

江都水利枢纽泵站 智能预测预警系统的构建思路

华 骏,薛井俊,袁志波

(江苏省江都水利工程管理处,江苏 扬州 225200)

摘要:以江都水利枢纽泵站智能预测预警系统为研究对象,分析泵站运行预测预警的需求和内容,探讨系统架构、支撑环境、策略与交互等功能模块设计内容,推动泵站预测预警数字化、智能化。

关键词:泵站; 预测预警; 故障诊断; 构建思路

中图分类号:TV317.1

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)11-0037-0004

Construction idea of intelligent prediction and early warning system of the pumping station of Jiangdu water control project

HUA Jun, XUE Jingjun, YUAN Zhibo

(Jiangdu Water Conservancy Project Management Office of Jiangsu Province, Yangzhou 225200, China)

Abstract: This paper takes the intelligent prediction and early warning system of the pumping station of Jiangdu water control project as the research object, analyzes the demand and content of the operation prediction and early warning of the pumping station, and discusses the system architecture design, support environment design, strategy and interaction design, so as to promote the digitalization and intelligence of the prediction and early warning of the pumping station.

Key words: pumping station; prediction and warning; fault diagnosis; construction idea

江都水利枢纽是南水北调东线和江苏江水北调的源头工程,其核心为4座大型电力抽水站,装机33台套,容量55 800 kW,设计流量400 m³/s。为保证泵站工程安全运行,建立了自动化监控系统,实现工程启停控制和运行状态监测监视。随着信息技术和自动化监测设备的不断发展,江都水利枢纽泵站监控系统的信息量日益增长,计算机监控系统

简报产生海量数据,但分析处理能力不足,使得运行人员难以从中快速获取真正有价值的信息,不能及时发现处置设备故障隐患。面对类似问题,诸多大型泵站已经或多或少地提出智能报警相关的需求。因此有必要建立智能预测预警系统,替代运行人员人工监屏,利用智能算法和计算机运算能力,通过筛选设备重要特征信号、综合判断设备运行实

收稿日期: 2022-09-22

基金项目: 江苏省水利科技项目(2019020)

作者简介: 华骏(1978—),男,高级工程师,本科,主要从事水利工程管理、水利信息化建设工作。E-mail:105264299@qq.com

时数据,生成可靠预测预警信息及处理建议,指导运维人员迅速定位和处理设备异常事件^[1]。

江都水利枢纽泵站智能预测预警系统是依据已部署实施的自动化监控系统和一体化管控平台,结合实时库、筛选分析、趋势分析等先进技术,开发满足泵站运行的智能预测预警系统软件。智能预测预警系统软件的基本功能是汇集泵站各生产业务系统数据,通过自身运算智能判断各设备运行状态与趋势,当设备故障或运行趋势劣化时给予运行人员预警报警,还可根据预案进行故障时多系统联动故障展示、故障处理及日常辅助设备管理。

1 需求分析

泵站智能预测预警系统应解决海量报警中无法人工寻找重要信息的问题,提升泵站的自动化管控水平及预防性维护决策能力,保障泵站安全稳定运行^[2]。具体功能需求如下:

(1)智能实时及趋势报警:根据对象类型、关键属性和预定义的专家模板库自动生成报警判断逻辑,同时允许用户根据泵站的特殊性,添加判断逻辑。判断逻辑能够以不同工况情况下数据的历史统计信息为基础进行判断。根据不同工况条件下的实时值曲线与特征值曲线进行比对,实现曲线发展趋势的异常报警功能。

(2)设备控制流程报警:整理标准的开停机流程,包括操作输出的信号清单,反馈信号的清单,延迟等待时间,形成开停机操作库,并提供录入标准开停机流程库组态工具。开机失败可以准确定位未正常动作的信号,确定出开机失败的根本原因。

(3)事故指导及多系统联动:提供事故指导库与报警的联动组态接口,可以满足报警发生时联动该事故报警自动触发对应的事故指导。当设备发生紧急故障时,第一时间推送故障信息,监视画面自动跳转至故障设备界面,并推送相关故障处理建议及措施,紧急情况下推送相关的故障应急预案,辅助运行人员快速、正确地处理紧急异常事件。

2 架构设计

平台采用C/S架构设计,客户端和服务端均采用Java语言设计。客户端负责与用户的交互任务,前端展示和设备模型组态采用Java语言实现,服务端是后台核心计算程序,负责数据的管理和计算,见图1。

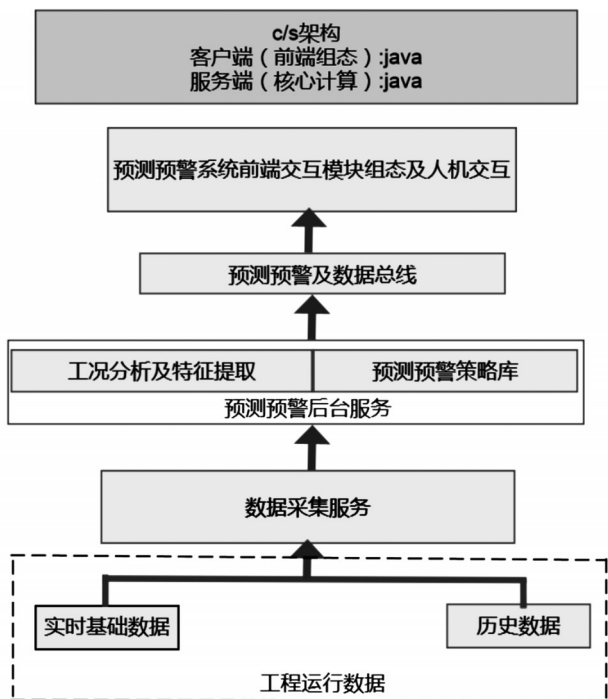


图1 智能告警系统总体架构

3 数据采集设计

根据现有的水利行业技术管理规范、规程和管理制度,贯彻应用软件组件共享的总体思路,促进江都水利枢纽泵站预测预警系统的关键技术应用,支撑环境设计主要包含实时基础数据采集和历史数据接口2个方面^[3]。

3.1 实时基础数据

基于泵站已建监控系统数据采集点的分布、功能、运行情况,采集电气设备、主机组、油气水等系统的开关量、电量、温度、振动、摆动、噪声、效率、叶片角度等,以及水位、流量等数据,达到数据采集全覆盖。根据泵站电气设备、主机组、辅机、水工建筑等数据处理流程,采用启停分析、极值分析、相关性分析等算法,对系统采集的原始数据进行筛选,筛选策略包括偏差性筛选和稳定性筛选。偏差性筛选是剔除相同类型数据中偏差较大的数值,如剔除振动数据中变化幅值与其他测点存在明显差别的数值;稳定性筛选是剔除不稳定的数据,如剔除机组开机非稳态情况下的振动、摆动和温度。最终实现数据合理性分析,为智能告警系统提供高质量的数据支撑。

3.2 历史数据

历史数据接口为后台计算程序和前端展示程

序提供历史数据入库及查询服务。主要包含:

(1)设备对象属性基础值入库及查询功能:该功能主要实现将所有设备对象模型中的输入属性进行历史数据记录,供特征值整编和前端展示使用。后台需要使用记录和查询功能,前端使用查询功能;

(2)设备对象特征值入库及查询接口:该功能主要实现后台计算生成的特征值记录和查询数据库的接口功能。后台需要使用记录和查询功能,前端使用查询功能;

(3)设备对象曲线采样入库及查询接口:该功能主要实现采样曲线的记录和查询数据库的接口功能。后台需要使用记录和查询功能,前端使用查询功能;

(4)设备对象曲线特征入库及查询接口:该功能主要实现特征曲线的记录和查询数据库的接口功能。后台需要使用记录和查询功能,前端使用查询功能;

(5)设备对象告警事件入库接口:该功能主要实现后台告警计算产生的告警信号的入库接口;

(6)设备对象告警断面查询接口:该功能主要实现前端对告警发生时的断面数据集进行查询的接口;

(7)设备对象层级关系入库及查询接口:该功能主要实现前端对设备对象层级关系进行写入和查询的接口。

4 策略设计与交互设计

4.1 泵站告警策略分类

4.1.1 综合告警

综合告警逻辑判断主要包括告警点状态判断、

关系判断、抖动过滤、延时判断,以及告警点组合计算后逻辑的判断等。

综合告警计算框架,主要为支撑泵站主辅设备的故障诊断及设备评估等业务,提供基于可视化模型的诊断分析和告警追溯功能。每个综合告警点通过组态形成如图2所示的告警流程,综合告警计算框架通过每个综合告警点层级关系梯形图的根节点运算框,按照递归函数算法将每个告警点层级树形图的运算节点进行计算,形成一个综合的总告警信号。同时当有告警发生时,也会将当前断面时刻的该综合告警点的各个运算节点的断面状态记录到数据库,以便于故障告警追溯展示^[4]。综合逻辑告警运算框支持基础逻辑判断、基础算术计算、基本关系判断等计算方法。

4.1.2 设备流程监视告警

针对单设备制定控制流程告警策略,对某个设备动作信号进行一系列反馈信号的检测。该反馈可能是有时间先后关系进行触发的顺序流程反馈,如图3中的S-0,S-1,S-2,S-3,S-4。只有前一个反馈满足才会触发后一个反馈的判断,还有可能是同时对一系列信号的反馈判断,如S-0,S-1,S-5。当S-0动作之后,同时触发判断S-1,S-5,只有当这2个反馈同时满足才认为流程成功。

4.1.3 数据趋势告警

数据趋势告警分析对象包括主机电流、温度(推力瓦、水导)、供水水压等。根据当前温度梯度变化的趋势计算温度曲线在未来一段时间的趋势,当趋势超过越限值时,进行预警,将预警信号自动推送到光字展示画面。以温度为例,温度的趋势分析应该具备以下基本属性:温度在机组开机后的平均值、最大值、最小值,此3个数据为长期统计得出;

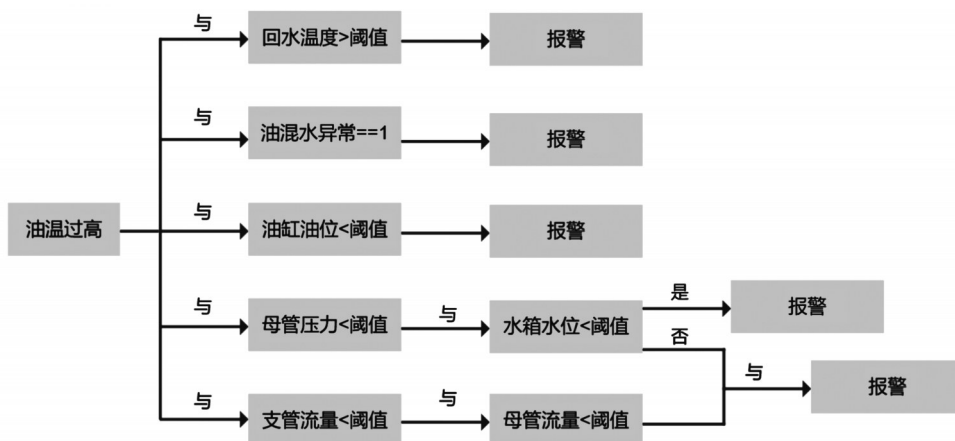


图2 综合告警逻辑

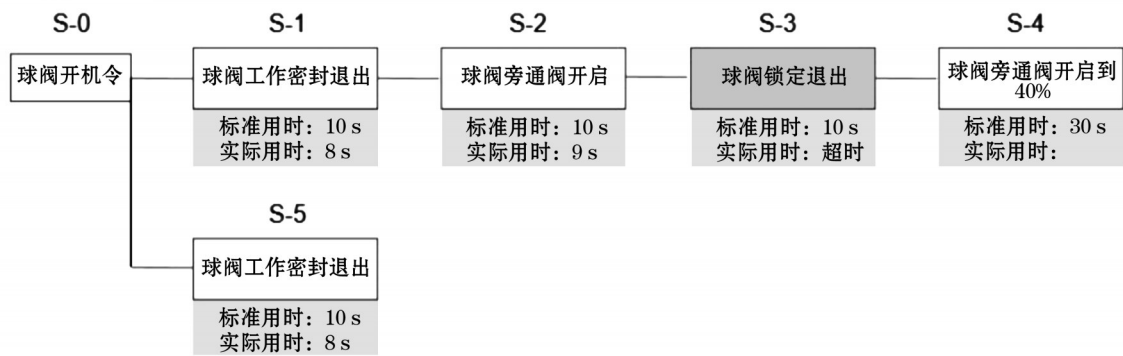


图3 智能告警系统设备流程监视告警

当前温度每分钟上升变化速率值、下降值;根据每分钟上升变化率,预测下一分钟温度值。

4.1.4 其他告警策略

针对一些通用性比较强的逻辑组合策略形成通用的告警策略。例如各类泵的告警策略类,系统组态时预先选择相应的函数接口,后台计算时就能根据组态定义的输入源进行计算产生输出结果。

4.2 泵站预测预警策略设计

预测预警策略主要是用于建立系统告警点时选择采用何种策略进行预测预警信号的触发,本文以励磁系统及技术供水系统为例,列举了泵站常见设备的预测预警策略,见表1~2。

4.3 泵站交互模块设计

交互模块分为预测预警数据及接收模块、预测

预警展示模块、人机交互模块。(1)预测预警数据及接收模块,负责与后台计算服务的数据交互,并将数据更新到实时数据库中供人机交互模块使用;(2)预测预警展示模块,负责告警信息的展示包括:各分系统的当前告警与预警数,全站设备整体运行态势,通过光字牌形式显示当前所有告警,当前具体的设备运行告警或预警,在展示界面中对报警结果进行确认、屏蔽等操作,通过弹出窗口的形式展示事故指导等信息;(3)人机交互模块,提供可视化监视手段,报警信息源头自动追溯,告警发生时,提供告警点相关量的测值展示,利用直观可见的线路图,清晰观察当前告警产生的根本原因,同时提供历史曲线查询功能,查看当前告警点相关量的历史变化情况并分析告警产生的原因。人机交互模块

表1 江都四站励磁系统预测预警策略

设备名	告警策略名	直接测点	相关测点	计算方法	策略类型
励磁系统	励磁变压器温度,越限告警	励磁变压器温度	机组工况、机组无功、机组有功	告警策略:根据相关量,统计励磁变的温度的正常变化范围,超出范围,进行报警	综合告警
	励磁变压器温度上升过快,梯度告警	励磁变压器温度	机组工况、机组无功、机组有功	告警策略:根据相关量,统计励磁变的温度的上升趋势范围,超出范围,进行报警	数据趋势告警
	励磁功率柜温度,越限报警	励磁功率柜温度	机组工况、机组无功	告警策略:根据相关量,功率柜的温度的变化范围,超出范围,进行报警	数据趋势告警
	励磁功率柜风机停机告警,设备自身故障信号告警	励磁功率柜风机启停信号	励磁设备工况	告警策略:励磁设备主人提供下运行逻辑,根据逻辑进行报警	设备流程监视告警
	励磁功率柜励磁系统越限(如低励限制、过励限制、V/F限制),设备自身故障信号告警	建议直接应用励磁系统自身告警	相关量:机组工况等	告警策略:励磁设备主人提供下运行逻辑,根据逻辑进行报警	综合告警

(下转第45页)

参考文献:

[1] 梁业松. 侧扫声呐和单波束测深仪在海底障碍物探测中的综合应用[J]. 浙江测绘,2007(4):6-8.

[2] 饶光勇,陈俊彪. 多波速测深系统和侧扫声呐系统在堤围险段水下地形变化监测中的应用[J]. 广东水利水电, 2014(6):12-13.

[3] 桑恩方,安 岩,赵景义,等. 用水下遥控机器人(ROV)进行堤坝安全检测[R]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学水声工程学院,2017.

[4] 吴恒友. GPS-RTK 与数字测深集成技术在水库水下地形测量中的应用[J]. 水利水运工程学报,2009(11): 31-34.

(上接第 40 页)

表 2 江都四站技术供水系统预测预警策略

设备名	告警策略名	直接测点	相关量描述	计算方法	策略类型
技术供水	技术供水取水阀异常,设备综合状态组合故障告警	技术供水进水阀位置	机组状态	机组不在检修态+进水阀不在全开位置,进行告警	综合告警
	技术供水与公共供水联络阀,设备综合状态组合故障告警	主变冷却水阀门	SFC 冷却水阀门、技术供水状态、主变状态、SFC 状态综合告警	事先组态好技术供水与几个重要的其他系统阀门在不同工况下的逻辑关系,关系异常时进行告警,当技术供水启动情况下,主变空载和负载是主变冷却水阀的位置、SFC 启动时 SFC 冷却水阀门位置	综合告警
	技术供水泵进口阀,设备综合状态组合故障告警	进水口阀门位置	机组状态	机组预启动条件满足+进水口阀门不在全开位置,进行报警	综合告警
	技术供水泵运行效率下降报,超限报警	尾水水位、流量、技术供水泵状态	机组工况	当技术供水泵启动正常,对比不同尾水情况下的流量历史数据,如果流量不在正常范围之内,进行技术供水泵效率异常报警	数据趋势告警
	技术供水过滤器,设备综合状态组合故障告警	技术供水流量、压差	技术供水泵状态	当技术供水泵启动状态,技术供水流量低+压差开关未动作,进行技术供水泵滤水器堵塞报警	设备流程监视告警

还可在预测预警信号发生时自动触发对应的事故指导,推送相关故障处理建议及措施,紧急情况下推送相关的故障应急预案,辅助运行人员快速、正确地处理紧急异常事件。

5 结 语

建设泵站智能预测预警系统将对确保江都水利枢纽安全高效运行提供重要技术支撑,也将促进泵站运管智能化,改变原有的监测数据利用率不足的局面,强化数据分析、健康管理及异常处置,提高工程管理技术水平和运行管理保障能力,促进工程

效益充分发挥,也可为全国类似泵站自动化智能化建设提供经验借鉴。

参考文献:

[1] 徐麟,蔡杰. 巨型水电机组监控的智能预警系统设计与实现[J]. 水电与抽水蓄能,2018,4(5):57-60.

[2] 袁志波,林思群,郜雅,等. 江都水利枢纽泵站智能管理平台构建思路[J]. 水利技术监督,2020(3):74-76.

[3] 薛井俊,袁志波. 大型水利枢纽信息资源整合共享技术研究与实践[J]. 江苏水利,2019(11):51-54.

[4] 冯慧阳. 智能水电厂一体化管控技术的研究[D]. 南京:东南大学,2015(7):56-59.