

集智 蓝皮书 No. 202509

# 智能工厂发展报告

## (2025 年)

►中国信息通信研究院

2026年1月

---

## 版 权 声 明

---

本报告版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。  
转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，  
应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，  
本院将追究其相关法律责任。



## 前 言

智能工厂作为新一代信息技术、先进制造技术和先进管理理念融合创新的重要载体，是实现智能制造的关键抓手，是制造业数字化转型、智能化升级的主阵地。自 2024 年工业和信息化部、国家发展改革委、财政部、国务院国资委、市场监管总局、国家数据局六部门联合实施智能工厂梯度培育行动以来，各地方各央企集团积极响应，广大制造业企业积极参与，智能工厂建设呈现积极探索、加快布局的良好态势。目前，我国已培育 15 家领航级智能工厂，建成 500 余家卓越级智能工厂、8000 余家先进级智能工厂、3.5 万余家基础级智能工厂，智能工厂建设已初具规模，关键技术水平步入世界先进行列。本报告系统梳理智能工厂发展的总体趋势、行业实践、区域路径与系统要素，为产业界、学术界和政府部门把握趋势、科学决策提供参考。

当前，智能工厂正向规模化建设与前沿探索纵深推进，其演进呈现出五大核心方向，共同勾勒出未来制造的崭新图景。**一是工厂建设内涵拓展**，正从物理实体建设向融合数据模型、机理模型的虚实融合孪生工厂建设演进，推动工厂向具备分析、预测与优化能力的智能化系统升级。**二是研发设计范式创新**，正从依赖经验、试验的传统模式，转向数据+模型驱动的新范式，显著缩短研发设计周期，提升设计质量与创新能力。**三是生产作业能力升级**，从局限于特定产线或单元的局部柔性，向大范围的、可快速重构的柔性制造系统

演进，并实现对生产过程的精准感知与精确控制。**四是生产管理方式优化**，从局部静态、规则固化的排产调度，转向基于实时数据的全要素（人、机、料、法、环）资源动态配置与全局优化，追求系统整体效能最优。**五是运营管理智能进阶**，从数据辅助决策，迈向具备自感知、自学习、自决策、自执行、自适应能力的智能决策，驱动商业模式创新。

展望未来，智能工厂将向更大范围、更高层次持续演进。人工智能将融入每一个制造环节，实现全流程的智能协同与自主决策；工厂将从一个执行指令的封闭系统，演变为一个能够自学习、自适应、自优化的自主智能体；单个的智能工厂将融入整个智能制造网络，通过数据与价值的无缝流动，与上下游伙伴共同构建起高效协同、韧性安全、共创共享的产业新生态。

本报告通过剖析总体趋势、行业实践、区域发展、技术产业等多维度内容，以期绘制一幅智能工厂发展的全景画卷，助力中国制造业在新工业时代的浪潮中把握机遇，铸就辉煌。

# 目 录

一、总体趋势篇：迈向新工业时代，智能工厂迎来模式变革.....	1
(一) 变革背景：智能工厂发展的核心驱动力.....	1
(二) 未来图景：智能工厂的五大演进方向.....	3
二、行业实践篇：体系化布局基本成型，行业差异化实践落地生根.....	12
(一) 梯度培育：四级体系全面构建，重点行业纵深推进.....	12
(二) 原材料：以全局优化为核心，驱动原材料行业智能化迈向新高度... ..	17
(三) 装备制造：从生产制造向制造+服务转型，以智能化重构产业链.....	21
(四) 消费品：以质量管控与敏捷响应为重点，推动产业链协同升级.....	25
(五) 电子信息：以技术创新为驱动，构建高精度快响应体系 .....	29
三、区域发展篇：东部引领中部突破多极协同，各地基于产业禀赋构建差异化优势.	33
(一) 总体布局：各地加快智能工厂建设，因地制宜探索推进路径.....	33
(二) 环渤海地区：央企引领与产业链协同并重，推动工业整体升级.....	35
(三) 中部地区：立足区域产业基础，推动转型与培育双向发力.....	38
(四) 珠三角地区：外向型经济驱动，聚焦高端化与专业化路径.....	41
(五) 长三角地区：政策引领与开放创新并举，构建全国示范高地.....	42
(六) 成渝地区：双核联动软硬结合，建设西部智能制造枢纽.....	47
四、技术产业篇：制造系统深度重构，迈向集成、智能、韧性的工业新基建 ..	50
(一) 需求牵引：应用场景深化倒逼，提出开放灵活自主三大要求.....	50
(二) 体系重塑：制造系统向新型扁平架构演进，走向层级扁平化、能力 集成化和决策智能化.....	51
(三) 要素协同：技术装备软件模型深度融合，共筑韧性智能支撑体系 ...	56
五、未来展望篇：迈向自主制造、生态协同的下一代智能制造新图景.....	63
(一) 发展形势：智能工厂亟需向更大范围、更高层次演进.....	63
(二) 未来展望：加速构建下一代智能工厂新图景.....	64

# 图 目 录

图 1 2024-2025 年智能工厂建设情况.....	14
图 2 2024-2025 年卓越级智能工厂场景分布.....	15
图 3 2024-2025 年卓越级智能工厂行业分布.....	16
图 4 2024-2025 年原材料行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	18
图 5 2024-2025 年钢铁行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	19
图 6 2024-2025 年石化化工行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	21
图 7 2024-2025 年装备制造行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	22
图 8 2024-2025 年汽车行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	23
图 9 2024-2025 年船舶行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	25
图 10 2024-2025 年消费品行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	26
图 11 2024-2025 年医药行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	27
图 12 2024-2025 年家电行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	29
图 13 2024-2025 年电子信息行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	30
图 14 2024-2025 年智能终端行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	31
图 15 2024-2025 年新型显示行业卓越级智能工厂重点建设场景.....	33
图 16 2024-2025 年卓越级智能工厂与领航级智能工厂培育对象区域分布.....	34
图 17 2024-2025 年北京市卓越级智能工厂分布情况.....	36
图 18 2024-2025 年山东省卓越级智能工厂分布情况.....	37
图 19 2024-2025 年湖南省卓越级智能工厂分布情况.....	39
图 20 2024-2025 年湖北省卓越级智能工厂分布情况.....	40
图 21 2024-2025 年广东省卓越级智能工厂分布情况.....	42
图 22 2024-2025 年江苏省卓越级智能工厂分布情况.....	43
图 23 2024-2025 年浙江省卓越级智能工厂分布情况.....	45
图 24 2024-2025 年上海市卓越级智能工厂分布情况.....	46
图 25 2024-2025 年四川省卓越级智能工厂分布情况.....	48
图 26 2024-2025 年重庆市卓越级智能工厂分布情况.....	49
图 27 智能工厂演进方向对下一代制造系统提出新要求.....	51

图 28 传统 ISA-95 体系示意图.....	52
图 29 下一代制造系统的基本运行逻辑示意图.....	53
图 30 设备单元智能互联与灵活重构.....	54
图 31 智能工厂突破的关键技术分布情况.....	57
图 32 智能工厂突破的关键装备分布情况.....	59
图 33 智能工厂突破的关键软件/系统分布情况.....	61
图 34 智能工厂应用的智能模型分布情况.....	63

## 一、总体趋势篇：迈向新工业时代，智能工厂迎来模式变革

### （一）变革背景：智能工厂发展的核心驱动力

#### 1. 产业升级：全球经济增长乏力，对制造业结构升级提出新要求

全球经济增长放缓，我国制造业中长期规模增长压力增大、动能减弱。根据世界银行数据测算，近年来全球制造业名义增速呈波动下降趋势，以十年期平均值来看，平均增长率由 2004-2013 年的 2.83% 下降至 2014-2023 年的 2.66%，预计未来 10 年将进一步下滑。作为世界制造业第一大国，全球制造业增速放缓将影响我国制造业规模的稳定和扩大。近年来，我国制造业在全球产业分工中的地位不断上升，已成为举足轻重的“世界工厂”，但电子设备制造、化学品及医药制造等中高技术制造业的全要素生产率仍不及最前沿国家 60%，我国制造业整体在产业链分工中的比较优势仍待提高。面对制造强国建设战略目标，我国制造业的发展模式必须从量的增长向量质提升转变、产业结构从价值链低端向高端攀升、增长动能要从要素投入转向效率驱动。

#### 2. 需求变化：市场需求快速变化，对制造业敏捷响应提出新需求

市场需求正以前所未有的速度向个性化、多样化转变，产品全

生命周期和更新迭代周期正在普遍缩短，部分消费品行业甚至以月或周进行迭代，这种变化让预测驱动型生产模式逐步失灵。制造业的竞争本质已发生根本性转变，即从规模化成本控制转向基于数据的敏捷价值创造，这不仅仅是效率的竞赛，更是一场生存之战。埃森哲调研显示，78%的公司将在3年内使用多个生产基地，以提高灵活性、响应速度和可持续性。面对快速变化的市场需求，在智能化浪潮下，制造业企业要想立于不败之地，必须构建起敏捷感知市场脉搏和快速研发创新能力，柔性可重构的小批量制造能力，以及数智精益的管理体系，同时还要满足用户日益增强的服务体验需求，构建敏捷感知、智能决策、精准执行的闭环体系。

### 3. 技术变革：人工智能迅猛发展，为制造业系统变革提供新机遇

人工智能技术迅猛发展，在语言大模型、多模态模型、智能体和具身智能等前沿领域不断取得突破创新，驱动工业智能从弱人工智能走向强人工智能迈进的新阶段，展现出更为强大的工业知识整合与泛化能力，促使智能制造的实现路径朝着机理与智能融合新方向转变。当前，统计机器学习、深度学习等传统AI（人工智能）技术仍是主流，且持续创新挖潜，提升工业识别、预测和优化等具体问题执行能力；大模型持续提升泛化性与综合分析能力，呈现出多智能体协作和工业机理融合等趋势。未来，随着人工智能全面融入制造业，将驱动实现更精准自主感知与优化决策，更快速响应市场

变化，更大范围的协同优化，为智能制造带来精准、自主、协同、柔性、敏捷的新型制造能力，驱动产业模式和企业形态发生系统性变革。

#### 4. 国际合作：全球产业布局重构，为制造业产业出海带来新格局

当前，地缘政治变局、技术革命浪潮与可持续发展需求正以前所未有的合力，重塑全球产业版图。一方面，东南亚、墨西哥等新兴制造中心凭借贸易协定的便利与相对成本优势，吸引着寻求供应链多元化的全球资本；另一方面，欧美发达国家强力推动产业回流，更以高额补贴和严格的本地含量要求，试图重掌高端制造主导权。全球产业链正在从全球一体化（WTO）走向区域经贸协同（RCEP、CPTPP），区域加速重构。在这种背景下，我国制造业出海必须超越传统的产品出口模式，转向以技术掌控、工艺积累、核心设备与零部件供应为支撑的能力构建与输出，并同步强化行业标准制定权、认证规范适配、全球数据流通与安全合规等“软约束”能力，推动从“世界工厂”迈向“全球制造枢纽”的跃升。

### （二）未来图景：智能工厂的五大演进方向

#### 1. 工厂建设：从单层物理映射走向多层级知识融合

**一是数字孪生应用范围从局部单元向工厂全要素全流程延伸。**  
数字孪生正从单一设备向产线、工厂全层级延伸，通过融合机理模型、工艺知识、业务规则与多维数据，开展动态仿真与智能推演，

实现全要素数字化映射与协同优化，支撑全局精细化管控。例如，南京天加构建设备、产线、工厂三级孪生体系，通过激光扫描与动态推演，实现微米级建模与 AGV（自动导引运输车）路径优化，集成 BIM（建筑信息模型）与储能系统降低能耗。**二是数字孪生应用能力从可视化向动态风险预警深化。**数字孪生结合 AI 与机理模型，通过闭环反馈实现动态优化与风险预判，推动管控模式从事后应对向事前预警升级。例如，江阴兴澄特种钢铁整合危险源、应急资源与预案至数字孪生平台，依托视觉算法实现安全实时预警，提升应急响应效率，降低事故风险。

**2. 研发设计：从文档主导走向模型贯通与智能生成**

**一是从文档主导、多专业割裂的研发模式走向基于统一模型的跨领域协同。**以模型为核心的系统工程（MBSE）贯穿产品设计、工艺设计与仿真验证全过程，实现跨专业、跨组织的设计协同与知识复用。例如，江西洪都航空应用 MBSE 方法，基于 DOORS（需求管理工具）、SysML（系统建模语言）等工具打通从需求、功能、逻辑到物理设计的数据链，实现需求闭环验证与多学科联合仿真，形成一体化研发流程，研制周期缩短 26%。**二是从经验依赖型设计走向多目标智能优化。**融合生成式 AI 与领域知识，实现产品架构、外形、材料及工艺方案的自动生成，并基于多物理场协同仿真，开展性能、成本、碳足迹等多目标快速优化。在产品数字化设计场景中，生成式设计在产品数字化设计中的应用占比实现翻倍（从 13%

升至 26%），这一新兴设计方式正加速融入主流研发流程。例如，青岛征和工业应用生成式设计与多目标优化算法，结合知识图谱与数字主线技术，实现链传动产品设计方案自动生成与仿真验证，大幅减少设计迭代，材料成本降低 18%，研发周期缩短 50%。

## 专栏 1 研发设计未来制造模式

### 01 智能驱动研发设计

智能驱动研发设计是通过构建虚拟数字化模型，并深度融合人工智能技术，实现需求精准分析、敏捷设计、仿真验证与智能优化。该模式的实施重点围绕三个方面展开：**一是开展数据驱动的需求精准定义与预测**，整合市场、用户及供应链数据，应用自然语言处理与图像识别等手段，开展需求深度挖掘与结构化建模，实现产品定义由经验驱动向预测驱动升级；**二是推动知识融合的智能协同设计与优化**，基于贯通全链条的数据模型搭建集成设计平台，系统调用领域知识库与生成式算法，推动性能、成本与可制造性等多维度自动寻优；**三是构建基于数字孪生的虚拟验证与迭代**，通过高保真数字样机与动态仿真环境，开展运行状态与极限工况的虚拟验证，并利用反馈数据推动设计方案闭环优化，提升研发效率并降低试制成本。

### 3. 生产作业：从局部有限柔性走向全域可重构柔性

#### 一是产线从局部柔性向硬件软件全面模块化与动态配置演进。

通过功能单元化设计与标准化接口，产线可根据订单需求快速重组，

实现软件参数与硬件布局的同步切换，支撑小批量多品种的柔性生产。例如，大全集团采用单元化设计与通用接口，扫码即可自动加载对应柜型的装配参数与程序，实现 3 分钟内快速换型。**二是在线检测从视觉为主向多模态融合感知升级。**融合视觉、声学、触觉等多模态传感数据，通过实时诊断并反向调节工艺参数，实现从感知缺陷到消除成因的质量闭环控制。例如，金胜粮油融合高光谱成像与物性数据，通过边缘节点快速识别酸价异常并自动补偿精炼参数，品质稳定性提升超 30%。**三是设备运维从预测性维护向风险自适应智能运维升级。**预测性维护重在判断故障时间点，而风险自适应智能运维则动态评估风险多大以及如何应对。例如，通富微电子集成键合机多源数据，利用 AI 挖掘报警关联规则，并通过强化学习持续优化决策，实现风险分级预警与主动防护，非计划停机时间减少超 60%，产能利用率提高超 20%。

## 专栏 2 生产作业未来制造模式

### 01 超常规极限制造

超常规极限制造是借助工艺建模仿真、智能过程控制等，通过优化工艺设计和过程作业，突破常规制造边界。该模式的实施重点围绕三个方面展开：**一是开展超常规工艺的动态建模与虚拟仿真，采用多源感知与智能预测技术，实现制造过程的实时重构与虚拟优化；二是推动工艺自适应控制与在线优化，应用实时数据分析与 AI 算法，动**

态调整工艺参数并实施智能误差补偿；**三是升级面向极限性能的制造能力**，针对超大、超小或超精密产品需求，采用分段铸造、一体化成形、高精度加工及分子级建模仿真等技术，重构传统工艺链，支撑极端性能产品的高效可靠制造。

## 02 规模化自主制造

规模化自主制造是通过智能排产、集群调度，驱动生产过程高效组织、自主决策和自动执行，大幅提升生产效率。该模式的实施重点围绕三个方面展开：**一是构建自决策自执行的运营管理体系**，通过智能算法对生产计划、资源调度、质量控制等环节进行自主决策，并结合 RPA（机器人流程自动化）技术实现任务的自动化执行；**二是推动生产管控的实时感知与自适应优化**，实时监控生产过程中的设备状态、物料流转、能耗效率等关键参数，结合智能算法对异常情况进行自动识别与调优，实现生产过程的自分析与自改进；**三是升级生产全流程一体化协同能力**，通过部署成套智能制造装备、机器人集群作业系统和自协同物流体系，实现生产全流程协同执行与动态优化。

## 03 可重构柔性制造

可重构柔性制造是依托可重构制造系统，结合机理、算法的产线自配置自优化，实现面向需求的高敏捷柔性生产。该模式的实施重点围绕三个方面展开：**一是开展面向个性化需求的产品自组装设计**，构建基于知识图谱的模块化产品平台，通过自主匹配模块库、模块自适应配置、自动仿真优化等实现产品级快速设计与方案生成；**二是推动**

资源配置的智能决策与动态优化，通过智能算法对产线调整方案进行自决策，并结合虚拟仿真技术进行验证与优化，实现产线布局与工艺参数的自主配置；三是开展微型制造单元的模块化自重构，通过采用模块化工艺包、柔性可重构工艺岛等构建柔性制造单元，支撑产线结构和功能层面的动态重组与柔性控制。

#### 04 零缺陷精益制造

零缺陷精益制造是以事前预防和事中控制为核心，通过全过程质量数据智能分析，推动质量体系从事后处理向一次做对转变。该模式的实施重点围绕三个方面展开：一是在设计源头开展缺陷的主动预防，在设计阶段通过仿真验证和可制造性分析（DFM/A），开展公差协同优化与工艺可行性评估，从根源规避质量风险。二是推动制造过程的质量预测与实时干预，融合多源传感数据，实现复杂缺陷精准识别与小样本异常检测，运用知识图谱构建质量要素间语义关系，依托预测性质量控制（PQC）与根因分析，提前发现质量漂移并干预。三是升级自主防控与模型进化能力，根据缺陷数据自动调整工艺参数，动态优化生产排程，实现跨系统协同防控，利用新型缺陷数据持续迭代模型，推动质量算法自进化。

#### 4. 生产管理：从局部静态调度走向全要素动态优化

一是计划排产从预定规则走向预测性动态优化。AI 驱动需求预测与多方案模拟，通过评估选择在多种可能下都表现稳健的排产方

案，增强计划的鲁棒性与抗风险能力。例如，江苏恒立液压集成多系统数据，通过 APS（高级计划与排程系统）预测订单，并利用数字孪生模拟优化排产方案，实现秒级排产与资源精准调度，设备利用率提升 25%，订单响应提速 60%。**二是仓储物流从局部自动化走向全局协同实时优化。**依托数字孪生平台实现仓储物流仿真推演，结合实时路径规划等智能调度算法，高效调度 AGV（自动导引运输车）/AMR（自主移动机器人）等物流装备，实现仓储物流的无人化运作与整体效率动态最优，提升物流响应速度。例如，华润双鹤应用无人驾驶小车与智能调度系统，通过 5G 与多源定位技术实现跨厂区全天候配送，并与立体库集成，库存周转率提升 28%。

### 专栏 3 生产管理未来制造模式

#### 01 可持续净零制造

可持续净零制造是基于人工智能的能源管理与设备优化控制，实现生产全流程碳排趋零与资源高效利用。该模式的实施重点围绕三个方面展开：**一是推动全厂能碳一体化调度**，通过对水、电、气等能源及排放数据的实时监测与预测，自动优化能源分配策略，实现供需平衡与排放最小化；**二是开展高能耗设备的数字孪生驱动优化**，应用设备数字孪生与智能分析，基于工艺参数与运行状态动态调优控制策略，提升设备能效并降低碳排放；**三是升级绿色与循环制造工艺**，根据能耗、排放的实时数据，动态优化绿色工艺路线和循环生产流程，

推动废弃资源化利用和工艺低碳化改造。

## 5.运营管理：从辅助决策被动响应走向智能决策主动服务

**一是经营决策从数据辅助决策走向智能体驱动的自主执行。** 经营决策从提供分析结果向自动执行决策演进，通过 RPA 与智能体技术实现异常自动识别与处置，大幅提升响应效率与执行力。例如，宁波中集物流应用 RPA 与智能体技术，实现指标自动比对与异常流程自主触发，响应时效较人工提升 70%。**二是客户服务从被动响应式交互走向需求实时感知与即时服务闭环。** 通过全天候智能客服、产品使用数据反馈与社群交互，实现用户需求的精准捕捉、情感感知与产品迭代的快速响应。例如，方太厨具融合语音识别与知识图谱，通过需求预判模型秒级识别客户意图并建单，业务受理准确率超 98%。**三是供应链管理从静态可视监控走向动态仿真与韧性优化。** 融合区块链与大数据分析，实现供应链全链条可视，利用数字孪生模拟各种中断风险，评估不同应对策略，动态构建与提升供应链弹性。例如，徐工集团打造全球数字化供应链管理平台，融合多源数据与 AI 预测模型，搭建风险预警地图，支持预案仿真与供应网络自动切换，实现自主修复。

## 专栏 4 运营管理未来制造模式

### 01 自适应供应链网络

自适应供应链网络是通过供应链风险自预测，应急方案自决策以

及恢复机制自触发，实现供应链在扰动环境下的韧性运行与高效协同。该模式的实施重点围绕三个方面展开：**一是开展供应链运行状态监测与识别**，实时监控计划、生产、物流等供应链各环节运行状态，利用大数据分析识别潜在风险源；**二是开展基于仿真的风险预测与预案自生成**，通过全链条的模拟仿真技术，对市场需求波动、突发事件等场景进行沙盘推演，提前生成风险应对预案；**三是推动资源调度的自适应与全局优化**，搭建智能调度系统，基于实时供需与约束条件，自动匹配产能、库存与运力资源，实现跨节点协同与敏捷响应，保障供应链持续稳定高效运转。

## 02 基于成果经济的智能服务

基于平台的服务化制造是基于数据创新服务内容和商业模式，实现满足个性化需求的增值服务。该模式的实施重点围绕三个方面展开：**一是推动自主式实时服务交互**，采用通用人工智能（AGI）与用户行为感知技术，主动识别用户意图并提供自然、智能、情境化的服务体验；**二是开展服务价值的智能量化与收益分成机制构建**，通过AI技术驱动全服务环节的自主创新，实现服务过程的精准感知、使用价值的智能量化以及服务收益的智能分成；**三是升级平台化服务资源的协同配置能力**，通过整合智能服务资源，实现多种服务的自组织与自配置，精准匹配服务需求。

当前，在产业升级、需求变化、技术突破与全球格局重构四重驱动下，智能工厂正经历系统性变革，智能工厂未来图景呈现五大

趋势：工厂建设从物理实体建设向融合数据模型、机理模型的虚实融合孪生工厂建设演进；研发设计从依赖经验、试验的传统模式转向数据+模型驱动的新范式；生产作业从局部柔性向大范围的、可快速重构的柔性制造系统演进；生产管理从预定规则演进至全要素动态优化；运营管理从数据辅助决策跃升为智能决策与主动服务。这些变革共同描绘了新工业时代下智能工厂的蓝图，实现更高效、灵活、可持续且具备韧性的制造模式。

## 二、行业实践篇：体系化布局基本成型，行业差异化实践落地生根

### （一）梯度培育：四级体系全面构建，重点行业纵深推进

#### 1. 四级联动，规模效应加速释放

为加快推动制造业数字化转型智能化升级，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，按基础级、先进级、卓越级和领航级四个层级开展智能工厂梯度培育行动，着力推动量大面广企业补齐数字化基础短板，引导领先企业开展前沿技术探索，加快破解我国制造业发展不平衡、不充分问题，加速产业技术变革和优化升级，推动制造业产业模式和企业形态根本性转变，促进我国产业迈向全球价值链中高端。

一是体系推进，构建四级联动格局。智能工厂梯度培育行动以场景化推进为抓手，通过央地协同、分层分级推进，逐步构建起基

础级、先进级、卓越级、领航级四级联动的智能工厂发展体系。其中，基础级和先进级智能工厂作为地方推进智能制造工作的重要支点，重点引导广大企业普及应用智能制造装备、工业软件与系统解决方案，夯实数字化、网络化基础能力；卓越级和领航级智能工厂聚焦前瞻布局，推动人工智能、数字孪生等新技术深度应用，探索未来制造模式，引领产业智能化变革。

**二是初具规模，建设数量稳步提升。**自 2024 年智能工厂梯度培育行动实施以来，各地方各央企集团积极响应，广大制造业企业踊跃参与，智能工厂建设呈现积极探索、加快布局的良好态势。通过普及推广基础级、规模建设先进级、择优打造卓越级、探索培育领航级，我国已培育 15 家领航级智能工厂培育对象，建成 500 余家卓越级、8000 余家先进级、3.5 万余家基础级智能工厂，覆盖制造业主要行业门类，形成较为完整的智能工厂梯度培育体系。

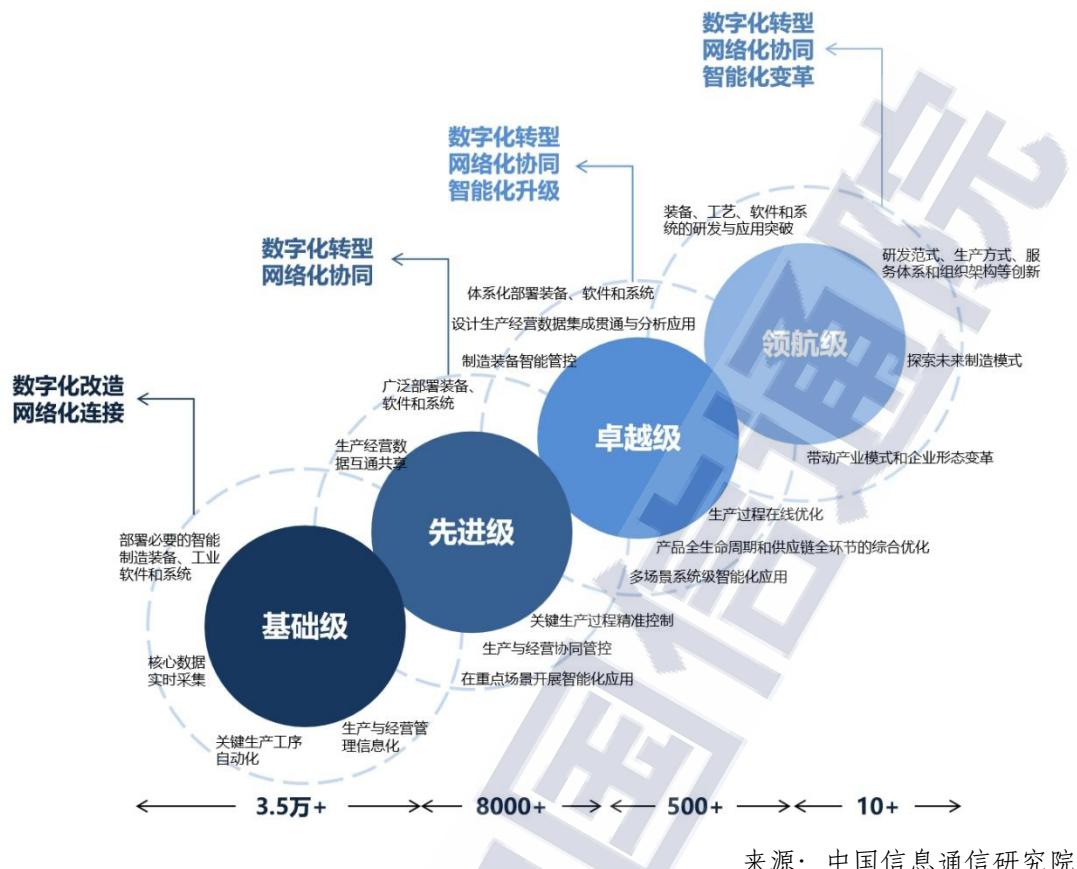
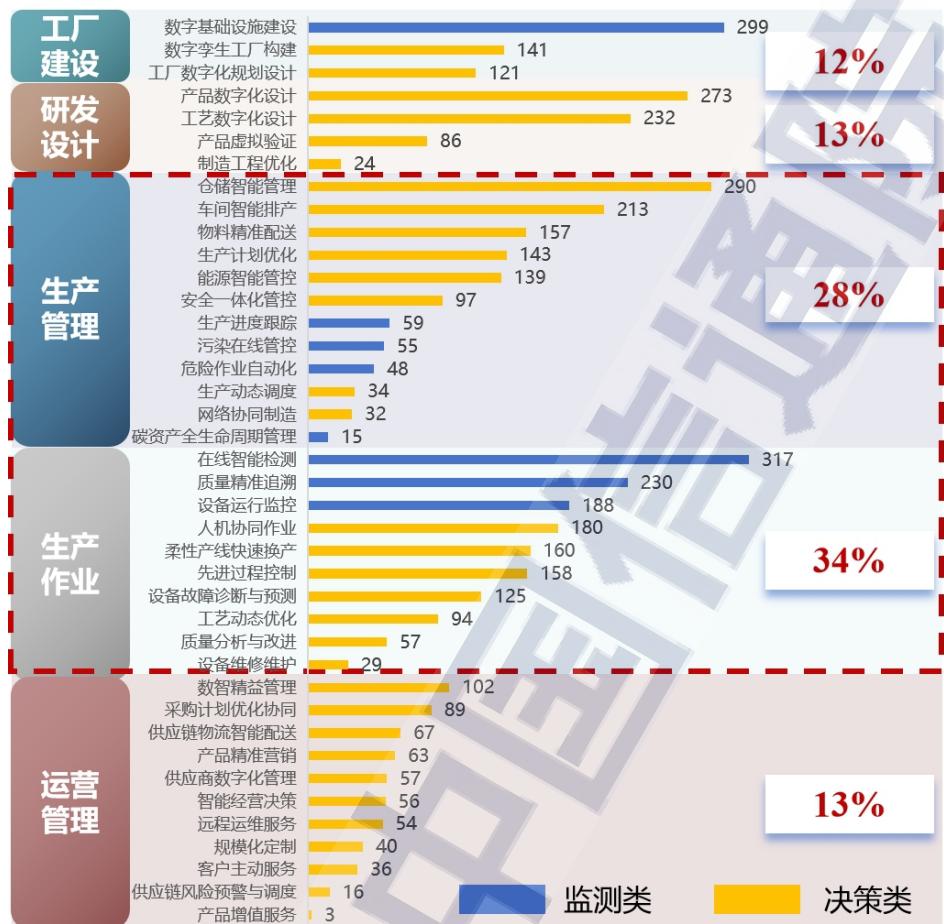


图 1 2024-2025 年智能工厂建设情况

**三是成效初显，场景建设纵深推进。**500 余家卓越级智能工厂累计建设优秀场景近 5000 个，呈现纵向智能化升级、横向全链条协同演进趋势。从场景分布看，企业主要围绕生产过程降本增效布局，生产作业与生产管理环节合计占比 62%，已形成一批在线智能检测、仓储智能管理、车间智能排产等高价值高成熟度的典型场景。从建设深度看，决策类场景占比 74%，场景建设重心从感知层向认知与决策层迁移，AI、数字孪生等技术应用广度与深度持续拓展，驱动从“看见”向“行动”的智能化跨越。总体来看，场景建设已覆盖产品全生命周期、生产全过程与供应链全环节，构建起端到端的价值流，

实现内外业务高效协同、全局资源优化配置和市场变化快速响应。



来源：中国信息通信研究院

图 2 2024-2025 年卓越级智能工厂场景分布

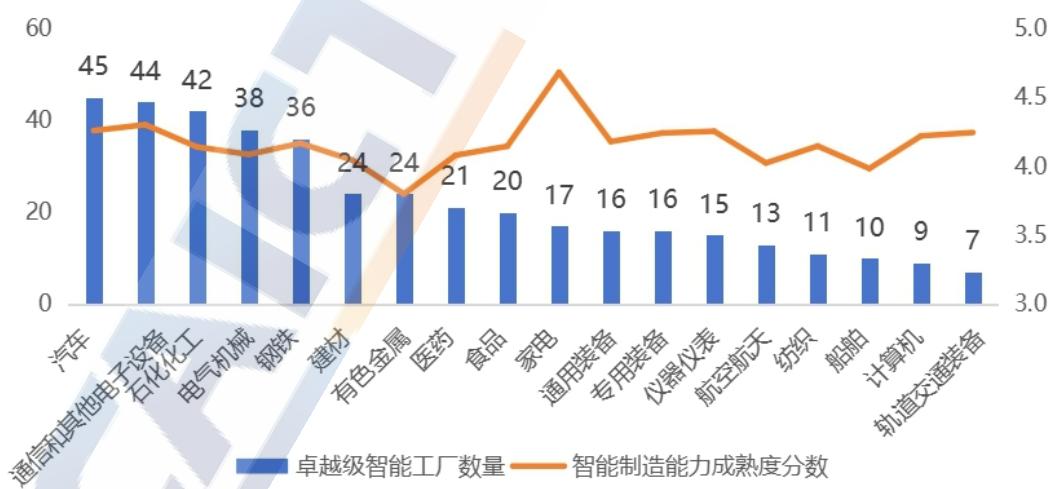
## 2. 全面覆盖，行业路径逐步清晰

我国工业门类众多，各行业转型升级基础不同、需求各异，各行业因业制宜，有序推进智能工厂建设。目前，各级智能工厂已覆盖超过 90% 的制造业行业大类，其中卓越级智能工厂覆盖了 34 个行业大类、108 个行业中类，智能工厂建设正从试点示范走向行业普及，逐步构建起重点覆盖、梯次衔接、协同推进的发展体系。从行业分

布看，智能工厂建设重点聚焦于“改造提升传统产业”与“赋能消费驱动型行业”两大领域。

一方面，智能工厂已成为传统产业提质增效与价值重塑的关键路径。石油化工、电气机械、钢铁有色、建材等行业卓越级智能工厂占比超 32%。这些行业作为国民经济支柱产业，规模体量大、工艺流程复杂、自动化基础较好，数字化转型智能化升级需求迫切，正通过规模化推进智能工厂建设，破解高能耗、低效率的发展瓶颈，增强产业持续增长能力。

另一方面，智能工厂也成为近消费端行业应对市场变化的重要支撑。家电、汽车、通信电子设备等行业在智能工厂数量与成熟度上双双领先，智能制造能力成熟度自评估得分超过 4.3 分，形成显著领跑优势。这些行业直面用户市场，需求多元、变化迅速、竞争激烈，正通过建设高水平智能工厂，构建高柔性、高效率并重的现代制造体系。

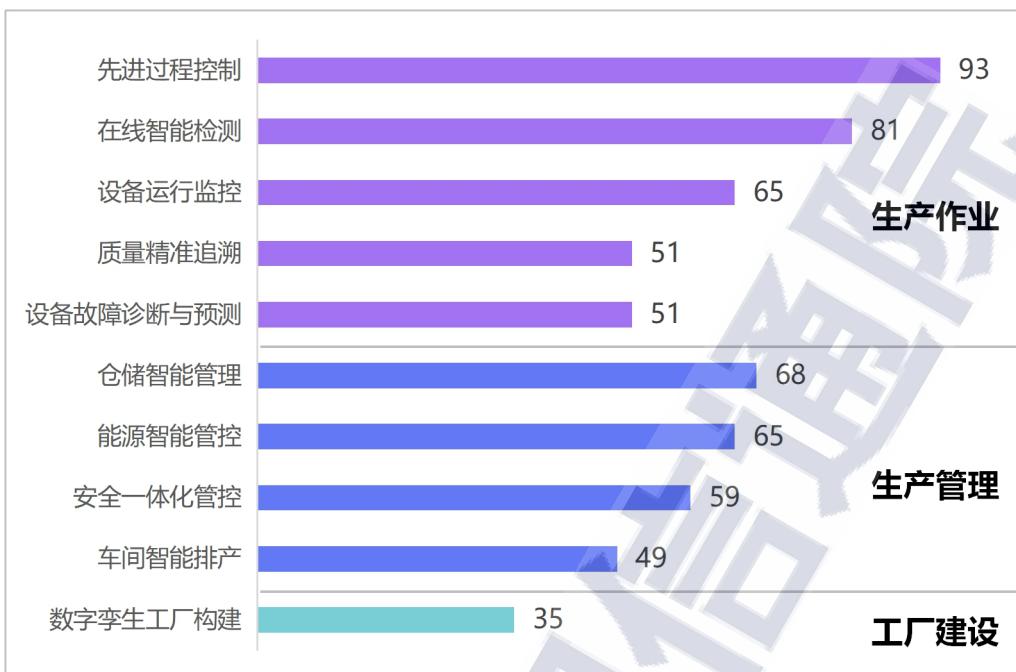


来源：中国信息通信研究院

图 3 2024-2025 年卓越级智能工厂行业分布

## （二）原材料：以全局优化为核心，驱动原材料行业智能化迈向新高度

原材料行业具有生产连续性强、工艺依赖度高、能耗与安全风险突出等典型特征。智能场景建设紧密围绕“安稳长满优”（安全、稳定、长周期、满负荷、优化运行）等几大核心需求展开，实现运营效率与效益的全局最优。**在生产作业环节**，智能化应用最为普及，聚焦平稳运行与质量追溯，行业正着力推动 AI 与机理模型深度融合，以解决关键工序的精准控制难题，确保工艺参数稳定与产品质量一致。**在生产管理环节**，场景建设聚焦安全、能效与仓储三大核心价值，反映行业对降本增效、提升资源利用率及坚守安全红线的迫切需求。**在工厂建设环节**，数字孪生工厂代表智能化的高级形态，将分散场景整合为全流程、全要素的虚拟映射，实现从局部优化到全局协同的跨越，全面提升企业运营效率与市场竞争力。



来源：中国信息通信研究院

图 4 2024-2025 年原材料行业卓越级智能工厂重点建设场景

### 1. 钢铁：跨界面一体化协同优化，重塑钢铁运营效能

**一是机理与数据融合的高精度智能控制。**针对高炉、转炉、连铸等关键工序对控制精度的极高要求，构建冶金物理模型与 AI 融合的智能控制系统，有效应对工况波动，确保生产稳定可控。例如，江阴兴澄特钢开发合金投料、钢包吹氩、连铸控制等机理与 AI 融合模型，构建质量与操作的数据映射，实现工艺参数逆向推导与闭环优化，显著提升生产稳定性，成分命中率提升至 98%以上。**二是全流程数字孪生驱动跨界面协同优化。**钢铁生产是典型的长流程多界面强耦合系统，局部优化易导致全局震荡。全流程数字孪生覆盖铁前、炼铁、炼钢、轧制全环节，通过实时仿真与多物理场耦合，支

撑系统级智能决策，实现全局最优。例如，南京钢铁构建料场至成品垛位的全工序孪生体，融合设备与物料实时数据，实现虚实同步、态势推演与透明化运营，工序能耗降低3%，质量成本下降10%。三是全厂多能介质协同优化调控。将煤气、蒸汽、电力等能源介质视为整体，动态预测产消、快速调度流向，实现削峰填谷与多能互补，推动吨钢能耗趋近理论下限。例如，本钢板材构建覆盖电、水、煤气等多介质的智慧能源平台，应用负荷预测与能源平衡技术，实现多能介质协同优化，显著降低煤气放散率，单位产值综合能耗下降6%。



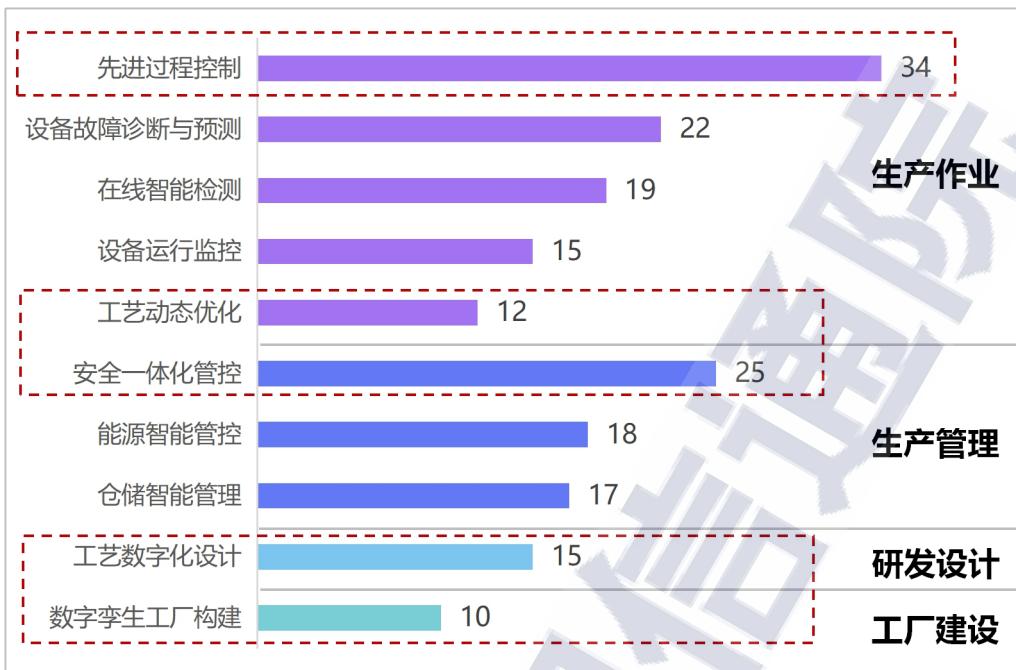
来源：中国信息通信研究院

图 5 2024-2025 年钢铁行业卓越级智能工厂重点建设场景

## 2. 石化化工：筑牢主动安全基石，实现全流程管控优化

一是基于 APC（先进过程控制系统）与 RTO（实时优化系统）

的智能过程控制与实时优化。APC 提升多变量协同控制精度，RTO 动态优化操作参数，有效应对精细化工多变量强耦合的控制难题，大幅提升过程平稳性与运行能效。例如，巨化集团通过 MPC（模型预测控制）算法与多模态工况识别，在 DCS（分布式控制系统）上层构建覆盖全流程的模型控制器，实现装置全工况自主优化与闭环控制，装置平稳率提升至 99%，逼近零手动操作。**二是 AI 驱动的全天候全覆盖主动安全。**融合 HAZOP（危险与可操作性分析）规则，构建 AI 风险预测与智能分析系统，实现从风险监测到闭环处置的全流程自动管控，显著提升安全态势感知能力，有效防止事故发生。例如，中石化金陵分公司构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防数智化平台，整合视频监控、人员定位、工艺参数等多源数据，AI 自动识别危险行为并生成处置方案，实现风险闭环管控。**三是构建工业装置与微观反应的全尺度数字孪生实现工艺高效设计验证。**通过全尺度数字孪生，在虚拟环境中完成从工业装置到反应机理的全程模拟与优化，大幅提升工艺方案验证效率。例如，广东石化基于 HYSYS 与 OTS 模拟仿真软件搭建 26 套装置仿真系统，实现常减压、催化裂化等全流程虚拟测试与参数优化，降低验证成本提升设计效率。



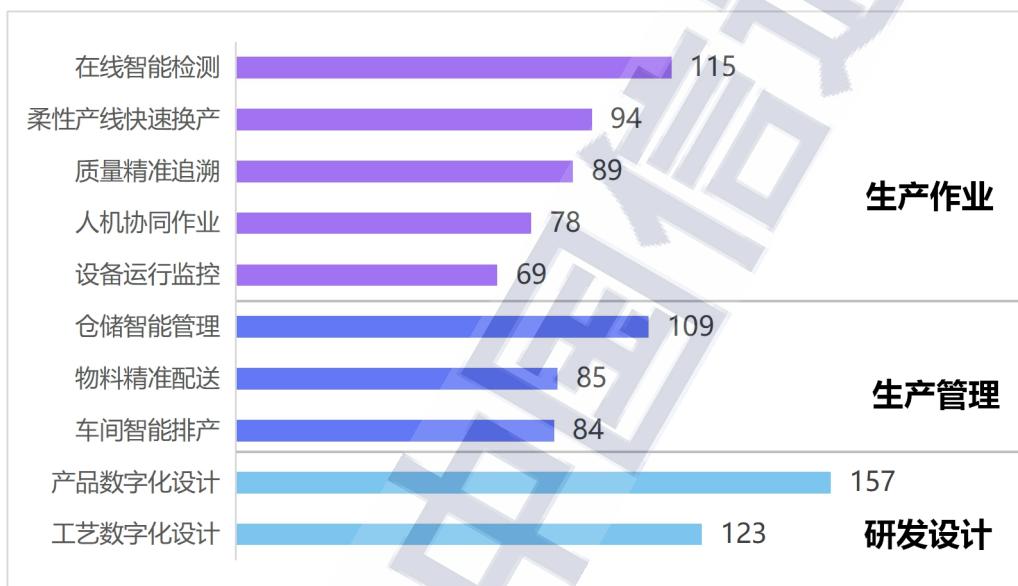
来源：中国信息通信研究院

图 6 2024-2025 年石油化工行业卓越级智能工厂重点建设场景

### （三）装备制造：从生产制造向制造+服务转型，以智能化重构产业链

装备制造行业涵盖汽车、船舶、工程机械、轨道交通、航空航天等重要领域，产品结构复杂、工艺链条长、多品种小批量等特点显著。行业智能工厂建设围绕“协同化、柔性化、高端化”三大特征加速推进，在巩固生产核心环节能力的基础上，持续向研发设计和服务增值两端延伸，构建全新价值链生态。在生产作业环节，质量检测、追溯与产线柔性成为建设重点，旨在系统提升质量管控与多品种混线生产能力。在生产管理环节，以仓储管理为核心，协同物料配送、车间排产等场景，全面提升供应链协同与资源调配效率。

在研发设计环节，产品数字化设计与工艺数字化设计两大场景建设占比最高，行业正致力于通过模型定义与虚拟仿真打通研发与制造源头，加快构建数据驱动的研发制造一体化体系。此外，在运营管理环节，汽车、船舶、轨道交通等细分行业积极建设远程运维服务等重点场景，展现了向后端服务延伸的明确趋势。

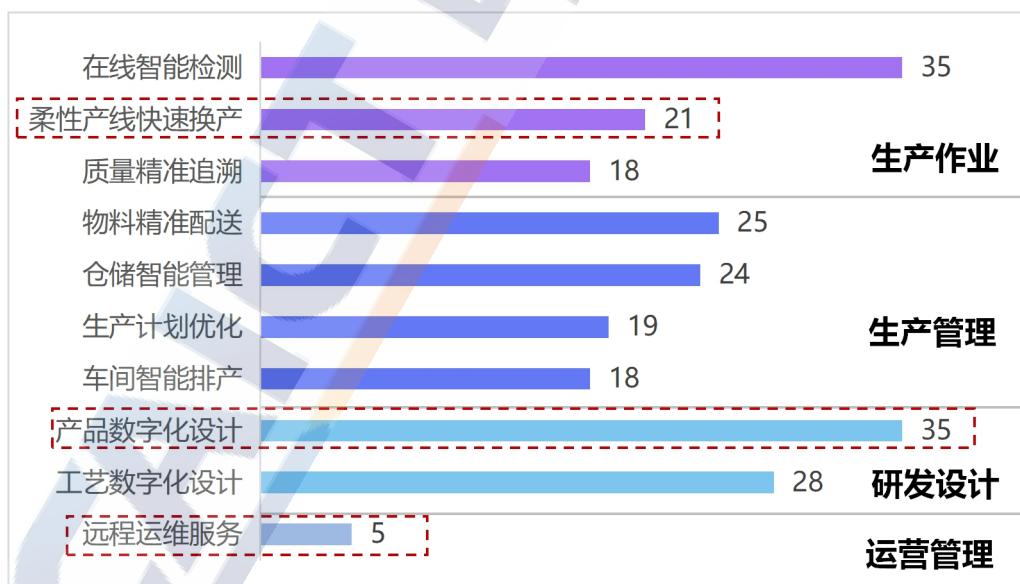


来源：中国信息通信研究院

图 7 2024-2025 年装备制造行业卓越级智能工厂重点建设场景

1. 汽车：以生产质效提升为核心，实现全链条协同升级  
 一是深化跨专业跨地域研发协同，推动产品开发从“串行模式”向“并行模式”转变。针对车型开发周期长、设计与制造脱节等行业痛点，汽车企业有序推进基于云平台与数字主线的三维协同设计，实现全球研发中心与供应商的实时数据共享与并行交互。例如，赛力斯汽车构建一体化研发体系与全球协同研发平台，开展实时并行交互研发，大幅提升新能源汽车研发效率，缩短新车型上市时间。

二是强化制造环节柔性生产能力建设，推动生产模式从“计划驱动”向“订单驱动”升级。面对市场个性化需求增长与订单波动加剧的挑战，汽车企业加速部署柔性产线，构建高弹性生产体系。例如，五菱汽车通过工艺解耦和产线重构，打破流水线刚性结构，打造可重构、可重组、可扩展的制造岛，满足产品柔性、产线柔性、产能柔性的制造需求，支持8种车型混流生产。三是拓展数据增值服务，推动价值链向“产品+服务”高端化延伸。顺应汽车智能化、网联化趋势，汽车企业积极探索利用车联网数据，创新开展远程运维等新型服务，推动业务模式从一次性销售向全生命周期服务延伸。例如，理想汽车自建Mind GPT大模型，依托用户数据和车联网平台构建智能主动服务体系，围绕故障预警、OTA升级等开展远程服务，实现售后服务从“被动响应”向“智能感知、精准干预”转变。



来源：中国信息通信研究院

图 8 2024-2025 年汽车行业卓越级智能工厂重点建设场景

## 2. 船舶：以生产智能化为基础，向研发与服务两端高价值环节延伸

**一是强化数字化设计与虚拟验证协同，推动“设计即建造”一体化融合。**针对船舶作为复杂巨系统、设计建造周期长等特点，船舶企业加快推进基于统一数字模型的产品数字化设计、工艺数字化设计与产品虚拟验证，打通设计、工艺与制造环节的数据流。例如，武昌船舶构建全三维生产设计模型并生成三维作业指导书，实现船机电多专业协同设计与建造工艺前置优化。**二是构建数据驱动的精准生产管控体系，实现全流程高效协同。**面对船舶制造高度定制、工艺及资源组织复杂的特点，行业正以车间智能排产为核心，结合仓储智能管理等，系统提升生产组织的精细化与协同化水平。通过构建基于统一数据模型的先进计划与排程系统，依托物量分析、资源画像与智能算法，实现从车间作业到项目全局的多级计划联动与资源动态调配。例如，武汉船用机械通过构建排程优化模型、应用智能优化算法、设计个性化启发式规则等，打造可调用的排程优化引擎，并与相关系统集成互通，开展智能规划排程与资源调度，订单按期履约率显著提升。**三是构建船岸一体化智能运维体系，拓展制造企业服务化转型新路径。**立足船舶产品高价值、长寿命的特性，船舶企业积极构建船岸一体的远程运维服务体系，推动业务从“制造”向“制造+服务”延伸。例如，招商局重工建设船舶智能运营平台，通过卫星通讯等实时采集分析航行监测、机舱运行等数据，实

现船舶状态远程监控与预测性维护。



来源：中国信息通信研究院

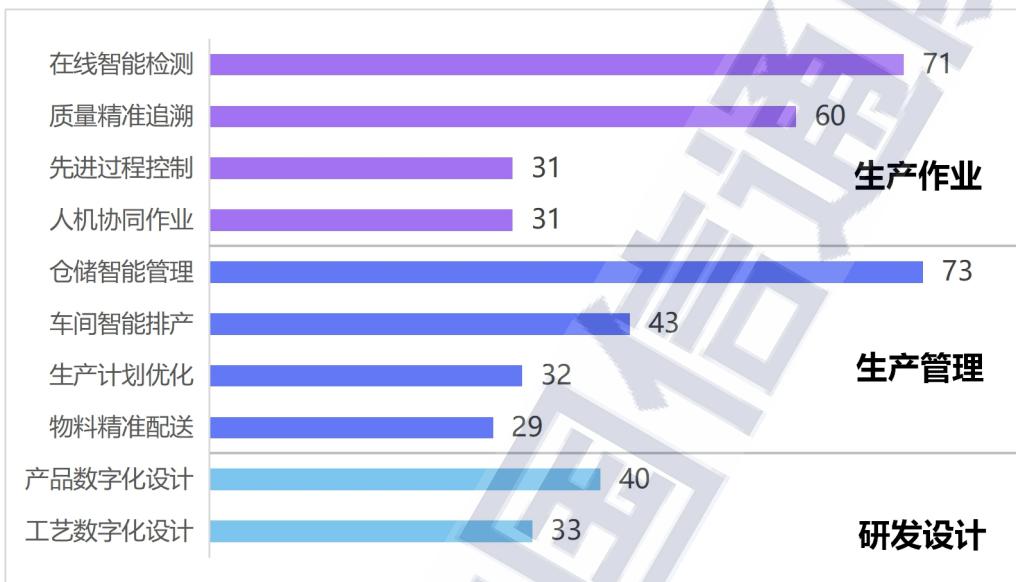
图 9 2024-2025 年船舶行业卓越级智能工厂重点建设场景

#### （四）消费品：以质量管控与敏捷响应为重点，推动产业链协同升级

消费品行业涵盖医药、家电、食品、纺织等重要民生领域，具有产品迭代快、市场竞争激烈、用户需求多元等典型特征。行业智能工厂建设以“高质量、高精益、高柔性”为核心方向，持续推进供应链敏捷响应、全流程质量管控与柔性化生产能力的系统提升。

从重点场景分布来看，生产作业环节，场景建设聚焦于在线智能检测与质量精准追溯，着力构建实时质量判定机制与全流程质量数据贯通能力；生产管理环节则以仓储智能管理与车间智能排产为建设重点，推动形成“物料精准拉动—生产节拍同步”的精益运营体系，全面提升资源利用与计划执行效率。从细分行业路径来看，不同细

分行业在共性基础上形成差异化发展格局，医药行业突出质量追溯与过程控制，家电行业侧重柔性换产与数字孪生应用，智能化实践正朝着场景深化与行业细分的路径持续演进。



来源：中国信息通信研究院

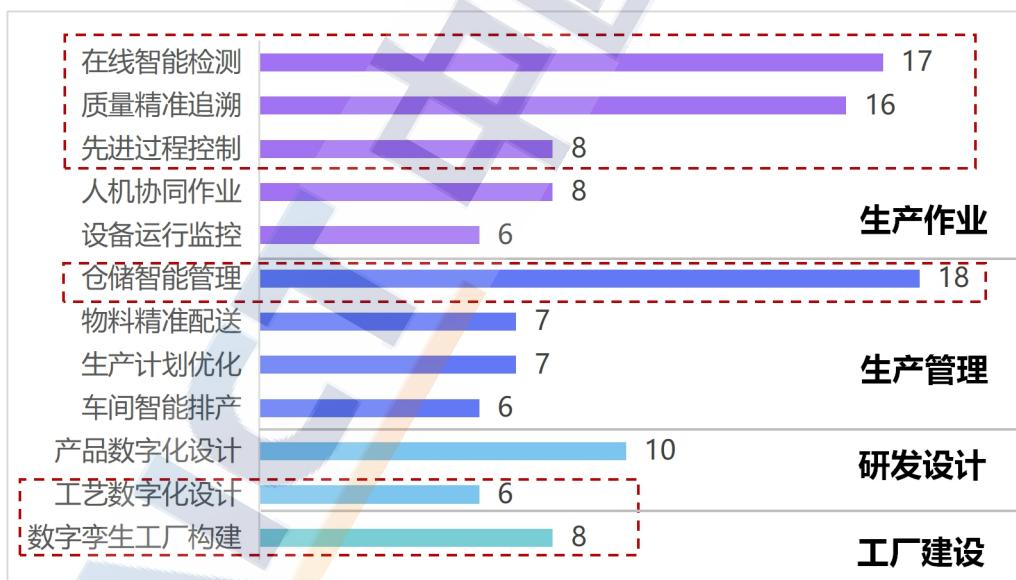
图 10 2024-2025 年消费品行业卓越级智能工厂重点建设场景

### 1. 医药：以安全合规为基石，强化全流程可视化可追溯

#### 一是推动质量控制由“事后检测”向“全过程精准管控”升级。

医药行业加快建设智能检测、质量精准追溯与先进过程控制等，构建覆盖生产全链条的智能质量体系。通过人工智能与实时数据分析，实现从参数监控到质量预警、精准干预的能力跃升。例如，恒瑞医药依托 MES 系统实现全流程质量数据闭环，问题定位效率提升 80%；超过 50% 的医药企业应用 AI 模型实现关键工艺参数的自主优化，显著提升产品质量一致性。二是推进仓储物流从“分段管理”向“一体化智能调度”转变。行业加快建设仓储智能管理、物料精准配送

等场景，实现从原料入库到成品出库的全流程协同，在保障合规基础上大幅提升运营效率。例如，华润双鹤建设智慧仓储管理系统、智能无人配送系统，并与制造执行系统、药品追溯平台等实现集成互通，推动采购-库存-生产-质量完整信息流统一管理，仓储数据信息流与实物流实时同步率达100%，实现多任务智能排程、 $7\times 24$ 小时实时响应配送。**三是加快数字孪生等技术融合，破解工艺转移难题。**面对研发周期长、工艺转移成功率低的痛点，领先企业积极构建数字孪生工厂，通过高保真仿真优化工艺方案。例如，博腾制药建立工程放大模拟系统，为超80个项目提供工艺评估与优化支持，研发周期缩短63%，显著提升工艺放大成功率。



来源：中国信息通信研究院

图 11 2024-2025 年医药行业卓越级智能工厂重点建设场景

## 2. 家电：以用户需求为导向，增强市场响应与个性化供给能力

一是强化柔性产线建设，支撑多品种小批量敏捷生产。针对家电产品型号繁多、订单碎片化特点，行业重点投入柔性产线快速换产建设，实现生产线低成本快速切换，满足客户定制化需求。例如，海尔智慧电器将单一长流水线打造成模块化组装线和柔性化单元线，智能排产系统根据用户订单匹配不同自动化、柔性生产线体，通过可编程机器人、智能化检测系统等，生产线能够快速调整生产参数，满足 113 种不同型号热水器的生产需求。二是深化研发数字化应用，加速产品创新与市场响应。面对消费者需求多元化与产品更新加速的挑战，家电行业正全面推进基于平台化、模块化的产品数字化设计与工艺数字化设计。通过构建贯通客户需求、设计仿真与工艺规划的数据主线，显著提升研发创新效率，加速产品上市。例如，格力电器集成客户需求、设计、生产、使用等全生命周期数据打造平台化设计体系，应用数据主线、可制造性分析等技术，构建订单驱动的动态计划模型，新产品设计周期从 65 天缩短至 35 天，开发速度提升 45%，实现快速响应市场变化。



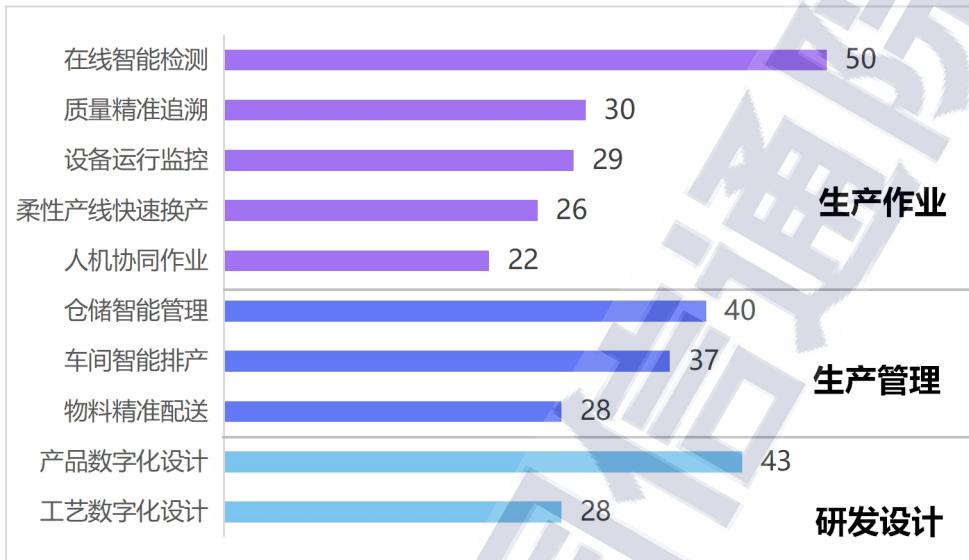
来源：中国信息通信研究院

图 12 2024-2025 年家电行业卓越级智能工厂重点建设场景

## （五）电子信息：以技术创新为驱动，构建高精度快响应体系

电子信息行业涵盖智能终端、半导体等关键领域，具有技术迭代快、产品生命周期短、产业链条长、工艺精度要求高等突出特点。行业智能工厂建设围绕“高精度、快响应、强协同”三大方向系统推进，重点聚焦于产品品质提升、生产效率优化与供应链韧性强化的系统能力构建。从重点场景分布来看，在线智能检测与产品数字化设计在全行业中占比居前，体现行业对质量精准控制和研发创新速度的重视；生产管理环节中，仓储智能管理与车间智能排产等场景建设集中，致力于构建计划与物流深度集成、数据实时驱动的协同管控体系；生产作业方面，柔性产线快速换产、设备运行监控等场景协同推进，支撑多品种、快节奏生产模式的高效运转。从细分

行业路径来看，智能终端领域更关注柔性生产与快速响应市场，新型显示行业则强调设备可靠运行、能源集约管理与研发快速迭代。



来源：中国信息通信研究院

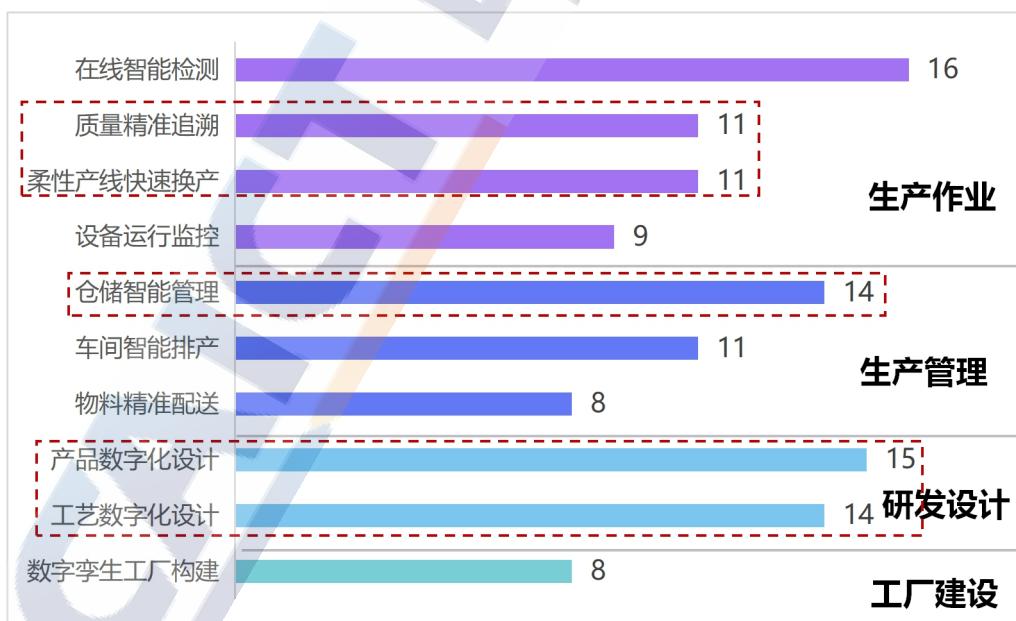
图 13 2024-2025 年电子信息行业卓越级智能工厂重点建设场景

### 1. 智能终端：以 AI 技术赋能，实现市场敏捷响应

**一是强化数字化设计，支撑产品快速迭代。**面对消费电子领域激烈的市场竞争和快速的技术更新，行业重点投入产品数字化设计，大幅缩短研发周期，支撑产品快速迭代创新。生成式大模型技术兴起以来，近半数智能终端企业已利用历史研发数据训练生成式设计算法，实现研发设计文件自动化生成。例如，海康威视引入 AI 大模型开展智能研发，实现每小时迭代生成超百个设计版本，创意发散效率提升 5 倍以上，产品概念设计提效 40%。**二是推进仓储管理与柔性产线建设，增强多品种小批量生产能力。**针对智能终端产品型号繁多、订单波动大的特点，行业积极应用仓储智能管理系统与柔

性产线快速换产技术，实现物料精准调度和生产线的快速重构，提升生产系统的适应性与灵活性。例如，联想天津工厂集成互通APS系统、MES等系统，通过对智能柔性产线、工业视觉系统等集中调度和配置，实现不同产品和订单程序在60多个工作站的零切换换线。

**三是深化工艺设计与质量追溯协同，构建研发制造一体化体系。**围绕产品复杂度持续提升的挑战，企业持续推进工艺数字化设计与质量精准追溯系统建设，打通设计、工艺与制造环节的数据流，实现工艺参数优化与质量问题快速定位，提升产品直通率与生产效能。例如，浪潮电子建设质量大数据系统，汇集ERP、MES、CRM（客户关系管理）、供方管理、备件服务等质量数据，覆盖供方物料、IQC（来料质量控制）、生产制程、测试、OQC（出货质量控制）等全领域质量监控，实现产品全流程全生命周期质量信息追溯。



来源：中国信息通信研究院

图 14 2024-2025 年智能终端行业卓越级智能工厂重点建设场景

## 2.新型显示：聚焦可靠运行与集约研发，构建高效协同制造体系

**一是构建数字孪生工厂与产品虚拟验证平台，提升产线资产利用与迭代效能。**面对新型显示行业技术迭代快、产品换代快、产线投入巨大等特征，企业积极推进数字孪生工厂构建，结合产品虚拟验证，开展产线布局仿真、工艺适配性评估与设备运行模拟，实现新建或改造产线的方案预验证与资源精准配置，显著降低产线建设与升级成本，提升重资产利用效率。例如，华星光电构建基于AI的虚拟验证与孪生平台，融合大模型实现工艺参数智能推荐与设备联动仿真，缩短产线达产时间，提升单位资产产出效益。**二是强化设备运行监测与故障诊断预测，保障生产稳定性。**新型显示行业属于大批量连续生产，对生产设备可靠性与产品质量一致性要求极高。在生产作业环节，企业重点推进质量相关场景建设，同步强化设备运行状态的实时监测与预测性维护，降低非计划停机风险，确保生产节奏与品质稳定。例如，海信通过搭建设备故障预测与健康管理平台，应用循环神经网络、长短期记忆网络等算法，构建故障诊断与健康度评估模型，实现设备故障自动诊断与精准预测，平均故障修复时间降低30%，显著减少停机损失。**三是建设能源智能管控体系，推动绿色低碳制造。**针对行业能耗高、洁净环境控制严等特点，企业加快部署能源智能管控系统，对电力、纯水、特种气体等关键介质开展实时监测、分析与优化调控。例如，京东方构建全域能源

数字平台，实现全厂能流毫秒级追踪、空压机集群动态优化调控及冷冻系统AI调优，每年节约电费数千万元。



来源：中国信息通信研究院

图 15 2024-2025 年新型显示行业卓越级智能工厂重点建设场景

### 三、区域发展篇<sup>1</sup>：东部引领中部突破多极协同，各地基于产业禀赋构建差异化优势

#### （一）总体布局：各地加快智能工厂建设，因地制宜探索推进路径

我国智能工厂建设全面推进，基础级、先进级、卓越级智能工厂已实现全国 31 个省（区、市）全覆盖。各地区立足自身产业基础与发展阶段，探索多元化推进路径，形成特色鲜明、错位发展的智能工厂建设格局。**环渤海地区**突出央企与龙头企业带动作用，以智能工厂建设推动产业链整体协同，加快传统工业向高端化、智能化、绿色化转型升级，重塑产业竞争新优势。**中部地区**紧扣传统产业转

<sup>1</sup> 因篇幅原因，区域发展篇重点分析部分区域与省份

型与新兴产业培育，以智能工厂为抓手，优化提升工程机械等传统优势产业，培育壮大光电子等新兴产业，积极打造与东部沿海互补协同的“双循环”战略腹地。珠三角地区凸显外向型经济特征，聚焦电子信息与消费品等重点产业集群，依托“外资引领、民企主导、央企支撑”等多元主体，构建专业化突出、高端化鲜明的智能制造体系。长三角地区依托民营经济活跃与开放高地优势，加强政策精准引导，激发企业内生动力，推动形成多元融合、高效协同的智能工厂集群，卓越级智能工厂和领航级智能工厂培育对象数量全国领先。成渝地区立足智能装备与软件产业基础，依托成渝双核联动联建，强化一硬一软协同赋能，推进智能装备与电子信息“双轮驱动”，加速构建柔性敏捷、安全韧性的西部“智能制造枢纽”。

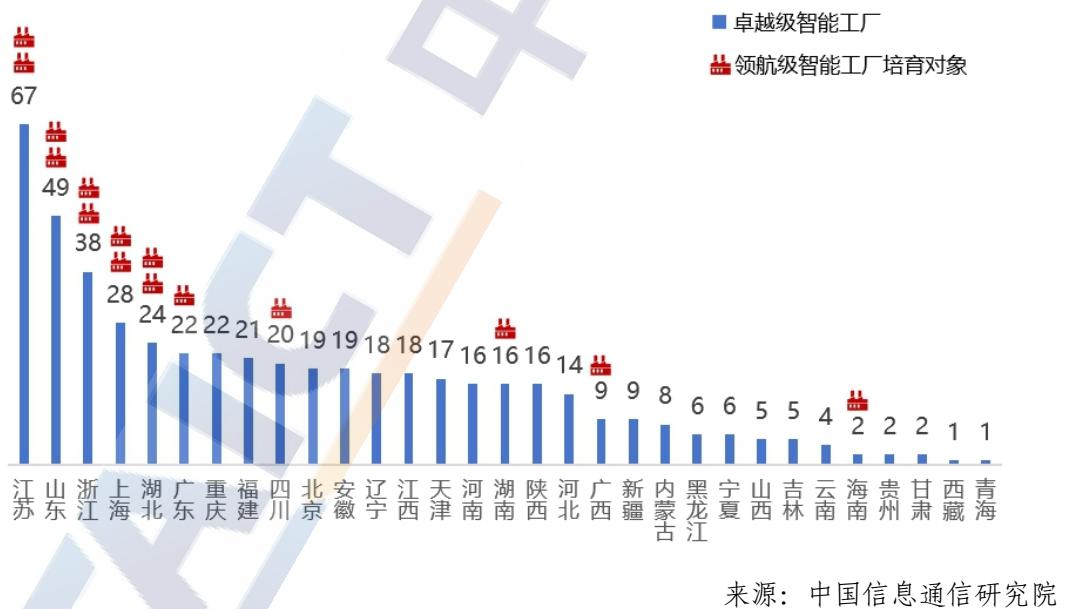
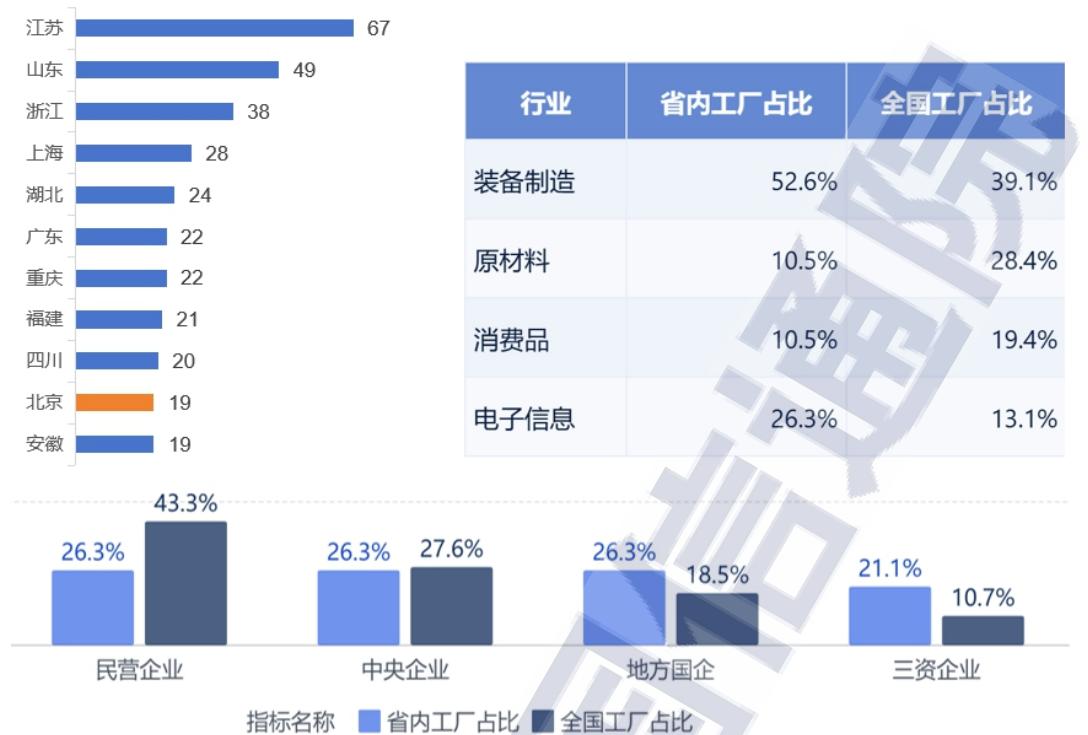


图 16 2024-2025 年卓越级智能工厂与领航级智能工厂培育对象区域分布

## （二）环渤海地区：央企引领与产业链协同并重，推动工业整体升级

### 1. 北京：高端产业创新引领，多元主体协同共进

北京凭借高端产业引领与多元主体共建，在智能制造领域形成独特优势。北京立足首都城市战略定位、深入实施“新智造100”工程，全市累计建成19个卓越级智能工厂，构建了高端引领、多元协同的独特发展生态。这一格局的形成，深度契合北京强化国际科技创新中心与疏解非首都功能的总体部署。在产业结构上，装备制造业占比高于全国约14个百分点，电子信息行业占比达26.3%，远超全国水平一倍以上，这集中体现了北京在汽车、航空航天、电子信息等高精尖领域的科技资源禀赋与研发创新优势；与此同时，原材料与消费品行业占比相对较低，特别是原材料行业明显低于全国，正是其有序疏解非首都功能、推动产业向“高精尖”转型升级的客观反映。在企业主体层面，呈现出显著的多元共建特征，中型企业表现突出，其占比高于全国9个百分点，彰显了高成长性企业在创新链条中的关键活力；更为重要的是，民营企业、央企、地方国企及三资企业占比均在20%以上，形成了不同所有制主体均衡参与、功能互补、协同共进的良性生态。这充分表明，北京通过有效的政策引导与市场机制，成功激发了央企的技术引领力、民营企业的创新敏捷性以及外资企业的全球资源网络，共同构筑了符合首都功能定位的、以高端化为导向、以多元主体协同为根本支撑的智能制造发展路径。



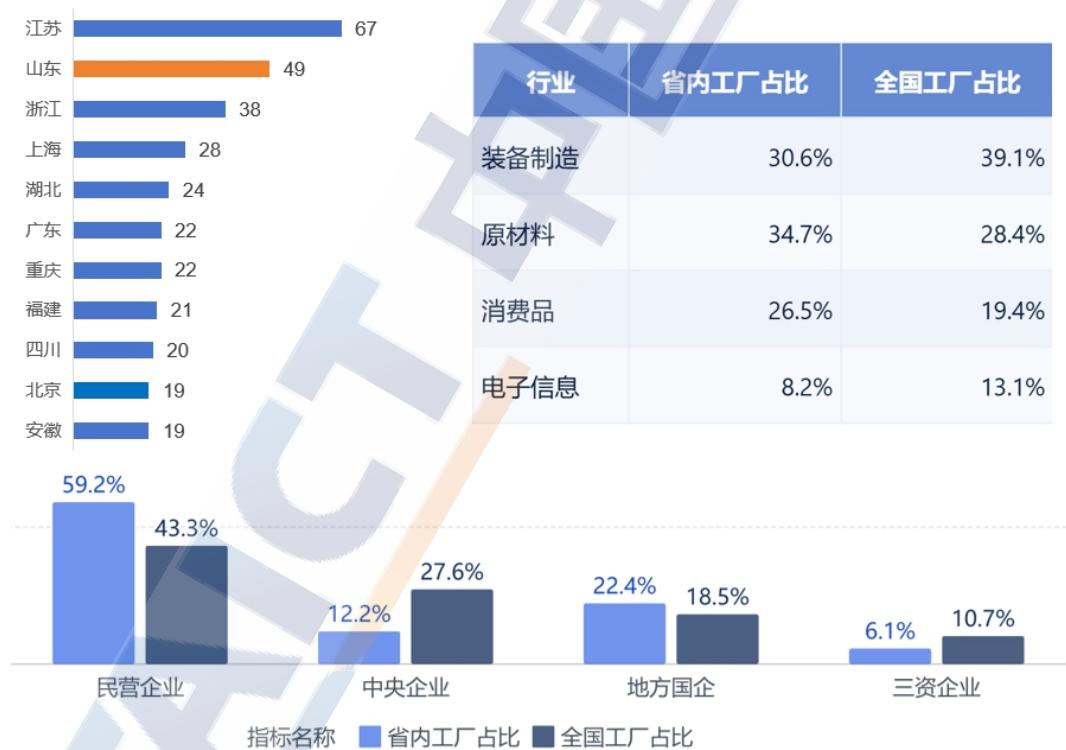
来源：中国信息通信研究院

图 17 2024-2025 年北京市卓越级智能工厂分布情况

## 2. 山东：传统工业基础坚实，全域推进智能升级

山东依托雄厚的工业基础设施全域推进策略。山东省在推进智能制造过程中，依托其雄厚的工业基础和完整的产业体系，累计建成 49 个卓越级智能工厂，展现了系统性、全域性的转型成效。在产业结构方面，突出体现了“重工业化”与“传统优势产业”双重升级的鲜明路径：一方面，原材料行业智能工厂数量超越全国水平，在钢铁、石化、有色金属等基础领域表现尤为突出，标志着传统重化工业正通过智能化改造实现安全、绿色、高效的高质量发展；另一方面，消费品行业占比达 26.5%，家电、纺织、食品等传统优势产业集群通过智能化重塑，显著提升了品牌价值与市场竞争力；同

时，装备制造业保持稳定比重，在工程机械、农业装备、轨道交通等细分领域形成了一批标杆，为产业升级提供了关键支撑。在企业生态方面，呈现出“国企实力与民企活力”双轮驱动的显著特征，民营企业与地方国企共同构成了转型的核心力量，其占比均高于全国水平，体现了国有资本的引领作用与民营经济内生动力的有效协同；中型企业占比高于全国，展现出较强的成长性与创新活力。这一格局深刻反映了山东立足自身产业结构，以智能化为主线，推动各类市场主体梯次协同、多元共进的转型逻辑，为传统产业大省的全面升级提供了具有借鉴意义的可行实践。



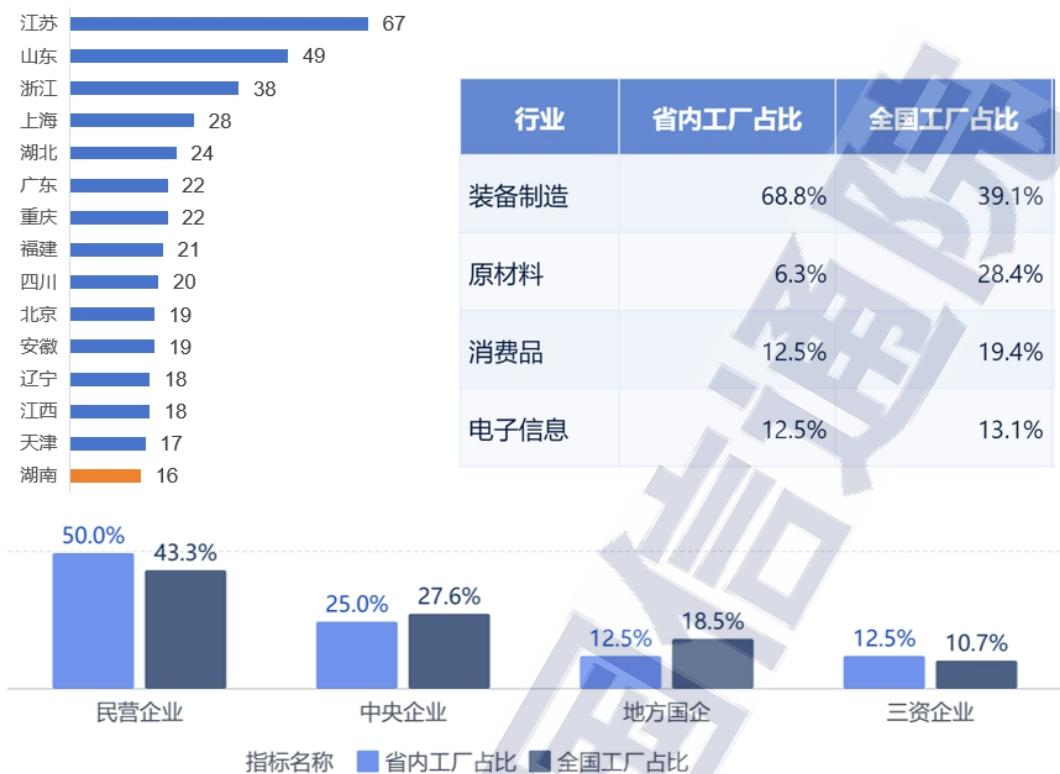
来源：中国信息通信研究院

图 18 2024-2025 年山东省卓越级智能工厂分布情况

### （三）中部地区：立足区域产业基础，推动转型与培育双向发力

#### 1.湖南：产业集聚效应突出，集群化推进整体转型

湖南依托国家级产业集群，形成装备制造主导、民企活跃的智造格局。湖南省发展格局体现了国家战略引导与地方产业基础的深度融合。全省累计建成的16家卓越级智能工厂，反映湖南在装备制造领域的集群优势，这一成就直接得益于工程机械、轨道交通装备等国家级先进制造业集群的坚实基础。这些国家级集群通过长期培育，形成了完整的产业链条和高效的创新生态，为智能工厂建设提供了从技术支撑、人才储备到市场应用的系统性保障。在产业结构方面，装备制造业智能工厂占比近七成，远超全国水平，其中工程机械领域的集中布局和轨道交通装备的持续突破，充分体现国家级产业集群政策与市场化机制有效结合。在企业生态构建上，呈现出以大型企业为引领、民营企业深度参与、多种所有制协同发展的特征：大型企业依托规模优势率先推进智能化转型；民营企业占比达50%，展现出活跃的创新能力和转型意愿；央企、地方国企与三资企业则分别在重大技术装备、基础材料等领域发挥重要作用。这种以国家级产业集群为基石、通过政策引导激活各类市场主体活力的发展模式，为湖南制造业高质量发展提供了有力支撑，也为同类型地区推进智能制造转型升级提供了可资借鉴的经验。



来源：中国信息通信研究院

图 19 2024-2025 年湖南省卓越级智能工厂分布情况

## 2. 湖北：新兴产业发展强劲，智能制造步伐稳健

湖北通过系统实施试点示范工程并建立完善的项目储备库，体现制造业转型升级的显著成效。累计建成 24 个卓越级智能工厂，得益于湖北省作为传统工业基地的坚实产业基础，也离不开政策引导与市场机制的有效结合。在产业结构方面，呈现出总体均衡、特色突出的发展态势：装备制造业虽整体占比低于全国，但在汽车、船舶等优势细分领域形成了扎实的产业基础和完整的配套体系；电子信息行业占比高于全国，尤其在光电子领域展现出明显的集聚效应和技术优势，反映出湖北在培育战略性新兴产业方面的持续努力；

原材料与消费品行业则与全国水平基本持平，保持了传统产业的稳定支撑作用。从企业结构来看，呈现出以大型企业和国有企业为核心动力的鲜明特征：大型企业占比达 91.7%，高于全国 11.3 个百分点，充分发挥了其在技术引领、资源整合方面的核心带动作用；国有企业占据主导地位，央企与地方国企合计占比 54.1%，均高于全国水平，这一格局与湖北国有经济比重较高、大型央企集聚的产业特点高度契合，体现了国有资本在推动制造业高质量发展中的关键支撑。湖北的实践表明，通过精准的产业政策引导，充分发挥既有产业基础和龙头企业优势，能够有效推动区域制造业的智能化转型升级。

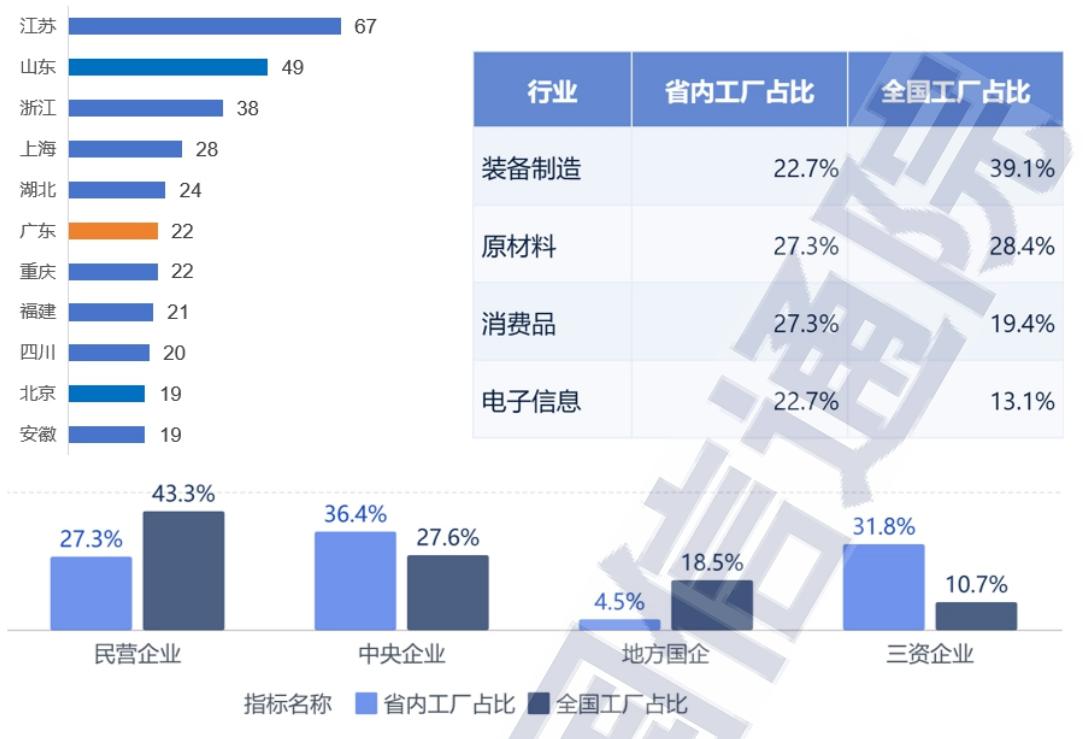


来源：中国信息通信研究院

图 20 2024-2025 年湖北省卓越级智能工厂分布情况

## （四）珠三角地区：外向型经济驱动，聚焦高端化与专业化路径

广东智能工厂建设呈现显著的外向型经济特征。作为改革开放前沿与制造强省，广东省智能制造建设格局依托独特发展路径，全省累计建成 22 家卓越级智能工厂。在产业结构上，布局高度聚焦战略性支柱产业，消费品与电子信息行业合计占比过半，在家电、食品、通信设备及新能源电池等领域形成了显著的集群优势与品牌影响力，凸显出产业体系的高端化与专业化特征；相比之下，装备制造业虽整体占比相对有限，但在医疗设备、精密制造等细分领域仍呈现出高技术、高附加值的发展特色。这一产业分布与广东依托世界级产业集群、发挥“链主”企业带动作用的推进策略紧密相关，龙头企业通过智能化转型有效牵引了整个产业链的协同升级。在企业生态方面，广东展现出显著的开放型经济特征，形成了“外资引领、民企主导、央企支撑”的多元动力结构：三资企业占比高达 31.8%，达到全国平均水平的三倍，体现了其积极融入全球创新网络、吸引高端要素的开放优势；中央企业占比 36.4%，在能源、石化、钢铁等基础性领域布局了现代化工厂，发挥了重要的战略支撑作用；民营企业则在竞争性领域展现出强劲活力。这一多元主体协同共进的格局，结合大型企业高达 95.5% 的主导性占比，共同构成了广东在政策引导与市场驱动下，依托深厚产业积淀与开放区位优势，系统推进智能制造转型升级的典型路径。



来源：中国信息通信研究院

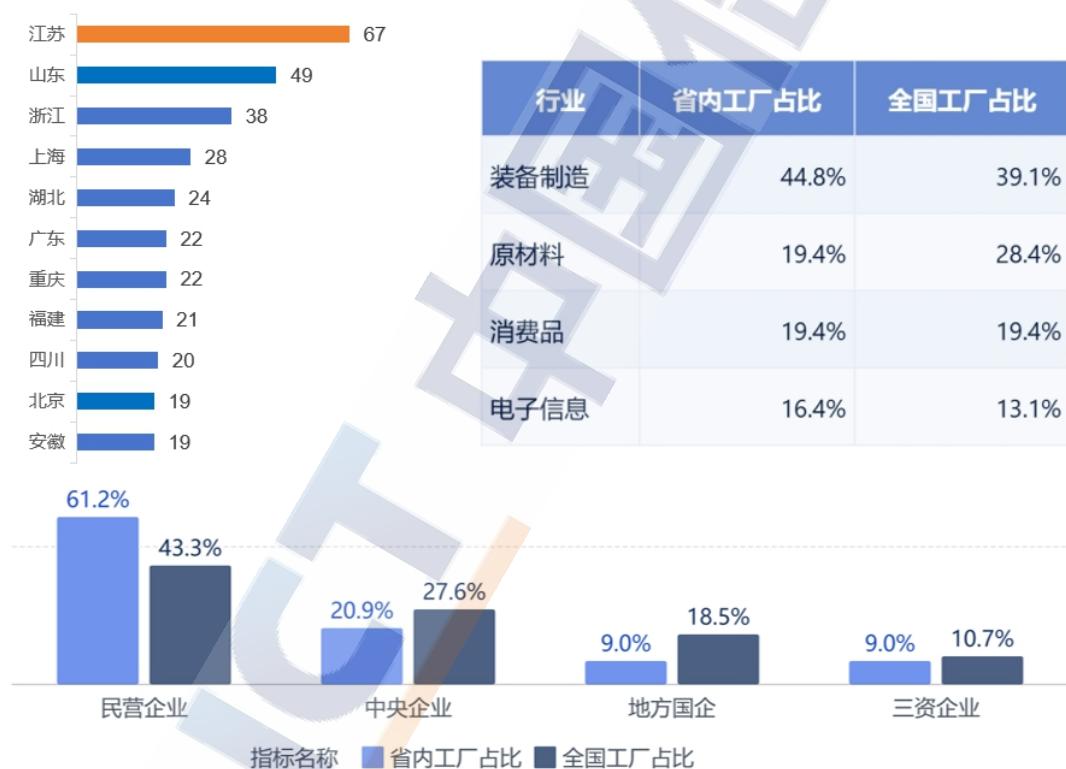
图 21 2024-2025 年广东省卓越级智能工厂分布情况

## （五）长三角地区：政策引领与开放创新并举，构建全国示范高地

### 1. 江苏：装备制造根基雄厚，智能工厂数量全国领先

江苏在政策引导、资源整合、技术支撑和生态构建等方面体系化推进，形成政策与产业良性互动的良好局面。江苏卓越级智能工厂数量领跑全国，全省累计建成 67 家。这一优势既依托扎实的产业基础，也得益于政府在制造业“智改数转网联”方面的系统性部署与持续投入。从行业结构看，装备制造业占据明显主导，特别是在电气机械、通用设备、汽车、船舶等重点领域优势显著，反映出江苏在高端制造与产业链协同方面的深厚积累；与此同时，原材料、

消费品及电子信息行业占比均维持在 20% 左右，体现产业结构的相对均衡与体系韧性。在企业参与方面，大型企业占比达 92.5%，高于全国水平 12.1 个百分点，发挥关键的示范与带动作用；民营企业占比 61.2%，高于全国 17.9 个百分点，展现民营经济在创新与转型中的重要地位。总体来看，江苏通过政策与市场双轮驱动，构建以大型企业为引领、民营企业广泛参与、多行业协同发展的智能制造推进格局，为全国制造业智能化转型提供有益实践。



来源：中国信息通信研究院

图 22 2024-2025 年江苏省卓越级智能工厂分布情况

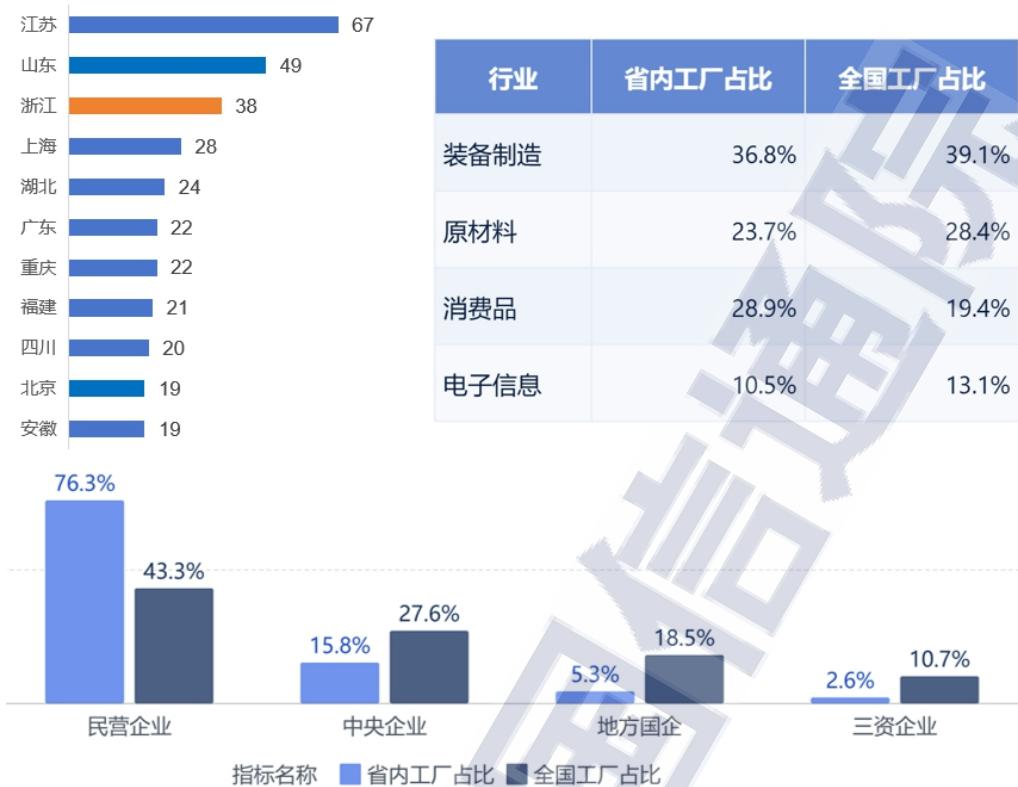
## 2. 浙江：民营经济活力强劲，梯度培育成效显著

浙江以民营经济为引领，构建显著的梯队建设格局。浙江立足

民营经济特色，前瞻布局“未来工厂”体系并持续深化“产业大脑”建设。全省累计建成 38 个卓越级智能工厂，标志着浙江在智能制造体系建设上已进入系统化、规模化推进阶段。浙江智能制造顶层设计起步较早，通过构建以“产业大脑”为核心、以“未来工厂”为引领的智能制造新实践，实现从国家战略到地方实践的同频共振与无缝衔接，为智能工厂的培育和升级提供清晰的路径与有力支撑。

从行业分布看，消费品行业的智能工厂占比显著领先全国平均水平，这充分依托于其在家电、纺织服装等传统优势产业集群中积累的深厚基础，并通过智能化改造实现优势产业的能级跃升；装备制造业则与全国平均水平持平，而原材料与电子信息领域尚有提升空间，反映浙江智能制造的推进路径与现有产业结构和比较优势紧密结合。

从参与主体看，大型企业（占比 94.7%）与民营企业（占比 76.3%，高出全国 33 个百分点）构成绝对核心力量，这一方面体现龙头企业的引领带动作用，更凸显浙江以民营经济为绝对主体的市场结构所蕴含的强劲内生动力与转型活力，为全省制造业的高质量发展提供坚实且富有韧性的微观基础。



来源：中国信息通信研究院

图 23 2024-2025 年浙江省卓越级智能工厂分布情况

### 3. 上海：开放融合汇聚资源，构建国际化智能生态

上海凭借鲜明产业特色打造多元主体优势。上海在推进智能制造进程中，充分发挥其对外开放高地与外资总部经济集聚的独特优势，通过实施智能工厂领航计划等系统性举措，累计建成 28 个卓越级智能工厂，发展格局呈现出显著的国际化与多元化特征。在参与主体方面，三资企业表现尤为突出，占比高达 28.6%，远超全国平均水平一倍以上，这直接得益于上海作为我国高水平对外开放枢纽的战略定位，吸引全球领先的技术、管理理念与国际标准，形成内外资企业协同共进的产业生态。与此同时，中型企业也展现出超乎

寻常的转型活力，其占比显著高于全国，反映出上海产业梯度培育政策的有效性，以及市场中间层力量强劲的创新动能。从行业结构分析，装备制造业占据近六成的绝对主导地位，特别是在汽车、电气机械等战略领域形成强大的集群竞争力，这既是上海长期深耕高端制造的成果，也与全球高端产业链在此深度融入紧密相关；而消费品行业略高于全国水平、原材料与电子信息行业尚有提升空间的现状，则体现上海智能制造推进路径与城市核心功能定位及产业资源禀赋的精准匹配。总体而言，上海正依托其鲜明的国际化特色和多元主体共治的产业基础，走出一条以高水平开放链接全球资源、以多元主体驱动协同创新的智能制造发展道路。



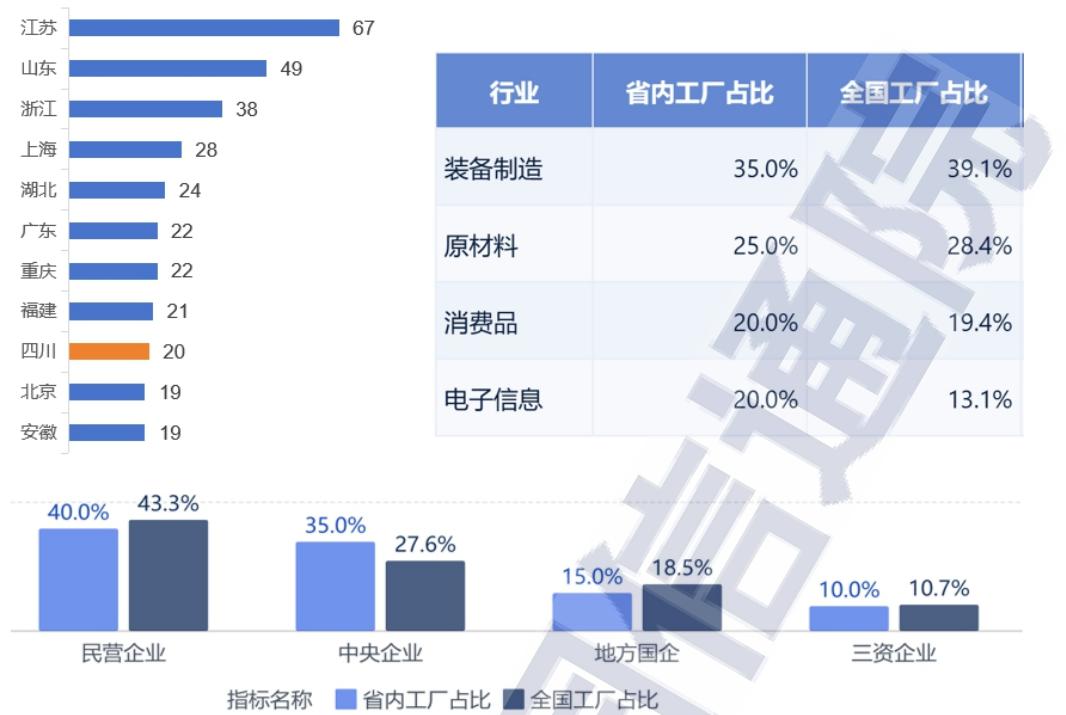
来源：中国信息通信研究院

图 24 2024-2025 年上海市卓越级智能工厂分布情况

## （六）成渝地区：双核联动软硬结合，建设西部智能制造枢纽

### 1. 四川：电子信息产业主导，智能化推进均衡有序

四川通过系统实施“智改数转”行动，形成了以电子信息产业为亮点、多层次企业协同推进的发展格局。累计建成20个卓越级智能工厂，依托西部重要工业基地的战略定位，产业布局呈现出鲜明的区域特色。从产业结构来看，电子信息行业智能工厂占比显著高于全国水平，凸显出四川在全球电子信息产业分工中形成的集群优势和技术积累；装备制造业虽整体占比略低于全国，但在电气机械、航空航天等高端领域仍保持扎实的产业基础，体现了制造业体系的广度与韧性。从参与主体看，企业结构反映了西部工业的典型特征：大型企业发挥稳定支撑作用，其占比与全国持平，承担了重大项目建设和产业引领功能；中型企业占比略高于全国，展现出活跃的创新能力和成长潜力；值得注意的是，央企占比高于全国水平，这既得益于“三线建设”时期奠定的工业基础，也是国家生产力布局在西部地区的延续和深化，为区域发展注入了持续动力。与此同时，地方国企、民营及三资企业均衡发展，形成了多元主体共同推进的良性生态。四川的实践表明，依托国家战略布局形成的产业基础，结合地方特色优势产业的重点培育，能够有效推动区域制造业实现高质量的智能化转型。



来源：中国信息通信研究院

图 25 2024-2025 年四川省卓越级智能工厂分布情况

## 2. 重庆：汽车智造集群领造，驱动全链协同升级

**重庆智能制造以装备制造业为引擎，大型民央企双轮驱动，建设成效快速提升。**重庆市在推进智能制造进程中展现出快速提升的发展态势，全市累计建成 22 家卓越级智能工厂并在 2024 至 2025 年间实现从 7 家到 15 家的显著增长，这一发展格局深度契合重庆作为全国重要制造业基地的战略定位。从产业分布方面，装备制造业作为核心引擎，智能工厂占比约半数且高于全国水平，尤其在汽车制造领域形成了从整车到关键零部件的完整产业链与突出集群优势；与此同时，消费品与电子信息行业占比高于全国，显示出产业多元化转型的稳步推进，而原材料行业占比显著偏低则体现了重庆工业

结构向更高技术含量和附加值环节转型升级的明确导向。在企业结构方面，呈现出大型企业与民营企业、中央企业协同驱动的鲜明特点：大型企业实现全覆盖，充分发挥了在技术投入、资源整合和市场引领中的骨干作用；民营企业占比高于全国，成为支撑智能化改造的中坚力量；中央企业占比 31.8% 高于全国水平，凸显了国家战略布局对重庆制造业高质量发展的有力支撑。当前格局也表明，在进一步激发地方国企活力与提升外资利用水平方面仍具潜力。重庆的实践表明，依托坚实的产业基础，聚焦优势领域，强化龙头企业带动作用，是区域制造业实现快速智能化转型的有效路径。



来源：中国信息通信研究院

图 26 2024-2025 年重庆市卓越级智能工厂分布情况

## 四、技术产业篇：制造系统深度重构，迈向集成、智能、韧性的工业新基座

### （一）需求牵引：应用场景深化倒逼，提出开放灵活自主三大要求

智能工厂具有自主、协同、精准、敏捷、柔性五大特征。协同与精准构成智能工厂的基石。通过构建全要素、多层次模型知识融合体，为实现从研发、生产、供应到服务的全环节深度协同提供统一平台。数字孪生从可视化向风险预警的延伸，以及多模态融合检测等技术的应用，显著提升系统对不确定性因素的精准预判与控制能力，实现从参数调节到资源调配的精确管理。柔性和敏捷是智能工厂应对动态变化的核心能力。硬件、软件、工装的全面模块化与柔性配置，为产线的快速重构奠定物理基础。基于数字孪生与AI的预测性动态排产和实时物流协同，赋予生产系统对市场需求及内部扰动的敏捷响应能力，实现装备、系统和应用的快速灵活调整。

自主是智能工厂演进的高级形态。生成式AI驱动研发方案的多目标自动优化，经营决策从分析洞察延伸至自主执行，供应链具备风险自适应的预见性调度能力，标志着制造系统从辅助决策走向全环节自主驱动优化的新阶段。

智能工厂五大特征对下一代制造系统提出了三大共性能力需求：一是全环节数据高效流转能力，即实现信息的实时传递和指令及时下达；二是智能计算与分析能力，即为工业数据智能分析提供新工

具新组件；三是灵活配置与适应能力，即实现生产系统的灵活扩展和模型应用的灵活创建复用。

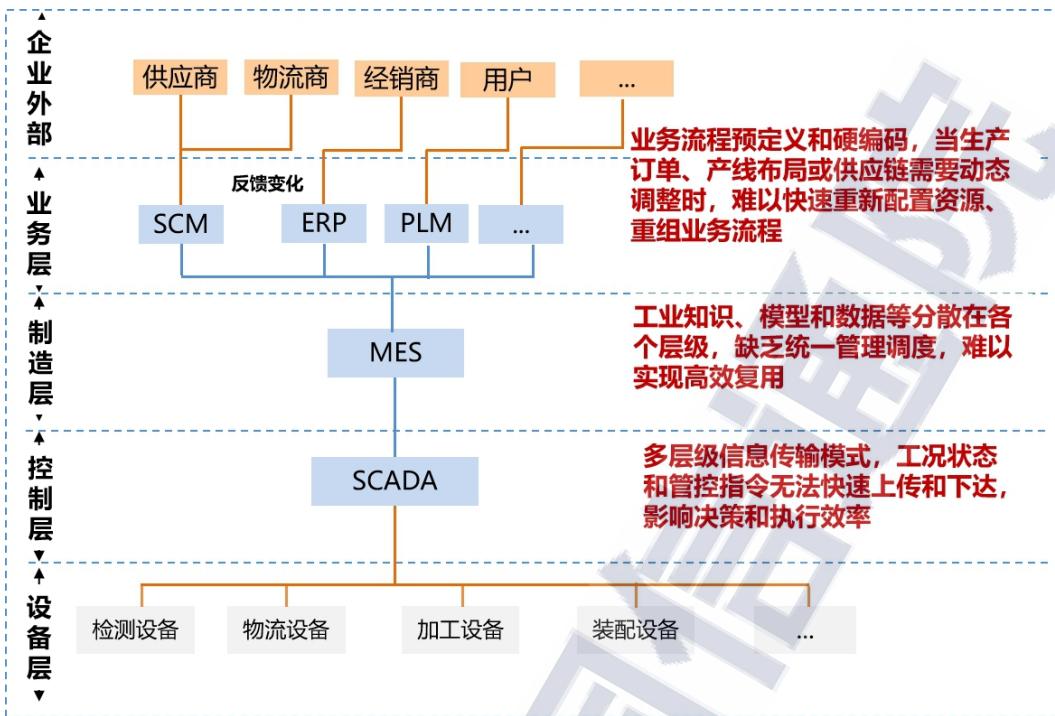


来源：中国信息通信研究院

图 27 智能工厂演进方向对下一代制造系统提出新要求

## （二）体系重塑：制造系统向新型扁平架构演进，走向层级扁平化、能力集成化和决策智能化

ISA-95 所定义的传统分层金字塔架构及其核心逻辑，已难以有效支撑下一代制造系统所需的三大共性能力需求。在数据流转上，严格的分层模型人为制造了数据壁垒，导致高价值实时数据在层层上报中时效与粒度损失，无法支撑全环节实时协同与优化，与高效流转的要求相悖。在智能计算上，未涉及机器学习模型部署、边缘推理、知识图谱集成等新工具新组件的管理应用，AI 应用只能作为外部插件附加在 MES 或独立平台，难以与控制逻辑深度融合。在系统适应性上，紧耦合特性使业务流程或设备的变更代价较高，系统无法灵活重组与扩展，难以响应快速变化的市场与生产需求。



来源：中国信息通信研究院

图 28 传统 ISA-95 体系示意图

新型扁平架构为制造系统的运行逻辑提供了核心支撑，能够实现设备等各类资源的高效配置与灵活重构、OT 与 IT 数据全环节打通与高效流转以及全系统模型、数据的统一高效管理，同时实现智能化能力广泛分布与动态优化，将推动形成数据驱动、灵活部署、开放融合的全新体系。

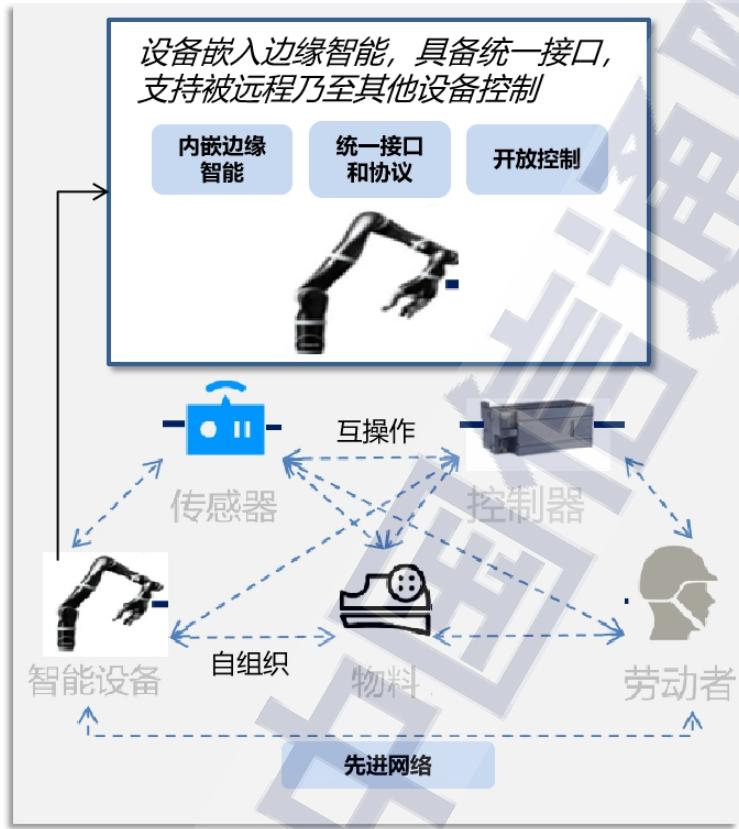


来源：中国信息通信研究院

图 29 下一代制造系统的基本运行逻辑示意图

物理层作为制造系统的核心支撑，要求设备深度嵌入智能，在高效通信和标准接口的支持下，整个设备系统实现网络化的自组织、自适应、自协同。具体而言，物理层需满足四大关键能力要求：一是实现装备的模块化可组合，通过模块化设计，设备可以根据实际需求快速组合或拆分，降低维护和升级成本，提高系统的可扩展性和适应性；二是将智能技术深度嵌入到物理单元，实现分布式智能，使得每个设备单元都能够独立处理数据，并与其他设备进行智能交互，从而形成协同运作的网络化系统；三是设备系统应具有高度的自动化和开放性，能够实现无缝衔接和“即插即用”，从而大幅提升系统的集成效率和运行稳定性；四是需要高性能确定性网络保障

设备系统互联互通，确保设备间通信的低延迟、高可靠性和实时性，支撑设备系统的高效协同运作。



来源：中国信息通信研究院

图 30 设备单元智能互联与灵活重构

操作系统层作为制造系统的调度枢纽，要求各类工业知识、物理对象建模、智能算法、应用服务等组件资源在工业操作系统沉淀、管理，并作为系统能力开放给各类业务灵活调用。具体而言，操作系统层需满足三大关键能力要求：**一是实现数据、知识、模型的高效管理、融合和应用**，通过构建数据中台、采用 ETL（数据抽取、转换与加载）技术、数据虚拟化等手段，将来自不同系统、不同格

式的数据进行整合、清洗与标准化处理，从而实现数据的统一存储、分析与共享，为业务决策提供高质量数据支持；**二是实现各类数据与算法深度融合**，驱动深度洞察与知识发现，通过多专业多学科建模与仿真，利用标准的建模语言、方法和工具，构建能够实时反映产品全生命周期的动态模型，在支持产品设计、生产、运维等各环节优化的同时，也为制造系统的持续改进提供科学依据；**三是实现设备、产线、工艺操作的智能决策管控**，通过对设备运行状态、产线调度效率及工艺执行情况进行实时监控与分析，依据数据和模型自动做出优化调整决策，全面提升生产过程的精准性与效率。

**应用层作为制造系统的服务载体**，要求预置内容包及低代码开发工具，从而基于操作系统资源组件快速搭建智能应用，实现基于能力解耦的业务敏捷创新。具体而言，应用层需满足两大关键能力要求：**一方面是实现人工智能驱动的应用创新**，通过将大数据与人工智能技术深度融合，能够从海量数据中提取有价值的信息，并转化为可操作的决策支持，AI模型能够实时处理和分析数据，挖掘潜在规律和趋势，从而实现精准预测和优化决策；**另一方面是实现低代码/无代码化的应用高效开发与敏捷创新**，通过可视化编程工具和预制的代码模块，降低应用开发的技术门槛，使非专业开发者也能快速构建和部署应用程序，并支持快速迭代和灵活调整，能够快速响应市场变化和业务需求。

### （三）要素协同：技术装备软件模型深度融合，共筑韧性智能支撑体系

#### 1. 关键技术：人工智能创新活跃，智能与孪生互促共进

人工智能技术整体活跃，从感知分析向决策生成纵深发展。在卓越级智能工厂突破应用的近 6000 项关键技术中，人工智能是第一大技术集群，占比近 20%。计算机视觉模型和机器视觉系统技术日趋成熟，推动质量缺陷检测、安全行为识别等任务进入高可靠、高精度的自动化新阶段。搜索优化算法与控制模型深度耦合，为产线实时调参、柔性排产提供关键支撑，推动生产作业持续向高精度、高柔性、自适应方向演进。大模型技术在研发设计环节加速应用，实现工艺参数生成、产品设计方案自动生成，辅助甚至引领研发创新，打破经验依赖，满足高效率、高创意、低试错成本需求。数字孪生已成为技术集成与知识承载的关键载体，驱动建模仿真与管控优化一体化。仿真模拟与数字孪生技术应用多达 677 项，已成为智能工厂中集成度最高、辐射面最广的核心技术之一。通过集成几何、物理、行为与规则等多维度模型，并深度融合知识图谱与专家系统，将碎片化的工业知识转化为可计算、可推理的数字化知识载体。在这一融合体系中，数字孪生不仅为人工智能等技术提供了安全、低成本的训练与验证环境，显著提升其在工业场景中的可解释性与可靠性，加速人工智能在复杂工业场景中的规模化落地，同时通过嵌入强化学习、PINNs（物理信息神经网络）等智能算法，使孪生体具

备动态预测与自主寻优能力，实现从描述现状到预演未来、决策最优的跨越，不断提升研发设计、生产管理与运营管理等环节的协同效率。



来源：中国信息通信研究院

图 31 智能工厂突破的关键技术分布情况

2.核心装备：装备加速智能化跃升，有力支撑柔性制造  
500余家卓越级智能工厂关键设备数控化率平均达97.9%，有效带动了智能仓储设备、工业机器人、测量与检测设备、数控机床等智能化发展。柔性物流单元与柔性加工装备广泛应用，支撑柔性制

造持续升级。智能仓储相关设备总量高达 1347 台（套），为所有类别之首。高效的物流系统是连接离散工序、实现 JIT（准时化）生产、提升整体 OEE（设备综合效率）的血管网络。AGV/AMR、协作机器人等柔性物流单元，以及五轴加工中心、激光切割机、数控折弯机等柔性加工装备的广泛应用，支撑生产模式从刚性的大规模生产转向可快速重构的混线生产。工业机器人应用走向普及与深化，从单元化走向协同化智能化。工业机器人总量达 1331 台（套），应用场景多元化。机器人不再仅是孤立的自动化岛屿，AGV/AMR 与上下料机器人、协作机器人结合，形成物料自主送达、人机安全协作、精准上下料的完整柔性生产单元，机器人价值从单点替代向打通生产流程、提升系统柔性演进。检测与加工装备走向智能化集成化，保障柔性产线下的高精度与高质量生产。检测和加工装备数量突出，合计占比超 25%。五轴加工中心、精密磨床等高端数控装备不仅提供复杂曲面与微米级精度的硬件能力，更通过开放接口与数字孪生集成，支持加工程序的快速切换与工艺参数的动态调用。视觉检测系统、在线质量检测系统等智能检测装备普遍嵌入智能算法，实现对产品缺陷的实时识别、分类溯源，检测结果即时反馈至数控系统，驱动加工参数自动微调补偿，确保换产或混线生产中质量稳定性与加工一致性。



来源：中国信息通信研究院

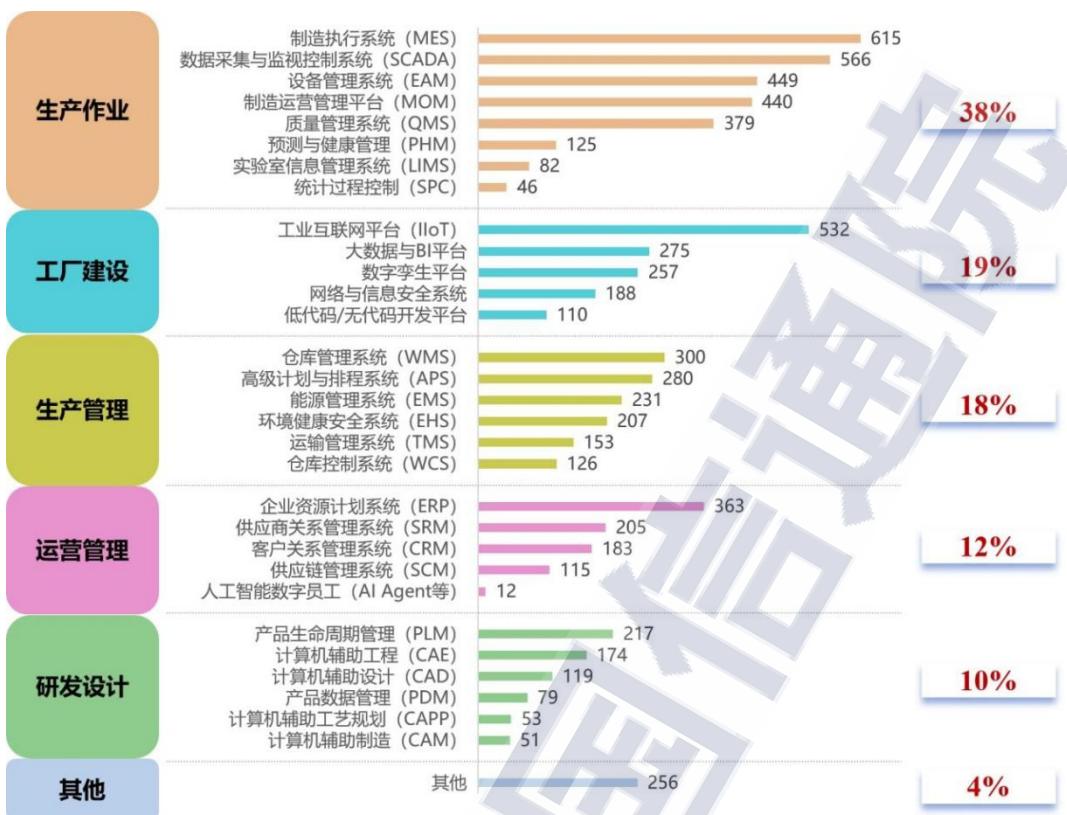
图 32 智能工厂突破的关键装备分布情况

### 3. 软件系统：平台打通信息孤岛，工业智能体带来产业重构

软件系统向集成化、平台化发展，推动工厂全价值链数字化。

500余家卓越级智能工厂累计突破应用关键软件/系统7188项，实现生产作业、工厂建设等五大环节全覆盖。智能工厂软件应用不仅局

限于单一环节，而是覆盖生产、研发、管理、运营等多维度，通过纵向集成（生产作业、运营管理 ERP）与横向协同（供应链管理 SCM、供应商关系 SRM），软件/系统应用正从孤立系统向集成平台演进，通过数据共享和流程协同实现全价值链优化。生产相关软件体系趋于成熟，实现全要素动态优化闭环。生产作业和生产管理相关软件/系统合计占比超过 56%，智能工厂建设高度聚焦于生产实时控制和流程优化，实现车间现场设备、物料、班组、质量、能源等全要素资源的透明化管理和协同联动。工业智能体初现端倪，或将重塑软件形态，驱动管控从流程经验转向智能决策。尽管当前数量较少，但人工智能数字员工的出现具有标志性意义。传统软件系统是人找系统、人操作系统，智能体的出现，将开启系统找人、系统服务人的新阶段，智能体将集成在 ERP、MES 等各种系统中，以自然语言交互的方式，为计划员、设备工程师、仓库管理员等不同岗位的员工提供智能助手服务，自动执行跨系统的复杂任务。



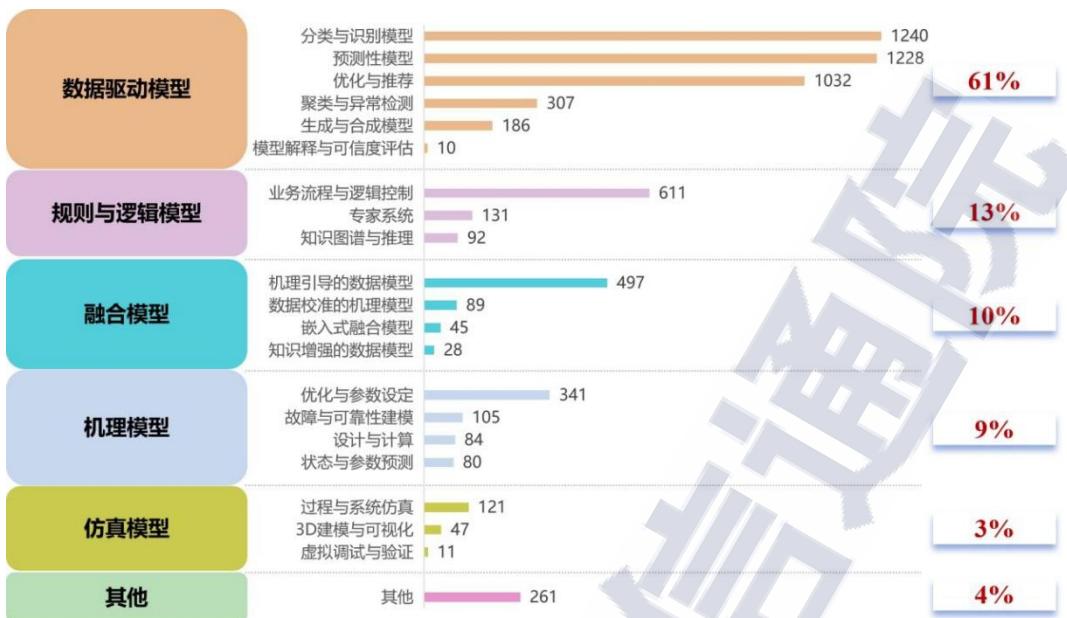
来源：中国信息通信研究院

图 33 智能工厂突破的关键软件/系统分布情况

#### 4. 智能模型：机理与数据模型深度耦合，加速构建工业智能引擎

2024-2025 年卓越级智能工厂累计应用模型 6546 个。智能模型作为核心使能技术，已从单一的数据驱动或规则逻辑模式，逐步演进为机理、数据与规则多维融合、可解释与可复用并重的复合型工业智能引擎。**一是数据模型主导应用，但正向融合化、专业化演进。**数据驱动模型占据绝对主导地位，占全部模型的 61%。分类与识别模型和预测性模型广泛应用于质量检测、设备状态监测、需求预测等场景。优化与推荐模型体现 AI 在决策支持中的深度渗透，尤其在

排产调度、能耗优化等领域发挥关键作用。生成与合成模型代表前沿趋势，如工艺参数生成、虚拟样本合成等，正逐步进入工业应用探索阶段。数据驱动模型已从“黑箱”应用走向任务专业化与技术精细化。**二是融合模型成为关键增长极，体现机理引导、数据增强的深度耦合趋势。**机理引导的数据模型成为融合主流，例如 PINNs 将微分方程作为损失函数约束神经网络训练，实现数据拟合与物理守恒的双重保障。数据校准的机理模型实现模型在线自适应，提升长期运行精度。知识增强的数据模型引入知识图谱或领域规则，提升生成模型的事实准确性，防范幻觉。融合模型正从简单组合走向深度嵌入，例如用 LSTM（长短期记忆神经网络）替代经验传热公式标志着 AI 已从辅助工具升级为机理组件，实现真正意义上的模型级重构。**三是可解释性与可信度成为高阶需求，推动模型治理体系建设。**工业场景对模型透明性、决策可追溯性的需求日益凸显。随着 AI 在停机判断、工艺变更等关键决策中的渗透，模型可信度评估正变为合规刚需，将构建包括可解释性工具（如 SHAP、LIME）集成、模型稳定性与鲁棒性检测、与知识图谱联动的逻辑验证机制等覆盖全模型生命周期的可信人工智能治理体系。



来源：中国信息通信研究院

图 34 智能工厂应用的智能模型分布情况

## 五、未来展望篇：迈向自主制造、生态协同的下一代智能制造新图景

智能工厂作为制造业数字化转型、智能化升级的核心载体，已从单点突破、试点示范迈向普及推广、前沿探索的新阶段。展望未来，智能工厂将围绕新一代信息技术、先进制造技术和精益管理理念深度融合这一主线，加快构建“数据驱动、软硬协同、自主演进、生态共赢”的下一代智能制造系统，推动制造业从“自动化”走向“自主化”，为加快推进新型工业化、建设制造强国提供有力支撑。

### （一）发展形势：智能工厂亟需向更大范围、更高层次演进

目前，智能工厂梯度培育体系基本形成，智能工厂品牌初步得

到认可，在提质降本增效方面取得显著成效，成为广大制造业企业推动新技术应用、探索未来制造模式的重要抓手。但总体来看，智能工厂建设的广度、深度仍需进一步拓展。**一是如何进一步提升人工智能技术融合应用深度。**人工智能技术在卓越级智能工厂场景的渗透率已超过45%，但目前仍主要聚焦在质量检测、设备运维、排产调度等点状场景应用，系统性变革潜力尚未有效释放。**二是如何进一步释放数据要素价值。**智能工厂的关键设备联网率已接近100%，但工厂内部“烟囱式”系统造成的数据壁垒尚未完全打破，制约着数据要素价值释放，更成为人工智能落地应用的瓶颈之一。**三是如何进一步提升对中小企业的带动效应。**中小企业在智能工厂建设主体中的占比不足20%，大企业唱戏、中小企业围观的情况仍然存在，发展不平衡、不充分的问题依然存在。因此，下一步亟需围绕上述风险挑战深入推进智能工厂建设，引导企业强化人工智能等新技术应用，积极探索工厂内和区域内的数据流通共享、加快成功经验向广大中小企业的输出，将智能工厂打造成为工业化和信息化深度融合的关键枢纽。

## （二）未来展望：加速构建下一代智能工厂新图景

**1.全面推广：智能工厂实现广泛建设，数字化转型智能化升级提速**

未来五年，在政策引导和市场需求双轮驱动下，智能工厂建设将全面开花，成为企业推进两化融合的主战场。量大面广的制造业

企业将广泛建设基础级、先进级智能工厂，全面推广在线智能检测、设备智能运维、智能仓储管理等高价值成熟场景和智能制造系统解决方案，支撑规上工业企业数字化转型实现基本普及。行业领先企业将推广建设卓越级、领航级智能工厂，推动产品全生命周期、制造全过程和供应链全环节集成互通，加速新技术新装备应用验证和未来制造模式探索，支撑制造业智能化升级变革。

## 2. 智能变革：人工智能技术深度应用，智能工厂加速向自主化迈进

未来五年，工业大模型、数字孪生、工业智能体等新技术将在智能工厂广泛深度应用，推动工厂自主能力全面提升。智能工厂研发、生产、管理、服务全链条数据将实现可信流通和无缝衔接，数据驱动的敏捷研发、智能排产、预测性维护等成为标配，推动产品研发周期缩短 20%，设备综合效率（OEE）提升至 80%以上。工业大模型与专业小模型将实现高效协同，工业智能体深度嵌入 MES、ERP、PLM 等系统，使得工厂具备实时感知、智能分析、自主决策、精准执行的能力，形成感知、决策、执行、优化的完整闭环，推动生产效率和订单响应速度提升 30%以上。

## 3. 模式变革：未来制造模式探索形成，新型智能制造系统雏形初显

未来五年，随着人工智能等技术应用的深入，智能工厂创新范

式、生产方式和管理模式将全方位变革，新型体系架构正孕育而生。人工智能技术将给制造业带来智能、敏捷、精准等新能力，驱动产品全生命周期链条延伸和深度拓展，推动研发模式从经验驱动向数据+知识转变；打破传统制造全过程效率与柔性难以兼顾的局限，实现柔性、自主、零缺陷制造；加快供应链全环节从“刚性链条”走向“开放弹性供应网络”，实现资源动态调配和风险实时预警。未来制造模式的变革，也将推动制造系统由传统金字塔式的多层级架构向新型的扁平架构演进，从而满足全业务环节高效集成、复杂工况智能分析和制造系统灵活配置的需求。

#### 4. 生态协同：工厂协同生态加速重构，产业融通发展格局更加明显

未来五年，智能工厂有望从单厂建设走向“平台+集群”协同，成为科技创新和产业创新融合的枢纽。通过五年建设，区域间、产业链间的智能工厂网络将初步形成，构建起覆盖研发、生产、服务的先进制造能力协同载体，形成“龙头引领、集群支撑、链式协同”的产业生态，从而带动产业链整体升级。行业龙头企业也将加快建设一批“智能工厂母工厂”，开展先进技术、核心工艺、关键装备等研发和熟化，在保证核心制造能力的基础上向供应链产业链上下游赋能，推动先进制造能力高效可控“走出去”，构建全球韧性制造网络。

智能工厂建设是一项长期性、系统性的工程，需要政府、企业、

科研院所等各方协同推进。我们相信，在各方共同努力下，我国智能工厂建设将不断取得新突破，推动我国制造业向数字化、网络化、智能化方向发展，塑造我国制造业在全球竞争新格局中的核心优势，为推进新型工业化、制造强国建设提供坚实支撑，为全球制造业转型贡献中国智慧。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62301635

传真：010-62304980

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)

