



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40222—2021

---

## 智能水电厂技术导则

Guide for smart hydropower plant

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 基本要求 ..... 3

5 现地设备 ..... 3

6 发电运行 ..... 4

7 水库调度 ..... 5

8 检修维护 ..... 6

9 安全管理 ..... 6

附录 A（规范性附录） 智能水电厂分级 ..... 8

附录 B（资料性附录） 智能水电厂系统架构 ..... 11



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：南瑞集团有限公司、南京南瑞水利水电科技有限公司、国网新源控股有限公司、中国长江电力股份有限公司、南方电网调峰调频发电有限公司、广西桂冠电力股份有限公司、五凌电力有限公司、雅砻江流域水电开发有限公司、国电大渡河流域水电开发有限公司、北京中水科水电科技开发有限公司、广州健新科技股份有限公司。

本标准主要起草人：吴维宁、徐青、芮钧、路振刚、王永潭、常玉红、谢秋华、施健升、巩宇、谭文胜、隋彬、晋健、夏洲、郑健兵、李友平、宋旭峰、张毅、李德华、徐跃云、杨琳、向文平、刘正国、凌骐、戎刚、李香华、周律、刘勇、赵宇、蔡杰、华涛、李林、朱振军。

# 智能水电厂技术导则

## 1 范围

本标准规定了智能水电厂现地设备、发电运行、水库调度、检修维护、安全管理的技术要求。  
本标准适用于智能水电厂。

## 2 规范性引用文件



下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 17621 大中型水电站水库调度规范

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 22240 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南

GB/T 22482 水文情报预报规范

GB/Z 24294(所有部分) 信息安全技术

GB/Z 25320(所有部分) 电力系统管理及其信息交换 数据和通信安全

GB/T 28570 水轮发电机组状态在线监测系统技术导则

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 33007 工业通信网络 网络和系统安全 建立工业自动化和控制系统安全程序

GB/T 33863(所有部分) OPC 统一架构

GB/T 33901 工业物联网仪表身份标识协议

GB/T 33905(所有部分) 智能传感器

GB/T 34068 物联网总体技术 智能传感器接口规范

GB/T 34982 云计算数据中心基本要求

GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则

GB/T 39264 智能水电厂一体化管控平台技术规范

GB/T 39565 智能水电厂防汛应急指挥系统技术规范

GB/T 39629 智能水电厂安全防护系统联动技术要求

GB/T 40234—2021 智能水电厂公共信息模型技术要求

DL/T 578 水电厂计算机监控系统基本技术条件

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 860.1 电力自动化通信网络和系统 第1部分:概论

DL/T 860.10 电力自动化通信网络和系统 第10部分:一致性测试

DL/T 860.74 电力自动化通信网络和系统 第7-4部分:基本通信结构 兼容逻辑节点类和数据类

DL/T 860.7410 电力自动化通信网络和系统 第7-410部分:基本通信结构 水力发电厂监视与控制用通信



DL/T 860.81 电力自动化通信网络和系统 第 8-1 部分:特定通信服务映射(SCSM)—映射到 MMS(ISO 9506-1 和 ISO 9506-2)及 ISO/IEC 8802-3

DL/T 890.301 能量管理系统应用程序接口(EMS-API) 第 301 部分:公共信息模型(CIM)基础

DL/T 1066 水电站设备检修管理导则

DL/T 1100.1 电力系统的时间同步系统 第 1 部分:技术规范

DL/T 1246 水电站设备状态检修管理导则

DL/T 1625 梯级水电厂集中监控系统基本技术条件

DL/T 1666 水电站水调自动化系统技术条件

DL/T 1732 电力物联网传感器信息模型规范

DL/T 1802 水电厂自动发电控制及自动电压控制系统技术规范

DL/T 1809 水电厂设备状态检修决策支持系统技术导则

DL/T 5211 大坝安全监测自动化技术规范

NB/T 35001 梯级水电站水调自动化系统设计规范

NB/T 35002 水力发电厂工业电视系统设计规范

QX/T 65 地面气象观测规范

SL/T 61 水文自动测报系统技术规范

YD/T 2437 物联网总体框架与技术要求

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**智能水电厂 smart hydropower plant**

以自动化、数字化、信息化为基础,利用云计算、大数据、物联网、移动互联、人工智能等技术,具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应能力,实现安全、稳定、高效运行的水电厂。

#### 3.2

**智能电子装置 intelligent electronic device; IED**

基于微处理器技术,具备数据采集、处理、控制执行以及网络交互能力的电子装置。

#### 3.3

**智能组件 intelligent component**

由测量、控制、保护等一个或多个智能电子装置构成的集合。智能组件通过电缆或光纤与机电设备本体的传感器和/或控制机构连接成有机整体,实现机电设备智能化。

#### 3.4

**智能设备 intelligent equipment**

水电厂内机电设备本体与相应智能组件的有机结合体,具有测量数字化、通信网络化、功能一体化和信息互动化特征。

#### 3.5

**数字孪生 digital twin**

用于理解、预测和优化实体对象性能的数字仿真。

#### 3.6

**源端维护 source side maintenance**

在接近数据采集源位置进行参量、信息的配置和维护并自动同步到所有相关点的能力。

## 4 基本要求

4.1 智能水电厂应依据其特征和能力划分为不同级别,各级别的要求见附录 A。

4.2 智能水电厂系统架构要求如下:

- a) 网络安全防护应符合 GB/T 36572 的要求;
- b) 纵向宜分为过程层、单元层和厂站层,典型系统架构参见附录 B;
- c) 横向应分为生产控制大区和管理信息大区,设备及应用组件部署要求参见 B.1;
- d) 过程层和厂站层应分别建立过程层网和厂站层网,通信宜遵循 DL/T 860.1 的要求;
- e) 厂站层应部署一体化管控平台并符合 GB/T 39264 的要求,生产控制大区通信可采用 DL/T 860.81 中的 MMS 协议,管理信息大区宜支持 SOAP 或 RESTful 通信协议;
- f) 厂站层管理信息大区应建立统一的生产数据中心,可部署私有云计算平台、大数据平台和工业互联网平台,支持 GB/T 33863(所有部分)、GB/T 34982;
- g) 厂站层应实现应用组件的一体化部署,并实现相互之间的业务互动;
- h) 保护装置的测量和跳闸信号宜增设独立的点对点网络进行传输。

4.3 智能水电厂宜采用智能电子装置及智能设备实现数据采集和处理,也可采用智能传感器进行数据测量。

4.4 一体化管控平台应具备数据质量管理功能,能够自动识别缺数和测值异常等问题。

4.5 时间同步系统应全厂统一,同步对时信号取自同一信号源,符合 DL/T 1100.1 的要求。

4.6 视频监控系统应符合 NB/T 35002 的要求,并具备系统联动、虚拟电子围栏、图像识别等功能。

4.7 水工建筑物、机电设备宜实现三维数字化建模。

4.8 智能电子装置、智能设备、一体化管控平台宜建立统一的信息模型,符合 DL/T 860.74、DL/T 860.7410、DL/T 890.301、GB/T 40234—2021 的规定,实现数据的源端维护、全厂共享。

4.9 智能水电厂宜实现数字孪生功能,并通过自学习不断升级数字仿真模型。

4.10 智能水电厂可采用手机、平板电脑、机器人等移动终端扩大信息采集范围。

## 5 现地设备

5.1 智能传感器功能和接口应符合 GB/T 33905(所有部分)、GB/T 34068、GB/T 33901 的要求,信息模型宜符合 DL/T 1732 的要求。

5.2 智能电子装置应符合下列要求:

- a) 具备即插即用功能,能够根据全厂配置文件自动与对应设备建立数据通信;
- b) 具备数据分析计算能力,并能够对被监测设备进行初步故障诊断;
- c) 具备冗余装置识别功能,并自动实现冗余装置之间的无扰动切换;
- d) 具备自诊断及自恢复能力,能够在装置异常时自动重启软件或装置;
- e) 通过 DL/T 860.10 的一致性测试。

5.3 智能电子装置宜符合下列要求:

- a) 装置注册、参数远程配置、固件升级、模型升级等功能符合 YD/T 2437 的要求;
- b) 具备自适应调节能力,能够根据被控制设备实测响应特性优化调节参数。

5.4 智能设备应符合下列要求:

- a) 具备数字传感功能,能够实时监测设备运行状态;
- b) 能够根据约束条件和控制目标,自动完成控制执行;

- c) 具备机电设备保护功能；
- d) 具备机电设备运行状态分析和故障预警能力；
- e) 通过 DL/T 860.10 的一致性测试。

5.5 智能设备宜符合下列要求：

- a) 支持边缘计算功能；
- b) 具备视频监视功能。

5.6 智能设备可具备注册、参数远程配置、固件升级、模型升级等功能。

5.7 调速器、励磁调节器宜具备仿真调试模型，能够自动记录试验过程数据并生成报告。

## 6 发电运行

### 6.1 监视

6.1.1 智能水电厂发电运行监视功能除应满足 DL/T 578、NB/T 35001、DL/T 5211、SL/T 61、QX/T 65 以外，还应符合下列要求：

- a) 水电厂设备、设施出现异常或应急事故时自动推送相应的视频监控画面；
- b) 测量点测值抖动、突变等异常变位情况时及时告警，并能够进行统计分析；
- c) 具备各类设备操作动作次数的统计分析功能；
- d) 具备运行告警信息主因分析功能，关联显示主因告警信息与相关告警信息；
- e) 提供顺控流程异常告警功能；
- f) 提供辅助设备的启停频次、启停时长规律统计功能，并结合实际工况进行辅助设备启停异常实时判别和故障预警。

6.1.2 智能水电厂发电运行监视宜符合下列要求：

- a) 能够根据历史运行数据识别设备特征参数的变化规律，建立正常运行样本库，实时对比分析，异常时发出趋势预警；
- b) 能够根据历史运行数据学习相关量之间的关系，并对设备运行情况进行实时分析，判别设备运行异常并告警；
- c) 能够自动分析保护跳闸的原因；
- d) 能够根据报警信息识别可能的故障原因，并给出相应的故障排查方法及处置方法等信息；
- e) 实现三维可视化运行虚拟仿真，具备场景快照、三维漫游、数据展示、事故模拟等功能；
- f) 具备大屏可视化及管理驾驶舱功能，直观展示各业务专题数据及跨业务分析结果，并能够对数据进行钻取分析。

### 6.2 控制

6.2.1 现地设备控制功能应符合 DL/T 578、DL/T 1625 的要求。

6.2.2 智能水电厂应具备水电厂自动发电控制(AGC)和自动电压控制(AVC)功能，符合 DL/T 1802 的要求。

6.2.3 AGC 宜预测库水位变化趋势，超阈值时发出预警，并给出负荷调整建议。

6.2.4 AGC 宜根据水轮发电机组实测振摆值，优化调整运行工况和机组间负荷分配值。

6.2.5 AGC、AVC 宜考虑机组状态评价、缺陷、启动失败次数等因素，优选开停机或调节的机组。

6.2.6 智能水电厂宜根据水轮发电机组的实测功率、水头、流量等信息，建立机组水耗与效率模型，并动态调整优化机组工况。

- 6.2.7 智能水电厂宜在符合电力调度等要求的前提下,实现经济调度控制(EDC)。
- 6.2.8 上位机误操作时应能够进行自动闭锁并告警,设备操作闭锁规则应可组态。
- 6.2.9 智能水电厂宜具备泄洪闸门应急控制系统,具有自动投入应急电源等功能。
- 6.2.10 智能水电厂宜实现计算机监控、视频监控、消防、门禁、电子围栏、人员定位、生产管理系统之间的联动功能,符合 GB/T 39629 的要求。
- 6.2.11 闸门控制与应急广播系统应实现联动功能,需泄洪时根据计划自动提前进行预警。
- 6.2.12 门禁、人员定位、照明宜实现联动功能,自动优化调节工作区照明亮度。

### 6.3 巡检

- 6.3.1 智能水电厂应实现巡检人员的实时定位功能和巡检现场画面影像远方传输功能,异常时告警并推送相应视频监控画面。
- 6.3.2 智能水电厂应实现基于移动终端的历史数据查询及数据、影像、音频信息记录功能。
- 6.3.3 智能水电厂宜实现异音、异味、火花、放电等异常现象监测及跑冒滴漏等故障信息的自动采集和监视功能,异常时告警并推送相应视频监控画面。
- 6.3.4 智能水电厂宜采用机器人进行移动智能巡检,并实现视频、音频等数据的自动分析。
- 6.3.5 巡检记录数据与生产管理数据应相互融合,能够自动将巡检移动终端及巡检机器人数据导入至生产管理数据中。

## 7 水库调度

### 7.1 预报

- 7.1.1 智能水电厂预报功能除应满足 GB/T 22482 以外,还应符合下列要求:
  - a) 根据历史来水变化特性,智能优选校正算法,对预报模型计算结果进行校正;
  - b) 具备预报方案配置和管理功能,支持预报方案拓扑结构、模型参数的结构化展示与设置。
- 7.1.2 智能水电厂预报功能宜符合下列要求:
  - a) 具备区间来水预报过程的逐时段概率分布曲线功能;
  - b) 提供多个模型和多套参数,自动选择模型和参数进行预报或采用组合方式进行预报;
  - c) 具备水文预报参数自动率定和更新能力,适应流域水文条件演变的情况。

### 7.2 调度

- 7.2.1 智能水电厂调度功能除应满足 GB 17621、DL/T 1666、NB/T 35001 以外,还应符合下列要求:
  - a) 优化调度考虑防洪、生态环境(含泥沙淤积、岸坡侵蚀)、电网运行、通航等约束;
  - b) 根据大坝安全分析评估的结果自动将库水位控制在允许的变化范围内;
  - c) 根据预报入库洪水过程线,自动生成符合闸门操作规则的操作计划,并在线滚动修正闸门操作计划。
- 7.2.2 智能水电厂调度功能宜符合下列要求:
  - a) 具备相似洪水识别功能,根据当前预报洪水自动关联展示历史上最相似的若干场洪水过程,以及相应的调度过程、调度总结等信息,并推荐当前洪水的优化调度方案;
  - b) 具备水库弃水、水位越限、出力不足等风险的量化识别和预警功能;
  - c) 具备发电计划和洪水调度计划的敏感性分析功能;
  - d) 具备满足电力市场要求的报价决策支持功能。





## 8 检修维护

### 8.1 机电设备维护

#### 8.1.1 设备状态评价与诊断分析

设备状态评价与诊断分析除应满足 GB/T 28570、DL/T 1809、DL/T 596 以外,还应符合下列要求:

- a) 建立各类设备及部件的正常运行健康样本库,并具备设备健康样本人工标记功能;
- b) 建立各类设备及部件的典型故障样本库,包括不同劣化程度对应的图像、音频、视频、特征曲线等资料;
- c) 采用状态在线监测、巡检数据、设备台账等信息,从多个维度对设备状态进行综合评价;
- d) 具备数据统计、数值分析等工具和功能,并实现分析结果的展示;
- e) 具备计算机辅助故障诊断工具,能够实现对水电厂设备的远程故障诊断和运维功能;
- f) 具备设备失效模式及后果分析(FMEA)功能;
- g) 具备设备及部件运行状态和故障三维可视化展示功能,可显示实时运行状态、故障类型、故障原因、健康状态、设备属性等信息;
- h) 对设备关键部件及设备整体状态评价宜提供量化结果和状态等级,并实现与不同设备状态对应检修策略的关联。

#### 8.1.2 设备检修过程管理

设备检修过程管理功能要求如下:

- a) 应符合 DL/T 1066、DL/T 1246 的要求。
- b) 宜根据中长期来水情况、电力负荷预测结果、设备状态评价结果,自动生成优化的年度设备检修计划,并在此基础上自动生成季度或逐月的设备优化检修计划。应实现检修维护任务管理功能,根据预定检修计划以及检修进度自动推送提醒通知。
- c) 应建立设备检修知识库、标准作业库和标准业务流程,满足在线提供故障处置指导的要求。
- d) 宜实现主设备三维可视化检修虚拟仿真功能。应根据设备状态评价和故障诊断结果自动关联相应的工作票。
- e) 可根据工作票内容自动预约领用相应的工器具和备品备件。
- f) 应实现设备检修维护作业现场有害气体、噪音等参数监测功能,并具备超限告警及联动通风等系统的功能。
- g) 应能够自动记录检修维护过程中的各类调试和试验数据,并生成相应的报表。

### 8.2 大坝安全分析评估

大坝安全分析评估除应满足 DL/T 5211 以外,还应符合下列要求:

- a) 实现水库调度库水位预测期内的大坝安全分析评估;
- b) 实现泄洪期间的坝体及其他附属结构物的动力响应分析和安全性态评价;
- c) 实现强震监测和大坝监测数据综合分析,评价大坝安全性态;
- d) 实现近坝区地质灾害监测、预警及综合分析评估。

## 9 安全管理

### 9.1 生产安全

#### 9.1.1 智能水电厂生产安全应符合下列要求:

- a) 实现智能两票管理,具备典型票管理、自动开票、冲突检测、移动查询等功能;
- b) 实现智能锁钥管理,具备批量解锁授权及两票联动功能;
- c) 实现智能地线管理,具备各类接地线挂接、拆除过程的实时跟踪能力。

9.1.2 智能水电厂生产安全宜符合下列要求:

- a) 建立全厂人员定位系统,并实现与视频监控、两票等联动;
- b) 采用视频监控系统自动识别人员的违章作业行为;
- c) 建立现场作业风险知识库,能够根据设备对象和作业内容自动生成风险列表;
- d) 实现两票与门禁、人员定位、应急广播之间的联动功能,防止人员误操作。

## 9.2 环境安全

9.2.1 防汛决策支持功能应符合 GB/T 39565 的要求。

9.2.2 开启闸门泄洪前应自动识别大坝下游泄洪危险区域内的人员和船只,并发送预警信息给闸门操作人员。

9.2.3 人员跨越虚拟电子围栏时宜自动推送视频监控画面并联动应急广播系统。

9.2.4 电厂主要出入口宜安装视频监控或人脸识别等设备。

9.2.5 智能水电厂宜建立厂区电子围栏系统,并实现与视频监控、应急广播等系统的联动功能。

## 9.3 网络安全

9.3.1 智能水电厂网络安全除应满足 GB/T 22239、GB/T 22240、GB/Z 24294(所有部分)、GB/T 30976(所有部分)、GB/T 32919、GB/T 33007、GB/Z 25320(所有部分)、GB/T 36572 以外,还应符合下列要求:

- a) 遵循电力监控系统安全防护要求,实现安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证;
- b) 生产控制大区与管理信息大区内部根据业务特点划分不同的安全域,安全域之间采用技术隔离手段限制业务直接互通;
- c) 具备关键信息基础设施监管功能;
- d) 采集各个设备上的审计数据并进行自动分析;
- e) 集中管理安全策略、恶意代码、补丁升级等安全相关事项。

9.3.2 智能水电厂宜部署网络安全态势感知系统,对网络安全状态进行感知、预测和追溯。

9.3.3 智能水电厂可根据重要业务数据的备份要求建立异地灾备系统。

9.3.4 智能水电厂可采用公钥基础设施(PKI)、可信计算等技术手段,提高系统的安全性。

附录 A  
(规范性附录)  
智能水电厂分级

表 A.1 规定了智能水电厂的分级以及各个级别的要求。

表 A.1 智能水电厂分级

要求	初级	中级	高级
总体特征	完善自动化监测与控制能力,实现不同业务之间的信息互动,提高系统决策支持能力,实现基于人机协同的运行控制和系统优化,提升水电厂的安全运行水平及工作效率	采用智能电子装置和统一信息模型实现设备智能化,提高智能监盘和故障诊断等能力,实现机器为主的运行控制和系统优化,具备关门运行技术条件,极端情况下人工干预	采用智能设备、数字仿真模型、行业专家知识库、人工智能等手段,实现设备及系统的自学习、自决策、自执行、自适应能力,生产优化运行及系统维护完全由系统自动完成
技术特征和能力要求	技术特征: 初步网络互连 能力要求: 1) 实现电力生产相关的主要表计自动测量; 2) 实现流域水雨情、库岸、边坡等信息自动测量; 3) 实现主设备重要状态量的在线监测; 4) 试点采用视频监控或机器人取代人员进行巡检; 5) 实现各类自动化业务数据的汇聚	技术特征: 广泛网络互连、初步信息建模 能力要求: 1) 广泛采用智能电子装置,通过网络实现互操作; 2) 实现较全面的主设备状态量在线监测; 3) 全面感知防洪、航运、生态、电力等外部约束; 4) 采用视频监控、机器人等新技术手段取代80%以上区域人工巡检工作; 5) 基于统一信息模型实现各类自动化业务数据汇聚和融合应用	技术特征: 广泛网络互连、全面业务建模 能力要求: 1) 广泛采用智能设备,通过网络实现互操作; 2) 全面感知设备、环境、物资、人员等要素的多维信息; 3) 所有区域均采用视频监控、机器人等新技术手段取代人员进行巡检; 4) 建立数字电厂、云端电厂、增强现实,实现云端管理
	技术特征: 模型、参数人机协同优化 能力要求: 1) 具备开关量统计分析、模拟量时间序列分析及多元回归分析能力;	技术特征: 模型、参数自动优化 能力要求: 1) 采用人工智能、大数据等新技术手段,对历史数据进行分析挖掘;	技术特征: 模型、参数智能调优 能力要求: 1) 设备内置数字仿真模型,自动根据实时运行数据在线优化模型;

表 A.1 (续)

要求		初级	中级	高级
技术特征和 能力要求	自学习	2) 提供业务模型组态功能, 结合行业专家经验建立业务模型; 3) 提供模型参数辅助调优功能, 能够根据历史数据优化模型参数	2) 能够依据历史数据、人工标记的样本实现模型参数自动寻优; 3) 通过自学习初步建立起主设备数字仿真模型	2) 建立模型接口标准, 实现不同厂商设备数字仿真模型的自动化集成; 3) 建立在线专家知识库, 构建协同学习机制并自主更新
	自决策	技术特征: 人工为主、机器为辅 能力要求: 1) 具备电站机电设备故障初步诊断功能; 2) 具备经济运行、防汛决策支持、主设备检修决策支持等功能; 3) 能够自动分析各类设备、设施运行状态及趋势是否正常; 4) 设备异常时能够按概率给出可能的原因, 以及相应的处置建议	技术特征: 机器为主、人工为辅 能力要求: 1) 设备运行状态评价的准确率大于 70%, 设备故障诊断的准确率大于 60%; 2) 能够自动编制优化的发电计划、设备检修计划等; 3) 设备、部件或元件异常时能够推理出影响的设备以及造成的后果, 准确率达到 50% 以上; 4) 能够自动给出各类故障和应急事件的处置指导	技术特征: 机器智能自主决策 能力要求: 1) 设备运行状态评价、故障诊断的准确率大于 95%; 2) 系统自主分析决策水平高于行业专家; 3) 设备、部件或元件异常时能够推理出影响的设备以及造成的后果, 准确率达到 95% 以上
	自执行	技术特征: 人机监督、人工干预 能力要求: 1) 各类现地设备实现自动优化控制, 冗余设备故障时自动无扰切换; 2) 实现 AGC、AVC、安全防範多系统联动等功能; 3) 实现电气设备一键倒闸操作功能; 4) 发生重大异常情况时, 系统能够自动采取措施, 确保影响最小化	技术特征: 机器监督、人工干预 能力要求: 1) 重大及一般异常情况时, 系统均能够自动采取措施, 确保影响最小化; 2) 具备设备及设施重要异常的提前识别能力, 自动采取措施避免异常情况发生; 3) 初步具备各类运行风险量化分析和变化趋势的识别能力, 并能够对风险进行预控, 确保风险在可控范围内	技术特征: 机器监督、机器处置 能力要求: 1) 具备设备及设施重要及一般异常的提前识别能力, 自动采取措施避免异常情况发生; 2) 具备各类运行风险量化分析和变化趋势的识别能力, 并能够对风险进行预控, 确保风险在可控范围内



表 A.1 (续)

要求		初级	中级	高级
技术特征和 能力要求	自适应	技术特征： 人工生成规则、简单适应 能力要求： 1) 设备、软件及系统能够依据人工预先设定的 规则以及实时运行情况，自动调整自身运行 状态； 2) 设备、软件及系统提供默认的自我适应规则， 并提供规则的编辑功能； 3) 设备、软件具备自诊断和自恢复等能力	技术特征： 人工生成规则、前馈适应 能力要求： 1) 能够识别规则之间的关系，对人工预先设定 的规则进行合理性、协调性校验； 2) 能够根据人工设定的规则 and 实时运行情况 进行前馈控制，使得系统在不同规则中的切换 次数最小化； 3) 系统具备自愈能力	技术特征： 机器生成规则、自主适应 能力要求： 1) 根据水电厂运行机理及各设备、设施数字 仿真模型，自动推理出自适应规则； 2) 自动全面识别设备性能劣化、设备更换等 相关影响因素，自主完成自适应规则的修正

**附 录 B**  
(资料性附录)  
**智能水电厂系统架构**

**B.1 智能水电厂系统架构说明**

**B.1.1** 智能水电厂横向划分为生产控制大区(包括安全Ⅰ区、安全Ⅱ区)和管理信息大区,生产控制大区纵向划分为过程层、单元层和厂站层,管理信息大区纵向划分为单元层和厂站层。可参见图 B.1。

**B.1.2** 合并单元、智能终端、智能设备部署在过程层;继电保护、稳定控制、现地控制、振摆保护、辅机控制、向量测量(PMU)、水情自动测报、设备状态监测、大坝安全监测部署在单元层;一体化管控平台以及应用组件部署在厂站层。调速、励磁可部署在单元层,也可部署在过程层。可参见图 B.1。

**B.1.3** 继电保护、稳定控制、现地控制、调速、励磁、振摆保护、辅机控制、向量测量(PMU)部署在安全Ⅰ区;水情自动测报、设备状态监测部署在安全Ⅱ区;大坝安全监测、视频监控、门禁部署在管理信息大区。具备保护功能的消防系统部署在安全Ⅰ区,不具备保护功能的消防系统部署在管理信息大区。可参见图 B.1。

**B.1.4** AGC、AVC、EDC 等应用组件部署在安全Ⅰ区;中长期水文预报、短期水文预报、发电计划、洪水调度、报价决策支持、运行评价、设备状态分析、保护信息管理、电能量计量等应用组件部署在安全Ⅱ区;大坝安全分析评估、防汛决策支持、设备状态检修、安全防范联动、智能运行预警等应用组件部署在管理信息大区。

**B.1.5** 智能水电厂宜采用一体化管控平台实现水电厂计算机监控和水调自动化功能。对于已建计算机监控系统或水调自动化系统的水电厂,可采用一体化管控平台接入已建系统,实现不同业务之间的互动。

**B.1.6** 智能水电厂通信网络由过程层网和厂站层网组成。其中,过程层网由冗余的 GOOSE 网组成。

**B.1.7** 过程层网按照水电机组和开关站间隔划分子网。可采用多个交换机独立组网,或划分独立 VLAN 实现逻辑隔离。过程层网宜具备远程配置、监视、告警和维护功能。可参见图 B.2。

**B.1.8** 安全Ⅰ区、安全Ⅱ区厂站层网宜采用双网结构,管理信息大区厂站层网可采用单网结构。

**B.1.9** 实现远程集控的水电站,其一体化管控平台软件可适当简化配置。

**B.1.10** 管理信息大区数据库服务器宜采用集群、分布式存储等技术。

**B.2 智能水电厂(新建)系统架构和安全Ⅰ区单元物理网络结构**

智能水电厂(新建)系统架构样例参见图 B.1,安全Ⅰ区单元物理网络结构样例参见图 B.2。

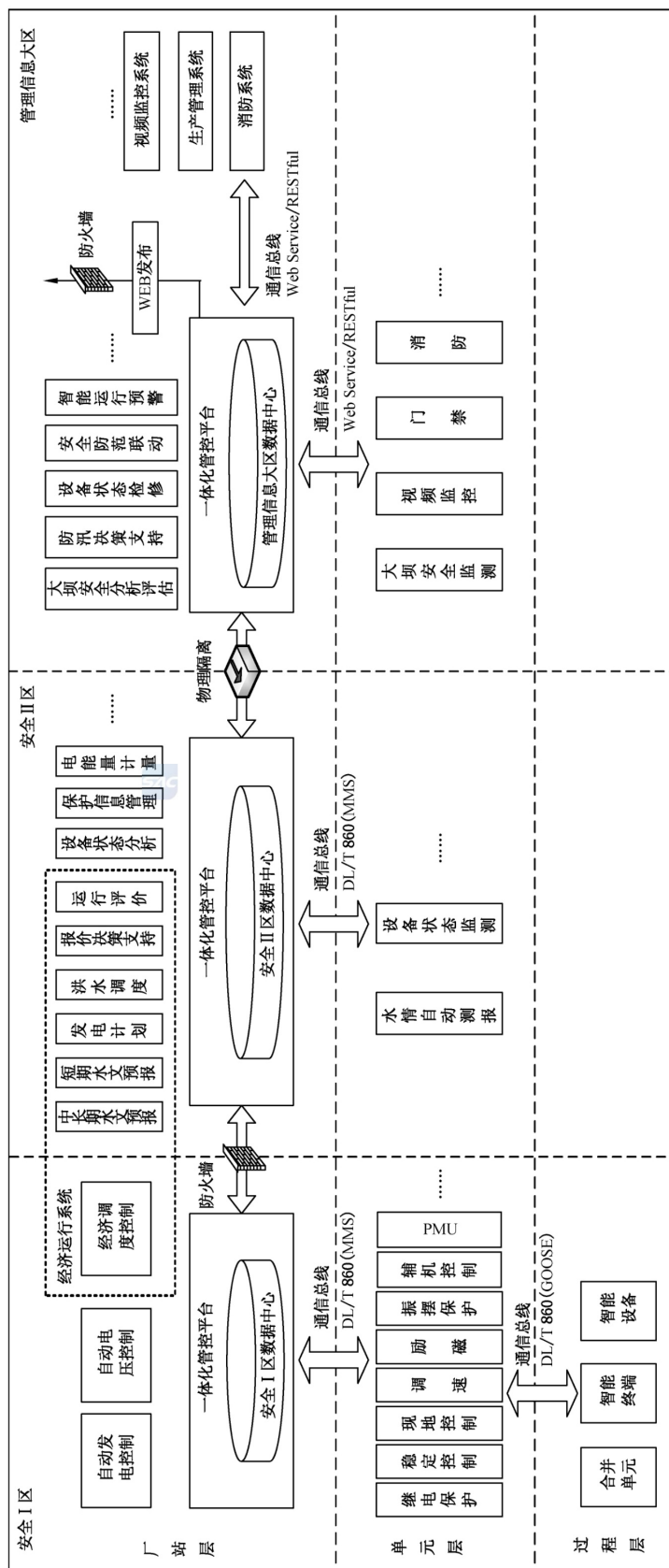


图 B.1 智能水电厂(新建)系统架构样例

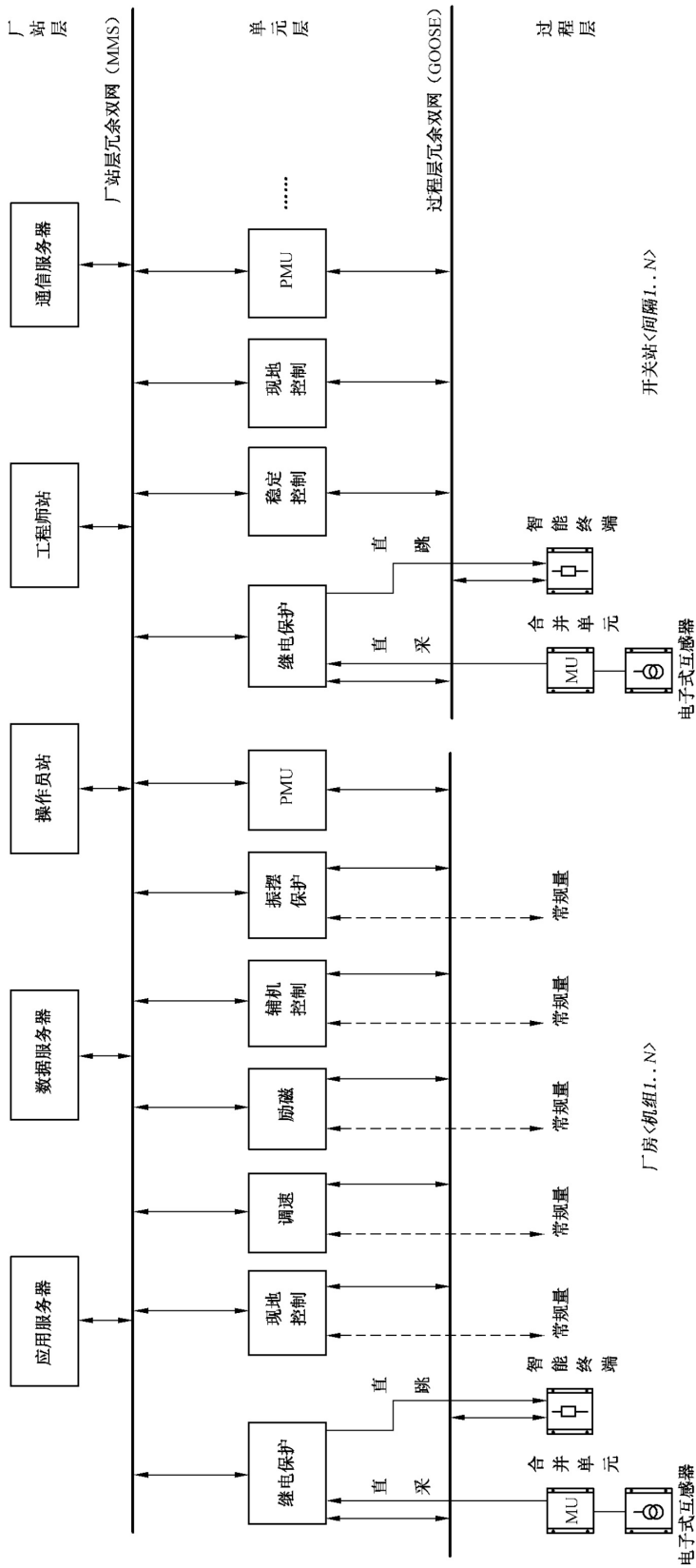


图 B.2 智能水电厂安全 I 区单元物理网络结构样例