ICS 13.□□
CCS Z□□

# 团　　体　　标　　准

T/ACEF □□－2025

# 火电企业智慧水务管理技术导则

Technical guidelines for smart water management in thermal power enterprises

（征求意见稿）

20□□-□□-□□发布　　20□□-□□-□□实施

中　华　环　保　联　合 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　总则.....4
5　主要特征.....4
6　基本要求.....5
7　系统结构.....5
8　运行维护.....7
9　管理要求.....7
10　考核评估.....8

# 引言

火电企业作为高耗水产业，面临水资源短缺、环保约束强化及精细化管理的多重挑战。智慧水务通过物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术与传统水系统深度融合，实现取水、制水、用水、排水全流程的智能监控与优化调控，对保障机组安全运行、降低水耗指标、提升废水回用率具有重要意义。

本导则立足火电行业特性，规范智慧水务的系统架构、核心功能及技术要求，指导企业构建“可观测、可控制、自优化”的水务管理体系，推动水-能协同优化与绿色低碳转型，为火电企业节水减排和可持续发展提供技术支撑。

# 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。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件参编单位：

本文件主要起草人：

# 火电企业智慧水务管理技术导则

## 1 范围

本文件规定了火电厂智慧水务的基本概念、体系结构、运行维护、考核评估以及管理技术要求。

本文件适用于火电厂智慧水务的规划、设计、运维和评估等。

## 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 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 30976（所有部分） 工业控制系统信息安全

GB/T 32919 信息安全技术 工业控制系统安全控制应用指南

GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**智慧水务** smart water affair

通过新一代信息技术与水务技术的深度融合，充分发掘数据价值和逻辑关系，实现水务业务系统的控制智能化、数据资源化、管理精确化、决策智慧化，保障水务设施安全运行，使水务业务运营更高效、管理更科学和服务更优质。

3.2

**系统管理员** system administrator

对系统管理和干预的人类角色。

3.3

**智能平台** intelligent platform

基于统一的数据标准和信息模型,由数据中心、基础服务、智能化应用服务构成的,以支撑火电厂的智能管控为目标的数字化平台。

注:智能平台支持智能设备互联互通、应用组件服务部署与发布,对外提供统一和标准的数据及应用接口,具备资源共享、集中管控与功能协同等特征。

3.4

**工业物联网** (Industrial Internet of Things, IIoT)

通常指物联网技术在工业领域的应用与实践。它通过智能传感器、执行器、自动控制装置、智能仪表、通信模块等，将循环水系统中的水泵、阀门、管道、冷却塔、换热器、水质监测仪器等物理对象连接到网络，并进行数据采集、状态感知、智能控制、远程运维和高效管理。其核心是构建一个“人、机、物”全面互联的网络基础设施，通过对海量工业数据的深度感知、实时传输、汇聚整合与分析建模，实现生产过程的智能化感知、识别、管理与控制，最终达成循环水系统运行优化、能效提升、故障预测与安全可靠性增长的目标。

3.5

**数据采集与监视控制系统** (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)

SCADA 系统是一种用于工业过程的监控与控制、并具备远程通信功能的计算机系统。它通过位于生产现场的远程终端单元（RTU）、可编程逻辑控制器（PLC）及智能传感仪表等设备，实时采集循环水系统的压力、流量、温度、水位、电导率、振动等过程数据，并将数据传输至中央监控站。操作人员可通过人机界面（HMI）对系统状态进行集中监视，并下发控制指令（如启停水泵、调节阀门），实现对循环水系统的远程控制、报警管理、历

史数据记录及报表生成等功能，是保障火电厂循环水系统安全、可靠、高效运行的核心操作中枢。

## 4 总则

4.1 火电企业智慧水务建设应以节水减排、安全可靠、经济高效、绿色低碳为目标，通过数字化、智能化技术整合水系统全流程数据，实现水资源的优化配置、动态监控与精准管控，支撑电厂安全环保运行和可持续发展。

4.2 火电企业智慧水务系统应采用分层架构设计，包括感知层（水质、流量、设备状态等实时监测）、数据层（统一数据治理与共享中枢）及应用层（分析决策与业务管理），各层之间需实现标准化接口与互联互通，确保系统扩展性与兼容性。

4.3 火电企业智慧水务系统应建立覆盖取水、用水、排水及回收全生命周期的数据体系，遵循统一数据标准，符合 GB/T 36344 数据质量要求，通过智能平台实现多源数据融合分析，挖掘数据价值，支撑智能预警、优化调度与决策支持。

4.4 火电企业智慧水务系统应满足 GB/T 22239 信息安全等级保护要求，保障数据、网络及控制安全；关键硬件与软件应具备冗余容错能力，确保扩容、维护不影响系统稳定运行，实现水务关键环节的高可靠性管控。

4.5 火电企业智慧水务建设应结合电厂实际需求和水务特点，选择成熟可靠的智能技术（如物联网、大数据、AI 模型），优先解决高耗水、高污染环节的智能化管控；同时预留技术升级空间，适应未来水务管理模式的演进。

4.6 火电企业应建立智慧水务动态评估与改进体系，定期根据运行效果、技术进步及政策要求更新技术规范，推动管理流程优化与系统迭代升级，实现水务智能化水平的持续提升。

## 5 主要特征

5.1 可观测

应通过物联网传感、自动监测设备及通信网络技术，实现对火电企业取水、用水、排水及水处理全流程的实时监控与多维度感知。建立覆盖水源、管网、设备、水质参数的数字化采集体系，支持时空动态数据存储与分析，为水务优化决策提供全域信息支撑。

5.2 可控制

配置智能化控制设备与系统，逐步实现水处理工艺（如软化、除盐、循环冷却、废水回用）的自动调控。控制系统应具备动态响应能力，在无人干预条件下保障水质达标、水量平衡及系统安全，满足节水减排与经济运行要求。

5.3 自适应

采用智能控制算法，根据原水水质波动、用水负荷变化、设备状态及环保政策等条件，自动调整水处理工艺参数、药剂投加策略及系统运行模式，确保水务系统长期稳定高效运行。应实现以下能力：

a)故障自愈：对水质超标、管道泄漏等异常自动触发处置流程；

b)风险约束：对关键设备故障（如泵组失效）自动降级运行，防止连锁事故；

c)工况优化：根据环境温度、机组负荷等因素动态调节冷却水循环效率。

5.4 自学习

基于历史水质数据、设备运行记录及能效指标，利用机器学习、知识图谱等技术，挖掘水质变化规律、设备劣化特征与节水潜力，构建水务管理知识库，持续提升故障预测精度和工艺优化能力。

5.5 自寻优

融合实时监测数据与自学习知识库，应用优化算法（如遗传算法、强化学习）动态计算最佳水平衡方案、药剂投加配比及再生水回用路径，实现水耗、能耗、环保成本的多目标协同优化。

5.6 分析与决策

通过多源数据（水质、流量、设备状态、气象）的关联分析与数字孪生仿真，实现水务系统全景可视化诊断；基于大数据模型评估管网漏损率、水平衡偏差及处理效率，生成智能报表与优化策略，支撑管理决策。

5.7 人机协同

提供可视化看板、移动端预警及 AR 巡检等交互手段，确保运行人员快速掌握水质风险、设备异常及能效瓶颈；支持自然语言指令输入（如语音调度），实现指令精准解析与执行反馈。

5.8 系统互联

通过标准化接口实现水务子系统（水质监测、加药控制、管网调度）间数据互通与协同控制。

5.9 信息安全

遵循“分区防护、专用网络、纵向认证”原则，按 GB/T 22239 要求划分安全域；部署工业防火墙、入侵检测及数据加密技术，重点保护水质控制指令、监测数据等核心资产，防范网络攻击导致的停水、水质事故。

## 6 基本要求

6.1 智慧水务系统应符合电力监控系统安全防护要求，采用分层分区架构，遵循“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”原则，划分独立安全域并部署边界防护设备。

6.2 智慧水务系统横向划分为：生产控制区和管理信息区，分区架构。

6.3 全厂水务系统时钟应统一授时，关键设备（水质在线仪、流量计、控制阀）需具备时钟同步与守时功能，确保数据时标一致性，偏差超过阈值时自动告警。

6.4 智慧水务核心设施宜配置智能装置：取水泵站、原水预处理单元、除盐系统（反渗透、EDI）、循环冷却水系统、废水处理及回用装置和化学加药设备。

6.5 水质参数（pH、浊度、电导率等）宜采用数字式在线传感器；水量计量宜选用电子流量计，支持数据直采与远程诊断。

6.6 智能设备数据采集与传输应符合统一信息模型（如 WaterML 2.0 或行业扩展 CIM），保障数据语义一致性。

6.7 宜构建水务一体化管控平台，采用 SOA(service oriented architecture，SOA)架构集成下列子系统：

——生产控制大区：水质监控、加药自动控制

——管理信息大区：水平衡分析、成本优化

——平台需提供智能应用组件的注册、调度与管理功能。

6.8 智能应用组件宜配置下列专用智能模块：

——水质异常预警与自优化

——管网漏损诊断决策支持

——节水减排经济运行分析

——水务设备预测性维护

6.9 通信协议

生产控制区：采用 OPC UA 或 MQTT 协议实现平台与现场设备通信

管理信息区：采用 HTTPS/RESTful API 对接电厂 SIS/MIS

6.10 关键设备（PLC 控制器、DCS 控制器、数据服务器）应冗余配置，控制系统需满足单点故障不影响水质核心工艺、通信中断时维持本地自治控制以及数据丢失率≤0.1%。

6.11 水务数据库对外接口需通过 API 网关管控访问权限，敏感数据（水质控制指令、环保监测值）传输采用加密隧道（如 IPSec VPN），

## 7 系统结构

7.1 传感层

应为智慧水务管理系统提供原始数据来源，是保障智能应用性能与操作质量的关键基础层。传感层应由以下要素构成：

a)感知设备：包括传感器、仪表及工业物联网终端；

b)数据存储库：存储水务资产、运行历史及空间信息的标准化数据库；

c)外部数据源：通过安全隔离区接入的互联网数据；

d)控制执行单元：接收上层指令并驱动执行机构（如泵、阀）的控制器。

7.1.1 感知设备部署宜符合下列要求：

a) 覆盖范围：涵盖水源取水口、预处理单元、除盐系统、循环冷却水系统、废水处理厂、

回用水管网及排放口等火电水务全流程节点；

b) 监测参数

1) 水量参数：瞬时流量、累计水量、管网压力；

2) 水质参数：pH、电导率、浊度、COD 等；

3) 设备参数：泵组振动、阀门开度、加药精度；

4) 环境参数：气温、降雨量、水体水文特征。

c) 技术要求

1) 采用工业物联网（IIoT）设备及具备自诊断功能的数字传感器；

2) 支持新型传感技术的即插即用接入。

7.1.2 数据存储库管理应满足以下要求：

a) 资产数据库：设备台账、维修记录；

b) 空间数据库：管网拓扑、设施坐标；

c) 运行数据库：历史监测数据、操作日志；

d) 用户隐私：涉及用户信息的存储库应符合 GB/T 35273 数据安全要求。

7.1.3 外部数据接入应符合以下要求：

a) 数据类型：气象服务数据、地理信息数据、云端模型输出结果；

b) 安全要求：需通过安全隔离区接入。

7.1.4 控制执行单元应具备以下要求：

a) 指令解析与故障诊断能力；

b) 本地自治控制功能（网络中断时维持基本运行）。

7.2 监控层

7.2.1 监控层位于传感层与应用层之间，承担实时数据管理、过程控制及安全防护核心职能，由以下要素构成：

a) 自动化控制设备：PLC、RTU、DCS 等工业控制器；

b) SCADA 系统：含数据采集、报警管理、人机交互功能；

c) 通信网络：支持有线/无线传输的工业环网。

7.2.3 网络安全要求：

a) 监控层为网络安全最高优先级区域，安全漏洞可能导致水质失控、设备损坏及环保事故；

b) 通信子层需加密传输传感器与控制系统间数据，防范未授权访问。

7.2.4 层级隔离机制：

a)监控层与应用层之间应采用逻辑隔离或物理隔离；

b)隔离方案优先物理隔离（气隙），适用于高安全需求场景（如加药控制、水源调度）；其次选用逻辑隔离，通过工业防火墙、单向光闸实现。

7.2.5 火电厂特殊要求：

a)循环冷却水、除盐系统的控制逻辑需与机组 DCS 联动；

b)关键报警（水质超标、管网泄漏）应冗余传输至电厂 SIS。

7.3 应用层

7.3.1 应用层是智慧水务管理系统的核心决策中枢，应基于实时数据与历史数据融合分析，实现水务全流程的智能决策、风险预警及资源优化。

7.3.2 核心功能宜满足以下要求：

a)采用机器学习、数字孪生等技术构建水平衡模型、水质预测模型；

b)交叉分析多源数据（设备状态、水质、气象），实现故障根因诊断；

c)预测管网漏损、设备劣化及水质超标风险；

d)关键报警响应时间≤5s（如循环水中断触发机组保护）；

e)动态优化冷却水循环倍率、废水回用率及药剂投加量；

f)支撑火电机组水耗、能耗、环保成本多目标协同寻优。

7.3.3 技术实现宜满足以下要求：

a)集成至电厂统一智能平台（如 SIS/MIS），支持与 DCS、设备管理系统数据互通；

b)采用微服务架构部署智能应用组件；

c)数字孪生：建立从水源到排放的水系统动态仿真模型；

d)区块链：用于水质报告、排污权交易等敏感数据存证；

7.4 操作层

7.4.1 操作层是智慧水务管理系统的人机交互核心，承担运行监控、指令执行与应急调度职能，为电厂水务操作团队提供统一决策支持接口。

7.4.2 核心功能构成宜满足以下要求：

a) 集成 SCADA 监控画面、设备三维态势及报警清单；

b) 关键参数（水质超标、流量突变）突出显示，刷新延迟≤1s；

c) 自动推送故障处置预案（如反渗透压差异常处理流程）；

d) 生成水平衡优化操作指令；

e) 智能调度中心大屏系统；

7.4.3 人机交互宜满足以下技术要求：

a) 人机界面关键操作不超过 3 级菜单；

b) 火电水务专属符号库；

c) 报警信息按优先级分级（I级：联锁停机；II级：工艺异常）；

d) 移动端振动+声光多重告警（I级报警强提醒）；

e) 关键指令（阀门启停、加药控制）需双重确认；

f) 操作留痕可追溯，审计日志保留≥6 个月。

## 8 运行维护

8.1 应实现检修、维护全过程的资料信息化、格式统一化、记录规范化，应能够自动生成各类报表，并支持快速关联检索。

8.2 应采用多种技术手段对智慧水务管理系统进行运行监测、分析和性能优化，及时发现和处理安全缺陷，确保智慧水务管理体系持续、稳定、安全运行。

8.3 智慧水务系统的检修应满足下列要求

a) 应推行基于设备健康状态的水务设施预测性维护机制；

b) 应建立融合水质参数、设备工况、腐蚀速率等特征的状态数据库，生成检修决策建议与操作指导；

c) 应支持关键设备（泵组、膜组、加药系统）的远程诊断与参数调优；

d) 宜采用视频图像识别（如管道结垢 AI 检测）、空间定位（AR 巡检导航）、智能工单管理及机器人技术（水下清淤机器人），实现运维智能化；

e) 宜构建水力模型与水质变化仿真系统，通过实时数据驱动实现：

1) 管网泄漏在线预警与定位；

2) 膜污染趋势诊断与清洗优化；

3) 药剂投加策略动态调优。

## 9 管理要求

9.1 火电厂应依据智慧水务系统的智慧化分级结果，清晰界定厂级分管领导、运行部（、智慧水务技术协调小组及各相关专业/运维单位的具体职责与工作接口。

9.2 火电厂应成立常设的智慧水务技术协调小组。小组应明确例会制度（如月度例会）及其决策权限范围，推动智慧水务相关工作的跨部门协作；审核系统升级改造、功能优化等重大技术方案；协调解决系统运行中的资源调配问题；监督、指导智慧水务建设与应用进程，确保其符合分级目标及电厂总体要求。

9.3 建立覆盖智慧水务系统全生命周期的应急预案，明确针对设备故障（如水泵故障、仪表失灵）、水质异常（如超标、恶化）、网络安全事件等关键事件的分级响应流程。预案中须清晰界定厂领导、运行部、相关专业/运维单位、技术协调小组等在各类事件中的处置权限、责任和协作程序。

9.4 运行及相关专业部门应严格执行厂级制定的智慧水务数据标准、安全策略及接入规范，确保水质、设备状态、能耗（水、电、药）等核心数据的实时性、准确性，并实现与厂级监控信息系统（SIS）、管理信息系统（MIS）等平台的可靠互联互通。

## 10 考核评估

10.1 火电企业智慧水务管理系统的可靠性应通过整体系统可用性、故障水平和中断恢复的指标进行评估。

10.2 火电企业智慧水务智慧化程度评估要求

a) 应采用功能验证、性能测试及专家评审相结合方式，重点评估智能化技术在感知层（水质/水量监测）、控制层（工艺调控）、决策层（优化调度）的应用深度，以及对节水率、水质达标率、运维成本等核心指标的提升成效；

b) 可依据评估结果将智能化程度划分为初级、中级、高级三个阶段；初级阶段应实现全厂水务数据的数字化采集（关键参数覆盖率≥90%）与基础自动化控制（如泵阀联动、加药启停），并初步融合生产数据与管理信息； 中级阶段应达成多系统（SCADA/成本分析）信息共享与可视化，具备管网漏损预警、水质超标预判等预测控制能力，厂区无人巡检覆盖率宜≥60%；高级阶段应具备自学习（动态优化水平衡模型）、自寻优（吨水处理能耗降低≥15%）、自适应（根据原水水质自动调参）能力，实现取水-处理-回用-排放全链条零风险管控。