

面向泵站装备的 全息健康管理系统建模及应用

张 宇¹, 谈庆敏², 杨 波¹, 张闻裕¹, 张 瑾¹, 蔡廷廷³

(1. 江苏省太湖地区水利工程管理处, 江苏 苏州 215128; 2. 江苏航天水力设备有限公司, 江苏 扬州 225000;
3. 华中科技大学机械科学与工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:为提高泵站装备的运维管理水平, 确保泵站安全可靠运行需要, 研究提出了一种基于全息数据分析的泵站全息健康管理系统建模方案, 开发了相应的系统应用。该系统通过构建统一数据平台实现电流、电压、振动等全息数据的采集、存储与调用, 通过搭建统一管理平台实现对泵站装备的管理、分析、可视化交互等功能。在机器学习模型的驱动下, 该系统开展对泵站装备的智能化监测与诊断, 从而实现对远端装备故障的深度分析、快速反应、及时推送。

关键词: 泵站; 全息数据; 健康管理; 监测

中图分类号: TP399

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2022)06-0035-0005

Modeling and application of holographic health management system

ZHANG Yu¹, TAN Qingmin², YANG Bo¹, ZHANG Wenyu¹, ZHANG Jin¹,
CAI Tingting³

(1. Water Conservancy Engineering Management Office of Taihu Region of Jiangsu Province,
Suzhou 215128, China; 2. Jiangsu Aerospace Hydraulic Equipment Co., Ltd., Yangzhou 225000, China;
3. School of Mechanical Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology,
Wuhan 430074, China)

Abstract: To improve the operation and maintenance management of pumping station equipment and ensure the safety and reliability needs of pumping station, a modeling scheme of holographic health management system for pumping stations based on holographic data analysis was proposed. And the corresponding system application was developed. The system realizes the collection, storage and invocation of holographic data such as current, voltage and vibration by building a unified data platform, and realizes the management, analysis and visualization interaction of pumping station equipment by building a unified management platform. Driven by machine learning models, the intelligent monitoring and diagnosis of pumping station equipment were achieved based on holographic data, thus the deep analysis, rapid response and timely pushing for remote equipment failures can be accomplished.

Key words: pumping station; holographic data; health management; monitoring

目前针对泵站装备的监测与健康管理, 已有较为成熟的系统研究及应用。崔仕杰等^[1]提出了一种基于振动和油品在线监测的泵站故障诊断系统, 主

要利用振动传感器、油质传感器采集振动信号与油质信号, 并搭建相应的上位机软件系统, 为泵站装备提供故障诊断服务; 张印等^[2]针对泉眼山泵站机

收稿日期: 2022-01-07

作者简介: 张宇(1978—), 男, 高级工程师, 本科, 主要从事工程管理, 智慧泵站建设工作。E-mail: zxnice66@163.com

组开发了一套在线监测系统,实现泵组设备的振动、摆度、转速等相关状态参数的实时监测与预警保护;张建伟等^[3]为实现泵站管道工作状态的在线监测,保障其安全稳定运行,提出一种基于排列熵算法的泵站压力管道监测方法,通过对压力的评估监测管道是否安全;赵顺萍等^[4]则主要通过振动监测对加压泵组进行故障诊断,实现泵组的安全运行、科学检修;邹红美等^[5]面向大型泵站机组设计开发了远程监测平台,能够在线采集机组的振动、摆度、转速等数据,以及进行振动频谱分析、摆度测量等,提供泵站远程状态监测和维护。上述研究与应用都能在一定程度上为泵站装备提供监测与健康管理功能,但多数仍需依赖服务端人员对信号进行分析,尚未实现监测、诊断与管理的智能化。

随着大数据技术的蓬勃发展,机器学习、深度学习等^[6-7]智能化算法理论也取得了显著的研究进展。不同于传统的故障分析技术,机器学习、深度学习算法立足于数据本身,挖掘数据背后的潜在规律与关联,从而实现以数据驱动模型,实现模型的自学习、自训练、自更新、自分析。目前,在机械装备健康管理领域,利用机器学习等方法,已有许多针对齿轮、轴承等旋转机械零部件的故障诊断研究^[8]。

为更好地实现泵站装备的智能化健康管理,本研究以机器学习模型为载体,充分学习现场装备采

集到的电流、电压、振动、压强等全息健康数据。通过挖掘全息数据背后的故障征兆,得到可靠的故障诊断结果。开发统一数据平台与统一管理平台,达成泵站装备的全息健康管理功能。在系统前端配合三维建模技术和模型驱动技术,实现基于全息数据的泵站装备可视化监测与健康管理。

1 整体方案

泵站装备全息健康管理系统的,在装备全息大数据(电信号、振动、压强等)的基础上,为机械装备提供全方位健康保障。泵站装备全息健康管理系统的建模方案,包括整体架构、功能结构与通讯架构。如图1为本系统整体架构设计,可以划分为如图所示的5个部分。泵站装备与传感装置是分布在远端的硬件对象,通过优化布置现场传感装置,使得泵站装备的全息数据能够更好的采集与传输。统一数据平台与管理平台则是本系统建模架构中的核心功能。其中,统一数据平台对远端传输来的全息数据进行存储、预处理和特征提取,并进行数据存储和管理优化,如读写分离、建立索引等。在统一数据平台之上,设计开发统一管理平台,集成机器学习、深度学习、数理统计等方法,对数据平台所提供的特征数据进行进一步分析。统一管理平台面向实际的健康管理服务,如故障诊断、设备报警、维保支持等。将数据分析的结果与各项健康管理服

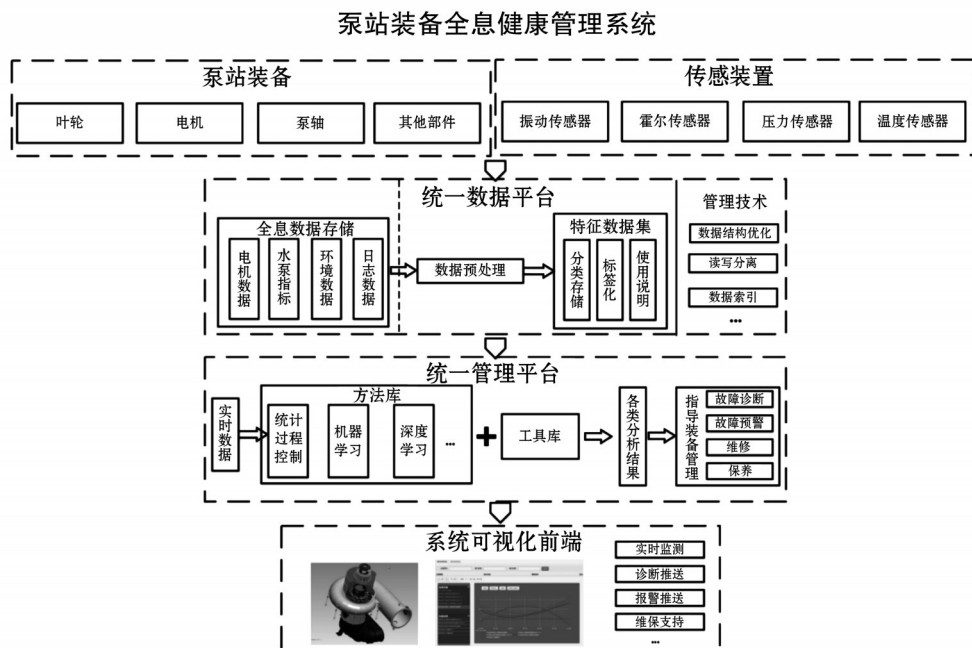


图1 泵站装备全息健康管理系统的架构

务相关联,从而实现由算法后台到实际需求的映射。为便于人员操作与管理,为系统开发强可视化交互的系统前端,利用三维建模技术和二维图表分析等手段,尽可能还原和标识现场装备的实际状况。

图2为泵站装备全息健康管理系统功能。业务功能部分即是装备健康管理的相关服务,其中,可视化监测功能通过构建数据驱动的三维模型和二维图表来实现;故障诊断功能主要基于机器学习、深度学习中的模式识别方法对设备状态进行分类识别;设备报警功能主要通过构建健康指标、退化趋势预测等技术实现;维保支持则是通过建立维修

保养专家知识库,通过检索故障诊断和设备报警的结果,匹配相应的维保意见。为实现上述业务功能,需要详尽的业务配置功能来辅助,分为对象管理、服务管理、流程配置、数据管理、知识库管理五大后台配置模块。图3为系统通讯架构示意,包括了从现场装备到系统用户端的全部通讯过程,除现场传感装置外,该系统的主要硬件设施为数据库服务器及Web服务器。

2 关键技术

2.1 三维可视化模型构建技术

构建高精度三维可视化模型,对各部件分别进

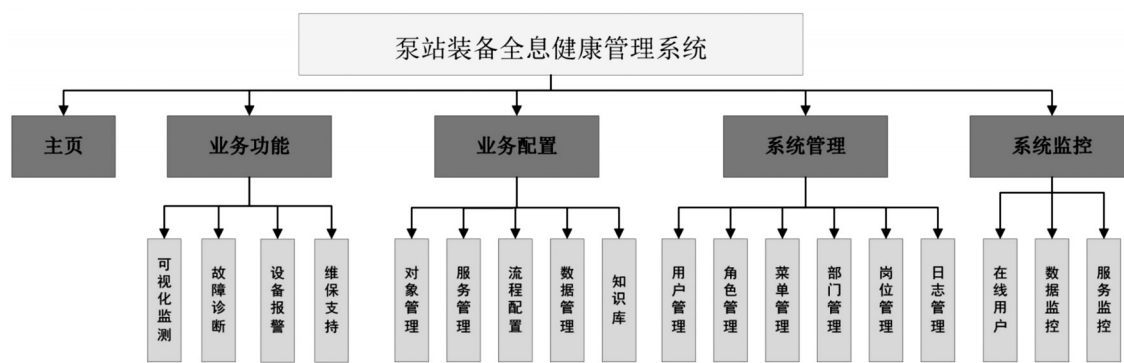


图2 泵站装备全息健康管理系统功能

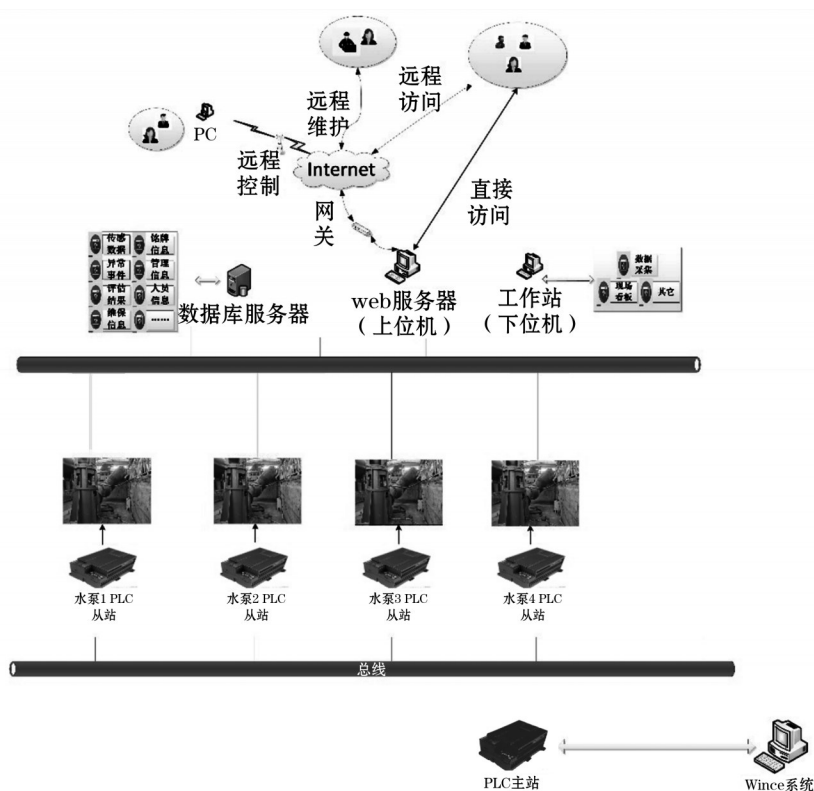


图3 泵站装备全息健康管理系统通讯架构

行建模与装配。采用自底向上与自顶向下2种装配建模方法混合使用的建模方法。总体设计方面采用自顶向下装配建模,而在细节设计方面采用自底向上装配建模,并行运用自顶向下和自底向上2种方法,建立完整的三维立体模型。

绑定高写实的物理属性,为三维模型的每个部件绑定对应的物理属性,如温度、转速,从而实现数据驱动的泵站装备三维模型。根据其绑定变量的变化,呈现对应的可视化效果,从而达成强交互的监测功能。

2.2 基于全息数据的设备预警技术

对泵站装备进行预警,关键要构建科学的性能评估指标。结合专家经验,装备的运行功率、振动幅值、温度噪声等全息数据的各自特点,构建合理的健康评估指标。由于各类数据对性能的标识能力是不同的,因此要对各类数据所提炼的指标进行加权融合。

采用遗传算法对权值进行选取和优化,优化目标为使得加权后的指标能更好的随运转时间增加而下降。建立健康指标后,根据健康指标的运行趋势,结合专家经验和历史数据规律设置阈值,即可对当前泵站装备的状态进行评估,进而实现设备预警。

2.3 基于全息数据的智能诊断技术

对泵站装备故障进行诊断,需要依赖全息数据的支持。从现场情况来看,电流、振动、流量等数据都有可能一定程度上表达故障特征。但具体哪类数据更能表征故障尚需进一步分析。因此,首先采用多元统计方法,通过分析输入、输出数据来建立多元统计模型,将大量变量通过多元统计方法投影映射到含有少数隐变量的低维空间,进一

步构造统计量来更好的表征故障。可调用主成分分析、规范变量分析、费舍判别分析等常见的多元统计方法。对多元统计分析后的隐变量特征进行二次特征挖掘,可采用深度学习、机器学习模型进行。因为二次特征挖掘过程无需人工参与,即可输出代表设备状态的标签量,因此能够实现智能诊断过程。

3 实例展示

图4为统一数据平台全息数据管理。图中X轴代表近100种类型的全息数据,Y轴代表时间,图中白色横线表示为同一时间节点上该装备的全息数据集合,其颜色表示该数据类型处于不同的阈值范围。在该平台下,即可完成对全息数据的便捷化管理。图5为统一管理平台的可视化监测,可以看出,其通过各类三维模型和二维图形达成可视化监测目的。

4 结 论

本研究提出了一种针对泵站装备的全息健康管理方案及应用,并给出了相应的技术细节与实例展示。该系统通过搭建统一数据平台来实现全息数据的科学化管理,通过构建统一管理平台实现各项健康管理服务的执行便捷化。此外,融合基于三维模型的监测技术,使得系统前端具备更佳的可视化交互效果。在实际应用中,能有效降低泵站装备的运维成本,提高设备可靠性。

参考文献:

- [1] 崔仕杰,杨立,李俊士. 基于振动和油品在线监测的泵站故障诊断系统[J]. 煤矿机械,2021,42(9):162-164.

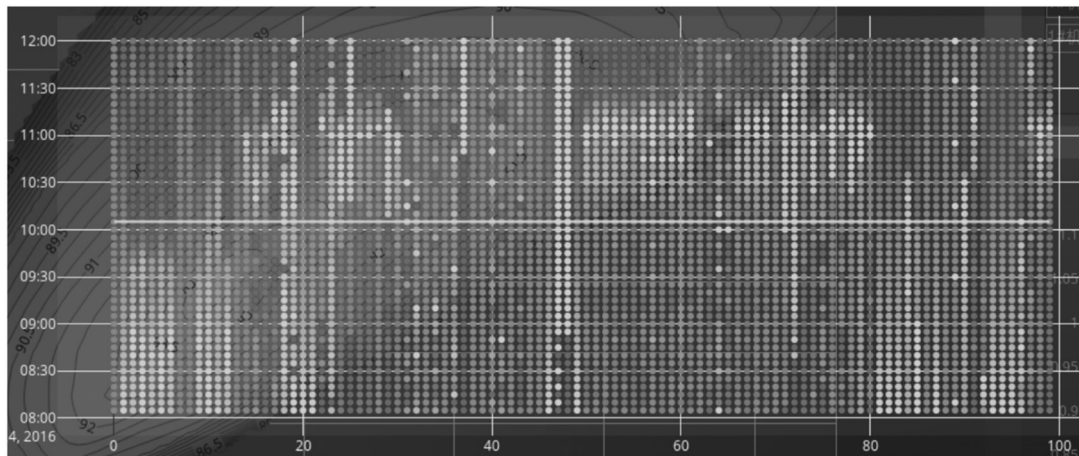


图4 统一数据平台全息数据管理

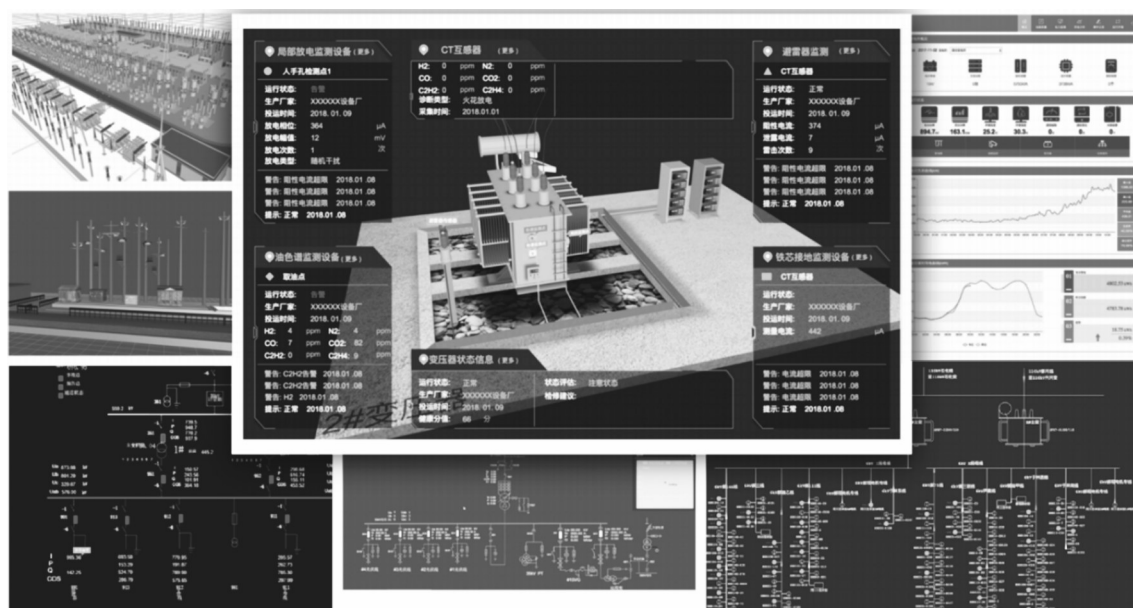


图5 统一管理平台可视化监测

- [2] 张印,陶东,邹红美. 泉眼山泵站机组在线监测系统研究与应用[J]. 中国水能及电气化,2020(12):30-33.
- [3] 张建伟,马晓君,侯鸽,等. 基于排列熵的泵站压力管道运行状态监测[J]. 振动·测试与诊断,2018,38(1):148-154,212.
- [4] 赵顺萍,肖泽,孙凝,等. 应用振动监测与故障分析诊断技术提高泵站设备管理水平[J]. 中国给水排水,2015,31(6):105-108.
- [5] 邹红美,唐鸿儒,严国斐. 大型泵站机组远程状态监测平台设计与实现[J]. 东南大学学报(自然科学版),2010,40(增刊1):348-352.
- [6] LEI Y, YANG B, JIANG X, et al. Applications of machine learning to machine fault diagnosis: A review and roadmap [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2020(138): 106587.
- [7] RUI Z, YAN R, CHEN Z, et al. Deep learning and its applications to machine health monitoring [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2019(115):213-237.
- [8] ZHANG X, HUANG T, WU B, et al. Multi-model ensemble deep learning method for intelligent fault diagnosis with high-dimensional samples [J]. Frontiers of Mechanical Engineering, 2021, 16(2):340-352.

(上接第25页)

- [2] 刘飞,林鹏程,黎明政,等. 长江流域鱼类资源现状与保护对策[J]. 水生生物学报,2019,43(增刊1):144-156.
- [3] 宋珂,王玉李,李胤. 1999—2020年长江经济带(江苏段)生态环境变化监测及人类活动驱动分析[J]. 测绘通报,2021(2):7-12.
- [4] 廖迎娣,张欢,侯利军,等. 江苏长江岸线生态修复评价指标体系研究[J]. 生态学报,2021,41(10):3910-3916.
- [5] 陶晓东. 长江江苏段生态整治和能力提升的思考[J]. 江苏水利,2019(增刊1):37-39.
- [6] 吴道喜,黄思平. 健康长江指标体系研究[J]. 水利水电快报,2007(12):1-3.
- [7] 张矢宇,杨宇昊,汪敏,等. 长江绿色船舶评价指标体系研究[J]. 水运管理,2021,43(7):24-27.
- [8] 鞠俊,陈浩. 关于长江下游水位自动监测站管理与维护问题的探讨[J]. 中国水运·航道科技,2017(6):37-40.
- [9] 韦立新,蒋建平,曹贯中. 基于 ADCP 实时指标流速的感潮段断面流量计算[J]. 人民长江,2016,47(1):27-30.
- [10] 杨云平,李义天,胡欣宇,等. 长江口悬沙浓度变化趋势及成因[J]. 泥沙研究,2014(6):51-57.
- [11] 罗龙洪,闻云呈,袁文秀,等. 江苏省长江干流沿程洪潮设计水位数值模拟研究[J]. 海洋工程,2020,38(3):124-131.
- [12] 陆凤,李铭华,汪佛海,等. 南京长江堤防岸段沉降观测分析[J]. 江苏水利,2017(10):58-62.
- [13] 刘勇. 长江下游江苏段航道通航风险研究[J]. 中国水运,2017(9):39-40.
- [14] 窦伟,付彦超. 长江江苏段船舶横越的安全风险及操纵要点分析[J]. 交通企业管理,2021,36(6):72-74.
- [15] 刘丹,程卫帅. 长江河道采砂管理健康评价指标体系研究[J]. 长江科学院院报,2007,24(6):49-52.
- [16] 李德旺,王春芳,袁玉洁. 水生态监测国内外发展及在长江流域的应用思考[J]. 水生态学杂志,2021,42(5):1-9.