

江苏省制造业“智改数转网联” 水泥制品行业实施指南

二〇二五年五月

指导单位

江苏省工业和信息化厅

编写组成员

江苏省建筑材料研究设计院有限公司：张国华(项目负责人)

江苏省建筑材料研究设计院有限公司：曲洋洋

江苏省建筑材料研究设计院有限公司：陈杨峰

江苏省建筑材料研究设计院有限公司：唐国军

江苏省建筑材料研究设计院有限公司：王春玲

江苏省建筑材料研究设计院有限公司：李刚

江苏省建筑材料研究设计院有限公司：崔占伟

目 录

1 背景与现状	8
1.1 指南范围	8
1.2 行业概述	9
1.2.1 行业发展情况	10
1.2.2 行业主要特点	11
1.2.3 行业发展趋势	12
1.3 行业智改网联现状	14
1.3.1 总体发展水平	14
1.3.2 面临的痛点问题	15
2 目标与架构	17
2.1 总体目标	17
2.2 实施架构	19
3 基础能力	20
3.1 网络基础设施能力建设	20
3.1.1 企业内网	20
3.1.2 企业外网	21
3.1.3 标识解析体系建设	22
3.2 数据采集能力建设	22
3.2.1 “哑设备”改造	23
3.2.2 智能设备联网	24

3.3 信息系统能力建设	26
3.3.1 信息系统	26
3.3.2 云化工业软件优势及接入建议	28
3.3.3 工业互联网平台的应用优势及接入建议	29
3.4 信息安全能力建设	29
4、环节与场景	32
4.1 工厂建设	33
4.1.1 工厂数字化设计与交付	33
4.1.2 数字孪生工厂运营优化	36
4.2 产品设计	39
4.2.1 产品数字化研发设计	39
4.2.2 虚拟验证与中试	41
4.3 工艺设计	45
4.3.1 工艺数字化设计	45
4.4 计划调度	48
4.4.1 生产计划优化	48
4.4.2 智能排产调度	51
4.5 生产作业	54
4.5.1 人机协同制造	54
4.5.2 先进过程控制	55
4.5.3 数智精益管理	57
4.6 质量管控	60

4.6.1 在线智能监测	60
4.6.2 质量追溯与分析改进	62
4.7 设备管理	65
4.7.1 设备运行监控	65
4.7.2 设备智能运维	67
4.8 仓储物流	70
4.8.1 智能仓储	70
4.8.2 精准配送	73
4.9 安全管控	76
4.9.1 危险作业自动化	76
4.9.2 安全一体化管控	77
4.10 能碳管理	80
4.10.1 能源智能管控	80
4.11 环保管理	83
4.11.1 污染监测与管控	83
4.12 营销与售后	86
4.12.1 智能营销管理	86
4.12.2 智能客户服务	88
4.13 供应链管理	92
4.13.1 供应链计划协同优化	92
4.13.2 供应商数字化管理	94
5、路径与方法	98

5.1 实施路径	98
5.1.1 实施基本原则	98
5.1.2 实施流程	98
5.1.3 大中小企业差异化实施建议	101
5.2 工具、资源与政策	108
5.2.1 诊断评估	108
5.2.2 供需对接	113
5.2.3 赋能政策	115
6 愿景与展望	121
附件 1：人工智能典型应用场景	123
附件 2：投入改造清单及图谱	125
1、行业系统化场景图谱示意图	125
2、行业智能化改造装备清单	129
3、数字化转型数据要素清单	131
4、知识模型资源清单	133
5、工具软件清单	135
6、网络化联接设备清单	137
7、行业数字化转型人才技能清单	138
附件 3：典型案例	140
典型案例 1：建华建材（中国）有限公司	140
典型案例 2：华东材料南京有限公司	144
典型案例 3：江苏千和装配式建筑科技股份有限公司	149

典型案例 4：江苏中鼎建材集团有限公司	152
典型案例 5：江苏华云桩业有限公司	156
典型案例 6：东台欣创混凝土制品有限公司	160
典型案例 7：汤始建华建材（淮安）有限公司	164
典型案例 8：淮安凡之晟远大建筑工业有限公司	168
典型案例 9：江苏零界科技集团有限公司	172
典型案例 10：南通科达建材科技股份有限公司	176
附件 4：服务商目录	180
附件 5：技术缩略语	182

1 背景与现状

1.1 指南范围

江苏省制造业“智改数转网联”水泥制品行业实施指南（以下简称“指南”）主要面向江苏省水泥制品行业生产企业，包括PC预制件、混凝土和其他水泥制品制造企业。其他类似行业也可以借鉴。

围绕我省制造业数字化、网络化、智能化普及率目标，为水泥制品行业企业实施智改数转网联提供方法、路径参考及系统的指导性参考建议，既适用于具有良好自动化、信息化基础的企业，也适用于数字化基础较弱，但有进一步改造提升需求的企业。

指南通过分析企业的生产、产品和供应链等环节的主要特性，总结行业内企业智改数转网联的经验，围绕智能制造环节及场景，提供智能化改造、数字化转型、网络化联接的实施建议。

指南重点从产品设计、工艺设计、计划调度、生产作业、质量管控、设备管理、仓储物流等环节，围绕典型场景存在的问题，总结在智能化改造、数字化转型、网络化联接改造过程改造思路，通过优秀企业实践解决方案案例，展示如何在设计、制造等过程中应用智能化、数字化、网络化技术实现生产过程的优化。

指南总结了智改数转网联的实施路径与不同规模企业的实施建议，介绍了与改造相关的工具、资源与政策，提供了典型投资改造清单、典型案例、服务商目录供行业内企业参考。

1.2 行业概述

从全国角度看，近年来，随着我国基础设施建设的持续推进以及城市化进程的加速，水泥制品行业作为重要的建筑材料供应领域，呈现出复杂且多元的发展态势。从全国范围来看，水泥制品行业规模庞大，产品广泛应用于建筑、交通、水利等诸多领域。在过去较长一段时间内，行业整体产能不断扩张，以满足快速增长的市场需求。

然而，随着经济发展进入新阶段，行业面临着一系列挑战与变革。一方面，环保政策日益趋严，对水泥制品生产过程中的能耗、污染物排放等提出了更高要求，促使企业加快绿色转型步伐；另一方面，市场需求逐渐从单纯的数量增长向质量、性能提升转变，对产品的创新性、功能性需求愈发突出。在此背景下，全国水泥制品行业正处于结构调整、转型升级的关键时期。部分落后产能逐步被淘汰，行业集中度有所提升，大型企业凭借技术、资金和品牌优势，在市场竞争中占据主导地位，并引领行业向绿色化、智能化、高端化方向发展。尤为值得关注的是，当前房地产市场的持续低迷给水泥制品行业带来了巨大冲击。2025年，房地产行业仍处于止跌回稳调整期，政策环境虽宽松，但市场需求结构发生显著变化，二手房市场表现相对较好，而新房市场中刚需减弱，改善型需求成为主力。预计今年商品房销售面积仍将同比下滑5%-10%，土地投资拿地建筑面积同比降10%-15%，房企新开工面积同比下滑幅度为15%-20%，保交付高峰已过，预计竣工面积也将有5%-10%同比下降。房地产行业作为水泥制品的重要下游市场，其低迷状态直接导致水泥制品需求大幅减少。需求的减弱使得水泥制品价格下降，企业利润空间被进一步压缩，同时也加剧了产能过剩问题，行业内竞争愈发激烈。

水泥制品在建筑行业中使用水泥作为主要原料，通过加工、成型等工艺制成的各种建筑材料。这些制品具有优良的耐久性、强度和耐磨性，广泛应用于建筑工程中，主要制品有水泥管、桥梁类、水泥瓦类、水泥砖类、水泥盖板类、水泥板类、人造文化石、欧式构件等装配式建筑制

品。新发展格局中，国家实施科技强国战略、制造强国战略，交通强国战略、区域协调发展战略，以“两新一重”（新型基础设施建设,新型城镇化建设,交通、水利等重大工程建设）为标志的庞大基础设施体系建设、交通体系建设、都市圈、城市群建设等，为水泥制品行业带来了新的巨大的市场需求，同时也对水泥制品的绿色、低碳、质量、性能、功能、保障能力等提出了更高要求。以5G、人工智能、云计算、大数据、新能源、数字经济、共享经济等为代表的新一轮科技革命和商业模式创新不断出新，为水泥制品行业转型升级、向高端制造发展提供了技术支撑和发展环境。

1.2.1 行业发展情况

（1）产能与产量规模

江苏省作为经济强省，多年来，其水泥制品产能保持高位，产品产量丰富，能够充分满足省内及周边地区的建设需求。但受今年房地产低迷影响，水泥制品的市场需求出现波动，部分以房地产项目为主要客户源的企业订单量明显减少，产能利用率有所下降。与上海对比，上海在建筑装配率方面要求比江苏省更为严格。上海对装配式建筑的装配率有着明确且较高的标准，促使当地对装配式建筑所需水泥制品的需求相对较大。这为江苏水泥制品企业拓展市场提供了机遇，部分企业积极布局上海市场，加大对装配式建筑水泥制品的生产与供应，以弥补省内房地产市场需求下滑带来的影响。

（2）企业构成与布局

省内水泥制品企业数量众多，涵盖了国有企业、民营企业和外资企业等多种所有制形式。从企业规模来看，既有规模较大、技术先进的龙头企业，也存在大量规模较小的中小企业。在房地产市场下行的压力下，不同规模和地域的企业受到的影响程度各异。中小企业由于抗风险能力较弱，面临着更为严峻的生存挑战，部分企业甚至陷入经营困境；而大型企业凭借多元化的业务布局和较强的资金实力，在一定程度上能够缓

冲房地产低迷带来的冲击，但也不可避免地受到市场需求收缩的影响。对于有意向进入上海市场的江苏水泥制品企业而言，需了解上海独特的市场准入与管理机制。由上海住建局管委会主办的上海市建设工程材料备案证是企业进入上海市场的重要凭证。企业需通过上海检测质量协会的评级入网管理，入网后会依据多项维度分级管理，等级评定在上海建筑工程投标中会形成一定优势。评级入网考量维度广泛，在质检参数达标的基础上，企业是否为专精特新企业、数字化水平高低、过往业绩表现等都会同时纳入考量。

（3）技术与创新投入

江苏省水泥制品行业注重技术研发与创新投入。企业积极引进国外先进的生产工艺技术和装备，如悬辊、振动挤压、芯模振动液压成型等制管技术，以及预应力高强砼管桩技术与装备等。同时，加强与科研机构、高校的合作，开展产学研联合创新，在提高产品质量、优化生产工艺、开发新产品等方面取得了显著成效。部分企业引入自动化生产设备，实现了生产过程中原材料的精准配比，大大提高了产品质量的稳定性；利用数字平台优化生产和物流，有效降低了运营成本。

1.2.2 行业主要特点

（一）产业集群效应显著

在江苏，多个地区形成了水泥制品产业集群。以苏州为例，其工业园区等地集中了一批水泥制品企业，这些企业通过上下游产业链的协作，实现了原材料供应、生产加工、产品销售等环节的协同发展。产业集群的形成，不仅降低了企业的生产成本，提高了生产效率，还促进了技术交流与创新，增强了区域产业的整体竞争力。在房地产低迷的形势下，产业集群内的企业通过加强合作，共享资源和市场信息，共同应对市场风险，一定程度上缓解了需求下滑带来的冲击。同时，集群内企业在数字化转型过程中也相互借鉴经验，加速了数字化技术在整个产业集群的推广应用。一些产业集群内的企业通过共享数字化技术研发成果，共同

提升产品质量与生产效率，以更好地满足上海等周边地区对高品质水泥制品的需求。

（二）绿色发展走在前列

江苏省在环保政策执行较为严格，促使水泥制品行业积极践行绿色发展理念。众多企业加大环保投入，改进生产工艺，减少粉尘、废水、废渣等污染物的排放。例如，预拌混凝土企业通过采用全封闭生产工艺，实现了“三废零排放”，降低了粉尘和噪音污染；部分企业还注重对固体废弃物的综合利用，将粉煤灰、尾矿等用于水泥制品生产，提高了资源利用效率，在绿色发展方面走在了全国前列。数字化技术在绿色发展中也发挥了重要作用。通过数字化监控系统，企业能够实时监测生产过程中的能耗和污染物排放情况，及时调整生产参数，实现节能减排的目标。同时，利用大数据分析可以优化原材料采购和生产流程，进一步提高资源利用效率。

（三）产品多元化与高端化

随着市场需求的变化，江苏省水泥制品行业产品呈现出多元化与高端化的特点。除了传统的水泥管、水泥板等产品外，企业不断开发新型水泥制品，如高性能混凝土制品、装饰性水泥制品、智能水泥制品等，以满足不同领域、不同层次的需求。在高端产品领域，部分企业生产的预应力高强砼管桩、大口径钢筋混凝土排水管等产品，技术含量高、质量性能优，不仅在国内市场占有一定份额，还有部分海外市场。数字化技术助力企业在产品多元化与高端化方面更进一步。通过数字化设计工具，企业能够快速开发出满足客户个性化需求的新产品；利用先进的生产设备和数字化控制技术，能够保证高端产品的高质量生产，提升产品的市场竞争力。

1.2.3 行业发展趋势

（一）绿色低碳持续深化

未来，随着全球对气候变化问题的关注度不断提高以及我国“双碳”

目标的推进，江苏省水泥制品行业将进一步深化绿色低碳发展。企业将持续加大在节能减排技术研发、环保设备更新改造方面的投入，探索更加低碳、环保的生产工艺，如使用低碳水泥、优化生产流程降低能耗等。同时，对固体废弃物的综合利用水平将进一步提升，实现资源的最大化利用，减少行业发展对环境的影响。数字化技术将在绿色低碳发展中扮演关键角色。借助大数据分析和人工智能技术，企业可以精准优化生产流程，减少能源消耗；利用物联网技术实现设备的智能监控和维护，提高设备运行效率，降低设备故障率，从而间接减少能源浪费和污染物排放。

（二）智能化生产加速推进

智能化是制造业发展的必然趋势，水泥制品行业也不例外。江苏的水泥制品企业将加快智能化生产转型步伐，引入自动化生产设备、智能控制系统、大数据分析等技术，实现生产过程的精准控制和优化管理。例如，通过智能化设备实现原材料的精准配比，提高产品质量稳定性；利用大数据分析优化生产计划和物流配送，降低运营成本。智能化生产将有效提高生产效率，提升企业竞争力。面对房地产市场的不确定性，智能化生产能够帮助企业快速调整生产策略，灵活应对市场需求变化。通过数字化平台，企业可以实时掌握市场动态，及时调整产品结构和生产规模，提高企业的市场应变能力。对于江苏水泥制品企业开拓上海市场而言，智能化生产带来的产品质量稳定性与生产效率提升至关重要。上海建筑市场项目建设周期紧凑，对产品交付时间和质量要求极高。

（三）装配式建筑相关产品需求增长

随着江苏省积极推进装配式建筑发展，作为装配式建筑重要组成部分的水泥制品，如预制混凝土构件（预制梁、预制板、预制柱等）的市场需求将持续增长。企业将加大在装配式建筑水泥制品领域的研发和生产投入，提高产品的标准化、模块化水平，完善产品配套体系，以适应装配式建筑快速发展的需要。数字化技术将为装配式建筑水泥制品的发展提供有力支持。通过数字化设计软件，能够实现预制构件的精准设计

和快速建模；利用数字化管理平台，可以对装配式建筑项目的全生命周期进行管理，包括构件生产、运输、安装等环节，提高项目管理效率和质量。上海在装配式建筑装配率方面的高要求，使得当地对装配式建筑水泥制品的需求持续处于高位。

（四）市场竞争加剧，行业整合加速

在市场需求变化、环保压力增大以及技术创新加速的背景下，江苏省水泥制品行业市场竞争将愈发激烈。中小企业由于在技术、资金、环保等方面的劣势，将面临更大的生存压力。行业整合将加速推进，大型企业通过并购、重组等方式，扩大市场份额，提高行业集中度，实现规模化、集约化发展，进而提升整个行业的发展质量和效益。在这一过程中，数字化能力将成为企业竞争的重要优势。具备较强数字化能力的企业能够更高效地整合资源、优化管理流程，在市场竞争中脱颖而出。同时，数字化技术也为企业间的并购、重组提供了便利，通过数字化平台可以实现企业间信息的快速对接和业务的协同整合。对于参与上海市场竞争的江苏水泥制品企业而言，市场竞争与行业整合趋势将更为明显。那些具备较强数字化能力、能够满足上海市场准入标准与多样化需求的企业将在竞争中占据优势，而部分无法跟上数字化转型步伐、难以满足上海市场要求的中小企业可能会被市场淘汰或被大型企业整合。大型企业通过整合资源与数字化协同管理，将进一步提升在上海及周边地区水泥制品市场的竞争力与市场份额。

1.3 行业智改网联现状

1.3.1 总体发展水平

在智能化改造领域，江苏省水泥制品行业已取得一定进展。部分大型企业引入自动化生产设备，实现了生产流程的关键环节自动化运作。例如，一些企业在水泥制品生产中，采用自动化的钢筋加工设备与混凝土浇筑设备，不仅提高了生产效率，还大幅提升了产品质量的稳定性。在数字化转型方面，行业内企业积极构建数字化管理系统。通过部署企

业资源计划（ERP）系统，实现了采购、生产、销售等环节的信息化管理，有效提升了企业运营效率，降低了管理成本。在网络化联接层面，江苏省凭借良好的信息基础设施建设，推动企业实现设备联网与数据互通。部分企业通过搭建工业互联网平台，实现了与供应商、客户的信息实时共享，优化了供应链管理。如一些预拌混凝土企业，借助网络化联接，能根据客户需求及时调整生产计划，并实时跟踪产品配送进度。

1.3.2 面临的痛点问题

从资金层面来看，智能化改造与数字化转型前期投入巨大，对于多数水泥制品企业，尤其是中小企业而言，资金压力成为阻碍转型的关键因素。智能化设备采购、软件系统开发与维护、网络基础设施升级等都需要大量资金，而当前行业整体利润因房地产低迷等因素受到压缩，企业难以承担高昂的转型成本。技术人才短缺也是一大痛点。智能化改造、数字化转型与网络化联接需要既懂水泥制品生产工艺，又掌握信息技术的复合型人才。然而，目前这类人才在市场上供不应求，企业内部员工数字化素养参差不齐，导致新技术、新系统在企业内部推广应用困难，影响转型进程。此外，企业内部数据孤岛现象严重。各业务部门使用不同的信息系统，数据标准不统一，导致数据难以整合与共享，无法为企业决策提供全面、准确的数据支持。在网络化联接方面，虽然部分企业搭建了工业互联网平台，但平台功能尚不完善，数据安全问题也较为突出，企业在数据传输与存储过程中面临数据泄露风险，制约了网络化联接的深度发展。创新能力方面，行业整体创新意识淡薄，对新技术、新工艺、新商业模式的探索与应用积极性不高。多数企业满足于传统生产模式，在产品创新、管理创新、服务创新等方面投入不足，难以适应数字化时代快速变化的市场环境与客户需求。

产品同质化严重：多数水泥制品企业产品类型单一，集中在常规的水泥管、水泥板等基础产品，缺乏差异化竞争优势。在市场需求多样化的当下，难以满足高端建筑、基础设施建设等领域对高性能、定制化水

泥制品的需求，导致企业利润空间被压缩，市场竞争激烈。

生产成本居高不下：原材料价格波动频繁，水泥、砂石等主要原材料采购成本难以有效控制。同时，传统生产方式下，能源消耗大，设备维护成本高，人工依赖程度强，进一步推高生产成本。例如，部分企业因设备老化，能源利用率低，单位产品能耗远高于行业先进水平。

环保压力持续增大：水泥制品生产过程中存在粉尘排放、噪声污染等环境问题。随着环保政策日益严格，企业需要投入大量资金用于环保设施建设与改造，以满足排放标准，这无疑增加了企业运营成本与管理难度。一些小型企业甚至因无法承担环保改造费用，面临生存困境。

2 目标与架构

2.1 总体目标

国家《“十四五”智能制造发展规划》提出了到 2035 年规模以上制造业企业全面普及数字化网络化，重点行业骨干企业基本实现智能化的目标。围绕我国智能制造的目标，江苏把推进制造业“智改数转网联”作为制造业高质量发展的关键举措，省委、省政府在《加快建设制造强省行动方案》提出了智能升级行动，打造智能制造未来标杆，加强产业链网络化协作，推动中小企业数字化普及。

针对江苏水泥制品行业智改数转网联现状，行业智改数转网联工作应认真贯彻落实省委、省政府《加快建设制造强省行动方案》，强化顶层规划，对设计、生产、销售等核心业务活动进行流程化管理，跟踪智能制造技术和机器人科技创新研究最前沿，积累经验逐步推进，融合 5G 互联网技术，数字化管理、数字化设计、信息技术、通讯技术、传感技术、新材料、新工艺等技术，构建全生命周期的智能制造体系，产业链上下游智能制造实现信息流和数字流对接，建设高效、精益、数字化的产业链体系，为水泥制品行业及水泥制品行业产业链高质量发展提供有力支撑。

通过本指南，引导业内企业应用最新工业工程及信息技术，重新审视企业现有流程与生产组织方式，实现企业在设计、制造、供应、营销等业务活动的经营创新，同时借助新技术赋能新组织，实现管理创新，推动企业向生产智能化、管理智能化、运营智能化方向转型，以满足客户敏捷、个性、服务化的需要。

通过智能化改造数字化转型的建设，使水泥制品企业实现全业务流程、全价值链贯通，实现生产智能化、管控一体化、运营协同化，加快数字化转型和创新。指导企业智改数转网联建设，引导数字技术赋能水泥制品行业高质量发展。

坚持企业的主导地位，以解决企业生产管理和经营管理的实际问题

为出发点，充分结合水泥行业特点和业务需求，以价值为导向寻找转型突破点，聚焦水泥企业的智能化改造数字化转型，采取统一规划、试点先行的策略，培育一批技术指标先进、综合效益显著、覆盖生产全流程、管理全方位、产品全生命周期的水泥智能制造示范企业。充分发挥示范企业的引领带头作用，推动省内水泥企业的数字化转型，引导和带动全省其他行业的数字化转型进程稳步提升。

（1）目标性：提升企业智能化改造数字化转型的建设水平，引导数字经济赋能水泥制品产业高质量发展。

（2）创新性：积极应用机器学习、大数据分析、5G技术、虚拟化计算及存储、云计算、移动物联网、工业互联网等新一代信息技术，持续提升企业智能化改造数字化转型水平，推进数字经济发展。

（3）适用性：顶层设计，分步实施。结合企业现状和发展需求，突出重点，急用先行，动态优化，有序提升。

（4）开放性和可扩展性：采用开放式、可升级的系统集成技术，并考虑为将来升级及扩展预留发展空间；终端硬件采用标准化的接口设计，并提供多种通讯标准协议，具有良好的可扩展性。

（5）实用性和经济性：以一线基层用户需求为重点，在考虑系统建设投资的同时考虑系统运行维护成本，使每个子模块的各项功能都能充分发挥其作用，真正提高整个系统的实用性和经济性。

（6）数据精细性：通过整合图像识别分析、人员定位、设备在线诊断、专家优化等边缘系统，实现技术平台上的业务数据一体化整合；无缝对接上下游管控界面，实现管理深层次渗透；通过数据挖掘、智能分析、动态对标、偏差控制，实现科学决策、敏捷决策。

2.2 实施架构

江苏省水泥制品行业智能化改造数字化转型实施需要立足制造本质，紧扣企业实际。整体实施架构围绕多个关键环节展开，覆盖生产作业、设备、基础建设、研发设计、生产管理、运营管理等方面。在生产作业环节，注重质量数据管理、采集、分析与判定，以及质量问题追溯和优化；设备方面，强调设备维保管理，进行运行数据采集和状态分析。基础建设涵盖工厂数据资源管理、工业信息安全管理控和先进工业网络应用。研发设计聚焦生产流程改进、工艺设计优化、虚实融合验证以及协同设计与高效研发。生产管理涉及厂内物流配送、仓储管理、计划调度、能源管理、安全管控和环保管理。运营管理则包含采购、营销与售后、供应链管理，通过配送路线规划、供应商管理、产品运维等措施，实现行业的全面、高效发展，提升行业竞争力。

江苏省水泥制品行业智能化改造数字化转型总体架构如图 1 所示。



图 1 江苏省水泥制品行业智能化改造数字化转型总体架构图

3 基础能力

3.1 网络基础设施能力建设

3.1.1 企业内网

企业内网指在工厂或园区内部，满足工厂内部生产、办公、管理、安防等连接需求，用于生产要素互联以及企业 IT 管理系统之间连接的网络。车间层和企业层是整个企业内网体系建设的两个核心层次。

车间层对于实时设备监控、自动化控制、工业视觉分析、能耗管理等场景，现有的工业控制网络难以满足新业务需求时，在新型智能设备接入时可使用叠加模式。可基于 5G、TSN、工业 PON、确定性网络、SDN 以及工业无线等新型技术，叠加构建支撑新业务流程的网络。例如，在已有的自动控制网络基础上，应用工业无线等新型网络，叠加部署新的传感器、高清工业相机等，对拉毛机、布料机等设备进行实时状态监控，实现设备全生命周期管理和设备故障预测性维护。在增强原有设备功能时可使用升级模式。对装脱模剂喷涂机器人、模具清理机器人等原有生产设备进行升级，增加通信接口，实现网络技术和能力升级。例如，在布料工作中心，将原有的模拟式仪表更新替换为 5G 智能仪表，实现主要工艺参数实时在线监控、工序间信息有效及时传递、质量缺陷在线判定、质量控制模型开发等。

企业层通常采用核心层、汇聚层、接入层的三层网络架构搭建园区主干网。其中园区主干网核心层设备位于企业数据中心内，汇聚层设备位于企业区域汇聚机房，接入层设备位于传统的车间设备间（工业互联网边缘设备间）内。企业也可采用大二层的扁平化网络架构，部署 SDN 技术，实现柔性和极简的网络管理，大幅降低企业管理网络的难度和工作量。还可以根据自身业务需求和预算，选择建设 5G 专网，构建高可靠、大带宽、高性价比的无线网络。企业数据中心建议采用云边协同技术，将企业办公、生产及安防系统云化部署，实现企业数据的实时高效汇聚、分析和交互。

3.1.2 企业外网

企业外网指以支撑工业全生命周期各项活动为目的，满足工厂数据、工业应用、工厂业务需要出工厂与云平台或者其他网络互联需求，用于连接企业上下游之间、企业多分支机构、企业与云应用/云业务、企业与智能产品、企业与用户之间的网络。

总部与生产基地间的网络连接可通过购买运营商工业互联网高质量专线，支撑企业的高质量业务。企业专线可为企业多基地连通提供基于互联网的虚拟专线（如 SD-WAN、IPsec、MPLS-VPN 等）、物理隔离的专线（如 SDH、MSTP、OTN 等）、网络切片等定制化的专属资源。基于 4G、5G 及 NB-IoT 等蜂窝网络形式的无线外网技术也在逐步延伸到企业各业务环节，实现设备、配件、信息系统以及人之间的网络互联，同时通过对工业数据的全面感知、传输交换、分析处理，实现了远程管理、运营优化和生产组织方式变革。

企业与分支机构的互联多为星形组网，分支机构如在国内，多租用运营商光纤专线物理直连省内分支机构，以保障数据传输的安全性；MSTP 则是同城互联中常用优选方案，成本低且较为稳定；跨省连接的企业则根据自身需求考虑 MSTP 或 MPLS-VPN 专线；涉及国际分支机构的企业，多采用 MPLS-VPN 或租用运营商境外网络或精品网络的方式连接。MPLS-VPN 由于在灵活性、扩展性等方面的优势，在企业外网中得到了广泛的应用。而随着云网协同需求的增加，多分支机构企业开始使用通信运营商的云联网组网模式进行企业外网建设，由通信运营商预接入全球主流云商、企业数据中心、境外运营商网络等节点，企业总部及各分支机构在进行业务开通时，可采用专线、SD-WAN、物联网等多种方式与就近的 PE（核心设备）进行联接实现网络开通。

产业链上下游各协作企业的网络部署。产业链协同是基于水泥制品企业、物流商、金融机构、水泥厂企业、下游用户等行业主体的互联互通，一般来说对通信的时效性和可靠性要求相对较低。对于该类供应链

数据的跨企业互通业务通过互联专线和普通宽带就可满足需求。如需要与上下游企业进行数据实时交互，可采用 MPLS 或 MSTP 等企业专线保证数据传输的安全性与可靠性。

3.1.3 标识解析体系建设

标识解析体系是工业互联网的重要纽带和神经中枢。标识解析体系实现要素的标记、管理和定位，由标识编码、标识解析系统和标识数据服务组成，通过为物料、机器、产品等物理资源和工序、软件、模型、数据等虚拟资源分配标识编码，实现物理实体和虚拟对象的逻辑定位和信息查询，支撑跨企业、跨地区、跨行业的数据共享共用。

车间层包括设备侧和边缘侧。设备侧借助标签载体和数采设备，依托企业节点标识注册功能，对水泥制品行业产业链、供应链中的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识。物理实体包括设备、人员、产品等，虚拟实体包括订单、物流单、模型算法等。边缘侧部署标识解析中间件，形成可识别数据对象的管理和流转能力，同时支持与行业工业软件实现接口对接，协助企业快速形成标识注册、解析能力。

企业层面，行业上下游及相关企业应以独立建设或托管建设的方式建设企业节点并接入行业二级节点。企业节点应依托设备侧与边缘侧建设的能力，与企业内部工业软件、工业互联网平台实现横向对接打通，为企业提供工业互联网标识注册、解析、统计、数据存储等能力，形成企业标识数据资源池。

产业层面，行业头部企业或具备相关服务能力的企业可申请建设标识注册服务机构（即指二级节点），负责建设和运营二级节点服务器，并与国家顶级节点对接，面向企业或者个人提供标识注册、解析和数据管理等服务，起到承上启下的关键作用，实现分级管理、全网解析。

3.2 数据采集能力建设

数据采集是数字化基础能力建设的重要一环，智能制造的价值很大程度上取决于采集数据的数量和质量。在工业企业中只有少部分数据来

自互联网，大部分是企业自身拥有的生产经营环节的数据，数据通过新技术如人工智能处理后，可使工业企业更全面更迅捷掌握自身经营情况、构建竞争力。

生产车间是工业企业产生和运用数据的重要场所，这些数据既包括MES等信息化系统里运行与产生的数据，也包括生产设备产生的各种状态与制造参数等数据。结合知识、模型对数据进行进一步处理和挖掘，以量化、可视化等方式，定位生产中存在的问题并进行优化，可为企业智能制造提供源源不断的新动能，有效地提升企业竞争力。

3.2.1 “哑设备”改造

在水泥制品行业中，许多传统设备由于缺乏数据采集和传输功能，被称为“哑设备”，无法实时监控运行状态、生产效率或故障信息，导致企业在设备管理、生产优化和故障预警方面存在较大短板。因此，通过“哑设备”改造，提升设备的数据采集能力，是实现智能制造和数字化转型的关键一步。

加装数据传感器。针对“哑设备”，可以通过加装各类数据传感器，如振动传感器、温度传感器、压力传感器、转速传感器等，实时采集设备的运行状态数据。这些传感器能够监测设备的振动频率、温度变化、压力波动、转速等关键参数，为后续的数据分析和设备健康管理提供基础数据支持。

数据采集模块的集成。在加装传感器的基础上，进一步集成数据采集模块，将传感器采集到的模拟信号转换为数字信号，并通过有线或无线方式传输到数据采集系统中。数据采集模块的选择应根据设备的实际工况和采集需求，确保数据的准确性和实时性。

设备联网与数据传输。通过工业以太网、5G、Wi-Fi等通信技术，将改造后的“哑设备”接入企业内部的工业互联网平台，实现设备数据的实时传输和集中管理。通过设备联网，企业可以实时监控设备的运行状态，及时发现异常情况，避免设备故障导致的生产中断。

数据存储与管理。采集到的设备数据需要进行有效的存储和管理。企业可以建立本地或云端的数据库，存储设备的历史运行数据，并通过数据管理平台对数据进行分类、归档和分析。数据的长期存储为设备的故障诊断、性能优化和预测性维护提供了数据基础。

3.2.2 智能设备联网

随着智能制造的发展，水泥行业中的智能设备逐渐增多。这些设备通常具备较强的数据采集和处理能力，但如何将这些设备联网，并实现数据的归集、分析和利用，是企业提升数据采集能力的关键。

可编程逻辑控制器（PLC）的应用。PLC是工业自动化控制的核心设备，具备强大的逻辑控制和数据处理能力。通过PLC，企业可以实现对智能设备的实时监控和控制，采集设备的运行数据，并将数据传输到上位机或工业互联网平台。PLC的应用不仅提升了设备的自动化水平，还为数据的实时采集和分析提供了技术保障。

工控机的数据归集与处理。工控机作为工业现场的数据处理中心，能够对多台设备的数据进行集中采集和处理。通过工控机，企业可以实现对设备运行数据的实时监控、分析和存储，并生成各类报表和趋势图，帮助企业管理者及时了解生产状况，做出科学决策。

数据采集模块的扩展应用。在智能设备联网的基础上，企业可以进一步扩展数据采集模块的应用范围。通过加装更多的数据采集模块，企业可以采集到更多的设备运行参数，如电流、电压、功率等，进一步提升数据的全面性和准确性。同时，数据采集模块还可以与企业的MES、ERP、QMS等系统进行集成，实现数据的无缝对接和共享。

数据分析与利用。数据采集的最终目的是为了分析和利用。企业可以通过大数据分析技术，对采集到的设备数据进行深度挖掘，发现设备运行中的潜在问题和优化空间。例如，通过分析设备的振动数据，可以预测设备的故障风险，提前进行维护；通过分析设备的能耗数据，可以优化设备的运行参数，降低能耗成本。此外，数据分析还可以为企业的

生产计划、质量控制、供应链管理等提供数据支持，全面提升企业的运营效率。

网络安全与数据保护。在设备联网和数据采集的过程中，网络安全和数据保护是不可忽视的重要环节。企业应建立完善的网络安全体系，确保设备数据的传输和存储安全。同时，企业还应制定数据保护策略，防止数据泄露和滥用，确保数据的合法合规使用。

通过“哑设备”改造和智能设备联网，水泥制品行业可以全面提升设备的数据采集能力，为企业的智能制造和数字化转型奠定坚实基础。数据采集能力的建设不仅能够帮助企业实现设备的实时监控和故障预警，还能够通过数据分析优化生产流程，提升企业的竞争力和市场响应速度。

3.3 信息系统能力建设

3.3.1 信息系统

(1) **产品数据管理系统 (PDM)** 是企业用于管理产品相关数据的核心信息化平台，其主要功能在于存储、管理、控制和共享贯穿产品全生命周期的各类信息。通过 PDM 系统，企业可以对产品设计、工艺、制造和维护等环节的信息进行集中管理，从而提升产品开发效率、降低数据冗余、确保数据一致性并实现数据全程追溯。为了进一步提升 PDM 系统的建设效果，建议在系统规划时注重模块化和标准化设计，建立统一的数据标准和接口规范，实现与 CAD、ERP、PLM 等其他业务系统的无缝对接；同时，强化自动化数据采集和版本控制机制，通过智能化的数据比对和变更管理工具，提高数据更新的实时性和准确性，全面增强产品数据管理的协同能力和信息透明度。

(2) **产品生命周期管理 (PLM)** 系统作为贯穿产品全生命周期的管理平台，覆盖设计、开发、制造、销售及维护等全过程，能够协调管理和传播产品定义信息，实现跨部门、跨企业的数据共享和流程协同。该系统在文档管理、研发流程、产品结构及 BOM 管理等方面发挥着关键作用。为进一步提升 PLM 系统的效能，建议在建设过程中注重构建统一的协同平台，实现内部和外部各环节的信息联通；同时，引入实时数据分析和可视化工具，加强对研发流程和项目进展的监控，实现自动化流程管理和风险预警；此外，通过与其他企业信息系统的深度整合，进一步打通数据壁垒，提升产品生命周期内各阶段的协同效率和决策支持能力。

(3) **企业资源计划系统 (ERP)** 是制造企业的核心管理软件，旨在协调和整合企业各个方面的业务流程。ERP 系统的基本思想是以销定产，协同管控企业的产、供、销、人、财、物等资源，帮助企业按照销售订单，基于产品的制造物料清单 (BOM)、库存、设备产能和采购提前期、生产提前期等因素，准确地安排生产和采购计划，进行及时采购、及时生产，从而降低库存和资金占用，帮助企业实现高效运作，确保企业能

够按时交货，实现业务运作的闭环管理。建议加强与供应链、MES、SCM、CRM 等系统的集成，利用云计算和大数据工具提升数据实时性和灵活性，从而优化资源配置和整体运营管理。

(4) 制造执行系统 (MES) 负责承接 ERP 系统下达的生产计划，根据车间需要制造的产品或零部件的各类制造工艺，以及生产设备的状况进行科学排产，并支持生产追溯、质量信息管理、生产报工、设备数据采集等闭环功能。建议强化实时数据采集和柔性调度能力，并与 ERP、PLM 等系统深度对接，构建闭环生产管理体系，提升生产过程的透明化和智能化水平。

(5) 制造运营管理 (MOM) 是对 MES 的进一步扩展，是制造管理理念升级的产物，相对而言更符合集成标准化、平台化的发展趋势。主要包括五个部分：生产管理、过程控制、设备管理、人机交互和数据分析。。建议在系统建设中整合各层级数据，实现车间生产、设备状态和质量监控的实时协同，并通过人机界面优化提升操作效率，从而全面提高制造管理水平。

(6) 高级计划排程系统 (APS) 基于产品制造的制造 BOM、工艺规划、实际工时和设备的实际产能等约束条件，采用自动化算法进行生产计划和资源调度，提升设备利用率和生产效率。建议在实施前确保基础数据准确，并引入先进优化算法和实时约束管理机制，同时与 ERP、MES 系统深度集成，实现生产计划闭环和资源动态优化。

(7) 数据采集与监视控制系统 (SCADA) 集设备信息管理、维护管理、质量管理于一体的综合性管理系统，通过信息化手段，实现对设备全生命周期的有效管理和监控，确保设备的安全、稳定运行，提高设备的使用效率和企业的经济效益。建议构建设备状态实时监控和预警机制，整合台账与维护记录，并加强与 MES、ERP、QMS 系统的数据联动，通过数据分析优化维护策略，提升设备安全性和使用效率。

(8) 仓库管理系统 (WMS) 用于仓库货物流动的全面监控，支持入库、出库、库存调整和条码管理，实现物流全程跟踪。建议引入 RFID 和

物联网技术，实现实时库存管理，并与 ERP、SCM 系统紧密对接，构建从供应商到生产线的全链条物流信息平台，提升库存准确性和响应速度。

(9) 质量管理体系 (QMS) 能够辅助企业建立有效运行的质量保证体系，覆盖设计研制、生产、检验、销售、使用全过程的质量管理，确保产品质量和持续改进。建议构建全过程质量监控与溯源机制，利用数据分析工具实现质量预警，并加强与研发、生产、售后系统的协同，以不断提升产品和服务的稳健性和客户满意度。

(10) 能源管理系统 (EMS) 通过对企业各生产单元能耗的实时监测与数据分析，实现节能降耗和能源配置最优化。建议引入高精度监测设备和先进数据采集技术，利用大数据和智能算法对能耗进行深度挖掘和异常检测，并与 ERP、SCM 系统整合，推动企业绿色制造和精细化能源管理。

(11) 供应链管理系统 (SCM) 整合供应链上下游信息，实现物流、信息流、资金流和商流的无缝衔接，提高供应链透明度和协同效率。建议构建全链条信息共享平台，利用互联网和云计算技术实现动态监控和风险预警，并与 ERP、WMS、CRM 系统深度整合，以优化库存、降低成本和提高响应速度。

(12) 客户关系管理系统 (CRM) 通过整合客户数据，实现市场营销、销售管理和客户服务的信息化，旨在改善客户关系和推动销售增长。建议构建统一客户信息平台，利用数据挖掘进行精准营销，并与 ERP、SCM 等系统无缝对接，实现客户全流程数据联动，进一步提升客户满意度和企业品牌竞争力。

3.3.2 云化工业软件优势及接入建议

云化工业软件是基于云计算技术构建的工业级应用，能够为企业提供高效、灵活、低成本的管理和生产支持工具。云化工业软件以“即开即用”的模式提供服务，企业无需投入大量资金购买服务器、IT 设备和软件许可；云化工业软件能够根据行业需求动态更新功能模块，例如工

艺优化、智能质检和预测性维护。企业可按需扩展功能模块（如供应链管理、设备远程监控等），快速应对市场变化；软件支持跨设备使用（如PC、移动端），企业管理者可以随时随地查看生产动态、设备运行状态及订单进展；通过云端存储技术，企业可避免本地硬件故障导致的数据丢失问题。云服务提供商采用先进的数据加密和防火墙技术，保障企业数据安全，满足水泥制品行业对知识产权和技术资料保护高要求。

接入云化工业软件方面，建议中小企业可以按需订阅，按使用量支付费用，降低数字化转型的门槛。建议优先选择与生产管理、质量控制相关的ERP、MES、QMS系统，这些模块能够直接帮助企业提升生产效率和水平；中小企业可以从单个生产环节（如设备管理或订单处理）逐步导入云化软件，待使用成熟后再分阶段部署到全流程。

3.3.3 工业互联网平台的应用优势及接入建议

水泥制品企业普遍建有各类信息化系统和自动化系统，在现有制造体系的基础上，通过运用5G、物联网、云计算、大数据、人工智能、区块链等技术，构建工业互联网网络、平台、安全系统，开展与现有各类制造系统的集成互通，形成更强的数据采集、集成管理、建模分析和智能决策能力，以满足水泥制品行业平台化、数字化转型应用场景。水泥制品企业的日常生产、经营等各类活动仍主要运行于现有信息化和自动化系统，而通过工业互联网的融合创新应用，可以实现对现有业务的更加精准高效决策、动态优化，并不断发掘新的应用模式和业务形态，创造新的价值增长点。

接入工业互联网平台方面，建议选择专注于水泥制品行业领域的平台，确保平台能够支持设备联网、生产计划优化和供应链协同；优先接入设备远程监控、生产数据分析、订单管理等功能模块，快速实现生产环节的数字化改造；充分利用平台提供的专家资源、技术支持和行业应用等生态资源，缩短企业数字化转型周期。

3.4 信息安全能力建设

水泥制品行业在实施智改数转网联中，应面向网络安全、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，部署工业控制系统网络安全防护设备，建设数据安全风险监测和应急处置能力，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，提升信息安全防护水平。参考安全功能架构如图 3。



图 2-安全功能架构图

信息安全能力主要从设备安全、控制安全、网络安全、平台安全、应用安全和数据安全方面进行建设，以及贯穿于整个层级的安全管理、安全评测（漏洞扫描、漏洞挖掘、渗透测试、上线检测）和安全态势感知与风险监测（安全配置、资产安全管理、安全监测与审计、态势感知、风险预警）。

设备安全：主要关注边缘智能设备安全，设备涉及无人行车、工业机器人、智能仪表以及其他类型智能设备。硬件方面采用经过安全增强的设备固件，从操作系统内核、协议栈等方面进行安全增强，软件方面应关注工控设备的安全漏洞及补丁发布。

控制安全：主要关注过程控制安全，包含终端工控机、工控系统及组态软件等，可采用控制协议分析、软件安全加固、控制指令安全审计

等安全管理策略。

网络安全：主要关注生产现场网络安全、制造资源接入安全、跨生产基地网络安全、跨企业通信安全等，可采用边界控制、通信和传输保护、接入认证授权保障等策略。

平台安全：主要关注平台设备与系统安全接入、工业云平台基础设施安全、平台数据安全等。此外，应同步做好涉及全要素的安全管理、安全评测和安全态势感知与风险监测等工作。

应用安全：主要关注平台边缘接入安全和运行安全，确保企业经营管理、产业链供应链协同等各类业务的应用安全，可采用用户授权管理、代码审计、虚拟化安全等策略。

数据安全：主要关注边缘智能仪表数据采集与传输安全、企业客户数据、员工数据、财务数据等敏感数据的安全，可采用数据防泄漏、数据加密、数据备份恢复等策略。

4、环节与场景

智能制造典型场景：智能制造典型场景是智能工厂的基本组成单元，面向产品全生命周期、生产制造全过程和供应链全环节核心问题，通过新一代信息技术与先进制造技术的深度融合，部署智能制造装备、工业软件和系统，实现具备协同和自治特征、具有特定功能和实际价值的应用。根据十余年来我国智能制造探索实践，结合技术创新和融合应用发展趋势，凝练总结了 15 个环节的 40 个智能制造典型场景，作为智能工厂梯度培育、智能制造系统解决方案“揭榜挂帅”、智能制造标准体系建设等工作的参考指引。

水泥制品主要生产环节包括原材料准备、成型模具制作、搅拌浇注、养护、质检、包装；保障水泥连续生产涉及工艺、机械、电气、设备等多专业。

首先企业在基础资源、自动化水平、生产管理、能源管理、设备运维、安环管理等环节，存在系统孤岛、自动化水平低，生产管控难度大、设备管理不透明、质量管控滞后等痛点。企业应分阶段稳步发展，提升生产、能源、设备、安环、质量等环节的数字化水平，推动行业向全流程智能化方向加速转型。

4.1 工厂建设

4.1.1 工厂数字化设计与交付

(1) 存在的问题

在建筑行业加速工业化、数字化转型时，水泥制品行业虽市场需求增长，但工厂设计建设环节问题阻碍发展。

流程运作上，人工主导严重。项目规划至方案修改全靠人力，信息传递易延迟出错，各参与方协同效率低，沟通不畅。一个常规工厂从启动到投产常需 1 - 2 年，市场变化快，企业错失机遇，竞争力降低。

设计成果呈现与应用方面，二维图纸是主要方式，其信息有限且不直观，各方理解设计意图困难，沟通成本高，变更频繁。并且设计成果难以对接后续建设与运营，数据流通受阻，浪费严重，无法实现全流程数字化。

工厂布局规划因数字化缺失问题频出。规划、布局和产线设计依赖经验，缺乏科学量化分析。车间物流路线复杂，物料搬运距离长，设备与工作区空间利用不足，生产成本增加，生产效率降低。例如，部分工厂原材料存储区与生产区距离远，物料运输耗时耗力，影响生产进度。这些问题亟待解决，以推动行业数字化、高效化发展。

(2) 场景改造思路

应用建筑三维建模（BIM）、智能物流模拟、数字孪生等技术，开展工厂数字化设计和建设，优化工艺设备布局、物料流动、工艺协同配合等环节，缩短工厂设计和建设周期。

建筑信息模型构建：运用 BIM 技术对工厂建筑、设备布局、物流流线等进行全方位数字化建模。在水泥制品生产中，像大型水泥搅拌机、成型设备等关键设备，借助 BIM 能合理布局，避免空间浪费。通过 3D 建模模拟设备协同工作，让各设备高效协作，解决传统布局依赖经验、空间利用不足的问题。

物流与动线仿真优化：水泥制品生产物料搬运频繁，利用物流和动

线仿真技术，分析物料在工厂内的流动路径。针对原材料存储区与生产区距离远等物流复杂情况，优化物料输送和存储布局，减少搬运时间与人力消耗，实现物流智能化管理。

工艺流程仿真升级：鉴于水泥制品生产工艺复杂，运用工艺流程仿真技术模拟配料、搅拌、成型、养护等生产环节。预测生产瓶颈、设备利用率和产能，优化生产线排布，保障各工序顺畅衔接，提升生产效率。

设备协同数字化平台搭建：搭建数字化设计平台，基于工艺设备模型优化设备协同工作流程。通过网络实现各参与方信息实时共享，打破信息壁垒，提高协同效率，缩短工厂设计和建设周期，推动行业向数字化、智能化迈进。

(3) 场景案例

某企业基于工厂三维建模与布局仿真、物流系统仿真等技术，集成厂房 BIM 建筑模型，搭建高效敏捷、持续优化迭代的工厂数字化设计与交付平台，实现数字化车间、智能产线的厂房建筑、工艺布局和物流系统建模仿真分析与迭代设计，优化布局解决生产瓶颈及物流拥堵问题，实现工厂规划布局科学合理，减少试错成本，缩减设计建造成本。竣工后整体数字化交付，便于后期生产运维管理。

工厂数字化设计与交付

某企业通过建立工厂三维数字化模型、产线生产仿真、物流系统仿真，实现工厂数字化设计与交付。

1.全方位三维数字化模型搭建：深度运用 BIM 技术，对工厂建筑进行全面剖析与构建。不仅集成厂房的 BIM 建筑模型，还精细打造数字化的结构、装配、涂装以及零部件车间厂房模型。针对水泥制品生产的关键环节，建设智能产线模型，搭建如大型水泥搅拌机、成型设备、机器人焊接工作站、数控加工中心等设备模型。以直观的三维形式呈现工厂规划，彻底规避传统二维方式引发的设备布局干涉、作业空间交叉等不合理现象，确保规划布局科学合理，提升空间利用效率。

2.产线生产精准仿真优化：依据水泥制品独特的产品工艺流程和生产模式，构建涵盖零部件生产线、装备线等在内的产线生产模型。借助先进的仿真技术，对产线工序节拍、极易出现的瓶颈工序、线平衡率以及生产设备负荷率等关键指标展开精准仿真分析。基于分析结果，实施迭代优化设计，持续提升生产效率，确保各生产环节紧密衔接、高效运转。

3.物流系统智能仿真升级：着眼于水泥制品生产物料搬运频繁的特性，建立装配线、加工单元等全方位的物流系统仿真模型。通过对物流运行效率、AGV 车辆负荷率、物流路线拥堵状态等进行深入仿真分析，精准定位问题所在。据此进行优化改进，有效解决物流拥堵等待问题，合理减少 AGV 配置，实现物流智能化管理，降低物流成本。

4.数字化模型交付与数据贯通：开发具备工厂全生命周期数据管理功能的数字交付平台，促使工厂规划设计数据、建设管理数据和运维使用数据同源。平台交付的厂房、产线、设备等高精度模型，可直接应用于后期产品工艺仿真、数字孪生工厂构建以及运维管理，实现从设计到运营的全流程数字化、网络化和智能化，推动水泥制品行业迈向新的发展阶段。

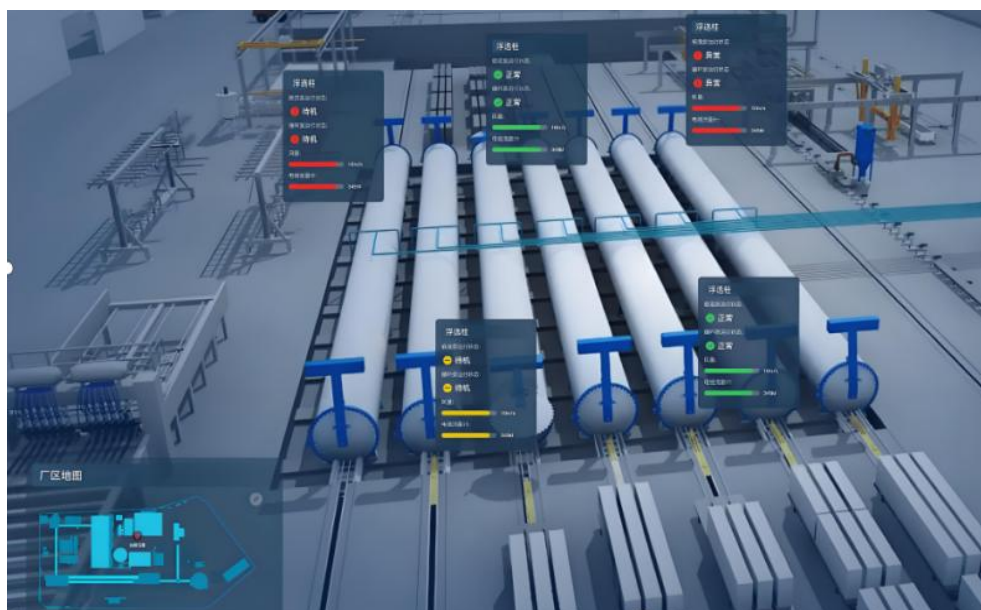


图 3-某企业产线布局模型

4.1.2 数字孪生工厂运营优化

(1) 存在的问题

在数字孪生方向，企业面临诸多痛点问题。数据管理方面，数据分散在 ERP、MES、SCADA、PLC 控制系统等多个系统中，格式、编码规则和接口标准各异，形成“信息孤岛”，且数据更新不同步、人工录入易出错，导致数据实时性和准确性欠佳，影响数字孪生模型构建的完整性与决策支持能力。系统集成上，不同设备、系统和平台兼容性差，缺乏统一接口规范，新设备接入困难，集成成本高，现有集成深度不足，各业务环节系统间协同不畅，生产计划调整难以同步到其他系统，降低生产效率。技术应用层面，构建精确数字孪生模型复杂且成本高昂，需多学科知识和大量资源，同时缺乏统一技术标准与规范，模型通用性和互操作性差，限制技术发展和成果共享。管理协同存在障碍，传统组织架构和业务流程与数字孪生驱动的运营模式不匹配，部门沟通协作不畅，数据流动受阻，员工对数字孪生技术的理解和掌握不足，缺乏专业技能和数据思维，影响技术推广与价值发挥。

(2) 场景改造思路

在工厂数字化转型进程中，主要从以下三个场景实现数字化、网络化和智能化改造：

数据采集与整合场景：利用物联网技术，大量部署传感器、RFID 标签和 PLC 设备，全方位实时采集设备、生产及环境数据。通过边缘计算在本地初步处理数据，减轻传输负担。制定统一数据接口标准，整合 ERP、MES、SCM 等系统数据，构建全要素数据池。运用数据清洗和转换技术，消除格式差异，建立统一数据模型。例如数控机床，其运行数据可与相关业务系统数据融合，为后续分析和建模提供优质数据。

数字孪生建模场景：运用建模仿真和多模型融合技术，以数控机床为例，借助 3D 建模实现设备可视化，结合物理特性和运行逻辑模拟其

运行。融合设备、工艺、生产流程等模型，构建全层级数字孪生模型，通过实时数据驱动实现物理与虚拟空间实时映射。借此可实时监控设备，预测故障，提前安排维护，减少停机时间。

协同优化与智能决策场景：基于数字孪生模型模拟生产流程，优化生产计划，如插单、换线策略。利用人工智能和机器学习算法，优化工艺参数、物料配送和能源分配。实现数字孪生模型与 MES、SCADA、ERP 等系统协同，达成跨系统优化。引入自主决策能力，依据实时数据和规则自动决策，推动工厂从“事后分析”走向“实时优化”，从“经验驱动”迈向“数据驱动”，最终实现降本增效、柔性生产和可持续发展。

(3) 场景案例

某企业利用数字孪生系统对设备、产线进行数字化解构，通过数字孪生系统对生产涉及的全业务流程信息整合、监管及分析，实现设备参数、工艺信息、生产信息等数据的实时采集及监控。通过孪生技术在虚拟空间内进行生产实时联动，实现多角度的三维实时监控，利用虚实交互过程中的数据实现生产流程仿真验证及生产过程优化决策。

虚实一体的数字孪生运营

某企业开展多种数字技术的集成融合和创新应用，基于建模工具在数字空间构建精准设备、产线模型，再利用结合 5G 专网的实时物联网 (IoT) 数据驱动模型运转，进而通过数据与模型集成融合构建综合决策能力，实现对设备、产线从采集感知、决策分析到反馈控制的全流程闭环应用。

通过多模型融合技术将几何模型、仿真模型、业务模型、数据模型等多种模型进行关联和集成融合实现虚实一体映射。利用虚拟模型来反映设备、产线的实际变化，达到实时监控设备和产线运行状态、生产进展的目的，将生产过程中隐藏信息以可视化看板的方式实时展示，将设备潜在故障或影响性能发挥的缺陷实现预警，以便进行维护调整。

应用数字孪生，企业实现了对生产环境、生产任务和设备状态的动态映射更新能力，通过对工艺、设备、生产等方面的智能管理，为工厂决策提供数据支撑，提高设备运行效率、降低故障率，并实现更智能化的制造流程。

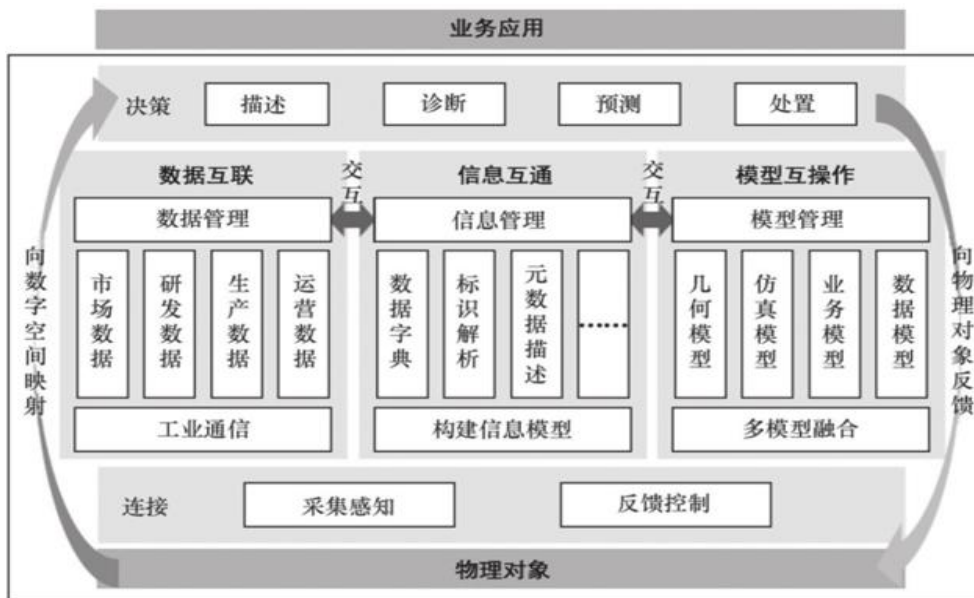


图 4-数字孪生架构



图 5-车间数字孪生

该孪生系统可精准报警可视化、判断设备失效模式，开展预测性维护，减少意外停机，降低运维成本。每条生产线设备维护人力由 4 人降

低至 2 人，故障处理效率提升 23%。

4.2 产品设计

4.2.1 产品数字化研发设计

(1) 存在的问题

在水泥制品应用场景极为多样的情况下，不同建筑项目对其性能要求差异极大。大型水利工程要求水泥制品具备极高的抗渗和抗冻性能，而普通建筑则更侧重于成本与基本强度。传统研发方式难以迅速且精准地契合这些个性化需求，致使研发周期拉长，产品适配性欠佳。加之水泥制品生产工艺配方复杂，受原材料特性影响显著，不同产地的水泥、骨料在成分和性能上各不相同，传统设计难以快速针对原材料变化确定适配的工艺配方，进而增加了研发成本和时间。同时，在研发协同方面，各部门相对独立，信息传递存在障碍。设计部门获取建筑商需求后，与材料、工艺等部门沟通存在延迟且容易出现偏差，导致方案频繁调整，既延长了研发周期，又增加了成本。在设计质量把控上，过度依赖经验，缺乏科学系统的设计方法与质量控制体系，在结构、性能、配方设计环节难以全面分析验证，致使设计缺陷发现滞后，进入生产环节后修改成本高昂，影响产品交付和企业声誉。另外，行业缺乏统一的数字化工具和知识模型库，企业需要重复积累数据，设计师难以借鉴过往经验，在研发新产品时不得不重新开展调研测试，造成资源浪费，设计效率低下。

(2) 场景改造思路

在水泥制品行业的数字化转型中，可通过多场景技术应用实现数字化、网络化和智能化改造。在数字化设计场景，运用 CAD、CAE 等设计工具，推行模块化、参数化、创成式设计方法，实现多学科联合建模和全流程协同设计，同时基于计算机辅助进行三维产品设计与数据管理，提升设计能力和管理效率。知识智能化应用场景下，构建典型产品组件标准库和涵盖液压系统动力学等知识的专属知识库，为设计提供智能化决策支持，设计时可快速匹配复用知识优化方案。虚拟仿真优化场景里，

利用虚拟仿真技术对产品进行耐久性分析和载荷分布优化，提前发现设计问题，像模拟水泥泵车工作状态来提升部件性能。协同设计创新场景方面，借助工业互联网平台加强设计制造协同，将供应商和制造商的反馈数据融入设计优化，供应商提供原材料数据，制造商反馈工艺难点，设计团队据此调整设计，打通上下游设计链条，使产品研发更高效、更贴合实际需求，从而推动水泥制品行业的数字化升级。

(3) 场景案例

某水泥制品企业借助 AutoCAD、CAE 等多种工具软件，在数字化设计、知识管理等方面发力，提升研发设计水平，增强企业竞争力。

产品数字化研发与设计

某水泥制品企业在数字化转型浪潮中，深刻认识到数字化研发设计对企业发展的关键意义，积极采用多种工具和软件进行全面升级改造，在产品研发设计领域成果斐然。

在数字化设计环节，企业引入 AutoCAD 和 CAE 软件。AutoCAD 用于精准绘制产品二维图纸，CAE 软件则模拟产品力学性能，为设计提供数据支持。搭配参数化设计插件，输入强度、尺寸等参数就能快速生成设计方案。多学科联合建模借助协同设计软件，让不同专业工程师协同工作，确保设计兼顾多方面需求。同时，PLM 软件实现设计数据和文档的结构化管理，促进部门间数据共享，规范设计流程，设计周期因此缩短。

知识管理方面，企业构建知识管理系统，集成典型产品组件标准库和专属知识库。在研发新型水泥搅拌设备时，设计人员利用系统的搜索和匹配功能，调用标准库组件，并参考知识库中的专业知识。这些知识源于过往项目经验和专业研究成果，借助系统的智能推荐，设计人员优化搅拌设备传动系统，使设计效率提高，设备维修率降低。

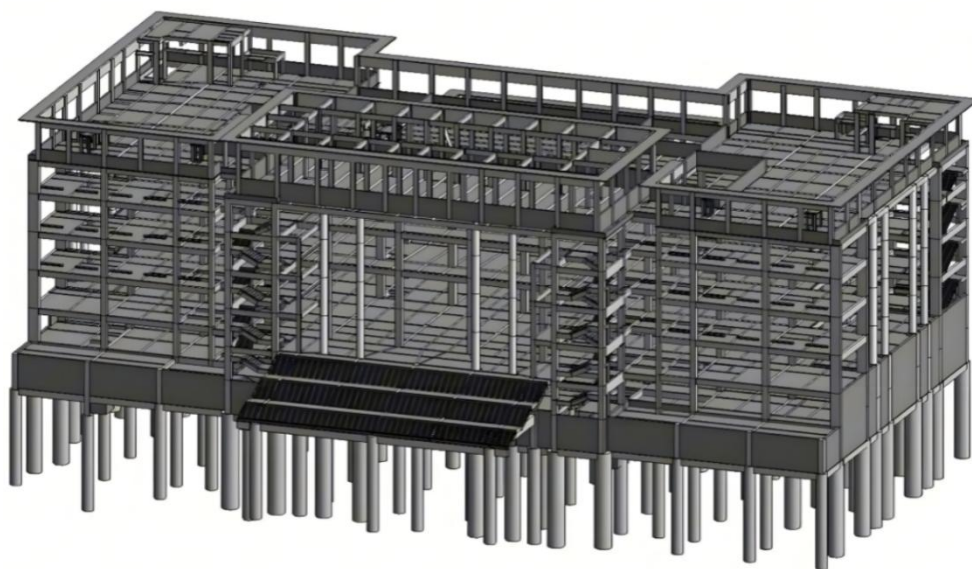


图 6-产品设计

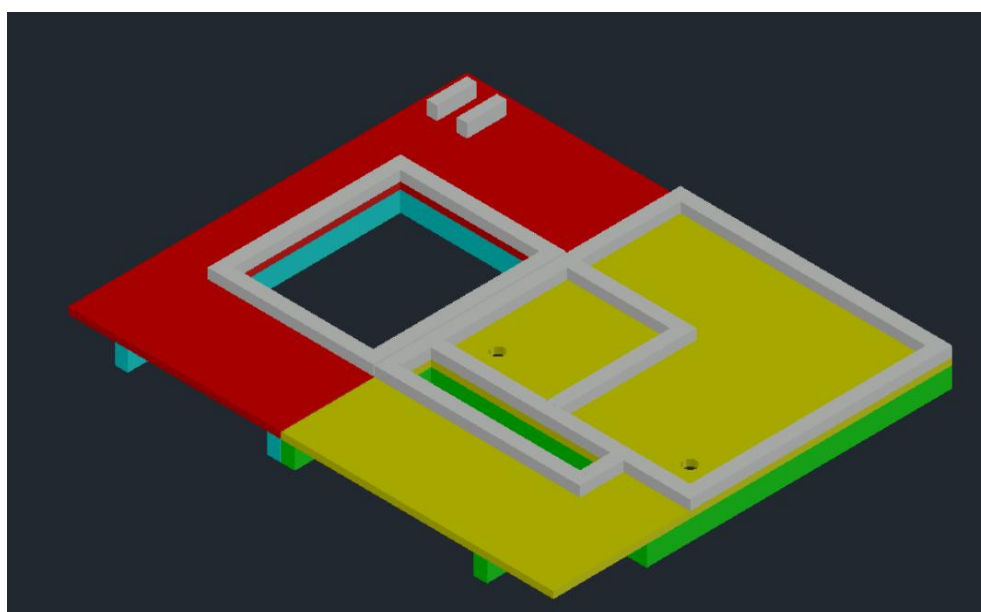


图 7-计算机辅助设计

4.2.2 虚拟验证与中试

(1) 存在的问题

在产品验证环节，水泥制品面临诸多难题。一方面，应用场景复杂致使性能验证困难。像海洋工程用水泥制品需具备高抗渗、抗氯离子侵蚀性能，高温厂房地面用的则要耐高温、耐磨，传统手段难以模拟这些

复杂工况，易造成产品实际性能不佳。且耐久性验证周期漫长，水泥材料性能受时间与环境影响显著，传统验证需多年甚至数十年监测，严重阻碍新产品研发。另一方面，虚拟验证与物理试验结合不足，缺少标准化虚拟测试流程，两者相互脱节，无法发挥虚拟仿真优化方案、减少物理试验的作用，导致验证效率低下。同时，试验涉及研发、生产、质控等多部门，部门间数据共享不畅，信息孤岛现象严重，重复试验频发，既浪费资源，又延长研发周期、增加成本。

(2) 场景改造思路

在水泥制品行业，为攻克产品验证难关，搭建虚实融合的试验验证环境是核心举措。在虚拟验证场景，运用多物理场仿真技术，把水泥制品关键参数输入仿真平台，对产品性能展开精准评估与设计优化。以新型水泥搅拌设备的搅拌叶片设计为例，借助多物理场仿真，分析其在物料搅拌时的受力和磨损状况，进而优化叶片形状与材质，减少样机制造次数。同时，结合虚拟现实（AR/VR）技术搭建虚拟实验室，模拟水泥制品在高温、高湿以及不同压力等复杂工况下的工作状态，实时模拟动态载荷、振动等极端条件，极大提升仿真准确性，提前找出潜在设计问题。在中试熟化场景，引入基于大数据的可靠性分析方法，实时采集水泥制品运行中的关键数据，像水泥管铺设后不同时间段的应力数据，建立虚拟与实物的性能比对模型，依据比对结果迅速发现并解决潜在问题。针对复杂生产工艺，采用半虚拟验证法，将仿真模型与部分实物实验设备集成，验证关键环节性能，降低中试成本。构建统一数据管理平台，打通设计、验证、中试环节的数据通道，实现数据共享与协同管理。与供应商、用户合作建立工况数据库，将实地作业数据反馈至设计验证环节，持续优化仿真精度和中试效率，加速产品熟化进程，助力水泥制品更快、更优地投入市场应用。

(3) 场景案例

某企业专注于水泥行业，运用先进技术提升水泥制品研发水平。采

用 SolidWorks 和 ANSYS 等仿真设计软件，对水泥制品结构进行受力分析，针对抗压、抗折等关键性能，在虚拟环境中模拟实际工况开展测试验证。

虚拟试验与中试

某企业针对水泥行业复杂的水泥制品结构，在虚拟验证与中试场景中发力，借助先进技术提升研发效能与产品品质。

在虚拟验证环节，企业突破水泥制品零部件数字模型构建、多学科集成融合与协同优化技术。运用 SolidWorks 进行结构受力分析，精准搭建水泥制品的三维模型，细致模拟其在实际使用中的力学状况，初步评估结构的合理性。再借助 ANSYS 展开更深入的结构受力分析，于虚拟环境中逼真模拟水泥制品的实际工作情形，针对抗压强度、抗折强度等关键性能指标开展模拟测试验证，从力学、材料学等多维度进行精确评判和校核。这有效缩短了验证周期，显著降低了研发成本。

在中试场景，企业打通有限元分析软件与 PLM 系统，实现水泥制品分阶段、分层次的仿真分析。通过平台详尽记录仿真实验数据，并及时将测试数据反馈至研发设计端，依据反馈持续优化产品结构。以此实现快速、精准且全面的模型分析，为水泥制品的性能与质量筑牢根基，推动水泥制品以更优质的状态应用于各类工程建设项目。

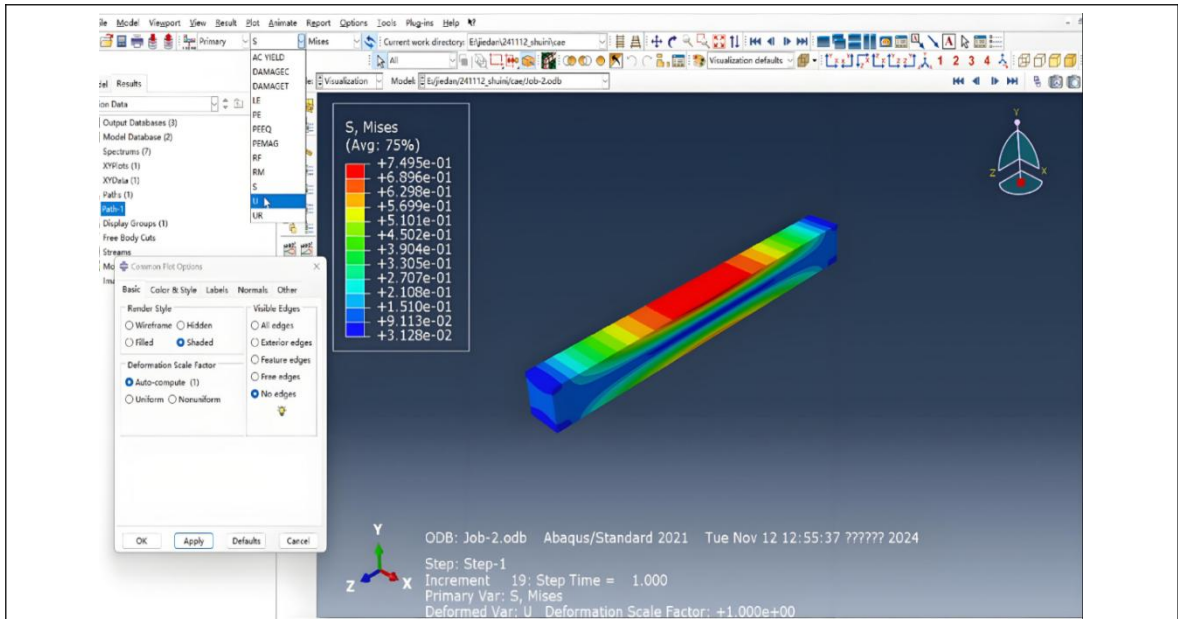


图 8-SolidWorks 结构受力分析

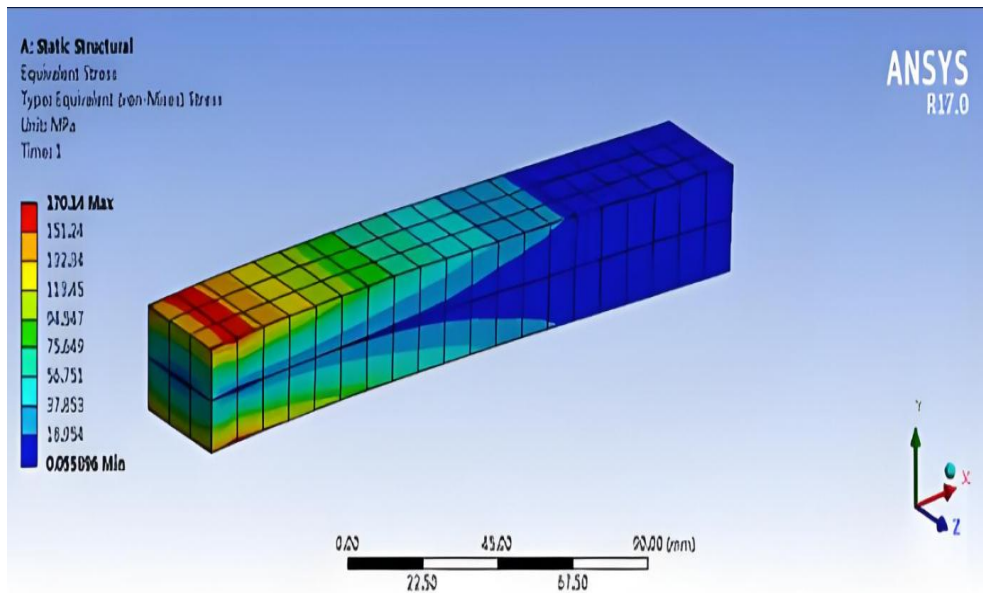


图 9-ANSYS 结构受力分析

4.3 工艺设计

4.3.1 工艺数字化设计

(1) 存在的问题

水泥制品“小批量、多品种、定制化”的特性，使得传统依赖人工经验和纸质化流程的工艺设计效率极低。例如新型特种水泥制品或异形水泥构件，其工艺参数确定常需大量反复试验，像特殊建筑用的高精度水泥预制梁，从配比到养护参数的摸索，往往耗费数周甚至数月时间。同时，物理样机试制成本高昂，如高性能水泥基复合材料的性能验证，单次就可能消耗大量特殊添加剂等昂贵原材料，成本高达数十万元。

此外，工艺知识管理混乱，像水泥煅烧温度曲线、外加剂适配参数等关键数据，分散在不同部门或个人手中，缺乏统一管理，导致技术传承困难，重复设计频发。工艺设计与产品研发、生产执行之间协同性差，一旦水泥配方优化，生产环节的搅拌时间、成型压力等若不能及时调整，就会造成产品质量波动，甚至使生产线停滞。面对多样化订单需求，传统工艺设计难以快速响应，不同规格水泥制品生产切换时，常需重新设计生产流程与工装，柔性生产能力严重不足。

(2) 场景改造思路

制在水泥制品行业数字化转型中，多场景技术应用助力显著。

标准与模块化设计方面，制定覆盖水泥配方、成型等环节的统一工艺标准，减少人为误差。将水泥管、预制板等常见制品模块化，依项目需求灵活组合，如设计不同规格水泥管时，基于标准模块快速调参，提升设计复用性与效率。

数字化工具应用场景下，运用 CAM、CAE、CAPP 软件实现工艺设计数字化。借 CAE 模拟制品工况性能，优化参数降低试错成本；利用低代码或 AI 辅助设计系统自动生成工艺文件，如通过低代码平台搭建特定制品工艺编制流程，大幅提升效率。

知识管理与智能化场景中，搭建工艺、模具等知识库，将典型制品

生产工艺、模具设计等知识结构化，如构建不同强度水泥配方库。依靠 AI 算法自动调用并优化推荐知识，为新型制品设计提供智能方案。

数据贯通与协同场景里，建立涵盖原材料、工序、设备等的统一工艺数据标准，打通 CAD、CAE 等系统数据壁垒，保障设计到制造全流程数据流通。借助工业互联网或 PLM 系统，实现工艺数据集中存储、版本管理与动态更新，消除数据孤岛，促进协同，确保设计制造无缝对接，推动行业数字化升级。

(3) 场景案例

某企业基于某参数化建模软件辅助开展工艺工装设计及优化、基于计算机 MDS 辅助开展工艺布局规划设计及优化，通过 PLM 与产品设计实现信息交互及并行协同设计。

工艺数字化设计

某水泥企业大力推动数字化转型，在工艺设计方面深度运用先进计算机技术。借助 Creo Parametric，对水泥制品模具与窑炉布局等工艺工装展开设计优化。通过构建精准三维模型，模拟实际生产场景，提前解决潜在问题，让工装设计更合理、精准。运用 MDS 辅助规划厂区生产线布局与物料运输路线，经物流、产能等多因素模拟分析，实现资源高效配置。

企业引入 PLM 系统，实现对水泥工艺文档、物料清单（BOM）数据、生产流程及工艺件的结构化管理。系统全面管理文档类型、审批状态、创建人及时间等信息，确保数据可追溯，严格控制共享与权限，保障数据安全。工艺资源库在 PLM 系统中高效存储、实时更新，涵盖水泥配方、设备参数等关键资源，方便查询调用。

利用 PLM 系统的知识管理模块，企业搭建典型工艺库，录入普通水泥砖、标准水泥管等常见制品的成熟工艺。通过复制典型卡片，便捷重用典型工艺，进而开展装配 BOM 和机加 BOM 的分工或并行设计，整合形成整机 PBOM，推动多专业协同设计。PLM 系统的工艺文档完成

发布后，自动传输至 MES 系统，生产现场人员能通过 MES 看图模块，在线实时查看工艺过程卡与作业指导书，严格按标准工艺操作，提升生产效率与产品质量。



图 10-工艺设计知识库

4.4 计划调度

4.4.1 生产计划优化

(1) 存在的问题

由于水泥制品应用场景广泛，市政工程所需的水泥管、预制构件规格大且需求集中，而家装市场偏好小规格水泥砖等产品，加之客户对产品强度、耐久性等性能要求个性化强，如水利工程对水泥抗渗性要求高，导致生产计划需频繁切换不同生产线与工艺。与此同时，市场需求波动剧烈，季节性变化、政策对基建项目的影响，使得订单需求起伏不定，紧急订单插单现象频发，进一步打乱生产节奏。

产线的频繁切换不仅难以形成稳定的生产节奏，导致计划调整成本高昂、生产延误，还降低了设备利用率，增加能耗与维护成本。此外，水泥制品生产涉及水泥、砂石、添加剂等多种原材料，部分原材料供应不稳定、价格波动大，且库存管理粗放，无法为生产计划制定提供准确依据，严重影响计划执行的稳定性。

(2) 场景改造思路

水泥制品行业通过多技术融合实现生产计划系统智能化改造：运用多目标多约束求解、机器学习等技术，整合多维数据构建生产计划系统，自动生成主计划并合理分配产能；打通 ERP、MES 与仓储系统数据接口，利用动态排产算法应对生产扰动，实现异常自动处理；应用数字孪生技术模拟生产线，提前识别瓶颈并优化，推动企业从经验驱动转向数据驱动，有效缩短订单交付周期，提升客户响应速度。

(3) 场景案例

某水泥制品企业此前依靠人工制定生产计划，存在信息滞后、产能估算不准、配桩不合理等问题。引入智能生产管理系统后，在订单需求合并、产能评估、配桩计划制定和生产排程等环节进行优化，生产效率显著提升，库存积压减少，订单交付周期大幅缩短。

基于数据驱动的计划优化

某企业是一家位于浙江杭州的水泥制品生产企业，在行业内处于领先地位，专注于水泥制品研发与生产，其产品广泛应用于各类建筑工程。然而，随着业务规模扩大，传统生产计划模式的弊端逐渐显现。

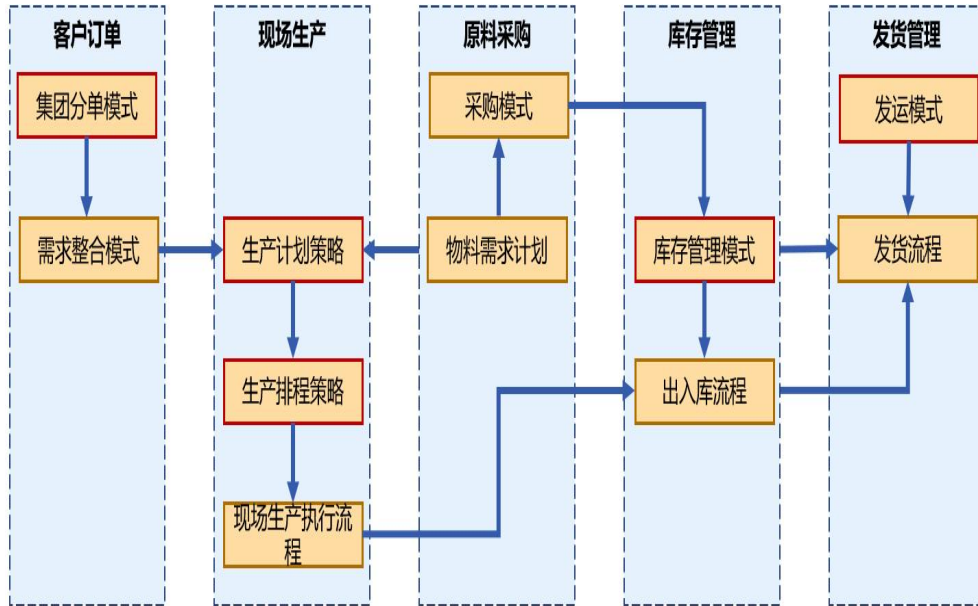


图 11-计划流程图

在生产计划制定方面，该企业过去依赖人工经验。例如，在接到一个大型建筑项目的水泥桩订单时，计划员需要综合考虑订单需求、库存状况、设备产能等多方面因素来安排生产。但由于信息获取不及时且不准确，常常出现问题。如一次某项目急需一批特定规格的水泥桩，计划员因未及时掌握准确库存信息，按照经验安排生产，结果生产过程中发现关键原材料库存不足，导致生产中断，延误了交付时间，给企业带来了经济损失和声誉影响。

同时，人工进行产能估算也存在很大误差。企业在评估某条生产线的产能时，以往采用总长度估算方式，未充分考虑设备实际运行效率、模具更换时间等因素。在生产高峰期，这种估算方式使得计划产量远超实际产能，造成大量订单积压，客户满意度下降。

此外，传统模式下的配桩过程也问题重重。配桩策略过度依赖计划员个人经验，缺乏科学规划。例如在处理不同长度需求的订单时，未能

合理搭配桩节，导致生产出大量不符合实际需求的桩节，不仅增加了生产成本，还造成了库存积压。

为解决这些问题，该企业引入智能生产管理系统。在订单需求合并环节，系统自动接收来自各个渠道的订单数据，通过智能算法快速整合，去除重复需求。比如在某一时期，企业同时接到多个来自不同地区的小型建筑项目订单，系统能迅速将这些订单中相同规格的水泥桩需求合并，生成统一的生产需求，为后续排产提供准确依据，提高了生产效率。

在产能评估方面，系统结合设备实际运行数据、模具数量及工人排班情况等多维度信息，精确计算各地模池的产能。以某型号水泥桩生产为例，系统根据设备的历史生产数据，考虑到设备维护时间、模具更换频率等因素，准确评估出该生产线在不同时间段的产能，为生产排程提供了可靠的数据支持。

生产订单计划制定过程中，系统根据订单需求和产能评估结果，运用优化算法制定配桩方案。在接到一个包含多种长度需求的水泥桩订单时，系统优先考虑库存情况，结合生产工艺和成本因素，自动计算出最优的配桩组合，减少了夹具换装次数，提高了生产效率。同时，系统还会根据生产实际情况，提前规划生产时间，预留一定的插单裕量，以应对紧急订单。

在生产排程制定环节，系统根据日生产计划，将生产任务精确分派到各类设备。通过对生产流程的模拟和优化，系统确定了每个地模池的装节策略和生产顺序。在安排某批水泥桩生产时，系统根据订单需求和地模池的实际情况，合理安排不同长度桩节的生产位置，使地模池的空间得到充分利用，提高了生产效率。

生产排程结果					KW08	KW08	KW08	KW08	KW08	
					工作安排	周三	周四	周五	周六	周日
					班次	2	2	2	休息	休息
					1班	早班	早班	早班	休息	休息
					2班	晚班	晚班	晚班	休息	休息
					3班	休息	休息	休息	休息	休息
					工作小时数	16	16	16	0	0
工厂名称	地模	地模名称	产品	产品长度						
兆康湖州工厂	CX-A01	A01-400-350-12	T-FZ-AB400-350-15	15	43	31	18	11	49	
兆康湖州工厂	CX-A01	A01-400-350-12	T-FZ-AB400-350-14	14	13	7	22	13		
兆康湖州工厂	CX-A01	A01-400-350-12	T-FZ-AB400-350-13	13				38	10	
兆康湖州工厂	CX-A01	A01-400-350-12	T-FZ-AB400-350-12	12						
兆康湖州工厂	CX-A01	A01-400-350-12	T-FZ-AB400-350-11	11	8	41	32	13	21	
兆康湖州工厂	CX-A01	A01-400-350-12	T-FZ-AB400-350-10	10	28					

图 12-日计划结果页面

通过实施这套智能生产管理系统，该企业的生产计划制定更加科学合理，生产效率显著提升，库存积压明显减少，订单交付周期大幅缩短，客户满意度得到了极大提高，成功实现了生产计划的优化升级。

4.4.2 智能排产调度

(1) 存在的问题

水泥制品行业的智能排产调度面临多重复杂挑战，主要表现为需在设备产能、原料供应稳定性、工艺连续性等刚性约束下，平衡生产周期、模具周转率、能源消耗等多重优化目标，而传统人工排产难以有效处理这些非线性关系导致计划冲突频发。突发性订单变更或设备故障等动态扰动频繁打乱原有排产节奏，产线切换时模具清洗更换、蒸汽养护参数重置等工艺准备环节耗时过长，进一步加剧调度复杂度。此外，水泥制品固化时间、温湿度控制等特殊工艺要求与设备协同作业之间存在耦合关系，导致柔性调度空间受限，而原料库存波动与多品种生产需求的不匹配性也增加了排产系统的动态响应难度。

(2) 场景改造思路

水泥制品行业的智能排产调度改造需深度融合高级计划与排程系统（APS），通过集成 MES、ERP 及物联网数据，构建基于设备产能、原料

库存波动、工艺路径固化（如模具周转周期、蒸汽养护时长）等多约束的动态排产模型，将窑炉温度控制、搅拌机参数、养护室占用状态等实时生产数据纳入优化变量，自动规避设备超载或工艺冲突风险。针对多目标优化需求，采用多目标遗传算法或深度强化学习技术，在交货紧迫性、模具利用率、窑炉能耗成本等冲突目标间动态寻优，生成保交付优先或成本最优的差异化排产方案，并支持根据订单紧急程度或设备健康状况实时切换策略。通过实时对接原料仓传感器与物流系统，动态追踪骨料含水率、水泥库存等关键参数，当突发原料短缺或养护参数异常时，系统自动触发分段式重排产逻辑，同步调整搅拌工序优先级与养护线分配，减少产线空转。此外，通过机器学习挖掘历史生产数据中的设备效能拐点与能耗最优区间，为窑炉启停策略、养护时长弹性调整提供决策支持，实现资源效率与工艺稳定性的协同提升。

(3) 场景案例

某企业通过 APS 信息系统实现单个地桩生产订单的地桩配桩优化以及地模内不同长度订单的生产组合策略优化。

车间智能排产

某企业 APS 系统通过与 ERP、CRM、MES、WMS 的系统集成，实现地桩的智能化排产，公司线上获取订单需求，APS 系统依据地桩销售计划、生产和采购计划横向贯通；月度计划、周度计划、3+2 日滚动计划纵向贯通的体系原则，结合物料库存情况智能生成物料采购清单且线上发送给 ERP 系统。物料需求发出后，系统根据成品、半成品、在制品数量运算需要进行生产的产品数量，针对生产线的有限产能进行理论排产，根据各级生产阶段的工艺人员时间，针对瓶颈资源的优化，自上而下智能计算出排产计划。

工厂内各类系统均实现与 MES 的数据对接，在接到排产计划后，智能派工模块通过有限产能预排和辅助确认分析具体产线历史预测与实际的偏差概率，考虑产能约束、人员技能约束、物料可用约束、工装模

具约束来自动配比各产线的生产任务，并发放工单至产线机台，生成具体的排产工单，生产过程中所有数据均可采集汇总，实时显示在MES系统中。

产线评估 | 产线评估结果

产线评估计算 开始日期 - 结束日期 作业区域 零件号 设备 项目 编辑

产线评估结果表 - 总装

工厂名称	地线	项目	2月16日 KW08 周三	2月17日 KW08 周三	2月18日 KW08 周三	2月19日 KW08 周三	2月20日 KW08 周三	2月21日 KW08 周三
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A01	客户需求量	650	571	566	612	904	651
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A01	产线工作时间	16	16	16	16	16	16
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A01	应用工作按数量	2	2	2	2	2	2
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A01	工作时间的总产量	700	700	700	700	700	700
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A01	理论最大产量	750	750	750	750	750	750
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A01	平均拖塔配置人头数	40	40	40	40	40	40
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A01	产线工作时间 (修正)						
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A02	客户需求量	650	785	579	682	567	577
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A02	产线工作时间	16	16	16	16	16	16
<input type="checkbox"/> 兆康湖州工厂	CX-A02	应用工作按数量	2	2	2	2	2	2

图 13-排产工单

4.5 生产作业

4.5.1 人机协同制造

(1) 存在的问题

水泥制品行业复杂的生产工艺（如人工操作完成钢筋加工以及模具安装）高度依赖人工作业，传统人机协同效率低且安全隐患突出，导致效率低、精度差，难以满足标准化生产要求；此外设备智能化功能缺失，现有设备难以实现无级调节（如钢筋间距动态调整）、自适应避让（如门窗洞口）等复杂工艺需求，需频繁人工干预。

传统制造过程设备互联水平不高导致设备信息孤岛，由于设备状态数据、生产过程数据不能实时掌握，导致人与机器的协同效率差，生产管理决策缺乏有效的数据支撑，生产效率低。

(2) 场景改造思路

采用协作机器人、行业成套装备、人机交互设备、新型传感器等智能装备，应用 AR/VR、机器视觉、人工智能等技术，动态优化人机分工，提高机器与人员的交互、协作能力，实现智能钢筋加工、水泥打浆、浇灌、蒸养等作业高效组织和人机自主协同，减少操作失误率，增加制造效率。

(3) 场景案例

某企业应用先进自动化设备，辅助操作人员进行管桩生产，降低人员劳动强度，提高管桩生产效率与产品质量。

人机协同制造

某企业应用计量平车、泵机、顶升平移机、链条机自动化生产线等先进自动化设备，完成管桩的切割、焊接等关键工序。采用计量平车与泵机联动系统，实现管桩原料的精准计量与输送，顶升平移机搭载磁吸定位模块，配合伺服驱动系统实现管桩模具的毫米级精准定位与快速换模。通过智能控制系统根据预设的参数对设备进行精确控制，定制化 HMI 界面，集成设备运行监控、工艺参数修改、异常处理指引三大核心

功能，大大提高了人机协同的效率。

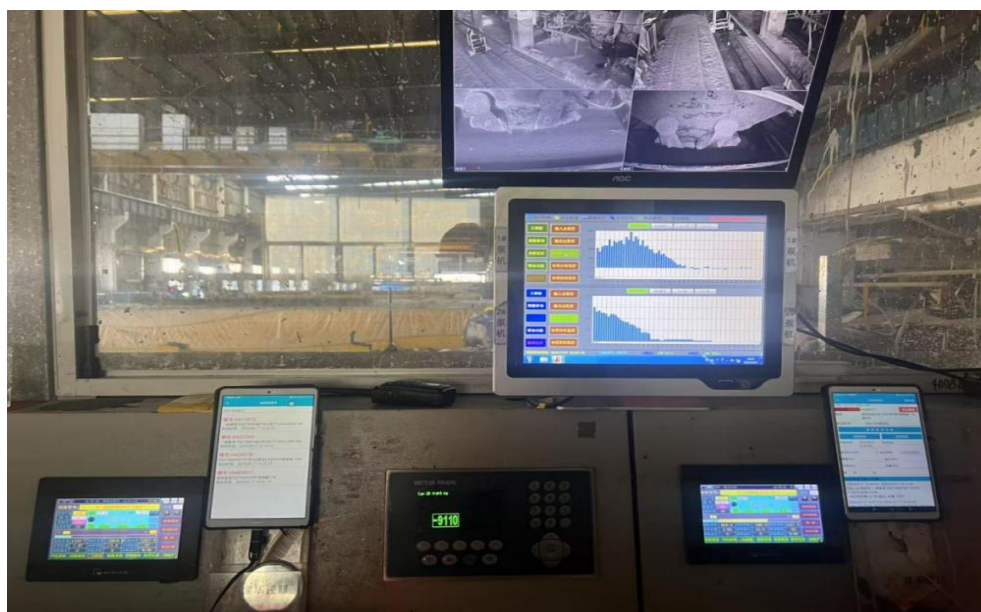


图 14-车机管桩人机协同

4.5.2 先进过程控制

(1) 存在的问题

在水泥制品行业构件养护领域中，传统养护方式存在诸多痛点（如养护质量不稳定是一大难题），严重依赖人工经验与试错法，并且凭借人工经验和手动操作调节温湿度，很难做到精准控制，致使构件养护效果差异大，造成能源浪费。

工艺优化常需兼顾质量、成本、能耗等多目标要求，需要同时优化多个相互制约的指标，传统方法难以有效平衡，也易忽视能耗、排放、材料利用率、良品率等要求。

(2) 场景改造思路

部署智能化立体养护窑系统，应用高精度传感器（如红外测温仪、激光测量仪等）实时监测工艺结果，动态修正参数，实现工艺的在线反馈与闭环控制；整合环境温度、湿度等历史工艺数据与专家经验，形成标准化参数库。

搭建数据驱动的工艺动态优化系统、生产过程全流程一体化管控平台等，通过边缘计算平台协调养护窑设备的参数联动，找到最优的工艺参数组合。

融合设备物理模型与实时生产数据，建立工艺参数优化模型，实现工艺过程和设备参数在线优化，提高产品质量一致性。

(3) 场景案例

某企业通过应用智能化养护窑系统，实现对养护窑内部环境的自动控制条件，避免不必要的蒸汽消耗，提高养护效率。

先进过程控制

某企业通过智能养护窑控制系统，实现对养护窑内温湿度的动态调控。当外界环境温度产生波动时，养护窑的控制系统会迅速作出响应，蒸汽流量自动控制通过控制蒸汽进入流量的大小，对窑内温湿度进行动态调节。流量调节阀根据预设的温湿度曲线以及实时采集的外界温度数据，自动调整开度，确保蒸汽以恰当的量进入养护窑，维持内部环境的稳定。并且当外界温度条件适宜，其养护效果可以达到蒸汽养护的效果时，系统自动触发关闭机制，关闭蒸汽输送阀门。养护窑便切换至自然养护模式，利用外界自然环境的温度和湿度条件，继续对构件进行养护。这种从蒸汽养护到自然养护的自动切换，不仅实现了工艺流程的自动调整，极大地提高了养护效率。



图 15-养护窑动态优化界面

4.5.3 数智精益管理

(1) 存在的问题

水泥预制品行业企业多已引入精益生产管理，但仍面临数据割裂、执行滞后与资源浪费等诸多的挑战。包括有生产过程中的等待、库存、运输等浪费缺乏实时数据支撑，资源浪费难量化，生产现场的质量问题依赖人工记录与追溯，分析周期长，依赖人工经验识别效率低下。传统价值流分析为静态模型，传统精益工具缺乏实时数据支撑，难以实现人、机、料的精准管控，以及及时响应如设备故障、订单波动等动态变化，流程优化滞后。改善活动多基于局部经验，缺乏全局数据分析和科学决策支持。部门间数据孤岛严重，跨职能协同困难，协同效率不高。

(2) 场景改造思路

依托 MES 系统，应用六西格玛、6S 管理、定置管理等精益工具和方法，将精益管理理念与大数据、云计算、人工智能等数智技术深度融合，打破传统精益管理模式中经验依赖与静态优化的局限性，实现全流程的动态精准控制与资源效率跃升。

通过 MES 集成 ERP、WMS 等业务系统数据,确保业务横向的高效协同,实现对原材料储备风险、原材料价格上涨带来的成本控制风险、客户订单执行与交付风险等环节的分析与预警;生产执行风险方面,通过物联网技术对关键设备、生产场所环境的关键指标的数据采集,横向与工艺要求、生产执行过程进行横向贯穿,实现对设备安全状态风险、现场环境不达标带来的产品质量风险、生产场所的安全与环保风险进行有效的预判与自动控制,从根本上提升生产执行过程中风险应对的能力。

(3) 场景案例

某企业在精益生产管理理念驱动下,基于 MES 系统整合多个业务系统数据,精准监控原材料的使用情况,实现按需采购,减少库存积压和浪费,降低原材料成本。

数智精益管理

某企业集成 MES、混凝土生产控制系统、WMS 等业务系统,实现了智能工厂全流程的紧密连接,从而实现了精益数智化管理。同时,企业借助系统进一步深挖数据价值。从多个系统中精准抽取各类关键数据,涵盖主数据(如客户、供应商、人员等信息)、财务数据、销售数据、供应链数据、生产数据以及设备运行数据等。这些海量的数据经过深度处理与分析,通过设备运行数据的可视化,管理者能及时发现设备潜在故障隐患,提前安排维护保养,避免生产中断;依据供应链数据的直观展示,可优化采购计划,降低库存成本。



图 16-数智精益管理可视化界面

4.6 质量管控

4.6.1 在线智能监测

(1) 存在的问题

水泥制品行业质量管控的在线智能监测存在多重瓶颈，生产环境粉尘浓度高、设备表面温度波动剧烈，导致在线测量仪器的光学镜头易被生料细粉污染或热辐射干扰，影响视觉检测系统的精度稳定性；关键环节如生料磨的颗粒级配、窑内煅烧带温度场分布等质量参数仍依赖人工取样离线化验，数据反馈滞后，难以及时调整辊压机辊缝或窑头喂煤量，导致游离氧化钙含量超标问题常在熟料产出后才发现。

中小型企业受限于检测设备投入，对辊压机辊面微裂纹、篦冷机篦板变形等缺陷缺乏X射线探伤或三维激光扫描能力，仅凭卡尺测量与目视检查易漏检辊面剥落前兆。质量数据分散在LIMS系统、DCS控制曲线及纸质记录中，未能实现数据值偏差的实时关联分析。传统检测手段与生产控制脱节，如水泥粉磨工序的比表面积在线检测仪采样频率不足，难以动态调整选粉机转速，造成成品颗粒分布均匀性不达标却仍需批量返磨，额外增加能耗成本。此外，进口高端检测设备的运维技术门槛高，部分企业因缺乏专业调试能力导致检测数据漂移。

(2) 场景改造思路

水泥制品行业的在线智能运维场景改造需深度融合多模态感知与闭环控制体系，在关键工序采用视觉检测、激光轮廓检测、超声检测、传感器等，构建覆盖关键工艺节点的质量在线检测。采用边缘、云端协同计算架构与轻量化AI模型，在产线边缘端完成实时数据处理与缺陷判定，降低传输延迟。同时，通过数字孪生技术构建虚拟检测环境，模拟不同工况下的缺陷演化规律，动态优化检测阈值与算法参数。

通过5G+工业互联网实现全链路数据互联，记录检测过程，确保质量追溯的可信性，并打通检测数据与生产控制系统的闭环链路，将缺陷类型、位置及成因实时反馈至MES/PLC系统，触发自动分拣、工艺参数

调整或设备维护指令。

(3) 场景案例

某企业通过机器视觉质量设备利，与 MES 数字化工厂管理系统进行数据联动，实现了现场生产产品的质量提升。

在线智能监测

某企业通过由图纸数据接收模块、3D 视觉模块、工控边缘计算模块、扫描运动控制模块、人机交互平板组成的视觉质检系统，实现对预制构件的质量检测。通过视觉质检系统的 2 个相机的协同工作，对构件进行全方位的扫描。在扫描过程中，相机能够获取的构件的表面信息，然后机器视觉质检系统将这些数据与图纸信息对比。两个数据对比，满足质量精度要求的输出合格，不满足的输出不合格。通过先进的图像处理 and 识别算法，系统能够准确识别产品的边模、预埋和钢筋位置等关键信息，并将识别的结果传输至 MES 系统中。

系统还具备隐检照片自动存档功能。在质检过程中，系统会自动拍摄产品的隐检照片，并将这些照片与对应的模台号和构件图号进行绑定。因此每一张照片都有了明确的归属和标识，方便后续的质量追溯和数据分析。



图 17-在线智能监测界面

4.6.2 质量追溯与分析改进

(1) 存在的问题

水泥制品行业质量追溯与分析改进存在系统性瓶颈，生产全流程数据分散在 ERP、MES 及 SCADA 等独立系统中，例如生料配比数据与窑炉温度曲线分属不同平台，追溯熟料游离钙超标问题时需人工跨系统调取原料硅率值、烧成带热工参数等关联信息。质量检测数据利用率不足，如水泥粉磨工序的比表面积在线检测仪虽每分钟产生 300 组数据，但仅用于实时报警而未与磨机钢球级配参数联动分析，导致颗粒级配优化滞后于质量波动。跨部门协同机制缺失，当包装袋破损率异常时，设备运维部门无法实时获取生产线振动频谱数据与包装机张力设定值的关联曲线，难以判别是机械传动故障还是工艺参数失调。

追溯可信度受制于数据治理缺陷，部分企业窑尾烟气 NO_x 浓度数据与生料配料记录存在时间戳偏差，无法精准溯源硫碱比失衡成因，更曾出现篡改化验数据逃避质量追责的案例。质量改进缺乏闭环，如篦冷机液压系统漏油故障虽在运维系统记录，但未反向触发供应商密封件材质检验标准修订，同型号密封圈 3 个月内重复失效达 17 次。核心工艺环节的数据分析深度不足，对回转窑筒体椭圆度超标问题，仅依靠人工经验调整托轮而未建立筒体温度场-应力分布的数字孪生模型，导致校正作业效率低下。

(2) 场景改造思路

建立“精准追溯-智能分析-闭环改进”的全链路质量管理体系(QMS)，依托该系统，应用条码、二维码、RFID、5G、标识解析、区块链等技术，实现原料、设计、生产、使用等质量相关数据的实时采集与存储，通过一物一码对产品全生命周期数据绑定，并支持质量问题的全面记录与跟踪，确保问题可追溯。通过 MES 系统在水泥搅拌、养护等工序中实时关联工艺参数、设备状态及操作人员信息，实现从原材料到成品出库的完

整信息流的追溯与分析，推动质量管控从被动应对向主动预防转型，提升产品质量管理效率和准确性。

整合 MES、SCADA 等多系统数据，构建以部件唯一码为索引的质量大数据中心，通过图数据库建立多维度追溯模型，可正向追踪部件流向、反向定位缺陷根源；引入质量机理分析技术，利用信息系统自动关联多维度信息，深入探究质量问题的根本原因，形成结构化质量知识库，并通过数据分析和知识库的运用，进行产品缺陷分析，提出改善方案。也可结合 AI 驱动的根本原因分析模型，自动生成缺陷成因报告并推送至生产端优化工艺参数，形成“数据采集-异常拦截-根因分析-工艺优化”的闭环管理。

(3) 场景案例

某企业通过全周期质量追溯体系，解决了产品异常追溯困难，难以快速定位根源；质量数据分散在各部门和环节，缺乏统一管理与整合等问题。

质量追溯与分析改进

某企业在装配式预制构件的生产环节，依托构件唯一的二维码身份标识，构建了全周期质量追溯体系。通过扫码可瞬时调取从设计源头到成品验收的全维度数据，包括 BIM 模型版本迭代记录、隐蔽工程云存档影像、成品检测参数等。MES 系统进一步运用数据挖掘技术，建立质量关联规则模型，自动预警高频缺陷风险（如特定供应商批次与预埋件偏移的强相关性）。同时验收过程中产生的各类检测数据，均被妥善保存于 MES 系统中。

此外，通过 MES 系统内部数据库集成功能，能够预览到构件生产过程中更为丰富的关键数据，如混凝土配合比详情、砂石检验数据以及混凝土试块检测数据等。实现了装配式预制构件全流程质量数据的可查询、可追溯，为产品质量提供了坚实的保障。



图 18-产品质量追溯和配合比试块检测界面

4.7 设备管理

4.7.1 设备运行监控

(1) 存在的问题

水泥制品行业中，设备运行监控体系面临系统性短板，突出表现为数据感知盲区、分析能力薄弱与健康管理体系缺失。以蒸养窑传动齿轮箱、球磨机轴承、搅拌机减速器等核心设备为例，现有监控手段仅依赖单点振动传感器及人工点检，无法完整捕捉设备全域运行特征（如齿轮啮合相位异常、轴承滚珠磨损等隐性故障），数据采集不足。设备状态参数（振动频谱、温度梯度、电流谐波）分散在 PLC、MES 及离线检测系统中。传统阈值报警机制仅监测基础参数，但忽视设备综合健康状态评估。行业普遍缺乏针对高温窑车轴承寿命预测（基于振动包络谱分析）、液压系统密封件剩余寿命评估（油液颗粒度趋势拟合）等场景的数字化模型，设备维护仍沿用固定周期保养模式，实际运维成本超出预算且停机风险居高不下。

(2) 场景改造思路

在水泥制品行业中，设备运行监控体系围绕原料破碎、蒸养养护、搅拌成型等核心工艺环节展开智能化升级。针对行业典型设备隐患，构建全域感知网络。通过 5G 边缘计算网关实现多源数据（振动波形、温度梯度、电流特征）的毫秒级数据传输，运用多模态融合算法挖掘设备劣化关联特征。

基于设备全生命周期数据湖，构建水泥制品行业特有的健康评估知识图谱，整合设备运行过程的历史数据，结合实时运行特征，通过大数据模型预测设备剩余寿命。构建设备故障案例知识库，结合设备 OEE 数据，动态优化设备的维保策略。

通过三维可视化平台实时映射设备运行态势。系统同步生成设备健康指数报告，结合设备维修经济性模型，智能推荐最优维护方案。

(3) 场景案例

某企业基于 SCADA 的构件生产线实时监控系统，在线监控设备运行数据并实时分析，识别设备的早期故障迹象，提前安排维护计划，避免设备突发故障导致的生产中断和损失。

构件生产线实时监控

某企业通过“5G+边缘网关”实现工厂设备层的智能化仪表、各类控制器、PLC、I/O 控制器等设备数据的采集。各个数据采集端的节点传感器负责将生产中的各工序实时状态参数和批次信息采集归类，为整个监控系统提供生产数据来源。传感器在感知层时刻按照需要对各种生产过程信息进行检测，再把大量检测数据通过网络传输介质和工业端口协议反馈至构件生产控制系统（即构件生产 SCADA 系统）。

构件生产 SCADA 系统利用先进的可视化技术，将从智能化仪表、各类控制器、PLC、I/O 控制器等采集来的数据，实施呈现出来。方便管理人员实时掌控设备状态。

构件生产 SCADA 系统运用机器学习算法对设备运行数据进行分析，建立设备故障模型，实现设备异常的早期预警和诊断。当设备出现异常时，及时向相关人员发送警报信息。最终实现对设备的远程控制和参数调整，优化设备运行状态，提高生产效率和产品质量。



图 19-生产线实时监控界面

4.7.2 设备智能运维

(1) 存在的问题

水泥制品行业的设备智能运维面临维护效率不足、故障处理滞后与资源调配失衡等现实困境。传统人工巡检与计划性检修模式难以精准匹配设备实际损耗状态，例如生料立磨的磨辊衬板磨损程度判断依赖操作人员敲击听声或周期性停机拆卸测量，易出现衬板剩余寿命误判，导致过度更换增加配件消耗成本，或因磨辊突发剥落引发振动超标、磨机跳停，造成生料制备工序中断；回转窑轮带与托轮接触面热斑形成缺乏在线温度场监测，仅凭红外点温仪抽检难以捕捉局部过热演变过程，往往在轮带表面出现裂纹后才组织抢修，迫使停窑冷却检修时间延长，影响熟料线运转率。设备运行数据分散在DCS系统、纸质点检表及不同品牌的振动分析仪中，关键参数如辊压机轴承振动趋势、篦冷机液压缸压力曲线未能整合分析，导致类似包装机计量秤气动阀反复卡涩的问题无法通过历史数据追溯润滑周期与气压波动的关联规律，每次故障均需重新测试调整。特种备件如窑头密封鳞片、篦冷机阻力板供货周期长达数月，但库存量设定未结合设备健康度预测，常出现区域性暴雨引发原料湿度变化导致破碎机锤头异常磨损时，因备件储备不足被迫降产运行，而闲置的进口减速机行星齿轮组件却因型号迭代产生呆滞库存，占用大量流动资金。

(2) 场景改造思路

水泥制品行业的设备智能运维场景改造应围绕数据贯通与智能决策展开，首先建立覆盖生料立磨、回转窑、辊冷机等核心设备的统一运维管理平台，集成DCS、振动传感器与红外热成像等多源数据，实时采集磨辊振动频谱、窑体温度场分布、篦床压力波动等关键参数，利用边缘计算模块在本地完成辊压机轴承振动特征提取与窑轮带热斑异常检测，通过阈值动态修正与趋势拟合提前预警衬板磨损寿命或托轮接触面裂纹风险。针对高温窑头区域部署轨道式巡检机器人，搭载高精度热成像仪

与气体检测模块，替代人工完成窑口耐火材料脱落监测及筒体表面温度扫描，同步将异常数据映射至数字孪生模型，结合历史维护记录与热力学仿真推演故障演化路径，自动生成窑系统降温降压操作指引与鳞片密封组件更换优先级清单。整合辊压机轴承失效案例与篦冷机液压阀卡涩记录，构建故障模式知识图谱，当包装机气动阀出现压力突降时，系统自动关联润滑周期、气压阈值设定偏差等关联因子，推送气路吹扫流程与密封圈规格匹配方案。基于设备健康度预测结果，联动生产排程系统在原料库低料位窗口期执行磨机衬板预防性更换，同时结合破碎机锤头剩余寿命动态调整备件采购计划，实现检修窗口与生产节拍的无缝衔接，减少非计划停机造成的熟料产能损失。

(3) 场景案例

某企业通过在设备关键工序部署高精度传感器实时采集设备数据，实时监测和故障预警，实现设备的故障率降低，有效减少了设备停机时间，保证产品质量。

设备智能运维

某企业通过 SCADA 系统对装配式预制构件自动化生产线实现了实时化、可视化的管理，当产线生产工序模块发生故障时，设备通过故障机理分析和建立的故障诊断预测模型，将故障信息传递到服务器，直接显示到管理系统可视化界面上，设备管理人员和生产监测人员能够及时从可视化界面获取设备故障信息，及时对设备进行定向维修。解决了以前没有故障预测时没有有效得故障提示带来得维修不及时和维修大量工时损耗在故障原因摸排上，造成得大量工作工时得浪费和工作时效得浪费。

同时通过设备转运系统传感器系统其他设备感应器相互协同，对设备有碰撞危险的状态进行预测性告警提示，并触发运转系统伺服器紧急停止运行状态，使转运系统紧急停止避让堆垛提升机，混凝土生产控制系统通过对气压传感器得数据采集和监测，对物料传输和搅拌过程得使

用得气压进行功能性预测，提醒设备管理人员进行空压机运转状态检修。该功能的实施消除了因设备协同不及时造成得设备事故，提升了设备得使用效率保证了生产效率。



图 20-设备故障预警监控界面

4.8 仓储物流

4.8.1 智能仓储

(1) 存在的问题

水泥制品生产原料繁杂，像水泥、砂石、外加剂等不仅种类多，用量也极大，而且原料供应商数量众多，使得供应链管理困难重重，难以确保原料供应的稳定与及时。同时，行业普遍采用传统平面仓库布局，空间利用率低，大幅增加土地与运营成本。大型水泥预制件仓储时，因其体积大、重量重，存放和搬运工作棘手，依靠人工操作，效率既低又容易出错，一旦发生货物积压或错放，会严重阻碍后续生产进程。此外，多数企业仓储管理仍依赖手工录入或半自动化手段，仓储管理系统(WMS)与生产制造执行系统(MES)、企业资源计划系统(ERP)未实现有效对接，数据传输滞后，库存信息无法实时更新，导致企业无法精准掌握库存情况，极易出现库存积压或缺货现象，进而致使供应链管理失衡。随着市场对水泥制品多样化、小批量需求的增长，传统仓储在货物分类、调度和交付方面灵活性欠佳，无法依据订单变化及时调整，严重影响生产效率与客户满意度，难以契合柔性化生产需求。。

(2) 场景改造思路

水泥行业可通过多方面举措实现智能仓储的数字化、网络化和智能化改造。在仓库布局与空间利用场景，构建智能化、高密度的仓储管理系统(WMS)，利用穿梭式货架等自动化货架系统改变传统平面布局，借助 WMS 智能库位分配算法，依据水泥制品及原料的尺寸、重量、使用频率等特性合理规划存储位置，运用 RFID 或二维码对水泥袋、预制件等物料进行标识，实现从原材料入库到产品出库的全生命周期追踪，提升空间利用率与拣选效率。物料搬运场景中，引入重载堆垛机与定制化 AGV 等自动化搬运设备，针对水泥预制板等大型部件设计专用夹具，并借助路径规划软件规划最优安全搬运路径，避免人工搬运安全隐患，提高搬运效率与精准度。在系统集成与数据协同场景，将 WMS 与 MES、ERP 系

统深度集成，实现数据实时同步，使生产部门及时掌握库存状态，依实际生产作业计划由 WMS 实现半自动或全自动出入库管理，同时在入库和拣货流程中采用射频遥控数据终端、声控拣货技术、按灯拣货系统，提高作业灵活性、操作效率并减少拣货错误，还建立动态仓储管理模型，基于市场需求信息与销售预测动态调整库存，助力企业合理制定采购、交付计划，避免库存积压或缺货，提高库存周转率，达成高效仓储管理。

(3) 场景案例

某水泥制品企业为生产完成后以堆垛形式存放于堆场的构件，自生产起就绑定关联其水泥标号、尺寸等关键信息的专属二维码，仓储时工作人员扫码即可获取构件参数，入库人员录入信息后，数字化工厂管理系统能自动分析推荐库位。数字化工厂管理系统可自动记录更新构件出入库操作，工作人员能随时查看最新库存数据，发货时输入构件信息，系统能快速定位其位置，减少查找时间，避免人工错漏，提高发货效率与准确性。

智能仓储

某水泥制品企业在生产与仓储管理中，构建了一套高效的数字化流程。当水泥制品生产完成后，最终以堆垛形式存放于堆场。从构件开始生产起，便为其绑定一个专属二维码，这一二维码如同构件的“身份证”，紧密关联着该构件的所有关键信息，诸如水泥标号、添加剂配方、制品尺寸、抗压强度以及生产日期等。

进入仓储环节，工作人员仅需使用手持设备扫描二维码，构件的详细参数便一目了然，为后续操作提供精准依据。入库人员借助设备录入构件入库信息时，数字化工厂管理系统即刻发挥作用，它依据所获取的构件信息，自动进行智能分析，推荐最为适宜的库位信息，实现预制构件入库堆放的科学规划，充分利用仓储空间。

数字化工厂管理系统具备强大的自动记录与更新功能，每一次构件的入库、出库操作，都能被系统精准捕捉并实时更新。这意味着，无论

何时，工作人员都能在系统中便捷查看最新的库存数据。

当面临发货需求时，工作人员只需在系统中输入构件的相关信息，系统便会迅速响应，精准定位该构件所在位置。这一智能化操作不仅大幅减少了查找构件所需的时间，还从根本上避免了人工查找可能出现的错漏，使得发货流程更加高效、准确，有力保障了产品交付的及时性与准确性，提升企业整体运营效率与客户满意度。



图 21-堆场实时数据

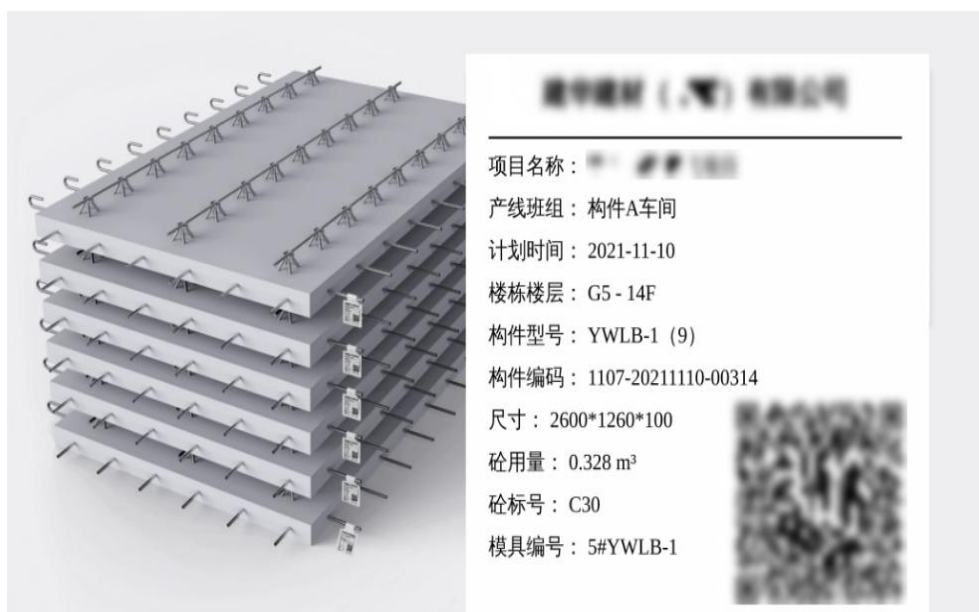


图 22-一物一码

4.8.2 精准配送

(1) 存在的问题

水泥制品生产原料繁杂，水泥、砂石、外加剂等不仅种类多且用量巨大，配送难度高。当前依赖固定路线与人工调度的传统模式，路径僵化，难以应对生产中的突发状况。比如水泥生产线因外加剂配送不及时而停滞时，运输设备仍按预设路线运送非紧急物料，致使生产中断加剧。同时，物料种类的繁杂导致配送错误率居高不下，像大型水泥预制件转运过程中，常因定位偏差与其他物品碰撞，造成产品表面损坏，影响产品质量。此外，跨系统协同存在严重不足，配送任务与设备状态、订单优先级无法有效联动。以某批特种水泥的紧急订单为例，由于无法及时促使物流配送调整运输任务，最终延误交付。并且，复杂的厂区环境，如多楼层车间、狭窄通道等，使得传统导航技术适应性差，路径规划难以灵活应变，极大地限制了物流效率。

(2) 场景改造思路

在水泥制品行业厂内物流配送环节的改造中，可从多方面着手实现数字化、网络化和智能化转型。

在智能调度与精准配送场景下，针对水泥制品生产原料繁杂、配送难度大的现状，融合智能算法搭建精准配送体系。通过对生产计划的深度解析，利用算法精准把控各类物料的配送时机，像依据不同水泥制品配方所需原料比例，结合生产节奏，保证水泥、砂石等关键原料按时到位，尤其是确保外加剂等关键件及时配送，防止因物料延误致使生产停滞。

智能设备升级与高效配送场景中，积极部署 AGV 小车、无人叉车等智能配送设备，并与信息系统紧密集成。凭借室内高精度定位导航技术，即便面对多楼层车间、狭窄通道等复杂厂区环境，这些设备也能精准行驶；借助物流路径动态规划技术，设备可实时规避拥堵路段，达成动态

调度；运用物流设备集群控制技术，实现对多台设备的统一管控，提升配送效率。例如在大型水泥预制件转运时，无人叉车能精准定位并搬运，降低碰撞风险。

系统集成与动态配送场景里，将数字化仓储设备、配送设备与信息系统进行整合，运用多目标路径规划算法。综合实时订单优先级，如特种水泥紧急订单优先安排配送；参考设备状态与交通拥堵数据，灵活动态调整 AGV 任务。同时，构建数字孪生物流模型，模拟厂区配送路径与交通流量，提前预判配送瓶颈，优化 AGV 调度策略，依照实际生产状态实时拉动物料配送，全方位提升物流配送的及时性与准确性，助力水泥制品行业厂内物流成功实现数字化、网络化和智能化改造。

（3）场景案例

某大型水泥制品厂因生产规模大、流程复杂而物料配送需求频繁，在高强度水泥砖生产中，AGV 小车依据生产计划，借助高精度定位导航与路径动态规划技术，在原料存储区精准抓取水泥、砂石等物料按时送达生产线，完成生产后又将成品搬运至仓库指定库位，面对紧急订单能调整任务优先级，并通过与信息系统集成实时反馈状态，实现厂内物流智能化、高效化，大幅提升生产效率与竞争力。

精准配送

某大型水泥制品厂，每日生产规模庞大，涉及多种水泥制品，从常规的水泥砖到大型的水泥预制板，生产流程复杂，物料配送需求极为频繁。

清晨，生产线上开始忙碌运作。厂内原料存储区，存放着大量的水泥、砂石以及外加剂等原材料。此时，一批高强度水泥砖的生产任务下达，根据生产计划，系统自动生成物料配送指令。AGV 小车迅速响应，它们配备了先进的室内高精度定位导航系统，即使在堆满各类物料、通道狭窄的原料存储区，也能精准规划行进路线，快速驶向指定原料存放点。

到达目的地后，AGV 小车通过与智能仓储设备的协同，精准抓取所

需的水泥、砂石料。装满物料后，AGV 小车沿着动态规划的最优路径，快速驶向水泥砖生产线。在行驶过程中，若遇到其他 AGV 小车或厂内运输车辆，其搭载的物流路径动态规划技术会自动调整路线，避免拥堵和碰撞，确保按时将物料送达生产线旁的暂存区，保障生产线持续高效运转，避免因物料短缺导致的停工。

当水泥砖生产完成后，AGV 小车又马不停蹄地投入到成品运输工作中。它们将整齐码放的水泥砖搬运至成品仓库，并依据仓库管理系统的指示，准确放置在相应库位。若遇到紧急订单，系统会重新调整 AGV 任务优先级，优先配送紧急订单的水泥制品，确保产品能够及时交付客户。整个过程中，AGV 小车通过与厂内信息系统的深度集成，实时反馈自身状态与任务执行进度，实现了厂内物流配送的智能化、高效化，大幅提升了生产效率与企业竞争力。



图 23-系统架构

4.9 安全管控

4.9.1 危险作业自动化

(1) 存在的问题

水泥制品生产涵盖原料制备、成型、养护、表面处理及搬运等核心环节，尽管部分企业引入基础自动化设备（如传送带、机械臂搬运），但在高危工序中仍存在人工依赖度高、安全防护不足、智能化水平低等问题，如破碎机、球磨机等设备在原料破碎与粉磨过程中，因高负荷运转易引发部件断裂（如颚式破碎机颚板崩裂），飞溅碎片威胁操作人员安全；开放式的投料口与输送带衔接处缺乏封闭设计，导致粉尘浓度超标，长期暴露易诱发尘肺病，且存在粉尘燃爆风险；预制梁、管桩等构件（吊装时），因吊具定位精度低，需人工辅助调整挂钩位置，存在吊物摆动撞击、钢丝绳断裂等致命风险；起重机操作视野盲区大，依赖地面指挥人员信号传递，误判风险高；

(2) 场景改造思路

在现场作业端张贴安全标识，应用安全光栅、安全护栏等方法，强化现场安全管控。

引入机器人自动化作业，全面推动危险作业的自动化替代。在高风险岗位如喷涂、打磨、养护等工序中引入自动化机器人或机械臂，减少人工操作。为工人配备智能头盔、智能手套等穿戴设备，其内置温湿度传感器、气体泄漏传感器、生命体征传感器等，能够实时监测作业环境和人员生理指标，并通过语音提醒、震动反馈等形式告知操作人员潜在的危险。

在危险作业区域安装传感器、摄像头等监控设备，建设智能作业单元实时监测作业状态，异常情况或潜在风险时，系统自动触发报警，提醒操作人员及时采取措施。增加远程监控和辅助作业功能，通过远程监

控平台实时查看作业现场的情况，并通过远程控制系统对作业设备进行一定程度的操作或调整，实现危险作业环节的少人化。

建设安全管控系统，根据预设规则和算法自动完成调整作业参数、启动或停止设备等部分危险作业任务，应用信息系统根据历史作业数据和实时反馈不断调整和优化作业策略，提高危险作业环节无人化程度。

(3) 场景案例

某企业针对高温蒸养窑内养护时，人工巡检需频繁进出高温环境，存在中暑、烫伤、蒸汽泄漏吸入风险；通过采用数字孪生、工业机器人、物联网智能传感等技术，实现高温养护窑内的自动巡检监测。

蒸养窑危险作业自动化

某企业在高温蒸养窑内养护时，通过部署轨道式巡检机器人系统，实现高温养护窑内的自动巡检监测，消除中暑、烫伤等职业健康风险，同时减少因养护不均导致的废品率，延长设备寿命。

轨道式巡检机器人系统中，耐高温机器人本体采用耐 120℃ 材料，搭载抗热震结构，适应窑内频繁温变环境；集成红外热成像仪，实时扫描窑内温度分布，识别局部过热或低温区导致的养护不均；通过气体传感器，检测蒸汽泄漏（如 H₂S、CO₂ 浓度超标）及氧气含量异常，联动报警系统。

轨道式巡检机器人系统集成数字孪生远程控制平台，基于构建蒸养窑数字孪生体，同步显示机器人位置、温度热力图、气体浓度梯度等；平台也支持平台直接调整蒸汽压力、温湿度设定值，避免人工进入窑内操作；结合历史数据与实时传感器反馈，AI 模型预判设备故障（如阀门堵塞、传感器漂移）。

4.9.2 安全一体化管控

(1) 存在的问题

在水泥制品行业中，安全管理面临多重挑战，集中体现为数据孤岛化、监测滞后性与应急协同不足等系统性缺陷。生产流程中，蒸养窑高

温养护、搅拌站粉尘作业、危化品存储等关键环节的安全数据采集存在显著盲区：蒸养窑内仅依靠稀疏测温点监测温度场，难以识别局部过热或蒸汽管道微泄漏；搅拌站密闭料仓未安装粉尘浓度传感器，导致粉尘爆炸风险无法实时预警；危化品库房缺乏酸碱泄漏监测装置，依赖人工每班次巡查，难以及时发现减水剂储罐渗漏。传统管控手段高度依赖纸质记录与人工巡检，导致设备异常发现不及时。

企业安全管理系统呈现碎片化特征，设备点检数据、环境监测指标（粉尘/气体浓度）、生产控制参数（窑压、切割速度）分散在独立平台，未能构建数据融合分析能力。安全管理责任体系亦存在模糊地带，蒸养窑安全阀校验、搅拌站急停装置维护等职责在安全主管、车间主任、班组长间交叉重叠。尽管部分企业制定《高温作业规程》《危化品管理手册》等制度，但实际执行中，作业人员未佩戴热辐射防护服、无人机巡检计划未按期执行等违规操作较多。

（2）场景改造思路

针对原料破碎、高温蒸养、危化品存储等高危场景，构建全域感知与智能联控体系是安全改造的核心路径，在高风险区域应用AI视觉识别技术实时识别未佩戴防护装备人员闯入危险区域等。

依托工业互联网平台构建水泥制品行业安全数据中心，集成蒸养窑运行参数（温度/压力/湿度）、设备振动频谱、人员定位数据（高温区域滞留超时报警）等多元信息流，开发行业专用风险评估模型。

搭建应急处置系统，实现安全风险的实时监控和预警，如部署集成烟雾、温度、气体泄漏等多种传感器的火灾探测和预警系统，实时监测车间和生产区域的火灾隐患，特别是在高温加工环境（如蒸养窑作业等）以及易燃化学品存储区域，自动触发应急响应措施，提高安全防护水平和安全事故快速处置能力，降低事故发生率和损失。

（3）场景案例

某企业通过安全管控识别系统实现生产现场实时自动监控，能够同

时对多个监控区域进行不间断监测，无需人工时刻盯守，大大减少了人力投入，提高了监管效率。

生产现场安全一体化管控

某企业安全管控识别系统是利用多感知融合多流水线处理技术对监控画面进行实时分析和识别。一旦系统发现生产现场的工作人员未按要求佩戴安全帽，系统将自动发出预警，提醒监控管理人员。同时，系统还会自动保存违规视频、现场地址和监控画面截图，并通知监控管理人员。

安全管控识别系统通过接入现场监控摄像头，对特定生产区域内工作人员的穿戴情况进行实时检测和分析，利用大量的数据训练和算法优化，能够准确识别、分析出工人的穿戴是否合规。当发现视频画面内出现人员违规时，将立即触发告警并抓拍、弹窗提示等，提醒管理人员及时处理。



图 24-安全管控系统实时分析界面

4.10 能碳管理

4.10.1 能源智能管控

(1) 存在的问题

在水泥制品行业的生产过程中，水、电、气等能源消耗占生产成本的比重较高，其中关键高耗能设备（如回转窑、球磨机、空压机）的能效管理问题尤为突出。以回转窑煅烧环节为例，窑温控制依赖人工经验，燃烧参数未能根据原料成分波动及生产负荷变化动态优化，导致燃料无效损耗占比过高。同时，全厂能源系统（高低压配电、空压站、循环水系统、除尘风机等）存在设备分散独立、运行数据孤岛化的问题：生料制备车间的用电数据与 DCS 系统记录的生产节奏无法匹配，难以追溯单位熟料能耗异常波动的原因；除尘风机在设备检修时段仍保持全速运行，待机时段空载耗电未被有效管控；老旧球磨机因缺乏实时能效监测，运行效率较新设备下降达 30% 以上，但能效评估滞后影响设备更新决策。各车间能源数据分散在独立的 SCADA 和 PLC 系统中，例如煅烧车间的燃气消耗与粉磨车间的电力负荷数据无法关联分析，能源生产信息可视化程度低，管理人员只能通过月度账单数据回溯能耗情况，无法实时掌握空压机群组运行效率或余热回收系统实际工况。

现场普遍存在能源浪费现象，原料破碎机在班次间隔期未切断供电持续空转，循环水泵未根据冷却需求调节频率，仅这两项每年电耗严重。传统的人工抄表管理模式导致能耗反馈滞后，无法支撑生产部门及时调整原料配比或优化煅烧曲线，企业级能源预测准确率较低，严重制约节能减排目标的实现。

(2) 场景改造思路

构建“感知-分析-优化”一体的能源智能管控体系，在关键耗能设备部署多模态传感器网络（回转窑、球磨机、破碎机），实时采集窑内煅烧温度、生料磨机负荷、风机风压等核心参数。对空压站、循环水泵、除尘风机建立分布式能源监测，通过加装智能电表与边缘计算节点，实

时监控功率因数、谐波畸变等电能质量参数。

建立能源管控平台，集成熟料煅烧、水泥粉磨、包装发运等环节的能源流向（如电力、燃气、蒸汽），通过热力图展示各车间单位产品能耗排名，定位高耗能瓶颈工序。

构建“余热发电+光伏+储能”微电网，通过负荷预测算法动态调度余热锅炉产汽与储能系统充放电，减少外购电成本。

基于机器学习建立熟料综合电耗预测模型，结合原料水分、环境温度湿度等变量，动态优化球磨机研磨体级配与破碎机转速；利用数字孪生技术模拟余热发电系统与回转窑的协同工况，预判蒸汽流量与发电效率的匹配关系。

（3）场景案例

某企业搭建综合能源管控系统，针对重点耗能设备加装智能表进行能耗监测，通过对重点耗能设备的实时监测和分析，优化设备运行参数，调整生产工艺，实现了能源的有效节约。

能源智能管控

某企业为针对重点耗能设备加装智能表进行能耗监测，智能仪表自动采集能耗数据，并通过稳定的网络传输，将这些数据及时上传至能源管理系统。在能源管理系统的操作界面上，工作人员只需轻点鼠标，即可便捷地查询到各个时间段的能耗统计情况，无论是按小时、按天，还是按月、按季度进行统计，系统都能迅速生成详细报表。

工作人员可以借助能耗数据，实时了解设备的运行状态。一旦能源数据出现异常波动，比如能耗突然大幅上升或下降，系统便会立即触发预警机制。此时，工作人员能够迅速根据预警信息，及时查看设备的运行参数，排查是否存在设备故障隐患；同时，也会对场内安全信息进行全面检查，确认是否有因能源异常引发的安全风险。



图 25-能耗实时数据界面

4.11 环保管理

4.11.1 污染监测与管控

(1) 存在的问题

水泥制品行业企业在污染监测管控中面临系统性挑战，主要表现为“监测滞后、治理低效、管理粗放”的恶性循环，无法满足生产的实时性与精准化要求。企业的监测技术严重依赖人工巡检，并通过经验判断粉尘、气态污染物是否超标，氟化物（ SiF_4 ）、VOCs 等特征污染物缺乏在线监测设备，依赖季度性手工采样。

污染数据碎片化，分散在 MES、环保台账等独立系统中，利用率不足，环境质量参数（厂界 $\text{PM}_{2.5}$ ）与生产工艺数据（煅烧温度）未动态关联，难以构建污染源全景画像。

企业应急能力缺失，煤粉自燃、CO 浓度超标等突发工况缺乏自动联锁停机机制，废气超标处置耗时长，环境风险持续累积。

(2) 场景改造思路

针对水泥制品制造中的典型污染源（粉尘、VOCs、氟化物、噪声等），在关键设备节点部署高精度污染排放在线监测设备，捕捉污染物排放数据，利用信息系统实现环保管理，自动采集并记录污染数据，并实时监控及报警，开展可视化分析。

将污染监测数据和生产作业数据的集成应用，建立数据分析模型，开展排放分析及预测预警。利用机器学习分析历史数据，自动生成不同工况下的污染阈值并预警，替代传统固定限值。当检测到污染物超标时，平台自动触发净化设备。

(3) 场景案例

某企业运用环境监控系统对生产车间现场环境进行实时精准监测，通过技术改造实现设备间的智能联动，从而提高环境调控的及时性和有效性，降低人工管理成本和失误率。

污染监测与管控

某企业为全面掌握生产现场的环境状况，采用先进的环境监测设备，对生产现场 PM2.5、PM10、TSP 等颗粒物浓度进行实时检测。同时检测到的环境数据会被传递至环境监控系统，并以数字化的形式直观展示。

工厂通过技术改造，将环境监测设备自带的 IOT 设备接口与车间内的排风扇实现了有效连接。当设备检测到车间内的粉尘浓度或温度达到上限值时，会立即触发自动机制，排风扇迅速开启。排风扇持续运转，加速空气流通，将车间内的粉尘排出，同时带走热量，从而有效降低车间内的粉尘浓度和温度，保障车间环境始终处于适宜的状态。



图 26-污染监测设备



4.12 营销与售后

4.12.1 智能营销管理

(1) 存在的问题

水泥制品应用场景极为多元，广泛覆盖建筑、道路、水利等诸多领域。不同场景对产品性能、规格的要求千差万别，建筑用水泥砖注重尺寸精度与外观，道路用水泥稳定基层则强调强度和耐磨性。而传统营销模式难以精准捕捉这些细分需求，导致推广资源分配不合理，产品与客户实际需求无法有效对接，销售转化率偏低。加之水泥制品项目多为定制化，大型项目采购周期漫长、决策链复杂，企业在这一过程中难以持续跟进并提供个性化服务，进而错失众多销售良机。不仅如此，行业内多数企业仍依赖线下推广、熟人介绍等传统营销手段，对线上营销渠道开发不足，在互联网时代难以触达更广泛的潜在客户。并且，企业普遍缺乏对客户数据的有效收集与深度分析，无法精准勾勒客户画像，难以制定针对性营销策略。例如在推出新型环保水泥制品时，由于对目标客户群体偏好了解不足，致使营销效果大打折扣。另外，市场竞争白热化，产品同质化现象严重，企业在这种环境下难以凸显自身独特优势，缺乏行之有效的差异化竞争策略。

(2) 场景改造思路

在水泥制品行业智能营销管理的改造进程中，可从多场景协同发力，借助前沿技术实现数字化、网络化与智能化升级。

通过大数据分析技术，广泛收集建筑、道路、水利等各应用领域项目信息，涵盖项目规模、设计要求、预算等。运用自然语言处理技术对项目文档进行深度解析，精准提取关于水泥制品性能、规格等需求关键词，再依靠机器学习算法构建客户需求预测模型。基于历史数据与市场动态，该模型能精准预判不同场景下客户对水泥制品的潜在需求。例如，依据城市轨道交通建设规划，提前洞察对高强度、耐久性水泥预制件的需求，辅助企业合理安排研发与生产计划。

在营销渠道拓展方面，充分利用社交媒体平台、行业垂直网站等网络资源，搭建企业官方营销账号。定期发布产品信息、应用案例、技术科普等内容，吸引潜在客户关注。运用搜索引擎优化（SEO）技术提升企业网站在搜索引擎中的排名，增加自然流量引入。同时，借助电子邮件营销系统，依据客户画像为目标客户定期推送个性化产品推荐邮件。如针对建筑企业客户，精准推送适配不同建筑类型的水泥制品方案，有效拓宽获客渠道。

为打造差异化竞争优势，采用人工智能图像识别技术对企业产品进行数字化建模，清晰展示产品独特细节与优势，像水泥砖的高精度尺寸、新型水泥的环保特性等。结合虚拟现实（VR）、增强现实（AR）技术，为客户营造沉浸式产品体验，使其在虚拟环境中直观感受水泥制品在实际场景中的应用效果。此外，通过数据分析挖掘竞争对手产品劣势，突出自身产品差异化特点，据此制定针对性营销话术，助力企业在激烈市场竞争中崭露头角。

（3）场景案例

某水泥制品企业大力推进智能营销管理，通过线上线下多渠道收集客户数据，经智能系统分析勾勒客户画像。基于画像制定差异化营销策略，并依多渠道反馈数据评估优化，在客户决策阶段精准推荐，实现全流程营销优化。

智能营销管理

某水泥制品企业大力推进智能营销管理，构建创新高效的智能营销体系。企业通过线上官网访客追踪、电商交易分析、社交媒体舆情监测，线下销售人员与建筑企业、市政施工单位沟通及参与展会等方式，多渠道收集客户数据。如从社交媒体了解到建筑施工方对水泥管耐腐蚀性和抗压强度关注度高。收集的数据经智能营销系统，运用数据挖掘算法和机器学习模型分析，精准识别出大型建筑企业注重产品质量稳定性与定制化服务，小型装修公司对价格更敏感，据此勾勒出客户画像。

基于客户画像，企业制定差异化营销策略。针对大型建筑企业，成

立专业项目服务团队提供定制解决方案与一站式服务，借助行业权威媒体发布成功案例提升品牌影响力。对小型装修公司，通过电子邮件和短信推送优惠促销与产品套餐，在官网设在线咨询板块并配备智能客服，与本地建材市场合作开展线下展销。

营销过程中，企业持续收集线上点击量、转化率，线下展销参与度、咨询量等多渠道反馈数据评估效果。如发现某地区小型装修公司对线上促销反应冷淡，便及时增加线下推广，联合建材经销商举办产品培训讲座。在客户购买决策阶段，官网智能推荐系统依客户浏览历史和偏好精准推荐产品及配套服务，客服团队利用智能化工具跟进需求，提升购买转化率，实现智能营销全流程优化。

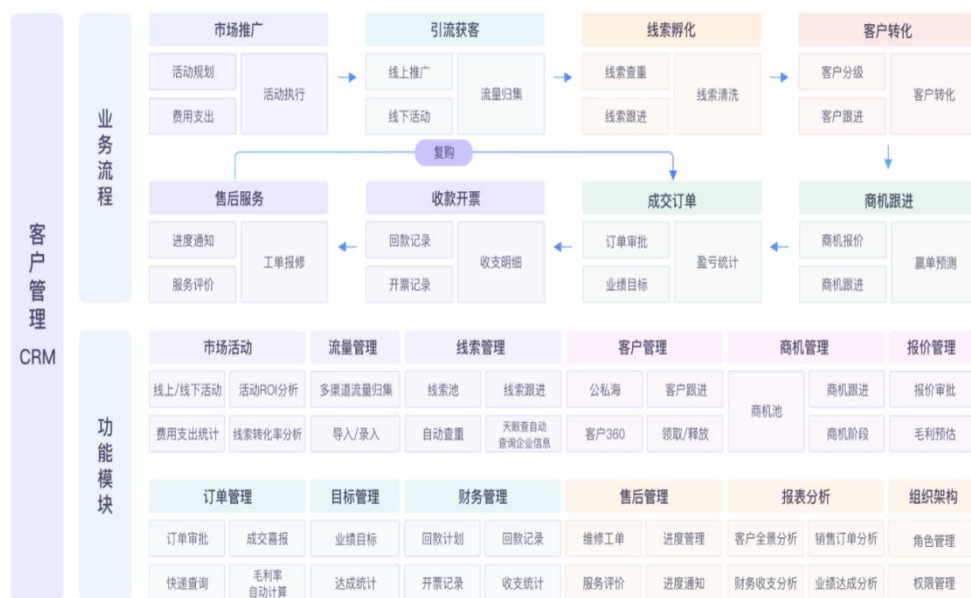


图 28-CRM 系统架构

4.12.2 智能客户服务

(1) 存在的问题

水泥制品应用场景极为丰富，涵盖大型建筑项目、小型家装等。大型建筑项目客户对水泥制品的强度、规格定制要求极高，并且在项目施工的各个阶段都可能产生新的咨询需求；小型家装客户则更侧重于产品价格、适配性以及简单的安装指导。然而，传统客服模式难以应对这些差异化的需求，既无法提供专业解答，响应速度也较慢。客户咨询产品

信息、库存情况或订单进度时，客服往往需要多方查询，耗费大量时间，这不仅导致客户体验不佳，还可能错失销售良机。同时，客服人员专业水平参差不齐，面对复杂的产品技术问题和应用场景分析，难以给出准确答复。而且，由于缺乏智能化工具辅助，客服无法快速从海量客户数据中提取关键信息，难以洞察客户潜在需求并提供主动服务。比如，当客户多次咨询某类产品时，无法得到相关联产品的推荐。此外，客户服务渠道较为分散，线上线下信息未能有效打通，客户在不同渠道咨询同一问题，可能会得到不同的答复，这严重影响了企业形象。

（2）场景改造思路

在水泥制品行业智能客户服务改造中，多个场景的技术应用协同发力，为提升服务质量与效率提供全面解决方案。

引入自然语言处理（NLP）技术搭建智能客服机器人，并部署于企业官网、电商平台等线上渠道。当客户咨询诸如不同规格水泥管适用场景、家装水泥用量计算，或针对大型桥梁工程适合的水泥产品等问题时，机器人运用 NLP 技术理解问题意图，从整合了产品参数、应用案例、常见问题解答等信息的知识图谱中快速检索答案并回复。遇到复杂问题，机器人无缝转接人工客服，同时提供问题分析及参考解决方案，显著提升响应速度与解答专业性。

为提升客服人员专业水平，利用在线培训平台和智能辅助工具。在线培训平台定期推送水泥制品技术知识、行业标准、应用案例等课程，方便客服人员利用碎片化时间学习。智能辅助工具在客服接待客户时，依据客户问题实时推送相关产品资料、解决方案模板，助力客服面对客户咨询特殊建筑对水泥制品的要求时，能快速准确作答。

借助大数据分析技术深度挖掘客户咨询数据与购买记录。通过分析客户咨询高频问题，优化知识图谱与智能客服机器人答案库；依据购买行为剖析客户偏好，为客户提供个性化产品推荐。例如针对某区域常购买特定规格水泥砖的小型家装客户，推送同系列配套产品及优惠信息，

实现主动服务。

通过系统集成技术打通线上线下服务渠道，使客户在线下门店咨询的记录，在线上咨询时客服能够获取，从而提供连贯服务。线上线下服务进度实时同步，客户可随时查询订单状态、咨询处理进度，全方位提升服务体验。

(3) 场景案例

某企业主要通过招投标为施工单位供货。中标后，将客户信息录入客户管理系统，分类管理并依类别制定服务策略。合作期间，官网客服实时跟踪订单，交付后主动回访，根据客户反馈改进包装，提升满意度。

智能客户服务

某建筑材料供应企业主要通过招投标为施工单位供货。在大型市政道路建设项目招投标里，企业凭借优质方案与合理报价中标，与 [施工单位名称] 建立合作。中标后，迅速将施工单位信息录入云表无代码客户管理系统，涵盖单位名称、项目状态（如市政道路建设启动阶段）、收付款信息（预付款比例、付款节点等）。

该系统优势显著，无需复杂编程就能高效处理信息，自动结构化存储，按客户基础、项目、财务等类别归档。依据项目规模与合作频率，将此项目归为大型、重点开拓类别，据此配备专属服务团队，提供定制供应方案，优先保障物资供应。

合作期间，官网在线客服实时跟踪订单，及时反馈处理进度、生产情况与物流信息，像“第 [X] 批材料已发货，预计 [具体时间] 到，单号 [单号] 可查”。项目交付后，企业主动回访，经电话、问卷、走访收集意见。施工单位反馈部分材料包装易破损，企业立即研讨改进，优化包装设计，提升客户满意度，为后续合作打基础。

192.168.1.88:8070001施工项目数据详情

1. 新建 2. 编辑 3. 删除 4. 刷新 5. 导出Excel 6. 数据透视表 7. 打印 8. 设计模板 9. 帮助

经营管理平台

- 高控经营管理
- 任工经营管理
- 信息中心
- CRM
- 安全设备部
- CK
- 构件生产信息查询
- 日志查询
- 任工项目回款详情行档
- 项目发货需求表
- 货物流车辆车数查询运输次数
- 经营部工作日报
- 任工回款信息填报
- 任工发货需求计划日报
- 任工发货需求每日日报表
- 查看未生产构件
- 经营部日常工作安排
- 发货单详情查询

序号	项目名称	状态	预算金额	请款金额	实际回款	已付未付	付款方式	进度款比例	请款方式	应付请款总额	是否合规	核算时间	审核人	创建人
1	仲光保障性房	预建		0	5658491.8	-5658491.8								
2	南京春八里	预建	3799346.1	3699378.8	3799346.1	-189967.3	南京春八里	0.95	自动	0714.92		2023-03-02	KD_Lunao	KD_Zhangta
3	高邮工业园区	预建	4838055	4112346.7	4423055	-310708.3	进度款70%	0.85	自动	3262.84		2023-11-20	KD_Lunao	KD_Liuh
4	上海普陀科创中心	预建	726623.9	658636	700534	-41898	进度款70%	0.7	自动	8636.92			KD_Lunao	KD_Zhangta
5	上海东行政中心项目	在建	23360545.7	13634302.8	13600000	34302.8	进度款70%	0.7	自动	4302.81			KD_Lunao	KD_Liuh
6	外高桥保税	在建	1540000	319802.2	200000	119802.2	无材料款+零	0.7	自动	19802.2			KD_Lunao	KD_Lunao
7	黄浦之东	在建	8206694.1	7796359.4	7876359.4	-80000	材料款10%	0.95	自动	2261.95		2024-04-19	KD_Lunao	KD_Liuh
8	宝山区杨行中心社区和SP-0502单元	在建	19830922.1	2559508.7	2559509	-3	无材料款+零	0.7	自动	59508.7			KD_Lunao	KD_Liuh
9	嘉陵江二二期	在建	849872.8	932431.9	932431.9	0	材料款30%	0.8	手动	0			KD_Lunao	KD_Liuh
10	上海嘉定华悦21#地块	在建	8330000.6	5956400.1	4700000	1256600.1	进度款70%	0.7	自动	8460.06			KD_Lunao	KD_Liuh
11	如皋新建长龙汽车过港项目	在建	4763850	2918031.6	2916385	1646.6	10%材料款	0.7	自动	8031.56			KD_Lunao	KD_Liuh
12	上海南汇区航城社区3-3、6-3、5-1	在建	27762626.2	18327518.7	13000000	5327518.7	无材料款+零	0.7	自动	7518.72			KD_Lunao	KD_Liuh
13	翻译		0	272000	-272000								KD_Lunao	KD_Lunao
14	上海东行政中心项目SP-1402单元	结算	29180428.8	24808465.3	24808465.3	0	无材料款+零	0.85	自动	8465.33			KD_Lunao	KD_Liuh
15	上海南汇区航城社区	结算	44468713.7	28114452.3	35290738.7	-7676265.4	高家湾门、村	0.85	手动	6845.77			KD_Lunao	KD_Zhangta
16	黄浦江岸	预建	685599.2	685599.2	665717.1	198782.1	材料款15%	1	自动	5909.24			KD_Lunao	KD_Liuh
17	上海大亚湾	结算	11146858	11146858	10620614.5	526243.4	材料款10%	1	自动	8837.85			KD_Lunao	KD_Liuh

月度回款明细 构件单价明细表

日期	应付行请款金额	当期请款金额	当期实际回款金额	当期回款率	备注
2025-02-26			5658491.77		

图 29-中标客户信息表



图 30-官网智能客服

4.13 供应链管理

4.13.1 供应链计划协同优化

(1) 存在的问题

水泥制品生产涉及种类繁杂的原料，如水泥、砂石、外加剂等，且不同制品原料需求差异大。生产工艺复杂，包含搅拌、成型、养护等多道工序，任一环节延误都会影响整体生产进度。同时，市场对水泥制品的需求波动剧烈，例如市政工程建设加速会使大型水泥预制件需求激增，而传统供应链计划难以精准预测此类变化，致使采购计划与实际生产需求脱节，容易出现原料短缺延误工期或库存积压占用资金的情况。此外，行业内企业普遍存在供应链各环节信息传递滞后的问题，生产部门难以及时将订单变更、生产进度等信息传达给采购部门，导致采购计划调整不及时，产线常面临“缺料”困境。即便部分企业有信息化系统，然而系统间数据孤立，缺乏高效的数据分析与决策支持功能，无法依据实时数据动态优化供应链计划。在紧急订单插入等复杂情况下，企业需要同时平衡成本、交付周期与供应商供货能力，但多目标优化能力不足，人工调整采购与排产计划效率低下，严重制约企业运营效益。

(2) 场景改造思路

水泥制品行业可通过多维度举措实现供应链的数字化、网络化、智能化改造。

建立供应链管理系统并依托工业互联网平台，对供应商、生产、仓储及客户端的实时数据，如订单需求、库存水平、产能状况、物流进度等进行全面整合。运用 AI 算法深度剖析这些数据，动态优化采购计划，依据生产实际自动调整采购周期与采购量，精准契合生产需求，规避原料积压或缺货风险。同时，参考订单优先级与产能情况，智能规划排产策略，合理安排水泥制品生产顺序与时间，保障各环节计划无缝衔接。例如市场对特定规格水泥管需求突增时，系统可迅速响应，及时调整采购与生产计划，确保供应稳定。

大力推进供应链信息系统集成，借助云平台将 ERP(企业资源计划)、MES(制造执行系统)、WMS(仓储管理系统)、TMS(运输管理系统)有效融合，并运用协作工具，增进内部生产、采购、物流等部门以及外部供应商之间的信息交流与协作。如此一来，生产进度、库存变化、物流状态等信息得以实时共享，打破信息壁垒。比如，当仓库物料库存临近警戒线，WMS 系统会自动向采购部门发送补货提醒，大幅提升供应链响应速度与协同效率。

构建敏捷供应链管理机制，拟定灵活的供应链管理流程和快速响应预案。面对诸如原材料供应中断、极端天气阻碍物流运输等突发状况，凭借实时数据与智能分析，快速调整生产计划，合理调配产能，同时调整采购策略，如寻觅替代供应商或优化运输路线，维持供应链稳定可靠，保证水泥制品按时交付，满足市场需求。

(3) 场景案例

某企业通过供应链系统整合现有业务系统数据，打通仓储、生产、质控、客户等各个系统内部数据关系，与供应链上下方共享供需信息，制定并随时微调供应链计划，保证平滑生产和及时供应，降低库存，有效代替传统推式生产和黑暗式预测造成的高昂的供应链成本，实现基于市场、采购、库存、生产等数据的供应链计划协同优化。

供应链计划协同优化

某企业通过构建纵向以计划需求总目标穿透、横向以供应满足拉通全价值链的“网联平台型”运作架构，形成分层分级协同配合的卓越采购管理。与智慧仓储管理平台 WMS、MES、CRM、QMS 等系统集成，采集、传递、存储、分析、处理供应链中的订单、物流以及库存等相关指标信息，打通各层级信息孤岛壁障，通过自动优化物料需求计划(MRP)，提高 MRP 运算速度、配送指令创建速度和配额比例准确性，实现人员优化；完善系统采购订单管理功能，集成 SAP 采购计划数据，提升订单协同管理能力，供应商确认订单交付时间，数据自动同步相关信息至采购业务员，及时进行订单的调整，降低供应风险。

通过强化库存数据信息共享，提升供货齐套率，在系统中设计采购订单执行可视化看板、采购物料齐套性看板，库存信息实时共享，并依据其供需端特点适配管控方式、应用场景及运营机制，建立共性和差异性高效平衡的敏捷管理，实现一点变化多点同时响应的敏捷方式及精准管理决策，提高供应链的灵活性和响应速度。



图 31-数字化供应链控制塔

4.13.2 供应商数字化管理

(1) 存在的问题

水泥制品生产依赖多样的原料，不同供应商提供的水泥、砂石、外加剂等，质量差异明显。当前，多数企业仍采用传统的季度或年度考核方式，且评估内容仅局限于价格等少数方面，难以全面考察供应商在原料交货及时性、产品质量稳定性、应对大规模订单的生产能力，以及面对突发需求时的应急响应能力。例如，在市政工程集中开工导致水泥管需求激增的情况下，若供应商应急响应能力不足，将严重延误企业生产。同时，行业内普遍缺乏实时、动态的供应商绩效管理体系，难以依据实时数据预测供应商的长期供应能力。像供应商因设备老化可能导致后续供货质量下滑，企业却难以及时察觉。此外，供应商在交货期、质量、

成本等方面的波动，无法被及时发现并纠正，极大地影响了企业生产计划的稳定性。并且，企业与供应商之间系统未实现对接，无法实时获取供应商的生产计划、库存状况、交货进度等信息，致使采购决策缺乏精准依据，计划难以有效执行。信息沟通的不畅还阻碍了双方在优化供应链流程、研发新型水泥配方等方面的合作。

(2) 场景改造思路

水泥制品企业可通过一系列举措实现供应商数字化管理升级。借助 EDI（电子数据交换）、B2B 平台等技术，搭建供应商数字化管理平台，在订单管理、生产计划、库存管理、物流跟踪等环节与供应商达成在线实时协同。企业可通过该平台实时向供应商下达水泥、砂石等原料订单，供应商则即时反馈订单执行进度，物流状态也同步更新，企业由此能随时掌握原料运输情况，优化信息交互，降低沟通成本与失误。

构建基于数据的实时绩效评估系统，并运用智能化评估工具，对供应商的质量、交货期、响应能力等关键指标展开实时监控。系统自动收集并分析数据，依照评估结果对供应商进行评价、分级分类。长期供应高质量水泥且交货准时的供应商会得到较高评级，在后续合作中优先被考虑；表现欠佳的供应商则会被提出改进建议或淘汰，以此助力企业精准选择和管理供应商。

推动与供应商从传统交易关系迈向战略合作伙伴关系，利用数字化手段实现信息共享。在产品研发领域，企业与供应商共同探讨新型水泥配方；在生产计划方面，依据市场需求协同调整。例如针对市场对环保型水泥制品的需求，双方联合优化生产流程，提升供应链整体效率。

针对中小型供应商，企业提供数字化转型支持与培训，助力其搭建数字化生产和管理系统，引入基础的生产管理软件、库存管理 APP 等，提升其数字化能力，促使整个供应链在数字化进程中协同发展，进而提升行业整体竞争力。

(3) 场景案例

某企业建立供应商管理系统，从供应商引入、评价及评价结果等方面应用进行供应商数字化管理。

供应商数字化管理

某水泥制品企业积极推进供应商数字化管理，构建了一套全面且高效的供应商管理系统。

在供应商引入环节，企业开放供应商注册门户，采取主动寻源与平台开放并行的策略。一方面，主动挖掘业内优质供应商，精准对接需求；另一方面，借助数字化平台的开放性，广泛吸纳各方潜在供方。通过这种方式，引入竞争机制，不仅有效提高了供应商整体质量，还成功降低了水泥、砂石等物资的采购成本，形成了良性的市场竞争环境。

企业对供应商绩效评价体系进行了精心设计，从质量、交付、成本、技术、服务五个关键维度展开日常评估。在质量维度，数据主要来源于MES系统中的生产过程不良数据以及客户系统反馈的市场数据，经整理分析后生成外部质量反馈率、一次交验合格率和质量改进有效率等指标。这些数据实时推送给供应商，助力其精准定位质量问题，开展针对性的质量改善工作。成本数据则依托SAP系统的价格库，价格管理人员将审批通过的价格及时录入系统，形成权威且有效的成本数据，为成本控制提供有力支撑。交付数据基于WMS系统反馈的实际到货日期，结合需求日期计算交付及时率，以此衡量供应商的交付能力。在服务与技术支持方面，分别由采购部和技术部门通过数字化评价工具进行人工打分。所有数据均由采购部门利用数字化手段扎口管理，通过专门的数据收集整理软件，统筹完成指标数据的收集、整理与评价工作，确保及时、公平地反映供应商绩效水平。对于多品类供应商，依据其主供货品类进行精准评价，使评价结果更具针对性与科学性。

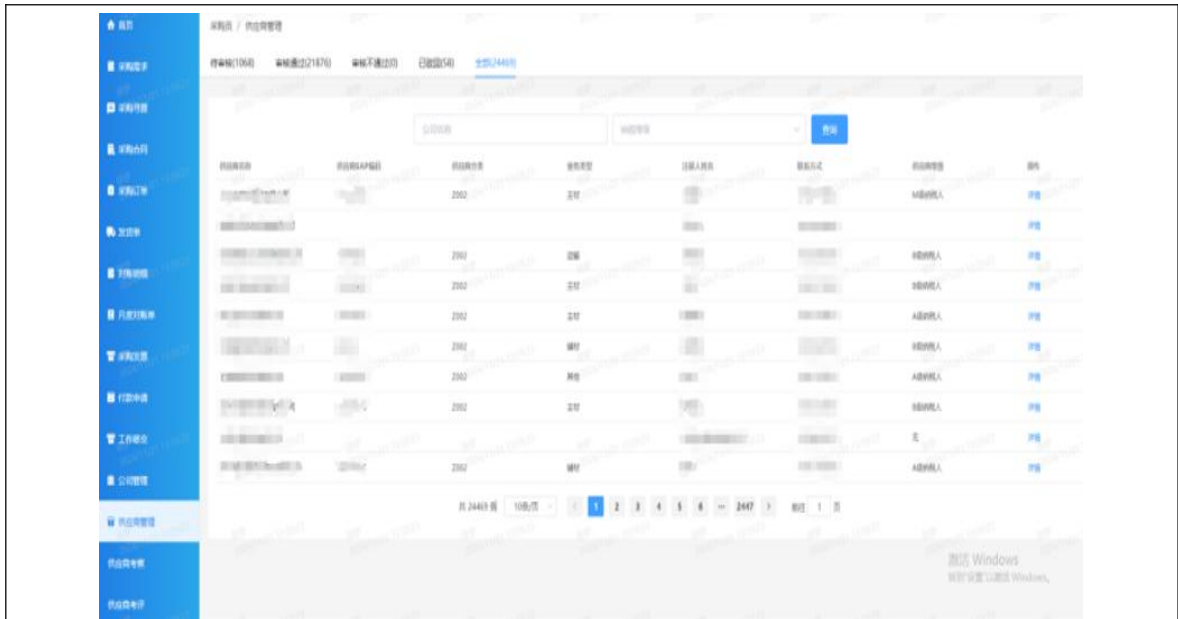


图 32- 供应商管理系统

5、路径与方法

5.1 实施路径

5.1.1 实施基本原则

整体规划、分步实施。

从水泥制品行业产品的生产全流程出发，制定企业智能制造整体战略。根据基础条件和需求急迫程度，制定分阶段实施方案，分步骤推进规划落地。

夯实基础、创新驱动。

面向智能制造技术需求，加快夯实信息化自动化等方面的基础。积极探索大数据、人工智能、5G等新一代信息技术与水泥制品行业的融合创新。

标准先行、应用落地。

构建统一的标准体系，统一的数据库平台、产品研发的工具软件、仿真软件平台、管理软件平台、工业自动化系统平台等，避免多种平台“混搭”，确保建设后各系统和各环节标准互认、数据互通。围绕供应链协同、后市场服务等典型场景，加速智能制造应用落地。

资源保障、制度保证

依据发展规划，应结合企业管理现状、经营现状，提供切合实际的资金、人才。建立完善的实施组织架构、推进制度和权责体系，保证智改数转网联取得实效。

安全可控、不断优化

将安全作为融合应用的前提，提升设备安全、控制安全、平台安全、应用安全、网络安全、数据安全、应用安全的保障能力。充分考虑信息系统的柔性化、平台化、可配置化和可扩展，根据企业的动态发展变化及时维护升级，根据企业需求的变化不断调整建设计划，优化提升智能制造整体水平。

5.1.2 实施流程

水泥制品行业智改数转网联的实施可按现状评估、战略规划、方案设计、实施建设、迭代优化等步骤不断推进并提升。此外，水泥制品企业应在自身能力基础上，更多地联合相关科研院所、解决方案供应商等主体，共同推进“智改数转网联”建设实施。

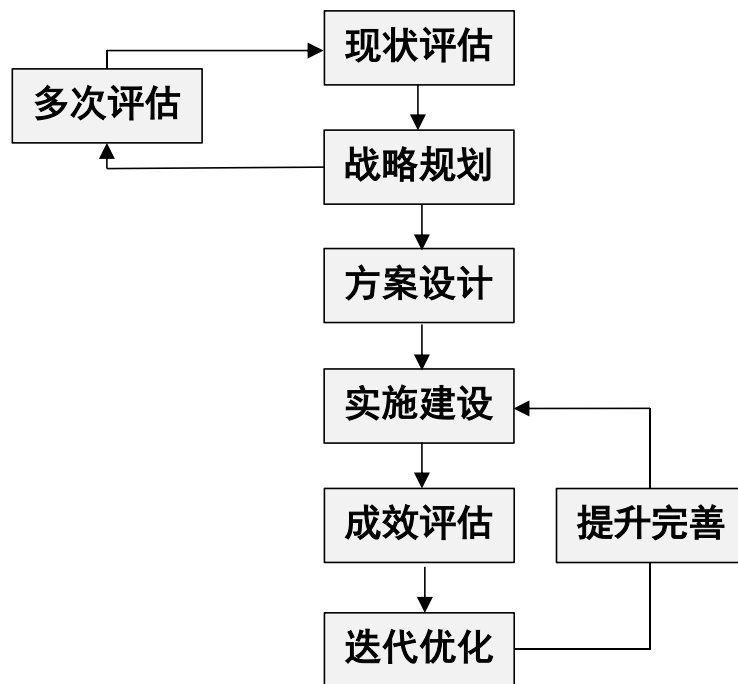


图 33-水泥制品行业“智改数转网联”实施流程

(1) 现状评估

总体围绕关键绩效评估、业务差距识别、能力短板诊断等三个方面开展现状评估，明确企业关键业务问题，精准识别能力建设方向。并且针对评估结果对标优秀企业、标杆企业，对业务流程进行梳理，推导企业对“智改数转网联”实施的具体需求，进而指导建设实施和落地应用，持续提升数字化水平。

一是依托关键绩效评估模型和行业绩效基准值，进行关键绩效数据采集、分析以及与行业基准值对比，通过多级指标分析，精准识别企业存在的业务短板，分析提升该业务短板需求的能力。

二是结合能力评价指标，诊断人员、数据、集成、信息安全、装备、网络、设计、生产、物流、销售、服务等全业务链条的智能制造能力成熟度水平，识别关键数字化能力建设情况和能力短板，进而支撑能力规

划。

三是基于数字化能力工具箱，针对能力短板找准需要提升的方向，明确在支撑“智改数转网联”时所应具备的网络、数据采集、信息系统、和信息安全能力，规划相应的能力建设方案。

（2）战略规划

面对水泥制品行业高端化、精密化、绿色化的发展趋势，结合企业发展愿景、目标和市场定位，基于企业现有核心竞争能力、业务特点和痛点，明确“智改数转网联”方向，设定目标，系统规划总体架构和实施路径。

一是战略研判，基于企业现状分析，明确企业需求和愿景。

二是目标设定，根据企业不同场景的需求，以及生产指标、管理指标等情况，设定项目建设目标。

三是蓝图规划，基于需求、愿景、目标等，设计总体架构，明确实施计划。

四是结合条件设置智改数转网联负责人，组建专门的人才团队，明确责任部门和关键岗位责任人，并明确各岗位职责，持续加大数字化投入，加强组织和条件保障。

（3）方案设计

基于现状评估与需求分析，结合战略规划，面向全业务流程，提出“智改数转网联”推进的短期、中期和长期目标，联合规划设计院等外部专业机构，从中立、第三方的角度出发，结合经验与行业最佳实践，开展“智改数转网联”整体架构、核心应用以及支撑体系进行全面、系统的总体设计，制定建设蓝图，构建完整的业务、技术、数据、应用、网络、标准以及管理等架构体系，明确建设重点，并根据需求迫切程度、技术基础和资金情况等，明确项目建设先后顺序、各阶段建设目标和建设内容。

根据规划与方案设计要求，联合系统解决方案服务商，设计详细具

体的建设方案，每个方案包括所需的技术、装备、软件等详细内容、投资详细概算、人员安排、进度安排、保障措施等，指导具体实施建设。

（4）实施建设

按“整体规划、分布实施”的原则，根据规划与方案设计要求，按需遴选外部服务商，强化软件开发商、自动化集成商、平台服务商的深度整合，形成系统实施推进合力。高标准推进项目实施，深度介入外包开发过程，强化过程监督、质量管控和知识产权保护，推动项目与企业业务更好适配融合，充分运用新一代信息技术提高精益管理能力、提升运营效率，不断对业务活动进行流程化管理改善，优化实施效果。

引导全员强化数字化理念，持续提升互联网思维、大数据思维，推动基于数据的产品创新，优化产品数据服务。

（5）成效评估

以经营目标改善和业务流程优化为导向，开展转型绩效评价，从精益运营、价值增长、可持续发展和综合能力提升等4个方面，聚焦全员劳动生产率、资源综合利用率、产品研制周期、人均销售额、单位产值综合能耗、关键设备数控化率与联网率等指标，持续开展成效评价监测。

通过梳理总结转型目标达成情况以及存在的问题，提出优化改进方向与改进措施，展现“智改数转网联”的成效和价值。成效评估可采用自评估或第三方评价等方式，企业参与评估人员应涵盖企业管理者、各业务部门责任人以及一线技术工人。

（6）迭代优化

根据成效评估结果，针对实施中的短板和不足，迭代解决方案版本，强化安全防护，优化实施效果。立足自身战略定位和业务发展方向，进一步制定下阶段目标和任务，统筹推进场景数字化改造和业务数字化升级，持续强化全流程精益管理水平，不断提升智能制造水平，实现智改数转网联的螺旋式提升。

5.1.3 大中小企业差异化实施建议

水泥制品行业企业涉及产品各有不同、经营主体多元，智能化发展的步骤、进程和成熟度各有差别，大中小型企业应充分结合自身实际，根据发展所处阶段、规模大小和产品特色，参考智能制造能力成熟度评估结果制定差异化的“智改数转网联”建设提升计划，通过装备智能化和工艺过程智能化实施，实现关键业务/工序的智能化赋能，继而实现流程的整体优化和业务的有效协同，最终推进企业生产经营模式的创新变革，是一个持续的螺旋式升级迭代的过程，不可能一蹴而就。

小型企业：可通过技改逐步推进核心生产过程的自动化或数字化建设，开展网络建设，对设计、生产的各个环节进行流程化梳理与改善并逐步规范。硬件方面可通过对单点旧设备进行升级改造、智能设备以租代买等方式节省成本，软件方面通过“按需付费、按次付费”取代“成套购买”的方式，降低使用门槛。选择“轻快省”解决方案，持续有效推进智能制造。可优先在精益化、规范化方面打好基础。

中型企业：中型企业可在现有基础上进行自动化和数字化改造，引入自动化设备和工业互联网平台，实现生产过程的智能化和数据的实时采集与分析。通过建立数据采集和管控系统，实现从响应式制造到预测制造的转变，提升供应链的响应速度和效率。

大型企业：大型企业可以实施全面的智能制造战略，包括智能产品设计、协同制造和远程运维。通过引入 CAD/CAM/CAE 软件、建立用户画像与需求预测模型、推广模块化与参数化设计等，实现产品的快速迭代和个性化定制。在网络协同制造方面搭建全球协同研发平台实现 24 小时不间断协同开发。同时还可建立智能维护系统，利用 AI 进行预测性维护，提前识别并解决设备故障，保障生产的连续性。

参考《智能制造能力成熟度模型》的能力子域划分，经总结本次调研的大中小型企业智改数转网联的实施路径，统计大中小型企业各能力子域的应用情况，结合行业特点，提出大中小型企业差异化实施智改数转网联的建议如下：

表 1 小型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★	形成战略意识，确定负责人、投入预算，并形成计划。
	人员技能		★	培养或引进所需技能的人员。
技术	数据		★★	建立统一的数据格式与规则。 应用信息系统采集主要业务活动数据。
	集成		★	形成集成意识。 对主要信息系统如 MES 与 ERP 进行集成。
	信息安全		★	对关键工控系统进行安全评估。 在工业主机上安装防毒软件。
资源	装备		★★★	在关键工序上引入自动化、数字化、智能化生产设备、检验设备。
	网络		★	实现办公网络、工业控制网络和生产网络覆盖 建立生产、设备等基础数据流。
制造	设计	产品设计	★★	推广模块化设计工具。 应用计算机辅助建立典型产品标准库、设计方案知识库等。 开展三维产品设计及并行设计。 自行或委托进行设计仿真。
		工艺设计	★★	应用计算机辅助开展工艺设计和优化。 建立典型工艺模板或流程、参数等关键要素的知识库。 应用计算机或信息系统对工艺数据进行结构化管理。
	生产	采购	★	利用信息系统对供应商进行管理。 基于生产、库存等信息制定采购计划。
		计划与调度	★★	结合订单、库存、采购、生产能力等数据，应用 ERP 等信息系统自动生成生产计划并进行排产。
		生产作业	★★★	部署 MES 系统，对关键设备、物料等主要数据进行采集，自动下发工艺文件。 通过精益管理、标准化作业等优化生产流程。 通过信息系统与智能化设备对产品质量进行判断。
		设备管理	★★	对关键设备主要参数进行采集与分析。 利用计算机或信息系统制定设备点巡检及维保计划，实现设备维保预警。
		仓储配送	★★	建立仓储管理系统进行仓储管理。 实现根据生产物料消耗发起物料配送要求
		安全环保	★	建立安全培训知识库、员工职业健康及环保档案。 制定安全环保管理机制和操作规程。

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
		能源管理	★	对重点能耗设备进行实时计量，对主要能源进行数据采集和计量。 对水电气等重点能耗进行动态监控，并分析及节能优化改造。
	物流		★	对订单、运输调度进行合理安排，根据物流重要程度确定跟踪物流信息的详略程度。
	销售		★	利用 ERP 或其他方式对客户信息及时更新、统计并管理。
	服务	客户服务	★	对客户服务信息进行统计、评价并反馈相关部门。利用计算机或信息系统对客户服务信息管理。
		产品服务	★	建立产品故障案例和维护方法知识库，统计产品使用信息并反馈给相关部门。

表 2 中型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★★★	制定智改数转网联发展战略并形成具体实施计划。对发展战略的执行进行监控与评测，并持续优化。
	人员技能		★★	建立知识管理体系，通过信息技术手段管理人员贡献的知识和经验，开展分析和应用。
技术	数据		★★★	采用传感技术实现制造关键环节数据的自动采集。建立统一的数据规则，整合数据资源，支持跨部门的业务协调和数据在线共享。
	集成		★★★	形成完整的设备、系统集成架构。 统一集成规范。
	信息安全		★★	采用安全隔离、授权访问等手段建立工控、生产和办公网络防护措施。
资源	装备		★★★	采用具有数据管理、模拟加工等人机交互功能的智能装备。 建立关键工序设备的三维模型库，为数字孪生提供基础。
	网络		★★	建立具有远程配置功能的网络，部署工业互联网、物联网等新型网络基础设施。
制造	设计	产品设计	★★★	基于三维模型实现对产品外观、结构、性能等关键要素的设计仿真及迭代优化。 开展产品设计与工艺设计的并行协同。 建立典型产品组件标准库及典型产品设计知识库。

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
		工艺设计	★★	建立工艺设计管理系统和典型制造工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库； 基于数字化模型实现制造工艺关键环节的仿真分析及迭代优化； 开展工艺设计与产品设计的并行协同。
	生产	采购	★★	通过信息系统开展供应商管理。 集成采购、生产、仓储等信息系统，自动生产采购计划。
		计划与调度	★★★	基于库存、采购、生产等数据要素，采用基于多约束条件的算法开展排产，自动生成生产计划。 实时监控生产环节，实现自动预警并支持调整。
		生产作业	★★★	自动下发工艺文件。 动态监控生产作业计划、生产资源、质量信息。 开展关键工序质量在线检测和在线分析。 实现生产过程的质量信息追溯。
		设备管理	★★★	实现设备关键运行参数实时采集、统计、故障分析和远程诊断，自动生产检修工单。 在信息系统中建立设备故障知识库。
		仓储配送	★★★	配置智能仓库，建立仓储管理系统，并与制造执行系统集成，实现半自动、自动出入库管理，采用技术手段入库与拣货。 集成配送设备与信息系统，实现物料及时配送。
		安全环保	★	在现场作业应用定位跟踪等方法强化安全管控。 建立安全培训、应急预案等知识库，自动给出安全防控方案。 实现全过程环保数据采集、实时监控与报警。
		能源管理	★★	动态监控和计量能源消耗。 建立能源管理信息系统，对能耗数据进行统计分析，并与其他系统进行数据共享与集成。
		物流		★
	销售		★★	将销售信息系统与采购、生产、物流等业务集成，实现客户需求拉动采购、生产和物流计划。
	服务	客户服务	★★	建立客户服务平台或移动客户端等在线客服。 建立客户服务信息数据库和客户服务知识库。
		产品服务	★	收集产品运行信息管理、维修物料及寿命管理等数据，并反馈到设计、生产、销售等业务部门。

表 3 大型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★★★	对智改数转网联发展战略的执行进行监控与评测，并持续优化。 对智改数转网联所需人员工作岗位进行评估并优化调整。
	人员技能		★★★	建立知识管理体系，对人员知识、技能、经验进行数字化与软件化。
技术	数据		★★★	建立企业级数据中心和数据分析模型库。 采用大数据技术应用各类算法模型为制造活动提供优化建议和决策支持。
	集成		★★★	对全业务过程进行集成。
	信息安全		★★★	建立离线测试环境。 采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施。
资源	装备		★★★	对关键工序设备实现预测性维护。 对关键工序设备使用三维模型集成实时运行参数。
	网络		★★★	建立分布式工业控制网络。
制造	设计	产品设计	★★★	应用产品组件的标准库、设计知识库进行产品参数化模块化设计。 基于数字化模型对产品数据进行归档管理。 构建产品仿真分析和试验验证平台。 实现全生命周期跨业务间的协同。
		工艺设计	★★	开展三维工艺设计和优化，对制造工艺全要素进行仿真分析和迭代优化。 对工艺知识库集成应用。 集成工艺设计、生产、检验等系统，实现工艺设计与制造协同。
	生产	采购	★★	通过与供应商的信息系统进行集成，实现协同供应链。 建立采购模型，实施监控采购风险、进行预警并自动提供优化方案。
		计划与调度	★★★	基于先进排产调度的算法模型，利用信息系统自动形成详细生产作业计划。 实施监控生产要素，自动对异常进行决策与优化。

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
		生产作业	★★★	应用信息系统自动实现生产指令下发到数字化设备。 构建模型实现生产作业在线分析优化，建立质量数据算法模型预测生产异常。 采集产品生命全周期数据，实现精准追溯，通过知识库分析改进。
		设备管理	★★★	建立设备运行模型和故障知识库，自动给出预测性维护解决方案。 应用设备分析数据自动驱动工艺优化和作业计划优化。
		仓储配送	★★★	集成仓储设备、配送设备与信息系统集成，依据生产状态实时拉动物料配送。 建立仓储模型和配送模型，优化库存与路径。
		安全环保	★★	动态识别危险源并治理。 集成环保数据与生产作业数据，建立数据分析模型进行预测预警。
		能源管理	★★	建立节能模型实现能流的精细化和可视化管理。
	物流		★	对生产、仓储配送、运输管理进行信息系统集成优化。对运输配送全过程进行信息跟踪与路线优化。
	销售		★★	通过对客户信息的挖掘与分析，优化客户需求模型制定销售计划。 实现线上线下协同销售。 针对客户需求变化动态调整设计、生产、采购等方案。
	服务	客户服务	★★	提供主动式客户服务。 建立客户服务数据模型进行精准服务。
		产品服务	★★	开发智能产品。 建立远程运维平台，对数据进行挖掘分析，并与其他信息系统集成。

(备注：★★★：表示高优先级；★★：表示中优先级；★表示低优先级)

5.2 工具、资源与政策

5.2.1 诊断评估

智能制造能力成熟度评估（CMMM）

GB/T39116-2020《智能制造能力成熟度模型》规定了智能制造能力成熟度模型的构成、成熟度等级、能力要素和成熟度要求。该标准适用于制造企业、智能制造系统解决方案供应商和第三方开展智能制造能力的差距识别、方案规划和改进提升。

企业可以通过智能制造数据资源公共服务平台（www.c3mep.cn）开展智能制造能力成熟度自评或委托第三方评估认证机构进行现场评估。通过评估可判定企业智能制造整体水平，帮助企业识别当前智能制造发展现状，提供与同行业同地区企业对比分析报告。

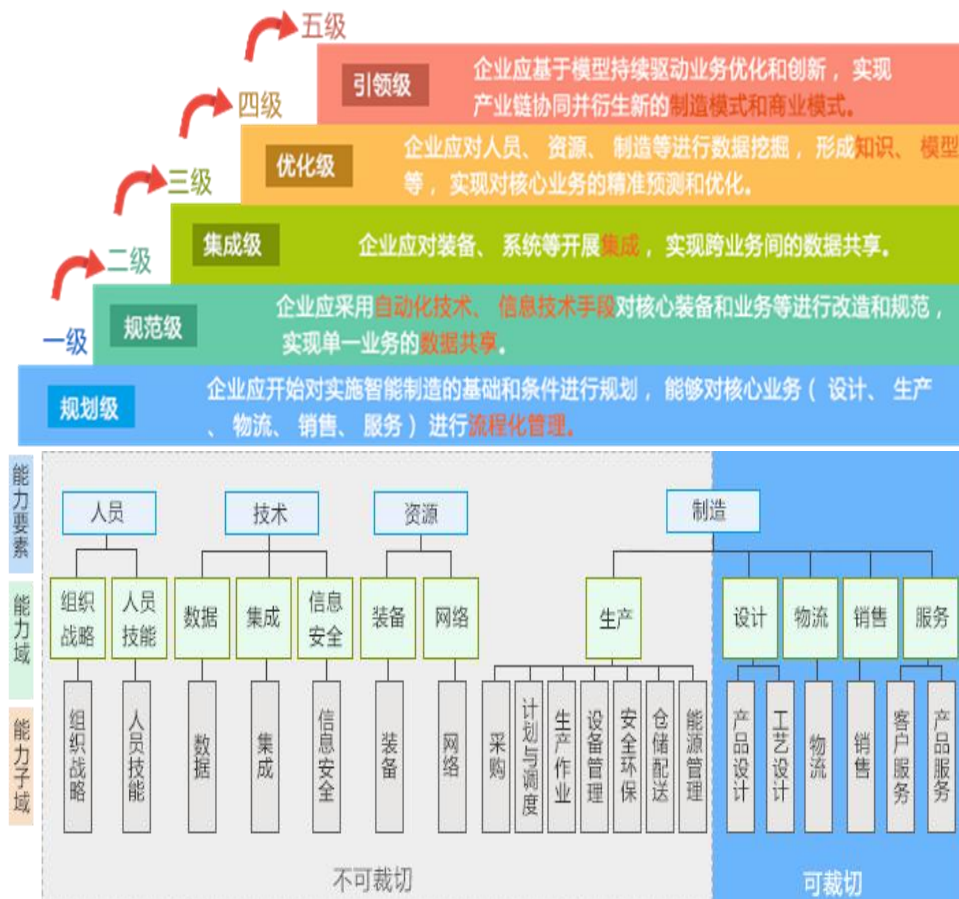


图 34-智能制造能力成熟度模型

数据管理能力成熟度评估（DCMM）

数据管理能力成熟度评估模型 DCMM（Data Management Capability Maturity Assessment Model，）是我国首个数据管理领域国家标准，将组织内部数据能力划分为八个重要组成部分，描述了每个组成部分的定义、功能、目标和标准。该标准适用于信息系统的建设单位，应用单位等进行数据管理时候的规划，设计和评估。也可以作为针对信息系统建设状况的指导、监督和检查的依据。DCMM 评估网址：<http://www.dcm.org.cn>

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

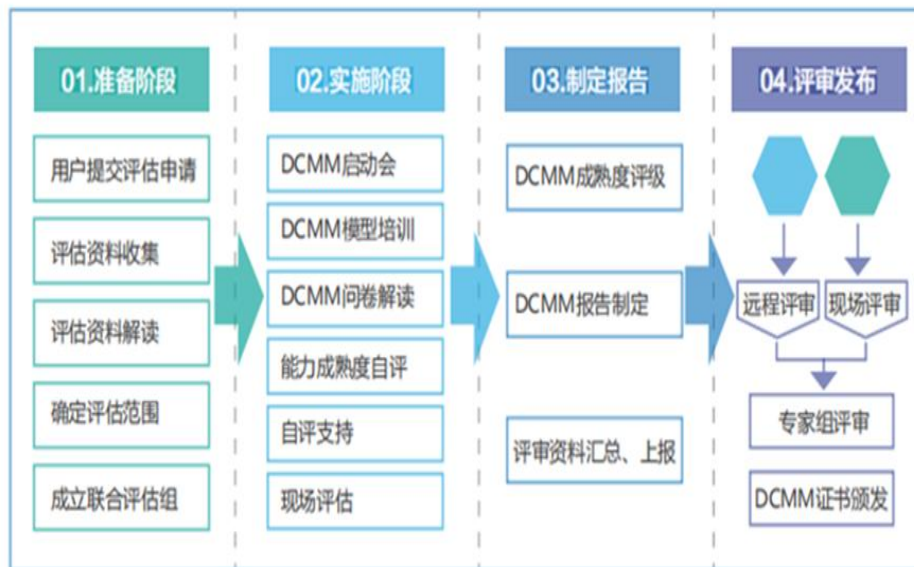


图 35-DCMM 评估流程

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

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

或远程自评支持等。

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

两化融合自评与两化融合管理体系贯标

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

企业两化融合评估依据为国家标准GB/T23020-2013《工业企业信息化和工业化融合评估规范》。国家工业信息安全发展研究中心每年10月完成全国及各省的两化融合发展水平及评估报告,12月完成江苏省各设区市两化融合及数字化转型重点指标评估报告,以及各地组织参评工作情况报告。

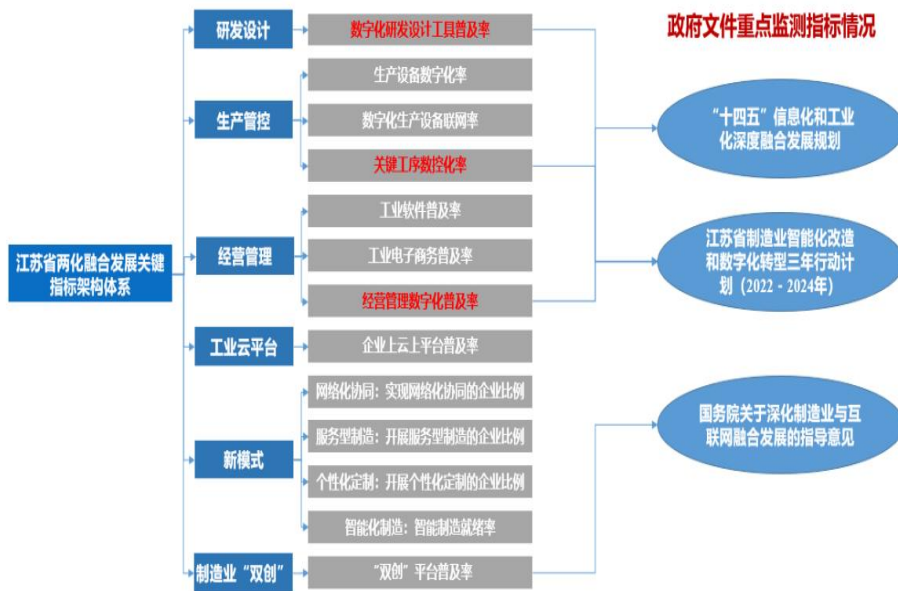


图 36-两化融合自评指标体系

两化融合管理体系系列标准是推动企业数字化转型的国家标准,主要致力于为企业数字化转型提供从发现问题到解决问题的全程服务,解

决具体执行过程中方法工具支持、解决方案实施、管理机制落地、成效跟踪优化等问题。

系列标准包括：

- 《工业企业信息化和工业化融合评估规范》（GB/T23020-2013）
- 《信息化和工业化融合管理体系基础和术语》（GB/T23000-2017）
- 《信息化和工业化融合管理体系要求》（GB/T23001-2017）
- 《数字化转型参考架构》（TAIITRE10001-2020）
- 《数字化转型价值效益参考模型》（TAIITRE10002-2020）
- 《数字化转型新型能力体系建设指南》（TAIITRE20001-2020）
- 《两化融合管理体系新型能力分级要求》（TAIITRE10003-2020）

贯标流程如下图：

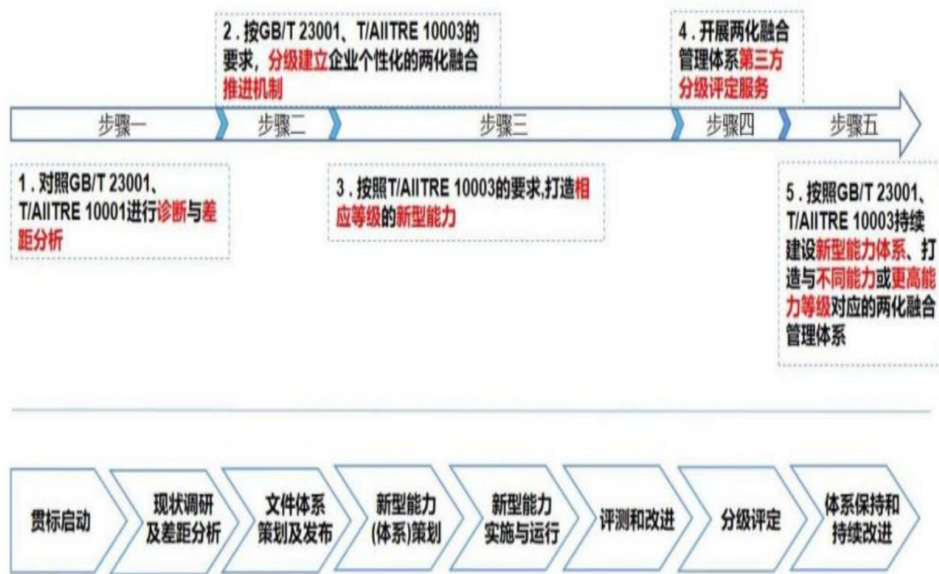


图 37-两化融合贯标流程

企业登录网址：<https://jspg.cspiii.com>，贯标方式包括三种，一是自行贯标，适合工业化与信息化基础较好，有前期贯标基础和人才的示范企业。二是委托第三方贯标服务机构指导开展贯标，适合于工业化与信息化基础比较薄弱、信息化人才匮乏、初始投入有限、初次贯标企业，特别是中小规模的企业。三是课题研究式贯标，对大型的集团企业，可以将不同级别的分级贯标建设作为研究课题，联合联盟、咨询机构或评

定机构进行课题研究，待研究成果成熟后再在下属单位进行成果转化推广。

数字化转型成熟度评估

《数字化转型成熟度模型》(T/AIITRE10004—2023)给出了数字化转型成熟度模型构成、不同成熟度等级与水平档次的要求。明确了数字化转型规范级、场景级、流程级、平台级、生态级 5 个不同成熟度等级及其 10 个细化水平档次，从发展战略、新型能力、系统性解决方案、治理体系、业务创新转型 5 个评价域给出不同成熟度等级的具体要求。

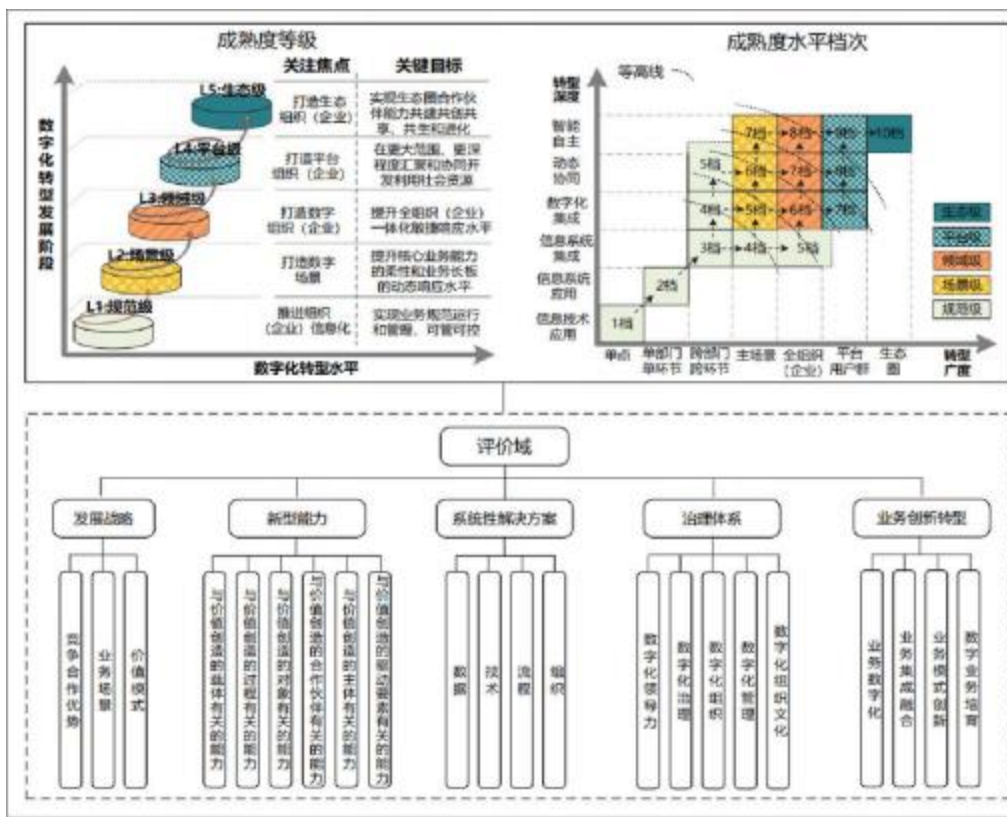


图 38-数字化转型成熟度模型

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

展现状和问题清单等单。

中小企业数字化转型评测

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

等级	数字化基础、管理及成效	数字化经营应用场景
一级(初始级)	≥20分	不少于6个应用场景(其中不少于3个约束性场景)等级需达到一级
二级(规范级)	≥40分	不少于6个应用场景(其中不少于3个约束性场景)等级需达到二级
三级(集成级)	≥60分	不少于8个应用场景(其中不少于5个约束性场景)等级需达到三级
四级(协同级)	≥80分	不少于10个应用场景(其中不少于6个约束性场景)等级需达到四级

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

5.2.2 供需对接

江苏省智改数转网联咨询诊断公共服务平台

江苏省智改数转网联咨询诊断公共服务平台（<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。



图 39-智能化改造数字化转型服务资源池

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、智能装备服务商、网络建设服务商、系统集成（软件）服务商。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。



图 40-服务商查询

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。

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“全球视野、中国战略、江苏示范”为指引，按照“高端化、国际化、专业化、体系化”的办会思路，秉持“全球视野、中国战略、江苏探索”的办会理念，致力于打造成为世界智能制造领域代表性盛会。

经国务院批准，自2016年起，世界智能制造大会已在江苏南京连续成功举办八届，共有20余个国家和地区的近3000名重要嘉宾参会，观展人数近45万人次，吸引中央电视台等百余家主流媒体及专业媒体报道，发布了《国家智能制造“十三五”发展规划》《世界智能制造十大科技进展》《全球智能制造发展态势》《中国智能制造发展八大趋势》等权威文件，推动了众多重大项目签约，促进了一批世界先进技术应用推广。

2024世界智能制造大会以党的二十大精神为引领，深入贯彻落实习近平总书记关于新型工业化重要论述以及在参加十四届全国人大二次会议江苏代表团审议时的重要讲话精神，将智能制造作为培育新质生产力的发力点之一，以打造智能制造“升级版”为主要方向，强化行业交流和高水平对外开放，举办主题大会和系列专题活动，打造智能制造领域国际化、高端化、专业化交流平台。

5.2.3 赋能政策

工信部智能工厂梯度培育

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

智能工厂梯度培育行动将按照《智能工厂梯度培育行动实施方案》和《智能工厂梯度培育要素条件》的要求，分基础级、先进级、卓越级

和领航级四个层级开展智能工厂的梯度培育工作。鼓励制造业企业参考智能制造能力成熟度评估结果，制定智能工厂建设提升计划，并对照各级要素条件开展自建自评。

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

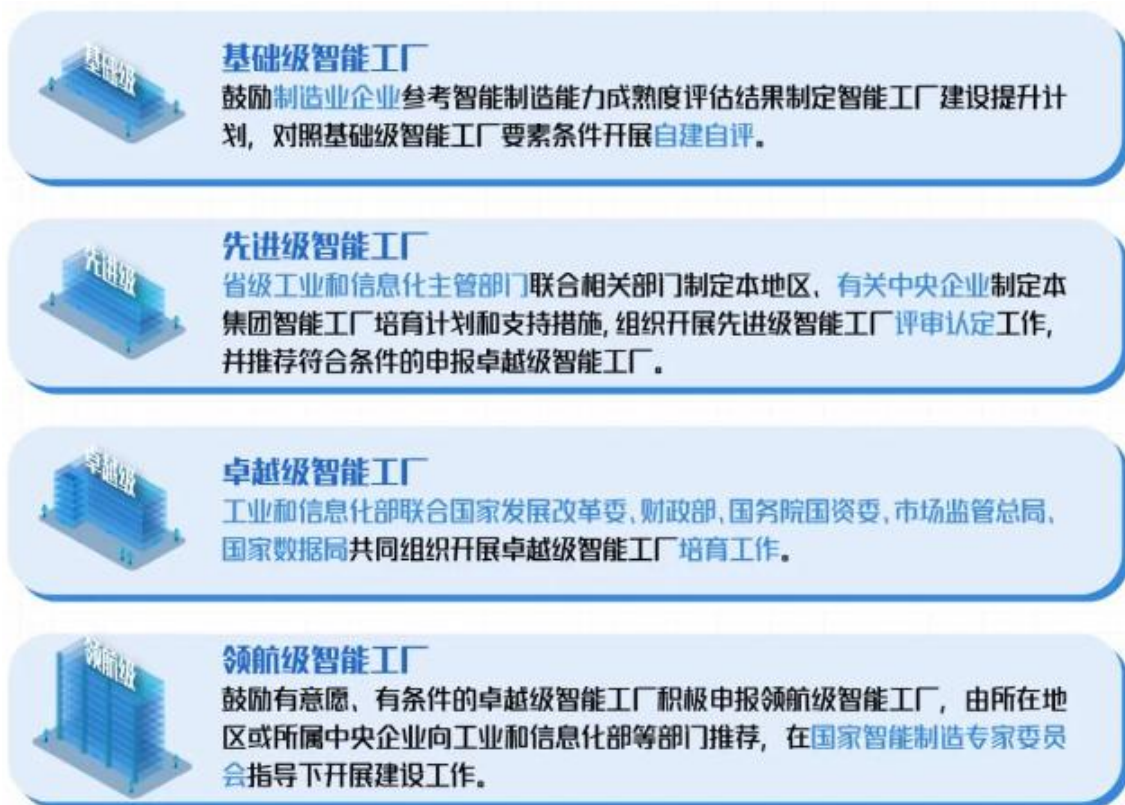


图 41-工信部智能工厂梯度培育

工信部 5G 工厂名录项目遴选

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

- 1.基础设施建设。开展 5G 网络建设，强化生产现场网络能力，创新

网络建设服务模式；推动工业网络互通，运用新型网络技术，加快 IT-OT 网络融合；部署边缘计算，促进云网边端协同；建设业务系统，包括数据存储、标识解析平台，支撑生产运营智能化。

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

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

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

江苏省先进级智能工厂（1月）

为深入贯彻国务院关于推动制造业数字化转型的决策部署，认真落实省政府办公厅《江苏省深化制造业智能化改造数字化转型网络化联接三年行动计划（2025-2027年）》（苏政办发〔2024〕39号），根据工业和信息化部等部委开展智能工厂梯度培育、中小企业数字化赋能等工作部署，分层分级推进智能工厂建设，促进实体经济和数字经济深度融合。

构建智能工厂梯度培育体系，按照工业和信息化部等部委《智能工厂梯度培育行动实施方案》等文件，鼓励制造业企业参考《智能制造典型场景参考指引（2024年版）》、《江苏省智能工厂梯度建设要素条件（2025年版）》，在车间智能化改造基础上，加强智能制造装备、工业软件与操作系统和工业网络设备等集成应用，开展基础、先进、卓越和领航级智能工厂梯度建设。

各设区市工业和信息化主管部门结合免费诊断工作基础，制定本地区智能工厂梯度培育计划和支持政策，鼓励和引导企业在利用《江苏省

企业数字化转型通用评估指标体系(2025年版)》评价基础上,对照《江苏省智能工厂梯度建设典型场景企业自评价参考(2025年版)》,开展智能工厂建设水平自评价,并推荐符合条件的企业申报省先进级智能工厂。

申报主体已完成智能工厂建设,通过江苏政务服务网江苏省工业和信息化厅旗舰店智能工厂等级水平自评测达到先进级智能工厂等级水平,且申报主体智能制造能力成熟度自评价水平达到 GB/T 39116-2020《智能制造能力成熟度模型》二级及以上。

具体要求可参见江苏省工信厅网站(<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>)《关于组织开展 2025 年江苏省先进级智能工厂申报工作的通知》。

江苏省制造强省建设专项资金项目(3月)

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

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

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

(三)产业转型升级。重点支持淘汰落后改造、绿色制造、服务型制造升级示范等。

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

项目申报采取网上申报的方式进行,进入省工信厅网上政务服务旗舰店(网址:<https://www.jszfw.gov.cn/col/col140127/index.html>),点击“江苏省制造强省建设专项资金项目管理系统”(原省级工业和信息产业转型升级专项资金项目立项审核)进入申报页面。项目申报主体在线填写《2024 年度江苏省制造强省建设专项资金项目申报表》,并上传

其他申报材料。

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

江苏省制造业“智改数转网联”示范企业（3月）

江苏省工业和信息化厅 2024 年开始围绕“1650”产业体系，聚焦“筑峰强链”重点企业，推动全省制造业智能化改造、数字化转型、网络化联接，助力全省制造业高质量发展，开展制造业“智改数转网联”示范企业培育和遴选工作。示范企业包括省智能制造示范车间、省智能制造示范工厂（含 5G 工厂、工业互联网标杆工厂方向）、省“智改数转网联”标杆企业、省重点工业互联网平台（包含企业级、行业级、区域级、双跨四类）。示范企业中的示范车间、示范工厂和标杆企业是按照“储备、培育、遴选、支持”的原则，以生产作业环节为重点，以典型场景为基本要素，从车间、工厂、企业三个层级构建示范企业分类分级梯度培育体系。

具体要求可参见江苏省工信厅网站(<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>)《关于组织开展 2024 年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》。

江苏省星级上云企业创建工作（5月）

为贯彻落实《江苏省制造业智能化改造和数字化转型三年行动计划（2022—2024 年）》（苏政办发〔2021〕109 号），加快推进企业“上云上平台”，围绕“1650”产业体系建设，助力制造业“智改数转网联”，支撑数实融合强省建设，根据《江苏省星级上云企业遴选工作指南（2024 年版）》，江苏省工信厅开展江苏省星级上云企业创建工作。

企业可通过公有云、私有云或混合云等形式上云。企业可在三星级、四星级、五星级中任选一类进行申报。其中，星级上云企业须逐级申报，不得重复申报已获评星级。

各设区市工信局自行开展三星级、四星级上云企业遴选工作。各地工信局将经企业申报、项目遴选、现场核查、信用审查、公示公布等严

格工作程序形成的三星级、四星级上云企业项目信息材料，线上报送省工信厅。五星级上云企业由各设区市工信局组织初审和推荐。各地工信局将推荐的五星级上云企业项目信息材料，线上报送省工信厅由省工信厅组织开展五星级上云企业遴选工作。

具体要求可参见江苏省工信厅网站(<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>)《省工业和信息化厅关于组织开展 2024 年度首批省星级上云企业创建工作的通知》。

6 愿景与展望

（一）加快向先进制造、服务型制造转型升级

主动融入国家数字经济和数字社会建设，以人工智能、大数据、云计算、物联网等新一代信息技术为支撑，加快推进管理信息化、生产智能化，通过重构生产和业务流程，延伸产业链，推动企业从单一的预拌混凝土或预制混凝土产品制造、标准化同质化的传统产品生产销售，向材料与工程设计、产品定制、柔性生产制造、施工技术服务、工程运维于一体的集成服务商和方案解决者转型发展，实现质量、效率和效益的全面提升。

（二）加快生产、运输、施工过程数字化技术研发

组织以企业为主体的联合攻关，开发预拌混凝土在途性能监控和调控的信息化智能化技术，实现混凝土质量“最后一公里”的精确管理。加快混凝土构件的数字化建模、3D 打印模具、现场 3D 打印钢筋混凝土结构的软硬件开发。

（三）全面采用信息技术重构企业生产管理体系

大力推广 5G+工业互联网融合创新，加快提升原材料供应链、生产流程管理和工程应用与服务信息化管理水平。配合质量信用体系建设，构建原材料和产品集采平台，在危险、繁重工序广泛采用机械手、机器人替代，打造“智慧工厂”、“黑灯车间”，实现生产过程可视化和远程控制、远程运维，在预制构件生产、存储和施工管理中融合 BIM 技术，促进建筑设计、建造施工与预制混凝土生产、构件运输、装配化施工等深度融合。

（四）发展各类混凝土性能变化传感器技术

针对水泥水化动力学过程、混凝土干湿、温差、强度变化、混凝土裂缝扩展、预应力钢丝断裂、钢筋腐蚀、混凝土碳化和氯离子渗透等影响混凝土耐久性和安全性的因素，开发传感器和数据采集分析软件，建立可远程监控、可量化分析、可诊断预警的信息化智能化监控体系，提

高对混凝土工程质量和运维安全的保障水平。

(1) 开展“智慧工厂”示范，在劳动强度大、安全保护要求高的岗位率先采用机械手和机器人替代，对混凝土生产的流程工序实施自动化和信息化改造，在预拌混凝土、预制建筑构件和管涵等产业打造自动化智能化示范线，并复制推广。

(2) 以大企业为主体，发展行业原材料、通用型产品部件互联网集采平台和互联网金融服务，加强和改善行业供应链管理，降低企业生产成本(3)加强预制混凝土设计仿真软件的开发，实现3D打印混凝土模具降低钢制模具的消耗，减少模具材料消耗产生的能耗和碳排放。

(3) 开展3D打印钢筋增强混凝土结构的成型工艺、装备和材料创新突破3D打印钢筋混凝土瓶颈。

(4) 开展混凝土各种性能检测传感器的开发研究，对影响混凝土结构耐久性的温度、湿度、荷载、开裂、腐蚀性离子等因素变化进行远程监控预警。

(5) 加快BIM技术和数值化、信息化技术在预制混凝土行业中的应用提高混凝土构件深化设计和企业精细化管理水平

(五) 鼓励围绕产业链、生态圈开展兼并重组，做大做强

要敢于突破思维惯性和发展路径依赖，根据混凝土制品生产技术的通用性、产品标准化、市场区域性、客户相对稳定等特点，支持龙头企业发挥品牌优势、技术优势、资本优势，因地制宜开展商业模式创新，跨地域产业扩张，提高区域市场集中度和核心竞争力。鼓励资源优势企业改变单一产品销售模式，通过向上游骨料、矿物掺合料等资源性原材料产业延伸，向下游工程建设设计、施工领域延伸，提高自主配套能力，形成产业链一体化生产销售与工程服务的商业模式，打造行业竞争优势。鼓励具有渠道优势企业利用市场资源整合相关生产企业，向综合混凝土制品供应商发展，通过产品和市场多元化做大企业规模。

附件 1：人工智能典型应用场景

(1) 智能排产与调度优化场景

当新订单开始时，基于自然语言处理的订单解析系统迅速将订单信息转化为标准化数据，输入到智能排产系统。该系统利用遗传算法、模拟退火算法等优化算法，综合考量预制件复杂程度、模具可用性、设备维护计划以及原材料库存等实时因素，在极短时间内生成多种排产方案。例如，对于有紧急交货需求的复杂预制件订单，系统优先分配经验丰富的工人与高效设备，并协调模具快速周转，确保按时交付；而对于常规批量订单，则权衡成本与效率，优化资源配置，实现效益最大化。

在调度优化方面，人工智能驱动的实时监控系統通过传感器网络收集生产线上各个环节的数据，如混凝土搅拌进度、预制件养护状态、物流车辆位置等。一旦出现异常，如某台关键设备突发故障或某批次原材料供应延迟，智能调度系统立即启动预案。运用强化学习算法，根据当前状况动态调整任务分配、设备启停和物料配送，快速恢复生产秩序，将损失降到最低。

此外，人工智能还助力实现人机协作的优化。通过智能终端为工人提供可视化、个性化的操作指南，根据工人实时反馈调整任务安排，既充分发挥人的灵活性与经验优势，又借助机器的精准计算确保整体生产流程有条不紊，最终提升水泥预制件生产企业的市场竞争力。

(2) 厂外物流 AI 视觉检测场景

在混凝土运输过程中，利用 AI 视觉检测驾驶员疲劳程度以及厂外物流系统中的 AI 应用为行业带来了全新的高效与安全保障模式。

对于驾驶员疲劳程度的 AI 视觉检测，高清摄像头被安装在驾驶室内合适位置，全方位捕捉驾驶员的面部特征、眼部动作、头部姿态等关键信息。基于深度学习的面部识别与分析算法实时运行，一旦检测到驾驶员频繁眨眼、长时间闭眼、打哈欠、头部频繁低垂等典型疲劳特征，系统会立即发出警报。例如，当驾驶员连续闭眼超过 3 秒，或者在 1 分

钟内眨眼次数超过 20 次且伴随头部晃动，预警信号就会传至驾驶员耳边的智能穿戴设备以及运输调度中心。同时，AI 系统还能结合车辆行驶状态，如是否出现突然的蛇行、车速异常波动等情况，进一步佐证驾驶员的疲劳驾驶风险，确保精准预警，避免因驾驶员疲劳引发的交通事故，保障混凝土运输的及时性与安全性。

厂外物流系统中还有诸多 AI 应用场景。在路线规划方面，AI 算法接入实时交通信息，综合考虑道路拥堵情况、限高限重规定、施工路段等因素，为每辆混凝土运输车规划最优配送路线。比如，清晨时段城市主干道车流量小，系统优先推荐走主干道；而在上下班高峰期，引导车辆绕行拥堵路段，避开交通瓶颈，有效缩短运输时间，降低油耗成本，提高配送效率。

在车辆调度环节，AI 凭借对车辆位置、载重量、混凝土剩余可泵时间等实时数据的掌控，实现智能调度。若某工地混凝土即将用完且有紧急浇筑需求，AI 调度系统迅速筛选出距离最近、载重量合适且混凝土新鲜度满足要求的车辆前往增援，确保工地连续施工，避免停工待料情况发生。

此外，AI 还用于对运输车辆的状态监测。通过安装在车辆关键部位的传感器，收集发动机工况、轮胎气压、刹车系统性能等数据，利用机器学习模型进行分析预测，提前发现潜在故障隐患。如发现某车辆发动机油温持续升高且散热风扇转速异常，系统提前通知维修人员准备配件，车辆返回厂区后即可快速维修，减少车辆停运时间，保障厂外物流运输的顺畅运行。

附件 2：投入改造清单及图谱

投入改造清单及图谱

1、行业系统化场景图谱示意图

<p>数字化协同研发 工具链：BIM 软件 CAD 软件 BIM 协同设计平台 IN-ASSEM 钢结构模拟预拼装软件 XSuperNEST 套料软件 数据链：三维模型数据 设计参数 设计变更记录 碰撞检测结果 材料利用率数据 痛点问题：设计协同性差，信息传递不畅，设计变更频繁，影响项目进度与成本。设计效率低，协同性差，知识传承困难。</p>						
研发设计	场景	<p>A1.1 主场景 数字化协同研发 工具软件：BIM 软件、CAD 软件 数据要素：三维模型数据、设计参数 知识模型：设计优化模型、碰撞检测模型 人才技能：BIM 工程师、结构设计师 痛点问题：设计效率低，协同性差，知识传承困难。</p>	<p>B1.1 主场景 模块化设计管理 工具软件：PKPM、tekla 建模 数据要素：模块参数、设计规则库 知识模型：模块化设计模型、设计规则库 人才技能：模块化设计师、设计规则工程师 痛点问题：设计标准化程度低，模块化设计应用不足。</p>	<p>C1.1 主场景 设计成果数字化管理 工具软件：在线协作平台、设计成果管理系统 数据要素：设计成果、协作记录 知识模型：共享流程模型、协作流程模型 人才技能：在线协作专家、设计共享协调员 痛点问题：设计成果共享困难，协作效率低。</p>	<p>D1.1 主场景 设计反馈整合 工具软件：客户反馈分析系统、设计改进软件 数据要素：客户反馈、市场数据 知识模型：反馈分析模型 人才技能：市场分析师、客户服务代表 痛点问题：客户反馈收集难，设计改进慢。</p>	<p>E1.1 主场景 知识库建设 工具软件：知识管理系统、文档共享平台 数据要素：知识文档、案例库 知识模型：知识分类模型 人才技能：知识管理专员、信息架构师 痛点问题：知识共享困难，重复工作多。</p>
	细分场景	<p>A1.X 细分场景 基于 BIM 的协同设计 现状评级：中 痛点问题：设计协同性差，信息传递不畅，设计变更频繁，影响项目进度与成本。</p>	<p>B1.X 细分场景 模块库应用 现状评级：低 痛点问题：模块化设计应用不足，设计标准化程度低。</p>	<p>C1.X 细分场景 设计成果共享 现状评级：中 痛点问题：设计成果共享困难，协作效率低。</p>	<p>D1.X 细分场景 客户反馈收集 现状评级：高 痛点问题：客户反馈收集难，设计改进慢。</p>	<p>E1.X 细分场景 知识共享平台 现状评级：低 痛点问题：知识共享困难，重复工作多。</p>

	<p>数字化协同生产 工具链：成套产线控制系统 控制软件 MES系统 生产执行系统 数据链：构件参数 切割路径数据 设备运行状态数据 生产进度数据 痛点问题：焊接质量不稳定，生产效率低，人工成本高。 生产过程不透明，设备利用率低。</p>					
生产制造	主场景	<p>A2.1 主场景 智能生产调度 技术工具：生产调度系统、MES 数据要素：生产计划、资源状态 知识模型：调度优化模型、资源分配模型 人才技能：生产调度员、计划优化师 痛点问题：生产计划粗放，调度效率低。</p>	<p>B2.1 主场景 生产过程可视化 工具软件：MES系统、生产执行系统 数据要素：设备运行状态数据、生产进度数据 知识模型：生产计划优化模型 人才技能：MES系统管理员、生产调度员 痛点问题：生产过程不透明，设备利用率低。</p>	<p>C2.1 主场景 质量智能检测 工具软件：在线检测系统、机器视觉检测软件 数据要素：质量检测数据、缺陷报告 知识模型：质量控制模型、缺陷识别模型 人才技能：质检员、质量分析师 痛点问题：质量控制难，缺陷率高，影响客户满意度。</p>	<p>D2.1 主场景 设备智能预测性维护 工具软件：设备运维管理平台、预测性维护工具 数据要素：设备运行数据、维护记录 知识模型：设备效率模型、维护策略模型 人才技能：设备维护员、维护计划员 痛点问题：设备故障频发，维修响应不及时，运维成本高。</p>	<p>E2.1 主场景 能耗监测与安环监测 工具软件：能耗监测系统、环境监测与管理系统 数据要素：能耗数据、环境参数 知识模型：能耗优化模型、环境影响评估模型 人才技能：能效管理师、环境监测员 痛点问题：能源浪费严重，环境影响大，需实现绿色低碳发展。</p>
	细分场景	<p>A2.2 细分场景 生产计划优化 现状评级：中 痛点问题：生产计划粗放，调度效率低。</p>	<p>B2.2 细分场景 流程瓶颈分析 现状评级：低 痛点问题：生产流程长，瓶颈多。</p>	<p>C2.2 细分场景 质量追溯 现状评级：低 痛点问题：质量数据不完整，追溯难度大，难以实现产品全生命周期的质量精准追溯和优化改进。</p>	<p>D2.2 细分场景 维护计划 现状评级：中 痛点问题：维护不及时，设备故障多，影响生产连续性。</p>	<p>E2.2 细分场景 能耗分析 现状评级：高 痛点问题：能源浪费严重，能效低，需优化能源使用效率和减少环境影响。</p>
运维服务	<p>数字化协同服务 工具链：远程运维平台 故障预测系统 物联网监测系统 数据链：设备运行数据 故障历史记录 设备实时监测数据 痛点问题：设备故障频发，维修响应不及时，运维成本高</p>					

	主场景	A3.1 主场景 远程运维服务 工具软件：远程运维平台、故障预测系统 数据要素：设备运行数据、故障历史记录 知识模型：设备故障预测模型、运维优化模型 人才技能：设备运维工程师、数据分析师 痛点问题：故障频发、运维成本高。	B3.1 主场景 服务调度优化 工具软件：服务调度软件、服务管理平台 数据要素：服务请求、资源状态 知识模型：调度优化模型、资源分配模型 人才技能：调度规划师、服务协调员 痛点问题：服务响应慢，资源分配不合理。	C3.1 主场景 客户支持系统 工具软件：客户支持系统 数据要素：客户互动记录、支持案件 知识模型：客户满意度模型 人才技能：客户支持代表、服务质量管理师 痛点问题：客户支持体验差，反馈处理慢。	D3.1 主场景 预防性维护 工具软件：维护管理软件、预测性维护工具 数据要素：维护计划、执行结果 知识模型：维护策略模型 人才技能：维护计划员、设备工程师 痛点问题：维护不及时，设备故障多。	E3.1 主场景 服务性能分析 工具软件：性能分析工具、数据分析软件 数据要素：服务时间、客户反馈 知识模型：效率提升模型 人才技能：性能分析师、服务改进专家 痛点问题：服务效率低，客户不满。
	细分场景	A3.2 细分场景 基于物联网的远程运维 现状评级：中 痛点问题：设备故障频发，维修响应不及时。	B3.2 细分场景 调度系统 现状评级：中 痛点问题：服务响应慢，资源分配不合理。	C3.2 细分场景 支持平台 现状评级：高 痛点问题：客户需求处理不及时，客户流失风险高。	D3.2 细分场景 维护计划 现状评级：低 痛点问题：维护不及时，设备故障多。	E3.2 细分场景 性能评估 现状评级：中 痛点问题：服务效率低，客户不满。
	<p>数字化协同管理 工具链：大数据分析平台 精准营销平台 CRM系统 数据链：客户数据 市场调研数据 客户行为数据 痛点问题：市场需求洞察不足，客户关系管理粗放，销售渠道拓展受限</p>					
经营管理	主场景	A4.1 主场景 数字化营销与客户管理 技术工具：CRM系统、大数据分析平台 数据要素：客户数据、市场调研数据 知识模型：客户需求预测模型、营销优化模型 人才技能：市场营销专家、数据分析师 痛点问题：	B4.1 主场景 业务流程自动化 B4.1.1 细分场景：自动化工具部署 工具软件：业务流程管理软件 数据要素：流程步骤、执行时间 知识模型：自动化流程模型 人才技能：流程自动化专家、IT支持	C4.1 主场景 决策支持 工具软件：决策支持及数据分析系统 数据要素：业务数据、市场分析 知识模型：决策优化模型 人才技能：数据决策分析师、业务策略师 痛点问题：决策过于主观，数据分析不够准确。	D4.1 主场景 风险评估与缓解 工具软件：风险管理系统 数据要素：风险因素、历史案例 知识模型：风险评估模型 人才技能：风险管理师、合规专员 痛点问题：风险识别难，应对措	E4.1 主场景 绩效管理 工具软件：绩效管理系统 数据要素：绩效指标、评估结果 知识模型：绩效提升模型 人才技能：绩效管理师、改进协调员 痛点问题：绩效评估主观，改进措施不力。

		客户需求处理效率低下。	痛点问题：业务流程繁琐，效率低下。		施不足。	
	细分场景	A4.2 细分场景 大数据驱动 的精准营销 现状评级：中 痛点问题：客 户需求响应 不及时。	B4.2 细分场 景 自动化工具 部署 现状评级： 低 痛点问 题：业务自 动化程度低	C4.2 细分场景 决策模型应用 现状评级：高 痛点问题：决 策缺乏数据支 持，风险高。	D4.2 细分场 景 风险监控 现状评级： 中 痛点问题： 风险控制困 难。	E4.2 细分场景 绩效跟踪 现状评级：高 痛点问题：绩效改进 效果无法持续跟进
	数字化供应链 工具链： 供应链协同平台 智能排产系统 物流管理系统（TMS） 数据链： 供应链计划数据 库存数据 供应链实时监控数据 痛点问题： 供应链协同性差，计划优化能力弱，风险应对机制不完善					
供应链管理	主场景	A5.1 主场景 供应链智能 排产 工具软件：智 能排产系统 数据要素：供 应链计划数 据、库存数 据、知识模 型：供应链 优化模型、 风险预警模 型 人才技能：供 应链管理专 家、数据分 析师 痛点问题：供 应链响应速 度慢，库存 积压严重。	B5.1 主场景 供应链协同 排产 工具软件：供 应链协同平 台、物流管 理系统 数据要素：供 应链实时监 控数据、风 险预警数据 知识模型：智 能排产模型 人才技能：供 应链优化专 家、风险分 析师 痛点问题：供 应链协同性 差。	C5.1 主场景 物流流程改 进 工具软件：物 流规划软件 数据要素：配 送数据、路 线信息 知识模型：物 流优化模型 人才技能：物 流规划师、 配送优化师 痛点问题：物 流流程设计 欠佳。	D5.1 主场景 库存控制 工具软件：库 存管理系 统 数据要素：库 存量、需 求预测 知识模型：库 存控制模 型 人才技能：库 存分析 师、供应链 协调员 痛点问题：库 存控制 难，资金占 用大。	E5.1 主场景 需求预测 工具软件：需 求预测软 件、市场分 析工具 数据要素：历 史需求、市 场趋势 知识模型：需 求预测模 型 人才技能：需 求分析 师、市场预 测师 痛点问题：需 求分 析不准确
	细分场景	A5.2 细分场 景 智能供应链 计划优化 现状评级： 中 痛点问题：供 应链计划 能力差	B5.2 细分场 景 供应商绩效 跟踪 现状评级： 中 痛点问题：供 应商绩效 不透明，协 同难。	C5.2 细分场景 配送路线优 化 现状评级：低 痛点问题：物 流成本高，配 送效率低。	D5.2 细分场 景 库存水平分 析 现状评级： 高 痛点问 题：库存分 析能力差、 无法及时调 整库存水 平。	E5.2 细分场景 预测模型应 用 现状评级：中 痛点问题：需 求波 动大，预测 不准。

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)	国产/进口
水泥预制生产	德国艾巴维水泥预制生产线	<p>德国艾巴维水泥预制件生产线具有多种主要功能，以实现高效、高质量的水泥预制件生产，具体如下：</p> <p>自动化生产功能：采用先进的自动化控制系统，如EBOS中央控制系统，可实现全过程生产流程的自动化控制。从原材料的输送、混凝土的浇筑，到预制件的成型、养护等环节，都能按照预设的程序和参数自动运行，减少人工干预，提高生产效率和产品质量的稳定性，降低人工成本和劳动强度。</p> <p>高精度成型功能：配备高精度的模具系统和成型设备，能够保证预制件的尺寸精度和外观质量。例如，在生产叠合板等构件时，通过精确的模具定位和振捣工艺，使预制件的厚度、平整度等指标控制在极小的误差范围内，满足高标准建筑施工要求。</p> <p>灵活生产功能：可以根据不同的产品需求，快速更换模具和调整生产参数，实现多种类型和规格水泥预制件的生产。无论是实心墙板、空心墙板、叠合楼板，还是其他特殊形状的预制构件，都能在同一条生产线上进行生产，提高了生产线的通用性和灵活性。</p> <p>钢筋加工功能：集成了机械化的钢筋加工作业系统，采用全自动数控设备，实现钢筋的调直、弯曲、剪切等工序的自动化。通过控制每段钢筋的输送量，达到自动定尺控制，保证钢筋的尺寸精度，同时提高钢筋加工的效率和质量，为预制件提供可靠的结构支撑。</p> <p>混凝土浇筑功能：拥有高效的混凝土浇筑系统，如双螺旋器自动称重出料装置，能够准确控制混凝土的出料量，并均匀地将混凝土浇筑到模具中。一些生产线还配备多个混凝土喂料工位，每个喂料台下都有振动台，通过振动使混凝土在模具中快速成型，减少气泡和孔隙，提高预制件的密实度和强度。</p> <p>质量检测功能：在生产过程中设置了多个质量检测环节，如对原材料的质量检测、钢筋半成品的校对、预制件的外观和尺寸检查等。部分生产线还可能采用先进的检测技术，如无损检测设备，对预制件的内部结构进行检测，及时发现潜在的质量问题，确保产品质量符合标准要求。</p> <p>物流与仓储管理功能：对于大型的预制件生产工厂，艾巴维生产线还能与自动化的物流与仓储系统相衔接。通过智能的物料搬运设备和仓储管理软件，实现预制件的高效运输、存储和配送，减少物料的积压和浪费，提高工厂的整体运营效率。例如，自动导引车（AGV）可以按照预设的路径将预制件从生产区域运输到存储区域或发货区域，自动化的仓储系统能够对预制件进行准确的定位和管理，方便快捷查找和取用。</p>	10000	进口
养护	暖风加热养护窑	德国 CURETEC 固尔特的 ConCure 暖风加热养护窑装置。这种养护系统通过暖风加热，在封闭的养护窑内为预制件提供均匀的温度和湿度环境，加速混凝土的强度增长，缩短养护周期，提高模板的周转率和场	200	进口

		地的利用率，同时保障混凝土的高性能，如抗渗、碳化、抗冻以及变形性能等		
--	--	------------------------------------	--	--

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	工厂数字化设计与交付	设计数据、工厂布局数据	工厂的数字化建模、生产线设计、资源配置数据，支持从设计到交付的全流程数字化。
2	数字孪生工厂运营优化	实时运行数据、仿真数据	生产设备、流程、环境的实时数据与虚拟模型的实时联动，进行工厂运营优化。
3	产品数字化研发设计	设计数据、性能数据	产品设计过程中涉及的 3D 模型、功能需求、材料特性等数据，支持全生命周期管理。
4	虚拟验证与中试	仿真数据、测试数据	通过虚拟仿真和中试阶段的试验数据，对产品设计和制造方案进行验证与优化。
5	工艺数字化设计	工艺数据、模拟数据	工艺流程、设备配置、操作步骤等的数字化设计数据，通过仿真模拟实现优化。
6	生产计划优化	生产数据、库存数据	基于订单需求、生产能力、库存数据等，优化生产计划，提高资源利用率。
7	智能排产调度	排产数据、生产数据	基于生产计划、设备状态等数据，利用优化算法进行生产调度的智能化管理。
8	人机协同作业	设备数据、作业数据	人机协同的工作场景数据，包括设备运行数据与人员作业数据，支持智能协作。
9	先进过程控制	生产数据、传感器数据	通过精密控制算法实时调节生产过程中的各项工艺参数，确保产品质量稳定。
10	数智精益管理	生产数据、质量数据	数字化与智能化结合的精益生产管理模式，利用实时数据优化生产效率和质量。
11	在线智能检测	传感器数据、图像数据	使用传感器和计算机视觉技术进行实时检测，自动识别产品缺陷并反馈。
12	质量追溯与分析改进	质量数据、生产数据	产品从设计、生产到售后的全程质量数据追溯与分析，为质量改进提供数据支持。
13	设备运行监控	设备数据、传感器数据	实时监测设备的运行状态，捕捉振动、温度、压力等重要参数，确保设备健康。
14	设备智能运维	设备数据、故障数据	利用 AI 算法预测设备故障，进行智能运维，提高设备可用性并降低维护成本。

序号	场景	数据要素类型	描述
15	智能仓储	仓库数据、物流数据	通过自动化设备和传感器，实现物料存储、搬运、管理的自动化与智能化。
16	精准配送	物流数据、地理数据	基于实时交通数据、订单数据等进行精准的路径规划，提高物流配送效率。
17	危险作业自动化	安全数据、设备数据	对高风险作业的自动化控制和实时监控，降低人员暴露风险，确保作业安全。
18	安全一体化管控	安全数据、传感器数据	通过传感器实时监测作业区的安全风险，并通过一体化平台进行自动响应与处理。
19	能源智能管控	能源数据、设备数据	基于实时能源消耗数据，优化能源的使用，降低能耗和提高生产效率。
20	污染在线管控	环境数据、排放数据	通过在线监测污染物排放和生产环节中的环境影响，及时做出环保调整。
21	智慧营销管理	销售数据、市场数据	基于市场需求数据和客户反馈，优化销售策略和客户关系管理，提高市场响应速度。
22	智能客户服务	客户数据、服务数据	基于客户行为数据和历史服务记录，提供个性化的智能服务支持。
23	供应链计划协同优化	供应链数据、生产数据	实时调整供应链计划，协同优化生产、采购和物流，提升供应链整体效率。
24	供应商数智化管理	供应商数据、绩效数据	通过AI分析供应商的交付能力、质量指标等，优化供应商管理流程。
25	先进工业网络应用	网络数据、设备数据	利用高效的工业网络技术支持设备与系统的互联互通，提升生产效率。
26	工业信息安全管控	安全数据、网络数据	实时监控信息安全威胁，保护企业数据免受攻击，确保生产环境的安全性。
27	工厂数据资源管理	生产数据、设备数据	管理和整合工厂中的各类数据资源，优化信息流通，提高数据利用效率。

4、知识模型资源清单

序号	环节	知识模型	描述
1	产品设计	技术标准	指导设计过程中的设计、仿真、验证标准
2	产品设计	典型产品组件标准库	为后续设计提供快速选择途径
3	产品设计	功能模型	描述产品各项功能以及功能之间的相互关系，确保产品功能符合预期
4	产品设计	结构模型	产品组成结构及各零部件间装配关系
5	产品设计	性能模型	量化产品各项性能指标
6	产品设计	质量改进问题	积累的新品开发问题及改进措施
7	工艺设计	工艺知识库	工艺流程、参数、资源等关键要素的工艺知识库
8	计划与调度	生产计划专家知识库	实时记录计划变动及变动规率，为后续计划下达、调整提供依据
9	计划与调度	先进排产调度算法模型	根据历史记录为排产提供依据
10	计划与调度	异常自动决策与优化调度模型	为异常自动优化提供依据
11	生产作业	生产作业数据在线分析模型	自动记录加工过程参数及程序，可重复利用，对于异常情况实时预警
12	质量管控	质量数据算法模型	记录产品质量参数和与相关检验数据，以便进行生产管理和质量控制
13	设备管理	设备运行模型	设备相关参数标准及预警标准等
14	仓储物流	仓储模型	自主判定仓储物料的存储时间及顺序，自动运算实行先进先出等逻辑

序号	环节	知识模型	描述
15	仓储物流	配送模型	记录与提供配送解决方案
16	能碳管理	节能模型	记录与提供节能方案
17	环保管理	环保监测数据与生产作业数据分析模型	污染物预警
18	营销与售后	销售预测模型	分析历史数据、市场数据等，预测销售数据
19	营销与售后	精准客户服务模型	通过用户画像分析,提供个性化的产品和服务
20	供应链管理	采购模型	基于多约束条件，对采购进行预测
21	供应链管理	供应商评价模型	收集并分析供应商资质、能力等，对供应商进行评价

5、工具软件清单

序号	工具软件	描述	国产/进口
1	企业资源计划系统 ERP	协调和整合企业各方面业务流程，协同管控企业的产、供、销、人、财、物等资源	国产
2	数字孪生系统	工厂或产线模拟仿真	国产
3	办公自动化 OA	实现办公管理规范化和信息规范化	国产
4	商业智能系统 BI	帮助企业进行数据分析、提供决策支持的工具	国产
5	产品生命周期管理 PLM	产品全生命周期的信息的创建、管理、分发和应用的一系列应用解决方案	国产
6	产品数据管理系统 PDM	有效组织生产工艺过程的生产作业文档，实现车间无纸化生产	进口
7	MDM 主数据管理系统	帮助企业有效管理和维护核心业务数据的技术框架	国产
8	CAD 软件	二维、三维设计	国产/进口
9	ANSYS 有限元分析	有限元分析	进口
10	3DExperience	设计、仿真云平台	国产
11	3ds Max	三维建模软件	国产
12	供应商关系管理系统 SRM	通过信息手段控制优化与供应商之间的信息流、物流和资金流	国产
13	制造执行系统 MES	面向车间执行层的生产信息化管理系统	国产
14	高级计划排程系统 APS	解决生产排程和生产调度问题的系统，通过先进算法和模型，实现生产资源优化分配和工序有效排序	国产
15	制造运营管理系统 MOM	通过协调管理企业的人员、设备、物料和能源等资源，把原材料或零件转化为产品	国产
16	数据采集与监视控制系统 SCADA	通过与传感器、PLC、RTU 等设备连接，实时监控设备运行状态，收集工艺参数数据	国产

序号	工具软件	描述	国产/进口
		并进行控制	
17	制造数据采集与状态管理系统 MDC	对车间智能设备运行数据实时监视与控制，并对数据分析及处理，为 MES、ERP 等系统提供数据支持	国产
18	SPC 统计过程控制	通过统计方法监控和控制制造过程	国产
19	工业物联网平台 IOT	设备联网，设备数据采集	国产
20	质量管理体系 QMS	辅助企业建立有效运行的质量保证体系	国产
21	在线检测软件	行业软件，在线检测设备控制	国产
22	设备管理系统	通过信息化手段，实现对设备全生命周期的有效管理和监控	国产
23	仓储管理系统 WMS	实现完善的仓储物流信息管理	国产
24	仓库控制系统 WCS	负责协调、调度底层的各种物流设备	国产
25	智能 AGV 调度系统	对 AGV 系统中的多台 AGV 单机进行任务分配及管理	国产
26	条码系统	行业软件，条码识别	国产
27	能耗管理系统 EMS	实现对能耗状态进行监测、分析和预测	国产
28	客户关系管理系统 CRM	实现客户资源有效利用的管理软件系统	国产

6、网络化联接设备清单

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

7、行业数字化转型人才技能清单

序号	人才技能类型	描述
1	数字化统筹管理技能	推动组织数字化转型落地，协调 IT、生产、研发等部门需求，制定路线图及执行规划、计划的能力。
2	项目管理技能	对智能化改造项目进行规划、执行和控制管理的能力。
3	工业物联网与设备互联技能	掌握工业传感器部署、设备数据采集（SCADA 系统）、边缘计算等技术，进行设备协议解析、工业网络搭建、预测性维护算法开发等，实现生产设备实时监控与互联互通。
4	智能制造信息系统实施技能	熟悉 MES、APS 等工业软件部署，实现生产计划动态调整与车间透明化管理，以及对不同系统之间的数据交互、接口设计、信息共享方面的系统集成。
5	系统开发技能	信息系统数据接口开发及功能性开发
6	工业网络安全与数据治理技能	保障工厂 OT/IT 系统安全，制定数据分级存储策略，防范网络攻击与数据泄露风险。
7	数字化设计与仿真技能	熟悉本行业技术发展，具有参数化设计、数字孪生构建、多物理场耦合分析能力，使用 CAD/CAE/CAM 软件进行产品三维建模、结构仿真与工艺优化，支持虚拟样机开发。
8	标准化技能	如标准化管理、标准制定、标准体系等能力。
9	数字化工艺与精益管理技能	应用工艺路线仿真、工时标准化、能耗数字化监控，结合精益生产理念，分析优化工艺流程，并利用 6 σ 、5S、看板管理等管理工具和方法消除浪费技能。
10	工业大数据与 AI 分析技能	利用 Python、SQL 等工具处理生产数据，通过 SPC、缺陷检测算法开发、供应链需求预测建模，构建机器学习模型优化工艺参数或预测设备故障。
11	自动化与机器人集成技能	掌握工业机器人编程、PLC 控制逻辑设计，通过路径规划、视觉引导系统集成等实现柔性生产线与自动化单元部署。
12	先进制造技术技能	如 3D 打印、数控机床、机器人、柔性制造等先进装备的操作和维护技能。

序号	人才技能类型	描述
13	高级编程技能	数控编程人员
14	供应链数字化协同技能	熟悉供应商库存（VMI）管理、物流路径优化、区块链溯源应用，利用 ERP、SRM 系统实现供应链上下游数据互通，支持 JIT（准时制）交付。
15	优化管理技能	如生产过程优化、设备效率提升、质量控制、自动化水平提升等优化和改进技能。

附件 3：典型案例

典型案例 1：建华建材（中国）有限公司

一、企业简介

建华建材始建于 1992 年，是中国领先的混凝土制品与技术综合服务商，业务涵盖混凝土技术与服务、物流运输、智能制造等多个领域。公司拥有专业设计院和总承包企业，提供从地下基础工程到上部结构的全系列产品，并具备工程设计、产品生产、施工总包的全流程一体化服务能力。公司在国内建有 70 多家生产基地、300 多个营销中心，海外业务覆盖印尼、印度、马来西亚等多个国家，在国际市场建立了 2 个生产基地和多个营销中心。作为国家高新技术企业、制造业单项冠军示范企业、中国民营企业 500 强，建华建材拥有行业唯一的“国家企业技术中心”，并被住建部认定为首批“住宅产业化基地”、“国家预制混凝土绿色低碳研究中心”。公司坚持技术创新与智能制造并行，累计获得 800 余项授权专利，广泛参与京沪高铁、沪深高铁、港珠澳大桥、特斯拉中国工厂等国家重点工程建设。凭借卓越的技术实力与工程实践，公司荣获第十七届中国土木工程詹天佑奖、江苏省首届“江苏省科技创新发展奖”等行业权威奖项，持续引领行业高质量发展。

二、主要做法

建华建材公司围绕供应商管理的数字化、智能化和协同化，打造了一套覆盖供应商全生命周期的智慧供应链管理体系，以下是其主要实施路径与创新实践：

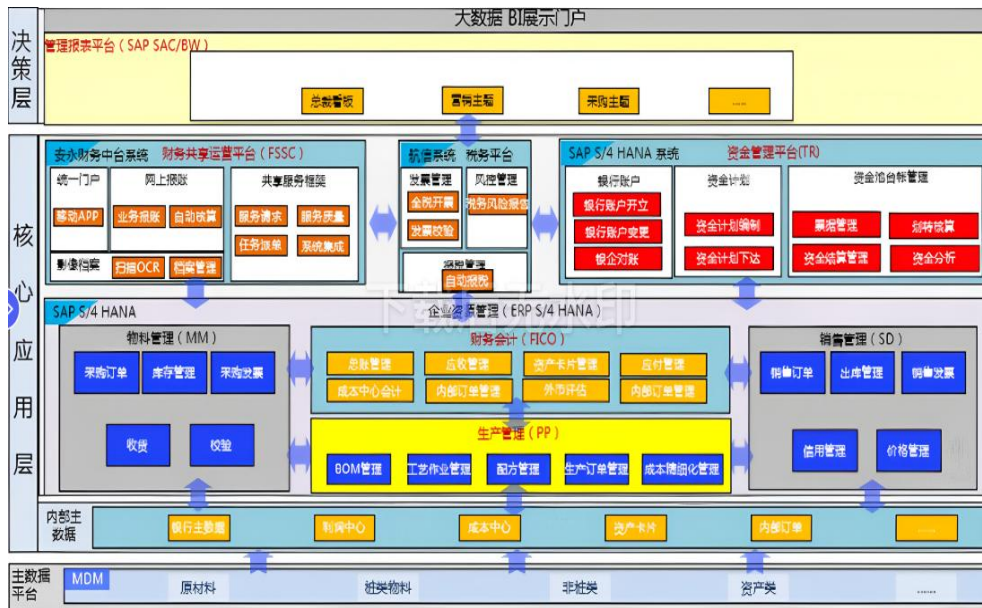


图 42-建华数字化建设架构图

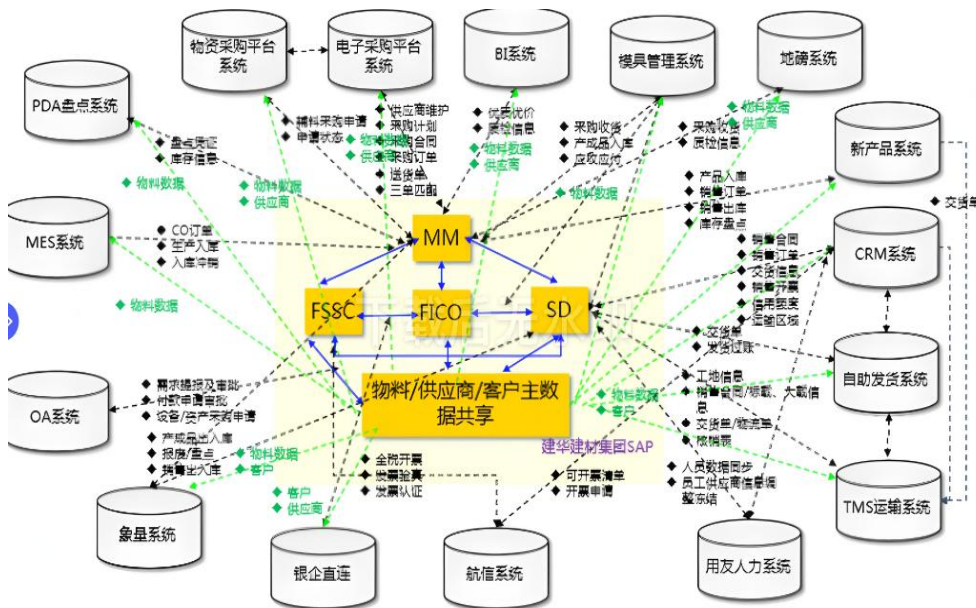


图 43-系统业务数据集成

● 搭建数字化供应商管理平台

公司构建了以 SRM 系统为核心，与 SAP、MES、BI 等系统深度融合的供应商管理平台。该平台为供应商提供了在线注册、信息更新和交易记录管理等功能，使供应商相关信息能够集中存储和统一管理，有效解决了以往供应商数据分散、管理混乱的问题。供应商可通过平台实时维护自身资质、产能、质量体系等基础信息，企业采购部门则能便捷地查

询供应商的历史报价、成交记录和客户评价等关键数据，为采购决策提供了有力支持。

- 创新供应商评估与筛选机制

公司引入大数据分析技术，建立了多维度的供应商量化评价模型。该模型涵盖供货质量、交付效率、价格竞争力、响应速度等多个方面，能够对供应商进行全面、客观的评估。通过该模型，企业可以精准地筛选出优质供应商，优化供应商结构。同时，系统会根据供应商的历史表现和实时数据，动态调整供应商的等级和合作策略，确保供应链的稳定性和可靠性。

- 构建智能采购协同体系

公司开发了智能采购寻源模块，实现了采购流程的自动化和智能化。该模块能够根据生产计划和库存情况，自动生成采购需求，并通过电子招标、在线竞价等方式，邀请符合条件的供应商参与投标。同时，系统会对供应商的报价进行智能分析和比较，帮助企业选择最优的采购方案。此外，公司还建立了供应商绩效分析机制，对供应商的交货准时率、质量合格率等指标进行实时监控和分析，及时发现问题并采取相应措施，确保采购计划的顺利执行。

- 提升供应链协同效率

公司通过 SRM 系统与 ERP、MES 等系统的集成，实现了供应链各环节的数据共享和协同工作。生产部门可以实时将生产计划和物料需求传递给采购部门，采购部门则能根据这些信息及时调整采购计划，确保物料供应的及时性和准确性。同时，供应商也能通过平台实时了解企业的生产计划和库存情况，提前做好供货准备，提高供应链的响应速度。

- 加强供应商风险管理

公司建立了供应商风险预警机制，通过对供应商的财务状况、生产能力、质量体系等方面进行实时监控和分析，及时发现潜在的风险因素。一旦发现供应商存在异常情况，系统会自动发出预警信号，提醒采购部门采取相应措施，如增加备用供应商、调整采购计划等，有效降低了供

应链断供风险。

- 推动供应链可持续发展

公司将可持续发展理念融入供应商管理体系，建立了绿色供应商认证机制。对供应商的环保措施、社会责任履行情况等进行评估和认证，优先选择符合可持续发展要求的供应商进行合作。同时，公司还与供应商共同推动绿色生产和低碳运营，促进供应链的可持续发展。

三、实施成效

建华建材公司以 "数据驱动、智能协同" 为核心，构建了覆盖研发、生产、供应链、质量、安全等全流程的智能化管理体系。通过深度集成 SAP-ERP、MES、DCS、LIMS、BI 等核心系统，实现了产品研发周期缩短 50%、生产效率提升 85%、产品不良率下降 27.1% 的显著成效。在技术创新方面，公司打造了行业领先的智能工厂解决方案：建立全流程数据闭环研发体系，实现市场需求 - 产品设计 - 生产制造 - 质量追溯的无缝衔接；构建智能供应链协同平台，通过 SRM 系统实现供应商数字化管理，采购成本降低 9%；部署智能化生产管控系统，集成焊接机器人、自动喷涂线等先进装备，关键设备数控化率达 100%；创新应用 LIMS+AI 检测技术，实现产品质量在线全检，合格率提升至 99.9%。同时，公司构建了工业互联网安全防护体系，通过云端部署+堡垒机+WAF 防火墙组合，保障核心业务系统稳定运行。未来，公司将持续深化 AI、大数据技术应用，推动产业链协同创新，打造建材行业智能制造标杆企业。

典型案例 2：华东材料南京有限公司

一、企业简介

华东材料南京有限公司成立于 2012 年（前身为南京中联混凝土有限公司），是中国建材集团旗下核心企业，注册资本 8 亿元，总投资 35 亿元，现有员工 900 余人，下辖 14 个生产站点、38 条先进生产线及 5 座智慧码头，商品混凝土年产能近 2000 万方，业务覆盖南京主城区、江宁区、浦口区及周边区域。公司聚焦商品混凝土及相关材料研发生产，产品线涵盖 C10-C150 普通及特种混凝土、干混砂浆、流态固化土等 60 余种，形成“商混 + 骨料 + 物流”协同发展格局。作为国家高新技术企业，公司拥有行业级绿色制造创新中心与市级企业技术中心，与多所高校开展产学研合作，累计获得专利 32 项、软件著作权 14 项，主导制定多项行业标准。公司深度参与南京全部重点工程建设，累计供应混凝土超 1 亿立方米，参建项目获鲁班奖 4 项、国家优质工程奖 8 项，连续多年获评行业优秀企业与绿色生产示范企业，通过多体系认证并纳入南京市绿色建材采购名录。依托集团资源优势，公司以“建设世界一流商混骨料专业化公司”为目标，构建沿江产业生态，强化数字化与绿色化转型，配备 100 辆节能环保型天然气搅拌车，推动行业低碳升级，致力于成为长三角地区最具竞争力的绿色建材综合服务商。

二、主要做法

华东材料南京有限公司作为中国建材集团在长三角地区的核心企业，以“全要素数字化、全流程智能化”为战略导向，构建了覆盖生产、供应链、质量、环保、客户服务等全业务链条的智慧化管理体系。该平台通过三级架构设计、核心系统深度集成与前沿技术融合，实现了从传统建材制造向数字化、绿色化、服务化的战略转型。

● 平台架构：构建三级联动智慧中枢

（一）基础设施层：打造全域感知网络

公司采用“私有云 + 公有云”混合架构，搭建覆盖 14 个生产基地、

5 座智慧码头的工业互联网基础设施。部署工业级边缘计算节点 (ECU), 在生产线、物流设备、环保监测终端等关键点位配置高密度传感器, 构建全域感知网络。通过工业以太网与 5G 专网融合组网, 实现生产设备运行参数、环境指标、物流轨迹等数据的实时采集与高速传输, 为上层应用提供可靠的数据底座。

(二) 中台服务层: 构建智能服务体系

整合 ERP、MES、SCM 等 18 个业务系统数据, 建立生产、供应链、质量、能耗四大主题数据库。通过数据治理工具实现数据标准化与清洗, 确保跨部门数据的一致性与完整性。构建统一的数据服务接口, 支撑上层应用的快速开发与迭代。

开发智能排程、质量追溯、能源管理等 12 个共享服务组件, 形成可复用的业务能力库。例如, 智能排程组件基于约束理论 (TOC) 与遗传算法, 实现订单与产能的智能匹配, 支持多目标优化的动态排程策略。质量追溯组件通过建立材料 - 工艺 - 成品的关联关系模型, 实现全流程质量数据的链式追溯。

(三) 应用层: 构建智能应用矩阵

打造集生产监控、经营分析、决策支持于一体的综合驾驶舱, 集成移动 APP、数字孪生工厂等功能。通过三维可视化技术, 实时呈现各生产基地的产能分布、设备状态、物流轨迹等关键信息, 为管理层提供全景化决策视图。

● 核心系统: 重构业务运营逻辑

(一) 智能生产系统

采用 OPC UA 协议实现 38 条生产线的 PLC、DCS 等控制系统的互联互通, 构建设备数字孪生体。通过实时采集设备运行参数 (如搅拌主机电流、输送带速度等), 实现设备状态的动态监控与远程调控。建立设备健康度评估模型, 实现预防性维护策略优化。

基于 AI 算法建立混凝土配比优化模型, 综合考虑原材料特性、环境参数、工程需求等因素, 动态调整配合比。通过机器学习技术分析历

史生产数据，识别关键工艺参数与质量指标的相关性，实现工艺参数的闭环优化。

构建虚拟生产环境，实时映射物理工厂的生产过程。通过数字孪生体，支持工艺方案预演、产能瓶颈分析、应急场景模拟等功能，为生产决策提供数字化支撑。

（二）供应链协同平台

建立供应商数字档案，集成资质认证、产能数据、质量体系等信息。开发供应商评估模型，从质量、交付、成本、服务等维度进行动态评价，实现供应商的分级管理与智能推荐。部署智能排程系统，结合 GPS 定位、路况信息与车辆状态数据，优化运输路径与装载方案。建立物流资源池，实现运输任务的动态分配与协同调度，提升物流资源利用效率。

采用区块链技术实现骨料等原材料的溯源管理，确保库存数据的真实性与可追溯性。建立库存预警机制，结合生产计划与市场预测，实现库存的动态平衡。

（三）质量追溯系统

建立从原材料进场到成品交付的全流程质量数据采集体系，覆盖 200 余个质量控制点。通过批次级追溯机制，实现质量问题的快速定位与原因分析。引入机器视觉检测设备，实现混凝土试块强度、外观质量的自动化检测。结合深度学习算法，提升检测精度与效率，确保产品质量的一致性。

（四）绿色制造系统

建立能源数据中心，实时监控天然气、电力等能源消耗情况。通过 AI 模型优化能源分配策略，推动生产过程的节能降耗。部署粉尘、噪音、碳排放等环境监测设备，建立环境数据实时采集与分析系统。实现超标自动报警与处理流程的闭环管理，确保环保合规。

开发固体废弃物资源化利用系统，将建筑垃圾、脱硫石膏等工业废料转化为混凝土骨料。建立固废利用的智能决策模型，优化资源利用效率。

（五）客户服务系统

集成多渠道客服平台，实现客户咨询、投诉、建议的统一受理与智能分派。通过自然语言处理技术，提升客户问题的识别与响应效率。基于历史订单数据与市场趋势分析，建立需求预测模型。实现订单的智能排产与动态调整，提升订单交付的准时性与灵活性。开发项目管理 APP，实现现场浇筑进度、质量问题的实时反馈与处理。通过移动端交互，提升客户服务的响应速度与服务质量。

● 技术支撑：构建创新技术生态

（一）工业互联网平台

采用华为云工业互联网平台，实现设备接入、数据处理、应用开发的全流程支持。平台提供设备管理、数据建模、应用开发等核心功能，支撑上层智能应用的快速构建与部署。

（二）AI 与大数据

部署机器学习平台，开发设备故障预测、质量异常预警、能耗优化等智能模型。通过数据挖掘与分析，实现生产过程的智能优化与决策支持。

（三）5G 与边缘计算

在智慧码头等场景部署 5G 网络，实现无人装载机、智能理货系统的实时控制。结合边缘计算技术，实现本地数据的快速处理与分析，降低网络传输压力。

（四）信息安全体系

构建 "云 - 边 - 端" 三级安全防护架构，采用工业防火墙、入侵检测、数据加密等技术，保障系统与数据的安全性。通过等保 2.0 三级认证，确保信息系统的合规运行。



图 44-企业调度指挥中心

三、实施成效

华东材料南京有限公司构建全业务链智慧化管理平台，实现信息化系统深度集成与协同应用。统一数字平台整合 18 个核心系统，打造日均处理 500GB 数据的工业大数据中心，形成闭环管理体系。

调度指挥中心运用数字孪生技术，支持跨部门协同决策，订单排程效率提升 70%，产能匹配缩短至 5 分钟。生产系统实现 38 条生产线全互联，设备故障预警准确率 92%，停机时间减少 40%，AI 配比模型降低原材料损耗 8%，新产品研发周期缩短 30%。

质量系统集成 200 + 数据点，实现批次追溯，质量异议处理从 48 小时缩至 4 小时，机器视觉检测效率提升 5 倍，误检率低于 0.5%。采供系统建立供应商数字档案，合格供应商占比提升至 85%，智能排程降低物流成本 12%。仓储系统通过区块链提升库存周转率 20%。

计划系统 5 分钟内完成 2000 + 订单产能匹配，销售系统预测准确率 85%，紧急订单交付周期缩短 50%。财务系统实现业财实时交互，降低综合成本 8%。最终，公司生产效率提高 30%，单位能耗下降 10%，固废利用率达 70%，碳排放强度降低 15%，整体运营成本降低 12%，筑牢绿色化、服务化转型数字底座。

典型案例 3：江苏千和装配式建筑科技股份有限公司

一、企业简介

江苏千和装配式建筑科技股份有限公司，由千和建设集团有限公司与江苏华兴投资集团有限公司、江苏晋万佳德集团有限公司联合盐城兴北实业投资有限公司（国资）于2017年共同发起成立，注册资金2亿元，计划总投资15亿元人民币，占地441亩。规划建设厂房30万平方米；已建成厂房12万平方米，堆场6万平方米，正在筹建厂房6万平方米，目前所涉主要生产项目：装配式结构预制构件、装配式基础预制构件（工程桩）、混凝土集中拌合中心、预制钢筋混凝土环保水池等混凝土制品。目前已按规划建设完成：1、装配式部品部件智能制造车间，建筑面积68000平方米，与德国EBAWE公司深度合作，引进一条进口全自动PC生产线、一条意大利普瑞集团钢筋加工生产线、一条国产PC生产线和桁架钢筋加工设备等，并拥有3条固定模台生产线；装配式生产线二车间建筑面积30000平方米，配备先进预应力生产线、固定模台生产线各一条。两个车间（厂房）年产各种装配式构件10万立方米。2、混凝土集中拌合中心车间建筑面积18000平方米，配建4条4方混凝土搅拌机，可年产混凝土120万立方。3、装配式基础构件材料车间（四车间）建筑面积58300平方米，布置为预制钢筋混凝土桩生产线两条，年产150万米预应力实心方桩和15万米实心方桩。同时配备干式混凝土、砂浆搅拌站一条，年产水稳、砂浆材料120万吨。4、亭湖港码头（自备三个泊位）及总面积1.5万平方米堆场，投入近3000万元装备了两台吊机、一台水泥输送管道等码头设备，可日卸水泥2000吨，砂石、粉料等原材料10000吨。5、配备堆场6万平方米、粉质材料存储罐4座，可同时存放装配式构件10万立方米、砂石材料50万吨、粉质材料存储1.2万吨。6、配备搅拌车80辆，泵车15辆，自卸车10辆，全配套为公司服务，更加丰富了公司的全产业链模式。千和装配始终坚持“诚信、敬业、开拓、创新”的经营理念，凭借雄厚的技术力量、先进的生产设备、科学的管理

体系，通过了 ISO9001-2016 质量管理体系、ISO14001-2016 环境管理体系与 OHSAS-2011 职业健康安全管理体系等认证。先后获得了《高新技术企业》、《江苏省专精特新中小企业》、《江苏省智能制造示范车间》、《江苏省建筑产业现代化示范基地》、《江苏省民营科技企业》、《盐城市工程技术研究中心认定证书》等称号。千和装配重视科技创新和技术人才引进，拥有技术力量雄厚的专业化团队，自主研发了 C80/C100 高性能混凝土、自密实混凝土、装饰性混凝土、轻骨料混凝土、纤维混凝土等特种混凝土，申报了多项构件产品的专利，先后获得国家专利证书 22 个。尤其是承重结构装配外墙板的研创专利。可以为广大客户提供包括装配式建筑、地下综合管廊、城市基础设施建设相关的产品及服务，为推进建筑产业现代化转型升级提供系统化、数字化的专业解决方案。

二、主要做法

江苏千和装配式建筑科技股份有限公司的智能工厂项目在技术层面展现了显著的先进性。公司引进了德国 EBAWE 公司的全自动 PC 生产线、意大利普瑞集团的钢筋加工生产线以及国产先进的 PC 生产线和桁架钢筋加工设备，形成了高效、精准的自动化生产体系。这些生产线均配备了先进的数字化控制系统，能够实现从钢筋加工、混凝土浇筑到构件养护的全流程自动化和智能化。此外，还建立了构件 BIM 数据库和信息管理云平台，可实现对预制构件从研发设计、生产运输、施工装配、运营维护到拆除回收的全生命周期管理。

信息系统方面:介入了 ERP、OA、CCAD 预制构件软件、能源管理系统(EMS)、客户关系管理系统(CRM)、仓储管理系统(WMS)、生产制造执行系统(PCMES)、安防智能系统、预制件移动工厂软件、艾巴维控制系统、混计算机工作站等。自动化生产线:引进了德国艾巴维生产线、PC 生产线、水稳生产线反击式破碎站、水稳生产线搅拌站等。工厂可实现从原料入库、生产订单录入、生产排产、产品检验、堆场管理到成品发货的全过程的管理，打通了上下游之间的业务流和信息流，实现了构件生产的自动化、可视化、可追溯，保障生产运营的管、理能力。

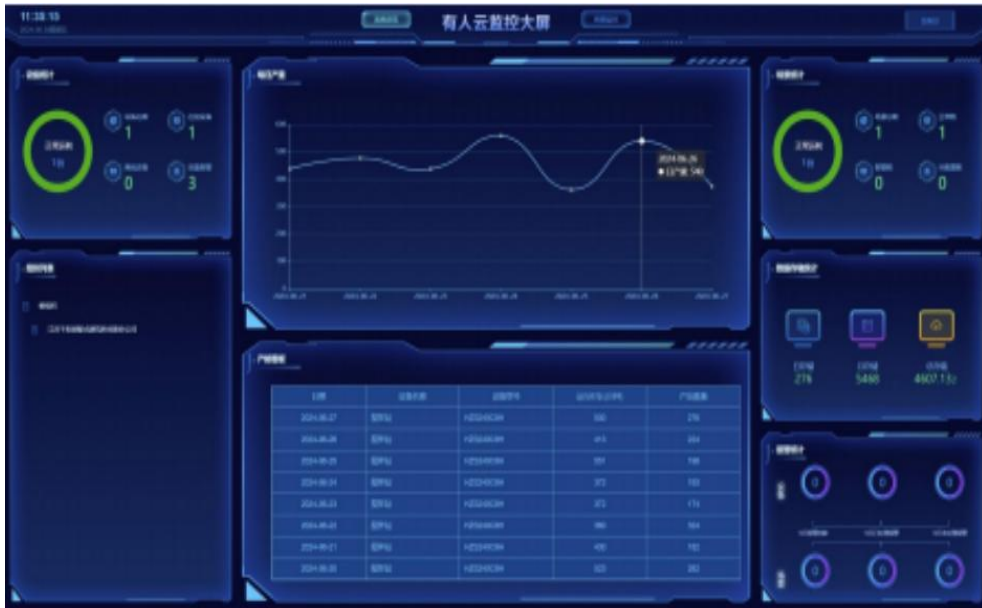


图 45-物联网监控大屏

三、实施成效

在技术层面，引入德国 EBAWE 全自动 PC 生产线、意大利普瑞集团钢筋加工生产线及国产先进设备，构建起高效精准的自动化生产体系。这些生产线配备数字化控制系统，使得钢筋加工效率提升了 60%，混凝土浇筑精准度达到 98% 以上，构件养护周期缩短了 30%，真正实现全流程自动化与智能化。同时，建立构件 BIM 数据库和信息管理云平台，实现预制构件全生命周期管理，让项目交付周期平均缩短了 20%。

信息系统方面，成功介入 ERP、OA、CCAD 预制构件软件等众多系统。各系统协同工作，订单处理效率提升了 70%，采购成本降低了 15%。自动化生产线涵盖德国艾巴维生产线等多种先进设备，水稳生产线的产能较之前提高了 50%。基于此，工厂实现从原料入库到成品发货全过程管理，构件生产达到自动化、可视化、可追溯。通过全过程管理，次品率降低至 3% 以内，堆场空间利用率提高了 40%。这一系列建设成果极大地提升了生产效率，整体生产效率较传统模式提升了 80%，人工成本降低了 50%，有力保障企业在装配式建筑领域的领先地位，推动行业智能化发展。

典型案例 4：江苏中鼎建材集团有限公司

一、企业简介

江苏中鼎建材集团有限公司是盐城地区一家实力雄厚的民营建材企业集团。集团创立于 2001 年，2013 年 11 月 21 日登记成立集团公司。注册资本 3008 万元，资产总额超 8 亿元，年销售收入达 12 亿元，员工总数 600 多人。总部位于盐城市亭湖区绿地商务城 1203 - 12F。

公司拥有 11 家全资及控股子公司，经营范围广泛，涵盖商品混凝土、商品砂浆、预应力混凝土桩、加气混凝土砌块及板材、住宅工业化 PC 预制构件等多种建筑材料的生产、销售，以及新型建筑材料技术的研究、工程材料咨询服务、建筑材料质量检测等。集团生产规模庞大，拥有商品混凝土生产线 12 条，年生产能力 400 万立方米；预应力管桩生产线 2 条，年生产能力 60 万米；干混砂浆生产线 2 条，年生产能力 50 万吨等 3。凭借先进的生产设备和严格的质量管控，产品质量在本地区同行业中名列前茅，先后为中铁、中建、中交等众多知名企业以及恒大、碧桂园、万科等地产巨头提供产品销售服务。在技术创新方面，集团高度重视人才培养和研发投入，现有中级技术职称人员 30 余人、高级职称 10 余人 3。2017 年成立中鼎新材料研究院，作为“同济大学产学研合作基地”“江苏省研究生工作站”等，不断开展新材料研发工作，推动企业技术进步。

此外，集团秉承“顺势遵道、稳中求进”的经营理念，积极响应国家节能减排、绿色环保政策，投入大量资金进行环保改造，实现污水、废料、粉尘零排放，走可持续发展之路。

二、主要做法

销售环节采用框架式模式，以上海市场为重点。通过制定详细的销售年度、月度计划，结合金蝶 ERP 系统，实现销售流程的规范化与信息化管理。ERP 系统不仅助力销售计划的执行与监控，还能对销售数据进行深度分析，为市场决策提供有力支持，让公司在上海市场精准发力，

提升销售业绩。

在生产管理方面，ERP 生产主生产计划依据销售订单及库存情况，生成科学合理的采购计划。考虑到安全库存，并按周执行集采流程。各分子公司将需求提交到集团，由集团统一协调采购，确保生产物料的稳定供应。同时，建立供应商评价体系，通过对供应商交货及时性、产品质量等多维度评估，优化供应商结构，保障生产供应链的高效运作。

MES 系统在江苏中鼎建材集团也发挥着关键作用。其品牌适用于总部，负责编制详细的生产计划。该系统将生产报工、质量执行以及物流退料结算等环节进行系统化管理。生产人员可通过 MES 系统实时上报生产进度，质量部门依据系统设定的标准执行质量检测，物流部门则利用系统完成退料结算流程，各环节紧密协作，提高生产效率与质量控制水平。

设备管理方面，目前设备档案记录仍采用纸质单据线下进行，但对于产生费用的操作则走系统流程。这种方式在一定程度上保障了设备管理的规范性，同时也为后续全面实现设备管理信息化积累经验。数采数据系统的应用也在有序推进，尽管文中未提及具体品牌与数量，但可以看出公司在数据采集与分析方面积极探索，为生产决策提供数据支撑。

在环保与安全领域，公司安装了粉尘、噪声监控系统，该系统实时与环保局联网，确保企业生产符合环保标准，体现了公司的社会责任与环保意识。同时引入 AI 摄像头行为识别技术，用于监控生产区域人员行为，保障生产安全，预防事故发生。

此外，集团研究院积极申报先进级工厂，这一举措将进一步推动企业在技术创新与信息化融合方面的发展。在日常办公方面，公司采用 OA 系统，实现办公流程的电子化、自动化，提高办公效率，降低运营成本。在物流方面，公司采用亚士德物流系统，优化物流配送流程，降低物流成本，提升企业整体运营效率。

江苏中鼎建材集团有限公司在信息化建设方面多管齐下，从销售、

生产、设备、环保、办公到物流等各个环节逐步完善信息化布局，为企业的可持续发展注入强大动力。



图 46-搅拌车辆运输监控大屏

三、实施成效

销售层面，借助金蝶 ERP 系统制定并执行销售计划，成效斐然。在上海市场，过去三年销售额实现稳步增长，增长率达 15%，从最初的 5000 万元跃升至如今的 7604 万元。这一数据彰显了 ERP 系统对销售流程规范化及市场决策支持的重要作用，精准发力让销售业绩显著提升。

生产管理领域，信息化优势突出。ERP 系统依据销售订单与库存生成采购计划，结合安全库存及集采模式，有效控制成本。过去两年，采购成本累计降低 10%，部分原材料采购单价降幅达 8%-12%。MES 系统赋能生产全流程，生产效率大幅提高。以某生产线为例，实施 MES 系统后，月产量从 1000 件提升至 1200 件，增长 20%，生产计划执行偏差率从 15% 降至 5%，产品质量控制也更为精准，次品率降低了 8%。

设备管理虽部分仍采用纸质单据，但费用操作走系统流程效果明显。过去一年，设备维护费用超支情况减少 30%，为后续全面信息化积累经验。

环保与安全方面，粉尘、噪声监控系统实时联网环保局，自使用后，

环保违规次数从每年 5 次降为 0 次。AI 摄像头行为识别技术投入应用，安全事故发生率降低 40%，有力保障生产安全。

办公环节,OA 系统实现办公流程电子化、自动化,办公效率提高 35%,人力成本节省 20%。物流上,亚士德物流系统优化配送流程,物流成本降低 12%。

典型案例 5：江苏华云桩业有限公司

一、企业简介

江苏华云桩业有限公司成立于 2017 年 10 月 30 日，位于江苏省盐城市建湖县经济开发区经五路 89 号，注册资本 2000 万元，实缴资本 1000 万元。公司专注于预应力混凝土管桩、方桩及新型建材研发生产销售。作为行业标杆企业，公司拥有 26 项专利技术、30 项商标及 7 项资质证书，2024 年获评“建材企业实力 TOP500”。

公司产品体系覆盖预应力混凝土管桩（PHC 桩）、实心方桩、空心方桩及预制构件，广泛应用于建筑、桥梁、港口及新能源领域。自主研发的 C80-C100 高性能混凝土配方与自动化生产线保障产品品质，其中 2025 年 3 月申请的“预应力混凝土管桩及制造方法”专利通过金属扣环设计提升结构强度，抗腐蚀性能提高 30%。

凭借技术优势，公司深度参与浙江舟山石化 4000 万吨/年炼化一体化项目、日照港油库三期工程等国家级项目，并为江苏省最大规模 940MW 渔光互补光伏项目提供桩基解决方案。服务网络以江苏为核心辐射周边省份，通过安徽全资子公司实现区域协同服务。公司严格执行 ISO9001 质量管理体系，原材料选用海螺水泥、沙钢钢筋，成品经超声探伤、静载试验等检测确保 100%合格，同时采用节能窑炉与废水循环系统践行绿色生产理念。

二、主要做法

江苏华云桩业公司围绕生产订单与营销协同、智能生产计划、生产执行管控、仓储数字化、质量闭环管理五大核心模块，构建数字化系统，实现数据驱动的高效运营，提升企业竞争力。

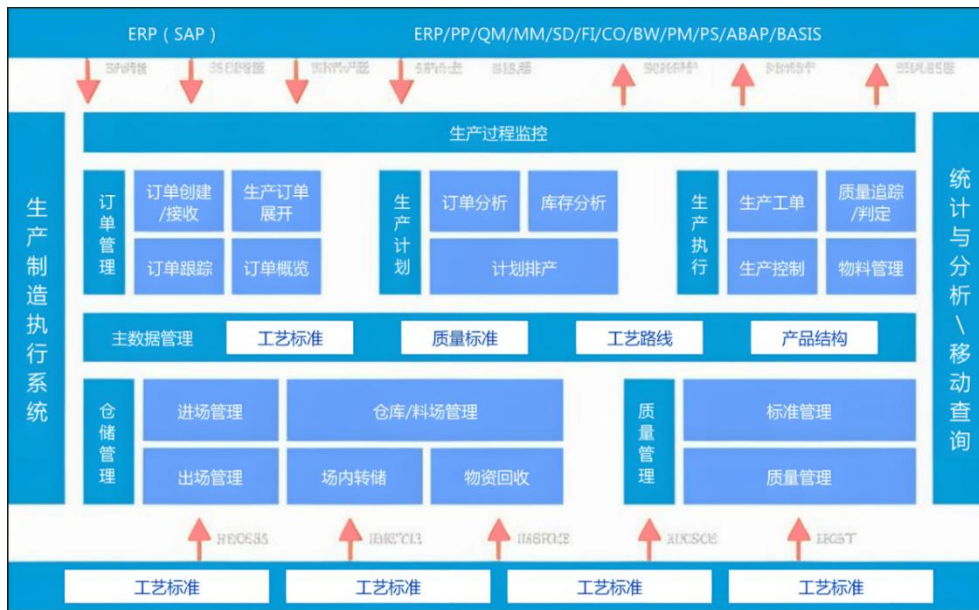


图 47-业数字化系统架构

- 生产订单与营销协同模块

对接 ERP 系统，搭建多渠道订单录入功能，支持线上、线下销售端订单一键生成标准化格式。实时更新订单状态，供客户与内部查询物流、生产进度。基于 BOM 表拆解订单，自动生成采购清单与生产任务，推送至对应部门。

- 智能生产计划模块

通过 APS 系统集成 ERP 订单、仓储库存、工艺标准数据，形成生产计划数据库。基于订单交期、设备产能、物料齐套性自动生成最优计划，细化到产线、设备、时间。支持手动调整与冲突检测，插入紧急订单时自动重新排产并提示资源冲突。通过采集生产进度数据，对比计划值预警偏差。基于实时数据动态调整计划，如设备故障时自动重新分配任务，保障计划达成。

- 生产执行优化管控模块

生产模块实现创建、派发、执行记录数字化。工人通过移动端反馈进度，联动生产控制模块监控设备状态与生产参数，自动采集产量、合格率。通过优化产线模块化布局，支持快速切换任务。部署工业互联网网关，连接设备采集运行数据，实现设备间数据共享。

引入智能调度系统，基于工单、设备状态、物料进度调度资源。开展员工培训，提供操作手册与教程，减少失误。

- 仓储数字化管理模块

通过仓库管理系统，定义货位编码，应用条码/RFID技术，实现物资进场扫码录入、出场核对订单，自动扣减库存。系统覆盖入库、出库、转储、回收流程，记录操作时间、人员、物资变动。对接工艺标准，设置存储条件，联动环境监控设备预警超限。同时与物流供应商系统对接，共享运输轨迹、预计到达时间。发货时自动推送物流信息至客户，支持查询状态。

- 质量闭环管理模块

梳理质量标准录入系统，形成标准库，支持版本管理与更新通知。

通过质量模块，设置质检计划，质检人员录入检测数据。系统对比标准，不合格品触发预警，推送处理任务至责任部门。

构建“标准制定-过程管控-问题追溯”闭环，记录质量问题处理过程，形成案例库。定期分析质量数据，优化工艺与流程，提升产品质量。

三、建设成效

- 生产订单与营销协同

多渠道订单录入使订单处理效率提升，客户线上查询订单状态使用率达85%；BOM表自动拆解生成采购清单，采购周期缩短至1天；客户行为数据分析驱动精准营销，新客户转化率提高。

- 智能生产计划

APS系统实现生产计划自动排产，计划准确率提升至95%；紧急订单自动重排产响应时间小于30分钟，资源冲突检测准确率100%；生产进度实时监控使计划偏差率降至5%。

- 生产执行管控

工单数字化管理使生产任务派发效率提升60%，移动端进度反馈覆盖率100%；设备联网采集数据实现预测性维护，停机时间减少降低；模块化产线切换任务时间从2小时缩短至30分钟。

- 仓储数字化管理

WMS 系统+条码技术使物资出入库效率提升 50%，盘点准确率达 99.5%；环境监控联动预警使存储损耗降低 8%；物流轨迹实时共享使配送准时率从 80%提升至 95%。

- 质量闭环管理

质量标准库支撑工艺参数合格率提升 12%，不合格品自动预警响应时间<10 分钟；质量追溯系统实现问题批次定位时间从 24 小时缩短至 2 小时；质量数据分析驱动工艺优化，产品合格率从 92%提升至 98%。

典型案例 6：东台欣创混凝土制品有限公司

一、企业简介

东台欣创混凝土制品有限公司成立于 2007 年 9 月 25 日，位于江苏省盐城市东台市，注册资本 3710.9326 万元，实缴资本 3710.9326 万元，现有职工 145 人，参保人数 110 人。公司专注于预应力混凝土管桩、方桩及水泥混凝土的研发、生产与销售，产品广泛应用于建筑、桥梁、港口等基础设施建设领域。

作为盐城市重点建材企业，公司拥有两台自动化搅拌机，通过优化混凝土配比和搅拌工艺，显著提升了生产效率与产品质量，年产能达 120 万米（2023 年数据）。企业已通过 ISO9001 质量管理体系认证，严格把控原材料采购与生产流程，确保产品强度及耐久性符合国家标准。

在数字化建设方面，公司部署了金蝶 ERP 系统与钉钉 OA 系统，实现生产、销售、财务等核心业务的信息化管理，并通过中国电信 100Mbps 光纤及 4G 网络保障数据传输。未来计划推进 MES 系统建设，进一步优化生产流程与设备管理，提升智能化水平。

凭借“客户为中心”的服务理念与成本控制优势，公司业务覆盖江苏及周边地区，累计为多个国家级项目提供桩基解决方案，2022 年主营收入突破 1 亿元，持续为地方经济发展与绿色建筑产业贡献力量。

二、主要做法

东台欣创混凝土制品有限公司围绕生产过程执行打造了一套覆盖生产过程执行、设备联网、质量管理的数字化系统，以下是其主要实施路径与创新实践：



图 48- MES 系统架构

● 设备管理数字化升级

基于“设备层→传感器/PLC→边缘计算（数据清洗）→MES系统→数字孪生模型”的技术架构，在2台自动化搅拌机、离心机等关键设备加装物联网传感器，实时采集转速、温度、压力、能耗等12项核心参数，通过工业网关与MES系统直连，实现设备状态全量数据上云；部署边缘计算节点，本地预处理高频数据（如振动信号），减少云端负载。

● 设备数采数据应用

建立设备健康度评分体系（0-100分），当评分<70分时触发三级预警：一级预警，推送保养建议；二级预警，自动生成备件采购申请；三级预警：强制设备停机检修。

能耗优化，分析设备运行曲线，动态调整搅拌电机功率，夜间低谷电价时段集中完成高耗能任务。

● 生产过程控制优化

MES系统自动接收ERP订单，结合设备产能、模具库存、原材料可用量，通过遗传算法生成最优排程方案。当新增光伏项目紧急订单时，系统10分钟内重新计算排程，优先分配高优先级任务。

三维工厂模型实时展示各产线进度，红色标注滞后任务，绿色显示

提前完成节点。生产异常自动触发应急流程：如原材料短缺时，系统自动切换备选供应商并通知采购部。

通过 AI 视觉识别混凝土坍落度，动态调整水灰比，确保强度 C80-C100 达标率提升至 99.2%。部署温湿度传感器矩阵，实时调整蒸汽供应量，将养护时间从 48 小时缩短至 42 小时。

建立“三级响应”机制：一级异常，系统自动补偿参数；二级异常，触发声光报警并推送至车间主任；三级异常，自动切换备用设备并通知维修组。

部署线激光扫描仪（精度 0.05mm）检测管桩尺寸，AI 算法识别椭圆度、壁厚偏差，检测速度达 120 根/小时。集成超声探伤仪，自动生成桩体内部结构云图，标记蜂窝麻面等缺陷位置。

关联原材料批次、生产参数、检测结果，自动分析质量波动原因。例如：当某批次水泥初凝时间延长时，系统建议延长养护时间 30 分钟。

每根管桩绑定唯一区块链二维码，包含生产时间、配方、操作员工号、质检报告等 32 项信息，扫码可查看完整生产履历。

支持反向追溯，输入缺陷代码（如 P001-裂缝），系统自动筛选同班次、同模具生产的所有产品。

建立 SPC 统计过程控制看板，实时监控 CPK 值，当 $CPK < 1.33$ 时自动触发工艺优化建议。输出《质量分析月报》，自动定位 TOP3 质量问题，指导工艺改进。

与现有金蝶 ERP 系统对接，实现订单、BOM、库存数据实时同步。预留接口支持未来与 WMS（智能仓储）、TMS（物流管理）系统集成。

三、实施成效

● 设备效能显著提升

设备综合效率（OEE）从 68% 提升至 85%，年减少非计划停机 438 小时，维护成本下降 58 万元。预测性维护系统预警准确率达 92%，关键设备故障发生率下降 65%，备件库存成本降低 30%。

● 生产效率与响应能力突破

订单交付周期从 15 天缩短至 12 天，紧急订单响应时间压缩至 10 分钟内。养护时间从 48 小时缩短至 42 小时，年产能提升至 145 万米，AI 视觉检测使混凝土强度达标率提升至 99.2%。

- 质量管理体系升级

产品合格率从 97.6% 提升至 99.5%，年度质量成本下降 210 万元，缺陷识别准确率达 98.7%。区块链追溯系统实现问题产品 10 分钟内精准定位，客户投诉处理周期缩短至 24 小时。

- 成本与效益显著改善

综合生产成本下降 8%，年节省成本约 450 万元，订单准时交付率提升至 98%，客户满意度提高 25%。

- 数据驱动决策与可持续发展

MES 与 ERP 集成使库存周转率提升 20%，数字孪生模型支撑新产品研发周期缩短 30%。预留智能仓储接口，碳足迹追踪模块上线，为“双碳”战略实施奠定基础。

典型案例 7：汤始建华建材（淮安）有限公司

一、企业简介

汤始建华建材（淮安）有限公司于 2006 年成立，作为建华建材控股有限公司旗下的港商独资企业，其母公司建华建材集团实力雄厚。建华建材创建于 1992 年，前身为建华管桩，如今已发展成为混凝土制品与技术综合服务商、国家住宅产业化基地、单项冠军示范企业。自创立起，建华建材秉持“走正道、负责任、心中有别人”的企业文化，遵循“以人为本，无为而治”的管理理念，弘扬“求实、务实，提高办事效率，参与市场竞争”的企业精神。历经近三十年发展，建华建材紧抓“长三角”“珠三角”“环渤海湾”三大区域经济增长点，在国内 19 个省、2 个直辖市、2 个自治区成立 70 多家生产基地、300 多个服务网点，拥有 30000 余名员工，自 1997 年起连续二十余年稳居行业冠军。不仅如此，建华建材积极开拓海外市场，通过海外生产基地及沿海沿江自建码头，产品远销越南、印度尼西亚等多个国家。2020 年，建华建材位列“中国民营企业 500 强”第 302 位、“中国建材企业 500 强”第 8 位、“中国民营建材企业 100 强”第 3 位。

汤始建华建材（淮安）有限公司现有员工 700 余人，配备 6 条管桩生产线（最大日产能约 3 万米，年产量 750 万米）以及 3 条构件生产线（年产量 4 万立方），产值达 38432.38 万元，营业收入 41074.6 万元，税收 2101.74 万元。公司依托建华建材集团的强大实力，主营业务涵盖预应力混凝土管桩、实心方桩、空心方桩等高性能混凝土预制产品，这与建华建材从单一生产销售预应力混凝土管桩转变为提供专业混凝土预制产品和技术解决方案的发展路径相契合，产品广泛用于民用建筑、工业建筑、公路市政、水利水运等领域，且能提供从勘察设计、产品供应到施工管理、方案优化的一站式服务。在淮安地区，公司市场份额高达 70%，展现出强劲竞争力与品牌影响力。

建华建材将创新视作引领发展的第一动力，设立研发中心、北京技

术研究院、智能制造研究院、工程技术中心多维联动，搭建由院士、大师、享有国务院津贴专家领衔，涵括勘察、设计、施工、工程管理、检测、造价、材料等各类专业技术人才的创新团队，拥有国家企业技术中心、院士工作站、博士后创新实践基地等多个高新技术创新平台，主持、参与多项国家级、省部级科研项目攻关，并于 2013 年设立“建华工程奖”，推动中国混凝土预制技术高质量发展。在此背景下，汤始建华建材（淮安）有限公司在技术领先层面，持续紧跟行业趋势，开展技术改造与创新；服务上，提供全流程定制化服务；规模上，凭借建华建材集团广泛销售网络与强大生产能力，可满足大规模工程项目需求。建华建材凭借自身优势联合众多合作伙伴打造设计、制造、施工、供应四个共享平台，建立上下游产业生态圈，秉承“真材实料、准时到货、专人服务”的服务准则，为客户提供安全、经济、高效的服务，汤始建华建材（淮安）有限公司也正践行着这一服务理念，携手各方共赢。

二、主要做法

汤始建华建材（淮安）有限公司在智改数转网联方面实施全面规划，持续升级优化 CAD、CAE、PLM、MES、SAP、LIMS、BI、TMS、CRM、SRM、OA 等信息化平台，同时结合公司实际需求，定制实施光纤和工业以太网、自动化设备与生产线、智能仓储物流等应用平台，加速推进生产、管理、运营各环节的智能化改造升级，打造从研发设计到售后服务的数字化、协同化智能工厂。

协同研发设计：运用 CAD、CAE 技术与达索 PLM 系统紧密配合，进行产品建模与性能模拟，实现设计数据与流程的高效管理，提升设计效率，缩短设计周期。

生产设备智能化升级：通过中控系统、MES 系统与自动化设备、生产线深度融合，实时监控设备运行状态，实现产线柔性配置与人机协同制造，提高生产效率和产品质量。

质量管控智能化：利用 LIMS 系统专注产品检测，通过 SAP+MES+LIMS+BI 的协同运作，实现质量追溯与分析改进，保障产品质

量安全。

智能仓储物流管理：借助 SAP、MES、吊挂系统打造智能仓储，实现库存精准管理；运用 TMS 系统优化配送方案，确保产品精准配送。

安全管理智能化：监控设备、中控系统、自动化设备及 MES 系统协同，实现危险作业自动化，保障安全生产。

数字化营销与客户服务：采用 CRM 系统实现智慧营销管理，分析客户数据提供智能客户服务；通过与 BI、SAP 集成，完善客户信息管理，提升客户满意度和留存率。

供应商数智化管理：利用 SAP 系统整合采购流程，集成 SRM 系统，实现供应商全生命周期电子化管理，降低采购成本，提高管理效率。

能源管理智能化：自主研发基于物联网、大数据和云计算技术的能源管理系统，实时采集能源数据，降低厂区年综合能耗。

全员数字化管理：建设 OA 系统，集成各大业务系统，实现全员数字化管理，优化内部流程，提升审批效率和整体运营效率。



图 49-工厂大屏



图 50-车间大屏

三、实施成效

汤始建华建材（淮安）有限公司在智改数转网联方面成效显著。在技术创新上，运用工业互联网打造智能化数字供应链，使供应链响应速度提升约 30%；借助大模型模拟产品性能，设计失误率降低约 20%。引入先进自动化装备，产品精度提高约 25%。自主研发的 MES 系统与多系统集成，提升生产管理智能化水平。经济效益上，智能化转型使人力成本降低约 20%，原材料损耗成本降低约 15%，整体成本较传统模式降低 19.11%，生产效率提升 11.82%，订单处理能力增强，市场份额进一步扩大，推动企业经济效益大幅增长。

典型案例 8：淮安凡之晟远大建筑工业有限公司

一、企业简介

淮安凡之晟远大建筑工业有限公司成立于 2017 年 2 月，由江苏凡之晟实业发展有限公司与长沙远大住宅工业集团股份有限公司共同投资创立，总投资 10.6 亿元人民币。

公司经营范围涵盖装配式建筑技术及相关产品的研发、生产、销售与施工，预制混凝土、构件的生产、销售、安装，以及新型建筑材料研发。占地约 300 亩，一期 134 亩已投产，配备 5 条 PC 生产线和 1 条钢筋生产线，年产 15 万立方米装配式混凝土构件。二期 166 亩规划新建生产线及相关中心，建成后总产能超 30 万立方米。

公司员工超 200 人，专业技术人员 50 余人，设专业设计部门，可提供深化设计、安装培训及技术服务。拥有 4 项发明专利、17 项实用新型专利，通过多项管理体系及绿色建材认证，获评“江苏省建筑产业现代化示范基地”等称号。

依托长沙远大住工先进体系与技术，实现质量、进度、成本可控，减少建筑垃圾，践行环保理念，在装配式建筑领域持续深耕发展。

二、主要做法

淮安凡之晟远大建筑工业有限公司紧密围绕江苏省制造业“智改数转网联”政策，全方位推进智能车间建设，致力于打造高效、智能、绿色的现代化工厂。

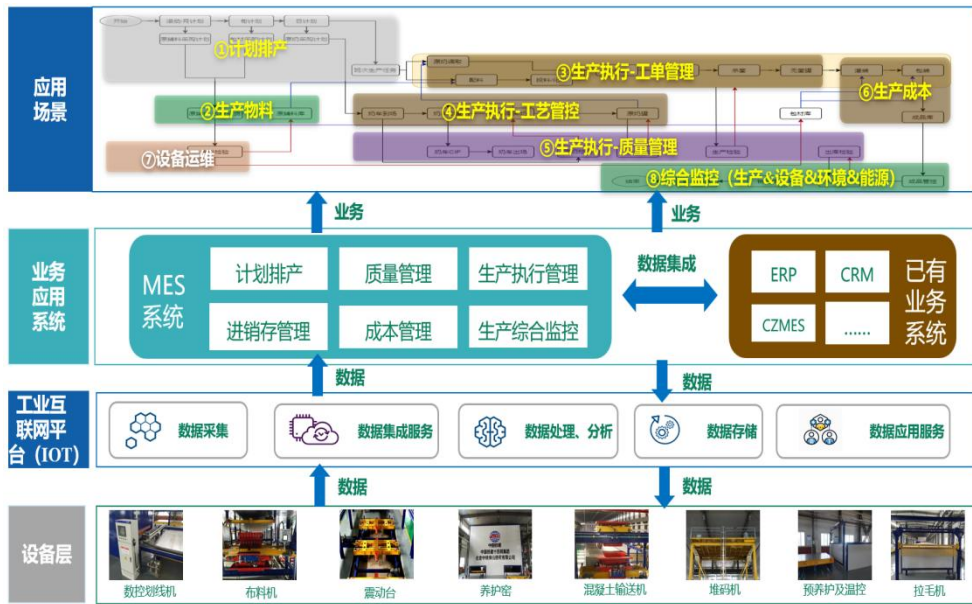


图 51-智能工厂建设规划

1.信息化基础能力建设

基础设施搭建：采用私有云服务器、时序存储服务器、关系存储服务器等构建网络架构，通过车间 IT 环网、现场交换机等设备，实现生产设备、管理系统互联互通，保障数据快速传输与高效处理，为生产运营提供稳定的网络环境。

信息安全保障：运用多种安全产品，如防火墙、网闸等保障网络安全，防止数据泄露与恶意攻击，确保生产系统稳定运行，数据安全可靠。

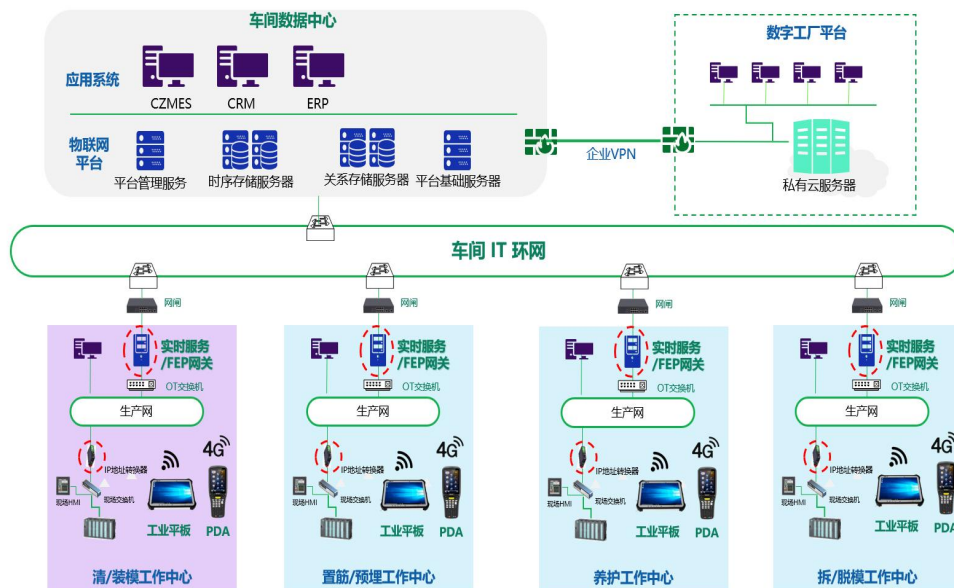


图 52-车间网络规划

2.生产全流程智能化升级

计划调度优化：运用先进算法制定主生产计划，考虑设备、物料、订单等因素，合理安排生产任务；通过物料需求计划精准计算物料需求，减少库存积压；实现生产订单到报工的全流程数字化，提升计划调度效率与准确性。

生产作业智能化：推进表单电子化，自动采集设备、质检等数据，减少人工录入错误；实现物料自动核算与精准报工，提高生产效率；通过智能称和系统实现生产领料精细化管理；建立异常管理机制，及时处理生产问题；实时监控生产进度，确保订单按时交付。

质量管控强化：设定质量巡检计划，自动触发任务并提醒，实现质量数据自动统计与异常报警；对关键质量参数进行重点监控，确保产品质量；实现生产过程正反向追溯，快速定位质量问题根源，提升产品质量管控能力。

设备管理精细化：建立设备台账，对设备进行全生命周期管理，包括巡检、保养、维修等；通过物联网技术实时监测设备运行状态，提前预警故障；优化备品备件管理，提高设备维护效率，降低设备故障率，延长设备使用寿命。

3.运营管理数字化转型

车间综合监控：通过可视化大屏展示生产、质量、物料、设备等信息，实时掌握车间运营状况；对车间环境进行实时监测，确保生产环境符合要求；采集能源数据，实现能源监控、统计与预警，提高能源利用效率。

系统集成与协同：集成 ERP、CRM、MES 等系统，打破信息孤岛，实现数据共享与业务协同；借助工业底座平台，实现多系统深度集成与灵活配置，提高企业整体运营效率，为决策提供数据支持。

4.持续发展与创新规划

人才与文化建设：加强员工培训，提升员工数字化技能与创新意识；建立激励机制，鼓励员工积极参与智能车间建设与创新，营造良好的创

新文化氛围。

技术创新与应用拓展：持续关注行业技术发展趋势，引入新技术、新方法，如人工智能、大数据分析等，优化生产流程，提升产品质量；拓展智能车间应用场景，向智能工厂迈进，增强企业核心竞争力。

三、实施成效

淮安凡之晟远大建筑工业有限公司实施智改数转网联成效显著。生产效率大幅提升，生产周期缩短约 30%，产能提高 25%。产品质量明显改善，合格率从 90% 提升至 95%，客户投诉率降低 30%。成本控制成果突出，人力成本降低 15%，库存周转率提高 20%。设备运维管理优化，设备故障率降低 20%，维修成本减少 15%。数据驱动决策与协同加强，沟通成本降低 25%，整体作业效率提高 20%，有力推动企业发展。

典型案例 9：江苏零界科技集团有限公司

一、企业简介

江苏零界科技集团有限公司成立于 2018 年，国家高新技术企业、省级专精特新中小企业，注册资本 7523 万元，是一家以居住为核心，集供应链管理、部品贸易、规划设计、技术研发、预制结构生产、工程施工、web3 等服务于一体的大型环保科技企业。公司自创立以来，国际业务遍布全球 50 多个国家和地区，国内业务覆盖全国各省，公司的高端防腐木产品在国内市场占有率达到 22.8%，排名第三。零界自成立以来，不断优化产业布局，完善产业链条，集团旗下核心产业公司包括：江苏宜境科技有限公司、欧洋永发（江苏）建筑科技有限公司、江苏澳瑞智能家居有限公司，业务涵盖：绿色建材、超低能耗建筑、哈马比可持续生态城市更新、仿古建筑、装配式装修五大板块。

二、主要做法

公司以高智能化设备为核心，配置了 6 条优化调整后的生产线，包括木屋生产线自动化设备、全自动伺服指接连线等，大幅提升生产效率与质量。工厂内引入了智能化管理系统，涵盖 ERP、MES 等系统，实现了生产、质量、采购等环节的自动化、信息化和智能化管理，确保生产流程的高效运行。公司机房设施完善，拥有 42 平方米的使用面积及 45 台计算机，互联网接入带宽达 100 兆，为信息化建设提供坚实基础。设有专门的信息部门，配备 3 名专业信息化管理人员，建立了规范的信息化制度并有效落实，保障了信息化系统的稳定运行。

● 产品设计和工艺设计环节

通过 Zero mega Factory 软件的强大功能，将 BIM 融合技术深度融入设计流程。采用这一技术，实现了轻钢结构、木结构等装配式建筑的三维数字化设计，使得设计师能够直观地在虚拟环境中构建建筑模型，从而更准确地把握设计细节，提升设计精度。

通过软件中的可视化拖拽界面，工程师可以快速调用标准组件库中

的预制墙板、轻钢梁柱节点等构件，系统自动关联并校验构件参数，确保结构合规性。

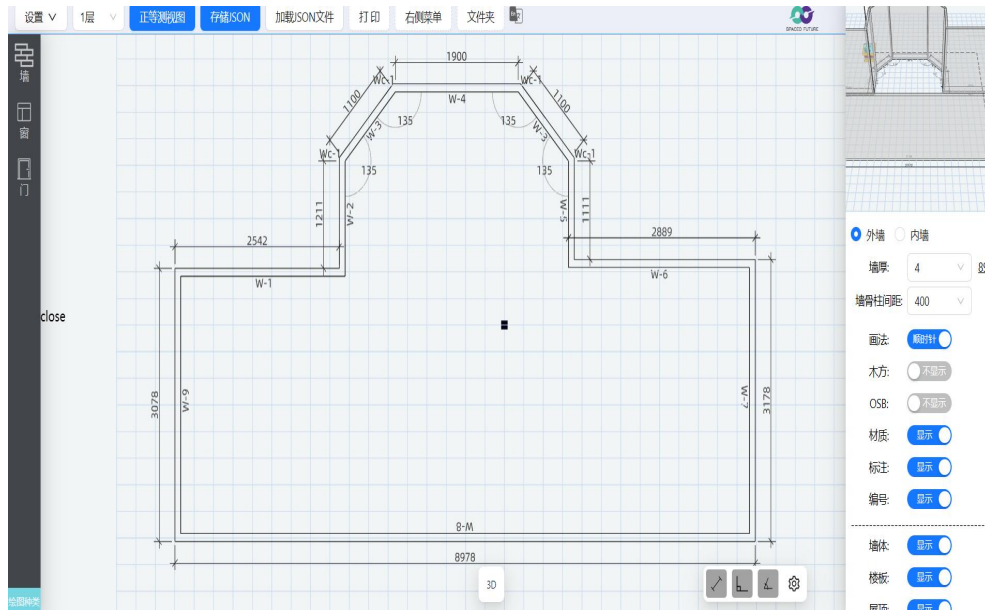


图 53-产品工艺快速设计

● 生产管理

产线柔性配置：公司引入了先进的自动化设备，如智能机器人、自动化输送系统、多功能加工中心等，设备通过物联网技术实现了互联互通，能够根据不同的生产任务快速调整产线布局与设备配置。此外，支持根据订单需求、物料库存、设备状态等多维度信息，自动生成最优的生产计划，并实时调整产线作业流程，确保生产的高效与灵活。

人机制造协同：通过智能机械臂和操作软件，工人能够更便捷地与生产设备进行交互，实现精准的操作指令下达与实时数据反馈。此外，智能工厂还配备了智能质量检测系统，该系统能够实时监测产品质量，一旦发现缺陷，立即反馈给工人进行修正，从而实现了作业效率与质量的双重提升

数智精益管理：通过构建统一的数据管理中心，集成生产、质量、设备、物料等多维度数据，实现数据的实时采集、分析与可视化展示。在此基础上，引入先进的精益管理工具与方法，如价值流分析、5S管理、持续改进等，对生产流程进行深度优化消除浪费，提升资源利用率。同

时，基于智能成本控制系统，根据实时生产数据与历史成本数据自动生成成本分析报告，为管理层提供了科学、准确的成本控制决策依据。

● 生产计划调度

通过MES系统，能够综合考虑订单需求、物料库存、设备产能、工人技能等多维度信息，自动生成最优的生产计划。生成的生产计划不仅包括了各生产线的具体作业任务与时间节点，还详细规划了物料需求、设备维护、质量检测等关键环节，确保了生产的连续性与高效性。同时生产计划管理具备动态调整能力，当市场需求、物料供应或设备状态发生变化时，系统能够实时感知这些变化，并基于智能算法重新计算最优的生产计划。

● 仓储物流

通过智能机械臂和先进的木屋生产线，根据生产计划的指令，自动完成物料的入库、出库、搬运与分拣等作业。同时，基于MES系统的仓储模块，能够实时监控仓库的库存状态、物料位置与作业进度，为生产计划管理系统提供了准确的物料需求信息。

● 营销管理

通过CRM系统，集成线上线下的多渠道客户数据，包括客户基本信息、购买行为、偏好、反馈等，形成了全面的客户画像。通过运用机器学习算法，对客户数据进行深度挖掘，识别出潜在的市场趋势与客户需求，为产品开发与营销策略制定提供了精准的洞察。

在营销策略上，采用个性化推荐与精准营销的方式。基于客户画像，能够针对不同客户群体推送定制化的产品信息、优惠活动与服务方案，有效提升了营销转化率与客户满意度。

● 供应链管理

通过ERP系统，实时监控供应商的生产能力、物料库存、运输状态等关键信息，为生产计划制定提供了准确的供应链数据支持。采用智能采购策略，基于大数据分析，能够预测物料需求趋势，自动计算最佳采购量与采购时机，避免了库存积压与物料短缺的风险。同时，建立供应

商紧密的信息共享机制，通过物联网技术实现了物料供应的实时监控与协同，确保了物料供应的及时性与稳定性。

三、实施成效

生产效率倍增：通过 6 条智能化生产线配置及自动化设备的应用，生产效率较传统模式提升 40% 以上。产线柔性配置技术使切换产品规格的时间缩短 60%，实现多品种、小批量订单的高效响应。

设计周期缩短：BIM 融合技术与三维数字化设计的应用，使产品设计周期缩短 30%，设计错误率降低 90%，标准构件库复用率达 85%，显著提升设计标准化与协同效率。

质量管控精准化：智能质量检测系统实现全流程实时监测，产品合格率提升至 99.2%，质量追溯效率提高 80%，客户投诉率下降 45%。

精益管理降本增效：数智化精益管理体系减少生产浪费 20%，设备综合效率(OEE)提升 25%，通过智能成本控制系统实现物料损耗降低 15%，能耗成本下降 12%。

供应链协同效率提升：ERP 系统与供应商信息共享机制的应用，使采购计划准确率提高 35%，库存周转率提升 50%，物料短缺风险降低 70%。智能预测采购策略减少冗余库存 30%。

订单交付周期缩短：MES 动态调度系统实现订单交付周期压缩 40%，紧急订单响应速度提升 65%，市场竞争力显著增强。

典型案例 10：南通科达建材科技股份有限公司

一、企业简介

南通科达建材科技股份有限公司成立于2011年6月，坐落于江苏省海安市高新区新材料产业园，总占地面积17万平方米，累计投资10亿元。公司以国家建筑产业化政策为导向，深耕装配式建筑与新型建材领域，先后获评“江苏省智能示范车间”“江苏省五星级上云企业”“两化融合AA级体系贯标”等荣誉，成为区域智改数转标杆企业。2015年成立住工分公司，2016年建成智能化预制构件车间，引进三一重工全套智能装备，实现混凝土预制墙板、叠合板、梁柱等产品规模化量产，年产能达15-20万立方米；2024年进一步升级产线，新增智能化隐蔽检验、自动识别浇筑设备，强化质量与效率双提升。依托BIM技术融合、MES/ERP系统及物联网应用，公司构建覆盖设计、生产、物流的全链条智能体系，设计周期缩短30%，生产效率提高40%，产品合格率达99.2%，仓储周转效率提升60%。凭借标准化生产、优质产品与服务，公司与华润、万科、绿地等头部房企及中建等国企建立战略合作，省内市场占有率超13%，并与南京大学、同济大学共建产学研基地，推动绿色建材与智能建造技术创新。通过绿色转型，单位产品碳排放减少18%，废料回收利用率达90%，获评省级绿色工厂，年成本降低25%，利润率增长18%，形成“智能设计-柔性生产-敏捷交付”核心竞争力，为装配式建筑行业高质量发展树立典范。

二、主要做法

● 产品研发设计环节

工厂通过专门针对混凝土的最优配比开展一系列专项实验，对水泥、添加剂、粗细骨料等原材料的配比过程进行深入的研究和探讨。通过这些实验和研究，在生产之前得以优化混凝土的生产工艺流程，确保生产出的混凝土质量合格。同时企业借助上海工程建筑质量检测管理系统，实现了试验数据的实时共享和快速处理。工厂的混凝土试验室会依据各

种生产骨料、水泥和添加剂的含泥量、含水量、环境温度等不同条件，制作混凝土试块。通过不断的试验和调整，建立起了一个可以根据实际情况动态调整的混凝土配合比工艺模型。

- 生产作业管理

企业通过 SCADA 系统实现养护密人机协同智能与智能化运维，集成 PCMES 数字化工厂管理系统、混凝土生产控制系统、WMS 等业务系统，实现智能工厂全流程紧密连接与精益数智化管理，改变以往系统分散、协同效率低的状态。同时，通过自主研发的慧眼平台和奥丁系统抽取关键数据，经深度处理分析后以可视化形式呈现，助力管理者精准决策。



图 54-工厂综合大屏

- 智能排产调度

公司通过云表无代码平台与 MES 数字化工厂管理系统，高效衔接生产流程。云表平台获取施工现场预制构件发货需求，下达生产任务至 MES 系统。MES 系统依据生产计划、工艺、资源状态，以及项目首层要货时间、每层供货周期等条件，自动监测生产资源，生成供货计划状态表，清晰呈现构件理论供货时间、需求数量、生产及发货数量，并据此生成排产作业计划。在正式生产前，专业人员会对预排产计划严格审核。

- 安全管控

公司安全管控识别系统利用多感知融合技术，实时分析监控画面。一旦发现工作人员未按要求佩戴安全帽，立即自动预警，保存违规视频、截图并通知管理人员。通过对特定区域工作人员穿戴情况的精准检测，实现安全信息化管理。

- 能耗管理

针对重点耗能设备，智能工厂采用智能表监测能耗，自动采集数据上传至能源管理系统。工作人员可便捷查询各时段能耗统计，系统对能耗异常波动及时预警，便于排查设备故障与安全风险。

- 环境管理

公司运用先进环境监测设备，实时检测 PM2.5 等环境指标，数据传至环境监控系统，直观展示实时与历史数据。通过设定粉尘浓度和温度上限值，环境监测设备连接排风扇，超标时自动开启，保障车间环境适宜。

三、实施成效

南通科达建材科技股份有限公司通过系统性推进智能化与数字化升级，实现全产业链高效协同与精细化管理，取得显著实施成效：

- 研发设计提质增效

混凝土配合比优化模型动态适配原材料与环境变量，试块合格率提升至 99.5%，研发周期缩短 40%，工艺参数调整效率提升 50%。

- 生产管理精益化

SCADA 系统与 PCMES/WMS 系统集成，实现设备运维效率提升 35%、库存周转率提高 45%、生产异常响应速度加快 70%。慧眼平台与奥丁系统数据可视化，管理决策效率提升 50%，生产资源浪费减少 30%。

- 智能调度精准可控

云表平台与 MES 系统联动，排产计划自动生成速度提升 80%，供货准时率达 98%，项目首层构件交付周期压缩至 7 天内。预排产审核机制避免资源冲突，计划执行偏差率低于 3%，设备利用率稳定在 95% 以上。

- 安全环保全面升级

AI 安全管控系统实时监测违规行为，安全事故率下降 80%，安全管理人力成本减少 50%，隐患闭环处理效率提高 90%。能耗智能监测实现单位产能电耗降低 18%，年综合能耗成本节约超 300 万元；环境监测联动控尘设备，车间 PM2.5 超标事件清零，粉尘浓度下降 65%。

附件 4：服务商目录

服务商目录

序号	名称	所在地	主营业务及优势	类别
1	中控技术股份有限公司	杭州	提供业务广泛，涵盖自动化控制系统研发供应，DCS 在流程行业占有率领先；工业软件研发服务，如 APC 软件市场表现优异；提供智能制造整体方案，实现全方位数字化；搭建工业互联网平台优化流程，技术先进，优势显著。 https://www.supcon.com/	生产制造
2	杭州云天软件股份有限公司	杭州	提供水泥行业信息化一站式服务，涵盖资讯、电商方案与全流程软件。核心产品为云天水泥企业 ERP 系统，各模块优势显著，能降本增效、优化管理，大幅提升企业运营效率与竞争力。 http://www.yuntian.net/	生产制造
3	江苏中博信息技术有限公司	南京	提供工业互联网平台开发、工业大数据分析、智能制造解决方案和信息化平台开发。核心产品包括中博工业互联网平台和智能工厂管理系统，支持设备联网、数据采集与分析，优化生产流程，提升生产效率和质量管控。 http://www.zbiti.com	研发设计
4	南京亚士德科技有限公司	南京	提供智能交通运输管理系统及应用产品，为多行业打造信息化管理方案。其预拌混凝土企业管理系统是拳头产品，从采购到售后全流程精细化管理，自动生成配方、智能调度设备，提效降本显著。物流、危运、租赁管理方案也各有优势，全面赋能企业发展。 https://www.asiatek.com.cn/	仓储物流
5	蓝卓数字科技有限公司	广州	提供工业互联网平台开发、智能制造解决方案和系统集成与优化。核心产品包括 supOS 工业操作系统和智能工厂管理系统，支持生产过程智能化，提升生产效率和质量。 https://www.lanzhuo.com	研发设计
6	上海思伟软件有限公司	上海	专注混凝土、管桩等行业数字化服务，提供生产管理、企业 ERP 等软件及一站式解决方案，还运营线上商城。凭借近 30 年行业经验、多项专利，助力企业降本增效，实现数字化转型。 http://www.siweisoft.com	生产制造
7	树根互联科技有限公司	广州	提供工业互联网平台开发、智能制造解决方案和系统集成与优化。核心产品包括 ROOTCLOUD 根云平台 and 数字化转型解决方案，支持生产过程智能化管理，提升生产效率和质量。 https://www.rootcloud.com	研发设计
8	用友网络科技股份有限公司	北京	用友网络主营软件及服务、企业互联网与金融服务。借助用友 BIP 等产品，为大中小型企业提供适配方案。凭领先技术、庞大生态、丰富行业经验，助企业数智转型，满足多元需求。 https://www.yonyou.com	生产制造
9	金蝶软件(中国)有限公司	深圳	面向大中小型企业，提供金蝶云·苍穹、星瀚、星空等云服务产品及管理咨询等服务。凭行业领先的市场地位、持续创新的技术和丰富的客户案例，助力企业数字化转型与管理升级。 http://www.kingdee.com	生产制造
10	浪潮通用软	济南	专注管理软件领域，为企业提供 ERP 系统等多领	生产制

	件有限公司		域解决方案及定制开发等服务。凭借强大技术实力、丰富行业经验，服务众多大中型企业。完善的服务体系覆盖全国，保障客户获得优质的软件产品与服务。 https://www.inspur.com/	造
11	宁波象量信息科技有限公司	宁波	提供水泥制品企业打造 OA、ERP、PLM 等多类信息化系统。优势在于提供定制方案，实现流程电子化、资源合理配置、生产智能管控等，助企业提效降本、增强竞争力，在行业信息化建设领域经验丰富且成果显著。 https://pcmes.cn/	生产制造
12	苏州平步网络科技有限公司	苏州	提供计算开发及相关应用服务，作为高新技术企业，凭借专业团队持续研发。主营业务涵盖多领域技术服务，打造定制化信息化方案。拳头产品有平步云 MES 系统等，已助力多家水泥制品企业提升效率、降低成本，实现数字化转型。 https://www.pbnet.cn/	生产制造

附件 5 : 技术缩略语

技术缩略语

序号	缩略语	全称	释义
1	AI	artificial intelligence	人工智能
2	APS	advanced planning and scheduling	高级计划与排程
3	AR	augmented reality	增强现实
4	B2B	Business-to-Business	企业对企业的商业模式
5	BIM	building information modeling	建筑信息模型
6	BIQS	Basic Quality System Requirements	管理平台
7	BOM	bill of material	物料清单
8	CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计工具
9	CAE	computer aided engineering	计算机辅助工程
10	CAPP	computer aided process planning	计算机辅助工艺规划
11	CRM	customer relationship management	客户关系管理
12	DES	Discrete Event Simulation	离散事件仿真
13	DCS	distributed control system	分布式控制系统
14	EAM	enterprise asset management	企业资产管理
15	EDI	Electronic Data Interchange	电子数据交换
16	EMS	energy management system	能源管理系统
17	EQMS	Electronic Quality Management System	设备管理系统
18	ERP	enterprise resource planning	企业资源计划
19	FCC	Flexible Manufacturing Cell	柔性制造单元
20	IPsec	Internet Protocol Security	互联网协议安全
21	IT	information technology	信息技术
22	LES	Logistic Execution System	仓储物流管理
23	LoRa	Long Range Radio	远距离无线电
24	MES	manufacturing execution system	制造执行系统

序号	缩略语	全称	释义
25	MOM	manufacturing operations management	制造运营管理
26	MPM	Manufacturing Process Management	数字化工艺系统
27	MPS	Master Production Schedule	主生产计划
28	MPLS-VPN	Multi - Protocol Label Switching Virtual Private Network	多协议标签交换虚拟专用网络
29	MRP	material requirement planning	物料需求计划
30	MSTP	Multi-Service Transport Platform	多业务传送平台
31	MTBF	Mean Time Between Failures	设备平均故障间隔时间
32	MTTR	Mean Time To Repair	设备平均维修时间
33	NB-IoT	Narrow Band Internet of Things	窄带物联网
34	OA	office automation	办公自动化
35	OEE	overall equipment effectiveness	设备综合效率
36	OT	operational technology	运营技术
37	OTN	Optical Transport Network	光传送网
38	PBOM	Product Bill of Materials	产品物料清单
39	PON	Passive Optical Network	无源光网络
40	PDA	Personal Digital Assistant	便于携带的移动计算设备
41	PDM	product data management	产品数据管理
42	PIMS	Production Information Management System	生产信息管理系统
43	PLC	programmable logic controller	可编程逻辑控制器
44	PLM	product lifecycle management	产品生命周期管理
45	QMS	quality management system	质量管理体系
46	RCS	Railway Communication System	调度系统
47	RGV	Rail Guided Vehicle	有轨制导车辆
48	RFID	radio frequency identification	无线射频识别
49	SCADA	supervisory control and data acquisition	数据采集与监视控制

序号	缩略语	全称	释义
50	SCM	supply chain management	供应链管理
51	SDN	Software Defined Network	软件定义网络
52	SD-WAN	Software Defined Wide Area Network	软件定义广域网
53	SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
54	SLAM	Simultaneous Localization and Mapping	同时定位与地图构建
55	SOP	Standard Operating Procedure	预防性维护标准作业程序
56	SPC	statistical process control	统计过程控制
57	SRM	supplier relationship management	供应商关系管理
58	TMS	transport management system	运输管理系统
59	TSN	Time – Sensitive Networking	时间敏感网络
60	VR	virtual reality	虚拟现实
61	WMS	warehouse management system	仓库管理系统
62	4G	Fourth Generation mobile communication technology	第四代移动通信技术
63	5G	Fifth Generation Mobile Communication Technology	第五代移动通信技术