

亭子口水电站“两个细则”考核解析及优化运行实践

亓 深

嘉陵江亭子口水利水电开发有限公司 四川广元 628400

摘要：针对亭子口水电站作为嘉陵江干流控制性综合水利枢纽，兼具防洪、灌溉、城乡供水、航运、发电等功能，在四川电网新版“两个细则”下考核管控难度大的问题，系统解析电站有功调节、无功电压、水清预测、日发电计划等典型考核来源，剖析涉网参数、水调耦合、数据质量、管理流程核心，制定参数整定、协同申报、数据治理、闭环管理、网源协调一体化优化方案。实践结果表明，优化后电站一次调频、AGC调节合格率大幅提升，月均考核费用大幅降低，辅助服务补偿收益显著提升。研究可为同类大型综合利用型水电站细则考核优化提供工程参考。

关键词：亭子口水电站；两个细则；并网考核；涉网性能；优化运行；网源协调

四川省构建“水-风-光-储”新型电力系统进程中，大型调节型水电承担频率支撑、调峰备用、清洁能源消纳的核心作用。国家能源局四川监管办公室持续迭代并网运行与辅助服务“两个细则”，推动考核与补偿机制向精细化、市场化转型，考核定价与电力现货价格联动，对场站机组调节性能、调度执行、信息报送提出更高要求。亭子口水电站总装机1100MW，总库容40.67亿 m^3 ，为年调节水库，同时承担嘉陵江流域防洪、灌区供水、航运保障多重任务，运行约束远高于常规纯发电电站，传统运行模式易触发多类型考核。

现有研究多聚焦常规水电或新能源场站细则优化，针对兼具综合利用功能、大库容调节特性的大型枢纽电站，结合防洪调度、城乡供水、电网考核三重约束的专项研究较少。本文以亭子口水电站为研究对象，精准拆解区域细则条款，定位电站专属考核症结，构建适配多约束条件的全流程优化体系，通过现场实践验证方案有效性，为大型综合水利枢纽电站合规运行与提质增效提供可复制路径。

一、电站概况与“两个细则”执行框架

（一）亭子口水电站基本运行特征

亭子口水利枢纽位于四川省广元市苍溪县，是嘉陵江干流唯一控制性骨干工程，电站装设4台单机275MW混流式水轮发电机组，总装机1100MW，多年平均发电量约31亿千瓦时，调节库容17.5亿 m^3 ，具备较强的年调节能力。电站兼具防洪、灌溉、发电、航运、拦沙减淤、生态保护多重功能，防洪库容14.4亿 m^3 ，可将中下游防洪标准由20年一遇提升至50年一遇，同时保障约300万

亩灌溉与沿线供水。运行中存在水头变幅大、防洪调度与发电计划频繁联动、生态流量刚性约束、多机组联合振动区避让四大典型特征，涉网运行与“两个细则”考核管控难度显著高于常规电站。

（二）四川电网“两个细则”适用规则

亭子口电站执行川监能市场《四川省电力并网运行管理实施细则》《四川省电力辅助服务管理实施细则》及修订补充条款，考核分为并网运行违约考核、辅助服务补偿两部分，采用调度主站实时采集、日校核、月结算模式，考核电量按规则折算为经济费用。核心考核覆盖有功调节、无功电压、运行可靠性、调度纪律、水调信息五大类；补偿涵盖一次调频、AGC、无功调节、旋转备用、黑启动等项目，优质调节可实现考核对冲与正向收益。

（三）亭子口电站考核统计特征

电站高频考核集中于一次调频贡献量与正确率、AGC调节速率与偏差、AVC响应不合格、出力申报与技术出力不符、计划曲线执行偏差、水情预测不精准六大项；汛期受防洪泄洪、水位骤变影响，出力波动大，计划偏差考核占比上升；枯水期受低水头、最小出力约束，调节性能受限，调节类考核增多。多重综合利用约束叠加，使得电站考核管控需兼顾电网规则、水利调度、设备安全三重边界。

二、电站“两个细则”考核核心问题解析

（一）涉网设备参数与细则标准不匹配

在运机组投运年限较长，调速器死区、PID参数等未按新版细则完成复测整定，低水头工况下一次调频响应滞后、贡献量不达标；导叶协联逻辑未适配变水头特

性，AGC连续调节时易进入振动区，造成出力越限、速率不达标。励磁系统与AVC子站校准周期过长，电压稳态误差偏大、响应时延超标，触发无功电压类考核。

（二）出力申报与水情、防洪调度耦合不足

电站采用人工经验申报可调出力，未融合短期水文预报、水库水位、防洪预案、机组检修状态、生态流量约束进行综合计算，易出现申报上限低于当前水头技术出力、申报下限高于最小稳定出力，触发发电能力考核。汛期执行防洪预泄、拦洪错峰调度，出力陡升陡降超出细则爬坡限值，计划执行偏差考核频发；枯水期低水头下技术出力下降，未及时更新申报数据，造成申报与实际能力不匹配。

（三）考核数据采集与传输存在系统性缺陷

远动装置、PMU、AGC/AVC子站存在数据丢包、时延、测点漂移问题，主站判据与站端实际状态不一致，形成误判考核。站内测点台账不完善，二次回路隐性故障未及时排查，调频、调压、功率统计数据失真。未建立秒级实时监控机制，异常数据发现滞后，超出规则申诉时限，导致非责任考核无法减免。

（四）综合调度约束与细则要求冲突

防洪、供水、航运指令与发电计划并行执行，出力调整频繁且幅度大，与细则连续调节、偏差限值要求冲突；多机组共用尾水系统，水头损失相互影响，负荷分配难以同时满足高效区、振动区避让、调节速率三重要求；生态流量最小出力约束压缩调节区间，低负荷段调节性能下降，易触发调节不合格考核。

三、亭子口水电站考核优化实施方案

（一）涉网设备专项试验与参数精细化整定

结合电站调速器、励磁系统涉网试验项目，本年度完成1-4号机组一次调频、AGC、PSS、AVC全项复核试验，按四川电网标准重新整定调速器死区、调差系数、PID参数，将频率死区严格控制在 $\pm 0.05\text{Hz}$ 内，通过AGC提升频率波动下动作速度与贡献量。优化AGC爬坡限值、调节死区、变水头协联控制曲线，嵌入振动区自动避让逻辑，杜绝调节越限。对AVC子站、远动测点全量校准，更换老化采集与传输模块，降低数据时延与误码率，保证主站与站端数据一致性。完成机组建模与参数验证，报送调度备案，从硬件层面消除性能缺陷。

（二）水-防-电一体化出力申报优化

搭建“水文预报+水库调度+机组特性+调度约束”一体化申报模型，整合降雨、入库流量、水位预测、防

洪预案、生态流量、断面限额数据，按15分钟级计算当前水头下技术出力上下限，替代人工经验申报。建立水情-电调日会商机制，防洪调度前提报备出力受限原因，动态更新申报数据；汛期采用“预泄控位、平滑调节”策略，减小出力波动幅度；枯水期按低水头特性修正申报值，从源头消除发电能力不符考核。

（三）考核数据全生命周期治理

依托电站“5G+智慧水利枢纽”平台，搭建考核指标秒级监控模块，实时监控一次调频、AGC/AVC响应、远动功率、母线电压等核心数据，异常自动弹窗告警。建立全站测点全生命周期台账，明确采集、传输、规约、主站映射责任人，执行定期校验与缺陷闭环。每日比对站端与主站数据，完整保存原始录波、设备日志、调度指令、水情报表，构建标准化证据库，为申诉提供支撑。

（四）全专业闭环管理体系构建

成立由总工程师牵头，运维、水调、营销等多专业组成的两个细则专项工作组，制定《亭子口水电站细则考核管理办法》《指标管控清单》《申诉作业指导书》。执行“日监控、周分析、月复盘”机制，每日核对预考核账单，每周定位高频考核原因分析，每月形成整改报告。将考核费用、补偿收益、指标合格率纳入运维绩效考核，统筹检修计划与防洪、考核窗口期，严格执行检修申请、延期、终结流程，杜绝管理类考核。

（五）标准化考核申诉与规则沟通

建立申诉分级处置流程，区分设备故障、调度指令、防洪/供水指令、系统异常、电厂责任五类考核，非责任考核在规定时间内提交完整证据链。联合区域同类型电站，向监管与调度机构反馈防洪调度、综合利用约束下的规则适配建议，推动特殊工况考核豁免与裕度调整。完成黑启动、调频等辅助服务试验备案，足额申领补偿，实现考核与补偿对冲。

（六）综合调度与网源协同优化

建立与四川省调、嘉陵江流域调度中心常态化沟通机制，提前沟通防洪、供水、航运期间的出力边界与调节裕度。优化厂内负荷分配算法，兼顾高效区、振动区、爬坡速率、水头损失约束，提升全厂调节品质。在防洪关键期申请临时调节偏差宽容度，采用分段平滑调节替代阶跃调整，降低计划执行偏差考核。

四、优化运行实践成效

实施全维度优化方案后，电站涉网运行指标、考核成本、补偿收益、管理效率均得到根本性改善，核心指

标对比、考核结构变化、整改措施对应效果。

（一）涉网性能指标显著提升

通过专项试验与参数优化，电站一次调频、AGC、AVC核心调节指标全面优于四川电网两个细则合格门槛，调节类考核诱因彻底消除。

（二）考核成本大幅压降

各类考核项目占比与费用显著优化，非责任考核申诉成功率大幅提升，计划偏差、申报不符等考核项实现清零，整体考核成本幅度下降明显。

（三）辅助服务补偿稳步增收

一次调频、AGC、备用辅助服务补偿持续增长，补偿收益可覆盖剩余考核费用并实现正向盈利，兼顾电网支撑责任与企业经济效益。

（四）管理与数字化水平升级

形成“技术+管理+数据+协同”的闭环管控模式，智慧平台考核预警功能投用，异常处置时效大幅缩短，多专业协同效率显著提升。

结论

亭子口水电站作为兼具防洪、灌溉、发电、航运的综合利用型大型枢纽，其“两个细则”优化必须适配年调节特性、多调度约束耦合的专属工况。通过涉网设备参数精细化整定、水-防-电协同申报、考核数据治理、全专业闭环管理、标准化申诉、网源协同六大核心措施，可系统性解决调节性能不达标、申报失真、数据异常、管理疏漏、调度冲突等痛点，实现指标提升、考核压降、

补偿增收的综合目标。

随着四川电力现货市场与细则持续迭代，后续将依托数字孪生、人工智能技术，深化出力预测、考核预警、负荷智能分配研究，打通水调、电调、市场交易数据壁垒，动态适配新型辅助服务要求，持续提升电站在新型电力系统中的安全支撑能力与市场竞争力。

参考文献

- [1] 国家能源局四川监管办公室.四川省电力并网运行管理实施细则、四川省电力辅助服务管理实施细则(川监能市场〔2024〕27号)[S].成都:国家能源局四川监管办公室,2024.
- [2] 国家能源局四川监管办公室.四川省电力市场结算细则(V1.0)[S].成都:四川省发展和改革委员会,2025.
- [3] 水力发电厂并网运行规程(DL/T 5065-2019)[S].北京:中国电力出版社,2019.
- [4] 嘉陵江亭子口水利枢纽工程初步设计报告[R].成都:四川省水利水电勘测设计研究院,2010.
- [5] 李阳,李磊.大型调节型水电站一次调频参数优化及试验研究[J].水力发电,2024,50(7):102-106.
- [6] 王健,张雪.综合利用水利枢纽“两个细则”考核协同优化策略[J].四川电力技术,2025,48(2):56-61.
- [7] 大唐亭子口公司.5G+智慧水利枢纽建设与应用实践[R].广元:嘉陵江亭子口水利水电开发有限公司,2023.
- [8] 陈飞,刘敏.考虑防洪约束的嘉陵江梯级电站网源协调运行研究[J].水电能源科学,2024,42(9):147-150.