

# 江苏省制造业智改数转网联 轨道交通门系统行业实施指南

江苏省工业和信息化厅

二〇二五年



# 目 录

一、背景与现状 .....	1
1、指南范围 .....	1
2、行业概述 .....	1
3、行业智能化改造数字化转型网络化联接的发展现状 ..	4
二、目标与架构 .....	7
1、总体目标 .....	7
2、实施架构 .....	7
三、基础能力 .....	10
1、网络、标识等基础设施能力建设 .....	10
2、数据采集能力建设 .....	11
3、信息系统能力建设 .....	13
4、工业信息安全能力建设 .....	14
四、环节与场景 .....	15
1、产品设计 .....	18
2、工艺设计 .....	24
3、计划调度 .....	29
4、生产作业 .....	35

5、设备管理 .....	41
6、质量管控 .....	45
7、能源管理 .....	50
8、环保管控 .....	53
9、供应链管理 .....	58
10、售后服务 .....	58
<b>五、路径与方法 .....</b>	<b>67</b>
1、实施路径 .....	67
2、相关政策 .....	70
<b>六、愿景与展望 .....</b>	<b>89</b>
<b>附件： .....</b>	<b>92</b>
附件 1 人工智能典型应用场景 .....	92
附件 2 改造投入清单及图谱 .....	102
附件 3 典型案例 .....	201
附件 4 服务商目录 .....	242
附件 5 技术缩略语 .....	260
附件 6 江苏省制造业“智改数转网联”典型场景 .....	262

## **一、背景与现状**

### **1、指南范围**

为深入贯彻党中央、国务院关于建设制造强国和交通强国的决策部署，认真落实《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】3号）以及《江苏省轨道交通装备产业高质量发展行动方案》要求，推动我省轨道交通门系统行业智能化改造和数字化转型，特制定本指南。

本指南主要面向江苏省轨道交通门系统制造相关企业，既适用于具有良好信息化、数字化、智能化基础的行业企业，也适用于数字化基础薄弱，但有进一步改造提升需求的行业企业。本指南以轨道交通门系统制造的关键环节和典型应用场景为切入点，补短锻长、稳固根基、促进创新，主要包括计划调度、生产作业、设备管理、质量管理、能源管理、环保管控等生产过程环节，产品设计、工艺设计、售后服务等产品生命周期环节以及供应链管理环节，每个环节深入阐述相关典型应用场景，并制定解决方案建议，行业企业可参照本指南推进“智改数转网联”的实施工作。

### **2、行业概述**

轨道交通装备是铁路和城市轨道交通运输所需各类装备的总称，是国家公共交通和大宗运输的主要载体，相关设备制造业属于高端装备制造业。自轨道交通装备问世以来，它就成为全球各国交通运输基础设施建设的关键支柱。进入

21 世纪，高速铁路网络的建设已遍布全球各地，轨道交通行业持续深化发展，各国亦不断推进装备制造技术的升级与迭代。我国轨道交通设备行业经过 60 多年发展，已形成了自主研发、配套完整、设备先进、规模经营的轨道交通装备制造体系，涵盖了从产品设计、车辆和零部件制造、通信信号系统、轨道工程机械和车辆检修设备等多个专业制造领域，并在多个细分制造领域形成了市场竞争力。

轨道交通门系统行业属于轨道交通设备产业体系的重要分支，是现代轨道车辆、站台安全系统的重要组成部分，主要产品类型是用于城轨车辆上供乘客上下的自动门，可在无人操纵的情况下，频繁进行自动开关，能够在关闭过程中碰到乘客时自动返回以保护乘客安全并重新关闭；同时在车辆运行过程中，门可以始终处于安全锁闭状态。门系统产品主要包括门系统的机械部件和电子控制与网络通讯技术集成，现根据不同车辆设计、车站建设的环境需求差异，发展出多种门系统产品品种，在提高轨道交通安全性、提升列车运行效率、节约运营成本、改善站台环境、提升乘客体验方面发挥积极作用。近年来随着我国城市化进程的加速和公共交通需求的增长，对轨道交通车辆及车站站点的安全性提升改造和自动化、智能化升级的需求随之提升，轨道交通门系统市场需求不断增加。据有关统计，截至 2023 年底，我国地铁运营线路已达 240 条，总长度达 8543.11 公里，占全国城市轨道交通运营总里程的约 76%，市场潜力需求巨大。同

时，我国轨道交通门系统也面临着多方面发展瓶颈。一是产品制造对技术水平的要求越来越高，需要企业在控制、通讯、驱动、锁闭、密封、隔音、隔热、轻量化等方面不断提高技术水平，以满足轨道交通产业的发展需求。二是企业成本控制难度加大，轨道交通门系统的制造、安装和维护成本较高，这对于市场发展提出了挑战，在保证产品质量和安全的前提下，如何降低成本，是行业下一步发展的重要课题。三是产品同质化问题凸显，轨道交通门系统企业不断提出新品应对消费市场的变化，但由于产品同质化现象明显，难以在消费者群体中留下深刻印象，影响企业盈利能力。

江苏轨道交通门系统行业发展环境优势明显，省内轨道交通市场规模庞大，已逐步形成了以南京、苏州、无锡、常州等城市为中心的轨道交通网络；产业供应链上下游配套齐全，拥有多家行业重点企业、龙头企业；产品研发技术位居行业前列，2023年省内有关企业研发投入总金额达81.2亿元，占高端装备集群总体约27%，拥有多家国家认定企业技术中心、国家技术创新示范企业、国家单项冠军制造示范企业等企业荣誉资质。省内企业门系统产品连续多年在国内市场保持超50%的占有率，改变了国外厂商对行业的长期垄断格局。海外市场不断拓展，2023年省内有关企业出口值约27.8亿元，同比增长10.2%。企业营收保持稳步增长，2023年有关企业营收约605亿元，同比增长0.8%。

江苏省轨道交通门系统行业发展正在迈上新台阶，全省

产业正努力增强自主创新能力，提高综合实力达到国际先进水平，恰逢“一带一路”倡议新十年、碳达峰碳中和关键时间节点临近等重大战略推进，都为江苏轨道交通门系统带来了发展新机遇。目前，江苏省轨道交通门系统行业正在从传统制造模式向高端化智能化制造模式转变，加快新一代信息技术与之深度融合，提高企业产品制造水平，对于江苏轨道交通门系统行业做优做强，提升国际竞争新优势，具有深远意义。

### **3、行业智能化改造数字化转型网络化联接的发展现状**

轨道交通门系统制造是典型的离散型生产，在生产过程中零部件多且复杂，如特定尺寸门玻璃、防水材料、抗震材料，非标件数量多，需以客户需求进行定制；生产工序离散，生产过程涉及多个离散生成工序，对工序的质量控制和协调要求高。随着人工智能、物联网、云计算、大数据技术等新一代信息技术日益成熟，智能化改造、数字化转型、网络化联接发展将是未来制造业的必然趋势。近年来，我国轨道交通门系统行业快速发展，逐步完善产品配套能力，为了适应数字化、智能化制造趋势，开展了不同程度的数字化技术应用和智能化尝试，取得了一定成效，在经营管理、产品设计、生产作业等方面有了显著提升。但总体上，轨道交通门系统行业仍处于数字化改造的起步阶段和智能化制造探索阶段，其发展特点主要包括以下特点：

1) 行业企业“智改数转网联”整体发展水平参差不齐。

大型企业集团的“智改数转网联”开展改造时间较早，具有相应的“智改数转网联”发展规划，有清晰的改造实施路径，企业对数字化智能化发展的认知较为深入，总体改造水平较高。中小型企业开展“智改数转网联”则相对晚，相关规划实施路径相对模糊或缺少规划，实际推进改造行动时缺少明确的路径指导，企业各部门只能分别开展改造行动，无法统一系统把握，存在信息孤岛。

2) **经营管理数字化系统应用普遍。**企业的“智改数转网联”进程多从管理层面切入，对企业日常办公经营管理信息实现整合，提高管理效率。目前大部分行业企业已实现经营数字化管理，人员对信息管理工具的运用已经较为成熟，管理程序得到优化，提升了办公效率。

3) **生产环节智能化改造水平不高。**生产环节的智能化改造对于提高生产效率、降本提质有着显著必要性，目前部分企业可以通过引入智能设备、传感器和控制系统，实现实时监测，调节生产参数，但对于通过智能设备和决策系统自动调整系统、自动优化生产流程的智能调度系统却只有少数企业实现。对物联网、大数据等技术的运用目前仅部分场景进行示范运用，尚未覆盖全生产环节。

4) **行业数字化转型标准不统一。**企业在开展具体数字化场景改造时，缺少关于关键工具软件、数据要素、人才技能的行业标准规范，拖累企业数字化转型步伐；过多的探索成本加重企业转型负担；获客成本高，数字化转型的解决方

案实用性不强，企业实际参与度低。

5) **供应链上下游网联需求迫切**。行业企业间的信息流动存在障碍，信息更新不及时，影响供应链各环节的运作效率。部分企业的库存精细化管理离不开上下游企业的实时需求信息，通过需求预测，调整库存。企业间缺少行业产品数字标准，供应链数据的可靠性和可视化尚未建立。

同时在推动“智改数转网联”中，轨道交通门系统行业也面临着人员观念转变难、改造资金投入难、安全保障技术难等难题：

1) **人员数字化转型难**。人员数字素养还需提升，轨交门系统企业多为传统制造企业，前线技术人员传统制造思维根深蒂固，对数字化系统的可靠性、便利性持谨慎态度。现有的部门架构存在利益竞争，不利于数字一体化协作，有碍企业数字化转型。

2) **改造资金投入难**。智改数转改造资金投入巨大，投入周期长，对行业内中小企业来说负担较重，改造的回报效益或难以量化，考虑经济效益成本问题，企业持续投入动力不足，改造升级的进程缓慢。

3) **安全保障技术难**。企业系统自主开发能力有限，多为购买第三方系统供应商产品或开发低代码系统来实现智改数转，底层数据系统、核心数据处理技术以及相关智能设备大都受制于海外公司，存在后门控制风险，数据保密、系统维保存在风险。

4) **数字化供需匹配难**。服务商提供的数字化解决方案“自说自话”，与企业的实际发展需求并不匹配；企业自身对数字化转型的痛点和需求不明，无法找准自身转型痛点。

## **二、目标与架构**

### **1、总体目标**

江苏省轨道交通门系统行业企业通过大力推进数字化、智能化和网联化建设，显著提升行业整体的技术水平和综合实力。通过引入先进信息技术和智能化设备，提升企业研发、生产、管理水平，优化管理流程，提高生产效率和产品质量，减少生产成本；通过网络化联接，实现企业内部、企业间的万物互联，进一步促进整个行业的协同发展，增强全省轨道交通门系统行业的综合实力，为未来可持续发展奠定坚实基础。到 2030 年，每年推动实施 10 个以上“智改数转网联”项目，新增“智改数转网联”标杆企业 3 个以上，新增智能制造车间 5 个以上、智能化生产线 20 条以上。开展江苏省轨道交通门系统行业“智改数转网联”标准体系建设，全省规上轨道交通门系统行业企业全面实施“智改数转网联”，重点企业数字化研发设计工具普及率达 90%、关键工序数控化率达到 80%，生产设备数字化率达到 80%、数字化生产设备联网率达到 60%、经营管理数字化普及率达到 80%，提高行业整体竞争力。

### **2、实施架构**

“智改数转网联”需要企业从全方位各层面以创新为引

领、以数据为驱动，推动新一代信息技术与制造全流程、产品全生命周期、供应链全环节深度融合，全面提升轨道交通门系统行业数字化智能化网络化水平。轨道交通门系统行业的“智改数转网联”实施架构图 2-1 所示，展示了基础架构和信息安全层、物理层、感知层、管理层、决策层等整体实施架构的重点要素。在基础架构和信息安全层，需配备工业网络和信息安全相关的基础设施，建立好企业服务总线（ESB）、主数据管理系统（MDM）、数据仓库等底层基础数据平台；在物理层应配备智能生产设备、智能质量监测设备、智能数据采集设备、智能感知设备等智能设备，作为执行制造和采集数据的物理硬件基础；在感知层则需要配置联合控制、信息解析、数据采集与转换、数据通信等模块构建数据采集与监视控制系统（SCADA），对制造运行数据信息精准采集与监控；在管理层注重建设面向产品设计、工艺设计、计划调度、生产作业、设备管理、质量管理、能源管理、环保管控、供应链管理和售后服务等关键环节的管理系统和数字化平台，实现数字化管理、信息互联互通、智能优化与辅助决策等重要功能；在决策层通过大数据分析和商务智能技术，构建轨道交通门系统制造大数据、运营大数据和服务大数据，通过数据的整合与分析，为决策层提供全面、准确的信息支持，帮助企业做出更加科学、合理的管理决策。最终通过各层级、各环节实施“智改数转网联”，实现最终轨道交通门系统企业智能制造水平的实质性提升。

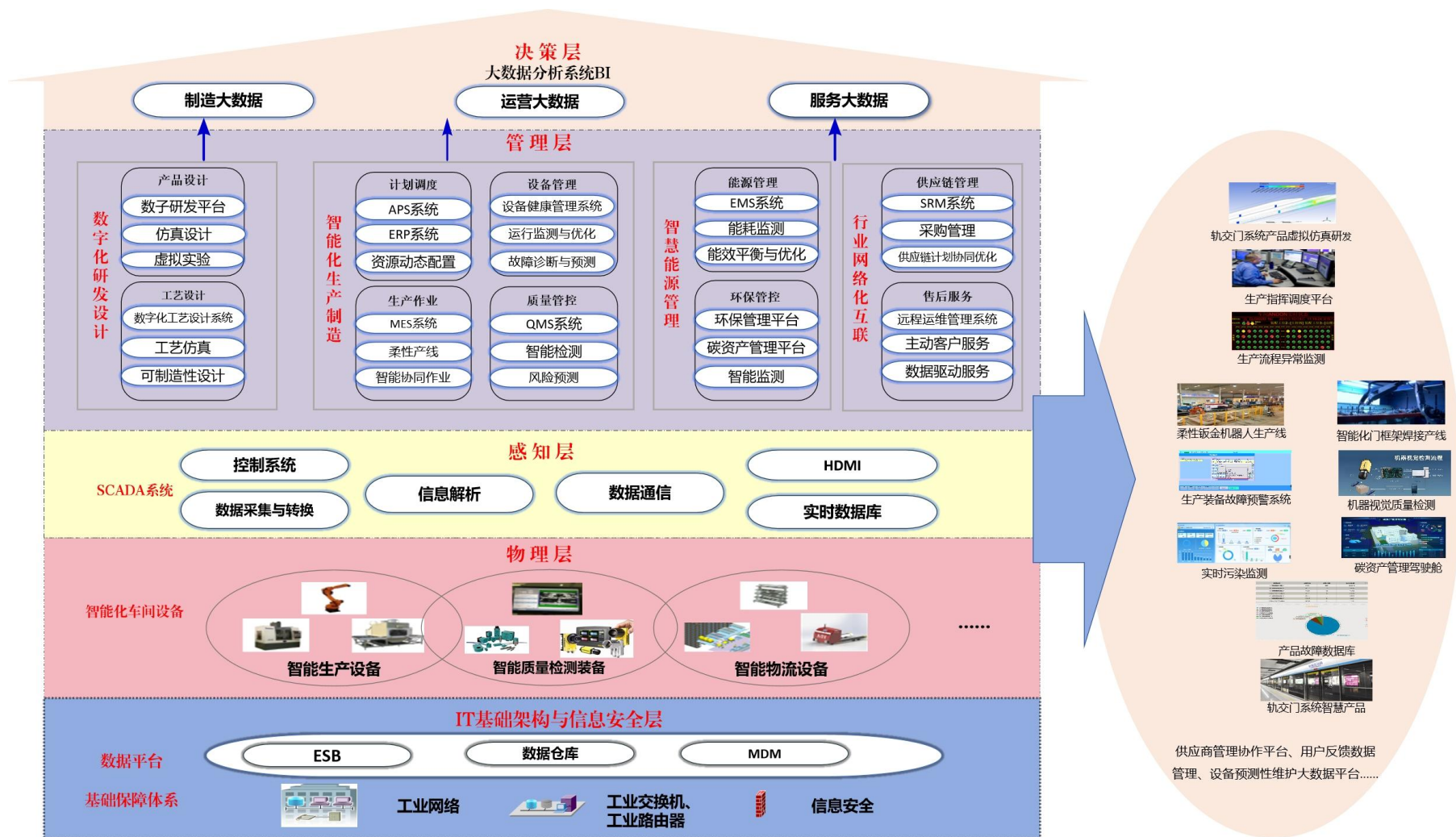


图 2-1 轨道交通门系统行业“智改数转网联”实施架构

### 三、基础能力

#### 1、网络、标识等基础设施能力建设

**企业网络基础设施能力建设。**结合生产现场和业务管理需求，打造先进工业网络。面向工厂网络设计、建设、运营等业务活动，针对工厂网络需求多样、结构复杂、带宽不足等问题，部署 5G 工业专网、TSN、工业全光网络等新型网络基础设施，应用异构网络融合、远距离高带宽实时通信等技术，建设满足智能制造需求的低时延、高可靠、大带宽工业网络。**现场总线+工业以太网。**建设底层的现场控制器和现场智能仪表设备互连的实时控制通信网络，在工业环境的自动化控制及过程控制中应用以太网的相关组件及技术，通过二者协同，实现网络的快速集成、企业信息系统和控制系统的统一。**工业 5G。**采用虚拟专网、混合专网方式部署 5G 网络，加快用户平面功能（UPF）等 5G 核心网元建设，强化生产现场 5G 网络能力。**工业网络互通。**利用 5G、时间敏感网络（TSN）、软件定义网络（SDN）等新型网络技术，推动企业办公、生产管理、监控预警、工业控制等网络互通。

**标识解析基础设施能力建设。**搭建标识解析系统，剖析标识应用需求。支持接入工业互联网标识解析体系，并且具备标识注册解析基础服务、核心技术协同开发、行业集成融合应用、数据试验验证环境等标识服务能力，支持主动标识载体、标识中间件等标识软硬件一体化应用开发。**达到规模。**具备一定数量的标识注册量，即在标识解析系统中分配标识

编码给企业的物料、机器、产品等物理资源和工序、软件、数据等虚拟资源；标识能够与生产、服务、运营等重要环节相关的物料、产品或数据等进行关联，实现对这些要素的标识化管理。**形成投资**。形成初步的规划和投资布局，投入少量的软硬件资源和人力，建立标识解析节点对接的基本框架；投资能够涵盖与少数合作伙伴实现跨企业共享的基本成本。**提高效率**。能够验证标识应用的初步成效，包括成本降低、质量提高、效率提升等方面；标识应用能够提升产品或服务的质量管理水平、能够应用于提升工作流程效率，包括生产效率、物流效率等方面。**建设成熟**。初步集成工业软件，重点关注关键的工业软件如 ERP、MES 等，标识解析系统需要能够解析基本的对象数据，包括一些基本的标识编码信息和简单的业务数据。

## 2、数据采集能力建设

**“哑设备”改造**。针对工业现场“哑设备”进行网络互联能力改造，提升工业数据实时采集能力；优先使用带有 5G 功能的芯片、模组、传感器改造具有移动部署、灵活作业、远程操控等需求设备，支撑多元工业数据采集。提升异构工业网络互通能力，通过传感器设备进行生产现场人、物、系统等对象采集以及状态信息监控，通过多样化网络连接手段，将状态信息和互联网联通，快速实现物品和智能化感知，方便进行识别和管理。推动工业设备跨协议互通。研制异构网络信息互操作标准，建立多层级网络信息模型体系，实现

跨系统的互操作。

**智能设备联网。**车间应在加工、检测、仓储、配送等环节开展工艺改进和革新，充分应用智能装备，推动设备联网，关键重要装备实现远程监控。通过各类智能装备和工业软件实现生产数据贯通化、制造柔性化和管理智能化，装备和软件的国产化率进一步提高。通过可编程逻辑控制器（PLC）、工控机，以及采集模块等数据归集、分析、利用能力建设，全面提升企业设备联网和数据采集能力。利用智能传感、互联网、大数据、数字孪生、人工智能和区块链等技术，提升装备性能、效能以及智能化水平。升级后的装备需要具备对装备运行状态和环境的实时感知、分析和处理、根据装备运行状态变化的自主规划、决策和控制、对故障的自诊断和自修复、对自身性能主动分析和维护、装备间的网络集成和网络协同等功能。

**生产过程实时管控。**推动数字孪生、人工智能、大数据等新技术在生产、管理等环节的深度应用，依据生产计划、工艺、资源状态、约束条件等自动生成车间作业计划，通过对资源配置、加工过程等信息的实时采集、可视化呈现和智能分析决策，持续调度和动态优化车间作业，并实现异常事件自动预警、快速响应与自动恢复。生产过程广泛采用识别传感、定位追踪、物联网、5G等技术，实现对车间物料的单件或批次跟踪与防错校验，将生产过程订单、物料、工艺、装备、人员、质量等信息关联标识，实现生产过程信息追溯。

在关键工序采用智能检测设备，实现产品质量的在线检测、自动判读和趋势分析。

**能耗安全环保智能管控。**根据车间实际建立水、电、气等重点能源消耗的动态监控和计量，对高能耗设备能耗数据开展统计与分析，制定合理的能耗评价指标。对于高能耗车间，应建立产耗预测模型，实现能源的优化调度和平衡预测，有效指导生产作业。采用先进安全的生产工艺、智能装备和防护装置，降低安全风险，消除事故隐患。采用物联网、大数据、人工智能等技术手段，对车间环境（热感、烟感、温度、湿度、有害气体、粉尘等）、人员、设备、物料等安环数据进行采集与分析，实现对工业环境的自动监测、自动调节与自动报警，对危险源的监测预警与事故应急管理，提升企业本质安全水平。车间废弃物处置纳入信息系统统一管理，处置过程符合环境保护的规定和要求。企业应建立网络安全风险评估、信息通报、应急处置等制度，加强安全防护能力建设，定期开展工业控制系统信息安全风险评估，保障数据安全和运行安全。

### **3、信息系统能力建设**

**加快企业推进数字化转型。**企业基于云平台打通集团企业间数据通道，开展协同设计、共享制造、供应链协同等网络化协同应用，实现企业资源统一管理和调度。大型企业发挥平台统一大数据管理架构优势，有效整合企业内部业务孤岛，利用低代码开发工具加快企业知识复用和应用创新，并

深入挖掘数据价值，构筑企业新的利润增长点。中小企业利用平台低成本、快速部署软件应用的特点，通过云化解耦提供轻量级工业 APP，降低企业基础 IT 建设、运维成本。

**APS、ERP 信息系统建设。**建立高级计划与排产系统（APS）、企业资源管理系统（ERP），实时采集监控原料、设备、人员、模具等生产信息。基于安全库存、采购提前期、生产提前期、生产过程数据等要素进行生产能力分析，并基于约束理论的有限产能算法开展排产，自动生成主生产计划和详细生产作业计划。将自动排产系统与采购、生产、销售等环节进行数据协同，实现异常情况自动预警。

**建设 MES 信息系统。**建立制造执行系统（MES）并自动获取生产计划，接收生产工单。通过制造执行系统（MES）的生产采集终端可查询产品图纸、工艺参数等技术文件及物料清单（BOM）作业信息。自动下发工艺文件至产线，采用智能传感技术对关键工艺参数、设备运行数据等进行动态监测、自动采集和在线分析。

#### **4、工业信息安全能力建设**

**安全防护与管理建设。**建立健全监测预警、数据上报、应急响应等安全机制，明确安全保障责任。面向网络安全、数据安全等要求，针对企业网络与数据安全风险高、防护能力弱等问题，实施工业互联网安全和数据分类分级管理。制定安全应急预案，定期组织开展安全评估检测，提升网络安全监测、安全威胁发现、快速处置和应急响应能力，确保实

施项目网络安全平稳运行。落实工业互联网企业网络安全分类分级管理相关政策与标准，加快提升设备、控制、网络、平台和数据等要素安全防护能力。

**工业信息安全建设。**利用 5G、人工智能、新型加密算法、边缘计算等技术，结合生产安全需求，围绕设备、控制、网络、平台和数据等关键要素，构建多层次网络安全防护体系，部署工业控制系统网络安全防护设备，提升数据安全风险监测和处置能力。部署安全防护功能模块或组件，应用安全态势感知、多层次纵深防御等技术，实现全方位全流程安全漏洞监测、风险防控、快速处置，提升网络安全和数据安全防护水平，确保接入安全、设备安全、应用安全和数据安全。工厂内部署运用工业防火墙、安全检测审计、入侵检测等安全技术措施，形成网络防护、应急响应等信息安全保障能力，采用全生命周期方法有效避免系统失效。

**安全环保管理水平建设。**应用工业互联网、大数据、人工智能等技术，开展基于智能监控的安全管理、基于数据建模的能耗管理、基于数据分析的排放控制等创新应用，提升企业安全生产水平和绿色环保能力，实现企业安全环保管理水平提升。可以通过构建智能预警系统，实时监控生产环境中的各种参数，确保生产环境的安全性；利用大数据分析技术，对生产过程能耗数据进行深入分析，优化能源使用效率，减少资源浪费。

#### **四、环节与场景**

轨道交通门系统产品的具体制造过程如图 4-1 所示，一般需要经过铝型材钣金、铝型材机械加工、门框架焊接、门板粘接及固化、门板表面涂装、玻璃粘接、门板装配一系列步骤，同时，电控部件组装与机械部件并行制造后组装成机构部件，再与门板总成一起组装成门系统，然后经过检验、包装，最后发货。

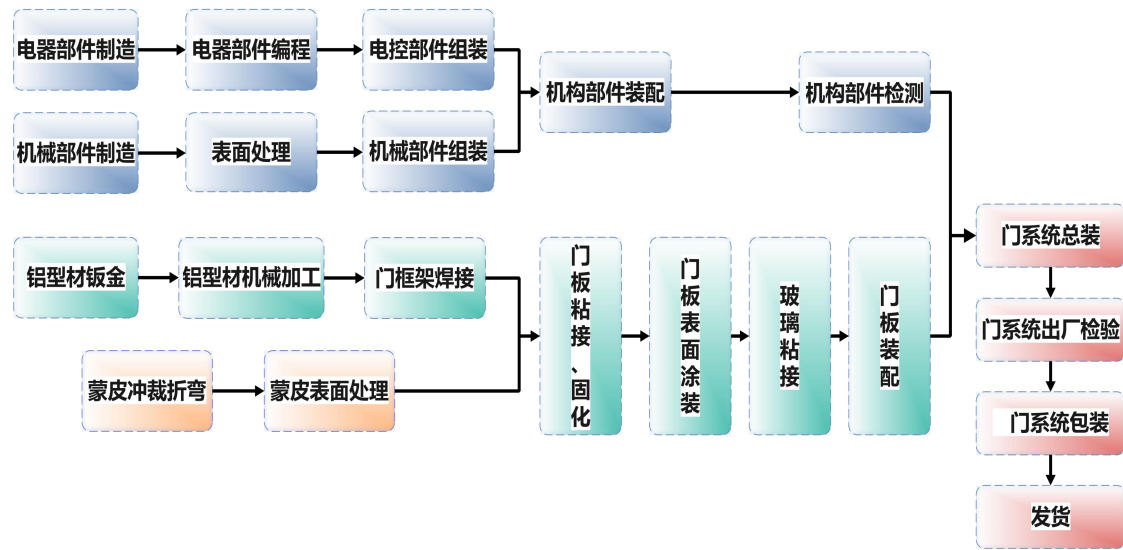


图 4-1 轨道交通门系统产品生产制造流程

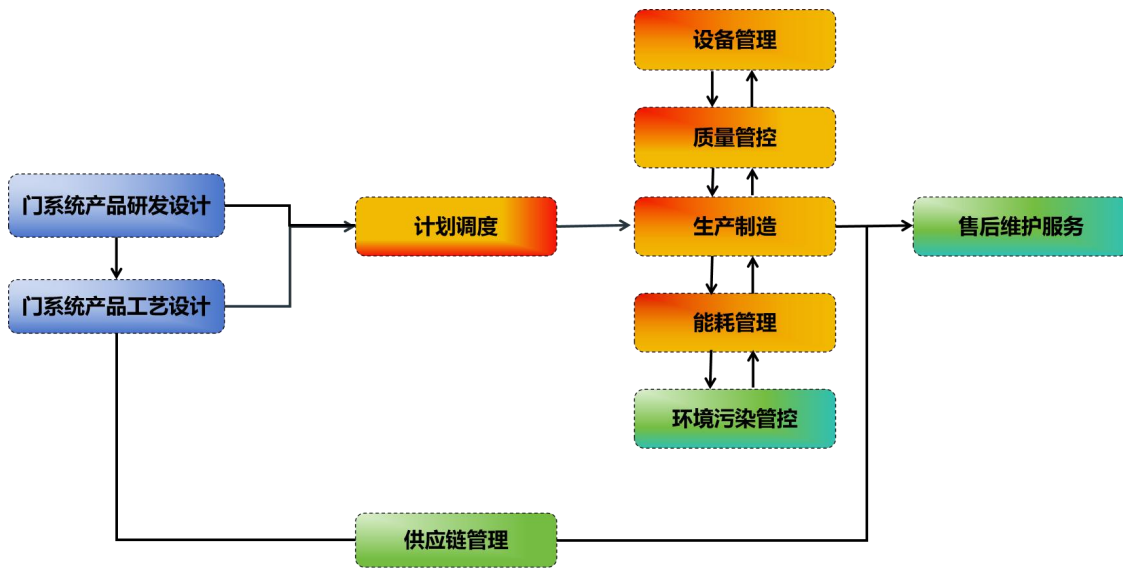


图 4-2 轨道交通门系统行业业务环节示意图

本指南根据轨道交通门系统行业特点，选取产品设计、工艺设计、计划调度、生产作业等 10 个关键环节具体展开主要问题分析、典型场景说明、详细案例阐释：

1) 产品设计环节，通过数字化研发平台进行参数化设计、仿真分析、结构化文档管理以及虚拟技术、增材制造等解决研发效率低下、设计质量差、资源浪费、异地协同难等痛难点问题；

2) 工艺设计环节，通过应用工艺仿真实验、线平衡分析、工艺优化分析等技术推动工艺数字化改造，实现可制造性工艺设计模式，解决工时不准确、线平衡率低、试生产周期长等痛点问题；

3) 计划调度环节，通过应用 ERP、APS、MES 等系统实现生产计划优化、车间智能排产和资源动态配置，解决信息同步难、多要素协同难、调度响应慢等痛难点；

4) 生产作业环节，通过实施生产线柔性改造、智能协同作业和网络协同制造等解决传统产线的生产效率低下，制造成本过高和市场适应性差的痛点问题；

5) 设备管理环节，利用 SCADA 系统实时采集设备数据，实现在线运行监测、设备故障预测和设备运行优化，解决设备资源利用不善，成本控制不力和制造过程风险难管控等痛点难点；

6) 质量管控环节，通过搭建质量管控系统、引入智能检测设备实现智能在线检测、质量精准追溯和产品质量优

化，解决传统人工检测效率和准确率不高，质量追溯不完整不精准的痛点问题；

7) 能源管理环节，通过能源管理系统、能耗监测设备等实现能耗数据跟踪监测和能效平衡优化，解决企业能耗高、成本控制难等痛难点问题；

8) 环保管控环节，通过构建环保管理平台和碳资产管理平台、配备智能监测设备，实现污染监测管控和碳资产管理，帮助企业解决治理水污染、空气污染、废料污染的痛难点；

9) 供应链管理环节，通过应用 SRM 系统、人工智能及智能化设备实现供应商数字管理和供应链计划协同优化，解决企业供应链管理效率低下、采购成本和风险控制难等痛点问题。

10) 售后服务环节，通过应用专家诊断系统、智能故障诊断、客户数据挖掘等实现产品远程运维、主动客户服务和数据驱动服务，解决传统客服中存在的服务效率低下、成本高昂、故障损失严重等痛点问题。

## **1、产品设计**

### **(1) 存在问题**

轨道交通门系统制造具有小批量、多品种、客户化定制等主要特点，产品研发设计工作量较大，传统研发设计方式存在成本高、效率低、质量难以保障、创新能力受限等诸多弊端，进而影响市场竞争力，亟需引入产品数字化研发设计

和虚拟试验与调试等技术工具，快速迭代和优化设计，高效协同和分享，提高研发设计的效率和准确性，减少实物样机的制作和测试次数，缩短研发周期，降低成本和风险的同时抢占市场先机。

**研发效率低下。**研发设计过程仍然依赖于手工操作和纸质文档，这不仅耗费时间和精力，而且容易导致错误。轨道交通门系统是典型的机电一体产品，涉及机械、材料、电控等多个专业领域，跨部门跨企业跨地区间的协同研发受到限制，协作沟通困难导致研发进度缓慢。

**设计质量难以保证。**一方面设计精度不足，影响产品的质量和性能，另一方面设计验证难度大，门系统制造过程复杂、程序多、周期长，质量验证难以把控。

**创新能力受限。**传统设计模式往往难以触及并采用最新的设计理念与方法，限制了创新潜力。研发人员间的知识共享和传承受限，影响团队的整体创新能力。

**市场竞争力下降。**轨道交通门系统市场订单客户化程度高，研发和设计效率低下导致研发设计和验证周期长，对市场需求响应不及时，导致失去市场先机，产品研发质量难以保证，市场竞争力下降。

## **（2）改造场景**

**产品数字化研发与设计。**实施 PLM 系统，集成产品开发、生产、维护和管理各阶段的系统工具，应用设计、仿真软件和知识模型库，基于逆向工程、复杂建模、工程分析、

多目标优化等技术，搭建数字化协同设计环境，开展产品和配件设计、仿真与迭代优化，实现高效、精准的产品研发与设计功能。通过PLM系统集成先进的计算机辅助设计(CAD)系统，促使产品设计过程的数据管理更加高效。数字化协同设计环境支持团队成员之间实时协作，确保设计信息的同步更新与共享。此外，利用云计算技术可以实现设计数据的远程访问和处理，进一步提升研发团队的工作灵活性和响应速度。通过对以上技术的综合应用，产品从概念设计到交付市场的周期大幅缩短，同时保证了设计质量与创新性。

**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。在虚拟试验与调试环境中，利用数字孪生技术构建出逼近现实产品的虚拟模型，这种模型不仅外观上与实物无异，更在功能和性能上实现了精确模拟。通过AR/VR技术，研发团队可以沉浸式地进入虚拟空间，直观地观察产品在不同工作条件下的表现，进行细致的性能评估和故障预测。知识图谱的应用则进一步提升了调试过程中的智能化水平，它能够整合和分析大量的历史数据和测试结果，为工程师提供设计改进支持，帮助他们更快地定位问题并提出解决方案。全虚拟仿真技术允许在没有实际制造出产品原型的情况下，实现对产品的详尽测试，不仅极大地缩短了验证周期，还显著降低了研

发过程中的物料和人工成本。虚拟仿真结合了传统实物测试与现代仿真技术的优势，它在关键部件或系统上使用真实硬件，而其他部分则通过虚拟模型来模拟，这样既保证了测试的准确性，又提高了测试的灵活性和安全性。

### (3) 解决方案建议

#### 产品设计

以数字化技术全面应用为目标，形成集逆向工程、三维建模、工程分析、虚拟仿真评价、快速成型为一体的数字化研发平台，实现从概念到样机的产品数字化研发。实施 PLM 系统，将项目、BOM、CAD 插件二次开发、CAD 集成模块、流程、文档、结构化工艺、变更、权限管理等与 MDM、ERP、MES 等系统集成，形成企业零部件库和图文档库，实现研发管理体系化建设、项目一体化管控、异地协同设计，结合 MES 可使图纸、工艺文档电子信息直接传输到机台，实现研发制造全过程图纸无纸化。建设参数化设计系统，通过输入设计参数，自动生成三维零部件模型，提高设计研发效率。实施文档结构化系统，提高文档的编写发布效率。实施仿真分析软件，实现产品静强度、模态分析、振动分析、瞬态响应分析、热分析等。应用 AR/VR 技术实施虚拟现实系统，实现沉浸式产品评审。应用 3D 扫描、3D 打印技术及设备，建立逆向及快速成型能力，快速获取产品数字化模型，将创意快速实物化，并用于功能测试，为产品的创新设计提供依据。

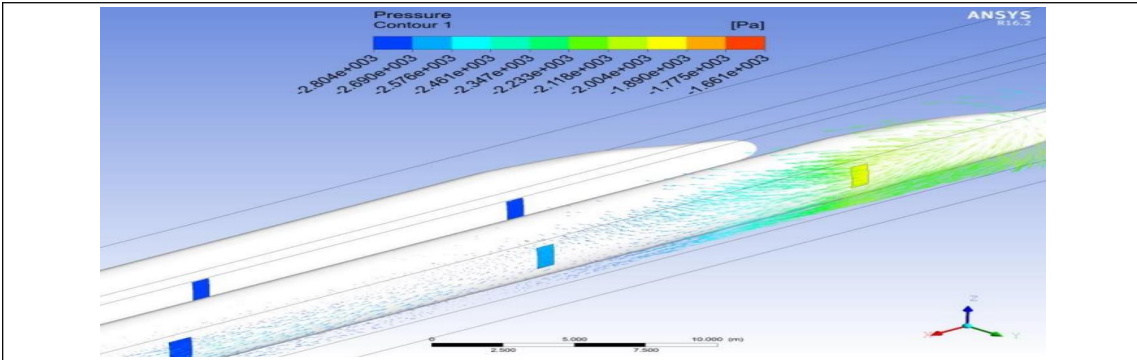


图 4-3 回车压力波仿真分析

参数填写区域

参数名称	值	描述	值
产品型号			
门洞高 H	2087	窗户下沿距地板面的距离 L1	885
门洞宽 W	1600	窗户前沿距门洞中心线的距离 L2	163
地板面距钢结构的高度 d	27	窗户可视高 H1	940
车体下部与地板面的夹角 $\alpha$	86	窗户可视宽 W1	390
车体上部与垂直方向的夹角 $\beta$	7.12	窗户可视角 R2	70
车体外侧折弯圆弧大小 R	1000	内侧扣手距地板面的距离 L4	1496.5
车体折弯圆心距地板面的距离 L	650	平衡轮压槽距地板面的距离 L5	1817
门扇中间密封尺寸 S1	40	隔离铁外侧铁芯中心距地板面的距离 L6	433
门板左侧距车体的距离 S2	20		
门板上侧距车体的距离 S3	20	test	
门板下侧距车体的距离 S4	20		
外表皮的厚度	1	外表皮材质	铝蒙皮
内侧玻璃厚 4		外侧玻璃厚 5	
		玻璃总厚度 N	20

错误警告区域

Tasks (1 Remaining)

Description	Location
⚠ 请输入要生成的产品的型号	产品型号, Details

32 specification(s) Version: 12.0 (64-bit) [Release 12.0.0.728] Group: MSDW2R-002 (Individual) User: Admin

图 4-4 参数化设计系统

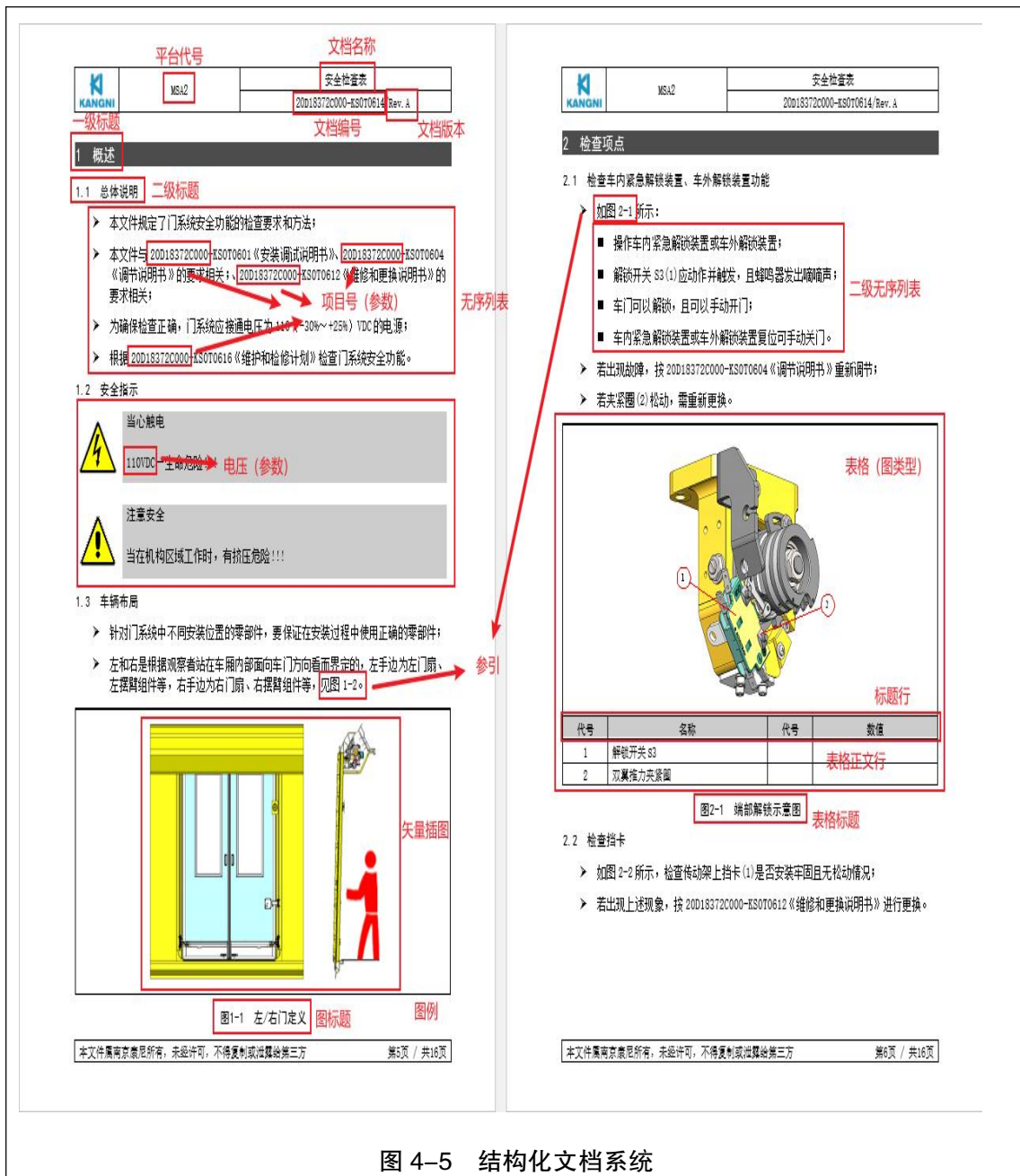




图 4-6 虚拟现实系统对外挂密闭门系统评审

实施数字化研发平台以来，研发周期缩短约 65%；形成协同化研发模式，缩短了设计过程检索交换时间，且单一数据源平台，确保数据是一致的、最新的、完整的、无冗余的和可靠的；形成公司级的知识库，产品研发过程管理标准化、结构化、系统化，便于控制进度和质量；虚拟现实评审提升方案及详细设计评审的质量，减少物理样机试制；手持式激光三维扫描仪在 1 小时以内可以实现任意零件级的数模获取，3D 打印机在 2 天内可快速成型各种复杂程度的样机，大幅缩短试制周期。

## 2、工艺设计

### (1) 存在问题

轨道交通门系统制造工艺复杂，涉及多种加工工艺，如电路印刷工艺、钣金工艺、焊接工艺、机加工艺、粘接工艺、抛光工艺、表面处理工艺、涂装工艺、固化工艺、装配工艺等，同时产品客户化定制程度高，导致工艺编制工作量大、

产线工艺切换相对频繁，传统工艺设计方式难以应对如此复杂的工艺种类和工艺编制工作量，工艺数字化设计和可制造性设计尤为重要。

**存在操作干涉。**传统工艺设计有赖于纸质图纸和手动设计，很可能导致工艺规划不合理，工序路径安排不当，设计工艺在实际操作中存在干涉现象，理论计划工时和实际操作工时差异大等问题。

**应用不够便利。**传统工艺设计依赖个人经验，通常使用二维工艺卡片，工艺信息采用非结构化的方式表达，难读难学，又难以进行仿真试验和数据统计分析，导致制造过程中产生资源浪费和生产效率低下等问题。

**试生产周期长。**传统工艺设计的制造可行性通常需要试生产来进行验证，需要投入一定的原材料、人工和设备资源，造成额外成本支出。试生产一般需要经过多次迭代，每次迭代都需要时间进行生产、检测和反馈，导致整体验证周期较长，拉长产品上市时间。

## **（2）改造场景**

**工艺数字化设计。**运用工艺设计软件、仿真工具以及工艺知识库，结合数据分析技术，构建加工、装配、检测和物流等工艺模型。通过这些模型，可以实现对整个工艺过程的全面仿真，从而预测并识别出潜在的工艺设计缺陷。这一过程不仅有助于提前发现并解决可能存在的问题，还能通过不断地优化改进，提高工艺设计的效率和质量，确保最终产品

的制造精度和可靠性。在此基础上，工艺数字化设计还能够促进工艺数据的积累和共享，为企业构建工艺知识管理体系提供有力支持。通过对历史工艺数据的挖掘和分析，可以提炼出工艺设计的最佳实践和经验教训，为未来的工艺设计提供参考和借鉴。此外，工艺数字化设计还能与智能制造系统紧密集成，实现工艺设计与生产制造的协同优化。通过实时的数据交换和反馈，及时调整工艺参数和流程，确保生产过程的稳定性和高效性。这种协同优化的方式不仅能够提高生产效率和产品质量，还能够降低生产成本和资源消耗。

**可制造性设计。**旨在打通工艺设计、产品研发和生产作业等各个环节的数据流，结合知识模型库全面评价产品设计、工艺可加工性、可装配性和可维护性等。具体来说，可制造性设计通过整合各部门的数据，确保信息的畅通和一致性，从而在产品阶段就能够预见并解决潜在的制造和维护问题。可制造性设计不仅关注产品的功能和性能，还特别强调产品的可制造性和可维护性。通过对工艺设计、产品研发和生产作业等环节的数据进行深入分析，可制造性设计能够在早期阶段发现并解决可能影响制造和维护成本问题，例如，通过优化产品的结构设计，可以简化生产工艺，减少制造过程中的复杂性，从而降低制造成本。同时，通过提高产品的可装配性，缩短装配时间，减少装配过程中的错误和返工，能够进一步降低制造成本。

### **（3）解决方案建议**

## 工艺设计

应用仿真软件进行工艺仿真实验、线平衡分析、工艺优化分析，通过三维模型、工艺信息库、工艺环境设置，自动生成 MBOM、三维工艺路线、多级工艺路径规划，经过干涉检查、动态分析、工艺评价、虚拟验证，最终实现工艺文档和三维工艺的可视化输出。通过对轨道交通门系统进行可制造性分析，梳理出影响其可制造性的相关知识，建立门系统可靠性知识框架，结合时间驱动作业成本法建立制造成本估算模型，研究设计和制造间知识的双向传递模型，实现设计阶段的可制造性评价和评价结果对设计的有效反馈，最终通过构建面向可制造性设计的门系统知识库管理相关门系统可制造性知识，实现可制造性评价功能。

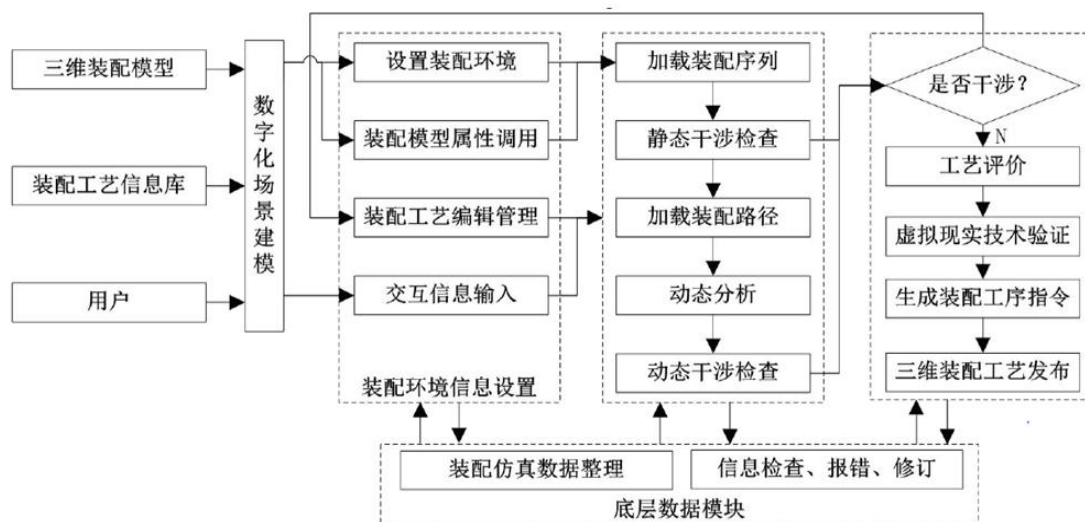


图 4-7 三维工艺仿真流程图

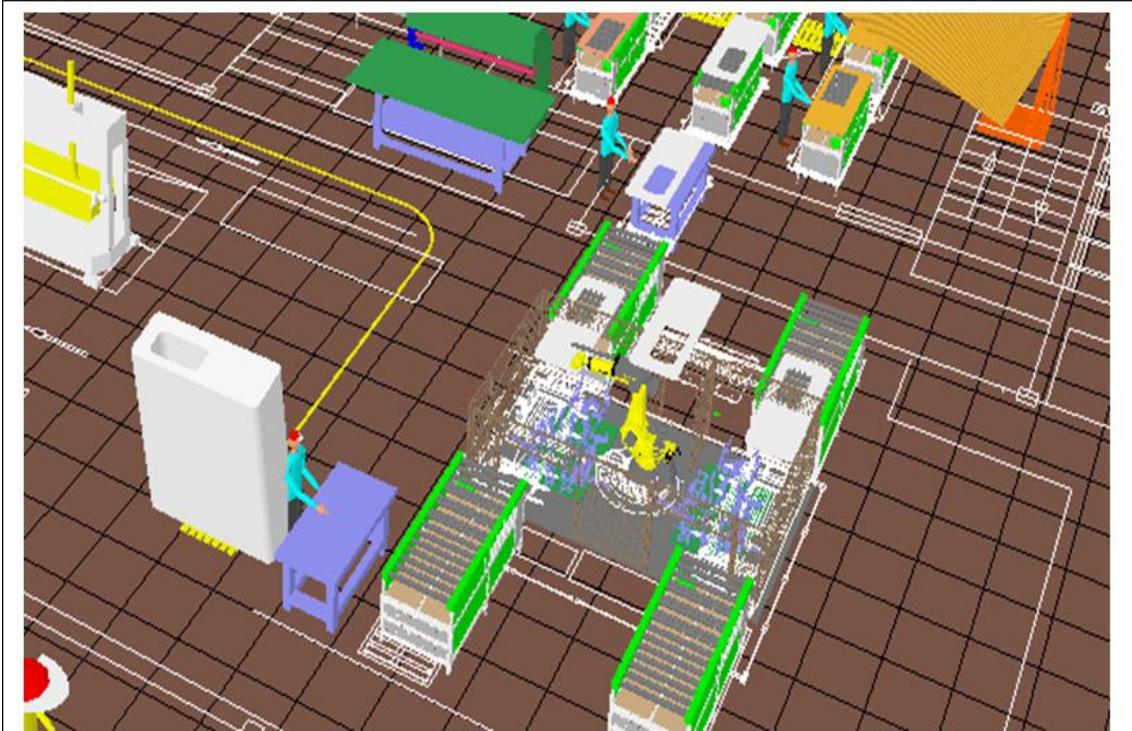


图 4-8 固化车间工艺仿真



图 4-9 线平衡分析

工艺数字化设计可提高编制工艺文件、分配工序 BOM、搭建工艺路线的效率以及设计更改后工艺更改的及时性，形成了工艺设计标准库、工艺资料库、流程制度库等。通过线平衡分析，优化工艺后线

平衡率达到 90%以上，显著提高产线效率和人工效率。可制造性设计通过工艺仿真验证可快速实现在三维空间中验证产品设计和工艺设计的可行性、工装夹具模具使用合理性、机器人工作站运动轨迹合理性，大幅度提高了产品设计和工艺验证的效率，规避后续制造环节可能发生的隐患，提升生产效率和设备使用效率。

### 3、计划调度

#### (1) 存在问题

轨道交通门系统制造过程复杂，涉及多个专业、多道工序、多种物料，生产过程具有计划稳定性差的典型特点，使得人工进行计划调度变得尤为困难。应用企业资源管理系统、高级计划排程系统、制造执行系统等智能调度资源、动态优化排产，实现人力、设备、物料等制造资源形成最优组合满足生产需求。

**信息同步难。**轨道交通门系统制造过程需要用到上百种物料，涉及电路印刷、钣金、焊接、机加、成型、粘接、抛光、表面处理、涂装等众多工序，人工调度难以实时掌握各个工序和物料的状态，导致信息滞后和决策失误。

**多要素协同难。**轨道交通门系统制造过程中的每个工序都有其特定的生产周期和产能限制，在人工排产过程中，需要综合考虑各工序之间的先后顺序、生产周期和产能需求，确保生产线的连续性和稳定性以及总产出的经济最优性。然而，由于生产工序繁多、相互依赖关系复杂，人工排产难以准确预测和把握各个工序之间的协同关系，导致生产进度延误和瓶颈问题频频出现。

**调度响应慢。**由于市场需求波动、供应链不确定性以及生产过程中的各种意外因素，轨道交通门系统行业生产计划稳定性较差，生产计划需要变更时，人工排产调度无法做到迅速响应，难以及时同步物料和工序信息，更难迅速安排多个要素之间的协同关系，直接导致延迟响应变更需求，造成无效生产、交期延误等严重后果。

## **（2）改造场景**

**生产计划优化。**构建企业资源管理系统（ERP），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生计划优化。通过集成先进的数据分析工具，企业资源管理系统能够实时监控库存水平，预测物料需求，从而减少库存积压和缺货风险。系统还支持多工厂协同作业，优化资源配置，提高整体生产效率。系统还支持多工厂协同作业，优化资源配置，各工厂之间的资源可以得到合理分配，避免资源浪费，提高整体生产效率。同时，该系统还具备灵活的扩展性，能够根据企业规模和业务需求的变化进行调整。无论是企业规模的扩大还是业务范围的拓展，系统都能够灵活应对，确保可持续发展。

**车间智能排产。**首先采用高级计划排程系统（APS）来收集和整合生产、销售、库存等多方面的数据，通过运用大数据分析技术，挖掘数据潜在价值，为生产排程提供更准确的决策支持。同时，结合物联网技术，通过传感器和设备的实时数据传输，实现对车间排产计划执行情况的实时监控。

此外,还要同步 ERP 系统,保障物料供应的及时性和准确性,从而为排产的顺利进行提供有力保障。接着,引入调度机理建模和寻优算法等先进技术,以实现基于多约束条件和动态扰动情况下的车间排产优化。通过这些技术的应用,企业能够在复杂生产环境中,快速找到最优排产方案,确保生产效率和资源利用率最大化。智能排产同时还能够应对各种突发情况,如设备故障、原材料短缺等,通过动态调整排产计划,确保生产的连续性和稳定性,实现生产排程的智能化和自动化,提高企业竞争力。

**资源动态配置。**根据实际需求和资源状况,灵活调整和优化人力、设备和物料等制造资源的分配。需要依托于制造执行系统(MES),通过集成大数据分析、运筹学优化算法以及专家系统等前沿技术,开展基于资源匹配和绩效优化的精准派工策略。具体来说,制造执行系统(MES)作为生产管理的核心,能够实时监控和管理生产过程中的各个环节。通过与大数据技术的结合,MES能够收集和分析大量的生产数据,从而为资源动态配置提供科学依据。运筹学优化算法则能够根据生产目标和资源状况,计算出最优的资源分配方案,确保生产效率和资源利用率的最大化。专家系统通过模拟人类专家的决策过程,结合生产经验和知识库,提供智能化派工建议,不仅可以提高派工准确性,还能在一定程度上减轻生产管理人员工作负担。通过对上述技术的综合应用,企业能够实现人力、设备和物料等制造资源的动态配置,可

以根据订单需求变化、设备运行状况以及物料供应情况，实时调整资源分配方案。

### (3) 解决方案建议

#### 计划调度

ERP 基于采购提前期、安全库存和市场需求等通过约束理论、寻优算法等生成生产计划，并将该生产计划、物料 BOM、物料库存等信息输入到 APS 系统，基于工艺、人员、设备、物料、订单优先级等约束条件，APS 应用线性规划、寻优算法等技术，自动生成车间排产计划并直接下发到车间设备和生产线上，减少中间环节人为干扰，提高排产及其执行的效率。同时，APS 系统能可视化呈现人、机、料等资源约束情况，根据实际业务需求，配置多种最优排产方案供选择，实现一键自动化排产和灵活计划调整。APS 还可按照产品的工艺路线进行模拟仿真辅助排产，并进行双向实时调度，从 ERP 系统进行计划调整或者从车间现场进行计划调整，以提高车间排产的可行性和有效性，及时下达制造任务，合理派工，提高生产排产和生产执行的效率和准确性。

在处理插单问题时，APS 展现出了高度的灵活性和智能化，APS 系统设有规则与阈值，以规范插单处理流程。例如，排产锁定周期是设定在距离排产日期一定天数内（如 3 天内）不能修改排产；在距离排产日期一定范围（如 4-7 天）内，排产的最大修改幅度有限制（如 50%），这样的规则有助于维护生产计划的稳定性和可预测性。当需要处理插单时，APS 系统能够提供决策支持信息，例如系统可以显示插单将影响哪些现有订单，将增加哪些瓶颈资源的使用，这类信息有助于计划管理人员做出更加明智的决策，平衡插单与现有订单之间的需求。对于符合设定规则的插单，APS 系统能够自动进行调整，例如尽量保持原计划加工顺序不变的前提下，插入紧急订单；或者按照已设定的各种规则，全面考虑各种约束，自动快速地调整计划，对于超出设定规则或需要特殊处理的插单，APS 系统则提供人工干预的功

能，APS 系统可模拟运算多种策略下的插单效果，计划管理人员可以根据实际情况以人工干预选择最合适的方案，提高计划的可靠性和可执行性。插单处理后，APS 系统还能够分析插单对原计划造成的影响，并提供直观的图形化显示，这有助于企业更好地了解插单带来的后果，以便采取进一步措施来优化生产计划。处理插单过程中，APS 系统还可以与供应链中其他系统进行协同工作，实现信息共享与协作，例如当插单导致原材料需求增加时，APS 系统可以自动触发采购订单或调整库存计划以满足生产需求，通过与销售、物流等部门的协同进一步提高供应链的响应速度和灵活性。

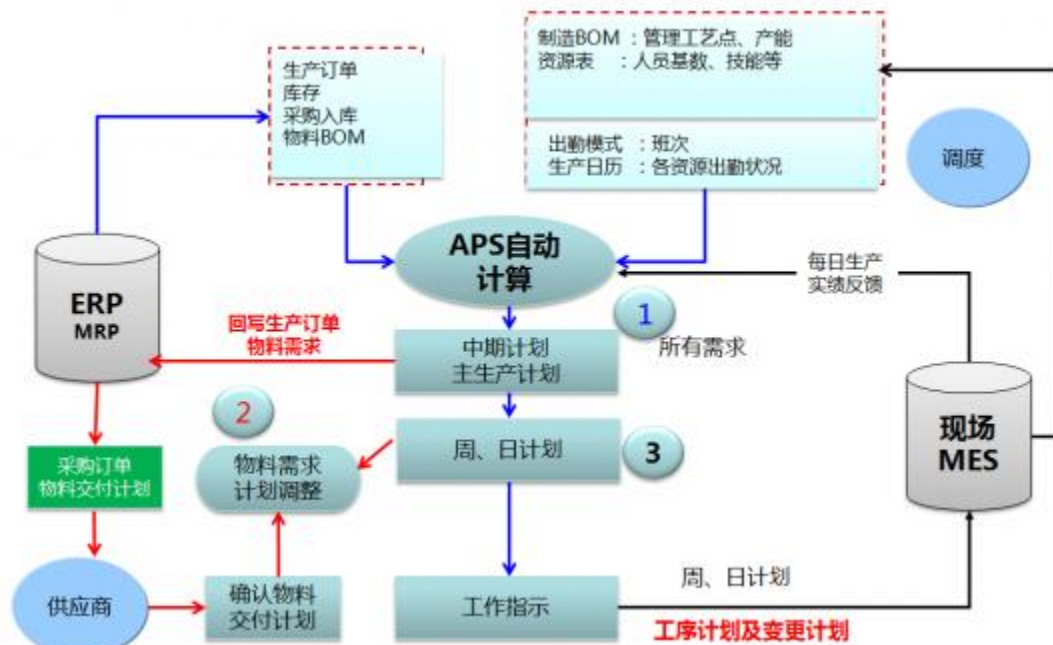


图 4-10 APS 计划排产方案

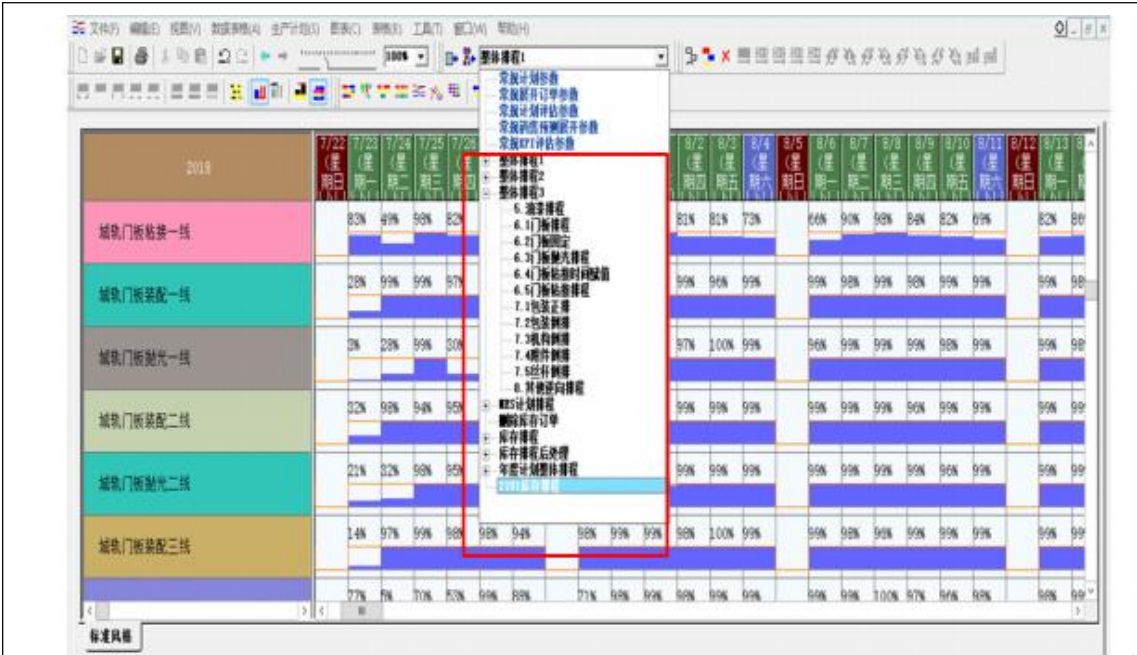


图 4-11 APS 自动化排产

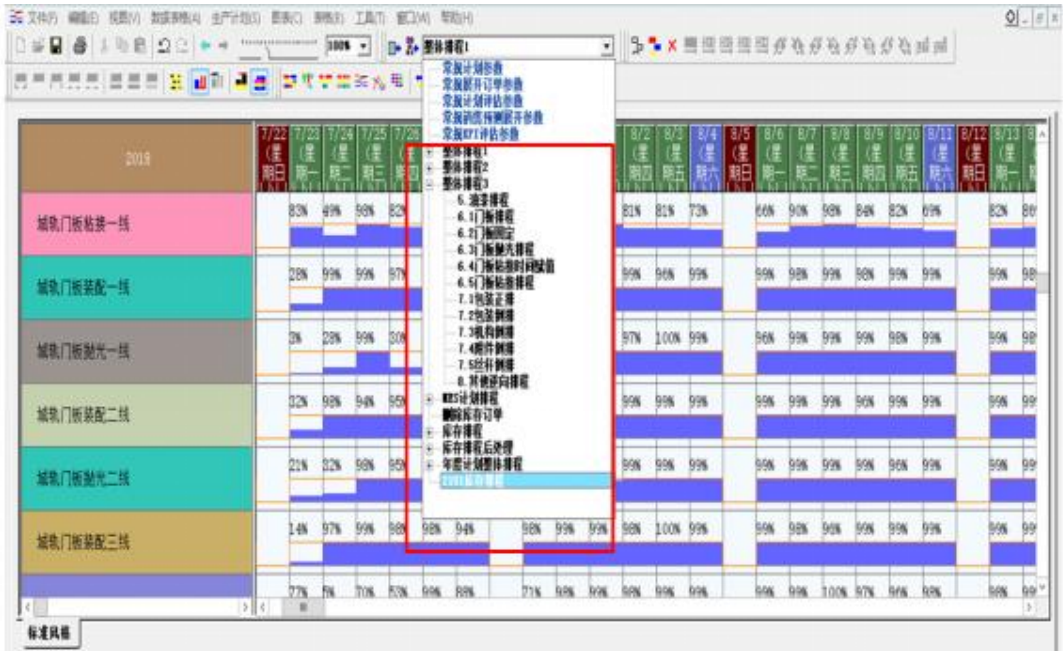


图 4-12 APS 资源甘特图

实施智能化排产显著提升计划调度工作效率，以某大型轨道交通门系统企业为例，APS 系统节约人工排产工作量，以人工成本计算，每年实现降本效益约 110 万元，更重要的是智能计划调度大幅提高了生产计划精准度、资源利用率、客户交付率，有效控制原材料、半成品、成品的库存水平，增强企业应变能力和上下游协同能力。

## 4、生产作业

### (1) 存在问题

轨道交通门系统属于机电软一体化产品，生产工艺复杂，制造过程应用设备种类繁多，市场需求具有多品种、小批量的典型特点，传统生产作业方式效率低下，成本高昂，市场需求响应效果不佳，部署智能化柔性生产线、建立智能装备协同控制系统、推进协同制造等将有效改善传统生产作业带来的种种弊端。

**生产效率低下。**面对多品种、小批量生产订单，产线需要频繁换型，甚至更换产线来生产，产线设备的暂停调试，导致设备利用率低，人机都无法充分发挥效能，还可能产生物料和能源浪费。若生产环节之间或制造关联方之间缺乏协同作业，会因沟通不畅、资源调配不合理导致生产效率低下。

**制造成本居高不下。**缺乏柔性的制造系统需要更高的生产成本来应对市场需求变化，高昂的换型成本直接降低企业的盈利能力和市场竞争力。缺乏协同作业还会导致原材料、人力和时间等资源的浪费，人工等待、设备闲置、库存积压都会直接导致制造成本高昂。

**市场适应性差。**缺乏柔性的制造系统难以快速适应市场需求变化，当市场出现新需求、需求发生变化时，传统生产系统需要很长时间才能完成调整和适应，导致企业错失市场机遇，长此以往企业将显著失去市场份额。

### (2) 改造场景

**产线柔性配置。**以生产车间作为“指挥中心”，依托MES系统、SCADA系统等实现对数据的收集和处理，监控设备运行，执行指令，同时通过部署智能制造装备，将数控技术和柔性生产系统精密集成，实时上传设备运行状态和生产进度到管理系统，及时反映设备状态和产品生产情况，提高设备效率和产品良品率。应用模块化布局策略、成组技术和产线重构等先进技术，将整个生产线划分为多个具有相对独立功能的模块。每个模块都可以根据实际的生产需求进行快速重组，从而大大提高了生产线的灵活性和效率。通过搭建柔性可重构产线，我们能够根据订单变化、工况调整等因素，实现产线的快速调整和按需配置，实现多种产品的自动化混线生产，不仅提高了生产效率，还增强了生产的灵活性和市场适应能力。

**智能协同作业。**通过利用先进通信技术，如5G、TSN（时间敏感网络）和边缘计算，构建起高效、可靠的生产现场设备控制系统，实现对生产设备、检测装备和物流装备的实时控制，确保各环节的高效协作。引入5G技术为生产现场带来了高速、低延迟的通信能力，使得生产设备间的数据传输更加迅速和准确，提高生产过程的响应速度和灵活性。例如，在自动化生产线中，各设备可以通过5G网络实时交换生产数据，快速调整生产参数，以适应不断变化的生产需求。其次，TSN技术的应用确保了数据传输的实时性和可靠性。通过TSN，生产现场的设备控制系统可以实现精确的时

间同步和数据传输，从而确保关键任务的及时执行。此外，边缘计算的引入进一步提升了生产现场的智能化水平。边缘计算将数据处理和分析任务从云端转移到生产现场设备上，减少了数据传输的延迟，提高了系统响应速度。通过在生产现场部署边缘计算设备，可以实现对生产设备和检测装备的实时监控与优化。例如，边缘计算设备可以实时分析生产数据，及时发现设备的异常状态，并采取相应的预防措施，从而减少停机时间，提高生产效率。

**网络协同制造。**通过建立网络协同平台，实现企业间在设计、生产、管理和服务等多个环节的紧密连接。核心在于基于网络的跨企业、跨地域的业务并行协同，以及制造资源配置的优化。通过协同平台企业可以更好地共享资源、信息和能力，提高生产效率和市场响应速度，实现整个制造生态系统的协同效应。网络协同制造平台为企业提供了一个虚拟的协作环境，使得不同企业之间的信息交流和资源共享变得更加便捷和高效。企业可以通过这个平台进行实时沟通和协作，共同参与产品的设计和开发过程，从而缩短产品上市时间，提高产品质量和创新能力。同时，网络协同制造还可以帮助企业实现生产过程优化，通过智能调度和资源优化配置，提高生产效率和降低成本。此外，网络协同制造还能够促进企业之间的知识共享和技术交流，推动整个行业的技术进步和创新。通过网络协同制造，企业可以更好地应对市场变化和客户需求，提高自身的竞争力和可持续发展能力。总

之，网络协同制造是一种具有广阔前景的制造模式，能够为企业带来更多的合作机会和竞争优势。

### (3) 解决方案建议

#### 生产作业

**柔性钣金机器人生产线。**主要采用机器人、数控冲床、折弯机床建成门系统蒙皮钣金自动生产线，适应多品种、小批量、频繁换型混线生产，折弯机器人应用模块参数化编程，换型时只需输入模块产品长宽，大幅缩短换型时间；冲裁机器人应用智能化上、下料程序，不需要调整机器人程序以及吸盘位置，实现“零”换型；采用智能传感技术，消除机器人、导轨本身精度误差及累积误差，保证产品精度仅与机床加工精度关联；应用成组技术组合模具，在一台折弯机实现四边折弯及前档拍扁，并且该折弯工序仅使用一套模具。



图 4-13 柔性钣金机器人生产线

**柔性丝杆机器人加工线。**使用 RFID 超高频射频技术与参数化列表编程，实现自动识别产品型号、快速装夹与定位、自动计算送料程序，实现零换型时间混线产品；应用产线重构技术，通过切换不同生产模式，隔离或增加某一台设备参与生产，不仅能实现柔性混产还避免了一台设备故障导致整线停产的局面。

**柔性包边机器人工作站。**无胎膜通用滚边工装，适应多品种、小批量产品混线生产，解决了手工包边效率低下及安全隐患的问题，单个工装通用左、右门板自动定位，可自动实现双工位同时作业；通过

使用参数化列表离线编程，利用 RFID 自动识别门板的型号，实现零换型混线生产。



图 4-14 柔性包边机器人工作站

**柔性窗框焊接自动线。**实现机器人上料、自动取长、弯曲、机器人焊接、焊缝铣削、自动加工溢胶孔和支撑槽，将 7 道单一工序整合在一条柔性线上全工序自动生产；视觉检测自动识别焊缝位置，无需人工施教编程，柔性化程度高。



图 4-15 柔性窗框焊接自动线

**玻璃粘接智能化生产线。**实现门板上下线、穿胶条、窗框打磨、底涂涂覆、门板打胶与装配玻璃等工序柔性混线自动生产，通过激光、视觉等检测技术，实现玻璃方向、底涂漏白、打胶断胶、窗框尺寸等过程质量数据自动检测、记录与追溯。

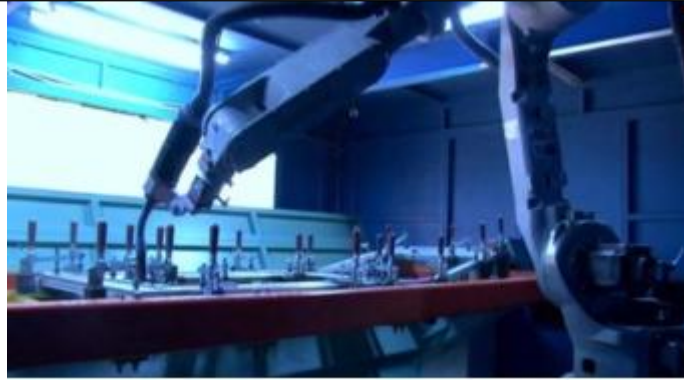


图 4-16 玻璃粘接智能化生产线

**柔性固化产线。**采用伺服驱动机构调节 4 块组件模具的角度，可兼容门板角度在  $0-10^{\circ}$  范围自动调整，实现混线柔性生产，减少专业模具投入及其场地占用。将固化产线与 MES 集成实现智能生产，通过读取门板二维码，自动获取产品生产信息，下载生产程序与参数，实现自动混线生产，同时自动实时采集过程数据，并将产线优化为多层叠加固化，由日产产能 30 扇提升至 60 扇，产能翻倍。

**智能协同作业。**建设 SCADA 系统，实现设备状态信息的上传和控制指令的下达，基于 5G、TSN、边缘计算等技术构建集中统一的数据中心，实现对各类实时信息进行规范化处理、转换、传输、分析和存储，避免上层应用软件与各底层智能设备交互时，需要与差异化接口构建复杂的物联网。通过 SCADA 与 MES 系统集成，实现生产制造各类自动化设备的实时控制和高效协作，生产管理可视化水平和设备利用率显著提升。

**网络协同制造。**构建网络协同平台，应用异地协同资源建模和集成技术、异地分析计算技术、异地数据管理技术、异地协同工作管理技术、异地协同数据库等，打破组织和地域间的界限，优化资源配置，实现轨道车辆门、站台门、电控器等跨地域的各子分公司间数据共享和流通、协同设计和生产。

以某大型轨道交通门系统企业为例，实施智能柔性生产线和协同作业以来，有效提高生产效率 50%，大幅减少传统人工在线操作，直接人工成本降低 65%，设备利用率提高 28%，一线员工职业健康水平明显改善。

## 5、设备管理

### (1) 存在问题

轨道交通门系统生产过程涉及数控机床、冲压机、焊接设备、装配线、喷涂设备、固化设备、检测设备等多种类型的设备，利用“智改数转网联”优化设备管理对于门系统行业制造企业十分重要，否则设备资源利用率低、生产成本居高不下、产品不良率高、安全事故频发等诸多严重问题将持续困扰企业。

**设备资源利用不善。**缺乏对设备运行监控和预测，制造全流程的各类设备状态难以直观掌握，无法及时发现异常状况或者预警潜在故障，导致设备宕机时间长、频繁停机，严重影响设备资源利用率和生产效率，而且设备故障发生后，可能需要大量时间来诊断和修复，进一步降低设备利用率。

**成本控制不力。**对设备资源管理不善直接会带来生产成本上升，仅对设备进行传统定期维护，缺乏设备预防性维护和运行优化，这种“一刀切”式经验策略维护成本高；缺乏数据支持，备件库存管理难以精准，导致库存积压或短缺，增加库存管理成本；设备未经有效维护和运行优化，使用寿命不及预期，设备提前更换，造成成本上升。

**制造过程风险增加。**设备状态失察、设备性能波动或导致生产工艺参数不稳定，影响产品质量；设备故障频发将导致产品质量下降，不良率上升，带来客户不满，造成经济损失。设备状态若未得到有效的监测，将导致厂内安全隐患风

险的提升，同时设备故障的处理过程亦可能增加安全事故发生的概率。

## （2）改造场景

**在线运行监测。**在线运行监测技术融合了智能传感、5G通信和大数据分析等多种先进技术，实现了对设备运行状态的实时监控和评估。通过自动巡检和在线运行监测的方式，系统能够准确地判定设备的运行状态，及时发现潜在的性能问题和异常情况。此外，通过对大量数据的分析处理，系统能够开展全面的设备性能分析，识别设备运行中的瓶颈与不足，为设备优化和维护提供科学依据。同时，系统还具备异常报警功能，能够在设备出现异常情况时及时发出警报，提醒相关人员采取相应措施，确保设备的安全稳定运行。通过这些技术手段的综合应用，大幅提高了设备的运行效率，降低维护成本，提升整体生产效率和管理水平。

**设备故障诊断与预测。**运用物联网联通设备，及时更新设备运行数据，以供系统分析预测，通过机器学习、故障机理分析等技术对设备的运行状态进行深入的测试和评估。在这一过程中，系统会参考历史故障数据，结合当前设备实际运行情况，建立一套完善的故障诊断和预测模型，准确地识别设备潜在的故障类别，并预测其可能的失效时间点，作出决策以提前采取相应的维护措施，从而避免突发的设备故障，确保生产的连续性和稳定性。此外，预测性维护不仅能够减少设备的意外停机时间，还能显著提高设备的综合利用

率。通过提前发现并解决潜在问题，设备的使用寿命得以延长，维护成本得以降低。最终，企业能够在保证生产效率的同时，实现经济效益最大化。

**设备运行优化。**建设设备健康管理系统，对设备运行状态和工作环境进行全面深入分析。通过对各种数据的综合评估，及时发现设备的潜在问题和故障风险，有针对性地调整和优化设备运行参数。具体方面，设备健康管理系统将实时监控设备的温度、振动、噪声等关键指标，结合设备历史运行数据、维护记录和设备实际运行情况，进行智能分析和预测，动态调整其工作参数，确保设备始终在最佳状态下运行。通过这种综合分析和优化，设备运行效率将得到显著提升，能源消耗也将进一步降低。同时，设备磨损和故障率将大幅减少，从而有效延长设备使用寿命。

### **(3) 解决方案建议**

#### **设备管理**

应用 SCADA 系统对设备进行监控，设备数据采集主要为设备自身状态和生产工艺参数，实时掌握设备运行状态，对设备故障做到及时发现、及时预警、及时消除；将 SCADA 系统采集的数据推送给 MES 系统，为工厂智能管理提供有效的数据分析基础，MES 系统的设备管理模块包括点检、润滑、保养，维修以及工具工装管理模块，规范和固化设备故障维修、点巡检、润滑等流程。



图 4-17 设备故障报警

通过在设备上安装温度传感器、压力传感器、振动传感器等，实时收集设备运行数据，如温度、压力、振动频率等关键参数。基于传感器数据、操作数据以及设备运行状况数据等大量的设备数据的积累，利用机器学习和数据分析算法识别出与设备故障相关的模式和特征，并用这些模式和特征来训练模型，实现对异常模式的识别与分类，确定故障类型及严重程度、提供修复建议，同时在设备运行过程中进行故障预测，识别潜在设备故障风险。故障机理分析是通过测量位移、速度、加速度、噪声等运行设备的动态响应物理量信号，应用数学解析或力学分析等方法，建立设备动态响应分析模型，利用先进的信号处理技术提取反映设备故障的征兆或特征来定位故障并评估故障的严重程度。

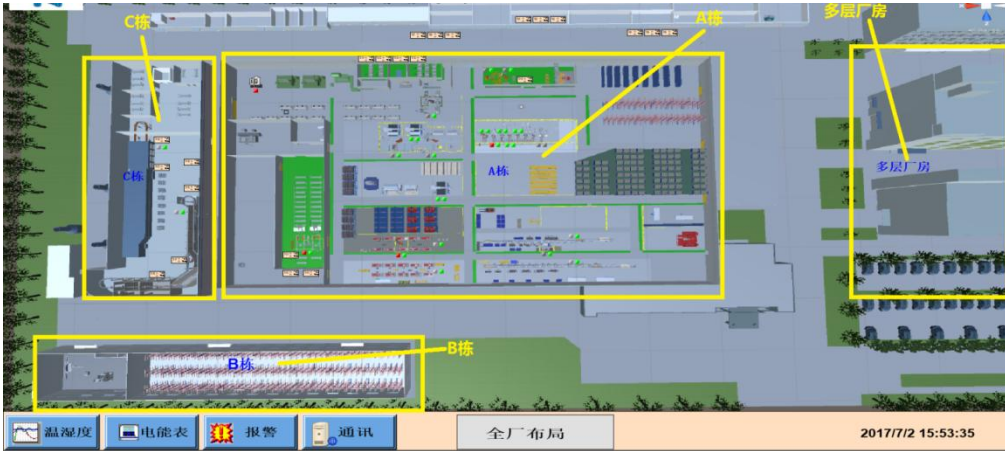


图 4-18 工厂级设备预警

采集设备工作的环境数据，对生产车间及库区的温度、湿度、粉尘浓度等数据进行采集监控，应用回归分析、相关性分析等统计方法，建立环境数据与设备性能之间的关系模型，通过调整环境条件提高设备运行效率。结合设备状态、工作环境和生产需求，构建多目标优化模型，利用遗传算法、粒子群优化等优化算法，求解最优运行参数组合。



图 4-19 门板抛光流水线设备运行参数展示

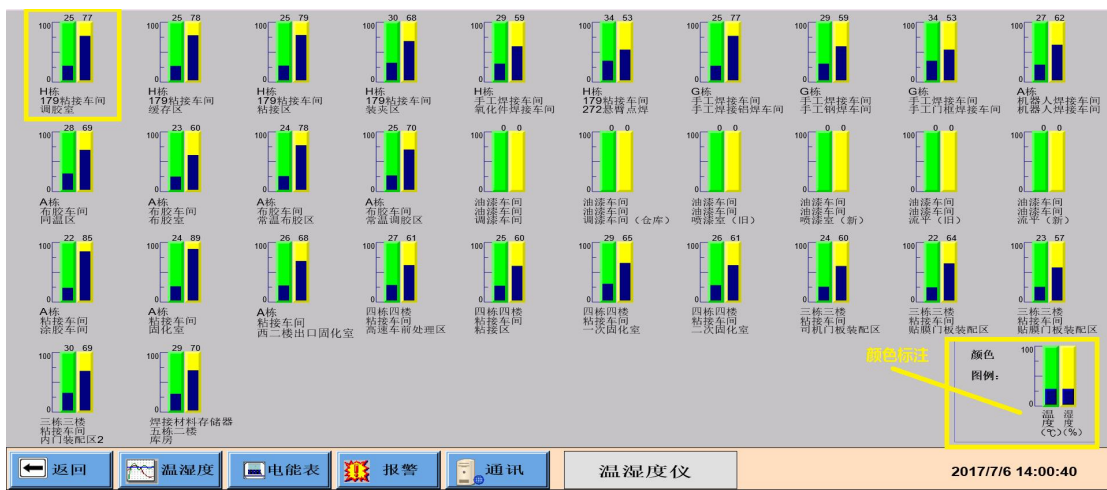


图 4-20 环境数据采集与检测

通过推进设备管理环节的“智改数转网联”，设备利用率显著提升，设备 OEE 平均可达到 90%，设备运行状态实时监控直观展示设备状态，设备故障诊断提升了故障处理效率，设备故障预测可使设备维护实现从被动模式向主动模式转变，维修成本降低约 30%。

## 6、质量管控

### (1) 存在问题

轨道交通门系统是车辆重要部件之一，被列为车辆 A 类核心部件，产品质量直接影响列车运行，关乎人身安全，质量管控是门系统产品制造的关键环节，缺乏有效的质量管控措施，会造成质量检测效率低下、误判率高、问题源头难以定位、供应链风险管理困难、客户满意度下降、产品质量不稳定以及市场竞争力下降等一系列问题。

**人工检测效率和准确率不高。**传统人工抽检容易发生漏检，质量问题易被忽视。人工全检工作量大，易受人员疲劳、注意力分散等人为因素的影响误判率高，检测效率低，影响产品整体质量水平；检测结果人为记录，可能出现滞后、遗漏或者记错的情况，难以保障质量管控有及时、准确的信息支撑。

**质量追溯不完整不精准。**问题源头难以定位，导致问题无法及时解决，客户满意度下降，影响企业的品牌形象和市场竞争能力；供应链风险管理困难，无法对供应链各环节进行精准追溯，难以有效监控供应商的质量表现，增加供应链风险。

## **（2）改造场景**

**智能在线检测。**通过部署先进的智能检测装备，结合 5G 通信技术、机器视觉技术以及缺陷机理分析方法，实现对产品质量的实时在线检测、分析、评价和预测。该系统能够高效地识别和分类各种产品缺陷，确保产品质量的稳定性和可靠性。通过 5G 技术的高速传输能力，检测数据可以迅速传

送到云端进行处理和分析，实现快速响应和决策支持。机器视觉技术的应用使得检测过程更加精准和高效，能够捕捉到微小的缺陷和异常情况。同时，结合缺陷机理分析，系统能够深入剖析缺陷产生的原因，为改进生产工艺和提升产品质量提供科学依据。整体而言，智能在线检测系统不仅提高了检测效率，还显著提升了产品质量控制的智能化水平。

**质量精准追溯。**构建质量管理体系（QMS），充分利用当前技术手段，确保产品质量全面提升。首先，引入5G通信技术，其高速数据传输能力能够实时、快速地传输各个生产环节的大量数据，确保数据的即时性和准确性。其次，采用区块链技术来提高数据的安全性和可靠性。通过区块链技术，确保每一个数据记录都是不可篡改的，为产品质量追溯提供了坚实基础，能够更快速地响应各种质量问题，提升数据处理效率。此外，通过引入标识解析技术，使得产品信息的共享变得更为便捷和高效，实现产品从原料到成品的每一个环节的信息透明化，使得供应链管理更加高效精准。通过全面采集并管理产品从原料采购、设计开发、生产制造到最终使用各个环节的质量数据，企业能够实现对产品全生命周期质量的精准追溯，提高产品制造数据的管理能力，增强产品数据的可靠性和安全性。

**产品质量优化。**构建完善的质量管理体系（QMS）和质量知识库，集成多种技术，包括质量机理分析和质量数据分析等，帮助企业识别影响产品质量的各种因素，进行缺陷分

析和预测，并在此基础上做出科学的质量优化决策。质量管理体系（QMS）能够提供全面管理框架，确保所有质量相关活动都能得到有效管理和监控，确保各个环节的质量标准得到严格执行，保证最终产品质量。质量知识库积累了大量的历史数据和经验教训，帮助系统更好地理解质量问题根源，为解决当前和未来的质量问题提供参考。质量数据分析则通过对大量历史数据的挖掘与分析，揭示影响产品质量的规律和趋势，预测未来潜在质量问题，提前采取优化措施。最后，基于以上分析和预测，进行科学的质量优化决策。决策不仅包括改进产品设计和生产工艺，还包括优化供应链管理和售后服务等环节，从而全面提升产品的整体质量水平。

### （3）解决方案建议

#### 质量管控

建立以预防为主、不断优化的全面质量管理，首先部署机器视觉等全自动智能检测装备对质量关键检测环节开展在线检测，利用5G技术的高速率和低延迟特性对在线质量数据进行实时采集和传输，应用区块链技术提供数据溯源和防篡改的能力，确保质量数据的真实性和可信度，利用标识解析技术为每个产品或批次生成唯一标识，实现全流程数据的关联和追溯，将采集到的在线质量智能检测结果自动关联生产订单、生产批次、设计图纸及其规格参数、设备加工过程参数、供应物料入厂批次及其质量检查记录、返工返修记录等，以便及时发现潜在质量风险和问题，这些资料将同产品编号一同记录，形成产品电子质量档案，实现全生命周期质量精准追溯。应用缺陷机理分析技术分析质量缺陷数据，对产品的质量从缺陷的严重程度、发生频率、对产品性能的影响等多个方面进行综合评价；结合质量知识库，应用

质量机理分析、质量数据分析等技术，从人机料法环等方面分析质量影响因素；利用机器学习、深度学习等数据挖掘技术，对质量缺陷数据进行趋势分析和模式识别，通过预测模型，预测未来可能出现的缺陷类型和频率；结合质量评价和预测结果，制定有针对性的质量优化措施，如改进生产工艺、优化产品设计、加强原材料检验等。



图 4-21 智能在线质量检测及其参数列表

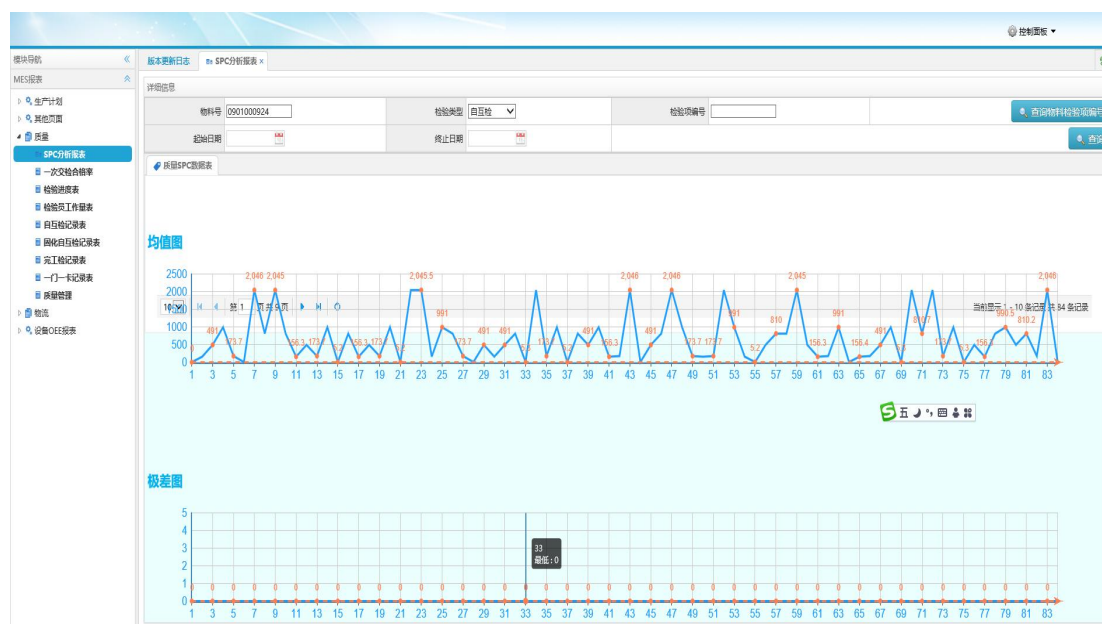


图 4-22 质量数据分析

推进质量管控环节“智改数转网联”，有效提高质检效率和准确性，以某大型轨道交通门系统企业为例，减少质量检测人员投入 10 人，年节约成本约 80 万元。通过质量预防和改善，有效降低产品不

良率 45%，通过全生命周期质量精准追溯，为客户提供详细的产品质量信息，增强客户对产品的信任度，在产品出现质量问题时，能够迅速响应并提供解决方案，提升客户满意度。

## **7、能源管理**

### **(1) 存在问题**

轨道交通门系统的生产过程具有高能耗的典型特征，其制造流程涉及机加工、成型、涂装、固化等工段耗能严重，若缺乏新一代信息技术手段对能源使用善加管理，能源使用效率低下、成本控制困难、环境影响加剧等问题将难以得到改善，节能降耗、提高用能效率是轨交门系统行业能源管理的核心问题。

**能源使用效率低下。**缺乏实时能耗监控和数据分析，难以准确掌握能源使用情况，无法及时发现和解决能源浪费问题，缺乏数据基础，难以开展有效的降耗措施，能源管理不当增加安全事故隐患。

**成本控制困难。**能源费用占比较高，但缺乏有效手段进行管理和优化，无法准确核算单一工段或单一产品的能源成本，难以制定有效的成本控制策略，难以预测和规划未来能源需求，造成成本超支。

**环境影响加剧。**能源使用管理不当会造成污染物排放增加，导致环境污染；缺乏有效的能源管理，难以实现节能减排目标，对环境造成负面影响，不符合可持续发展理念。

### **(2) 改造场景**

**能耗数据监测。**基于能源管理系统（EMS），利用智能

传感技术、大数据分析以及 5G 通信技术等多种先进技术手段，实现对能源消耗的全环节、全要素监测。智能传感技术的应用使得能耗数据采集变得更加高效和准确。通过在各个关键节点部署智能传感器，实时获取各种能源消耗数据，包括电力、水等。传感器能够自动记录和传输数据，确保数据的实时性和准确性。大数据技术在能耗数据监测中起到了至关重要的作用。通过对采集到的海量数据进行分析和处理，识别出能源消耗的模式和趋势，为能源管理提供科学依据。大数据技术还可帮助企业发现能源浪费的具体环节，为节能降耗提供有效的解决方案。通过可视化界面，管理人员可以直观地了解能源消耗情况，及时发现异常并采取相应措施。

**能效平衡与优化。**利用能效优化机理分析、大数据和深度学习等先进技术，对设备运行参数或工艺参数进行精细调整和优化，实现对关键设备和关键环节的能源综合平衡与优化调度，从而提高能源利用效率，降低能源消耗。具体上，能效优化机理分析通过对设备运行和工艺过程的深入研究，找出能源消耗的关键环节和关键因素，从而制定出科学合理的优化方案。大数据技术则可以提供大量的设备运行数据和工艺参数，为优化分析提供有力支持。深度学习技术则可以通过模拟和学习设备运行和工艺过程，预测和优化设备运行状态，进一步提高能源利用效率。

### **(3) 解决方案建议**

能源管理

对轨道交通门系统制造过程中的用能设备电表加装智能传感器，应用能源管理系统对能源数据自动采集并分析，实现对设备运行状态、能耗数据以及环境参数等信息的实时采集，对采集到的海量能耗数据进行存储、处理和分析，提取能耗趋势、能耗分布、能耗效率等重要指标对能源使用做到可视化监测，并对异常能耗情况自动报警。应用能效优化机理分析、大数据等技术，确定哪些环节是能源消耗的主要来源，哪些参数对能效有显著影响，通过训练深度学习模型实现对设备或系统能耗的精准预测和优化，以达到能源高效利用和节能减排的效果。

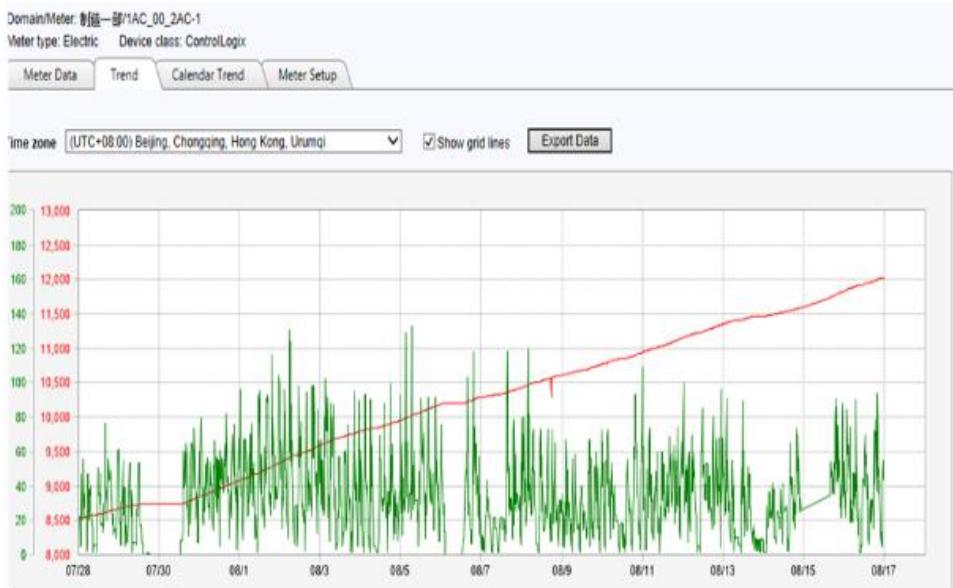


图 4-23 能耗趋势预测

通讯	控制柜编号	开关描述	AL1	AL2	AL3	VL1	VL2	VL3	趋势图
●	1AC	1楼动力	58	66	20	389	390	388	<a href="#">点击</a>
●	1AC	3楼动力	1	0	1	388	389	388	<a href="#">点击</a>
●	1AC	4楼动力	8	6	6	388	389	388	<a href="#">点击</a>
●	1AC	5楼动力	33	21	18	388	389	388	<a href="#">点击</a>
●	2#柜	主开关	61	55	57	413	412	413	<a href="#">点击</a>
●	1#柜	主开关	83	65	67	413	413	412	<a href="#">点击</a>
●	老油漆线	主开关	191	168	177	411	410	411	<a href="#">点击</a>
●	新油漆线	主开关	82	80	85	407	407	408	<a href="#">点击</a>
●	油漆新增柜	主开关	8	8	9	410	410	409	<a href="#">点击</a>
●	水冷机组	主开关	8	5	5	412	411	411	<a href="#">点击</a>

图 4-24 异常能耗报警

以某大型轨道交通门系统企业为例，通过能源管理系统的能耗实时监测结果，发现空压机站、油漆生产车间、固化压机、机加工等工段是全制造流程中的高电耗设备，通过进一步的能耗趋势分析和数据挖掘，发现空压机换型、油漆车间设备电机、固化压机工段对能效有显著影响，于是实施了更换空压机型号、在油漆车间设备中应用变频技术、并调整固化压机工段生产时间，错开高峰与低谷时段，以上措施大大降低了能源消耗，实现能源利用率提高 43%。

## 8、环保管控

### (1) 存在问题

轨道交通门系统的生产过程涵盖了电路印刷、钣金加工、焊接、机械加工、粘接、抛光、表面处理、涂装、固化以及装配等多道工序，制造过程中可能造成水体污染、大气污染、固体废弃物污染以及重金属污染等环境问题。此外，各个工序所使用的设备在运行过程中均会产生碳排放。为落实可持续发展理念、助力轨道交通门系统行业高质量发展，开展污染监测与管理、碳资产管理势在必行。

**水污染。**印刷线路板生产过程中会产生有毒有害废水，成分复杂，含有多种重金属及络合剂，以及多种表面活性剂；机加工过程中产生的废水可能含有切削液、清洗剂等化学成分；抛光过程中使用的抛光液可能含有酸碱等化学成分，以及油、表面活性剂、金属离子等；涂装过程中产生的废水可能含有涂料、清洗剂等化学成分；这类成分若未经妥善处理直接排放，会对水体造成污染。

**大气污染。**焊接过程中会产生大量废气，主要成分包括

氧化物、氮氧化物、一氧化碳、氟化物、铬、镍等有毒有害物质；涂装涂料、胶黏剂可能含有挥发性有害气体；固化过程中也可能产生挥发性有害气体；这类气体若未经妥善处理直接排放，会对空气造成污染。

**固体废物污染。**焊接过程中会产生焊渣等固体废物；装配过程中可能产生各种边角料、废包装材料等固体废物；若此类废弃物未得到恰当处理，将对环境造成污染。

**重金属污染。**钣金加工所使用的钢铁、铜、铝等原材料，往往含有一定量的重金属元素，在加工过程中这些重金属可能会通过切削、打磨等方式进入空气、水体和土壤，抛光过程中可能产生金属粉尘等污染物，造成环境污染。

## **（2）改造场景**

**污染监测与管控。**搭建环保管理平台，通过应用先进的机器视觉技术，快速处理大量图像数据，实现自动化检测任务的高效执行。自动化检测任务不仅提高了检测准确性和速度，还大幅减少了人工干预的需求。利用智能传感器技术，实现对环境数据的实时收集，并将收集到的数据实时传输到环保管理平台。通过高精度检测手段，及时发现潜在污染问题，并迅速启动预警和应急响应机制，确保环境安全。为了进一步提高监测效率，充分利用大数据技术，通过数据共享和融合，对环境质量进行趋势分析和预测预报。有助于企业更好地理解环境变化趋势，还能够为决策者提供科学依据，制定更有效的环保政策和措施。在污染源监控方面，采用先

进监控技术，对各种污染源实现精准监控，及时发现并处理污染问题。

**碳资产管理。**开发碳资产管理平台。碳资产管理平台能够实现全流程的碳排放追踪、分析、核算和交易。智能传感技术可以实时监测企业的碳排放情况，物联网技术则将这些数据实时传输到平台上，而区块链技术则确保了数据的不可篡改性和透明性。平台和装备能够对碳排放的每一个环节进行精确监控和管理。从源头到排放，每一个环节的数据都能被准确记录和分析，帮助企业更好地履行碳排放责任。通过这种方式，企业可以更清晰地了解自身碳排放情况，从而采取有效的减排措施。此外，碳资产管理平台还能够帮助企业进行碳排放的核算和交易。通过平台的分析和核算功能，企业可以准确计算出自身碳排放量，并根据市场情况，进行碳排放权的买卖交易，不仅能够帮助企业降低碳排放成本，还能推动低碳经济发展。

### （3）解决方案建议

#### 环保管控

为提升环境保护监管效能，持续优化环境质量，建立环保管理平台收集、分析监测数据，提供预警、辅助优化决策的功能。通过安装水下摄像头，利用机器视觉技术，监控印刷电路板、机加工、抛光、涂装等过程产生的废液，实时监测水质变化和污染物浓度，部署高精度、高灵敏度和高可靠性智能传感器，实时收集水质的成分及特征，如酸碱度、溶解氧、电导率、化学需氧量等，利用大数据对收集到的水质数据进行存储、管理和分析，找出污染源的影响因素，从源头进行优化，以降低污染危害程度。

在焊接、涂装、固化等工序安装高清摄像头实时监测空气中的颗粒物浓度、烟雾情况和污染源，在污染源附近处部署智能传感器，实时监测空气中的污染物浓度，再利用大数据技术对空气质量数据进行挖掘和分析，对改善污染提供依据。

在焊接、装配的废料器中安装传感器，自动监测固体废物的具体信息，如重量、温度、体积等，采用实地采样方式获取样品，进行成分分析，利用大数据技术对固废数据进行处理和分析，了解固体废物产生的潜在规律，分析优化处置固废的途径。

轨道交通门系统的制造过程以电能作为主要能源，在各工序设备运行过程中均会产生碳排放。建议企业开发碳资产管理平台，在机加、涂装、焊接、固化等主要碳排放环节安装碳排放智能传感器，实时监测碳排放数据，并通过物联网技术将数据上传至平台，应用大数据技术对收集到的碳排放数据进行深度分析，识别排放热点、提出减排建议，根据国际国内碳排放核算标准，核算碳排放量，平台支持碳排放权的交易，提供交易记录查询、交易报告等功能，应用区块链技术确保碳排放数据的真实性和不可篡改性，提高碳交易的透明度和信任度。



图 4-25 污染监测分析



图 4-26 碳资产管理平台

推进环保管控环节“智改数转网联”，有助于企业降低因违反环境规定而产生的法律和财务风险，避免可能的罚款、停产整顿等经济损失。通过环保管理平台展示其污染监测和管控成果，有助于提升企业的社会形象和声誉，吸引更多的消费者和投资者，为企业提高市场份额和盈利能力奠定良好基础。碳资产管理平台能够帮助企业优化配置碳资产，可以通过出售多余的碳排放配额获得经济收益，获得免税、补贴等政府激励，进一步降低成本并增加收益。

## 9、供应链管理

### (1) 存在问题

轨道交通门系统产品涉及机械、电气、电控、新材料等多个领域，供应商多达百家，企业采用传统供应链管理方式存在沟通效率和决策效率低、采购成本居高不下，风险控制能力差的缺点。在供应链环节推进“智改数转网联”，建立供应商数字化管理系统，推进供应链计划协同优化对提升供应链管理能力和增强企业的市场竞争力十分必要。

**供应链管理效率低下。**由于缺乏数字化管理，企业难以快速、准确地筛选和评估供应商，传统人工评估方式不仅耗时耗力，而且容易受主观因素影响，导致评估结果不准确。供应链协同性差，数字化管理缺失造成供应链各方之间缺乏有效沟通与信息共享，决策依据不足，难以实现高效协同，实现对市场变化的迅速响应。

**采购成本控制不力。**缺乏数字化信息系统，企业难以实时跟踪市场价格变化，无法通过合理安排采购时机、选择供应商等方式来降低成本，导致采购成本波动大。采购流程繁复，涉及从采购计划的制定、采购订单的下达，直至采购发票及付款处理等环节，均需依赖人工操作，这不仅容易导致错误和延误，而且增加人工成本。

**风险管控能力不足。**传统供应链管理方式中企业难以对供应商的质量、交货能力、财务状况等进行实时监控和评估，

在合同签署、审批、执行和监控过程中容易出现疏漏和错误，采购信息和供应商信息容易泄露或被篡改，供应链风险管控不力。

## （2）改造场景

**供应商数字化管理。**实施 SRM 系统，通过大数据技术，分析潜在的模式和趋势，通过分析结果对供应商进行综合评价，确保企业能够全面了解供应商的绩效与风险。基于评价结果，企业可以进一步对供应商进行分级分类，划分供应商等级，更好地管理和优化供应链。此外，SRM 系统还可以实现供应商寻源和优选推荐功能，通过分析市场数据和供应商的历史表现，系统能够帮助企业快速找到合适的供应商，并根据特定需求进一步推荐最优供应商，不仅提高采购效率，还确保了供应链的稳定性和可靠性。通过知识图谱技术实现对供应商的信息整合与可视化管理，并基于数据分析进行科学的供应商评价、分级分类、寻源和优选推荐，便于企业做出有效管理决策，从而提升整个供应链的管理水平和竞争力。

**供应链计划协同优化。**通过运用大数据和先进的数字管理分析技术，企业能够实时收集和管理供应链中的各类数据。这些数据包括但不限于供应商信息、库存水平、生产进度、物流状态以及市场需求等。利用丰富的数据资源，企业可以借助人工智能技术进行深度分析和挖掘，从而实现精准的需求预测。结合市场数据，人工智能可以分析历史销售数

据、季节性波动、市场趋势以及消费者行为等信息，从而预测未来市场需求。帮助企业提前做好生产准备，优化库存管理，减少积压和缺货的风险。此外，通过对仓储、生产、物流等状态数据展开实时监控和分析，帮助企业及时调整运营策略，确保各环节的高效协同。采购计划、生产计划和配送计划的协同编制与同步更新是供应链优化的核心，通过整合各方数据和信息，企业可以制定出更加科学合理的计划。

### （3）解决方案建议

#### 供应链管理

实施 SRM 系统，实现供应商管理、采购管理、供应链协作等多种功能。在供应商管理方面，对供应商的信息进行统一整合和动态管理，包括企业性质维护、供应商分类维护、资质文件设定等，以便实时掌控供应商动态；从信用、生产能力、质量管理体系、交货能力等方面，对供应商进行全面评估，选择出最适合自身需求的供应商；建立供应商数据库，对供应商进行分类、筛选和管理，有助于优化供应商结构，降低采购风险；通过 SRM 系统对供应商绩效进行实时监控和评估，包括交货准时率、产品质量、服务响应速度等关键指标，通过数据分析及时发现问题、整改问题，提高整体供应链的绩效水平。采购管理方面，SRM 可实现采购流程的标准化和自动化，包括采购申请、审批、订单生成、收货、付款等环节，通过数字化标准化的采购流程，减少重复工作，降低人为错误，提高采购效率，节省时间，降低成本，SRM 系统还支持采购寻源管理及管理采购过程中的比价和招投标活动、合同管理等功能。在供应链协作方面，SRM 系统提供实时通信工具，企业与供应商之间可以进行及时沟通和协作，双方可以共同制定采购计划、生产安排等，共同处理质量检验信息，增加交流透明度，提高合作效率。

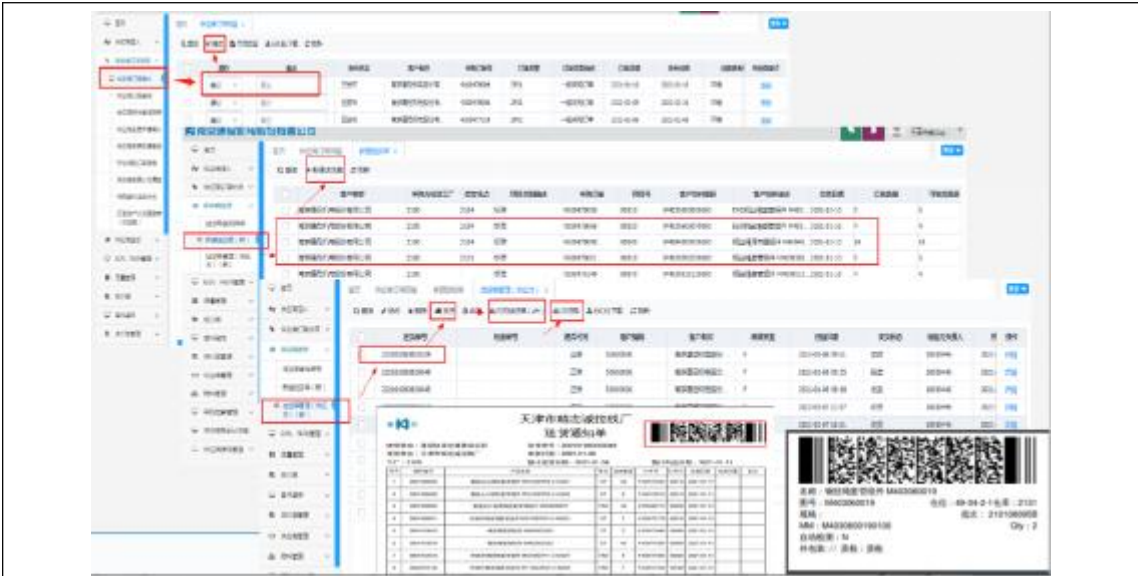


图 4-27 供应商订单在线确认

供应链计划协同优化应用大数据技术进行数据挖掘和机器学习，识别市场需求趋势，构建预测模型，对未来市场需求进行预测；通过物联网技术，实时监控仓储库存、生产线状态、物流运输情况等，应用 AI 算法对收集到的数据进行深度分析，确定原材料采购计划、生产计划及配送计划；通过上下游信息系统互联互通，实现各环节数据的实时共享和更新。当市场需求、库存状态或生产能力发生变化时，能够迅速调整采购、生产和配送计划，通过持续的数据收集和分析，不断发现供应链中的潜在问题和改进点，引入区块链、数字孪生等技术进一步提升供应链的协同效率和透明度。

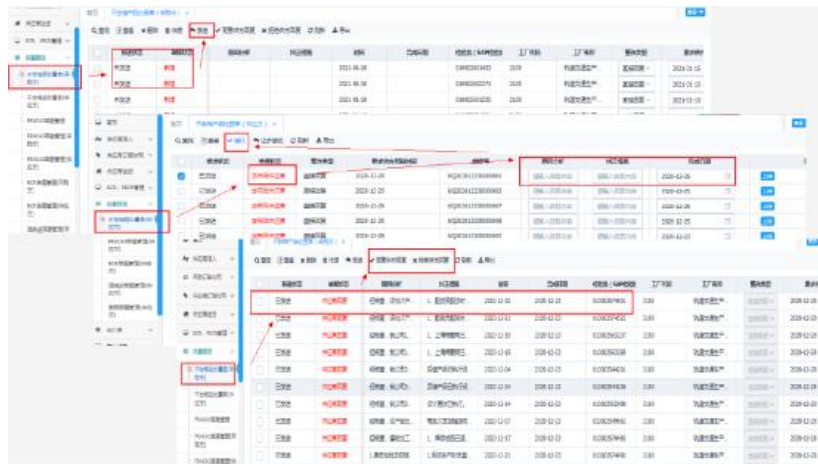


图 4-28 供应商不合格品在线处理

考核周期	供应商名称	供应物资	考核指标	考核得分	考核权重	考核总分	考核排名	考核评价	考核日期
2023-11	南京轨道交通系统有限公司	南京轨道交通系统有限公司	...	...	...	...	...	...	...
2023-11	南京轨道交通系统有限公司	南京轨道交通系统有限公司	...	...	...	...	...	...	...
2023-11	南京轨道交通系统有限公司	南京轨道交通系统有限公司	...	...	...	...	...	...	...

图 4-29 供应商月度绩效评估

推进供应链环节“智改数转网联”可实现供应链的高透明度和高协同性，大幅提升供应链运作效率与响应速度，让资源配置决策更加科学、精准，有效降低系统成本和风险，最终提高客户满意度与忠诚度。以某大型轨道交通门系统企业为例，实施供应链管理“智改数转网联”后，最易量化衡量的是节省人员供应链管理人员 21 人，按人均成本 10 万计算，年度实现降本收益 210 万元。

## 10、售后服务

### (1) 存在问题

伴随城市轨道交通的快速发展，运营安全问题日益突出。据统计，车门故障占车辆运行故障的 50%以上，这一现象主要源于近年来地铁列车的客流量持续攀升，以及行车间隔不断缩短，乘客上下车频率显著增加。列车客室车门数量较多、开度大，频繁开关门动作极易导致车门电气控制、气动控制及传动机构长期超负荷运行，造成部件损坏，故障数量逐年上升。

**故障损失严重。**轨道交通门系统一旦发生故障，若故障

处理不及时，轻则影响人们正常出行，重则可能会引起群体性安全事故，造成负面的社会影响。

**售后服务效率低下。**当设备出现故障时，技术人员需要亲临现场进行诊断和修复，不仅耗时费力、成本高，由于技术人员可能无法迅速到达现场，设备停机时间过长，影响轨道交通车辆使用的连续性和稳定性。

**服务成本高昂。**技术人员需要频繁赶赴故障车辆所在地进行现场维护，需花费大量时间在路途上，不仅产生大量差旅费用，还导致了人力资源浪费。

**服务管理不善。**售后服务工作突发性、随机性较强，缺乏系统性、规范性管理，技术人员大多根据自身经验和直觉进行维护，服务质量参差不齐；故障历史记录、维修记录等信息受到客观因素和人为因素影响，记录准确性、全面性不足，导致企业无法对售后服务工作进行有效评估和改进。

## **（2）改造场景**

**产品远程运维。**搭建门系统远程运维管理系统，充分利用智能传感技术、大数据分析和 5G 通信技术等多种先进技术手段，系统能够精确感知设备的温度、压力、振动等各项运行参数，实现对设备状态的全面监测，进一步实现对门系统运行数据的实时监控和分析。该系统可以对设备进行远程运维管理。通过大数据算法，系统能够对设备运行数据进行深度学习和预测，提前发现潜在问题，提前维护维修，减少设备故障和停机时间，提高整体运维效率和设备使用寿命。

系统不仅提高了运维工作的智能化水平，还显著降低了运维成本和设备故障率，可以适应更多类型和规模设备的运维需求。

**主动客户服务。**通过融合大数据、知识图谱和自然语言处理等先进技术手段，深入分析客户需求，制定更加精准的服务策略，实现主动式的服务响应。具体方面，利用大数据技术处理和分析庞大的客户数据，运用数据挖掘技术从中提取高价值信息，帮助企业更好地理解客户需求。知识图谱则能够将这些信息进行结构化处理，形成相互关联的知识网络，进一步提升服务策略的科学性和有效性。自然语言处理技术能够使系统更好地理解和处理用户的语音指令，实现更加自然流畅的交互体验。通过综合应用以上技术，企业不仅能够更好地满足客户需求，还能够主动预测和解决潜在问题，提供更加高效和个性化服务。

**数据驱动服务。**通过对门系统的运行工况进行深入分析，结合维修保养记录和故障缺陷数据，企业可以利用大数据管理和人工智能技术，进一步挖掘潜在的维保需求和产品优化方案。这不仅有助于提升产品的可靠性和正常性能，还能为客户提供更加精准和高效的维保服务。同时，通过大数据分析，企业可以识别出工厂设备的潜在问题，提前进行预防性维护，减少停机时间和维修成本。人工智能技术的应用还可实现故障预测和智能诊断，进一步提高维保工作的效率和准确性。在此基础上，企业还可以开拓新业务领域，如专

业维保服务和资产处置等，通过提供定制化解决方案，为客户创造更多价值。这些新业务不仅能够为企业带来新的收入来源，还能增强客户满意度和忠诚度，从而在激烈的市场竞争中脱颖而出。

### (3) 解决方案建议

#### 售后服务

产品健康与专家诊断系统通过对轨道交通门系统在线监测与远程诊断，改变以往被动服务、大量靠人到现场巡查、判断不准、应对突发事件处理不及时等问题，实现服务模式的转变，减少显性故障，提高轨道交通门系统运营可靠性。该系统由下至上共分为五层，基础数据层、感知层、网络层、平台层（PaaS）、应用层（SaaS），底层为基础数据层，主要进行具体的试验、设计、检测、维护等作业的执行；感知层通过产品上的传感器等装置实时获取基础数据层的信息，然后通过网络层的网关及无线通信等技术，将数据传输至应用层。应用层通过人工智能、数据抽取、数据分析等技术，对采集到的数据进行分析、诊断、预测并产生改进意见，从而达到对产品健康状态进行分析和预警的目标。

具体应用上，系统通过应用机器学习技术，采集大量轨道交通门系统运行监测数据作为训练数据对模型进行训练，使模型掌握数据所蕴含的潜在规律，进而对新采集到的门系统运行数据进行准确的分类或预测，并自动对异常情况提示报警。通过数据挖掘技术对门系统设备运行异常进行提前处置，收集远程监控系统的状态参数，识别系统状态及其变化趋势，在门系统发生故障前进行状态预警，大大减少重大事故的发生概率。创造专家诊断平台实现专家实时诊断和专家对话诊断，将专家的知识 and 经验转化为计算机可处理的规则或模型，赋予售后服务在线学习和知识进化能力，模拟人类专家的故障诊断过程，从而实现对设备故障的准确诊断，引入人工智能应用，在专家诊断数

据库、设备运行数据库的支持下，实现系统对设备故障的提前预警，故障发生时的自主修复故障以及远程维保工作。联动产品设计系统，通过收集整理用户使用反馈数据，为产品研发设计优化提供参考。开展数据衍生服务，通过收集海量产品全生命周期数据，了解产品性能表现和用户使用习惯，为用户提供专业的技术支持和解决方案，提升用户满意度。该系统在实际运行的轨道交通车辆上进行了试验，取得了良好的试验效果。通过大量的试验数据分析与处理，已建成故障规则库。

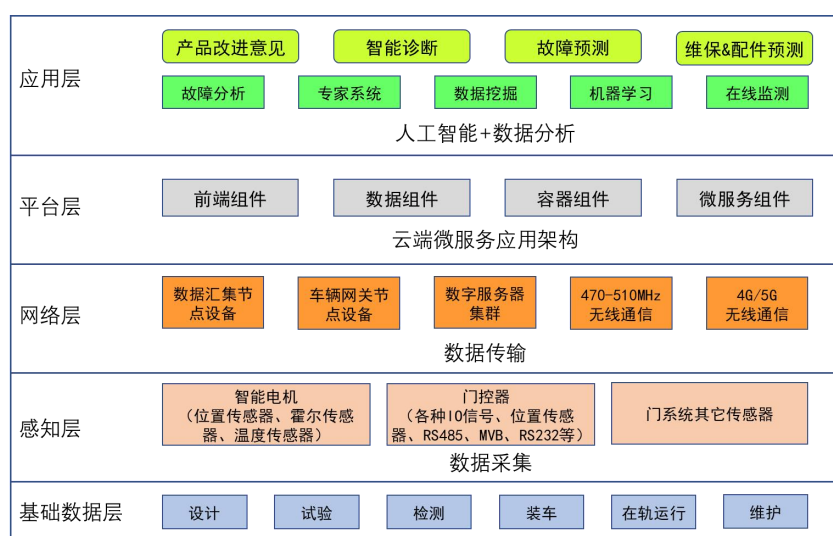


图 4-30 产品健康与专家诊断系统架构图

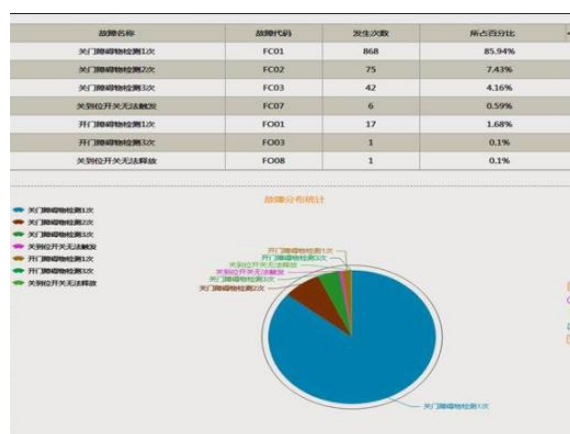


图 4-31 故障分布数据统计页面

No.	规则名称	故障代码	故障名称	开关状态	置信概率	路径特征	操作	最大电流	运行电流	加速时间	匀速时间	减速时间	最大速度	初始速度	操作时间		
1	NIJAA_No.2_3	FC01	车门脚踏板故障1次	车门	0.88	1L25JM1MPS	0.00   0.00   0.00										
2	NIJAA_No.2_2	FC01	车门脚踏板故障1次	车门	0.87	1L25JM2M1M	0.00   0.00   0.00										
3	NIJAA_No.2_1	FC01	车门脚踏板故障1次	车门	0.86	1L3L2M1M	0.00   0.00   0.00										
4	NIJAA_No.5	FC06	车门脚踏板故障1次	车门	0.85	1L25JM25325	0.00   0.00   0.00										
5	NIJAA_No.4	FC07	车门脚踏板故障1次	车门	0.85	1S253251S35	0.00   0.00   0.00										
6	NIJAA_No.3	FC06	车门脚踏板故障1次	车门	0.85	1L3M153M1535	0.00   0.00   0.00										
7	NIJAA_No.2	FC01	车门脚踏板故障1次	车门	0.85	1L3M2M1M	0.00   0.00   0.00										
8	NIJAA_No.1	FC08	车门脚踏板故障1次	车门	0.85	JM1M	0.00   0.00   0.00										
9	DOOR脚踏板开关无法解锁	FC07	脚踏板开关无法解锁	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00									112(°) 9(°)	
10	DOOR脚踏板开关无法解锁	FC08	脚踏板开关无法解锁	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										112(°) 9(°)
11	DOOR脚踏板	FC07	脚踏板未解锁	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										
12	DOOR脚踏板故障1次	FC03	车门脚踏板故障1次	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										
13	DOOR脚踏板故障2次	FC02	车门脚踏板故障2次	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										4128(°)40164
14	DOOR脚踏板故障1次	FC01	车门脚踏板故障1次	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										4128(°)40164
15	DOOR脚踏板故障2次	FC02	车门脚踏板故障2次	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										4128(°)40164
16	DOOR脚踏板故障1次	FC01	车门脚踏板故障1次	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										4128(°)40164
17	DOOR脚踏板故障1次	FC03	车门脚踏板故障1次	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										112(°) 9(°)
18	车门严重阻力变化	FZ03	车门严重阻力变化	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										4200(°)3900
19	车门严重阻力变化	FZ04	车门严重阻力变化	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										4200(°)3900
20	车门阻力变化	FZ02	车门阻力变化	车门	0.8	-	0.00   0.00   0.00										4200(°)3900

图 4-32 诊断规则库管理页面

产品健康与专家诊断系统成功上线后，实现了对轨道交通门系统产品远程运维、健康监控和预测性维护，以数据驱动服务，变“被动维护”为“主动服务”。通过对车门采取“亚健康”预警机制，大大降低了车门故障对正常运行线路的影响，降低清客及下线等类型的故障数量 40%以上。根据南京某地铁线运行情况数据统计，轨道交通门系统的亚健康预警上线后，从普查式的定期维修（月检、3 月检、半年检、年检等）逐步转变为基于健康度预警的重点维修，车门维修工作量至少降低 50%，年效益 1000 万以上。

## 五、路径与方法

### 1、实施路径

建议企业在推进“智改数转网联”过程中，应遵循实施路径，依次明确目标、评估现状、制定计划、开展实施、持续深化等关键步骤。首先结合企业自身战略和实际发展情况等合理确定“智改数转网联”的总体工作目标，并以此统领和驱动后续相关工作；通过线上评估或咨询诊断等方式对企业现有智能化数字化水平进行摸底排查；基于现状和目标，制定详细具体、可操作性强的实施计划，需含主要工作内容、时间节点、投入资源、相关成果等；依照计划，优化组织架

构和业务流程、加强人才培养和引进，在各领域环节有序推进实施数字化转型、智能化改造、网络化联接；企业应建立有效监测机制对“智改数转网联”实施情况进行跟踪和评估，持续完善实施工作，不断深化“智改数转网联”应用。



图 5-1 轨道交通门系统行业“智改数转网联”实施路径

推进“智改数转网联”实施应充分考虑企业间个体差异，**头部大型企业**通常拥有更多的资源和资金，能够更全面地引入智能制造技术，进行大规模的生产线改造和升级，同时往往拥有更完善的信息化系统和更强的数据处理能力，能够更好地支撑智能制造相对全面并系统地实施，除企业内部转型外还需要探索打通供应链信息孤岛、构建产业互联网平台、推动商业模式创新等，通过整合并利用资源和技术优势，实现价值体系的优化、创新和重构。**中小企业**则在生产和经营方面具有较大灵活性，可以通过快速选型并购买成熟解决方案，快速部署快速上线以及边实施边优化的方式，把解决当前业务和管理中的痛点问题作为切入点，局部引入智能制造技术，将有限的资源聚焦在细分市场的核心业务中，通过推

进“智改数转网联”实现降本增效，提高产品服务质量。

参考智能制造能力成熟度模型，将智能化改造数字化转型网络化联接细化为人员、技术、资源、设计、生产、物流、销售、服务等8个能力域，20个能力子域，根据大中小企业类型给出实施优先级建议。其中，**大型企业**优先实施的范围较广，不仅包括自身能力建设和内部全链流程，还延展至外部供应链；**中型企业**优先关注内部设计、生产相关的核心业务领域，而后延展到人员、销售、服务等重要领域，再推广至技术、资源和物流等。**小型企业**优先解决制造环节痛点难点，再完善销售与服务领域，最后推广至自身能力建设和非核心业务环节。

表 5-1 轨道交通门系统行业大中小企业“智改数转网联”实施方案建议表

能力域	能力子域	大型企业	中型企业	小型企业
人员	组织战略	1	2	3
	人员技能	1	2	3
技术	数据	1	3	3
	集成	1	3	3
	信息安全	1	3	3
资源	装备	1	3	3
	网络	1	3	3
设计	产品设计	1	1	1
	工艺设计	1	1	1
生产	采购	1	1	1
	计划与调度	1	1	3
	生产作业	1	1	1
	设备管理	1	1	1
	仓储配送	1	1	3
	安全环保	1	1	1
	能源管理	1	1	1
物流	物流	2	3	3
销售	销售	2	2	2
服务	客户服务	2	2	2
	产品服务	2	2	2

注：表中数字 1 代表某类企业在该能力子域实施优先级高  
 表中数字 2 代表某类企业在该能力子域实施优先级中  
 表中数字 3 代表某类企业在该能力子域实施优先级低

具体实施方面，大中小企业在明晰能力子域实施优先级后，还需结合现阶段自身智能化数字化改造水平分别选择相适应的路径。改造升级路径根据企业当前的智能制造基础、智能化数字化应用水平、网络化联接水平以及行业协同能力，结合国家智能工厂培育标准体系，分为基础型、先进型、卓越型和领航型四类。**基础型改造升级路径**，对于具有改造需求，但智能化改造基础薄弱的企业，首先要加快部署必要

的智能制造装备、工业软件和系统，加快生产过程改造升级。**先进型改造升级路径**，企业在完成基础智能化改造的基础上，重点推动生产、管理等关键环节的集成互通和协同管控，加强对企业应用成果的经验总结，逐步形成具有轨道交通门系统行业特色的数字化转型智能化升级发展路径。**卓越型改造升级路径**，对于已经能够实现关键环节的系统集成和协同管控的企业，应继续推动企业生产制造各环节的集成贯通和综合优化，努力打造智能制造系统解决方案，推动智能制造能力共享和协同升级。**领航型改造升级路径**，对于已经具备实现各环节智能制造、拥有系统集成和协同制造能力的行业内领先企业，应着力推动新一代人工智能等数智技术的深度应用，集中企业人力物力财力探索未来制造模式，加强企业对行业内企业的新技术、新工艺、新装备和新模式，引领研发范式、生产方式、服务体系和组织架构变革。

## **2、相关政策**

### **(1) 诊断评估**

#### **1) 两化融合自评估、自诊断、自对标**

依据《工业企业信息化和工业化融合评估规范》（GB/T 23020-2013，以下简称《评估规范》），利用国家两化融合公共服务平台江苏省分平台，开展两化融合自评估、自诊断、自对标，通过诊断发现问题，通过对标找准方向，能够客观掌握企业自身数字化水平基本情况，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。登录网址：<https://cspi.com/pg>



图 5-2 两化融合自评指标体系

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。

## 2) 两化融合管理体系贯标

两化融合管理体系系列标准是推动企业数字化转型的国家标准，主要致力于为企业数字化转型提供从发现问题到解决问题的全程服务，解决具体执行过程中方法工具支持、解决方案实施、管理机制落地、成效跟踪优化等问题。

系列标准包括：

- 《工业企业信息化和工业化融合评估规范》(GB/T23020-2013)
- 《信息化和工业化融合管理体系基础和术语》(GB/T23000-2017)
- 《信息化和工业化融合管理体系要求》

(GB/T23001-2017)

- 《数字化转型参考架构》(T/AITRE 10001-2021)
- 《数字化转型价值效益参考模型》(GB/T 23011-2022)
- 《数字化转型新型能力体系建设指南》(T/AITRE 20001-2021)
- 《两化融合管理体系新型能力分级要求》(GB/T 23006-2022)

贯标流程如下图：



图 5-3 两化融合贯标流程

登录网址：<https://jspg.cspiii.com/login>，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。

### 3) 智能制造能力成熟度评估

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

企业可以通过智能制造数据资源公共服务平台（<https://www.c3mep.cn/>）开展智能制造能力成熟度自评估。通过自评估可判定企业智能制造整体水平，帮助企业识别当前智能制造发展现状，提供与同行业同地区企业对比分析报告。

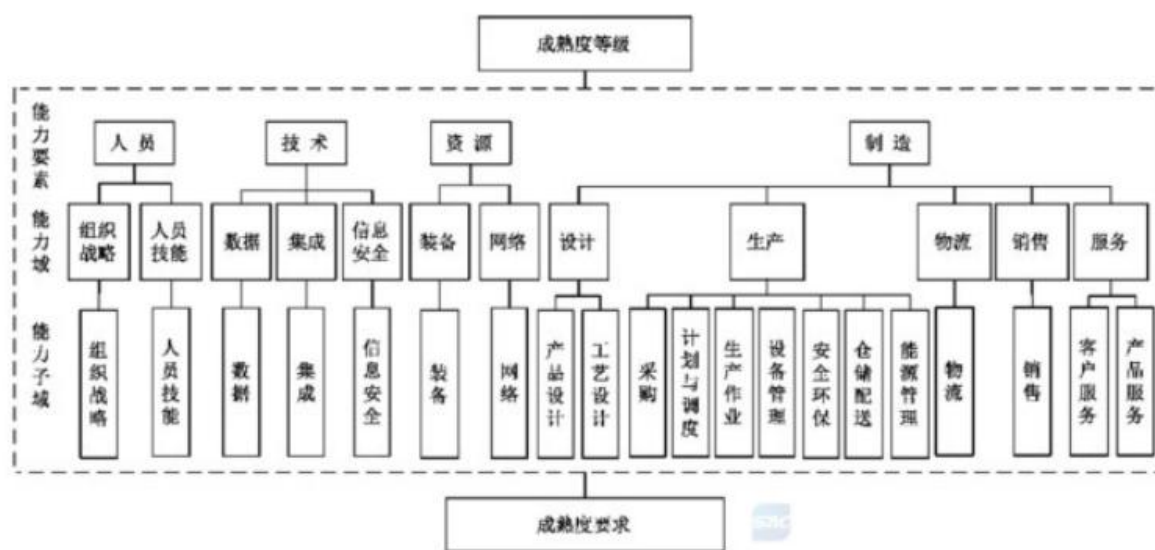


图5-4 智能制造能力成熟度模型

### 4) 数据管理能力成熟度评估（DCMM）

DCMM（Data Management Capability Maturity Assessment Model，数据管理能力成熟度评估模型）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>

企业要先进行在线自评，后提交 DCMM 评估申请，由评估机构进行 DCMM 评估。评估流程如下图：



图 5-5 DCMM 评估流程

省工信厅和各设区市工信局将对参与 DCMM 评估的企业，给予服务或奖补支持。2022 年度扶持政策公布于省工信厅官网《关于开展第三批<数据管理能力成熟度评估模型>贯标单位推荐工作的通知》。

## （2）智能化改造

### 1) 智能化改造数字化转型服务资源池

智能化改造数字化转型服务资源池 (<https://www.eqiyun.cn/>)，是集聚制造业智能化改造和数字

化转型服务商的平台，促进企业与服务商之间的供需对接。服务资源汇聚七大类服务商：智能装备服务商、网络服务商、标识服务商、工业互联网融合应用服务商、系统解决方案服务商、工业信息安全服务商、生产性服务业供应商。服务商在资源池开设店铺展示产品，制造企业可以高效获取服务商信息和服务能力。

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



图5-6 智能化改造数字化转型服务资源池

## 2) 江苏省工信厅每年开展“星级上云”企业评定工作。

上云企业按照不同建设目标和要求，根据上云实践、上云内容、上云成效等多个方面，评定企业上云的星级。2024年度星级上云评定工作发布于省工信厅网站，《关于组织开展2024年度首批省星级上云企业创建工作的通知》。企业可以通过数字工信网站进行申报（<https://jsgxt.jszfw.gov.cn:80>

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

图 5-7 企业上云星级

### 3) 工业信息安全防护星级企业培育

培育工作通过检测评估、咨询诊断和整改提升等流程，提升企业安全防护能力，帮助企业实现星级达标（工控安全防护基础建设级或平台安全防护基本级及以上等级）或星级提升。2024 年度培育工作详情发布于省工信厅网站，《关于开展江苏省 2024 年度工业信息安全防护星级企业培育工作的通知》。

培育工作主要面向省内“1650”产业体系中重点行业领域的工业企业和工业互联网平台企业，近年来已达到工业信息安全防护相应星级并有意愿进一步提升星级的企业。企业需进行的流程有：

I. 企业自主评估。参培企业在“江苏省数字工信一体化平台”（<https://szgx.gxt.jiangsu.gov.cn/esp/#/portal>）—“风险评估”模块填报相关信息，完成企业安全防护能力自评估和上云情况填报，相关操作手册可登录平台自行下载。

II. 整改提升。省工信厅组织省级工业信息安全服务支撑机构对完成自评估的企业开展线上核查评估，并根据企业自

评估安全防护状况给出整改建议。企业根据整改建议进行对标整改，并在平台提交有关整改情况。

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

省工信厅将根据线上核查评估和现场抽查评估结果，综合确定工业信息安全防护星级企业名单，遴选推荐年度优秀案例和优秀服务商。

#### **4) 工业互联网标识解析二级节点**

工业互联网标识通过一系列规范编码赋予标识对象唯一的“数字身份证”，通过解析系统实现跨国家、跨地域、跨行业、跨企业的信息互联互通。

建设流程分为七步：

I.确认建设主体。标识解析二级节点建设主体一般为行业龙头企业，或关联企业组建的联合体。

Ⅱ.明确建设方案。建设方案包含三个核心部分：一是节点平台技术架构与部署方案；二是节点平台运营计划（标识产品和业务是什么，标识应用怎么拓展、对谁提供服务）；三是节点平台投入计划（有明确的投入计划保障平台能够持续运行和运营）。

Ⅲ.专家评审。申请人将申请材料提交至省工信厅，评审委员会对申请材料进行初步评审，审查内容包括对申请表、建设方案、业务规划方案、网络安全保障方案、服务承诺书

等文件的资格性及符合性审查，审查通过的提交至工信部进行详细评审

IV.签订协议。省工信厅及工信部评审通过后，申请人和中国信息通信研究院签订二级节点建设协议。

V.部署实施。签订二级节点项目建设实施合同，进行系统部署和调试。在基础环境确定的情况下，实施系统部署大约需要2~3周时间。

VI.对接顶级节点。系统部署后，启动顶级节点的对接程序，根据顶级节点的要求进行系统测试和考察，完成系统对接和资源权限的开通。

VII.持续运营。标识解析二级节点的重要任务是保障标识节点平台的稳定性与可用性，推动行业企业接入和应用标识，需专门团队持续运营。

### **(3) 部省专项资金、试点示范**

#### **1) 国家级专项资金**

自2017年我国大力推进工业互联网创新发展以来，工业和信息化部每年发布“工业互联网创新发展工程”项目，于中招国际招标有限公司（[www.cntcitic.com.cn](http://www.cntcitic.com.cn)）公开招标，项目资金来源为中央财政资金，招标人为工业和信息化部信息通信管理局。投标人的专项申报项目基本情况表须经省工信厅盖章推荐，投标人注册地、项目主要建设内容所在地均应在江苏省内。

#### **2) 国家级试点示范**

为推进企业数字化转型，加快培育基于工业互联网平台的新模式新业态，贯彻落实国家区域重大战略，工信部每年组织多类试点示范项目。企业编写申报材料报送省工信厅，由省工信厅推荐报送工信部。

I. “5G+工业互联网”融合应用先导区。聚焦发展政策、基础设施、行业应用、产业生态、公共服务等方面的建设重点组织开展先导区试点。《工业和信息化部办公厅关于组织开展2024年“5G+工业互联网”融合应用先导区试点工作的通知》发布于工信部网站。

II. 新一代信息技术与制造业融合发展试点示范项目。围绕深化新一代信息技术与制造业融合发展，聚焦“数字领航”企业、两化融合管理体系贯标、特色专业型工业互联网平台等方向，遴选一批试点示范项目，探索形成可复制、可推广的新业态和新模式，为制造业数字化转型注入新动能。《工业和信息化部办公厅关于组织开展2024年实体经济和数字经济深度融合典型案例征集工作的通知》发布于工信部网站。

III. 工业互联网平台创新领航应用案例。聚焦工业企业数字化转型面临的关键问题，围绕平台化设计、数字化管理、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等六大应用模式，征集遴选一批技术先进、模式创新、成效显著、易复制推广的工业互联网平台创新领航应用案例。《工业和信息化部办公厅关于组织开展2024年实体经济和数字经济

深度融合典型案例征集工作的通知》发布于工信部网站。

IV.智能制造示范工厂。遴选一批智能制造优秀场景，以揭榜挂帅方式建设一批智能制造示范工厂，树立一批各行业、各领域的排头兵，推进智能制造高质量发展。《工业和信息化部办公厅 国家发展改革委办公厅 财政部办公厅 国务院国资委办公厅 市场监管总局办公厅 国家数据局综合司关于开展 2024 年度智能工厂梯度培育行动的通知》发布于工信部网站。

### **3) 省级专项资金**

江苏省工信厅每年统筹工业和信息产业转型升级专项资金项目，2024 年 3 月于省工信厅网站发布《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》，专项资金重点支持四大方向：重点产业技术创新、智改数转网联、产业转型升级、服务体系建设。

项目申报采取网上申报（省工信厅网上政务服务服务旗舰店 <https://www.jszfwf.gov.cn/col/col140127/index.html>），进入“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。

### **4) 省级标杆示范认定**

为加快推动江苏制造业高质量发展，省工信厅每年认定

各类标杆示范项目，由企业撰写申报材料，由各设区市工信局推荐上报，省工信厅组织材料评审和专家核查，遴选出一批标杆示范企业。

1.省重点工业互联网平台。申报类别为省重点工业互联网平台：包括企业级、行业级、区域级、双跨级。《关于组织开展2024年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》发布于省工信厅网站。

2.智能制造示范车间。为引导企业加大智能化改造投入力度，切实提升企业智能制造水平，企业对照智能制造示范车间申报条件进行自我评价，填报智能制造示范车间申请表，并按要求提供能够反映企业智能车间建设情况的视频资料。《关于组织开展2024年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》发布于省工信厅网站。

3.智能制造示范工厂。重点围绕我省先进制造业集群和优势产业链建设，支持企业应用自主创新产品、技术、装备、软件等建设省智能制造示范工厂，提升制造业发展质量、效益和本质安全水平。申报企业需具有良好的智能制造基础，通过智能制造数据资源公共服务平台（<https://www.c3mep.cn/>）开展智能制造能力成熟度自评估，达到国家标准《智能制造能力成熟度模型》（GB/T 39116-2020）二级及以上。《关于组织开展2024年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》发布于省工信厅网站。

#### (4) 重要供需对接活动

##### 1) 世界智能制造大会

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

2024世界智能制造大会由江苏省人民政府、工业和信息化部、中国工程院共同主办，以党的二十大精神为引领，以“数智赋能、链通未来”为主题，延续“线上线下相结合”办会模式，举办开闭幕式、专场活动、云上博览会、全球工业机器人高峰论坛等系列活动等。大会将突出“高端化、国际化、专业化、体系化”办会理念，围绕“加快构建新发展格局，着力推动高质量发展”主线，聚合专业力量、构建多元平台，全面引领制造业智能化改造和数字化转型。

##### 2) 中国（南京）软件产业博览会（软博会）

2024中国（南京）软件产业博览会将于12月17日-19日在宁举办。南京软博会根植于南京市软件产业良好的发展基础，其前身——中国（南京）国际软件产品和服务交易博览会是国内领先的综合性软件行业盛会。自2005年起，经过连续19年成功举办，已成为全国软件产业品牌展会和对外窗口。本届展会以全面市场化运作模式，打造“1+2+4+X+N+

云上”的展会框架体系，重点展示国际国内软件产业发展最新进展，围绕软件产业前沿创新成果，共同探讨产业战略布局。

### **3) 全球工业互联网大会**

2024年9月，全球工业互联网大会在沈阳召开。本次大会以“以智焕制 以旧焕新”为主题，设有1场开幕式及主旨论坛、1个创新成果展、2场专题大会、22场专题论坛、赛事和交流活动等系列活动。大会发布《工业互联网与电力行业融合应用》、全国装备制造业数字供应链平台等一系列创新成果。大会会场设置体现“新旧”融合共生。大会主会场设在中国工业博物馆，一方面通过大型工业厂房遗址、记录时代精神的机器装备和标志性事件，呈现我国特别是辽宁省和沈阳市老工业基地的百年发展进程。一方面以激光雕刻、裸眼3D等现代技术手段，打造身临其境的科技互动感，在历史与新质的交融中体现现代技术与传统工业融合共生。

### **4) 两化融合暨数字化转型大会**

第三届两化融合暨数字化转型大会在苏州召开，大会以“融合新征程数智新未来”为主题，设置大会开幕式及1场全体会议和13场分论坛，在重庆、贵州、青岛等地设置分会场，开设“云端展览”，以“现场+多地+云端”等形式，系统、多维呈现两化融合在促进工业经济增长和传统产业提升方面的显著成效和最新进展。

来自全国各级工信系统、知名院士与权威专家、龙头企业与服务机构代表参会。在全体会议上，国家工业信息安全发展研究中心，湖南和贵州等地工信主管部门及行业专家就数字化转型发表主题演讲，分享转型经验与实践。会议还举办了工业互联网平台创新领航应用案例发布仪式，展示由工信部遴选出的137项创新领航应用案例，覆盖平台化设计、数字化管理、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸六大创新模式，加快培育基于工业互联网平台的新模式新业态，推进企业数字化转型。会议围绕“融势启新、凝心共筑”“融汇焕新、聚力前行”“融合赋新、创享未来”三大篇章在苏州、重庆、贵州、青岛等地举办13场分论坛，深度聚焦两化融合与数字化转型主要任务、重点工程及数字化人才培养等议题，展开深入交流研讨，并依托“云端展览”聚焦产业数字化和数字产业化创新发展与实践，搭建线上会展云平台，打通时空壁垒，实现精彩内容云端展现，全方位呈现我国数字化转型新模式、新业态、新成果。

### 5) “i创杯”互联网创新创业大赛

“i创杯”互联网创新创业大赛设立于2015年，是由江苏省工信厅主办，专注于互联网领域的最高规格赛事之一。2023年，第八届“i创杯”互联网创新创业大赛复赛在“太湖明珠、江南盛地”无锡荣耀开赛，42位重量级评审专家200支数字经济战队汇聚无锡太湖共赴第八届“i创杯”复赛之约。第八届“i创杯”互联网创新创业大赛一经启动，便收获数

数字经济创业者的热切关注，累计吸引全国1024个项目报名参赛，其中高新技术企业占比达12%，项目创始人拥有硕士及以上学历的占比达45.5%，创历届新高。

“i创杯”已累计吸引8422个项目报名，其中省外报名项目的占比已连续5届超30%；已先后在全国22个城市举办了231场巡回路演；组织超300多家投资机构的600多位投资人参与大赛的评审和培训工作；近三届大赛中，产业互联网项目占比超过65%，有力地呼应和促进了数字技术与实体经济的深度融合；前七届682个决赛项目中，共有221个获得融资，融资总额达123亿元；大赛每年更是为各地数字经济产业的发展，储备、培育了一批潜力大、模式新、技术强的项目。他肯定了八届“i创杯”结出的丰硕“数字果实”，并勉励创业者能以“拼”的精神、“闯”的劲头、“实”的作风，在新一轮科技革命和产业变革浪潮中乘风破浪。

## **(5) 中小企业扶持政策**

### **1) 省级专精特新中小企业申报认定**

专精特新中小企业认定是全国范围内对创新型中小企业的重要扶持政策。《关于组织开展2024年度省级专精特新中小企业申报认定和2023年度省级专精特新企业复核工作的通知》发布于省工信厅网站。

申报企业须为中小企业，在江苏境内注册，具有独立法人资格，经营和信用状况良好，纳入“江苏省千企升级平台

”培育库的在库企业，且经各设区市公告并报省工信厅备案的创新型中小企业。

企业申报及审核流程为：

I.企业申报。申报采取线上填报与线下报送相结合的方式。进入“江苏省中小企业公共服务平台—江苏省千企升级平台”（<https://www.smejs.cn/qqapply.aspx>），按照“专精特新中小企业认定申报”步骤和要求填报《江苏省专精特新中小企业申报书》。

II.审核推荐。各设区市工信部门对照条件对企业申报材料进行初审，重点审核企业规模、产品市场占有率、独立法人单位以及有无环境、质量、安全等方面违法记录等。

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

## **2) 中小企业上市培育**

江苏省工信厅每年组织开展多场省重点产业链优质中小企业上市培育活动。活动内容丰富，主要包括：

I.专家讲解资本市场形势，包括发行监管政策解读、新三板政策解读、科创板审核要点解读及案例分析；

II.拟上市企业操作实务，包括改制辅导及全流程解读、股权激励实务；

III.标杆企业走访；

IV.企业其他融资策略分析，包括路演模拟、案例分析。中小企业可以访问江苏省中小企业公共服务平台（<https://www.smejs.cn/>），点击“融资服务”——“想上市”。平台将发布活动通知和活动新闻。



图 5-8 江苏省中小企业公共服务平台

### 3) 中小企业数字化转型公共服务平台

中小企业数字化转型公共服务平台依托国家工业互联网大数据中心建设，通过线上评测应用，沉淀企业评测数据，为中小企业的数字化转型阶段自评估提供科学工具，支撑专精特新中小企业培育遴选工作，推动实现中小企业数字化转型服务、政府管理职能赋能和行业评估评测相结合。

企业可以访问中小企业数字化转型公共服务平台（<http://caii-sme.indusforce.com/#/home>）评估自身数字化发展水平，并依据企业评测得分，将数字化水平划分为四个等级。评测结果将作为《优质中小企业梯度培育管理暂行办法》（工信部企业〔2022〕63号）中“专精特新中小企业认定标准”第5个评价指标“数字化水平”的评价依据。通过

平台，企业可查看数字化转型案例集，包括政府推进模式案例、“链式”转型典型案例等，帮助以点带面带动更多中小企业积极参与数字化转型。



图 5-9 中小企业数字化转型公共服务平台

## 六、愿景与展望

轨道交通门系统行业“智改数转网联”未来发展趋势将体现在现有业务的激发焕新和发掘新生驱动力两大方向，即推动业务数字化智能化网络化和企业数字信息产业化。在新技术行业应用方面，智能供应链领域将填补空白，出现更多的应用场景，AI 技术的运用将会渗透至轨道交通门系统行业企业日常运营的各环节，赋能企业智能化升级，进一步提升企业生产制造水平和企业间合作协同效率。

“智改数转网联”效益进一步凸显。一方面，行业智能制造成熟度水平将进一步提高，物联网深度融合产品制造使轨道交通门系统制造企业在线数据规模激增，对产品更新迭

代、制造技术升级等信息能够及时获取，为企业制定科学合理的经营决策提供有力支持，利于企业进一步优化业务流程、及时发现潜在问题、提高产品质量和降本增效。另一方面，企业间协同增强，通过新一代通信技术、数据共享技术、数据加密技术，打通企业与上下游的信息共享，沟通交流变得顺畅高效，通过数据的实时流动与分析实现供应链全流程协同优化，快速做出决策，即时响应市场变化和客户需求，极大地增强了业务的灵活性和竞争力。

**数字信息产业化创造新商机。**在服务化延伸方面，通过深入挖掘和分析产品使用行为中的大数据，企业能够更好地理解客户的实际需求和习惯，从而发掘出更多新型业务模式，或是传统产品的增值服务，或是个性化定制、技术咨询等更为广泛的服务领域，为客户创造更多的价值，提升客户满意度。在数据驱动方面，企业可以深入挖掘和沉淀内外部数据资源，从而形成具有针对性的数据产品，这些数据产品经过提炼和分析，能够为企业提供更专业的行业分析报告或决策咨询服务。通过这些分析和咨询服务，企业能够更好地洞悉细分市场，制定更为精准的定价策略，并提供定制化的解决方案，以满足不同客户的需求。

在新技术行业应用方面，智能供应链领域未来有较大发展空间。例如，**基于智能管理系统的供应链配送与动态优化**，依托运输管理系统结合 RFID 数字化标识技术，实现对物料、成品的自动识别入库管理，实现单类库存与库位对应绑定，

利用 AI 人工智能分析处理库存与需求信息处理，实现仓储系统、运输管理系统、企业资源管理系统和制造执行系统集成，实现数据共享，并根据实时仓位和配送需求情况，自动下达配送任务。**供应链智能化风险预警与弹性管控**，全面信息获取，建立供应商管理系统（SRM）实现对供应链平台数据的全天候收集、实时信息共享，准确把握市场信息；智能决策预警，结合集成知识图谱、云计算、AI 学习模型等技术，对海量供应链信息进行数据挖掘、数据分析，对供应链各环节进行系统的、全局客观的实时把握，识别潜在风险，并做出最优可视化决策，维护供应链的健康高效运行。**供产销智能一体化**。通过运用大数据、云计算等先进技术手段，对供应、生产、销售各个环节的数据进行深度挖掘和分析；借助人工智能管理模型，打通销售、生产和采购系统的业务流程和数据流，实现无缝对接。该智能化管理方式能够实时监控和掌握供产销的各个环节，确保信息的透明和高效传递，并做出合理决策。通过这种方式，企业能够实现销售、生产、采购三位一体的协同优化，从而提高整体运营效率，降低成本，提升市场竞争力。

附件：

## 附件 1 人工智能典型应用场景

### 1.AI 管理系统优化

AI 赋能决策管理。通过引入预测模型和数据挖掘技术，AI 不仅能对历史企业数据进行细致分析，更能从中提炼出企业的发展规律、发展状态，同时捕捉市场的微妙变化，进而预测未来的市场走势。通过市场走势分析，企业能够制定出更为贴合市场需求的企业经营决策计划，为企业在库存管理、产品定价、市场推广等多个方面提供的智能决策支持。

智能仓库管理。随着 AI 技术的深度整合，仓库管理正迎来技术上的重大变革。在库存监控方面，与传统的人工清点和记录相比，智能仓库系统在融合 AI 技术后，能够自动追踪并记录库存变动，实时跟踪货物状态，保证库存信息的精确性。同时，AI 技术能够利用历史数据和市场动向，对未来的库存需求进行预测，帮助企业精确地安排库存策略，有效避免库存过剩或不足的风险。通过 AI 智能数据模型整合采购计划、当前库存状况和优质供应商信息，智能地创建采购合同草案，产品入库后，能够立即更新库存信息，确保材料数据的实时性和准确性，大幅度提升采购效率。在智能拣选环节，传统拣选依赖于大量人力，效率低且容易出错。智能仓库系统结合 AI 技术，能够根据订单信息智能地规划最佳拣选路线，并通过自动导航工具（例如 AGV 小车）实现精确拣选，大幅提高拣选效率并减少人为错误，从而全面提

升仓库管理的水平。

智能客服管理。借助人工智能技术，企业能提供更聪明的客户服务，进而提高服务效率，优化客户体验。智能客服的应用，使企业能够随时为客户提供迅速的咨询和解答，确保全天候的服务覆盖。同时，通过大数据分析和机器学习算法的个性化推荐系统，企业能深入理解客户需求和偏好，提供定制化的产品推荐和个性化服务，加强与客户的互动和联系。此外，AI 技术还能通过分析客户的信用和支付历史，评估信用风险，帮助企业制定风险控制策略，并将其融入 CRM 系统中，自动更新客户资料，监控客户互动，优化客户关系管理。以 **DataCanvas Alaya** 制造业大模型为例，该模型适用于信用评估、法律纠纷预防、订单销量预测、合规审查等众多客户管理环节，增强企业在客户服务方面的智能化程度。

## 2.AI 智能轨交产品研发系统

数字孪生实现产品设计前瞻优化。数字孪生技术通过对构建物理产品进行三维建模，使设计师在虚拟环境中实现产品外观设计和结构布局，并对产品性能进行模拟和测试，从而在产品实际生产之前发现问题并进行优化，设计师在进行产品研发时，只需要在系统指引下，设置期望的参数及性能等约束条件，如材料、重量、体积等，人工智能模型就能根据设计者的意图自动生成多种可行性方案。AI 技术的融入，能够进一步增强数字孪生的智能化和自动化水平。AI 拥有强大的数据分析和学习能力，能够深入处理和海量设计、生产及用户反馈数据，精准训练和优化数字孪生模型，使其更加真实地反映物理产品的实际情况。同时，AI 技术也赋予了数字孪生模型自适应调整的特性，让其能够随着环境和需求变化而自动更新，确保了设计的灵活性和快速响应。此外，AI 还在故障预测和产品质量管理方面发挥着关键作用，它通过分析历史故障数据来预测潜在问题，在设计阶段就采取相应的预防措施，延长产品寿命，降低维护成本。更重要的是，AI 技术的加持推动了数字孪生向更高层次的自动化迈进，实现了模型更新、数据分析和结果解读等过程的自动化，极大地减轻了设计师的工作负担，提高了整体工作效率。

AI 辅助设计助力产品设计快速迭代。AI 在辅助设计中的应用，首先体现在其精准的数据驱动能力上。通过对海量

设计案例与用户反馈的深入挖掘, AI 系统能够识别出成功的设计模式和用户偏好的细微差别。这种基于数据的洞察, 使设计师在创作之初就站在了一个更高的起点, 避免盲目尝试和无效迭代。除了提供数据, AI 还能进行智能化的方案优化。在设计过程中, AI 能够快速模拟和评估各种设计变体, 通过算法分析出每一种设计的性能、成本和市场接受度。这种能力极大地提升了设计的精准性和市场适应性, 让设计师在众多可能性中迅速找到最佳路径。此外, 通过与 CAD 等设计软件的集成, AI 可实现设计流程的自动化作业。从初步构思到详细设计, 再到最终的产品验证, AI 在每一个环节可提供支持和优化作用。特别是在面对重复性高、耗时长的设计任务, 如参数化建模和性能仿真时, 设计师可以解放双手, 由 AI 来高效完成。这种人机协作方式, 确保了设计过程的流畅性和高效性。

### 3.生产全流程 AI 智慧优化

优化生产流程。在生产流程中，AI 技术的应用首先表现在对实时数据的搜集与解析上。在生产线的各个部分安装传感器，能够实时监控机器的运作状况、生产速率、材料使用等信息。AI 系统经过精确地分析，能够迅速发现生产中的瓶颈和问题。比如，当机器效率降低或某个环节耗时增长时，AI 系统都能迅速发现并给出相应的改进方案。AI 技术还拥有预测性维护的功能，它能分析历史记录，预测设备潜在的故障，并预先发出警报。这种预测功能让企业可以在设备故障前进行维护，防止因设备故障导致的生产停滞，显著提升生产线的稳定性和可靠性。同时，AI 技术在智能排产方面也扮演着关键角色。它通过综合考量订单需求、库存状况和设备能力等因素，智能地制定出高效的生产计划和调度。这种智能化的管理手段，不仅提高了生产效率，还有效减少了库存积压，优化了资金运用。

节能减碳。利用 AI 技术的智能优化和控制功能，帮助制造企业减少能源消耗和排放，促进绿色可持续发展。“AI+能源监测”系统平台能够学习并识别能源使用模式，根据生产计划和实时需求灵活调整能源分配，保证生产流程的连续性和稳定性，有效避免能源浪费。同时，AI 技术能够实时监控生产排放，确保排放物达到环保标准，例如在车门制造的车漆喷涂过程中实时监控甲醛、甲苯等有害物质的释放量。通过分析排放数据，有助于制定减排措施。在制造过程中，

AI 技术还能优化生产流程，减少不必要的能源使用。例如，引入智能机器人和自动化设备，可以降低人力成本，提升生产效率，同时减少因操作不当造成的能源浪费。此外，AI 技术与可再生能源技术的结合，能进一步提升能源利用效率。

物料无序分拣。基于 AI 与机器视觉技术的分拣程序能有效解决传统分拣方式中的高错误率和人工劳动强度大等问题。AI 视觉分拣系统主要由工作平台、视觉及机器人控制三个单元构成。工作平台负责分类放置不同产品；视觉单元则利用工业相机和视觉软件，通过图像抓取与分析，精准识别目标种类及其位置和摆放方向；机器人控制单元则根据视觉单元的输出，指挥机械臂等执行机构完成抓取和放置任务。通过模型训练和加载，AI 视觉分拣系统能快速将不同物品分类，并结合 3D 视觉设备，实现产品的精准抓取，为工业生产带来显著的效益提升。

产品质量检测。在生产过程中，AI 质检通过引入机器视觉和深度学习算法，能够自动检测产品表面的微小缺陷，这不仅大幅提升了检测效率，更确保了检测结果的精准性和一致性，如门体制造过程中材料焊接完成后的打磨和组装，需要保证表面光滑和调直打平以及门体成型后的多次上腻子、底漆和面漆喷涂的细节检测。通过 AI 质检的精确识别，企业能够及时剔除不良品，从而显著提高产品质量，并有效降低废品率和产品不良率，进而达到降低生产成本的目的。此

外，AI 质检还能在无人值守的情况下进行 24 小时不间断工作，极大地提高了生产效率，并解决了人工质检中可能出现的疲劳和误差问题。

#### 4.AI 助力行业小模型开发

针对轨道交通门系统行业的行业特点，在努力发展行业 AI 大模型时，也可以通过开发碎片式的行业小模型，“以点成面”，汇聚形成合力。AI 小模型通常以业务为主导，经过数据采集和优化，实现单一维度下的工作，不同于大模型需要的海量全面的数据训练和实时性要求，AI 小模型更多适用于生产制造领域，模型训练速度快、结果准确、稳定性好、计算成本低的优势。

产品缺陷检测所用的视觉小模型，通过不同设备采集的图片信息，结合专家的经验进行模型的训练，从而实现工业检测自动化的目标。AI 小模型通过利用先进的图像处理技术和机器学习算法，能够自动识别和分类产品上的缺陷。视觉数据收集设备可能包括高分辨率相机、红外扫描仪以及其他各种传感器。收集到的图片数据经过预处理后，将被输入到模型中。在模型训练过程中，除了依赖大量的图片数据，还需要引入专家的经验 and 知识。根据专业知识和专家经验，对数据进行标注，指出哪些图片中包含了缺陷，以及缺陷的类型和位置。这类标注信息对于模型学习如何识别缺陷至关重要。通过反复的训练和优化，AI 小模型能够逐渐提高其识别缺陷的准确率，最终达到甚至超过人类专家的水平。

利用 AI 小模型实现设备预测性维护，AI 小模型预测性维护的方法核心在于先构建一个全面的特征库，这个库包含

了针对不同设备类型和工业场景的通用特征，涵盖了广泛的可能影响设备运行状态的各种因素。有了这个基础特征库之后，再针对具体的应用场景进行匹配和筛选，进一步丰富和细化相关数据。这种方法不依赖于设备类型的限制，因此具有更高的实时性，能够快速响应设备状态的变化。同时，它利用跨场景的通用特征库，这个库随着数据的不断积累而持续扩充和优化，使得对于设备运行机理的理解更加深入，数据丰富度也更好。通过这种方式，AI小模型能够更准确地捕捉到设备的运行状态和潜在故障模式。AI小模型预测性维护就是先有特征库，再找场景，再丰富场景数据，最大的好处是不局限于设备类型，实时性高。与传统的大数据AI方法相比，行业小模型更注重实时性和特定场景的适用性，具有针对性强、实时性高和准确性好的优势。

### 5.360°智能检测系统和智能巡检机器人系统

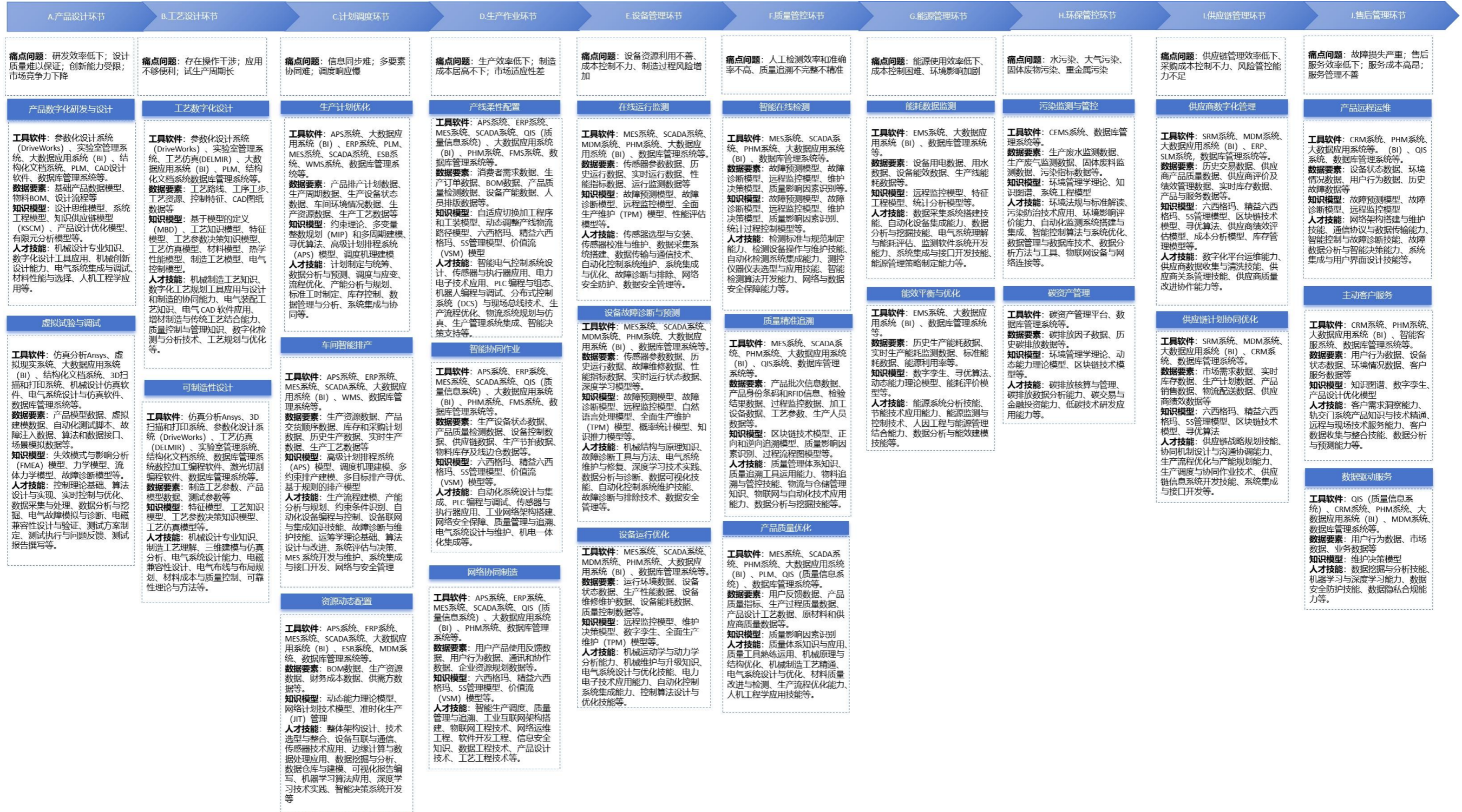
采用 360° 智能检测系统进行初步检测，结合机器人设备进行精细检测，再加上人工专业检测的组合模式，使得车辆检修作业模式发生了根本性的变革。首先，360° 智能检测系统通过高清成像拍摄技术，对列车的车顶、车侧、车底以及其他关键部件的状态进行全面捕捉，实现了对列车各个部位的高清成像拍摄。此外，该系统还具备全面故障智能预警和诊断分析功能，能够及时发现潜在的故障隐患。

该系统由四个主要子系统组成，分别是轮对检测、受电弓检测、轴温检测和 360° 图像检测。在地铁车辆回库的过程中，这些子系统通过激光扫描、图像和像素分析等多种方式，对列车的状态参数进行精确收集。基于双目视觉技术和深度学习算法的三维快速成像技术，结合 AI 深度学习算法以及数据迭代技术，智能检测系统能够对列车的状态进行智能判断，并准确找出运行故障的原因。

通过这种智能检测系统，人工复核和处理变得更加高效和准确。人工复核人员在智能巡检设备完成初步检测并生成报告后，进行细致的复核和处理工作，确保车辆检修的质量和效率。这种模式不仅提高了车辆检修的效率，还大幅提升了检修的准确性和可靠性，为确保地铁车辆的安全运行提供了强有力的技术支持。

# 附件 2 改造投入清单及图谱

## 1.行业系统化场景图谱示意图



## 2.行业智能化改造装备清单

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
生产作业环节全场景	钣金机器人工作站	主要功能包括成形、切割和打孔等工序，能够精确地完成各种复杂形状的快速加工，提高加工效率和精度。钣金机器人通过多种传感器和先进的控制系统，能够根据不同产品的要求灵活调整加工参数，实现不同形状和尺寸的钣金制品的生产	170-185
生产作业环节全场景	玻璃粘接机器人工作站	包括自动涂胶和自动安装，能够显著提高生产效率和安装精度。	220-240
生产作业环节全场景	携门架机器人装配线	包括工件运输、工件装卸和工件找正。能够在 FMS（柔性制造系统）中，实现自动化生产线的顺畅运行。	115-140
生产作业环节全场景	抛光机器人工作站	通过编程设定机器人的运动轨迹和抛光参数，对工件表面进行抛光处理，去除表面的瑕疵、划痕等缺陷，使表面变得光滑、亮丽。	100-120

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
生产作业环节全场景	门框焊接和铣削机器人系统自动化生产线	高精度焊接：通过精确的机械控制系统和先进的焊接算法，门框焊接机器人能够实现高精度的焊接，有效减少焊接缺陷，提高产品质量；铣削机器人主要用于精密非标零部件制造，采用先进的数控系统和精密的伺服系统，能够实现微米级甚至纳米级的加工精度，满足高精度要求，确保零部件的尺寸精度和表面质量，能够通过编程控制，实现一次性装夹、多工序加工，缩短加工周期。	260-280
生产作业环节全场景	机器人自动包边工作站	主要功能是替代传统的人工包边工艺，通过自动化和机械化的方式完成车用部件内饰件的包边工作。	145-168

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
生产作业环节全场景	丝杆自动加工检测 数字化流水线	是智能化在离散机加工行业应用：结合先进的壁挂机器人与通用送料机配合作业方式，取代了人工上下料作业方式；参数化、信息化在智能设备中应用：使用 RFID 超高频射频技术与参数化列表编程，实现自动识别产品型号、快速装夹与定位、自动计算送料程序，最终实现产品混线、零换型时间以及快速后台编程的智能化生产模式；多种生产模式在机加工中应用：可以通过切换不同生产模式，隔离或增加某一台设备参与生产，解决一台设备故障导致整线停产的局面。	300-350
生产作业环节全场景	五轴加工中心	主要功能包括加工复杂曲面、提高加工效率和精度，以及适应多种材料的加工；是一种科技含量高、精密度高的设备，专门用于加工复杂曲面	220-290

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
生产作业环节全场景	摆臂组件装配机器人工作站	自动化程度较高，实现了摆臂组件自动装配作业，包括自动上料下料，自动压装两侧衬套，自动喷促进剂，自动涂螺纹胶，自动拧紧滚轮功能，通过自动拧紧专机拧紧并反馈扭矩值，对拧紧数据进行自动记录存储与异常报警。	75-95
生产作业环节全场景	油漆工序喷涂机器人系统	可进行自动喷漆或喷涂其他涂料。喷涂参数控制：系统能够直接修改喷漆量、雾化控制压力、喷涂范围控制压力等关键喷涂参数，确保每次喷涂作业都能达到预期的效果；通过闭环控制系统，系统能够自动调节喷涂过程中的液体流量，确保喷涂的均匀性和稳定性。这一功能有助于减少浪费，提高喷涂效率。	175-185
生产作业环节全场景	焊缝自动铣削机器人系统	能够以极高的精度进行铣削和打磨作业，机器人系统通过编程和调试，可以自主完成焊接任务，减少对人工操作的依赖，提高生产效率。	70-90

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
生产作业环节全场景	钢件焊接机器人工作站	配备了高精度的传感器和控制系统,能够精确控制焊接的位置、速度和力度,确保焊缝的准确性和一致性。	55-65
产品设计、工艺设计 环节全场景	3D 打印系统	3D 打印系统基于三维数字模型,通过逐层叠加材料的方式,直接制造与相应数字模型完全一致的三维物理实体模型,这种制造方式无需传统的刀具或模具,简化了制造工序,提高了生产效率;帮助设计师验证设计理念和功能,缩短产品开发周期。	115-125
产品设计、工艺设计 环节全场景	3D 扫描仪	捕捉物体的三维几何形状和表面纹理,并将其转化为数字模型,这些数据可以用于多种应用,包括工业设计、瑕疵检测、逆向工程等。	25-34

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
产品设计、工艺设计 环节全场景	ESD 自动监控系统	实时监测静电水平:ESD 自动监控系统可以实时监测生产现场的静电水平,包括静电放电事件的发生频率和电荷量等关键参数。通过实时数据分析,用户能够及时识别和定位潜在的静电问题;	19-25
质量管控环节全场景	BP 开关密封性能测试仪	能够检测 BP 开关的密封性能,确保产品在各种环境下的密封性、耐压性和耐湿性等性能。	2-3
质量管控环节全场景	蜂窝复合结构粘接 声波检测装置	利用超声检测方法检测蜂窝结构部件内部,避免因检测需要造成的部件破坏和浪费。	25-35
质量管控环节全场景	影像检测系统	通过工业相机的 CCD 或 CMOS 成像传感器将光信号转变为有序电信号,并将这些信息通过相应接口传送到计算机主机,实现图像的采集,通过图像识别和测量技术,检测产品表面的缺陷、尺寸和形状是否符合要求,确保产品质量达到标准。	35-50

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
质量管控环节全场景	门板轮廓度测量机	通过高精度的传感器和驱动装置,能够准确测量门板的轮廓尺寸,确保其符合设计要求;对门板表面的粗糙度进行评估,确保表面质量满足要求;同时能够测量机通常具备数据记录和管理功能,可以记录每次测量的详细数据,方便后续分析和追溯。	5-25
质量管控环节全场景	绝对臂测量机	可以在现场进行精确的测量,适用于各种复杂环境,能够进行接触式测量和非接触式扫描;利用高性能激光扫描测头,绝对臂测量机可以生成高质量的点云数据,通过3D造型软件进行曲面重构,实现工件的三维建模;绝对臂测量机可以用于工件表面或内部的探伤,确保工件的质量和安全性。	25-39

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
质量管控环节全场景	锡膏检测仪	利用光学原理检测印刷后的锡膏是否存在偏移、拉尖、架桥等缺陷，提前发现 SMT 工艺缺陷，减少由于锡膏印刷不良造成的缺陷，增强制程性能。	45-60
质量管控环节全场景	AOI 自动光学检测机	AOI 设备通过高分辨率摄像头自动扫描印刷电路板 (PCB)，捕捉其图像，并与预设的质量标准进行对比，以检查各种微小缺陷，满足高精度制造要求；可以配置为在线检测，实时监控生产过程，帮助及时调整工艺参数，提高生产效率和产品质量。	55-75
质量管控环节全场景	在线式 FCT 测试平台	对生产的产品进行多种功能测试，以确保其性能符合设计要求；	38.5-50.5

适用场景	装备名称	主要功能	投入区间 (万元)
质量管控环节全场景	X-RAY	内部成像：通过高分辨率 X 射线探测器，获取清晰的内部结构图像，支持多角度成像，提供物体的全方位内部信息；缺陷检测：自动识别和标记内部缺陷，如裂纹、气孔、异物等，并进行定量分析，提供缺陷的尺寸、位置和数量等信息。	110-115
供应链管理全场景	AGV 运输车	通过电磁或光学等自动导引装置，沿着规定的导引路径行驶，完成各种物料运输任务。	40-50
供应链管理全场景	轨道自动传输系统	该系统通过自动化快速对接物流智慧站台系统，包括沿轨道移动的载货车厢、运货轨道、移载装置、车厢传感器等软硬件设备，实现了自动化装卸货，提高了物流效率	75-100

### 3.数字化转型数据要素清单

序号	场景	数据要素类型	描述
1	产品数字化研发与设计	基础产品数据模型、物料BOM、设计流程数据等	基础产品数据模型主要包括轨交门系统产品的门体结构设计、驱动传动设计、控制系统设计、安全装置设计等；物料BOM主要包括轨交门系统产品制造所需物料的名称、规格、型号、品牌、材质、用途等信息；设计流程数据主要包括轨交门系统产品的设计概念、需求规格、设计文档（设计图纸、技术规格、设计流程图）、设计历史和版本控制以及知识产权和保密协议等。
2	虚拟试验与调试	产品模型数据、虚拟建模数据、自动化测试脚本、故障注入数据、算法和数据接口、场景模拟数据等	产品模型数据主要包括轨交门系统产品的门体结构数据、驱动传动数据、安全装置数据等；虚拟建模数据主要是通过通过在电脑中输入产品原型特征数据，建立虚拟产品模型用于虚拟测试；故障注入数据用于模拟产品在实际运行时可能产生的故障情况，场景模拟数据用于模仿产品运行时会面临的实际环境；自动化测试脚本用于简化试验和调试步骤，提高效率；算法和数

序号	场景	数据要素类型	描述
			据接口则便于统一数据形式，便于各类数据的编入。
3	工艺数字化设计	工艺路线、工序工步、工艺资源、控制特征、CAD 图纸数据等	<p>工艺路线主要包含轨交门系统产品从原材料到成品的加工过程，包含了工艺步骤和操作方法；工序工步则分别指生产过程中一系列操作和加工的大阶段和小阶段，主要为操作加工动作的组合和具体步骤的操作细节和顺序；工艺资源指轨交门系统生产制造过程中所需要的各种资源，包括工具、机器、设备和加工工艺技术以及人工、材料、能源等；控制特征是指在工艺、部件、装配或系统中，可进行限定、测量或量化且必须控制其变形或偏差的任何功能特征、几何或材料特性，能够确保工艺设计的精确性和一致性；CAD 图纸数据指的是 CAD 文件中包含的各种格式的数据，用于描述产品工艺设计内容。</p>
4	可制造性设计	制造工艺参数、产品模型数据、测试参数等	<p>制造工艺参数指轨交门系统产品制造过程中可以被控制和调整的各项变量，涉及原材料的选择、加工条件的控制、设备参数的设定等；产品模型数据主要包括轨交门系统产品的门体结构</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
			数据、驱动传动数据、安全装置数据等；测试参数主要指在测试过程中用于评估产品制造设计中的各种可测量变量，这些参数通常用于确定产品设计是否满足预定的质量标准和性能要求。
5	生产计划优化	产品排产计划数据、生产周期数据、生产设备状态数据、车间环境情况数据、生产工艺数据、生产资源数据等	产品排产计划数据是指生产管理中，对生产活动进行预先安排和组织的过程中所涉及的数据；生产周期数据包括了轨交门系统铲平从投产至产出的全部相关数据，如生产周期天数、检验周期天数、瓶颈工序的循环时间、中间在制品数量等；生产设备状态数据是指直接或间接表征设备当前运行状况的各类信息，这些数据对于监控设备性能、预测设备故障、优化生产流程以及提高生产效率至关重要；车间环境数据是指车间内部各种环境因素进行实时监测和记录的数据，反映了车间环境的实际情况；生产工艺数据是指在产品生产过程中，与生产工艺相关的各种信息和数据，这些数据对于产品的生产、质量控制、

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>成本管理、效率提升等方面都具有重要意义；生产资源数据是指在生产过程中，与各种生产要素相关的信息和数据，涵盖了人力、设备、物料、能源、场地等多个方面，是企业进行生产管理、资源调配、成本控制等决策的重要依据。</p>
6	车间智能排产	<p>生产资源数据、产品交货顺序数据、库存和采购计划数据、历史生产数据、实时生产数据、生产工艺数据等</p>	<p>生产资源数据是指企业生产过程中所涉及和产生的各种资源的相关数据，包括但不限于原材料、设备、人力、能源等信息；产品交货顺序数据是指在企业生产过程中，根据一定的规则 and 标准，对产品交货的顺序进行排序和记录的数据。这些数据通常用于管理和优化产品交货流程，确保产品按照既定的顺序和时间节点进行交付；库存和采购计划数据反映了企业根据库存状况和采购需求制定的计划方案，支持企业的采购、生产、销售等环节；历史生产数据是指对过去时间段中记录下来的生产数据，这些数据详细反映了企业先前的生产活动情况，包括但不限于生产任务完成时间、生产物料使用情况，每个工序的产</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>量和效率，以及产品质量数据等；实时生产数据是指在生产过程中即时产生、捕获、处理并传输的数据。这些数据反映了当前生产的实时状况，包括但不限于当前正在生产的产品数量、生产线的运行状态、已经完成的产品数量等具体信息；生产工艺数据是指在产品生产过程中，与生产工艺相关的各种信息和数据，这些数据对于产品的生产、质量控制、成本管理、效率提升等方面都具有重要意义。</p>
7	资源动态配置	BOM、生产资源数据、财务成本数据、供需方数据	<p><b>BOM</b>是指制造轨交门系统各类产品时所需的所有原材料、零部件、元器件等物品信息，是产品设计转化为实际制造的基础之一；生产资源数据是指企业日常生产过程中产生的，与生产计划、原材料、员工信息、买卖记录等相关的各类数据记录，具体有原材料库存量、消耗量、采购价格等，员工信息数据（员工基本信息、出勤、工作效率等）；财务成本数据是指企业在生产或经营过程中发生的各种成本费用数据，这些数据是通过</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>正常的成本核算程序计算出来，用于反映企业的成本状况；供需方数据是指轨交门系统产品市场中，企业上下游的供应方和需求方相关的各类数据，如供应方生产量、库存量、需求方需求量、消费趋势、购买意愿等，为企业资源配置提供个重要参考。</p>
8	产线柔性配置	<p>消费者需求数据、生产订单数据、BOM、产品质量检测数据、设备产能数据、人员排班数据等</p>	<p>消费者需求数据反映了消费者对轨交门系统产品的购买偏好、购买能力、行为特征等，具体来源有消费者的购买记录、售后服务互动记录、市场调研和反馈等；生产订单数据涵盖了与企业生产订单相关的各种数据信息，如订单基本信息、生产数量信息、生产进度信息等；BOM是指制造轨交门系统各类产品时所需的所有原材料、零部件、元器件等物品信息；产品质量检测数据是指用于评估和控制产品质量，在检测过程中收集并记录各类相关数据，如产品性能数据、安全数据、质量监测结果等；设备产能数据是指设备在一定时间内能够生产产品或</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>提供服务的数量及相关效率等方面的信息；人员排班数据是指与人员工作班次安排相关的各种信息集合，涵盖了员工工作时间、班次类型、人员分配等多方面内容。</p>
9	智能协同作业	<p>生产设备状态数据、产品质量检测数据、设备控制数据、供应链数据、生产节拍数据、物料库存及线边仓数据等</p>	<p>生产设备状态数据这里主要包含设备的生产运行情况、故障信息、生产效率等，为优化设备使用，提高协同作业效率，提供设备状态数据支撑；铲平质量检测数据是指用于评估和控制产品质量，在检测过程中收集并记录的各类相关数据，如产品性能数据、安全数据、质量监测结果等；设备控制数据是指用于管理和控制设备操作的数据集合，主要包含了控制命令、参数设置、通信协议等；供应链数据主要包含了采购、生产、库存、物流、销售等，供应链数据的主要目的是为优化供应链流程、提高效率，降低成本，增强供应链的透明度和响应能力；生产节拍数据是指在生产过程中，与生产节奏相关的一系列时间数据，用于衡量和控制生产过程的效率和节奏；物料库存及线边</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>仓数据是指与企业生产所需物料的存储和使用相关的各类信息。</p>
10	网络协同制造	<p>用户产品使用反馈数据、用户行为数据、通讯和协作数据、企业资源规划数据等</p>	<p>用户产品使用反馈数据是指轨交门系统产品用户在使用产品过程中提供的各种信息和意见，这些数据可以为产品的新功能研发、性能提升提供参考；用户行为数据是指用户在使用轨交门系统产品或服务的交互过程中产生的数据，这类数据反映了用户的行为模式、偏好和需求；通讯和协作数据是指在企业内部或跨组织间通过特定的工具或平台，实现共享、沟通和合作时所产生的数据流；企业资源规划数据是指用于支持企业决策、运营和管理活动的各类数据的集合，这些数据涵盖了企业内部的各个方面，是企业实现内部信息流通、协调不同职能部门工作，增强企业竞争力和经营效益的基础。</p>
11	在线运行监测	<p>传感器参数数据、历史运行数据、实时运行数据、</p>	<p>传感器参数数据主要为描述和评估各类运行现场传感器的技术指标和特性参数，具体如测量范围、灵敏度、线性度、稳定性</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
		性能指标数据	等，便于企业按需选择和配置相应的传感器；历史运行数据是指企业对以往设备工作时所记录存储的运行状态和历史性能数据，用于分析、监控和优化设备使用性能；实时运行数据是指通过传感器等硬件设备及相应的软件技术实时收集到的设备运行过程中的各种状态信息，是掌握设备实时状态的数据基础；性能指标数据是指用于衡量和评估设备性能的各种量化数据，用于确定设备的效率、可靠性和整体表现，帮助企业管理者监控设备运行。
12	设备故障诊断与预测	传感器参数数据、历史运行数据、故障维修数据、性能指标数据、实时运行状态数据	传感器参数数据主要为描述和评估各类运行现场传感器的技术指标和特性参数，具体如测量范围、灵敏度、线性度、稳定性等，便于企业按需选择和配置相应的传感器；历史运行数据是指企业对以往设备工作时所记录存储的运行状态和历史性能数据，用于分析、监控和优化设备使用性能；故障维修数据是指在设备发生故障时收集和记录的数据，这类数据可用于分析故

序号	场景	数据要素类型	描述
			障原因，指导维修工作、优化维护流程；性能指标数据是指用于衡量和评估设备性能的各种量化数据，用于确定设备的效率、可靠性和整体表现，帮助企业管理者监控设备运行；实时运行状态数据通过传感器等硬件设备及相应的软件技术实时收集到的设备运行过程中的各种状态信息，是掌握设备实时状态的数据基础。
13	设备运行优化	运行环境数据、设备状态数据、生产性能数据、设备维修维护数据、设备能耗数据、质量控制数据	运行环境数据是指设备运行过程中，用于记录设备所处工作环境条件的数据，这组数据对于分析环境因素导致的设备故障以及设备性能优化起到参考作用；设备状态数据是指反映设备运行状况和性能表现的信息集合，对于监控设备健康、预防故障、优化维护计划、提高生产效率至关重要；生产性能数据是指设备进行生产作业时所收集和分析的数据用于评估设备的生产效率、生产质量；设备维修维护数据是指在设备的维修和维护过程中收集和记录的数据，这些数据用于评估设备的状况、指导

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>维修工作、优化维护流程和提高设备可靠性；设备能耗数据是指在设备运行过程中，记录和监测设备消耗能源的相关数据，这类数据对于分析设备的能效、优化能源使用、降低运营成本起参考作用；质量控制数据是指在生产过程中收集和分析的数据，用于监控和确保产品质量符合预定标准和规格，主要包括产品质量标准、质量管理标准、产品检验结果等。</p>
14	智能在线检测	<p>产品性能数据、产品安全数据、设备流数据、机器视觉数据、合格品标准参数</p>	<p>产品性能数据是指用于描述和评估产品在特定条件下运行表现的数据，是确保产品满足设计要求、优化产品设计、提高质量和性能提高起到参考作用；产品安全数据是指与轨交门系统产品安全性相关的信息和数据，这类数据大多用于评估和确保产品使用过程中的安全性；设备流数据是指由设备或传感器持续生成的数据，通常以数据记录的形式发送，是开展产品在线检测的主要数据来源，具有实时性、持续性等特点；机器视觉数据是指通过机器视觉系统获取和处理的图像或视频数据，通过</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
			这类数据，机器可以实现图像识别、目标检测等功能；合格品标准参数是指用于判定产品质量合格与否的一系列标准和参数，是确保产品符合有关规定和进入市场销售的重要凭证。
15	质量精准追溯	产品批次信息数据、产品身份条码和 RFID 信息、检验结果数据、过程监控数据、加工设备数据、工艺参数、生产人员数据等	产品批次信息数据主要包含有批次号、生产日期、生产地点、生产地点等用于确保产品一致性和可追溯性；产品身份条码和 RFID 信息则是用于识别产品的符号信息数据，相当于产品的“身份证”；检验结果数据是指在产品或系统的质量控制过程中，通过检验活动所获得的数据，这类数据用于评估产品或系统是否符合预定的质量标准和性能要求；过程监控数据是指在产品生产或操作过程中收集的数据，这类数据便于企业对最终产品实现生产过程追溯；加工设备数据是指在加工设备运行和生产过程中所产生、采集和涉及的各种信息；工艺参数是指在产品生产过程中，为了达到预期的产品质量、生产效率和经济效益等目标，所需要确定和控制的各种技术参数；生产人员数

序号	场景	数据要素类型	描述
			据是指参与生产活动的人员相关的各种信息，这些数据对于产品生产过程的质量管控具有参考意义。
16	产品质量优化	用户反馈数据、产品质量指标、生产过程质量数据、产品生产工艺数据、原材料和供应商质量数据	用户反馈数据是指用户在使用产品或服务后提供的意见、建议、评价和体验报告；产品质量指标是指用于衡量和评估产品在设计、生产、使用等各个阶段的质量表现的一系列标准和参数；生产过程质量数据是指在生产过程中收集的数据，用于监控和评估生产活动的质量表现；产品生产工艺数据是指在产品设计和工艺开发过程中收集和使用的数据，这类数据对于确保产品设计的可行性、优化生产工艺、提高产品质量和降低成本起参考作用；原材料和供应商质量数据是指用于评估和确保原材料及供应商质量的各种数据。
17	能耗数据监测	设备用电数据、制造用水数据、设备能效数据、生产能耗数据	设备用电数据是指在设备运行过程中，记录和监测设备消耗电能的相关数据；制造用水数据是指生产过程中，用于制造、加工、冷却、空调、净化、洗涤等方面的用水数据；设备能效数

序号	场景	数据要素类型	描述
			据是指用于评估设备能源使用效率的数据，主要包括设备能耗测量、能耗总量等；生产能耗数据是指在生产过程中收集的关于能源消耗的数据，包括单位产品能耗、生产能源消耗量等
18	能效平衡与优化	历史生产能耗数据、实时生产能耗监测数据、标准能耗数据、能源利用率	历史生产能耗数据是指在过去的生产活动中收集和记录的能源消耗数据；实时生产能耗监测数据是指通过集成物联网、大数据、云计算等先进技术的智能化系统，实时监测企业的能源消耗情况；标准能耗数据是指根据国家或地区制定的能耗标准，用于衡量特定行业、设备或工艺在标准条件下应达到的能源消耗水平的数据；能源利用率是用于综合考察企业能源有效利用程度的指标，反映了能源消耗过程中管理、技术、经济等各方面因素的影响及其总效果。
19	污染监测与管控	生产废水监测数据、生产废气监测数据、固体废料监测数据、污染指标数据	生产废水监测数据是指对生产过程中产生的废水进行化学、物理和生物性质的分析测定所得到的数据，主要用于评估废水的污染程度，以及了解废水中各种污染物的含量和特性；生产废

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>气监测数据是指在生产过程中，对排放的废气进行实时监测所得到的一系列数据，反映了废气的成分、浓度、排放量等关键指标；固体废料监测数据是指对生产过程中所产生的固体废料进行监视和测定的过程中所获得的各种数据和信息，主要用于描述固体废料的特性、评估其对环境的影响以及确定适当的处理和管理措施；污染指标数据是指用于定量描述和评估环境污染程度或环境质量状况的一系列具体数值和参数。</p>
20	碳资产管理	碳排放因子数据、历史碳排放数据	<p>碳排放因子数据是指用于量化生产活动或过程中所产生的二氧化碳排放量的数值指标，该数据是估算碳排放量的基础；历史碳排放数据是指企业在过去一段时间内，在生产和经营过程中所产生的二氧化碳等温室气体的排放总量数据。</p>
21	供应商数字化管理	历史交易数据、供应商产品质量数据、供应商评价及绩效管理数据、实时库	<p>历史交易数据是指过去一段时间内企业与供应商之间的交易记录，详细记录了资产交易过程中的各种信息；供应商产品质量数据是指与供应商提供的产品质量相关的数据，主要反映供应</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
		存数据、产品与服务数据等。	商产品的质量水平、稳定性和可靠性；供应商评价及绩效管理数据是指用于评估和管理供应商绩效的相关信息，这些数据涵盖了供应商在合作过程中的多个方面，旨在全面、客观地反映供应商的表现；实时库存数据是指产品当前在仓库中的实际库存数量，该数据会随着销售出库、采购入库、调拨、盘点等实时变化；产品与服务数据是指与企业提供的产品和服务相关的各种信息集合，这些数据对于企业了解自身业务、满足客户需求、优化运营以及制定战略决策等具有关键作用。
22	供应链计划协同优化	市场需求数据、实时库存数据、生产计划数据、生产销售数据、物流配送数据、供应商绩效数据	市场需求数据是指反映消费者对特定商品或服务的需求状况和趋势的相关信息；实时库存数据是指产品当前在仓库中的实际库存数量，该数据会随着销售出库、采购入库、调拨、盘点等实时变化；生产计划数据是指用来制定和调整生产计划的相关数据，如订单数量、交货时间、生产周期、工序安排等；生产销售数据是指企业在生产和销售活动中所取得的各种相关数据

序号	场景	数据要素类型	描述
			<p>的总和；物流配送数据是指物流活动中涉及配送环节的各种相关数据和信息，涵盖了配送的全过程，包括订单信息、配送员信息、配送路线信息、客户信息以及配送过程中的各种状态和时间节点等；供应商绩效数据是指用来评估和管理供应商表现的各种相关数据和信息，涵盖了供应商在交货、质量、成本、服务等多个方面的表现，是企业对供应商进行绩效考核和管理的重要依据</p>
23	产品远程运维	设备状态数据、环境情况数据、用户行为数据、历史故障数据	<p>设备状态数据是指轨交门系统产品在运行过程中的各种状态指标，反映了设备的运行状态和健康程度；环境情况数据是指描述产品运行时所处的环境状况和变化的各类信息；用户行为数据是指用户与企业互动过程中产生的数据，该数据能够真实反映用户在产品使用上的行为习惯；历史故障数据是指轨交门系统在过去出现过的故障信息记录，包括故障类型、发生时间、故障影响等相关数据。</p>

序号	场景	数据要素类型	描述
24	主动客户服务	用户行为数据、设备状态数据、环境情况数据、客户服务数据	用户行为数据是指用户与企业互动过程中产生的数据，该数据能够真实反映用户在产品使用上的行为习惯；设备状态数据是指轨交门系统产品在运行过程中的各种状态指标，反映了设备的运行状态和健康程度；环境情况数据是指描述产品运行时所处的环境状况和变化的各类信息；
25	数据驱动服务	用户行为数据、市场需求数据、业务运行数据	客户服务数据是指企业在与客户互动过程中收集和积累的，关于客户的各种信息的总和，这类信息有助于实现利润、资格认证、产品和服务销售、客户关系维持等营销目标；市场需求数据是指反映消费者对特定商品或服务的需求状况和趋势的相关信息；业务运行数据是指在企业日常业务运营过程中产生和收集的各种数据，这些数据直接反映了企业的业务活动过程和结果。

#### 4.知识模型资源清单

序号	场景	知识模型	描述
1	产品数字化研发与设计	设计思维模型	设计思维是一种解决问题的创新的方法论，它强调以用户为中心，通过同理心理解用户需求，然后通过迭代的过程来探索和实验解决方案。设计思维模型通常包括五个阶段：同理心（Empathize）、定义（Define）、发散思维（Ideate）、原型（Prototype）、测试（Test）。
2	产品数字化研发与设计、环保管控	系统工程模型	系统工程是一种综合性的工程管理方法，它涉及多个学科的集成，以最优的方式满足项目的需求。在产品研发设计中，系统工程模型有助于管理和协调不同组件和子系统之间的关系，确保整个产品系统的兼容性和性能
3	产品数字化研发与设计	质量功能展开（QFD）模型	QFD 是一种将客户需求转化为产品设计要求的方法。它通过一系列的矩阵来分析客户的声音（VOC），并将这些需求转化为具体的设计参数和生产要求，以确保产品能够满足市场和客户的需求。
4	虚拟试验与调试	失效模式与影响分析	FMEA 是一种预防性的质量管理工具，用于在产品设计和制造过程中识别潜在的失效模式，并评估其对产品性能的影响。通过 FMEA，设计团

序号	场景	知识模型	描述
		(FMEA)模型	队可以提前识别和缓解潜在的风险，提高产品的可靠性和安全性。
5	产品数字化研发与设计	知识供应链模型(KSCM)	知识供应链模型强调知识的获取、选择、生成、内化和外化，以及通过领导、合作、控制和测量来管理和优化知识流。在产品研发设计中，这种模型有助于管理和优化知识资源，促进创新和知识的转化
6	工艺数字化设计、可制造性设计	基于模型的定义(MBD)	MBD技术在工艺数字化设计中用于集成产品的几何、尺寸、公差、材料、工艺等信息于一个三维模型中，从而实现设计、工艺、制造的协同
7	工艺数字化设计、可制造性设计、产品质量优化	工艺知识模型	包括工艺路线知识、工艺参数决策知识等，它们是实现智能工艺设计系统的基础。这些模型通过系统建模语言如 SysML 进行表达，用于管理和复用工艺知识
8	工艺数字化设计、可制造性设计	特征模型	采用面向对象与特征的方式构建，用于表示制造工艺资源。这种模型有助于识别和处理产品的设计特征，从而优化工艺设计
9	工艺数字化设计、可制造性设计	工艺参数决策知识模型	工艺参数决策知识模型包括表格类工艺知识和公式类工艺知识，这些模型能够有效管理、利用这类知识，提高工艺设计的准确性和效率

序号	场景	知识模型	描述
10	工艺数字化设计、可制造性设计、产品质量优化	工艺仿真模型	工艺仿真模型基于机理、物性表征和数据分析技术，建立加工、检测、装配等工艺模型，进行工艺全过程仿真，预测加工缺陷并改进工艺方案和参数
11	产品远程运维、设备故障诊断与预测、智能在线检测	故障预测模型	利用历史故障数据和机器学习算法，构建故障预测模型，以预测设备可能出现的故障和维护需求。
12	虚拟试验与调试、产品远程运维、设备故障诊断与预测、智能在线检测	故障诊断模型	基于专家系统和故障索引知识库，建立自动诊断系统，当设备发生故障时，能够快速定位故障原因并提供解决方案
13	产品远程运维、在线运行监测、设备运行优化、智能在线检测、能耗数据监测	远程监控模型	通过集成智能传感器和网络技术，实现对设备运行状态的实时监控，收集关键状态信息，如温度、压力、振动等

序号	场景	知识模型	描述
14	主动客户服务、环保管控全场景、供应链计划协同优化	知识图谱	构建行业知识图谱，整合设备档案数据、故障案例、维修过程记录等，以支持设备管理分析和故障排查
15	主动客户服务、设备运行优化、能效平衡与优化	数字孪生	创建设备的数字孪生，即虚拟副本，用于模拟设备运行和维护过程，以优化实际的运维决策。
16	产品数字化研发与设计、主动客户服务	产品设计优化模型	集成产品设计、生产作业、售后服务等环节数据，应用大数据和人工智能技术，持续迭代产品模型，优化产品性能。
17	数据驱动服务、设备运行优化、智能在线监测	维护决策模型	结合设备维护历史和实时数据，使用优化算法制定维护计划和策略，以最小化维护成本并提高设备可用性
18	生产计划优化	约束理论	旨在识别并消除在实现目标过程中存在的制约因素（即约束）。
19	生产计划优化	多变量整数规划（MIP）和	用于处理生产计划中的整数变量和多周期问题，提高模型的精度和优化效果

序号	场景	知识模型	描述
		多周期建模	
20	生产计划优化、智能仓储、能效平衡与优化、供应链管理全场景	寻优算法	致力于从可能的解决方案集合中找到最佳或“最优”的解。寻优算法的核心在于如何通过最小化或最大化目标函数的取值来寻找最优解，这个函数定义了我们希望优化的量，如成本、距离、效率或任何其他关键指标。
21	生产计划优化、车间智能排产、工厂数字化设计	高级计划排程系统（APS）模型	基于供应链管理和约束理论，追求精益生产（JIT）为目标，涵盖了大量的数学模型、优化及模拟技术，为复杂的生产和供应问题提供优化解决方案，能够根据生产的工艺路径、订单、能力等复杂情况自动生成一个优化的、符合实际的生产计划，并能检查、评估计划的表现。
22	生产计划优化、车间智能排产	调度机理建模	涉及将生产过程中的约束和关系转化为数学模型，包括设备能力、加工时间、优先级、交货期限等
23	车间智能化排产	多约束排产建模	考虑了生产过程中的各种约束条件，如设备可用性、物料供应、工艺路线等，以生成满足所有约束的最优排产计划
24	车间智能化排产	多目标排产寻	同时考虑多个目标，如最小化生产成本、最大化设备利用率、缩短生产

序号	场景	知识模型	描述
		优	周期等，使用优化算法在这些目标之间找到最佳平衡点。
25	车间智能化排产	基于规则的排产模型	使用一系列预定义的规则来指导排产决策，这些规则可以基于历史数据、专家经验和实际操作的可行性。
26	资源动态配置、能效平衡与优化、碳资产管理	动态能力理论模型	关注企业如何通过整合、构建、重新配置内外部资源和能力来适应快速变化的环境。这种模型强调企业需要具备高动态能力，以有效开发和实施新机遇。
27	资源动态配置	网络计划技术模型	如 PERT/CPM，用于制定和控制工程项目的进度，确保资源的有效配置和利用。
28	产线柔性配置	快速重构设备布局模型	基于 5G 网络开展设备工控无线组网，能够快速添加、剔除或移动各工序的加工设备，重构工序组合来适应不同制程的生产要求。
29	产线柔性配置	自适应切换加工程序和工装模型	采用数控机床、机器人等通用加工装备，自主识别工件类型，切换相匹配的加工程序、刀具或装夹，适应作业内容的变化
30	产线柔性配置	动态调整产线	工件在线上流转过程中，自识别工件类型，依托柔性物流，自动调整和

序号	场景	知识模型	描述
		物流路径模型	改变产线物流路径，精准控制工件流向的加工设备，适应加工流程的变化。
31	生产作业全场景、质量管控全场景、供应链管理全场景	六西格玛、精益六西格玛	从全面质量管理方法演变而来的企业流程设计、改善和优化技术，通过提高顾客满意度、降低成本、提高质量、加快流程速度和改善资本投入，实现股东价值最大化。
32	生产作业全场景、供应链管理全场景	5S 管理模型	即整理（Seiri）、整顿（Seiton）、清扫（Seiso）、清洁（Seiketsu）和素养（Shitsuke），旨在建立良好的工作环境，提高工作效率和质量。
33	生产作业全场景	价值流（VSM）模型	用于识别生产过程中的价值流和浪费，通过绘制价值流图来清晰地了解项目的整个流程，从而优化流程和提高效率。
34	资源动态配置	准时化生产（JIT）管理	要求在需要的时候，按需要的量生产所需的产品，以合理安排项目的进度和资源，确保项目按时交付。
35	设备管理全场景	全面生产维护（TPM）模型	以全员参与的方式，提高现有设备的利用率，实现安全性和高质量，防止故障发生，降低成本和提高生产效率。
36	生产作业全场景、供	排队网络	用于模拟和优化生产和服务系统中的排队现象，以减少等待时间和提高

序号	场景	知识模型	描述
	应链管理全场景	(QN) 模型	资源利用率。
37	供应链管理全场景	三维装箱和背包装载模型	用于解决物流和仓储中的装载问题，优化空间利用和减少运输成本。
38	智能仓储、设备维护、精准配送	自然语言处理模型	通过自然语言处理技术，实现设备与工作人员的自然交流，提高设备管理效率。
39	质量精准追溯、碳资产管理、供应链管理全场景	区块链技术模型	利用区块链技术的分布式部署、去中心化、不可篡改等特性，构建数据资源体系和溯源管理平台，实现全产业链可信溯源运行机制
40	智能在线检测、质量精准追溯	正向和逆向追溯模型	实现从产品到原材料和从原材料到产品的双向追溯，帮助制造商了解产品的整个生命周期，并在必要时采取措施，如召回产品或更换原材料
41	质量管控全场景	质量影响因素识别	依托质量管理体系和质量知识库，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
42	能耗数据监测	特征工程模型	从原始数据中提取和选择重要特征，如日平均能耗、温度等，这些特征有助于更好地理解能耗数据的内在规律

序号	场景	知识模型	描述
43	能效平衡与优化	能耗评价模型	用于评估建筑或设备的能耗效率和性能，可能包括能效比、能源消耗标准对比等方法。
44	污染监测与管控、碳资产管理	环境管理学理论	包括环境管理的理论基础、政策方法、技术支持方法等，这些理论有助于分析和解决环境问题
45	产品数字化研发与设计	有限元分析模型	是一种基于有限元方法，将实际物理问题转化为数学模型，以便通过计算机进行数值求解和分析的工具，可以优化产品设计，降低研发成本，提高产品质量。
46	虚拟试验与调试	力学模型	力学模型能够依据力学原理，对产品所受的力进行定量分析与计算，有助于确定关键设计参数，如测试静止状态下承受的力和模拟运动过程中产品的力学特性。
47	虚拟试验与调试	流体力学模型	是一种用于描述和分析流体（液体和气体）行为的数学模型，可用于分析产品周围的气流分布。
48	虚拟试验与调试	自主控制模型	用于模拟产品控制信号的产生、传输和执行过程。
49	工艺数字化设计	材料力学模型	是对实际工程材料和结构进行简化与抽象，以便于运用材料力学理论和

序号	场景	知识模型	描述
			方法进行分析、计算的一种概念模型或数学模型，用于测试不同材料的不同弹性模量、抗拉强度等。
50	工艺数字化设计	热学性能模型	用于测试不同温度下，材料的热膨胀系数数值各有不同
51	工艺数字化设计	制造工艺模型	是一种对制造过程中的工艺、流程、参数等进行抽象、简化和量化描述的模型，用于模拟、分析、优化制造过程，以提高生产效率、产品质量和降低成本等，如焊接模型、机械加工模型等。
52	工艺数字化设计	电气控制模型	是一种用于描述、分析和设计电气控制系统的模型，通过对电气控制系统中的元件、设备及其相互连接和控制关系进行抽象、简化和数学表达，帮助工程师和技术人员理解系统工作原理、预测系统行为、优化系统性能以及进行故障诊断等。
53	在线运行检测	性能评估模型	是一种用于量化和评价设备性能的工具或方法体系，通过综合考虑设备的多个方面因素，运用数学、统计学等方法构建模型，以得出对设备性能的客观、准确评估结果，为设备管理、维护、升级等决策提供依据。
54	设备故障诊断与预	知识推理模型	是一种基于已知知识和规则，通过一定的算法和逻辑来推导出新的知识

序号	场景	知识模型	描述
	测		或结论的数学模型或计算框架，在人工智能、知识图谱、专家系统等领域应用广泛，在故障诊断领域应用较多。
55	设备故障诊断与预测	概率统计模型	利用概率论对事件之间的因果关系建模，预测设备故障概率。
56	设备故障诊断与预测	深度学习模型	是一类基于人工神经网络的机器学习模型，通过构建具有多个层次的网络结构，自动从大量数据中学习特征和模式，以实现数据的分类、预测、生成等多种任务。
57	智能在线检测	统计过程控制模型	是一种利用统计方法对生产过程进行监控和控制的工具，旨在确保产品质量的稳定性和一致性，通过实时监控生产过程，能够及时发现过程中的微小变化和潜在问题，在产品出现大量不合格之前采取措施，避免质量事故的发生，降低生产成本。
58	质量精准追溯	过程流程图模型	是一种以图形化方式描述业务过程、工作流程或生产过程等的工具，通过各种符号和线条来展示流程的各个环节、顺序、流向以及相关的操作和决策点等，帮助人们直观地理解、分析和优化过程。记录了从原材料

序号	场景	知识模型	描述
			到成品的整个生产流程，包括每一个加工步骤，质量检验点，不合格品处理记录等。
59	能耗数据监测	统计分析模型	是一种基于统计学理论和方法，利用数据来描述、解释、预测和控制现象或过程的数学模型，旨在从大量的数据中提取有价值的信息，以支持决策和解决实际问题。其中包括描述性统计分析模型和时间序列分析模型等。
60	供应商数字化管理	供应商绩效评估模型	是一种用于衡量和评价供应商在供应过程中表现的工具或方法体系，通过建立一系列指标和标准，对供应商的多个维度进行量化评估，以确定其绩效水平，帮助企业选择、管理和优化供应商资源。
61	供应商数字化管理	成本分析模型	是一种用于对成本进行量化分析、评估和预测的工具或方法体系，旨在帮助企业理解成本结构、找出成本驱动因素，从而进行成本控制、优化决策和提高经济效益。
62	供应商数字化管理	库存管理模型	是用于对企业库存进行有效管理和控制的工具与方法体系，旨在平衡库存成本与客户服务水平，实现企业效益最大化。

## 5.工具软件清单

序号	工具软件	描述	投入区间（万元）
1	PLM	实现项目、BOM、SolidWorks 插件二次开发、SolidWorks 集成模块、库、产品、流程、文档、结构化工艺、变更、权限管理及与 MDM、ERP、MES 系统集成。实现异地协同设计	60-100
2	仿真分析 Ansys	产品静强度、模态分析、振动分析、瞬态响应分析、热分析等	35-80
3	虚拟现实系统	沉浸式产品评审	40-45
4	3D 扫描和打印系统	建立逆向及快速成型能力，快速获取产品的数字化模型，将创意快速实物化，并用于功能测试，为产品的创新设计提供依据	15-40
5	参数化设计系统 ( DriveWorks )	将模型各参数之间的关系以公式形式固化下来，将部分产品的知识库和一些设计经验固化到软件之中，让新进员工也能够完成一些以往由老员工完成的设计任务，用户在实际使用时，只需按项目要求输入相应的参数，系统可自动输出产品的各个三维模型和二维工程图。	10-12

序号	工具软件	描述	投入区间（万元）
6	CAD 设计软件	能够以极高的精度绘制各种二维和三维图形，用户可以准确地指定坐标、角度、长度等参数，确保设计的准确性和规范性。	10/3 年-15/3 年
7	Solidworks 软件	用于展开产品机械设计与运动仿真测试，模拟车门的开合运动及干涉情况。	10/3 年-15/3 年
8	MatLab 软件	用于进行电气控制系统建模和仿真。	50/3 年-200/3 年
9	电子设计自动化（EDA）软件（Altium Designer）	主要用于电子电路设计、开发等工作，能够展开产品的电路仿真与分析。	15/年-20/年
10	实验室管理系统	将文档分解，形成模板，只需填写少量参数和内容，自动形成整篇文档，提高文档的编写发布效率和防错。	10-15
11	结构化文档系统	实验流程和数据管理。	10-12
12	知识产权管理系统	专利全生命周期管理。	5-15

序号	工具软件	描述	投入区间（万元）
13	数控加工编程软件 (MasterCAM)	专门用于生成数控机床加工指令的计算机程序。	2-5
14	激光切割编程软件	用于将设计图形转化为激光切割机可执行指令，以控制激光切割机进行精确切割操作的工具。	5-6
15	物流仿真 (DELMIR)	应用物流仿真能对工厂布局进行可视化的整体评估，识别生产线规划布局的不足，快速进行模拟布局调整，提升规划的可行性、合理性水平。	5-15
16	工艺仿真 (DELMIR)	在虚拟的环境中模拟真实的加工场景，模拟现实机床、工装夹具、刀具使用过程，验证刀具轨迹和干涉状况。并且在装配中，使得多级装配顺序、零件装配路径和装配工艺文档的处理更加便利。便于分析装配规划中遇到的各种问题，确定最好的装配工艺，确定产品维护过程中最优的拆卸和重组顺序。	5-15
17	APS 系统	将物料库存、工艺、设备可用性、订单优先级等作为约束条件，	8-25

序号	工具软件	描述	投入区间（万元）
		将生产计划直接下发到车间设备及生产线上，减少中间环节，人为干扰，提高排产效率。	
18	ERP 系统	依托该系统，应用精益工具和方法，优化人机料法环，消除生产浪费，提高生产效率。	20-200
19	MES 系统	设备改造加装传感器，通过 SCADA 获取设备状态和参数信息，与 MES 集成，确保及时发现问题，建立设备及其备件、刀具、工装台账，并进行安全库存管理；规范和固化设备故障维修、点巡检、润滑等流程。	50-200
20	SCADA 系统		150-400
21	QIS（质量信息系统）	是一套旨在帮助企业提升质量管理水平、确保产品质量、优化生产流程和提高客户满意度的信息化系统。	20-35
22	SRM 系统	通过 SRM 系统实现供应商准入、采购执行、供方送货安排、ECN 研发变更、采购质量、寻源、采购结算、价格、供应商与物料	100-200

序号	工具软件	描述	投入区间（万元）
		主数据、供应商绩效、采购合同、模具、图纸、其他如公告/通知发放、报表分析、即时通讯、到期提醒及微信交互等管理，建立与内部信息系统集成的供应商协同平台，实现采供双方的信息共享和业务协作，改善交期、品质、采购对账及供应商管理等方面的工作效率，提升与供应商的战略合作关系。	
23	MDM 系统	通过 MDM 系统，实现物料、客户、供应商、项目、人员、组织、客户联系人、银行等统一数据创建、修改、分发，为系统、数据、业务集成打下基础。	25-50
24	ESB 系统	对接口统一管理、复用。	20-35
25	PHM 系统	在产品、设备中加装智能传感器，采集产品运行中的核心参数，并基于大数据技术构建产品专家管理系统和亚健康管理系统，实现在线故障诊断和预测，改变产品现有的服务模式，为客户提供更加全面与精准的服务。	3.5-4.5

序号	工具软件	描述	投入区间（万元）
26	大数据应用系统（BI）	是一种主要由数据仓库、数据分析、查询报表、数据可视化等组成的数据类技术解决方案	10-15
27	CRM 系统	是一种旨在帮助企业或组织管理与客户互动的技术系统。	100-180
28	EMS 系统	它是一种集软硬件于一体的智能化系统，用于监控、控制和优化能源系统中的能量流动和能源消耗	100-200
29	CEMS 系统	是一种连续排放监测系统，用于实时监测工厂排放的污染物浓度和排放量	85-95
30	WMS 系统	是一个实时的计算机软件系统，能够按照运作的业务规则和运算法则，对信息、资源、行为、存货和分销运作进行更完美地管理，使其最大化满足有效产出和精确性的要求。	100-500
31	FMS 系统	是由统一的信息控制系统、物料储运系统和一组数字控制加工设备组成，能适应加工对象变换的自动化机械制造系统	500-1000
32	碳资产管理平台	用于帮助企业量化碳排放、管理碳资产、优化碳交易等的工具软件。	10-15

序号	工具软件	描述	投入区间（万元）
33	数据库管理系统	用于储存和管理企业在日常运行中所产生的各类数据	30-200
34	SLM 系统	是一种全面管理供应商从引入到退出全过程的信息化工具，旨在优化供应商关系，降低采购风险与成本，提高供应链整体效率和质量。	50-500
35	智能客服系统	是一种利用人工智能技术，能够自动理解、处理和回应客户咨询的软件系统，旨在提高客服效率、优化客户体验、降低企业运营成本。	30-50

## 6. 网络化联接设备清单

适用场景	设备名称	主要功能	投入区间（万元）
产品设计、工艺设计、设备管理、计划调度、质量管控、能源管理、供应链管理等环节具体场景	工业路由器	利用公用无线网络为用户提供无线的数据传输功能，实现数据透明传输和路由功能。	10-15
产品设计、工艺设计、计划调度、供应链管理、质量管控、能源管理等环节具体场景	工业以太网交换机	是一种专为工业环境设计的网络设备，它具备一些特定的功能来满足工业自动化和控制的需求	40-50
售后服务、计划调度、设备管理、质量管控、能源管理、环保管控等环节具体场景	无线通讯模块 (NB-IoT、4G/5G 模块、RFID 模块、 UWB 模块)	一种集成了无线通信技术的集成电路，能够实现设备间的无线数据传输和信息交流	10-15
所有环节具体场景	5G 核心网（包括	在企业智能化中发挥至关重要的作用，包	500-2000

适用场景	设备名称	主要功能	投入区间（万元）
	AMF、SMF、UPF、AUSF、PCF、NSSF、NEF、NRF 等主要功能模块)	括设备互联、人员与设备通信、高速数据传输、边缘计算支持、多业务场景支持等	
工艺设计、计划调度、仓储物流、供应链管理等环节具体场景	工业网关	在工业自动化和智能制造中扮演关键角色的设备，它具备多种功能来满足不同的工业应用需求。	20-30
计划调度、生产作业、设备管理、质量管控、能源管理、环保管控、供应链管理、售后服务等环节具体场景	工业 PON	即工业无源光网络，是一种基于光纤传输技术，是专门为满足工业领域需求而设计的被动式光纤接入网络，具有高带宽、低时延、安全可靠、协议融合和可扩展性好等特点。	20-100
产品设计、工艺设计、设备管理、质量管控、能源管理、	工业内网	在企业或组织内部构建和使用的网络系统，主要用于满足工业生产、管理、运营	50-130

适用场景	设备名称	主要功能	投入区间（万元）
环保管控等环节具体场景		等环节中各类设备、系统和人员之间的通信与数据交互需求。具有安全性高、可靠性高等特点。	
工艺设计、售后服务、计划调度、设备管理、质量管控、能源管理、环保管控	传感器/探测器	是工业自动化和智能制造中不可或缺的组件，它们用于监测和控制生产过程中的各种参数，如温度、压力、湿度、流量等。这些传感器的主要目的在于将工业制造过程中各种物理量转换成可传输、可处理和可存储的电子信号或其他形式的信息	10-25
计划调度、设备管理、供应链管理、工厂建设	适配器/转换器	用于将不同类型的信号或协议进行转换，以便于数据传输和处理	10-20
产品设计、售后服务、计划调度、设备管理、质量管控、能源管理	智能终端设备	集成了数据采集、工控机、云服务等功能，能够实时采集多种工业设备的数据和工作状态，并提供远程管理功能	20-35

适用场景	设备名称	主要功能	投入区间 ( 万元 )
售后服务、设备管理、质量管控、能源管理、环保管控	边缘计算设备	用于在本地处理和存储数据，减少延迟并提高响应速度	30-50

### 7.行业数字化转型人才技能清单

序号	场景	人才技能类型	描述
1	产品数字化研发与设计	机械设计专业知识	熟练掌握机械原理、机械设计、材料力学、结构力学等基础知识，能够运用这些知识进行轨交门系统的结构设计，确保门系统的强度、刚度和稳定性，满足轨道交通的安全和使用要求。
2		数字化设计工具应用	精通使用如 SolidWorks、CATIA 等三维建模软件，进行轨交门系统的精确建模和虚拟装配，以便在设计阶段就能直观地检查部件之间的干涉情况，优化设计方案。同时，能够利用 AutoCAD 等软件绘制详细的二维工程图纸，为生产制造提供准确的技术资料。
3		机械创新设计能力	能够根据轨交门系统的发展趋势和客户需求，提出创新的设计理念和方案，如新型的门结构形式、轻量化设计等，以提高门系统的性能和竞争力。
4		电气系统设计能力	掌握电气控制原理、PLC 编程、传感器与执行器应用等知识，能够设计轨交门系统的电气控制方案，实现门的开关控制、安全保护、状态监测等功能。例如，设计出合理的逻辑控制电路，确保门在列车运行过程中的安全可靠操作。
5		电气系统集成与调试	具备将电气控制系统与机械结构进行集成的能力，确保电气系统与整个轨交门系统的协同工作，满足各项性能指标要求。

序号	场景	人才技能类型	描述
6		材料性能与选择	深入了解各种金属材料、高分子材料、复合材料等的性能特点，能够根据轨交门系统的使用环境和功能要求，选择合适的材料，如高强度铝合金用于门体结构，耐磨、阻燃的高分子材料用于门的密封和装饰部件等。
7		材料数字化分析	运用材料分析软件，如有限元分析软件对材料在不同载荷和环境条件下的力学性能、疲劳寿命等进行模拟分析，预测材料的使用性能和寿命，为材料的优化和改进提供依据。
8		外观与造型设计	具备良好的审美能力和创意设计思维，能够结合轨道交通的整体风格和用户需求，进行轨交门系统的外观造型设计，使其既具有功能性又具有美观性，提升乘客的使用体验和轨道交通的整体形象。
9		人机工程学应用	掌握人机工程学原理，在设计过程中充分考虑乘客的操作习惯、人体尺寸等因素，合理设计门的把手位置、开关按钮大小和位置、门的开启角度等，确保门系统的操作便捷性和舒适性，提高用户满意度。
10		虚拟试验 与调试	控制理论基础
11	算法设计与实现		熟练掌握 C、C++ 等编程语言，能够将设计好的控制算法在虚拟试验平台上进行编程实现，并与门系统的虚拟模型进行联合调试，验证算法的有效性。

序号	场景	人才技能类型	描述
12		实时控制与优化	在虚拟试验过程中，能够实时监测控制效果，根据实际情况对控制算法进行调整和优化，确保轨交门系统在各种工况下都能稳定、可靠地运行，比如在不同的列车运行速度下优化门的关闭时间。
13		数据采集与处理	熟悉数据采集技术，能够利用虚拟试验平台的接口，采集轨交门系统在虚拟试验过程中的各种数据，如位移、速度、力等数据，并对采集到的数据进行预处理，包括滤波、去噪、归一化等操作，提高数据质量。
14		数据分析与挖掘	掌握数据分析方法和数据挖掘技术，如统计学方法、机器学习算法等，能够对处理后的数据进行深入分析，提取有价值的信息，如通过数据分析发现门系统潜在的故障模式和薄弱环节。
15		电气故障模拟与诊断	具备电气故障诊断知识，能够在虚拟试验中模拟各种电气故障，如电机故障、传感器故障等，并通过对电气系统的状态监测和数据分析，快速定位故障原因，提出有效的解决方案，提高门系统的电气可靠性。
16		电磁兼容性设计与验证	熟悉电磁兼容性（EMC）原理，能够在虚拟试验中对轨交门系统的电气设备进行电磁兼容性分析和验证，确保电气系统在复杂的电磁环境下能够正常工作，同时不会对其他设备产生干扰。
17		测试方案制定	根据轨交门系统的功能和性能要求，能够制定详细的虚拟测试方案，包括测试项目、测试方法、测试步骤等，确保虚拟试验能够全面、准确地验证门系统的各项指标。

序号	场景	人才技能类型	描述
18		测试执行与问题反馈	按照测试方案，熟练操作虚拟试验平台，执行各种测试任务，如功能测试、性能测试、安全测试等，并及时记录测试结果。对于测试过程中发现的问题，能够准确描述问题现象，分析问题产生的原因，及时反馈给相关设计人员。
19		测试报告撰写	具备良好的文档撰写能力，能够根据测试结果，撰写详细的虚拟试验测试报告，对轨交门系统的性能和质量进行评估，为后续的产品优化和实际调试提供参考依据。
20	工艺数字化设计	机械制造工艺知识	深入掌握金属切削原理、机械加工工艺规程制定等知识，能根据轨交门系统产品的结构和精度要求，确定合理的加工方法和工艺路线。例如，对于门体框架的加工，需根据材料特性和精度要求，选择合适的切削刀具、切削参数以及加工顺序。
21		数字化工艺规划工具应用	熟练使用 <b>CAPP</b> （计算机辅助工艺规划）软件，进行工艺过程设计、工艺文件编制和工艺数据管理。能将工艺设计过程中的各种信息，如工艺步骤、加工设备、工艺装备等进行数字化处理，生成详细的工艺规程和作业指导书。
22		与设计和制造的协同能力	与机械设计工程师紧密合作，理解产品设计意图，从工艺角度对设计方案提出优化建议，确保产品具有良好的可制造性。同时，与制造部门沟通协调，解决工艺实施过程中出现的问题，保证工艺的顺利执行。

序号	场景	人才技能类型	描述
23		电气装配工艺知识	熟悉电气布线、电气元件安装、焊接等电气装配工艺，掌握电气系统的抗干扰技术和电磁兼容性设计要求。能够制定电气部件的装配工艺流程，确保电气系统的连接可靠、性能稳定。比如，在设计轨交门系统的电气布线工艺时，要考虑电磁干扰因素，合理规划线缆走向和布局。
24		电气 CAD 软件应用	熟练运用电气 CAD 软件进行电气原理图设计、电气布线图设计和电气工艺文件编制。能够创建准确的电气元件库和布线规则，实现电气系统的数字化设计和工艺规划。
25		电气系统集成与调试能力	具备电气系统集成能力，能够将各个电气部件按照工艺要求进行组装和调试。在数字化设计阶段，通过虚拟调试工具，对电气系统的控制逻辑和功能进行模拟验证，提前发现和解决潜在问题，提高电气系统的可靠性和稳定性。
26		模具设计专业知识	掌握模具设计的基本原理和方法，熟悉注塑模具、冲压模具等不同类型模具的结构和工作原理。能够根据轨交门系统产品中塑料件、金属冲压件等的形状、尺寸和精度要求，设计合理的模具结构。例如，对于门体上的塑料装饰件，要设计出能够保证产品质量和生产效率的注塑模具。
27		模具数字化设计软件应用	精通使用 UG、Pro/E 等模具设计软件，进行模具的三维建模、分模设计和模具装配。利用软件的分析功能，对模具的成型过程进行模拟分析，如注塑成型分析、冲压成型分析等，预测可能出现的缺陷，优化模具设计方案。

序号	场景	人才技能类型	描述
28		模具制造工艺与协同	了解模具制造工艺，包括模具加工、电火花加工、线切割加工等工艺方法，能够制定合理的模具制造工艺路线。与模具制造车间密切配合，解决模具制造过程中的技术问题，确保模具的加工精度和质量。
29		增材制造软件操作	熟练使用 3D 打印软件进行模型修复、切片处理和打印参数设置。能够将轨交门系统产品的三维模型转换为可打印的文件格式，并通过优化打印参数，提高打印质量和效率。
30		增材制造与传统工艺结合	具备将增材制造技术与传统制造工艺相结合的能力，能够根据产品的特点和要求，合理设计混合制造方案。例如，对于一些具有复杂结构的轨交门系统部件，可以采用增材制造技术制造内部结构，再通过传统工艺进行表面处理和装配，实现产品性能和成本的优化。
31		质量控制与管理知识	熟悉质量管理体系和质量控制方法，掌握统计过程控制（SPC）、六西格玛等质量管理工具的应用。能够制定轨交门系统产品工艺数字化设计阶段的质量控制计划，对工艺设计过程和结果进行质量监控。
32		数字化检测与分析技术	了解数字化检测技术，如三坐标测量仪、激光扫描仪等设备的原理和应用，能够利用这些设备对轨交门系统产品的关键尺寸和形位公差进行检测。同时，掌握数据分析软件，如 Minitab 的使用，对检测数据进行分析，评估工艺设计的质量水平，及时发现质量问题并采取改进措施。

序号	场景	人才技能类型	描述
33		工艺规划与优化	根据轨交门系统产品的设计要求，制定详细的制造工艺方案，包括工艺流程、工艺参数、工艺装备等的规划。运用工艺优化方法，如价值工程、并行工程等，对工艺方案进行优化，提高生产效率，降低生产成本。
34	可制造性设计	机械设计专业知识	掌握机械原理、机械设计、材料力学等专业知识，能够根据轨交门系统的功能需求，进行合理的机械结构设计。熟悉门系统的各种零部件，如门框、门扇、门锁、铰链等的设计原理和方法，确保门系统的结构强度、稳定性和可靠性。
35		制造工艺理解	了解各种机械制造工艺，如铸造、锻造、切削加工、焊接、装配等特点和适用范围。在设计过程中，充分考虑零件的制造工艺性，使设计方案便于制造和装配，降低生产成本。例如，避免设计过于复杂或难以加工的结构，合理设计零件的公差和配合，便于零件的装配和调试。
36		三维建模与仿真分析	熟练使用三维建模软件，如 SolidWorks、CATIA 等，进行轨交门系统产品的三维建模和虚拟装配。通过软件的仿真分析功能，对门系统的运动过程、力学性能等进行模拟分析，提前发现设计中的问题，优化设计方案。
37		电气系统设计能力	具备电气控制原理、电力电子技术、自动控制理论等方面的知识，能够设计轨交门系统的电气控制系统。包括门的开关控制、电机驱动、传感器检测、安全保护等电路的设计，确保门系统的电气性能和功能满足要求。

序号	场景	人才技能类型	描述
38		电磁兼容性设计	了解电磁兼容性（EMC）的相关标准和要求，掌握电磁屏蔽、滤波、接地等 EMC 设计技术。在电气设计中，采取有效的措施防止电气系统对外界产生电磁干扰，同时提高系统自身的抗干扰能力，保证门系统在复杂的电磁环境下能正常工作。
39		电气布线与布局规划	熟悉电气布线和布局的原则和方法，能够根据门系统的结构和电气原理，合理规划电气线缆的走向和电气元件的安装位置。考虑布线的合理性和安全性，便于电气系统的安装、维护和检修。
40		材料成本与质量控制	在保证材料性能的前提下，考虑材料的成本因素，进行材料的性价比分析。参与材料的采购和质量检验工作，建立材料质量控制体系，确保所选用的材料符合设计要求和质量标准，降低材料成本和质量风险。
41		可靠性理论与方法	掌握可靠性工程的基本理论和方法，如可靠性建模、可靠性预计、可靠性分配、故障模式与影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）等。能够运用这些方法对轨交门系统产品进行可靠性设计和分析，确保门系统在规定的使用条件下和使用寿命内具有较高的可靠性。
42	生产计划优化	计划制定与统筹	熟练掌握生产计划制定的方法和工具，能够根据订单需求、库存状况、生产能力等因素，制定合理、详细的生产计划，明确各阶段的生产任务和时间节点。具备良好的统筹协调能力，能综合考虑轨交门系统生产过程中涉及的多个环节和部门，如采购、加工、装配、调试等，确保各环节紧密衔接，生产流程顺畅。

序号	场景	人才技能类型	描述
43		数据分析与预测	能够收集、整理和分析生产相关数据，包括生产进度、设备利用率、人员效率、质量数据等，从中发现潜在问题和规律，为计划调整提供依据。掌握需求预测方法，结合市场动态、客户订单趋势等信息，对轨交门系统的市场需求进行准确预测，以便提前调整生产计划，避免库存积压或供应不足。
44		调度与应变	熟悉生产现场的实际运作情况，能够根据生产进度和突发情况，及时、合理地调度人力、物力和设备资源，确保生产任务按时完成。具备较强的应变能力，在面对原材料供应延迟、设备故障、质量问题等突发状况时，能够迅速调整生产计划，采取有效的应对措施，将对生产的影响降至最低。
45		流程优化	精通流程分析和优化方法，如价值流分析、流程再造等，能够对轨交门系统的生产流程进行全面梳理，找出其中的瓶颈环节和不增值活动，提出改进方案，提高生产效率。善于运用工业工程的原理和方法，对生产布局、设备配置、作业方法等进行优化设计，使生产过程更加高效、流畅，降低生产成本。

序号	场景	人才技能类型	描述
46		产能分析与规划	能够准确评估轨交门系统生产过程中各工序、各设备的生产能力，结合市场需求和企业发展战略，进行合理的产能规划，确保生产能力与市场需求相匹配。运用数学模型和仿真技术，对不同生产方案下的产能情况进行模拟分析，为生产计划的制定和调整提供科学依据，提高生产计划的合理性和可行性。
47		标准工时制定	掌握工时测定和标准工时制定的方法，通过现场观测、工作抽样等手段，准确测定轨交门系统生产过程中各工序的标准工时，为生产计划的排程、人员配置和成本核算提供基础数据。能够根据生产工艺的改进、设备的更新等情况，及时对标准工时进行修订和完善，确保标准工时的准确性和有效性。
48		库存控制	掌握库存管理的理论和方法，能够根据生产计划、市场需求和采购周期等因素，制定合理的库存策略，优化库存水平，降低库存成本。运用库存管理系统和信息化手段，对库存进行实时监控和管理，及时进行库存盘点和调整，确保库存数据的准确性和库存物资的安全。
49		数据管理与分析	掌握数据管理的技术和方法，能够建立和管理生产相关的数据库，对数据进行分类、存储、备份和恢复，确保数据的完整性和安全性。

序号	场景	人才技能类型	描述
50		系统集成与协同	能够将生产计划、供应链管理、质量管理等不同业务系统进行集成，实现信息的共享和协同，打破信息孤岛，提高企业整体的运营效率。熟悉企业信息化架构和业务流程，能够协调各部门之间的信息化工作，推动信息化项目的实施和应用，提高企业的信息化水平和竞争力。
51	车间智能排产	生产流程建模	深入了解轨交门系统的生产工艺流程，包括零部件加工、组装、调试等各个环节，能够运用专业知识和工具对整个生产过程进行精确建模，清晰界定各工序的先后顺序、作业时间和资源需求。
52		产能分析与规划	熟练运用工业工程方法，如时间研究、动作研究等，准确评估车间内各类设备、生产线以及工人的生产能力。根据市场需求和订单情况，结合企业的发展战略，进行合理的产能规划，确保生产能力与任务需求相匹配。
53		约束条件识别	善于识别生产过程中的各种约束条件，如设备的维护周期、人力资源的技能限制、原材料的供应波动等，并能够运用数学模型和优化算法，在智能排产中充分考虑这些约束，以制定出切实可行的生产计划。
54		自动化设备编程与控制	精通各类自动化设备的编程和控制技术，如 PLC 编程、机器人编程等，能够根据智能排产的要求，对车间内的自动化生产设备进行精确编程和调试，使其按照预定的生产计划和工艺流程进行高效运行。

序号	场景	人才技能类型	描述
55		设备联网与集成知识技能	具备工业网络通信技术知识，能够实现车间内各种自动化设备的联网和集成，使设备之间能够实时进行数据交互和协同工作。通过建立设备互联的网络架构，实现生产过程的自动化监控和调度，提高生产的整体效率和灵活性。
56		故障诊断与维护技能	熟悉自动化设备的工作原理和常见故障模式，能够运用专业工具和技术手段对设备进行快速故障诊断和修复。制定合理的设备维护计划和预防性维护措施，确保自动化设备的稳定运行，减少因设备故障导致的生产延误和损失。
57		运筹学理论基础	具备深厚的运筹学理论基础，能够针对轨交门系统车间智能排产问题，建立合适的数学模型，如整数规划模型、线性规划模型、调度模型等。运用优化算法和求解器，对模型进行求解和优化，以获得最优或近似最优的排产方案，实现生产资源的合理配置和生产效率的最大化。
58		算法设计与改进	熟悉各种智能优化算法，如遗传算法、模拟退火算法、粒子群算法等，并能够根据车间排产的具体特点和需求，对算法进行改进和创新。设计出高效、灵活的排产算法，以应对复杂多变的生产环境和任务要求，提高排产的质量和效率。

序号	场景	人才技能类型	描述
59		系统评估与决策	运用运筹学的方法和工具，对不同的排产方案进行系统评估和比较，综合考虑生产效率、成本、质量、交货期等多方面的因素，为企业提供科学合理的决策支持。帮助企业选择最优的排产方案，以实现企业的生产目标和经济效益最大化。
60		MES 系统开发与维护	熟练掌握制造执行系统（MES）的开发技术和架构，能够根据轨交门系统车间的业务需求，定制开发和维护适合企业的 MES 系统。实现生产计划的下达、生产过程的监控、生产数据的采集和分析等功能，为智能排产提供信息化平台支持。
61		系统集成与接口开发	具备系统集成的能力，能够将 MES 系统与企业的其他信息系统，如 ERP 系统、供应链管理系统、质量管理系统等进行无缝集成。开发系统之间的接口，实现信息的共享和交互，确保智能排产与企业的整体运营管理紧密结合。
62		网络与安全管理	负责车间网络基础设施的建设和管理，确保网络的稳定运行和数据传输的安全可靠。建立信息安全防护体系，保障生产数据和排产系统的安全性，防止数据泄露和网络攻击等安全事件的发生。
63	资源动态配置	整体架构设计	深入理解轨道交通门系统企业的业务流程和资源配置需求，具备从全局角度进行智能化改造架构设计的能力，能够设计出融合硬件设备、软件系统、网络通信等多方面的整体架构，确保系统的稳定性、可扩展性和兼容性。

序号	场景	人才技能类型	描述
64		技术选型与整合	熟悉各类先进的信息技术，如物联网、大数据、云计算、人工智能等，能够根据企业的实际情况和改造目标，选择合适的技术方案，并将不同技术有效地整合到资源动态配置系统中，实现各技术模块的协同工作。
65		设备互联与通信	精通物联网通信协议和技术，如 Zigbee、蓝牙、Wi-Fi、4G/5G 等，能够实现轨道交通门系统生产设备、检测设备、物流设备等各种硬件设备的互联互通，确保设备之间的数据实时传输和交互。
66		传感器技术应用	熟悉各类传感器的原理、性能和应用场景，能够根据资源动态配置的需求，合理选择和部署传感器，实现对设备状态、生产环境、物料信息等数据的实时采集，为智能化决策提供准确的数据支持。
67		边缘计算与数据处理应用	掌握边缘计算技术，能够在物联网设备端进行数据的初步处理和分析，减轻云端计算压力，提高数据处理效率和实时性。对采集到的数据进行清洗、过滤和预处理，确保数据的质量和可用性。
68		数据挖掘与分析	熟练运用大数据分析工具和技术，如 Hadoop、Spark、SQL 等，对轨道交通门系统企业在生产、运营、管理等过程中产生的海量数据进行挖掘和分析，发现数据中的潜在规律、趋势和关联关系，为资源动态配置提供数据驱动的决策依据。

序号	场景	人才技能类型	描述
69		数据仓库与建模	具备构建数据仓库的能力，能够对企业的多源异构数据进行整合、存储和管理，建立数据模型，为数据分析和决策提供统一的数据平台。通过数据建模，对资源配置相关的数据进行深度分析和预测，为优化资源配置提供量化支持。
70		可视化报告编写	能够将复杂的数据分析结果以直观易懂的方式进行可视化呈现，如通过图表、图形、仪表盘等形式展示资源使用情况、生产进度、成本分析等信息，为企业管理层和相关人员提供清晰、直观的数据报告，便于及时了解资源动态配置的效果和问题。
71		机器学习算法应用	掌握机器学习的各种算法，如监督学习、无监督学习、强化学习等，能够根据资源动态配置的具体问题，选择合适的算法并进行模型训练和优化，实现资源的智能分配、需求预测、故障诊断等功能。
72		深度学习技术实践	熟悉深度学习的相关技术，如神经网络、卷积神经网络、循环神经网络等，能够运用深度学习模型对复杂的图像、语音、文本等数据进行处理和分析，为资源动态配置提供更高级的智能支持，如通过图像识别技术对生产现场的资源状态进行实时监测和识别。
73		智能决策系统开发	基于机器学习和深度学习的成果，开发智能决策系统，能够根据实时数据和分析结果，自动生成资源动态配置的方案和策略，实现资源配置的自动化和智能化，提高决策的准确性和效率。

序号	场景	人才技能类型	描述
74	产线柔性配置	智能电气控制系统设计	具备设计智能电气控制系统的能力，能够根据产线柔性配置的要求，设计出具有高度灵活性和可扩展性的电气控制系统，实现对生产设备的精确控制和自动化操作。
75		传感器与执行器应用	熟练掌握各类传感器（如位置传感器、压力传感器、视觉传感器等）和执行器（如电机、气缸、电磁阀等）的选型、安装和调试，能够利用传感器实现对生产过程的实时监测和反馈，通过执行器实现对设备的精确控制和动作执行。
76		电力电子技术应用	掌握电力电子技术，能够设计和优化电力驱动系统，为产线设备提供稳定、高效的电力供应，同时实现对电机等设备的调速、制动等精确控制，满足不同生产工艺对设备运动的要求。
77		PLC 编程与组态	精通可编程逻辑控制器（PLC）编程，能够根据产线的工艺流程和控制要求，编写复杂的 PLC 程序，实现对生产设备的逻辑控制、顺序控制和数据处理。同时，熟练掌握组态软件的使用，能够通过组态界面实现对生产过程的实时监控、参数调整和报警处理。
78		机器人编程与调试	掌握工业机器人的编程和调试技能，能够根据产线的任务需求，编写机器人的运动轨迹和操作程序，实现机器人在轨道交通门系统生产中的搬运、装配、焊接等作业任务。能够对机器人进行现场调试和优化，确保机器人与其他设备和人员的安全协作。

序号	场景	人才技能类型	描述
79		分布式控制系统（DCS）与现场总线技术	了解分布式控制系统（DCS）的架构和原理，能够将多个分散的控制单元通过现场总线（如 Profibus、CAN 总线等）进行连接和通信，实现对整个产线的分布式控制和集中管理，提高系统的可靠性和灵活性。
80		生产流程优化	运用工业工程的方法和工具，对轨道交通门系统的生产流程进行分析和优化，识别出生产过程中的瓶颈环节和浪费现象，通过调整工艺流程、优化作业顺序等方式，提高生产效率和产品质量，为产线柔性配置提供流程基础。
81		物流系统规划与仿真	具备物流系统规划的能力，能够根据产线布局和生产需求，设计合理的物料搬运、存储和配送方案。运用物流仿真软件对物流系统进行建模和仿真，优化物流路径、设备配置和物流调度策略，确保物料在产线中的高效流动，满足产线柔性配置对物流的动态需求。
82		生产管理系统集成	熟悉企业资源计划（ERP）、制造执行系统（MES）等生产管理系统的原理和功能，能够将产线的自动化控制系统与生产管理系统进行集成，实现生产数据的实时共享和交互，为生产计划制定、资源调度和质量控制等提供信息化支持。
83		智能决策支持	利用数据分析和机器学习技术，对产线运行数据进行深度挖掘和分析，建立生产预测模型和决策支持模型，为产线柔性配置中的生产计划调整、设备调度、质量控制等提供智能决策支持，提高产线的自适应能力和优化水平。

序号	场景	人才技能类型	描述
84	智能协同作业	自动化系统设计与集成	具备自动化系统架构设计能力，能根据生产环节需求，设计出高效、稳定的自动化生产线控制系统，实现生产设备的自动化操作与协同运行
85		PLC 编程与调试	熟练掌握可编程逻辑控制器（PLC）编程，通过编写程序对生产设备进行精确控制，实现逻辑运算、顺序控制、定时计数等功能，确保各生产环节的准确执行和协同配合。
86		传感器与执行器应用	精通各类传感器（如位置传感器、压力传感器等）和执行器（如电机、气缸等）的选型、安装与调试，利用传感器实时获取生产过程中的各种数据，通过执行器实现对设备的动作控制，为智能协同提供基础的数据感知和动作执行能力
87		工业网络架构搭建	熟悉工业以太网、现场总线等工业网络技术，能够搭建稳定、可靠的工业网络架构，实现生产设备、控制系统、信息系统之间的数据通信和交互，保障生产环节的信息流畅。
88		网络安全保障	具备工业网络安全防护技能，了解网络安全协议、防火墙技术、入侵检测系统等，能够保障工业网络免受外部攻击和数据泄露风险，确保生产环节智能协同的安全性和稳定性。
89		质量管理与追溯	掌握先进的质量管理工具和方法，能够建立基于数据分析的质量管控体系，实现对生产过程的实时质量监测和追溯，利用智能技术对质量问题进行预测和预防，确保产品质量在智能协同生产中的稳定性和可靠性。

序号	场景	人才技能类型	描述
90		电气系统设计与维护	负责电气系统的设计、安装和维护，确保电气设备与自动化系统、网络系统的良好配合，为生产环节的智能协同提供稳定的电力支持和电气控制。
91		机电一体化集成	具备机电一体化的综合知识和技能，能够将机械设计与电气控制有机结合，实现生产设备的机电一体化集成，使设备在智能协同改造中发挥出最佳性能。
92	网络协同制造	智能生产调度	熟悉智能生产调度算法和系统，能够根据订单需求、设备状态、物料供应等多因素，运用智能算法进行生产任务的合理分配和调度，实现生产资源的优化利用和生产环节的高效协同。
93		质量管理与追溯	掌握先进的质量管理工具和方法，能够建立基于数据分析的质量管控体系，实现对生产过程的实时质量监测和追溯，利用智能技术对质量问题进行预测和预防，确保产品质量在智能协同生产中的稳定性和可靠性。
94		工业互联网架构搭建	熟悉工业以太网、现场总线等工业网络技术，能够搭建稳定、可靠的工业网络架构，实现生产设备、控制系统、信息系统之间的数据通信和交互，保障生产环节的信息流畅。
95		物联网工程技术	精通物联网技术，包括传感器技术、RFID 技术、无线通信技术等。能够将各类生产设备、物料、产品等通过物联网技术连接起来，实现生产过程的实时感知和数据采集。

序号	场景	人才技能类型	描述
96		网络运维工程	负责网络系统的日常运维和管理，确保网络的稳定运行。能够快速诊断和解决网络故障，保障网络的高可用性，为网络协同制造提供可靠的网络基础。
97		软件开发工程	熟练掌握多种软件开发语言和框架，能够开发网络协同制造所需的各类应用程序和软件系统，如生产管理系统、供应链管理系统、质量控制系统等，实现各环节的信息化管理和协同。
98		信息安全知识	了解信息安全法律法规和标准，能够建立完善的信息安全管理体系，运用防火墙、加密技术、入侵检测等手段，保障网络协同制造过程中的数据安全和系统安全。
99		数据工程技术	负责数据的采集、存储、处理和分析，建立数据仓库和数据湖，运用大数据技术和工具，对生产、质量、物流等数据进行深入挖掘和分析，为决策提供数据支持。
100		产品设计技术	熟悉轨道交通门系统的产品设计和研发流程，能够运用计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工程（CAE）等工具，进行产品的数字化设计和仿真分析。并通过网络协同平台，与上下游企业和合作伙伴进行产品设计的协同和优化。
101		工艺工程技术	掌握轨道交通门系统的生产工艺和制造技术，能够制定合理的工艺方案和工艺流程。并通过网络协同平台，与生产、质量、设备等部门进行工艺协同和优化，确保产品的高质量生产。

序号	场景	人才技能类型	描述
102	在线运行监测	传感器选型与安装	深入了解各类传感器的工作原理、性能参数及适用场景，如加速度传感器、温度传感器、压力传感器等，能根据生产设备的监测需求精准选型，并掌握正确的安装位置和方法，确保传感器稳定、准确地采集数据。
103		传感器校准与维护	具备对传感器进行定期校准和维护的技能，熟悉校准仪器的使用和校准流程，能够及时发现并解决传感器出现的故障或偏差，保证传感器测量数据的可靠性和准确性，延长传感器的使用寿命。
104		数据采集系统搭建	掌握数据采集系统的架构设计和搭建方法，熟悉各种数据采集设备和模块的功能与应用，能够将传感器采集到的数据进行有效整合和转换，使其符合后续处理和分析的要求。
105		数据传输与通信技术	精通工业通信协议，如 Modbus、Profibus、OPC 等，以及无线通信技术，如 4G/5G、Wi-Fi、ZigBee 等，确保采集到的数据能够稳定、快速地传输到监控中心或云端服务器，实现数据的远程监测和管理。
106		自动化控制系统维护	熟悉自动化控制系统的原理和架构，能够对 PLC、DCS 等自动化控制系统进行维护和管理，确保系统稳定运行，实现对生产设备的自动化控制和监测，同时能够将在线运行监测系统与自动化控制系统进行无缝集成，实现数据共享和协同工作。

序号	场景	人才技能类型	描述
107		系统集成与优化	具备系统集成的能力，能够将传感器、数据采集设备、数据分析平台、监控终端等各个环节进行有机整合，形成完整的生产设备在线运行监测系统，并根据企业的生产需求和实际运行情况，对系统进行优化和升级，提高系统的性能和可靠性。
108		故障诊断与排除	具备快速准确诊断和排除设备故障的能力，能够综合运用在线监测数据、设备运行历史记录、维修经验等多方面信息，分析故障原因，制定合理的维修方案，迅速恢复设备正常运行，减少设备停机时间，提高生产效率。
109		网络安全防护	了解网络安全的相关知识和技术，能够构建网络安全防护体系，包括防火墙配置、入侵检测与防御系统部署、VPN 设置等，防止外部网络攻击和数据泄露，保障生产设备在线运行监测系统的网络安全。
110		数据安全管理工作	负责数据安全管理工作，熟悉数据加密、访问控制、数据备份与恢复等技术，确保采集到的设备运行数据在存储、传输和使用过程中的安全性和完整性，防止数据丢失或被篡改。
111	设备故障诊断与预测	机械结构与原理知识	精通轨交门系统生产设备的机械结构，包括各种传动装置（如齿轮、链条、皮带传动）、运动机构（如直线导轨、旋转关节）和支撑结构等。了解这些机械部件的工作原理、受力情况和可能出现的故障模式，如磨损、疲劳、变形等。

序号	场景	人才技能类型	描述
112		故障诊断工具与方法	熟练使用电气检测工具，如万用表、示波器、绝缘电阻测试仪等，对电气设备进行故障检测。能够通过分析电气信号、检查电路连接和测试电气元件的性能，快速定位电气故障，如短路、断路、过载等问题。
113		电气系统维护与修复	具备对电气系统进行维护和修复的能力，包括更换损坏的电气元件、重新布线、调试 PLC 程序等。在故障排除后，能够对电气系统进行性能测试，确保设备恢复正常运行。
114		数据收集与整理	精通工业通信协议，如 Modbus、Profibus、OPC 等，以及无线通信技术，如 4G/5G、Wi-Fi、ZigBee 等，确保采集到的数据能够稳定、快速地传输到监控中心或云端服务器，实现数据的远程监测和管理。
115		深度学习技术实践	熟悉深度学习架构，如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）及其变体（如 LSTM）。利用深度学习技术对复杂的设备数据（如振动信号图像、时间序列数据等）进行特征提取和故障识别，提高故障诊断的准确性和预测的时效性。
116		数据分析与诊断	熟练掌握数据分析方法和工具，如统计学方法、机器学习算法等，能够对处理后的数据进行深入分析，提取特征参数，建立设备运行状态模型，通过与正常状态数据的对比，及时发现设备的异常情况和潜在故障，并进行准确诊断。

序号	场景	人才技能类型	描述
117		数据可视化技能	精通数据可视化技术和工具，如 Python 的 Matplotlib、Bokeh，以及专业的工业数据可视化软件等，能够将分析后的数据以直观易懂的图表、图形等形式展示出来，为操作人员和管理人员提供清晰的设备运行状态信息，便于决策和管理。
118		自动化控制系统维护技能	熟悉自动化控制系统的原理和架构，能够对 PLC、DCS 等自动化控制系统进行维护和管理，确保系统稳定运行，实现对生产设备的自动化控制和监测，同时能够将在线运行监测系统与自动化控制系统进行无缝集成，实现数据共享和协同工作。
119		远程监控与控制	掌握远程监控技术，能够通过网络将设备的运行状态数据传输到远程监控中心，并在远程实现对设备的部分控制功能（如启停、参数调整等）。在设备出现故障或异常情况时，能够及时进行远程诊断和干预。
120		故障诊断与排除技术	具备快速准确诊断和排除设备故障的能力，能够综合运用在线监测数据、设备运行历史记录、维修经验等多方面信息，分析故障原因，制定合理的维修方案，迅速恢复设备正常运行，减少设备停机时间，提高生产效率。
121		网络安全防护	了解网络安全的相关知识和技术，能够构建网络安全防护体系，包括防火墙配置、入侵检测与防御系统部署、VPN 设置等，防止外部网络攻击和数据泄露，保障生产设备在线运行监测系统的网络安全。

序号	场景	人才技能类型	描述
122		数据安全管理工作	负责数据安全管理工作，熟悉数据加密、访问控制、数据备份与恢复等技术，确保采集到的设备运行数据在存储、传输和使用过程中的安全性和完整性，防止数据丢失或被篡改。
123	设备运行优化	机械结构优化技能	深入理解轨交门系统设备的机械结构和工作原理，能够运用机械设计知识，对设备的机械部件（如门体框架、传动机构、连接部件等）进行详细的力学分析。掌握有限元分析（FEA）等工具，通过模拟设备在不同工况下的应力、应变和变形情况，找出机械结构中的薄弱环节，进行结构优化，提高机械部件的强度、刚度和稳定性。
124		机械运动学与动力学分析能力	熟悉机械运动学和动力学原理，能够对设备的运动部件（如门的开合机构）进行运动学建模和分析。准确计算部件的速度、加速度、作用力和扭矩等参数，优化运动轨迹和运动参数，使设备的运动更加平稳、高效，减少机械磨损和能量损耗。
125		机械维护与升级知识	具备丰富的机械维护经验，了解设备常见的机械故障模式及其原因，能够制定合理的维护计划，确保设备机械部分的正常运行。根据设备运行优化的需求，提出机械部件的升级改造方案，如采用新材料、新结构或新技术，提高设备的性能和可靠性。

序号	场景	人才技能类型	描述
126		电气系统设计与优化技能	精通轨交门系统设备的电气控制系统，包括电机驱动、传感器检测、PLC 编程、变频器控制等。能够对电气系统进行全面地评估，识别潜在的效率低下或不稳定的部分。根据设备运行要求，优化电气系统的设计，如调整电机的控制策略、优化传感器的布局和参数设置、改进 PLC 程序逻辑等，以提高设备的电气性能和自动化程度。
127		电力电子技术应用能力	熟悉电力电子器件（如 IGBT、MOSFET 等）和电路拓扑结构，能够运用电力电子技术对设备的电源供应和功率转换部分进行优化。
128		自动化控制系统集成能力	能够将轨交门系统设备中的机械、电气、传感器等部分进行有机整合，构建完整的自动化控制系统。熟悉各种工业自动化通信协议（如 Profibus、Modbus、EtherCAT 等），实现设备内部各子系统之间的高效通信和协同控制，优化设备的整体运行逻辑。
129		控制算法设计与优化技能	熟练掌握经典控制理论和现代控制理论，能够根据设备的动态特性和运行要求，设计合适的控制算法。例如，对于门系统的精确位置控制，采用 PID 控制、模糊控制或自适应控制等算法。通过对控制算法的参数调整和优化，提高设备的响应速度、控制精度和稳定性，使设备能够更好地适应不同的运行工况。
130	智能在线检测	检测标准与规范制定能力	深入了解轨交门系统的行业标准、国家标准以及国际标准，如防火标准、强度标准、密封标准等，能够根据企业自身产品特点和客户需求，制定

序号	场景	人才技能类型	描述
			详细、严格的内部质量检测标准和规范，为智能在线检测提供明确的依据。
131		检测设备操作与维护技能	熟练掌握各种质量检测设备的操作方法，能够对检测设备进行日常维护和校准，确保设备的准确性和稳定性，以保证检测结果的可靠性。
132		自动化检测系统集成能力	熟悉自动化检测技术和设备，如自动化视觉检测系统、传感器检测网络、机器人检测系统等。能够将各种检测设备和进行有机整合，构建高效、稳定的轨交门系统产品质量智能在线检测系统，实现检测过程的自动化和智能化。
133		测控仪器仪表选型与应用技能	具备丰富的测控系统故障诊断经验，能够快速识别和定位在线检测系统中出现的故障，如传感器故障、信号传输故障、控制系统故障等。采取有效的故障排除措施，及时恢复检测系统的正常运行，减少因系统故障导致的检测延误和质量风险。
134		智能检测算法开发能力	精通机器学习、深度学习等人工智能算法，能够运用这些算法对轨交门系统的质量检测数据进行建模和分析，开发出智能检测算法，实现对产品质量的自动识别、分类和判断。
135		网络与数据安全保障能力	了解网络安全技术和数据安全规范，能够构建安全可靠的网络环境，确保在线检测系统的网络安全和数据安全，防止检测数据泄露、篡改或丢失。

序号	场景	人才技能类型	描述
136	质量精准追溯	质量管理体系知识	精通 ISO 9001、ISO/TS 22163 等质量管理体系标准，能够依据标准建立、实施和维护企业的质量管理体系，熟悉质量管理体系的审核方法
137		质量追溯工具运用能力	熟练使用质量追溯的相关工具和方法，如批次管理、序列号管理、标识和可追溯性程序等，能够运用统计过程控制（SPC）、失效模式与影响分析（FMEA）等工具，对质量数据进行分析和处理，找出质量问题的根源和潜在风险。
138		物料追溯与管控技能	熟悉物料的采购流程和质量控制方法，能够对原材料、零部件等物料进行精准追溯和管控。建立物料追溯档案，记录物料的来源、批次、检验结果等信息，确保物料质量的可追溯性。
139		供应商管理能力	建立健全供应商质量管理体系，对供应商进行全面的评估和审核，确保供应商的产品质量符合企业要求，与供应商建立紧密的合作关系，共同解决质量问题，实现供应链的质量协同管理。
140		物流与仓储管理知识	了解物流运输和仓储管理的流程和规范，确保轨交门系统在运输和储存过程中的质量安全，运用先进的物流管理技术和设备。
141		数据分析与挖掘技能	熟练运用数据分析工具和技术，如数据挖掘、机器学习算法等，对质量追溯数据进行深度分析和挖掘。通过数据分析发现质量问题的规律和趋势，为质量改进和精准追溯提供决策支持。

序号	场景	人才技能类型	描述
142		物联网与自动化技术应用能力	了解物联网技术，如传感器技术、射频识别技术（RFID）等，能够将其应用于轨交门系统的生产过程中，实现质量数据的实时采集和传输。掌握自动化控制技术，如 PLC 编程、自动化生产线控制等，确保生产过程的稳定性和质量的一致性。
143	产品质量优化	质量体系知识与应用	精通 ISO 9001、ISO/TS 22163 等质量管理体系标准，能够将标准要求融入企业的日常运营中。具备质量体系内部审核和管理评审的组织能力，能够定期检查质量体系的有效性，发现问题及时纠正，推动质量体系的持续改进。
144		质量工具熟练运用	熟练掌握并能有效运用质量工具，如检查表、鱼骨图、分层法、柏拉图等，通过这些工具分析产品质量问题的根本原因。
145		机械原理与结构优化	深入理解轨交门系统的机械结构和工作原理，包括门体、导轨、锁闭装置等部件。能够对机械结构进行力学分析，运用有限元分析软件（如 ANSYS）优化结构设计，确保机械部件在各种工况下的强度、刚度和稳定性。据质量反馈和性能要求，对机械结构进行创新设计，例如优化门体的轻量化设计，在保证强度的同时减轻重量，降低能耗并提高运行效率。

序号	场景	人才技能类型	描述
146		机械制造工艺精通	熟悉各种机械制造工艺，如铸造、锻造、机加工、焊接等。能够从工艺角度评估设计的可制造性，避免因工艺不合理导致的质量问题，如，在设计新的门体连接结构时，考虑焊接工艺的可行性和质量稳定性。与生产部门紧密合作，对制造工艺进行持续改进，提高机械部件的加工精度和表面质量，从而提升产品整体质量。
147		电气系统设计与优化	掌握轨交门系统的电气控制原理，包括电机驱动、传感器检测、控制器编程等方面。能够设计高效、可靠的电气控制系统，确保门系统的开关、速度调节、安全防护等功能的精确实现。
148		材料质量改进与检测	掌握材料质量控制的方法和手段，包括材料的成分分析、微观组织观察、性能测试等。能够与供应商合作，对原材料质量进行严格把关，确保投入生产的材料符合质量要求。针对材料质量问题，能够提出改进措施，如优化材料的热处理工艺、表面处理工艺等，提高材料的质量和使用寿命。
149		生产流程优化能力	运用工业工程的方法（如价值流分析、流程程序分析等）对轨交门系统的生产流程进行全面梳理，找出影响产品质量的流程瓶颈和浪费环节。如，通过分析生产流程，发现门系统组装过程中的某个环节因操作复杂容易导致质量缺陷，进而对该环节进行优化。能够设计和实施生产流程优化方案，包括调整工序顺序、优化车间布局、引入先进的生产组织方式等，提高生产效率和产品质量的稳定性。

序号	场景	人才技能类型	描述
150		人机工程学应用技能	了解人机工程学原理，在产品设计和生产过程中充分考虑人的因素。
151	能耗数据监测	数据采集系统搭建技能	精通自动化控制原理，能够设计和搭建轨交门系统能耗数据的自动化采集系统。熟悉各种传感器（如电流传感器、电压传感器、功率传感器等）的选型、安装和调试，确保准确获取设备运行中的能耗相关数据。掌握数据采集设备（如数据采集卡、PLC 数据采集模块等）的配置和编程，实现对多个设备能耗数据的同步采集，并能将采集到的数据传输到监测系统中。
152		自动化设备集成能力	熟悉轨交门系统中各种自动化设备（如电机驱动系统、控制系统等）的工作原理和接口协议。能够将这些设备与能耗监测系统进行集成，确保能耗数据采集的完整性和准确性。可以对自动化设备进行优化配置，例如调整设备的运行模式和参数，以实现更好的能耗监测效果，同时确保设备正常运行。
153		数据清洗与预处理能力	熟练掌握数据清洗工具和方法，能够对采集到的能耗数据进行清洗，去除异常值、重复数据和错误数据。能够进行数据预处理，包括数据标准化、归一化等操作，使不同类型和范围的能耗数据具有可比性，为后续的数据分析提供高质量的数据基础。

序号	场景	人才技能类型	描述
154		数据分析与挖掘技能	精通数据分析方法，如统计学分析（均值、方差、相关性分析等）、时间序列分析等。通过对能耗数据的分析，挖掘能耗的变化规律、设备的能耗特性以及能耗与运行参数之间的关系。掌握数据挖掘技术，如聚类分析、关联规则挖掘等，能够从海量能耗数据中发现潜在的节能机会和能耗异常模式，为节能措施的制定提供数据支持。
155		电气系统理解与能耗评估	深入了解轨交门系统的电气系统，包括电路图、电气设备的功率特性等。能够根据电气原理对设备的能耗进行理论评估，为实际监测数据提供对比参考，可以分析电气系统中的能耗分布情况，确定高能耗环节和设备，例如分析电机、照明系统、控制系统等在整体能耗中的占比，为节能改造提供重点方向。
156		监测软件系统开发能力	熟练掌握编程语言（如 Java、Python、C# 等）和软件开发框架，能够开发能耗数据监测软件系统。包括设计用户界面，实现数据的可视化展示（如能耗趋势图、设备能耗对比图等），方便用户直观地了解能耗情况。构建数据存储模块，能够高效地存储和管理大量的能耗数据，确保数据的安全性和可访问性。例如，设计合理的数据库架构，选择合适的数据库管理系统（如 MySQL、SQL Server 等）。

序号	场景	人才技能类型	描述
157		系统集成与接口开发技能	能够将能耗数据监测软件与企业的其他信息系统（如生产管理系统、设备管理系统等）进行集成，实现数据的共享和交互。开发数据接口，确保不同系统之间的数据一致性和同步性。对监测软件系统进行维护和升级，及时修复软件漏洞，根据企业的需求添加新的功能模块，如能耗预警功能、节能措施效果评估模块等。
158		能源管理策略制定能力	熟悉能源管理体系（如 ISO 50001）标准和方法，能够根据轨交门系统企业的实际情况，制定全面的能源管理策略。包括设定能耗目标、制定节能计划、建立能源绩效评估指标等。结合能耗数据监测的结果，对能源管理策略进行动态调整，确保企业的能源管理工作持续有效，实现节能目标。
159	能效平衡与优化	能源系统分析技能	能够对轨交门系统生产环节的整个能源系统进行全面分析，包括电能、热能等多种能源形式。了解生产设备（如加工机床、焊接设备、装配机械等）的能源消耗特性，构建能源流程图，清晰地展示能源在各个生产环节的输入、转换、分配和使用情况。掌握能源审计方法，通过对生产现场的实地考察、设备运行数据的收集和分析，评估能源系统的效率，识别能源浪费的环节和设备，为能效平衡与优化提供基础数据。

序号	场景	人才技能类型	描述
160		节能技术应用能力	熟悉各种节能技术，如高效电机技术、余热回收技术、能量回馈技术等。能够根据轨交门系统生产环节的实际情况，有针对性地选择和应用合适的节能技术。对应用的节能技术进行效果评估，包括节能率的计算、投资回收期的分析等。能够根据评估结果对节能技术进行优化和调整，确保节能效果达到预期目标。
161		设备改造与升级能力	结合能效平衡与优化的目标，对现有生产设备提出合理的改造和升级方案。参与设备改造项目的实施，与其他专业人员（如电气工程师、安装调试人员等）密切配合，确保改造后的设备能够正常运行，并且达到预期的能效优化效果。
162		电气系统节能改造	精通轨交门系统生产设备的电气控制系统，包括电机控制、PLC编程、变频器应用等。能够对电气系统进行节能改造，例如，根据生产设备的实际负载情况，合理调整电机的运行参数，通过变频调速技术使电机在最佳效率点附近运行。优化电气系统的布线和布局，减少线路损耗。
163		能源监测与控制技术	负责设计和安装生产环节的能源监测系统，能够选用合适的电能表、功率因数表、传感器等设备，实现对生产设备能源消耗的实时监测。并通过通信技术将监测数据传输到监控中心，为能效分析和控制提供数据支持。运用自动化控制技术，根据能源监测数据和生产计划，对生产设备进行智能控制。例如，在设备空闲时段自动降低设备的运行功率，或者根据产品生产的不同阶段，动态调整设备的能源输入，实现能效的动态

序号	场景	人才技能类型	描述
			平衡和优化。
164		生产流程优化技能	运用工业工程的方法（如价值流分析、流程程序分析等）对轨交门系统的生产流程进行详细分析，找出生产过程中的非增值活动和能源浪费环节。对生产节拍和工序进行重新规划和调整，使生产过程更加顺畅和高效。
165		人因工程与能源管理结合能力	考虑人因工程因素，在生产环节的能效平衡与优化过程中，关注操作人员的工作环境和操作方式对能源消耗的影响。对操作人员进行能源管理培训，增强员工的能源节约意识，制定相应的能源管理操作规程，规范员工的操作行为，确保员工能够正确操作设备，减少因人为因素导致的能源浪费。
166		数据采集与整理能力	能够从生产设备的控制系统、能源监测系统以及企业的生产管理系统等多个渠道采集与能效相关的数据，如设备运行时间、功率消耗、生产产量等。对采集到的数据进行清洗、分类和整理，去除噪声数据和异常数据，确保数据的准确性和完整性。建立数据仓库或数据库，对整理后的能效数据进行有效地存储和管理。能够设计合理的数据结构和索引，方便后续的数据查询和分析。

序号	场景	人才技能类型	描述
167		数据分析与能效建模技能	熟练掌握数据分析方法，如统计学方法（均值、方差、相关性分析等）、数据挖掘算法（聚类分析、决策树等）和机器学习算法（线性回归、神经网络等）。通过对能效数据的分析，挖掘设备能耗与生产参数之间的关系，建立能效预测模型和优化模型。运用能效模型，对不同生产方案和节能措施下的能效情况进行模拟和预测，为企业提供决策支持。例如，通过模型预测采用某种节能技术后设备的能耗变化情况，帮助企业评估节能措施的可行性和经济效益。
168		环境法规与标准解读	深入理解国家和地方的环境保护法规、政策以及相关行业标准，如大气污染防治法、水污染防治法、固体废弃物污染环境防治法等，确保企业的污染监测与管控措施符合法律要求。能够将法规和标准要求转化为具体的企业内部操作规范，指导企业的生产活动，避免环境违法行为。
169	污染监测与管控	污染防治技术应用	熟悉各类污染防治技术，包括废气处理技术（如吸附、催化燃烧、静电除尘等）、废水处理技术（如生物处理、化学沉淀、膜分离等）和固体废弃物处理技术（如分类回收、焚烧、填埋等）。根据轨交门系统制造企业的污染特点，选择合适的污染防治技术并设计相应的处理系统，确保污染物达标排放。
170		环境影响评价能力	掌握环境影响评价的方法和流程，能够对轨交门系统制造项目的环境影响进行预测和评估。包括分析生产过程中的污染源、污染物排放量以及对周边环境（空气、水、土壤等）和生态系统的潜在影响。

序号	场景	人才技能类型	描述
171		自动化监测系统搭建与集成	熟练掌握自动化监测设备（如传感器、数据采集器、分析仪等）的选型、安装和调试。能够根据企业的污染监测需求，构建智能化的监测系统，实现对污染物的实时、连续监测。具备将不同类型的监测设备进行集成的能力，实现数据的传输和共享，确保监测系统的整体性和兼容性。
172		智能控制算法与系统优化	熟悉智能控制算法，如模糊控制、神经网络控制等，能够将这些算法应用于污染治理设施的控制，实现对污染物处理过程的智能化调节。例如，根据废气流量和污染物浓度自动调整处理设备的运行参数。能够对监测与管控系统进行优化，包括提高系统的响应速度、降低数据传输延迟、增强系统的稳定性和可靠性。通过系统优化，确保智能化污染监测与管控系统能够高效运行。
173		数据管理与数据库技术	熟练掌握数据库管理系统（如 MySQL、Oracle 等），能够设计和建立用于存储污染监测数据的数据库。对数据进行有效地组织、分类和索引，确保数据的高效存储和快速检索。负责数据的备份与恢复，保证数据的安全性和完整性。能够制定数据管理策略，确保监测数据在长期存储过程中的质量和可用性。

序号	场景	人才技能类型	描述
174		软件开发与数据可视化	具备较强的软件开发能力，能够使用编程语言开发污染监测与管控软件。包括数据采集软件、数据分析软件、报警软件等，实现对监测数据的自动化处理和分析。精通数据可视化技术，如使用 Tableau、Power BI 等工具或通过编程实现数据的可视化展示。将复杂的监测数据以直观的图表（如折线图、柱状图、地图等）形式呈现，方便管理人员和技术人员理解和决策。
175		数据分析方法与工具	熟练掌握数据分析方法，如描述性统计分析、相关性分析、主成分分析等，能够运用这些方法对污染监测数据进行深入分析。
176		数据挖掘与机器学习应用	掌握数据挖掘和机器学习算法，如聚类分析、分类算法、时间序列预测等。能够运用这些算法对污染监测数据进行挖掘，能够建立数据驱动的污染预测模型和管控决策模型，为企业的污染防控策略提供数据支持和决策依据。
177		物联网设备与网络连接	熟悉物联网设备（如智能传感器、智能仪表等）的原理和应用，能够将各种污染监测设备接入物联网平台。通过无线通信技术（如 Wi-Fi、ZigBee、4G/5G 等）实现设备与网络的连接，确保数据的远程传输。具备构建物联网网络架构的能力，包括网络拓扑设计、网关配置、网络安全设置等，保障物联网环境下污染监测数据传输的稳定性和安全性。

序号	场景	人才技能类型	描述
178		物联网平台应用与管理	能够运用物联网平台对污染监测设备进行远程管理和监控，如设备状态监测、远程配置、故障报警等。通过物联网平台实现对污染监测与管控系统的集中管理，提高系统的智能化水平。了解物联网数据的特点和处理方式，能够与其他专业人才合作，将物联网数据与企业的其他信息系统（如生产管理系统、环境管理系统等）进行集成，实现数据的共享和协同应用。
179	碳资产管理	碳排放核算与管理	精通温室气体排放核算方法和标准，如 ISO 14064 系列标准、GHG Protocol 等，能够准确核算轨交门系统生产、运输、使用及废弃处理等各环节的碳排放量。熟练掌握碳排放管理相关知识，包括碳排放配额分配、碳减排目标设定、碳排放监测计划制定等，为企业制定科学合理的碳资产管理策略提供依据。
180		碳排放数据分析能力	能够收集、整理、分析和验证大量的碳排放数据，运用统计学方法和数据分析工具，识别碳排放的关键环节和主要来源，为碳减排策略的制定提供数据支持。具备数据可视化能力，将复杂的碳排放数据以直观的图表形式呈现，便于企业管理层和相关部门理解和决策。

序号	场景	人才技能类型	描述
181		碳交易与金融投资能力	熟悉碳金融市场的运作机制，包括碳排放权交易、碳期货、碳期权、碳基金等碳金融产品的交易规则和流程。具备金融风险管理能力，能够对碳资产交易过程中的市场风险、信用风险、操作风险等进行识别、评估和控制。关注国内外碳市场的政策动态和市场行情，具备敏锐的市场洞察力，能够准确预测碳资产价格走势和市场供需变化。具备碳资产投资分析能力，根据企业的风险承受能力和投资目标，制定合理的碳资产投资策略，实现碳资产的保值增值。
182		低碳技术研发应用能力	掌握节能技术、可再生能源利用技术、清洁生产技术等低碳技术的原理和应用方法，能够结合轨交门系统企业的生产工艺和实际需求，开展低碳技术的研发和创新工作。负责低碳技术改造项目的策划、组织、实施和监督，协调各方资源，确保项目按时、按质、按量完成，实现碳减排目标。
183	供应商数字化管理	数字化平台运维能力	负责供应商数字化管理平台的日常运维，包括服务器管理、网络配置、系统更新等。能够快速解决平台运行过程中出现的技术问题，如系统故障、网络中断、数据丢失等，确保平台的高可用性。掌握数据备份与恢复技术，制定备份策略，定期备份供应商数据，并且在遇到数据灾难时能够有效恢复数据，保障企业对供应商数据的持续访问。

序号	场景	人才技能类型	描述
184		供应商数据收集与清洗技能	能够从多个渠道收集供应商相关数据，包括供应商提供的基本资料、交易系统中的采购数据、质量检测系统中的产品质量数据等。并且对这些数据进行清洗，去除重复、错误或不完整的数据，为后续的分析提供高质量的数据基础。
185		供应商关系管理技能	熟悉供应商关系管理（SRM）的理论和实践，能够运用数字化手段建立和维护与供应商的良好合作关系。例如，通过在线沟通平台、共享数据等方式，加强与供应商的信息交流和协作。制定供应商激励和约束机制，根据数字化绩效评估结果，对优秀供应商给予奖励，如增加订单份额、优先付款等；对表现不佳的供应商提出改进要求或进行淘汰，确保供应商能够持续提供符合企业要求的产品和服务。
186		供应商质量改进协作能力	当发现供应商产品质量问题时，能够通过数字化沟通渠道（如视频会议、即时通讯工具）与供应商迅速沟通，协助供应商分析质量问题产生的原因。利用数字化质量追溯系统，追溯问题产品的生产批次、原材料来源等信息，与供应商共同制定质量改进措施，并跟踪改进措施的实施效果，确保供应商产品质量的持续提升。

序号	场景	人才技能类型	描述
187	供应链计划协同优化	供应链战略规划技能	深入理解轨交门系统行业的供应链特点，包括供应商分布、生产流程、运输方式、销售渠道等各个环节。能够从战略角度出发，制定供应链协同优化的长期规划，确保供应链的整体目标与企业战略目标相一致。熟悉市场动态和行业趋势，能够预测未来市场需求变化对供应链的影响，提前布局供应链资源，如仓储设施、运输能力等，以应对市场波动。
188		协同机制设计与沟通协调能力	具备设计供应链协同机制的能力，包括建立信息共享平台、制定合作协议、设立激励措施等，促进企业内部各部门以及外部供应商、物流商等合作伙伴之间的有效协同。拥有出色的沟通和协调能力，能够与不同利益相关者进行有效的沟通，解决供应链协同过程中出现的各种矛盾和问题，如供应商交货延迟、运输成本超支等，确保供应链计划的顺利执行。
189		生产流程优化与产能规划能力	精通轨交门系统的生产工艺流程，能够对生产流程进行详细地分析和优化。例如，通过价值流分析找出生产过程中的瓶颈环节，采用精益生产方法减少浪费，提高生产效率。具备产能规划的能力，根据市场需求预测和企业资源状况，合理规划生产设备、人员等资源的配置。能够根据订单情况和供应链协同要求，灵活调整生产计划，确保产品按时交付。

序号	场景	人才技能类型	描述
190		生产调度与协同作业技术	熟悉生产调度系统和工具，能够根据生产计划和物料供应情况，合理安排生产任务的先后顺序和资源分配。例如，通过优先级排序和有限资源分配算法，优化生产调度方案，减少生产周期。在供应链协同优化过程中，能够与供应商、物流商等紧密合作，确保原材料及时供应、半成品和成品的顺畅运输。例如，与供应商共享生产进度计划，协调原材料的交货时间，避免因原材料短缺导致的生产中断。
191		供应链信息系统开发技能	熟练掌握软件开发技术和编程语言，能够开发或定制供应链管理信息系统（SCMIS）。该系统应具备供应链计划、采购管理、库存管理、物流管理等功能模块，满足企业供应链协同优化的需求，了解数据库管理系统（如 MySQL、Oracle 等），能够设计和构建供应链数据库，存储和管理供应链相关的数据。包括产品信息、供应商信息、订单信息、库存信息等，为供应链协同提供数据支持。
192		系统集成与接口开发	能够将供应链管理信息系统与企业内部的其他系统（如企业资源计划系统 ERP、制造执行系统 MES、客户关系管理系统 CRM）以及外部合作伙伴的系统进行集成。通过开发接口和中间件，实现数据的交换和共享，确保供应链计划协同优化的信息流畅。熟悉企业服务总线（ESB）等集成技术，能够构建灵活的集成架构，方便供应链系统与其他系统的对接和扩展。例如，当企业引入新的供应商系统或物流系统时，能够快速实现系统集成，提高供应链协同的效率。

序号	场景	人才技能类型	描述
193	产品远程 运维	网络架构搭建与维护技能	精通工业通信网络，如工业以太网、现场总线（Profibus、CAN 总线等）、4G/5G 等通信技术，能够为轨交门系统构建稳定、安全的远程通信网络架构。确保产品运行数据能够实时、准确地从现场传输到远程运维中心
194		通信协议与数据传输能力	熟悉多种通信协议，如 Modbus TCP/IP、OPC UA 等，能够确保轨交门系统与远程运维平台之间的数据通信兼容性。负责协议的转换和配置，使不同厂家、不同类型的设备能够顺利接入远程运维系统。掌握数据加密、压缩等技术，保障数据在传输过程中的安全性和高效性。在数据传输过程中，能够运用加密算法（如 SSL/TLS）对敏感数据（如设备参数、用户信息）进行加密，防止数据泄露；同时，通过数据压缩技术减少数据传输量，提高传输效率。
195		智能控制与故障诊断技能	掌握智能控制算法，如模糊控制、神经网络控制等，能够将这些算法应用于轨交门系统的远程运维中，实现对设备运行状态的智能监测和优化控制。例如，通过智能算法实时调整门系统的运行参数，以适应不同的工况。具备故障诊断与预测能力，利用设备运行数据（如温度、压力、振动等）和故障诊断模型（基于规则的诊断模型、机器学习诊断模型等），对轨交门系统可能出现的故障进行提前预警和精准定位。例如，通过分析电机的电流和振动数据，预测电机是否存在故障风险，并及时采取维护措施。

序号	场景	人才技能类型	描述
196		远程运维软件研发能力	熟练掌握软件开发技术，如 Java、Python、C# 等编程语言，以及相关的软件开发框架（如 Spring Boot、Django 等），能够开发轨交门系统远程运维软件平台。该平台应具备设备管理、数据采集与分析、故障报警、远程控制等功能。熟悉数据库管理系统（如 MySQL、Oracle 等），能够设计和维护远程运维数据库，用于存储设备信息、运行数据、故障记录等。通过数据库优化技术（如索引优化、查询优化）提高数据存储和查询效率。
197		系统集成与用户界面设计技能	具备系统集成能力，能够将远程运维软件与其他企业系统（如 ERP、MES 等）进行集成，实现数据的共享和交互。注重用户界面（UI）和用户体验（UX）设计，开发出简洁、直观、易用的远程运维操作界面，方便运维人员进行设备监控和管理。
198		数据采集与预处理技能	能够设计数据采集方案，从轨交门系统的各种传感器和设备中收集运行数据，包括实时数据和历史数据。对采集到的数据进行清洗、去噪、归一化等预处理操作，确保数据质量，为后续的分析 and 挖掘提供可靠的数据基础。熟悉数据采集工具和技术，如 OPC 服务器、数据采集卡等，能够根据不同设备的数据接口和通信协议，实现数据的高效采集。

序号	场景	人才技能类型	描述
199		故障数据分析与智能决策能力	熟练运用数据分析方法和工具，如统计学方法、数据挖掘算法、机器学习模型等，对轨交门系统的运行数据进行深度分析。如通过相关性分析找出影响设备故障的关键因素，或者通过聚类分析对不同运行状态的设备进行分类，根据数据分析结果为远程运维提供决策支持。
200		客户需求洞察能力	能够通过多种渠道（如客户调研、市场反馈、售后数据等）收集客户需求信息，并且运用数据分析方法挖掘客户潜在需求。构建客户需求管理体系，对不同客户群体（如轨道交通运营企业、维保单位等）的需求进行分类、排序和优先级评估，确保企业能够及时响应关键需求。
201	主动客户服务	轨交门系统产品知识与技术精通	深入掌握轨交门系统的产品知识，包括机械结构、电气原理、软件控制等方面。能够为客户提供专业的技术咨询，解答客户关于产品安装、调试、使用等过程中的技术问题。跟踪轨交门系统领域的技术发展动态，及时为客户提供技术升级建议。
202		远程与现场技术服务能力	具备远程技术支持能力，通过电话、网络会议、远程监控等方式快速诊断和解决客户的技术问题。能够进行现场技术服务，包括设备维修、巡检、调试等工作。熟练使用各种维修工具和检测设备，确保现场服务的质量和效率。

序号	场景	人才技能类型	描述
203		客户数据收集与整合技能	从企业内部的各个业务系统（如客户关系管理系统 CRM、售后服务系统、生产管理系统等）收集与客户服务相关的数据，包括客户基本信息、购买记录、服务请求记录、产品运行数据等。对收集到的数据进行整合和清洗，去除重复、错误或不完整的数据，构建完整的客户服务数据仓库，为后续的分析提供高质量的数据基础。
204		数据分析与预测能力	运用数据分析方法（如关联规则挖掘、时间序列分析、分类算法等）对客户服务数据进行分析。通过关联规则挖掘发现客户购买的轨交门系统产品类型与可能需要的服务项目之间的关系。根据数据分析结果进行客户服务需求预测，预测客户可能出现的产品故障时间、服务请求高峰期等，为主动客户服务提供数据支持，提前做好服务准备。
205	数据驱动服务	数据挖掘与分析技能	精通数据挖掘技术，如关联规则挖掘、聚类分析、异常检测等。能够对轨交门系统的海量数据（包括设备运行数据、故障数据、客户反馈数据等）进行挖掘，发现隐藏在数据中的有价值的信息，如设备故障模式、客户行为模式等。熟练运用统计分析方法，如假设检验、方差分析、回归分析等，对数据进行深入分析。例如，通过回归分析建立设备性能与运行参数之间的关系模型，为优化服务提供依据。

序号	场景	人才技能类型	描述
206		数据采集与整合能力	能够设计和实现数据采集系统，从轨交门系统的各种设备（如传感器、控制器）和软件系统（如生产管理系统、客户关系管理系统）中采集数据。熟悉数据采集协议，如 OPC UA、Modbus 等，确保数据的准确采集。负责整合不同来源、不同格式的数据，将其转换为统一的数据格式并存储到数据仓库或数据湖中。
207		机器学习与深度学习能力	掌握机器学习算法，如决策树、支持向量机、朴素贝叶斯等分类算法，以及时间序列预测算法。能够构建设备故障预测模型，根据历史数据和实时数据预测设备故障的发生概率和时间，实现预防性维护服务。熟悉深度学习架构，如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）及其变体（如 LSTM）。可以将这些技术应用于图像识别（如检测轨交门系统部件的损坏情况）或序列数据分析（如分析设备运行状态的时间序列）等场景。
208		数据安全防护技能	熟悉网络安全技术，如防火墙、入侵监测系统、加密技术等。能够构建数据安全防护体系，保护轨交门系统的数据在存储、传输和使用过程中的安全，防止数据泄露、篡改和恶意攻击。
209		数据隐私合规能力	深入研究数据隐私相关的法律法规，如《中华人民共和国网络安全法》《数据保护条例》等，以及行业的隐私标准。确保企业的驱动服务符合法律和行业规定，避免因数据隐私问题而引发法律风险。

## 附件 3 典型案例

### 中车南京浦镇车辆有限公司

#### 1. 企业基本情况

中车南京浦镇车辆有限公司始建于 1908 年，是中国从事轨道交通装备研究和制造的专业化生产企业，是中国铁路装备制造业大型一档企业、中国铁路空调双层客车研制基地、中国城市轨道交通车辆生产定点企业。公司推进以城轨车辆、铁路客车、动车组和重大部件为代表的轨道交通装备业务，运维、修理等延伸业务，以物流和数字化服务为基础的新产业业务协同发展。公司拥有强大的研发平台，掌握了动车组、城市轨道车辆、铁路客车、现代有轨电车、数字化导向胶轮低地板列车、跨座式单轨、APM、悬挂式空铁列车制造和 CAN 总线、MVB 总线、以太网总线列车网络系统和无人驾驶等核心设计技术。公司具有丰富的产品平台，包括不锈钢、铝合金以及碳钢结构的 A 型和 B 型地铁列车，现代有轨电车、时速 140 公里至 200 公里的 CRH6 型城际动车组、时速 160 公里动力集中电动车组、时速 250 公里“复兴号”标准动车组、悬挂式空铁列车、25 型铁路客车、特种车辆以及各种类型转向架、各个速度等级制动系统等。

#### 2. 企业“智改数转网联”现状

中车浦镇的数字化建设已经涵盖了项目需求、研发设

计、工艺设计、生产制造、产品交付和运营维保各环节，依托“运营管理数据驾驶舱、全生命周期数据驾驶舱、生产指挥数据驾驶舱和智能产品研发数字化体系”的总体数字化架构，持续推进数字化、网络化、智能化发展道路。

运营管理数据驾驶舱建设方面，总体遵循“4133”模型建设，其中4是指为了充分反映企业经营状况而设立的“运营能力、市场能力、经营质量、支撑能力”提升管理模型，“13”指为了实现企业经营数据统一和标准的全覆盖，以关键经营指标为核心，围绕财务、运营、市场、投资、人力等主要业务领域构建一体化、标准化、结构化的经营指标体系及管理模型。“3”是指为了面向不同管理层级、不同业务领域间角色需求和相互关系，着重打造服务于公司决策层、管理层及执行层的驾驶舱三类前台。

全生命周期数据驾驶舱建设方面，从产品出发，打造智能化服务模式，具体包括售后服务数字化、面向服务的全生命周期数据驾驶舱打造和市场营销数字化。

生产指挥数据驾驶舱方面，以精益为核心，搭建智能制造场景，具体包括生产指挥数据驾驶舱的打造、数字化产线打造、数字化质量平台建设、搭建供应商协同平台、基于工位制节拍化的物料全流程管控体系构建。

智能化产品研发数字化体系方面，在数字化技术赋能下，建设协同研发体系，具体包括机电软一体化协同研发、三维模型的设计工艺制造一体化协同、基于工位制、节拍化

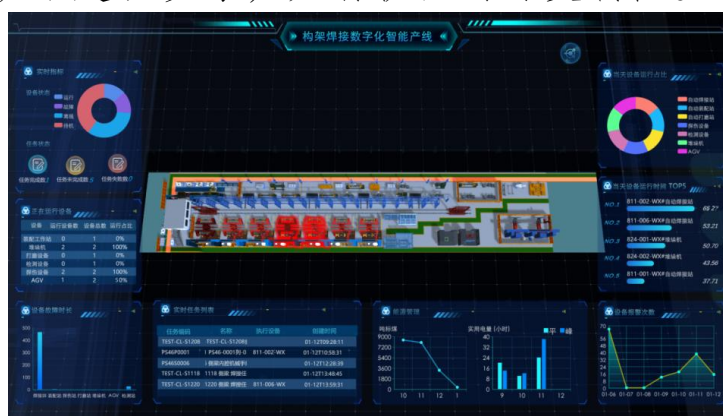
的模块化设计、基于全生命周期贯通的构型管理应用和产品数字孪生探索应用。

### 3.企业“智改数转网联”应用案例

#### 案例：焊接智能化产线

中车浦镇的构架焊接数字化智能产线以“高优高强”为建设目标，打造数字赋能高、生产能力优、产线成效亮、可复制性强的智能制造线。其中，中控MES系统实现制造资源的动态配置，实现车间智能排产。应用建模仿真、多模型融合等技术，构建数字孪生系统。中控系统可对焊接过程中的数据实现记录溯源，从而保证产线的稳定运转。生产现场的可视化管理，焊接厂房的温度、湿度等环境参数进行自动确认，从而保证产线的正常运转；自动化装配机器人应用于智能产线生产的头道工序，能够实现侧、横梁装置的自动化、标准化组装，作业精度高，人工劳动强度低，组装自动化率达到60%。自动化装配机器人与AGV小车及中控系统联动，对生产作业过程进行精准控制，保证尺寸精度；焊接环节是该产线的核心环节，焊接工艺是该产线的核心要素，焊接机器人的应用大大提高了焊接水平，产线可实现双丝焊接，多位态翻转能够实现对狭窄空间的多位态焊接自动化率达到90%左右，并可实时跟踪展示机器人的工作参数和状态跟踪模拟演示。产品打磨环节，中车浦镇引入自动化打磨机器人，使用突破瓶颈工序，打磨自动化率达60%以上，同时将自动化系统与中控系统联动，适时调整作业工序，保证产品正常

流转，实现危险作业自动化。产品检测环节，产线设有自动化检测机器人，通过逆向工程和 3D 扫描检测，实现对产品的三维建模、快速、精准的尺寸检测，自动检测数据还将对接 MES 中控系统，由 MES 中控系统对检测数据进行智能化归纳总结。产品质量控制环节，设有自动化探伤机器人，该机器人可自动喷涂探伤反差增强剂，节约时间，大幅降低人工劳动强度，同时自动生成探伤报告，实现无纸化作业。产线环节关联方面，引入智能仓储与配送技术，主要通过 AGV 小车和智能立库可实现资源的实时调配，完成立库分配等任务，并能够实现物料配送的优先级配备，进行精准配送。该产线可实现快速交付生产，实现了信息的自动采集提高数据交互的贯通化、透明化、真实化。在有限空间内实现对各环节资源的高效利用，中控 MES 系统作为产线系统中心，系统覆盖面广，能够为类似小批量、多品种、质量要求高的焊接产品提供了建设参考，具有较强的可复制性。



焊接智能化产线

## 中车戚墅堰机车有限公司

### 1.企业基本情况

中国中车旗下的中车戚墅堰机车有限公司，地处江苏常州经济开发区、位于沪宁铁路中段，是我国铁路客货运内燃机车的重要研发、制造和维修基地。近年来，相继开展电力机车、地铁焊轨车的制造，建设城轨车辆制造基地，全面进入内燃机车、电力机车、城轨车辆、工程机械等轨道交通装备多个领域。公司现有国家级企业技术中心、国家博士后科研工作站、国家认可检测实验室、企业院士工作站、江苏省工程技术研究中心，具备国内领先的内燃机车设计、制造和试验验证能力和柴油机开发平台，拥有开发机车、柴油机的成熟经验和研发实力。近年来，围绕铁路市场，先后研制了DF8型机车、DF9型机车、DF11型机车、DF8B型重载货运机车、“新曙光”号准高速内燃机车动车组、GKD2型机车、东风11Z型专用机车、“雪域神舟”号机车、GK2C型机车、DF11G型准高速客运机车，以及高原型机车、DF8CJ型交流传动货运内燃机车、“和谐长城号”内燃动车组、HXN5型大功率交流传动内燃机车、HXN5B型交流传动调车机车、永磁混合动力调车机车等一批极具代表性的铁路机车产品，在服务中国铁路、地方铁路和工矿企业方面发挥了重要作

用。

## 2.企业“智改数转网联”现状

公司的数字化工作主要是按照中车的数字化转型战略以及产业数字化总体实施方案，结合公司的“365 发展战略”为指引，在公司十四五数字化转型规划的基础上，制定了数字化转型行动专项实施方案，明确了公司数字化转型的战略和思路。公司的数字化转型原则主要是战略引领、业务主导、需求拉动、项目迁移，围绕“一全五转”思路，到 2025 年底实现产品研发制造服务四大转型。该公司从数字化管控、数字化赋能、数字化技术三大方面制定 25 项措施、53 个主要任务，分解支撑项目 95 个，每个项目设定节点。

公司的产业数字化工程项目主要承接中车各子公司项目，如基于复兴型货运机车项目产业数字化工程示范项目，有五大专项、19 个建设任务、25 个支撑项目，涵盖智能产品及研发数字化、经营管理数字化、生产运用数字化和服务数字化（一品四化）。公司每年进行数字化建设情况评估，明确目标后进行顶层设计，分解到重点任务和年度工作计划中，同时提升业务流程优化和系统集成应用。

按照中车产业数字化转型及建设要求，结合公司实际制定蓝图架构，通过研发数字化、运营数字化、生产制造数字化、产品服务数字化建设支撑智能化产品打造。中车戚墅堰机车的“智改数转网联”进程表现出多方向发展路线，具体在研发数字化设计、管理数字化、生产运营、产品服务等方面

面。

### 3.企业“智改数转网联”典型应用案例介绍

#### 案例：基于内燃机车造修一体化订单及时交付

中车戚墅堰机车有限公司由市场部、产品设计部、工艺技术部、项目管理部、供应链管理部、生产保障中心和各生产单位，基于 PDM 系统、ERP 系统、MES 系统（工位信息化系统）、电子履历系统、QMS 系统、智能检测系统的集成应用，实现内燃机车的新造和修理的设计、工艺、生产、质量、交付等全流程管控，实现产品从交付到物料的追溯，通过打通 IT、OT、DT 实现基于客户订单的内外部的协同和快速响应。产品设计部设计师既负责零部件的新造设计，又负责其修理工作，新造数据可以高效地为修理工作提供数据支撑；EBOM、PBOM、MBOM 在同一 PDM 平台上编制和管理，设计仿真和工艺仿真也在一个平台上管理，实现了设计和工艺一体化。建立协同仿真平台，深化 MES 系统（工位信息化系统）应用，并与 PDM 系统、ERP 系统集成，打通三维模型从产品设计、工艺设计、生产制造、质量检测、产品交付等环节的应用，实现物料、MBOM、工艺路线等信息从 PDM 系统自动传递到 ERP 系统，实现工艺文件等数据自动下发到生产现场终端设备，结合公司智能制造能力建设实现了造型设计、工艺、制造一体化。基于订单和预测，通过 ERP 系统根据库存、交期等约束条件进行 MRP 运算生成造修生产计划和物料需求计划，经过计划平衡形成采购件计划和自

制件计划，同时编制外协件计划，保障造修生产计划完成和加速库存周转。通过 PDM 系统、ERP 系统和 MES 系统（工位信息化系统）的集成应用进行造修和零部件工艺下达、排产、物料配送指令下达、报工。通过 ERP 系统、MES 系统（工位信息化系统）、QMS 系统、智能检测系统的集成，并与生产现场智能检测设备互联互通，实现 IT/OT 融合应用，对原材料、生产过程质量控制、产成品的质量管理等实现全流程的质量数据的采集、分析和质量追溯。通过 MES 系统（工位信息化系统）与 DNC 数控机床联网系统集成，实现 IT/OT 互联互通，实现数控程序下达到生产现场设备以及设备状态参数的自动采集。通过 ERP 系统、MES 系统（工位信息化系统）和电子履历系统的集成，实现产品从交付到物料的追溯，通过打通 IT、OT、DT 实现基于客户订单的内外部的协同和快速响应。

## 中车株洲电力机车有限公司

### 1、企业基本情况

中车株洲电力机车有限公司是中车旗下核心子公司、湖南千亿轨道交通产业集群龙头企业。公司形成了以电力机车、城轨车辆、动车组等三大主业为核心，重要零部件、维保及机电总包服务等新产业协调发展的“3+X”产业格局。在电力机车领域，先后研制出各型干线电力机车 60 余种，累计 1 万余台，引领中国电力机车实现从常速到快速、从普载到重载、从直流传动到交流传动、从引进来到走出去的转变。在城市公共交通领域，公司不仅建立起国际一流的城轨车辆研发制造平台，产品涵盖 A、B、D 车型和 80/100/120/160 公里四个速度等级，还提供多种中小运量的个性化产品，为国内外约 30 个城市提供城轨车辆 1.3 万余辆，是多样化城市公共交通系统解决方案提供者、储能式现代电车的开创者、中国磁浮列车的摇篮、中国齿轨列车的先行者。在轨道工程车领域，公司向北京、深圳、上海、广州和新加坡、悉尼等国内外近 30 个城市提供了各型多功能高端双源制轨道工程车辆。2009 年以来，公司中标的蓄电池工程车占国内招标数量的 90%以上。

## 2、企业“智改数转网联”的发展现状

公司紧跟数字化、信息化发展趋势，先后建成了全球行业首个转向架智能车间、国内行业第一条真空断路器和超级电容器模组智能化生产线，以及单元制动器、车体部件和电气产品数字化制造线，制造手段实现升级换代。面向“十四五”，公司将进一步加快数字化、智能化转型进程，建立更加智慧高效的运营体系，到“十四五”末建成“智慧株机”，在营业收入、净利润、跨国经营指数方面实现新突破，着力在“一核两商一流”战略中展现新担当，为建设“优美高强”新中车贡献株机智慧。

## 3、企业“智改数转网联”典型应用案例介绍

### 案例 1：轨道交通转向架智能制造车间

中车株机建成的全球首个轨道交通转向架智能制造车间，涵盖加工、装配、焊接、涂装、物流等 11 条全流程生产线的厂房。11 条子生产线可达到最大化的协同平衡，将相互等待时间降到最小。输入指令后，自动运输小车从立体物料库取料，再输送到相应工位，智能制造装备根据物料的二维码参数自动生产，之后产生新的二维码进入下一环节，直到成品入库。全程自动完成，不需人工辅助和介入。转向架是车辆输出动力、实现高速和重载的核心部件，整个转向架涉及零部件多达 2000 余个，每个零部件都需要满足一系列动力学指标。其中，转向架的构架、车轮和车轴 3 条生产线之间的相互等待时间基本为零。同时，转向架智能制造车间

能根据任务变化进行柔性化生产，可实现小批量试制与大批量投产同步进行，约 20 分钟就可生产一个车轮。以车轴为例，这一零部件的精度要求达到 0.02 毫米，相当于头发丝直径的 1/4，通过运用机械手的自动转运、在线监测，误差可控制在 0.01 毫米以内。



轨道交通转向架智能制造车间

## 案例 2：人力资源共享服务信息平台

通过人力资源共享服务模式和人力资源共享服务信息平台的建设，实施人力资源信息系统、工单系统、知识库管理系统，整合社保、考勤、绩效 APP 等专业模块系统，对接公司 ESB 数据总线，实现人力资源业务交付共享化和人力资源服务分级化，奠定数字化人力资源管理体系的基础，助推株机的大共享模式和数字化运营体系建设，进一步提高了人事业务的规范性，降低成本，实现 10 分钟完成入职，2 分钟完成证明开具，7\*24 小时的在线问询服务。



人力资源共享服务信息平台

## 青岛威奥轨道股份有限公司

### 1.企业基本情况

青岛威奥轨道股份有限公司成立于 2007 年，是一家为高速列车及城轨、地铁车辆提供模块化产品与零部件的专业化公司，现下辖全资及控股子公司 20 家。公司拥有国内外先进的加工、研发和检测设备，能够深入配合客户实现高铁、城轨等轨道交通车辆产品的整体开发与一站式采购服务，是国内高速列车配套产品线最为丰富的企业之一，是中国中车、西门子、庞巴迪（已被阿尔斯通收购轨道交通业务）、阿尔斯通、CAF、Talgo 等国内外知名高速列车制造商的核心供应商。公司注册资本为 3.93 亿元，现拥有员工 2000 余名，其中研发技术人员 270 余人，拥有专利 434 多项（发明专利 25 项）。在专业技术领域，公司通过了 ISO9001:2015 质量管理体系认证、ISO/22163（国际铁路行业认证）、欧洲轨道车辆焊接资质 EN15085 认证、美国 AWS 焊接工艺认证、DIN6701 粘接资质认证、国际焊接体系认证 ISO3834 等资质认证，并且于 2021 年 11 月通过 EcoVadis 社会责任审核。公司于 2021 年 12 月被工业和信息化部认定为国家级工业设计中心，于 2022 年 2 月 23 日被国家发展改革委认定为（第 28 批）国家级企业技术中心。

## 2.企业“智改数转网联”现状

公司的“智改数转网联”主要体现在以下方面。智能化产品开发，公司目前正积极开发全面创新的智能产品及智能运维装置，如高铁智能化的商务舱座椅、列车风源系统、列车门系统智能化等。这些产品采用了物联网、大数据等新技术，提升了产品的智能化水平和用户体验。生产设备智能化，公司拥有国内外先进的加工设备和检测设备，包括三维激光切割机、CNC 高速冲床、自动焊接机器人、三坐标测量仪、多层热压机、水切割机和大型喷涂流水线设备等。这些设备能够为产品生产、质量检测提供充分保障，提高生产效率和产品质量。建设智能制造大数据中心，公司建立了智能制造大数据中心，进行专业化机房改造，配备了机房 UPS 不间断供电系统、独立的地线系统、专用的空调系统、专用的气体消防系统、专用的电力系统等综合集成机。这为数据的存储、处理和分析提供了坚实的基础，支持智能化决策和运营。供应链管理，公司通过信息化、数字化手段，将成本控制理念融入日常业务，实现精细化管理。这有助于优化供应链管理，提高供应链的效率和响应速度。智能化建设项目，公司对轨道交通车辆配套装备（青岛）建设项目进行了调整，扩大了建设规模，增加了智能系统软件和硬件的投入。这将有助于进一步提升公司的智能化生产能力。

## 3.企业“智改数转网联”应用案例

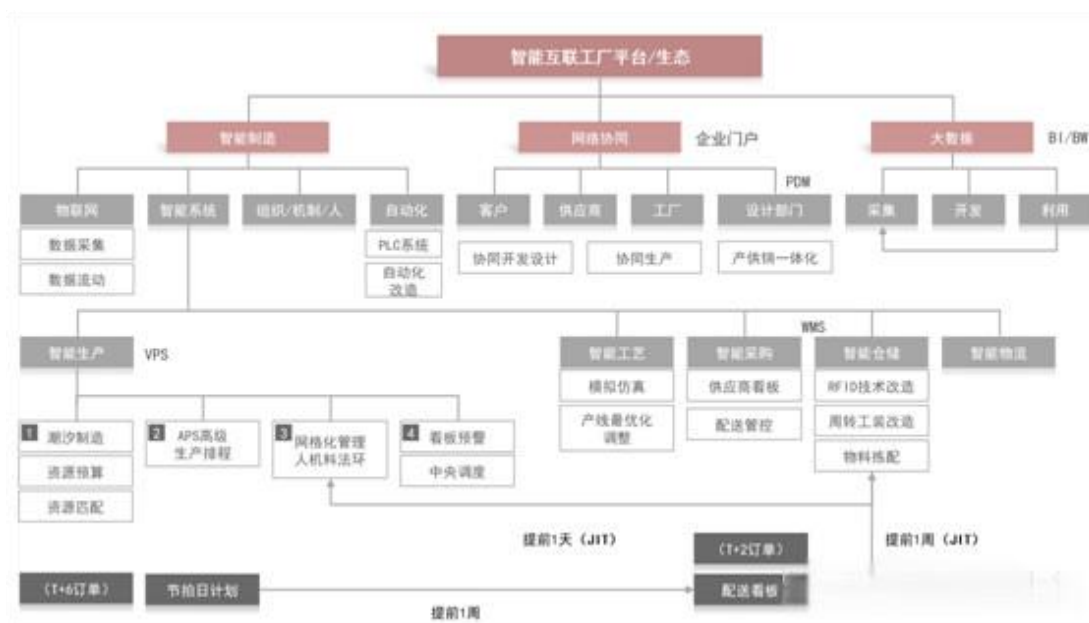
### 案例 1：智能互联工厂建设

围绕“数据驱动、平行治理、网络协同、平台运营、产业生态”的顶层设计理念，着力建设工厂的网络化、数字化、智能化。打造“潮汐式”智能制造系统新型能力，围绕网络协同研发、制造、管理、服务等，打造轨道交通装备产业网络协同制造试点示范项目，建设平台门户，打通产业链，整合单项应用，实现设计、制造、服务各环节高效联动的网络化协同制造。持续完善企业内部物联网建设，实现厂区内部的数据采集和信息交互，实现人、机、料、法、环、测等数据都在物联网络上管理；在工厂现场普及可视化，通过 LED、LCD、触控一体机、工业 PAD 等实现现场信息的直观查询；持续开发和推行智能互联系统（以 VPS 为基础），实现整个产供销链条的拉动，完善应对多品种小批量生产模式；开始开展移动终端 APP 的开发，增强人机交互，通过互联网实时查询工厂状态，调度调控；实现 SAP、VPS、PLM、OA、WMS、SCM 等系统的高效集成，解决和管理优化各系统间的桥接；健全产品信息追溯系统；实现研发体系升级。

该项目集成企业多业务系统，构建企业的产供销平台，适应多品种小批量的行业生产特点，应对潮汐制造压力，实现准确及时交付。同时大幅降低资金占用，加快库存周转，提高管理效率，实现对制造工厂的全方位的动态化精确管理。

通过该项目的实施，可实现组织架构扁平化、优化人员进而降低管理成本、提高管理效率。生产计划可靠性提高，

物料配送准确及时，生产效率和交付及时率预计可提高35%。随着精益生产的推行，库存占用预计减少50%，库存周转天数可降低30天。系统关注生产过程质量控制，产品一检合格率可提高25%，返工返修费用降低。运营成本降低25%，产品研发周期缩短35%，数据自动采集率70%以上。该项目的成功运行，对于离散型机械制造业也有一定的借鉴作用。



智能互联工厂平台

## 北京博得交通设备股份有限公司

### 1.企业基本情况

北京博得交通设备有限公司是在中国铁路改革开放的过程中，率先与德国 BODE 公司在 1998 年组建成立的专门从事铁路客车车门系统制造的合资企业，北京博得公司前期依托于德国 BODE 公司技术支持，陆续引进和研发了地铁车门和公路客车车门系统。经过十多年的发展和创新，北京博得现已拥有自己的专业研发团队，依据国内市场需求和国际发展的需要，研究出拥有自主知识产权的新型电动内藏门、新型电动塞拉门以及站台安全门系统。北京博得公司中资股东于 2009 年底收购了德国 BODE 公司股份，完成了资本的民营企业改制，使公司成为集研发制造、销售、服务为一体的高新技术企业。公司位于北京大兴工业开发区，海陆空交通便利。距北京新航城—大兴国际机场仅 38 公里，距首都国际机场 60KM，距天津新港 180KM，整个工厂占地 13000 m<sup>2</sup>，拥有员工人数 400 名以上。

### 2.企业“智改数转网联”现状

数字化产品研发创新，公司拥有专业的研发团队，依托于德国 BODE 公司的技术支持，陆续引进和研发了地铁车门和公路客车车门系统。北京博得现已拥有自己的专业研发团

队，研究出拥有自主知识产权的新型电动内藏门、新型电动塞拉门以及站台安全门系统，现公司通过建立产品研发数据库，运用专业数字化研发软件，实现设计图稿数字化，技术方案系统化管理，提高产品系统研发验证进度。工厂智能化改造，通过引进先进生产设备，建立智能化生产线，提高产品质量和生产效率，实现了生产过程的自动化和智能化。产品远程运维管理，公司产品售后通过大数据车门智慧运维管理平台，通过软硬件结合，切实提升用户体验，在监控、维护和 PHM 方面的能力和水平得到显著提升，提高了产品的使用质量，降低维护成本。

### 3.企业“智改数转网联”应用案例

#### 案例 1：大数据车门智慧运维管理平台

该运维管理平台是公司的重要智能化列车门改造项目，通过自研的车载服务端软件，可以做到管理系统可视化，实时根据车辆真实情况配置车辆信息，通过联接到网络，实现对车门的实时状态、开关门时间、车辆信号、输入输出信号、电机与指令信号、实时电流与电压等展开监控，通过图示及时反映车门状态，并对车门发生故障时开启报警功能，并根据情况，对故障车门采取紧急解锁。提供故障回放功能，维护人员可以通过管理平台软件的故障回放功能，对故障信息进行筛选与查看，可按故障代码、故障时间区间、车门地址对故障条目进行过滤，方便快速查找，便于售后快速找出故障原因，及时解决故障问题。数据管理功能，运维管理平台

会实时传输的数据进行保存，可通过时间和车门地址对数据进行筛选并下载，为大数据分析建模建立良好的基础。掌握车辆运行数据，意味着可以分析判断故障原因。对于可以远程排除的故障，就可降低人员出差成本。加强产品的可维护性设计，改善产品的维护体验，工程施工调试方便快捷，降低售后服务人员的密集度和劳动强度。改变为主动服务模式，从单一的设备供应商转变为服务提供商，形成产品和服务的差异化，通过智能化技术的应用、改进和创新，在市场中确立显著的领先优势。



系统配置界面



## 实时监控



## 故障回放

## 中车青岛四方机车车辆股份有限公司

### 1.企业基本情况

中车青岛四方机车车辆股份有限公司是中国中车股份有限公司的核心企业，中国高速列车核心研制基地，城际市域、城市轨道交通车辆制造商和国家轨道交通装备产品重要出口基地。中车四方股份公司具有轨道交通装备自主开发、规模制造、优质服务的完整体系。公司是国家高新技术企业，拥有国家高速动车组总成工程技术研究中心、轨道交通车辆系统集成国家工程研究中心、高速磁浮运载技术全国重点实验室、国家级企业技术中心、国家级工业设计中心、国家高速列车产业计量测试中心、博士后科研工作站等十大国家级研发试验机构，并在德国、英国和泰国建立海外研发中心。行业一流的仿真分析平台、试验验证平台，门类齐全的高水平研发团队，产学研用开放式技术创新体系，形成了公司强大的技术创新能力。中车四方股份公司参与的青藏铁路工程项目、京沪高铁工程项目获国家科学技术进步特等奖。公司轨道交通装备产品在满足国内市场需求的同时，已出口世界30多个国家和地区。

### 2.企业“智改数转网联”现状

中车青岛四方研制了多种智能传感与控制装备，包括 11

套焊接工序、32套加工组装工序、65套轮轴工序、73套检修工序，通过智能传感与控制装备替代人工完成复杂的生产作业。为了提高构架加工设备利用率，将数控龙门加工中心、检测设备联网集成，应用RFID实现构架型号自动识别，研发数据采集与控制系统、数控程序自动下载及删除，工作台自动交换、设备自动启停，实时监测主轴负载，出现异常实时报警，实现了构架加工一人多机控制，生产效率提高约10%。

通过智能装备集成视觉识别技术，轴承检测、转向架落成工序实现轴承自动抓取、转向架自动落成，生产效率提高约10%；基于传感器、工业网络，转向架螺栓扭矩、齿轮箱轴承温度、转向架关键尺寸检测等工序实现了检测结果在线实时监控、系统自动防错技术的全面应用，切实提升产品质量保障能力。轴承检测工序采用激光测试、视觉识别、振动频谱和大数据分析技术，配合智能装备应用，改变了传统人工检测、人工识别缺陷、人工装配方式，实现轴承故障诊断精准度提升约60%、装配效率提升30%以上。中车青岛四方还开展了智能检测及装配装备的研制。

### 3.企业“智改数转网联”应用案例

#### 案例1：数字化建模与生产仿真

为了实现在三维虚拟环境中，对转向架的加工制造、装配、测试、生产规划等进行模拟，使技术人员可以在一个虚拟的环境中对未来的过程进行预分析，中车青岛四方将数字

化制造技术用于转向架的制造过程，通过对厂房等主要资源三维建模的搭建，建立公司的数字化车间虚拟环境，实现了生产系统的运行仿真，优化工艺布局，提高制造资源利用率。数字化车间虚拟环境的建立，为产品设计与工艺设计的并行提供了基础，为虚拟装配、工艺仿真等提供了三维数据模型。



数字化建模与生产仿真

## 案例 2：构架加工设备

构架加工工序是转向架生产的瓶颈工序，虽已配置多台高档数控加工中心，但是每台设备仍需配置 2 名作业人员进行程序调取、刀具参数输入、加工过程质量检查等作业，导致设备利用效率较低，并存在极大的安全隐患。

为了充分发挥数控加工中心的潜能，提升构架加工的效率，中车青岛四方开展了基于物联技术的加工装备智能化提升研究工作。通过对智能感知、机床联网、集中控制、刀具管理、人机交互、系统集成、视觉识别等技术的研究应用，实现大型设备离散加工智能制造；掌握构架加工数字化集成技术，实现一人多机控制；通过研究以视觉模式识别技术为

基础的构架防错技术，建立自动防错告警系统，采集不同类型构架的特征点信息，在指定位置安装图像采集设备，分析比对采集到的数据，以达到自动防错的目的；通过机床联网、RFID 在线自动识别、设备自动控制技术研究应用，实现系统自动识别构架、自动调用数控程序、自动交换工作台、自动加工、设备在线监控、人机实时交互、三坐标检测数据自动读取、加工过程数据实时采集、自动形成质量报表；利用采集的加工过程数据，实时统计分析 CPK 和质量趋势，利用数据改进工艺参数。操作者仅负责简单的上下料操作，复杂操作均由系统和设备自动控制，从而保障构架加工质量，达到设备利用率提升约 15%、人员数量降低约 50% 的目标。

### 案例 3：五大信息系统的集成

打通数据链是实现智能制造互联互通的核心，以前 PDM、ERP、MES、质量管理体系（QMS）、运维大数据平台（MRO）五大系统各自独立运行，数据不能共享，需要技术人员手动输入，存在效率低且质量得不到保证的问题。目前，通过对各系统的接口开发，中车青岛四方已实现上述五大核心系统互联互通，PDM 可以将研发的图纸、物料、BOM、工艺文件、工艺路径、工作中心等数据直接传入 ERP、MES；制造过程数据从 MES 直接传入 QMS。通过 PDM、MES、ERP、MRO、QMS 等信息系统的建设与集成，中车青岛四方实现了以 BOM 为核心的数据贯通和以业务为核心的流程贯通，建立全生命周期产品信息统一平台。

#### 案例 4：转向架关键工序智能化改造

焊接质量是焊接构架的核心，轨道交通行业以 EN15085 焊接体系为基础，对人员、装备、材料、工艺、环境检验等 22 个要素进行分类管控。由于管控内容繁多，传统的管理模式较为烦琐且效率不高，急需借助智能装备与新一代信息技术进行管理提升。因此，中车青岛四方建设了功能更加先进的第 3 条构架组——焊磨测一体化柔性生产线。该生产线主要由焊接生产线控制系统、物流自动输送（AGV）系统、自动组装系统、自动焊接系统、自动打磨系统、自动检测系统组成，在产品数据管理（PDM）系统中采用离线编程模式，经焊接机器人仿真、物流仿真验证后，将数控程序传输至设备。控制系统接收 MES 信息，按工位分配计划，统计计划执行情况，实时显示生产线动态、工位状态、异常、零部件所在位置等。AGV 系统将自动组装机器人、自动焊接机器人、自动打磨机器人、自动检测系统、缓冲台、人工台位等集成，实现按节拍自动流转。焊接自动预组系统由两台机器人组成，配合完成侧梁自动组装。侧梁自动组装系统为无人作业环境，通过机器人进行物料传输，能够实现连续、不间断自动上下料。上料系统配置自动扫码设备，识别车型，并自动调用组装程序。该生产线建成后，比原生产线人员成本降低约 30%、效率提高约 33%。



焊磨测一体化柔性生产线

# 今创集团股份有限公司

## 1.企业基本情况

今创集团股份有限公司主要从事轨道交通车辆配套产品的研发、生产、销售及服务，是相关领域设计、研发、生产规模及综合配套能力方面的领先企业。公司产品涵盖行车安全系统、智能控制系统、车身联接系统、旅客界面系统以及运维保障系统等五大关键配套体系，包括千余个细分产品。目前，公司产品几乎全面覆盖到全国动车及主要城市城轨车辆，并出口应用于英国、法国、意大利、比利时、新加坡、印度、马来西亚等数十个国家的轨道交通车辆项目。公司坚持自主创新发展理念，研发掌握了多项关键核心技术，拥有专利 600 多项，先后被评为国家单项冠军示范企业、国家火炬计划重点高新技术企业、江苏省创新型领军企业等，建有国家级博士后科研工作站、江苏省认定企业技术中心、江苏省认定工业设计中心、江苏省轨道交通车辆内饰装备工程技术研究中心等行业研发平台。

## 2.企业“智改数转网联”现状

在智能工厂及车间建设方面，企业先后建成省级示范智能车间 1 个、市级智能车间 1 个，完成激光加工、涂装作业、喷塑作业等多条生产流水线的智能化改造，基于移动 IDC 机

房的私有云和数据中心建设初具规模。在智慧管理方面，2020年，公司开发了云仓库管理系统、技术知识培训及考评系统、市场部订单评审和报价跟踪系统，人力资源部合规审核软件、员工意见反馈流程等，并持续深化公司OA系统，加速企业数据中心建设，使公司管理更简捷、高效、精准，为智慧轨交产业链全面发展提供良性保障。

### 3.企业“智改数转网联”应用案例

#### 案例：集团个性化移动管理

基于移动管理平台业务驱动，业务集成，定制建模三大特色，构建集团个性化移动管理应用。业务全面移动化方面，建立物联网，将生产制造企业最为难管的车间现场、设备运行现场等场景与移动平台结合，实现现场管理异常信息自动推送到个人手机微信；通过移动售后服务对服务人员的工作提醒、考勤、服务记录实现快速方便的服务，并可以实时查询与跟踪售后服务管理数据；车间设备维修移动系统和管理；通过移动报工单，提供报工多种手段，审核后报工数据直接传入SAP，员工可在手机端查询自己的报工记录等车间工作信息；技术部任务督办的流程提醒，查看和统计报表；SAP集成采购信息提醒，实现SAP→OA→微信的数据快速同步；员工可自助查看考勤、食堂消费、个人信息维护等信息。多系统集成应用方面，今创集团内部加密文件申请解密通过移动办公平台实现申请流程的手机快速审批，集成“异构系统”数据库，实现移动报表查看，集成“云管理”系统，

实现 OA 单点登录。基础协同办公应用方面，综合办公管理及研发任务下达，快速实现内部沟通交流机制，并与手机互通交流。



个性化移动管理应用

# 江苏必得科技股份有限公司

## 1.企业基本情况

江苏必得科技股份有限公司成立于 2002 年，公司位于江苏省江阴市月城镇，南临沪宁铁路，沪宁及锡澄高速公路，北濒长江。公司占地面积 30000 平方米，拥有厂房面积 24000 平方米，是一家专业从事铁路客车车辆配件产品研发、生产及销售为一体的高新技术企业。公司产品主要有机车车辆的电缆保护、空调通风及撒砂装置等配件。主要客户有长春轨道客车股份有限公司、南车青岛四方机车车辆股份有限公司、青岛四方庞巴迪铁路运输设备有限公司、南车南京浦镇车辆有限公司、南车株洲电力机车有限公司、唐山轨道客车有限公司、大连机车车辆有限公司、北京地铁车辆装备有限公司、上海阿尔斯通交通设备有限公司等。产品应用范围涵盖了高速动车组、城轨地铁、铁路客车、特种车辆等等。

## 2.企业“智改数转网联”现状

经过长期发展，公司积累了丰富的生产管理经验，培养了大量优秀的生产管理及技术人才，具备同时执行多个生产制造项目的的能力。公司在6S管理制度基础上，引入TQM（全面质量管理）、TPM（全员生产维护管理）等精益生产的管理理念，并上线MES制造执行系统（如ERP生产管理系统），

采用“阿米巴”团队独立核算激励机制，因地制宜地进行管理改善，从而实现降本增效，进一步提高公司的盈利能力和市场竞争力。公司不断丰富产品种类，完善产品结构，打造了车辆通风系统、车辆电缆保护系统、智能控制撒砂系统、障碍物与脱轨检测系统等多个轨道交通车辆配套产品系列，各产品系列品种齐全，能满足客户多样化采购与集中采购的需求。

### 3.企业“智改数转网联”应用案例

#### 案例：列车智能障碍物检测

列车智能障碍物检测在地铁列车在无人驾驶模式下运行时，对轨面上方突发侵入或隧道结构设备落下障碍物，实时远距离检测和告警能力。同时，将障碍物信息上报该列车运营控制中心，系统具备以下功能：障碍物智能检测功能，对列车运行前方轨道的障碍物（如车辆、人、机箱等）进行主动识别同时精准感知障碍物距离，并具备向驾驶员预警（在有人驾驶情况下）以及施加制动采取防护措施的能力。障碍物被动检测功能，通过安装于列车头部下方的传感器设备判断列车撞击到障碍物，采取报警及制动措施。列车脱轨检测功能，通过安装于列车头部的传感器设备，判断列车纵向冲击超限脱轨，采取报警及制动措施。障碍物检测系统可独立于信号系统工作，可与车辆接口实现制动输出，便于安装，在全线直道、弯道、道岔区域准确可靠识别运行前方障碍物，不受相邻轨道障碍物或轨旁障碍物（轨旁围墙、信号

机等)的影响。



列车智能障碍物检测

## 佳都科技集团股份有限公司

### 1.企业基本情况

佳都科技集团股份有限公司是中国专业的人工智能技术产品与服务提供商。佳都科技以“城市慧变得更好”为使命，提供从基础理论、核心算法到全场景应用的全栈式人工智能技术产品与解决方案，致力于推动城市与产业数智化转型，赋能全球城市现代化建设与治理。在行业应用方面，智能轨道交通领域，佳都是国内具备智慧城轨整体解决方案和系列轨交产品大规模场景化落地案例的领先企业，创新轨道交通智慧化建设模式，以 PPP 模式投资参建长沙首条智慧地铁 6 号线，自主研发包括“华佳 Mos 地铁智慧大脑”“智慧车站”“孪生地铁”等新一代智慧轨交产品，业务覆盖粤港澳大湾区及国内超过 30 个城市，形成全国性全产业链的业务布局。智慧城市交通领域，基于佳都首创的“IDPS”智慧交通理念，全新一体化智慧交通管理系统“IDPS 交通大脑”产品矩阵在超大型城市上海落地应用，引领交通数字化升级，业务覆盖国内多个一、二线城市在内的超过 100 个城市。智慧城市安全领域，“城市应急大脑”为城市应急系统提供全时、全域、全量的综合感知和智能决策支撑，目前已接入广东省超 200 家一二级重大危险源企业。

## 2.企业“智改数转网联”现状

去年6月，佳都科技发布了行业大模型新产品——“佳都知行交通大模型”，该模型依托公司在交通场景的专业知识和数据优势，进一步完善了从感知到认知的AI产品序列，目前已通过国家网信办大模型备案，并在轨道交通智能客服、智能运维等场景落地应用。仅用一年时间，今年6月，知行交通大模型已经快速迭代至2.0版本，据介绍，该版本涵盖十亿至千亿不同参数规模，形成了全方位的产品矩阵。今年7月，佳都科技继携手华为发布“知行交通大模型训推一体机”产品系列，推动行业大模型私有化交付后，再度与华为签订合作备忘录。据合作协议，双方拟在人工智能领域展开更深层次的合作，助力佳都科技继续积极聚焦人工智能关键产品和技术领域。今年8月，公司与中国车路云一体化领域的开拓者和领军企业云控智行正式签署战略合作协议。未来双方将发挥各自在车路云一体化、智能网联汽车等领域领先优势，共同推进新一代信息技术在重点城市试点落地，携手共筑智慧交通新生态，迈向“车路云一体化”未来。2024年是佳都科技九年发展战略规划在“全面夯实期”（2022-2024）的收官之年，也是公司迈向新台阶的起始之年。

## 3.企业“智改数转网联”应用案例

### 案例：城市轨道交通智慧管理系统

自成长大模型赋能城市轨道交通智能运维生态系统，是基于生成式架构的高精度数字孪生大模型与故障预测模型，

搭载佳都自主研发的城市轨道交通智慧管理系统，突破了城市轨道交通智能运维技术瓶颈，构建面向城市轨道交通的智能运维 M3 技术体系。系统应用后，城轨工作人员通过智能运维助手可以实现高效的城轨智慧化运维，为城轨业务的降本增效提供了有力支撑。目前，该系统应用于佳都科技已中标的广州市轨道交通十一号线及“十三五”新线车站设备及运维服务采购项目，涵盖建设与运维阶段，并为长沙、成都等城市地铁线路提供智能化质量管理平台。智能运维系统已在广州“十三五”（十条线）实现线网级平台、在长沙 6 号线实现单线路平台落地应用（图表来源于系统测试数据）。

评估设备状态更精准、更高效。通过建立多专业设备状态评估体系，实现可量化、可执行、可迭代的标准评估，以指导设备日常维护和更新改造策略的调整。凭借多专业设备总集能力和丰富的维护经验，基于综合智能运维平台提供的设备数据与生产数据，实现设备状态评估的持续更新，大幅提升了评估效率与准确率。

让设备“开口说话”，自研 PHM 大模型实现“预测修”。研究关键设备故障成因与演化规律，确定设备故障诊断所需数据测点，为设备 PHM 的数据采集方案、故障机理建模等提供关键的理论依据。此外，自研 PHM 大模型通过对设备运行数据进行自监督学习，基于少量样本标签进行微调后，实现设备故障诊断与预测功能。相较市面主流的机器学习方案，具有数据利用率高、准确率高、机理建模门槛低等优势，

模型的跨设备泛化能力大幅提升，部署与调优成本显著降低。

从“运维”到“智维”，为运维人员提供得力的数字化助手。当车站设备出现故障时，系统基于大语言模型对用户提出的运维业务专业问题进行回答，辅助现场维修人员针对故障现象进行排查，实现了故障的快速定位、维修人员的智能分配以及维修进度的实时跟踪，确保维修工作的时效性和高效性。经验证，系统的异常检测技术误识率低于 0.1%、漏识率低于 1%；故障诊断技术准确率高于 99.9%；可靠性分析误差小于 5%；故障预测准确率高于 95%；设备剩余寿命预测准确率高于 90%。凭借在智慧轨道交通自主创新领域的技术领先性和落地应用示范，佳都科技将继续强化佳都知行交通大模型自我学习与泛化能力，助力构建更加智能、高效、安全的轨交运维生态系统。



智能运维系统

## 重庆川仪自动化股份有限公司

### 1.企业基本情况

重庆川仪自动化股份有限公司是一个集科研、生产制造、销售、进出口贸易、投资为一体的大型企业。现为国内规模最大、产品门类最全、系统集成能力最强的综合性自动化仪表制造企业，荣获中国电子信息 100 强、中国机械工业 100 强、中国电气工业 100 强、重庆工业 50 强。公司以国家级技术中心为支撑，以数字化、智能化、网络化为目标，加大技术投入，不断进行产品结构调整，具有较强的自主研发能力，在全国 575 家国家级企业技术中心综合能力测评中，居自动化仪表行业和重庆市第一。公司自成立以来，一直致力于工业自动控制系统装置相关技术的研究及相关产品的开发，公司拥有 61 项专利（其中包括 4 项发明专利）、49 项专利正在申请中（已取得专利申请受理通知书）、12 项软件专利著作权和 85 项专有技术；在研国家级项目 8 个、在研省部（直辖市）级项目 21 个，报告期内，公司已完成国家级项目 3 个、省部（直辖市）级项目 28 个。

### 2.企业“智改数转网联”现状

重庆川仪自动化股份有限公司实施的“数智川仪”工程，通过数字化转型，推进生产制造智能化，提升了生产效率和

产品质量。目前，已建成 43 条智能生产线、7 个重庆市数字化车间、2 个重庆市创新示范智能工厂，显著提升了公司的生产能力和市场竞争力。公司具有完全自主知识产权的城市轨道交通场站安全门、屏蔽门系统产品，技术领先质量优良。川仪产品投入运行的轨道工程跨北京、上海、深圳、重庆、成都、南京、武汉、长沙、石家庄、合肥等各大城市。采用 HSNCR 建模、CFD 模拟技术，结合先进的 DCS 系统高速运算能力和自动控制技术，建立独有的热态温场和流场模型，达到点与量的精准控制，形成最优的脱硝解决方案。为用户的生产与环保达成原料消耗更省、环保指标更高、系统运行更经济的完美结合。公司运用 5G、工业互联网、人工智能、大数据、虚拟现实、数字孪生、物联网、区块链、云计算等新一代信息技术，打造企业 5G 内网、工业高清视觉质检、工业 AR/VR、数字孪生、AGV 智能运输、智能人机物协同、边云协同、大数据辅助决策、生产线动态智能调度、生产装备智能物联等 25 个具有仪器仪表智造新特点的应用场景，实现企业的生产过程数字化、管理智能化、产业链协同化，形成具有多品种、小批量离散制造业特点的仪器仪表智能制造新模式。

### 3.企业“智改数转网联”应用案例

#### 案例 1：高效自动化实验流程

面对出厂检验实验室面临的自动化程度低、能耗高以及检验样本数据重大等问题。公司携手 Modelinglab 摩林智慧

实验室系统，有效地实现了对实验室内实验资源、实验环境、实验人员、实验过程，实验排期等功能的统一管理，成功推动实验流程、实验资料、实验报告的数字化转型。现在，川仪实验室在系统上实现单台实验设备 10 次/秒的实验数据采集频率，拥有单日次最大采集数千万实验数据的能力，有效地缓解了实验检验的压力，帮助企业做到真正的减人增效。为川仪实验室的实验知识库、数据分析、数据建模等智慧场景提供丰富的数据支撑。



自动化实验流程

## 案例 2：智能生产线

本案例从交互层、业务层、数据层、边缘层、设备层、基础层等 6 个层面开展建设，积极打造云计算平台、企业生产运营平台、工业互联网平台等 3 大平台，实现 5G 技术、人工智能、大数据、虚拟现实、云计算、物联网、工业互联网、信息安全等 8 个新一代信息技术领域的创新应用，助推行业智能化高质量发展。基于 5G 技术与信息化、自动化、智能化技术，打造智能产线，实现“自动化、集成化、精益化、数字化、可视化、决策科学化”的智能现场仪表生产线。

由智能物流运输、自动输送系统、全自动生产检测设备、人工操作设备、几大部分组成。智能物流运输将采用具有特定物料调度功能的智能 AGV 搬运物料，并将产品追溯信息与托盘/料箱进行绑定，通过自动输送系统，实现物料自动流转。

工业机器人应用：设计并研制仪器仪表行业的智能生产线。引入智能检测校准机器人、智能管控和无线信息网络，实现可重构式装配生产和动态检测校准生产。

智能仓储与物流自动化应用：利用人工智能技术，继续优化智能仓储管理，加强智能生产线物料需求自动提取，提升仓库与产线工位自动对接效率等。

生产设备智能管理：利用智能传输技术，结合 5G 通信、IOT 物联网等新一代信息技术，构建设备利用率监控系统，实时采集车间生产线关键设备，掌握动态信息，高效管理设备状态降低生产成本。

工业视觉检测：质量管理的人工智能赋能，通过识别中图特定元素：对物件进行计数、识别物件的尺寸、识别物件的外观缺陷，辨别产品故障现象或缺陷点，对判明的故障/缺陷点进行明确的标记与类别提示，实现质量智能化检测。

生产制造一体化：依托于生产过程基础数据实时高速采集，以生产制造现场 MES 系统为核心，集成专家决策系统、流程模拟、研发仿真设计结果，应用到生产制造过程中。

智能运维：构建远程采集设备的 5G 通信网络，搭建远程运维系统，应用工业 AR/VR、应力波等技术，提升提供远程运维服务。

本案例完成了川仪总部工厂的 5G 全覆盖，实现了全部

AGV 小车、全部高清视觉检测摄像头和部分工业设备的移动互联。通过在边缘云端部署 AGV 智能化调度系统，提升了 AGV 小车的整体调度效率，工厂物流效率提高 25%。通过 3 大场景的视觉检测质检，每个工位节省了 3 个人力，并提高了质量检测的准确性。从人工检查的 95% 到机器检测的 98%。通过生产车间的移动互联，采集的生产数据能够更好地支持业务系统的运营。整体上分析，通过本案例为企业降低运营成本 10%。

#### 附件 4 服务商目录

序号	名称	所在地	主营业务及优势
1	南京熊猫电子装备有限公司	南京市	研发和生产多种工业机器人，包括装配机器人、焊接机器人等，可广泛应用于汽车制造、电子设备生产等领域。还生产数字焊机、贴合机等设备，为工业生产中的焊接和贴合工艺提供先进的技术装备。
2	华为技术有限公司	深圳市	网络基础设施建设，提供无线网络、固定网络的基站设备、传输设备、交换设备等，如 5G 基站设备，帮助运营商构建高速、稳定的通信网络。企业云计算服务，华为云提供公有云、私有云及混合云解决方案，包括云服务器、数据库、存储、网络等一系列的云计算服务，还提供人工智能、大数据分析等服务，助力企业实现数字化转型。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
3	中国电信集团有限公司	北京市	网络基础设施安全，采用先进的防火墙、入侵检测与防御系统，对网络流量进行实时监测与过滤，有效抵御外部网络攻击，确保工业网络的边界安全；数据安全，运用加密技术对敏感数据进行加密处理，保障数据在传输和存储过程中的保密性与完整性。同时，通过建立安全态势感知平台，对工业互联网中的各类安全事件进行实时监测、预警与分析，快速响应并处置潜在的安全威胁。
4	中兴通讯股份有限公司	深圳市	全球领先的综合通信解决方案提供商，为企业数字化转型提供解决方案、顶层设计、云网底座等。
5	西门子（中国）有限公司	北京市	工业自动化和数字化解决方案提供商，提供全面的工业设备监测系统和服务。其工业设备监测解决方案涵盖了从传感器到数据分析软件的整个产业链，可实现对各类工业设备的远程监控、故障诊断和

序号	名称	所在地	主营业务及优势
			预测性维护。
6	北京机械工业自动化研究所	北京市	可根据不同领域客户需求，开发定制不同用途的智能产线与装备，如智能物流与仓储系统、拉伸薄膜自动化生产线、金属板材加工成套设备、工业机器人应用生产线、发动机/变速器自动化装配及测试线、动力电池自动化装配检测线、电力装备自动化装配检测线等。
7	华大九天科技股份有限公司	北京市	国内 EDA 软件龙头，深耕半导体设计领域，提供模拟/数模混合 IC 设计全流程解决方案。
8	南京维拓科技股份有限公司	南京市	工业软件研发与销售主要从事工业软件研发与销售，主要产品包括数字工程 PDP 平台，智能制造 MOM 系统等；提供技术咨询与服务，如 PLM 系统咨询与实施、工业互联网解决方案咨询等。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
9	北京天拓四方科技股份有限公司	北京市	依托自主可控的工业互联网软硬件技术研发，提供场景应用产品和解决方案，助力工业智能化践行落地。知名场景应用和解决方案提供商。
10	中望龙腾软件股份有限公司	广州市	推广与销售 CAD/CAM/CAE 等研发设计类软件及相关服务。如自研软件系统集成，专业软件使用培训等。
11	中控技术股份有限公司	杭州市	致力于工厂自动化领域的现场总线与控制系统的研究开发，提供 DCS、MES、PLC 等工业软件产品
12	武汉市中制智造技术有限公司	武汉市	是一家专注于为中国制造业提供智能制造咨询与整体解决方案的供应商，中制智造团队拥有数十年的制造业信息化与智能工厂建设经验，为制造企业提供智能工厂整体规划与设计、核心项目规划与方案、项目建设实施过程的咨询与监理等服务，致力于为客户提供长

序号	名称	所在地	主营业务及优势
			期的可落地性方案。
13	菲尼克斯（南京）智能制造技术工程有限公司	南京市	智能产品研发，研发并生产多种工业自动化产品，如电气连接、电子接口、防雷及电涌保护、工业以太网、现场总线等产品，还推出了 Virtual PLCnext Control、一站式碳管理平台 GreenPro、一站式数字化工厂方案 MOMnext 等全生命周期数智化解决方案。
14	用友网络科技股份有限公司	北京市	企业级软件与云服务的领军者，提供 ERP、CRM、SCM、云服务等多种企业级软件解决方案。
15	鼎捷数智股份有限公司	上海市	提供以 ERP 软件为核心的企业管理软件，为制造业、流通业企业提供数字化、网络化、智能化解决方案。
16	达赢信息技术（上海）有限公司	上海市	专注于 CAD/CAM/CAE/PDM/PLM 系统集成和实施，作为法国达索系统在大中华区的白金合作伙伴，为制造企业、技术型公司、研究

序号	名称	所在地	主营业务及优势
			机构、高等院校等各类用户提供成熟的针对产品的软件，利用先进的数字化定义、数字化设计、数字化模拟、数字化制造及数字化管理的 CAD/CAE/CAM/PDM/PLM 一体化完整解决方案，涵盖从产品设计和分析到生产加工的全生命周期管理。
17	格创东智科技有限公司	广州市	专注于构建工业互联网平台，提供智能制造技术产品体系以及整体解决方案。
18	安世亚太股份有限公司	北京市	主要从事工业软件研发与销售，产品有 Ansys 仿真分析软件、PERA SIM 仿真软件、精益研发平台 PERA；提供技术咨询与服务，帮助企业建立完善的仿真体系，包括仿真流程优化、仿真规范制定、仿真资源管理等，提高企业的仿真应用水平和效率。
19	欧特克软件（中国）有限	北京市	主要从事设计软件的研发销售，如 AutoCAD、BIM 360、Inventor、

序号	名称	所在地	主营业务及优势
	公司		Fusion 360 等，同时提供软件使用培训、技术支持、咨询服务等技术服务业务，以及云服务平台业务。
20	罗克韦尔自动化（中国）有限公司	上海市	主要从事工业自动化产品销售，如 DELMIR 设计软件、ERP、MES、SCADA 感知系统，为企业 提供软件定制与集成服务，提供智能制造解决方案以及行业解决方案，如数字化组织建设、全过程项目监 理等。
21	北京东软慧聚信息技术股 份有限公司	北京市	提供企业信息化解决方案，如系统规划与咨询服务；应用系统实施 与集成，如企业应用系统的实施工作，如 ERP、CRM、SCM 等系 统的安装、配置、调试和培训等。
22	江苏中车数字科技有限公 司	南京市	主要从事以工业软件为核心的智能制造整体解决方案，包括数字化 工厂建设方案制定、智能运营咨询、工业互联网平台服务等。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
23	库卡工业自动化(昆山)有限公司	苏州市	主要从事机器人核心部件研发制造、工业机器人本体研发制造、智能 AGV 制造, 机器人系统解决方案提供业务, 包括系统集成、软件研发调试、售后维护与服务等。
24	上海发那科机器人有限公司	上海市	主要从事工业机器人研发制造, 包括机器人控制算法、伺服驱动技术、机械设计等, 智能机器及自动化系统提供, 除工业机器人外, 还提供如全电动注塑设备、高精度电火花加工机、小型加工中心等智能机械设备, 为制造业用户提供了更全面的自动化生产解决方案。
25	无锡新松机器人自动化有限公司	无锡市	主要业务包括工业机器人的研发制造、自动化装配与检测生产线及系统集成、物流与仓储自动化成套装备以及交通自动化系统建设。
26	南京埃斯顿自动化股份有限公司	南京市	主营业务涵盖了从自动化核心部件及运动控制系统、工业机器人、机器人工作站到智能制造系统的全产业链, 主要包括智能装备核心

序号	名称	所在地	主营业务及优势
			功能部件模块和工业机器人及智能制造系统模块。
27	美云智数科技有限公司	佛山市	工业软件和企业数字化咨询服务商，业务涵盖数字化转型、灯塔&数字工厂、智慧供应链、数字园区、产业集群等领域，在汽车汽配、电子半导体、农牧食品、装备制造等垂直行业具有领先的数字化解决方案。
28	ABB（中国）有限公司	北京市	主营业务包括电气产品，如电力变压器和配电变压器、高、中、低压开关、电机与发电机；工业自动化模块，如可编程控制器（PLC）及自动化产品、工业机器人及运动控制等。
29	深圳市企企通科技有限公司	深圳市	采购数字化及供应链协同解决方案提供商，包括 SRM 系统开发、工业赋能平台等。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
30	佛山井松智能科技有限公司	佛山市	主要生产堆垛机、穿梭车 RGV、空中悬挂小车 EMS、FMR 等，提供智能仓储、智能搬运、智能配送、智能工厂等核心业务的解决方案，可实现出入库无人化管理、仓储系统化和可视化库存管理等。
31	扬州中集智能装备有限公司	扬州市	提供的智能化仓储解决方案主要面向制造业、电子商务等行业，能够根据不同行业的特点和需求，提供定制化的智慧仓储方案。
32	江阴东瑞电气有限公司	无锡市	致力于智能配电、能耗监测、电气安全等系统集成及微机保护、局放+无线测温、智能操控等终端产品制造，产品涵盖中高压保护测控终端、低压保护测控终端、采集计量类终端等。
33	北京科锐配电自动化股份有限公司	北京市	从配电设备研发制造和配电网故障检测技术起步，目前已经形成了配电设备研发与制造、新能源及服务两大业务体系。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
34	施耐德电气(中国)有限公司	北京市	全球能效管理和自动化领域的专家,提供从低压到中高压的全系列配电设备,如断路器、接触器、开关柜等,以及先进的测控系统和能源管理解决方案,在工业、商业、能源等多个领域都有广泛应用。
35	霍尼韦尔综合科技(中国)有限公司	上海市	在能源管理领域拥有丰富的经验和先进的技术,其能源管理系统可实现对工业设备的能源消耗进行实时监测、分析和预测,帮助企业制定合理的能源管理策略,提高能源利用效率。
36	上海航天动力科技工程有限公司	上海市	系统解决方案提供商,主要为客户提供定制化工程解决方案和环保工程解决方案。
37	中国惠普有限公司	北京市	3D打印设备和材料的重要供应商,其推出的MJF技术的3D打印机,具有高速、高精度和高分辨率等特点,可用于制造复杂的零件和模型,在汽车、医疗、工业设计等领域有广泛应用。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
38	西安铂力特增材技术股份有限公司	西安市	专注于工业级金属增材制造（3D 打印）的高新技术企业，为客户提供金属增材制造与再制造技术全套解决方案，业务涵盖金属 3D 打印定制化产品服务、金属 3D 打印设备的研发及生产、金属 3D 打印原材料的研发及生产等，构建了较为完整的金属 3D 打印产业生态链。
39	杭州海康威视数字技术股份有限公司	杭州市	主要从事开发生产机器视觉设备，包括工业摄像设备、企业数字化 AR 车间解决方案提供商。
40	深圳市迈德威视科技有限公司	深圳市	致力于工业相机、工业镜头、智能相机等产品的研发和生产，其工业相机具有较高的性价比，国产工业相机头部企业。
41	瓊荔德（上海）光学仪器有限公司	上海市	机器视觉数码相机制造商，为工业检测、科学、医学、交通监控，户外娱乐和更多数字成像应用领域提供各种配有数字接口的高性能

序号	名称	所在地	主营业务及优势
			数码相机。
42	通用电气投资（中国）有限公司	上海市	在工业设备监测领域拥有丰富的经验和先进的技术，所开发的 <b>Predix</b> 平台可实现对工业设备的实时监测、数据分析和优化管理。 <b>GE</b> 的工业设备监测解决方案广泛应用于航空、能源、医疗等多个领域。
43	无锡日联科技股份有限公司	无锡市	是国内领先的 X 射线检测设备供应商，其产品涵盖了工业 X 射线检测设备、电子 X 射线检测设备、食品 X 射线检测设备等多个领域，可实现对各种工业设备和产品的内部结构、缺陷、异物等进行无损检测。
44	广东正业科技股份有限公司	东莞市	专业从事工业检测智能装备的研发、生产、销售及技术服务，其 X-ray 检测设备可应用于半导体、新能源锂电、电子制造、泛工业产品等行业，对产品内部结构进行无损检测。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
45	国际商业机器（中国）有限公司	上海市	在大数据和人工智能领域具有领先的技术，其 Watson 平台集成了人工智能和大数据分析技术，能够对海量工业数据进行深度挖掘和分析。
46	北京东方国信科技股份有限公司	北京市	拥有分布式数据库 CirroData 和工业互联网平台 Cloudiip，在数据存储、管理和分析方面具有先进的技术和丰富的经验，可满足工业企业对大数据管理的需求。为电信、金融、工业等多个行业的企业提供大数据解决方案，包括数据采集、数据清洗、数据分析、数据可视化等，帮助企业实现数据驱动的决策和业务优化。
47	杭州和利时自动化有限公司	杭州市	全球智能化系统解决方案主力供应商，主要开发工业控制系统、工业软件和工业仪表产品。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
48	赛默飞世尔科技（中国）有限公司	上海市	提供全面的环境监测解决方案，包括空气质量监测、水质监测、土壤监测等。其工业设备监测产品涵盖了各种先进的仪器和技术，如气相色谱仪、液相色谱仪、质谱仪等，可实现对工业排放物中的有害物质进行高精度检测和分析。
49	易欧司光电技术（上海）有限公司	上海市	3D 打印设备和材料的重要供应商，在金属增材制造领域占据重要地位，其设备以高精度、高性能和可靠性著称。
50	上海拓昌信息技术有限公司	上海市	主要包括软件研发与实施，包括 Web 化软件开发、APS 系统咨询与实施、MES 制造执行系统；系统集成服务等，如条码系统开发、大型网络应用业务等。
51	南京微思软件有限公司	南京市	微思数字孪生平台：高度融合模块化的可视化框架引擎、数据智能算法引擎等可视化技术，支持成像技术实现的高可用数字孪生平台，

序号	名称	所在地	主营业务及优势
			可实现数字、业务、智能、感知的全面可视化智能应用，支撑工厂、车间、产线的智能化转型升级。
52	南京盟博信息科技有限公司	南京市	云平台搭建与运营，基于云、管、边、端的物联网平台架构，为企业搭建私有云或混合云平台，提供设备管理、数据存储、分析和可视化展示等功能，实现生产运营绩效管理实时化、可视化，助力企业实现设备的远程监控、故障诊断、远程维护等。
53	江苏汉软工业智能技术有限公司	无锡市	“智能制造”顶层设计与方案规划咨询，基于企业实际情况和工业需求，进行智能制造流程分析、架构设计。通过汉软 MES\WMS 开发平台，为企业提供“制造执行系统 MES”的应用开发及项目实施。机器人应用系统集成服务，为制造业提供“机器人应用”整体解决方案，包括“机器换人”自动化设备改造、自动化生产线成套设备设计制造，以及“智能制造”软硬件系统集成。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
54	浩鲸云计算科技股份有限公司	南京市	提供数字化转型服务、基于数字孪生的工业互联网应用平台，为交通、应急、工业、零售、公共安全、政务等多个领域提供系统集成解决方案，将软件、硬件和网络等多种技术进行整合，打造出满足不同行业特定需求的信息化系统。
55	中电工业互联网有限公司	南通市	中电云网平台建设与运营，自主研发基于 PK 体系的中电云网核心平台，连接和管理大量设备及活跃用户，为企业提供设备联网、数据采集、边缘计算、工业大数据分析、工业 APP 开发与应用等服务，帮助企业实现设备的互联互通和生产数据的深度挖掘与应用。平台定制化服务，根据不同行业 and 企业的特定需求，对中电云网平台进行定制化开发和优化，为大型企业、中小微企业、地方政府和园区等提供专属的工业互联网平台解决方案，满足各行业在数字化转型过程中的个性化需求。

序号	名称	所在地	主营业务及优势
56	无锡悦创智能科技有限公司	无锡市	为客户提供定制化自动化生产线解决方案，涵盖多个制造业领域；信息技术服务，包括工业领域计算机软件研发，如生产管理系统、设备监控软件、智能控制系统等。

## 附件 5 技术缩略语

序号	缩略语	全称	释义
1	IoT	Internet of Things	物联网
2	AI	Artificial Intelligence	人工智能
3	BOM	Bill of Material	物料清单
4	PDM	Product Data Management	产品数据管理
5	MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
6	NDT	Nondestructive Testing	无损探伤
7	VOCs	Volatile Organic Compounds	挥发性有机物
8	CIMS	Computer Integrated Manufacturing Systems	计算机集成制造系统
9	CPP	Critical Process Parameter	关键工艺参数
10	APS	Advanced Planning and Scheduling	高级生产排程系统
11	RFID	Radio Frequency Identification	射频识别技术
12	DCS	Distributed Control System	分散控制系统
13	PAT	Process Analytical Measurement Technology	质量控制系统
14	SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition System	数据采集与监视控制系统
15	WMS	Warehouse Management System	仓储管理系统

序号	缩略语	全称	释义
16	ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源管理系统
17	WCS	Warehouse Control System	仓储控制系统
18	QMS	Quality Management System	质量管理体系
19	CRM	Customer Relationship Management	客户关系管理系统
20	PLM	Product Lifecycle Management	产品全生命周期管理系统
21	EQMS	Electronic Quality Management System	设备管理系统
22	CAD	Management Software Computer Aided Design	计算机辅助设计工具
23	AR	Augmented Reality	增强现实
24	VR	Virtual Reality	虚拟现实
25	SRM	Supplier Relationship Management	供应商关系管理系统
26	MDM	Master Data Management	主数据管理
27	PON	Passive Optical Network	无源光网络
28	PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器

## 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的应用。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生计划优化。

**(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 and 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。