

# 智能制造标准化发展研究 报告（2025）

国家智能制造标准化总体组

## 版权声明

本报告版权属于中国电子技术标准化研究院，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：中国电子技术标准化研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

## **编写单位**

中国电子技术标准化研究院

华为技术有限公司

机械工业仪器仪表综合技术经济研究所

中国电子技术标准化研究院华东分院

鞍山钢铁集团有限公司

吉利汽车研究院（宁波）有限公司

浙江省数字经济发展中心

和利时科技集团有限公司

中国兵工物资集团有限公司

江苏赛西科技发展有限公司

## **编写组成员**

卓兰、韩丽、焦铸金、程雨航、杨静、李湘、胡静宜、郭小龙、齐建华、丁露、汪烁、侯海云、张永丰、吴佳佳、杨贵林、于兴林、田燕翔、刘畅、龚涛、吴波、张烜通

## **致谢**

本报告由国家智能制造标准化专家咨询组指导，得到了各参编单位的大力支持和帮助。

## 前言

智能制造是制造业数字化、网络化、智能化发展的必由之路，是推进新型工业化的主要技术方向，智能制造标准是智能制造发展的重要技术支撑。当前，随着新一代信息技术与制造业各环节深度融合，世界主要经济体将智能制造标准建设提升至国家战略高度，通过系统性布局抢占未来发展先机，强化规则制定话语权；国际主要标准化机构纷纷加强协同，积极布局数字孪生、人工智能、数据空间等关键领域标准，推动构建支撑跨系统互联互通的标准化底座。

经过近十年的系统推进，我国智能制造标准化工作构建了独具特色的发展路径，实现了从基础构建到产业赋能的重要跨越。通过创新工作机制和持续迭代的体系架构，形成了覆盖全面、协同配套的标准体系，有效支撑了产业转型升级。在国际标准化领域，我国实现了从参与到引领的角色转变，推动中国技术方案融入全球标准体系，为制造强国建设提供了坚实基础。

本报告系统梳理了全球智能制造标准化的发展态势，深入分析了我国智能制造标准化的建设历程与实施成效，解析了龙头企业智能制造标准应用路径，基于我国智能制造标准群应用实践，提出以标准群固化智能工厂最佳实践、助力领航级智能工厂规模化复制推广，并给出了系统推进智能制造标准化工作的发展建议。

# 目录

一、竞合交织：国际智能制造标准化呈现多国博弈与协同共进态势 .....	4
（一）多国抢占标准话语权，重构智能制造标准生态 .....	4
（二）国际组织协同攻关，筑牢跨域标准体系底座 .....	6
二、十年深耕：中国智能制造标准化实现从体系构建到深度赋能的跃迁 .....	11
（一）智能制造标准化发展历程 .....	11
（二）中国路径的五大核心支柱 .....	12
三、企业引领：龙头企业开展各具特色的智能制造标准应用探索 .....	19
（一）分层次构建技术架构，引领产业生态协同发展 .....	19
（二）建立母工厂验证机制，实现全球制造快速复制 .....	20
（三）打造企业标准群，破解智能工厂落地难题 .....	21
（四）统一全链条数据标准，实现数字主线全面贯通 .....	22
四、推广应用：标准群落地是领航工厂实践固化与批量复制的重要路径 .....	24
（一）智能制造标准群的构建与产业赋能 .....	24
（二）智能制造标准群应用概述 .....	28

(三) 典型制造企业智能工厂标准群 .....	36
五、笃定前行：新时期智能制造标准化的挑战与发展建 议 .....	42
(一) 智能制造标准化形势与挑战 .....	42
(二) 发展建议 .....	43
附录：典型行业企业智能工厂标准群构建方法及应用实 践 .....	46
(一) 工程机械企业智能制造标准群应用实践 .....	46
(二) 轨道交通装备制造企业智能制造标准群应用实 践 .....	48
(三) 电子信息制造企业智能制造标准群应用实践 .....	51
(四) 电力设备制造企业智能制造标准群应用实践 .....	53
(五) 高端装备制造企业智能制造标准群应用实践 .....	56

## 一、竞合交织：国际智能制造标准化呈现多国博弈与协同共进态势

### （一）多国抢占标准话语权，重构智能制造标准生态

当前，全球主要工业国家均加快布局发展智能制造，并将标准化视为塑造未来智能制造格局的核心支柱，推动战略定位从技术追赶向构建自主可控产业生态转变。各国聚焦人工智能、数字孪生、数据空间等新技术领域，竞相抢占核心架构与技术标准的主导权。

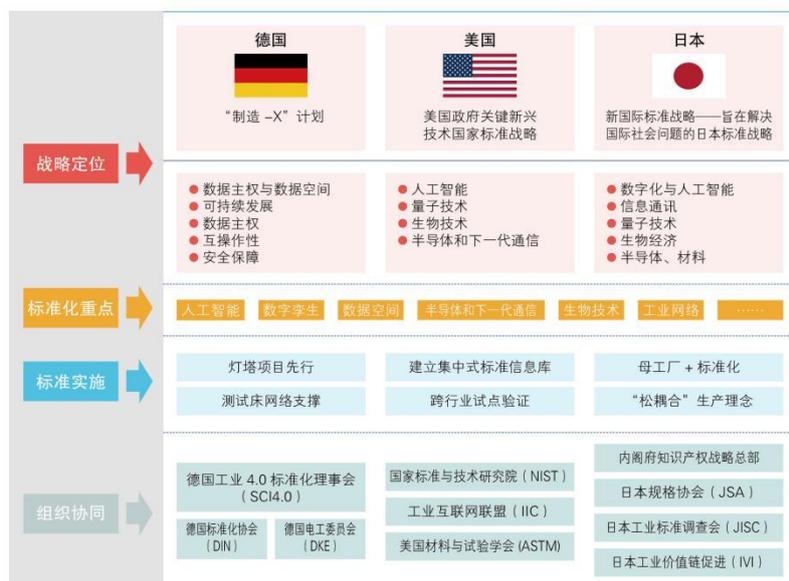


图1 主要国家智能制造标准化路线图

德国以构建数据生态系统为主线，打造支撑供应链全链条数字化的标准体系。随着新一代信息技术与制造业的不断融合，制造业智能化转型不断突破场景、工厂边界限制，在供应链、产业链乃至整个制造业组织生态上谋求颠覆式变革，为此，德国依托工业4.0平台大力发展“制造-X”，建立去中心化的可信赖的数据生态系统，以更广泛、更全面地推进工业数字化转型。在标准实施方面，德国工业4.0标准化理

事会（SCI4.0）明确将“数据主权与数据空间”列为核心议题，系统推进数据主权、互操作性和安全保障三大基础标准建设。通过“用例驱动”策略，依托行业灯塔项目和测试床网络，提炼可复制的数据接口与治理规则，保障供应链数据流通的可靠与安全。在组织协同与标准输出方面，以 SCI4.0 为核心协调机构，统筹德国标准化协会（DIN）和德国电工委员会（DKE），推动“制造-X”标准体系与欧盟《数据法案》等法规协同，并将工业 4.0 组件管理壳等优势领域的技术规范提升为欧洲标准，以巩固德国在全球智能制造架构中的标准话语权。

美国以确立全球关键新兴技术标准主导权为核心目标，全面布局前沿技术领域的规则制定。美国材料与试验协会（ASTM）与美国国家标准与技术研究院（NIST）于 2025 年 1 月联合成立关键新兴技术标准化推进（ASCET）卓越中心，并在同年 9 月发布首份战略报告，聚焦人工智能、量子计算、半导体与微电子、生物技术四个关键和新兴技术（CET）领域，针对预标准化参与、人才能力建设、信息与数据共享以及协作试点项目等议题提出了具体的后续行动方向。在标准实施方面，ASCET 卓越中心着力构建多元参与机制，建立集中式标准信息库，开展基于真实场景的跨行业试点验证，并制定与技术迭代同步演进的“敏捷性”标准制定流程等。在组织协同与标准输出方面，美国通过 NIST 主导建立标准制定联盟，形成“预研—验证—推广”的完整链条，依托 ASTM、IEEE 等标准组织，将成熟技术方案快速转化为国际

标准，通过强化全球协作网络持续巩固美国在前沿技术标准制定中的主导地位。

日本以**巩固精益制造核心优势为核心，聚力打通跨产业协同数据链路**。日本以2025年6月出台的《新国际标准战略——旨在解决国际社会问题的日本标准战略》为核心指引，将数字化与人工智能、信息通信等列为八大战略领域，将半导体、航天、材料等作为重点发展方向。**在标准实施方面**，日本规格协会（JSA）等组织围绕工业物联网、数字孪生、工业自动化等关键技术开展标准研制，通过构建“母工厂+标准化”的实践路径，结合“松耦合”生产理念，将日本在精益制造方面的优势经验转化为可复用的标准规范。**在组织协同与标准输出方面**，建立由内阁府知识产权战略总部统筹协调，日本规格协会（JSA）、日本工业标准调查会（JISC）和日本工业价值链促进会（IVI）共同参与的多层次推进体系，形成政府引导、产业主导的标准化协同模式。

## （二）国际组织协同攻关，筑牢跨域标准体系底座

当前，国际标准化组织重点正从基础框架建设迈向跨组织协同与关键技术攻关的新阶段。ISO/SMCC和IEC/SyC SM侧重于概念统一、用例收集与路线图规划；IEC/TC65与ISO/TC184等技术委员会聚焦实施，从工业控制基础架构与系统集成两大核心领域入手，扎实完善参考模型、数据交换等基础支撑体系；ISO/IEC JTC1聚焦关键技术，推动人工智能、数字孪生等信息技术标准研制，支撑信息技术与制造技术融合。

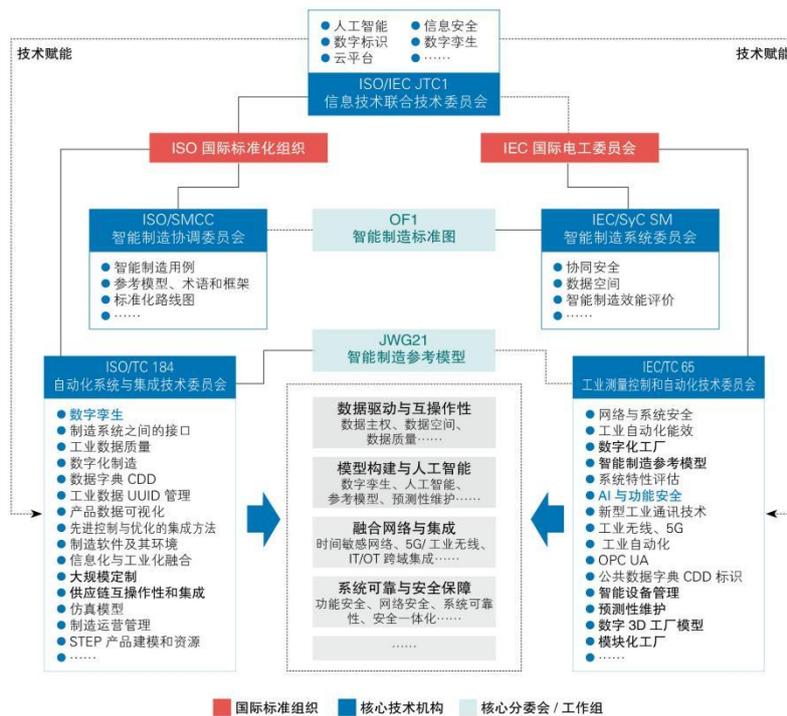


图 2 国际标准化组织重点领域

**ISO/SMCC（智能制造协调委员会）**主要负责协调智能制造领域工作并编写用例，通过展示物联网、人工智能等技术在各领域的应用，为全球智能制造建立统一概念基础和协调框架。在研究与实践方面，委员会通过建立用例库和标准化路线图推进标准协同发展，2021年发布的《智能制造白皮书》为各成员国提供重要指导，同时积极协调核心标准制定，推动建立统一系统架构规范。在未来发展布局方面，委员会持续完善智能制造概念体系，推动技术报告制定工作，为数字孪生、人工智能等前沿技术应用提供标准化指引。其工作重点正从基础概念建设向技术与制造深度融合的标准支撑阶段演进，为全球智能制造发展注入持续创新动力。

**IEC/SyC SM（智能制造系统委员会）**作为智能制造国际标准的顶层设计机构，主要负责建立智能制造标准体系、收集智能制造用例、研究新技术应用及标准需求、研制术语和定义等基础标准。在研究与实践方面，通过各工作组协同推进标准研制，其中 WG1 牵头制定《智能制造用例模板》国际标准，WG2 负责术语和定义等基础标准研制，OF1 统筹编制的 ISO/IEC TR 63306《智能制造标准图谱》系列标准以数据库形式发布，为全球智能制造标准协调提供了重要工具。在未来发展布局层面，IEC/SyC SM 持续完善智能制造标准体系。一方面，OF1 将持续更新 ISO/IEC TR 63306 系列标准，与 IEC/SRG 合作修订智慧能源标准图、开发标准图智能软件、编制标准图案例；另一方面，委员会重点关注智能制造系统可靠性、可持续发展等新兴领域，推动智能制造标准体系向更加完善、实用的方向发展。

**IEC/TC65（工业测量控制和自动化技术委员会）**作为智能制造国际化的核心技术组织，建立了覆盖工业过程测量、控制及自动化领域的完整标准体系。该委员会通过设立 TC65/WG23（智能制造框架和概念工作组）和 TC65/JWG21（与 ISO/TC184 的联合工作组）等专项工作组，构建了支撑智能制造系统的基础架构。其中，WG23 主导制定的 IEC TR 63283 系列标准构建了智能制造基础框架，JWG21 则致力于智能制造参考模型的统一与规范。在研究与实践层面，IEC TR 63283 系列标准作为首项以智能制造命名的国际标准，通过术语定义、用例规范和网络安全等标准，

为全球智能制造提供了统一概念基础和实践共享机制；同时，IEC TR 63319、IEC 63339 和 IEC TR 63597 三项关键标准形成了完整的参考模型应用闭环，为系统互联互通提供了技术依据。**在未来发展布局层面**，IEC/TC65 聚焦新技术应用路径、智能特性评估和功能安全保障等关键维度加快系列标准研制；着力推动 IEC 63339 统一参考模型的落地应用，结合工业 5G、时间敏感网络和数字孪生等新兴技术，持续优化参考模型的适应性和扩展性，并通过建立更灵活的标准实施机制，推动基础架构与垂直行业需求的精准对接。

**ISO/TC184（自动化系统与集成技术委员会）**作为自动化系统与集成领域的国际标准化组织，主要负责产品及其相关服务全生命周期的标准化工作，涵盖信息系统、自动化和控制系统以及集成技术等领域。**在研究与实践层面**，面向数据交换建立产品全生命周期数据交换规范体系；面向系统架构确立数字孪生制造框架；同时通过 ISO/IEC TR 63306《智能制造标准图谱》为企业实施提供标准路径指引。**在未来发展布局层面**，重点推进数字孪生框架与工业实践深度融合，推动制造系统向自适应、可重构方向发展，同时依托 JWG21 联合工作组开展云边协同制造架构、语义互操作等新兴领域标准研制，持续完善标准体系的产业应用支撑能力。

**ISO/IEC JTC1（信息技术联合技术委员会）**重点围绕人工智能、物联网、大数据、云计算等新一代信息技术开展标准研制，为智能制造提供关键技术支撑。**在研究与实践层面**，制定了 ISO/IEC 30173《数字孪生概念与术语》、ISO/IEC

22989《人工智能概念和术语》等基础标准，以及 ISO/IEC 30141《物联网参考架构》、ISO/IEC 20547《大数据参考架构》等技术架构标准。在未来发展布局方面，持续深化信息技术与制造业的融合创新，推动工业人工智能、工业大数据、边缘智能等前沿领域的标准体系建设。通过加强数字孪生、区块链、工业元宇宙等新兴技术的标准化研究，构建信息技术标准生态，为智能制造提供前瞻性的技术支撑。

## 二、十年深耕：中国智能制造标准化实现从体系构建到深度赋能的跃迁

面对智能制造这一全局性、系统性变革，我国没有简单照搬国外模式，而是立足本国产业实际，经过近十年的探索与实践，走出了一条独具特色的发展道路。这条“中国路径”的成功，并非依赖单一领域的突破，而是源于一套系统化、协同化的战略布局，为全球智能制造发展提供了宝贵的中国智慧。

### （一）智能制造标准化发展历程

2015至2025年是我国智能制造标准化工作在战略使命、角色定位与价值创造上实现持续跃升的关键十年，发展历程呈现出清晰的阶段性特征：即以构建体系为目标的“架构新生”为起点，进而迈向以贯通孤岛为核心的“网络智联”，并演进至以赋能生态为标志的“生态智变”。

**第一跃升：架构新生 (2015-2017)** 在“政策主导”下绘制统一蓝图，这一阶段的核心任务是解决“从无到有”的问题。在《国家智能制造标准体系建设指南（2015年版）》的引领下，我国智能制造绘制了第一张涵盖生命周期、系统层级和智能功能的“标准地图”。**标准化的驱动力**主要来自国家顶层的政策强牵引，旨在统一概念、明确方向，为纷繁复杂的技术领域建立秩序，为后续的试点示范奠定“通用语言”基础。**标准化工作的重心**在于快速填补顶层设计的空白，致力于构建一个逻辑清晰、覆盖全面的标准体系框架，确立智

能制造领域的技术逻辑，明确各层面标准之间的关联关系，从而为后续所有工作奠定坚实基础。

**第二跃升：网络智联 (2018-2023)** 随着智能制造实践的深入推进，**标准化的驱动力**从政策单轮驱动，转向政策与市场的双轮协同，解决“从有到通”的问题。**标准化工作的重心**从搭建宏观框架下沉至中观与微观场景，在2018版和2021版国家智能制造标准体系的持续迭代引领下，着力推动设备、系统与平台间的互联互通，加速关键标准的制修订与落地应用，旨在将分散的“自动化孤岛”联结为协同的“智能网络”，为智能制造的系统集成与规模化推广扫除障碍。

**第三跃升：生态智变 (2024-2025+)** **标准化的驱动力**深化为“市场内生为主、政策前瞻引导”的融合模式，企业将标准视为创造竞争优势与开拓新市场的核心内生动力，政策则侧重于为新技术的融合铺路。**标准化工作的重心**从追求体系的“覆盖率”转向聚焦实际的“价值创造”，它一方面深度下沉，着力解决企业数字化转型智能化升级中的具体痛点；另一方面前瞻布局，比如2024版国家智能制造标准体系为人工智能、工业软件等新技术与制造业的深度融合定义路径。

综上所述，我国智能制造标准化的十年发展，成功实现了从政府主导到市场驱动、从搭建框架到创造价值、从支撑发展到引领未来的根本性转变。这标志着智能制造已从一项国家倡导的战略，深化为全行业转型升级的核心共识与通用语言。

## **(二) 中国路径的五大核心支柱**

我国智能制造标准化以组织保障、体系构建、标准制定、标准群应用、国际标准化五大创新为支柱，系统谋划、协同推进，成功构建了引领制造业深刻变革的“中国模式”。

### 1. 组织创新，构建了“统筹协调”的工作推进机制

为应对智能制造这一复杂系统工程带来的跨领域、多层次挑战，国家层面探索建立由国家智能制造标准化协调推进组、总体组和专家咨询组构成的协同工作机制，为智能制造标准化工作提供了坚实的制度保障与持续动力。工作机制的设计并非机构的简单叠加，而是基于系统思维，对政府、产业、学术、研究、应用等各方资源与智慧进行的一次功能性整合与重塑。**国家智能制造标准化协调推进组**由多部委联合组成，居于战略顶层，扮演“政策罗盘”与“指挥中枢”角色，致力于破解“政出多门”难题，强化跨部门政策统筹，确保工作方向的统一。**总体组**作为战术中层的“核心引擎”，承上启下，负责将战略蓝图转化为可执行的工作方案与标准路线图，并具体组织开展标准研制与推广，有效避免了资源分散与重复建设。**专家咨询组**则汇聚院士与权威专家，作为“智慧大脑”提供前瞻性战略咨询与技术指导，确保工作的科学性与权威性。智能制造的协同工作机制成功地将分散力量凝聚为合力，将多元目标整合为共识，将复杂工程分解为协同行动，不仅是推进智能制造标准化的骨架支撑，更是驱动其持续发展的活力源泉，是我国系统性推进智能制造战略的一项关键制度创新与实践典范。

### 2. 体系设计，提出了“动态迭代”的顶层架构

自 2015 年起，我国已连续发布四版《国家智能制造标准体系建设指南》，逐步构建起科学系统、持续演进的标准体系。每一版指南均秉持继承与优化相结合的原则，紧密跟踪技术发展、产业需求和行业实践，不断提升体系的系统性与融合性，实现标准建设与产业升级的深度协同。在演进路径上，指南内容持续迭代、与时俱进：2015 版重点布局工业软件与大数据；2018 版引入智能赋能技术，响应新一代信息技术融合趋势；2021 版为适应产业链供应链现代化要求，新增智慧供应链分支；行业应用也从初期的十大领域，逐步聚焦至智能制造发展较快的细分行业，体现出标准引导与产业实践的动态匹配。2024 版指南延续了“基础共性、关键技术、行业应用”的三层架构，这一稳定框架源于对智能制造发展规律的深刻把握。基础共性标准作为体系根基，通过术语、参考模型等统一规范，破解跨系统协调难题，支撑制造全生命周期。值得关注的是，2024 版新增“场景和解决方案”标准方向，旨在对接我国“标准化—梯度培育—揭榜挂帅”三位一体工作体系，推动优秀实践转化为可推广的标准规范，形成“实践—标准—推广”的良性循环。在关键技术层面，2024 版系统构建了七大分支，涵盖智能装备、工业软件、智能工厂、智慧供应链、智能赋能技术、智能制造新模式及工业网络。该布局既遵循“装备—系统—生态”的递进路径，又体现“技术—模式”双轮驱动逻辑。特别是新增工业软件分支，明确其从工具软件向核心平台的战略升级；同时优化人工智能等领域标准，为工业大模型、智能体等新技术规模

化应用提供支撑。行业应用标准坚持“共性为基、特色发展”，推动各行业在国家框架下构建“基础共性+行业特色”的标准体系，并明确重点方向，加快细分领域标准建设。通过“体系设计、动态迭代”的顶层机制，智能制造标准体系持续完善，已带动石化、钢铁、纺织等 14 个行业建立行业级标准体系，以标准协同政府与市场力量，有效支持传统产业焕新与高质量发展。

### **3. 研制重心，完成了从“基础搭建”到“应用实战”的转移**

“十四五”期间，我国智能制造领域标准化建设迈入高质量发展新阶段，标准发布总量达到 212 项，实现了 50.4% 的显著增长。更为重要的是，标准体系的内部结构发生了深刻而积极的变革，展现出从规模扩张向内涵提升的战略性转变。具体到各分类标准，其发展态势呈现出清晰的战略导向。一是基础共性标准进入精耕细作的“提质量”时期，制定数量为 35 项，增速呈现-14.6% 的负增长。这一变化并非意味着忽视基础，恰恰表明在“十三五”期间已成功构筑起基础框架之后，当前的工作重点从“从无到有”的搭建，转向了“从有到优”的深化与精炼。二是关键技术标准展现出强劲的发展势头，数量达到 165 项，同比增速高达 77%，在整体体系中占比超过四分之三，这一结构性优势凸显出标准化资源正密集投向人工智能、数字孪生等核心技术与深度融合环节，此类标准的快速充实，为智能制造从理念探索走向规模化、深度化应用提供了关键的技术规范支撑，驱动着产业核心环节的标准化

与规范化进程。三是行业应用标准取得了里程碑式的进展，从“十三五”末期的仅 1 项跃升至“十四五”的 13 项，这一跨越式增长象征着标准制定工作的重心已全面下沉，从通用性、普适性的指导原则，延伸至汽车、电子、纺织等具体行业的生产一线。标准正日益深入地嵌入真实的工业场景，切实服务于制造业数字化转型中的具体需求，让标准化成果在实践中焕发出生命力。截至目前累计制定的国家标准已达 497 项，一个架构清晰、覆盖全面、支撑有力的智能制造标准体系基本成型，基础共性标准作为基石持续巩固；关键技术标准作为中坚主体，引领着发展方向；行业应用标准则作为前沿触角，实现了突破性延伸。

#### **4. 应用范式，推动了从“文本规范”到“价值引擎”的转变**

依托智能制造标准应用试点等政策，引导龙头企业围绕技术、流程与管理等核心要素构建标准群，打造可复制、可推广的应用范式，推动企业“会用标准、用好标准”，推动标准由“规范约束”向“效能驱动”转变。一是**推动技术落地，加快新技术产业化**。聚焦人工智能、机器视觉等领域，系统构建覆盖关键环节的标准群，促进技术从验证走向应用。例如，长安汽车将国家标准中图像识别、标定方法等核心条款转化为统一硬件配置与接口规范，实现视觉系统在 20 种车型共线适配，检测周期缩短 50%，缺陷检出率逼近 100%。二是**优化生产流程，促进全链条提质增效**。依据国家标准细化工艺规范与作业指导，贯通排产、执行、物流、质检等关键环

节。如沈鼓集团将 19 项国标细化为 85 项企标，构建流程型标准群并嵌入 APS、MES 等系统，实现全链条闭环管理，核心零部件加工效率提升 28.2%，设备综合效率提升 16%。三是**规范运营管理，强化制度执行**。围绕管理关键环节，构建多层次智能制造标准体系，推动标准与制度、系统深度融合。中车株机所依据国家标准建立企业标准体系，解构 316 条标准条款并融入绩效制度与信息系统，交付效率提升 21%，亿元产值制造费率降低 5.5%。

## **5. 国际布局，实现了从“规则跟随”到“生态出海”的战略升级**

我国在智能制造国际标准化进程中实现了从“广泛参与”到“建设性引领”的深刻转型，通过将先进技术方案系统融入国际标准体系，有力推动了我国智能制造整体解决方案的全球化输出。

截至目前，我国已牵头研制 52 项智能制造国际标准，在大规模个性化定制、工业过程控制系统、工业网络总线等重点领域取得实质性进展，相关标准已被德国、巴西等国家采纳应用。例如，我国提出的《工业自动化设备和系统可靠性》标准，成为智能制造装备及系统可靠性领域**首项国际标准**；《工业自动化系统与集成 机床数控系统》系列国际标准的发布，标志着我国在机床数控领域实现了从“点上突破”到“系统布局”的跨越。2025 年发布的 IEC 63270-1《预测性维护》国际标准，构建了全流程技术框架，是当前该领域唯

一的顶层国际标准，已在航空、船舶、汽车等众多行业落地应用。

我国在国际组织中的角色也实现重要提升，从“积极融入”迈向“主动布局”。近 20 位中国专家在 IEC 等机构中担任工作组主席或召集人等职务，依托中德、金砖国家等多双边合作机制，推动中外技术路线协同互认。智能制造能力成熟度模型等国家标准已完成外文版转化，并在海外工厂中实际应用，有效带动了中国技术、装备与服务的国际化进程。我国与德国联合推进并发布的**全球首项工业 5G 国际标准**，填补了该领域国际空白，展现出中国在构建未来智能工厂基础设施方面的技术贡献与规则构建能力。

由此，标准已超越传统技术文本功能，成为我国智能装备、系统与服务出海的重要支撑与“通用语言”，推动“中国智造”实现从产品输出到技术体系与产业生态输出的系统性跨越，在全球智能制造治理中持续提升中国方案的影响力与制度性话语权。

### 三、企业引领：龙头企业开展各具特色的智能制造标准应用探索

在全球智能制造标准体系的构建进程中，具备前瞻视野的行业领军企业正积极将技术创新与标准化实践深度融合，形成了各具特色的实施路径，为智能制造标准落地提供了重要参考。

#### （一）分层次构建技术架构，引领产业生态协同发展

工业自动化、装备制造等技术体系复杂、系统集成要求高的企业通过分层次构建技术参考架构，实现从技术优势到产业引领的系统性跨越。一是制定设备通信协议，统一数据交互规范。重点建立设备层级的标准化通信接口和数据传输格式，明确定义设备身份标识、技术参数、运行状态等核心数据字段。通过规范 PROFINET、OPC UA 等工业协议的应用场景和交互流程，开发标准化的设备配置模板。如西门子基于工业 4.0 理念开发的资产管理壳（AAS）技术规范，明确定义了设备数据的标准化结构和交互方式，该规范已成为其数字化工厂设备集成的核心标准。二是构建平台参考架构，定义系统集成规范。基于成熟技术方案形成平台级参考架构，确立清晰的系统层级结构及各层级功能边界。通过制定标准化的功能模块和接口协议，建立模块化开发框架，确保不同系统间的兼容性和扩展性。如西门子构建了贯穿设备层、边缘层、平台层和应用层的开放式架构。该架构明确定义了从现场设备到制造执行系统（MES）、产品生命周期管理（PLM）及云端应用（MindSphere）之间的层级关系和接口规范，通

过标准化数据模型和通信协议实现系统间的无缝集成。三是**推动标准国际转化，构建开放技术生态**。深度参与 IEC、ISO 等国际标准化组织工作，主导或参与相关国际标准制定。通过建立企业标准与国际标准的对接机制，推动成熟技术方案的标准化转化。联合产业链伙伴组建标准推广联盟，促进标准在全球范围内的应用落地。如西门子作为 IEC/TC65/WG23 工作组的核心成员，积极参与 IEC TR 63283 系列标准的制定。同时依托 OPC 基金会董事会成员地位，持续推进 OPC UA 信息模型与工业 4.0 参考架构的深度融合。

## （二）建立母工厂验证机制，实现全球制造快速复制

具备多国生产基地和复杂产品线的制造企业通过构建以母工厂为核心的标准化验证与复制体系，实现新工厂产能快速提升和全球制造网络的高效协同。一是构建工艺验证体系，确保技术方案可靠性。在核心工厂建立专业验证产线，配备完整的检测和数据采集系统。新工艺依次通过多阶段验证流程，设置明确的技术指标和验收标准。建立验证数据管理平台，持续采集生产数据，形成完整的工艺验证报告。如丰田汽车在其全球母工厂（日本元町工厂）建立了完整的工艺验证体系，所有新工艺需通过设计验证、试制验证和量产验证三个阶段。该体系要求每个阶段必须达成设备稼动率、工序能力指数等关键指标，并通过丰田生产系统（TPS）实现全过程数据采集和分析。二是**开发标准化工艺包，固化制造最佳实践**。将验证通过的工艺方案转化为标准化作业文件和质量控制规范。构建数字化工艺管理平台，实现工艺文件

的在线管理和版本控制。如丰田将验证通过的制造工艺固化为标准作业程序（SOP），包含作业要领书、品质确认表和设备点检表等标准化文件。通过丰田工程管理系统（TEMS）实现工艺文件的数字化管理和版本控制，确保全球工厂使用统一的工艺标准。三是建立全球部署体系，实现快速产能复制。编制新工厂建设技术规范，明确设备布局和产线配置要求。建立新工厂启动验收流程，确保关键环节符合标准要求。实施全球工厂对标管理，定期开展绩效评估和质量审核。如海尔通过卡奥斯工业互联网平台构建了全球工厂数字化部署体系，新建工厂可直接调用平台上的标准化工厂模型和工艺知识库，实现生产系统快速部署和全球工厂质量指标在线对标。

### （三）打造企业标准群，破解智能工厂落地难题

企业标准群以特定智能制造场景为导向，通过对不同层级、不同领域标准的有机筛选与整合，形成可直接指导工程实施的标准集合。一是系统梳理业务场景，明确标准群建设需求。围绕智能工厂建设目标，全面梳理研发设计、生产制造、运维服务等核心业务流程。通过现场调研和数据采集，识别各业务环节的标准化需求，明确标准群建设的重点领域和优先级。以徐工集团为例，其针对工程机械行业定制化多品种小批量离散型规模化生产模式特点，系统梳理了从订单接收到产品交付的全价值链环节，精准识别出在研发数据协同、计划排产优化、设备互联互通、质量全程追溯等关键场景中的标准化缺口，为构建领航级智能工厂标准群奠定了坚

实基础。二是**分层整合标准资源，构建协同配套的标准群**。系统整合国家标准、行业标准、团体标准及企业标准，建立分层分类的标准资源库。基于业务场景需求，构建覆盖基础共性、关键技术、行业应用的多层次标准群架构，确保各层级标准的协同配套。如徐工集团构建了涵盖 14 项国家和企业标准的工程机械智能工厂标准群，贯穿基础通用、关键技术、行业应用三大层级，系统整合智能制造能力成熟度、虚拟工厂构建、装备互联互通、智能生产管控等多类标准，形成了层次清晰、配套完整的企业标准体系。三是**建立供应链协同机制，推动标准群落地应用**。依托产业链协同平台，建立标准实施与评估机制。通过标准宣贯培训和示范应用，推动标准群在供应链企业中的落地实施，构建标准应用反馈与持续优化机制。如徐工集团构建了“三域九维”领航工厂模型，围绕 24 家生产型公司、764 条产线进行应用，并发挥链主企业带动作用，向产业链供应链上下游进行标准体系推广应用。

#### （四）统一全链条数据标准，实现数字主线全面贯通

产品复杂度高、研制周期长的装备制造行业，通过建立统一的数据模型和交互规范，实现跨系统、跨环节的数据互通与业务协同。一是建立主数据标准，统一核心数据定义。制定涵盖产品、物料、设备等核心业务对象的主数据标准，明确定义数据模型、编码规则和属性规范。建立主数据管理流程，确保数据在企业各系统中的一致性和准确性。以沈鼓集团为例，其围绕压缩机等高端装备的复杂制造流程，构建

了覆盖产品全生命周期的统一数据模型，通过标准化工艺参数库、设备接口规范和质量数据模型，实现了从设计 BOM 到制造 BOM 的无缝转换，为数字化工厂建设奠定了数据基础。

**二是制定数据交换规范，打通系统交互壁垒。**建立跨系统数据交换标准，统一数据格式、传输协议和接口规范。制定系统集成技术标准，明确数据交互方式和安全要求，打通设计、制造、运维等环节的数据流。如达索系统基于 ISO 10303（STEP）国际标准框架，构建了覆盖产品全生命周期的数据交换标准体系，明确三维模型、工艺参数和制造特征等数据的结构化表达规则，建立了统一的 JT 轻量化格式标准和 PLM 服务接口规范。

**三是构建数据服务平台，赋能业务创新应用。**建立企业级数据服务平台，提供数据采集、存储、处理和分析等标准化服务。开发统一数据服务接口，支持各类业务应用快速调用数据资源，推动数据驱动的业务创新和价值创造。如沈鼓集团基于“沈鼓云”平台构建了统一数据服务体系，通过标准化数据接口实现上万台机组运行数据的实时采集与分析，支持远程运维、预测性维护等创新服务，年服务收入超亿元，形成了从数据贯通到价值创造的完整闭环。

## 四、推广应用：标准群落地是领航工厂实践固化与批量复制的重要路径

### （一）智能制造标准群的构建与产业赋能

#### 1. 智能制造标准群的典型特征

智能制造标准群是以特定智能制造场景为导向，通过对国家、行业、团体、企业等不同层级，机械、电气、通信、软件、工艺等不同领域的现有标准及规划中的未来标准进行有机筛选、整合、互补及协同，最终形成结构清晰、内容配套、可直接指导智能制造工程实施的标准集合，可高效解决智能制造落地过程中的实际问题，是应对智能制造标准应用困境的切实可落地方案。相较于单个标准的应用，智能制造标准群具备更加鲜明的特征。

**一是场景驱动性。**智能制造标准群构建的出发点与落脚点指向智能制造具体场景，如“数控机床预测性维护”“家电行业大规模定制”“钢铁行业铁钢轧一体化协同”等典型场景，场景需求直接决定标准群的核心目标与标准构成，从根源上保障标准群的落地性与实用性。

**二是动态演化性，**标准群非一成不变的标准清单，而是与技术发展、场景深化同步迭代的动态体系。随着智能制造技术的快速迭代、应用场景的深度拓展，标准群将持续对标准构成进行优化调整，当新的国标、行标、团标、企标可更高效解决场景特定问题时，即可替代原有标准；当场景新增需求时，可补充适配的新标准，以此有效克服标准制定的“时滞困境”。

三是协同开放性，标准群的构建与维护鼓励设备制造商、软件提供商、系统集成商、终端用户、科研机构等产学研用多方协同参与。各方通过共同识别场景痛点、界定接口规范、推荐并验证标准，推动标准群吸纳行业最佳实践、凝聚领域最大共识，避免单一主体主导下标准“偏向性”问题，确保标准群的通用性与市场认可度。

## 2. 智能制造标准群的应用价值

智能制造标准群的应用价值不仅在于破解了当前智能制造领域标准落地的现实困境，更具备多重深层战略意义。

一是创新标准化工作模式。智能制造标准群突破标准化工作的固有框架，推动标准化工作在价值导向、形态属性、参与模式三大维度的根本性转变。价值导向方面，从“结构完整性”转向“应用有效性”。标准化工作多以构建覆盖全领域的体系框架为核心目标，标准群则以智能制造具体场景的实施需求为核心，仅纳入与场景落地直接相关的标准，确保每一项标准均服务于实际应用，实现“以用定标”的价值重构。形态属性方面，从“静态文档”转向“动态工具”。当前我国各类标准多以静态技术文档形式存在，更新周期长，难以跟上日益加速的智能制造技术迭代节奏；标准群通过引入迭代速度快、技术指标要求高的企业标准，实现标准群始终与产业实践同步。参与模式方面，从“专家主导”转向“众创共享”。标准制定多由领域专家与机构主导，易忽视设备制造商、终端企业、系统集成商等市场主体的实际需求；标准群通过搭建产学研用协同平台，鼓励设备厂商、软件企业、

制造企业、科研机构共同参与场景痛点识别、标准筛选与验证，形成“众创共享”的工作模式，确保标准群既符合技术规范，又匹配市场实际需求，提升标准的应用成效。

**二是提升标准应用效能，降低企业智能化转型门槛。**在智能制造推进过程中，企业普遍面临“标准数量庞大、分散杂乱，难以快速匹配实际需求”的痛点，需耗费大量人力、时间筛选适配不同场景的标准，且易因标准间协同性不足导致实施风险。智能制造标准群通过场景化整合，将分散于不同层级、不同领域的标准资源转化为“开箱即用”的场景化标准工具箱，企业可直接依据自身智能化转型目标，获取适配的标准组合方案，显著减少企业在标准筛选、适配、验证等环节的成本投入，降低智能化转型的技术门槛与试错风险，同时支持企业根据业务拓展动态更新标准应用方案，进一步提升标准对企业实践的支撑价值。

**三是为多复杂领域标准化提供借鉴。**智能制造标准群的构建逻辑与实践方法，不仅适用于智能制造领域，更可为人工智能、智慧城市、工业互联网等其他复杂领域提供标准化解决方案。例如人工智能领域存在算法安全、数据治理的标准应用碎片化问题，智慧城市领域面临跨部门数据互通、基础设施协同的标准适配难题，工业互联网领域则需解决设备接口不统一、数据语义不互认的痛点。智能制造标准群的成功实践，可为这些领域以场景为核心开展标准应用提供可复用的标准化路径。

### 3. 智能制造标准群的构建逻辑

智能制造标准群是以系统工程理论与标准化思想为底层支撑，深度融合智能工厂全生命周期管理与产业标准化实践需求，形成的一套兼具创新性与实践指导性的标准应用体系。智能制造标准群的构建包含一条主线两个视角。

一条主线即标准群的**应用场景**，聚焦智能工厂“规划设计—建设实施—运维优化”全生命周期运营管理，贯穿标准群构建与应用的全过程，明确标准群的覆盖范围与核心边界，确保所有标准化内容均围绕智能工厂全流程运营需求展开，实现标准与实践场景的精准对齐。两个视角分别为技术视角和业务视角。在**业务视角**，聚焦业务智能化转型需求，重点梳理智能工厂业务模型数据管理、作业流程优化、设施配置适配、绩效评价体系等业务智能化转型的标准化需求，针对性选取国家标准、行业标准、团体标准、企业标准，确保标准内容充分匹配业务升级目标，为业务转型提供合规性、规范性支撑。在**技术视角**，系统梳理系统架构搭建、接口协议统一、网络安全防护、智能装备集成、跨系统数据互通等支撑业务转型的全链条技术的标准化需求，针对性选取国家标准、行业标准、团体标准、企业标准，为业务智能化转型提供稳定、可靠、兼容的技术底座。

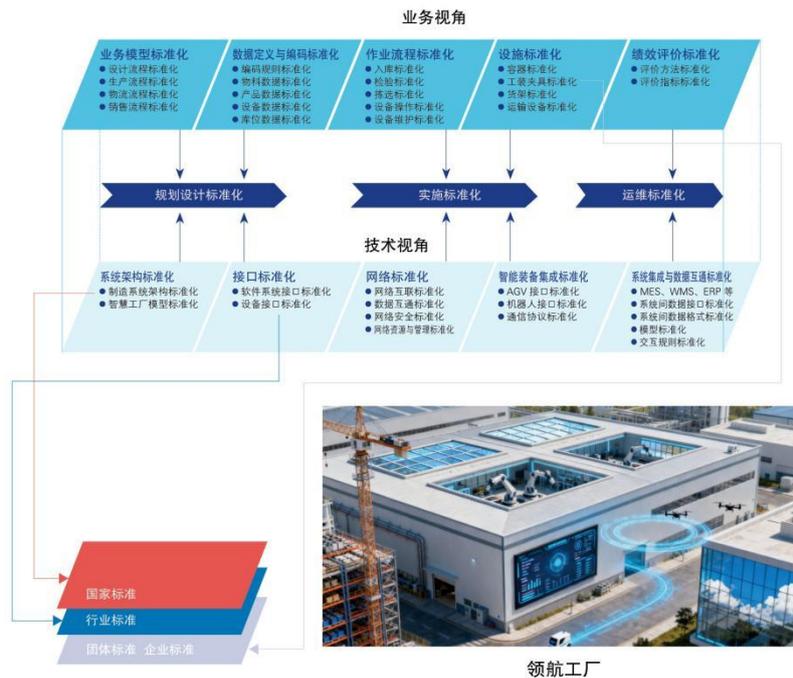


图 3 智能制造标准群构成

企业通过开展标准群建设，一方面，可以切实解决智能制造标准落地应用难题，指导智能工厂建设；另一方面，领航工厂可将自身智能工厂建设的先进经验通过标准群固化，将最佳实践转化为可直接指导企业落地的操作性指南、标准化规范，推动智能工厂的快速复制推广。

## （二）智能制造标准群应用概述

2022 年以来，工业和信息化部联合市场监管总局，在全国遴选并发布两批共 135 项智能制造标准应用试点项目，推动一批重点领域国家标准转化实施，引领新技术、新模式在企业融合应用步伐加快，指导建成一批高水平的智能工厂，提升供应链协同管理能力。

### 1. 智能制造标准应用试点依托东中西梯度分布形成从标杆打造到全域辐射的落地路径



图 4 智能制造标准应用试点空间分布情况

从区域分布来看，试点项目布局充分契合国家区域协调发展战略，呈现“东部引领、中部协同、西部跟进”的均衡辐射特征。其中，东部地区依托制造业基础优势与技术集聚效应，试点项目数量占比超 50%，江苏、浙江、山东、广东等制造业大省重点围绕高端装备、电子信息、汽车等优势产业，打造了一批标准应用标杆案例，发挥了智能制造标准落地的“核心引领”作用；中部地区立足产业承接与转型需求，聚焦装备制造、新材料等特色产业，推动标准与区域产业特点深度融合，实现了“协同联动”发展，安徽、河南、湖南、湖北等省份试点项目累计达 18 个；西部地区结合产业基础与发展需求，重点在能源化工、装备制造、汽车等领域探索标准应用路径。

## 2. 工程机械行业智能工厂标准群呈现“国标定位、多标补位”的特征

工程机械行业具备大型装备定制化生产、跨领域产业链深度协同、全生命周期服务需求旺盛的特性，其智能工厂标准群应用呈现国家标准定框架、行业标准促互联、团体标准补空白、企业标准铸核心的特征。各类标准依据其适用范围、研制周期、技术要求的不同，共同构成了支撑行业智能化转型的基石。



图 5 工程机械行业智能工厂标准群标准构成

在**智能研发与设计场景**，涉及产品模型、数据交换和软件接口的通用规范，对协同性和基础安全性要求极高，国家标准作为关键技术支撑，为这类通用规范提供了统一、权威的框架指引。在**柔性生产与精准调度场景**，行业标准确保了生产线上的机器人、控制单元等关键设备能满足基本的互联与安全要求，而企业标准则深度融入核心工艺环节，两者占比相当超过 50%。在**智能物流与供应链协同场景**，要实现主机厂与数百家供应商之间的高效协同，由行业协会或产业联盟制定的行业标准和团体标准能够快速响应产业链共性需求，精准破解跨主体协同中的数据互通、流程对接等痛点，合计占比可达 60%以上。在**智能服务与远程运维场景**，面对

物联网远程监控、预测性维护等新需求，团体标准能够快速集结产业链相关企业，共同制定诸如“智能工程机械数据采集规范”、“远程运维服务指南”等标准，及时填补标准空白，引导行业发展方向，占比达40%。

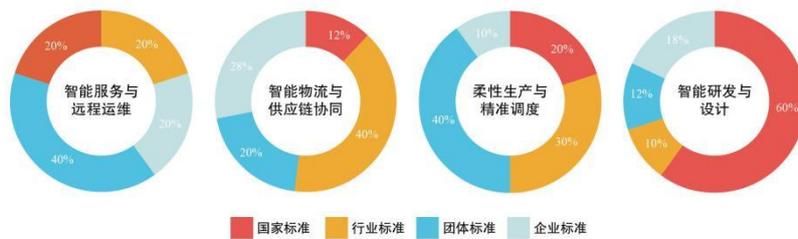


图6 工程机械行业各场景标准应用情况

### 3. 汽车行业以智能工厂标准群破解个性化定制与规模化效率难题

汽车行业因多车型柔性混线生产、供应链深度协同、全流程质量精准追溯的行业特性，其智能工厂标准群呈现行业标准主导产业链互联互通、国家标准奠定柔性制造与质量检测基础框架、团体标准响应快速换产与物流创新需求、企业标准封装核心工艺与仓储运营差异化优势的协同格局。四类标准依据专业性、时效性与差异化的适配逻辑，在从柔性产线到智能仓储的全场景中精准发力，共同构成支撑汽车制造智能化转型的坚实标准化基石。



图 7 汽车行业智能工厂标准群标准构成

在**柔性产线快速换产场景**中，核心目标是实现多车型混线生产与快速切换。团体标准和国家标准在此发挥关键作用。例如，（GB/T 43436-2023）《智能工厂 面向柔性制造的自动化系统 通用要求》为设备信息模型、模块化设计提供了基础框架，而团体标准，则能更快速响应行业对特定工艺的共性需求，促进产业链协同。在**在线智能检测场景**中，关注对零部件尺寸、焊接质量、漆面缺陷的自动化检测与实时反馈。此场景中，国家标准为机器视觉检测系统、测试方法等提供了通用的技术要求与安全规范，确保了检测基础的一致性和可靠性。行业标准则针对汽车特定的质量指标制定了更具体的合格判据。在**物料精准配送场景**中，要实现物料需求与配送计划的精准匹配及准时送达。行业标准在物料编码、车载装置接口等方面实现统一，而团体标准则能快速定义自主移动机器人集群的调度逻辑、路径规划算法等，以支持动态灵活的配送模式，两类标准是支撑协同作业的主力。在**仓储智能管理场景**中，为实现库存信息的实时可视化和高效运营，行业标准在仓库库位编码、作业流程等方面形成统一规范，

企业则通过企业标准构建其仓储物流信息系统的核心逻辑，并固化其优化的仓储运营体系，两类标准占据主导。

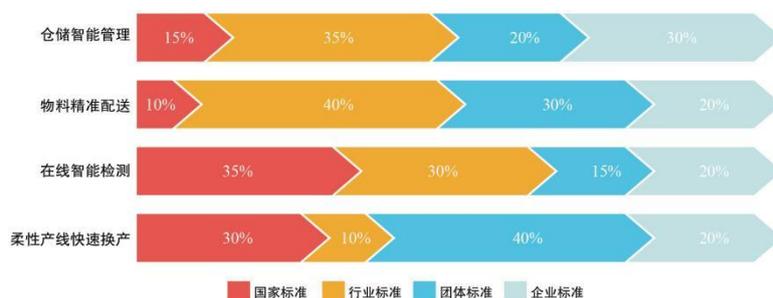


图 8 汽车行业智能工厂各场景标准应用情况

#### 4. 钢铁行业以智能工厂标准群打造全流程一体化智能化管控能力

钢铁行业因冶金工况复杂、多能源介质系统级协同、大宗物料“大进大出”物流规模行业特性，在其智能工厂标准群中，行业标准作为推动行业互联互通和专业化运维的主力，国家标准在能源管理等需要统一基础和系统框架的领域作用突出，团体标准以其灵活性在供应链协同等快速创新领域表现活跃，企业标准则深度融入核心工艺与质量管控，是打造差异化竞争优势的载体。

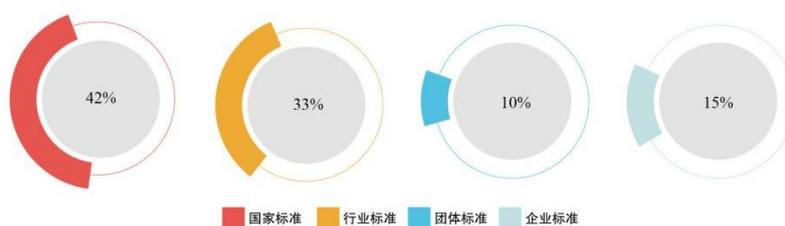


图 9 钢铁行业智能工厂标准群标准构成

在**机组设备预测性维护场景**中，钢铁冶金工况复杂，设备状态监测、故障诊断预警对技术的专业性和一致性要求极高，需要行业通用的规范来定义监测参数、诊断方法和数据

接口，以确保预测的准确性和系统性间的互联互通。在**能源流智能协同与优化场景**中，要实现煤气、蒸汽、电力、氧气等多能源介质的系统级平衡与优化，国家标准和行业标准构成了核心框架。例如，（GB/T 30715）《钢铁生产过程能量系统优化实施指南》系统地指导企业如何实施系统边界的划分、现状调研、用能分析、优化方案制定与效果评估。在**质量精准追溯与判异场景**中，行业标准为物料编码、质量数据元定义了统一的格式和内容，这是实现跨工序、跨系统质量数据互通与追溯的基础。而企业标准则深度融入具体的生产工艺，用于固化各工序的关键工艺控制参数、在线检测规范以及质量判定规则，这是形成企业质量核心竞争力的关键。在**大宗物料智能物流与供应链协同场景**中，面对铁矿石、煤炭等大宗原料及产成品“大进大出”的物流特点，团体标准以其灵活性优势，能够快速定义数字化仓库、智能调度等方面的协同协议，促进产业链上下游企业的快速对接，成为支撑协同高效运作的**关键**。

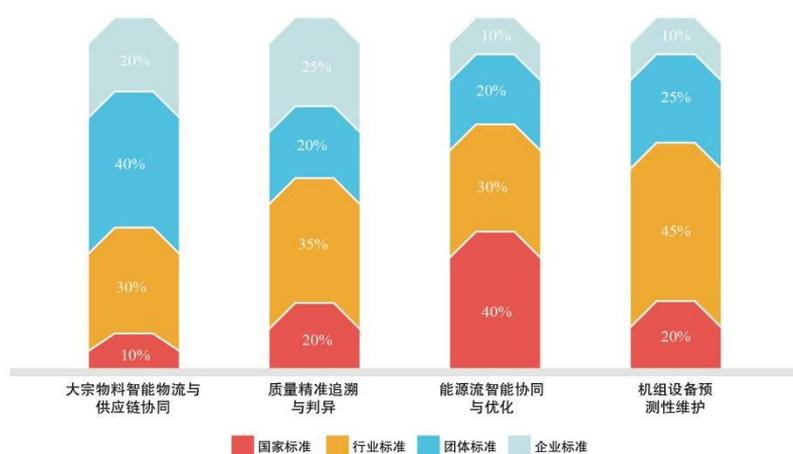


图 10 钢铁行业智能工厂各场景标准应用情况

## 5. 消费品行业以智能工厂标准群塑造端到端的极致市场响应力

消费品行业因需求个性化突出、产品迭代周期短、供应链生态多元、用户服务场景化的行业特性，其智能工厂标准群紧密围绕“大规模个性化定制”这一核心展开。企业标准聚焦自身定制化流程与产品特性，团体标准衔接产业链协同需求；行业标准规范行业共性定制场景，国家标准夯实定制化基础安全与通用规范，多类标准协同赋能行业发展。

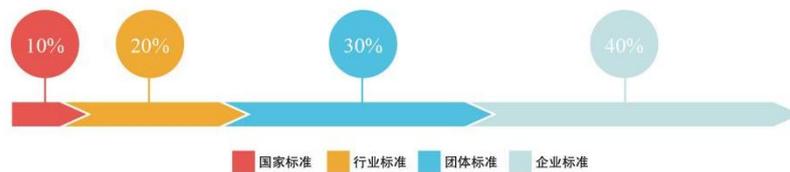


图 11 消费品行业智能工厂标准群标准构成

在用户需求交互与个性化方案设计场景，核心目标是精准捕捉并转化消费者的个性化需求，企业通过其独有的企业标准来构建用户画像数据模型、定义产品配置规则以及AIGC辅助设计工具的使用流程。团体标准在细分领域建立通用的产品模块化分类、尺寸编码和基础数据交换格式，为不同企业平台间的设计协同提供可能。在**柔性生产与精准作业**场景，重点在于将个性化的设计数据转化为实体产品。企业通过企业标准来固化其独特的柔性排产算法、混流生产的作业指导书以及针对特定材质或工艺的快速换模规范。例如，在服装定制中，基于CAD/CAM和自动裁剪技术实现“一件一版”的自动化裁剪，其核心的工艺参数和控制逻辑往往由企业标准定义。在**供应链协同与物流配送**场景中，要实现从

原材料到定制成品的高效精准送达，高度依赖统一的数据接口和业务流程规范。团体标准以其灵活性优势，能够快速定义数字化仓库的库位编码、智能配送设备的调度指令集等，促进生态伙伴间的快速对接。行业标准则在物料编码、订单状态协同等方面建立更广泛的共识，为整个行业的供应链协同提供基础，两类标准成为关键的“连接器”。在**智能服务与全程追溯**场景，为实现“一物一码”的全生命周期质量追溯与个性化服务，团体标准能够快速响应、制定关于产品数字身份标识、追溯信息采集以及基于物联网的远程运维服务的通用规范。企业标准则用于构建其专属的客户服务平台运作规则、定制产品的售后服务标准以及基于用户使用数据的个性化推荐算法。

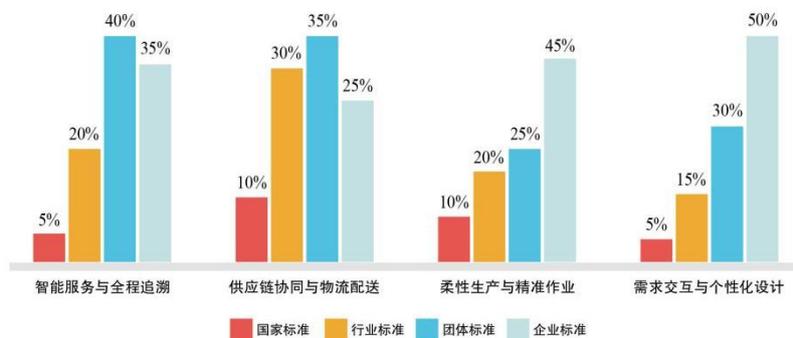


图 12 消费品行业智能工厂各场景标准应用情况

### （三）典型制造企业智能工厂标准群

#### 1. 离散制造智能工厂标准群

离散型制造企业聚焦“多品种、小批量”生产模式，以柔性化、协同化、透明化为核心，围绕离散生产的碎片化、多工序特性构建智能化体系。企业智能工厂呈现出高度模块化、柔性化和协同化的显著特征。

在**标准群构建方式**上，围绕生产制造全价值链环节，构建覆盖研发设计、生产制造、质量管控、供应链协同等核心环节的完整体系，通过统一的技术规范和接口标准，解决多产品柔性生产、供应链高效协同等关键问题。在**柔性产线快速换产场景**，基于《智能工厂 面向柔性制造的自动化系统通用要求》等标准，构建模块化、可重构的生产系统，将传统产线改造为支持多品种混流生产的柔性制造单元，提升生产系统的适应性和响应速度。在**线智能检测场景**，通过机器视觉检测系统通用要求、测试方法等标准，开展对零部件尺寸、焊接质量的自动化检测与实时反馈，形成数据驱动的质量改进闭环，确保产品制造质量的一致性。在**物料精准配送场景**，依托物流供应链与配送一体化集成系统等标准，开展物料需求与配送计划的精准匹配，确保零部件准时送达生产线，支撑精益生产。在**仓储智能管理场景**，通过统一的库位编码和作业流程规范，指导构建高效的仓储运营体系。基于仓储物流信息系统等相关标准，指导库存信息的实时可视化**管理**。



图 13 离散制造智能工厂标准群

## 2. 流程制造智能工厂标准群

流程型制造企业聚焦“大批量、连续化”生产模式，以连续性、稳定性、安全可控为核心，围绕流程生产的一体化、不可中断特性构建智能化体系，智能工厂标准群呈现出高度集成化和安全可控化的显著特征。

在标准群构建方式上，围绕安全管控、能源优化、设备维护、质量追溯、计划调度、供应链协同等核心场景，构建覆盖生产全流程、各环节的闭环标准化体系。通过统一场景接口规范、数据交互标准与操作执行准则，解决流程型生产中连续稳定运行、安全风险防控、能源高效利用、全链条质量追溯等关键问题。在机组设备预测性维护场景，应用设备状态监测、故障诊断预警、数据采集传输等系列标准，指导构建基于振动、温度、压力等多维参数的实时监测体系，推动维护模式从定期检修向预测性维护转变。在能源流智能协同与优化场景，基于能源数据采集、输配优化、能效评估

等系列标准，指导建设系统级的能源管控框架。在质量精准追溯与判异场景，通过物料编码、质量数据元、追溯流程等系列标准，指导打造“一物一码”的全生命周期质量追溯体系，助力实现各工序质量数据的完整采集和贯通，支撑质量问题的快速定位和精准改进。在物料智能物流与供应链协同场景，应用数字化仓库、智能调度、供应链协同等系列标准，规范仓储管理、运输调度、信息交互等环节的技术要求，支撑物流信息的实时跟踪和智能优化，实现供应链上下游的协同运作和快速响应。



图 14 流程制造智能工厂标准群

### 3. 产品大规模个性化定制智能工厂标准群

大规模个性化定制类型生产企业聚焦“以客户需求为核心、规模化高效交付”的生产模式，以客户导向化、模块标准化、响应敏捷化为核心，围绕定制需求多样化、生产模块可重组、供需协同高效化的特性构建智能化体系，智能工厂标准群呈现出高度需求适配化、模块复用化和供需协同化的

显著特征。

在标准群构建上，围绕需求交互、方案设计、生产制造、仓储物流与售后运维等场景选取标准，支撑多品类、多工艺混合生产。**在需求与设计转化场景**，通过模块化产品定义与参数化设计规范，对产品进行科学的模块解构与接口定义，将无限的个性化需求映射到有限的模块组合之中，实现客户需求向结构化、可运算设计数据的精准转化，从源头确保非标订单具备规模化生产的可行性。**在生产制造与执行场景**，通过高级计划排产、物料精准齐套、离散制造单元协同作业等全过程技术要求，为核心生产系统与底层自动化设备之间的深度集成与实时互动提供统一依据，实现多订单、多批次、多规格部件在同一条产线上高效、流畅混流生产。**在全价值链协同与服务场景**，应用标准统一订单生成、在制生产、物流配送、现场安装全过程数据模型与状态标识，确立端到端数据追溯与产业生态协同规范，实现产品全生命周期的状态透明与质量可追溯。



图 15 大规模个性化定制智能工厂标准群

## 五、笃定前行：新时期智能制造标准化的挑战与发展建议

### （一）智能制造标准化形势与挑战

我国智能制造标准化建设已取得积极进展，但在底层生态构建、指导落地应用等方面仍存在突出问题。

#### 1.行业应用与场景化落地面临标准供给与协同挑战

我国智能制造标准化工作发展整体呈现基础共性扎实、关键技术突破、行业场景滞后的态势，“补短板、强适配”的发展趋势日益鲜明。行业应用标准整体呈现“点状突破、面状不足”特征。不同行业业务流程、工艺装备、管理体系存在差异，智能制造行业标准在标准体系中占比不足5%，细分行业标准缺口尤为突出。石化、电力设备、船舶等行业已形成特色标准集群，但化工、有色金属、轨道交通等领域仍存在明显空白。现行标准普遍偏重原则性架构，缺乏面向行业和具体场景的实施细则，难以转化为直接指导工厂建设的“施工图”，企业在执行标准过程中模糊不清，期待进一步开发企业标准。标准应用推广仍依靠纸质文档，缺乏便于企业直接使用的数字化标准工具或平台。

#### 2.标准制定周期与智能制造技术迭代节奏存在显著适配差距

标准制定遵循立项、起草、征求意见、审查、批准发布等相对线性的流程，需充分协调各方诉求、开展系统性技术验证，平均周期长达3—5年。而智能制造领域技术迭代以月或周为周期加速演进，人工智能、数字孪生等前沿技术的

应用场景与技术方案持续迭代更新，二者形成显著节奏差异。这一差异导致标准发布时往往已滞后于技术前沿，难以有效指导和规范最新创新实践：部分标准界定的技术参数、接口协议可能已被行业新方案取代，部分标准覆盖的应用场景可能已发生拓展或调整，进而导致其权威性与实用性面临行业挑战，无法充分发挥标准对技术创新的引导与规范效能。

### **3. 国际标准化方面缺乏主导权**

在国际标准化人才方面，经过多年发展，我国在各国际标准化组织中任职的科研人员及各领域专家数量逐渐增多，但担任国际标准化技术机构中主要官员、负责人等高端岗位的中国专家占比仍有待提升。在**国家标准化生态**方面，通信协议、信息模型、工业操作系统等智能工厂底座标准长期由国外企业主导，在相关国际标准制定中缺乏话语权，且标准实施与相关工业产品的市场占有率强相关，我国短期内难以形成生态影响力。

#### **（二）发展建议**

为系统推进智能制造标准化工作，塑造中国智能制造品牌，提升全球竞争力，特提出以下聚焦于“创新、应用、生态、引领”四大维度的行动建议：

##### **1. 创新标准供给：构建开源协同的敏捷标准体系**

变革传统标准制定模式，构建能快速响应技术迭代的引领型标准体系。推行“**开源标准**”社区共创，选取数字孪生、工业智能体等快速迭代领域，试点开源标准项目。围绕接口、数据模型等，吸引开发者与企业共同贡献代码与用例，将标

准制定过程前置为生态构建过程，确保标准发布即有成熟技术方案。**建立动态标准路线图**，构建在线化、可视化的标准发展图谱，实时标识技术空白与未来需求，引导科研与产业资源精准投入，确保标准供给的前瞻性。

## **2. 破解应用难题：打造可复制、可验证的实施路径**

推动标准从“文本”到“生产力”的高效转化，切实降低企业尤其是中小企业的实施门槛。**开发“即插即用”式标准模块**，将复杂系统标准解构为面向仓储、能耗等具体场景的轻量化功能模块），使企业能像安装 APP 一样低成本、低风险地应用标准，实现“小步快跑”的精准改进。**建设“数字孪生知识库”**，为标杆解决方案创建内含决策逻辑与参数配置的动态数字孪生体，将静态报告升级为可仿真、可调参的“活蓝图”。企业可在虚拟环境中预验方案效果并生成定制化改造路径，极大提升复制成功率。

## **3. 培育产业生态：激发企业内生动力与工具创新**

强化企业作为创新主体的作用，多措并举推动智能制造标准落地应用。**打造企业级智能制造标准体系**，紧扣企业智能制造转型核心需求，立足企业具体业务场景、技术基础，坚持“一企一体系”精准引导，制定覆盖技术应用、流程优化、数据治理、安全合规等环节的企业级智能制造标准体系，助力企业打通转型堵点，提升核心竞争力。**引导企业以“标准群”固化智能工厂最佳实践**，鼓励龙头企业、领航工厂打造智能工厂“标准群”样板，引导龙头企业建设标准化“母工厂”，探索标准化、可复制、可推广的建设路径。**鼓励“标准**

**+工具包”同步产出**，支持企业在研制标准时，同步开发配套的参考实现等工具包，将抽象条文转化为实操工具，降低产业链上下游的采纳难度，共同做大生态圈。

#### **4. 提升标准国际话语权，推动中国方案出海**

主导构建国际智能制造规则体系，加速中国方案的全球化布局。**设立国际标准提案预研基金**，资助国内产学研专家，围绕新兴领域，提前开展技术与试验验证，形成坚实的技术背景报告，以此为基础向 ISO、IEC 等国际组织系统性提交新工作项目提案。**探索“中国标准+中国技术+中国装备”的整体出海模式**，积极依托国际智能制造联盟、机器人国际合作组织等多边平台，合作建立智能制造联合实验室或生产线，将中国标准、技术与装备嵌入其中，实现“项目落地即标准落地”。

## 附录：典型行业企业智能工厂标准群构建方法及应用实践

### （一）工程机械企业智能制造标准群应用实践

#### 1. 工程机械行业特征与转型背景

工程机械行业产品以大型重载装备为主，单体价值高、技术寿命长、工况复杂多变，对整机可靠性与稳定性要求极高，制造过程更呈现“研发验证周期长、制造工艺链条长、全球供应链条长、全生命周期服务成本高”的“三长一高”特点。当前，行业企业在数字化智能化转型过程中，面临大型结构件柔性制造难、多机型混线生产协同难、全球供应链精准管控难，且在制造环节存在数据采集难、系统集成难、质量控制难等问题。应用特殊场景标准形成的标准群，指导行业企业建设兼顾个性化需求与生产效益的智能工厂，成为破解行业转型难题的关键。

#### 2. 工程机械企业智能制造标准群构成

工程机械行业企业围绕“产品大型化、工艺复杂、供应链长”的行业特点，构建了覆盖研发设计、生产制造、供应链协同和运维服务全过程的智能制造标准群，形成了具有行业特色的技术规范体系。



图 16 工程机械企业智能工厂标准群

在大型结构件智能焊接场景，针对重型装备大型结构件的焊接质量稳定性要求，通过应用大型结构件焊接工艺标准和焊接质量追溯规范，确保关键结构件的焊接质量一致性和可靠性，为提升产品结构强度和使用寿命提供标准支撑。在重型物料智能流转场景，针对大型零部件仓储与配送的特殊需求，通过规范重型物料存储要求、智能仓储建设标准和配送流程规范，实现大型零部件的精准管理和高效配送，为多品种混线生产提供可靠的物料保障，形成了完整的物流标准化解决方案。在多品种混线生产组织场景，面对产品多样化带来的生产管理复杂性，通过应用产线快速调整标准和生产数据采集规范，支持不同型号产品的快速转产，实现生产资源的优化配置和高效利用。在远程运维服务场景，基于装备高价值、长寿命的特点，应用设备互联、数据采集和智能服务标准，指导建立统一的远程运维服务平台，规范设备状态监测、数据采集和故障预警，提升产品全生命周期的服务价

值。

### 3. 工程机械企业智能制造标准群应用案例

某工程机械企业构建了包含 10 项核心标准的智能制造标准体系，重点围绕智能设计、智能生产、智能物流等关键场景开展标准应用实践，形成了具有行业特色的智能制造推进路径。在**研发设计场景**，运用《复杂产品虚拟样机建模方法》等标准，建立了液压缸等核心部件的参数化设计平台，实现了“产品平台→产品线→型谱→型号”的一体化设计模式；在**生产制造场景**，依据《数字化车间 通用技术要求》等标准，建成了智能下料中心，实现了中厚板坡口一次加工成型；在**物流管理场景**，基于《物联网 信息共享和交换平台通用要求》等标准，构建了智能立体仓库系统，实现了大型零部件的精准配送和高效管理。**通过标准群的系统化应用**，企业设计效率提升 25%—50%，结构件焊接自动化率达到 90%以上，智能立体仓库实现物料出入库 1.5 分钟内完成，准确率保持 100%。该企业的标准应用实践不仅提升了自身智能制造水平，更为行业提供了可复制、可推广的智能工厂建设方案，有效带动了产业链上下游企业的协同发展。

## （二）轨道交通装备制造企业智能制造标准群应用实践

### 1. 轨道交通装备制造业特征与转型背景

轨道交通装备行业属于订单驱动型行业，具有项目制运作、周期性生产的特点，其产品体系复杂多元，且单件价值高、技术密集度高、安全性要求严苛，制造过程需联动车体、转向架、牵引系统、网络控制等数十个专业领域协同作业，

形成多层次、长链条的产业生态。当前行业面临提升产品可靠性、延长装备寿命周期、降低全寿命成本的多重挑战，对制造精度、质量一致性和运营安全的要求也更为严格。聚焦轨道交通装备制造中因大量异构系统、专用设备与定制化工装，导致各业务环节数据格式不统一、接口规范不兼容等问题，选取数据、接口类标准构建行业应用标准群，可有效指导行业企业在研发设计、工艺规划、生产执行、质量管控和运维服务全流程智能化升级。

## 2.轨道交通装备制造企业智能制造标准群构成

轨道交通装备制造企业紧密围绕行业特有的研发制造流程和运营维护需求，充分考虑了轨道交通装备制造的单件价值高、安全性要求严、产业链条长的特点，开展智能制造标准群建设，为我国轨道交通装备制造业智能化转型提供了重要技术支撑。



图 17 轨道交通装备制造企业智能工厂标准群

在研发设计与虚拟验证场景，面向动车组、城轨车辆等

大型装备的多专业协同设计需求，构建统一的数据标准和协同规范，实现机械、电气、控制等系统的并行开发。在虚拟调试领域，应用标准化的模型接口和测试流程，实现关键部件生产线的投产前验证，降低大型工装设备的调试风险。在**智能生产与工艺控制场景**，围绕车体大型铝合金结构件的焊接需求，应用柔性焊接工艺标准，支撑多品种车体的混线生产。在转向架等精密部件加工中，应用智能精加工标准，保障关键运动部件的精度一致性。在**检测验证与运维服务场景**，基于整车制造特点，建立涵盖静态测试、动态调试的标准化测试用例库，确保出厂车辆性能的一致性。基于轨道交通装备长寿命、高可靠性的要求，应用产品健康管理和预测性维护标准，为装备的全生命周期运维提供技术依据。

### 3.轨道交通装备制造企业智能制造标准群应用案例

某企业立足产品结构复杂、安全性要求高、制造精度严苛的特点，建立了覆盖研发设计、生产制造、质量管控和运营维护的智能制造标准群，形成了具有轨道交通特色的智能工厂建设模式。在转向架、车体、总装等**核心制造单元**，全面贯彻《数字化车间 通用技术要求》等基础标准，实现了制造装备的互联互通和生产数据的实时采集。通过《智能制造能力成熟度模型》的应用，系统评估并持续提升各制造环节的智能化水平；依托《工业互联网标识解析 轨道交通装备 产品标识编码规范》，建立了产品全生命周期的唯一标识体系；基于《智能制造设备数据接口》标准，实现了异构系统的数据集成与交互。通过标准群的系统性应用，该企业

采购业务执行效率提高 10%以上，能源管理通过智能化改造实现劳动效能提升 30%，并在车体、转向架等关键部件制造环节，实现了工艺参数的精准控制和制造过程的全程可视化。

### （三）电子信息制造企业智能制造标准群应用实践

#### 1. 电子信息制造业特征与转型背景

电子信息制造业呈现“快、精、柔”显著特征，生产工艺向纳米级精度突破，产品生命周期大幅压缩，个性化定制与批量生产并存，对制造系统响应速度和灵活性、供应链协同能力要求极高。基于标准群开展涵盖设计仿真、智能生产、质量追溯、供应链协同全流程标准应用，成为行业保持竞争优势、支撑智能化转型升级的核心支撑。

#### 2. 电子信息制造企业智能制造标准群构成

电子信息制造企业聚焦电子产品迭代迅速、工艺精度要求高、产业链协同紧密的行业特点，围绕电子产品制造的全流程，以标准贯穿设计、生产、检测、物流等关键场景，能够为行业企业智能化转型提供系统化的技术支撑。



图 18 电子信息制造企业智能工厂标准群

在智能产线与柔性制造场景，通过设备互联互通类标准，支撑异构装备的协同作业。基于模块化产线设计标准，构建可快速重构的生产单元，支撑产品小批量、多批次生产需求。通过深入应用生产执行系统功能标准，确保复杂工序的精准协同，提升高混合制造环境下的产线适应能力。在精密检测与质量管控场景，基于机器视觉系统技术标准为元器件的外观检测提供统一规范。依托自动化光学检测设备接口标准，实现对焊点质量、元件偏移等缺陷的精准识别。通过质量检测及追溯标准在来料检验、过程控制、成品测试等环节的系统应用，指导建立涵盖消费电子、通信设备等产品的全流程质量追溯体系。在智慧仓储与物流配送场景，通过自动化仓储设备技术标准规范电子元器件防静电存储、温湿度控制等特殊要求。基于物料标识与数据格式标准，指导贵重物料的精准管理与防呆防错。通过实施物流管理系统功能标准，支撑从原材料仓到 SMT 产线的准时化配送，满足电子制造业

对物料齐套性的严苛要求。在能效管理与绿色制造场景中，应用能源计量与监测标准针对洁净车间、恒温恒湿环境等特殊场景进行专项规范。基于设备能效评估标准，指导开展流焊炉、注塑机等高能耗设备的工艺参数的优化与能耗精细管控。

### 3. 电子信息制造企业智能制造标准群应用案例

某电子制造企业构建了包含 5 项核心国家标准的智能制造标准群体系，形成了覆盖工厂建设、计划调度、生产作业、质量管理等七大典型场景的标准实施框架，为电子元器件和新能源产品的数字化工厂建设提供了完整的技术规范。通过《数字化车间 通用技术要求》，建立了设备互联互通的数据采集体系，实现了注塑、组装、测试等产线设备的全面联网；依据《智能工厂安全控制要求》，建立了完善的安全防护体系，确保生产过程的可靠运行。通过标准群的系统化应用，该企业电子制造数字化车间生产效率提升 1 倍，员工劳动强度降低 30%，智能化设备覆盖率超过 90%，设备联网互通率达到 100%，实现了产品全检和全程质量追溯。

## （四）电力设备制造企业智能制造标准群应用实践

### 1. 电力设备制造业特征与转型背景

电力设备制造业产品多为订单驱动的长周期定制装备，结构精密、工艺链条复杂、可靠性要求极高，行业企业智能化建设必须聚焦贯穿设计、制造、检测、服务的“数字连续性”。选取智能工厂、数字化车间、生产过程数据传输、设备互联互通等标准构建智能制造标准群，以标准贯通推动数

据跨系统流程，能够有效解决信息割据困境，助力电力设备行业在提升可靠性与缩短交付周期的双重压力下实现高质量跃升。

## 2. 电力设备制造企业智能制造标准群构成

电力设备制造企业聚焦电力设备制造中大型结构件加工、精密绕线工艺、严格试验要求等特殊需求，构建覆盖设计协同、生产作业、质量管控、仓储物流等核心环节的智能制造标准群。



图 19 电力设备制造企业智能工厂标准群

在设计工艺协同场景，应用智能工厂建设中模块化设计和协同制造条款，指导建立产品设计与工艺设计的并行开发模式。基于统一数据格式标准，支撑产品设计信息在生产制造全流程的结构化传递，支撑复杂结构件的精准制造。在生产作业管控场景，聚焦电力设备制造过程中工序复杂、精度要求高的特点，通过数字化车间和数据传输协议相关标准，指导构建覆盖下料、成型、焊接、装配等全工序的制造执行

体系。**在质量精准管控场景**，通过对对象标识解析系统应用指南和行业标识编码规范，建立覆盖原材料、零部件到成品的统一标识体系，为实现从材料入库、工序流转到成品试验的全流程质量数据追溯提供指引。**在智能仓储物流场景**，应用物流机器人信息系统和智能仓储管理相关标准，构建适应大型结构件特点的物流管理体系。通过规范大型部件的存储规则、转运路径和安全要求，实现对特殊物料的精准管理和高效配送。

### 3. 电力设备制造企业智能制造标准群应用案例

某电力设备企业系统构建了包含 8 项核心标准的智能制造标准群体系，形成了覆盖工厂建设、计划调度、生产作业、质量管理、仓储物流等智能制造典型场景的标准实施框架，为电力设备制造数字化车间建设提供了完整的技术规范。在绕线、绝缘、组装等核心工序，全面贯彻《智能工厂通用技术要求》和《数字化车间通用技术要求》，建立了覆盖全工序的制造执行系统，实现了工艺参数标准化传递、生产进度实时监控和质量数据自动采集。通过《智能制造对象标识解析系统应用指南》及行业标识编码规范，构建了基于“一物一码”的全流程质量追溯体系，实现了从原材料检验到成品试验的质量数据贯通。在物流环节，应用《物流机器人信息系统通用技术规范》，部署了适应大型部件特点的智能配送系统，实现了物料精准配送和实时监控。**通过标准群的系统性应用**，该企业生产效率大幅提升，人均产值增长 55%，订单交付周期从 30—35 天缩短至 12—15 天，缩短幅度达 52%，

实现了产品全流程质量追溯，库存周转次数提升 34%。

## （五）高端装备制造企业智能制造标准群应用实践

### 1. 高端装备制造业特征与转型背景

高端装备制造业具有复杂产品系统、高度定制化、技术密集性强、全生命周期管理要求高的特征，在推进智能制造过程中，面临“异构系统集成难、工艺知识传承难、跨环节协同难”突出挑战。通过构建适应高端装备制造特点的智能制造标准群，统一数据接口、规范业务流程、固化工艺知识，能够推动行业从“经验驱动”转向“模型驱动”、从“制造交付”转向“服务增值”。

### 2. 高端装备制造企业智能制造标准群构成

高端装备制造行业智能制造标准群充分考虑高端装备多品种小批量、制造精度要求高、服役周期长的特殊需求，构建覆盖研发设计、生产制造、运维服务等全生命周期的标准应用体系，形成了支撑行业智能化转型的完整技术规范框架。



图 20 高端装备制造企业智能工厂标准群

**在研发设计协同场景**，通过模块化设计、协同研发等标准，实现三维模型、工艺参数和质量要求的结构化传递，确保设计意图在制造环节的准确落实，为复杂产品的创新研发提供标准支撑。**在精密制造执行场景**，通过设备互联互通、工艺执行监控和质量数据追溯等标准，规范精密制造各环节的技术要求，为复杂零部件的高精度加工提供标准化保障。**在智能运维服务场景**，通过远程运维服务、数据采集传输等标准，实现从制造端到用户端的数据贯通，为产品远程诊断和智能服务提供技术依据。**在系统集成互联场景**，通过系统接口协议、信息安全防护等标准，打破信息孤岛，支撑智能制造体系的协同优化。**在供应链协同场景**，应用供应商管理、物流配送等标准，实现供应链各环节的高效协同，保障复杂产品制造的顺利推进，提升产业链整体竞争力。

### 3. 高端装备制造业智能制造标准群应用案例

某大型高端装备制造企业围绕智能工厂建设需求，构建了包含 19 项核心标准的智能制造标准群体系，形成了具有高端装备特色的智能工厂建设模式。在研发设计场景，依据《智能工厂 通用技术要求》中的模块化设计条款，建设标准化模型库，开展三维参数化驱动设计，实现了产品设计数据的结构化传递和跨部门共享。在生产制造环节，应用《数字化车间通用技术要求》和《数控装备互联互通及互操作》系列标准，构建了覆盖 APS 智能排产、MES 制造执行、DNC/MDC 设备数据采集的数字化生产体系。在质量管控环节，基于《生产过程质量控制 设备状态监测》和《产品生

命周期数据管理规范》，建立了贯穿设计、制造、服务全过程的质量追溯体系，实现了关键零部件质量数据的自动采集和智能分析。在运维服务环节，依据《信息技术 远程运维技术参考模型》和《云制造服务平台应用实施规范》，自主研发了设备远程监测与故障诊断系统，实现了压缩机组运行状态的实时监控和预测性维护。通过标准群的系统性应用，该企业实现了设备故障预警准确率 90%以上，产品研发周期缩短 45%，生产计划达成率提升至 98%，设备综合利用率 OEE 达到 85%以上。