

团 体 标 准

T/QGCML 5081—2025

电力行业循环水系统智慧化管理分级指南

Classification Guidelines for Intelligent Management of Circulating Water Systems
in the Power Industry

2025 - 12 - 29 发布

2026 - 01 - 13 实施

全国城市工业品贸易中心联合会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分级原则 1

5 分级指标 2

6 评价方法 4

7 实施要求 5

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。

本文件由大唐蒲城发电有限责任公司提出。

本文件由全国城市工业品贸易中心联合会归口。

本文件主要起草单位：大唐蒲城发电有限责任公司、大唐韩城第二发电有限责任公司、大唐瑶池发电有限公司、大唐秦岭发电有限公司、北京国知万维科技有限责任公司。

本文件主要起草人：姚林、付永昶、王晖良、任晓斌、梁东梅、安光辉、贾新炜、朱淳、刘彬科、刘肖、郑海。

电力行业循环水系统智慧化管理分级指南

1 范围

本文件规定了电力行业循环水系统智慧化管理的分级原则、分级指标、评价方法及实施要求。

本文件适用于电力行业中采用循环冷却水系统的火力发电厂、核电站及新能源发电配套电站，其中火力发电厂主要针对 300MW 及以上机组，其他类型电站可参照执行。

本文件所指循环水系统包括敞开式循环冷却水系统和封闭式循环冷却水系统的智慧化管理分级评定与升级改造指导。

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 33136 信息技术服务 数据中心服务能力成熟度模型

GB/T 34953.1 信息技术 安全技术 匿名实体鉴别 第1部分：总则

DL/T 5161 电气装置安装工程质量检验及评定规程 第1部分：通则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

循环水系统 circulating water system

以水作为冷却介质，由冷却设备、水泵、管道、水处理设备等组成的用于带走工艺设备余热的封闭或敞开式水系统，包括凝汽器冷却系统、辅机冷却系统等电力生产关键冷却设施。

3.2

智慧化管理 intelligent management

采用物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术，实现对循环水系统运行状态的实时感知、数据融合分析、智能决策优化及自动化控制的管理模式。

3.3

分级指标 grading index

用于衡量循环水系统智慧化管理水平的量化或定性指标，包括硬件配置、数据能力、应用功能及效益表现四个维度。

3.4

数字孪生平台 digital twin platform

基于物理循环水系统构建的数字化镜像系统，通过实时数据映射、仿真分析和预测模拟，实现对系统全生命周期管理的虚拟平台。

3.5

预测性维护 predictive maintenance

基于设备运行数据和算法模型，预测循环水系统关键设备故障趋势并提前安排维护的管理策略。

3.6

边缘计算节点 edge computing node

部署在循环水系统现场，具备数据采集、预处理和实时控制功能的计算单元，可实现本地化快速决策响应。

4 分级原则

4.1 系统性原则

分级评价应覆盖循环水系统的监测感知、数据传输、分析决策、控制执行及管理优化全流程，确保评价结果全面反映系统智慧化整体水平。

4.2 递进性原则

分级标准应体现智慧化管理水平的阶梯式提升，从基础自动化到智能优化形成清晰的技术演进路径，各级别之间具有明确的技术边界和升级关系。

4.3 适用性原则

分级指标应充分考虑电力行业不同类型机组、不同规模电厂的实际情况，兼顾技术先进性与经济可行性，提供可选择的升级路线。

4.4 安全性原则

智慧化管理系统应符合电力安全生产要求，具备完善的数据安全防护、控制权限管理和应急处理机制，确保系统可靠运行。

4.5 节能性原则

分级指标应突出节能降耗导向，将循环水系统能耗指标、水资源利用率作为智慧化管理水平的重要衡量标准，与电力行业节能减排目标相衔接。

5 分级指标

5.1 基础级

5.1.1 硬件配置

5.1.1.1 应实现对循环水进出口压力、温度、流量等关键工艺参数的在线监测，传感器覆盖率不低于60%。

5.1.1.2 应配备独立的循环水系统控制柜，具备手动/自动切换功能。

5.1.1.3 应安装水质常规指标（pH 值、电导率、浊度）在线监测仪表。

5.1.1.4 循环水泵应具备电机电流、振动等基本状态监测功能。

5.1.2 数据能力

5.1.2.1 应建立基础的运行数据记录制度，数据保存周期不少于 3 个月。

5.1.2.2 应实现主要运行参数的本地显示和超限报警功能。

5.1.2.3 应具备人工录入水质分析数据的功能，数据准确率不低于 95%。

5.1.2.4 应采用工业总线或以太网实现控制柜与就地仪表的数据传输。

5.1.3 应用功能

5.1.3.1 应具备循环水泵启停、阀门开关的远程操作功能。

5.1.3.2 应实现补水量的自动调节控制。

5.1.3.3 应建立日常巡检制度和人工水质调控流程。

5.1.3.4 应具备基本的故障报警功能，报警响应时间不超过 30 分钟。

5.1.4 效益指标

5.1.4.1 循环水输送工序吨水百米耗电量应 $\leq 0.35\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

5.1.4.2 冷却系统补水率应 $\leq 1.5\%$ （敞开式系统）。

5.1.4.3 每年因循环水系统问题导致的非计划停机次数应 ≤ 2 次。

5.1.4.4 人工巡检成本占系统总运维成本比例不超过 60%。

5.2 进阶级

5.2.1 硬件配置

- 5.2.1.1 关键工艺参数传感器覆盖率应达到 100%，包括新增腐蚀速率、结垢趋势等在线监测仪表。
- 5.2.1.2 应配置独立的边缘计算节点，实现本地化数据处理和控制决策。
- 5.2.1.3 循环水泵、冷却塔风机等关键设备应加装振动、温度、轴承油位等状态监测传感器。
- 5.2.1.4 应建立独立的工业控制网络，与管理网络实现物理隔离。

5.2.2 数据能力

- 5.2.2.1 应建立循环水系统数据库，实现运行数据、维护记录的集中存储，数据保存周期不少于 1 年。
- 5.2.2.2 数据采集频率应满足：工艺参数 ≥ 1 次/分钟，设备状态参数 ≥ 1 次/10 秒。
- 5.2.2.3 应具备数据完整性校验功能，关键数据准确率不低于 99%。
- 5.2.2.4 应实现与电厂 SIS 系统的数据对接，支持数据共享。

5.2.3 应用功能

- 5.2.3.1 应实现循环水流量、压力、水温的自动调节控制。
- 5.2.3.2 应具备水质稳定药剂的自动投加功能，投加精度不低于 $\pm 5\%$ 。
- 5.2.3.3 应建立设备状态监测与故障诊断系统，具备常见故障的自动识别功能。
- 5.2.3.4 应实现能耗统计分析功能，生成月度能效评估报告。

5.2.4 效益指标

- 5.2.4.1 循环水输送工序吨水百米耗电量应 $\leq 0.30\text{kW}\cdot\text{h}$ 。
- 5.2.4.2 冷却系统补水率应 $\leq 1.2\%$ （敞开式系统）。
- 5.2.4.3 液体输送系统总效率应 $\geq 85\%$ 。
- 5.2.4.4 自动控制覆盖率应 $\geq 70\%$ ，年节电效益不低于 5%。

5.3 智能级

5.3.1 硬件配置

- 5.3.1.1 应实现全系统参数的网格化监测，传感器/智能仪表覆盖率达到 100%。
- 5.3.1.2 应部署数字孪生平台所需的高精度三维扫描建模设备。
- 5.3.1.3 关键转动设备应安装在线油液分析传感器。
- 5.3.1.4 应配置冗余的数据采集服务器和控制服务器，确保系统可靠性。

5.3.2 数据能力

- 5.3.2.1 应建立覆盖全系统的实时数据库和历史数据库，数据保存周期不少于 3 年。
- 5.3.2.2 应具备每秒 ≥ 1000 点的数据采集和处理能力。
- 5.3.2.3 应实现数据质量自动诊断和异常数据修复功能。
- 5.3.2.4 应采用加密传输技术，确保数据传输安全，符合 GB/T 34953.1 的要求。

5.3.3 应用功能

- 5.3.3.1 应建成循环水系统数字孪生平台，实现物理系统与虚拟模型的实时映射。
- 5.3.3.2 应具备基于 AI 算法的负荷预测和优化调度功能，预测准确率 $\geq 90\%$ 。
- 5.3.3.3 应实现关键设备的预测性维护，故障预警准确率 $\geq 85\%$ 。
- 5.3.3.4 应具备智能水质优化功能，根据工况自动调整水处理方案。
- 5.3.3.5 应实现与电厂 ERP 系统的集成，支持运维流程闭环管理。

5.3.4 效益指标

- 5.3.4.1 循环水输送工序吨水百米耗电量应 $\leq 0.28\text{kW}\cdot\text{h}$ 。
- 5.3.4.2 冷却系统补水率应 $\leq 1.0\%$ （敞开式系统）。
- 5.3.4.3 液体输送系统总效率应 $\geq 90\%$ 。
- 5.3.4.4 年故障停机时间应 ≤ 8 小时，预测性维护覆盖率 $\geq 80\%$ 。

5.4 卓越级

5.4.1 硬件配置

- 5.4.1.1 应实现跨厂区循环水系统的协同监测网络，支持多源数据融合。
- 5.4.1.2 应部署边缘计算与云计算协同的混合架构。
- 5.4.1.3 应配备水质生物毒性在线监测仪等高级监测设备。
- 5.4.1.4 应建立独立的网络安全防护体系，包括入侵检测、漏洞扫描等功能。

5.4.2 数据能力

- 5.4.2.1 应建立企业级循环水大数据平台，支持 PB 级数据存储和分析。
- 5.4.2.2 应具备数据资产化管理功能，实现数据价值评估和优化利用。
- 5.4.2.3 应支持与上下游产业链数据共享，构建行业数据生态。
- 5.4.2.4 应具备 AI 模型自训练、自优化能力，适应不同运行工况。

5.4.3 应用功能

- 5.4.3.1 应实现跨厂区循环水系统的智能协同优化。
- 5.4.3.2 应具备基于数字孪生的全生命周期管理功能，包括设计、运行、维护、退役全阶段。
- 5.4.3.3 应实现碳足迹监测与优化功能，支持绿电消纳决策。
- 5.4.3.4 应具备智能应急响应功能，支持极端工况下的自动调控策略。

5.4.4 效益指标

- 5.4.4.1 循环水输送工序吨水百米耗电量应 $\leq 0.25\text{kW}\cdot\text{h}$ 。
- 5.4.4.2 冷却系统补水率应 $\leq 0.8\%$ （敞开式系统）。
- 5.4.4.3 液体输送系统总效率应 $\geq 92\%$ 。
- 5.4.4.4 年节能效益不低于 15%，投资回收期应 ≤ 3 年。
- 5.4.4.5 全系统智慧化决策贡献率应 $\geq 80\%$ 。

6 评价方法

6.1 评价流程

6.1.1 资料审查

- 6.1.1.1 申请单位应提交以下资料：
 - 循环水系统智慧化建设概况报告；
 - 硬件配置清单及技术参数表；
 - 近 1 年的运行数据统计报表；
 - 系统功能测试报告；
 - 安全防护体系文档。
- 6.1.1.2 评审专家组对提交资料的完整性、规范性进行审查，资料审查通过后方可进行现场核验。

6.1.2 现场核验

- 现场核验应包括以下内容：
- 传感器安装覆盖率核查，随机抽查比例不低于 30%；
 - 系统功能现场测试，包括数据采集、控制执行、报警响应等；
 - 数据平台运行状态检查，包括数据完整性、实时性验证；
 - 运维人员操作技能考核；
 - 安全管理制度执行情况检查。

6.1.3 绩效评估

绩效评估采用定量与定性相结合的方式：

- 定量指标：依据本标准第 5 章效益指标进行数据核实；
- 定性指标：包括系统稳定性、操作便捷性、扩展能力等；
- 用户反馈：收集运行维护人员对系统的评价意见；
- 创新点：评估智慧化应用的创新性和推广价值。

6.2 评分体系

6.2.1 分值设置

- 总分为 100 分，其中：
- 硬件配置：30 分；
 - 数据能力：25 分；
 - 应用功能：35 分；
 - 效益指标：10 分。

6.2.2 评分标准

- 6.2.2.1 基础级（Level 1）：总分 ≥ 60 分，且硬件配置项得分 ≥ 18 分，数据能力项得分 ≥ 15 分。
- 6.2.2.2 进阶级（Level 2）：总分 ≥ 75 分，且各单项得分不低于该项目总分的 60%。
- 6.2.2.3 智能级（Level 3）：总分 ≥ 85 分，且应用功能项得分 ≥ 28 分。
- 6.2.2.4 卓越级（Level 4）：总分 ≥ 95 分，且效益指标项得分 ≥ 8 分。

6.2.3 加分项

- 6.2.3.1 具备以下创新点可获得额外加分（累计不超过 5 分）。
- 6.2.3.2 采用自主可控的软硬件产品，加 2 分。
- 6.2.3.3 实现与新能源发电系统的协同优化，加 2 分。
- 6.2.3.4 获得智慧化管理相关专利或软件著作权，加 1-2 分。

6.3 等级认定

- 6.3.1 评价结果达到相应等级分数线且无重大扣分项的，认定为该等级。
- 6.3.2 未达到基础级标准的，应提出整改建议，6 个月后可重新申请评价。
- 6.3.3 等级认定有效期为 3 年，期满前 3 个月可申请复评。
- 6.3.4 发生重大安全事故或环境事件的，自动取消等级资格，2 年后方可重新申请。

7 实施要求

7.1 规划设计

- 7.1.1 新建电厂应根据机组容量和冷却方式，在初步设计阶段明确循环水系统智慧化管理目标等级。
- 7.1.2 现有电厂应开展智慧化水平评估，制定分阶段升级改造计划。
- 7.1.3 智慧化改造方案应进行技术经济可行性分析，确保投资效益比合理。
- 7.1.4 规划设计应预留系统扩展接口，满足未来升级需求。

7.2 建设实施

- 7.2.1 应选择具备电力行业资质和经验的供应商实施智慧化改造。
- 7.2.2 硬件设备安装应符合 DL/T 5161.1 的要求。
- 7.2.3 软件系统开发应遵循 GB/T 33136 的技术规范。
- 7.2.4 系统集成应实现各子系统的数据互联互通，避免信息孤岛。

7.3 运行维护

- 7.3.1 应建立智慧化系统运行维护制度，明确岗位职责和操作流程。
- 7.3.2 应定期对传感器、仪表进行校准，校准周期不超过 12 个月。
- 7.3.3 数据备份应执行异地备份策略，备份频率不低于每日 1 次。

7.3.4 应每季度进行系统性能评估，及时优化算法模型参数。

7.4 人员培训

7.4.1 应建立分级培训体系，包括操作层、维护层和决策层培训。

7.4.2 操作人员应熟悉系统界面操作和应急处理流程，培训合格后方可上岗。

7.4.3 维护人员应掌握硬件故障排查和软件系统配置技能。

7.4.4 每年至少开展 1 次全员智慧化管理知识更新培训。

7.5 安全管理

7.5.1 应建立网络安全防护体系，实施访问权限分级管理。

7.5.2 控制逻辑修改应执行审批流程，保留修改记录。

7.5.3 应定期进行安全漏洞扫描和渗透测试，每年不少于 2 次。

7.5.4 应制定系统故障应急预案，并每半年开展 1 次应急演练。

7.6 持续改进

7.6.1 应建立智慧化管理指标看板，实时监控关键绩效指标。

7.6.2 每年应开展智慧化管理评审，识别改进机会。

7.6.3 应跟踪智慧化技术发展趋势，适时引入新技术、新方法。

7.6.4 应积极参与行业交流，分享智慧化管理经验。
