

团体标准

T/CESA XXXX—202X

石化行业智能制造 能力成熟度评估指南

Intelligent manufacturing for the petrochemical industry - assessment guidelines of capability maturity

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。
已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

202X-XX- XX 发布

202X-XX- XX 实施

中国电子工业标准化技术协会 发布



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

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.....	1
5 基本原则和要求.....	2
5.1 评估内容确定.....	2
5.2 评估方法确定.....	2
6 评价内容.....	2
6.1 人员.....	2
6.2 技术.....	3
6.3 资源.....	6
6.4 制造.....	7
7 评估权重.....	24

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。

本文件由中国石油化工集团有限公司提出。

本文件由电子标协归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

石化行业智能制造 能力成熟度评估指南

1 范围

本文件提供了石化行业智能制造能力成熟度评估的基本原则和要求、评估内容及评估权重等评估指南。

本文件适用于石化行业制造业企业、智能制造系统解决方案供应商、第三方机构开展智能制造能力的差距识别、方案规划和改进提升。

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 39116-2020 智能制造能力成熟度模型。

GB/T 39117-2020 智能制造能力成熟度评估方法。

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGV:自动导引运输车 (Automated Guided Vehicle)

AR:增强现实 (Augmented Reality)

DCS:分布式控制系统 (Distributed Control System)

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

ESB:企业服务总线 (Enterprise Service Bus)

IT:信息技术 (Information Technology)

KPI:关键绩效指标 (Key Performance Indicator)

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

ODS:操作数据存储 (Operational Data Store)

PLC:可编程控制器 (Programmable Logic Controller)

RFID:射频识别 (Radio Frequency Identification)

SDN:软件定义网络 (Software Defined Network)

TMS:运输管理系统 (Transportation Management System)

VR:虚拟现实 (Virtual Reality)

WMS:仓储管理系统 (Warehouse Management System)

5 基本原则和要求

5.1 评估内容确定

石化行业智能制造能力评估包含人员、技术、资源和制造等四个能力要素。其中，人员包括组织战略和人员技能，技术包括数据、集成、信息安全，资源包括装备、网络，制造包括生产、物流、销售和服务。

5.2 评估方法确定

应基于GB/T 39117-2020的的评估流程和计算方法开展评估，评估权重采用本文件第6章内容。

6 评价内容

6.1 人员

人员能力要素按照成熟度等级可划分为不同等级要求和评估指南，见表1。

表1 人员能力成熟度要求及评估指南

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
组织战略	一级	a)应制定智能制造的发展规划；	1. 智能制造发展规划文件； 2. 有关智能制造发展计划的会议纪要。
		b)应对发展智能制造所需的资源进行投资。	1. 智能制造相关资源投资计划、采购合同、相关执行及履约材料。
	二级	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；	1. 智能制造发展战略规划文件或包含智能制造战略规划的公司总体战略规划文档；董事会或总经理办公会明确提出智能制造战略的会议纪要； 2. 文件或会议纪要中应包含组织构成、技术架构、资源投入、推进计划等明确信息。
		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。	1. 经人力资源管理部门批准及备案的智能制造相关部门的岗位设置及岗位责任说明文件； 2. 智能制造责任部门负责人任命文件； 3. 智能制造责任部门关键岗位责任人名单。
	三级 四级 五级	a)应对智能制造战略的执行情况进行监控与评测，并持续优化战略；	1. 智能制造相关项目过程控制文件与评价材料； 2. 智能制造战略执行部门及各级责任人的考核材料； 3. 与战略评估与调整机制相关的会议纪要、调整记录等。
		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。	1. 企业组织架构说明文件，人力资源管理部门或智能制造相关业务们制定的智能制造相关岗位结构设置说明文件； 2. 智能制造相关岗位履职情况考核及评价材料； 3. 基于考核结果对岗位结构进行优化和岗位调整的记录。

表1 人员能力成熟度要求及评估指南（续）

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
人员技能	一级	a) 应充分意识到智能制造的重要性；	1. 智能制造专职人员名单及任职文件。
		b) 应培养或引进智能制造发展需要的人员。	1. 智能制造相关人员培训计划、培训记录； 2. 参与智能制造相关项目及工作的记录； 3. 智能制造相关人员引进记录； 4. 智能制造相关工作人员考核记录。
	二级	a) 应具有智能制造统筹规划能力的个人或团队；	1. 智能制造主管领导或规划人员的岗位说明材料及岗位任命文件； 2. 智能制造规划部门的设立文件。
		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；	1. 相关专业技术人员岗位说明； 2. 相关专业技术人员学历证明； 3. 相关专业技术人员培训证书； 4. 相关专业技术人员考核记录。
		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取新的技能和资格，以适应企业智能制造发展需要。	1. 智能制造相关人员培养规划、培训计划、培训记录、培训证书； 2. 智能制造相关人员考核制度、考核记录、获奖证明。
	三级	a) 应具有创新管理机制，持续开展智能制造相关技术创新和管理创新；	1. 技术创新和管理创新相关管理规范； 2. 技术创新和管理创新激励制度； 3. 智能制造相关技术创新和管理创新案例及激励记录。
		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。	1. 正式发布的知识管理体系文件； 2. 支持知识管理功能的信息系统，在系统中可查询到知识分类、知识内容及管理权限等内容； 3. 系统中与智能制造相关的知识和经验积累分析和应用记录。
	四级 五级	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；	1. 可演示的知识管理平台； 2. 平台主要功能至少包括人员知识、技能、经验的沉淀与传播； 3. 平台主要功能应用及管理记录。
		b) 应将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化。	1. 知识管理平台包含统一的知识库； 2. 平台主要功能包括知识、技能和经验的规则化及模型化封装与调用； 3. 平台主要功能应用及管理记录。

6.2 技术

技术能力要素按照成熟度等级可划分为不同等级要求和评估指南，见表2。

表2 技术能力成熟度要求及评估指南

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
数据	一级	a) 应采集业务活动所需的数据;	1. 业务数据相关表单。
		b) 应基于经验开展数据分析。	1. 业务统计与分析记录文档。
	二级	a) 应基于DCS、PLC、RFID、二维码、条形码等, 实现数据采集;	1. 数据采集方案文档; 2. 仓储、物料、生产、转运、设备等方面的现场数据采集范围; 3. 数据采集相关信息系统, 系统支持DCS、PLC、RFID、二维码、条形码应用等功能; 4. 系统功能应用及管理记录。
		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;	1. 具有报表或数据分析功能的信息系统; 2. 基于电子表格或其它办公工具的人工数据统计分析文档; 3. 基于报表结果改善工艺、优化流程等方面的案例。
		c) 应实现数据及分析结果在部门内在线共享。	1. 部门层级的内部数据记录和报表; 2. 分析结果的共享方式及共享记录。
	三级	a) 应采用传感技术, 实现制造关键环节数据的自动采集;	1. 基于传感技术的数据采集方案文档; 2. 仓储、物料、生产、转运、设备等方面采用传感技术的现场数据采集范围; 3. 支持传感器数据上传的数据采集系统; 4. 系统中数据采集记录。
		b) 应建立统一的数据编码、数据交换格式和规则等, 整合数据资源, 支持跨部门的业务协调;	1. 数据字典; 2. 数据编码; 3. 数据集成规范。
		c) 应实现数据及分析结果的跨部门在线共享。	1. 数据分析方式 2. 信息系统数据、报表、分析结果在部门间的共享方式、共享范围及共享记录。
	四级	a) 应建立企业级的统一数据中心;	1. 自建数据中心的建设方案及验收文档; 2. 租用的信息中心合同文档或可演示的租用系统; 3. 企业级大数据平台。
		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;	1. 数据分析模型建模工具; 2. 分析模型库相关系统; 3. 系统中模型库的归集情况; 4. 数据分析模型调用记录及相关平台人机交互界面友好情况。
		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。	1. 基于大数据技术的算法模型建模工具; 2. 系统中的算法模型调用功能; 3. 基于算法模型开展预测制造环节状态分析的系统功能; 4. 预测功能应用记录; 5. 大数据技术使用案例; 6. 预测预警应用案例, 包括基本逻辑、实施方法、效果价值等。

表2 技术能力成熟度要求及评估指南（续）

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
数据	五级	a)应对数据分析模型实时优化,实现基于模型的精准执行。	1. 数据分析模型实时优化功能的应用记录。
系统集成	一级	a)应具有系统集成的意识。	1. 提出系统集成要求的相关文档; 2. 系统集成相关培训记录。
	二级	a)应开展系统集成规划,包括网络、硬件、软件等内容;	1. 系统集成规划文件,文件内容至少包括:网络、硬件、软件等方面规划内容。
		b)应实现关键业务活动设备、系统间的集成。	1. 企业关键设备和系统清单; 2. 系统集成项目验收文档; 3. 不同设备、系统建集成应用的协议、接口等文档; 4. 系统间接口调用日志。
	三级	a)应形成完整的系统集成架构;	1. 包含了系统架构图的系统集成规划文件; 2. 确定了系统集成架构的会议纪要等文档; 3. 规划文件或会议纪要等文档内容至少包括:信息系统清单、设备清单、硬件集成方案、软件集成方案、关键技术及实施计划等。
		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;	1. 明确了设备、控制系统与软件系统间集成要求的技术规范文档,文档内容包括:集成规范、工业软件的接口规范、技术规范、清单等; 2. 相关规范的应用案例。
		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。	1. 中间件工具、系统间的接口调用日志; 2. 集成平台应用及管理记录; 3. 系统集成案例。
	四级 五级	a)应通过ESB和ODS等方式,实现全业务活动的集成。	1. 企业服务总线 and 操作数据存储的建设方案文档; 2. ESB和ODS管理界面介绍,现有系统的覆盖等。
信息安全	一级	a)应制定信息安全管理规范,并有效执行;	1. 信息安全管理规范文件。
		b)应成立信息安全协调小组。	1. 信息安全协调小组设立文件; 2. 确认信息安全协调小组设立的会议纪要。
	二级	a)应定期对关键工业控制系统开展信息安全风险评估;	1. 信息等级划分规范; 2. 关键工业控制系统信息安全检查评估文档,以及历次修改记录文档。
		b)应在工业主机上安装正规的工业防病毒软件;	1. 正版工业防病毒软件采购文件或清单; 2. 工业主机上的工业防病毒软件应用记录。
		c)应在工业主机上进行安全配置和补丁管理。	1. 针对工业主机进行安全配置和补丁管理的记录。 2. 漏洞库版本更新日志。
	三级	a)工业控制网络边界应具有边界防护能力。	1. 以安全管控为主视角的工业网络安全域划分文件; 2. 网络边界上的防护手段,至少包括防火墙网闸等; 3. 网络安全边界防护的管理措施以及持续优化措施等。
	四级 五级	a)工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备;	1. 具有深度解析功能的设备部署情况、支持的协议、设备持续改进情况。

表2 技术能力成熟度要求及评估指南（续）

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
信息安全	四级 五级	b) 应自建离线测试环境，应采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施。	1. 离线测试环境的部署情况，离线测试内容与安全需求之间的差异情况，测试标准的发布情况； 2. 离线测试环境的建设与部署情况，测试环境情况、测试标准、测试管理等。

6.3 资源

资源能力要素按照成熟度等级可划分为不同等级要求和评估指南，见表3。

表3 资源能力成熟度要求及评估指南

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
装备	一级	a) 应在关键工序应用自动化设备；	1. 自动化设备采购文件或设备台账、清单等； 2. 自动化设备运行文档。
		b) 应对关键工序设备形成技改方案。	1. 正式发布的关键工序设备技改方案文件。
	二级	a) 应在关键工序应用数字化设备；	1. 关键工序数字化设备的现场覆盖情况。
		b) 关键工序设备应具有标准通信接口，包括RJ45、RS232、RS185等，并支持主流通信协议，包括OPC/OPCUA、MODBUS、PRO-FIBUS等。	1. 关键工序相关数字化设备采购文件设备台账、清单等； 2. 通讯接口规范、通讯协议和授权许可； 3. 关键工序相关数字化设备运行文档； 4. 关键工序设备相关标准通信接口调用日志。
		a) 关键工序设备应具有数据管理、模拟加工、图形化编程等人机交互功能；	1. 系统中关键工序设备数据管理、模拟加工及图形化编程等功能； 2. 关键工序设备数据管理、模拟加工及图形化编程功能使用及管理记录。
	三级	b) 应建立关键工序设备的三维模型库。	1. 系统中关键工序设备的非图片形式的三维模型文件； 2. 系统中基于三维模型开展的设备状态展示、工艺仿真及数字孪生应用。
		a) 关键工序设备应具有预测性维护功能；	1. 具备预测性维护能力的关键工序现场覆盖情况； 2. 设备管理系统或具有设备管理模块的信息系统； 3. 关键工序设备预测性维护功能应用及管理记录； 4. 预测性维护功能应用案例。
	四级	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。	1. 设备故障预测预警策略； 2. 系统中的远程监测和远程诊断功能； 3. 关键工序设备故障预警记录。
		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；	1. 基于三维模型的关键工序设备实时运行参数展示。
	五级	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、自控制等，并与其他系统进行数据分享。	1. 与关键工序设备、单元、产线等相关的自适应、自优化、自控制等功能及其系统运行记录； 2. 支撑自适应、自优化、自控制等功能的工业数据基础； 3. 与自适应、自优化、自控制等相关的系统运行数据分享记录。

表3 资源能力成熟度要求及评估指南（续）

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
网络	一级	a) 应实现办公网络覆盖。	1. 办公网络工程设计及验收文件。 2. 办公现场网络覆盖情况。
	二级	a) 应实现工业控制网络和生产网络覆盖。	1. 工业控制网路及生产网络的拓扑图/方案； 2. 基于系统展示的网络连接状态。
	三级	a) 应建立工业控制网络、生产网络和办公网络的防护措施，包括但不限于网络安全隔离、授权访问等手段；	1. 工业控制网络和办公网络的安全防护策略/机制、权限等相关文档； 2. 工业控制网络、生产网和办公网的安全管理域的划分情况； 3. 系统中工业网络和办公网络的安全防护情况； 4. 网络隔离与授权访问相关设计、规范、实施记录、相关设备与系统运行日志等文档。
		b) 网络应具有远程配置功能，应具备带宽、规模、关键节点的扩展和升级功能；	1. 网络配置策略文档； 2. 系统中网络配置操作，至少包括关键节点扩张、升级、带宽调整等。
		c) 网络应能够保障关键业务数据传输的完整性。	1. 基于重要性原则网络用语的设计与实施情况，至少包括设备层面、线路层面、路径层面等； 2. 传输过程防篡改的设计与实施情况，至少包括协议、加解密等。
	四级 五级	a) 应建立分布式工业控制网络，基于SDN的敏捷网络，实现网络资源优化配置。	1. SDN架构及部署方式案例情况。

6.4 制造

6.4.1 生产

生产能力要素按照成熟度等级可划分为不同等级要求和评估指南，其中XXX见表4、XXX见表5(能源)。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
采购	一级	a) 应根据产品、物料需求和库存等信息制定采购计划；	1. 基于企业供应计划、产成品市场需求等各层面信息，形成的一定时期内（周、月或年）的原油及其它原辅料的采购方案。
		b) 应实现对采购订单、采购合同和供应商等信息的管理；	1. 电子表格形式或其它手工形式的采购订单、采购合同； 2. 电子文档形式或它手工形式的供应商管理信息记录。
		c) 应建立合格供应商机制，并有效执行。	1. 供应商准入制度； 2. 供应商考核管理制度。
	二级	a) 应通过信息系统制定物料需求计划，生成采购计划，并管理和追踪采购执行全过程；	1. 生产计划优化系统中基于生产计划的原油及其它原料的采购方案； 2. 系统中原油及其它原辅料的采购记录； 3. 系统中原油及其它原料的采购计划执行的全过程管理和追踪功能及应用记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
采购	二级	b)应通过信息技术手段,实现供应商的寻源、评价和确认。	1. 供应商准入、寻源管理规范; 2. 供应商寻源、评价、确认相关历史记录电子文件或系统记录。
	三级	a)应将采购、生产和仓储等信息系统集成,根据使用需求、效益测算生成采购计划;	1. 根据国际原油价格等市场信息,基于生产计划优化系统最优生产安排结果编制的原油及其它原辅料的采购方案; 2. 基于多业务系统集成的采购到货、入库相关系统单据关联关系; 3. 采购、生产和仓储等信息系统间的接口日志。
		b)应通过信息系统开展供应商管理,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。	1. 具备供应商管理功能的信息系统或者专用的供应商管理系统; 2. 系统中的评价管理功能、评价维度、权重设置及其量化分数、评价结构分级及相关应用记录。
	四级	a)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;	1. 生产计划优化系统的采购模型或采购方案; 2. 采购风险预警方式;针对未到物料到货数量及时间等相关信息的预警功能及应用记录; 3. 风险应对解决方案的提供方式及提供记录。
		b)应基于信息系统的数据库,优化供应商评价模型。	1. 供应商相关数据与评价模型优化的关联逻辑; 2. 供应商评价模型优化调整记录。
	五级	a)应实现企业与供应商在设计、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;	1. 企业与供应商协同平台; 2. 平台订单流转及作业过程记录; 3. 平台针对采购变化及风险的自主反馈和调整记录。
		b)应实现采购模型和供应商评价模型的自优化。	1. 采购模型和供应商评价模型优化策略; 2. 系统中采购模型和供应商评价模型自优化记录。
	计划与调度	一级	a)应基于销售订单和销售预测等信息,编制主生产计划;
b)应基于主生产计划进行排产,形成详细生产作业计划,建立规范的调度管理业务流程与制度,开展生产调度工作。			1. 生产作业计划生成策略; 2. 基于生产计划的生产资源调配时间序列和装置操作条件; 3. 调度管理业务流程及制度文档。
二级		a)应通过信息系统依据生产约束、销售计划等约束条件自动计算生成主生产计划;	1. 生产计划优化系统中基于最优生产安排结果编制的生产计划; 2. 系统中基于企业的供应计划、产成市场需求等各层面信息,形成的一定时期内(周、月或年)的原料的采购方案,装置的加工负荷以及产品的配置方案; 3. 生产计划历史记录。
		b)应基于企业的安全库存、采购提前期、生产提前期等约束要素实现物料需求计划的运算;	1. 系统中基于主生产计划的物料需求计划生成结果; 2. 系统中物料需求计划制定的基础数据和约束条件; 3. 物料需求计划结果用于制定后续采购计划的系统记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南	
计划与调度	二级	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。	1. 基于生产计划的生产资源调配时间序列和装置操作条件。	
	三级	a)应基于安全库存、采购提前期、生产提前期、销售计划、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；	1. 基于生产计划优化系统的一定时期内（周、月或年）的原料的装置的加工负荷以及产品的配置方案； 2. 系统中生产计划编制过程及历史记录。	
		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；	1. 生产计划优化系统中基于生产计划的生产资源调配时间序列和装置操作条件（调度指令）； 2. 系统调度指令记录。	
		c)应实时监控各生产环节的投入和产出进度，系统实现异常情况自动预警，并支持人工对异常的调整。	1. 系统生产投入和产出实际数据，及其与现场实际产出对比情况； 2. 计划跟踪监控的时间颗粒度及预警事件记录； 3. 针对异常预警情况的提醒反馈方式； 4. 常见产能异常状态调整案例。	
	四级	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；	1. 系统中的炼油计划优化模型、化工计划优化模型及一体化计划优化模型； 2. 以日常的测算和优化应用及实现炼油和化工生产计划的整体优化为目标的化工装置、炼油装置模型运行功能及应用记录； 3. 以效益最大化综合为目标、结合炼油和化工生产要求的原油选购、生产加工等方面的优化功能及应用记录。	
		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。	1. 信息系统监控的生产要素； 2. 生产要素异常的反馈通知记录； 3. 基于异常反馈通知的异常处理和调度方式及系统记录。	
	五级	a)应通过工业大数据分析，构建生产运行实时模型，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；	1. 大数据分析工具及分析策略； 2. 生产运行实时模型； 3. 动态实时的生产排产和调度操作及历史记录。	
		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。	1. 跨企业的生产协同平台； 2. 平台中上下游企业的调度指令生成过程； 3. 企业间调度指令异常情况的统一调度操作及历史记录。	
	设备管理	一级	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	1. 动静电仪等主要设备点巡检记录； 2. 设备检修维护过程记录和故障处理记录。
		二级	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；	1. 基于电子文档或其它信息技术手段的设备维护计划及维护记录； 2. 设备设施维护保养预警逻辑及预警记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
设备管理		b)应通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划；	1. 设备维护计划调整文档，调整前后过程及调整原因记录； 2. 引起设备调整的设备状态检测结果记录。
		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；	1. 基于设备管理系统的设备维护状态记录 2. 设备点巡检、维护保养、维护记录
		d)采用信息系统建立了电子化设备台账和设备档案。	1. 电子文档形式的设备台账及设备档案。
	三级	a)应实现设备关键运行参数数据的实时采集、故障分析和远程诊断； 示例：如温度、电压、电流等。	1. 基于在线运行分析系统的设备性能模型； 2. 基于设备监控预警系统的动静电仪设备状态、介质、工艺等运行参数及状态监控界面； 3. 设备实际效率和能耗核算功能，及其与设计指标的偏差分析功能及应用记录； 4. 系统中设备运行分析、故障诊断、操作优化等功能及记录。
		b)应依据设备关键运行参数等，实现设备运行效率、运行时长等关键KPI统计；	1. 典型设备状态分析和效能分析界面； 2. 设备运行效率、运行时长等关键KPI计算方式及历史记录。
		c)应建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成；	1. 大型旋转机组和关键机泵的故障诊断模型与知识库； 2. 基于腐蚀诊断与评估系统的静设备腐蚀工艺流程图和腐蚀机理模型； 3. 设备故障知识库功能及设备管理系统集成方式； 4. 基于故障知识库的维护建议记录。
		d)应依据设备运行状态，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。	1. 基于可靠性分析工具制定设备的维修维护策略； 2. 基于维护策略自动生成的检修维护计划及工单； 3. 维修策略执行情况记录及对进行评价、分析、优化的相关记录。
	四级	a)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；	1. 设备专家诊断平台； 2. 触发专家系统应用改点信号及相关测点信号的自动诊断报告推送记录。
		b)应基于设备综合效率的分析，工艺优化和生产作业计划优化提供合理化建议。	1. 设备综合效率不同表现时信息系统响应记录； 2. 基于设备运行监控的针对设备运行分析、故障诊断、操作优化等的方面的数据支撑与建议记录； 3. 对设备报警信息进的分级与推送记录； 4. 设备综合效率异常时相应调度指令和工艺调整的记录。
	五级	a)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。	1. 自主的预测性维护解决方案生成策略； 2. 自主的预测性维护解决方案生产记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
安全 环保	一级	a) 应制定企业安全管理机制和环保管理机制，具备安全操作规程；	1. 安全管理机制和环保管理机制文件； 2. 安全操作规程文档。
		b) 企业应制定环保监测工作计划，开展日常监测；	1. 环保监测工作计划文档； 2. 环保日常监测记录。
		c) 应制定环保管理机制及操作规程；	1. 环保管理机制及操作规程文档。
		d) 应制定企业固废处理处置台账，实现固废合规处置。	1. 固废处理处置台账及固废处置纪录文档。
	二级	a) 应通过信息技术手段实现员工职业健康管理；	1. 员工职业健康档案、体检记录，含职业病危害检查； 2. 重大危险源安全规范，特种作业资格证、安全作业记录文件管理； 3. 基于监测设备的生产作业场所粉尘、噪声等职业危害因素的自动监测功能及有毒有害气体在线监测； 4. 基于地理信息平台的超标的职业危害因素实现报警展示功能（佩戴劳保防护用品等）； 5. 基于地理信息系统的职业危害监测点基本信息、监测数据展示界面。
		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。	1. 经批复的环境影响评价报告； 2. 环保处置设备、监测装置的现场安装情况； 3. 环保数据采集记录。
	三级	a) 应建立安全培训、风险管理等知识库；在现场作业端应用人员识别/定位跟踪等方法，强化现场安全管控；	1. 安全培训、风险管理知识库分类内容； 2. 现场作业应用的安全防范技术措施； 3. 作业票证移动签发情况：包括作业项目预报、作业票证移动定位签发、实时地图展示； 4. 基于系统的作业现场移动检查功能及应用记录：包括检查标准设置、检查任务的闭环管理、作业人员资质巡查、视频监控地图与巡视监察等； 5. 基于系统的施工作业现场人员和监护人员的实时定位与动态监控功能及记录：包括作业人员进出监控、作业人员区域定位监控、监护人员实时定位； 6. 施工作业现场视频监控系统。
		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；	1. 环保数据采集设备、监控和预警系统； 2. 环保数据采集和监控覆盖的范围； 3. 环保治理设施预警模型； 4. 环保信息地图模型等可视化工具； 5. 污水排放管控可视化模型； 6. 基于二、三维台的平探伤作业预警可视化功能及应用记录； 7. VR培训/应急演练/直播系统。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南	
安全环保	三级	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;	1. 企业应急指挥中心/消防控制室建设情况, 以及部署的应急措施; 2. 系统中自动给出应急预案的记录。	
		d) 应建立危废暂存和转移处置的全过程监管。	1. 危废暂存和转移处置的全过程监管管理制度文件; 2. 演示危废暂存和转移处置系统; 3. 危废暂存和转移处置的全过程监管及时记录。	
	四级	a) 应基于安全作业、风险管控等数据的分析, 实现危险源的动态识别、评审和治理;	1. 危险源监控动态识别技术; 2. 基于数据分析的危险源动态识别模型、评审和治理过程。	
		b) 应利用各类感知层数据, 实现生产过程中的各类异常事件的实时识别;	1. 有毒有害气体监测设备安装情况及其数据采集记录; 2. 基于监控平台的有毒有害气体监测数据的汇集记录。	
		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。	1. 生产装置与环保指标相关性模型; 2. 基于数据分析模型的排放点超标情况预测预警功能及应用记录。	
	五级	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;	1. 系统中生产安全一体化管理知识库; 2. 用于生产安全一体化管理的大数据分析工具。	
		b) 应建立安全分析模型, 利用过往数据建立模型, 指引安全活动安排, 并建立预测分析;	1. 安全分析模型; 2. 安全分析模型引导安全活动安排及监理预测分析的系统记录。	
		c) 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。	1. 生产装置预警模型及环保、生产、设备建立相关性分析功能及应用记录; 2. 生产装置环保指标与工艺点的预警联动功能及应用记录。	
	仓储配送	一级	a) 应制定仓储(罐区)管理规范, 实现出入库、盘点和安全库存等管理;	1. 仓储(罐区)管理规范文档。
			b) 应基于管理分类和规范要求, 实现仓储合规管理;	1. 出入库、盘点和安全库存等管理过程记录。
c) 应基于调指令实现原材料、中间品、产成品输送管理。			1. 调度指令记录文档; 2. 原材料、中间品、产成品输送管理记录。	
二级		a) 应基于条码、二维码、RFID等, 实现出入库管理;	1. 仓库出入库环节物料或产成品应用条码、二维码、RFID等标识技术的作业现场。	
		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;	1. 仓储管理系统; 2. 库位条码标记; 3. 基于系统现的货物出入库、库位分配和移库管理流程。	
		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;	1. 物流领料单或配送单的单据及其流转记录; 2. 仓储管理系统中接受及时配送的请求方式。	
		d) 适用时, 应建立罐区管理系统, 实现储罐中介质相关数据的实时采集和分析。	1. 罐区管理系统罐区管理功能; 2. 罐区介质数据采集和分析界面。	

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
仓储配送	三级	a) 应基于仓储管理系统与制造执行系统集成, 依据实际生产作业计划实现半自动或自动出入库管理;	1. 领料单、配料单; 2. ERP、WMS、MES单据同步。
		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;	1. 应用射频遥控数据终端、声控或按灯拣货等手段的企业在入库和拣货环节现场。
		c) 应通过配送设备和信息系统集成, 实现关键件及时配送; 示例: 如AGV、桁车、手持终端等;	1. 基于信息系统集成的配送设备 (AGV、桁车、手持终端等) 应用现场。
		d) 适用时, 应通过传感器, 将罐区相关信息自动采集至罐区管理系统, 对储罐状态进行实时监测, 储罐状态异常时可自动报警, 避免冒罐事故发生。	1. 罐区管理系统相关功能界面 (实时监测信息、报警规则及历史报警信息等, 异常相应机制和处理方法)。
	四级	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;	1. 基于信息系统的数字化仓库的库存信息以确认集成情况; 2. 通过生产线物料预警出发物料出入库、实时配型到生产单元的现场状况。
		b) 应建立仓储模型和配送模型, 实现库存和路径的优化;	1. 依据库存分析模型, 优化物料库存种类或库存量的案例; 2. 依据数据统计分析模型或仿真优化配送路径的案例。
		c) 适用时, 应根据储罐状态实时数据进行趋势预测, 结合知识库自动给出纠正和预防措施。	1. 罐区异常趋势预测界面; 2. 储罐状态参数与知识库对应关系; 3. 自动给出纠正和预防措施的记录。
	五级	a) 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;	1. 集成优化策略; 2. 演示企业与上游供应链集成优化系统; 3. 最优库存或即时供货的系统应用记录。
		b) 适用时, 应通过智能仪表、互联网、云计算和大数据技术, 实现罐区阀门自动控制, 实现无人罐区。	1. 罐区阀门自动控制系统; 2. 罐区阀门自动控制现场效果。
	能源管理	一级	a) 应建企业能源管理体系开展主要能源的数据采集和计量;
二级		a) 应通过信息技术手段, 对主要能源的产生、消耗点开展数据采集和计量;	1. 能源数据采集和计量方式; 2. 对水、电、蒸汽等介质的产耗数据采集和计量记录。
		b) 应建立水电气等重点能源消耗的动态监控和计量;	1. 重点能耗数据监控和计量方式; 2. 基于能源计量检测仪表、DCS自动化系统及实时数据库等信息技术手段的重点能源数据采集及在线能效监控功能及应用记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
能源管理	二级	c) 应实现重点高能耗设备、装置、系统等的动态运行监控；	1. 企业高能耗设备运行现场； 2. 高能耗设备、系统的动态运营监控系统界面。
		d) 应对有节能优化需求的设备装置、开展实时计量，并基于计量结果进行节能改造；	1. 演示如何对设备进行实时计量； 2. 提供节能改造案例及相关证明材料，信息输入是否来源于对设备的计量和用能分析。
		e) 应开展碳排统计与核算，制定减排计划及目标。	1. 碳排统计与核算记录。
能源管理	三级	a) 应对高能耗设备、装置能耗数据进行统计与分析，实现能耗指标的计算、制定合理的能耗评价指标；	1. 基于能耗分布地图等工具的企业、工厂所属下层区域及重大耗能装置能耗情况展示界面； 2. 基于能源仪表盘等工具的水、电、蒸汽等介质的产耗分析，动力优化总成本优化分析，重要装置能耗对标分析，重要能耗指标情况，计量仪表情况，能源结构分析等功能及相应记录； 3. 重点耗能设备监控系统：对包括建立的能源指标与自身达标值、历史同期值及运行效率进行比对和分析功能应用记录；对重点设备运行指标的数据波动、差异及变化趋势进行跟踪和分析功能记录。
		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；	1. 能源管理信息系统：全能源综合平衡监控功能及其应用记录。
	c) 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。	1. 生产管理系统中的能源统计分析相关数据； 2. 企业集成架构图； 3. 其它相关系统中基于能耗数据的决策支持环节。	
	四级	a) 应建立能流工厂模型，实现能流的精细化和可视化管理；	1. 基于能流实物平衡图等可视化工具或模型的能源供、产、输、转、耗各环节的能源实物流向分析功能及应用记录； 2. 基于能量平衡图等可视化工具或模型的能源供、产、输、转、耗各环节的能量流向分析功能及应用记录。
b) 应根据能效评估结果及时对空压机、锅炉、汽轮机等高耗能设备及换热网络进行技术改造和更新；		1. 高能耗设备技术改造和更新案例； 2. 相应节能改造技术、商务证明文件。	
c) 建立能源介质优化模型、开展节能优化，指导操作运行。		1. 能源系统优化调度模型； 2. 基于能源优化平台的各种能源介质的优化调度和分配方案； 3. 基于能源优化平台的主要能源系统（燃料气、氢气、蒸汽、电力、水系统等）的优化调度和运行功能及应用记录。	

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
能源管理	五级	a) 应实现能源的动态预测和平衡，并指导生产。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基于历史数据以及实时数据的能效指标分析模型及趋势分析工具及其应用记录； 2. 用于辅助操作人员准确处理报警事件的能源数据预警分析工具及其应用记录； 3. 用于指导生产进行优化调整的能耗影响因素分析工具及其应用记录； 4. 用于优能源指标的大数据模型及历史数据回归等核心算法及其应用记录。
生产作业—操作	一级	a) 应制定生产装置巡检制度和操作规程，并有效执行；	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生产装置巡检制度和操作规程文档； 2. 生产装置巡检记录。
		b) 应记录生产装置生产过程信息，包括但不限于操作日志、巡检记录、物料能耗数据、三剂辅料数据等。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生产装置的生产过程信息记录，至少包括操作日志、巡检记录、物料能耗数据、三剂辅料数据等。
	二级	a) 应通过信息系统，将操作指令及岗位巡检计划及时下发到操作岗位，并通过系统反馈操作和巡检结果；	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基于信息系统的操作指令及岗位巡查计划下达情况； 2. 基于系统的操作岗位对指令及岗位巡查计划的接受情况； 3. 基于系统的操作岗位反馈操作和巡查结果记录。
		b) 应通过信息系统，实现生产过程中人、机、料、法、环、测数据自动采集及确认。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基于信息系统的生产过程中人、机、料、法、环、测数据自动采集方式； 2. 基于信息系统的生产过程中人、机、料、法、环、测数据自动采集记录。
	三级	a) 基于操作指令和结构化操作规程，记录并跟踪操作执行过程；	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作指令和结构化操作规程文档； 2. 操作执行过程记录。
		b) 基于生产现场数据开展实时动态监控，自动生成异常或问题记录，支持操作人员开展原因分析并形成操作经验知识库。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基于系统的实时动态监控功能（自动生成的异常或问题系统记录）； 2. 基于系统的异常或问题形成原因的分析记录； 3. 基于系统的操作经验知识库。
	四级	a) 借助AR等技术应用，开展现场操作过程监控，基于操作经验知识库辅助现场操作，并支持开展远程协助指导岗位进行紧急处置；	<ol style="list-style-type: none"> 1. AR等等操作过程监控设备； 2. 操作经验知识库； 3. 远程协助指导岗位进行紧急处置的系统功能及记录。
		b) 基于装置预警预测模型，自动推送装置工艺、设备、质量、环保等预测预警信息，辅助开展定向巡检。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 装置预警预测模型； 2. 系统中的装置工艺、设备、质量、环保等预测预警信息的推送功能及应用记录； 3. 查验系统中的定向巡检功能及应用记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
生产作业一操作	五级	a) 基于机器人应用，通过远程操作或自动控制，借助机械臂及各种传感器，实现现场无人操作及无人巡检。	1. 用于生产操作的机器人现场运行状况； 2. 无人操作及无人巡检现场执行情况。
生产作业一工艺	一级	a) 应制定工艺变更相关规范，并有效执行；	1. 工艺变更相关规范文档。
		b) 应记录关键工序的生产过程信息。	1. 键工序的生产过程信息记录文档。
	二级	a) 应通过信息技术手段，将工艺文件下发到生产单元；	1. 工艺文件下发流程及下发技术方式； 2. 工位终端的现场应用情况； 3. 工艺文件； 4. 工艺终端联网访问工艺部门文件服务器的方式。
		b) 应基于信息技术手段，实现生产过程关键物料、设备、人员等的数据采集，并上传到信息系统；	1. 物料、设备、人员等信息的采集方式，数据采集与录入功能； 2. 基于生产任务的信息系统物料、设备、人员信息的历史记录。
		c) 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；	1. 关键工序采用数字化检测手段及设备；采集的参数； 2. 质量检测参数记录方式和历史记录； 3. 质量分析表现形式，分析结果、质量报告。
		d) 应通过信息系统记录工艺变更过程相关信息，可根据变更流程进行过程追溯。	1. 查验工艺变更过程的系统功能及变更历史记录。
		a) 应根据生产作业计划，自动将工艺文件下发到各生产单元；	1. 现场终端信息系统内工艺文件呈现方式； 2. 同一工位根据不同生产计划或产品调用的工艺文件。
		b) 应建立报警管理相关系统，可及时统计报警信息和生产异常，同时定期监控报警处置情况；	1. 查验专门的报警管理系统或系统中的报警管理功能模块； 2. 基于系统的报警信息和生产异常的统计记录； 3. 基于系统的报警处置记录。
	三级	c) 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检测和在线分析，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；	1. 数字化质量检验设备与系统集成方式； 2. 在线监测、判读、数据在线分析功能及应用记录； 3. 质量检测数据记录与质量问题记录共享情况； 4. 质量知识库表现形式，知识内容及知识分类方式。
		d) 应实现生产过程中原材料、半成品、产成品等质量信息可追溯。	1. 信息系统中原材半成品、产成品的质量信息追溯情况。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
生产作业—工艺	四级	a) 应根据生产作业计划, 自动将生产程序、运行参数或生产指令下发到数字化设备;	1. 生产设备程序管理涉及的信息系统或服务器; 2. 数字化设备基于计划自动获取生产程序、运行参数过程; 3. 实现程序自动下发的设备覆盖范围。
		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;	1. 生产数据采集的实时性, 数据同步导入分析模型演示; 2. 分析模型优化机理, 系统中模型配置展现方式; 3. 数据分析结果优化生产过程实践案例。
		c) 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;	1. 质量预测模型逻辑与机理, 模型迭代数据来源; 2. 信息系统质量预测模型配置, 预测异常案例, 预警触发演示。
		d) 应实时采集产品原料、生产过程、客户使用的质量信息, 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。	1. 信息系统查询指定产品的原料、生产、客户使用的质量信息; 2. 基于质量问题分析结果和缺陷的生产改善案例。
	五级	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;	1. 基于系统的生产资源自组织、自优化功能机器应用记录。
		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;	1. 人工智能、大数据等技术相关工具; 2. 生产过程非预见性异常的自动调整功能及应用记录。
		c) 应基于模型实现质量知识库自优化。	1. 基于系统的质量知识库; 2. 质量知识库功能及应用记录。
生产作业—质量	一级	a) 依据产品标准, 应制定检验计划、质量管控相关规范, 并有效执行;	1. 产品标准文件; 2. 质量检查计划文档; 3. 质量管控相关规范。
		b) 应记录关键工序的生产过程信息。	1. 关键工序的生产过程信息记录。
	二级	a) 应通过信息技术手段, 将产品标准、检验计划、质量管控、检验化验相关规范文件下发到生产单元;	1. 产品标准、检验计划、质量管控、检验化验等相关规范文件的下发方式。
		b) 应基于信息技术手段, 实现生产过程关键物料、设备、人员等的数据采集, 并上传到信息系统;	1. 生产过程关键物料、设备、人员等的数据采集方式; 2. 系统中关键物料、设备、人员等的接收结果。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
生产作业—质量	二级	c) 应在关键工序采用数字化质量检测设备, 实现原辅料、中间品、产品质量检测和分析;	1. 基于数字化检测手段/设备采集参数的关键工序现场; 2. 质量检测参数的历史记录; 3. 质量分析表现形式, 分析结果记录、质量报告。
		d) 应通过信息系统记录生产过程产品质量信息, 实现生产过程追溯。	1. 完整的实验室综合管理和质量监控系统, 主要功能: 生产各个环节的数字化质量跟踪与分析、质量问题精准检验, 全过程质量管控等功能及应用记录。
	三级	a) 应通过信息系统, 将产品标准、检验计划、质量管控、检验化验相关规范文件下发到生产单元;	1. 基于系统的产品标准、检验计划、质量管控、检验化验相关规范文件下发方式。
		b) 应实现对生产作业计划、生产资源、质量信息等关键数据的动态监测;	1. 基于信息系统的生产作业计划, 生产资源, 质量信息监控界面; 2. 动态监控结果异常记录。
		c) 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检测和在线分析, 自动对检验结果判断和报警, 实现检测数据共享, 并建立原辅料、中间品、产品质量问题知识库;	1. 基于生产现场数字化质量检验设备与系统集成的主要原料、馏出口/半成品、产成品质量数据发布功能及记录 (提供生产装置查询数据, 提供质检员打印质量合格证); 2. 质量知识库表现形式。
		d) 应实现生产过程中原材料、半成品、产成品等质量信息可追溯。	1. 基于系统的原材料、半成品、产成品的质量信息追溯记录。
	四级	a) 应根据产品标准, 将检验计划、质量管控、检验化验相关规范自动下达到实验室分析系统, 并自动跟踪相关规范的执行;	1. 实验室系统中检验计划、质量管控、检验化验相关规范的下发情况; 2. 系统中检验计划、质量管控、检验化验相关规范的执行记录。
		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;	1. 基于系统的样品化验分析及相关分析结果记录; 不同的样品种类分级审核功能及记录; 2. 基于化验结果的指标对照分析功能及记录; 3. 基于样品合格判定或判定等级的质量监督分析结果处置记录。
		c) 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;	1. 质量预测模型逻辑与机理, 模型迭代数据来源; 2. 信息系统质量模型配置, 预测异常案例, 预警触发功能及记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
生产作业—质量	四级	d) 应实时采集产品原料、生产过程、客户使用的质量信息，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。	1. 基于系统的原料、生产、客户使用的质量信息； 2. 基于质量问题分析结果和缺陷的生产改善记录。
	五级	a) 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；	1. 人工智能、大数据等技术相关工具； 2. 基于系统的生产过程非预见性异常自动调整功能及应用记录。
		b) 应基于模型实现质量知识库自优化。	1. 基于系统的质量知识库自优化功能及应用记录。
生产作业—控制与优化	一级	a) 应制定生产装置的操作规程，生产操作人员根据规程，借助集散控制系统，对生产装置的流量、温度、压力、液位和成分等参数进行调节；	1. 生产运行的操作规程； 2. 集散控制系统； 3. 基于单参数控制回路的参数调节功能及记录。
		b) 应根据生产装置的各种仪表，记录生产过程中的主要参数数据。	1. 生产装置相关仪表； 2. 生产运行过程中的主要参数数据记录。
		a) 应注重对集散控制系统中控制参数的调整，提升对生产装置的控制精度；	1. 基于集散控制系统的控制参数的调整功能及应用记录。
	二级	b) 应针对生产装置的运行特征，采用较为复杂的控制策略，实现生产装置的平稳控制；	1. 基于复杂的控制策略的生产装置平稳控制功能及应用记录。
		c) 应采用在线分析仪，对原料、产品等关键环节的物料进行在线分析，实现物料指标的在线检测；	1. 在线分析仪； 2. 物料指标在线检测功能及应用记录。
		d) 应建立实验室信息管理系统LIMS，用于记录生产过程的进料、中控和产品化验分析信息，实现化工产品粉料、颗粒形态产品的追溯。	1. 实验室信息管理系统LIMS； 2. 生产过程的进料、中控和产品化验分析信息记录； 3. 工产品粉料、颗粒形态产品的追溯功能及应用记录。
		a) 应动态监控生产计划、原料、质量指标等，并通过不同控制策略应对生产中的变化；	1. 生产计划、原料、质量等指标的动态监控功能及应用记录。

表4 生产能力成熟度要求及评估指南（续）

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
生产作业—控制与优化	三级	b) 应采用多变量协调控制技术,以应对生产装置操作中大滞后、强耦合和非线性特征的被控对象,确保产品质量的合格;	1. 基于多变量协调控制技术的生产过程进变量协调控制功能及应用记录; 2. 产品质量控制。
		c) 应利用先进数据建模技术,开发质量指标软测量仪表,并利用在线分析仪的数据对模型进行定期校正,为生产装置的优化和控制提供准确的质量指标数据。	1. 数据建模技术与工具; 2. 质量指标软测量仪表; 3. 基于线分析仪的模型校正功能及应用记录。
		a) 应利用负反馈原理、大数据分析等先进技术,实现生产装置控制参数的性能监测和在线调整;	1. 控制监测建模先进技术应用; 2. 生产装置控制参数的性能监测和在线调整功能及应用记录。
	四级	b) 应建立基于机理模型的实时优化系统,将原料性质变化、设备特性、产品指标和价格体系等融入装置模型中,按照效益最大化(成本最小化)为优化目标,动态优化、调节生产运行参数;	1. 基于机理模型的实时优化系统; 2. 动态优化、生产运行调节功能及应用记录; 3. 实时优化系统融入原料性质变化、设备特性、产品指标和价格体系等。
		c) 应基于在线分析的质量数据,实时校正软测量仪表,并通过软测量仪表计算的数据,预测生产过程的异常工况并预警。	1. 质量数据在线分析功能及应用记录; 2. 软测量仪表实时校正功能及应用记录; 3. 生产过程异常工况预测预警功能及应用记录。
		a) 应按照产品生产链条,实现多套生产装置的区域优化和协同控制;	1. 面向多套生产装置的区域优化协同控制系统。
	五级	b) 应实现生产装置优化和控制模型的自校准功能,随着生产装置运行状态的变化,模型自主学习和校准;	1. 生产装置优化和控制模型的自校准功能及应用记录。
		c) 应实现生产过程优化和控制的“零手动”,综合自动控制、人工智能、线性规划等技术,开展自主控制系统的应用。	1. 自主控制系统及其使用记录。

6.4.2 物流

物流能力要素按照成熟度等级可划分为不同等级要求和评估指南，见表5。

表5 物流能力成熟度要求及评估指南

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
物流	一级	a) 应根据运输订单和经验，制定运输计划并配置调度；	1. 运输计划文档。
		b) 应对车辆和驾驶员进行统一管理；	1. 车辆和驾驶员信息记录。
		c) 应对物流信息进行简单跟踪。	1. 物流信息跟踪记录。
	二级	a) 应通过运输管理系统实现订单、运输计划、运力资源、调度等的管理；	1. 运输管理系统或包含运输管理模块的其它业务系统； 2. 系统中订单、运输计划、运力资源、调度等的管理功能及应用记录。
		b) 应通过电话、短信等形式反馈运输配送关键节点信息给管理人员。	1. 系统中的运输状态、未知等运输配送关键节点信息推送功能及应用记录。
	三级	a) 应通过仓储(罐区)管理系统和运输管理系统的集成，整合出库和运输过程；	1. 基于系统集成的历史运输订单出库和运输过程的数据流； 2. WMS与TMS的集成情况、集成程度以及出库、运输过程业务整合情况； 3. 系统中业务执行过程的效率、成本、数据统一等管控情况。
		b) 应实现运输配送关键节点信息跟踪，并通过信息系统将信息反馈给客户；	1. 运输管理系统中历史订单或当前配送订单； 2. 系统中货物运输配送过程在途轨迹、位置、状态等关键节点信息跟踪实现情况； 3. 关键节点信息反馈至客户或客户共享的功能实现情况、历史记录等。
		c) 应通过运输管理系统，实现拼单、拆单等功能。	1. 基于运输管理系统的业务场景的拼单、拆单等异常处置机制、流程和功能实现过程、历史记录等。
	四级	a) 应实现生产、仓储配送(管道运输)、运输管理多系统的集成优化；	1. 基于WMS、TMS、MES等系统集成的运输订单生成过程、历史运输订单出库及运输过程、人员及车辆调度管理过程记录及应用深度。
		b) 应实现运输配送全过程信息跟踪，对轨迹异常进行报警；	1. 基于系统的当前在途运输订单的相关信息全程跟踪记录； 2. 异常判断规则、识别原则等； 3. 系统中历史订单轨迹异常报警记录。
		c) 应基于模型，实现装载能力优化以及运输配送线路优化。	1. 软件/系统/算法/模型等优化工具； 2. 优化记录及成效提升测算依据。
	五级	a) 应通过物联网和数据模型分析实现物、车、路、用户的最佳方案自主匹配	1. 物联网应用现场； 2. 基于系统的数据模型最佳方案自主匹配功能及应用记录。

6.4.3 销售

销售能力要素按照成熟度等级可划分为不同等级要求和评估指南，见表6。

表6 销售能力成熟度要求及评估指南

能力域	成熟度等级	成熟度要求	评估指南
销售	一级	a)应基于市场信息和销售历史数据，通过人工方式进行市场预测，制定销售计划； 示例：如区域、型号、产品定位、数量等。	1. 销售计划文档。
		b)应对销售订单、销售合同、分销商、客户等信息进行统计和管理。	1. 销售信息统计和管理记录。
	二级	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；	1. 销售系统； 2. 销售计划编制功能。
		b)应通过信息技术手段实现分销商、客户静态信息和动态信息的管理。	1. 分销商、客户信息表； 2. 相关报表。
	三级	a)应根据数据模型进行市场预测，生成销售计划；	1. 销售数据模型及相应案例； 2. 利用市场预测制定销售计划的见证性材料（系统、平台、关联性）。
		b)应与采购、生产、物流等业务集成，实现客户实际需求拉动采购、生产和物流计划。	1. 销售与采购、生产、物流等相关业务集成情况（流程/机制/系统/平台）； 2. 按客户实际需求拉动采购、生产、物流计划执行情况（流程/机制/系统/平台）。
	四级	a)应通过对客户信息的挖掘分析，优化客户需求预测模型，制定精准的销售计划；	1. 客户需求预测模型及相应案例； 2. 销售计划准确率的见证性材料（原计划/实际数据）。
		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；	1. 线上线下销售订单统管理的系统展示。
		c)应根据客户需求变化情况，动态调整、采购、生产物流等方案。	1. 基于客户需求变化动态调整的案例（流程/机制/系统/平台）。
	五级	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；	1. 系统查验大数据、云计算和机器学习等技术相关工具； 2. 应用新技术实现精准营销的系统功能及应用记录。
		b)应实现产品从接单、答复交期、生产、发货到回款全过程自动管理的销售模式。	1. 演示全过程自动管理的销售功能机应用记录。

6.4.4 服务

服务能力要素按照成熟度等级可划分为不同等级要求和评估指南，见表7。

表7 服务能力成熟度要求及评估指南

能力子域	成熟度等级	成熟度要求	具体评估内容
客户服务	一级	a) 应制定客户服务规范，并有效执行；	1. 客户服务规范文档；
		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。	1. 客户服务信息统计记录； 2. 客户服务信息分享记录。
	二级	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；	1. 客户反馈渠道/客户满意度评价； 2. 服务体系/流程的相关文件； 3. KPI绩效考核指标。
		b) 应通过信息系统实现客户服务管理，对客户信息进行统计并反馈给相关部门。	1. 客户服务系统； 2. 客户服务报表； 3. 相关部门的报表查看权限或纸质报表的签收单。
	三级	a) 应通过客户服务平台或移动客户端等实时提供在线客服。	1. 客户服务平台/移动客户端在线服务软件/系统/平台。
		b) 应具有客户服务信息数据库及客户服务知识库，实现与客户关系管理系统的集成。	1. 客户服务信息数据库； 2. 客户服务知识库； 3. 客户关系管理系统。
	四级	a) 应实现面向客户的精细化管理，提供主动式客户服务；	1. 客户信息管理； 2. 主动式客户服务案例。
		b) 应建立客户服务数据模型，实现满足客户需求的精准服务。	1. 服务数据模型，需提供案例证明材料； 2. 客户需求判断台账； 3. 精准服务的案例。
	五级	a) 应采用服务机器人实现自然语言交互、智能客户管理，并通过多维度的数据挖掘，进行自学习、自优化。	1. 服务机器人的自然语言交互、智能客户管理功能； 2. 服务机器人的数据挖掘、早学习、自由化工具； 3. 服务机器人自学习、自由化功能及应用记录。

7 评估权重

根据石化行业制造业企业的业务特点，给出了企业主要评估域及推荐权重，如表8所示。

表 8 石化行业制造业企业主要评估域及权重

能力要素	能力要素权重	能力域	能力域权重	能力子域	能力子域权重	能力子域要素	能力子域要素权重		
人员	6%	组织战略	50%	组织战略	100%	/	/		
		人员技能	50%	人员技能	100%	/	/		
技术	11%	数据	46%	数据	100%	/	/		
		集成	27%	集成	100%	/	/		
		信息安全	27%	信息安全	100%	/	/		
资源	15%	装备	67%	装备	100%	/	/		
		网络	33%	网络	100%	/	/		
制造	68%	生产	67%	采购	12%	/	/		
				计划与调度	14%	/	/		
				生产作业	23%	操作	25%		
						工艺	25%		
						质量	25%		
						控制与优化	25%		
				设备管理	15%	/	/		
				安全环保	12%	/	/		
				仓储配送	12%	/	/		
				能源管理	12%	/	/		
				物流	15%	物流	100%	/	/
				销售	15%	销售	100%	/	/
服务	3%	客户服务	100%	/	/				