

# 团 体 标 准

T/CCASC XXXX-2024

## 氯碱工业数字车间建设指南 电解

Guidelines for digital workshop of chlor-alkali industry—Electrolysis

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国氯碱工业协会 发布

## 目 次

1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 总体要求 .....	8
4.1 数字化要求 .....	8
4.2 网络要求 .....	8
4.3 系统要求 .....	8
4.4 集成要求 .....	8
4.5 安全要求 .....	8
5 数字化车间建设原则和运行管理 .....	9
5.1 数字化车间建设原则 .....	9
5.2 数字化车间运行管理 .....	9
6 数字化车间的体系结构 .....	10
6.1 体系构架设计 .....	10
6.2 功能模块 .....	13
7 基础层数字化规范 .....	15
7.1 工艺设计数字化规范要求 .....	15
7.2 生产运行数字化规范要求 .....	15
8 数字化车间网络与信息交互 .....	23
附 录 A .....	24
附 录 B（资料性） .....	错误！未定义书签。
附 录 C 典型氯碱车间应用案例 .....	错误！未定义书签。

## 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：XX

本文件参与起草单位：XXX

本文件主要起草人：XXX

本文件由中国氯碱工业协会负责管理和解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国氯碱工业协会（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）。

# 氯碱工业数字车间建设指南 电解

## 1 范围

本文件规定了氯碱企业电解数字化车间建设的总体要求、建设原则、运行管理、体系结构、基础层的数字化规范、网络与信息交互等。

本文件适用于指导氯碱企业开展电解数字化车间的建设。

## 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 2422 环境试验 试验方法编写 导则 术语和定义
- GB/T 20483.4 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第4部分：定义和缩略语
- GB/T 37393—2019 数字化车间 通用技术要求
- GB/T 37413—2019 数字化车间 术语和定义
- GB/T 41255—2022 智能工厂通用技术要求
- GB/T 41257—2022 数字化车间功能安全要求
- GB/T 41260—2022 数字化车间信息安全要求
- GB/T 41261—2022 过程工业报警系统管理
- GB/T 41392—2022 数字化车间可靠性通用要求
- DB37/T 4649.3—2023 智能制造 第3部分：数字化车间建设指南
- IEC 62443-1-1: 2009 工业通信网络 网络和系统安全 第1-1部分：术语、概念和模型
- T/CCSAS 012—2022 化工企业工艺报警管理实施指南

## 3 术语和定义

GB/T 37413—2019、GB/T 2422、IEC 62443-1-1:2009、GB/T 20483.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**数字化生产线** digital production line

将数字化、自动化生产设备按照要求进行集成，按规定的程序或指令对生产过程进行操作或控制，自动完成产品全部或部分制造过程。

[来源：DB37/T 4649.3—2023, 3.1]

### 3.2

**数字化车间** digital factory; 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]

### 3.3

#### 数字化车间可靠性 digital workshop reliability

数字化车间在规定条件下，规定时间内，完成规定生产任务的能力。

注1：规定条件包括数字化车间的环境条件、产品生产工艺要求、潜在接口、人的相互作用、使用和维护条件等。

注2：规定生产任务包括产品类别及合格率要求、生产工艺流程要求等；为满足产品合格率要求，数字化车间应具备生产过程可靠性的监控能力。

[来源：GB/T41392-2022，3.5]

### 3.4

#### 可靠性相关功能 digital workshop reliability related functions

数字化车间为满足生产可靠性要求而提供的有关可靠性管理或控制的功能。

[来源：GB/T41392-2022，3.6]

### 3.5

#### 生产系统 production system

为完成数字化车间生产任务而需要的各类硬件、软件以及人员的集合。

注：数字化车间生产系统包括但不限于。

a) 可编程逻辑控制器（PLC）、智能电子设备（IED）、分布式控制系统（DCS）、紧急停车系统（ESD）、安全仪表系统（SIS）、监视控制与数据采集（SCADA）、运行控制（MC）系统、数控系统（CNC）、柔性制造系统（FMS）等系统。

b) 相关信息系统，例如专用设备监视器、图形界面、过程历史记录、制造执行系统（MES）。

[来源：GB/T 41260—2022，3.1.3]

### 3.6

#### 感知控制层 the layer of perception and control

定义了感知和操控车间物理流程的活动。

注：典型的运行时限是秒，甚至更快。

[来源：GB/T 20720.3—2010，4.2，有修改]

### 3.7

#### 监控层 the layer of monitoring

定义了监测和控制车间物理流程的活动。

注：典型的运行时限是小时、分钟和分之几秒。

[来源：GB/T 20720.3—2010，4.2，有修改]

### 3.8

#### 信息安全 security

一种描述系统特性的术语，满足：

- a) 保护系统所采取的措施；
- b) 由建立和维护保护系统的措施而产生的系统状态；
- c) 能够免于非授权访问和非授权或意外的变更、破坏或者损失的系统资源的状态；
- d) 基于计算机系统的能力，却保证授权人员和系统不被阻止；
- e) 防止对工业自动化和控制系统的非法或有害的入侵，或者干扰其正确和计划的操作。

注：措施可以是与物理信息安全（控制物理访问计算机的资产）或者逻辑信息安全（登录给定系统和应用的能力）相关的控制手段。

[来源：IEC 62443-1-1：2009，3.2.99，有修改]

### 3.9

#### 资产 asset

数字化车间拥有或保管的物理或逻辑对象，该对象对数字化车间具有潜在或实际的价值。

注：在工业自动化和控制系统的情况下，具有最大直接可测量价值的实物资产可能是受控设备。

[来源：IEC 62443-1-1：2009，3.2.6，有修改]

### 3.10

#### 威胁 threat

可能导致对系统或组织危害的不希望事故潜在起因。

[来源：GB/T 20984—2007，3.17]

### 3.11

#### 脆弱性 vulnerability

系统设计、实现或操作和管理中存在的缺陷或弱点，可被用来危害系统的完整性或安保策略。

[来源：GB/T 30976.1—2014，3.1.1]

### 3.12

#### 信息安全风险 information security risk

人为或自然的威胁利用信息系统及其管理系统中存在的脆弱性导致安全事件的发生及其对组织造成的影响。

[来源：GB/T 20984—2007，3.6]

### 3.13

#### 风险处置 risk treatment

选择并且执行措施来更改风险的过程。

[来源：GB/T 30976.1—2014，3.1.11]

### 3.14

**安全措施** security measure

为保护资产、抵御威胁、减少脆弱性、降低安全事件的影响而实施的各种实践、规程和机制。

[来源：GB/T 20984—2007，3.15，有修改]

### 3.15

**保密性** confidentiality

数据所具有的特性，即表示数据所达到的未提供或未泄露给非授权的个人、过程或其他实体的程度。

[来源：GB/T 20984—2007，3.5]

### 3.16

**区域** zone

共享相同信息安全要求的逻辑资产或物理资产的集合。

注：区域具有清晰的边界。一个信息安全区域的信息安全策略在其内部和边界都要强制执行。

[来源：IEC 62443-3-3：2013，3.1.47]

### 3.17

**边界** boundary

软件、硬件或者其他物理屏障，限制进入系统或者部分系统。

[来源：IEC 62443-1-1：2009，3.2.19]

### 3.18

**访问控制** access control

保护系统资源防止未经授权的访问；系统资源使用的过程是根据安全策略规定的，并且根据该策略只允许被授权的实体（用户、程序、过程或其他系统）。

[来源：IEC 62443-1-1：2009，3.2.2]

### 3.19

**授权用户** authorized user

依据安全策略可以执行某项操作的用户。

[来源：IEC 62443-1-1:2009，3.1.4]

### 3.20

**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 20438.4—2017，3.3.3，有修改]

### 3.21

#### 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 25486—2010，2.162]

### 3.22

#### 软件可靠性 software reliability

软件在给定条件下，给定时间区间内完成要求功能的能力。

[来源：GB/T 41392-2022，3.1]

### 3.23

#### 设备综合效率 overall equipment effectiveness; OEE

用来表现设备实际的生产能力相对于理论产能的比率。

$OEE = \text{设备可用率 (AF)} \times \text{操作表现率 (PE)} \times \text{质量合格率 (QF)}$

[来源：GB/T 41392-2022，3.2]

### 3.24

#### 电解数字化车间 digital workshop of electrolysis

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，用数据连接车间二次盐水精制单元、离子膜电解单元、淡盐水脱氯单元、低压氢气处理至氢气分配台单元、氯气处理至氯气分配台单元、32%碱至成品碱罐、安全/环保装置，对生产运行过程进行规划、管理、诊断和优化的实施单元。

BOM: 物料清单 (Bill of Material)

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

HMI: 人机接口 (Human Machine Interface)

I/O: 输入/输出 (Input/Output)

IT: 信息技术 (Information Technology)

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

PDA: 生产数据采集 (Production Data Acquisition)

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)

WLAN: 无线局域网 (Wireless Local Area Networks)

DCS: 集散控制系统

SIS: 安全仪表系统

GDS：可燃有毒检测系统

## 4 总体要求

### 4.1 数字化要求

数字化要求：电解数字化车间的设计、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。主要包括工艺设计数字化、设备数字化、系统数字化、物料管理数字化、人力资源数字化和可视化总貌。

——工艺设计数字化：数字化车间的工艺设计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符合 7.1 的要求；

——制造设备的数字化：制造设备的数字化功能主要包括数据采集和操作功能，详见 7.2.1；

——系统的数字化：电解车间数字化系统包括工艺生产数字化，设备仪表数字化和安全防护层数字化，详见 7.2.2；

——物料系统数字化：建立物料信息采集数据库管理平台识别制造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，详见 7.2.3；

——人力资源数字化：建立人员资源平台，将人员资质、工资、考勤、培训与考核等信息完全数字化，详见 7.2.4；

——可视化总貌：建立可视化总貌界面，通过观看总貌能直观看到车间主要工艺流程、重要设备的开停状态和关键的设备运行参数。

### 4.2 网络要求

电解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，电解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 系统中。

如与外部进行网络连接宜进行相应的网络等保建设和评价。

### 4.3 系统要求

电解数字化车间宜建有生产执行系统（DCS 系统、SIS 系统、GDS 系统，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。

### 4.4 集成要求

电解数字化车间集成系统以需求订单为输入，以信息系统为核心，集成自动化上下料等多个子功能系统，以基本功能单元及支撑技术为依托，推动智能制造生产线的正常运作。例如：详见附录 A.3.1.3。

### 4.5 安全要求

数字化车间的功能安全，主要考虑以下三个方面。

一是针对数字化车间中已识别的危险及风险分析结果，结合行业或企业自身的可容忍风险，进行保护层评估，确定各类保护措施的必要性以及所需的安全保护功能。在数字化车间的基础层中设置适当保护层（如：安全相关系统：SIS 联锁（7.2.2.2 SIS 系统：安全联锁系统）、GDS 系统（7.2.2.4 可燃气体和有毒气体检测报警系统）；物理保护系统：紧急停止按钮（7.2.2.4.5 一键停车紧急按钮）、安全门锁（门禁系统）、防火门（离子膜电解厂房、氢气压缩厂房）、抗爆门（机柜间）、安全阀、爆破片、紧急切断、紧急冷却等），用以降低数字化车间生产过程中可能带来的对资产、人员、环境产生的风险。

二是在数字化车间的执行层中建立一个功能安全管理信息系统（如：HSE 平台（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）），对数字化车间的安全风险、保护层、安全相关系统以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。

三是构建一个功能安全信息物理系统，通过 E/E/PE 安全相关系统、其他风险减低措施和功能安全管理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、动态控制和信息服务。

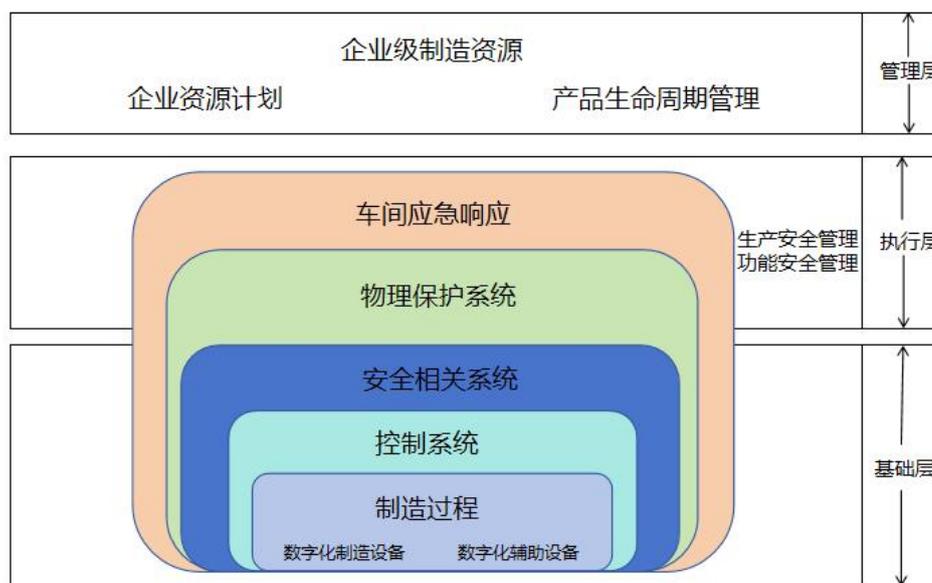


图 1 氯碱工业数字化车间功能安全示意图

## 5 数字化车间建设原则和运行管理

### 5.1 数字化车间建设原则

组织应依据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。

在利用外部资源时，组织应与咨询、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。

### 5.2 数字化车间运行管理

### 5.2.1 基本要求

数字化车间制造运行管理各功能模块宜满足以下基本要求：

- 能与数据中心进行信息的双向交换；
- 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；
- 模块间能进行数据直接调用；
- 模块能与企业其他管理系统（如 ERP、LIMS、MES、云+、HSE、双预防、巡更等）实现信息通过数据中台进行交互，其中的工业控制系统（如 DCS、SIS、GDS）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。

### 5.2.2 电解数字化车间运行管理模块

电解数字化车间运行管理模块见图 2，实施过程详见附件 A.7。

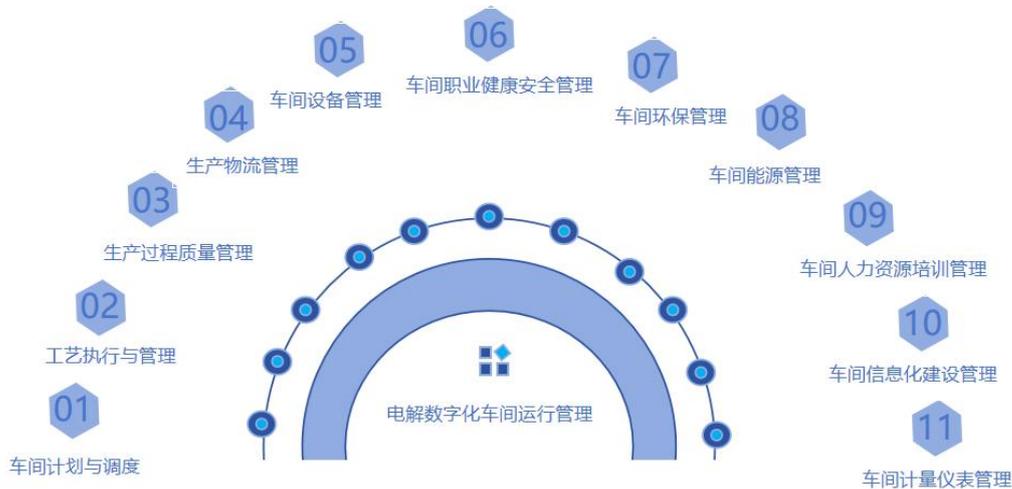


图 2 电解数字化车间运行管理模块

## 6 数字化车间的体系结构

### 6.1 体系构架设计

#### 6.1.1 模型建立

组织应对数字化车间建立参考模型，在建立参考模型时宜从纵向集成、横向集成及产品全生命周期的端到端集成三个方面进行考虑。

横向集成宜从客户需求、产品设计、工艺设计、物料采购、生产制造、物流、售后服务等方面进行考虑。

纵向集成宜从企业设备层、控制层、管理层三个层面进行考虑，包括的设备与控制层、制造执行层、经营管理层、经营决策层。

产品全生命周期端到端的集成，宜从信息物理系统（CPS）角度进行分析，包括感知执行、适配控制、网络传输、认知决策和服务平台。

模型建立可参考下图 3：智能工厂的总体框架图，数字车间的建设可根据具体情况进行部署。

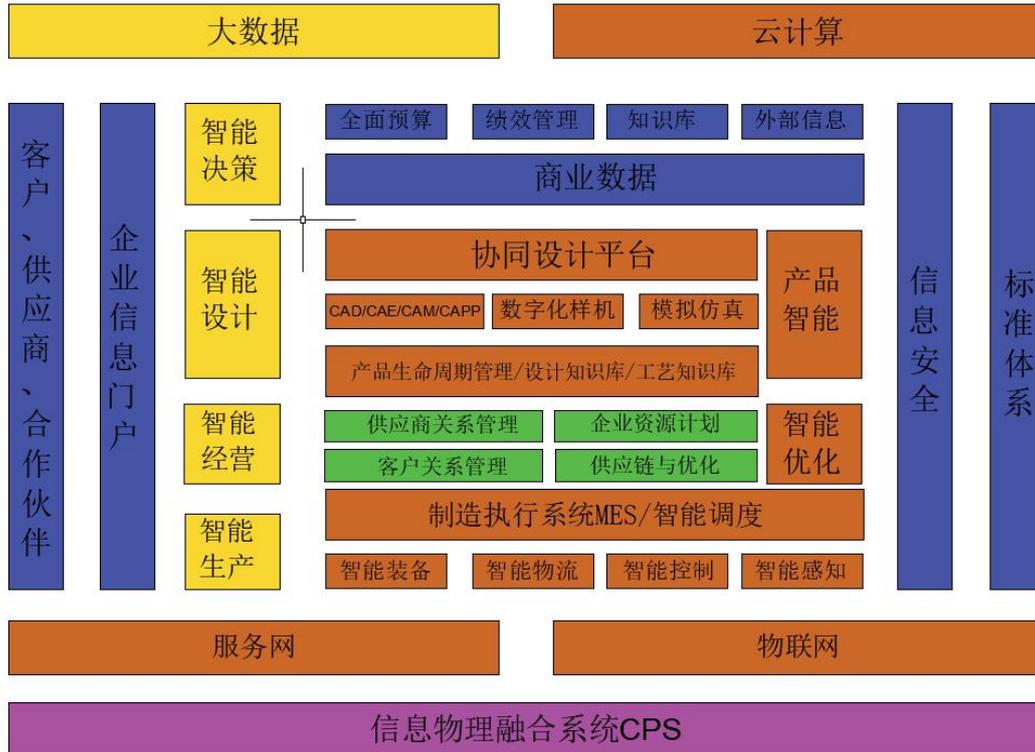


图 3 智能工厂的总体框架图

### 6.1.2 总则

数字化车间的建设包括总体框架和功能结构。组织在进行数字化车间系统设计时，应考虑数字化生产线、数字化车间、智能工厂的递进关系。组织应编制系统设计方案，在编制方案时，宜包括以下内容：

- 公司的总体战略目标及阶段性目标；
- 信息化架构设计；
- 工艺规划设计；
- 自动化架构设计；
- 组织管理集成化设计；
- 系统安全设计。

### 6.1.3 信息化架构设计

组织应对数字化车间建设的信息化架构进行设计并建立数字化模型，可以采用的方法包括但不限于：

- CIM-OSA 方法（computer intergrated manufacturing-open system architecture）；
- ARIS 方法（architecture of integrated information system）；
- IDEF 方法（ICAM DEF inition method）；
- GRAI/GIM 方法（graph with results and activities interrelated）；

——IEM 方法（integrated enterprise modeling）；

——EAM 方法（Enterprise Asset Management）。

数字化车间的信息化构架包括基础平台层、数据库层、功能层、产品层。组织应明确各层的相关要求，其中：

基础平台层设计宜考虑如下因素：

——软件，例如：CAD、PDM、ERP、CAPP、CAE、FMS、MES 以及数据库管理、操作系统等。

——硬件，例如：计算机、存储设施、输入/输出设备、无线射频识别技术、传感器、摄像头等。

——公共服务，例如：软件接口、硬件接口、结构模式及信息安全。

数据库层设计组织宜考虑如下因素：

——设计类，例如：基础设计类数据库、设计类知识库；

——试验类，例如：试验数据、试验规范等；

——工艺类，例如：工艺数据、工艺文件等；

——管理类，例如：管理制度、管理标准；

——标准体系库，例如：数字化管理标准、测试与试验标准、设计标准等。

功能层的设计组织宜考虑如下因素：

——工厂布局；

——产品设计；

——工艺规划；

——生产仿真；

——实验验证。

工厂管理层，完成将车间生产数据送到车间管理层。车间管理网作为工厂主网的一个子网，连接到厂区骨干网，将车间数据集成到工厂管理层。

#### 6.1.4 工艺规划设计

组织应对产品生产工艺进行设计，建立工艺过程模块。组织在建立工艺过程模块时宜考虑：

——生产效率、成本、质量等目标；

——产品数据；

——制造资源；

——工序操作及过程控制数据；

——制造特征。

组织应对工艺制造装备进行选择，例如离子膜电解槽，透平机、盐酸合成炉、蒸发器等。

#### 6.1.5 自动化架构设计

组织应对自动化架构进行设计，包括现场设备层、车间监控层以及生产管理层三个方面。

现场设备层，完成现场设备控制及设备间联锁控制，宜包括但不限于：

——分布式 I/O，如现场总线控制、网络信号控制、集散控制；

- 传感器；
- 驱动设备；
- 执行机构和开关设备等。

车间监控层，用来完成车间主生产设备之间的连接，宜包括但不限于：

- 生产设备状态在线监控；
- 设备故障报警及维护等。

生产管理层的宜包括但不限于：

- 生产任务管理；
- 工序计划与派工管理；
- 领料与投料管理；
- 生产过程管理；
- 检验过程管理；
- 产品入库管理。

#### 6.1.6 组织管理集成化设计

组织应充分利用信息技术，对管理集成进行设计。在进行管理集成设计时，宜考虑如下因素：

- 经营与决策能力；
- 产品设计研发能力；
- 供应链协同能力；
- 生产协同能力；
- 质量管理与保证能力；
- 资产管理能力；
- 设备互联能力；
- 绿色制造能力；
- 安全管理能力；
- 环境管理能力；
- 自己投入使用能力。

#### 6.2 功能模块

数字化车间重点涵盖产品生产制造过程，其体系结构如图4所示，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（不在本标准范围内）。数字化车间应用案例可参见附录C。

数字化车间的基础层包括了数字化车间生产制造所必需的各种制造设备及生产资源，其中制造设备承担执行生产、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或指令执行；生产资源是生产用到的物料、工装辅具、人、传感器等，本身不具备数字化通信能力，但可借助条码、RFID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。

数字化车间的执行层主要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、车间人力资源和培训管理、车间计量仪表管理和车间信息化建设管理等十一个功能模块，对生产过程中的各类业务、

活动或相关资产进行管理，实现车间制造过程的数字化、精益化及透明化。由于数字化工艺是生产执行的重要源头，对于部分中小企业没有独立的产品设计和工艺管理情况，可在数字化车间中建设工艺设计系统，为制造运行管理提供数字化工艺信息。

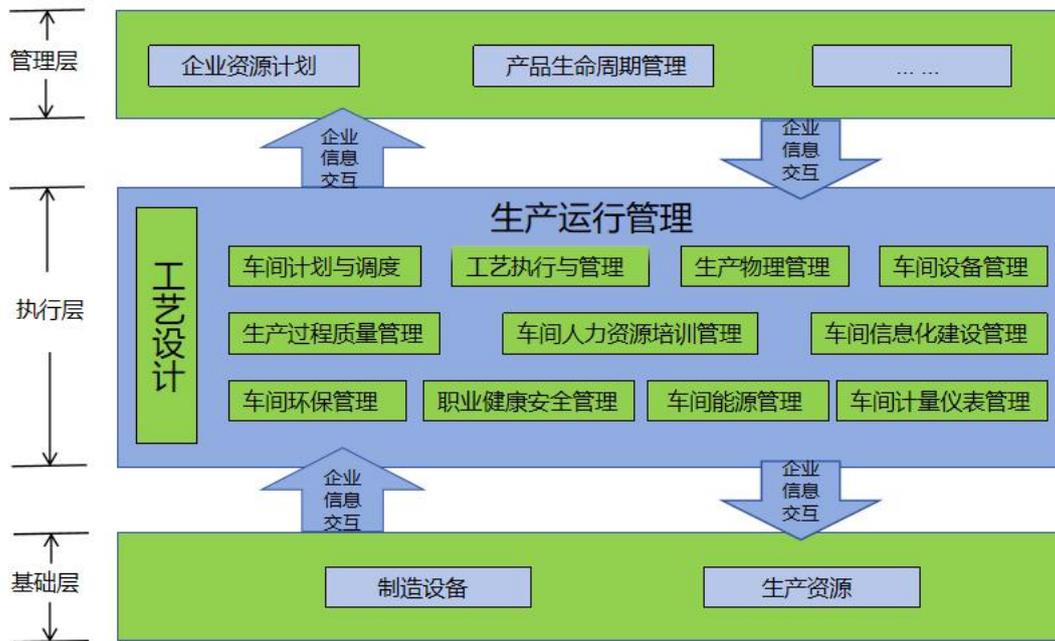


图4 数字化车间结构图

数字化车间各功能模块之间主要数据流如下（见图5）：

——系统从企业资源计划承接分配到车间的生产订单，在车间计划与调度模块依据工艺路线分解为工序作业计划，排产后下发到现场；

——工艺执行与管理模块指导现场作业人员或者设备按照数字化工艺要求进行生产，并采集执行反馈给车间计划与调度。若生产过程出现异常情况，不能按计划完成，需敏捷协调各方资源，通过系统进行调度以满足订单需求；

——工艺执行过程中若需进行检验控制，由生产过程质量管理模块将检验要求发送给检验员或检验设备执行检验，并采集检验结果，进行质量监控和追溯；

——生产现场需要的物料，根据详细计划排产与调度结果，发送相应物料需求给生产物流管理模块，由仓库及时出库并配送到指定位置；生产完成将成品入库，实现生产物料的管理、追踪及防错；

——生产执行过程的工艺执行、质量控制等结果反馈到车间计划与调度，进行实时监控及生产调度，并形成完工报告反馈到更上一层企业资源计划；

——数字化车间中大量的设备运维，通过车间设备管理模块统一维护，提醒和指导设备人员定期保养，记录维修保养结果。设备维保计划与工序作业计划需相互协调，以保证生产正常进行；

——数字化车间大量的管理工作，包括人力资源数字化管理、职业健康安全数字化管理、环保数字化管理、能源数字化管理、信息化建设数字化管理和计量数字化管理。通过数字化管理工作，提高了工作效率，稳定了生产。

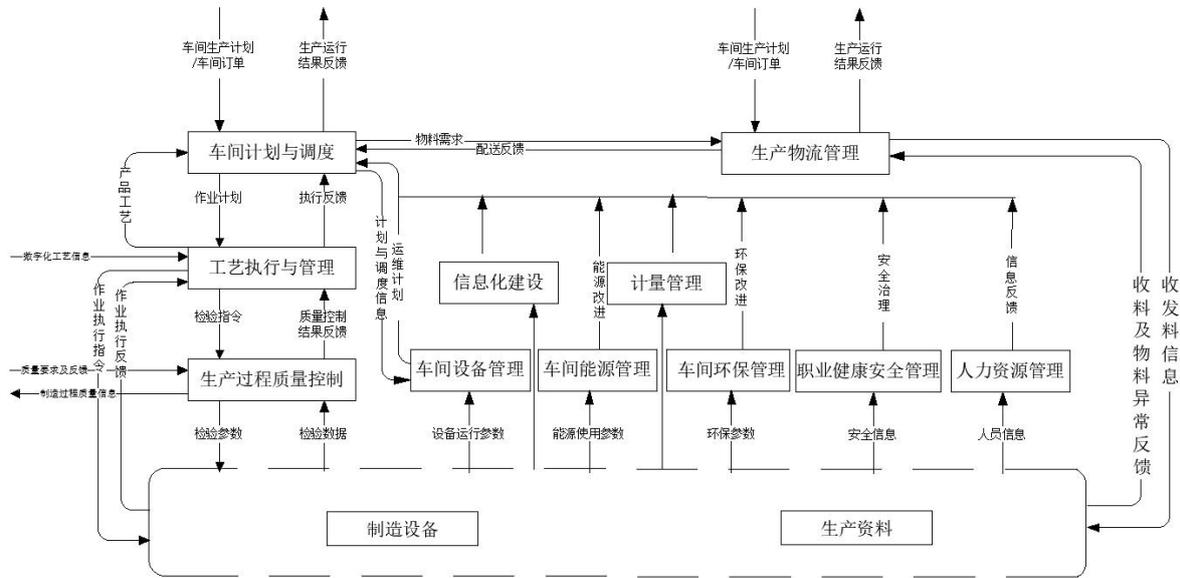


图5 数字化车间各功能模块之间数据流

## 7 基础层数字化规范

### 7.1 工艺设计数字化规范要求

根据生产过程需求，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：

- 采用辅助工艺设计，如三维工艺设计；
- 能进行电解工艺路线和工艺布局仿真；
- 能进行电解生产过程仿真；
- 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；
- 提供电子化的工艺文件，并可下达到生产现场指导生产；
- 向制造执行系统输出工艺 BOM。

实例见附件 C.4。

### 7.2 生产运行数字化规范要求

氯碱工业电解数字化车间建设（图 6）要求包括：

——可视化总貌，通过总貌能直观看到车间主要工艺流程、重要设备的开停状态和关键的设备运行参数（7.2.5）；

——设备的数字化：离子膜电解槽成套设备、氯压机、大于等于 75kW 电机状态监测、氯氢单元 10KV 电机运行效率监测、除害/次钠分析数字化、塔釜类/容器类/储罐类的数字化（7.2.1）；

——系统的数字化：DCS 操作数字化，DCS 联锁数字化，SIS 联锁数字化，设备联锁数字化，可燃气体和有毒气体检测报警系统（GDS）数字化。SIS 联锁系统和可燃气体和有毒气体检测报警系统（GDS）必须独立设置（7.2.2）；

——人力资源数字化：人员资质上传云+，工资、考勤、培训与考核等完全数字化（7.2.4）；

——物料数字化：物料管理系统包括物料平衡，生产日报，产品消耗统计和成本核算（7.2.3）；

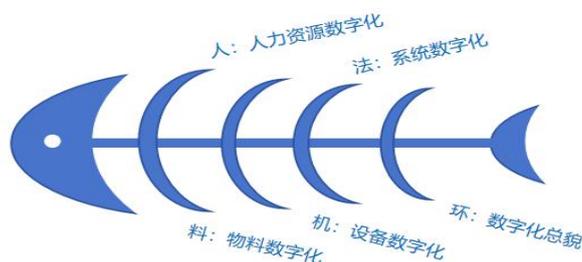


图 6 电解数字化车间建设模块

## 7.2.1 设备数字化

### 7.2.1.1 成套设备（离子膜电解槽）数字化（适用于日本旭化成电解槽和国产电解槽）

离子膜电解槽设备控制数字化：电压（可多台单元槽一组计量或每台单元槽计量）、电流、电位差、电槽对地电压和电流效率数字化。

离子膜电解槽工艺控制数字化：盐水流量、氢氧化钠流量、氯气总管压力（SIS）、氢气总管压力（SIS）、总管氯氢压差（SIS）、氯气总管压力（DCS）、氢气总管压力（DCS）、总管氯氢压差（DCS）、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）。

离子膜使用时间：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。

#### 7.2.1.2 氯压机控制数字化

氯压机设备控制数字化：

一段入口参数：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；

一段出口、二段入口：一段出口温度、一段出口压力、二段入口温度、二段入口压力、一段冷凝器出口含氯量，二段入口含水量；

二段出口、三段入口：二段出口温度、二段出口压力、三段入口温度、三段入口压力、二段冷凝器出口含氯量；

三段出口、四段入口：三段出口温度、三段出口压力、四段入口温度、四段入口压力、三段冷凝器出口含氯量；

四段出口：四段出口温度、四段出口压力、四段冷凝器出口含氯量、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；

循环冷却水：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。

氯压机密封气及油站：密封气阀门开度、密封气与气缸压差、驱动端密封气流量、非驱动端密封气流量、隔离气阀门开度、隔离气压力、混合气压力；

氯压机转子位移、转速。

### 7.2.1.3 大于等于 75 kW 电机状态监测数字化

#### ① 氯气压缩机：

电流；

驱动端轴承 前轴承：X 轴振动、Y 轴振动、温度；

定子绕组温度：U 相、V 相、W 相；

非驱动端轴承 后轴承：X 轴振动、Y 轴振动、温度。

#### ② 氢气压缩机：

电流；

电机驱动端、非驱动端轴承振动温度、驱动端轴承温度、振动；

减速器高速端轴承振动、温度，低速端轴承温度、振动；

主机驱动端轴承振动、温度，非驱动端轴承振动、温度。

③ 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、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、一段硫酸循环泵等泵的电流检测。

### 7.2.1.4 氯氢生产单元 10 kV 电机运行效率监测

水环氢气压缩机、氯气压缩机等监测：

输入功率 (KW)、输出功率 (MV)、理论效率 (%)、实际效率 (%)。

### 7.2.1.5 除害/次钠分析数字化

除害/次钠尾气分析、次钠一级氯气吸收塔循环液有效氯、游离碱等数字化（有次钠成品适用）。

### 7.2.1.6 塔釜类、容器类和储罐类的数字化

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；

脱氯塔：出口氯气压力、液位、淡盐水温度等；

电解用纯水罐回水管 ORP、pH 等；

容器类和储罐类液位、流量、压力、温度及设备容积、材质、质量等数字化。

### 7.2.1.7 整流器数字化

整个系统：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、

直刀系统：直流刀分闸安全电流、直流电流、直流电压；

整变系统：整流变油温、整变绕组温度、Ia、Ib、Ic；

纯水系统：流量、电导率、水压、水温；

槽间开关系统：电流 < 600A；

电流设定区：CH 给定、备用电流、直流电流、直流电压、控制角、DCS 给定；

安全电流联锁：安全电流设定值、斜率、本控设定值；

整流系统：TB1、TB2、KP、KI；TB1 SET、TB2 SET、KP SET、KI SET；

## 7.2.2 系统的数字化

### 7.2.2.1 DCS 系统：集散控制系统

集散控制系统是以微处理器为基础，采用控制功能分散、显示操作集中、兼顾分而自治和综合协调的设计原则的新一代仪表控制系统。它采用控制分散、操作和管理集中的基本设计思想，采用多层分级、合作自治的结构形式。其主要特征是它的集中管理和分散控制。

① DCS 操作：电解数字化车间生产控制采用 DCS 系统操作。

② DCS 联锁：

离子膜电解单元：单槽停车联锁、阳极排液罐液位联锁、阴极排液罐液位联锁、回收盐水储罐液位联锁、脱氯塔液位联锁、加酸自动阀联锁、二次盐水中钙、镁离子含量联锁等联锁；

氯气处理和压缩单元：氯气水洗塔液位低低补水联锁、浓硫酸储罐液位联锁等联锁；

氢气处理单元：氢压机工作液补水联锁联锁；

除害/次钠单元：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 系统：安全联锁系统 (Safety interlocking System)

#### 7.2.2.2.1 SIS 系统的功能

SIS 系统的设计是为了应对生产过程中本身发生的危险情况，在工艺生产过程或生产装置中发现潜在的危险工况或出现各种危险条件，安全仪表系统必须按照预先设定的程序，及时输出安全保护指令，使工艺过程或生产装置回到安全状态，以防止任何危险的发生或减轻事故后果，最终保证人员、设备和环境的安全。

#### 7.2.2.2.2 SIS 系统的构成

SIS 系统主要包括测量单元、逻辑控制单元和执行单元，再配合相应的软件组成。通常与基本过程控制系统（如：DCS 系统）有通讯要求，共同组成生产装置的过程仪表控制系统。

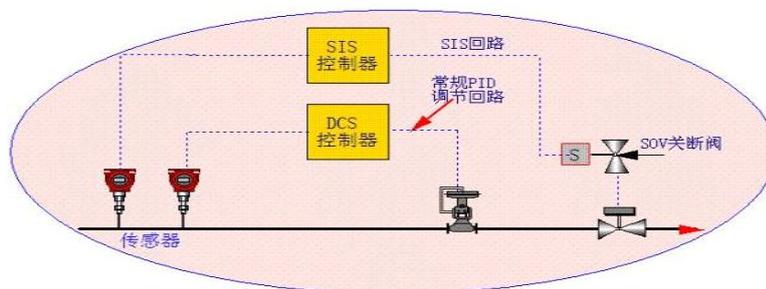


图7 SIS系统构成

#### 7.2.2.2.3 SIS 安全生命周期

SIS 系统的安全仪表系统的安全生命周期也是一个非常重要的概念，要保证工艺装置的安全生产运行，不但要选择合适的控制系统，而且对工艺过程的风险评估、安全回路等级划分和控制系统

的维护管理也非常重要。

SIS 系统的整个安全生命周期可分为分析、工程实施及操作维护 3 大阶段。

在分析阶段，要辨识工艺过程的潜在危险，并对其后果和可能性进行分析，以便确定过程风险及必要的风险降低要求。

工程实施阶段主要完成 SIS 的工程设计、仪表选型，安全逻辑控制器的硬件配置、软件组态以及系统集成，完成操作和维护人员的培训，完成 SIS 的安装和调试，以及 SIS 的安全验证。

#### 7.2.2.2.4 电解车间数字化建设需设置 SIS 联锁

离子膜电解单元：整套电解槽停车联锁、VCM 与电解单元根据负荷优化停车联锁；

氯气处理和压缩单元：氯气分配台压力联锁、氯压机停车联锁；

氢气处理单元：水环氢压机停车联锁；

除害/次钠单元：碱高位槽出口切断阀打开联锁；

#### 7.2.2.3 设备联锁

电解车间数字化建设需设置设备联锁

氯气处理和压缩单元：硫酸计量泵故障联锁、氯压机停车（PLC）联锁。

#### 7.2.2.4 GDS 系统：可燃气体和有毒气体检测报警系统（Gas Detection System）

##### 7.2.2.4.1 GDS 系统的功能

GDS 系统的全称是可燃气体和有毒气体检测报警系统，是英文 Gas Detection System 的缩写。在企业生产、储运过程中，经常会涉及到各类可燃、有毒气体。GDS 系统的功能就是实时监测各泄漏源状况，当出现泄漏危险时主动提醒，以达到消除隐患保证安全生产的作用。GDS 控制系统为石油、化工等行业生产加工过程中提供了强大的气体实时监测功能。无论是生产过程还是储运等过程中，GDS 控制系统实时监测可燃气体或有毒气体浓度，一旦发生气体超过正常范围及时报警，避免出现严重的火灾与爆炸事故。

##### 7.2.2.4.2 GDS 系统的结构

GDS 控制系统是由探测器、报警器、报警控制单元所组成。一旦现场气体浓度超过气体探测器探测浓度的报警值时，气体报警控制器会启动对应的联动设备，如启动声光报警器进行报警提示，或是启动风机降低现场气体浓度，同时将报警信息上传。

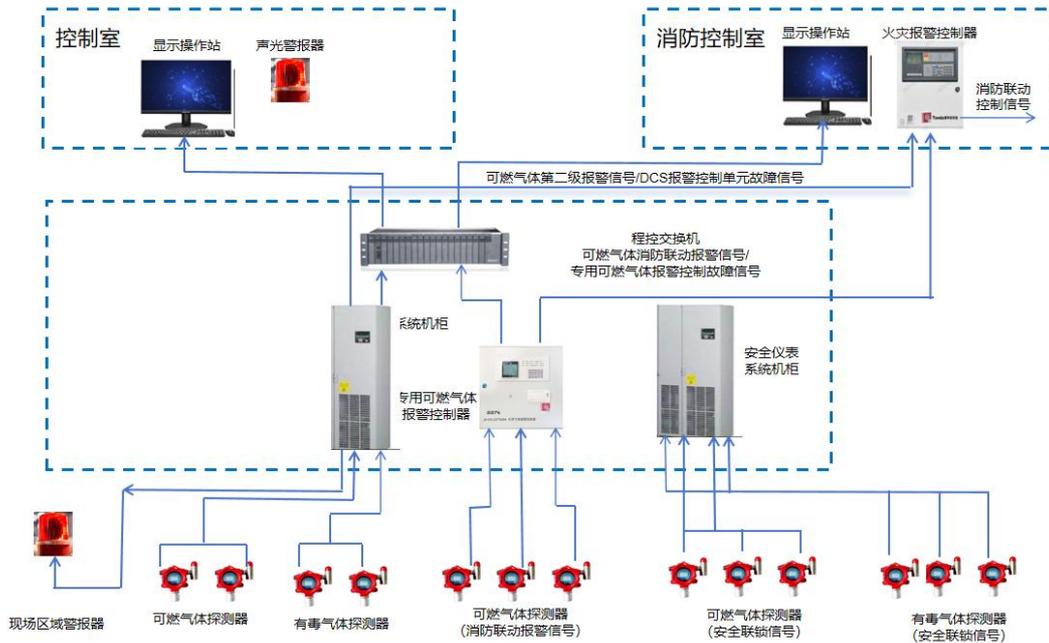


图8 GDS系统结构

#### 7.2.2.4.3 可燃和有毒气体检测报警装置通用要求

##### 7.2.2.4.3.1 基本要求：

——在生产或使用可燃气体及有毒气体的生产设施及储运设施的区域内，泄漏气体中可燃气体浓度可能达到报警设定值时，宜设置可燃气体报警器；

——泄漏气体中有毒气体浓度可能达到报警设定值时，宜设置有毒气体探测器；

——既属于可燃气体又属于有毒气体的单组份气体介质，宜设置有毒气体探测器；

——可燃气体与有毒气体同时存在的多组分混合气体，泄漏时可燃气体和有毒气体浓度又可能同时达到报警设定值，宜分别设置可燃气体探测器和有毒气体探测器。

##### 7.2.2.4.3.2 7.2.2.4.3.2 报警级别：

——可燃气体和有毒气体的检测报警宜采用两级报警；

——同级别的有毒气体和可燃气体同时报警时，有毒气体的报警级别宜优先。

##### 7.2.2.4.3.3 7.2.2.4.3.3 报警信号传送：

——可燃气体和有毒气体检测报警信号应送至有人值守的现场控制室、中心控制室等进行显示报警；可燃气体二级报警信号、可燃气体和有毒气体检测报警系统报警控制单元的故障信号应送至消防控制室；

——控制室操作区宜设置可燃气体和有毒气体声、光报警；现场区域报警器宜根据装置占地的面积、设备及建构物的布置、释放源的理化性质和现场空气流动特点进行设置，现场区域报警器宜有声、光报警功能。

##### 7.2.2.4.3.4 7.2.2.4.3.4 探测器类型：

需要设置可燃气体、有毒气体探测器的场所，宜采用固定式探测器。

#### 7.2.2.4.3.5 独立设置

可燃气体和有毒气体检测报警系统宜独立于其他系统单独设置。

#### 7.2.2.4.3.6 装置供电

可燃气体和有毒气体探测报警系统的气体探测器、报警控制单元、现场警报器等的供电负荷，宜采用不间断电源供电（UPS）供电。

#### 7.2.2.4.3.7 探测点水平距离确定：

——释放源处于露天或敞开厂房布置的设备区域内，可燃气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于 10m，有毒气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不大于 4m；

——释放源处于封闭式厂房或局部通风不良的半敞开厂房内，可燃气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不宜大于 5m，有毒气体探测器距其所覆盖范围内的任一释放源的水平距离不大于 2m；

——比空气轻的可燃气体或有毒气体处于封闭或局部通风不良的半敞开厂房内，除在释放源上方设置探测器外，还宜在厂房内最高点气体易于集聚处设置可燃气体探测器或有毒气体探测器；

#### 7.2.2.4.3.8 探测器安装高度确定：

判别泄漏气体和有毒气体介质是否比空气重，宜以泄漏气体介质的分子量与环境空气的分子量的比值为基准，并按下列原则判别：

——比值大于或等于 1.2 时，则泄漏的气体重于空气；

——比值大于或等于 1.0、小于 1.2 时，则泄漏的气体略重于空气；

——比值大于 0.8、小于 1.0 时，则泄漏的气体略轻于空气；

——比值小于或等于 0.8 时，则泄漏的气体轻于空气。

#### 7.2.2.4.3.9 探测器安装：

探测器宜安装在无冲击、无振动、无强电磁场干扰、易于检修的场所，探测器安装地点与周边工艺管道或设备之间的净空不宜小于 0.5m。

可燃气体或有毒气体安装高度：

检测比空气重的可燃气体或有毒气体时，探测器的安装高度宜距地坪（或楼板）0.3-0.6m；

检测比空气轻的可燃气体或有毒气体时，探测器的安装高度宜在释放源上方 2.0m 内；

检测比空气略重的可燃气体或有毒气体时，探测器的安装高度宜在释放源下方 0.5-1.0m；

检测比空气略轻的可燃气体或有毒气体时，探测器的安装高度宜高处释放源 0.5-1.0m；

#### 7.2.2.4.4 氯碱工业电解车间数字化建设 GDS（示例）

离子膜电解单元：

电解厂房氢气报警：单元电解槽槽头房顶、单元电解槽槽中房顶、中间过道房顶、单元电解槽槽头正侧、单元电解槽槽头氢气侧、单元电解槽槽尾氢气侧、厂房西北角角顶，厂房东北角角顶；

电解厂房氯气报警：单元电解槽厂房一楼、阳极液循环罐旁、单元电解槽槽头、单元电解槽前区、单元电解槽后区、单元电解槽槽尾；

电解框架氯气报警：脱氯框架二楼、脱氯框架三楼、脱氯框架四楼、脱氯框架五楼。

#### 氯气处理和压缩单元：

氯气干燥一楼氯气报警：氯水洗涤塔旁、泡罩塔旁、2段填料塔旁、1段填料塔旁；

氯气干燥二楼氯气报警：水雾捕集器旁、钛冷旁、氯水冷却器旁、酸雾捕集器旁、泡罩塔旁、2段填料塔旁、1段填料塔旁；

氯气干燥三楼氯气报警：水雾捕集器旁、钛冷旁、氯水冷却器旁、酸雾捕集器旁、泡罩塔旁、2段填料塔旁、1段填料塔旁；

氯压机一楼及室外氯气报警：氯气压缩机厂房外北、氯气压缩机一楼厂房西北角、氯压机油站北侧、氯气压缩一楼厂房东北角、氯气压缩机一楼厂房西南角、氯气压缩一楼厂房中部；

氯压机二楼报警：氯气压缩二楼厂房西南、氯压机西侧、氯压机东侧、氯气压缩二楼厂房西侧、氯气压缩二楼厂房西北侧、氯气分配台周边、氯气分配台北侧、氯气压缩二楼厂房北高处、氯气压缩二楼厂房东南、氯气压缩二楼厂房中部、氯气压缩二楼厂房东侧、氯气压缩二楼厂房东北；

#### 氢气处理单元：

氢气处理厂房氢气报警：氢压机旁、氢气站房顶；

氢气处理框架氢气报警：氢处理外框架一层西、氢处理外框架一层中、氢处理外框架一层东、氢气站废水池旁、氢处理外框架三层、；

#### 除害、次钠单元：

除害/次钠一楼氯气报警：除害一级循环罐旁、事故碱罐旁、废碱罐旁；

除害/次钠二楼氯气报警：除害一级吸收塔旁、除害二级吸收塔旁、除害一级吸收器旁、除害二级吸收器旁；

除害/次钠三楼氯气报警：除害一级吸收器旁、除害二级吸收器旁；

除害/次钠四楼氯气报警：顶楼除害二级吸收器旁。

#### 7.2.2.4.5 一键停车紧急按钮

- 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。

### 7.2.3 物料管理数字化

#### 7.2.3.1 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。

产品统计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。

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。

### 7.2.3.2 物料消耗统计范围

电解单元

原盐折百消耗、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%碱碱损失率；

蒸发单元：

45%碱蒸汽消耗、45%碱综合能耗、45%碱碱损失率。

### 7.2.4 人力资源数字化

#### 7.2.4.1 职工基本信息管理

人员资质上传云+，工资、考勤、培训与考核等完全数字化，

#### 7.2.4.2 职工基本信息管理

云+系统录入职工基本信息，具备高中或同等学历且取得电解危工艺危化品特殊作业证方可从事电解危工艺作业。

#### 7.2.4.3 培训管理

建立题库，对题库进行培训。将题库在云+不固定格式不固定试卷组卷，根据组卷发布考卷，职工在云+APP 进行考核测试。

定期对题库进行更新，补充新内容，全面提升职工素质。

#### 7.2.4.4 考勤管理

云+APP 人力资源模块具有本市外出申请、移动打卡、考勤记录、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、考勤统计等功能。

### 7.2.5 可视化总貌

通过可视化总貌能直观看到车间主要工艺流程、重要设备的开停状态和关键的设备运行参数。

## 8 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见图 9，内容详见 GB/T 37393—2019 第 9 章。



图 9 数字化车间网络与信息交互模块

**附录 A**  
**(资料性)**  
**典型氯碱车间应用案例**

### A.1 概述

数字化车间是数字化、网络化技术在生产车间的综合应用，它将制造设备与工艺设计系统、生产组织系统和其他管理系统的信息进行集成，形成综合信息流的集成制造系统。从整体上改善生产的组织与管理，提高制造系统的柔性，提高数字化设备的效率。

公司以智能工厂为建设目标，倾力打造 6 大智能平台，37 项智能子项，优化智能制造的所有环节，提升了 1-2 个数量级的数据信息利用效率，降低 5-8% 的运行成本，建设主要有 HSE 平台（电信集成平台、门禁系统、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）；数字化交付平台；MES 平台（DCS/SIS、GDS 可燃有毒气体检测系统、ASM 智能设备管理系统、SCADA、AM 报警管理系统、APC、CPM、OTS、LIMS）；ERP 平台、大数据云计算平台、门户平台、大数据平台、化工流程仿真操作平台、人员车辆定位系统、智能视频分析平台和智能环境检测平台等。本附录是公司数字化建设的一部分，本附录展示数字化车间的实现方案及关键节点。在车间建设中，数字化制造起着非常重要的作用，提供从产品设计、工艺编制、车间计划到产品的整个加工过程的生产活动的信息化管理。它采用当前的、精确的数据，对生产活动进行初始化，及时引导、响应和报告车间的活动，对随时可能发生变化的生产状态和条件做出快速反应，重点削减不产生附加值的活动，从而有效的推动车间运行。数字化制造改善运行设备的回报，并改善及时交货、库存周转、毛坯和现金流通性能。通过双向通信，提供整个企业的生产活动以及供应链中以任务作为关键因素的信息。电解数字化车间是公司数字化建设的一部分。

### A.2 实现方案

#### A.2.1 体系架构

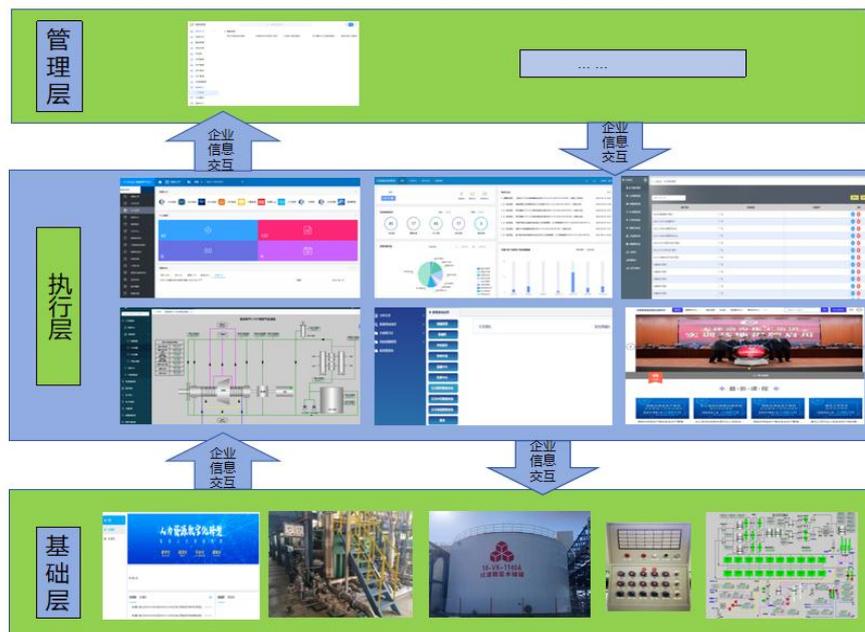


图 A.1 数字化车间体系架构

### A.2.2 功能和要求

**实现功能：**氯碱车间订单管理模块从企业资源计划承接分配到车间的生产订单，由排产模块根据工艺路线分解为工序作业计划，排产后下发至生产现场，工艺管理模块指导现场作业人员或设备按照数字化工艺要求进行生产，工艺执行过程中，若需进行检验控制，由质量管理模块负责质量的监控和追溯，生产需要的物料由物流管理模块负责分配，生产过程中的大量设备，通过设备管理模块进行统一管理。生产过程中的工艺执行、质量控制等结果将会反馈到排产模块，进行实时的监控与调度，并形成报告反馈至更高一层的企业资源计划系统。

**数字化要求：**数字化车间的资产和制造过程信息应能够转变为被计算机识别的信息，主要包括设备的数字化、生产资源的可识别、数据信息的可采集以及生产现场的可视化。

**网络要求：**数字化车间的网络通信，实现设备、生产资源与系统间的互联互通。

**集成要求：**数字化车间应能实现执行层与基础层、执行层与管理层系统间的信息传输与集成。

**安全要求：**数字化车间应提出车间的安全控制和数字化管理方案，并实施数字化生产安全管控。

## A.3 基础层数字化

### A.3.1 制造设备的数字化

#### A.3.1.1 制造设备数字化功能

制造设备的数字化功能主要分为数据采集和操作功能两部分：

##### a) 数据采集：

对制造设备进行数据采集和分析，对制造进度、现场操作、质量检验、设备状态等生产现场信息进行采集和跟踪，并对这些信息进行分析。

数据采集的接入主要采用如下方法：

① 车间物料的液位、流量、温度、压力等在线仪表数据采集，条形码阅读器采集工件码标，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 总控 DCS，MES 系统数据库；

② 液氯钢瓶采用扫描二维码录入，由读出/写入设备与 PLC 相联，再连接到 MES 系统；

③ 车间设备的电压、电流、相位、功率因素等能效参数也通过 PLC 采集上传给 MES 系统。

#### b) 操作功能：

① 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 联锁、SIS 联锁系统；

② MES 系统分为八部分：分别为工艺流程图、操作管理、生产统计、电子日报、报警管理系统、物料平衡系统、能源管理平台、和测量管理平台。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 联锁监控。操作管理包括操作管理台、监控点、偏差管理和平稳率统计。生产统计包括日平稳率统计、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、联锁投用率 AIPC 系统投用率。电子日报涉及两重点一重大的均为 1 小时一打点，其余为 2 小时一打点。

③ LIMS 系统分为五部分，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；

④ 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；

⑤ 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；

⑥ 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。

⑦ 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；

⑧ 我爱巡平台包括首页、巡检管理（巡检点管理、巡检器管理、线路管理和工作计划）、绩效管理（巡检记录、考核记录、任务班次和考核统计）；

⑨ 管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。

⑩ 设备管理平台：包括点检管理和系统管理。点检管理包括设备点检数据、考核数据和基础数据编制。系统管理包括新手导航和 APP 管理。

#### A.3.1.2 网络构成与接口

PROFINET 的实时通道和等时同步通道可以实现毫秒级到微秒级的响应速度，已被工业自动化

业界广泛采用。本系统采用开放实时以太网的一网到底结构，从底层 I/O 现场层到设备之间连接的控制层，再到管理层 MES、ERP 等全部采用 PROFINET 实时工业以太网，包括线缆、光纤传输的 PROFINET 技术、无线 WLAN 传输的 PROFINET 技术。整体网络架构如图 A.2 所示。

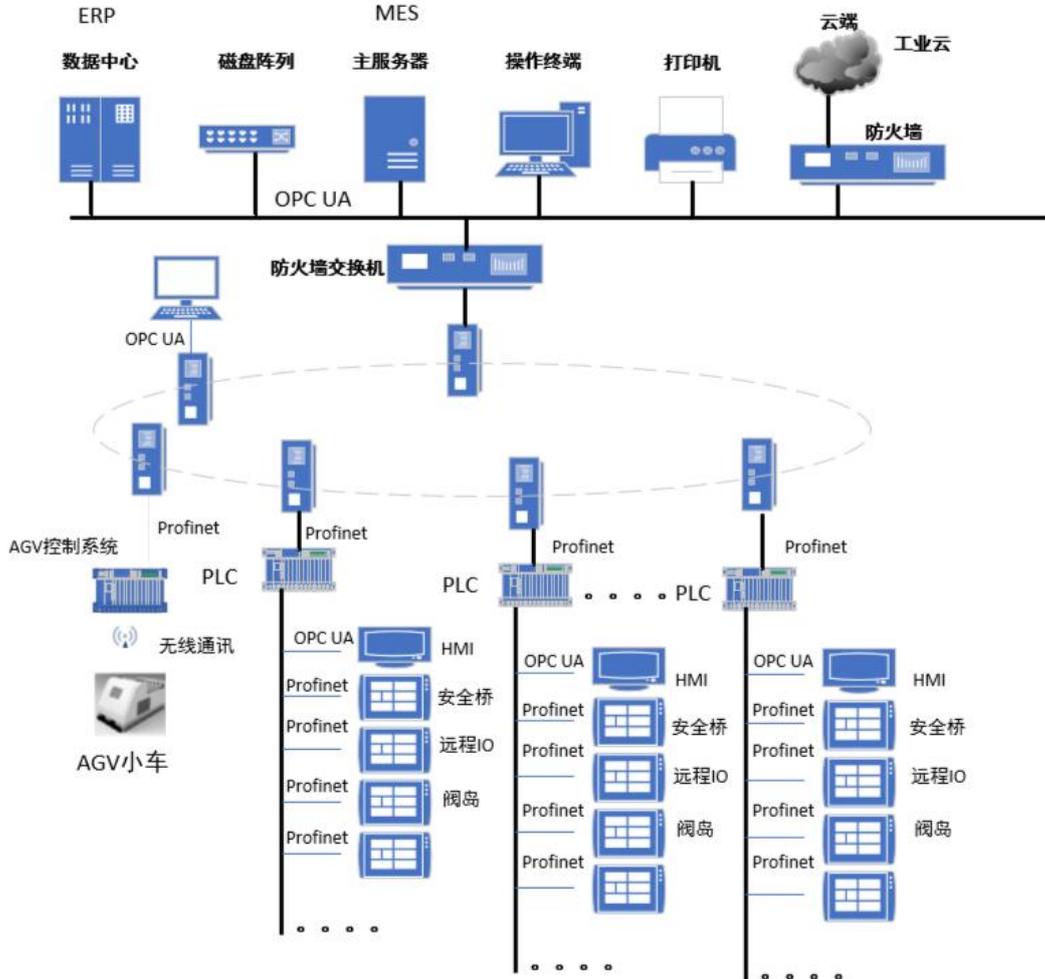


图 A.2 网络架构

PROFINET 兼容 TCP/IP 协议的实时以太网，能满足过程控制、工厂自动化和运动控制实时通信要求，已有的系统无需修改就能集成到 PROFINET 中，系统具有高度开放性和兼容性，为系统拓展提供了接口，如 CNC 设备、RFID、视觉系统、视频监控等。

本案例氯碱车间已经建成了以工业交换机和工业无线 AP 为接入设备，并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，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 系统中。

### A.3.1.3 集成要求

对数字化智能制造设备的系统构成以及内在逻辑关系进行至上而下的梳理和分析，如图 A.3 所示。

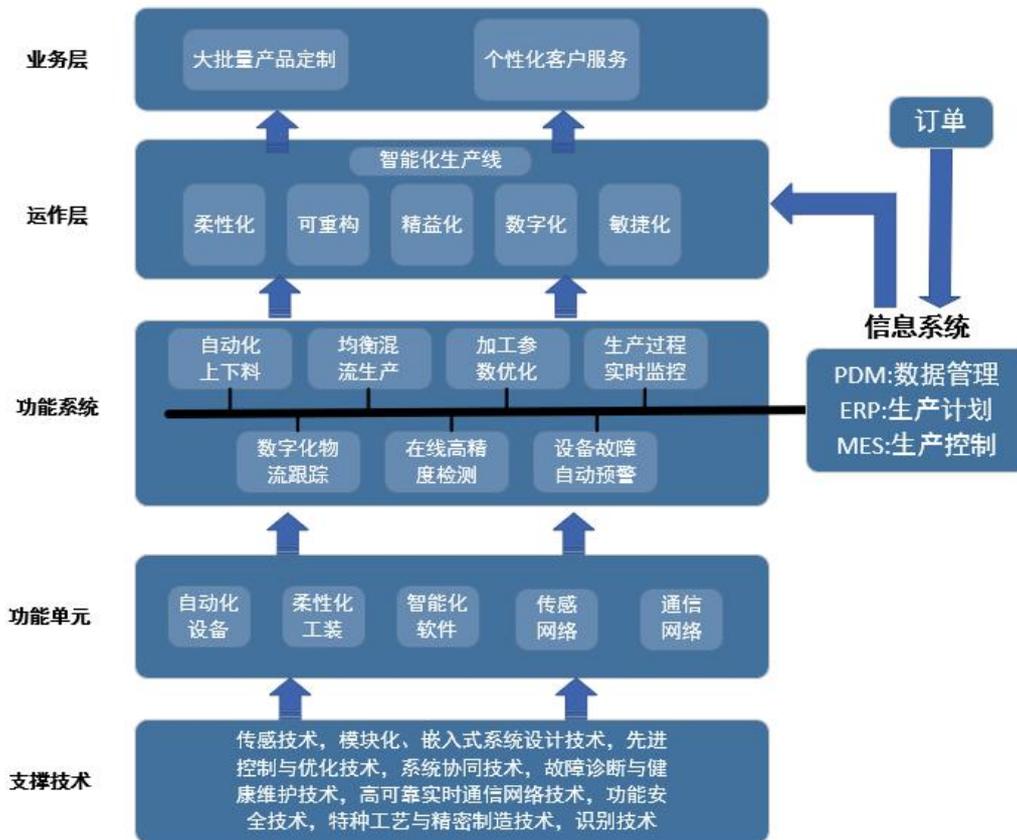


图 A.3 制造设备的系统集成

该架构主要包括业务层、运作层、功能系统、功能单元、支撑技术五个层次。各个层次相辅相成，紧密联系，其中系统以需求订单为输入，以信息系统为核心，集成自动化上下料等多个子功能系统，以基本功能单元及支撑技术为依托，推动智能制造生产线的正常运作，实现大批量产品的生产服务，满足客户和市场的需求。

#### A.3.1.4 功能安全

电解工序：

——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；

——阴极液循环罐设置远传液位计高报警；高高联锁停整套电整流继电器；联锁关闭氢气总管切断阀；

——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；

——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；

——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；

——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；

——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；

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；

氯氢工序：

——氯压机故障，联锁停电解整流柜；

——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；

——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；

——氢压机进口设置远传压力表低报警，低低联锁停氢压机；

——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；

——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。

氯气液化工序：

——液氯储槽设置远传液位计，高报警，联锁切断阀门。

#### A.3.1.5 信息安全

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

——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；

——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；

——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。

#### A.3.2 生产资源的数字化

物料信息采集 SPRD 数据库管理平台 SmartPlant Reference Data

建立公司级标准材料库及编码库，材料编码范围涵盖生产过程中构成所有大宗材料和设备，其专业包括配管材料、土建建筑、土建结构、自控、电气、电信、暖通空调、分析化验、给排水、机械、热工、静设备、机泵、储运、应力、环保等专业。

在 SPRD 中产生的各专业材料编码通过软件已有的配置界面，直接输出相关的数据文件，供三维设计软件/ERP 使用。保证生产物资管理过程中的物流、资金流、信息流畅通。通过应用 SPRD 技术，可编码原料、原料处理设备将收集的信息传送给生产设备控制系统。即将产品从原料到成品整个流程的所有信息记录并连接起来。

#### A.4 设计数字化

#### A. 4.1 氯碱工业电解数字化车间交付技术架构

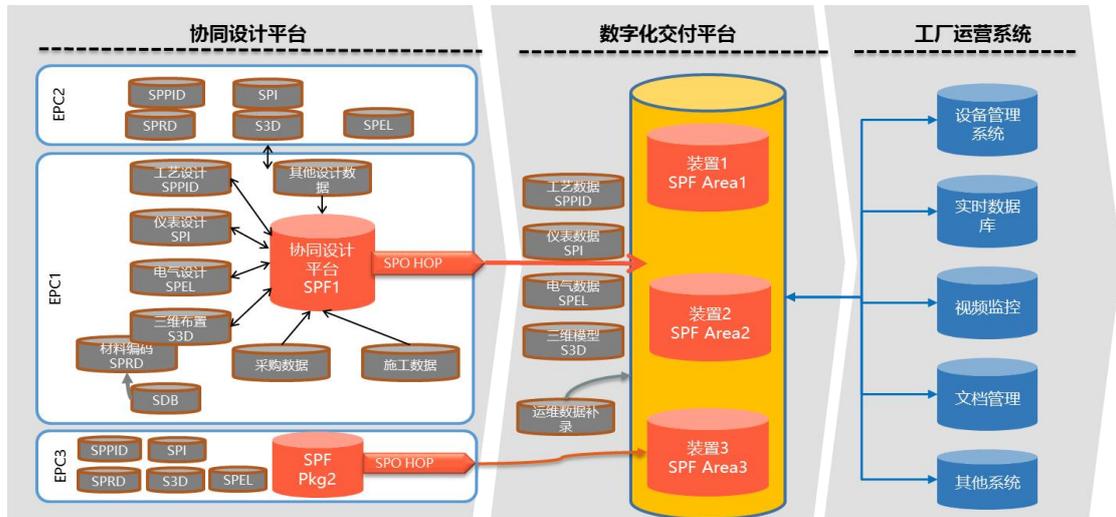


图 A.4 氯碱工业电解数字化车间交付技术架构

#### 缩写与术语

TAG——工程位号(如管线编号和设备位号等),按特定规则对工厂对象进行编码的唯一标识号。

PBS——Plant Hierarchy/Break down Structure, 工厂分解结构。

SPE——Smart Plant Enterprise, 鹰图工厂设计套件, 包括 SPF/SPPID/SPI/SPEL/S3D。

SPRD——Smart Plant Reference Data, 企业级工程数据库管理平台。

SPPID——Smart Plant P&ID, 智能工艺流程图设计系统。

SPI——Smart Plant Instrument, 智能仪表设计系统。

SPEL——Smart Plant Electrical, 智能电气设计系统。

S3D——Smart 3D, 智能工厂三维设计系统。

SPF——Smart Plant Foundation, 数字化集成设计及移交平台。

SPO HOP——Smart Plant for Owner/Operators Hand Over, 数字化交付工具。

Meta Data——元数据表, 文档与文档、文档与工程位号之间的关联关系索引表。

#### A. 4.2 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)。SPPID 和 Smart 3D 集成工作。

#### A. 4.3 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。

#### A.4.4 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。

#### A.4.5 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）。

#### A.5 车间信息交互

数字化车间的整体布局分为基础层、执行层，在数字化车间之外，还有企业的管理层，系统将收集到的客户信息与管理层的 ERP 和 PLM 进行信息交互，ERP 与执行层的制造执行系统 MES 之间进行信息交互，PLM 将数字产品信息传递到执行层的工艺设计、执行与管理系统，同时 MES 与工艺设计、执行与管理系统也存在信息交互，MES 将生产订单等信息传递给基础层生产资源、制造设备、模具、检测工具等，工艺设计、执行与管理系统将生产工艺、物流信息等传递给制造设备、AGV 等，同时基础层又会将收集到的信息反馈到 MES 与工艺设计、执行与管理系统中。

#### A.6 生产运行数字化

人	机	料	法	环
				

图 A.5 生产运行数字化图例

## A.7 生产运行管理数字化

## A.7.1 车间计划与调度

——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。

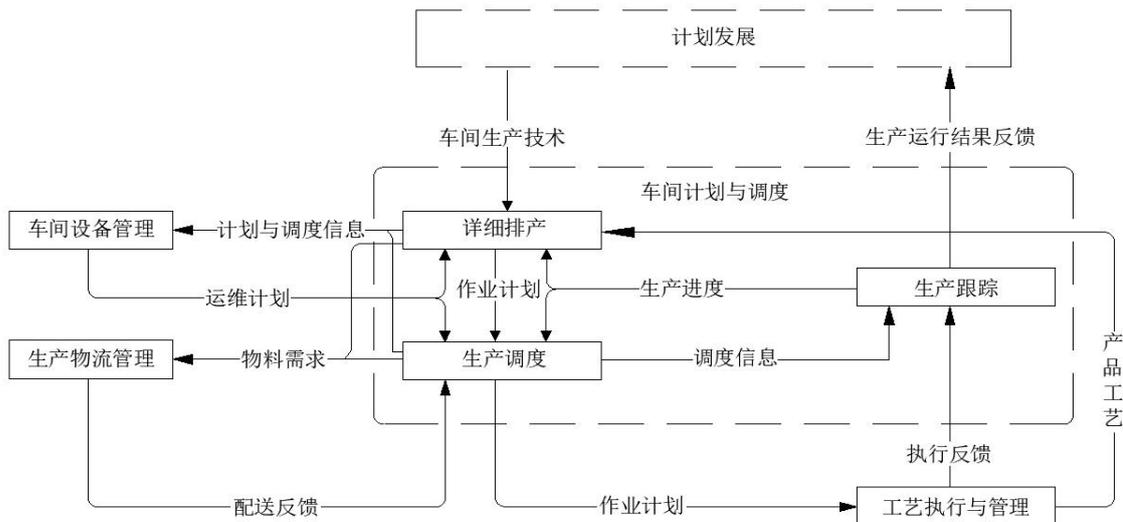


图 A.6 车间计划与调度信息集成模型

## A.7.2 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。

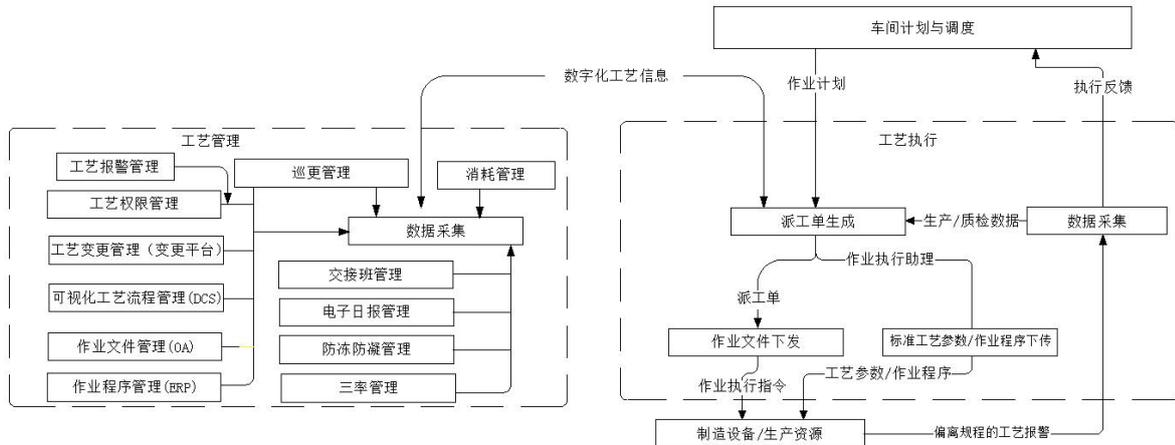


图 A.7 工艺执行与管理信息集成模型

### A.7.3 生产过程质量管理

#### A.7.3.1 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），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。

#### A.7.3.2 质量监控

##### A.7.3.2.1 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。

##### A.7.3.2.2 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。

##### A.7.3.2.3 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。

#### A.7.3.2.4 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。

#### A.7.3.2.5 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。

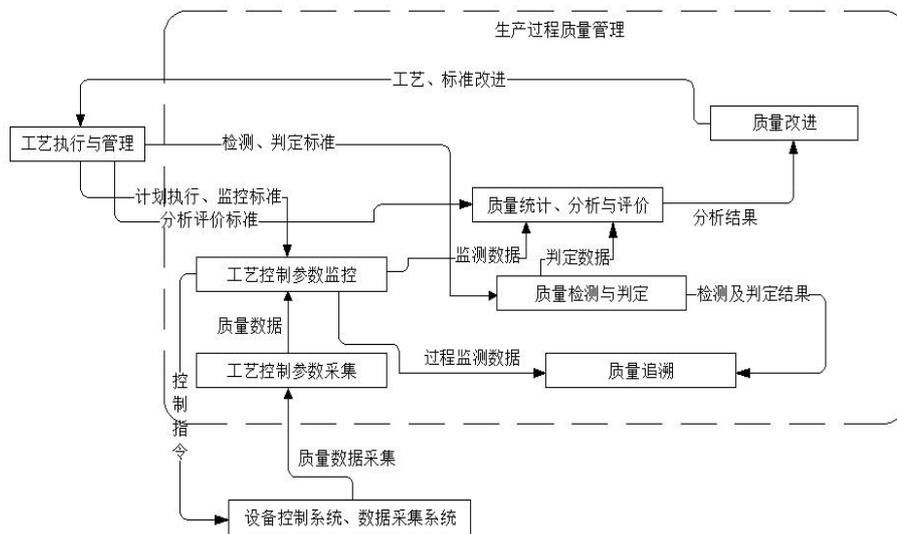


图 A.8 生产过程质量管理系统信息集成模型

#### A.7.4 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 A.9。



可燃、有毒气体分析数据主要包括现场可燃有毒探测器（在线仪表反馈到 GDS 报警平台），便携式可燃有毒气体探测器等生产过程数据和现场作业的过程数据，覆盖车间内所有装置设备和所有生产情景。数字化车间应提供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应能够自动在线采集。

#### A. 7. 6. 2 车间职业健康安全管理

- a) 风险分级管控；
- b) 隐患排查与治理；
- c) 双预防巡检：车间工程师通过双预防系统下达职工巡检任务，职工通过手机巡检任务 APP 进行巡检；车间工程师通过双预防系统查看隐患流程代办、隐患治理档案、隐患上报，实现隐患的全流程管理；
- d) 人员定位系统：车间工程师通过 HSE 平台可查看人员历史轨迹、车辆历史轨迹、人员报警情况、车辆报警情况、人员统计、报警统计、人员分布统计；
- e) 特殊作业：车间工程师通过 ERP 平台进行物料的领用，开作业票和特种作业票证；；
- f) 设备检维修；
- g) 职业健康体检；
- h) 危险有害识别；
- I) 安全风险研判：车间工程师通过 OA 每日进行车间安全风险研判；；
- j) 可燃有毒气体报警系统的管理：可燃、有毒气体一旦泄漏超标，DCS 声音报警、现场声光报警、外操处理完毕后，内操点“GDS 联锁复位”按钮，整个可燃有毒泄漏闭环管理；

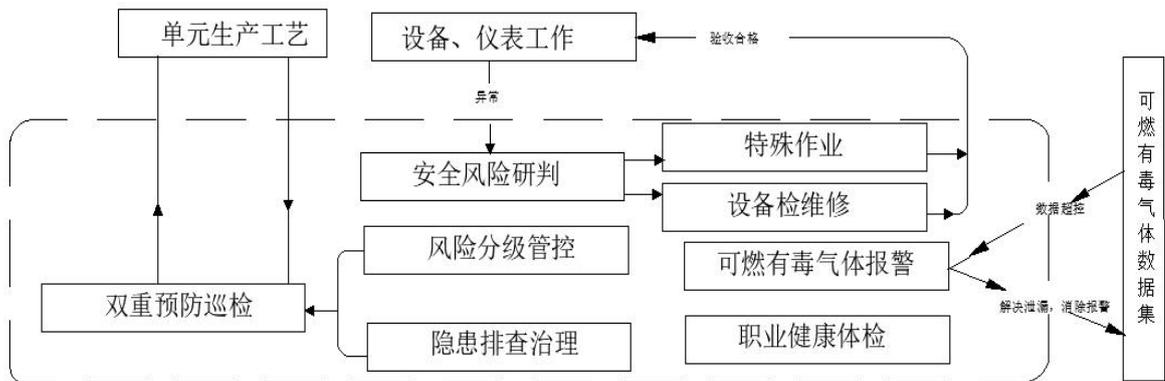


图 A. 11 车间职业健康安全管理集成模块

#### A. 7. 7 车间环境保护管理

##### A. 7. 7. 1 环境数据采集

环境数据主要包括环境检测设备检测结果（在线仪表反馈到 DCS），人工环境检测结果（LIMS）等生产过程数据，覆盖车间内所有环保设备。数字化车间应提供环境数据的全部采集，对环境控制所需的关键数据应能够自动在线采集，以保证产品环境档案的详细与完整；同时尽可能提高数据采集的实时性，为环境数据的实时分析创造条件。

### A.7.2.2 车间环保管理包括：

- a) 环境因素/重要环境因素的识别；
- b) 危废处置；
- c) 三废排放。

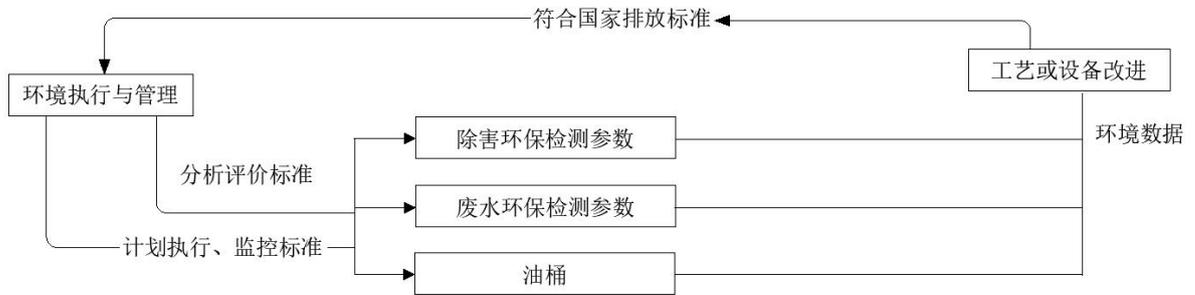


图 A.12 环保管理系统信息集成模型

### A.7.8 车间能源管理

能耗在线监测系统包括用能安全、能源管理、能源分析、碳排分析、能源大数据、图形监控和报表管理。

——用能安全包括数据监测、设备能耗和告警查询；

——能源管理包括计划实绩管理（生产计划管理、能源供需计划、能源指标计划、生产实绩管理、能源供需实绩和能源指标实绩）、能源奋勇管理（实缴费用管理、实缴费用分摊、能源成本分析、电费构成分析、电度电费分析和力调电费分析）；

——能源分析包括能源供需分析、能源指标分析、能耗历史分析、能耗比例分析、峰谷平分析、能耗对标分析和能源平衡分析；

——碳能分析包括配额管理（配额库存管理、第三方核查）、运营系统（碳计划管理、碳实际管理、CCER 项目管理、绿证项目管理、配额交易管理和碳排报告）、统计分析（碳足迹分析、履约方式占比分析、排放历史分析、排放强度分析、履约风险评价、交易收益统计、子公司收益占比、积极债券数据、市场行情）、配置系统（履约周期维护、碳足迹维护、默认值配置、企业默认值配置、企业公示配置）和供应商；

——能源大数据包括单品能耗分析和单品成本分析；

——图形监控包括纯水、水、天然气、氧/氮气、仪表位号、蒸汽凝液、蒸汽、循环水 220KV 站；

——报表管理包括公用工程用量报表、用电量统计表、碳排放报表、单耗综合能耗报表和能介能耗报表。

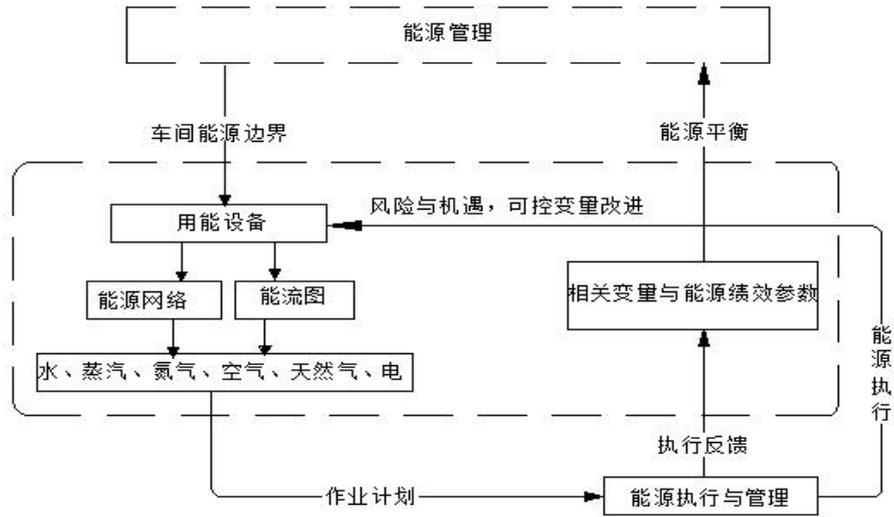


图 A.13 车间能源管理信息集成模型

#### A.7.9 车间人力资源管理

云+车间人力资源管理：

- a) 人员资质：高中学历或者相当于高中学历；取得氯碱产品危化品操作证、制冷与空调作业操作证和工业锅炉司炉/气瓶充装特种设备操作证；
- b) 工资、考勤管理；
- c) 培训与考核。

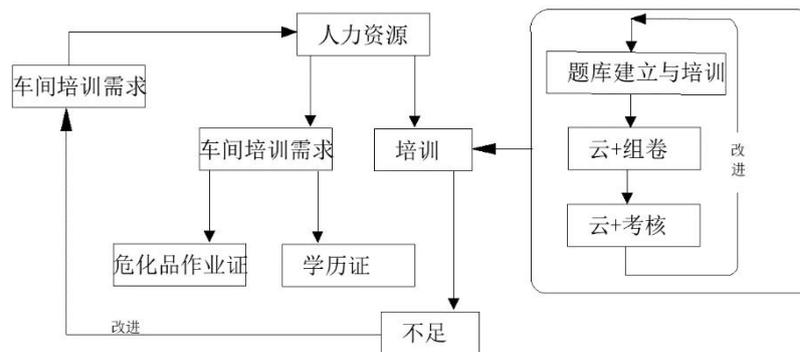


图 A.14 车间人力资源和培训管理信息集成模型

#### A.7.10 车间信息化建设管理

车间信息化建设包括：

- a) 信息安全；
- b) 网络安全。

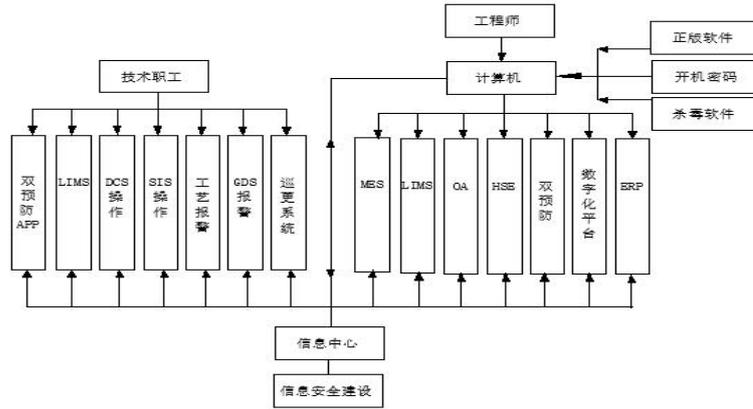


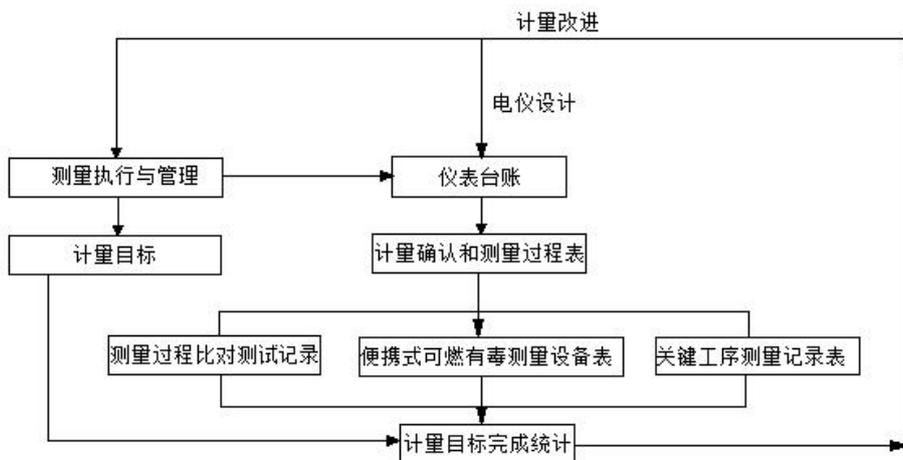
图 A.15 信息化建设信息集成模型

A.7.11 车间计量仪表管理

MES 里车间计量管理平台包括仪表监测组态、仪表监测分组、仪表偏差检测和仪表偏差记录。管理人员利用计量管理平台进行：

- a) 测量仪表的台账更新及分级；
- b) 测量设备的期间核查；
- c) 在计量仪表检测平台观察测量仪表偏差情况，超出范围的进行及时处理。

离子膜电解槽氯氢压差三重化冗余、离子膜电解槽仪表空气压力三重化冗余、氯压机四级出口温度三重化冗余、透平机润滑油总管压力通讯三重化冗余、水环式氢压机机前冷却器出口压力三重化冗余、氯气分配台压力三重化冗余，三重冗余偏差采用“偏差=（最大示值-最小示值）/最小示值



\*100%”。

图 A.16 车间计量仪表管理信息集成模型

