

# 团体标准

T/SCSX 1101—2025

## 下沉式再生水厂智能化技术标准

Technical Standard for Underground Wastewater Treatment Plant Intelligent

2025 - 11 - 06 发布

2025 - 11 - 07 实施

四川省水污染治理服务协会 发布

## 目录

1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	5
4 缩略语	7
5 系统架构	8
5.1 一般规定	8
5.2 采集及控制层	8
5.3 数据共享处理层	8
5.4 业务应用层	8
5.5 决策支持层	8
6 在线监测仪表	9
6.1 预处理	9
6.2 初级处理	9
6.3 二级处理（生物处理）	9
6.4 三级处理（深度处理）	10
6.5 消毒	10
6.6 再生水回用	11
6.7 污泥处理	11
7 网络基础设施及安全	11
7.1 网络基础设施	11
7.2 网络信息安全	12
8 监控与数据采集系统（SCADA 系统）	13
8.1 一般规定	13
8.2 检测仪表	13
8.3 自动化系统	14
8.4 工控网络安全	14
9 数据共享平台	15
9.1 一般规定	15
9.2 功能	15
10 支持系统	16

10.1 基础支持系统 .....	16
10.2 其它辅助系统 .....	17
11 业务系统 .....	18
11.1 一般规定 .....	18
11.2 生产运行及维护 .....	18
11.3 人力资源管理 .....	19
11.4 工单管理 .....	20
11.5 办公管理 .....	20
12 智能分析决策系统 .....	20
12.1 一般规定 .....	20
12.2 智能加药系统 .....	20
12.3 智能曝气控制系统 .....	21
12.4 智能内回流控制系统 .....	21
12.5 智能推流控制 .....	21
12.6 智能污泥回流控制 .....	21
12.7 安全生产 .....	21
12.8 专家系统 .....	21
12.9 最优化算法 .....	21
12.10 设备智能运维 .....	22
12.11 能耗管理 .....	22
12.12 低碳运行水平评价 .....	22
13 人机交互 .....	22
13.1 一般规定 .....	22
13.2 数字孪生 .....	23
13.3 语音交互 .....	24
13.4 虚拟现实 (VR) .....	24
13.5 增强现实 (AR) .....	24
附录 A .....	25

## 前言

本文件参照 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。

本文件不涉及专利及知识产权问题。

本文件由四川省水污染治理服务协会提出。

本文件起草单位：中国市政工程西南设计研究总院有限公司、上海交通大学、奥凸科技有限公司

本文件参编单位：中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司、中国华西工程设计建设有限公司、中国建筑西南设计研究院有限公司、成都市政工程设计研究院有限公司、重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司、成都市排水有限责任公司、四川发展国润水务投资有限公司、成都天投环境有限公司、绵阳市水务(集团)有限公司、西门子(中国)有限公司、成都自动化研究会、北京易二零环境股份有限公司、四川省水污染治理服务协会

本文件主要起草人：

刘卫民、林涛、田瑜豪、顾琪、刘波、李亮、王嘉、夏永康、赵建、夏泽鑫、颜黎、唐勇、刘涛、辜霞、马宗凯、李延、张琦、杨宇、林忠军、孟红、郝静、盛国荣、袁斌、杜宜波、靳杰、莫华荣、刘雪、高远东、彭锴、刘丽娅、沈俊、杨雪、陈明进、曾尉、井媛媛、郭慧

## 1 范围

本标准适用于新建、改扩建下沉式再生水厂智能化改造和运营阶段的设计、安装、调试以及运行维护。

地埋式再生水厂地下空间封闭、通风条件较差、对设备腐蚀性（若管道、阀门）和散热性能要求更好，且地下检修空间有限，应依赖智能化技术实现远程监控与智能运维，减少人工进入频次。

本标准针对下沉式再生水厂编写，其他类型污水厂可参考。

## 2 规范性引用文件

下列文件中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

GB5078 城镇给水排水技术规范

GB8566 计算机软件开发规范

GB17859 计算机信息系统安全保护等级划分准则

GB50014 室外排水设计标准

GB50093 自动化仪表工程施工及验收规范

GB50174 数据中心设计规范

GB50311 综合布线系统工程设计规范

GB50395 视频安防监控系统工程设计规范

GB55024 建筑电气与智能化通用规范

GB/T8567 计算机软件文档编制规范

GB/T9385 计算机软件需求规格说明规范

GB/T14394 计算机软件可靠性和可维护性管理

GB/T15532 计算机软件测试规范

GB/T 18978.400 人-系统交互工效学 第400部分：物理输入设备的原则和要求

GB/T 21051 人-系统交互工效学 支持以人为中心设计的可用性方法

GB/T22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 42396 移动终端人-系统交互工效学触控界面感知流畅性

GB/T 43441.1 信息技术数字孪生

CJJ 60 城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程  
HJ355 水污染源在线监测系统运行技术规范  
GA/T367 视频安防监控系统技术要求  
HG/T 20573 分散型控制系统工程设计规定  
HG/T 20700 可编程控制器系统设计规范  
CECS 162 给水排水仪表自动化控制工程施工及验收规程  
团体标准：CECS 162、T/CECA 20001  
T/CECA 20001 模块化微型数据机房建设标准

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准

#### 3.1

##### **系统架构 system architecture**

系统的基本组织结构，由组件、连接件、约束及规范构成，用于指导系统设计与演化的高层次结构。

#### 3.2

##### **数据中心 data center**

是一整套复杂的设施，用来实现对数据信息的集中处理、存储、传输、交换和管理。它包括服务器、存储设备、交换机、路由器、防火墙等设施。

#### 3.3

##### **数据共享平台 data sharing platform**

通过网关或者 API 接口接收来自控制层、设备层及第三方应用系统的数据，并进行存储、处理、分析和

#### 3.4

##### **工控网络安全 industrial control network security**

为保障工业控制系统及其网络环境的安全性、可靠性和可用性而采取的一系列措施和技术手段。

#### 3.5

##### **下一代综合防火墙 next-generation integrated firewall**

在传统防火墙基础上，融合深度安全防护能力与智能化技术，针对现代网络环境中复杂威胁（如应用

层攻击、加密流量威胁、零日漏洞、APT 攻击等)设计的综合性网络安全防护设备。

### 3.6

#### **网络综合布线系统 network integrated cabling system**

为满足现代建筑或建筑群内语音、数据、图像、视频等多类信息传输需求,将所有通信系统(如计算机网络、电话系统、监控系统、门禁系统等)的布线进行统一规划、设计和部署的标准化结构化布线体系。

### 3.7

#### **网络信息安全 network information security**

通过技术、管理等手段,保护网络系统、数据及信息,防范未授权访问等风险,确保网络可用、信息完整保密的状态与能力。

### 3.8

#### **无源光局域网 passive optical local area network**

基于无源光网络技术,在局域网环境中通过光分路器等无源器件连接光线路终端与光网络单元,实现语音、数据、图像等信息高速传输的光纤通信网络。

### 3.9

#### **监控与数据采集系统 supervisory control and data acquisition system**

通过传感器、控制器、通信网络及上位机软件,对工业生产、能源供应、基础设施等场景的运行参数进行实时采集、监测、控制与数据存储分析,实现远程监控、故障预警及流程自动化,保障系统稳定高效运行的集成化管理系统。

### 3.10

#### **定位系统 positioning system**

通过特定技术手段,获取目标(人、物体、设备等)在物理空间中相对或绝对位置信息(如坐标、方位、距离等),并将其输出为可识别、可应用数据的技术体系。

### 3.11

#### **智能照明系统 intelligent lighting system**

集成照明灯具、传感器(如人体感应、光照感应)、控制器、通信模块及管理软件,感知环境变化、接收控制指令,实现照明亮度调节、开关控制、场景模式切换等智能化操作,兼具节能、便捷管理与提升空间体验功能的照明控制与管理系统。

### 3.12

#### **智能配电系统 intelligent power distribution system**

集成配电设备(如断路器、互感器)、监测单元、通信模块及智能管理平台,实时采集配电回路电流、

电压、功率等参数，实现电能计量、故障诊断、远程控制与能效分析，保障配电网安全稳定运行且提升电能利用效率的集成化配电管理系统。

### 3.13

#### **智能通风系统 intelligent ventilation system**

集成通风设备（如风机、风阀）、环境传感器（如 CO<sub>2</sub>、温湿度、PM2.5 传感器）、智能控制器、通信模块及管理平台，实时感知室内外环境参数，自动或远程调节通风量、风速、运行模式，实现空气置换、环境优化、节能降耗，保障空间空气质量与系统高效运行的集成化通风控制与管理平台。

### 3.14

#### **振动监测系统 vibration monitoring system**

集成振动传感器（如加速度传感器、速度传感器）、数据采集单元、通信模块及分析管理平台，实时采集设备、结构（如工业机械、建筑构件）的振动位移、速度、加速度等参数，进行数据处理、特征分析与异常预警，保障被监测对象安全稳定运行的集成化监测系统。

### 3.15

#### **专家系统 expert system**

一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统。

### 3.16

#### **最优化算法 optimization algorithm**

是一类用于求解最优化问题的方法，旨在寻找目标函数在给定约束条件下的最大值或最小值。

### 3.17

#### **数字孪生 digital twin**

通过物联网、传感器、三维建模、数据仿真等技术，构建与物理实体（如设备、建筑、流程）在形态、属性、行为上高度映射的虚拟模型，实现物理实体数据实时同步、状态动态模拟、性能分析优化及全生命周期管理的集成化技术体系。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件

IT:信息技术 (Information Technology)

UPS:不间断电源 (Uninterruptible Power Supply)

VPN:虚拟专用网络 (Virtual Private Network)

POL:无源光局域网 (Passive Optical LAN)

SQL:结构化查询语言 (Structured Query Language)

SCADA:监控与数据采集系统 (Supervisory Control And Data Acquisition)

PLC:可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)

API:应用程序编程接口 (Application Programming Interface)

## 5 系统架构

### 5.1 一般规定

5.1.1 下沉式再生水厂智能化系统应以再生水厂一体化管理为主线，基于微服务体系架构，将生产运行、智能控制、运维养护等功能集于一体。

5.1.2 智能化系统应将下沉式再生水厂的生产运营监控信息和检测数据集成整合、实时分析，实现下沉式再生水厂生产自动化、水质水量监测数据化、信息资源共享化、管理决策智能化，提升生产科学调控能力和应急响应能力。

5.1.3 系统架构图见附录 A

### 5.2 采集及控制层

应通过 PLC 及物联网采集生产现场实时生产数据、设备运行状态、业务数据等参数，并通过再生水厂 PLC 控制系统进行设备的集中控制。

### 5.3 数据共享处理层

应接入再生水厂设备数据、生产运行数据，并且允许其他第三方数据按需接入。采集后数据统一汇总于平台，通过平台对外提供各种数据应用及服务支持。

### 5.4 业务应用层

应根据不同角色用户群体按不同场景划分提供多种应用及服务，提供多维度业务功能和数据组合，借助数字化工具提升企业运营管理能力。

### 5.5 决策支持层

应在生产运行、业务数据大量累积基数上，深入挖掘各类数据间的关系，合理利用数据，发挥数据潜在的价值。应为管理层运营提供科学的辅助决策支持，为各级管理者提供丰富的 KPI 统计及分析手段。

## 6 在线监测仪表

### 6.1 预处理

主要工艺及设备：格栅（粗格栅、细格栅）、沉砂池、提升泵等。

表 1 预处理段仪表功能配置表

序号	名称	功能
1	液位计	监测进水井和沉砂池的液位，控制提升泵的运行
2	流量计	测量进水流量，用于工艺控制
3	pH 计	监测进水 pH 值，判断水质是否异常
4	悬浮物（SS）在线监测仪	监测进水中的悬浮物浓度
5	COD 在线检测仪	监测进水中的 COD 浓度
6	氨氮（NH <sub>3</sub> -N）在线监测仪	监测进水中的氨氮浓度
7	总氮（TN）在线检测仪	监测进水中的总氮浓度
8	总磷（TP）在线检测仪	监测进水中的总磷浓度

### 6.2 初级处理

主要工艺及设备：初沉池、刮泥机、污泥泵等。

表 2 初级处理段仪表功能配置表

序号	名称	功能
1	污泥界面仪	监测初沉池中污泥层的高度，优化排泥操作
2	液位计	监测初沉池液位，防止溢流
3	流量计	测量初沉池出水和排泥流量
4	污泥浓度计	监测初沉池出水浊度，评估沉降效果

### 6.3 二级处理（生物处理）

主要工艺及设备：活性污泥法生物反应池（AAO、SBR、MBR 等）、生物膜法生物反应池（BAF、纯膜 MBBR 等）、二沉池、曝气设备（鼓风机、曝气头等）、回流系统（回流泵等）

表 3 二级处理（生物处理）段仪表功能配置表

序号	名称	功能
1	溶解氧（DO）在线监测仪	监测曝气池中溶解氧浓度，优化曝气量

2	氧化还原电位（ORP）仪	监测生物反应池氧化还原状态，控制脱氮除磷过程
3	氨氮（NH <sub>3</sub> -N）在线分析仪	监测进水、出水的氨氮浓度
4	硝酸盐（NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ）在线分析仪	监测反硝化效果
5	污泥浓度计（MLSS计）	监测曝气池中混合液悬浮固体浓度
6	流量计	测量进水、回流污泥和出水流量
7	pH计	监测生物反应池的pH值，确保微生物活性

#### 6.4 三级处理（深度处理）

主要工艺及设备：絮凝沉淀（高效沉淀池、气浮池等）、过滤（气水反冲洗滤池、反硝化滤池等）、高级氧化（臭氧、芬顿等）及吸附（活性焦、活性炭等）

表4 三级处理（深度处理）段仪表功能配置表

序号	名称	功能
1	总有机碳（TOC）分析仪	监测出水中有机物含量
2	硝酸盐（NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ）在线分析仪	监测反硝化滤池的脱氮效果
3	臭氧浓度监测仪	监测臭氧发生器产生的臭氧浓度
4	浊度计	监测过滤器出水浊度
5	颗粒计数仪	监测出水中的微小颗粒物

#### 6.5 消毒

主要工艺及设备：紫外线（紫外线消毒设备）、二氧化氯（二氧化氯发生器）、次氯酸钠（成品或现场制备）、液氯（液氯投加系统）等。

表5 消毒段仪表功能配置表

序号	名称	功能
1	紫外线强度检测仪	检测紫外线灯管的辐射强度
2	氯酸盐在线检测仪	检测二氧化氯消毒效果
3	余氯在线检测仪	检测次氯酸钠或液氯消毒后的余氯浓度，确保消毒效果

## 6.6 再生水回用

主要工艺及设备：再生水储罐、输送泵、管道系统等。

表 6 再生水回用段仪表功能配置表

序号	名称	功能
1	流量计	监测再生水的使用量
2	压力传感器	监测管道压力，确保供水稳定
3	水质综合监测仪	监测再生水的关键指标（如 COD、BOD、SS 等）

## 6.7 污泥处理

主要工艺及设备：污泥浓缩系统（机械浓缩或重力浓缩）、脱水机（带式压滤机、离心机、板框压滤机及其相应配套设备等）、污泥输送及储存系统（污泥料仓）、干化系统（污泥干化机）等。

表 7 污泥处理段仪表功能配置表

序号	名称	功能
1	污泥浓度计	监测浓缩池和脱水机的污泥浓度
2	流量计	测量污泥输送流量
3	湿度计	监测干化后污泥的含水率
4	称重传感器	用于污泥干化后的重量测量

## 7 网络基础设施及安全

### 7.1 网络基础设施

7.1.1 下沉式再生水厂配套的网络基础设施应主要包括网络中心机房、网络综合布线和其他设备系统。

7.1.2 网络中心机房的建设级别应根据数据丢失或网络中断所造成的经济和社会损失程度来确定。

7.1.3 网络中心机房的建设位置满足下列要求：

1. 应尽量设置在远离潜在污染源的区域；
2. 应尽量远离可能产生积水的区域；
3. 宜选择布置在相对地势较高的区域；
4. 宜选择布置在水处理流程的上风向；
5. 不应布置在水处理区域的直接上方；
6. 不应与振动和电磁干扰源为邻。

7.1.4 网络中心机房基础条件、机柜、供配电、UPS、照明、空调、给水排水、安防、通信、消防、防雷及接地、环境和设备监控、IT 设备等子系统应符合现行国家标准《数据中心设计规范》GB 50174 相应规定。

7.1.5 若网络中心机房对工期、可扩展性、能耗环保与投资收益有较高要求，可采用一体化配置的模块化微型数据机房设计方案，建设应符合《模块化微型数据机房建设标准》T/CECA 20001 相关规定。

7.1.6 网络综合布线系统应为开放式网络拓扑结构，支持语音、数据、图像、多媒体等业务信息传递的应用，应符合现行国家标准《综合布线系统工程设计规范》GB50311 及《建筑电气与智能化通用规范》GB55024 相关规定。

7.1.7 网络综合布线系统应区分设备网（视频监控、安防、门禁等）、办公网和访客网，彼此应相互隔离防护，专网专用。

7.1.8 设备网应严格限制访客网或互联网访问，与办公网之间若有数据互通应设置安全防护，开展安全审计。

7.1.9 若对多业务承载性、宽带可扩展性和远距离传输、集中管理、运维方便、成本节约有更高要求，可选择无源光局域网 POL (Passive Optical LAN) 布线方案。

## 7.2 网络信息安全

7.2.1 适用于除生产控制区外的所有涉及网络连接的系统、设备、软件及相关人员的网络活动。

7.2.2 符合本标准要求外，还应符合国家标准《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》GB/T22239 二级要求。

7.2.3 下沉式再生水厂生产控制区、管理办公区的网络应独立部署，各区之间采取必要的限制隔离措施。

7.2.4 生产控制区应包括污水处理工艺控制系统、设备监控系统等，直接关系生产运行，为安全等级最高区域；管理办公区应包含办公自动化、财务管理等日常管理业务。

7.2.5 应在互联网出口、服务器区边界等位置部署下一代综合防火墙设备，阻止未经授权的内外访问，实现入侵防御、病毒、木马与恶意软件防护等。

7.2.6 应在服务器、办公终端安装防病毒软件，实时监测和查杀病毒、木马、蠕虫等恶意软件，防止恶意软件对系统和数据的破坏。

7.2.7 防病毒软件应具备病毒库自动更新功能。

7.2.8 服务器应按照安全基线配置，及时安装操作系统安全补丁，关闭不必要的服务与端口。

7.2.9 应用系统开发应遵循安全编码规范，进行代码安全审查，防止 SQL 注入、跨站脚本等漏洞出现。

7.2.10 宜部署统一的安全威胁监测与预警平台，实时收集防火墙、主机安全防护软件等设备的日志信息，

及时发现全局安全威胁。

7.2.11 应采用强密码策略和多因素身份验证，限制访问权限，使用安全加密协议进行数据传输。

7.2.12 应对网络设备、服务器、应用系统等所有关键节点开启审计功能，记录用户登录、操作行为、数据访问等详细信息，审计日志保存时间不应少于 6 个月。

7.2.13 宜对关键网络设备（交换机、路由器等）进行冗余配置，确保单点故障不影响网络运行。

7.2.14 应定期备份设备配置文件，并存储在安全位置。

7.2.15 应制定网络安全应急预案，涵盖不同等级安全事件的响应流程、处置措施、责任分工，应急预案每年至少演练一次，根据演练结果进行补充、修改和完善。

7.2.16 应建立数据备份与恢复机制，对关键生产数据、业务数据每日全量或增量备份，备份数据存储在异地，定期进行恢复演练。

## 8 监控与数据采集系统（SCADA 系统）

### 8.1 一般规定

8.1.1 下沉式再生水厂应根据工程规模、工艺流程、运行管理、安全保障和环保监督要求确定 SCADA 系统的具体内容。

8.1.2 SCADA 系统采集的所有数据应同步至厂级数据共享平台；执行指令也宜从智能分析决策平台或者管理人员通过厂级数据共享平台下发到 SCADA 系统。

### 8.2 检测仪表

8.2.1 下沉式再生水厂的所有过程仪表、水质仪表、有毒有害气体检测仪表及检测项目应符合《室外排水设计标准》GB 50014 的规定。

8.2.2 下沉式再生水厂进出水应按《水污染源在线监测系统运行技术规范》HJ355 及相关地方标准的要求设置检测仪表。

8.2.3 进出水水质及流量数据应实时发送至环保监测部门，接受环保监测部门监控中心系统发来的指令，控制在线监测仪器工作。

8.2.4 智能分析决策平台各智能化应用系统增加的检测仪表，仪表精度及参数应满足应用系统要求。

8.2.5 下沉式再生水厂地下空间封闭、通风条件较差，宜使用带有泵吸功能的气体探测器，以利于增加气体交换速率及精准采集释放源附近的气体。

8.2.6 气体探测器宜同时支持多种类型传感器及多种接口类型，并具备温湿度检测功能。

### 8.3 自动化系统

- 8.3.1 下沉式再生水厂应采用“集中管理、分散控制”的控制模式设立自动化系统。
- 8.3.2 自动化控制系统应能够监视主要设备的运行工况和工艺参数，提供实时数据传输、图形显示、控制设定调节、趋势显示、超限报警和生成报表等功能，对主要生产过程实现自动控制。
- 8.3.3 自动化系统应分为中央监控站、现场控制站、设备控制单元三级控制单元，控制单位之间宜采用工业以太网进行通讯。
- 8.3.4 设备控制应设就地、远控和自动控制三种控制方式，就地现场手动控制优先权最高。
- 8.3.5 控制器 I/O 模块配置应在 I/O 量表基础上至少预留 20% 点位，控制电缆备用芯数应不少于 20%，模拟量信号备用对数应不少于 20%。
- 8.3.6 关键站点的控制器宜采用冗余配置。
- 8.3.7 全厂通信网络宜采用光纤环网结构；如工程规模较大、安全保障要求较高的情况下，应采用光纤双星形冗余网络结构，并完善后备切换策略，工业交换机应兼容主流的工业通讯协议。
- 8.3.8 中央监控站应采用服务器版监控组态软件，中央监控服务器宜采用冗余或超融合配置，中央监控服务器应为中央监控站提供数据。
- 8.3.9 自动化控制系统应采用在线式不间断电源（UPS）作为电源，后备时间不应少于 60min。
- 8.3.10 成套设备厂家提供的控制系统应满足与全厂自动化系统一致的工控网络安全要求及通讯需求，并应按照全厂管理和运营的要求提供系统内所有数据的上传及执行指令的下发。

### 8.4 工控网络安全

- 8.4.1 防护对象应包括工业控制系统以及被网络攻击后可直接或间接影响生产运行的其他设备和系统。
- 8.4.2 工业控制区域网络应符合国家标准《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》GB/T22239 二级要求。若认定为关键信息基础设施或对有更高要求的，宜符合等保三级或以上标准。
- 8.4.3 应对工业以太网、工业无线网络等组成的工业控制网络内实施分区域管理。只允许经过授权的设备向现场控制设备发送控制指令，并且对指令的格式、来源等进行严格限制，并开展安全审计。
- 8.4.4 工业控制网络与远端工业智能终端设备（采集设备、智能仪表等）连通时，端侧宜部署物联网安全接入网关，宜采用 VPN、专线等方式建立可靠安全隧道，并对数据传输开展安全审计。
- 8.4.5 工业控制网络与信息办公网络连通时，应部署下一代综合防火墙或工业网闸实施网间纵向防护，并对网间行为开展安全审计。如果工控网络需要实现强安全隔离，宜选择工业网闸。
- 8.4.6 应部署工控安全监测与审计设备，同时审计工业控制通信行为。
- 8.4.7 应部署日志审计与分析系统，重要设备、平台、系统访问和操作日志留存时间应不少于六个月，并

定期备份日志，满足相关合规要求。

8.4.8 工业主机如 SCADA 服务器、数据库服务器、工程师站、操作员站等应部署工控主机卫士等防病毒软件，定期进行病毒库升级和查杀。

8.4.9 应采用软件白名单技术，只允许部署运行经授权和安全评估的软件。

8.4.10 具备存储功能的介质，在其接入工业主机前，应进行病毒、木马等恶意代码查杀。

8.4.11 应部署网络准入系统，限制未授权设备入网，定期对接入终端进行安全扫描和漏洞修复。

8.4.12 关键主机或终端的访问应采用多因素身份验证。

8.4.13 工业控制网络可建立安全运营中心，实现安全设备的统一管理和策略下发，全面监测网络安全态势。

8.4.14 重要工业控制系统相关的工业主机、网络设备、控制设备等，宜设计冗余备份。

## 9 数据共享平台

### 9.1 一般规定

9.1.1 数据共享平台是促进数据在不同部门、组织或系统之间进行交换、共享和协同使用的信息化平台。

9.1.2 数据共享平台在智慧水厂中起着核心作用，是智慧水务整体架构中的关键组成部分。

### 9.2 功能

9.2.1 数据共享平台应为应用层统一提供数据支持和服务，实现智慧水务各项应用功能。

9.2.2 数据共享平台应具备数据源管理、数据集成管理、数据质量管理、数据资产管理、数据服务管理、数据标准管理、元数据管理、数据对比管理、运维管理等功能。

### 9.3 数据源管理

数据共享平台可接入所有数据库类型的数据源，应支持新增、编辑、删除、测试连接等操作，为后续数据采集、开发和服务提供基础。

### 9.4 数据集成管理

9.4.1 应包含项目管理、数据源管理、注册中心、任务构建、任务模板、任务详情、运行日志、执行配置功能模块。

9.4.2 应对多类型数据库组成的数据源进行管理，支持每个数据源创建任务、执行任务，查看任务结果。

### 9.5 数据质量管理

9.5.1 应包含质量报告、质量任务、规则引擎、日志监控、质量统计等模块。

9.5.2 应对数据质量进行唯一性分析、完整性分析、一致性分析、关联性分析、及时性分析、准确性分析。

9.5.3 应对核查类型的错误数进行统计，宜以列表方式显示。

## 9.6 数据资产管理

9.6.1 数据资产管理是对数据从规划、采集、存储、处理、应用到销毁的全生命周期进行系统性管理。

9.6.2 应包含数据治理、数据管理及数据应用。

## 9.7 数据服务管理

9.7.1 数据服务管理应提供调用数据的 API 接口。

9.7.2 数据服务管理应具备接口属性配置、执行配置、参数配置的管理功能，同时提供接口服务能力，记录接口调用记录。

9.7.3 应对 API 接口提供脱敏规则确保数据信息安全。

## 9.8 数据标准管理

建立数据标准库实现对编码规则的统一管控，将数据源与数据标准库建立映射关系，进行对比生成统计报表展示对照情况，包括数据源、表、字段与标准类别编码的对应关系及对照比例，确保数据规范性。

## 9.9 元数据管理

9.9.1 应支持对数据源进行批量勾选数据库、表、字段的操作，分别配置查询、编辑、删除权限，提供数据库查询工具。

9.9.2 宜以列表形式分别展现数据库、数据表和数据元，查询结果。

9.9.3 应建立行级变更审计机制，自动记录字段值变更的历史版本、主键信息及操作详情。

## 9.10 数据比对管理

9.10.1 应通过系统化工具或流程，精准识别不同数据源、数据版本或数据状态间的差异，为数据质量校验、业务决策或问题排查提供依据。

9.10.2 应具备数据源与规则配置、差异检查与执行及差异处理及应用功能。

## 9.11 运维管理

9.11.1 应提供对服务器连接信息管理功能。

9.11.2 应具备连接测试功能。

9.11.3 可在服务器上部署应用或对已部署各类应用进行增删改查等运维操作，提供定期应用、文件、数据库备份能力。

## 10 支持系统

### 10.1 基础支持系统

10.1.1 智能化再生水厂应搭建提供相关数据和功能服务的支持系统。

10.1.2 支持系统除承担自身应有的功能外，还应通过数据共享平台为其它系统提供相关数据服务。

10.1.3 支持系统主要包括视频监控系统、定位系统、门禁系统及其它如：安全生产系统、巡检机器人系统、BIM 平台、会议和即时通讯系统等。

1. 视频监控系统应采用数字式网络技术，光纤传输，网络架构应与自动化系统完全独立。
2. 视频图像信息宜以磁盘阵列方式存储，应记录并保存 90 天以上。
3. 视频监控系统应配置与其它安全防范系统的接口，以便实现安防系统和视频监控的联动。
4. 定位系统应对相应人员位置进行跟踪定位，定位系统定位精度不宜大于 2m。
5. 定位系统宜具备电子围栏功能，可根据人员进入或离开设定区域及停留时间设置报警。
6. 定位系统可通过数据分析，统计不同区域的人员数量和分布情况，发现异常行为可及时预警。
7. 定位系统可与视频监控系统、门禁系统等系统进行集成，实现信息共享和联动。
8. 应提供开放的 API 接口，方便第三方应用系统接入。
9. 门禁系统应能将厂内的各门禁控制点连接成为一个有机整体。

## 10.2 其它辅助系统

### 10.2.1 智能照明系统

1. 应能实时监测现场照度情况，实现全过程照明管理。
2. 可通过手机 APP、控制面板、语音指令等方式对多个灯具进行远程或本地的开关操作及亮度调节。
3. 可与自动化系统、安防系统等其他系统进行集成，实现信息共享和联动控制。
4. 应具备良好的扩展性，可方便地添加新的灯具或其他智能照明设备。

### 10.2.2 智能配电系统

1. 应提升供电可靠性及设备综合效率，统计全厂生产能耗动态过程。
2. 应实时采集电压、电流、功率、功率因数、频率等电气参数，通过人机界面将采集到的数据宜以直观的图形、图表展示。
3. 宜实时监测电压偏差、频率偏差、谐波畸变率、三相不平衡等电能质量指标，及时发现电能质量问题。
4. 可利用故障录波、行波测距等技术，在故障发生时迅速确定故障位置，缩短故障查找时间。基于采集的数据和智能算法，准确判断故障类型。
5. 应支持多种通信协议，与用户终端设备等进行通信，实现信息的交互和共享。

### 10.2.3 智能通风系统

1. 应通过温湿度传感器实时监测环境温湿度，根据设定阈值，自动调节通风设备的运行状态。

2. 可内置多种气体传感器，实时监测空气中的各种污染物浓度及氧气含量等指标，并自动控制通风设备的启停、风速调节等。

3. 可与自动化系统等其它系统集成，实现信息共享和联动控制。

4. 应具备良好的扩展性，可方便地添加新的通风设备、传感器等。

#### 10.2.4 设备振动监测系统

1. 应采集设备振动位移、速度、加速度等多个参数，从不同维度全面反映设备的振动情况。

2. 应对采集到的振动数据运用先进的信号处理和算法，自动提取与设备故障相关的特征参数，提高故障诊断的准确性和效率。

3. 可运用故障诊断模型和算法，判断设备故障的类型、位置和严重程度。

4. 可通过对历史振动数据的分析和建模，预测设备振动的发展趋势，提前预判设备可能出现故障的时间和概率。

5. 宜与自动化系统等其它系统集成，实现数据共享和协同工作。

### 11 业务系统

#### 11.1 一般规定

下沉式再生水厂业务系统应具备数据采集与控制、数据共享与处理、业务应用、决策支持的相关功能，通过系统运行实现水务信息的实时采集、传输、处理、分析和决策支持，提高水务管理的科学化、精细化和智能化水平。

#### 11.2 生产运行及维护

##### 11.2.1 一般规定

下沉式再生水厂的生产运行及维护控制系统，应根据工程规模、工艺流程、运行管理、安全保障和环保监督要求确定水厂运行及维护的具体流程和内容，全面发展再生水厂信息化建设，全面提升再生水厂生产运行及维护效率，提升再生水厂运营水平。

##### 11.2.2 运营管理门户

基于一张图思维，通过汇聚地埋式再生水厂各个业务系统的关键运行数据，包括核心设备设施运行状态、生产数据、报警数据、环境数据、地理位置数据等各项指标数据进行图形化显示，为生产运营管理层人员及外部参观考察人员提供统一的数据展示门户。

##### 11.2.3 首页驾驶舱

驾驶舱应为各级生产运营管理层人员提供统一的管理看板，基于各项指标数据进行图形化显示，为管

理层对全厂运营绩效评估、辅助决策提供科学有效的数据依据。

#### 11.2.4 生产监控管理

应对工艺画面、设备运行状态、工艺指标、现场实时视频等进行集中监视。

#### 11.2.5 设备全生命周期管理

1. 应涵盖设备采购、入库、领用、归还、调拨、维修、变更、处置等环节，确保设备资产的高效使用与保管。

2. 应支持需求部门快速发起巡检、维修、保养计划任务，在线完成对设备的实时监控、故障预警和维修保养计划任务安排执行等工作。

3. 可通过预测设备的寿命和维修周期，合理安排维修计划，减少了维修成本和停工时间。

#### 11.2.6 生产运营管理

1. 应将地埋式再生水厂不同环节的数据统一汇集在统一平台中，实现全流程跟踪，生产数据高效聚合、快速互通、便捷共享。

2. 应包括实时监控、报警管理、视频管理、生产报表等功能。

#### 11.2.7 人员安全智能化管理

1. 下沉式再生水厂地下空间封闭、通风条件较差、地下检修空间有限，宜设置人员安全智能化管理模块保障运行人员安全。

2. 人员安全智能化管理系统宜具备现场作业人员位置监测、现场作业人员生命体征监测、危险作业人员操作流程辅助管理、危险或异常情况报警等模块。

#### 11.2.8 应急指挥调度管理

1. 应包括应急事件预警报警、工单发起通知推送、多渠道工单审批、应急方案库、模拟预演等功能。

2. 应对各类应急资源进行实时监控，了解资源的实时状态和位置，为指挥调度提供实时数据。

3. 宜根据应急事件的需求，自动或手动分配任务给相应的应急资源，提高响应速度和处理效率。

4. 应对各类应急资源进行统一调度，实现资源的优化配置和高效利用。

5. 宜对采集的数据进行分析，提供数据支持和决策建议。

### 11.3 人力资源管理

11.3.1 应具备员工档案管理、人事管理、培训管理、考勤管理、绩效管理、排班管理等与生产密切相关的功能模块。

11.3.2 如果已配备人力资源管理系统（HRMS）、企业资源计划系统（ERP）或办公管理系统（OA）等相关管理系统，可通过数据授权接口方式接入。

#### 11.4 工单管理

11.4.1 下沉式再生水厂生产管理系统应具备水厂内部工单管理功能。

11.4.2 工单应通过线上创建的形式，按工单流转、审批、验收流程进行工单过程跟踪记录。

11.4.3 应具有任务进度实时更新和监控功能，用于管理和跟踪工单情况，并为生产过程提供集中查询和自动工单处理的功能。

#### 11.5 办公管理

11.5.1 下沉式再生水厂生产管理系统应具备基础的办公自动化系统功能，建立各个职能部门之间的沟通和信息共享机制。

11.5.2 应具备工单流转、流程审批、文档管理、会议管理等功能，整合企业各个部门的数据实现集中存储和管理。

11.5.3 如果已具备办公管理系统，可通过数据授权接口方式进行接入。

### 12 智能分析决策系统

#### 12.1 一般规定

12.1.1 系统应基于计算机高级语言开发，能够处理复杂算法和控制逻辑的智能化控制系统。

12.1.2 系统应在削减污染物排放总量及全流程最优控制的基础上降低能耗、药耗、人耗。

12.1.3 宜基于人工智能控制算法，配套数据清洗算法，实现工艺流程智能控制。

#### 12.2 智能加药系统

12.2.1 下沉式再生水厂应根据工程规模、工艺流程、进水水质对碳源加药、除磷加药等加药部分进行控制系统设计。

12.2.2 小型下沉式再生水厂宜达到加药自动化控制级别，中大型下沉式再生水厂宜达到加药智能化控制级别。

12.2.3 智能加药系统应具备传感器数据的实时处理能力和对药品投加量的动态调整能力。

12.2.4 智能加药系统宜具备依据历史数据和实时数据建立的水质预测功能和依据投药时效性建立的自适应药量调节功能。

### 12.3 智能曝气控制系统

12.3.1 下沉式再生水厂应根据工程规模、工艺流程、进水水质对曝气部分进行控制系统设计。

12.3.2 小型下沉式再生水厂宜达到恒定溶氧量曝气控制级别，中大型下沉式再生水厂宜达到智能曝气控制级别。

12.3.3 智能曝气控制系统应具备传感器数据的实时处理能力和对曝气风机工作频率的动态调整能力。

12.3.4 智能曝气控制系统宜具备依据历史数据和实时数据建立的需气量预测功能和依据曝气效率建立的自适应曝气量调节功能。

### 12.4 智能内回流控制系统

宜根据进水水量、进水 TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、好氧区硝化液回流处 DO、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$  等监测数据，通过算法计算内回流量建议值并自动调节内回流泵的运行频率或开启数量，实现对内回流污泥量的精准控制。

### 12.5 智能推流控制

宜根据生化池进水水质、水量以及污泥回流情况，结合流场分析模型进行流场模拟，根据推流器运行模式及运行时间数据，实现不同点位推流器精确控制。

### 12.6 智能污泥回流控制

宜根据曝气池中活性污泥浓度、处理水质要求及二沉池中污泥沉淀情况，通过算法模型，计算污泥回流建议值并自动调整污泥回流泵的运行频率或开启数量，实现对回流污泥量的精准控制。

### 12.7 安全生产

12.7.1 应根据工艺流程对整体厂区各个环节进行监测，包含环境监测、水质监测和人员监测。

12.7.2 对环境异常，水质异常，人员出入异常等情况的识别率应达到 95%以上。

12.7.3 对关键节点的异常监测识别率宜达到 98%以上。

### 12.8 专家系统

12.8.1 小型下沉式再生水厂宜配备专业问答知识库，积累和共享水厂在运行过程中形成的知识和经验。

12.8.2 中大型下沉式再生水厂宜配备专家问答系统，针对复杂情况和连续提问提供及时响应。

### 12.9 最优化算法

12.9.1 最优化算法在进水水质、环境等变化不大时，应能做到在无人工干预的情况下出水水质稳定。

12.9.2 最优化算法应达到对整体厂区的药耗、能耗等有较为显著的降低。

## 12.10 设备智能运维

12.10.1 应实现故障发生识别，宜增加预见性维护。

12.10.2 预见性维护应依据各类设备监测传感器，建立异常识别模型，故障预见性异常识别率应达到 70% 以上。

## 12.11 能耗管理

应通过对电力的采集、监测、分析和优化，实现能源消耗可视化、精细化管理，降低能源成本，提高能效。

## 12.12 低碳运行水平评价

12.12.1 宜对下沉式再生水厂的碳排放强度进行计算。

12.12.2 碳排放强度应涵盖再生水厂运行过程中  $N_2O$ 、 $CH_4$ 、 $CO_2$  的直接排放强度以及电耗、热耗、物耗的间接排放强度。

12.12.3 低碳运行评价指标体系应由定量评价和定性评价两部分构成。

12.12.4 定量评价以碳排放强度的评估为基础。

12.12.5 定性评价针对设施设备的低碳改造、运行优化、低碳建设、监测与核算等低碳行为进行评估。

12.12.6 低碳运行评价的总分数应是碳排放强度分数与低碳行为鼓励分数的加权总和。

## 13 人机交互

### 13.1 一般规定

13.1.1 人机交互系统是下沉式再生水厂运维人员与计算机或其他智能设备之间进行信息交换和互动的系统。通过各种输入、输出手段，实现设备控制以及设备状态反馈，以完成特定任务或达到特定目标。

13.1.2 系统的运行感知流畅性、响应时延等人机交互设计，应遵循下列标准

1. GB/T 42396 《移动终端人-系统交互工效学触控界面感知流畅性》
2. GB/T 18978.400 《人-系统交互工效学 第 400 部分：物理输入设备的原则和要求》
3. GB/T 21051 《人-系统交互工效学 支持以人为中心设计的可用性方法》。

13.1.3 人机交互应具有多种实现方式，数字孪生技术、语音交互、虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等技术在埋地式再生水厂中已有广泛应用。

## 13.2 数字孪生

### 13.2.1 一般规定

下沉式再生水厂数字孪生系统的设计应符合国家标准 GB/T 43441.1—2023《信息技术数字孪生》的相关规定。

### 13.2.2 阶段划分

水厂数字孪生系统按智能化阶段可划分为可视化阶段数字孪生、数字化阶段数字孪生及智能化阶段数字孪生三个等级。

### 13.2.3 工艺仿真

1. 下沉式再生水厂数字孪生系统应达到《制造业数字化仿真分级》(T/AIITRE 21002-2022)标准 L2(复现级)仿真标准。

2. 仿真运行过程中,可通过分析模拟结果,智能分析工艺流程中的瓶颈和问题,并由系统提出相应的优化改进方案。

### 13.2.4 构建筑物模型

应以建筑信息模型为基础数据底座,采用三维建模技术构建现实建筑的数字化模型,并与业务系统应用集成,提供准确的建筑信息和各个层面的信息数据。

### 13.2.5 设备模型

应对厂区及周边设备、管线、环境进行参数化建模,将水厂设备及相关外围数据整合到统一的模型库,对其进行可视化展示和全生命周期管理。

### 13.2.6 自动巡检

1. 应具备自动化巡检功能,按照预设的巡检路线和周期,自动对厂区内的设备进行巡检。

2. 巡检过程中,系统应实时收集并展示各个设备的运行状态和参数。

### 13.2.7 模拟培训

1. 应具备模拟培训功能,通过将工艺、设备、生产流程全周期切片分解,一比一还原实景过程,模拟

现场装置工艺流程、工艺过程、过程参数和过程原理。

2. 模拟培训功能可在三维场景中进行事故模拟演练、设备巡检演练和设备三维解剖学习、三维动画原理展示。

3. 可支持题库建立、试卷生成、考试成绩管理等功能。

### 13.3 语音交互

操作人员应通过语音指令来控制设备或获取信息，设备则通过语音播报反馈操作结果或相关提示。

### 13.4 虚拟现实（VR）

VR 技术为操作人员提供沉浸式的虚拟环境，用于设备培训、模拟操作、虚拟设计评审。

### 13.5 增强现实（AR）

13.5.1 AR 技术将虚拟信息叠加在现实场景中，帮助操作人员进行设备维护、远程指导、生产流程监控等。

13.5.2 可通过 AR 眼镜、穿戴式设备、Pad、手机等终端显示设备的内部结构、维修手册、操作步骤等信息。

### 附录 A

(规范性)



下沉式再生水厂智能化系统架构图