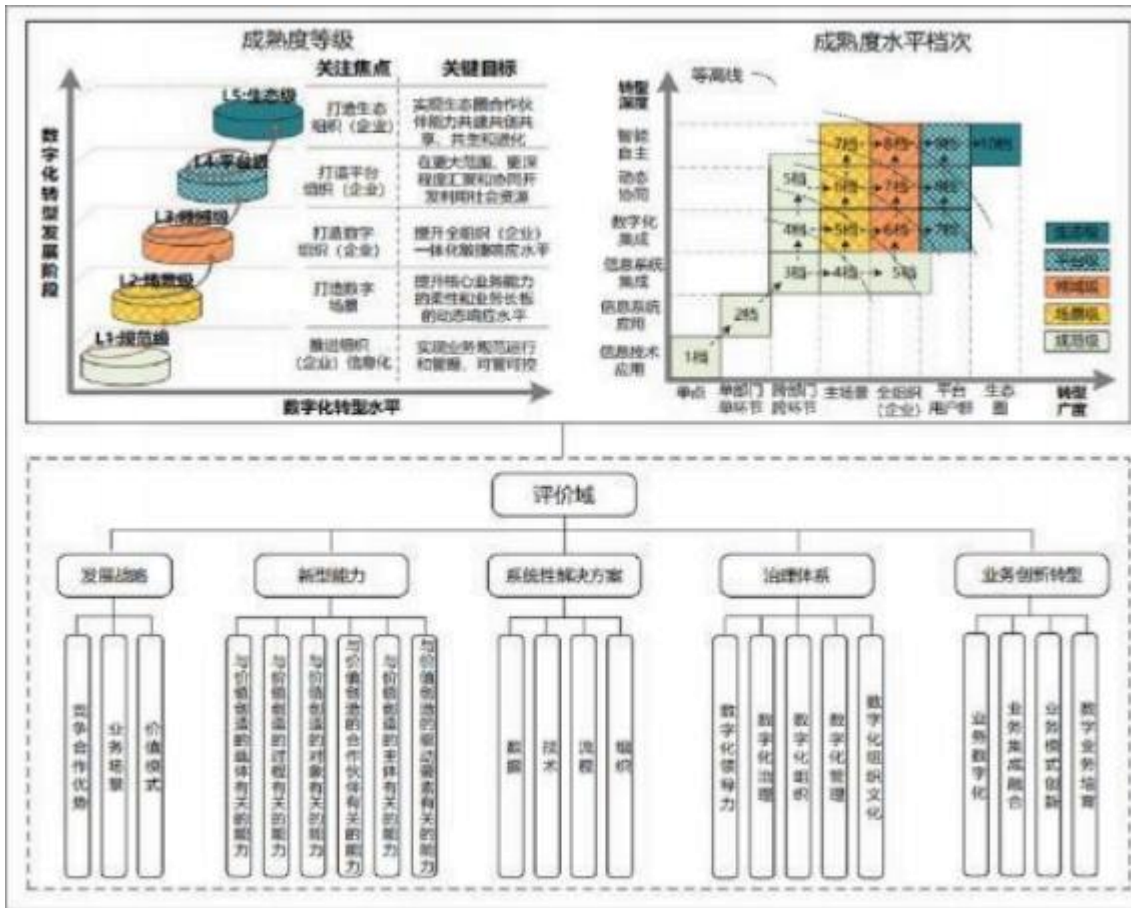


图 91-数字化转型成熟度模型

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.dltxx.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发展建议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过程提供咨询建议，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等。

（5）中小企业数字化转型评测

为进一步助力中小企业数字化转型，《中小企业数字化水平评测指标（2024年版）》从数字化基础、经营、管理、成效四个维度综合评估中小企业数字化发展水平，其中，数字化基础、管理和成效三个维度采用评分的方式确定等级，数字化经营部分用场景等级判定的方式确定等级。判断标准如下：

等级	数字化基础、管理及成效	数字化经营应用场景
----	-------------	-----------

一级(初始级)	≥20 分	不少于 6 个应用场景（其中不少于 3 个约束性场景）等级需达到一级
二级(规范级)	≥40 分	不少于 6 个应用场景（其中不少于 3 个约束性场景）等级需达到二级
三级(集成级)	≥60 分	不少于 8 个应用场景（其中不少于 5 个约束性场景）等级需达到三级
四级(协同级)	≥80 分	不少于 10 个应用场景（其中不少于 6 个约束性场景）等级需达到四级

中小企业可根据自身实际情况通过此平台完成线上自测（网址：<http://caii-sme.indusforce.com/>），也可发起线下诊断需求，评估师将通过人员访谈、问卷调查、系统演示、现场勘查等方式，为中小企业提供数字化水平评估诊断，助力中小企业明确实施路径，加快转型进程。

3、数字化改造

线缆行业推动智能化改造数字化转型诊断评估后，需要进行智能化改造落地。建议线缆企业借此契机进行：企业发展规划、人才招聘和培养、业务流程优化、工业互联网平台及应用引进、线缆生产自动化和智能化设备能力提升、生产过程控制和追溯、产业大数据建设等七大任务。

（1）企业发展规划：通过更详细的咨询帮助企业了解自身能力，制定科学发展目标。对企业进行深入调研、分析业务流程、提出智能化改造路线建议、确定各项目标、预算、时间里程碑，最终输出各项报告。为企业正确发展确定方向。

（2）企业人才招聘和培养，企业通过外部招募和内部人才培养的方式加强数字化人才队伍建设，包括企业信息化管理人员、信息化系统使用人员等。全方位提高员工的数字化素养和技能水平，确保建设的智能化设备和信息系统能发挥出既定的目标。从而推动企业内部管理的数字化转型。

（3）业务流程优化，业务流程优化包括产品研发至售后服务全生命周期流程、线缆生产工艺流程、线缆精益生产流程、供应链及营销业务流程、管理流程等。通过对各流程的收集、梳理、优化、执行、反馈实现智改数转合规、软实力的提升。

（4）工业互联网平台及应用引进，聚焦大数据中心化、信息化管理软件、生产自动控制应用、生产运营可视化等方面。对企业自动化设备和数字化业务归集的数据进行处置，建立企业智能化、标准化、信息化中枢。

（5）自动化和智能化设备能力提升

线缆企业引进先进的自动化和智能化设备，如上下料、AGV、AI 质量检测传感器等，代替传统的人工操作，提高线缆生产效率和降低成本。通过自主研发或与高校、科研机构合作，开发适合自身需求的自动化和智能化线缆生产制造设备，提高企业的核心竞争力。

（6）生产过程控制和追溯

线缆企业采用 MES、QMS 等生产过程控制技术和手段，实现基于数字化生产线、工业互联网平台技术的生产过程的全面自动化和智能化。同时，通过工业互联网标识解析体系建立线缆生产全生命周期过程追溯系统，实现线缆产品从原料采购到生产、销售等各个环节的全程质量、原材料、碳排放等信息的追溯，提高产品质量和安全性。

（7）产业大数据

线缆企业通过收集和分析产业大数据，深入挖掘数据中的价值，为企业的决策和发展提供数据支持。通过分析销售数据，了解线缆市场需求和消费者行为，为线缆产品研发、生产和销售提供参考。通过分析生产数据，优化生产流程和提高生产效率。

我们建议线缆企业智改数转采用分期建设，分期建设一方面降低资金压力，另一方面也随时调整建设项目以满足企业动态需求变化。信息化需求会随着技术、业务、产品、管理要求的变化不断调整。智改数转不是技术越先进越好，而是需要适合企业发展阶段，才能带来最大价值。

（二）相关政策

1、工信部智能工厂梯度培育

为贯彻落实国务院办公厅印发的《制造业数字化转型行动方案》，按照《“十四五”智能制造发展规划》任务部署，构建智能工厂、解决方案、标准体系“三位一体”工作体系，打造智能制造“升级版”，工业和信息化部，国家发展改革委、财政部、国务院国资委、市场监管总局、国家数据局联合开展 2024 年度智能工厂梯度培育行动。

智能工厂梯度培育行动将按照《智能工厂梯度培育行动实施方案》和《智能工厂梯度培育要素条件》的要求，分基础级、先进级、卓越级和领航级四个层级开展智能工厂的梯度培育工作。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，并对照各级要素条件开展自建自评。

智能工厂项目申报、评审、管理、评估等工作基于智能制造数据资源公共服务平台 (<https://www.miit-imps.com/>) 开展。



图 92-工信部智能工厂梯度培育

(2) 工信部 5G 工厂名录项目遴选

为深入推进“5G+工业互联网”创新发展，持续实施 5G 工厂“百千万”行动，加快高水平 5G 工厂建设，推动数字经济和实体经济深度融合，推进各行业领域企业“智改数转网联”，开展 5G 工厂名录项目遴选工作。企业通过“5G+工业互联网发展管理平台” (<http://5gii.aii-alliance.org/pro/login>) 或“5G+工业互联网发展管理平台—5G 工厂库”软件 (<http://www.aii-alliance.org/index/c222/n5142.html>) 填报项目。主要针对以下内容开展遴选：

1. 基础设施建设。开展 5G 网络建设，强化生产现场网络能力，创新网络建设服务模式；推动工业网络互通，运用新型网络技术，加快 IT-OT 网络融合；部署边缘计算，促进云网边端协同；建设业务系统，包括数据存储、标识解析平台，支撑生产运营智能化。

2. 厂区现场升级。推动现场装备网络化改造，加快工业控制系统融合，提升企业数据采集能力；统筹 IT-OT 应用融合化部署，形成集中管控、现场按需应用的融合方案；推动生产服务智能化升级，优化设备健康管理、工艺参数调优、能耗排放管理、产品售后服务。

3. 关键环节应用。支持 5G、人工智能、数字孪生等技术在研发设计、生产运行、检测监测、仓储物流、运营管理方面的应用，提升生产效率和产品质量。

4. 网络安全防护。升级安全防护能力，构建多层级网络安全防护体系，提升网络安全监测水平；提升安全管理水平，提高设备、控制、网络、平台和数据等安全防护能力。

(3) 江苏省先进级智能工厂

为深入贯彻国务院关于推动制造业数字化转型的决策部署，认真落实省政府办公厅《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）》（苏政办发〔2024〕39 号），根据工业和信息化部等部委开展智能工厂梯度培育、中小企业数字化赋能等工作部署，分层分级推进智能工厂建设，促进实体经济和数字经济深度融合。

构建智能工厂梯度培育体系，按照工业和信息化部等部委《智能工厂梯度培育行动实施方案》等文件，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。

各设区市工业和信息化主管部门结合免费诊断工作基础，制定本地区智能工厂梯度培育计划和支持政策，鼓励和引导企业在利用《江苏省企业数字化转型通用评估指标体系（2025 年版）》评价基础上，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，并推荐符合条件的企业申报省先进级智能工厂。

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。

具体要求可参见江苏省工信厅网站

（<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>）《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》。

(4) 江苏省制造强省建设专项资金项目

江苏省工业和信息化厅 2024 年为贯彻落实省委、省政府《加快建设制造强省行动方案》（苏办发〔2023〕15 号），推进新型工业化，加快构建现代化产业体系制定发布 2024 年度江苏省制造强省建设专项资金项目指南，项目支持重点如下：

（一）重点产业技术创新。重点支持企业创新载体建设、“1650”产业体系协同攻关、创新产品首购首用、产业人才培养等。

（二）智改数转网联。重点支持工业软件推广应用、智改数转网联项目建设、优秀服务商培育等。

（三）产业转型升级。重点支持淘汰落后改造、绿色制造、服务型制造升级示范等。

（四）服务体系建设。重点支持中小企业公共服务平台建设、“1650”产业服务体系建设以及国家、省委、省政府部署的重大任务和活动。

项目申报采取网上申报的方式进行，进入省工信厅网上政务服务（网址：<https://www.jszfw.gov.cn/col/col1140127/index.html>），点击“江苏省制造强省建设专项资金项目管理系统”（原省级工业和信息产业转型升级专项资金项目立项审核）进入申报页面。项目申报主体在线填写《2024年度江苏省制造强省建设专项资金项目申报表》，并上传其他申报材料。

具体要求可参见江苏省工信厅网站

（<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>）《省工业和信息化厅省财政厅关于组织2024年度江苏省制造强省建设专项资金项目申报的通知》。

（5）江苏省工业互联网平台

平台培育与奖励

头部平台做强补助：对综合评价排名前十的平台企业，按年营业收入10%给予最高500万元补助，助力头部平台企业进一步扩大规模和提升影响力。

“双跨”平台入选奖励：新入选国家级“双跨”工业互联网平台企业可获一次性1000万元奖励，鼓励企业积极争创国家级顶尖平台。

特色专业型平台入选奖励：新入选国家级特色专业型工业互联网平台和国家级工业互联网试点示范项目（平台类）的，给予一次性200万元奖励，推动平台在特定领域做精做专。

具体要求可参见江苏省工信厅网站

（<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>）。

六、 愿景与展望

随着现代科学技术的不断进步和信息化数字化的快速发展，线缆行业正面临着巨大的机遇和挑战。不远的将来，线缆行业将逐步实现全面的信息化数字化转型，推动行业的智能化、高效化和可持续发展。

在智能制造方面：线缆行业各企业将主动或被动推动智能制造的发展，通过引入物联网、大数据、人工智能等技术，实现生产过程的自动化、智能化和高效化。生产设备结合大数据、人工智能、设备管理和知识库体系建设具备自动调节、自我诊断和自我维护的新一代智慧生产设备，实现生产过程的全面优化和智能化管理。

在管理决策方面：线缆行业将迎来数据驱动决策的管理模式，行业将通过大数据融合分析和数据挖掘技术，实现对生产、销售、供应链等环节的数据实时监控和分析，帮助企业做出更准确的决策。通过对大数据的深度挖掘和分析，以发现潜在的市场机会，优化产品设计和生产流程，提高产品质量和客户满意度。

在生产资源管理方面：线缆行业将通过信息化数字化技术，实现能源的优化利用和资源的高效管理。通过智能能源监控系统，实时采集能源数据，并进行数据分析和报告生成，以便及时发现能源管理问题和改进措施。同时，通过优化生产流程和设备运行参数，降低能源消耗，减少资源浪费和绿色低碳排放，实现可持续发展。

在供应链协同方面：线缆行业将通过信息化数字化技术，实现供应链的协同管理和优化。依托上下游产业链融合的数字化供应链管理系统，实现对供应商的实时监控和评估，优化供应链的运作效率和成本控制。同时，通过与客户的信息共享和协同设计，实现定制化生产和快速响应客户需求，提高客户满意度和市场竞争力。

在产品全生命周期追溯和质量管理方面：线缆行业将通过信息化数字化技术，实现产品的全生命周期追溯和质量管理。通过引入工业互联网标识解析体系实现产品的唯一标识和追溯，帮助企业追踪产品的生产过程、原材料安全、产品碳足迹、质量追溯等内容，提高产品质量和安全性，增强消费者信任。

人才培养和创新能力提升：线缆行业将重点关注人才培养和创新能力提升，通过引入先进的信息化数字化技术，提高员工的技术水平和创新能力。同时，通过与高校和研究机构的合作，推动科技创新和技术进步，保持行业的技术领先地位。

线缆行业将迎来一个全面智能化、高效化和可持续发展的过程，推动行业的可持续发展 and 创新能力提升。

附件 1：典型案例

案例一：中天科技装备电缆 5G 全连接工厂

1、企业简介

中天科技装备电缆有限公司系上市企业中天科技（600522）全资子公司，国家高新技术企业、国家知识产权示范企业，致力于特种电气装备用电缆研发、生产等服务，提供高质量特种线缆解决方案，主要产品有轨道交通车辆用电缆、船舶海工电缆、新能源电缆、通信电源用软电缆等。公司已获得泰尔认证、3C 认证、安标认证、ISO 国际质量体系认证等各项认证，轨道车辆用电缆已通过铁道部 CRCC 认证及莱茵BS6853、DIN5510 防火认证；在智能制造方面，企业先后荣获了全国两化融合管理体系贯标、江苏省两化融合示范企业，建设了省市级智能示范车间、省 5G 全连接工厂。中天装备电缆实现了车间半成品流转无人化，线缆缺陷在线高精度识别，作业安全智能监控，智能化排产、柔性生产，绿能使用一体化调控。中天科技装备电缆的电缆智能车间于 5G 网络全连接理念，实施柔性化布局，整个生产运营融入“平台+标识”的产业化创新模式，以数字化融合重塑了整体的生产流程，全面赋能打通智能生产、智能仓储、智能检测、智能展示、集成管控多环节。

2、主要做法

(1) 搭建中天科技 5G 企业专网

在中天装备电缆厂区以 5G 宏站为基础，新增 AAU 三套，5GBBU 一套，并在机车缆车间内部辅以信号放大器对机车缆车间 5G 网络优化。机车缆车间内部设备互联以上述 5G 网络为基础，并在设备侧布局 5G 模组，实现机台-MES 系统-云平台互联。

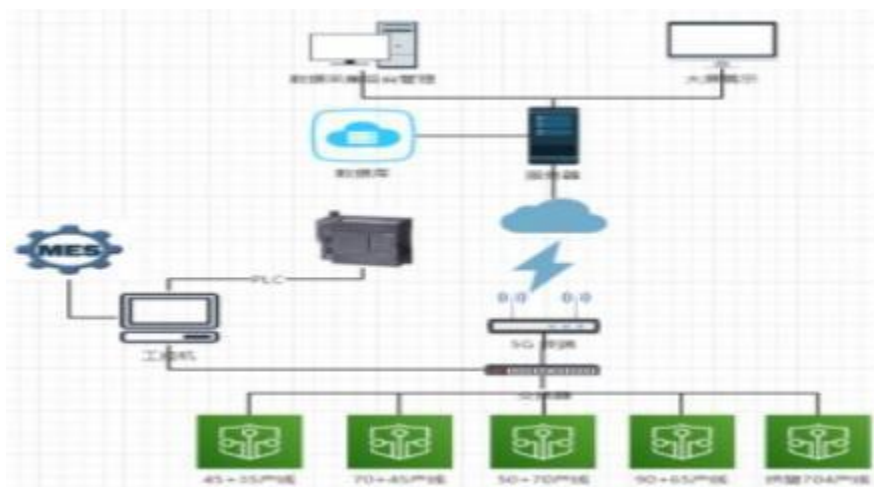


图 93-网络架构图

(2) 智能数据采集

为实现产线设备数据实时采集，解决边缘数据采集网关对接、数据传输问题，通过搭建 5G 专网，部署边缘智能采集网关，将产线设备数据实时采集上传至统一平台，实现故障告警、预防性维护等定制化功能，并通过大数据分析指导工艺优化。软件实施内容包括 MES 调度-机台互联，以及云平台展示连接，如图所示：



图 94-云平台展示

(3) 产品数字化研发与设计

可以集中管理和存储电缆 BOM 数据，避免了数据分散和重复存储的问题。通过 PLM 系统协同工作和跨部门协作的功能，促进了不同部门成员之间的合作和沟通。PLM 系统可以有效地进行电缆 BOM 的版本控制，及时更新和修订 BOM 数据。同时，通过 PLM 系统的历史追溯功能，用户可以追踪 BOM 数据的变更历史，了解变更原因和时间，更好地把握 BOM 数据的管理。

(4) 构建 CAPP

电线电缆 CAPP 是一种计算机辅助工艺设计系统，用于帮助电线、电缆企业进行工艺设计和变更，并实现工艺文件的电子化和自动化管理。该系统内置了线缆行业产品的标准化信息，包括型号、电压、规格、执行标准、生产工艺等数据，可以大大提高电线、

电缆企业的工作效率。

（5）引进机器视觉与AI技术

采取边缘计算的方式，实现线缆表面缺陷的智能在线检测。根据质量标准，按照大类准确识别包括椭圆度、划痕、破洞、凹坑、鼓包、线缆直径、积料、焦料、砂眼、烫伤、划痕、刮伤、鼓包、杂质在内的主要线缆质量缺陷，有效提升检测效率、降低生产成本。

（6）工业互联网标识应用

将工业互联网标识融入到MES、QMS、LIMS等系统中，实现产品全生命周期质量溯源，有效提升企业的质量管理水平。MES系统实现生产原材料的领用和下发，QMS系统实现材料检测管理，LIMS（实验室管理系统）实现样品报修到检测报告的闭环管理。将分散在各个业务系统中的环境、工艺、设备、能源、原料等各类有价值的信息抽取出来，进行统计分析、决策利用，实现产品在原材料进厂、半成品加工、产成品出入库、物流运输等全生产过程精细化管理。通过产品的唯一标识码，准确追踪产品的生产批次、生产厂家、原料来源、质量检验等信息，有利于企业及时发现和解决问题，提高产品质量和客户满意度。

（7）设备全生命周期管理

为了实现设备档案的数字化、网络化和智能化，提高设备档案的管理效率和利用价值，需要根据设备的特点和实际需求，确定需要记录的档案信息，即设备属性信息，例如设备的名称、型号、类别、品牌、供应商、购置日期、购置金额、保修期、所属部门，负责人、位置，使用状态、维修记录、保养记录，巡检记录，使用备件，设备技术资料等，形成设备履历，形成设备运维知识库，为后期设备运维提供借鉴。**设备故障维修：**设备若是在生产过程中产生故障，应有良好的报障与跟进处理机制，减少停机时间，降低停机率，实现故障动态清零，零故障不是说设备不出现故障，而是指设备在生产时间内不出现故障，而维修技术人员通过技术手段在非生产时间将设备的故障消除在萌芽状态。**设备预防性维护：**对现场生产设备进行预防性维护、管理和控制，确保设备处于完好状态，充分发挥设备的使用效能，从事后维护转变为预防维护，其中检修和定期保养是重要手段。**备件管理：**建立备件精细化管理是设备管理过程中必不可少的一个环节，它保证了备件品种的及时供应，及时有效的备件供应可以缩短修理时间、减少停机损失，提高设备的可靠性，提高企业日常产能。

设备远程运维：统一各种控制系统的对外通讯协议标准，降低数据采集难度，在控

制系统与信息系统网络之间加装物理单向隔离网闸，防止信息系统对控制系统产生干扰和影响。在现场仪表和设备采集，可利用 5G 网络、NB-IoT 等物联网网关等技术，采集现场设备设施实时数据，这些实时数据，可存储于工业时序数据库中，用于大数据的分析和应用。

（8）建设智能仓储系统

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）。**自动化存取：**利用自动化设备，如自动搬运机器人和货架系统，实现电线电缆的自动存取，提高仓储效率。立体库和平库等。**信息化管理：**通过使用仓储管理系统（WMS），实现对电线电缆的入库、出库、移库等信息的实时管理，同时能记录每日搬运卷数、次数、时间等数据，提高工厂信息化管理水平。**智能化转运：**通过智能化转运设备，如 AGV 搬运机器人，实现电线电缆的智能转运，提高转运效率。**安全防护：**通过智能避障等安全防护措施，确保搬运过程中的安全性和产品完整性。

（9）实时能源监测

针对不同的设备终端通过对接设备管理、设备通讯网卡、计量表具数据串口、摄像头识别计数等方式进行数据采集和传输汇聚。应用 PDA、看板显示屏、大屏、手机等终端建立单台/套设备、工序、工段、车间及厂区集中控制中心等多层级实时能耗数据监测应用场景。通过对采集的数据进行比对分析，测算同类设备或工序的用能情况。预测长周期下设备价值，为设备淘汰更新、技改提供价值建议。对有能耗管理表现优良的设备配置、工艺参数设定进行同类复制。

3、实施成效

（1）经济价值

建成了基于标识的“5G+工业互联网”全连接工厂，对全连接工厂里的硬件进行标识标注，如 AGV 叉车、工业产线，仓储库位，数据传输网关等。应用基于标识的工业互联网平台实现 ERP、MES、WMS、WCS 等系统全面互联互通，实现融合创新五大应用场景（14 子场景）。达成了产能提升 30%、内部空间利用率提升40%、搬运浪费减少 20%、质量管理提升 15%的目标，将“智改数转”实实在在转化成了企业效益。

（1）转型变革

部门变化：生产、物流、仓储、质量控制等部门的自动化和智能化水平显著提高。

工作方式：从人工操作和经验判断转变为数据驱动的决策和自动化执行。

人员配置：减少了对低技能劳动力的依赖，增加了对技术专家和数据分析师的需求。

业务和利润结构：通过优化生产和供应链，企业实现了更高的利润率和更稳定的业务增长。

产业结构和价值链：企业在产业链中的位置提升，从单纯的生产者转变为提供高附加值解决方案的供应商。



图 95-AVG 精准配送

案例 2：无锡江南电缆有限公司

1、企业简介

无锡江南电缆有限公司（以下简称公司）始建于 1985 年，是一家专心、专注、专业于电线电缆研发、制造、销售和服务的高新技术企业，综合竞争力位居行业前五，是中国制造业企业 500 强、中国民营企业 500 强、中国线缆最具竞争力企业 10 强。母公司江南集团于 2012 年 4 月在香港上市（股票代码：HK01366）。公司主要生产 500KV 及以下电力电缆、电气装备电缆、1100kV 及以下裸电线等三大类、100 多个品种、4 万多个规格的产品。公司产品先后应用于西气东输、南水北调、北京奥运会、上海世博会、南京青奥会、深圳亚运会以及北京冬奥会等国家重点工程和地标性工程项目，产品远销世界 100 多个国家和地区，自营出口额连续多年保持行业领先。

公司秉承“包容专注、品质诚信、开拓创新、融合制造、低碳生态”的核心价值观，以“做能源使者，让五彩光耀全球”为使命，以“创建国内一流、国际知名的大型电缆企业集团”为愿景，以智能制造和绿色制造为引领，助推高质量发展。

2、主要做法

智能电网用中高压电缆智能工厂建设在引进国际先进设备基础上，依托公司工业互

联网平台、工业云平台、管控集成平台、大数据管理平台等，把信息化建设融入到工厂整体建设总，将新一代信息技术和智能技术集成应用于工厂工艺设计、计划调度、生产作业、设备管理、质量管控、仓储配送、能源、环保、安全管控、互联互通等环境，进一步强化大数据、云计算、物联网、人工智能、机器学习、视觉分析等信息技术应用，全面打造基于管理全过程、经营全流程的互联互通和全面数字化转型的智能示范工厂，实现全流程支撑、全范围覆盖、全方位协同、全过程管理，全面提升工厂的管理水平。



图 96-总体架构

(1) 工艺设计环节

构建基于工业互联网化的研发设计协同平台，与江苏金思维软件有限公司升级江南电缆线缆结构工艺辅助设计系统（CAPP），在此基础上应用CAD 建立电缆三维结构数字化仿真模型，应用CAE 进行导体力学、热力学分析，确定产品工艺流程和物料定额，实现产品、工艺设计与仿真，建立数字化虚拟工厂，采用数字化检验、物理检测、试验等方式进行验证与优化；

建立产品数据管理系统 PDM，满足电缆产品品种、规格繁多及研发项目的多配置管理，对产品设计、工艺数据进行集成管理；在 PDM 及与中国质量认证中心（CQC）共享生命周期数据库基础上，应用 eBalance 软件系统进行电缆全寿命周期评价与设计。

(2) 计划调度环节

基于工业互联网环境下，整合 MES 系统与SAP-ERP 系统的数据，在两者信息交互协

同下，自主研发高级计划与排产系统 APS；在客户订单的全生命周期中，开发 CRM、SRM 系统，并交互集成，实时采集客户订单、原料、设备、生产线、人员以及模具等生产数据，通过大数据技术分析、发现历史预测与实际偏差概率，分析产能、人员技能、物料可用、工装模具等各类生产要素，通过智能优化算法，制定预计计

划排产，动态调整计划排产方案，并与 MES、SAP-ERP 等管理系统进行数据协同，实现异常情况自动预警。

(3) 生产作业环节

应用 MES 智能制造系统，包括作业反馈、材料反馈、辅助项反馈、生产入库、工序送检、完工送检等模块，实现任务订单、物料在制品等资源的实时跟踪和自动检测。

(4) 设备管理环节

淘汰原有老旧国产设备，引进国外智能化、绿色化、高端化的意大利翡杰乐双头 9 模拉丝生产线、德国斯凯特高速同心绞、麦拉菲尔超高速中压电缆交联生产线等设备，拉丝、绞制、挤出等所有关键工序实现自动化；应用 EAMIC 设备运行管理系统，实现对设备管理的数字化和信息化。关键工艺设备主要工艺参数实现自动采集，自动在线监测设备工作状态，在线数据处理、分析判断，及时进行设备故障报警和预诊断，设备温度控制、模具位置等可自动调试修复。



图 97-故障维修统计

(5) 质量管控环节

挤出、局放等关键工序设备安装厚度、温度、张力等大量传感器，利用大数据分析生产流程，当数据偏离关键工序时，及时报警预判；工厂质量管理体系外径、电阻等关

键在线检验设备无缝连接，自动生成、汇总质量数据；统计过程控制自动生成，实现质量全程追溯、远程监造。

(6) 仓储配送环节

基于工业互联网环境下，自主研发仓储物流管理系统 WMS，并与 SAP、MES 进行集成，基于条形码、二维码等识别技术实现出入库管理，对统一架构的生产进度管理模型、产品物料输送模型等分析，动态调整生产计划进度，最大化节约库存资源，优化库存管理。应用智慧物流管理及协作平台 TMS，建设业务财务一体化管控、智慧移动无纸化、上下游协助交易、互联网物流增值服务实现订单管理、配载作业、调度分配、行车管理、GPS 车辆定位系统、车辆管理、人员管理等，提高物流效率。

3、实施成效

(1) 创新成效

在智能工厂的建设过程中，公司加大技改力度，引进世界一流的生产、检测装备，加快传统设备的数字化、信息化改造；公司加快引进了 MES、SAP、SRM、HR、TMS、OA、CAPP、EMAIC 软件和系统，自主开发了微信综合查询系统、远程传真系统、远程下单系统和电子红本系统，实现经营全流程的信息化管控。创新点主要体现在以下几个方面：一是构建了以互联网数据融合驱动的机制实现经营全流程创新。本项实现制造系统的优化、产品全流程优化、资产全流程优化、商业全流程优化和跨链条优化，保障公司内部、公司与上、下游的协同与集成，能够有效支撑电线电缆提升行业效率、降低资源损耗，符合电线电缆行业呈现出“订单次数多、批量小、交付时间短，上、下游节拍要同步，公司生产计划与制造能力要强、产品质量要高，生产制造企业采购次数多、批量小、时间短，产品服务快速及时”的基本要求，切实创新了行业企业经营管理模式。二是建立了“反馈-优化”动态响应机制下的公司管理模式创新。在本项目建设和实施过程中，公司重新优化和变革经营管理业务活动流程，并相应调整了组织结构，使得流程更顺畅、管理更科学，大幅度提升效率。三是形成了两化融合建设的创新模式和应用样板。

本项目实现核心产品和服务的各类资源更加自主地在产品研发设计、工艺流程管理、作业计划设定、智能制造装备和测试等流程中共享和集成，能够更加高效地实现价值创造，为构建工业互联网平台提供了重要实践，对于推广平台在电线电缆行业及相关行业内的推广具有重要意义。

(2) 经济成效

公司通过智能工厂建设，取得了较好的经济效益。经统计计算，相比于 2019 年，

生产运营成本降低 7.34%；产品一次研发成功率 100%，研发效率提高 15%，缩短产品上市时间 25 天；用工人数量减少率为 9.30%；车间成品一次交检合格率提高 0.2%，残次品率降低 0.12%；库存周转率提升 10.11%，流动资金运转周期减少 10 天。

案例三：江苏中超电缆股份有限公司

1、企业简介

中超电缆于 2020 年开展超高压智能工厂建设工作，2021 年完成工厂智能化建设改造，投资约 6100 万元，并建成以 MES、ERP、CAPP、智能工厂物联数据统一管控、大数据中心为基础的工业互联网平台，信息化软件投入约 400 万元。通过智能排程、智能调度、智能物流、实时数据采集、实时监控为核心的车间执行制造系统，承上启下，结合现场总线，工业物联网络，连接现场设备、测控系统、传感器、工业仪表等物节点，对工厂各要素进行高效协同，实现生产精细化管控，不断提高产品质量，降低生产成本，适应市场变化，提高客户服务水平。

2、主要做法

(1) 研发设计环节

通过应用 CAD、solidworks 等设计软件进行三维工艺设计，并采用 CAPP 辅助工艺设计系统对新产品工艺、结构、定额、生产流程进行仿真计算，优化生产工艺，提高产品质量，降低生产成本。

(2) 生产制造环节

生产排程柔性化。生产排程环节利用 CAPS 生产计划智能排产调度系统，使用静态调度、动态调度相结合的模式，针对生产计划和车间的实际状况来对各计划进行快速合并、拆分、插单、数据继承等实现柔性生产，优化调配员对生产作业实时调度的能力。

生产作业数字化。生产计划通过 MES 系统自动生成并下达到车间机台工位机上，工人可通过工位机实时调阅本班生产任务、工艺要求、BOM 材料清单等信息，并实现对生产任务的开工、完工、报工、过程检验数据的实时纪录及上传。打通生产现场和生产管理办公室信息通道，实现数据共享。

过程质量可追溯。生产过程中采用 ERP、MES 系统相结合管理模式，实时记录产品生产及过程检验信息，每道工序半成品入库、成品入库都会有系统自动生成唯一批次信息，并实时打印二维码标签。实现各工序间原材料-半成品-成品之间的信息串联，半成品生产过程中都需按工艺要求上传质检信息，每道工序半成品、每批次每盘成品都可通过系统生产调度模块进行反向查询材料使用及过程检信息，以实现每批次产品质量信息

的可追溯。



图 98-检验单

生产设备自管理。员工可在 MES 系统中实现对生产设备的点检、保养、维修等管理操作。生产过程中通过物联网自动采集设备运行的重点参数并实时传送到智能工厂管理平台 and 大数据中心。

生产管理透明化。通过大数据中心和数据中台实现对生产订单、计划、完成率、合格率、设备运行数据等生产数据的集成，并通过各种图表形式直观展示。

物流配送智能化。工厂内通过 MES、CAPP 系统、GPS 定位、二维码扫描、手机钉钉软件的有机结合，高效的将生产计划、物料定额需求计划与实际现场物料配送结合，通过集中供料系统，实现原材料的集中配送，保证原材料的点对点运输，精准配送至生产机台边，并实现物料配送的实时跟踪和统计，有效提升配送效率，节省仓储空间，也避免人工发料出现的错误，同时也减少现场物料运输的安全风险。

仓储管理主业务流程



图 99-仓储管理业务流程

能源资源利用集约化。工厂采用线上电能监测与管理系统，及时全面了解公司配网的实际运行情况，对能源使用数据进行分析并及时发现存在问题从而进行优化，大大提高了能源资源利用率。

(3) 经营管理环节

公司围绕企业战略进行信息化规划，提升信息化战略管理，培育企业的管控能力和整合相应的资源优势，以实现和创造企业新的盈利模式、价值网络。经过多年的发展，目前公司通过 ERP、MES、CAPP、CAPS、SDCC、大数据中心对公司经营管理的各要素进行高效协同，实现业务管理的流程化、系统化，降低生产成本，适应市场变化，提高生产交货能力和客户服务水平。

标杆工厂是集中于各个车间的信息集成和管控，而这些系统数据与公司其他的业务部门进行信息共享，实现业务（ERP）、财务（EAS）、物流发运（TMS）、供应链（SCM）和生产联动（MES），辅助工艺设计（CAPP）和产品生命周期（PLM）联动，并与国网等重要客户实现平台对接，产品质量信息、生产过程数据通过物联网关云平台，实时分享到客户的业务系统中，实现从车间——工厂——业务管理部门——客户之间的信息上下游联动共享。

(4) 运维服务环节

ERP 系统为产品提供了规格型号、客户需求等主要信息；CAPP 系统为产品提供了生产工艺要求、生产工序、产品结构以及物料需求信息；MPS 为产品提供了生产计划、排

产调度信息；PLC 设备实时数据采集通过时间耦合为产品提供了生产过程工艺数据信息；出厂试验可追溯系统为产品提供了质量检验信息。而这些信息结合现场工位机操作以及二维码应用，实时汇集到工厂物联数据统一管控平台和大数据分析中心，而根据远程监造的要求，这些产品信息（业务数据信息、生产过程信息、质量追溯信息、质量分析报告）同时通过物联网关实时发送到国家电网、南方电网的业务平台上。在这个平台上，管理者也可通过不同维度、不同管理目标来进行查询分析，以提高产品质量及生产进度管控效率。

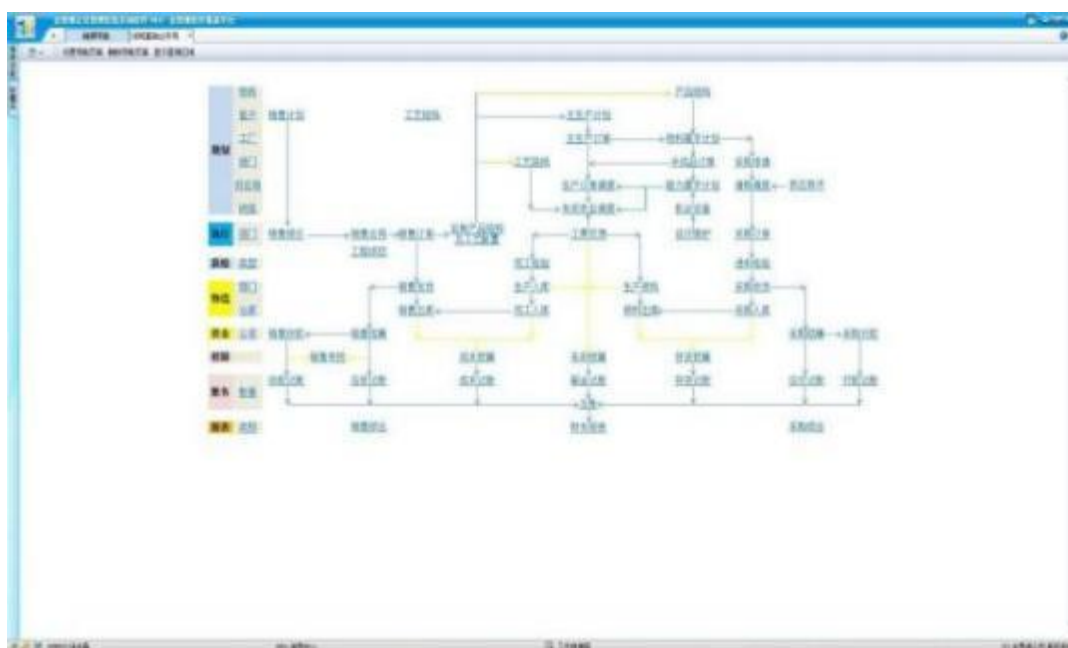


图 100-业务流程图

3、实施成效

本工厂采用先进智能化装备，建立生产过程数据库，充分采集制造进度、现场操作、设备状态等生产现场信息；提高车间加工过程质量检测自动化程度，建立产品质量追溯系统，实现制造过程检验数字化，使得工厂年度产能提高了 21%，生产运营成本降低 22%。通过智能化设备及系统使用率的提高，大大降低了生产过程中出现的各种故障，产品不良品率降低 21%。生产过程中与生产相关的所有信息和过程实现集成、统一管理，为生产管理人员提供协同工作环境，实现作业指导及维护无纸化，将生产数据电子化管理，保障工艺文档的准确及安全性，从而提高设备综合效率及劳动生产率。

工厂采用线上电能监测与管理系统，及时全面了解公司配网的实际运行情况，对能源使用数据进行分析并及时发现存在问题从而进行优化，大大提高了能源资源利用率。工厂对各类生产水平进行安全技术改造，增加例如“行车超载自动断电保护装置”、“试

验大厅红外线光电保护装置”、“安全智能 NVR 视频监控系统”等装置系统，并建立安全作业各项管理制度，充分利用信息化管理手段，充分落实安全管理工作。

序号	指标内容	指标数值 (%)
1	生产运营成本降低率	22
2	产品不良降低率	21
3	设备综合效率 (OEE) 提升率	12
4	劳动生产率 (人均产值) 提升率	11
5	能源利用提升率	6
6	水 (材) 利用提升率	7

案例4：扬州曙光电缆股份有限公司

1、企业简介

扬州曙光电缆股份有限公司是一家专业研发、生产、销售电电缆的企业，产品广泛应用于电力、石化、石油、轨道交通等领域，是国家高新技术企业、国家级绿色工厂等。面对激烈的市场竞争和日益严格的环保要求，曙光电缆积极进行智能制造和数字化转型，提升企业核心竞争力，为推动行业高质量发展贡献力量。



图 101-曙光电缆

2、主要做法

曙光电缆以智能制造为核心，以 MES 系统建设为抓手，通过部署 MES、SDCC (供应

商数据采集中心)等数字化系统,实现了企业的数字化转型,打造了定制化特种电缆智能制造工厂,提升了企业信息化水平,提高了企业经济效益。

(1) MES 系统应用

曙光电缆的智能制造工厂建设中, MES 系统扮演着核心角色。MES 系统负责将生产计划转化为具体的作业指令,并实时跟踪生产过程,收集生产数据,为生产管理和决策提供支持。

生产计划与排程: MES 系统与 ERP 系统对接,自动生成生产计划,并根据设备状态、物料库存等信息进行智能排程,优化生产资源配置,缩短生产周期,提高生产效率。MES 系统通过甘特图将线缆工厂的产线资源集中呈现,操作人员能够快速了解机台产线的班次、生产任务,并通过可视化调度及一键排程等操作,更敏捷的控制生产进度。并通过实时监控车间运行状态,自动安排任务的执行顺序和资源分配,解决人工派工效率低,不易调整等问题。例如,通过 MES 系统,曙光电缆将生产计划从原来的周计划精细化管理到日计划,进一步提高了生产计划的执行效率和准确性。



图 102-生产中心

生产作业管理: MES 系统实现生产作业的自动下发和跟踪,以及生产数据的实时采集和分析,确保生产过程可控、可追溯,及时发现并解决问题,提高产品质量稳定性。例如, MES 系统可以根据生产任务自动生成生产工单,并将工单信息发送到生产现场,指导生产人员进行生产操作。

质量管理: MES 系统建立产品质量追溯体系,实现产品质量的实时监控和追溯,以及质量问题的统计分析,为质量改进提供数据支持,提高产品质量水平。例如, MES 系

统可以记录每一批次产品的生产过程数据，并生成质量报告，方便质量人员进行质量分析和改进。

设备管理：MES 系统实现设备运行状态的实时监测和故障预警，以及对设备维护和保养的跟踪记录，提高设备利用率，降低维护成本，延长设备使用寿命。例如，MES 系统可以实时监测设备的运行参数，并生成设备运行报表，帮助设备管理人员及时发现设备故障，并进行预防性维护。



图 103-车间设备看板

数据分析与决策支持：MES 系统收集和分析生产数据，为企业管理决策提供数据支持，帮助企业优化生产流程，提高生产效率，降低生产成本。例如，MES 系统可以根据生产数据生成各种生产报表，帮助企业了解生产情况，并进行生产优化。

(2) 数据汇集与分析

曙光电缆搭建了数据汇集中心平台（SDCC），承载各信息系统数据，与客户系统进行对接，实时反馈客户需要的信息数据，满足客户定制化需求。数据汇集平台通过集成 ERP、MES、数据采集和在线监控以及质量检测数据，实现了业务数据和物联数据的汇聚融合，为智能化工厂提供数字信息来源，为用户提供定制化的产品服务，提高了客户满意度和忠诚度。



图 104-供应商数采中心

(3) 业务流程优化

曙光电缆通过 MES 系统实现了生产计划的动态调整、自动派工、生产作业的自动下发，优化生产流程，提高生产效率。MES 系统根据生产计划和实时生产数据，自动进行资源调度优化，包括设备、人员和原材料等资源的分配和调度，确保生产任务按时完成。根据工单信息、员工技能和设备状态等因素，智能地进行派工决策，提高了生产管理效率，避免了资源闲置和生产瓶颈。例如，MES 系统可以根据生产任务和员工技能自动分配工作任务，避免了人力资源的浪费。

(4) 库存管理优化

曙光电缆采用原材料二维码管理，结合 MES 系统移动应用（如 PDA、平板）实现物料流转快速数据采集与线边库存智能管理，能够大幅降低企业生产物料库存、节约库存成本。例如，通过二维码扫描，MES 系统可以实时记录物料的出入库情况，并自动更新库存信息，避免了库存管理的误差和漏洞。

(5) 国产软件应用与信创支持

曙光电缆智能制造工厂建设过程中，生产信息化系统包括 MES、SDCC 在内均为具备自主知识产权的国产软件，同时 MES 支持在国产信创环境中部署和运行，极大的保证了曙光电缆的生产数据安全，同时也推动了国产软件在线缆行业中的应用。例如，MES 系统可以与华为的鲲鹏服务器进行适配，保证了系统的稳定性和安全性。

3、实施成效

(1) 创新成效

曙光电缆通过智能制造工厂建设，提升了企业在工艺设计、计划调度、生产作业、

设备管理、质量管控等多个重点环节智能化水平，减少了材料、工艺执行差错率，降低了企业的生产经营成本，提高了设备利用率和劳动生产率，实现了节本降耗，促进了企业高质量发展。曙光电缆还突破了多项关键技术，如核电站超耐辐照高阻燃特种电缆绝缘关键技术、轨道交通重点工程用直流电缆护套B1 阻燃及防鼠蚁关键技术等，这些技术成果达到了国际领先水平。

（2）经济成效

智能制造工厂建设提升了曙光电缆的市场竞争力，实现了生产效率提升、产品质量提高、不良品下降、人员减少等效果，降低了生产成本，提高了经济效益。具体来说，智能工厂的建设使得公司的人均生产效率提高 12%、产品不良率下降0.3%、单位成本下降 3.67%、单位产品能耗下降 15.61%左右、单位产品物耗下降 1.75%左右、产品研制周期缩短 10%。

案例 5：江苏亨通电力智网科技有限公司

1、企业简介

江苏亨通电力智网科技有限公司（以下简称“亨通智网”）是一家专注于光纤光缆研发、生产和销售的企业，拥有先进的生产设备和检测设备，以及完善的质量管理体系。随着业务量的不断增长，亨通智网面临着检测效率低下、数据利用率低等问题，亟需进行数字化转型，提升实验室检测的整体数字化与智能化水平。



图 105-亨通电力

2、主要做法

亨通智网引入LIMS 智慧实验室管理系统，针对检测效率低、手工作业程度大、数据利用率低等问题，采取了一系列措施，打造线缆检测作业的提效工具，并实现与供应商数据采集中心的对接，打通一体化智慧检测实验室。

(1) 数据采集自动化

设备接口集成：通过与实验室设备的无缝连接，实现数据的实时传输和共享。例如，系统与 OTDR、拉力机、导体电阻等设备进行接口集成，自动采集测量数据，避免人工录入，提高效率和准确性。



图 106-数采自动化

数据采集模块：开发数据采集模块，将检测结果值自动集成到检验记录结果中，减少人工操作，避免人为误差。

(2) 数据处理智能化

检测报告自动化生成：依据强大的数据引擎和结构化的标准库模型，实现检测报告的一键生成和检验结果的自动判定，大大提升检测报告的编制效率和准确性。



图 107-LIMS 系统

数据统计分析：内置检测数据可追溯模块，通过系统完成原材料、生产与检验的协同和对历史检测数据统计分析，创建可视化检测数据报表，包括合格率统计、SPC 控制图、正态分布图等，实现生产、检测数据的可追溯性，提高数据利用价值。

智能实验大厅：打造实验室智慧驾驶舱，汇聚实验室全状态运行数据；样品下达、检测分配执行、报告编织等情况一览无余；合理安排调度实验人员，提供最优解决方案。



图 108-智能驾驶舱

(3) 业务流程优化

定制化功能开发：针对亨通智网的业务需求，定制化开发光纤库存流转检验、合格证模板管理、合格证打印等功能模块，满足企业个性化需求。

流程优化调整：对检测报告-审批流程、不良品处置-系统改造及审批流程进行优化调整，简化流程，提高效率。

(4) 系统集成

与 MES 系统集成：包括与 MES 原材料采购入库检验申请单接口、检验状态接口、检验结果回传接口开发，实现检测数据的统一管理。

与 OA 系统集成：LIMS 中提报的不良品登记信息将自动推送 OA 中进行审批，以及将后续审批结果反馈到检测系统中进行处置归档，实现信息共享和流程协同。

(7) 内外部协同

内部协同：与企业 MES 进行对接，并将原 MES 系统内部分检测业务迁移至LIMS 中完成，实现检测数据的统一管理；同时与企业 OA 进行打通，LIMS 中提报的不良品登记信息将自动推送到 OA 中进行审批，以及将后续审批结果反馈到检测系统中进行处置归档。



图 110-业务协同

外部协同：LIMS 满足国网EIP 最新生产试验相关数据采集要求，将产品检测数据自动化对接到国网EIP 平台，减少人员的重复录入工作。

3、实施成效

(1) 创新成效

无纸化管理：实现实验室流程数字化，减少人工操作，提高效率，降低错误率。

数据实时监控和全面分析：及时掌握实验室设备状态和实验数据，进行深入分析和挖掘，帮助实验室快速定位重点问题和瓶颈。

实验质控全面化：提供全面的实验质控管理，确保实验室数据的准确性和可靠性。

数据安全和隐私保护：对实验室数据进行加密和备份，确保数据安全性和隐私保护。

多维度查询和快速定位：快速定位任意样品或实验的流程，减少错误率，提高工作效率。

(2) 经济成效

数据转录速度提升 3 倍：通过设备数据自动采集录入，极大降低了原始数据采集的复杂度，提高了实验效率和数据质量。

检测报告编制效率提升 5 倍：检测报告的一键生成和检验结果的自动判定，大大提

升了检测报告的编制效率和准确性。

(3) 转型变革

实验室工作方式转变：从手工操作向数字化操作转变，大幅提升工作效率和质量。

实验室人员职能转变：将检测人员从繁琐的数据录入工作中解放出来，专注于数据分析和管理。

案例6：宝胜高压电缆有限公司

1、企业简介

宝胜高压电缆有限公司，隶属于航空工业宝胜科技创新股份有限公司，致力于制造和销售高压、超高压电力电缆，并提供电缆接头、终端等全套电缆附件。公司拥有先进的制造和检测设备，产品广泛应用于国家电网、南方电网、电力、石油、石化、冶金等行业，并出口欧美、亚洲、澳洲和非洲等 30 多个国家。



图 111-宝胜高压

2、主要做法

宝胜高压积极响应国家数字化转型战略，在数字化建设方面取得了显著成果。公司已成功部署 ERP、MES 等关键系统，搭建了覆盖销售、财务、供应链、库存管理、设备管理和生产的综合信息化框架，实现了资源管理的精细化和业务流程的数字化改进。

然而，在原材料及产品检测环节，信息化进展较慢，成为数字化进程中的短板。主要问题包括：

检测流程协同效率不足：检测活动记录和设备使用信息依赖于传统的纸质记录方式，

导致信息流与 workflow 脱节，增加沟通成本，降低决策效率。

传统检测模式效率低下：纸质记录拖慢数据收集和处理速度，使数据追溯与查询复杂耗时。

检测设备利用率不足：检测设备尚未实现数据的自动采集与计划管理，制约了数字化应用和综合利用率。

数据分析与决策支持缺失：检测数据停留于线下，无法进行深层次的数据挖掘与多维度分析，无法指导质量改进和工艺优化。

为了解决这些问题，宝胜高压引入 LIMS 实验室管理系统，实现检测过程的数字化和智能化。

LIMS 系统的主要功能：

高效精益检测管理：通过线上化改造检测流程，实现检测业务的透明化和数字化，提升检测数据的量化分析能力、产检协同能力、人员操作规范能力等。系统支持检验工单的申请和流转，通过系统消息和待办方式，告知和规范试验人员的检测任务，并实现实验室与生产车间的实时联动。



ID	单据编号	检测类型	检测位置	检测名称	登记日期	登记人	审核人	来源	操作	
QC24-04188		过程检验	SC20240227	成缆-1号机位	苏州精创导电绳厂	2024-03-27	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
FG24-04189		完工检验	YZ20220100268	护套-立式交联电缆生产线	宜兴电缆检测站	2024-04-09	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
RM24-04190		采购入库	CLMKD2022042	高压主材类	贵州金源矿业有限责任公司	2024-04-09	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
QC24-04190		过程检验	SC20240227	成缆-1号机位	苏州精创导电绳厂	2024-03-27	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
FG24-04192		完工检验	YZ20220100268	护套-立式交联电缆生产线	宜兴电缆检测站	2024-04-09	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
RM24-04194		采购入库	CLMKD2022042	高压主材类	贵州金源矿业有限责任公司	2024-04-09	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
QC24-04194		过程检验	SC20240227	成缆-1号机位	苏州精创导电绳厂	2024-03-27	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
FG24-04194		完工检验	YZ20220100268	护套-立式交联电缆生产线	宜兴电缆检测站	2024-04-09	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
QC24-04194		过程检验	SC20240227	成缆-1号机位	苏州精创导电绳厂	2024-03-27	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废
FG24-04194		完工检验	YZ20220100268	护套-立式交联电缆生产线	宜兴电缆检测站	2024-04-09	王宇晨	王敏怡	LIMS-管理	查看 作废

图 112-LIMS 系统

强化检测过程数字化：实现检测原始记录 1:1 线上化和全量数据结构化，支持检测记录修改留痕、设备使用记录登记、样品领用记录登记等活动，最终实现检测报告“一键生成”。系统提供多种报告生成方式和配置操作手册，支持用户根据检测机构的检测报告模版样式配置检测报告，并通过多版本管理实现报告的无缝兼容。



图 115-偏心率

3、实施成效

(1) 创新成效

结构化报告自动生成：通过低代码配置，实现动态检测记录模版和报告模版的 1:1 还原，确保线下模版线上化，检测结果结构化存储。

状态: 已启用 模板中动态字段数: 1

绝缘老化前拉伸试验 检测原始记录

文件代号: 凡0001 共 1 页 第 1 页

样品编号: 型号规格:

检测地点:			
检测时间:			
检测方法:			
判定依据:			
室温(°C):	相对湿度(%):		
试验条件			
预处理开始时间	年/月/日 --:--	预处理结束时间	年/月/日 --:--
预处理时间 min		预处理温度 °C	
拉伸速度 mm/min	250	原始标距 mm	
实测值			
试样类型	<input checked="" type="radio"/> 管状试样 <input type="radio"/> 哑铃试样		
试样颜色			
试样平均厚度 D_p mm	外径 S_p mm	截面积 A mm ²	
管状试样编号	#1	#2	#3
断裂力 N			
抗张强度 N/mm ²			
结果—中位数 N/mm ²			
断裂伸长率 %			
结果—中位数 %			

检测: 记录: 校核:

图 116-检测原始记录

数据驱动的决策支持系统：利用大数据分析技术及质量模型实时处理检测数据，快速识别异常并即时反馈，将产品质量控制由事后发现转变为事前监控。

丰富的数字化检测标准：研发覆盖各类产品的结构化检测标准模型库，支持非结构

化标准的直接导入或在线创建新标准，显著提高检测标准的维护和更新效率。

(2) 经济成效

提升检测效率：通过LIMS 系统，检测人员无需手动录入数据，检测效率大幅提升，两年内实现 7000+份在线检测报告编制。

降低检测成本：自动化设备和数据采集的应用，减少了人力成本和设备使用成本。

提高产品质量：通过实时监测和数据分析，及时发现和解决质量问题，降低产品不良率，提高客户满意度。

显著降低运营成本：公司信息化建设以来，运营成本降低 20%左右，产品质量损失成本合计降低 15%左右，直接成本降低 30%左右，大大提升市场竞争力和可持续发展。

(3) 社会效益

提升数字化建设水平：系统的应用，推动企业数字化建设向更深层次发展。

提升质量管理水平：通过数字化检测数据，实现产品质量的实时监控和预警，保障产品质量安全。

LIMS 系统的应用，为宝胜高压带来了显著的效益，实现了检测过程的数字化和智能化，提升了企业的竞争力。该案例的成功经验，为其他制造企业提供了宝贵的借鉴，具有重要的推广价值。

附件 2：技术缩略语

序号	缩略语	全称	释义
1	MRP	MaterialRequirementPlanning	物料需求计划
2	QC	QualityControl	质量控制系统
3	IMS ^L	LaboratoryInformationManagementSystem	实验室信息系统
4	SRM	SupplierRelationshipManagement	供应商管理系统
5	EAM	Enterprise Asset Management	设备管理系统
6	OA	OfficeAutomation	协同办公软件
7	APS	AdvancedPlanningandScheduling	高级生产排程系统
8	MES	ManufacturingExecution System	制造执行系统
9	RFID	RadioFrequency Identification	射频识别技术
10	WMS	WarehouseManagement System	仓储管理系统
11	ERP	EnterpriseResource	企业资源管理系
12	EMS	Energy Management System	能源管理系统
13	CRM	Customer Relationship Management	客户关系管理系统
14	OA	Office Automation System	办公自动化系统

15	PLM	Product Lifecycle Management	产品生命周期管理
----	-----	------------------------------	----------

附件 3：服务商名录

（服务商顺序不分先后）

序号	名称	总部所在地	擅长产品
1	上海电缆研究所 有限公司	上海	指导单位
2	江苏中天互联科技 有限公司	江苏南通	MES、EAM、工业互联网平台
3	中天智能装备有限公司	江苏南通	智能仓储、产线改造
4	上海程析智能科技 有限公司	上海	LIMS、远程监造、MES
5	中航宝胜智能技术 有限公司	上海	智能仓储
6	江苏亨通数字智能科技 有限公司	江苏苏州	工业互联网平台
7	上海黑湖科技 有限公司	上海	小工单、供应链
8	江苏金思维软件 有限公司	江苏南京	ERP、MES、销售报价
9	上海缆新信息技术 有限公司	上海	ECODE、营销报价
10	SAP	德国	ERP
11	江苏欧软信息科技 有限公司	江苏苏州	MES
12	用友集团	北京	ERP
13	金蝶集团	深圳	ERP
14	江苏赛格智慧科技 有限公司	江苏宜兴	ERP
15	研华科技(中国) 有限公司	江苏昆山	数据采集、边缘AI

16	北京数码大方科技股份有限公司	北京	CAD、PLM
17	天津市易缆科技有限公司	天津	CAPP
18	南京清湛人工智能研究院有限公司	江苏南京	智能机器人、AI检测
19	尖刀视智能科技(上海)有限公司	上海	AI 检测
20	泛微网络科技股份有限公司	上海	OA
21	北京致远互联软件股份有限公司	北京	OA、EHR
22	帆软软件有限公司	江苏无锡	BI
23	江苏星基智能装备有限公司	上海	线缆设备
24	合肥神马科技集团有限公司	安徽合肥	线缆设备
25	江苏欣宏泰机电有限公司	江苏东台	线缆设备
26	昆山市富川机电科技有限公司	江苏昆山	线缆设备
27	常州艾迈迅智能装备有限公司	江苏常州	线缆设备
28	德国尼霍夫机器制造有限公司	德国	线缆设备
29	深圳市汇川技术股份有限公司	深圳	线缆自动化
30	杭州魔方智能科技有限公司	浙江杭州	测量与控制产品

31	武汉朕泰智能科技有限公司	湖北武汉	电力监测系统
32	南京宝船自动化技术有限公司	江苏南京	电气连接
33	苏州欧瑞吉电子科技有限公司	江苏苏州	电气连接
34	上海媒智科技有限公司	上海	AI视觉检测
35	中国质量认证中心	北京	第三方质量服务

附件4：人工智能典型应用场景

（一）客户服务环节

（1）智能客服

通过自然语言处理技术和机器学习算法，建立智能客服系统。能够理解客户的问题并快速准确地回答，提供产品咨询、技术支持、订单查询等服务。智能客服可以24小时不间断工作，提高客户服务效率和满意度。例如，客户通过在线客服咨询电缆的规格、性能等问题，智能客服系统能够自动识别问题意图，从知识库中提取相关信息并进行回复，对于复杂问题还可以转接给人工客服。

（2）客户需求预测

分析客户的历史购买数据、行业趋势等信息，运用人工智能模型预测客户的未来需求。帮助企业提前做好生产计划和库存准备，更好地满足客户需求，提高客户忠诚度。如通过对大客户的用电需求增长趋势、项目建设计划等数据进行分析，预测其对电缆产品的需求数量和时间，以便企业及时调整生产和供应策略。

（二）市场分析与决策环节

（1）市场趋势预测

收集和分析电缆行业的市场数据，包括宏观经济数据、行业动态、竞争对手信息等，利用人工智能算法建立市场预测模型。预测市场需求的变化趋势、价格波动情况等，为企业的生产计划、销售策略和投资决策提供依据。例如，通过对国内外经济形势、电力行业发展规划等数据的分析，预测未来几年电缆市场的需求规模和产品结构变化，帮助企业合理规划生产能力和产品研发方向。

(2) 产品研发决策

借助人工智能技术分析市场需求和技术发展趋势，为电缆产品的研发提供决策支持。例如，通过对大量的专利数据、学术论文和行业报告进行分析，了解电缆领域的新技术、新材料发展动态，结合市场需求信息，确定产品研发的方向和重点，提高研发的成功率和产品的市场竞争力。

(三) 生产制造环节

(1) 生产流程优化

利用人工智能算法对生产过程中的数据进行分析，如生产速度、温度、湿度等参数，建立生产模型，优化生产流程，提高生产效率和产品质量的稳定性。例如，通过深度学习算法分析历史生产数据，找出最优的生产参数组合，自动调整生产设备的运行参数，减少废品率，提高生产效率。

(2) 设备故障预测与维护

基于传感器收集的设备运行数据，运用机器学习算法建立设备故障预测模型。提前预测设备可能出现的故障，安排预防性维护，减少设备停机时间，提高生产的连续性。如通过对电缆生产设备的振动、温度、电流等数据进行分析，预测设备故障的发生概率，及时进行维护保养，避免因设备故障导致的生产中断。

(四) 质量检测环节

(1) 外观缺陷检测

采用计算机视觉技术和深度学习算法，对电缆表面进行实时检测，识别电缆表面的划痕、裂纹、气泡等缺陷。与传统的人工检测方法相比，人工智能检测具有更高的准确性和效率，能够及时发现微小的缺陷，提高产品质量。例如，基于卷积神经网络的图像识别算法，可以快速准确地检测出电缆表面的各种缺陷，并对缺陷进行分类和定位。

(2) 内部质量检测

利用人工智能技术结合超声波、X射线等无损检测手段，对电缆内部的结构和质量进行检测。通过分析检测数据，识别电缆内部的绝缘缺陷、导体不均匀等问题，确保电缆的内在质量。如通过深度学习算法对超声波检测数据进行分析，准确判断电缆内部是否存在缺陷，并评估缺陷的严重程度。

(五) 故障诊断与预测性维护环节

(1) 电缆故障定位与诊断

当电缆发生故障时，利用人工智能算法结合故障定位技术，快速准确地确定故障位

置，并分析故障原因。例如，基于故障行波原理和机器学习算法，对电缆故障时产生的行波信号进行分析，快速定位故障点，为维修人员提供准确的故障信息，缩短故障修复时间。

(2) 预测性维护

综合考虑电缆的运行环境、历史故障数据、实时监测数据等因素，运用人工智能模型预测电缆的故障概率和剩余寿命。根据预测结果制定合理的维护计划，提前采取措施，避免电缆故障的发生，降低运维成本。如通过建立电缆寿命预测模型，结合环境温度、湿度、负荷等因素，预测电缆的剩余寿命，提前安排电缆的更换或维护工作。

(六) 物流与仓储环节

(1) 库存管理

通过人工智能算法对电缆库存数据进行分析，预测库存需求，实现精准的库存控制。避免库存积压或缺货现象的发生，提高库存管理的效率和效益。例如，基于时间序列分析算法和机器学习模型，根据历史销售数据和市场需求趋势，预测电缆的库存需求，合理安排库存水平，降低库存成本。

(2) 物流配送优化

利用人工智能技术优化电缆的物流配送路线和方式，提高物流效率，降低运输成本。通过分析订单信息、交通路况、配送时间等因素，为物流车辆规划最佳配送路线，同时合理安排车辆调度和货物装载，提高物流配送的效率和准确性。

附件 5：改造投入清单及图谱

1、行业系统化场景图谱示意图

		生产环节	数据环节	物流与销售环节	信息安全环节	设备环节	网络环节	设计环节
工艺设计	主场景		<p>主场景：数据管理/建设</p> <p>工具软件：MDM</p> <p>数据要素：装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关键参数</p> <p>知识模型：设备模型、数采模型、生产追溯模型</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（人工智能工</p>		<p>主场景：网络安全建设</p> <p>工具软件：VisualStudio、SQLServer</p> <p>数据要素：IE技术</p> <p>知识模型：人员模型、设备模型</p> <p>人才技能：信息通信网络运行管理员、网络与信息安全管理员</p> <p>痛点问题：通过互联网入侵工业</p>		<p>主场景：基础网络建设</p> <p>工具软件：VisualStudio、SQLServer 数据要素：IE</p> <p>技术知识模型：人员模型、设备模型</p> <p>人才技能：IT 工程师（网络安全专家）、IT 工程师（网络运维）</p> <p>痛点问题：生产设备位置需要随订单变动，由于生</p>	<p>主场景：电线电缆产品协同研发与动态调优</p> <p>工具软件：PLM 研发管理系统、MySQL</p> <p>知识模型：产品配方路径模型、工艺制造模型、质量指标模型</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：电线电</p>

			<p>工程师)、软件工程师(软件开发)</p> <p>痛点问题: 工厂中各个系统平台之间数据关系复杂, 各类应用系统在发展和使用中面临系统离散、系统缺失和系统僵化的问题</p>		<p>控制系统, 从而传播病毒、网络钓鱼等。被攻击会导致工控系统瘫痪、设备数据被篡改、生产停工等严重后果。</p>		<p>产数据通过网线传输, 生产设备切换位置, 网线也需要跟随移动, 需要大量时间进而影响生产效率。</p> <p>缆传统研发过程数据分散导致信息孤岛, 各部门数据难以共享, 影响决策。版本管理混乱, 配方和工艺变更频繁, 容易出错且难以追溯, 并且文档管理混乱, 权限控制不严, 研发数据安全风险高相对较高。</p>
计划调 度	主场 景	<p>主场景: 基于APS的预制菜生产计划优化</p> <p>工具软件: 高级计划排程系统(APS)、MySQL</p> <p>知识模型: 计划调</p>	<p>主场景: 数据管理/建设</p> <p>工具软件: VisualStudio</p> <p>数据要素: 装备技术、设备、部件、模具、工厂、</p>		<p>主场景: 网络安全/全建设</p> <p>工具软件: VisualStudio、SQLServer</p> <p>数据要素: IE技术</p>		<p>主场景: 基础网/络建设</p> <p>工具软件: VisualStudio、SQLServer</p> <p>数据要素: IE</p> <p>技术知识模型:</p>

	<p>度模型、MPS 主计划模型、MRP 物料需求计划模型。</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：小微企业订单小且分散，订单涉及货品较多，人工排产工作量大，排产周期长。遇到插单、改单、计划调整等情况无法评估调整。</p>	<p>车间、设备生产关键参数</p> <p>知识模型：设备模型、数采模型、生产追溯模型</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（人工智能工程师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：工厂中各个系统平台之间数据关系复杂，各类应用系统在发展和使用中面临系统离散、系统缺失和系统僵化的问题</p>		<p>知识模型：人员模型、设备模型</p> <p>人才技能：信息网络、运行管理员、网络与信息安全管理员</p> <p>痛点问题：通过互联网入侵工业控制系统，从而传播病毒、网络钓鱼等。被攻击会导致工控系统瘫痪、设备数据被篡改、生产停工等严重后果。</p>		<p>人员模型、设备模型</p> <p>人才技能：IT 工程师（网络安全专家）、IT 工程师（网络运维）</p> <p>痛点问题：生产设备位置需要随订单变动，由于生产数据通过网线传输，生产设备切换位置，网线也需要跟随移动，需要大量时间进而影响生产效率。</p>	
--	---	---	--	---	--	--	--

生产作业	<p>主场景： 基于MES系统的电缆生产管理</p> <p>工具软件： 生产管理MES、MySQL</p> <p>知识模型： 生产管理模型、单位成本模型、单位能耗模型。</p> <p>人才技能： 系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题： 传统的电缆企业自动化程度低，流程化和信息化程度不高，缺乏有效的流程化操作，不能有</p>	<p>主场景： 数据管理/建设工具软件：VisualStu</p> <p>数据要素： 装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关键参数</p> <p>知识模型： 设备模型、数采模型、生产追溯模型</p> <p>人才技能： 系统工程师（数据分析师）、软件工程师（人工智能工程师）、软件工程师（软件开发）</p>		<p>主场景： 网络安全建设</p> <p>工具软件： VisualStudio、SQLServer</p> <p>数据要素： IE技术</p> <p>知识模型： 人员模型、设备模型</p> <p>人才技能： 信息通信网络运行管理员、网络与信息安全管理员</p> <p>痛点问题： 通过互联网入侵工业控制系统，从而传播病毒、网络钓鱼等。被攻击会导致工控系统</p>	<p>主场景： 基于数字化模型的生产优化</p> <p>工具软件： 生产管控 IOT 应用、MySQL</p> <p>知识模型： 生产制成过程模型。IOT 设备分析模型</p> <p>人才技能： 系统工程师(数据分析师)、软件工程师(软件开发)</p> <p>痛点问题： 现阶段电线电缆已经具备大规模、批量化生产加工能力，限于电缆大</p>	<p>主场景： 基础网络建设</p> <p>工具软件： VisualStudio、SQLServer</p> <p>数据要素： IE技术知识模型：人员模型、设备模型</p> <p>人才技能： IT 工程师(网络安全专家)、IT 工程师(网络运维)</p> <p>痛点问题： 生产设备位置需要随订单变动，由于生产数据通过网线传输，生产设备切换位置，网</p>	
------	---	--	--	--	---	---	--

		效地借助信息化手段等技术对电缆生产流程进行全面的操作和管理。			瘫痪、设备数据被篡改、生产停工等严重后果。	都以人工操作自动化设备生产现状，生产加工过程中人员主观能动性导致标准化工艺难以执行，造成电线电缆生产批次质量一致性难以控制、生产过程难以管理等问题。	线也需要跟随移动，需要大量时间进而影响生产效率。	
仓储物流	主场景		主场景： 数据管理建设 工具软件： VisualStudio 数据要素： 装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关	主场景： 电线电缆物流实时监测与优化 工具软件： TMS物流运输管理系统、MySQL 知识模型： 物流路径	主场景： 网络安全建设 工具软件： VisualStudio、SQLServer 数据要素： IE技术 知识模型： 人员模	主场景： 电线电缆智能仓储与精准配送 工具软件： WMS仓储管理系统、AGV调度系统，MySQL 知识模型： 车间物流路径。仓储		

		<p>键参数</p> <p>知识模型：设备模型、数采模型、生产追溯模型</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（人工智能工程师）、软件工程师（软件开发）</p>	<p>推荐模型，订单匹配模型。</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：多数电线电缆企业主要依托于第三方物流公司对产品进行运输，产品配送进度、配送时间等相关信息沟通费时费力，运费、杂费等物流成本缺少合理评估，物流公司服务品质无法有效管</p>	<p>型、设备模型</p> <p>人才技能：信息通信网络运行管理员、网络与信息安全管理员</p> <p>病点问题：通过互联网入侵工业控制系统，从而传播病毒、网络钓鱼等。被攻击会导致工控系统瘫痪、设备数据被篡改、生产停工等严重后果。</p>	<p>库位 3D 模型。</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：人工依赖度高导致仓储分拣效率低、错误率高，易引发库存积压或短缺；配送路径规划粗放，依赖经验判断，路线冗余、时效延迟频发；订单波动与需求预测偏差大，传统仓储配送系统缺乏弹性，难以动态适配产</p>	
--	--	---	--	---	---	--

				控。		能与市场需求		
质量管 控	主场 景	<p>主场景：电线电缆全链条质量追溯</p> <p>工具软件：生产质量溯源系统</p> <p>知识模型：产品全生命周期管理数据模型。</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：电缆行业原料种类多、产业链条长，且采购、生产、销售环节相互割裂，存在信息孤岛。传</p>	<p>主场景：数据管理建设</p> <p>工具软件：VisualStudio</p> <p>数据要素：装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关键参数</p> <p>知识模型：设备模型、数采模型、生产追溯模型</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（人工智能工程师）、软件工程师（软件开发）</p>	/	/	<p>主场景：电线电缆AI视觉智能应用</p> <p>工具软件：AI视觉感知平台</p> <p>知识模型：人员行为模型、产品破损模型</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：主要解决传统生产流程中人工依赖度高、标准化不足及质量管控薄弱等</p>		<p>主场景：电线电缆质量数字化智能管理协同</p> <p>工具软件：质量数字化智能管理软件</p> <p>知识模型：产品全生命管理数据模型。</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题：电线电缆传统生产过程业务流程不畅，异常应报数据不准，各部</p>

		统的电缆生产过程中的数据多为人工采集并记录，容易造成质量数据偏差。存在一定的局限性。				核心问题： 一是人工质检效率低、主观性强，二是原材料分拣依赖经验，造成原料浪费或品质波动。		门数据难以共享，运营决策靠拍脑袋，质量追溯困难，纸单查找费时费力，取样送样节点和生产协同不高，依赖人主动性，COA报告录入工作量大
设备管理	主场景	/	主场景： 数据管理/建设 工具软件： VisualStu 数据要素： 装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关键参数		主场景： 网络安全建设 工具软件： VisualStudio、SQLServer 数据要素： IE技术 知识模型： 人员模型、设备模型	主场景： 电线电缆生产设备全生命周期管理 工具软件： 设备管理系统 知识模型： 设备管理数据模型。 人才技能： 系统工程师(数据分析		/

		<p>知识模型：设备模型、数采模型、生产追溯模型</p> <p>人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程师（人工智能工程师）、软件工程师（软件开发）</p>	<p>人才技能：信息通信网络运行管理员、网络与信息安全管理员</p> <p>痛点问题：通过互联网入侵工业控制系统，从而传播病毒、网络钓鱼等。被攻击会导致工控系统瘫痪、设备数据被篡改、生产停工等严重后果。</p>	<p>师)、软件工程师(软件开发)</p> <p>痛点问题：传统电线电缆生产设备档案以及检修通过纸质单据记录，单据容易丢失，设备管理维护较为困难。设备运行状态监测常采用人工定期巡检的方式，难以准确、及时地发现设备运行潜在的风险。设备管理的经验数据得不到有效整理和积累利用。</p>	
--	--	--	---	---	--

能源管理	主场景	<p>主场景： 电缆能耗数据采集监控</p> <p>工具软件： 能源管理系统</p> <p>知识模型： 综合能耗模型，单一单品用能模型</p> <p>人才技能： 系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）</p> <p>痛点问题： 电缆生产涉及部分高耗能设备，传统人工抄表、核算方式费时费力。能耗数据管理粗放，无法对电缆</p>	<p>主场景： 数据管理建设</p> <p>工具软件： VisualStudio</p> <p>数据要素： 装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关键参数</p> <p>知识模型： 设备模型、数采模型、生产追溯模型</p> <p>人才技能： 系统工程师（数据分析师）、软件工程师（人工智能工程师）、软件工程师（软件开发）</p>		<p>主场景： 网络安全建设</p> <p>工具软件： VisualStudio、SQLServer</p> <p>数据要素： IE技术</p> <p>知识模型： 人员模型、设备模型</p> <p>人才技能： 信息通信网络运行管理员、网络与信息安全管理员</p> <p>痛点问题： 通过互联网入侵工业控制系统，从而传播病毒、网络钓鱼等。被攻击会导致工控系统瘫</p>			
------	-----	--	--	--	---	--	--	--

		生产过程各设备、人员、单位产品能耗进行采集分区，数据价值低。数据未实现共享、关联，无法通过追溯提升能耗管理水平			疾、设备数据被篡改、生产停工等严重后果。			
销售管理	主场景	/	主场景：数据管理建设 工具软件：VisualStu 数据要素：装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关键参数 知识模型：设备模型、数采模型、	主场景：基于CRM/系统的电线电缆精准营销 工具软件：CRM管理系统 知识模型：市场客户模型，产品预测型销售模型 人才技能：系统工程师（数据分析师）、软件工程	/	/	/	/

		生产追溯模型	师(软件开发)、销售 人才技能：系统 工程师(数据分 析师)、软件工程 师(人工智能工 程师)、件工程师 (软件开发)	售人员 痛点问题：传统经 销模式中，电线电 缆产品销往终端 的数据常在经 销商环节被拦 截，企业无法及时 掌握终端数据，品 牌无法及时收到 渠道的实时反 馈，不利于开展 差异化营销运 营和铺货管理，终 端不能借助电 线电缆品牌营 销活动实现最 大利益。				
				电缆下游客户				

			<p>关系优化</p> <p>工具软件: 客户管理系统</p> <p>知识模型: 市场客户模型</p> <p>人才技能: 系统工程师(数据分析师)、软件工程师(软件开发)、销售人员</p> <p>痛点问题: 电线电缆营销获客渠道较多, 人工管理各个渠道客户, 工作繁重且工作效率较低。缺乏系统性的客户标签, 不能准确筛选跟进客户, 无法做到</p>				
--	--	--	--	--	--	--	--

				精准营销。不同部门做出的报告零散、各自为政，无法提供有效的决策支撑。				
供应链管理	主场景	/	主场景： 数据管理建设 工具软件： 同 VisualStu 数据要素： 装备技术、设备、部件、模具、工厂、车间、设备生产关键参数 知识模型： 设备模型、数采模型、生产追溯模型 人才技能： 系统工程师（数据分	主场景： 电缆供应链数字化智能协 工具软件： 供应链管理系统 知识模型： 供应模型，预测型采购模型 人才技能： 系统工程师（数据分析师）、软件工程师（软件开发）、采购人员 痛点问题： 原料采	/	/	/	/

		析师)、软件工程师(人工智能工程师)、软件工程师(软件开发)	购多为线下进行,对供应商缺乏统一的管理,采购需求多反复确认,采购周期长,过程难以追溯。内外部协同效率低,不利于公司的精细化管理和高效发展。				
--	--	--------------------------------	---	--	--	--	--

2、行业智能化改造装备清单

序号	环节	设备名称	工作原理
1	生产设 备	绞线机	用于将多根单线绞合成绞线，以提高电缆的柔韧性和强度。常见的有笼式绞线机、管式绞线机等。笼式绞线机适用于大截面绞线生产，放线盘安装在笼子上，绞线过程中放线盘随笼子一起旋转；管式绞线机则适用于中小截面绞线，放线盘固定在管式机架内，线芯通过管式机架内的牵引装置进行绞合。
2		挤出机	主要用于在电缆线芯外挤包绝缘层或护套。由挤出机主机、机头、模具、传动系统、加热冷却系统等组成。挤出机主机通过螺杆旋转将塑料等高分子材料熔融并挤出，经过机头和模具形成特定形状的绝缘层或护套包覆在电缆线芯上。根据不同的电缆产品要求，可选择单螺杆挤出机或双螺杆挤出机，双螺杆挤出机具有更好的混炼效果和挤出稳定性，适用于一些高性能电缆的生产。
3		金属拉丝机	用于将铜、铝等金属锭拉制成不同规格的金属细丝，作为电缆的导体材料。常见的有大拉机、中拉机和小拉机，如 11 模铝大拉机组可用于将铝锭拉成较粗的铝丝，而 24 模铝小拉机则用于生产更细的铝丝。
4		束线机	将多根金属细丝束绞成一股，提高导体的柔韧性和强度。有 500 束线机、650 束线机、800 束线机等不同规格，数字表示束线机的适用线径范围或生产能力。
5		成缆机	把绞合后的绝缘线芯按一定规则绞合成电缆缆芯。有普通成缆机和高速成缆机之分。普通成缆机结构相对简单，生产速度较慢，适用于一般规格电缆的成缆；高速成缆机则采用了先进的传动和控制系统，能够实现较高的生产速度，提高生产效率，适用于大规模生产的电缆企业。
6		铠装机	用于在电缆外面包覆铠装层，如钢带铠装或钢丝铠装，以增强电缆的机械强度和防护性能。钢带铠装机通过将钢带绕包在电缆表面，并进行焊接或铆接固定；钢丝铠装机则是将钢

			丝螺旋缠绕在电缆表面，通常采用液压或气动装置来控制钢丝的张力和缠绕速度。
7		绕包机	可对电缆进行各种绕包加工，如绕包绝缘带、屏蔽带等。分为手动绕包机和自动绕包机。手动绕包机操作灵活，适用于小批量、特殊规格电缆的绕包；自动绕包机则具有较高的生产效率和绕包质量稳定性，能够实现自动化的绕包过程，广泛应用于大规模生产的电缆企业。
8		耐压测试仪	用于检测电缆的绝缘性能，通过对电缆施加一定的电压，观察电缆是否发生击穿或泄漏电流是否在规定的范围内，以判断电缆的绝缘是否符合要求。有交流耐压测试仪和直流耐压测试仪两种类型，交流耐压测试仪主要用于模拟电缆在实际运行中的工作电压，检测电缆的绝缘强度；直流耐压测试仪则适用于一些对绝缘性能要求较高的电缆，如高压电缆、海底电缆等，能够更准确地检测出电缆绝缘中的局部缺陷。
9	检测设备	绝缘电阻测试仪	测量电缆绝缘电阻的大小，以评估电缆绝缘的质量和性能。通常采用手摇式或电子式绝缘电阻测试仪，手摇式绝缘电阻测试仪结构简单、携带方便，适用于现场测试；电子式绝缘电阻测试仪则具有测量精度高、操作简便、功能多样等优点，能够自动测量和显示绝缘电阻值，并可进行数据存储和打印。
10		导体电阻测试仪	用于测量电缆导体的直流电阻，以检验导体的材质和截面积是否符合标准要求。采用双臂电桥或数字式导体电阻测试仪进行测量，双臂电桥测量精度较高，适用于实验室等精确测量场合；数字式导体电阻测试仪则具有操作简便、测量速度快等优点，广泛应用于生产现场和质量检测部门。
11		介电常数测试仪	用于测量电缆绝缘材料的介电常数，以评估绝缘材料的性能和质量。
12		拉力试验机	测试电缆的拉伸强度和伸长率，评估电缆的机械性能。
13		耐磨性测试仪	通过模拟实际使用中的摩擦情况，检测电缆护套或绝缘层的耐磨性能。

14		硬度计	测量电缆材料的硬度，以判断材料的性能和质量。
15		火花试验机	在电缆生产过程中，对绝缘层进行在线检测，当绝缘层存在针孔、气泡等缺陷时，会产生火花放电，从而检测出绝缘缺陷。
16		高低温试验箱	模拟高温、低温环境，测试电缆在不同温度条件下的性能和适应性。
17		湿热试验箱	用于模拟潮湿、高温的环境条件，检验电缆的耐湿热性能。
18		紫外线老化试验箱	通过紫外线照射，模拟户外环境中的紫外线辐射，评估电缆材料的耐老化性能。
19		电缆故障测试仪	当电缆发生故障时，用于快速定位故障点的位置。包括电缆故障定位仪、电缆路径仪等设备。电缆故障定位仪通过发射高频信号或脉冲信号，在电缆中传播，当遇到故障点时，信号会发生反射或折射，通过分析反射信号的时间和特征，确定故障点的距离；电缆路径仪则用于查找电缆的埋设路径和深度，为电缆的维护和故障排查提供帮助。
20		光学显微镜	用于观察电缆的微观结构，如绝缘层的厚度、导体的表面质量、纤维材料的形态等。通过对电缆样品进行切片、染色等处理后，在光学显微镜下可以清晰地看到其内部结构，以便对电缆的质量进行分析和评估。
21	辅助设备	放线架	用于放置电缆生产过程中的各种线盘，如导体线盘、绝缘线盘等，并提供稳定的放线张力，保证放线过程的顺畅。根据线盘的大小和重量，可分为手动放线架和电动放线架，电动放线架能够通过电机控制放线速度和张力，适用于大规模生产和高速生产的场合。
22		收线架	用于收集生产完成的电缆，并将其整齐地缠绕在收线盘上。收线架通常与生产设备同步运行，能够根据电缆的生产速度自动调整收线速度，保证电缆收线的质量和效率。
23		牵引机	在电缆生产过程中，用于牵引电缆线芯或成品电缆通过各个生产工序，如挤出机、成缆机、铠装机等。牵引机的牵引力

			和牵引速度可根据生产工艺要求进行调整，以保证电缆在生产过程中的张力和速度稳定。
24		喷码机	用于在电缆表面喷印产品信息，如电缆型号、规格、长度、生产日期等。喷码机采用油墨喷印或激光喷印技术，油墨喷码机喷印成本较低，但喷印效果可能会受到环境因素的影响；激光喷码机喷印效果清晰、持久，且无污染，但设备成本较高。
25		叉车	用于物料的搬运和装卸，如电缆原材料、成品电缆、生产设备等。在电缆生产车间和仓库中，叉车是一种非常重要的辅助设备，能够提高物料搬运的效率和安全性。根据不同的使用场景和载重要求，可选择平衡重式叉车、前移式叉车、电动托盘叉车等不同类型的叉车。
26		周转盘具、工装、工具	包括各种电缆盘、线盘、夹具、模具等，用于电缆的生产、运输和储存过程中的周转和固定。
27		运输设备	如起重运输设备，用于吊运和运输大型电缆盘、原材料及生产设备等，提高物料搬运效率和安全性。
28		冷却设备	如循环水池及供水设备，用于对电缆生产过程中的挤出机、模具等设备进行冷却，保证生产工艺的稳定性和产品质量。
29		压缩空气设备	为生产设备提供压缩空气，如用于气动工具、吹塑成型等环节，保证设备的正常运行。

数字化转型数据要素清单

序号	场景	数据要素类型	描述
1	工厂数字化设计与交付	设计数据、工厂布局数据	工厂的数字化建模、生产线设计、资源配置数据，支持从设计到交付的全流程数字化。
2	数字孪生工厂运营优化	实时运行数据、仿真数据	生产设备、流程、环境的实时数据与虚拟模型的实时联动，进行工厂运营优化。
3	工艺数字化研发设计	设计数据、性能数据	产品设计过程中涉及的功能需求、材料特性等数据，支持全生命周期管理。
4	电缆工艺数字化设计	工艺数据、模拟数据	工艺流程、设备配置、操作步骤等的数字化设计数据，通过提前数据模拟实现优化。
5	生产计划优化	生产数据、库存数据	基于订单需求、生产能力、库存数据等，优化生产计划，提高资源利用率。
6	智能排产调度	排产数据、生产数据	基于生产计划、设备状态等数据，利用优化算法进行生产调度的智能化管理。
7	产线柔性配置	设备数据、生产数据	生产线配置灵活性数据，支持在多变需求下进行快速调整和配置，提升生产灵活性。
8	人机协同作业	设备数据、作业数据	人机协同的工作场景数据，包括设备运行数据与人员作业数据，支持智能协作。
9	工艺动态优化	工艺数据、传感器数据	基于实时工艺数据，自动调整生产工艺，提高生产过程的适应性和效率。
10	先进过程控制	生产数据、传感器数据	通过精密控制算法实时调节生产过程中的各项工艺参数，确保产品质量稳定。
11	数智精益管理	生产数据、质量数据	数字化与智能化结合的精益生产管理模式，利用实时数据优化生产效率和质量。
12	在线智能检测	传感器数据、图像数据	使用传感器和计算机视觉技术进行实时检测，自动识别产品缺陷并反馈。
13	质量追溯与分析改进	质量数据、生产数据	产品从设计、生产到售后的全程质量数据追溯与分析，为质量改进提供数据支持。
14	设备运行监测	设备数据、传感器数据	实时监测设备的运行状态，捕捉温度、压力等重

	控	数据	要参数，确保设备健康。
15	设备智能运维	设备数据、故障数据	利用AI 算法预测设备故障，进行智能运维，提高设备可用性并降低维护成本。
16	智能仓储	仓库数据、物流数据	通过自动化设备和传感器，实现物料存储、搬运、管理的自动化与智能化。
17	精准配送	物流数据、地理数据	基于实时交通数据、订单数据等进行精准的路径规划，提高物流配送效率。
18	危险作业自动化	安全数据、设备数据	对高风险作业的自动化控制和实时监控，降低人员暴露风险，确保作业安全。
19	安全一体化管控	安全数据、传感器数据	通过传感器实时监测作业区的安全风险，并通过一体化平台进行自动响应与处理。
20	能源智能管控	能源数据、设备数据	基于实时能源消耗数据，优化能源的使用，降低能耗和提高生产效率。
21	智慧营销管理	销售数据、市场数据	基于市场需求数据和客户反馈，优化销售策略和客户关系管理，提高市场响应速度。
22	产品智能运维	设备数据、使用数据	通过实时监控和数据分析，预测产品的维护需求，提供定制化的服务与支持。
23	智能客户服务	客户数据、服务数据	基于客户行为数据和历史服务记录，提供个性化的智能服务支持。
24	供应链计划协同优化	供应链数据、生产数据	实时调整供应链计划，协同优化生产、采购和物流，提升供应链整体效率。
25	供应商数智化管理	供应商数据、绩效数据	通过 AI 分析供应商的交付能力、质量指标等，优化供应商管理流程。
26	供应链物流智能配送	物流数据、订单数据	基于实时数据进行配送路径优化，提高物料供应的及时性和准确性。
27	先进工业网络应用	网络数据、设备数据	利用高效的工业网络技术支持设备与系统的互联互通，提升生产效率。
28	工业信息安全管控	安全数据、网络数据	实时监控信息安全威胁，保护企业数据免受攻击，确保生产环境的安全性。

29	工厂数据资源管理	生产数据、设备数据	管理和整合工厂中的各类数据资源，优化信息流通，提高数据利用效率。
----	----------	-----------	----------------------------------

4、知识模型资源清单

号 序	场景	知识模型	描述
1	产品设计	工艺标准	指导设计过程中的设计、验证标准
2	产品设计	常规原料标准库	为后续组合提供快速选择途径
3	产品设计	装配模型	产品组成结构及各半成品装配关系
6	产品设计	质量改进问题	积累的新品开发问题及改进措施
7	工艺设计	工艺知识库	工艺流程、参数、资源等关键要素的工艺知识库
8	计划与调度	生产计划专家知识库	实时记录计划变动及变动规率，为后续计划下达、调整提供依据
9	计划与调度	先进排产调度算法模型	根据历史记录为排产提供依据
10	计划与调度	异常自动决策与优化调度模型	为异常自动优化提供依据
11	生产作业	生产作业数据在线分析模型	自动记录加工过程参数及程序，可重复利用，对于异常情况实时预警
12	质量管控	质量数据算法模型	记录产品质量参数和与相关检验数据，以便进行生产管理和质量控制
13	设备管理	设备运行模型	设备相关参数标准及预警标准等
14	仓储物流	仓储模型	自主判定仓储物料的存储时间及顺序，自动运算实行先进先出等逻辑
15	仓储物流	配送模型	记录与提供配送解决方案
16	能源管理	节能模型	记录与提供节能方案
18	营销与售后	销售预测模型	分析历史数据、市场数据等，预测销售数据

19	营销与售后	精准客户服务模型	通过用户画像分析, 提供个性化的产品和服务
20	供应链管理	采购模型	基于多约束条件, 对采购进行预测
21	供应链管理	供应商评价模型	收集并分析供应商资质、能力等, 对供应商进行评价

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	企业资源计划系统 ERP	协调和整合企业各方面业务流程，协同管控企业的产、供、销、人、财、物等资源	20-200	国产
2	数字孪生系统	工厂或产线模拟仿真	20-200	国产
3	办公自动化 OA	实现办公管理规范化和信息规范化	20-100	国产
4	商业智能系统 BI	帮助企业进行数据分析、提供决策支持的工具	15-50	国产
5	MDM 主数据管理系统	帮助企业有效管理和维护核心业务数据的技术框架	50-200	国产
6	供应商关系管理系统 SRM	通过信息手段控制优化与供应商之间的信息流、物流和资金流	15-50	国产
7	制造执行系统 MES	面向车间执行层的生产信息化管理系统	50-200	国产
8	高级计划排程系统 APS	解决生产排程和生产调度问题的系统，通过先进算法和模型，实现生产资源优化分配和工序有效排序	50-200	国产
9	制造运营管理系统 MOM	通过协调管理企业的人员、设备、物料和能源等资源，把原材料或零件转化为产品	30-300	国产
10	数据采集与监视控制系统 SCADA	通过与传感器、PLC、RTU 等设备连接，实时监控设备运行状态，收集工艺参数数据并进行控制	30-100	国产
11	制造数据采集与状态管理系统 MDC	对车间智能设备运行数据实时监视与控制，并对数据分析及处理，为MES、ERP 等系统提供数据	50	国产

		支持		
12	SPC 统计过程控制	通过统计方法监控和控制制造过程	50	国产
13	工业物联网平台 IOT	设备联网, 设备数据采集	20-60	国产
14	质量管理体系QMS	辅助企业建立有效运行的质量保证体系	30-200	国产
15	在线检测软件	行业软件, 在线检测设备控制	50	国产
16	设备管理系统	通过信息化手段, 实现对设备全生命周期的有效管理和监控	30-50	国产
17	仓储管理系统 WMS	实现完善的仓储物流信息管理	20-100	国产
18	仓库控制系统 WCS	负责协调、调度底层的各种物流设备	20	国产
19	智能 AGV 调度系统	对AGV 系统中的多台AGV 单机进行任务分配及管理	20	国产
20	能耗管理系统 EMS	实现对能耗状态进行监测、分析和预测	30-100	国产
21	客户关系管理系统 CRM	实现客户资源有效利用的管理软件系统	30	国产

6、网络化联接设备清单

适用场景	设备名称	主要功能	国产/进口
通用	工业交换机	实现设备与系统之间的高效数据通信，支持多设备连接与实时数据传输	国产
通用	工业路由器	实现不同网络间的数据路由和设备互联，同时保障网络安全	国产
通用	工业网关	实现多协议设备数据的采集、转换与上传，支持工厂数据资源的统一管理	国产
通用	无线接入点 (AP)	提供无线网络覆盖，支持多设备无线连接	国产
通用	PoE 交换机	为连接的以太网设备（如IP摄像机、AP 等）提供数据传输及电力供给	国产
通用	SDN 控制器	实现工业网络的集中式管理和动态优化，支持设备的智能调度和流量控制	国产
通用	5G 网关	基于 5G 技术，支持高带宽、低延迟和大规模设备互联，适合复杂生产环境中的实时数据传输需求。	国产
通用	现场总线设备	实现设备层与控制层之间的高效数据传输，支持工艺实时优化	国产
通用	工业以太网适配器	将传统设备接口（如 RS-232/485）转换为工业以太网接口，实现传统设备与网	国产

		络的连接	
--	--	------	--

7、行业数字化转型人才技能清单

序号	人才技能类型	描述
1	业务架构师	能够根据业务需求进行系统设计，选择合适的架构模式，并熟练使用建模工具来表达系统设计思路，推动组织数字化转型落地，
2	大数据分析工程师	负责大数据的收集、存储、处理和分析，为企业决策提供数据支持，具备 Hadoop、Spark 等大数据处理工具的使用能力
3	数字营销人才	负责数字化营销策略的制定和执行，提升企业品牌和产品的市场影响力，分析消费者偏好、区域口味差异，指导产品研发与精准营销策略。
4	网络安全工程师	负责网络安全、系统漏洞管控、数据加密等信息安全相关工作
5	信息项目管理工程师	良好的项目管理能力，包括制定项目计划、合理分配资源、控制项目成本和进度，确保项目按期高质量完成
6	物联网工程师	掌握工业传感器部署、设备数据采集（SCADA, IOT 系统）、边缘计算等技术，进行设备协议解析、工业网络搭建、预测性维护算法开发等，实现生产设备实时监控与互联互通。
7	集成设计工程师	熟悉 MES、APS 等工业软件部署，实现生产计划动态调整与车间透明化管理，以及对不同系统之间的数据交互、接口设计、信息共享方面的系统集成。
8	视觉算法工程师	开发生产环节中的视觉算法、系统调试和优化、解决技术问题。
9	硬件工程师	绘制 PCB 原理图，进行硬件电路的设计与开发，完成指定的工作模块的功能设计。
10	系统开发工程师	专注于设计、构建和优化计算机系统及相关软件的专业人员。具备深厚的技术背景，能够运用多种编

		程语言和开发工具，将复杂的业务需求转化为高效、可靠的软件解决方案。
11	工业网络安全工程师	保障工厂 OT/IT 系统安全，制定数据分级存储策略，防范网络攻击与数据泄露风险。
12	标准化工程师	协助企业进行规划和组织标准化项目，协同各部门进行标准化流程提升。
13	工业机器人工程师	掌握工业机器人编程、PLC 控制逻辑设计，通过路径规划、视觉引导系统集成等实现柔性生产线与自动化单元部署。
14	机械设计工程师	进行设备的结构设计、解决安装过程中的问题，及时跟进设备调试进度，对图纸及时更新归档
15	供应链数字化协同人才	熟悉供应商库存（VMI）管理、物流路径优化、区块链溯源应用，利用 ERP、SRM 系统实现供应链上下游数据互通，支持 JIT（准时制）交付。
16	精益改善工程师	具备战略规划能力，从企业整体目标出发，优化组织架构、梳理工作流程，优化整体工作效率。

附件 6：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。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。

