

车灯装配专用机械臂轻量化设计研究

张明慧

(郑州财经学院 河南 郑州 450000)

[摘要]科学技术的发展,意味着各行业的技术内容都有了巨大的改变。汽车业,是当前我国乃至世界的重要工业产业,也是经济支柱的重要产业。将更多的科技应用在汽车工业,能够有效的提升专业领域的水平,实现更高效的生产能力,优化产业内的内容。其中,工业机器人的应用,从技术和经济上考虑,都极大的促进了汽车行业以及多领域的发展。工业机器人发展和应用水平是国家和企业综合实力的重要体现,也是自动化水平的重要衡量指标。本文针对车灯装配中存在的复杂程度高、生产效率低、作业强度大等问题,对车灯装配专用机械臂进行轻量化设计研究,采用有限元、逆向建模、曲率分析等技术手段,对机械臂运行情况 and 承载能力进行对比分析,并综合考虑企业车灯装配实际需求,包括工人作业与搬运路线、节拍时间、自动化生产效率、污渍和划伤等,不断创新优化设计方案,最终达到机械臂轻量化设计目标。

[关键词]车灯装配;专用机械臂;轻量化设计

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.10.1844

汽车工业发展了百年时间,从最初的蒸汽汽车被发明出来,人们就对这种影响了时代发展的重要交通工具不断的进行改进,最终形成了如今现代化的汽车装配工艺。在进入21世纪以来,汽车装配工艺也进行了更加优化的技术改革,计算机控制系统的应用,工业机器人的上线,让装配工艺变得更加高效,成本更低,精度更高。其中,车灯装配是汽车制造最终环节,是汽车制造生产重要内容,也是保障汽车安全行驶的重要组成部分,车灯装配效率的提升,将能够提升整个汽车装配线的效率,是汽车生产企业的重要环节,并且,对于车灯装配的改进,能够为其他环节提供技术参考。将工业机器人应用在车灯加工和装配领域,逐渐取代传统人工作业,对提升装配质量和效率,工业机器人的操作精度更高,成本更低,不受情绪、身体状态等主观因素的影响,因此,能够更好的适应汽车装配的工作,对于促进经济发展具有十分积极的现实意义。本文以某车灯装配工序为例,阐述了车灯装配专用机械臂轻量化设计的过程和方法,以及实现轻量化所具备的条件与过程,具体包括预处理、布胶、压实三个步骤,需要先将配光镜小总成和灯体半总成进行静电除尘预处理,然后对灯体半总成进行布胶操作,最后用上胎具吸附抓取配光镜小总成与灯体半总成进行压实处理。发现该工序存在人际布局不合理、人员需重复搬运和完成作业,浪费大量时间;配光镜小总成材质为轻型硬质塑料,车灯外形为曲率连续变化的大曲面,直接抓取会导致车灯裂纹或破裂;热塑膜与尼龙属于非耐磨、易耗材料,长时间使用会出现脱落、杂色、破损等问题。根据车灯装配现有情况,发现设计专用机械臂替代半自动化生产是切实可行的。

一、执行器轻量化设计

执行器是汽车装配流水线上,较为重要的一项设备,它的稳定性和高效性,直接影响到装配的效果和安全,因此,车灯装配专用机械臂轻量化设计从执行器入手,对其进行轻量化的设计,既满足实际生产需求,还能保证生产质量和安

全,是基本的设计优化的原则。目前,市面上执行器的种类非常多样,不同类型的执行器负责的工作范畴不同,如冲压、铸造等高危险性加工和运输作业,喷涂、点焊、堆垛等非连续式作业,切割、抛光、装配等连续式作业^[1-2]。本文设计的机械臂主要用于车灯装配中抓取、压实这两个步骤,必须具备曲面吸附和压力传导两项功能,采用力一位混合型执行器应用范围广、通用性高、控制能力强(动静态切换)、无需建立复杂模型。结合案例进行分析,最终确定该机械臂最大负载、安全运行负载、传递荷载分别为20kg、17kg、2kN。根据以上的具体参数,来实现相关设备的选择和优化。

(一) 被动力控执行器

根据上文提到的机械臂功能需求,结合实际的生产能力与生产状况,在设计时决定采用开环式动力控执行器,执行器与机械臂通过转接板吊装连接,吸盘吸附配光镜小总成,气压驱动进行压力传导完成压实作业,最终完成车灯装配工序。因此,该执行器需要包含转接板、吸盘筋板、气动卡爪、气缸板等组成部分,控制单元操作简单便捷,但受限于技术本身发展,该执行器实时跟踪调控、容错率和纠错能力有限,多应用在低精度场合^[3]。在性能试验中发现,该执行器在车灯装配过程中,容易出现压实不均匀、存在粘合缝隙的问题,废品率较高,这样对于整个企业生产效率提升是十分不利的。同时,计算测量执行器总重量时发现,总体重量超过机械臂设计最大负载能力,为45.5kg,超重一倍以上,不符合最初设计标准,不能有效实现车灯装配专用机械臂轻量化,与最初的设计理念相违背。经过对方案的排查和分析,寻找其中的原因,经过分析发现,该执行器框架虽然采用了轻质板材和型材,从材料本身上来看,确实能够达到轻量化的要求,但是,造成执行器超重的主要原因是,设备悬挂的气缸数量高达6个,这六个气缸的材质为了达到强度,采用的金属材质,这样就导致了整体设备的超重,致使执行器总重量严重超标。

（二）框架逆行拾取执行器

在否定了以上的轻量化实施方案后，继续针对实际情况进行执行器的选取。在这里，要考虑整个执行器的构造和连接形式，其中执行器主要组成构件包含机械臂连接法兰、吸盘安装板、金属框架、非金属压实块、金属框架和导向支撑机构，其中导向支撑机构由导杆、微调杆、斜拉筋、底座组成。由上文可知，执行器总量超标，主要原因是支撑组件和气缸数量过多，为达到轻量化设计目标，需要对气缸、框架式结构和相关部件进行设计变更和优化^[4]。具体优化方法为：根据配光镜小总成逆向工程对原始模型进行重建，得到相应CAD曲面和质心数据，确定外挂气缸压实点位和机械臂连接法兰安装点位信息；以曲面斑马条纹图谱为依据，详细分析配光镜曲率变化，获得最佳吸盘布局方式，在保障装配稳定性和安全性的同时，减少吸盘数量，降低执行器自重，这是一个十分有效的方法和途径，能够最大限度的解决执行器超重的问题。

同时，为提升车灯装配精度和质量，减少配光镜表面损伤、压实不均匀、粘合缝隙等问题出现概率，需要对执行器相关配件进行优化设计，在框架外部和底部增设导向支撑机构和非金属压实块，用压实块的点定位替代上胎具工装边缘线定位，防止过定位、欠定位产生。导向支撑机构具备高结构强度和刚度，是执行器压实工序重要辅助零件，本文结合工序实际情况，共设计2组4个导向杆和支撑杆，设计最大变形量和承载应力分别为0.08mm、8MPa，采用对角线方向将其固定在下胎具外侧并用螺栓连接，经试验论证，这种连接方式既能增加执行器本身的稳定性，也能实现执行器的功能，最主要的，能够减低执行器的重量。

力的传导是由上至下，根据执行器框架压实受力过程，并对其进行有限元分析和计算可知，目前机械臂的整体结构重量为17.2kg，相比于被动力控执行器重量，下降了一半，能够满足设计要求。虽然从数值上看，框架逆行拾取执行器达到了设计要求，但是其重量处在20kg这一安全运行负载临界值附近，缺少足够安全余度，不能保证其安全和稳定性，一旦出现非正常的工况，极易造成设备的故障，降低整个生产的效率。加装气缸后更难保障装配安全和质量，需要在保障强度和刚度的基础上，对其进行再次改性设计，进一步降低执行器的重量，在保证强度与安全的同时，对方案进行进一步的优化和设计，直至达到最优方案。

二、机械臂轻量化设计方案确定与验证

根据上述设计方案，分析其基本的特点和降低重量的主要途径，结合实际试验结果，可以总结出阻碍机械臂轻量化实现的关键影响因素主要有三点：（1）挂载压力传导单

元太重，致使整个设备的重量增大，超出机械臂设计荷载重量；（2）拼接式框架材质虽然为轻质材料，但连接件过多，如螺栓、螺母、加强筋板等，这些材料导致整体框架重量超标，且连接复杂，不方便后期的维护保养；（3）硬质塑料在拾取和压实过程中不需要太大强度、刚度和压实压力，只需要保障压实压力传导方向经过执行器和零件总质心，且不产生粘合缝隙。综合上述设计方案和关键影响因素，分析引力应变云图后，最终确定机械臂轻量化设计方案为一体式框架，执行器总重为15.2kg、主体框架和单个气动卡爪分别为13.2kg、1kg。这些参数与预定的设计参数完全吻合，并且在总重上，留下了一定的安全冗余，保障稳定和强度的同时，实现了机械臂最终的轻量化设计，为企业提升生产效率，提供了重要的技术支持。

三、结束语

科技进步和创新，永远是发展的主体，也是促进社会进步的重要途径。在车灯装配专用机械臂轻量化设计上，着重体现创新意识和创新思维，从可持续而技术角度和汽车构配件产业本质出发，不断的完善轻量化设计方案，从理论和实践上进行研究，让技术方案更适应当前汽车生产工业的发展，减少企业成本，提升企业的科技含量，以此来增加企业在市场竞争中的竞争力。综上所述，本文对车灯装配工序和企业实际安装情况进行研究分析后，明确了技术方案的研究方向，并通过一定的实践对比，确定使用力-位混合控制的一体化框架执行器轻量化设计方案，全面分析和计算，充分检验和运行，确定单个吸盘吸附力和安装点位、确定压实力方向，并对人机位置进行合理布局，最终有效降低人员重复搬运和作业时间，提升装配质量和效率，降低企业的成本，提升企业效益，为企业在当前激烈的竞争中，提升竞争力，从而促进我国整个汽车产业的发展。

参考文献

- [1]陈贺贺.工业机器人机械臂的结构优化和轻量化研究[D].江苏科技大学,2020.
- [2]阳康,张静,蔡文涛,张永波,张横,饶爽.基于ROS的轻量化机械臂系统设计[J].传感器与微系统,2020,39(12):84-87.
- [3]张泰源,张继忠,崔向贵,姜锦华.专用锻造机械臂轻量化设计及仿真分析[J].青岛大学学报(工程技术版),2021,36(03):6-11+21.
- [4]张华.机械臂结构轻量化设计研究[J].能源与环保,2021,43(06):168-172.
- [5]于翔,段彩云,曲汉伟.车灯装配专用机械臂轻量化设计研究[J].制造技术与机床,2019(12):96-100.