

团 体 标 准

T/CSNAME 171—2026

船舶总装建造数字化转型成熟度评估模型

Maturity evaluation model for digital transformation of ship final assembly and construction

2026 - 06 - 05 发布

2026 - 09 - 05 实施

中国造船工程学会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 模型构成 2

6 评估等级 4

7 评估要素 5

 7.1 要素组成 5

 7.2 人员 6

 7.3 技术 6

 7.4 资源 7

 7.5 制造 7

 7.6 成效 8

8 评估要求 8

 8.1 人员 8

 8.2 技术 10

 8.3 资源 12

 8.4 制造 15

 8.5 成效 32

参考文献 44

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国造船工程学会船舶标准化专业委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一六研究所、中船数字信息技术有限公司、中国船级社、中国造船工程学会、中国矿业大学、中国信息通信研究院、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、上海交通大学、外高桥造船有限公司、中远海运重工有限公司、江南造船(集团)有限责任公司、沪东中华造船(集团)有限公司、芜湖造船厂有限公司。

本文件主要起草人：徐鹏、刘烨、王松云、姚建伟、刘荣华、杨小龙、强兆新、郝金凤、曹林、张轲欣、刘伟、秦威、李松、吉永军、张灿、于洋、马彦军。



船舶总装建造数字化转型成熟度评估模型

1 范围

本文件规定了船舶总装建造数字化转型(以下简称数字化转型)成熟度评估模型的构成、评估等级、评估要素和评估要求。

本文件适用于船舶总装建造企业自我评估、第三方评估和政府部门监管等应用场景,覆盖设计、生产、供应链、服务等全流程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB/T 15190—2014 声环境功能区划分技术规范
- GB 12348—2008 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 16297—1996 大气污染物综合排放标准
- GB/T 22239—2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 36073—2018 数据管理能力成熟度评估模型
- HJ/T 399—2007 水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法
- HJ 828—2017 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法
- T/CSNAME 170—2026 船舶总装建造数字化转型评估方法

3 术语和定义

T/CSNAME 170—2026界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字化转型 digital transformation

应用数字技术对管理对象、管理过程、管理规则“数字化”,针对船舶总装建造企业的业务活动、流程、数据进行系统性重塑的过程。

3.2

成熟度评估模型 maturity evaluation model

一种结构化框架,用于系统性评估组织在特定领域(如数字化转型)的能力发展阶段。

3.3

数据赋能 data empowerment

通过数据的有效利用,增强其业务决策、流程执行和创新能力的过程或状态。

3.4

数据资产 data asset

数字化转型中产生的具有经济价值的结构化或非结构化数据资源,包括设计数据、生产数据、运维数据等。

3.5

安装调试 installation and commissioning

使设备、管路、电气等系统完成安装,并通过功能测试达到运行标准的一系列活动。

3.6

物流 logistics

为满足客户需求,对物料、零部件、设备等实物从供应点到接收点的流动和储存进行的计划、执行与控制。

3.7

集配管理 distribution management

为满足生产现场需求，对物料从存储点到使用点的配套、拣选与配送活动进行的计划与执行。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI: 人工智能 (Artificial Intelligence)
 APS: 高级计划与排程 (Advanced Planning and Scheduling)
 AR: 增强现实 (Augmented Reality)
 BI: 商业智能 / 商务智能 (Business Intelligence)
 CAPP: 计算机辅助工艺规划 (Computer-Aided Process Planning)
 ERP: 企业资源计划 (Enterprise Resource Planning)
 IIOT: 工业物联网 (Industrial Internet of Things)
 IOT: 物联网 (Internet of Things)
 IT: 信息技术 (Information Technology)
 MBD: 基于模型的定义 / 模型定义 (Model-Based Definition)
 MES: 制造执行系统 (Manufacturing Execution System)
 MR: 混合现实 (Mixed Reality)
 OCR: 光学字符识别 (Optical Character Recognition)
 PDA: 个人数字助理 (Personal Digital Assistant)
 PDM: 产品数据管理 (Product Data Management)
 PLM: 产品全生命周期管理 (Product Lifecycle Management)
 RFID: 射频识别 (Radio Frequency Identification)
 RPA: 机器人流程自动化 (Robotic Process Automation)
 SCM: 供应链管理 (Supply Chain Management)
 SDN: 软件定义网络 (Software-Defined Networking)
 STMS: 试航管理系统 / 试验管理系统 (Sea Trial Management System)
 TMS: 运输管理系统 (Transportation Management System)
 TSN: 时间敏感网络 (Time-Sensitive Networking)
 VR: 虚拟现实 (Virtual Reality)
 WMS: 仓库管理系统 (Warehouse Management System)
 XR: 扩展现实 (eXtended Reality)

5 模型构成

本模型由评估等级、评估要素和评估要求构成，如图1所示。评估等级包含五个等级，见表1。评估要素由人员、技术、资源、制造和成效等评估域构成，评估指标是基于评估域构建评估数字化转型的三个层级指标，见表2。评估要求规定了每一个第三层级指标在不同评估等级下应满足的具体条件，见表3到表7。

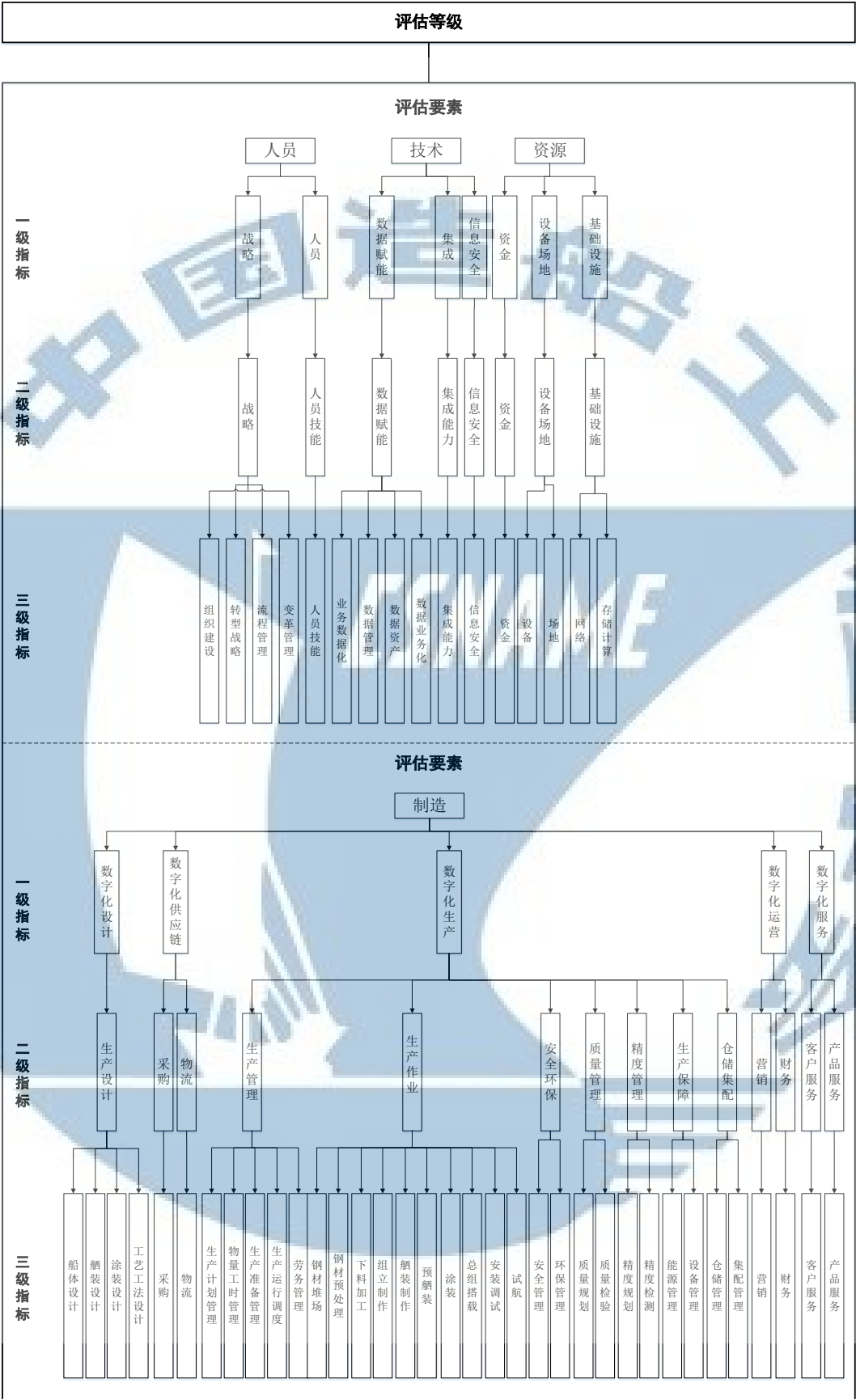


图1 评估模型

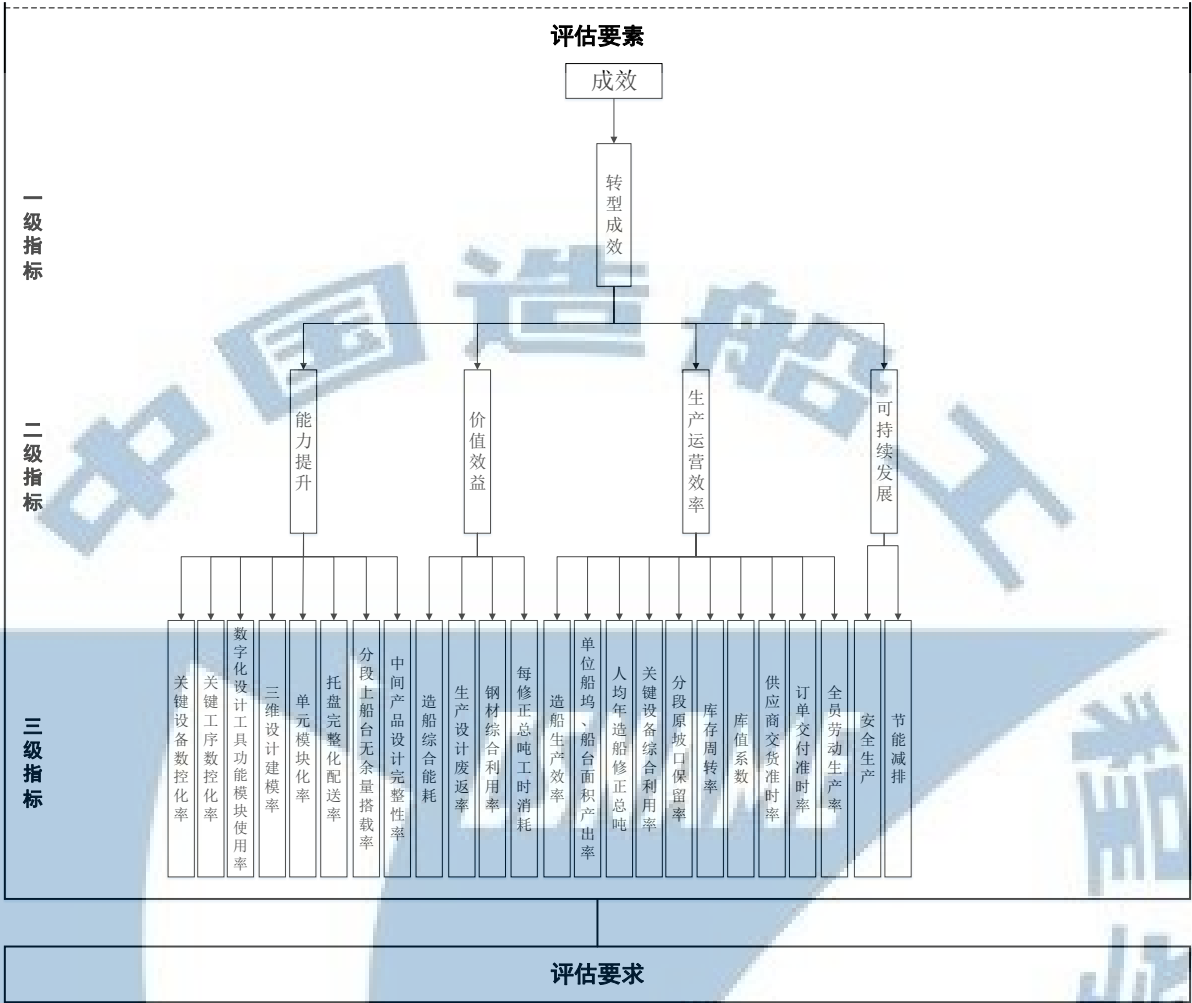


图1 评估模型（续）

6 评估等级

评估等级规定了船舶总装建造在数字化转型不同阶段应达到的水平。评估等级应满足评估要求，分为五个等级，自低向高分别为一级（规划级）、二级（规范级）、三级（集成级）、四级（优化级）和五级（引领级），如表1所示。评估等级要求逐级提高，较高的成熟度等级要求涵盖了低成熟度等级的要求。

表1 评估等级的基本定义及特征

评估等级	基本定义	评定特征
一级	企业开始对实施智能制造的基础和条件进行规划。能够对核心业务活动（设计、生产、供应链、销售、服务等）进行流程化管理。	企业开始为船舶总装建造数字化转型建立基础的操作和管理规范。能够围绕核心业务活动（运营、设计、供应链、生产、服务）进行人工操作、纸质记录、经验管理。
二级	企业应采用自动化技术、信息技术等手段对核心装备和核心业务活动等进行改造和规范，实现单一业务活动的数据共享。	企业应采用自动化技术、信息技术等手段对核心设备进行数字化改造；对核心业务活动进行规范化管理，实现单一业务活动的信息交互和数据共享。
三级	企业应对装备、系统等开展集成，实现跨业务活动间的数据共享。	企业应建立三维数字模型，对核心业务活动建立信息化系统，并集成数字化设备，实现业务活动流程化管理，形成知识库，以及跨业务活动间数据共享、业务协同并行。
四级	企业应对人员、资源、制造等进行数据挖掘，形成知识、模型等，实现对核心业务的精准预测和优化。	企业应基于三维数字模型和知识库，集成上下游业务信息化系统，实现上下游业务数据链路打通，数据驱动核心业务的精准预测预警、智能辅助优化。

表1 评估等级的基本定义及特征（续）

评估等级	基本定义	评定特征
五级	企业应基于模型持续驱动业务活动的优化和创新，实现产业链协同并衍生新的制造模式和商业模式。	引领行业（如 AI 驱动预测模型），动态预测、自学习、自感知、自优化。通过云平台，整合跨界资源实现生态系统，创造新的制造模式和商业模式。

7 评估要素

7.1 要素组成

评估要素给出了船舶总装建造在数字化转型的关键因素,包括人员、技术、资源、制造和成效,如表2所示,其中:

- a) 人员包括战略、人员 2 个一级指标;
- b) 技术包括数据赋能、集成和信息安全 3 个一级指标;
- c) 资源包括资金、设备场地、基础设施 3 个一级指标;
- d) 制造包括数字化设计、数字化供应链、数字化生产、数字化运营和数字化服务 5 个一级指标;
- e) 成效包括转型成效 1 个一级指标。

表2 评估指标

评价要素 (5 个)	一级指标 (14 个)	二级指标 (26 个)	三级指标 (75 个)
人员	战略	战略	组织建设
			转型战略
			流程管理
			变革管理
技术	人员	人员技能	人员技能
	数据赋能	数据赋能	业务数据化
			数据管理
			数据资产
			数据业务化
	集成	集成能力	集成能力
	信息安全	信息安全	信息安全
	设备场地	设备场地	设备
制造	数字化设计	生产设计	场地
			网络
			存储计算
			船体设计
	数字化供应链	采购	舾装设计
			涂装设计
			工艺工法设计
			采购
	数字化生产	物流	物流
			生产计划管理
			物量工时管理
			生产准备管理
		生产管理	生产运行调度
			劳务管理
			钢材堆场
			钢材预处理
		生产作业	下料加工
			组立制作
			舾装制作
			预舾装

表2 评估指标（续）

评价要素 (5个)	一级指标 (14个)	二级指标 (26个)	三级指标 (75个)
制造	数字化生产	生产作业	涂装
			总组搭载
			安装调试
			试航
		质量管理	质量策划
		精度管理	质量检验
			精度策划
		生产保障	精度检测
			能源管理
			设备管理
	仓储集配	仓储管理	
		集配管理	
	安全环保	安全管理	
环保管理			
数字化运营	营销		
	财务		
数字化服务	客户服务		
	产品服务		
成效	转型成效	能力提升	关键设备数控化率
			关键工序数控化率
			数字化设计工具功能模块使用率
			三维设计建模率
			单元模块化率
			托盘完整化配送率
			分段（总段）上船台（进坞）无余量搭载率
		价值效益	中间产品设计完整性率
			造船综合能耗
			生产设计废返率
			钢材综合利用率
			每修正总吨工时消耗
			单位船坞、船台面积产出率
			人均年造船修正总吨
			关键设备综合利用率
			分段原坡口保留率
			库存周转率
			库值系数
			供应商交货准时率
			订单交付准时率
			全员劳动生产率
	可持续发展	安全生产	
		节能减排	

7.2 人员

7.2.1 战略

战略包括战略1个二级指标，其中：战略包括组织建设、转型战略、流程管理和变革管理4个三级指标。

7.2.2 人员

人员包括人员技能1个二级指标，其中：人员技能包括人员技能1个三级指标。

7.3 技术

7.3.1 数据赋能

数据赋能包括数据赋能1个二级指标，其中：数据赋能包括业务数据化、数据管理、数据资产和数据业务化4个三级指标。

7.3.2 集成

集成包括集成能力1个二级指标。其中，集成能力包括集成能力1个三级指标。

7.3.3 信息安全

信息安全包括信息安全1个二级指标。其中，信息安全包括信息安全1个三级指标。

7.4 资源

7.4.1 资金

资金包括资金1个二级指标，其中资金包括资金1个三级指标。

7.4.2 设备场地

设备场地包括设备场地1个二级指标，其中：设备场地包含设备、场地2个三级指标。

7.4.3 基础设施

基础设施包括基础设施1个二级指标。其中，基础设施包括网络和存储计算2个三级指标。

7.5 制造

7.5.1 数字化设计

数字化设计包括生产设计1个二级指标，其中：生产设计包括船体设计、舾装设计、涂装设计和工艺工法设计4个三级指标。

7.5.2 数字化供应链

供应链包括采购和物流2个二级指标，其中：

- a) 采购包括采购 1 个三级指标；
- b) 物流包括物流 1 个三级指标；

7.5.3 数字化生产

数字化生产包括生产管理、生产作业、安全环保、质量管理、精度管理、生产保障和仓储集配7个二级指标，其中：

- a) 生产管理包括生产计划管理、物量工时管理、生产准备管理、生产运行调度和劳务管理 5 个三级指标；
- b) 生产作业包括钢材堆场、钢材预处理、下料加工、组立制作、舾装制作、预舾装、涂装、总组搭载、安装调试和试航 10 个三级指标。
- c) 安全环保包括安全管理和环保管理 2 个三级指标；
- d) 质量管理包括质量策划和质量检验 2 个三级指标；
- e) 精度管理包括精度策划和精度检测 2 个三级指标；
- f) 生产保障包括能源管理和设备管理 2 个三级指标；
- g) 仓储集配包括仓储管理和集配管理 2 个三级指标。

7.5.4 数字化运营

数字化运营包括营销和财务2个二级指标，其中：

- a) 营销包括营销 1 个三级指标；
- b) 财务包括财务 1 个三级指标。

7.5.5 数字化服务

数字化服务包括客户服务和产品服务2个二级指标。其中，客户服务包括客户服务1个三级指标；产品服务包括产品服务1个三级指标。

7.6 成效

成效包括转型成效1个二级指标；转型成效包括能力提升、价值效益、生产运行效率和可持续发展4个三级级指标，其中：

- a) 能力提升包括关键设备数控化率、关键工序数控化率、数字化设计工具功能模块使用率、三维设计建模率、单元模块化率、托盘完整化配送率、分段上船坞无余量搭载率和中间产品设计完整性率 8 个三级指标；
- b) 价值效益包括造船综合能耗、生产设计废返率、钢材综合利用率和每修正总吨工时消耗 4 个三级指标；
- c) 生产运行效率包括造船生产效率、单位船坞船台面积产出率、人均年造船修正总吨、关键设备综合利用率、分段原坡口保留率、库存周转率、库值系数、供应商交货准时率、订单交付准时率和全员劳动生产率 10 个三级指标；
- d) 可持续发展包括安全生产和节能减排 2 个三级指标。

8 评估要求

8.1 人员

人员评估要素按评估等级可划分为不同要求，见表3。

表3 人员的评估要求

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
战略	战略	组织建设	a)应在重点部门或领域，明确主要人员的数字化转型职责； b)应针对数字化转型需求，配备必要的人员； c)应积极培育主要人员的数字化意识； d)应识别数字化转型所需要的人才； e)应积极培育数字化人员的绿色管理意识。	a)应在组织架构层面，考虑数字化转型相关团队或岗位设置； b)应通过职责、考核、培训等措施，确保数字化转型活动有效展开； c)应积极打造数字化转型相关的文化氛围； d)应配备满足数字化转型需求的人员，包括但不限于信息技术人员、信息安全人员等； e)应设置绿色数字化的人员岗位	a)应在各管理与业务领域，配置具备数字化转型职责的岗位，并将相关职责纳入岗位绩效考核； b)应建立满足持续推进数字化转型的人员队伍、考核机制和培训体系等，在重大转型领域，将数字化转型执行力纳入管理指标项； c)应培育人员使用数据发现问题、分析问题、解决问题的能力，并确保人员能够正确认识数字化转型带来的各类生产活动变化； d)应识别数字化转型外部专家需求，逐步建立数字化转型专家库。	a)应通过量化管理方式，管理相关岗位的任职资格及人才储备等； b)应通过对数据进行分析判断数字化转型的问题，并做出调整优化； c)应确保人员树立科学开发数字资源的观念与方法，并以数字化、软件化的方法，共享知识、技能和经验； d)应识别信息技术机器服务创新人才、数字化转型治理与管理人才等需求，并有意识地吸纳和培养相关人才。	a)应结合数字化转型战略，建立岗位数字化评价优化机制，持续优化岗位数字化评价模型； b)应持续推进数字化转型生态文化建设； c)应建立专门的专家团队、研究团队、执行团队，支撑生态体系建设与发展。
		转型战略	a)应明确数字化转型的重点和方向； b)组织管理者应具备数字化转型意识。	a)应制定与组织发展相契合的数字化转型战略框架； b)数字化转型主要负责人应具备数据洞察、数据分析等能力。	a)应落实完善数字化战略，包括目标、远景、策略、路径、组织架构、关键指标等等文件； b)应统筹数字化转型团队，开展评估、指导、监督组织的数字化转型活动。	a)应基于数字化转型战略形成具体的实施路径及计划，并采用数字化技术对计划执行监控； b)应分别对数字化转型各方面成效评估评价，如业务、管理创新、技术、产品和服务等。	a)应具备顶层战略规划设计，形成对外输出的规划策略； b)应具备利用数字化技术进行转型决策的能力； c)应基于转型活动的历史数据，预测、模拟数字化转型的成果或效果，明确数字化转型需求。
		流程管理	应具有局部业务流程的管理规范或规章制度。	a)应使用信息技术管理流程制修订过程、宣贯活动、配套成果等； b)应基于转型需求优化相关业务流程。	a)应使用信息技术管理流程并获取流程关键数据； b)应开展关键流程效能和成效的评估分析。	a)应建立流程数据库，使用信息系统开展流程测试、发布和固化，并实现流程模板的版本管理和迭代优化； b)应评估部门间的流程协同效果，开展流程改进，以消除流程间的冲突和矛盾。	a)应建立常见的流程设计评测模型，对流程设计成果进行模拟和评价； b)应基于流程管理与各业务管理系统的集成，实现流程发布、执行、反馈、监控的闭环管理； c)应建立主要流程改进影响因素模型，结合流程全局图谱和历史数据等，预测流程改进面临的问题，基于知识库给出解决方案。

表3 人员的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
战略	战略	变革管理	应建立面向数字化转型的变革管理领导机制	应准确识别数字化变革需求，制定数字化变革规划及行动计划，以此为依据开展数字化变革活动	a) 应建立验证机制，分析局部变革的有效性； b) 应识别变革带来的风险，特别是局部变革对组织整体业务的影响风险，指定应对措施或变通方案，并通过数字化技术监测风险及风险处理过程。	a) 应建立体系化的变革驱动模式，形成涵盖管理层和执行层的变革机制； b) 应构建变革监测指标、方法与体系，实现按动态监测与告警； c) 应建立组织级阶段性创新发展关键指标，并基于关键指标的变化和趋势状态等，驱动变革的进一步优化。	a) 应建立基于数据的变革驱动模式，主动识别数据要素，建立组织的可持续竞争力模型，在体系化变革机制中，基于模型数据自动识别变革需求，并基于知识库形成建议方案或路径； b) 应基于变革前后的数据监测和数据模型，预测变革风险，并使用数字化技术实现各类预案的启动、发布和实施； c) 应基于数据分析模型，实现变革各项关键指标关联，精确识别变革优化的关键项和下一场变革的关键驱动因素指标。
人员	人员技能	人员技能	a) 应充分意识到数字化转型的重要性； b) 应培养或引进数字化转型发展需要的人员。	a) 应具有数字化转型统筹规划能力的个人或团队； b) 应具有掌握 IT 基础、数据分析、信息安全、系统运维、设备维护、编程调试等技术的人员； c) 应制定适宜的数字化转型人才培养体系、绩效考核机制等，及时有效地使员工获取新的技能和资格，以适应企业数字化转型发展需要。	a) 应具有创新管理机制，持续开展数字化转型相关技术创新和管理创新； b) 应建立知识管理体系，通过信息技术手段管理人员贡献的知识和经验，并结合数字化转型需求，开展分析和应用。	a) 应建立知识管理平台，实现人员知识、技能、经验的沉淀与传播； b) 应将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化。	

8.2 技术

技术评估要素按评估等级可划分为不同要求，见表4。

表4 技术的评估要求

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数据赋能	数据赋能	业务数据化	应以手工或信息技术手段等方式实现局部业务数据的记录	a) 应识别局部业务的转型需求，形成关键数据的需求清单； b) 应根据需求实现关键数据的自动或半自动采集	a) 应实现业务数据的分类、封装； b) 应支持业务数据的分析； c) 应具备基于数据支撑的业务管理能力	a) 应识别业务模式的数据要素，建立业务数据模型； b) 应支持业务数据的融合、互通； c) 应具备基于数据支撑的业务融合能力。	a) 应基于业务数据支撑组织的业务创新和转型； b) 应具备基于数据自分析的业务自优化能力。
		数据管理	a) 应响应数字化需求，获取相关业务数据并提供数据接口； b) 应在现有数据安全规范要求下使用数据。	a) 应根据局部业务的数字化需求，定义数据管理制度和过程； b) 应对局部业务所涉及的数据管理过程定义标准、规范和指南	a) 应建立组织内完备的数据管理体系，其要求应符合 GB/T 36073—2018 中 7.1.4 c)、7.2.4 c) 和 7.3.4 c) 的规定； b) 应建立数据管理平台，利用平台开展数据管理； c) 应定义各管理域的考核指标，并开展管理域的评估。	a) 应建立数据管理过程的考核评估模型； b) 应基于模型对管理过程开展量化绩效评估，对管理过程进行迭代优化； c) 应对各管理域的绩效指标进行统计分析。	a) 应引导生态伙伴参与构建数据管理过程体系，覆盖生态业务，并于其他相关流程有效配合； b) 应构建智能化的数据管理工具平台，支撑生态合作伙伴的融合数据管理。
		数据资产	应响应数字化需求，识别相关数据资源并形成数据资产目录	a) 应明确局部业务的数据资产管理目标，建立数据资产管理制度和过程； b) 应制定局部业务的数据资产管理实施方案，开展数据资产盘点，更新数据资产目录，形成数据资产成果； c) 应建立数据的授权使用机制，确保数据使用合法合规。	a) 应建立数据资产管理组织和框架，发布数据资产管理策略，任命数据资产管理负责人； b) 应建立数据资产管理机制； c) 应全面建立数据资产台账，定期开展数据资产盘点，应用效果评估和流通风险分析等工作。	a) 应建立数据资产管理平台，实现数据资产互通，及时响应服务、统计、分析等需求； b) 应建立数据资产联动的业务运营规则，实现数据资产持续增值； c) 应基于算法和模型实现数据资产的自动提供和价值度量，具备实时响应新需求的能力。	a) 应将数据资产作为生产要素纳入资产负债表，开展数据资产的业务价值评估； b) 应建立数据资产服务运营相关的收益分配机制，将自身数据资产融入生态，支撑生态可持续发展。
		数据业务化	应具备数据业务化意识。	应初步识别数据业务化需求。	应制定数据业务化的战略、目标、范围和路径。	应基于对数据资产的运营管理，形成新型数据业务。	应基于数据持续优化提升数据资产价值，实现业务创新。

表4 技术的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
集成	集成能力	集成能力	应具有系统集成的意识。	a) 应开展系统集成规划，包括网络、硬件、软件等内容； b) 应实现关键业务活动设备、系统间的集成。	a) 应形成完整的系统集成架构； b) 应具有设备、控制系统与软件系统间集成的技术规范，包括异构协议的集成规范、工业软件的接口规范等； c) 应通过中间件工具、数据接口、集成平台等方式，实现跨业务活动设备、系统间的集成。	a) 应通过ESB和ODS等方式，实现全业务活动的集成。	
信息安全	信息安全	信息安全	a) 应制定信息安全管理规范，并有效执行； b) 应成立信息安全协调小组。	a) 应定期对关键工业控制系统开展信息安全风险评估； b) 应在工业主机上安装正规的工业防病毒软件； c) 应在工业主机上进行安全配置和补丁管理。	a) 工业控制网络边界应具有边界防护能力； b) 工业控制设备的远程访问应进行安全管理和加固。	a) 工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备； b) 应自建离线测试环境，对工业现场使用的设备进行安全性测试； c) 在工业企业管理网中，应采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施。	

8.3 资源

资源评估要素按评估等级可划分为不同要求，见表5。

表5 资源的评估要求

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
资金	资金	资金	应安排专项资金计划支持数字化转型需求的实现	a) 应在局部业务中落实资金计划并设立数字化转型专项资金的管理措施	a) 应建立于行业特点、数字化水平等匹配的数字化转型资金的投入预算及管控机制； b) 应建立资金保障管理制度，并持续优化和改进资金保障管理。	a) 应对数字化转型资金进行统筹协调利用、优化调整、动态协同管理和量化精准核算，实现数字化转型资金自身数字化管理； b) 应持续识别的风险，制定应急储备资金方案。	a) 应建立数字化转型生态建设相关的资金预算； b) 应针对生态环境相关数字化转型工作所需资金和保障机制，建立相对独立的管控与审计体系，创新资金使用和保障模式。

表5 资源的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
设备场地	设备场地	设备	a) 应在关键工序应用自动化设备; b) 应对关键工序设备形成技改方案。	a) 应在关键工序应用数字化设备; b) 关键工序设备应具有标准通信接口, 包括 RJ45、RS232、RS485 等, 并支持主流通信协议, 包括 OPC UA、MODBUS、PROFIBUS 等。	a) 关键工序设备应具有设备管理、模拟加工、图形化编程等人机交互功能; b) 应建立关键工序设备的三维模型库。	a) 关键工序设备应具有预测性维护功能; b) 关键工序设备应具有远程监测和远程诊断功能, 可实现预警。	a) 关键工序设备三维模型应集成设备实时运行参数, 实现设备与模型间的信息实时互联; b) 关键工序设备、单元、产线等应实现基于工业数据分析自适应、自优化、自控制等, 并于其他系统进行数据分享。
		场地	a) 生产场地（如船坞、船台、车间、分段堆场）的布局与基础设施应满足当前生产的基本需求, 保障物流畅通与作业安全; b) 应建立基础的场地使用与管理制度, 依托图纸、表格等纸质或电子文档进行人工记录与调度。	a) 应采用 CAD 图纸或二维数字化布局工具, 对主要生产区域进行规划与管理, 实现场地信息的可视化查询与共享; b) 应对关键场地资源（如大型船坞、核心吊装区域）的使用状态进行登记, 实现基于经验的计划调度, 减少冲突。	a) 应建立覆盖厂区、车间、产线的三维场地模型, 并与制造执行系统（MES）等集成, 实现场地、设备、物料等要素的数字化映射与可视化管理; b) 应应用物联网定位技术（如 UWB、RFID）, 对在制品、物料、人员、车辆进行实时位置监控, 实现场地资源状态的动态感知; c) 应形成场地使用知识库, 支持对不同建造阶段场地占用与周转情况的分析。	a) 应基于三维数字孪生模型, 实现场地资源与生产计划、物流计划的深度集成与联动仿真, 对场地瓶颈和冲突进行预测性预警; b) 应构建统一的场地资源池, 实现跨车间、跨项目的场地资源集中管理与智能推荐, 支持多项目并行下的场地精益调度与优化; c) 应基于历史数据与实时状态, 为分段运输、大型吊装等关键路径规划提供智能辅助决策。	a) 场地管理系统应具备自学习与自优化能力, 能基于实时数据与 AI 算法, 动态预测场地需求, 自主生成并执行最优的场地布局与调度方案; b) 应通过云平台与上下游合作伙伴（如船东、供应商）共享关键场地状态与需求, 实现供应链协同与远程监造的无缝衔接; c) 场地的动态优化配置应成为驱动企业生产模式变革的核心能力之一, 支持面向“快反制造”、“网络化协同生产”等新商业模式的高效运作。

表 5 资源的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
基础设施	基础设施	网络	a) 应实现办公区、生产车间等主要区域的有线网络基础覆盖，满足基本办公与生产数据交互需求； b) 应建立基础的网络安全与信息安全管理制度，采用防火墙、病毒防护等基础手段保障网络安全。	a) 应采用工业无线网络（如 Wi-Fi 6）、工业以太网等技术，扩展网络覆盖至主要生产设备及移动终端，支持设备联网与移动应用； b) 应实施网络分区隔离（如 OT 与 IT 网络逻辑隔离），并部署入侵检测等安全措施，提升网络防护能力。	a) 应构建覆盖厂区全场景（室内/外、车间、船坞、码头）的融合网络，支持生产设备、物料、人员、环境等要素的广泛互联与数据实时采集； b) 应采用软件定义网络（SDN）、5G、时间敏感网络（TSN）等技术，实现网络资源的灵活调配，满足不同业务（如视频监控、远程控制）对带宽、时延的差异化需求； c) 应建立统一的网络管理平台，实现网络拓扑、性能、故障的集中监控与可视化运维。	a) 应基于云网协同架构，实现企业本地网络与云端资源的安全、高速、弹性互联，支持设计、制造、供应链等上下游系统的数据无缝流转与应用协同； b) 应部署网络数据分析与智能运维（AIOps）系统，实现对网络异常流量、潜在安全威胁的预测性预警和自动化响应； c) 应全面推行零信任安全架构，实现基于身份和上下文的动态访问控制，保障内外部数据交互安全。	a) 应构建“云-边-端”一体化的智能网络体系，通过网络切片、AI 计算等技术，为 AR/VR 远程协作、数字孪生实时仿真、自动驾驶 AGV 调度等创新应用提供确定性网络服务； b) 网络应具备自感知、自优化和自愈能力，能根据业务负载与安全态势动态调整策略，实现网络资源的全局最优配置； c) 应形成开放性的产业生态网络平台，实现与合作伙伴、客户网络的智能互联与安全数据交换，支撑共创共赢的制造新模式与服务新业态。
		存储计算	a) 应配备满足日常办公与基础业务系统运行所需的存储与服务器资源，确保关键数据得到备份，保障业务连续性； b) 应建立基础的 IT 资源管理制度，明确存储与计算资源的使用和维护规范。	a) 应规划并部署面向核心业务（如设计、供应链、生产管理）的专用存储与计算资源，支持结构化数据的管理与非结构化设计文件的存储与共享； b) 应采用虚拟化技术，初步实现服务器资源的整合与灵活分配，提高资源利用率。	a) 应构建企业级统一数据存储与管理平台，实现对三维模型、物联网数据、业务数据等多模态数据的集中存储、分类管理与授权访问； b) 应初步形成“云-边”协同的算力架构，在车间/船坞边缘部署计算节点，满足关键业务对数据低时延处理的需求； c) 应对存储与算力资源的采购、扩容与生命周期建立规范的规划与管理流程。	a) 应实现存储与算力资源的全面池化与集中统一管理，能够根据设计仿真、生产分析等不同业务场景的需求，进行弹性分配和快速交付； b) 应建立基于业务需求的云-网-边-端综合立体计算资源动态监控与调度机制，实现对资源性能、容量与健康度的实时洞察与预警，保障核心业务的服务质量； c) 应构建跨系统的数据服务总线，支持上下游业务间数据的无缝流转与高效计算。	a) 应形成云原生架构的、可伸缩的智能化算力供给体系，能够基于 AI 负载与业务流量的预测，实现资源的自动弹性伸缩与成本优化； b) 存储系统应具备智能分级（热、温、冷）与数据自管理能力，并与算力调度深度融合，为数字孪生、AI 仿真等创新应用提供高性能数据服务； c) 应通过云平台整合内外部算力与数据资源，构建行业级数据共创空间，支撑协同设计、供应链协同等生态化商业模式创新。

8.4 制造

制造评估要素按评估等级可划分为不同要求，见表6。

表6 制造的评估要求

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化设计	生产设计	船体设计	a) 建立基础的船体设计纸质管理制度，依赖个人经验进行决策； b) 应使用二维 CAD 进行船体总段/分段/零件流向等划分、组立要领进行设计和出图，设计流程以串行为主； c) 应将设计图纸、工艺文件以纸质或电子文件柜形式归档，查阅借用依赖人工管理。	a) 应使用三维船体设计工具进行核心部件设计，并建立船体的工序分解、组立要领、零件装配、套料/分托标准设计模板和零件库，实现设计复用； b) 应使用 PDM/图文档管理系统，实现设计数据的电子化集中管理与版本控制； c) 应实现设计资源（软件、硬件）的数字化管理，支撑单一专业内的数据共享与协同。	a) 应全面采用基于模型的定义（MBD），建立全三维设计规范实现基于单一数据源模型出图； b) 应构建船体设计知识库（典型节点、工序分解、组立要领、焊接规格、搭载网络、精度标准），并在设计系统中实现自动匹配、主动推荐； c) 应基于单一数据源的协同平台，实现船、机、电、涂装等多专业并行设计与冲突自动检测； d) 应开展基于三维模型的工艺仿真（零件装配、套料/分托、搭载等关键工序），实现设计工艺一体化迭代优化。	a) 应构建与物理车间实时联动的船体设计-制造数字孪生，实现虚实映射与双向驱动； b) 应基于知识库与 AI 算法，实现焊接变形智能预测补偿、材料套料智能优化、精度控制智能决策； c) 应建立参数化、模块化快速设计体系，支持设计方案的快速配置与多方案自动寻优； d) 应与生产（MES）、供应链（SCM）系统深度集成，构建设计-制造-反馈的闭环数据流，驱动设计持续优化。	a) 设计系统具备自学习与自演进能力，能基于历史数据与实时反馈自主生成和优化设计方案。 b) 应基于云原生架构构建开放式协同设计平台，支持与全球船东、供应商、船级社的实时异地协同评审与认证； c) 应形成覆盖“需求-设计-工艺-制造-服务”的全生命周期数字主线，实现数据价值的最大化挖掘； d) 应催生“设计即服务（DaaS）”、个性化定制、预测性运维等数据驱动的新业务模式，构建产业设计创新生态。
		舾装设计	a) 应制定机装、船装、电装、内装等舾装设计规范，并有效执行； b) 能使用二维设计工具及办公软件，依赖人工经验进行舾装设计与图纸输出； c) 应对舾装图纸、文档等进行集中归档，支持人工查阅。	a) 使用二维/三维专业设计工具及图文档管理系统，实现舾装件制作、分托、安装等生产设计的数字化表达与签审； b. 应建立舾装设计共享模板，支持设计信息查询与部分重用； c. 应实现机装、船装、电装、内装等专业的初步并行设计； d. 通过系统实现设计资料版本控制与集中管理。	a) 应建立基于三维模型的数字化舾装设计规范，使用集成平台实现单一数据源的三维建模、出图与优化； b. 应建立基于三维模型的舾装设计结构化知识库，支持设计过程中知识的匹配、推荐与引用； c. 能基于三维模型对舾装关键设计进行仿真分析与优化； d. 应实现舾装与船体、涂装、工艺等专业的信息交互与协同设计。	a) 应基于三维舾装模型与知识库，集成舾件形状、尺寸、物量、布置、焊接、精度等信息，实现数据自动提取与生成； b) 应通过知识库与平台集成，实现参数化、模块化设计与知识自动引荐，支持高效设计优化； c) 应建立舾装设计-仿真-分析一体化平台，开展全要素仿真与迭代优化； d) 应集成设计、制作、安装、精度控制等业务，实现舾装设计-执行-反馈闭环协同。	a) 应基于统一三维模型与知识库，构建舾装设计-仿真-分析-数据一体化云平台，实现多专业、跨部门协同设计与优化； b) 应引入 AI、机器学习、优化算法等技术，实现舾装设计的智能迭代与自优化； c) 应实现舾装设计、分托、配送、制作、安装等多系统集成，构建数据驱动的舾装全业务协同生态； d) 基于数字孪生技术，实现舾装设计-生产-运维全生命周期数据闭环与动态优化。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化设计	生产设计	涂装设计	a) 应制定涂装区域划分、表面处理、涂层配套、图纸工艺、质量检验等设计规范，并有效执行； b) 应使用二维 CAD 及办公软件，依赖人工经验进行涂装管理图、物料清册等设计； c) 应对涂装图纸、工艺文件、物料清册等资料进行集中归档，支持人工查阅与借用。	a) 使用二维/三维涂装设计工具及图文档管理系统，实现涂装区域划分、涂层配套、图纸工艺等设计的数字化表达与签审； b) 应建立涂装设计共享模板，支持设计信息查询与部分重用； c) 实现涂装与船体、舾装专业的初步并行设计； d) 对涂装设计资料进行统一版本控制与集中管理。	a) 应建立基于三维模型的数字化涂装设计规范，使用集成平台实现单一数据源的三维建模、出图（涂装管理图、涂装物料清册等）与优化； b) 应建立涂装设计结构化知识库，支持涂装区域划分、表面处理、涂层配套、图纸、工艺文件、质量检验等知识的匹配与推荐； c) 应基于三维模型开展涂装区域划分、涂层配套等关键设计的仿真分析与优化； d) 应实现涂装与船体、舾装、工法等专业的信息交互与协同设计。	a) 应基于涂装数字模型与知识库，集成涂装区域划分、表面处理、涂层配套、涂装工艺、图层面积、工时物量、质量检验等数据，实现涂装图纸、物料清册、检验项目等数据的自动提取与生成； b) 应实现参数化、模块化涂装设计，支持知识自动引荐与设计优化； c) 建立涂装设计-仿真-分析一体化平台，开展全要素仿真与迭代优化； d) 应集成涂装设计、作业管控、质量检验等系统，实现设计-作业-检验业务闭环协同。	a) 应基于统一三维船体模型与涂装数字孪生，构建涂装设计-仿真-数据一体化云平台，实现多专业、全流程深度协同与动态优化； b) 应引入 AI、机器学习、IoT 等技术，实现涂装设计的智能迭代、实时反馈与自优化； c) 应实现涂装设计与制造、供应链、运维系统集成，构建数据驱动的涂装全链路协同生态； d) 应支持基于环保法规、涂料性能、施工条件的绿色涂装设计与全生命周期碳足迹追踪。
		工艺工法设计	a) 应建立船体建造、舾装、涂装、吊装、脚手、工装、安全、网络搭载等，以及焊缝密封、舱室密性试验等关键密性控制点的工艺工法设计规范，并主要依赖人工经验有效执行； b) 能依赖个人经验进行二维工艺工法设计与图纸输出； c) 应对工艺图纸、工艺卡片、规程等资料进行统一管理，支持人工查阅与借用。	a) 应使用二维/三维工艺设计工具及图文档系统，实现工艺工法的数字化表达、签审与版本控制； b) 应建立工艺工法设计共享模板，支持快速设计与信息重用； c) 应实现工艺工法与船体、舾装、涂装等专业的初步并行设计； d) 对工艺资料进行统一管理、版本控制与借用。	a) 应建立数字化工艺工法设计规范，采用专业设计工具与集成平台，实现单一数据源的工艺建模、出图与优化； b) 应建立工艺工法设计结构化知识库，支持焊接、装配、吊装等工艺知识的匹配、推荐与引用； c) 应基于三维模型开展装配序列、焊接工艺、舱室虚拟密性试验（压力分布仿真）、人机工程等仿真分析与优化； d) 应实现工艺工法与船体、舾装、涂装等专业的信息交互与协同设计。	a) 应基于三维模型与工艺知识库，集成船体划分、焊接参数、精度控制、装配顺序、工时物量等数据，实现工艺指令、工艺卡片、密性控制参数等数据的自动提取与生成； b) 应实现参数化、模块化工艺设计，支持知识自动引荐与工艺优化； c) 应建立工艺仿真分析平台，开展装配、焊接、吊装、人机工程、密性试验等全要素仿真与迭代优化； d) 应集成工艺设计、制造执行、质量检验等系统，实现工艺-制造-检验业务闭环协同。	a) 应基于统一三维模型与工艺数字孪生，构建工艺设计-仿真-执行一体化云平台，实现工艺设计与制造、质量、供应链等全流程深度协同与动态优化； b) 应引入 AI、机器学习、IoT、AR/VR 等技术，实现工艺设计的智能推理、实时反馈与自优化； c) 应支持基于船型与客户需求的工艺方案自动生成与多方案智能推荐； d) 实现工艺设计与机器人作业、增材制造、绿色工艺等新型制造模式的深度融合与创新。

表6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化供应链	采购	采购	a) 应建立采购计划、供应商管理、合同管理、采购执行等制度和流程规范,并依赖人工操作和纸质记录执行; b) 能依赖个人经验手工编制采购计划、选择供应商、签订合同、跟踪订单执行,采购文档以纸质归档; c) 应通过手工台账登记采购订单、合同、发票等关键信息。	a) 应使用 OA、ERP 等信息系统,实现采购计划编制、供应商信息管理、合同审批等流程电子化; b) 应建立供应商基本信息库,对供应商资质、业绩、信用等进行结构化分类和分级管理; c) 能通过信息系统跟踪采购订单状态和到货情况,实现采购数据的初步查询与统计,支持基本报表生成。	a) 应建立数字化采购管理平台,实现采购计划、供应商管理、合同管理、订单执行等全流程线上协同和流程化管理; b) 应实现采购系统与 MES、WMS 等系统的集成,支持采购需求与库存、生产计划的自动联动和关键流程精准控制; c) 应建立采购知识库,集成历史价格、供应商绩效、采购周期等数据,并用于采购决策支持和流程优化。	a) 应基于采购知识库与数据分析模型,实现采购需求的智能预测、供应商自动评估与推荐,支持采购策略动态优化; b) 应构建与供应商协同的数字化平台,实现订单、交付计划、质量要求的在线交互和产品状态动态跟踪,并集成财务、生产、设计等系统实现业务一体化协同; c) 应通过数据、知识和机理模型的融合应用,实现采购预算控制、合同执行和风险预警的精准管理和优化控制。	a) 应应用人工智能与大数据分析,实现采购价格趋势预测、供应商风险智能预警、采购方案自适应优化,并基于全流程数据自动驱动业务创新; b) 应构建供应链数字孪生平台,模拟采购与供应全链路场景,支持采购决策的动态仿真、评估与自主优化; c) 应通过区块链、物联网、云平台等技术,实现采购合同、物流信息、质量检验等数据的可信追溯、智能履约和生态系统级协同,推动制造模式和商业模式创新。
	物流	物流	a) 依据采购订单,通过电话、传真等方式与承运方沟通,手工制定运输计划、跟踪到货并记录于纸质台账; b) 能依赖个人经验选择与管理承运商,手工处理运单、提单等纸质单据的流转、核对与归档; c) 物料抵港/厂后,人工完成单据交接与异常记录,并通知仓库收货。	a) 应应用电子表格或 OA 系统管理运输计划,对关键物料启用条码进行到货标识,实现物流信息的电子化记录与查询; b) 应实现物流单据的线上审批与电子归档,初步建立承运商电子档案与绩效记录,支持基础的费用统计与分析; c) 应对物流合作伙伴进行信息化管理,初步积累物流运作知识(如常用路线、承运商特点)。	a) 应建立运输管理系统(TMS)或利用高级 SCM 模块,实现发运、在途、签收的流程化管理,并与采购系统集成,支持统一物料编码与状态跟踪; b) 应实现与主要供应商、物流服务商的电子数据交换(如 EDI),共享发货通知、在途库存信息,支持到货准备协同; c) 应形成物流知识库与风险库(如运输规范、异常案例),支持基于历史数据的经验总结与流程优化。	a) 应基于供应链协同平台,实现 TMS 与供应商 ERP、船厂 ERP 的深度集成,支持到货预报自动触发、运输路径优化、异常延误预警; b) 应应用物联网设备(如北斗、GPS、传感器)对大型分段、精密设备等重点物资的运输过程进行全程可视化监控与数据采集; c) 应基于物流大数据分析,实现运输、保险、仓储等全链路成本的精细化核算与绩效评估,支持数据驱动的物流战略决策与持续优化。	a) 应构建多式联运智慧物流数字孪生平台,集成物联网、地理与气象数据,实现从供应商到厂的全链条动态仿真、碳足迹监控与风险智能预测; b) 应应用人工智能与机器学习算法,融合历史、市场及外部数据,实现物流需求智能预测、动态定价、承运商智能推荐与全局成本优化; c) 应通过行业云平台整合船东、供应商、港口、承运商等跨界资源,构建智慧、韧性、绿色的供应链物流生态,实现协同计划、动态履约与商业模式创新。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产管理	生产计划管理	a) 应建立船舶总装建造工程计划标准体系，形成纸质计划文档； b) 能依靠个人经验人工编制线表、大中小日程计划，手工签批、发布与跟踪； c) 能通过定期会议协调资源冲突，人工分配设备、场地、人力等资源； d) 应人工记录计划完成情况，定期手工统计并编制偏差分析报告。	a) 能应用信息技术（如 Excel、项目管理软件）实现计划半自动化编制，采集关键节点数据； b) 应建立电子化资源台账，实现资源状态查询与冲突检测，支持生产能力与计划负荷的初步平衡分析； c) 应采集计划节点完成数据，自动生成偏差统计报表，支持基础趋势分析； d) 应在单一业务系统内实现计划数据的初步共享。	a) 应建立计划管理系统（如 ERP/MES），并与设计、供应链等系统集成，实现计划实绩自动反馈与实时监控； b) 应基于三维模型构建计划可视化界面，实现对关键计划节点的精准控制； c) 应建立标准生产物量、纳期、资源能力等知识库，支持计划负荷与资源能力的平衡分析与预警； d) 应实现计划进度的可视化展示与偏差分析，支持跨业务数据共享与协同调度。	a) 应引入高级计划与排程系统（APS），基于三维模型、历史数据与机理模型构建预测模型，实现多目标、多约束的智能排程； b) 应集成上下游信息系统，打通设计—计划—供应链—生产数据链路，构建动态规则库与资源库； c) 应基于成本、质量、效率等多目标，预测资源需求并自动生成最优资源分配方案； d) 应构建偏差影响评估模型，基于机器学习推荐调整策略，预测连锁反应，支持智能决策。	a) 建立自适应智能排产系统，深度融合 AI 与数字孪生技术，实现全流程计划的实时动态优化与自执行； b) 能通过云平台整合内外部资源，实现跨企业协同排程与生态级计划联动； c) 应构建计划自愈机制，实时监测执行偏差并自动触发再规划流程，无需人工干预； d) 应实现基于全流程数据驱动的计划创新与商业模式重构，支持 AI 驱动的预测与自主决策。
		物量工时管理	a) 能依赖个人经验与行业惯例，制定并执行基础的物量工时管理规范，主要基于纸质记录和人工沟通； b) 能通过人工方式进行生产任务分解和物量分工，使用基础数字化工具（如电子表格）记录物量数据，定期人工整理报表； c) 能通过定期生产协调会通报物量完成进度，解决生产冲突。	a) 应采用信息技术手段（如基础数据库），建立生产物量分类、计量规范与中间产品物量定额，实现核心数据采集； b) 应使用生产管理工具（如简单 MES 模块），实现流程化的任务分解和物量分工，能跟踪和监控物量完成情况，但仅限于单一业务活动； c) 能自动统计关键计划节点的物量完成率，并生成物量管理报表，实现单一业务内的数据共享（如生产部门内部）。	a) 应建立统一、可关联 BOM 与工艺路线的中间产品标准物量库，并形成物量知识库（如历史工时数据、工艺规则），支持物量工时精细化管控； b) 应部署生产管理平台（MES）及物量分工模块，实现物量的精细化计划与分解，并集成数字化设备（如传感器），实现生产实绩的自动反馈、动态跟踪与进度异常预警； c) 能统计、分析物量计划与实际完成情况，进行可视化展示，初步实现跨部门（如设计、生产）的数据共享与业务协同，支持关键业务过程精准控制。	a) 应基于三维数字模型和物量知识库，深度集成 PLM、ERP、IoT 等系统，打通上下游数据链路，实现物量、计划、产能、成本等多因素综合分析； b) 应应用大数据分析和机理模型（如物理仿真），动态优化中间产品物量定额及分工方案，实现数据驱动的智能辅助决策支持资源调度优化； c) 应构建物量绩效预测模型，动态预测交付风险，并能自动生成资源调整方案，实现精准预测预警。	a) 应建立具备自学习与自演进能力的物量标准库，基于人工智能（如机器学习、数字孪生）自动优化物量标准体系与设计规范，适应新工艺、新材料； b) 应基于 AI 与运筹优化算法，实现生产物量分工的动态实时优化与资源的全要素自动调优，确保物量目标自适应达成，支持制造模式创新； c) 应通过云平台整合内外部资源（如供应链、客户），实现物量数据驱动全价值链协同，支撑柔性制造、网络化协同等智能制造新模式与商业生态系统创生。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产管理	生产准备管理	a) 应建立基础的生产准备管理规范，主要依赖人工经验、纸质单据进行现场监督检查； b) 应通过定期例会等形式，人工协调并处理技术图纸滞后、物料短缺、设备故障、场地冲突、人员技能不匹配等生产准备环节的异常问题。。	a) 应用信息技术，将管理规范固化为标准化的电子检查模板，并通过对关键设备（如吊车、焊机）加装传感器、对物料采用条码/RFID 等方式，实现核心数据（如设备状态、物料位置）的自动采集； b) 各责任部门应通过信息系统（如 OA、电子表格系统）填报准备信息，实现单一业务内（如物资部门内部）的数据电子化与信息共享，替代部分纸质流转。	a) 应建立基于三维模型的生产管理系统（如 MES），实现技术、物料、设备、场地、生产计划与物流、人员与组织、质量与检验等生产准备信息的结构化记录、可视化进度管理，初步形成准备过程知识库（如常见问题库）； b) 应系统集成生产计划与准备信息，能对准备异常情况（如图纸未下发、物料未齐套）进行实时监控与消息提醒，实现跨部门（如设计与物资、生产与车间）基于统一数据源的业务协同。	a) 应基于三维模型与知识库构建以 PLM 为核心，与 ERP、SCM、MES 等系统深度集成的数字化平台，实现对技术、物料、设备、场地、计划、人员、质量等生产准备信息的自动获取、跟踪、监控与预警； b) 应通过数据、知识和机理模型（如物流仿真、资源负荷模型）的融合应用，打通上下游数据链路，建立辅助决策系统，综合技术准备周期、物资纳期、资源能力与负荷等多因素，实现数据驱动的生产准备进度预测、精准预警与资源预判。	a) 应应用生产数字孪生与物联网技术，实现对物料、图纸、工装、设备等资源状态的全面、实时、可视与动态映射，利用 AI 模型（如机器学习）对生产准备过程中的瓶颈与风险进行智能预测与自主仿真推演，主动化解风险； b) 依托 AI 与大数据优化算法，在云平台支持下，实现多项目、全要素的生产准备流程自主决策与动态优化（如智能排程、供应链弹性调整），并整合跨界生态资源（如供应商、设计院所、船东），驱动制造模式（如模块化、并行工程）与商业模式（如数据服务）的创新。
		生产运行调度	a) 应建立基础的生产运行调度管理规范，主要依赖人工经验、纸质记录和例会协调； b) 应基于生产计划，凭个人经验统筹分配人力、设备、场地，并进行现场调度； c) 应通过人工方式下达作业指令、跟踪进度，并通过日常例会处理生产异常； d) 应采用纸质单据记录生产实绩，手工统计与分析绩效数据。	a) 应应用信息技术辅助分析关键资源能力与负荷，实现任务下达、实绩记录与异常反馈的信息化； b) 应基于生产计划，采用信息技术跟踪、监控各工作区进度，实现异常快速响应； c) 应利用信息技术收集工时、物量、成本、质量等数据，实现计划达成率、设备利用率等 KPI 分析； d) 应实现关键工序的自动化数据采集，初步形成单一业务内的数据共享机制。	a) 应建立生产运行调度系统，实现多项目资源统筹、全过程流程化与透明化管控、异常快速响应与协调，支持 KPI 在线分析； b) 应集成生产计划、财务、质量等系统，打通计划、成本、质量、工时等数据链路，实现跨业务协同管控； c) 应基于三维数字模型部署调度相关工业软件，实现关键业务流程化、精准化控制，并形成调度知识库； d) 引入移动应用（APP）和轻量级决策支持工具，提升调度协同与决策效率。	a) 应基于三维模型（壳舾涂一体化）构建 PLM、ERP、MES、SCM、IOT 等深度集成的数字化调度平台，实现设计、计划、供应链、作业、设备等全数据链贯通； b) 应利用实时数据实现资源动态分配、过程实时管控与动态协调、实绩自动采集与反馈； c) 应应用决策优化算法与 BI 技术，建立集成指挥中心（IOC），实现多业务协同与智能辅助决策； d) 融合数据、知识与机理模型，实现调度过程的优化控制、精准预测与预警。	a) 能推动 AI、数字孪生、XR 与调度全过程深度融合，在数字空间中模拟并优化全生产要素，实现前瞻性调度与问题预消； b) 应基于 AI 与大数据，实现零非计划停机与自优化生产； c) 应构建具备自学习、自感知、自决策能力的智能调度系统，驱动制造模式向柔性、精准、高效演进； d) 通过云平台整合内外部资源，构建调度生态系统，实现全流程数据自动驱动的业务创新与商业模式变革。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产管理	劳务管理	a) 应初步建立遴选准入、基础培训、绩效考核、现场协调、结算支付、风险管控等管理规章制度，形成纸质或电子文档； b) 依赖个人经验分派任务、跟踪进度、协调现场、结算支付等核心业务操作、纸质记录； c) 应对劳务人员、合同、技能等基础信息以纸质或基础电子表格形式存储，数据孤立，未实现有效共享与分析。	a) 应采用信息技术（如移动 APP、简易工单系统等）对任务分派、进度上报、工时登记进行数字化管理；开始对关键工序（如工时、物量）进行数字化数据采集； b) 应能够采集劳务人员的计划节点、完成物量、工时、质量检验结果等核心数据，并在单一业务系统内实现存储与共享，支持基础的统计查询； c) 任务分派与进度跟踪实现线上化，但数据分析、资源协调与决策仍主要依赖管理者个人经验。	a) 应建立统一的劳务人员管理平台，实现招投标、合同、人员报备、任务接收、工时申报、结算申请等全流程线上化管理；采用门禁系统、工位终端、APP 扫码等技术手段，自动采集用工的工时、位置、安全准入等数； b) 应实现劳务数据的集中管理与可视化（如绩效看板），初步形成劳务绩效知识库。实现劳务管理平台与生产执行系统（MES）等核心工业软件的集成，实现任务与实绩的线上协同，初步实现本工与劳务工的协同作业管理； c) 应基于系统采集的数据，初步支持自动结算与绩效看板管理，减少人工核算；	a) 劳务管理平台应与 ERP、MES、质量、安全等系统深度集成，打通劳务资源与生产计划、成本、质量、安全的数据链路。基于三维模型衍生的生产任务包，可进行更精细化的劳务资源预估、分派与实绩反馈； b) 能通过 BI、管理驾驶舱等工具，对劳务队伍的效率、成本、质量、安全等关键绩效指标（KPIs）进行多维度、可视化的智能分析与风险预警，自动生成评价报告，实现数据驱动的辅助决策； c) 应实现从任务接收到结算反馈的全过程线上协同与闭环管理，流程效率显著提升。	a) 构建劳务协同云平台，整合船厂与所有协作劳务公司的资源。采用大数据、AI 与 IoT 技术，构建劳务队绩效预测与优化模型，实现从“事后评价”到“事前预测”的转变，支撑柔性、高效的劳务资源调配新模式； b) 应通过云平台实现与生态伙伴的管理活动量化、透明化、自动化协作，实现结算流程全自动化。利用 AI 模型对劳务队伍进行优胜劣汰的智能决策，驱动整个制造生态的效率提升与商业模式创新。
	生产作业	钢材堆场	a) 应建立堆场钢材的基础管理和操作规范，依赖人工操作、纸质记录和 Experience 管理； b) 应依赖人工经验进行堆场区域与垛位划分，人工调度并手工完成入库、移库、出库、倒库等作业； c) 能手工建立并维护钢材出入库、存放位置等纸质账本； d) 能依靠人工查询、统计堆场钢材出入库及库存信息。	a) 应规划堆场区域与垛位，建立唯一编码体系，实现堆场信息的数字化管理； b) 应建设钢材堆场信息管理系统，实现对堆场区域、垛位、钢材信息及出入库流程的数字化管理； c) 应集成制造执行系统（MES），实现对每块钢材从堆场到上船的全过程追踪，初步实现单一业务活动的信息与数据共享； d) 关键作业环节能初步应用自动化技术，实现核心数据采集。	a) 应建立堆场三维数字模型，并应用 RFID、条码/二维码等技术，为堆场区域、垛位、在库钢材赋予唯一电子身份； b) 应基于电子标签与三维模型构建数字化钢材堆场管理系统（YMS），实现堆场作业的流程化、移动化与透明化管理； c) 应集成 YMS 与 MES、生产设计等系统，形成堆场作业知识库，实现堆场与预处理、切割等跨业务活动的数据共享与业务协同； d) 应部署数字化吊运/起重设备，实现对关键过程的精准控制。	a) 应基于三维数字模型和知识库，集成 YMS、MES、WMS 及供应链管理系统（SCM），打通堆场至车间生产线的数据链路； b) 应运用 IoT、5G 与机器视觉技术，实时感知钢材位置、数量与状态，自动校核信息并更新库存，实现堆场业务的精准预测与智能辅助决策； c) 应通过数据、知识和机理模型的融合应用，实现基于数据驱动的堆场作业优化控制与预警； d) 应实现与上下游业务（如物资采购、生产计划）的信息系统集成，支撑智能决策支持。	a) 应推动新一代人工智能与堆场运营深度融合，构建具备自主学习、自感知、自优化能力的数字化设备集控系统； b) 应基于云平台，整合跨界资源，构建堆场数字孪生体，实现全流程数据自动驱动业务优化创新； c) 应实现堆场全流程自动化、无人化运营，并基于全环节数据驱动制造模式（如柔性调度）与商业模式（如堆场即服务）创新； d) 应引领行业智能化发展，具备基于生态系统协同的持续创新与战略决策能力。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产作业	钢材预处理	a) 建立并执行基于人工经验和纸质文件的钢材预处理作业规范，涵盖校平、除锈、喷涂等关键工序； b) 能依赖人工操作与纸质工艺文件完成各工序，手工记录作业过程与结果，台账登记与查询依赖人工； c) 作业信息依赖人工传递与记录，未形成系统化数据管理，业务协同依赖人工协调。	a) 应应用信息技术辅助制定预处理作业计划，实现任务派发、执行记录与信息反馈，初步实现计划与执行的数字化管理； b) 应引入自动化校平、除锈、喷涂等设备，支持人工指令输入与设备自动执行，并实现关键工序的自动化作业； c) 应实现预处理作业信息的电子化记录与查询，初步建立单一业务数据管理能力，支持基本统计分析。	a) 应建立并运行钢材预处理制造执行系统(MES)，实现计划排程、任务派工、报工报检、质量处理等流程化协同管理； b) 应构建设备联网监控系统，实现对数控化校平、表面处理、除锈、喷漆等钢材预处理设备联网、作业指令执行、数据采集和实时监控预警； c) 应集成 MES 与堆场、工艺设计等系统，实现作业协同与知识积累，形成预处理作业知识库。	a) 应实现预处理 MES 与产品生命周期管理(PLM)、企业资源计划(ERP)、堆场管理等系统集成，打通工艺——计划——执行——反馈数据链路，支持产线自动化协同作业； b) 应构建基于 AI 算法的智能排程系统，依据订单、设备、物料等多源数据，自动生成优化的预处理作业计划，并支持动态调整； c) 应实现预处理全过程数据（质量、设备、进度）的实时分析与预警，支撑精准决策与动态优化。	a) 应基于三维模型与数字孪生技术，构建虚拟预处理产线，实现物理产线与虚拟模型的双向动态交互、工艺仿真优化与预测性维护； b) 应深度融合 IoT、大数据与 AI 算法，实现预处理工艺参数自优化、质量缺陷自识别、能效自调控等智能决策与闭环控制； c) 应通过云平台连接内外资源，支持协同设计、远程运维、能效管理、商业模式创新等生态化服务，引领预处理新模式发展。
		下料加工	a) 应建立覆盖号料、切割、成型、标记、分拣等关键作业的纸质操作规范与管理流程，主要依赖人工经验进行管理决策； b) 能基于纸质套料图与工艺文件，操作半自动化或数控设备完成加工作业，设备间孤立运行； c) 能通过手工方式记录物量、进度、质量、工时等关键作业信息，并依赖人工进行统计、汇总与简单分析。	a) 应基于生产计划，利用信息系统进行作业计划编制、签发与报检反馈，实现图纸与工艺文件的电子化共享与版本管理；仍需人工现场跟踪与问题处理； b) 应引入自动化/数字化切割、加工与分拣设备，实现设备运行状态、加工参数等核心数据的自动采集与本地化存储； c) 应实现按分段、托盘的零件信息电子化记录与查询，支持作业进度与物量的初步数字化统计。	a) 应建立下料加工 MES 并进行流程化协同管理，实现与 ERP、PLM 等系统初步集成，关键业务过程可精准控制与追溯 b) 应建立设备物联网平台，实现对切割、成型、分拣等数字化设备的联网、集中监控与指令下发，支持程序远程传输； c) 应实现 MES 与设备系统集成，作业指令自动下发，加工、检测数据自动采集并关联至生产任务，形成初步的知识库用于工艺参数推荐。	a) 应集成 PLM、ERP、MES 及供应链系统，构建数字化产线，实现从设计、计划到执行、检验的全流程数据贯通与协同优化； b) 应基于零件三维模型，融合大数据与机器学习算法，实时优化切割路径、加工顺序与板材利用率；应用机器视觉与机器人实现零件的自动识别、分拣与精准堆放； c) 应基于统一标识（如 RFID/二维码）实现零件全生命周期数据追溯；通过数据与机理模型融合，实现加工质量预测、设备效能分析与动态预警。	a) 应构建下料加工数字孪生体，实现物理空间与虚拟空间的实时交互与迭代优化，驱动业务流程的自适应、自决策与商业模式创新； b) 应应用 AI 技术实现切割参数自优化、质量缺陷自诊断、设备健康自预测与预测性维护；通过云边协同体系，实现跨工厂、跨供应链的协同套料与资源动态调度； c) 应通过工业互联网平台汇聚全要素数据，基于 AI 模型实现产能自平衡、能耗自优化、供应链联动等智能决策，驱动制造服务化与生态价值创新。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产作业	组立制作	a) 应建立小组立、中组立、大组立制作涵盖装配、焊接、检验等关键工序的作业与管理规范，主要依赖纸质图纸、工艺文件和人工经验进行施工与管理； b) 能依据生产计划与设计图纸，依赖人工进行物料核对、装配定位、手工或半自动焊接作业，设备孤立运行； c) 能通过手工方式记录进度、物量、工时、质量等关键作业信息，并依赖人工进行统计、汇总与简单分析。	a) 应基于生产计划，利用信息系统进行组立作业计划编制、签审与派发，实现图纸与工艺文件的电子化共享与版本控制；支持生产异常信息的在线记录与反馈； b) 应初步实现生产设计与组立制作的业务协同；应引入焊机群控等系统，实现对关键焊接设备的联网与焊接参数等核心数据的自动采集； c) 应实现作业进度、物量等信息的电子化记录与查询，支持基于分段或托盘的数据统计与初步分析。	a) 应建立组立制造执行系统（MES），实现计划排程、资源调度、任务派发、报工报检的全流程化、可视化协同管理，并与 ERP、PLM 等系统初步集成； b) 应基于组立三维模型进行工艺仿真与装配顺序优化，形成组立制作工艺知识库；应集成 MES 与焊机群控等设备系统，实现任务指令自动下发与焊接数据自动采集； c) 应实现跨工序（如装配、焊接、检验）间的数据共享与业务协同，关键业务过程（如精度控制）可精准追溯与分析。	a) 应深度融合 PLM、ERP、MES、WMS 等系统，实现从设计、计划、物料到制作、检验的全业务链数据贯通与协同优化，支持基于数据的精准预警与决策； b) 应基于船体三维模型，利用 DFA/DFM 等技术进行装配路径与工艺方案优化，实现可视化作业指导与防错。应建立智能焊接系统，集成 3D 视觉与路径规划，实现机器人自适应焊接与参数自调整； c) 应通过数据、知识与焊接、装配机理模型的融合应用，实现焊接质量预测、变形控制预警、物料齐套性分析等核心过程的优化控制与智能决策支持。	a) 应构建组立制作数字孪生体，实现物理生产系统与虚拟模型的实时交互、双向映射与迭代优化，驱动生产流程的自适应、自组织与商业模式创新； b) 应应用 AI 技术实现工艺方案自优化、质量缺陷自诊断、资源动态自调度与能效自调控；应通过云平台整合内外部设计、制造与专家资源，构建组立制作协同创新生态系统； c) 应基于工业互联网平台汇聚全流程、全要素数据，利用 AI 模型实现产能自平衡、计划动态排程、供应链联动等智能决策，驱动制造过程向服务化、智能化转型。
		舾装制作	a) 应建立舾装件的制件与管理规范，并有效执行； b) 应依据舾装制作设计图纸与生产计划，根据人工经验进行任务分解、计划编制与设备操作，按纸质图纸施工； c) 应手工记录进度、工时、质量等信息，并通过人工方式进行数据汇总与查询。	a) 应采用信息技术辅助编制、审批与派发舾装作业计划，实现电子派工单下发至班组，支持操作者在反馈作业信息； b) 应引入自动化数控设备，实现舾装加工代码的在线编制与传输，完成关键舾装件的数字化制作； c) 应利用信息系统实现生产异常信息的在线记录与跨部门协同处理，初步建立数据采集与共享机制。	a) 应建立舾装制造执行系统（MES），实现计划排程、资源调度、任务派发、报工报检全过程信息化管理； b) 应基于三维模型进行工艺仿真与可视化作业指导，构建舾装制作工艺知识库； c) 应通过工业物联网（IIoT）与 5G 技术实现数控设备、焊机等异构设备联网，实现设备层与执行层数据贯通。	a) 应实现 PLM、ERP、MES、WMS、QMS 等系统的深度集成，构建数字化舾装生产线，支持设计-计划-物料-制作-检验全流程协同与数据闭环； b) 应基于舾装生产设计三维模型，应用条码/二维码/RFID 等技术为舾装件赋予唯一电子身份，实现全生命周期跟踪与质量追溯； c) 应应用机器人与智能集配系统，实现舾装件入托、配套、入库等作业自动化，并基于数据模型进行过程优化与控制。	a) 应构建舾装制作数字孪生系统，实现工艺参数自适应优化、质量缺陷预测与资源动态调度； b) 应部署基于 AI 的智能排产与动态调度系统，实现计划优化与柔性生产线的自主调控； c) 应通过云平台整合供应链与生态资源，支持协同设计、远程运维与服务化制造等创新模式。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产作业	预舾装	a) 应建立组立、分段、总段、单元等建造阶段的预舾装作业规范，并基于纸质图纸与人工经验进行任务分解与执行； b) 能基于纸质工艺文件执行管系、设备、电气等舾装作业，并手工记录作业信息； c) 能依赖人工进行生产实绩统计与信息反馈。	a) 应采用信息技术实现预舾装作业计划的数字化编制、任务派工与资源调度，并实现作业进度与物料状态的初步监控； b) 应实现关键工序的自动化数据采集（如 RFID、传感器），支持质量/精度在线报检与物料追溯； c) 应实现预舾装作业数据的电子化记录与查询，支持工时、物量、效率等关键指标的初步统计分析。	a) 应建立预舾装制造执行系统（MES），实现计划智能排程、任务在线协同、资源动态平衡、作业过程透明化监控与物料齐套管理，并与设计、供应链系统初步集成； b) 应基于三维模型进行工艺仿真与优化，支持多阶段预舾装作业并行协作，并实现作业数据自动采集与初步分析； c) 应建立预舾装知识库，实现作业进度、质量、成本等数据的自动分析与反馈，支持工艺优化与决策辅助。	a) 应实现 PLM、ERP、MES、WMS 等系统深度集成，基于三维轻量化模型与物联网数据，实现预舾装全过程（设计、工艺、资源、质量等）业务并行协同与闭环管理； b) 应基于数据与机理模型融合，实现舾装进度、质量、成本的预测预警与优化调控； c) 应建立数据驱动的进度、质量与成本协同预警与优化机制，支持跨业务数据的融合分析与智能决策。	a) 应构建预舾装数字孪生体系，实现工艺仿真自优化、资源调度自适应、质量风险自预警，并支持全流程动态重构与智能决策； b) 应基于大数据与 AI 算法，实现预舾装设计、工艺、计划、执行的闭环自优化，并通过云平台整合内外资源，构建模块化、服务化协同生态； c) 应实现基于全流程数据自动驱动的业务创新与模式变革，推动预舾装向智能化、服务化转型。
		涂装	a) 应建立表面处理、涂层施工等涂装作业的操作与管理规范，并基于纸质文档和人工经验有效执行； b) 应基于涂装生产设计的二维涂装管理图、涂装物料清册和工艺工法，完全依赖个人经验和手工方式进行表面清洁、抛射处理，底漆、中间漆、面漆的喷涂，以及特殊区域喷涂等作业； c) 应通过手工记录、查询、统计涂装作业信息，并人工反馈生产实绩。	a) 应采用信息技术辅助进行涂装任务分解、作业计划编制与资源调度，实现作业过程与物料状态的数字化跟踪与监控，并实现关键工序数据（如膜厚、面积）的系统性采集； b) 应引入半自动化设备（如带参数监控的喷涂机），通过人工操作设备，并开始采集关键工艺参数，提升作业效率与质量一致性； c) 应采用信息系统记录涂装作业信息，实现按班组、物量、质量等维度的数据查询、统计与初步分析，支持单一业务内部的数据共享。	a) 应建立涂装制造执行系统（MES），实现从任务分解、计划排程、派工、作业准备、施工到报检、实绩反馈的全流程数字化与可视化闭环管控； b) 应基于三维涂装模型，引入智能机器人（如抛丸/喷砂机器人、喷涂机器人），实现三维轮廓自动识别、路径自动规划与稳定、均匀的自动化、标准化作业； c) 应实现涂装环境（温湿度、露点、灰尘等）关键参数的实时监控、智能预警与自动调控，并能联动控制喷涂机器人等智能设备； d) 应初步构建涂装工艺知识库，实现与设计、物资等业务间的数据共享与协同，支持工艺经验的数字化沉淀。	a) 应实现涂装 MES 与 PLM、ERP、WMS 等核心系统及智能设备的深度集成与数据互通，打通从生产设计、工艺工法、资源调度、作业管控到质量检验的全业务数据链； b) 应基于涂装全过程多源数据，利用大数据与机器学习技术，实现质量问题的根因分析、涂层性能预测与工艺参数的动态优化与反馈控制； c) 应采用 BI、数字驾驶舱等工具，对进度、质量、设备状态、物料消耗等全业务数据进行多维度实时监控、深度分析与辅助决策，支撑管理优化； d) 应建立基于数据的涂装工艺持续优化闭环，实现知识库的自动更新与迭代，支撑精准预测与决策	a) 应构建企业级涂装数字孪生，基于实时数据与 AI 模型，实现对涂层质量、设备效能、物料消耗的自感知、自预测、自优化与自主决策； b) 应通过云平台与工业互联网技术整合内外部资源（如涂料供应商、设备服务商、科研机构），构建协同生态，实现涂装工艺的持续自适应优化与商业模式创新； c) 应具备跨领域、全价值链数据融合与智能分析能力，驱动涂装作业从“经验驱动”向“数据与模型混合驱动”的根本性转变，实现生产效率、资源利用率与安全环保绩效的突破性提升。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产作业	总组搭载	a) 应建立分段总组、船坞/船台搭载作业的操作规程、精度管理标准和安全管理制 度，并有效执行； b) 应依据二维图纸和工程计划，依赖人工经验进行分段吊运、定位、对接与焊接，采用手工工具进行精度测量与控制； c) 应采用纸质单据和手工方式记录、查询、统计总组搭载的进度、工时和物料消耗等信息。	a) 应采用信息技术手段（如 WPS/OA）辅助总组搭载作业计划的编制、签发与派工，实现任务信息向班组的电子化流转与执行状态初步反馈； b) 应应用三维模型进行可视化技术交底，实现生产设计与现场作业的初步协同，提升作业准确性； c) 应采用信息技术手段记录总组搭载现场的生产异常（如精度偏差、资源冲突），实现线上反馈与跨部门协同处理。	a) 应建立总组搭载制造执行系统（MES），实现作业计划动态排程、资源（场地、吊车、台墩）能力平衡、工艺文件电子下发、完工报检等全流程数字化管理与可视化监控； b) 应采用物联网、5G 等技术，对大型龙门吊、焊接设备群等关键设备状态进行实时监控与集中调度，并与 MES 系统联动，支撑作业过程管控； c) 应实现总组搭载 MES 与组立、精度管理等系统数据对接，确保精度数据在工序间无缝传递，支撑搭载任务的精细化执行与闭环管理。	a) 应基于全船三维数字模型，运用数字化模拟搭载和增强现实（AR）技术，在虚拟环境中优化吊装路径与工艺方案，可视化指导现场分段定位、对接与焊接作业； b) 应建立总段合拢智能焊接机器人系统，集成 3D 视觉感知与路径自主规划，实现关键焊缝的高质量、自适应焊接； c) 应集成 PLM、ERP、WMS、精度管理系统等，构建数据驱动的总组搭载流水线，实现按计划节拍接收分段、作业排程、派工、物料配送、搭载执行、精度测量与报检全过程一体化协同与智能管控。	a) 应构建与物理船坞实时交互的数字孪生系统，基于 AI 模型与实时数据（工况、设备、精度）动态预测进度与风险，自主优化工艺方案与资源调度； b) 应建立具备自学习、自优化能力的“智能船坞”模式，通过历史与实时数据驱动，实现总组搭载作业的自主决策与持续进化； c) 应通过云平台整合内外部生态资源，实现跨界协同创新，推动总组搭载作业效率提升与商业模式变革。
		安装调试	a) 应建立设备安装、管路连接、电气接线、系统调试等作业的操作与管理规范，并基于纸质文件和人工经验执行； b) 应基于二维图纸和工艺文件，依赖人工经验进行设备定位、管路敷设、电缆拉放、接线与系统功能测试，并手工记录； c) 应采用纸质单据或电子表格手工记录、查询、统计安装调试的进度、质量、工时和问题等信息。	a) 应采用信息技术手段辅助安装调试作业计划的编制、任务下发与执行反馈，实现作业进度的初步数字化跟踪； b) 应引入自动化检测设备与工具（如压力测试仪、绝缘测试仪），实现关键调试参数的自动采集与报告生成； c) 应采用信息化系统记录安装调试过程中的异常信息，并支持在线反馈至设计、舾装制作等相关责任部门，实现初步跨部门协同。	a) 应建立安装调试制造执行系统（MES），实现从计划排程、任务派工、作业执行、报工报检到质量问题处理的全流程数字化与可视化管理； b) 应基于物联网技术建立设备联网监控系统，实时采集设备状态、调试参数与进度信息，实现作业过程的动态监控与异常预警； c) 应实现安装调试 MES 与质量检验管理系统的集成，自动校核调试结果、更新状态，并生成结构化、可追溯的数字化调试报告与知识库。	a) 应实现安装调试 MES 与 PLM、ERP、WMS 等核心系统的深度集成，打通设计、生产、物流数据流，支持调试任务自动下发、物料精准配送、设备状态实时监控的全过程协同优化； b) 应应用智能传感、机器视觉、AR/VR 等辅助装配技术，自动识别安装位置、检查连接状态、可视化指导复杂作业，提升作业准确性与效率； c) 应基于历史调试数据与机理模型，通过大数据分析实现调试参数的智能推荐、故障的预测性诊断与维护预警。	a) 应构建安装调试数字孪生系统，实现物理系统与虚拟模型的实时交互与同步，支持调试过程的虚拟仿真、动态预测与自主优化； b) 应基于 AI 算法对全系统数据进行分析，实现调试问题的根因自诊断、调试策略的自适应调整与资源的智能调度； c) 应通过云平台整合内外部调试资源与服务，构建协同生态，实现调试能力的按需配置、商业模式创新与全价值链优化。

表6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产作业	试航	a) 应建立涵盖测试大纲、操作规程、安全预案的试航管理制度，基于纸质文档与人工经验有效执行； b) 应采用纸质记录试航数据、问题清单及整改报告，支持基础归档与事后查阅； c) 应依赖人工操作设备、记录船舶性能参数（航速、油耗、振动等），形成纸质试航报告； d) 应建立临时性试航项目组织，通过会议、电话等传统方式协调设计、建造、服务商等资源。	a) 应采用电子表格等工具辅助试航计划编制、任务派发与进度跟踪，实现初步数字化管理； b) 应引入传感器与自动化仪表采集关键性能参数，数据以电子文件形式存储（允许人工抄录导入）； c) 应通过 OA、邮件、即时通讯工具实现试航问题记录、分派与处理，支持电子化查询与简单统计； d) 应建立试航准备检查清单的电子化模板，实现基础数据共享与版本管理。	a) 应部署试航管理系统（STMS），实现码头试航计划排程、任务派发、实验进程、问题记录、到计划修改、任务变更实时数字化管理，海上试航支持离线数据缓存与回港自动同步； b) 应建立试航数据采集与分析平台，支持船舶运行参数、机器运行参数、环境参数等关键参数自动采集、实时分析与量化合格判定（海上阶段允许离线分析）； c) 应构建试航数据库，积累历史试航数据、故障案例与处理方案，支持知识检索与复用； d) 应实现试航准备阶段跨部门（设计、建造、质检、服务商）基于权限的协同与数据共享。	a) 应部署试航执行系统（MES级），实现试航全流程数字化、可视化与追溯，并与设计、生产系统建立数据关联； b) 应建立试航知识库与专家系统，实现故障模式自动匹配、根因分析与解决方案智能推荐； c) 应实现船厂、船东、船级社、关键设备服务商基于统一平台的协同评审、电子签认与远程技术支持（适用于码头/近海通讯覆盖场景）； d) 应建立试航风险预警模型，基于实时数据监控（码头）与离线数据分析（海上）实现安全预警与应急资源数字化调度。	a) 应构建试航数字孪生环境，实现试航方案虚拟验证、测试参数优化与风险预演，支持多场景模拟决策； b) 应建立基于大数据与机理模型的试航性能预测系统，实现故障预警、性能趋势分析与测试参数动态优化； c) 应实现试航系统与 PLM、ERP、SCM 的深度集成，支持试航需求自动触发资源调配、供应链协同与成本优化； d) 应建立持续改进机制，基于试航数据反馈驱动设计优化、建造工艺改进与知识自动沉淀，形成试航-设计-建造闭环优化。
	安全环保	安全管理	e) 应制定企业安全生产规章，管理依赖人工经验与口头传达； f) 应在重点区域设固定监控，依赖人工监视识别风险； g) 应建立事故应急处置指挥中心、事故应急预案和处理机制，开展安全培训与应急演练； h) 使用基础办公软件管理安全文件记录	a) 应制定初步数字化安全计划，试点部署移动监控设备（如无人机、智能安全帽）； b) 应用专业安全软件管理风险隐患，实现业务流程电子化； c) 应建立电子应急预案库，可快速推荐预案； d) 应通过网络平台，提供安全培训课程，组织在线学习、测试和考核。	a) 应建立安全风险协同管控平台，支持安全风险的跨部门协同管控； b) 应部署物联网（如定位、传感器）设备，实现人、机、环实时感知； c) 应建立应急处置平台，集成监控通信、信息传输、资源调度等系统，支持指挥中心-现场的远程应急处置指导和救援资源快速调度； d) 应应用 VR/VR 开展沉浸式培训，构建并全员共享的安全生产知识库。	a) 应基于三维数字工厂模型与数据中台融合多源数据，支持安全管理决策； b) 能应用 AI 视觉识别违章，基于数字孪生与预测模型实现风险主动预警； c. 应通过应急平台智能生成并可视化最优处置方案，实现精准指挥； d. 应建立员工安全数字画像，实现个性化培训推送与精准赋能。	a) 应形成智能安全战略，实现生产与安全全流程的深度智能协同与自治； b) 能应用数字孪生与 AI 预测性模型，从事前系统层面自适应消除隐患； c) 能预测事故演化路径，实现前瞻性应急准备与动态救援决策； d) 应构建并借助安全生态共同体整合跨界资源，创新基于元宇宙的培训与安全管理模式。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	安全环保	环保管理	a) 应建立基础的纸质环保管理制度，依赖人工现场巡检与手工记录台账（如危废转运、能耗记录）； b) 污染物排放依赖周期性人工采样与委托监测，无实时数据，环保设施（如焊接烟尘净化器、涂装 VOCs 设备）启停与运行依赖人工操作； c) 能源消耗依赖月度抄表与手工统计，碳排放为初步估算； d) 应采用基础办公软件管理环保文档与数据，用于合规性报表； e) 应实现重点能源、资源、废弃物以及产品的在线实时收集	a) 应在重点排污节点（如污水处理站出口、涂装房排气筒）安装在线监测仪表（如 pH、COD、VOCs 浓度），实现关键排放数据的自动采集与告警； b) 能应用环保管理信息系统，实现危废生命周期、监测数据、环保设施运行等单一业务的线上化流程管理与数据记录； c) 应部署能源计量系统，自动采集电、水、燃气等消耗数据，并生成标准化的能源与碳足迹报表； d) 部分环保设备实现 PLC 或 DCS 控制，可进行远程启停与参数设置； e) 应结合生产实现对能源消耗数据和污染物排放数据的预算化管理	a) 应制定成文的环保数字化规划，建立跨部门（安环、生产、设备）协同管理机制与组织职责； b) 检测系统应部署物联网传感器网络（如厂界 VOCs 微站、噪声网格监测、雨水排口监测），实现污染源与环境质量的实时感知与电子地图可视化； c) 应建立环保协同管控平台，初步集成监测、能源、生产（MES）数据，实现环保风险预警与关键设施（如涂装房、空压站）的联动控制； d) 应构建结构化的环保知识库（集成法规、标准、案例），并开发移动应用接口，支持全员便捷查询与学习。	a) 应基于三维数字工厂模型与环保数据中台，深度融合生产排产、物料消耗与实时排放数据，实现产污环节的精准溯源与物质流分析； b) 能应用大数据与机理模型（如活性污泥模型、LCA），动态优化排污处理工艺和生产工艺参数（如优化喷涂机器人路径以减少过喷），实现达标排放、碳强度降低与药耗/能耗节约； c) 应建立环保智能预警与辅助决策系统，对能耗与排放异常进行根因分析，并模拟污染扩散路径，智能生成优化治理方案与应急响应策略； d) 应建立企业级碳核算与能源管理平台，实现碳排放的精准计量、报告与核查，并基于数据分析识别减排潜力项目。	a) 应形成面向生态设计的绿色智能制造战略，环保与碳约束深度嵌入产品设计与生产工艺决策闭环，实现源头减排； b) 能应用数字孪生技术，对全厂物料流、能源流和环境足迹进行全过程仿真、预测与优化，实现环保设施的预测性运行与工艺自适应调整； c) 应构建企业环保“大脑”，基于 AI 模型预测环保政策趋势、供应链风险，驱动前瞻性、战略性的绿色创新； d) 应通过云平台整合上下游供应链的环保与碳数据，构建透明、协同的绿色供应链生态圈，引领行业绿色低碳循环发展范式。

表6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	质量管理	质量策划	a) 应建立覆盖“壳、舾、涂”设计、生产、服务全过程的纸质化质量管理体系文件； b) 能依赖个人经验，采用纸质文档进行质量目标分解、组织职责界定、管理流程制定、技术标准与工艺工法规划； c) 所有质量策划相关文档均以纸质形式归档，供人工查阅与调用。	a) 应采用办公软件实现质量策划文件的线上传递、校核、审批、发布与版本管理，实现文件的电子化管理； b) 应建立质量目标、组织职责、工艺流程等关键要素的数字化策划模板，实现规范化快速策划，并能进行跟踪与监督； c) 能够通过质量策划文件与检验、生产数据的初步共享，实现质量策划与相关环节的简单协同。	a) 应建立基于三维数字模型的质量管理系统，实现质量目标、组织职责、管理流程、工艺工法、资源与供应链等内容的在线协同策划； b) 应构建质量标准、体系文件、历史经验等共享知识库，并利用专业工具在线统计分析质量目标达成情况，支持策划方案的持续优化； c) 应与 MES 等生产管理系统集成，实现质量策划信息向生产一线的精准传递与跨部门业务协同。	a) 应基于三维数字质量模型与质量策划知识库，构建集成 PLM、ERP、MES、QMS 的数字化质量管理平台，打通设计、生产、采购等环节数据流，实现全流程质量集成与 PDCA 闭环管理； b) 应融合大数据、AI 与数字孪生技术，在虚拟环境中对质量策划方案进行仿真验证与风险预测，自动推荐优化方案，实现数据驱动的精准策划与智能决策。	a) 应采用工业互联网与云平台技术，构建支持多方在线协同的质量生态平台； b) 应通过物联网与 AI 技术，实现质量管理目标与智能化生产装备的闭环，达成质量控制的自主感知、决策、执行与持续优化； c) 应基于质量策划知识库，深度集成大语言模型等 AI 技术，能够根据合同、技术协议及实时数据自动生成并动态优化质量策划方案，实现策划活动的自学习与自进化。
			a) 应基于检验计划，依赖人工派发质量检验任务，通过感官和使用简单工具（如尺、仪表）进行质量检测、质量评判与问题处理； b) 应采用信息技术手段（如电子表格）辅助记录、查询、统计和分析质量数据； c) 能对质量检验记录、问题处理记录等纸质文档进行归档管理。	a) 应建立船体结构装配与焊接、涂装与防腐、系统设备安装、密性与试验等关键工序的质量检验标准，并有效执行； b) 应在关键质量检验点（如焊缝）引入自动化、数字化检测仪器【如无损检测（NDT）设备：射线（RT）、超声波（UT）、磁粉（MT）、渗透（PT）等】，实现检验数据自动采集与存储； c) 应使用质量统计分析工具（例如：SPC 等），支持质量检验、分析与控制。	a) 应建立标准化、量化的质量检验标准体系，覆盖船舶建造全过程； b) 应建立质量检验管理系统（QMS），实现从物料入厂、过程工序到调试试航等全流程检验管理、问题处理，以及质量信息跟踪与追溯； c) 应广泛使用自动化、数字化检测设备，并集成 SPC 等工具，实现检验数据的自动采集、统计分析与过程控制； d) 应实现多专业并行检验，检验文档和数据统一管理，支持设计、生产、质量等部门协同查阅与使用。	a) 应基于三维数字质量模型，通过 QMS 与 PLM、ERP、SCM、MES 等系统深度集成，实现质量策划、检验、分析与改进业务贯穿设计、供应、生产、调试、试航等全生命周期，形成质量管理闭环； b) 应采用物联网等信息技术，集成 QMS 与数字化质量检验设备，实现工序质量在线检测、数据自动采集与实时反馈，并对质量异常进行智能预警与自处理； c) 应基于检验大数据，采用分析算法模型，统计、分析质量问题根因，反馈驱动设计与工艺优化，实现数据驱动的质量持续改进。	a) 应全面引入自动化、数字化质量检测设备与仪器，构建船厂-船东-船级社-供应商协同的云检验平台，基于工业互联网（IIoT）实现产品质量在线自动检测、数据实时采集与多方协同； b) 应应用数字孪生、大数据与 AI 技术，构建质量故障预测与诊断模型，实现质量问题的预测性预警与智能决策支持； c) 应构建具备自学习与自优化能力的质量检验系统，动态优化检验策略与质量标准，驱动全价值链质量生态的自主演进与创新。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	精度管理	精度策划	a) 应建立并执行精度控制标准、基准体系、建造流程、工艺方法、测量与数据处理等规范文件； b) 应基于详细设计输入的图文档资料，开展精度控制设计和优化； c) 应建立精度控制图文档管理制度，实现归档、查阅与统一管理。	a) 应采用数字化工具，开展控制标准与指标、基准体系、建造流程与工艺方法、测量方法与数据处理等精度控制设计和优化，并实现自动数据采集； b) 应形成精度控制标准与指标体系、基准、建造流程与工艺方法、测量方法与数据处理等设计数据，实现数据共享； c) 应基于统一数据源，实现多工序精度控制并行设计，并集成数字化测量设备，实现关键数据自动采集与交互。	a) 应使用模型产品集成平台，展开基于数字模型的精度控制设计和优化，并建立精度控制知识库，支持智能匹配与推荐； b) 应建立精度控制相关的三维精度控制的模型、标准、指标、工序要求、施工顺序和约束、测量方法等知识库，支持精度控制规划设计中智能匹配与推荐； c) 应基于数字模型，对施工顺序和约束、工序精度检测点进行控制仿真和分析，迭代、优化精度控制图； d) 应实现精度控制设计与制造执行之间信息交互和协同，并初步形成跨业务数据共享机制。	a) 应构建全船三维数字精度控制模型，自动生成工序监测点、控制指标要求、测量参数和方法、补偿量与收缩量分配等数字化精度控制文件，并基于数据驱动实现精度过程的优化控制； b) 应实现精度控制的参数化、模块化、结构化协同，打通数据链路，支持预测及决策支持； c) 应基于数字模型与仿真分析平台，实现精度控制图设计的动态迭代优化，并实现数据协同； d) 应基于三维数字模型，集成 PDM/PLM、ERP、MES、SCADA 等系统，实现全流程协同与实时反馈。	a) 基于全船三维模型与知识库，引入 AI 优化算法，实现工序精度偏差的预测、自学习与自优化，自动生成补偿量与收缩量，并推动全流程数据自动驱动业务创新； b) 能应用数字孪生技术，通过实时生产数据反馈，实现精度控制过程的动态感知、自适应调整与全流程闭环优化； c) 能依托云平台整合内外部资源，构建精度控制的生态系统，实现制造模式与商业模式的创新，并支持跨界协同与持续优化。
数字化生产	精度管理	精度检测	a) 应基于经验制定精度检验计划，依赖人工进行任务派发、手工检测与纸质记录； b) 应依赖人工进行精度数据查询、统计与分析； c) 应对精度检测记录、问题处理等纸质文档进行归档管理。	a) 应建立各建造阶段（零/部件加工、分段制造、总组/搭载、下水后）的精度检测标准，并有效执行； b) 应在精度检测关键工序采用数字化测量仪器（如全站仪、激光扫描仪）进行数据采集，部分实现电子记录； c) 应使用信息系统记录精度检测数据，并对检测文档进行电子化归档，初步建立数字化档案。	a) 应建立标准化、量化的精度检测标准体系，并与船舶三维数字模型关联； b) 应构建集成化的精度管理系统，实现检测计划自动下发、现场测量、数据自动采集、结果智能评判与闭环反馈，形成“策划-测量-分析-反馈”数字化流程； c) 应在关键工位采用高精度数字化测量设备（如激光跟踪仪、工业摄影测量系统），实现检测过程自动化与数据自动采集； d) 应形成精度检测知识库，支持跨工序数据共享与业务协同，初步实现数据驱动的精度控制。	a) 应基于三维数字模型与数字孪生技术，深度集成 PLM/SCM/MES 等系统，实现精度管理贯穿产品全生命周期，支持策划、检测与生产、供应链等环节的协同优化，支持跨业务数据融合分析与协同决策； b) 应通过工业物联网技术集成智能测量设备，实现关键工序在线检测、实时数据自动采集与精度异常预警，支持基于数据的实时决策； c) 应建立精度检测数字档案与知识库，运用大数据分析技术优化补偿量库与工艺规程，支持基于历史数据的预测性决策与工艺优化；	a) 应建立覆盖全厂区的高精度三维控制网与动态测量基准，实现全建造阶段统一、可追溯的空间坐标体系； b) 应融合 AI、大数据与仿真技术，实现精度偏差趋势预测、自适应补偿量优化与修正方案自动生成，支持预测性维护与工艺自优化； c) 应通过云平台整合内外部检测资源与数据，构建“感知-决策-执行”一体化的智能检测生态系统，实现智能检测模式； d) 应实现精度检测全流程的智能闭环控制，支持制造模式创新与商业模式转型，如基于检测数据的动态定价、供应链协同优化等。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	生产保障	能源管理	a) 应建立能源管理组织架构与管理制度，开展节能宣传与培训，提升全员节能意识； b) 能依赖人工方式采集、记录电力、柴油/燃油、氧气/乙炔/压缩空气、水等能源消耗数据； c) 能依赖个人经验开展能源消耗结构与能效的初步分析。	a) 应对空压机、水泵、起重设备等高能耗设备建立能源计量体系，部署能源计量数字化仪表； b) 应采用信息技术实现对高能耗设备能耗数据的实时检测、采集与初步统计； c) 应结合船舶生产建造任务，对能耗数据进行统计分析，辅助优化生产设计与作业计划，提升能效。	a) 应建立能源管理平台，集成能源计量设备，实现能源数据自动采集、实时监控、异常预警、能效统计分析及可视化展示； b) 应构建能源品类、能耗结构、能耗设备、能效分析等模块，实现对关键能耗环节的规范化管理与精准控制； c) 应建立能耗辅助决策系统，支持基于约束条件的能耗查询、统计与分析，辅助关键工艺节能决策；	a) 应实现能源管理平台与MES、ERP、SCADA等系统的深度集成，打通能源数据与生产任务、排产计划、设备状态等业务数据链路，支持基于数据驱动的工作区/车间能耗精准分析、能效优化与可视化监控； b) 应基于能源数据与业务数据融合，开展能耗结构优化、能效提升、节能改造等决策支持，实现能源供需协同与动态调度； c) 应实现能源数据与知识库、机理模型融合，支持能源消耗预测、能效精准评估与优化控制。	a) 应构建基于全面感知、物联网与云协同的智慧能源管理平台，融合PLM、ERP、MES、大数据模型，实现全流程能源数据的自动采集、存储与分析； b) 应基于数据与机理模型融合，实现能耗异常诊断、能源结构优化、高能耗设备节能改造、生产设计绿色迭代优化、负荷预测与生产运营智能调度、设备预测性维护等； c) 应实现人工智能与船舶总装建造全过程深度融合，实现能源系统的自优化、自决策、自执行，构建基于协同系统。
			a) 应建立并有效执行设备巡检、检修、维护、保养等基础维护体系； b) 应建立设备台账，记录设备基本属性、技术状态、使用状态、责任人及位置等信息； c) 应采用人工或手持仪器进行设备点检巡检，依赖个人经验进行故障处理与记录，支持信息查询与统计。	a) 应通过信息技术手段制定设备设施维护计划，实现对关键大型设备设施（例如：船坞/台、大型龙门起重机、桨舵安装车、数控冷弯装备等）等维护保养的预警； b) 应基于设备状态检测结果，动态调整设备维护计划； c) 应采用设备管理系统，实现点巡检、维护保养等状态与过程流程化管理。	a) 应实现设备关键运行参数数据（如温度、电压、电流等）的实时采集、故障分析、远程诊断与设备综合效率（OEE）统计； b) 应采用物联网、定位等技术，实现设备联网、运行数据自动采集、监控和故障预警，支持设备预防性维护计划和生产计划决策； c) 应建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成； d) 应基于设备运行状态自动生成检修工单，实现基于设备检修维护闭环管理。	a) 应与ERP、SCM、MES等系统集成，实现全员参与的设备全生命周期协同管理，支持作业计划优化与设备利用率提升； b) 应基于设备运行模型和设备故障知识库，自动给出预测性维护解决方案； c) 应基于OEE分析，自动驱动工艺优化与生产作业计划调整； d) 应实现设备数据与上下游业务系统互联，支持数据驱动的精准预警与优化决策。	a) 基于设备三维数字模型与故障知识库，应用机器学习、神经网络等技术，实现设备运行自学习、自感知与自优化，自主生成预防性维护与维修方案； b) 通过云平台整合内外部资源，构建设备智能生态系统，实现跨界数据共享与协同创新； c) 具备动态预测与自适应能力，推动制造与服务模式变革，引领行业智能化发展。

表 6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化生产	仓储集配	仓库管理	a) 应建立纸质库存台账（进、销、存），手工记录所有物料的入库、出库及结存数量； b) 应按物料大类分区存放，对危化品、油漆等设专门区域并进行手工台账与现场管理； c) 应定期进行全库人工盘点，核对账物一致性，并手工调整差异。	a) 应为钢材、管材、设备、分段、舾装件、危化品等所有物料建立统一的分类与唯一编码体系，并在电子系统中进行管理； b) 应在系统中管理物料的批次、库龄、安全库存、技术状态等信息；设立独立危化品库并配备基础安防消防设施； c) 应采用系统辅助进行周期盘点，实现账物差异的电子化记录与处理。	a) 应部署仓储管理系统（WMS），实现货位管理、入库、出库、盘点、移库等核心业务流程的信息化、无纸化运作； b) 应全面应用条码/RFID等技术，实现物料、货位、容器的自动识别与数据采集；对危化品库等特殊库区实现环境条件自动监测与报警； c) 应在系统中落实物料 ABC 分类、先进先出、批次追踪与效期管理等精细化策略。	a) 应实现 WMS 与 ERP、MES、PLM 等系统深度集成，库存数据实时同步，支持基于三维模型与生产计划的智能齐套检查与缺料预警； b) 应建设自动化立体仓库或引入 AGV、智能叉车等，实现标准件、小件物料的自动存取、搬运与补货； c) 能基于仓储运营数据（周转率、空间利用率、作业效率）进行深度分析，持续优化仓储布局、作业策略与资源配置。	a) 应基于物料三维数字模型，融合机器视觉与物联网感知技术，实现大型分段、舾装件等非标物料的自动识别、精确定位与库存空间动态优化； b) 应应用 AI 预测与优化模型，实现库存水平的动态优化、呆滞料智能预警与自动处置建议，驱动库存成本最小化； c) 构建仓储数字孪生体，实现仓储作业仿真、资源动态调度与能效智能管理；通过云平台实现跨厂区库存可视、协同调度与供应链金融等创新服务
数字化生产	仓储集配	集配管理	a) 能依据生产计划与图纸，手工编制物料配套清单与配送指令，通过口头或纸质方式通知执行； b) 能依赖人工经验进行拣选、配套、暂存，使用简易工具配送，人工确认交接，信息反馈滞后； c) 能配送至大致工位区域，问题依赖事后人工沟通处理； d) 生产人员手工签收、记录配送信息；	a) 应应用 OA 等工具编制和下发电子集配计划，为配送任务建立唯一标识，并能记录任务关键节点信息； b) 应通过系统绑定托盘与生产任务、物料清单、配送工位及时间，并能跟踪任务状态，进行基础绩效统计（如准时率）； c) 应根据现场情况，人工调整配送顺序与路径，并在系统中更新； d) 应实现配送签收的电子化确认，信息可追溯。	a) 应在 WMS 或 MES 中建立集配管理模块，实现配送任务生成、拣货指引、齐套检查、指令下发与执行反馈的数字化闭环管理； b) 应应用物联网技术（RFID、蓝牙信标）实现托盘、物料、配送车辆的自动感知与数据采集；系统支持配送路径规划与优化； c) 应建立集配绩效看板，实时监控关键指标；初步形成集配知识库（如标准作业程序）； d) 应支持与生产现场 Andon 系统等集成，实现物料需求自动呼叫与响应。	a) 应实现集配系统与 MES、生产调度系统深度集成，基于实时生产节拍与工位需求，自动触发并优化配送任务，支持准时化（JIT）配送； b) 应集成智能车辆/AGV 调度系统，应用工业级移动终端实现无纸化接单与作业；引入自动化配送设备，实现定点、定时配送； c) 应建立集配辅助决策系统，基于历史数据与实时工况（生产变更、紧急任务），为配送调度提供优化建议；实现与质量系统的物料追溯联动； d) 基于大数据分析，实现集配瓶颈智能诊断、需求预测与资源动态配置，支持管理持续优化。	a) 应构建厂内物流数字孪生平台，集成三维厂区模型，实现对所有配送载体位置、状态及任务进度的可视化动态监控与智能调度； b) 应应用人工智能与运筹优化算法，动态优化配送路径、装载方案和配送批量，实现厂内物流效率持续提升与成本最优； c) 实现集配系统的自学习与自适应优化，基于全局数据驱动，与外部物流、仓储系统智能协同，形成端到端智能内部物流体系； d) 通过云平台整合内外部配送资源，实现跨区的任务智能协同与资源动态调配，支持柔性生产与网络化制造模式创新。

表6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化运营	营销	营销	a) 应制定市场分析、客户开发、关系维护、销售流程、技术协调、品牌建设、市场推广等营销工作规范，并有效执行； b) 应基于市场变化，利用信息技术手段进行客户需求与客户关系管理； c) 应利用信息技术手段管理销售订单、合同、技术规格书等关键业务信息。	a) 应通过信息系统编制覆盖营销各环节的营销计划，并能根据市场反馈信息，实现营销计划的动态更新、迭代； b) 应通过信息技术手段，实现客户静态、动态信息的管理，形成结构化、数字化客户档案； c) 应通过信息技术手段，实现对营销活动记录、文档和数据进行统一管理。	a) 应基于全球市场、客户反馈和历史数据建立市场预测数据模型，进行市场分析预测、生成营销计划，并支持营销决策、指导营销活动； b) 应通过信息技术手段建立销售、商务、设计、制造、交付等与客户交互规范，并开展客户满意度调查； c) 应与供应链、生产等业务应用集成，实现客户实际需求拉动物资供应和生产计划。	a) 应构建线上线下融合的多渠道营销体系，整合官网、船展平台、船东社群等触点，实现营销内容的精准推送与商机智能识别； b) 适用时，通过数字样船等数字化技术实现与客户深度交互、产品与服务的个性化定制； c) 应建立客户关系管理系统，开展客户分级分类评价、客户画像绘制等工作。	a) 应动态跟踪客户战略和中长期发展计划，实现自身产品与服务的优化； b) 适用时，应通过数字孪生、虚拟现实（VR）等技术，建立满足营销过程中客户对产品与服务使用场景及使用方式的虚拟体验； c) 应利用大数据与人工智能分析平台，分析市场数据、船东行为和竞争对手情报，为营销策略提供支持。
数字化运营	财务	财务	a) 应建立全面预算、项目成本、资金、固定资产、合同与风险、税务等财务管理规范，并有效执行； b) 应规范会计记账和资金管理，通过信息技术手段管理财务报表，开展财务分析； c) 应使用信息技术手段管理各项收支。	a) 应建立完善的财务管理体系，并通过信息系统实现全面预算、项目成本、资金、固定资产、合同与风险等信息化管理； b) 应规范全面预算管理，通过信息系统分析相关数据，满足项目预算、年度综合预算等各项预算，以及动态预算调整与决算决策需求； c) 应使用信息技术支持财务分析与决策。	a) 应建立统一的企业资源计划（ERP）系统，实时采集各类金融账户数据，实施各项经费对账，及时提醒重大资金风险； b) 应在规范化预算决算机制基础上，建立财务和成本控制计划及其执行管理机制，实现产品与服务的成本性、精细化核算和全面预算管理； c) 应通过财务系统与数字化转型系统集成，实现转型项目实施、预算、成本的一体化管理。	a) 应通过 ERP 系统与 PLM、CAPP、MES、SCM 等系统应用集成，通过业务财务数据化，实现合同、订单、进度、费用等的业务协同与一致性管理； b) 应开展全员经营意识，成本意识建设和相关培训，并建立经营分析与成本控制知识库； c) 能应用 RPA、OCR 等技术，实现自动对账、开票、生成凭证、识别票据等； d) 应建立财务辅助决策系统，实现全面预算、成本核算、对外财务、风险管控的辅助决策支持。	a) 应基于财务知识库，通过 ERP 系统集成大数据、区块链、BI、IOT、XR、预测算法模型等技术应用，实现实时监控项目成本、动态预测现金流、智能报价与风险模拟、数字化供应链金融等价值创造； b) 应建立建设企业级数据仓库和 BI 平台，实现使用 AI 进行预测性分析（例如：成本超值、现金流缺口等）、根因分析（例如：工时偏差的根源分析）和可视化呈现。

表6 制造的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	一级	二级	三级	四级	五级
数字化服务	客户服务	客户服务	a) 应建立客户服务管理规范, 包括服务请求接收、问题处理、客户反馈、服务档案管理等流程, 并有效执行; b) 能依赖个人经验手工接收和处理客户服务请求, 手工记录服务过程和结果; c) 应对客户服务相关记录和档案进行纸质归档, 供服务人员查阅和借用。	a) 应使用 OA、电子邮件、电话等信息技术手段, 实现接收、登记客户服务请求、分配和跟踪, 支持服务人员移动办公, 初步实现服务过程的透明化管理; b) 应使用文档管理工具, 对客户服务相关的电子记录、服务报告、客户反馈等进行统一管理、版本控制和借阅查询。	a) 应建立客户服务管理系统 (CSM), 实现服务请求的在线提交、分配、处理、跟踪和闭环管理, 支持服务流程标准化、服务数据集中存储和统计分析; b) 应建立客户服务知识库, 积累服务案例、解决方案、技术资料等, 支持服务人员快速查询和引用, 提升服务效率和质量; c) 应集成客户关系管理 (CRM) 系统与客户服务管理系统, 支持客户服务历史查询、客户满意度调查和服务效果分析, 促进客户关系持续改善。	a) 应基于客户服务知识库和数字化服务平台, 实现服务请求的智能分配、常见问题的自动回复、服务过程的实时跟踪, 并与 ERP、PLM 等系统集成, 实现客户服务与设计、生产、质量等业务协同; b) 应引入远程诊断与支持技术 (如 AR 远程协助、IOT 设备监测), 实现对船舶设备状态的远程监控、故障预警和远程指导维修, 提升服务响应速度和客户满意度; c) 应基于客户服务大数据分析, 识别服务瓶颈和客户需求变化, 优化服务流程和服务资源配置, 实现服务模式的持续创新。	a) 应构建基于人工智能与大数据的智能客户服务平台, 实现服务需求的预测性识别、服务资源的动态优化、服务过程的自主调度, 形成“预测-响应-优化”的智能服务闭环; b) 应采用数字孪生技术, 构建船舶全生命周期服务数字孪生体, 实现服务过程的虚实交互、故障模拟与预测性维护, 支持服务策略的动态优化和客户体验的持续提升; c) 应通过客户服务云平台, 实现与客户、供应商、船级社等多方协同服务, 构建开放式、协同化、智能化的客户服务生态体系。
数字化服务	产品服务	产品服务	a) 应建立产品服务相关的管理制度与流程规范, 涵盖售后服务、客户支持、产品改进等内容, 并有效执行; b) 能依赖人工经验进行客户需求记录、服务请求响应、问题初步诊断与处理; c) 应建立产品服务档案, 对服务记录、客户反馈等信息进行纸质或电子归档管理。	a) 应建立服务管理信息系统, 实现服务请求的在线登记、任务分派、进度跟踪与结果反馈, 形成电子化服务报告, 支持服务质量的初步统计分析; b) 应建立产品服务知识库, 收集常见问题、解决方案、服务案例, 供服务人员查询参考。	a) 应建立集成化的产品服务台, 实现客户自助服务、远程诊断、在线支持、服务资源调度等功能; b) 应构建服务大数据平台, 对服务历史、设备状态、客户行为等数据进行分析, 支持服务策略优化; c) 应实现服务系统与生产、质量等系统的数据互通, 形成服务反馈驱动产品改进的闭环机制。	a) 应基于数字孪生技术, 构建产品运行状态模型, 实现对设备健康状态的实时监测、故障预测与预警; b) 应建立智能客服系统, 支持自然语言处理 (NLP) 与机器学习, 实现自动问答、故障诊断与服务推荐; c) 应构建服务生态协同平台, 支持供应商、船东、船级社等多方参与服务过程, 实现服务资源的动态优化配置。	a) 应基于人工智能与大数据分析, 实现服务需求的自主预测、服务资源的自适应调度与服务过程的自主优化; b) 应构建服务创新平台, 支持基于客户行为与反馈的产品服务模式创新, 如预测性维护、按效付费等; c) 应实现产品服务全生命周期的数字化、智能化管理, 形成数据驱动的服务生态体系, 提升客户体验与企业价值。

8.5 成效

成效评估要素按评估等级可划分为不同要求, 见表7。

表7 成效的评估要求

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	能力提升类指标	关键设备数控化率	计算方法按公式： $R_{sk} = \frac{N_{sk}}{N_{skz}} \times 100\% \quad (1)$ 式中： R_{sk}——关键工艺流程数控化率，单位为百分比(%)； N_{sk}——已实施运用计算机辅助手段或数控设备进行关键工艺流程控制的个数，单位为个； N_{skz}——应实施运用计算机辅助手段或数控设备进行关键工艺流程控制总数，单位为个。 关键工艺流程及其实施运用的计算机辅助手段或数控设备如下： - 钢材预处理，应具有钢材预处理自动化流水线； - 船体板材下料，应具有板材数控下料设备； - 船体型材下料，应具有型材数控下料设备或型材自动化生产线； - 型材成型加工，应具有型材数控加工设备； - 部件装焊，应具有部件自动化焊接设备或部件自动化生产线； - 平面分段装焊，应具有平面分段装焊自动化生产线； - 管子加工，应具有数控弯管设备或管子自动化生产线； - 管子焊接，应具有管子自动化焊接设备或管子自动化生产线； - 分段涂装，应具有环境自动监控的涂装设施； - 精度控制，应具有船体数字化精度测量和分析工具。 若企业在船舶建造中是直接采用钢铁企业或钢加中心已经预处理后的板材型材，则计算关键工艺流程数控化率时视为符合该项要求
		关键工序数控化率	计算方法按公式： $R_{sk} = \frac{N_{csk}}{N_{sk}} \times 100\% \quad (2)$ 式中： R_{sk}——关键工序数控化率，单位为百分比(%)； N_{csk}——已实现数控化的关键工序数的个数； N_{sk}——关键工序的总个数。
		数字化设计工具功能模块使用率	计算方法按公式： $UR_{sg} = \frac{N_{sg}}{N_{sgz}} \times 100\% \quad (3)$ 式中： UR_{sg}——数字化设计工具功能模块使用率，单位为百分比(%)； N_{sg}——已实施的数字化设计工具功能模块数量，单位为个； N_{sgz}——数字化设计工具功能模块总数量，单位为个。

表7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	能力提升类指标	三维设计建模率	计算方法按公式： $R_{jm} = \frac{N_j + N_x + N_g}{N_{qj} + N_{qx} + N_{qg}} \times 100\% \quad (4)$ 式中： R_{jm}——三维设计建模率，单位为百分比(%)； N_j——船体结构零部件已建模型件数，单位为件； N_x——舾装件已建模型件数，单位为件； N_g——工艺工装件已建模型件数，单位为件； N_{qj}——全船船体结构零部件数，单位为件； N_{qx}——全船舾装件数，单位为件； N_{qg}——全船工艺工装件数，单位为件。 舾装件模型主要包括设备、管子、管系附件（主要为连接附件、准件、检查和测量及液位指示附件、其它附件例如滤器、泥箱、吸入口、空气管头、测量管头、排水口、液流观测器、管子吊架和密封材料等）、电舾件（主要为电缆支承件、电缆贯通件等）和其它铁舾件等。
		单元模块化率	计算方法按公式： $R_{dm} = \frac{W_{dm}}{W_x} \times 100\% \quad (5)$ 式中： R_{dm}——单元模块化率，单位为百分比(%)； W_{dm}——实施单元或模块化制造的舾装件重量，单位为吨； W_x——全船舾装件理论重量，单位为吨。
		托盘完整化配送率	计算方法按公式： $R_{tpwz} = \frac{W_{zx}}{W_{jh}} \times 100\% \quad (6)$ 式中： R_{tpwz}——托盘完整化配送率，单位为百分比(%)； W_{zx}——完整性托盘配送数量，数量按月度、周统计； W_{jh}——计划需求托盘数量，数量按月度、周统计。
		分段（总段）上船台（进坞）无余量搭载率	计算方法按公式： $R_{dz} = \frac{N_{dz}}{N_{fz}} \times 100\% \quad (7)$ 式中： R_{dz}——分段（总段）上船台（进坞）无余量搭载率，单位为百分比(%)； N_{dz}——无余量搭载的分段数和参加无余量总组的分段数之和，单位为个； N_{fz}——搭载的分段数和总组分段数之和，单位为个。

表 7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	能力提升类指标	中间产品设计完整性率	在规定的计划时点，针对某一特定的中间产品（如分段、总段、模块、单元），所有已发布并达到技术状态冻结状态的、可用于指导生产的设计工作包的有效工时（或加权点数），占 该中间产品完整设计工作包计划总工时（或加权点数） 的百分比。 计算方法按公式： $DPI_i = \left(\frac{\sum_{j=1}^m (w_j \times s_j \times Q_j)}{\sum_{k=1}^n (W_k)} \right) \times 100\% \text{-----} (8)$ 式中： DPI_i：第<i>i</i>个中间产品的设计完整性率，单位为百分比（%）。 W_j：标准工时权重，为完成第 <i>j</i>项设计工作包（如某分段的结构图）所预估的定额标准工时。它代表了该工作包的复杂度和工作量； S_j：计划进度状态系数，二元函数，界定该项工作是否应计入当期考核：$S_j = 1$：该工作包的计划完成时间不大于当前统计时点（计划内工作）； $S_j = 0$：该工作包的计划完成时间大于当前统计时点（未来工作，本期不考核）。 Q_j：质量释放状态系数，多值函数，衡量工作包的实际完成质量与可用性。$Q_j = 1.0$：已正式发布，技术状态冻结，完全可用于生产；$Q_j = 0.6 \sim 0.9$：设计已完成但处于校对、审核或批准流程中（预发布），生产可做部分准备；$Q_j = 0.1 \sim 0.5$：设计正在进行中（在制）。
转型成效	价值效益类指标	造船综合能耗	包括 3 个子项：造船万元产值耗电量、万元增加值综合能耗、单位修正总吨综合能耗。 造船万元产值耗电量： $P_g = \frac{P_z}{G_z} \text{-----} (9)$ 式中： P_g——造船万元产值耗电量，单位为千瓦时每万元 ($kw \cdot h$/万元)； P_z——统计年度内用于造船业务耗电总量，单位为千瓦时 ($kw \cdot h$)； G_z——统计年度内造船工业总产值，单位为万元(万元)。 对于无法清楚地将造船与非船所占用电耗分离时，可按造船产值占企业工业总产值的比例分摊，并加以说明。 万元增加值综合能耗： $E_a = \frac{P_a}{G_b} \text{-----} (10)$ 式中： E_a——万元增加值综合能耗，单位为吨标准煤每万元 (tce/万元)； P_a——统计年度用于造船业务所消耗的综合能耗，单位为吨标准煤(tce)，吨标准煤按 GB/T 2589 规定的方法计算； G_b——统计年度内造船业务万元增加值，单位为万元。 单位修正总吨综合能耗： $e_b = \frac{E_b}{CGT} \text{-----} (11)$ 式中： e_b——单位修正总吨综合能耗，单位为吨标准煤每修正总吨 (tce/CGT)； E_b——统计年度内造船业务所消耗的综合能耗，单位为吨标准煤(tce)。

表7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	价值效益类指标	生产设计废返率	包括2个子项：生产设计废返率（工时）和生产设计废返率（材料）。 计算方法： 生产设计废返率（工时）： $R_{fg} = \frac{H_{fg}}{H_{jg}} \times 100 \text{-----} (12)$ 式中： R_{fg}——生产设计废返率（工时），单位为百分比(%)； H_{fg}——单船生产设计差错或设计修改不及时的重复杂错造成施工部门返工而引起的返工工时，单位为小时； H_{jg}——单船计划总工时，单位为小时。 生产设计废返率（材料）： $R_{fc} = \frac{W_{fc}}{W_{djg}} \times 100 \text{-----} (13)$ 式中： R_{fc}——生产设计废返率（材料），单位为百分比(%)； W_{fc}——单船生产设计差错或设计修改不及时的重复杂错造成船体结构及舾装材料的消耗量，单位为吨； W_{djg}——单船船体结构理论重量，单位为吨。
		钢材综合利用率	计算方法：按公式计算 $R_{gcl} = \frac{W_{fxg}}{W_{nsl}} \times 100 \text{-----} (14)$ W_{fxg}——统计年度内企业完工船舶产品中配套完整的分段、自制完成的铁舾件及工装件的理论重量之和，单位为吨； W_{nsl}——统计年度内企业完工船舶产品的钢材实际领用量，单位为吨。
		每修正总吨工时消耗	计算方法按公式： $C_{xg} = \frac{T_{bd}}{D_{xz}} \times 100 \text{-----} (15)$ 式中： C_{xg}——每修正总吨工时消耗，单位为工时/修正总吨； T_{bd}——统计年度内，完工船舶产品变动总工时，单位为工时； D_{xz}——统计年度内，完工船舶产品修正总吨之和，单位为修正总吨。

表7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	生产运营效率类指标	造船生产效率	计算方法按公式： $E_{sc} = \frac{H_{sd}}{CGT} \quad (16)$ 式中： E_{sc}——造船生产效率，单位为小时每修正总吨(h/CGT)； H_{sd}——统计年度内完工船舶产品实动工时，单位为小时。 实动工时的统计方法： a) 实动工时统计范围为除一般采购的船装件（例如舱口盖、铁舶件）以外的所有船舶建造过程中的工程项目（含外包、外扩、外协工程），包括钢材零件切割加工，分段小、中、大组立，管件加工、单元模块制造，各阶段的预舾装，总组、搭载，上层建筑组立和内装，船坞或船台、码头舾装与调试，钢板表面处理与内外场涂装等项目所消耗的工时； b) 工时统计对象包括直接从事船舶产品建造作业的正式员工、协力工、外包劳务工和外借人员，管理人员和辅助人员不列入工时的统计范围，其实际投入的工时统计分析，可按出勤考核规定进行管理； 对于无条件进行实动工时统计的外包、外扩、外协工程项目，可暂按外包、外扩、外协时企业内部核定的预算（计划）工时进行统计。
		单位船坞、船台面积产出率	计算方法按公式： $R_m = \frac{CGT}{S_{wt}} \quad (17)$ 式中： R_m——单位船坞、船台面积产出率，单位为修正总吨每平方米(CGT/m²)； S_{wt}——企业船坞、船台面积之和，单位为平方米(m²)。
		人均年造船修正总吨	计算方法按公式： $CGT_r = \frac{CGT}{P_c} \quad (18)$ 式中： CGT_r——人均年造船修正总吨，单位为修正总吨/人·年(CGT/位·年)； P_c——造船从业人员数，单位为人。
		关键设备综合利用率	计算方法按公式： $R_{ly} = \frac{T_{gs}}{T_{kygs}} \times 100\% \quad (19)$ 式中： R_{ly}——关键设备利用率，单位为百分比(%)； T_{gs}——设备实际运行工时，单位为小时(h)； T_{kygs}——设备可用工时，单位为小时(h)，不包含节假日、周末休息日、计划外大修/维修等不可用时间。

表7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	生产运营效率类指标	分段原始坡口保留率	计算方法按公式： $R_{ypk} = \frac{L_{blzc}}{L_{llzc}} \times 100\% \quad (20)$ 式中： R_{ypk}——分段原始坡口保留率，单位为百分比（%）； L_{blzc}——分段中保留的原始坡口总长度，单位为长度（m）； L_{llzc}——分段理论焊缝总长度，单位为长度（m）。
		库存周转率	计算方法按公式： $R_{kzl} = \frac{C_{xs}}{A_{kc}} \times 100 \quad (21)$ 式中： R_{kzl}——库存周转率，单位为次； C_{xs}——统计年度内的销售成本总额，单位为万元； A_{kc}——统计年度内的平均库存额，单位为万元。
		库值系数	计算方法按公式： $k_{kz} = GDP / V_{kc} \quad (22)$ 式中： k_{kz}——库值系统，无单位； GDP——统计年度内工业产值，计量单位为元； V_{kc}——统计年度内库存价值（平均值），计量单位为元。
		供应商交货准时率	计算方法按公式： $R_{jz} = \frac{W_{zs}}{W_{zc}} \times 100 \quad (23)$ 式中： R_{jz}——供应商交货准时率，单位为百分比（%）； W_{zs}——统计期内，供应商准时交货的采购订单批次次数； W_{zc}——统计期内，向供应商下达的总采购订单批次次数。
		订单交付准时率	计算方法按公式： $R_{jf} = \frac{N_{zs}}{N_{zd}} \times 100 \quad (24)$ 式中： R_{jf}——订单交付准时率，单位为百分比（%）； N_{zs}——统计期内，企业按时交付的客户订单总数； N_{zd}——统计期内，企业完成的总客户订单数。

表7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	生产运营效率类指标	全员劳动生产率	计算方法按公式： $R_{qusc} = \frac{W_{zjz}}{C_{qy}} \times 100\% \text{-----} (25)$ 式中： R_{qusc}——全员劳动生产率，单位为（元/人）； C_{qy}——全部从业人员平均人数，单位为人数，是统计全员劳动生产率期间的人数平均值； W_{zjz}——工业增加值，单位为元；业增加值有两种计算方法： a) 生产法：从生产过程中产品和劳务价值形成的角度入手：工业增加值（生产法）= 工业总产值 - 工业中间投入 - 应交增值税。 b) 收入法：从工业生产过程中创造的原始收入初次分配角度入手：工业增加值（收入法）= 固定资产折旧加劳动者报酬 + 生产税净额加营业盈余。
	可持续发展类指标	安全生产	包括3个子项：企业重大伤亡事故的件数、伤亡人数和千人死亡率。 计算方法： a) 企业重大伤亡事故的件数：按照统计年度内企业造船业务中发生的重大伤亡事故的件数统计，包括外包工。 b) 伤亡人数：按照统计年度内企业因造船业务发生的伤亡人员的总数统计，包括外包工。 c) 千人死亡率： $R_{qs} = \frac{N_{sw}}{P_c} \times 1000 \text{-----} (26)$ 式中： R_{qs}——千人死亡率，单位为千分比(%)； N_{sw}——统计年度内企业造船业务发生的伤亡人员总数，单位为人。

表 7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	可持续发展类指标	节能减排	企业 COD 排放指标：统计排放总量、单位产量排放量和同比下降率： a) COD 排放总量： $COD_{zl} = Q_t \times C_w \text{-----} (27)$ 式中： COD_{zl}——统计年度内造船业务的 COD 排放总量，单位为吨； Q_t——统计年度内造船业务废水排放总量，单位为吨； C_w——排放量测定的 COD 浓度，单位为毫克每升 (mg/L)，COD 排放量测定按 HJ/T 399—2007 或 HJ 828—2017 规定执行。 b) COD 单位产量排放量： $COD_{dw} = \frac{COD_{zl}}{DWT} \times 50 + \frac{COD_{zl}}{CGT} \times 50 \text{-----} (28)$ 式中： COD_{dw}——统计年度内 COD 单位产量排放量，单位为吨每万吨。 c) COD 同比下降率： $COD_{xjl} = \frac{COD_{zl} - COD_{szl}}{COD_{szl}} \times 100 \text{-----} (29)$ 式中： COD_{xjl}——企业 COD 同比下降率，单位为百分比 (%)； COD_{szl}——上年度 COD 排放总量，单位为吨。

表 7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	可持续发展类指标	节能减排	企业SO₂排放指标：统计排放总量、单位产量排放量和同比下降率。 a) SO₂排放总量 $SO_{2zl} = Q_f \times \eta \times 0.85 \times 2 \times 10 \text{-----} (30)$ 式中： SO_{2zl}——统计年度内造船业务的 SO₂ 排放总量，单位为吨； Q_f——统计年度内燃料的消耗总量，单位为吨； η——燃料的含硫量，单位为百分比。 b) SO₂单位产量排放量 $SO_{2dw} = \frac{SO_{2zl}}{DWT} \times 50 + \frac{SO_{2zl}}{CGT} \times 50 \text{-----} (31)$ 式中： SO_{2dw}——统计年度内单位产量 SO₂ 排放量，单位为吨每万吨。 c) SO₂同比下降率 $SO_{2xjl} = \frac{SO_{2zl} - SO_{2szl}}{SO_{2szl}} \times 100\% \text{-----} (32)$ 式中： SO_{2xjl}——企业 SO₂ 同比下降率，无量纲； SO_{2szl}——上年度 SO₂ 排放总量，单位为吨。
			单位工业增加值用水量： $V_z = \frac{V_y}{IVA} \text{-----} (33)$ 式中： V_z——单位工业增加值用水量，单位为立方米每万元增加值 (m³/万元增加值)； V_y——统计年度内造船业务的用水量，单位为立方米 (m³)。

表 7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	可持续发展类指标	节能减排	单位修正总吨取水量： $V_{ui} = \frac{V_i}{Q} \text{-----} (34)$ 式中： V_{ui}——单位修正总吨取水量，单位为立方米每吨 (m^3/t)； V_i——统计年度内企业用于制造船舶的取水量总和，单位为立方米 (m^3)； Q——统计年度内船舶的修正总吨年产量折算值，单位为吨。 船舶修正总吨年产量折算值计算： $Q_n = \frac{CGT_{n-2} + CGT_{n-1} + CGT_n}{3} \text{-----} (35)$ 式中： Q_n——企业第n年的船舶修正总吨年产量折算值，单位为吨； CGT_n——企业第n年的船舶修正总吨完工量，单位为吨。
			大气污染物排放达标率： $R_q = \frac{N_q}{N_{qz}} \times 100 \text{-----} (36)$ 式中： R_q——大气污染物排放达标率，单位为百分比(%)； N_q——船舶企业低于大气污染物排放限值的大气污染物个数，单位为个； N_{qz}——测试的大气污染物项数总数（每项大气污染物下设细项也视为一项），单位为个。 船舶企业应进行测试的主要大气污染物为苯、二甲苯、非甲烷总烃以及颗粒物。 大气污染物排放限值见 GB 16297—1996 表 1 和表 2。

表 7 成效的评估要求（续）

一级指标	二级指标	三级指标	指标测算方法
转型成效	可持续发展类指标	节能减排	噪声排放达标率： 统计室内和厂界噪声排放达标率。 a) 室内噪声排放达标率： $R_{sn} = \frac{N_{sn}}{N_{snz}} \times 100 \text{-----} (37)$ 式中： R_{sn}——室内噪声排放达标率，单位为百分比(%)； N_{sn}——噪声排放低于排放限值的工作场所监控点数量，单位为个； N_{snz}——测试的工作场所监控点数量，单位为个。 船舶企业应进行测试的工作场所与排放限值见 GB/T 50087—2013 表 3.0.1. b) 厂界噪声排放达标率 $R_{cj} = \frac{N_{cj}}{N_{cjkz}} \times 100 \text{-----} (38)$ 式中： R_{cj}——厂界噪声排放达标率，单位为百分比(%)； N_{cj}——企业厂界噪声排放低于排放限值的监控点数量，单位为个； N_{cjkz}——企业厂界噪声排放监控点总数量，单位为个。 船舶企业厂界噪声排放监控点按照 GB 12348—2008 的规定设置，厂界外声环境功能区类别见 GB/T 15190—2014 中的 4.1~4.5，厂界噪声排放限值见 GB 12348—2008 中的表 1。

参 考 文 献

- [1] 智能制造能力成熟度模型：GB/T 39116—2020[S]. 北京：中国标准出版社，2020.
- [2] 信息技术服务 数字化转型成熟度模型评估：GB/T 43439—2023[S]. 北京：中国标准出版社，2023.
- [3] 船舶建造技术水平评估方法：CB/T 4335—2019[S]. 北京：中国标准出版社，2019.

