

# 浅谈当前仪器分析方法及其发展趋势

杨忠萍<sup>1</sup>, 郝艳飞<sup>2</sup>

(1. 鄂尔多斯应用技术学院, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 2. 内蒙古航天红峡化工有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010010)

**摘要:** 随着生产技术和科学技术的不断发展, 尤其是生命科学领域、环境科学领域和材料科学领域的飞速发展, 仪器分析更趋科学化、多样化已成必然的发展趋势。本文主要对仪器分析的内容、分类及其发展现状, 仪器分析的特点及其局限性进行了分析和阐述, 并结合其特点和局限性阐述了仪器分析技术的发展趋势、最新进展和应用前景, 促进仪器分析技术朝着快速、灵敏、准确方向迅速发展。

**关键词:** 仪器分析; 分析方法; 发展趋势

**中图分类号:** TH83

**DOI:** 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.05.040

**文献标识码:** A

仪器分析是指采用比较复杂或特殊的仪器设备, 通过测量物质的某些物理或化学性质的参数及其变化来获取物质的化学组成、成分含量及化学结构等信息的一类方法。仪器分析与化学分析是分析化学的两个分析方法<sup>[1-3]</sup>。

自分析化学在 20 世纪 30 年代诞生以来, 分析化学的内涵被仪器分析不断丰富, 仪器分析的不断进步与发展也使得分析化学产生了一系列质的变化。科学研究和生产需要的发展, 逐渐要求分析化学能够提供更多更全的信息, 从常量到微量分析、从组成到形态分析、从宏观到微观结果分析等。

同时, 社会的不断进步和科技的飞速发展, 特别是电子、计算机和激光等科学技术的进步, 使得分析化学即将面临的变革更加激烈、更加广泛, 不断更新换代的现代分析仪器、不断创新的分析方法和技术的应用, 使得仪器分析在分析化学应用的各学科领域中的作用日趋重要。

## 1 仪器分析方法分类

仪器分析的方法有很多种, 使用的仪器种类也多种多样, 按照分析原理及观测物质的物理化学性质类型进行分类, 目前普遍使用的分析方法有光学分析法、电化学分析法、色谱法等<sup>[4]</sup>。

### 1.1 色谱法

色谱法通过两相(流动相和固定相)中分配比例的差异而对物质进行测量分析和分离, 色谱法是根据物质的物理性质进行分析和分离的方法, 由于样品混合物中不同组分的性质和结构不同, 与固定相发生作用、滞留的时间不同, 从而按照各组分从固定相中先后流出顺序进行分离。色谱法能够同时解决化合物鉴定和定量测定的问题, 而且仪器装置不复杂, 操作比较方便, 此外它还具有分离效率高、分析速度快、样品用量少、灵敏度高、应用范围广等优点, 已成为有机物、石油产品、环境保护等汽车材料及相关领域的一种分析方法, 包括气相色谱法和液相色谱法、离子色谱法、超临界色谱法、高效毛细管电泳法等<sup>[5]</sup>。

### 1.2 光学分析法

光学分析法可以通过利用光辐射的发射、吸收、散射、折射、

衍射等对物体进行分析, 同时延伸出原子发射法、原子吸收法、荧光光谱法、核磁共振光谱法、电子衍射法等一系列光学分析方法, 并且具有分析速度快、分析结果准确度高的特点。常见的检测仪器有 NMR 仪, 拉曼光谱仪等<sup>[6]</sup>。

### 1.3 电化学分析法

电化学分析法是通过电化学原理以及物质在溶液中表现出来的电学性质进行分析的方法, 一是可以根据试样溶液在特定实验条件下, 观察某种电参量的关系来进行定量分析, 包括电导分析法、电位分析法、伏安法及库伦分析法等。二是可以通过化学电池中测定的某种电参量的突变作为滴定分析的重点指示, 如电位滴定分析法、电导滴定法等。因仪器简单、易于计算机连用、可实现自动化连续分析等特点, 广泛应用于能源、汽车、化学等多个领域。

### 1.4 其他仪器分析法

现代仪器分析方法的应用, 推动了我国各行各业的快速发展。简要介绍几种: 放射分析法, 根据物质的放射性辐射来进行分析的方法, 例如同位素稀释法等。质谱法, 将试样转化的离子在磁场和电场的作用下, 运动轨迹的不同得到的质谱图进行分析。核磁共振分析法是通过利用核磁共振光谱进行试样的结构测定, 从而进行定量与定性的分析, 在鉴定有机化合物的结构中, 通常研究的是 <sup>1</sup>H 和 <sup>13</sup>C 的共振吸收情况。核磁共振在医学领域的应用是探测人体内部结构的技术。生物芯片检测技术, 包括方阵构建、样品制备、化学反应和结果检测, 在食品微生物领域、食品卫生检测领域、食品毒理学、营养学、转基因产品检测中均有应用。

## 2 仪器分析的特点及局限性

### 2.1 仪器分析的特点

(1) 灵敏度高。仪器分析广泛应用于现代社会和高科技领域, 是因为其多方面体现出来的良好特性, 首先仪器分析一般都具有较强的检测能力, 灵敏度非常高, 适用于微量、痕量成分的分析, 灵敏度可以达到微克、纳克、皮克数量级。

(2) 分析速度快。仪器分析使用的许多分析仪器均配有连续自动进样装置, 加以数字技术和计算机技术相辅, 可以实现短时间内进行几十个样品的分析工作, 因此仪器分析通常适用于批量分析, 例如发射光谱分析法在 1 分钟内可以同时测定水中 48 个元素。

(3) 实时监测与远程控制。现代仪器中采用多种科学技术, 能够实现对物体的实时在线分析与远程控制, 可以用作即时、在线分析控制生产过程、环境自动监测与控制, 在提高生产效率的同时, 还可以减少人力的投入。

(4) 用途广泛。仪器分析能进行多信息或特殊功能的分析, 有时可同时作定性、定量分析, 有时可同时测定材料的组分比和原子的价态。例如放射性分析法还可作痕量杂质分析。同时可以进行无损分析, 有时可在不破坏试样的情况下进行测定, 适于考古、文物等特殊领域的分析。有的方法还能进行表面或微区分析, 或可实现试样的回收。

## 2.2 仪器分析的局限性

现阶段仪器分析技术尚处于起步阶段, 相匹配的仪器设备内部结构和操作都较为复杂, 难以理解, 仪器价格及维护费用比较昂贵, 采购成本较高, 后期对仪器的维护和保养, 需要专业的技能知识, 而且实际应用过程中需要投入相对较大的资金, 精密的分析仪器对其工作环境要求更高, 使得分析成本也变得更高一点。仪器分析是一种相对分析方法, 对照的标准物质的获得、积累的数据等条件, 使得仪器分析应用范围变得没有那么广泛, 而且仪器分析相对误差较大, 准确度不够高, 相对误差最高可达 10%<sup>[7]</sup>。因此, 仪器分析法需要与化学分析法互相配合, 来弥补仪器分析的不足, 充分发挥各种方法的特长, 才能更好更高效地解决分析化学中遇到的各种各样的实际问题。

## 3 仪器分析的发展趋势及应用前景

### 3.1 仪器分析的发展历程

仪器分析是一门“与时俱进”的学科, 它的进步往往是伴随着技术革新或者科学技术的进步, 伴随着研究和生产需要使得人们对分析数据提出的更高的要求。

第一阶段: 20 世纪初期, 酸碱平衡、沉淀平衡等溶液反应平衡理论的诞生, 形成了分析化学的理论基础, 引发了分析化学由一门操作技术演变成一门科学的第一次变革。在 20 世纪 40 年代以前, 化学分析占据分析化学的主动地位, 分析仪器种类较少, 而且主要是天平、滴管这样精度较低的简单设备。

第二阶段: 20 世纪 40 年代后, 仪器分析迎来了大发展时期, 分析速度的加快, 促进了化学工业的发展, 仪器分析与化学分析并重, 但仪器分析的自动化程度较低, 这一时期的系列重大科学发现, 为仪器分析的建立和发展奠定了基础。分析人员把需要测得的化学性质或者物理数据通过传感器转化为某种特殊的信号, 通过电子线路将信号转化为数据, 如利用紫外及红外光辐射, 通过得到的光谱进行官能团等分子结构分析的红外及紫外光谱法。同时期, 核磁共振法、极谱分析法逐渐被科

学家建立起来, 仪器分析的迅速发展引发了分析化学的第二次变革。

第三阶段: 80 年代初期, 计算机应用技术引发了分析化学的第三次变革。以计算机为基础的新仪器出现, 如傅里叶变换红外光谱仪、色谱-质谱联用仪等。

### 3.2 仪器分析的应用

仪器分析通过不断创新思维、与时俱进和不断革新, 由单纯计量分析到物质结构, 由人工手动观测分析到计算机自动分析, 由常量到痕量分析, 由取样分析到在线监测分析, 从组成到形态分析、从宏观到微观结果分析等, 推动了分析化学的进步与革新, 也奠定了仪器分析在各个科学领域的重要地位。

(1) 生物技术领域应用。21 世纪全世界关注度最高的科学技术当属生物技术。随着环境恶化和能源枯竭这两大全球性问题的出现, 科学家开始研究利用生物技术制造传统化工手段很难得到的化工产品, 产品的检测分析自然离不开仪器分析的帮助。随着生物技术的发展, 科学家研究基因工程, 破解 DNA 序列, 打开生物多样性的“密码”, DNA 顺序分析仪、多肽自动顺序分析等分析仪器就是打开密码的“钥匙”, 基因工程中大部分操作, 都需要现代分析技术的参与。生物技术应用到药物制造领域离不开现代仪器分析的分离和分析, 通过研究病毒特性制成相应的疫苗, 使人体产生对病毒相应的免疫预防。

(2) 材料科学领域应用。材料科学是国民经济发展的重要组成部分, 所有材料自身结构的分析, 以及材料中助剂的分析, 材料合成过程中的动力学分析以及关于材料合成的过程监控等都对现代分析仪器十分依赖。例如, 现阶段测定和鉴别高分子复合材料几乎已经离不开 MS 法。再如 PFT-NMR 对高分子材料的定性和结构的测定发挥了不可忽视的作用。

(3) 食品研究领域应用。随着社会的进步与发展, 人们对自身生命健康的关注越来越高, 渗透到日常生活衣食住行的各个方面。民以食为天, 食品的安全已成为目前研究的热点, 食品添加剂、农药残留、有毒有害物质的含量分析<sup>[8]</sup>, 常规化学分析难以实现, 离不开仪器分析的帮助。

### 3.3 仪器分析的发展趋势

从仪器分析的发展历程可以看到, 仪器分析的发展是与科学技术和进步同步进行的, 其创新性能够适应新技术并迅速与之结合, 其“与时俱进”的特征可以适应人们对分析化学不断更新的各种要求。当前信息技术等科学技术的发展, 促进仪器分析向智能化、网络化、便捷化、数字化、自动化等方向发展<sup>[9]</sup>。

(1) 提高分析的灵敏度。开展化学分析工作时应用现阶段最新的技术, 在提高分析数据的准确性的同时, 还保证了仪器分析的精准度, 从而达到分析要求。例如, 在检测单个原子或者单个分子的时候, 引入激光仪器分析技术, 如激光共振电离光谱等, 能够得到准确的分析结果。各种增效试剂的研发和使用, 大幅度提高了光谱、电化学和色谱等方法的灵敏度。

(2) 表征及形态、状态分析。化学分析工作中, 经常会出现同种化学元素呈现不同的化学价态、同种元素在不同物

质中的分子结构不同、不同元素在组成过程中结构不同可能会出现结构不稳定的问题。在对化学元素的表征与形态、状态分析过程中,现阶段主要应用的仪器分析技术能够利用吸收光谱,电子能谱,从而分析出同种元素在不同化学物质中的结构。

(3) 分析仪器微型化。随着微制造和纳米技术等新技术的不断进步,促进了分析仪器的微型化,从目前的台式仪器进化到移动便携式、手持式,随着芯片技术的进步与发展,仪器分析逐步发展为芯片实验室,逐渐向小型、微型化发展。

(4) 微环境分析。在微环境分析发展过程中,随着显微技术和微量分析技术的应用,人们能够通过分析数据得到物质的最基础的性质,促进了仪器分析从宏观到微观的发展,可以实现对单层原子或分子的检测和表征。例如,电子能谱等分析技术的发展,结合显微技术和化学技术,可以得到精准的单层分子的数据。对于电极表面修饰行为和表征过程的研究,各种分离科学理论、联用技术、超微电极和光谱电化学等的应用,开辟了揭示反应机理、开发新体系、进行分子设计等的新途径。

(5) 解决复杂体系的分离问题和提高分析化学的选择性。目前已经发现的天然存在的化合物和人工合成的化合物上千万种,而且每年还有大量新合成的化合物,如何从复杂体系中分离出待测试样、如何将分离出的试样进行测定分析,是当前分析化学面临的主要困难。色谱学使得现代分离、分析获得了快速发展。各种选择性试剂、萃取剂、离子交换剂、吸附剂、表面活性剂,各种选择检测技术和化学计量方法的应用,使得分析化学的选择性得到了提高。

(6) 非破坏性检测与遥测。当前我国化学分析技术体系中应用较为广泛的技术为非破坏性遥测与检测。其在应用的过程中,能够针对化学物质的生产流程进行实时监督,结合微光击达和激光散射等技术能够实现对金属单层原子力分析结构的实时分析,为后期的化学分析工作的开展提供数据支撑。如激光散射、共振荧光、傅里叶交换红外光谱等分析方法成功运用了遥测技术,几十公里内的气体测定、炼油厂周围大气组成等分析已经成为现实能够解决的技术难题。

(7) 扩展多维信息。随着科学研究的深入发展,人们对仪器分析的要求不仅仅局限于试样的分离与分析,而是要求通过仪器分析得到更多的化学信息。例如,核磁共振波谱、红外光谱等技术的发展,可以提供有机分子的空间排列构造、精细结构等变化的信息,从而促进了人们对化学反应过程甚至生命过程的认识与研究。

(8) 生物大分子及生物活性的研究。生物工程为21世纪全球范围内最优先发展的科学领域,生物大分子的研究在“尤里卡计划”“人类基因组”等战略意义的研究中占据重要的位置。生物工程科学研究需要其相关的数据支持,通过分析数据得到仿生结果从而促进仿生学的发展。通过使用化学传感器、生物传感器、化学修饰电极、生物分析化学等各种分析仪器,人们

能够在细胞水平上进行研究,从而发现生物大分子和生物活性物质的本质。

(9) 智能化与自动化。随着微电子工业等信息化技术的不断进步,仪器分析也将越来越智能化。在化学分析工作中配置专业的新型机柜设备能够提高分析的自动化操作,分析人员可以摆脱传统的实验操作,智能化的分析仪器能过自动进行实验和分析方法的设计,全过程的控制以及分析结果的说明和解释。

#### 4 结语

纵观未来仪器分析发展,分析仪器必然会向精密化、体积小化发展,而且能够对微量及超微量的式样进行分析,还能在更短的时间内对几十种、几百种试样同时进行分析,分析结果的准确性、灵敏性更高,相对误差更小。分析仪器能够适应更极端的环境条件,可以有效结合两种甚至多种分析方法共同完成分析任务。仪器分析技术还将不断地与数学、物理学、计算机科学以及生物科学中的新方法和新技术相结合<sup>[10]</sup>,改进和完善仪器分析技术,向着智能化、自动化方向发展,提高未来仪器分析的准确度、应用范围,促进化学分析领域的发展。

#### 参考文献:

- [1] 武汉大学化学系. 仪器分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 李春哲. 浅谈现代仪器分析的发展趋势和前景[J]. 石化技术, 2017, 24(12): 280.
- [3] 刘正红. 分析化学中的化学分析与仪器分析[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(1): 80-81.
- [4] 周文, 邓渺朵, 严志红, 等. 分析化学理论课程线上教学探索[J]. 广东化工, 2020, 47(16): 184-184.
- [5] 全培培. 分析化学中的化学分析与仪器分析[J]. 化工设计通讯, 2019(4): 131-132.
- [6] 柳河治, 王美霞, 李敏, 等. 现代分析仪器在药品检测中的应用分析[J]. 饮食保健, 2019, 6(16): 289.
- [7] 陈文达. 基于化学分析仪器计量检测问题研究[J]. 科学大众: 科技创新, 2021(9): 249-250.
- [8] 徐龙权. 现代仪器分析在生物技术与食品研究中的应用[D]. 大连: 大连轻工业学院, 2006.
- [9] 李赞忠, 乔子荣. 现代仪器分析及其发展趋势[J]. 内蒙古石油化工, 2010(23): 69-70.
- [10] 高翠宁. 现代仪器分析及其发展趋势[J]. 理论前沿, 2017, (20): 343.

作者简介: 杨忠萍(1973-), 女, 内蒙古通辽人, 副教授, 硕士研究生, 主要从事煤化工研究。

通讯作者: 郝艳飞(1992-), 男, 内蒙古呼和浩特人, 高级技工, 本科, 主要从事煤化工研究。