

# 基于 Web 的电机实时状态监测与显示系统<sup>①</sup>



李 丹<sup>1</sup>, 肖炳甲<sup>1,2</sup>, 季振山<sup>1</sup>, 王 勇<sup>1</sup>, 刘少清<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院 合肥物质科学研究院, 合肥 230031)

<sup>2</sup>(中国科学技术大学, 合肥 230031)

通讯作者: 李 丹, E-mail: lidan@ipp.ac.cn

**摘 要:** 电机是工业领域应用最广泛的动力设备, 也是工业物联网 (IIOT) 中的重要关键设备. 传统的电机状态监测方法是对单个电机进行监测, 采集到的数据没有有效的存储, 无法对数据进行分析 and 处理, 也不能充分利用数据的价值. 随着云计算和 IIOT 技术的发展, 生产制造过程具有海量数据存储、远程控制等优点. 目前, 专业的云服务技术降低了传统行业云服务的门槛, 提高了云服务的安全性和多样性, 为相关智能化电机企业的产品提供了有效的技术保障. 本文利用网络技术和来自采集系统的实时数据, 实现了对电机状态的实时监测. 用户登录系统时可以随时了解电机的状态, 并对采集到的数据进行分析. 对电机设备的故障应提前预防或预先判断, 尽量避免重大事故的发生. 本系统为生产设备的日常维护管理提供了宝贵的经验和依据, 消除了传统定期维护过程中的“过度维护”或“维护不足”等问题. 本系统基于 Apache/MySQL/PHP 框架开发, 采用云平台存储采集的数据, 详细的设计过程将在本文中给出.

**关键词:** 电机; 工业物联网; 状态监测; 故障报警

引用格式: 李丹, 肖炳甲, 季振山, 王勇, 刘少清. 基于 Web 的电机实时状态监测与显示系统. 计算机系统应用, 2019, 28(12): 123-128. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7187.html>

## Real-Time Status Monitoring System for Motor Based on Web

LI Dan<sup>1</sup>, XIAO Bing-Jia<sup>1,2</sup>, JI Zhen-Shan<sup>1</sup>, WANG Yong<sup>1</sup>, LIU Shao-Qing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

<sup>2</sup>(University of Science and Technology of China, Hefei 230031, China)

**Abstract:** Motor is the most widely used power equipment in the industrial field and fusion field, and it is also an important key equipment in the Industrial Internet Of Things (IIOT). The traditional way of status monitoring is to monitor a single motor, and the collected data is not stored effectively, so that the data cannot be analyzed and processed and the value of the data is not fully utilized. With the development of the technology of cloud computing and IIOT, the manufacturing process has many advantages, such as massive data storage, remote control, and so on. At present, professional cloud services have reduced the threshold of the traditional industry with cloud service and improved the safety and diversity of cloud services, which provide effective technical guarantee for the product of related intelligent motor enterprises. Web technology and real-time data from acquisition system are used to realize real-time status monitoring for motor in this study. The users can be informed the status of motor, and analyze the collected data at any time when they login the system. It is necessary to prevent or prejudge the fault of motor equipment in advance, and avoid major accidents as much as possible. It provides valuable experience and basis for routine maintenance and management of production equipment, and eliminates problems such as “over maintenance” or “under maintenance” during traditional periodic maintenance. The system has been developed based on Apache/MySQL/PHP framework, cloud platform has been used to store the data collected. The design details will be given in the paper.

**Key words:** motor; Industrial Internet Of Things (IIOT); state monitoring; malfunction alarm

① 基金项目: 国家磁约束核聚变能发展研究专项 (2018YFE0302100); 国家自然科学基金 (11805240)

Foundation item: National Key Research and Development Program of China (2018YFE0302100); National Natural Science Foundation of China (11805240)

收稿时间: 2019-05-10; 修改时间: 2019-05-30; 采用时间: 2019-06-06; csa 在线出版时间: 2019-12-10

据美国权威咨询机构 Forrester 称,到 2020 年,全球物联网业务与人和人之间的通信业务比例将达到 30:1. 物联网让人类生活发生了巨大的变化<sup>[1]</sup>. 在工业 4.0 的浪潮中,企业和公司正朝着智能化的方向发展,这不仅是公司内部生产管理系统的智能化,也是产品的智能化<sup>[2]</sup>. 电机是工业领域应用最广泛的动力设备,存在着一些潜在的重大事故,会造成人员和财产损失严重,因此,确定电机故障的根源是不可忽视的问题<sup>[3]</sup>. 电机的正常运行对企业的安全生产起着重要作用,本文通过对电机运行相关数据的采集,对电动机故障进行预判和报警,并对采集到的数据进行合理的显示,为相关人员提供了查看和分析数据的平台. 采集设备用于在工业运行中 24 小时不间断地采集电机参数,采集设备包括以下传感器:加速度传感器、速度传感器、RTD 温度传感器、电流传感器、电压传感器和电涡流位移传感器. 采集的数据以固定的时间间隔存储在云数据库中. 相关人员和专家可登录电机状态监测与显

示系统的网页和移动终端应用程序,实时查看电机状态,获取电机的故障报警,也可查询电机历史状态信息.

## 1 系统框架

系统框架如图 1 所示. 系统主要由 5 层组成:对象层、传感器层、设备层和决策层、云平台层和终端层. 对象层包括需要在系统中监控的电机组件. 传感器层是所有传感器的集合. 根据用户的需要,系统主要包括以下传感器:加速度传感器、速度传感器、RTD 温度传感器、电流传感器、电压传感器和电涡流位移传感器. 采集设备主要采用 NI PXI 采集机. 云平台使用阿里云服务,包括存储用户数据、电机信息数据、故障原始数据、二级数据以及发布网页和应用程序. 终端层包括基于网页的显示终端和基于应用程序的显示终端. 主要功能包括远程监控诊断、数据分析、用户认证等. 基于 Web 的系统显示电机的详细信息,基于应用程序的系统直观地显示报警信息.

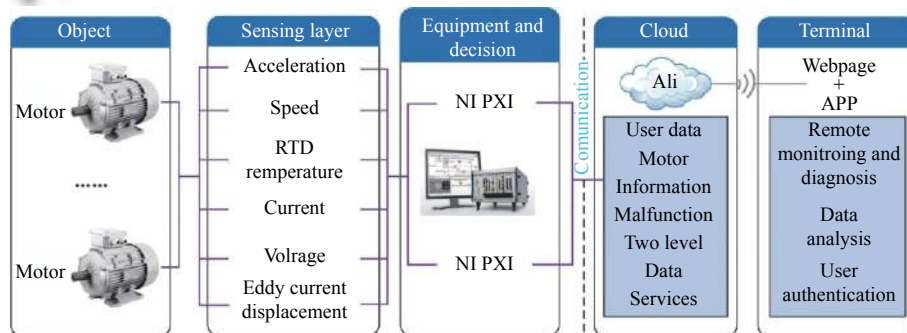


图 1 系统框架图

## 2 系统功能

系统主要功能划分如图 2 所示. 它由 3 个主要模块组成: 用户管理、电机管理和电机状态监测. 用户管理模块包括用户注册、用户登录和用户编辑. 电机管理模块包括硬件信息管理、属性信息管理和状态显示. 状态监测模块包括实时数据显示、故障层预警、运行监测、故障报告、决策分析和数据频谱.

## 3 系统设计

### 3.1 系统结构

系统结构如图 3 所示. 基于 Web 的电机状态实时监测系统由 3 层组成: 数据层提供相应的数据服务, 基础平台层是实现系统的工具, 功能层是系统向用户提供的功能描述. 数据是系统中决定系统可用性的重要

部分. 数据可分为两部分: 采集数据 (实时采集数据和故障数据) 和属性数据 (用户数据、电机属性数据和其他数据). 在基础平台层, 利用一些软件平台来实现这些功能. MySQL 数据库用于存储那些容易检索的数据. EasyUI<sup>[4]</sup> 是基于 jQuery 和 angular 的用户界面组件集合. 它可以为构建现代和交互式的 JavaScript 应用程序提供基本的功能. PHP 是一种流行的通用脚本语言, 特别适合于 Web 开发. HighCharts<sup>[5]</sup> 是一个用纯 JavaScript 编写的图表库, 它可以轻松的向网站或 Web 应用程序添加交互式图表, 并且对于个人学习、个人网站和非商业用途是免费的. HighCharts 支持的图表类型包括直线、图形、面积图、条形图、饼图、散点图、米图、气泡图、瀑布图等, 其中许多可以集成到同一图表中, 形成混合图.

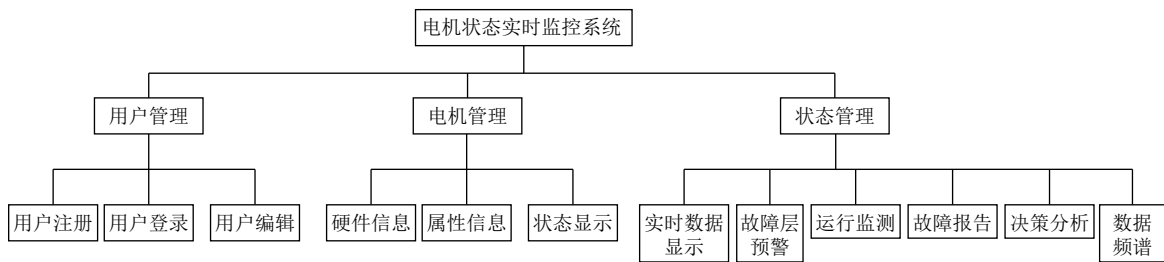


图2 系统功能结构图

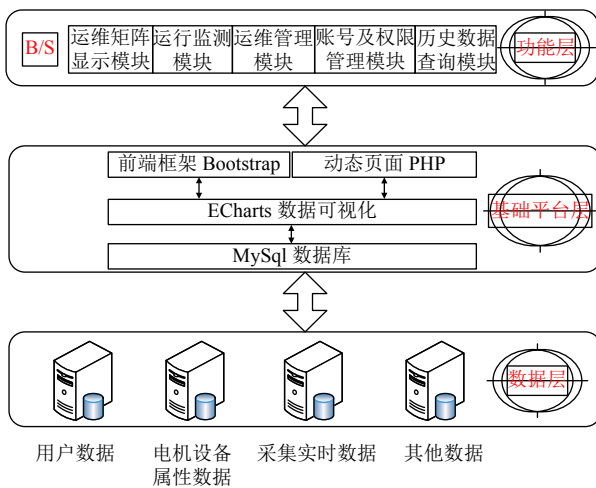


图3 系统架构图

### 3.2 服务系统架构

系统架构如图4所示。该系统是基于Linux/Apache/MySQL/PHP (LAMP) 标准应用框架设计的。

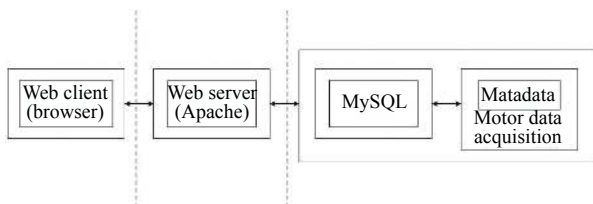


图4 服务系统架构图

(1) 提取电机所有采集的原始数据, 保存到MySQL关系数据库中;

(2) 用户通过认证后可以使用Web浏览器访问系统;

(3) Web服务器不仅实现了HTTP和相关的TCP连接处理, 还实现了HTTP协议、Web资源管理, 并负责提供Web服务器管理功能, 本系统使用的Web服务器是Apache。

### 3.3 云平台及配置

阿里云平台用于储存原始数据, 提供数据和应用

服务。云平台的配置如下:

(1) CentOS Linux release 7.3.1611 64 bit Linux Operating System

(2) 2 CPU, 4 GB RAM, 40 GB Hard disk, 2 Mbps Bandwidth

(3) Private network

(4) MySQL 5.1/PHP 5.3/Apache 2.2

### 3.4 数据库设计

在传感层, 数据采集系统的采样率为10 kHz。为了简化问题, 我们只提取原始数据并每隔1 ms将其存储到MySQL数据库中。主要的E-R图如图5所示。MySQL表如表1所示。每个电机的元数据保存到machinedata表中, 如表2所示。

## 4 系统实现

### 4.1 运维矩阵

模型-视图-控制器 (MVC) 模式被用于开发系统。为了提供用户友好的界面, 采用了jquery easyui 框架。它是基于jquery的用户界面插件的集合。用户可以使用easyui快速构建前端网页。图6显示了基于easyui的网页截图。本页面展示了运行维护矩阵, 提供了详细的电机信息和硬件参数, 用户可在本页访问故障信息链接。

### 4.2 实时状态监控

系统中被监控的电机上分布有8个传感器。这些传感器构成传感器网络, 用于收集传感器数据, 供用户分析和查询。在实时状态监控页面, 列出实时传感器数据, 如果出现异常, 相应的灯闪烁红色, 否则灯闪烁绿色。应注意, 加速度数据有4个故障级别。表3显示了警报级别描述。图7显示了实时状态监控的详细信息。

### 4.3 电机信息列表

为了提供给用户管理所有系统中相关电机的解决

方案, 实现了电机信息列表. 管理员可以访问汽车、工厂和城市之间的关系信息. 此外, 管理员还可以根据实

际需要添加、编辑或删除列表. 典型的电机信息列表如图 8 所示.

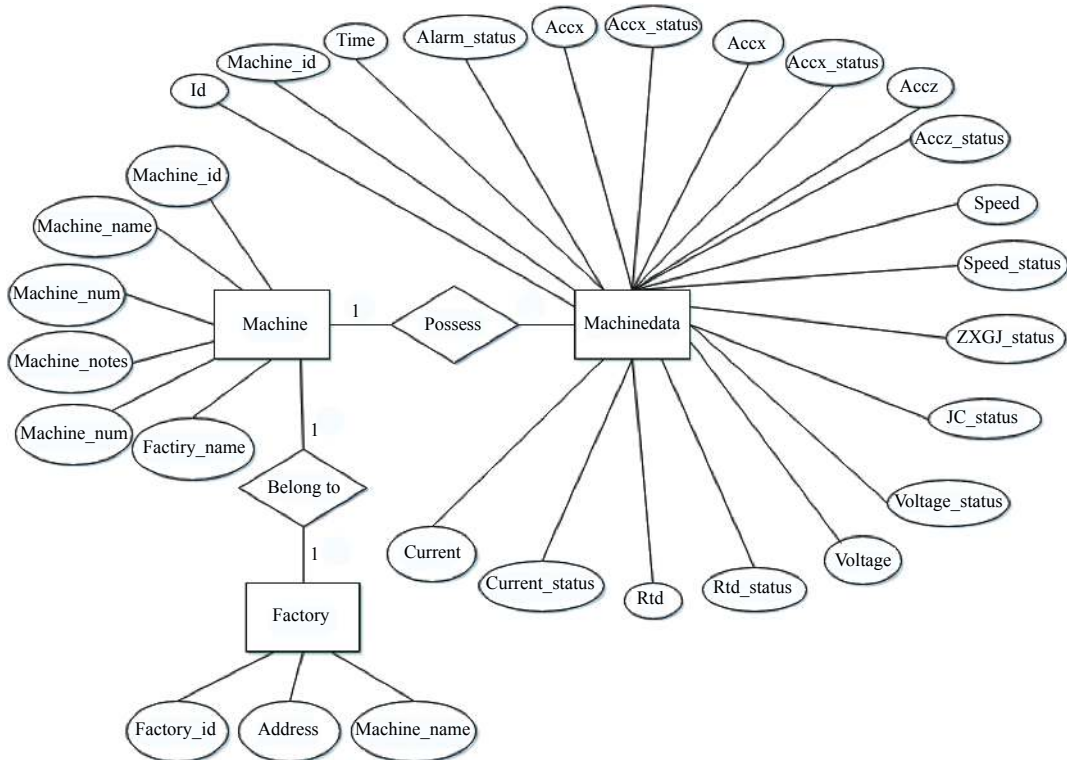


图 5 E-R 图

表 1 MySQL 表

表名	Key	备注
machine	machine_id	Machine table
machinedata	id	Data table
factory	factory_id	Factory table
menu	did	Machine layer table
login	id	User table

表 2 Machinedata 表结构

Field name	Data type	Sample data
id	int	1
machine_id	int	1
time	varchar	2017/11/29 15:53:36.6
alarm_status	int	1
accx	varchar	-0.000 042
accx status	int	0
accy	varchar	-0.000 011
accy status	int	0
accz	varchar	10.016 154
accz status	int	3
speed	varchar	0.000 000
speed status	int	1
rtd	varchar	10.602 473
rtd status	int	0
current	varchar	0.042 573
current status	int	0
voltage	varchar	10.604 165
voltage status	int	0
JC status	int	0
ZXGJ status	int	0

#### 4.4 运行监控

为了更好地了解传感器数据的变化趋势, 为故障分析提供有效的参考, 本系统提供了波形图. 当用户在页面中选择显示周期和变量时, 快速绘制所选周期的变量波形. 故障等级也根据不同的故障程度预设并用不同的颜色标记. 图 9 显示了近一小时内加速度  $x$  的变化趋势. 横坐标是时间, 纵坐标是加速度  $x$ . 此外, 它还提供了查看波形部分细节的功能. 通过按住鼠标左键并选择某个波形段, 可以放大波形. 如图 10 所示, 我们还将中间级范围以外的故障点用红灯标记, 方便用户快速获得故障点. HighCharts 被用于可视化传感器数据. HighCharts 可以轻松地向网站或 Web 应用程序添加交互式图表, 并可以快速处理 20 万个数据.

#### 4.5 故障报告

由于元数据信息已经被采集和存储, 因此可以自动给出数据统计和故障报告. 图 11 显示了详细的故障报告.





图6 运维矩阵

表3 故障级别说明

参数	故障级别	级别说明
加速度 X	0	正常值
加速度 Y	1	初级警报
加速度 Z	2	中级警报
	3	严重警报
转速	0	正常值
温度	0	正常值
电流	1	超过正常值
电压	0	电机结构正常
阶次	1	电机1阶异常
	2	电机5阶异常
	3	电机10阶异常
	4	电机1阶5阶均异常
	5	电机5阶10阶均异常
轴心轨迹	6	电机1阶10阶均异常
	7	电机1阶5阶10阶均异常
	0	正常
	1	不对中
	2	摩擦
	3	油墨振动

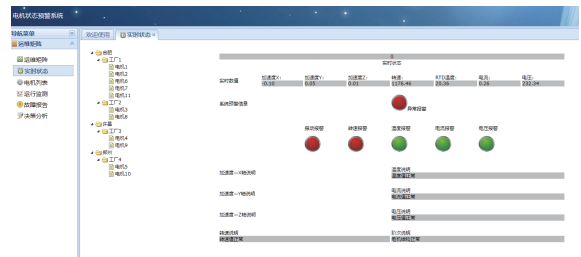


图7 实时状态监控

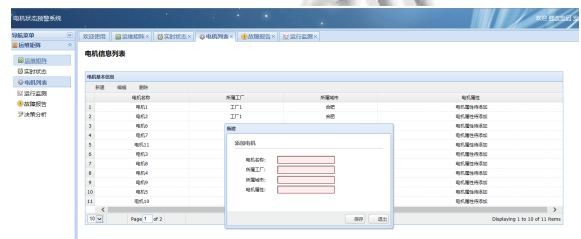


图8 电机信息列表

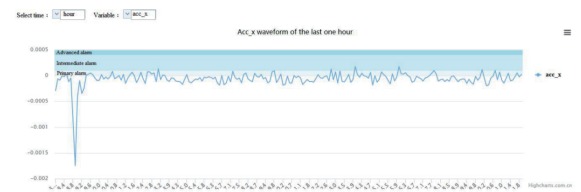


图9 最近1小时加速度 X 波形图

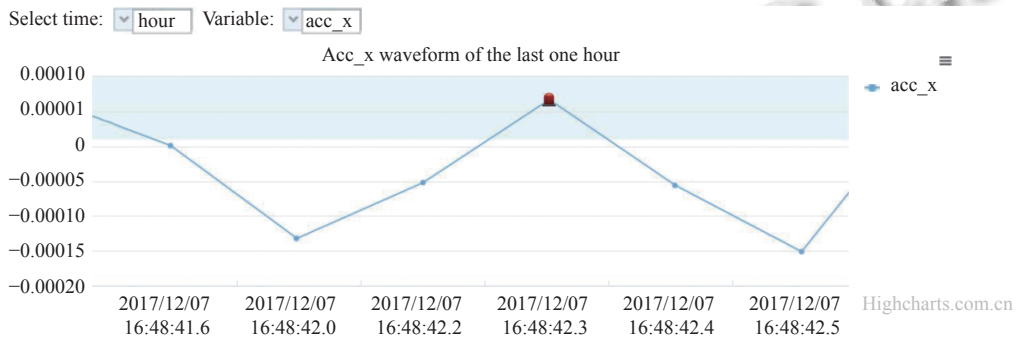


图10 加速度 X 局部细节



图11 故障报告

### 4.6 决策分析

决策分析的功能是提供不同电机数据之间的比较。图12显示了4台电机在同一时间段内的振动对比,用户可以方便地分析这些数据。

### 5 结语

本文设计了一种基于 Web 的电机状态实时监测

系统, 为用户获取电机的所有采集数据和故障信息提供了依据. 系统主要功能有: 运行维护矩阵、实时状态监测、故障报告、电机信息列表、运行监测和决策分

析. 为了提高访问速度, 未来的工作可以把一些键值数据缓存到数据库中. 另外, 为方便用户分析数据, 更多的数据可视化形式可以被加入系统中.

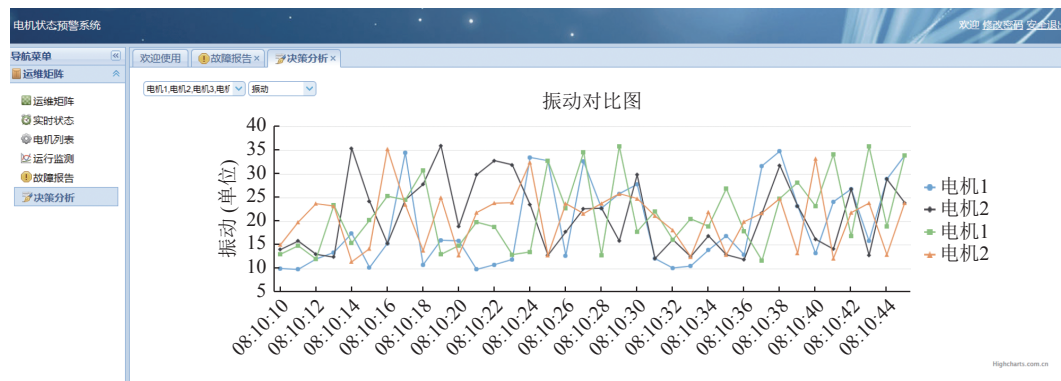


图 12 决策分析

#### 参考文献

- 1 Xu CJ, Wang GJ, Wang HH, *et al.* Design of cloud safety monitoring management platform of saline alkali industry. Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City. Halong Bay, Vietnam. 2015. 294–297.
- 2 Niedermayer M, Benecke S, Wirth R, *et al.* Early-warning system for machine failures: Self-sufficient radio sensor

systems for wireless condition monitoring. Presented During SENSORCOMM 2013: The Seventh International Conference on Sensor Technologies and Applications. Barcelona, Spain. 2013. 225–230.

- 3 任学慧, 王月. 滨海城市旅游安全预警与事故应急救援系统设计. 地理科学进展, 2005, 24(4): 123–128. [doi: 10.3969/j.issn.1007-6301.2005.04.014]
- 4 EasyUI. <http://www.jeasyui.net/>. [2018-09].
- 5 HighCharts. <https://www.hcharts.cn/>. [2018-09].