



“十四五”职业教育国家规划教材

广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材

HANJIE JIQIREN

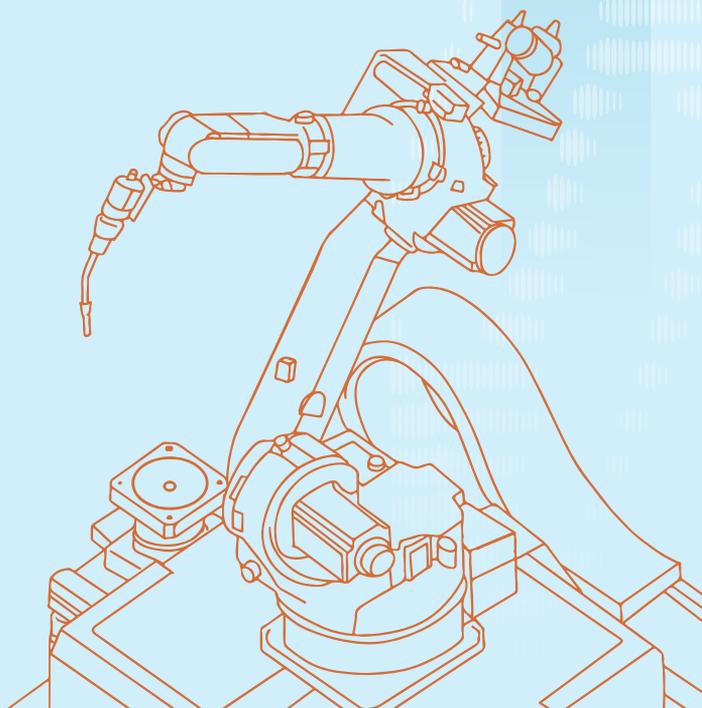
YINGYONG YU WEIHU

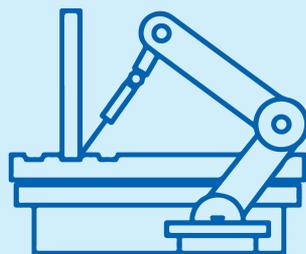
焊接机器人 应用与维护



谢托 主编

广西师范大学出版社
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS





总 策 划：施东毅 梁 琪 张贻松

项目统筹：张贻松 闫 丽

策划编辑：陈俊海

责任编辑：陈俊海

责任校对：李妤雯

责任技编：伍智辉

书籍设计：莫靖怡 [广大迅风艺术]



定价：48.00 元



“十四五”职业教育国家规划教材

广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材

焊接机器人 应用与维护

主 编：谢 托

副主编：黄 聪 郭建辉 俞 皓

编 者：欧福强 龚希军 吴 涛

甘 欣 刘思妤 廖国锋

张锁军 黄 罡 韦加业

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接机器人应用与维护 / 谢托主编. -- 桂林 :
广西师范大学出版社, 2024. 9 (2025. 11 重印).
(广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材).
ISBN 978-7-5598-7238-8

I. TP242.2

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024N7R834 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市五里店路 9 号 邮政编码: 541004)
网址: <http://www.bbtpress.com>

出版人: 黄轩庄

全国新华书店经销

广西思畅印务有限公司印刷

(南宁市望州路北四里 2 号 邮政编码: 530012)

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 13 字数: 206 千

2024 年 9 月第 1 版 2025 年 11 月第 2 次印刷

定价: 48.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社发行部门联系调换。



前 言



党的二十大报告强调,要“实施产业基础再造工程和重大技术装备攻关工程,支持专精特新企业发展,推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”,这为新征程我国制造业发展指明了方向。机器人被誉为“制造业皇冠顶端的明珠”,工业机器人的研发、制造、应用是衡量一个国家制造业智能化水平的重要标志。当前,工业机器人产业蓬勃发展,对适应新型工业化的应用型和技能型人才的要求不断提高。为贯彻落实《中华人民共和国职业教育法》的有关要求,我们依据教育部发布的《“十四五”职业教育规划教材建设实施方案》文件精神,参照相关的国家职业技能标准和企业生产标准,结合装备制造类专业建设和课程改革的需要,联合企业专家编写本教材。

本教材突显中等职业教育的特点,以项目引领、任务驱动的模式安排内容,帮助学生掌握焊接机器人的基本概念、编程方法等知识,以及应用技巧、维护保养等技能,为学生在实际工作中更好地应用焊接机器人提供有力的参考。本教材注重理论与实践相结合,通过理论部分阐述焊接机器人的相关概念和原理,通过实践部分提供编程应用和维护保养的具体方法和技巧。在每个项目末尾提供自我评价表格和检测习题,以供学生进行学习检测和自我提升。大国工匠是中华民族大厦的基石、栋梁。为落实“立德树人”根本任务,本教材精选了四位大国工匠的先进事迹融入每个项目,旨在大力弘扬劳模精神、工匠精神,培养学生正确的价值观。

本教材是广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材,由柳州市第一职业技术学校谢托担任主编。参与编写的人员有柳州市第一职业技术学校黄聪、郭建辉、俞皓、欧福强、龚希军、吴涛、甘欣、刘思好。具体编写分工如下:项目一由谢托和刘思好编写;项目二由黄聪和俞皓编写;项目三由欧福强和甘欣编写;项目四由郭建辉、龚希军和吴涛编写。谢托负责统稿和审核。同时,教材的编写得到了廖国锋(广西柳工机械股份有限公

司)、黄罡(柳州六和方盛机械有限公司)、张锁军(东风柳州汽车有限公司)、韦加业(东风柳州汽车有限公司)4位企业专家的大力指导和协助。编写过程中,编者参阅了国内外大量的相关资料。在此一并表示衷心的感谢。

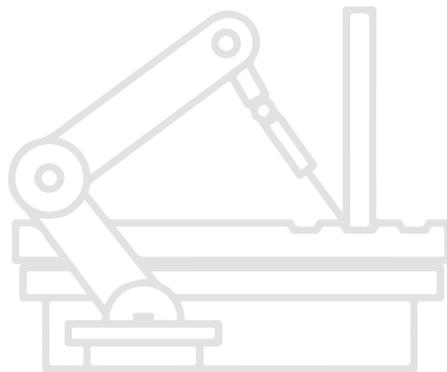
本教材配备丰富的教学资源,如微课、教学课件、试题、参考程序等,教学课件、试题、参考程序请扫描下方二维码,登录广西师范大学出版社官网“下载中心”的“职业教育”栏目下载。微课视频二维码放置于本书相关内容处,可扫码观看。本教材配套的教学资源受版权保护,仅限本校教学使用,严禁外传。

编者建议本教材对应的课程学时为80个学时。由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。



扫码下载资源

| 目 录 | CONTENTS



项目一 焊接机器人工作站组成	/ 1
任务一 认识焊接的原理及方法	/ 3
任务二 认识焊接机器人工作站	/ 10
项目二 点焊机器人的应用操作	/ 27
任务一 焊钳系统和机器人参数的配置	/ 29
任务二 双层板焊接的编程与调试	/ 49
任务三 点焊质量的检测	/ 61
项目三 弧焊机器人的应用操作	/ 75
任务一 认识弧焊工艺	/ 77
任务二 焊接工艺参数的设置	/ 87
任务三 直线缝、角缝的焊接编程	/ 95
任务四 常见焊接故障、缺陷及解决方法	/ 105

项目四 焊接机器人的维护与保养 / 119

任务一 焊接机器人的常规点检 / 121

任务二 电池的更换 / 133

任务三 电极帽的修磨及更换 / 140

任务四 弧焊焊枪的清理与导电嘴的更换 / 152

任务五 机器人文件的备份与加载 / 166

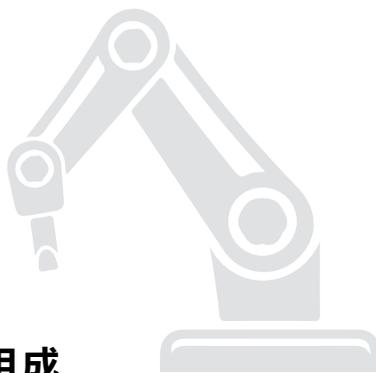
任务六 机器人零点复归 / 185

参考文献 / 200





项目一 焊接机器人工作站组成



项目引入

焊接机器人(Welding Robot)是用于焊接作业的工业机器人,如图 1-1 所示。焊接机器人被广泛用于工程机械、能源设备制造以及铁路、航空航天、军工、冶金、电器等行业,是目前工业机器人中产量最大、应用最广的产品,其总量占现有工业机器人总量的 50%左右。



图 1-1 焊接机器人应用在工业生产中



与传统焊接相比,机器人焊接具有以下优点:

- (1) 焊接质量的稳定和提高易于实现,并能保证其均一性。
- (2) 提高生产率,可 24 小时连续生产。
- (3) 可在有害环境下长期工作。
- (4) 降低对工人操作技术难度的要求。
- (5) 缩短产品改型换代的准备周期,减少相应的设备投资。
- (6) 可实现小批量产品焊接自动化。
- (7) 为焊接柔性生产线提供基础。

1969 年,美国通用汽车公司(GM)在汽车组装生产线上装备首台汽车点焊机器人。自此,机器人焊接技术日臻成熟,目前已发展出点焊、弧焊、激光焊、等离子焊、搅拌摩擦焊等多种焊接机器人。焊接系统也由最初的单一机器人发展为多机器人协同作业的工作站或生产线。

项目目标

◆ 本项目包含两个任务,一是认识焊接的原理及方法,二是认识常用焊接机器人工作站的组成。通过本项目学习,应达到以下目标:

- (1) 能描述焊接的原理及常用的方法。
- (2) 能举例描述点焊、弧焊等常见焊接机器人工作站的应用场景。
- (3) 能说出点焊机器人工作站、弧焊机器人工作站构成设备或装置的名称,并知晓其功能。
- (4) 培养安全规范的操作意识。
- (5) 培养敬业、精益、专注、创新的工匠精神。



任务二 ◆ 认识焊接机器人工作站 ◆

任务描述

汽车车身焊接是目前焊接机器人应用最多的领域。每台汽车的车身通常有 3 000~5 000 个焊点和焊缝。在大型汽车厂,每天需要完成数百万个焊接作业任务,因此,必须采用多机器人焊接生产线才能完成作业。

学习任务:认识常用焊接机器人工作站的构成及各部件功能,完成任务单(见表 1-5)。

任务目标

1.知识目标:了解常用焊接机器人工作站的构成、部件功能。知晓常用焊接机器人工作站的典型应用场景。

2.能力目标:能对照设备向他人介绍焊接机器人工作站的构成。能根据设备说出焊接机器人工作站使用的焊接方法。能说出实训室内各种安全标识的含义。提升资料检索查阅和总结归纳的能力。

3.素养目标:培养责任意识、安全操作意识、环保意识、爱国主义情怀。

工具器材

1.设备工具:点焊机器人工作站、弧焊机器人工作站、激光焊机器人工作站。

2.安全防具及标识:安全围栏、安全光栅、防护眼镜、各种安全标识等。

任务指导

一、点焊机器人工作站

汽车工业是点焊机器人工作站一个典型的应用领域,如图 1-5 所示。在装配每台汽车车体时,大约 60%的焊点是由焊接机器人完成的。点焊机器人工作站可用于点焊和滚焊(缝焊)作业。

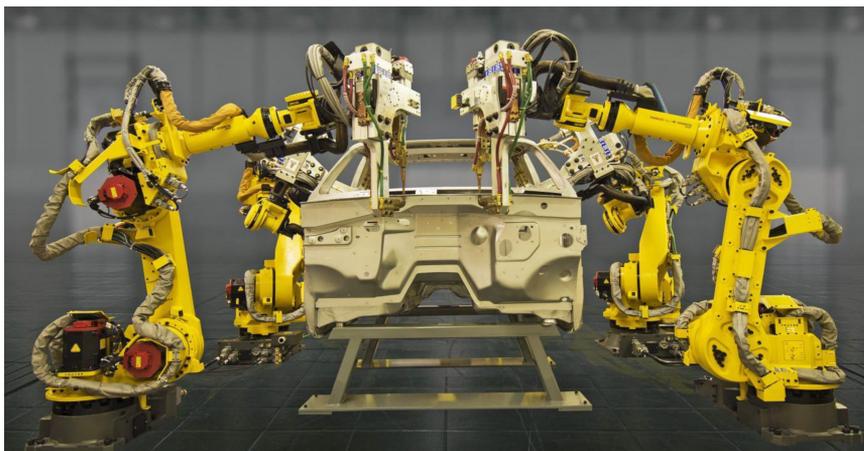


图 1-5 点焊机器人在汽车工业中的应用

点焊是电阻焊的一种。电阻焊是将被焊母材压紧于两电极之间,并施以电流,利用电流流经工件接触面及邻近区域产生的电阻热效应将其加热到塑性状态,使得母材表面相互紧密连接,生成牢固的接合部。点焊主要用于薄板焊接。

完整的点焊机器人工作站由点焊机器人、点焊控制装置、系统附件三个部分组成,采用双面单点焊方式。

(一) 点焊机器人

点焊机器人包括机器人本体(图 1-6)、控制柜、示教器,主要用于精确地保证机械手末端执行器(焊钳)所要求的位置、姿



点焊机器人
(微课)



图 1-6 点焊机器人本体



态和运动轨迹。由于点焊作业工具(焊钳)的体积大、质量大,对机器人的承载能力、作业范围、作业灵活性的要求较高,因此,一般需要采用中、大规格的六轴或七轴垂直串联型机器人。

(二) 点焊控制装置

点焊控制装置(焊接设备)是焊接作业的基本部件,它包括焊机、焊钳、电极,以及配套的冷却水系统、压缩空气等辅助装置及管路。其中,焊机、焊钳是最主要的焊接作业设备。

1. 电阻焊机

电阻焊机是指为焊接提供一定特性的电源的电器。点焊机器人配套的焊机控制箱的外观如图 1-7 所示。它主要用于焊接电流、焊接时间等焊接参数及焊机冷却等的自动控制与调整。



图 1-7 电阻焊机控制箱

常用的电阻焊机主要有单相交流工频焊机、三相次级整流焊机、中频逆变焊机、交流变频焊机等四类,机器人使用的焊机以中频逆变焊机、交流变频焊机居多。

2. 焊钳

焊钳是点焊作业的基本工具,它是将点焊用的电极、焊枪架和加压装置紧凑汇总的焊接装置。焊钳从用途上一般分为 C 型和 X 型两大类,如图 1-8 所示。C 型焊钳一般用于上下薄板结合点的焊接,X 型焊钳一般用于前后薄板结合点的焊接。

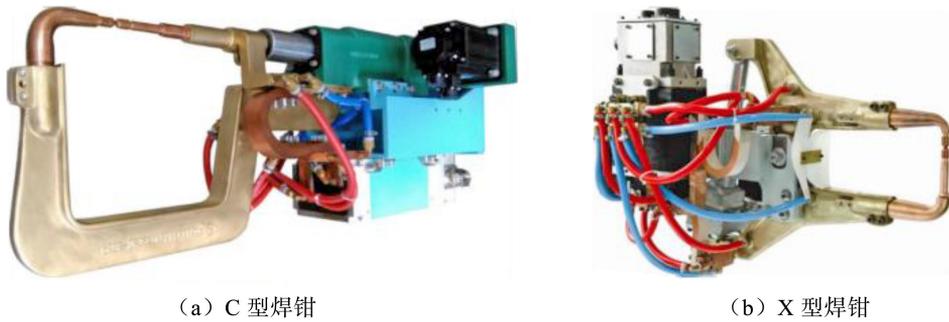


图 1-8 焊钳

焊钳选用时应根据工件的结构形式、材料、焊接工艺,以及焊点在工件上的位置分布来设置它的形式、电极直径、电极间的压紧力、两电极的最大开口度和焊钳的最大喉深等参数。

3. 电极

电极是保证点焊质量的重要零件,其主要功能是向工件传导电流、压力,分散焊接区热量等(图 1-9)。电极的结构可分为标准直电极、弯电极、帽式电极、螺纹电极和复合电极五种。电极由四部分组成,即端部、主体、尾部和冷却水孔。标准直电极是点焊中应用最为广泛的一种电极。



图 1-9 不同类型的电极

4. 冷却水系统

点焊是低压大电流焊接,在焊接过程中,导体会产生大量的热量,使用冷却



水可以有效降低焊钳和工件的温度,减少热量积累,确保焊钳的安全性能和使用寿命。冷却水系统(图 1-10)由水箱、水泵和冷却水管及水压开关组成。水箱里的冷却水经水泵流经冷却水管,经水压开关后流入焊钳,然后经冷却水管再回流入水箱,形成冷却水循环。



图 1-10 冷却水系统

(三) 系统附件

点焊系统常用的附件主要有变位机、电极修磨器以及焊钳自动更换装置等,附件可根据系统的实际需要选配。

1. 变位机

变位机可用来安装工件,并实现工件的移动、回转、摆动或自动交换,利用变位机可大范围改变工件和机器人的相对位置,增加机器人系统的总自由度,提高系统的作业效率和自动化程度。

2. 电极修磨器

电极修磨器(图 1-11)用于对焊接生产中磨损的电极进行打磨,去除电极顶端氧化层和污垢,对电极顶端进行整形,使电极顶端的形状与初始时的形状保持一致,以改善焊接效果、提高焊接质量。



图 1-11 电极修磨器



3.焊钳自动更换装置

焊钳自动更换装置用于焊钳的自动更换,可通过焊钳加紧命令及输入/输出(I/O)命令,由机器人控制系统的通用输出(DO)信号控制。

二、弧焊机器人工作站

电弧熔化焊接简称弧焊(Arc Welding),是目前金属熔焊中使用最普遍的方法。它是通过加热,使工件、焊件以及焊丝、焊条等熔填物局部熔化形成熔池,冷却凝固后接合为一体的焊接方法。

用于弧焊作业的机器人称为弧焊机器人。一个完整的弧焊机器人工作站由弧焊机器人、弧焊机、焊枪、送丝机、焊丝盘架、焊接变位机、焊接供气系统、焊枪清理装置等组成。

(一) 弧焊机器人

弧焊机器人本体一般采用六轴或七轴垂直串联结构,机器人的基本结构与同结构的其他机器人并无区别,如图 1-12 所示。弧焊作业的工具为焊枪,其体积、质量均较小,对机器人的承载能力要求不高。因此,通常以承载能力 3~20 kg、作业半径 1~2 m 的中小规格机器人为主。弧焊机器人需要进行焊缝的连续焊接作业,因此,机器人需要具备直线、圆弧等连续轨迹的控制能力,故对控制系统的插补性能、运动速度平稳性和定位精度的要求相对较高。



弧焊机器人
(微课)



图 1-12 弧焊机器人



(二) 弧焊机

弧焊机是用来对焊接电压、焊接电流、焊接时间等焊接参数进行自动控制与调整的设备,如图 1-13 所示。常用的弧焊机有交流弧焊机和逆变弧焊机两类,其中逆变弧焊机根据焊接电流的输出形式又可分为逆变式直流焊机(简称直流焊机)和逆变式直流脉冲焊机(简称脉冲焊机)。



图 1-13 弧焊机

(三) 焊枪

焊枪(图 1-14)将焊机的大电流产生的热量聚集在焊枪的终端来熔化焊丝,熔化的焊丝渗透到需焊接的部位,冷却后,被焊接的物体牢固地连接成一体。焊枪的种类很多,根据焊接工艺的不同,选择相应的焊枪。对于弧焊机器人工作站而言,采用的是熔化极气体保护焊枪,其基本组成有导电嘴、气体保护喷嘴、送丝导管和焊接电缆等。



图 1-14 焊枪

(四) 送丝机

送丝机(图 1-15)是为焊枪自动输送焊丝的装置,一般安装在机器人 U 轴上。主要由送丝电动机、压紧机构、送丝滚轮等组成。

送丝电动机驱动送丝滚轮旋转,为送丝提供动力,从动轮将焊丝压入送丝轮上的送丝槽,增大焊丝与送丝轮的摩擦,将焊丝修整平直,平稳送出,使进入焊枪的焊

丝在焊接过程中不会出现卡丝现象。因此,送丝稳定是焊接连续稳定进行的重要保证。



图 1-15 送丝机

(五) 焊丝盘架

焊丝盘架用于固定焊丝盘,既可装在机器人 S 轴上,也可装在地面。焊丝从送丝套管中穿入,通过送丝机送入焊枪。

(六) 焊接变位机

焊接变位机(图 1-16)用于承载工件,主要作用是在焊接过程中将工件进行翻转变位,以便获得最佳的焊接位置,可缩短辅助时间,提高焊接效率,改善焊接质量,是机器人焊接作业不可缺少的设备。



图 1-16 焊接变位机



(七) 焊接供气系统

熔化极气体保护焊要求可靠的气体保护。焊接供气系统的作用就是保证纯度合格的保护气体在焊接时以适宜的流量平稳地从焊枪喷嘴喷出。目前国内的焊接保护气体的供应方式主要有瓶装供气和管道供气两种,以瓶装供气为主。

瓶装供气系统主要由钢瓶、气体调节器、电磁气阀、电磁气阀的控制电路及气路构成,如图 1-17 所示。气瓶出口处安装了减压器,减压器由减压机构、加热器、压力表和流量计等部分组成。气瓶中装有 80% CO_2 和 20% Ar 的保护气体。



图 1-17 瓶装供气系统

(八) 焊枪清理装置

焊接机器人的焊枪经过焊接后,内壁会积累大量的焊渣,影响焊接质量,因此需要使用焊枪清理装置定期清除焊渣。若焊丝过短、过长或焊丝端头成球状,也可以通过焊枪清理装置进行处理。焊枪清理装置主要包括剪丝装置、喷油装置、清枪装置、喷嘴外表面的打磨装置、料斗,如图 1-18 所示。



图 1-18 焊枪清理装置



三、激光焊机器人工作站

激光焊接技术属于熔融焊接,是以激光束为热源,使其冲击在焊件接头上以达到焊接目的的技术。激光焊接是利用高能量密度的激光束作为热源的一种高效精密焊接方法。与传统焊接相比,激光焊接的优势在于:热变形小、焊接精度高、噪声小、无污染、易于实现自动焊接,还可进行复合焊接。由于其独特的优点,因此已成功应用于微、小型零件的精密焊接中。

一个完整的激光焊机器人工作站由激光焊机器人、激光器、激光冷水机等组成。

(一) 激光焊机器人

激光焊机器人本体一般采用六轴或七轴垂直串联结构,机器人的基本结构与同结构的其他机器人并无区别,如图 1-19 所示。



图 1-19 激光焊机器人



激光焊机器人
(微课)

(二) 激光器

激光器是一种将电能变成光能,产生所需要的激光束的装置,如图 1-20 所示。



图 1-20 激光器

(三) 激光冷水机

激光冷水机(图 1-21)又称为风冷箱型工业冷水机,是一种应用于多种行业,通过冷却形式来达到降温目的的设备。其广泛用于医疗、化工、激光、冶金、设备制造、电镀、塑料加工行业。其换热的来源是空气,配备有专用风扇。



图 1-21 激光冷水机

任务实施

实践是检验学习成果的最好途径。请仔细阅读任务单内容,认真完成表 1-5。

表 1-5 认识焊接机器人工作站任务单



项目名称	焊接机器人工作站组成		任务名称	认识焊接机器人工作站		
班级		姓名	学号		日期	
任务内容及实施	1.向同学介绍常用焊接机器人工作站					
	焊接机器人工作站		工作站名称	组成部件	焊接方法	应用场景
						
						
						
	2.认识实训室内的各种安全防具和标识,并说出其作用或警示内容					
	安全防具及标识		名称	作用/警示内容		
						



任务内容及实施	安全防具及标识	名称	作用/警示内容
			
			
			
	 <p data-bbox="511 1266 674 1312">当心触电</p>		
	 <p data-bbox="529 1493 656 1534">必须戴安全帽</p>		
	 <p data-bbox="529 1709 653 1776">当心机械伤人 Warning! mechanical injury</p>		

任务内容及实施	3.请查阅相关资料:了解国内有哪些品牌的焊接机器人工作站

任务检查

根据表 1-6 认识焊接机器人工作站任务检查评分表,对任务实施情况进行检查评分,以便客观评价自己的学习。

表 1-6 认识焊接机器人工作站任务检查评分表

序号	评分内容	评分细则			配分/分	扣分/分	得分/分
1	工作站组成及应用场景	能清晰流利地描述常用焊接机器人工作站的组成及部件功能(每错 1 处扣 3 分)。每种焊接机器人工作站能说出 2 种不同的应用场景(每说出一种应用场景得 5 分)			40		
2	设备认识及介绍	能向他人介绍实训室内的焊接机器人工作站的组成及种类。每错 1 处扣 3 分			20		
3	安全防具及标识	能准确说出实训室内的安全防具及标识的名称及作用或警示内容。每错 1 个扣 5 分,扣完配分为止			25		
4	国内品牌	能说出 3 家国内品牌的焊接机器人工作站(5 分/个)			15		
开始时间		结束时间		成绩		评分人	



任务评价

根据任务实施、任务检查中存在的问题,填写自评表和他评表(见表 1-7 和表 1-8),评价的主要内容应包括实施过程简要描述、检查情况描述、存在问题及解决方案等。

表 1-7 自评表

项目	内容
实施过程 简要描述	
检查情 况描述	
存在问题 及解决方案	
签名: 日期:	

表 1-8 他评表

项目	内容
实施过程 简要描述	
检查情 况描述	
存在问题 及解决方案	
签名: 日期:	



郑志明：一技之长 能动天下

郑志明是党的二十大代表,广西汽车集团首席技能专家、高级工程师、特级技师、国家级技能大师工作室领头人,享受国务院政府特殊津贴,是广西钳工技能、智能制造方面的领军人物。先后荣获全国劳动模范、全国优秀共产党员、全国技术能手等国家级和自治区级荣誉称号。

一技之长,能动天下。这“技”如何练成?“技术,要练好它并不难,难的是不断学习革新。要成为技能水平高的人,必须自觉地学习、虚心地学习、坚持不断地学习。”郑志明的师父张金荣说,“郑志明对钳工这个岗位有足够的耐心和毅力,且不断地学习和创新,这才是他获得成功的原因。”

郑志明通过一次次任务,一个个项目,一步一个脚印,践行工匠精神,推动技术创新:31岁成为高级技师,33岁享受国务院政府特殊津贴,38岁成为广西汽车集团首席技能专家,45岁成为广西首位大国工匠。如今,他带领团队自主研制完成工艺装备1100项,交付使用工艺、工程装备2190台(套),参与设计制造涂装、焊接、装配等各类先进的自动化生产线10多条,为企业直接创造经济效益9047万元,节约人工成本2000万元。

“技”要传授,才会传承。“师父给我们做了好榜样。”郑志明的徒弟谢评周回忆起以前的事情感慨万千,“有一次我们帮客户调试设备,生产出来的产品合格率已经达到了客户的要求,但是师父觉得还有提升空间,就带着我们从材料分析、处理到后续的装配,从头到尾又调试了一次,后来交付项目时,产品合格率比原计划提升了3%,客户非常满意。”郑志明以身作则,通过自己的一言一行影响着像谢评周这样的年轻人。截至目前,郑志明工作室先后带出了200余位高级工、高级技师、公司特聘专家等高技能人才。



{资料来源:罗婧.一技之长 能动天下:记广西首位大国工匠郑志明

[N].广西日报,2023-03-17(5).}