

新型能力框架下高等分析化学研究生课程的构建

干 宁* 栾 倩

(宁波大学材料科学与化学工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 课程是实现教育目标的主要载体。本研究根据材料化学类研究生的需要, 以“高等分析化学”课程为研究对象, 采用“教学研、立体化”的课程教学理念, 构建了“探究式”教学方法。在课堂教学中采用以问题导入为驱动、科研探究和知识传授为基础、第一课堂和第二课堂相结合的能力框架体系。通过几年的实践, 该体系日臻完善, 效果良好, 充分实现了教与学的完美统一, 为材料化学类研究生的科研能力培养打下良好基础, 有利于将当代研究生培养成为既掌握理论知识又具有实践能力的综合型人才。

关键词: 材料化学类研究生; 高等分析化学; 能力框架; 综合型人才

中图分类号: G643.2; O6

Construction of “Advanced Analytical Chemistry” Graduate Course under the Novel Ability Framework

GAN Ning* LUAN Qian

(College of Materials Science and Chemical Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang Province, P. R. China)

Abstract: Curriculum is one of the main carriers to achieve educational goals. According to the requirements of materials or chemistry majored graduates, we constructed a novel “ability framework system” using “advanced analytical chemistry” as the model. In the system, we used problem-based learning to introduce the teaching content, employed scientific inquiry and knowledge as the basis, and integrated the first class with the second class. After several years’ practice, the system showed good effects and achieved perfect unification of teaching and learning, which can build solid basis for graduate students in materials chemistry major. The study is helpful to cultivate the modern graduate students into comprehensive talents who can master theory knowledge and practical ability.

Key Words: Materials chemistry graduate; Advanced analytical chemistry; Ability framework; Integrated talents

1 引 言

1.1 高等分析化学课程简介

高等分析化学是材料化学类研究生的专业基础课, 它重点讲述研究材料物理化学性质(如光、电、热、磁等)时所采用的主要分析和表征方法。区别于本科中学习的仪器分析^[1], 该门课程更侧重于讲授近现代物理学、量子化学、电子信息学等在物质表征时使用的仪器分析方法和理论知识。根据检测原理和信号输出方式的特点, 现代分析方法可分为: 现代光学分析法、电化学分析法、现代色谱法

*通讯作者, Email: ganning@nbu.edu.cn

基金资助: 宁波大学2013年研究生重点课程建设项目(ZDKC2013002); 浙江省教育改革项目(JG2013043); 宁波大学2013年教研项目(E00334138000)

和现代能谱分析法四大类。高等分析化学是一门实践性很强的材料化学类研究生专业课程,几乎每一位材料、化学、化工,乃至生物医学、信息、电子等专业理工科研究生,都会在今后的科研工作中使用到本课程讲授的仪器和分析方法。

1.2 教学内容层次化

高等分析化学的教学内容既要做到充分全面、与时俱进,与最新的学科发展接轨,但也不能包罗万象,否则教学内容过多,将很难达到预期效果。我们对近5年来仪器分析领域在国内外杂志上发表的论文进行了统计,发现在研究型论文中,电化学分析占整个论文量的近80%,其中以新方法开拓、新材料研发和联用技术为多^[2];而在应用类的论文中,光谱与色谱的比重明显高于电化学,占到所有方法的70%以上。我们在对已毕业学生的回访中了解到,绝大多数企业和检测机构以光谱、色谱的需求为主,且工作中对于国家或国际标准检测方法需要全面掌握。因此我们在讲授内容上根据不同学生的科研定位以及社会对人才的实际需要,对课程内容进行了整合,并实现层次化。主要分为三个层次,第一层次:科研和社会实践中应用较为普遍的通用仪器分析方法,如紫外、荧光、红外光谱、原子吸收分光光度法、电化学分析法、气相色谱法、液相色谱法;第二层次:高精尖表征方法,主要是针对研究生深入研究材料物质分子晶体构象、显微结构和关键性物理化学指标的需求,特别是材料性能表征中必须掌握的分析方法,如核磁共振、质谱、电镜、原子力显微镜、X射线衍射等;第三层次:前沿仪器分析方法,目的是拓宽学生的国际视野,如生物芯片等。

2 授课方式改革

2.1 现有讲授方法分析

高等分析化学课程不仅是实践性学科,同样具有很强的理论性(涉及到如量子物理、电磁学和数学建模等知识)。如果照本宣科,教师在讲授时容易将授课内容变成仪器使用说明书,并且抽象的公式推导也会让课堂变得索然无味^[3]。此外大多数学校的教师在讲解该课程时都是从近代仪器分析教材和一些文献中整理出教学内容,再编写为讲义进行讲授,这给学生的学习和课程的开设带来很大程度的不便。其次,很多学校在教学过程中不开展相应的实验课,学生仅仅只是通过课堂的理解是远远不够的,必须从实践中才能彻底领悟^[4]。并且由于仪器分析方法发展中新仪器、新技术、新方法不断出现,在教学中,往往会出现教材内容越来越多、学时数不够、教师难讲、学生难学等日渐突出的矛盾^[5]。

近年来,我们通过对宁波大学材料化学专业硕士毕业生的回访发现,企业对科研人才的需求也发生了一定的变化,更加强调学生的实际应用能力和创新意识。目前的研究生教育大部分以培养学术型人才为主,可最终能以学术为终身职业的毕业生少之又少,绝大多数研究生走向了各行各业,而他们所接受的学术型教育无法与社会的实际需求相适应,这也是研究生就业难的原因之一。这些难题都对高等分析化学课程的教学内容、教学方法提出了迫切的改革要求。而研究生教育区别于本科教育的一个重要特征是:研究生需要以独立思考为主,教师讲授为辅^[6],所以根据这一需求我们提出了基于能力框架的探究式教学法。

2.2 课程改革思路

我们以培养学生学习能力为主要目标,在教学过程中把学生比作“顾客”,我们教师就是“服务者”。他们可以根据自身需要对教学内容进行选择,由此因人而异,实现个体化培养。每学期开学,我们教学团队会列出本学期要讲解的分析方法“菜单”,学生根据自己的专业特长选择其中感兴趣的教学内容(类似于点菜);并且让学生补充和自己课题相关但非通用的方法。我们根据统计数据,将大家普遍想掌握的内容作为课堂讲授核心内容;而对于个体化需求低且自学不易掌握的教学部分,会选择一些作为选讲内容,指定教学团队中一些专业的教师分班开展教学。对于一些学生的特殊要求,则让他们先自学,然后在答疑课上找教师进行单独讨论。而对于核心课程内容,我们除了理论课教学

外，还加入大量的实验课。这样将课堂教学与科研实践有机整合，最终让学生真正成为学习的主人。上述改革思路如图1所示。

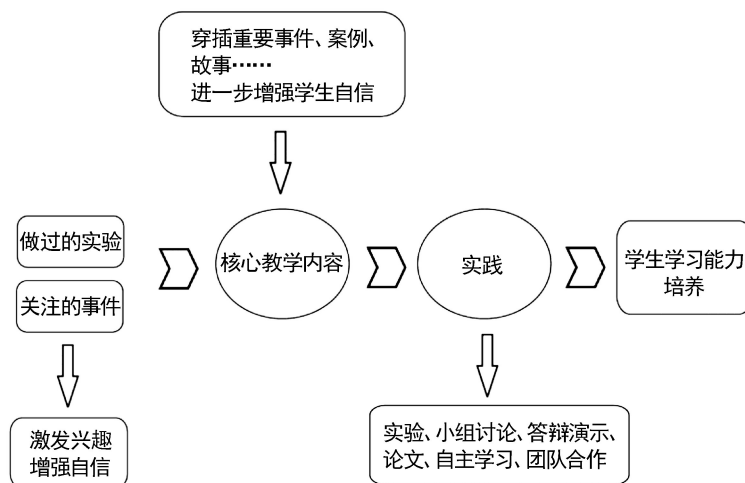


图1 高等分析化学课程改革思路

而在实践教学过程中，我们不是单纯地教学生操作某台仪器，而是将分析化学实验(如XRD物相分析实验、核磁共振表征实验)和生活中关注的分析化学事件(如毒牛奶中三聚氰胺事件、火腿肠中瘦肉精事件、有机磷农药快速检测)结合起来进行知识传授。这样一方面可以激发学生的研究兴趣，另一方面可以通过在核心教学内容的讲授上设疑、比对，并穿插重要事件、案例和故事等，进一步增强学生的兴趣和自信。同时在课程教学中，我们除了进行核心内容讲解外，还穿插小组讨论、PPT演示以及科技论文讲解等形式，来培养学生自主学习、团队协作的能力，从而达到培养和提高学生学习能力和综合素质的目的。为了进一步实现课堂教学与学生个人科研实践的有机结合，我们让学生对自己科研所用到的仪器进行讲解并拍摄成视频，作为仪器操作示范片，将积累的素材用于下一届学生教学。在学生观看视频的过程中，首先要去找出视频中出现的问題，接着教师做进一步的详细分析，并且提醒学生在实验中容易疏忽的问题。学生将来在进行实验时就可以吸取经验教训并且取长补短，避免走弯路。

2.3 构建“分层次一体化”的能力框架体系

我们对“分层次一体化”的能力框架体系进行了具体解析(图2)。

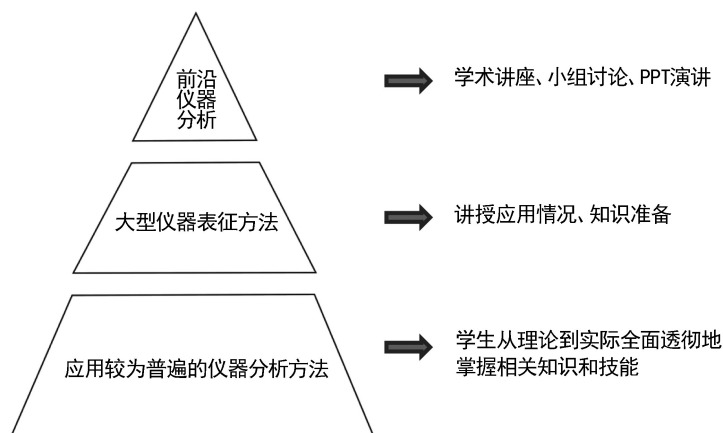


图2 高等分析化学课程教学中的能力框架示意图

第一层次：对于科研中应用较为普遍的实验方法，讲授时力求全面充分，从仪器原理、分析条件的选择、谱图分析、数据处理等方面对学生提出较全面的要求，并适当增加样品常见的前处理方法介绍。同时开设相应的实验，让学生从理论到实际全面透彻地掌握相关知识和操作。

第二层次：充分挖掘分散的科研实验室教学资源，集中起来为各位学生使用。对一些学生在科研中需要用到的大型分析仪器，不能只是简单介绍基本原理和应用情况，而是要让学生能够实际动手操作，增长实践经验，才能获得真正反映客观实际的谱图。然而在实际实施过程中却存在一些问题，大型仪器分散在各类实验室中，且大型设备大多贵重且需要专人保管使用，而研究生众多，不能每台仪器都亲自上机使用。针对该问题，我们采用了一个办法，即集中各个实验室的仪器资源为本课程服务，让学生对自己实验室中使用的大型仪器进行全程操作演示，并进行结构原理介绍，拍成录像后供所有学生观摩。而对于希望操作的学生，我们安排一个“仪器开放日”，学生可以自由选择实验室开展实验，充分实现了各实验室仪器开放共享、优势互补。每个研究生都将自己所擅长的仪器进行展示，“术业有专攻”，有利于取长补短，互通有无。由此实现了个性化教学的终极目标，对于培养学生的创新能力大有裨益。

第三层次：对于尖端的大型仪器以及体现最新科技前沿的仪器分析方法，我们则采用学术讲座的方式进行授课。在教学中，我们经常邀请校内外某个分析方向的专家给学生做学术前沿报告，同时鼓励一些学有余力的学生自行查阅文献，进行 seminar (小组)讨论和 PPT 演讲汇报，通过教师与学生的讨论来丰富学生的知识，实现授课内容与时俱进，并紧跟科技前沿。

总之，分层次、分阶段安排教学内容，可以有效地突出重点，统筹兼顾，达到培养学生实际科研应用能力和因材施教的目的。

2.4 构建“立体化”的课堂教学理念

立体化的教学理念就是基于该课程的特点和要求，充分利用各种教学手段尤其是现代教育技术(DV 摄像、PPT、网络等)与虚拟实验室联用，形成课内与课外、讲授与讨论、教授与自学的有机结合，一定程度上突破了教学课程和教学方式在时间和空间上的限制，实现以教师为主导的教学模式和以学生为主体的学习模式。这种教学体系的主要功能在于挖掘尽可能多的教学元素，多管齐下，促进教学水平和学生能力提高。具体方法如下。

(1) 每章节授课开始，采用问题驱动型(PBL)案例教学。分成两部分来进行引入，第一，最新科研成果导入。如在讲到科研中用的最多的生物传感器时，直接从血糖监测需要的血糖仪导入传感器的方法原理，这样可以使学生产生浓厚的学习兴趣，进而更能了解该方法在科研中的应用实例。第二，社会重大问题导入。如在讲授色谱分析中的分离原理时，以毒奶粉事件中三聚氰胺的检测难点作为案例，让学生在解决实际问题中提高对该方法的认识，从而深入学习相关的理论知识。

(2) 在学习过程中还采用了其他两种教学模式。第一，采用赛学结合模式，将学生分成小组，在实验过程中进行小组比拼“PK”，并且学生互评打分，这样可以使得学生之间既有竞争也有学习，促进相互进步；第二，情景体验教学模式，让学生自主扮演化妆品检验员，将课题带入情境中进行，由此激发学生兴趣，增进学生记忆。在这种新型教学体系下，学生的上课积极性和学习效果有了很大提高。

2.5 探究式教学方法的构建

首先，我们的教学内容密切联系最新科研成果和最新学科发展(如生物芯片)，不断更新教学内容，将最新科学研究成果引入教学之中。根据团队教师的科研领域进行模块化教学，在教学中鼓励学生就某一个具体问题深入展开讨论，启发新思维，由此形成较为完善的具有特色的探究式教学方法。探究式教学，即充分发挥各研究生的科研能力，让他们在课外运用所学开发新的仪器和分析方法，实现从“画匠到画家”的完美转型。

其次，我们充分挖掘第一课堂和第二课堂中的各种教学要素。此外，我们还让学生以组为单位，

开展一些实际检验项目，为企业开具真实的测试报告。通过这样的训练，绝大多数学生感觉个人的自主学习能力和团队协作能力得到提升，使命感和责任感也大大提升，为后续的研究生论文工作奠定了基础。

在实验教学和理论教学中，因地制宜采用不同的方法，并进行“立体化、多元化、个体化”教学，在不同教学环节中采用不同的教学手段(图3)。

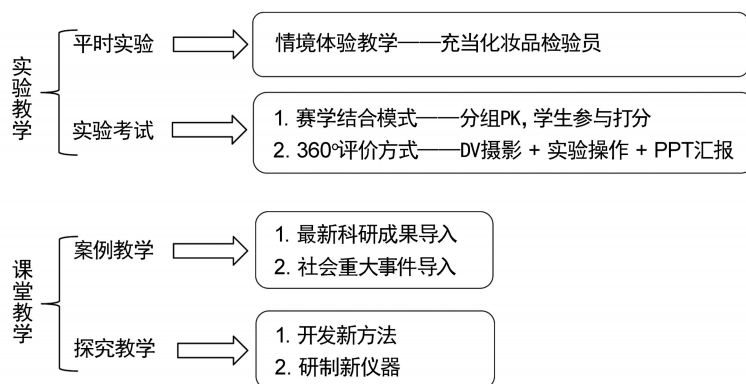


图3 “多元化、个体化”的教学模式

再次，对学生分析解决问题的能力 and 创新能力的培养是研究生教育中的重点^[7]，据此我们建设了灵活多样的仪器分析实验平台。将理论知识与实验实践有机结合，给学生提供更多动手解决实际问题的机会，如：让学生亲手综合多种分析方法用于宝石鉴定、在锌灰泥中提取ZnO、在个人课题中找出一些具体分析案例进行课堂讨论。之后，要求学生通过文献阅读、小组讨论、seminar汇报对自己课题中涉及的分析方法进行仪器操作，并拍成DV录像，最后全体教师和学生一起进行答辩。这样让学生提前感受毕业论文和毕业答辩的全过程。

最后，提出了“三点一线”(课堂—教学实验—科研实验)教学法。并在实验实践教学中将虚拟实验和现实有机结合，让学生熟悉仪器设备，减少实际实验训练的时间，降低由于错误操作造成的不必要的损失和浪费。进一步完善和优化实验教学体系，丰富和延伸理论教学，提高学生学习兴趣，开拓视野，有利于学生创新能力培养和综合素质全面提升。

2.6 探究式教学法的方法和措施

高等分析化学是一门实践性很强的课程，教学过程中一定要十分注重仪器实际应用的训练，这就要求在课堂理论教学的同时开设实验课。然而，仪器分析设备一般较为昂贵，往往由于经费、场地等因素的制约，要实现大量配置不太可能也不现实。为了解决仪器台套数不够、学生训练时间不足等现实问题，我们建成了虚拟实验室，开设了各类分析方法的仿真实验。而在教学过程中，结合传统实验手段和虚拟实验方式，能够进一步丰富实验内容和组织形式，是实验教学的一种创新和发展。虚拟实验教学可以充分调动学生的自主学习热情和创新意识，在实验项目的选择上给学生更多的自主性，为学生的个性发展创造了机会，为实验室全面开放创造了条件，是传统实验室的补充和丰富。虚拟实验室既可完成传统实验内容，也可作为学生实验前的预习和课后的分析检验，学生在实验中可以大胆地试验自己的设想而不必担心损坏仪器和设备，解决了一些大型和综合性实验仪器设备台套数少、无法实现大量配置的现实困难。

同时，虚拟实验室避免了实验室的重复建设，一方面可以让学生提前熟悉仪器设备，再进行实际操作，有利于将虚拟与现实实验有机结合；另一方面还可以完善和优化实验教学体系，丰富和延伸理论教学，提高学生学习兴趣、开拓视野，对学生创新能力培养和综合素质全面提升起到了积极的促进作用。

3 成绩评定——“360°”考核方式

为了从根本上让学生成为学习的主人,首先得让他们成为分数的主人,所以我们对课程的考核方式必须改革。把考核方式与学习过程结合起来,增大平时学习成绩评价的比重和综合素质的考查,调动学生的学习积极性,培养学生实际应用能力。

我们对课程考核方式进行了改革。除考试采用开卷考试外,在开学第一周就将文献查阅和分组任务布置给学生,要求学生以3-5人为一个小组,针对与课程相关的具体问题(如农药残留、重金属等)的相关检测技术查阅文献,并分组讨论,提交小论文。此外,我们还让学生自己参与打分,将总成绩分为个人成绩和组成绩,采用“赛学结合模式”,每个学生都有给自己打分的权利,而教师只是其中一份子,通过这种全面的评价方式提高学生的积极性,并且学生之间形成竞争关系从而达到了双赢。我们在实验考试中采用此模式,一方面增加了学生平时对与课程相关事件的敏感性,也锻炼了学生自主学习、团队协作和口头表达以及应用能力。最终在进行评分的时候,学生们都是各抒己见,每个人都把自己优秀的一面展现得淋漓尽致。这样的考试方法也使学生更多地关注平时学习的实际效果,增强了独立思考、解决问题的能力,避免了一考定终身的弊端,学生们的实践能力明显得到提升。

4 结 语

基于能力框架的高等分析化学研究生课程开展的探究式教学方法,以提高学生综合素养及实际解决问题的能力为宗旨,构建能力框架体系,全面提升了高等分析化学课程的授课效果,使之可以更好地帮助化学类研究生深入开展自己的课题,为将来的科研打下坚实的基础。且全方位的评价体系使学生意识到自己的长处与不足,从而可以发展优势、弥补缺点。将本文中提到的能力框架教学运用到高等分析化学的课程开设中,符合材料化学类研究生的学习需求。而几年的实践结果表明,学生的科研创新能力有了普遍的提高。

参 考 文 献

- [1] 严衍禄. 现代仪器分析. 第3版. 北京: 中国农业大学出版社, 2010.
- [2] 邹晓川, 王智武, 王贵凤, 夏 荣, 蒋傲雪, 李 燕, 谭 君. 化学教育, **2014**, 35 (18), 18.
- [3] 薛冰纯, 吴雅琴, 刘二保. 化学教育, **2015**, 36 (10), 22.
- [4] 朱仲良, 张元杰, 柴晓兰. “高等分析化学”研究生优质课程的建设//首届全国化学类专业研究生化学课程与教学研讨会暨“211、985”高校化学类专业研究生教育高层论坛论文集. 上海, 2009.
- [5] 柯从玉, 孙妮娟, 郑 莉, 张群正. 大学化学, **2012**, 27 (1), 34.
- [6] 刘贤伟, 马永红. 研究生培养教育, **2015**, No. 2, 10.