

· 专论 ·

# 漫谈分析化学教学改革与课程建设

俞汝勤\*

(湖南大学化学化工学院 湖南长沙 410082)

## 1 关于分析化学的基础学科定位

分析化学界常用“分析科学”一词作为“分析化学”的同义语,这反映分析化学涉及广泛的多学科协同发展,但这并不改变分析化学是化学一级学科下的学科分支这一基本学科定位。分析化学的学科定位首先是由其研究对象所决定的。不论分析化学使用化学的、物理学的、生物学的或其他学科的原理与方法,其研究对象始终是物质的化学成分与结构,都是为了完成相关的化学定性、定量及结构分析。

美国《分析化学》杂志主编写道:“一个好的分析化学家必须首先是一个好的化学家”。他列举了许多分析化学为解决与化学相关的复杂课题的实例,如: MALDIMS 等新型质谱方法用于生物高聚物的表征;激光诱导荧光光谱用于单分子与单元化学反应的观察;近红外光谱与化学计量学结合用于复杂体系的成分分析; Raman 光谱用于催化剂与表面化学研究; HPLC 用于药代动力学研究; ICPMS 用于环境化学研究;自组装化学修饰电极用于电子传导动力学研究等。

分析化学在化学学科中地位的提高,取决于分析化学家在解决许多化学基础问题方面所作出的贡献。

分析化学在社会发展中具有重要作用。西方世界经济总量很大的份额依赖于分析检测,20%的欧洲化学家从事分析化学工作,欧盟每年产生 30 亿 ~ 50 亿份分析数据。

有人对分析化学作为独立的化学学科分支的地位提出质疑,认为分析化学缺乏严谨的基础理论体系,有人甚至认为化学教学大纲没有必要把分析化学独立出来。这种论点是没有依据的。实际上,分析化学作为化学的重要二级学科分支,具有十分严谨的基础理论体系。分析化学的基础理论由 3 个层次组成,第一层次的基础理论是分析化学作为化学的二级学科,与化学其他各二级学科共有的基础理论,包括理论化学、化学热力学、化学动力学、光化学、电化学、晶体化学等;第二层次的基础理论是分析化学作为二级学科独有的区别于化学其他各二级学科的基础理论,如分析信息理论、分析采样理论、分析检测理论、分析校正理论、分析误差理论等;第三层次的基础理论是分析化学下属各分支领域的基础理论,如色谱学理论、Raman 光谱

\* 本文是俞汝勤院士在全国分析化学学科人才培养与教学建设战略研讨会上的大会发言,由会务组根据录音及 PPT 资料整理。

学理论、穆斯堡尔谱学理论等。

## 2 国际上分析化学教学改革的一些动向

### 2.1 分析化学基本知识结构与课程设置

(1) 欧洲化学会联合会 (FECS) 分析化学委员会 (WPAC) 推荐的《欧洲分析化学教学大纲》(Eurocurriculum for Analytical Chemistry) 具有代表性。因为欧洲版图里有很多国家, 若各自为政自搞一套, 学生在一个国家毕业, 跑到另一个国家将衔接不上, 所以欧洲需要有一个大家比较公认的大纲。

WPAC 推荐的欧洲分析化学本科教学大纲分四大块:

- ① 总论;
- ② 化学分析法;
- ③ 物理分析法;
- ④ 计算机分析化学 (化学计量学为其主体内容)。

WPAC 出版了一本书。出这么厚的一本书美国人是不太赞成用的, 美国人评论说: “你搞这么厚一本书, 1000 多页, 3 公斤, 学生拿到实验室能拿的动吗?” 我有这本书的第一版, 也有 2 公斤左右重。

(2) WPAC 提出了分析化学研究生教育的核心内容, 称这个核心内容为分析化学的“四大支柱”。包括:

- ① 色谱学 (Chromatography);
- ② 波谱学 (Spectroscopy);
- ③ 传感器 (Sensors);
- ④ 化学计量学 (Chemometrics), 其中包括计算机分析化学。

可能这四大支柱的基础理论应列为第二层次的分析化学二级学科共有的基础理论, 这是所有学分析化学的人都必须要掌握的。

### 2.2 分析化学教学改革的一些动向

(1) 美国国家自然科学基金委关注分析化学教学改革。

美国国家自然科学基金委以火星探测为例看现代分析化学的面貌与过去比已发生重大变化。分析化学已经发展到这个水平, 但是教学是不是要改革? 美国国家自然科学基金委用了“Shaping the Future”这个词, 即规划我们的未来, 从规划未来技术力量的高度来推动分析化学教学改革。美国国家自然科学基金委关于分析科学课程发展的报告被看成是变革的唤醒提示, 由美国国家自然科学基金委提出的这样一种观点对分析化学学科是一个很大的推动。

(2) 分析化学教学需要重大的变革改进。

国际产业界认为分析化学毕业生欠缺与其他专业人员的交流或以团队方式工作的能力, 而且特别是缺乏解决各种实际问题的能力。总的情况是, 学生在学校接受的训练与产业界的要求之间有较大差距。因此, 分析化学课程与实验教学改革势在必行。

(3) 瑞士化学会提出改进分析化学教育关系到国家经济竞争能力。

瑞士化学会分析委员会提出了很多精辟的论点, 认为改进分析化学教育关系到国家经济的竞争能力; 认为分析科学应成为所有自然科学教学大纲的重要组成部分; 不但化学学科的学生要学习分析化学, 所有学习自然科学的学生都要学习分析化学课程; 建议瑞士国家基金委资

助这项研究以提高教学水平。这使我很感慨。像瑞士这样一个不大的国家如此重视分析化学,可我们却有人认为学习化学的人没有必要单独去学分析化学。瑞士的经济竞争力是很不错的,它的钟表质量控制是一流的。瑞士的钟表产量低于中国制造的钟表,但是它们的产值却高于中国钟表的总产值。另外,如果你到超市去说要买最好的巧克力,推荐给你的一定是瑞士产的,因为瑞士的质量控制非常严格。由此反过来看我们的状态,我们的分析化学教学是不是也会关系到我们国家的经济竞争能力呢?

(4) “中国制造”玩具含有 GHB 成为美国 AC 期刊的今年首期重要新闻。

美国《分析化学》是大家特别看重的一本杂志。在今年第一期中有一则消息:一对父母把一个小孩送进医院,小孩呕吐失去知觉,医生分析他的尿,发现里面含有 GHB,这本是摇头丸的一种成分。这个小孩怎么会吃这种东西?后来发现小孩的呕吐物中有玩具的颗粒,经 GC-MS 分析,确认是玩具材料中的一种成分代谢成了 GHB,引起中毒。很不幸,这个玩具是从中国出口的。这篇文章只在这么一个地方提到了中国,但是作为中国人的读者看起来不太舒服。如今的竞争、商战就跟打仗一样。我们的质量控制要“知己”,知道我们的产品怎么样,现在人家把这个事情研究得这么透彻,这是人家在“知彼”,了解我们。孙子兵法说:“知彼知己,百战不殆;不知彼而知己,一胜一负;不知彼不知己,每战必殆。”我们还没来得及“知彼”,连自己的事也没弄清楚,最后只好承认这个事情没搞好。所以分析化学是非常重要的。

(5) 英国皇家化学会倡导将分析化学作为解决实际问题的科学进行教授。

英国皇家化学会制定了分析测试的质量要求规范,但是存在一个问题。Woodget 认为对 50% 有关英国大学的调研结果认定学生缺乏产业界要求的许多技能。Woodget 建议将分析化学作为解决实际问题的学科来教授,在实验教学中引入决策的内容。例如,让学生分组进行案例研究,在被污染的港湾进行采样并作分析。这里,Woodget 认为关键困难是如何使这种案例研究能在英国的任何一所大学都可实行。

(6) 比利时分析化学教师强调以实际问题为基础的学习。

比利时 Ghent 大学 Baeyens 认为:教师应是“coach”,(这个字有车子或者教练多重意义),当教师应该安心当“车子”让学生坐,帮助学生获得独立解决实际问题的能力。

(7) “水平”与“垂直”式教学、个体与分组学习。

现在有一种观点认为,长期以来分析化学课程采用的是“垂直式”教学法,过早地让学生成为过窄领域如色谱或某一特定光谱的专家,而社会需要的是更为“水平”或“平行”式的教学,使学生有较宽视野,有能力比较与选择不同的方法与技术,做出有深度的决策。

本科教学中一般较强调独立的个体学习,而对分组学习有所保留。但是我们该怎样培养学生的团队工作能力呢?单靠独立的个体学习是很难培养学生的团队工作能力的,因此这两种学习方式都不可偏废。

(8) 在分析化学教学中引入社会项目。

在本科教学中逐渐流行引入实际项目进行教学,以协助学生将课程与实验中学到的知识用于解决将来会面临的问题。美国 Wenzel 认为关键是要找到具有挑战性而学生又感兴趣的项目。

芝加哥 Loyola 大学让学生参与社区小组邻近区域试样中铅的测定。这是一个环境分析的问题。铅对公众健康构成威胁,在血、骨、组织、水、土壤、尘埃、空气、油漆等试样中均可能出现。他们认为这是个好的项目。例如,让某一班学生专项考察在一个垃圾焚烧炉附近的土壤

中铅含量是否高于芝加哥土壤铅含量的均值。这种问题可年复一年地让学生接力做下去。这种教学效果是非常好的。

英国学者非常强调让学生获得解决实际问题、团队工作和与人交往能力的重要性。他们发表了一些文章专门论述学生需要什么样的技能和什么样的能力。

#### (9) 在分析化学教学中引入案例研究及综合性实验。

案例研究在法学、心理学、医学(病史研究)教育中被广泛采用。分析化学既然是一门解决实际问题的科学,是不是也应该重视案例研究教学?在分析化学教学中,特别是在培养学生解决实际问题能力方面可能有重要意义。像 Minnesota St Olaf College 的 HPLC 实验设计得很有意思,学生也很感兴趣。这是一个标准的 HPLC 实验,实验涉及一个神秘的死亡案例,情景设计为发现一位 48 岁男性在其床上死亡,怀疑是药物过量致死。作为 HPLC 实验,学生得到的试样是模拟死亡案件的血样,需根据 HPLC 分析结果判断死因,是误用或是自杀。涉及到的药物有 4 种:利度卡因、异吡拉米得、普鲁卡因酰胺、奎尼定。让学生做 HPLC 实验,表格也可以不给,让学生到网上去查,查找这个药物的允许量是多少?致死量是多少?提供的实验报告要做出结论:根据实验判断这个人自杀还是误用药物。这样的内容与我们现在所做的高效液相色谱实验其实是完全一样的,但是这样设计实验学生就有兴趣了。本例可为分组实验,学生 4 人为一组,每个学生都有一个“职务”,分设管理员、化学师、仪器师、软件员(负责查找文献资料),各司其职,在 4 小时课时内做全部工作。下次做别的实验时学生的“职务”再轮换一下。这样就培养了学生的团队工作能力。这是一种做法,但也有不同意见。

以实际案例为背景撰写的案例型实验课程值得提倡。美国国家自然科学基金委资助的科学教育中的案例分析中心有一些很好的实例。纽约州 Canisius College 提出的案例可认作优秀教案示例,以案情为背景的故事梗概如下:在伦敦泰晤士河上发现无头黑人男孩尸体,苏格兰场侦探怀疑这是某种宗教祭祀的牺牲品,立即着手侦查其身份及来历。苏格兰场以分析化学技术见长的法医专家通过对其胃内物质的分析判断死者非本地居民,因胃内物质不可能来自英国。由于这些特殊物质尚未消化,估计其死前到达伦敦不久。侦探提出咨询伦敦大学一位研究锶(Sr)元素在全球土壤中分布的教授,看是否能协助寻找死者的地域来源。在教授的指导下,侦探根据有关分析数据将怀疑范围指向尼日利亚,然后去尼日利亚收集各地土壤及动物骨骼样本,分析其 Sr 含量,终于将怀疑地区缩小到进一步侦查的范围。从这个故事引出一堂分析化学实验课内容。

学生的分析化学实验课内容是这样设计的:学生中一组分配的是教师准备好的(模拟)样品,模拟的样品就是尼日利亚不同地区土壤样品或者动物骨骼样本,当中也包括死者的骨样。由学生从网上下载尼日利亚地图,按经纬度绘制新图,将自己分析的样本来源地标出,并制作数据表,开始分析测定。分析用的是 ICP 发射光谱。对照分析使学生能提出死者较确切的来源地,并提出侦破此案的建议方案。这其实是一次很普通的 ICP AES 实验。模拟的骨样制备极为简单,Ca 和 Sr 分别用 370.603 nm 和 421.552 nm 谱线测定,绘制标准曲线进行定量。这是一个标准的发射光谱实验。学生认真提出他们的破案建议,这里可有较大想像空间,学生可能会提出更多的利用分析化学数据破案的设想。这个故事的原型是苏格兰场侦探到锁定的地区,借助媒体发动公众提供在给定时间带小孩去英国而小孩未归的线索,从而找到了相关嫌疑人。

这是以实际案例为背景撰写的优秀案例型实验课程。本例说明,一个优秀的案例型实验

课程能使枯燥的例行分析操作变得富有启发性与趣味性,不但化学系的学生很感兴趣,甚至主修人文学科仅辅修化学的学生都能感到这堂分析化学实验课引人入胜。它凸显了分析化学能够解决很多有趣的实际问题。

意大利 Trieste大学的综合实验是环境与分析化学实验,他们把学生分组进行采样,主要涉及无机物的分析,也涉及不同的样品:泉水、自来水、地下水等,最后还做了个问卷调查,对趣味性、是否独立完成、是否满意、是否建议继续等得到的反馈均为强烈同意或同意,无反对意见,只对是否参与了讨论这一问有否定回答。

分析化学是一门解决实际问题的科学,教授分析化学应该很看重培养学生解决问题的能力。现在分析化学的发展状态还是较好的,但有一些学分析化学的年轻人感到面临压力,例如写高水平学术论文的压力。分析化学的成果不能仅仅反映在文章上,培养的人才不应仅仅是一些论文作者。分析化学要培养能解决问题的人,因为分析化学家毕竟不同于作家、诗人。即使是作家、诗人,也很看重他们作品的社会意义。像中唐大诗人元稹、白居易倡导“文章合为时而著,歌诗合为事而作”。关于自己的作品,白居易说:“总而言之,为君、为臣、为民、为物、为事而作,不为文而作也。”分析化学培养的人才不能是光会写文章,而是要着重培养学生解决实际问题的能力。

前面所提到的一些例子,我们现在就可以做。对于一些我们已经开设的实验,只要稍微改一改就能引起学生更大的兴趣。但是还有一个比较实质性的问题,就是有一些内容确实是包括老师自己也已经赶不上时代发展的步伐了,例如过程分析化学(PAC)就是个例子。前面所说的欧洲人编的那本书是有过程分析化学这一章的,应当说欧洲同行在这方面还是很先进的。

#### (10)关于过程分析化学(PAC)。

在20世纪90年代,过程分析设备以5%的年增长率增长,而实验室分析工作量则有所萎缩。有些本来由实验室分析人员承担的工作正向现场操作人员转移。这就给分析化学专业人员的培养带来了新的挑战。如果分析化学专业人员在学校没有受过过程分析化学的训练,就无法直接承担这样的工作。过程分析化学涉及诸多跨学科知识,在大学学习了光谱和色谱理论与基本实验技术的学生,往往缺乏例如在一个石化企业如何完成在线气相色谱仪或红外光谱仪的安装并使之运转的知识。今天的过程分析化学要求采样、样品传输、与过程控制计算机系统通信、统计分析、过程控制原理、项目管理、工程流程图表等诸多跨学科知识,在这方面教师给分析化学的学生提供的知识不够。

走出校门的毕业生可能会体验到什么应更优先的“文化震荡”。学校教给的优先次序是精确度第一,成本第二,最后才是速度;而在生产现场,对给定的过程而言,速度往往是第一优先,其次是成本,而精确度只要求能基本满足监控过程的需要。这一点在过程分析中是一种普遍认知的常规。

过程分析化学在生产实际中发展很快。Dow Chemical Co. 1980年收购的一处工厂只装有2个过程分析仪,而实验室有50名雇员,一天24小时、一周7天运行其实验室。几年后,约80个过程分析仪表被安装在3条生产线上,而实验室雇员数精简了三分之二。在并未增加投资的背景下,过程现场的雇员增加了35%。实时、连续的现场过程数据的取得,提高了功效与安全生产水平,降低了产品质量的波动性。现在我们面临学生就业的问题。从这个例子可以看出,有一些岗位将来会取消,而有一些新的岗位我们培养的学生还不能适应。

传统实验室分析存在的一个问题是采样滞后严重,时间以小时计。在采样过程中,样品可

能发生变化;样品从采样点到实验室的运送再滞后,而实时是过程控制最重要的因素。例如管道乙烯纯度控制关系重大,直接关系到后面的生产过程,弄不好催化剂就失效,整个反应可能就不行了。例如聚乙烯生产的 Ziegler-Natta 或茂金属催化剂对某些亲核类杂质极敏感。这使过程分析仪器成为现代工业生产中不可或缺的手段。这些都有一定的标准。这些标准能否达到?只有用过程分析方法才能做到。现在有一些分析化学教学内容已不能适应工业发展的现状。

(11) 工业对继续教育的要求。

快速的知识更新使继续教育问题提上议事日程。法国同行对分析化学继续教育问题十分重视。继续教育的教学对象不再是大学里的学生,而是已经走上工作岗位的人,要不断地对他们进行继续教育。德国同行提出用化学教育网络(VSC)来解决网上教学包括继续教育的问题。这些动向值得我们关注。

### 3 结语

以上结合国际同行的一些动向讨论关于分析化学的学科定位与教学改革问题。分析化学要得到化学与其他学科同行及社会的认同,最根本的是我们要把学科发展和教学工作做好:通过科研、生产与社会实践证明分析化学对国家建设与社会进步的重要性;搞好教学改革与课程建设,培养真正能适应当代经济与社会发展需求的分析化学专业人才,为增强国家经济竞争能力与提高人民福祉作出应有的贡献。

---

## 《中国无机分析化学文摘》 2009年征订启事

《中国无机分析化学文摘》经国家科委批准,1984年创刊,公开发行(刊号 ISSN 1003-5249/CN11-1835/06),本刊以文摘、简介及题录形式报道国内公开发行的有关无机分析化学的期刊 300余种及各种会议论文集、新标准、新书目等。年收录文献 4000篇左右,栏目分为一般问题、重量法与滴定法、光度法、电化学分析、光谱分析、色谱分析、物相分析、气体分析、活化分析、质谱分析、分离方法、贵金属分析等 12大类。为便于读者检索,每期附有按被检索元素及阴离子编排的索引。读者对象为冶金、有色金属、地质、机械、半导体材料、宇航、核技术、石油、化工、建材、环保、食品、农林、医药、卫生防疫、商检质检等部门分析工作者及有关院校师生。

在每次全国科技文献检索期刊评比中本刊均获奖。本刊是了解国内无机分析动态的窗口;是检索国内文献的理想工具;是普及推广新技术的阵地;是分析工作者的得力助手。

本刊 2009年出版 4期(季刊)及 2009年年度主题与作者索引一本,激光照排,胶版印刷,大 16开,每期 120页左右,定价 14.00元,全年订费为 70.00元(含邮费),个人自费订户优惠价为 60元。2009年仍由编辑部发行。欲订阅者请向编辑部索取订单并汇款至:北京市西直门外文兴街 1号 北京矿冶研究总院《中国无机分析化学文摘》编辑部。邮政编码:100044 电话:(010)88399621 传真:(010)68342279。