

ICSxx.xxx.xx

CCS X xx

JH/CAA 003-2025

# 团 体 标 准

JH/CAA 003-2025

## 通用控制系统设计规范

Specification of Design for Universal Control System

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国自动化学会 发布

# 目 次

目 次	II
前 言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 缩略语	3
5 设计原则	4
5.1 一般规定	4
5.2 系统性能	4
5.3 系统功能	5
6 系统结构	6
6.1 功能结构	6
6.2 网络结构	6
6.3 部署方式	8
7 系统技术要求	8
7.1 控制数据中心	8
7.2 工作站	11
7.3 现场连接单元	11
7.4 网络设备	12
7.5 安装部署	12
7.6 备品备件	13
8 系统安全	13
8.1 系统防护	13
8.2 边界防护	14
8.3 安全通信	14
8.4 安全管理	14
9 工程实施	15
9.1 开工会	15
9.2 功能设计	15
9.3 组态	16
9.4 系统集成	17
10 工厂及现场测试	17
10.1 工厂验收测试/第三方设备集成验收测试（FAT/IFAT）	17
10.2 现场验收（SAT）	18
11 工程服务	18
11.1 工程技术服务	18
11.2 现场服务	18
12 维护和支持	19
12.1 应用指导和故障处理	19
12.2 运维工作	19
12.3 系统扩容	19
12.4 软件升级和操作系统补丁安装	19
参 考 文 献	20

ICS<sub>xx.xxx.xx</sub>

CCS X xx

JH/CAA 003-2025



## 前 言

本文件按照GB/T1.1—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。

本文件由中国自动化学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：



# 通用控制系统设计规范

## 1 范围

本文件规定了通用控制系统（UCS, Universal Control System）工程设计的要求。

本文件适用于石化、化工、煤化工、油气、医药等流程行业的新建、扩建和改建工程通用控制系统的工程设计。

## 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 16895.18-2010 建筑物电气装置 第5-51部分：电气设备的选择和安装 通用规则

GB/T 16895.21-2020 低压电气装置 第4-41部分：安全防护 电击防护

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验（idt IEC 61000-4-2）

GB/T 17626.3-2023 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验（idt IEC 61000-4-3）

GB/T 17626.4-2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（idt IEC 61000-4-4）

GB/T 17626.8-2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验（idt IEC 61000-4-8）

GB/T 20984-2022 信息安全技术 信息安全风险评估方法

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 41783-2022 模块化数据中心通用规范

SH/T 3006-2024 石油化工控制室设计规范

SH/T 3081-2019 石油化工仪表接地设计规范

SH/T 3082-2019 石油化工仪表供电设计规范

SH/T 3164-2021 石油化工仪表系统防雷设计规范

IEC 61131-3:2013 可编程控制器 第3部分：编程语言（Programmable controllers-Part 3: Programming languages）

IEC 60079-14: 2024 爆炸性环境-第14部分：电气安装设计、设备选择和安装 包括初步检查（Explosive atmospheres - Part 14: Electrical installation design, selection and installation of equipment, including initial inspection）

IEC TS 60079-47: 2021 爆炸性环境-第47部分：2线本质安全以太网概念的设备保护（Explosive atmospheres - Part 47: Equipment protection by 2-wire intrinsically safe Ethernet concept (2-WISE)）

IEC TS 63444: 2023 工业网络-APL端口配置文件规范（Industrial networks-Ethernet-APL port profile specification）

IEEE 802.3cg-2019 IEEE以太网标准-修订5：10BASE-T1x标准（IEEE Standard for Ethernet - Amendment 5: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors）

ISA-71.04 过程测量和控制系统的的环境条件：空气污染物（Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems: Airborne Contaminants）

ISA-88.00.01-2010 批量控制-第1部分：模型和术语 (Batch Control Part 1: Models and Terminology)

ISA-101.01-2015 人机界面设计标准 (Human machine interfaces for process automation systems)

### 3 术语和定义

#### 3.1

##### **通用控制系统 Universal Control System**

通用控制系统是基于软硬件解耦、跨平台运行、网络化部署的工业控制系统，其核心特征是控制软件模块化、硬件平台通用化和 I/O 网络化。

#### 3.2

##### **控制数据中心 Control Data Center**

控制数据中心是用于集中部署、管理和运行工业控制系统相关控制服务的数据中心，结合了传统 IT 数据中心的计算、存储和网络能力，同时具备对工业现场的实时控制、监控、报警等能力。

#### 3.3

##### **控制器服务 Controller Service**

控制器服务是能够在服务器环境中提供控制功能的软件服务，具有运行复杂算法的能力，及与 I/O、HMI 和其他系统通信的能力。

#### 3.4

##### **控制服务 Control Service**

控制服务是将工业控制功能以软件服务形式提供的一种实现方式，可以将控制系统软件封装为可独立部署和调用的软件服务，支持动态调度，例如：监控服务、组态服务、控制器服务等。

#### 3.5

##### **服务器集群 Server Cluster**

服务器集群是一种将多台服务器通过网络连接在一起，协同工作以实现高可用性、高性能、可扩展性的系统架构。

#### 3.6

##### **以太网高级物理层协议 Ethernet-APL**

Ethernet-APL 简称 APL，是基于 IEEE 802.3cg 10BASE-T1L (IEEE 802.3cg-2019) 标准制定的一种以太网物理层协议规范。Ethernet-APL 采用 2 线制线缆将现场 APL 设备连接到控制网络，支持包括本安在内的各类防爆保护措施。

#### 3.7

##### **现场连接网 Field Connectivity Network**

现场连接网是指工业现场中用于连接各种传感器、执行器和控制数据中心的通信网络系统，它是构建工业自动化系统的底层数据通道，实现设备之间的实时数据采集、控制信号下发和状态反馈。

### 3.8

#### **过程控制网 Process Control Network**

过程控制网是指用于连接控制数据中心、操作员站及工程师站的工业网络，是实现生产过程控制与调度指令传输的中枢网络。

### 3.9

#### **服务数据网 Service Data Network**

服务数据网是在通用控制系统架构中，用于连接控制数据中心与外部网络，实现高级应用访问、外部数据交互、时钟同步、网络安全管理、备份恢复的通信网络。

### 3.10

#### **智能接线箱 Smart Junction Box**

智能接线箱是用于将现场仪表和设备（如传感器、执行器等）连接到控制系统的物理接口，其具备 I/O 处理能力，可配置灵活，能够减少现场接线的复杂性。

### 3.11

#### **主控服务器 Primary Server**

主控服务器负责服务器集群管理、控制服务部署与更新、用户权限管理以及系统状态监控，确保通用控制系统的高效运行和实时控制任务优先执行。

### 3.12

#### **节点服务器 Node Server**

节点服务器是用于运行各类控制服务（如控制器服务、监控服务等）的服务器单元，负责执行具体的实时控制任务和数据处理功能，具有动态扩展的能力。

### 3.13

#### **工作站 Workstation**

工作站是指通用控制系统中为操作人员和工程师提供人机交互界面的终端设备，具备监控、组态和维护功能，支持固定或移动部署方式。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

- APL: 高级物理层 (Advanced Physical Layer)
- FAT: 工厂验收 (Factory Acceptance Test)
- I/O: 输入/输出 (Input/Output)
- IPv6: 互联网协议第 6 版 (Internet Protocol Version 6)

- SAT: 现场验收 (Site Acceptance Test)
- SDK: 软件开发套件 (Software Development Kit)
- UCS: 通用控制系统 (Universal Control System)

## 5 设计原则

### 5.1 一般规定

通用控制系统设计的一般规定如下:

- 通用控制系统应能实现石化、化工、煤化工、油气、医药等工艺装置、公用工程单元及储运单元等过程的连续控制、批量控制、开关控制、监视控制等类型的基础控制功能。
- 通用控制系统应能实现工艺过程的控制、操作、报警、事件记录、数据存储等基础功能,并可在同一系统中按需安装生产运行相关的高级应用服务,如:智能设备管理服务,高级报警服务和人工智能应用等。
- 通用控制系统应能实现与其他控制设备或系统的数据通信、显示、报警、数据应用等功能。
- 通用控制系统应能通过网络将过程控制层及数据服务层的各类设备构成统一的整体,应能实现全系统的控制、检测、操作、数据处理、数据存储、数据通信等信息集成,应无硬件、软件或功能限制。
- 通用控制系统的现场连接单元、服务器、工作站、交换机的机械性能、环境适应性和电磁兼容性应通过中国国家强制性产品认证 CCC。

### 5.2 系统性能

#### 5.2.1 可靠性

通用控制系统的可靠性应满足如下要求:

- 过程控制层的现场连接单元的单部件或设备平均失效时间 (MTTF) 应不小于 150,000 小时,控制数据中心服务器的平均失效时间 (MTTF) 应不小于 80,000 小时。
- 系统的总失效率  $\lambda(h)$  应小于  $1 \times 10^{-6}$ 。

#### 5.2.2 可用性

通用控制系统的可用性应满足如下要求:

- 过程控制层相关的单个部件或设备的平均修复时间 (MTTR) 应小于 1 小时,平均修复时间 (MTTR) 不包括场外部件获得时间。
- 通用控制系统的供电单元、通信单元和存储单元均应采用冗余结构,具备自身可靠性诊断功能。
- 服务器集群具有冗余功能,任一节点服务器应支持在系统正常运行情况下在线更换。
- 控制器服务、组态服务、监控服务、用户管理服务应支持冗余部署。

#### 5.2.3 系统兼容性

通用控制系统的兼容性应满足如下要求:

- 软件维护版本和补充版本与硬件的兼容时间应与设备运行寿命一致。
- 通用控制系统的硬件和软件的维护时间应不少于 15 年。
- 不同版本之间应具备替换的兼容性。

#### 5.2.4 电磁兼容性

通用控制系统的现场连接单元的抗扰度应不低于表 1 中的要求，并应具备在干扰源消失后自动恢复功能的能力。

表1 电磁兼容性要求

抗扰度试验项目	试验端口	抗扰度试验值	抗干扰能力分级	试验标准
静电放电	外壳	接触放电 6 kV，空气放电 8 kV	B 级	GB/T 17626.2
射频电磁场辐射	外壳，信号端口，电源端口	10 V/m @80 Hz 以上	A 级	GB/T 17626.3
电快速瞬变脉冲群	信号端口，电源端口	电源端 2 kV，信号端 1 kV	B 级	GB/T 17626.4
工频磁场	外壳	30 A/m	A 级	GB/T 17626.8

### 5.2.5 完整性

对于需要接入通用控制系统的标准信号，不应额外增加外接功能设备或仪表取代通用控制系统本身已有的控制、显示、报警、计算和管理等功能，所有相关功能均应在通用控制系统内部实现。

### 5.3 系统功能

- a) 通用控制系统应能满足装置常规过程控制的功能及速度要求，应能满足过程变量检测的需要。
- b) 通用控制系统应具有连续控制、间歇控制、批量控制、逻辑控制等控制功能。
- c) 通用控制系统应支持 IEC 61131-3、C/C++和 Python 编程语言，宜支持 AI 辅助编程。
- d) 通用控制系统应有数据存储的功能，可将各种工艺变量、系统参数、操作模式、设备运行状态、控制回路状态等数据按需要存入存储设备，并可根据需要调用。
- e) 通用控制系统的报警和事件记录应具备以下功能：
  - 1) 通用控制系统应具备对过程变量报警任意分级、分区、分组的功能。
  - 2) 系统应按报警发生顺序自动记录并标注所有的报警发生时间。
  - 3) 系统应按顺序和时间标记自动记录对设定值改变、报警确认等操作事件。
  - 4) 系统应对过程变量报警和系统故障报警有明显区别。
  - 5) 系统应能记录和输出报警信息。
- f) 通用控制系统状态监测及故障诊断应包含以下几方面：
  - 1) 通用控制系统应具有硬件、软件、网络的状态监测和故障诊断功能，应自动记录故障并发出报警。
  - 2) 硬件状态监测和故障诊断包括过程控制层的电源、通用 I/O 系统、APL 模块，控制数据中心和 workstation。
  - 3) 软件诊断包括各个控制服务的健康状态诊断。
  - 4) 网络诊断包括现场连接网、过程控制网、服务数据网的通信诊断。
- g) 通用控制系统应支持集中的用户及权限管理、硬件资源管理、软件应用管理。
- h) 通用控制系统应支持系统自动化部署及运维管理。
- i) 通用控制系统应具备在线或离线组态和调试的功能，应具备组态回滚功能，宜具备快速生成控制器服务副本的功能。
- j) 通用控制系统应能定期备份软、硬件组态数据、PID 控制参数、历史数据、工艺变量、系统参数、操作模式、设备运行状态、控制回路状态等数据，宜具备快速数据恢复功能，应支持手动、自动备份到远程物理地址。
- k) 通用控制系统时钟同步系统设置应遵循以下原则：

- 1) 通用控制系统内部应具备准确、稳定、可靠的时钟及时钟同步功能，应使系统网络中各个节点的时钟保持一致。
- 2) 通用控制系统正常运行不应依赖时钟服务器或外部时钟，需要时间标记的单元应具备内部时钟，其功能不应受到外部时钟信号变化的影响。
- 3) 与工艺运行过程相关的第三方应用计算机或网络的同步信号应由时钟同步服务器或通用控制系统发布。
- 4) 用于通用控制系统的时钟同步服务器不应与工艺运行过程无关的第三方计算机或网络（包括工厂信息网）进行连接或共享。
- 5) 时钟同步服务器应内置时钟源，授时精度应不低于 1 ms，守时精度应不低于 10 ns/s。
- 6) 当时钟同步服务器需要外部时钟校正源时，宜采用北斗卫星。
- 7) 时钟同步基准时间应采用 UTC 时间，并应采用广播或点播形式向各端口发送授时数据。
- 8) 通用控制系统网络宜直接与时钟同步服务器授时端口连接，时钟同步服务器各数据授时端口之间应相互隔离，各端口之间应没有数据交换；当采用路由器或交换机拓展时钟同步服务器数据端口数量时，不同的第三方应用计算机或网络之间应采用防火墙或安全网关进行隔离。

## 6 系统结构

### 6.1 功能结构

#### 6.1.1 过程控制层

通用控制系统的过程控制层应实现对过程的控制、过程变量的采集和传输、系统的运算、控制、实时数据存储和传输，包括现场连接单元、控制数据中心和工作站。

- a) 过程变量应通过现场连接单元接入，其接入方式包括：
  - 1) 应支持通过带网络接口的 I/O 模块接入常规仪表。
  - 2) 应支持 APL 等仪表的接入。
  - 3) 宜支持通过网关接入现场总线仪表或无线仪表。
  - 4) 宜支持接入其他系统或设备。
- b) 控制数据中心应能承载通用控制系统所有服务，包括控制器服务、监控服务、组态服务、报警与事件服务、历史记录服务、智能设备管理服务。
- c) 工作站应为工程师、操作员提供操作通用控制系统的接口。

#### 6.1.2 数据服务层

数据服务层包含为通用控制系统提供辅助服务的设备及应用或者通用控制系统为外部系统提供的数据服务。时钟同步服务器、备份恢复服务、第三方入侵检测设备安全服务设备等应位于数据服务层。

### 6.2 网络结构

通用控制系统网络结构如图1所示。

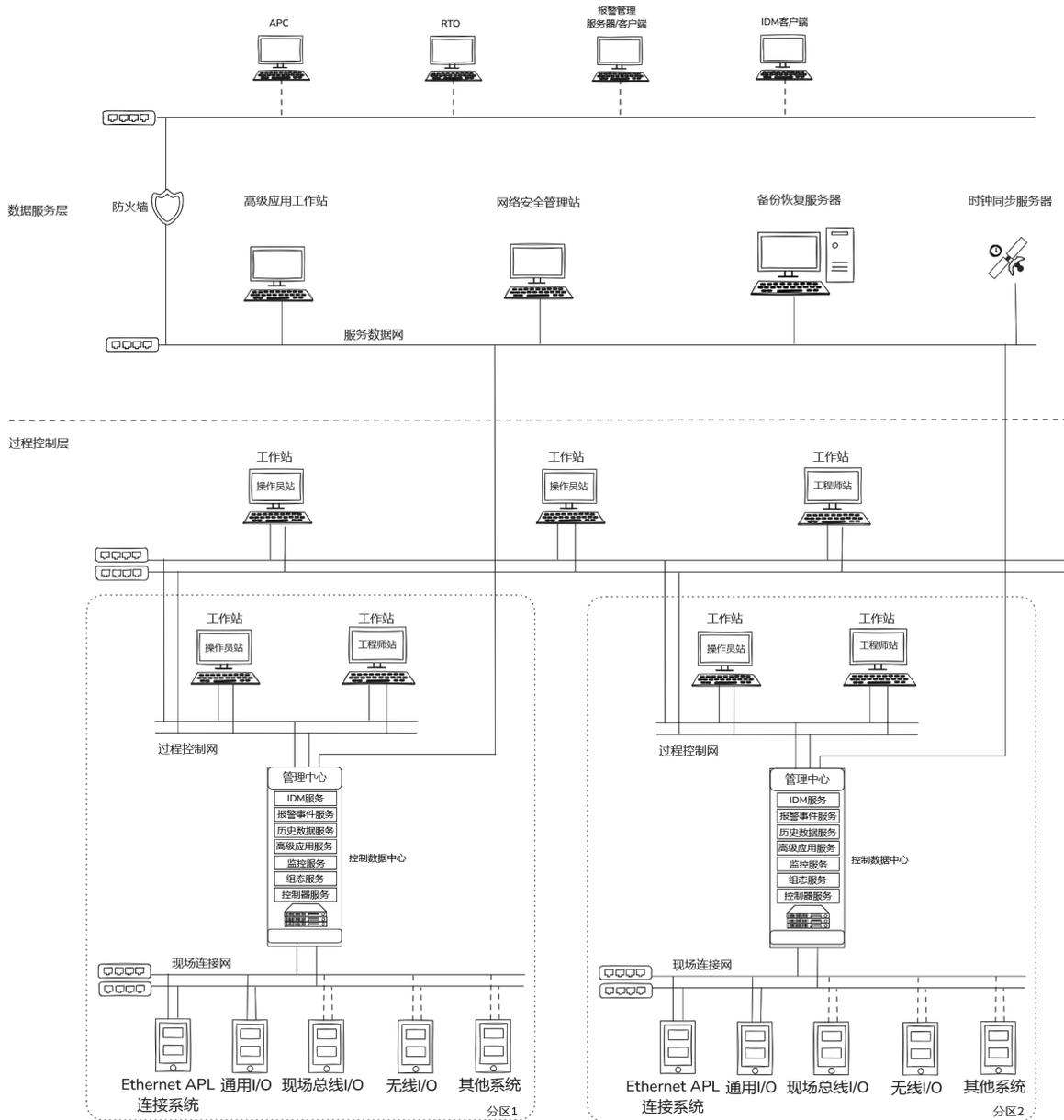


图 1 网络结构

### 6.2.1 现场连接网

现场连接网是现场连接单元接入通用控制系统的网络，其设置应遵循以下原则：

- a) 现场连接网宜独立设置。
- b) 与其他控制系统通信时宜采用 VLAN、防火墙进行隔离。
- c) 现场连接网应采取冗余设置，互为冗余的主干光缆宜采取地空等分开铺设方式。在特定高可靠性要求场景，宜部署 5G 专网作为异构备用网络。

### 6.2.2 过程控制网

过程控制网用于传输通用控制系统的过程测量数据、控制数据、组态数据、仪表设备状态等信息。过程控制网设置应遵循以下原则：

- a) 过程控制网宜独立设置，并且宜与其他控制系统网络相互隔离，不应与其他非控制系统共用交换机、网卡等网络设备。

- b) 过程控制网应采用冗余配置，冗余网络不应共用交换机、网卡等网络设备。
- c) 与通用控制系统功能无关的第三方设备或网络不应接入过程控制网。

### 6.2.3 服务数据网

服务数据网用于通用控制系统与外部网络的数据交互，服务数据网设置应遵循以下原则：

- a) 服务数据网不应直接与过程控制网、现场连接网连接。
- b) 工厂信息网等外部网络不应与服务数据网直接连接，应通过安全网关或防火墙连接。

### 6.3 部署方式

系统部署方式如下：

- a) 按照工艺需求，通用控制系统可单集群或多集群部署。单个集群内服务器应支持集中部署和分布式部署。
- b) 现场连接单元应支持机柜间集中部署和智能接线箱现场部署。
- c) 控制数据中心宜安装在机柜间，且支持一体式机柜安装部署。
- d) 工作站应支持固定、移动部署。

## 7 系统技术要求

### 7.1 控制数据中心

控制数据中心主要由主控服务器和节点服务器构成。主控服务器用于运行管理中心服务，节点服务器用于运行控制服务的服务器集群。

#### 7.1.1 管理中心服务

管理中心应包括服务器集群管理、控制服务部署及更新、授权管理等功能，并提供包括总体运行情况、业务运行日志、异常事件报警等的状态监控。

- a) 用户管理功能应对用户进行分级管理，不同等级的用户可执行不同的操作。
- b) 硬件管理功能应对主机及服务器集群管理，并对硬件指标进行监控。
- c) 报警管理应提供硬件和控制服务状态报警。
- d) 配置管理应对系统的服务、授权、项目进行统一管理。
- e) 为确保关键实时控制任务的高效可用，系统应保证实时控制任务的高优先级执行。
- f) 应支持系统网络的配置和诊断管理。

#### 7.1.2 控制器服务

控制器服务应支持控制策略组态及诊断，支持多种控制功能，并能根据负荷自动扩展控制器服务。

- a) 除了常规 PID 控制外，控制器服务还应具备比值控制、超驰控制、前馈控制、批量处理、顺序控制、分程控制、范围控制、动态控制、逻辑运算、数值计算等控制功能和计算功能。
- b) 多周期调度：支持多周期调度，满足不同控制速率需求。控制器服务应具备控制周期为 10 ms 的快速回路控制功能。
- c) 控制器服务应具备 PID 参数自整定功能，并宜支持控制的自主调节功能。
- d) 控制器服务应支持冗余及容错，当控制器服务发生错误时应能自动切换且不能影响到控制任务的执行，切换的时间应保证所有控制模块均能在单控制周期内完成切换。
- e) 当工作的主控制器服务和备用控制器服务的运算结果不一致时，各控制器服务的自诊断功能及切换控制模块应具备判断错误位置和选择控制器的能力。

- f) 冗余的控制器服务都应处理输入数据，同时执行控制运算，由主控制器服务负责最终控制任务的输出。
- g) 控制器服务可支持 C/C++、Python 等编程语言运行，并能运行机器学习功能块。
- h) 控制器服务应按装置或控制区域划分。
- i) 一对控制器服务接入的 I/O 数量应不大于 5000 点。

### 7.1.3 组态服务

组态服务应能对所有组态项目进行集中管理，并支持组态版本管理、组态的备份与恢复等，组态功能应满足以下要求：

- a) 支持工厂模型组态功能，宜遵循 ISA-88.00.01-2010 对工厂物理模型的规定。
- b) 支持组态的操作权限管理。
- c) 支持多个工程的管理，包括工程版本管理、导入导出等。
- d) 支持用户管理，包括角色及其权限管理。
- e) 支持报警和事件的组态。
- f) 支持控制策略组态及模板资源库的管理。
- g) 支持画面、面板、图符的组态。
- h) 具备控制策略及画面等组态的发布和调试工具，支持 C/C++及 Python 编程语言。
- i) 当有新的组态用户加入时，应支持自动扩展新组态服务能力，无需新安装组态软件。
- j) 支持不少于 20 人同时组态。

### 7.1.4 监控服务

监控服务的显示画面设计需遵循 ISA 101.01 的分级要求，分为 L1~L4 级。

- a) 操作员站的监控画面应能显示下列标准画面。
  - 1) 总貌；
  - 2) 分组；
  - 3) 操作回路；
  - 4) 报警列表；
  - 5) 实时趋势；
  - 6) 历史趋势；
  - 7) 操作事件记录；
  - 8) 系统状态和概貌；
  - 9) 诊断信息；
  - 10) 控制点或检测点细节；
  - 11) 流程图。
- b) 监控服务宜支持远程监控服务功能。
- c) 监控服务应采用单点登录，以确保账户安全和系统访问及操作的唯一性。

### 7.1.5 报警及事件服务

报警及事件服务应具备以下功能：

- a) 应具有完善的独立报警功能，对过程变量报警和系统故障报警应有明显区别。
- b) 能对过程变量报警任意分级、分区、分组，应能自动记录和打印报警信息，记录报警时间分辨率应精确到 20 ms。
- c) 有对报警记录分类、过滤、筛选、统计和检索的功能。
- d) 应无对报警记录的删除和修改功能。

- e) 报警功能不应依赖于其他报警管理设备或软件。
- f) 应支持与第三方高级报警管理软件的数据交互。

#### 7.1.6 历史数据服务

历史数据记录服务用于存储和管理过程数据、报警记录和事件记录。其应支持高并发、高可靠性的数据存储和查询，确保系统的数据可用性。历史数据应支持自动备份功能，并支持备份到远程的存储空间。历史数据记录服务应具备以下特性：

- a) 装置或操作分区的操作员站均应能随时调用相应的历史趋势和数据。
- b) 数据存储单元的存储能力应满足以下要求：存储变量的数量不少于所有 I/O 点数的 20 倍。
- c) 模拟量类型数据存储的最小间隔周期不大于 500 ms。每一变量存储的数据量不少于 200,000 字节。存储时间不少于 1 年。

#### 7.1.7 智能设备管理服务

智能设备管理服务的功能应包括智能仪表设备组态、状态监测及诊断、校验管理和自动文档记录管理等功能。

- a) 智能设备管理系统应能自动读取系统连接的所有智能设备中的有效数据，应能自动完成系统的数据存储和管理，应能自动显示系统及设备的连接状态和诊断信息。
- b) 智能设备管理服务应完全兼容标准智能设备的通信和数据交换。
- c) 智能设备管理服务应使用标准化的数据库和文件，并可采用标准化的设备描述文件。
- d) 智能设备管理服务对连接的设备应具有诊断功能，应具有异常状态报警功能。
- e) 智能设备管理服务应能识别信号线路的故障，并发出报警。

#### 7.1.8 第三方高级应用服务

第三方高级应用服务应具备以下功能：

- a) 通用控制系统应支持第三方开发的高级应用服务，如储运管理、油品调和、物料平衡计算等。
- b) 通用控制系统应提供标准的数据定义、数据接口、软件开发的 SDK。
- c) 第三方应用应符合通用控制系统的资源配置、网络连接和数据交换要求，并通过通用控制系统的兼容性测试。

#### 7.1.9 人工智能应用

通用控制系统宜支持人工智能应用，包括大语言模型、机器学习、机器视觉等，如生成符合 IEC 61131-3 编程代码、系统知识智能问答、回路智能控制、视觉智能检测分析等。

- a) 人工智能应用的算法模型应采用私有化本地部署，保证数据安全性。
- b) 对于非确定性的人工智能推理结果，不应直接控制现场设备。

#### 7.1.10 机柜安装

通用控制系统控制数据中心应采用一体式模块化机柜安装，机柜应符合以下功能及指标要求：

- a) 一体式功能：机柜的网络、供电、环境管理需满足一体式要求，从而简化安装、部署及维护；
- b) 标准化结构：模块化机柜结构设计应符合 GB/T 41783-2022，模块化服务器机柜尺寸可分两种：
  - 1) 600 mm 宽×1200 mm 深×2100 mm 高；
  - 2) 800 mm 宽×1200 mm 深×2100 mm 高。
- c) 模块化服务器机柜可划分 42U，按照电源、交换机、服务器集群、空调的顺序排列。
- b) 应符合 GB/T 41783-2022 中关于 EMC 要求。

- c) 应具有动态保护功能：当服务器（机柜）温度超过报警值，应能自动报警。
- d) 应具有紧急降温功能：当空调失效时，系统柜门应自动打开，并启动排风扇散热，保证系统散热。
- e) 柜内温湿度控制应保证柜内设备在温度 10℃~35℃、湿度 30%~70% RH 的环境中运行，避免冷凝或静电。
- f) 为保证柜内防尘与洁净度，机柜应配备空气过滤系统。
- g) 应支持远程监控，支持阈值报警功能（如温度>40℃触发通知等）。

## 7.2 工作站

工作站应具备以下功能：

- a) 工作站应根据登录的用户权限角色具备操作员站或者工程师站功能。工作站宜采用通用的、兼容的、非专用机型，其硬件配置应能充分满足功能要求并留有余地。
- b) 操作员站作为对生产过程的监控和操作的接口，应提供多种显示界面，包括总貌、分组、操作回路、报警列表、实时趋势、历史趋势、操作事件记录、系统状态和概貌、诊断信息、控制点或检测点细节、流程图等。
  - 1) 操作员站应具有独立的报警功能，对过程变量报警和系统故障报警应有明显区别。
  - 2) 操作员站应能对过程变量报警任意分级、分区、分组，并能自动记录和打印报警信息。
- c) 工程师站作为系统管理和组态维护的接口，应具备系统测试与诊断、硬件组态和功能定义、控制软件组态与下装等功能。
  - 1) 组态管理：组态应用程序应具备系统结构定义组态、数据库组态、控制回路组态、编制程序、画面绘制、过程变量的零点和量程及报警限设定、实时和历史数据库组态、报表组态等功能。
  - 2) 工程师站可以根据需求配置高级应用，如智能仪表管理系统。

## 7.3 现场连接单元

通用控制系统应支持通过网络连接，以 APL 连接系统、通用 I/O 系统的方式接入现场设备。通用控制系统应支持常规 I/O 系统的方式接入现场设备。通用控制系统应支持网关方式接入第三方系统。

### 7.3.1 APL 连接系统

APL 连接系统应符合 IEC TS 60079-47、IEC TS 63444 和 IEEE 802.3cg 要求。

#### 7.3.1.1 智能接线箱接入式

如果现场采用智能接线箱接入，应满足以下要求：

- a) APL 仪表应通过 APL 智能接线箱接入，经光纤直连或光纤汇聚后连接至控制数据中心。
- b) 智能接线箱与仪表连接时，单箱体最大接入点数应不大于 96 个。
- c) APL 分支线缆长度（现场交换机至仪表）应不大于 200 m。
- d) 光纤传输距离应根据光纤类型及信号完整性要求确定，避免因衰减导致通信失效。
- e) 电源需为箱内 APL 现场交换机及连接仪表供电。
- f) APL 仪表屏蔽层线缆应独立连接至保护地。
- g) 智能接线箱内信号电缆的屏蔽层接地端子应与工作地（E）接地条可靠连接。

#### 7.3.1.2 现场交换机直连式

如果现场采用现场交换机直连接入，应满足以下要求：

- a) APL 仪表应通过 APL 现场交换机接入，经 APL 电源交换机连接至控制数据中心。

- b) APL 主干应采用冗余配置，单对冗余主干最多连接 4 台现场交换机。
- c) 主干长度调整：
  - 1) 单台现场交换机时，主干长度宜 < 700 m；
  - 2) 两台现场交换机时，主干长度宜 < 300 m。
- d) APL 电源交换机应通过主干为现场交换机及仪表供电，不应额外配备电源。
- e) 主干电缆屏蔽层宜在电源交换机侧直接接地，在现场交换机侧通过电容（已集成在交换机上）接地。

### 7.3.1.3 接入信号类型

APL 连接系统需满足常规的温度、压力、流量、物位、阀门定位器等的 APL 信号的接入要求，能提供 Ethernet-APL 仪表的信号宜通过 APL 接入通用控制系统。

- a) APL 连接系统宜采用 HART-IP、PROFINET 或 MODBUS TCP 协议和通用控制系统通讯，并支持混接方式。
- b) 现场交换机直连时，需独立供电的 APL 仪表可设置独立配电箱。

### 7.3.1.4 附加功能

APL 连接系统应具备以下附加功能：

- a) 应配置专用工具软件支持建设期调试。
- b) 应提供与常规 I/O 兼容的信号转换模块。

### 7.3.2 通用 I/O 系统

通用 I/O 系统功能和应用应满足以下要求：

- a) 通用 I/O 系统的 I/O 通道可组态为 AI、AO、DI、DO、PI 等类型。
- b) 用于室外安装的通用 I/O 模件应配备适应环境的防护箱，应具备适应当地极端环境条件的性能，应满足 ISA 71.04 中的 G3 等级防腐蚀要求。
- c) 安装在室外的通用 I/O 模件宜装在单独的机箱，不宜与非仪表设备混装。
- d) 通用 I/O 模件宜采用冗余通信方式。
- e) 通用 I/O 模件应支持冗余配置。
- f) 通用 I/O 系统应支持冗余供电。

### 7.3.3 MCC 连接系统

电气信号宜使用常规 I/O 系统、通用 I/O 系统或常规通信模块的方式接入通用控制系统。

## 7.4 网络设备

通用控制系统网络设备包括服务数据交换机、过程控制交换机、现场连接交换机，网络设备作为通用控制系统的关键组件，要求如下：

- a) 过程控制交换机具备安全自愈功能，应支持链路聚合冗余模式。
- b) 过程控制交换机应具有自组网功能。
- c) 过程控制交换机连接服务器的接口速率应不小于 10 Gbps，级联接口应不小于 25 Gbps。
- d) 现场连接交换机应支持大规模组网能力，支持 IPv6、IPv4。
- e) 现场连接交换机应冗余配置。
- f) 服务数据交换机连接服务器的接口速率应不小于 1 Gbps。

## 7.5 安装部署

### 7.5.1 环境要求

通用控制系统的环境和防爆应满足以下要求：

- a) 通用控制系统设备的选择和安装应根据设备所在的环境条件，并应符合 GB/T 16895.18-2010 表 51A 中的要求和 SH/T 3006 的规定。
- b) 控制数据中心安装条件：安装在室内的通用控制系统部件应能在环境温度 0℃~50℃和相对湿度 10%~90%的条件下正常工作。控制数据中心部署方式、环境及要求符合 GB/T 41783-2022。
- c) 现场连接单元的设备应满足 ISA 71.04 中的 G3 等级防腐蚀要求。
- d) 室外安装现场连接单元的设备应满足工业环境的温湿度及防护等级要求。
- e) 安装在爆炸危险区的设备应取得防爆合格证，符合爆炸危险区的相关要求。
- f) 现场交换机及现场接线箱应支持本安型或隔爆型仪表接入，但同一交换机不得混接两类仪表。
- g) 用于室外的现场连接单元不宜安装在爆炸危险环境 0 区或 1 区；安装在爆炸危险环境 2 区的现场连接单元与智能接线箱应取得整体防爆认证。

### 7.5.2 接地系统

通用控制系统的接地应满足以下要求：

- a) 一体式控制数据中心的接地应符合 GB/T 41783-2022 的规定。
- b) 常规 I/O 及通用 I/O 的接入方式的设备接地应符合 SH/T 3081 的规定。

### 7.5.3 供电系统

控制数据中心机柜供电设计应满足以下要求：

- a) 整体设计要求：通用控制系统的供电设计应符合 SH/T 3082 的规定。
- b) 控制数据中心内部的电源分配单元 (PDU) 应支持故障报警功能，并应将报警信号接入到通用控制系统中。
- c) 电源分配单元 (PDU) 内的各交流用电设备应分别设置保护器件。
- d) 机柜内部非安全电压设备和器件应带有明显的警示标识。

## 7.6 备品备件

系统供货商应保证系统所需的备品备件15年的供应期。

## 8 系统安全

通用控制系统应遵循 GB/T 22239-2019 的“一个中心三重防护”的安全架构，建立全面的安全保障体系。

### 8.1 系统防护

通用控制系统的系统防护应满足以下要求：

- a) 通用控制系统应支持用户统一身份认证与访问控制，提供多因子身份鉴别功能，应能根据用户或设备的不同身份赋予不同的权限，防止非授权使用网络信息资源，并应根据访问权限，限制用户或设备对系统的访问。
- b) 通用控制系统应限制用户登录密码输入错误次数，提供用户登录密码复杂度要求，登录会话超时注销、用户登录密码使用有效期限制、最大访问会话数等功能。
- c) 通用控制系统在上线使用前应经过安全性检测，避免设备固件和软件中存在恶意代码、中高危系统漏洞。

- d) 通用控制系统在升级或更新代码库、补丁文件、病毒库前应进行可信来源验证，并进行与通用控制系统兼容测试，确定无害、无妨后方可部署安装。
- e) 通用控制系统应提供数据分类分级能力，根据数据类型、数据级别等数据属性，为不同的人员、设备、进程，设置不同的数据访问权限控制。对于系统重要数据访问，宜采用多因子认证方式验证用户身份。
- f) 通用控制系统应基于密码技术对系统重要数据（如用户身份信息、安全基线策略、系统配置、组态程序、工艺参数等）提供机密性及完整性保护能力，所采用的密码技术应满足国家密码管理法律法规的。
- g) 通用控制系统应设置数据备份服务器，可对系统关键数据（如控制组态数据、系统平台配置等）、系统运行历史数据（如控制历史数据、操作日志、运行日志）进行手动和自动备份。
- h) 通用控制系统应提供文件白名单执行控制、文件病毒查杀、设备安全基线检测等终端恶意代码防护机制，确保工作站的安全性，才可接入通用控制系统。
- i) 通用控制系统应遵循最小安装原则，仅安装完成通用控制系统功能所需的组件和应用程序，不应安装与系统功能和安全防护功能无关的第三方软件。
- j) 通用控制系统的外部数据接口均应设置操作访问权限措施，未经授权的用户不应使用移动存储设备。

## 8.2 边界防护

通用控制系统的边界防护应满足以下要求：

- a) 通用控制系统应在采用基于 TCP/IP 协议的通信时（如 OPC UA, MODBUS TCP 等），应设置网闸、安全网关或防火墙等网络访问控制设备，在默认情况下拒绝所有网络通信流量，仅允许满足最小业务需求。
- b) 通用控制系统应在现场连接网、过程控制网、服务数据网的网络边界上，设置网络审计和入侵检测设备，及时发现网络异常流量及入侵行为。
- c) 通用控制系统应建立独立的安全运维网络分区，与现场连接网、过程控制网、数据服务网隔离。
- d) 通用控制系统应提供与系统的无线连接的授权、监视以及执行使用限制的能力。

## 8.3 安全通信

通用控制系统的安全通信应满足以下要求：

- a) 通用控制系统控制数据中心应基于密码技术提供通讯身份认证、通讯数据加密及完整性保护能力，所采用的密码技术应满足国家密码管理法律法规的。
- b) 通用控制系统应提供在 DoS 事件中系统在降级模式下可运行的能力，如限制通讯速率、用户访问能力、进程的存储空间大小等，防止运行资源的耗尽。
- c) 通用控制系统应提供通信线路、网络设备和服务器的硬件冗余，保证系统的可用性。
- d) 通用控制系统应保证网络设备的业务处理能力满足业务高峰期需要；应保证网络各个部分的带宽满足业务高峰期需要。
- e) 应支持现场连接网中设备的接入认证。

## 8.4 安全管理

通用控制系统的安全管理应满足以下要求：

- a) 通用控制系统安全管理系统应识别关键业务链所依赖的资产，建立关键业务链相关的网络、系统、数据、服务和其他类资产的资产清单；基于资产类别、资产重要性和支撑业务的重要性，明确资产防护的优先级。

- b) 通用控制系统安全管理系统应对系统攻击面进行管理，按照 GB/T 20984-2022 的风险评估标准，开展关键业务链安全风险分析，如系统漏洞、资产安全基线、网络攻击面等，对应系统攻击面进行跟踪、分析、处置。
- c) 通用控制系统安全管理系统应采取安全审计措施，监测、记录系统运行状态、日常操作、故障维护、远程运维等，对通用控制系统中异常事件进行报警，如异常访问行为、异常操作、网络攻击流量、网络冗余异常状态等，留存相关安全审计数据不少于 6 个月。
- d) 通用控制系统应集中管理资产各类安全相关日志，具备对资产上传/采集的各类安全相关日志、流量、运行状态等信息进行数据处理分析的能力；支持对事件进行关联分析；可结合威胁情报信息关联提供安全事件分析确认，提供针对高级威胁分析其完整攻击链的能力。
- e) 通用控制系统安全管理系统宜实时分析系统安全态势，对系统各类资产进行运行环境健康监控、网络安全监控、报警等，监控所防护的资产安全状况与统计信息，如资产配置、受攻击状况、漏洞等，确保各类安全设备、安全防护措施处于有效工作状态。
- f) 通用控制系统安全管理系统宜开展安全编排与自动化响应，通过与外部工单系统联动能力，进行工单化的安全事件处置响应；宜通过可视化的剧本编辑器进行自动化剧本维护，确保与安全设备、威胁情报、防护措施具有备自动化响应、联动处置的能力。

## 9 工程实施

### 9.1 开工会

系统开工会是项目实施的起点，旨在明确项目的范围、目标、技术要求和实施计划，应至少包括以下内容：

- a) 确定通用控制系统的网络架构、硬件和软件配置、控制室及现场环境要求，包括网络节点、物理分布、设备型号、规格、数量、异构系统通讯需求、信息安全要求、控制室及现场环境参数、趋势数据存储时限等。
- b) 明确项目的进度计划，包括各个阶段的开始和结束时间。
- c) 确定项目的技术负责人和工程团队成员。
- d) 确定项目的文档管理计划，包括文件的格式、数量、交付方式等。

### 9.2 功能设计

功能设计应至少包含以下内容：

- a) 通用控制系统系统结构图，确定网络拓扑结构以及各个节点物理分布、连接关系、地址分配、与异构系统的连接接口、信息安全设备。
- b) 确定通用控制系统通道与被控设备的对应关系，以及分层、分域、分组等关系。
- c) 确定功能组态、控制回路组态和 HMI 画面所遵循的规定和要求，可进一步明确典型控制回路、典型 HMI 画面示例等。
- d) 确定测量回路和控制回路的信号类型、冗余、辅助供电等要求。
- e) 确定现场接线箱、信号点的防爆等级。
- f) 确定参与通用控制系统组态、调试、使用、维护成员账号的权限要求，以及各异构通讯接口的权限管理及其他信息安全防护要求等。
- g) 定义历史数据的存储对象及周期。
- h) 定义数据库结构、报警和事件记录、报表形式等。
- i) 确定机柜、现场接线箱、操作台、辅操台等设备的外形、尺寸和布置。
- j) 审查通用控制系统的整体供电和接地方案。

- k) 编制通用控制系统的安全措施和管理规章制度。
- l) 应输出功能设计规格书。

### 9.3 组态

- a) 组态前准备：
  - 1) 组态工作开始前，应具备离线或在线组态所需的软件和硬件。
  - 2) 组态工作人员和工程支持人员应到位，技术资料和其他辅助资料应配备齐全。
  - 3) 功能设计文件的编制工作应已完成。
  - 4) 工程项目的 I/O 清单、索引表、复杂回路框图或说明、逻辑图以及操作画面草图的编制应已完成。
- b) 系统结构组态：
  - 1) 工厂结构组态：根据已制定的系统结构配置通用控制系统的网络中的各节点，包括名称、描述、地址、相互关系和功能。
  - 2) 安全策略设定：配置通用控制系统的网络的域和用户组群，定义各个组群及成员的访问权限和密码，定义数据库的存取限制，定义防火墙的过滤规则。
  - 3) 硬件模块配置：根据需要，进一步组态配置硬件模块信息，如型号、排布位置、地址、信号类型等。
  - 4) 参数设定：根据功能设计规格书要求配置通用控制系统的其他设备、单元和模块的参数。
- c) 控制功能组态：
  - 1) 组态数据输入：根据 I/O 清单、索引表等工程设计资料完成各个模块的参数录入，包含仪表数据位号名、描述、量程、单位、输入处理（滤波、小信号切除等）、偏差和报警限、信号异常故障安全策略等。
  - 2) 控制算法组态：编制各类控制回路典型模板，生成控制回路，并根据每个回路的功能要求完成回路中各个功能模块的调用和连接，并配置功能块的参数；典型模板无法满足的情况，可手动编写或使用通用控制系统的 AI 组态功能生成特定要求的控制算法程序。
  - 3) 通信组态：按照通信协议完成通用控制系统与现场仪表设备或第三方系统的通信。对于自组态的网络，检查自动生成的地址及组态的正确性。
  - 4) 自主运行功能组态：有自主运行功能的要求的，还需要定义自主运行的策略，编制自主运行程序。
  - 5) 其他控制策略组态：根据设计要求，进一步配置控制算法各模块的时序、运算周期、不同工况的控制算法调度机制等。
- d) 操作画面组态：
  - 1) 静态画面绘制：根据工艺流程图绘制通用控制系统的操作的静态画面。
  - 2) 数据链接：完成静态画面与通用控制系统的功能模块参数的数据链接以及画面之间的调用链接。
  - 3) 报表编制：定义报警报表、历史数据报表、计算统计报表等各种报表的形式、相关工艺变量和参数。
  - 4) 根据相关需求，进一步配置趋势预测参数，设计操作驾驶舱界面等。
- e) 报警组态：
  - 1) 报警组态应按照报警的重要程度，对工艺变量报警和其他类型的报警进行报警等级的划分，并合理设定各类报警的报警值。同时，应根据操作与管理的实际需求定义报警分组。
  - 2) 应结合工艺变量报警和其他报警的具体性质及其处理方式，确定相应的报警功能及报警形式。

## 9.4 系统集成

通用控制系统的集成、联调应符合下列要求：

- a) 通用控制系统与第三方设备的集成应由通用控制系统供货商负责。
- b) 通用控制系统供货商应对通用控制系统与第三方设备集成的安装、调试工作负责。
- c) 通用控制系统供货商应对集成后通用控制系统的可靠性和稳定性负责。
- d) 通用控制系统供货商应对通用控制系统与第三方设备通信负责。
- e) 第三方设备供货商应配合通用控制系统设备与第三方设备的集成联调。

## 10 工厂及现场测试

### 10.1 工厂验收测试/第三方设备集成验收测试 (FAT/IFAT)

#### 10.1.1 验收条件

通用控制系统在工厂验收前应具备以下条件：

- a) 通用控制系统应调试完毕并输出测试报告。
- b) 通用控制系统应根据合同技术附件、功能设计文件和有关标准等编制工厂验收程序。
- c) 通用控制系统应根据验收程序准备验收文件和记录文件。

#### 10.1.2 验收内容

验收内容应包含以下内容：

- a) 系统物料和外观检查应包含以下内容：
  - 1) 通用控制系统各设备、部件的型号、规格和外观。
  - 2) 软件的规格、数量和版本。
- b) 系统运行状态检查应包含以下内容：
  - 1) 通用控制系统及已集成设备的供电、接地、网络、标识。
  - 2) 控制数据中心服务器、工作站和网络设备运行状态和故障报警。
  - 3) 控制数据中心服务器状态，包括 CPU 负荷和网络负荷、温度。
  - 4) 网络设备端口设定。
  - 5) 控制数据中心机柜的高温报警和联动。
- c) 组态检查应包含以下内容：
  - 1) 工程师、操作员等的基础功能、流程图画面、报警画面、趋势显示、报警等组态。
  - 2) HMI 软件功能组态。
  - 3) 控制功能。
  - 4) 其他功能组态。
  - 5) 各类人员账号的权限。
- d) 系统性能测试应包含以下内容：
  - 1) 控制数据中心、供电、现场连接网的部件的冗余和容错功能测试。
  - 2) 非现场总线类型的 I/O 信号精度测试 (AI、AO、DI、DO 等 I/O 模块应至少抽样 20%)。
  - 3) 现场总线、通讯类的信号，采用真实仪表或信号模拟设备，按照要求抽样测试，应覆盖各主干网络通讯链路和信号类型。
- e) 第三方设备集成测试应包含以下内容：
  - 1) 第三方设备与通用控制系统集成后的标准功能测试。
  - 2) 第三方设备通讯功能和实际数据交换测试，可使用模拟通讯设备或软件。

3) 有冗余、容错要求的, 还应开展冗余切换、故障模拟等容错测试。

### 10.1.3 验收报告

验收报告应包含以下内容:

- a) 检查和测试的结果。
- b) 最终验收结论。
- c) 遗留问题项, 如有。

## 10.2 现场验收 (SAT)

### 10.2.1 验收条件

现场验收应符合以下条件:

- a) 各设备和部件的规格、数量应与装箱单一致, 运输过程中应无损坏。
- b) 设备安装符合设计要求。
- c) 通用控制系统设备在软件安装和组态数据装载后应正常运行。
- d) 所有硬件应按通用控制系统制造厂提供的程序进行测试, 并应 100%正常工作。

### 10.2.2 验收内容

现场验收应包含以下内容:

- a) 审阅通用控制系统工厂验收报告、遗留问题项的处理关闭情况和安装调试记录。
- b) 组态检查: 同 FAT 验收的组态检查项目一致。
- c) 系统的冗余和容错功能测试: 对于所有冗余部件做容错的现场测试。
- d) 服务器各类资源负荷、控制器服务负荷、网络负荷、机柜温度检查。
- e) 通用控制系统与第三方设备的通信、冗余与容错测试。
- f) 对于非现场总线类型的 I/O 通道, 按需做系统信号回路测试。
- g) 现场总线和其他网络通信质量检查。

### 10.2.3 验收报告

验收报告应包含以下内容:

- a) 现场验收的步骤。
- b) 检查和测试的结果。
- c) 最终验收结论。

## 11 工程服务

### 11.1 工程技术服务

工程技术服务应符合下列要求:

- a) 通用控制系统供货商在整个工程项目进行过程中应提供相关的技术咨询服务。
- b) 通用控制系统供货商在工厂验收和现场验收过程中应提供相关的资料, 并配备专门的工程技术人员配合验收工作。
- c) 提供技术培训资料, 包括操作手册、维护手册等。

### 11.2 现场服务

现场服务应符合下列要求:

- a) 通用控制系统供货商应配备有资质的工程技术人员配合通用控制系统的现场安装、上电、调试等。
- b) 生产装置开车期间，通用控制系统供货商应配备有资质的工程技术人员在现场值班，及时处理出现的问题。

## 12 维护和支持

### 12.1 应用指导和故障处理

应用指导和故障处理工作应符合下列要求：

- a) 通用控制系统供货商应提供远程或线上应用指导支持服务。
- b) 通用控制系统出现故障后，通用控制系统供货商应根据售后服务约定在时限内派出有资质的工程技术人员前往故障现场进行处理。

### 12.2 运维工作

运维工作应符合下列要求：

- a) 通用控制系统供货商应维护指导，维护团队应根据具体情况制定日常运维工作程序和计划。
- b) 日常运维工作中，应对通用控制系统的运行环境、运行状态、故障报警、供电、接地等情况进行定期检查，确认通用控制系统工作在正常状态；发现故障后应及时按照维护运维程序进行上报和修复，无法解决的，应与供应商反馈获取指导和服务。
- c) 通用控制系统运行状态下，对通用控制系统进行的硬件、软件、控制程序、HMI 画面等的调整前充分验证调整内容，并应采取必要措施保证运行安全。

### 12.3 系统扩容

系统扩容工作应符合下列要求：

- a) 通用控制系统供应商应支持后期的现场测量回路和控制回路的扩容或调整，满足现场设备和控制方案的调整需求。
- b) 通用控制系统供应商应支持后期的服务器在线扩容。

### 12.4 软件升级和操作系统补丁安装

软件升级和操作系统补丁安装工作应符合下列要求：

- a) 通用控制系统应支持控制服务的在线升级，确保系统的长生命周期和稳定性。
- b) 应定期提供通用控制系统补丁，确保系统的安全性。
- c) 通用控制系统的所有控制服务升级、补丁安装前，应确认与当前控制数据中心兼容。

## 参 考 文 献

- [1] 国家标准化管理委员会. 工业、科学及医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法: GB 4824-2019[S/OL]. <https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/newGbInfo?hcno=181FA9C161715B33BED32E19B3090488>.
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部. 分散型控制系统工程设计规范: HG/T 20573-2012[S].
- [3] 中华人民共和国工业和信息化部. 石油化工分散控制系统设计规范: SH/T 3092-2013[S].
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 自动化仪表选型设计规范: HG/T 20507-2014[S].
- [5] Enterprise - control system integration: IEC/ISO 62264[S].
- [6] Function block - Part 1: Architecture: IEC 61499-1:2012[S]
- [7] Industrial communication networks- Network and system security - Part 3-3: System security requirements and security levels: IEC 62443-3-3:2013[S]
-