

## 以“学生为中心”的研究生波谱分析课程教学改革与实践

徐志斌\* 冯金生 温鸿亮 杜云云 王 烨

(北京理工大学化学与化工学院, 北京 100081)

**摘要:** 通过分析美国威斯康星大学-麦迪逊分校研究生波谱分析课程的教学理念、教学内容、教学方法和评价体系的特点,并结合自身的教学实际,提出我校的课程改革应在“以学生为中心”的教学理念指导下,优化教学内容,改革教学方法和评价体系,逐步建立基于“知识+能力+素养”的人才培养模式。经过两个学年的教学实践证明,以“学生为中心”的教学模式是提高教学效果的一个有效途径。

**关键词:** 波谱分析; 研究生教学; 学生为中心

**中图分类号:** G64; O6

## Reform and Practice of Curriculum of Spectroscopic Analysis for Postgraduates Based on the “Student-Centeredness” Teaching Mode

XU Zhi-Bin\* FENG Jin-Sheng WEN Hong-Liang DU Yun-Yun WANG Ye

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, P. R. China)

**Abstract:** The paper focuses on the characteristics of curriculum of spectroscopic analysis for postgraduates in University of Wisconsin-Madison, USA. On the basis of analysis, we reformed the teaching content, methods and assessment of the related course guided by the student-centeredness (SC) teaching mode at Beijing Institute of Technology (BIT). Two-year practice proved that it is an effective route to improve the teaching effect.

**Key Words:** Spectroscopic analysis; Postgraduate teaching; Student-centeredness

波谱分析是化学、化工、制药、材料及相关领域重要的有机化合物结构解析手段,因此波谱分析课程被作为化学化工类各专业本科生和研究生的一门重要基础课程。掌握波谱分析的基本理论、各种波谱与有机化合物结构之间的关系,并具有综合解析能力,是该课程的主要教学目标。但是波谱分析课程具有内容繁多、理论抽象等特点,一直是教师难教、学生难学的课程。目前国内高校对波谱分析课程的教学改革主要集中在本科生层次<sup>[1,2]</sup>,针对研究生波谱分析课程的教学改革则鲜有报道。为了寻求我校研究生波谱分析课程建设和改革的突破口和切入点,笔者在美国威斯康星大学-麦迪逊分校(UW-Madison)访学期间,全程旁听了该校化学系为全校化学类相关专业研究生开设的波谱分析课程(Structure Determination Using Spectroscopic Methods)。通过听课和交流,对UW-Madison“以学生为中心”的教学理念、与时俱进的教学内容、多元化的教学方法有了切身体会,也开阔了眼界和思路。

\*通讯作者, Email: zbxu@bit.edu.cn

基金资助: 北京理工大学学术型研究生精品课程建设项目(YJPKC-2015-A05)

## 1 UW-Madison 波谱分析课程的教学特点

### 1.1 “以学生为中心”的教育理念

“以学生发展为中心、以学生学习为中心和以学习效果为中心”的“新三中心”是美国大学普遍倡导的基本教育理念<sup>[9]</sup>。这一理念的提出和贯彻实施,不仅提高了学生的学习能力,促进了学生的发展,也改善了美国的高等教育质量,使其成为高等教育改革的一个成功范例。UW-Madison 作为一所世界知名高校,也积极把这一理念贯穿于本科生和研究生教学实践中,从课程内容设置、课堂教学方法和师生交流互动三个方面入手,着重培养学生的自主学习能力、思考能力和创新能力,并引导学生将所学内容与自身的实际研究工作紧密结合,逐步内化为自身的知识结构,从而增强了学生的社会适应能力和竞争力。

### 1.2 与时俱进的教学内容

针对选修本课程的化学化工类专业研究生科研和未来工作需求,授课教师将波谱综合解析能力,特别是核磁共振(一维和二维)图谱的解析能力作为课程的基本要求。为了及时引入现代波谱学发展的新技术和新成果,使教学内容不与学科发展脱节,课程并没有专用教材。为帮助学生理解一些基本概念,授课教师仅仅将一些经典书籍(如《Spectrometric Identification of Organic Compounds》等)作为参考教材。其余大部分教学内容则选自较近的期刊文献,甚至是授课教师自己的最新科研成果。同时,授课教师也会收集整理学生在习题及课堂讨论等教学环节提出的新问题、新方法和新思路,以便用于后期教学。波谱分析课程安排在春季和夏季两个学期内完成教学计划,总学时数相当于国内的 64 学时。春季学期主要讲解四大波谱的基础理论和一维核磁图谱的综合解析(约占三分之二);夏季学期则深入探讨二维核磁图谱的综合解析(约占三分之一)。每个学期内都安排有较多的习题课与专题讨论,有利于提高学生分析问题和解决问题的能力。

### 1.3 多元化的教学方法

波谱分析课程具有内容繁杂、图谱数据繁多等特点,各个章节之间的内容相对独立,学生难以融会贯通,仅靠传统单一的教学方法和手段难以达到预期的教学效果。因此 UW-Madison 教师在授课时,一般会根据教学内容和特点,采用板书与电脑 PPT 显示的同时,辅以模型讲解等多样化的教学方法。例如在教授影响化学位移的主要因素时,教师通过自制的动画解释屏蔽效应和去屏蔽效应,通过搭建分子模型展示空间效应。这些模型化手段加深了学生印象,帮助学生理解相关内容。为了促进学生主动学习和积极思考学习方式的建立,授课教师会在课程开始前通过学校统一的网络平台,将课程简介、教学大纲、课程安排、参考书目及考核方式等内容推送给学生。在教学过程中,除了教学课件和测试外,所有与课程相关的教学资源(包括每次课的具体内容、习题和作业)都提前发放给学生。这种方式使学生的课堂学习更加主动和有针对性,充分体现了“以学生学习为中心”的教育理念。令人印象最为深刻的是,每个选课的研究生都有一个可自己动手进行核磁实验的账号(由管理核磁仪器的教师单独进行培训并授权)。这样不仅使学生通过实际操作达到学以致用目的,而且还可以将自己在研究课题中遇到的一些结构解析问题及时与授课教师交流。在每周一次的习题课上,教学方式更加灵活多变。教师多通过小组讨论、启发式提问、鼓励分享等方式,引导学生积极参与和思考,从而更好地掌握前面所学内容。

### 1.4 科学的考核评价方式

对于授课教师来说,教师评价学生学习效果的主要手段是考试和平时测验。与国内不同的是,UW-Madison 的波谱分析课程除了每学期末的考试外,平均每两周会有一次专题测试。这种专题测试可以把学生对知识的掌握情况及时客观地反馈给教师,而教师也可据此调整教学,从而达到双赢的目的。当然,这种多层次考核方式的顺利实施与美国高校普遍采用的研究生助教制度有关。据课程负责人 Jeniffer 教授介绍,波谱分析课程的助教都是由学校雇佣,任课教师负责从基础扎实、图谱解析能力强,而且具有较好的交流和表达能力的低年级博士生中选聘而来。助教的主要职责是批改学生的习题作业和平时测验,并在习题课上帮助授课教师组织实施讨论。授课教师与助教每周会有一次讨论,

主要是围绕习题课教学内容、实施方案及注意事项进行，以便达成教学目的。同时助教也会向授课教师反馈学生作业和测试中的共性问题等，以帮助教师调整教学内容和进度。这样教师就能把主要精力放在教学内容的组织和教学方法的运用等方面。

## 2 对我校课程教学改革的借鉴意义

当前我国教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”旨在造就一批创新能力强、适应经济社会发展需要的各类高素质工程技术人才。知识、能力和素养是卓越工程师必须具备的三要素。其中知识是能力的基础，素养则促进知识和能力的发挥与扩展，三者相辅相成<sup>[9]</sup>。在北京理工大学研究生院的大力支持下，我们课程组吸取UW-Madison的先进经验并结合我校的实际情况，确立了“以学生为中心”的课程改革方向，优化教学内容，改革教学方法和评价体系，以达到“增知识、拓能力、升素质”，培养卓越工程师的目的。

### 2.1 优化教学内容

与UW-Madison一样，我校研究生波谱分析课程的教学目的也是提高和加强学生的波谱综合解析能力。但我们的课程具有学时数少(仅有32个学时)、学生基础差的特点，因此优化教学内容不能是简单地补充和增删<sup>[5]</sup>，而应以学生需求为前提，围绕“增知识、拓能力、升素质”合理安排。首先，课程组在编写《有机波谱》教材时，从教与学的角度出发，尽量减少物理概念、数学公式的推导和描述，着重增加与图谱解析相关的内容，以做到通俗易懂、循序渐进；结合多年为研究生授课及科研工作的积累和波谱技术的发展，增加了原位红外、飞行时间质谱等相关内容，力求反映新技术和新趋势(该教材已于2012年由国防工业出版社出版)。其次，在课程结构上，质谱、红外和综合解析分别安排6学时，而学生普遍反映较难，也是未来科研和工作中应用最多的核磁共振波谱则安排12学时；在教学内容上，则尽量将孤立的各章节内容通过对比、综合等方法联系起来，并在此基础上积极引导学生主动进行归纳总结，找出共性规律，使知识系统化、脉络化。特别是将核磁共振中的氢谱和碳谱相关基础知识综合起来，从化学结构入手，逐步引入化学位移、偶合常数、积分面积等参数。最后，将文献阅读引入教学，促进学生创新素质的提高。比如在二维核磁图谱的教学中，让学生阅读一些文献，不仅可以使学生了解二维图谱的解析技巧和应用范围，而且帮助他们将理论学习与实际应用结合起来。着眼于研究生未来的实际工作需要，我们引入了计算机辅助软件的教学内容，重点介绍了核磁数据处理及模拟软件MestReNova的功能和基本操作。通过课堂演示和实际操作，帮助学生掌握原始数据的处理方法，并学会通过图谱模拟，快速进行信号归属、结构解析。

### 2.2 多元化的教学方法

教学方法是实现教学目标、提高教学质量的具体实施环节，也是教学改革的重点之一。课程组根据教学内容选择适当的方法，充分调动学生的学习积极性和主动性，以提高教学效果。

针对波谱分析中一些基本概念比较抽象的特点，我们在实践中选取多媒体教学和模型演示相结合的直观教学法，激发学生的积极性。例如，授课教师特意从网上找到有关进动的实验录像和动画，帮助学生掌握原子核的进动及影响因素；在化学位移影响因素和自旋偶合的教学中，我们尝试了“翻转课堂”的教学方法，通过短小精悍的教学录像，重构了学生的学习流程，提升学生的自学能力；在介绍核磁仪器及测试样品制备时，教师则带领学生参观核磁共振实验室，并观看样品制备、测试、数据处理的全过程，通过比较，启发学生思考“什么样的图谱是合格的图谱”“为得到合格的图谱需要注意什么”等问题，不仅加深了学生印象，而且有利于学生今后的科研工作。四大光谱内容多，知识点相对独立，不利于学生记忆。因此在讲授新知识点的时候，我们注意通过对比教学引导学生主动探究，并帮助他们进行知识迁移。例如，在讲授核磁共振的产生原理时，将其与红外光谱的产生原理进行对比，不仅使学生明白两种图谱的异同，而且也使他们掌握了系统学习的方法。为了激发学生的学习热情，我们改变以往习题课教师讲授、学生听讲的传统，引入基于问题(problem-based learning)的研究式教学方法，充分调动学生的主动性和参与热情，使学生成为学习的主人。例如在综合图谱分析

习题课前,把习题内容提前发布给学生解析;上课时先让学生分组讨论并发表意见;最后由教师对学生讨论中出现的闪光点和问题进行归纳总结。这不仅有助于学生形成系统的知识框架,同时也培养了学生的总结能力和协作精神。

随着网络技术的发展与进步,出现了以互联网为依托的云课堂、慕课等新的教学形式,不仅使课堂教学得到延伸,也加速了信息交流,促使教学模式由灌输式向协作式转变,学生可利用的资源增加,进一步激发了其学习的积极性和主动性。为此我们在学校研究生院的支持下,启动了网络教学平台建设,以达到辅助教学的目的。利用网络不受时间和空间限制的优势,实现资源的共享和互动。通过课程网站上共享教学大纲、参考书目、教学进度安排、课件习题等资源,使学生有目的地预习和复习;通过QQ群进行课下讨论和答疑等,以“一对一”“一对多”甚至“多对多”的教学模式,更便捷地传递新知识。

### 2.3 完善考核体系

考试作为一种评价教学效果的重要手段,对整个教学活动有检测、反馈甚至指导的作用。但传统的“一考定终身”的评价体系容易带来学生为考试而学习的弊端,不利于培养学生灵活运用所学知识及解决实际问题的能力。我们希望借鉴UW-Madison的做法,逐步建立“形成性”评价机制,在整个教学过程中对学生进行考核和评价。在新的评价体系中,传统的期末考试成绩占比50%,平时成绩(课堂测验和讨论)占比20%,而研究报告则占比30%。由于精力和经费的限制,我们目前只是在每一章节结束后,增加了一次专题测试。因为及时客观地反映了学生对教学内容的掌握情况,对学生和教师双方都有促进作用,受到学生欢迎。我们要求学生在阅读相关文献后评价作者解析结构的思路,并提出自己的想法,从另一个侧面也反映出学生对所学知识的理解和应用能力。在基于问题的研究型习题课教学中,学生的讨论交流情况以及讲解结果的表达能力等也被纳入评价考核的范围。另外,我们鼓励学生对自己感兴趣的内容进行拓展和延伸。例如在核磁共振章节的学习中,教师提到了该技术在结构解析以外的应用,引起了部分学生的兴趣。教师因势利导,鼓励他们查阅文献并结合自身的研究工作撰写相关综述,取得了较好的学习效果。

## 3 结 语

“他山之石,可以攻玉”。我们在借鉴UW-Madison的教学改革中,也初步形成了一些自己的特点:如增加核磁处理软件的使用方法等教学内容,并紧密结合自身科研实践,将CL-20等经典含能材料引入结构解析实例;建立以课程网站为基础、QQ群和邮件为辅的互联网模式;引入了“翻转课堂”的教学方法等。实施“以学生为中心”的教学改革近两年来,得到了多数研究生的认同和欢迎,选修人数都超过了预定的60人规模。通过本课程的学习,多数学生不仅掌握了波谱的基本知识和结构解析方法,而且在数据处理、问题分析和团队协作等方面都得到了提升,为其后期的科研工作奠定了良好的基础。

近年来国内外各高校对波谱解析的教学内容和教学方法不断进行改革和更新,如何克服学生的畏难心理,使不同层次的学生发挥各自的潜能,达到最佳的学习效果,是“以学生为中心的”教学改革的终极目标,值得进一步研究和探索。

### 参 考 文 献

- [1] 杨 英,关 瑾,耿秀娟,封禄田,闵文全. 教育教学论坛, **2013**, 18, 171.
- [2] 关 瑾,阎 峰,陈永杰,张学军,耿秀娟,杨 英,石照信. 中国科教创新导刊, **2014**, No. 1, 150.
- [3] 赵炬明. 高等工程教育研究, **2016**, No. 3, 35.
- [4] 胡岳华,范晓慧,欧阳辰星,文 灿. 中国大学教育, **2013**, No. 6, 24.
- [5] 吕金城. 教育与职业, **2006**, No. 5, 88.