

“创新导向 四位一体”的电类专业实践教学改革

(完成单位：大连理工大学；完成人：盛贤君 王开宇 商云晶 高庆华 郭艳卿等)

大连理工大学电子信息与电气工程学部自 2013 年 1 月起开始了本课题的研究，针对电类专业实践教学存在的“实践课程体系的系统性不足，实践内容缺乏高阶性”、“实践教学资源未能体现电类学科前沿科技成果，且形式单一、缺乏数字化资源”、“实践教学模式缺乏多样性和适应性”、“管理机制中缺乏有效的激励机制”四大问题，始终坚持**以学生为中心**，以**立德树人为根本的教学理念**，以**创新能力**达成为导向，构建了**专创融合**的层次化**课程体系**，建成**产教融合**的校外实践教学基地、**科教融合**的校内实践教学平台及**信息融合**的数字化**教学资源**，采用**多元融合**的混合式**实践教学模式**，并实施**赛教融合**的长效**激励机制**，形成了良好的实践教学生态环境。

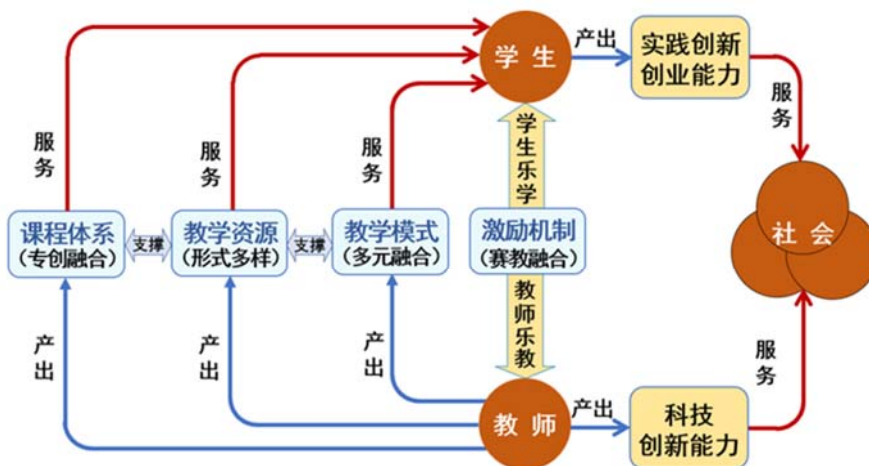


图1 创新实践教学生态环境

本成果坚持以学生为本，实施“课程体系、教学资源、教学模式、激励机制”四位一体的实践育人新范式，有效地解决了四大教学问题。

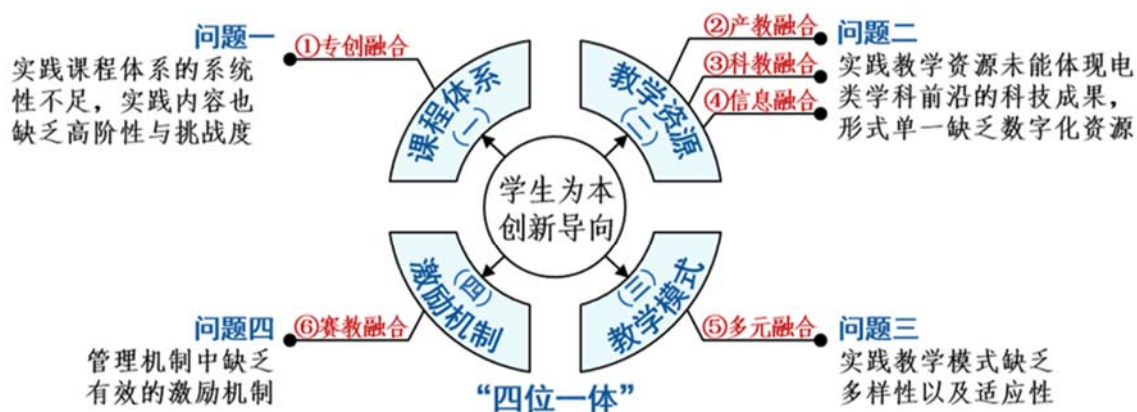


图2 “1644”实践教学范式

1 专创融合的层次化课程体系与工程特色鲜明的课程内涵建设

优化课程体系、革新课程内涵，是确保教学可持续发展的生长点，是践行以学生为中心教学理念的立足点，也是实现学生创新能力达成的重要抓手。

1.1 以学生为本，构建专创融合的层次化实践课程体系

实施理论与实践、创新与应用、专业与创业一体化的“项目驱动式”课程改革，强化实践内容与创新创业教育教学的深度融合，在课程体系中设置基于科研项目、工程案例、综合设计、创新创业等**专创融合的项目式课程**，包括水下机器人设计、SOPC 技术实践等。

依据**因材施教**的原则，根据不同层次学生需求，构建了包括**专业核心层、特色培养层、科技创新层、精英拔尖层**的实践教学课程体系。四个层次依次递进，学生可根据自身能力逐步“进阶”。

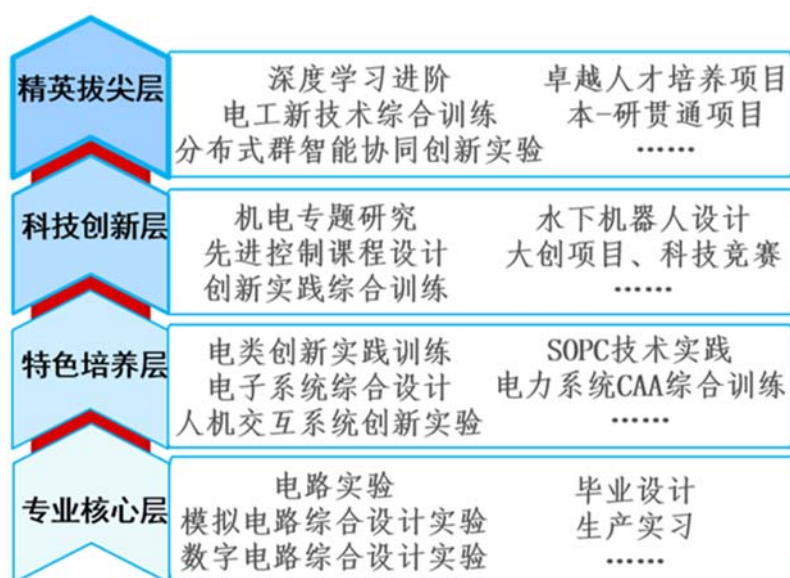


图3 层次化课程体系图

1.2 增加实践类课程学时，为创新人才培养提供制度保障

践行以学生为中心的教学理念，着力培养学生实践能力和创新精神。从2012级培养方案开始，实践类学分占比由原来的20%增加到25%，2016级又增至近30%。例如电气专业实践总学分为51，占比为29.1%，电子、自动化专业为49.5，占比为28.3%。以生产实习为例，2012级以前为1周，2013级开始调整为2~4周。

1.3 增强实践内容的系统性与高阶性，加强素质教育与内涵建设

优化电路原理、模拟电子线路、数字电路与系统、通信原理、自控原理、高电压技术等主干课程的实验内容，综合设计性实验的比例超过 80%；课程设计由单一课程的设计改为跨多门课程、跨专业方向的综合设计，如电子工程训练引入自动化、人工智能专业相关综合设计项目；将生产实习由传统见习为主的形式，改为沉浸式实际工程项目研究，学生全面参与项目策划、方案设计、成本核算、产品开发等流程；将科研要素下移至毕业设计中，七年来，85%的毕业设计课题有工程背景或科研项目支撑，并贴近国家战略需求，全面培养学生实践能力及综合素养；建设电类专业课程思政资源库，促进德育教育与工程实践的全面融合。建成《电子工程训练》等**国家级一流课程 2 门**、《数字电路与系统》等**省级一流课程 11 门**。

2 产教融合、科教融合、信息融合的一流教学资源建设

教学资源是保障实践教学水平、培养创新精神的基本条件。从**融合产业的教学实践基地、融合科技前沿成果的实践平台、融合先进信息技术的数字化资源**三个方面入手，全面打造一流的实践教学资源，满足学生多样化学习需求。

2.1 与高新技术企业、科研机构合作，建成产教融合的校外实践教学基地

本着“优势互补、资源共享、互惠双赢，共同发展”原则，加强**产教融合**、推进校企合作，与百度、华为等高新企业联合建立 **20 多个校外实践教学基地**（其中“大连理工大学-国彪电源集团”、“大连理工大学-东软睿道公司”被评为“**辽宁省大学生实践教育基地**”），年均 800 余人次学生在上述基地以工程项目实训等形式完成生产实习或毕业设计，显著提升了学生的工程实践、创新能力及就业技能。

此外，与加拿大多伦多大学、德国 HPI 数字工程研究院共建 **2 个国外实践教学基地**，每年为近百名学生提供工程实践平台（疫情期间线上），提升学生实践能力，拓展国际视野。



图4 学生在国外实践基地学习

2.2 将学科前沿科技成果引入教学，打造科教融合的自研实践教学平台

针对电类科技发展迅猛、电类专业实践教学设备更新速度相对滞后的情况，利用双一流大学的科研优势，将学科前沿科研成果转化为实践教学平台——基于**自主知识产权**的 20 余项**专利技术**、40 多个**软件著作权**，研制出 167 台套高水平实践教学设备（获多项**全国自制实验设备奖**），包括智能绝缘电气实验系统等**7类**具有**时空开放、多自由度融合**特点的立体化工程实践教学系列平台；同时开发出 40 余项综合实验案例（获全国电工电子案例竞赛**特等奖**及 7 项一等奖），用于 6 个电类专业的 13 门实验课程。



图5 科教融合的实验教学平台

科教融合的自制实践教学平台为培养学生的创新思维、提升综合运用理论和解决复杂工程问题的能力，起到了促进作用，已在北部地区虚拟教研室和电工电子联席会等平台、电子科技大学和哈尔滨工业大学等**高校推广**，同时，在

新疆、内蒙古等地高校推广应用，**支援西部**教育；大工品牌“智能绝缘电气实验系统”被列入河南省政府高校学科建设采购名录，在许继集团、沈变集团等企业应用，**服务企业**。

2.3 将先进信息技术引入开放课程和新形态教材，建设信息融合的数字化资源

建成《电子仪器实践》（中英文两版）、《电工电子基础实践》（获辽宁省高校微课一等奖）等**5门在线课程**，采用AR、VR等先进信息技术，结合实际案例录制**29种**常用电类仪器设备的使用方法，以及**6门**课程的基础实验、单元设计实验、综合设计实验共**34项**，使学生在网上能够立体化、全方位地观看并操作实验。上述课程在“中国大学MOOC”等平台上线，年均学习万余人次，满足了**互联网+背景下学生多样化**的学习需求。

集多种数字资源一体化设计的新形态教材，建立了纸质教材和数字资源的全方位链接，实现了数字资源与实践教学的有效融合。学生通过扫描教材中的二维码即可使用音视频、动画、PPT、微课、电路仿真等数字资源。先后在**高教社、电子工业出版社**等出版了《数字电路实验与课程设计》、《单片机原理实验教程》等**10部新形态教材**。



图6 线上课程及新形态教材

上述信息融合的数字化教学资源，除本校应用，还在天津、湖广、江浙等**18个省市地区**的**20余所高校**推广使用，发挥了优良的辐射推广作用。

3 多元融合、适于自主学习的混合式实践教学模式改革

将先进信息技术与实践教学深度融合，采用**多元化的新型实践教学模式**，打破了教育的时空界限，为学生提供全新的学习体验，以适应互联网+背景下学生自主学习的需求。

3.1 线上线下相结合的混合式实践教学模式

24 门实践课程采用了线上线下混合式教学模式。课前学生线上自主学习仪器设备使用方法、熟悉实践环境、完成预习；课中教师线下引导学生应用所学知识提高综合能力，鼓励学生探索创新。这种教学模式有效地解决了实践课程学时少、内容多的矛盾，培养了学生自主学习、勤于思考、勇于创新的习惯。每年我校电类专业有 8000 多人次学生受益。

3.2 课内课外相结合的“口袋实验室”教学模式

在所有电类专业必修课——电路实验、数电实验、模电实验中建设了便携式“口袋实验室”，配备各种功能的小型开发板千余套，学生能在课外进行自由的实验训练和创新：一方面，学生在课外使用“口袋实验室”搭配计算机，搭建和调试电路、采集数据、训练实践技能，达到课内外一体化的实践教学效果；另一方面，“口袋实验室”教学模式能有效激发学生的主观能动性与创新探索动力。从 2015 年至今，每年受益学生 800 余人，便于学生利用碎片时间开展自主式实践学习，疫情期间借助“口袋实验室”也方便了学生随时随地动手实践。

3.3 虚实结合的实践教学模式

利用建设的虚拟仿真实验资源，实施虚实结合的实践教学模式，学生不仅能够实验室或虚拟场景下完成实验，也可远程操作实验设备，随时随地进行实践，达到“以虚助实”的实践效果。开发基于 NI、润众等软硬件平台的虚实结合实验项目 70 余项；与通科技术公司等联合建成 VR 虚拟实训室，开发出 AR、VR 实践教学项目 60 余项，也为开放教学提供了技术支持，成为实体实践教学的有力补充。

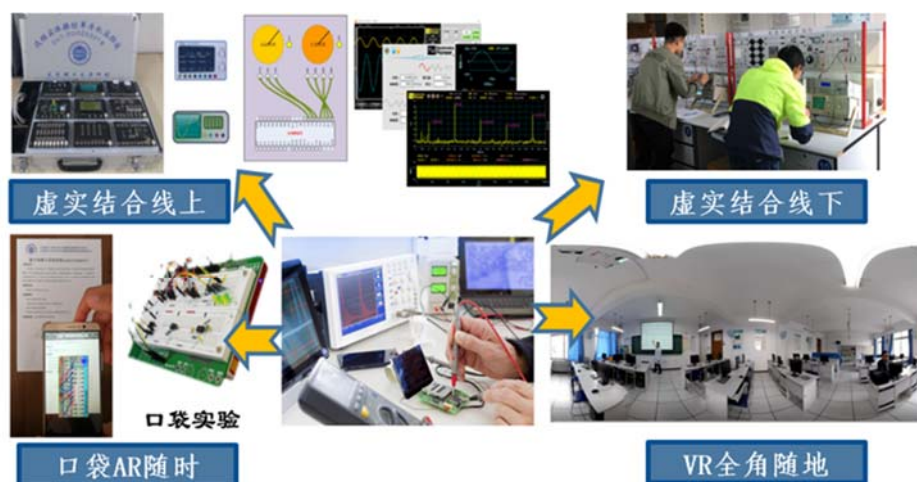


图7 多元化实践教学模式

形式多样的**教学资源**与多元化融合的**教学模式**相互支撑，有力助推了实践教学的**数字化转型**，在连续三年**疫情期间**发挥了**重要作用**。

4 赛教融合的长效激励机制建设

以**赛促学、以赛促教、赛教融合**的长效激励机制，使实践教学管理制度更加完善，深度激发师生教与学的创新动力。

4.1 以赛促学，建立激励机制，激发学生创新实践动力

以提高学生实践创新能力和综合素养为目标，在实践教学中引入**资格证书**制度，为表现突出的学生颁发资格证书，激发学生自觉实践的积极性；争取到 Microchip 大学奖学金、星海基金、校友基金等 10 余项**公益基金**支持，年资助金额 50 余万，表彰学生 100 余人，激发学生创新实践热情，并鼓励、引导学生积极参加各类高水平创新创业大赛。

此外，在本科生保研政策中除了包含“学业优秀类”（学习成绩排名约为前 13%），还为在高水平科技竞赛中取得优异成绩的学生，开设“**科技创新类**”研究生**推免通道**，这种与学生切身利益相关联的激励机制，成为激发学生参加竞赛的动力。

在上述奖学金、研究生推免等机制的推动下，一大批学生积极参与科技竞赛。高水平竞赛使更多学生接触并掌握新知识、新技术、新方法，在实践中提升了学生创新能力和解决复杂问题的能力，这种“竞赛效应”推动了“以赛促学”目标的达成。学生参加各类科技竞赛并**获奖年均 500 余人次**，如：获全国大学生电子设计竞赛**特等奖 2 项**（TI 杯和瑞萨杯）；中国“互联网+”大学生创新创业大赛**全国铜奖**等；获大学生创新创业计划项目**国家级 132 项**，省级 213 项；同时，学生在发表论文、专利及软著等方面的能力也显著提升，以电子工程专业为例，**本科生为一作发表高水平 SCI 论文 22 篇、二作 16 篇**。

4.2 以赛促教，多措并举提高教师实践教学能力

教师是实践教学活动的组织与引导者，创新人才的培养首先要有具备创新思维的高水平师资队伍，实践教师的专业素养和教学能力更需要持续提高。为此，通过绩效奖励等政策引导教师积极参加各类高水平实践教学案例大赛、各类讲课竞赛等，达到以赛促训、以训促教的目的。赛前统一组织培训，赛后及时进行总结，提升教师业务水平。几年来，教师参加**全国及省部级各项竞赛获奖 100 余项**，其中 2017 和 2018 年获**国家机械工业科技一等奖**，2019 年荣获西

交利物浦全国大学教学创新大赛**唯一特等奖**，2020年再次获得该赛事**最高奖项**；获得**全国**高等学校教师**自制实验教学仪器设备创新大赛**二等奖1项、三等奖3项。在《实验室研究与探索》等专业期刊发表**论文70余篇**；主持教育部协同育人项目50余项，获评全国优秀项目案例；主持的校企合作项目入围中国高等教育博览会“校企合作双百计划”。

通过承办“全国电工电子实验教学案例竞赛（北部地区）”等，为教师搭建交流、学习、研讨平台；选派优秀教师参加国内外高水平教学会议及与实践教学密切相关的培训学习、资助优秀青年实践教师到国外一流大学进修（为期半年以上），学习先进实践教学模式及培养学生创新能力的手段，全面提升教师的执教能力。

4.3 建立实践教学激励政策，提升教师创新实践动力

为全面提升实践教学水平，出台了一系列针对实践教学的规章制度。如：实验系列教师职称评聘优先考虑竞赛获奖教师、提高对实践类教改项目资助比例、加大对实践类教学成果的奖励绩效等。在教改项目资助及绩效奖励方面（如2021年实践类教改项目共18项，其中省部级7项、校级11项），学部既匹配项目经费也给予绩效酬金奖励。上述政策有效地激发了实践教师的创新动力，“比学赶帮超”已蔚然成风，教学能力显著提升，在职称评聘中获得高度认可：自2015年来，4人晋升为教授级高工，12人晋升为高工，晋升教师占比45%。其中王开宇还获评宝钢优秀教师奖、辽宁省教学名师等等。

此外，实践教师也以**科技报国**为己任：教授级高工孙长海承担多项课题，解决**国家特高压工程瓶颈**问题，获国家机械工业科技一等奖等荣誉；高庆华主持关系国计民生问题的国家自然科学基金项目，获辽宁省自然科学奖二等奖等。

综上所述，本成果概括为“**1644**”：坚持“**一个理念**”，实施“**六个融合**”，创建“**四位一体**”的实践教学新范式，有效地解决了“**四大问题**”。上述实践教学范式在我校电类专业实施七年来，毕业生创新能力获得认可，一次就业率明显提升，年均30%入职航空航天研究院、国网、华为公司等**国家支柱性企事业单位**，实现**科技报国**的梦想；毕业生国内外深造比例也由2017届的40%升至2022届的52%。

本项实践教学改革成效显著，一方面有力地支撑了专业建设——5个传统的电类专业均获批**国家级一流专业**建设点，同时建成“人工智能”**新工科**专业，另一方面也吸引国内外千余同行来访交流，起到引领示范作用。