

第 04 次教学安排

课程名称	工业机器人编程及应用	授课学时	1 学时
授课专业	工业机器人技术	授课班级	机器人 211 班
授课章节	工业机器人的结构与主要参数		
教学目标	<p>▶知识与技能目标</p> <p>1. 够系统且准确地阐述工业机器人的基本结构组成，包括机械结构系统（如关节、连杆等部件）、驱动系统（各类电机、液压及气动装置）、控制系统（控制器、传感器等）以及其他辅助系统的构成与工作原理。</p> <p>2. 深入理解工业机器人主要参数的含义，如自由度、工作空间、负载能力、运动速度、重复定位精度等，明确各参数对机器人性能和应用场景的影响。</p> <p>3. 掌握不同类型工业机器人（如关节型、直角坐标型、SCARA 型等）在结构和主要参数方面的差异及特点。</p> <p>▶过程与方法目标</p> <p>1. 能够根据给定的工业生产任务和环境要求，分析并确定所需工业机器人应具备的合理结构和主要参数，具备初步的选型和方案设计能力。</p> <p>2. 学会使用相关工具和设备，对工业机器人的主要参数进行测量和验证，如利用激光测距仪测量工作空间，通过负载测试设备检测负载能力，提升实践操作和数据采集分析能力。</p> <p>3. 能够运用所学知识，对工业机器人在运行过程中因结构或参数问题出现的故障进行诊断和分析，并提出相应的解决措施，培养解决实际问题的能力。</p> <p>▶情感态度与价值观目标</p> <p>1. 通过对工业机器人精密结构和先进参数技术的学习，激发学生对智能制造技术的探索热情和创新精神，培养学生对专业知识的热爱。</p> <p>2. 增强学生的质量意识和工程素养，使其认识到在工业机器人设计、制造和应用过程中，精确的结构设计和合理的参数设置对于保障机器人性能和安全生产的重要性。</p> <p>3. 培养学生的团队协作精神和沟通能力，通过小组实践活动和讨论，促进学生之间的交流与合作，共同解决问题。</p>		

<p>教学重难点</p>	<p>➤教学重点</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.工业机器人各结构系统的详细组成、工作原理及其相互之间的协同工作机制。 2.工业机器人主要参数的定义、物理意义、测量方法以及如何根据实际应用需求合理选择和调整这些参数。 3.不同类型工业机器人在结构和参数方面的典型特征及应用场景的对应关系。 <p>➤教学难点</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.理解工业机器人复杂的机械结构（如多关节机器人的运动学和动力学原理）以及控制系统中涉及的先进控制算法，如何将这些理论知识与实际结构和参数相结合。 2.从众多的工业机器人结构和参数数据中，综合分析并优化设计出满足特定复杂工业任务需求的机器人系统，这需要较强的综合分析和创新设计能力。 3.如何在教学过程中让学生深刻体会到结构和参数的微小变化对工业机器人整体性能和应用效果产生的重大影响。
<p>教学方法与策略</p>	<p>➤ （一）讲授法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.制作内容丰富、图文并茂的多媒体课件，系统地讲解工业机器人的结构组成和主要参数的理论知识。运用动画演示、3D 模型展示等手段，将抽象的结构和参数概念直观化，便于学生理解。 2.在讲解过程中，注重知识的逻辑性和系统性，由浅入深地逐步阐述各结构系统的工作原理和主要参数的含义，同时结合实际应用案例，帮助学生建立理论与实践的联系。 <p>➤ （二）案例分析法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.引入大量实际工业生产中应用工业机器人的案例，涵盖汽车制造、电子装配、物流仓储、金属加工等多个行业。详细分析不同案例中所选用的工业机器人的结构特点和参数配置，以及这些结构和参数如何满足特定的生产任务和工艺要求。 2.组织学生对案例进行深入讨论，引导学生从机器人的结构设计合理性、参数匹配准确性、应用效果优劣性等方面进行分析和评价，培养学生理论联系实际、分析和解决实际问题的能力。 <p>➤ （三）实践演示法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.利用工业机器人实物模型、实验平台或虚拟仿真软件，进行现场演示和操作实践。在演示过程中，详细介绍工业机器人各结构部件的实际构造和运行方式，现场测量和展示主要参数的数值，并通过改变参数设置，让学生观察机器人性能的变化。 2.安排学生进行分组实践操作，如让学生亲自操作机器人模型完成简单的任务，测量其工作空间、运动速度等参数，或者在虚拟仿真环境中设计和搭建不同结构和参数的机器人系统，观察其运行效果，增强学生的感性认识和实践动手能力。

	<p>➤ （四）小组讨论法</p> <p>1.布置与工业机器人结构和参数相关的讨论主题，如“如何优化关节型机器人的结构以提高其负载能力和运动精度”“在电子装配行业中，如何根据产品特点选择合适参数的工业机器人”等。</p> <p>2.学生分组进行讨论，鼓励小组成员积极发表自己的观点和见解，共同探讨问题的解决方案。教师在小组间巡视，适时给予引导和启发，促进学生之间的思想交流和碰撞，培养学生的团队协作能力和创新思维。</p>
<p>思政元素</p> <p>设计</p>	<p>➤ （一）工匠精神</p> <p>1.在讲解工业机器人结构设计和制造工艺时，强调精度、可靠性和稳定性的重要性。介绍工业机器人领域中工匠们对每个零部件的精雕细琢，对装配工艺的严格把控，追求零误差的工作态度，培养学生严谨认真、精益求精的工匠精神。</p> <p>2.通过讲述一些工业机器人企业中因注重工匠精神，产品质量过硬，在市场竞争中脱颖而出的案例，引导学生认识到在未来的工作中，只有秉持工匠精神，才能打造出高质量的产品和工程。</p> <p>➤ （二）创新精神与责任担当</p> <p>1.讲述我国在工业机器人领域自主创新的故事，如研发团队攻克关键结构和参数优化技术难题，打破国外技术垄断的历程，激发学生的创新意识和民族自豪感。</p> <p>2.强调我国制造业转型升级对工业机器人技术创新的迫切需求，引导学生认识到作为未来专业人才，肩负着推动我国工业机器人产业发展的责任和使命，鼓励学生积极投身科技创新，为提升我国制造业的国际竞争力贡献力量。</p> <p>➤ （三）职业道德与安全意识</p> <p>1.在案例分析和实践教学环节，引导学生关注机器人在设计、制造和应用过程中的职业道德问题，如严格遵守行业标准、保护知识产权、确保产品质量等。</p> <p>2.强调工业机器人操作过程中的安全规范和注意事项，通过展示一些因违反安全规定而导致的事故案例，培养学生的安全意识和责任意识，使学生明白在任何工作中，保障人员安全和生产安全都是首要任务。</p>
<p>反思与改进</p>	<p>1.在教学过程中，要关注学生的反应和参与度，及时调整教学内容和方法，确保教学效果。</p> <p>2.要注重培养学生的实践能力和创新能力，提供更多的实践机会和创新项目，让学生在实践中学习和成长。</p> <p>3.要不断反思和改进教学方法和策略，结合学生的实际情况和需求，不断优化教学设计，提高教学质量。</p>

教学过程

(一) 课程导入 (5 分钟)

播放一段精彩的工业机器人在现代化工厂中高效、精准作业的视频，展示不同类型工业机器人在汽车焊接、电子产品装配、物流搬运等场景下的工作情况。

提问学生：“视频中的工业机器人能够如此出色地完成各种复杂任务，它们的内部结构是怎样的？又有哪些关键因素决定了它们的性能表现呢？”通过这些问题引发学生的好奇心和求知欲，自然地导入本节课的主题——工业机器人的结构与主要参数。

(二) 知识讲解 (30 分钟)

1. 工业机器人的结构 (20 分钟)

◦ 机械结构系统 (10 分钟)

利用 3D 模型和实物模型，详细介绍工业机器人常见的机械结构类型，如关节型机器人的关节（旋转关节、移动关节等）和连杆的构造，讲解其运动方式和自由度的实现原理，展示关节型机器人在复杂空间作业的灵活性优势；对于直角坐标机器人，讲解其直角坐标系下的直线导轨、丝杠等结构，以及如何通过这些结构实现精确的直线运动，适用于高精度、规则路径的作业场景；介绍 SCARA 型机器人在平面内的平行四边形结构和旋转关节，突出其在平面内高速、高精度的特性，常用于电子装配等领域。同时，通过动画演示各类型机器人机械结构的运动过程，让学生更直观地理解其工作原理。

讲解机械结构中关键部件的作用，如减速器在降低电机转速、提高输出扭矩方面的作用，以及其对机器人运动精度和负载能力的影响；介绍导轨、轴承等部件在保证机器人运动平稳性和精度方面的重要性。

◦ 驱动系统 (5 分钟)

讲解驱动系统的作用是为机器人的各关节和执行机构提供动力，实现精确的运动控制。介绍常见的驱动方式，如电机驱动（包括直流电机、交流电机），分析其控制精度高、响应速度快等优点，展示电机与控制器、驱动器的连接方式和工作原理；讲解液压驱动系统，其输出力大，适用于重载作业，但存在泄漏、维护成本高等问题，介绍液压泵、液压缸、液压阀等主要部件的工作过程；介绍气动驱动系统，说明其成本低、动作迅速，但精度相对较低的特点，展示气源处理装置、气缸、电磁阀等部件的工作原理。通过实物模型和动画演示，让学生了解不同驱动方式的工作机制。

◦ 控制系统 (3 分钟)

介绍控制系统是工业机器人的“大脑”，负责对机器人的运动轨迹、动作顺序、姿态等进行精确控制。讲解控制系统的硬件组成，包括控制器（如 PLC、工业计算机等）、驱动器（将控制器的信号转换为驱动电机等执行机构的功率信号）、传感器接口（用于连接各类传感器，获取机器人的位置、速度、力等信息）等；介绍软件部分，如控制算法（包括运动学算法、动力学算法、路径规划算法等）、编程软件（用于编写机器人的控制程序，实现各种任务）。通过简单的示意图和实际案例，让学生了解控制系统如何实现对机器人的精确控制。

- **其他辅助系统**（2 分钟）

简要介绍工业机器人的其他辅助系统，如机器人的机身、底座等支撑结构，以及防护装置（如安全围栏、光幕传感器、急停按钮等）在保障人员安全方面的重要作用；介绍机器人的通信系统，用于实现与上位机、其他设备之间的数据传输和协同工作。

2.工业机器人的主要参数（10 分钟）

- **自由度**（2 分钟）

讲解自由度是指工业机器人能够独立运动的关节数目，它决定了机器人的运动灵活性和作业空间范围。通过动画演示不同自由度机器人的运动情况，让学生理解自由度的概念，以及自由度的增加如何扩展机器人的运动能力和应用范围。

- **工作空间**（3 分钟）

定义工作空间为工业机器人手臂末端或工具在空间中能够达到的所有点的集合。利用三维模型展示不同类型工业机器人的工作空间形状，如关节型机器人的工作空间通常呈近似球形，直角坐标机器人的工作空间为长方体等。介绍如何使用数学方法和实际测量手段确定机器人的工作空间，以及工作空间与实际应用场景的匹配关系。

- **负载能力**（2 分钟）

解释负载能力是指工业机器人在正常工作条件下能够搬运或操作的最大重量。讲解负载能力与机器人的机械结构强度、驱动系统功率等因素的关系，通过实际案例说明在不同应用中如何根据负载需求选择合适负载能力的机器人，以及过载可能对机器人造成的损坏。

- **运动速度**（1 分钟）

介绍运动速度包括机器人关节的旋转速度和手臂末端的直线运动速度，它影响机器人完成任务的效率。讲解不同类型工业机器人在不同应用场景下对运动速度的要求，以及如何通过调整驱动系统参数和控制算法来

实现合适的运动速度。

- **重复定位精度 (2 分钟)**

定义重复定位精度为机器人多次重复执行同一动作时，其末端执行器到达同一位置的精度偏差。强调重复定位精度对于一些对精度要求极高的应用（如电子装配、精密加工等）的重要性，讲解影响重复定位精度的因素，如机械结构的精度、传动部件的间隙、控制系统的稳定性等，以及如何通过优化设计和调试来提高重复定位精度。

(三) 案例分析与小组讨论 (25 分钟)

1.案例分析 (10 分钟)

给出一个具体的工业应用案例，如某大型汽车制造企业新建一条车身焊接生产线，需要引入工业机器人来提高焊接质量和生产效率。详细介绍该企业的生产工艺要求，如焊接的位置精度、焊缝质量标准、生产节拍等，以及车间的空间布局、设备成本预算等信息。

引导学生从工业机器人的结构和主要参数角度进行分析，讨论应选择何种类型的机器人（关节型、直角坐标型还是其他类型），其机械结构应如何设计（关节数量、连杆长度等），驱动系统应采用何种方式（电机驱动、液压驱动还是气动驱动），以及机器人的主要参数（自由度、工作空间、负载能力、运动速度、重复定位精度等）应如何确定，才能满足企业的生产需求。同时，分析在实际应用中可能遇到的问题，如机器人与周边设备的协同工作、工作空间的限制、焊接过程中的热变形对精度的影响等，并探讨相应的解决措施。

2.小组讨论 (15 分钟)

将学生分成若干小组，每组围绕给定的案例以及“如何在有限的成本预算下，设计一款适用于小型电子产品装配的高性价比工业机器人”这一主题展开讨论。讨论内容包括机器人的整体结构设计、各结构系统的选型、主要参数的优化配置，以及如何在满足装配精度和效率要求的前提下，降低成本。

每个小组推选一名代表进行发言，分享小组讨论的结果。教师对各小组的发言进行点评和总结，肯定学生的创新思路和合理建议，同时指出存在的问题和不足之处，引导学生进一步完善设计方案。通过小组讨论，培养学生的团队协作能力、创新思维和综合分析问题的能力。

(四) 实践演示 (20 分钟)

1.实物模型演示 (10 分钟)

展示一台工业机器人实物模型，结合之前讲解的知识，现场演示机器人各结构部件的实际构造和运行方式。启动机器人，操作示教器让机器人完成一些简单的动作，如关节转动、手臂伸缩等，同时向学生讲解在这个过程中驱动系统如何工作、控制系统如何发出指令以及各结构部件如何协同运动。

利用测量工具，如激光测距仪、力传感器等，现场测量机器人的主要参数，如工作空间、负载能力、重复定位精度等，并将测量结果展示给学生，让学生直观了解如何对机器人参数进行实际测量和验证。同时，通过改变机器人的负载、调整控制参数等方式，让学生观察机器人运动速度、定位精度等性能指标的变化，加深学生对参数与性能关系的理解。

2.虚拟仿真实践（10 分钟）

利用工业机器人虚拟仿真软件，在课堂上进行现场演示。首先，向学生介绍仿真软件的基本操作界面和功能模块。然后，以设计一个用于物料搬运的工业机器人系统为例，演示如何在软件中选择合适的机械结构模型、添加驱动系统和控制系统组件、设置主要参数（如自由度、工作空间、负载能力、运动速度等），并通过编写控制程序，让机器人在虚拟环境中完成物料搬运任务。

在演示过程中，详细讲解每个步骤的操作方法和注意事项，让学生了解如何利用虚拟仿真技术进行工业机器人系统的设计和优化。同时，鼓励学生提出自己的设计思路和参数调整方案，在仿真软件中进行尝试和验证，观察机器人的运行效果，培养学生的创新能力和实践操作能力。之后，安排学生分组进行虚拟仿真实践操作，让学生根据给定的任务需求，自主设计和搭建工业机器人系统，并对其结构和参数进行优化，以达到最佳的作业效果。

（五）思政融入与总结（10 分钟）

1.思政融入（5 分钟）

在课程总结环节，结合我国工业机器人产业的发展历程，强调工匠精神在工业机器人制造中的重要性。讲述我国一些工业机器人企业通过对产品结构的精心设计、对参数精度的严格把控，逐步提升产品质量和性能，打破国外技术垄断的故事，激发学生的民族自豪感和对工匠精神的崇尚之情。

强调创新精神和责任担当，指出我国制造业转型升级对工业机器人技术创新的迫切需求，鼓励学生在今后的学习和工作中，勇于探索创新，为推动我国工业机器人产业的发展贡献自己的智慧和力量。同时，提醒学生在追求技术创新的过程中，要坚守职业道德，注重产品质量和安全生产，

树立正确的价值观。

2.课程总结 (5 分钟)

回顾本节课的重点内容，包括工业机器人的结构组成（机械结构系统、驱动系统、控制系统及其他辅助系统）及其工作原理，工业机器人的主要参数（自由度、工作空间、负载能力、运动速度、重复定位精度等）的定义、测量方法和对机器人性能的影响。强调结构和参数的合理设计与选择是工业机器人能够高效、精准完成各种任务的关键。

对学生在本节课中的表现进行总结评价，肯定学生的积极参与和取得的进步，同时指出存在的问题和不足之处，鼓励学生在课后进一步复习和巩固所学知识，积极思考和探索工业机器人结构与参数在实际应用中的更多问题。推荐相关的书籍、文献和在线资源，供学生进一步拓展学习。

(六) 作业布置 (5 分钟)

要求学生课后查阅资料：选择一种特定行业应用的工业机器人（如医疗领域的手术辅助机器人、农业领域的采摘机器人等），分析其结构特点和主要参数，并撰写一篇 800 字左右的报告，阐述该机器人的结构和参数如何满足行业特殊需求，以及目前存在的技术挑战和改进方向。

布置小组作业：让学生以小组为单位，列举身边常用机器人