

指导性文件

GUIDANCE NOTES

GD021-2024



船厂智能制造能力成熟度评估指南

2024

2025年1月1日

北京

目 录

1. 适用范围.....	1
2. 术语与定义.....	1
3. 缩略语.....	3
4. 智能制造能力成熟度等级划分.....	4
5. 评估种类和评估证书.....	4
6. 评估内容.....	5
7. 评估要求.....	5
8. 等级判定.....	6
8.1 评分规则.....	6
8.2 评估域权重.....	6
8.3 计算方法.....	7
8.4 等级判定方法.....	8
9. 评估过程.....	8
9.1 评估流程.....	8
9.2 申请与评审.....	8
9.2.1 申请与受理.....	8
9.2.2 组建评估组.....	8
9.2.3 编制评估计划.....	9
9.3 现场评估.....	9
9.3.1 首次会议.....	9
9.3.2 采集评估证据.....	10
9.3.3 形成评估发现.....	10
9.3.4 成熟度级别判定.....	10
9.3.5 形成评估报告.....	10
9.4 评估结论.....	10
9.4.1 沟通评估结果.....	10
9.4.2 末次会议.....	10
9.5 证书签发.....	11
9.6 改进提升.....	11

附录 A 智能制造能力成熟度等级评估要求表	12
1、人员要素评估域等级要求.....	12
表 2.1 人员要素的成熟度要求	12
2、技术要素评估域等级要求.....	13
表 2.2 技术要素的成熟度要求	13
3、资源要素评估域等级要求.....	14
表 2.3 资源要素的成熟度要求.....	15
4、制造要素评估域等级要求.....	16
4.1 销售能力域成熟度要求	16
表 2.4.1 销售能力域的成熟度要求	16
4.2 设计能力域成熟度要求	17
表 2.4.2 设计能力域的成熟度要求	17
4.3 生产能力域成熟度要求	19
表 2.4.3 生产能力域的成熟度要求	19
4.4 服务能力域成熟度要求.....	25
表 2.4.4 服务能力域的成熟度要求	26

1. 适用范围

1.1 本指南规定了船厂船舶智能制造能力成熟度等级划分、评估内容、评估要求、等级判定和评估过程。

1.2 本指南适用于向 CCS 申请船舶智能制造评估的船厂及其船舶结构制造车间。船厂可根据评估结果，开展船舶智能制造能力和差距识别、方案规划和改进提升。

1.3 经评估并满足本指南相关要求的船厂，可授予船厂相应的智能制造等级，并签发证书。若船厂发生影响评估要求的重大变更，则证书和等级失效，并应完成再次评估和重新确认等级。

2. 术语与定义

智能制造能力

为实现智能制造的目标，企业对人员、技术、资源、制造等进行管理提升和综合应用的程度。

评估域

用于开展智能制造能力成熟度评估的核心条款集合。

评估要求

用于与评估证据进行比较的一组方针、程序或要求。

评估发现

将收集的评估证据对照评估要求进行评估的结果。

船舶结构制造

指在不同的阶段，通过不同的制造设备、不同的加工工艺对金属原材料（板材、型材、结构钢管等）进行处理，形成船舶结构中间产品的生产过程。就本指南而言，中间产品可以是分段，也可以是组成分段的零件、大小组件。生产过程包括预处理，原材料切割、加工，零件、组件准备，组立装配与焊接等。

船舶结构智能制造车间

指以生产船舶结构中间产品所要求的工艺和设备为基础，以使用自动化技术、测控技术、信息技术、网络技术、智能技术等为手段，对生产运行过程进行规划、管理、诊断和优化的实施单元。

关键工序

指船舶结构制造过程中的预处理，板材、型材及结构钢管切割、加工、装配与焊接，中间产品配送、转运等工序。

制造执行系统（MES）

生产活动管理系统，该系统能启动、指导、响应并向生产管理人员报告在线、实时生产活动的情况。MES 能通过信息的传递，对从订单下达开始到产品完成的整个产品生产过程进行优化的管理，对车间发生的实时事件，及时做出相应的反应和报告，并用当前准确的数据对进行相应的指导和处理。

产品数据管理（PDM）

指对整个产品生命周期内的产品设计、制造数据及产品管理数据进行管理。

企业资源计划（ERP）

建立在信息技术基础上，融合现代企业的先进管理思想，全面集成企业物流、信息流和资金流，为企业提供经营、计划、控制与业绩评估等的管理模式。

数据字典

对数据的数据项、数据结构、数据流、数据存储、处理逻辑等进行定义和描述，是对系统中使用的所有数据元素的定义的集合。

人机交互

人与机器互相配合共同完成一项任务的过程。

预测性维护

根据观察到的状况而决定的连续或间断进行的预防性维修，以监测、诊断或预测构筑物、系统或部件的条件指标。这类维修的结果应表明当前和未来的功能能力或计划维修的性质和 timetable。

生产资源

生产所需的除制造设备以外的制造资源。

仿真

在计算机上模拟一个过程，通过顺序运行该过程来实现，并对被仿真的过程进行分析。

物料清单（BOM）

生产过程中，详细列出船舶结构中间产品所用的零件、组件和原材料及其数量关系的技术文件。BOM 涵盖产品设计、工艺、制造以及生产准备等过程，其中工艺 BOM（Process BOM，PBOM）是产品制造阶段的核心文件，它列出了产品制造所需的所有零部件、原材料和组件，

以及它们之间的关系和制造顺序。

业务集成

企业内不同业务功能的集成，如设计、生产、市场、财务等，它也包括在这些业务功能中出现变化时的动态和柔性方式的调节适应能力。

知识管理

对企业中集体的知识和技能（以数据库、纸张、思维等形式出现）的捕获，然后将这些知识发送到需要它们的地方去，帮助企业实现最大产出。其目标是将最恰当的知识在最恰当的时间传递给最恰当的人，帮助他们做出决策。

自动导引运输车（AGV）

沿标记或外部引导命令指示的，沿预设路径移动的移动平台，一般应用在车间。

轻量化模型

指在满足信息无损、模型精度、使用功能等要求的前提下，通过数据提取过滤、组织结构优化、数据压缩等技术降低原始格式 CAD 模型的数据量及文件大小，得到的一种更小的模型文件，能通过网络传输和在网页端进行实时、快速地读取与操作，为后续工作中的测量、对比、批注、审查提供便利。

3. 缩略语

AGV：自动引导运输车（Automated Guided Vehicle）

BOM：物料清单（Bill of Material）

ERP：企业资源计划（Enterprise Resource Planning）

ESB：企业服务总线（Enterprise Service Bus）

IT：信息技术（Information Technology）

MES：制造执行系统（Manufacturing Execution System）

ODS 操作数据存储（Operation Date Store）

OEE：设备综合效率（Overall Equipment Effectiveness）

RFID：射频识别（Radio Frequency Identification）

SDN：软件定义网络（Software Defined Network）

WMS：仓库管理系统（Warehouse Management System）

PDM：产品数据管理（Product Data Management）

4. 智能制造能力成熟度等级划分

根据船厂在智能制造不同阶段所达到的水平，智能制造能力成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为 I 级（规划级）、II 级（规范级）、III 级（集成级）、IV 级（优化级）和 V 级（引领级），如图 1 所示。每个等级都包含了特定的能力要素和成熟度要求，每个等级都是对前一阶段的继承与发展，等级的提升应通过渐进的方式来实现。

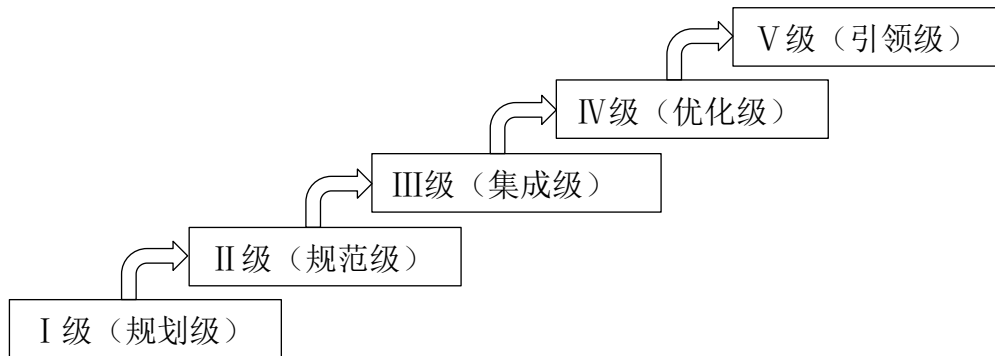


图 1 智能制造等级

I 级（规划级）：船厂应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（销售、设计、生产、服务）进行流程化管理。

II 级（规范级）：船厂应采用自动化技术、信息技术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。

III 级（集成级）：船厂应对装备、系统等开展集成，实现跨业务活动间的数据共享。

IV 级（优化级）：船厂应对人员、技术、资源、制造等进行数据挖掘，形成知识、模型等，实现对核心业务活动的精准预测和优化。

V 级（引领级）：船厂应基于模型持续驱动船舶建造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。

5. 评估种类和评估证书

智能制造能力成熟度评估分初次评估和换证评估。

船厂第一次进行评估，或者评估证书失效后的再次评估，为初次评估。

获得评估证书的船厂，应在证书到期之日前进行换证评估，否则原证书将自动失效。在完成换证评估后，将换发新的评估证书。

评估证书自初次评估或上一次换证评估完成之日起，有效期为 3 年。当船厂的智能制造能力成熟度发生变化，并影响到评估等级时，可提前进行换证评估。

获得评估证书的船厂还应进行年度复核。年度复核应在评估证书每年周年日前后三个月内进行。年度复核中如发现船厂智能制造能力成熟度经判定达不到评估证书中所列等级，则评估证书失效。年度复核满意后，应在证书年度复核签证栏进行签证。

初次评估和换证评估应按第 6 至 9 要求进行。年度复核应按第 6 至 8 要求，并结合上一次评估结果、评估等级及改进提升计划和落实活动进行。

6. 评估内容

船厂为离散型制造企业，其智能制造能力划分为四类要素：人员、技术、资源和制造。要素由能力域构成，能力域由评估域（也称能力子域）构成。

对船厂智能制造能力的评估，是对这四类要素的 11 个能力域对应的 20 个评估域的内容进行评估。评估域如表 1 所示。

表 1 评估域

要素	人员		技术			资源		制造												
能力域	组织战略	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	销售	设计		生产							服务		
评估域	组织战略	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	销售	产品设计	工艺设计	采购	计划与调度	生产作业	质量控制	设备管理	仓储配送	安全环保	能源管理	客户服务	产品服务
序号	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.

7. 评估要求

各评估域的要求是根据船舶建造特点进行设定，将能力要素按成熟度等级划分为五级，并提出具体要求。具体要求详见附录 A 船厂智能制造能力成熟度等级评估要求表 2.1 至 2.3 和表 2.4.1 至 2.4.4 所示。

8. 等级判定

8.1 评分规则

根据本指南中附录 A 所列的评估要求，对照船厂的智能制造能力，按照满足程度对评估域逐条进行打分。满足程度与得分对应表如表 3 所示。

表 3 评估要求满足程度与得分对应表

满足程度	得分
全部满足	1
大部分满足	0.8
部分满足	0.5
不满足	0

8.2 评估域权重

根据船厂运行的特点，给出船厂智能制造能力成熟度评估域权重，如表 4 所示。

表 4 船厂评估域及权重表

序号	评估域 (D)	评估域权重 (γ)	能力域 (C)	能力域权重 (β)	能力要素 (B)	能力要素权重 (α)	能力等级 (A)
1.	组织战略	100%	组织战略	50.0%	人员	5.9%	
2.	人员技能	100%	人员技能	50.0%			
3.	数据	100%	数据	44.3%	技术	13.0%	
4.	集成	100%	集成	38.7%			
5.	信息安全	100%	信息安全	17.0%			
6.	装备	100%	装备	66.7%	资源	19.5%	
7.	网络	100%	网络	33.3%			
8.	销售	100%	销售	5.5%	制造	61.6%	
9.	产品设计	50%	设计	34.3%			
10.	工艺设计	50%					
11.	采购	5.7%	生产	54.7%			
12.	计划与调度	16.5%					
13.	生产作业	21.4%					
14.	质量控制	21.4%					
15.	设备管理	8.4%					
16.	仓储配送	7.7%					
17.	安全环保	12.1%					
18.	能源管理	6.8%					
19.	产品服务	50%	服务	5.5%			
20.	客户服务	50%					

8.3 计算方法

评估域得分为该评估域每条要求得分的算术平均值，评估域得分按式（1）计算：

$$D = \frac{l}{n} \sum_1^n X \quad \dots(1)$$

式中：

D—评估域得分；

X—评估域要求得分；

n—评估域的要求个数。

能力域的得分为该域下评估域得分的加权求和，能力域得分按式（2）计算：

$$C = \Sigma(D * \gamma) \quad \dots(2)$$

式中：

C—能力域得分；

D—评估域得分；

γ —评估域权重。

能力要素的得分为该要素下能力域的加权求和。能力要素的得分按式（3）计算：

$$B = \Sigma(C * \beta) \quad \dots(3)$$

式中：

B—能力要素得分；

C—评估域得分；

β —评估域权重。

能力等级的得分为该等级下能力要素的加权求和。能力等级的得分按式（4）计算：

$$A = \Sigma(B * \alpha) \quad \dots(4)$$

式中：

A—能力等级得分；

B—能力要素得分；

α —能力要素权重。

8.4 等级判定方法

当被评估对象的某一等级下的能力得分超过评分区间的最低分视为满足该等级要求，反之，则视为不满足。在计算总体分数时，已满足的等级的能力得分取值为1，不满足的级别的能力得分取值为该等级的实际得分。智能制造能力总分，为各等级评分结果的累计求和。评分结果与能力对应关系如表5所示。

根据表5给出的分数与等级的对应关系表，结合实际得分A，可以直接判定出船厂当前所处的智能制造能力等级。

表5 得分A与等级的对应关系

能力等级	对应评分区间
V级（引领级）	$4.8 \leq A \leq 5$
IV级（优化级）	$3.8 \leq A < 4.8$
III级（集成级）	$2.8 \leq A < 3.8$
II级（规范级）	$1.8 \leq A < 2.8$
I级（规划级）	$0.8 \leq A < 1.8$

9. 评估过程

9.1 评估流程

船厂智能制造能力成熟度评估流程包括申请与评审、现场评估、评估结论、证书签发和改进提升。

9.2 申请与评审

9.2.1 申请与受理

CCS对船厂所提交的申请材料进行评审，了解船厂智能制造基本情况，确认船厂实施了智能制造相关活动。根据船厂所申请的评估范围、申请评估等级，船厂可提供的直接或间接证据以及其他影响评估活动的因素，综合确定评估实施的可行性和是否受理评估申请。

9.2.2 组建评估组

受理评估申请后，CCS组建一个评估组实施现场评估活动，并确认一名评估组长及多名评估组员。

评估组员职责包括：

- a) 应遵守相应的评估要求；
- b) 应掌握运用评估原则、评估程序和方法；
- c) 应按计划的时间进行评估；
- d) 应优先关注重要问题；
- e) 应通过有效的访谈、观察、文件与记录评审、数据采集等获取评估证据；
- f) 应确认评估证据的充分性和适宜性，以支持评估发现和评估结论；
- g) 应将评估发现形成文件，并编制适宜的评估报告；
- h) 应维护信息、数据、文件和记录的保密性和安全性；
- i) 应识别与评估有关的各类风险。

评估组长履行评估组员职责的同时，还应履行以下职责：

- a) 负责编制评估计划；
- b) 负责整个评估活动的实施；
- c) 实施正式评估前对评估组员进行评估方法的培训；
- d) 对评估结果做最后决定；
- e) 向船厂报告评估发现，包括强项、弱项和改进项；
- f) 评估活动结束后告知现场评估结论。

9.2.3 编制评估计划

评估前评估组应编制评估计划，并与船厂确认。评估计划至少包括评估目的、评估范围、评估任务、评估时间、评估人员、评估日程安排等。

9.3 现场评估

9.3.1 首次会议

首次会议的目的：

- a) 确认相关方对评估计划的安排达成一致；
- b) 介绍评估人员；
- c) 确保策划的评估活动可执行。

会议内容至少应说明评估目的、介绍评估方法、确定评估日程以及明确其他需要提前沟

通的事项。

9.3.2 采集评估证据

在实施评估的过程中，应通过适当的方法收集并验证与评估目标、评估范围、评估要求有关的证据，包括与智能制造相关的职能、活动和过程有关的信息。采集的证据应予以记录，采集方式可包括访谈、观察、现场巡视、文件与记录评审、信息系统演示、数据采集等。

9.3.3 形成评估发现

应对照评估要求，将采集的证据与其满足程度进行对比形成评估发现。具体的评估发现应包括具有证据支持的符合事项和良好实践、改进方向以及弱项。评估组应对评估发现达成一致意见，必要时进行组内评审。

9.3.4 成熟度级别判定

依据每一项打分结果，结合各评估域权重值，计算船厂得分，并最终判定等级。

9.3.5 形成评估报告

评估组应形成评估报告，评估报告至少应包括评估活动总结、评估结论、评估强项、评估弱项及改进方向。

9.4 评估结论

9.4.1 沟通评估结果

在完成现场评估活动后，评估组应将评估结果与船厂代表进行通报，船厂进行再次论证，并由评估组确定最终结果。

9.4.2 末次会议

末次会议的目的：

- a) 总结评估过程；
- b) 宣布评估发现和评估结论。

末次会议内容至少应包括评估总结、评估结果、评估强项、评估弱项、改进方向以及后续相关提升活动介绍等。

9.5 证书签发

现场评估结束，CCS 汇总并审核评估过程中的资料，以及船厂的改进提升措施后，签发评估证书。

9.6 改进提升

船厂可基于现场评估结果，提出智能制造改进提升方向，并制定相应措施。后续开展智能制造能力改进提升活动。

附录 A 智能制造能力成熟度等级评估要求表

1、人员要素评估域等级要求

人员要素包括组织战略、人员技能 2 个能力域/评估域。组织是架构，战略是方向，组织战略考察企业是否有支撑智能制造目标实现的“战略规划、组织保障和资源保障”；人才是企业推进智能制造的核心要素，人员技能考察企业是否引入智能制造人才、搭建智能制造人才技能培养体系、实现知识与经验的结构化管理。人员要素能力域的评估域，按成熟度可划分为不同等级要求，见表 2.1

表 2.1 人员要素的成熟度要求

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
组织战略	a) 应具有发展智能制造的规划； b) 应对发展智能制造所需的资源进行投入。	a) 应制定智能制造的发展战略，对智能制造的组织结构、技术架构、资源投入、人员配备等进行规划，形成具体的实施计划； b) 应明确智能制造责任部门和各关键岗位的责任人，并且明确各岗位的岗位职责。	a) 应对智能制造战略的执行情况进行监控与评测，通过对各指标、战略相关性检验和调整，持续优化战略； b) 应建立优化岗位结构的机制并定期对岗位结构和岗位职责的适宜性进行评估，基于评估结果实施岗位结构优化和岗位调整。		
人员技能	a) 应充分意识到智能制造的重要性； b) 应培养或引进智能制造发展需要的人员。	a) 应具有智能制造统筹规划能力的个人或团队； b) 应具备掌握 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) 应制定适宜的智能制造人才培养体系、绩效考核机制等，及时有效地使员工获得新的技能和资格，以适应船厂智能制造发现需要。	a) 应具备创新管理机制，持续开展智能制造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，并结合智能制造需求，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； c) 应建立知识转化及奖励机制或体系。	

2、技术要素评估域等级要求

技术要素包括数据、集成、信息安全 3 个能力域/评估域。数据主要考察企业的数据采集、数据标准、数据共享、数据分析等特征；集成主要考察企业的集成规划、集成范围与规范、集成技术等；信息安全主要考察企业的管理机制、风险评估和技术措施等特征，如工业主机安全、网络边界安全、信息安全资源投入等。技术要素能力域的评估域，按成熟度可划分为不同等级要求，见表 2.2

表 2.2 技术要素的成熟度要求

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
数据	<p>a) 应采集业务活动所需的数据；</p> <p>b) 应基于经验开展数据分析。</p>	<p>a) 应基于二维码、条形码、RFID 等标识，实现数据采集；</p> <p>b) 应基于信息系统数据和人工经验开展数据分析，满足特定范围的数据使用需求；</p> <p>c) 应实现数据及分析结果在船厂部门内在线共享。</p>	<p>a) 应采用传感技术，实现制造关键工序数据的自动采集；</p> <p>b) 应建立统一的数据编码、数据交换格式和规则（如数据字典）等，整合数据资源，支持跨部门的业务协调；</p> <p>c) 应实现数据及分析结果的跨部门在线共享。</p>	<p>a) 应建立企业级的统一数据中心，进行数据交互；</p> <p>b) 应建立常用数据分析模型库，支持业务人员快速进行数据分析；</p> <p>c) 应采用大数据技术，应用各类型算法模型，预测制造环节状态，为制造活动提供优化建议和决策支持。</p>	<p>a) 应对数据分析模型实时优化，实现基于模型的精准执行</p>
集成	<p>a) 应具有系统集成的意识并有效执行。</p>	<p>a) 应开展系统集成规划，包括网络、硬件、软件等内容；</p> <p>b) 应实现关键业务活动设备、系统间的集成。</p>	<p>a) 应形成完整的系统集成架构；</p> <p>b) 应具备设备、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；</p> <p>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。</p>	<p>a) 通过企业服务总线（ESB）和操作数据存储系统（ODS）等方式，实现全业务活动的集成。</p>	

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
信息安全	a) 应制定信息分类、分级、分场景的安全管理规范、并有效执行； b) 应成立信息安全协调小组；	a) 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。 c) 应根据 GB/T41260《数字化车间信息安全要求》，通过实施信息安全技术，进行信息安全管理；	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。	

3、资源要素评估域等级要求

资源要素包括装备、网络 2 个能力域/评估域。装备特指数字化装备，即在传统机械装备中引入信息技术、嵌入式传感器、集成电路、软件和其他信息元器件，形成机械技术与信息技术、机械产品与电子信息产品深度融合的装备或系统，主要考察企业的装备水平、设备联网、设备诊断与维护、设备数字孪生等情况；网络包括用于日常运营管理的办公网络，还包括用于生产的工业控制网络和生产网络，主要考察企业的网络构件与覆盖范围、网络配置方式、网络安全防护等情况。

资源要素能力域的评估域，成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 2.3

表 2.3 资源要素的成熟度要求

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
装备	<p>a) 应在主要关键工序基本应用自动化设备；</p> <p>b) 应对关键工序设备形成技改方案。</p>	<p>a) 应在关键工序应用数字化设备；</p> <p>b) 关键工序设备应具有标准通信接口，并支持主流通信协议；</p>	<p>a) 关键工序设备应具备一定的可视化能力和数据管理、模拟加工、图形化编程等人机交互功能，能在车间现场显示设备的实时信息及满足操作的授权和处理相关的人机交互；</p> <p>b) 应建立关键工序设备的三维模型库。</p>	<p>a) 关键工序设备应具有预测性维护功能；</p> <p>b) 关键工序设备应具有远程监测和远程诊断功能，可实现故障预警。</p>	<p>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；</p> <p>b) 关键工序设备、单元、产线等应实现基于工业数据分析的自适应、自优化、自控控制等，并与其他系统进行数据共享。</p>
网络	<p>a) 应实现办公网络的覆盖</p>	<p>a) 应实现工业控制网络和生产网络覆盖；</p>	<p>a) 应建立工业控制网络、生产网络和办公网络的防护措施，包括不限于网络安全隔离、授权访问等手段；</p> <p>b) 网络应具备远程配置功能，包括不限于宽带、规模、关键节点的扩展功能和升级功能；</p> <p>c) 网络应能够保障关键业务数据传输的完整性。</p>	<p>a) 应建立分布式工业控制网络，基于软件定义网络（SDN）的敏捷网络，实现网络资源优化配置。</p>	

4、制造要素评估域等级要求

制造要素包括销售、设计、生产和服务四项能力域。

4.1 销售能力域成熟度要求

销售能力域包括 1 个评估域。其成熟度可以从市场研究、客户信息挖掘分析及预测、线上线下协同、销售计划制定等指标来考察。

销售能力域的评估域，按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 2.4.1

表 2.4.1 销售能力域的成熟度要求

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
销售	<p>a) 应基于市场信息和销售历史数据（区域、货主、航线、船型、数量等），通过人工方式进行市场预测，制定销售计划；</p> <p>b) 应对造船订单、销售合同、客户等信息进行统计和管理。</p>	<p>a) 应通过信息系统编制销售计划，实现销售计划、订单、销售历史数据的管理；</p> <p>b) 应通过信息技术手段实现客户静态信息和动态信息的管理。</p>	<p>a) 应根据数据模型进行市场预测，生成销售计划；</p> <p>b) 应与设计、生产等业务集成，实现客户实际需求拉动设计、生产计划。</p>	<p>a) 应通过对客户信息的挖掘、分析，优化客户需求预测模型，制定精准的市场开发计划和销售计划；</p> <p>b) 应综合运用各种渠道，实现线上线下协同，统一管理所有销售方式；</p> <p>c) 应根据客户需求变化情况，动态调整设计、生产等方案。</p>	<p>a) 应采用大数据、云计算和机器学习等技术，通过数据挖掘、建模分析，全方位分析客户特征，实现满足客户需求的精准营销，并挖掘客户新的需求，促进产品创新。</p>

4.2 设计能力域成熟度要求

设计能力域包括产品设计和工艺设计 2 个评估域。产品设计是通过设计软件和工具设计出预期产品的 2D 或 3D 模型并进行展示；工艺设计是从工程角度考虑如何按照产品设计模型设计出加工工艺和流程。设计过程的数字化及协同程度是该能力域评估的主要考察指标。

设计能力域的评估域，按成熟度等级可划分为不同等级特征和要求，见表 2.4.2

表 2.4.2 设计能力域的成熟度要求

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
产品设计	<p>a) 应基于计算机辅助开展二维产品设计；</p> <p>b) 应根据用户需求，按照设计经验进行产品设计方案的策划；</p> <p>c) 应制定产品设计过程相关规范，并有效执行。</p>	<p>a) 应基于计算机辅助开展三维产品设计；</p> <p>b) 应通过产品数据管理（PDM）系统实现产品设计数据或文档的结构化管理及数据共享，实现产品设计的流程、结构的统一管理，以及版本管理、权限控制、电子审批等；</p> <p>c) 应实现产品不同专业或者组件之间的并行设计及平衡。</p>	<p>a) 应建立典型产品组件的标准库及典型产品设计知识库，在设计时进行匹配和引用；</p> <p>b) 三维模型应集成产品设计信息（如：尺寸、公差、建造说明、材料需求等），确保产品研发过程中数据源的唯一性；</p> <p>c) 应基于三维模型实现对外观、结构、性能等关键要素的设计仿真及迭代优化；</p> <p>d) 应实现产品设计与工艺设计间的信息交互、并行协同。</p>	<p>a) 应基于产品组件的标准库、产品设计知识库的集成和应用，实现产品参数化、模块化设计；</p> <p>b) 应将产品的设计信息、生产信息、检验信息、运维信息等集成于产品的数字化模型中，实现基于模型的产品数据归档和管理。</p> <p>c) 应构建完整的产品设计仿真分析和试验验证平台，并对产品外观、结构、性能、工艺等进行仿真分析、试验验证与迭代优化；</p> <p>d) 应通过产品销售、设计、生产或服务系统的集成优化，实现面向产品全生命周期的设计协同。</p>	<p>a) 应基于参数化、模块化设计，建立产品个性化定制平台，具备个性化定制的接口与能力；</p> <p>b) 应基于统一的三维模型，实现产品全生命周期动态管理，满足销售、设计、生产或服务应用需求；</p> <p>c) 应基于产品标准库和设计知识库的集成和应用，实现产品高效设计；</p> <p>d) 应建立产品设计云平台，实现用户、供应商等多方信息交互、协同设计和产品创新。</p>

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
工艺设计	<p>a) 应基于产品设计数据开展工艺设计和优化；</p> <p>b) 应制定工艺设计过程相关规范，并有效执行；</p> <p>c) 应建立工艺文档或数据的管理机制，能够对工艺信息进行记录、查阅和执行。</p>	<p>a) 应基于计算机辅助开展二维工艺设计和优化；</p> <p>b) 应基于典型中间产品或特征建立工艺模板，实现关键工艺设计信息重用；</p> <p>c) 应实现工艺过程中不同专业（如装配、焊接等）之间的并行设计。</p>	<p>a) 应通过产品工艺设计数字化管理系统，实现工艺设计文档或数据的结构化管理、数据共享、版本管理、权限控制和电子审批；</p> <p>b) 应建立典型制造工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库，并能以结构化的形式展现、查询与更新；</p> <p>c) 应基于数字化模型实现制造工艺关键环节的仿真分析及迭代优化；</p> <p>d) 可提供电子化的工艺文件，并下达到生产现场指导生产；</p> <p>e) 应对设计软件进行二次开发以适应智能化装备应用需求，向制造执行系统输出工艺 BOM；</p> <p>f) 应实现产品设计与产品设计之间的信息交互、并行协同。</p>	<p>a) 应实现基于相关模型的三维工艺设计和优化，并将完整的工艺信息（如：工装、工具、设备等）集成于三维工艺模型中；</p> <p>b) 应基于工艺知识库的集成应用，实现工艺流程、工序内容、工艺资源等知识的实时调用，为工艺规划与设计提供决策支持；</p> <p>c) 应实现基于三维模型的制造工艺全要素的仿真分析及迭代优化；</p> <p>d) 应基于工艺设计、生产、检验等系统的高度集成，通过工艺信息下发、执行、反馈、监控的闭环管控，实现工艺设计与制造协同。</p>	<p>a) 应基于工艺知识库的集成应用，辅助工艺优化；</p> <p>b) 应基于设计、工艺、生产、检验、运维等数据分析，构建实时优化模型，实现工艺设计动态优化；</p> <p>c) 应建立工艺设计云平台，实现产业链跨区域、跨平台的协同工艺设计。</p>

4.3 生产能力域成熟度要求

生产能力域包括采购、计划与调度、生产作业、质量控制、设备管理、仓储配送、安全环保、能源管理 8 个评估域。主要考察企业的采购计划及信息管理、供应链管理协同，生产计划及调度管理情况，生产作业管理，质量控制管理，设备数据管理与分析、设备故障管理，仓储配送管理情况，安全管理、环境保护状况，能耗监测及节能优化等方面指标。

生产能力域的评估域，按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 2.4.3

表 2.4.3 生产能力域的成熟度要求

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
采购	<p>a) 应根据产品、物料需求和库存等信息制定采购计划；</p> <p>b) 应实现对采购订单、采购合同和供应商等信息的管理；</p> <p>c) 应建立合格供应商机制（评价、选用、淘汰），并有效执行。</p>	<p>a) 应通过信息系统制定物料需求计划，生产采购计划，并管理和追踪采购执行全过程；</p> <p>b) 应通过信息技术手段，实现供应商的寻源、评价和确认。</p>	<p>a) 应将采购、生产和仓储等信息系统集成、自动生成采购计划、并实现出入库、库存和单据的同步；</p> <p>b) 应通过信息系统开展供应商管理、比价采购、合同管理等，实现采购内部的数据共享。并对供应商的供货质量、技术、响应、交付、成本等要素进行量化评价。</p>	<p>a) 通过与供应商的销售系统集成、实现协同供应链；</p> <p>b) 应基于采购执行、生产消耗和库存等数据，建立采购模型，实时监控采购风险并及时预警，自动提供优化方案；</p> <p>c) 应基于信息系统的数据，优化供应商评价模型。</p>	<p>a) 应实现船厂与供应商在设计、生产、质量、库存、物流的协同，并实时监控采购变化及风险，自动做出反馈和调整；</p> <p>b) 应实现采购模型和供应商评价模型的自优化。</p>

等级 评估域	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
计划与调度	<p>a) 应基于造船订单等信息，编制主生产计划；</p> <p>b) 应基于主生产计划进行排产，形成详细生产作业计划并开展生产调度。</p>	<p>a) 应通过信息系统，依据生产数量、交期等约束条件自动生成主生产计划；</p> <p>b) 应基于船厂的库存、采购提前期、生产提前期等制约要素实现物料需求计划的运算；</p> <p>c) 应基于信息技术手段编制详细生产作业计划，基于人工经验开展生产调度。</p>	<p>a) 应基于船厂的库存、采购提前期、生产提前期、生产过程数据等要素开展生产能力运算，自动生成有限能力主生产计划；</p> <p>b) 应基于约束理论的有限产能算法开展排产，自动生成详细生产作业计划；</p> <p>c) 应实时监控各生产环节的投入和产出进度，系统实现异常情况（如：生产延时、产能不足）的自动预警，并支持人工对异常的调整。</p> <p>d) 车间计划与调度应支持可视化信息管理，即通过车间生产流程监测，控制系统反馈的信息，以可视化看板的形式展现生产计划执行的节拍、工艺调整、指挥调度、车间级物流、中间产品（如零件、组立和分段）等信息，以辅助人员在线实时监控、参与、调整生产计划。</p>	<p>a) 应基于先进排产调度的算法模型，系统自动给出满足多种约束条件的优化排产方案，形成优化的详细生产作业计划；</p> <p>b) 应实时监控各生产要素，系统实现对异常情况的自动决策和优化调度。</p>	<p>a) 应建立基于智能算法并融合人工智能动态调整的新一代高级计划与高级排产系统，提前处理生产过程中的波动和风险，实现动态实时的生产排产和调度；</p> <p>b) 应通过统一平台，基于产能模型、供应商评价模型等，自动生成产业链上下游企业的生产作业计划，并支持企业间生产作业计划异常情况的统一调度。</p>

等级 评估域	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
生产作业	<p>a) 应制定生产作业相关规范（如作业指导书、操作规程等），并有效执行；</p> <p>b) 应记录关键工序的生产过程信息。</p>	<p>a) 应通过信息技术手段，将技术文件（图纸、工艺卡、路线单、作业指导书等）下发到生产单元；</p> <p>b) 应基于信息技术手段，实现生产过程关键物料、设备、人员等生产资源的识别和数据采集，并上传到信息系统；</p> <p>c) 应通过信息系统记录生产过程中间产品信息，每个批次实现生产过程追溯。</p>	<p>a) 应建立 MES 或其他的信息化生产管理系统，以支撑生产作业管理的功能；</p> <p>b) 应根据生产作业计划、自动将技术文件（图纸、工艺卡、作业指导书等）下发到各生产单元电子看板；</p> <p>c) 应通过车间信息系统对生产信息进行自动采集，并对生产作业计划、生产资源等关键数据的动态监测，实现车间生产与管理的可视化；</p>	<p>a) 应根据生产作业计划，自动将生产程序、运行参数、轻量化模型或生产指令下发到数字化设备；</p> <p>b) 应构建模型实现生产作业数据的在线分析，优化生产工艺参数、设备参数、生产资源配置等；</p>	<p>a) 宜实现生产资源自组织、自优化，满足柔性化、个性化生产的需求；</p> <p>b) 应基于人工智能、大数据等技术，实现生产过程非预见性异常的自动调整；</p>

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
质量控制	<p>a) 应记录关键工序的生产过程质量信息（如工序流转卡、检验记录等）；</p> <p>b) 应建立质量检验规范，能通过满足要求的计量器具进行检验并形成检验数据设备的数字化改造；</p>	<p>a) 应建立质量控制系統，采用信息技术手段辅助质量检验，通过对检验数据的分析、统计实现质量控制图；</p> <p>b) 应在关键工序采用数字化质量检测设备，实现产品质量检测和分析（如关键原材料检验、零部件尺寸精度检验、性能检测等）；</p> <p>c) 应通过信息系统记录生产过程中中间产品信息，每个批次实现生产过程追溯。</p>	<p>a) 应实现质量信息等关键数据的自动在线采集和动态监测；</p> <p>b) 应通过数字化检验设备及系统的集成，实现关键工序质量在线监测和在线分析，自动对检验结果判断和报警，实现检测数据共享，并建立产品质量问题知识库；</p> <p>c) 应实现生产过程中原材料、中间产品、产品等质量信息可追溯。</p>	<p>a) 应建立产品质量问题处置知识库，依据产品质量在线检测结果预测未来产品质量可能的异常，基于知识库自动给出生产过程的纠正措施；</p> <p>b) 应基于在线监测的质量数据，建立质量数据算法模型预测生产过程异常，并实时预警；</p> <p>c) 应实时采集产品原料、生产过程的质量信息，实现产品质量的精准追溯，并通过数据分析和知识库的运用，进行产品的缺陷分析，提出改善方案；</p> <p>d) 应建立数字化质量档案，实现对中间产品全生命周期的质量记录，保证各环节的可追溯性。</p>	<p>a) 通过在线监测的质量数据分析和基于数据模型的预判，自动修复和调校相关的生产参数，保证产品质量的持续稳定；</p> <p>b) 应基于模型实现质量知识库自优化。</p>

等级 评估域	I 级	II 级	III级	IV级	V 级
设备管理	<p>a) 应通过人工或手持仪器开展设备点巡检，并依据人工经验实现检修维护过程管理和故障处理。</p>	<p>a) 应通过信息技术手段制定设备维护计划，实现对设备设施维护保养的预警； b) 应通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划； c) 应采用设备管理系统实现设备点巡检、维护保养等状态和过程管理。</p>	<p>a) 应实现关键生产设备的运行参数（温度、电压、电流、压力、时间等）数据的自动在线实时采集、故障分析和远程诊断； b) 设备状态信息应采用图形化展示方式。对于具有建模需要的关键设备，并能够按照设备结构实现部件级的分解查询。 c) 应对有异常变化趋势的情况进行预警，对发生异常或故障的情况进行报警。 d) 应依据关键生产设备运行参数等，实现设备综合效率（OEE）统计； e) 应建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成； f) 应依据设备运行状态及故障级别，自动生成检修工单，实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理；</p>	<p>a) 应基于设备运行模型和设备故障知识库，实现包含自动预警的预测性维护解决方案； b) 应基于设备综合效率的分析，自动驱动工艺优化和生产作业计划优化。</p>	<p>a) 应采用机器学习、神经网络等，实现设备运行模型的自学习、自优化。</p>

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
仓储配送	<p>a) 应制定仓储管理规范, 实现出入库、盘点和安全库存等管理;</p> <p>b) 应基于管理分类和规范要求, 实现仓储合规管理;</p> <p>c) 应基于生产计划配送计划, 实现原材料、中间产品等定时定量配送或领用。</p>	<p>a) 应基于条码、二维码、RFID 等标识技术, 实现出入库管理;</p> <p>b) 应建立仓储管理系统, 实现货物库位分配、出入库和移库等管理;</p> <p>c) 应基于生产单元物料消耗情况发起配送请求, 并提示及时配送。</p>	<p>a) 应基于 WMS 与 MES 集成, 依据实际生产作业计划实现半自动或自动出入库管理;</p> <p>b) 应采用射频遥控数据终端、声控或按灯拣货等手段进行入库和拣货;</p> <p>c) 应通过配送设备 (AGV、桁车、手持终端等) 和信息系统集成, 运用 GPS/北斗定位技术实现关键件及时配送和接收确认。</p>	<p>a) 应通过数字化仓储设备、配送设备与信息系统集成、依据实际生产状态实时拉动物料配送;</p> <p>b) 应建立仓储模型和配送模型, 进行车间库存管理, 实现最小库存和最优路径。</p>	<p>a) 应基于分拣和配送模型, 满足个性化、柔性化生产实时配送需求;</p> <p>b) 应通过企业与上游供应链的集成优化, 实现最优库存或即时供货。</p>
安全环保	<p>a) 应建立环境、职业健康安全管理体系, 包含手册、程序文件、事故应急预案、制度及相关操作规程;</p> <p>b) 应制定涉及环境保护“水、气、渣”等规范化管理的制度, 满足环境保护法律法规和标准, 确保合法合规运营。</p>	<p>a) 应通过信息技术手段, 对生产过程中职业健康和安全风险点 (起吊、搬运、切割、焊接、喷涂等) 进行管控;</p> <p>b) 应通过信息技术手段实现环保管理, 环保数据可采集并记录。</p>	<p>a) 应建立船舶制造行业的法律法规、标准、风险管控、安全培训等知识库, 在现场作业端应用定位跟踪等方法, 强化现场安全管控;</p> <p>b) 应实现从清洁生产到末端治理的全过程环保数据的采集, 实时监控及报警, 并开展可视化分析;</p> <p>c) 应建立应急指挥中心, 基于应急预案库自动给出管理建议, 缩短突发事件应急响应时间。</p>	<p>a) 应根据 GB/T41257《数字化车间功能安全要求》, 采用功能安全的技术手段, 明确车间的功能安全要求, 建立功能安全管理体系, 进行功能安全管理;</p> <p>b) 应基于安全作业、风险管控等数据分析, 实现危险源的动态识别、评审和治理;</p> <p>c) 应实现环保监测数据和生产作业数据的集成应用, 建立数据分析模型, 开展排放分析及预测预警。</p>	<p>a) 应综合应用知识库及大数据分析技术, 实现生产安全一体化管理;</p> <p>b) 应实现环保、生产、设备等数据的全面实时监控, 应用数据分析模型, 预测生产排放并自动提供生产优化方案并执行。</p>

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
能源管理	<p>a) 应建立船厂能源管理制度，开展主要能源的数据采集和计量，并满足能源使用适用的法律法规、政策、标准和其他要求。</p>	<p>a) 应通过信息技术手段，对主要能源的产生、消耗节点开展数据采集和计量； b) 应建立水电气等重点能源消耗的动态监控和计量； c) 应实现重点高能耗设备系统（喷漆、切割、焊接、空压机等）的动态运行监控； d) 应对有节能优化需求的设备开展实时计量，并基于计量结果进行节能改造。</p>	<p>a) 应对高能耗设备能耗数据进行统计与分析，制定合理的能耗评价指标； b) 应建立能源管理信息系统，对能源输送、存储、转化、使用等各环节消耗节点进行全面监控，进行能源使用和生产活动匹配，并实现能源调度； c) 应对监测结果进行分析，根据能效评估结果及时对喷漆、切割、焊接、空压机等高耗能设备进行技术改造和更新 d) 应实现能源数据与其他系统数据共享，为业务管理系统和决策支持系统提供能源数据。</p>	<p>a) 应建立节能模式，实现能源的精细化和可视化管理；</p>	<p>a) 应实现能源的动态预测和平衡，并指导生产。</p>

4.4 服务能力域成熟度要求

服务能力域包括客户服务、产品服务 2 个评估域。其成熟度可以从客户信息管理及精准服务状况、产品服务系统等指标来考察。

服务能力域的评估域，成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 2.4.4

表 2.4.4 服务能力域的成熟度要求

等级 评估域	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
客户服务	<p>a) 应制定客户服务规范，并有效执行；</p> <p>b) 应对客户服务信息进行统计，并反馈给设计、生产、销售部门。</p>	<p>a) 应建立包含客户反馈渠道和服务满意度评价制度的规范化服务体系，实现客户服务闭环管理；</p> <p>b) 应通过信息系统实现客户服务管理，对客户服务信息进行统计并反馈给相关部门。</p>	<p>a) 应建立客户管理系统和客户数字化档案，并与 ERP 实现数据集成；</p> <p>b) 应具备客户服务信息数据库及客户服务知识库，并实现与客户管理系统的集成。</p>	<p>a) 应实现面向客户的精细化管理，提供主动式客户服务；</p> <p>b) 应建立客户服务数据模型，实现精准客服。</p>	
产品服务	<p>a) 应有规范化产品服务制度，可提供现场运维及远程运维指导服务；</p> <p>b) 应对产品故障信息进行统计，并反馈给设计、生产部门。</p>	<p>a) 应具备产品故障知识库和维护方法知识库，为服务人员提供现场运维和远程运维操作指导；</p> <p>b) 应通过信息技术手段对产品使用信息进行统计，并反馈给相关部门。</p>	<p>a) 产品应具有数据采集、存储、网络通信等功能；</p> <p>b) 产品服务系统应具备产品运行信息管理、维修计划和执行管理、维修物料及寿命管理等功能，并实现与设计、生产、销售等系统的集成。</p>	<p>a) 产品应具有数据传输、故障预警、预测性维护等功能；</p> <p>b) 应建立远程运维服务平台，提供远程监测、故障预警、预测性维护等服务；</p> <p>c) 远程运维平台应对装备/产品上传的运行参数、维保、用户使用等数据进行挖掘分析，并与产品全生命周期管理系统，产品研发管理系统集成，实现产品性能优化与创新。</p>	<p>a) 产品应具有自感知、自适应、自优化等功能；</p> <p>b) 应通过云平台、整合跨区域、跨产业链服务资源，实现协同服务。</p>