ICS 35.240.99
CCS P 72



团　　体　　标　　准

T/CACEC　000X—202X

化工企业智慧化建设标准

Standard for Intelligent Development of Chemical Enterprises

（征求意见稿）

202X-XX-XX 发布　　202X-XX-XX 实施

中国化工建设企业协会　发布

中 国 标 准 出 版 社 出版

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。

本文件由中国化工建设企业协会提出并归口。

本文件起草单位：赛鼎工程有限公司、×××××××、×××××××、×××××××、×××××××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××、×××、×××、×××、×××。

引 言

化工企业正面临安全管控刚性约束趋紧、能耗与碳排放约束持续强化、多专业系统“烟囱式”建设导致数据割裂等多重挑战。物联网、人工智能、大数据、数字孪生等新一代信息技术与化工生产过程的深度融合，为破解上述问题提供了技术路径，但行业内长期缺乏覆盖“感知—网络—平台—应用—治理—运维”全链条的统一建设依据，不同企业在智慧化规划、选型、验收和评估中口径不一，低水平重复建设与“重建轻用”现象并存。

编制本文件的目的是：为石油化工、煤化工、精细化工等化工企业的新建、改建、扩建项目及在役设施智慧化建设提供统一的技术架构、系统组成要求和分级建设指标；使企业在统一框架下按成熟度等级确定建设内容，实现“规划可依、选型可比、验收可量、运维可循”。

本文件采用“标准主体＋分级副本”的结构。第 3 章至第 11 章为主体部分，规定感知层、网络层、平台层、应用层的建设框架、各系统组成与通用技术要求，以及绿色低碳、数据治理、实施验收和运维要求；附录 A 为规范性附录，给出五个智慧化成熟度等级对应的系统选型清单与量化指标，供设计人员、建设单位与施工人员按级别直接选用与验收。这种“主体定规则、附录定刻度”的安排，旨在使标准既能覆盖建设的全要素，又能在具体等级上具备可操作性和可核查性。

本文件将智慧化成熟度划分为规划级、规范级、集成级、优化级、引领级五个等级，与 GB/T 39116《智能制造能力成熟度模型》的成熟度等级建立对应关系，并与智能工厂梯度培育的“基础级—先进级—卓越级—领航级”形成对标衔接（详见附录 B）。等级划分的功能在于引导企业按现状定起点、按目标定内容，而非将“高等级”作为唯一追求；各级别的要求均可独立适用，较高级别涵盖低级别全部要求。

本文件中的人工智能、工业大模型、数字孪生等技术要求属于建设方向性要求，其中涉及生产控制和安全保护的模型输出，均以辅助决策为定位，未经安全论证和审批不得直接用于闭环控制。感知层的 SIS 等安全保护系统、网络层的安全分区与边界防护、平台层的人工智能模型输出边界，均涉及化工过程安全的底线约束。相关条款的落地应优先服从安全仪表功能独立性、工业控制系统信息安全等级保护等既有强制性或法定要求，不以智慧化成熟度等级替代安全合规性判断。

目　录

前　言 2

1　范围 1

2　术语和定义 1

3　智慧化建设总体架构 3

3.1　建设原则 3

3.2 总体架构 4

3.3　智慧化成熟度分级 5

4　感知层 5

4.1　感知层组成 6

4.2　感知层通用技术要求 6

4.3　感知层分级建设要求 7

5 网络层 7

5.1 网络层组成 7

5.2 网络层通用技术要求： 8

5.3　网络层分级建设要求 8

6　平台层 9

7　应用层（各专业系统建设要求） 12

7.1　生产管控系统 12

7.1.1　系统组成 12

7.1.2　功能要求 12

7.1.3　技术指标 13

7.1.4　分级建设要求 14

7.2　安全环保职业健康管理系统 14

7.2.1 系统组成 14
7.2.2 功能要求 15
7.2.3 技术指标 16
7.2.4 分级建设要求 17
7.3 设备管理系统 17
7.3.1 系统组成 17
7.3.2 功能要求 18
7.3.3 技术指标 18
7.3.4 分级建设要求 18
7.4 能源管理系统 19
7.4.1 系统组成 19
7.4.2 功能要求 19
7.4.3 技术指标 19
7.4.4 分级建设要求 20
7.5 供应链管理系统 20
7.5.1 系统组成 20
7.5.2 功能要求 20
7.5.3 技术指标 21
7.5.4 分级建设要求 21
7.6 实验室管理系统 21
7.6.1 系统组成 21
7.6.2 功能要求 22
7.6.3 技术指标 22
7.6.4 分级建设要求 22
7.7 经营管理系统 22
7.7.1 系统组成 22
7.7.2 功能要求 23
7.7.3 技术指标 23

7.7.4 分级建设要求 23
7.8 智能协作系统 23
7.10.1 系统组成 23
7.10.2 功能要求 24
7.10.3 技术指标 24
7.10.4 分级建设要求 24
8 绿色低碳与碳排放管理要求 25
8.1 一般规定 25
8.2 建设期能耗与碳排放控制（绿色建造） 25
8.3 运营期能耗与碳排放管理 26
8.4 分级建设要求 26
9 数据网络与数据治理要求 27
9.1 数据网络与数据治理 27
9.1.1 数据标准 27
9.1.2 数据质量 27
9.1.3 数据资产管理 27
9.2 数据安全与应用安全 27
9.3 分级建设要求 27
10 实施与验收规范 28
10.1 实施阶段 28
10.2 实施要求 28
10.3 验收条件与内容 28
10.4 验收程序 29
11 运营与维护要求 29
11.1 组织保障与制度建设 29
11.2 运维管理与持续优化 29
附录 A（规范性附录） 31
各等级智慧化系统选型与指标对照表 31

附录 B（资料性附录） 35
成熟度评估、智能工厂对标与建设路径建议 35
参考文献 37

化工企业智慧化建设标准

1 范围

本文件确立了化工企业智慧化建设的总体架构与智慧化成熟度分级，规定了感知层、网络层、平台层、应用层的建设框架、系统组成与技术要求，以及绿色低碳与碳排放管理、数据网络与数据治理、实施与验收、运营与维护的要求，并给出了按智慧化成熟度等级分级的系统选型与指标对照。

本文件适用于石油化工、煤化工、精细化工等化工企业新建、改建、扩建项目及在役设施的智慧化建设，覆盖规划、设计、实施、验收和运行维护各阶段。与化工生产装置直接关联的油气储运设施中储存、装卸、输送及安全监控环节的智慧化建设可参照使用。企业配套检验实验室的智慧化建设纳入本文件应用层范围。实验室规模的研究试验装置不适用于本文件。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1 化工企业智慧化 intelligent chemical enterprise

利用物联网、人工智能、大数据、云计算等新一代信息技术与化工生产过程深度融合，实现生产运营全面感知、预测预警、协同优化、科学决策，达成安全可控、高效节能、绿色低碳、柔性生产的现代化工厂运营模式。

2.2 智慧化成熟度 intelligent maturity

衡量化工企业智慧化建设与应用水平的等级划分，参照 GB/T 39116 和 HG/T 6346，自低向高分为规划级（一级）、规范级（二级）、集成级（三级）、优化级（四级）、引领级（五级）五个等级；较高级别涵盖低级别全部要求。

2.3 物联网平台 Internet of Things platform

面向工业现场设备和系统提供统一接入、协议适配、数据采集、设备管理和边协同服务的平台。

面向制造业数字化、网络化、智能化需求，基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的工业云平台。

2.4　数字孪生 digital twin

以数字化方式创建物理实体的虚拟模型，借助数据模拟物理实体在现实环境中的行为，通过虚实交互反馈、数据融合分析、决策迭代优化等手段，为物理实体增加或扩展新的能力。

2.5　预测性维护 predictive maintenance

基于设备运行状态数据和历史数据，运用数据分析和算法模型预测设备故障发生的可能性，在故障发生前进行针对性维护的方式。

2.6　边缘计算 edge computing

在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放平台，就近提供边缘智能服务。

2.7　融合通信 convergence communication

整合电话、扩音对讲、无线通信、会议系统、手持终端等通信资源，实现统一调度、协同联动、多渠道触达的通信系统。

2.8　工业大模型 industrial large model

面向化工行业场景，融合行业专业知识、历史数据与工艺机理模型训练形成的人工智能大模型，可应用于工艺知识问答、智能问数、报警辅助决策、操作票智能生成、视觉识别等场景。

2.9　无人值守 unattended operation

通过先进过程控制、智能巡检、机器视觉与工业大模型等技术，实现生产装置在正常工况下无需人工干预的连续自主运行，操作频次显著降低的运行方式。

2.10　黑屏操作 black-screen operation

装置运行平稳时，操作人员无需频繁操作，仅由控制系统自主维持生产、仅在异常或报警时才需人工介入的运行状态，是衡量装置先进控制水平的重要标志。

2.11　操作员仿真培训系统 operator training simulator（OTS）

以装置机理模型和三维场景为基础，模拟真实装置开停车、正常操作与异常处置过程，用于操作人员技能培训与考核的仿真系统。

2.12　碳排放 carbon emission

企业在生产、储运、辅助及其他运营活动中，直接或间接向大气排放的温室气体（以二氧化碳当量计）总量。

2.13　碳排放强度 carbon emission intensity

单位产品产量（或单位工业增加值）对应的温室气体排放量，是衡量企业低碳化水平的核心指标。

2.14　绿色建造 green construction

在工程建设项目勘察、设计、施工、试运行等全过程中，通过科学管理和技术进步，最大限度节约资源、降低能耗、减少碳排放和环境污染的建造方式。

2.15　数据治理 data governance

对数据标准、元数据、主数据、数据质量、数据目录、数据血缘和数据生命周期实施统一管理的活动。

2.16　人机协同 human-machine collaboration

人员与机器人、无人机、自动导引运输车等智能装备按照授权任务、作业区域和安全规则进行协同作业的方式。

3　智慧化建设总体架构

3.1　建设原则

a）统筹规划，分步实施：制定统一的智慧化建设总体规划，明确建设目标、技术路线和实施步骤，按成熟度等级分阶段有序推进；

b）标准引领，数据驱动：遵循统一的数据标准和技术规范，构建数据驱动的生产运营体系；

c）安全可靠，自主可控：建立完善的网络安全和数据安全保障体系，关键技术和设备优先采用国产化方案；

d）业务协同，融合创新：实现各业务系统互联互通、数据共享，推动业务模式创新和管理模式变革；

e）实用高效，持续优化：立足企业实际需求，注重建设实效，建立持续优化改进机制。

3.2 总体架构

化工企业智慧化建设采用“感知层—网络层—平台层—应用层”四层技术架构，并设置数据网络与标准规范体系、组织保障与运维管理体系。网络安全与信息安全作为网络层的组成部分，贯穿数据采集、传输、存储、处理、交换和应用全过程。总体架构见图 1。



图 1　化工企业智慧化建设总体架构图（含典型应用场景）

各层定位如下：感知层按工艺控制类、安防反恐类、通信类、在线监测类、智能装备类和便携终端类组织现场数据与设备接入；网络层由接入层、传输层以及网络安全与信息安全组成，承担现场设备接入、网络互联和安全防护；平台层由物联网平台、实时数据库、数据

治理平台、数据中台、数字孪生平台、GIS 平台、融合通信平台、人工智能平台和人机协同平台构成，提供设备连接、实时数据、数据治理、数据服务、空间信息、智能分析和人机协同能力；应用层面向生产管控、安全环保、设备管理、能源低碳、供应链、经营管理及其他专业业务，并通过智能协作实现人员与机器人、智能装备的任务协同。

3.3 智慧化成熟度分级

参照 GB/T 39116《智能制造能力成熟度模型》与 HG/T 6346《石化和化工行业数字化转型成熟度评估》，化工企业智慧化成熟度分为五个等级，较高级别要求涵盖低级别全部要求。各等级的基本特征见表 1。

表 1 化工企业智慧化成熟度等级划分

等级	名称	基本特征（参照 GB/T 39116、HG/T 6346）
一级	规划级	具备智慧化建设意识，完成基础和条件规划，核心业务活动实现流程化管理，生产过程以 DCS/SIS 等基础自动化为主。
二级	规范级	采用自动化、信息技术手段对核心装备和业务活动进行改造和规范，建成关键业务管理系统，实现单一业务活动的数据共享。
三级	集成级	具备智慧化总体规划并有序实施，完成装备、系统间的横向集成与纵向集成，实现跨业务活动间的数据共享与协同联动。
四级	优化级	对人员、资源、制造等数据进行挖掘，形成知识、模型和算法，实现对核心业务活动的精准预测和优化。
五级	引领级	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，衍生新的制造模式和商业模式，形成行业示范引领。

本标准的五个等级与 GB/T 39116《智能制造能力成熟度模型》的成熟度等级一一对应，并与工业和信息化部等六部门《智能工厂梯度培育要素条件》确立的智能工厂四档梯度（基础级、先进级、卓越级、领航级）形成对标关系：规范级对应基础级/先进级（成熟度二级及以上）、集成级对应卓越级（成熟度三级及以上）、优化级对应领航级（成熟度四级及以上），详见附录 B。

本标准第 4 章～第 7 章对感知层、网络层、平台层和各专业应用系统，第 8 章对绿色低碳与碳排放管理，第 9 章对数据网络与数据治理，均给出通用技术要求和分级建设要求；附录 A 给出各等级系统选型与指标的汇总对照表。企业可按现状评估等级、按目标等级确定建设内容。

4 感知层

4.1 感知层组成

感知层是智慧化建设的数据来源，应按感知对象和业务属性划分为工艺控制类、安防反恐类、通信类、在线监测类、智能装备类和便携终端类。各类设备可按实际功能交叉部署，但应明确主数据归属、接入责任和安全边界。

a）工艺控制类：DCS、PLC、SIS、BPCS、现场仪表、智能阀门、执行机构、分析仪表及控制系统 I/O 等，用于工艺过程测量、调节、联锁和控制。SIS 等安全保护系统应保持其独立性，不应以信息平台或人工智能平台替代其安全仪表功能；

b）安防反恐类：视频监控、周界入侵探测、电子围栏、门禁、车辆识别、人员定位、访客管理、反无人机探测（适用时）及相关报警设备；

c）通信类：调度电话、工业电话、扩音对讲、应急广播、无线集群终端、视频会议终端、通信基站及通信状态采集设备；

d）在线监测类：可燃/有毒气体探测器、火焰探测器、环境质量监测设备、污染源在线监测设备、设备振动/温度/腐蚀/声学监测、能源计量仪表及其他连续在线监测装置；

e）智能装备类：轨道式/轮式巡检机器人、操作机器人、特种作业机器人、AGV/AMR、智能仓储装备、无人机及其他具备自主或半自主作业能力的装备。机器人及智能装备应纳入智能协作体系统一管理，其本体传感器同时可作为感知数据源；

f）便携终端类：PDA、智能巡检仪、智能安全帽、便携式气体检测仪、布控球、移动作业终端、执法记录仪及其他现场移动采集终端。

4.2 感知层通用技术要求

a）关键工艺参数监测覆盖率应达到 100%，重大危险源监测覆盖率应达到 100%（监测覆盖率为通用底线要求，自动化采集率分级要求见表 A.4）；

b）数据采集频率应满足工艺控制和安全监控要求，关键参数采集间隔不大于 1 s；

c）感知设备应满足化工防爆、防腐、防尘、防水等环境适应性要求，防爆等级与安装区域匹配；

d）感知设备应支持标准化数据接口（Modbus、OPC UA、HART 等），便于系统集成；

e）计量器具应符合计量法规要求，按周期检定或校准。

4.3 感知层分级建设要求

感知层按成熟度等级的建设要求见表 2。

表 2 感知层分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成感知需求规划：DCS/SIS/GDS 基础检测；关键装置智能仪表选型；编制测点清单（I/O 清单）与仪表选型方案（参照 HG/T 20507）。	关键工艺参数自动化采集率≥90%；重大危险源监测覆盖率 100%。
二级 规范级	建成基础感知系统：智能仪表、GDS、视频监控、智能巡检仪、地磅无人值守感知设备按规范投用；开展仪表完好性管理。	生产数据自动采集率≥95%；视频监控覆盖重点区域 100%；巡检到位率≥95%。
三级 集成级	感知数据统一接入：人员定位（UWB/蓝牙）、设备状态监测（振动/腐蚀）、热成像、智能气体分析仪全面部署，数据接入平台层统一管理。	关键设备状态监测覆盖率≥60%；人员定位覆盖率≥90%；感知数据接入平台率≥90%。
四级 优化级	智能感知深化：AI 摄像机规模化部署（≥200 路 AI 分析）、无人机巡检、边缘计算节点部署，实现感知数据就地智能分析。	AI 视频分析场景≥10 类；边缘节点覆盖率≥80%（关键装置）；感知数据准确率≥99%。
五级 引领级	全域泛在感知：感知体系覆盖全产业链（供应商、物流、园区），新型传感（光纤、声纹、无人机巡检常态化）创新应用。	全域感知覆盖率≥98%；感知设备在线率≥99.5%；支撑产业链级数据服务。

5 网络层

5.1 网络层组成

网络层应由接入层、传输层以及网络安全与信息安全组成。网络架构应根据生产控制、生产管理、经营管理和外部互联等业务的实时性、可靠性及安全等级要求进行分区分域设计。

a）接入层：工业交换机、接入交换机、工业路由器、工业网关、协议网关、软网关、串口服务器及边缘接入设备；软网关应部署在经安全评估的工控主机或边缘计算节点上，不应绕过安全分区和边界防护要求；

b）传输层：工业控制网络、生产管理网络、办公信息网络、数据中心网络、光纤骨干网、工业无线网络（5G 专网、Wi-Fi、LoRa、蓝牙等）及必要的冗余链路；

c）网络安全与信息安全：工业防火墙、工业隔离装置/网闸、入侵检测与防御、主机和终端防护、身份认证、访问控制、安全审计、数据加密、备份恢复及安全监测设施；

d）网络管理：网络管理与监测系统、配置管理、资产管理、日志集中管理和故障定位工具。

5.2 网络层通用技术要求：

a）应依据工业控制系统安全防护要求实施分区分域和边界防护。生产控制网络、生产管理网络、办公网络及外部网络之间应按业务需要设置受控边界；跨安全区数据交换应采用经安全论证的单向传输、工业隔离装置、工业防火墙或其他适用措施，不应将“网闸”作为所有网络隔离场景的唯一方式；

b）网络带宽、时延、抖动、丢包率和可用性应根据业务等级、数据规模和控制周期进行设计。骨干链路宜采用冗余设计，关键控制链路应满足控制系统实时性和可靠性要求；

c）5G、Wi-Fi 等无线网络应开展覆盖、容量、漫游、抗干扰和安全性测试；无线网络不应用于替代依法依规应采用有线或独立安全回路的安全保护功能；

d）网络安全等级保护应按照适用法律法规和 GB/T 22239 等标准开展定级、备案、建设整改和测评；具体等级应以定级对象及主管部门要求为准，不宜仅按智慧化成熟度等级直接推定；

e）应建立网络资产台账、拓扑图、地址规划、配置备份、账号权限和变更管理制度，并对网络状态、链路质量和安全事件进行持续监测。

5.3 网络层分级建设要求

网络层按成熟度等级的建设要求见表 3。

表 3 网络层分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成网络架构规划：工控网/办公网分区规划、无线覆盖规划、等保定级（不低于二级）；网络安全设备选型。	网络拓扑规划覆盖率 100%；等保定级完成率 100%。
二级 规范级	建成基础网络：工业环网、核心交换冗余、防火墙/入侵检测部署、无线办公覆盖、网络管理平台上线。	网络可用性≥99.9%；等保测评达标（二级及以上）；关键链路冗余率 100%。
三级 集成级	网络集成升级：5G 专网或 Wi-Fi 6 全厂覆盖、工业隔离网闸部署、OT/IT 边界安全加固、融合通信网络整合。	网络可用性≥99.99%；无线覆盖≥95% 区域；等保三级测评达标；OT 边界防护覆盖率 100%。
四级 优化级	智能网络运维：零信任访问架构、SDN 软件定义网络试点、网络流量智能分析、安全态势感知平台。	安全事件自动识别率≥

		90%；网络故障平均恢复时间≤30 min；安全监测覆盖率 100%。
五级 引领级	网络能力开放：确定性网络（TSN）应用、5G 全连接工厂、跨企业/园区安全互联，支撑产业链协同。	端到端时延≤10 ms（关键控制场景）；全网设备联网率≥98%；支撑产业链级协同应用。

6 平台层

平台层由九类平台构成，各平台按职责分工建设并通过标准接口协同，不要求必须采购为九套独立产品。平台应避免重复建设数据存储、主数据、空间模型、消息总线和统一身份能力。

a) 物联网平台：负责现场设备、传感器、控制系统及边缘节点的统一接入，提供设备注册、协议适配、数据采集、设备状态管理、告警转发、边缘节点管理和设备生命周期管理；

b) 实时数据库：负责过程实时数据和时序数据的高频采集、存储、压缩、查询、趋势分析、历史追溯及事件/报警数据管理。应支持与 DCS、PLC、SIS（按安全边界和只读原则）、能源计量及在线监测系统的数据集成，设置实时数据库应考虑软点位余量和建立备份实时数据库；

c) 数据治理平台：负责数据标准、主数据、元数据、数据目录、数据质量规则、数据血缘、数据分级分类、数据盘点和治理流程管理；

d) 数据中台：负责跨系统数据集成、数据建模、主题数据组织、数据开发、数据服务、指标管理和共享交换，为应用系统提供统一、可控的数据服务；

e) 数字孪生平台：负责工厂/装置/设备对象模型、三维模型、机理模型、实时数据映射、仿真计算和虚实联动展示；提供 OTS 所需的模型与三维场景能力，OTS 作为生产管控应用交付；

f) GIS 平台：负责厂区地理空间数据、二维地图、坐标与空间参考、空间查询分析、定位服务和空间数据发布。GIS 侧重地理空间信息，数字孪生平台侧重对象级三维模型与机理仿真，两者应通过统一编码和空间定位关联，避免重复建模，GIS 平台支持网格坐标与厂区区域数对应，支持各业务系统调用；

g）融合通信平台：负责调度电话、扩音对讲、应急广播、无线集群、视频会议等通信资源的统一接入、统一调度、录音录像、消息分发和应急联动，为 MES 生产调度、应急指挥现场协同业务系统提供接口；

h）人工智能平台：负责算法模型管理、数据集管理、模型训练、评估、部署、推理服务、模型监控及工业大模型应用管理。涉及生产控制和安全保护的模型输出应作为辅助信息，未经安全论证和审批不得直接闭环控制；

i）人机协同平台：负责机器人、无人机、AGV/AMR 等智能装备的统一注册、能力描述、任务编排、路径/区域管理、状态监控、告警管理、人机交接、远程接管和作业记录，实现人员与智能装备协同作业。

6.2　平台层通用技术要求

a）物联网平台应支持多源异构数据接入和标准化交换，明确实时数据、历史数据、主数据、业务数据和模型数据的权威来源，避免多平台重复采集和口径不一致；

b）实时数据库应根据测点规模、采样周期、保留期限、并发访问和灾备要求进行容量设计；不宜将“PB 级存储”作为所有企业的统一强制门槛；

c）数据治理平台应具备数据数据源、元模型、文件服务、审核、调度、消息、认证、数据探查、日子、数据引擎适配及数据查询引擎等数据治理基础服务能力具备数据接入、数据处理、数据标准、数据质量、数据资产、数据运维、数据安全、数据服务等面向数据中台提供等服务能力；具备面向业务部门提供福冈数据录入、使用数据、概览数据等数据运营能力；

d）平台核心组件应具备高可用、备份恢复、监控告警和故障切换能力。可用性指标应明确统计周期、计算公式、计划停机是否计入及测量方法；

e）各平台应提供受控的标准接口，支持身份认证、授权、访问审计、接口限流和版本管理；

f）人工智能平台应支持模型版本管理、效果评估、漂移监测、人工复核和回滚；工业大模型输出应有来源追溯和风险提示，支持各业务场景数据接入，数据分析和输出，具备客户对话问询、报表智能生成、表单编辑、流程和文档审查，任务分配，风险分析等功能；

g）数字孪生平台与 GIS 平台应建立统一对象编码、坐标基准和模型版本管理机制，数字孪生平台应支持建模、模型美化、数据接入，支持云渲染或端渲染，结合并发配置服务器

和客户端配置，孪生平台按照 L1～L5 等级划分，总体外观风格统一，化工企业数字孪生平台应根据不同区域重要程度和场景应用建立不同精度的模型，普通人员定位、厂区安全管理，工艺设备状态监测等应用 L2～L3 级别，核心设备完整性管理和工艺仪表远程巡检、OTS 工艺仿真应采用 L3 级别以上精度；支持各业务主题场景建设调用。

h）融合通信平台具备语音调度：单呼、组呼、全呼、会议、强插、强拆、监听、呼叫转移、通话录音；系统集成接口及网关：支持会议室终端、PC、PAD、视频话机、智能手机等多种终端接入，多终端控制；支持画面多分屏，多路并发：支持切换画面、分发文件、录像等主流会控操作；支持自适应码流：当带宽不满足高清会议时，服务器会自动降低码流，以保证会议的流畅性；采用视频会议接入网关。支持无线集群对讲台接入，使用无线信道进行半双工或全工通信，支持 SIP2.0 标准协议规范，采用无线集群接入网关。支持视频平台接入和标准 RSTP、GB/T 28181、ONVIF 协议转 SIP2.0 协议。支持标准的 SIP 协议，兼容 IMS/NGN 软交换平台；电话接口：RJ11,语音接口≥8FXO，模拟采用语音中继接入网关。数字采用 SIP2.0 协议，模拟采用广播接入网关，性能指标要求；核心设备双机热备。底层接入通信系统建设应符合 SH/T 3153 及 YD/T 4920 的相关规定。

i）人机协同平台应具备任务授权、作业区域限制、避障/急停接口、失联处置、人工接管和作业日志能力；机器人不得绕过现场联锁、工艺安全措施和作业许可制度。

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成平台总体规划：明确物联网接入、实时数据存储、数据标准、GIS/三维、人机协同等架构与接口方案。	平台总体规划完成率 100%；关键数据对象编码规则建立。
二级 规范级	建成基础接入与数据底座：物联网平台基础接入、实时数据库、统一身份权限、基础数据字典和基础 GIS 服务。	关键工艺实时数据接入率≥90%；数据字典覆盖率≥80%；关键数据准确率≥99%。
三级 集成级	建成数据治理平台和数据中台，推进业务系统集成；GIS、数字孪生、融合通信平台按场景接入；建立统一 API 与身份认证。	跨业务系统集成率≥80%；关键数据治理规则覆盖率≥80%；平台数据服务调用成功率≥99%。

四级 优化级	建成人工智能平台、数字孪生平台和人机协同平台；部署预测模型、工业大模型及机器人协同应用。	有效运行 AI 模型≥10 个；关键装置数字孪生覆盖率≥50%；人机协同装备接入率≥80%。
五级 引领级	平台能力开放与生态协同：平台服务标准化开放，跨基地/产业链数据协同，工业大模型与人机协同规模化应用。	产业链数据共享场景≥3 个；跨基地平台协同场景≥2 个；形成可复制推广的平台服务模式。

6.3　平台层分级建设要求

平台层按成熟度等级的建设要求见表 4。

7　应用层（各专业系统建设要求）

应用层覆盖生产管控、安全环保、设备管理、能源管理、供应链管理、融合通信、智慧消防、实验室管理、经营管理和智能协作等核心业务领域。各专业系统按“系统组成—功能要求—技术指标—分级建设要求”编排。

7.1　生产管控系统

7.1.1　系统组成

a) 生产计划与排程系统（APS）；

b) 制造执行系统（MES）；

c) 先进过程控制（APC）；

d) 实时优化系统（RTO）；

e) 工艺报警优化系统；

f) 生产绩效分析系统；

g) 质量管理系统（与 LIMS 集成联动）；

h) 操作员仿真培训系统（OTS）。

7.1.2　功能要求

a）基础数据管理：对接数字孪生工厂模型，建立主数据物料、配方、工艺卡片、BOM、计量单位、装置能力和数据权限。

b）生产计划管理：年度/月度/日生产计划制定、分解和跟踪，计划与实际对比分析；

c）生产调度管理：生产过程实时监控、调度指挥、异常处理，人机料协调，对接融合通信系统；

d）工艺管理：工艺参数监控、工艺指标分析、工艺报警优化、工艺档案管理、工艺仿真培训（P&ID/三维）；

e）联锁管理：建立联锁台长，管理投用状态，支持摘除/旁路/恢复审核和执行全过程管控

f）操作管理：操作票管理、操作记录、交接班管理、开停车管理；

g）先进控制：关键装置部署先进控制系统，提高装置自控率与平稳率，支撑“黑屏操作”和无人值守运行，降低操作强度；

h）能源管理：对接能源管理系统 EMS，获取水、电、汽能耗统计和单耗分析

i）质量管理：对接 LIMS 系统，获取检验计划、取样、检验、报告，支持质量追溯和统计。

j）三剂管理（若有）：对催化剂、助剂、添加剂进行基础信息、存储、投用、消耗、回收/报废全过程留痕；

k）绩效分析：生产/质量/设备/能耗 KPI，公司/分厂/车间日报、周报报表管理，和生产计划管理对接，结合生产工序和数字孪生、MES 数据，建立生产管理一张图，支持目标、生产、过程管理、产品质量、库存和销售的全过程管控。

7.1.3 技术指标

a）生产计划完成率统计准确率达到 100%；

b）关键工艺参数平稳率提升 10% 以上；

c）工艺报警数量降低 50% 以上；

d）产品质量合格率达到 99.5% 以上；

e）生产数据自动采集率达到 95% 以上；

f）关键装置自控率应达到 95% 以上。

7.1.4 分级建设要求

表 5 生产管控系统分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成生产管控规划：明确 MES/APS 建设路线；建立工艺档案与操作规程电子化方案；依托 DCS/SIS 实现基础控制。	生产过程流程化管理覆盖率 100%；基础控制回路投用率≥95%。
二级 规范级	建成 MES 核心模块：计划管理、车间日报、工艺档案、操作票与交接班管理、值班管理；LIMS 基础模块；OTS 仿真培训试点。	生产数据自动采集率≥95%；作业电子化率≥90%；检验报告及时率≥95%。
三级 集成级	系统集成与调度协同：MES 与 ERP/LIMS/能源系统集成，调度管理与融合通信联动，工艺报警优化系统上线。	系统集成率≥80%；工艺报警数量降低≥30%；排产计划准确率≥85%。
四级 优化级	先进控制与优化：关键装置 APC 全覆盖、RTO 实时优化、工艺报警治理（依据 ANSI/ISA-18.2）、质量预测模型，关键装置实现黑屏操作。	关键装置 APC 覆盖率≥80%；自控率≥95%；黑屏运行时长≥80%；报警数量降低≥50%；质量预测准确率≥90%。
五级 引领级	智能生产新范式：全流程实时优化（全厂 RTO）、工业大模型辅助决策、关键装置无人值守/自主运行、柔性排产，形成可复制推广的智能生产方案。	全厂级优化系统投用；无人值守装置操作频次降≥99%；装置综合收率/能耗优化≥2%；柔性排产响应时间≤1 天。

7.2 安全环保职业健康管理系统

系统满足安全生产法、危险化学品安全法、GB/T 33000 标准化要素《危险化学品企业安全风险智能化管控平台建设指南》、AQ3064《工业互联网+危化安全生产》及地方安全信息化建设要求和数据上传规范。

7.2.1 系统组成

a) 安全基础信息管理系统；

b) 承包商管理系统；

c) 安全教育培训系统；

d) 双重预防系统（风险分级管控与隐患排查治理）；

e) 重大危险源安全监控系统；

f) 特殊作业管理系统（作业票电子化）；

g) 人员定位系统；

h) AI 视频监控系统；

i) 智能巡检机器人/无人机巡检系统；

j)危化品管理

k) 应急指挥系统；

l) 环保监测与管理系统（污染源在线监测、环境质量监测、环保治理设施监控、固废管理、碳排放管理）；

m) 职业健康管理系统。

7.2.2 功能要求

安全环保职业健康管理系统，需集成底层基础设施和调用平台工具，结合各要素管理规范，建立覆盖该要素目标及标准、过程执行、管理结果分析等全流程的体系化系统，具体功能要求如下；

a) 安全基础信息：企业基本信息、安全生产目标、安全管理职责、企业人员档案管理、第三方人员管理及证书管理、法律法规、生产过程信息管理、项目三同时管理、安全生产投入管理、安全文化建设等功能。

b) 支持承包商端和用户端，打通门禁访客系统和人员定位系统，具备承包商档案管理、项目信息管理、入厂管理、开工管理、事故事件管理、违章违纪管理、停复工管理、考核评价等承包商全服务周期管理，满足《工业互联网+承包商管指南》要求。

c）重大危险源监控：具备重大危险源档案，包保责任落实、实时在线监测、报警处置、视频联动等功能，参数实时监测、超限报警、趋势分析，报警区域视频联动与人员分布显示，GDS 与 AI 视频联动智能识别，完成政府数据推送。

d) 特殊作业管理：作业预约、申请、审批、现场监控、闭环管理，作业票电子化，智能气体分析仪与布控球集成，满足《工业互联网+特殊作业与过程管控指南》和 GB 30871 作业管理规范要求。

e) 双重预防：根据《工业互联网+双重预防建设指南》，覆盖单元划分、风险评价、排查计划、整改、验收全流程闭环，支持双重预防和智能巡检分类任务下发，统一执行，分类上传和数据分析功能，具备双重预防管理一张图完成政府数据对接。

f) 人员定位：实时定位、电子围栏、越界报警、聚集/静止/脱岗报警并联动视频、紧急呼救，满足 AQ3064.3 2025 《工业互联网+人员定位》建设要求。

g) AI 视频分析：具备实时画面查看、AI 设备维护、报警信息查看和闭环，支持报警推送配置，具备对明火、烟雾、未戴安全帽、未穿工装、人员倒地、离岗、脱岗、跑冒滴漏等违规与异常行为自动识别与报警；

h) 智能巡检：部署巡检机器人、无人机，对高危区域、管廊、重大危险源实施“移动+固定”无人化常态巡检；

i)消防管理：对接物联网系统，获取消防水池、消防水泵、风机等消防数据，支持具备火警数据接入和联动数据接入，支持实时消防和火警设备在线监测和报警联动，具备报警点位及主机详情查看，支持报警点位地图查看和附近视频监控、扩音设备状态，支持消防设备管理及重点防护部位管理，数据和应急指挥系统对接;

j) 应急管理：要求接入 DCS、SIS、GDS、人员定位、视频、环境指标、应急资源等现场数据，支持和 GIS/三维联动，融合通信数据集成到接处警中模块中，支持应急排班、交接班、接处警、事故事件管理、应急预案、资源、演练等日常管理功能，支持应急战备统计、指挥调度一张图；

k)危化品管理：支持危化品采购信息、运输信息、入厂/装卸安全检查、危化品出入库、废弃物及转移管理，合规性文件管理;

l)环保管理：污染源实时监测（按 HJ 212 传输）、排放总量控制、治理设施运行监控、危废全流程管理、碳排放核算与碳足迹追踪；

m)职业健康管理：阿哟球具备职业危害因素管理、危害区域人员防护识别与报警、职业健康档案管理、个人防护用品管理;

n) 安全大模型：基于工业大模型提供安全知识问答、智能问数、流程智能发起与辅助审核、统计报表智能生成、安全风险智能看护；

7.2.3 技术指标

a) 响应时间要求；

交互类(录入/修改|发布)：平均 0.2-0.8s，峰值 0.5-1s；

查询类(简单)平均：1-3s；复杂查询 3-5s；

GIS/地图查询：5-10s；

在线分析类：平均 0.3-1s，峰值 0.5-3s，

视频点播/调阅：平均 5–10s，

并发与可用性：支持并发用户数按规模设计(建议不低于 200 在线并发，关键岗位 7x24)；系统年可用率不低于 99.5%(核心模块 不低于 99.9%)。

b ）数据备份与留存要求

人员定位数据：≥1 年（AQ 3064.3 强制）

报警 / 联锁 / 操作日志：不可篡改，建议 ≥3 年

视频录像：按属地监管要求，重点区域 ≥3 个月

监测 / 趋势数据：≥1 年，重大危险源数据按监管平台要求上传

备份恢复：定期备份，支持灾难恢复；关键数据冗余存储

7.2.4 分级建设要求

表 6 安全环保管理系统分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成安全智慧化规划：完成重点和业务应用重大危险源安全监控方案（按 AQ 3035）、作业票电子化规划（GB 30871）、环保监测点位规划；制度体系梳理。	重大危险源监测、双重预防、环保监测、危化品流通覆盖率 100%；制度与责任体系清晰，完成数据上传。
二级 规范级	建成安全环保职业健康全体系信息化：建立安全基础信息、承包商、教育培训、双重预防、特殊作业、重大危险源、危化品管理、应急管理、职业健康管理、环保管理、人员定位系统建设。	系统使用覆盖率 100%，各系统集成业务场景所需数据 99%以上，系统使用率 90%以上。
三级 集成级	安全系统集成联动：人员定位全覆盖、AI 视频监控上线、GDS 与视频联动、应急指挥平台与融合通信/GIS 联动、安全环保数据入平台。	人员定位覆盖率≥90%；AI 视频识别场景≥10 类；违规行为减少≥50%；应急响应时间缩短≥30%。
四级 优化级	智能安全防控：AI 风险预测模型、巡检机器人/无人机常态化巡检、重大危险源风险动态评估、泄漏智能诊断、安全大模型辅助决策、碳排放智能核算与优化。	事故预警准确率≥85%；高危区域无人化巡检覆盖率≥80%；风险隐患发现率提高≥60%。
五级 引领级	本质安全新高度：企业级安全数字孪生、全流程智能应急、园区/产业链安全协同，形成行业安全示范。	重大事故有效遏制；应急演练实战化达标率 100%；安全指标达到行业引领水平。

7.3 设备管理系统

7.3.1 系统组成

a) 设备全生命周期管理系统（EAM）；

b）设备在线监测系统；

c）预测性维护系统；

d）智能巡检系统（含巡检机器人、无人机）；

e）备品备件管理系统；

f）设备故障诊断系统。

7.3.2 功能要求

a）设备档案管理：基础信息、技术参数、图纸资料、维护记录全生命周期管理，设备分类分级与特种设备管理；

b）状态监测：振动、温度、噪声、腐蚀、泄漏（跑冒滴漏）等状态参数实时监测，设备一张图（列表/GIS/三维）展示；

c）预测性维护：融合振动、温度、电流、压力、声纹等多模态数据，基于状态数据和 AI 算法实现故障预测和健康评估；

d）维护管理：预防性维护计划、工单管理、维护执行、成本核算、检修管理与作业许可对接；

e）智能巡检：巡检路线规划、任务下发、数据上传、异常报警，巡检过程身份认证与点位签到，支持巡检机器人与无人机开展高危区域无人化巡检；

f）故障诊断：设备故障智能诊断、根因分析、解决方案推荐，形成“故障识别—机理分析—维修策略推送”闭环。

7.3.3 技术指标

a）关键设备状态监测覆盖率不低于 80%；设备故障预警准确率不低于 85%；

b）非计划停机时间减少 30% 以上；设备维护成本降低 15% 以上；巡检到位率达到 100%；

c）现场巡检人员减少 50%；呆滞库存率降低 30%。

7.3.4 分级建设要求

表 7 设备管理系统分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级	完成设备管理规划：设备台账梳理与分类分级、状态监测选点方	设备台账电子化率 100%；特种设备

规划级	案、EAM 建设路线。	建档率 100%。
二级 规范级	建成 EAM 核心：档案、维护保养、检修工单、备件仓库管理；智能巡检仪替代纸质巡检。	设备档案完整率≥95%；巡检到位率≥95%；保养计划执行率≥90%。
三级 集成级	状态监测与集成：大机组/机泵在线监测、EAM 与 DCS/视频/人员定位集成、设备一张图、巡检机器人试点。	关键设备状态监测覆盖率≥60%；设备运行数据自动采集率≥90%。
四级 优化级	预测性维护：多模态 AI 故障预测模型、健康度评估、备件智能补货、巡检机器人/无人机常态化巡检、检维修策略动态优化。	故障预警准确率≥85%；高危区域无人化巡检覆盖率≥80%；非计划停机时间减少≥30%；设备维护成本降低≥15%。
五级 引领级	智能设备运维新范式：设备数字孪生、自主化运维决策、供应链协同备件共享，形成行业标杆。	预测性维护覆盖率≥80%；设备综合效率（OEE）提升≥10%；形成可推广的智能运维方案。

7.4 能源管理系统

7.4.1 系统组成

a) 能源数据采集与监控系统；

b) 能源统计与分析系统；

c) 能源优化调度系统；

d) 能效评估与对标系统；

e) 节能项目管理系统；

f) 碳资产管理（碳核算/碳足迹）系统。

7.4.2 功能要求

a) 能源计量：水、电、蒸汽、压缩空气、氮气等能源介质计量数据自动采集；

b) 能耗统计：按装置、产品、班组、时间维度进行能耗统计和成本核算，异常自动告警；

c) 能效分析：能耗指标分析、能耗异常报警、能效对标分析；

d) 能源优化：蒸汽管网优化、循环水系统优化、低温热回收优化、用能预测与调度；

e) 碳管理：温室气体排放自动核算与报告、产品碳足迹追踪、绿电/储能协同优化；

f) 节能管理：节能项目跟踪、节能效果评估、节能指标考核。

7.4.3 技术指标

a）一级能源计量数据自动采集率达到 100%；能耗统计准确率达到 99% 以上；

b）综合能耗降低 5% 以上；能源利用效率提升 8% 以上。

7.4.4 分级建设要求

表 8 能源管理系统分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成能源管理规划：能源计量网络图编制、计量器具配备方案、EMS 建设路线、碳盘查方案。	能源计量器具配备率符合 GB 17167 要求；计量网络图完成率 100%。
二级 规范级	建成能源采集与统计：一级/二级计量自动采集、能耗报表、异常告警上线。	一级计量自动采集率 100%；能耗统计准确率≥99%。
三级 集成级	能源系统集成：EMS 与 DCS/ERP/MES 集成、能源平衡计算、能效对标分析、碳排放核算上线。	能源数据入平台率≥95%；能效对标覆盖率≥80%；碳排放核算覆盖率≥80%。
四级 优化级	能源智能优化：蒸汽动力系统实时优化、循环水优化、用能预测模型、碳资产智能管理与碳足迹追踪。	综合能耗降低≥5%；能源利用效率提升≥8%；碳足迹核算覆盖率≥80%。
五级 引领级	绿色低碳引领：全厂能源数字孪生、绿电/储能协同优化、产品碳足迹全程追踪，形成绿色工厂示范。	单位产品能耗达到行业领先（前5%）；碳足迹核算覆盖率≥90%；绿色能源占比持续提升。

7.5 供应链管理系统

7.5.1 系统组成

a）智能仓储管理系统（WMS）；

b）物流运输管理系统（TMS）；

c）采购管理系统；

d）销售管理系统。

e）储运管理系统（罐区作业管理、装卸车管理、码头/栈台管理）；

7.5.2 功能要求

a）智能仓储：物料入库、出库、盘点、移库全流程数字化管理，储位智能匹配，出入库扫码校验，支持 AGV 智能搬运与智能立库；

b）无人值守：地磅无人值守、车辆自动识别、装卸货自动引导；

c）物流跟踪：运输计划、车辆跟踪、在途监控、签收确认，危化品物流全程可视化与安全联动；

d）采购管理：供应商管理、采购计划、询比价、合同管理，与 ERP 集成；

e）销售管理：客户管理、订单管理、发货管理、结算管理。

f）储运管理：罐区储运作业、装卸车与码头栈台数字化管理，危化品储运安全监控与物流信息联动。

7.5.3 技术指标

a）库存准确率达到 99.5% 以上；车辆过磅时间缩短 80% 以上；

b）库存周转率提升 20% 以上；物流成本降低 10% 以上。

7.5.4 分级建设要求

表 9 供应链管理系统分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成供应链规划：仓库数字化方案、地磅无人值守方案、供应链系统路线图。	规划方案完成率 100%。
二级 规范级	建成 WMS 与无人值守：出入库扫码、储位管理、盘点管理、地磅无人值守上线。	库存准确率≥99.5%；单车过磅作业时间较建设前基线缩短≥80%。
三级 集成级	供应链集成：WMS/ERP/TMS 集成、采购销售全流程线上化、物流在途跟踪、AGV 试点。	系统间数据共享覆盖率≥80%；订单线上化率≥95%。
四级 优化级	智能供应链：需求预测与智能补货、库存优化模型、物流路径优化、AGV 规模化应用。	库存周转率提升≥20%；物流成本降低≥10%；需求预测准确率≥85%。
五级 引领级	产业链协同：供应商/客户协同平台、危化品物流全程可视与安全联动、供应链金融探索。	产业链协同企业≥10 家；形成可复制的供应链协同方案。

7.6 实验室管理系统

7.6.1 系统组成

a) LIMS 核心平台（任务管理、检验管理、报告编制与发放、数据分析）；

b）仪器设备管理（设备台账、校准、维护）；

c）化学品与试剂管理；

d）人员资质与方法管理；

e）无人化验系统（自动送样、自动分析）。

7.6.2 功能要求

a）样品管理：取样、送样、任务分配全流程数字化，支持无人送样与自动接样；

b）检验管理：原材料、产品检验、作业分析、环境检测，数据自动采集与审核，支持无人化验自动分析；

c）报告管理：报告编制、审核、发放电子化，与 MES/ERP 数据共享；

d）合规管理：根据产品销售行业标准，建立符合质量管理体系或 CNAS 认证要求，人员操作规范、化学品使用合规。

7.6.3 技术指标

a）检验效率提升 50% 以上；质检数据有效性提升 30% 以上；实验室安全水平提升 20% 以上。

7.6.4 分级建设要求

表 12 实验室管理系统（LIMS）分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成 LIMS 规划：检验流程梳理、仪器联网方案、系统选型。	检验流程梳理覆盖率 100%。
二级 规范级	建成 LIMS 核心：任务、检验、报告全流程线上化。	检验报告电子化率 100%；报告及时率≥95%。
三级 集成级	LIMS 集成：与 MES/ERP/DCS 集成，仪器自动采集数据。	仪器联网率≥70%；数据自动采集率≥80%。
四级 优化级	智能实验室：质量数据挖掘、SPC 统计过程控制、质量预测模型、无人化验/无人送样试点。	质量预测准确率≥90%；检验效率提升≥50%。
五级 引领级	实验室创新：AI 辅助检验、无人化分析规模化应用、质量数据对外服务。	无人化验覆盖率≥50%；形成行业智能实验室示范。

7.7 经营管理系统

7.7.1 系统组成

a）企业资源计划系统（ERP）；

b）统一门户与协同办公（OA）；

c）经营管理驾驶舱（BI）；

d）财务管理与资金管理系统。

7.7.2 功能要求

a）经营管理：财务、采购、销售、库存一体化管理，与生产系统集成；

b）协同办公：流程审批、公文管理、移动办公；

c）决策支持：经营指标可视化、生产成本核算与控制、绩效考核数据支撑。

7.7.3 技术指标

a）经营数据自动归集率≥95%；报表编制时间减少≥50%；成本核算颗粒度到装置/班组。

7.7.4 分级建设要求

表 13 经营管理系统分级建设要求

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成经营管理规划：ERP 与业务系统集成方案、指标体系设计。	指标体系设计完成率 100%。
二级 规范级	建成 ERP 与 OA：财务、供应链、人力核心模块上线，移动办公推广。	核心业务线上化率≥90%。
三级 集成级	业财集成：ERP 与 MES/LIMS/EAM 集成，经营驾驶舱上线。	系统集成率≥80%；驾驶舱指标覆盖率≥80%。
四级 优化级	智能经营：成本智能分析、经营预测模型、绩效动态优化。	经营预测准确率≥85%；决策响应提速≥50%。
五级 引领级	数字经营生态：数据资产运营、智能化决策中枢，形成行业经营管理标杆。	数据资产目录覆盖率 100%；形成可复制的数字经营模式。

7.8 智能协作系统

7.10.1 系统组成

a）人机协同平台及机器人/智能装备接入组件；

b）轨道式、轮式巡检机器人及特种作业机器人；

c）无人机及机巢、自动充换电和任务管理设备；

d）AGV/AMR、智能仓储及物料搬运装备；

e）远程操控、视频回传、定位导航和安全防护组件。

7.10.2 功能要求

a）应建立智能装备台账，统一管理装备身份、型号、能力、运行状态、维保记录和软件版本；

b）应支持任务申请、审批、编排、下发、执行、异常告警、人工接管和结果归档；

c）应根据作业环境和风险等级设置电子围栏、禁入区、限速区、避障策略和急停措施；

d）应与设备管理、安全环保、生产调度、GIS/数字孪生及融合通信平台按需集成，实现任务协同和事件联动；

e）应建立机器人失联、定位异常、通信中断、能源不足、设备故障和人员进入作业区等异常处置机制；

f）智能装备不得替代依法要求由具备资质人员实施的操作、巡检、检测和确认，不得绕过工艺联锁、安全仪表系统、作业许可和现场监护要求。

7.10.3 技术指标

a）智能装备身份与资产建档率应达到 100%；

b）任务执行记录完整率应达到 98% 以上；

c）关键作业区域电子围栏配置率应达到 100%；

d）远程接管、急停和失联处置功能应逐台验证并形成记录。

7.10.4 分级建设要求

智能协作系统按成熟度等级的建设要求见表 15。

等级	系统选型要求	关键指标
一级 规划级	完成智能装备需求识别、作业场景分析、风险评估和技术路线规划。	场景清单与风险评估完成率 100%。
二级 规范级	开展单点智能巡检或搬运装备试点，建立设备台账、运行规程和维护制度。	试点装备建档率 100%；作业记录可追溯率≥95%。

三级 集成级	人机协同平台接入主要智能装备，与 GIS、设备管理和安全管理系统实现数据集成。	装备平台接入率≥80%；任务记录完整率≥98%。
四级 优化级	多类型机器人/无人机/AGV 协同作业，支持任务优化、异常识别和远程接管。	重点场景任务自动调度率≥60%；关键异常处置功能验证率 100%。
五级 引领级	跨区域、跨装置智能装备协同，形成标准化任务能力开放与持续优化机制。	跨区域协同场景≥3 个；装备运行数据可追溯率≥99%。

8 绿色低碳与碳排放管理要求

8.1 一般规定

a）化工企业智慧化建设应将低碳环保贯穿项目全生命周期，统筹建设期与运营期的能耗控制与碳排放管理，支撑企业碳达峰、碳中和目标实现；

b）应遵循能源低碳化、资源高效化、生产洁净化、产品绿色化、用地集约化原则，符合 GB/T 36132《绿色工厂评价通则》的相关要求；

c）碳排放核算与报告应符合 GB/T 32150《工业企业温室气体排放核算和报告通则》及 GB/T 32151《温室气体排放核算与报告要求》系列标准（含化工行业）的规定；

d）宜开展全生命周期（建设期＋运营期）能耗与碳排放的数字化监测、核算与优化。

8.2 建设期能耗与碳排放控制（绿色建造）

a）设计阶段：应采用节能低碳的工艺路线与设备选型，优化物料与能量平衡，开展碳排放强度预评估；

b）施工阶段：应推行绿色施工，采用装配式施工、工厂化预制，减少现场湿作业与返工，控制施工机械、临时用电等施工能耗；

c）材料管理：宜优先选用绿色建材与本地化材料，减少运输碳排放，提高材料周转利用率；

d）施工碳排放核算：宜参照 GB/T 32150 及建筑工程碳排放核算相关标准，对建设期主要碳排放源（施工机械、材料生产与运输、临时设施用能）进行核算；

e）试运行阶段：应验证装置能耗与排放指标，开展节能降碳专项测试与整改。

8.3 运营期能耗与碳排放管理

a）能源管理：实现水、电、蒸汽、压缩空气、氮气等能源介质计量数据自动采集与能效优化（详见 7.4）；

b）碳排放核算：实现企业温室气体排放的自动采集、核算与报告，覆盖燃料燃烧、工艺过程、电力热力间接排放等排放源；

c）碳足迹追踪：对主要产品开展全生命周期碳足迹核算，支撑产品绿色化与出口合规；

d）碳达峰路径：制定碳达峰实施方案，明确碳排放强度下降目标与年度分解；

e）绿色能源：宜配置分布式光伏、绿电采购、余热回收、储能调峰等，提高可再生能源与余能利用率；

f）碳资产管理：纳入碳排放权交易的企业应建立碳资产台账，支撑配额履约与碳交易决策。

8.4 分级建设要求

绿色低碳建设按成熟度等级的建设要求见表 14。

表 14 绿色低碳建设分级要求

等级	建设要求	关键指标
一级 规划级	完成能耗与碳排放现状盘查，编制能源计量网络图与碳盘查方案，明确碳排放核算边界。	碳盘查方案完成率 100%；能源计量器具配备率符合 GB 17167。
二级 规范级	建成能源计量与碳排放核算基础能力：一、二级能源计量自动采集，能耗统计与碳排放核算上线（按 GB/T 32150）。	一级能源计量自动采集率 100%；碳排放核算覆盖率≥80%。
三级 集成级	能源与碳排放系统集成：EMS 与 DCS/ERP/MES 集成，碳排放数据入平台，能效对标分析，建设期绿色施工管理。	碳排放数据入平台率≥95%；建设期碳排放核算覆盖率≥80%。
四级 优化级	能耗与碳协同优化：蒸汽/循环水系统实时优化、用能预测、碳资产智能管理与碳足迹追踪、绿电/储能协同。	综合能耗降低≥5%；碳排放强度下降≥5%；碳足迹核算覆盖率≥80%。
五级 引领级	绿色低碳引领：全厂能源数字孪生、产品全生命周期碳足迹、绿电+储能+余热综合优化，形成绿色工厂/近零碳示范。	单位产品能耗与碳排放强度达到行业领先（前 5%）；绿电占比持续提升；形成绿色低碳示范。

9　数据网络与数据治理要求

9.1　数据网络与数据治理

9.1.1　数据标准

a）应建立统一的数据标准体系，涵盖基础数据、业务数据、指标数据等；

b）数据元命名、编码、格式应统一规范；

c）应建立数据字典，明确数据定义、业务规则、质量要求；

d）数据标准应与行业标准、国家标准保持一致。

9.1.2　数据质量

a）应建立数据质量管理制度，明确数据质量责任；

b）数据质量应满足完整性、准确性、一致性、及时性要求，关键业务数据准确率应达到99.9% 以上；

c）应建立数据质量监控和问题整改机制。

9.1.3　数据资产管理

a）应建立数据资产目录，实现数据资产可视化管理，明确数据资产权属与分级分类；

b）应建立数据共享机制，打破数据孤岛；

c）应开展数据价值评估，推动数据资产化。

9.2　数据安全与应用安全

a）数据网络安全：应按照适用法律法规及网络安全等级保护要求开展定级、备案、建设整改和测评，落实分区分域、边界防护、访问控制、安全审计和安全监测；

b）数据安全：应建立数据分类分级、重要数据识别、数据授权使用、传输与存储保护、备份恢复、共享交换审批和安全审计机制；

c）应用安全：应落实安全开发、身份认证、最小权限、漏洞管理、接口鉴权和日志审计；

d）终端安全：应对工业主机、服务器、移动终端和智能装备控制终端实施安全加固、准入管理和补丁/病毒防护策略。

9.3　分级建设要求

数据治理与信息安全随成熟度等级递进：一级完成数据标准体系与等保定级规划；二级实现单一业务数据共享并通过相应等级等保测评；三级实现跨业务数据共享、数据中台治理工具上线并通过等保三级测评；四级建成数据资产管理与安全态势感知；五级实现数据资产化运营与产业链级数据安全协同。

10 实施与验收规范

10.1 实施阶段

a）规划设计阶段：现状调研（含成熟度评估）、需求分析、方案设计、投资估算；

b）开发建设阶段：系统开发、设备采购、安装调试、数据治理；

c）试运行阶段：系统上线、功能验证、性能测试、用户培训；

d）验收阶段：验收准备、专家评审、正式验收、成果交付。

10.2 实施要求

a）应成立专门的项目组织机构，明确职责分工；

b）应制定详细的项目实施计划，加强进度、质量、变更与风险管理；

c）应注重知识转移，培养企业自有人才队伍。

10.3 验收条件与内容

a）验收内容按成熟度验收、功能及运行稳定性验收和效益验收三种方式，优先采用；

a）功能及运行稳定性验收定级规范

采用 4 级问题管理机制，确认项目实施中所有影响系统正常运行的 1、2 级问题均已被处理，并且其它不影响项目交付成果使用的 3、4 级问题均有明确的计划解决时间，且不影响甲方系统正常使用的可以验收。

1 级：对业务有至关重要的影响，系统完全丧失了服务功能或丢失了所有的资源，工作无法再继续进行。系统完全不可用。

2 级：对业务有严重的影响;系统丧失重要的服务功能，已丢失重要的资源。

3 级：对业务有较小的影响;系统丧失了较少的服务功能或丢失了较少的资源，个别用户某些业务功能不能使用。

4 级：对业务没有影响，用户工作正常，没有因为该事件的存在而妨碍其工作，可正常查询和报告信息。

c ）验收条件

验收通过判定条件，为以下内容全部同时满足：

1 ）所有强制性、关键项(1 级缺陷)全部符合合同、技术协议、规范要求，无遗留致命缺陷;

2 ）所有严重项(2 级缺陷)全部整改完成并复核闭环;

3 ）一般缺陷(3 级)已全部登记，双方书面确认:不在本次验收卡点，在质保期内安排优化修复;

4 ）全套交付文档、介质、授权、培训资料齐全，满足移交要求;

d）按目标成熟度等级建设的项目，应对照附录 A 的分级指标逐项核验。

10.4 验收程序

承建方提出验收申请后，建设方组织初步验收并整改存在问题；由行业专家组成验收专家组，召开验收会议听取汇报、查看资料、现场测试；专家组形成验收意见，验收通过后签署验收报告。

11 运营与维护要求

11.1 组织保障与制度建设

a）应设立专门的智慧化运营管理部门，配备专职的系统管理员、数据管理员、安全管理员；

b）应建立跨部门的智慧化运营协调机制，明确各岗位职责和考核要求；

c）应建立系统运行管理、数据管理、信息安全管理、应急处置预案和系统升级优化等制度。

11.2 运维管理与持续优化

a）应建立 7×24 小时运维保障机制，定期系统巡检和健康检查，及时处理故障；

b）应定期进行数据备份和恢复演练，建立运维知识库；

c）应建立持续改进机制，定期评估系统应用效果，开展成熟度评估并明确改进方向；

d）应建立分层分类培训体系，加强数字化人才培养和引进。

附录 A（规范性附录）

各等级智慧化系统选型与指标对照表

本附录为规范性附录，给出达到各智慧化成熟度等级应配置的智慧化系统及应达到的量化指标。表中“●”表示该等级应建成并达标，“○”表示该等级宜启动建设，“—”表示该等级无要求。具体项目应结合装置类型、风险等级、规模和适用法规确定配置范围；涉及安全、环保、计量及功能安全的要求应优先执行相应强制性规定和适用标准。

表 A.1　感知层与网络层系统选型对照

业务域 / 系统	一级 规划级	二级 规范级	三级 集成级	四级 优化级	五级 引领级
工艺控制类感知（DCS/PLC/SIS/仪表）	●	●	●	●	●
智能仪表与在线分析	○	●	●	●	●
安防反恐类感知（视频/周界/门禁/定位）	○	●	●	●	●
便携终端类感知（智能巡检仪/PDA/安全帽）	—	●	●	●	●
智能装备类（巡检机器人/无人机/AGV）	—	—	○	●	●
人员定位系统（UWB/蓝牙）	—	○	●	●	●
在线监测类（设备状态/环境/能源计量）	—	○	●	●	●
AI 视频分析（≥10 类场景）	—	—	○	●	●

边缘计算节点	—	—	○	●	●
网络接入层与传输层（交换机/网关/骨干链路）	○	●	●	●	●
通信类感知与无线接入（5G/Wi-Fi/集群）	—	○	●	●	●（5G 全连接）
网络安全与信息安全（边界防护/隔离/审计）	—	○	●	●	●
零信任与安全态势感知	—	—	—	●	●

表 A.2　平台层系统选型对照

业务域 / 平台	一级 规划级	二级 规范级	三级 集成级	四级 优化级	五级 引领级
物联网平台	○	●	●	●	●
实时数据库	○	●	●	●	●
数据治理平台	○	○	●	●	●
数据中台	—	—	●	●	●
数字孪生平台	—	—	○	●（关键装置）	●（全厂/跨基地）
GIS 平台	○	●	●	●	●
融合通信平台	○	●	●	●	●
人工智能平台	—	—	○	●	●
人机协同平台	—	—	○	●	●
统一门户与统一身份认证	—	○	●	●	●
平台能力开放/产	—	—	—	○	●

业链数据空间					

表 A.3　应用层系统选型对照

业务域 / 系统	一级 规划级	二级 规范级	三级 集成级	四级 优化级	五级 引领级
MES（计划/工艺/操作/交接班）	○	●	●	●	●
LIMS（实验室管理）	○	●	●	●	●
OTS 操作员仿真培训	—	○	●	●	●
无人化验系统	—	—	—	○	●
双重预防系统	○	●	●	●	●
特殊作业票电子化	○	●	●	●	●
承包商管理系统	—	●	●	●	●
环保在线监测（HJ 212 上传）	○	●	●	●	●
碳排放管理/碳足迹追踪	—	○	●	●	●
绿色建造（建设期碳核算）	○	○	●	●	●
应急指挥平台	—	○	●	●	●
EAM（设备全生命周期）	○	●	●	●	●
预测性维护（多模态 AI）	—	—	○	●	●
EMS（能源管理）	○	●	●	●	●
APC 先进控制（关键装置）	—	—	○	●	●（全厂 RTO）
黑屏操作/无人值守	—	—	—	●	●（自主运行）
工艺报警优化	—	—	●	●	●
WMS 与地磅无人值守	○	●	●	●	●
储运管理系统（罐区/装卸车）	○	●	●	●	●
融合通信调度平台	○	●（基础通信）	●（统一调度）	●	●
智慧消防物联网	○	●	●	●	●
ERP 与经营驾驶舱	○	●	●	●	●
人机协同与智能	—	○（单点试	○（平台接	●（多场景	●（跨区域

装备（机器人/无人机/AGV/AMR）		用）	入）	协同）	协同）

表 A.4　各等级关键量化指标汇总

指标项	一级 规划级	二级 规范级	三级 集成级	四级 优化级	五级 引领级
关键工艺参数自动采集率	≥90%	≥95%	≥98%	≥99%	≥99.5%
生产数据自动采集率	—	≥95%	≥95%	≥98%	≥99%
关键设备状态监测覆盖率	—	≥30%	≥60%	≥80%	≥90%
人员定位覆盖率	—	≥60%	≥90%	≥98%	100%
关键装置自控率	≥80%	≥85%	≥90%	≥95%	≥98%
黑屏运行时长占比（适用装置）	—	—	≥50%	≥80%	≥90%（无人值守）
跨业务系统集成率	—	—	≥80%	≥90%	≥95%
作业票电子化率	≥80%	100%	100%	100%	100%
高危区域无人化巡检覆盖率	—	—	≥40%	≥80%	≥95%
非计划停机时间降幅	—	—	≥15%	≥30%	≥40%
综合能耗降幅	—	—	≥2%	≥5%	≥8%
碳排放强度降幅	—	—	按基线核算	≥5%	≥8%
碳排放核算覆盖率	盘查	≥80%	100%	100%	100%
绿电/可再生能源占比	—	—	≥5%	≥10%	按企业目标持续提升；应明确统计边界
工艺报警数量降幅	—	—	≥30%	≥50%	≥60%
AI 模型/大模型应用场景数	—	—	≥3 个	≥10 个	≥20 个

人工智能应用场景覆盖率	—	—	≥20%	≥40%	≥60%
网络安全等级保护定级/测评	定级	二级达标	三级达标	三级达标+态势感知	三级达标+常态攻防
数字孪生应用	规划	—	试点	关键装置≥50%	全厂+产业链

注：百分比指标应以经建设单位确认的建设前基线、统一统计周期和统计口径计算；无可比基线或不适用的指标，应在设计文件中说明并经建设单位确认。

注 2：各等级应同时满足第 4 章～第 9 章对应的通用技术要求；高级别涵盖低级别全部要求。

附录 B（资料性附录）

成熟度评估、智能工厂对标与建设路径建议

B.1　评估依据：企业宜每年参照 GB/T 39117《智能制造能力成熟度评估方法》、HG/T 6346《石化和化工行业数字化转型成熟度评估》及本标准附录 A 开展智慧化成熟度自评估或第三方评估，形成“评估—规划—建设—验收—再评估”的闭环（PDCA）。

B.2　与智能工厂梯度培育体系的对标：工业和信息化部等六部门《智能工厂梯度培育要素条件》将智能工厂分为基础级、先进级、卓越级、领航级四档，并明确各档智能制造能力成熟度（GB/T 39116）门槛。本标准五级与上述体系的对应关系见表 B.1，化工企业可按本标准对标国家智能工厂梯度培育，确保建设目标与申报路径真实有效、切实可行。

表 B.1　本标准等级与国家标准及智能工厂梯度培育体系对照

本标准等级	GB/T 39116 成熟度	智能工厂梯度（六部门）	对应特征
一级 规划级	一级	—（起步规划，未达基础级）	核心业务流程化管理、基础自动化
二级 规范级	二级及以上	基础级 / 先进级	单一业务数据共享、关键过程精准控制
三级 集成级	三级及以上	卓越级	跨业务集成共享、AI 应用探索（场景比例≥20%）
四级 优化级	四级及以上	领航级	数据挖掘与预测优化、AI 规模化应用（场景比例≥60%）
五级 引领级	五级	领航级（全球灯塔级）	产业链协同、新制造模式与新商业模式

注：智能工厂梯度培育体系的成熟度门槛为——基础级和先进级应达到 GB/T 39116 二级及以上，卓越级应达到三级及以上，领航级应达到四级及以上。

B.3　建设路径建议：一级→二级重点补齐数据采集与核心业务系统；二级→三级重点开展系统集成与数据中台建设；三级→四级重点建设 AI 中台、数字孪生与预测优化能力；四级→五级重点开展产业链协同与模式创新。

B.4　实施效益参考：行业实践表明，达到三级（集成级）的企业一般可实现报警数量降低 30% 以上、应急响应提速 30% 以上；达到四级（优化级）的企业一般可实现综合能耗降低 5% 以上、非计划停机减少 30% 以上、现场作业人员减少 50%。工信部统计显示，卓越级智能工厂平均产品研发周期缩短 28.4%、生产效率提升 22.3%。

参考文献

本标准正文中引用的下列标准、规范和文件，其相关内容构成本文件相关条款的依据；注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用，不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用。文件清单按国家标准、行业标准、国内有关文件、国际标准的顺序排列。

[1] GB/T 22239　信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

[2] GB 31571　石油化学工业污染物排放标准

[3] GB 50160　石油化工企业设计防火标准

[4] GB/T 50493　石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

[5] GB/T 50770　石油化工安全仪表系统设计规范

[6] GB/T 39116　智能制造能力成熟度模型

[7] GB/T 39117　智能制造能力成熟度评估方法

[8] GB/T 39218　智慧化工园区建设指南

[9] GB 17167　用能单位能源计量器具配备和管理通则

[10] GB/T 32150　工业企业温室气体排放核算和报告通则

[11] GB/T 32151　温室气体排放核算与报告要求（系列标准，含化工行业）

[12] GB/T 36132　绿色工厂评价通则

[13] GB/T 20000.2　标准化工作指南 第 2 部分：采用国际标准

[14] GB/T 43439　信息技术服务 数字化转型 成熟度模型与评估

[15] HG/T 6346　石化和化工行业数字化转型成熟度评估

[16] HG/T 20507　自动化仪表选型设计规范

[17] AQ 3035　危险化学品重大危险源安全监控通用技术规范

[18] HJ 212　污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

[19] HJ 75/HJ 76　固定污染源烟气排放连续监测技术规范及检测方法

[20] HJ 947　排污单位自行监测技术指南 石油化学工业

[21] SH/T 3153　石油化工电信设计规范

[22] YD/T 4920　智慧化工园区专用融合调度系统技术要求

[23] 工信部信发〔2021〕131 号　工业互联网＋安全生产行动计划（2021—2023 年）

[24] 原材料工业数字化转型工作方案（2024—2026 年）

[25] 工业和信息化部等六部门　智能工厂梯度培育行动实施方案

[26] 工业和信息化部等六部门　智能工厂梯度培育要素条件

[27] 工信厅通装函〔2025〕155 号　智能制造典型场景参考指引（2025 年版）

[28] ANSI/ISA-18.2　报警系统管理；ISA-95　企业控制系统集成；IEC 62443　工业自动化控制系统信息安全

[29] IEC 61511　功能安全—安全仪表系统；ISO 50001　能源管理体系；ISO 23247　数字孪生框架

[30] IEC 62890:2016　工业过程测量、控制和自动化 系统和软件的生命周期管理

[31] ISO 22400:2014　自动化系统和集成 制造运行管理关键性能指标

化工企业智慧化建设标准

条 文 说 明

T/CNACCE ××××—20xx

下列条文说明对本标准主要条款的编制目的、技术依据和取值考虑作出解释，供标准使用者理解和执行时参考。条文说明不具有与标准正文同等的约束力。

1 范围

目前化工行业尚缺乏一套可支撑工程规划、项目采购、项目交付及智慧化评估的统一建设标准，企业、设计单位、施工单位对“达到某一智慧化水平应建设哪些系统、达到何种效果”缺乏一致认知。本条界定本标准的适用范围，明确其面向石油化工、煤化工、精细化工、油气储运等化工企业，并排除实验室规模装置和民用化工生产设施，以保持标准对象的针对性。

2 术语和定义

2.2“智慧化成熟度”直接采用 GB/T 39116《智能制造能力成熟度模型》的五级划分（规划级、规范级、集成级、优化级、引领级），并结合 HG/T 6346《石化和化工行业数字化转型成熟度评估》的行业分级特征，使本标准的分级要求与上位国标、行标保持一致、可对标互认。

2.8～2.11 所列“工业大模型、无人值守、黑屏操作、操作员仿真培训系统（OTS）”系近年来化工智慧化建设实践中出现的新概念，为准确描述优化级、引领级的建设特征而增列。

2.12～2.14 所列“碳排放、碳排放强度、绿色建造”系为支撑第 8 章绿色低碳与碳排放管理要求而增列的术语，其核算口径与 GB/T 32150 保持一致。

3 智慧化建设总体架构

3.2 四层架构参考工业互联网体系架构，并兼顾化工企业“底层感知—数据传输—平台汇聚—业务应用”的工程实施逻辑。三大保障体系（网络安全与信息安全、标准规范与数据治理、组织保障与运维管理）贯穿各层，体现“安全为基、数据驱动、管理兜底”的总体思想，与 GB/T 39218《智慧化工园区建设指南》的信息基础设施、支撑平台、安全保障等要求相衔接。

3.3 各等级基本特征与 GB/T 39116 一一对应：一级规划级侧重流程化管理与基础自动化；二级规范级侧重单一业务数据共享；三级集成级侧重跨业务集成共享；四级优化级侧重数据挖掘与预测优化；五级引领级侧重产业链协同与模式创新。高级别涵盖低级别全部要求。

本标准的五级分级与工业和信息化部等六部门《智能工厂梯度培育要素条件》确立的智能工厂四档梯度相衔接：规范级对应基础级/先进级（成熟度二级及以上）、集成级对应卓越级（成熟度三级及以上）、优化级对应领航级（成熟度四级及以上），使本标准的评级可对标国家智能工厂梯度培育与申报路径，确保评级真实有效、切实可行，详见附录 B 表 B.1。

4 感知层

4.1 感知层六类感知覆盖化工企业“人、机、料、环、管”要素。可燃/有毒气体探测器（GDS）的设置应符合 GB/T 50493《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》。

4.2 关键工艺参数与重大危险源监测覆盖率 100% 是基于化工安全生产底线要求；关键参数采集间隔不大于 1 s 是为了满足工艺控制和安全联锁的实时性需求。

4.3 规划级要求编制测点清单（I/O 清单）与仪表选型方案，其选型依据为 HG/T 20507《自动化仪表选型设计规范》。关键设备状态监测覆盖率、人员定位覆盖率等指标随等级递进，见附录 A 表 A.4。

5 网络层

5.2 工业控制网络与办公网络物理或逻辑隔离、工业隔离网闸部署，是防止生产网受攻击的必要措施；网络安全防护等级随成熟度递进，集成级及以上不低于三级，规划级、规范级自二级起步，对应 GB/T 22239《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》对第三级（含工业控制系统安全扩展要求）的规定。骨干网带宽 10 Gbps、可用性 99.99% 依据海量感知数据汇聚与关键业务连续性的需求设定。

5.3 从规范级的基础环网、到集成级的 5G 专网/Wi-Fi 6 全覆盖与 OT 边界防护、再到引领级的确定性网络与 5G 全连接工厂，体现网络能力逐级提升的路径。

6 平台层

6.1 平台层由数据中台、工业互联网平台、AI 中台、数字孪生平台、融合通信平台、GIS/三维平台和智慧运营中心（IOC）构成，是数据汇聚、治理与智能分析的核心支撑。AI 中台部署工业大模型、数字孪生平台支撑 OTS，是优化级及以上企业的重要标志。OTS 由数字孪生平台提供机理建模与三维场景能力，作为生产管控系统的应用功能交付。

6.2 PB 级存储、99.95% 可用性、标准化 API 接口等要求，旨在支撑化工企业海量实时数据与多业务系统的稳定集成。

7 应用层（各专业系统建设要求）

7.1 生产管控系统以 MES 为核心、DCS 为基础、APC 为优化引擎。四级要求关键装置实现“黑屏操作”、五级要求关键装置“无人值守/自主运行”，其依据为国内三宁化工、榆林化学、中科

炼化等标杆企业的实践（装置自控率≥95%、黑屏运行超 160 天、操作频次下降 99% 以上）。OTS 用于操作人员开停车与异常处置的仿真培训。

7.2 安全环保管理系统覆盖双重预防、重大危险源监控、特殊作业、人员定位、AI 视频分析、巡检机器人/无人机、应急指挥、环保在线监测与碳排放管理。重大危险源监控应符合 AQ 3035，污染源自动监测数据传输应符合 HJ 212。AI 视频识别响应时间不大于 3 s 依据行业智能视频分析平台的普遍性能水平设定。

7.3 设备管理系统以 EAM 为核心，四级要求融合振动、温度、电流、声纹等多模态数据的预测性维护，五级要求设备数字孪生与自主化运维。关键设备状态监测覆盖率、故障预警准确率等指标见附录 A。

7.4 能源管理系统除传统能源计量与优化外，增加碳排放核算、产品碳足迹追踪与绿电/储能协同，响应“双碳”目标。一级能源计量自动采集率 100% 对应 GB 17167 对用能单位能源计量的要求。

7.5 供应链管理系统通过 WMS、地磅无人值守、AGV 智能搬运与智能立库实现仓储物流自动化、无人化。储运管理覆盖罐区作业、装卸车与码头栈台，与供应链物流联动。

7.6 融合通信系统整合调度电话、扩音对讲、应急广播、无线通信、视频监控、火灾报警等资源，实现“一个平台管通信”。系统建设应符合 SH/T 3153《石油化工电信设计规范》及 YD/T 4920《智慧化工园区专用融合调度系统技术要求》，应急广播与火灾报警联动响应不大于 2 s。

7.7 智慧消防系统通过消防物联网实现火灾自动报警、消防水系统、消防设施的全要素监测与警情联动处置。

7.8 实验室管理系统（LIMS）实现检验业务全流程数字化，四级、五级引入无人化验与无人送样，降低人工检验强度、提升检验数据客观性。

7.9 经营管理系统以 ERP 为核心，实现业财一体化与经营驾驶舱决策支持。

8 绿色低碳与碳排放管理要求

8.1 低碳环保要求贯穿项目全生命周期，遵循 GB/T 36132《绿色工厂评价通则》提出的“能源低碳化、资源高效化、生产洁净化、产品绿色化、用地集约化”原则。碳排放核算与报告应符合 GB/T 32150《工业企业温室气体排放核算和报告通则》及 GB/T 32151《温室气体排放核算与报告要求》系列标准（含化工行业）的规定。

8.2 建设期能耗与碳排放控制即绿色建造，是化工工程建设项目自身节能减排的重要环节，涵盖设计阶段节能低碳工艺与设备选型、施工阶段绿色施工与工厂化预制、建设期碳排放核算等，与施工环节的能效与碳排放管理相衔接。

8.3 运营期能耗与碳排放管理在 7.4 能源管理系统的基础上，进一步明确碳排放核算、产品碳足迹追踪、碳达峰路径、绿电/储能/余热利用与碳资产管理等要求，覆盖燃料燃烧、工艺过程、电力热力间接排放等排放源，支撑企业碳达峰、碳中和目标。

8.4 分级要求与智慧化成熟度等级对应：规划级完成碳盘查、规范级建成碳排放核算、集成级实现能源与碳系统集成、优化级实现能耗碳协同优化与碳足迹追踪、引领级形成绿色工厂/近零碳示范。

9 数据网络与数据治理要求

9.1 数据标准、数据质量、数据资产管理是打破“数据孤岛”、实现跨业务数据共享的基础。关键业务数据准确率 99.9% 依据企业数据治理普遍实践设定。

9.2 网络安全按 GB/T 22239 三级要求建设，采用零信任架构与最小权限原则，工业终端实施安全加固与准入控制，保障生产网与数据安全。

10 实施与验收规范

10.3 系统连续稳定试运行不少于 3 个月、试运行期间重大故障为零，是化工智慧化项目验收的通行条件，用于充分验证系统稳定性和可靠性。按目标成熟度等级建设的项目，应对照附录 A 的分级指标逐项核验。

11 运营与维护要求

11.2 通过 7×24 小时运维保障、定期健康检查、数据备份演练和持续改进机制，保障系统长期稳定运行；定期开展成熟度评估并明确改进方向，形成“评估—规划—建设—验收—再评估”的闭环（PDCA）。

附录 A 各等级智慧化系统选型与指标对照表

附录 A 为标准副本，是面向设计人员、建设单位与施工验收人员的实用工具。“●”表示该等级应建成并达标、“○”表示宜启动建设、“—”表示无要求。表中指标取值综合参考 GB/T 39116、HG/T 6346 的成熟度要求，以及化工智慧化建设行业实践（中科炼化、青岛炼化、榆林化学、三宁化工、天业汇合等标杆企业公开数据），并结合工程建设实际确定。表 A.4 中百分比为相对建设前基线的提升或降低幅度。

附件 1：《化工企业智慧化建设标准》编制说明

附件 2：《化工企业智慧化建设标准》征求意见表

附件 1：

《化工企业智慧化建设标准》

编制说明

一．编制《化工企业智慧化建设标准》的背景、目的和意义

当前智慧工地建设标准针对化工和工业领域的规定较少，主要针对民用建设领域，导致当前智慧工地标准的参照和执行，在有些情况下并不符合工业项目建设的特点。

赛鼎工程有限公司是中国化学集团旗下工程公司，化学工业项目是我司主营业务，公司针对当前化工领域智慧工地建设标准的空白以及结合公司标准化、智慧化工地建设的战略，重点解决化工领域工地智慧化和标准化的统一性问题，起草编制本标准。

该标准适用于工业项目、民用项目以及市政项目，在管理要求、技术要求、工作流程方面做了详细规定，具有较强的可执行性。

标准的制定参照国内行业和地方最新标准，保证在符合现有标准的框架下进行编制，同时具备标准的先进性。本着着眼于实际用途，发挥工地智慧化最大价值的原则，配备合理和经济的智慧工地系统，完成传统工地管理方式的转型。

二．编制原则和编制依据

1．编制原则

本标准在制定工作中遵循“统筹兼顾、协调一致、全面系统、简单适用、及时修订、不断完善”的原则。

本标准在结构编写和内容编排等方面依据GB/T 1.1-2009《标准化工作导则　第1部分：标准的结构和编写》进行编写。

在确定本标准主要技术管理要求方面，统筹兼顾化工项目施工过程能源消耗与施工技术进步等协调一致，力求计算方法覆盖面广适用且全面。

2.编制依据

本标准的编制以国家建筑与市政工程绿色施工、环境保护现有法律、法规、标准为主要依据，主要有：

[1] GB/T 22239　信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

[2] GB 31571　石油化学工业污染物排放标准

[3] GB 50160　石油化工企业设计防火标准

[4] GB/T 50493　石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

[5] GB/T 50770　石油化工安全仪表系统设计规范

[6] GB/T 39116　智能制造能力成熟度模型

[7] GB/T 39117　智能制造能力成熟度评估方法

[8] GB/T 39218　智慧化工园区建设指南

[9] GB 17167　用能单位能源计量器具配备和管理通则

[10] GB/T 32150　工业企业温室气体排放核算和报告通则

[11] GB/T 32151　温室气体排放核算与报告要求（系列标准，含化工行业）

[12] GB/T 36132　绿色工厂评价通则

[13] GB/T 20000.2　标准化工作指南 第 2 部分：采用国际标准

[14] GB/T 43439 信息技术服务 数字化转型 成熟度模型与评估

[15] HG/T 6346 石化和化工行业数字化转型成熟度评估

[16] HG/T 20507 自动化仪表选型设计规范

[17] AQ 3035 危险化学品重大危险源安全监控通用技术规范

[18] HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

[19] HJ 75/HJ 76 固定污染源烟气排放连续监测技术规范及检测方法

[20] HJ 947 排污单位自行监测技术指南 石油化学工业

[21] SH/T 3153 石油化工电信设计规范

[22] YD/T 4920 智慧化工园区专用融合调度系统技术要求

[23] 工信部信发〔2021〕131 号 工业互联网＋安全生产行动计划（2021—2023 年）

[24] 原材料工业数字化转型工作方案（2024—2026 年）

[25] 工业和信息化部等六部门 智能工厂梯度培育行动实施方案

[26] 工业和信息化部等六部门 智能工厂梯度培育要素条件

[27] 工信厅通装函〔2025〕155 号 智能制造典型场景参考指引（2025 年版）

[28] ANSI/ISA-18.2 报警系统管理；ISA-95 企业控制系统集成；IEC 62443 工业自动化控制系统信息安全

[29] IEC 61511 功能安全—安全仪表系统；ISO 50001 能源管理体系；ISO 23247 数字孪生框架

[30] IEC 62890:2016 工业过程测量、控制和自动化 系统和软件的生命周期管理

[31] ISO 22400:2014 自动化系统和集成 制造运行管理关键性能指标

3．编制计划

1）标准编制前期工作：2024 年 5 月开始进行 “化工企业智慧化建设” 专题研究；2024 年 6 月 - 2025 年 10 月对已投用的化工建设项目智慧工地、数字化管控系统开展实地调研、案例收集，梳理智慧化建设应用现状，汇总工程实践资料，开展分析研究，获取有效经验数据，为制定标准提供基础支撑。

2)2026 年 1 月，组织编写组，召开标准编写启动会，分工起草标准初稿；

3）2026 年 5 月，完成标准初稿；

4）2026 年 7 月前，完成标准征求意见稿；

5）2026 年 10 月前，完成标准送审稿。

三. 《化工企业智慧化建设标准》编制主要内容与结构

本标准采用“标准主体＋分级副本”的结构。第 3 章至第 11 章为主体部分，规定感知层、网络层、平台层、应用层的建设框架、各系统组成与通用技术要求，以及绿色低碳、数据治理、实施验收和运维要求；附录 A 为规范性附录，给出五个智慧化成熟度等级对应的系统选型清单与量化指标，供设计人员、建设单位与施工人员按级别直接选用与验收。这种“主体定规则、附录定刻度”的安排，旨在使标准既能覆盖建设的全要素，又能在具体等级上具备可操作性和可核查性。

本标准编制主要包括以下 8 个方面内容：

前言

引言

1.范围

2.规范性引用文件

3.术语和定义

4.智慧化建设总体架构

5.感知层

6.网络层

7.平台层

8.应用层

9.绿色低碳与碳排放管理要求

10.数据网络与数据治理要求

11.实施与验收规范

12.运营与维护要求

四．与国际、国外标准情况的对比

经查，该标准无对应的国际标准或国外先进标准。本标准未采用国际、国外标准。

五．与现行法律、法规及国家标准的关系

本标准与现行相关法律、法规、规章 及相关标准协调一致。

六．实施本标准的管理措施及建议

本标准的制定，将填补化工企业智慧化建设相关标准的空白。本标准规定了化工建设项目和企业能耗与碳排放计算方法的术语和定义、项目建设过程能耗计量方法、评价标准、单位产值能耗允许值、二氧化碳排放量计算方法及企业年度二氧化碳排放统计计量方法。

本标准适用于石油化工、煤化工、精细化工等化工企业新建、改建、扩建项目及在役设施的智慧化建设，覆盖规划、设计、实施、

验收和运行维护各阶段。与化工生产装置直接关联的油气储运设施中储存、装卸、输送及安全监控环节的智慧化建设可参照使用。企业配套检验实验室的智慧化建设纳入本标准应用层范围。实验室规模的研究试验装置不适用于本标准。鉴于本标准为首次编制，在实施过程中可采用先试行一段时间，根据试行情况及反馈信息，进行进一步的修订完善，力争最终形成适用的、精准的化工项目建设过程能耗计算方法的规范体系及技术管理文件，更好的满足化工建设项目环境保护、节能减排的需要。

鉴于本标准为首次编制，在实施过程中可采用先试行一段时间，根据试行情况及反馈信息，进行进一步的修订完善，力争最终形成适用的、精准的化工企业智慧化建设规范体系及技术管理文件，更好的满足化工企业数字化转型、安全管控、提质增效的需要。 此外，随着智能装备的不断更新及信息技术的不断得到应用，化工行业数字化、智能化新工艺、新技术、新方案的实践经验的积累，因此《化工企业智慧化建设标准》通过发布实施后，通过标准编制组平台建立相关信息的反馈机制，适时解决标准应用中的问题，及时了解和总结智慧化建设过程中的新动向，根据其变化和发展不断完善、拓展和更新标准的内容。

七．标准水平分析

本标准的编制可以填补国内化工企业智慧化建设标准的空白。吸纳行业成熟智能化工程实践成果，兼顾技术先进性、现场实用性与安全合规性，能够有效指导化工企业智慧化系统规划、建设、验

收与运维，对推动化工行业数字化转型、提升本质安全水平具有重要支撑作用。

《化工企业智慧化建设标准》编制组

2025年7月

附件 2：

中国化工建设企业协会团体标准征求意见表

标准项目名称：《化工企业智慧化建设标准》

提出意见单位：

联系人：　　电话：

年　月　日

序号	章条号	提出意见	理由
1			
2			
3			
4			
……			

注：1.请于 2026 年 12 月 31 日前反馈给电子邮箱：ccit2017@126.com

2.　　联系人及联系方式：

联系人：张浩楠

联系电话：010-82032187，18519952699（微信同号）