

浙江省未来工厂标准体系与建设路径

徐羽贞¹，叶 冬^{2*}，何士冲³，赵小江⁴，王泽男⁵，郭 庆¹

(1.浙江省技术创新服务中心，浙江 杭州 310007；2.浙江省公众信息产业有限公司，浙江 杭州 310023；3.浙江省生态环境监测中心，浙江 杭州 310012；4.中国电信股份有限公司浙江分公司，浙江 杭州 310009；5.浙江中坚智能制造服务有限公司，浙江 杭州 311100)

摘要：未来工厂是浙江省提出的智能制造的新范式，其构建的自主创新发展体系，对维护中国智能制造自主可控具有重要意义。本文以浙江省未来工厂的标准建立与区域推进工作为契机，阐述了我国智能制造领域面临的挑战与未来工厂提出的背景，重点介绍了未来工厂的构建理念与建设体系，总结分析了近年未来工厂工作在社会各层面所产生的影响与取得的建设成效，并对后续未来工厂的建设工作提出了展望想法，本文为探索新质生产力背景下如何建设自主可控的智能制造体系提供了有益的参考。

关键词：新质生产力；未来工厂；灯塔工厂；智能制造；高质量发展

中图分类号：F427 **文献标识码：**A

1 未来工厂打造的背景

制造业是立国之本、强国之基。随着经济社会的发展，制造业面临着市场、人力、资源环境等多重约束，新一轮科技革命和产业变革不断深入，大国战略博弈进一步聚焦制造业。当前，我国已转向高质量发展阶段，正处于转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期，国家多次强调“要以智能制造为主攻方向推动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发生根本性转变”。智能制造作为制造强国建设的主攻方向，其发展水平直接关乎我国制造业的发展质量及全球地位。

近年来，我国制造业大国地位进一步巩固，制造业

规模已连续多年位居世界第一，制造业企业实力显著增强，核心竞争力明显提高，正向价值链中高端攀升。“灯塔工厂”和“工业 4.0”等作为西方提出的智能制造领域的新范式，为我国制造业带来了新的发展理念^[1]。其中，“灯塔工厂”由达沃斯世界经济论坛与管理咨询公司麦肯锡合作开展遴选，被誉为“世界上最先进的工厂”，具有榜样意义的“数字化制造”和“全球化 4.0”示范者^[2]。“工业 4.0”是由德国提出，目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式。在这种模式中，传统的行业界限将消失，并会产生各种新的活动领域和合作形式，产业链分工将被重组。“工业 4.0”是制

* 通信作者：叶冬

造业与新一代信息技术深度融合的智能化的时代性变革技术，而“灯塔工厂”则是“工业 4.0”全球化的传播载体，是将“工业 4.0”技术从试点阶段推向大规模整合应用阶段的成功案例。但从目前公开的资料看，“灯塔工厂”没有明确清晰的定义，没有公开的建设与评价标准，对于企业实施智能制造来说仿佛是披上了“面纱”，缺乏实际指导和借鉴意义。

浙江省自 2020 年开始率先提出并打造未来工厂，希望吸收先进国家和地区的有益经验，以区域性的创新实践探索，为中国制造在主攻智能制造之路上提供省域先行的实践方案。未来工厂是指工业企业深度融合新一代信息技术与先进制造技术，集成应用软件定义的知识模型和能力组件，以数据驱动生产方式和企业形态变革，持续推动生产运营智能化、绿色化、精益化、人本化和高端化升级，通过构建数字化生态组织，引领模式创新和新兴业态发展的现代化新型产业组织单元。

制定未来工厂标准是贯彻落实二十大报告中提出加快建设制造强国要求，也是落实《浙江省数字化改革总体方案》关于建设未来工厂的工作部署。通过未来工厂标准体系与实践工作的开展，建立有别于其他国家的实现路径，打造中国式智能制造标杆，构建自主创新智能制造发展体系，引领新一代信息技术与先进制造技术深度融合的发展趋势，强化中国制造的技术自信和文化自信，维护智能制造自主可控和安全高效发展，指引智能制造发展方向。

2 打造未来工厂的必由之路

“十三五”以来，通过规划引领、试点示范、规模应用、系统解决方案供应商培育、系统和装备研发攻关及标准体系建设等工作举措，我国智能制造发展取得长足进步。智能制造装备国内市场满足率超过 50%，全国工业企业关键工序数控化率、数字化研发设计工具普及率分别达到 55.7%、75.1%，涌现出网络协同制造、大规模个性化定制、远程运维服务等新模式新业态。“十四五”时期，站在新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式的历史性交汇点，要坚定不移地以智能制造为主攻方向，推动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，以“鼎新”带动“革故”，持续推进制造业数字化转型、网络化协同、智能化变革，加速我国制造业迈向全球价值链中高端。

我国制造业仍面临风险和挑战。一是自主创新能力有待提高。制造业企业通过引入先进的信息技术、自动化技术和数据分析方法，促进了生产技术的创新，这是高质量发展的重要驱动力。尽管创新是高质量发展的关键，但许多行业和地区仍缺乏足够的原始创新能力，核心技术依赖进口，自主创新体系尚未完全形成。二是关键共性问题待突破。不同行业的工艺流程、管理规范、装备水平等差异性较大，不同厂商的产品兼容性较差，甚至同一企业内部不同的信息系统也因标准不统一而无法集成，需要找准共性问题，组织力量突破共性技术，攻克智能装备和关键零部件，针对不同场景开发工业控制软件 and 解决方案，推进数据标准统一，提炼共性应用场景，提升复制推广效率。三是产业竞争力面临挑战。国外标准强化发达国家在科技、信息、标准等方面长期积累的优势，抢占全球产业链关键环节，主导高端装备、基础软件、新材料的生产和供应，成为未来科技革新与产业革命红利的主要受益者，这对我国提升产业竞争力形成重大挑战。四是高端化发展欠提升。发达国家工业基础扎实，长期以来积累的优势使其抢占技术制高点，并借此在各种技术指标上设定所谓的“国际标准”，这对中国制造业向高端发展形成阻碍。五是服务支撑能力待提升。浙江省智能制造产业生态体系逐渐形成，但支持企业实施智能制造的公共支撑平台建设仍较滞后，智能制造局部解决方案供应商多，能提供整体解决方案的供应商普遍缺乏，甚至成为突出矛盾。智能制造工程市场化服务规范性不足，工程服务商技术水平和服务能力良莠不齐，又缺乏统一的标准，导致企业整体改造成效评价难、工程质量监管难、合同纠纷解决难，需建立完善标准体系、政策体系和制度体系，持续深化推进产业整体智造集成改革。

过去，我国制造业多以融入国际化发展，统筹利用国内国外两种资源和两个市场，学习借鉴发达国家的先进技术和理念方法，来提升核心竞争力。从 2015 年开始，我国实施智能制造试点示范和新模式应用项目，取得了预期的建设成效，试点示范项目生产效率平均提高 45%、产品研制周期平均缩短 35%、产品不良品率平均降低 35%。2021 年又启动智能制造试点示范行动，选树一批智能制造示范工厂和优秀场景，开启从行业示范走向行业赋能的新阶段。

但总的来看，理念和方法还不够深入企业，建设路

径仍有优化空间,实现由“中国制造”向“中国创造”的转变,必须走自主创新的发展道路,打造中国特色智能制造标杆,点亮制造业高质量发展的未来,逐步实现由“引进来”转为“走出去”。

3 未来工厂建设体系

“八八战略”20年来,浙江省一以贯之走新型工业化道路,始终以数转智升新理念助力发展,以未来工厂新标杆带动质效提升,以前沿发展新技术革新生产方式,以高端化新供给推动价值链升级,以智能制造新产业谋划发展新动能^[3-4]。

浙江省根据产业发展实际,强化政策规划引领,先后出台《浙江省智能制造行动计划(2018—2020年)》《浙江省培育建设“未来工厂”试行方案》《关于深化新一代信息技术与制造业融合发展的指导意见》《加快推进产业数字化“三个全覆盖”实施方案(2022—2025年)》

等一系列政策方案,引导企业数字化转型、智能化升级,持续推进智能制造创新发展。

3.1 未来工厂架构

智能制造的参考架构,以三维架构为主流。“工业4.0”的参考架构模型RAMI4.0从层级、生命周期和价值流、系统控制三个维度,全方位展示了“工业4.0”涉及的关键要素。我国智能制造提出的技术架构主要是从制造为主体的价值维、以两化融合为主线的技术维和以人为本的组织维进行架构的。

相比较而言,未来工厂创新推进中国特色智能制造对外输出的话语体系建设,形成“五化四型十场景”的理念、模式 and 建设要求,按照“数字化车间-智能工厂-未来工厂”梯次培育路径,分数智规范级(数字化车间)、集成优化级(智能工厂)、创新引领级(未来工厂)三个层级,引导企业结合自身实际分级推进建设^[4]。未来工厂建设体系图如图1所示。

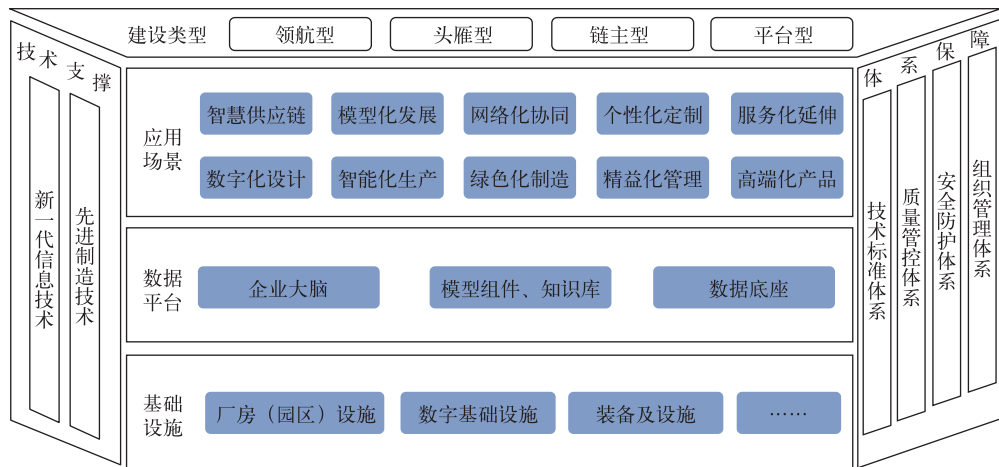


图1 未来工厂建设体系图

未来工厂是企业围绕未来发展战略,构建与产业大脑互联共生的数字化生态圈,以模型和数据驱动企业生产方式、组织形态和商业模式变革,持续追求价值链与核心竞争力提升的现代化新型组织。

3.2 未来工厂“五化”理念

“工业4.0”的目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式,是对一个产品的整个价值链的组织管理。而未来工厂不仅强调产品全生命周期的价值链和竞争力提升,还强调持续推进智能化、绿色化、精益化、人本化和高端化发展,引导企业坚持以人为本和精益管理的内在要求,持续推进高端跨越、智

能升级和绿色转型,提升企业核心竞争力,加快向全球价值链中高端攀升。

与“灯塔工厂”实现了重大的财务和运营效益相比,未来工厂是通过引导企业实施数字化改革,重塑核心业务流程、重组资源要素,以数据和模型驱动,持续推进产业技术变革、生产方式变革、产业模式变革和企业形态变革,打造现代化新型组织,实现了企业更深层次变革。与“灯塔工厂”的可借鉴价值相比,未来工厂拥有模型化发展的核心理念,要求企业建立自己的智能制造技术团队,通过软件定义、数据驱动、模型驱动,将知识经验转化为模型和应用组件,不仅具备自我复制的能力,

而且还对外赋能行业企业，其内涵更加丰富、理念更加先进、外延更加广阔，对打造中国智造标杆具有示范引领意义。

在体系架构上，未来工厂贯彻五化的发展理念，按照基础设施层、平台数据层、场景应用层进行搭建，同步推进技术标准体系、质量管理体系、安全防护体系和文化与组织保障建设，持续提升企业核心竞争力。未来工厂的基础设施层包括厂房（园区）设施、网络基础设施（千兆光网、5G、工业PON等）、数字基础设施和装备设施。平台数据层基于工业互联网采集研发、生产、销售、物流、财务和供应链等数据，建设数据平台，并基于AI模型、知识图谱、工具组件等构建企业大脑，实现对生产制造和运营管理的智能管控与智能决策。

3.3 未来工厂“十大场景”

与“灯塔工厂”需满足实现重大影响、成功整合多个用例、拥有可拓展技术平台和在关键推动因素中表现优异等四类抽象的标准相比，未来工厂公开发布了建设导则和评价标准，而且相关标准在企业已经得到深入实施。要求建设数字化设计、智能化生产、绿色化制造、精益化管理和高端化产品等五项通用基础场景，以及智慧化供应链、个性化定制、网络化协同、服务化延伸和模型化发展等五项特色创新场景。经过两年多的实践探索，未来工厂理念和典型场景已经深入浙江企业，标杆示范效应得到充分发挥。

一是引领产业技术和生产方式变革。未来工厂通过导入数字化技术、理念和方法，以数据驱动生产流程再造和资源要素重组，推动产业技术变革和优化升级；通过数字化设计、智能化生产、绿色化制造和精益化管理，革新生产方式，显著提升企业综合效益与核心竞争力。

二是引领产业模式和企业形态变革。未来工厂牵头或参与建设产业大脑和工业互联网平台，构建数字化组织生态，创新应用网络化协同、个性化定制、服务化延伸和模型化发展等新模式，重塑生产组织方式、商业模式和管理服务流程，引领产业模式和企业形态变革。

三是形成对外赋能模式。未来工厂将对外技术能力输出作为评定验收的主要内容，不仅要求企业立足自身技术团队开展建设，还要求对产业链、产业集群或行业企业形成赋能模式。

3.4 未来工厂的四种类型

未来工厂分为四种类型，追求不同的社会价值。企

业根据自身发展战略和特点，区分“领航型”“链主型”“头雁型”“平台型”等四种类型开展未来工厂建设，并通过市场化的方式实现对外赋能，追求不同的社会价值。“领航型”在关键共性技术方面要取得重大突破，在新技术应用和模式创新方面形成新范式，输出新技术新应用和新模式；“链主型”面向产业链上、中、下游企业提供专业化服务，提高产业链协作效率和供应链协同水平，助力产业链现代化水平提升；“头雁型”重在解决行业共性问题，输出易复制、可推广的模型组件和解决方案，为产业集群和行业数字化转型提供经验模式；“平台型”为产业主体、协同企业等提供专业化服务，或为客户提供定制化、平台化等产品延伸服务，促进产业模式和新兴业态发展。相对“工业4.0”以解决客户问题、优化降低成本、抢占工业革命先机来说，以及相比较“灯塔工厂”所倡导的商业价值和端到端的价值链改善而言，通过四种类型未来工厂的建设，企业不仅围绕自身发展战略与愿景持续提升，而且履行了对产业链、行业企业赋能的社会义务，追求的是社会价值，体现的是中国特色社会主义制度的优越性。

4 未来工厂的建设成效

未来工厂标准体系在全省统一实施后，得到企业和社会的普遍认同，地方加大政策支持。通过浙江省近几年在全省范围内推动的未来工厂梯次培育建设，目前省内已累计建成省级数字化车间473家、智能工厂321家、未来工厂72家。建设前后，企业平均万元产值成本降低18.65%、产品不良率降低42.96%、产品研制周期缩短35.65%、人均生产效率提高51.70%，以及能源利用率提高17.78%。通过梯次培育制度，在统一的标准体系下，为大、中、小企业智能制造融通发展与有效衔接提供了实施路径，为企业提质、增效、降本和减碳做了良好示范。

4.1 实施绩效

未来工厂标准的实施，一是引领了产业技术和生产方式变革，全省已建成未来工厂、智能工厂等，实现了提质、增效、降本、减碳和可持续的高质量发展；二是引领产业模式和企业形态变革；三是在未来工厂的示范带动下，全省企业推进智能制造意愿空前高涨；四是加速了制造业高质量发展。2021年，全省规上工业增加值突破2万亿元，利润增长21%，今年上半年，全省规上工业增加值仍然同比增长5.5%，比全国和东部平均增速

分别高 2.1 个和 3.3 个百分点。

以“场景牵引”的前瞻谋划促进了企业的创新，人工智能、数字孪生等新一代信息技术更多地赋能到工业创新发展中，为企业生产方式带来革新，为价值链和核心竞争力带来提升。如某磁性材料企业研发训练 AI“检测员”，实现单晶电池片检测缺陷的毫秒级自动判定，识别率达到 99% 以上，效率提升 200% 以上。吉利汽车通过数字孪生进行 1:1 虚拟仿真与调试，实现“线上模拟、线下生产”双轨模式，提前洞察产品缺陷，规避 80% 以上的设计问题，实现万元产值成本降低 25%，研制周期缩短 31%。2022 年，浙江省人工智能产业总营收达到 5 242.8 亿元，三年实现了倍增。

以“供给升级”的市场期待推动转型，提升供给体系对新消费需求的适配性。持续推动传统产业提档升级，加快推进数字化技术赋能。如，某 A 服装行业企业积极开展个性化定制，依托云定制平台实时对接用户个性化需求，打造“全连接 5G+ 西服智能工厂”，实现生产效率提高近 30%，量体定制周期由 15 个工作日最短缩至 2 天；某 B 电行业企业，探索推进从单品智能化向“套系化”智慧厨房生态升级，三年营收累计增长 48%；某 C 食品医药行业企业，依托数字化种质资源库实现精准育种、规模化智能大棚实现中药可追溯管理、智能化生产保障产品批次间一致性，灵芝孢子粉市场占有率第一。

以“同频共振”的服务意识集聚资源，打造智能制造公共服务网络。围绕企业数转智升过程中缺人才、缺技术、缺服务等现实需求，打造“一站式”智能制造公共服务平台，目前平台已聚集省内外供应商 2 700 余家、专家人才 800 余名，服务 3 万余家规上工业企业完成智能制造诊断和能力成熟度评估。围绕“415X”先进制造业集群建设，聚焦细分行业改造提升共性问题，在 30 个重点行业推进细分行业产业大脑建设，产业大脑能力中心已累计上架 1 000 个以上数据产品和 10 000 个以上能力组件，形成对外输出能力。在江山木门、乐清低压电器、织里童装等 36 个重点产业集群（区域）开展智能制造试点，江山木门细分行业轻量化智改“学样仿样”浙江方案已在全国推广。

以“安全可控”的责任担当培育发展新动能，提高产业链、供应链韧性和安全水平。数字化、智能化技术已经融入千行百业，涵盖研发、生产、管理和服务等环节，机器人、数控机床、MES 等基础共性装备和软件是目前

智能制造需求的重点。立足全省装备制造业特色优势和发展潜力，持续增强装备产业整体发展动力，2023 年，浙江全省规模以上高端装备制造业实现总产值 32 102 亿元，占规上工业比重 31.0%，拉动规上工业增加值增长 2.4 个百分点。其中，数控机床增加值 136.9 亿元，机器人产业实现增加值 147.5 亿元，同比增长 33.8%，巩固和放大数字技术和数字经济发展基础和良好态势，在生产控制环节的工业软件已具备一定优势。

4.2 全国影响力提升

未来工厂与国家智能制造标准体系、智能工厂通用技术要求等相关国家标准相衔接，保持了一致性。标准体系已在省内实施并得到省外引用，成为工业企业推进智能制造的参考标准，可广泛适用于国际国内智能制造领域使用。

广西壮族自治区工业和信息化厅从 2022 年开始在全省范围内开展“未来工厂”、智能工厂和数字化车间认定工作。目标推动 500 家企业实施智能化改造，实现企业制造装备智能化水平大幅提升，关键工序数控化率超过 50%，数字化研发设计工具普及率超过 60%。累计建设 250 个数字化车间，150 个智能工厂，培育一批智能制造试点示范标杆企业。

今年 4 月，重庆市经信委启动 2024 年度市级数字化车间和智能工厂认定，将建立“产业大脑+未来工厂”数字化转型体系，推动新一代信息技术和制造业深度融合，纵深推进全市制造业数字化转型升级。明确“未来工厂”是推动产业链、供应链深度互联和协同响应的高效率工厂。市经信委表示，重庆将按照“数字化车间-智能工厂-未来工厂”三级梯次进行培育，通过“产业大脑”赋能，建设更多未来工厂，进一步提升整体智能制造水平^[5]。

5 未来工厂工作展望

在新质生产力的背景下关注制造业企业数字化转型，数字化改造是基础，数字化转型是路径，数实融合是形态，新型工业化是目标，新质生产力是结果。浙江省首创了未来工厂的发展模式，以未来工厂为引领，推动企业智能化升级迈向更高水平，推动数实融合持续走深向实是智转数升的必由之路。

根据浙江省《关于加快未来工厂建设引领智能制造创新发展的行动方案（2023—2025 年）》，到 2025 年末

来工厂引领浙江省智能制造创新发展全面深入推进，按照“数字化车间-智能工厂-未来工厂”梯次培育路径和“企业-行业-区域”智能制造发展路径，强化自主供给能力，构筑智能制造发展新优势，重塑集成服务能力，增强智能制造发展新动能，持续推动制造业数字化转型和智能化升级。

5.1 打造更高层级的未来工厂标准

未来工厂系列标准目前包括2021年7月发布的《“未来工厂”建设导则》团体标准，2022年开始升级制定地方标准，预期今年发布；《“未来工厂”评价办法》作为未来工厂、智能工厂和数字化车间的评估认定标准，适用不同层级企业开展智能制造诊断评估。下一步，未来工厂标准体系将继续与国家智能制造标准体系、智能工厂通用技术要求等相关国家标准相进行衔接，加强提升未来工厂标准的落地性、技术的先进性，形成与国家智能制造标准统一的规则体系。

5.2 加快打造典型未来工厂应用场景

按照未来工厂“五化四型十场景”要求，分类建设未来工厂标杆。推进人工智能、数字孪生、边缘计算、元宇宙和未来网络等新一代信息技术与先进制造技术的深度融合，遴选数字化设计、智能化生产、绿色化制造和精益化管理等典型场景建设，培育发展个性化定制、网络化协同、服务化延伸和模型化发展等新模式新业态，形成“产品+内容+场景”深度融合的高端化产品和服务，促进新兴业态蓬勃发展。

5.3 开拓制造业转型升级新路径

充分发挥未来工厂的标杆引领和行业赋能作用，通过开展“百千万”攻坚行动，打造百家未来工厂、培育千

家智能工厂（数字化车间）、推进万家中小企业数字化改造。加快推动产业集群智能化升级，加快共性问题突破，面向典型场景开发低成本、模块化、普适性的解决方案，加快批量化复制推广。鼓励构建工业互联网平台生态和智慧供应链，赋能产业链供应链大中小企业协同发展。推动区域创新资源和服务资源聚集，构建区域智能制造创新发展生态，促进区域制造业整体智能化升级。

持续深化理论和制度创新，将未来工厂打造成中国特色的智能制造新范式和有国际影响力的数字经济“金名片”。

参考文献

- [1] 中国科学院文献情报系统 先进制造与新材料情报网. 世界经济论坛发布第四次工业革命白皮书[J]. 先进制造与新材料动态监测快报, 2019(2): 1-4.
- [2] 前瞻产业研究院. 新经济下中国企业数字化转型之路——灯塔工厂专题报告[R/OL] (2023-01-18) [2024-05-16]. https://mp.weixin.qq.com/s/qqT29pM0_qafZn4szQ4uKA.
- [3] 朱小艳. 数字经济赋能制造业转型：理论逻辑、现实问题与路径选择[J]. 企业经济, 2022, 41(5): 50-58.
- [4] 孙体忠. 解读“未来工厂”，构建智造新范式[J]. 信息化建设, 2023(6): 12-14.
- [5] 重庆日报. 打造“产业大脑”“未来工厂”！本年度重庆数字化车间和智能工厂认定启动[N/OL]. (2024-04-24) [2024-05-16]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1797217337208132006&wfr=spider&for=pc>.

收稿日期：2024-07-15