

教 案

2025-2026 学年第二学期

课程名称 工业机器人编程与操作

专业班级 电气自动化技术 241、3+241

总学时数 36 学时

任课教师 翁一航

课程基本信息

课程名称	工业机器人编程与操作			
课程性质	专业拓展课	学分	2	
学时	总学时：36 学时。其中：课堂讲授 0 学时；实训/实验 36 学时；线上教学 0 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	翁一航	
授课专业、班级	电气自动化技术 241、(3+证书) 241	开课学期	2025-2026 学年第二学期	
成绩评定	平时成绩占 40%；期末成绩占 60%	考核方式	考查	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	工业机器人编程与操作	许志才	西北工大	2019.08
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	<p>地位:随着工业自动化水平的不断提高,工业机器人在制造业中的应用越来越广泛。因此,掌握工业机器人编程与操作的技能已经成为机电一体化技术专业学生必备的基本能力之一。</p> <p>作用:1. 学生能够理解工业机器人的基本工作原理,包括传感器、执行器、控制系统等组成部分的功能和作用;2. 学习机器人编程;3. 学习机器人操作等等。</p>			
本课程教学目标	<p>理解工业机器人的基本原理和结构:学生能够描述工业机器人的各个组成部分及其功能,并理解机器人的基本工作原理;掌握机器人编程技能:学生能够使用常见的编程语言和工具对工业机器人进行编程,并能够实现各种任务的自动化控制;熟练操作各类工业机器人:学生能够独立操作各种类型的工业机器人。</p>			
素质(思政)内容	<p>在课程中,强调整个工业机器人编程与操作课程对于培养学生工程实践能力、创新能力和团队协作精神的重要性。同时,课程中涉及安全意识、规范操作、精益求精、科学原理遵循等职业素养,鼓励学生将这些素质融入未来的学习和工作中,为成为优秀的工业自动化领域的专业人才打下坚实的基础。</p>			
学生用主要参考资料	<p>教材:《工业机器人编程与操作》、《工业机器人技术原理与应用》、《工业机器人编程与应用》等等;</p> <p>官方文档和技术手册:学生可参考工业机器人厂商提供的官方文档和技术手册,以了解具体机器人型号的技术规格、操作指南、编程手册等内容。</p>			

第一章 工业机器人行业背景与基础认知

一、教学目标：

1. 了解工业机器人的发展历程、核心定义与分类体系，掌握协作机器人与传统工业机器人的核心差异；
2. 熟悉工业机器人在制造业、物流、3C 电子、汽车等行业的典型应用场景，理解协作机器人的技术优势与适配场景；
3. 掌握我国工业机器人产业发展现状与趋势，明确机电一体化专业人才在行业中的能力要求与职业发展方向；
4. 建立对协作机器人实训平台的整体认知，了解课程实训核心任务与能力培养目标。

二、教学重点

1. 工业机器人的核心分类与协作机器人的技术特性；
2. 协作机器人在工业场景中的典型应用与价值；
3. 我国制造强国战略下工业机器人产业的发展与人才需求。

三、教学难点

1. 协作机器人的技术特性与不同工业场景的适配性分析；
2. 行业发展趋势对技术人才的能力要求拆解与职业规划引导。

四、素质（思政）内容

1. 结合我国工业机器人产业从跟跑到并跑的发展历程，弘扬工匠精神与制造强国战略，增强学生职业自信与民族自豪感；
2. 树立清晰的职业规划意识，明确机电一体化领域技术人才的责任

与使命，激发专业学习的内生动力；

3. 培养严谨的工程思维，树立科技赋能产业升级的理念，理解技术创新对实体经济发展的核心价值。

五、教学方式：

1. 多媒体课堂讲授，结合行业案例视频、产业发展数据、龙头企业应用案例进行系统讲解；

2. 小组讨论教学，围绕协作机器人在不同行业的应用场景展开分组分析与成果分享；

3. 现场观摩教学，带领学生查看实训台协作机器人设备及配套功能模块，建立设备直观认知；

4. 行业专家线上分享，邀请工业机器人行业工程师讲解一线岗位技能需求。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “理论讲解 + 案例分析 + 现场观摩 + 互动研讨” 的混合式教学模式，具体安排如下：

1. 第 1 学时：行业发展与基础定义

- 。教学环节：行业历史与核心概念导入

- 。核心教学内容

1. 工业机器人全球发展历程（三代机器人技术演进）

2. 工业机器人核心定义与国家标准分类体系

3. 协作机器人与传统工业机器人的核心差异（安全特性、部署方式、人机交互）

- 。教师活动：播放工业机器人发展历程纪录片片段，结合 ABB、库卡、新松等企业产品对比讲解技术差异

- 。学生活动：记录关键技术节点，分组对比协作机器人与传统机器人的优劣势

- 。思政融入点：结合我国工业机器人从 “引进仿制” 到 “自主创新” 的历程，增强民族自豪感

2. 第 2 学时：典型应用场景解析

- 。教学环节：行业应用案例研讨

- 。核心教学内容

1. 汽车制造：焊接、装配、喷涂应用

2. 3C 电子：螺丝锁付、检测、搬运应用

3. 物流仓储：分拣、码垛、装卸应用

4. 协作机器人专属场景：人机共线装配、精密检测

- 教师活动：展示龙头企业真实产线案例视频，分析不同场景下机器人的选型依据
- 学生活动：小组讨论，列举身边的工业机器人应用场景，分析其技术特点
- 思政融入点：理解技术赋能产业升级的价值，树立科技兴工的理念

3. 第 3 学时：产业现状与人才需求

- 教学环节：行业趋势与职业规划引导
- 核心教学内容
 1. 我国工业机器人产业规模、市场份额与核心技术突破
 2. 制造强国战略下工业机器人产业发展趋势
 3. 机电一体化专业对应岗位（机器人调试工程师、运维工程师、集成工程师）的能力要求与职业发展路径
- 教师活动：分享最新行业数据，邀请企业工程师线上分享一线岗位工作内容与技能需求
- 学生活动：撰写个人初步职业规划，明确本课程学习目标
- 思政融入点：树立清晰的职业规划意识，激发专业学习内

生动力

4. 第 4 学时：实训平台认知与课程导入

- 教学环节：实训准备与课程说明
- 核心教学内容
 1. 本课程实训平台整体介绍（协作机器人本体、实训台、末端工具、配套模块）
 2. 课程实训核心任务与考核标准解读
 3. 实训纪律与安全须知初步讲解
- 教师活动：带领学生现场观摩实训设备，演示机器人基本运动，发放课程任务书
- 学生活动：分组熟悉实训工位，记录设备型号与核心模块组成
- 思政融入点：培养严谨的工程思维，明确课程学习的责任与使命

第二章 协作机器人设备结构与安全操作规范

一、教学目标：

1. 掌握协作机器人的硬件结构组成，包括机械臂本体、末端执行器、快换装置、控制系统、IO 模块等核心部件的功能与工作原理；

2. 熟练掌握协作机器人示教器基础操作、手动 / 自动模式切换、急停按钮等安全部件的使用方法；

3. 牢记并严格遵守协作机器人实训安全操作规范，掌握设备突发故障的应急处理流程与方法；

4. 了解实训平台各功能模块（快换模块、搬运模块、码垛模块、视觉模块等）的组成与用途。

二、教学重点

1. 协作机器人核心硬件结构与各部件的功能逻辑；

2. 示教器基础操作、机器人运行模式切换的规范流程；

3. 实训安全操作规范、风险点识别与应急处置方法。

三、教学难点

1. 协作机器人末端快换装置、气动执行器的结构原理与动作逻辑；

2. 安全操作规范在实际实训中的落地执行，设备操作风险的预判与规避；

3. 双人配合实训的安全责任划分与协同操作规范。

四、素质（思政）内容

1. 强化安全生产意识，树立“安全第一、预防为主”的工程操作

理念，培养规范操作、遵章守纪的职业素养；

2. 培养精益求精的工匠精神，注重设备操作的细节与规范性，理解“差之毫厘谬以千里”的工程准则；

3. 树立团队协作安全意识，明确实训过程中双人配合的责任与义务，培养互助协作的职业习惯。

五、教学方式：

1. 现场实物教学，拆解讲解协作机器人硬件结构、实训平台功能模块，结合实物演示部件动作逻辑；

2. 示范教学，教师标准化演示示教器基础操作、模式切换、急停处置与安全操作全流程；

3. 情景模拟教学，针对设备碰撞、急停触发、气源故障等突发情况开展应急处置演练；

4. 安全规范闭卷考核，通过答题与实操考核双重方式，强化学生安全操作意识。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “实物拆解 + 示范教学 + 情景模拟 + 考核验收” 的教学模式，将安全意识贯穿全程，具体安排如下：

1. 第 1 学时：硬件结构拆解讲解

。教学环节：设备硬件认知

。核心教学内容

1. 协作机器人机械臂本体：关节模组、连杆、减速器、伺服电机

2. 末端执行系统：快换装置、气动手爪、真空吸盘、激光笔

3. 控制系统：控制柜、示教器、IO 模块、电源系统

。教师活动：现场拆解机器人核心部件，演示各部件动作逻辑，讲解工作原理

。学生活动：对照实物识别各部件名称与功能，绘制机器人硬件结构框图

。思政融入点：培养精益求精的工匠精神，理解 “细节决定成败” 的工程准则

2. 第 2 学时：示教器基础操作

。教学环节：基础操作技能训练

。核心教学内容

1. 示教器界面介绍与基本操作（开关机、模式切换、速度

调节)

2. 手动操纵机器人：单关节运动、线性运动、重定位运动

3. 急停按钮、安全门、使能器等安全部件的使用方法

- 教师活动：标准化演示操作流程，强调关键操作禁忌，一对一纠正学生错误动作
- 学生活动：分组练习示教器基础操作，完成机器人指定位点的手动移动
- 思政融入点：树立“规范操作”的职业习惯，杜绝违规操作

3. 第 3 学时：安全规范与应急处置

- 教学环节：安全意识强化与应急演练
- 核心教学内容
 - 1. 实训安全操作“十不准”
 - 2. 设备常见风险点识别（碰撞、夹手、气源泄漏、电气短路）
 - 3. 突发故障应急处理流程：急停触发→切断电源→上报教师→故障排查
- 教师活动：开展情景模拟演练，模拟机器人碰撞、气源故障、急停误触发等场景
- 学生活动：双人配合完成应急处置演练，撰写安全操作承诺书

- 思政融入点：强化 “安全第一、预防为主” 的理念，培养团队协作安全意识

4. 第 4 学时：安全考核与实操验证

- 教学环节：安全资质考核
- 核心教学内容
 1. 安全规范闭卷笔试（满分 100 分，80 分合格）
 2. 实操考核：示教器模式切换、手动操纵、急停处置
 3. 双人配合实训安全责任划分讲解
- 教师活动：组织考核，点评学生实操中的安全问题，不合格者进行补考
- 学生活动：完成安全考核，签订实训安全责任书，明确双人配合职责
- 思政融入点：培养遵章守纪的职业素养，树立对自己和他人安全负责的态度

第三章 协作机器人 IO 配置与应用

一、教学目标：

1. 掌握数字量 IO 信号 (DI/DO) 的定义、电气特性与控制逻辑，熟悉实训平台 6 路 DO 信号的控制对象与逻辑定义；
2. 熟练完成协作机器人末端电气接线与 IO 信号管理操作，掌握 DO 信号高低电平有效状态的配置方法；
3. 掌握 Wait 系列等待指令 (WaitMs、WaitDI、WaitMultiDI、WaitAI) 的语法、参数配置与应用场景；
4. 能够独立完成协作机器人工具拾取的点位示教、IO 信号联动编程与全流程调试。

二、教学重点

1. 激光笔、快换主盘、手爪工具、真空吸盘的 DO 控制逻辑与接线方法；
2. IO 信号有效电平的配置流程与状态验证方法；
3. Wait 系列等待指令的编程应用，尤其是 WaitMultiDI 多 DI 等待指令的参数配置；
4. 工具拾取流程的时序控制、示教编程与 IO 信号联动调试。

三、教学难点

1. WaitMultiDI 多 DI 等待指令的二进制参数换算与逻辑应用；
2. 工具拾取流程中 IO 信号时序控制与程序闭环逻辑设计；
3. DI 反馈信号的识别、故障排查与程序异常处理。

四、素质（思政）内容

1. 培养严谨的逻辑思维与工程规范意识，注重电气接线、参数配置与编程的细节准确性，树立标准化作业习惯；

2. 树立问题导向的解决思路，培养调试过程中排查故障、分析问题、解决问题的综合能力；

3. 强化质量意识，理解每一个 I/O 信号控制对设备稳定运行的重要性，培养精益求精、追求极致的职业素养。

五、教学方式：

1. 理实一体化教学，先讲解 I/O 控制原理与指令用法，再开展分步实操训练，理论与实操课时占比 1:3；

2. 分步示范教学，教师演示电气接线、I/O 配置、指令编程、程序单步调试与自动运行全流程；

3. 分组实操训练，学生 2 人一组完成接线、I/O 配置、工具拾取编程与调试任务，教师巡回指导；

4. 成果验收与故障复盘，针对学生实操中的共性问题开展集中讲解，分析故障原因与解决方案。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “理实一体化” 教学模式，理论与实操课时占比 1:3，具体安排如下：

1. 第 1 学时：IO 控制原理与指令讲解

- 。教学环节：理论基础讲解

- 。核心教学内容

1. 数字量 IO 信号 (DI/DO) 定义、电气特性与高低电平有效

2. 实训平台 6 路 DO 信号控制对象：激光笔、快换主盘、手爪、吸盘

3. Wait 系列指令：WaitMs、WaitDI、WaitMultiDI、WaitAI 语法与参数

- 。教师活动：结合电路图讲解 IO 控制逻辑，通过简单案例演示指令用法

- 。学生活动：记录指令语法规则，分析 IO 信号时序图

- 。思政融入点：培养严谨的逻辑思维，树立标准化作业习惯

2. 第 2 学时：电气接线与 IO 配置

- 。教学环节：硬件实操训练

- 。核心教学内容

1. 末端执行器电气接线规范与注意事项

2. 机器人 IO 信号管理：信号命名、有效电平配置、状

态监控

3. IO 信号测试方法：手动触发、程序测试

- 教师活动：演示电气接线与 IO 配置流程，强调接线安全与线号规范
- 学生活动：2 人一组完成末端手爪与吸盘的电气接线，配置 IO 信号并验证状态
- 思政融入点：注重细节准确性，理解 “一根线接错导致整个系统瘫痪” 的工程后果

3. 第 3 学时：工具拾取编程与调试

- 教学环节：编程与调试训练
- 核心教学内容
 1. 工具拾取流程设计：移动到拾取点→闭合手爪→等待 DI 反馈→抬起
 2. 点位示教方法：示教点类型、速度设置、平滑过渡
 3. IO 信号联动编程：DO 输出控制与 DI 反馈等待
- 教师活动：分步演示工具拾取程序编写与单步调试，讲解时序控制要点
- 学生活动：完成手爪与真空吸盘的拾取点位示教，编写 IO 联动程序
- 思政融入点：树立问题导向的解决思路，培养逐步排查故障的能力

4. 第 4 学时：综合训练与故障复盘

- 教学环节：综合任务与问题总结
- 核心教学内容
 1. 综合任务：完成 “激光笔点亮→快换装置对接→手爪拾取工件→放置到指定位置” 全流程
 2. 常见故障排查：接线错误、IO 配置错误、时序逻辑错误
 3. 共性问题集中讲解与复盘
- 教师活动：巡回指导，记录学生实操中的典型故障，组织故障分析会
- 学生活动：完成综合任务，撰写故障排查报告，分享调试经验
- 思政融入点：强化质量意识，理解每一个信号控制对设备稳定运行的重要性

第四章 协作机器人进阶编程（搬运应用）

一、教学目标：

1. 掌握协作机器人核心逻辑指令，包括 while/for 循环指令、if-else 条件判断指令、子程序调用、暂停、跳转指令的语法与应用场景；
2. 能够独立完成搬运应用的取 / 放料子程序、工具取 / 放子程序的创建、编写与调试；
3. 掌握子程序调用与 if 条件判断结合的编程方法，实现末端工具类型校验与异常分支处理；
4. 能够完成单工件循环搬运主程序的编写、单步调试与自动运行优化。

二、教学重点

1. while/for 循环指令、if-else 条件判断指令的语法规则与编程应用；
2. 子程序的模块化设计、创建规范与调用方法；
3. 工件循环搬运的流程设计与程序逻辑编写。

三、教学难点

1. 循环指令与条件判断指令的嵌套使用，程序逻辑的闭环设计；
2. 子程序调用的规范与异常分支的程序处理，实现程序的容错性；
3. 搬运流程中运动指令、IO 控制指令、等待指令的时序配合与程序优化。

四、素质（思政）内容

1. 培养系统化的工程思维，理解模块化编程的设计理念，树立结构化、标准化的编程习惯；

2. 锻炼攻坚克难的意志品质，面对程序调试中的故障与问题，培养耐心分析、逐步排查、持续优化的职业素养；

3. 强化创新意识，鼓励学生优化搬运程序逻辑，提升设备运行效率，培养创新创造与持续改进的能力。

五、教学方式：

1. 模块化教学，分模块讲解逻辑指令用法、子程序设计、主程序流程设计三个核心模块；

2. 案例驱动教学，以单工件循环搬运为核心案例，分步拆解程序编写、单步调试、异常处理全流程；

3. 分组实操训练，学生分组完成子程序编写、主程序集成、程序调试与功能验证；

4. 程序互评与优化，组织学生展示编程成果，互相点评程序逻辑，共同提出优化方案。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “模块化教学 + 案例驱动” 的教学模式，聚焦程序结构化设计，具体安排如下：

1. 第 1 学时：核心逻辑指令与子程序设计

- 。 教学环节：编程基础进阶

- 。 核心教学内容

1. while/for 循环指令、if-else 条件判断指令语法与应用

2. 子程序的定义、创建规范与调用方法

3. 模块化编程理念：高内聚、低耦合

- 。 教师活动：以简单案例演示指令用法，对比结构化程序与非结构化程序的差异

- 。 学生活动：编写基础循环与条件判断程序，练习子程序的创建与调用

- 。 思政融入点：培养系统化的工程思维，树立结构化、标准化的编程习惯

2. 第 2 学时：搬运子程序编写与调试

- 。 教学环节：功能模块开发

- 。 核心教学内容

1. 工具取放子程序：Tool_Grip、Tool_Release

2. 工件取料子程序：Pick_Part

3. 工件放料子程序：Place_Part

- 教师活动：演示子程序的参数化设计方法，讲解异常分支处理思路
- 学生活动：分组编写各功能子程序，完成单子程序的调试与验证
- 思政融入点：锻炼攻坚克难的意志品质，耐心解决程序调试中的问题

3. 第 3 学时：主程序集成与循环控制

- 教学环节：系统集成训练
- 核心教学内容
 1. 单工件循环搬运流程设计：初始化→取料→放料→循环
 2. 子程序调用与条件判断结合：工具类型校验、工件有无检测
 3. 程序暂停、跳转与复位功能实现
- 教师活动：演示主程序的集成方法，讲解程序闭环逻辑设计要点
- 学生活动：完成主程序编写，实现单工件循环搬运功能，添加异常处理分支
- 思政融入点：培养全局化的程序设计思维，提升程序的容错性

4. 第 4 学时：程序互评与优化

- 教学环节：成果展示与优化提升
- 核心教学内容
 1. 学生分组展示编程成果，讲解程序逻辑与设计思路
 2. 程序互评：从可读性、稳定性、效率三个维度点评
 3. 程序优化：减少冗余点位、优化运动速度、简化逻辑
- 教师活动：组织互评活动，点评优秀程序案例，提出优化建议
- 学生活动：参与互评，根据反馈优化自己的程序，提升运行效率
- 思政融入点：强化创新意识，鼓励学生探索更高效的编程方案

第五章 协作机器人进阶编程（码垛应用）

一、教学目标：

1. 了解工业码垛的定义、分类，掌握重叠式、纵横交错式等常见垛型的结构特点与工业应用场景；

2. 掌握变量指令、跳转指令的用法，能够完成码垛 XYZ 方向偏移量的数学运算与程序实现；

3. 能够独立完成 2 行 2 列 2 层重叠式码垛的程序编写、示教与全流程调试；

4. 了解纵横交错式码垛的编程逻辑，能够完成旋转偏移量计算与扩展码垛任务的程序设计。

二、教学重点

1. 常见码垛垛型的结构特点、设计逻辑与工业应用要求；

2. 码垛偏移量的数学运算公式与变量程序实现方法；

3. 变量、跳转指令在码垛编程中的应用，重叠式码垛程序的编写与调试。

三、教学难点

1. 码垛过程中 XYZ 方向偏移量的动态计算与变量实时更新；

2. 多层码垛的程序逻辑闭环设计，循环、变量与跳转指令的配合使用；

3. 纵横交错式码垛的旋转偏移量计算与机器人姿态控制编程。

四、素质（思政）内容

1. 培养数学建模与工程应用结合的能力，树立理论指导实践的科学思维，理解数学工具在工业编程中的核心价值；

2. 培养精益求精的工匠精神，注重码垛精度与程序运行稳定性，追求工艺细节的完美与生产效率的提升；

3. 培养绿色高效的生产理念，理解码垛编程优化对提升生产效率、降低生产能耗的重要意义，树立降本增效的工业思维。

五、教学方式：

1. 可视化教学，通过三维模型、动画演示不同垛型的结构特点与码垛全流程，建立直观认知；

2. 公式推导与程序实现结合教学，拆解码垛偏移量计算公式，对应讲解程序代码编写与参数配置；

3. 阶梯式实操训练，先完成基础重叠式码垛编程，再开展纵横交错式码垛的扩展提升训练；

4. 成果展示教学，学生现场演示码垛程序运行效果，讲解编程思路、公式设计与程序优化方法。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “可视化教学 + 阶梯式训练” 的教学模式，将数学运算与工程应用结合，具体安排如下：

1. 第 1 学时：码垛基础与偏移量计算

- 教学环节：码垛原理与数学基础
- 核心教学内容
 1. 工业码垛定义、分类与行业应用要求
 2. 常见垛型：重叠式、纵横交错式、旋转交错式结构特点
 3. 码垛偏移量计算公式：X/Y/Z 方向偏移量、层间偏移量
- 教师活动：通过三维动画演示不同垛型的码垛过程，推导偏移量计算公式
- 学生活动：计算 2 行 2 列 2 层重叠式码垛的各点位偏移量，绘制垛型示意图
- 思政融入点：培养数学建模与工程应用结合的能力，树立理论指导实践的科学思维

2. 第 2 学时：变量与跳转指令应用

- 教学环节：编程指令进阶
- 核心教学内容
 1. 变量定义、数据类型与赋值方法
 2. 跳转指令（Jump、JumpIf）语法与应用

3. 重叠式码垛程序框架设计：初始化→层循环→行循环
→列循环

- 教师活动：演示变量在码垛编程中的应用，讲解循环嵌套的逻辑关系
- 学生活动：编写基础重叠式码垛程序，实现变量动态更新与点位偏移
- 思政融入点：培养精益求精的工匠精神，注重码垛精度与程序稳定性

3. 第 3 学时：多层码垛程序调试

- 教学环节：程序调试与精度优化
- 核心教学内容
 1. 多层码垛的 Z 轴高度补偿
 2. 码垛程序单步调试与参数修正
 3. 常见问题解决：垛型歪斜、工件掉落、碰撞干涉
- 教师活动：巡回指导，针对学生调试中的问题进行针对性讲解
- 学生活动：完成 2 行 2 列 2 层重叠式码垛程序调试，优化码垛精度与速度
- 思政融入点：培养绿色高效的生产理念，理解程序优化对降本增效的意义

4. 第 4 学时：拓展训练与成果展示

- 教学环节：能力拓展与成果交流
- 核心教学内容
 1. 纵横交错式码垛编程：旋转偏移量计算与姿态控制
 2. 学生成果展示：现场演示码垛程序运行效果
 3. 总结码垛编程的通用方法与技巧
- 教师活动：组织成果展示，点评学生作品，拓展工业现场复杂垛型的编程思路
- 学生活动：完成纵横交错式码垛拓展训练，分享编程心得与技巧
- 思政融入点：激发创新创造能力，鼓励学生挑战更复杂的工业应用场景

第六章 协作机器人坐标系标定

一、教学目标：

1. 理解工具坐标系、工件坐标系的定义、核心作用与标定原理，掌握 TCP（工具中心点）的物理意义；

2. 熟练掌握工具坐标系六点法标定的操作步骤、精度控制与标定结果验证方法；

3. 掌握工件坐标系三点法（原点 - X 轴 - XY + 平面）标定的操作步骤与验证方法；

4. 理解坐标系转换的数学原理，掌握坐标系切换指令的编程应用，实现示教点位的跨坐标系复用。

二、教学重点

1. 工具坐标系 TCP 的定义与六点法标定的操作流程、关键点；

2. 工件坐标系的标定原理与三点法标定的实操步骤；

3. 坐标系转换指令的用法与多坐标系切换的编程应用。

三、教学难点

1. 工具坐标系标定过程中姿态差异的控制，保证标定结果的精度与可靠性；

2. 坐标系转换的齐次矩阵原理与实际编程中的点位复用逻辑；

3. 多工件坐标系切换的程序设计，实现不同位置工件的轨迹自动适配。

四、素质（思政）内容

1. 树立 “失之毫厘，谬以千里” 的精度意识，培养严谨细致、一丝不苟的工程操作习惯；

2. 培养理论联系实际的科学态度，通过坐标系标定原理的学习指导实操操作，深化对理论知识的理解与应用；

3. 培养标准化作业意识，理解标定流程标准化对机器人作业精度、一致性与可复制性的重要意义。

五、教学方式：

1. 原理先行教学，先讲解坐标系标定的数学原理与物理意义，再开展实操教学，避免机械式操作；

2. 手把手示范教学，教师分步演示六点法、三点法标定的全流程，重点讲解姿态调整、精度控制等关键操作要点；

3. 一对一实操指导，学生逐个完成坐标系标定与验证，教师针对标定误差进行针对性指导与修正；

4. 对比验证教学，让学生对比标定前后机器人运动的差异，直观理解坐标系标定的核心作用与工程价值。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “原理先行 + 手把手示范 + 一对一指导” 的教学模式，重点强化精度意识，具体安排如下：

1. 第 1 学时：坐标系原理讲解

- 教学环节：理论基础讲解

- 核心教学内容

1. 世界坐标系、基坐标系、工具坐标系、工件坐标系定义
2. TCP（工具中心点）的物理意义与标定必要性
3. 坐标系转换的齐次矩阵基本原理

- 教师活动：通过几何模型演示坐标系转换关系，讲解标定误差对机器人作业的影响

- 学生活动：理解各坐标系的作用，分析标定误差可能导致的后果

- 思政融入点：树立 “失之毫厘，谬以千里” 的精度意识

2. 第 2 学时：工具坐标系六点法标定

- 教学环节：工具坐标系标定实操

- 核心教学内容

1. 六点法标定原理与操作步骤
2. 标定过程中的姿态控制要点：保证 4 个姿态差异足够大
3. 标定结果验证方法：TCP 点绕 X/Y/Z 轴旋转测试

- 教师活动：手把手演示六点法标定全流程，讲解关键操作技巧与误差控制方法
- 学生活动：逐个完成工具坐标系标定，进行旋转验证，记录标定误差
- 思政融入点：培养严谨细致、一丝不苟的工程操作习惯

3. 第 3 学时：工件坐标系三点法标定

- 教学环节：工件坐标系标定实操
- 核心教学内容
 1. 三点法（原点 - X 轴 - XY + 平面）标定原理与步骤
 2. 多工件坐标系的创建与管理
 3. 工件坐标系标定结果验证：线性运动测试
- 教师活动：演示工件坐标系标定流程，对比标定前后机器人运动的差异
- 学生活动：完成 2 个不同位置的工件坐标系标定，验证标定精度
- 思政融入点：培养标准化作业意识，理解标定流程标准化的重要意义

4. 第 4 学时：坐标系转换指令应用

- 教学环节：综合应用训练
- 核心教学内容
 1. 坐标系切换指令（Tool、WObj）语法与应用

2. 示教点位的跨坐标系复用

3. 综合任务：使用不同工具坐标系与工件坐标系完成搬运任务

- 教师活动：演示坐标系转换指令的用法，讲解点位复用的工程价值
- 学生活动：完成综合任务，对比直接示教与坐标系转换的效率差异
- 思政融入点：培养理论联系实际的科学态度，深化对理论知识的应用

第七章 协作机器人涂胶应用编程

一、教学目标：

1. 熟练掌握坐标系转换指令（ToolList、WPtrsf、ToolTrsf）的语法规则与编程应用方法；

2. 掌握直线运动（Lin）、圆弧运动（ARC）指令在连续轨迹规划中的参数配置与应用；

3. 能够独立完成五角星、椭圆轨迹的点位示教、涂胶（绘图）子程序编写与轨迹优化；

4. 能够完成多工件坐标系下的涂胶主程序编写与调试，实现不同工件位置的轨迹点位自动复用。

二、教学重点

1. 五角星、椭圆连续轨迹的点位示教、运动指令编程与平滑过渡处理；

2. 坐标系转换指令的用法与多工件坐标系切换的程序设计；

3. 连续轨迹运动的速度规划、精度控制与程序优化。

三、教学难点

1. 圆弧轨迹的示教点位选取与 ARC 指令的参数精准配置；

2. 不同工件坐标系下轨迹点位的自动转换与程序复用逻辑；

3. 连续轨迹运动的速度平滑过渡与轨迹精度的平衡控制。

四、素质（思政）内容

1. 培养审美与工程结合的综合能力，在轨迹规划中兼顾工艺美观性

与运动稳定性，培养工业设计综合素养；

2. 培养耐心细致的操作习惯，通过精准点位示教与连续轨迹调试，锻炼学生的专注力、耐心与抗挫能力；

3. 树立效率意识，理解标准化子程序与坐标系转换对提升编程效率、降低重复工作的重要意义，培养标准化工程思维。

五、教学方式：

1. 轨迹分解教学，将五角星、椭圆复杂轨迹分解为多个直线 / 圆弧基础段，分步讲解示教要点与编程方法；

2. 示范编程教学，教师演示单轨迹子程序编写、坐标系转换指令应用、主程序集成与调试全流程；

3. 创意拓展训练，鼓励学生在基础轨迹之外，设计自定义图形轨迹并完成编程实现，激发创新能力；

4. 作品展示教学，学生展示涂胶（绘图）成果，讲解编程思路、轨迹优化技巧与坐标系转换应用心得。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “轨迹分解 + 创意拓展” 的教学模式，兼顾工艺性与创新性，具体安排如下：

1. 第 1 学时：运动指令与坐标系转换

- 。教学环节：基础指令与坐标系进阶

- 。核心教学内容

1. 直线运动 (Lin)、圆弧运动 (ARC) 指令参数配置

2. 连续轨迹运动的速度规划与平滑过渡设置

3. 坐标系转换指令 (ToolList、WPtrsf、ToolTrsf) 用法

- 。教师活动：演示不同运动指令的效果，讲解速度与精度的平衡控制方法

- 。学生活动：练习直线与圆弧轨迹编程，掌握坐标系转换指令的基本用法

- 。思政融入点：培养审美与工程结合的综合能力，兼顾工艺美观性与运动稳定性

2. 第 2 学时：基础轨迹编程与调试

- 。教学环节：基础轨迹开发

- 。核心教学内容

1. 复杂轨迹分解方法：将五角星、椭圆分解为直线与圆弧段

2. 轨迹点位示教技巧：关键点选取、密度控制

3. 涂胶（绘图）子程序设计

- 教师活动：演示五角星轨迹的分解与编程方法，讲解点位示教的注意事项
- 学生活动：完成五角星基础轨迹的示教与编程，调试轨迹平滑度
- 思政融入点：培养耐心细致的操作习惯，锻炼专注力与抗挫能力

3. 第 3 学时：多工件坐标系涂胶编程

- 教学环节：系统集成训练
- 核心教学内容
 1. 多工件坐标系下的轨迹点位自动转换
 2. 涂胶主程序设计：坐标系切换→调用涂胶子程序→循环
 3. 轨迹精度优化：修正示教点位、调整运动参数
- 教师活动：演示多工件坐标系涂胶程序的编写与调试，讲解程序复用逻辑
- 学生活动：完成 2 个不同位置工件的涂胶编程，实现轨迹点位自动复用
- 思政融入点：树立效率意识，理解标准化子程序对提升编程效率的意义

4. 第 4 学时：创意拓展与作品展示

- 教学环节：创意实践与成果交流
- 核心教学内容
 1. 创意任务：设计自定义图形轨迹（校徽、logo、艺术字等）并完成编程
 2. 学生作品展示与投票
 3. 总结连续轨迹编程的通用方法
- 教师活动：提供创意指导，组织作品展示与评选，表彰优秀作品
- 学生活动：完成创意轨迹编程，展示自己的作品，分享设计思路与技巧
- 思政融入点：激发创新能力，培养工业设计综合素养

第八章 协作机器人与 PLC 通讯

一、教学目标：

1. 了解 TCP/IP 通信协议的基础原理，熟悉 OSI 七层模型与 TCP/IP 模型的层级结构与核心协议；
2. 掌握西门子 S7-1200 PLC 与协作机器人的 TCP/IP 通讯组态、参数配置与连接测试方法；
3. 掌握 PLC 侧通讯数据接口定义、数据收发与类型转换程序的编写方法；
4. 掌握机器人侧通讯指令的用法，能够完成 PLC 与机器人协同上下料的流程设计、程序编写与联合调试。

二、教学重点

1. PLC 与协作机器人 TCP/IP 通讯的硬件连接、组态流程与参数配置；
2. 通讯数据的收发逻辑、数据类型转换与 PLC 侧程序编写；
3. 机器人与 PLC 协同上下料的流程设计、时序控制与程序联动。

三、教学难点

1. 工业通讯协议的原理理解与通讯故障的系统性排查方法；
2. PLC 与机器人之间数据交互的时序控制与逻辑闭环设计；
3. 上下料协同作业中 PLC 主控、机器人执行的全流程程序逻辑设计与联调。

四、素质（思政）内容

1. 培养系统工程思维，理解工业自动化产线中多设备协同的设计理念，树立全局化、系统化的工程视野；

2. 培养规范通信的职业素养，理解工业通讯中数据定义、时序控制标准化对产线稳定运行的重要性；

3. 弘扬自主创新精神，结合我国工业自动化通讯技术的自主化发展历程，增强学生的技术自信与创新意识。

五、教学方式：

1. 分层递进教学，按照“通讯协议基础→PLC 侧组态编程→机器人侧程序编写→系统联调”的层级分步教学；

2. 双平台联动教学，同步讲解 PLC 博途软件操作与机器人示教器编程操作，实现双端程序同步讲解；

3. 故障模拟教学，设置 IP 地址错误、端口不匹配、数据类型不符等常见通讯故障，培养学生排查问题、解决问题的能力；

4. 综合实操训练，学生分组完成通讯组态、双端程序编写与上下料协同作业全流程联调，完成功能验证。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用 “分层递进 + 双平台联动” 的教学模式，培养系统工程思维，具体安排如下：

1. 第 1 学时：通讯协议基础与硬件连接

- 。 教学环节：通讯基础与硬件准备

- 。 核心教学内容

1. TCP/IP 协议基础原理与 OSI 七层模型

2. 西门子 S7-1200 PLC 与协作机器人的硬件连接方式

3. IP 地址规划与网络配置

- 。 教师活动：讲解工业通讯的基本概念，演示硬件连接与网络参数设置

- 。 学生活动：完成 PLC 与机器人的硬件连接，配置双方 IP 地址并测试网络连通性

- 。 思政融入点：培养系统工程思维，理解多设备协同的设计理念

2. 第 2 学时：PLC 侧通讯组态与编程

- 。 教学环节：PLC 侧开发

- 。 核心教学内容

1. 博途软件中 TCP/IP 通讯组态流程

2. 通讯数据接口定义：发送数据区、接收数据区

3. PLC 侧数据收发程序编写与数据类型转换

- 教师活动：同步演示博途软件操作，讲解通讯程序的逻辑结构
- 学生活动：完成 PLC 侧通讯组态与数据收发程序编写，进行本地数据测试
- 思政融入点：培养规范通信的职业素养，理解数据标准化的重要性

3. 第 3 学时：机器人侧通讯程序编写

- 教学环节：机器人侧开发
- 核心教学内容
 1. 机器人侧 TCP 通讯指令（SocketOpen、SocketSend、SocketRecv）用法
 2. 机器人与 PLC 的数据交互协议设计
 3. 单数据收发测试与调试
- 教师活动：演示机器人侧通讯程序编写，讲解数据解析与校验方法
- 学生活动：完成机器人侧通讯程序编写，实现 PLC 与机器人的单数据交互
- 思政融入点：弘扬自主创新精神，增强对国产工业通讯技术的信心

4. 第 4 学时：协同上下料联调与故障排查

- 教学环节：系统联调与故障处理

。 核心教学内容

1. PLC 与机器人协同上下料流程设计：PLC 发指令→机器人执行→反馈结果
2. 全流程程序联调与时序控制
3. 常见通讯故障排查：IP 错误、端口不匹配、数据类型不符

。 教师活动：设置典型通讯故障，引导学生排查问题，讲解系统性故障排查方法

。 学生活动：分组完成协同上下料全流程联调，撰写故障排查报告

。 思政融入点：培养解决复杂工程问题的能力，树立全局化的工程视野

第九章 协作机器人视觉装配应用

一、教学目标：

1. 了解机器视觉检测模块的组成、智能相机的工作原理，完成智能相机的硬件安装、图像调整与基础调试；

2. 掌握智能相机的目标检测、颜色识别配置方法，理解像素系数的计算原理与工件实际偏移量的换算方法；

3. 理解机器人与智能相机的坐标系转换原理，掌握视觉引导机器人抓取的偏移量补偿与编程方法；

4. 能够独立完成视觉引导的机器人法兰工件装配全流程设计、程序编写与系统联合调试。

二、教学重点

1. 智能相机的图像调整、基准图设置、目标检测与颜色识别的配置流程；

2. 像素系数计算、工件实际偏移量换算与相机 - 机器人坐标系转换方法；

3. 视觉引导机器人抓取装配的程序逻辑设计、时序控制与全流程调试。

三、教学难点

1. 机器人与智能相机的坐标系转换、工件偏移量的动态补偿计算；

2. 视觉检测、PLC 控制、机器人执行三者之间的时序控制与数据交互；

3. 视觉装配全流程的程序闭环设计、异常处理与装配成功率优化。

四、素质（思政）内容

1. 培养跨学科融合的思维能力和理解机器视觉、机器人技术、PLC控制的融合应用，树立复合型技术人才的成长目标；

2. 培养严谨的科学实验态度，通过像素系数标定、视觉检测参数优化，培养学生实事求是的科学精神与数据思维；

3. 树立智能制造的行业视野，理解视觉引导技术在工业 4.0、柔性制造中的核心作用，增强学生的职业使命感与学习动力。

五、教学方式：

1. 全流程拆解教学，分模块讲解相机安装调试、视觉检测配置、偏移量计算、机器人编程、系统联调五个核心环节；

2. 理实结合教学，先讲解视觉引导机器人的核心原理，再分步开展实操训练，实现原理与实操的深度结合；

3. 项目式教学，以视觉引导法兰工件装配为核心项目，学生分组完成全流程方案设计、编程实现与系统联调；

4. 综合验收教学，以装配成功率、运行稳定性、程序容错性为核心指标，对学生项目成果进行考核评价与复盘优化。

六、学时数

4 学时。

七、本章节具体教学内容

本章节共 4 学时，采用“全流程拆解 + 项目式教学”的模式，培养跨学科融合能力，具体安排如下：

1. 第 1 学时：机器视觉基础与相机调试

- 教学环节：视觉系统基础与硬件调试
- 核心教学内容
 1. 机器视觉系统组成：智能相机、镜头、光源、控制器
 2. 智能相机硬件安装与图像调整：焦距、亮度、对比度
 3. 基准图设置与图像预处理
- 教师活动：演示相机安装与调试流程，讲解机器视觉的基本工作原理
- 学生活动：完成智能相机的安装与图像调整，设置检测基准图
- 思政融入点：培养跨学科融合的思维能力和团队协作能力，树立复合型技术人才的成长目标

2. 第 2 学时：视觉检测配置与标定

- 教学环节：视觉检测功能开发
- 核心教学内容
 1. 目标检测与颜色识别功能配置
 2. 像素系数计算原理与标定方法
 3. 相机 - 机器人坐标系转换原理

- 教师活动：演示视觉检测配置流程，讲解像素系数标定与偏移量换算方法
- 学生活动：完成目标检测与颜色识别配置，进行像素系数标定，计算工件实际偏移量
- 思政融入点：培养严谨的科学实验态度，树立实事求是的科学精神与数据思维

3. 第 3 学时：视觉引导抓取编程

- 教学环节：机器人侧视觉程序开发
- 核心教学内容
 1. 视觉数据传输与机器人偏移量补偿编程
 2. 视觉引导抓取流程设计：拍照→获取偏移量→修正抓取点→抓取
 3. 抓取姿态调整与精度优化
- 教师活动：演示视觉引导抓取程序编写，讲解偏移量动态补偿的逻辑
- 学生活动：完成视觉引导抓取程序编写，调试抓取精度，提高抓取成功率
- 思政融入点：培养解决复杂系统问题的能力，理解各模块协同工作的原理

4. 第 4 学时：全流程联调与项目验收

- 教学环节：项目集成与验收

。 核心教学内容

1. 视觉装配全流程集成：视觉检测→PLC 控制→机器人
装配

2. 系统联调与异常处理：工件漏检、抓取失败、装配偏差

3. 项目验收：以装配成功率、运行稳定性、程序容错性为
核心指标

。 教师活动：组织项目验收，点评各组项目成果，提出改进建
议

。 学生活动：分组完成视觉引导法兰工件装配全流程联调，提
交项目报告

。 思政融入点：树立智能制造的行业视野，增强职业使命感与
学习动力