



团 体 标 准

T/CCASC 0043—2024

氯碱工业数字化车间建设指南 电解

Guidelines for digital workshop of chlor-alkali industry—Electrolysis

2024-12-01 发布

2025-03-01 实施

中国氯碱工业协会 发布
中国标准出版社 出版

中国氯碱工业协会于 1981 年成立,是我国成立最早的全国性工业协会之一。中国氯碱工业协会团体标准按《中国氯碱工业协会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国境内的团体和个人,均可提出制修订中国氯碱工业协会团体标准的建议并参与有关工作。

本文件实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄送中国氯碱工业协会,以便修订时参考。

地址:天津市南开区白堤路 186 号天津电子科技中心 1105 室;邮编:300192;电话:022-27428255。

本标准版权为中国氯碱工业协会所有,除了用于国家法律或事先得到中国氯碱工业协会的许可外,不得以任何形式或任何手段复制、再版或使用本标准及其章节,包括电子版、影印件,或发布在互联网及内部网络等。

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 体系结构	3
6 总体要求	4
7 基础层数字化规范	5
8 执行层数字化规范	9
9 数字化车间网络与信息交互	14
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	15
附录 B (资料性) 功能安全 and 信息安全示例	17
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	19
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	22
参考文献	26

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、浙江巨化股份有限公司电化厂、福建环洋新材料有限公司。

本文件参与起草单位：唐山三友氯碱有限责任公司、陕西金泰氯碱化工有限公司、浙江镇洋发展股份有限公司、德州实华化工有限公司、陕西北元化工集团股份有限公司、新疆中泰化学阜康能源有限公司、新疆华泰重化工有限责任公司、新疆中泰化学托克逊能化有限公司。

本文件主要起草人：刘晓营、吴宇鹏、郁翔、李学伟、王记孝、周文斌、李宝瑞、徐生智、张傲雷、王振方、王文明、崔钦、江泳、杨瑞祥、孟维庆、路松角、沈曙光、郭银明、张军锋、侯亚楠、杨超松、胡文军、赵军军、周永卫、林增辉、刘建平、彭军、慕毅、石博文。

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 电解

1 范围

本文件给出了氯碱企业数字化车间建设电解部分的体系结构、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电解部分的建设。

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

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。

[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/T 37393—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:生产资源包括设备、系统、物料、人、可视化总貌。

[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)

CCR:中央控制室(Central Control Room)

DCS:集散控制系统(Distributed Control System)
 E/E/PE:电气/电子/可编程电子(Electrical/Electronic/Programmable Electronic)
 ERP:企业资源计划(Enterprise Resource Planning)
 ESD:紧急停车系统(Emergency Parking System)
 GDS:可燃有毒气体检测系统(Combustible and Toxic Gas Detection System)
 HSE:健康、安全、环境(Health, Safety and Environment)
 LIMS:实验室信息管理系统(Laboratory Information Management System)
 MES:制造执行系统(Manufacturing Execution System)
 OA:办公自动化(Office Automation)
 ORP:氧化还原电位(Oxidation-reduction potential)
 PDCA:计划、执行、检查、行动(Plan-Do-Check-Act)
 PDM:产品数据管理(Product Data Management)
 PLC:可编程程序控制器(Programmable Logic Controller)
 RFID:射频识别技术(Radio Frequency Identification)
 SIS:安全仪表系统(Safety Instrumented System)
 SPC:统计过程控制(Statistical 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电解部分的基础层和执行层的建设。其体系结构如图 1 所示,氯碱行业主要智能平台和管理系统子项的相关信息见附录 A。

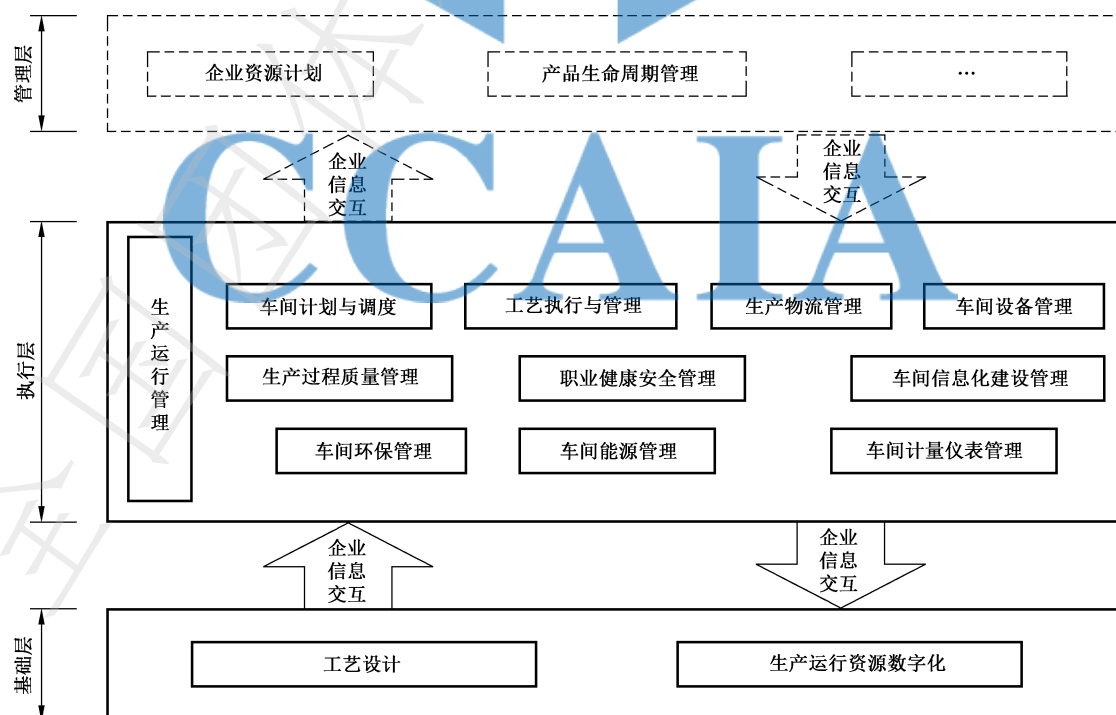


图 1 数字化车间结构图

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,能自动进行信息的采集和指令执行。

注 2: 物料、人、本身不具备数字化通信能力,但能借助条码、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 10 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

本文件数字化车间电解部分的边界:从一次盐水进入树脂塔界区开始到氢氧化钠至中间储罐,氯气、氢气分别至分配台结束。即二次盐水精制单元、离子膜电解单元、淡盐水脱氯单元、氢气处理单元、氯气处理单元、除害/次钠单元,共 6 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 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。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,符合等级保护评定要求。

6.4 系统要求

数字化车间宜建有生产执行系统[DCS、SIS、GDS、ESD 的控制器、控制柜、电源等核心组件独立配置,不应共用。其供电负荷应按一级用电负荷(双电源供电),宜采用 UPS 电源。供电时间不应低于半小时,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 连锁、GDS、紧急停止按钮、安全门锁(门禁系统)、防火门(离子膜电解厂房、氯气液化厂房)、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、应急融合通信系统、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) 能进行电解工艺路线和工艺布局仿真;
- c) 能进行电解生产过程仿真;
- 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

示例见附录 C 的 C.1。

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 成套设备(离子膜电解槽)数字化

成套设备(离子膜电解槽)数字化主要内容包括但不限于:

- a) 离子膜电解槽设备控制数字化:宜实现电压(每台单元槽计量、一台电解槽多片单元槽分组计量或一台电解槽每片单元槽计量)、电流、电位差(小组电压变化)、电槽对地电压和电流效率等相关指标的数字化控制;

- b) 离子膜电解槽工艺控制数字化:宜实现盐水流量、氢氧化钠流量、单槽氯气压力、单槽氢气压力、单槽氯氢压差、淡盐水 pH、出口淡盐水 pH、氯气总管压力(SIS 联锁控制)、氢气总管压力(SIS 联锁控制)、总管氯氢压差(SIS 联锁控制)、氯气总管压力(DCS 联锁控制)、氢气总管压力(DCS 联锁控制)、总管氯氢压差(DCS 联锁控制)、阴极液出口烧碱温度、二次油压、电解槽阳极压力(单槽)、电解槽阴极压力(单槽)、氯氢压差(单槽)等相关指标数字化控制(其中二次油压、单槽阳极压力、单槽阴极压力、单槽氯氢压差应根据不同电解槽有选择纳入数字化管理);
- c) 单元槽/离子膜使用时间:宜实现单元槽号、膜号、电解槽试漏情况、首次上膜时间、更换日期、发生泄漏的单元槽/离子膜号、电解槽维修及重涂等相关项目的数字化记录。

7.2.1.2 氯压机和氢压机控制数字化

7.2.1.2.1 氯压机设备(以四级压缩为例)控制数字化主要内容包括但不限于:

- a) 一段入口参数,宜实现入口阀门开度、入口过滤器前压力、入口过滤器后压力、最终入口压力等相关指标的数字化控制;
- b) 一段出口、二段入口,宜实现一段出口温度、一段出口压力、二段入口温度、二段入口压力、一段中间冷却器出口冷却水中含氯量(如 ORP 在线检测)、二段入口含水量等相关指标的数字化控制;
- c) 二段出口、三段入口,宜实现二段出口温度、二段出口压力、三段入口温度、三段入口压力、二段中间冷却器出口冷却水中含氯量(如 ORP 在线检测)等相关指标的数字化控制;
- d) 三段出口、四段入口,宜实现三段出口温度、三段出口压力、四段入口温度、四段入口压力、三段中间冷却器出口冷却水中含氯量(如 ORP 在线检测)等相关指标的数字化控制;
- e) 四段出口,宜实现四段出口温度、四段出口压力、四段中间冷却器出口冷却水中含氯量(如 ORP 在线检测)、四段出口标况体积流量、防喘阀开度、最终出口标况体积流量等相关指标的数字化控制;
- f) 循环冷却水,宜实现循环水入口 pH、四级循环水出口温度、循环水出口 pH、循环水出口总氯含量等相关指标的数字化控制;
- g) 氯压机密封气及油站,宜实现密封气阀门开度、密封气与氯气压差、驱动端密封气流量、非驱动端密封气流量、混合气压力等相关指标的数字化控制;
- h) 宜实现氯压机转子位移、转速、振动等相关指标的数字化监控。

注:压缩机压缩不同工艺,根据氯压机设计规范确定数字化控制参数。

7.2.1.2.2 氢压机设备控制数字化主要内容包括但不限于:宜实现压缩机进口阀门开度、压缩机出口阀门开度、压缩机回流阀门开度、气液分离器液位、补水阀门开度、压缩机进口压力、压缩机出口压力、减速器高速端(轴承振动、轴承温度)、低速端(轴承振动和温度)、主机驱动端(轴承振动和温度)、非驱动端(轴承振动和温度)等相关指标的数字化控制。

7.2.1.3 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) 氯气压缩机,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) 氢气压缩机,宜监测电流、电机驱动端(轴承振动和温度)、非驱动端(轴承振动和温度);
- c) 宜对一段硫酸循环泵、二段硫酸循环泵、氢气洗涤循环泵、阴极液循环泵、氯水循环泵等泵的电

7.2.1.4 氯氢生产单元 10 kV 电机运行效率监测

宜显示水环氢气压缩机、氯气压缩机的输入功率(kW)、理论效率(%)等数据;宜监测水环氢气压缩机、氯气压缩机的输出功率(kW)、实际效率(%)等相关指标。

7.2.1.5 除害/次钠单元分析数字化

除害/次钠单元分析数字化主要内容包括但不限于:

- a) 宜监测除害单元尾气分析数据、次氯酸钠单元尾气分析数据;
- b) 宜监测次氯酸钠单元一级氯气吸收塔循环液有效氯、游离碱等相关指标。

7.2.1.6 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) 宜监测树脂塔盐水流量,纯水的来水管线流量,氢氧化钠流量,盐酸流量,钙、镁离子含量等相关指标;
- b) 宜监测脱氯塔出口氯气压力、液位、淡盐水温度等相关指标;
- c) 宜监测电解用机封水罐回水管 ORP、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;
- f) 宜监测盐水换热器出口温度。

7.2.1.7 整流器数字化

整流器数字化主要内容包括但不限于:

- a) 整个系统:宜实现直流电压、直流电流、有效功率、功率因素、档位、变压器油温、变压器绕组温度、整流区空气温度、控制区空气温度等相关指标数字化监控;
- b) 直刀系统:宜实现直流刀分闸安全电流、直流电流、直流电压等相关指标数字化监控;
- c) 整变系统:宜实现整流变油温、整变绕组温度、 I_a 、 I_b 、 I_c 等相关指标数字化监控;
- d) 纯水系统:宜实现流量、电导率、水压、水温等相关指标数字化监控;
- e) 电流设定区:宜实现 CH 给定、备用电流、直流电流、直流电压、控制角、DCS 给定,安全电流连锁;安全电流设定值、斜率、本控设定值等相关指标数字化监控;
- f) 整流系统:宜实现 TB1、TB2、KP、KI, TB1 SET、TB2 SET、KP SET、KI SET 等相关指标数字化监控。

注:增设槽间开关系统:电流小于 600 A。

7.2.2 系统数字化

7.2.2.1 DCS

7.2.2.1.1 DCS 操作:数字化车间生产控制采用 DCS 操作。

7.2.2.1.2 DCS 连锁包括但不限于以下内容:

- a) 离子膜电解单元:宜实现单槽停车连锁(连锁项目:整流机组、电槽对地电压、盐水流量、NaOH 流量、电位差、盐水阀门、紧急停车按钮)、脱氯塔液位连锁、加酸自动阀连锁、二次盐水中钙镁离子含量连锁等连锁(触发动作设电流 8 kA,延迟 2 h)、阳极排液罐液位连锁、阴极排液罐液位连锁、回收盐水储罐液位连锁;

- b) 氯气处理和压缩单元:宜实现氯气水洗塔液位低低补水联锁、浓硫酸储罐液位联锁、氯压机停车联锁(联锁项目:氯气洗涤塔出口氯气温度、钛冷却器出口总管氯气温度)等联锁;
- c) 氢气处理单元:宜实现氢压机工作液补水联锁;
- d) 除害/次钠单元:宜实现除害一级循环泵备用泵自启联锁、切换事故碱槽联锁。

7.2.2.2 SIS

设置 SIS 联锁,包括但不限于以下内容:

- a) 离子膜电解单元:宜实现整套电解槽停车联锁(联锁项目:整流机组、氯压机、氢压机、阳极液循环罐液位、阴极液循环罐液位、氯气压力、氢气压力、氯氢压差、急停按钮、仪表空气压力);
- b) 氯气处理和压缩单元:宜实现氯气分配台压力联锁、氯压机停车联锁[联锁项目:一级进口压力、四级出口温度(视级数设置)];
- c) 氢气处理单元:宜实现水环氢压机停车联锁(联锁项目:机前冷却器出口压力、离子膜全部停车);
- d) 除害/次钠单元:宜实现碱高位槽出口切断阀打开联锁。

7.2.2.3 设备联锁

宜实现氯气处理单元硫酸计量泵故障联锁(联锁项目:硫酸计量泵压力开关)、氯压机停车联锁(PLC 联锁)(联锁项目:压缩机振动、增速器高/低速轴振动、止推/非止推径向瓦温、主/副止推瓦温、增速器高/低速径向瓦温、电机轴承温度、电机定子温度、密封气与气缸体差压、润滑油总管压力通信、水分分析仪通信)等。

7.2.2.4 GDS

GDS 宜按 GB/T 50493 的相关规定执行。

7.2.2.5 ESD

宜设置单槽紧急停车按钮、电槽全部紧急停车按钮、透平机紧急停车按钮等一键停车紧急按钮。

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

宜统计原盐消耗(折百)、直流电耗、电流效率、电压效率、电流密度、综合能耗、30%碱蒸汽消耗、30%碱综合能耗、30%碱损失率等相关指标。

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力,取得“氯碱电解危险化学品安全作业”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 C.2。

8 执行层数字化规范

8.1 基本要求

数字化车间运行管理各子项宜满足以下基本要求：

- a) 与数据中心可进行信息的双向交换；
- b) 具有信息集成模型,通过对所有相关信息进行集成,实现自决策；
- c) 平台间能进行数据直接调用；
- d) 平台子项能与平台子项(如 ERP、LIMS、MES、云+、HSE、双预防、巡更等)实现信息交互,其中的工业控制系统(如 DCS、SIS、GDS、EDS)与企业其他管理系统宜为单向输出交互,确保工业控制系统的安全。

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。

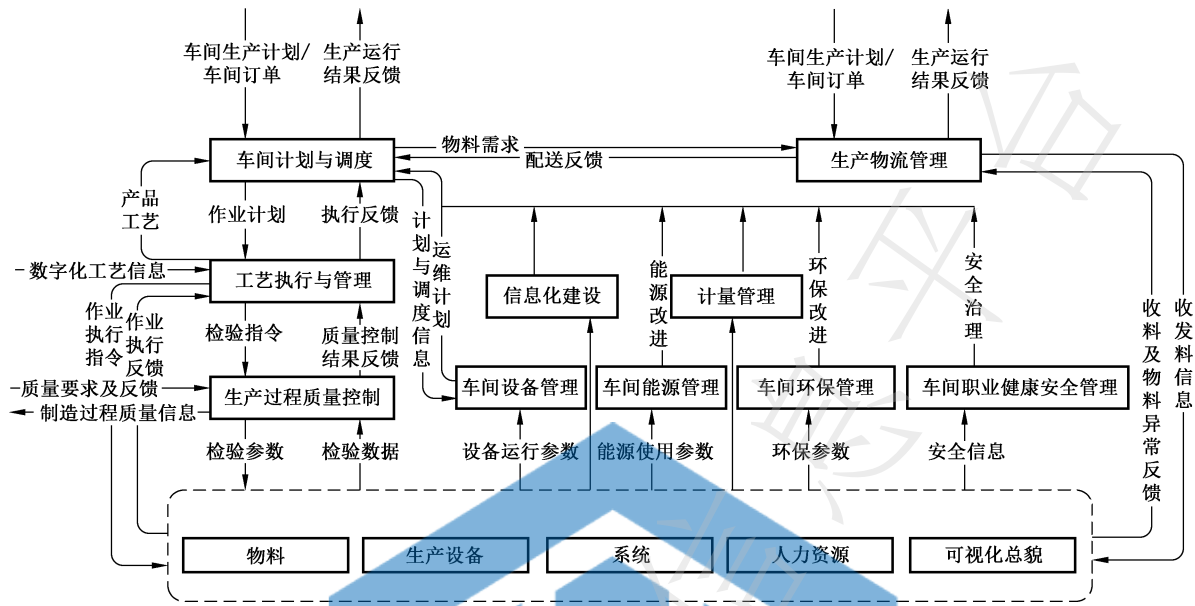


图 2 数字化车间运行管理模块数据流关系图

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 D 的 D.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 D.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 D.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 D.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 D.5。

8.2.7 车间职业健康安全管理

8.2.7.1 信息集成模型

车间职业健康安全管理各功能之间与外部功能子系统之间的信息集成关系描述，如图 3 所示。

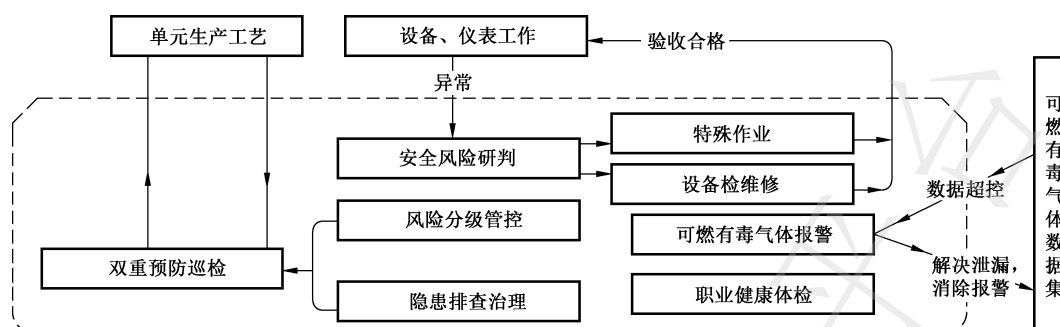


图3 车间职业健康安全管理集成模块

8.2.7.2 功能要求

8.2.7.2.1 可燃、有毒气体分析

可燃、有毒气体分析包括以下内容：

- 选择合适的可燃、有毒报警器,按照 GB/T 50493 进行安装和操作；
- 可燃、有毒气体分析数据应包括现场探测器分析数据、便携式探测器分析数据和色谱检测分析数据；
- 应覆盖车间内所有装置设备和所有生产情景；
- 数字化车间宜实现可燃、有毒气体数据的全部采集,对可燃有毒气体控制所需的关键数据能够自动在线采集。

8.2.7.2.2 其他

其他宜实现数字化要求的功能模块包括但不限于如下内容：

- 风险分级管控；
- 隐患排查与治理；
- 双预防巡检；
- 人员定位系统；
- 特殊作业；
- 设备检维修；
- 职业健康体检；
- 危险有害因素识别；
- 安全风险研判；
- 可燃有毒气体报警系统的管理；
- 劳动防护用品的发放。

8.2.8 车间环保管理

8.2.8.1 信息集成模型

车间环保管理各功能之间与外部功能子系统之间的信息集成关系描述,如图4所示。

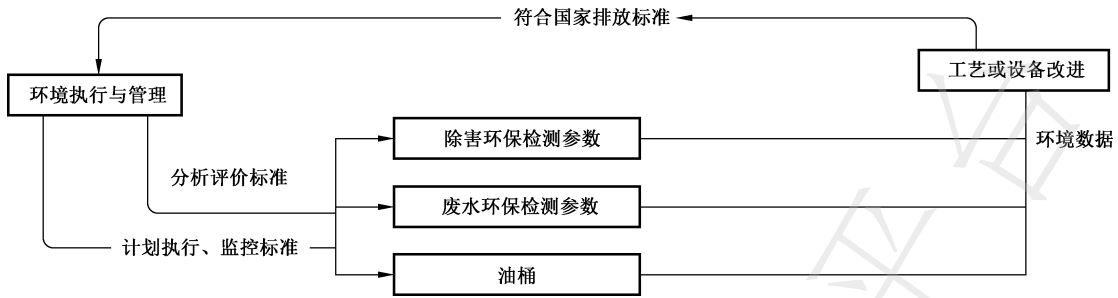


图 4 环保管理系统信息集成模型

8.2.8.2 功能要求

8.2.8.2.1 环境数据采集

环境数据采集包括以下内容：

- a) 应覆盖车间内所有环保设备；
- b) 设备检测、人工检测等宜实现数字化管控；
- c) 应实现环境数据的全部采集，对环境控制所需的关键数据宜能够自动在线采集。

8.2.8.2.2 环境监控

8.2.8.2.2.1 指标监控

指标监控满足以下要求：

- a) 应对过程环境数据趋势进行监控；
- b) 应对综合指标统计进行监控。

8.2.8.2.2.2 环境监控预报警

环境监控预报警包括以下内容：

- a) 宜对潜在的环境问题提前预警；
- b) 宜对潜在环境问题发出警告；
- c) 对发现的异常应及时处理。

8.2.8.2.2.3 环境追溯

环境追溯包括以下内容：

- a) 宜实现追溯生产过程中工艺参数的相关信息；
- b) 宜实现追溯生产过程中环境检测的信息。

8.2.8.2.2.4 环境改进

针对生产过程中发现的环境缺陷，应基于 PDCA 循环原则，构建环境持续改进机制，固化环境改进流程，提供环境异常分析工具，并不断积累形成完善的环境改进经验库。

8.2.9 车间能源管理

8.2.9.1 信息集成模型

车间能源管理信息集成模型如图 5 所示。

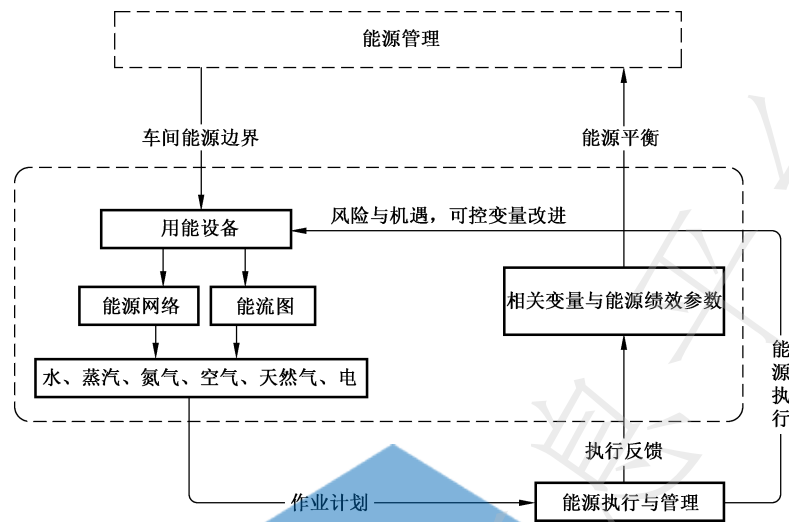


图 5 车间能源管理信息集成模型

8.2.9.2 功能要求

能源管理宜实现以下功能：

- 主要用能设备数字化；
- 能源管理网络图可视化和能流图可视化；
- 相关变量和能源绩效参数数字化；
- 能源追溯数字化；
- 能源平衡数字化与改进措施数字化。

8.2.10 车间信息化建设管理

8.2.10.1 信息集成模型

车间信息化建设信息集成模型如图 6 所示。

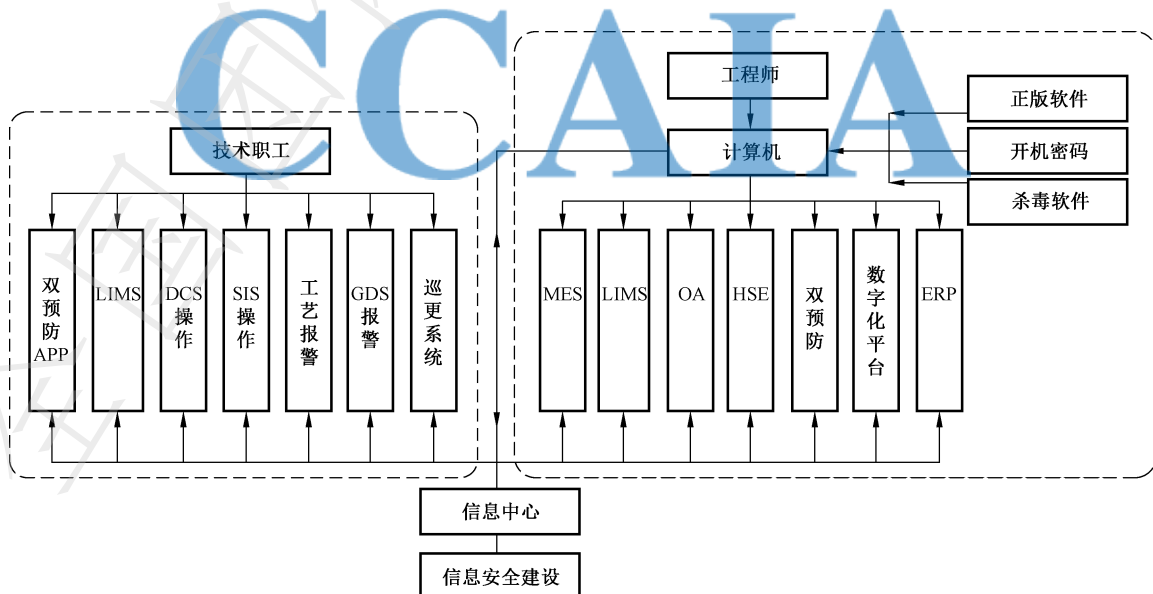


图 6 信息化建设信息集成模型

8.2.10.2 功能要求

信息化建设管理宜实现以下功能：

- 技术职工根据自己权限操作 DCS、SIS、工艺报警、GDS 报警，下分析任务单，利用双预防 APP 进行巡检；
- 工程师用开机密码操作电脑，电脑应安装正版杀毒软件，正版应用软件；
- 工程师通过 MES、LIMS、OA、HSE、ERP、双预防、数字化平台等工具进行生产过程信息收集；
- 信息中心对生产过程中、人员操作过程中的所有信息进行控制与管理。

8.2.11 车间计量仪表管理

8.2.11.1 信息集成模型

车间计量仪表管理信息集成模型如图 7 所示。

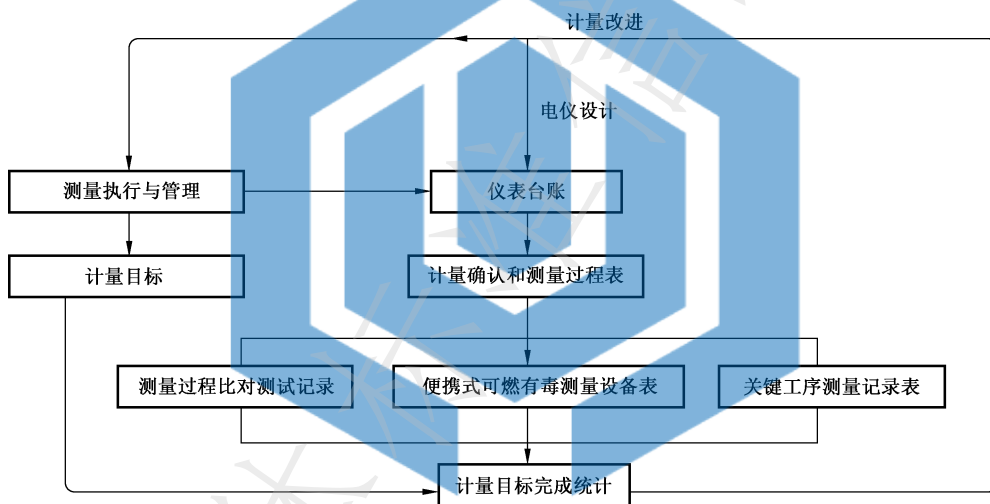


图 7 车间计量仪表管理信息集成模型

8.2.11.2 功能要求

车间计量仪表管理宜实现以下功能。

- 每月更新测量仪表台账。
- “计量确认和测量管理表”包括安全管理部分、物料计量、能源计量、关键工序过程、贸易计量、质量检验和计量标准等功能模块。每一模块包括测量过程、技术要求、控制要求、测量设备、计量确认、控制监视和测量过程确认。
- 车间工程师确定关键点位仪表误差允许值，技术人员每月对关键仪表进行期间核查。
- 计量仪表监测平台包括仪表监测组态、仪表监测分组、仪表偏差监测、仪表偏差记录和计量偏差统计。技术人员每天查看偏差情况，超出范围及时处理。

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)

氯碱行业主要智能平台和管理系统子项相关信息

氯碱行业主要智能平台和管理系统子项见表 A.1 和表 A.2。

表 A.1 氯碱行业主要智能平台

序号	智能平台	备注
1	HSE 平台	
2	MES 平台	
3	ERP 平台	
4	大数据云计算平台	
5	门户平台	
6	智能视频分析平台	
7	化工流程仿真操作平台	
8	电信集成平台	

表 A.2 氯碱行业主要管理系统子项

序号	管理系统子项	备注
1	门禁系统	
2	视频监控系统	
3	应急广播系统	
4	电话系统	
5	无线对讲系统	
6	火灾报警系统	
7	计算机局域网系统	
8	人员定位	
9	DCS/SIS	集散控制系统/安全连锁系统
10	GDS	可燃有毒气体检测系统
11	AMS	智能设备管理系统
12	SCADA	数据采集与监视控制系统
13	AM	报警管理系统
14	APC	先进过程控制系统
15	CPM	全回路实时监测系统
16	OTS	操作员培训仿真系统
17	LIMS	实验室信息管理系统

表 A.2 氯碱行业主要管理系统子项（续）

序号	管理系统子项	备注
18	供应商管理	
19	销售管理	
20	BI	商业智能管理系统
21	物流调度管理	
22	WMS	仓库管理系统
23	WCS	自动化物流调度系统
24	车辆定位系统	



CCAIA

附录 B
(资料性)
功能安全和信息安全示例

B.1 功能安全

B.1.1 电解工序功能安全要求

电解工序功能安全要求如下。

- a) 阳极液循环罐设置远传液位计高报警；高高联锁停整套整流继电器，联锁关闭氯气总管切断阀。
- b) 阴极液循环罐设置远传液位计高报警；高高联锁停整套整流继电器；联锁关闭氢气总管切断阀。
- c) 氯气总管设置远传压力表、三选二高高联锁停整套电解整流；氯氢总管压差三选二高高、低低联锁停整套电解整流；联锁关闭氯气总管切断阀；联锁打开阴极循环罐两道充氮阀门，联锁关闭充氮管路保护阀门；联锁打开氢气总管充氮阀门，电解槽充氮阀门。
- d) 氢气总管设置远传压力表，三选二高高报警联锁停整套电解整流。
- e) 氯氢总管压差三选二高高、低低联锁停整套电解整流；联锁关闭氯气、氢气总管切断阀；联锁打开阴极循环罐两道充氮阀，联锁关闭氮气管路保护阀；联锁打开氢气总管充氮，电解槽充氮阀。
- f) 氯气总管设置远传压力表高高联锁停整套电解整流，氯氢压差联锁停电解整流。联锁关闭氯气、氢气总管切断阀；联锁打开阴极循环罐两道充氮阀，联锁关闭氮气管路保护阀；联锁打开氢气总管充氮，电解槽充氮阀。
- g) 氢气总管设置远传压力表高高报警联锁停整套电解整流；氯氢压差高高联锁停电解整流；联锁关闭氯气、氢气总管切断阀；联锁打开阴极循环罐两道充氮阀，联锁关闭氮气管路保护阀；联锁打开氢气总管充氮，电解槽充氮阀。
- h) 仪表空气压力设置低低联锁，停整套整流，联锁关闭仪表空气缓冲罐与总管切断阀阀门。

B.1.2 氯氢处理工序功能安全要求

氯氢处理工序功能安全要求如下：

- a) 氯压机故障，联锁停电解整流柜；
- b) 氯气压缩四级出口远传温度计高报警，压缩机停车，联锁停电解整流；
- c) 氯气压缩一级进口设置远传压力表，低报警，压缩机停车，联锁停电解整流；
- d) 氢压机进口设置远传压力表低报警，低低联锁停氢压机；
- e) 除害一级碱循环泵出口设置远传压力表低报警，联锁打开碱液高位槽出口阀门；
- f) 除害一级循环冷却器进口设置远传压力表，低报警，联锁启动冷冻站备用泵。

B.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 mGuard 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 mGuard 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,并可调用第三方病毒服务器对病毒实施有效查杀。



CCAIA

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

C.1 工艺设计数字化

C.1.1 氯碱工业数字化车间交付技术架构

氯碱工业数字化车间交付技术架构见图 C.1。

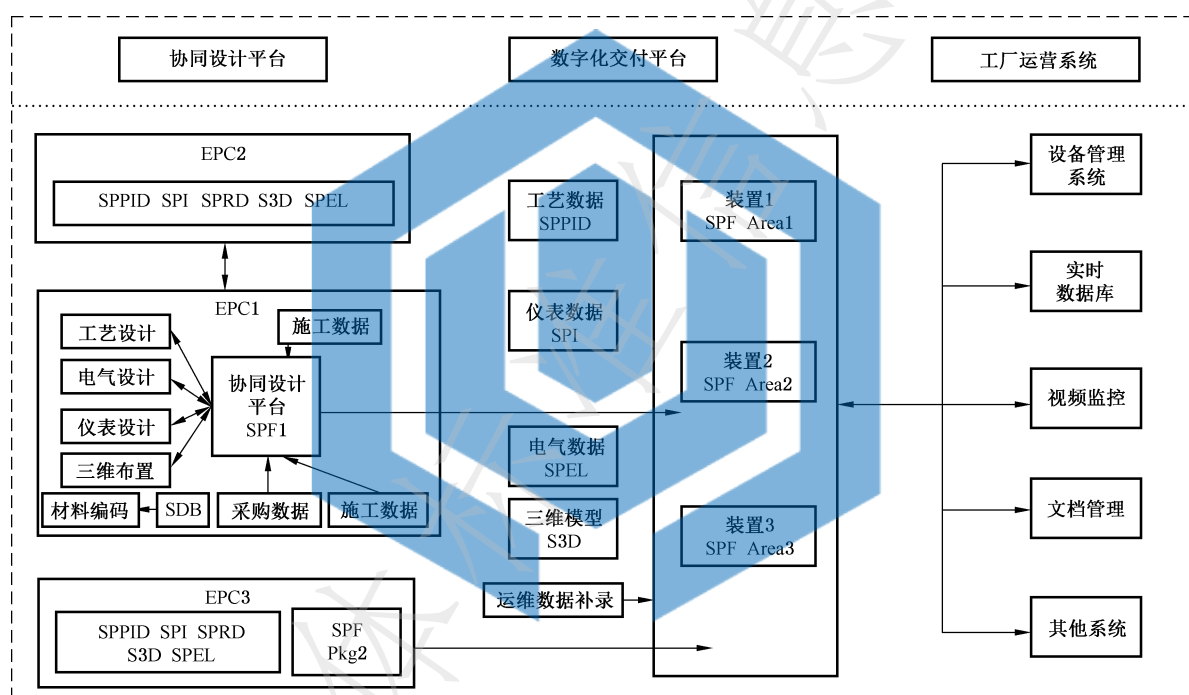


图 C.1 氯碱工业数字化车间交付技术架构

C.1.2 智能工艺流程图设计(SPPID-Smart Plant P&ID)

SPPID 是以数据为中心、规则驱动的智能工艺和仪表流程图设计软件,帮助创建、浏览并管理工厂整个生命周期的数据。它不是一个 CAD 画图工具,而是一个管理工程数据、生成工艺原理图并与下游和上游工作分享数据的工程工具。它不仅生成图纸,而且对应于每个工程对象(如设备、管线和仪表件等)生成完整的工程数据库(包括位号、设计条件、介质属性、流向和材质等)。

C.1.3 智能仪表设计(SPI-Smart Plant Instrumentation)

SPI 基于公共数据库和规则驱动,能够更好地管理和保存仪表和控制系统的历史记录,因此能够更好地进行工厂设计和运维管理。

采用 SPI 进行仪表工程设计,生成仪表索引表、仪表规格书、回路图、接线图和仪表安装图等设计成果。它还可以跟上下游系统进行数据交互,比如智能的工艺流程图(Smart Plant P&ID)、电气软件(Smart Plant Electrical 和 ETAP 等)、智能三维工厂设计系统(Smart 3D)、组态软件和管理软件(如 SAP)等协同工作。

C.1.4 智能电气设计(SPEL-Smart Plant Electrical)

SPEL 通过规则管理器,规范属性的定义,确保设计的正确性,并保证电气属性的快速填写,如某些电压和电流的数据录入,及当数据不匹配的时候是报警或者按照哪种规则进行数据传递,电缆连接元器件之后是否需要取得哪些属性等规则定义。

C.1.5 智能工厂三维设计(S3D-Smart 3D)

S3D 是工厂三维设计软件,以商业数据库 MS SQL 和 Oracle 为基础数据平台,所有模型都是以对象的形式存放在基础数据库中,在充分享用商业数据库强大功能的同时,保证了数据格式的通用性。S3D 范围包括通用设施(道路、路灯、检修通道、检修区域、操作通道、围墙、大门、围堰、防火堤、隔堤、消火栓、泡沫产生器、灭火器、消防水炮、消防箱、应急电话、扬声器、监视摄像机、气体检测器、火灾探测器、手动报警按钮、声光报警器、取样器、洗眼器、淋浴器)、设备(动设备、静设备、工业炉、包设备、烟囱等)、地下工程(桩基、承台、基础、地下管道、电缆沟、管沟、排水沟、水井、阀门井)、建筑物主体、构筑物(混凝土结构、钢结构、附件、管道支架、小型操作平台、防爆墙)、配管(工艺管道、公用工程管道、消防管道、泵、仪表等副主管道、管道支吊架、管道特殊件、在线仪表、保温、保冷、检修空间)、暖通空调(设备、风道)、仪表(桥架、分析小屋和分析仪表柜、接线箱、保护箱、保温箱、仪表阀门、变送器、仪表设备、气源分配器、仪表气源管)、电气(桥架、配电箱、控制盘、露天电气设备、照明设施、操作柱、开关盒)。

C.2 生产运行资源数字化

C.2.1 生产设备数字化功能

C.2.1.1 数据采集

对生产设备进行数据采集和分析,对设备运行数据、现场操作数据、质量检验数据、分析仪表在线数据等生产信息进行采集和跟踪,并对这些信息进行分析。数据接入主要采用如下方法:

- 车间物料的液位、流量、温度、压力等在线仪表数据采集,经可编程控制器转换为可识别数据,并通过 Profinet/Profibus-DP,上传到 CCR 的 DCS,同步上传至 MES;
- 车间设备的电压、电流、相位、功率等能效参数通过 PLC 采集上传给 MES;
- 质量检验数据通过上传 LIMS 平台进行数据采集;
- 在线分析仪表接入 DCS 实现数据采集。

C.2.1.2 操作功能

生产设备数字化操作功能如下。

- 仪表操作系统。仪表控制系统、分析仪表均接入 DCS 操作平台,可燃有毒报警器计入 GDS 平台,安全环保仪表计入 DCS 连锁、SIS 连锁。
- MES 根据工作需求,在 OA 平台申请不同的子项功能。可为工艺流程图、实时数据查询、操作管理、生产统计、电子日报、计量仪表监控、报警管理系统、物料平衡系统、能源管理平台、调度管理、生产统计、LIMS 数据、设备点检系统、ERP 系统。
 - 工艺流程图分为氯碱车间工艺流程图、设备监控、质检中心和 SIS 连锁监控。
 - 实时数据查询分为我的查询(我的位号组、实时值查询、累积量查询、历史值查询、趋势图查询)和自定义查询。
 - 操作管理包括操作管理台、监控点、偏差管理和平稳率统计。
 - 生产统计分为班平稳率统计、日平稳率统计、周平稳率统计、月平稳率统计、动设备运行时间监控、班组产量评比、连锁投用率。

- 电子日报涉及两重点一重大的均为 1 h 一打点,其余为 2 h 一打点。
 - 计量仪表监控包括仪表检测组态、仪表检测分组、仪表偏差监测、仪表偏差记录、计量偏差统计。
 - 报警管理系统包括管理(班次报告、报警量、报警总貌、操作员、区域、总结报告)、性能(区域报警峰值、区域报警平均、区域的性能)、操作(按条件筛选报警、报警泛滥、报警合理化进展、报警量、报警设置改变、报警响应能力、操作报警排名、操作员报警峰值、搁置事件记录、根据条件和工位筛选报警、频繁报警分析、区域报警计数、事件平衡的趋势、系统报警、重要级别的报警、最高警报)、维护(MV/SV 变化、PID 变化、按类别检索不良仪表、不良仪表、操作员操作记录、超驰事件、陈旧报警、活动的抑制事件、活跃的警报、量程变化记录、模式更改、强制、设置、校验仪表、校准事件、抑制警报、震荡性警报、重复警报分析)、自定义报表(报警界别汇总、报警类型汇总、活跃的警报、未确认报警汇总、最频繁报警)。
 - 物料平衡系统包括物料平衡(物料日平衡)、生产日报(装置单元平衡表)、产耗统计(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)、成本核算(成本消耗查询、成本消耗旬核算、成本消耗月核算)。
 - 能源管理系统包括数据监测(可监测公司和各装置当日能源使用情况、每日能源使用量统计、各装置综合能耗、设备能效等)、能源管理(可进行生产实绩、能源供需实绩、能耗指标实绩管理等)、能源分析(可进行能源供需分析、能耗指标分析、能耗比例分析、电力峰谷分析)、图形监控(可查看全厂能源图)、报表管理(可查询各种能源的使用情况)。
 - 调度管理包括调度工作台和调度指令。调度工作台包括对象列表、指令和指令申请;调度指令包括调度中心配置、我的发送、我的接收和指令查询。
 - 生产统计包括调度报表和班平稳率统计、日平稳率统计、周平稳率统计、月平稳率统计、偏差次数统计。调度报表包括调度日报、每日产量统计(燃气平衡、蒸汽平衡、空气平衡、氯气平衡、蒸汽凝液系统、废弃物处置)、每日产量统计填报、每日汇报和经济运行日报。
 - 设备点检系统包括点检管理和系统管理。点检管理包括设备点检数据(异常数据、数据总览、线路数据、状态数据、临时数据、专业测量、数据对比分析)、考核数据(考勤统计、漏检统计、耗时统计)和基础数据编制(班组管理、轮次组管理、站点管理、巡检项管理、离线数据上传)。系统管理包括新手导航和 APP 管理。
 - LIMS 分为 5 部分。分别为分析任务、数据查询选择、交接班日志、消息提醒管理和趋势图查询。数据查询选择包括原辅料、外检报告、特殊作业、氯碱车间、信息中心、公司原料数据查询、公司中控数据查询、公司成品数据查询、报表。
 - ERP 系统分为系统公共流程平台、基础数据、财务共享、供应链、合同管理、资产管理、资产维护、生产管理、主数据管理、智能统计、HSE 管理、报表中心。
- c) 云+(人力资源数字化)系统分为首页、全员服务、培训管理。首页设有待办事项和已办事项。全员服务分为流程中心、管理服务和员工服务(专项附加扣除、工资查询、本市外出申请、考勤异常中心、休假申请、离津/出差申请、值班申请、加班申请、补签申请、我的外勤、我的学习、课程中心、培训中心、讲师中心、我的绩效、绩效业务数据、我的目标、考勤统计和合理化建议)、培训管理包括培训需求管理、培训班管理、在线培训、在线考试(试题库、试卷库和在线考试)、培训设置、查询分析。
- d) HSE 应急管理平台包括电子围栏管理、人员报警设置、车辆报警设置、SOS 报警设置、人员历史轨迹、车辆历史轨迹、人员报警记录、车辆报警记录、人员统计、报警统计和人员分布统计。
- e) 企业云(双预防)系统包括巡检任务、隐患流程代办、隐患治理档案和隐患上报。
- f) 变更管理系统包括首页、工作中心(工艺变更、设备变更、技改变更、技措变更、安保变更)、MOC 公示和法律法规。

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

D.1 车间计划与调度管理

车间计划和调度内容如下：

- 数字化车间/生产调度从企业计划发展部获取车间生产计划(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；
- 根据生产计划,合理安排电解槽负荷,通过工艺执行管理模块指导电解槽作业人员进行电流升降操作；
- 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；
- 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 D.1 所示。

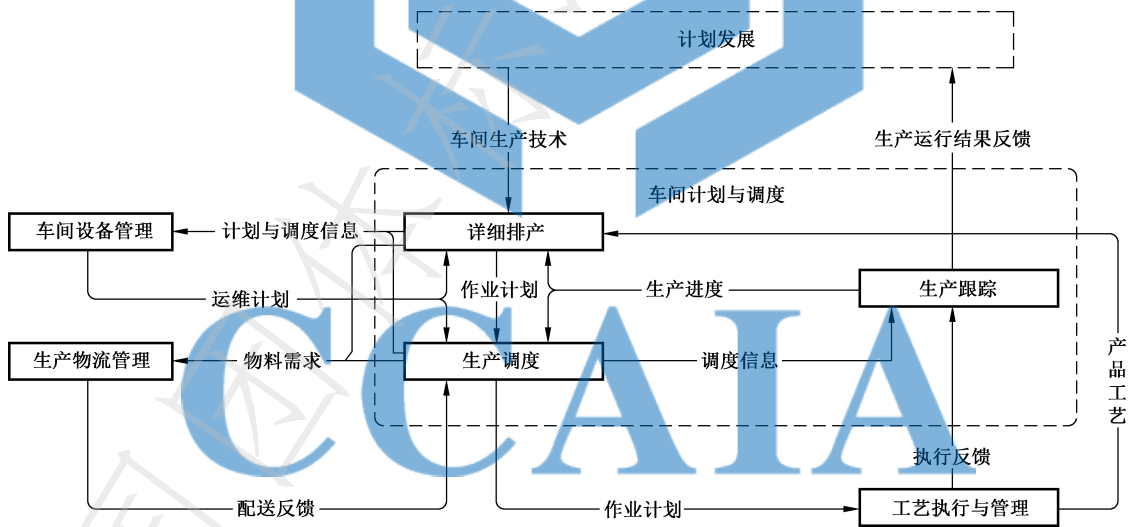


图 D.1 车间计划与调度信息集成模型

D.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 D.2 所示。

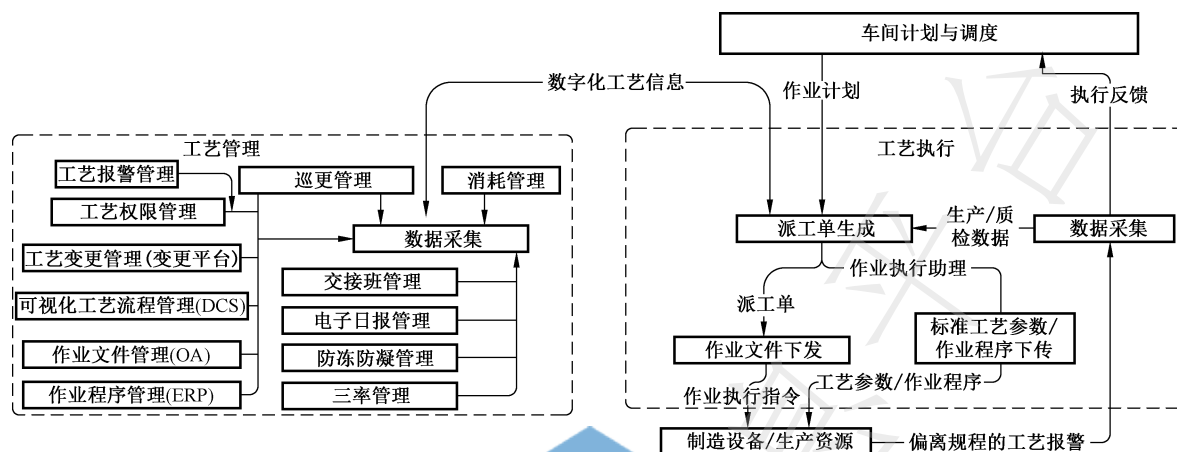


图 D.2 工艺执行与管理信息集成模型

D.3 生产过程质量控制管理

D.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。生产过程质量管理信息系统信息集成模型如图D.3所示。

D.3.2 质量监控

D.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图、预控图、仪表盘等为主要展现形式。

D.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。

D.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。

参 考 文 献

- [1] GB/T 25069—2022 信息安全技术 术语
- [2] GB/T 37413—2019 数字化车间 术语和定义
- [3] GB/T 41255—2022 智能工厂通用技术要求
- [4] GB/T 41260—2022 数字化车间信息安全要求
- [5] GB/T 41261—2022 过程工业报警系统管理
- [6] GB/T 41392—2022 数字化车间可靠性通用要求
- [7] HG/T 20511—2014 信号报警及联锁系统设计规定
- [8] DB37/T 4649.3—2023 智能制造 第3部分:数字化车间建设指南



CCAI A