

•教育专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201906019

www.dxhx.pku.edu.cn

知识整合在化学方向研究型学生培养方案中的实施

孙淮^{1,2,*}, 叶曦^{1,3}, 汪燕¹, 罗勤¹, 王晶晶¹, 何欣¹¹ 上海交通大学致远学院, 上海 200240² 上海交通大学化学化工学院, 上海 200240³ 上海交通大学物理与天文学院, 上海 200240

摘要: 介绍了上海交通大学致远学院设计和实施的针对培养有志于化学科研生涯这一特定学生群体的知识整合式的培养方案。这是在教育公平原则下体现因材施教、分类培养的一项举措, 是上海交通大学化学大类培养方案中的一个分支。培养方案的重点是如何通过合理安排一系列相关的基础课程内容, 以及衔接次序从结构上实现通识知识整合, 并在此基础上通过开放专业选修课和科研方向以兴趣为导向进一步拓展学生的知识整合能力。本文也分析了目前仍然面临的问题。

关键词: 培养方案; 化学; 研究型; 知识整合

中图分类号: G64; O6

Implementation of Knowledge Integration in Curriculum Designed for Research-Oriented Chemistry Students

SUN Huai^{1,2,*}, YE Xi^{1,3}, WANG Yan¹, LUO Qin¹, WANG Jingjing¹, HE Xin¹¹ Zhiyuan College, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, P. R. China.² School of Chemistry and Chemical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, P. R. China.³ School of Physics and Astronomy, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, P. R. China.

Abstract: This paper introduces the curriculum of knowledge integration designed and implemented by the Zhiyuan College of Shanghai Jiao Tong University for a group of chemistry students who are interested in research career. This is a response to the initiatives for teaching students according to their aptitude under the principle of educational fairness. The curriculum is a branch of the general curriculums of chemistry in Shanghai Jiao Tong University. The focus of the curriculum is to achieve a comprehensive integration of basic knowledge through an arrangement of a series of related course contents and connection order and expansion of knowledge by their own interest through open selection of elective courses and research directions. The paper also analyzes existing problems.

Key Words: Curricula; Chemistry; Research-oriented; Knowledge-integration

1 引言

相对于国内兄弟院校, 上海交通大学在“基础学科拔尖学生培养试验计划”(以下简称“拔尖计划”)化学方向起步较晚, 直到2013年才开始启动致远荣誉计划化学方向(以下简称“致远化学”)。在此之前, 上海交通大学在很长一段时间仅开设了应用化学和高分子化学两个二级化学学科, 这不符合我校近年来在科研能力方面的快速发展和创办国际一流综合性大学的要求。因此, 致远化学从

收稿: 2019-06-10; 录用: 2019-07-09; 网络发表: 2019-09-02

*通讯作者, Email: huaisun@sjtu.edu.cn

基金资助: 基础学科拔尖学生培养试验计划研究课题(201619)

开始就定位于(理科)化学一级学科的本科教育。相应地,需要制订新的培养方案。不仅如此,致远化学培养方案也是教学改革的结果。

教学改革的一个方面是拔尖计划人才培养的模式问题。卓越人才教育是对普及教育的补充,国内外对如何实施卓越人才教育没有一致的观点。上海交通大学成立致远学院作为实施拔尖计划的一个独立学院,希望在较短时间里集中有限的优质教学资源,探索新的培养方案,高效率地实现拔尖计划的目标。我们认为“拔尖”不能简单地理解为组建尖子班,而是在保证教育公平的原则下体现因材施教、分类培养的一项举措。因此致远化学的培养方案是上海交通大学化学大类培养方案中的一支,即专注于培养有志于选择化学科研生涯的这一特定学生群体的培养方案。我们称之为致远化学研究型学生培养方案。

改革的另一方面,也是本文讨论的重点,是关于教学内容的问题。随着科学技术的不断进步,化学教育改革从未停止。远在 20 世纪 20 年代末就有人提出过这类问题^[1]。近年来随着学科交叉深入发展,学术教育界密集提出了改造传统教学内容的建议^[2-7]。在我国化学教育界,教育部高等学校化学类专业教学指导委员会先后制定了《高等学校化学类专业指导性专业规范》^[8]《化学类专业化学理论教学建议内容》^[9]和《化学类专业化学实验教学建议内容》^[10]。吉林大学、厦门大学、南京大学、浙江大学、四川大学、武汉大学、北京大学、山东大学、南开大学等高校在化学教学改革中做出了一系列有益的探索^[11-19]。教学改革的主要目的是解决如何培养符合现代科学交叉发展需求的复合型人才的问题。随着科学技术发展和学科交叉的深入,教材不断更新,教学内容也需要及时更新。但是增加内容出现了概念发散、跨学科相关知识不足,以及在同一课程或不同课程间出现内容重复或脱节的现象^[6,7]。解决这些问题需要知识整合(Integrated knowledge),这一方面需要从课程设置(curricular)上着手,另一方面也要从教学方法(pedagogical)上做出改变。这篇论文专注于如何在课程设置上促进知识整合。我们认为知识整合教育不能靠一两门导论性的课程来实现,而是需要通过合理安排一系列相关的基础课程内容以及衔接次序,从结构上实现通识知识的贯通,并且在此基础上通过开放专业选修课和科研方向的选择范围,鼓励学生以兴趣为导向进一步拓展知识整合面,逐步地、系统地接近整合交叉学科领域。

在对国内外大学(北京大学、复旦大学、中国科学院大学、中国科学技术大学、香港中文大学、加州大学伯克利分校、加州理工学院、斯坦福大学)的化学培养方案做了调查分析后,我们从上海交通大学原有的应用化学培养方案开始修改,用了六年时间逐步形成了今天的致远化学培养方案。培养方案的制订草案由上海交通大学致远荣誉计划委员会下设的致远荣誉计划化学分委员会负责审理。分委员会由 3 名本校和 2 名外校(其中 1 名海外)有长期执教和科研经历的资深化学教授组成。通过分委员会的草案须在致远学院层面讨论,汇集各个学科方向的意见,最终形成培养方案。

这是一个针对部分学生(大约占我校化学类学生 20%)的特殊培养方案,因此在学分和课程的要求方面高于普通大学化学专业的要求。需要指出这是基本要求,如果有充分的优质课程资源和选课自由,优秀学生在学习的深度和宽度上完全有可能高于基本要求。因此针对优秀学生我们需要加强引导,通过制订个性化的培养方案,促进他们达到更高的水平。

2 致远化学培养方案概述

按人文社科通识、自然科学通识、专业必修和专业选修四大类,目前致远化学和普通化学培养方案的学分分布对比如表 1 所示。

1) 人文社科通识课程。

在人文社科通识课程方面,致远化学和普通化学的要求基本一致。其中包括教育部制定的公共通识课(含英语)和军训等。普通化学方案中的核心通识课要求高一些(12 学分),是因为其中包括了自然科学与工程技术、数学或逻辑学科学工程类,但致远化学方案中的 8 学分仅含人文社科和写作,自然科学和工程类在自然科学通识以及开放性的专业选修课程中体现。

表 1 致远化学和普通化学培养方案的学分分布对比

课程大类	课程类型	普通化学	致远化学
人文社科通识	公共通识	25	24
	核心通识*	12	8
	个性化	6	3
	军训	3	3
自然科学通识	数学	16	21
	物理	6	10
	计算机	3	3
	生物	0	3
专业必修	专业理论必修	48	32
	专业实验必修	18	15
专业选修	专业理论选修	4	19
	科研能力培养/实习	3	8
合计		144	149

*普通化学：人文学科、社会科学、自然科学与工程技术、数学或逻辑学；

致远化学：人文学科，社会科学，写作

2) 自然科学通识课程。

自然科学通识课程是指不包括化学的其他四门理科(数学、物理、生物、计算机)课程。致远化学的要求明显高于普通化学的要求。致远化学的数学包括数学分析(10 学分)，线性代数(5 学分)。这些课程多从推理的角度来传授，有益于训练严密的数学思维能力。另外两门数学课程，数理方法(3 学分)和概率与统计(3 学分)是为了解决科学与工程应用的需求。物理学引论(10 学分)和普通大学物理(6 学分)相似，讲授物理四大力学的基础，但在内容要求上更高一些。因为现代化学和生物学结合密切，致远化学开设了一门为非生物专业设计的基础生物学(3 学分)。内容包括生物分子结构、细胞、基因和进化，覆盖了微观和宏观生物学的基础知识，为以后继续学习化学生物学或生物化学等课程做准备。数据科学正在深刻地改变着现代科学研究方法，化学研究型学生需要掌握一定的计算机和数据科学的基础知识。传统的以学习计算机语言(C++)为主的课程不能满足这方面的需求。因此，致远化学开设了一门计算机与数据科学基础，内容是 Python 语言，包括基本算法和数据处理方法。

3) 专业必修课程。

专业课程分为理论课和实验课。如表 1 所示，致远化学和普通化学的必修课学分数差别较大。理论课程分别是 32(致远)和 48(普通)学分，实验课分别是 15 和 18 学分。致远化学的专业必修课是学生进入所有和化学方向相关的领域(化学、化工、材料、生物、制药、环境、物理)均需要掌握的基础知识，因此传统的四大化学(无机化学、有机化学、物理化学、分析化学)在重点及内容做了调整后基本满足这一要求。其中物理化学贯穿始终，渗透到无机、有机和分析化学。致远化学的物理化学内容由化学原理(3 学分)、物理化学(11 学分)、计算化学理论与实践(1.5 学分)以及配套的实验课程(共计 8 学分)体现。无机化学一部分由化学原理取代，另一部分内容由中级无机化学(4 学分)和中级无机化学实验(2 学分)覆盖。有机化学相对比较独立，但内容在近 20–30 年里已发生了很大的变化，由有机化学(8 学分)和有机化学实验(3.5 学分)覆盖。分析化学及基本的实验操作，包括在应用中已被自动化机器取代的基本滴定方法，由分析化学(2 学分)及其配套的基础化学实验(1 学分)覆盖。

4) 专业选修课程。

在专业选修课方面，致远化学的学分要求明显高于普通化学的学分要求。不仅学分数目大，而且专业选修课范围广，除了大约 10 个学分须在化学领域里，其他可以来自全校任何学院。要求是课

程具有连续性和一致性,并且和已修的课程有内在的关联,没有重叠。在化学类里面,比如有机合成、物理有机和金属有机构成了比较理想的有机化学选修课系列;在物理类里面,量子力学和统计力学是对理论化学有兴趣学生的合理选择。专业选修实验课程从集中统一的实验课程改为个性化的科研能力的培养。这门课程要求学生根据自己的兴趣,通过轮转选择进入课题组,在科研一线深入学习科研技能。同样,学生可以在全校范围选择课题组,也可以在国内外其他学校或科研院所选择短期校外研修。为了保证化学专业毕业的要求,无论选择什么科研方向,其研究内容必须和化学学科紧密相关。

3 知识整合课程体系

知识整合课程体系是设计致远化学培养方案的重点。这是通过合理安排必修课程的内容以及衔接次序,以及开放性的、以兴趣为导向的选修课程和科研能力培养课程来实现的。知识整合涉及重组传统的各自相对独立的“四大化学”,摒弃过时的、增加新的内容。我们认为必修课的内容应该是无论学生选择什么(和化学相关的)方向发展均需要的基础知识。其中数学、物理、生物基础和计算机基础这些自然科学通识课程是毫无疑问的;而化学课程中的化学基础知识和技能,物理化学和有机化学构成了化学通识课程,是化学相关领域均需要的知识;而和特定的化学分支相关的内容,比如原无机化学中的元素化学、原分析化学中的各种分析技术等,应该作为专业选修课供有兴趣或有必要学习的学生选修。

图1显示自然科学通识和专业课程在八个学期的进展分布图。横坐标是时间(学期)进展,纵坐标从基础到应用。下面我们从下而上讨论如何设计我们的知识整合课程体系。

图1中底端(基础)是数学和物理。数学是连续进行四个学期的最基础的课程。第一学期平行开设数学分析和线性代数,这样为第二学期的物理课程做了数学准备。物理从第二学期开始,运行两个学期,其中包括平行的物理学实验。这些数学物理课程系列奠定了整个化学学科的理论基础,对学生日后进入学科交叉领域至关重要。

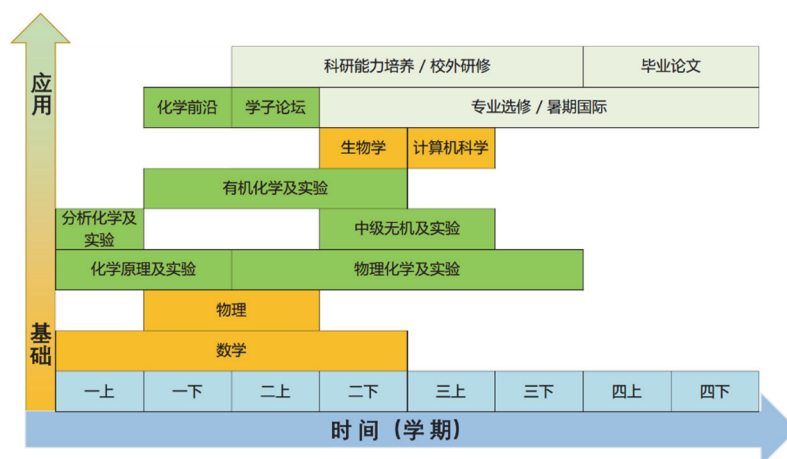


图1 致远化学自然科学通识(桔黄)、专业课程必修(深绿)和专业选修(浅绿)学期进展图

电子版为彩图

在大一开设的化学专业课程有两个系列,一是化学原理及实验,另一个是分析化学及基础化学实验。化学原理是在学生掌握了足够的数学知识,深入学习物理化学之前定性地了解物理化学原理,为学习其他化学类课程打下基础的一门重要基础课程。其内容包括电子结构,分子结构,配合物结构,分子间相互作用,气态、液态和晶体的物理性质,热力学定律,物理平衡,化学平衡,反应动力学原理,以及主族和过渡元素概论。分析化学和化学基础实验课的内容主要是化学四大平衡的原

理, 以及实验室操作的基本训练, 包括实验安全、实验技能以及分析化学滴定方法。虽然对化学平衡的深刻理解需要热力学第二定律, 但是沿袭学科发展的轨迹表象地讲授平衡原理是自然的, 容易被学生接受的。化学滴定虽然在实际应用中已被自动化仪器取代, 但第一手直接操作对帮助学生理解酸碱、络合、沉淀和电化学平衡以及锻炼实验技能不失其重要的教育意义。

有机化学是化学的主干课程, 在定性了解物理化学原理的基础上, 从大一下学期开始上课。主要内容为有机化学的基本概念和理论, 各种有机化合物的结构、性质及变化, 典型有机反应的反应机理以及在合成中的应用等。化学原理中关于分子轨道、构象能、反应势能面、反应动力学的基础可以帮助学生理解有机化学中的物理化学问题。有机化学实验是配合有机化学理论课的实验课程。和其他化学课程一样, 实验课程相对于理论课程后推一学期, 避免出现实验内容超前的问题, 也达到了进一步复习和巩固的目的。

物理化学课程是最能体现如何把分散的知识点整合的案例。在培养方案中, 我们把传统的物理化学、结构化学和仪器分析的理论部分结合为一体, 分三部分讲授。第一部分包括热力学、相图、电化学, 这是在化学原理的基础上深入定量处理。第二部分包括量子化学基础、分子结构、点群、红外光谱、拉曼光谱、紫外光谱和核磁共振谱。在薛定谔方程和群论之后讨论测量各种光谱的原理, 理论不再是孤立的数学公式或概念。第三部分包括统计热力学基础, 晶体、液体、高分子的结构及性质, 测量(X射线衍射谱、光谱和质谱等)方法, 动力学及微观反应动力学。其中统计力学是测量晶体结构、液体结构、高分子结构和描述凝聚相物理现象, 以及反应动力学的理论依据。学生可以运用统计力学原理解决凝聚相的复杂问题。上述三段物理化学理论课程有三个配套的实验课程, 同样相对于理论课程后推一学期。其中第一部分是较为复杂的综合性的热力学实验, 包括相图和电化学实验。第二部分是各种光谱的测量, 核磁共振谱、质谱、色谱等原仪器分析内容, 但会引入原理性更强, 由学生动手从配件组装到计算机编程处理数据的红外、拉曼和紫外光谱实验。第三部分包含晶体、液体、高分子和表面的性质测定(XRD、色谱、质谱), 以及宏观及微观反应动力学实验。除了上述理论和实验课程以外, 我们还开设了一门计算化学的理论与实践课程, 讲授基本的量化计算方法和上机实习。这些课程强化了物理、数学和化学的紧密联系, 较之于传统的把物理化学、结构化学和仪器分析分开讲授的模式, 在知识结构的逻辑性以及理论与实验的结合上更为合理。

中级无机化学及实验是对传统的无机化学中元素化学和配位化学的提升和改造。因为元素的周期性规律已在化学原理中阐述, 各类元素的性质描述更符合专业选修课或科研内容, 因此, 这门课程着重在现代无机化学研究的重要元素(比如氢、锂、铂、钛等)以及配合物化学的专题研讨。

另外两门自然科学通识课程: 生物学基础和计算机科学基础, 分别需要物理化学和数学作为基础, 安排在大二下学期和大三上学期。在有机化学和物理化学理论课程之后开设生物学基础的合理性在于, 学生可以把有机化学和物理化学的知识与生物大分子和细胞的结构及其热力学性质联系起来, 从微观层面加强理解。而计算机科学基础放在数学、物理和大部分化学基础课程之后, 学生可以联系实际需求, 学习如何用计算机科学技术帮助解决化学中的数据科学问题。

在图 1 的上端(应用)出现的专业选修课程和“科研能力培养”在知识整合教育中发挥着重要作用。这些内容从大一下学期开设化学前沿课程开始讲授。这是一门由教授组织各个方向的学者介绍科研工作, 以讲座加讨论的形式运行的必修课, 目的是鼓励学生放开视野, 对跨学科研究的复杂性、多样性建立感性认识。而大二上学期开始的“学子论坛”则是由学生主导, 聘请教师或学长, 从更具体的角度了解科研方向和内容。专业选修课从大二下学期开始, 一直持续到大四。表 2 是目前推荐选课表, 涵盖了化学、化工、材料、环境、生物、制药、物理、计算机等方面。除此之外, 学生还可以申请增加选修科目。

大二上学期开始为学生开设为期两个学年的“科研能力培养”课程。课程要求学生在继续学习

表 2 致远化学推荐选修课程

课程名称	学分	学期	开课学院	课程名称	学分	学期	开课学院
化学模块				化工原理(下)	4	5	化学化工学院
无机合成	2	5	致远学院	反应工程原理	3	5	化学化工学院
固体化学	2	6	致远学院	化工过程控制	2	5	化学化工学院
有机合成	3	5	致远学院	分离工程	2	7	化学化工学院
金属有机化学	2	6	致远学院	化工热力学	3	5	化学化工学院
物理有机化学	2	6	致远学院	计算机模块			
现代电化学	2	5	致远学院	计算机科学导论	3	1	致远学院
胶体与表面	2	6	致远学院	数值分析与程序设计	4	2	致远学院
现代分析方法	3	6	致远学院	数据结构	3	2	致远学院
高分子化学	2	5	致远学院	算法设计与分析	3	3	致远学院
高分子物理	2	5	致远学院	物理模块			
高分子流变学	2	6	致远学院	数学物理方法	4	3	致远学院
化工基础原理	4	6	化学化工学院	量子力学 I	3	4	致远学院
综合实验训练一	1.5	2	化学化工学院	量子力学 II	3	5	致远学院
综合实验训练二	1.5	4	化学化工学院	连续介质力学	4	6	致远学院
综合实验训练三	1.5	6	化学化工学院	热力学与统计物理	4	5	致远学院
生物模块				材料模块			
生物学导论(1)	4	1	致远学院	材料科学基础	5	5	材料科学与工程学院
生物化学	4	5	致远学院	计算材料学	3	6	材料科学与工程学院
生物学导论(2)	4	4	致远学院	复合材料制备科学	3	7	材料科学与工程学院
免疫学	4	5	致远学院	复合材料设计原理	2	7	材料科学与工程学院
细胞生物学	4	5	致远学院	固体物理	3	5	材料科学与工程学院
高分子模块				环境模块			
高分子现代分析方法	2	6	化学化工学院	环境生物学(B类)	3	4	环境科学与工程学院
高分子材料	2	6	化学化工学院	环境化学(B类)	3	5	环境科学与工程学院
高分子科学实验	2	6	化学化工学院	环境材料	2	7	环境科学与工程学院
聚合物成型加工原理	2	6	化学化工学院	药学模块			
功能高分子	2	6	化学化工学院	药物化学	4	5	药学院
高分子复合材料	2	6	化学化工学院	生药学	2	5	药学院
化工模块				药剂学	3	6	药学院
过程工程导论	2	4	化学化工学院	天然药物化学	2	6	药学院
化工原理(上)	4	4	化学化工学院	药剂学实验	1	6	药学院

拓展知识面的同时,通过轮转课题组选择科研方向,至迟在大三上学期结束之前选定课题组,以便大四进入毕业论文阶段。其间学生可以自主申请到海外或国内其他大学或科研院所从事短期的校外研修,进一步扩展知识和学术视野。

以兴趣为引导的培养方案提高了学生从事科研活动的积极性,学生以化学为基础,参与了不同方向的科研项目。图 2 是致远化学 2013–2015 级学生毕业论文科研方向和所在学院分布。从科研方向来看,主要集中在无机(纳米)材料、高分子科学、有机合成以及理论计算方向。其他方向包括能源材料、分析化学、生物制药、人工智能(软件)。所有的科研题目均围绕着化学问题。从毕业论文指导

教师所属学院来看, 绝大多数在我校化学化工学院, 其次是材料学院和药学院。另外在计算机科学工程学院、微电子学院和医学院各有一人。

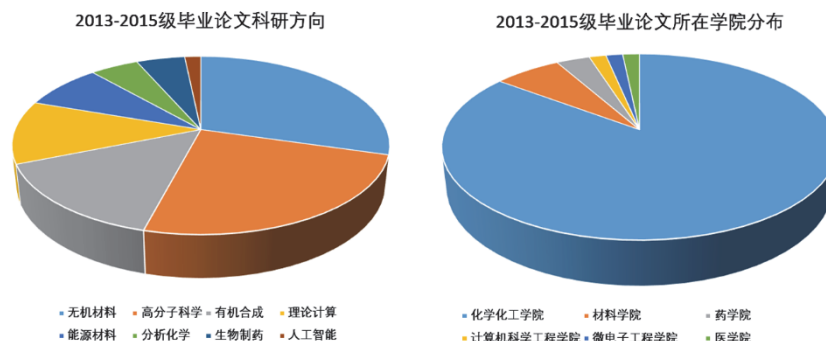


图2 致远化学 2013–2015 级学生毕业论文科研方向和所在学院分布

电子版为彩图

在专业选修课程和科研能力培养方面, 国际化办学对开拓学生眼界、发现其兴趣所在发挥了重要作用。致远化学从大一开始部分课程用全英文教学, 这样起到了尽快提高学生英文交流学习和阅读文献能力的作用。在国际化办学方面, 致远化学实施双向交流。除了协助学生寻找海外导师做短期科研训练或参加海外暑期科研项目, 从 2016 年开始设立国际暑期化学班, 接受海外本科生和致远化学的学生同堂学习。课程主要是针对我们的课程短板, 提供化学生物学和生物化学的内容, 国际暑期学校的概况如表 3 所示。

表 3 致远化学国际暑期学校学生及学分

年度	海外学生	本校学生	修课学分
2016	6	24	4
2017	10	10	6
2018	5	17	4
2019	9	20	4

4 初步结果

从 2013 年开始, 致远化学已招收了 6 批学生, 平均每年 20 人。表 4 是迄今为止学生数目统计。因为入学面试的不确定性和高标准严格要求, 除了第一届以外每届都有少数学生中途转出, 也有部分学生转进。因为致远化学的基础课程学分要求高于普通化学的要求, 转到普通化学的学生一般无需补修课程, 但转进的学生需制订个性化的培养方案, 必要时以小班教学的方式补齐学分要求。

十年育树, 百年育人。致远化学只有两届毕业生, 目前无法考查育人成果。但是从毕业生出路来看, 绝大部分学生毕业后选择继续深造符合我们的期望。2017–2018 两届毕业生的去向分布如图 3 所示, 毕业生根据自己的意愿选择出国或留在国内深造。43 名毕业生中 29 人(68%)选择出国, 其中 9 人(21%)进入了剑桥大学、麻省理工学院、加州大学伯克利分校、康奈尔大学、宾夕法尼亚大学和东京大学等国际顶尖大学。13 人(30%)选择留在国内, 分别进入上海交通大学、清华大学和中国科学院大学。有 1 名学生选择就业(创业)。

表 4 致远化学 2013–2018 级学生(人数)概况

年级	初始	转出	转进	毕业
2013	20	0	0	20
2014	18	1	6	23
2015	16	3	5	18
2016	18	2	3	–
2017	25	4	1	–
2018	25	–	4	–

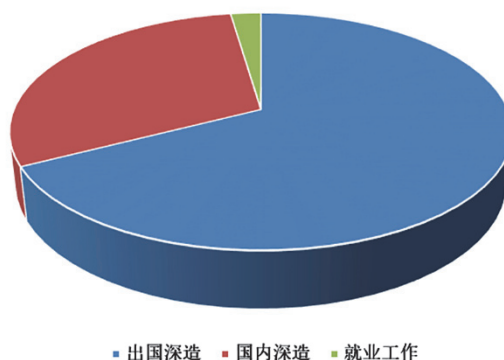


图 3 致远化学 2017–2018 届毕业生去向分布

电子版为彩图

5 存在问题和展望

致远化学的培养方案还在改革过程中，有些问题解决了，有些还在解决中，还有一些尚未引起足够的重视。其中一个比较严重的需要引起重视的问题是学分和学时的比例不合理，这造成了我们的学分虚高。除去毕业论文的学分要求，致远化学的 149 总学分，普通化学的 144 总学分，似乎远高于国外大约 120 个学分的要求。但是国际上通行的周学时和学分的比例是 3。即：学生课内外 3 个周学时对应于 1 个学分。根据我们对致远化学 2018 级学生做的问卷调查，在大一学年学生的平均课内外周学时和学分情况如表 5。

表 5 致远化学第一学年学分和平均周学时分析

学期	总学分	平均周学时	学时/学分
大一上	25	58.7	2.3
大一下	29	64.1	2.2

可见我们的学时/学分比例只有大约 2.2–2.3。按这个比例计算，我们的实际学分大约相当于国外大学的 112 个学分。仔细分析数据发现学时/学分比例低是普遍现象，即便是数学物理这些“硬课”该比例也不高，对于高年级专业选修课这个比例可能更低。这基本符合我们的毕业生到海外顶尖大学继续深造反馈所学知识不足的问题。如果扣除课内学时就可以看出，学时/学分比例不高的原因在于课外学时太少。我们大部分教学还是“满堂灌”方式，教师过分关注在课堂上完整交待知识点，没有安排足够的自学要求，这也助长了学生应付考试的习惯。解决这一问题的方法可能有多种，但我们认为首先需要教育管理部门和全体教师认识到这一问题的根源，理清学分和学时的关系；其次

需要从教学管理制度上做出相应的安排,要求教师和学生有意识地增加课外学习时间,高效利用课内时间解决课外学习中的难点和疑点。

另外一个众所周知的问题也可以从表 5 中看出。因为要照顾到大四毕业论文和求职升学的时间要求,国内大部分学科有一个把课程压缩到 3 学年甚至更短时间完成的惯例。这造成了学生在前两年的压力过大,影响教学质量。从表 5 可以看出,学生在大一每周平均用大约 60 个小时的时间来完成课程要求,压力过大,难免在学习中出现囫囵吞枣的现象,更没有时间体验大学丰富的文化和生活,这对培养人才非常不利。解决这一问题更需要从教学管理制度上做出安排。根据上海交通大学的情况来看,大部分课程仍然是按行政班排课,同一个行政班的学生在校期间大部分时间里上同样的课程;即便是致远化学,除了开放的选修课以外,绝大部分基础课也是如此安排,这不符合因材施教的原则。我们建议改变为按学生需求排课:需求大的课程多开(每学期开),需求小的课程少开,这样可以让学生根据自己的情况掌握合适的学习进度。这的确需要学校投入更多的教学资源,还需要建立一支熟悉培养方案的教务指导团队,帮助每位学生按照培养方案制订个性化的学习计划。

致远模式是一种新的尝试,它既不同于美国大学的荣誉计划和英国大学的书院制,也不同于我国大学的普通教学管理模式。需要制定合理的政策,规避一次面试认定“拔尖人才”的误区,制定符合教育规律的、因材施教的分类培养方案,还需要全体教师努力提高教学水平,这样我们就能形成一个符合中国国情的国际一流的学术型人才培养模式。

参 考 文 献

- [1] Havighurst, R. J. *J. Chem. Edu.* **1929**, 6, 1126.
- [2] Gillespie, R. G. *J. Chem. Edu.* **1997**, 74, 484.
- [3] Cooper, M.; Klymkowsky, M. *J. Chem. Edu.* **2013**, 90, 1116.
- [4] Cooper, M. M.; Caballero, M. D.; Ebert-May, D.; Fata-Hartley, C. L.; Jardeleza, S. E.; Krajcik, J. S.; Lavery, J. T.; Matz, R. L.; Posey, L. A.; Underwood, S. M. *Science* **2015**, 350, 281.
- [5] Waldrop, M. M. *Nature* **2015**, 523, 272.
- [6] Charkoudian, L. K.; Sampson, N. S.; Kumar, K.; Kritzer, J. A. *Nat. Chem. Biol.* **2016**, 12, 382.
- [7] McGill, T. L.; Williams, L. C.; Mulford, D. R.; Blakey, S. B.; Harris, R. J.; Kindt, J. T.; Lynn, D. G.; Marsteller, P. A.; McDonald, F. E.; Powell, N. L. *J. Chem. Edu.* **2019**, 96, 35.
- [8] 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 高等学校化学类专业指导性专业规范. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [9] 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, **2016**, 31 (11), 11.
- [10] 教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, **2017**, 32 (12), 1.
- [11] 田少萍, 邹明珠, 吴通好, 宋天佑. 化工高等教育, **2003**, No. 2, 17.
- [12] 侯文华, 丁维平, 王志林. 大学化学, **2010**, 25 (3), 7.
- [13] 张树永, 朱亚先. 大学化学, **2017**, 32 (1), 9.
- [14] 曾秀琼, 蔡吉清, 魏晓芳, 王敏, 王国平, 毛侦军. 大学化学, **2018**, 33 (8), 14.
- [15] 邓阳, 万坚. 大学化学, **2018**, 33 (9), 33.
- [16] 惠新平, 梁永民, 沈永雯. 大学化学, **2018**, 33 (9), 28.
- [17] 黎朝, 洪炜, 杨朝勇, 杨柳, 朱亚先. 大学化学, **2018**, 33 (9), 1.
- [18] 吴奕, 王杭菊, 田秋霖, 庄林. 大学化学, **2018**, 33 (9), 8.
- [19] 张赞, 姜林, 苏燕, 马晓爽, 钟欣芮, 李梦龙, 郑成斌. 大学化学, **2018**, 33 (9), 21.