DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2022.03.008

基于树莓派和机器视觉的压铸模监视系统设计与开发

刘姝鹏[1],薛　斌[1],许忠斌[1,2],周翔宇[3],霍庆文[3]

(1. 浙江大学 能源工程学院,浙江 杭州 310027;2. 浙江大学宁波研究院,浙江 宁波 315100;3. 宁波大榭开发区天正模具有限公司,浙江 宁波 315000)

摘　要:以某模具厂的压铸模生产过程中模具的实际运行状态监视为背景,研发了一套基于树莓派和机器视觉的压铸模具监视系统。该系统可实时监测压铸模具工作过程中温度、压力、润滑各参数的变化;对工业相机采集的压铸模具膜腔表面图像采用智能算法处理,可判断膜腔内的残渣分布情况;监视系统的可视化集成在 Web 端,远程登录系统即可实时查看压铸模具运行的状态信息。该系统实施部署过程简单,有效的降低劳动成本。

关键词:模具监视;嵌入式视觉;前端和后端开发

中图分类号:TG241　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2022)03-0203-05

Design and Development of Die Monitoring System for Die Casting Based on Raspberry Pi and Machine Vision

LIU Shupeng[1], XUE Bin[1], XU Zhongbin[1,2], ZHOU Xiangyu[3], HUO Qingwen[3]

(1. School of Energy Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. Ningbo Research Institute, Zhejiang University, Ningbo 315100, China; 3. Ningbo Daxie Development Zone Tianzheng Mould Co., Ltd., Ningbo 315000, China)

Abstract: A die monitoring system for die casting process based on Raspberry Pie and machine vision was designed and developed for the actual running status of a die during casting process. ... . The die cavity surface images collected by industry camara is processed intelligent algorithm to judge the distribution residual inclusions on the die cavity surface. The visual integration of the monitoring system is in the Web end, and the die cavity status information can be checked in real time by logging to the system remotely. The implementation and deployment process of the system is simple and cost-effective.

Key words: die monitoring; embedded vision; Web front-end and back-end development

模具是产品制造最基本工艺设备,素有“工业之母”之称。“中国制造 2025”开启包含数字化、网络化和智能化的智能制造工业 4.0 新时代[1-7]。劳动力成本是我国制造业面临的主要问题之一。当下,有效的减少人工劳动,避免因工人疲惫而产生工厂安全事故、促进作业安全化发展,建造数字化、智能化、产业一体化的工厂成为智能制造主题。基于此,本文作者设计了一种基于树莓派(Raspberry Pi)和机器视觉的压铸模具监视系统。

收稿日期:2021-12-03

基金项目:宁波市科技创新 2025 重大专项(2018B10047);浙江大学宁波科创中心创新专项基金资助(702002J20211109)

作者简介:刘姝鹏(1995—),硕士.研究方向:压铸模具智能化研究.电话:15840011970,Email:liushupeng@zju.edu.cn

通讯作者:许忠斌(1969—),教授,博导.研究方向:微纳制造工艺装备及模具研究.电话:13516872308,Email:xuzhongbin@zju.edu.cn

1　系统的设计原理和需求

基于机器视觉的检测是非接触式的,这种检测方法常用于对准确度要求高的零件和设备上[2]。传统的检测原理是把预先拍摄好的标准图像储存在工业电脑里,在一定的间隔时间内,把即时图像与预先存储的标准图像作比较,比较二者之间的差别,若二者的差别大于系统设定的参数,系统将会进行报警[8-10]。本文设计的模具监视系统的原理是将实时视频流按固定的间隔截取一帧图片,输入到训练好的算法模型,经过算法处理,输出分类结果和概率值,判断膜腔内是否含有残渣。

经过调研和实地考察,针对压铸工厂实际环境和监测任务,本系统的设计有以下两点需求:

(1)智能检测　经过图像滤波等预处理之后,利用智能算法框架进行非接触式检测,根据图像的不同指标综合判断,实现系统整体的智能化控制。经检测,若发现表面有残渣,应及时停止合膜操作并报

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

警提示；若无残渣，则正常合膜保障生产有序进行。

（2）智能交互　在该系统中，图像信息的处理关系到整个工艺的生产流程，将员工、设备、环境、实时参数等数据互相连通，衍生出一种工业 4.0 时代的智能化处理的创新技术[11]。

2　基于卷积神经网络的视觉检测技术

与标准特征提取的算法（SIFT 和 HOG）不同，神经网络使用多个隐藏层来分层学习图像。卷积神经网络(CNN)是当下流行的神经网络模型，特别是针对多维数据（图像和视频）。CNN 层中的每个单元是二维或多维卷积核（滤波器），与该层的输入做卷积运算[12-15]。VGGnet 架构以其简洁的结构和小型卷积内核构成了非常深的网络。该架构的核心思想是严格使用 3×3 卷积核用于特征提取，位于网络末端的一组 3 个全连接层用于分类。使用较小的卷积核不仅可以减少参数数量，还可以堆叠更多的层，提升特征提取能力，会获得更优检测性能[16-17]。图 1 为 VGGnet-16 架构图。可以看出，一张彩色图片输入到网络，白色代表卷积层，红色代表池化层，蓝色代表全连接层，橘色代表预测层。预测层是根据全连接层输出的信息转化成分类的概率值来分类的[18-20]。VGGnet-16 模型包含了 13 个卷积层和 3 个全连接层在内的 16 个隐藏层。选取 VGGnet-16 模型对输入的图像（工业相机采集的压铸模具膜腔表面图像）做卷积运算[21]。

3　硬件选型

图像检测系统一般由图像传感器（镜头 / 相机）、设备运行平台和计算机处理系统组成。CCD 图像传感器的基本原理是：把每一个像素由光照产生的电荷积累起来。CCD 仅有一个输出端口，需要将每个像素产生的电荷经过串行转移到输出端口，这样可以保证稳定流畅的输出电信号，输出的信号与输入的光源强度呈线性关系，不会使原本的信息损失。CCD 传感器以分辨率高、集成度高、敏感度高、噪声低、功耗低和体积小重量轻等突出的优点成为当今市场的主流，采用 CCD 图像传感器。

嵌入式视觉处理越来越受欢迎。考虑到云服务器的运行速率和服务器带宽问题，本系统选用树莓派作为中间处理器。这解决了图像、温度、压力、润滑各数据由传感器输出时，因没有联网，无法直接上传到云端服务器的问题。图 2 中 a 是传统计算机机器视觉系统，b 是嵌入式视觉系统，可以看出嵌入式机器视觉系统小巧方便。

树莓派[10-11]是一款支持软硬件开发的嵌入式器件[22-24]。有以下几点优点：①体积小、便携且价格低廉。树莓派大小与银行卡相当，最新版本的价格在 400 元人民币左右，成本远低于动辄上万的工业电脑；②支持操作系统安装。不同于其他嵌入式微

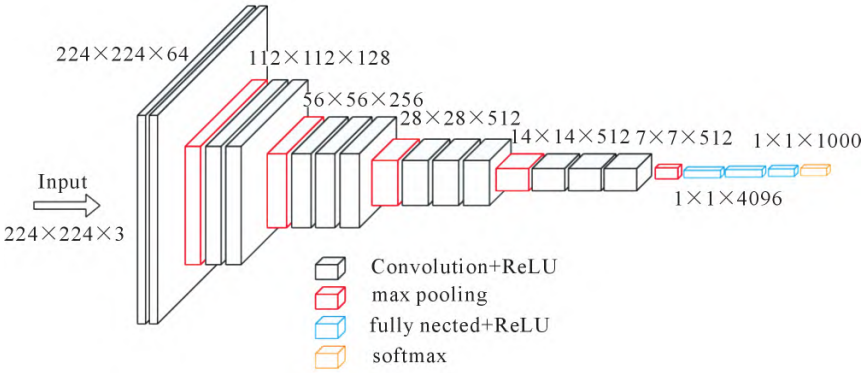
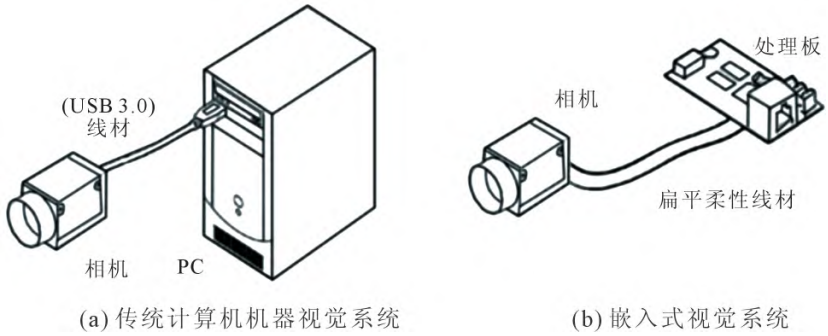


图 1　VGGnet-16 架构图

Fig.1　VGGnet-16 architecture diagram



(a) 传统计算机机器视觉系统　　(b) 嵌入式视觉系统

图 2　传统计算机机器视觉系统与嵌入式视觉系统对比图

Fig.2　Comparison of traditional computer machine vision system with embedded vision system

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

型控制器，树莓派的操作系统是 Linux 操作系统。树莓派可以支持上层系统开发并且可以调用科学计算库进行编程，减少开发工作量；③生态开源。

4　软件设计与开发

4.1　系统整体框架

本系统整体框架如图 3 所示，各通信协议为：①MQTT 协议；②WebSocket 协议；③HTTP 协议。数据输入分为 3 个部分：温度、压力、润滑的传感器；通过工业相机采集的压铸模具工作过程中实时图像数据；生产业务数据，包括模具的基本信息、生产管理、维护信息和系统用户的管理信息等。

4.2　系统开发工具及环境

服务器端程序采用 Python 语言，框架为 Flask+ORM+ActiveMQ。前端程序采用 HTML、CSS、JavaScript 3 类基础语言，基于 Vue 框架，搭载于 Node.js 开发。具体的开发环境及技术选择如表 1。

表 1 开发环境及技术选型

Tab.1 Development environment and technology selection

名称	选型
前端开发工具	WebStorm2021.1
前端运行引擎	Node.js 10.21.0
前端包管理工具	npm6.14.4
Python 运行环境	anaconda
后端开发工具	Pycharm2020.3.5
后端包管理工具	Pip、conda
反向代理软件	Ngnix1.20
后端开发框架	Flask1.1.1
持久化框架	SQLalchemy
消息队列软件	ActiveMQ

5　系统测试

5.1　现场测试装置搭建

现场测试所用的 2044 壳体模具由某模具有限公司提供，如图 4 所示，a 是模具整体图，b 是动模，c 是定模。

现场测试的硬件有：摄像头、树莓派 4B、显示屏、鼠标和键盘。整体硬件连接的效果如图 5 所示。

5.2　系统 Web 端平台部署

系统的网页端由前端系统、MySQL 数据管理系统和后端服务系统三部分组成。均需要部署在服务器上。测试过程采用腾讯云服务器进行部署。具体参数如表 2 所示。

服务器的操作系统为 Linux 系统，并配置 anaconda 作为 Python 的运行环境。

5.3　系统功能测试

环境部署完成之后，在网页访问 IP 地址：101.35.120.XXX。用超级管理员的身份登录该系统，进入主页面板，如图 6 所示。

主页面板左上角的温度、压力、润滑图像，可以

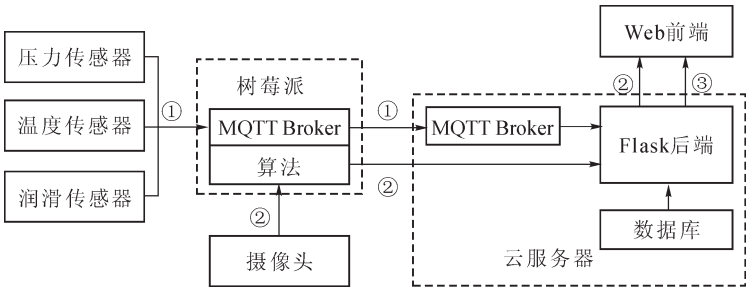
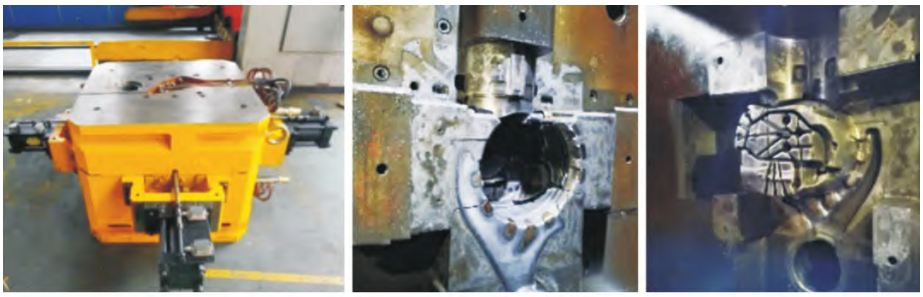


图 3　系统架构图

Fig.3　System architecture diagram



(a) 模具整体图　　(b) 动模　　(c) 定模

图 4　现场测试所用模具

Fig.4　Mold used for field test

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

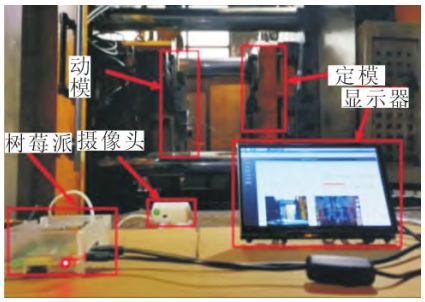


图 5 压铸模具监视系统现场搭建图
Fig.5 Construction of die monitoring system

实时展示压铸机工作过程中三者的数据变化。主页面板右上角的生产进度功能模块展示了当前服役模具的简略信息，模具的具体信息需要移步到设备管理模块中查看。生产进度模块还设计了增加已打模次的操作，增加后，系统的总打模次、当前模具的已打模次和生产进度百分数均发生变化，大大提高了企业的生产效率。主页面板中下半部分展示的是基于图像识别的监测模块，左边展示的摄像机拍摄的实时视频流，中间是经过系统算法处理中心处理后呈现的定模细节图，右边显示检测结果。

综上所示，系统主页面板的基本功能已全部实现。

表2 云服务器选型
Tab.2 Selection of cloud server

名称	参数
CPU	2 核 4 GiB
操作系统	CentOS 7.6 64 位
系统盘	80 GiB
带宽	5 Mbps

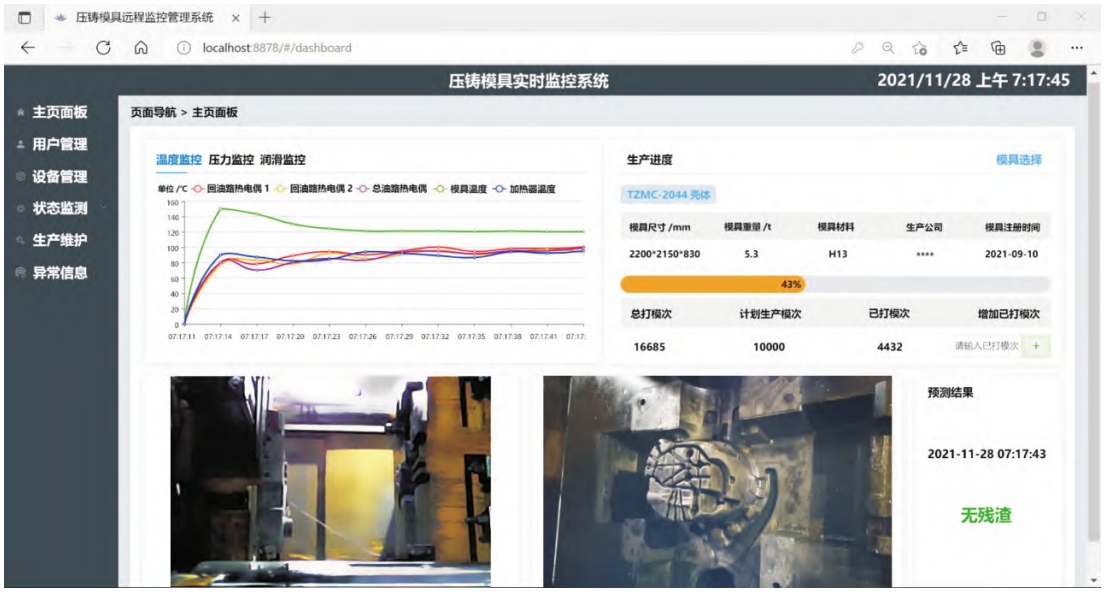


图 6 系统主页面板
Fig.6 System homepage

6 结语

智能化是当今工业发展趋势。本文以某模具公司的压铸模在压铸实际生产过程为背景，设计开发了一套基于树莓派和机器视觉的压铸模具监测系统，成功的将图像识别技术应用在压铸模具膜腔内残渣检测场景。随着工业 4.0 时代的到来，“互联网+”模式成为传统制造业升级转型的关键，因此，实现压铸工业过程的数字化交互、智能化控制成为助推企业智能制造升级的关键着力点。

参考文献：

[1] 杨金辉，薛斌，许忠斌. 压铸工艺对压铸件质量影响的研究现状及发展[J]. 铸造技术，2020，41(1): 62-65.

[2] 孙建国，蔡志鹏，张弛，等. 机器视觉识别检测技术在发动机生产制造中的应用研究 //2021 中国汽车工程学会年会论文集[C]. 北京：中国汽车工程学会，2021. 357-362.

[3] HU F, HE Z, ZHAO X, et al. A novel vision-based mold monitoring system in an environment of intense vibration[J]. Measurement Science & Technology, 2017, 28(10): 105906.

[4] 周济. 智能制造是“中国制造 2025”主攻方向[J]. 企业观察家，2019, 97(11): 54-55.

[5] 张洪信，姜勇，张铁柱，等. 铝合金压力铸造技术的现状与展望[J]. 铸造，2007, 56(12): 1247-1250.

[6] JIN G, WANG Y J, LI M, et al. Rapid and real-time detection of black tea fermentation quality by using an inexpensive data fusion system[J]. Food Chemistry, 2021, 358(1): 129815.

[7] 王栓强. 镁合金压铸技术进展 [J]. 铸造技术，2008, 29(9): 1292-1294.

[8] 刘全，冯琛，宋子达，等. 基于机器视觉的非接触式土石方运输车辆智能计量方法[J]. 水电能源科学，2021，39(11): 174-178.

[9] TSAI R Y. A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses [J]. IEEE Transactions on Robotics & Automation,

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2003, 3(4): 323-344.

[10] 王艳，黄道燚. 基于树莓派和物联网技术的智能镜子研究与实现[J]. 电子测试，2020(23): 89-90.

[11] 谢华翰，陈晓丹，陈荥霏，等. 基于树莓派的安全网盘系统的设计与实现[J]. 集成电路应用，2021，38(10): 224-225.

[12] ELATTAR H M, ELMINIR H K , RIAD A M. Conception and implementation of a data-driven prognostics algorithm for safety-critical systems[J]. Soft Computing, 2018, 23(7): 3365-3382.

[13] 黄林琪，卢颖仪，黎盛业，等. 基于深度学习及嵌入式视觉系统的球童机器人[J]. 现代机械，2021(5): 15-19.

[14] 董峰. 工业机器视觉产业发展白皮书在世界计算大会发布[J]. 机器人产业，2021(5): 32-37.

[15] 杨家乐，杨洋，郭超东，等. 基于树莓派的盲人智能眼镜的设计与实现[J]. 电脑知识与技术，2021，17(15): 85-87.

[16] 徐望，朱宜炳，张常泉. 一种基于树莓派的视频监控网络设计方案[J]. 南方农机，2021，52(5): 41-42, 44.

[17] 吴昌政. 基于前后端分离技术的 web 开发框架设计 [D]. 南京：南京邮电大学，2020.

[18] 郝树新，林锦州，刘芳. 机器视觉在汽车质量检验领域的应用研究[J]. 时代汽车，2021, 21: 16-17.

[19] 张昊，蒋毅. 面向嵌入式机器视觉的图编程式算法开发平台设计[J]. 电子测量技术，2020，43(9): 171-176.

[20] 杨虹，徐静. 镁合金压铸技术的研究现状[J]. 铸造技术，2017，38(4): 749-751, 757.

[21] 詹长明. 注塑行业中模具监视系统的设计与开发[D]. 厦门：厦门大学，2009.

[22] 丁毓峰，刘铮儒，胡雷. 基于机器视觉和 FMEA 的温控器 PCB 检测实验台研究[J]. 实验技术与管理，2021，38(11): 115-120.

[23] 姚俊峰，詹长明，Hung Chih-Cheng. 基于位置补偿技术的模具监视系统[J]. 计算机工程，2010，36(9): 238-239, 242.

[24] 龙彬，谢绪煜，谢欢曦，等. Labview 机器视觉在航天显示产品检测中的应用[J]. 电子世界，2021, 21: 142-143.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net