

智能化管控技术 在水电厂安全防护中的运用分析

文 ◆ 四川华电泸定水电有限公司 翟玉兰

引言

水电厂能够使水动能转变为电能，其运营效率直接关系到能源供应效率和稳定性。传统水电厂的安全管理模式为人工操作，设备故障率高、响应迟缓。在自动化、信息技术与智能设备不断发展的过程中，智能化技术被广泛应用到水电厂安全防护中，促进了资源调度、设备监控和维护管理的发展。这些技术不仅能够延长设备应用寿命，还可以提高发电效率，增强水电厂的应用稳定性。基于此，本文主要探析智能化管控技术在水电厂安全防护中的运用，以期提高水电厂运行的安全性和稳定性。

1 智能化管控技术的分析

1.1 智能化监控技术

智能化监控技术是水电厂应用的重要组成部分，工作人员利用先进的智能控制设备和传感器获取发电机组、流量和水位等实时运行数据，确保设备运行的有效性。该系统能够自动调节功率输出与水流量，以优化发电效率。同时，及时监控设备的故障和异常情况，降低对人工的依赖

性。与传统的人工监控方法相比，该方法具有较高的响应速度和准确性，有利于提高系统稳定性和安全性。

1.2 设备健康监测技术

设备健康监测技术有利于水电厂提高系统运行可靠性与效率。利用智能传感器收集各种设备运行数据，包括振动、压力和温度等，并持续跟踪设备的健康状态，深入分析设备数据，及时识别问题，制定维护措施。此方法能够避免无关的维修工作，减少资源浪费，延长设备使用寿命，提高水电厂运行安全性与效率^[1]。

1.3 智能调度与预测

智能调度与预测能够提高水电厂的运行效率，结合人工智能算法和大数据分析，对水资源、电网需求、发电能力等进行实时监测，实现自动化数据决策和分析，调整发电策略，优化资源配置，避免资源浪费。同时，根据实时负荷变化，调整电力输出情况，利用智能预测算法精准预测未来的电力需求，从而制定合理调度安排，降低资源浪费与突发性波动情况。由于复杂的水文环境，需要灵活的智能调度技术解决不同水流与蓄水情况的问题，优化水流调度与机组运行，避免影响发电效率。此外，智能化能源管控技术还能够对电网负荷变化进行监控，对发电模式进行调整。

1.4 水流智能预测

水流智能预测能够整合流域信息、气象数据和其他因素，准确预测电力需求和水流变化趋势，使发电计划得到优化。水流智能预测技术能够提前预测水量、河流水位等，实现科学的水库调度决策。通过根据预测结果自动调整发电机组的运行模式，确保水资源和电力生产的最佳匹配。此外，还能够灵活地满足电网的实时需求，对发电模式进行调整，提高电网的稳定性^[2]。

2 智能化管控技术在水电厂中的应用路径

2.1 数据采集与共享

在水电厂安全防护体系中，智能化管控技术的主要功能就是数据采

【作者简介】翟玉兰（1980—），女，四川安岳人，工程师，研究方向：水电厂安全生产管理。

集和共享。首先，水电厂的数据量较大，主要包括地质、水文和气象等多维度信息。传统数据收集方法为人工收集，此种方法不仅效率低下，还容易在数据收集过程中出现误差。而智能化管控技术的应用，能够提高数据收集的速度和精准性。例如，部署集成 GPS 遥感技术的传感器，可精准收集目标电磁辐射信息，经过数据处理和分析后，得到地表物体反射特征信息。其次，依托信息管理系统对数据进行整合、存储与管理，并借助网络技术实现数据共享。这种共享模式使不同部门人员可以根据权限随时访问所需数据，显著提升了数据应用效率^[3]。

2.2 水电厂工控设备的部署

在过程层网与厂站层网的交换节点处，部署水电厂工控安全监测设备，实时监测生产控制区域中全部交换流量。首先，采用“业务白名单+攻击规则检测”的组合方法捕获工控网络中的数据包，从而收集内外网的威胁数据。如果检测到安全威胁，那么工控安全监测设备会立即联动生产控制区的边界工控防火墙，及时处置安全威胁。同时，根据网络白名单功能过滤通信报文，隔离区域边界，避免外来区域的安全风险。其次，通过工控漏扫技术扫描生产网络中的非运行状态与上线前的应用系统、主机设备等，精准识别网络存在的脆弱性。利用 SYSLOG 协议将扫描结果上传至工控大数据感知平台，在存储安全态势分析结果后，通过安全大数据建模对数据进行深度，使管理人员与安全技术人员了解网络威胁情况，科学评估防护策略的有效性，实时监控业务功能运行状态。同时，详细描述攻击发生时间、流量成分等信息，从而评估业务的影响情况。最后，通过工控主机卫士系统，对生产网中的采集终端、服务器与上位机等设备进行统一识别，授权移动存储介质的权限，避免非授权介质的应用^[4]。

2.3 智能化巡检

(1) 智能监控模块。采用数字远程监控技术和智能安全系统，实时巡检水电厂电气机组设备的工作状态。根据数据挖掘功能收集设备运行数据，提取关键数据信息，同时对水电厂内烟雾火光检测、人员非法入侵等安全问题进行动态分析。工作人员可通过智能监控模块了解水电厂内部实际运行情况，有效降低现场作业风险。(2) 智能机器人巡检。将智能巡检机器人应用于水电厂巡检线路，按照设定周期开展线路巡检，并收集巡检过程中的设备运行参数与状态数据。若检测到数据集中存在异常，系统则会及时触发预警机制，并自动生成数据巡检报告。此外，智能机器人能够实现全天候不间断巡检，以提升设备运行的安全性与稳定性。(3) 远程线上巡检。基于已创建的水电站设备实景模型，对水电厂进行实时巡检；借助可视化中心远程巡检技术，在三维地图漫游场景中，综合分析安全风险、人员定位与实时作业等数据。按照预设的漫游巡检路线，从不同视角对监控视频进行分析，实时查看现场工作情况、风险隐患管控进度以及作业情况^[5]。(4) 智能化管控。运用智能化管控技术设计智能化预警地图，根据水电厂全景三维地图，直观展现水电厂设备运行情况；将设备数据信息实时传输至管控平台，并为每台设备自动生成专属二维码。通过整合三维全景模型与设备区域信息，清晰呈现水电厂各设备的具体状态。此外，工作人员可利用可视化中心大屏幕和

三维全景地图，实时掌握水电厂设备的应用情况；用户扫描设备专属二维码，即可快速查询并分析设备的运行数据。

2.4 危险预警

为解决水电厂潜在危险源问题，可通过构建危险预警模块，实现对水电厂电气、机电设备的故障预警与诊断。具体而言，将信息技术和大数据技术相结合，实时定位与分析水电厂设备故障，并创建水电厂主控制台智能模型，通过挖掘水电厂整体数据，识别历史数据和水电厂设备故障信息的关联规律。如果设备存在异常参数，那么应启动危险预警模块对故障问题展开深入分析。由于不同类型故障所导致的信号特征不同，因此应针对设备的不同部位、不同部件采集对应的信号数据，并进行检测、分析和处理，从而精准识别危险故障的具体类型。在信号分析方法的选择上，常用技术包括 LMD（局部均值分解）法、小波变换法等。其中，LMD 法的完备性、独立性与自适应能力更强，更适用于危险预警模块设计与危险预警信号处理。LMD 法能够将复杂信号分解成不同的 PF 信号，每个 PF 信号由纯调频信号与包络信号构成，用包络信号表示信号幅值的分布情况，用纯调频信号表示信号的瞬时频率。

为了能够精准寻找水电厂潜在危险源问题，可在预警模块中内置 Elman 神经网络技术。该技术能够有效识别不同故障信号的特征，并实时更新存储与映射状态，充分展现系统动态变化的特点。与传统神经网络相比，Elman 神经网络技术额外设计了承接层，该层能够暂时保存系统运行中的

等待时变数据、输出数据，并实现数据的延时反馈功能。Elman神经网络的故障诊断架构如图1所示，首先将数据库中的振动信号数据传输至神经网络；其次利用神经网络对数据进行学习与决策；最后获取故障信号，进而实现振动信号的智能化诊断。

2.5 工作人员的移动定位

该功能可对工作人员的移动情况进行实时管理，通过联合水电厂的Wi-Fi通信设备与单温图形建模技术，将水电厂设备的功能布局展现出来。此前，管理人员使用传统系统无法记录水电厂移动设备的工作情况，需要使用固定摄像头进行监控。但此种方法存在摄像头覆盖不全的问题，不仅降低了工作效率，还提高了工作危险性。因此，借助智能化管控技术对工作人员进行定位，能够实时监控其移动情况，从而使水电厂工作更加智能化。

2.6 水电厂的加密管理

通过加密模块对水电厂的门锁与设备锁进行统一管理，结合5G通信技术实现门禁、机电设备配电柜以及控制柜的智能化。同时，采用远程控制方式完成以上设备的远程开锁和关锁操作，并运用RFID技术与UWB技术，对水电厂工作人员进行智能化身份识别，避免其误入危险源密集区域，从而保障工作人员的人身安全。

3 智能化管控技术的应用成效

3.1 水电厂巡检线路的规范性

通过智能化管控技术，整合其缺陷数量统计、设备程序管理、运营流程管控与全寿命周期跟踪

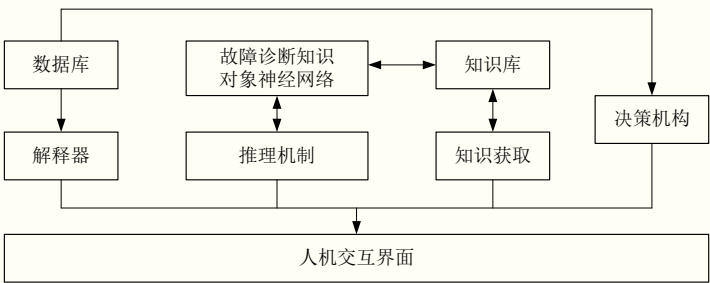


图1 Elman神经网络的故障诊断架构

等功能，可使水电厂设备巡检工作更加规范。目前，已有水电厂设置了30余条巡检线路，涵盖日常巡检与检查班组巡检等路线。提升水电巡检线路的规范性，不仅能够提高生产效率、保障设备运行的可控性，还能有效降低设备缺陷发生率。

3.2 巡检任务更加标准

通过智能化管控技术搭建巡检平台，明确了巡检设备的标准、项目、周期与记录格式，有效提高了巡检任务的标准化水平。该平台的后台管理功能集成了水电厂生产设备基础资料，若在管理中发现异常，可利用此功能启动设备报缺工作流程，形成“巡检任务启动—发现问题—消缺”的管理闭环。工作人员能够通过平台直接查看设备情况，辅助管理人员编制生产计划与电网建设。此外，管理人员可以根据设备台账查询功能，对巡检线路数据进行分析，为设备的运维与检修提供基础数据支撑。

结语

将智能化管控技术应用于水电厂安全防护，不仅充分体现了现代水电厂安全管理的发展方向，还是提升水电厂运行安全性和效率的关键技术支撑。在技术持续创新发展、智能化水平不断提高的背景下，智能化管控技术进一步推动了水电厂传统管理模式创新，使其向高效化、灵活化、智能化方向转型。展望未来，随着新型技术的不断发展与落地应用，智能化管控技术必将在水电厂中发挥更加重要的作用，为新能源行业的可持续发展注入全新活力。

引用

[1] 贾小平,邓芳辉,席波,等.董箐水电站自主可控筒形阀控制系统改造[J].东方电气评论,2024,38(6):33-36+64.

[2] 陈艳.智能化控制技术在大型水电站改造中的应用[J].科技创新与应用,2020(3):100-101.

[3] 杨环,朱勇华,宋进仓,等.智能化清污技术在大型水电站中的研究与应用[J].水电站机电技术,2024,47(5):49-51.

[4] 李文,梁庚,崔青汝.基于虚拟DPU和EIO技术的水电控制系统国产化改造应用[J].水电与抽水蓄能,2022,8(3):11-15.

[5] 曾凡斐,牛海明,刘小恒.自主可控智能分散控制系统(iDCS)在水电厂的设计及应用[J].水电与抽水蓄能,2024,10(5):77-82.