

智慧电厂背景下水电厂电力监控系统升级路径

蒋一宁

松花江水力发电有限公司吉林白山发电厂，吉林省吉林市，132000；

摘要：智慧电厂以数字化、智能化技术为核心，推动电厂生产管理从“人工监控、被动运维”向“智能感知、主动调控”升级，水电厂作为能源供应与水资源调配的关键载体，其电力监控系统的升级是融入智慧电厂体系的核心环节。传统水电厂电力监控系统存在数据孤岛、监控精度不足、调控响应滞后等问题，已无法适配智慧电厂“全流程协同、精准化管控、高效化运行”的需求。本文围绕智慧电厂背景下水电厂电力监控系统升级路径展开分析，先阐述系统升级的核心价值，再梳理当前升级过程中面临的突出阻碍，最后从数据整合、功能优化、安全强化三方面提出具体升级路径，旨在推动水电厂电力监控系统突破传统瓶颈，与智慧电厂建设深度适配，保障水电厂安全、高效、智能运行。

关键词：智慧电厂；水电厂；电力监控系统；系统升级；数据整合

DOI：10.69979/3041-0673.26.03.033

引言

水电厂的电力监控系统，是电厂运行的核心，主要负责监测发电机组运行、调度电力、预警安全等，它的好用与否，直接决定了水电厂的发电效率、安全运行以及输送电能的稳定性。现在智慧电厂慢慢建设起来，“用数字设备感知、靠智能分析、多环节一起调控”成了电厂管理的主要方向。这也让传统的电力监控系统，问题越来越明显：各个监控模块都是分开运行的，比如发电机监控、水位监控、输电线路监控，它们各司其职，数据存在不同地方，没法互相调用，形成了“数据孤岛”；要靠工作人员去读监控数据、判断设备运行是否正常，不仅慢，还容易漏掉一些细微的异常；需要调整运行时，调控指令要靠人一层层传、再手动执行，反应慢，没法快速应对负荷变化、水位波动这些需要及时处理的情况。智慧电厂背景下，升级水电厂电力监控系统，不是简单加几个设备、添几项功能，核心是靠数字、智能技术，重新梳理数据怎么流转、优化监控功能、加强安全保护，最终实现三个转变：从各个模块分开监控，变成多环节一起监控；从靠人判断，变成靠智能分析；从出了问题再应对，变成提前主动调控。清楚这次系统升级的价值、解决升级中遇到的问题、找到科学的升级方法，对让水电厂融入智慧电厂体系、提高能源管理水平，都很关键。

1 智慧电厂背景下水电厂电力监控系统升级的核心价值

1.1 打破数据孤岛，实现全流程协同监控

传统监控系统的“数据孤岛”，让各个环节的监控信息断了联系，没法从整体上管电厂。升级系统就能靠整合数据打破这个问题，实现全流程一起监控，主要体现在两点。一方面，建一个统一的数据平台，让所有监控数据实时互通。把发电机、水资源、输电线路等各个监控模块的数据，都集中存在这个平台里，而且统一数据格式和传输方式——比如温度都用摄氏度，负荷都用兆瓦，数据传输用统一的协议，不用再手动转换格式。这样一来，发电机的监控数据能实时传给水位调控模块，帮着调整水位；水位变化的数据也能马上传给发电机监控模块，辅助调整发电负荷，不用再各个模块“各自为战”，形成“发电-输水-输电”一整套的数据流，让数据能互相支撑。另一方面，实现“一眼看清全厂运行”，更容易发现跨环节的异常。统一数据平台会把所有环节的数据关联起来分析，再通过可视化界面展示出来，比如用图表、三维模型，直观显示发电机效率和水位、负荷的关系。运维人员不用再切换多个监控页面，看一个界面就能知道发电机、水位、输电线路的整体情况，还能快速发现“跨环节的问题”——比如输电负荷太高，导致发电机参数波动；水位太低，影响发电效率，让监控更全面、各环节配合更顺畅，符合智慧电厂“全流程一起管”的需求等。

1.2 提升监控精度，实现智能化主动调控

传统监控靠人，精度和反应速度都受限制，升级系统能靠技术提高精度，让调控从“出问题再修”变成“提前主动调”，主要体现在两点。一方面，用高精度传感

器,实现“宏观+微观”都能监控到,更准、更快发现问题。不再靠人巡检、粗略记数据,而是在关键地方装高精度的物联网传感器:发电机的轴承、定子上装微型传感器,能测到精度为 0.1°C 的温度变化、 0.01mm/s 的振动波动;输水管道的转弯、接头处装传感器,能精准测到压力和流量的细微变化;输电线路的导线、杆塔上装传感器,能实时测到精度为 0.5°C 的温度变化、 0.1MW 的负荷波动。这些数据会实时传到统一平台,不用人记,既快又准,还能发现以前靠人难以察觉的小异常,比如发电机轴承温度只升了 0.2°C ,也能及时捕捉到。另一方面,靠大数据和人工智能,实现智能调控,反应更快、更准。在统一数据平台上,搭一个“智能分析+自动调控”的模块,这个模块主要做三件事:第一,整理历史数据,比如不同水位、不同负荷下,发电机最适合的转速、电压,建立“最优运行标准库”;第二,实时对比数据,把当前的运行参数和标准库比,自动判断运行是否最优,要是参数不对(比如效率低、负荷超了),还能分析出原因,是水位不够,还是发电机参数设得不好;第三,自动出方案、执行指令,根据原因给出调控办法,比如把发电机转速调到1500转/分钟、把水位降到180米,简单的调控(比如小幅调参数)能自动执行,不用人管;复杂的就把方案推给运维人员,确认后再执行,大幅缩短处理时间,实现“早发现异常、早执行调控”。

1.3 强化安全防护,保障系统稳定运行

电力监控系统是水电厂的“神经中枢”,它安全稳定,电厂才能安全发电。升级系统能进一步加强安全保护,从“预警运行风险”和“保护系统自身”两方面,保障运行稳定,主要体现在两点。一方面,精准预警运行风险,提前防事故。升级后的系统,靠统一平台的全流程数据,用多参数关联分析,找风险发生的规律:比如发电机用了8年以上,轴承温度升到 40°C ,负荷超额定值90%,故障概率就会超30%;水位超185米,管道压力超 2.5MPa ,再赶上暴雨,管道就容易溢水、破裂。一旦实时数据符合这些规律,系统就会立刻预警,说清风险类型(比如发电机故障风险)、风险等级(比如中风险)、大概什么时候可能出问题,还会给防控方案(比如把负荷降到80%以下、给轴承加润滑油)。运维人员提前处理,就能避免发电机坏、输电断、管道裂这些事故,减少损失和水资源浪费。另一方面,加强系统自身安全,防止出故障。智慧电厂里,数据互通、模块联动,

虽然效率高,但也容易出现数据泄露、黑客攻击(比如改数据、干扰调控指令)的问题;而且模块多了,一个坏了可能导致整个系统停机。所以升级后的系统,会做两层防护:一是网络安全防护,数据传输时加密,防止被偷、被改;实时监测外部访问,发现恶意攻击就立刻阻断;给不同岗位的人设不同权限,只能操作自己负责的部分,防止误操作或故意破坏;二是备份冗余,核心模块(比如数据平台、调控模块)和关键设备(比如服务器、传感器),都装备用的,主设备坏了,备用的10秒内就能切换过来,继续运行,不会让整个监控系统停掉、监控中断,为水电厂安全发电保驾护航。

2 智慧电厂背景下水电厂电力监控系统升级的现存阻碍

2.1 数据基础薄弱,整合难度大

数据是升级系统的核心,但目前由于数据基础差、整合难度大等问题,没法实现一起监控,主要概括为两个问题。一方面,数据标准不统一,没法直接整合。不同年代、品牌的监控模块,数据标准不一样:老模块只出模拟信号,新模块出数字信号,没法直接通;就算都是数字信号,计量单位也不同——有的温度用华氏度,有的用摄氏度,编码方式也不一样。要整合就得额外买转换设备、装转换软件,既花钱,还容易让数据不准、传得慢,影响整合效果。另一方面,存储和传输能力不够,装不下、传不动海量数据。老系统的存储设备容量小,升级后高精度传感器秒级、毫秒级采数据,一天数据量是以前的几十倍,老设备存不下,容易丢数据;传输线路带宽窄,多模块数据一起传就卡顿、中断,没法形成“采-传-存-分析”的完整流程,数据整合推进不了。

2.2 功能迭代滞后,智能适配性差

不少水电厂升级只换硬件,功能没跟上,还和实际场景不匹配,升级没效果,主要有两点问题。一方面,功能升级零散,没形成智能闭环。多数只加“数据可视化”“单一参数预警”这类基础功能,能看数据、报异常,却没法自动分析异常原因、找优化空间,更不能自动出调控方案,还得靠人判断、手动调,智能化没实质提升,升级价值没发挥,还浪费资源。另一方面,智能功能和水电厂场景不搭,解决不了真问题。水电厂发电靠水位,升级引入的智能功能(如调控模块),多是通

用方案，没考虑“水位影响发电”的特点：比如调控模块只看负荷调机组参数，不管水位够不够，可能让机组效率低，还浪费水，没法解决水电厂的实际需求，甚至添新隐患。

2.3 安全防护不足，风险防控有短板

升级后数据互通多了，安全风险也多了，但目前防护不够，成了升级阻碍，主要有两个问题。一方面，网络安全防护落后，挡不住复杂风险。老系统靠简单防火墙就行，升级后数据要和多系统互通，风险变多，比如数据被偷、调控指令被改。但不少升级后的系统还沿用老防护手段，没加密数据、没装专业入侵检测工具，也没严格管权限，容易遭攻击，威胁电厂安全。另一方面，安全预警不全面，有盲区。系统只能预警单一设备、单一环节的问题，比如只报机组异常、只报负荷过高，却没法预判连锁风险——比如机组异常可能导致管道溢水，负荷过高可能损坏机组，预警漏了这些，没法全面防事故，整体安全没保障。

3 智慧电厂背景下水电厂电力监控系统升级的具体路径

3.1 夯实数据基础，推进全维度数据整合

从统一标准、升级硬件入手，解决数据整合难，具体做两点。一方面，统一数据标准，消除“语言障碍”。先梳理现有各监控模块的数据情况，明确差异；再制定统一标准，包括要采哪些参数、数据格式（温度用摄氏度、负荷用兆瓦）、传输协议；最后处理老模块：太旧的直接换掉，还能用的装“数据转换网关”，把模拟信号转成统一数字信号，确保数据准、传得快，能直接互通。另一方面，升级存储和传输硬件，解决“存不下、传不动”。存储上，用大容量分布式存储设备，满足海量数据需求，再做“本地+云端”双备份，防止丢数据；传输上，换高带宽光纤或5G专网，建专用通道，预留带宽冗余，加信号放大器和流量控制器，确保多模块数据同步传不卡顿、不中断，实现“采-传-存-整合”顺畅。

3.2 聚焦场景需求，推动监控功能智能迭代

围绕水电厂“发电-输水-输电”联动特点，让功能更智能、适配，做两点。一方面，建“感知-分析-预警-调控”完整智能闭环。先优化传感器布局，确保关键部位都能精准采数据；再搭智能分析模块，用历史和实

时数据找运行规律；然后完善智能预警，精准预判异常；最后加智能调控模块，简单调控自动执行，复杂的推送给工作人员确认，避免功能零散，真正确保智能化。另一方面，优化功能适配场景。针对水电厂靠水位发电的特点，改智能功能逻辑：调控模块调机组参数时，先看设备是否稳定，兼顾效率和人身、设备、电网安全；分析模块关联机组和线路数据，看负荷变化对机组的影响，确保功能精准解决水电厂的实际问题。

3.3 构建双重防护，强化系统安全稳定运行

建“网络安全+运行安全”防护体系，消除安全短板，做两点。一方面，升级网络安全防护。分三层做：数据传输和存储全程加密，防止被偷；装入侵检测工具，实时拦恶意攻击；按岗位设权限，记录操作日志，防止越权和恶意操作，保障系统自身安全。另一方面，完善全环节运行预警。搭跨环节预警模块，整合各环节数据：预警机组异常时，同步看是否影响管道、线路；预警水位异常时，分析对机组和负荷的影响；再按风险等级给不同防控方案，低风险建议巡检，中高风险给具体处理措施，全面防事故，保障电厂整体安全。

4 结语

智慧电厂背景下，水电厂电力监控系统的升级，不仅是突破传统监控瓶颈、提升水电厂运行效率与安全水平的必然选择，更是水电厂融入智慧能源体系、推动能源行业智能化转型的关键一步。其核心价值在于通过数据整合实现协同监控、通过技术赋能实现智能调控、通过双重防护保障安全运行，解决传统系统的短板，适配智慧电厂的发展需求。未来，随着技术的持续迭代，水电厂电力监控系统将进一步向“全自主智能”方向发展，实现监控、预警、调控的全流程自主运行，为智慧电厂建设提供更坚实的支撑，助力能源行业高质量、智能化发展。

参考文献

- [1] 李强, 张华. 水电厂自动化控制技术的发展与应用[J]. 电力系统自动化, 2022, 36(2): 112-120.
- [2] 王磊, 刘洋. 基于物联网的水电厂电气自动化控制系统设计[J]. 电力系统保护与控制, 2021, 49(18): 1-8.
- [3] 赵刚, 孙明. 水电厂自动化控制设备优化策略研究[J]. 水力发电, 2023, 41(3): 45-52.