

基于机器学习的船闸机电远程故障诊断模式研究

黄定勤

(江苏省南京市航道管理处, 江苏南京 210036)

摘要:水运是综合运输体系的重要组成部分,具有运量大、成本低、能耗小、污染少等优势。船闸是保障水运航道安全和高效运行的关键节点,针对船闸的传统机电运维方式存在的耗费人力、效率低、响应不及时等问题,提出一种基于机器学习理论的船闸机电远程故障诊断模式,为船闸机电设备的智能化运维提供一种新思路。利用船闸机电设备历史运行数据,通过对机器学习模型的训练学习,以设备实时状态数据为输入,自动分析故障征兆,实现故障早期预警、自动确定故障类型、快速定位故障根源、提供各可疑项概率分析,为维护人员的维修工作提供指引。

关键词:船闸机电;故障诊断;智能运维;机器学习

中图分类号: U698 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 07—0031—03

交通运输是国民经济的基础产业,水运是综合交通运输体系的重要组成部分,具有运量大、成本低、能耗小、污染少等优势,在煤、矿、油等大宗货物、重大件货物运输方面具有不可替代的作用,是建设低碳绿色运输体系的关键。在全球发展低碳经济的大形势下,《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》、《水运“十三五”发展规划》、“一带一路”战略等政策中明确提出了由

水运大国向强国迈进,以水运先行引导区域协同发展,由规模速度转向质量效益“新常态”,优化服务模式、提高服务质量、降低物流成本、强化安全应急保障、强化绿色可持续等发展理念。到2020年,基本形成“保障充分、服务高效、平安绿色、国际影响力强”的现代化水运体系。安全、高效、有保障始终是水运发展的核心内容之一。

台的身份提前有明确认知,明确业务中各方主体的法律地位和各自的权利义务,明确各方的风险分担界限。一旦产生法律纠纷,其他各方将无法援引善意第三人的有关规定追究航运电商平台的法律责任,有效降低了航运电商平台的法律风险。

3.3 提高客户黏度之必要

提示义务也是商业合作方服务的内涵,更是商业营销和客户管理的应有之义。如果说提示、告知义务是基于法律的低限度、刚性义务,而市场营销和客户关系管理视野中的提示是柔性、亲和的,也是动态无限的,航运电商平台主体完善、提升服务永无止境。航运电商平台上预设、植入适度的提示条款有充分的法律依据,也是补足平台短板,完善生态系统,提升客户“粘度”的需要。

4 结论

航运电商平台把航运业务从线下转移到线上,大大提高了效率,降低了洽商成本,扩大了交易主体范围,同时也带来了身份难以识别和风险难以预知的难题,航运电商平台通过提示性条款将有助于识别航运电商平台的身份,明确其民事法律地位,降低航运电商业务各方的法律风险,提高航运电商平台的服务水平、服务质量,进而提高航运电商平台客户黏度,营造一个和谐的有生命力的航运电商生态系统。

参考文献:

[1] 王冠宁. 电子商务实务 [M]. 北京: 北京理工大学出版

社, 2010

[2] 陈明. 电子商务应用教程 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2014.

[3] 交通运输部水运科学研究院. 航运电商发展概论 [R]. 北京, 2015.

[4] 朱曾杰, 吴焕宁, 张永坚, 郭瑜. 《鹿特丹规则》释义 [M]. 北京: 中国商务出版社, 2011.

[5] 真虹等. 海港经济模式与实践探索 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2014.

[6] 殷明, 王学锋. 班轮运输理论与实务 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.

[7] 杨德明等. 跨境电商理论、实务与运营 [M]. 北京: 中国海关出版社, 2015.

[8] [美]. CLAUDE D. ROHWER & SCHABER CONTRACTS [M]. 北京: 法律出版社, 1999.

[9] 方舟, 操志强. 我国航运电子商务平台发展现状及趋势, 集装箱化 [J] 2015.01, 22-25

[10] D. Rhidian Thomas. The carriage of goods by sea under The Rotterdam Rules, Informa Pub, August 15

[11] 联合国国际贸易法委员会 <http://www.uncitral.org>

[12] 波罗的海国际航运公会 <http://www.bimco.org>

[13] <http://www.transocean.com>

项目名称: 中远海运集团立项课题《航运电商法律风险研究》(2016-1-R-004A)

1 当前现状分析

船闸系统集成机械、电气、液压等大型机电设备于一体，是水利工程中的重要组成部分，也是水运航道的关键节点。因此，船闸系统的安全可靠运行至关重要，一旦发生故障后果不可估量。例如 20 世纪 80 年代，西班牙图兹水利枢纽由于闸门起闭系统损坏，泄水道闸门未能及时开启，水溢过 71 米坝顶，造成 40 人死亡，经济损失 3.55 亿美元。在全球发展低碳经济的大形势下，《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》中明确提出需要提升沿海和内河水运设施扩能升级改造，提升水运航道运维养护能力。“十三五”以来，国家对航道、船闸信息化建设日趋重视，在调度、监控、收费等方面发展迅速，有效促进了水运行业的发展，但与之配套的运维服务规划显得相对薄弱，发展略有滞后，随着大规模的基础设施建设进入后期，工作重点将转移到既有设施的管理、运营维护上来。

从省内外的已建船闸的运营维护经验可以看出，机电设备是船闸运行过程中容易出现故障的部位，也是船闸养护工作的重点。目前，船闸控制普遍采用以 PLC 为核心的控制系统，但是整体信息化管理程度仍不高，缺少对重点设备运行参数的采集、存储分析、利用，设备维护也基本以人工巡检为主，尚未实现自动化实时监测，给船闸管理工作带来诸多不便的同时，还存在着以下几点问题：

(1) 人工巡检方式落后、效率低。在设备出现异常尤其是突发故障时，很难做到及时发现、快速处理，为船闸的安全运行带来隐患，甚至引起不必要的事故。

(2) 重点部位运行数据的缺失，给后期的故障诊断工作带来困难。由于管理人员经验与技术水平的局限性，仅依靠人为分析、判断很难保证故障处理的科学有效。

(3) 由于缺少船闸运行维护、故障处理等数据记录与共享平台，限制了不同船闸管理部门之间的交流与借鉴，制约了船闸运行养护工作的标准化、规范化及行业整体管理水平的提高。

随着大量新建船闸的落成，传统运维模式已经成为航道水运扩能改造上的短板，已经不能满足新建船闸的运行需求，也无法满足水运货物输送的需求，为提升运维效率，提高运维质量，降低运维成本，对切实满足水运货物运输的新运维模式建立已经十分迫切。

2 发展趋势分析

设备故障诊断作为一种新兴科学技术，起源于 20 世纪 60 年代的美国，最初应用于机械设备的故障诊断与状态监测，并逐步推广到电力、动力、核能等诸多领域，得到了更加蓬勃的发展。我国的设备诊断技术从 20 世纪 80 年代起步以来，经过不懈努力，在理论

研究和工程应用两方面都取得了丰硕的研究成果和宝贵的实践经验，目前，在国内的石化、冶金、水电等行业均有许多实际工程案例。

机电设备远程故障诊断是指通过各种传感器将能反映监测机电设备当前工作状况的参数进行采集，然后将采集的数据存入计算机由专家或计算机软件对数据进行诊断和分析，判断有关异常或故障的原因，从而指导设备的高效维护。近年来，传感器技术、数据处理技术、人工智能技术、无线通信技术等相关技术发展迅速，以传感器技术为基础的监测设备发展为信号的采集提供保障，数据库技术、信息处理技术的发展为信号分析提供技术手段，网络技术和现代通信技术的快速发展使得远程应用系统的实现成为可能，而“云技术”、“大数据”等新兴技术的出现则为海量数据的分析、存储及共享提供支持，人工智能的发展又将为故障智能诊断系统带来更加广阔的应用前景。在此背景下，以科技发展为支撑，开展船闸机电设备远程故障诊断关键技术研究是切实可行的。

将远程故障智能诊断技术应用于船闸系统，实现对船闸机电设备运行状态的实时监测、异常警报和故障诊断，将现行的“定期维修”转变为“状态维修”，即在设备状态监测的基础上，根据诊断分析结果合理安排检修时间和检修方式，科学提高设备的可利用率和明确检修目标，检修耗费低、设备保障强，大幅提升了船闸系统的安全保障和应急能力。

3 远程故障智能诊断

3.1 远程运维服务模式

船闸机电设备远程运维服务是通过汇聚多个船闸机电设备的运行状态数据，包括历史数据和实时状态数据，采用私有云和大数据框架相结合的架构模式，保障大量运维数据能够分布式存储与管理，并利用智能诊断方法，对各船闸的机电设备运行情况进行远程状态实时监控、远程智能诊断。同时，为船闸管理单位科学制定养护计划提供了数据支持，为行业主管部门和建设单位提供建设规划依据。解决了传统运维过程中出现的运维人员少、任务重，运维过程不规范，故障诊断难等难题。

远程运维服务模式的建设不仅可有效保障船闸安全运行，降低运维成本，提升运维效率，提高船闸整体的通航时间和船舶通航量，确保航道水运通畅，且可以关联各地方船闸，进行异地维护、远程诊断，这将整体提高内河航道的通航量，提高水运货物量和周转量，推进航道水运行业管理从传统模式向主动服务和预防性运维模式转变，向标准化和规范化现代化模式转变，为区域经济发展提供重要支撑。



图1 船闸远程运维服务模式架构

经济效益预期：采用远程运维服务新模式切实提高运维效率、质量，降低运维成本，缩短航道停航时间，加快提升水运货物的运输效率，降低运输成本，增加船闸本体收益。

社会效益预期：采用远程智能运维系统，汇聚航道上各座船闸机电运维数据，对机电设备进行全生命周期的监控管理，获取了大量真实可用的船闸运维数据，数据可分享给建设单位和设计单位，为航道的整体建设提供设计规划依据。

3.2 基于随机森林的多分类故障智能诊断模型

传统随机森林是一个二分类算法，而故障智能诊断是一个多分类应用，因此需要在传统随机森林算法基础上，构建多分类故障智能诊断模型。

多分类故障智能诊断是在二分类随机森林算法基础上，采用一对一原则，将N个类别进行两两分类，构建 $N*(N-1)/2$ 个分类器，最终把 $N*(N-1)/2$ 个分类结果进行统计，给出最终分类结果。

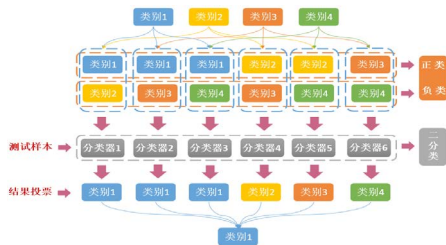


图2 多分类故障智能诊断模型

3.3 故障智能诊断技术路线

首先，对船闸机电设备运行数据进行定周期采集、存储，积累形成一定量的历史数据；其次，人工设定维护周期，对故障分类模型进行训练、优化；再次，实时采集船闸机电设备运行数据，调用船闸故障诊断算法，分析故障征兆；然后，若检测故障发生，输出故障类型、确定故障根源、给出各参数引发概率；最后，将诊断结果输出到显示界面，同时将该记录按照既定格式要求存储至数据库，为下一次维护更新作样本积累。

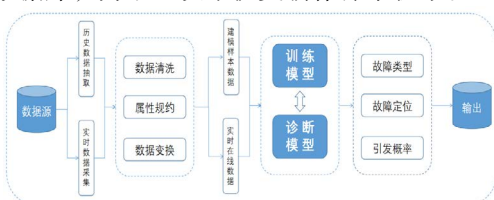


图3 故障智能诊断技术路线

3.3 案例分析

船闸机电故障包括开闸故障、关闸故障、强落闸故障等。首先，对机电设备实时运行状态数据进行采集，包括系统压力、系统流量、有杆腔压力、无杆腔压力、电气电压和电气电流等，通过故障智能诊断算法的自动分析，确定了船闸当前发生了关闸故障，同时给出了引发该故障的各种诱因及其发生概率，比如：开、关闸截止阀关闭导致故障发生的概率为100%，负载异常导致故障发生的概率为67%，系统溢流阀异常导致故障发生的概率为0%等。最后给出了每个诱因引发概率下各参数异常的可能性，比如开、关闸截止阀关闭导致故障发生的概率为100%，其中，系统压力异常的概率为29%，电气电流异常的概率为3%等。这些诊断结果为维护人工的维修工作提供了参考。

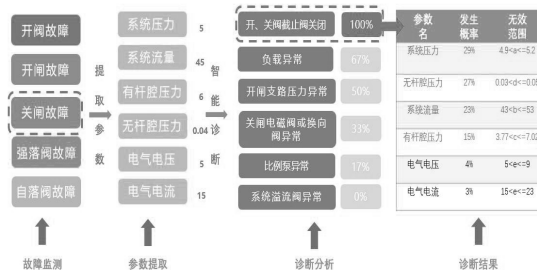


图4 案例分析

4 总结

以船闸自动化控制为背景，以船闸机电设备运行状态数据的实时采集为基础，研究船闸机电故障智能诊断机制，具有重大现实意义。首先，将船闸故障诊断判别和分析工作化繁为简，节约了运行维护成本；其次，为船闸运行监控与故障维护提供早期预警与远程协助，极大提高维护人员的工作效率，有力保障船闸安全稳定运行；最后，将该系统产品化、产业化后能够带来丰厚的经济效益和社会效益。

参考文献：

[1] 徐亮, 方海东, 吉同元, 等. 船闸工程安全监测及自动化研究 [J]. 中国水运, 2011, 11 (11): 88-89.
 [2] 陈永清, 高伟, 谭宗荣. 液压启闭机液压系统动态特性分析 [J]. 三峡大学学报 (自然科学版), 2009, 31 (5): 49-52.
 [3] 古小七, 袁关堂. 水利水电工程液压启闭机液压系统的污染控制 [J]. 水利电力机械, 2006, 28 (2): 29-31.
 [4] 姚鹏. 远程智能故障诊断系统的研究及应用 [D]. 陕西科技大学, 2006.
 [5] 谢小轩, 张浩, 陈恒, 等. 远程设备故障诊断技术的研究 [J]. 组合机床和自动化加工技术, 2001, 6: 4-6.