

展望

分析化学的第二个春天

金钦汉

(吉林大学 化学学院微分析仪器研究所 吉林大学 吉林省光谱分析仪器工程技术研究中心, 长春 130023)

摘 要: 从研究分析化学的历史发展入手, 以大量历史事实为根据, 指出分析化学曾经历过两次重大变革。第一次变革(19 世纪末至 20 世纪初)使分析化学从分析化学家的技艺发展为科学; 第二次变革(20 世纪 70 年代迄今)则使分析化学进入了分析化学家重新当家作主的、欣欣向荣的“第二个春天”。

关键词: 分析化学; 科学; 展望

中图分类号: O657

文献标识码: A

文章编号: 1001-4020(2004)01-0001-05

THE “SECOND SPRING” OF ANALYTICAL CHEMISTRY

JIN Qin-han

(Institute of Miniature Analytical Instrumentation, College of Chemistry, Jilin University, Jilin Province Research Center of Engineering and Technology for Spectral Analytical Instruments, Jilin University, Changchun 130023, China)

Abstract: From the study of historical development of analytical chemistry and based on a large quantity of historical events, it is pointed out that the analytical chemistry underwent two major transforms. The first transform (from the end of 19th century to the beginning of 20th century) made analytical chemistry from an ‘art’ of the analysts to become a ‘science’. The second transform has been taking place from 70s of 20th century up to now and it makes analytical chemistry enter into its flourishing second ‘Spring’ when analytical chemists are really masters of their own.

Key words: Analytical chemistry; Science; Progress

去年, 诺贝尔化学奖授予了几位在质谱分析和核磁共振波谱分析方面作出杰出贡献的分析化学家, 这一事件震惊了整个化学界, 更是极大地鼓舞了全世界的分析化学家。分析化学在经历了长期的受冷落和压抑之后, 终于迎来了欣欣向荣和大有作为的第二个春天, 作为中国分析化学家必须面临这一现实并从中吸取经验教训, 必须与国际同行一样投身到分析化学的伟大复兴中去, 作出我们应有的贡献。为此, 很有必要认真研究分析化学发展的历史。

关于分析化学的发展史, 较普遍地认为它经历了三次重大的变革, 即: 第一次变革发生在 19 世纪末 20 世纪初, 分析化学从分析化学家的“技艺”(art)变成了“科学”(science); 第二次变革发生在第二次世界大战前后, 分析化学从以溶液化学分析为

主的经典分析化学发展成了以仪器分析为主的现代分析化学; 第三次变革则从 20 世纪 70 年代末开始至今仍在继续的一次空前大变革, 分析化学发展到了分析科学阶段^[1,2]。本人在 1981 年开始也曾多次鼓吹过这种观点^[3~5], 但经过最近较深入的学习和研究后却发现, 虽然在经典分析化学和现代分析化学之间可用所依赖的主要方法类别加以区分, 但就其所回答的问题(即“有什么?”、“有多少?”)和所起的历史作用(只出数据, 不出产品)看, 这两个阶段并没有根本的区别。因此, 从分析化学发展的历史长河着眼, 把分析化学看成经历了二次重大变革的观点似乎更符合实际一些, 即: 19 世纪末和 20 世纪初发生的第一次大变革和 20 世纪末开始发生的第二次大变革。第一次大变革使“现代化学之母”^[6]的分析化学沦为了化学和许多其他学科的“配角”(例如, 1909 年诺贝尔化学奖得主 W. Ostwald 在其论著《分析化学的科学基础》中就曾公开宣称“分析化学家应该成为其他化学家的女仆”^[7]), 使分析化学家落到了近百年受冷遇甚至受歧视的境地。第二次变革则使

收稿日期: 2003-11-10

作者简介: 金钦汉(1937-), 男, 浙江东阳县人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为光谱分析、分析仪器和微波化学。

分析化学重新焕发青春,迎来了分析化学家重新“当家作主”的第二个春天。

1 经验分析化学阶段——分析化学的第一个春天

众所周知,大约 400 万年前地球上出现了人类。人类为了生存,就必须认识和改造世界。这是水、那是炭,这就是最原始的定性分析。因此广义上说,作为认识世界手段的分析化学是随着人类的诞生而诞生的。当然,从比较严格的意义上讲,分析化学(或化学)是随炼金术和炼丹术(长生不老药)的研究而诞生和发展起来的。

分析化学是最早发展起来的化学分支学科,而且在早期化学的发展中一直处于前沿和主要地位,因为在早期化学发展的一个很长历史阶段中,化学的前沿一直是发现新元素、鉴定和研究新元素;发现和合成新的化合物、鉴定和研究新的化合物。这里最主要或最重要的显然是分析化学工作,即分离、鉴定和定量测定。正因为这样,分析化学被化学史家称为“现代化学之母”^[6]。我国伟大的化学先驱者徐寿先生在其所著《化学鉴源》中则认为:“考质求数之学,乃格物之大端,而为化学之极致也”^[8]。他的意思是说,定性(考质)和定量(求数)分析是物质科学的主体,是化学的最高境界。正因为当时学术界对分析化学有这样高的认识和重视,所以当时一大批伟大的化学家都是分析化学家,如波义尔(最早引入“分析化学”名称并发明石蕊试纸);拉瓦锡(发明天平,开创定量分析);罗蒙诺索夫(发现质量和能量守恒定律);摩尔(发明滴定分析);居里夫人(发现镭和钋)等等;也创制了许多精巧的分析仪器,如天平、容量仪器、显微镜、分光仪等。实际上,自然界存在的 92 种元素的发现,主要都是分析化学家的功劳。也正因为这样,尽管这一阶段的分析化学还主要靠分析化学家的经验和“手艺”,还没有系统的理论指导(故可称其为经验分析化学),但分析化学家对当时化学的贡献却是十分巨大的,是许多其他化学分支学科所难以比拟的。因此,当时分析化学家在化学界乃至整个科学界都享有崇高的威望。例如,波义尔是 1660 年创立的英国皇家学会的创始人之一,后来还担任过该会会长;世界上第一位分析化学教授(1859 年美国 Union 大学聘请)Chandle 博士则是美国化学会的创始人;电重量法之父 W. Gibbs 博士是美国科学院的发起人之一,后来也担任过该院院长,

……等等。可以看出,这一时期是分析化学的真正春天,第一个春天。

2 化学的第一次大变革——从“手艺”到“科学”,从主角到“配角”

19 世纪末 20 世纪初溶液化学的发展,特别是溶液中四大平衡(沉淀-溶解平衡、酸-碱平衡、氧化-还原平衡、络合反应平衡)理论的建立,为以溶液化学反应为基础的经典分析化学奠定了理论基础,使分析化学实现了从“手艺”(或称“技艺”)到科学的飞跃,这就是分析化学的第一次大变革。

经典分析化学研究的是物质的化学组成,回答的是“有什么?”和“有多少?”这两个问题,所用的定性和定量方法主要是以溶液化学反应为基础的方法,即所谓化学分析法。毫无疑问,由于有了系统的理论指导,化学分析法得到了空前的繁荣和发展,分析化学从此确立了作为化学一个分支学科的地位(在这方面,Kolthoff 及其 67 名学术弟子作出了举世公认的重大贡献,是当之无愧的“分析化学之父”^[9])。但由于有关的基础理论已基本奠定,分析化学工作者的主要任务变成了扩展其应用范围和完善现有的分析方法,“分析化学只出数据,不出产品”不幸成了分析化学界的一个“共识”。学术界从此把分析化学家看作化学分析程序和数据的提供者,是大家的“服务员”或“女仆”。分析化学从此进入了一个配角时代,美国几所著名大学拒不设立分析化学教授席位;几乎没有以分析化学家为主的重大学术基金项目;美国科学院几乎没有一位分析化学家出身的院士(被誉为“分析化学之父”的 I. M. Kolthoff 是唯一的例外,但也是在他临退休之时当上的),尽管分析化学家是美国人数最多的一个化学分支学科(这方面在前苏联及欧洲情况要稍好些)。

二次世界大战前后,由于许多新技术(如 X 射线、原子光谱、极谱、红外光谱、放射性等)的广泛应用,使分析化学家拥有了一系列以测量物理或物理化学性质为基础的仪器分析方法,分析质量得以大大提高,分析速度也大大加快。但分析化学家的配角地位却始终没有根本改变,不仅外界,就是分析化学家自身对分析化学的认识也离不开“服务”二字。直到 1980 年美国《分析化学》主编 Laitinen 在定义分析化学时还说:“Analytical chemistry is a science of measurement and characterization”^[10]。这一观点被广为接受,对我国学术界的影响更是根深蒂固,以至到现在还有许多人把

它当作是对分析化学的最正确的定义。这一定义明显地把分析化学家的任务只放在了对物质进行测量和表征这两件服务性任务上。当然也可引伸到测量和表征方法的研究方面。但在一般人的心目中,这种方法的研究也仅限于对现有测量方法的改进(提高灵敏度、准确度、精密度等)和推广应用范围(比如从地质样品,到材料,到环境样品等)方面,而不是对新的测量原理的研究,认为那是物理学家或物理化学家的事。以致出现物理学家或物理化学家可以申请新分析方法(或分析仪器)的研究项目,而分析化学家却往往难以获得相应申请的资助的可悲情况。至于具体测量内容,又仅限于物质的化学组成,即化合物和元素的组成。以至在许多化学家(包括分析化学家)眼里甚至结构分析也不是分析化学家的任务,分析化学家成了纯粹的化学分析师,自然只能当“配角”,而且一当就是近百年。

3 分析化学的第二次大变革——迎来了朝气蓬勃、“当家作主”的第二个春天

进入 20 世纪 70 年代,随着科学技术的突飞猛进和人们生活质量的迅速改善,客观上对分析化学提出了许多空前的要求,同时又为解决这些新问题提供了许多空前的可能性^[5]。分析化学逐渐突破原有的框框,开始介入形态、能态、结构及及时、空分布等的测量,开始为进行这些测量而大量采用各种非化学的方法,包括物理、数学和统计学,乃至生物医学的方法。不仅如此,还有越来越多的分析化学家开始觉悟到“工欲善其事,必先利其器”,而这个“器”也不能完全靠别人来提供,要解决世界上从未解决过的分析化学难题,必须采用从未有过的分析仪器或方法。分析化学家必须参与到创造这种仪器和方法的过程中去,甚至主导这种创造过程。1990 年开始的人类基因组计划给分析化学家证明自身价值和发挥这种主导作用提供了一个绝好的机会。该计划原定 15 年完成,开始由于急功近利,大量经费用于基因图谱测量,DNA 测序新技术的研究没有获得足够的经费支持,进展缓慢,成为整个计划进展的“瓶颈”。1993 年重新制定计划时,终于弄清了问题的症结所在。于是明确决定:此后每年要拿出一半的经费(1 亿美元)用于研究和开发 DNA 测序新技术^[11],分析化学家终于走到前台中心位置。从此 DNA 测序技术不断推陈出新,从板凝胶电泳到凝胶毛细管电泳,线性高分子溶液毛细管电泳,阵列毛细

管电泳,直至全基因组鸟枪测序技术,终于使人类基因组计划得以提前到 2001 年完成。以至被公认为是“分析化学家拯救了人类基因组计划”^[12]。

分析化学家的这种主导作用还在环境保护和公共安全、突发事件处理等许多涉及人们健康和生命安全的领域得到了充分发挥。前几年发生在比利时的二噁英中毒事件,就是由一位分析化学家、Ghent 大学的 P. Sandra 教授帮助弄清的。因此,这位教授被称为“拯救了比利时的分析化学家”^[13]。在今后与各种恐怖袭击和重大疾病的斗争中,分析化学家显然也将起到同样的作用。在疾病诊断方面,癌症的诊断已有 70 % 靠分析化验,只有 30 % 靠医生经验。分析化学的这种重要而又崇高的作用,是别的化学分支学科所不具备的。正因为如此,分析化学家又一次获得了人们的尊重,一些美国著名大学终于突破长期的偏见开始设立分析化学教授席位,目前加州大学伯克利分校已有 6 名分析化学教授。美国前总统科学顾问、斯坦福大学的 R. Zare 教授也经常以分析化学家的名义积极参加各项学术活动。哈佛大学的 G. M. Whitesides 教授则在 2003 年的匹兹堡会议上被授予了“匹兹堡分析化学奖”。

由美国科学院组织的以 Pimentel 教授为首的 350 位专家经过调查研究和综合分析后编写出版的《化学中的机会:今天和明天》一书中,则把分析化学列为了美国化学 7 个需要优先发展的领域之一,并指出分析化学在推进人们弄清环境和生命有关的化学问题中起着关键作用^[14]。

据英国 2001 年 1 月公布的资料,全英国有半数科学家为化学家,其中约 1/4 为分析化学家。目前对分析化学家的需求很旺盛,全英国化学方面的招聘广告中有一半都指明要求懂得分析化学。

更值得令人鼓舞的是 2002 年的三位诺贝尔化学奖得主中有两位是地道的分析化学家^[15]。这也是诺贝尔奖历史上第一次把化学奖授予自称为分析化学家的学者,这是全世界分析化学家的真正骄傲。

在我国,国家自然科学基金委在新世纪中起到的第一项重大基金也是给分析化学家的(微流控芯片技术的基础研究)。同时,在新千年的第一年(2001 年)国家科技部还一次批准成立了两个分析化学方面的国家重点实验室。可以看到,分析化学在经历了第二次大变革进入分析科学阶段后终于迎来了朝气蓬勃、“当家作主”的第二个春天^[16]。而且,分析化学家争取成为我国第一个得诺贝尔奖的

化学家也不是完全可望不可及的事了。

4 如何看待当今的分析化学

关于这个问题,作者已在近年的文章中作过探讨^[2,5,17~21],在此仅根据最近的研究就重要的几点作出简述。

4.1 分析仪器已成为分析化学研究和创新的重要内容

前已叙及,长期以来为大家所接受的关于“分析化学是一门测量和表征的科学”的定义并不确切。它不仅未能全面反映分析化学所具有的特殊的矛盾性,而且还在实践中把分析化学引向了“只出数据,不出产品”的纯服务方向,使分析化学家变成了纯粹的“服务员”和“女仆”,其不良后果已十分明显。

那末分析化学到底是一门什么样的科学呢?关于“分析化学已经发展到了分析科学阶段”,“分析化学已经发展成为一门多学科为基础的综合学科”^[1]的论述无疑是正确的,但这些是就分析化学发展的阶段而论的。称“分析化学是一门信息科学”的论点^[22]也类似,它是就其所起的作用而言的,它们都并不是对分析化学作为一门科学的内涵所下的定义。在这方面,前不久美国《分析化学》杂志发表的 G. M. Hieftje 教授撰写的《编者的话》中所下的定义,较好地反映了当今分析化学或分析科学的内涵。他说:“Analytical chemistry is a science of instrumentation and measurements”^[23]。这一定义与 Laitinen 的定义虽然只有一字之差,即把“characterization”换成了“instrumentation”,并在与测量的顺序上作了一下换位,但却把分析化学从一个纯粹的“服务员”变成了兼有“主人”和“服务员”双重身份、可以大有作为的一门科学。在 Hieftje 的定义中,明确地把“仪器(装置)”作为分析化学的主要研究内容,并被放在了“测量”之前,这深刻地反映了当今分析化学发展的动向。英国著名科学家 H. Pavy 曾经说过:“Nothing begets good science like development of a good instrument”^[23]。上述观点也已在一定程度上被不久前出版的、由全世界 30 位国际著名的分析化学家合作编著的教材《Analytical Chemistry》^[24](该教材已由北京大学和吉林大学联合翻译出版^[25])所接受。该书对分析化学的定义是“Analytical Chemistry is a scientific discipline that develops and applies methods, instruments and strategies to obtain information on the composition and nature of matter in space and time”。也就是说,发展仪

器是分析化学的一个重要内容。科学发展史也证明,仪器是现代科学发展的基础。许多重要的科学分支,特别是分析化学的许多分支学科都是从某项重要的仪器装置的研制成功而开始建立和发展的。例如,极谱仪的发明产生了极谱学;光谱仪的发明产生了光谱学;色谱仪的发明产生了色谱学;质谱仪的发明产生了质谱学,等等。可见仪器创新在分析化学的发展中有多么重要的地位和作用。如果把眼光更放开一些,则可以看到分析仪器还是现代工农业生产中不可缺少的一部分,并且起着“指导者”和“把关者”的作用。在保护环境、打击违法犯罪和与恐怖主义作斗争中则是人们手中强大的技术武器。在保障人们健康、防病、治病、预防灾害发生等方面也都起着重大作用。把分析仪器的研究作为分析化学的一个主要内容,无疑将极大地促进分析化学的迅速发展。那种把分析化学看成“只出数据,不出产品”的陈腐观点应该被彻底地抛弃了。

4.2 分析化学的主要应用领域正在向生命科学(生物医学)领域转移^[19]

化学随分析化学的诞生而诞生。分析化学在很长一段历史时期内主要是为化学服务的。后来随着工业革命的兴起,分析化学被广泛应用于地质勘探和冶金。第二次世界大战又促其应用于原子能工业。以后则转移到半导体、高纯材料和其他功能材料。再接下来是环境保护领域。进入 20 世纪 90 年代,随着人们生活质量的提高,人们的注意力开始更加关注自身的健康、长寿,分析化学的重点应用领域因而已开始向医学和生物工程等生命科学领域转移。人类基因组计划就是这方面最典型的例子。食品安全、疾病预防、诊断和治疗、反恐斗争等无不向分析化学提出了许多前所未有的挑战,要求分析化学家提供在分子水平上实时研究生命过程、了解疾病的发生和变化、弄清基因改造的影响,筛选组合化学方法合成的药物、现场监测化学和生物武器等的新技术,等等。这种转移的倾向在近年召开的美国匹兹堡会议上已反映得十分明显,例如,2000 年该会的 200 个分会中有 42 个分会与生命科学有关,2001 年的 212 个分会中有 53 个分会与生命科学有关,而 2002 年的 227 个分会中就有 75 个分会与生命科学有关了。

4.3 适应应用领域的转移,分析方法研究的热点正在和将要发生相应的变化

由于生命体系中元素一般都不以游离状态发挥

作用,加上元素成分分析技术已趋成熟。因此元素成分分析方法的研究将不再能成为热点,但综合形态分析(comprehensive speciation)有可能加强。

生命过程大都与溶液中分子或基团(当然还有其他分子片)的化学反应有关,因此分子光谱,特别是可作在线和非侵入检测的振动光谱方法及可同时获得生物大分子组成和结构信息的质谱法将成为分析化学研究的重点。电分析方法由于其在溶液电化学和界面性质研究方面的明显优势也已主要集中于生命过程的研究。分离技术则将侧重于样品前处理及与各种检测技术的联用(也包括合成—分离—检测技术的联用)方面。成像技术,特别是化学成像技术,由于可以得到多维的分子化学信息而将受到越来越多的重视。有人甚至已认定显微镜技术和各种光谱方法的结合(即化学成像技术)是“一种探测分子化学的理想工具”^[19]。

生命过程都是空间和时间的函数且受到诸如生理甚至心理因素的影响。因此宜采用在体、原位、实时,最好是非侵入的方法进行检测(例如,最近由我国科学家发明的红外热扫描断层技术,TIM^[26])。这就要求分析化学家不断采用各种高新技术以解决分析化学所面临的各种越来越复杂的挑战。这些高新技术包括计算机技术、激光技术、纳米技术、芯片技术、光纤技术、仿生技术、微电子技术、生物技术等。

4.4 大学应设立独立的、理工结合的分析科学专业,把分析科学作为一门独立的新兴交叉学科加以发展

在我国,长期以来都把仪器制造专业设在工科,而理科的分析化学专业又不包含分析仪器研制和创新的内容。实际上,工科的仪器制造专业也并没有把分析仪器放在应有的位置上。因此,分析仪器研制和创新人才的培养实际上一直处于空白状态,很大程度上限制了我国分析仪器水平的提高和分析科学的发展。许多国有大型分析仪器厂在市场经济条件下缺乏应有的竞争力,纷纷败下阵来,除了体制方面的原因以外,其中的一个重要原因,就是由于缺乏高水平的分析仪器研究和开发人才。为了迅速改变这种状态,在有一定条件的大学尽快设立独立的、理工结合的分析科学专业,特别是在研究生层次这样做,把分析科学作为一门独立的、新兴交叉学科加以发展,这已迫在眉睫,十分必要。

参考文献:

- [1] 高鸿. 大学化学[J], 1999, (4): 4.
- [2] 汪尔康主编. 21 世纪的分析化学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 金钦汉, 杨广德, 等. 高教研究[J], 1983, (1): 13.
- [4] 金钦汉. 吉林冶金[J], 1986, (2): 42.
- [5] 金钦汉. 大学化学[J], 2000, (5): 1.
- [6] Szabadvary F, Robinson A. History of Analytical Chemistry [M]. Oxford: Pergamon Press, 1996.
- [7] Ostwald W. Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie[M]. Leipzig: Verlag W Engelmann, 1894.
- [8] 袁翰青. 中国化学史论文集[M]. 上海: 三联书店, 1956.
- [9] Coetzee J F. Biographical Memoirs, Vol. 77[M]. Washington, D. C.: The National Academy Press, 1999.
- [10] Laitinen H A. Anal Chem[J], 1980, 52: 605A.
- [11] Collin F S. Proc Natl Acad Sci USA[J], 1995, 92: 10821.
- [12] Smith D, et al. Anal Chem[J], 2002, 74(1): 22A.
- [13] The Analyst Who Saved Belgen. [http://www.chem.agilent.com/cag/feature/12-99/feature\[J/OL\].html](http://www.chem.agilent.com/cag/feature/12-99/feature[J/OL].html), 2002.
- [14] Pimentel G C, Coonrod J A. Opportunities in Chemistry: Today and Tomorrow[M]. New York: The National Academic Press, 1987.
- [15] Zubritsky E. Anal Chem[J], 2002, 74(22): 567A.
- [16] Hirsch R F. Analytical Science at the Center of Chemistry and Beyond its Frontier[R]. Award Address, New York, 2000.
- [17] 金钦汉. 现代科学仪器[J], 1998, (3): 10.
- [18] 金钦汉. 分析仪器[J], 1999, (2): 1.
- [19] 金钦汉. 现代科学仪器[J], 2000, (3): 14.
- [20] 金钦汉. 现代科学仪器[J], 2001, (3): 21.
- [21] 金钦汉. 中国工程科学[J], 2001, 3(1): 85.
- [22] Kowalski B R. Trends in Analytical Chemistry[J], 1981, 1: 71.
- [23] Hieftje G M. Anal Chem[J], 2000, 72(9): 309A.
- [24] Kellner R, Mermet J M, Otto M, et al. Analytical Chemistry[M]. Weinheim: Wiley-VCH, 1998.
- [25] Kellner R, 等编著, 李克安, 金钦汉, 等译. 分析化学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [26] Liu Zhongqi, Wang Chen. Method and Apparatus for Thermal Radiation Imaging[P]. U. S. Patent: 6,023,637, 1997.