

# 工业互联网产业联盟标准

AI1/017-2022

---

## 工业互联网应用 煤化工智能工厂建设指南 第1部分：系统规划

Application of industrial Internet -  
Construction guide of intelligent plants for coal  
chemical industry- Part 1: System planning

工业互联网产业联盟  
Alliance of Industrial Internet



## 目 次

前 言 .....	II
引 言 .....	III
1 范围 .....	5
2 规范性引用文件 .....	5
3 术语和定义 .....	5
4 缩略语 .....	7
5 总则 .....	7
5.1 目的 .....	7
5.2 组织准备 .....	7
5.3 系统性 .....	7
5.4 质量模型 .....	7
5.5 标准化 .....	8
6 规划要点 .....	8
6.1 规划工作准备 .....	8
6.2 利益相关方需要和要求定义 .....	11
6.3 运营管理架构定义 .....	17
附录 A（资料性） 运营管理能力评估规范 .....	28
附录 B（资料性） 煤化工企业智能工厂需求场景 .....	29
附录 C（资料性） 通用评估过程 .....	32
附录 D（资料性） 资源对象参考 .....	39
附录 E（资料性） 规划阶段输出信息项 .....	41
附录 F（资料性） 投资估算报告 .....	42
附录 G（资料性） 规划文件示例 .....	43
参 考 文 献 .....	46

## 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。

本文件由工业互联网产业联盟提出并归口。

T11/AII 017-2022系列标准旨在提供普遍适用于煤化工智能工厂规划、设计、建设和运维方法的指南，拟由四个部分构成：

——第1部分：系统规划，描述煤化工智能工厂建设的系统规划需要和要求定义过程，系统需求定义方法和流程。

——第2部分：系统设计，包含煤化工智能工厂建设的系统设计流程、方法、内容要求等。

——第3部分：系统实现，描述煤化工智能工厂建设中系统落地实现的流程、方法。

——第4部分：系统运维，描述煤化工智能工厂建设中系统运维的流程、方法。

本文件牵头单位：浙江中控技术股份有限公司

本文件主要起草单位：浙江中控技术股份有限公司，陕西煤业化工集团有限公司，陕煤集团榆林化学有限责任公司，中国五洲工程设计集团有限公司，景德镇市兆谷云计算信息技术有限责任公司，浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司，国家能源集团宁夏煤业公司烯烃二分公司，江苏奥立信数字科技有限公司。

本文件主要起草人：古勇、宋世杰、武东升、刘永召、郑海川、王乔恒、邓辉、杨明明、邓常杰、庄稼、焦提兵、赵路军、何玲燕、韩杰、陈英杰、祁雨奇、孙冬梅、王少培、周威杰。

工业互联网产业联盟  
Alliance of Industrial Internet

# 引 言

工业互联网与煤化工融合创新发展的基本思路，是在建立适合企业需要的商业模式基础上，将物联网、云计算、大数据、人工智能等技术应用于煤化工企业运营过程（包括生产过程等）、管理与服务支持过程，构建一体化的符合商业模式要求的智能工厂，推动企业高质量发展。

这里的煤化工企业是指按资源、市场、辅助工程一体化和物流与基础设施服务共享要求，实现生产装置或分厂一体化布局、原料互供、资源共享的企业。企业依靠一体化运营可获得整体效益和竞争力的需要。图 1 为煤化工企业一体化运行示意图。

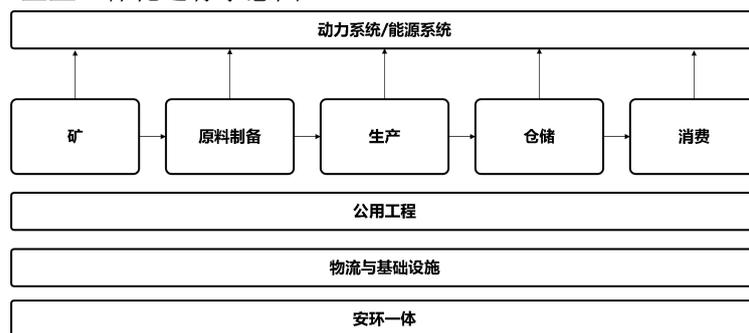


图1 煤化工企业一体化运营示意图

煤化工生产具有工艺复杂、生产装置能力平衡约束条件多、供应链物料平衡困难、工艺安全要求高、确定和实现整体效益最优的目标困难、确定产品组合要求强烈等特点。

示例 1: 煤制油、煤制烯烃为上游装置，以煤制油和煤制烯烃副产品石脑油、液化石油气为原料，采用裂解工艺制乙烯、丙烯，经聚合最终产品为聚丙烯、聚乙烯等产品，是一类典型的煤化工企业。

示例 2: 现代煤化工企业的动力站属“热-电联产”系统，可独立运行管理。通常需要与生产装置及其“热回收系统”协同运行。

示例 3: 为间接法煤制油、煤制烯烃工厂等提供氧气、氮气、动力风的空分装置为公用系统，可独立运行管理，与生产装置协同运行。

通常，在现代煤化工企业规划阶段，下列“一体化”理念全部或部分得到体现：

- 项目设计一体化，利用化工产品上下游关联的特点，形成化工项目链；
- 公用工程一体化，对园区能源供应进行统一规划、集中建设，形成一体化的公用工程岛；
- 物流传输一体化，通过输送管网、仓库、道路等，形成园区内一体化的物流运输系统；
- 环境保护一体化，园区内设立环保中心，统一处理废水、废气、废渣。

注 1: 近年来，工业原料型气化岛成为化工园区创新发展的一种模式。工业原料气化岛单独运行管理，它以燃料煤、原料煤、水、空气为原料，为园区化工装置提供

- 氧气、氮气、压缩空气、特种气体；
- 一氧化碳、氢气、一氧化碳+氢气，
- 电力、蒸汽等。

此外，气化岛还生产硫磺。

通常，工业原料型气化岛需要与下游生产系统协同运行。

注 2: 卸储煤装置为气化装置提供原料煤，为电站装置提供燃料煤，是整个煤化工生产的煤源保证。卸储煤系统可独立运行管理。

注 3: 煤化工生产要求煤源稳定、供给能力稳定，也需要稳定的原料、产品的运输能力保证。

注 4: 煤化工企业运营需要

- a) 稳定的客户关系,
- b) 开发新的客户,
- c) 开发适合市场竞争需要的产品组合。

注 5: 有研究表明, 煤制烯烃单位产品的综合成本中原料煤和燃料煤成本、无形资产摊销和折旧费用占之和占综合成本的 67%左右。煤制油、煤制烯烃。单位产品的综合成本构成也呈此类特征。除降低原料煤和燃料煤价格外, 优化控制条件、节能降耗、设备长周期运行是煤化工企业降低成本的关键。

建立和使用智能工厂为组织带来了机遇, 但也增加了挑战。这些挑战存在于智能工厂的整个生命周期和所有层次的架构细节中。GB/T 22032-2021 采用系统工程方法, 为描述系统的生命周期提供了一个通用的过程框架。系统工程是一种用于成功实现系统的跨学科方法。

本文件对智能工厂开发中定义利益相关方需要和要求、系统需求提出了指南, 为制定智能工厂实施方案, 明确阶段任务目标、预期效果及实施计划, 分步开展建设提供了建议。



工业互联网产业联盟  
Alliance of Industrial Internet

# 工业互联网应用 煤化工智能工厂建设指南

## 第 1 部分：系统规划

### 1 范围

本文件提供了基于工业互联网的智能工厂建设系统规划建议。

主要内容包括：

- a) 利益相关方需要和要求定义；
- b) 系统需求定义。

注：内容可参考GB/T 22032-2021的6.4.2、6.4.3。

本文件适用于新建、改建和扩建煤化工智能工厂的规划设计，也可供规划化工智能工厂参考。除本文件外，智能工厂的规划设计符合国家现行有关标准的规定是必不可少的。

### 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 20720.1-2019 企业控制系统集成 第 1 部分：模型和术语

GB/T 20720.2-2020 企业控制系统集成 第 2 部分：企业控制系统集成的对象和属性

GB/T 20720.4-2021 企业控制系统集成 第 4 部分：制造运行管理集成的对象模型属性

GB/T 22032-2021 系统与软件工程 系统生存周期过程

IEC 62264-3:2016 Enterprise-control system integration - Part 3: Activity models of manufacturing operations management

IEC 62264-5:2016 Enterprise-control system integration - Part 5: Business to manufacturing transactions

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**架构** architecture

系统在其环境中的基本概念或属性，体现在其元素、关系以及设计和演变原则中。

[来源：ISO/IEC/IEEE 42010:2011，3.2]

#### 3.2

**智能工厂** intelligent plant

在设备智能化、管理现代化、信息计算机化的基础上达到的新的阶段，包含智能装备、自动

化系统集成和企业管理信息系统的新型工厂。

### 3.3

#### 工业互联网平台 Industrial Internet platform

可集成工厂内部和/或工厂外部的各种数据、服务、用户等各类资源，在此基础上提供工业数据集成分析、应用支撑能力和基础应用能力，以支撑各种工业互联网应用，是构建产业生态重要基础。

[来源：A11/001-2017 3.1]

### 3.4

#### 供应链协同 supply chain collaboration

两个或两个以上的企业为了实现某种战略目的，通过公司协议或联合组织等方式而结成的一种网络式联合体。

### 3.5

#### 运营管理 operations management

为对生产和提供企业主要的产品和服务的系统进行设计、运行、评价和改进。

注：通常把运营战略、新产品开发、产品设计、采购供应、生产制造、产品配送直至售后服务看作一个完整的“价值链”，对其进行集成管理。

### 3.6

#### 主数据 master data

在整个企业范围内各个系统（操作/事务型应用系统以及分析型系统）间要共享的数据。

注：主数据可以是与客户、供应商、账户以及组织单位相关的数据。通常在整个企业范围内主数据需要保持一致性、完整性、可控性。

### 3.7

#### 工业数据 industry data

工业领域产品和服务全生命周期产生和应用的数据，包括但不限于工业企业在研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等环节中生成和使用的数据，以及工业互联网平台企业在设备接入、平台运行、工业 APP 应用等过程中生成和使用的数据。

[来源：工信部《工业数据分类分级指南（试行）工信厅信发〔2020〕6号》]

### 3.8

#### 利益相关方 stakeholder

在一个系统或系统特性范围内具有权利、份额或主张，以满足其要求和期望的利益的个人或组织。

示例：最终用户、最终用户组织、支持者、开发商、生产商、培训方、维护方、部署方、需方、供应组织和监管机构。

注：某些利益相关方可能有相互对立或与系统对立的利益。

[来源：GB/T 22032-2021, 4.1.44]

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APC	先进过程控制	advanced process control
CCR	中央控制室	central control room
CCS	压缩机控制系统	compressor control system
CCTV	电视监视系统	central control television
CRM	客户关系管理	customer relationship management
DCS	分散型控制系统	distributed control system
ERP	企业资源计划	enterprise resource planning
ESD	紧急停车系统	emergency shutdown device
FAR	现场机柜室	field auxiliary room
FCS	现场总线控制系统	field-bus control system
FGS	火灾及气体检测系统	fire and gas detection system
ISCM	内部供应链管理	internal supply chain management
KPI	关键绩效指标	key performance indicator
MAS	储运自动化系统	movement automation system
MOM	制造运作管理	manufacturing operation management
MTO	面向订单生产	make to order
MTS	面向库存生产	make to stock
MMS	机组监控系统	machinery monitoring system
OPC	用于过程控制的对象链接嵌入	object linking and embedding(OLE) for process control
PAS	在线分析仪系统	process analyzers System
PCS	过程控制系统	process control system
PLC	可编程逻辑控制器	programmable logic controller
POM	生产运作管理系统	production operations management system
RTO	实时优化	real time optimization
SCADA	数据采集与监控系统	supervisory control and data acquisition
SCM	供应链管理	supply chain management
SRM	供应商关系管理系统	supplier relationship management
SIS	安全仪表系统	safety instrumented system

## 5 总则

### 5.1 目的

建立智能工厂的目的是基于工业互联网实现资源有效利用、绿色生产、安全生产、整体利益最优。

### 5.2 组织准备

智能工厂规划由专业的企业系统规划设计组织完成。

### 5.3 质量模型

按照GB/T 25000.10-2016、GB/T 25000.12-2017的规定，确定智能工厂质量模型，以设定、控制、衡量系统生存周期过程及其输出、工作产品的质量。质量模型由使用质量模型、产品质量模型和数据质量模型构成。

#### 5.4 系统性

参考IEC PAS 63088-2017 工业4.0参考架构模型，确定智能工厂层次、运行于每个层次的系统。

注1：这个层次中，不同维度的指标处于不同层级，形成一定的秩序、同层级指标之间、指标层与指标层之间具有清晰的逻辑关系。

注2：整个体系中的单个指标能反映评价对象发展的某个侧面，而指标的综合又能反映整体情况。

注3：基于工业互联网平台建立智能工厂时，确定智能工厂功能在过程控制层、边缘层、工业互联网平台层、应用层的分配。

#### 5.5 标准化

参照GB/T 15496-2017要求建立、健全企业标准体系（包括产品标准体系、基础保障标准体系），并按照企业标准体系建设、运行智能工厂。

### 6 规划要点

#### 6.1 规划工作准备

##### 6.1.1 组织准备

6.1.1.1 参照 GB/T 36463.1-2018 和 GB/T 36463.2-2019 的要求组建智能工厂规划组，规划组由规划组长、规划人员和行业专家组成。建立规划设计工作程序。规划组在获得企业授权后运行。

6.1.1.2 明确规划组长的能力要求。规划组长能力要求可包括：

- a) 项目管理能力。具备规划项目管理特定领域相关的知识、技能和经验；
- b) 领导力。具备指导、激励和带领团队所需的知识、技能和经验，以促进达成规划目标；
- c) 业务管理能力。具备煤化工行业的生产和管理知识、专业技能以及其他所需的跨专业综合知识和技能，以达到预期绩效；
- d) 具备工业互联网专业知识。

6.1.1.3 规划组组长对项目范围、进度、成本、质量、风险负责。参照 GB/T 37490 - 2019、GB/T 37507 - 2019、GB/T 19016 - 2021、GB/T 19015 - 2021 要求确定职责内容。

6.1.1.4 参照 GB/T 36463.2-2019 确定规划小组的能力要求。掌握煤化工产品制造、运营管理、维护技术、IT 技术及其他方面知识是对规划组人员能力的基本要求。

6.1.1.5 规划组配备所需的领域专家。专业领域可包括煤化工工艺、过程控制与自动化仪表、设备管理与维护、运营管理、HSE 管理、IT、ICT 等。

##### 6.1.2 确定架构工作请求

6.1.2.1 架构工作请求（智能工厂规划请求）是企业发送到架构组织（如咨询公司、本企业部门、承担架构任务的架构工作组）的文档，用以启动架构开发周期。

注：架构工作请求可以是架构更改请求的结果，也可以是源于迁移规划的架构工作提及的条款。

示例：架构工作请求参考内容如下：

- a) 组织发起人；

- b) 组织使命说明;
- c) 业务目标 (和变化);
- d) 业务战略计划;
- e) 时间限制;
- f) 业务环境的变化;
- g) 组织约束;
- h) 预算信息、财务约束;
- i) 外部约束、业务约束;
- j) 当前业务系统描述;
- k) 当前架构/IT 系统描述;
- l) 开发组织描述;
- m) 开发组织可用资源描述。

### 6.1.3 确定业务目标、业务原则和业务驱动因素

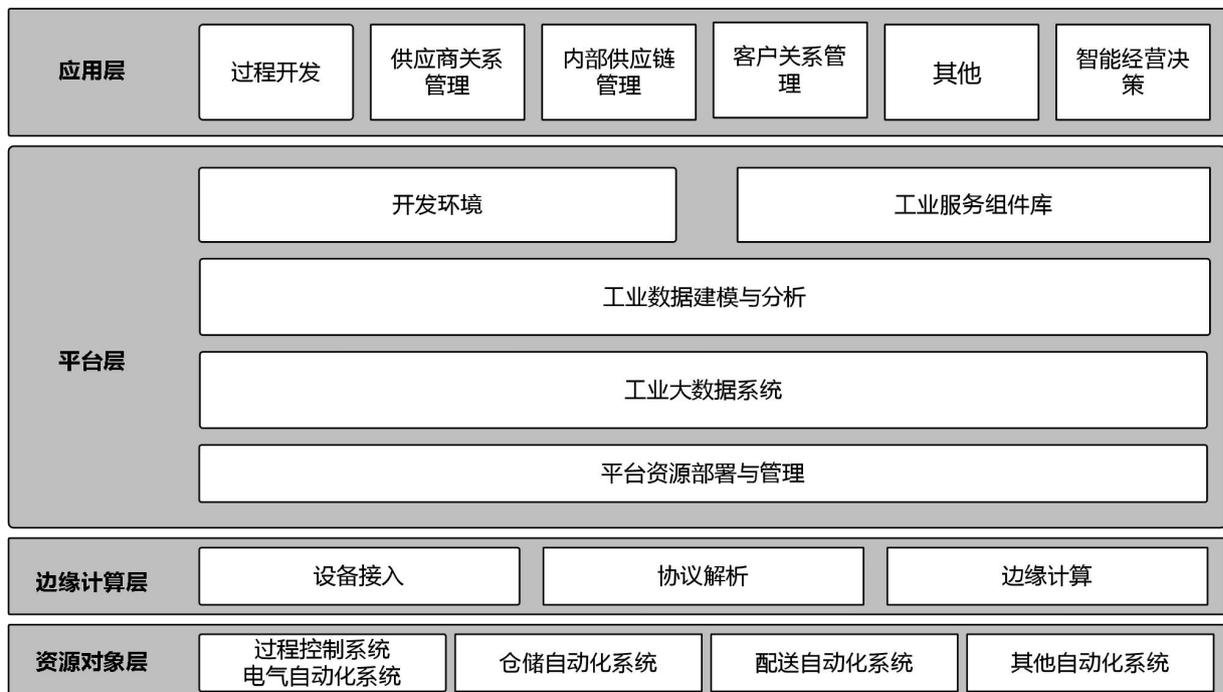
业务目标、业务原则通常在架构工作请求中给出。驱动因素可以是战略因素、用户因素、事件因素、标杆因素和技术因素。

### 6.1.4 确定架构资源库 (可选)

注：架构资源库用于存储在大型企业中运行成熟的架构功能所产生大量的架构输出，有效地管理和利用这些架构工作产品需要对不同类型的架构资产进行正式的分类，并为架构内容存储提供专用的过程和工具。

### 6.1.5 确定参考架构

基于工业互联网平台的智能工厂



图注：“其他”为应用层的运营过程、管理与支持服务过程有关的内容。详见 6.1.6。

图 1 智能工厂参考架构

6.1.5.1 参考《AII/001-2017 工业互联网平台 通用要求》确定资源对象。资源对象参考架构示例见附录 D。

6.1.5.2 边缘计算层的功能包括设备接入、协议解析、边缘计算。其中边缘计算包括：生产装置运行模拟，区域运行分析、优化，旋转设备、特种设备运行健康诊断等[81]。

6.1.5.3 工业互联网平台层及应用层各系统的参考架构见参考文献[80]。

示例：运营管理流程的示例：

- a) 客户关系管理（CRM）：所有的流程紧紧围绕企业与其客户之间的联系。
- b) 内部供应链管理（ISCM）：所有流程面向企业内部。其中与制造有关的构件有制造运作管理、过程控制系统、过程安全管理和环境管理；
- c) 供应商关系管理（SRM）：所有流程紧紧围绕企业与其供应商之间的联系。
- d) 煤化工过程开发系统（可选）。

### 6.1.6 确定智能工厂利益相关方关注点

确定煤化工行业流程分类框架对准确理解利益相关方的关注点，尤其是关键利益相关方的要求是必要的。

注：利益相关方可以有企业技术开发、生产与运营管理、客户关系管理、供应商关系管理人员。他们的关注点可能包含于各类流程之中。通常流程分类如下：

- a) 开发和管理产品与服务，产品与服务可包括煤制油、煤制天然气、煤制烯烃、煤制乙二醇和煤制芳烃等产品及其运输服务等；
- b) 市场、销售产品和服务管理；
- c) 交付实物产品；
- d) 交付服务；
- e) 管理客户服务；
- f) 开发和管理人力资本；
- g) 管理信息技术；
- h) 管理财务资源；
- i) 建设和管理资产；
- j) 管理企业风险；
- k) 管理外部关系，如与政府、设计院等外部单位的关系；
- l) 开发和管理业务能力（包括安全、环保、职业健康的内容）。

### 6.1.7 建立过程质量控制机制

跟踪规划设计过程、建立评价标准、评价规划过程绩效，这对保证智能工厂规划设计的成功是必要的。附录 A 提出了评估运营管理能力的参考规范、规划绩效评估参考规范。

### 6.1.8 建立规划过程沟通协调机制

沟通的典型内容可以包括：

- a) 确定利益相关方并按沟通要求分组；
- b) 确定沟通需求、与架构愿景相关的关键信息、沟通风险和关键成功因素；
- c) 确定将用于与利益相关方沟通并允许访问架构信息的机制，如会议、通讯、资源库等；
- d) 确定沟通时间表，显示将在何时何地、与哪些利益相关方群体进行哪些沟通；
- e) 沟通过程文档化。

### 6.1.9 定义智能工厂能力需求调研文件

能力需求调研文件内容可包括：

- a) 识别竞争能力工作程序；
- b) 调研方案；
- c) 调研利益相关方清单；
- d) 调研计划；
- e) 调研资源需求；
- f) 调研绩效评价标准；
- g) 遵从的法律法规等文件。

按照GB/T 22032-2021的要求定义架构工作说明书和解决方案；按GB/T 30999-2014的要求描述过程，有助于实现架构规范性。

## 6.2 利益相关方需要和要求定义

### 6.2.1 目的

- a) 确定实现企业战略目标的业务能力需求；

注1：企业竞争能力可体现在运营管理方面，如产品设计、供应商关系、生产制造、财务管控、人力资源、经营决策和客户服务等方面。

- b) 确立并批准智能工厂架构工作说明书，该说明书定义了开发和部署架构的工作方案。

注2：架构工作说明书通常是用来衡量架构项目成功执行情况的文件，可作为架构服务供应商和消费者之间合同协议的基础。

### 6.2.2 过程输入

编制架构工作说明书的输入可分为架构参考材料、架构输入和非架构输入。

- a) 架构输入，可以有：

- 1) 架构的组织模型，包括：

- 受影响组织的范围；
- 成熟度评估、差距和解决方法；
- 架构团队的角色和职责；
- 架构工作的制约因素；
- 再利用要求；
- 预算要求；
- 变更要求；
- 治理和支持策略。

- 2) 定制架构框架，包括：

- 定制架构方法；
- 定制架构内容（可交付成果和工件）；
- 架构原则，包括预先存在的业务原则；
- 配置和部署的工具。

- 3) 现有架构文档（框架描述、架构描述、基线描述、架构构件等）。

- 4) 参考架构

- c) 非架构输入，可以有：

- 1) 企业运营管理机制；

- 2) 架构工作请求;
- 3) 调研定义文件。

### 6.2.3 主要活动和任务

#### 6.2.3.1 识别竞争能力需求的主要活动可以包括:

- a) 确定利益相关方、关注点和业务需求,包括
  - 1) 企业运营管理现状调研(见 6.2.3.2 ~ 6.2.3.8)
  - 2) 确定实现智能工厂的业务需求(见 6.2.3.9)
  - 3) 确定实现智能工厂的关键技术(见 6.2.3.10)
- b) 确定并阐述智能工厂的业务目标、业务驱动因素和约束(见 6.2.3.11)
- c) 企业当前能力评估(见 6.2.3.12)
- d) 智能工厂准备情况评估(见 6.2.3.13)
- e) 定义范围(见 6.2.3.14)
- f) 确认并阐述架构原则(见 6.2.3.15)
- g) 确定架构愿景(见 6.2.3.16)
- h) 定义目标架构价值主张和 KPI(见 6.2.3.17)
- i) 识别业务转型风险和环节活动(见 6.2.3.18)
- j) 编制架构工作说明书(见 6.2.3.19)
- k) 评审架构工作说明书(见 6.2.3.20)
- l) 审批架构工作说明书(见 6.2.3.21)

#### 6.2.3.2 生产装置、储运等系统现状调研的范围可以是:

- a) 企业生产系统能力;
- b) 企业储运系统能力;
- c) 公用工程(供水、供电、管道运输)能力;
- d) 环保系统能力;
- e) 动力系统(余热发电、蒸汽梯级使用、热电联产等)能力;
- f) 分厂/装置间物料互供能力;
- g) 消防系统能力;
- h) 安防系统能力;
- i) ESD 系统能力;
- j) SIS 系统能力;
- k) APC、RTO 能力;
- l) 其他生产系统能力。

以上调研包括相应的过程控制系统(如DCS、PLC等)、安全与环境感知系统的能力。

调研前,明确下列内容是必要的:

- a) 调研的规则、方法,
- b) 被调研对象的边界、内容与深度、接口、控制系统或安全仪表系统(SIS)的安全完整性等级,以及人机交互系统。
- c) 被调研对象的环境,
- d) 适合被调研对象的调研信息项。
- e) 证明调研信息项有效性的证据要求。

### 6.2.3.3 企业业务模式及运营管理系统现状调研的范围可以包括：

现有业务系统及其关系的调研：

- a) 生产管理（包括 APS，不包括其执行部分）；
- b) 企业制造运作管理（包括能源优化调度）；
- c) 供应商关系管理；
- d) 客户关系管理；
- e) 财务管理；
- f) 人力资源管理；
- g) 质量管理；
- h) 企业技术开发管理；
- i) 设备资产管理；
- j) 企业过程安全管理；
- k) 企业环保管理；
- l) 职业健康管理；
- m) 企业其他管理。

支持业务系统实现条件的调研：

- a) 信息交换管理；
- b) 共享信息管理；
- c) 与业务相对应的运作管理信息系统。

### 6.2.3.4 供需链的风险调研。供需链的风险可以有：

- a) 供需链节点活动导致供应链供需不平衡的风险；
- b) 市场环境变化导致供需链无法平稳运营的风险；
- c) 公用工程能力变化风险；
- d) 生产装置非计划检维修导致供需链不能按计划运行的风险；
- e) 安全生产联锁导致无法及时协调和指挥应急联动的风险。

6.2.3.5 企业产品研发能力调研，可包括：设计系统（如过程开发、工艺和装置设计、控制系统设计、装置建造）、仿真/模拟系统、专用计算系统、试验系统、中试系统，以及研发组织和人力资源能力等。

6.2.3.6 企业信息基础设施现状调研，如企业网络、过程控制网络、计算与存储系统等。

6.2.3.7 标准体系调研。参照 GB/T 15496-2017 的要求对产品实现标准体系、基础保障标准体系和他们之间的关系进行调研。

### 6.2.3.8 管理企业业务能力的需求调研。

示例：业务能力需求可能体现在以下方面：

- a) 管理业务流程；
- b) 管理企业质量；
- c) 管理变更；
- d) 管理知识；
- e) 管理标杆；
- f) 管理 HSE；
- g) 管理过程安全；

h) 对生产过程及其控制系统的要求。

6.2.3.9 确定实现智能工厂的业务需求，即确定关键利益相关方及其关注点/目标、规划中要解决的关键业务需求。利益相关方及其可能关注点见章节 6.1.9。

注：所确定的业务需求可用于：

- a) 确定所需组件和组件需求；
- b) 构成与利益相关方沟通计划的基线；
- c) 确定需要开发哪些业务架构视图和视点，以满足各种利益相关方需求。

6.2.3.10 关键技术需求调研。关键技术可包括关键操作技术、关键信息技术等方面。

示例：关键技术的示例有：

- a) 先进生产计划；
- b) 共享数据；
- c) 网络与信息安全；
- d) 对象与信息建模；
- e) 数据交换；
- f) 物流仿真；
- g) 流程模拟；
- h) 能源调度与优化；
- i) 大数据；
- j) 边缘计算；
- k) 工业互联网平台；
- l) 云技术；
- m) 5G 技术，如建立 5G 专用网络，用于无人智能巡检、远程设备操控、设备协同作业、生产现场监测等。

6.2.3.11 确定并阐述运营的业务目标、业务驱动因素和约束。

注 1：应确保现有的定义是最新的、非模糊的。

注 2：必要时，与架构工作说明发起者一起定义这些内容，并确保这些内容得到公司管理层的认可。

6.2.3.12 评估能力。分类调研资料，分析企业开发和使用架构的能力、企业的基线和目标能力水平。评估下列内容：

- a) 业务模型；
- b) 业务战略优先级；
- c) 企业当前具备的业务能力；
- d) 企业未来必须具备的业务能力，以便对战略优先级采取行动；
- e) 企业变更执行能力。

注：在企业变更执行能力中确定的差距或限制告知架构设计者并在目标架构中描述是重要的。对创建实施和迁移计划也是重要的。

评估结果形成文件。

评估过程参考附录 A.1。

6.2.3.13 智能工厂运营就绪情况评估。评估活动可包括：

- a) 确定影响组织的就绪因素；

- b) 使用就绪度模型展示就绪度因素；
- c) 评估准备就绪系数，包括确定就绪系数评级；
- d) 评估每个准备就绪因素的风险，并确定缓解风险的改进措施；
- e) 将这些行动纳入实施和迁移计划。（实施和迁移计划超出了本文件的范围）

注 1：智能工厂运营将或多或少地引起业务转型，业务转型就绪度评估可用于评估和量化组织对变化的准备程度。评估过程参考附录 A。

注 2：ISO 16290:2013 可供确定智能工厂运营就绪模型参考。

#### 6.2.3.14 定义智能工厂运营的范围，包括：

- a) 定义计划层运营管理的内容，包括销售管理、资产管理、供应商管理、客户关系管理、财务管理系统等；
- b) 定义执行层管理的内容，包括生产运作、库存运作、质量运作、设备维护运作、生产过程控制等系统；

注：智能工厂包括管理生产一体化、产供销一体化、管理控制一体化等的集成化运营管理。

- c) 智能工厂运营过程涵盖的特定架构领域（业务、数据、应用、技术）；

示例 1：特定架构领域的示例：

- 符合 MTO、MTS 生产方式的业务架构；
- 数据架构（实时数据、业务数据等）。

- d) 可使用的架构资产；
- e) 其他可用的资产（其他框架、系统模型、垂直行业模型等）。

示例 2：其他可用的资产的示例：

- 控制系统专用框架；
- POM-PCS 互操作模型；
- MOM-ERP 互操作模型。

#### 6.2.3.15 确认并阐述智能工厂的架构原则。架构原则通常是业务原则、数据原则、应用原则和技术原则。

#### 6.2.3.16 确定架构愿景，包括：

- a) 获取智能工厂运营管理相关政策和战略决策，及其他领域对架构愿景的约束；
- b) 确定企业架构愿景，显示所有不同架构领域交付项将如何组合在一起；
- c) 基于利益相关方关注点、业务能力需求、范围、约束和原则，创建基线和目标架构的高级视图；
- d) 架构初始版本归档至架构存储库。

#### 6.2.3.17 定义目标架构价值主张和 KPI，可包括下列（与目标架构的功能有关）方面：

- a) 为所需的架构和变更开发业务案例；
- b) 为每个利益相关方群体提出价值主张；
- c) 评估和定义采购要求；
- d) 与相关发起人和利益相关方审查并同意价值主张；
- e) 定义要构建到企业架构中的性能指标，以满足业务需求；
- f) 评估业务风险。

该活动的输出应包含在架构工作说明书中，以便相应地跟踪性能。

6.2.3.18 识别业务转型风险和环节活动，并评估初始风险水平（如灾难性、关键性、边际性或可忽略性）以及与之相关的潜在频率。为每个风险分配一个缓解策略。

示例 1：在方案制定和评审时考虑 FMEA 分析及措施，包括（不限于）：

- a) 涉及工艺、设备等的 FMEA；
- b) 涉及运营管理方面的 FMEA；
- c) IT 基础设施方面的 FMEA。

示例 2：在变更管理时考虑 FMEA 分析及措施，包括（不限于）：

- a) 系统迁移的影响；
- b) 系统变化引起的系统间的影响；
- c) 责任制等组织因素变化带来的影响；
- d) 生产过程变更可能造成的影响。

6.2.3.19 编制智能工厂运营管理架构工作说明书及业务性能需求评估需要生产的工作产品。下列内容是架构工作说明书不可缺少的：

- a) 带性能指标的工作产品。
- b) 提供特定性能相关的工作产品，然后进行：
  - 1) 确定需要更改的新工作产品；
  - 2) 提供需要变更现有工作产品（包括构件）的方向，并确保协调所有活动和对这些产品的依赖性。
- c) 确定变更对其他工作产品的影响以及对其活动的依赖性。
- d) 根据目的、重点、范围和约束，确定应开发哪些架构域、达到何种详细程度以及应构建哪些架构视图。
- e) 评估在所需时间范围内执行工作的资源需求和可用性。这包括遵守组织的规划方法和工作产品，以制定执行架构开发方法周期的计划。
- f) 估算所需资源，制定拟开发的路线图和时间表，并将所有活动记录在架构工作说明中。
- g) 定义企业架构团队在此架构开发方法周期内要满足的性能指标。
- h) 制定具体的企业架构沟通计划，并说明企业架构人员将在何处、如何以及何时与利益相关方就企业架构开发进度进行沟通，准确记录沟通过程和沟通结果。
- i) 与发起人审查并同意计划，并根据适当的治理程序确保架构工作说明书获得正式批准。

6.2.3.20 评审运营管理架构工作说明书。评审的目的是：

建立专门的评审组，评审架构工作说明书。确认能力架构工作说明书对业务架构的指导作用。

以下评审要点是重要的：

- a) 调研所覆盖企业的运营系统、运作管理系统、利益相关方关注点满足程度、满足架构工作请求的程度、构筑物和技术文件的文档化方法和调研准则。
- b) 调研过程记录。
- c) 架构工作说明书关键内容完整性。如：是否针对供需链的风险：
  - 1) 给出了切实的能力要求；
  - 2) 实现这些能力需求的建议，以及
  - 3) 确定建议的有效性。

注：将企业方针作为评审架构工作说明书的主要内容是必要的。

架构工作说明书评审过程见附录C。

#### 6.2.3.21 审批架构工作说明书。审批的目的是：

- a) 确定架构工作说明书的指导作用；
- b) 确定适合未来需要的组织模型。

上述审批过程和审批结果文档化。

#### 6.2.4 过程输出

- a) 经过批准的架构工作说明书；
- b) 改善的业务目标、原则和驱动力说明；
- c) 架构原则。

架构工作说明书内容可以包括：

- a) 范围和约束；
- b) 架构工作计划；
- c) 角色和职责；
- d) 风险与缓解措施；
- e) 工作产品效能评测；
- f) 业务案例与 KPI 指标。

### 6.3 运营管理架构定义

#### 6.3.1 目的

开发运营管理架构，即将架构工作说明书（面向利益相关方或用户的视图集），转换为满足企业运行需要的解决方案的架构视图。

根据基线和目标业务架构之间的差距，确定候选架构路线图组件。

注：本节从供应商的角度指定了系统应该具备哪些特性、属性以及功能和性能需求。

#### 6.3.2 过程输入

##### 6.3.2.1 需求分析的输入可分为架构参考资料、架构输入和非架构输入。

##### 6.3.2.2 架构输入，可包括：

- a) 企业架构的组织模型（见章节 6.2.2 a））。
- b) 定制架构框架（见章节 6.2.2 b））。
- c) 企业确定运营管理架构前，制定并批准运营管理的架构工作说明，是不可缺少的。架构工作说明的内容可以包括：

注1：架构工作说明定义了完成架构开发周期所使用的范围和方法。架构工作说明书通常是用来衡量架构项目成功执行情况的文件，可作为架构服务供应商和使用者之间合同协议的基础。

注2：章节 6.3.2.2 c) 中批准的架构工作说明书可能与章节 6.2.4 a) 编制过程中批准的架构工作说明书有差异。

- 1) 标题；
- 2) 架构项目要求和背景；
- 3) 架构项目描述和范围；
- 4) 架构愿景概述；
- 5) 具体范围变更程序；

- 6) 角色、责任和可交付成果；
- 7) 验收标准和程序；
- 8) 架构项目计划和时间表；
- 9) 批准信息。
- d) 架构原则，包括业务原则（如有）。
- e) 架构资源库，包括：
  - 1) 可重复使用的构件；
  - 2) 公开的参考模型；
  - 3) 特定于组织的参考模型；
  - 4) 组织标准。
- f) 架构愿景，包括：
  - 1) 问题描述；
  - 2) 架构工作说明的目标；
  - 3) 摘要视图；
  - 4) 业务场景（可选）；
  - 5) 细化的关键的高层利益相关方需求。
- g) 架构定义文件草案，包括：
  - 1) 基线业务架构 0.1 版；
  - 2) 基线技术架构 0.1 版；
  - 3) 基线数据架构 0.1 版；
  - 4) 基线应用架构 0.1 版；
  - 5) 目标业务架构 0.1 版；
  - 6) 目标技术架构 0.1 版；
  - 7) 目标数据架构 0.1 版；
  - 8) 目标应用架构 0.1 版。

#### 6.3.2.3 非架构输入，可包括：

- a) 架构工作请求。
- b) 业务原则、业务目标和业务驱动因素。
- c) 运营管理能力评估，见附录 A。
- d) 沟通计划。

#### 6.3.3 主要活动和任务

##### 6.3.3.1 进行需求分析的活动和任务有：

- a) 选择参考模型、视角和工具（见 6.3.3.2）；
- b) 确定基线业务架构描述（见 6.3.3.3）；
- c) 制定目标业务架构描述（见 6.3.3.4）；
- d) 进行差距分析（见 6.3.3.5）；
- e) 确定候选路线图组件（见 6.3.3.6）；
- f) 解决预计架构实施后的影响（见 6.3.3.7）；
- g) 利益相关方确认审查（见 6.3.3.8）；
- h) 完成业务架构（见 6.3.3.9）；
- i) 创建架构定义文件（见 6.3.3.10）；

- j) 制定实施计划（见 6.3.3.11）；
- k) 投资估算（见 6.3.3.12）；
- l) 风险分析和保障（见 6.3.3.13）；
- m) 评审（见 6.3.3.14）。

### 6.3.3.2 选择参考模型、视角和工具

有关参考模型的内容可参考 GB/T 35128-2017、GB/T 35133-2017 和 IEC 62264-3:2016 有关内容。有关视角的内容可参考 ISO 15704:2019 章节 6.5 有关内容确定。

选择适当工具描述视角。

满足的要求包括：

#### a) 经营管理系统（计划层）的要求：

实现研发管理、人力资源管理、生产管理、财务管理、供应链管理的要求。

示例 1：生产管理要求的示例：

- 1) 编制并下达生产计划，控制生产运行，处理生产状况，跟踪生产绩效，通过控制实现生产计划；
- 2) 管理内容：生产计划、生产调度、能源调度与优化、安全管理、环保管理、应急管理；
- 3) 满足实现上述管理内容的系统，满足判断供应链平稳运行的诊断系统；
- 4) 实现 1) 至 3) 要求的描述。
- 5) 计划层数据管理的要求：具有产品设计、制造、生产过程事件处理等数据的获取、存储、传递和服务（如业务管理系统、计划层和执行层的互操作提供服务）的能力。具有数据质量控制的能力；
- 6) 计划层的其他系统；
- 7) 满足实现计划层要求的组织及人员要求的描述。

#### b) 执行层管理要求：

实现供应链执行、制造执行管理的要求。

参考 IEC 62264-3:2016、GB/T 34044.1-2019、GB/T 34044.2-2017 确定执行层管理的内容。

示例 2：制造执行管理要求的示例：

- 1) 接收计划层生产计划，编制并下达生产作业计划，控制生产作业运行，获取生产响应，处理生产状况，跟踪并上报生产绩效；
- 2) 管理内容：详细生产调度、调度优化方案、安全作业管理、环保系统运行、局部应急管理；
- 3) 满足实现上述管理内容的系统，满足判断生产装置平稳运行的诊断系统。如制造运作管理系统 MOMs；

注：判断生产装置平稳运行的诊断系统可以在 MOMs 中实现，也可以在过程控制系统中实现。

- 1) 实现 1) 至 3) 要求的描述；
- 2) 执行层数据管理的要求：具有产品设计、制造、生产过程事件处理等数据的获取、存储、传递和服务（如运作执行管理系统、执行层与计划层的互操作提供服务）的能力。具有数据质量控制的能力；
- 3) 为操作提供能力保障，包括：人力资源管理、本地安全管理等；
- 4) 执行层的其他系统。

#### c) 过程控制层的要求：

参考 GB/T 19892.1-2005、GB/T 19892.2-2007 和 IEC 61512-3:2008、IEC 61512-4:2009、GB/T 32854.1-2016、GB/T 32854.2-2017 确定控制层的内容。

#### d) 与外部系统协同运行的要求：

- 1) 建立协同主数据的要求；
- 2) 建立互操作管理制度的要求；
- 3) 互操作执行过程监督的要求；
- 4) 互操作事件处理的要求。

示例 3：与外部系统协同运行的示例：

- 协同研发、设计；
- 由供应商关系确定的互操作；
- 由客户关系确定的互操作；
- 由公共关系确定的互操作。

### 6.3.3.3 确定基线业务架构描述

确定现有业务架构的基线描述，以支持智能工厂目标的实现。明确当前系统构件功能、文档的要求及构件间关系。明确构件是否支持未来目标的实现。

以上过程文档化。

### 6.3.3.4 制定目标业务架构描述

描述一体化运行目标业务架构，除GB/T 35128-2017描述的构件外，还需描述：

- a) 模式要素：支持面向订单生产、面向库存生产；
- b) 管控一体化要素；
- c) 设计与制造集成要素；
- d) 产供销一体化要素；
- e) 财务与业务集成要素。

示例：目标业务架构要素描述的示例：

a) 计划层要素，如：

- 1) 实现智能工厂的标准、规范描述；
- 2) 实现供应商关系管理、内部供应链管理、客户关系管理的描述；

注 1：供应商关系管理内容可以包括：

——采购主数据管理、采购询价管理、采购需求信息管理、竞价管理、招标管理、采购合同管理、采购订单管理、退货管理、采购物流管理。

注 2：必要时，考虑我国、或货物提供方所在国的进出口限制对采购、销售的影响，是必要的。

注 3：内部供应链管理内容可以包括：

——战略计划、需求计划、供应计划、履行现场服务。内部供应链管理宏观流程包括内部生产和库存计划、供给和需求计划准备，以及履行现实订货。

注 4：客户关系管理内容可以包括：

——销售主数据管理、客户服务管理、客户活动管理、营销管理、投标管理、召回管理、交付物流管理。

注 5：物流管理包括仓储管理、运输管理。

- 3) 实现围绕全生产链协同共享的产品溯源体系的描述；实现产品制造与运维服务等环节的信息溯源服务。
- 4) 实现过程开发系统（产品研发管理系统、试验管理系统、中试系统）的描述（可选）；
- 5) 实现持续改进能力要求的描述，这些描述可以是：
  - 创新资源、生产能力和服务能力高度集成，生产制造与服务运维信息高度共享，资源和服务的动态分析的描述；
  - 产能调整、新产品开发、技术进步和组织管理能力提升等的描述；标杆管理是持续改进的有效工具，具有全局性。

示例：通过标杆管理实现生产过程动态优化，制造和管理信息的全程可视化，企业在资源配置、工艺优化、过程控制、供应链管理、节能减排及安全生产等方面的智能化水平显著提升。

注 6：新产品开发、技术进步或产能调整可能需要确定与外部设计机构、研究机构等的关系。

- 6) 实现 HSE 要求的描述；

- 7) 实现项目管理系统的描述。
- b) 执行层要素，如：
- 1) 实现生产流程数据可视化和生产工艺优化的描述；
  - 2) 实现对物流、能流、物性、资产的全流程监控，建立数据采集和监控系统。实现原料、关键工艺和成品检测数据的采集和集成利用的描述；
  - 3) 实现生产运作管理的描述，活动可包括：详细生产调度的描述；生产事件处理方面的描述；生产资源的描述（含生产资源状态监控）；生产方案或产品定义的描述；生产绩效分析的描述，包括工厂物料平衡的描述；生产装置运行分析（流程模拟）以及与 AI 应用有关的系统的描述；生产跟踪的描述。与其他运作管理系统数据交换能力的描述，与企业生产运营管理关系的描述，与其他 L3 系统关系的描述等；
  - 4) 实现装置开停车管理的描述；
  - 5) 实现设备维护运作管理的描述，活动可包括：详细维护调度的描述、维护资源管理的描述、基于设备生命周期的维护方案管理描述、维护执行管理的描述（包括维护过程安全的描述）；维护绩效分析的描述（可包括旋转装备健康诊断描述，静设备的诊断描述，与 AI 应用有关系统的描述）。与其他运作管理系统数据交换能力的描述，与服务对象关系的描述等；
  - 6) 实现质量运作管理的描述，活动可包括：详细质量测试调度的描述；质量测试资源的描述；测试方案的描述；测试绩效分析的描述和测试跟踪的描述。与其他运作管理系统数据交换能力的描述，与服务对象关系的描述等；
  - 7) 实现仓储管理的描述，活动可包括：详细仓储调度方面的描述；仓储资源的描述；仓储方案的描述；仓储绩效分析的描述和仓储跟踪的描述；仓储事件处理方面的描述。与其他运作管理系统数据交换能力的描述，与生产调度关系的描述等；
  - 8) 实现运输管理的描述，活动可包括：基本信息管理、装卸/接卸管理、运输过程管理、运输绩效分析、运输统计；  
注 7：运输方式可包括：铁运、汽运、水运、管输等。  
注 8：运输管理与仓储管理协同运作实现物流管理。
  - 9) 制造运作管理系统与外部系统接口和服务能力的描述；
  - 10) 过程安全管理能力的描述；
  - 11) 环境监控管理能力的描述；
  - 12) 职业健康活动管理能力的描述；
  - 13) 建立在线应急指挥联动系统；
- c) 对计算工具需求的描述。计算工具可以是流程模拟系统、热交换优化分析等系统；
- d) 实现与电气自动化系统互操作的描述；  
注 9：对电气自动化系统的描述超出了本标准的范围。
- e) 过程控制层的内容
- 1) 实现基于模型的先进控制和在线优化的描述；
  - 2) 实现能源平衡与优化的描述；
  - 3) 实现有毒有害物质排放和危险源的自动检测与监控、安全生产的全方位监控的描述。
- f) 工业互联网层的内容
- 1) 工业物联网资源接入描述；
- 示例 1：下列系统接入工厂生产数据收集与服务系统的描述示例：
- i) 燃煤储运系统，
  - ii) 动力站系统，
  - iii) 空分系统，
  - iv) 主生产系统，

- v) 硫磺回收系统,
- vi) 循环水系统,
- vii) 污水处理系统,
- viii) 污泥处理系统,
- ix) 固体废物处理系统,
- x) 气体排放监测系统,
- xi) 液体物料储运系统,
- xii) 产品仓储系统,

注 10: 构建产品仓储系统时, 可能需要 5G 通信技术,

- xiii) 产品运输系统,
- xiv) 管输计量系统,

注 11: i) 至 viv) 通常包括设备状态诊断系统, 可以自动发出设备维护请求, 自动发出质量检测请求,

- xv) 工艺巡检系统,
- xvi) 设备巡检系统,
- xvii) 消防报警系统,
- xviii) 消防自动化系统。

2) 实现内联网络(包括新建和改造)的描述;

示例 2: 内联网络改造的描述示例:

- i) 进出厂检斤计量系统,
- ii) 人员跟踪系统,
- iii) 厂内车辆跟踪系统,
- iv) 电子围栏系统。

注 12: 构建系统时, 可能需要 5G 通信技术,

3) 实现与外部系统网络的描述;

4) 实现数据存储的描述;

5) 实现数据应用模型的描述;

6) 实现网络管理的描述;

7) 实现工业信息安全管理和技术防护体系的描述, 具备网络防护、应急响应等信息安全保障能力的描述;

8) 实现过程集成基础设施的描述;

9) 制造运作管理系统功能安全、信息安全的描述。

g) 第 4 层系统间关系的描述; 第 4 层系统与第 3 层系统关系的描述; 第 3 层系统与第 2 层系统关系的描述; 第 3 层系统间关系的描述;

### 6.3.3.5 进行差距分析

验证架构模型(6.3.3.4)的内部一致性和准确性:

a) 进行权衡分析(如优势、局限性);

示例 1: 智能工厂优势的示例有:

- 1) 经济性优势的阐述;
- 2) 技术创新优势的阐述;
- 3) 供需平衡优势的阐述;
- 4) 谈判优势的阐述;
- 5) 产品差异化能力的阐述;
- 6) 行业竞争优势的阐述;

- 7) 资源有效利用和投资回报的阐述;
- 8) 市场接受能力优势的阐述。

示例 2: 智能工厂局限性的示例有:

- 1) 将新技术变成生产力的时间较长的描述;
  - 2) 可能的内部定价利益冲突的描述;
  - 3) 供需链供需平衡控制困难的描述;
  - 4) 组织能力提升方面局限性的描述。
- b) 验证模型是否支持原则、目标和约束;
- c) 从架构资源库中所选模型代表观点的变化, 并记录(可选);
- d) 根据需求测试架构模型的完整性, 测试过程可包括:
- 1) 确定测试标准和规范;
  - 2) 确定测试结果评价标准;
  - 3) 制定测试方法;
  - 4) 确定测试对象;
  - 5) 制定测试方案;
  - 6) 执行测试过程;
  - 7) 记录测试结果;
  - 8) 编制测试报告;
  - 9) 确认测试报告。

### 6.3.3.6 确定候选路线图组件

制定一个业务路线图对确定未来阶段的活动优先级是必要的。

注: 通常在制定业务路线图之前创建基线架构、目标架构和差距分析结果。

由6.3.3.4确定的目标业务架构和6.3.3.5确定的差距共同确定候选路线图组件。

示例: 候选路线图清单示例:

- a) 项目管理构件
- b) 过程开发构件(可选)
- c) 生产技术管理构件
- d) 企业资源计划构件、供应商关系管理构件(包括采购物流管理构件)、客户关系管理构件(包括交付物流管理构件、配送中心构件)
- e) 工业计算构件
- f) 生产过程、物流过程自动化构件(含储运)、电气自动化构件, 先进过程控制构件、在线优化构件
- g) 生产管理构件、制造过程监控构件、制造执行构件、装置开停车管理构件
- h) 过程控制管理构件: 先进控制构件和区域仿真优化策略构件
- i) 设备运行诊断构件、故障预测构件
- j) 设备维护管理构件
- k) 仓储管理构件
- l) 检测、检验、分析构件
- m) 检测和校准实验室信息管理构件
- n) 过程安全管理构件
- o) HSE 管理构件

### 6.3.3.7 解决预计架构实施后的影响

一旦业务架构最终确定，就需预估未来更广泛的影响或启示。如有必要，提出架构修改解决方案，酌情实施该方案。

注：在此阶段，应检查预计实施架构中的其他架构构件，以识别：

- a) 对现有的业务架构是否有影响，如对供应链管理、人力资源管理、过程控制以及客户关系等的影响；
- b) 最近的变更是否对业务架构产生了影响；
- c) 是否有机会在组织的其他领域利用此业务架构的工作；
- d) 该业务架构是否影响其他项目（包括计划中的项目和当前正在进行的项目）；
- e) 该业务架构是否会受到其他项目（包括计划中的项目和当前正在进行的项目）的影响。

#### 6.3.3.8 利益相关方确认审查

检查架构项目的原始动机和架构工作说明与提议的业务架构的一致性，审查其是否适合支持其他架构领域的后续工作。

注：必要时，可优化提议的业务架构。

规范的评估流程参考附录C。

#### 6.3.3.9 定稿业务架构

- a) 为每个构件选择标准；  
注1：尽可能重复使用从架构资源库中选择的参考模型。
- b) 完整记录每个构件；
- c) 根据业务目标对架构愿景进行最终交叉检查；在架构文档中记录构件决策的根本原因；
- d) 记录最终需求可追溯性报告；
- e) 记录架构资源库中架构的最终映射；从选定的构件中，确定可能重复使用的构件（工作实践、角色、业务关系、工作描述等），并通过架构资源库发布；  
注2：无架构资源库时不考虑e）。
- f) 完成所有工作产品，如差距分析结果。

#### 6.3.3.10 创建架构定义文件

- a) 在架构定义文件中记录构件决策的根本原因；
- b) 编制业务部分的定义，包括：
  - 1) 业务记录链（对关键业务职能涉及的人员和地点的高级描述）；
  - 2) 业务功能及其信息需求的详细描述；
  - 3) 管理记录链（显示控制和责任范围）；
  - 4) 显示工作惯例、规则、财务措施等的标准、法规和指南；
  - 5) 技能矩阵和工作描述集。

注1：如果合适，使用建模工具生成的报告和/或图形来演示架构的关键视图。将文件发送给相关的利益相关方审查，并纳入反馈。

示例：架构定义文件的示例：

- a) 网络架构：
  - 1) 工厂网络（管理网络、控制网络等）；
  - 2) 网络系统架构图；
  - 3) 网络安全管理系统；
  - 4) 网络管理系统；
- b) 产品开发和管理系统；
- c) 客户关系管理、内部供应链管理、供应商关系管理系统；
- d) 生产运作管理、维护运作管理、质量运作管理、库存运作管理系统；
- e) 过程安全系统；

f) 工业自动化系统改造（含 APC、实时优化；与制造运作系统互操作的接口系统等）；

注 2：可能集成到过程控制网络的控制系统有：

- 1) AMS（仪表）资产管理系统
- 2) DCS 集散控制系统
- 3) CCS 压缩机控制系统
- 4) CCTV 电视监视系统
- 5) FGS 火灾及气体检测系统
- 6) MAS 储运自动化系统
- 7) MMS 机组监控系统
- 8) OBL 油品调合系统
- 9) OTS 操作员培训仿真系统
- 10) FCS 现场控制系统
- 11) PAS 在线分析系统
- 12) SCADA 监控和数据采集
- 13) ESD 紧急停车系统
- 14) SIS 安全仪表系统
- 15) 其他自动化系统

g) 基于 L2 平台的专用应用系统；

示例：基于 L2 平台的专用系统的示例：

- 1) 动力蒸汽平衡调度优化系统
- 2) 乙烯生产能效评估、诊断与优化系统
- 3) 烯烃分离装置工艺流程优化系统

h) 工业数据管理系统；

i) 工业数据分析系统；

j) 应用开发系统；

k) 信息安全管理系统；

l) 数据中心系统；

m) 工业计算系统；

n) 基础设施管理系统（含基础平台管理、服务管理、接入适配系统等）；

o) 企业门户网站；

p) 办公自动化系统；

q) 全面预算管理系统；

r) 人力资源管理系统；

s) 设备资产管理系统；

t) 安全环保管理系统；

u) 研发项目管理系统；

v) 工程项目管理系统；

w) 电子档案管理系统；

x) 数字化交付系统；

y) 产品生命周期管理系统；

z) 过程开发系统；

aa) 运输管理系统（铁运、汽运、管输）；

ab) 智能安防系统；

ac) 电子巡检系统；

ad) 人员定位系统。

### 6.3.3.11 投资估算

a) 根据国家或行业规定确定建设投资估算内容；

b) 投资估算按国家颁布实施的建设预算编制与计算标准、工程概算定额以及行业颁布的造价文件执行；

c) 投资估算应能够满足规划内容及限额设计的要求，起到控制概算的作用。满足下列内容：

- 1) 编制说明应包括编制的原则、依据、主要工艺系统技术特点及采用的主机价格来源等。
- 2) 估算内容和费用构成齐全，做到不重复计列费用、不漏项、不提高和降低估算标准。对尚不明确的技术方案也应进行投资估算，计入总估算。
- 3) 通过编制建筑安装单项工程估算表编制部分汇总估算表，并编制其他费用计算表、总估算表及价差计算表。引进设备还需编制引进设备价格计算表。
- 4) 通过与对应水平年限额指标的对比分析，对项目投资估算的合理性进行分析，分析影响造价的主要因素，提出控制工程造价的措施和建议。

d) 编制独立的投资估算报告。

### 6.3.3.12 制定实施计划

a) 施工条件可按新建、改建等不同情况制定，可包括：

- 1) 确保可能受影响的系统不会因施工影响生产运行等情况（改建时适用）；
- 2) 项目总估算已经批复；

- 3) 确定施工组织设计大纲;
  - 4) 确定基础设施实施方案;
  - 5) 确定系统和分系统实施方案;
  - 6) 确定系统实施的先后顺序及其依赖关系;
  - 7) 实施管理能力;
  - 8) 实施资源能力;
  - 9) 施工质量的验收规范;
  - 10) 实施监理能力;
  - 11) 软件、硬件和网络等设备的质量要求和监测规范;
  - 12) 系统或分系统的验证与确认方案;
  - 13) 确定项目实施管理文件;
  - 14) 确定重大设备已经订货。
- b) 制定实施计划, 安排实施进度, 可包括:
- 1) 依实施方案, 规划建设周期。建设周期规划的内容包括确定实施阶段, 并按阶段确定总时间。
  - 2) 实施进度规划, 包括规划各阶段实施进度, 编制实施规划进度表或实施规划网络图。对进度计划的基本要求是:
    - 1) 保证工程在要求的期限内完成;
    - 2) 迅速发挥投资效果;
    - 3) 工程实施的均衡性与连续性;
    - 4) 节约实施费用, 降低生产成本。

注1: 实施进度计划的种类应与实施组织设计相适应。在相应的实施组织设计中分别包含着实施总进度计划、单位工程实施进度计划, 以及重要分部分项工程的实施进度计划。

注2: 必要时, 单独编制准备工程的实施进度计划。

#### 6.3.3.13 风险分析和保障

- a) 应从市场空间、市场化交易等角度进行市场风险分析。
- b) 应从技术成熟度、先进性、可靠性及适用性等角度进行技术风险分析。
- c) 应从现有运营系统环境等方面进行工程风险分析。
- d) 应根据投资方融资能力、近期国家贷款政策及贷款利率、汇率变动趋势等因素, 说明项目是否存在资金风险。
- e) 应按照最大限度节约和合理利用资源的原则, 结合项目主要技术方案, 重点说明项目是否符合国家现行产业、用地、环保、节水等政策, 判断项目是否存在政策风险。
- f) 应根据集成能力、各系统能力等条件实施情况, 说明施工期间是否存在外部协作风险。应根据控制系统接入控制等条件与要求, 说明运行期间是否存在外部协作风险。
- g) 应对各项风险进行评估, 提出应对和防范风险的措施和建议。

#### 6.3.3.14 评审

- a) 整理 6.3.3.2 至 6.3.3.13 的内容, 编制规划方案;
- b) 评审并确认规划方案。

评审中, 在确定规划方案优点的同时, 应指出可能存在的问题和可能遇到的主要风险, 并作出项目和方案是否可行的明确结论, 为决策者提供清晰的建议。

#### 6.3.4 过程输出

- a) 经过改善和更新的架构工作说明书（章节 6.2.4）中的各交付物，可包括：
  - 1) 架构工作说明（如有需要，进行修改）；
  - 2) 经过验证的业务原则、目标和驱动力（如有需要，进行修改）；
  - 3) 架构原则（如有需要，进行修改）。
- b) 架构定义文档草案，可包括：
  - 1) 基线业务架构 1.0 版；
  - 2) 目标业务架构 1.0 版，可包括：
    - 组织结构，确定业务位置并将其与组织单位关联；
    - 业务目标，用于企业和每个组织单位；
    - 业务功能，详细、递归的步骤，涉及将主要功能区域依次分解为子功能；
    - 业务服务，企业和每个企业部门向其内部和外部客户提供的服务；
    - 业务流程，包括评测和交付物；
    - 业务角色，包括相关技能需求的发展与改进；
    - 业务数据模型；
    - 组织和功能之间的相互关联，以矩阵报告的形式将业务职能与组织部门联系起来。
  - 3) 与所选视点对应的视图，解决关键利益相关方关注的问题。
- c) 架构需求说明草案，包括：
  - 1) 差距分析结果；
  - 2) 技术要求，用于对其余架构领域中工作的含义进行识别、分类和优先级评定；
  - 3) 更新的业务需求。
- d) 架构路线图的业务架构组件清单。
- e) 投资估算报告。内容见附录 F。
- f) 规划报告。内容见附录 G。

附录 A  
(资料性)  
运营管理能力评估规范

### A.1 业务能力评估

业务能力评估可包括：

- a) 业务能力；
- 注：过程控制能力是业务能力之一。
- b) 各种能力性能水平的基线状态评估；
  - c) 各种能力性能水平的未来状态期望；
  - d) 每个能力如何实现的基线状态评估；
  - e) 未来对如何实现每种能力的期望；
  - f) 目标架构成功部署对业务组织可能产生的影响评估。

### A.2 IT 能力评估

IT能力评估可包括：

- a) 变更过程的基线和目标成熟度级别；
- b) 运营过程的基线和目标成熟度水平；
- c) 基线能力和能力评估；
- d) 评估目标架构的成功部署对 IT 组织可能产生的影响。

### A.3 架构成熟度评估

架构成熟度评估，包括：

- a) 架构治理过程、组织、角色和职责；
- b) 技能评估架构；
- c) 使用架构资源库
  - 定义架构视图（又叫架构蓝图）的广度、深度和质量；
  - 定义标准的广度、深度和质量；
  - 定义参考模型的广度、深度和质量；
- d) 使用架构资源库定义的架构视图的再利用潜力评估。

注：架构蓝图展示了由组织当前正在使用的构件所组成的一幅架构视图。为了适用于不同的架构目标，架构蓝图通常会存在于多个粒度层次中。

### A.4 业务转型准备评估

业务转型准备评估，包括准备就绪因素、每个准备因素的愿景、当前和目标准备就绪等级、准备就绪风险。

注：企业根据自身需要定制业务转型准备就绪度评估等级。

### A.5 规划绩效评估参考规范

规划绩效评估，包括利益相关方关注点的完备性、规划内容的完备性、未来运行评估视角。

附录 B  
(资料性)  
煤化工企业智能工厂需求场景

### B.1 产品生产工艺

现代煤化工是指以煤为原料，生产替代石化产品和清洁燃料的产业。主要包括煤制油、煤制天然气、煤制烯烃、煤制乙二醇和煤制芳烃等。

图 A.1 为智能工厂规划用参考工艺路线示意图，该参考工艺路线具有煤化工-电一体化的特点，可实现现代煤化工与电力（热力）联产和负荷的双向调节，提高资源能源利用效率。

实际工艺路线可以是参考工艺路线的一部分或全部。事实上，在现代煤化工产业园区可充分体现参考工艺路线的内容。

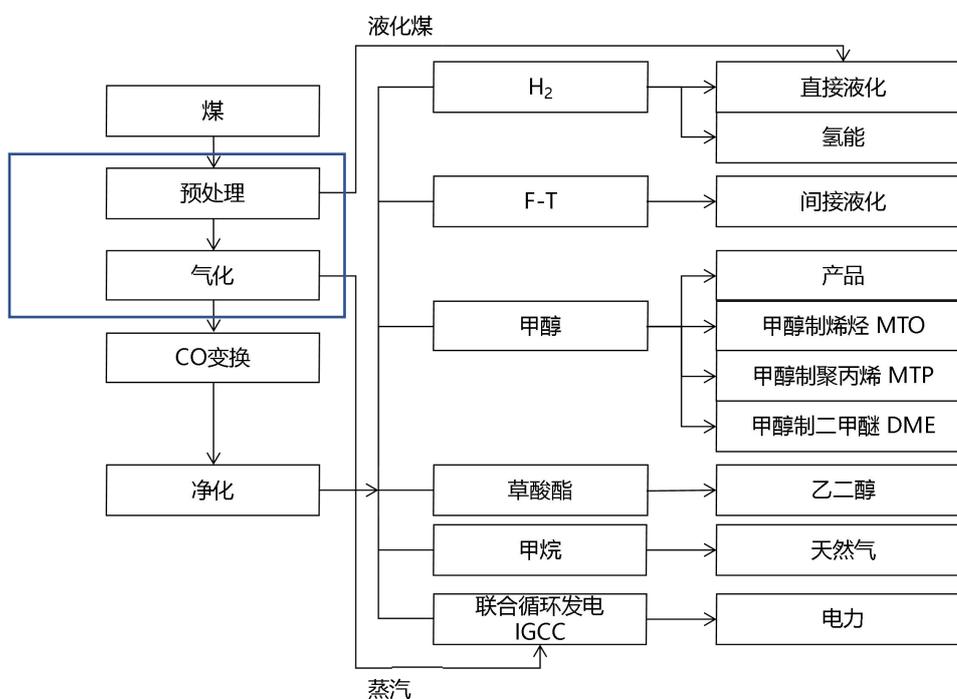


图 B.1 参考工艺路线示意图

示例：参考工艺路线图涵盖的产品生产路线可以是：

- 煤制甲醇；
- 煤制乙二醇；
- 煤制烯烃（如乙烯、丙烯产品组合，丙烯产品）；
- 煤制二甲醚或芳烃；
- 直接法煤制油
- 间接法煤制油
- 煤制天然气；

- 以上两个或两个以上工艺系统集成（含装置间物料互供、动力互供）.；
- 以及可与上述工艺路线配套的联合循环发电 IGCC。

## B.2 业务需求

### B.2.1 装置建造与技术改造

煤化工企业通常委托专业设计院（或设计公司）完成生产装置的设计（新建或改造）、专业工程公司完成装置建造（改造施工）。

### B.2.2 运营管理

除具有满足面向库存生产、面向订单生产和过程安全管理要求的能力外，运营管理系统还具有满足管理来自于企业外部（如客户、供应商和竞争者）和内部的产品创新、技术创新、管理创新需求的能力。

通过工业互联网平台的集成创新应用，提升企业研发、采购、制造、管理、物流、服务全流程的数字化网络化能力，优化生产制造资源配置效率和产品质量，促进企业提质增效和智能化发展，对煤化工企业是至关重要的。

基于工业互联网平台的模式创新解决方案该方向应满足以下三个方面的内容要求：

问题导向——能够解决工业企业传统业务发展动力不足、用户需求响应不及时、上下游企业协作困难、中小制造企业融资难等问题。

资源整合——基于工业互联网平台实现供应链各类资源的整合、协同和利用。

模式创新——能够通过构建线下与线上相结合、制造与服务相结合的创新发展模式，形成网络化协同、个性化定制、服务化转型、产融合作等典型工业互联网平台解决方案，在实际应用中产生良好效益，并具备向其他行业和领域复制推广的可操作性。

基于工业互联网平台可实现的创新（不限于）：

#### a) 供应链协同方面

- 1) 生产系统上下游的物料、仓储、物流和个性化需求等数据的采集和分析，实现生产系统上下游信息共享和反馈；
- 2) 与产品研发系统进行业务协同，实现生产资源、产品需求、产品定义等信息共享，开发新产品。  
示例：煤化工企业常用的产品开发模式为：企业自主创新，以问题（或市场需求）为导向，依托科研院所、工程公司协同攻关，产学研用合作产品开发。
- 3) 企业内部生产计划计划与外部供应计划衔接，提升生产效率；
- 4) 开发部署物料实时识别、物料动态跟踪，智能物流配送；
- 5) 供应链优化，原材料价格实时反馈。

#### b) 过程优化

通过应用工业互联网平台，聚焦工业数据采集、传输、处理、汇聚、分析、交互等全生命周期的一个或多个环节，实现工业数据的深度挖掘和开发利用。

- 1) 节能降耗,
- 2) 提高产品质量,
- 3) 设备完整性管理,
- 4) 优化生产工艺,
- 5) 优化生产操作,
- 6) 优化业务流程,
- 7) 运作管理协同。

显然, 过程优化将使企业获得好处可以有:

- 提升设备管控水平,
- 沉淀工业知识,
- 提高资源利用水平,
- 提升产品质量,
- 降低物耗等。

**附录 C**  
**(资料性)**  
**通用评估过程**

注：本附录引自ISO/IEC/IEEE 42020:2019 第9章

### C.1 目的

架构评估过程的目的是确定一个或多个架构在多大程度上满足其目标、解决利益相关方关注的问题和满足相关需求。可以执行示例架构评估来回答以下问题：

- a) 架构是否足以满足预期的操作用途和情况？
- b) 架构是否足够灵活和可扩展以满足不断变化的需求？
- c) 架构的质量是否为利益相关方所接受？
- d) 架构是否解决了利益相关方的问题？
- e) 架构是否满足既定目标？和
- f) 架构能否成功实现？

### C.2 结果

架构评估过程成功实施后：

- a) 相关决策者和主要利益相关方清楚地传达和理解评价结果和建议的依据。
- b) 利益相关方关注的问题与评价结果和建议之间的关系已经建立。
- c) 与实现架构相关的预计成本、风险、机会和权衡是可以理解的，并且是有充分依据的。
- d) 利益相关方能够理解架构在多大程度上解决了他们的关注点和预期的操作用途，以及存在不足的地方和原因。
- e) 架构设计人员设计的架构价值为相关利益相关方理解。

注：上面提到的“架构价值”是确定架构在多大程度上解决了利益相关方的关注点和预期的操作用途。这意味着架构实现为实体时，如果该实体是按照架构描述实现的，那么该实体将能够在某种程度上满足要求。

### C.3 实施

组织应根据与架构评估过程有关的适用组织政策和程序，实施 C.4（编号为 C.4.N）中的活动。活动可按任何认为适当的顺序进行。组织应根据情况实施相关任务（确定为每个 C.4.N 活动下的列表项）。

架构评估工作产品应存储在架构存储库中，以供将来参考和审核。应该使用存储库来促进广泛的访问，支持审计并鼓励重用。

注：以下是一些可以帮助实施这一过程的准则：

- a) 规定架构评估活动的要求。
- b) 架构评估侧重于高风险领域或关键利益相关方持有的特别强烈的关注点。
- c) 制定架构评估框架的概念和原则：评估目标、价值评估目标、架构分析目标和评估、评估和分析因素，并在评估活动中遵守。

- d) 此过程用于评估一个或多个架构（即架构实体的基本概念或属性），而不仅仅是评估这些架构的架构描述（如视图和模型）。
- e) 客户和用户可以在架构开发工作中扮演特殊的角色。他们有时会为架构工作做出贡献，并且通常在未来工作中接受最终的解决方案。它们在帮助制定架构目标和成功标准方面也起着关键作用。
- f) 独立一方进行评估，以避免潜在偏见或利益冲突的方式进行架构评估工作。

## C.4 活动和任务

### C.4.1 准备和规划架构评估工作

- a) 根据架构评估工作支持的潜在决策，制定架构评估要做出的判断。
- b) 定义架构评估工作的预期目的、范围、目标和详细程度。  
 示例 1：范围可以包括以下内容：从多个备选方案中选择最佳备选方案、确定满足最小标准集的备选方案、确定要包含在投资组合中的最佳备选方案。
- c) 与发起人、规划者和其他利益相关方一起审查架构评估工作的既定目的、范围和目标。
- d) 定义一个或多个架构评估方法，这些方法与架构治理和管理方向一致，并且与此工作的目的、范围和目标一致。  
 注 1：在某些情况下，此处定义的方法可能是 C.4.3 中定义的评估标准的功能。此外，有时评估使用的标准将决定评估计划的批准。因此，此规划活动的其余部分可能取决于标准确定的完成情况。
- e) 选择要使用的评估方法。
- f) 选择或确定必要的架构评估技术、方法和工具。  
 注 2：此处选择或确定的项目可能是 C.4.4 中定义的评估方法和 C.4.5 中定义的测量技术的功能。此外，评估使用的方法和技术将决定评估计划的批准。因此，此规划活动的其余部分可能取决于这些方法和技术的确定。
- g) 选择或确定一个或多个架构评估框架。  
 注 3：架构评估框架可以由通用的评估目标和标准、价值模型、评估度量和方法、记分卡模板、业务案例热图（用热谱图展示用户在评估中的活动）模板、仪表板构造等组成。
- h) 收集任何相关的法规要求，这些要求规定何时何地进行评估，以及谁可能参与评估工作。
- i) 以 ISO/IEC/ IEEE 15288 中的项目规划过程为指导，规划架构评估工作。  
 注 4：ISO 21500 和 ISO 21505 也是规划架构评估工作的有用参考。
  - 1) 记录架构评估工作的目的、范围和目标。
  - 2) 为架构评估工作建立度量标准。
  - 3) 确定架构评估工作所需的数据和信息。
  - 4) 获得和访问架构评估工作许可。  
 注 5：许可通常从架构实现过程中获得。  
 示例 2：架构评估许可可以是用于价值建模、优化、价值度量、会议促进等的工具、方法和过程。
  - 5) 识别和定义架构评估工作元素和相关资源。
  - 6) 指定通过执行此评估过程而产生的工作产品及其概要。
  - 7) 确定支持架构评估工作所需的主题专家。

注 6：这可能需要在架构开发负责人和其他参与架构概念化和细化的人员。有时需要利益相关方和实施者也参与这项工作。

- 8) 制定架构评估时间表并定义相关里程碑。
- j) 生成包含规划信息的架构评估计划。
- k) 为该计划获得必要的批准、资源和资金。
- l) 收集架构评估工作所需的数据和信息。
- m) 确定利益相关方如何以及何时参与架构评估工作。
- n) 确保人员接受过使用已识别技术、方法和工具的培训。
- o) 确保人员有必要和适当的权限访问相关架构工作产品、数据和信息。

#### C.4.2 监视、评估和控制架构评估活动

- a) 报告架构评估活动计划和状态。
- b) 监控和评估架构治理指令和指导是否被遵循。
- c) 监控和评估架构管理指令和指导是否被遵循。
- d) 监控和评估架构评估工作的度量。
- e) 识别和评估与架构评估工作相关的风险和机遇。
- f) 保持架构评估结果与过程中使用的源材料的可追溯性。
- g) 确保上述任务中评估的信息的可追溯性和集成性。
- h) 确保其他流程正确使用架构评估产品。
- i) 必要时实施纠正措施，以修改工作计划或使工作与计划重新协调。
- j) 根据 ISO/IEC/IEEE 15288 中的项目评估和控制过程，评估和控制架构评估工作。

注 1：ISO 21500 和 ISO 21505 也是评估和控制的有用参考。

- p) 根据 ISO/IEC/IEEE 15288 中的风险管理流程，管理与架构评估相关的风险。

注 2：ISO 31000、ISO 21500 和 ISO 21505 也是风险管理的有用参考

#### C.4.3 确定评价目标和标准

注 1：评估标准包括价值评估标准和架构分析标准。价值评估标准是指被评估实体应满足的条件或通过的测试。此评估是确定利益相关方关注点和架构目标将在多大程度上得到满足。架构分析标准是指被分析实体根据有助于价值评估活动的概念和属性所满足的条件或通过的测试。这种分析是确定利益相关方的需求和要求将在多大程度上得到满足。

由于评估可能是关于确定架构是否适合某些不同于架构初始目的用途，因此评估目标可能不同于架构概念化中使用的目标。在这种情况下，应检查概念化目标，以确定它们在多大程度上适用于此评估。

评估目标和标准应基于架构概念化期间或其他地方（如适用）执行的问题空间分析的结果。

- a) 确定相关的任务和要务，包括相关的政策和标准。
- b) 确定相关利益相关方及其对所评估架构的关注点。

注 2：架构评估期间要考虑的利益相关方关注点可能不同于架构最初概念化期间处理的利益相关方关注点。

例如，评估的任务可能是确定架构是否适用于最初设想之外的其他用途。

- c) 确定有助于关键成功因素、关键指标和需要作出的决定的价值评估目标和标准。  
注 3：在架构评估期间，可以评估架构概念化期间定义的那些价值评估标准在评估工作中的相关性，如有必要，可以添加其他标准或修改现有标准以反映评估上下文。
- d) 定义支持价值评估目标和标准的架构分析目标和标准。  
注 4：将商定的架构质量属性作为架构分析标准的候选者。
- e) 确定价值评估和架构分析目标和标准的结构和关系。  
注 5：价值评估和架构分析标准之间的关系有助于确定利益相关方关注的问题得到解决的程度。
- f) 确定价值评估目标和标准与架构分析目标和标准以及价值或效用元素（如价值函数、效用曲线）之间的关系。  
注 6：本任务将确定两组目标和标准如何映射到“价值曲线”，该曲线表示架构的价值数字。
- g) 检查与需求相关的评估目标和标准，并根据利益相关方的关注点和预期的操作用途对其进行验证。
- h) 告知每个利益相关方可追溯到其各自关注点、需求或要求的评估目标和标准的验证。

#### C. 4. 4 确定评价方法，并与评价目标和标准相结合

- a) 选择或确定价值评估和架构分析方法，以支持定义的价值评估和架构分析目标和标准。  
注 1：这些方法可能是由架构支持过程确定的。如果是这样，那么它们将位于架构存储库中。如果这些方法是在这里确定的，那么它们可以作为候选项提供给架构支持，以使其适合在整个组织中重用。
- b) 识别和定义与选定或开发的方法相关的评估、评价和分析因素。
- c) 与发起人和规划者一起审查评价和分析目标、标准和方法以及相关因素、比例和权重。
- d) 确定在应用价值评价和架构分析目标和标准期间使用的信息来源。  
注 2：一些信息来自分析，但其他信息可能来自其他来源，如事先评估。

#### C. 4. 5 建立测量技术、方法和工具

注 1：许多架构评估可以充分执行，而无需调用价值评估和架构分析层的实质性多层结构。至少，评估将根据目标和标准评估每个备选方案。它并不总是需要定量的，也不总是需要应用测量尺度。

注 2：权重并非绝对必要，因为这几乎总是一个多目标问题，目标通常是向利益相关方呈现这些目标之间的权衡，而不一定是从数学上确定“最佳”解决方案。

- a) 在适当的情况下，利用标尺和权重作为衡量架构因素和特性的手段。
  - 1) 根据分析目标和标准（如适用）定义用于测量的分析量表。
  - 2) 根据评估目标和标准确定评估量表（如适用）。
  - 3) 指定评估和分析目标和标准的权重（如适用）。
 注 3：有些方法不使用权重，而有些方法则依赖权重来获得更准确的结果。权重有不同的种类，如重要性权重、摆动权重和临界性权重。选择的方法通常会指定要使用的权重类型。
  - 4) 确定架构当前在这些规模上的位置，并确定未来成就水平的期望点。
- b) 为相关架构概念和属性确定适当的度量。
- c) 确定要从量度中确定的度量。

注 4：度量和量度之间存在重叠。两者可以是定性的，也可以是定量的，但区分它们的方法很重要。度量是具体的，通常度量一件事，本质上是定量的（例如，我有五个苹果）。量度描述一种质量，需要一个衡量基准（例如，我比昨天多了五个苹果）。度量和量度对于设置项目优先级、分配资源和度量性能非常有用。有关测量过程的信息，请参见 ISO/IEC/IEEE 15939。

- d) 定义度量、量度和评估目标和标准之间的关系。
- e) 确定获取这些度量和量度值的信息来源。
- f) 确定适用于这些措施、量度和评估目标和标准的技术、方法和工具。
- g) 当使用这些度量、量度和评估目标和标准时，估计结果中可能的准确性、误差和不确定性程度。

#### C.4.6 收集、审核评价相关信息

- a) 确定所选价值评估和架构分析方法的相关信息。

注：如果可能，若可用信息仍然有效，则重用现有数据和以前此类评估的结果。

- b) 收集所有相关和必要的信息，包括所需的架构视图和模型。
- c) 如果不容易获得（即不存在、不可访问），并且在可用时间内创建信息是可行的，而不会造成中断，则创建其他信息。
- d) 在完整性、正确性和一致性方面检查并确认收集的工件。
- e) 了解架构、架构质量属性、关键决策以及架构或相关架构实体的关注点。

#### C.4.7 分析架构概念和属性，并评估利益相关方的价值

- a) 确定将要进行评估的架构或架构备选方案。

注 1：架构可以来自架构概念化或细化活动。

注 2：现状有时是可以考虑的备选方案之一。

注 3：这些备选方案的开发可能不在评估活动的范围内。然而，有时评估活动确定预先确定的备选方案的数量、种类或范围不够，需要产生更多的备选方案。

- b) 消除彼此相似的备选方案，以及在评价目标和标准方面不提供歧视性案例的备选方案。
- c) 确定哪些替代方案不能满足已确定的任务和要求，并建议对架构进行更改（或考虑新的替代方案），以满足这些任务和要求。
- d) 使用评估工作计划中规定的评价和分析方法，为确定的目的评价架构。
- e) 使用选定的评估方法来确定与评估目标和标准相关的架构（备选方案）的概念和属性。

示例：确定这些概念和属性的方法示例包括分析、观察、模拟、原型制作、实验、检查、审核、评审、走查和专家判断等元素。

- f) 确定现有架构元素潜在或计划重用的区域，以及与此重用相关的风险（如果适用）。
- g) 在适当的时候，识别和描述成本、风险和机遇。

注 4：风险和成本将在架构概念化过程中为考虑中的每个潜在解决方案确定。此处为评估中的架构确定的风险和成本可能与先前为拟议解决方案确定的风险和成本有关。有时有必要评估架构的潜在实现，以确定可能出现的其他风险和成本。这可能涉及与开发项目或组织的互动，以设计潜在的实施方案，作为风险识别和评估的基础，以及成本估算和预测的基础。

- h) 识别风险的原因，并对架构提出修改建议，以减轻这些风险。

- i) 根据确定的质量属性、利益相关方关注点和架构目标，评估架构或架构备选方案。
- j) 描述评估期间所用测量和其他结果的精确度、相关不确定度和误差范围。
- k) 进行敏感性分析，帮助了解哪些因素占主导地位。
- l) 生成架构分析结果报告。
- m) 制作价值评估结果报告。

#### C. 4. 8 根据评估结果描述架构

- a) 当考虑多个备选方案时，应制定筛选标准用来筛选架构方案，以便于排除进一步评估的备选方案。
- b) 从进一步考虑中筛选备选方案。  
注 1：相似性不是筛选的唯一原因。此活动用于使用先前分析和评估的结果检查权衡。未“突出”权衡标准的替代方案将被筛选掉。两个呈现完全相同的权衡的替代方案将被再次检查。此外，还考虑了“跨越”权衡空间的一组备选方案。
- c) 识别和描述质量属性、利益相关方关注点、架构概念和属性、成本、风险和机遇方面的权衡。  
注 2：本活动从对利益相关方的价值和每个解决方案提供的质量属性方面分析了建议的解决方案。它是对架构概念化的补充，架构概念化考虑在易实现性、与其他解决方案的兼容性、技术领域的趋势等方面，从技术角度描述解决方案和权衡。  
注 3：权衡空间是与潜在满足架构目标和利益相关方关注点相关的参数、属性和特征的范围和程度。权衡空间通常不包含任何能够完全满足架构目标和利益相关方关注的解决方案。权衡空间分析用于分析涉及多个利益相关方和多个目标的问题的相关约束、条件和挑战。它涉及到在竞争解决方案之间进行选择所涉及的权衡的识别和理解。权衡可以在每个解决方案内部和解决方案之间（以及它们打算解决的问题/机会）。
- d) 评估架构是否满足相关的授权和要求，包括相关的政策和标准，以及在多大程度上满足这些授权和要求。  
注 4：有时架构满足了目标并解决了利益相关方的问题，但不满足任务或命令。或许有可能从满足这些任务或要求中得到缓解，因此最好研究一下这种可能性。  
注 5：有时最好在进程的早期消除不能满足任务和要求的架构备选方案，以避免在进一步评估这些项目时耗费大量资源。然而，审查这些与任务规定和迫切需要还有多远也可能是有益的。
- e) 当考虑多个备选方案时，评估分析结果，以确定备选方案中的最佳架构。
- f) 评估此分析的结果，以确定架构的质量，或架构实现架构目标、满足相关需求或解决利益相关方问题的程度。
- g) 评估此分析的结果，以在适当的情况下确定架构未能满足目标和满足利益相关方关注的地方。
- h) 与发起人、规划者和其他相关方一起审查分析和评估结果。

#### C. 4. 9 制定调查结果和建议

- a) 识别和描述评估结果。
- b) 分析调查结果。
- c) 酌情与主题专家和其他利益相关方确认调查结果。

- d) 评估调查结果的影响。
- e) 提出建议。
- f) 确定调查结果和建议如何有助于评估架构的演变、其他架构的演变和其他架构的评估。
- g) 确定调查结果和建议如何有助于相关组织和项目决策以及里程碑的确定。
- h) 与发起人、规划者和其他利益相关方一起审查调查结果和建议。

#### C.4.10 获取和传达评估结果

- a) 确定传达评估结果的受众。
- b) 选择最相关的结果，详细说明关键的调查结果和建议。
- c) 编写一份评估报告，总结调查结果和建议，并说明如何制定这些建议。
- d) 获得报告批准（如适用）。
- e) 如果相关，向决策者提出调查结果和建议。
- f) 向关键利益相关方和规划者展示调查结果和建议。

**注：**如果一个具有高利益相关方价值的有希望的架构由于需求施加的约束而无法关闭（即它不满足所有需求），那么与相关利益相关方讨论，以确定是否可以放宽需求，或者是否可以达成允许有希望的架构的其他折衷方案。若要关闭高价值架构，可能涉及对某项要求的豁免或更改该要求。

- g) 从这些陈述中获取回应（例如问题、行动项目、风险、观察结果、观点）。
- h) 获取在评审和演示过程中提出的问题的解决方案，以供将来参考。
- i) 如果需要或要求，迭代评估的相关部分。
- j) 如果评估更新，与发起人、规划和其他利益相关方一起审查变更。
- k) 如有必要，根据展示过程反馈更新报告。
- l) 将展示过程中收到的报告和回复存档。

#### C.5 工作产品

应产出以下工作产品：

- a) 架构评估计划，
- b) 架构评估报告，
- c) 架构价值评估结果，以及
- d) 架构分析结果。

**附录 D**  
**(资料性)**  
**资源对象参考**

注：本节改自GB/T 50609-2010的有关内容。

### D.1 一般规定

D.1.1 PCS 应设计为用于全厂生产装置、公用工程及辅助设施的集成的自动控制及信息系统。

D.1.2 PCS 应包括 DCS 和/或 FCS, SIS, FGS, CCS, MMS, PLC, SCADA, MAS、仪表设备管理系统、PAS, 操作数据管理系统和 APC 等部分。

D.1.3 全厂的生产装置、公用过程及辅助设施宜采用统一品牌的 DCS 和/或 FCS 作为主控制系统，并应在 CCR 进行集中操作、维护和督理。特殊情况下，也可在现场控制室进行操作。

D.1.4 过程控制系统中的 DCS/PCS, CCS, PLC 等控制系统应采用性能可靠、技术先进、功能完备、互操作性和易维护性均良好的商业化系统及产品。

D.1.5 过程控制系统中的 SIS, FGS, MMS 等安全及保护系统应采用独立性、安全性和可用性均良好的商业化系统及产品，并应取得国际权威安全认证机构的安全认证，FGS 还应取得国家消防电子产品强制性产品质讯认证。

D.1.6 过程控制系统应采用可靠的网络构架和安全措施，宜采用开放型系统结构，主控制系统网络应采用冗余、容错的工业级以太网，并应支持 TCP/IP 协议。主控制系统宜支持 Modbus、Profi-bus、Foundation Fieldbus、HART 等通信协议。传递控制及安全连锁信号的通信接口应采用冗余方式。

D.1.7 智能电机控制系统,SCADA 及 CCTV 宜通过 Modbus、Profi-bus、TCP/IP 或 5G 相关协议与过程控制系统进行实时数据通信。

D.1.8 过程控制系统宜通过 OPC 协议与 MES 系统进行数据通信，并应采用防火墙等网络安全设备进行隔离。

D.1.9 过程控制系统安装在 CCR 和多个 FAR 内。PCS 的操作站设置在相应的 CCR 内，PCS 的控制站及输入/输出单元应设置在相应的 FAR 内。

### D.2 设计要案

D.2.1 DCS 系统宜由操作站、工程师站、辅助操作台、打印机、大屏幕显示器、PC 机、控制站、I/O 机柜、安全栅柜或/及端子柜、配电柜及网络设备柜等组成。FCS 系统宜由主控制系统、通信接口、现场总线设备、现场总线辅助设备及现场总线电缆等组成。CCR 设置公共工程师站，用于组态维护、故障诊断及开车。APC 和 RTO 的设备宜安装在 CCR 内。CCR 设公共的硬件平台、数据采集.工作站及网络接口宜用于连接信息系统。各控制站应配置冗余的串行通信接口连接 SIS,FCS,CCS,MMS,MAS、PLC、PAS 等子系统。

D. 2. 2 SIS 应根据生产装置、公用工程及辅助单元的安全完整性等级进行设计，对重要的安全连锁保护、紧急停车系统及关键设备连锁保护应设置安全仪表系统回路。SIS 应实现与 DCS 的实时数据通信，SIS 应设工程师站及顺序事件工作站，相应的报警及操作应通过辅助操作台上的开关和按钮以及 DCS 的操作站来完成。

D. 2. 3 CCS 和 MMS 设计应符合下列规定：

- a) 按装置或工艺单元分别设置 CCS。
- b) CCS 应具备压缩机组的调速、防喘振控制、负荷控制、过程控制、连锁保护等功能，并与装置的 DCS 进行通信。
- c) 往复式压缩机、鼓风机等控制较简单的机组监控可由装置的 DCS 或 PLC 系统完成，机组的安全连锁保护可由装置的 SIS 完成。
- d) 大型电动机、汽轮机、压缩机和泵等转动设备机组应设置监控机械变童、运行状态，并具备在线分析和诊断功能的 MMS。
- e) 机组监控系统的管理站应设置在中央控制室。
- f) 机组监控系统的控制站应设置在现场机柜室，机组监控系统的操作站应设置在中央控制室。

D. 2. 4 FGS 应以 FAR 或生产装置为单位设置，并应符合下列规定：

- a) 系统应设两路各自冗余的通信网络，一路连接到全厂的 FGS 和自动灭火系统，并连接到消防站。另一路连接到相关装置的 DCS 系统，在中央控制室内设置用于 FGS 系统的显示、报警的专用的 DCS 操作站。
- b) 生产装置内可能泄漏或聚集可燃、有毒气体的地方，应分别设置可燃、有毒气体检测器，并将信号接至装置的火灾及气体检测系统或接到装置的 DCS 系统。

D. 2. 5 APC 和 RTO 应根据生产装置的工艺要求采用和实施。

D. 2. 6 MAS 应与生产装置的自动化水平一致，应能进行集中控制、监测、管理、记录和报警。

D. 2. 7 工业色谱仪、工业质谱仪、红外线分析仪、微量水分分析仪、氧气分析仪等复杂的在线分析仪组成的 PAS，应包括采样单元、采样前级处理单元、采样预处理单元、分析器单元、回收或放空单元、微处理器单元、通信接口单元、人机界面和打印机等，在线分析仪系统应留有通信接口与 DCS 进行数据通信。

D. 2. 8 SCADA 应对分布区域较广的设备和水、电、汽、风等公用工程消耗进行监视和控制，并应实现数据采集、参数记录报警、设备监控等功能。

D. 2. 9 对重要场所和设备进行监视和记录的 CCTV 应根据工厂安全的要求设置。

附录 E  
(资料性)  
规划阶段输出信息项

序号	输入信息项	对应章节	输出信息项
1	规划工作准备		
	架构工作请求、架构资源库	6.1	规划组组长及成员的能力要求、规划工作程序、更新的架构资源库、参考架构、流程分类框架、规划过程质量控制机制、规划过程沟通机制、能力需求调研文件
2	规划需求和需要定义		
	架构参考材料； 架构的组织模型、定制架构框架、现有架构文档、企业运营管理机制； 架构工作请求、调研定义文件	6.2	经过批准的架构工作说明书、改善的业务目标、原则和驱动力说明、架构原则。
3	运营管理架构定义		
	架构参考材料； 企业架构的组织模型、定制架构框架、更新的架构工作说明、架构原则、架构资源库、架构愿景、架构定义文件草案； 架构工作请求、业务原则、业务目标和业务驱动因素、运营能力评估、沟通计划	6.3	更新的架构工作说明、验证的业务原则、目标和驱动力、架构原则、架构定义文档草案、架构需求说明草案、架构路线图的业务架构组件

附录 F  
(资料性)  
投资估算报告

- 1 编制说明
- 2 总估算表
- 3 其他费用表
- 4 预备费计算表
- 5 专项费用计算表
- 6 xx 综合估算表 (可有多项)
- 7 xx 单项工程估算表 (可有多项)
- 8 补充单位估价表
- 9 主要设备材料数量及价格表
- 10 估算相关资料



工业互联网产业联盟  
Alliance of Industrial Internet

附录 G  
(资料性)  
规划文件示例

G.1 规划报告

前言
1 综述
1.1 项目概况
1.2 编制依据
1.3 关键术语定义与说明
1.4 可行性研究结论
2 项目建设的必要性
2.1 现状
2.2 需求描述
2.3 必要性分析
3 建设目标与任务
3.1 建设目标
3.2 建设任务
3.3 建设条件
3.4 建设原则
4 建议方案
4.1 系统构成
4.2 主要功能
4.3 技术方案及特点
4.4 系统配置
4.5 配套工程
4.6 投资估算
5 方案论证
5.1 可选方案(一)
5.1.1 系统构成
5.1.2 主要功能
5.1.3 技术方案及特点
5.1.4 系统配置
5.1.5 配套工程

- 5.1.6 投资估算
- 5.2 可选方案(二)
  - 5.2.1 系统构成
  - 5.2.2 主要功能
  - 5.2.3 技术方案特点
  - 5.2.4 系统配置
  - 5.2.5 配套工程
  - 5.2.6 投资估算
- ……（可顺序列出多个可选方案）
- 5.3 方案比选
- 6 可行性分析
  - 6.1 技术可行性分析
  - 6.2 经济可行性分析
  - 6.3 安全与保密可行性分析
  - 6.4 运行管理可行性分析
  - 6.5 风险分析
  - 6.6 其他
- 7 建设与运行管理
  - 7.1 建设管理
    - 7.1.1 建设管理组织机构
    - 7.1.2 工期与进度
    - 7.1.3 投资计划
    - 7.1.4 招标方案
  - 7.2 运行管理
    - 7.2.1 运行管理组织机构
    - 7.2.2 运行管理经费及来源
    - 7.2.3 运行维护管理措施
- 8 投资估算及资金筹措
  - 8.1 编制说明
    - 8.1.1 编制原则和依据
    - 8.1.2 取费标准说明
    - 8.1.3 其他说明
  - 8.2 投资估算表

8.3 资金筹措方案
9 效益分析与评价
9.1 社会效益分析
9.2 经济效益分析
9.3 环境效益分析
10 结论与建议
10.1 结论
10.2 建议
附录 A 词汇索引
附录 B 主要参考文献
附录 C 需要的技术资料或特殊技术的说明的
注 1:本节可进一步细化。
注 2:当部分可选内容没有选择时, 后续相应的顺序号应依次调整
a、其内容可根据项目的实际建设内容进行选择。
b、其内容如篇幅过长, 可抽出作为附件, 并在条目下注明见附件 xx(附件编号)。

## G.2 利益相关方需求规范

参见ISO/IEC/IEEE 29148:2018 9.4的要求。

## G.3 系统需求规范

参见ISO/IEC/IEEE 29148:2018 9.5的要求。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 13017-2018 企业标准体系表编制指南
- [2] GB/T 15496-2017 企业标准体系 要求
- [3] GB/T 15497-2017 企业标准体系 产品实现
- [4] GB/T 15498-2017 企业标准体系 基础保障
- [5] GB/T 16656-2008 工业自动化系统和集成 产品数据表示和交换 第1部分：概述与基本原理
- [6] GB/T 18999-2003 工业自动化系统 企业模型的概念与规则
- [7] GB/T 19012-2019 质量管理 顾客满意 组织投诉处理指南
- [8] GB/T 19273-2017 企业标准化工作 评价与改进
- [9] GB/T 19659.1-2005 工业自动化系统与集成 开放系统应用集成框架 第1部分：通用的参考描述
- [10] GB/T 19892.1-2005 批控制 第1部分：模型和术语
- [11] GB/T 19892.2-2007 批控制 第2部分：数据结构和语言指南
- [12] GB/T 19902.1-2005 工业自动化系统与集成 制造软件互操作性能力建规 第1部分：框架
- [13] GB/T 20720.1-2019 企业控制系统集成 第1部分：模型和术语
- [14] GB/T 20988-2007 信息安全技术 信息系统灾难恢复规范
- [15] GB/T 21052-2007 信息安全技术 信息系统物理安全技术要求
- [16] GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- [17] GB/T 23331-2012 能源管理体系要求
- [18] GB/T 24001-2016 环境管理体系 要求及使用指南；
- [19] GB/T 24004-2017 环境管理体系通用实施指南
- [20] GB/T 24420-2009 供应链风险管理指南
- [21] GB/T 25000.10-2016 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价(SQuaRE) 第10部分：系统与软件质量模型
- [22] GB/T 25103-2010 供应链管理业务参考模型
- [23] GB/T 25109.3-2010 企业资源计划 第3部分：ERP功能构件规范
- [24] GB/T 26327-2010 企业信息化系统集成实施指南
- [25] GB/T 26335-2010 工业企业信息化集成系统规范
- [26] GB/T 26337.2-2011 供应链管理 第2部分：SCM术语
- [27] GB/T 26789-2011 产品生命周期管理服务规范
- [28] GB/T 29456-2012 能源管理体系实施指南
- [29] GB/T 30331-2013 仓储绩效指标体系
- [30] GB/T 30999-2014 系统和软件工程 生存周期管理 过程描述指南
- [31] GB/T 32854.1-2016 工业自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第1部分：总述、概念及术语
- [32] GB/T 32854.2-2017 自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第2部分：架构和功能
- [33] GB/T 32854.3-2020 自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第3部分：活动模型和工作流
- [34] GB/T 32854.4-2020 自动化系统与集成 制造系统先进控制与优化软件集成 第4部分：信息交互和使用
- [35] GB/T 32855.1-2016 先进自动化技术及其应用 制造业企业过程互操作性建立要求 第1部分：企业互操作性框架

- [36] GB/T 33172-2016 资产管理 综述、原则和术语
- [37] GB/T 33173-2016 资产管理 管理体系 要求
- [38] GB/T 33174-2016 资产管理 管理体系 GB/T 33173 应用指南
- [39] GB/T 34044.1-2019 自动化系统与集成 制造运行管理的关键性能指标 第1部分：总述、概念和术语
- [40] GB/T 34044.2-2017 自动化系统与集成 制造运行管理的关键性能指标 第2部分：定义和描述
- [41] GB/T 35119-2017 产品生命周期数据管理规范
- [42] GB/T 35121-2007 全程供应链管理服务平台参考功能框架
- [43] GB/T 35128-2017 集团企业经营管理信息化核心构件
- [44] GB/T 35133-2017 集团企业经营管理参考模型
- [45] GB/T 35778-2017 企业标准化工作 指南
- [46] GB/T 36463.1-2018 信息技术服务 咨询设计 第1部分：通用要求
- [47] GB/T 36463.2-2019 信息技术服务 咨询设计 第2部分：规划设计指南
- [48] GB/T 37393-2019 数字化车间通用技术要求
- [49] GB/T 37413-2019 数字化车间 术语和定义
- [50] GB/T 38129-2019 智能工厂安全控制要求
- [51] GB/T 38848-2020 智能工厂过程工业能源管控系统技术要求
- [52] GB/T 39116-2020 智能制造能力成熟度模型
- [53] GB/T 39117-2020 智能制造能力成熟度评估方法
- [54] GB/T 45001-2020 职业健康安全管理体系 要求及使用指南
- [55] GB/T 50609-2010 石油化工工厂信息系统设计规范
- [56] GB/T 50493-2019 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准
- [57] GB/T 50770-2013 石油化工安全仪表系统设计规范
- [58] GB/T 51296-2018 石油化工工程数字化交付标准
- [59] GB/T XXXXX-XXXX 智能工厂建设导则 第2部分：物理工厂智能化系统（征求意见稿），2020.9
- [60] GB/T XXXXX-XXXX 智能工厂建设导则 第3部分：虚拟工厂建设（征求意见稿），2020.7
- [61] GB/T XXXXX-XXXX 智能工厂建设导则 第4部分：智能工厂设计文件编制（征求意见稿），2020.7
- [62] HG/T 4287-2012 石油和化工企业能源管理体系要求
- [63] SH/T 3007-2014 石油化工储运系统罐区设计规范
- [64] SH/T 3014-2012 石油化工储运系统泵区设计规范
- [65] SH/T 3184-2017 石油化工罐区自动化系统设计规范
- [66] SH/T 3186-2017 石油化工自动化立体仓库设计规范
- [67] SH/T 3503-2017 石油化工建设工程项目交工技术文件规定
- [68] SH/T 3543-2017 石油化工建设工程项目施工过程中技术文件规定
- [69] ISO/IEC/IEEE 12207:2017 Systems and software engineering — Software life cycle processes
- [70] ISO 13381-1:2015 Condition monitoring and diagnostics of machines — Prognostics — Part 1: General guidelines
- [71] ISO/IEC 15026-3:2015 Systems and software engineering — Systems and software assurance — Part 3: System integrity levels
- [72] ISO/IEC/IEEE 15289:2017 Systems and software engineering — Content of life-cycle information items (documentation)

- [73] ISO 15704:2019 Enterprise modelling and architecture — Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies
- [74] ISO/IEC/IEEE 15939:2017 Systems and software engineering — Measurement process
- [75] ISO 16290:2013 Space systems — Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment
- [76] ISO 21500:2012 Guidance on project management
- [77] ISO 21505:2017 Project, programme and portfolio management. Guidance on governance
- [78] ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering —Life cycle processes — Requirements engineering
- [79] ISO 31000:2018 Risk management — Guidelines
- [80] ISO/IEC/ IEEE 42010 Systems and software engineering — Architecture description
- [81] IEC/PAS 63088-2017: Smart manufacturing-reference architecture model industry 4.0(RAMI 4.0) [Z]. 2017.
- [82] IEC 61512-1:1997 Batch control - Part 1: Models and terminology
- [83] IEC 61512-2:2001 Batch control - Part 2: Data structures and guidelines for languages
- [84] IEC 61512-3:2008 Batch control - Part 3: General and site recipe models and representation
- [85] IEC 61512-4:2009 Batch control - Part 4: Batch production records
- [86] IEC 62264-4:2015 Enterprise-control system integration - Part 4: Objects models attributes for manufacturing operations management integration
- [87] IEC 62264-5:2016 Enterprise-control system integration - Part 5: Business to manufacturing transactions
- [88] IEC 62264-6:2020 Enterprise-control system integration - Part 6: Messaging service model
- [89] AII 工业互联网平台白皮书[M]. 2019
- [90] AII、ECC 边缘计算参考架构2.0. [M]. 2017
- [91] 美国供应链管理专业协会 (CSCMP). 供应链管理流程标准 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [92] 罗伯特·雅各布斯, 理查德 B. 蔡斯. 陈建标译. 运营管理 (原书第13版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [93] 森尼尔·乔普瑞 彼得. 梅因德尔 陈秋荣等译. 供应链管理 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2013.
- [94] (美) 供应链专业协会 (CSMP) 编著, 蒙有为等译, 供应链管理流程标准 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2020. 8
- [95] 国家安全监管总局《关于加强化工过程安全管理的指导意见》安监总管三[2013]88号
- [96] 中华人民共和国职业病防治法
- [97] 工作场所职业卫生监督管理规定, 国家安全监管总局令第47号
- [98] 用人单位职业健康监护监督管理办法, 国家安全监管总局令第49号
- [99] 谢克昌, 赵炜 编著, 煤化工概论 [M] 北京: 化学工业出版社, 2012. 5
- [100] 吴春来 编著, 煤炭直接液化 [M] 北京: 化学工业出版社, 2012. 5
- [101] 陈启文 编著, 煤炭间接液化 [M] 北京: 化学工业出版社, 2012. 5
- [102] 张庆庚, 李凡, 李好管 编著 煤化工设计基础 [M] 北京: 化学工业出版社, 2012. 5

- [103] 冯亮杰 大型煤制烯烃项目总体设计院技术拿总的分析探讨 [J]. 大氮肥, 2020年8月/第43卷第4期: 217-221.
- [104] 彭光艳, 煤化工输煤系统的设计 [J]. 大氮肥, 2027年10月/第40卷第5期: 304-307.
- [105] 蔡丽娟, 孙延辉, 闫 辉 现代煤化工行业发展趋势及其应对策略的分析 [J]. 现代化工. 2012, 32(08)
- [106] 林 融 智能化生产技术在炼化一体化项目上的应用策略探讨 [J]. 乙烯工业, 2005, 17(4): 1-7
- [107] 张君龙, 杨文阳 煤气化装置长周期运行生产优化管理分析 [J]. 科技创新与应用 2016年第19期,
- [108] 李金勇, 陈永辉, 钟金金 400万吨/年煤制油动力站控制系统工程设计, 自动化应用, 2018年第8期
-