

# 机器人焊接夹具的设计要点分析

谷天帅

中国船舶集团有限公司第七一三研究所 河南 郑州 450000

**摘要：**本文探讨了机器人焊接夹具设计。首先阐述其基本要求与重要性，包括定位、夹紧、刚性和结构等方面的要求，以及对焊接质量和生产效率的意义。接着分析设计关键要素，如定位系统、夹紧机构及结构与材料选择。然后指出常见问题，如定位精度、自动化兼容性和维护便捷性等问题。最后提出优化策略，以提高夹具性能，保障生产质量与效率。

**关键词：**机器人焊接；焊接夹具；设计要点；定位精度；自动化

## 引言

在机器人焊接自动化生产中，焊接夹具设计至关重要，其基本要求涵盖高精度定位、合适夹紧力、良好刚性与稳定性及简洁结构等方面，对保障焊接质量与生产效率意义重大。然而，当前设计存在定位精度保障、自动化兼容性及维护便捷性等问题。基于此，深入探讨夹具设计要点与优化策略，对提升焊接自动化水平具有现实意义。

## 1 机器人焊接夹具设计的基本要求与重要性

### 1.1 基本要求

机器人焊接夹具设计是确保焊接质量和生产效率的关键环节，其设计需满足一系列严格的基本要求。（1）高精度的定位功能是机器人焊接夹具设计的首要要求。在焊接过程中，工件的位置精度直接决定了焊接接头的尺寸精度和形位公差。夹具必须具备精确的定位元件和可靠的定位方式，能够快速、准确地将工件定位到焊接所需的位置，确保每次焊接时工件的位置一致，从而保证焊接质量的稳定性和可重复性。（2）夹紧力的适当性和均匀性也是夹具设计的重要考量。夹紧力过小，工件在焊接过程中可能因受到焊接应力而发生位移或变形，导致焊接质量下降；夹紧力过大，则可能使工件产生不必要的变形，甚至损坏工件。因此，夹具设计时需根据工件的材质、形状和尺寸，合理计算并分配夹紧力，确保夹紧力既能有效固定工件，又不会对工件造成损害。

（3）夹具的刚性和稳定性同样不容忽视。焊接过程中会产生较大的冲击力和振动，如果夹具的刚性不足或稳定性差，就可能导致夹具本身发生变形或振动，进而影响焊接质量。因此，夹具设计时应选用高强度、高刚性的材料，并采用合理的结构形式，确保夹具在焊接过程中能够保持稳定的形态和位置。（4）夹具的结构应尽量简单，便于操作和维护。复杂的夹具结构不仅会增加生产

成本和使用难度，还可能降低生产效率。

### 1.2 重要性

合理的机器人焊接夹具设计对于保障焊接质量和提高生产效率具有重要意义。（1）精确的定位和可靠的夹紧能够确保焊缝的位置和尺寸符合设计要求，减少焊接缺陷的产生。这不仅可以提高焊接接头的强度和密封性，还可以降低后续加工和检测的成本，提高产品的整体质量。（2）高效的夹具设计能够实现快速装夹和拆卸工件，减少机器人的待机时间。在自动化生产线上，机器人的工作效率直接决定了整个生产线的生产效率。因此，通过优化夹具设计，提高装夹和拆卸速度，可以显著提高机器人的工作效率，进而提升整个生产线的生产效率。（3）良好的夹具设计还能降低工人的劳动强度，改善工作环境。在传统的焊接过程中，工人需要花费大量时间和精力进行工件的装夹和定位。而合理的夹具设计可以实现自动化装夹和定位，减轻工人的劳动强度，提高工作的舒适性和安全性。（4）对于自动化生产线而言，合适的夹具设计是实现生产线高效运行的基础。通过优化夹具设计，可以确保生产线上的各个工位能够协同工作，实现高效、稳定的生产过程，从而提高整个生产线的稳定性和经济性。

## 2 机器人焊接夹具设计的关键要素

### 2.1 定位系统设计

定位系统作为机器人焊接夹具的核心构成，对工件定位精度起着决定性作用。（1）合理选择定位基准是定位系统设计的关键步骤。需依据工件的具体结构特点和加工要求，精准挑选合适的定位基准。例如，对于结构规整、大面积平面较多的工件，平面可作为定位基准，利用其平整特性保证定位稳定；若工件有精度较高的孔，则可将孔作为定位基准，借助定位销实现精准定位；对于外圆表面精度良好的工件，外圆同样可作为合

适的定位基准。(2)采用恰当的定位方式也至关重要,“3-2-1”定位原理是常用且有效的方法,通过限制工件的六个自由度,确保工件在空间中处于唯一确定位置。此外,定位元件的精度和耐磨性不容忽视,应选用高精度、高硬度的定位销、定位块等元件,并对其进行适当的热处理,以提升其硬度和耐磨性,从而延长使用寿命,保障定位精度。

### 2.2 夹紧机构设计

夹紧机构在机器人焊接夹具中承担着将工件稳固固定的重要职责,可有效防止焊接时工件出现位移与变形,保障焊接质量。(1)在设计夹紧机构时,要综合考量工件的形状、尺寸以及材料特性。若工件体积小、重量轻且形状简单,机械夹紧方式凭借其结构简洁、成本低廉的优势较为适用;对于大型、重型工件,液压夹紧能提供强大且稳定的夹紧力;而气动夹紧则因响应速度快、操作便捷,适合对生产效率要求较高的场景。(2)夹紧力的大小和作用点需精准确定。夹紧力要足以抵御焊接过程中产生的各类作用力,确保工件位置稳定,但过大的夹紧力会使工件产生变形,影响焊接质量。同时,要保证夹紧力分布均匀,防止局部应力集中引发工件损伤。此外,夹紧机构的动作要迅速、可靠,能够快速完成夹紧与松开操作,并且便于操作人员进行调整和维护,以提高生产效率<sup>[1]</sup>。

### 2.3 结构设计与材料选择

夹具的结构设计是保障机器人焊接作业顺利开展的关键环节,需紧密贴合机器人焊接的工艺要求。设计时,要着重确保夹具具备良好的开放性和可达性。开放性意味着夹具不能有过多阻碍物,要为机器人焊枪提供充足的操作空间;可达性则要求焊枪能够灵活移动到焊接部位,顺利完成焊接动作,避免因结构限制导致焊接死角。(1)在保证功能性的同时,夹具结构应尽量紧凑。紧凑的结构设计能有效减少占地面积,提高生产场地的空间利用率,降低企业的场地成本。(2)材料选择同样不容忽视。夹具主体结构需承受焊接过程中的各种力和振动,应选用强度高、刚性好且重量轻的材料,如铝合金可减轻夹具自重,便于机器人操作;钢结构则具有较高的强度和稳定性。定位元件和夹紧元件直接与工件接触,需选用硬度高、耐磨性好的材料,如淬火钢经过热处理后硬度大幅提升,硬质合金更是具有优异的耐磨性能,可保证元件长期使用而不易损坏,确保夹具的定位和夹紧精度。

## 3 机器人焊接夹具设计常见问题分析

### 3.1 定位精度保障问题

在机器人焊接夹具的实际设计环节,定位精度保障面临着诸多棘手挑战。(1)定位元件自身的制造精度和安装精度是影响定位精度的关键因素。若定位元件在制造过程中,尺寸公差、形状公差等未能严格控制在合理范围内,其精度必然不足。而在安装过程中,若安装位置出现偏差、安装方式不当,也会导致定位元件无法精准定位,进而增大工件的定位误差。(2)工件的加工误差和表面粗糙度同样不可忽视。当工件的定位基准面存在尺寸偏差、平面度误差等问题,或者表面粗糙度过大、不平整时,定位元件与工件之间难以实现良好的接触和贴合,这会使定位精度大打折扣。(3)夹具在长期使用过程中,不可避免地会出现磨损和变形。定位元件的磨损会改变其与工件的配合尺寸,夹具结构的变形则会破坏原有的定位关系,这些都会导致定位精度逐渐下降,影响焊接质量。

### 3.2 自动化兼容性问题

在机器人焊接自动化水平日益提升的背景下,夹具的自动化兼容性成为影响生产效率与质量的关键因素,而当前部分夹具设计在这方面存在明显不足。(1)从结构设计层面来看,部分夹具未充分考虑与机器人的协同作业需求。其结构布局不合理,存在突出的部件、狭窄的通道等,会严重阻碍机器人的运动轨迹,使机器人焊枪无法顺利到达焊接位置,影响焊接操作的流畅性和准确性。(2)在控制系统方面,夹具的控制系统与机器人的控制系统之间缺乏良好的兼容性。二者无法实现自动化的同步操作,导致在焊接过程中,夹具的夹紧、松开动作与机器人的焊接动作不能精准配合,容易出现时间差,降低生产效率,甚至可能引发安全事故。(3)夹具的快速更换功能不完善也是一大问题。当需要更换工件品种时,由于夹具缺乏便捷的快速更换机制,调整过程繁琐,耗费大量时间,严重影响了生产线的灵活性和生产效率,难以满足自动化生产快速切换的需求<sup>[2]</sup>。

### 3.3 维护便捷性问题

在机器人焊接夹具的实际应用中,维护便捷性是影响生产连续性和成本的重要因素,然而部分夹具在设计上存在明显缺陷,导致维护困难重重。(1)一些夹具设计过于复杂,部件安装位置极为隐蔽。在需要进行日常维护或部件更换时,操作人员难以快速找到目标部件,拆卸和更换过程繁琐且耗时。例如,某些定位元件或夹紧元件被深埋在夹具内部,周围空间狭小,工具难以施展,大大增加了维护的难度和工作量。(2)夹具的润滑和清洁工作也面临诸多阻碍。由于结构设计不合理,润滑油道不畅,清洁死角多,灰尘和油污容易在夹具内

部积累。长期积累的污垢不仅会影响夹具的运动精度和稳定性,还会加速部件的磨损,缩短夹具的使用寿命。

(3) 夹具的易损件设计不合理也是一大问题。更换易损件时,往往需要拆除大量其他相关部件,这不仅增加了维护成本,还延长了停机时间,严重影响生产效率。

#### 4 机器人焊接夹具设计问题的优化策略

##### 4.1 提高定位精度的措施

定位精度对机器人焊接质量起着决定性作用,为有效提高定位精度,需从多个方面着手。(1)要严格把控定位元件的制造精度和安装精度。在制造环节,运用精密加工工艺,对定位元件的尺寸公差和形位公差进行精确控制,使其符合设计要求。安装过程中,采用专业的装配工艺,确保定位元件安装位置准确,避免因安装偏差影响定位精度。(2)对工件的定位基准面进行精密加工。通过高精度的加工设备和方法,降低定位基准面的表面粗糙度,提高其平面度、垂直度等精度指标,保证定位元件与工件定位基准面能够良好接触,减少定位误差。(3)定期对夹具进行检测和校准。制定科学合理的检测计划,运用专业的检测设备,及时发现夹具因磨损和变形导致的定位精度下降问题,并进行修复或调整。

(4) 还可采用辅助定位装置,如传感器、视觉系统等,对工件的位置进行实时监测和调整,进一步提升定位精度,确保焊接质量稳定可靠。

##### 4.2 增强自动化兼容性的设计

为提升机器人焊接夹具的自动化兼容性,在夹具设计阶段需进行全方位考量。(1)要充分重视与机器人的协同工作,对夹具的结构设计进行优化。通过模拟分析和实际测试,合理规划夹具各部件的布局,确保机器人焊枪在焊接过程中能够自由、顺畅地运动,避免因夹具结构不合理而产生的干涉问题,保障焊接操作的连贯性和准确性。(2)采用标准化的接口和通信协议是增强兼容性的关键举措。制定统一的接口标准,使夹具的控制系统与机器人的控制系统能够实现无缝对接。通过标准化的通信协议,确保二者之间能够进行高效、准确的信息交互,从而实现自动化的同步操作,提高生产流程的自动化程度和协同效率。(3)设计快速更换装置必不可少。可引入模块化夹具、零点定位系统等先进技术,

实现夹具的快速更换和精准定位。这样在更换工件品种时,能够大幅减少调整时间,提高生产线的灵活性和生产效率,更好地适应自动化生产的需求。

##### 4.3 提升维护便捷性的设计

为提升机器人焊接夹具的维护便捷性,需从多个维度进行优化设计。(1)在结构设计方面,应秉持简洁原则,减少复杂部件的使用。通过合理的结构布局和模块化设计,使夹具的拆卸和组装流程更加简便快捷,降低维护人员的操作难度和工作强度。(2)部件位置安排也至关重要。要充分考虑易损件的更换和维护需求,将润滑点和清洁口设置在易于操作的位置,方便维护人员进行日常的润滑和清洁工作,确保夹具始终处于良好的运行状态。(3)材料选择上,优先选用耐磨、耐腐蚀的材料制造夹具部件。这类材料能够有效抵抗焊接过程中的磨损和腐蚀,延长夹具的使用寿命,减少因部件损坏而导致的停机维护次数,降低维护成本。(4)还需制定完善的维护保养计划。按照计划定期对夹具进行全面的清洁、润滑和检查,及时发现并解决潜在问题,将故障隐患消除在萌芽状态,保障生产的连续性和稳定性<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

机器人焊接夹具设计是一项综合性强、要求严格的工作。从基本要求到关键要素,再到常见问题及优化策略,各环节紧密相连。设计人员需全面考虑定位精度、自动化兼容性和维护便捷性等多方面因素,通过严格把控制造安装精度、优化结构设计、采用标准化接口、选用合适材料以及制定维护计划等措施,不断提升夹具性能。唯有如此,才能确保焊接质量稳定可靠,提高生产效率,降低生产成本,推动机器人焊接技术在制造业中实现更高效、更优质的应用与发展。

#### 参考文献

- [1] 侯志刚,方宝晟,胡斌等.基于协作机器人的物流分拣软体夹具设计[J].机床与液压,2021,49(21):50-55.
- [2] 郭树伽,刘羽,姜彬等.AGV+协作机器人在零件数控机床加工上下料中的应用[J].汽车工艺师,2019, No.194(09):17-20.
- [3] 王荣校,李全城.基于虚拟仿真的工业机器人实训混合教学研究[J].实验室科学,2021,24(06):114-116+121.