

# 基于图像识别的轨道交通车辆装配过程检测系统

胡广胜 王 菁 孙福庆

(中车青岛四方机车车辆股份有限公司质量管理部, 266111, 青岛//第一作者, 高级工程师)

**摘 要** 针对轨道交通车辆装配过程,通过比较可用于装配检测的图像识别系统的结构特点和工作原理,以及对图像检测系统工作原理的分析,尤其是对其通过式和固定式两种子系统的分析,给出了轨道交通车辆装配过程检测系统的软件架构和组成。

**关键词** 轨道交通车辆; 装配过程; 检测系统; 图像识别

**中图分类号** U270.6

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2020.04.018

## Detection System of Rail Transit Train Assembly Process Based on Image Recognition

HU Guangsheng, WANG Jing, SUN Fuqing

**Abstract** In terms of vehicle assembly process, through the analysis of the assembly and distribution process of EMU, the structure characteristics and working principle of various image recognition systems are compared, the working principle of the image detection system is analyzed. Then, based on the analysis of passing and fixed subsystems, and the software architecture and composition of the train assembly process detection system are designed.

**Key words** rail transit train; assembly process; detection system; image recognition

**Author's address** CRRC Qingdao Sifang Rolling Stock Co., Ltd., 266111, Qingdao, China

随着轨道交通车辆运行速度的不断提高,乘客不仅对车辆的运行速度有提高的要求,同时对车辆运行过程中的平稳性及安全性也提出了更加苛刻的要求<sup>[1]</sup>。为了保证轨道交通车辆运行的安全性与可靠性,需要对车辆的动态装配过程进行检测,以确保装配过程中不发生事故<sup>[2]</sup>。近年来,对轨道交通车辆装配过程的检测、监测已成为研究热点<sup>[3]</sup>。

随着计算机技术的快速发展,图像识别的研究和应用已成为现代工程技术的重要发展方向<sup>[4]</sup>。通过图像识别系统的使用,可以在线观测轨道交通车辆的装配情况<sup>[5]</sup>。使用图像识别检测系统不仅可以

提高装配工作的效率,同时还可以提高装配精度,以满足车辆高速运行的要求<sup>[6]</sup>。

本文主要对轨道交通车辆装配过程图像检测系统进行分析,尤其是对通过式和固定式两种检测方法的系统结构及工作流程进行分析,设计出了车辆装配过程系统检测平台。

## 1 车辆装配过程图像检测系统结构

### 1.1 软件总体架构

轨道交通车辆装配过程图像检测系统是一款针对车辆零部件装配的监控系统。该系统软件部分由3层架构组成,即数据采集层、数据分析层及数据展示层,如图1所示。

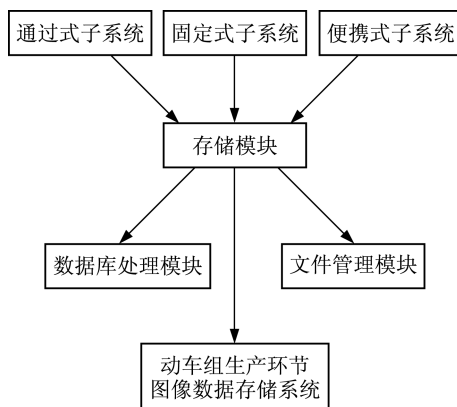


图1 车辆装配过程图像检测系统软件架构

由图1可见,车辆装配过程图像检测系统中,通过式、固定式及便携式3个子系统安装在监测前端,采集车辆装配过程相关信息,然后通过光缆将采集到的信息传递到存储模块中。数据处理模块根据要求进行数据分类与存档,并将其生成数据文件反馈到生产现场中。

### 1.2 软件架构分析

通过对车辆装配过程图像检测系统软件架构分析,可以得知该系统主要由集中服务器以及通过式、固定式及便携式服务器组成。其中通过式服务

器由控制采集模块、图像采集模块和识别标签模块组成,固定式服务器由控制采集模块、图像采集模块和识别标签模块组成,便携式服务器由图像采集手机端、图像传输手机端和识别标签模块组成。系统以集中服务器为中心,通过控制其他服务器等方法来控制整个系统,如图2所示。系统通过式服务器、固定式服务器和便携式服务器用于前端信号采集,而集中服务器则主要对数据进行分析,并做出相应的判断。

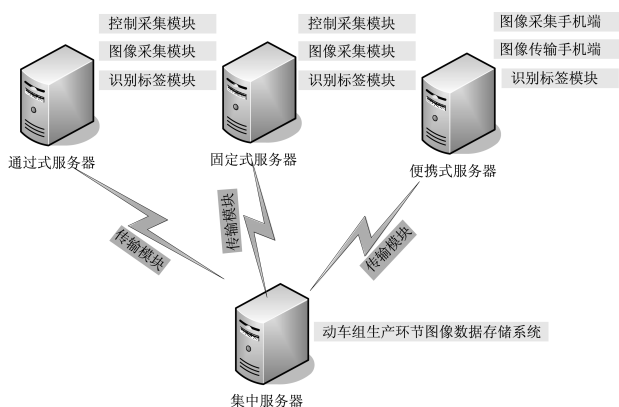


图2 车辆装配过程图像检测系统服务器组成

### 1.3 通过式服务器工作流程

通过式图像存储系统主要用于采集和存储钢轨上运动零部件的装配图像。在动车组的装配过程中,当零部件运动到图像采集系统的拍摄位置时,该系统将会采用自动拍摄、传输和存储等。

通过式服务器主要由三坐标运动机构、高清图像采集设备和图像采集装置等模块组成,其三维结构模型如图3所示。在检测过程中,高清图像采集设备安装在钢轨两侧和被检测零部件的上面或下面。

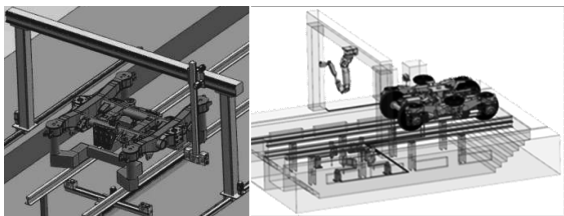


图3 通过式服务器图像采集系统结构图

图像采集系统在工作过程中,首先需要扫描零部件上的电子标签。通过读取标签上的信息,可以获取零件的名称、型号、被检测位置等信息。通过式服务器主要用于图像采集工作,其工作流程为

(见图4):扫描零部件上的电子标签,获取该采集目标零部件的相关信息;通过控制三坐标机构移动摄像头,到达预先设定的指定位置后进行拍照(拍照过程中相机可自动调整拍摄频率以适应摄像头的移动速度,避免图像模糊);将图像存储到服务器中(为使拍照的图像更加清晰,拍摄过程中需要开启激光补偿光源);数据采集完成后,关闭相机采集程序和光源,并将三坐标机构移动到初始位置。

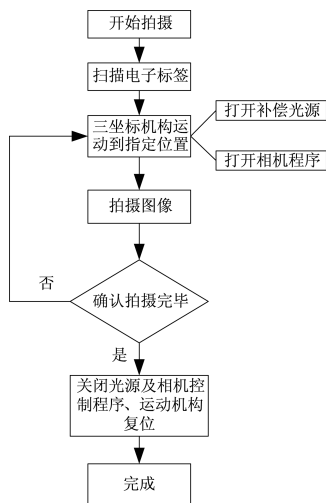


图4 通过式服务器工作流程

### 1.4 固定式服务器工作流程

固定式图像存储系统主要是对移动装置进行信息采集。在工作过程中,零部件将跟随传动系统一起运动,而图像识别系统的位置固定不变。该系统主要由安装支架、高清图像采集设备和图像存储设备等组成,其结构如图5所示。高清图像采集设备安装在支架上,零部件则在底部移动,在该过程中,摄像头将会对零部件进行拍摄,并且将图片发到数据处理中心,对图像进行分析处理后做出合理的判断。

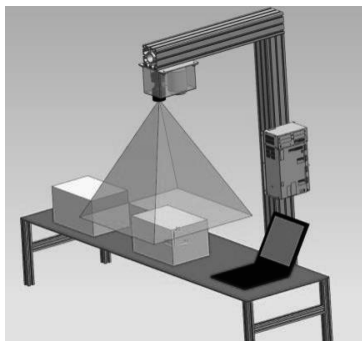


图5 固定式服务器图像采集系统结构图

固定式服务器主要是针对运动的零部件进行图像采集,其工作流程为(见图6):图像识别系统将扫描零部件上的电子标签,并将它的信息记录在数据库中;对零部件进行相应的拍摄,且可指定合适的拍摄范围(如拍摄范围内包含物体的全貌或者只包含物体的部分信息);通过图像自动识别算法对所拍摄的图像质量进行评价,如图像质量合格则将其进行存储,如图像质量不合格则将其删除并重新拍摄,直到拍摄图像满足要求为止;拍摄任务结束后,等待是否继续拍摄的指令,如得到继续拍摄的指令则重复上述步骤继续拍摄,如得到停止拍摄的指令则关闭光源及相机,完成整个工作流程。

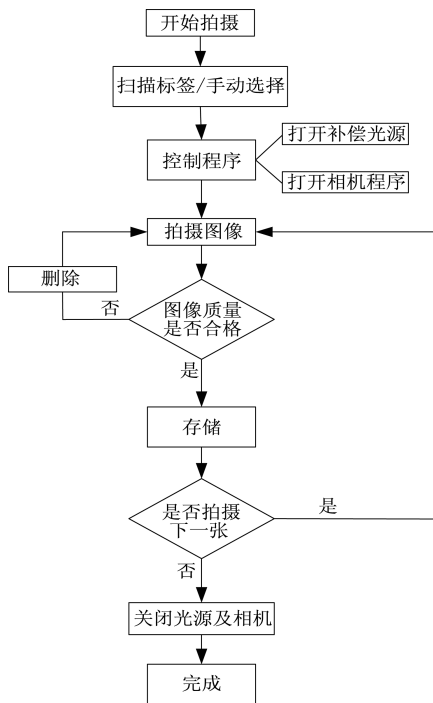


图6 固定式服务器工作流程

### 1.5 便携式服务器工作流程

便携式图像存储系统主要用于采集面大、质量大且不方便移动的零部件。操作人员可以通过便携式检测装置进行图像采集工作,在显示设备中手动选择零部件名称,系统由此确定对应的拍摄过程。在控制系统中,对不同的零部件有相应的拍摄程序,每个拍摄位置对应存储的图片名称已经设定,图片拍摄完成后即可按相应的文件名存储,并通过无线装置将数据传递到存储中心,其结构如图7所示。该装置具有携带方便、操作简单等系列优点,但精度相比前两种方式差,因此,该种服务器只

应用在一些比较特殊的场合。



图7 便携式服务器图像采集装置

## 2 图像检测系统运行管理平台的设计

### 2.1 系统组成结构

车辆装配过程图像检测系统主要是从轨道两旁对车辆底部、侧部、连接装置、转向架等部位进行拍摄,从而实现对车辆中底部和侧部装配状态的监控和图像存档。车辆装配过程图像检测系统组成如图8所示。由图8可见,系统在轨道旁安装有部分检测设备,用于对车辆装配过程的图像采集和数据收集,然后通过光缆将收集到的信号传递到机房设备中的数据处理中心进行分析和判断。

### 2.2 系统软件架构

车辆装配过程检测系统通过对车辆的运行速度、零部件连接状况等进行图像采集,并对所采集的数据进行传递、处理和分析,从而完成车辆装配过程的实时检测,其软件架构如图9所示。当车辆行驶通过检测系统时,通过磁钢信号触发控制软件,控制相机进行图像采集,并将采集到的图像传输至服务器。检测系统一方面将图像数据储存,供后续图像处理或人工复核使用,另一方面将过车信息等数据上传至系统数据库。

### 2.3 系统运行管理平台

车辆装配过程检测系统可以在线完成车辆图像浏览、故障标记、图像调整、车辆信息、自动识别显示等功能,可以通过系统终端网络对所拍摄的图片信息、车辆信息、故障信息等进行浏览,并对故障进行判别确认。系统辅以基于先验知识的图像处理与模式识别方法,在部件定位时,采用最鲜明的特征定位部件位置,具备较强的鲁棒性<sup>[7]</sup>。系统具备多样化图像处理手段,可以增加算法的灵活性。

系统运行方式如下:对被检测部件中色彩信息较突出的部件,采用图像处理结合部件先验知识的方式进行检测;对于色彩信息较少的部件,采用模式识别或机器学习等方式结合部件结构先验知识



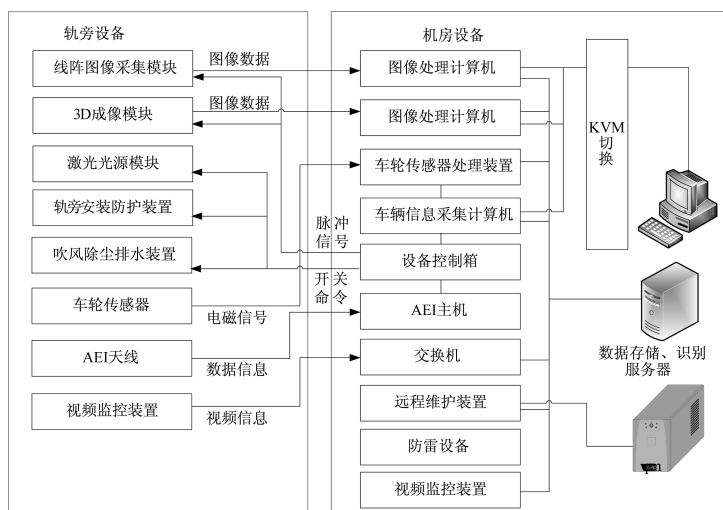


图8 车辆装配过程检测系统的组成结构

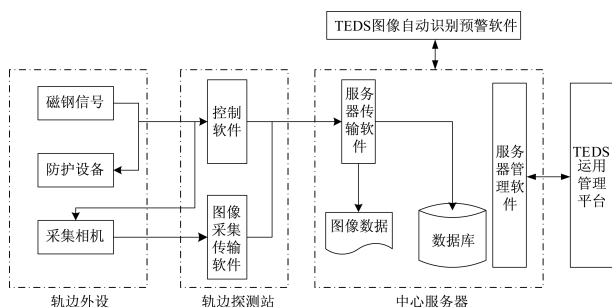


图9 车辆装配过程检测系统的软件架构

进行检测。系统能够自动对采集到的被检测部件图像进行分析和故障识别,对图像中异常的部位进行分级报警提示。系统可根据部件的不同而采用不同的识别算法,以车辆转向架的防松线、防脱链为例进行说明。

防松线原图如图10 a)所示,定位到防松线区域后,可提取采集图像上的梯度信息,如图10 b)所示。根据先验知识(防松线的颜色),提取防松线的像素点,再根据这些信息进行直线拟合,判断防松线是否处于一条直线上,如图10 c)所示。直线拟合过程中,采用最小二乘法<sup>[8]</sup>进行直线拟合。

假设图上点坐标为 $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $\dots$ 、 $(x_n, y_n)$ , 设拟合多项式为 $y = ax + b$ , 平方偏差为 $e^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - y)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2$ , 找到能使得所有误差达到最小化的 $a$ 和 $b$ ,也即利用对各变量求偏导,使偏导值为0,即可完成直线的拟合过程。若防松线是无故障的,则拟合的是一条直线,并且拟合度较高;若防松线是有故障的,则直线的拟合度较低,则可由此判断此防松线是否为故障,并以此作

为防松线是否标识正确的判断依据。如果防松线未正确标识,则输出故障名称及对应的坐标信息,供人工复核。

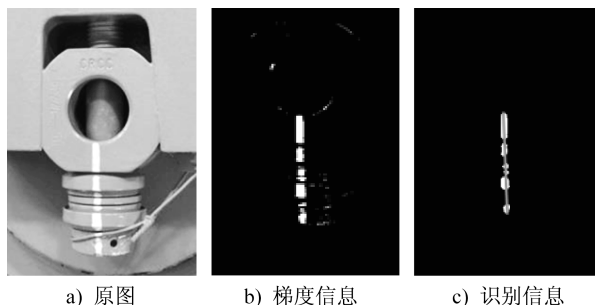


图10 转向架防松线图像识别过程

防脱链原图如图11 a)所示,利用形态学提取边缘后的结果如图11 b)所示。经过频域图像增强算法和图像分割技术,结合先验知识定位轴箱盖的外轮廓,并将轮廓内的其他边缘信息剔除,利用距离之和最小算法拟合圆形,得到圆的相关参数<sup>[9]</sup>。轴箱外轮廓如图11 c)所示,拟合后如图11 d)所示。利用拟合结果,确定防脱链两端的位置,根据特征检测与匹配算法判断防脱链是否丢失,若有故障则进行自动故障报警。

通过车辆装配过程检测系统对车辆装配过程进行检测,可以获取各零部件状态信息。为方便对零部件装配过程的观察,可以通过手工操作对系统进行调试和维护,其手动操作界面如图12所示。为了方便后续工作过程中的查阅,系统将信息发送到数据处理中心进行存储,其数据存储界面如图13所示。

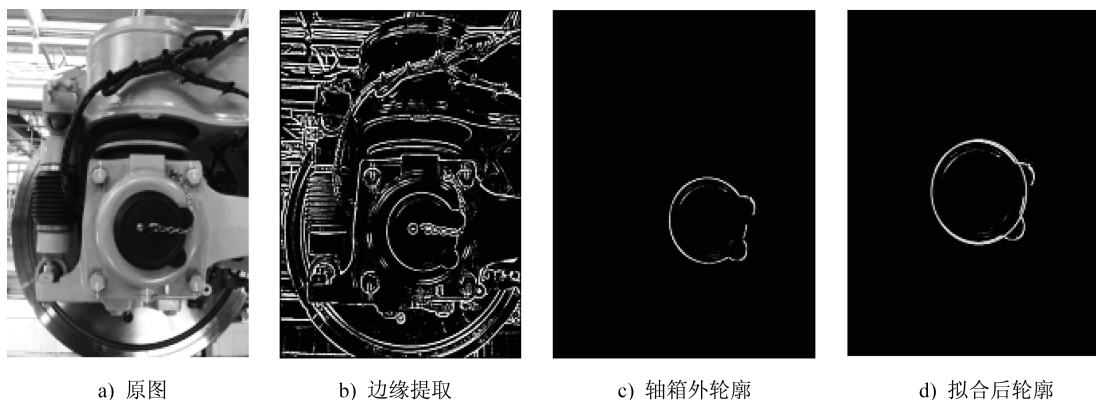


图 11 转向架脱链图像识别过程



图 12 过程检测手动操作界面



图 13 过程检测数据存储界面

### 3 结论

通过分析车辆装配过程检测系统,以及对该系统的成像原理分析,可得到以下结论:

1) 通过分析三种图像采集系统的优缺点和 workflow,结合具体实际工作状况,选择合适的图像识别系统进行车辆装配过程检测系统设计。

2) 根据车辆装配过程检测系统的组成结构

和总体架构,可以设计出整个检测系统,并针对各种不同的工作需求设计它的界面,搭配图像处理和模式识别等方式。通过对该系统的试用,结果表明该系统具有非常好的实用价值。

3) 基于图像识别技术搭建的检测系统可以提高轨道车辆故障检测的准确度,减少人工检测过程中出现的漏报、错报的可能性,提高工作效率。扩展至对运行的轨道交通车辆进行全车可视部件的监控、监测,将对列车安全行驶提供重要保障。

### 参考文献

- [1] 张亮,张继业,李田,等.超高速车辆流线型头型多目标优化设计[J].机械工程学报,2017,53(2):106.
- [2] 张亮,张继业,李田,等.横风下高速车辆的非定常气动特性及安全性[J].机械工程学报,2016,52(6):124.
- [3] 于金朋,张卫华,张立民,等.高速动车组车下悬挂设备隔振设计研究[J].铁道学报,2017,39(1):33.
- [4] 官洪运,许广洋,于融正.基于云端的视频图像识别系统的实现[J].微型机与应用,2016,35(22):51.
- [5] 董宇,李洪平.油管图像识别系统的设计与实现[J].地理空间信息,2017,15(3):66.
- [6] 孟令枫,杨兴,于晓春,等.基于直线检测法的变电站开关状态图像识别系统的研究[J].电子质量,2017(4):5.
- [7] 蒋荟,马千里,曹松,等.铁路车辆运行安全监控(5T)系统的研究与应用[J].公路交通科技,2009(S1):1.
- [8] 张然,汤全武,史崇升.基于递推最小二乘自适应滤波算法的图像去噪[J].计算机应用于软件,2014,4(31):193.
- [9] 侯明.基于最大最小距离聚类算法的改进多重重心法选址研究[D].大连:辽宁师范大学,2015.

(收稿日期:2019-07-15)