

多学科交叉融合工程人才培养模式探索与实践

——以非织造材料与工程专业为例

魏 朋^{1,2*}, 杨红英^{1,2}, 张一风^{1,2}, 章 伟^{1,2}, 喻红芹^{1,2}, 王艳芝^{1,2}, 岳献阳^{1,2}, 郭 正^{1,2}

(1. 中原工学院, 郑州 450007; 2. 纺织服装产业河南省协同创新中心, 郑州 450007)

摘要:多学科交叉融合工程专业人才培养是当前高等教育人才产生的重要发展方向,如何做好学科交叉工程人才培养是当前工科专业建设发展面临的重要问题。非织造材料与工程专业是为满足国家产业用纺织品人才需求而设立的工科专业,具有高分子材料、化学、机械、纺织等多学科交叉且实践性较强的特点。本文从培养方案、课程体系、师资队伍、教学方法和人才培养评价方案等方面构建了非织专业多学科交叉融合工程人才培养模式,取得了一定的成效。

关键词:非织造材料与工程; 多学科交叉; 工程人才; 培养模式

目前,欧美等国很多大学、科研机构已经通过建立交叉学科机构开展复合型、创新型工程人才的教育,以保持其在科技领域的领先地位^[1]。教育部在2017年开始积极推进新工科建设,先后形成了“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”,并发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》,明确指出发展前沿交叉学科和新兴学科,推动学科交叉融合和跨界整合^[2~4]。表明国家相关部门已经意识到学科交叉融合对人才培养的重要性,但由于多种原因,学科交叉融合培养模式并未得到大范围的推广和实施。而我国当今又处于经济转型、科技进步和综合国力提升的关键时期,急需大量高素质工程人才来实现这一宏伟目标。考虑到多学科交叉融合下的人才培养优势,如何在这一模式下培养大批符合时代发展需要的高素质工程技术人才是高等工程教育急需研究的一个基本内容。因此,建立健全多学科交叉融合培养创新型工程人才的模式、实施方式、评价方法,为推动国家创新工程人才计划的实施提供依据,具有非常重要的意义。

非织造材料与工程专业(以下简称非织专业)是该校顺应产业用纺织品行业发展及人才需求于2015年新设立的本科专业,归属于纺织学院,目前已培养两届毕业生。非织专业是对传统纺织的突破和衍生,又是对高分子材料、化学、机械等知识较为偏重的学科专业,是多学科交叉性非常强的专业^[5]。从工程人才培养角度考虑,材料、化学等学科知识的传授也是非常重要的环节,由于学院学科特点,材料和化学并非纺织学院设置专业,课程和师资设置未充分考虑到多学科交叉融合的必要性。因此,人才培养过程中存在培养计划制定、课程设置、教学实施等不合理的现象。此外,新冠肺炎疫情下医用防护非织造材料的短缺也凸显了专业人才的不足。鉴于非织专业的学科交叉性及实践性强的特点,及其仍然处于建设发展阶段,具有很好的可塑性,探究其在多学科交叉融合背景下工程人才的培养模式和方法,可满足国家产业用纺织品行业发展对人才的需求,并与其他专业交叉融合工程人才的培养提供参考和借鉴。

1 多学科交叉融合专业工程人才培养模式探索

根据非织专业特点和实际情况并基于工程专业认证理念,培养多学科交叉融合工程人才需要从培养

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.03.012

收稿:2020-11-09;修回:2021-07-20;

基金项目:教育部产学研合作协同育人项目“涤纶纤维熔融聚合及纺丝虚拟仿真实验的开发及应用”(编号:201901049032),中原工学院教学改革研究项目“多学科交叉融合的工程人才培养模式探索与实践——以非织造材料与工程专业为例”(编号:2018017);

作者简介:魏朋,博士,副教授,主要从事高性能液晶高分子合成与成型加工方面的研究和教学工作;

* 通讯联系人, E-mail: appletree0322@163.com.

方案(课程体系设置和实施)、教学团队组建及融合、教学方法革新和人才培养评价体系制定等方面进行探索。为保障学科交叉融合培养方案的合理性、科学性和可行性,并从根本上对实施过程中出现的问题进行指导解决,成立了由主管院长、相关教师和企业技术/管理人员组成的专家指导小组,负责指导多学科交叉融合下工程人才培养方案制定、课程体系设置、师资队伍建设和培养质量监管评价方法制定和实施。人才培养模式探索思路如图 1 所示。

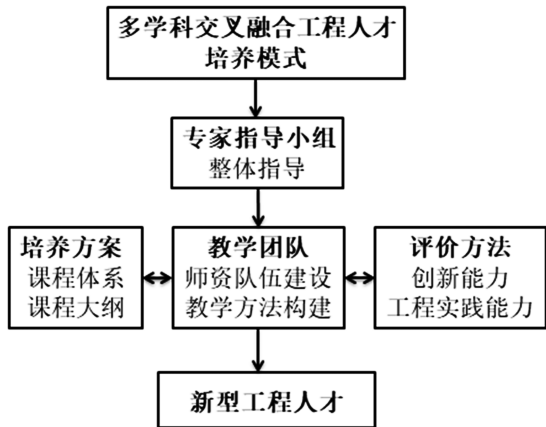


图 1 多学科交叉融合工程人才培养模式建立思路

Figure 1 Establishment scheme of multi-disciplinary interdisciplinary integration engineering talent training mode

1.1 以产出为导向,完善人才培养方案

非织专业致力于培养满足非织造行业发展和实际需求的高素质复合型工程人才。在工程教育理念指导下,以产出为导向,制定了人才培养目标:旨在培养爱国进取,知识、能力与素质协调发展,工程实践与创新能力强,融合多学科知识,能够鉴定、分析和解决与专业职位相关的复杂工程问题,在非织造及相关领域从事专业技术、产品设计与开发、检测、贸易与管理等工作的高素质专业人才。再通过到兄弟院校如东华大学、天津工业大学等进行调研,了解这些高校在非织专业建设中的新进展和改革措施,并邀请行业 and 高校专家对专业培养方案进行论证探讨等方式,制定了新的培养方案。

如图 2 所示,培养方案课程体系设置围绕多学科交叉融合工程人才培养目标,具有模块化组合、多学科交叉融合、课程知识链接性好的特点。整个非织专业课程可分为基础课程、多学科交叉课程和专业工程实践课程三大模块。其中,基础课程模块主要有高等数学、大学英语、思想政治等通识教育必修课程和选修课程组成,以培养学生的人生价值观、人文素养和科学思维,并为后续课程的学习奠定知识基础。多学科交叉课程模块是专业的核心课程模块,按照课程属性可分为化学、纺织、材料、机械和电子信息技术 5 个学科,包括专业基础课程和选修课程。各学科课程相互链接,循序渐进,围绕非织造核心课程的学习进行展开,为《非织造原理》、《非织造产品设计与应用》等后续核心专业课程的学习打好学科知识基础。

专业实践课程与理论课程是独立存在但又紧密联系,两者相辅相成,构成了多学科交叉课程体系。在实践课程模块中,开设有与 5 个学科理论课程相对应的实践课程或课内实验(图 2 所示),比如《非织造化学基础实验》和《高分子化学与物理实验》分别对应化学学科中的《非织造化学基础》和材料学科中的《高分子化学与物理》理论课程。上述学科实践课程的开设也围绕非织造核心实践课程开展,通过多领域的工程实践训练培养学生专业的工程实践能力和素养,为专业实践课程如《非织造原理实验》、《非织造产品设计与生产实习》等课程的实施奠定坚实的工程实践基础。

培养方案按照课程性质实行课程模块化组合的优势在于具有高度的针对性和灵活性,学生需修读三大课程模块但又可以根据兴趣选修模块里的部分课程进行组合,可有效实现课程的学科交叉融合及理论课程与实践课程的链合交汇。多学科的交叉融合主要体现在专业理论课程中涉及到的 5 个学科类别,而基础课程中的数学、物理等理学学科与英语、思想政治、艺术鉴赏等人文学科,也是多学科融合的体现,前

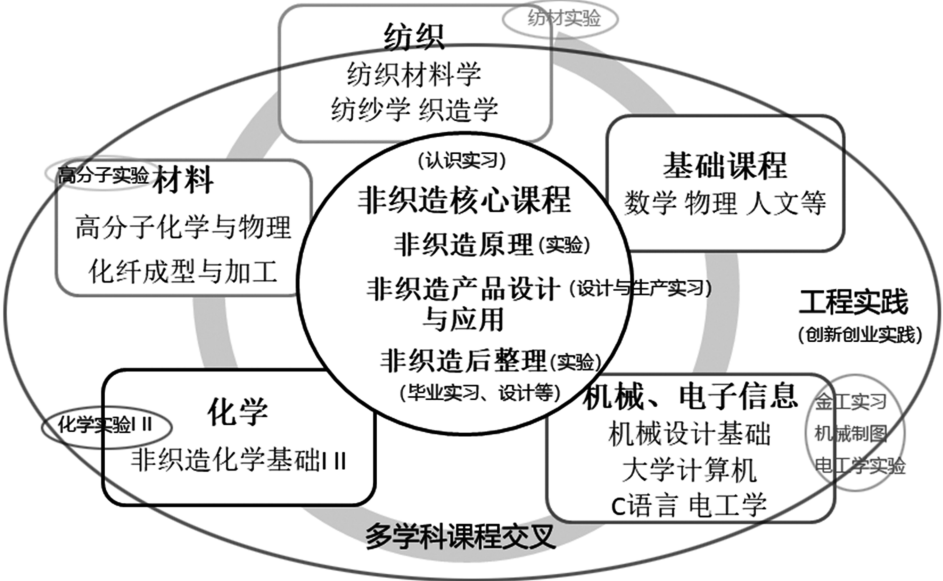


图 2 多学科交叉工程人才培养课程设置体系

Figure 2 Curriculum system settings of multidisciplinary interdisciplinary engineering talent training

者直接服务于专业核心课程的学习,后者为前者课程学习奠定理论知识和人文素养基础,具有较强的链接性。并遵循基础课程——机械电子信息——化学——材料——纺织——非织专业核心课程的授课顺序,课程内容和学时设置(30~60 学时)以服务后续课程学习为目的,具有较好的逻辑性性和针对性。比如,选择四大化学的轨道理论、经典有机反应、化学平衡和反应动力学以及仪器分析等部分内容作为《非织造化学基础 I/II》授课内容,学时数为 60,分两个学期讲授,可为后续《高分子化学与物理》的学习(60 学时)奠定必要的化学基础。同时学生可在全校范围内选修 8 学分的通识教育选修课,涉及到人文社科、能源、材料、计算机信息等多个学科,具有较强的学科互补性;专业选修课需修读 10 个学分,主要开设高分子材料、精细化学品、产业用纺织品、纺织经济与贸易、非织机械设备等方面的课程,是对专业多学科课程的进一步补充,两者结合为学生传授较为全面的学科交叉知识,进一步丰富学生的知识体系,培养学生的综合素养和多学科视野。课程体系中,基础课程、多学科交叉课程和专业工程实践课程模块学分占比分别为 41.15%,31.42%和 27.43%。其中实践课程学分总数接近于多学科交叉课程(即专业理论课程),为学生动手实践、工程设计分析及问题解决能力的培养提供了充足的学时进行实践训练,有利于学生工程素养和创新思维的培养。

新的课程体系学科知识由浅入深、交叉融合、逻辑性和链接性较强,课程模块之间体现了从掌握多学科基础知识——培养多学科基本工程实践技能——经历多领域工程实践训练——获得专业工程实践能力和素养提升这样一个循序渐进的培养过程,符合人才培养规律,为学生多学科工程素质的培养和能力获得提供了有力保障。

1.2 以专业需求为导向,组建多学科交叉融合教学团队

正如前述,非织专业的学科交叉性较强。基于此,近年来师资队伍建设以专业需求为导向,引导教师参与企业社会服务和海外留学,强化师资工程实践能力和国际化视野,组建了一支具有多学科专业背景的教师团队,具体情况如表 1 所示。目前专任教师有 10 人,其中化学、材料专业背景教师分别有 3 人和 2 人,纺织和非织专业背景分别有 3 人和 2 人,海外留学经历的教师有 2 人,教师中 70%具有博士学位,50%具有企业工作经历,高级职称占比 50%,50 岁以下占比 70%。师资队伍呈现出多学科、高学历、高素质、结构合理的特点,可高质量的完成专业多学科(化学、材料、纺织、非织)课程的授课任务,并有助于学生工程思维的培养训练。此外,根据课程所涉及到的主要学科专业,成立课程小组,以强化多学科融合

下课程讲授和学习。课程小组中教师的组成可以是具备不同学科背景的教师,以开展跨学科教学,可对课程体系与上下游课程间起到较好联系作用,这样可以清楚的知晓课程教学重点,做到针对性授课,真正的做到多学科背景教师教学的融合。比如,《高分子化学与物理》课程组需要高分子学科背景的老师,也需要上游基础课程《非织造化学基础》和下游专业课程《非织造原理》等相关课程的教师。《高分子化学与物理》用到的基础课知识及后续专业课用到高分子的相关知识,任课教师通过交流沟通,可以清楚知道授课重点。此外,非织专业的综合性决定其与交叉学科多个专业领域合作的必要性和必然性,实施具有多学科背景尤其是具有化学、材料、纺织、机械等学科背景的教师参与非织造核心课程教学的授课方案。如《非织造原理》的授课,就有化学、材料、纺织和非织专业背景的教师参与,分别由上述学科背景的教师讲授关于化学粘合法非织造布、聚合物直接成网、梳理成网和针刺水刺非织造布等内容,这样可以在教学过程中,充分发挥教师学科特长,高质量的完成相应部分的授课内容;同时课程小组教师不断进行跨学科知识的学习,掌握专业背景以外的学科的知识,经过试讲后可以交换授课内容,通过教师多学科的视野角度可以做到学科知识点的融会贯通,在知识讲授的同时积极引导学生进行跨学科综合性、发散性思维训练,有助于培养学生交叉学科的思维 and 创新能力。另一方面,专业 50%教师为双师型教师,具有企业工作经历,在授课内容中可针对性的引入企业生产实际案例,将理论知识与工程问题进行结合,引导学生进行工程思维训练,培养学生的工程化能力。

表 1 非织专业师资建设情况
Table 1 Faculty construction of the major

学科背景	化学	材料	纺织	非织	海外留学经历	双师型教师占比	博士学历占比
人数	3	2	3	2	2	50%	70%
小计	10						

1.3 以学生为中心,构建多元教学方法,培养学生工程素养和实践能力

(1)探索构建多元化教学方法,充分调动学生主观能动性,培养学生工程素养

理论课程采取线上线下相结合的授课方式,运用启发式教学方法,加强学生学习过程考核比例,培养自主学习能力,建立了适合多学科交叉工程人才培养的教学方法,取得了良好的教学效果,具体教学策略如图 3 所示。通过线下课堂教学讲解重点和难点内容,将涉及到教学内容的其他学科课程知识对学生进行提问、回顾,并在教学中注重基本概念和重点知识教学的逻辑性,做到知识的层层递进讲授,注意知识点的横向联系,采用适当举措引导学生由浅入深,从知识纵向发散到横向,提升学习效果^[6]。比如,《高分子化学与物理》课程第二章逐步聚合反应的讲授,线性聚合反应机理和动力学是重要内容,也是难点。在课前通过梳理知识点,回顾《非织造化学基础》课程中关于有机二元酸、醇等知识,理解二元单体的结构和性能,然后按照缩聚反应的特征——反应条件——反应过程分析——机理归纳——动力学计算——实例讲解的方式进行课堂教学,知识体系由浅入深,层层递进,学生容易理解吸收。同时采用启发式教学方法,将复杂抽象问题进行形象化处理,比如缩聚反应中,将单体比喻成列车车厢,车厢两端都有挂钩(单体官能团)且挂钩接口匹配(官能团可以反应),车厢才能连接起来(分子链增长);并给出相关问题:车厢连接是否需要其他条件,是否可以无限长?单体缩聚反应的外界条件是什么?分子链是否可以无限增长?通过这种方式,学生很容易理解缩聚反应的条件、机理和特征,分子链(量)增长是有限的,很难达到非常高的数值。对于课程的其他内容,学生通过在超星、学堂在线等网络平台的自主搭建或引入的课程教学资源库(包含课件、参考资料、视频等)进行线上自主学习,可以发起提问和讨论,完成作业的在线提交和批改,提高了学习的互动性和效率。

同时加大过程性考核比例,适当弱化期末考试成绩权重,引导学生重视学习过程,培养自主学习能力,注重知识和能力的平时积累,改善一考定结论的局面,有助于学生综合能力的提升。目前,所有理论

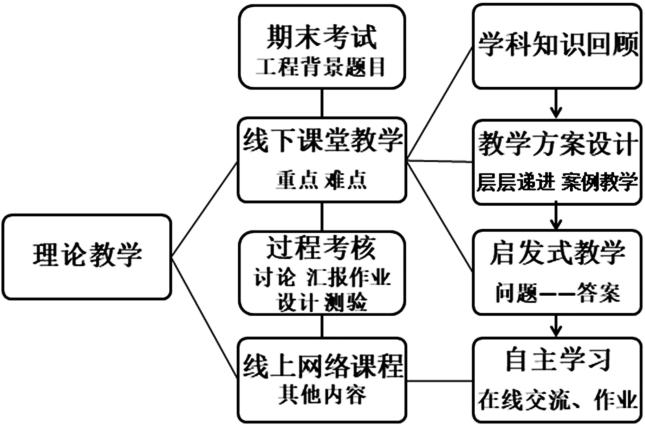


图 3 专业理论课程教学方法

Figure 3 Teaching method of professional theoretical curriculum

课程平时成绩比例均由以前的 30%提高到了 50%，部分课程达到了 60%。平时成绩比例的提高并不意味着考核难度的降低，而是考核方式更加灵活。其成绩构成包括课堂讨论、作业设计、主题汇报和平时测验等方面^[7]，以充分调动学生的主观能动性，让学生从被动学习变为主动学习。在完成任务过程中学习相关专业知识，运用多种工具手段，增加人际交往沟通，进而提升科学思维、分析、沟通等综合能力，奠定良好的工程素质基础。而在期末考试中，改变以往单一知识点出题考法，增加工程背景下的题目，以运用理论知识解决生产问题，给出合理的解决方案，培养学生的工程思维能力。

(2)充分利用校内外资源，采取校企联合实践模式，开展专业实践课程教学，培养学生工程实践能力

实践课程是学生将理论知识应用于实际的重要环节，也是培养学生解决复杂工程问题的重要举措，实践课程教学思路如图 4 所示。实践课程的内容形式有验证性实验和开放性设计实验两种，前者主要是基础学科课程配套的实验，比如大学物理实验和电工学实验，后者是专业课程涉及到的偏重于工程问题解决的实践环节，比如《非织造原理实验》。根据行业发展对非织专业人才的要求，在修读理论课程的同时，设立紧贴工程实战的实践课程培养方案，达到培养工程型人才的目的。非织造产品，又称为产业用纺织品，产品的生产和开发需要具有较好的工程实践能力。因此，非织造材料与工程专业是工程实践性非常高的专业。为培养非织专业学生解决复杂工程问题实践能力，可实行校企联合实践模式和导师制模式相结合的方式，并在培养过程中的每个阶段，针对性的开设实践课程并加大实践课程的学时数（正如前述，培养方案中实践课程学分比例已接近专业课程）。通过利用河南省纺织服装产业协同创新中心、河南省产业用纺织品行业协会（均依托我校设立）相关企业资源和河南省实验教学示范中心及省功能性纺织材料重点实验室、虚拟仿真实验室等平台资源，实施校企联合实践模式，项目内容紧贴生产工艺及技术需求，通过实际问题/要求/技术创新——设计及论证解决方案——实践操作——效果反馈——方案完善——再次实践——问题解决/达成预定目标的流程进行开展。由学生对实践问题进行方案设计，经导师论证完善后利用企业和学校相关资源进行实施，通过实践过程和结果对项目进行评价，若效果不好，可继续完善方案，使问题得到最终解决或达成预定目标。在整个实施过程中，学生通过查找资料、人际沟通、方案设计、动手实践等环节的训练能有效加强学生运用理论知识解决实际生产问题的能力，提升工程实践能力。

同时，学生在学校导师的指导下开展理论知识的验证工作，并可参与导师研究课题，开展创新实践训练，在项目实施过程中加深对理论知识的学习，促进学生发现问题、解决问题能力的培养。此外，根据学生对专业中某一知识领域的兴趣，成立创新创业课外实践小组，由校企导师负责指导，对学生开放实验室和工厂相关设备场地，进一步加深对实践能力的培养。如根据学生对非织产品的研究兴趣可成立医疗卫生用品研究小组，工业用布研究小组等，针对性的对某一领域进行深入的研究。基于上述实践训练，积极

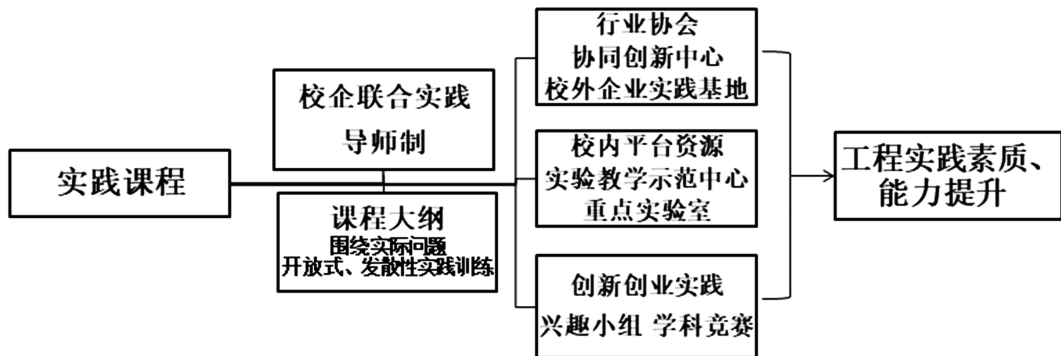


图 4 实践课程教学方法

Figure 4 Teaching method of practice curriculum

参与学科竞赛和大学生创新创业实践比赛和训练项目等活动,进一步扩展实践内容和强度。通过提交比赛作品获得竞赛奖励,不仅是对实践效果的肯定,也提升了学生工程实践的信心,有利于工程实践模式的传承和实施。学生参与创新实践项目的相关成果也可以发表论文或申请专利,有利于学生奖学金的获得、就业及考研,极大提升学生的自豪感和参与意愿。

2 构建人才培养效果评价方案,不断加强持续改进

人才培养方案实施效果评价可为后续持续改进提供方向。在专业人才培养环节中理论课程、工程实践训练是主要的考核方面,而修完全部课程后学生的就业情况是人才培养质量好坏的直接反馈。因此,该评价方案由专业理论课程、工程实践训练和就业水平反馈三部分构成,并对其进行量化。如表 2 所示,评价分数中专业理论核心课程的平均成绩占比 30%;工程实践训练中实践课程成绩占比 30%,创新创业/学科竞赛成绩占比 20%;就业水平反馈由质量水平和多样化水平两部分构成,占比 20%。其中创新创业学科竞赛量化方法为,国家、省、校三级竞赛获奖或创新训练计划项目立项分别计 3、2、1 分/项,发表论文和申请专利各计 2 分/项,总分不超过 20 分;考取硕士研究生认定为高质量就业,量化方法为每考上 1 名硕士研究生计 1 分,再乘以权重系数 50%,就业的多样化水平量化方法为当年毕业生在知名行业企业就业的种类数即为分数,两项合计不超过 20 分。总分 90 分及以上认定为优秀、80~89 分为良好,70 分以上为合格。该评价方案综合考虑了理论知识、工程训练效果、创新创业及学科竞赛成绩和就业水平等方面,具有较好的合理性。同时工程实践训练和就业水平评价权重之和远高于专业理论课程 30% 的成绩比重,突出了对学生实践能力、科学思维、人际沟通等综合工程素质的评价。该方案在非织专业 16 级学生进入专业课学习后(大三、大四)进行了实施,通过发现问题并持续改进,经统计 16 级毕业生专业理论课程平均成绩为 74.4 分;工程实践课程成绩为 82.7 分,获得学科竞赛奖项/创新创业训练计划项目校级 17 项,省级 9 项,国家 9 项;参与发表学术论文 2 篇,申请发明专利 6 件;考取研究生 12 人,就业方向有纤维材料、纺织、服装、非织、化工、检测技术等行业,相关知名企业有赛得利纤维、鲁泰纺织、波司登国际服饰、浙江金三发、平煤神马、广检集团等,经计算得出评价效果分数为 84.6,为良好等级,表明培养效果良好,达到了预定目标。但理论课程指标偏低,主要是因为考查更加贴合工程实践背景,后续将采取措施进行改进完善,不断强化人才培养效果。

多学科交叉融合工程人才培养是大学工科教育的发展趋势,是国家产业振兴和高质量发展的重要基础,受到了国家、行业及高等院校的高度重视。人才培养模式的探索应围绕专业学科特点、行业需求及学生发展等方面对培养方案、师资队伍、教学方法和实施效果评价进行确立,并在实施过程中通过问题导向和效果评价不断完善,最终建立适合专业发展的多学科交叉融合工程人才培养模式。本文根据非织专业特点和实际情况,经过探索初步建立了多学科交叉融合工程人才培养方案,实施效果达到了预定目标,可

表 2 多学科交叉融合工程人才培养评价方案

Table 2 Evaluation scheme of multi-disciplinary interdisciplinary integration engineering talents training			
评价标准			评价等级
理论知识	工程实践训练	其它评价	
专业理论课程 平均成绩×30％	实践课程 平均成绩×30％；	就业水平反馈 20％ 1. 质量水平： 考取研究生人数×0.5 分；	优秀≥90 分
	创新/学科竞赛占比 20％： 国家、省、校竞赛获奖分别计 3、2、1 分/ 项；发表论文和申请专利计 2 分/项。	2. 多样化水平： 就业行业种类数量×1 分。	良好 89～80 分
	备注：只计算专业核心课程 此项总分不超过 20 分	两项总分不超过 20 分	合格≥70 分

为其它专业学科交叉人才培养提供参考和借鉴。后续也将继续通过培养方案的实施和效果反馈,进一步完善培养方案和内容,不断提高人才培养质量,为非织行业发展和国家经济建设输送高素质的复合型工程人才。

参考文献：

[1] Borrego M, Foster M J, Froyd J E. J Eng Educ, 2014, 103(1): 45~76.
[2] 新工科”建设复旦共识. 高等工程教育研究, 2017, 1: 10~11.
[3] 张凤宝. 中国大学教学, 2017, 7: 8~12.
[4] 新工科建设指南(“北京指南”). 高等工程教育研究, 2017, 4: 20~21.
[5] 靳向煜, 殷保璞, 吴海波, 柯勤飞, 俞镇慌, 王洪. 纺织服装教育, 2009, 24(3): 13~15.
[6] 魏朋, 章伟, 张一风, 郭正, 喻红芹, 马季玫. 高分子通报, 2018, 234(10): 68~73.
[7] 刘宁, 王晓典. 黑龙江高教研究, 2016, 12: 37~40.

Exploration and Practice of Interdisciplinary Integration Engineering Talent Cultivation Mode—Take Nonwoven Materials and Engineering for Example

WEI Peng^{1,2*}, YANG Hong-ying^{1,2}, ZHANG Yi-feng^{1,2}, ZHANG Wei^{1,2}, YU Hong-qin^{1,2},
WANG Yan-zhi^{1,2}, YUE Xian-yang^{1,2}, GUO Zheng^{1,2}

(1. Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China; 2. Collaborative Innovation Center of Textile and Garment Industry, Henan Province, Zhengzhou 450007,China)

Abstract:Interdisciplinary integration engineering talent cultivation is one of the most important development directions for talent output of higher education. How to cultivate interdisciplinary engineering talents is an important problem for the current construction and development of engineering majors. Nonwoven materials and engineering is an engineering major, which is established to meet the needs of talents for national industrial textile industry, and has polymer materials, chemistry, machinery, textile interdisciplinary and practicality characteristics. In this study, the interdisciplinary integration engineering talent cultivation mode was established based on construction and practice of training program, curriculum system, teaching staff, teaching method and talent training evaluation program, and good results have been acquired.

Key words:Nonwoven materials and engineering; Interdisciplinary; Engineering talent; Cultivation mode