



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40221—2021

---

## 智能水电厂经济运行系统技术条件

Specification for economic operation system of 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 ..... 1

4 基本要求 ..... 1

5 水文预报 ..... 2

6 运行计划 ..... 3

7 经济调度控制 ..... 4

8 运行评价 ..... 5

9 验收 ..... 5

附录 A（资料性） 基础数据 ..... 6

附录 B（资料性） 经济运行系统数据流 ..... 7



## 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。

本文件由中国电力企业联合会提出并归口。

本文件起草单位：南瑞集团有限公司、南京南瑞水利水电科技有限公司、中国长江电力股份有限公司、国网新源控股有限公司、国家电网有限公司、南方电网调峰调频发电有限公司、雅砻江流域水电开发有限公司、五凌电力有限公司、广西桂冠电力股份有限公司、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。

本文件主要起草人：刘观标、余有胜、赵宇、裴哲义、乐振春、李定林、刘海波、芮钧、徐麟、张亚武、吴家声、莫育军、陈在妮、简振远、钟雄、鲍正风、陈建、沈笛、宋湘辉、文正国、阳曦鹏、何葵东、伍英伟、申满斌、贺玉彬、唐票林、何振锋、李璟延、谭丕成、李林扬。



# 智能水电厂经济运行系统技术条件

## 1 范围

本文件规定了智能水电厂经济运行系统的水文预报、运行计划、经济调度控制和运行评价功能以及验收要求。

本文件适用于智能水电厂。

## 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 17621 大中型水电站水库调度规范
- GB/T 22482 水文情报预报规范
- GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则
- GB/T 40222—2021 智能水电厂技术导则
- DL/T 316 电网水调自动化功能规范
- DL/T 1666 水电站水调自动化系统技术条件
- 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
- NB/T 35001 梯级水电站水调自动化系统设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**智能水电厂经济运行系统 economic operation system of smart hydropower plant**

基于智能水电厂一体化管控平台，以提高水电厂水能利用率为目标，实现协调统一的水文预报、发电计划、经济调度控制和运行评价等功能的应用组件集合。

## 4 基本要求

- 4.1 系统的整体功能、外部接口、部署方式应符合 GB/T 40222—2021 的要求。
- 4.2 系统网络通信应符合 GB/T 36572 的要求。
- 4.3 系统应具备经济运行相关基础数据的管理功能，基础数据内容见附录 A。
- 4.4 经济运行参数、运行约束和运行策略应实现统一配置和管理，支持不同分区间自动同步。
- 4.5 系统应部署在生产控制大区，能够以组件方式在一体化管控平台上运行，通过一体化管控平台实现外部系统数据的获取、计算结果的存储与共享。数据流见附录 B。
- 4.6 系统应具备水文预报、运行计划、经济调度控制、运行评价组件，组件的功能应可配置与更新。
- 4.7 宜实现统一的经济运行模型和算法库，并通过一体化管控平台实现计算服务和扩充升级等管理。



4.8 系统应具备预报和计划结果综合会商与发布管理功能,发布内容、格式、方式可定制。

4.9 对具有集控中心的智能水电厂,系统应部署于集控中心。

## 5 水文预报

### 5.1 中长期水文预报

5.1.1 中长期水文预报的基础功能应符合 GB 17621、DL/T 316、DL/T 1666、NB/T 35001 的要求,预报精度应符合 GB/T 22482 的要求。

5.1.2 中长期水文预报宜能够通过一体化管控平台自动获取气象实况、数值天气预报,以及大气环流、太阳黑子、海温等预报相关因子数据。

5.1.3 中长期水文预报功能符合下列要求:

- a) 应具备水库历史径流数据查询与管理、频率分析功能;
- b) 宜结合流域地形地貌、数值天气预报信息和长序列水文气象数据,采用物理和数理统计结合的方式进行中期水文预报;
- c) 应具备多模型组合预报功能,各模型权重系数可自动设定;
- d) 宜实现预报模型的相关因子自适应优选和参数自动率定;
- e) 应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;
- f) 宜具备概率预报功能,预报各时段流量及其可能偏差、概率等。

5.1.4 中长期预报结果应由一体化管控平台进行存储和共享管理。

### 5.2 短期水文预报

5.2.1 短期水文预报基础功能应符合 GB 17621、DL/T 316、DL/T 1666、NB/T 35001 的要求,预报精度应符合 GB/T 22482 的要求。

5.2.2 短期水文预报应能够通过一体化管控平台自动获取气象实况、数值天气预报、卫星云图,宜自动获取雷达测雨信息。

5.2.3 短期水文预报符合下列要求:

- a) 应结合流域地形地貌、数值天气预报等信息,构建陆气耦合水文预报模型;
- b) 宜结合流域内植被、土壤和高程等遥感信息,依据雷达测雨,构建分布式水文预报模型;
- c) 宜支持历史雨水情信息的分类识别与深度学习,实现基于实时雨水情的历史相似洪水自动推选与动态来水预测。

5.2.4 短期水文预报功能符合下列要求:

- a) 宜实现预报模型自主学习以及参数自动率定功能;
- b) 宜对不同时期和重点断面提供多个模型和多套参数,预报时可自动选择;
- c) 应采用流域特征相似等方法实现无历史水情资料地区水文预报模型参数自动优化功能;
- d) 应支持根据历史来水特性,采用智能优选的校正算法对预报模型计算结果进行校正;
- e) 宜基于水情监测数据,采用 GIS 和虚拟现实等技术实现天气形势及水文过程的动态可视化展示;
- f) 应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;
- g) 应具备历史洪水和预报洪水的来源贡献与洪水特征分析功能;
- h) 宜提供预报结果的误差概率计算和分析功能。

5.2.5 短期水文预报结果应由一体化管控平台进行存储和共享管理。

## 6 运行计划

### 6.1 发电计划

6.1.1 发电计划基础功能和调度规则应符合 GB 17621、DL/T 316、DL/T 1666、NB/T 35001 的要求。

6.1.2 发电计划应能够通过一体化管控平台获取水电站和水库运行状况、水文预报结果、综合利用要求和运行约束条件,计算结果由一体化管控平台进行存储和共享管理。

6.1.3 发电计划应具备下列计算方式:

- a) 根据水库调度图、典型出力过程计算中长期发电计划;
- b) 以保证出力最大为目标优化计算中长期发电计划;
- c) 以发电量最大或发电效益最大为目标优化计算中长期和短期发电计划;
- d) 以调峰电量最大或调峰收益最大为目标优化计算短期发电计划;
- e) 以期末蓄能最大为目标优化计算短期发电计划;
- f) 根据供水、防凌、生态等调度要求计算中长期和短期发电计划;
- g) 根据应急调度要求计算短期发电计划。

6.1.4 短期发电计划应能够与中长期发电计划衔接,具备下列衔接方式:

- a) 按照中长期发电计划时段末水位控制运行;
- b) 按照中长期发电计划的时段电量控制运行;
- c) 按照中长期发电计划的时段出库水量控制运行。

6.1.5 发电计划计算应考虑下列约束:

- a) 水库特征水位、水电站调度运行规则和水库综合利用等水位要求;
- b) 水电站发电和泄水设施过流能力、水库综合利用等流量要求;
- c) 水电站机组可用台数及最大出力、送出通道、电网运行对出力的要求;
- d) 机组振动区、备用等机组运行要求。

6.1.6 发电计划宜具备依据相似历史场景或预设规则自动计算发电计划的功能。

6.1.7 发电计划应具备多方案对比分析功能,能根据设定的规则自动优选推荐方案。

6.1.8 发电计划宜具备校核分析功能,具备下列校核分析方式:

- a) 水电站水库运用约束、电站运行约束、电网运行约束的校核分析;
- b) 梯级上下游水电站流量匹配关系的校核分析;
- c) 发电计划运行中来水不足、弃水和运行越限等风险的概率计算分析。

6.1.9 中长期发电计划应具备滚动调整功能。

6.1.10 短期发电计划应具备跟踪监视与在线滚动修正功能,符合下列要求:

- a) 跟踪计划执行,统计经济运行指标,异常时发出告警并给出原因量化分析结果;
- b) 滚动预测水电厂运行趋势,并对可能发生的异常发出预警信息;
- c) 依据预设的总发电量、总出库水量和运行过程等控制策略自动修正计划。

6.1.11 发电计划应具备仿真分析功能,具备下列仿真分析方式:

- a) 按照设定的水库水位过程进行计算;
- b) 按照设定的出力过程进行计算;
- c) 按照设定的出库流量过程进行计算;
- d) 各时段可分别选择水库水位、出力、流量过程仿真方式进行混合计算;
- e) 按照 6.1.3 中发电计划计算方式进行计算。

6.1.12 发电计划宜建立发电运行知识库,采用数据挖掘等方法实现知识库更新和扩展,支持发电计划约束和计算策略的自动更新。

6.1.13 发电计划宜采用数据可视化技术实现水电站发电运行全景展示和发电计划的模拟运行展示。

## 6.2 洪水调度

6.2.1 洪水调度基础功能和调度规则应符合 GB 17621、DL/T 316、DL/T 1666、NB/T 35001 的要求。

6.2.2 洪水调度应能够通过一体化管控平台获取短期水文预报结果、防洪要求、约束条件,计算结果由一体化管控平台进行存储和共享管理。

6.2.3 洪水调度应具备下列计算方式:

- a) 依据水库调度规程和度汛方案计算洪水调度计划;
- b) 以水库最大下泄流量最小为目标计算洪水调度计划;
- c) 以水库最高水位最低为目标计算洪水调度计划;
- d) 以预泄调度模式计算洪水调度计划;
- e) 以错峰调度模式计算洪水调度计划;
- f) 依据防洪调度指令计算水库运用计划。

6.2.4 洪水调度应具备设计洪水、历史洪水的洪水调度模拟计算功能。

6.2.5 洪水调度宜具备依据相似历史场景或预设规则自动计算洪水调度计划的功能。

6.2.6 洪水调度应具备多方案对比分析功能,能根据设定的规则自动优选推荐方案。

6.2.7 洪水调度宜具备计划分析评估功能,具备下列分析评估方式:

- a) 洪水调度计划的水库水位、出库流量等过程的仿真分析;
- b) 洪水调度计划实施过程中水库水位或出库流量越限等风险的概率计算分析。

6.2.8 洪水调度应具备计划的执行跟踪监视与实时调整功能,满足下列要求:

- a) 实时监视流域水情、水库水位、入库和出库流量、防洪控制点的水位和流量,异常时告警;
- b) 滚动预测水库运行趋势,并对可能发生的异常发出预警信息;
- c) 根据预设的规则自动计算和更新洪水调度计划。

6.2.9 洪水调度宜具备闸门启闭计划计算和管理功能,满足下列要求:

- a) 自动计算闸门操作计划,闸门启闭规则可配置;
- b) 与闸门监控联动,实现闸门启闭和开度调节的自动化运行管理。

6.2.10 洪水调度宜采用地理信息系统、计算机三维技术、数字模拟等技术,建立可交互的三维仿真环境,动态模拟洪水调度计划的实施过程。

## 6.3 报价决策支持

6.3.1 宜根据电力市场环境实现报价决策支持功能。

6.3.2 报价决策支持应能够通过一体化管控平台获取水文预报、运行计划,以及电力市场交易系统发布的运行约束和市场环境等信息,分析计算结果由一体化管控平台进行存储和共享管理。

6.3.3 报价决策支持功能应满足下列要求:

- a) 能根据市场需求、历史成交电价、市场主体信息、电力系统通道能力、市场竞争对手情况等信息,结合大数据分析技术,实现水电厂送电区域的电量需求及市场电价预测;
- b) 能以售电效益最大为目标,基于水电厂发电成本和市场预测电价进行报价方案计算;
- c) 实现报价方案对预测来水、输电能力、市场环境等因素的敏感性分析功能;
- d) 对于向多个区域送电的水电厂,支持适应多区域电力市场交易规则和市场环境的报价方案制定。

## 7 经济调度控制

7.1 经济调度控制宜具备下列优化策略:

- a) 梯级电站群总耗能最小；
- b) 梯级电站群总发电效益最大；
- c) 梯级电站群总弃水损失最少；
- d) 指定梯级电站群目标库水位偏差最小；
- e) 电站库水位偏离设定运行区间时，自动对站间负荷重新分配，使库水位恢复至设定运行区间；
- f) 梯级电站群总有功功率控制指令变化量小于指定阈值时，优选单个电站进行有功功率调整。

7.2 经济调度控制宜实现优化策略的自动选择功能。采用梯级电站群总弃水损失最少或指定梯级电站目标库水位偏差最小为目标时，能够根据短期发电计划输出的库水位组合自动确定各电站的目标水库水位。

7.3 经济调度控制应考虑出力平衡、水量平衡、水位、发电流量、出库流量、电网潮流、有功功率可调区间、等值振动区、站间负荷转移等约束条件。

7.4 经济调度控制安全策略满足下列要求：

- a) 应对总有功功率给定值和负荷计划曲线进行校验，对于超出运行上限/下限或变幅限值的指令拒绝接受并告警；
- b) 应具备防时间突变和负荷计划曲线过零点校核功能；
- c) 功能投入/退出、运行模式切换、优化策略转换、主备切换时，应无扰动；
- d) 应具有有功功率、水头、库水位、区间流量等数据校核功能，异常时退出并告警；
- e) 调度远方控制时，与调度主站通信故障，应切换至集控控制或退出并告警。

7.5 同一电网接入点的水电站群，应视为一个虚拟电站。多个电网接入点的水电站群，可视为多个虚拟电站。虚拟电站的控制应符合 DL/T 1802 的要求。

7.6 经济调度控制宜具备各梯级电站水库水位实时监视及趋势预测功能，越限时提前预警。

7.7 经济调度控制宜实现发电计划在线仿真计算与实际运行结果的对比分析功能。

## 8 运行评价

8.1 运行评价基础功能应符合 DL/T 316、DL/T 1666、NB/T 35001 的要求，中长期水文预报和短期水文预报精度评定方法应符合 GB/T 22482 的要求。

8.2 运行评价宜具备下列功能：

- a) 对洪前预泄、拦蓄洪尾、动态控制汛限水位等洪水优化调度方式的效益量化评估功能；
- b) 经济运行评价指标的查询、统计分析、趋势分析功能，支持指标异常变化的原因分析；
- c) 经济运行评价指标的在线统计与展示分析功能，评价指标出现越限或异常变化时，能发出告警并给出原因量化分析结果；
- d) 经济运行评价指标影响因子的数据挖掘分析功能；
- e) 结合可视化技术，实现经济运行评价结果的全景化展示，并支持定时更新。

## 9 验收

系统的测试与验收应符合 DL/T 1666、DL/T 1802 的规定。

附 录 A  
(资料性)  
基 础 数 据

基础数据通常包括：

- a) 流域河流基本情况、水电站位置、汇流时间；
- b) 水电站装机发电机台数及装机容量等基本参数；
- c) 水电站泄洪设施类型、数量、泄流曲线资料；
- d) 水库调节性能、特征水位、水库调度图及水位库容特性曲线；
- e) 水库设计洪水,各频率典型入流过程资料；
- f) 水库综合利用要求；
- g) 下游水位流量关系曲线；
- h) 电网正常频率范围及紧急调频范围；
- i) 电网有功、无功设定值范围及设定值与实发值差限范围；
- j) 全厂有功调整死区、电压调整死区、旋转备用要求；
- k) 机组振动区范围、效率特性曲线。



附录 B  
(资料性)  
经济运行系统数据流

经济运行系统数据流示意图见图 B.1。

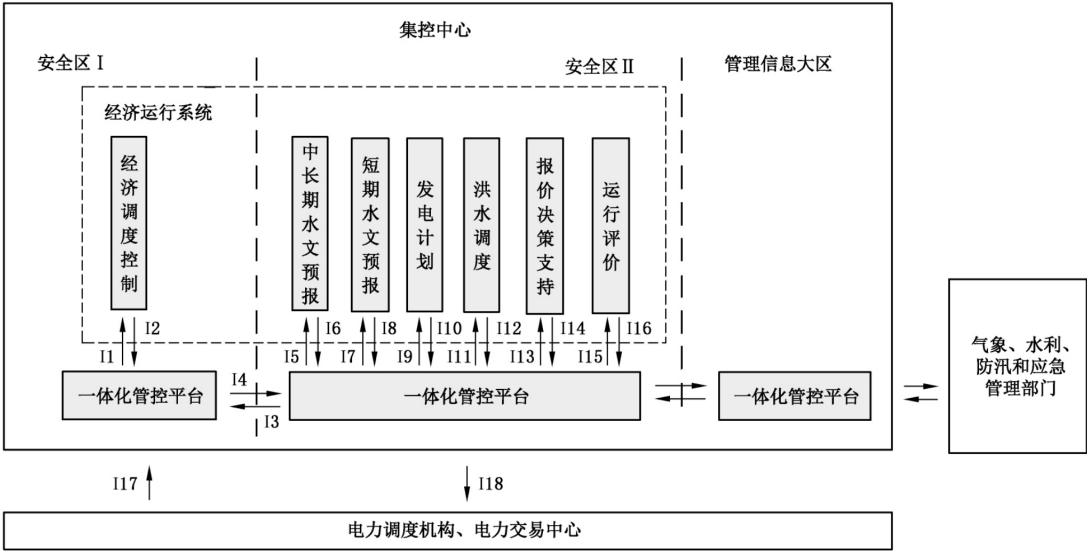


图 B.1 经济运行系统数据流示意图

图 B.1 描述了经济运行系统的数据流。经济调度控制(EDC)部署在安全区 I，中长期水文预报、短期水文预报、发电计划、洪水调度、报价决策支持和运行评价部署在安全区 II。

图 B.1 中各接口交互数据内容见表 B.1。

表 B.1 经济运行系统各接口交互数据内容

接口	数据内容
I1	梯级电站群总出力过程和实时总负荷、实时水情数据、机组实时运行数据、短期水文预报流量、水库运用约束
I2	EDC 运行方式、EDC 负荷分配结果、水电站运行约束
I3	短期水文预报流量、水库运行约束
I4	机组实时出力、机组启停状态、机组运行约束
I5	时段水情数据、气象实况、数值天气预报、相关因子数据
I6	中长期水文预报流量
I7	时段水情数据、实时水情数据、气象实况、数值天气预报、卫星云图、雷达测雨信息
I8	短期水文预报流量
I9	时段水情数据、实时水情数据、中长期水文预报流量、短期水文预报流量、水库和水电厂运行数据、电网和水电站运行约束

表 B.1 经济运行系统各接口交互数据内容（续）

接口	数据内容
I10	发电运行计划
I11	时段水情数据、实时水情数据、短期水文预报流量、水库和水电厂运行数据、水电厂闸门监控数据
I12	洪水调度计划
I13	时段水情数据、实时水情数据、中长期水文预报流量、短期水文预报流量、水库和水电厂运行数据、水电站运行约束、市场环境信息
I14	电力交易计划
I15	时段水情数据、实时水情数据、中长期水文预报流量、短期水文预报流量、水库和水电厂运行数据、水电站运行约束
I16	运行评价结果
I17	机组/水电站/水电站群出力过程和实时总负荷、电网运行约束、市场发布信息
I18	时段水情数据、实时水情数据、中长期水文预报流量、短期水文预报流量、水库和水电厂运行数据、申请发电计划、申请交易计划

