

智慧电厂环境监测与风险预警系统研究与应用

于春泽

(国家电力投资集团有限公司, 北京 100011)

摘要:为满足水电厂环境监测与风险预警高效化、智能化需求,设计了一套监测预警系统。通过对水、船、物、人等数据的感知,保障了水域可视化以及工厂安全。利用智能视频设备与 AI 智能分析平台对大坝关键位置进行实时监控,报告水位和流速情况,完成漂浮物告警弹窗与船舶智能分析;基于智慧消防物联网平台与 AR 全景可视化系统,实现仪表智能读取与告警联动。智慧电厂实测结果与现场勘察一致,能够为水域管理及故障识别提供全面的数据支撑。

关键词:水域分析;船舶监控;智慧消防;AR 全景可视化;智慧电厂

中图分类号:TM622 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)04-0244-08

水电厂通常建在偏僻山区,为了充分利用水资源,一条水系往往开发多个梯级电站,电站间距离远、分布广、设备多,监控与预警管理困难。随着 AI 技术的发展,发电厂为实现“关门电厂”目标,视频监控与预警系统向高清化、智能化方向发展。

目前水利水电公司的视频监控系统只能实现基础视频预览、录像回放等功能。视频录像利用价值不高,智能化水平低下,尚处于对设备属性信息的管理层面,无法直观地表达设备的空间信息^[1]。现场环境监测主要由工厂员工进行线下巡逻报告实现,容易产生监管不力、效率低下的后果。同时由于水电厂的特殊地理位置,员工自身安全不能得到有效保障。智能视频监控技术在一定程度上能降低人员的巡逻难度,提高生产安全性。

传统消防系统依赖火灾报警主机实现本地报警和处理,信息无法通过网络传输到集控中心。告警时集控中心人员须到现场进行火灾确认和灭火控制,易延误灭火救援时机。随着“物联网”概念的兴起,需要提出一套完整的智慧消防物联网规划。

本文采用智能视频技术,实现电厂端水尺识别、设备状态监测、智能读表、AR 全景可视化告警等应用,将传统的视频监控系统“只能看”转化为数据“智能标签化”,充分挖掘了视频监控系统的价值。智慧电厂方案的实施可提高电厂的安防水

平与设备管理的效率,促进电厂的安全生产,为助力电力公司大数据系统的建设奠定基础。

1 智慧电厂概述

1.1 基本概念

智慧电厂^[2]监控系统主要根据电厂的生产工艺、生产操作、生产环境和生产管理等不同现场需求,配置深度智能摄像机、高清摄像机、热成像摄像机等边缘节点设备^[3],配合中心管理平台,辅助生产运营,实现水域分析与船舶监控,在保证生产安全前提下提高电厂生产质量和效率。智慧风险预警则以“预防为主,防消结合”为指导思想,将消防工作由被动管理转向实时主动监测,智能读取仪表的数据,并预测设备的使用情况,最大限度地降低火灾发生概率,减小电厂管理部门压力。

1.2 建设目标

结合先进的数字化和信息化技术,逐步实现水利水电建设的自动管理。将安全生产涉及的要素及其数据统一集中到智能化管理平台,便于大坝汛期全方位指挥调度。智慧电厂建设目标如下:

为降低汛期值班人员的巡视工作量和危险系数,同时方便查看雨水数据与视频监控图像,希望通过一套智能视频系统将大坝上面的水尺刻度数据、大坝上游视频、溢洪道视频与大坝下游视频等在一个显示界面上进行实时展示。除了水域监测,系统还包括船只统计与分析,设备热成像预警与

收稿日期:2020-12-02

作者简介:于春泽(1975—),男,山东乳山人,国家电力投资集团有限公司,高级工程师,研究方向为智慧电厂与水电站管理。

AR 全景可视化告警,以便根据分析结果,采取对应的安全生产管理措施。

1.3 系统建设

智慧电厂系统建设总拓扑图由边缘节点、传输

网络、中心系统和安全生产应用 4 个部分组成(图 1)。基于水电站 水、船、物、人等感知数据,与水电站的生产业务关联^[4],为安全生产及安防预警保驾护航。

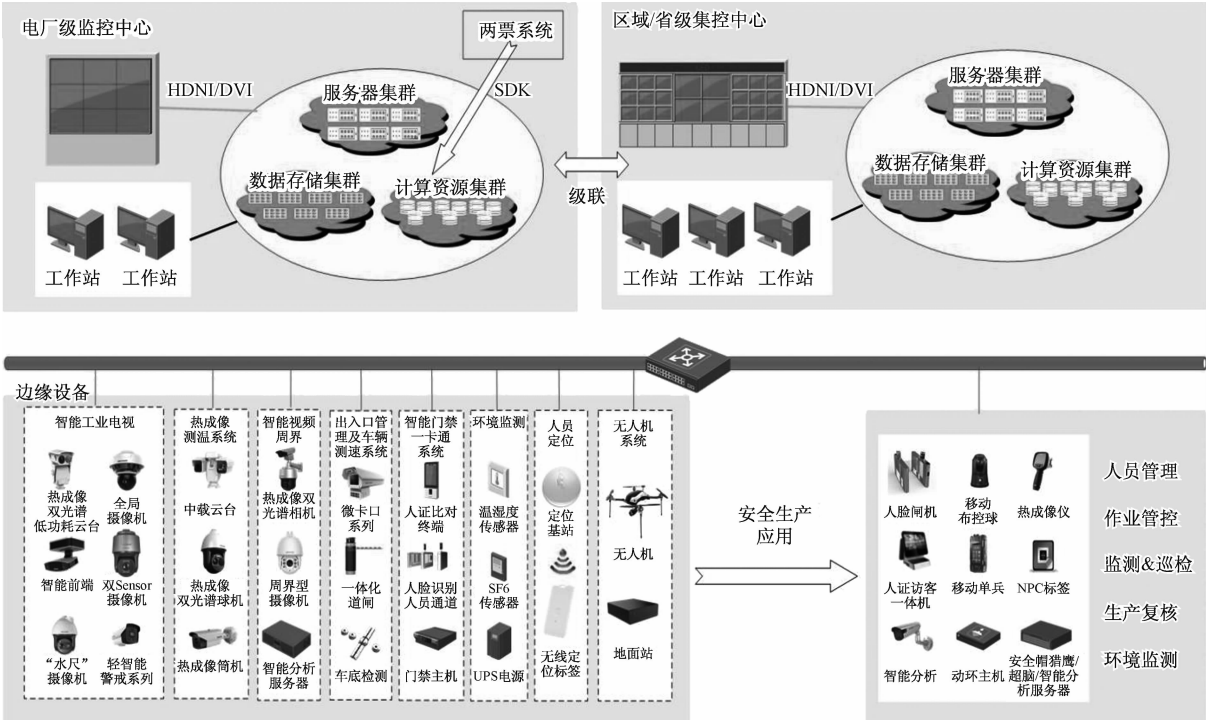


图 1 系统建设总拓扑图

边缘节点对站内的智能工业电视系统、智能视频周界系统、智能一脸通系统、热成像测温系统、环境监测与智能控制系统等进行了整合。主要负责水电站信息采集、编码、存储及上传,实现智能化应用和自动化联动。

传输网络与其内部网络是一个统一的整体,用于边缘节点与监控中心之间的通信以及各级监控中心之间的级联。前端系统的音视频、环境量、报警等基础信息通过网络可上传至边缘域和云中心,供各级管理职能部门和生产运营部门调用查看。

监控中心系统可管理电站内部的所有设备,通过对边缘节点提取的结构化数据进行智能化分析和大数据应用,满足中心系统用户对整体态势把控的需求。

安全生产应用主要包括人员管理、作业管控、智能巡检、生产复核和环境监测等模块。主要是对生产过程中的人员行为、机械设备状态、环境因素等进行实时监测和智能化的分析,保证人员与设备安全。

2 应用及分析

2.1 环境监测

2.1.1 水域分析

通过在大坝上部署智能视频设备,对大坝关键位置(如大坝上游、大坝下游、溢洪道、闸门、水尺等)进行实时监控,报告水尺数据并分析雨水流量。大坝全景监控如图 2 所示。



图 2 大坝全景监控

通过在水域周围部署高清智能摄像机,配套后端智能分析服务器和 AI 智能分析平台,可实现河道上漂浮物的检测预警。保障了水域航道通畅,船

只安全通行,闸门正常开闭。

漂浮物检测系统由前端高清智能球机、传输网络、漂浮物智能检测服务器及综合管理平台组成(图 3)。前端摄像机负责定时抓拍,漂浮物检测服务器对接收图片进行分析。若检测出有漂浮物,则将报警信息推送至平台,平台接收告警弹窗后,可进行人工审核。

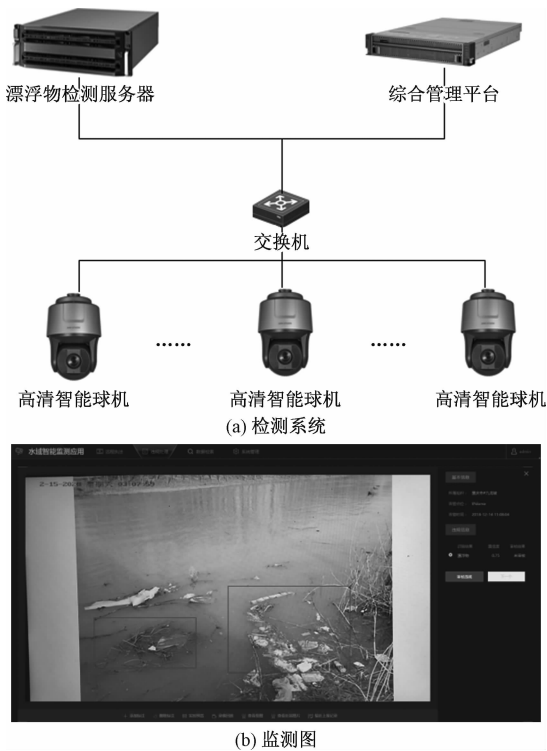


图 3 智能漂浮物检测系统与监测图

环境监测系统采用热成像双光谱云台摄像机,兼具热成像机芯与可见光机芯两种机芯,可采集热成像视频图像与可见光视频图像。在能见度情况良好情况下,利用可见光视频查看大坝详细情况。在能见度较差的天气情况以及夜间低照度环境下利用热成像视频图像查看漂浮物轮廓及动态信息。其中,可见光图像分辨率为 $1\,920\times1\,080\text{ pixel}$,热成像图像分辨率为 $640\times512\text{ pixel}$ 。如图 4 所示,双光谱云台消除了传统监测设备在能见度低时成像模糊的缺陷。

2.1.2 船舶监控

通过 AI 技术智能识别大坝上游来船,可实现进出船流量监测。结合不同分析模块能够进一步完成船舶智能检测分析。

2.1.2.1 进出船流量监测

利用热成像镜头对船舶目标进行全天候检测抓拍,将采集的船舶流量信息^[5]上传至管理中心,管

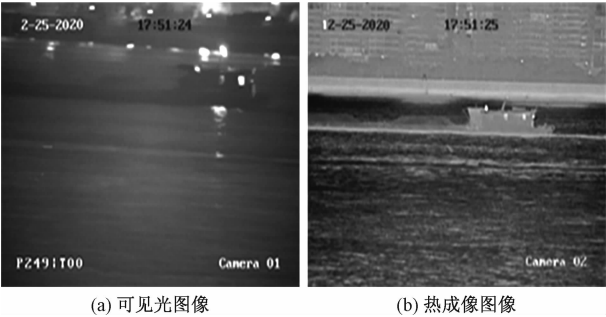


图 4 可见光及热成像图像

理系统的智能分析算法可对采集到的流量信息进行数据查询、统计与分析。进出船流量监测具体统计功能为:①过往船只的数量统计;②区分进闸船只和出闸船只数量;③为第三方业务软件提供平台信息接口。

观测型热成像双光谱云台摄像机能够对船舶进行运动侦测。当船只进入检测区域、经过检测线以及离开检测区域时,摄像机两个通道可分别对船舶进行抓拍并单独记录保存。在夜间可见光画面失效的情况下,可以通过热成像镜头先检测移动的船只,再联动可见光镜头进行激光补光。抓拍流程示意图如图 5 所示。

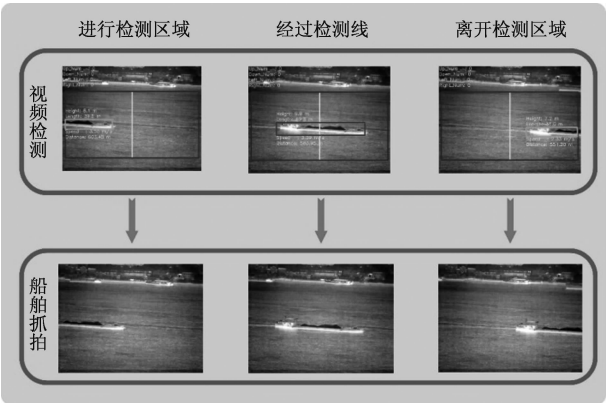


图 5 抓拍流程示意图

2.1.2.2 船舶智能检测分析

为减轻闸门室值班人员工作负担,同时减少因船只过高、船只过宽、值班室工作人员判断不准引起的诸多安全隐患,采用智能热成像技术实现河道水面来船检测、船只高度与宽度检测。

船舶流量信息检测系统主要由热成像双光谱云台摄像机组成,内置船舶数量检测计数模块、长高度估算分析模块、速度估算模块、距离检测摄像机等智能分析算法^[6]。可对采集到的热成像视频信息进行分析,并对上行船舶与下行船舶进行区分。船舶流量信息检测原理如图 6 所示。

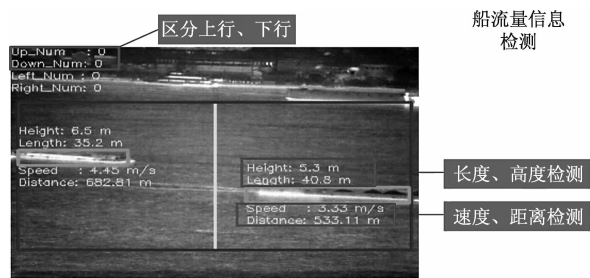


图6 船舶流量信息检测原理

船只出现在水域时,通过热成像探测并将报警信息推送给闸门室值班人员,提醒船只经过,做好启闭闸门的准备工作。尺寸超出闸门时能及时远程喊话并制止船只靠近。

2.2 风险预警

水电站所在地区雨雾天气的比例较高,同时厂房全景监控亦十分重要,因此在水电站大坝上下游实现视频风险预警需考虑透雾性及监控范围。热成像在线测温是一种比较特殊的在线监测方式,通过非接触方式检测设备温度和运行状态,对复杂环境(大雾、大雨、黑夜)进行有效监控,极大提高了水域预警系统的实用性。在安全生产区域安装在线式热成像与 AR 全景摄像机,对重点设备进行 24 h 多预置位监视,可以判断设备过热故障并对厂房进行全方位分析,有效避免由于设备异常或非法入侵导致的事故。风险预警体系包括智慧消防物联网

平台与 AR 全景可视化告警。

2.2.1 智慧消防物联网

为助力智慧电厂建设,推动安防系统与生产系统的联动融合,帮助管理人员轻松、快捷、规范操作,通过各类传感器,自动采集、处理和发送被监测状态信息,并利用深度学习算法的视频智能识别技术,构建了智慧消防物联网^[7-8]系统。平台业务主线自下而上依次分层,包括支撑层、服务层、应用层及表现层。

支撑层分为硬件支撑平台和软件支撑平台。硬件支撑平台包括传感器设备、物联网设备、视频监控设备、服务器、网络等;软件支撑平台包括操作系统、数据库、Web 应用中间件等。

服务层提供传感接入、监测、事件分发、设施巡查、电子地图、视频接入、视频解码、消息队列、远程抓拍、第三方接口等服务。

应用层提供报警中心、状态监测、历史报警、视频应用、GIS 应用、消防巡查、图墙展示、数据分析等业务应用功能,并提供日志管理、组织管理、设备管理、用户管理、权限管理、单位管理等完善的系统管理功能。

展示层为客户提供 B/S 客户端、App、大屏图墙等多样的展示方式,满足客户多样的操作体验需求。

智慧消防物联网研究平台如图 7 所示,可用于仪表智能读取与设备温度在线检测。与 SCADA 系



图7 智慧消防物联网平台

统联动能提高电厂的生产自动化水平和安全生产水平。

2.2.1.1 仪表智能读取

生产系统中包含许多电表、传感器等器件,随着电厂自动化水平的不断提升,器件的数据均能在生产系统上得到。然而监控系统上的显示并不直观,不能观察前端设备的实际状况。本文建立的智能视频分析系统能够判断开关或刀闸的开、闭状态,并根据预置的其他信息判断是否与实际工作状态相符。通过套管油位分析,判断工况是否在合理的区间范围,可预测风险并在超出规定范围时进行智能报警。

接入前端传感器或对接第三方系统,能够获取设备的状态参数,数据异常便联动相关预案(视频弹窗口、报警推送、声光提醒、短信下发等)进行预警,保障了设备全方位监测和管理。第三方监测数据接入到安全生产平台主要有两种方式:①通过动环主机直接接入,适用于符合标准传输协议的设备;②通过调用标准 SDK 接口进行系统对接,适用于已部署第三方监测数据接入平台的场景。

视频监控系统与计算机监控系统进行二次对接后,可将一些生产数据(如表计读数、温湿度等)输出到服务器,并通过算法将数据叠加到对应视频监控画面中去,从而使得数据显示和观察更为直观。实际评估结果如图 8 所示,智能监控系统显示异常监测,并要求对待确认情况进行手动复核。



图 8 异常/待确认情况手动复核

2.2.1.2 设备温度检测

水电站主厂房区域从上至下分别是发电机层、风洞层、水轮机层、蜗壳层。其中风洞层中的设备主要为发电机机组的定子、转子、线圈及部分电缆。在线式红外热像仪可对风洞内的设备、电缆等进行监测(图 9),在设备过热时进行及时告警。测温热像仪能够对生产区域的重点设备实时进行框测温

或点测温。设备温度有效检测范围为: - 40 ~ 150 ℃ 或 0~550 ℃,测量精度高达 1 ℃。



图 9 设备监控图

图 10 为温差报警联动^[9]系统,在同一预置位下通过前后抓图的温度对比,智能分析在该预置位下是否发生温度突变。后端 NVR 接入报警输入/输出设备,针对不同监控点配置多样化的报警触发规则,实现报警信号联动。自动弹出报警位置的视图图像,迅速定位报警位置,同时通过日志记录。

测温云台分辨率为 336 × 256 pixel,可以对其监控场景进行有效探测和成像,获取图像中的关键信息。该云台采用双光谱设计,既具有热成像镜头,又兼具普通摄像机的可见光镜头/机芯,最低照度为 0.05 lx,可以对任意监控场景进行高清图像采集和辨识。

对于特殊的高压电气设备^[10],采用无线无源测温系统(图 11),实现设备温度的在线监测。该系统基于声表面波(SAW)技术,采样通过被动感应,无须在被测点或相关支撑结构上连线。传感器与接收设备之间无电气联系,能够实现高压隔离,从根本上解决了高压设备接点运行温度不易监测的难点,有效保障了设备的安全运行。

2.2.2 AR 全景可视化告警

全景可视化^[11]是水电厂实现“无人值班”管理模式的一项重要保障。通过在集控中心部署 AR 全景摄像机或 AR 球机,将集控中心的监护电脑桌面通过高清编码器编码成一路 IP 信号输入摄像机中。用户通过访问平台客户端或手机客户端即可在一个监控画面中详细查看所有接入电脑桌面的画面,实现对集控中心以及各水电厂桌面的远程监护,达到降本增效的目的。AR 全景可视化告警系统由 AR 标签叠加、告警联动、大范围全景监控 3 个功能



图 10 温差报警联动系统

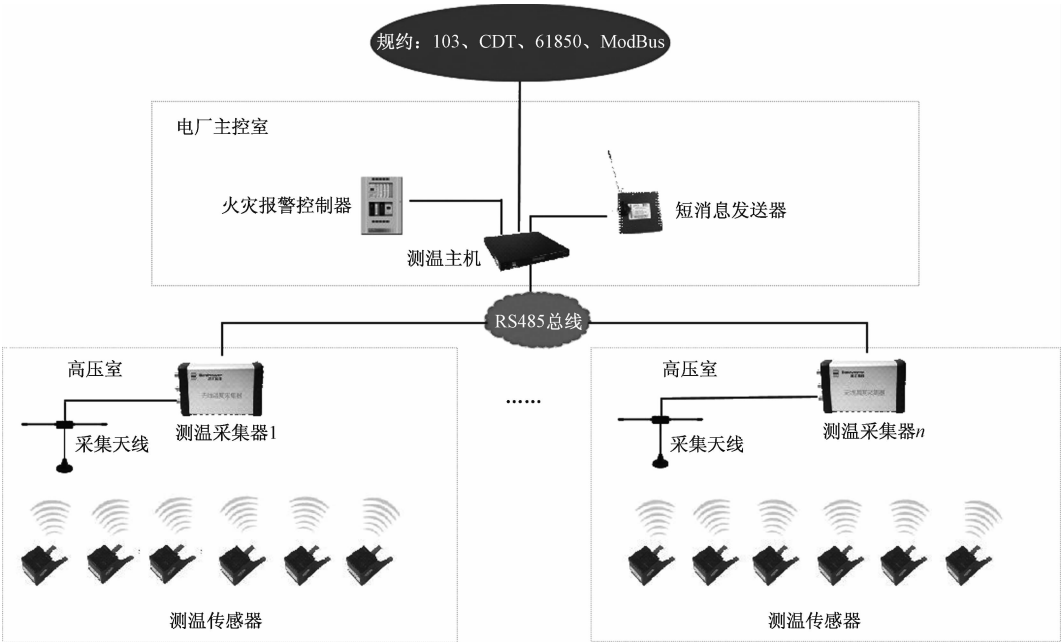


图 11 高压电气设备的温度在线监测系统

组成。

2.2.2.1 AR 标签叠加

AR 全景相机是由 4 个 2 mP 相机图像拼接而成。设备基于多 sensor 同步曝光技术,解决了多画面拼接时明暗不一的问题。基于特征点匹配技术,解决了多画面拼接时画面错位的问题。

设备通过视频坐标系转换技术^[12]和定位技术,可以将 AR 标签数据精准的叠加到全景视频码流中。全景拼接时画面一致,保证了画面的整体性和观感性。如图 12 所示,即使相机画面转动,AR 标签也和码流一起移动,不会出现 AR 标签漂移和抖动。

2.2.2.2 告警联动

对水电站整个公共区域进行监控,检测到有非法入侵时,能够以声、光信号告警。如图 13 所示,在

全景画面上以醒目方式(如周界区域变红)显示,并自动弹出相应的告警地点的监控画面,便于监管人员及时发现、核对和处理告警信息。

2.2.2.3 大范围全景监控

水电站大坝制高点,下游水道俯瞰,配电房舱室以及汽轮机层等大范围场所^[13],需要实时观察设备动态,并对设备区的相关细节进行放大抓拍。传统监控往往是通过多台摄像机进行视频拼接得到 180°和 360°全景,并配合高清球机进行细节捕捉。虽然兼具了全景和细节,但需多台摄像机、视频拼接服务器以及高清球机。方案成本较高,系统复杂,安装调试繁琐,并非最佳监控措施。

AR 全景监控提出采用鹰眼系列全景跟踪摄像机,既可覆盖全景,又能捕捉细节。实测结果如图 14 所示。



图 12 AR 标签叠加



图 13 AR 告警联动



图 14 鹰眼全景照片

AR 全景可视化告警系统内置多个水平全景摄像机以及一个特写跟踪球机,集成度高。相比传统监控方案,采用了前置拼接技术,后端无须视频拼

接服务器。一台球型鹰眼全景跟踪摄像机即可实现全景与细节捕捉,解决了大范围监控方案存在的问题和弊端。

3 结论

智慧工程是近几年兴起的新型管理概念,已在科学和工程的许多方面完成一系列研究。以水电站厂房环境及其设备为研究对象,采用智能监测与预警方法,对水电站厂的智能化发展方案进行深入分析。非专业人员可以直观、形象地观察到整个系统的动态变化过程,减少传统监控劳动成本,降低设备故障风险。

基于水电站环境监测与风险预警系统,实现了水电厂的水域分析及船舶监控智能化,完成了仪器设备在线检测与 AR 全景拼接的告警联动。有效推动了中国水利水电工程设计与管理向科学化、智能化方向发展,为智慧水电站工程建设提供了有效的参考价值。随着研究的不断深入,水电站监测与预警系统将趋于完善,逐步实现智能监控、精细管理、智能预警的目标。

参考文献

[1] 吕灵芝,于鹏杰,李建强,等. 中小型智能水电厂体系结构与改造路线探讨[J]. 工程技术,2016(5):60—62.
[2] 唐茂颖,段斌,肖培伟,等. 双江口水电站智能地下工程系统建设方案研究[J]. 地下空间与工程学报,2017,13(S2):508—512.
[3] 何晓红. 水电厂远程图像监控系统的开发和应用[J]. 水利

水电科技进展,2003,23(4):55—57.
[4] 刘海滨,董海洋,秦晓康,等. 水电站智能监控服务支持系统研究与应用[J]. 水电能源科学,2018,36(8):162—165,213.
[5] 王莹. 基于光学图像的通航船舶流量及异常航迹检测方法研究[D]. 桂林:桂林电子科技大学,2013.
[6] 周勇. 基于计算机视觉技术的内河船舶智能监控系统研究与实现[D]. 上海:上海交通大学,2016.
[7] 陈琪锋. 传感器在智慧消防物联网云平台中的应用与设计[J]. 电子技术与软件工程,2019(2):84.
[8] 丁宏军. 基于物联网技术的智慧消防建设[J]. 消防技术与产品信息,2017(5):67—69.
[9] 任勇. 一种基于热成像温差分析报警的烟火识别及报警联动装置:CN207337609U[P]. 2018-05-08.
[10] 彭向阳,陈驰,饶章权,等. 基于无人机多传感器数据采集的电力线路安全巡检及智能诊断[J]. 高电压技术,2015,41(1):159—166.
[11] 钟登华,谷金操,佟大威. 水电站厂房及设备可视化交互仿真建模方法与应用[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版),2014,47(2):95—100.
[12] WU S T, ABRANTES M, TOST D, et al. Picking and snapping for 3D input devices[J]. 16th Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIB-GRAPI 2003). Sao Carlos, Brazil: IEEE, 2003:140—147.
[13] JING-RU L I, ZHONG D H, LIU D H, et al. Methodology and application of three-dimension dynamic visual simulation of hydraulic and hydroelectric engineering[J]. Journal of System Simulation, 2006(18):116—115.

Research and Application of Environmental Monitoring and Risk Early Warning System for Smart Power Plants

YU Chun-ze

(State Power Investment Corporation Limited, Beijing 100011, China)

Abstract: In order to meet the high-efficiency and intelligent requirements of environmental monitoring and risk warning of hydropower plants, a set of monitoring and early warning systems is designed. Through the perception of "water, ship, object and person" and other data, the visualization of the water area and the safety of the factories were guaranteed. Intelligent video equipment and AI intelligent analysis platform were used to monitor the key position of the dam in real-time, which reported the situation of water level and velocity, and completed the floating object warning window and intelligent analysis of ships. Based on the intelligent fire protection platform and AR panoramic visualization system, the intelligent reading and alarm linkage of the instrument were realized. The measured results of the smart power plant were consistent with the field survey, which can provide comprehensive data support for water area management and fault identification.

Key words: water analysis; ship monitoring; smart fire protection; AR visualization; smart power plant