

Exploration of Mechanical Engineering Curriculum System under the Background of Intelligent Manufacturing

Xinfeng Dong*, Jianping Zhang, Hao Wang, Huageng Wang, Daolei Wang, Bingxia Yuan

College of Energy and Mechanical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai
Email: *laile_sd@163.com

Received: Apr. 30th, 2018; accepted: May 17th, 2018; published: May 24th, 2018

Abstract

The manufacturing industry is the pillar industry of the national economy. At present, China's manufacturing industry is quite large, but there is still a big gap between high-end and core technologies compared with Western and European countries. "China manufacturing 2025" is the first ten-year plan of action for China to implement the strategy of manufacturing powerhouse. In view of the demand of intelligent manufacturing (which is the main direction of China manufacturing 2025) and planning guide for the development of talents in manufacturing industry issued in 2017, the development stages and key supporting technology of intelligent manufacturing, and the demand for talents in the ten fields of manufacturing are introduced. Based on intelligent manufacturing key support technology and the demands for talents in high-end CNC machine tools and robotics field, which is closely related to mechanical subjects, the undergraduate curriculum system of mechanical engineering is explored, which is in line with the needs of intelligent manufacturing talents.

Keywords

Intelligent Manufacturing, China Manufacturing 2025, Mechanical Engineering, Curriculum System

智能制造背景下我校机械工程课程体系 建设探索

董新峰*, 张建平, 王 昊, 王化更, 王道累, 袁斌霞

上海电力学院, 能源与机械工程学院, 上海
Email: *laile_sd@163.com

收稿日期: 2018年4月30日; 录用日期: 2018年5月17日; 发布日期: 2018年5月24日

*通讯作者。

文章引用: 董新峰, 张建平, 王昊, 王化更, 王道累, 袁斌霞. 智能制造背景下我校机械工程课程体系建设探索[J]. 教育进展, 2018, 8(3): 273-282. DOI: 10.12677/ae.2018.83044

摘要

制造业是国民经济的支柱产业，目前我国制造业的规模较大，但与西方及欧洲国家相比在高端核心技术方面仍存在较大差距，《中国制造2025》是我国实施制造强国战略的第一个十年行动纲领。鉴于中国制造2025的主攻方向智能制造以及2017年三部委印发的《制造业人才发展规划指南》，文中对智能制造的发展阶段及关键支撑技术，制造业十大领域人才需求情况进行了介绍，针对智能制造关键支撑技术以及与机械学科密切相关的高档数控机床及机器人领域的人才需求情况，探索构建符合智能制造人才需求的我校机械工程本科教育课程体系。

关键词

智能制造，中国制造2025，机械工程，课程体系

Copyright © 2018 by authors 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

制造业是国民经济的基础工业部门，是决定国家发展水平的最基本因素之一。进入 21 世纪以来，新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起，制造业面临着全球产业结构变革带来的机遇和挑战，尤其是 2008 年金融危机之后，主要发达国家为了寻找促进经济增长的新方式，开始重新重视制造业，例如：欧盟整体上开始加大制造业科技创新扶持力度；德国政府在 2013 年 4 月推出《德国工业 4.0 战略》；英国政府科技办公室在 2013 年 10 月推出《英国制造 2050 战略》；美国国家科学技术委员会于 2012 年 2 月正式发布了《先进制造业国家战略计划》；日本政府 2013 年提出技术战略图，加大对企业 3D 打印机等技术的财政投入，快速更新制造技术。

近十年来，我国制造业发展迅速，2010 年，我国超过美国成为全球制造业第一大国，至今，我国制造业的规模连续六年居世界第一。然而，与世界先进制造业水平相比，我国制造业在自主创新能力、资源利用效率、产业结构水平、信息化程度、质量效益等方面存在明显的差距，转型升级和跨越发展的任务紧迫而艰巨[1]。在全球产业革命变革及我国制造业大而不强的背景下，2015 年 5 月国务院印发“中国制造 2025”，部署全面推进实施制造强国战略，作为我国实施制造强国战略的第一个十年行动纲领，实现中国制造向中国创造的转变，中国速度向中国质量的转变，中国产品向中国品牌的转变，完成中国制造由大变强的战略任务[2][3][4][5]。

为了贯彻落实《中国制造 2025》中提出的五大基本指导方针(创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化及人才为本)，同时结合 2017 年教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部联合印发的《制造业人才发展规划指南》[6]，本文借鉴国内双一流机械工程学科高校的课程体系，探索构建符合智能制造人才需求的我校机械工程本科教育课程体系。

2. 智能制造

为了促使我国制造业大而强，我国提出“中国制造 2025”，其明确了五大重大工程和十大重点行业领域[1]；五大重大工程包括：国家制造业创新中心、智能制造、工业强基、绿色制造、高端装配创新，其中智能制造被作为中国制造 2025 的主攻方向；中国工程院周济院士在 2015 智能制造国际会议上也指

出智能制造，即制造业的数字化、网络化、智能化，应作为“中国制造 2025”的主攻方向；中国制造 2025 的十大重点领域主要为：新一代信息技术产业(如集成电路及专用设备、信息通信设备、操作系统及工业软件等)、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械。由此可知以上十大重点领域的智能制造是未来重点发展的方向。

2.1. 智能制造的发展阶段

智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式[7]。智能制造被划分成了三个主要的发展阶段[8]：数字化、网络化及智能化，如图 1 所示。数字化指以数据的生产、加

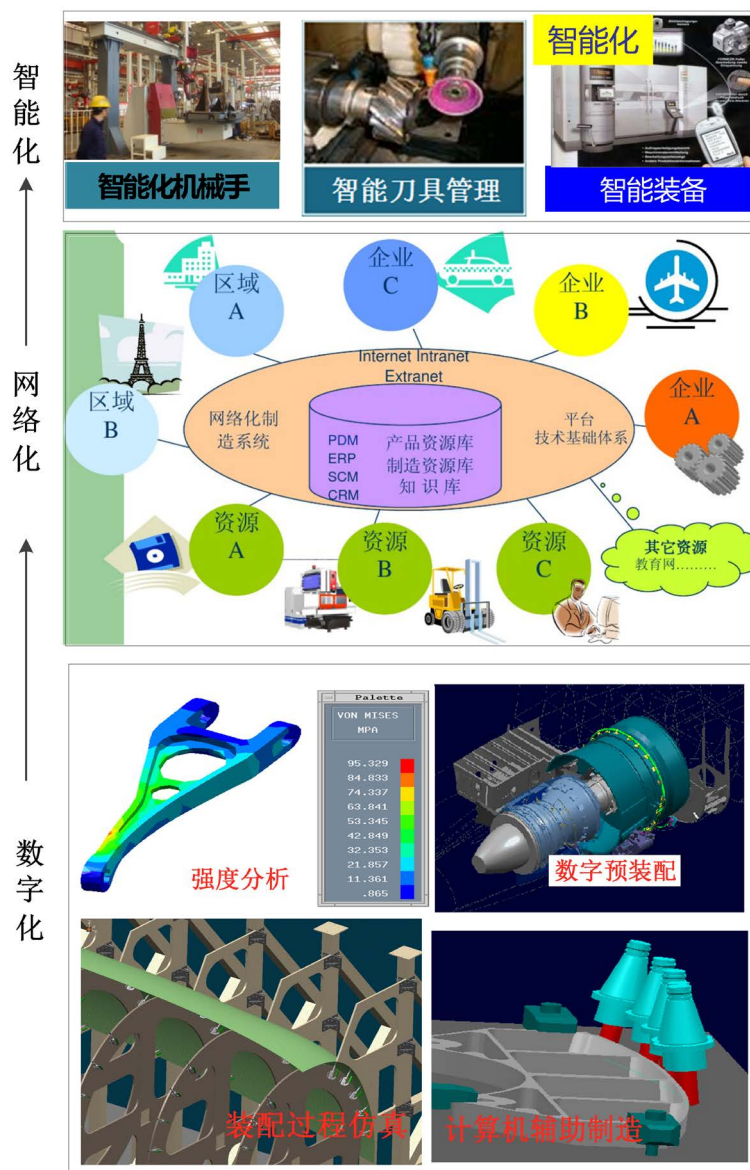


Figure 1. Three development process of intelligent manufacturing
图 1. 智能制造的三个发展阶段

工、传输、使用、修复和存储为基础，以数据管理为纽带，在设计、制造和管理过程中，用数字量代替模拟量，用数字技术取代传统技术。例如，在机械制造中，经常使用的计算机辅助设计技术 CAD、计算机辅助制造 CAM、计算机辅助工艺设计 CAPP、计算机辅助工程技术 CAE、产品数据管理技术 PDM、企业资源计划管理计算 ERP、逆向工程技术 RE、快速成型技术 RP 等。**网络化**指利用通信技术和计算机技术，把分布在不同地点的计算机及各类电子终端设备进行互联，按照一定的网络协议进行通信，有效地实现研究、设计、生产和销售各种资源的重组，实现企业间的协同和各种社会资源的共享与集成。**智能化**指通过计算机模拟人类专家的智能活动，进行分析、判断、推理、构思和决策，旨在取代或延伸制造环境中人的部分脑力劳动，并对人类专家的制造智能进行收集、存储、完善、共享、继承与发展。目前，我国制造业发展参差不齐，同一时期表现为规模化、数字化，智能化并行。有些企业的产业的水平比较高，可能已经达到了一些数字化和智能化的要求，但是大部分制造企业还处在一个低端水平的阶段、人工作业的阶段[8]。

2.2. 机械工程领域智能制造的关键支撑技术

针对不同的制造层面，具有不同的智能化方向，总体而言可以将机械工程领域的智能制造分为三个层面：1) 智能制造装备：指设备具有工况感知与智能识别、性能预测与智能维护、智能规划与编程、智能数控与伺服驱动等功能；2) 智能制造系统：例如智能生产线、智能车间、数字化工厂等，系统具有智能流程控制、智能生产管理、智能自组织生产等功能；3) 智能制造服务：产品全生命周期的服务支持，能够智能提供产品维护及故障检修等解决方案并且具有零等待的功能。针对机械工程领域而言，以上不同层面的智能化涉及多项共性关键支撑技术，下面对其进行概括。

2.2.1. 高档数控机床技术

数控机床和基础制造装备是装备制造业的“工作母机”，一个国家的机床行业技术水平和产品质量，是衡量其装备制造业发展水平的重要标志，《中国制造“2025”》将数控机床和基础制造装备列为“加快突破的战略必争领域”。数控机床和基础制造装备是制造业价值生成的基础和产业跃升的支点，是基础制造能力构成的核心，唯有拥有坚实的基础制造能力，才有可能生产出先进的装备产品，从而实现高价值产品的生产。与发达国家相比，我国机床行业起步晚，发展时间较短，技术相对落后。我国机床产业规模虽然位居世界首位，但却面临着产业结构不合理、自主创新能力不足等多项挑战。高精、高效以及智能化的数控机床是未来我国机床行业的发展方法。图 2 是数控机床涉及的部分关键技术。

2.2.2. 机器人技术

国际标准化(ISO)曾于 1987 年对工业机器人给出了定义：工业机器人是一种具有自动控制的操作与移动功能，能够完成各种作业的可编程操作机。我国国家标准 GB/T12643-90 将工业机器人定义为：是一种能自动控制、可重复编程、多功能、多自由度的操作机，能搬运材料、工件或操持工具，用以完成各种作业。工业机器人能够代替人做某些单调、频繁和重复的长时间作业，或是危险/恶劣环境下的作业。例如实现冲压、压力铸造、热处理、焊接、涂装、塑料制品成形、机械加工与简单装配、在核工业等部门中，完成对有害物料的搬运等。机器人替代人工生产是未来制造业重要的发展趋势，是实现智能制造的基础，也是未来实现工业自动化、数字化、智能化的保障。目前我国工业机器人研究取得较大进展，在关键技术有所突破，但是还缺乏整体核心技术的突破，高速、高精、智能化是未来工业机器人的发展趋势。图 3 工业机器人涉及的部分关键技术。

2.2.3. 3D 打印技术

3D 打印技术是一种以数字三维模型文件为基础，将计算机内的三维数据模型进行分层切片，得到各层数据，计算机根据隔层数据信息来控制激光器(或喷嘴)有选择地逐层烧结(固化，热熔凝结等)形成层层

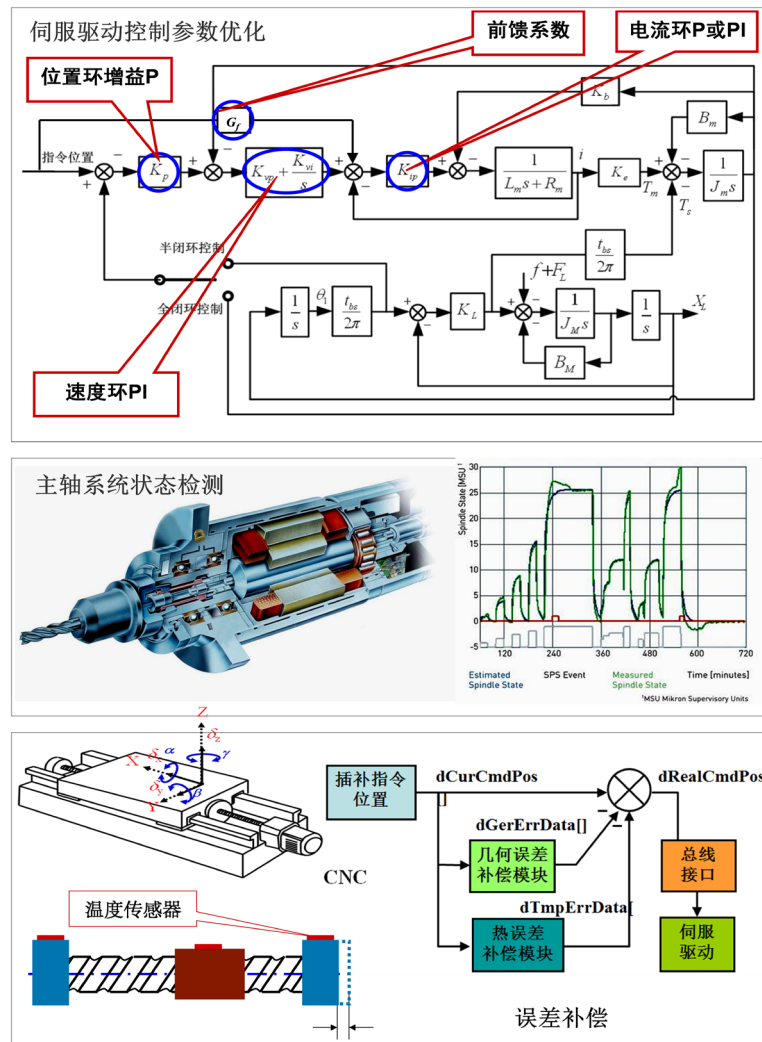


Figure 2. Some key technologies involved in CNC machine tools
图 2. 数控机床涉及的部分关键技术

微小厚度的实体，再熔结、聚合、黏结使各层黏结成一体，最终造出实体模型。与传统的去除材料加工技术不同，因此又称为添材制造(Additive Manufacturing)。3D 打印技术是制造业领域正在迅速发展的一项新兴技术，它涵盖了产品生命周期前端的“快速原型”(rapid prototyping)和“快速制造”(rapid manufacturing)相关的打印工艺、技术和应用。3D 打印需要依托多个学科领域的技术，至少包括信息技术、精密机械和材料科学三大技术。近年来，3D 打印技术发展迅速，在各个环节都取得了长足进步。通过与数控加工、铸造、金属冷喷涂、硅胶模等制造手段结合，该技术已成为现代模型、模具和零件制造的有效手段，在航空航天、汽车摩托车、家电、生物医学等领域得到了一定应用，在工程和教学研究等应用领域也占有独特地位。目前，我国成为世界上唯一掌握飞机钛合金大型主承力结构件激光快速成形技术并实现装机应用的国家，但是目前 3D 打印仍然存在诸多发展瓶颈，部分关键技术如图 4 所示。

2.2.4. 数字化制造技术

数字化制造就是指制造领域的数字化，它是制造技术、计算机技术、网络技术与科学管理的交叉、融和、发展与应用的结果，也是制造企业、制造系统与生产过程、生产系统不断实现数字化的必然趋势，它是智能制造的基础职称技术。数字化制造技术按照内涵可以分为：以设计为中心的数字化制造技术、

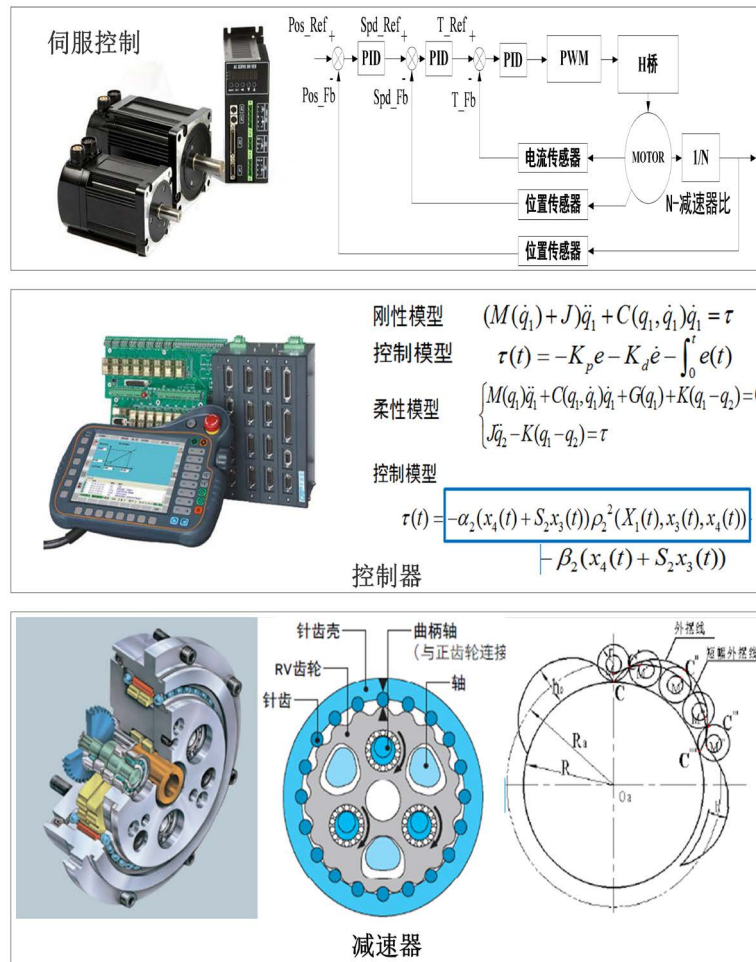


Figure 3. Some key technologies involved in industrial robots
图 3. 工业机器人涉及的部分关键技术

以控制为中心的数字化制造技术、以管理为中心的数字化制造技术，如图 5 所示。

2.2.5. 基础部件及技术

工业和信息化部发布《关于加快推进工业强基的指导意见》，提出加快推进工业强基，提升发展水平，夯实工业发展基础，推进工业大国向工业强国转变。关键基础材料、核心基础零部件(元器件)、先进基础工艺、产业技术基础(简称工业“四基”)是提升工业核心竞争力的重要基础。

1) 关键基础材料

提高特种金属功能材料、高端金属结构材料、先进高分子材料、型无机非金属材料、高性能纤维及复合材料、生物基材料等基础材料的性能和质量稳定性，降低材料综合成本，提高核心竞争力。

2) 核心基础零部件(元器件)

围绕重大装备、重点领域整机的配套需求，提高产品的性能、质量和可靠性，重点发展一批高性能、高可靠性、高强度、长寿命以及智能化的基础零部件(元器件)。例如工业机器人减速器、数控机床轴承、滚珠丝杠、液压元部件、光电编码器等传感器。

3) 先进制造基础工艺

提高产品质量和生产效率、促进绿色发展为主攻方向，重点发展：a) 先进制造工艺：提高产品可靠

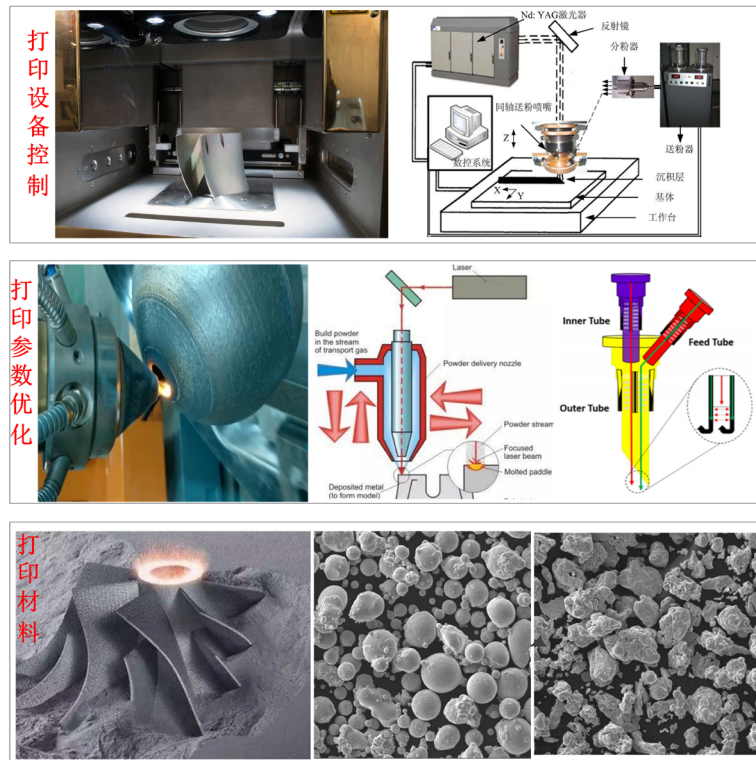


Figure 4. Some of the key technologies involved in 3D printing
图 4. 3D 打印涉及的部分关键技术

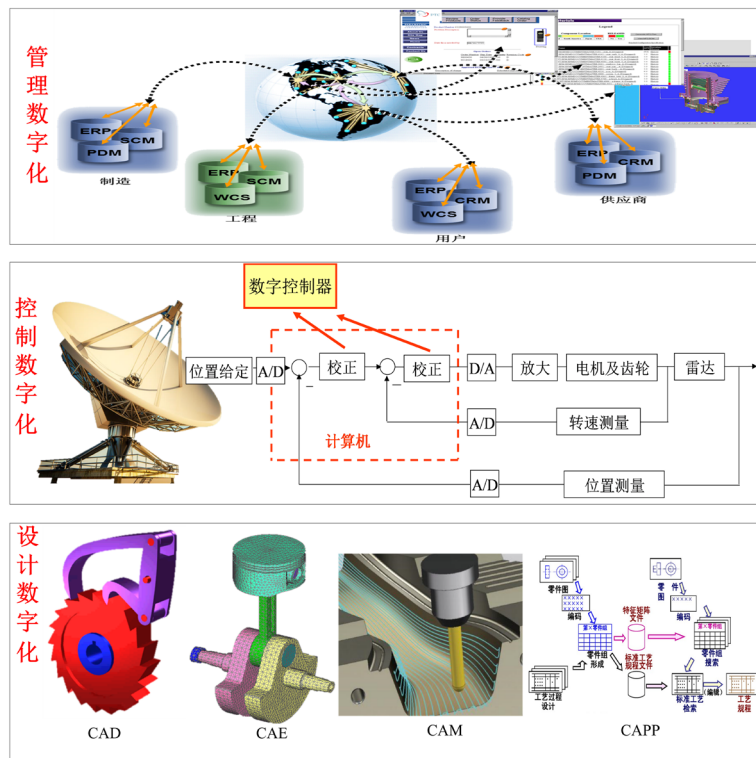


Figure 5. Key technologies in digital manufacturing
图 5. 数字化制造部分关键技术

性、性能一致性和稳定性；b) 绿色制造工艺：资源能源高效开发利用与节能减排；c) 智能制造工艺：有利于提升自动化、信息化、成套化水平。

4) 产业技术基础

建设和完善一批专业水平高、支撑作用强、布局合理的骨干技术基础服务平台。推动建立市场化运作机制，完善技术基础公共服务体系，为区域和行业内企业提供优质、高效服务。如将科研院所、优势企业、高等院校组成共建平台，完成研发设计、技术成果转换、资源共享等。

3. 制造业人才需求情况

为了贯彻落实《中国制造 2025》，健全人才培养体系，创新人才发展体制机制，进一步提高制造业人才队伍素质，为实现制造强国的战略目标提供人才保证，2017 年教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部联合印发的《制造业人才发展规划指南》。《制造业人才发展规划指南》中对制造业十大重点领域人才需求进行了预测，如表 1 所示。

表 1 中的十大重点领域与中国制造 2025 涉及的十大重点领域相同。高档数控机床和机器人领域与机械工程学科密切相关，到 2025 年该领域的人才缺口达到 450 万人。

4. 本校机械工程课程体系建设探索

机械工程学科是研究机械系统和产品的性能、设计及制造的理论、方法和技术的科学，包括机械学和制造学两大领域。**机械学**是研究机械结构和系统性能及其设计理论与方法的科学，包括制造过程及机械系统所涉及的机构学、传动学、动力学、强度学、摩擦学、设计学、仿生机械学、微纳机械学及界面机械学等。**制造学**是研究制造过程及其系统的科学，涵盖产品设计、成形制造(铸造成形、塑性成形、连接成形、磨具制造、表面工程等)、加工制造(超精密加工、高效加工、非传统加工、复杂曲面加工、测量及仪器、装备设计及制造、表面功能结构制造、微纳制造、仿生和生物制造)和制造系统运作管理等。近年来，机械工程基础研究领域取得了一系列突出进展和原创性成果，为我国机械工程和经济建设提供了大批新理论、新技术和新方法，在国内外产生了重要影响，某些领域已在国际学术界占有一席之地。

上海电力学院是一所以工科为主，兼有管、理、经、文等学科，主干学科电力特色明显的高等学校。机械学科秉承学校的办学特色，在办学过程中，已初步形成了形成与我国能源设备设计、制造、安装、

Table 1. Talent demand forecast in ten major areas of manufacturing industry (unit: 10,000 people)

表 1. 制造业十大重点领域人才需求预测(单位：万人)

序号	十大重点领域	2015 年	2020 年		2025 年	
		人才总量	人才总量预测	人才缺口预测	人才总量预测	人才缺口预测
1	新一代信息技术产业	1050	1800	750	2000	950
2	高档数控机床和机器人	450	750	300	900	450
3	航空航天装备	49.1	68.9	19.8	96.6	47.5
4	海洋工程装备及高技术船舶	102.2	118.6	16.4	128.8	26.6
5	先进轨道交通装备	32.4	38.4	6	43	10.6
6	节能与新能源汽车	17	85	68	120	103
7	电力装备	822	1233	411	1731	909
8	农机装备	28.3	45.2	16.9	72.3	44
9	新材料	600	900	300	1000	400
10	生物医药及高性能医疗器械	55	80	25	100	45

运行紧密关联、电力特色鲜明的机械学科专业体系。专业定位：建立以服务机械行业，凸显电力特色为主的学科专业结构。逐步形成与机械设计制造行业及电力工业、电力设备制造业紧密关联、结构合理、特色鲜明的学科专业体系。鉴于本校特色、智能制造及制造业人才需求情况，对本校机械工程学科的建设进行了探索，课程体系构建如下。

1) 通识基础课程：包括思政类、外语计算机类、综合素质类、校特色类、数学物理类模块；加强学生的思想教育，熟悉中国近代史，掌握马克思主义基本原理及毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系；培养学生英语的听、说、读及写的能力，掌握计算机 C 语言编程及应用；进行体育锻炼及军事理论和训练学习；开展电力特色课程基础理论学习；进行高等数学、线性代数、概率论与数理统计、复变函数及大学物理类课程的学习。

2) 专业基础课程：包括机械设计模块、力学模块、控制模块、材料模块以及机械制造模块；培养学生工程制图的能力；掌握机械中常见的机构类型及运动与动力学分析；掌握机械设计中的基本理论知识；掌握液压传动的基本理论；开展理论力学、材料力学、弹性力学、流体力学及工程热力学理论的学习；进行数字电路、模拟电路、单片机、自动控制原理以及微机原理与控制技术方面的学习；进行工程材料及材料成型理论的学习；进行机械制造工艺学、数控加工技术、机械制造技术基础方面的学习。

3) 拓展选修类：包括现代设计模块和智能制造模块；进行现代设计理论与方法基本理论学习；开展计算机辅助设计与制造基本理论与应用学习；进行电力关键设备机械设计基本理论学习；进行机械设备振动及噪声控制基本理论学习；开展机器人技术及机器人视觉理论的学习；开展智能测控系统及交流伺服电机运动控制基本理论的学习；开展现代工业网络及柔性制造系统基本理论的学习；

4) 集中实践环节：开展企业认识实习；进行金工实训训练；进行相关课程的课程设计；开展毕业论文(设计)。

5. 结论

文中对智能制造的发展阶段以及关键支撑技术(高档数控机床技术、机器人技术、3D 打印技术、基础部件及技术数字化制造技术)进行介绍，同时结合《制造业人才发展规划指南》人才需求情况，探索我校的适用智能制造人才培养的机械学科课程体系，课程体系分为通识基础课程、专业基础课程、拓展选修课程以及集中实践环节，其中拓展选修课程中具有智能制造选修模块，培养学生在掌握机械工程学科专业知识的同时，具备智能制造涉及的部分关键知识，使学生构建完备的知识结构。

基金项目

上海电力学院机械设计制造及其自动化应用型本科建设项目(编号：C-8283-17-007-03)。

参考文献

- [1] 国务院关于印发“中国制造 2015”的通知[Z]. 中华人民共和国国务院公报, 2015 年第 16 期.
- [2] 周济. 智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [3] 李拓宇, 李飞, 陆国栋. 面向“中国制造 2025”的工程科技人才培养质量提升路径探析[J]. 高等工程教育研究, 2015(6): 17-23.
- [4] 蔡泽寰, 肖兆武, 蔡保. 高职制造类专业人才培养要素优化探析——基于“中国制造 2025”视域[J]. 中国高教研究, 2017(2): 106-110.
- [5] 《中国制造》与工程技术人才培养研究课题组. 《中国制造 2025》与工程技术人才培养[J]. 高等工程教育研究, 2015(6): 6-10.
- [6] 工业和信息化部关于印发《制造业人才发展规划指南》的通知[EB/OL]. <http://www.ipcm.com.cn/yjdt/20131024165719.htm>, 2017-02-24.
- [7] 工业和信息化部财政部关于印发智能制造发展规划(2016-2020 年)的通知[EB/OL].

http://www.mof.gov.cn/mofhome/jinjjianshesi/zhengwuxinxi/tongzhigonggao/201612/t20161207_2476409.html,
2016-12-08.

- [8] 丁汉. 机器人与智能制造技术[J]. 军工文化, 2015(2): 29.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-729X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ae@hanspub.org