

推进船舶总装建造智能化转型行动计划

(2019-2021 年)

为贯彻落实党中央、国务院关于建设制造强国和海洋强国的决策部署，加快新一代信息通信技术与先进造船技术深度融合，逐步实现船舶设计、建造、管理与服务全生命周期的数字化、网络化、智能化，推动船舶总装建造智能化转型，促进船舶工业高质量发展，打造国际竞争新优势，制定本行动计划。

一、发展现状和形势

随着新一代信息通信技术的快速发展，数字化、网络化、智能化日益成为未来制造业发展的主要趋势，世界主要造船国家纷纷加快智能制造步伐。船舶制造是典型的离散型生产，由于船厂空间尺度大、船舶建造周期相对较长、工艺流程复杂、单件小批量、中间产品种类非标件数量多、物理尺寸差异大、作业环境相对恶劣，对数字化、网络化、智能化技术应用提出了特殊要求。

21 世纪以来，我国船舶工业实现了快速发展，骨干造船企业建立起以中间产品组织生产为特征的现代总装造船模式，并不同程度开展了智能化转型探索工作，取得了一定成效。但是，总体上我国船舶制造业仍处于数字化制造起步阶

段，而且各造船企业发展水平参差不齐，三维数字化工艺设计能力严重不足，关键环节仍以机械化、半自动化装备为主，基础数据缺乏积累、信息集成化水平低等突出问题亟待解决。

我国船舶工业正处在由大到强转变的战略关口，造船企业应在全面建立现代造船模式基础上，把握机遇，顺应趋势，主动作为，努力赶超，推动我国船舶总装建造智能化水平迈上新台阶。

二、总体要求

（一）指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中全会精神，坚持新发展理念，紧密围绕制造强国和海洋强国建设战略目标，以提升造船质量、效率和效益为核心，以全面推进数字化造船为重点，以关键环节智能化改造为切入点，促创新、补短板、强基础、推示范，促进船舶设计、建造、管理与服务数字化网络化集成，加快提升船舶建造技术水平，增强国际竞争力，支撑我国船舶工业由大到强转变。

（二）基本原则

夯实基础，补齐短板。面向行业智能制造发展需求，完善船舶精益制造体系和智能制造标准体系，加强船厂互联网基础设施建设。围绕关键环节，补齐关键技术和柔性化、自

动化、智能化造船装备短板，结合船舶制造特点，充分发挥人与机器智能协同优势。

重点突破，以点带面。立足船舶建造关键薄弱环节，特别是脏、险、难工作，集中优势力量和创新资源，开展重点领域软件系统、硬件装备的研发与应用，构建船舶智能制造单元、智能生产线和智能化车间，通过示范，由点到面推进实施，带动行业技术进步与节能环保水平提升。

协同创新，开放融合。构建产学研用协同创新机制，促进关键技术和工艺、智能制造装备和发展模式的创新突破。坚持军民融合、跨界融合，建立开放高效、合作共赢的智能制造生态体系，在标准制定、人才培养等方面加强国内外交流合作。

远近结合，分类施策。强化顶层设计，着眼长远，体系布局，着眼当前急需，推动试点先行。结合造船企业自身基础和条件，选择适合发展路径，通过填平补齐、升级改造等多种方式有序推进。

（三）主要目标

经过三年努力，船舶智能制造技术创新体系和标准体系初步建立，切割、成形、焊接和涂装等脏险难作业过程劳动强度大幅降低，作业人员明显减少，造船企业管理精细化和信息集成化水平显著提高，2—3家标杆企业率先建成若干具有国际先进水平的智能单元、智能生产线和智能化车间，骨

干企业基本实现数字化造船，实现每修正总吨工时消耗降低20%以上，单位修正总吨综合能耗降低10%，建造质量与效率达到国际先进水平，为建设智能船厂奠定坚实基础。

——**突破一批关键技术和智能制造装备。**突破总体、设计、工艺、管控和决策等5类船舶智能制造关键技术；攻克船体零件智能理料、船体零件自由边智能打磨、小组立智能焊接、中组立智能焊接、分段外板智能喷涂、管件智能加工等6种船舶智能制造短板装备。

——**形成一批智能制造标准和平台。**制修订船舶智能制造标准20项以上，建设试验验证平台4个以上、公共服务平台3个以上。

——**建成一批智能制造单元、智能生产线和智能化车间。**形成型材加工、板材加工、分段喷砂除锈、分段涂装以及VOC处理等智能制造单元，建成型材切割、小组立、中组立、平面分段、管子加工、构件自由边打磨等6种船舶中间产品智能生产线，以及分段制造、管子加工、分段涂装等船舶智能化车间。

三、重点任务

（一）攻克智能制造关键共性技术和短板装备

1.突破船舶智能制造关键共性技术。面向智能制造单元、智能生产线、智能车间建设，加快物联网、大数据、虚拟仿真、系统协同、人工智能等技术应用，突破船舶智能制造总

体技术、工艺设计、智能管控、智能决策等一批关键共性技术；研发船舶智能制造核心支撑软件，构建船舶行业工业软件体系。

专栏 1 船舶智能制造关键共性技术研发重点

智能制造总体技术。重点研究并突破船舶智能制造新模式、船舶车间（船体分段、管子加工、分段涂装等）智能制造解决方案、船舶典型中间产品（型材、条材、小组立、中组立、平面分段及管子加工）生产线设计集成与控制技术、统一数据库集成技术等。

智能化工艺设计技术。重点研究并突破面向智能制造的船体构件加工成形工艺设计技术、中小组立焊接工艺设计技术、船体分段外板涂装工艺设计技术、管子法兰焊接工艺设计技术等。

智能制造工艺技术。重点研究并突破面向智能制造的船体构件切割和成形工艺、复杂构件焊接工艺、船体分段涂装工艺、船体结构装配工艺、管子装配焊接工艺、舾装件精准安装工艺、船舶工艺知识库等技术。

制造过程智能管控技术。重点研究并突破物料统一编码及管理技术、无接触式（如激光）在线自动检测技术、生产现场信息实时传输/存储/处理技术、车间作业计划排产与自适应调整技术、物流实时管控技术、船舶制造精度和品质管控技术、船舶工业云平台技术等。

关键制造环节智能决策技术。重点研究并突破船体结构视觉识别与自动寻定位技术、焊接机器人自适应控制技术、船舶智能制造多机器人协同作业技术、智能制造装备在线标定与误差补偿技术、船舶智能制造质量在位检测技术等。

智能制造工业软件。重点研发基于统一模型的三维设计软件、数值分析与可视化仿真软件、基于数据驱动的工艺及生产物流仿真软件、车间制造执行系统（MES）和制造运营管理（MOM）系统软件、大数据管理和实时数据智能处理系统软件等。

2. 研制关键环节智能短板装备。针对船舶分段制造过程

中的船体零件切割、成形、焊接、涂装等脏险难与简单重复的作业过程，以及检测与装配、物流与仓储等关键环节，以船舶智能制造单元、智能生产线建设需求为牵引，研制一批造船专用智能制造装备，实现工程应用和产业化，支撑造船关键工序的自动化、数字化、智能化作业。

专栏 2 船舶智能短板装备研制重点

智能切割成形装备。型材智能切割装备、船体零件理料与打磨智能化装备、肋骨与曲板三维成形智能化装备等。

智能装配焊接装备。小组立智能化焊接装备、中组立智能化焊接装备、管子法兰智能化装焊装备、高功率激光复合焊接装备等。

智能涂装装备。VOC 高效节能智能处理装置、智能无尘喷砂除锈装置和船体智能外板涂装装备等。

智能物流和仓储装备。船体零件识别与自动分拣装备、船舶托盘运输 AGV 小车等。

（二）夯实船舶智能制造基础

3.推进基础管控精细化、数字化。系统构建涵盖船舶制造全过程的中间产品体系和中间产品壳舾涂完整性标准；实行拉动式工程计划管理，制定中间产品生产期量标准，建立适应智能化造船新模式的工时管理系统，实现量化的精益管理；构建企业造船精度补偿模型及数据库，推进以补偿量替代余量，将造船精度控制从船体搭载工序向切割加工工序、从船体工程向舾装工程延伸扩展，推进全工艺过程的无余量

制造。

4.构建船厂信息基础设施。改造船厂企业内网络，实现船舶设计、制造、管理和服务等各类系统的互联互通；加快工业互联网标识解析集成创新应用，推进（设计）数字流、（人员）工时流、物流、资金流、能耗、设备、人员等船舶制造过程海量多源异构数据信息的实时采集与传输，形成高效可靠的船厂工业互联网网络基础设施，加强企业网络与数据安全能力建设；全力推动船舶设计、制造、管理和服务等云服务平台建设，推动企业信息集成与产业链协同运营。

专栏3 船厂信息基础设施建设重点

船厂网络基础。利用光纤通信、4G/5G移动通信、短距离无线通信以及现场总线、工业以太网、工业无线等通信网络技术，建设改造企业内外网络，加强卫星通信和定位系统应用，实现对船厂数据进行全方位采集和传输。

船舶建造多源数据采集系统。建立包含实时数据采集、结构化和非结构化数据采集系统，为大数据技术应用提供数据基础。重点解决基于物联网技术，实现船舶建造进度、质量、设备状态、能源消耗、物流、人员定位、车辆跟踪、设备监控等的实时数据采集。

船舶制造云平台。逐步打造船舶行业云平台，形成覆盖行业产业链的云应用集群，突破地域、组织、技术的界限，整合集聚、开放、共享各类要素和资源，推动制造资源对接和优化配置，打通产业链上下游信息流、业务流、资金流，推动产业链协同创新和生态化发展，促进云制造、智能工厂、个性化定制、服务型制造等新型制造模式的形成。

5.建立船舶智能制造标准体系。对接国家智能制造标准

体系，针对船舶工业特点，构建船舶智能制造标准体系。按照急用先行原则，着重围绕船舶智能车间，从总体规划、智能设计、智能工艺、智能装备、智能管理和互联互通等六个方面推进智能制造标准研究，构建标准试验验证平台（系统），开展技术规范、标准全过程试验验证，形成有力标准支撑。

专栏 4 船舶智能制造标准体系建设重点

船舶智能制造基础共性标准。包括术语、符号、编码、标识、模型、元数据与数据字典等标准，信息安全、数据安全、网络安全、系统安全、功能安全等标准，检测要求、检测设备、指标体系、评价方法等标准。

船舶产品协同设计标准。包括设计出图、数据生成、几何信息和属性信息、模型命名、编码原则等标准；厂所协同、数据协同等标准；模型定义、模型简化及处理、模型分类及输出等标准。

船舶智能化工艺设计标准。包括数字化工艺设计完整性及三维建模要求、三维模型设计数据交换标准及数据接口标准、船体构件智能化加工、装配及焊接工艺设计要求、面向智能制造的产品数据管理要求、建造过程工艺仿真要求、面向现场作业的三维作业指导书编制要求等。

船舶智能工艺标准。包括智能工艺检测标准，工艺知识建模、工艺知识数据库设计、工艺决策评价、工艺信息集成等工艺规范，型材加工、曲板冷热加工、对接缝焊接、平直构件焊接、船体分段焊接、管子制作、智能涂装、涂层智能检测等典型作业环节工艺规范。

智能装备标准。包括等离子切割机、型材智能切割装备、曲板数控成形装备等切割加工装备，CO₂半自动焊机、组立智能焊接装备等焊接装备的识别与传感标准、数据接口标准、控制系统标准。

智能管理标准。包括船体分段智能车间设计工艺仿真与信息集成应用、中间产品制造精度管控、作业计划编制、仓储物资分类与编码、信息采集与管控、质量管控、车间 MES 与 ERP/PDM 集成等标准。

互联互通标准。包括智能车间信息感知通用要求、组网要求、数据传输要求、数据存储要求以及大数据应用准则等。

船舶智能车间总体规划标准。包括船舶智能车间总体技术要求、车间工艺布局要求、以及预处理流水线、型材智能切割生产线、小组立智能生产线、中组立智能生产线、平面分段智能生产线等智能生产线技术要求。

(三) 推进全三维数字化设计

6.推进基于模型的数字化设计体系建设。研究并建立统一的设计标准、工具集、基础资源库和管理流程，形成三维数字化设计与工艺设计的软件系统，打通从三维设计到生产现场的交互数据流，推进面向现场作业的三维工艺可视化仿真，促进基于模型的设计/工艺/制造协同。

7.推进船舶产品数据管理信息化。研究并掌握面向智能制造的船舶产品数据组织、船舶生产设计系统数据集成、精细化工时物量管理、设计工艺信息管理、设计及物资编码映射、工时物量与任务包/工作指令（WP/WO）的关联等关键技术，形成面向智能制造应用的船舶产品数据管理系统（PDM），提升船舶设计数据管理水平，加快生产设计数据的统一管理和集成应用。

8.推进三维数字化交付。基于船舶单一数据源，应用三维可视化技术，建立包含设计信息、图纸审查信息、工艺信息、运维信息等要素的一体化三维数字化模型，打通船舶全生命周期数据链，推进基于一体化数据源的全要素、全生命

周期设计、送审、建造、检验、管理、运维，适应船东运营数据要求，推动完工产品数字化交付。

专栏 5 推进全三维数字化设计工作重点

初步设计、详细设计与生产设计协同。提出基于统一数据库的三维模型初步设计、详细设计方法、三维模型送审模式及三维审图方法，推出送、退审三维模型数据规范及数据接口标准，实现基于三维模型的初步设计、详细设计及审图；掌握面向生产设计的分段生成、典型船体结构详细与生产设计模型协同、管系和电气原理设计与生产设计协同等关键技术，形成详细设计与生产设计模型数据无缝对接，实现船舶详细设计与生产设计业务与系统的集成协同。

船舶智能化工艺设计。研究建立多型设计软件的模型导出接口软件、焊接工艺及路径自动规划软件、基于三维模型的焊接工艺离线编程、基于激光扫描的在线编程软件系统，支撑船舶钢材切割、中小组立焊接、分段涂装等智能化作业。

船舶智能制造工艺及数据库应用。围绕型材加工、板材加工、管材加工装配与焊接、零部件铸锻加工、零部件装配与焊接以及分段涂装等关键环节工艺，建立三维设计智能工艺数据库，有效管理新工艺，满足船舶智能制造对工艺的精准使用需求。

面向现场作业的三维工艺可视化仿真。掌握基于三维模型的工艺可视化设计、大规模产品设计数据组织与存储等关键技术，构建船舶三维作业指导系统与车间三维作业指导平台，打造基于三维模型的船舶工艺指导新模式，提高船舶建造效率。

船舶产品数据管理系统。突破船舶生产设计数据组织、船舶生产设计系统数据集成、精细化工时物量管理、设计工艺信息管理、设计及物资编码映射、工时物量与 WP/WO 的关联等技术，构建产品数据管理系统。

（四）加快智能车间建设

9.持续优化造船工艺流程。以船舶制造的加工、配送、装配、焊接、涂装等关键环节为重点，推进车间总体设计、工艺流程及布局的数字化建模，分析优化适应智能制造需求的各工序、生产线、车间的工艺流程与端到端数据流，实现物流与信息流的有机统一；结合与生产工位功能相匹配的专用工装和自动化、智能化装备，构建人员、设备与信息相协调的生产工位；运用大数据技术对生产过程中不断产生的海量数据进行分析挖掘，实现造船工艺流程的持续优化和改进。

10.加快中间产品智能生产线建设。以船舶分段制造为重点，强化底层设备数字化网络化改造，全面推进船舶中间产品流水线的数字化、智能化升级改造与建设，逐步实现零件、小组立、中组立、平面分段、管子等各类中间产品数字化、智能化流水式批量生产。

11.建设车间制造执行系统。以企业资源计划（ERP）平台为基础，加快推进智能车间制造执行系统（MES）建设，实现船舶车间计划、调度、设备、生产、效能的全过程闭环管理，并与企业资源计划平台实现高效的协同与集成。

12.推动数字化车间应用示范。推进车间互联互通平台、车间智能管控系统建设，形成集计划管理、过程协同、设备管控、资源优化、质量控制、决策支持等功能于一体的智能化车间，并在船体分段、管子加工、分段涂装等关键环节加

快应用示范，树立行业标杆。

（五）推动造船数字化集成与服务

13.推进设计生产管理一体化信息集成。基于一体化数据源，全面集成产品数据管理系统（PDM）、企业资源规划系统（ERP）和制造执行系统（MES），打通设计、制造、管理与服务的信息通道，实现设计、生产和管理等关键环节的信息集成和持续优化。

14.加强造船产业链信息集成。推进船舶行业工业互联网建设，加快客户关系管理、供应链管理、远程运维服务等系统的推广应用，逐步打通与船东、设计公司、船检、供应商间的信息链条，为实现企业间无缝合作以及有效的信息集成与管控，发展服务型制造打下坚实的基础。

15.探索造船大数据分析决策。搭建船舶建造过程大数据平台，推动船舶制造过程大数据的存储、分析、可视化、模式识别、人工智能决策等技术的研发与创新应用，为智能装备运行、车间智能管控和企业智能决策等提供技术支撑，显著提升船厂生产过程决策水平和管理效率。

四、保障措施

（一）加强组织协调。加强政府、行业组织、企业等多方联动，有效利用中央、地方和其他社会资源，加快协同推进。鼓励各地区结合当地实际，研究制定相关配套支持政策。充分发挥行业中介组织、专业机构在加强政策宣贯、企业评

估、技术指导、交流合作、成果应用推广等方面的平台作用，引导造船企业加快智能化转型。造船企业（集团）要结合实际情况，制定具体行动方案，加强组织领导，确保各项任务落到实处。

（二）强化创新和示范应用的支持力度。充分利用现有渠道，加大对船舶智能制造关键技术研究、标准制定、智能制造装备研制、工业软件开发以及行业性大数据中心建设等方面的支持力度。支持智能化试验验证平台建设，开展船舶智能制造工艺、装备、软件、关键技术、标准等验证，鼓励其发展成为行业公共服务平台。鼓励造船企业积极协同装备生产企业，建立创新联合体，加快智能制造短板装备的研发、工程化和产业化。充分利用首台（套）重大技术装备、工业互联网示范应用有关政策，促进船舶智能制造装备创新应用。

（三）加大金融支持力度。鼓励政策性银行和开发性金融机构加大对船舶总装建造智能化转型的融资支持力度。鼓励商业性金融机构在风险可控、商业可持续的基础上，为船舶智能制造项目提供融资条件。鼓励建立船舶智能制造发展基金，引导社会资本参与船舶智能制造关键技术和装备的研发及产业化推广应用。

（四）大力培育系统解决方案供应商。面向船舶智能制造发展需求，推动造船企业与智能制造装备、自动化、信息技术等不同领域企业开展分工合作与协同创新。依托中国智

能制造系统解决方案供应商联盟船舶行业分盟，探索船舶行业系统解决方案供应商推荐与工作机制，逐步培育若干在国内外具有一定影响力的船舶行业智能制造系统解决方案供应商，提升船舶智能制造创新服务能力。

（五）加强人才队伍建设。鼓励支持有条件的高校、院所、企业建设船舶智能制造实训平台，开展相关管理人才和技能人才的培养。鼓励高校开展船舶智能制造学科体系和人才培养体系建设，建立船舶智能制造人才需求预测和信息服务平台。鼓励骨干企业依托国家重大科研项目和示范应用工程等，引进和培养船舶智能制造高层次领军人才。

（六）深化国际交流合作。围绕船舶智能制造技术及装备研发、标准制定和示范应用等，鼓励造船企业、科研院所与国外相关机构开展多层面、全方位、跨行业的技术交流与合作。同时，积极参与相关国际规则规范标准的研究制定，推动我国船舶工业智能制造水平大幅提升。