

# 工业互联网与船舶行业 融合应用参考指南 (2025年)





## 编写说明

工业互联网作为新一代信息技术和实体经济深度融合的产物，是产业数字化转型的核心方法论，更是推进数实融合与新型工业化的战略性基础设施和重要驱动力。工业互联网的创新发展极大地促进了新兴融合技术产业的发展，核心产业规模实现高速增长，成为了数字产业化的新引擎。与此同时，工业互联网深度作用于制造业数字化转型的全环节，通过模式创新、流程再造、服务延伸等重塑制造业传统的研发范式、生产方式、管理形式和组织形态，让数字技术更大范围、更宽领域、更深层次赋能于实体经济，加速释放更大的外溢效应、乘数效应，打造经济新增长极。

党中央、国务院高度重视工业互联网发展。近年来，在政产学研用各方的共同努力下，我国工业互联网发展逐渐形成了自己的认识体系、实现路径和实践成果，构建了“中央举旗定向、政府引导规划、地方务实推进、产业联动发展”的中国模式，形成了“巩固、提升、创新”并行推进的中国方案，打造了“5G+工业互联网”、5G工厂等中国品牌。工业互联网新型基础设施体系不断完善，深度融入49个国民经济大类，2024年核心产业规模达到1.53万亿元，为经济社会发展注入强大动力。

船舶行业是保障国家安全和维护海洋权益的重要工业基础，信息化基础扎实，转型需求急迫且难度适宜，是促进

工业互联网融合应用的重点行业。近年来，船舶行业不断推进工业互联网建设实践，提质、增效、降本、绿色、安全发展取得积极成效，数字化车间、“5G+工业互联网”和5G工厂示范标杆不断涌现。为加快推进工业互联网与船舶行业融合创新应用，促进行业转型升级与高质量发展，在工业和信息化部信息通信管理局和装备工业二司的指导下，工业互联网产业联盟会同产业界各方共同研究编制了《工业互联网与船舶行业融合应用参考指南》，旨在为工业互联网与船舶行业融合过程中的需求场景识别、应用模式打造、关键系统构建和组织实施方法提供参考借鉴。

当前工业互联网与船舶行业融合应用总体还处于发展阶段，我们对实施路径的探索也还是初步和阶段性的，后续我们将根据实践情况和来自各界的反馈意见，在持续深入研究的基础上适时修订和发布新版报告。

# 目 录

一、总则 .....	1
(一) 适用范围 .....	1
(二) 编制目的 .....	1
(三) 编制框架 .....	2
二、工业互联网与船舶行业融合应用需求 .....	3
(一) 船舶行业数字化转型现状 .....	3
(二) 融合应用需求 .....	4
三、工业互联网与船舶行业融合应用模式 .....	9
(一) 融合应用总体视图 .....	9
(二) 融合应用创新场景 .....	10
四、工业互联网建设实施部署 .....	37
(一) 融合创新实施架构 .....	37
(二) 工业互联网网络设施建设 .....	39
(三) 工业互联网标识解析体系建设 .....	44
(四) 工业互联网平台建设 .....	49
(五) 工业互联网安全防护体系建设 .....	57
(六) 数据治理体系建设 .....	62
(七) 典型场景下工业互联网建设部署 .....	65
五、实施流程与要素保障 .....	86
(一) 基本原则 .....	86

(二) 实施流程 .....	86
(三) 要素保障 .....	90
附件 1 典型场景及解决方案案例 .....	92
附件 2 专业术语解释 .....	108
编写单位 .....	116

## 一、总则

### （一）适用范围

船舶制造业是指“船舶及相关装置制造”【国民经济行业分类（GB/T4754—2017）行业代码 373】，包括金属船舶制造、非金属船舶制造、娱乐船和运动船制造、船用配套设备制造、船舶改装、船舶拆除、海洋工程装备制造、航标器材及其他相关装置制造。从产业链角度看，船舶行业上游是各类原材料及配套设备，主要包括钢材、有色金属、复合材料、动力装置、电力设备等；中游是船舶制造；下游为航运、国防军工、海洋资源开发等船舶应用领域及租赁、维修等船舶服务环节。其中，船舶制造是核心环节，围绕船舶制造，船舶行业形成复杂多元的行业链条。本指南主要聚焦中游船舶制造环节，既适用于具有良好自动化、信息化基础的大型船舶制造企业，也适用于数字化基础较弱，但有进一步改造提升需求的中小船舶企业。

### （二）编制目的

近年来，基于国内外发展形势和自身转型升级需求，我国船舶行业不断推进工业互联网建设与实践，打造了一批数字化车间、智能工厂和“5G+工业互联网”示范项目，提质、降本、增效、绿色发展成效初显。但同时也应看到，目前工业互联网在船舶行业的应用仍以点状探索为主，行业整体应用赋能效果不明显。基于此，指南深入分析船舶行业数字化转型需求，梳理形成工业互联网赋能船舶行业数字化转型典型场景，指出应建设的数字化能力，同时充分结合工业互联

网体系架构设计方法，总结提炼国内外先进经验，形成一套工业互联网与船舶行业融合应用方法论，为船舶企业转型提供有益参考，促进我国船舶行业迈向高端化、智能化、绿色化。

### **（三）编制框架**

指南共分为五个部分。第一部分为总则，明确指南适用范围、编制目的与结构框架。第二部分从船舶行业数字化转型现状与面临挑战出发，描述船舶行业与工业互联网融合应用需求。第三部分面向船舶行业数字化转型需求和工业互联网赋能模式，研究形成工业互联网赋能船舶行业数字化转型典型应用场景。第四部分说明为满足需求应建设的数字化能力，由此导出工业互联网实施总体架构与建设内容，同时深入剖析工业互联网网络、标识、平台、安全和数据等部署实施路径，并结合具体场景给出建设实施要点。第五部分总结船舶企业应用工业互联网开展数字化转型的方法步骤。最后围绕工业互联网赋能船舶行业数字化转型典型场景，梳理形成典型解决方案案例，为企业推动工业互联网建设提供参考。

## 二、工业互联网与船舶行业融合应用需求

### （一）船舶行业数字化转型现状

近年来，基于国内外发展形势和自身转型升级需求，我国船舶行业在核心基础设施不断提升的基础上，积极探索人工智能、大数据、虚拟仿真、工业互联网、5G、数字孪生等数字技术的应用，并取得一定成效。一是基于自动化及智能化技术部署了一批智能装备，建设了智能下料、切割、焊接等生产线，在船体零件自由边智能打磨、船体零件智能下料理料、中小组立智能焊接等装备方面已有较多案例。二是基于信息感知、物联网、数据融合等技术，开展了车间智能感知、车间组网、基于三维模型的海量数据传输、海量异构数据融合等技术研究，构建了互联互通的车间基础平台，实现了车间三维模型、工艺文件、计划管控等数据的互联互通；在骨干船厂开展了基于5G融合网络的关键设备互联、质量精度在线检测、中间产品状态跟踪、5G+AR辅助装配场景的5G试点应用，大幅提升了分段车间切割机、焊机联网率，并通过智能货柜的建设，极大提升了仓库的利用率和进出库效率。三是基于虚拟仿真技术，完成了数字化设计与建模、生产流程与物流仿真、数控工艺装备仿真、三维模型下发至工位指导作业等方面的试点应用。骨干船厂多数具备3D建模能力，并实现了3D模型中心的建设，在标准部件库等方面已有成效。四是基于大数据技术，在船舶智能派工管控协同优化、造船分段物流模式分析和智能优化、基于能耗历史数据的智能能源管控等方面开展应用，促进大数据技术在船

舶行业领域的逐步推进，提升船厂科学决策能力与水平，提升企业竞争力。**五是**基于信息软件技术，骨干船厂已开始建设打通设计、采购、生产等关键环节的全生命周期生产管理系统，搭配现场生产执行、能源管理、资产管理、人脸识别门禁等系统的应用，尝试建立软硬结合的数字化工厂。

## **（二）融合应用需求**

虽然船舶行业在数字化转型方面已取得一定进展，但仍面临数字化转型支撑体系建设尚不完善、数据孤岛现象普遍存在、数据资产积累意识不足、上下游企业数字化水平不同步等诸多挑战。工业互联网作为新一代信息技术和实体经济深度融合的产物，是产业数字化转型的核心方法论，更是推进数实融合的战略基础设施和重要驱动力。工业互联网深度作用于船舶制造数字化转型的全环节，通过模式创新、流程再造、服务延伸等重塑船舶行业传统的研发范式、生产方式、管理形式和组织形态，让数字技术更大范围、更宽领域、更深层次赋能于船舶制造全流程，助力打造智能、绿色、安全的生产体系，推动船舶行业数字化转型。

**一是船舶行业研发设计专业多、协作面广，需通过工业互联网提升数字化研发效率和水平。**船舶研发设计环节复杂，专业多、阶段多、流程多、涉及地域分散，传统设计模式存在各专业协同不足、多阶段重复建模和产品数据多源等问题，导致设计效率低下，工艺信息不完整。企业可借助工业互联网实现数字化协同设计，提升研发设计质量与效率。其一，基于工业互联网平台打造覆盖船舶初步设计、详细设

计、生产设计等业务，驱动设计从“串行模式”向数字化“并行模式”转型，实现院所之间、专业之间全面协同。其二，依托工业互联网平台构建面向多专业的三维数字样船进行工艺设计，结合仿真软件开展船舶建造全过程工艺仿真，预测工艺设计缺陷并优化改进，提高工艺设计质量与效率。其三，工业互联网可融合人工智能、机器学习、大数据等技术，沉淀船舶各专业设计知识模型，开展船舶智能设计应用，减少研发设计周期，降低设计差错，驱动船舶设计创新。

**二是船舶行业生产工序复杂、制造模式离散，需利用工业互联网提升生产效率。**船舶产品结构多元化、制造过程复杂，生产过程涉及众多环节与部门间的紧密协作，传统生产方式往往依赖于经验判断和人工调度，难以对人、机、料、法、环等生产要素做到全方位实时掌控和精准调度，导致生产周期延长，库存积压或短缺，生产效能偏低。借助工业互联网，船舶企业能够实现生产流程的数字化与智能化管理。其一，工业互联网平台能够集成设计、采购、生产、物流等各个环节数据，实现跨部门的信息共享与协同作业，支撑构建以数据驱动的生产计划排程、资源协同调度、精细化派工等数字化管控体系，实现均衡、连续、高效的数字化精益生产，提高生产效率。其二，工业互联网结合物联网技术可对生产设备进行实时监控，掌握设备状态、预测设备故障，实现设备最大化利用和预测性维护，减少资源浪费和停机造成的生产延误，提升设备利用率和生产效率。

**三是船舶行业建造周期长、精度控制难度大，需依托工**

**业互联网开展产品质量监测与追溯，提升产品质量。**船舶作为物流贸易的重要工具，具有产品结构复杂、零部件数量多等特点，制造过程涉及多个渠道供应的多种零部件及材料的加工、组装，对质量要求极为严格。工业互联网能够整合供应链上下游企业质量信息，实现产品质量的有效管控和追溯，并对船舶制造过程中的关键工序和零部件进行质量智能检测与分析。其一，基于工业互联网平台连接供应商、船厂等各个节点，实时汇聚船舶制造过程中的关键质量数据。其二，利用工业互联网平台关联不同制造环节的质量信息，实现质量信息的全程可追溯。其三，结合大数据分析和人工智能技术，快速识别产品异常情况或潜在质量缺陷，增强质量管控的精准性和响应速度，减少产品不良率。

**四是船舶行业生产具有高复杂性、高风险性特点，需通过工业互联网助力优化生产环境，提升安全生产水平，降低生产风险。**船舶制造涉及多个工序和环节，需要复杂的机械设备和人力配合，制造过程中可能面临高温、高压、高空、有毒有害物质等危险，一旦发生事故后果严重，因而企业需要借助数字化手段加强安全生产新型能力建设，支撑安全生产全过程、全要素的连接和融合，提升安全生产管理能力。工业互联网集成物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术，实现船舶企业安全生产的智能化监控与预防。其一，工业互联网结合物联网技术实现生产环节的实时监控，帮助管理人员第一时间发现潜在的安全隐患，提前做出预警和处置。其二，工业互联网集成大数据分析与人工智能技术提升

风险预测能力，帮助企业全面评估生产过程中的各类风险因素，提前识别潜在安全隐患和风险趋势，优化生产调度和安全管理策略。其三，工业互联网集成智能化的应急管理决策支持系统加强事故应对能力，当安全事故发生时，工业互联网能够快速响应，利用实时数据流和智能决策系统提供科学、精准的应急预案。

**五是船舶行业能源高效利用、绿色可持续发展需求迫切，需依托工业互联网提升能源利用率和减排能力，实现绿色生产。**船舶行业要实现“双碳目标”，亟需加快产品体系、制造体系、供应链体系的绿色转型。其一，利用工业互联网智能协同与优化能力，提升船舶设计建造协同管控、工艺参数优化、智能装备运行优化等水平，减少工序间协同不足、工艺不先进、装备老旧导致的高能耗。其二，借助工业互联网平台开发能源精细化智能化管控应用，实现能源高效管控、优化调度、动态平衡，降低能源传输、过度供能的浪费。其三，发挥工业互联网智能监测与优化调控能力，加强 VOCs 全过程智能化管控，实现 VOCs 装置在线监测、预警、智能控制，降低能源消耗和碳排放。

**六是船舶行业配套产品数量多、供应链复杂，需通过工业互联网提高船舶行业供应链协同效率和韧性，推动全产业链数字化转型。**船舶行业生产制造周期长，供应链复杂，企业间和业务外包的合作越来越广泛，企业竞争由单一企业之间的竞争转向企业所在供应链之间的竞争。基于工业互联网的供应链协同体系，通过整合供应链上各节点企业间的合作

与分工，使整个链上的物流、信息流、资金流集成化与合理化，最终形成供应链高效协同，实现资源优化配置。其一，工业互联网融合传感器、物联网设备和实时数据采集技术，为船舶行业的供应链提供全面数据支持，使得供应链各个环节、各个企业之间的运作情况更加透明。通过实时监控物流、库存、生产进度等关键数据，帮助企业识别供应链中潜在瓶颈或风险点，并及时采取有效预防措施，从而提高供应链韧性。其二，通过工业互联网平台高效协同产业链上下游，对图纸送审、需求采购、仓储物流、可信溯源等环节实现数据共享，驱动全供应链数字化转型。

需要注意的是，工业互联网是支撑船舶行业数字化、网络化、智能化发展的基础设施，行业整体转型升级还需在其自身产品、设计、工艺、装备、管理等各领域发展进步的基础上，融合大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，推动产业高端化、智能化、绿色化发展。

### 三、工业互联网与船舶行业融合应用模式

#### (一) 融合应用总体视图

面向船舶行业数字化转型需求，以数字赋能推动提质降本增效为目标，以精益理念为基础，以数字化、网络化、智能化造船为主线，推进工业互联网与船舶行业融合发展。通过构建“155N”的工业互联网与船舶行业融合应用发展战略，即围绕“1”个目标，夯实“5”个基础，加强“5”项保障，形成“N”个应用场景，全面提升船舶行业设计、生产、管理等各个环节的数字化水平，促进船舶行业高质量发展，打造数字化水平世界领先的现代化船舶制造体系。



图 3-1 工业互联网与船舶行业融合应用总体视图

**“1”个目标：**以推动建设高效、安全、绿色的现代化船舶制造体系为目标，通过海量数据采集、汇聚、分析、挖掘等，充分发挥大数据资源效益，全面激发数据要素价值，构建数据驱动的智能分析与决策优化能力，为建设现代化船舶制造体系全方位赋能。

**“5”个基础：**围绕数据、网络、标识、平台、安全构建工业互联网基础能力，为船舶行业数字化发展提供一体化

服务能力支撑。

**“5”项保障：**构建组织、制度、资金、人才和文化保障体系，全方位保障船舶行业数字化转型有序、高效推进。

**“N”大应用场景：**在船舶研发、生产、管理等关键环节打造各类智能化融合应用场景，加速模式业态创新，形成工业互联网赋能船舶行业数字化转型的最终价值。

## **（二）融合应用创新场景**

工业互联网赋能船舶行业形成平台化设计、智能化制造、网络化协同、服务化延伸、数字化管理、可视化治理及精细化投融七大应用模式，覆盖 31 个应用场景，初步形成 86 个具体应用。

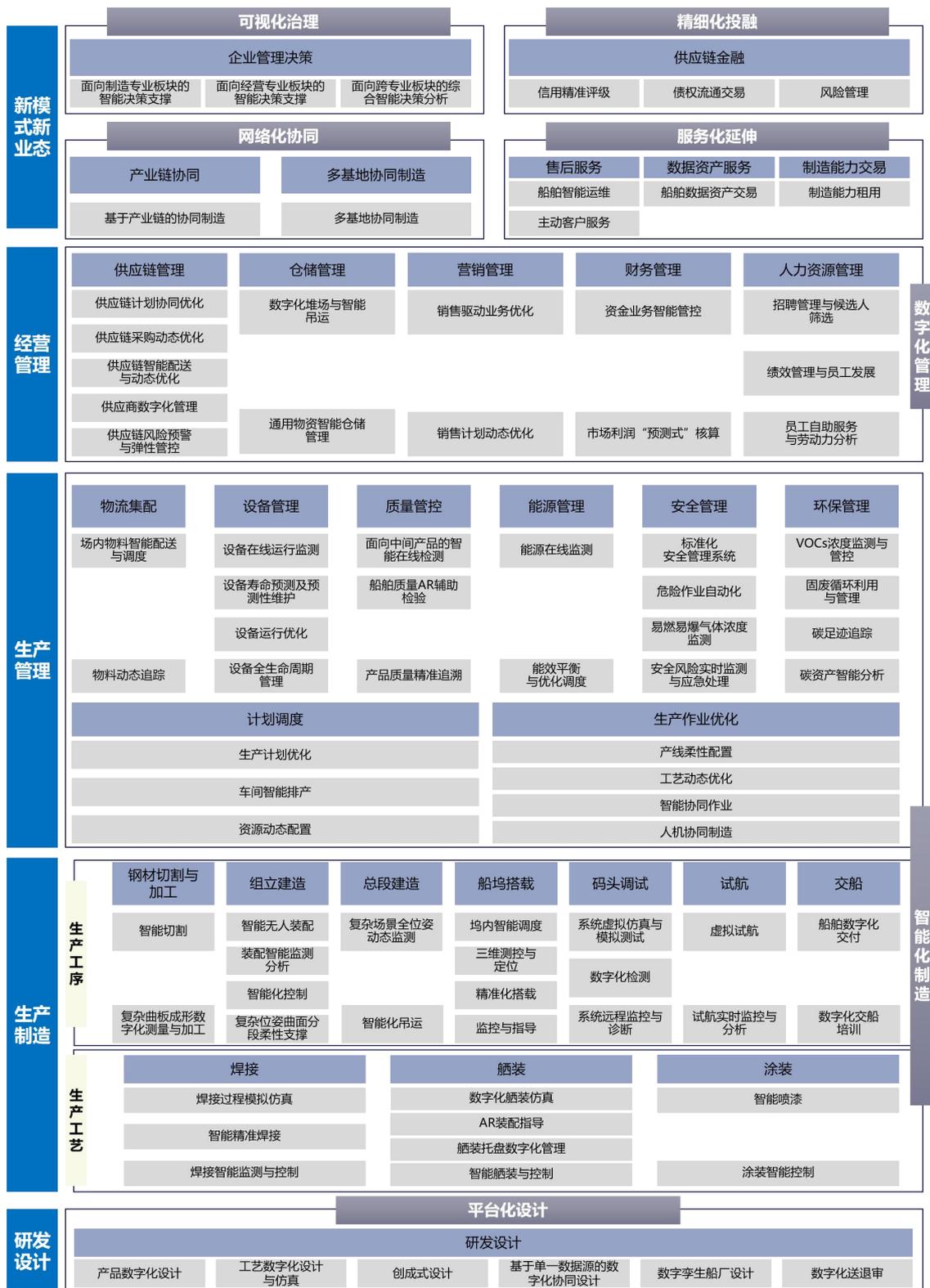


图 3-2 工业互联网与船舶行业融合应用场景总览

## **1.平台化设计**

将船舶行业工厂建设规划和产品详细设计、生产设计等各类信息以数字化模型等形式表达，依托工业互联网汇聚人员、算法、模型等设计资源，结合人工智能、虚拟现实等新一代信息技术，实现高水平高效率的并行设计、敏捷设计、交互设计和基于模型的设计，变革传统设计方式，提升研发效率。

### **(1) 产品数字化设计**

企业依托工业互联网，结合 CAD、CAE 等软件快速直观构建船舶零部件和总体结构，利用虚拟仿真技术，基于专家知识库，开展船舶模型流体仿真、结构仿真和干涉检查等测试，高效评估优化船舶产品性能，提升研发效率，减少试错成本。

### **(2) 工艺数字化设计与仿真**

传统的“三维模型+二维图纸”工艺设计模式难以确保工艺信息的完整性和一致性，进而影响工艺设计的准确度与效率。企业基于工业互联网，应用工艺设计、仿真软件、工艺惯例库和工艺知识图谱，建立加工、装配、检测、物流等工艺模型，开展船舶零件加工、部件焊接与组装等关键环节仿真，预测工艺设计缺陷并优化改进，提高设计准确度与效率。

### **(3) 创成式设计**

面向船舶研发周期长、设计工作负荷大等问题，企业可利用工业互联网集成船舶行业专业大模型，根据船舶功能需

求、结构限制、法规标准和材料特性等参数，自动生成并优化输出最优设计方案，降低设计迭代成本，加速船舶设计创新，实现智能化、高效化的设计流程。

#### **（4）基于单一数据源的数字化协同设计**

船舶研发设计环节复杂，涉及物料多、专业多、流程多且研发数据应用环节多。传统的独立设计模式，在设计环节联通、跨专业对接、设计模型变更等方面存在数据交流不畅、企业协同水平不足、多阶段重复建模等问题。企业依托工业互联网平台，集成船舶外观与结构、属性与性能等数据，基于上下游统一共享的三维数据标准和面向多场景需求的建模规范，构建面向多专业的三维数字样船，以单一产品数据源为主线，实现各项设计工作跨部门、跨企业、跨区域协同。

##### **案例 1：基于三维模型的协同设计**

沪东中华造船（集团）有限公司自主研发的船舶产品三维设计系统 SPD，以船舶产品数据模型为中心，采用规则驱动方式进行三维设计。模型间具有完整的拓扑关系和工艺设计信息，能够满足船舶总体、结构、管系、风管、电气、铁舾件、内舾、涂装等专业三维全数字化设计需求。在船舶初步设计阶段，系统引入复杂曲面及实体造型技术，实现曲面设计、舱室设计、设备综合布置模块的研发，为用户提供船型快速设计与变更的能力。在详细设计阶段，HDSPD 秉承“一模到底”的理念，以模型为载体进行结构及机电专业上下游数据的同步与校核。

#### **（5）数字孪生船厂设计**

在工厂设计环节，应用建模仿真、多模型融合等技术，

构建装备、产线、车间、工厂等不同层级的数字孪生系统，通过物理世界和虚拟空间的实时映射，实现基于模型的船厂生产流程、设备状态、产品质量等的全面监控与优化，提升船厂整体运营水平。

### **（6）数字化送退审**

船舶设计送退审流程复杂，涉及多方协作与多轮反馈，传统模式中，设计单位、船厂和船级社之间的信息传递与版本管理往往效率低下，容易导致数据滞后与审核重复。通过探索基于三维模型的送退审模式，构建跨部门、跨组织的协同送退审体系，提升数据流通效率。设计单位将船舶三维模型上传至平台，集成结构、材料、性能等信息，供船厂与船级社在线查看与审核；船级社在模型中标注反馈意见，实现合规审查的精准追踪，设计单位据此实时优化调整；船厂则在模型基础上进行工艺验证，确保设计满足建造需求。平台记录所有审核过程及变更版本，实现全程可追溯，保障设计、审核和建造环节的协同高效与合规性。

## **2.智能化制造**

依托工业互联网，深化 5G、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术在船舶制造全流程的应用，实现人、机、料、法、环等要素的在线连接、实时交互与状态信息实时监测，全面提升船舶行业生产制造与生产管理的智能化水平，实现全流程动态优化和精准决策。

### **（1）主要生产工序及工艺优化**

船舶制造是典型的离散型生产，制造环节多、工艺流程

复杂、作业环境相对恶劣。以船舶建造过程中典型生产工艺为例，利用工业互联网优化各工艺原有运行模式：**一**是在生产环境危险系数较高、人员劳动量较大的场景实现机器换人。**二**是针对多种业务场景，依托平台基于设备、环境、产品、作业计划等信息开展实时参数优化、控制指令反馈，形成优化闭环控制。**三**是通过先进传感技术实现人员状态、设备状态、物料状态、环境状态与其他工况的监控分析。**四**是将数据建模与机理建模相结合，实现生产工艺的动态优化。

### ① 钢材切割与加工

钢材切割与加工是船舶建造的重要工序，传统切割和加工方法在处理复杂形状和曲线切割时，尺寸偏差较大，难以达到高精度要求。围绕这一场景，工业互联网可带来两方面的应用创新。**一是智能切割**，利用三维数字化设计软件自动生成切割路径和切割参数，配合激光切割机、等离子切割机等智能设备根据预设切割路径，自动开展钢板切割，同时通过智能控制系统实时监测切割设备运行状态和切割质量，以确保切割过程的稳定性和切割质量的一致性。**二是复杂曲板成形数字化测量与加工**，依托工业互联网平台建立曲板三维模型，基于模型和复杂曲板成形工艺专家库，结合虚拟仿真技术，开展曲板成形过程预测与工艺优化。同时利用高精度双目立体视觉、多目立体视觉、线结构光三维视觉等技术，实时监测曲板加工过程中尺寸、形状变化情况，配合自动加工装备，实现船舶复杂曲板数字化成形加工。

### 案例 2：船舶复杂曲板数字化成形加工

船体曲板数字化成形加工一直是船舶建造工艺研究领域的热点和难点。目前国内船厂曲板成形主要由工人依赖经验采用火焰加工的方法完成，作业环境恶劣、加工精度较差、效率低下。江南造船研发SKWB-2500船舶三维数控弯板机，集成现代工艺技术、测量技术、信息技术和控制技术，解决三维曲面船板数字冷弯成形加工难题。该装备配置多组3D相机，实时获取图像数据并传输至控制系统中，为操作者提供板材加工是否达到要求的判断依据，并且提供下一步逐步逼近弯曲的造型数据。SKWB-2500设备的应用使得曲板加工效率提升5~10倍。

## ②组立建造

传统组立建造方式生产质量控制难度大，基于工业互联网，可实现四个方面的应用创新。一是**智能无人装配**，依托工业互联网平台，结合自动化装配机器人、AGV等搭建柔性装配产线，实现智能装配，提升装配效率和精准度。二是**装配智能监测分析**，部署各类传感器实时采集监测装配过程中的工艺参数，结合大数据、人工智能技术进行数据深度挖掘和关联分析，及时发现装配过程中的潜在问题。三是**智能化控制**，基于工业互联网，集成先进传感、控制算法、人工智能等技术，配合使用智能装配机器人，实现装配过程的精确、高效和自动化控制。四是**复杂位姿曲面分段柔性支撑**，利用模块化设计的柔性支撑结构，根据曲面分段的形状和尺寸进行灵活组合和调整，实现对复杂曲面分段的有效支撑，同时结合传感器、控制系统，实现柔性支撑系统对曲面分段位姿变化的实时监测和自适应调节。

### 案例 3: 船舶薄板平面分段产线协同控制

针对薄板分段结构加工精度要求高、产线工位协同性差、生产效率低等痛点问题,中船第十一研究所为广船国际研发了船舶薄板平面分段产线控制系统。系统应用现场总线、边缘计算、工业协议解析、机器人控制等技术,建立了“设备采集-边缘计算-协同分析-反馈控制”机制,实现激光复合拼板焊接、薄板打磨划线切割、纵骨装配焊接、T-Beam 装配、T-Beam 机器人焊接、围壁装配焊接等主要工位的协同控制,其中焊接工位安装多台焊接机器人,实现多台机器人协同作业,完成 T-Beam 焊接。

#### ③总段建造

总段建造是船舶建造的核心环节,直接影响船舶建造周期与建造质量。围绕该环节,工业互联网可带来两大方向的应用创新。**一是复杂场景全位姿动态监测**,利用先进传感器技术、数据处理技术,实现对船舶总段在装焊过程中的位置、角度、变形等状态的在线监测与分析。**二是智能化吊运**,依托工业互联网,集成物联网、大数据与智能算法,实现对吊装设备的精准控制与吊装过程的监测优化。

#### ④船坞搭载

船坞搭载过程涉及吊车、龙门吊、起重机等重大设备以及分(总)段的吊装,调度顺序和时间以及具体位置信息直接决定了船舶搭载的质量和效率。企业依托工业互联网可实现四个方面的应用创新。**一是坞内智能调度**,依托工业互联网平台,集成船坞场地布局、分(总)段外形及结构、重大设备等数据,结合先进优化算法,自动生成最优调度方案,

同时配合自动化吊装设备，实现坞内场地智能调度与执行。**二是三维测控与定位**，建立船坞三维测控网，形成船坞数字化坐标系统，实时采集船坞内分（总）段的三维坐标，并与预设坐标点进行对比，实现快速定位，提高定位精度和搭载效率。**三是精准化搭载**，采用先进传感技术，实时监测搭载过程中的温度、风速、船舶应力等参数，通过自动控制系统，对分（总）段的移动、悬挂、搬运等操作进行精确控制，提升船体总装的精确性与效率。**四是监控与指导**，基于工业互联网平台，集成先进传感、5G、大数据等技术，实现对搭载过程的实时监控和指导。

#### ⑤码头调试

基于工业互联网提升系泊试验效率与精确度。**一是系统虚拟仿真与模拟测试**，利用虚拟仿真技术对船舶各系统进行模拟测试，通过模拟实际工况，验证系统功能及性能，同时在虚拟环境中模拟船舶故障情况，进行故障排查与应急演练，提前发现潜在问题，确保船舶在真实环境中的安全性和可靠性。**二是数字化检测**，利用物联网技术，实现船舶测试数据的实时采集、传输和分析。建立数字化测试平台，即时获取测试数据，开展快速分析与判断，缩短试验周期。**三是系统远程监控与诊断**，利用物联网和远程监控技术，实时查看系统运行状态，对船舶各系统进行远程监控与诊断，开展远程故障排查和修复。

#### ⑥试航

试航是全面检查船舶航行性能、机电设备运行状况及系

统可靠性的关键环节，工业互联网的应用可显著提升试航效率、精准评估性能，并优化资源配置。一是**虚拟试航**，基于虚拟仿真技术构建海上航行环境，模拟船舶出港、航海、高速航行、靠岸等实际航行情况，验证发动机、燃料供应系统、电力系统、控制系统等核心设备性能。二是**试航实时监控与分析**，利用各类传感器实时监控船舶航速、油耗、排放、设备运行状态等各项性能参数，通过数据分析，及时了解船舶试航情况，评估其性能，并在必要时进行远程故障诊断及修复建议，从而减少试航过程中因故障导致的停航时间，提高试航效率。

#### ⑦交船

企业依托工业互联网，可优化交船流程，确保船舶质量，提升交付效率。一是**船舶数字化交付**，基于信息模型构建等技术搭建数字化交付平台，聚合船舶设计、采购、制造过程中产生的模型、数据、文档等，并移交至船舶管理方的相关数字化系统，以支撑船舶在运营及维护阶段的各类智能化应用。二是**数字化交船培训**，利用虚拟现实、增强现实等技术，模拟各种实际操作场景和应急情况，为船员提供沉浸式、互动式培训体验，减少实体培训设备和场地需求，降低成本。

#### ⑧焊接工艺优化

焊接工艺在船舶建造中占据重要地位，是确保船体结构稳固连接、实现船舶整体性能与功能的关键工艺。围绕焊接工艺优化，工业互联网可带来三方面的应用赋能。一是**焊接过程模拟仿真**，应用虚拟仿真技术，精准模拟焊接作业中的

温度场、应力分布及变形情况，优化焊接工艺、提升焊接质量。**二是智能精准焊接**，基于工业互联网平台，结合快速接触寻位、焊接机器人离线编程等技术，对焊缝进行智能识别，自动匹配合适的焊接参数，实现精准、高效焊接。**三是焊接智能监测与控制**，利用传感器、机器视觉、基于 AI 和图像识别算法的焊缝质量识别等技术，结合相关分析模型，实时采集和分析焊接参数、焊缝形貌、焊接温度等数据，及时调整优化工艺参数，实现焊接过程的智能化闭环控制，保证焊接过程的稳定性和可重复性。

#### 案例 4: 5G 船舶“智造”焊接工厂管理系统

大连中远海运重工 5G 船舶“智造”焊接工厂管理系统由智能物联网采集、焊接生产执行和焊接资源信息管理三部分组成。智能物联网采集系统通过数据采集模块，监控焊接生产数据和质量；焊接生产执行系统根据工艺规程和生产计划生成作业指导书，实现工艺、计划、人员、设备和产品的关联操作；焊接资源管理系统通过信息化手段积累焊接知识和数据，实现对焊接人员、工艺评定、材料等的全面管理。相比传统焊接控制方式，该系统大幅提升施工中的设备维护、生产计划、质量管控、工时工效等多环节施工效率，上线试行一个月，工区焊机设备有效作业时间达到 41%。

#### ⑨ 舾装工艺优化

舾装作业是船舶建造的重要环节，具有干涉多、物联基础差、寻找难、预舾装工程量不足等特点，增大了合拢装配量，从而影响整体生产效率和船舶建造周期。基于工业互联网，企业可实现四方面的应用创新。**一是数字化舾装仿真**，

利用虚拟仿真技术对船舶舾装过程进行预装配，验证装配工艺的可行性和合理性，优化装配流程，减少实际装配过程中的问题和延误。二是 AR 装配指导，利用 AR 技术在真实零部件之上叠加虚拟指导教程，直观呈现操作具体要求及细节，确保装配工作的准确性和高效性。三是舾装托盘数字化管理，以托盘 BOM 清单为基准，结合条码及位置信息管理托盘配送实际进度、完整性情况，跟踪托盘位置及其中缺件的物资。四是智能舾装与控制，利用智能传感器和控制系统实时监测装配状态，实现对舾装过程的精确控制，确保舾装质量和安全。

#### ⑩涂装工艺优化

涂装作为现代造船三大支柱工艺之一，是影响船舶运行性能、安全与速度，且在一定程度上决定船舶使用寿命的重要因素。围绕此场景，工业互联网可带来两大方面的应用创新。一是智能喷漆，利用智能涂装机器人，通过智能规划路径和自主导航，精确控制喷涂轨迹和速度，实现智能无人喷漆。二是涂装智能控制，基于过程追踪、质量反馈等各类智能模型，结合现场涂装温度、湿度等条件，借助大数据分析技术，不断优化工艺参数，实现涂装过程智能优化与控制。

### （2）生产管理

结合工业互联网在典型生产工艺中的应用实践，针对全流程生产过程，总结出计划调度优化、生产作业优化、设备管理等七个融合创新应用细分场景。

#### ①计划调度

当前船舶生产计划编制缺少智能化手段支撑，导致多级计划之间相脱节、计划和生产脱节等问题，且车间作业管理精细化程度不足。围绕计划调度场景，工业互联网可带来三个方面的创新。一是**生产计划优化**，应用约束理论、寻优算法和专家系统等技术，实现基于采购提前期、安全库存和市场需求的**生产计划优化**。二是**车间智能排产**，依托工业互联网，应用多层次船舶制造作业计划分解和基于智能算法实现工序级的精细化计划排程调度；同时通过工位状态监测，实时获取各工位的计划执行状态、工位异常状态，并对优化调度算法的参数进行补偿调整，从而实现面向多工位的精细化协同调度。三是**资源动态配置**，基于工业互联网平台，集成大数据、运筹优化等技术，开展基于资源匹配、绩效优化的精准派工，实现全厂人力、设备、物料等制造资源的智能调度，优化人、机、物等全要素资源组织。

## ②生产作业优化

传统作业手段生产效率低下，焊接、喷涂等工艺过程质量管控难。企业基于工业互联网可实现四个方面的应用创新。一是**产线柔性配置**，部署智能装备，应用模块化、成组和产线重构等技术，搭建柔性可重构产线，根据船型、工况等变化实现产线的快速调整和按需配置。二是**工艺动态优化**，搭建生产过程全流程一体化管控平台，应用工艺机理分析、过程检测反馈、机器学习等技术，动态优化调整工艺流程或参数。三是**智能协同作业**，基于5G、TSN、边缘计算等技术建设生产现场设备控制系统，实现生产设备、检测装备、

物流装备等实时控制和高效协作。**四是人机协同制造**，应用人工智能、AR/VR、新型传感等技术，提高焊接机器人、涂装机器人、分拣机器人、质量检测设备等智能装备与人员的交互、协作能力，实现加工、分拣、装配等生产作业的人、机自主协同。

### ③物流集配

船厂场内物流配送数字化转型对增强生产灵活性、保障生产稳定性具有重要意义。工业互联网可带来两个方面的创新。**一是场内物料智能配送与调度**，基于工业互联网、AGV/AMR 等技术，构建智能物料配送与调度系统，实时监控物料库存状态和需求，结合生产任务动态规划物料配送优先级及配送路径，实现物料的精准配送与调度。**二是物料动态追踪**，利用工业互联网与 RFID、传感器等技术，实时采集、监控物料位置信息和状态数据，及时发现滞留或路径偏移等问题，提升物料运输精度，减少生产中断风险。

### ④设备管理

船舶建造需要用到大量的生产设备，当前生产设备状态监控时效性不足。围绕设备管理，企业可部署智能传感与控制装备，基于工业互联网平台开展设备运行监测、故障诊断和健康管理，提升设备综合效率，降低运维成本。**一是设备在线运行监测**，建设设备管理系统，集成智能传感、5G、人工智能、大数据分析等技术，基于实时采集的设备运行数据，开展性能分析和异常报警，实现设备健康状态全方位监测。**二是设备寿命预测及预测性维护**，依托工业互联网对船厂关

键设备进行实时状态监测，获取设备实时运行数据，并对获取数据进行算法分析，实现对设备的故障诊断、寿命评估及预警，同时通过分析故障发展趋势，对设备的使用进行预测性维护。三是设备运行优化，基于模型对设备运行状态、工作环境等进行综合分析，调整优化设备运行参数，提高运行效率，延长设备使用寿命。四是设备全生命周期管理，依托标识解析、物联网、大数据和机器学习等技术，建立设备采购、资产档案、设备点巡检、维护保养、报修、效能统计等数据管理系统，实现关键设备的全生命周期管理。

#### 案例 5: 传统板材切割机数字化管控

当前板材切割加工环节主要依靠人工进行计划排产，效率低且负荷不均衡，各类数据通过纸质统计传递，时效性差。中船数字信息技术有限公司攻克传统切割机互联采集、多工位协同生产智能调度等技术，基于公司物联智控平台构建板材切割集控系统，实现多台切割机自动、均衡计划排程、任务在线派工、切割指令直达机台、数据实时采集与监测、生产过程统计分析。板材切割集控系统成功应用于黄埔文冲造船厂船体先行车间加工作业区，实现 13 台切割机联网改造与作业过程数字化管理。据统计，在上线本系统后，计划制定下发与数据收集等管理环节效率提升 10%以上。

#### ⑤ 质量管控

面对庞大的质量管理任务，当前仍然依靠质检人员的经验判断，缺乏有效智能化手段支持，容易造成误检漏检，全流程质量追溯困难。工业互联网可带来三个方面的创新。一是面向中间产品的智能在线检测，部署智能检测装备，应用

三维扫描仪等智能检测装备，融合 5G、机器视觉、缺陷机理分析等技术，实现产品尺寸、表面缺陷等情况的在线检测和分析。**二是船舶质量 AR 辅助检验**，依托工业互联网，建立船舶检验模型数据库，利用增强现实技术，突破船舶模型轻量化技术、基于图像识别的三维模型注册技术和三维标注可视化等技术，实现基于单一数字模型的 AR 船舶质量辅助检验。**三是产品质量精准追溯**，建设质量管理体系，集成 5G、区块链、标识解析等技术，采集并关联产品原料、设计、生产、使用等全流程质量数据，实现全生命周期质量精准追溯。

#### 案例 6: 基于 AR 的船舶质量辅助检验

针对船舶中间产品的检验周期长、建造节律与检验速率不匹配、图纸检验不直观造成漏、错装/检，引起返工成本高等问题。江南造船基于单一数字模型，创新地将 AR、模型轻量化、三维标注可视化和基于图像识别的三维模型注册等技术融合，通过船舶设计模型和建造实物进行虚实叠加比对，可直观检查出建造过程中的错装漏装现象，检验过程及结果自动记录形成报表。目前，AR 辅助检验应用的 200 余个分段/区域，人力投入大大降低，整体相比传统完整性检验效率提升 35%以上。

#### ⑥能源管理

船舶生产制造过程需要应用大量设备设施，消耗大量电、汽、燃油等能源，能耗较高。在实际能耗管理过程中，因缺乏相应数字化监测和管控手段，能耗管理精细化程度不足，导致严重的能源浪费现象。在该场景下，企业依托工业互联网可带来两个方面的创新。**一是能源在线监测**，利用智

能传感、5G、大数据等技术，开展全环节、全要素能耗数据采集、计量和可视化监测，实现全方位用能情况感知。二是**能效平衡与优化调度**，应用能效优化机理分析、大数据和深度学习等技术，优化设备运行参数或工艺参数，实现关键设备、关键环节等能源综合平衡与优化调度。

### 案例 7: 智慧能源管理

针对能耗管理精细化程度不足，导致能源严重浪费的问题，中船九院打造船厂智慧能源管控系统，对船厂生产车间全流程范围内的动力、电气、给排水三大能源专业进行迁移升级整合，实现车间生产制造的远程集中操控以及智慧运营管理。同时运用“物联网+大数据+机理+算法”的手段，对能源生产全过程进行能耗能效评价分析，对能源产生量、消耗量进行精准预测，实现“实时监测、自动汇总、灵活报表、动态分析”的能耗管理模式。

#### ⑦安全管理

船舶建造过程劳动力密集、危险作业多，安全生产隐患错综交织，安全事故多发，缺乏智慧管控手段，监管困难。围绕安全管理，工业互联网可带来四个方面的应用创新。一是**标准化安全管理系统**，以安全生产法、安全生产标准化等为依据，构建基于工业互联网的标准化安全管理系统，通过固化流程提升安全管理工作标准化水平。二是**危险作业自动化**，部署焊接机器人、喷涂机器人等智能装备，集成智能传感、机器视觉、5G 等技术，打造面向危险作业的自动化产线，实现危险作业环节的少人化、无人化。三是**易燃易爆气体浓度监测**，采用高精度点型四线气体监测仪，开展氧气、

硫化氢、一氧化碳等易燃易爆气体的浓度监控，基于工业互联网平台集成全厂易燃易爆气体监测分析数据，对数据进行实时监测，实现气体浓度超限预警，以支撑操作管理人员及时处置。**四是安全风险实时监测与应急处理**，基于平台整合安全风险分布、重大危险源、异常监测信号等信息，全方位展现安全生产态势，依托安全感知装置和安全生产管理系统，集成危险和可操作性分析、机器视觉、大数据等技术，进行安全风险动态感知和精准识别，结合危险状态分析结果，通过平台实现应急预案推荐。

#### ⑧ 环保管理

船舶建造往往伴随着焊接烟尘、打磨粉尘、喷涂废气、含油废水等污染物，传统的环保管理不够及时、精细。围绕该场景，企业可依托工业互联网开展四方面的应用创新。**一是 VOCs 浓度监测与管控**，以“机理模型+数据模型”为驱动，利用人工智能和大数据等前沿数据分析技术，开展船舶企业 VOCs 浓度预测和废气处理系统的节能运行监测，实现废气治理系统的优化设计与降本增效。**二是固废循环利用与管理**，通过在线监测技术、智能分析技术、协同平衡与优化调度技术，实现企业固废循环利用全方位监控和优化管控。**三是碳足迹追踪**，部署环保监测装置，开发碳资产管理平台，集成智能传感、物联网、区块链、工业互联网标识等技术，探索船舶制造过程的碳足迹测算，开展全流程的碳排放追踪。**四是碳资产智能分析**，利用工业互联网平台集成船舶生产过程中的各类碳排放相关数据，结合大数据分析、人工智

能等技术，识别碳排放的主要来源和关键因素，建立碳资产管理模型，对碳排放进行量化评估，预测未来碳排放趋势。

### **3.网络化协同**

基于工业互联网平台，推动企业间设计、生产、管理、服务等环节紧密连接，实现基于网络的跨企业、跨地域的业务并行协同和制造资源配置优化。

#### **(1) 基于产业链的协同制造**

船舶建造周期长、工序繁多，需船东、船厂、船级社和供应商等产业链上下游企业之间保持紧密协作，以保障船舶建造质量与交付进度。基于工业互联网平台构建以船舶建造为中心的协同制造体系，平台向上连接供应商，实时共享造船厂的生产进度和物料需求，助力关键零部件和设备的精准供应，确保材料及时到位；向下与船东共享生产进展、质量检测 and 试验数据，船东可实时监控项目进度、提供反馈，并参与关键决策；同时连接设计院和船级社，实时共享设计信息与审查数据，确保建造方案的准确性以及建造过程的安全合规性。

#### **(2) 多基地协同制造**

船舶体积庞大、结构复杂，涉及多个建造阶段和工序，需要材料供应、分段建造、总装等多个生产基地共同参与。通过工业互联网，实时共享各基地之间设计、生产进度、物料需求等信息，实现协同设计、协同采购、协同生产和协同管理，确保整个建造过程的顺利进行。

<b>案例 8: 基于资源协同的船舶多工厂协同建造</b>
-------------------------------

随着市场竞争的日益激烈和客户需求的多样化，传统的单一工厂建造模式已难以满足快速响应和高质量交付的需求。招商局重工（江苏）有限公司（简称“江苏重工”）通过打造基于资源协同的多工厂协同船舶建造体系，成功与招商工业集团内其他制造基地实现了从计划、设计、采购到分段制造的多工厂协同和融合。江苏重工船舶行业数字化协同平台主要包括计划协同、设计协同、生产协同和供应链协同，实现集团内部从计划、设计、采购到建造全流程的深度融合。该平台打破了传统单一工厂管理体系，实现了各工厂之间信息的实时共享和资源的优化配置。

#### **4.服务化延伸**

基于船舶全产业链数据打通，推动企业从以加工组装为主向“制造+服务”转型，具体包括售后服务、数据资产交易和分享制造等。

##### **（1）售后服务**

船舶在使用过程中发生故障时间不可预测，传统运维依赖人力巡检，容易导致滞后或过度维修，给下游用户造成停运损失、增加运维成本。围绕该场景，工业互联网可带来两方面的应用创新。**一是船舶智能运维**，依托工业互联网平台，集成智能传感和5G等技术，远程访问并实时查看船舶关键部件运行状态和性能数据，利用高清视频流和海量数据传输，迅速捕捉船舶运行细节，同时，结合大数据分析和人工智能算法，自动预警潜在故障并提供智能决策支持，实现基于运行数据的船舶健康监控、远程运维和预测性维护，大大提升运维效率与准确性。**二是主动客户服务**，建设客户关系

管理系统，集成大数据、知识图谱和自然语言处理等技术，实现客户需求分析、服务策略决策和主动式服务响应。

### 案例 9：船舶智能运维

随着海工装备大型化、自动化、高速化和复杂化的不断提高，船舶设备故障诊断和维护难度日益扩大。船舶航行在世界各地，难以直接获得厂家或故障诊断与维护中心的强力技术支持，许多复杂的实际问题，依靠船员的技术能力无法解决。因此，如何保障船舶安全和稳定的持续运营是当前急需解决的问题。上海宇佑船舶科技有限公司打造“招商局工业海洋智能运维平台 V-mine”，集合 AIot、船岸通信、大数据、云计算、区块链等技术，能为客户提供远程设备监控服务、维修预警与建议。平台综合收集来自子系统如通航环境、机电设备、视频分析、消防等触发信息，自动进行预案处理，同时监控所有船舱设备进行协调运转、实现智能化行为分析和现场响应处理。

### （2）数据资产服务

建设工业互联网标识解析数据库，打通采购销售上下游物资供应链数据，集成船厂内部生产运营系统，将加工形成的零部件和中间产品以结构树形式同步到标识解析数据库，按照数据鉴权可控原则对外提供数据资产，最大程度发挥数据资产价值。

### （3）制造能力交易

实时采集各设备、产线、车间、工厂的基础信息、工作状态、工况、健康状况等数据，基于工业互联网进行统计分析，精细化管理空闲制造能力，同时构建开放供需的制造能力交易机制，实现制造能力的在线租用和利益分配。

## 5.数字化管理

依托工业互联网打通企业各管理环节，贯通核心数据链。基于数据的广泛汇聚、集成优化和价值挖掘，实现动态市场响应、资源配置优化、智能战略决策，形成数据驱动、敏捷高效的经营管理体系。

### (1) 供应链管理

船舶供应链复杂，当前供应链管理信息化水平不足，且缺乏准确度和时效性，企业基于工业互联网可实现五个方面的应用创新。一是**供应链计划协同优化**，应用大数据、人工智能等技术，结合市场需求预测和仓储、生产、物流等状态分析，实现采购计划、生产计划、配送计划的协同编制与同步更新。二是**供应链采购动态优化**，建设供应链管理系统，集成寻优算法、知识图谱、5G等技术，实现采购订单的精准跟踪、可视化监控和采购方案动态优化。三是**供应链智能配送与动态优化**，应用实时定位、人工智能等技术，实现运输配送全程跟踪和异常预警、装载能力和配送路径优化。四是**供应商数字化管理**，基于工业互联网平台，集成大数据、知识图谱等技术，实现供应商数据管理以及基于数据分析的供应商评价、分级分类、供应商寻源、优选推荐。五是**供应链风险预警与弹性管控**，集成知识图谱、云计算等技术，开展供应链风险隐患识别、定位、预警和高效处置。

#### 案例 10: 供应链协同管理

船舶供应链管理作为造船技术体系中的关键一环，仍面临从设计、采购到建造等各环节的多方挑战，由于缺乏统一协同机制，导致成本高昂、计划应变能力不足。中国船舶工业股份有限公司打造面向船舶行业的数字化供应链协同平台，横向打通企业内部管理，推动各业务部门需求的有效对接，纵向打通企业与上游供应商和下游客户之间的管理协同，强化从联合设计、计划建造、采购寻源到物流配送等环节的统一管理，令造船生产效率提高 5%，成本降低 5%，显著提升供应链的透明度与响应速度。

## **(2) 仓储管理**

仓储管理是船舶企业运营管理重点业务之一，传统依靠人工分拣易出错、调度效率低下。围绕该场景，工业互联网可带来两个方面的创新。一是**数字化堆场与智能吊运**，利用无人行车、自动传送装置和数字化管理系统，实现钢板堆场的数字化和少人化管理，打通钢板从卸料到印字切割过程的数据流，从源头提高钢板物流效率，减少堆放周期，达到堆场管理智能化的目标。二是**通用物资智能仓储管理**，依托工业互联网、无线网络、AGV、人工智能等技术，搭建智能仓储管理平台，通过智能仓储系统与企业一体化平台供应链系统集成，实现物资入库、上下货架、发货等智能化管理。

## **(3) 营销管理**

传统的营销管理信息传播渠道单一、难以精准定位受众、互动性差，营销策略易出现偏差且无法快速响应市场变化，营销效果难量化评估，围绕营销管理，工业互联网可带来两大方面的创新。一是**销售驱动业务优化**，基于工业互联

网平台集成生产系统、物流系统、销售系统等数据，形成全链条数据闭环，优化企业业务流程，提高个性化定制、柔性化生产能力。二是销售计划动态优化，应用大数据、机器学习、知识图谱等技术，构建用户画像和需求预测模型，制定精准营销计划。

#### **（4）财务管理**

船舶企业财务管理涉及范围广、环节多、风险多样。企业依托工业互联网，可实现两个方面的应用创新。一是**资金业务智能管控**，基于平台打通船企原有各类相关财务系统，建立财务分析模型和集中化管理系统，实现财务全方位集中管控。二是**市场利润“预测式”核算**，通过集成采购系统、销售系统数据，实现对企业市场利润预判。

#### **（5）人力资源管理**

传统人力资源管理缺乏战略性和前瞻性，管理手段单一、管理过程僵化。企业基于工业互联网，可带来三方面的应用创新。一是**招聘管理与候选人筛选**，利用人工智能技术自动筛选简历、识别候选人技能匹配度，同时开展初步面试评估，如视频面试的自动评分和反馈，快速锁定合适的候选人。二是**绩效管理与员工发展**，通过数字化绩效管理系统自动设定绩效目标、跟踪工作进度、开展绩效评估和提供反馈，同时将收集的员工绩效数据进行多维度分析，为企业人才管理和决策提供支持。三是**员工自助服务与劳动力分析**，借助员工自助服务平台管理企业用工数据，提供关于劳动力成本、员工流动率、工作效率等方面的分析，支持企业人力资

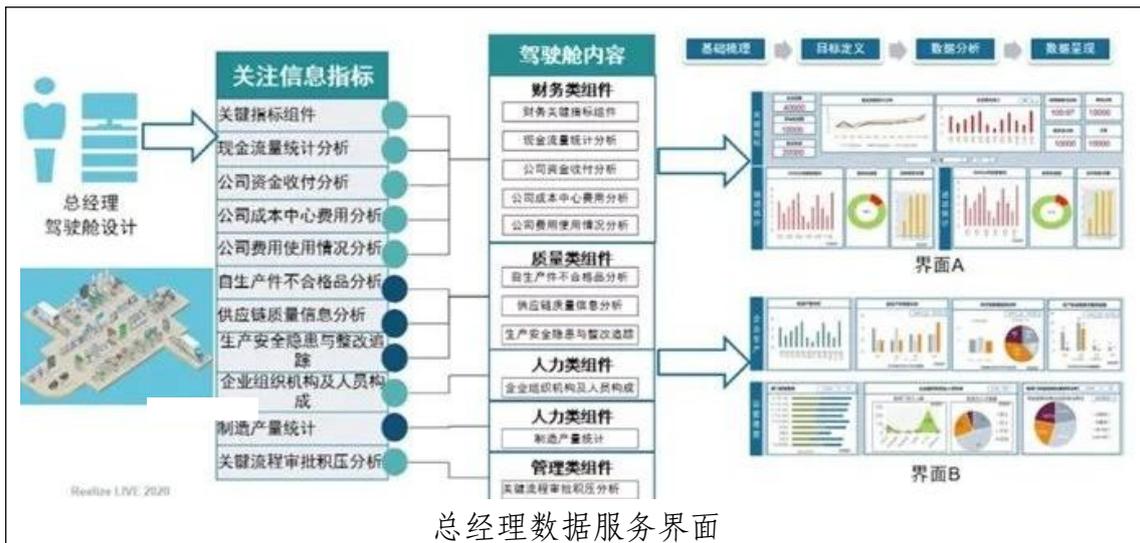
源战略决策。

## 6. 可视化治理

多数船舶企业资产庞杂、人员组成复杂，管理综合性强，围绕该场景，工业互联网可带来三大方面的应用创新。一是面向制造专业板块的智能决策支撑，基于平台广泛收集企业运营相关数据，结合人工智能、大数据等技术，基于“机理模型+数据分析”构建数据中台，打造领导驾驶舱，实现生产、质量、能源等业务的可视化展示与智能化分析。二是面向经营专业板块的智能决策支撑，基于集成化平台实现公司统计、财务、采购、销售、物流等业务的可视化展示与智能化分析。三是面向跨专业板块的综合智能决策分析，通过集成各业务领域数据，借助大数据分析技术实现多要素管控协同集成。

### 案例 11：领导驾驶舱

领导驾驶舱是集成各部门实时数据、提供可视化决策支持的平台，可使管理层及时掌握生产、供应链、财务等关键指标，快速响应市场和生产变动。龙江广瀚打造 Mendix 平台，梳理并定义中高层领导所关注的数据和信息，根据领导业务需求整理多个系统中的业务数据，借助 Mendix 平台开发不同业务数据组件，通过不同组件的组合形成呈现给领导的驾驶舱报表。同时，Mendix 可帮助企业根据不同部门的特定需求，组合不同数据组件，为各部门定制驾驶舱数据报表。



## 7.精细化投融

当前船舶企业仍面临建造成本压力大、融资难等问题，链主企业可充分发挥龙头引领作用建设工业互联网金融服务平台，通过将上下游合作伙伴真实交易数据接入平台，与银行等金融机构合作，开展金融信用建模，辅助合作伙伴获取融资贷款，降低船舶行业供应链体系中的中小企业融资门槛，提升供应链整体生存发展能力。围绕精细化投融场景，工业互联网可带来三方面的应用创新。一是**信用精准评级**，通过人工、第三方接口及其他金融科技手段的结合，获取中小企业生产经营数据并对数据进行自动分类整理，实现精准信用评级。二是**债权流通交易**，通过采用区块链技术手段对应收账款凭证进行数字化转化与分布式存证，实现债权可信交易。三是**风险管理**，基于数字债券可实现面向供应链金融服务过程中的风险监控，满足监管机构及资金方对业务流程的风控要求。

## 案例 12: 精细化投融

精细化投融是解决船舶企业建造成本压力大、融资难等问题的重要举措。舟山中远海运重工有限公司构建了“船舶建造生产管控平台”，平台涵盖各工序计划编制和发布等计划体系相关操作，统一造船生产管理思想和最优流程，此外，平台集成了金融服务模块，能够将上下游合作伙伴的真实交易数据接入系统，辅助金融机构开展金融信用建模。通过该平台，中远海运重工不仅帮助自身优化了现金流管理，还促进了整个供应链体系内的协同发展，交货周期缩短了约 25%，产品质量投诉率下降了近 30%，极大提升了客户的满意度。

## 四、工业互联网建设实施部署

### （一）融合创新实施架构

当前，船舶企业普遍建有各类自动化系统和信息化系统，这些系统在企业生产和经营中发挥着核心作用，因此面向当前数字化转型需求，船舶行业与工业互联网的融合创新发展，将总体上采取叠加架构的设计思路。即，在现有五层制造体系的基础上，通过运用物联网、云计算、大数据、人工智能等技术，构建工业互联网网络、标识、平台、安全、数据体系，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，以此满足船舶行业平台化设计、智能化制造、网络化协同、服务化延伸、数字化管理、可视化治理和精细化投融七大类数字化转型应用场景。

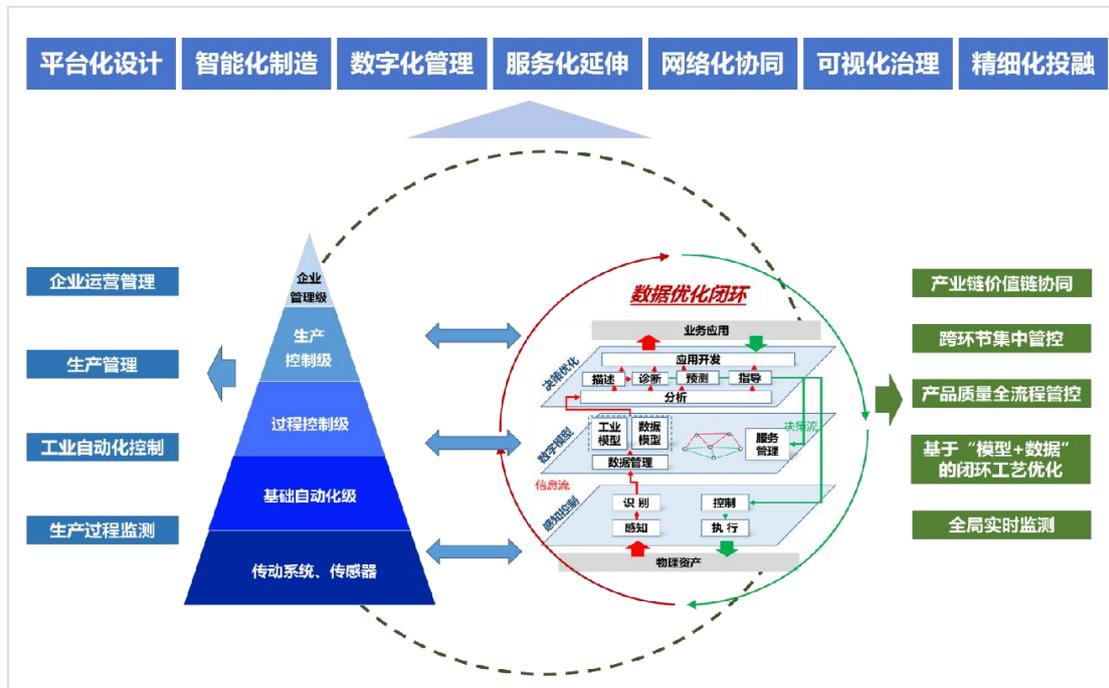


图 4-1 融合创新总体思路

船舶行业与工业互联网融合创新发展的实施架构总体

分为车间层、企业层、产业层三个层级，具体实施包括网络、标识、平台、安全、数据五大方面的能力建设。

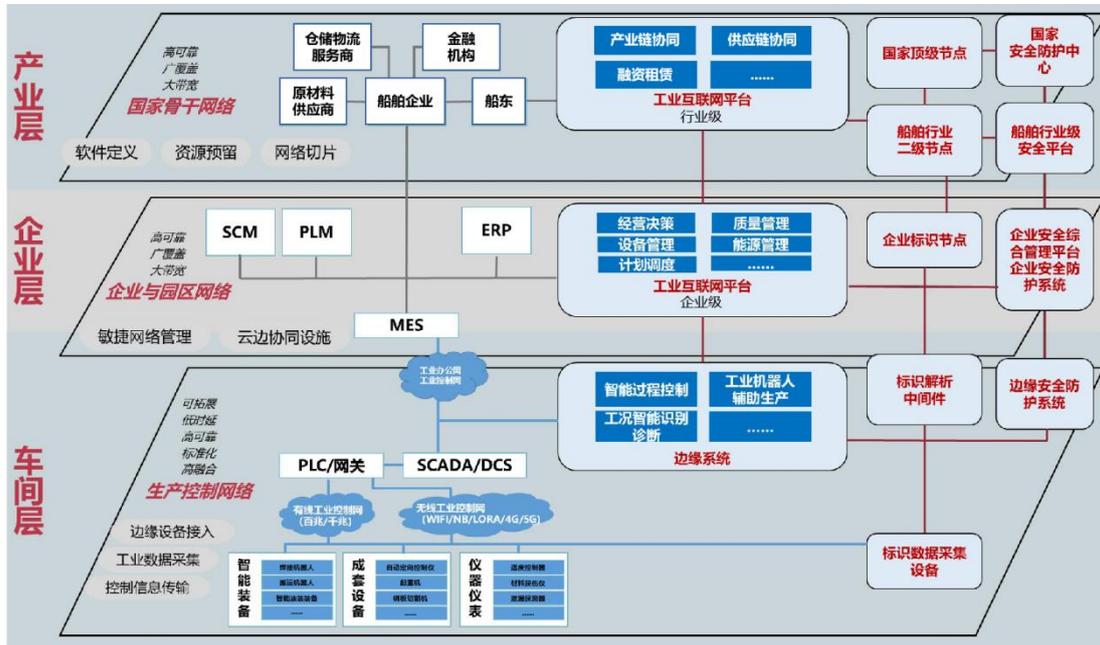


图 4-2 融合创新实施架构

车间层由船舶生产所需的各类生产装备、仪器仪表、自动化控制系统组成。在车间层部署工业互联网，重点是通过先进网络、边缘计算、平台、数据分析等技术的综合应用，一方面大幅提升生产现场的数据采集与传输能力；另一方面，车间层工业互联网还需要承载与生产管控密切相关，具有低时延、高可靠要求的智能化应用。

企业层由企业生产制造、经营决策、产品全生命周期管理等各类业务系统组成。在企业层部署工业互联网，重点是通过集成化平台、广覆盖网络等部署实施，一方面提高各工序、各业务的运营效率；另一方面，企业层工业互联网还需结合大数据、工业互联网标识等技术，开展产品全生命周期质量追溯与管理。

产业层由连接产业链供应链上下游各方的信息系统或平台组成。在产业层部署工业互联网，重点是通过跨企业的网络连接与产业协同平台应用，提高跨企业、跨区域的数据互联互通效率，并基于更大范围的全局性的数据分析，实现产业链供应链资源的优化配置。

## **（二）工业互联网网络设施建设**

工业互联网网络是构建工业环境下人、机、物等全面互联的关键基础设施，能够实现制造业全要素、全周期、全链条的互联互通，促进各类工业数据的开放流动和深度融合，推动各类工业资源的优化集成和高效配置，加速制造业数字化、网络化、智能化改造，支撑工业互联网下的各种新业态和应用模式，有力推动工业转型升级和提质增效。工业互联网网络包括企业内网和企业外网，企业内网是用于企业内人、机、物等生产要素互联以及企业 IT 管理系统之间连接的网络。企业外网是以支撑工业全流程各项活动为目的，用于连接企业上下游之间、企业与智能产品、企业与用户之间网络。

### **1.建设现状**

一是现场设备数字化程度低，设备联网率总体较低。许多工业企业现场存在大量的“哑”设备，哑设备无法自动提供其运行状态、性能参数等关键数据，加剧了企业内部信息孤岛的现象，不同设备和系统之间的数据难以整合和流通。设备数字化水平低，导致工业设备联网率远低于消费互联网的联网率。

**二是网络协议制式众多，网络互联互通困难。**工业网络技术标准“七国八制”长期存在，仅国际电工委员会（IEC）标准 IEC61158 规范的工业总线和工业以太网就达二十多种，再加上其他行业标准组织以及国际巨头自用的私有技术，目前全球常用的工业网络通信技术超百种，这些技术自成体系，难以形成有效的互联互通。

**三是网络化改造成本较大，企业投资意愿不强。**船舶制造企业体量大，占地面积广，网络基础设施改建、设备升级、系统集成、运维等都涉及大量资金投入。企业投资回报具有不确定性，针对技术风险存在顾虑，限制了其在网络化改造方面的行动力。

## **2.建设需求**

基于船舶制造企业的网络建设现状，建议重点改进方向如下：

**一是突破工业设备的“聋”、“哑”问题，提高设备联网率。**需要提高设备接入网络的比例，实现新建设备快速接入，支持异构设备联网，增强生产设备协同性。满足对设备和生产过程的数据采集需求，打通数据流转环路。

**二是利用新型网络技术持续开展网络改造升级。**利用工业 PON、5G、时间敏感网络、SDN、边缘计算、人工智能等技术，结合《基于时间敏感技术的宽带工业总线 AUTBUS 系统架构与通信规范》（GB/T 42019-2022）、《工业互联网联网用技术 无源光网络（PON）总体技术要求》（YD/T 4651-2024）、《工业互联网 时间敏感网络技术要求》（YD/T

4492-2023) 等现行标准, 构建 IT 与 OT 融合、有线与无线协同的、扁平化的通信网络架构。

三是强化船舶制造业网络化应用。积极利用企业内网、外网, 开展船舶设计、制造、管理和服务等网络化应用协同, 推动企业信息集成与产业链协同运营。

### 3.建设部署

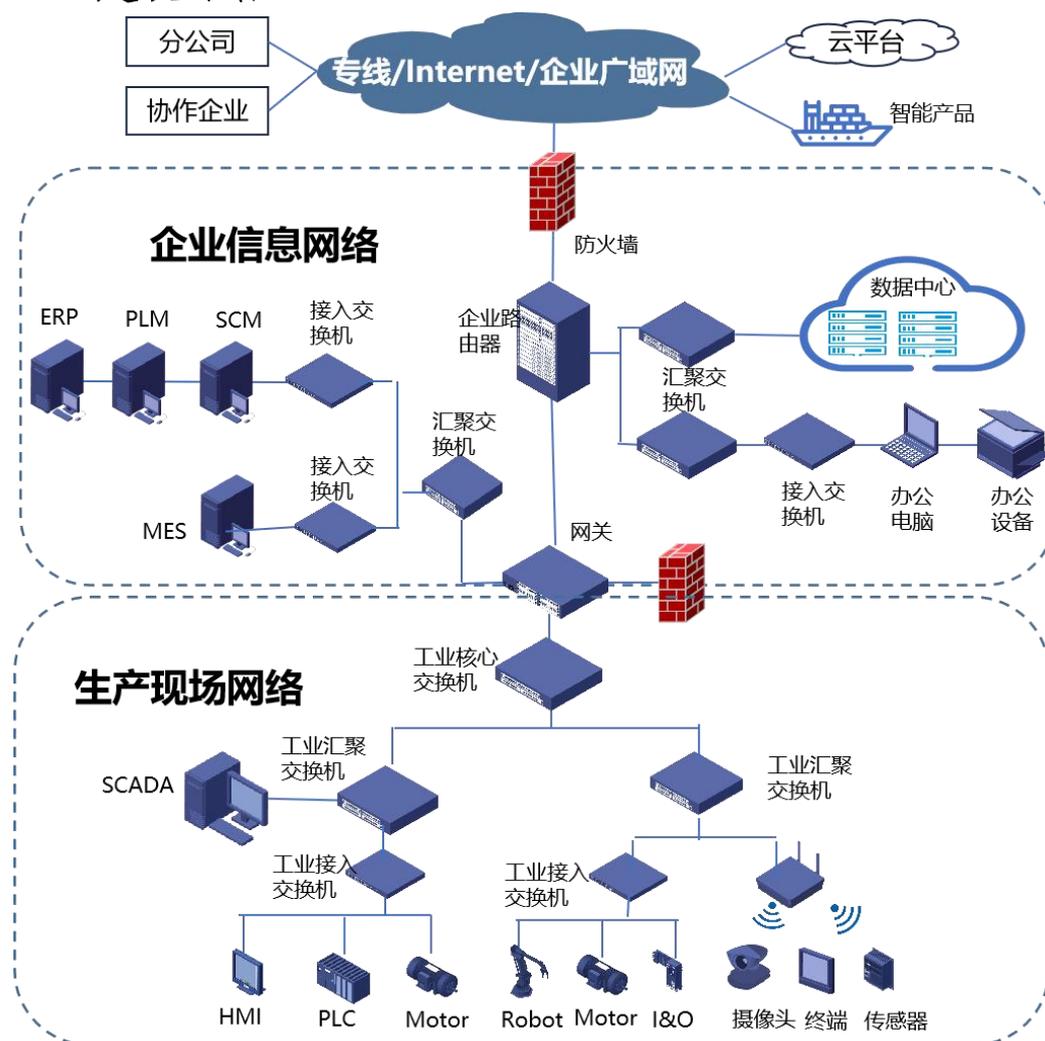


图 4-3 整体网络架构

#### (1) 车间层

在新型智能设备接入时可使用叠加模式。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，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，基于 5G+AI 机器视觉的船用钢板缺陷应用中，使用 5G 无线网络传输数据，并结合边缘云处理能力，将获取的关于缺陷的信息实时生成数据模型，以此快速检测钢板表面的不连续缺陷。

在增强原有设备功能时可使用升级模式。对焊机、自动喷涂设备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，在喷涂环节，5G 联网管控的喷涂设备将喷涂工艺参数预设到系统中，设备在喷涂过程中实时监测喷涂厚度、喷雾量和喷涂速度等关键参数，若出现异常波动，系统会立即发出报警信号，并自动调整喷涂参数，从而确保喷涂质量的一致性和精度，大幅提高生产效率和喷涂质量。

## （2）企业层

大型船舶企业（工厂）一般采用核心层、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（工厂）数据中心内，汇聚层设备位于企业（工厂）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（工厂）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。

### (3) 产业层

总部与生产基地间的网络连接可以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。企业专线可为船舶制造企业多生产工厂连通提供基于互联网的虚拟专线(如 SD-WAN、IPsec 等)、物理隔离的专线(如 MPLS-VPN、SDH/MSTP、OTN 等)、网络切片等定制化的资源。

企业与分支机构的互联多为星型组网，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，在企业外网中获得了广泛的应用。

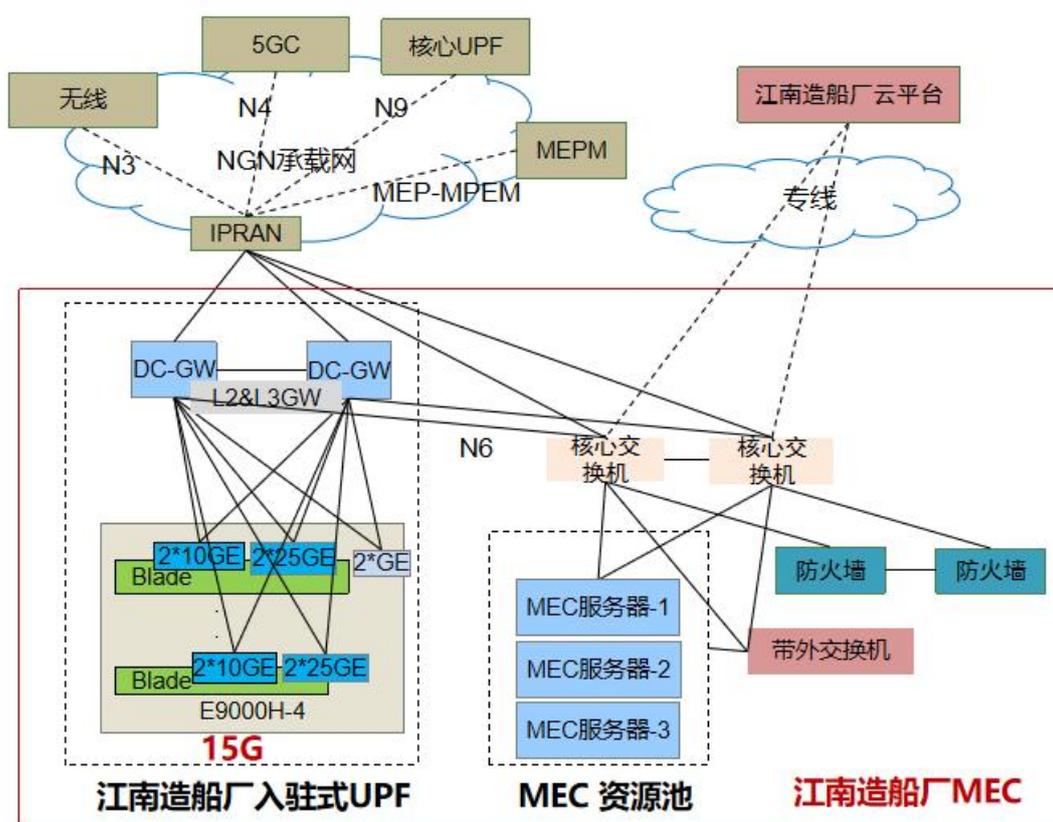
产业链协同是基于船舶制造企业、金融服务机构、供应商等行业主体的互联互通。对于该类业务，船舶制造企业可以通过互联专线和普通宽带实现供应链数据的跨企业互通。某些企业如需与上下游生产单位进行数据实时交互，则应采用互联专线保证数据传输的安全性与可靠性；对于一些与合作单位有联系但数据传输需求不高的企业，考虑到成本问题，多选择普通宽带进行连接。

#### 案例 13: 江南造船(集团)有限责任公司 5G 全连接工厂

江南造船运用 5G 专网+协同制造平台技术全面建立精益制造体系，自动化、数字化、智能化水平显著提升，建成一个超大型智能船

船总装园区。江南造船联合多方合作伙伴的创新资源，以船舶总装为方向，融合工业互联网、视觉 AI、虚拟现实、边缘计算等技术，促进焊接机器人、划线及切割设备、大型起重吊装设备互联，精度视觉检测、厂区智能安防监控、生产协同系统的应用落地推广，赋能船舶高端制造，助推国家船舶工业转型升级。

上海联通打造“专建专维·专用专享”的 5G 专网，为江南造船厂提供具备确定性 QoS 保障、数据不出园区的安全独立专网。在江南造船厂区新建成 1 套 MEC 边缘云平台，满足大流量本地分流、低时延业务、数据不出园区业务需求。同时，实现江南分段作业车间 5G 网络信号覆盖以及 MEC 虚拟专网、边缘云平台搭建。



5G 应用网络拓扑图

### (三) 工业互联网标识解析体系建设

工业互联网标识解析体系是工业互联网网络体系的重

要组成部分，是支撑工业互联网互联互通的神经枢纽。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。近年来，《工业互联网标识解析 标识注册管理协议与技术要求》（YD/T 4495-2023）、《工业互联网标识解析 权威解析协议与技术要求》（YD/T 4497-2023）等标准的发布也为船舶行业建设工业互联网标识解析体系提供了参考。

### 1.建设现状

一是船舶行业对数字化、智能化管控需求较高，但目前标识解析体系促进船舶行业转型升级潜能发挥不足。船舶配套产品制造大部分属于传统的机械加工行业，信息化和自动化水平较低，存在维护难、成本高、周期长等问题，标识解析作为促进行业应用信息化、数字化、自动化方面的重要手段和技术，发挥作用尚不充分。

二是部分开展建设的企业仅完成标识解析系统接入，具体业务应用仍有待挖掘。目前国内部分省市已经建设了船舶行业标识解析二级节点，行业整体也具有一定规模的标识注册量，但众多企业仅停留在标识解析系统接入阶段，具体业务应用频率相对较低，与行业需求紧密相关的标识解析应用场景仍需挖掘。

三是大量企业标识解析相关数据、业务管理还不完善。

当前部分企业先行先试，逐步探索标识解析的落地应用，为产品、设备进行了标识编码，但标识解析相关的数据和业务管理制度有所欠缺，管理系统也还需要进一步完善。

## **2.建设需求**

**在企业协同管理和数据信息交互场景加强标识应用。**一是通过标识解析多角度全方位发现产品自身及产线问题，通过标识解析及数据采集操作，针对性完成船舶制造产线的优化配置，提升生产效率，实现船舶制造企业产线的智能化管控，达到降本增效的目的。二是利用标识解析系统，将船舶装备的零部件、整机、易损件等纳入编码管理，将运行数据、产品属性、状态信息、维护负责人等信息联动，实现对船舶和海工装备的实时监控，提高维护效率。

**强化标识解析在实际场景中的应用。**一是依托船舶行业标识解析二级节点打造供应链协同集成应用体系，打通企业内部各系统与外部制造商企业系统，对船舶供应设备、物料等实物进行编码统一管理，赋予唯一标识。二是开放可供产业链其他企业调用的接口标准协议，促进船舶制造企业生产、运输、使用服务等环节有效协同，解决船舶企业间因信息不对称、物资标识不统一，造成物料到货不准时、质量不达标而影响有序生产节奏的问题。

**完善标识解析数据、业务管理体系和系统的建设。**一是基于工业互联网的供应链协同制造模式，在依托工业互联网平台进行生态汇聚及标识解析数据串联的基础上，重点打造适用于船舶工业供应链的轻量级应用及安全监管服务，打破

船舶制造业信息壁垒。二是通过船舶工业供应链安全监管服务，建设统一数据分发平台，与数据安全域技术结合，在满足业务需求的同时，有效管理数据共享行为，防范数据窃取、泄漏等安全风险。



图 4-4 船舶行业工业互联网标识解析功能架构

### 3.建设部署

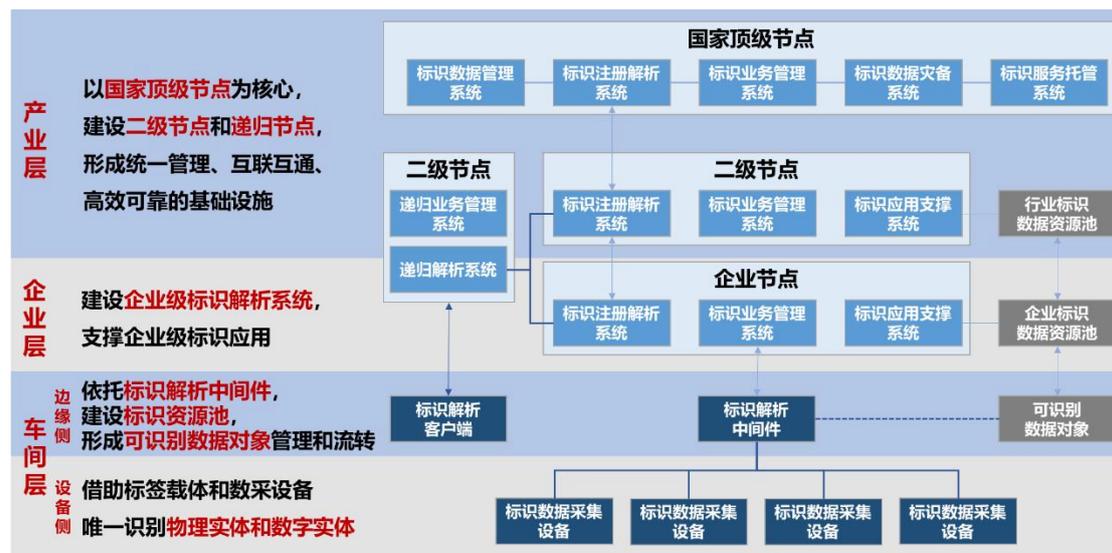


图 4-5 船舶行业工业互联网标识解析建设部署

### **(1) 车间层**

车间层借助标签载体和数采设备，依托企业节点标识注册功能，对船舶行业产业链、全流程中唯一识别的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识。物理实体包含设备、人员、电子产品，虚拟实体包含订单、仓单、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，同时与船舶行业工业软件实现接口对接，协助企业进行标识注册和解析。

### **(2) 企业层**

船舶行业上下游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船舶二级节点。企业节点应依托设备层与边缘层建设的能力，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。

### **(3) 产业层**

船舶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，一方面面向企业或者个人提供标识注册、解析和数据管理等服务，另一方面与国家顶级节点对接，实现分级管理、全网解析。

#### **案例 14：基于标识解析的船舶质量检验数据共享**

目前在传统工业互联网环境支撑下，船舶配套设备制造产业链各环节编码方式众多、难以统一、数据无法互相识别，造成配套产品生

产各环节间存在数据孤岛、数据共享困难，因此需要构建极低成本、跨企业跨领域的工业信息互通机制，以实现工业互联网信息便捷交互、安全可信、长期可查。

招商重工（江苏）有限公司联合中国船级社和产品厂共同完成基于标识解析的船舶配套产品质量检验数据共享应用系统（CSBC-P）。该系统通过工业互联网采集产品在报检、检验、送货、运营等过程中的全程数据，将船东、船级社等报验结果及报验意见进行系统存证。融合工业互联网标识解析能力，为船东、船级社及船厂提供建造质量、外检情况的查询和追溯，实现产品跨企业的数据管理与应用，使各方对产业链数据编码和信息有统一认知，消除产业链信息孤岛，进一步实现船舶产业链信息融合。



CSBC-P 系统架构图

系统上线运行期间，产品厂完成检验工作 21 项，获取证书 45 张，共享数据 500 余条，半年内为该产品厂减少 1000 余张纸质文件，每次申报证书时长相比传统手工模式减少 3 天以上，整体效率提高 40.33%，验证了产品检验证书申请、填报、发放全流程电子化的数据共享模式。并规划于年底复制到招商局金陵造船、友联、江东等基地进行广泛应用。

#### （四）工业互联网平台建设

工业互联网平台是工业互联网的核心，包括边缘、平台（工业 PaaS）、应用三大核心层级。工业互联网平台可构建更精准、实时、高效的数据采集体系，建设包括存储、集成、访问、分析、管理功能的使能平台，实现工业技术、经验、知识模型化、软件化、复用化，并以工业 APP 的形式供企业各类创新应用，最终形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的产业生态。

## 1.建设现状

**一是异构数据采集与管理困难。**由于船舶行业设备种类繁多，数据链路、接口不一，协议多样等原因导致数据采集困难问题、海量异构数据管理困难，数据利用率较低。

**二是行业知识沉淀能力不足。**船舶构造复杂精密，零件数量达千万级，包括钢材预处理、零件加工、装配焊接、试验下水等诸多环节，对制造工艺、工序的要求较高。零部件加工质量更多依赖工人经验知识，不利于保障产品质量的稳定性，整体质量管控成本较大。急需由经验型转变成数据驱动型的制造模式，加快行业知识的沉淀、封装与共享。

**三是造船企业发展不均衡。**行业龙头企业已经积累了大量的制造技术、管理技术和信息技术应用等方面的知识和经验。但中小船企业发展相对落后，价值认识不到位、应用模式不清晰，自有资源不足，接单能力弱，信息化建设落后。因此有必要进行船舶行业工业互联网平台建设与推广，实现融合基础共性、行业通用、企业专用的工业知识沉淀、传播、复用，进一步加速价值创新，促进船舶行业的协同发展。

当前船舶行业正在积极探索工业互联网技术及应用，希望通过工业互联网平台的应用升级传统生产制造模式与组织方式，带动形成新应用和新能力。

## **2.建设需求**

基于船舶企业工业互联网平台建设现状，建议重点改进方向如下：

**一是针对数据采集的问题**，借助物联网、大数据技术提高设备数据实时采集、处理分析等能力，结合《工业互联网平台 异构协议兼容适配要求》（GB/T 43738-2024）、《信息技术通用数据导入接口规范》（GB/T36345-2018）等现行标准规范，实现典型工业设备数据自动化采集，为行业典型设备上云上平台提供底层数据采集支撑。

**二是针对行业知识沉淀不足的问题**，建设具有统一大数据管理框架的工业互联网行业赋能平台，打造一批数据管理工具，构建具有多源异构海量数据传输、存储和分析处理的数据治理体系，提供敏捷低代码开发环境，为行业机理模型以及工业 APP 的开发提供数字化的工具库。

**三是针对发展不均衡、部分企业存在工业互联网价值认识不到位、应用模式不清晰、建设路径待摸索的问题**，系统梳理工业互联网平台在业务协同、运营管理、设计研发、生产制造、设备运维等环节的赋能价值，开发具有接口标准、通用性强等特点的微服务组件，形成一批关键作业环节的高价值工业 APP 和展示推广案例，为行业工业互联网建设过程中的需求场景识别、应用模式打造、关键系统构建和实施方

法提供参考借鉴。

结合工业互联网体系架构 2.0 及船舶行业特定业务功能要求，船舶行业工业互联网平台整体功能架构如下图所示：

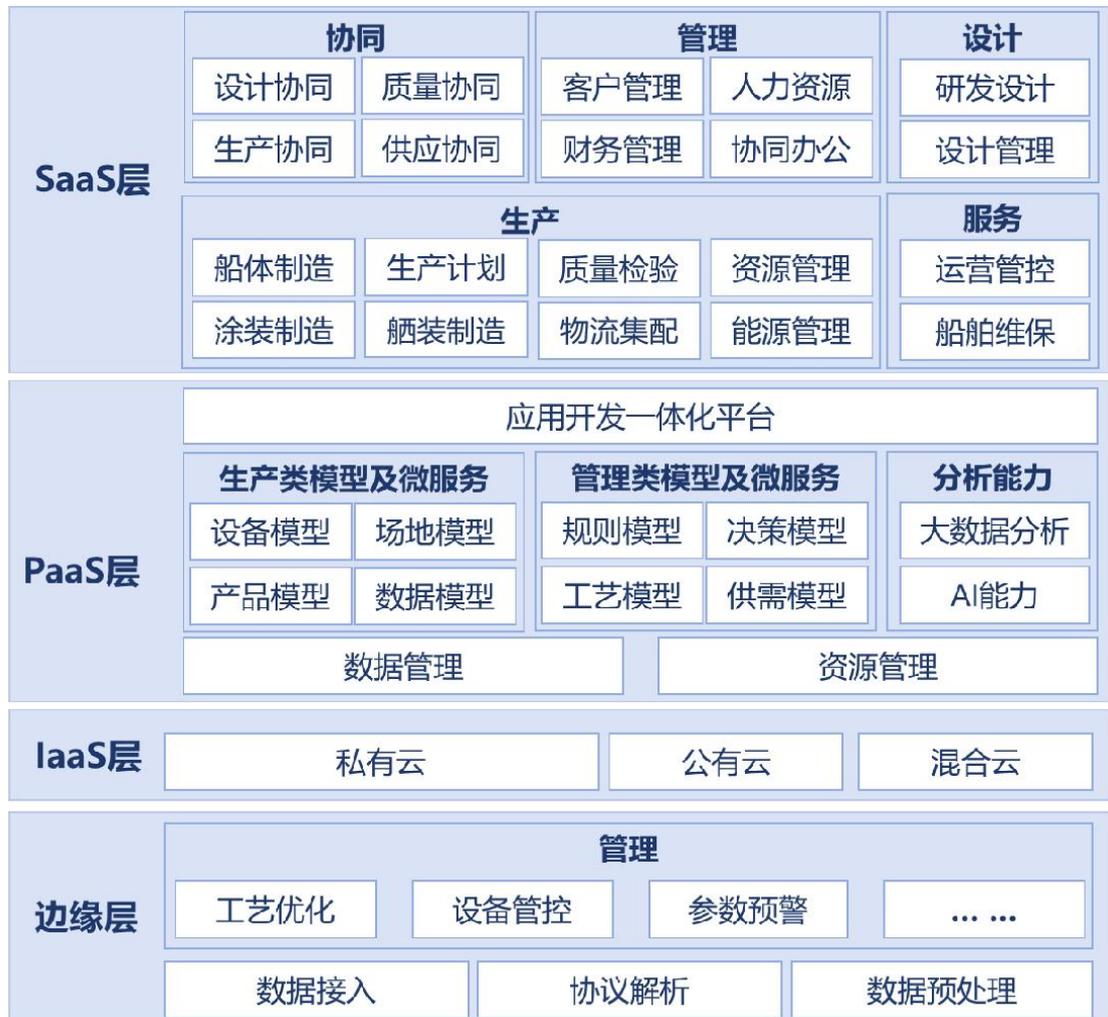


图 4-6 船舶行业工业互联网平台功能架构图

船舶工业互联网平台建设涉及边缘层的设备接入、边缘数据采集、边缘数据处理、边缘智能网关与边缘安全防护；IaaS 层的机房基础设施、计算服务、存储服务、网络服务、云灾备、云安全与物理隔离网络间信息摆渡服务；PaaS 层的数据可视化服务、规则引擎平台、设备管理知识库、工业机理模型库、工业大数据系统、中间件服务、软件开发服务与

容器服务；SaaS层的工业 App 管理服务等等所包含的软件服务。

### 3.建设部署

根据船舶行业需求，工业互联网平台部署可以分为车间级、企业级和产业级三大层级，通过不同层级的平台建设，满足船舶行业不同层级的业务需求。

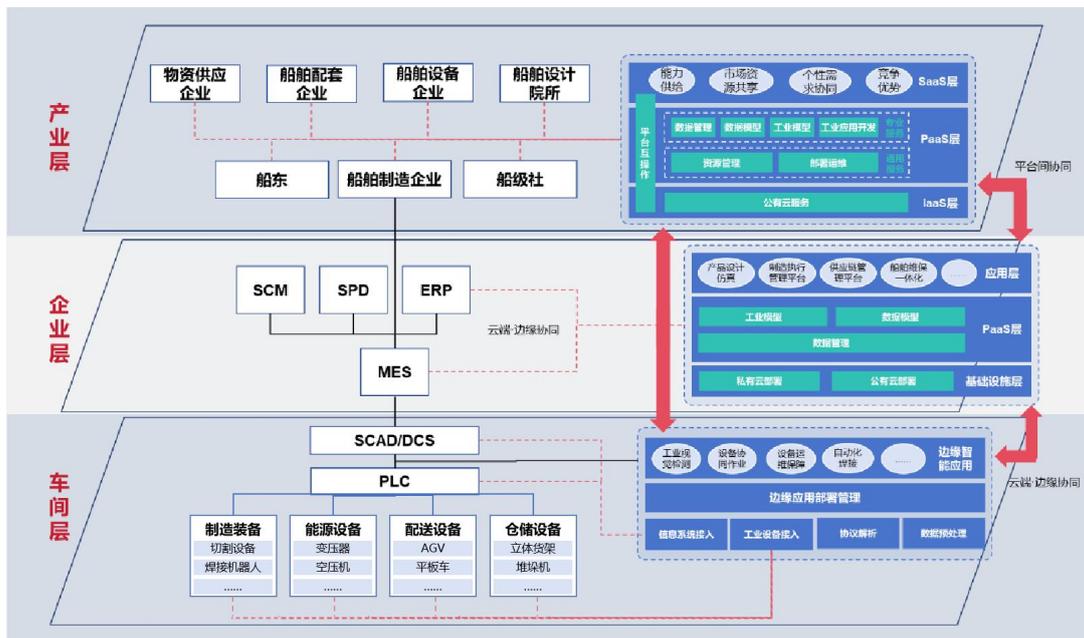


图 4-7 船舶行业工业互联网平台建设部署

#### (1) 车间层

面向设备健康管理类业务，平台应具备数据采集、数据管理、模型管理、数据分析功能。首先通过边缘网关采集设备数据，通过协议解析、数据预处理支持异构数据融合集成，输入设备模型后通过数据运算，分析设备状态，给出故障预警和优化建议。

面向生产优化类业务，平台应具备数据采集、数据管理、模型管理、数据分析、数据可视化功能。此类业务主要采集

仪器仪表、智能设备等实时监测的生产过程数据，经过融合集成后输入工业机理模型，通过数据可视化实时监控生产状态，并计算得出工艺优化方案。

面向自动控制类业务，平台应具备数据接入和边缘控制功能。通过接入设备数据并与经营管理系统集成，形成生产过程的控制指令，并为其分配现场级算力资源进行数据分析和模型计算，实现生产设备的实时智能控制。

面向协同生产类业务，平台应具备数据接入、现场级数据分析、边缘控制功能，通过边缘网关连接现场设备，为各工序设备提供现场级算力和网络连接，将生产指令传输到设备执行，达到工序之间的实时协同调度和柔性生产管理。

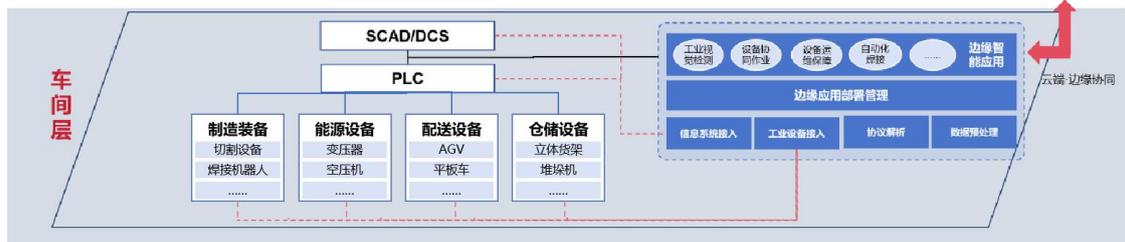


图 4-8 船舶行业车间层工业互联网平台建设部署

## (2) 企业层

面向经营管理优化业务，平台应具备异构数据接入、大数据计算分析和管理等功能，通过将人力、财务、资产、销售、采购等基础信息上传至平台数据管理模块，实现信息的汇聚与共享，进而实现企业运营的分析优化。

面向生产管控一体化业务，平台应具备资源调度、数据管理、数据分析与建模等功能，以搭建私有云服务的方式集成业务管理系统和生产执行系统中的数据，实现企业生产数据和经营管理数据的实时汇集、分析和交互，支撑生产管控

一体化、精准化决策。

面向产品研发设计业务，平台应具备数据接入、数据建模与分析、机理建模等功能，以搭建私有云服务的方式来调用数据管理、数据分析、机理建模等功能模块，实现研发设计工具件中的数据打通与云端集成，从而实现云端的汇聚与协同应用



图 4-9 船舶行业企业层工业互联网平台建设部署

### (3) 产业层

面向能力供给业务，平台应具备数据接入、海量数据存储、数据实时计算分析及 SaaS 化应用开发等功能，以租用公有云服务的方式来满足基础硬件资源需求，通过数据管理、机理模型管理及应用开发功能模块，打通设计院所、船舶制造企业、船东、船检间的数据链路，进而开发能力供给类工业 APP 应用。

面向市场资源共享业务，平台应具备海量数据存储、数据实时计算分析、跨平台互操作以及 SaaS 化应用开发等功能，以租用公有云服务的方式来调用数据管理、大数据分析、模型管理及应用开发功能模块，通过打通船舶制造企业和供应链企业间的数据链路，进而开发市场资源共享类工业 APP 应用。

面向个性需求协同业务，平台应具备海量数据存储、数据建模与分析、工业机理模型搭建以及 SaaS 化应用开发等

功能，以租用公有云服务的方式来调用模型建立、实时数据分析及应用开发功能模块，实现船舶制造企业与配套企业、不同生产现场间的数据实时互通，进而开发个性需求协同类工业 APP 应用。

面向竞争优势业务，平台应具备数据接入、海量数据存储、数据实时计算分析、AI 模型分析以及 SaaS 化应用开发等功能，以租用公有云服务的方式来调用数据管理、实时数据分析、跨平台互操作及应用开发功能模块，实现船舶运行状态监控、维护保养预测，进而开发竞争优势类工业 APP 应用。

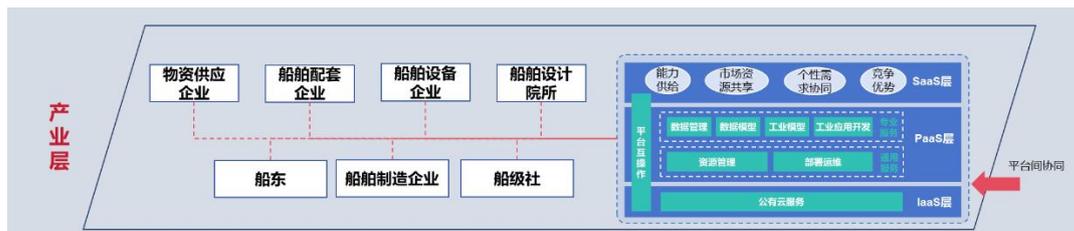


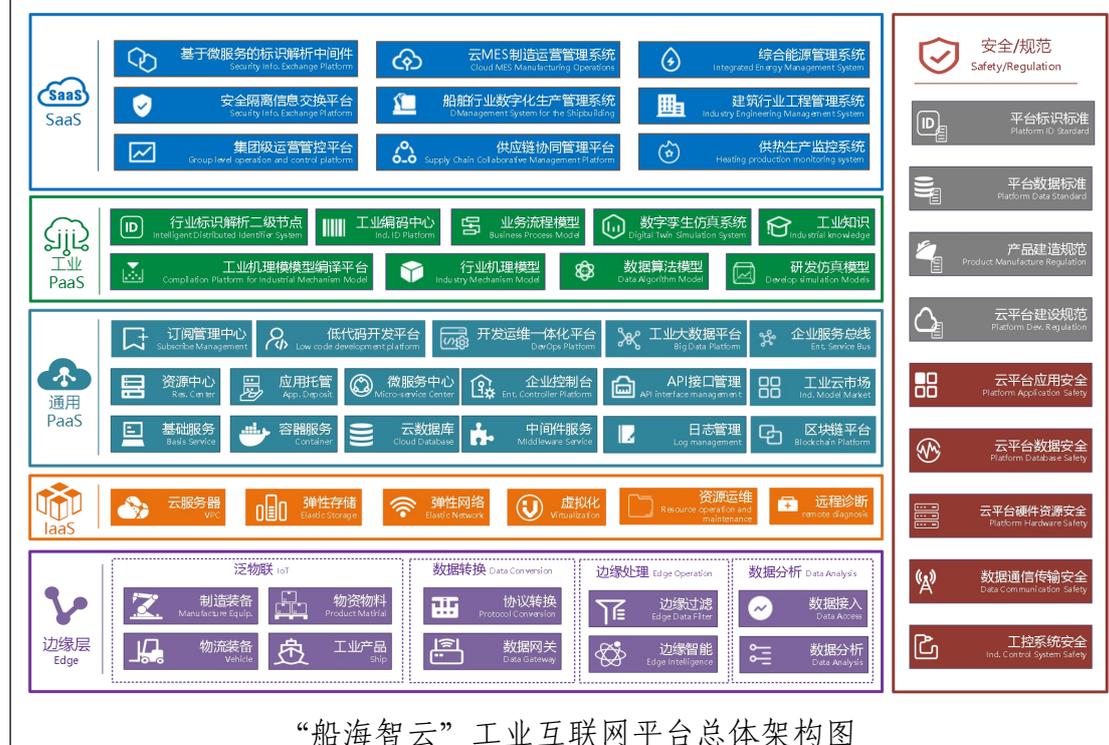
图 4-10 船舶行业产业层工业互联网平台建设部署

### 案例 15: 船海智云工业互联网平台

船海智云工业互联网平台利用云计算、互联网、移动无线网、物联网、大数据等技术，结合船舶行业场景及业务流程，以工业互联网平台四层标准体系作为基础进行建设，帮助船舶行业全系统、全产业链、全价值链的打通，打造人、机、物全面互联，实现高端装备制造行业工业数据的全面感知、动态传输、实时分析。

在边缘层，结合主流物联网通信协议转换、网络安全与控制等物联技术完善平台边缘层架构，突破了复杂协议设备联网技术难题，将平台原有的设备直接接入方式转变为基于设备安全、网络安全的网关接入方式，具备覆盖全高端装备制造与海洋工程装备行业设备、船用

设备物联的能力；在 IaaS 层，针对企业个性需求，形成成熟的资源虚拟化技术、容灾备份技术，在突破网络隔离网络数据摆渡的基础上，提供了一套适用聚集区企业的私有云解决方案；在 PaaS 层，结合异构数据存储、数据实时分析、立体化数据安全、基于服务组件的可视化开发等技术，构建了集合工业大数据平台、工业数据建模与分析及在线开发的工业 PaaS 组件，能够支撑工业大数据的分析应用、工业 APP 开发应用等业务；在 SaaS 层，遵循云应用开发要求，以服务或资源汇聚分配模式为导向，通过平台构建船舶行业能力供给、船舶行业市场资源共享、船舶行业个性需求协同应用，实现工业 APP 与工业 PaaS 环境的解耦，推动应用云化技术层，从而加速聚集区企业上云进程；应用开发方面，通过“船海智云”平台应用框架及工具，实现设计、制造、物资、仓储、物流等信息串联，经平台数据总线等关键技术落地，加速高端装备制造行业各企业业务信息互通性。



## (五) 工业互联网安全防护体系建设

船舶行业在《工业互联网企业网络安全影响分类指导目录》中属于三类行业，发生网络安全事件后影响较大，安全要求级别较高。船舶行业企业应落实工业互联网安全分类分级管理相关要求和防护规范，围绕设备、控制、网络、平台、应用、数据等构建多层次网络安全防护体系，并加强制度建设、监测预警、应急响应、安全演练、检测评估等方面工作。

## **1.建设现状**

**一是工业互联网与船舶行业加速融合应用，网络安全风险暴露面不断扩大。**随着船舶行业网络化、数字化步伐加快，工业设备联网、业务上云、数据集成共享等加速，网络安全风险不断向工业控制系统、现场设备、云平台及应用等更大范围、更多对象渗透延伸，原本封闭可信的工业环境逐步开放融合，直面境内外定向扫描、勒索病毒、数据篡改等各类互联网攻击，可造成产线停摆、安全生产事故等严重后果。

**二是工业互联网安全基础制度已印发，但多数企业未落地实施。**2024年，工业和信息化部印发《工业互联网安全分类分级管理办法》，初步建立企业定级、信息登记、分级防护、符合性评测、安全整改等工作机制，并配套相关实施标准。但是，工业互联网安全分类分级管理尚未在船舶行业全面落地，多数船舶企业未落实分类分级全环节工作。

**三是国家级工业互联网安全监测体系已建立，但企业侧技术手段仍未健全。**当前，我国已初步建立“部-省-企”三级联动的工业互联网安全技术监测体系，面向重点企业开展风险在线监测、威胁信息共享、风险精准预警等赋能服务。

但是，船舶企业尚未建立企业级监测技术平台，或未对接国家平台、形成协同联动能力，企业网络安全风险发现和防范水平较弱。

## **2.建设需求**

基于船舶企业的安全建设现状，建议重点改进方向如下：

**一是加强设备、控制、网络等方面安全防护，守住安全基本防线。**关注船舶建造中切割、焊接等过程涉及的工业主机、工业控制系统等安全防护，加强企业办公网络、生产管理网络、生产现场网络等网络安全防护，开展工业数据分类分级，加强重要数据和核心数据安全保护，重视业务系统、管理系统、平台软件、工业 APP 等的安全防护。

**二是加强安全管理制度落实和内部制度建设，形成常态化安全管理动作。**落实《工业互联网安全分类分级管理办法》，完成企业定级、信息登记、分级防护、符合性评测、安全整改等闭环管理。建立完善企业内部安全管理制度和实施细则，明确安全管理权责，转变安全管理理念，将安全防护措施部署由静态防御转变为主动防御，常态化监测安全态势，协同联动处置风险，实现对风险隐患的协同防护、主动发现、及时清除，系统提升安全管理水平。

**三是建设企业级监测技术手段，提升安全风险预警感知能力。**建设企业级网络安全监测平台，覆盖关键网络节点，重点监测网络攻击入侵、主机非法外联、勒索攻击等网络安全风险，形成企业侧网络安全风险监测能力。加强企业级平

台加强与省级平台、国家平台的对接联动，提升企业对网络安全事件的研判能力和风险防范能力。

### 3.建设部署

为确保船舶行业不同类型业务的安全，应建设如下的安全功能架构：



图 4-11 船舶行业工业互联网安全功能架构

安全功能架构体现了工业互联网安全在“车间、企业、产业”的层层递进，具体包括设备安全、控制安全、网络安全、标识解析安全、平台安全、应用安全和数据安全，以及贯穿于整个层级的安全管理、安全评测和安全态势感知与风险监测。

设备安全主要包含工业主机安全、网络设备安全和工业控制设备安全。工业主机安全方面，应加强移动存储介质、外部接口的管控，规范软硬件安全和使用，定期开展主机安全检查；网络设备方面，应关闭或封锁不使用的网络端口，采取登录失败处理措施。工业控制设备安全方面，应采取无线通信传输加密措施。如船舶企业内部署焊接设备控制机、

切割设备控制机时，应禁止外部设备通过网络接口访问控制机。

**控制安全**主要包含控制系统安全、控制软件安全和配置安全。具体来说涉及控制协议分析、软件安全加固、控制指令安全审计等安全策略，需进行船舶工业控制网络、工业主机和工业控制设备的安全配置，建立工业控制系统配置清单，定期进行配置审计。

**网络安全**主要包括架构安全、边界安全和通信安全。主要通过安全域划分、校验技术、接入认证授权保障等安全策略确保企业内外网的安全。在自动焊接、激光切割、能源监控、环境监控、物流追踪等工业控制系统与企业生产管理、PDM、物流调度管理等其他系统之间部署访问控制设备，配置访问控制策略。

**平台安全**主要包括平台软件安全、工业 APP 安全。软件和 APP 开发、升级或更新后，应进行充分的测试，使用软件过程中，应细化账号权限范围。如船舶制造过程中的板材切割、舾装件焊接、AGV 运输、智能立体库存取等工序的控制软件，应能根据用户所需的业务功能以最小权限原则分配工业控制系统软件账户和权限。

**数据安全**需按照《工业和信息化领域数据安全管理办法（试行）》，针对企业数据进行分级分类管理，开展数据全生命周期安全防护体系建设，涵盖数据收集、存储、使用、加工、传输、提供、公开等重要流程。以数据储存安全为例，应加强校验技术、密码技术等安全防护技术的全面应用，开

展实施异地容灾备份，杜绝存储系统与公共网络直连，降低数据外泄安全风险。

**安全管理方面**，一是建立健全安全机制，制定安全工作的总体方针和安全策略。二是完善安全机构，设立安全管理工作的专业职能部门，配置安全主管、安全管理等各个层级的安全专岗，定期进行常规安全检查。三是加强安全运维，详细记录运维操作日志，建立统一的应急预案框架，制定重要事件的应急预案，并定期进行应急预案的培训和演练。

**安全评测方面**，使用技术手段对工业互联网安全防护对象进行测试和评价，掌握了解工业互联网全生命周期安全状态，主要包括漏洞挖掘、边界防护、渗透测试等技术。

**安全态势感知与风险监测方面**，通过技术手段实现对安全威胁的发现识别、理解分析、响应处置，主要包括安全监测审计、安全态势感知等关键技术，并加强企业级监测平台与国家平台的对接联动。

## **（六）数据治理体系建设**

工业互联网以数据为核心，通过建设数据治理体系提升数据质量和利用效率。本指南中的数据治理是指构建数据采集、存储、计算、管理和服务能力体系，对船舶企业全业务流程数据的数据格式、数据类型、数据集成、数据存储、数据处理、数据接口等进行规范管理，打破信息孤岛，构建数据资产，实现数据价值最大化。

### **1.建设现状**

一是数据采集标准不统一，数据来源多且分散。船舶企

业的数据通常来自多种设备和系统，各设备和系统的数据格式、采集方式和频率差异较大，缺乏统一的数据采集标准。多样化的数据源导致数据难以整合，增加了数据清洗和处理工作量，影响后续数据分析和应用效果。

**二是技术应用不足，数据孤岛现象明显。**船舶建造过程中使用的传感器和物联网设备产生海量数据，传统存储系统难以高效、低成本地承载和管理这些数据。同时由于云计算和大数据技术应用不足，企业常将数据分散存储在不同的部门或系统中，形成“数据孤岛”，限制了数据共享和利用，使得企业难以从整体视角进行数据驱动的决策和优化。

**三是数据管理体系薄弱，数据治理不完善。**船舶企业在数据管理方面存在职责划分不清、标准不统一等问题，数据治理体系不够健全。一方面缺乏严格的数据质量管控，企业普遍存在数据误差、冗余和不一致现象，导致数据难以被充分利用。另一方面缺乏高效的数据清洗和整理机制，数据分析的前期准备工作量大、效率低。数据治理的不完善直接影响数据的准确性和可用性，阻碍了数据价值的有效发挥。

## **2.建设需求**

基于船舶企业数据治理现状，建议重点改进方向如下：

**一是构建统一的数据采集标准。**完善工业互联网平台标准体系，建立标准化的数据采集框架，加快工业设备数据字典、产品主数据等关键标准研制，统一不同设备和系统的数据采集方式和数据格式，引入数据接口规范和数据模型，整合异构数据源，以标准引领带动数据互联互通互操作，加快

数据上云上平台。

**二是优化数据存储与共享机制。**通过引入大数据和云计算技术，实现对大规模数据的高效管理。建立集中式数据仓库、数据湖或数据共享平台，汇聚来自各部门的数据资源，推动数据在企业内的便捷流通与共享，支持跨部门的数据驱动决策。

**三是健全数据管理和治理体系。**通过明确数据管理的职责分工，增强数据质量管控，确保数据的一致性、完整性和准确性。同时，构建高效数据清洗和整理机制，优化数据处理流程，提升数据分析前的准备效率。

### **3.建设部署**

数据治理功能架构分为数据采集、存储、计算、管理和服务。数据来源主要为研发设计、生产制造、经营管理等支撑业务活动的数字化工具及生产现场设备和智能产品；数据采集是将来自不同数据源的原始数据进行采集，涵盖结构化数据（如系统数据和表格数据）和非结构化数据（如图像、文档等）；数据存储主要指解决数据存储问题的数据工具，包括数据仓库、Hadoop、Spark和数据湖等；数据计算是将原始数据通过清洗后整理为产品设计、生产业务等数据主题，向外输出各类主题微服务供数据分析使用；数据管理指规划、控制和提供数据和信息资产，发挥数据价值的活动；数据服务是整合价值链全生命周期数据，为企业的不同业务部门提供定制化的数据支持，帮助优化决策、提高运营效率和推动创新应用。

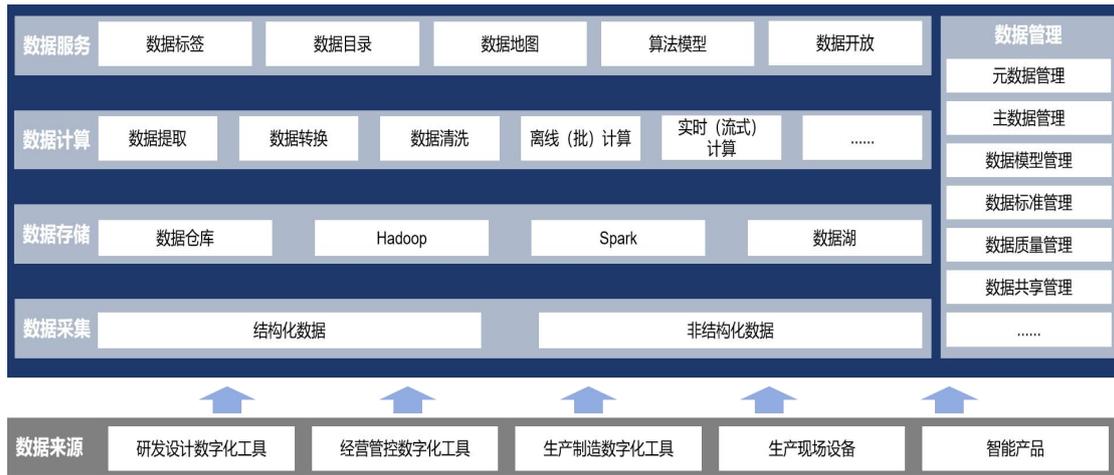


图 4-12 数据治理功能体系

### (1) 车间层

车间层侧重实时数据采集与处理。通过部署传感器和智能设备，获取生产线上的设备状态和物料流动信息，并在现场或边缘计算设备上进行本地数据存储，确保数据的快速存取与高效计算。同时，对数据进行清洗加工，生成生产效率、设备利用率等关键指标，为车间管理提供有效运营支持。

### (2) 企业层

企业层是数据治理的核心枢纽，重点关注数据的全面整合、存储、深度计算和共享服务。建立集中式数据仓库或数据湖，整合车间、研发、经营管理等各类数据，实现跨部门数据共享。采用 Hadoop、Spark 等大数据工具进行数据清洗和主题构建，生成设计、制造、管理等主题数据服务，支持企业整体业务分析和管理决策。企业层的数据服务应贯穿企业研发设计、生产制造、经营管理各个环节，并为各业务部门提供定制化支持。

### (七) 典型场景下工业互联网建设部署

通过对 725 个案例的深入研究，筛选出协同设计、排程

优化、资源动态配置和供应链管理四大工业互联网与船舶行业深度融合典型应用场景。

## **1.船舶协同设计**

### **(1) 网络建设**

船舶属于订单式设计，定制化属性突出，设计环节复杂，涉及到多个部门、多个专业、多家企业间协同。采用普通互联网连接方式难以满足企业端到端高速稳定的网络连接、设计流程中数据实时反馈、设计软件三维渲染的高要求等，这类情况严重影响了造船效率的提升。为支撑船舶协同设计，主要通过建设高带宽、低延迟的工业互联网企业外网，实现跨企业网络连接与协同设计平台应用。

①可靠性：船舶协同设计需要实时的数据交换和通信，因此需要高速且可靠的网络连接以保证数据传输的效率和准确性。

②大带宽：复杂的三维场景、模型、交互式应用等，需要较高的带宽来保证数据传输的不卡顿。

③低时延：对于需要实时交互的设计任务，网络应提供低延迟的连接，以保证设计过程中的流畅沟通和实时反馈。

④分布式协同：支持分布式协同工作，使得不同地理位置的设计人员能够有效地协作。

### **(2) 标识建设**

工业互联网标识建设将优先基于工业互联网标识解析船舶行业二级节点开展业务。通过船舶企业节点自建应用与船舶行业二级节点托管应用共同为行业供应链上下游企业

提供服务。依托龙头企业的牵引示范作用推动船舶行业标识工业 APP 的应用场景和数据标准建立，以场景示范推动应用不断扩展至全行业。

①龙头企业牵头行业应用建设。基于船舶行业龙头企业的领先地位，通过制定各项招采和验收条件的先机，推动上游供应链使用标识应用工具，如带码供货、能碳数据上报、远程监造数据提交等应用建设。

②参与或主导行业标准建设。将标识解析作为行业标准的核心要素，一方面充分发挥标识的标准化、一物一码、互联互通、可解析等优势提升行业标准能力。另一方面通过标准推动标识解析体系发展。

③协同创新与应用推广。通过协同的方式推动应用的强需求化，以供应链上下游关联关系不断扩展应用范围。

### **（3）平台建设**

工业互联网平台通过提供统一的数字化协同设计环境，实时共享设计数据和进展，实现设计工作的在线协作与跨部门协同。平台核心功能应覆盖设计数据管理、协同工作、设计流程管理与设计评审等方面。

#### **①设计数据管理与共享**

多格式设计文件管理。平台应支持多种常见的设计文件格式（如 DWG、STEP、IGES、CATIA 等），并能够进行设计文件的格式转换。能够统一管理 3D 模型、2D 图纸、设计文档、技术说明等设计数据，并支持对复杂设计数据的分层管理和标签化分类，便于快速检索和使用。

设计数据共享与同步。支持跨部门和跨企业的设计数据共享机制，通过权限控制来管理不同角色对设计数据的访问权限。提供设计文件的实时同步和自动更新功能，确保不同团队能够始终使用同一个最新版本的设计数据。

产品结构管理。集成产品数据管理（PDM）和物料清单（BOM）管理模块，能够在平台上实现产品结构管理、物料管理和设计状态管理，支持复杂产品结构的分解与多版本管理。

## ②协同设计与实时沟通

多方协同编辑与版本控制。支持多人同时在线编辑设计模型和文档，并能够实时锁定正在编辑的部分，避免冲突。内置版本管理功能，每次变更均记录完整的变更历史、版本信息及修改者信息，方便回溯或恢复之前版本。

项目管理与任务分配。提供项目管理功能，能够分解复杂的设计项目，明确各设计任务的责任人、截止日期和优先级。支持设计任务的分配、进度跟踪、协作沟通、项目汇报与统计分析，确保协同设计进展的透明化和可视化。

实时沟通与在线评审。提供实时通信工具（如即时消息、视频会议、语音沟通）及在线评审功能，方便设计团队、客户、供应商等多方进行快速沟通与问题解决。支持设计评审时的标注、批注、评论功能，能够在设计文件或模型上直接添加标记，并生成设计评审报告。

## ③设计流程管理与工艺优化

设计流程自动化与审批管理。提供设计流程自动化工

具，如设计变更流程、审批流程、设计交付流程的自动化管理。支持自定义流程图和审批节点，设计变更或设计阶段性成果交付时，系统能够自动通知相关责任人进行审批，并将审批意见回传到设计团队。

设计工艺评估与优化。集成设计工艺评估工具，在设计阶段就能够评估制造可行性、成本、可维护性（DFM/DFA）等工艺特性，并能够基于这些分析提供优化建议。

#### ④设计评审与仿真

提供数字孪生（Digital Twin）功能，通过虚拟仿真技术模拟船体结构、系统布置、流体力学、应力分析等船舶设计场景，帮助设计团队在虚拟环境中验证设计方案。支持结构仿真、流体仿真等多种仿真类型，能够根据真实数据进行性能预测与优化。

3D 可视化与虚拟现实（VR）支持。提供 3D 模型的可视化工具，并能够通过虚拟现实（VR）技术进行沉浸式设计评审，增强设计验证的直观性和交互性。支持在 3D 模型上进行交互式标注、测量和变更建议记录。

#### ⑤跨平台集成与互操作

开放 API 接口与数据集成。提供开放的 API 接口和数据接口，支持与第三方工具和管理系统进行数据交互。支持多种数据格式进行设计数据的无缝对接，确保不同工具之间的数据一致性。

跨平台协作与多方数据同步。提供与合作伙伴、供应商的跨企业协作机制，能够与供应链管理 etc 外部合作方系统进

行实时数据同步与任务协同。

#### ⑥智能设计与大数据分析

智能设计推荐与辅助设计。集成 AI 设计辅助工具，根据历史设计数据、行业标准和专家经验自动生成设计方案或优化建议。能够通过机器学习算法分析过往设计数据，从而预测设计风险、评估设计可行性，并在设计初期就给出风险提示。

设计数据分析与决策支持。提供大数据分析功能，能够对设计流程数据、项目管理数据、版本管理数据等进行深入分析，生成各类可视化报表，帮助管理层做出科学决策。

#### （4）安全保障

“船舶协同设计”涉及多个企业、多个系统间的交互，参与企业应着重注意网络安全、平台安全和数据安全。在网络侧，应将连接器部署在 DMZ 区，负责联通内网系统与互联网的其他企业系统，通信时应采用非对称加密等技术防止数据被窃取。在平台侧，应使用 CA 证书等身份校验机制鉴别接口用户权限。在数据侧，应严格落实数据分级分类管理，注意对外部数据和对外提供数据的校验与审核。

## 2.排程优化

### （1）网络建设

为了实现生产流程的优化、资源的合理分配、订单的快速响应和交付，船舶制造企业通过建设工业互联网企业内网的方式，支撑 APS 系统排程优化，增强部门协同，提升计划执行性。排程优化场景对网络需求主要集中在高可靠性、低

时延、大带宽等方面。

①高可靠性：生产排程优化对网络的稳定性和可靠性要求极高。任何网络故障或延迟都可能导致生产计划的延误。

②低延迟：为了实现实时响应，网络延迟须降到最低。这在船舶制造业中尤为重要，因为它们依赖于快速的数据交换来优化排程。

③实时数据传输：网络需要能够实时传输生产数据，包括订单信息、库存状态、设备状态等，以确保排程系统能够基于最新的信息做出决策。

④大带宽：网络须能够处理大量的数据传输，同时保证关键任务的带宽需求，通过带宽管理和优化确保数据流畅。

⑤安全性：网络支撑的排程系统必须具备强大的安全性能，以防止数据泄露或被未授权访问，保护企业的生产数据和商业机密。

## **（2）标识建设**

工业互联网标识建设将结合船舶企业节点应用建设同步开展，为企业排程提供服务。依托龙头企业的工业应用，为企业自身提供服务，并可通过船舶行业二级节点能力托管服务，为行业企业提供服务支撑。

①标识与企业生产各环节进行关联。将标识与企业内部管理编码结合，打通企业内部编码与供应链数据的关联，将资源与作业挂钩，实现生产数据与标识的联通。

②加强与供应链的连接。利用招采的先机，推动供应链企业应用标识，实现代码供货，将物料管理与生产管理数据

对接，实现全流程优化，以最小化生产中断和交付延误。

③协同创新与应用推广：通过协同的方式推动应用的强需求化，通过对生产流程的优化机会不断扩展应用范围。

### **(3) 平台建设**

船舶生产涉及多工序、多资源协调，“排程优化”要求工业互联网平台具备高度智能化、可视化和集成化的核心功能。同时考虑订单、生产工艺、供应链等多种影响因素，多方协同和动态优化也是平台功能设计重点。

#### **①生产计划与排程管理**

智能生产排程与任务调度。集成基于约束理论的排程算法、遗传算法、混合整数规划等先进排程算法，根据生产订单、资源可用性、工艺约束、设备能力等参数自动生成最优排程计划。通过算法模型开展生产任务的动态分配与实时调整，确保生产资源变化时系统能够自动重新安排任务，并能对瓶颈工序进行优化。

多层次生产计划管理。支持多层次的生产计划管理，包括主生产计划、车间生产计划、班组生产计划等，能够根据不同层级的生产需求制定相应排程方案。主生产计划与车间级计划联动，当主计划发生变更时，能够自动向下调整各车间和班组的生产排程。

实时任务调度与优先级管理。平台能够根据生产任务的紧急程度、资源利用情况等因素动态调整任务的优先级，确保关键订单能够优先生产。提供任务冲突检测功能，在资源发生冲突时，系统能够自动识别并提出优化方案。

## ②生产过程监控与可视化

生产进度实时监控。通过集成传感器、RFID、PLC等工业物联网设备，对生产车间内各工序开展实时监控，实时收集设备运行状态、产线负载、物料流动、任务完成度等信息。提供甘特图、表格、进度条等多种形式的进度监控，直观展示当前生产任务进展情况、资源利用率和瓶颈环节。

生产资源状态可视化。平台应具备设备、物料和人力资源的可视化管理功能，通过动态仪表板、设备状态图表等方式实时展示设备运行率、故障报警、物料库存状态、操作人员的任务负荷等各类资源状态。提供生产现场的实时数据图，帮助管理者对生产现场的整体状态进行快速评估。

生产异常报警与问题跟踪。当生产现场出现设备故障、物料短缺、任务延迟等异常时，平台能够实时发出报警提示，并提供详细的异常报告。通过生产问题跟踪模块，记录异常的发生时间、原因分析、处理措施和责任人，帮助管理者对生产问题进行闭环管理。

## ③生产资源管理与调度

资源能力管理。平台应能够管理各类生产资源的详细信息，包括设备产能、人员技能矩阵、物料库存等。根据资源状态、可用性，自动匹配生产任务，并生成最优资源分配方案，避免出现资源闲置或过载的情况。

资源冲突检测与优化。当不同生产任务需要使用相同资源时，系统能够自动检测冲突并给出解决方案，调整任务顺序、重新分配资源。在资源发生不可预见的变化时，系统能

够自动重新排程，减少生产影响。

#### ④生产仿真与优化分析

生产排程仿真。集成离散事件仿真、流程仿真、设备仿真等仿真模型，在排程执行前对生产计划进行模拟运行，评估不同排程策略的效果。通过仿真模型预测生产瓶颈、工序负荷、产能利用率等关键指标，为排程优化提供决策依据。

多方案对比与优化。支持多种排程方案的创建与对比，帮助管理者根据实际情况选择最优方案。集成多目标优化算法，在满足交期、成本、产能等多个目标的前提下，寻找全局最优的生产排程方案。

#### ⑤跨部门协同与信息集成

跨部门协同 workflow。提供跨部门协同 workflow 管理功能，能够在生产排程过程中自动触发相关部门执行相关任务，确保各部门能够协调工作。当生产排程发生变更时，系统能够自动通知相关部门，并对变更影响进行分析。

信息集成与系统互联。平台应与企业 ERP、MES、WMS 等信息系统无缝集成，确保生产排程计划与设计、订单、库存、制造执行等数据互通。通过集成 API 或中间件技术，实现与外部供应商、物流等系统的互联互通，形成全供应链的协同排程与管理。

### **(4) 安全保障**

“排程优化”应在操作监控层和过程控制层布置网络隔离设备，以确保工业数据安全；应在数据服务层与生产运行管理各系统间也设置网络隔离设备；相关系统应支持实时安

全监测，监测内容包括物理和虚拟资源两方面的运行状态，支持持续、动态、实时的安全审计；具备容错容灾机制，不应因单点故障影响整体系统的运行。

### **3.资源动态配置**

#### **(1) 网络建设**

为实现船舶工厂内人、机、物、料等全要素资源管理，开展基于资源匹配、绩效优化的精准派工，企业可通过部署无线化的企业内网，实现全厂人力、设备、物料等制造资源的智能监控、调度等。

无线化：可通过在厂区内部署 5G 网络、WiFi、NB-IOT 等无线网络，收集工厂内各类仪器、设备、产线等资产的运行状态、实时位置等数据，通过企业内网传输至后台如 ERP 等系统中，实现全流程管理。

#### **(2) 标识建设**

将工业互联网标识与船体构件编码，船舶模型编码进行结合，依托企业标识节点，开展资源动态调配应用建设，服务资源配置与调度。

①资源动态配置涉及到数字化协同设计、智能生产、供应链管理等环节的协同应用，利用标识可以将各环节的数据进行关联与贯通，从而实现全流程的生产需求与资源状况实时掌握，对生产资源进行优化分配和管理。

②企业建立资源配置模型，通过物联网与标识技术的集合实现资源数据集成，按照分段建造需求图谱，实现资源的优化配置。

### （3）平台建设

工业互联网平台需集成大数据分析、运筹优化和人工智能等技术，实现全厂范围内的人力、设备、物料等制造资源的精准匹配和智能调度。

#### ①资源管理与监控

全要素资源数字化管理。一是人力资源管理，平台需记录和管理工厂内部所有员工的详细信息。能够根据员工的能力与工作负荷情况进行动态匹配和任务分配。二是设备资源管理，平台需要对所有生产设备进行数字化管理，包括设备型号、运行状态、产能、维护周期、可用性等，确保设备能够在最佳状态下参与生产任务。三是物料资源管理，平台应能够追踪工厂内所有原材料、半成品、成品的库存、使用状态、供应链情况，确保物料能够在生产过程中得到及时供应。

资源状态实时监控。通过集成传感器、RFID、PLC等工业物联网设备，平台能够实时监控人力、设备、物料的状态变化。提供资源状态可视化界面，便于管理者全面了解当前生产资源的实际情况。

资源使用历史与绩效分析。记录人力、设备、物料在生产过程中使用的历史数据，并基于这些数据进行绩效分析。提供资源利用率、资源冲突、设备停机率、人员负荷等关键指标的分析报告，为资源配置优化提供数据支撑。

#### ②智能资源匹配与优化调度

智能资源匹配算法。基于大数据和人工智能算法，自动进行人、机、物资源的匹配与分配。考虑多种约束条件，动

态调整资源配置，确保生产任务的最优执行。提供多种资源匹配策略，根据生产目标选择最佳策略。

任务动态调度与工序优化。基于任务需求和资源状态，自动进行生产任务的分解与调度，将任务分配到具体设备和人员，并安排最优工序顺序。当生产现场出现意外情况时，平台能够实时调整计划，并重新分配资源，确保整体生产流程的顺利进行。

资源负荷均衡与冲突管理。提供资源负荷均衡功能，在生产调度过程中，能够识别资源使用的过载或闲置情况，并自动调整资源分配方案。针对多任务、多设备、多人员之间的资源冲突，平台能够自动检测冲突点，并给出相应的解决方案。

### ③精准派工与绩效管理

个性化派工策略。结合工人技能、工时记录、工作强度等因素，自动选择最合适的工人执行特定任务，确保任务高效完成。提供灵活派工策略，如按技能优先、按工作量均衡、按设备优先等方式进行动态派工。

设备与工人的协同调度。在派工过程中，系统能够同时考虑设备的可用性、生产任务需求和工人的技能匹配度，实现设备与人员的最优组合。提供设备与工人的协同调度功能，避免任务执行过程中因设备或人员调度不当导致生产中断或延迟。

绩效分析与优化建议。基于人员、设备和任务的执行记录，自动生成生产绩效评估报告，并分析各项任务的完成质

量、效率和人员表现。提供绩效优化建议，帮助管理者持续优化资源配置方案。

#### ④生产过程动态调度与实时响应

实时生产状态监控与动态调度。平台能够实时监控生产现场的执行情况，并根据生产状态的变化自动触发任务的重新调度。当生产现场出现异常时，系统能够实时预警，并自动进行生产计划的动态调整。

事件驱动的任务重排。当外部条件或内部资源发生变动时，平台能够基于事件触发机制，自动进行任务重排和资源再分配。提供任务优先级管理功能，根据实时生产需求自动调整任务顺序，优先处理紧急订单或关键任务。

#### ⑤全局可视化与决策支持

资源调度与生产进度的可视化展示。提供工厂整体布局图、产线生产状态图、资源调度图等可视化功能，实时展示各类资源的使用情况和生产任务的执行进度。集成生产数据仪表盘，通过图表、数据流、甘特图等形式展示关键生产指标，帮助管理者快速做出决策。

生产瓶颈分析与优化决策支持。基于实时生产数据，系统能够自动识别生产中的瓶颈环节，如工序延迟、设备过载等，并生成详细瓶颈分析报告。提供多方案对比分析功能，帮助管理者在不同生产条件下选择最优的资源配置和调度策略。

数据预测与资源需求分析。通过大数据分析与预测算法，预测未来生产需求和资源负荷情况，为管理者提前进行

资源调度和生产规划提供决策支持。生成资源需求分析报告，帮助管理者识别未来可能出现的资源短缺或过剩情况，并提前做出应对措施。

#### ⑥系统集成与数据互通

开放 API 接口与数据集成。提供标准化的 API 接口和数据传输协议，实现与 ERP、PLM、MES、WMS 等系统的无缝集成，确保各系统间数据互通和业务协同。

跨部门数据共享与协同管理。实现跨部门、跨系统的数据共享与协同管理，确保生产计划、库存信息、人员调度、设备状态能够在不同系统之间实时同步。提供统一的数据平台，所有数据能够在平台中集中管理与分析，确保资源调度的全局优化。

### （4）安全保障

实现资源动态配置时，应加强控制软件、设备、系统等的身份鉴别与访问权限控制，对各生产环节数据实施分类分级，明确各部门网络安全责任与义务，包括系统访问权限，数据传递范围，管理范围等，保障各系统之间不会出现越权访问问题。

## 4.供应链管理

### （1）网络建设

在供应链管理场景中，企业外网主要用于连接供应链上下游的信息系统或平台，提高企业间、区域间的数据交流效率，并基于全局数据分析，实现供应链资源优化配置。

供应链协同是基于船舶制造企业、钢铁等材料供应商、

金融服务机构等行业主体的互联互通。对于该类业务，船舶制造企业可以通过互联专线和普通宽带实现供应链数据的跨企业互通。某些企业如需与上下游生产单位进行数据实时交互，则应采用互联专线保证数据传输的安全性与可靠性；对于一些与合作单位有联系但数据传输需求不高的企业，考虑到成本问题，多选择普通宽带进行连接。

## **(2) 标识建设**

结合链主企业的工业互联网标识解析二级节点开展应用。利用链主企业托管应用为供应链上下游企业提供服务，依托标识将订单数据，产品生产数据，产品检验数据，产品证书数据，送货数据，入库数据进行关联，实现对供应链的精细化管理。

①链主企业建设基于标识的供应链服务平台。链主企业建设供应链服务平台，通过平台传递订单信息并进行统一标识编码。供应商将生产数据，检验数据与证书等数据上传，并与标识进行结合，反馈给链主企业，链主企业可直接获取供应链相关数据。

②延伸船用产品追溯边界。通过对供应链的细化管理，可将船用产品的数据采集从单一企业延伸到全供应链流程，从单一供货数据拓展到质量数据，从而可进一步扩展标识应用领域。

## **(3) 平台建设**

船舶供应链涉及设计、采购、生产、物流、交付等多个环节，涵盖从上游供应商到下游客户的全链条管理。因此，

平台的功能建设不仅要提升供应链的透明度和可视化能力，还需加强对供应链各要素的追踪、分析与优化。

### ①供应链全流程管理与协同

供应链计划协同管理。平台应具备多方协同管理功能，能将船厂、设计方、供应商、物流商和客户等多个主体纳入同一个平台，实现采购、生产、物流等多方计划协同制定与调整。提供跨组织的协同 workflows，支持多方在同一平台上实时共享计划信息，并能够进行计划的快速变更和同步更新。

主生产计划与物料需求计划。集成主生产计划（MPS）和物料需求计划（MRP）模块，根据订单需求和船舶生产计划，自动生成各供应商的物料需求清单，明确每种物料的数量、交付周期和优先级。通过与生产车间、设计部门和采购部门的无缝对接，实现物料需求计划与实际生产状态的联动管理，及时调整物料采购和库存策略。

供应链全局协同与数据共享。通过工业互联网平台提供的跨组织数据共享机制，各方能够实时获取生产计划、物料库存、订单进度和物流状态等关键信息，提升供应链的透明度和数据同步能力。

### ②订单管理与交付协同

订单管理与跟踪。订单管理模块可对所有订单进行详细记录和跟踪，包括订单状态、交付进度、订单变更历史等。提供订单多维度查询与分类，方便用户快速定位特定订单，并能根据订单优先级进行动态管理。

订单交期预测与可视化。基于订单需求和实际的生产状

态，平台能够对各订单的交期进行预测，并通过动态甘特图或交期状态图表的形式进行可视化展示。当订单交付存在风险时，系统能够自动预警，并提供多种应对方案。

订单变更管理。平台支持订单变更管理功能，当客户需求或生产计划发生变化时，系统能自动触发相应 workflow，并通知相关部门及时调整计划。提供订单变更对供应链的影响分析，能够自动评估变更对物料采购、生产任务、交付周期的影响，并生成变更影响报告。

### ③物料追踪与库存管理

物料追踪与标识管理。基于工业互联网标识解析体系，对所有物料进行唯一标识，并在供应链各个环节进行全程追踪。提供物料追踪功能，能够实时显示每种物料的状态，并通过物料流转路径图进行可视化展示，确保物料在各环节的流通透明。

库存管理与优化。集成智能库存管理模块，能够根据物料需求计划和实际库存水平自动生成库存补货计划，优化库存水平，避免库存短缺或过剩。提供安全库存预警功能，当库存低于安全库存线时自动发出补货通知，并能够结合物料供应周期和使用频率生成最优的采购计划。

物料质量与批次管理。实现对物料批次的详细管理与质量追踪，记录每批物料的生产商、交付时间、质检状态、使用记录等，确保在出现质量问题时能够快速定位问题批次。提供质量管理报告与追溯功能，能对每种物料的质量状态和批次信息进行历史记录与追溯，并生成物料质量分析报告。

#### ④ 供应商管理与绩效评估

供应商信息管理与分级。平台能够记录和管理所有供应商的基本信息，并根据供应商的实际供货能力进行分级。提供供应商的资质审核与动态更新功能，确保供应商的资质和能力信息始终保持最新状态。

供应商绩效评估。通过对供应商交付时间、交付质量、供货稳定性、响应速度等多维度数据进行评估，生成供应商绩效评估报告，帮助企业选择最佳供应商合作伙伴。提供供应商绩效排名与趋势分析功能，能够根据历史绩效数据进行长期趋势分析，并识别潜在的供应风险。

供应商协同与沟通。通过供应商协同管理平台，供应商能够实时接收采购订单、查看物料需求计划，并与企业进行实时沟通。提供订单响应、交付状态更新、质量问题反馈等供应商自助管理功能，提升供应商与企业之间的协作效率。

#### ⑤ 物流管理与全程可视化

物流计划与路径优化。基于订单交付需求和物料状态，生成最优物流配送计划，并提供运输路径优化，选择成本最低、时间最短的运输路径。支持多种物流模式的管理，能够根据物料的交付要求自动选择最合适的运输模式。

运输状态实时监控。通过集成 GPS、物联网传感器和物流追踪系统，平台能够实时监控物料运输状态，并在物流平台上进行全程可视化展示。提供运输状态预警功能，当运输出现异常时自动触发报警，同时通知相关负责人采取应急措施。

物流成本分析与优化。记录每次运输的详细成本数据，并进行多维度物流成本分析，帮助企业优化物流策略。提供物流成本与交付时间的权衡分析工具，生成物流策略优化建议，确保在满足交期的前提下尽可能降低物流成本。

#### ⑥数据分析与决策支持

供应链数据分析。对供应链各个环节进行多维度数据分析，生成详细分析报告。

预测与需求分析。集成大数据和人工智能技术预测未来订单需求和物料消耗趋势，为企业生产安排和物料采购提供依据。

风险预警与决策支持。基于实时数据开展风险识别与预警，如订单延期、供应商履约能力下降、库存短缺等，并提供决策支持建议。

### **（4）安全保障**

按照“源头管控、安全可靠、持续监管、风险可控”的原则，选择合规合格的供应商，与工业控制系统厂商、云服务商、安全服务商等供应商签订的协议中，应明确各方需履行的安全相关责任和义务，包括管理范围、职责划分、访问授权、隐私保护、行为准则、违约责任等，保障供应商为企业提供符合安全要求的产品与服务。此外，供应链管理涉及总装企业与多个供应链企业的数据交互与业务协同，供应链企业应部署专用连接器完成企业内部系统与总装企业的数据交互，连接器应支持身份验证、数据存证确权、数据非对

称加密、数据一致性校验等防护技术。

## 五、实施流程与要素保障

### （一）基本原则

**系统布局，长远谋划。**图谱化、场景化、标准化推动船舶企业数字化转型，科学制定工业互联网建设蓝图，明确建设目标、路径和阶段性任务。

**远近结合，分步实施。**有机衔接当前急需与长远发展，根据企业自身基础条件和需求急迫程度，制定分阶段实施方案，分步推进规划落地。

**持续迭代，优化升级。**建立市场、技术等快速响应机制，定期开展工业互联网建设项目评估与优化，确保工业互联网建设既符合行业发展趋势，又紧密贴合企业实际需求。

### （二）实施流程

企业开展工业互联网建设可按照“八步走”流程实施，包括“现状评估、战略规划、组织准备、总体设计、方案设计、实施准备、实施建设、成效评估”，形成环环相扣、紧密连贯的工作逻辑。

#### 1.现状评估

船舶企业结合工业互联网应用成熟度评估方法，对自身研发、生产、管理、服务等业务数字化水平，以及自动化信息化系统建设部署情况等进行全面评估，摸清基础能力和痛点问题，为总体规划和建设实施提供指导。具体来说，一是业务诊断，全面梳理业务流程，找出业务痛点，明确未来发展定位和目标；二是工业互联网功能需求分析，结合当前工业互联网技术发展情况，明确工业互联网在支撑转型时应具

备的网络、标识、平台、安全和数据功能；三是数字化现状评估，对企业自动化信息化系统建设情况进行全面评估，摸清现有能力，找出差距；四是开展自主定级，参照工业互联网企业网络安全分类分级防护相关标准，落实与自身等级相适应的安全防护措施。

## **2.战略规划**

面对船舶行业高端化、智能化、绿色化发展趋势，结合船舶企业发展愿景、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，明确融合应用方向，设定融合应用目标，系统规划融合应用总体架构和实施路径。一是战略研判，基于企业现状分析，明确企业融合应用需求和愿景。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，明确融合应用路径，设计融合应用总体架构。

## **3.组织准备**

建立一套适应数字化转型的组织架构，配备具备数字化专业能力和素质的人才，建立合理的激励措施，落实好工业互联网建设所需的资金预算和筹措渠道，变革和创新业务模式和流程，支撑后续具体规划和建设任务开展。具体措施包括制定项目建设配套方案，设立包括企业中高层在内的工业互联网建设推进小组，制定项目资金预算与投资计划，对战略规划中涉及的新业务和新组织进行建设和调整等。

## **4.总体设计**

结合战略规划，面向船舶企业全业务流程开展工业互联网融合应用总体设计，制定建设蓝图，构建完整的技术、业务、应用以及管理等架构体系，明确网络、标识、平台、安全、数据等方面的建设重点，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。

## **5.方案设计**

按照总体设计要求，船舶企业可联合系统解决方案服务商，针对各应用板块设计详细建设方案，包括底层自动化改造方案、标识体系建设方案、网络设计改造方案、工业互联网平台、数据以及安全防护体系建设方案等，每个方案包括所需的技术、装备、软件、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。

## **6.实施准备**

按照“成熟一个启动一个”的原则，在完成方案设计和论证后，根据具体业务需要，在资金、物料、人员、制度等方面进行实施准备，包括筹措项目建设所需资金、组建由船舶企业和系统解决方案服务商组成的项目实施团队、采购项目建设所需的相关软硬件设备、建立项目管控机制、完善相关标准体系、开展工业互联网相关培训等，保证项目建设顺利开展。

## **7.实施建设**

根据建设方案，项目实施团队进驻现场，分阶段开展项目建设，包括但不限于：

一是底层设备的自动化改造和新型网络设施改造升级。升级现有的装配机械臂、自动喷涂、焊接等设备或部署新型智能装备，增强泛在感知能力；开展企业内外网改造，提升数据传输能力；完善各工序工艺模型，提升过程控制智能化程度。

二是企业数据治理与标识体系构建。包括项目所涉及的物理实体和虚拟实体标识码建立、标识解析中间件部署、企业标识解析节点建设等，并基于标识体系，推动基础数据清理、数据挖掘分析、数据库和模型库创建。

三是工业互联网平台部署、功能配置、二次开发、功能测试等。平台部署，主要包含网络、服务器、存储资源等硬件部署和操作系统等软件部署两部分。功能配置，主要对数据采集点、平台侧业务菜单、用户角色权限等进行细化配置和调试。二次开发，主要结合船舶企业实际业务需要，对原有 SaaS 应用进行定制化开发，对于新增的非通用性业务，基于平台进行全新开发和部署。功能测试，主要开展黑盒、白盒和 UAT 用户接受测试，并根据测试情况进行修正完善，保证建设内容达到总体设计和方案设计的预期结果。

四是安全防护体系建设，包括从设备安全、控制安全、网络安全、应用安全、数据安全、平台安全等方面构建安全防护体系，定期开展安全风险监测评估，保证设备运行安全可靠、网络传输安全可信、数据全生命周期流通安全。

## **8.成效评估**

工业互联网项目建设完成后，开展试点应用，逐步实现

推广，并根据运行情况进行迭代优化，适时组织开展应用成效评估。后期根据评估情况、实际需要和技术发展情况，开启新一轮工业互联网融合应用规划设计，不断提升融合应用水平。

### **（三）要素保障**

#### **1.组织保障**

企业可成立专门的工业互联网建设领导小组和工作小组，负责工业互联网项目的整体规划、协调推进和监督评估。明确企业各部门、各层级在工业互联网建设中的职责分工，形成上下联动、协同推进的工作机制。

#### **2.制度保障**

建立企业工业互联网融合应用责任机制、持续改进机制和应用评价机制，制定合理可行的考核指标体系。通过加强对各项目组建设与实施情况和效果的评估考核，充分调动企业内部各部门积极性和创造性，从制度上保障工业互联网融合应用有效落实。

#### **3.资金保障**

企业根据自身应用需求，结合资金投入能力，合理设置建设目标，制定分阶段、分批次的资金投入计划和资金保障措施，确保资金合理分配、使用，提高资金使用效率。积极探索多元化融资渠道，如政府补助、银行贷款、风险投资等，降低企业资金压力。

#### **4.人才保障**

注重高端人才引进，通过优厚的待遇和广阔的发展平

台，吸引工业互联网领域专家和技术人才加入，为项目注入创新活力。加强内部人才培养，通过定期培训、实战演练等方式，提升现有人员专业技能和综合素质，形成一支既懂技术又懂业务的复合型人才队伍。建立健全人才激励机制，通过绩效考核、晋升机会等措施，激发员工的积极性和创造力，为工业互联网建设持续提供人才支撑。

## **5.文化保障**

构建创新驱动的文化氛围，鼓励员工敢于突破传统，勇于探索工业互联网融合应用中的新技术、新方法，不断推动技术创新和业务模式创新。强化团队协作共赢理念，倡导跨部门、跨领域的紧密合作，共同解决工业互联网建设中的难题，实现资源共享、优势互补，形成强大凝聚力与战斗力。

## 附件 1

### 典型场景及解决方案案例

#### 一、基于单一数据源的数字化协同设计—江南造船（集团）有限责任公司

##### （一）案例综述

江南造船通过构建基于单一数据源的数字化协同设计平台，打通研发设计-生产制造-供应链管理等环节，建立多层次多维度协同关系，构建适用于船舶行业的全生命周期数字造船新模式。该平台综合运用体验式设计、供应链云协同、无纸化交付等技术，打破企业间信息孤岛及部门间沟通壁垒，减少设计及制造环节的信息模态转换，实现多端模型-数据-业务的云上协同，有效减少设计人员及工人重复性、低价值劳动，实现多业务环节的同步效率提升。

##### （二）行业挑战

传统设计模式下，设计院、供应商、船厂等主体依靠图纸/清单的流转进行信息交互，设计方式落后、设计效率低下且与制造脱节，无法满足当前研发、设计的协同需求。此外，在当前技术协议签订过程中，供应商已经按照公司要求提供三维模型，但模型仍以光盘、电子邮件的方式进行交互，缺少统一有效的管理方式。

##### （三）解决方案

基于单一数据源的数字化协同设计，涵盖了体验式设计、供应链云协同与无纸化交付等三大核心环节，依托工业

互联网的技术架构，优化设计和生产全过程。

**体验式设计方面**，强调用户的参与和感受，充分考虑人机工程，通过结合工业互联网提供的实时数据与仿真优化，形成“全三维设计+人机工程仿真+计算机辅助分析”的一体化设计方式。在设计初期，综合船东、总体设计所、主要系统院所的意见和建议，通过工业互联网平台实现数据的协同共享与实时更新，确保设计方案与各方需求高度契合。

**供应链云协同方面**，构建基于云的供应链协同平台，减少详细/生产设计阶段建模工作量，提高研发阶段建模完整度。同时针对厂商模型格式差异化的特点，实现了 14 种通用格式模型转换，确保船厂与厂商之间的数据无缝流转，推动跨地域、跨企业的实时协作，充分发挥工业互联网在供应链中的核心作用。

**无纸化交付方面**，将各类工艺与管理信息通过数字化平台与三维模型深度融合，基于三维模型实现了数字化工作包拆分，达到准时制生产方式的同时满足工程管理细化和作业工序细化要求。工业互联网在无纸化交付过程中发挥了核心作用，促进了信息的高效传递与实时监控，已成为船舶研发设计和制造的“普通话”。“海巡 160”航标船实施无纸化交付后，船舶建造周期比原计划缩短了近 3 个月，差错率比同物量船舶降低了约 60%。



图 1-1 基于单一数据源的数字化协同设计示意图

## 二、物资智能仓储管理—中船黄埔文冲船舶有限公司

### （一）案例综述

中船黄埔文冲有限公司搭建智能仓储系统，结合企业一体化平台的供应链管理系统，构建基于工业互联网的全自动化仓储解决方案，实现物料自动上下架搬运和立体存储作业以及库存物资状态的实时呈现。该解决方案大幅提升了物资出入库效率，大大增加了有效库容使用面积，充分发挥了仓库室内空间价值。

智能立体存储仓库管理系统集合了现代物流先进技术和理念，利用工业互联网、AGV、人工智能和先进控制、通讯等技术，上连企业信息管理系统，下连工业实时控制系统，实现物流指令快速、准确下达及物流执行信息的收集、处理、存储和传送。基于智能立体存储仓库管理系统，中船黄埔文冲对物料自动化入库、存储、出库（包括拣选出库）等业务进行统一管理和调度，确保物料快速、准确出入库，以满足车间生产需要。

### （二）行业挑战

仓库库容紧张、到货物资杂、理货工作量大、反复起重搬运费时费力、正确仓储信息难以查询、在库物资难以查找、领料难、领料慢等问题曾是船厂仓储的共同难题，也曾深深困扰着中船黄埔文冲船舶有限公司的仓库管理人员。对于船舶企业而言，提升仓储管理水平不仅有利于增强市场竞争力，还能有效管控和降低成本支出，为企业稳定发展奠定基础。

### （三）解决方案

智能化立体仓库系统由昆船公司建造与开发，主要由立体仓库管理系统、立体货架、出入库载货平台、有轨巷道堆垛机、出入库托盘输送机系统、通讯系统、智能监控系统、条码阅读系统以及其它由钢结构平台、手持控制设备等辅助设备组成的自动化控制系统构成。系统管理范围涵盖零配件组盘绑定、入库（可根据工单批量入库，也可零散入库）、根据工单批量出库、零散出库、拣选出/回库等基本业务流程。通过工业互联网平台集成，该系统可实现不同托盘类型和物料的动态存储区域划分，并根据需求采用差异化管理策略。

智能立体仓库的使用突破了原有仓储管理瓶颈，使得仓库空间得到了充分利用，有效库容面积大大增加。基于该系统，中船黄埔文冲实现了船舶类物资规范化存放，物资存储、搬运作业自动化，库存管理信息化，为船厂最终实现物流、物资的大信息化管理打下了基础，达到了增加库容、加快周转、提高工效、降低成本的目的。

**立库货架存储区**



图 1-2 立库货架存储区

**取放货站台（带称重）**



图 1-3 取放货站台

### 三、生产作业资源智能调度—中船工业互联网有限公司

#### （一）案例综述

中船互联基于生产作业资源管理系统，建立高效生产作业资源管理机制，实现船舶分段精准定位、转运车辆统一调度以及生产设备的实时监控。该系统的应用对提高生产效率、降低生产成本、提高经济收益与企业竞争力具有重要意义。

生产作业资源管理系统采用北斗定位技术实时采集转运车辆的位置信息，结合物联网技术监控转运车辆和生产设备的运行状态，确保信息的精准传输与实时反馈。通过与制造运营系统和设备点巡检系统的深度互联互通，打通了生产计划、工单下发、设备维保、生产进度等多环节信息流，实现了生产现场与厂区转运作业之间的信息实时交互。

#### （二）行业挑战

目前，船舶总装厂仍利用传统的行吊、叉车、平板车、模块车等工具进行大型结构件运输。一方面，此种运输方式较多依赖人工，导致运输过程中常出现现场堵车、结构件配送情况无法掌握、现场生产进度不清楚等问题；另一方面，由于厂区较大、生产场地多且转运设备数量有限，大型结构件配送缺乏系统和智能化工具支撑，对转运设备的调度和安排主要依靠现场人工判断和编排，造成分段无效转运次数多、人力物力资源浪费。

#### （三）解决方案

生产作业资源管理系统分互联网环境和内网环境。互联

网环境包含基础设置、基础信息管理、分段转运查询、作业资源看板、车辆轨迹查询和系统日志 6 个模块，主要实现转运设备的实时监控及作业管理。内网环境包含设备配置、作业反馈配置、设备资源档案、资源信息数据采集、资源状态监控、作业反馈分析、资源看板、资源报警分析和权限配置 9 个模块，主要实现生产设备的实时监控，辅助生产管理。

目前系统已在中船黄埔文冲船舶有限公司全面上线且管理超过 10 艘船的建造过程。通过全面规范船舶建造生产过程，实现分段管理效率提升 85%、管理成本降低 50%、车辆故障率有效减少 10%、板材作业管理效率提升 80%。

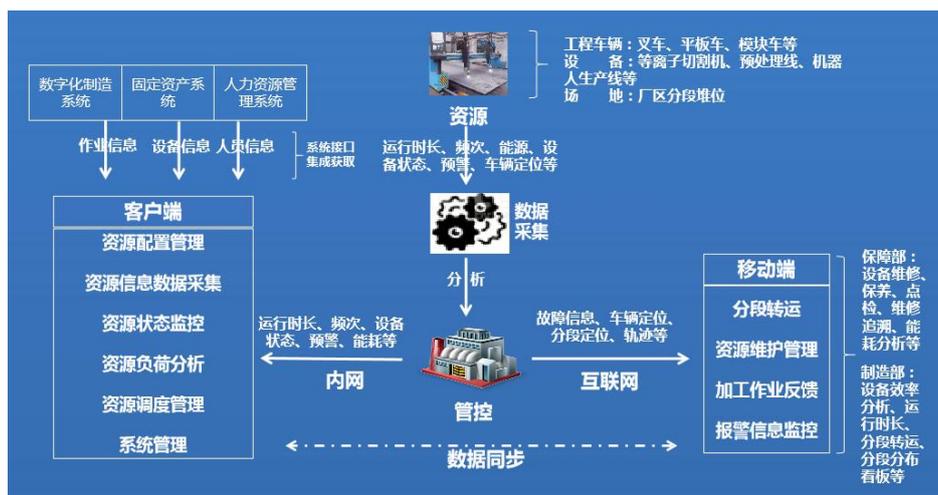


图 1-4 生产作业资源管理系统

## 四、基于 GNSS 定位技术的船舶分段物流智能管控—沪东中华造船集团有限公司

### （一）案例综述

分段物流智能管控系统致力于提高分段运输过程的数字化管理，主要应用于船体分段生产完成后分段信息的采集、绑定、运输、盘点等环节，旨在实现分段的快速定位、快速盘点及全局数据掌控。

本方案创新使用 GNSS 技术、车辆编码器和转向角度记录器，并利用工业互联网平台进行实时数据采集、汇聚和分析。系统利用移动互联网技术对分段的状态、工装、场地等信息进行现场登记反馈，结合分段驳运场地物理真实场景与三维虚拟场地的数据映射，实现分段分布状态、场地负荷及布局等功能的实时监控，为现场进行分段查找、场地布局优化等提供数据基础。与传统人工管控方式相比，智能化、可视化的分段物流管控系统通过实时数据采集与反馈突破人工干预局限，实现了现场分段的精准定位、快速盘点和无感反馈管理，提升了分段堆场的周转效率以及船厂应对瓶颈资源的能力。

### （二）行业挑战

船舶分段运载消耗大量运输资源且运载过程中的中间部件危险程度高，如何有效管理分段运输，直接影响整体造船节奏和效益。传统分段运输管理停留在人工经验管理模式，信息的准确性和效率较低。一是分段位置信息依靠人工记录，存在出错概率高、数据不够精准且更新滞后等问题；

二是由于场地资源不可控，分段堆放桩位需提前寻找确定位置，但现场管理存在较大变数、后续物流安排缺乏前瞻性，无法做出合理预判；三是工装资源散落在厂内各个区域，无法依靠人工实时统计信息，导致工装资源后续使用缺乏数据支撑，无法做到有效预警。

基于上述问题，利用 GNSS 定位、惯导辅助定位、传感器及数据采集等技术，结合 5G 通信网络构建分段定位及物流管控系统，通过分段物流的智能化、可视化管理，提升分段堆场的管理水平和分段驳运效率。

### **（三）解决方案**

本方案结合“GNSS+差分基站+惯导+传感器+5G”技术，通过分段物流智能管控系统实现对场地、分段数据的一次定义、过程位置信息无感反馈，涵盖分段移动申请、审批、分段出胎绑定、运输、盘点和完工反馈各环节，实现了整个物流管控系统的数据闭环。具体而言，将分段堆放场地网格化、数字化，并设置在工厂地图中；通过 GNSS 定位技术及编码器采集大型平板车位置、位移、方向角等信息；通过 5G 网络进行坐标信息传输；通过手机 GPS 定位（粗定位）结合 GNSS 差分基站+手持终端的 GNSS 定位（精细定位）分段在堆场中的落墩桩位，即能获知分段的搬运开始结束时间及分段所在位置，再辅以其他搬运信息的输入，满足分段搬运移动的需求。同时利用工业互联网平台对采集数据进行统计分析，借助堆场排程算法规划一定时间段内堆场优化布放方案，形成堆场规划序列。通过该系统的使用，分段倒桩率降

低 20%，堆场利用率提升 20%。



图 1-5 基于 GNSS 定位技术的船舶分段物流智能管控业务蓝图

## 五、船舶网络协同设计与制造—中远海运重工有限公司

### （一）案例综述

中远海运重工采用 GPU 虚拟化技术，对显卡进行切片化处理，并按需分配给各虚拟机，以满足不同功能终端的 3D 加速需求，结合桌面虚拟化软件强大的配置、管理功能，完成三维模型的处理。基于工业互联网平台集成 ERP 和 PDM 系统，实现有效数据交换和同步，并在多地间建立网络协同平台，推动企业间设计、生产、管理等环节紧密连接，实现基于网络的跨企业、跨地域的业务并行协同和制造资源配置优化，达成对市场的快速反应，敏捷应对船东和国际最新标准需求，提高企业国际市场竞争力。

### （二）行业挑战

船舶属于订单式设计，定制化属性突出，建造周期长，生产批量小（单件），产品设计复用率低。不同船厂、不同专业之间的协同设计、生产、管理是推进船舶建造数字化的重要前提，而各造船厂区之间数据不一致，无法共享设计、工艺、物资管理等资源，且普通的远程连接方式难以满足设计软件对三维渲染的较高要求，该情况严重影响了造船效率。

### （三）解决方案

本案例以实现基于工业互联网的跨企业、跨地域的业务并行协同和制造资源配置优化为目标，构建船舶网络协同制造平台。技术路线如下：

**构建基础异地协同平台。**数据中心以虚拟机为核心构建

超融合架构，该架构环境中，同一套单元设备具备计算、网络、存储、服务器虚拟化等资源和技术，同时多套单元设备可通过网络聚合起来，实现模块化的无缝横向扩展（Scale—Out），形成统一的资源池，具有简单、高效、高性能、易部署等显著优势。在超融合架构中部署桌面虚拟化软件，通过优化后的桌面访问协议运行应用程序，使用资源池中的 CPU、内存等资源，进而减少客户机和网络负荷，再结合远程 3D 模型处理和异地数据同步技术，构建基础异地协同平台。基于网络加速和安全隔离技术，配置加速设备和防火墙，辅之以严格的管控措施，实现互联网专线的安全与优化，本地用户通过局域网直接访问，异地分公司用户通过互联网专线和 VPN 技术远程使用各系统。

**异地协同设计。**通过设计软件（CAD、CAPP）的异地应用支持，实现异地间同步的协同设计。首先修改完善现有船舶设计、工艺设计（CAPP）软件，满足协同作业环境下多用户、权限管理、数据锁定等功能要求，实现设计效率最大化。其次，根据各设计团队特点，分配其在设计过程中承担的工作内容，并按用户划分相应权限。最后，建立设计模型标准数据库和共享图库，确保数据的唯一性和重复利用性。该系统使异地用户通过工业互联网获得船舶设计的项目管理、工作流程管理以及对象管理的信息，从而实现异地间项目的一元化管理和资源共享。

**异地协同采购。**以物料清单为纽带，通过工业互联网平台整合 ERP 和 PDM 系统，打通数据流动与交换的渠道，确

保企业内部及跨地域数据同步与共享。通过 ERP 软件的异地应用支持，实现跨地域的产品数据全局共享，并解决部门之间协作以及制造数据统一的问题。基于明确的管理和数据分享机制，开展异地间的协同采购，各工厂间共享采购供应链资源，打通数据链条。

该场景实例通过跨企业、跨地域的业务并行协同和制造资源配置优化，不仅有助于改进设计模式，增强计划与协作能力，实现敏捷设计和精益生产，还能确保产品数据在整个企业中的一致性，从而缩短设计周期，提升生产效率，降低采购成本。

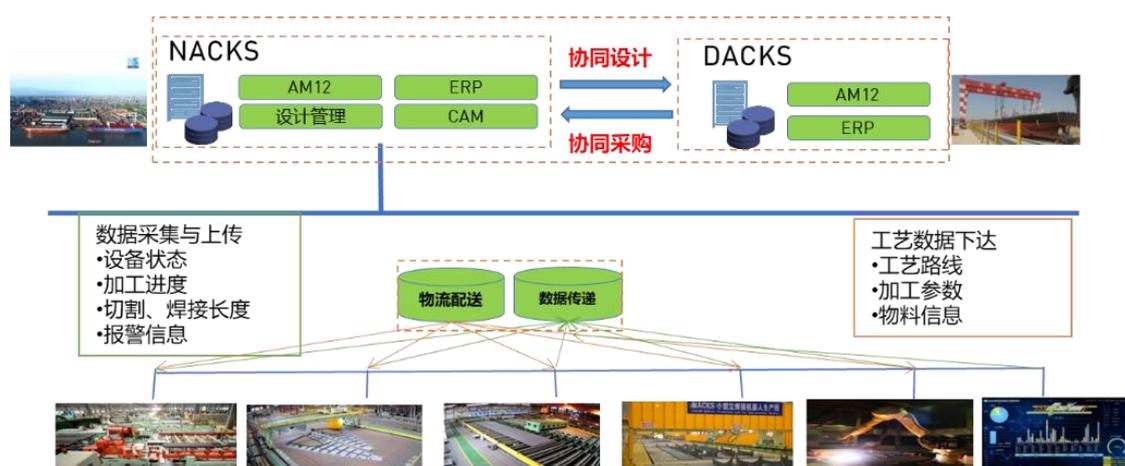


图 1-6 船舶网络协同设计与制造示意图

## 六、船舶薄板平面分段产线协同控制—中船集团第十一研究所

### （一）案例综述

中船集团第十一研究所依托工业互联网技术，结合现场总线、边缘计算、机器人控制等，研发建设船舶薄板分段自动化产线控制系统，实现激光复合拼板焊接、薄板打磨划线切割、纵骨装配焊接、T-Beam 装配、T-Beam 机器人焊接、围壁装配焊接等主要工位的协同高效生产，有力支撑邮轮、客滚船等多型船舶的高效生产。通过高度集成的智能制造系统，各生产环节数据实现了实时传输与共享，确保了不同工位之间的无缝对接与协同工作。

### （二）行业挑战

大型邮轮、极地探险邮轮、邮轮型客滚船等船舶的上层建筑庞大，为实现结构轻量化，降低船舶重心等要求，大量采用厚度为 4 mm ~ 8 mm 的薄形钢板。13.5 万总吨 Vista 级大型邮轮全船共 675 个分段，其中 8mm 及以下薄形钢板建造的薄板分段共有 504 个，占全船分段总量的 75%，薄板平面分段的生产在大型邮轮、客滚船等此类船舶的生产中占有较大比重。薄板平面分段自动化产线包括拼板、切割、纵骨装焊、T-Beam 装焊等多道工位，节拍一致性要求高，协同控制难度大，严重影响薄板平面分段生产效率和质量。

### （三）解决方案

针对薄板分段结构加工精度要求高、产线工位协同性差、生产效率低等痛点问题，中船第十一研究所为广船国际、

外高桥造船研发了船舶薄板平面分段产线控制系统。系统应用现场总线、边缘计算、工业协议解析、机器人控制等技术，建立了“设备采集-边缘计算-协同分析-反馈控制”机制。通过工业互联网网络实现各工位的数据传输与实时反馈，确保了各生产环节的无缝衔接与高效协同。该系统实现了激光复合拼板焊接、薄板打磨划线切割、纵骨装配焊接、T-Beam 装配、T-Beam 机器人焊接、围壁装配焊接等主要工位的协同控制，其中焊接工位安装多台焊接机器人，实现多台机器人协同作业，完成 T-Beam 焊接。该系统的应用有效提高了薄板分段生产效率，为邮轮、客滚船的高效建造提供有力支持，也为新建或改造其他船舶加工产线提供借鉴。。

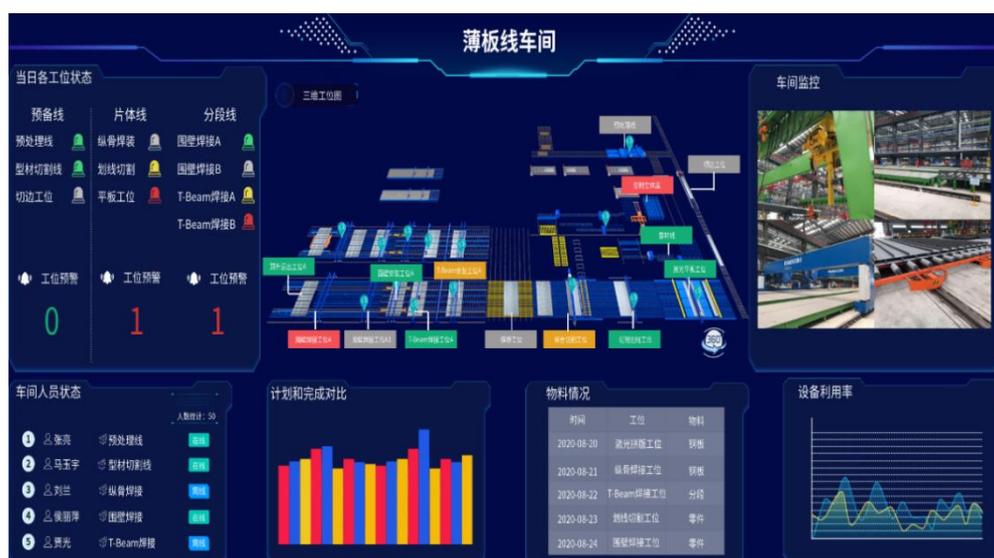


图 1-7 船舶薄板平面分段产线协同控制界面图

## 附件 2

# 专业术语解释

### 一、中文专业名词

**1.单一数据源：**将原来物理上分布于多个数据库中的产品数据，经过精心地组织形成一个逻辑上单一的数据库，在分布于不同数据库中的产品数据之间建立严格约束，以便保证产品数据的一致、最新、完整、无冗余和可靠性。单一数据源把企业中与产品生命周期相关的所有数据用一定的方式组合起来进行统一管理，保证并行工程中数据共享的实时性和一致性。单一数据源表达了一种数据组织方式，并不代表在进行数据管理时使用一个集中式的数据库。

**2.三维数字样船：**是一种基于全三维设计技术的船舶产品数字化描述，三维模型数据的产生和应用贯穿于船舶产品壳舾涂等各专业、多系统、跨阶段的设计、制造和管理过程。三维数字样船以CAX、PDM、ERP和MES技术为基础，融合虚拟现实、工艺仿真、三维图形技术，将船舶产品船体、舾装、涂装各专业的开发和分析过程集成在一起，定义出能够为下游各应用环节所使用的准确、完整、规范和有效的产品信息，使三维实体模型作为生产制造过程中的唯一依据，改变了传统以工程图纸为主，而以三维实体模型为辅的船舶建造模式。三维数字样船以数字化的方式完整地表征了船舶产品的特性，是实现船舶产品研制体系转变的技术基础。

**3.工业协议：**工业领域的双方实体完成通信或服务需要

遵循的规则和约定。

**4.边缘智能网关：**一种位于网络边缘的计算设备，它集成了计算、存储、网络和多种传感器接口，能够在本地对数据进行实时处理、分析和决策。边缘智能网关将数据处理能力从中心化的数据中心扩展到网络边缘，从而降低数据传输延迟，提高网络性能，并有效减轻云端服务器的计算负担。

**5.边缘计算：**一种将应用程序、数据运算等由网络中心节点移往网络边缘节点进行处理的分散式运算架构。

**6.低代码：**通过为开发者提供可视化的应用开发环境，降低或去除应用开发对原生代码编写的需求量，进而实现便捷构建应用程序的一种解决方案。

**7.机理模型：**机理模型亦称白箱模型，是根据对象、生产过程的内部机制或物质流的传递机理建立起来的精确数学模型。它是基于质量平衡方程、能量平衡方程、动量平衡方程、相平衡方程以及某些物性方程、化学反应定律、电路基本定律等而获得对象或过程的数学模型，机理模型的优点是参数具有非常明确的物理意义。

**8.微服务：**实现工业互联网平台中模型算法的模块化、软件化，支撑工业互联网平台的工业APP开发运行。

**9.知识图谱：**一种以结构化的形式描述工业场景中概念、实体及其关系的实现方式，以作为更好地组织、管理和理解复杂工业体系内部联系的技术手段。

**10.数字孪生：**以数据与模型的集成融合为核心，通过在数字空间动态实时构建工业对象（资产、行为、过程等）的

精准数字化映射，实现工业流程自适应交互、改进优化与预警监测的一种新方法与创新模式。工业数字孪生基于分析预测形成最佳综合决策，可实现工业全业务流程的闭环优化。

**11.系统解决方案：**基于工业互联网平台开发和运行，面向工业现场具体场景，根据实际需求定制化开发或定制化服务的软硬件服务集合。

**12.网络切片：**一种按需组网的方式，可以让运营商在统一的基础设施上分离出多个虚拟的端到端网络，每个网络切片从无线接入网承载网再到核心网上进行逻辑隔离，以适配各种各样类型的应用。在一个网络切片中，至少可分为无线网子切片、承载网子切片和核心网子切片三部分。

**13.平台化设计：**基于工业互联网平台的一种新型设计模式，旨在通过共享技术资源和模块化设计工具，推动设计、制造、运维等环节的一体化和高效协同。这种设计模式可促进轻量化、敏捷化的研发流程，缩短产品的开发周期，减少对实物样机的依赖，从而提升整体研发效率和产品竞争力。

**14.智能化制造：**利用工业互联网对生产流程进行智能化改造，实现设备性能感知、过程优化、自动排产等智能化功能的生产方式。

**15.数字化管理：**利用工业互联网，通过统计技术量化管理对象与管理行为，实现研发、计划、组织、生产、协调、销售、服务、创新等职能的管理活动和方法。

**16.服务化延伸：**以提升用户粘性、拓展盈利空间、加快沿价值链向高附加值环节跃升为目标，企业基于工业互联网

平台开展产品服务化、工程服务化、知识服务化等业务模式创新的活动总称。

**17.网络化协同：**通过工业互联网平台把制造任务、订单信息分配给不同地域、不同规模的制造企业，将社会分散的制造资源、制造能力在工业互联网平台进行集聚共享、协同生产的组织模式。

**18.可视化治理：**通过大数据平台提升产业数据要素治理水平。利用图表、仪表盘和图像等可见、易懂的方式，将复杂数据和规则信息呈现出直观的视觉展示，实现数据要素全生命、全流程的监控。

**19.精细化投融：**依托工业互联网平台汇聚分析企业生产经营与交易数据，为金融行业提供评估依据与支撑，为银行放贷、股权投资、企业保险等金融业务提供量化依据。

## 二、英文专业名词

**1.VOCs (挥发性有机化合物)**: 是指常温下饱和蒸汽压大于70 Pa、常压下沸点在260°C以下的有机化合物,或在20°C条件下,蒸汽压大于或者等于10 Pa且具有挥发性的全部有机化合物, VOCs是大气的主要污染物之一。在船舶建造中, VOCs气体主要来自涂料、溶剂、胶粘剂等化学品的使用,对人体呼吸系统和神经系统具有明显刺激作用,且在密闭空间中,较高浓度的VOCs容易引发爆炸事故,增加船厂安全隐患。

**2.IaaS (基础设施即服务)**: 为工业互联网平台用户提供虚拟计算、存储、网络等云计算基础设施服务,并根据用户对资源使用情况进行计费的一种服务模式。

**3.PaaS (平台即服务)**: 为工业互联网平台用户提供高效、灵活、可扩展的应用服务运行和开发环境,以实现数据管理、模型部署、微服务调用、应用程序开发与部署等功能的一种服务模式。

**4.SaaS (软件即服务)**: 指一种基于互联网提供软件服务的应用模式。服务商将应用软件统一部署在自己的服务器上,企业无需购买硬件、建设机房、招聘IT人员,即可通过互联网使用软件服务。

**5.VPN (虚拟专用网络)**: 是在公用网络上建立专用网络,通过对数据包的加密和数据包目标地址的转换实现远程访问。VPN有多种分类方式,主要是按协议进行分类。VPN可通过服务器、硬件、软件等多种方式实现。

**6.SD-WAN（软件定义广域网）：**是将SDN技术应用到广域网场景中所形成的一种服务，这种服务用于连接广阔地理范围的企业网络、数据中心、互联网应用及云服务。这种服务的典型特征是将网络控制能力通过软件方式“云化”，支持应用可感知的网络能力开放。

**7.IPsec（互联网协议安全）：**指通过对IP协议的分组进行加密和认证来保护IP协议的网络传输协议族，是一种开放标准的框架结构，提供一种保护工作组、局域网计算机、域客户端和服务端、分支机构（物理上为远程机构）、Extranet以及漫游客户端之间的通信能力，是安全联网的长期方向。它通过使用加密的安全服务以确保在IP网络上进行保密而安全的通讯。

**8.MPLS-VPN：**是指采用MPLS（多协议标签交换）技术在运营商宽带IP网络上构建企业IP专网，实现跨地域、安全、高速、可靠的数据、语音、图像等多业务通信，并结合差别服务、流量工程等相关技术，将公众网可靠的性能、良好的扩展性、丰富的功能与专用网的安全、灵活、高效结合在一起，为用户提供高质量的服务。

**9.SDH/MSTP（同步数字体系/多业务传输平台）：**基于同步模型同步数字体系/多业务传送平台，同时实现TDM、ATM、以太网等业务的接入、处理和传送，提供统一网管的多业务传送平台。MSTP充分利用SDH技术，特别是保护恢复能力和确保延时性能，加以改造后可以适应多业务应用，支持数据传输，简化了电路配置，加快了业务提供速度，改

进了网络的扩展性，降低了运营维护成本。

**10.OTN（光传送网）：**是指在光域内实现业务信号的传送、复用、路由选择、监控，并且保证其性能指标和生存性的传送网络。它支持客户信号的透明传送、高带宽的复用交换和配置，具有强大的开销支持能力。

**11.CAD（计算机辅助设计）：**利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作，能够减轻设计人员的重复性劳动，帮助其专注设计本身，缩短设计周期和提高设计质量。

**12.CAE（计算机辅助工程）：**指用计算机辅助求解分析复杂工程和产品的结构力学性能，以及优化结构性能等，把工程（生产）的各个环节有机地组织起来，实现有关信息集成，使其产生并存在于工程（产品）的整个生命周期。

**13.CAPP（计算机辅助工艺规划）：**利用计算机技术来辅助制定制造工艺路线和计划的系统。通过向计算机输入被加工零件的原始数据，加工条件和加工要求，由计算机自动地进行编码，编程直至最后输出经过优化的工艺规程卡片的过程。

**14.PLM（产品全生命周期管理系统）：**利用信息技术手段对产品从设计、研发、生产、销售、运维到退役的全生命周期进行管理。

**15.MES（制造执行系统）：**介于计划管理系统和工业控制之间的面向车间层的管理系统，可帮助企业实现生产计划管理、生产过程控制、产品质量管理、车间库存管理和项目看板管理等。

**16.APS（高级计划与排程）：**是指通过综合考虑产能、工装、设备、人力、班次、工作日历、模具、委外资源、加工批次等约束，在有限产能条件下，实现产能精确预测、工序生产与物料供应最优计划等。

**17.WMS（仓库管理系统）：**用于管理仓库或物流配送中心的计算机软件系统，用来计划、组织、引导和控制仓库内的合理资源，以及管理货物的存储与移动。

**18.AGV（无人搬运车）：**指装备有电磁或光学等自动导引装置，能够沿规定的导引路径行驶，具有安全保护以及各种移载功能的无需驾驶员的运输车。

## 编写单位

工业互联网产业联盟  
中国信息通信研究院  
中国船舶工业行业协会  
中国造船工程学会  
中国船级社  
中国船舶集团有限公司  
江南造船（集团）有限责任公司  
中船黄埔文冲船舶有限公司  
中远海运重工有限公司  
芜湖造船厂有限公司  
中国船舶集团有限公司第七一六研究所  
中国船舶集团有限公司第十一研究所  
中船工业互联网有限公司  
江苏中天互联科技有限公司  
震兑工业智能科技有限公司