**《机器人导论》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 机器人导论 | | | |
| **英文** | | Introduction of Robot | | | |
| **课程代码** | A316024 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/自动化系 | **制定/修订**  **时间** | 2023.09 |
| **课程类别** | 选修/学科专业基础课程 | | **学分** | 2.0 | **学时** | 32 |
| **适用专业** | 自动化 | | | | | |
| **先修课程** | 高等数学、自动控制原理、现代控制理论 | | | | | |
| **选用教材** | 刘极峰.机器人技术基础（第三版）. 北京：高等教育出版社，2019. | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学32学时 | | | | | |
| **撰写人** | 杜友武 | **审定人** | | 李博 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《机器人导论》课程是自动化专业的学科专业基础课。要求学生具有高等数学、自动控制原理和现代控制理论的知识基础。

本课程主要向学生介绍工业机器人的发展、应用以及工业机器人结构介绍、运动控制基础知识。本课程内容分为三部分：工业机器人的发展、应用以及基本机械结构的介绍；机器人运动学和机器人动力学的学习；机器人控制系统介绍；三大类机器人（工业机器人、操纵型机器人和智能机器人）的介绍。

**二、课程目标**

该课程的教学目标如下：

课程目标1：了解机器人发展历史和前沿动态，了解本专业中“信息、控制和系统”的基本原理，掌握机器人基本动力学和运动学方程，能够运用相关数学、自然科学和工程科学的基本原理，分析自动化领域复杂工程问题。

课程目标2：通过文献检索和自主学习，了解机器人领域的新技术，能够综合运用所学知识，分析、归纳机器人领域的新问题。

**三、课程目标与毕业要求的支撑关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 毕业要求4：工程研究 | 4.2 能够针对自动化工程领域复杂工程问题，基于科学原理，通过文献研究和分析，给出相关问题的研究路线和实验方案。 | 1 |
| 毕业要求12：终身学习 | 12.2 具有自主学习的能力，包括对新技术、新问题进行分析、理解和归纳总结等能力。 | 2 |

**四、课程教学内容**

（一）基础知识

1．基本内容：机器人概念；机器人的分类；什么是机器人学；机器人的法阵历史；机器人的优缺点；机器人的组成部件；机器人的自由度；机器人的关节；机器人的坐标；机器人的参考坐标系；机器人的编程模式；机器人的性能指标；机器人的工作空间；机器人语言；机器人的应用；其他机器人及其应用；机器人的社会问题。

2．重点：机器人分类、机器人的组成部件。

3．难点：机器人自由度、关节、坐标和参考坐标系。

4. 知识目标：了解机器人的概念，分类，历史以及未来发展，熟悉机器人学的基础知识和概念，了解机器人的编程模式、性能指标、语言及其应用。

5. 能力目标：能够运用机器人的基础知识描述各类机器人运行的原理，具有分析机器人自由度、关节、坐标和参考坐标系之间关系的能力。

6. 素质目标：了解中国制造2025和十四五智能制造规划纲要涉及机器人领域的相关政策，引导学生将学习内容与国家前沿政策紧密关联，激发学习主动性。

（二）机器人位置运动学

1．基本内容：机器人机构；符号规范；机器人运动的矩阵表示；齐次变换矩阵；变换的表示；变换矩阵的逆；机器人的正逆运动学；位置的正逆运动学方程；姿态的正逆运动学方程；姿态的正逆运动学方程；机器人正运动学方程的D-H表示；机器人的逆运动学解；机器人的逆运动学编程；机器人的退化和灵巧特性；D-H表示法的基本问题。坐标系之间的微分变化；机器人和机器人手坐标系的微分运动；雅克比矩阵的计算；如何建立雅克比矩阵和微分算子之间的关联；雅克比矩阵求逆。

2. 重点：用矩阵建立物体、位置、姿态以及运动的表示方法；建立正逆运动学方程并求解。

3. 难点：建立坐标系相对于固定坐标系的微分运动，以及雅克比矩阵的理解与应用。

4．知识目标：了解利用矩阵建立物体、位置、姿态以及运动的表示方法，能够利用Denavit-Hartenberg（D-H）表示法来推导机器人所有可能构型的正逆运行学方程。

5. 能力目标：能够分析机器人坐标系相对于固定坐标系的微分运动、机器人关节相对于固定坐标系的微分运动，掌握运行雅克比矩阵推导机器人速度关系式。

6. 素质目标：培养学生观察及思考的能力，启发学生将人体运动学基本知识推广到机器人的运动控制。

（三）动力学分析和轨迹规划

1．基本内容：拉格朗日力学的简单回顾；有效转动惯量；多自由度机器人的动力学方程；机器人的静力分析；坐标系间力和力矩的变换；路径与轨迹；关节空间描述与直角坐标空间描述；轨迹规划的基本原理；关节空间的轨迹规划；直角坐标空间的轨迹规划；连续轨迹记录。

2．重点：机器人静力分析；使用拉格朗日力学推导机器人动力学方程。

3．难点：关节空间的轨迹规划；直角坐标空间的轨迹规划。

4．知识目标：了解机器人动力学与加速度、负载、质量以及惯量的关系，并掌握静力关系；了解使用牛顿力学确定机器人动力学方程；掌握使用拉格朗日力学推导机器人动力学方程。

5．能力目标：能够运用动力学分析方法，推导运动段之间产生受控运动序列的机理和方法。

6. 素质目标：了解高端精密机器人定位和轨迹规划的重要性，培养学生职业规划的习惯，加深学生对差之毫厘失之千里道理的理解。

（四）运动控制系统

1．基本内容：拉普拉斯变换；拉普拉斯反变换；传递函数；一阶传递函数的特性；二阶传递函数的特性；特征方程；稳态误差；根轨迹法；比控制器；比积分控制器；比例积分微分控制器；超前和滞后补偿器；伯德图和频域分析；开环和闭环表示的应用对比；多输入多输出系统；状态空间控制方法；驱动系统的特性；驱动系统的比较；液压驱动器；气动装置；电机；电机的微处理器控制；磁致伸缩驱动器；减速器。

2．重点：掌握伺服电机驱动原理。

3．难点：建立系统传递函数、分析系统稳定性，以及建立控制系统。

4．知识目标：了解伺服电机驱动，以及液压驱动、气动驱动、形状记忆金属驱动、磁致伸缩驱动，掌握运动控制系统的基本理论知识。

5. 能力目标：能力建立系统传递函数，运用基本控制理论分析系统稳定性；设计系统的控制结构及方法。

6. 素质目标：了解国内外伺服驱动控制技术的差异，分析在高端机器人控制领域受限的主要因素，激发学生的学习积极性。

（五）传感器

1．基本内容：传感器的特性；传感器的使用；位置传感器；速度传感器；加速度传感器；力和压力传感器；力矩传感器；微动开关；可见光和红外传感器；接触和触觉传感器；接近觉传感器；测距仪。

2．重点：了解各类传感器特性原理。

3. 难点：根据实际工程需求，传感器的选项和使用方法注意事项。

4．知识目标：了解传感器特性；了解位置传感器、加速度传感器等各类传感器的特性原理和使用方法。

5. 能力目标：具备根据实际复杂工程的需求，选择合适的传感器进行控制系统的设计。

6. 素质目标：传感器是控制系统中反馈环节中的重要组成部分，是系统不断自我调节和修正的依据和参考，引导学生在生活和学习中，也要利用反馈的概念，不断的自我调整和提高。

（六）视觉系统图像处理和分析

1．基本内容：基本概念；信号的傅里叶变换及频谱；图像的频谱；分辨率和量化；采样理论；图像处理技术；图像直方图；阈值处理；空域操作；图像数据压缩；彩色图像；视觉系统应用。

2．重点：图像的采集和频谱分析。

3. 难点：图像数据处理技术。

4．知识目标：了解图像频谱和采样理论，掌握基本的图像处理和分析技术。

5. 能力目标：能够运用图像处理技术，设计基于图像视觉反馈的机器人控制系统。

6. 素质目标：介绍基于图像处理的AI技术，了解目前人工智能的热点问题，增加学生对课程后续学习的兴趣。

**五、教学内容、教学方式与课程目标的支撑关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **教学内容** | **教学方式** | | |
| **线下教学** | **混合教学** | **线上教学** |
| 课程目标1 | 内容1：基础知识  内容2：机器人位置运动学  内容3：动力学分析和轨迹规划  内容4：运动控制系统  内容5：传感器 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容2：机器人位置运动学  内容3：动力学分析和轨迹规划  内容4：运动控制系统  内容6：视觉系统图像处理和分析 | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

1. 教学方法

(1) 兴趣培养：引导、激励学生的学习积极性和自主性，让学生对课程有一个总体把握，多举一些生活中常见的控制系统的实例，使课程更生动，让学生有直观的认识，对课程学习产生兴趣。

(2) 合理安排和组织教学进程：从基本知识的基础出发，以使学生乐学为前提，深入浅出，循序渐进，使学生容易接受，容易理解。

(3) 良好的师生互动：让学生参与教学过程，成为真正意义上的主体。

(4) 有效的提问和作业：作业是检验学生对所学知识掌握情况的有效的手段。为了达到能让学生不仅吸收所学知识，并且将知识融会贯通、学以致用，教师就要引导性的提问，布置作业时，要从基础知识出发，引发学生思考，扩展学生思维。让学生在自己完成作业的过程中，培养学生的思维能力和创新能力。

(5) 学会总结：要进行教师总结+学生总结。

1. 学时分配

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **实验** | **合计** |
| 内容1：基础知识 | 2 |  | 2 |
| 内容2：机器人位置运动学 | 8 |  | 8 |
| 内容3：动力学分析和轨迹规划 | 10 |  | 10 |
| 内容4：运动控制系统 | 6 |  | 6 |
| 内容5：传感器 | 2 |  | 2 |
| 内容6：视觉系统图像处理和分析 | 4 |  | 4 |
| 合计 | 32 |  | 32 |

**七、课程考核及成绩评定方法**

本门课程采用“N+1”过程考核的方式进行考核。

考核方式：采用过程考核（平时作业、单元测试和期中考试）和期末考试相结合的形式对学生课程成绩进行综合评定。

成绩评定：课程考核总成绩中，过程考核占50%，期末考试成绩占50%。各考核环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

课程目标与课程考核环节的对应关系：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **考核环节** | | | | **合计** |
| 平时作业 | 单元测试 | 期中考试 | 期末考试 |
| 1 | 课程目标1 | 6% | 12% | 12% | 30% | 60% |
| 2 | 课程目标2 | 4% | 8% | 8% | 20% | 40% |
| 合计 | | 10% | 20% | 20% | 50% | 100% |

各考试环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

**八、课程参考书目及资源**

1. 胡寿松. 自动控制原理（第五版）. 北京：科学出版社, 2007.

2. John J.Craig.机器人学导论.北京：机械工业出版社,2006.

3. S K SAHA.机器人导论（英文版）.北京：机械工业出版社,2009.

4. T D Barfoot. 机器人学中的状态估计.西安：西安交通大学出版社，2018

**附件：评分标准**

考核环节中期末试卷评分标准详见每学期 “机器人导论试卷参考答案及评分标准”。

考核中作业评分标准如下：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **评分标准**  **观测点** | **优（90～100）** | **良（80～89）** | **中等（70～79）** | **及格（60**  **～69）** | **不及格（<60）** |
| 基本概念掌握程度 | 基本概念掌握很好 | 主要概念清晰，但部分有误 | 部分概念清晰 | 基本概念不够清晰 | 基本概念未掌握 |
| 分析问题思路清晰性、解决问题方法正确性 | 思路清晰，能够解决问题，计算正确。 | 主要思路、过程和计算过程正确。 | 思路、过程部分可行，计算过程个别不正确 | 思路、过程部分尚可，计算过程部分不正确 | 不会做或者作业不完整 |
| 作业完成态度 | 认真独立完成作业，书写工整、清晰，符号、单位等按规范执行。 | 比较认真独立完成作业，书写清晰，主要符号、单位等按规范执行。 | 独立完成作业，部分符号、单位等按规范执行。 | 不够认真，极小部分抄袭或符号、单位等不按照规范执行。 | 很不认真或者大部分抄袭或未交 |