

课程名称：机器人设计与实践
课程编号：7047541
课程学分：2
课程学时：48
适用专业：机械设计制造及其自动化

《机器人设计与实践》 (Robot Design and Practice)

教学大纲

1. 课程性质与任务

机器人不仅是现代高科技的应用载体，而且是一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。机器人技术是一门涉及力学、机械、电子、控制技术与自动化、传感与检测等多个技术的综合性前沿学科。机器人技术发展是推进智能制造、绿色制造、高端装备创新发展的重要保证。

《机器人设计与实践》是机械设计制造及其自动化的一门专业必修课，是涉及机械设计、制造及机电等方向的一门综合性专业技术课程。课程重点讲解机器人技术基础知识、相关理论和技术基础上，注重理论与实践相结合，通过实践、实验等环节，培养学生理论联系实际工程实践能力，使学生掌握机器人基础理论及基本设计方法，通过运用现代工具设计并解决实际工程问题能力。

2. 课程教学目标与达成途径

本课程的教学注重机器人基础理论与应用技术相结合，旨在培养学生具有：应用机器人基本理论及技术知识进行分析和设计的能力，解决实际问题能力；运用现代工具进行机器人运动学和动力学仿真分析，正确计算正向运动学和逆向运动学问题；根据动力学分析方法，分析求解六自由度机器人动力学问题；根据机器人的动力学方程确定各参数间关系，并求解机器人特定运动的驱动器驱动力，进而选择合适驱动器；运用空间坐标实现机器人轨迹规划；结合机器人本体结构和运动方式实现机器人位置控制和力控制；使用常用传感器实现不同加工任务对机器人感知要求；结合所学机器人相关知识，实践机器人本体结构、运动学、动力学等相关内容的实践实验。课程教学目标具体体现在以下几个方面：

课程教学目标 1：掌握机器人设计基础知识，能够将数学、专业知识用于解决负责机械工程问题，并对复杂机械工程问题进行准确的表达、建模、分析和

求解。通过课堂讲授、作业、实验、实践等环节，使学生掌握机器人设计的基本知识；机器人特点、分类及技术参数；掌握串联机器人的本体结构设计，结构设计要点、结构形式以及常用传动机构；机器人技术数学基础；机器人运动学基础；机器人动力学基础；机器人控制基础；常用机器人内部和外部传感器相关知识；理解机器人的运动定位、路径规划等。

课程教学目标 2：掌握机器人运动学、动力学和运动规划等基本原理及数学基础，通过应用现代工具分析复杂问题，以获得有效结论，综合复杂机械工程专业问题的影响因素等，选择合理系统。通过课堂讲授、作业、课堂测验等环节，结合 MATLAB 分析软件，使学生掌握机器人机械系统运动表示方法：包括刚体位姿描述，坐标变换，齐次坐标变换，根据给定各关节变量确定手部位姿的正向运动相关数学基础，以及根据机器人臂位置与姿态求机器人关节角的逆向运动相关内容；分析机器人速度和速度雅克比矩阵，拉格朗日法、牛顿-欧拉方法两种常用动力学分析方法；电动机驱动系统动力学建模，神经网络 PID 控制算法；掌握关节空间和笛卡尔空间运动的轨迹规划和生成方法，插补算法等数学基础；能够根据机器人设计要求，运用现代工具，初步掌握机器人设计的运动学、动力学以及运动规划数学方程的分析、解决问题能力。

课程教学目标 3：掌握机器人系统集成设计方法与运动控制技术，能够针对机电装备的制造问题，综合机械工程问题的影响制约条件，选择合理系统，并对机械工程问题分析研究，设计科学实验方案。通过课堂讲授、作业、案例讨论等环节，使学生掌握与机器人设计相关的基础理论知识。针对复杂工程问题解决方案，具备根据机器人设计要求，并体现创新意识。在此基础上，掌握串机器人本体结构设计原理、设计要点，能够分析常用传动机构，机器人的定位、消隙等关键技术；掌握机器人位姿齐次坐标的描述和分析，连杆坐标系建立和坐标间变换矩阵，串联机器人正向运动学和逆向运动学计算；通过建立机器人动力学方程确定力、质量和加速度以及力矩、转动惯量和角角速度关系，实现机器人特定运动的驱动力计算方法；由电机模型，掌握直流伺服电动机、交流伺服电动机的单关节控制；根据机器人不同类型及实现功能，具有正确应用内部机器人传感器和外部机器人传感器能力；根据机器人路径优化准则，选择正确选择路径规划方法能力。

课程教学目标 4：使用现代工程工具和信息工具，结合专业知识，具有解决机械工程实践能力。通过实践锻炼，通过互联网和文献检索等信息工具获取机器人技术发展的最新信息，通过现代工程工具，结合专业知识根据实践报告要求撰写实践报告，使学生对机器人新技术、发展趋势有一定的了解，激发学生在机器人领域继续学习和研究的愿望。学会通过查阅相关手册确定机器人机构、驱动方式、控制方式，通过查阅机器人技术参数资料，提高技术资料的运用能力。

表 1 课程所支撑的毕业要求指标点的达成途径

所支撑的毕业要求指标点	课程教学目标	达成途径
1.3 掌握机械、电子、控制等专业知识，并能够将其应用于解决复杂机械工程问题。	课程教学目标 1、2	<p>课堂讲授：重点突出、思路清晰、师生互动，及时掌握学生学习情况。</p> <p>案例讨论：典型机器人本体、机械臂的三维模型设计；运动学、动力学、控制系统、轨迹规划、机器人传感器等知识的相关案例，通过学生课前自学，课堂研讨交流，掌握教学内容。</p> <p>实验研究：完成各章要求实验的预习、实验、撰写实验报告。</p> <p>课后作业：每章留有巩固学习内容的课后作业，全批全改、及时反馈。</p>
2.2 能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，对复杂机械工程问题进行准确的表达、建模、分析和求解。	课程教学目标 1、2	<p>课堂讲授：重点突出、思路清晰、师生互动，及时掌握学生学习情况。</p> <p>案例讨论：将典型机器人运动学、动力学和轨迹规划的 MATLAB 仿真分析和案例同课题讲解的数学知识和基本原理结合作为讨论内容，通过学生课前自学，课堂研讨交流，掌握教学内容。</p> <p>实验研究：完成各章要求实验的预习、实验、撰写实验报告。</p> <p>课后作业：每章都留巩固学习内容的课后作业，全批全改、及时反馈。</p>
3.1 能够针对机电装备的制造和使用问题，综合复杂机械工程问题的影响因素和制约条件，选择合理的系统或工艺流程。	课程教学目标 4	<p>课堂讲授：重点突出、思路清晰、师生互动，及时掌握学生学习情况。</p> <p>案例讨论：通过机器人运动学、动力学方法分析机器人末端执行器位姿和关节受力关系，分析控制系统的误差影响因素，结合案例同课题讲解的数学知识和基本原理结合作为讨论内容，通过学生课前自学，课堂研讨交流，掌握教学内容。</p> <p>实验研究：完成各章要求实验的预习、实验、撰写实验报告。</p> <p>课后作业：每章都留巩固学习内容的课后作业，全批全改、及时反馈。</p>
4.1 能够对复杂机械工程问题进行分析研究，得出合理的结论，并设计科学的实验方案。	课程教学目标 3, 4	<p>课堂讲授：重点突出、思路清晰、师生互动，及时掌握学生学习情况。</p> <p>实验研究：完成各章要求实验的预习、实验、撰写实验报告。</p> <p>课后作业：每章都留巩固学习内容的课后作业，全批全改、及时反馈。</p>
5.1 了解本专业常用现代仪器、工程和信息工具的使用方法，能够结合专业知识正确思辨，并理解其局限性。	课程教学目标 3、4	<p>实践报告：机器人实践报告。学生应用现代工程工具和信息工具，查阅大量文献，进行多自由度机械臂本体结构设计，运动、动力学算法计算，应用机电系统知识进行控制系统设计，每个同学完成实践报告。</p> <p>实践研究：完成机器人实践报告内容，撰写实践报告。</p>

3. 课程教学内容及要求

表 2 课程教学内容及要求

序号	教学内容	教学要求	学时	对应的教学目标
1	1. 绪论 1.1 机器人发展与定义 1.2 机器人组成与分类 1.3 机器人的技术参数 1.4 机器人的发展趋势	了解： 机器人发展趋势、分类。 掌握： 机器人定义，分析机器人基本组成，机器人的分类和相关技术参数。 课后作业： 1-1、1-2。	2	3
2	2. 机器人的本体结构 2.1 串联机器人的结构 2.2 并联机器人的结构概述 2.3 移动机器人的结构概述	了解： 串联机器人结构组成；机器人定位消除关键技术。 掌握： 串联机器人常用的传动机构；移动机器人结构特点。 课后作业： 2-6	4	1
3	实验一： 关节机器人结构与控制	了解： 机器人系统组成及主要器件原理。 掌握： 典型机械臂模型机构传动简图。 作业： 实验报告	2	3、4、5
4	3. 机器人运动学分析 3.1 机器人坐标系 3.2 齐次坐标及变换 3.3 机器人位姿描述 3.4 机器人位姿分析 3.5 串联机器人运动学分析	了解： 机器人坐标系及其位姿在坐标系内的描述；齐次坐标及其变换定义。 掌握： 机器人位姿的齐次坐标描述和分析；连杆坐标系的建立；描述坐标系的参数；连杆坐标间的变换矩阵；串联机器人正向运动学和逆向运动学计算。 课后作业： 3-2、3-6 3-8	6	1
5	实验二： 齐次变换与机器人运动学建模	了解： 串联机器人的典型结构，掌握串联机器人的自由度运算方法。 掌握： 齐次变换矩阵表示刚体位姿的方法，能正确地进行齐次变换矩阵的运算，正确确定连杆参数和关节变量，进行运动学建模。 作业： 实验报告	2	3、4、5
6	4. 机器人动力学分析 4.1 串联机器人速度雅可比矩阵与速度分析 4.2 串联机器人静力学分析 4.3 机器人动力学分析	了解： 驱动力和接触力关系以及加速度和运动轨迹关系；静力学力雅各比以及正向和逆向求解。 掌握： 串联机器人速度和速度雅各比矩阵；常用动力学分析方法及求解过程；机器人关节空间、操作空间及动力学关系。 课后作业： 4-2 4-4	4	2
7	实验三： 基于 MATLAB 的机器人动力学仿真	了解： 拉格朗日方程， n 自由度机器人操作臂动力学方程。	2	3、4、5

序号	教学内容	教学要求	学时	对应的教学目标
		<p>掌握：基于欧拉方程，编写机器人动力学正问题和逆问题的求解函数，计算有无外力干扰情况下的动力学正问题和逆问题；建立机器人动力学仿真平台，绘制关节力矩和位置曲线图。</p> <p>作业：实验报告</p>		
8	<p>5. 机器人传感器</p> <p>5.1 机器人传感器分类和性能指标</p> <p>5.2 机器人内部传感器</p> <p>5.3 机器人外部传感器</p> <p>5.4 传感器融合</p>	<p>了解：机器人传感器概念、分类、性能指标及使用要求。</p> <p>掌握：常用内部传感器和外部传感器性能指标及应用；多传感器信息融合技术。</p> <p>课后作业：5-2 5-3</p>	4	3
9	<p>6. 机器人控制系统</p> <p>6.1 概述</p> <p>6.2 机器人控制系统组成</p> <p>6.3 驱动与运动控制系统组成</p> <p>6.4 机器人位置控制</p> <p>6.5 机器人力控制</p> <p>6.6 并联机器人控制概述</p> <p>6.7 机器人变结构控制</p>	<p>了解：常见运动控制系统结构；机器人神经网络PID控制和机器人的滑模变结构控制。</p> <p>掌握：机器人电动机驱动的系统动力学建立过程；单关节位置控制、增益参数确定、误差分析以及多关节位置控制；机器人力控制的手臂及环境建模；基于位置控制的力控制方式。</p> <p>课后作业：6-4、6-5</p> <p>案例讨论：典型机器人位置控制系统：四种基于位置控制的力控制方式，机器人作业约束与控制策略以及力/位混合控制。</p>	4	3、4
10	实验四： 机器人运动控制	<p>了解：机器人智能控制常用算法；常用编程语言。</p> <p>掌握：直流伺服电动机的单关节控制；交流伺服电动机的单关节控制。</p> <p>作业：实验报告</p>	2	3、4、5
11	<p>7. 工业机器人运动规则</p> <p>7.1 机器人轨迹规划概述</p> <p>7.2 插补方式分类</p> <p>7.3 机器人轨迹插值计算</p> <p>7.4 机器人手部路径的轨迹规划</p> <p>7.5 移动机器人路径规划</p>	<p>了解：轨迹规划一般性问题，轨迹生成方式和轨迹规划涉及主要问题；移动机器人的路径规划技术，全局规划方法和局部规划方法。</p> <p>掌握：插补方式的分类、常用的插补算法；轨迹控制方法。</p> <p>课后作业：7-2 7-3</p>	4	3
12	实验五： 工业机器人的轨迹规划	<p>了解：工业机器人在关节空间的轨迹规划原理，快速平稳运行的控制方法。</p> <p>掌握：机器人末端手的位姿；机器人避障路径规划。</p> <p>作业：实验报告</p>	2	3、4、5

序号	教学内容	教学要求	学时	对应的教学目标
13	8. 机器人语言与编程 8.1 概述 8.2 机器人编程要求与语言类型 8.3 编程语言系统和基本功能 8.4 常用的机器人编程语言 8.5 机器人的示教编程 8.6 机器人离线编程及其系统	了解: 机器人语言系统构成; 常用机器人语言; 机器人离线编程发展方向。 掌握: 一种机器人编程方法; 示教编程特点; CAM/CAD 与机器人联系。 课后作业: 无	2	5
14	9. 机器人应用及发展趋势 9.1 机器人应用 9.1.1 工业机器人应用 9.1.2 服务机器人应用 9.1.3 空中机器人应用 9.1.4 医疗及康复机器人应用 9.1.5 教育机器人应用 9.1.6 救援机器人应用 9.2 未来机器人发展趋势	了解: 各类机器人应用实例; 未来发展趋势及其特点。 掌握: 工业机器人特点; 各类机器人应用准则。 课后作业: 9-2	2	5
15	10. 机器人实践 10.1 机器臂设计 10.2 机器人控制系统设计 10.2.1 系统硬件设计 10.2.2 控制方法及程序设计	实践内容: 机器人本体设计、小车底盘设计或选机械臂设计; 光电、红外、灰度传感器数据采集; 电机控制; 测距避障、黑线寻迹、蓝牙通讯等内容。 掌握: 机器人结构设计、程序编写、功能实现 实践报告: 按格式要求和实践内容要求	6	3、4、5

4. 教学方式

探索和改进教学方法, 提倡启发式、讨论式、案例式、任务驱动式教学, 突出对学生工程应用能力和创新意识的培养。具体教学方式如下:

1) 课堂讲授为主, QQ/微信群答疑辅导为辅。课堂讲授采用多媒体教学, 注重结合生产实际的案例讨论教学。对于简单内容, 采用自学与授课相结合的方法, 课堂上提纲挈领地讲解思考问题的脉络, 使学生能够领会到方法的实质; 对于难以理解的内容, 结合视频、实物、案例等进行深入讲解, 便于学生理解和掌握。

2) 课堂测验与课后作业相结合。对核心知识点安排课堂测验, 了解学生对知识点的理解掌握情况; 每章节内容学习完毕, 布置课后作业, 全批全改, 并就发现的难点问题进行现场讲解、讨论。

3) 实验教学。要求学生预习、完成实验和撰写实验报告。应用现代工程工

具和信息工具，根据各章实验要求，检查学生上机仿真过程，考核学生实物验证结果。对完成的实验报告全批全改，并对发现的问题进行课题讲解。

4) 以实践报告为载体的任务驱动教学。以六自由度机械臂、三自由度机械臂等实物为参考，结合所学机器人知识，指导学生独立设计实践方案，解决机械工程问题，在此基础上通过查找文献，运用现代工具，撰写机器人设计与实践的实践报告。

5. 教材及教学参考书

教材：

- 1) 黄俊杰 张元良. 机器人技术基础. 华中科技大学出版社, 2018
- 2) 郭彤颖 安冬. 机器人技术基础及应用. 北京:清华大学出版社, 2017

参考书：

- 1) 徐心和 郝丽娜. 机器人原理与应用, 东北大学出版社, 2005
- 2) 熊有伦. 机器人技术基础. 华中科技大学出版社, 2011

6. 学生成绩评定方法

本课程以考核学生能力培养目标的达成为主要目的，以检查学生对各知识点的掌握程度以及应用为重要内容。能力目标达成评价与考核总成绩中，期末考试成绩占 60%，平时考查和实验占 40%。具体要求如下：

- 1) 课程评分类型：百分制。
- 2) 结课考核方式：闭卷，重点考察知识应用能力。
- 3) 实验成绩评定

① 预习：实验前学生完成预习，指导教师了解学生预习情况是否达到实验实施要求，达到要求后学生方可进行实验，占总成绩 10%。

② 实验操作：教师根据学生实验操作过程、数据采集情况、实验结果记录等评定学生成绩，并在原始数据上签字，占总成绩 40%。

③ 实验结果分析与实验报告撰写：教师根据学生实验数据（结果）的分析情况、报告撰写情况，评定学生成绩，占总成绩 50%。

3) 实践成绩评定

① 问题分析：能够正确应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，对复杂机械工程问题进行准确的表达、建模、分析和求解。

② 方案设计：针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件），能够针对机电装备的制造和使用问题，考虑环境等因素，分析影响因素和制约条件，选择合理的系统并能够在设计环节中体现创新意识。

③ 工作量：按期完成规定的设计任务，根据设计参数设计的机械图等图纸正确，计算结果正确，难度适宜。

④说明书的质量：说明书立论正确，论述充分，结论严谨合理，文字通顺，技术用语准确，符号统一，编号齐全，图表完备，书写工整规范。

5) 课程总成绩评定：平时作业（包括课堂测验、课后作业、综述报告）占总成绩的 5%，实验成绩占总成绩的 20%，实践成绩占总成绩的 15%，期末考试占总成绩的 60%。

表 3 课程教学目标评价矩阵

成绩组成	考核/评价环节	分值	考核/评价细则	对应的教学目标
平时成绩 40%	平时作业（包括课堂测验、课后作业、综述报告）	5	主要考核学生对每节课知识点的理解和掌握程度,计算全部作业的平均成绩再按 5% 计入总成绩。	1、2
	实验	20	根据每个实验的情况和报告质量每次单独评分，再将全部实验的成绩求平均值，最后按 20%计入课程总成绩，具体见评分标准。	3
	实践	15	根据每个实践实验的情况和报告质量每次单独评分，再将全部实践实验的成绩求平均值，最后按 15%计入课程总成绩，具体见评分标准。	3、4
期末考试 60%	期末考试卷面成绩	60	根据课程教学目标和学时安排，主要考核机器人技术基本理论、基础知识及其应用，机器人运动学、动力学计算、单关节控制、定位与导航、常用传感器等内容。按照卷面成绩的 60%计入课程总成绩。	1、2

表 4 实验实践评分标准

教学目标	考核内容	评价依据	评价标准				
			优	良	中	及格	不及格
能够根据实践、实验目的和实践实验要求，制定可行的方案。	设计实践能力和实验能力。	预习情况	实践实验预习内容完整、方案设计正确；操作步骤	实践实验预习内容比较完整、方案设计正确；操作步骤比较	基本完成预习内容、方案设计正确；操作步骤比较	基本完成预习内容、方案设计基本正确；操作步骤基本规范，有一定的安全意识；报告书写、图表基本规范；分析基本合理，结果基本正确。	没有完成预习内容和方案设计，操作步骤不规范，安全意识淡薄，报告书写、图表不规范，分析不合理，实验结果有较多错误。
能够正确设计实践内容，实验步骤、操作实验装置，安全有效地开展实践实验，获取有效数据。根据实践内容，程序编写正确，硬件设计合理。	实践实验实施能力，实践安全管理能力，实践实验规范操作能力。	实践实验表现，完成内容	规范正确、安全意识强；报告书写规范、字迹工整、清晰，图表整洁规范、正确；分析合理、结论正确有效。	规范，安全意识较强；报告书写较为规范、字迹工整、清晰，图表较为整洁规范、正确；分析比较合理、结论正确有效。	规范，具有安全意识；报告书写较为规范，图表较为规范；分析比较合理、结论正确有效。		
能够采用图、表、实物展示等形式规范表达实验内容，通过分析展示获取有效结论。	绘图、制表、实物动作展示等工程表达能力；书面表达能力，结论分析能力。	实验报告；实践报告					

7. 课程教学目标达成度评价依据与方法

1) 教师自评

任课教师依据课程教学目标的支撑环节进行达成度评价，具体方法见表5《机器人设计与实践》课程教学目标达成度评价表，达成度评价目标值为0.7，达成度结果低于0.7的教学目标为未达成。

2) 学生问卷调查

课程结课并提交成绩后，机械与材料工程学院教学委员会组织学生对课程教学目标情况通过问卷调查进行达成评价（见表6），并进行数据统计与分析。

表5《机器人设计与实践》课程教学目标达成度评价表

课程编号：7047531 学期： 班级： 人数： 教师：

课程目标 支撑环节	课后作业（5%）		实验（15%）		实践（20%）		期末考试成绩（60%）		课程 总评成绩（100%）
	课程目标1	课程目标2	课程目标3	课程目标4	课程目标3	课程目标4	课程目标1	课程目标2	
学生平均得分									
目标分值	60	40	75	25	33	67	60	40	100
课程目标					评价内容		目标分值	平均得分	达成度结果
课程教学目标1：掌握机器人设计基础知识，能够将数学、专业知识用于解决负责机械工程问题，并对复杂机械工程问题进行准确的表达、建模、分析和求解。 通过课堂讲授、作业、实验、实践等环节，使学生掌握机器人设计的基本知识；机器人特点、分类及技术参数；掌握串联机器人的本体结构设计，结构设计要点、结构形式以及常用传动机构；机器人技术数学基础；机器人运动学基础；机器人动力学基础；机器人控制基础；常用机器人内部和外部传感器相关知识；理解机器人的运动定位、路径规划等。					课后作业		3		$\frac{\sum \text{平时平均得分}}{\sum \text{平时目标分值}} \times 0.3 + \frac{\text{目标1平均得分}}{25} \times 0.7$
					试卷课程目标1		36		
课程教学目标2：掌握机器人运动学、动力学和运动规划等基本原理及数学基础，通过应用现代工具分析复杂问题，以获得有效结论，综合复杂机械工程问题的影响因素等，选择合理系统。 通过课堂讲授、作业、课堂测验等环节，结合MATLAB分析软件，使学生掌握机器人机械系统运动表示方法：包括刚体位姿描述，坐标变换，齐次坐标变换，根据给定各关节变量确定手部位姿的正向运动相关数学基础，以及根据机器人臂位置与姿态求机器人关节角的逆向运动相关内容；分析机器人速度和速度雅克比矩阵，拉格朗日法、牛顿-欧拉方法两种常用动力学分析方法；电动机驱动系统动力学建模，神经网络PID控制算法；掌握关节空间和笛卡尔空间运动的轨迹规划和生成方法，插补算法等数学基础；能够根据机器人设计要求，运用现代工具，初步掌握机器人设计的运动学、动力学以及运动规划数学方程的分析、解决问题能力。					课后作业		2		$\frac{\sum \text{平时平均得分}}{\sum \text{平时目标分值}} \times 0.3 + \frac{\text{目标2平均得分}}{15} \times 0.7$
					试卷课程目标2		24		
课程教学目标3：掌握机器人系统集成设计方法与运动控制技术，能够针对机电装备的制造问题，综合机械工程问题的影响制约条件，选择合理系统，并对机械工程问题分析研究，设计科学实验方案。 通过课堂讲授、作业、案例讨论等环节，使学生掌握与机器人设计相关的基础理论知识。针对复杂工程问题解决方案，具备根据机器人设计要求，并体现创新意识。在此					实验		15		$\frac{\sum \text{平时平均得分}}{\sum \text{平时目标分值}} \times 0.3 + \frac{\text{目标3平均得分}}{40} \times 0.7$

<p>基础上，掌握串机器人本体结构设计原理、设计要点，能够分析常用传动机构，机器人的定位、消隙等关键技术；掌握机器人位姿齐次坐标的描述和分析，连杆坐标系建立和坐标间变换矩阵，串联机器人正向运动学和逆向运动学计算；通过建立机器人动力学方程确定力、质量和加速度以及力矩、转动惯量和角角速度关系，实现机器人特定运动的驱动力计算方法；由电机模型，掌握直流伺服电动机、交流伺服电动机的单关节控制；根据机器人不同类型及实现功能，具有正确应用内部机器人传感器和外部机器人传感器能力；根据机器人路径优化准则，选择正确选择路径规划方法能力。</p>	<p>实践</p>	<p>5</p>		
<p>课程教学目标 4：使用现代工程工具和信息工具，结合专业知识，具有解决机械工程实践能力。通过实践锻炼，通过互联网和文献检索等信息工具获取机器人技术发展的最新信息，通过现代工程工具，结合专业知识根据实践报告要求撰写实践报告，使学生对机器人新技术、发展趋势有一定的了解，激发学生在机器人领域继续学习和研究的愿望。学会通过查阅相关手册确定机器人机构、驱动方式、控制方式，通过查阅机器人技术参数资料，提高技术资料的运用能力。</p>	<p>实验</p>	<p>5</p>		<p>(报告+实验)平均得分 15</p>
	<p>实践</p>	<p>10</p>		
<p>课程教学目标总体达成度</p>		<p>100</p>		<p>总评平均分/100</p>
<p>此次考核普遍存在的问题及原因分析</p>	<p>1. 问题：</p> <p>2. 原因分析：</p>			

持续改进意见	
--------	--

表 6 《机器人设计与实践》课程教学目标达成情况问卷

序号	课程教学目标	通过本课程的学习，我达成了课程教学目标				
		完全同意	同意	基本同意	不同意	完全不同意
1	<p>课程教学目标 1：掌握机器人设计基础知识，能够将数学、专业知识用于解决负责机械工程问题，并对复杂机械工程问题进行准确的表达、建模、分析和求解。通过课堂讲授、作业、实验、实践等环节，使学生掌握机器人设计的基本知识；机器人特点、分类及技术参数；掌握串联机器人的本体结构设计，结构设计要点、结构形式以及常用传动机构；机器人技术数学基础；机器人运动学基础；机器人动力学基础；机器人控制基础；常用机器人内部和外部传感器相关知识；理解机器人的运动定位、路径规划等。</p>					
2	<p>课程教学目标 2：掌握机器人运动学、动力学和运动规划等基本原理及数学基础，通过应用现代工具分析复杂问题，以获得有效结论，综合复杂机械工程问题的影响因素等，选择合理系统。通过课堂讲授、作业、课堂测验等环节，结合 MATLAB 分析软件，使学生掌握机器人机械系统运动表示方法：包括刚体位姿描述，坐标变换，齐次坐标变换，根据给定各关节变量确定手部位姿的正向运动相关数学基础，以及根据机器人臂位置与姿态求机器人关节角的逆向运动相关内容；分析机器人速度和速度雅克比矩阵，拉格朗日法、牛顿-欧拉方法两种常用动力学分析方法；电动机驱动系统动力学建模，神经网络 PID 控制算法；掌握关节空间和笛卡尔空间运动的轨迹规划和生成方法，插补算法等数学基础；能够根据机器人设计要求，运用现代工具，初步掌握机器人设计的运动学、动力学以及运动规划数学方程的分析、解决问题能力。</p>					

3	<p>课程教学目标 3：掌握机器人系统集成设计方法与运动控制技术，能够针对机电装备的制造问题，综合机械工程问题的影响制约条件，选择合理系统，并对机械工程问题分析研究，设计科学实验方案。通过课堂讲授、作业、案例讨论等环节，使学生掌握与机器人设计相关的基础理论知识。针对复杂工程问题解决方案，具备根据机器人设计要求，并体现创新意识。在此基础上，掌握串机器人本体结构设计原理、设计要点，能够分析常用传动机构，机器人的定位、消除等关键技术；掌握机器人位姿齐次坐标的描述和分析，连杆坐标系建立和坐标间变换矩阵，串联机器人正向运动学和逆向运动学计算；通过建立机器人动力学方程确定力、质量和加速度以及力矩、转动惯量和角速度关系，实现机器人特定运动的驱动力计算方法；由电机模型，掌握直流伺服电动机、交流伺服电动机的单关节控制；根据机器人不同类型及实现功能，具有正确应用内部机器人传感器和外部机器人传感器能力；根据机器人路径优化准则，选择正确选择路径规划方法能力。</p>					
4	<p>课程教学目标 4：使用现代工程工具和信息工具，结合专业知识，具有解决机械工程实践能力。通过实践锻炼，通过互联网和文献检索等信息工具获取机器人技术发展的最新信息，通过现代工程工具，结合专业知识根据实践报告要求撰写实践报告，使学生对机器人新技术、发展趋势有一定的了解，激发学生在机器人领域继续学习和研究的愿望。学会通过查阅相关手册确定机器人机构、驱动方式、控制方式，通过查阅机器人技术参数资料，提高技术资料的运用能力。</p>					

8. 毕业要求指标点达成度评价依据与方法

本课程支撑的毕业要求指标点达成度评价依据：1) 支撑毕业要求指标点的课程教学目标及达成途经（表 1）；2) 各教学目标达成度评价结果（表 5）。毕业要求指标点达成度评价方法见表 7，多个教学目标支撑同一指标点的权重依据各教学目标对指标点的支撑程度并参考期末试卷各目标分值确定。

表 7 毕业要求指标点达成度评价表

指标点	教学目标	目标达成度 d_i	权重 ω_i	指标点达成度评价方法
1.3	教学目标 2		0.2	评价价值=目标值 $\times\sum d_i\times\omega_i$
	教学目标 3		0.5	
	教学目标 4		0.3	
2.2	教学目标 2		0.15	评价价值=目标值 $\times\sum d_i\times\omega_i$

	教学目标 3		0.5	
	教学目标 4		0.35	
3.1	教学目标 1		0.6	评价值=目标值 $\times\sum d_i\times\omega_i$
	教学目标 2		0.4	
5.1	教学目标 4		1	评价值=目标值 $\times\sum d_i\times\omega_i$

9 . 本课程与其它相关课程的联系与分工

先修课程：机械设计基础、工程制图I、微机原理与接口技术、传感器技术、电工电子学、控制工程基础等。

后续课程：毕业设计。

10 . 其它类别问题的说明

任课教师可根据学生掌握情况，对内容和学时分配做适当调整。

大纲撰写人：李 文

大纲审阅人：刘 瑛

系 负责人：刘 东

学院负责人：刘 东

制定（修订）日期：2022 年 2 月