

# 基于理工融合理念的材料化学专业复合型 人才培养模式

刘清泉,陈丽娟,田俐,欧宝立,廖博

(湖南科技大学 材料科学与工程学院,湖南 湘潭 411201)

**摘要:**针对新材料产业对人才需求具有鲜明的科学、技术、工程方面的积累性与跨学科的复合性、团队性等特征,分析地方高校材料化学专业的办学现状、理工融合办学需要解决的核心问题以及理工融合办学的可行性。秉持理工融合、科学思维与工程思维并重的人才培养理念,以培养具有扎实理论知识、厚实工程基础、良好科学素养、跨学科知识融合能力、较强创新能力和团队协作精神的复合型人才为目标,开展材料化学专业人才培养模式的改革。通过建设理工兼备的师资队伍,搭建理工交叉的实践平台,构筑理工渗透的课程体系,形成理工并重的培养机制,构建地方高校材料化学专业理工复合型人才模式。经过多年理工融合办学实践,在专业建设和人才培养方面均取得了良好成效。

**关键词:**材料化学专业;理工融合;复合型人才;培养模式

**中图分类号:**G642.0

**文献标志码:**A

**文章编号:**1674-5884(2022)01-0053-07

20世纪90年代,材料与化学科学快速发展、交叉渗透,逐渐形成了材料化学学科,它是一门材料科学与现代化学相结合的新兴学科,主要从化学角度研究材料的合成、加工、性质与应用性能等。现代检测技术为这一新兴学科的发展提供了良好的条件和难得的机遇。在这种背景下,教育部于1992年设置了材料化学专业,颁布了该专业的基本培养规格和教学基本要求。2012年,在《普通高等学校本科专业目录新旧专业对照表》中,材料化学专业从理学、材料科学类调整到工学、材料类。湖南科技大学在化学专业的基础上,于2002年设置了材料化学专业。材料化学是典型的交叉学科专业,既涵盖了材料学科,又包括化学与化学工程等学科,既可授予理学学位,也可授予工学学位,具有区别单纯理学或工学专业的显著学科属性<sup>[1]</sup>。

近年来,创新驱动已成为我国的重大发展战略和经济发展的新引擎。继“十二五”新材料产

业成为国家重点发展的七大战略性新兴产业后,新材料又被列为《中国制造2025》十大优先发展领域之一,可见新材料之重。随着我国传统材料行业的转型升级和新材料产业的快速发展,产业需求对材料类专业人才提出了更高要求。中国新材料产业发展报告<sup>[2]</sup>指出,新材料产业对人才需求具有鲜明的科学、技术、工程方面的积累性和跨学科的复合性、团队性等特征,要求学生具有扎实的理论基础、良好的科学素养、厚实的工程基础、跨学科知识融合应用能力、较强的创新能力和团队协作精神。然而,专业人才培养供给侧和新材料产业发展需求侧在结构、质量与水平上存在不匹配、契合度不高的情况,缺乏材料研发与应用深度融合的高级复合型人才,需要改革人才培养模式以适应新材料领域的战略需求及未来发展趋势。

## 1 材料化学专业办学现状

地方本科院校一般依托化学、化工或材料等

收稿日期:2021-03-02

基金项目:“化工与材料”国家级实验示范中心(教高厅函2016[7]号);2020年湖南省教育厅普通高校教学改革研究项目(HNJG-2020-0515)

作者简介:刘清泉(1974—),男,湖南隆回人,教授,博士,主要从事材料科学、高等教育管理研究。

优势学科而设置材料化学专业。亦理亦工的学位授予模式以及之前的惯性办学思维促成两种办学模式:一是理学办学模式,即科学思维导向的科学范式;二是工学办学模式,即工程思维导向的工程范式<sup>[3-4]</sup>。因此,地方本科院校的材料化学专业在办学过程中存在三个主要问题:(1)科学范式注重科学理论在创新中的作用,缺少工程构思、设计与运营中综合能力的训练;工程范式强调工程师的知识、能力与素质,然而理论基础和科学素养培养不足,单一范式均难以满足新材料产业对专业人才的需求;(2)地方本科院校由于固定资源相对缺乏、投入不足,在复合型人才理念、双师型师资队伍建设、课程资源建设、实验实践课程体系以及实验实训平台构建等方面,尚未形成一套成熟的专业建设方案和复合人才培养模式;(3)应试教育忽略了学生的个性思想、想象力和创造力的培养,学生追求创新的积极性不高,地方本科院校的创新氛围不浓,对实践创新能力培养重视不够,导致学生的实践创新能力不足,难以适应新材料产业对人才的需求。

我国新材料产业发展迅速,产业规模不断壮大,产业技术水平持续提高,但与发达国家相比依然存在差距,专业人才已成为制约新材料产业发展的重要因素<sup>[2]</sup>。材料化学专业理学或工学的单一培养模式显然不能满足新材料产业对专业人才的需求,迫切需要从培养理念、理论课程体系、实践教学环节、师资队伍建设和创新能力培养等方面对人才培养模式进行改革与实践,以满足新材料产业的教育链、人才链与产业链、创新链的有机衔接,为我国新材料产业的快速发展提供人才支撑。

## 2 理工融合办学概况

自任晓敏<sup>[5]</sup>等人在2000年提出“理工融合”是我国高等理工科教育中的世纪课题后,包括北京邮电大学<sup>[6]</sup>、北京化工大学<sup>[7]</sup>、中南大学<sup>[8]</sup>、天津大学<sup>[9]</sup>、华南理工大学<sup>[10]</sup>和陕西科技大学<sup>[11]</sup>在内的多个高校均在理工融合教育改革方面做出了诸多努力,并取得了良好效果。北京邮电大学最早提出理工融合创新教育的观点,提出了包括“理工同校、相得益彰”“工借理势、理势工发”“理工同校、亦理变工”等教育理念,并在应用物理学等专业实践多年,已建立起一套相对成熟的理工融合人才培养模式<sup>[12-13]</sup>。

北京化工大学发挥理工同校、化学化工同强

的优势,构建理工融合的应用化学专业人才培养体系,就理工融合的高素质创新人才培养进行了研究与实践,取得了显著的育人效果<sup>[7]</sup>;天津大学借助协同创新中心的学科优势、人才优势和科研优势,从“理工融合型本科生培养”“理工协同式研究生培养”和“实践创新能力培养”三个模块出发,在专业建设、课程建设、师资队伍建设、育人环境建设和培养模式升级等方面进行了改革和探索,在培养复合型人才方面取得了良好成效<sup>[9]</sup>。

多个高校的改革和实践证明,理工融合人才培养模式能够满足新时代对复合人才培养的要求。李大威<sup>[14]</sup>等人提出理工融合不仅可拓宽学生的知识面,而且使学生基础更加扎实,为理工知识与能力的融会贯通奠定基础;理工融合可促进理工知识的化学交叉与融合,形成新的知识体系与结构,提高学生自主学习能力;理工融合将理论与工程实践结合,以实际问题贯穿基础理论与工程实践,提高学生理论联系实践的能力,而且通过理论与工程的反复磨合,培养学生的创新精神和能力。

## 3 材料化学专业需要解决的核心问题

我校材料化学专业是依托化学专业设置的,惯性思维导致该专业的办学模式具有显著的理学特征,授予理学学位。针对材料化学专业的传统办学模式以及新材料产业对专业人才的需求特征,改革与实践需要解决两个核心问题:(1)如何构建理工复合型人才模式。理工融合并非理学与工学的简单物理叠加,而是要实现理学与工学知识在学生头脑中产生复杂的化学融合,形成“理中有工、工中有理、理工一体”的复合人才培养模式。(2)如何形成系统的创新能力培养机制。应试教育忽略了学生的创造力和想象力,要借助课堂教学、实验实践和科学训练,从创新意识、创新思维、创新实践和创新精神到创新能力上形成系统的渐进式培养机制。

## 4 理工融合办学的可行性分析

理学和工学两大学科之间,既有显著区别又有紧密关联。从学科层次和社会功用的定位特征来看,理学属于科学范畴,重在探索未知以认识世界;工学属于工程和技术范畴,重在寻求方法以改造世界。前者是后者的内核与基础,后者是前者的延伸与应用<sup>[4]</sup>。材料化学专业既涵盖理学的基本特征,又具备工学的基本内涵。因此,理工融

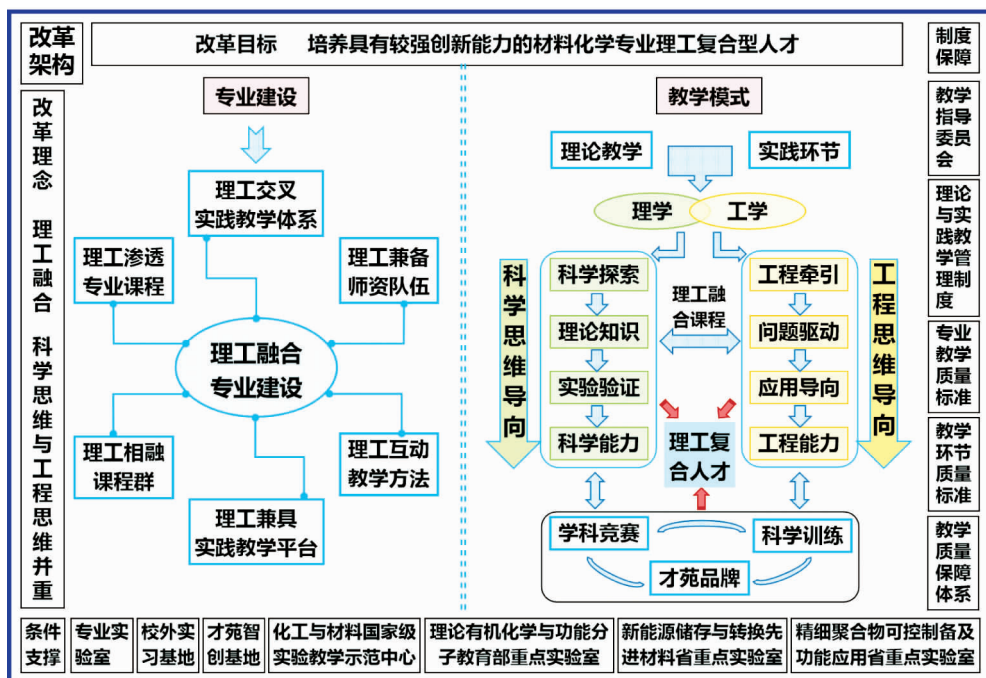
合办学是培养材料化学专业复合型人才的有效途径。

湖南科技大学由一所地方师范学院和一所部属工科学院于 2003 年合并建立,材料化学专业同年开始招生。两校合并为材料化学专业开展理工融合办学模式提供了良好的环境与契机。(1)理工同校为材料化学专业实现理工融合培养模式提供了合理的学科结构与浓厚的学科氛围。我校由湘潭师范学院和湘潭工学院合并组建,前者以理学为主,后者以工学见强,两校合并融合后,工学与理学两大学科协同互补、共同发展、相得益彰。(2)理工并重为材料化学专业实现理工融合培养模式提供了显著的学科特色与有利的政策支持。学校一直坚持理工并重的发展思路,相关的一级学科硕士学位授予点有材料科学与工程、化学和化学工程,经过多年累积,已形成显著的学科特色。(3)理工共享为材料化学专业实现理工融合培养模式提供了丰富的教学资源 and 系统的实践平台。借助学校理科教学资源强化基础理论教育,使学生具备扎实的理论基础与科学素养;通过工科教学平台强化工程素质教育,使学生养成理论

联系实际的精神与工程思维习惯。(4)理工兼备为材料化学专业实现理工融合培养模式提供了丰富的工程经历和良好的智力保障。材料化学专业现有专任教师 25 人,其中教授 7 人、博士 23 人、1 年及以上企业工作经历 9 人,兼具工程背景与较高学术水平的“双师”型教师为培养理工复合型人才提供了良好保障。

## 5 材料化学专业人才培养模式改革

材料化学专业于 2009 年获批湖南省特色专业建设,以此为契机,全面深化专业建设与改革。以培养具有扎实的理论知识、厚实的工程基础、良好的科学素养、跨学科知识融合应用能力、较强的创新能力和团队协作精神的复合型人才为目标,始终坚持理工融合的专业建设主线,进行培养方案修订、师资队伍建设、课程资源建设、实践平台构建、教学方法探索和创新教育改革等工作。经过十余年的探索与实践,构建了“一条主线、双重导向、三条纽带、四类平台、五重机制”的复合型人才



### 5.1 树立理工融合教育理念,构建理工复合人才培养模式

确立理工融合教育理念,在科学思维与工程思维的双重导向下,建立材料组成与结构、性质、

性能、加工以及应用之间的专业知识体系,培养理工融合思想,启迪跨学科知识融合应用意识,如图 2 所示。

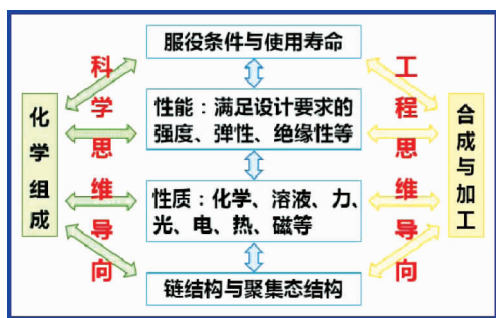


图2 科学思维与工程思维导向的材料专业知识体系

以“高等数学”“普通物理学”“无机化学”“有机化学”“物理化学”等理学专业基础课为载体,着力培养与提高学生的逻辑与实证等科学思维能力,在科学思维导向下,通过“高分子化学”“高分子物理”“材料物理性能”等理学专业课程构筑材料的化学组成与结构、性质、性能以及使用寿命之间的逻辑关系,形成系统的理学专业基础知识。在此基础上,以“机械设计基础”“工程制图”“电工与电子学”“材料工程基础”等工学专业基础课程强化训练学生的工程意识与工程思维习惯,在工程思维导向下,通过“化学工程”“高分子合成工艺学”“高分子材料加工原理与设备”等工学专业课程厘清材料的加工与结构、性质、性能以及使用寿命之间的工程原理。以理工融合的专业课程为载体或通过实验实习等实践环节的训练,理论联系实际,从而实现理学与工学知识在学生

头脑中形成复杂的化学融合,达到培养理工复合型人才的目的。

## 5.2 强化工工融合教育主体,建设理工兼备师资队伍

双师型师资队伍是培养复合型人才的关键,是实现教学改革目标的主体。坚持“引进与培养相结合、校内与校外相结合”的方针,建设兼具丰厚工程背景与较高学术水平、理工结合的双师型师资队伍。经过多年建设,材料化学专业现有专任教师25人,其中教育部新世纪人才1人、湖南省青年百人1人,博士23人、硕士2人,教授7人、副教授9人,有海外留学访学经历的5人,有9位教师具有1年及以上现代工业企业的科研、生产、工程设计或组织管理等工作经历。同时,在相关企业外聘5位实习实践指导教师,参与指导学生实习、课程设计和毕业设计(论文)。采取工程培训、企业访学、项目合作、参与指导实习等多种途径强化青年博士的工程背景,已经建立了一支学历高、职称结构合理、理工兼备的师资队伍,为培养理工复合型人才提供了良好保障。

## 5.3 确立理工融合知识结构,构筑理工渗透课程体系

为达到知识结构理工渗透的目标,建设了理工渗透的理论课程体系,形成两群三课的课程结构,如图3所示。

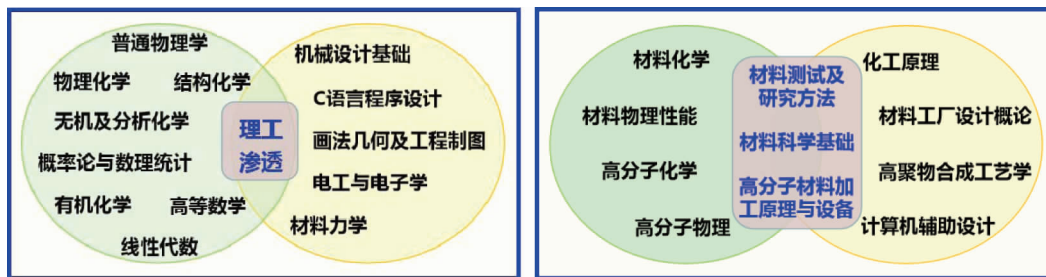


图3 理工渗透专业基础课程群(左)及专业课程群和理工融合型专业课(右)

一是通过以“数理化”“机械设计基础”“工程制图”为代表的专业基础课程群,启蒙学生理工融合意识,培养学生工程意识与工程思维习惯,奠定理工融合的基础知识结构;二是设立以“高分子化学”“化工原理”“材料工厂设计概论”为代表的专业课程群,深化理工融合的专业知识结构;三是建设“材料科学基础”“材料现代测试与研究方法”“高分子材料加工原理与设备”三门理工融合型专业课程,并以这三门课程为理学与工学知识

连接的纽带与桥梁,使理学和工学知识在学生头脑中形成化学融合,从而建立高分子材料化学组成、结构、性质、性能、加工到应用的整体知识结构体系,强化学生理工融合的思想与意识。

## 5.4 实施理工融合教育方法,搭建理工交叉实践平台

建立理工交叉的实验实践教学体系,构建专业基础实验、工程基础训练、材料专业实验和材料工程训练四类实验实践教学平台,如图4所示。



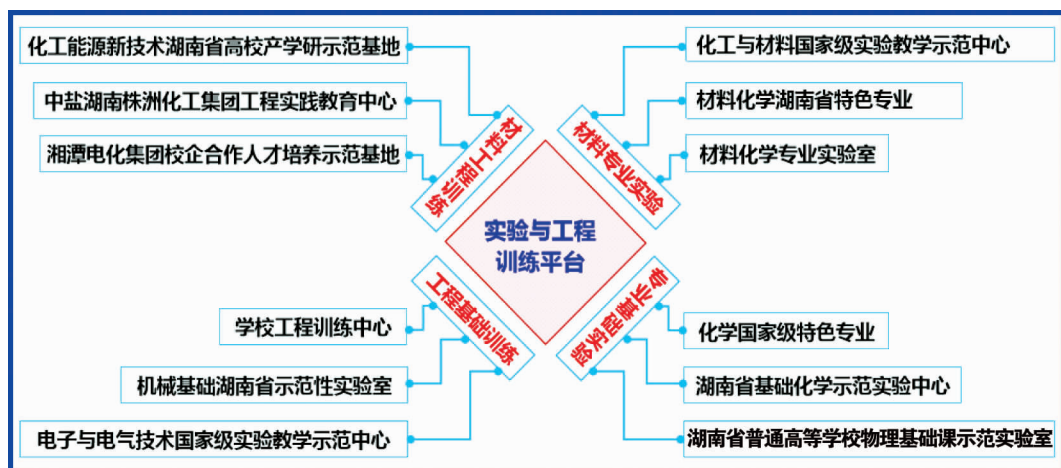


图4 理工交叉的实验与工程训练平台

四类平台、四位一体、四轮驱动,全面推进理工融合教育方法。依托“化学国家级特色专业”等平台开展基础化学实验与普通物理实验,培养学生的实践操作与实证思维能力;依托“电子与电气技术国家级实验教学示范中心”等平台,构建电工电子、工程制图和金工实习等工程实践教学环节,培养学生的工程能力;依托“化工与材料国家级实验教学示范中心”开展专业实验、综合实验和创新实验,强化学生的科学思维能力;依托“中盐湖南株洲化工集团工程实践教育中心”等企业平台开展课程设计与实习教学环节,进一步加强学生工程能力与工程意识的培养。利用理工交叉的实践平台,可使学生体验从实验室制备工艺到生产现场观摩产品生产的全过程工艺。例如,在专业综合实验中,开设了聚氯乙烯的制备实

验,学生先在实验室合成聚氯乙烯,掌握聚氯乙烯的合成原理、实验条件、操作方法与工艺流程;然后在中盐湖南株洲化工集团工程实践教育中心开展生产实习,现场参观和了解聚氯乙烯的生产设备、生产工艺以及工艺流程等,结合理论学习、实验操作和生产现场,进一步深化学生对聚氯乙烯制备原理和工艺的理解,使制备聚氯乙烯的理学和工学知识在学生头脑中深度融合。

#### 5.5 开展理工融合创新教育,形成理工并重培养机制

开展理工融合创新教育,建立才苑讲堂、才苑创客培训、才苑师生创新团队、才苑学子计划与才苑科技作品征集等五重培养机制,形成从创新意识、创新思维、创新实践、创新精神到创新能力的渐进式培养机制,如图5所示。

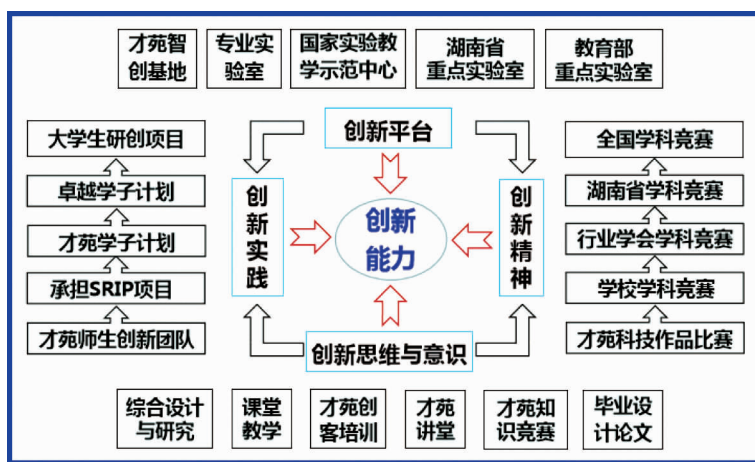


图5 创新人才培养机制示意图

通过才苑讲堂、才苑创客培训、才苑知识竞赛、课堂教学和综合设计与研究等环节培养学生

的创造力和想象力,树立创新意识;组建才苑师生创新团队,通过创新实践训练学生的创新思维,在

教师全程指导下,学生进行调研、选题、方案设计和课题申报,主持学校 SRIP、才苑学子、卓越学子、湖南省和教育部大学生研究性学习与创新性项目;依托这些项目进行课题研究,培养学生的实验操作、测试技术、数据分析、实践应用以及科技论文撰写等能力;取得科研成果后,组织参加学科竞赛,进一步强化学生的个性思想、拼搏精神与创新精神。材料与化工国家级实验教学示范中心、理论有机化学与功能分子教育部重点实验室、精细聚合物可控制备及功能应用湖南省重点实验室等教学与科研平台,为五重创新能力培养机制提供硬件与软件支持。

## 6 理工融合办学

### 6.1 专业建设成效显著

坚持理工融合理念,经过十余年的改革与实践,材料化学专业建设成效显著。材料化学专业于 2009 年获批“湖南省普通高等学校特色专业”建设,通过对培养方案的修订与完善,理工融合理念得以进一步贯彻与落实;获批建设“化工与材料国家实验教学示范中心”“中盐湖南株洲化工集团工程实践教育中心”“湘潭电化集团校企合作人才培养示范基地”“化工新能源技术湖南省产学研合作示范基地”等 2 个国家级、2 个省级实验实践教学平台,为理工交叉的实验实践培训奠定了坚实基础;获批建设“新能源储存与转换先进材料”“精细聚合物可控制备及功能应用”2 个湖南省重点实验室,为培养学生的创新能力提供丰富的学科资源;进一步完善材料化学专业培养方案,丰富课程资源,修订教学质量标准和教学管理制度,主编高等教育“十三五”规划教材《普通化学》,参编高等教育“十三五”规划教材《工业催化》,专业基础课“材料科学基础”和“高分子化学”分别获评湖南省线上和线下一流课程。

### 6.2 协同创新成绩斐然

通过五重创新能力培养机制,组建才苑师生创新团队,学生的实践创新能力显著提升。科研促教学成效显著,近 5 年教师主持各类项目 40 余项,参与教师科研项目学生 200 余人;主持或参与各类大学生创新项目的学生比例显著提高,学生获批各类创新项目 35 项,其中包括国家级大学生创新性实验计划项目 2 项、省级大学生创新性实验计划项目 5 项,参与学生 160 余人。获得学科竞赛奖励项数显著增加,近 5 年材料化学专业

的学生获得省部级以上奖励 18 项,其中包括第四届全国“互联网+”大学生创新创业大赛铜奖、第十三届和第十六届挑战杯全国大学生科技作品竞赛三等奖、第九届湖南省大学生课外化学化工创新作品竞赛一等奖和二等奖各 1 项,获奖学生近 70 人。学生取得的科研成果数量和质量不断提升,近 5 年学生参与发表成果论文 46 篇,其中 SCI 收录论文 38 篇,参与申请国家发明专利 30 余项,获授权国家发明专利 24 项。在深厚学术氛围的影响下,材料化学专业学生的考研录取率逐年提升,从 2016 年的 11.3% 增加至 2021 年的 35.7%,为国内外高校输送了大批优秀的学生。

## 7 结语

以湘潭师范学院和湘潭工学院两校合并、学科融合为契机,树立理工融合、科学思维与工程思维并重的培养理念,通过一条主线、双重导向、三条纽带、四类平台、五重机制,探索并构建了地方高校材料化学专业复合型人才培养模式。(1) 一条主线,即坚持理工融合的专业建设主线。在培养方案修订、师资队伍建设、课程资源建设、实践平台构建、教学方法探索和创新教育改革等方面,始终坚持理工融合、理工互动的意识与理念。(2) 双重导向,即坚持科学与工程并重的思维导向模式。在双重导向的机制下,建立材料组成与其结构、性质、性能、加工以及应用之间的专业知识体系,培养理工融合思想,启迪跨学科知识融合应用意识。(3) 三条纽带,即建设三门理工融合型专业课程。以“材料测试及研究方法”“材料科学基础”“高分子材料加工原理与设备”为理学与工学知识的纽带与桥梁,使理学与工学知识在学生头脑中形成深度的化学融合。(4) 四类平台,即构建专业基础实验、工程基础训练、材料专业实验和材料工程训练等四类实验实践教学平台,四位一体、四轮驱动,全面推进理工融合教育方法,培养材料化学专业理工复合型人才。(5) 五重机制,即建立才苑讲堂、才苑创客培训、才苑师生创新团队、才苑学子计划以及才苑科技作品征集五重培养机制,形成从创新意识、创新思维、创新实践、创新精神到创新能力的渐进式培养机制。

## 参考文献:

- [1] 教育部高等教育司. 普通高等学校本科专业目录和专业介绍[Z]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [2] 国家发展和改革委员会高技术产业司, 工业和信息

- 化部原材料工业司,中国材料研究学会. 中国新材料产业发展报告(2017)[Z]. 北京:化学工业出版社, 2018.
- [3] 王翠霞,叶伟巍,范晓清. 创新模式演进与工程教育范式优化[J]. 高等工程教育研究, 2013(4):35-40.
- [4] 费少梅,陆国栋,顾大强. 时空融合知行耦合的机械大类课程教学新范式探索实践[J]. 高等工程教育研究, 2017(6): 71-75.
- [5] 任晓敏,王建坤. 高等教育的世纪课题:理工互动与理工融合[J]. 中国大学教学, 2000(1): 20-22.
- [6] 闵祥伟,刘春惠. 理工融合教育模式的方法论基础浅析[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2003(4): 50-54.
- [7] 杨屹,陈咏梅,白守礼,等. 走理工融合之路,培养应用化学专业高素质创新人才[J]. 中国大学教学, 2013(7): 15-17.
- [8] 王会海,孙克辉,刘正春,等. 基于理工融合的电子信息类专业建设与实践[J]. 中国教育信息化, 2020(22): 47-49.
- [9] 冯亚青,杨光. 理工融合:新工科教育改革的新探索[J]. 中国大学教学, 2017(9): 16-20.
- [10] 文德华,邓文基,杨中民. 理工融合 协同育人 建设一流应用物理学本科专业[J]. 物理与工程, 2021(3): 55-58.
- [11] 张光华,李俊国,朱军峰,等. 突出特色、理工融合的应用化学专业实践教学探索[J]. 广东化工, 2019(15): 203-215.
- [12] 王永钢. 理工融合教育理念与北邮应用物理学专业培养计划[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2004(3): 47-50.
- [13] 刘文军. 基于理工融合的“工程数学”教学模式探索[J]. 滨州学院学报, 2018(6): 89-91.
- [14] 李大威,杨风暴,王肖霞,等. 理工融合在复合型人才培养中的作用和实践研究[J]. 中国电力教育, 2014(6): 18-20.

## Compound Talents Cultivation Mode of Materials Chemistry Specialty Based on the Concept of Science and Engineering Integration

LIU Qingquan, CHEN Lijuan, TIAN Li, OU Baoli, LIAO Bo

(School of Materials Science and Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** In view of the demands of talents with the characteristics of accumulation in science, technology and engineering, interdisciplinary complexity and teamwork in the new materials industry, the paper analyzes the current situation of materials chemistry specialty in local colleges and universities, the core problems that need to be solved in the integration of science and engineering, and the feasibility of the integration of science and engineering. The reform and practice of talents training mode for materials chemistry major are carried out by adhering to the talents training concept of integration of science and engineering, paying equal attention to scientific thinking and engineering thinking, and aiming at cultivating compound talents with solid theoretical knowledge, sound engineering foundation, good scientific literacy, interdisciplinary knowledge integration ability, strong innovation ability, and team cooperation spirit. By constructing teaching faculty with both scientific and engineering background, building a practical training platform with scientific and engineering features, designing a curriculum system of scientific and engineering penetration, and forming a cultivation mechanism with both scientific and engineering major, the cultivation mode of compound talents is constructed for materials chemistry majors of local colleges and universities. After years of science and engineering integration practice, an excellent result has been acquired in both major construction and talents cultivation.

**Keywords:** materials chemistry specialty; integration of science and engineering; compound talents; cultivation mode

(责任校对 朱正余)