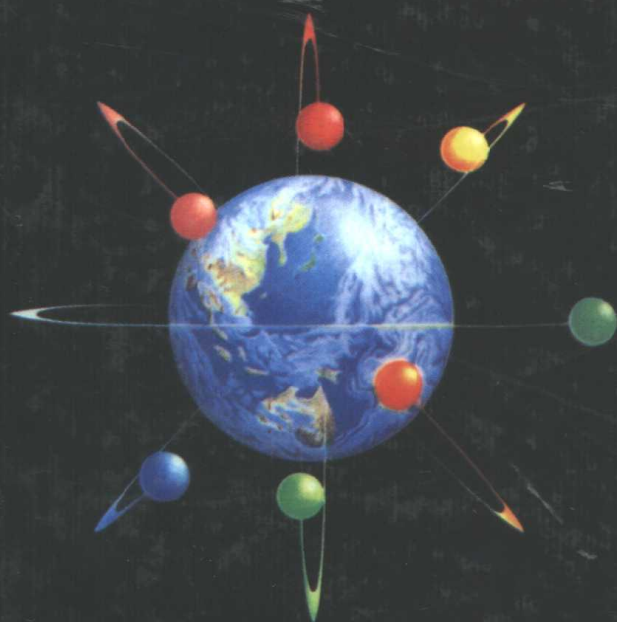


分析化学前沿

高 鸿 主编



科学出版社

分 析 化 学 前 沿

高 鸿 主 编

科 学 出 版

内 容 简 介

本书系 1990 年 5 月在北京召开的“分析化学前沿和教育”研讨会的学术报告论文集。全书收录由 30 多位老一辈著名学者、中年科学家和后起之秀撰写的主题报告和专题报告 23 篇。这些报告分别叙述了现代分析化学各分支学科的概貌、现状、新成就、发展趋势及其边缘领域；揭示了它与当代诸多学科间的密切关系及对生命科学、能源科学、材料科学和环境科学发展的意义；评估了它对我国四化建设及人民生活的作用和地位；提出了人才培养的重要性和途径；预示了分析化学的未来：它不仅是分析数据和化学信息的提供者，而且将是生产和科研中实际问题的解决者。本书内容丰富，立意新颖；回眸过去，探索未来；经验总结与创新、预测兼收并蓄，汇精华于一集。它将作为记载中国分析化学迎接 21 世纪新挑战的重要文献奉献于世。

本书不仅可供从事分析化学的科研和教学人员、分析测试科学工作者和大专院校分析化学专业师生阅读，而且也是供从事化学、化工、生化、冶金、石油、燃料、材料、核工业和半导体工业、医药卫生、生物和环保等方面非分析化学专业的科技人员，大专院校师生及科技管理人员阅读的有价值的参考书。

分 析 化 学 前 沿

高 鸿 主 编

责任编辑 操时杰

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991 年 10 月第 一 版 开本：850×1165 1/32

1991 年 10 月第一次印刷 印张：12

印数：平 1—1900 插页：精 2

精 1—2250 字数：311 000

ISBN 7-03-002545-8/O·479 (平)

ISBN 7-03-002546-6/O·480 (精)

平 线 10.30 元

定价：纸面精装 12.00 元

《分析化学前沿》

编 委 会

主 编 高 鸿

编 委 程介克 陈洪渊 常文保

王保宁 操时杰 张志尧

金龙珠

AA465/44

撰稿人（以姓氏笔画为序）

方肇伦	王小如	王保宁	王海舟	王俊德
王敬尊	邓家祺	尹翼开	卢佩章	江祖成
吕年青	李元宗	汪尔康	沈含熙	陈洪渊
陈耀祖	杨芄原	杨厚俊	林炳承	张象喜
周同惠	金钦汉	胡继明	俞汝勤	高 鸿
袁东星	徐晓白	阎大任	章竹君	常文保
梁晓天	黄本立	戚文彬	傅文彦	程介克
慈云祥				

序

世界性的科技进步,我国社会主义建设事业的蓬勃发展,推动了分析化学的飞跃前进。当今,分析化学在工业、国防及科学技术各个领域都起着不可估量的重要作用。40多年来,我国的高等学校和科学研究单位为分析化学界培养了一支庞大而优秀的科技队伍。这支队伍目前正面临着分析化学第三次大变革的冲击和以计算机应用为主要标志的信息时代的挑战。今天,人们所称的分析化学,事实上已经吸取了当代化学、物理、数学、电子学、生物学等学科的新成就,建立起自己的表征测量新方法、新技术,并不断地开拓新领域。它不仅提供分析数据,而且从数据中获取有用信息和知识来解决生产建设与科学研究中的实际问题。为此,在国家教委科学技术委员会化学学科组的支持下,南京大学、武汉大学、北京大学和中国科学院长春应用化学研究所经过几年的努力,在对国内、外分析化学状况深入调查研究及认真总结教学、科研及生产建设成就的基础上,于1990年5月在北京开了“分析化学前沿与教育”研讨会,邀请部分高等学校,中国科学院和中国医学科学院的部分研究所及有关部委的研究单位,共同讨论了分析化学前沿与发展趋势。在会上,宣读了由30多位在第一线工作的老中青年分析化学家撰写的学术论文23篇。南京大学高鸿教授在参阅国内、外大量文献的基础上作了“分析化学现状及未来”的主题报告。中国科学院的有关专家作了关于“90年代的色谱学”,“电分析化学发展趋向”,“环境分析及若干进展”,“流动注射分析”等方面的报告。中国医学科学院的有关专家作了“药物结构分析”和“生物医药分析”的报告。高等学校的有关专家作了“生命科学与质谱学”,“生命科学中的荧光光谱分析”,“化学计量学与现代分析化学”,“分析试剂”,“光导纤维化学传感器”,“生物传感器”,“原子

光谱法的发展趋势”，“激光分析的现状和发展趋势”，“分析化学中的遥感技术”，“等离子体光谱、质谱中样品引入及在线分析技术”，“离子色谱”，“增效分析试剂的发展鸟瞰”等报告。此外，冶金工业部、公安部、国家安全部和北京分析仪器厂的有关专家还作了“钢液成分直接分析现状”，“微量物证分析的新进展”，“复杂体系的综合分析——剖析方法的现状和展望”，“分析仪器及其进展”的报告。

这些报告分别叙述了现代分析化学和各分支学科的概貌、现状、新成就、发展前景及其边缘领域；揭示了分析化学与当代诸多学科间的密切关系和对生命、能源、材料、环境科学发展的重要意义；评估了分析化学对我国四化建设和人民生活的作用与地位；提出了人才培养的重要性和途径；预示了分析化学的未来；既有自己的创新，也有对前沿课题的探索，内容丰富、新颖，立论严谨，叙述深入浅出，受到与会者的高度评价。

现将这些五彩缤纷的论文编辑成文集——《分析化学前沿》出版，真是分析化学界的一件可喜可贺的大事。读者不仅能从文集中看到分析化学如何采用光分析、电分析、色谱分析及其它分析等新技术，达到灵敏、快速、连续分析的目的，还可以看到与分析化学紧密相关的前沿课题，如生命科学、环境科学、化学计量学、过程分析化学和计算机应用等等的发展前景。真是任重道远，分析化学界的同行们，让我们携起手来共同努力吧！本文集将鼓舞、激励人们更加勤奋地学习、探索、创新，在完成光荣分析任务的同时，不断将分析化学推向更广阔发展的新阶段。

高小霞

1990年9月于北京

目 录

一、分析化学现状及未来	1
1.1 引言	1
1.2 分析化学的重要性	2
1.3 分析化学的现状	3
1.4 分析化学的未来	27
参考文献.....	29
二、生命科学中的荧光光谱分析	31
2.1 引言	31
2.2 生物活性物质的荧光分析	31
2.3 荧光免疫分析	39
2.4 结语	46
参考文献.....	46
三、光导纤维化学传感器	49
3.1 引言	49
3.2 光波导及其构形	51
3.3 传感器的固定化试剂相	53
3.4 应用	56
3.5 结语	62
参考文献.....	63
四、原子光谱法的发展趋势	65
4.1 引言	65
4.2 原子光谱法的历史	65
4.3 原子光谱法的现状	66
4.4 原子光谱法的未来	78
参考文献.....	79

五、等离子体光谱、质谱中样品引入及在线分析技术	81
5.1 引言	81
5.2 等离子体原子光谱、质谱分析与样品引入系统的联用技术	83
5.3 化学过程的在线监测与联机分析中的智能化	97
5.4 结语	99
参考文献	100
六、激光分析的现状和发展趋势	103
6.1 引言	103
6.2 激光诱导荧光光谱	103
6.3 激光拉曼光谱	108
6.4 激光光声光谱	111
6.5 激光光热光谱	113
6.6 激光电离光谱	115
6.7 其它激光分析方法	117
6.8 结语	117
参考文献	118
七、电分析化学发展趋向	121
7.1 引言	121
7.2 化学修饰电极	123
7.3 液/液界面电化学	124
7.4 光谱(波谱)电化学	124
7.5 生物电化学	125
7.6 电化学传感器和液相色谱电化学	126
7.7 电分析化学的新技术、新方法和新设想	127
7.8 量子电化学	128
参考文献	129
八、生物传感器	131
8.1 引言	131
8.2 生物传感器研究动态	132

8.3 生物传感器的原理	133
8.4 生物传感器分类	135
8.5 结语	143
参考文献.....	144
九、90年代的色谱学	145
9.1 气相色谱 (GC).....	145
9.2 高效液相色谱 (HPLC)	146
9.3 超临界流体色谱 (SFC)	147
9.4 毛细管电泳 (CZE)	147
9.5 联用技术	148
9.6 色谱仪的智能化	148
9.7 色谱专家系统	148
9.8 全盘自动化的智能色谱仪	151
参考文献.....	152
十、离子色谱.....	155
10.1 引言	155
10.2 双柱法与单柱法	155
10.3 分离原理及柱材料	156
10.4 检测方法	157
10.5 预处理技术	159
10.6 阴离子、阳离子以及阴阳混合离子的分析体系	159
参考文献.....	166
十一、生命科学与质谱学.....	169
11.1 引言	169
11.2 肽的分析	171
11.3 糖的分析	178
11.4 核苷和核苷酸的分析	180
11.5 其它生物活性物质的分析	180
参考文献.....	181

十二、化学计量学与现代分析化学	183
12.1 化学计量学的兴起与发展	183
12.2 化学计量学与现代分析化学的基础理论研究	184
12.3 现代分析化学作为化学信息科学	186
12.4 分析试验设计、采样与检测理论	187
12.5 分析校正理论	188
12.6 分析量测中的信号处理	189
12.7 计算机数字模拟	190
12.8 构效关系研究	191
12.9 化学模式识别、人工智能与分析专家系统	191
12.10 化学计量学教学	193
参考文献	194
十三、分析试剂	197
13.1 引言	197
13.2 分析试剂在分子光谱分析中的应用	198
13.3 分析试剂在色谱分析中的应用	203
13.4 有机试剂在电化学分析中的应用	206
13.5 分析试剂在原子光谱分析中的应用	207
参考文献	208
十四、增效分析试剂的发展鸟瞰	211
14.1 引言	211
14.2 新颖增效分析试剂的发展	212
14.3 问题和讨论	223
参考文献	224
十五、药物结构分析	227
15.1 引言	227
15.2 结构分析中的若干问题	228
15.3 展望	236
参考文献	236
十六、生物医药分析	239

16.1 生物医药分析	239
16.2 兴奋剂检测	245
参考文献	254
十七、流动注射分析	255
17.1 流动注射分析发展概况	255
17.2 流动注射的若干发展前沿	257
17.3 结语	266
参考文献	266
十八、复杂体系的综合分析——剖析方法的现状和展望	267
18.1 剖析方法的特点	267
18.2 剖析研究的一般程序	269
18.3 剖析研究示例	275
18.4 剖析研究中的新方法、新技术	283
参考文献	289
十九、微量物证分析的新进展	291
19.1 显微分析法	292
19.2 直接联用分析	296
19.3 定量比较分析	300
参考文献	303
二十、分析化学中的遥感技术	305
20.1 引言	305
20.2 遥测的优点	305
20.3 遥感的几种方式	306
20.4 遥感技术的发展与分析	306
20.5 某些遥感技术	307
参考文献	318
二十一、钢液成分直接分析现状	319
21.1 引言	319
21.2 投入(钢液)式探头	320
21.3 熔体直接激发光谱	322

21.4 试样引出等离子体光谱法	326
21.5 结语	329
参考文献.....	329
二十二、环境分析及若干进展.....	331
22.1 引言	331
22.2 环境分析的内容、特点和要求	332
22.3 常用的环境分析方法	334
22.4 环境分析的一些发展动向	336
参考文献.....	352
二十三、分析仪器及其进展.....	355
23.1 引言	355
23.2 分析仪器——高科技领域不可缺少的重要手段 ...	355
23.3 高科技对分析仪器的推动与支撑	362
23.4 商品分析仪器的进展	366
23.5 结语	369
参考文献.....	370

一、分析化学现状及未来

1.1 引言

分析化学的起源可以追溯到古代的炼金术,当时的分析手段,主要是依靠人类的感官和双手进行分析和判断.16世纪出现了第一个使用天平的试金实验室,使分析化学开始赋有科学的内涵.到19世纪末,分析化学基本上由鉴定物质组成的定性手段和定量技术所组成,主要使用化学方法.

进入20世纪,由于现代科学技术的发展,相邻学科之间相互渗透,分析化学的发展经历了三次巨大的变革^[1].第一次在本世纪初,由于物理化学溶液理论的发展,为分析化学提供了理论基础,建立了溶液中四大平衡理论,使分析化学从一门技术发展成为一门科学.第二次变革发生在第二次世界大战前后,物理学和电子学的发展,促进了分析化学中物理方法的发展.分析化学从以化学分析为主的经典分析化学发展到以仪器分析为主的现代分析化学.因此,有些人曾怀疑经典分析化学是否仍有必要存在.1962年 H. Liebhafsky 宣称“不管你喜欢不喜欢,化学正在走出分析化学”的名言曾经广为流传.

从70年代末到现在,以计算机应用为主要标志的信息时代的来临,给科学技术的发展带来巨大的冲击,分析化学正处在第三次大变革时期.由于生产和现代科学技术的发展,特别是生命科学和环境科学的发展,对分析化学的要求不再局限于“有什么”和“有多少”,而是要求提供物质更多的、更全面的信息.从常量到微量及微粒分析;从组成到形态分析;从总体到微区表面、分布及逐层分析;从宏观组分到微观结构分析;从静态到快速反应追踪分析;从破坏试样到无损分析;从离线到在线分析等等.分析化学吸

取了当代科学技术的最新成就(包括化学、物理、电子学、数学、生物学等),利用物质一切可以利用的性质,建立表征测量的新方法、新技术,开拓了新领域。分析化学正处于蓬勃发展的新生过程,因此它是最有活力的学科之一^[2]。

1.2 分析化学的重要性

科学的发生和发展,归根到底是由生产决定的,生产技术的发展,科学技术的进步和分析化学的发展密切相关。在工业发达国家中,分析化学已经渗透到工业、农业、国防及科学技术各个领域。事实表明分析化学水平是衡量国家科学技术水平的重要标志之一。以美国为例,美国是西方工业和科学技术最发达的国家,它在分析化学领域也处于国际领先地位。美国现有化学家约 20 万人,其中分析化学家 4 万多人(占 21%),远高于其它化学学科(见表 1.1)。美国“分析化学”(Analytical Chemistry)杂志具有国际第一流的学术水平,也是发行量最大的杂志(每期 35 000 份),超过美国所有其它化学学术刊物。美国一年一度的匹兹堡分析化学会议是世界上规模最大的分析化学学术会议。如 1989 年参加会议人数 26 000 余人,学术论文 1600 余篇,参展仪器公司 850 家,展览面积相当于 14 个足球场。美国在分析仪器制造及使用方面也明显居于世界领先地位。1989 年世界分析仪器销售额估计为 48 亿美元,而美国购买分析仪器最多(占 40%)^[3]。市场的竞争就是产品质量的竞争。美国每年用于产品质量控制分析的费用为 500 亿美元;每天要进行 2.5 亿次分析,控制美国全国三分之二产品的质量。严格的分析监测使美国大多数产品稳定在国际第一流水平。由此可见分析化学在国民经济中地位的重要性,以及分析化学的发展所带来的经济效益。

苏联也十分重视分析化学在国民经济中的作用。1987 年苏联科学院通信院士 Ю. А. Золотов 在苏联科学院分析化学学部会议上作了“国民经济七年计划中分析化学发展前景”的报告。分析

化学已列入苏联国民经济发展规划中,为了“提高生产效率,改善产品质量,加强产品质量控制分析”,提出“推广使用仪器分析,发展自动化分析”.这些任务的完成不仅促进国民经济的发展,而且也将促进分析化学水平的提高。

表 1.1 美国化学家工作情况¹⁾(1990 年 3 月)^[3]

专 业	从事工作(%)	失业(%)
分析化学	21	1.0
有机化学	14	0.8
高分子化学	11	1.0
环境化学	9	1.3
物理化学	7	0.9
生物化学	7	1.1
药物化学	6	1.5
无机化学	5	0.7
农业及食品化学	3	0.9
其他化学	17	1.4

1) 美国化学会统计资料。

1.3 分析化学的现状

分析化学是化学中七个最活跃的领域之一.从分析对象来看,生命科学、环境科学、新材料科学中的分析化学是分析化学学科中最热门的课题;从分析方法来看,计算机在分析化学中应用和化学计量学是分析化学中最活跃的领域。

目前分析化学中热点之一是与生命科学有关的分析化学。现代科学技术发展的特点是学科之间相互渗透,不断开拓新领域,促进各学科的发展。40—50 年代兴起的材料科学,60—70 年代发展起来的环境科学都促进了分析化学学科的发展。80 年代以来,生命科学的发展正在促进分析化学的发展。从美国分析化学杂志可以明显地观察到分析化学的动向。据统计,40—50 年代发表的研究报告主要应用于材料科学;1961—1979 年环境分析的论文

上升到 28%；1988 年生物分析及生命科学由为数很少迅速上升到 10%。近 20 年来由于蛋白质、核酸等生物大分子的人工合成，以及组成、结构和功能间关系的研究，揭示了生命过程的奥秘。生命科学的研究向分子水平发展，使其进入了一个崭新的阶段。世界各国都将生命科学列为优先发展的领域。1990 年美国大学的研究及开发经费为 134 亿美元，生命科学研究经费占 54%^[5]。美国大学的化学家为了获得充分的经费，纷纷投入生命过程中化学的研究，形成了生物无机、生物分析、生物有机、生物物理化学等生命化学的新领域。

表 1.2 第 40 届匹兹堡分析化学会议论文分类¹⁾

方 法	论文数	对 象	论文数
液相色谱	317	生物分析及生命科学	94
气相色谱	110	环境分析	72
超临界流体色谱(或萃取)	60	材料特性	70
质谱	156	仪器发展及改进	58
电化学及电分析	109	水分析	39
红外光谱	104	表面化学	36
原子发射光谱	97	在线分析及过程控制	30
计算机/实验室信息管理系统	68	食品分析	10
原子吸收	48	法检	8
拉曼光谱	32	其它(化学研究)	26
热分析	27		
光度及荧光光度	20		
核磁共振	11		
X 光荧光光谱	9		
其它	55		

1) 论文总数 1666 篇。

从 1989 年匹兹堡会议的论文分类(表 1.2) 可以看出，在应用研究(对象)方面，生物分析及生命科学的论文数居首位；在方法研究方面，目前在生物分析及生命科学中应用最多的分子分析方法，如色谱、质谱、电化学分析、红外光谱等居于前列。近 1—2 年来，中、美、苏、日等国的分析化学杂志论文按方法分类见表 1.3。在