# 《焊接机器人操作工》职业技能培训教材框架及内容研究与开发

刘伟[1]，黄瑞生[2]，郭广磊[3]，徐楷昕[2]，方乃文[2]
1.中国焊接协会机器人焊接（厦门）培训基地　福建厦门　361023
2.哈尔滨焊接研究院有限公司　黑龙江哈尔滨　150028
3.厦门市集美职业技术学校　福建厦门　361023

**摘要**：对《焊工国家职业资格培训教程》系列丛书之《焊接机器人操作工》教材的框架结构和内容进行论述。通过对焊接机器人操作工的职业技能特点进行分析，确定“以职业等级制划分为基础，以职业活动为导向，职业技能为核心”的编写指导思想，同时，为增加教材的普适性和实用性，力求与职业院校课程体系贯通与融合，切实解决焊接机器人操作工在培训过程中走入“重操作，轻工艺”的误区和“焊接工艺应用”教学难题，推动焊接机器人职业技能培训与鉴定教材的研究与开发工作。

**关键词**：焊接机器人；职业技能；培训教材

## 1　序言

当前，我国已成为全球最大的机器人市场，越来越多的企业将焊接机器人应用于加工制造的各个环节，“机器换人”浪潮不断掀起。随着“中国制造2025”的逐步深入，企业对机器人焊接技能人才的需求日趋迫切。为此，中国焊接协会受中国就业培训技术指导中心及中国劳动社会保障出版社委托，组织成立教材编委会，充分发挥在焊接产业的强大技术优势和人才优势，研究开发与《国家职业技能标准——焊工》（以下简称“《焊工》”）对接，与产业需求和企业生产相融合、适用教学实践活动的职业技能培训教材系列丛书。

## 2　教材开发的依据和编写思路

### 2.1　以《焊工》标准为依据

依据《焊工》国家职业鉴定技能标准，涵盖焊接机器人操作工全部条款内容，且不超出其要求范围，全面反映机器人焊接的新技术、新设备、新工艺和新方法。

### 2.2　与职业院校课程体系贯通与融合

1）力求符合职业教育特点和课程标准的机器人焊接理论与实践一体化实训要求，与中职、高职和应用本科阶段的技能实训课程有机衔接，反映不同学历阶段的焊接机器人操作工所必须具备的职业能力。

2）符合教育部推出的“1+X”的课证融通理念，能与之形成有机衔接。

### 2.3　反映机器人焊接职业技能特点

焊接机器人操作工所实施的机器人焊接工作体现出很强的工艺性，要求操作人员既要懂机器人操作，又要懂机器人焊接工艺，懂得如何匹配好机器人的轨迹、姿态、速度、焊接参数，才能获得合格的焊缝[1]。因此，机器人焊接从业人员需要具备以下两方面的基本能力。

（1）机器人操作　主要指操作焊接机器人进行示教编程，包括：移动机器人调整姿态和角度、正确运用各种机器人指令、坐标系切换、TCP点校准与补偿、机器人系统参数设定，以及示教方法的正确性和安全操作等内容。

（2）焊接工艺　主要指机器人焊接工艺，包括焊接电流、电弧电压、焊接速度等焊接参数的选择，以及焊枪角度、运枪方向、焊丝伸出长度等工艺要素，另外还有焊接方法、焊接电源、焊接模式和焊接材料的选择等内容，还包括对焊接机器人应

用软件的运用。

### 2.4 解决“教”与“学”的问题

近年来，很多职业院校购买了焊接机器人设备，然而一些学校却忽略了焊接机器人应用的工艺属性，走入了“重操作、轻工艺”的误区，面对焊接机器人工艺应用，不知道该怎么学、怎么教，造成很多设备闲置，浪费了教学资源。因此，开发符合《焊工》的《焊接机器人操作工》培训教材对于职业院校开展科学、规范的焊接机器人教学，培养具有“精准、快速、协同、规范”职业素养的焊接机器人应用高素质人才具有非常重要的意义。

笔者作为《焊接机器人操作工》培训教程的编写组长，在此以该教程为样例，对国家职业技能等级认定培训教程的框架和内容体现形式进行研究与探索。

## 3 《焊接机器人操作工》培训教材框架结构

### 3.1 建立逐级提升的课程培训体系

根据《焊工》条款规定，《焊接机器人操作工》职业技能对职业等级、工作内容、技能和相关知识逐级递进的总体要求，教材将焊接机器人操作工分为5个等级共17个职业模块，见表1。

**表1 焊接机器人操作工职业等级和相应内容**

| 职业等级 | | 职业模块 |
|---|---|---|
| 五级 | 初级工 | 一、手工熔化极气体保护焊 |
| | | 二、弧焊机器人基本操作 |
| 四级 | 中级工 | 一、机器人弧焊 |
| | | 二、机器人点焊 |
| | | 三、机器人激光焊 |
| 三级 | 高级工 | 一、机器人弧焊 |
| | | 二、机器人点焊 |
| | | 三、机器人激光焊 |
| 二级 | 技师 | 一、机器人弧焊 |
| | | 二、机器人点焊 |
| | | 三、机器人激光焊 |
| | | 四、焊接技术管理 |
| | | 五、培训与指导 |
| 一级 | 高级技师 | 一、机器人焊接工艺优化 |
| | | 二、机器人焊接 |
| | | 三、焊接技术管理 |
| | | 四、培训与指导 |

以弧焊机器人为例，对5个职业等级的基本要求如下。

1）初级工：焊接机器人基础知识；在平面工件上进行操作和焊接；焊缝表面质量检测；通过评价标准，对焊缝质量进行检测和自评。

2）中级工：机器人基本控制理论；按各类指令编制机器人弧焊工作程序；平/横/立焊接位置的对接、搭接、角接焊缝机器人弧焊示教编程；弧焊工装夹具的检查和调整等基本技能。

3）高级工：较复杂焊缝和容器工件的焊接；中厚板焊接接触传感的原理及操作方法；按照生产流程和操作规程步骤完成各类碳素钢工件的焊接；无损检测及密封性试验方法。

4）技师：机器人高级设定；机器人与外部轴协调、机器人离线编程、建模及程序导入导出；电弧传感技术以及多层多道焊接[2]；有色金属的焊接；低压容器焊接；特殊工装夹具的装调；论文编写及焊接技术管理。

5）高级技师：多机器人协同作业的操作；机器人与外部设备通信设置；焊接工艺优化；金相检测；焊接工艺指导书编制；机器人焊接工艺试验及人员培训等。

### 3.2 教材框架结构

教材将《焊工》标准的“职业功能”作为教材的一级目录，称作“职业模块”；将标准中的“工作内容”作为教材的二级目录，称作“培训项目”；标准中的“技能要求”是三级目录内容，称作“培训单元”。以《焊工》标准机器人弧焊中级工条款内容为例，相关条款见表2。

**表2 机器人弧焊中级工标准条款**

| 职业功能 | 工作内容 | 技能要求 | 相关知识要求 |
|---|---|---|---|
| 机器人弧焊 | 示教编程 | 1.能运用各类指令编制机器人弧焊工作程序<br>2.能分析和解决示教误差产生原因以及对机器人弧焊焊接的影响<br>3.能处理机器人弧焊特异姿态<br>4.能通过机器人单步运行和连续运行修正弧焊示教轨迹<br>5.能根据机器人弧焊焊接工艺要求对示教程序进行编辑和优化<br>6.能标定机器人弧焊焊枪中心点 | 1.机器人弧焊指令的类别和应用<br>2.示教误差以及对弧焊焊接的影响<br>3.机器人弧焊特异姿态的产生及解决方法<br>4.单步运行和连续运行机器人弧焊的方法<br>5.机器人弧焊程序编辑<br>6.机器人弧焊焊枪中心点（TCP）标定操作 |

标准中的“相关知识要求”作为技能项必备的理论知识内容，将技能要求编写成操作项目。以机器人弧焊中级工为例，内容结构如图1所示。

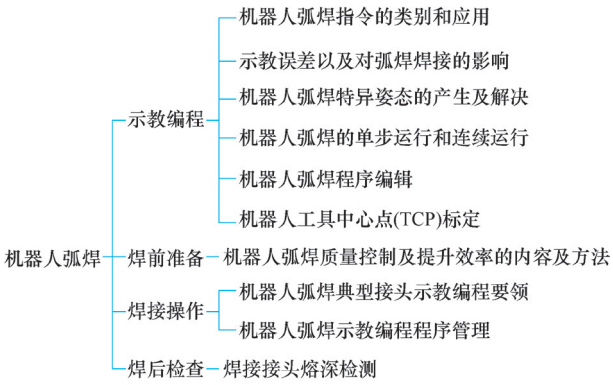



图1　机器人弧焊中级工内容结构

## 4　教材内容编排

### 4.1　指导思想

坚持“以逐级递进的职业等级制划分为基础，以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，教材编排按照由初级工→中级工→高级工→技师→高级技师顺序，先弧焊，后点焊，再激光焊，按照项目难度由低到高设计了技能操作项目108个。引用的机器人品牌十余个，使学员在学习过程中参照这些操作项目学习和训练，使学习过程具有针对性和实用性。同时，方便各种不同品牌机器人参照学习。

### 4.2　编写内容

（1）机器人弧焊　该模块在初级工到高级技师均有讲述，由于不同品牌的机器人虽操作原理相近，但操作方法不同，运动指令和焊接指令各异，给学习者带来一定不便，因此为增加教材的普适性和针对性，便于学习者进行识别和比较，教材罗列了各类不同品牌弧焊机器人插补指令和弧焊指令[3]，见表3。

技能操作部分按照《焊工》标准中“技能要求”条款进行设计，实施步骤采用一步一图的方式进行编写，使学习者能够方便地掌握操作步骤和方法。以机器人弧焊中级工为例，操作名称为管-板组合件焊接[4]，如图2所示。

管-板组合件焊接的操作实施步骤为零件准备→表面清理→划线→组对→定位→示教编程→焊接参数设置→焊接→焊后清理。

管-板组合件前立板和侧立板的立焊位示教点$A$→$B$→$C$及焊枪角度如图3所示。

表3　弧焊机器人插补和弧焊指令汇总

| 品牌 | 关节插补 | 直线插补 | 圆弧插补 | 焊接指令 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 焊接开始 | 焊接结束 |
| ABB | MOVEJ | MOVEL | MOVEC | ArcStart | ArcEnd |
| KUKA | PTP | LIN | CIRC | ARC-ON | ARC-OFF |
| 松下 | MOVEP | MOVEL | MOVEC | ARC-ON | ARC-OFF |
| 安川 | MOVJ | MOVL | MOVC | ARCON | ARCOF |
| FANUC | J | L | C | Arc Start | Arc End |
| OTC | JOINT | LIN | CIR | AS | AE |
| 钱江机器人 | MJ | ML | MC | ARCON | ARCOFF |
| 广州数控 | MOVJ | MOVL | MOVC | ARCON | ARCOFF |
| 安徽埃夫特 | MOVJ | MOVL | MOVC | ARCON | ARCOFF |
| 北京时代 | MOVJ | MOVL | MOVC | ARCON | ARCOF |
| 上海新时达 | PTP | Lin | Circ | ARCON | ARCOFF |
| 南京埃斯顿 | PTP | LIN | CIRC | ARCON | ARCOFF |

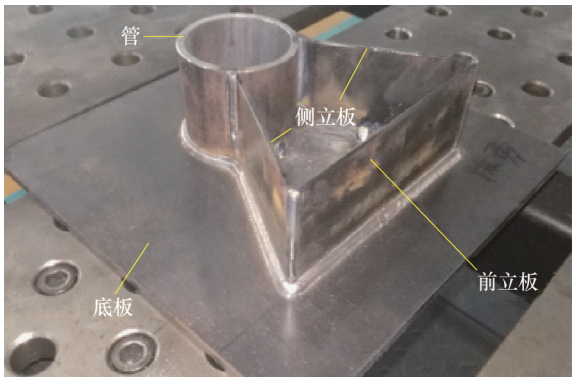
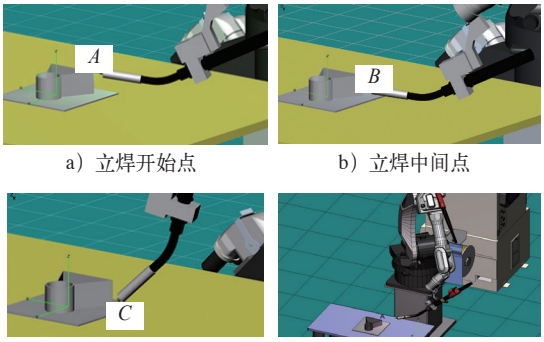



图2　管-板组合件焊接

（2）机器人点焊　机器人点焊模块为中级工到技师的学习内容，参照汽车车身焊装生产中多台点焊机器人协同作业特点[5]，设计双机器人点焊系统，以一把C形焊钳和一把X形焊钳共同对工件实施点焊的项目，如图4所示。

焊后，将操作者的机器人点焊接头质量检测结果对照评分标准进行综合评价。

（3）机器人激光焊　激光焊接是利用高能量密




a）立焊开始点　b）立焊中间点

c）立焊结束点　d）退避点

图3　立焊位示教

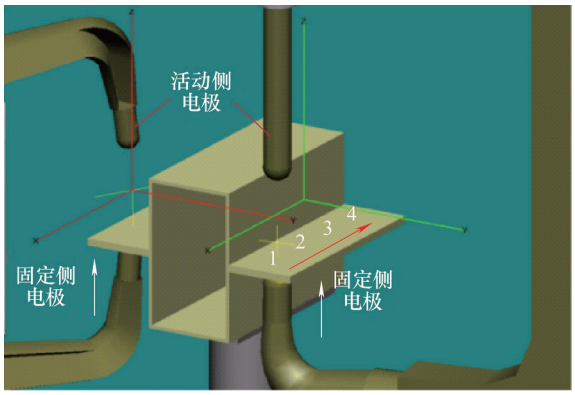



图4　双机器人点焊

度的激光束作为热源的一种高效精密焊接方法，已被越来越多的企业所采用。教材中机器人激光焊模块为中级工到技师的学习内容，以不锈钢T形接头平角位机器人激光焊为例，如图5所示。

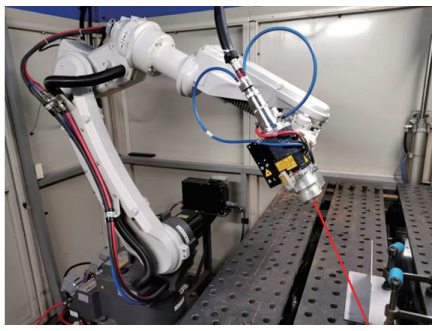


图5　不锈钢T形接头激光平角焊

通过机器人示教盒对激光焊参数进行设定，LASER-SET[6]在程序中的显示如图6所示。

在对机器人激光焊操作者评价过程中，需将安全操作列为重要的考核内容。

（4）焊接机器人离线编程　该项内容是技师和高级技师在弧焊、点焊、激光焊模块中的学习内容，机器人离线编程是通过在计算机上对焊接机器

```
Begin Of Program
  TOOL = 1 : TOOL01
MOVEP   P001 ,  5.00m/min,
MOVEP   P007 ,  5.00m/min,
MOVEL   P012 ,  5.00m/min,
  LASER-SET Pm=3900   S=2.00
  TREPANNING_SET ORIGIN_POSITION
  LASER-ON LaserStart1-Air+Gas PROCESS = 0
End Of Program
```

图6　不锈钢T形接头激光焊程序

人系统进行建模，然后操作机器人进行编程形成仿真程序，能够测试机器人动作可达性及生产节拍，具有不占用机器人设备、远离作业场所、提高工效等特点，其应用越来越广。例如：管角接构成的马鞍形相贯线焊缝，由于机器人现场示教难度大，因此用时长、效率低。如果用离线编程进行机器人系统建模和仿真分析，能达到提高示教效率和焊接质量的目的。马鞍形焊缝轨迹点坐标位置特征[7]，如图7所示。

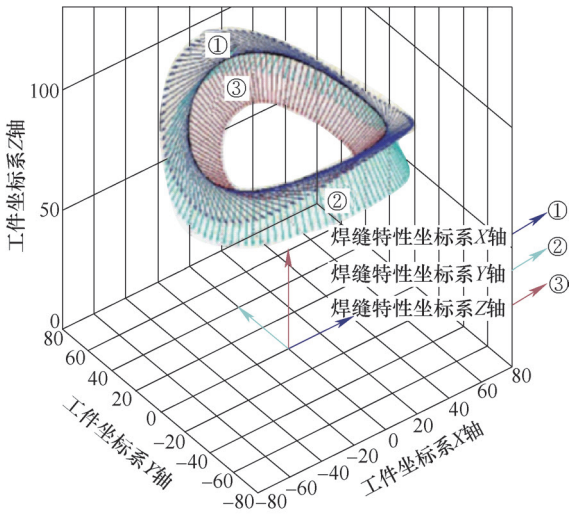



图7　马鞍形焊缝轨迹点的位置特征

根据马鞍形焊缝的轨迹点坐标位置特征，为保证焊接质量，提高效率，采用机器人双持双轴变位系统[8]，如图8所示。

示教过程必须使焊缝始终处于最佳的焊接位置，让机器人与变位机协调动作，然后将离线程序进行标定，再导出到实际的机器人系统中进行验证和焊接。

（5）焊接技术管理　该模块是技师和高级技师的必备知识，主要讲述焊接生产管理、技术文件编制、焊接质量验收、焊接安全、焊接施工管理，以及质量检查与管理等内容。其是机器人焊接高技能

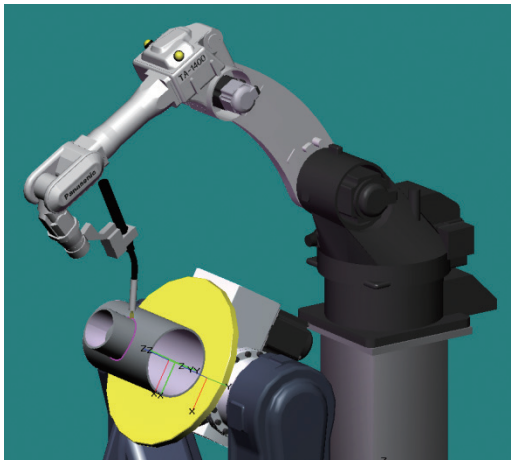


图8　机器人双持双轴变位系统

人才必须具备的综合素养，也是机器人焊接生产的技术和安全保障。

（6）培训与指导　该模块是技师和高级技师的必备知识，主要讲述理论培训和技能指导方面的内容，包括授课计划编写、培训教案编写、机器人焊接作业指导书编写以及焊接技能示范培训及指导。

以该模块对技师的要求为例，根据《焊工》中关于“机器人焊接操作工”对应于（技师）培训的有关条款，其相关知识要求及权重见表4。

表4　焊接机器人操作工（技师）相关知识要求及权重

| 相关知识要求 | 权重(%) | 备注 |
|---|---|---|
| 职业道德 | 5 | 基本要求（必考） |
| 基础知识 | 20 | |
| 机器人弧焊 | 25 | 选考模块（选1项） |
| 机器人点焊 | 25 | |
| 机器人激光焊 | 25 | |
| 焊接技术管理 | 25 | 必考模块 |
| 培训与指导 | 25 | |

## 5　结束语

（1）汇集资源　中国焊接协会自2011年在全国范围内建立机器人焊接培训基地以来，在开展机器人焊接培训、行业认证、交流及技能竞赛方面取得了良好成效，深化产教融合机制，总结出一套科学、规范、可借鉴的机器人焊接培训教学模式。其中，笔者所在的厦门基地利用10年时间，主编出版了7本焊接机器人系列教材，积累了编写经验。成功举办了4期“全国职业院校教师机器人焊接操作员资格取证培训班”，为《焊接机器人操作工》教材汇集资源提供了基础条件。

（2）凝心聚力　《焊接机器人操作工》编写小组于2019年6月4日在哈尔滨启动成立，共计12人，分别来自高校、企业、科研院所和职业院校。之后，组织了北京审纲会、厦门研讨会，参加了南昌评审会等工作会议，12名参编人员依靠中国焊接协会强大后盾，辛勤耕耘、凝心聚力，历时17个月，终于完成了这套培训教程上下册的编写工作，并顺利通过专家评审。其中，上册为初、中、高级工内容，下册为技师、高级技师内容，全书约80万字。

综上所述，在我国从制造大国向制造强国转型的过程中，对焊接机器人的需求将快速增加，为此，《焊工》系列丛书之《焊接机器人操作工》教材的出版发行，将会极大地促进机器人焊接职业技能人才的培养和成长。希望这套教材能够早日与读者见面，使之成为推动焊接机器人操作工职业技能人才成长和成材的有力工具。

**参考文献：**

[1] 刘伟，郭广磊.焊接机器人系列教材开发与应用[J].亚太教育，2016（31）：280-281.

[2] 刘伟，周广涛，王玉松.中厚板焊接机器人系统及传感技术应用[M].北京：机械工业出版社，2013.

[3] 刘伟，李飞，姚鹤鸣.焊接机器人操作编程及应用（ABB等五品牌）[M].北京：机械工业出版社，2017.

[4] 刘伟，周广涛，王玉松.焊接机器人基本操作及应用[M].2版.北京：电子工业出版社，2015.

[5] 杜志忠，刘伟.点焊机器人系统及编程应用[M].北京：机械工业出版社，2015.

[6] 刘伟，林庆平，纪承龙.焊接机器人离线编程及仿真系统应用[M].北京：机械工业出版社，2014.

[7] 刘伟，李飞，姚鹤鸣.焊接机器人编程及应用专业术语英汉对照[M].北京：机械工业出版社，2019.

[8] 杜志忠，刘伟.机器人焊接编程与应用[M].北京：机械工业出版社，2019.

MW 20201124