

课题完成单位：机电学院

完成人：闫纪红，侯绪研，白清顺，刘刚峰，赵立军，岳洪浩

机电工程研究生

拔尖创新人才体系建设与实践

课题来源：校级 2022年重点研究项目

随着工业 4.0 时代的到来，机械工程领域的创新与发展对研究生的综合能力提出了更高要求。项目着眼于提升研究生的理论创新和工程实践能力，构建了一套全面的人才培养方案，通过课程体系建设、虚拟现实教学资源平台开发、智能装备系统开发实践创新体系建设以及国际交流与合作的四维同步推进，强化理论与实践相结合的教育模式，实现课程内容的国际化和工程实践的产业化，有效提升了研究生的国际竞争力，全方位提高了研究生的创新培养质量。项目成果对于国内外高等教育模式的改革与发展具有重要借鉴和示范作用。

关键词

机械工程；拔尖创新人才；课程体系；虚拟现实教学；智能装备；国际合作

在当前全球化和信息化快速发展的大背景下，机械工程作为技术进步的重要指标之一，其创新速度和质量直接影响着国家的科技实力和产业竞争力。然而，传统的研究生教育往往重理论轻实践，未能有效培养学生的创新能力和解决复杂工程问题的能力。此外，教育国际化水平不足，难以满足日益全球化的人才需求。鉴于此，构建新型的机械工程研究生创新人才培养体系显得尤为迫切。

本项目应运而生，旨在通过培养模式的创新，为机械工程研究生提供一个结合实际工程需求、前瞻性科技和国际视野的全面培养平台。通过强化构建交叉学科课程体系、利用虚拟现实技术开发教学资源、建设实践创新体系，以及扩大国际交流与合作，项目寻求打破传统教育模式的局限，探索机械工程人才培养的新途径，满足未来社会对机械工程高端人才的需求，为高等教育提供创新的思路和实践案例。



近年来，全球制造业领域经历了深刻的转变。随着技术的持续进步，尤其是人工智能、大数据、物联网等新型技术的广泛应用，制造业的竞争日益激烈，并重新成为国家间竞争的焦点。

德国作为工业4.0的倡导者之一，一直在推动制造业向智能化、网络化、数字化发展。美国随后提出“工业互联网”概念，旨在通过互联网技术优化产业链结构和提高制造效率。中国在2015年提出的“中国智能制造 2025”计划，则是对国家制造业未来的战略布局。这些国家都认识到，制造业的现代化是经济发展的关键，也是增强国家竞争力、实现可持续发展的必由之路。

在教育领域，不同国家也采取了相应的策略。以2018年美国发布的《先进制造业美国领导力战略》报告为例，其中强调了先进制造业作为经济发展引擎和国家安全支柱的重要性，并优先发展以制造业为重点的STEM（科学、技术、工程和数学）教育。这一战略不仅仅是关于生产力和创新的提高，同时也关注培养下一代的工程师和科技人员。《前进之路—美国研究生教育的未来》则明确指出，国家的全球竞争力和创新能力基本依赖于坚实的研究生教育体系。卡内基梅隆大学启动的人工智能计划和麻省理工学院建立的跨学科中心，都体现了美国高等教育机构在响应这一变化上的积极作用。相比之下，德国的《面向数字型知识社会的教育行动》计划则强调了对职业教育体系的创新。该国的高等教育机构已形成一种理论与实践交替进行的双元制教育模式，更好地满足工业4.0战略下对劳动者新需求的适应。

随着我国“中国制造 2025”及相关科技创新战略的实施，国内高校的研究生培养体系也经历了深度变革。在2019年出台的《国家职业教育改革实施方案》和《中国教育现代化2035》等计划中，我们看到中国提出了加快教育变革、提升一流人才培养与创新能力为主线的任务。2020年全国研究

生教育会议的召开，及随后教育部发布的《关于加快新时代研究生教育发展的意见》，进一步强化了以市场需求为导向的教育理念。这一系列会议和文件，都在指向构建一个能够应对综合性重大科技与社会问题的复合型人才培养系统的重要性。

综上所述，可以看出美国、德国、中国在制造业及相关教育领域的发展策略中，强调了技术革新与人才培养的同步进行。他们共同的目标是通过教育制度的现代化，培育出能够支撑经济发展和社

会创新的高素质人才，同时不断在全球制造业竞争中稳固和提升各自的地位。

深入理解加快学校研究生教育改革的重大意义和形势任务，将“五育并举”的顶层设计持续发力，一直致力于构建多元创新人才培养体系。通过推动创新人才自主培养的新格局，成功构建了以“双一流”建设学科为核心，以优势特色学科为主体，以相关学科为支撑的可持续发展学科体系，在研究生培养方向做出的积极探索已经取得了重要的成果。通过对国内外顶尖高校机械工程学科、国内外高端装备制造企业广泛调研，明确了目前机械工程领域研究生培养存在的共性问题

和特殊问题，如研究生培养与社会需求脱节、研究生创新能力不足、学生国际交流能力有待提高等问题，重点对研究生教育体系进行了创新性改革。

秉持“强精优特”建设理念和“扬工强理重交叉”建设思路，从而创建了一个以“双一流”建设学科为核心，以优势特色学科为主体，与相关学科为支撑的可持续发展的学科体系。在此基础上，启动了新兴前沿交叉方向课程体系及资源建设、基于国家重大需求牵引的科研项目及大科学工程的科教融合校内实践创新平台建设、“产教融合”的校企合作基地建设以及研究生创新途径、国际视野提升等方面的改革。通过改革不断提高其拔尖创新人才的培养质量。针对工程实践教育的改革和创新，通过校外实践创新平台及基于国家重大需求的项目，为学生提供了更多实践和创新的机会。因此，学生具备家国情怀、创新能力、工程能力、沟通与团队合作能力、自主学习能力、国际化视野等的核心能力，助力了人才培养的质量提升。

03

研究的主要内容

1.面向理论创新和工程创新能力培养的课程体系建设

面向机械工程领域研究生拔尖创新人才的培养需求，项目开展了研究生理论和工程创新能力培



养的课程体系建设研究。在研究生培养方案和课程体系的改革与探索中，树立服务国家战略急需的大局意识，大力推进产教融合，发展智能制造、仿生机械等新兴交叉学科，打造“强基础、重实践、求创新”特色鲜明的哈工大机械工程研究生创新人才培养体系。

(1) 改革研究生课程体系，强化学生理论与工程创新能力的培养。项目修订了研究生培养方案，强化了研究生理论创新能力的培养。以国家重大工程问题为引领，将教师

承担的国家重大科研任务所取得的成果融入到课程系统中，强化“大国重器”、“高端装备”等重大工程问题的课程引领作用，提升学生的工程创新能力。项目执行期间建设《机械优化设计》研究生精品培育课程 1 门，参与工业母机工程硕博士课程体系建设，完成慕课（MOOC）建设 1 门。

深入调研高端装备制造业，设立企业专家课程，解决专业学位研究生培养体系的工程背景弱，课程设置理论与实际联系不强、学生缺乏生动而丰富的企业工程案例等关键问题。项目执行期间，共邀请 21 位企业专家，开设企业高水平专家课程 1 门，为学生开设企业专家课程 42 学时。

“重大项目驱动、融-促双轨并行，构建机械类研究生创新能力培养新模式”项目荣获等教育（研究生）国家级教学成果奖二等奖，充分发挥载人航天、探月工程等重大项目对人才培养的驱动作用及校企融合协作育人优势，将重大项目蕴含的协同攻关和爱国奉献精神及优质资源全方位融入研究生培养环节，创新形成了重大项目驱动、融-促双轨并行的机械类研究生创新能力培养新模式，构建了突出航天特色的机械类领军人才培养新体系，开创“实践促理论、项目促创新、工程促能力”的科教育人新途径，打造“目标融合、队伍融合、资源融合”的产教育人新机制，打通从知识基础到创新能力到工程实践的培养链路，形成“重大项目 目标和节点约束”为特色的卓越工程师育人方法，培养出一大批行业领军和创新创业人才。

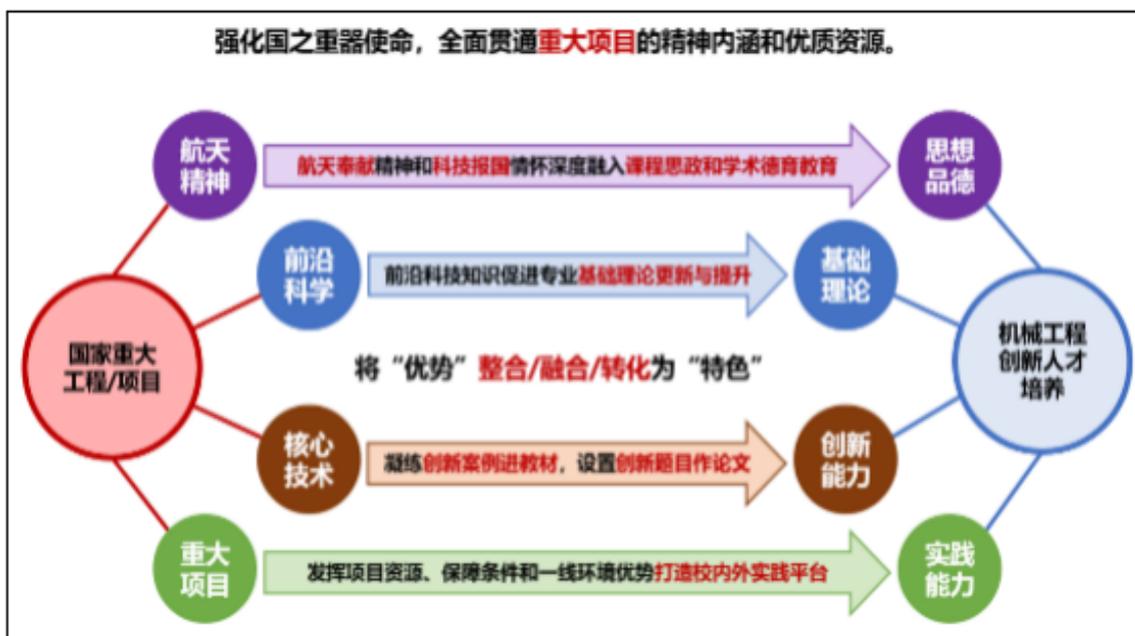


图 1 机械类研究生创新能力培养新模式

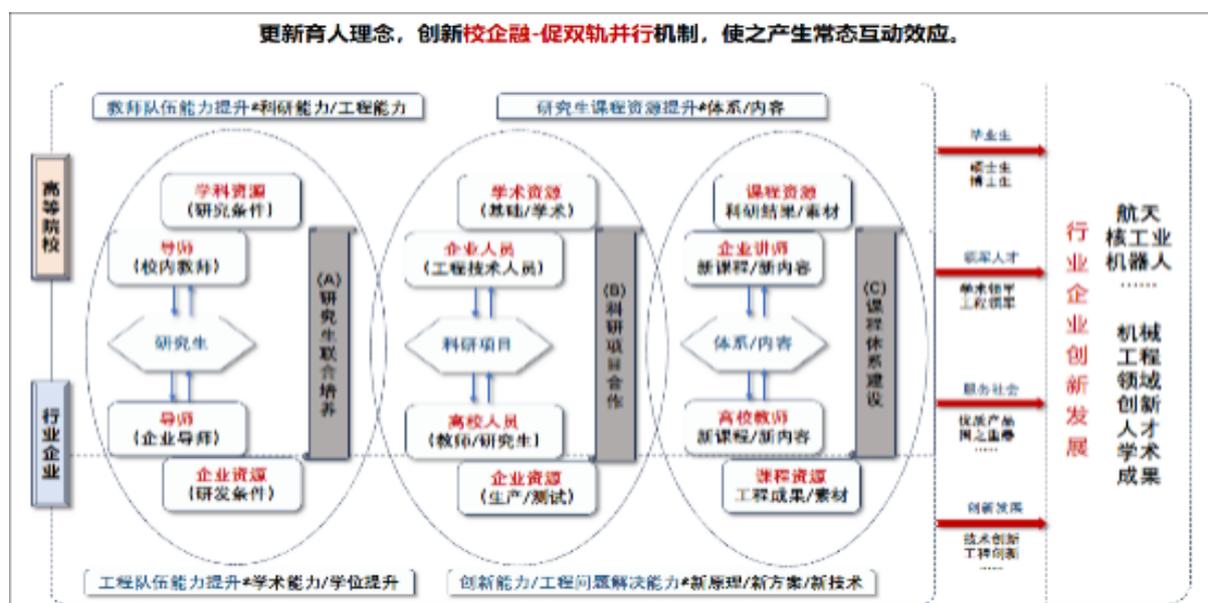


图 2 重大项目驱动、融-促双轨并行，构建机械类研究生创新能力培养新模式

(2) **增强交叉学科的课程与实验内容，提升研究生的创新能力。**面向国际学术前沿，开设研究生交叉学科的探索性研究，设置系列智能制造、仿生机械等方向的课程，增强交叉学科的课程与实验内容，提升研究生的创新能力。将智能制造和仿生机械新兴专业方向引入研究生培养体系中，解决学生跨学科知识与创新能力培养的关键问题。在研究生培养方案的改革中，完善了智能制造技术方向的课程体系，开展了前沿交叉学科研究生课程的建设，新增《先进制造中的塑性变形与相变原理》、《工程系统决策与优化》、《空间机器人动力学与控制》等研究生前沿交叉学科课程。通过设置智能制造、仿生机械、人工智能等方向学科交叉课程的建设，拓展了学生的学术视野，提升了研究生人才培养的创新能力。

(3) **创新课堂教学内容，增强课程思政元素。**项目将结合机械工程创新人才的培养目标，以立德树人、教书育人为思想为指导，开展研究生课堂教学内容的改革与实践，强化“科技先锋”、“大国工匠”等杰出人才的示范作用，进一步提升课程的思政成效。将重大工程案例融入到教师的课程教学中，充分发挥工程案例和模范人物的示教作用，集中体现课程思政、立德树人的重要价值。

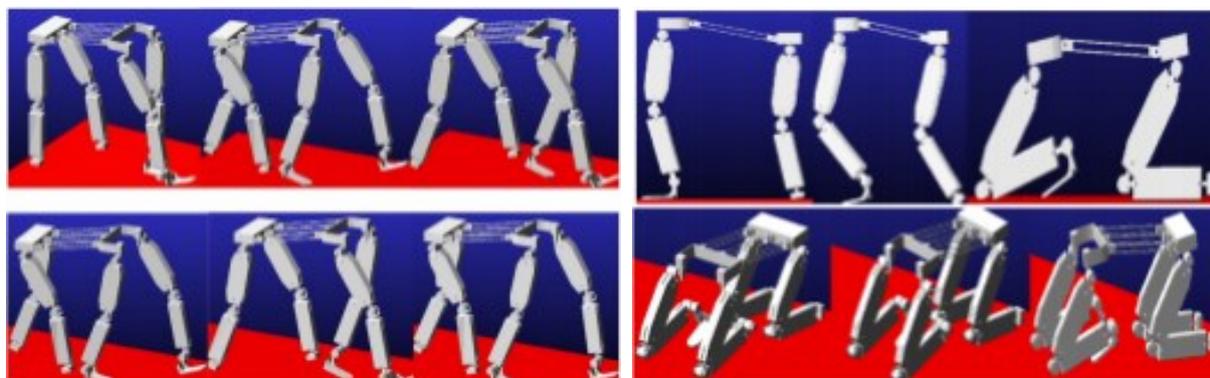
2.发挥学科科研优势开发虚拟现实教学资源平台

哈尔滨工业大学机械工程学科是我国最早成立的机械工程学科之一，在第六轮学科评估中被评为 A+。学科包含机械制造及其自动化和机械电子工程 2 个国家重点学科，机械设计制造及其自动化、机械电子工程、飞行器制造工程、工业工程、机器人工程 5 个国家一流专业建设点。2022 年新增获批仿生科学与工程方向，具有极强的前沿交叉属性。学科目前已经形成了将基础研究、应用预先研究和工程化应用及产业开发有机结合的科研新体系，构建了以高端装备与部件设计基础、智能制造与超精密测量技术、人-机-环境共融智能机器人为优势特色方向，仿生与微纳系统技术为新兴交叉方向的学科发展新布局。

机械工程学科立足航天，服务国防，重基础、强应用，为载人航天与探月工程、深空探测与在轨服务、激光聚变等多项国家重大工程提供核心关键技术。基于承担的国家重大项目，从中凝练适合于研究生教学的基础性问题，引申核心关键前沿技术，尤其是虚拟仿真数字孪生技术，将其转化为数字仿真模块。通过多模块的融合，建立数字化教学资源网络平台，最终融入研究生课程体系，并向相关专业研究生开放共享，实现服务于课堂教学和人才培养的终极目标。

通过本项目建设完成模块包括：

(1) **基于载人登月工程的“离散月壤环境下与宇航员穿戴机器人动力学特性”虚拟显示数字仿真模块。**该模块主要基于离散元仿真平台 EDEM，对宇航员月面工作过程中穿戴机器人与离散月壤间的相互作用动力学特性开展仿真分析，并结合课程体系内容进行相应改进。



(a) 步行移动状态

(b) 跪蹲工作状态

图 3 宇航员助力行走机构动力学特性仿真

(2) 基于空间站在轨维护任务的“空间仿生机器人运动学特性”虚拟现实数字仿真模块。该模块主要基于多体动力学仿真平台 ADAMS，对仿生机器人空间动力学特性开展仿真研究，并结合课程体系内容进行相应改进。

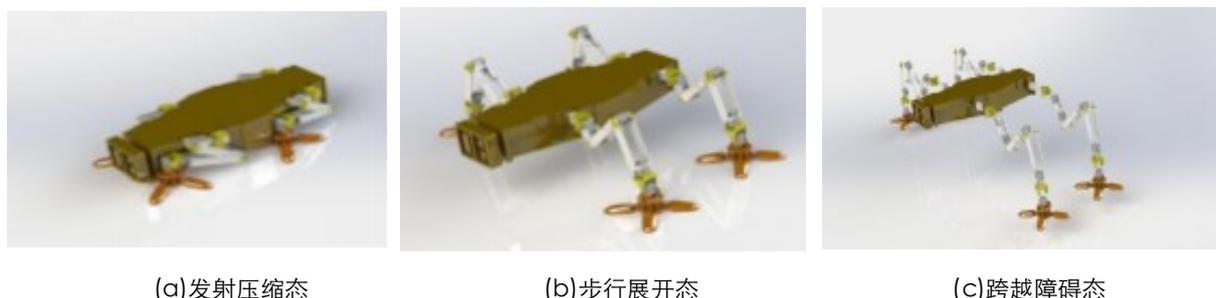


图4 空间仿生机器人异构态动力学仿真

(3) 基于航天器表面附着巡游任务的“仿壁虎式机器人动力学特性”虚拟现实数字仿真模块。本部分以航天器表面附着巡游机器人为对象实例，其结构形态如下图所示。



图5 航天器表面附着巡游机器人

该模块主要基于多体动力学仿真平台 MUJOCO，对仿壁虎式机器人在航天器表面附着巡游过程的空间动力学特性开展仿真研究，并结合课程体系内容进行相应改进。



图6 在MUJOCO 中机器人动力学特性进行仿真分析

(4) 基于月面大范围移动探测任务的“四足机器人仿生连续体脊柱系统”的虚拟现实数字孪生模块。该模块主要基于数字孪生仿真平台 UNITY，对月面四足机器人仿生连续体 脊柱系统进行三维建模，并通过在单元脊凸处布置摩擦电传感阵列，采集脊柱系 统姿态并驱动数字孪生仿真模型，并结合课程体系内容进行相应改进。



图7 复合仿生月面四足机器人



图8 生物脊椎及三维扫描建模

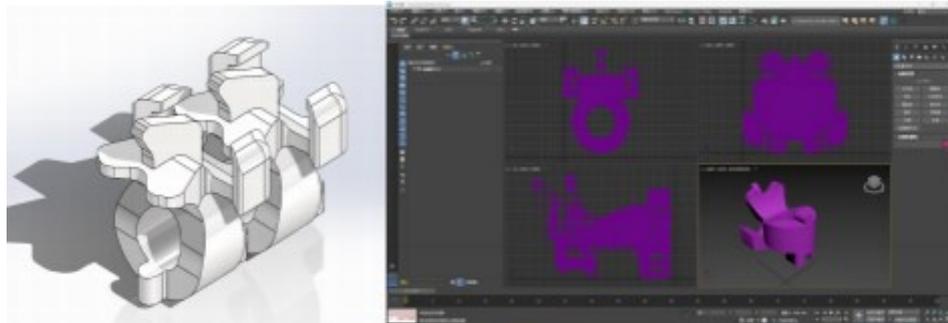


图9 工程圆整后的脊柱单元三维建模

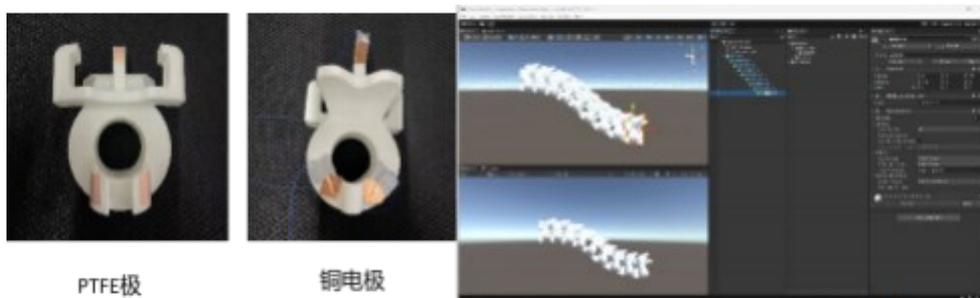


图10 脊柱单元实物模型及数字孪生模型

(5) 基于航天器间跳跃转移任务的“空间仿生机器人运动控制策略强化学习”虚拟现实数字仿真模块。该模块主要基于多体动力学仿真平台 MUJOCO，利用 PYTHON 语音编写运动控制策略强化学习算法，经过近百万次的迭代学习，最终实现四足机器人“水平平台-竖直壁面-水平平台”的跳跃动作，并提取相应运动控制策略模型，移植到机器人样机平台，并结合课程体系内容进行相应改进。

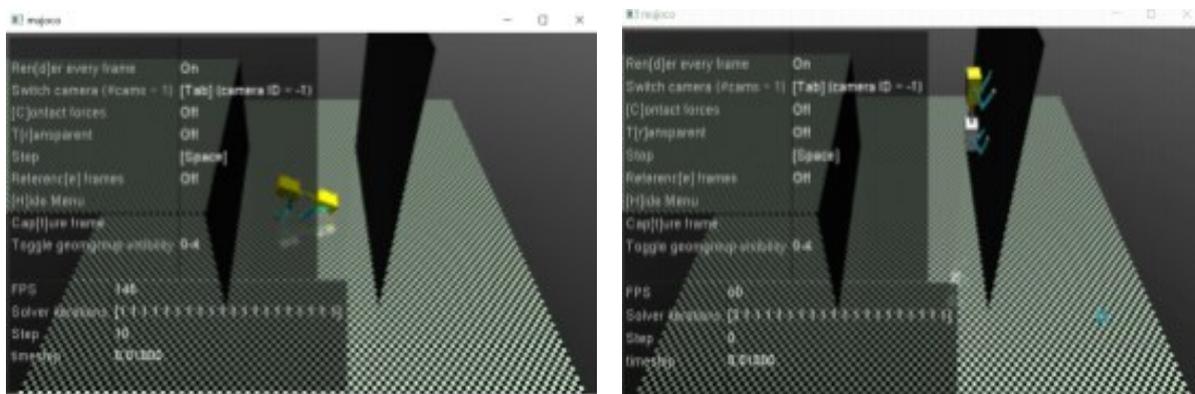


图11 空间机器人运动控制策略强化学习

(6) 基于大型空间桁架结构在轨组装任务的“机器人协同控制策略机器学习”虚拟现实数字仿真模块。基于 NVIDIA 的高性能开发平台 ISAAC SIM，对在轨组装机器人协同装配过程进行仿真建模，对机器人群的协同控制策略进行机器学习训练，并结合课程体系内容进行相应改进。

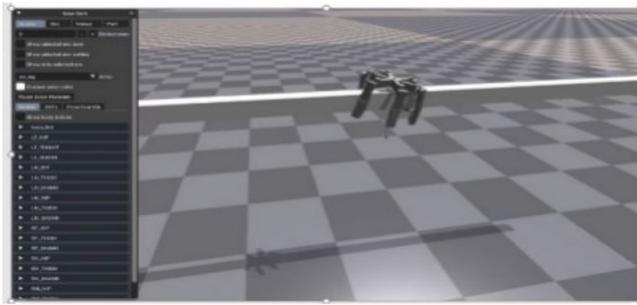


图12 桁架在轨组装机器人模型

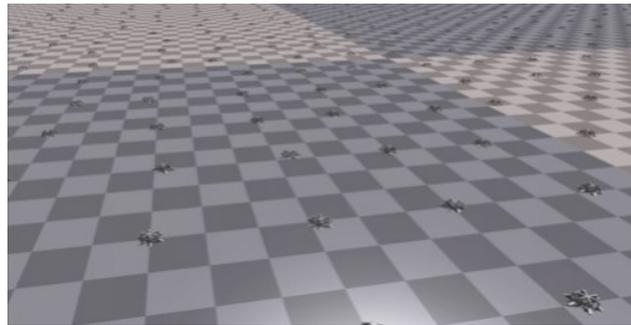


图13 机器人协同工作机器学习训练过程

(7) 基于跨介质飞行器任务的“仿生飞行器入水过程动态特性”虚拟现实数字仿真模块。基于流体动力学仿真平台 FLUENT 中的流固耦合模块，对仿生跨介质飞行器入水过程开展动态仿真分析，分析不同翅膀动作对入水特性的影响，并结合课程体系内容进行相应改进。

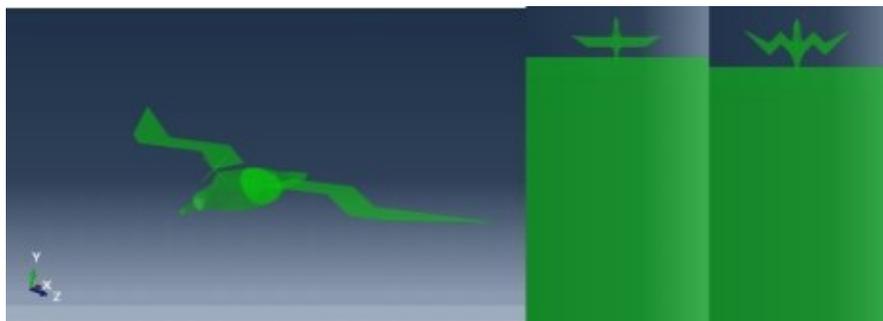


图14 跨介质飞行器仿真建模

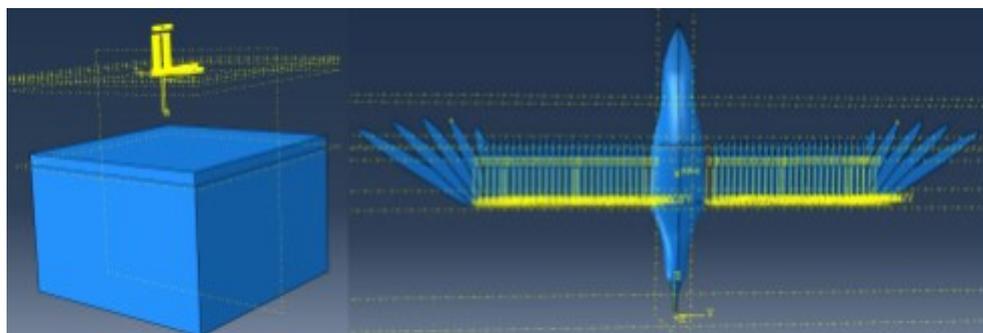


图15 入水过程仿真分析

上述数字仿真模块涉及机构学、仿生学、空间环境工程学、人工智能、古典控制等多个学科和领域，所形成的虚拟现实教学资源库，可服务于机械工程学科的研究生学科核心课《机器人技术》、《现代机构综合与分析》，以及研究生选修课《空间机构仿真技术》、《仿生原理与仿生机械》等课程，极大地丰富了教学手段，提升了教学效果。通过建设高水平数字化教学资源平台，满足研究生杰出人才培养体系对科研水平需求。

3.以时代需求为导向的智能装备系统开发实践创新体系建设

团队以时代需求为导向，建设智能装备系统开发的实践创新体系。一方面，紧密结合人工智能发展的大趋势，将机器人载体与人工智能方法相融合，建立富有吸引力的多个典型通用智能装备平台，供多年级、多批次研究生开展创新实践与算法迭代。另一方面，紧密结合国家重大需求，将本院所承担的国家重大科研工程成果，承接、沉淀、开发成专用的特种智能作业装备平台，供研究生在了解原有需求和设计初衷的基础上，产生创新思路，开发、完善和验证新功能，将原有国家重大工程项目成果持续更新，更好的落地。

(1)基于典型通用平台的智能装备系统开发实践平台建设。瞄准人工智能大背景下，机器人与人工智能相结合的发展需求，以本院的通用机器人平台为依托，建立包括外肢体感知与交互装置及方法研究、全向复合移动操作类人机器人装置与实践平台。



(a) 外肢体感知与交互实践平台

(b) 全向复合移动操作机器人实践平台

图 16 基于典型通用平台的智能装备系统开发实践平台

每个平台每学期可接收研究生10人开展原理创新设计、人工智能算法融入、实地参观操作、实际测试实验及验证等方面的全流程研究工作。通过该体系建设，丰富学生对人工智能与机器人结合的视野，吻合人工智能和人形机器人发展的时代需求。

(2)基于大工程项目的智能机械系统开发实践平台建设。以本院承担的重大工程项目为依托，建立项目平台现场教学与实践操作相结合的培养模式，提升学生的专业视野和创新能力，培育一批基础理论雄厚、学科交叉和自主创新能力强、富于协作精神的机械工程领域拔尖创新人才。目前已建成 FAST 馈源支撑缆索检测机器人装置及作业方法研究、极地探测及采样机器人装置及作业方法研究等多个开发实践平台。



(a) FAST 缆索检测机器人实践平台

(b) 极地探测及采样机器人实践平台

图 17 基于大工程项目的智能机械系统开发实践平台

每个平台每学期可接收研究生10人开展机理与功能创新、实地参观操作、新功能改进与迭代、实际测试实验等方面的研究工作。通过该体系建设，培养研究生投入国家重大需求的使命感，锻炼其系统全面扎实思考与解决工程实际问题的能力，有助于将来更好地实现国家重大需求的使命。

通过多种实践平台的开放共享，使学生围绕移动服务机器人系统、机器人智能灵巧操作、生机电一体化机器人、穿戴式机器人等方向，有更深的学术体验和更为实际的工程技术体会，为后续的工程能力提升和创新意识培养提供支撑，助力学生成为新一代“工程巨匠”。

4.国际交流与合作驱动的研究生创新人才培养模式研究

开展研究生教育教学的国际交流与合作，可以拓展学生的国际学术视野，提升研究生创新人才培养的水平，激发研究生学习和研究的新思路和新方法，了解目标院校所在国家的文化和历史，提高哈工大的国际学术声誉。项目开展了国际交流与合作驱动的研究生创新人才培养模式研究。

(1) **开展优秀工程硕博士国际交流，培养多学科交叉融合的工程人才。**拓展优秀工程硕博士研究生国际化视野，以机械工程学科为依托，培养多学科交叉融合的工程人才，推进卓越工程师培养的供给侧改革，服务学校“双一流”建设，项目团队成员完成了校优秀工程硕博士国际交流计划项目。2023年11月，项目团队教师率领9名硕博士研究生赴德国和芬兰执行优秀工程硕博士国际交流计划项目。访问团组访问了慕尼黑工业大学（TUM）物料搬运与物流技术研究所，参观了德国慕尼黑工业大学弗朗霍夫IGCV研究所，并就研究生的教学培养情况进行了交流。访问团组访问了芬兰拉彭兰塔工业大学（LUT University），并就进一步开展研究生共建课程进行了交流。

(2) **开展优秀工程硕博士国际交流，培养多学科交叉融合的工程人才。**为拓展优秀工程硕博士研究生国际化视野，以机械工程学科为依托，培养多学科交叉融合的工程人才，推进卓越工程师培养的供给侧改革，服务学校“双一流”建设，项目团队成员完成了校优秀工程硕博士国际交流计划项目。2023年11月，项目团队教师率领9名硕博士研究生赴德国和芬兰执行优秀工程硕博士国际交流计划项目。访问团组访问了慕尼黑工业大学（TUM）物料搬运与物流技术研究所，参观了德国慕尼黑工业大学弗朗霍夫IGCV研究所，并就研究生的教学培养情况进行了交流。访问团组访问了芬兰拉彭兰塔工业大学（LUT University），并就进一步开展研究生共建课程进行了交流。



(3) **积极申请优秀博士生国际交流计划项目，拓展博士生的国际学术视野。**项目团队获批2023年优秀博士生国际交流计划项目，拟于2024年出访德国、比利时、荷兰，对德国汉堡大学、比利时鲁汶大学、荷兰代尔夫特理工大学进行交流访问。拟出访学校为世界机械工程顶尖高校，拥有机器人、先进制造领域的世界一流成果，机械工程学科与三所大学有长期稳定合作，在学生联合培养、项目合作方面基础好。

(4) **探索研究生国际学术交流新模式，强化研究生的国际交流与合作。**项目积极开展研究生国际学术交流模式的探索，组织学生以线上或线下的形式积极参加国际学术交流活动。项目执行期间，项目组成员举办并参与了多项国际合作交流项目。部分大型项目的举办情况如下。

2023年10月24日上午，由教育部学校规划建设发展中心主办，黑龙江省教育厅、哈尔滨工业大学承办，中国教育国际交流协会协办的“2023国际产学研用合作会议（哈尔滨）”在在哈尔滨华旗礼堂顺利召开。会议以“产学研用赋新能，助力向北新高地”为主题，聚焦高校科研发展、学科产业协同发展、校企紧密合作等内容，旨在为一流学科建设、校企联合、产业转化聚集国际优质资源，为龙江全面振兴、全方位振兴凝智聚力。10月24日下午，2023国际产学研用合作会议机器人与智能制造分论坛在华旗国际会议中心隆重召开。分论坛邀请了俄罗斯宇航科学院院士米哈伊尔·伊万诺维奇·马林科夫教授、俄罗斯奥廖尔国立大学波利亚科夫·罗曼教授、阿克特龙公司瓦列里·阿纳托利耶维奇·瓦洛夫首席研究员，哈尔滨工业大学机电工程学院院长高海波教授等国际学者、企业专家和高校教师。分论坛由哈尔滨工业大学机电工程学院副院长闫纪红教授主持。在研究生产教融合、科教融合以及国际合作特别是中俄合作方面起到了积极的推动作用。

2023年11月7日-10日，机电工程学院白清顺教授率领9名硕博士研究生赴德国和芬兰执行优秀工程硕博士国际交流计划项目。应德国慕尼黑工业大学（TUM）物料搬运与物流技术研究所

Johannes Fottner 教授的邀请，访问团组访问了慕尼黑工业大学，强化了我校与欧洲友好学校的交流与合作关系，随访的 9 名硕博生在科研、国际合作、人文交流等方面的能力得到了进一步的锻炼与提升，归国后受学校委派，机电学院出访学生代表做了经验交流发言。国际交流与合作驱动的研究生创新人才培养模式为机械工程创新人才的培养提供了重要手段，进一步强化了我校与出访学校的合作关系，对探索新型研究生培养模式具有重要的推动作用。

04

研究的理论成果及实践措施

在机械工程领域对研究生创新人才培养体系的建设与实践中，项目通过综合施策，获得了显著的理论成果及实践措施的成功应用。

1. 研究的理论成果

(1) **面向理论创新和工程创新能力培养的课程体系建设。**本项目成功地改革并强化了研究生的课程体系，将理论知识与实际工程能力结合，明显提高了研究生的创新能力。具体实践措施包括：

课程体系设计上，以交叉学科知识为基础，增设了智能制造、仿生机械等方向的前瞻性课程，加强了数理基础及实验内容。

教学方法手段上，依托于国家重大科研项目，创新了课程教学内容，结合最新的科研成果，将课程与实际工程问题紧密结合。

课程思政创新上，强化了课程的思政元素，通过理论与实例结合、现场教学、案例分析等方法，弘扬科技精神，培育有理想、有道德、有文化、有纪律的工程创新人才。

(2) **学科科研优势开发虚拟现实教学资源平台。**利用学科优势，本项目开发了一系列尖端的虚拟现实教学资源平台模块，覆盖从太空探险到深海探测的不同任务场景。这些模块包括但不限于：

载人登月工程中的“月壤环境下宇航员穿戴机器人动力学特性”模块和“四足机器人仿生连续体脊柱系统”模块，将虚拟现实技术与机械工程领域的先进理论结合，提供高度仿真的教学体验。

航天器表面巡游任务、“仿壁虎式机器人动力学特性”的模块，加强了仿生机器人的动力学理论应用。

(3) **智能装备系统开发实践创新体系建设。**借助大型工程项目，本项目建立了多个智能机械系统开发实践平台，为研究生提供了实践创新的场所，具体实施措施如下：

集中开展针对智能机械系统的实验室及现场测试，通过科研创新项目，联合产学研，着力培养研究生实践创新能力。

利用主流通用平台，结合行业需求，开发智能系统设备，强化了研究生与行业的紧密联系，提升了研究生的工程创新能力。

(4) **国际交流与合作驱动的研究生创新人才培养模式研究。**本项目通过国际交流与合作，拓宽了研究生的国际视野，为高质量的工程硕士、博士培养提供了坚实基础，实践措施具体体现在：

举办多学科交叉融合的国际工程人才培养研讨会，引入国际顶尖科学家的课题和研究方法，加强研究生的国际交流与合作。



积极参与国际合作项目，申请国际学生交流计划，开设多方位的国际合作与交流渠道。

2. 实践措施

(1) 课程体系建设与改革

实施跨学科教学项目，增加实验和项目式学习环节，如通过虚拟现实技术模拟工程问题，提高学生解决实际问题的能力。

与工业界合作，定期邀请行业专家参与课程建设或作客座讲师，保证课程内容紧跟工业发展的最前沿。

(2) 虚拟现实教学资源平台开发

开发多元化的虚拟现实教学模块，例如通过虚拟仿真模拟空间站在轨维护或月面探测任务，提高学生对复杂系统分析与动手能力。

创设虚拟实验室，为学生提供在线仿真平台，以实现远程学习与实验操作，增强学习灵活性和实验操作能力。

(3) 智能装备系统开发实践平台建设

搭建以实际工程项目为依托的智能装备系统开发平台，允许学生参与真实项目，从而提升设计、开发与实施等方面的综合能力。

设计并实施一系列相关培训课程和工作坊，加强学生对智能装备技术的理解和应用能力。

(4) 国际交流与合作

建立国际合作网络，定期安排学生参与国际会议、工程项目和交流学习，扩大国际视野和学术圈子。

推广国际联合研究项目，促进跨国团队协作，提升研究成果的国际影响力。

05

推广的应用及影响

1. 推广应用

通过与工业界合作，将开发的教学模块和智能装备系统应用于实际工程项目，既验证了研究成果的实用性，又提升了教学与研究的行业相关性。

建立在线分享平台，将课程资源、虚拟实验室和仿真模块对外开放，供其他院校和研究机构免费使用，推动行业教育资源的共享利用。

本项目建设的教学资源不仅面向校内师生开放，而且已对外推广使用，示范和辐射作用明显。《可靠性与智能维护》MOOC 课程在学堂在线网站上线，已有来自美国、俄罗斯、法国等世界范围内的 434 名学生进行选课学习，示范效果突出。虚拟仿真实验教学项目已在国家虚仿平台实验空间 iLAB-X.com、HIT-云课运行，面向全国开放，截至 2024 年 4 月，累计注册人数 6145，推广行业数 11，行业访问数 53。



2. 影响分析

在教育领域，本项目推动了教学模式的创新，通过将最新的工程技术和国际化元素融入课程，培养出了更具创新能力和国际竞争力的工程人才。

在工业领域，通过智能装备系统的应用和优化，提高了相关企业的生产效率和技术创新能力，促进了产业升级和技术进步。

在学术研究领域，促进了国际学术交流与合作，推动了多学科融合，加速了科学技术的创新进程。

对社会的积极影响表现在，通过教育创新和技术进步，应对了工业 4.0 和信息时代对工程人才的新要求，同时促进了知识传播和技术普及。

06

研究建议

在经过深入研究和实践后，本项目提出以下研究建议，以促进工程领域研究生教育的进一步发展和创新。

(1)加强理论与实践的深度融合。研究生教育应更加注重实践环节的设计和 implement，特别是在理论教学与工程实践之间建立更加紧密的联系。建议开发更多基于实际工程项目的案例学习材料和教学模块，让学生在解决真实工程问题的过程中，深化对专业知识的理解和应用。

(2)持续优化跨学科课程体系。随着科技的发展，新的学科领域不断涌现，建议定期审视和调整课程体系，引入新兴学科内容，如人工智能、大数据分析等，以促进学生跨学科思维的培养。同时，鼓励学生参与跨学科项目，通过实践活动加强不同学科知识的综合运用能力。

(3)扩大国际视野和合作网络。鼓励和支持学生进行国际交流与合作，拓展学生的国际视野。建议建立更多国际合作项目，特别是与世界顶尖大学和研究机构的合作，为学生提供海外学习和研究的机会。此外，加强国际学术会议和研讨会的组织，促进国际学术交流和知识共享。

(4)增强虚拟现实和仿真技术的运用。随着虚拟现实（VR）和数字仿真技术的快速发展，建议进一步探索和利用这些技术在教学和研究中的应用。通过开发更多仿真模拟平台和虚拟实验室，提供更加丰富和多样化的实验环境，使学生能在无风险的条件下，进行复杂工程问题的分析和解决。

(5)促进产学研结合。建议加强与行业的合作，促进产学研结合。通过与企业共建实验室、研发中心，共同开展工程技术研发项目，既可以为提供更多实践机会，也可以加快科技成果的转化和推广。同时，鼓励学生参与企业实习和工程项目，增强其工程实践和项目管理能力。

(6)加大对创新创业教育的投入。创新是驱动社会进步的关键力量，建议在研究生教育中加大对创新创业教育的投入。通过设置创新创业相关课程、举办创新创业大赛、提供创业孵化服务等措施，激发学生的创新意识和创业热情，培育未来的工业领导者和创新家。

本项目的研究建议旨在进一步优化工程领域的研究生教育模式，推动教育的全面发展和创新。通过加强理论与实践的融合、优化课程体系、扩大国际合作、利用现代技术提升教学质量，以及促进产学研结合，我们可以为研究生提供更加丰富和高质量的学习体验，培养出更多具有高度创新能力和国际竞争力的工程人才。

