

团 体 标 准

T/CCASC XXXX—2025

氯碱工业数字化车间建设指南 聚氯乙烯生产 氯乙烯聚合

Guidelines for digital workshop of chlor-alkali industry—Polyvinyl chloride (PVC)
production—Vinyl chloride polymerization

（征求意见稿）

2025 -XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国氯碱工业协会 发布

目 次

前 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 缩略语	6
5 体系结构	7
6 总体要求	8
7 基础层数字化规范	9
8 执行层数字化规范	17
9 数字化车间网络与信息交互	18
附 录 A （资料性） 氯碱行业主要智能平台和管理系统子项相关信息 ...	错误！未定义书签。
附 录 B （资料性） 功能安全信息安全示例	19
附 录 C （资料性） 氯碱企业数字化车间基础层数字化建设示例	错误！未定义书签。
附 录 D （资料性） 氯碱企业数字化车间执行层数字化建设示例	20
参 考 文 献	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。

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。

本文件由中国氯碱工业协会标准化工作委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：天津渤化化工发展有限公司。

本文件参与起草单位：

本文件主要起草人：

本文件由中国氯碱工业协会负责管理和解释。

氯碱工业数字化车间建设指南 聚氯乙烯生产 氯乙烯聚合

1 范围

本文件给出了氯碱企业数字化车间建设聚氯乙烯生产氯乙烯聚合的体系结构、总体要求、基础层数字化规范、运行管理层数字化规范、网络与信息交互等内容。

本文件适用于氯碱企业数字化车间聚氯乙烯生产氯乙烯聚合部分的建设。

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 37393 数字化车间 通用技术要求

GB/T 41257 数字化车间功能安全要求

GB/T 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

DB34/T 3052 智能工厂和数字车间建设 实施指南

T/CCASC 0043—2024 氯碱工业数字化车间建设指南 电解

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字化车间 digital workshop

以生产对象所要求的工艺和设备为基础，以信息技术、自动化、测量技术为手段，用数据连接车间不同单元，对生产运行过程进行规划、管理、诊断和优化的实施单元。

[来源：GB/T 37413—2019，2.1]

3.2

信息安全 information security

对信息的保密性、完整性和可用性的保持。

注：另外，也可包括诸如真实性、可核查性、抗抵赖和可靠性等其他性质。

[来源：GB/T 25069—2022，3.673]

3.3

设备管理 equipment management

以设备为研究对象，追求设备综合效率，应用一系列理论、方法，通过一系列技术、经济、组织措施，对设备的物质运动和价值运动进行全过程管理。

[来源：GB/T 37393—2019，3.5]

3.4

可视化工艺流程管理 visual process management

将制造过程工序间流转关系及条件用计算机工艺软件进行管理，并以工艺流程图的方式进行显示。

[来源：GB/T 37393—2019，3.19]

3.5

控制系统 control system

响应来自过程和（或）操作者的输入信号，并产生输出信号，使制造过程按预期方式工作的系统。

[来源：GB/T 41257—2022，3.1.2]

3.6

制造执行系统 manufacturing execution system

生产活动管理系统，该系统能启动、指导、响应并向生产管理人员报告在线、实时生产活动的情况。这个系统辅助执行制造订单的活动。

[来源：GB/T37393—2019，3.9]

3.7

保护层 layer of protect

用来防止不期望事件的发生或降低不期望事件后果严重性从而降低过程风险的设备、设施或方案。

[来源：GB/T 41257—2022，3.1.4]

3.8

功能安全管理信息系统 functional safety management information system

对数字化车间的安全风险、保护层、安全相关系统及其他功能安全相关活动进行数据采集分析、可视化管理、动态管控的信息系统。

[来源：GB/T 41257—2022，3.1.5]

3.9

功能安全信息物理系统 functional safety cyber physical systems

是一个综合计算，网络和物理环境的多维复杂系统，通过 E/E/PE 安全相关系统、其他风险减低措施和功能安全信息系统等的有机融合与深度协作，实现数字化车间功能安全的实时感知、动态管控和信息服务。

[来源：GB/T 41257—2022，3.1.6]

3.10

生产资源 productive resources

生产所需的除制造设备以外的制造资源。

注：生产资源包括人员、元器件、成品、半成品、辅助工具等。

[来源：GB/T 37393—2019，3.15]

3.11

智能工厂 smart factory

在数字化工厂的基础上，利用物联网技术和监控技术加强信息管理和服务，提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程。同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、环保、舒适的人性化工厂。

[来源：GB/T 41255—2022，3.1]

3.12

安全仪表系统 safety instrumented system

用于实现一个或多个安全仪表功能的仪表系统。一个安全仪表系统由传感器、逻辑解算器和执行单元的任意组合组成。

[来源：GB/T 41261—2022，3.77]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BOM：物料清单（Bill of Material）

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

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

PLC：可编程序控制器（Programmable Logic Controller）

SIL：安全完整性等级（Safety Integrity Level）

RFID：射频识别技术（Radio Frequency Identification）

DCS：集散控制系统（Distributed Control System）

SIS：安全仪表系统（Safety Instrumented System）

GDS：可燃有毒检测系统（Flammable and Toxic Detection System）

ESD：紧急停车系统（Emergency Parking System）

ORP：氧化还原电位（Oxidation-reduction potential）

E/E/PE：电气/电子/可编程电子（Electrical/Electronic/Programmable Electronic）

LIMS：实验室信息管理系统（Laboratory Information Management System）

HSE：健康、安全、环境（Health, Safety, and Environment）

PDCA: 计划执行检查行动(Plan、Do、Check、Act)

CCR: 中央控制室 (Central Control Room)

SPC: 统计过程控制 (Statistical Process Control)

PDM: 产品数据管理 (Product Data Management)

LOPA: 保护层分析 (Layer of Protection Analysis)

HAZOP: 危险与可操作性分析 (Hazard and Operability Study)

APC: 先进过程控制系统 (Advanced Process Control)

5 体系结构

5.1 结构要求

5.1.1 数字化车间重点涵盖产品生产制造过程,分为基础层和执行层。在数字化车间之外,还有企业的管理层。本文件为数字化车间聚氯乙烯生产氯乙烯聚合部分的基础层和执行层的建设。其体系结构如图1所示,聚氯乙烯生产行业主要智能平台和管理系统子项的相关信息见 T/CCASC 0043 的相关要求。

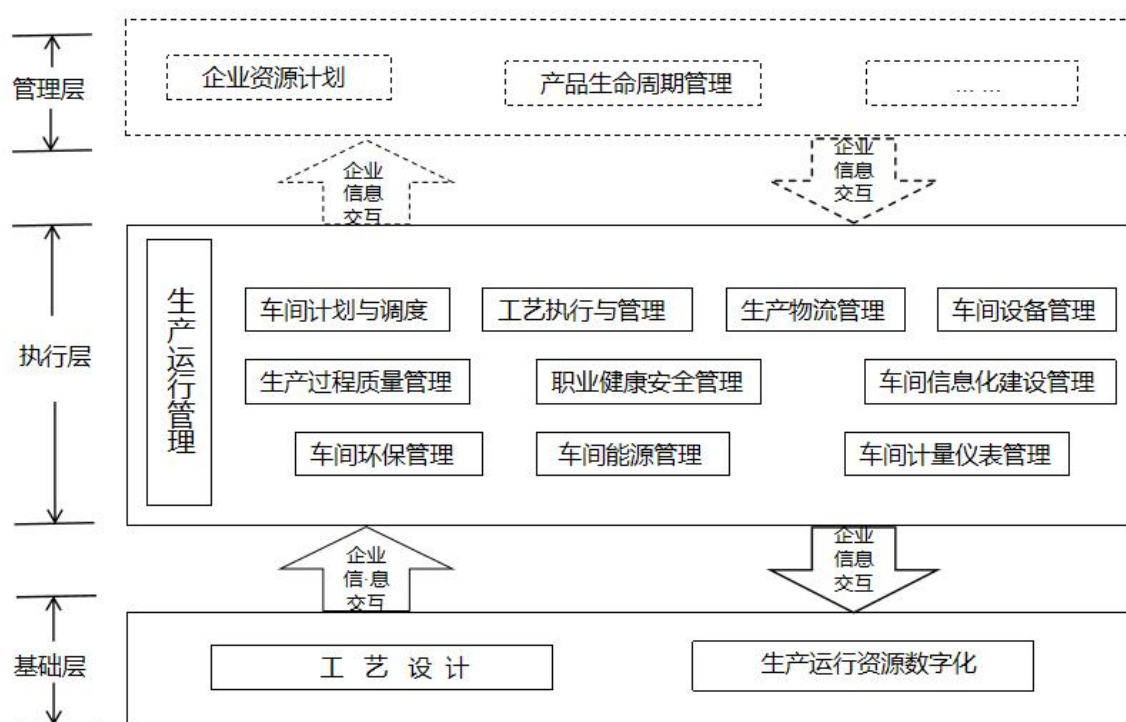


图1 数字化车间结构图

5.1.2 数字化车间的基础层包括工艺设计数字化和生产运行资源数字化,其中生产运行资源数字化包括生产设备数字化、系统数字化、物料管理数字化、人力资源数字化、可视化总貌。

注1: 生产设备承担执行生产、检验、物料运送等任务,大量采用数字化设备,可自动进行信息的采集和指令执行。

注2：物料、人等本身不具备数字化通信能力，但可借助条码、RFID、AI 算法、人工智能等技术进行标识，参与生产过程并通过其数字化标识与系统进行自动或半自动交互。

5.1.3 数字化车间的执行层包括车间计划与调度、生产物流管理、工艺执行与管理、生产过程质量管理、车间设备管理、车间职业健康安全管理、车间环保管理、车间能源管理、车间计量仪表管理和车间信息化建设管理共十个运行管理模块。

5.2 体系构架设计

模型建立宜按 DB34/T 3052 的相关规定执行。

6 总体要求

6.1 边界要求

本文件数字化车间聚氯乙烯生产氯乙烯聚合部分的边界：从 VCM 单体、纯水及各类助剂进入聚合单元进行反应到聚氯乙烯浆料经过汽提塔、干燥床输送至料仓储存，聚合釜内剩余气相单体通过压缩机压缩，通过冷凝器进入回收单体储槽。即聚合单元、汽提单元、干燥单元、回收单元，共 4 个生产单元。

6.2 数字化要求

数字化车间的设计、资产和生产过程信息宜能够转变为被计算机识别的信息，资产和生产过程信息分别从人、机、料、法、环等环节进行要求，主要包括如下方面：

- a) 工艺设计数字化：宜采用数字化设计方法，智能工艺流程图设计，智能仪表设计，智能电气设计，智能工厂三维模型设计等；
- b) 设备数字化：包括数据采集数字化和操作指令数字化；
- c) 系统数字化：包括 DCS、SIS、设备联锁、GDS、ESD、APC 等系统数字化；
- d) 物料管理数字化：包括物料采集系统和物料管理系统数字化；
- e) 人力资源数字化：建立人力资源平台，将人员能力、培训、考勤等信息数字化；
- f) 可视化总貌：建立可视化总貌界面，通过总貌展示车间主要工艺流程、重要设备的开停状态和关键的设备运行参数。

6.3 网络要求

数字化车间宜建有互联互通的网络，可实现设备、生产资源与系统之间的信息交互。例如：以工业交换机和工业无线 AP 为接入设备，与公司办公网络有机集成的工业以太网。通过有线的、无线的连接，使数字化车间中的生产设备能够与网络相连，并将相关的数据传输到 MES 系统。如与外部进行网络连接宜进行相应的网络建设和评价。

注：工业无线 AP 接入设备要有认证方式。办公网络和工业网互联要有安全措施，符合网络安全等级保护评定要求。

6.4 系统要求

数字化车间建有生产执行系统（DCS、SIS、GDS、ESD 系统的控制器、控制柜、电源等核心组件宜独立配置，不得共用。DCS、SIS、GDS、ESD 系统供电电源应采用双路不间断电源（UPS）供电方式，供电时间不得低于半小时，并包含 DCS 联锁、SIS 联锁、设备联锁、一键停车按钮等安全联锁）和其他的信息化生产管理系统，支撑生产安全运行管理的功能。

6.5 集成要求

数字化车间应实现基础层和执行层间的信息集成。集成系统在展示基础层数据的基础上，将执行层的管理机制以提示、预警、报警的方式进行预防性管理，进行系统管理，推动智能生产线的正常运作。

6.6 安全要求

数字化车间的功能安全要求见宜按 GB/T 41257 的相关规定执行。安全示例见附录 B。

注 1：基础层中需设置适当保护层。如安全相关系统：SIS 联锁、GDS、紧急停止按钮、安全门锁（门禁系统）、防火门（聚合、汽提厂房）、抗爆门（机柜间）、安全阀、爆破片、紧急切断、紧急冷却等。

注 2：基础层中需有功能安全管理信息系统和功能安全信息物理系统。如电信集成平台、视频监控系统、应急广播系统、电话系统、无线对讲系统、火灾报警系统、计算机局域网系统、人员定位大屏等、应急融合通讯系统、指挥调度系统等。

6.7 建设实施要求

数字化车间建设应依据所在公司数字化车间建设模型和设计方案，通过技术获取、项目建设、验收等全过程受控，确保数字化车间的建设符合要求。利用外部资源时，应与咨询、技术、系统集成、运行维护等供方沟通合作，确保合作过程有效可控。

7 基础层数字化规范

7.1 工艺设计数字化

7.1.1 设计要求

根据生产过程需求，氯碱工业数字化车间的工艺设计宜采用数字化设计方法，并满足以下要求：

- a) 采用辅助工艺设计，如智能工艺流程图设计、智能仪表设计、智能电气设计、智能工厂三维设计；
- b) 能进行聚氯乙烯生产氯乙烯聚合工艺路线和工艺布局仿真；
- c) 能进行聚氯乙烯生产氯乙烯聚合生产过程仿真；
- d) 建立工艺知识库，包括工艺相关规范，成功的工艺设计案例，专家知识库等；
- e) 提供电子化的工艺文件，并可下达到生产现场指导生产；
- f) 向生产执行系统输出工艺 BOM。

7.1.2 示例

示例见 T/CCASC 0043 的相关要求。

7.2 生产运行资源数字化

7.2.1 生产设备数字化

7.2.1.1 基本要求：

生产设备数字化宜满足以下基本要求：

- a) 建立有设备在线台账，设备信息可在线查看；通过人工或手持仪器开展设备常态化定期点巡检、辅助数据检测，实现设备运行状态记录、设备运行时长自动统计等，及时发现设备异常，并依据人工经验实现检修维护过程管理和故障消除；利用巡检机器人、无人机等进行设备巡检，代替人工进行高危区域巡检；
- b) 建立关键设备（如聚合釜、压缩机、汽提塔等）在线监测系统，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；
- c) 通过信息技术手段，集成状态监测数据、工艺运行数据等实现基于诊断规则和历史案例的故障诊断；
- d) 通过可靠性分析工具等信息技术手段，对设备故障进行分类、统计，建设设备运行故障数据库，实现设备运行趋势分析，对设备维修策略进行实时分析和更新，进行预测性维护；
- e) 根据实时运行数据，结合大数据分析、视频分析、人工智能、大模型等先进技术进行故障的智能诊断及维护。

7.2.1.2 75 kW 及以上电机状态监测数字化

75 kW 及以上电机状态监测数字化主要内容包括但不限于：

- a) 离心机、进风风机、排风风机、二次输送风机、单体压缩机、单体加入泵、聚合釜搅拌。宜监测电流、电机驱动端(轴承振动和温度)、定子绕组温度、非驱动端(轴承振动和温度)；
- b) 出料泵、汽提塔进料泵、离心机供料泵、汽提塔底泵、冲洗水泵、高压清洗泵、热水加入泵、冷却水循环泵、二次回收真空泵。宜监测电流、电机驱动端（轴承温度）、定子绕组温度、非驱动端（轴承温度）。

7.2.1.3 塔釜类、容器类和储罐类的数字化

塔釜类、容器类和储罐类的数字化主要内容包括但不限于：

- a) 宜监测精馏塔进料流量、精馏塔压差、回流罐液位、塔釜液位、塔底温度、再沸器蒸汽流量、等相关指标；
- b) 宜监测废水汽提塔塔顶温度、废水汽提塔塔底液位、废水汽提塔压差、废水汽提塔进水流量、废水汽提塔塔顶压力、废水汽提塔塔底蒸汽流量、废水汽提塔进料罐液位等相关指标；
- c) 宜监测机封水罐在线浊度、pH 等；
- d) 宜监测容器类和储罐类液位、流量、压力、温度；
- e) 宜显示储罐、容器和塔釜的设备容积、材质、质量等。

7.2.1.4 通用型树脂设备数字化

7.2.1.4.1 聚合釜控制数字化

聚合釜控制数字化主要内容包括但不限于：

- a) 聚合釜设备控制数字化：宜聚合釜搅拌电流/功率、转速、搅拌油站回油压力、搅拌油站油温度、搅拌油站流量等相关指标的数字化控制；
- b) 聚合釜运行周期：宜实现聚合釜清釜后试漏情况、运行釜数、聚合釜内自聚情况、安全阀、防爆片检定更换日期、聚合釜搅拌维修等相关项目的数字化记录；
- c) 宜实现聚合釜搅拌电机定子线圈温度、电机轴承温度、电机振动等相关指标的数字化监控。

7.2.1.4.2 汽提系统控制数字化

宜实现汽提塔清洗后塔板沸腾情况、运行周期、汽提塔内挂料情况、安全阀、防爆片检定更换日期、汽提系统浆料泵维修等相关项目的数字化记录。

7.2.1.4.3 离心机控制数字化

离心机控制数字化主要内容包括但不限于：

- a) 离心机设备控制数字化：宜离心机电流、离心机转股速度、离心机冲水流量等相关指标的数字化控制；
- b) 宜实现离心机（安德里茨）主电机转速、扭矩值、差速度、进料侧轴振动、传动侧轴振动、进料侧轴温度、转动测轴温度、主电机绕组温度、主电机轴承温度、主电机振动、润滑油站温度、润滑油出口温度、润滑油流量等相关指标的数字化监控；
- c) 宜实现离心机（巴工业）电机前轴振动、电机后轴振动、电机前轴温度、电机后轴温度、电机定子温度、差速器温度、供油压力、油泵电流、离心机前轴振动、离心机后轴振动、离心机前轴温度、离心机等指标的数字化监控。

7.2.1.4.4 干燥系统控制数字化（以尼鲁干燥床为例）

干燥床控制数字化主要内容包括但不限于：

- a) 干燥床设备控制数字化：宜实现进风风机电流/频率、排风风机电流/频率、震荡给料器电流、旋转布料器频率、干燥床出料旋转阀频率、风送旋转下料器频率等相关指标的数字化控制；
- b) 干燥床运行周期：宜实现干燥床清床后内热板试漏情况、运行周期、干燥床内物料堆积情况、内热板更换日期、风机维修等相关项目的数字化记录；
- c) 宜实现风机电机轴承温度、风机轴承温度、风机电机定子线圈温度、风机主轴承振动、筛头料重量等相关指标的数字化监控。

7.2.1.4.5 回收系统控制数字化

回收控制数字化主要内容包括但不限于：

- a) 回收设备控制数字化：宜实现主风机电流/频率、引风机电流/频率、震荡给料器电流、旋转布料器频率、回收出料旋转阀频率、风送旋转下料器频率等相关指标的数字化控制；
- b) 宜实现单体压缩机轴承温度、单体压缩机电机定子线圈温度、单体压缩机振动、单体压缩机电机振动等相关指标的数字化监控。

7.2.1.5 糊用型树脂设备数字化

7.2.1.5.1 聚合系统数字化

聚合系统数字化主要内容包括但不限于：

- a) 聚合釜控制数字化：宜实现聚合釜搅拌电流/功率、转速、搅拌电机定子线圈温度、电机轴承温度、电机振动等相关指标的数字化监控；
- b) 聚合釜运行周期：宜实现聚合釜清釜后试漏情况、运行釜数、聚合釜内自聚情况、安全阀、防爆片检定更换日期、聚合釜搅拌维修等相关项目的数字化记录；
- c) 关键设备（如真空泵、压缩机等）设备控制数字化：宜实现电流、轴承温度、轴承震动、轴承位移、齿轮箱油位、等相关指标的数字化监控。

7.2.1.5.2 喷雾干燥系统数字化

喷雾干燥系统数字化主要内容包括但不限于：

- a) 雾化器控制数字化：宜实现雾化器转速、轴震动、润滑油流量、润滑油油温、马达温度、油泵运行状态、雾化器溢流、冷却风机运行状态等相关指标的数字化监控；
- b) 关键设备（如鼓风机、引风机等）设备控制数字化：宜实现电流、轴承温度、轴承震动、轴承位移、齿轮箱油位等相关指标的数字化监控。

7.2.1.5.3 粉碎研磨系统数字化

粉碎研磨系统数字化主要内容包括但不限于：

- a) 粉碎机控制数字化：宜实现转速、润滑油流量、润滑油油温、马达温度、油泵运行状态等相关指标的数字化监控；
- b) 研磨机控制数字化：宜实现转速、分级机变频、电流、轴承温度、轴承震动、轴承位移等相关指标的数字化监控。

7.2.2 系统数字化

7.2.2.1 基本要求

系统数字化宜满足以下基本要求：

- a) 通过报表信息化等统计分析手段，实现生产报表的自动生成；
- b) 通过分布式控制系统（DCS）系统集中控制，以及 PID 整定等技术实现自动控制，依据系统数据进行异常处置（工艺控制参数的高报警、低报警、高高报警、低低报警等）；
- c) 通过生产全流程的工艺指标（温度、压力、液位、流量、组分等）可视化监控系统，实现在线分析、平稳率及合格率的实时监控预警；自动采集报警数据，辅助治理报警僵尸报警、频繁报警，实现关键报警根原因分析、关键报警预测等；
- d) 通过生产分析平台，对操作合格率、操作平稳率、自控率、联锁投切率、工艺报警率等进行实时监控分析调整优化，实现在线分析、平稳率及合格率的实时监控预警；
- e) 通过视频通讯和现场画面、人员信息以及事故相关的工艺和设备参数状态的集中展示，实现突发情况的远程指挥和处理。

7.2.2.2 通用型树脂工艺控制系统数字化

7.2.2.2.1 聚合釜工艺控制数字化

宜实现 VCM 单体流量、纯水流量、分散剂流量、引发剂流量/重量、中和剂流量、终止剂/稳定剂流量、涂釜剂流量、充氮流量、排氮流量、热纯水温度、夹套冷却水流量、高压注水流量、聚合釜压力（SIS 联锁控制）、聚合釜温度（SIS 联锁控制）等相关指标数字化控制。

7.2.2.2.2 汽提系统工艺控制数字化

汽提塔工艺控制数字化：宜实现汽提进料流量、汽提塔底蒸汽流量、汽提塔底温度、汽提塔底液位、汽提塔顶压力、汽提塔进料温度等相关指标数字化控制。

7.2.2.2.3 干燥系统工艺控制数字化（以尼鲁干燥床为例）

宜实现干燥床温度、干燥床顶压力、干燥床压差、干燥床热水温度、干燥床热水加热循环流量、干燥床热水压力、袋滤器压差、干燥床返混段风量、干燥床活塞段风量、干燥床返混段风温、干燥床活塞段风温、干燥床产品水分、加湿器温度、风送管线压力、干燥床顶压力（DCS 联锁控制）等相关指标数字化控制。

7.2.2.2.4 回收系统工艺控制数字化

宜新鲜单体储罐压力、新鲜单体储罐液位、回收单体储罐压力、回收单体储罐液位、回收单体分离罐液位、回收单体分离罐压力、单体过滤器压差、新鲜单体储罐进料流量、新鲜单体储罐进料压力、压缩机前捕集器罐液位、单体压缩机进口压力、单体压缩机排气压力、单体压缩机排气流量、单体压缩机工作液循环流量、单体压缩机气液分离罐液位、单体压缩机循环冷却水流量、单体压缩机阻聚剂流量、单体压缩机机械密封水流量、压缩机出口在线含氧量、回收系统排气压力、回收系统排气流量、变压吸附进口压力、变压吸附进口流量、除水聚结器压差、除水聚结器液位、新鲜单体泵出口温度（SIS 联锁控制）、回收单体泵出口温度（SIS 联锁控制）等相关指标数字化控制。

7.2.2.3 糊用型树脂工艺控制系统数字化

7.2.2.3.1 聚合系统工艺控制数字化

宜实现新鲜单体储罐压力、新鲜单体储罐液位、回收单体储罐压力、回收单体储罐液位、回收单体分离罐液位、回收单体分离罐压力、单体过滤器压差、新鲜单体储罐进料流量、新鲜单体储罐进料压力、聚合釜温度/压力、搅拌转速、聚合釜冷却水流量及温度、胶套水泵电流、出料槽液位/压力、泡沫高度、回收系统在线含氧量、回收系统排气压力、回收系统排气流量、气柜柜位高度、气柜水槽液位/温度、变压吸附进口压力、变压吸附进口流量等相关指标数字化控制。

7.2.2.3.2 喷雾干燥系统工艺控制数字化

出料槽液位、进料泵出口压力及运行状态、雾化器进料流量、热风温度及压力、鼓风机电流/变频、引风机电流/变频、干燥塔温度/压力、袋滤器压力/压差等相关指标数字化控制。

7.2.2.4 DCS

7.2.2.4.1 DCS 操作

数字化车间生产控制采用 DCS 系统操作。

7.2.2.4.2 通用型树脂 DCS 联锁

通用型树脂 DCS 联锁包括但不限于以下内容：

a) 聚合单元：

——150 m³ 聚合釜：

宜实现聚合釜真空泵出口阀门联锁，聚合出料过滤器尖底排污阀门保护联锁，聚合釜气相阀门保护联锁，聚合釜单体加入阀门保护联锁，聚合釜安全阀排空阀门保护联锁

升温蒸汽阀打开顺序联锁，聚合釜夹套联锁（循环水泵异常，或循环水流量偏低，夹套自动阀全开），单体阀保护联锁，分散剂 A1 配置保护联锁以及加入保护联锁，分散剂 A2 配置保护联锁以及加入保护联锁，分散剂 B 加入保护联锁，催化剂 C 罐压力保护联锁，过氧化氢储罐压力保护联锁，搅拌注水保护联锁，密封水罐液位保护联锁；

——130 m³ 聚合釜：

宜实现油站保护联锁，聚合出料过滤器尖底阀保护联锁，聚合冷纯水加入阀门保护联锁，聚合单体加入阀门保护联锁，聚合热纯水加入阀门保护联锁，聚合反应状态阀门保护联锁，聚合出料状态阀门保护联锁，聚合二次回收状态阀门保护联锁；

——108 m³ 聚合釜：

宜实现油站保护联锁、聚合釜搅拌失效联锁、装置掉电保护联锁、聚合釜自动清洗阀保护连锁、高压/低压出料槽气相联通保护连锁、引发剂加入阀保护联锁、聚合釜釜底阀保护联锁、真空阀/放空阀/排气阀保护联锁、热水加入阀保护联锁、单体加入阀保护联锁、聚合釜出料阀/排放阀保护联锁、聚合釜上人孔保护联锁、聚合釜夹套联锁、搅拌注水保护联锁、密封水罐液位保护联锁；

b) 汽提单元：

——英力士技术正压汽提塔：

A 系宜实现出料槽液位低联锁（液位低报停倒料），汽提塔底阀故障联锁，离心槽进料阀故障联锁，汽提塔蒸汽自动阀故障联锁，汽提塔压差异常联锁；

——室素技术负压汽提塔：

宜实现汽提塔负压联锁、汽提塔进料流量联锁、汽提塔出塔泵故障联锁、汽提单元电力故障联锁、低压出料槽搅拌保护联锁；

c) 干燥单元（尼鲁干燥床）：

宜实现干燥输送温度压力保护联锁，输送风机温度保护联锁，干燥床下料旋转阀停运保护联锁，干燥料仓进料切换联锁，干燥紧急停车联锁，干燥供风机排风机停机联锁，干燥振动下料器停运保护联锁，干燥下料分布器停运保护联锁，干燥床风室压差高报联锁、干燥床负压低报保护联锁，干燥床温高报保护联锁；

d) 回收单元：

宜实现压缩机保护联锁、聚结器保护联锁、精馏塔高温高压联锁、精馏塔高液位联锁。

7.2.2.4.3 糊用型树脂 DCS 联锁

糊用型树脂 DCS 联锁包括但不限于以下内容：

a) 聚合系统：聚合系统宜实现反应釜内温度、压力、搅拌转速/功率、气柜柜位、气柜压力、回收系统含氧等保护连锁。

b) 喷雾干燥系统：喷雾干燥系统宜实现干燥塔进气温度、干燥塔压力、干燥塔出风温度、干燥塔转速、雾化器溢流、冷却风机运行状态、鼓风机/引风机运行状态等保护连锁。

7.2.2.5 SIS

7.2.2.5.1 通用型树脂 SIS 连锁

设置 SIS 连锁，包括但不限于以下内容：

a) 聚合单元：

150 m³ 聚合釜：宜实现聚合釜紧急终止剂系统（包括 ESS 激活连锁、ESS 触发连锁、第一套 ESS 加入连锁、第一套 ESS 加入复位连锁、第二套 ESS 加入连锁、第二套 ESS 加入复位连锁）

130 m³、108 m³ 聚合釜：宜实现聚合釜紧急终止剂系统（TBC 加入连锁）聚合釜；

b) 回收单元：

宜实现回收单体储罐进料阀门切断，新鲜单体储罐进料阀门切断，回收紧急停车，回收单体输送泵温度监控，新鲜单体加入泵温度监控，回收单体加入泵温度监控，脱氯乙烷塔高温高压触发连锁，脱氯乙烷塔高液位触发连锁、宜实现新鲜单体球罐液位连锁、VCM 罐区紧急停车连锁。

7.2.2.5.2 糊用型树脂 SIS 连锁

设置 SIS 连锁，包括但不限于以下内容：

a) 当聚合釜釜温 1、釜温 2、釜压三个仪表点中有两个同时高于设定值时，SIS 自动加入，终止聚合反应。（可区分树脂型号设定不同的设定值）

b) 当聚合釜釜搅拌电流低于设定值延时 300 s，SIS 自动加入，终止聚合反应；

c) 球罐液位达到高限/低限设定值，球罐进口切断阀关闭；

d) 氯乙烯气柜高度达到高限/低限设定值，气柜进出口阀门关闭；

e) 氯乙烯气柜压力达到高限/低限设定值，气柜进出口阀门关闭；

7.2.2.6 设备连锁

宜实现离心机停车连锁（PLC 连锁）（连锁项目：转鼓绝对速度、主电机转速、扭矩值、进料侧振动、传动侧振动、进料侧温度、传动侧温度、主电机绕组、主电机轴承温度、主电机振动、润滑油站油箱油温度、润滑油站出油口温度、润滑油站流量、差速器温度、电流）等。

7.2.2.7 GDS

GDS 宜按 GB/T 50493 的相关规定执行。

7.2.2.8 ESD

宜设置单釜紧急终止剂加入按钮、回收系统紧急停车按钮等一键停车紧急按钮。

7.2.2.9 APC

宜设置实现装置的安全平稳操作、降低装置能耗、降低操作人员的劳动强度、聚合反应温度控制在 $SV \pm 0.2$ °C、汽提、干燥工序根据聚合釜出料情况实现自动负荷调整。

7.2.3 物料管理数字化

7.2.3.1 物料采集系统

宜建立物料采集系统识别生产过程所需要的生产资源，90%的数据可通过数字化车间信息系统进行自动采集。

7.2.3.2 物料管理系统

物料管理系统包括但不限于物料平衡、生产日报、产品消耗统计和成本核算。

注1：产品消耗统计需包括班组成本消耗统计、日成本消耗统计、周成本消耗统计、旬成本消耗统计、月成本消耗统计、季成本消耗统计、年成本消耗统计等。

注2：成本核算包括成本消耗查询、成本消耗旬核算和成本消耗月核算等。

7.2.3.3 物料消耗统计范围

宜统计单体消耗、纯水消耗、蒸汽消耗、动力电消耗、各类助剂消耗、综合能耗等相关指标。

7.2.4 人力资源数字化

7.2.4.1 人员能力

人员能力具备以下要求：

a) 具备高中及以上学历或与高中同等学历，取得“危险化学品操作证（聚合工艺）”等相关上岗作业资质证书；

b) 人员资质与相关证书宜上传数字化系统。

7.2.4.2 培训管理

培训管理宜实现以下要求：

a) 建立题库，根据题库进行培训、测试；

b) 宜对题库进行适时更新，修正题库或补充新内容。

7.2.4.3 工资与考勤管理

工资与考勤管理宜实现以下要求：

a) 数字化系统人力资源模块具有外出申请、移动打卡、考勤记录、考勤异常中心、休假申请、出差申请、值班申请、加班申请、补签申请、我的外勤、考勤统计等功能；

b) 工资实现数字化发放、工资数据统计等功能。

7.2.5 可视化总貌

宜建立可视化总貌界面，通过总貌展示车间主要工艺流程、重要设备的开停状态和关键的设备运行参数。

7.2.6 示例

示例见 T/CCASC 0043 的相关要求。

8 执行层数字化规范

8.1 基本要求

执行层数字化规范基本要求见 T/CCASC 0043—2024 的 8.1。

8.2 运行管理模块

8.2.1 数据流关系

数字化车间各运行管理模块之间主要数据流关系如图 2 所示。

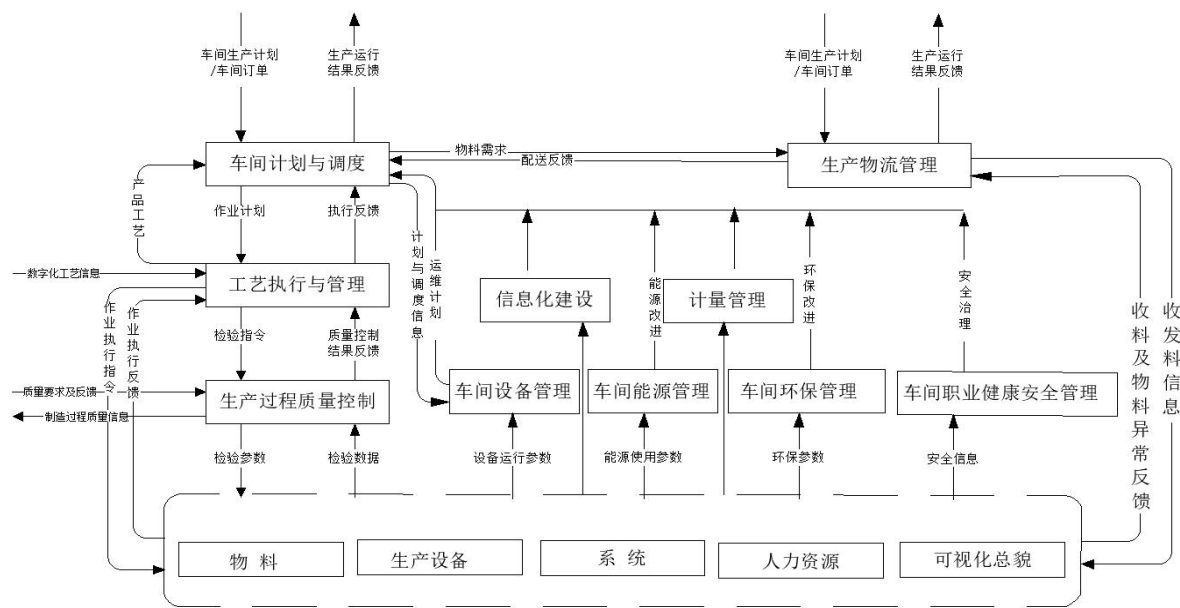


图 2 数字化车间运行管理模块数据流关系图

8.2.2 车间计划与调度管理

车间计划与调度管理的信息集成模块和功能要求宜按 GB/T 37393 的相关规定执行。示例见附录 B.1。

8.2.3 工艺执行与管理

工艺执行与管理的信息集成模块和功能要求宜按 GB/T 37393 的相关规定执行。示例见附录 B.2。

8.2.4 生产过程质量控制管理

生产过程质量控制管理的信息集成模块和功能要求宜按 GB/T 37393 的相关规定执行。示例见附录 B.3。

8.2.5 生产物流管理

生产物流管理的信息集成模块和功能要求宜按 GB/T 37393 的相关规定执行。示例见附录 B.4。

8.2.6 车间设备管理

车间设备管理的信息集成模块和功能要求宜按 GB/T 37393 的相关规定执行。示例见附录 B.5。

8.2.7 车间职业健康安全管理

车间职业健康安全管理相关要求见 T/CCASC 0043—2024 的 8.2.7。

8.2.8 车间环保管理

车间环保管理相关要求见 T/CCASC 0043—2024 的 8.2.8。

8.2.9 车间能源管理

车间能源管理相关要求见 T/CCASC 0043—2024 的 8.2.9。

8.2.10 车间信息化建设管理

车间信息化建设管理相关要求见 T/CCASC 0043—2024 的 8.2.10。

8.2.11 车间计量仪表管理

车间计量仪表管理相关要求见 T/CCASC 0043—2024 的 8.2.11。

9 数字化车间网络与信息交互

数字化车间网络与信息交互模块相关内容宜按 GB/T 37393 的相关规定执行。

附 录 A
(资料性)
功能安全 and 信息安全示例

A.1 功能安全

A.1.1 概述

通过 HAZOP, LOPA 等分析方法的分析, 确定 SIL 值, 根据 SIL 值各工序安全要求如下。

A.1.2 聚合工序功能安全要求

聚合工序功能安全要求如下:

- a) 聚合釜设置远传温度计高报警、远传压力表高报警; 远传温度计、远传压力表高高联锁加入紧急终止剂;
- b) 聚合釜设置搅拌功率低报警、搅拌转速低报警、搅拌电机故障信号三选二低联锁加入紧急终止剂;
- c) 聚合釜设置现场操作按钮及控制室操作按钮, 按下任一按钮联锁加入紧急终止剂。

A.1.3 汽提工序功能安全要求

汽提进料管道设置远传压力表高报警; 高高联锁停进塔泵;

A.1.4 回收工序功能安全要求

回收工序功能安全要求如下:

- a) 新鲜单体储罐设置远传液位计高报警、高高联锁停进料切断阀;
- b) 回收单体储罐设置远传液位计高报警、高高联锁停进料切断阀;
- c) 新鲜单体加入泵出口设置远传温度计高报警、高高联锁停新鲜单体泵;
- d) 回收单体加入泵出口设置远传温度计高报警、高高联锁停回收单体泵。

A.2 信息安全

车间信息系统可能遇到的不安全威胁, 病毒、黑客和内部人员的非授权网络操作或误操作等, 为了消除以上不安全因素, 整车间网络系统采用三层纵深防御策略。

- a) 第一层为物理策略层, 建立车间网络操作管理规范, 计算机设置相应的不同层级密码;
- b) 第二层为网络安全层, 对车间网络按功能区域分段, 段与段之间及控制层与管理层之间设置工业级硬件防火墙, 其过滤器根据源发地址和目标地址对数据包进行过滤, 阻止来自“外部”的不需要的数据流。远程访问全部经过 VPN 和防火墙过滤;
- c) 第三层为系统完整性层面, 采用 CIFS (Common Internet File System) 完整性检测技术, 可定期扫描网络中的病毒, 并可以调用第三方病毒服务器对病毒实施有效查杀。

附录 B

(资料性)

氯碱企业数字化车间执行层数字化建设示例

B.1 车间计划与调度

车间计划和调度内容如下：

- a) 数字化车间/生产调度从企业经营或生产管理部门获取车间生产计划（或通过接口自动接收 ERP 系统的生产订单），生产调度根据生产计划要求和车间可用资源进行详细排产、派工；
- b) 根据生产计划，合理安排聚合负荷，通过工艺执行管理模块指导聚合作业人员进行聚合入料操作；
- c) 生产执行过程中，实时获取生产相关数据、跟踪生产进度，并根据现场执行情况的反馈实时进行调度；
- d) 根据生产进度偏差对未执行的计划重新优化排产，并将生产进度和绩效相关信息反馈到企业生产部门或 ERP 系统，完成车间计划与调度的闭环管理。

车间计划与调度应支持可视化信息管理，即通过车间生产流程监测、控制系统反馈的信息，以可视化看板的形式展现生产计划执行的节拍、工艺调整、指挥调度、物流（车间级）、产成品等信息，以辅助人员在线实时地监控、参与、调整生产计划。车间计划与调度信息集成模型如图 B.1 所示。

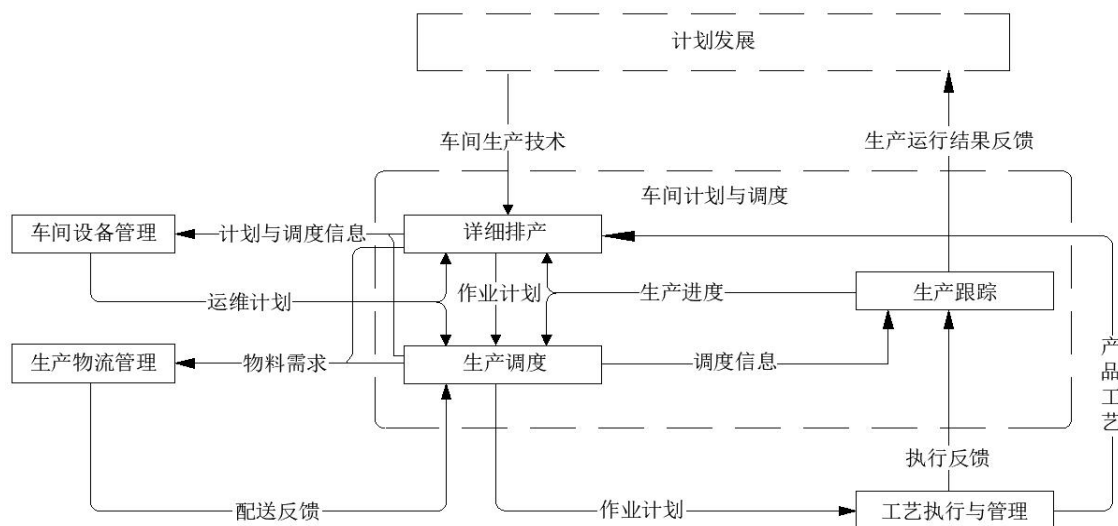


图 B.1 车间计划与调度信息集成模型

B.2 工艺执行与管理

工艺执行与管理信息，主要包括工艺执行与工艺管理两部分。工艺执行由车间子计划/物料清单生成、派工单生成、作业文件下发等构成。工艺管理由工艺权限管理（联锁操作权限、DCS 操作权限）、工艺变更管理（工艺变更管理系统）、可视化工艺流程管理（DCS、SIS、MES）、工艺报警

管理等构成。工艺执行贯穿于计划、质量、物流、设备、报警等全生产过程中；工艺管理功能可以在 DCS、SIS、PDM、ERP、MES 等相关系统中实现，工艺文件以计算机系统可识别的数据结构呈现。工艺执行与管理信息集成模型如图 B.2 所示。

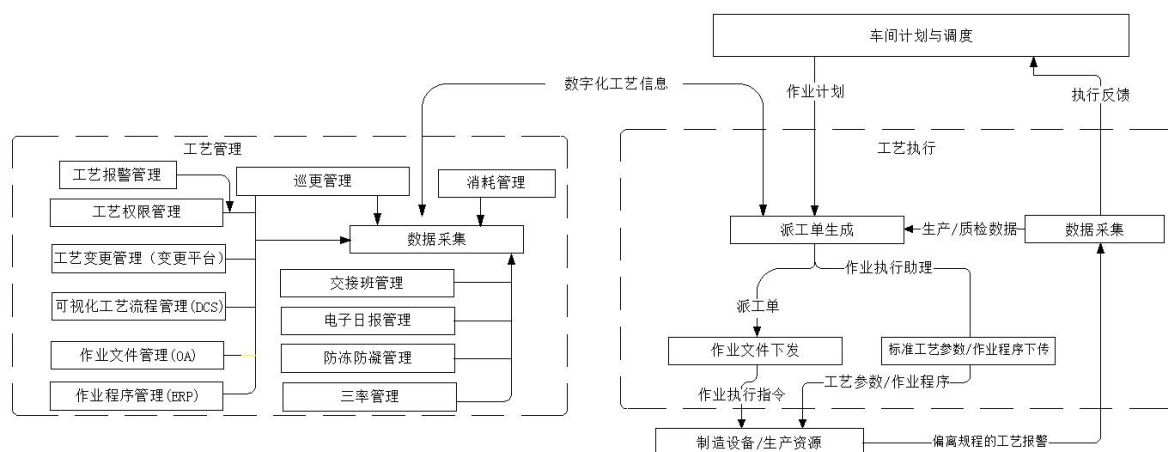


图 B.2 工艺执行与管理信息集成模型

B.3 生产过程质量管理

B.3.1 质量数据采集

质量数据主要包括生产设备工艺控制参数（DCS 运行数据），质量检测设备检测结果（在线仪表反馈到 DCS），人工质量检测结果（LIMS）等生产过程数据，覆盖原材料、生产设备、半成品和成品。数字化车间应提供质量数据的全部采集，对质量控制所需的关键数据应能够自动在线采集，以保证产品质量档案的详细与完整；同时尽可能提高数据采集的实时性，为质量数据的实时分析创造条件。生产过程质量管理体系信息集成模型如图 B.3 所示。

B.3.2 质量监控

B.3.2.1 指标监控

应对过程质量数据趋势进行监控，并对综合指标进行统计监控（DCS 和 LIMS）。

过程质量数据趋势监控：主要用于独立质量指标的原始数据监控，具有采集频率高、实时性强的特点，通过设定指标参数的报警界限，对超出界限的数据及时报警。通常由生产组态软件开发实现，DCS 以趋势图为主要展现形式，LIMS 以数据为展现形式。

综合指标统计监控：主要用于基于原始数据的综合质量指标的统计监控，可以融合多种监控标准和统计算法对指标进行综合运算，并定时刷新，使监控更宏观，更有针对性。通常由 MES 或独立质量系统开发实现，以 SPC 控制图、预控图、仪表盘等为主要展现形式。

B.3.2.2 质量监控预报警

工艺参数应基于实时采集质量数据，利用预先设置的低低报警、低报警、高报警、高高报警为控制方法，应用报警对潜在的质量问题提前预警，以避免质量问题发生。

质量检测以质量数据呈现的总体趋势，利用以预防为主的质量预测和控制方法对潜在质量问题

发出警告，以避免质量问题的发生。

B.3.2.3 质量追溯

工艺参数应基于 DCS 实时采集数据为追溯条件，以工艺文件为基础，DCS 数据为载体，追溯生产过程中的相关信息。

质量检测以产品标识（生产批号或唯一编码）作为追溯条件，以条码及电子标签为载体，基于产品质量档案，以文字、图片和视频等富媒体方式，追溯产品生产过程中的所有关键信息：如用料批次、供应商、作业人员、作业地点（车间、产线、工位等）、加工工艺、加工设备信息、作业时间、质量检测及判定、不良处理过程、最终产品等。

B.3.2.4 质量改进

针对生产过程中发现的质量缺陷，应基于 PDCA 循环原则构建质量持续改进机制，固化质量改进流程，提供质量异常原因分析工具，并不断积累行程完备的质量改进经验库。

B.3.2.5 数据查询与统计

通过 LIMS 平台，可追溯查询原辅料、外检报告、特殊作业、中控数据、原料、成品等原始数据。

LIMS 平台通过筛选质量监控数据，生成车间中控分析合格率统计、单元中控分析合格率表、车间关键控制点合格率表、采样点合格率表。工程师根据这些数据对生产进行调整与优化。

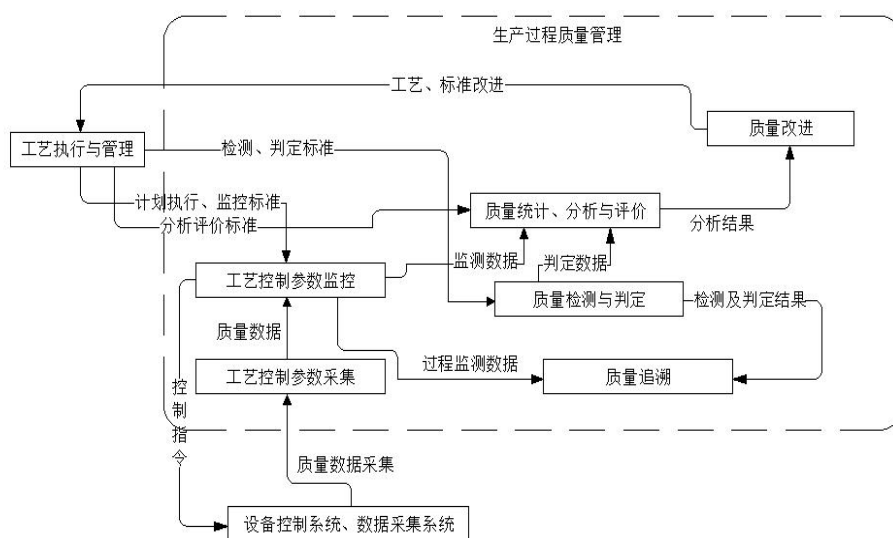


图 B.3 生产过程质量管理体系信息集成模型

B.4 生产物流管理

数字化车间中的所有物料、设备、仪表等都应进行唯一编码。应能自动感知和识别物流关键数据，并通过通信网络传输、保存和利用。生产物流管理信息集成模型见图 B.4。

参 考 文 献

- [1] GB/T 37413—2019 数字化车间 术语和定义
 - [2] GB/T 41255—2022 智能工厂通用技术要求
 - [3] GB/T 41260—2022 数字化车间信息安全要求
 - [4] GB/T 41261—2022 过程工业报警系统管理
 - [5] GB/T 41392—2022 数字化车间可靠性通用要求
 - [6] HG/T 20511—2000 信号报警、安全联锁系统设计规定
 - [7] DB37/T 4649.3—2023 智能制造 第3部分：数字化车间建设指南
-