

Investigation into Cross-Disciplinary Cultivation Mode of Advanced Manufacturing in New Engineering Disciplines

Deming Zhong*, Xin Jin, Jing Du, Liangjun Li, Baoping Tang

College of Mechanic Engineering, Chongqing University, Chongqing
Email: *zdm@cqu.edu.cn

Received: Oct. 8th, 2019; accepted: Oct. 24th, 2019; published: Oct. 31st, 2019

Abstract

Taking the opportunity of Double Tops Construction, relying on advanced manufacturing superior subjects of Chongqing University, combining with the development of manufacturing industry and country-oriented major strategic needs, breaking the disciplinary boundaries, the advanced manufacturing cultivation mode of new engineering disciplines is investigated toward cross-disciplinary development. First of all, the cross-disciplinary administrative agency is established to guarantee the cultivation in new engineering disciplines. Secondly, through the exploration into the essence of advanced manufacturing, cross-disciplinary curriculum system and teaching modes are optimized to cultivate the complicate engineering ability, based on which new curriculums embodying multi-disciplinary cross-integration are formed. Thirdly, cross-disciplinary teaching teams and innovative platform are constructed to promote interdisciplinary cooperation learning and innovation practice. Finally, evaluation criteria and assessment methods are formulated to establish the quality monitoring system. Accordingly, relying on superior subjects of Chongqing University, such as mechanical science, material discipline, instrument engineering, mechanics, automation engineering *et al.*, the subject-specialist cluster system of advanced manufacturing has been established.

Keywords

New Engineering Disciplines, Advanced Manufacturing, Cross-Disciplinary Integration, Innovation Practice, Quality Monitoring System

多学科交叉融合的先进制造新工科工程人才培养模式探索与实践研究

钟德明*, 金鑫, 杜静, 李良军, 汤宝平

*通讯作者。

文章引用: 钟德明, 金鑫, 杜静, 李良军, 汤宝平. 多学科交叉融合的先进制造新工科工程人才培养模式探索与实践研究[J]. 创新教育研究, 2019, 7(5): 686-694. DOI: 10.12677/ces.2019.75116

重庆大学机械工程学院, 重庆
Email: zdm@cqu.edu.cn

收稿日期: 2019年10月8日; 录用日期: 2019年10月24日; 发布日期: 2019年10月31日

摘要

以重庆大学“双一流”建设为契机, 依托重庆大学先进制造一流学科群, 结合制造业发展和国家重大需求, 打破固有学科领域界限, 形成体现多学科交叉融合特征的先进制造新工科工程人才培养模式。首先建立先进制造跨学科交融人才培养管理机构, 为新工科背景下制造人才培养提供组织保障; 在研究先进制造技术内涵及本质特征基础上, 建立面向解决复杂工程问题能力的跨学科交叉融合的课程体系和教学模式, 开设若干体现多学科交叉融合的新课程; 组建跨学科教学团队, 搭建学科交叉创新实践教学平台, 推进跨学科合作学习及创新实践; 制定多学科交叉融合能力达成的评价标准和考核办法, 建立质量监控体系。据此, 依托重庆大学机械、材料、仪器、力学、控制等优势学科, 开展体现学校优势和特色的先进制造专业集群建设。

关键词

新工科, 先进制造, 跨学科交融, 创新实践, 质量监控

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

先进制造技术是集材料、机械、电子信息、自动化等多种技术为一体的新一代加工制造技术[1] [2] [3] [4], 是《中国制造 2025》、《智能制造“十三五”发展规划》等国家政策推进的主攻方向, 是实现我国制造业由大变强、转型升级的重要途径[5]。我国是制造大国, 但我国制造业的持续发展还面临诸多问题, 例如: 适应先进制造的高性能先进材料制备技术、制造过程中的精密传感测试技术、制造过程中的智能化程度等还存在不足, 学科交叉融合不够深入, 主要原因之一是现行工程教育体系无法适应面向先进制造的新工科工程人才培养要求, 不能满足先进制造和社会转型升级发展的需要[6]。因此, 现行制造工程教育体系面临全方位变革, 亟需开展多学科交叉融合的先进制造工程人才培养模式探索与实践。通过前期对中国工程教育现状分析研究与实践, 发现现行制造工程人才培养体系存在五大亟需解决的问题, 如图 1 所示, 具体如下:

1) 先进制造跨学科交融人才培养管理机构缺乏

长期以来主要是分专业、分学科进行制造类人才培养, 缺乏跨学科交融的新型机构和管理机制, 不能为跨院系、跨学科、跨专业培养先进制造新工科工程人才提供组织保障。

2) 先进制造跨学科课程体系和教学模式不健全

现行的制造工程教育主要是基于单学科的传统课程体系进行人才培养, 课程跨界交叉融合薄弱, 缺乏跨学科、动态可重构的模块化课程体系, 教学模式单一, 重在知识传授, 学生缺乏全局思维、大工程视野以及解决复杂工程问题的能力。

3) 先进制造跨学科教学团队和创新实践教学平台有待加强

现行制造工程教育存在学科交叉融合度低、学科之间壁垒重重，资源分散封闭等问题，需要组建先进制造跨学科教学团队、适应多学科交叉融合的创新实践教学平台，以满足先进制造新工科背景下学生跨学科合作学习的需要。

4) 多学科交叉融合能力达成的质量监控体系缺乏

尚未建立先进制造多学科交叉融合能力达成的多元评价标准和质量监控体系，无法有效判定学生多学科交叉融合学习能力的达成。

5) 体现学校优势和特色的先进制造专业集群有待建设

新工业革命时代的来临，制造工程知识体系面临多方面、多层次的更新与创新，亟需建设体现学校优势与特色的先进制造专业集群，以适应多学科交叉融合先进制造工程人才培养需求。

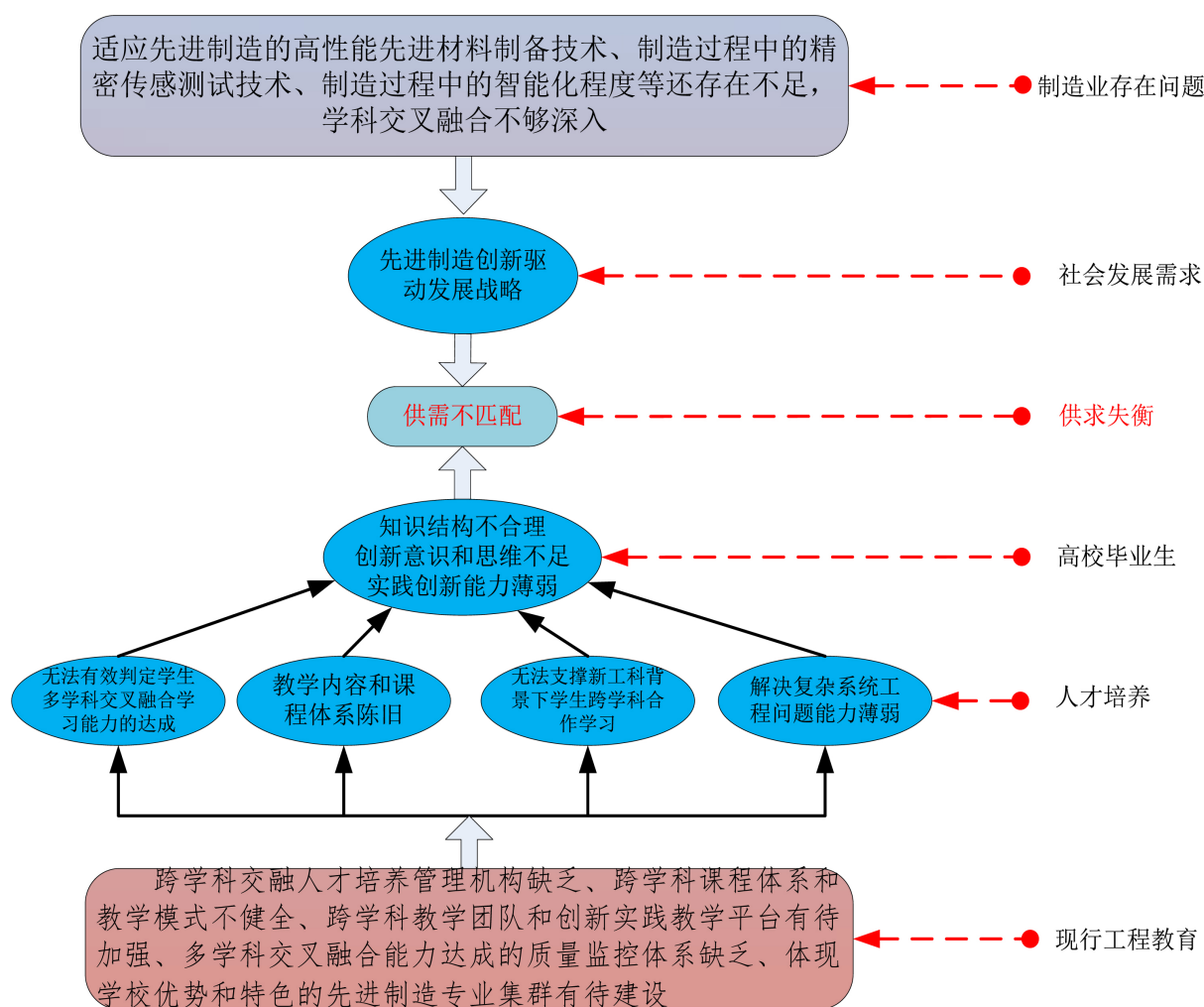


Figure 1. Problems in the current cultivating system of manufacturing engineering talents
图 1. 现行制造工程人才培养体系存在的问题

针对上述问题，以重庆大学“双一流”建设为契机，依托重庆大学先进制造一流学科群，结合制造业发展和国家重大需求，打破固有学科领域界限，形成体现多学科交叉融合特征的先进制造工程人才培养模式，如图 2 所示。

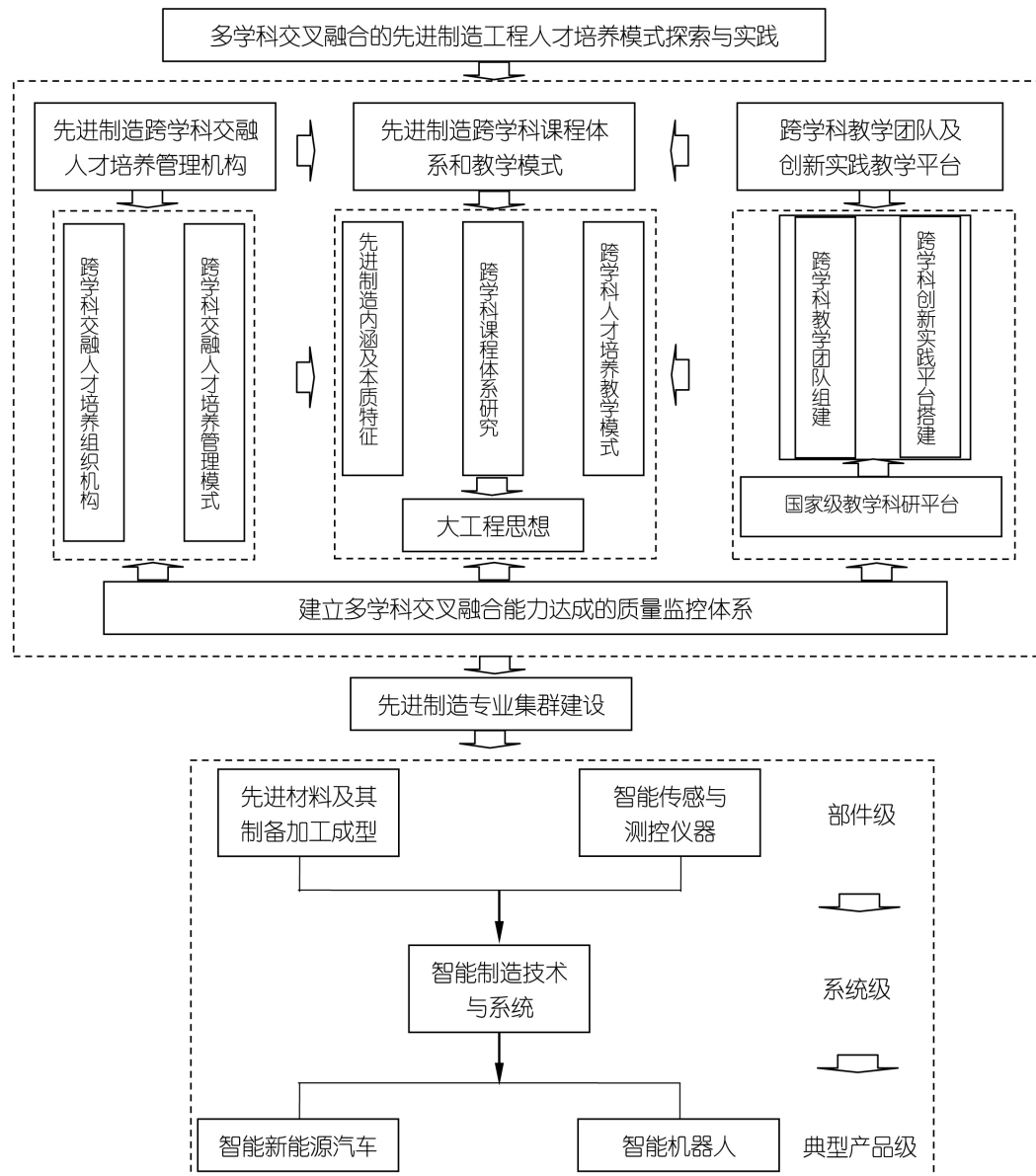


Figure 2. Construction of talents cultivating model for advanced manufacturing engineering
图 2. 先进制造工程人才培养模式建设

2. 建立先进制造跨学科交融人才培养组织机构

先进制造跨学科交融人才培养组织机构构架如图 3 所示, 组织机构实行委员会领导下的主任负责制, 委员会包括战略规划委员会、学科专业发展委员会、跨学科教育委员会。委员会机构成员包括先进制造学学术带头人、科研机构学者、产业界工程师等。跨学科研究机构的重大事项由委员会做出决策。

基于机械、材料、力学、仪器及控制等学科, 围绕先进制造专业建设方向, 建立“以关键科学问题为导向”的管理模式, 形成适应学科交叉融合的网状管理结构; 根据学科交叉融合的特点, 建立以项目为纽带的人才流动机制、以任务为中心的科研教学合作机制、以多学科交叉融合为导向的资源配置机制等, 形成多学科交叉融合的“长效机制”; 成立由产学研多方参与的多学科交叉融合管理委员会, 负责各学科和单位之间的横向联系和沟通, 形成多方合作、协调联动、互惠共赢的多学科交叉融合机制, 为

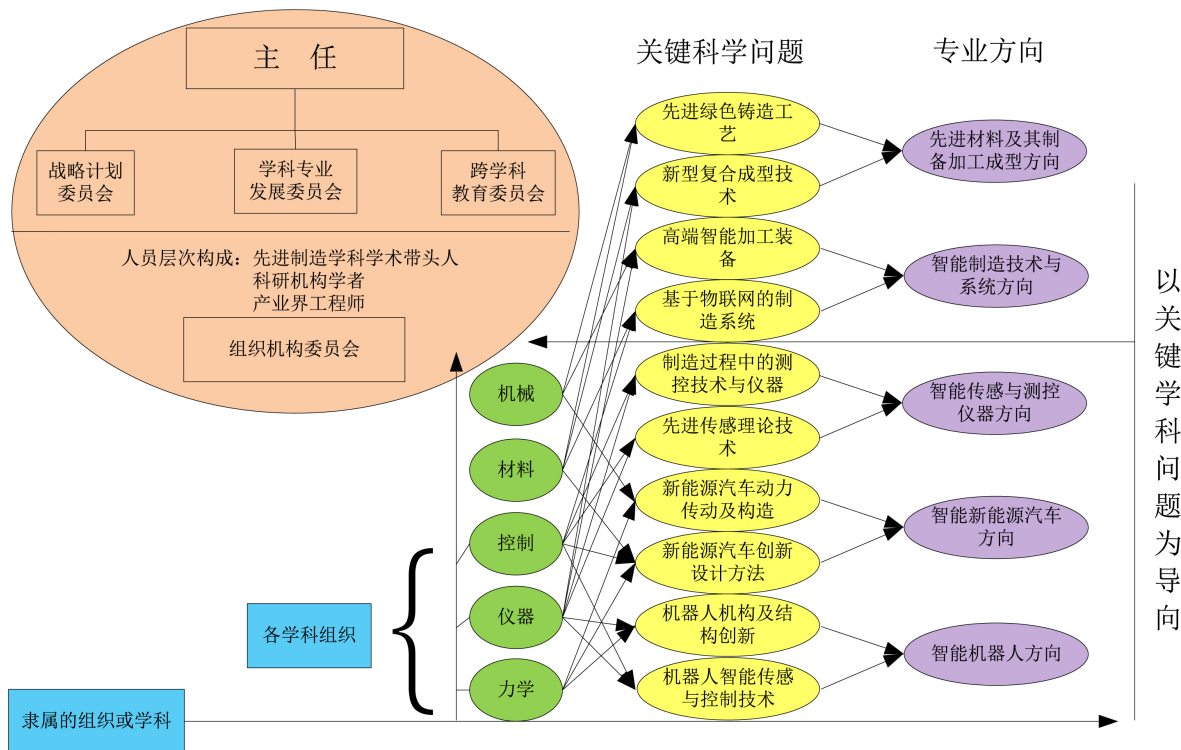


Figure 3. Organize structure of interdisciplinary personnel training
图 3.先进制造跨学科人才培养组织机构构架

跨院系、跨学科、跨专业培养先进制造新工科人才提供组织保障。

3. 探索先进制造跨学科课程体系和教学模式

3.1. 先进制造技术内涵、本质特征研究

研究先进制造技术内涵、本质特征及其对制造过程、管理服务运作模式的变革影响；研究先进制造学科交叉的知识和技术融合特性。据此，从学科导向转向以产业需求为导向，开展新工科制造工程人才培养需求研究，具体包括：先进制造工程人才创新能力培养需求、先进制造工业文化及其对工程人才素养的需求、先进制造对工程人才专业结构的挑战和需求。基于上述研究，建立跨学科交叉融合的先进制造工程人才培养三维模型，如图 4 所示。

3.2. 跨学科动态可重构的模块化课程体系研究

根据“大工程观”思想，通过纵向与横向两个维度整合构建先进制造跨学科课程体系，如图 5 所示，纵向整合同一学科内课程(基础课和专业基础课程)，横向整合不同学科主干课程；根据先进制造五大核心课程群，构建跨学科课程体系关键基础单元，开设若干体现多学科交叉融合的主干课程，如图 6 所示。据此，结合先进制造关键科学问题，开展面向工程过程的跨学科课程教学实践，突破按照学科知识体系构建的层级式课程结构，加强学生对工程规律的认识，提升学生解决复杂工程问题能力，通过模块式课程构建促进学生的个性化发展。

3.3. 跨学科交叉融合的先进制造工程人才培养教学模式研究

从专业分割转向跨界交叉融合，开展“师 - 生、课 - 课、理论 - 实践”协同教学实践，探索“多师

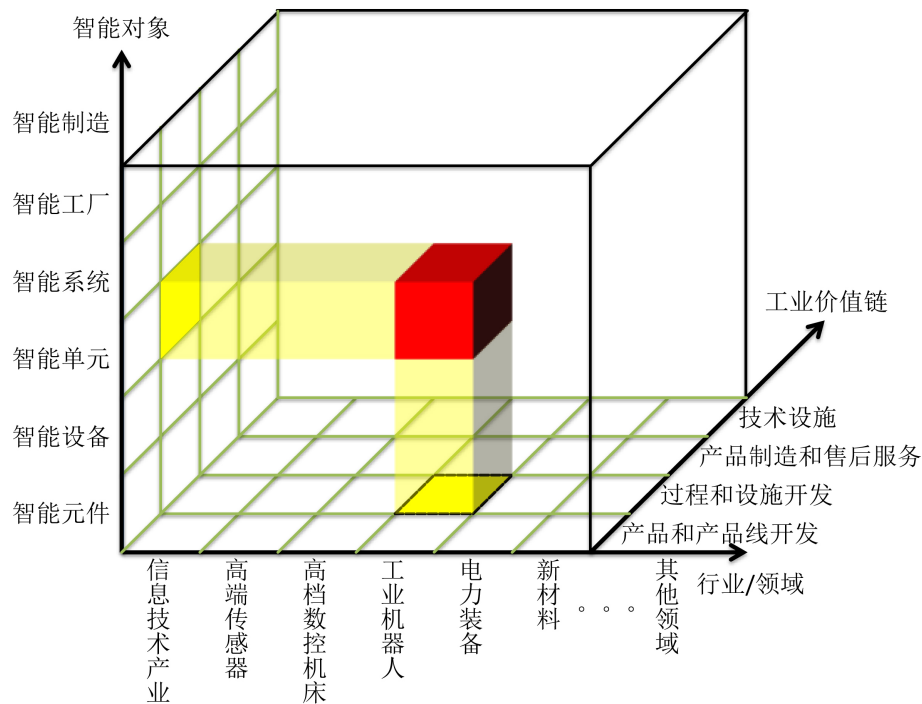


Figure 4. Three dimensional model of advanced manufacturing engineering personnel training
图 4. 先进制造工程人才培养三维模型

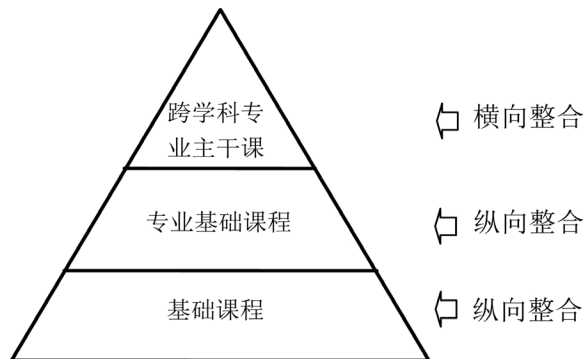


Figure 5. Architecture of advanced manufacturing interdisciplinary course system
图 5. 先进制造跨学科课程体系构架

导学、多课同堂”的教学组织形式，即搭建“多课多师”跨界协同教学平台；针对“导向性关键科学问题”，通过科学试验，结合相关课程知识，引导学生思考科学原理，师生共同解决问题，以促进跨学科专业主干课程有机融合，形成新型跨学科教学模式；基于互联网大数据教学服务平台，推进信息技术和教育教学深度融合，建设和推广应用在线开放课程，充分利用虚拟仿真等技术创新工程实践教学方式。

4. 组建先进制造跨学科教学团队和创新实践教学平台

4.1. 组建先进制造跨学科教学团队

依托机械传动国家重点实验室、国家 2011 计划重庆自主品牌汽车协同创新中心、国家镁合金工程技术研究中心、国家工科机械基础教学基地等国家级教学科研平台，对基础课和专业基础课程进行纵向整合，跨学科主干课程进行横向整合，围绕先进制造专业建设方向组建一批跨学科教学团队，如图 7 所示。

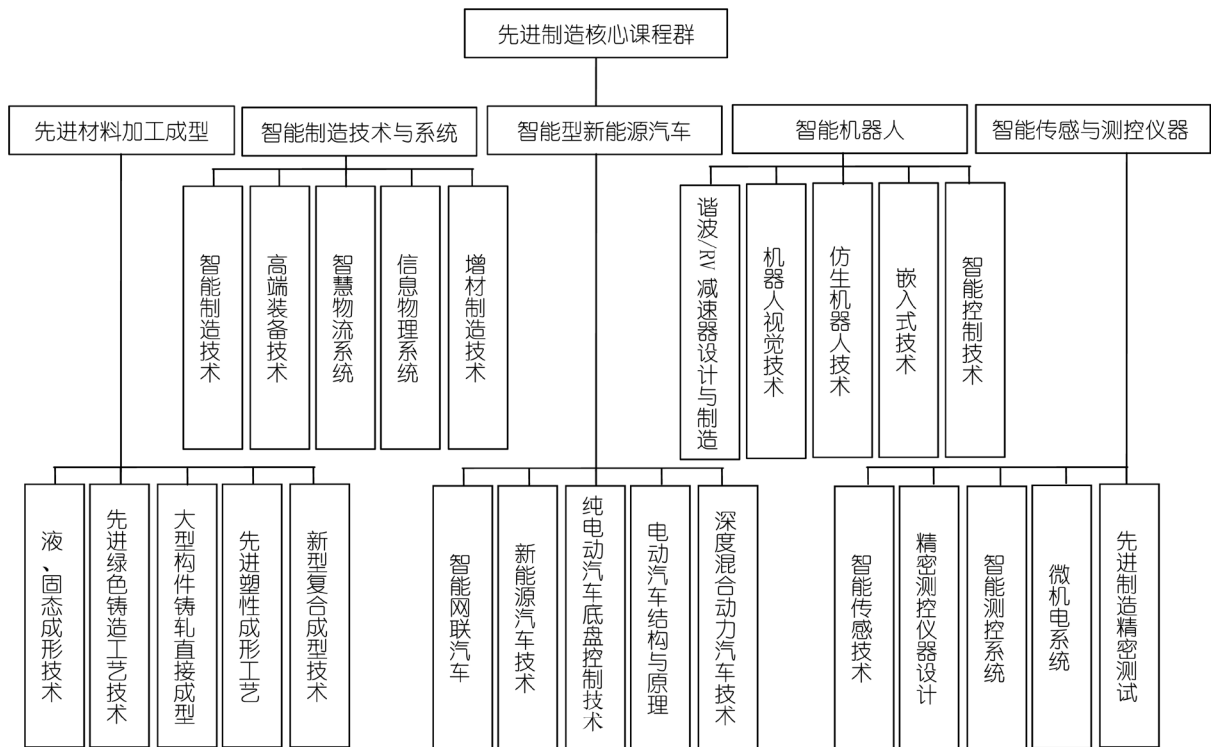


Figure 6. Interdisciplinary main courses of advanced manufacturing core course group
图 6. 先进制造核心课程群跨学科主干课程

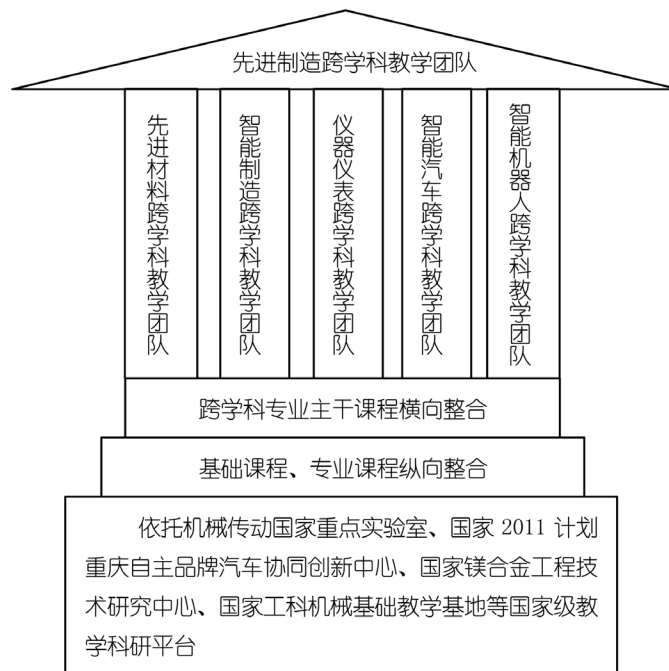


Figure 7. Advanced manufacturing interdisciplinary team architecture
图 7. 先进制造跨学科教学团队构架

凝练五个建设方向中的共性问题 and 专业问题，加强团队成员之间针对不同概念、方法、数据与术语的相互交流和探讨。通过组建跨学科教学团队，吸收多学科公共课和专业基础课教师加入，完成公共课、专

业基础课与跨学科专业主干课程之间的集群式创新融合。先进制造跨学科教学团队由学术造诣高的教授领衔，保证团队成员的学缘结构、年龄结构、职称结构合理。依托跨学科教学团队，全面实施教学质量工程建设。

4.2. 先进制造跨学科创新实践教学平台搭建

基于先进制造专业建设方向，搭建对应跨学科创新实践教学平台，为学生培养提供科研与教学实践开放基地，具体见表 1。

Table 1. Advanced manufacturing interdisciplinary innovation practice teaching platform

表 1. 先进制造跨学科创新实践教学平台

先进材料及其制备加工成型跨学科创新实践教学平台	以全球智能制造、绿色制造理念为牵引，在液态成形、固态成形、连接、表面改性等领域开发先进加工技术并形成实践教学平台，搭建先进绿色铸造工艺技术、大型构件铸-轧直接成型技术、先进塑性成形工艺与装备系统、高可靠连接技术、新型复合成型技术等教学实践平台。
智能制造跨学科创新实践教学平台	综合运用高档数控机床、机器人、3D 打印、立体仓库、AGV、虚拟仿真与虚拟现实等智能制造手段，搭建具有生产线系统集成能力和生产线虚拟调试能力的小型自动化生产线，为学生培养提供科研与教学实验开放平台，同时提升智能装备与机器人运行过程中智能决策及智能执行的相关教学技术手段。
机器人综合性能与控制跨学科创新实践教学平台	平台支持机器人新型材料、关键零部件、驱动系统、感知系统、控制系统性能及可靠性测试与分析、极限环境和故障状态下机器人综合性能测试与分析；多机器人协调与协作作业、机器人与信息网络虚拟交互、远程操作和网络服务技术等机器人协同作业平台搭建，为学生培养提供科研与教学实验开放平台。
新能源汽车综合性能与控制跨学科创新实践教学平台	支持智能型新能源汽车构型、能量传递分析、整车多目标动力学与行驶状态控制测试与分析、整车及零部件振动噪声测试与分析、整车及零部件控制性能测试与分析、极限工况和故障状态下整车综合性能测试与分析。
智能传感与测控跨学科创新实践教学平台	融合传感器技术、现代光学、精密机械、软件技术等多学科，综合利用光机电算多学科交叉优势，建设先进传感技术、精密测控技术及智能仪器等跨学科实践平台，为先进制造中机器人、新能源汽车智能感知、智能制造等关键技术提供技术保障。

5. 建立多学科交叉融合能力达成的质量监控体系

研究多学科交叉融合的教育教学环节与能力培养的基本规律。基于跨学科动态可重构的模块化课程体系，进行基于能力培养的教育教学环节设计，研究先进制造跨学科教育教学环节评价方法；研究跨学科教育教学环节与学生能力培养的映射关系，建立能力映射关系矩阵；研究跨学科教育教学环节与能力培养定量关系函数，探索各教学环节对能力培养的贡献权重系数和加权能力系数，制定学生多学科交叉融合能力的定量评价方法。

建立多学科交叉融合能力达成的质量监控体系。依据多学科交叉融合能力达成的评价方法，制定跨学科课程教材建设、实践性教学环节及实施过程的质量管理体系；研究课程目标达成状况的持续评价机制；研究用人单位、人才市场、社会对先进制造工程人才培养质量监控与评价机制。

6. 建设先进制造专业集群

以重庆大学“双一流”建设为契机，基于重庆大学先进制造一流学科群的优势和特色，打破固有学科领域界限，依托机械传动国家重点实验室、国家 2011 计划重庆自主品牌汽车协同创新中心、国家镁合金工程技术研究中心、国家工科机械基础教学基地等国家级教学科研平台，结合制造业发展和国家重大需求，通过学科交叉，围绕先进制造技术三个层次和五个方向开展先进制造专业集群建设，如图 8 所示，

部件级包括先进材料及其制备加工成型方向和智能传感与测控仪器方向，系统级为智能制造技术与系统方向，典型产品级有智能新能源汽车方向和智能机器人方向。

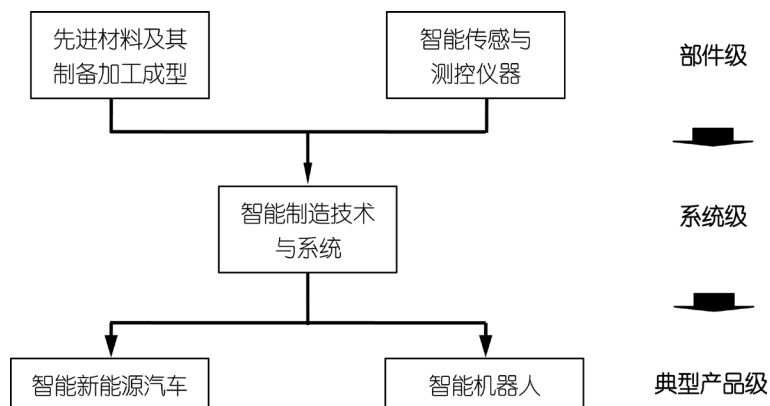


Figure 8. Advanced manufacturing professional cluster architecture
图 8. 先进制造专业集群构架

7. 结束语

通过多学科交叉融合的先进制造工程人才培养模式探索与实践研究：

1) 提出的先进制造跨学科网状管理组织机构构架，可为其他新工科优化学院组织模式，建立跨学科交融的新型机构提供借鉴。

2) 探索形成多学科交叉融合的先进制造工程人才培养模式，可为其他新工科工程人才培养在改革课程体系、开设跨学科课程、探索面向复杂工程问题的课程和教学模式、组建跨学科教学团队及跨学科项目平台等方面提供借鉴。

3) 揭示的多学科交叉融合的教育教学环节与能力培养的基本规律，可为其他新工科工程人才培养制定多学科交叉融合能力达成的评价标准和考核办法，建立多学科交叉融合能力达成的质量监控体系。

基金项目

本论文研究得到重庆大学教学改革研究资助项目(2017Y30, 2017Y32)和重庆市重点教改项目(182070机械拔尖创新型人才培养实践体系研究与实践)的支持。

参考文献

- [1] Hermann, K. (2010) Distributed Manufacturing: Paradigm, Concepts, Solutions and Examples. Springer, London.
- [2] Liou, F., *et al.* (2008) Development of an Interdisciplinary Laboratory Curriculum for Emerging Product Manufacturing.
- [3] Rosen, D.W., *et al.* (2012) GT MENTOR: A High School Education Program in Systems Engineering and Additive Manufacturing.
- [4] National Academy of Science and Engineering (2013) Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE4.0.
- [5] 李良军, 金鑫, 周佳, 等. 新工业革命对分布式制造领域人才培养的影响研究[J]. 高等工程教育研究, 2015, 18(7): 70-75.
- [6] 李伯虎, 张霖, 任磊, 等. 云制造典型特征、关键技术与应用[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7): 1345-1356.