

发动机前端盖自动涂胶及装配单元的开发及应用

吴连伟，甘洋洋，栾建伟，张鹏，乔华强，代志勇，王立琪

潍柴动力股份有限公司一号工厂 山东潍坊 261061

摘要：装配生产线前端盖的装配工作为人工装配，装配之前操作者在前端盖上手动涂硅胶，涂胶完成后人工将前端盖装配到发动机上，劳动强度大。设计制作端盖自动涂胶及装配单元，包含机器人、智能输送机构、机体二次定位、托盘定位机构、浮动夹具、涂胶和供胶系统、脉冲式频率敲击装配机构、视觉检测及智能控制系统等结构，机体二次定位和托盘定位装置配合实现发动机的精确定位。利用ABB机器人搭载浮动夹具和脉冲式频率敲击装配机构，借助轻量分布式三点接触功能实现端盖的自动抓取、柔性涂胶和智能装配，采用视觉技术实现对硅胶胶线质量检测。前端盖自动涂胶及装配单元应用后，工序生产效率提升23.3%，质量一致性100%。

关键词：智能输送；自动抓取；仿形设计；视觉检测；智能装配

近几年，涂胶自动化已渐渐成为趋势，我国在工业机器人领域所涉及的机器人技术、仿真技术与离线编程、信息传感及智能控制等方面进行了大量研究，并对多项重点技术进行了攻关^[1]。WP9H/WP10H/WP10.5H智能装配生产线前端盖装配工序为人工装配，操作者在装配之前首先在前端盖侧面手动涂硅胶，涂胶完成后人工将前端盖装配到发动机端面上（见图1）。

具体装配作业内容及步骤如下：

1) 操作者利用9in (1in=25.4mm) 经典半圆式涂胶枪在前端盖装配面手动涂硅胶。

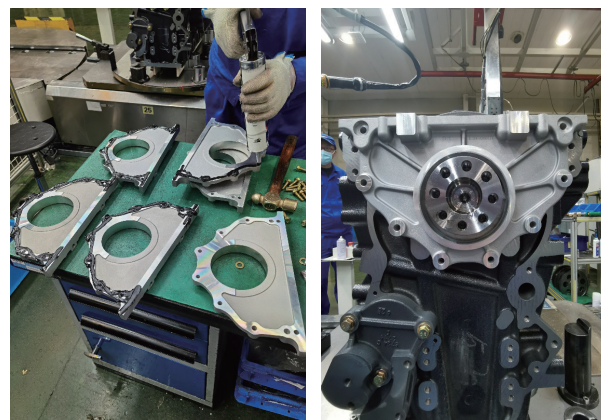


图1 手动涂胶并人工装配

2) 涂胶完成后操作者利用铜锤将前端盖装配到发动机端面的定位销上。由于前端盖与发动机机体定位销为过盈配合,在装配过程中需操作者利用铜锤进行敲击装配。

存在问题如下:

1) 每个前端盖的质量约为3kg,操作者每天需手动拿取1200kg,劳动强度大。

2) 人工手动涂胶,胶线轨迹和胶量控制不标准,增加成本且产品质量无法保障。

针对以上问题,自主设计开发发动机前端盖自动涂胶及装配单元,降低硅胶成本,取消人工作业,提高装配效率,提升产线过程保障能力。

前端盖的作用

前端盖安装于发动机曲轴前端,并固定至机身上,前端盖的主要作用有以下三方面:

1) 用于发动机前端密封,防止因曲轴飞溅润滑导致机油外漏。

2) 前端盖内安装曲轴前油封,防止曲轴前端机油外漏。

3) 为油底壳装配提供安装面。

以下主要阐述设计开发一套前端盖自动涂胶及装配单元,并对其技术原理及性能指标进行论述,详细说明装配单元的创新性和技术特点。

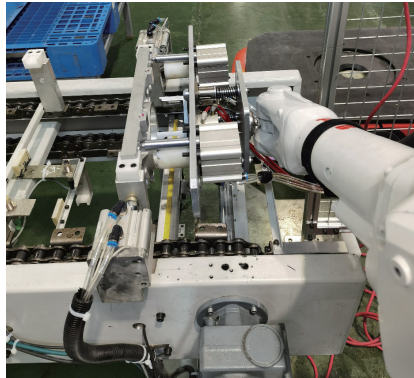
技术原理、性能指标

通过设计制作WP9H/WP10H/WP10.5H机型全系列前端盖自动涂胶及装配单元,实现前端盖的自动涂胶及装配。用ABB机器人作为动作载体,采用视觉检测技术实现胶线质量检测^[2],利用GRACO供胶系统实现硅胶的控制,运用PLC技术实现整体动作和流程的控制,同时设计机器人浮动夹具和脉冲式频率敲击装配协同作业结构,实现前端盖的自动装配(见图2)。

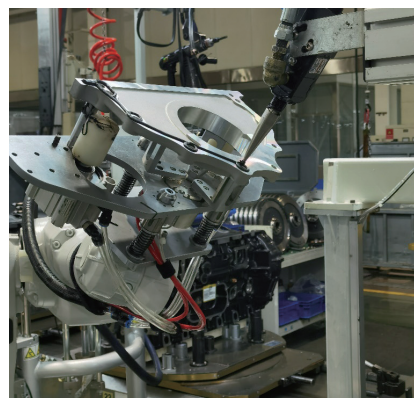
为满足前端盖的自动涂胶及装配,该单元具备以下功能:

1) 智能输送机构,应用仿形工装,通过上料位、输送位和抓取位,实现前端盖的智能输送,并通过气缸实现输送抓取位的前端盖精准抓取。

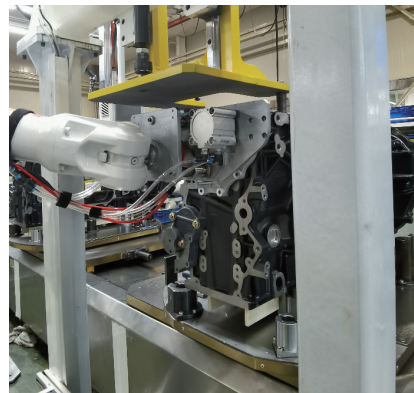
2) 机体定位机构,为保证装配精度,消除托盘、辊道、支撑腿三者的装配误差,采用机体二次定位机



a) 自动取料



b) 自动涂胶



c) 自动装配

图2 自动涂胶及装配单元

构和托盘定位机构相配合的方式,实现发动机的精准定位,确保前端盖装配一致性。

3) 自动抓取及涂胶,机器人携带浮动装置,可根据路径进行定点抓取,保证了夹紧的可靠性。同时,涂胶作业打破原有的工件固定机器人携带胶枪移动涂胶的模式,涂胶效果好、效率高。

4) 自动装配,采取轻量分布式三点接触原理,通过前端盖浮动夹具和脉冲式频率敲击装配机构,可以

使前端盖快速准确安装到发动机机体端面。

5) 视觉检测^[3]，采用边沿检测等工具实现涂胶轨迹的检测，当涂胶轨迹不合格后会发出声光报警，机器人停止工作，等待操作者人工处理确认后进行下一步工作。

技术创新性与先进性

1) 依据前端盖的装配工艺，运用尼龙等新材料、仿形设计等新技术，设计智能输送机构，可为其他同类型全自动装配单元起到参考作用。

2) 机械部分结构采用机体二次定位、托盘定位的协同方式，也借助轻量分布式三点接触，设计出结构紧凑、性能优良的浮动夹具和脉冲式频率敲击装配机构（见图3）。

3) 根据装配功能需求，编写PLC控制程序、机器人程序、涂胶及供胶程序、分布式I/O模块、辊道动作程序及HMI操作界面，实现各系统数据的互联互通。

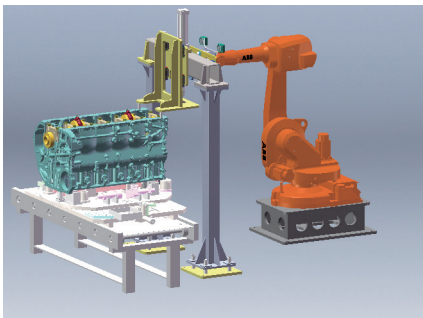


图3 前端盖自动涂胶及装配单元示意

设计开发的前端盖自动涂胶及装配单元有如下6个创新点。

1.设计制作前端盖智能输送辊道

智能输送辊道用于前端盖的自动输送，整个输送辊道有10个工位，包含上料位、输送位和抓取位，满足生产线需求。

1) 输送辊道采用SEW电动机带动链条传动，利用三菱FR-D740-1.5K-CHT变频器实现输送电动机的频率可调节（0~50Hz）。

2) 设计前端盖仿形工装（见图4），根据前端盖外形尺寸进行仿形设计，确保前端盖在输送过程中的稳定。在输送辊道的抓取位两侧安装定位气缸，确保端盖定位的准确性，实现机器人的精准抓取。

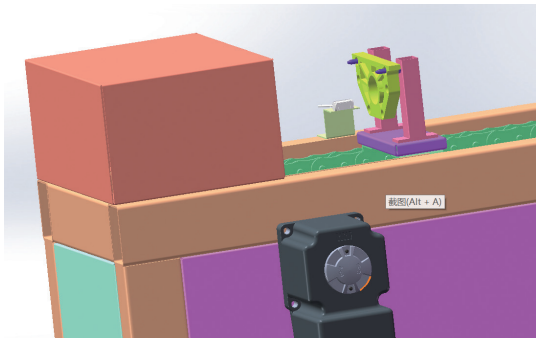


图4 仿形设计

3) 输送辊道具有安全报警防错功能（见图5），具备有无料检测、工件过位报警、电动机过载报警等互锁报警检测功能。

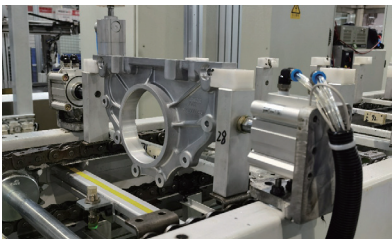
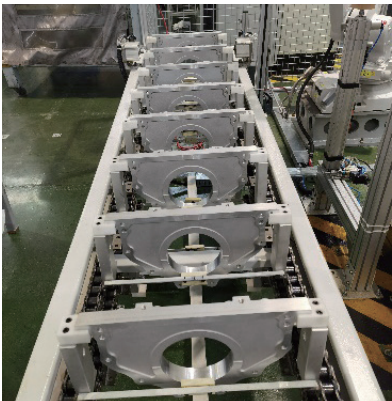


图5 安全报警防错设计

2.设计制作硅胶供胶和涂胶系统。

前端盖涂胶过程为机器人抓取工件移动进行涂胶，打破原有的工件固定机器人携带胶枪移动涂胶的固有模式，涂胶效果好、效率高。

1) 采用GRACO供胶系统实现硅胶的控制（见图6），胶量粗细、速度均可调，并增加缺胶、换胶报警检测提示功能。

2) 设计制作胶枪固定支架和胶嘴防护装置。根据工作现场需求和机器人的有效工作半径，利用铝合金型材制作胶枪固定支架，为方便机器人涂胶轨迹的编

程和示教，胶枪安装支架实现角度可自由调节（ $30^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ）。为了避免硅胶枪的氧化凝固，在涂胶枪下方安装SMC升降气缸，在气缸顶端安装硅胶专用润滑油容器。当设备停止工作时气缸伸出，硅胶专用润滑油将涂胶枪淹没，使涂胶枪与外界环境隔绝，避免涂胶枪的氧化凝固现象发生。

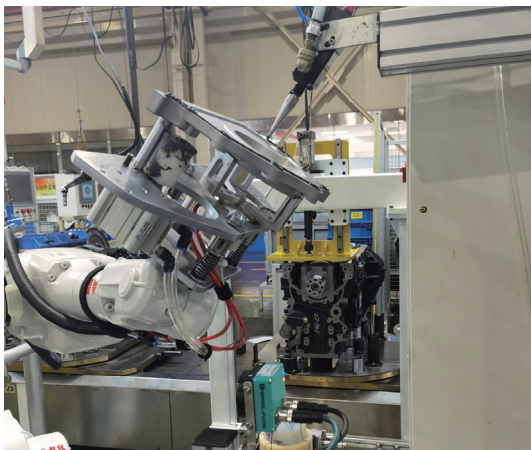


图6 自动涂胶

3.设计制作机体定位机构

由于托盘和辊道、支撑腿三者存在装配间隙，无法实现机体的精准定位，设计制作机体二次定位机构，实现发动机的精准定位，确保前端盖装配一致性。

1) 设计、安装机体定位机构（见图7），包括龙门支架、定位工装、托盘定位气缸2套及机体定位气缸1套，对机体进行上下双向定位，保证装配的精度。

2) 在机体输送辊道下方安装托盘二次定位装置，实现对发动机托盘的定位。

3) 在总装线输送辊道侧方安装机体定位装置，从

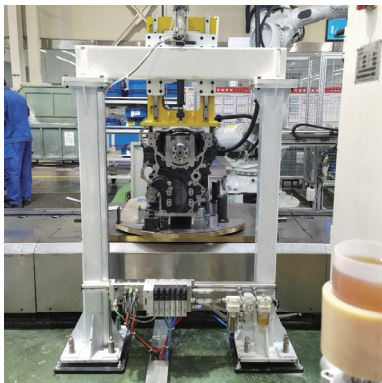


图7 机体定位

上方实现对发动机的精确定位，保证发动机装配位置的精确性。

4.设计前端盖浮动夹具和脉冲式频率敲击装配机构，实现前端盖的自动抓取和装配

(1) 夹爪设计 排除传统增加接触面积抓取的方式，改为轻量分布式三点接触。根据前端盖的形态，由于工件为非加工面，依据夹紧力计算公式，该夹具选择仿形设计，增大了接触面积的同时兼顾了轻量化，保证夹取的过程中夹紧力对工件稳定的夹紧，防止工件运动过程中脱落。

(2) 浮动夹具 主要由机器人连接盘、3根浮动导向杆、夹具固定板及中间内衬弹簧等组成（见图8），能够对前端盖夹具起到压缩作用。在夹具固定板上安装旋转气缸和携带制作的浮动夹爪，能够实现对发动机前端盖进行夹紧携带。在机器人末端安装该浮动夹具，在装配时能够解决受力不均影响的装配一致性问题。

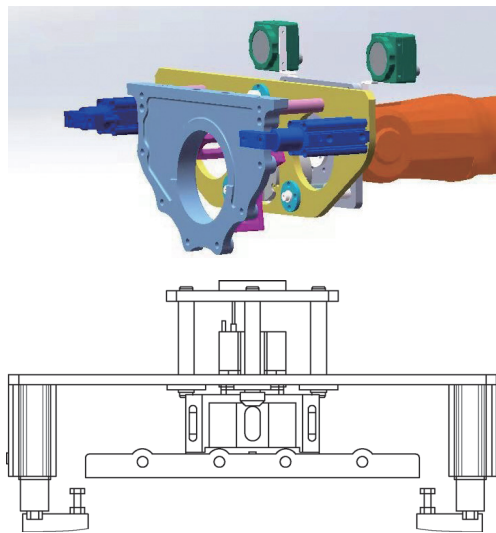


图8 夹爪设计

(3) 浮动装置 机器人连接盘和连接浮动导向杆，将固定板应用直线轴承连接至导向杆的另一端，连同压装气缸都能兼顾压缩量（浮动量有严格要求，不可随意给定），机器人在抓取及装配过程中，压缩量根据动作状态可进行微量调整，确保机器人在抓取夹爪受力均匀，装配时前端盖受力均匀。

(4) 机器人携带浮动装置 在抓取过程中，可根据路径进行定点抓取（见图9），浮动装置可对抓取

的动作起到缓冲支撑的作用，保证了夹紧的可靠性。浮动量选小了，输出的支撑力不够，不能够保证夹爪受力均匀；浮动量过大，成本增高且不能起到足够的缓冲作用。因此，根据工件的特性采用分布式三点支撑，依据工件的重量，计算选择内衬弹簧从而对工件起到足够的缓冲及支撑。

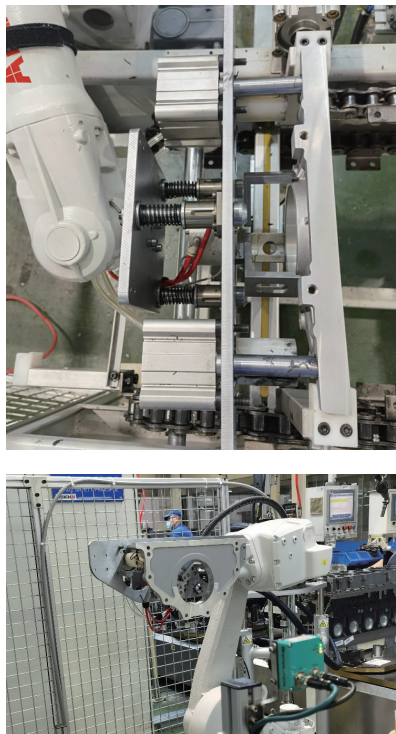


图9 定点抓取

(5) 机器人夹具上携带脉冲式频率敲击装配机构在机器人到达定点装配位置时，装配机构配合夹爪松开动作，开始对前端盖进行脉冲式频率敲击装配，保证了装配时前端盖受力均匀，装配位置精确。

5. 设置电气控制程序，实现PLC、机器人、视觉系统、涂胶系统及输送线体之间的信号交互和数据通信功能

1) 机器人动作程序主要由取料程序、涂胶程序、装配程序等组成，当机器人需要进行相应工作时，PLC (6ES7215-1AG40-0XB0) 会自动发出相应代码，实现各种动作程序的自动调用和选择。

2) 设置机器人工件坐标系和工具坐标系，示教机器人的动作轨迹，利用偏移、比较、赋值等指令实现机器人动作轨迹的快速动作和示教。编写机器人中断程序、一键回原位程序，进行机器人过载、碰撞报警

参数和工作区域设定等，使机器人具有安全防护、区域互锁、一键回原位等功能。

3) 建立机器人与PLC之间的数据通信，实现机器人与PLC之间信号交互功能。编写信号通信程序，进行各模块的硬件组态，实现机器人、视觉系统、供胶系统、分布式I/O模块及输送线体之间的信号通信和动作控制。编写输送辊道及定位装置的动作程序，实现前端盖的自动输送、机体的精确定位、机型的自动识别等功能。

4) 制作HMI操作界面实现各动作的手动/自动动作，实现整个动作流程的可视化，人工操作的简单化、故障诊断的快速化，且各动作之间具有安全互锁功能。

6. 采用视觉技术实现涂胶轨迹检测

1) 安装视觉检测相机，编写通信程序实现视觉相机和PLC、机器人之间的数据通信，涂胶完成后机器人抓取前端盖到检测位进行自动拍照检测。

2) 采用边沿检测等工具实现涂胶轨迹的检测，检测合格后机器人继续工作进行端盖装配；检测不合格后会发出声光报警，机器人停止工作，等待操作者人工处理确认后进行下一步工作。

结语

设计制作前端盖自动涂胶及装配单元，包含机器人、智能输送机构、机体二次定位、托盘定位机构、浮动夹具、涂胶及供胶系统、脉冲式频率敲击装配机构及视觉检测及智能控制系统等结构。通过智能输送装置，前端盖输送至取料位、进/排气弹簧及上座自动排序后输送至取料位（组合件）。机体二次定位和托盘定位装置配合实现发动机的精确定位。利用ABB机器人搭载浮动夹具和脉冲式频率敲击装配机构，借助轻量分布式三点接触功能，浮动夹具一次抓取一个前端盖，同时GRACO硅胶供胶和涂胶系统，通过机器人抓取工件移动进行轨迹定点涂胶。其中脉冲式频率敲击装配机构，实现前端盖的智能装配，并具备检测功能，防止胶线不合格。

发动机前端盖自动涂胶及装配单元的开发及应用，提升工序作业时间21s，效率提升23.3%，装试综合返工率降为0PPM。同时，自动涂胶及装配单元中用到

白车身焊点优化路径浅析

薛清君, 赵红建, 张会岩

吉利汽车集团有限公司 浙江宁波 315336

摘要: 白车身零件之间的连接主要通过点焊实现, 焊点数量直接影响到焊装生产线体的工艺流程、生产节拍、平面布置、工装设备清单及人员定额等工艺设计规划工作。焊点优化是一种重要的产品和制造降本方式, 归纳出相应的焊点优化方法, 并进行分类介绍。

关键词: 白车身; 同步工程; 焊装工艺; 焊点优化; 焊点数量; 降低成本; 方法

焊装工艺专业开展的焊装同步工程 (SE) 活动不仅提出制造可行性问题, 对于产品结构的优化和降低工艺成本的需求, 也应在工程数据开发阶段及时提出。目前白车身上应用较典型的连接工艺是点焊连接, 其焊点数量的多少与生产线体成本的高低有直接的关系, 焊点越多导致工序、工装、设备、人员及焊接能耗等成本越高。但焊点数量并不是越少越好, 焊

点的设计与车身属性等要求息息相关, 故车身上焊点应当合理分布, 针对不同的连接位置制定不同的优化方法, 以降低生产线体工艺开发的投入成本。

焊点间距

焊点间距越小, 焊点越密集, 焊点数量就会越多。对于不同连接部位的焊点, 可提出不同的焊点间

的智能输送、自动抓取及放置、仿形技术、浮动夹具和脉冲式频率敲击技术、二次定位及视觉检测等技术可应用于装备制造业生产线自动化、智能化升级改造工程。这些技术的广泛应用可以更好地促进装备制造行业的工作质量提高, 可以促进装备制造企业的市场竞争力提高, 也能更好地促进我国装备制造业的发展进步^[1]。

参考文献

[1] 梅雪川, 葛光军等. 涂胶机器人技术现状与发展趋势

[J]. 现代制造技术与装备, 2016 (1): 159-160.

[2] 王亚运. 基于机器视觉的机器人涂胶质量在线检测技术研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2015.

[3] 栗海兵. 涂胶机器人控制系统研制及其视觉定位系统研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2010.

[4] 陈怡竹. 工业机器人在汽车智能制造生产线中的应用[J]. 内燃机与配件, 2019 (21): 255-256. **AUTO1950**