

中美高校化学专业课程设置及教学内容比较(三) ——高等化学教育咨询评议项目系列之三

朱亚先^{1,*} 林新萍¹ 周立亚² 郑兰荪¹

(¹厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005; ²广西大学化学化工学院, 南宁 530004)

6 中、美化学教学比较

6.1 化学课程设置与教学内容

我们调研了国内部分“985工程”高校、“211工程”高校以及普通院校化学专业的教学计划和教学内容, 并与美国高校进行了对比; 同时, 也调研了10位曾在国内读本科、美国读博士并且做过美国课程助教的学生以及15位近几年到美国参加本科生交流计划、在美国高校修读过课程的学生。根据调研与反馈的信息, 总体归纳如下:

(1) 中、美高校课程设置和内容都是遵循认知规律, 按照知识的逻辑顺序, 从易到难, 循序渐进, 在低年级课程中, 基础理论、实验所占的比重较大, 高年级开设深层次、学科前沿类课程。

(2) 中、美化学专业的基础课程设置与内容基本相同, 包括化学基础理论课程和实验课程, 如“无机化学”、“有机化学”、“物理化学”、基础化学实验、化学专业实验等。

(3) 美国高校课程层次相对丰富。同类课程有不同层次, 供学生根据自己的情况选修。从类型上有Lecture、Topic、Seminar, 从内容上, 分为初级、中级、高级等, 一些课程没有年级和学期的概念, 只是按顺序进行上课。

(4) 中、美高校化学专业选修课程的设置和内容差异较大, 这类课程主要是和高校的科研优势相关, 体现出高校的教学特色和风格。

(5) 美国高校有些课程名称与设置跟国内高校略有不同, 具体见表9。

被调研的学生普遍认为在国内高校所学的基本理论、基础知识更加扎实, 而美国高校选修课内容更深、更丰富, 实验设计性更强, 对思维能力、动手能力要求更高。

6.2 研讨课、研究型课程

美国高校十分重视讨论型、研究型、拓展型等课程的设置, 尤其是注重团队合作共同完成探究任务的课程。所调研的高校中几乎都明确列出了化学专业研讨课和研究型课程, 教学计划包含多门该类课程。美国高校讨论课大多分为两种形式: 一种是课堂授课和讨论相结合的形式, 另一种是专门开设讨论课。学生参与此类课程的积极性较高, 在其他人作报告时可随时提问。

近年来, 国内高校也逐渐重视此类课程的建设。国内多数高校都开设了化学研究前沿类课程或者讲座, 开展了本科生科研训练, 本科生参加科研课题的人数逐年增加。国内一些学校也开设了专门的研讨课, 如“新生研讨课”等, 北京大学“无机化学”课程大班上课后再分10个小班开设研讨课, 厦门大学主干基础课程配备1学时/周的研讨课。但是, 多数国内高校还没有形成“教师-学生”共同研讨的氛围, 研讨课上学生还不够积极、活跃, 不太善于、敢于提出问题, 研讨的气氛不够热烈。

*通讯作者, Email: yaxian@xmu.edu.cn

基金资助: 中国科学院咨询项目——我国高等化学教育问题及对策; 国家基础科学人才培养基金(J1210014)

表9 中美高校课程设置与教学内容的部分差异

调研内容	美国高校	国内高校
理论课程设置与内容	一年级开设“普通化学”(General Chemistry)课程。 部分高校不单独开设“分析化学”、“结构化学”课程，而是将其内容放到“普通化学”、“物理化学”等课程中。 “化工基础”很少作为化学专业学生的必修课程。 专业选修课程学分、学时设置差异较大。有些课程内容比较细、窄，课程主题显得非常小，但是内容很深入；多数高校本科生高年级课程与研究生课程打通。 低年级课程内容浅，高年级专业课内容较深、梯度大、更新快。 无机化学内容较多且较深入。美国高校开设的“无机化学”必修课程，学分从3-12不等，多数在物理化学等课程之后，系统讲授主族、过渡金属化学，包括物理化学原理的应用和无机化学研究进展等。 比较重视生物化学类课程，不仅把“生物化学”作为必选的课程，而且开设多门选修课程，讲授较深入的内容。	国内多数高校一年级开设“无机化学”(Inorganic Chemistry)课程(北京大学、复旦大学、南开大学等高校例外)，其内容基本相当于美国高校的“普通化学”。 多数高校单独开设“分析化学”、“结构化学”课程。 多数学校“化工基础”为化学专业学生必修课程。 注重知识的系统性，每门课程教学时数较多，包含的内容也较多，一般不针对某个知识点开设专门的课程。 基础理论内容详实；有些选修课程难度不够。 多数高校一年级开设的“无机化学”，课程内容较浅；后续开设的“中级无机化学”相当于美国高校开设的“无机化学”，此课程一般为2学分，且多数学校设为选修课，固体化学内容相对偏少。 基本都开设“生物化学”课程，但大都是基础生物化学内容，不少高校将此课程设为选修。
实验课程设置与内容	部分高校将理论课和相应实验课合并为一门课程开设，在低年级的“普通化学”和“有机化学”课程中较普遍。 实验比重大、内容丰富。重视培养学生的实验设计能力、动手能力、解决实际问题的能力，实验报告要求高。特别重视实验的安全与环保。	普遍比较重视化学实验类课程设置，实验课程都是独立设课。但是有时会出现个别理论课与实验课内容脱节的现象。 实验课时多、注重基本操作。实验多是按照教材上步骤来做，动脑筋较少，设计性实验偏少；实验报告虽然量大但相对容易书写；安全与环保意识有待进一步加强。

6.3 教学方式与评价方式

本部分资料主要是通过咨询曾在国内读本科、美国读博士并且做过课程助教的学生以及在美国参加过本科生交流计划的学生而得到。根据他们的反馈，表10列出中美高校教学方式与评价方式的部分差异。

6.4 其 他

在调研中，受访者还反馈了以下信息：

- (1) 美国高校学生在专业课程上投入的精力较多。例如，康奈尔大学一年级4学分的“普通化学”课程，每星期2小时理论课、4小时实验，学生须参加1个助教的辅导班(40分钟)，完成若干课堂的练习题、课下作业以及实验报告。每位本科生一般每学期要修4-6门这样的课程。
- (2) 基础理论、基本知识在国内授课中占的比例很大；教师上课讲解详细，恨不得把自己所知道的都教给学生，对概念、基本理论剖析严谨，便于学生理解，学生基础知识掌握得较好。但是，教师在上课时给出的“问题、悬念”不多，即使给出“问题”，“问题”也比较简单，或者教师自问自答；教师与学生探讨问题的机会有限，讨论少，习惯于填鸭式教学。而国内学生也习惯于老师讲什么、听什么、学什么，重复、机械性工作较多，缺乏学习主动性、缺乏自主设计空间，课下作业也多是“应

表 10 中美高校教学方式与评价方式的部分差异

调研内容	美国高校	国内高校
课堂讲授内容	老师讲解不详细,基本自成体系,很多内容需要学生自己下功夫弄懂。	老师讲解十分详细、系统,上课给学生的信息量也比较大,多数内容学生上课基本可以理解。
讲授方式	教师的授课是发散性的,从一个问题会带出多个其他问题。往往从实际出发,根据现实中存在的例子进行归纳、总结、抽象出概念、原理等。	教师比较强调课程教学内容的系统性、逻辑性,往往首先介绍概念、原理,然后再验证理论在实践中的应用,讨论理论如何来指导实践等。
参考资料	在学期开始时,学生会领到阅读资料的必读文献书单。上面详细地写着书名和阅读范围(页数和章节等)。课堂听课时间1-2个小时,但学生必须花几倍时间进行预习、复习。	老师开学初都会推荐一些参考书与参考资料,但多数课程没有检查学生是否阅读或者阅读后是否理解(除少量研讨课程之外)。
作业与课程论文	学生完成作业或实验报告,往往要通过查文献、阅读资料,形成自己的观点与看法,用自己的语言表述出来。 教师会提出一些命题(精选一个或几个主题),让学生通过阅读教材、著作及论文,提炼、总结、写出课程论文,并通过课堂讨论、辩论等方式,使学生能对内容有透彻的了解。	不少课程老师讲什么内容就布置相应的作业,作业量虽然不小但难度小,容易完成,缺乏具有挑战性的作业。 一些课程也有课程论文、学生讲授等形式,但是讨论不够。
评价方式	平时测试次数多,作业成绩要求严格,考试题目较灵活,评价方式丰富。课程的考试一般由课堂报告、平时测试、作业和期末考试等组成,课程淘汰率高。如,加州大学伯克利分校教师授课时经常提出问题,要求学生通过手中的无线即时答题器回答教师在投影仪上打出的问题,计入总成绩。	课程成绩由作业、课程论文、期中、期末考试组成,部分课程有小测。但作业、课程论文、小测等平时成绩要求不够严格。

付”完成。与国外学生相比,国内学生的优势在于基础理论,不足在于动手能力,有时很清楚问题的原理,但却不知道如何把问题解决,学生们很难将理论知识与具体的实践应用相结合。

(3) 美国高校授课班级学生人数差异很大,有十几位学生的小班授课,也有100-200人、甚至近400人的大班授课(主要是“普通化学”或者“有机化学”),但大班授课后分为若干个小班或者小组,由助教负责,每个助教大约负责十几到几十人不等,助教要批改学生作业、课堂小测、试卷,指导实验、检查实验记录、批改实验报告,每周上习题课、每周固定时间答疑(教师与助教每周都有固定的office hour作为答疑时间)等,对于“honor classes”学生,助教还需要指导学生设计、优化实验方案等。

(4) 美国高校教师采取不同的授课形式,教室有黑板、实物投影仪、PPT等,教师可根据情况进行选择或者同时使用。有的教师使用PPT上课,并携带笔记本电脑,经常一边讲一边往PPT上写字补充内容。有的教师上课完全不使用PPT,采取板书或者实物投影,在一张纸上列明要讲的东西,并提前要求学生预习。

(5) 美国高校的课堂气氛也不尽相同。有的教师上课激情飞扬,能让学生真切感受到他对这个专业的热爱,使学生受到老师情绪的感染,对这门课程瞬间兴趣盎然;有的课堂气氛也很沉闷,教师上课随性而平淡,学生缺课率高;有的课堂气氛十分活跃,学生在课堂上可随时发问,问题多种多样,有的是针对教师正在讲、自己没听懂的知识,更多是经过思考而提出的问题,有的问题十分尖锐、深刻。

(6) 美国高校学生在选课时有充分的灵活性和自由度。例如:康奈尔大学学生跨系选课的权利较大,化学主专业的学生,可以自由选择物理、生物、材料等专业的课程,来代替化学主专业的部分课程。芝加哥大学大一的“普通化学”课程,经常有哲学、经济学等专业的学生修读。同时,不少高校打通了本科生高年级与研究生低年级的课程,本科生在学有余力时,可以选修研究生课程。国内高校

也十分重视学生交叉选课,鼓励学生跨院系修课,但实施效果不够理想,一是受到教学计划要求的限制,二是在选课系统上学生一般看不到其他院系的核心课程,即使能看到,但因为课程开放名额有限,也很难选到。

7 建 议

7.1 因材施教,建立多元化、分层次的课程体系

高校首先要根据自身的办学定位确立人才培养目标,按照“化学类专业质量国家标准”的要求设定化学类学生必修课程体系,并在此基础上,根据学校的地域特色、行业特色、本专业的研究特点和学生的身心发展等积极探索研究型、技术技能型等不同的人才培养模式,建立多样化、分层次的课程体系。特别是目前地方本科院校向以应用型为核心特质的新型大学转型,课程体系的改革尤为重要。

(1) 研究型人才培养课程体系:依据知识的内在逻辑顺序和学生知识、素质、能力形成的规律设置系列课程,课程可分为初级、中级、高级等,分阶段设置,循序渐进。在“无机化学”、“有机化学”、“分析化学”、“物理化学”等基础课程之上,增加与之相关的拓展性课程。结合各校科研特色,设置一些短、深、专等比较灵活的选修课。构建“本-研贯通”课程体系,部分研究生课程可作为专业选修课程向本科生开放。将科研训练纳入培养方案,为学生将来从事科学研究奠定良好的基础。

(2) 技术技能型人才培养课程体系:除主要的化学基础课外,可适当减少化学类课程,特别是理论课程的学分,设置增加与生产、生活密切相关的课程与教学内容,加强实习、实践环节,增设创业、就业类指导课程,开发创业、就业培训课程,设立创业课题基金,推进创业教育实践。

7.2 更新教学内容,宽、精结合

本科教学强调的是基本知识、基本理论和基本技能,但是随着科学技术和社会经济的发展,各学科不断交叉融合形成新的学科,化学与生命科学、材料、环境、药学、医学等学科的交融更是迅猛快速,基础知识已经不能满足学科发展、社会发展与人才培养的需求。因此,教学内容的更新就显得尤为重要。

(1) 各高校化学专业应建立“教学内容更新机制”,根据学科发展情况,减少一些较为陈旧的内容,并及时将本学科领域的最新科研成果与应用需求引入课程教学,如增加固体化学、纳米化学、生物化学、材料化学、环境化学以及应用专题、企业案例等相关内容。

(2) 教学内容更新不仅指知识的增减,也包含教学内容的再组织。因此一方面鼓励教师将学科前沿、科研课题、社会服务中的课题引入教学活动之中,另一方面要求教师对传统的教学内容进行改造、活化和重组。

(3) 课程内容应分级教学,建议将内容分为“基本模块、拓展模块、探索模块”,每个模块包含若干内容和选题。在完成基本模块的基础上,学生可根据自己的特点和兴趣选择拓展模块、探索模块。

(4) 在拓宽学生知识面的基础上,选择一些内容或者某个专题进行深度挖掘、深度分析,既做到“宽”,又做到“精”。同时在教学内容上注意知识的呼应关系,让学生学会融会贯通,灵活掌握并运用知识分析问题、解决问题。

7.3 推进素质教育,丰富相关内容

注重大学生心理健康教育,培养他们的社会责任感、良好的科学文化素养,较强的学习、交流、协调能力和团队合作精神。教育学生在学会如何做事之前,首先学会如何做人,如何面对社会、面对挫折。同时,素质教育应该贯穿于专业教育之中,建议各校开设“科研道德”、“科研素养”等相关讲座或课程。

注重培养学生的人文素质和艺术修养。目前国内高校开设通识教育课程已有十余年,虽然取得了一些成绩,但是该类课程也有不少“水课”,教师为了工作量而上,学生为了学分而选。建议:将通识教育分解为人文素养、社会科学素养、自然科学与技术素养、美学艺术素养、实践能力素养等模

块, 每个模块开设系列课程, 合理设置、强化管理, 严格杜绝“水课”, 逐步建成一批具有示范作用的高质量核心通识课程。

7.4 激发兴趣, 促使学生主动学习

孔子说过“好学者不如善学者, 善学者不如乐学者”。学生是学习的主体, 学生是否能够积极主动、有效地学习是关键, 建议从以下几方面提高学生的学习主动性, 把“被动式学习”转变为“主动探索式”学习:

(1) 增加研讨模块, 设置以问题为中心、以设计为主线的课程。此类课程可以专门开设, 也可融入常规教学, 如采取大班上课、小班研讨的方式。并应制定相应的管理规定, 调动学生参与此类课程的积极性, 使学生通过讨论、辩论等方式相互学习。

(2) 改变灌输式的教学, 创新教学方法, 在课堂中增设问题, 采用研究式教学、案例教学, 充分利用国家精品资源共享课程、慕课、翻转课堂等。

(3) 多布置灵活的课下作业, 特别是需要团队合作完成的大作业, 通过让学生查阅资料、设计方案、社会调查、归纳总结、汇报讨论, 调动学生的学习积极性, 培养学生的团队精神和合作能力。

(4) 尊重学生的个性发展, 引导学生根据自己的学习状况、特长以及兴趣取向设计“个性化培养方案”, 给学生以更多的选择专业、选择课程、选择教师、选择研究问题的机会, 鼓励跨专业选修课程, 拓展其研究兴趣, 发展其个性特长, 使学生的成长由“他人塑造”变为“自我塑造”, 以利于学生潜能的开发, 以及创造力、自我激励和自我约束能力的提高。

(5) 不断完善考核评价体系, 应增加分析推理型等题目, 考核分析、运用知识解决实际问题的能力、创造性思维的能力等。增加平时测试, 注重过程评价, 综合运用笔试、口试、闭卷、开卷等形式, 把学生的课堂表现、师生交流、小组讨论等纳入考核之中, 综合评价学生的学习状况。

7.5 突出实践能力、创新能力培养

著名教育家陶行知先生曾说过“行是知之始, 知是行之成”, 实践能力的获得和增强是提升创造能力的前提和基础。大学生的实践能力提升一般通过两方面, 一是依照教学计划完成的实践教学环节所获得, 如实验、实习等, 二是借助学校提供条件或者自己与同学合作创造的条件, 向社会生产、生活领域拓展所获得。目前国内多数高校化学专业比较重视实验环节, 但验证性实验较多, 设计性实验偏少; 而实习、社会实践鉴于条件的限制难以深入, 存在重视不够、措施不力、走过场等问题。建议: 在实验教学现有的“基础-综合-研究”的基础上, 增设“拓展实验”、“探索实验”; 改变实验前教师详细地讲授“原理、步骤、注意事项”等模式, 让学生带着问题做实验、独立设计、大胆探索; 建设校内外实习基地和各类模拟实验室, 加大与企业联合, 争取更多的社会资源, 为学生的课外实践活动提供政策、资金和指导等方面的支持。

创新能力培养是人才成长的关键, 创新能力包括创新意识、创新思维和创新智慧。近年来, 国内各高校都十分重视此项工作, 不同程度地搭建了学科竞赛平台、科研训练平台等, 使学生的创新意识与实践能力得到了提升。但是, 科研训练的多数课题来源于教师的项目, 不少教师缺少对本科生的系统指导, 出现了部分本科生成为劳动力、为研究生“打下手”的现象, 学生并没有受到系统的科研训练, 挫伤了参加科研的积极性; 同时有部分科技竞赛过于重视包装、重视文章等, 带来一些浮夸之风和功利现象。建议: 结合自身的科研特色, 通过案例、讨论、项目等“发现、引导、培育”学生的科研兴趣, 构建“初级、中级、高级”科研训练平台, 根据学生个性化特征及其专业基础知识的积累状况安排相关的科研训练内容, 如, 文献检索、科研项目提出、课题报告书写、研究路线设计、工作计划安排、实验操作、大型仪器使用、数据分析、归纳总结、研究报告及论文的撰写、学术交流与表达等, 使学生从“不知”→“入门”→“提高”, 培养他们的自主学习能力、批判性思维能力、实践能力, 从而启迪创新意识、开发创新思维、提高创新智慧。

致谢: 本文在调研过程中得到了厦门大学学校领导、教务处及学院领导的支持;得到了兄弟院校化学学院的帮助,如北京大学等10所高校的化学专业提供了教学计划;美国田纳西州立大学薛子陵教授、南开大学程鹏教授、厦门大学王世珍副教授提供了部分资料;厦门大学原本科生于英超、赵紫鹏、黄思宇、刘豪东、刘德宇、范凤茹、高铭、沃亚琦、彭新星、黄京韬、倪开元、王清峰、邓佳华,现本科生孙昕、安东、张亦伟、李哲、张瑞华等25位同学提供部分美国高校的资料,并反馈了中美教学差异方面的意见。在此一并致谢,感谢大家给予的帮助与支持!

参 考 文 献

- [1] Undergraduate Professional Education in Chemistry-ASC Guidelines and Evaluation Procedures for Bachelor's Degree Programs.
<http://www.acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/training/2015-acs-guidelines-for-bachelors-degree-programs.pdf>
- [2] <http://catalog.mit.edu/degree-charts/chemistry-course-5/>
- [3] <http://chemistry.mit.edu/education/classes>
- [4] <http://chemistry.berkeley.edu/ugrad/degrees/chem>
- [5] <http://guide.berkeley.edu/courses/chem/>
- [6] <http://exploreddegrees.stanford.edu/schoolofhumanitiesandsciences/chemistry/#text>
- [7] <http://exploreddegrees.stanford.edu/schoolofhumanitiesandsciences/chemistry/#bachelortext>
- [8] <http://handbook.fas.harvard.edu/book/bachelor-arts-and-bachelor-science-degrees#one>
- [9] <http://handbook.fas.harvard.edu/book/chemistry>
- [10] <http://chemistry.cornell.edu/undergrad/standard-major.cfm>
- [11] <http://chemistry.cornell.edu/undergrad/honors.cfm>
- [12] <http://chemistry.cornell.edu/undergrad/index.cfm>
- [13] <http://chemistry.cornell.edu/courses/advising-guide.cfm>
- [14] <http://bulletin.columbia.edu/columbia-college/departments-instruction/chemistry/#text>
- [15] <http://www.catalog.gatech.edu/programs/chemistry-general-bs/#requirementstext>
- [16] <http://www-chem.ucsd.edu/undergraduate/majors-minor/chemistry.html>
- [17] <http://www.ucsd.edu/catalog/courses/CHEM.html>
- [18] <http://www.chemistry.ucla.edu/undergraduate-courses>
- [19] <http://catalog.registrar.ucla.edu/uclacatalog2015-16-134.htm>
- [20] <https://my.sa.ucsb.edu/catalog/Current/CollegesDepartments/ls-intro/chem.aspx?DeptTab=Undergraduate>
- [21] <https://my.sa.ucsb.edu/catalog/Current/CollegesDepartments/ls-intro/chem.aspx?DeptTab=Courses>
- [22] <http://depts.washington.edu/chem/undergrad/degreeeqs.html>
- [23] <http://www.washington.edu/students/gencat/academic/chem.html>
- [24] <http://www.washington.edu/students/crscat/chem.html>
- [25] <https://www.chem.utk.edu/undergraduate/courses>
- [26] <https://www.chem.utk.edu/sites/default/files/pdf/page/Undergraduate%20Programs/ugrad%20ciriculum%20flyer.pdf>
- [27] http://sc.edu/study/colleges_schools/chemistry_and_biochemistry/docs/majors_pages/chemistry_acs_chemcklist2106.pdf
- [28] <http://guide.berkeley.edu/undergraduate/degree-programs/chemistry/#collegerequirementsbsdegreetext>
- [29] <http://bulletin.columbia.edu/columbia-college/requirements-degree-bachelor-arts/>
- [30] <http://guide.berkeley.edu/courses/math/>
- [31] <http://guide.berkeley.edu/courses/physics/>
- [32] <http://bulletin.brown.edu/the-college/concentrations/chem/>
- [33] http://www-chem.ucsd.edu/_files/CH25%20Chemistry%20CHEM%20Major%20Checklist.pdf
- [34] https://my.sa.ucsb.edu/catalog/Current/Documents/2015_Majors/LS/Chem/Chemistry-BS-2015.pdf
- [35] <http://bulletin.columbia.edu/columbia-college/departments-instruction/chemistry/>
- [36] <http://www.catalog.gatech.edu/courses-undergrad/chem/>
- [37] <http://handbook.fas.harvard.edu/book/program-general-education>