

中国科学院沈阳自动化研究所

2016年大学生创新实践训练计划各项目简介

1. 大脑学习机制的计算模型

动物的大脑是自然界最复杂的系统之一，是产生智能的物质基础。动物能够完成语义级别的物体识别和分类，能够记忆环境的地图，能够从经验中学习最优的决策策略。这些都是因为大脑具有学习和记忆的能力。脑科学揭示动物大脑的感知、记忆、决策等认知功能具有内在神经信息处理机制。大脑正是依据学习和记忆的神经机制才能够形成内在的神经动力学，摆脱刺激—响应的行为模式，能够在更长时间尺度、更大规模的非结构化、动态环境中长期生存。对神经系统的学习和记忆的计算机制进行建模是构建类脑机器人的基础，是提高机器人适应环境的能力、摆脱“预编程”的局限性的最终途径。本项目采用数学建模和计算机仿真的方法，研究大脑的学习规则，模拟脑认知神经环路的工作机制，把几亿年自然进化积累的产生自然智能的机制用于构建机器人的智慧大脑，解决感知、决策、记忆方面的难题，提高机器人的智能和自主水平。

3. 水下机器人陆上高精度测试技术

海洋在国际政治、经济、科技竞争中处于重要的战略地位。作为水下无人自主长期立体化海洋科学考察和资源探测主要装备，由于水下机器人所处海洋环境的复杂性和特殊性，对水下机器人的各项功能、性能指标以及安全可靠性等研究、开发和测试十分困难，目前主要通过大量的湖上、海上试验来完成，不仅周期长、成本高、风险大，而且由于测试条件所限，很多的功能、性能指标无法大量反复测试。因此，迫切需要在外场试验前，在陆地上构建复杂海洋环境模型，对真实的水下机器人的各项功能、性能指标进行充分测试，全面评估测试水下机器人的功能和性能指标。通过本项目的研究，使我国在海洋科学考察和战略资源探测装备的性能测试手段方面取得突破，促进和带动海洋科学考察与海洋探测技术等相关学科的发展和进步。

4. 基于视觉图像的水下机器人实时作业场景三维重建

海底电缆的铺设方式有抛放和深埋两种，早期电缆穿越海底是不经埋设而直接利用电缆的自重放置于海底的。但随着近海和远洋船舶与海洋渔业活动的日益频繁，船锚、拖网渔船等都会对海底管道造成损坏，海缆的安全问题越来越突出，也越来越引起人们的重视。近年来，随着滩海油田的开发，对海底电缆埋设机器人的需求大幅度增加，对机器人的性能也越来越高。基于以上研究背景，本课题拟在实验室环境下针对机器人埋缆作业场景的三维重现技术开展研究，机器人末端安装视频采集装置，对埋缆作业时电缆及周边两侧地形地貌进行三维重现。埋缆机器人骑跨在已经敷设好的电缆上，并利用犁式挖沟系统把泥沙排到旁边，形成管沟；随着机器人的前进，电缆悬空一定距离后，在自重作用下沉入沟底。埋缆机器人载体沿着电缆爬行运动作业过程中，利用视频采集电缆管沟开凿后的视觉图像序列，利用图像处理技术识别电缆及管沟边缘，并结合分类器模型完成电缆埋设与否的自主检测判断。此外，通过对多帧图像的处理和拼接，为操作人员实时提供直观的埋缆作业的信息反馈。

5. 搅拌摩擦焊机器人动特性优化设计

项目简要描述：

1、背景和目的：搅拌摩擦焊(Friction Stir Welding-FSW)技术最早是由英国焊接研究所(The Welding Institute-TWI, Cambridge UK)发明的一种先进固态焊接工艺，与传统的熔化焊相比，它具有焊缝机械特性好（焊缝强度可近似等于或高于母材强度）、绿色环保等众多优点。而目前现有搅拌摩擦焊设备多是基于数控机床改造而成的，只能适应于规则焊缝的连接，功能单一，缺少工艺柔性，难以实现复杂焊缝工件的焊接。而针对于造船、车辆、航空、航天领域需要焊接的大型薄壁曲面，焊缝多且呈现为三维空间内的复杂曲线。面对上述应用上的现实需求，一种新型机器人化搅拌摩擦焊设备的研制已迫在眉睫。

而传统的机械加工设备相比，搅拌摩擦焊机器人在焊接过程中有两大显著特点：超重载和强扰动。超重载是由搅拌摩擦焊的焊接机理决定的，它不同于普通切削和钻削机床是靠刀刃来去除材料，因此切削阻力小摩擦小。而搅拌摩擦焊是利用搅拌头机械式地插入被焊工件的接缝，并且焊接是发生在材料的塑性变形阶段，因此载荷条件极其恶劣（末端载荷达到吨级以上）；强扰动是由于被焊工件的材质不均匀以及作用在搅拌头上的载荷是周期性地变化所致。正是由此，末端载荷的区别直接决定了焊接设备设计上的不同，它需要焊接本体要有足够好的静动态特性（包括系统刚度、结构强度、模态振型和频率、激励响应放大以及耦合颤振等），最终以确保焊后焊缝的精度和良好的力学性能

2、主要研究内容：

- (1) 大型复杂结构件的拓扑优化和尺寸优化；
- (2) 搅拌摩擦焊焊接过程的数值模拟（焊接负载的提取）；
- (3) 搅拌摩擦焊机器人整机的动态性能仿真（过载、模态、频响、冲击和随机振动等）；
- (4) 搅拌摩擦焊机器人的焊接精度分析；

6. 结构光图像特征提取方法研究

结构光三维测量可以根据一幅图像直接测量出图像上所有光条成像点的三维坐标，避免了双目立体视觉中两幅图像间的特征点匹配问题，在机器视觉领域得到了广泛的应用。结构光在图像中体现为杂乱背景上的一组白色光条，如何在图像中提取出光条中心的图像坐标，得到结构光光条特征在图像坐标系下的表示是结构光三维测量的关键。本课题以机器视觉实际课题中结构光三维测量为背景，结合实际需求开展结构光图像特征提取方法研究，并通过编程实现对特征提取方法的验证，为结构光三维测量课题提供算法支持。具体研究内容包括：结构光图像预处理方法研究，结构光图像分割方法研究，结构光图像特征提取方法研究，软件实现与实验验证。承担该课题的学生可以通过本课题的研究，了解并掌握基本图像处理方法，提高自学能力、软件开发能力和文档撰写能力，激发对科研工作的兴趣。

7. 高性能太赫兹光器件开发

太赫兹在电磁波谱上位于微波和红外线之间，是最后一个待开发的波段，二十一世纪以来受到了科学家的普遍重视，并在公共安全、生命科学、物理化学等领域展示出了巨大的应用潜力，被认为是下一块孕育诺贝尔奖的土壤。图像，是人类认识世界最简单最直接的手段，太赫兹光器件就像光学镜头一样，是成像系统的重要组成部分，其性能的好坏直接决定了图像的质量。然而太赫兹研究几十年的发展历史相比于经过几千年考验的光学成像技术就像是一个婴儿，相关器件亟待开发。

当前的太赫光器件多照搬光学设计,未充分考虑到波动特性以及场的矢量特性，实际性能相对于设计有明显误差。总体来看，太赫兹光器件既未形成系统的设计方法，也缺乏有效的计算机辅助设计手段。当前器件结构过于简单，性能不尽如人意，而且价格非常昂贵。本课题我们将系统的研究可见光成像器件的设计方法和相差理论，在此基础上从波动特性出发，利用全波计算对 Maxwell 方程进行数值求解，论证光学设计在太赫兹频段的性能。并以此作为计算机辅助设计手段，可视化电磁波传播、折射、聚焦的物理过程，超越几何光学，从电磁场的角

度探讨符合太赫兹波特性的光器件开发。探索系统的太赫兹光器件设计方法，减小设计误差，为高质量太赫兹成像系统提供高性能的“太赫兹镜头”。

8. 新型生物医疗影像技术

面向生物医学领域早期乳腺肿瘤检测，针对该领域现有的检测仪器存在着分辨率低、漏检率高、电离辐射强，无法安全可靠地检测到直径<10mm 的早期活体乳腺肿瘤等诸多弊端，项目研究拟构建一种集毫米级小型乳腺肿瘤物理信息检测、三维信息成像功能为一体的毫米级小型乳腺肿瘤检测仪器，利用微波成像的高对比度和超声成像的高分辨率特点，结合相关定量成像重建算法，可对毫米级小型乳腺肿瘤实现早期检测和物理参数信息的有效提取，对于提高患者的远期生存率、分析乳腺肿瘤致病因素，预防、控制早期乳腺肿瘤的发展和转移机制有重要研究意义。

9. 汽车零部件智能测控装备技术

面向我国汽车零部件制造行业装备能力落后，不能满足装配产品柔性批量生产与质量一致性等方面要求，开展汽车零部件自动化装配生产线的研发。应用 PLC、伺服、传感、电子、检测、计算机、机器人等相关技术，优化整体设计及系统集成、解决生产线信息监控与数据管理可追溯、装配系统控制和在线故障诊断、自动装配过程中的精密力位混合伺服控制等方面问题，最终实现生产线物流输送系统智能化、装配系统无人化、柔性化、精密化，产品综合性能测试平台多感知化，进而实现对我国汽车零部件智能制造装备技术的全面提升。

10. 机器人与无人系统环境感知技术

面向机器人与无人系统在复杂环境中感知的空间和时间覆盖率以及自主感知能力提升的需求，毫米波雷达智能感知技术具备的包含目标多维信息和全天候工作等特性，有着其它探测方式无法比拟的优势。项目重点研究解决机支撑下一代机器人与无人系统的毫米波雷达的射频设计、雷达体制设计、探测与跟踪、识别与融合等一系列关键技术，构建机器人与无人系统信息感知协同测试系统，建

立机器人与无人系统信息感知的性能验证和效能评估的综合测评体系。

11. 3D 工件自动识别与定位方法研究

背景：主要应用领域包括自动化装配和表面加工。比如，装配之前需要视觉系统先识别和定位工件，然后机器人执行抓取和放置动作。又如，自动化喷涂之前，也需要先识别工件的型号，并给出姿态信息。此外，该技术还可以推广应用到服务机器人。简单地讲，3D 识别与定位是工业自动化的核心技术之一，也是许多智能装配需要突破的关键技术，非常重要。

现状：目前，关于 3D 目标识别与定位(Object recognition and pose estimation)的研究非常广泛，有大量的文献出版。但是，该问题始终没有得到较好的解决，特别得在工业应用方面，还存在许多实际问题，比如鲁棒性、精度、效率等。

要求：要求采用微软的 kinect 传感器获取工件的深度信息，通过与工件的 3D CAD 数模进行匹配，实现工件的识别与定位。编程语言要求采用 C/C++ 语言。编程软件可以使用 Visual C++ 2010 或者 2008。再与 OpenCV 和 Point Cloud Library 等工具包配合使用。也可以使用 Matlab 软件进行编程实现。识别率达到 95% 以上。

12. 彩色 3D 打印机的研制

项目针对教育、文化创意、消费品等领域的需求，基于目前广泛应用的低成本熔融沉积成型技术（FDM），融合软件开发技术，开发自调整智能控制，全彩色分层切片与底层控制，高色彩表面吸附材料等关键技术，研制一种适用于多材质、智能化的低成本 FDM 全彩色 3D 打印机。

研究内容：

设备：打印尺寸 300x320x380mm；全彩色打印；打印精度 0.1mm-0.2mm；自动调平、断电续打、材料工艺集成等自调整智能控制功能。

软件：研制 1 套全彩分层切片软件，支持多种扫描轨迹填充策略，具有常规软件相当的计算效率；1 套底层控制软件，具有全彩切片文件解析算法和控制算法。

13. 智能自主循迹小车的设计与实现

一、任务

设计并制作一个基于机器视觉的作物行循迹自动控制系统，能够跟踪设定轨迹，实现自动驾驶。

二、应用背景

根据精准农业要求，在对农作物进行精准施肥、喷药等作业过程中，需要农机自动识别、跟踪绿色作物行作业。因此，本课题要求以绿色丝带铺设在地面上模拟作物行，控制电动小车按照预定轨迹追踪虚拟作物行作业。

二、要求

1、基本要求

- (1) 在车模的基础上，加装单片机、电机驱动、摄像头、指示灯等电路。
- (2) 通过摄像头实时拍摄图片，单片机处理程序自动识别铺设在地面上的虚拟作物行，控制电动机改变车轮转角，使得小车按照如图所示的设定轨迹追踪虚拟作物行作业。

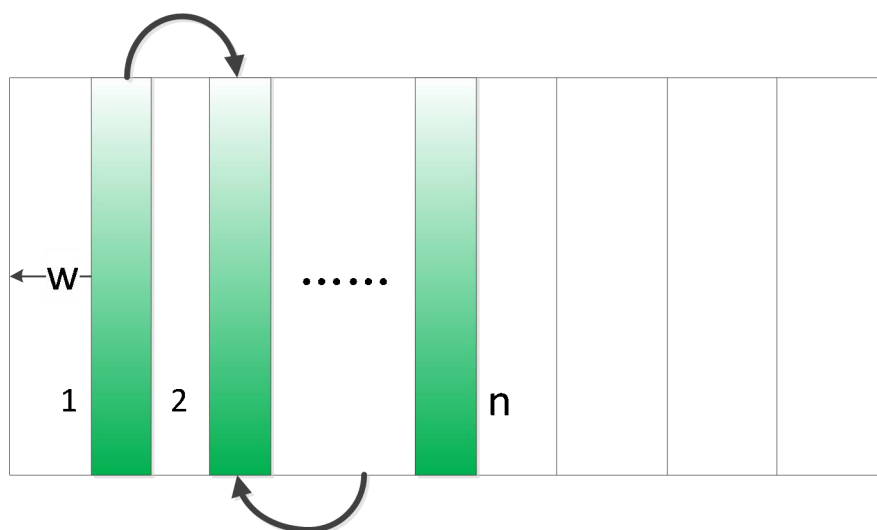


图 轨迹设定图

- (2) 要求设定轨迹行数不得小于 10 行。

2. 发挥部分

在设定的轨迹中添加障碍物，采用视觉方法识别障碍物，并研究避障方法，

使得小车可以圆满完成作业任务。

14. 新型底吹有色冶金工艺智能建模

项目简介：本项目目标是针对新型底吹铜冶炼工艺建立机理与数据驱动相结合的仿真模型。

底吹铜熔炼过程发生在封闭的筒体内，其反应剧烈、高温多粉尘，内部熔体温度和液位的实时检测始终困扰着工艺设计和现场操作人员。此外，该过程还具有强非线性、强耦合性以及大时滞性特点，为生产过程的控制带来极大困难。因此，项目组欲研发的底吹铜冶炼过程模型，不仅可为生产过程的先进控制提供模型基础；亦可在在此基础上建设半实物仿真平台，用于新员工培训、新工艺设计及风险评价等。

在研究路线上，考虑到新型铜冶炼过程的复杂性，本项目将基于机理与数据驱动相结合的方法建立底吹熔炼过程仿真模型。一方面基于宏观反应动力学基本原理、质量守恒和能量守恒，并耦合气液流场模型，建立了底吹炉动态机理模型。其中针对底吹铜熔炼过程工艺特点，研究合理的假设条件，以降低模型维度，减少计算量，提高模型适应性。另一方面基于模糊神经网络建立起熔体温度、铜铈液位与进料流量和组成间的关系。该神经网络结构分为输入层、模糊化层、推理层、解模糊层及输出层五部分，其中参数计算方法采用改进的 BP 算法。

项目执行周期预计为 12 个月。

15. 面向新能源的智能微网控制设备

新能源主要指可再生能源，包括太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能等，其中以风能发电和太阳能发电最具实用性和市场前景。风力发电由于清洁环保、无废物排放、施工周期短、利用历史悠久等一系列特点，得到了世界各国的关注与推广。

智能微网作为智能电网的重要组成部分，指的是由分布式电源、储能装置、能量转换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统。它是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统，既可以与外部电网并网运行，也可以孤立运行。其主要特点是自治稳定，兼容大电网，应用灵活、经济，可以提

高能源的利用率。

本项目致力于开发一种风力发电充电控制设备：以小型风力发电机作为系统电能输入，铅酸蓄电池组作为储能装置，通过充电控制器实现电能的转换和存储，同时提供过充保护、防雷保护、过电压过电流保护等一系列防护功能。使得整个风力发电系统成为上述的小型发配电系统，可以充分利用风能并孤立运行。

项目主要技术需求：电力电子电路的设计与调试、基于微控制器的软硬件控制系统开发、最大功率跟踪（MPPT）控制算法的设计与仿真。

16. 面向核电应用的安全电磁阀在线健康监测系统研究与开发

电磁阀是用来控制流体的自动化基础元件，已被广泛应用于流程工业、汽车、工程机械等各行各业。作为与企业安全生产直接相关的重要设备，其可靠性问题受到广泛关注。电磁线圈是电磁阀的核心组件，其绝缘性能直接关系到电磁阀能否完成预期的功能。在生产过程中对电磁线圈绝缘状态进行连续的在线监测对于减小事故发生概率、避免由于设备意外停机而带来的经济损失有重要意义。本项目应用基于数据驱动的失效预测与健康管理(prognostics and health management)方法，研究基于在线阻抗监测的电磁阀线圈在线健康监测方法。主要研究内容及实验方案包括：首先，借助热加速老化实验，获取具有不同老化程度的电磁线圈样品；其次，对样品展开如下测量工作：1) 使用 Agilent 阻抗测试仪扫频测量样品阻抗值，基于数理统计理论识别线圈退化特征频率，借此获取退化特征频率下的阻抗谱数据。2) 使用磁场强度传感器测量样品周边的磁场强度值；最后，研究阻抗数据与线圈实际性能数据（磁场强度）之间的关联关系，确定阻抗谱数据失效阈值。研究成果对于实现电磁阀的预测性维护较大的现实意义。

17. 水陆两栖作业型球形机器人

"设计一种水陆两栖作业型机器人，机器人外形为球形，可通过滚动运动自主从陆地下水并到达预定作业水域。机器人具有两个可以作业的机械臂，螺旋桨安装在机械臂上，机械臂既可以用于作业，还可以实现水下推力矢量，提升机器人机动性。开展运动学、动力学及运动控制方法研究，搭建机器人样机，开展水下作业及水陆两栖运动实验，评估机器人作业能力及机动性。通过该机器人研究，

丰富水下机器人构型，为水下机器人尤其是作业型水下机器人研制提供新思路。

指导老师指导申请者完成水陆两栖作业型球形机器人的文献调研、方案设计、机构设计、结构设计、CAD 工程图样输出、元器件选型、装置调试等工作；项目要求申请者完成机器人样机设计、装配和调试，开展运动学及流体动力性能计算分析，并初步完成机器人控制方案设计，最终提交机器人设计报告及实验研究报告。

18. 自主水下机器人节点控制器系统

以 ARM 开发板为基础，根据自主水下机器人节点控制系统的具体需求，设计一套通用节点控制系统。具体工作包括数据采集与存储，电池电量监控、电机驱动程序、图像处理算法、CAN 总线数据传输、简单的 PID 控制程序以及显示界面程序设计等内容。项目要求申请者完成外围电路的设计与绘制、基于 linux 操作系统的 ARM 开发板程序调试、基于 QT 开发环境的显示界面程序的编写等研究，最终提交开发设计报告并进行功能演示。

19. 水中大疆——小型自主水下图像采集机器人

以大疆无人机为代表的航拍无人机广泛应用，赋予我们俯瞰世界的全新视角。然而水面以下，仍然是无人机看不到的空间。因此具备水下拍摄功能的水下机器人开发成为学界和产业界的热点。由于其在水下考察，水下摄影，潜水娱乐等领域有广泛的应用前景，也使他成为投资人口中的热门话题。

本课题拟设计和开发一款经济适用的自主水下图像采集机器人。要求机器人机动灵活，具备水下录像、拍摄等功能。具体工作包括：1、机器人平台结构设计和 3D 打印加工；2、使用 Altium Designer 完成硬件电路设计和 PCB 板开发；3、基于 ARM 处理器和 linux 操作系统的嵌入式系统开发，涉及到 C 和 C++ 语言编程；4、基于 Android 系统的机器人监控软件，从而实现使用平板电脑或智能手机上对机器人进行控制，可以使用 Java 语言或 Qt 进行开发；5、基于多种型号单片机的机器人功能模块开发。使用包括但不限于 stm32，stm8，pic 系列单片机开发机器人姿态传感器等，涉及到卡尔曼滤波等算法；6、基于 PID 算法的控制器开发和摄像头云台开发。

以上内容均在老师指导和研究室现有成果的基础上展开。要求完成设计报告，并使用样机进行演示实验。

20. 混合流水车间调度问题的分布估计算法研究

混合流水车间调度问题是车间调度中一类经典问题，具有广泛的应用背景，从理论和实践的角度都具有重要意义。分布估计算法是一种新型的概率分析进化算法，目前对该算法的改进主要是通过与其它算法结合，融合多种算法的优势，以进一步提高分布估计算法的性能，而分布估计算法本身的性能优化没有充分体现出来。分布估计算法在生产调度领域的初步运用表现出算法的优越性，但是由于车间调度问题的复杂性，建立一个能恰当描述问题解的空间概率分布模型比较困难，这成为制约分布估计算法在车间调度问题中进一步应用的主要因素。混合流水车间调度问题是一个包括分配和排序为一体的复杂调度问题，工序间、工序内变量多且概率关系十分复杂。随着问题复杂性的增大，概率模型的建立及学习占用了大部分的时间和空间开销，甚至抵消了分布估计算法连锁学习能力带来的效率优势，而过于简单的概率模型无法准确的反应变量间的概率相关关系。根据混合流水车间调度问题特征，改进分布估计算法概率模型的建立方式，并在可接受的算法复杂度下建立能准确的反应变量间的相关关系的概率模型，在此基础上，改进种群多样性保持机制，并对算法的收敛性进行分析。

21. B/S 结构的移动平台大数据解决方案及应用

移动终端以及人们对大数据认识的加深，有关大数据分析的需求已经不仅仅限于个人电脑和服务器。当今移动办公已经成为一部分商业人事日常习惯，在移动过程中同时进行数据的分析和处理的需求也自然而然应运而生，4G 网络的普及使得基于移动终端的海量数据高速传输成为现实。我们将考虑研发基于 4G 网络和 B/S 结构海量数据分析处理平台，该平台将支持常用的移动平台，包括 Android 和 ios，平台支持常用的数据分析方法，并提供开放的数据接口和开源的数据分析方法更新途径，能够用简单的键盘操作执行数据分析指令并尽可能的减少数据网络传输。

