

在研究生课程的教学中注重国际视野的培养 ——以“有机结构分析”课程为例

袁耀锋*, 叶克印, 徐春发, 晏宏, 李远明

福州大学化学学院, 福州 350108

摘要: 研究生教育是高等教育的最高层次, 是衡量一个国家高等教育竞争力的关键标志, 是拔尖创新人才自主培养的主渠道。为了提高人才培养质量, 在“以学生为中心, 注重科学思维培养, 注重科研能力培养以及注重国际视野培养”的教学思想指导下, 针对有机结构分析课程教学过程中存在的难点问题, 从“教学理念的国际化、教学内容的国际化、教学团队的国际化、教学方法的国际化”等方面进行创新教学实践, 取得了一系列成果, 有效地提升了学生的科研水平, 对于创新型人才的培养起到了积极的推动作用。

关键词: 国际化视野; 有机结构分析; 学生为中心; 研究生教学

中图分类号: G64; O6

Fostering an International Perspective in Postgraduate Student Teaching: A Case Study of the Organic Structure Analysis Course

Yaofeng Yuan*, Keyin Ye, Chunfa Xu, Hong Yan, Yuanming Li

College of Chemistry, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China.

Abstract: Postgraduate education represents the pinnacle of higher education, and is a crucial benchmark for gauging a country's competitiveness in higher education, as well as being a primary conduit for the independent cultivation of elite innovative talents. To enhance the quality of talent development, the course "Organic Structure Analysis" has undergone innovative teaching reforms. These reforms are informed by a pedagogical ethos that is "student-centric, with a strong emphasis on nurturing scientific thought, research capabilities, and a broad international outlook. This approach has tackled the course's challenging aspects through the internationalization of teaching philosophies, content, teams, and methodologies. The outcomes have significantly elevated the students' scholarly calibre and have provided a robust impetus in fostering innovative talent.

Key Words: International perspective; Organic structure analysis; Student-centric; Postgraduate education

党的二十大报告指出, “我们要坚持教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动, 加快建设教育强国、科技强国、人才强国, 坚持为党育人、为国育才, 全面提高人才自主培养质量, 着力造就拔尖创新人才, 聚天下英才而用之。”习近平总书记关于教育的论述高屋建瓴, 为新时代高等教育尤其是研究生教育指明了发展方向。研究生教育作为衡量一个国家高等教育竞争力的标志, 肩负着高层次人才培养的重要使命, 是国家发展、社会进步的重要基石。改革开放以来, 我国研究生教育实现了历史性跨越, 培养了一大批优秀人才, 为党和国家事业的发展作出了突出贡献。但进入21

收稿: 2024-02-06; 录用: 2024-03-04; 网络发表: 2024-03-12

*通讯作者, Email: yaofeng_yuan@fzu.edu.cn

基金资助: 教育部2022年度基础学科拔尖计划2.0研究课题(20222114); 福州大学研究生教育教学改革精品课程建设项目(0480-00489503)

世纪,面对各方面的竞争及复杂多变的世界环境,我国的科技发展遇到了一系列卡脖子的难题,在新形势下也暴露出我国研究生教育存在一些问题,例如研究生教育有数量,规模世界第一,但质量难以满足时代的需求;培养的研究生缺乏国际化竞争力;研究生课程设置不能满足创新人才培养需要等^[1]。具体到研究生课程教学方面存在以下问题:

(1) 课程内容陈旧,脱离科研实际;

(2) 研究生由于长期的应试教育,动手能力不强、缺乏科学思维、批判性思维和国际化视野的训练,难以直面科研问题,不适合做学术研究;

(3) 尤其是地方高校的研究生,水平参差不齐,实验训练严重不足,没有看过英文原版书籍和英文文献,本科毕业论文和科研训练走过场等,使其与从事科研的要求相差甚远。

以上问题的存在导致大多数研究生科研兴趣不大、创新意识淡漠,创新能力培养无从谈起。为此在这里作者以“有机结构分析”课程为例,介绍我们多年来坚持以“以学生为中心,注重科学思维培养、注重科研能力培养及注重国际视野培养”的“一中心三注重”为特色的福州大学有机专业研究生课改方案。多年来我们始终采取教学理念的国际化、教学内容的国际化、教学团队的国际化、教学方法(式)的国际化等一系列教研教改举措,目的是让对有机化学专业有兴趣的研究生,打好基础,提高核心竞争力,以培养具有国际视野的化学创新人才。

1 教学理念的国际化

欧美国家“以学生为中心(student-centered,简称SC)”的教育理念,是指“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”教育理念^[2,3]。该理念与传统的“以教师为中心,以教材建设为中心,以课堂为中心”的“老三中心”完全不同,这一理念强化了结果导向,不仅有利于学生的全面发展,提高学生的创新能力,而且也改善了欧美发达国家大学的教育质量,使其成为国际上高教改革的一个成功案例^[3]。因此我们借鉴这一理念,将其贯穿于研究生教学全过程,从教材的选择、授课内容的优化、教学方法的改进和课上(下)师生交流互动四个方面入手,着重培养学生的深度思考能力、科研能力和自主学习能力,开阔学生的国际视野,要求学生理论联系研究工作实际,从而增强了学生的核心竞争力。

2 教学内容的国际化

2.1 精选中英文参考教材

选择好的教材及参考书是提高研究生教学质量的关键^[4]。根据“有机结构分析”涉及多门学科互相交叉综合、理论深刻、内容丰富、实践性强及国内外参考教材众多等特点,2006年开始我们选用中国科学技术大学薛松教授主编的《有机结构分析》^[5]及清华大学宁永成教授编著的《有机化合物结构鉴定与有机波谱学》^[6]作为中文教材。这两本教材作者都有在欧美的留学科研经历,专业基础深厚,他们融合了国内外很多教材的优点,结合国内研究生培养的实际情况,突出核磁共振及质谱的综合解析,条理清楚、主题明确、题材新颖、习题及相关内容很有代表性,很受国内化学工作者的欢迎,多年来我们使用的效果很好。同时我们还选用美国名校使用的Silverstein, R. M.; Webster, F. X.和Kiemle, D. J.编著的《Spectrometric Identification of Organic Compounds》^[7]和欧洲名校使用的Williams, D. H.和Fleming, I.编著的《Spectroscopic Methods in Organic Chemistry》^[8]作为英文教材,这两本英文教材都有中文翻译本^[9,10]。这样让学生不仅了解了国外先进教材的相关内容,学习了有机波谱分析的专业知识,而且也学习了专业英语,开阔了国际视野。

2.2 充分利用国外的英文网络资源

有机结构分析课程只有36学时,但该课程内容很多,解决这一矛盾的唯一办法就是充分利用网络资源。我们给研究生推荐国内外有机波谱分析的网站,让学生有时间及时查看自己感兴趣的信息等,真正做到课堂时间有限、知识无限、资源无限和学习无限。例如给学生介绍的一个免费波谱图

检索网站Chemistry Web Book^[11]可通过分子式检索、化学名检索、CAS登录号检索等方法, 查询化合物的红外光谱(Infrared Spectroscopy, 简称IR)、质谱(Mass Spectroscopy, 简称MS)、紫外-可见光谱(Ultraviolet-visible Absorption Spectra 简称UV)图谱, 另一个值得推荐的是日本先进工业科学技术研究所创办的Spectral Database for Organic Compounds (SDBS)数据库^[12], SDBS包含电子轰击源质谱(EI-MS)、傅立叶红外光谱(FT-IR)、核磁共振氢谱(¹H-NMR)、核磁共振碳谱(¹³C-NMR)、拉曼光谱(Laser Raman)等谱图, 这些数据库提供了化合物的标准图谱, 可以强化学生对谱图特征的感性和理性认识。此外, 还有许多介绍波谱知识的网站, 如哈佛大学弗吉尼亚研究所的网站^[13]以文字方式提供了IR、NMR、MS、UV数据; 由Thermo Fisher Scientific研究所整理并维护的网站^[14], 提供了大量的FT-IR、Laser Raman信息; 由北美各大高校、研究机构共同维护的网站^[15], 提供了大量的MS信息; 美国加州Scripps质谱中心网站^[16], 提供了质谱的历史、基础理论、质谱前沿以及最新质谱的研究进展, 供有兴趣的学生查阅学习; 德国科隆大学开发和维护的网站^[17], 提供了大量有机物的NMR信息; 由美国独立生物技术信息中心和美国国家生物医学核磁共振设施共同维护的网站^[18], 侧重于收集、存储生物大分子(如核酸、蛋白质)的核磁共振数据, 对生物医学研究起到了重要作用; 由美国PerkinElmer公司开发的ChemDraw软件和西班牙Mestrelab Research公司开发的MestReNova软件均可以对有机物的氢谱和碳谱进行预测^[19], 但后者不仅可预测化合物氢谱、碳谱、异核单量子关系谱(HSQC)及杂核谱, 还可综合考虑化合物的立体构型对其核磁信号的影响, 使得预测结果更为准确。

2.3 Nobel 奖与波谱分析的不解之缘^[20-24]

有机结构分析是仪器分析、物理学、有机化学等多学科相互交叉、相互渗透的专业课程, 是培养学生创新能力和国际化视野的重要途径, 因此介绍结构分析与Nobel奖的密切关系, 有利于提高学生学习的兴趣和国际视野。100多年来诺贝尔奖的获奖成果与结构分析的密切关系, 证明了结构分析在化学、生物研究等领域内所发挥的巨大作用, 同时红外及核磁共振的广泛应用也是量子力学从基础研究到实际应用的典型案例。例如我们曾经以“核磁共振与诺贝尔奖”做专题, 详细介绍了核磁共振已经成为一门具有坚实理论基础的综合性学科, 已被广泛应用于农业、化工、生物技术和医疗等诸多领域。在核磁共振研究领域作出杰出贡献的一大批科学家相继获得了Nobel奖^[4,20-24], 其中包括1943、1944和1952年的Nobel物理学奖, 1991年和2002年的Nobel化学奖以及2003年的Nobel医学奖, 详见表1。1943年Nobel物理学奖授予物理学家斯特恩(O. Stern, 1888-1969), 以表彰他发现了质子的磁矩。1944年的Nobel物理学奖授予哥伦比亚大学的拉比(I. I. Rabi, 1898-1988), 以表彰他用共振方法纪录原子核磁特性。拉比的最大功绩是发展了斯特恩的分子束法, 并用之于磁共振。分子束磁共振在研究原子和原子核特性方面有独特的功能, 后来形成了一系列的物理学分支。1952年Nobel物理学奖授予斯坦福大学的布洛赫(F. Bloch, 1905-1983)和哈佛大学的珀塞尔(E. Purcell, 1912-1997), 以表彰他们发现了核磁精密测量的新方法等^[20-24]。

表1 与NMR相关的诺贝尔奖^[20-24]

时间	诺贝尔奖项	获奖人	获奖原因
1943年	物理学奖	斯特恩(O. Stern)	发展分子束方法上所作的贡献和发现了质子的磁矩
1944年	物理学奖	拉比(I. I. Rabi)	用共振方法记录原子核磁特性, 发展了磁共振方法观察原子核性质
1952年	物理学奖	珀塞尔(E. Purcell) 布洛赫(F. Bloch)	发现宏观核磁共振现象
1991年	化学奖	恩斯特(R. R. Ernst)	创立脉冲傅里叶变换核磁共振(FT-NMR)及发展二维核磁共振(2DNMR)
2002年	化学奖	维特里希(K. Wüthrich)	多维NMR技术在测定溶液中蛋白质结构的三维构象方面的开创性研究
2003年	生理医学奖	劳特布尔(P. C. Lauterbur) 曼斯菲尔德(P. Mansfield)	在磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)技术领域的突破性成就, 为医学磁共振成像临床诊断奠定基础

3 教学团队的国际化

尽管过去福州大学给化学专业研究生开设了与有机结构分析相关的课程，但由于主讲老师缺乏有机合成的科研背景和国内外学术交流的经历，缺乏使用核磁共振及质谱等大型仪器的经验，使得该课程的专业性、国际视野等无法体现出来，难以满足培养创新人才的需求。因此作者从2006年开始就给化学专业研究生主讲有机结构分析，为化学专业学生的科研、出国留学等打下了很好的基础，受到学生的广泛好评。目前该课程教学团队有5人，主讲教师都长期站在教学科研第一线，先后主持完成了多项国家自然科学基金等，都有国外的博士(后)研究经历，能够熟练运用核磁、质谱等大型仪器解决科研中遇到的各种问题。其中主讲核磁共振氢谱和碳谱的课程负责人先后在西班牙萨拉戈萨大学(Zaragoza)、以色列魏茨曼研究院(WIS)、比利时鲁汶大学(KU Leuven)做博士后、在美国纽约城市大学做访问教授，在国外有近8年多的科研经历。主讲2DNMR的原理及应用的叶克印教授是福州大学2019年从美国引进的闽江学者特聘教授，其2014–2017年在德国明斯特大学(Universität Münster)做博士后、2017–2019年在美国康奈尔大学(Cornell University)做博士后研究，目前是教育部青年长江学者特聘教授。主讲红外的李远明教授是福州大学2021年从日本引进的闽江学者特聘教授，他2017年在德国明斯特大学获得有机化学博士，随后获得日本学术振兴会(Japan Society for the Promotion of Science, 简称JSPS)特别研究员项目资助，在日本名古屋大学做博士后研究，在国外有近8年的留学经历。主讲紫外-可见光谱的徐春发教授是福州大学2021年从德国引进的闽江学者特聘教授，他先后在德国的马普分子生理学研究所做博士后，在德国亥姆霍兹感染中心做高级科学家，在德国有近5年的留学经历。主讲质谱的晏宏教授先后在南非开普敦大学及德国明斯特大学做交换研究生。这样的教学团队保证了在教学内容、教学方法及教学理念与国外高校的完全对接。

4 教学方法的国际化

4.1 中、英文相结合的双语式教学^[25]

《有机结构分析》是化学专业研究生一年级的学位课程，授课对象是研究生新生，英语基础较好，但其大多数在本科阶段缺乏专业英语的学习^[4]，因此我们授课教师的PPT课件用英文、讲课用中文，这样表达清楚，有利于学生理解所学内容，参考辅助教材选用欧美名校使用的英文教材、参考资料尽可能是英文文献，以便学生在学习有机结构分析的同时，阅读英文原版教材，接触地道的英文表述，既学了专业知识，又学好了专业英语，这对培养学生的科研综合能力至关重要。

4.2 邀请波谱学专家做讲座

2016年至今我们多次邀请核磁共振专家蒙昔博士来福州大学给研究生主讲2DNMR。蒙昔博士目前在中国科学院福建物质结构研究所分析测试中心核磁共振室担任主任和高级工程师，先后在美国加州大学欧文分校获得物理化学博士，在美国加州大学伯克利分校化学系做博士后，其博士与博士后期间的研究课题都聚焦于核磁共振脉冲新技术的研发与应用。曾在瓦里安和安捷伦科研仪器事业部担任核磁共振应用技术主管，对核磁共振原理、仪器结构及应用有较深入的了解。由于二维核磁共振波谱学是七十年代中期出现的核磁共振领域中的最新技术之一，它使核磁共振信号成为两个频率变量的函数，由平面图变为立体图，从而使核磁共振谱图变得直观、简单及便于解析，因此二维核磁共振波谱学在有机化合物结构鉴定中起着极其重要的作用。蒙昔博士结合其多年的科研实例，详细讲解了二维核磁共振的原理、仪器结构及在有机化学研究中的应用，报告很受欢迎，受到了师生的好评。

4.3 积极开展现场教学

针对有机结构分析中一些基本概念涉及量子力学，抽象难懂的情况，我们利用一些视频录像和现场教学相结合的方法，同时开放学校(院)各种科研平台，让研究生直面各种大型仪器，了解国内外大型仪器研发的差距，了解大型仪器研发的历史及研发公司的背景，各种大型仪器的性能差异等。例如，让研究生从网上找到有关Larmor进动的视频录像，帮助其掌握原子核的Larmor进动及量子力

学规律：在介绍NMR核磁仪器时，要求研究生提前在师兄(姐)去测核磁共振时，帮忙准备样品，参与核磁仪器的锁场调试、数据录用和数据的软件处理等整个过程，通过对核磁的测试观察，要求学生了解“核磁共振波谱仪的硬件结构和配置是什么？”“测试注意事项有哪些？核磁样品如何准备？核磁仪器如何操作？”“核磁谱图的处理、编辑及打印如何完成？”等问题。另外我们学校(院)测试中心有德国Bruker AVANCE NEO核磁共振(NMR)波谱仪和日本电子公司JEOL JNM-ECZR核磁共振谱仪两种，尤其是布鲁克产品Bruker AVANCE NEO核磁共振(NMR)波谱仪有300、500和600MHz超导磁体核磁共振谱仪，让学生从外观上、内部构造、维护管理及测试注意事项等方面详细了解这些仪器的差异，扩大学生的知识面，增加学生的感性认识，同时多些理性思考，有助于学生今后独立的开展科研工作。

4.4 通过综合解析，引导学生主动探索

有机结构分析所包含的四大光谱内容太多，一年级研究生用得少，短时间内难以完全掌握，因此我们在最后几次课进行综合解析训练，按照一人一题的做法，要求研究生新生结合导师组里的科研项目，选择波谱分析在异构体鉴别、反应过程跟踪、机理研究等应用案例，理论联系实际，查找相应的SCI(科学引文索引，Science Citation Index的简称SCI)论文，制作PPT，让学生在课堂讲解，老师和学生讨论提问，最后老师对相关问题和亮点予以总结。例如有研究生对2017年加拿大魁北克大学Steven R. LaPlante教授在*Bioorg. Med. Chem. Lett*发表的题为“NMR strategies to support medicinal chemistry workflows for primary structure determination”^[26]的文章进行了详细讲解，讨论了各种NMR技术在有机化合物结构解析中的应用范围，包括区分各种异构体。另外一名研究生对1986年比利时Pasteels, J. M.教授发表在*Science*上的论文“A Toxic Dipeptide from the Defense Glands of the Colorado Beetle”^[27]中所涉及的甲虫分泌物有毒二肽的谱图解析进行了讲解。科罗拉多甲虫是一种马铃薯植物害虫，在化学上能很好地抵御捕食者，甲虫产生分泌物以免受掠食者的侵害。该文章通过光谱法和化学降解法将分泌物的单一主要化合物鉴定为 γ -L-谷酰基-L-2-氨基-3(Z), 5-己二烯酸。这不仅有助于学生系统地掌握四大光谱的原理，而且也培养了学生的文献检索能力、综合能力、表达能力和协作精神。

5 结语

以上是我们自2006年至今十几年来如何将国际视野培养贯穿于“有机结构分析”教学全过程的经验介绍。鉴于“有机结构分析”是化学专业研究生非常重要的专业学位课，学生做合成化学实验时随时都要用到所学的波谱学知识，因此多年来我们对有机化学专业毕业的研究生进行了跟踪调查。他们一致认为所学的“有机结构分析”内容完全能满足科研及毕业论文要求，帮助其取得好的科研成果，为其以后从事科研与研发打下了坚实的基础^[4]。近几年福州大学有机专业的研究生毕业后，有3/4继续从事与合成化学相关的工作，有1/4的硕士生继续读博，获得研究生优秀毕业论文的比例居于福州大学化学专业领先水平。例如培养的有机专业研究生在国际权威期刊*Nature*和*Science*上发表了高水平科研论文，多名研究生荣获国家奖学金、省级研究生优秀毕业论文、福州大学优秀毕业生等荣誉；毕业生进入Harvard大学等全球知名高校继续深造及做博士后研究。总之，对“有机结构分析”课程通过采取以上系列改革措施，增强了学生的科研能力，开阔了研究生的国际化视野，近十年来学生对该课程的教学满意度都在98%以上，教学实践取得了预期效果。到目前为止，近十年我们主持完成和在研的国家级及省部级教研(改)项目5项、国家级科研项目20项、发表学术论文约150篇，教研教改论文约40篇^[4,25,28]。今后我们还将持续努力、与时俱进、继续进行教研探索，使“有机结构分析”课程与国际接轨，进一步地加强研究生国际视野的培养，提高学生的创新能力。

致谢：感谢研究生袁帅、张雅惠同学查阅文献、补充数据及相关内容的讨论。

参 考 文 献

- [1] 蓝文婷, 罗建平. 研究生教育研究, **2022**, No. 2, 72.
- [2] 赵炬明, 筱卉. 中国高教研究, **2017**, No. 8, 36.
- [3] 徐志斌, 冯金生, 温鸿亮, 杜云云, 王焯. 大学化学, **2017**, *32* (4), 17.
- [4] 袁耀锋, 王文峰. 高等理科教育, **2017**, *2* (4), 74.
- [5] 薛松. 有机结构分析. 修订版. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2012: 1–387.
- [6] 宁永成. 有机化合物结构鉴定与有机波谱学. 第2版. 北京: 科学出版社, 2000: 1–503.
- [7] Silverstein, R. M.; Webster, F. X.; Kiemle, D. J. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 7th ed.; John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 2005; pp. 1–502.
- [8] Williams, D. H.; Fleming, I. *Spectroscopic Methods in Organic Chemistry*, 5th ed.; The McGraw-Hill: London, UK, 1995; pp. 1–329.
- [9] Silverstein, R. M.; Webster, F. X.; Kiemle, D. J. 有机化合物的波谱解析. 药明康德新药开发有限公司译. 秦川校对. 上海: 华东理工大学出版社, 2007: 1–652.
- [10] Williams, D. H.; Fleming, I. 有机化学中的光谱方法. 王剑波, 施卫峰 译. 北京: 北京大学出版社, 2001: 1–285.
- [11] Chemistry Web Book. [2024-03-11]. <http://webbook.nist.gov>
- [12] Spectral Database for Organic Compounds. [2024-03-11]. https://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi
- [13] Organic Compounds Database. [2024-03-11]. <https://www.colby.edu/chemistry/cmp/cmp.html>
- [14] Spectra Online, Galactic. [2024-03-11]. <http://www.ftirsearch.com>
- [15] MoNA - MassBank of North America. [2024-03-11]. <https://mona.fiehnlab.ucdavis.edu>
- [16] Scripps Center for Metabolomics. [2024-03-11]. <https://masspec.scripps.edu>
- [17] nmrshiftdb2—open nmr database on the web. [2024-03-11]. <https://nmrshiftdb.nmr.uni-koeln.de>
- [18] BMRB—Biological Magnetic Resonance Bank. [2024-03-11]. <http://www.bmrwisc.edu>
- [19] 王立波, 甘春丽, 蔺聪聪, 黄健, 王金辉. 化学教育(中英文), **2020**, *41*(4): 88.
- [20] 核磁共振与诺贝尔奖的不解之缘. [2024-03-11]. <https://kepu.nimte.ac.cn/view-6017.html>
- [21] 历年诺贝尔物理学奖成果. [2024-03-11]. <http://www.docin.com>
- [22] 历届诺贝尔物理学奖. [2024-03-11]. <http://www.doc88.com>
- [23] 张田勤. 知识就是力量, **2006**, No. 12, 14.
- [24] 傅杰青. 自然杂志, **2003**, No. 6, 357.
- [25] 袁耀锋, 王宝绪, 黄良森, 成佳佳. 大学化学, **2022**, *37* (3), 2105010.
- [26] Oguadinma, P.; Bilodeau, F.; LaPlante, S. R. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2017**, *27*, 242.
- [27] Daloz, D.; Braekman, J. C.; Pasteels, J. M. *Science* **1986**, *233* (4760), 221.
- [28] 叶克印, 张香归, 袁耀锋. 大学化学, **2021**, *36* (9), 2106023.