

# 智能维修在白车身加工应用探索

## Application of Intelligent Maintenance in Body Shop

孙长柏 宋振鹏 李继明 宋晨 于凤群

Changbai Sun Zhenpeng Song Jiming Li Chen Song Fengqun Yu

一汽 - 大众汽车有限公司青岛分公司 中国 · 山东 青岛 266000

Qingdao Branch, FAW-Volkswagen Automobile Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

**摘要:** 白车身加工生产模式、装备技术成熟,但是针对设备运行智能化预测维修,应用还处在探索阶段,智能化预测维修发展空间巨大。以白车身加工车间为例,设备每天的生产过程会产生大量的实时生产数据和设备状态数据,这些数据保存在 PLC 内部,外部人员无法获取搭建全过程预测性维修系统,旨在通过数字化手段事前发现设备故障,解决制造业长期以来所面临的设备管理困境。

**Abstract:** The application of intelligent maintenance in the body in white processing exploration the body in white processing production mode and equipment technology are mature, but the application of intelligent predictive maintenance for equipment operation is still in the exploration stage, and the development space of intelligent predictive maintenance is huge. Taking the body in white workshop as an example, the daily production process of the equipment will generate a large number of real-time production data and equipment status data, which are stored in the PLC, and external personnel cannot obtain and build the whole process predictive maintenance system. The purpose is to discover equipment failures in advance through digital means, and solve the equipment management dilemma faced by the manufacturing industry for a long time.

**关键词:** 智能维修; 算法模型; 大数据分析

**Keywords:** intelligent maintenance; algorithm mode; big data analysis

**DOI:** 10.12346/csai.v1i2.7122

## 1 引言

智能性预测维修,在现代高度自动化工厂,白车身生产过程中,具有广泛开发应用探索空间。基于自动化网络的大数据分析,模型算法的确立,为智能维修的开发应用创造了前提,本课题基于白车身加工,进行预测性智能维修项目探索。

## 2 背景

国内外物联网中控技术,普遍的技术是在设备外部增加传感器和额外的数据采集通道,造成投资费用的巨大浪费;另外具有成熟采集技术的国内外大厂,如 ABB、西门子、KUKA 等,对该技术都保持垄断状态,使用他们的设备进行数据采集后无法获取,不进行开源共享;国外物联网中控

技术硬件运行不稳定,服务响应慢,备件成本高,损坏后定制备件周期时间长,且核心技术不公开,设计人员维修费用较高,并且制作的物联网中控平台不细致化,满足不了用户本身的具体要求。搭建开发完成设备智能预测性维修系统,实现焊装月停台时间分别降低 12%;工厂实现具备 65JPH 生产能力;完成 10 种设备的预测性监控,用以指导生产制造过程中的故障预测<sup>[1]</sup>。

## 3 改进思路与分析

### 3.1 改进思路

工厂内白车身加工车间,自动化率高达 93%,拥有千台智能机器人进行焊接、搬运、测量等生产工作。如果将生产线体的硬件理解为人的骨架的话,那么串联起骨骼的神经网络

【作者简介】孙长柏(1982-),男,中国吉林梨树人,本科,工程师,从事自动化设备维护研究。

络则是采用西门子 S7-300 PLC，支持 profinet 通讯协议，实现高速、实时、可靠的网络通讯和生产控制。生产控制方面白车身加工车间采用 Ecoemos 系统，集成了车间所有 PLC 进行中央监控。在此背景下，我们采用 ecoemos 网路作为桥梁，对现场设备数据进行采集，从而实现预测性维修系统的后端数据供给。

①底层数据采集：借助于 S7-300 PLC 强大的数据处理能力，将设备底层的数据借助于 VASS 标准和 profinet 网络经机器人抽取至 PLC 数据块。采集的数据既包括设备本体的状态数据，如电流、电压、温度等，也可以实现传感器的直接接入实现复杂信号（如振动）的采集工作，具备超高的可扩展性。

②多线程数据抓取和存储：借助于 profinet 支持 TCP/IP 通讯协议的优势，实现工厂数据中台借助于 Ecoemos 网络对现场 PLC 的数据读取，同时搭建分布式存储和计算系统，打破数据孤岛，实现服务器与现场处理器的互联互通。

③数据处理和模型建立：利用数字化、大数据相关技术，对设备故障进行建模、分析和优化，实现面向不同设备利用采集的实时数据进行设备故障预测的目的。从数据仓库中提取隐藏的预测性信息，挖掘出数据间潜在的关系，快速而准确地找出有价值的信息，有效提高系统的决策支持能力。

④数据 API：系统采用前后端分离的方式，提供更加可靠稳定的数据处理能力。后端数据主要包括原始数据和经预测模型处理的成果数据，借助于 python 的 fastapi 实现不同数据接口的异步调用。

⑤前端中控展示和预警：利用信息管理、智能终端和平台集成等技术，提供定制服务、增值服务、运维服务、升级服务等，对监控中设备故障发出自主决策的故障预警信息，实现传统工业智能化改造，提升产业价值，优化服务资源和激发产业创新<sup>[2]</sup>。

### 3.2 目标设定

①车间年度停台时间分别降低 12%，使工厂设备开动率提升至 92%：借助于数字化预测性维修平台，对当前自动线生产设备尽可能多地纳入实时监控，实现设备故障的提前预测，降低在生产过程中设备停机的概率，从而提高设备开动率，提升产能。

②工厂混线产能 65JPH：提高生产效率和降低生产成本是工厂最重要和最核心的业务之一，从规划前提 60JPH 提升至 65JPH，在节拍不变的情况下，要求设备开动率由 85%

提升至 92%。

③备件成本降低：事前发现设备故障隐患，意味着设备达到损坏之前提前发现。通过具备前瞻性的预测性维修及时发现，及时消除，将原本由更换设备备件而消除的故障降低为进行维保和优化后消除故障。

④完成 10 种设备的故障预测模型建立：故障预测算法是预测性维修的核心资产，具备了面向特定设备的完善的预测模型后，便可搭建起面向特定设备的预测监控。

## 4 项目实施

### 4.1 项目技术选型

全过程预测性维修系统是一系列技术的集合，结合 2020 年数字化转型工作中的经验，与工厂 IT 部门确定和验证了预测性维修系统的技术选型，如图 1 所示。

### 4.2 底层数据采集

支持 Profinet 通讯协议的西门子 S7-300 PLC 广泛应用于工厂，以白车身加工车间为例，共有 133 台 PLC 执行自动线体的生产控制工作。通过在 PLC 下属的子站机器人或其他附属设备均可以通过 Profinet 协议实现数据的交互。

在 PLC 数据块中，建立对应的存储数据结构，其作为 PLC 内保存设备状态数据的内存空间，用于服务器读取对应数据。

工厂以 VASS 标准建造生产线体，这意味着各类设备的交互信号均按照一定的规则进行输入和输出。这为我们利用现场网络资源提供了途径，选取未占用的内存进行设备状态数据的传输。通过编程实现特定内存数据的读取，并保存至数据块中。通过上述技术路线，实现最底层设备数据经机器人—PLC—DB 块的采集。

### 4.3 上位机控制

建立工厂数据中台，根据需求确定数据的采集频率后服务器对现场 PLC 内数据进行读取并存储至数据中台，从而实现数据的读取和存储。工厂数据中台借助于 Ecoemos 网路，将服务器 IP 地址列入目标 PLC 的白名单后，实现上位机对现场设备 PLC 的网络访问。

通过 APScheduler 强大的并发调度能力，结合工业级 PLC 数据处理资源库，基于 Linux 和微服务平台，为白车身加工车间线体定制开发实时数据采集器，对接先进的消息队列系统，实现高并发、高吞吐、低延迟的实时流数据分发，借助流数据 ETL，将数据进行实时转换和清洗，在高速数



图 1 智能维修模型架构

据加载的基础上,利用 hadoop 技术实现分布式存储和计算,打破了数据孤岛<sup>[3]</sup>。

#### 4.4 数据处理和模型建立

测性维修系统平台将预防性维护与预测性维修相结合,预防性维护是根据预先确定的维护计划定期检查和维护设备;预测性维修是监测设备的状态,分析设备或部件的劣化情况,在预定条件下自动报警或生成维修任务。在整个系统的预警过程中,模型的建立显得特别重要。目前,预测性维修平台已完成3种预测模型的建立和完善。

阈值报警:

①应用场景:易损件(如螺柱焊外夹持器)寿命管理;气伺服焊钳滞后误差监控;电机温度监控等。

②应用举例:白车身加工车间点焊工艺采用气伺服焊钳设备,气动控制中设备的实际位移和机器人给定的位移之间存在一定的偏差,我们称之为滞后误差。以往的设备管理中,气伺服焊钳的气路控制模块只能通过周期性的线下维保进行保养,而在维保周期内如发生滞后误差过大报警的话,需要对气路控制部件进行更换,浪费成本和造成设备线体停机。在预测性维修系统中,我们将焊钳的滞后误差值通过数字化方式提取出来并形成实时监控,根据生产实际经验,为滞后误差值设置阈值。在监控中以规定时间内超过阈值的次数作为焊钳状态的表征模型,从而搭建起对气伺服焊钳的实时监控和预警。

③应用不足:阈值的设置往往是通过人为的经验进行设置,所以在实际监控中要对比系统报警和现场设备状态对阈值不断进行修正,周期消耗较长,需依靠大量的生产数据做指导。

#### 4.5 数据 API

预测性维修系统采用前后端分离的方式进行系统的开发,这样可以提高开发效率和数据处理效率。在本次系统开发中,后端数据接口采用基于 python 的 fastapi,通过采用异步调用对应的 API,实现了后端数据的实时读取,依据前端请求,处理对应数据处理进程,提高数据抓取效率和速度,为前端更好的客户体验打下基础。

#### 4.6 前端中控展示和预警

前端中控系统开发基于 angular 框架,通过搭建面向后端的 http 服务,实现前端向后端的数据请求。整体中控预警系统分三级:工厂级、车间级、工位/设备级。

①工厂级:概括性展示当前的设备运行状态。在某个车间出现预警后车间颜色对应闪黄或红,进而提醒维修人员。

②车间级:车间以车间布局形式展示,具体到某一个工位,该界面为后续各车间维修人员主要监控界面。涵盖当前预警信息(并提供接口反馈预警处理办法)、预警工位、历史报警数据统计和预测性维修涵盖设备等内容。在某个工位设备出现预警时,系统界面会弹窗报警并发出预警信息(微信),提醒对应维修人员,如图2所示。



图2 车间级设备运行状态显示



③工位/设备级：各车间根据具体线体构成形式不同可分别采取不同的展示形式，以白车身加工车间为例，所有设备可概括在某一个工位中表征，故以工位形式展示。该界面展示该工位纳入监控的设备的实时运行数据，便于维修人员更详细地识别隐患点和隐患设备的运行状态，如图2所示。

## 5 改善效果

①全自主开发工业互联网数据采集平台：利用工厂现有资源，借助于数字化手段0成本搭建完成，该平台正在申请国家专利。

②公司内外的可推广性：公司内部均依据 Vass 标准建设生产线，可以将现有设备0成本接入系统框架；公司外部虽无统一标准，但线体网络以 profinet 通讯协议搭建的均可以实现扩展。

③预测性模型的开发：完成3种预测模型的开发，阈值报警、基于正态分布的预测模型和基于频域分析的预测模型，为后续不断扩展开发提供技术支持和指导。

④自主预测性维修中控系统开发：完成预测性维修中控界面三级开发，用以指导维修人员的设备管理，将维修作业

由事后提前到事前。

## 6 结语

本课题不同于其他智能化课题单独聚焦于某一种设备的数字化处理手段，而是从系统的角度出发，提供从底层的数据采集、数据传输、数据分析、模型建立到前端界面开发一整套的数字化解决方案，并且该方案已在工厂得以验证，具备一定的可推广性。在课题开发的过程中，面对一个个技术难点，得以实现当前系统的开发。在开发过程中，数字化开发能力也得到了进一步的提升。在汽车制造业不断技术变革和智能化的背景下，该课题极具指导意义。

## 参考文献

- [1] 李琪皓,陆喜兵.小议IIoT在ARMG上的部署[J].智能城市,2021,7(24):167-168.
- [2] 王浩.机械设计制造及其自动化发展的前景分析[J].车时代,2021(251):51-52.
- [3] 李瑞峰.工业机器人设计与应用[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2017.