



团 体 标 准

T/CCASC 0044—2024

氯碱工业数字化车间建设指南  
湿法乙炔

Guidelines for digital workshop of chlor-alkali industry—Wet acetylene

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 .....	2
5.1 结构要求 .....	2
5.2 体系构架设计 .....	3
6 总体要求 .....	3
6.1 工艺边界要求 .....	3
6.2 数字化建设要求 .....	3
6.3 网络要求 .....	4
6.4 系统要求 .....	4
6.5 集成要求 .....	4
6.6 安全要求 .....	4
6.7 建设实施要求 .....	4
7 基础层数字化规范 .....	4
7.1 工艺设计数字化 .....	4
7.2 生产运行资源数字化 .....	5
8 执行层数字化规范 .....	6
8.1 基本要求 .....	6
8.2 运行管理模块 .....	6
9 数字化车间网络与信息交互 .....	12
附录 A (资料性) 自主运行系统示例 .....	13
A.1 总体技术架构搭建 .....	13
A.2 生产系统现状摸底 .....	13
A.3 自主运行系统需求分析 .....	14
A.4 自主运行详细设计 .....	14
A.5 自主运行项目实施 .....	15
附录 B (资料性) 报警优先级别的确定 .....	23
B.1 报警后果严重性 .....	23
B.2 报警允许的响应时间 .....	23
B.3 报警优先级设定 .....	23
参考文献 .....	25

## 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：陕西西北元化工集团股份有限公司。

本文件参与起草单位：内蒙古鄂尔多斯电力冶金集团股份有限公司、陕西金泰氯碱化工有限公司。

本文件主要起草人：徐生智、边伟康、李朋飞、张军锋、赵长森、周富、钟国院、杜素杰、张隆刚、徐玮、白静。

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

## 湿法乙炔

### 1 范围

本文件规定了氯碱企业数字化车间建设湿法乙炔部分的体系结构、总体要求、基础层和执行层的数字化规范、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湿法乙炔部分的建设。

### 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 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全
- 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
- HG/T 20511 信号报警及联锁系统设计规范
- 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 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]

#### 3.2

**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需包括：

- 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)、监视控制与数据采集(SCADA)、运行控制系统(MC)、数控系统(CNC)、可燃有毒气体检测系统(GDS)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)、AI算法。

[来源：GB/T 41260—2022, 3.1.3]

#### 3.3

**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]

3.4

**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]

3.5

**自主运行 autonomous operation**

在流程企业生产运行中,通过对不同层次的控制痛点,提供了从单回路到全过程的控制优化策略,实现“少人化、无人化”操作。

3.6

**操作导航 operation navigation**

一种设备或系统,用于帮助用户确定自身操作需求并指引其前往特定的操作方法及位置。

3.7

**先进过程控制 advance process control; APC**

主要通过通过对被控对象运行过程中产生的大量实时数据、历史数据进行数据挖掘与分析,建立系统运行模型,利用系统模型进行多变量实时优化控制。

3.8

**报警搁置 alarm on hold**

允许操作员暂时抑制滋扰报警的功能。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BOM:物料清单(Bill of Material)

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

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

GDS:可燃有毒气体检测系统(Combustible and Toxic Gas Detection System)

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

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

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

OPC:用于过程控制的对象连接与嵌入(Object Linking and Embedding for Process Control)

PDCA:计划、执行、检查、行动(Plan-Do-Check-Act)

PID:比例积分微分(Proportion Integration Differentiation)

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

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的基础层和执行层的建设。其体系结构如图 1 所示。

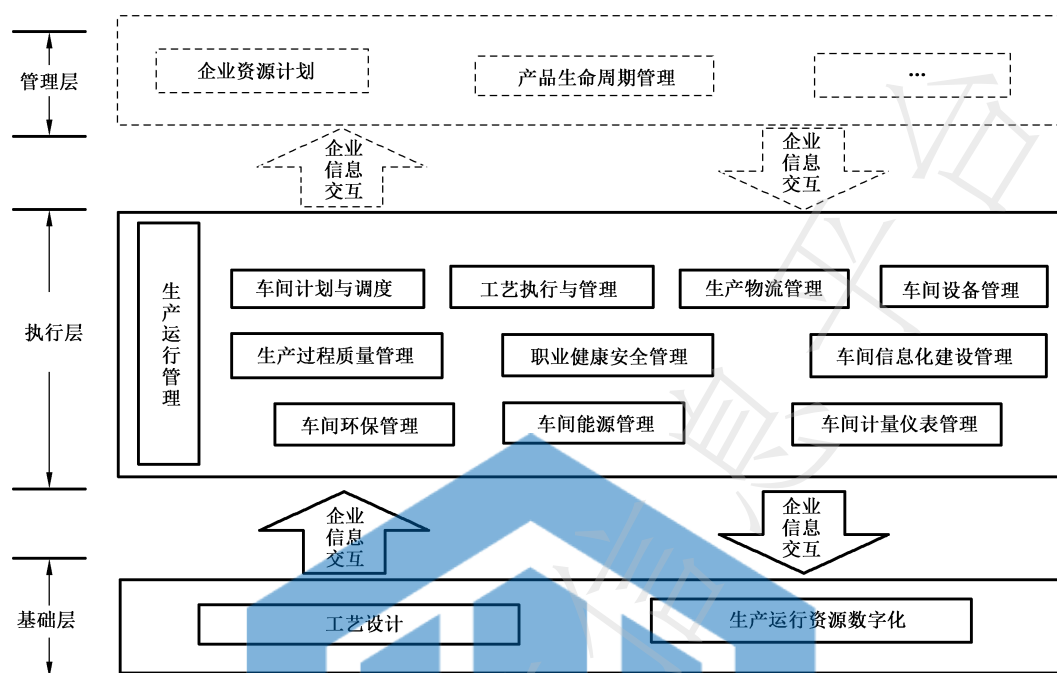


图1 数字化车间结构图

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或指令执行。

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 工艺边界要求

本文件数字化车间湿法乙炔部分的边界:从原料电石的入厂、化验、破碎到湿法乙炔发生,电石渣浆处理、乙炔气回收、乙炔清净。即电石储运单元、乙炔发生单元(含乙炔回收)、渣浆处理单元、乙炔清净共四个单元。

### 6.2 数字化建设要求

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、设备联锁、GDS、工艺联锁等系统数字化;
- 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;
- g) 过程检测数据自动分析系统:建设在线分析系统,实现过程数据自动检测及分析。

### 6.3 网络要求

数字化车间需建有互联互通的网络(如 Wi-Fi、4G、5G 等),可实现设备、生产资源与系统之间的信息交互。具体参考《工业控制系统网络安全防护指南》中相关要求执行。

注:工业无线接入点(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

数字化车间应建有生产执行系统。如 DCS、自主运行系统、GDS、工业互联网平台、MES、LIMS 以及人力、后勤数字化系统等。其中 DCS、GDS 的控制器、控制柜、电源等核心组件独立配置,不应共用,且 UPS 电源需采用双路不间断电源(UPS)供电方式,供电时间不应低于半小时。

### 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。

注 1:基础层中需设置适当保护层。入安全相关系统:GDS、紧急停止按钮、安全门锁(门禁系统)、防火门(乙炔发生厂房、乙炔回收厂房、乙炔清净厂房)、抗爆门(机柜间)、安全阀、爆破片、紧急切断、紧急冷却、应急融合通信系统、指挥调度系统等。

注 2:基础层中需有功能安全管理信息系统。

### 6.7 建设实施要求

数字化车间建设需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,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

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:

- a) 采用辅助工艺设计,如三维工艺设计;
- b) 能进行乙炔工艺路线和工艺布局仿真;
- c) 能进行乙炔生产过程仿真;
- 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) 向制造执行系统输出工艺 BOM。

## 7.2 生产运行资源数字化

### 7.2.1 生产设备数字化

生产设备数字化主要内容包括：

- a) 发生器设备控制数字化,宜实现搅拌电流、频率(若有)、给料频率、电流、搅拌减速机轴承温度数字化控制；
- b) 发生器工艺控制数字化,宜实现发生器压力、发生器液位、发生器温度、发生器乙炔气出口温度、冷却水温水量等数字化控制；
- c) 皮带机设备控制数字化,宜实现皮带机电流、电压、频率等相关指标数字化控制；
- d) 皮带工艺控制数字化,宜实现皮带机料流保护装置数字化控制；
- e) 水环压缩机设备控制数字化,宜实现电机电流、电压等相关指标数字化控制；
- f) 水环压缩机工艺控制数字化,宜实现进出口压力、进出口温度、出口流量等数字化控制；
- g) 粗料仓、细料仓控制数字化,宜实现系统含氧、含乙炔、充氮压力、料位等相关指标数字化控制；
- h) 乙炔气柜控制数字化,宜实现气柜压力、气柜液位、水槽温度、水槽液位、气柜升降速率、进出口压力等相关指标数字化控制；
- i) 压滤机工艺控制数字化,宜实现进料、压紧、吹气、卸料等数字化控制。

### 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 根据 HAZOP 等分析成果设置 DCS 连锁：

- a) 宜实现乙炔压缩机停机连锁；
- b) 宜实现乙炔气柜连锁；
- c) 宜实现发生器压力、液位连锁；
- d) 宜实现发生器料斗压力、料斗蝶阀连锁；
- e) 宜实现乙炔回收含氧连锁。

#### 7.2.2.2 GDS

GDS 宜按 GB/T 50493 的相关规定执行。

### 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

物料管理系统宜包括但不限于物料平衡,生产日报,产品消耗统计等。

#### 7.2.3.3 物料消耗统计范围

物料消耗宜统计以下内容：

- a) 电石入库量；
- b) 乙炔气产量；
- c) 电石消耗量；
- d) 蒸汽消耗量；
- e) 生产水消耗量；
- f) 工业电消耗量；
- g) 纯水消耗量；
- h) 浓硫酸/次氯酸钠消耗量；
- i) 氢氧化钠消耗量。

#### 7.2.4 人力资源数字化

##### 7.2.4.1 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。

##### 7.2.4.2 考勤管理

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、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、考勤统计等功能；
- b) 工资实现数字化发放、工资数据化统计等功能。

#### 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。

## 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功能模块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) 模块间能进行数据直接调用；
- d) 模块能与企业其他管理系统(如 ERP、LIMS、MES、双预防等)通过数据中心进行交互；
- e) 自主运行系统与工业控制系统(如 DCS)宜为双向输出交互，不与企业其他管理系统输出交互，确保工业控制系统的安全。

注：自主运行系统示例见附录 A。

### 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。

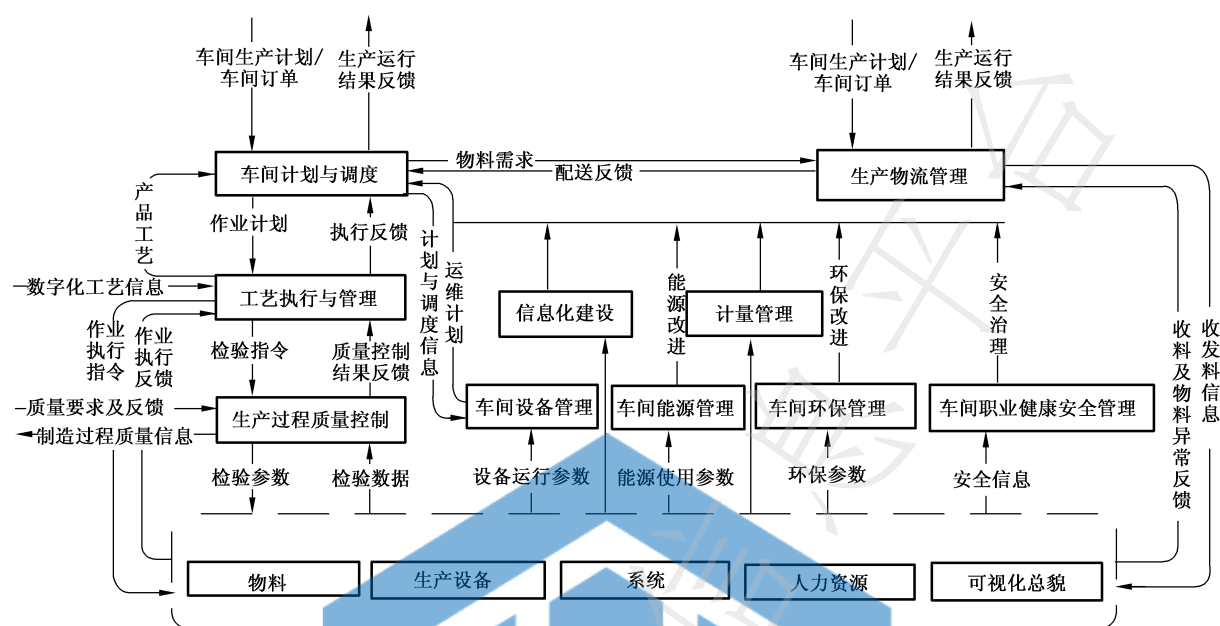


图2 数字化车间运行管理模块数据流关系图

### 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见宜按 GB/T 37393 的相关规定执行。

### 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。

### 8.2.4 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。

### 8.2.5 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。

### 8.2.6 车间设备管理

#### 8.2.6.1 信息集成模型

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。

#### 8.2.6.2 设备润滑管理

设备润滑管理包括以下内容：

- a) 建立润滑管理系统平台,实现设备润滑到期预警,自动推送至润滑人员；
- b) 建立润滑油分析系统,实现预警查询功能；
- c) 引入自动注油器,实现大型设备的“自主”润滑。

#### 8.2.6.3 特种设备管理

特种设备管理包括以下内容：



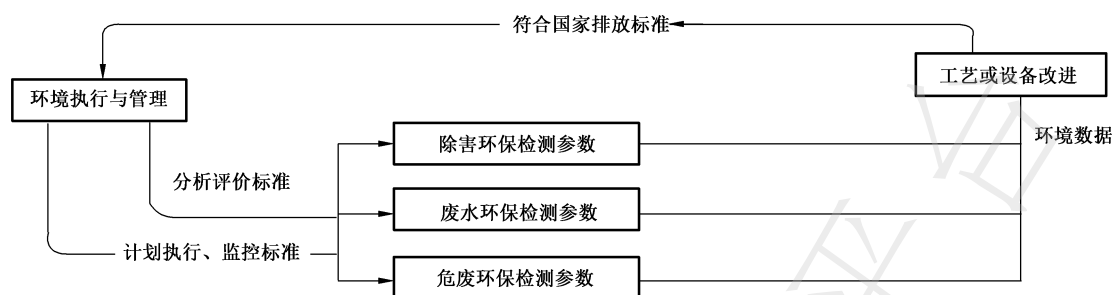


图4 环保管理系统信息集成模型

## 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：

- 覆盖车间内的环保设备,设备检测、人工检测等宜实现数字化管控；
- 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：

- 对过程环境数据趋势进行监控；
- 对综合指标统计进行监控。

#### 8.2.8.2.2.2 环境监控预报警

报警优先级别的确定见附录B。环境监控预报警宜包括以下内容：

- 实现对潜在的环境问题提前预警；
- 对潜在环境问题发出警告；
- 对发现的异常情况及时预报警与处理。

#### 8.2.8.2.2.3 环境追溯

环境追溯宜包括以下内容：

- 实现追溯生产过程中工艺参数的相关信息的功能；
- 实现追溯生产过程中环境检测的所有关键信息的功能。

#### 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,提供环境异常原因分析工具,并不断积累行程完备的环境改进经验库。

## 8.2.9 能源管理

车间能源管理信息集成模型如图5所示。

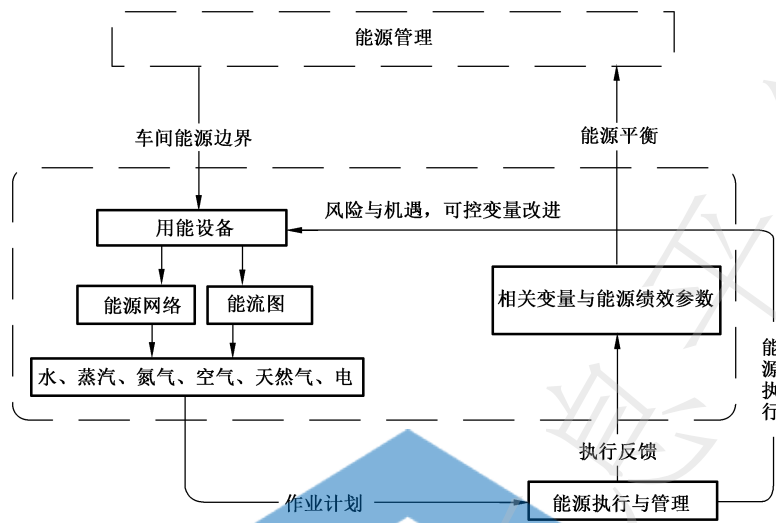


图5 车间能源管理信息集成模型

### 8.2.9.1 功能要求

#### 8.2.9.1.1 能源管理网络图、能流图

对界区内主要用能设备、设施绘制计量网络图,能流图,达到可视化(数据 DCS 显示)。

#### 8.2.9.1.2 相关变量和能源绩效参数

车间工程师通过可视化的相关变量和能源绩效参数,识别在组织控制下的主要能源使用和有直接影响的工作人员,进行风险分析并制定和实施控制措施。

#### 8.2.9.1.3 能源追溯

能源参数基于 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。

#### 8.2.9.1.4 能源平衡与改进

针对能源平衡,需基于 PDCA 循环原则构建能源持续改进机制,固化能源改进流程,提供能源异常原因分析工具,并不断积累行程完备的能源改进经验库。

### 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。

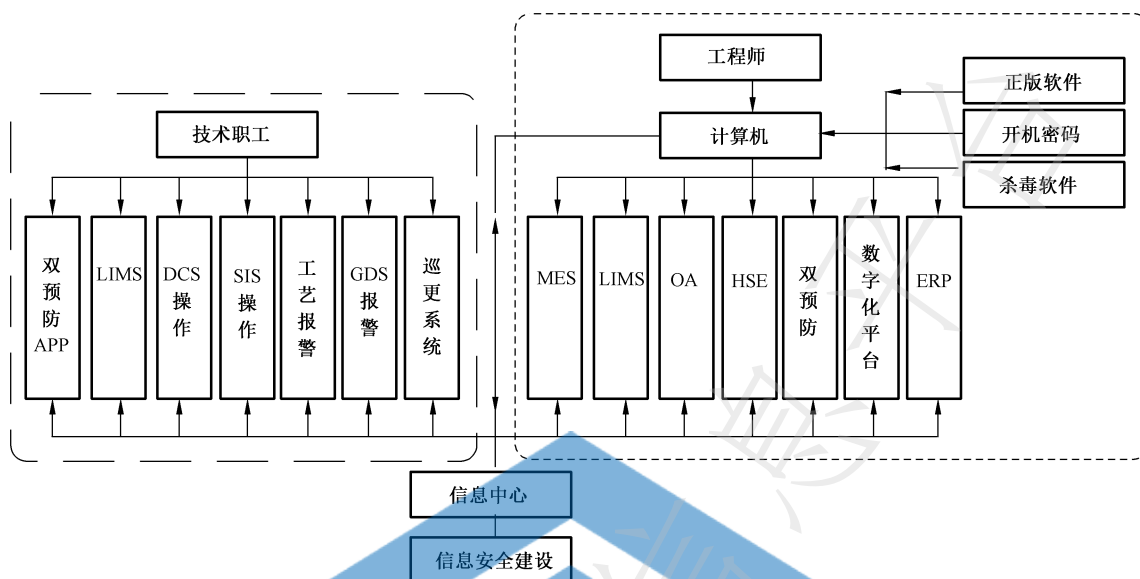


图6 车间信息化建设信息集成模型

### 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、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，电脑安装经过相应工业控制系统认证过的杀毒软件；
- 工程师通过MES、LIMS、办公自动化(OA)、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。

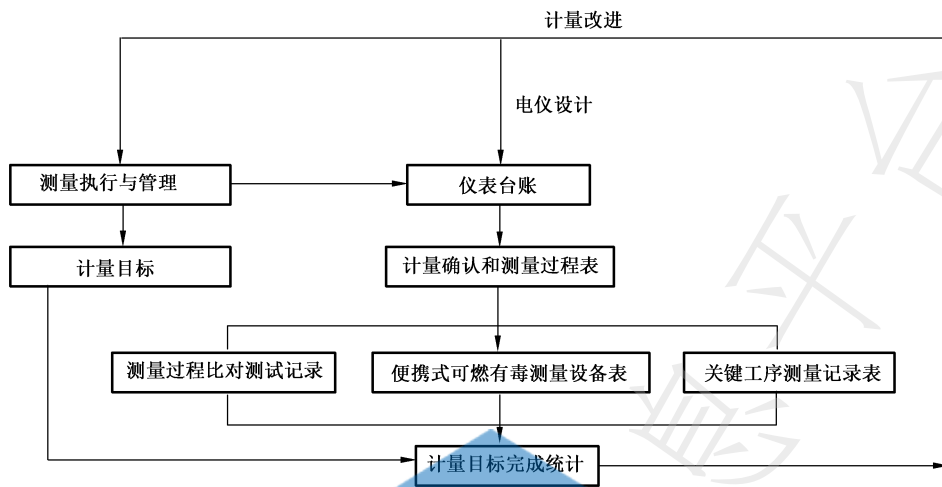


图 7 车间计量仪表管理信息集成模型

### 8.2.11.2 功能要求

车间计量仪表管理功能要求如下：

- a) 每月更新测量仪表台账；
- b) 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，每一部分包括测量过程、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；
- c) 车间工程师确定关键点位仪表误差允许值；
- d) 生产企业根据国家监视测量标准和企业计量器具校准管理制度开展检定和校准。

## 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)  
自主运行系统示例

## A.1 总体技术架构搭建

### A.1.1 总体目标

根据生产过程控制需求,设计以保证安全生产、稳定产品质量、降低人员操作为主要控制目标的自主运行系统。

### A.1.2 目标量化要求

对自主运行系统需要达到的目标进行量化,主要体现在以下 5 个方面:

- a) 明确生产系统 PID 回路自控指标;
- b) 明确在生产系统正常运行期间,自主运行系统的投用率指标;
- c) 明确系统投运后,关键工艺参数的标准方差(波动幅度)降低指标;
- d) 优化系统工艺设计和降低操作频次消除无效报警,减少报警数量,明确报警率下降指标;
- e) 借助操作导航系统实现生产流程自动化,实现一键开停车,一键升降负荷,正常生产情况下,DCS 岗位无操作,异常情况下,及时报警并将生产过程置为安全状态,同时杜绝漏操作和误操作,确保生产合规,明确所要达到生产系统 DCS 控制室连续无操作的时长。

## A.2 生产系统现状摸底

### A.2.1 建立问题清单

对生产系统当前存在的问题进行列举并形成清单,主要包括以下内容:

- a) 生产系统难以控制稳定的指标;
- b) 故障率高的仪表设施;
- c) DCS 操作量大的操作;
- d) 现场操作量大的操作;
- e) 报警率高的指标。

### A.2.2 梳理操作

#### A.2.2.1 日常操作

梳理日常操作并形成清单,主要包括以下内容:

- a) 操作项目;
- b) 操作频次;
- c) 操作前需确认的项目;
- d) 存在问题;
- e) 初步解决方式。

#### A.2.2.2 开停车操作

梳理开停车操作并形成清单,主要包括如下内容:

- a) 操作项目；
- b) 开停车周期；
- c) 开停车每一步操作前需确认的项目；
- d) 存在问题；
- e) 初步解决方式。

#### A.2.2.3 筛选操作导航优化控制项目

根据日常操作与开停车操作清单,筛选出需要操作导航优化控制的操作并形成清单。

#### A.2.3 梳理 PID 控制回路

梳理 PID 控制回路,并形成清单,主要包括如下内容:

- a) PID 控制回路的位号；
- b) PID 控制回路的描述；
- c) PID 控制回路是否投用自动；
- d) PID 控制回路投用自动后的工作性能,如控制参数波动情况,控制阀门波动情况等；
- e) 初步对控制性能较差的 PID 控制回路进行原因分析。

#### A.2.4 梳理报警

梳理生产系统报警,并形成清单,主要包括如下内容:

- a) 报警位号；
- b) 报警描述；
- c) 报警频次；
- d) 初步分析报警原因。

### A.3 自主运行系统需求分析

根据生产系统现状摸底情况确定的需实现自动化控制的工艺、设备,以及需要控制的方式,结合工艺现状,以建设目标为准则,针对自主运行系统的先进控制、操作导航、高级报警管理系统、PID 监控与整定 4 部分基础功能对生产系统进行需求分析,初步确定生产系统对自主运行系统的功能需求,主要包括以下内容:

- a) 根据日常操作与开停车操作清单,列举出需要操作导航优化控制的项目；
- b) 根据 PID 控制回路清单,列举出需要 APC 优化控制的项目；
- c) 根据 PID 控制回路清单,初步确定需要 PID 性能评估与整定的 PID 回路个数；
- d) 根据生产系统报警清单,初步确定需要报警治理系统管理与治理的报警数目。

### A.4 自主运行详细设计

A.4.1 建立必要的过程数据、化验分析数据的采集系统。

A.4.2 详细了解、交流生产装置的工艺过程、操作特点和自主运行系统的功能,检查控制器的初步设计,完成智能化自主运行系统功能和结构的总体方案初步设计。

A.4.3 开展详细方案设计,内容包括工艺流程描述、关键工艺控制指标、系统控制目标、功能架构设计、控制器设计和相互关系描述、系统运行平台设计、接口设计、用户界面设计、算法设计、异常处理设计、安全性设计、物理部署方案设计、项目验收方式及验收标准等,确定并完成适合生产系统特点的先进控制详细方案的设计。

## A.5 自主运行项目实施

### A.5.1 硬件部署

自主运行项目实施硬件部署见图 A.1。

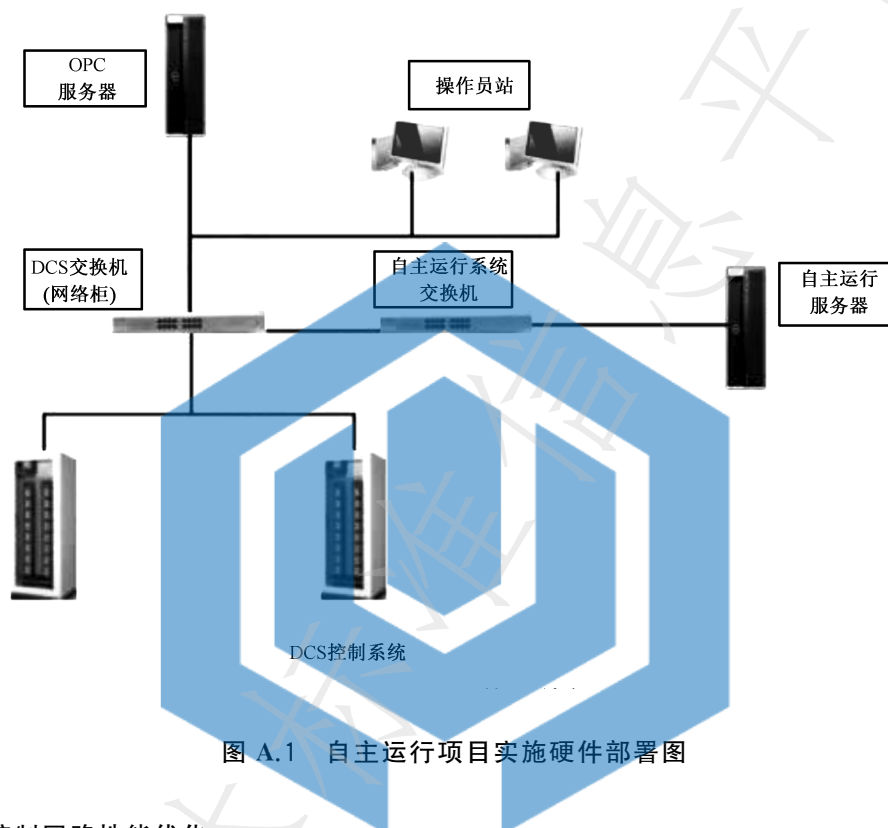


图 A.1 自主运行项目实施硬件部署图

### A.5.2 PID 控制回路性能优化

A.5.2.1 基于存储的历史数据(数据时段不小于 2 h、采集周期根据工艺需求设定),利用 PID 控制性能多维度分析工具,结合专家经验知识,评估分析 PID 回路的运行性能,给出优、良、中、差、开环等评级,快速发现 PID 回路存在的性能问题,给出评估建议。

A.5.2.2 性能评估指标包括自控率、平稳率、性能评分、性能级别、控制性能指标、参考时间、振荡状况、振荡周期、振荡幅值、非线性程度、阀门行程、饱和率、粘滞状况、粘滞系数等。

A.5.2.3 对 PID 性能评估低于 90 分的控制回路进行 PID 参数整定,参数整定宜由人工手动整定,整定过程中可结合 PID 评估与整定系统给出的建议参数。

### A.5.3 先进控制实施

#### A.5.3.1 总体技术架构搭建

##### A.5.3.1.1 控制器功能

控制器要求宜实现以下要求:

- a) 需实现关键过程参数稳定控制;
- b) 需实现关键过程参数自动控制,减少系统波动;
- c) 需实现关键操作正常情况自动允许及异常情况及时安全处置。

#### A.5.3.1.2 建立 APC 控制模型关系

根据工艺控制机理,建立各被控变量与操作变量之间的关系模型,见表 A.1 所示。

表 A.1 被控变量与操作变量之间的关系模型

操作变量	控制变量	
	发生器温度	发生器液位
MV 反应器水阀	√	√
DV 给料机电流	√	—

#### A.5.3.1.3 控制器功能其他特殊工况处理

全面考虑特殊工况,制定特殊工况处理策略。

#### A.5.3.2 安全解决方案

安全解决方案需包括以下主要内容。

- a) 为保证 DCS 平稳运行,其自控回路和远程(APC)之间切换时必须无扰动切换,DCS 自控回路 SP 和 APC 输出能够互相跟踪。
- b) DCS 增加保护逻辑,判断 APC 数据的可靠性。
- c) DCS 具有数据变化率报警功能。
- d) DCS 对远程数据设定极限,超限数据拒绝接受,同时自动切回本地控制。
- e) 增加 DCS 对 APC 数据的操作和报警画面。
- f) 通信中断,DCS 能够切回本地,并处于安全状态。
- g) 提供相关控制逻辑。
- h) 提供 APC 与 DCS 连接的系统网络拓扑图。
- i) 人工分析样的介入,APC 参数可进行调整。
- j) 网络架构:APC 系统上位机、APC 监控系统服务器与 DCS 的 OPC 服务器通过 TCP/IP 网络通信协议实现硬件连接。APC 系统上位机为独立的节点,仅与 OPC 服务器连接。
- k) 数据访问:通过 OPC 标准协议实现数据的实时通信。
- l) 通信策略包括通信保护程序和安全切换逻辑两大部分。

注:先进控制系统投运逻辑关系如图 A.2 所示。

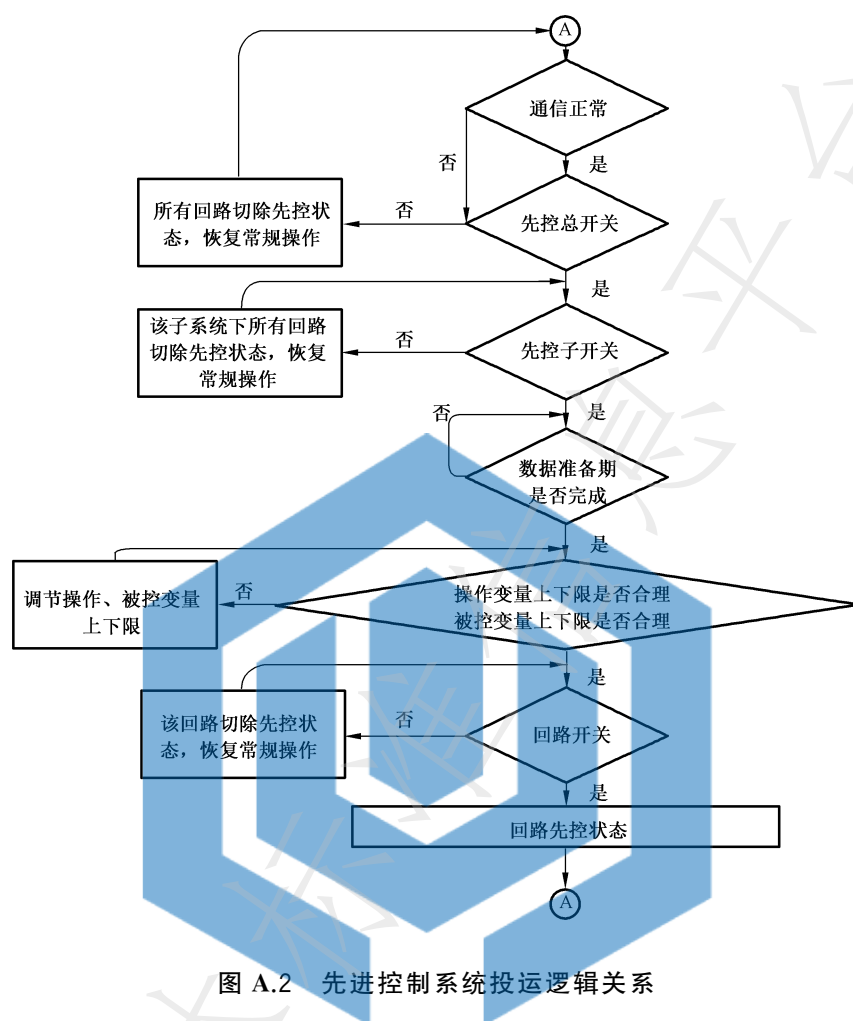


图 A.2 先进控制系统投运逻辑关系

#### A.5.4 操作导航实施

##### A.5.4.1 总体功能框架建立

根据建设目标制定总体功能框架,如图 A.3 所示。

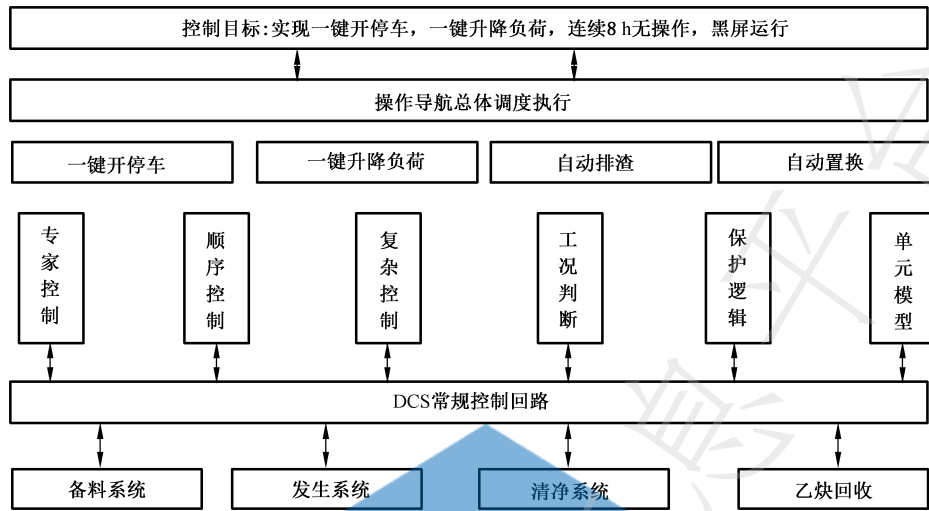


图 A.3 总体功能框架

#### A.5.4.2 控制逻辑设计

操作导航进行总体调度执行,每个单元的工况判断和逻辑设计在操作导航中进行设计,工况逻辑判断需要详细的对接说明,具体实现方式见表 A.2 所示。

表 A.2 操作导航

步骤	动作	条件
Case01(程序启动)	—	—
Case02(条件确认)	确认条件是否满足	若 XX 不满足则执行 Case03;若 XX 不满足或 XX 与 XX 均不满足则执行 Case04;若 XX 与 XX 均满足,要求则执行 Case05
Case03	XX 阀门打开,或 XX 泵启动	若 XX 与 XX 均满足,要求则执行 Case07
Case04	XX 阀门打开,或 XX 泵启动	若 XX 与 XX 均满足,要求则执行 Case07
Case05	XX 阀门打开,或 XX 泵启动	若 XX 与 XX 均满足,要求则执行 Case07
Case06	弹出相关报警,提示 XX	报警确认,执行 Case03 或 Case04 或 Case05
Case07	等待	满足条件,则执行 Case** ;倒计时结束,则执行 Case**
Case08	** 顺控程序启动	启动成功
Case09	确认	确认成功
Case10	确认 XX 顺控结束, XX 顺控切回至手动	XX 切回至手动
Case11	结束,倒计时重新开始	—

#### A.5.4.3 系统功能实现

根据工艺流程,将生产系统,拆分为若干个子单元,每个子单元根据各自的过程拆解为不同的操作阶段,操作导航按不同的操作阶段控制当前的设备。每个单元又是相互监控的,实施相应阶段各个单元的操作,如图 A.4 所示。

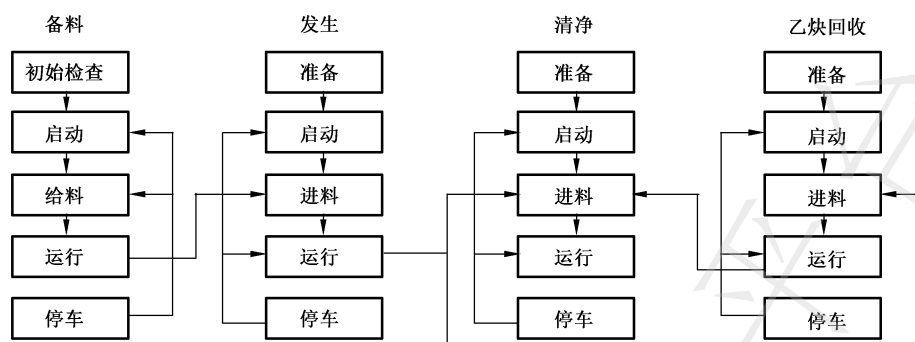


图 A.4 生产系统工艺流程

## A.5.5 高级报警管理系统建设

### A.5.5.1 报警识别

通过良好的管理实践或监管要求,识别、判定是否需要设置工艺报警,或对现有工艺报警进行变更。报警识别方法可包括以下方面:

- 国家标准要求;
- 管道及仪表流程图(P&ID)审查和工艺包审查;
- 操作程序审查;
- 过程危害分析(PHA),包括 HAZOP 和保护层分析(LOPA);
- 失效模式和影响分析(FMEA);
- 事故调查;
- 设备制造商建议。

### A.5.5.2 报警分类

工艺报警可分为三类:影响工艺生产的现场设备类报警、自控逻辑类报警、限值类报警:

- 现场设备类报警指由于现场工艺设备,如紧急截断阀、机泵、搅拌器、压缩机等自身运行状态发生异常改变而产生的报警;
- 自控逻辑类报警指由于逻辑命令启动或触发而产生相应联锁逻辑运行及逻辑运行失败信号的报警,如 ESD 逻辑命令启动、触发及失败;
- 限值类报警指在工艺或设备运行参数上设定限定值的报警,如温度、压力、流量、液位等。

注 1: 不需响应的报警,需将其设置为替代性的其他通知类型,如警告或提示,不纳入企业的报警管理。

注 2: 正常控制命令导致的工艺参数或设备运行的预期状态变化且不需要告知的信息,不能列为报警。

### A.5.5.3 报警审定

A.5.5.3.1 根据企业报警管理策略,确定现有或具有潜在需求的报警是否需要设置工艺报警。

A.5.5.3.2 报警审定过程至少包含以下内容信息,以便进行报警设置:

- 报警类型;
- 优先级排序;
- 报警设定值或逻辑条件;
- 操作人员响应方式;
- 未及时响应或响应方式不正确的后果。

A.5.5.3.3 报警审定可采用系统审查的方式进行,如通过图纸、数据库或人机界面显示等配合完成。审

定内容至少包含以下方面：

- a) 验证评估的报警是否符合企业报警策略中规定的标准；
- b) 操作人员可能采取的响应动作；
- c) 如果不采取行动或响应不及时将发生的后果；
- d) 执行命令和发生特定结果之间所需的时间。

**A.5.5.3.4** 报警审定宜考虑报警的分类、报警等级以及报警的属性，需满足以下要求：

- a) 报警不会成为报警泛滥，干扰操作人员；
- b) 报警不会与同一操作人员操作所辖的另一个报警重复。

**A.5.5.3.5** 根据过程危险与风险分析、工艺及设备的安全设计保护要求，确定需要报警的参数。

**A.5.5.3.6** 按照工艺要求、生产经验及操作人员响应时间等因素设定报警值。设定报警值时应充分考虑企业人员能力和管理情况，对发生报警后操作人员的确认时间和响应时间进行判定，结合报警的紧迫性和优先级，预留合理的响应时间。

**A.5.5.3.7** 根据生产负荷变化、生产方案调整及设备切换与维护等不同的生产工况设置不同的报警值，若生产负荷变化、设备切换等未在操作规程中描述，且无对应工况的报警值，则需办理变更手续。

**A.5.5.3.8** 根据报警后果的严重性和允许的响应时间，确认报警等级和优先级别。报警优先级别的确定参考附录 B。

#### **A.5.5.4 报警设置**

报警设置包括以下内容。

- a) 报警设置在报警识别和审定后进行，明确报警属性，并形成书面文档清单。报警属性包括报警描述、报警位号、报警设定值及逻辑条件、报警优先级、报警死区、报警延时等信息。
- b) 使用不同的可视和声响显示组合或者其他不同方式区别不同优先级的报警提示。
- c) 报警系统的设计宜符合 HG/T 20511 的要求。

#### **A.5.5.5 报警实施**

报警实施包括以下内容：

- a) 根据报警系统相关设置资料完成报警系统安装、调试和联合确认验收，确保报警系统实现规定的功能；
- b) 报警系统的性能在设计和调试期间进行评估，以确保其在所有操作条件下的可用性和有效性；
- c) 建立报警系统调试记录台账，记录调试结果。

#### **A.5.5.6 运行**

**A.5.5.6.1** 在操作规程或其他书面材料中明确报警的响应要求和响应方式，并对员工进行培训。

**A.5.5.6.2** 在发生报警时，由操作人员按照报警情况以及应对措施立刻采取行动，进行确认和响应，阻止或延缓恶性事件发生。典型的响应至少包含：

- a) 要求现场操作人员开关阀门；
- b) 控制室进行调整操作；
- c) 紧急停用处于异常工况的设备设施；
- d) 启动备用设备；
- e) 启动应急预案。

**A.5.5.6.3** 多个报警同时发生时，根据设定的报警和响应优先级别进行处理。

**A.5.5.6.4** 操作人员发现报警范围不能适应生产需要时，需及时汇报，不能随意更改报警值。

A.5.5.6.5 报警处理完毕后,企业需对报警处置过程进行记录,并对报警原因进行分析。

A.5.5.6.6 对当班未解决的报警事件进行专门记录和交班。

A.5.5.6.7 管理人员每天核查关于报警的记录信息,查看 DCS 等系统中相应的工艺报警记录,并将确认后的报警泛滥事件及时告知装置对口的设备、仪表、应急管理等人员,组织开展后续原因分析工作,以便制定针对性的措施持续改进。

#### A.5.5.7 报警性能评估

A.5.5.7.1 对报警系统性能进行定期评估。对于大型生产装置可采用报警系统评估工具,统计分析报警数据,根据报警频率、报警次数等指标,对报警性能进行评估与治理。

A.5.5.7.2 主报警数据库建立包括以下内容。

- a) 高级报警管理软件通过 OPC 通信协议读取 DCS 内部的报警信息。
- b) 高级报警管理系统的主报警数据库需保存控制系统工位号的名称、类型、描述、量程、工程量单位、报警设定值、报警位号层级归属信息、合理化分析内容等。主报警数据库实现对控制系统的所有报警进行综合管理。

A.5.5.7.3 统计分析功能包括报警产生频率、报警持续时长、报警类型、报警设备、报警泛滥、陈旧报警、间歇报警、瞬间报警、班组考评统计、优先级报警、关联报警等;通过以上功能,可正确地分析识别滋扰报警,执行恰当的报警变更管理程序,减少滋扰报警的发生。

#### A.5.5.8 报警治理

A.5.5.8.1 在选定的层或组内显示报警次数最多或报警时长最长的若干个仪表位号,根据分析结果对选定的报警进行优化,降低报警频次。

A.5.5.8.2 报警搁置区别于报警禁用,报警搁置允许暂时抑制造成干扰的滋扰报警。禁用报警是操作人员没有能力来正确评估异常情况,也不能采取纠正措施的一个重要因素。报警搁置设置原则如下:

- a) 按需求搁置报警,需设置搁置原因、搁置通知功能;
- b) 显示搁置的报警和持续时间供操作员查看;
- c) 要求搁置时间限定,它不能是无限期的;
- d) 提醒操作员重新激活报警,确保自动重新启用报警时,报警泛滥不会发生;
- e) 按角色分配搁置权限,使重要报警禁止搁置。

A.5.5.8.3 可设置多工况报警功能产生多种的报警配置,并根据当前运行状态的实时检测在状态间进行切换,减少报警泛滥,为所有的运行工况提供适当的报警设置。

#### A.5.5.9 高级报警管理系统审计

高级报警管理系统审计包括以下内容:

- a) 定期或根据请求检查 DCS 报警的设置,报告任何与报警主数据库的配置不同的变化;
- b) 检测报警系统中任何未授权的更改,检查的报警设置包括模拟变量报警限的设置、报警优先级设置、报警抑制状态等。

#### A.5.5.10 回写开关设计

报警搁置、多工况模块及报警审计要求 DCS 设计回写功能,实施原则如下:

- a) 按照报警管理系统规范要求设计并实施;
- b) 现场充分测试后择时投用;
- c) AAS 报警服务器中设置自定义变量,用于每个岗位回写功能的开关控制;
- d) 报警管理端可禁用对外回写的功能。

#### A.5.5.11 报警系统维护

报警系统维护包括以下内容：

- a) 报警管理制度中明确报警系统检验测试与维护的要求，定期进行检验测试与维护，并留有检验测试和维护记录；
- b) 与安全仪表系统相关的报警按与其相关的程序测试，维护要求宜符合 GB/T 20438(所有部分)的要求。



CCCAIA

**附 录 B**  
(资料性)  
**报警优先级别的确定**

**B.1 报警后果严重性**

后果严重性(未响应可能造成的后果)是指若操作员对某个报警不进行任何响应操作,会发生后果的危害程度。可通过 HAZOP、LOPA 等风险辨识方法,根据报警保护的事故场景确定报警的后果严重性。危害后果可分为临界、大、中或小 4 种情形:

- a) 临界,有人员伤害风险或对整个装置有严重影响;
- b) 大,有可能造成人员伤害或对整个装置造成较大影响;
- c) 中,对装置产量有显著影响;
- d) 小,会因产品不合格造成局部损失。

**B.2 报警允许的响应时间**

报警允许响应时间是指为避免异常情况导致不良后果发生,容许操作员从报警发生到完成正确响应操作之间的最长时间。允许响应时间分为以下 3 种:

- a) 立即行动(不足 5 min);
- b) 迅速(5 min~15 min);
- c) 尽快(15 min 以上)。

**B.3 报警优先级设定**

根据报警的后果严重性和允许响应时间确定的报警处置等级称为报警优先级,代表了多个报警同时出现的响应顺序,操作员需根据优先级的顺序进行报警的响应操作。按照后果严重度及允许响应时间将报警优先级分为三个等级,分别是:一级报警(紧急报警)、二级报警(重要报警)、三级报警(一般报警)。确定报警的后果严重性和允许响应时间后,按照表 B.1 确定报警的优先级别。

- a) 一级报警(紧急报警)为严重事件报警,影响公司安全运行,响应时间短,需要员工立即采取应急处理措施,否则可能造成严重后果。一级报警(紧急报警)设定数量不宜超过报警总数的 5%。
- b) 二级报警(重要报警)为重要事件报警,生产运行参数或状态发生重要变化,需要员工采取适当的措施或重点关注。重要报警设定数量不宜超过报警总数的 15%。
- c) 三级报警(一般报警)为除一级报警(紧急报警)、二级报警(重要报警)以外的报警。如果报警时间未正确处理可能对生产系统正常运行造成影响。

**表 B.1 报警优先级矩阵表**

报警允许的响应时间	后果严重性			
	临界	大	中	小
立即行动(不足 5 min)	一级报警 (紧急报警)	一级报警 (紧急报警)	二级报警 (重要报警)	三级报警 (一般报警)

表 B.1 报警优先级矩阵表（续）

报警允许的响应时间	后果严重性			
	临界	大	中	小
迅速(5 min~15 min)	二级报警 (重要报警)	二级报警 (重要报警)	三级报警 (一般报警)	三级报警 (一般报警)
尽快(15 min 以上)	二级报警 (重要报警)	三级报警 (一般报警)	三级报警 (一般报警)	三级报警 (一般报警)



CCAIA

参 考 文 献

- [1] GB/T 2422 环境试验 试验方法编写导则 术语和定义
- [2] GB/T 25486—2010 网络化制造技术术语
- [3] GB/T 37413—2019 数字化车间 术语和定义
- [4] GB/T 41255—2022 智能工厂 通用技术要求
- [5] GB/T 41260—2022 数字化车间信息安全要求
- [6] GB/T 41261—2022 过程工业报警系统管理
- [7] GB/T 41392—2022 数字化车间可靠性通用要求
- [8] DB34/T 3052—2017 智能工厂和数字车间建设 实施指南
- [9] DB37/T 4649.3—2023 智能制造 第3部分:数字化车间建设指南
- [10] T/CCSAS 012—2022 化工企业工艺报警管理实施指南
- [11] 工业控制系统网络安全防护指南(工信部网安[2014]14号)
- [12] IEC TS 62443-1-1:2009 Industrial communication networks—Network and system security—  
Part 1-1: Terminology, concepts and models



CCCAIA