

高分子材料与工程专业课程体系持续改进探索与实践

史 博^{*}, 许体文, 班建峰, 杨 营, 齐民华, 黄军左^{*}

(广东石油化工学院 材料科学与工程学院, 茂名 525000)

摘要:课程体系是专业人才培养目标和毕业要求达成的重要落脚点,采用科学的方法判定其合理性并进行持续改进对人才培养具有指导意义。本文以高分子材料与工程专业为例,从工程教育专业认证的课程标准角度论证了课程体系与毕业要求的关系和设置,采用统计分析法,根据课程目标的直接评价数据和毕业生及用人单位的间接评价数据,分析了课程体系存在的不足之处,并将数据评价结果作为课程体系持续改进的依据,形成了修订后的课程体系。本文期望能够从可衡量的科学研究角度对课程体系修订的持续改进提供参考依据。

关键词:高分子材料与工程; 课程体系; 持续改进; 评价结果; 统计分析

在中国高等教育中,本科人才培养方案是专业人才培养的纲领性文件,决定人才培养的质量和效果^[1]。而课程体系是本科人才培养方案的重要组成部分,包含了学生大学四年所有的学习课程。因此,课程体系中所有课程的先后设置、合理性、教学内容、考核方式等直接关联了学生的毕业要求达成。

通常而言,课程体系的设置原则上应满足所属专业教学质量国家标准的基本要求。目前中国高等学校越来越多的专业还根据《工程教育专业认证通用标准》^[2]和《XXX专业补充标准》进行课程体系设置。对比《专业教学质量国家标准》和《工程教育专业认证通用标准》及补充标准,不难发现二者均明确了应采用具体的数据和标准,以及科学的思维进行课程体系设置,从而使人才培养有据可循。而在《工程教育专业认证通用标准》中,课程体系的设置与毕业要求存在明显的对应关系,其对人才培养的影响相对而言可衡量性更强,即用科学研究的思维梳理专业人才培养。

从中国工程教育专业认证发展历程分析,自从2016年我国成为《华盛顿协议》的正式成员,采用可衡量的标准进行人才培养,已经极大地促进了我国工程教育的改革^[3,4]。根据《工程教育专业认证标准》建设的专业,不仅在同类本科专业中具有较强的优秀生源吸引优势,且在双一流本科专业建设中成为遴选的重要指标,专业培养的学生也受到了社会各界的认可^[5,6]。

广东石油化工学院高分子材料与工程专业根据《工程教育专业认证通用标准》和《材料类专业补充标准》,结合《材料类专业教学质量国家标准》,根据内外部评价结果,对课程体系的设计及持续改进进行探索和实践。

1 课程体系与毕业要求的对应关系

本科人才培养方案主要包括培养目标、毕业要求和课程体系以及其它辅助说明。课程体系的重要性及其对毕业要求的支撑如图1所示,其设置与毕业要求和培养目标直接关联,而课程教学和考核评价又是课程体系的实施和自证材料。

从图1可见,完整的人才培养方案制定过程应是先根据各方利益需求确定培养目标,然后是毕业要

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.01.015

收稿:2020-07-02;修回:2021-07-14;

基金项目:广东省一流本科专业,广东省重点专业,广东省教育教改项目(工程认证助力的高分子材料与工程专业内涵建设);

作者简介:史博,博士,教授,广东省高分子材料与工程专业一流本科专业负责人,校级重点专业教学团队负责人。Tel: 15986249947;

^{*} 通讯联系人:史博,E-mail: shibosut@163.com; 黄军左,E-mail: huangjunzuo@163.com.

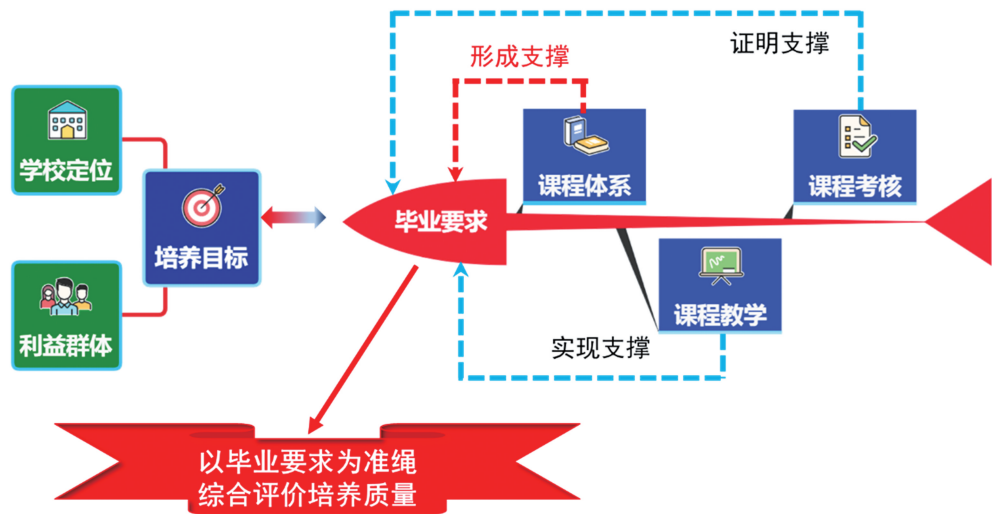


图 1 课程体系在多因素中的地位

Figure 1 The position of the curriculum system in several factors

求,再根据毕业要求确定课程体系。而课程体系中各组成课程的授课内容和考核就直接影响了课程体系能否支撑毕业要求的达成。课程体系的设置中,总学分、各部分课程的百分占比、课程的先后衔接、课程对毕业要求的支撑是在课程体系设置时兼顾的内容^[7,8]。当课程体系设置确定后,所有组成课程的教学大纲(包括课程目标、毕业要求的对应关系和支撑强度、教学内容、考核大纲)应进行配套修订,并在实施完整四年一次的周期后,进行课程评价汇总,形成与毕业要求关联的直接评价数据,结合间接评价数据及其它因素,用于新一轮课程体系和毕业要求的持续改进,形成闭合的循环。

2 课程体系的设置原则

2.1 课程体系中课程类别百分比应合理

课程体系由不同类型课程组成,彼此各司其职。不同课程类别百分占比在不同的教学质量标准中亦有参考范围。以广东石油化工学院高分子材料与工程专业课程体系为例,该专业的课程体系设置满足《材料类专业教学质量国家标准》、《工程教育专业认证标准》和《材料类专业补充标准》,并根据易于评价和衡量的原则将课程体系设置划分为:(1)人文社会科学类通识课程;(2)数学与自然课程类课程;(3)工程基础类、专业基础类与专业类课程;(4)工程实践与毕业设计(论文);(5)其它课程,共计 5 种课程类别。

每种类别的课程百分比在标准和实际中如表 1 所示,均高于参考标准中的建议百分比,能很好地支持学生毕业要求的达成。

表 1 高分子材料与工程专业课程体系中课程类别百分比(广东石油化工学院)

Table 1 Percentage of course types in the course system of polymer materials and engineering (Guangdong University of Petrochemical Technology)

课程类别	工程教育专业认证标准建议百分比	专业课程体系实际百分比
人文社会科学类通识课程	≥15%	21.22%
数学与自然课程类课程	≥15%	19.85%
工程基础类、专业基础类与专业类课程	≥30%	31.44%
工程实践与毕业设计(论文)	≥20%	21.32%
其它课程	——	6.17%

2.2 课程体系与毕业要求对应设置

专业人才培养方案中,课程体系的设置应能支撑毕业要求。工程教育专业认证的毕业要求最少为 12 条,分指标点建议为 37 个。为了能够通过课程评价对毕业要求进行直接评价,课程体系中必修课的课程目标均应与指标点相对应,即课程要体现任务分解。具体而言,每门课程在毕业要求中承担了不同的任务,任务的轻重根据课程的重要程度分为高(H)、中(M)、低(L)。此外,为了避免课程目标对应过多指标点而导致课程内容过于分散,建议每个指标点有 3~5 门课程支撑,每门课程对应 2~5 个指标点。

如此对课程体系进行设置,要求每门课程的教学大纲中建立课程目标与毕业要求的对应关系和支撑强度,教学内容、学生预期学习效果、考核方法和评价方法。经过四年一次的循环,某一届毕业学生的所有课程评价结果就可以直接作为课程体系、毕业要求、培养目标持续改进的依据。

3 各方评价结果持续改进课程体系

3.1 直接和间接评价结果用于课程体系的持续改进

已经实施的人才培养方案通常具有确定的课程体系,其课程设置变化应根据在校生、毕业生和用人单位等反馈进行调整,即课程体系的持续改进(修订)需分析所有课程目标评价的数据,并聘请行业和企业专家参与,如此才能够用科学的方法设计和改进课程体系^[9,10]。表 2 为高分子材料与工程专业 2018 届毕业生与毕业要求达成相关的直接评价和间接评价数据。

直接评价数据由特定毕业要求的支撑课程的课程目标评价数据*权重值相加而来;间接评价数据为聘请的第三方调研公司根据毕业要求分指标点设计问卷、调研毕业生和用人单位、数据汇总而来(2018 届学生的数据覆盖率为 100%)。

表 2 2018 届毕业学生直接和间接评价(高分子材料科学与工程专业)

Table 2 Direct and indirect evaluation of the students graduating at 2018(professional of polymer material and technology)			
毕业要求	直接评价数据	间接评价数据	
		毕业生自评数据	用人单位评价数据
1. 工程知识	0. 678	0. 626	0. 714
2. 问题分析	0. 686	0. 640	0. 686
3. 设计/开发能力	0. 780	0. 662	0. 686
4. 研究能力	0. 691	0. 706	0. 686
5. 使用现代工具	0. 638	0. 692	0. 658
6. 工程与社会	0. 774	0. 688	0. 686
7. 环境和可持续发展	0. 794	0. 740	0. 742
8. 职业规范	0. 783	0. 794	0. 772
9. 个人和团队	0. 814	0. 800	0. 800
10. 沟通	0. 794	0. 740	0. 714
11. 项目管理	0. 797	0. 726	0. 714
12. 终身学习	0. 823	0. 742	0. 714

注:直接评价和间接评价数据最高值为 1,最低值为 0,合格标准通常>0.6。

表 2 中所列毕业要求达成度的分析表明,来自直接评价和间接评价达成度的结果变化趋势基本一致,即毕业要求 1~6 相对较低,毕业要求 7~12 相对较高,表明各方数据结果吻合情况较好。

毕业要求 1、2 的达成度最低,其次是毕业要求 5 和 4。毕业要求 1、2 主要支撑课程为自然科学等基础课程及部分专业核心课程,理论性较强,传统教学模式较难提高学生学习的主动性,影响最终学习效

果,如《高分子化学》、《高分子物理》、《高分子材料成型加工基础》、《高聚物反应基础及合成工艺学》等。因此,通过表 2 中的毕业要求 1、2、4、5 可见,改善这些达成度较低毕业要求中支持课程的传统教学模式,增强学生的学习效果是后续课堂教学改革的关键,例如采用目标问题导向教学,推进线上线下混合式教学,引入教学平台等增加师生互动,从而有效的提升教学效果。

学生对毕业要求 5“使用现代工具”及毕业要求 6“工程与社会”自我评价较薄弱。因此针对该问题本专业从 2018 年底启动了专业导师制,每位学生均配有一名专业导师,从辅助科研、教学等环节逐渐提高学生的高阶能力。为了更好的支撑毕业要求 5 和 6,在课程体系设计中,将导师制与创新创业能力培养相结合,新开设了专业双创训练项目课程。

毕业要求 6“工程与社会”除要求学生进行必要的实践环节实习外,还应注重安全与环保意识。因此在课程体系中开设了《化工安全与环保》支撑该项毕业要求的达成。

毕业要求 10~12 用人单位达成度普遍不高,说明用人单位对此满意度仍有待提升。专业开设了《化工技术经济学及工程管理》,提高学生经济决策和项目管理能力。而针对该类弱项,专业配合学校层面进行了提升学生非技术能力的全面教学改革试点,旨在提升学生的综合素养。

3.2 座谈/访谈的结果及用于课程体系的持续改进

工程教育专业认证标准中要求:课程体系修订需要有行业、企业专家的参与;来自于毕业生和专业教师的反馈也对课程体系的修订具有参考价值,详见表 3。

表 3 毕业生、专业教师、用人单位对毕业要求评价及修订建议

Table 3 Graduation requirements evaluation and revision suggestions from graduates, professional teachers, and employers'

评价人	值得肯定之处	尚待改进之处	改进建议
毕业生	目前的毕业要求较好地满足学生自身发展的需求,对学生知识、能力、素质的获取具有较好的指导意义。	毕业要求太过笼统,不利于学生厘清其与课程体系的关系。	希望毕业要求的达成能够具体到每门课程。
专业教师	毕业生要求内涵基本能够满足今后就业需求。	太过宽泛,且不利于评价。	希望毕业要求的描述更加具体、明确,并进行指标点分解,以便课程达成度的评价。
行业、企业专家及用人单位	毕业要求与行业的需求大致相吻合,体现出了高分子材料行业的特点以及本专业学生应具备能力。	解决复杂工程问题的能力不突出。	进一步分解毕业要求,明确毕业要求对培养目标的支撑关系,突出解决复杂工程问题的能力。

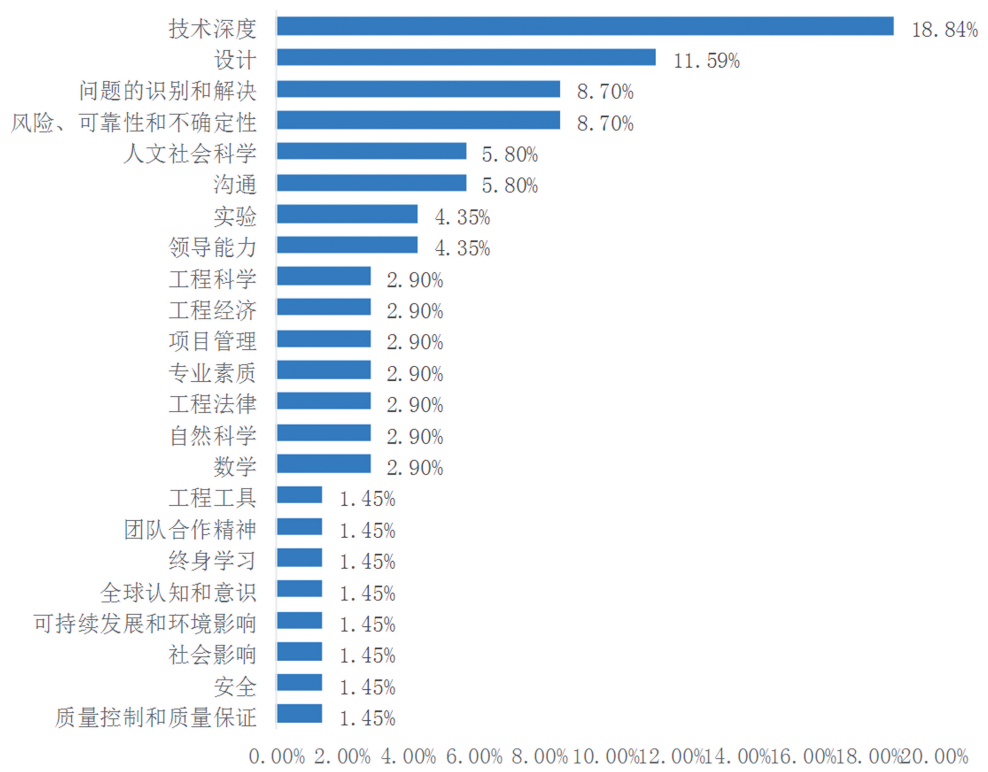
注:表 3 仅列出毕业要求评价结果和改进建议,其详细的数据绘图详见图 2。

进一步对表 3 所涉及的具体评价项目梳理,通过网络调查 2018 届毕业生的毕业要求弱项能力,其弱项能力评价数据排序见图 2。学生对于技术深度、设计、问题的识别和解决、风险、可靠性和不确定性自我评价较弱,而这些弱项能力主要与专业知识的实践应用密不可分。专业除合理规划课程体系,加强学生薄弱能力的培养外,还可采取其它辅助措施以更好地加强能力培养。

此外,从图 2 可见,学生的评价弱项也主要集中在毕业要求 1 工程知识、2 问题分析、3 设计/开发能力、4 研究、5 使用现代工具和 6 工程与社会,即毕业要求 1~6 的自我评价较弱,这与表 2 根据学生成绩的直接评价、毕业生自我评价和用人单位评价的数据结果相吻合,因此在课程体系的持续改进中需注意这些方面能力的培养。

4 课程体系的持续改进

通过 2014 级(2018 届)学生的毕业要求达成度的强弱分析,在 2018 级(2022 届)课程体系修订时进行了弱项的重点考虑,在最新的课程体系中进行了必要的调整,期望能够更好地支持毕业要求。



注:数据来源为高分子材料与工程专业 2018 届毕业生的毕业要求自我评价调查问卷。

图 2 2018 届毕业生各项能力排序

Figure 2 The sequence of the abilities abilities of students graduating in 2018

表 4 2018 级高分子材料与工程专业课程体系修订

Table 4 Revision of the curriculum system of polymer materials and engineering for students enrolled in 2018

2014 级(2018 届)修订前	2018 级(2022 届) 修订情况、对应指标点和支撑强度	2018 级(2022 届) 修订依据
《毛泽东思想与中国特色社会主义体系概论》 6 学分/96 学时,必修	《毛泽东思想与中国特色社会主义体系概论》 5 学分/80 课时,必修 指标点:7.1(M)/8.1(H)	学校整体修订
《大学英语(一)、(二)、(三)、(四)》 15 学分/240 学时,必修	《大学英语读写、视听说以及英语选修课》 12 学分/192 学时,必修 指标点:10.2(M)/10.3(M)	学校整体修订
《大学物理》及实验,9 学分/166 学时,必修	《大学物理》及实验 7 学分/116 学时,必修 指标点:1.1(L)/2.1(M)/4.2(L)/5.1(M)	学校整体修订
《高等数学(一)、(二)》 11 学分/168 学时,必修	《高等数学(一)、(二)》 10 学分/168 学时,必修 指标点:1.1(M)/2.1(M)	学校整体修订
《无机及分析化学》,4.5 学分/70 学时,必修	《无机化学》 3 学分/48 学时,必修 指标点:1.1(M)/2.1(L) 《分析化学及实验》 2.5 学分/42 学时,必修 指标点:1.3(L)/4.1(M)	(1) 直接评价:毕业要求 1.1 最低项,课程目标达成度仅为 0.68 和 0.64,考虑到课程单学期任务量过高导致学习效果不佳,故对课程进行了拆分,调整为 2 个学期授课。 (2) 信息反馈:专业教师反馈分析化学实验内容可融入其它课程,建议将《分析化学实验》作为课内实验,还可增强学生对于知识点的理解。
《物理化学(一)、(二)》 6 学分/96 学时,必修	《物理化学(一)、(二)》 5 学分/80 学时,必修 指标点:1.3(M)/2.2(M)	专任教师、授课教师建议“与专业关联度较弱知识内容删减”。

续表 4		
2014 级(2018 届)修订前	2018 级(2022 届) 修订情况、对应指标点和支撑强度	2018 级(2022 届) 修订依据
《大学计算机》 2.5 学分/36 学时,必修	《大学计算机与人工智能》 2.5 学分/48 学时,必修 指标点:1.2(L)/5.2(M)	(1) 直接评价;毕业要求 2.2 的达成度最低。由于《大学计算机》、《程序设计基础》的课程内容对现代社会要求工具、建模、算法能力的需求,故更改课程名称和课程内容;毕业要求 5 中要求现代工具使用能力,对于化学化工软件的使用提出了更高的要求,因此《化学化工软件应用》课程内容对学生现代工具的使用能力的提升具有积极的促进作用。
《程序设计基础》 4 学分/70 学时,必修	《计算机第二层次课程》 3 学分/48 学时,必修 指标点:1.2(M)/5.1(M)/5.3(M)	(2) 间接评价;毕业生自我评价毕业要求 5.3 对于现代工具使用能力有迫切需求,而使得《计算机第二层次课程》具有开设的必要性。
《工程制图》 4 学分/64 学时,选修	《工程制图与 CAD》 4 学分/64 学时,必修 指标点:5.1(M)/6.1(L)	信息反馈;用人单位、行业企业专家、专业教师建议“加强学生的软件绘图能力”
《电子与电工技术》 3 学分/48 学时,选修	《电子与电工技术》 2 学分/32 学时,必修 指标点:3.1(M)/5.1(L)	(1) 直接评价;毕业要求 1.1、2.1 在知识内容上支撑强度不高。从教学内容上可考虑其对于其它指标点进行支撑。 (2) 间接评价;毕业生反馈实际工作较少涉及该方面知识,削减电子电工技术学分及学时。
新增	《化工技术经济学及工程管理》 2 学分/32 学时,必修 指标点:3.4(L)/6.2(M)/11.2(H)	(1) 间接评价;毕业要求 6.2 间接评价达成度偏低,且支撑课程较少,考虑增开《化工技术经济学及工程管理》,同时支撑毕业要求 11.2。通过系统化的工程管理、技术经济核算学习,能更好地完成《高分子专业课程设计》和《毕业论文(设计)》中经济核算的薄弱环节。 (2) 信息反馈;企业建议开设该类课程,毕业生认为“技术经济分析能力非常重要”。
新增	《化工安全与环保》 2 学分/32 学时,必修 指标点:3.4(M)/7.1(H)/7.2(H)/8.3(M)	学校政策要求;学生的安全环保意识是人才培养重要一环,《化工安全与环保》可提高学生的安全与环保意识,更好的支撑毕业要求 3、7 和 8。
《塑料制品与成型模具》 2 学分/32 学时,必修 《塑料机械》 2 学分/32 学时,必修	《塑料制品与成型模具及机械》 3.5 学分/56 学时,必修 指标点:1.4(L)/2.3(M)/3.2(M)	信息反馈;毕业生反馈“塑料制品与成型模具”、“塑料成型机械”课程内容重复,建议去繁留简。
《高分子化学》 4 学分/64 学时,必修	《高分子化学及课程实验》 6 学分/96 学时,必修 指标点:1.1(M)/1.3(M)/2.2(H)/4.3(H)/4.4(M)	(1) 直接评价;本文课程对毕业要求 1.3、2.2 和 2.3 支撑薄弱项。故理论和课内实验合并,按百分制评定成绩,提高其对毕业要求的贡献度。 (2) 信息反馈;毕业生、在校生建议,“《高分子化学》课程理论性较强,建议进行课内实验设置,提升学习效果。
《高分子物理》 4 学分/64 学时,必修	《高分子物理及课程实验》 6 学分/96 学时,必修 指标点:1.3(H)/2.1(M)/4.3(M)/4.4(H)/5.2(M)	(1) 直接评价;本文课程对毕业要求 1.3、2.2 和 2.3 支撑薄弱项。故理论和课内实验合并,按百分制评定成绩,提高其对毕业要求的贡献度。 (2) 信息反馈;毕业生、在校生建议,“《高分子物理》课程理论性较强,建议进行课内实验设置,提升学习效果。
《文献检索》 2 学分/24 学时,选修	《文献检索与科技论文写作》 2 学分/24 学生,必修 指标点:2.3(M)/4.1(H)/12.2(H)	(1) 直接评价;毕业要求 2.3、、4.1、12.2 内容对指标点覆盖不全,需融入科技论文写作内容,提高支撑作用。 (2) 信息反馈;用人单位、行业企业专家建议,“学生的论文及个人总结能力需要提高,应将论文写作纳入该课程。
《仪器分析》 2 学分/36 学时,选修	《高分子材料研究方法》 3 学分/48 学时,必修 (含 16 学时实验) 指标点:1.4(M)/2.4(M)/4.1(M)/5.1(H)	(1) 直接评价;毕业要求 1.4、4.1 5.1 和 5.3 中,本门课程目标支撑薄弱,此外课程的难度和任务量大,且《仪器分析》主要由《高分子材料研究方法》承担,增加课程的学分和学时量。 (2) 间接评价;毕业生和用人单位反馈毕业要求 1.4、4.1、5.1 和 5.3《高分子材料研究方法》应适当调整。 (3) 信息反馈;行业企业专家认为在 高分子研究方法中讲授仪器分析更贴近专业,专任教师研讨采纳。

续表 4		
2014 级(2018 届)修订前	2018 级(2022 届) 修订情况、对应指标点和支撑强度	2018 级(2022 届) 修订依据
《成型加工实验》 《高分子材料综合实验》 2 学分,必修	《专业实训》 2 学分,必修 指标点:3. 3(L)/4. 1(M)/4. 4(M)/9. 3(M)	信息反馈:用人单位、行业企业专家建议“增加专业实训的强度和难度,培养学生的分析能力、创新能力、设计能力、文稿撰写能力。”
新增	《职业素养讲座》 0. 5 学分/10 学时,必修 指标点:8. 2(H)/12. 1(L)	信息反馈:毕业生、行业、企业专家建议“职业道德需加强培养,面试技能欠缺”。
新增	创新实践周,1 学分/1 周	
新增	《专业双创训练项目》 2 学分/2 周,必修 指标点:4. 1(L)/9. 2(M)/9. 3(M) 11. 2(M)	(1) 信息反馈:在校生、毕业生反馈需加强实践和创新能力培养。 (2) 其它分析:培养目标达成评价中,学生对于知识评价、职业评价、适应性评价和实践能力评价的均为 80~90%之间。这类评价主要涉及到以团队形式,将专业技能运用于产品设计、开发环节。因此可以通过更多的实践或创新能力训练环节得到培养,同时也有助于对毕业要求 9 进行支撑。
新增	《大学生创新与创业基础》 2 学分/32 课时,选修 指标点:9. 2(L)/9. 3(H)/11. 1(H)	

5 总结

总体而言,课程体系的改进应有具体的测算依据和明确的修订标准,课程目标的评价数据,毕业生的反馈数据和行业企业的建议均应作为新一轮课程体系修订或持续改进的参考依据,从而进一步提高学生的整体毕业要求达成情况。

参考文献:

[1] 桂林. 我国高等院校学前教育专业本科生培养方案研究——基于 36 所高等院校培养方案的文本分析. 西南大学, 2013.

[2] 工程教育专业认证通用标准及使用指南(2020 版),中国工程教育专业认证协会秘书处,2020. 1.

[3] 高相胜, 咎涛, 王民. 教育教学论坛, 2016, 51 (11): 206~208.

[4] 魏朝晖, 杜鹃, 仲博学. 教育教学论坛, 2020, 52 (12):129~131.

[5] 钱志平, 马瑞, 金森, 赵石岩. 教学研究, 2017, 40(6): 83~85.

[6] 李擎, 崔家瑞, 杨旭, 栗辉. 高等工程教育研究, 2019, 178 (5): 82~86,102.

[7] 蒋宗礼. 中国大学教学, 2020, 8: 7~13.

[8] 赵毅,梅迎军,黄维蓉. 大学教育, 2020, 11: 39~42.

[9] 陈国华, 向定汉, 龙雪梅. 大学教育,2019, 9: 1~6.

[10] 初红艳, 程强, 咎涛, 刘志峰. 教学教学论坛, 2018, 25(7): 1~5.

Exploration and Practice of Continuous Improvement of Course System of Polymer Material and Engineering

SHI Bo^{*}, XU Ti-wen, BAN Jian-feng, YANG Ying, QI Min-hua, HUANG Jun-zuo^{*}

(Material Science and Engineering School, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China)

Abstract: The course system is an important support for professional student training objectives and graduation requirements. In the work, the rationality of the curriculum system and make continuous improvement are determined with scientific methods, which has guiding significance for student training. The work takes the professional of polymer materials and engineering as an example, and demonstrates the relationship between the course system and graduation requirements from the perspective of the course standard of engineering education. The deficiencies of the curriculum system are analyzed by statistical analysis, which based on the direct evaluation of the course objectives and the indirect evaluation of graduates and company. A revised curriculum system is formed by taking the evaluation results as the basis for continuous improvement of the curriculum system. The work expects to provide a reference for the teaching process of course system revision from a quantifiable scientific aspect.

Key words: Polymer materials and engineering; Course system; Continuous improvement; Evaluation results; Statistical analysis