

# 铸造设备运行过程监测与数据可视化

张爱斌<sup>1</sup>, 向观兵<sup>2</sup>, 田臻<sup>2</sup>, 刘俊杰<sup>1</sup>, 计效园<sup>2</sup>, 姜安龙<sup>1</sup>, 周建新<sup>2</sup>

(1. 北京百慕航材高科技有限公司, 北京 100095; 2. 华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室, 湖北武汉 430074)

**摘要:** 针对铸造企业采用人工监测与记录方式监测困难、数据记录效率低、数据可视化效果差、数据利用率低等问题, 设计开发了一套设备监测与数据可视化系统。该系统采用基于B/S架构的设计模式, 根据系统的总体要求和性能需求分析, 设计了系统构架、概念结构和功能模块结构, 包括设备数据监测、历史数据分析、报警管理、设备管理四个功能模块, 并应用于百慕高科铸造企业。应用结果表明, 该系统可实现对各类设备运行状态的监测, 能达到良好的数据可视化效果, 提高工作效率和数据记录的准确性。此外, 通过设备运行历史数据与工艺数据的对比分析, 也提升了数据利用率。

**关键词:** 铸造设备; 过程监测; 数据可视化; 历史数据分析; 异常报警

## 作者简介:

张爱斌(1973-), 男, 硕士, 研究方向为航空钛合金精密铸造。E-mail: zhangai bin@baimtec.com  
通讯作者:  
周建新, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: zhoujianxin@hust.edu.cn

中图分类号: TG23  
文献标识码: B  
文章编号: 1001-4977(2019)12-1402-05

## 基金项目:

国家自然科学基金(51905188; 51775205)。  
收稿日期:  
2019-09-27 收到初稿,  
2019-10-20 收到修订稿。

随着“中国制造2025”战略的提出, 越来越多的铸造企业意识到, 设备数据监测与数据可视化是企业实现智能制造的重要环节。当前的大部分铸造企业仍然处于信息化程度低、数字化水平低的状态, 实现企业的信息化和数字化要依靠各种信息化系统, 如ERP、MES、PDM、SCADA等<sup>[1-2]</sup>。在企业信息化建设方面, 流程化制造业<sup>[3]</sup>有着天然的优势, 设备自动化程度高、生产工序固定、产品批量大、品种单一。而在铸造业中大部分设备自动化程度低、设备老旧、生产工序复杂、产品批量小品种多, 这些问题导致铸造企业难于实现智能铸造。设备柔性数据采集技术与分布式数据库互联技术的结合能够将铸造设备运行数据采集到数据库中进行存储<sup>[4-5]</sup>, 之后还需要设备运行过程监测与数据可视化的过程。

本研究基于百慕高科的智能制造设备互联子项目, 设计开发了一套设备监测与数据可视化系统, 实现该企业各类设备的关键参数监测、各类设备的历史数据分析, 同时能够实现设备偏离设定参数报警。系统将设备的实时运行数据以折线图的形式展现在网页上, 设备管理人员可以及时了解设备的运行状态。该功能丰富了数据的可视化效果, 更加直观地查看设备的运行数据, 也解决了原有的人工记录设备运行历史数据方式带来的效率低、易出错等问题。

## 1 铸造设备监测与数据可视化系统需求分析

### 1.1 系统总体需求分析

为解决现有的人工监测与记录方式监测困难、数据可视化效果差、数据利用率低的问题, 设计了总体功能, 系统总体需求分析设计如图1所示。

#### 1.1.1 生产设备数据采集管理

采集设备工作中主要工艺参数, 采集数据、工艺参数的实时监测, 采集数据进行数据统计。

#### 1.1.2 设备数据分析管理

能够分析工艺参数和设备运行数据之间的关系。

1.1.3 设备数据监控预警管理

出现工艺技术参数偏离能够远程报警，出现故障能够远程报警。

1.2 系统性能需求分析

百慕设备监测与数据可视化系统在满足基本功能的前提下，也要满足一些性能需求，如系统的安全性、可扩展性、可靠性、易用性及兼容性等。系统的性能需求见表1。

2 铸造设备监测与数据可视化系统设计

2.1 系统架构设计

该系统主要采用最新的HTML5<sup>[6]</sup>作为前端开发语言，使用PHP7.0编程语言作为后台开发语言，采用SQL SERVER 2008作为存储数据的数据库。该系统采用典型的B/S架构设计，分为三个层次：用户界面层、业务处理逻辑层和数据访问层<sup>[7-8]</sup>。三层框架图如图2所示，客户端与数据库不直接进行交互，而是通过中间层业务处理逻辑层和数据库进行交互，降低了系统的耦合性，提高了系统的可扩展性，便于系统的后期维护和升级。

2.1.1 用户界面层

主要包括设备数据监测界面、历史分析界面、报警信息提示界面和历史报警信息查询界面。用户在浏览器中输入网址，客户端应用层进行DNS域名解析，

并返回对应的IP地址，然后客户端应用层向对应的服务器发送HTTP请求，服务器收到客户端的请求后，将返回相应的HTML文件，客户端接收到后就开始进行网页页面的渲染。

2.1.2 业务处理逻辑层

用户看到的页面只是静态的页面，需要通过JavaScript来实现和前端页面的动态交互，用户通过系统页面查看数据库中的数据就需要通过中间层即业务处理逻辑层来进行处理。系统采用PHP语言作为后台开发语言，以Apache作为Web服务器，HTTP通信协议作为连接

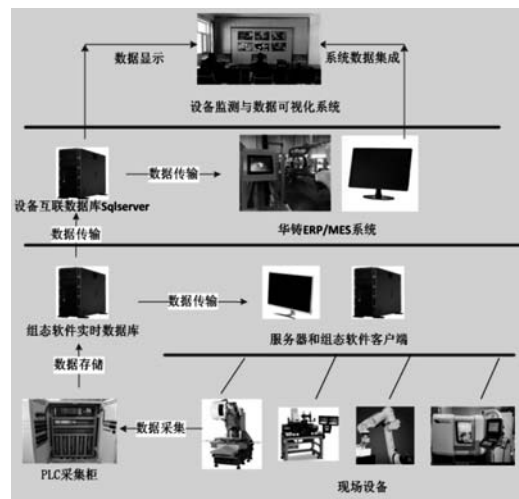


图1 系统总体需求分析设计

Fig. 1 Overall requirement analysis and design of system

表1 系统性能需求  
Table 1 Performance demands of system

性能需求	具体描述
安全性	该系统只可以在企业内网中使用，在进入系统前，需要对用户的身份进行验证。后期可以考虑和华铸ERP系统进行登录信息的集成
可扩展性	由于设备的数据采集并未全部完成，目前系统的页面设计只完成了第一批试点设备中的部分设备，后期随着设备更多参数的采集，以及更多参数的实时显示、数据分析、参数预警需求，系统要做到易扩展
可靠性	系统除了满足功能需求外，还要解决高并发、响应时间短、数据库容量等问题，保证系统的可靠性
易用性	图表直观美观，易于操作，并且要有详细的操作说明，方便用户使用
兼容性	网页系统需要在公司配置电脑中的多种浏览器上都可以正常显示

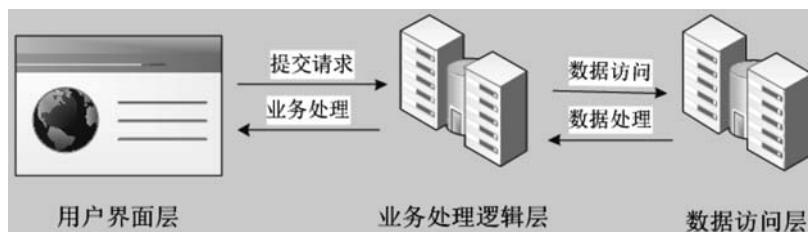


图2 系统三层框架图

Fig. 2 Three-tier system framework diagram

浏览器和服务器、服务器和数据库之间的桥梁<sup>[9-11]</sup>。用户通过点击页面上的按钮，实现对数据的逻辑处理。

### 2.1.3 数据访问层

该系统的设备运行数据存储存储在SQL SERVER2008关系型数据库中。Web服务器通过PDO数据库抽象层来访问数据库，数据库根据SQL语句执行用户的操作逻辑，将用户想要的的数据返回到服务器。

## 2.2 系统概念结构和功能模块设计

### 2.2.1 系统概念结构设计

基于对百慕设备监测与可视化系统的需求分析，对该系统进行概念结构设计，如图3所示。首先建立顶部导航栏，用户可以点击“退出系统”按钮退出系统。在侧面导航栏建立四个系统应用模块，设备管理、历史数据分析、报警管理、设备数据监测。

### 2.2.2 系统功能模块设计

根据百慕设备监测与数据可视化系统的概念结构设计，现对4个功能模块进行详细介绍。系统功能模块设计如图4所示。

(1) 设备管理模块。设备管理模块包含设备利用率实时分析和设备效率分析查询。其中设备利用率实时分析可以对企业所有可检测的设备进行统计分析，包含运行设备、闲置设备、故障设备、正在维修设备、待维修设备。可以实现对企业所有设备的状态进行饼图比率分析。设备效率分析模块，用户选择设备可以查看该设备的通电运行时间和故障停机时间，以及设备带载运行时间。

(2) 设备数据监测模块。在实时显示页面，用户可以看到设备参数最近两小时的数据趋势图，数据库每更新一条数据，页面就要显示最新的一条数据。由于不同设备有不同的数据采集频率，所以前端页面上数据更新的频率也会随着设备的不同而存在差异。一个设备的数据实时显示页面具有数据视图、折线图和柱状图切换和保存截图功能，并且具有停止监控和开始监控两个功能。

(3) 历史数据分析模块。用户可以选择对应的设备、对应的参数及时间段进行设备的历史数据分析。在数据分析页面，当用户选择完对应的参数后，设备数据默认显示折线图，并且显示一定区间的最小值和最大值，同时显示提前设定好的工艺参数标准值，方便用户分析设备运行数据与产品工艺参数的差距。用户可以点击“数据视图”按钮查看设备运行数据的数值列表，点击“区域缩放”按钮可以对特定区域的数据进行分析。

(4) 报警管理模块。包含报警信息实时列表和报警信息历史数据查新两个模块，同时报警信息也会通过Layer弹窗进行弹窗提醒，当用户登录系统打开任何

一个界面，会优先弹出一个信息框，包含当天的所有报警信息，用户要查看未经处理的报警信息，并及时进行报警信息的处理。报警信息有ID、报警时间、报警设备、报警信息、当前参数、下限值、上限值、标准值以及处理状态。在报警信息历史数据模块，用户可以选择设备和时间两个参数进行报警信息历史数据的查询。

## 3 铸造设备监测与数据可视化系统实现和应用

### 3.1 系统功能模块实现

#### 3.1.1 系统登录模块及首页

用户在浏览器输入企业设备互联的服务器对应的IP地址后，网页会跳转到系统的登录界面。当用户输入账号密码后，系统会去数据库里查找对应的用户名和密码，如果不存在和不一致，会提醒用户重新输入。系统登录功能的处理逻辑如图5所示。

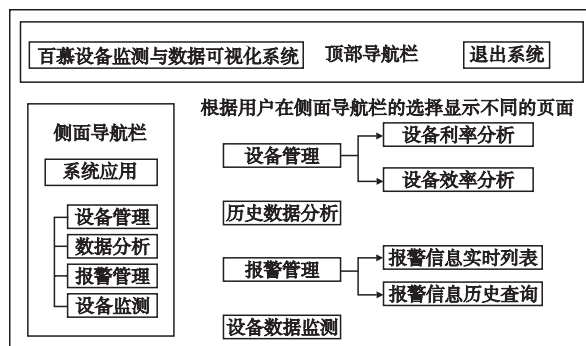


图3 系统概念结构设计

Fig. 3 Design of conceptual system structure

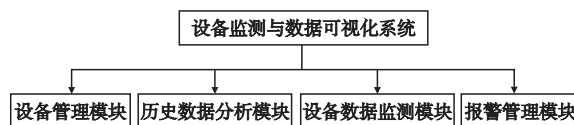


图4 系统功能模块设计图

Fig. 4 Four function modules of system

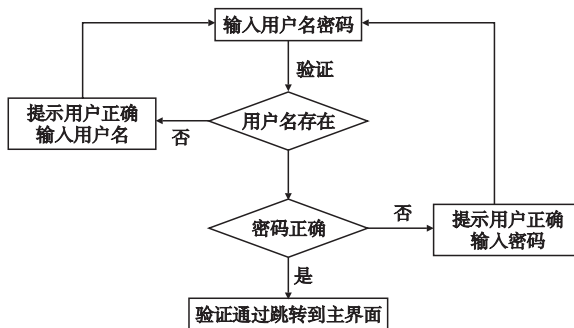


图5 系统登录逻辑验证

Fig. 5 Logical verification of system login

### 3.1.2 主界面和侧面导航栏

系统主界面包含顶部导航栏、侧面导航栏和中间内容区三个部分。在顶部导航栏可以点击头像按钮进行系统的退出操作。中间内容区显示全厂设备总数、运行设备个数、故障设备个数及报警设备个数，同时显示设备的操作注意事项和当前日期。侧面导航栏包含四个功能模块：系统应用包含设备管理、数据分析、报警管理三个功能模块，设备监测模块包含七个站点：高大厂房、新大压腊、三层焊接、压腊/涂料、酸洗间、荧光机和清壳间。

### 3.1.3 设备管理模块

设备管理分为设备利用率实时分析和设备效率分析查询。在设备利用率实时分析页面，分为2个层级，第一层是一个饼图，可以查看不同设备状态：运行、闲置、故障、正在维修、待维修的比例。在第二层是一个数据列表，可以看到全厂所有设备的设备信息和设备运行状态。通过与ERP系统信息进行集成，将ERP系统中设备的信息及运行状态显示在表格中，饼图可以实时显示各种运行状态的设备占有所有设备的比例，实现对全厂设备情况的整体把握。

在设备效率分析模块，设备负责人可以选择设备和时间段进行查看，系统会显示设备在这一段时间内的通电运行时间、带载运行时间、故障停机时间。系统后期可以为设备保障部工作人员提前检查保养设备提供依据，最终保证设备正常高效运行。

### 3.1.4 设备数据监测模块

在设备数据监测模块，实现了隧道炉南、隧道炉北、脱蜡炉、退火炉、涂料干燥间共11台设备的数据实时显示。

### 3.1.5 历史数据分析模块

由于每个设备对应的数据分析页面需要根据实际需求进行定制化开发，故数据分析模块提供了设备选择、参数选择、时间区间选择。通过该图表，用户可以对设备的运行情况进行追溯，查看设备何时开启工作，何时结束任务，分析工作人员是否按照操作规范章程进行工作。并结合工艺参数和产品质量对设备的运行数据进行分析，为今后产品质量的改进提供参考。可以点击“保存截图”按钮对一段时间内的数据变化曲线进行截图。

### 3.1.6 报警管理模块

以面层干燥间的数据报警为例，数据异常报警分为数据异常报警弹窗提醒模块、数据信息实时列表、报警信息历史数据三个模块。当用户打开系统时，系统应优先提示用户当天未处理的报警信息。如果发现报警信息的处理状态为待处理时，应该去报警信息实时列表里进行处理操作。处理成功的消息会保存在数

据库中，为后期进行报警信息的历史数据分析提供数据。在报警信息历史数据查询模块，用户可以根据要选择的设备和时间进行报警信息历史数据查询。

## 3.2 系统应用效果分析

通过在百慕高科企业的应用，在设备运行数据监测方面，实现了企业11台设点设备共计40个关键参数的数据监测，通过远程登录百慕设备监测与数据可视化系统进行设备数据监测的方式代替了原有的现场查看方式，提高了工作人员的工作效率。在设备历史数据分析方面，解决了原有的纸质打印方式带来的可视化效果差、分析效率低等问题。在设备运行数据记录方面，该系统解决了人工记录方式带来的效率低、易出错等问题，从而提升工作效率。在报警管理方面，该系统实现了涂料间的设备数据异常报警，工作人员看到报警信息并及时处理，最终提高产品质量，降低产品报废率。系统的应用效果分析如表2所示。

表2 百慕设备监测与数据可视化系统应用效果分析  
Table 2 Application effect analysis of BAIMTEC equipment monitoring and data visualization system

项目	应用前	应用后
设备运行数据监测	现场查看	远程系统查看
设备历史数据分析	纸质打印分析	系统分析
设备运行数据记录	人工记录	系统记录
涂料间数据异常报警	不能及时处理	系统及时提醒
设备监测数量	0	11
关键参数监测数量	0	40

## 4 结束语

对百慕设备监测与数据可视化系统进行了需求分析，结合企业现状、设备数据特点明确了企业的实际需求。设计和开发了百慕设备监测与数据可视化系统。实现了系统四个主要功能模块：设备管理模块、设备数据监测模块、历史数据分析模块、报警管理模块。通过这四个功能模块，实现了企业第一批试点设备的数据采集、数据实时监测、历史数据分析。同时实现了涂料间偏离设定参数报警的功能，通过涂料间的报警信息及时发现并预防，从而改进面层干燥间产品的质量。百慕设备监测与数据可视化系统的应用效果表明，该系统实现了对各类设备运行状态的监测，具有良好的数据可视化效果，并且解决了原有人工监测困难与人工记录方式效率低的问题，提升了工作效率和数据记录的准确性，能够为企业设备监测和数据可视化提供很好的指导。

**参考文献:**

- [1] 计效园, 周建新, 殷亚军, 等. 数字化智能化铸造技术的研究与应用 [C] //2014年中国铸造活动周论文集, 郑州, 2014.
- [2] 许庆彦, 熊守美, 周建新, 等. 铸造技术路线图: 数字化、网络化、智能化铸造 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2016.
- [3] 周黔, 邓蔚林, 计效园, 等. 钛合金精密铸造企业生产流程卡主子卡方案研究 [J]. 特种铸造及有色合金, 2015, 35 ( 11 ): 1181-1187.
- [4] 王武兵. 铸造企业设备数据柔性采集方法及应用 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [5] 计效园, 田臻, 周建新, 等. 铸造设备分布式异构数据库互联方法及应用 [C] //2018中国铸造活动周论文集, 苏州, 2018.
- [6] 明廷勇. 基于HTML5技术的铸造企业移动化仓储管理系统开发与应用 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- [7] 吴晓光, 刘瑞祥, 王宏军, 等. 基于客户/服务器结构的铸造企业管理信息系统 [J]. 铸造技术, 2003, 24 ( 2 ): 146-148.
- [8] 李祥. 制造执行系统中基于B/S结构的车间数据采集与发布技术研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2010.
- [9] MARK J, NIXONMARION A, KEYES I. Method and apparatus for performing a function in a plant using process performance monitoring with process equipment monitoring and control: 9201420 [P]. 2015-12-01.
- [10] BECHTEL J H, ANDRUS J C, BUSH G S. Automatic vehicle equipment monitoring, warning, and control system: 9230183 [P]. 2016-05-01.
- [11] SUN Y, OVERBYE T J. Visualizations for power system contingency analysis data [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2004, 19 ( 4 ): 1859-1866.

---

## Foundry Equipment Operation Process Monitoring and Data Visualization

ZHANG Ai-bin<sup>1</sup>, XIANG Guan-bing<sup>2</sup>, TIAN Zhen<sup>2</sup>, LIU Jun-jie<sup>1</sup>, JI Xiao-yuan<sup>2</sup>, JIANG An-long<sup>1</sup>, ZHOU Jian-xin<sup>2</sup>

( 1. BAIMTEC Material Co., Ltd., Beijing 100095, China; 2. State Key Laboratory of Materials Processing and Die & Mould Technology, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, Hubei, China )

**Abstract:**

In order to solve the problems of monitoring difficulties, low data recording efficiency, poor data visualization effect and low data utilization rate existing in manual monitoring and recording methods in casting enterprises. A set of foundry equipment monitoring and data visualization system was designed, in which the designing mode based on B/S architecture was adopted, and according to overall requirements and performance demands, the system architecture, conceptual structure and functional module structure were designed, including four functional modules of equipment data monitoring, historical data analysis, alarm management and equipment management. The system has been applied to BAIMTEC Material Co., Ltd., a metal casting enterprise in China. The application results show that the system can monitor the running state of a variety of equipment and has a good data visualization effect, improving the work efficiency and the accuracy of data recording. In addition, through the comparison and analysis of equipment operation history data and process data, the data utilization rate is also enhanced.

**Key words:**

foundry equipment; process monitoring; data visualization; historical data analysis; abnormal alarm