



国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

定量分析化学简明教程

AN INTRODUCTORY TUTORIAL ON QUANTITATIVE ANALYTICAL CHEMISTRY



蒋 疆 主编



中国林业出版社

CFPH

China Forestry Publishing House

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

定量分析化学 简明教程

蒋 疆 主编



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

定量分析化学简明教程 / 蒋疆主编. —北京: 中国林业出版社, 2017. 9

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5038-9306-3

I. ①定… II. ①蒋… III. ①定量分析—高等学校—教材 IV. ①O655

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 248968 号

国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划编辑: 肖基浒 吴 卉

责任编辑: 肖基浒 高兴荣

电话: 83143555

传真: 83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83223120

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店

印 刷 三河市祥达印刷包装有限公司

版 次 2017 年 12 月第 1 版

印 次 2017 年 12 月第 1 次印刷

开 本 850mm × 1168mm 1/16

印 张 20

字 数 474 千字

定 价 45.00 元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

《定量分析化学简明教程》

编写人员

主 编 蒋 疆

副 主 编 荣 成 陈 宇 张茂升

编写人员 (按姓氏笔画排序)

孔德贤	曲 鹏	庄婉娥	吴琼洁
张茂升	陈 宇	郑新宇	荣 成
黄明强	曹高娟	蒋文静	蒋 疆
谢丽燕			

21 世纪经济和科技的飞速发展, 教育改革的不断深化, 对高等教育教学内容和教学体系的改革提出了更高的要求。为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》, 全面提升本科教学质量, 充分发挥教材在提高人才培养质量中的基础性作用, 由福建农林大学牵头, 组织了闽南师大、莆田学院等三所院校中从事一线教学的教师组成编委会, 本着“满足需求、力求简练、突出特色”的原则合作撰写了《定量分析化学简明教程》教材。分析化学是一门实验性极强的科学, 其所建立的多种分析方法, 广泛地应用于生物、食品、材料、环境保护、园林、医学等科技领域, 所以“定量分析化学”是高等院校理、工、农林、医类专业必修的一门重要的基础课程。本教材是依据教育部化学与化工学科教学指导委员会制定的《化学系列课程基本要求》进行编写的, 是我校进行分析化学课程体系、教学内容及教学方法改革和实践的总结及研究成果。本课程一般需要 50 个授课学时, 但也可由授课教师根据专业需要酌情选择内容, 调节学时。

关于本教材内容及特点作如下说明:

1. 考虑到目前“仪器分析”已成为高等院校独立课程的现状, 本教材主要讨论化学分析法, 但仍然保留并加强分光光度法和电势分析法。

2. 精选的思考题与习题题型多样, 除问答题、计算题外, 还包括选择题、判断题、填空题, 每章习题的最后还添加了 2~3 道英文题, 留给有能力和感兴趣的学生。

3. 注重量、单位、符号及物理量名称的规范性, 特别强调与《无机化学》或《普通化学》教材体系所使用的符号、单位保持一致。同时为了使同学们在阅读相关参考书时, 更好地融会贯通且不混淆概念, 特作如下说明: (1) 虽然许多《分析化学》教材中出现的平衡常数都没有加标准符号, 但从物理意义上来说, 这些未加标准符号的平衡常数都是“标准平衡常数”, 因此, 在本书中出现的平衡常数我们全部添加了标准符号, 以使平衡常数的意义更加明确。(2) 在做化学平衡处理时, 本书用符号“ c ”代表某型体的初始浓度(即分析浓度), 用“ $[]$ ”来代表该型体的平衡浓度。

4. 为适应学有余力者的需要, 在每章节后附有相关的拓展知识以开拓视野。

本教材由福建农林大学组织编写, 闽南师范大学、莆田学院参与编写。参加编写工作的分工如下: 福建农林大学蒋疆(前言、第 1 章绪论、综合测试)、孔德贤(第 8 章)、郑

新宇(第10章)、庄婉娥(第2章)、吴琼洁(第4章)、荣成(第9章)、曹高娟(附录)、蒋文静(阅读材料)、曲鹏(第3章);闽南师范大学张茂升(第7章)、黄明强(第6章);莆田学院陈宇(第5章)、谢丽燕(第11章)。全书由蒋疆组织和统稿。在编写过程中,还得到了众多院校教师的关心和帮助,在此一并致谢。

本教材的出版得到了福建农林大学教材出版基金(114/111971618)和福建农林大学2017年本科教学改革项目的资助,得到了中国林业出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平,书中难免有纰漏之处,敬请广大读者不吝批评指正。

编 者
2017年5月

前 言

第1章 绪 论	1
1.1 分析化学的任务与作用	1
1.2 分析化学发展简史和发展趋势	2
1.3 分析方法的分类	4
1.4 定量化学分析的一般程序	7
1.5 本课程的任务和要求	8
第2章 定量化学分析中的误差与数据处理	10
2.1 误差的种类及来源	10
2.1.1 系统误差	10
2.1.2 随机误差	11
2.1.3 过失	11
2.2 准确度与精密度	11
2.2.1 真值	11
2.2.2 准确度与误差	12
2.2.3 精密度与偏差	13
2.2.4 准确度与精密度的关系	15
2.3 误差的传递	16
2.3.1 系统误差的传递	16
2.3.2 随机误差的传递	17
2.3.3 极值误差	18
2.4 提高分析结果准确度的方法	19
2.4.1 选择合适的分析方法	19
2.4.2 减少测量误差	19
2.4.3 减少偶然误差	20
2.4.4 检验和消除系统误差	20
2.5 有效数字及运算规则	21
2.5.1 有效数字	21

2.5.2	有效数字的修约规则	22
2.5.3	有效数字的运算规则	23
2.6	分析化学中数据的统计处理	23
2.6.1	可疑值的取舍——过失误差的判断	23
2.6.2	回归分析法	25
2.6.3	分析结果的数据处理	28
2.6.4	分析结果的报告	35
第3章	滴定分析法	40
3.1	滴定分析法的基本概念	40
3.2	滴定分析法对化学反应的要求	41
3.3	滴定分析的方式	42
3.4	滴定分析的标准溶液	43
3.4.1	基准物质	43
3.4.2	标准溶液	44
3.5	滴定分析法的计算	47
3.5.1	溶液配制的计算	47
3.5.2	滴定剂与被滴定物质之间的计量关系	48
3.5.3	标准溶液浓度的计算	49
3.5.4	待测组分含量的计算	50
3.6	滴定分析的误差	52
3.6.1	滴定分析中的系统误差	52
3.6.2	滴定分析中的随机误差	53
第4章	酸碱滴定法	58
4.1	酸碱平衡定量处理方法	58
4.1.1	酸碱的分析浓度	58
4.1.2	电荷平衡式、物料平衡式、质子平衡式	59
4.1.3	水溶液中弱酸(碱)各型体的分布	61
4.1.4	酸碱水溶液 pH 的计算	63
4.2	酸碱指示剂	72
4.2.1	酸碱指示剂的作用原理	72
4.2.2	酸碱指示剂的 pH 变色点与变色范围	73
4.2.3	混合酸碱指示剂	76
4.3	酸碱滴定法原理	77
4.3.1	强酸(碱)滴定强碱(酸)	77
4.3.2	一元弱酸(碱)的滴定	80
4.3.3	终点误差	84
4.3.4	多元弱酸(碱)的滴定	87
4.3.5	酸碱滴定中 CO_2 的影响	91

4.4	酸碱滴定法的应用	92
4.4.1	酸碱标准溶液的配制和标定	92
4.4.2	酸碱滴定法应用实例	94
第5章	沉淀滴定法	106
5.1	银量法滴定曲线	106
5.2	银量法原理	108
5.2.1	莫尔法(mohr)	108
5.2.2	佛尔哈德法(Volhard)	109
5.2.3	法扬司法(Fajans)	111
5.3	银量法的应用	112
5.3.1	标准溶液的配制和标定	112
5.3.2	银量法测定示例	113
第6章	络合滴定法	118
6.1	概述	118
6.1.1	无机配位剂与简单络合物	119
6.1.2	有机配位剂与螯合物	120
6.1.3	EDTA的分析特性	121
6.1.4	络合物的平衡常数	123
6.1.5	副反应对EDTA络合物稳定性的影响	125
6.2	金属离子指示剂	130
6.2.1	金属离子指示剂的性质和作用原理	130
6.2.2	金属离子指示剂的选择	132
6.2.3	指示剂的封闭、僵化和变质现象	134
6.3	络合滴定法基本原理	135
6.3.1	络合滴定曲线	135
6.3.2	提高配位滴定选择性的途径	145
6.3.3	配位滴定法的滴定方式及应用	147
第7章	重量分析法	156
7.1	重量分析的一般过程	157
7.1.1	对沉淀形式的要求	158
7.1.2	对称量形式的要求	158
7.2	沉淀的溶解度、结构和纯度	158
7.2.1	沉淀的溶解度	158
7.2.2	沉淀的纯度	165
7.3	沉淀的形成与沉淀条件的选择	166
7.3.1	沉淀的结构类型	166
7.3.2	沉淀的形成	167
7.3.3	沉淀条件的选择	168

7.4	重量分析的计算	170
7.4.1	重量分析中的换算因数	170
7.4.2	结果计算示例	171
第8章	氧化还原滴定法	177
8.1	氧化还原滴定法的特点	177
8.2	电极电势	178
8.2.1	标准电极电势	178
8.2.2	条件电极电势	179
8.2.3	影响条件电极电势的因素	181
8.3	氧化还原反应进行的程度	182
8.3.1	氧化还原反应的平衡常数	182
8.3.2	化学计量点时氧化还原反应进行的程度	183
8.4	影响氧化还原反应速率的因素	184
8.5	氧化还原滴定基本原理	186
8.5.1	氧化还原滴定曲线	186
8.5.2	氧化还原滴定中的指示剂	189
8.6	常用的氧化还原滴定法及应用	191
8.6.1	高锰酸钾法	192
8.6.2	重铬酸钾法	196
8.6.3	碘量法	198
8.7	氧化还原滴定结果的计算	202
第9章	吸光光度法	210
9.1	概述	210
9.2	光吸收定律	211
9.2.1	物质对光的选择吸收	211
9.2.2	光吸收基本定律——朗伯—比尔定律	212
9.2.3	偏离朗伯—比尔定律	215
9.2.4	吸收光谱曲线	217
9.3	紫外—可见分光光度计	217
9.3.1	分光光度计的基本构件	217
9.3.2	分光光度计的类型	220
9.4	分光光度法的测定	222
9.4.1	测定方法	222
9.4.2	测定条件的选择	223
9.4.3	测定的误差	226
9.4.4	分析条件的选择	227
9.5	分光光度法的应用	228
9.5.1	示差分光光度法	228

9.5.2	多组分含量的测定	229
9.5.3	酸碱解离常数的测定	230
9.5.4	配合物组成的测定	230
9.5.5	定性分析	232
第 10 章	电势分析法	238
10.1	概述	238
10.1.1	电势分析法基本原理	238
10.1.2	指示电极、离子选择性电极	239
10.1.3	参比电极	243
10.2	直接电势法	245
10.2.1	溶液 pH 值的测定	245
10.2.2	其他离子浓度的测定	247
10.3	电势滴定法	248
10.3.1	基本原理	248
10.3.2	终点的确定	248
10.3.3	电势滴定法的应用	251
第 11 章	定量分析化学中的分离技术	257
11.1	概述	257
11.2	沉淀分离法	258
11.2.1	无机沉淀分离法	258
11.2.2	有机沉淀分离法	260
11.2.3	均相沉淀分离法	262
11.2.4	共沉淀分离法	262
11.3	萃取分离法	263
11.3.1	萃取分离法相关名词	263
11.3.2	常见萃取分离法	263
11.3.3	萃取技术的发展与前景	266
11.4	离子交换分离法	266
11.4.1	离子交换法概述	266
11.4.2	离子交换树脂分类	267
11.4.3	离子交换树脂分离对象	268
11.5	色谱分离法	268
11.5.1	色谱法的定义	269
11.5.2	色谱法的分类	269
11.5.3	色谱法的优缺点	271
11.5.4	色谱法的应用与前景	272
11.6	膜分离技术	272
11.6.1	膜分离概述	272

11.6.2 膜分离类型	272
11.6.3 膜分离特点	275
综合测试题(一)	278
综合测试题(一)参考答案	282
综合测试题(二)	283
综合测试题(二)参考答案	287
参考文献	288
附 录	290
附录1 相对原子质量表(2007 年)	290
附录2 常见化合物的相对分子质量表(2007 年)	292
附录3 常用弱酸及其共轭碱在水中的离解常数(25℃)	295
附录4 难溶化合物的溶度积常数(25℃)	297
附录5 一些常见络合物的形成常数(25℃)	299
附录6 氨羧配位剂类络合物的形成常数(25℃)	300
附录7 标准电极电势(25℃)	302
附录8 部分氧化还原电对的条件电极电势(25℃)	305
附录9 符号及缩写	306

第1章 绪 论

使学生对一门学科有兴趣的最好办法是势必使之知道这门学科是值得学习的。

——布鲁纳

【教学基本要求】

1. 理解分析化学的任务和作用；
2. 了解分析化学及分析方法的分类；
3. 熟悉定量分析的一般程序；
4. 了解分析化学的现状、发展和展望。

化学学科通常可划分为几个清晰而又意义明确的分支学科——无机化学、分析化学、有机化学与物理化学。虽然分支学科之间常有一些交叠，但对大多数化学工作者而言，每一分支都具有明确的范畴，对于任何特定化学工作者的任务也是相当清楚的，他们所承担的工作范围是明确的。分析化学(analytical chemistry)是化学学科的重要二级学科之一，是研究和应用各种分析方法、分析原理及分析技术，以获取有关物质的化学组成和结构信息的一门科学。随着其理论、方法以及技术的发展，分析化学现在已成为一门与数学、物理学、生物学以及计算科学相结合的综合性学科。也可以说，分析化学是研究关于获取物质系统化学信息的方法和理论的科学。

1.1 分析化学的任务与作用

分析化学的研究对象是物质的化学组成和结构，其首要回答的问题是物质的化学组分，各化学组分的相对含量，这些组分在物质中存在的形式。也就是说，分析化学的主要任务是获取物质化学组成、含量以及结构等方面的信息。根据分析任务的不同，将分析化学分为定性分析(qualitative analysis)、定量分析(quantitative analysis)和结构分析(structure analysis)三个部分。

①定性分析的任务是鉴定物质含有哪些组分，这些组分可以是元素、离子、基团、官能团或化合物等；

②定量分析的任务是测定物质中各组分的相对含量；

③结构分析的任务是确定物质的化学结构、晶体结构和空间分布等。

上述分析化学的三部分内容既相互联系又互有区别。如果对物质不进行定性分析,不清楚物质的组成,则无法进行定量分析。而定量分析方法或分析方案的选定,则离不开对物质组成的了解。为进一步获得物质的全面信息,甚至需要通过结构分析来确定化学结构、晶体结构和空间分布。因此,应先做定性分析,再进行定量分析和结构分析。对于已经知道化学组分的试样,则可以直接选择合适的分析方法测定其组分含量。

分析化学的应用范围非常广泛。只要涉及化学现象的任何科研领域,都需要分析化学提供各种化学信息来解决相关问题。例如,化学学科发展过程中的一些化学基本定律的发现,相对原子质量的测定以及各类化学平衡常数的测定等很多内容,都与分析化学密切相关。

分析化学是一门工具学科。在工农业生产和科学研究中,由分析化学所建立的各种分析方法,可以帮助人们扩大或加深对自然界的认知,因而其几乎与工业、农业、商业等所有行业都有着密切的联系,不论是在生产实践中还是在科学研究中都有着非常重要的实用意义。在工业生产方面,如资源勘探、原料选择、生产控制、产品检验、“三废”处理和利用、环境的检测和保护等方面都要靠分析化学提供的信息进行判断;在农业生产方面,如土壤肥力测定、灌溉用水水质化验、植株营养诊断、农牧产品品质鉴定、农药残留分析及土壤改良、新品种选育、食品和饲料添加剂分析、复合肥料、生物农药和农业生态等方面都需要用到分析化学提供的化学信息;在科学研究方面,分析化学已渗透到许多与化学相关的学科领域,如材料科学、资源环境、医药学、农林科学、环境科学以及生命科学等。

综上所述,任何研究课题,都要以分析化学为研究手段,或者通过分析化学获得信息,去分析问题,解决问题。一方面,工农业生产的发展和科学技术现代化的进程都与分析化学发展水平有着密切的相关性,如今分析化学学科的发展水平已经成为衡量科技与经济发展水平的标志之一;另一方面,各个学科领域中出现的新问题和新成果也促进了分析化学本身的发展。因此,分析化学有着工农业生产的“眼睛”、科学研究的“参谋”之称,也使得分析化学成为应用最为广泛的学科之一。

1.2 分析化学发展简史和发展趋势

分析化学的萌芽和起源可以追溯到古代炼金术,有着悠久的历史。就近代分析化学而言,一般认为分析化学经历了三次巨大的变革。第一次变革是在20世纪初,随着物理化学的溶液平衡理论(酸碱平衡、氧化还原平衡、配位平衡、沉淀平衡)的建立,并且被引入到分析化学,使得分析化学由一种检测技术发展成为一门具有系统理论的科学,确立了作为化学分支学科的地位;第二次变革是在第二次世界大战后至20世纪60年代,由于物理学和电子学、半导体以及原子能技术的发展,促进了分析化学中仪器分析方法和分离技术的产生和发展,于是仪器分析成为分析化学的重要内容,改变了以化学分析为主的局面,使经典分析化学发展成为现代分析化学;第三次变革是20世纪70年代末至今,随着现代科学技术的飞速发展,分析化学的内容和任务不断地扩大和复杂。同时,生命科学、环境科学、材料科学等的发展对分析化学的要求和期望也在不断地增加和提高,再者由于学科之间的相互交叉与促进,特别是与生物学、信息学、计算机技术等学科的交叉与渗透,使

得分析化学的新理论、新技术、新方法、新仪器不断产生和发展,成为人们获取物质全面信息,进一步认识自然、改造自然的重要科学工具,这一切都标志着分析化学已经发展到具有综合性和交叉性特征的分析科学阶段。总之,分析化学是一门既古老又充满活力的科学,它从一门技术发展成为一门科学,得益于化学与其他科学技术的进步,同时分析化学学科的发展又对人类科学技术的进步起到任何科学都不可替代的重要作用。

从分析化学的发展过程可以看出,分析化学的任务不再局限于测定物质的组分和含量,而是要求能够提供物质的更多、更全面的信息。即,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、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全方位多层次的物质信息。这必然要求分析化学的分析手段越来越灵敏、准确、快速、简便和自动化。其主要的发展趋势综述如下。

1) 分析理论与其他学科相互渗透

化学、物理、数学、计算机科学与网络、生命科学等学科的相互渗透与融合,使得分析化学理论更加完善,使分析化学逐渐成为一门以一切可以利用的物质属性,对一切可以测定的化学组分及其形态、结构、反应历程进行测量和表征的综合性学科。

2) 分析技术的发展趋势

在分析技术上趋于向高选择性、高灵敏(大分子、原子水平)、快速、简便、经济及分析仪器的自动化、数字化、计算机化发展,并向智能化、仿生化纵深迈进。

(1) 复杂物质体系的分离与分析方法的选择性

复杂物质体系的分离和测定一直是人类所面临的艰巨任务。由液相色谱、气相色谱、超临界萃取和毛细管电泳等所组成的色谱学及其技术,是现代分离分析的主要组成部分,而且获得了很快的发展,已经成为当今分析化学发展的热点之一。在提高分析方法选择性方面,各种选择性试剂、萃取剂、吸附剂、表面活性剂、传感器的活性基质以及各种选择性检测技术等,都是当前分析化学研究工作的重要内容。

(2) 更高的灵敏度和准确度

为了提高分析方法的灵敏度和准确度,分析化学引入了许多新技术。例如,激光技术的引入,促进了激光共振电离光谱、拉曼光谱、激光诱导荧光光谱、激光光热光谱和激光质谱等技术的进步,大大提高了分析方法的灵敏度。激光质谱法对化合物的检测限为 $10^{-12} \sim 10^{-15}$ g,而且能分析生物大分子和高聚物。电子探针分析所用的试液体积可低至 10^{-12} mL,对于高含量组分的测量误差已达到0.01%以下。又如,多元配位化合物和各种增效试剂的研究和应用,使得吸收光谱、荧光光谱、电化学以及色谱等分析方法的灵敏度和准确性都大幅度提高。

3) 微型化和微环境分析

微型化和微环境分析是分析科学由宏观到微观的延伸。人们对生物功能的了解以及电子学、光学等学科的发展,促进了分析化学深入微观世界的进程。目前进行微环境分析的重要手段有电子探针X射线微量分析、激光微探针质谱等技术。此外,各种分离理论、仪器联用技术、超微电极和光化学,以及电化学等的应用,为揭示化学或生物化学反应机理,研究新体系等提供了有效的手段。

4) 生物活性物质的表征与测定

进入 21 世纪以来, 生命科学以及生物工程方面的科学研究已经成为人们研究的热点。一方面这些研究的进展为分析化学提出了新任务; 另一方面模拟仿生过程, 又为分析化学自身的研究提供了新思路和新途径。分析化学的各种分析方法, 如核磁共振、质谱、色谱、荧光光谱、化学发光、免疫分析以及各种化学或生物传感器、生物电化学分析等, 不仅在生命体或有机组织的水平上, 而且在细胞、分子水平上对生物大分子以及活性物质的表征与测定, 乃至揭示生物本质方面都起到了十分重要的作用。

5) 形态、状态的分析

环境科学中, 同一元素的不同价态或分子中的不同存在形态对环境的影响可能存在极大的差异, 因而对样品中元素的存在形态以及价态的分析测定也必定是分析化学的发展趋势。

6) 无损性分析

样品无损性分析是分析方法的又一发展趋势。当今许多仪器分析方法都已经发展为非破坏性检测。无损性分析对生产流程控制、自动分析以及生命过程等方面的分析是非常重要的。

7) 功能联用性

仪器分析的功能联用也是分析化学的发展趋势, 主要体现在不同分析方法经过联用之后, 能够充分发挥各种方法的优势, 使分析方法的功能更为强大。例如, 将具有高效分离能力的气相色谱仪和具有很强鉴别能力的质谱仪联用, 就可以迅速分析复杂试样。目前, 除气质联用、液质联用外, 还出现了液相色谱仪与红外光谱仪联用等诸多新分析技术。

8) 自动化和智能化

电子学、集成电路和计算机的发展, 使分析化学进入了自动化和智能化阶段, 也是分析化学的一个重要发展趋势。计算机在分析数据处理、实验条件优化、数字模拟、结构解析、理论研究以及生物环境监测与控制中都起着非常重要的作用。

综上所述, 正在发生第三次大变革的现代分析化学, 正以前所未有的速度迅猛发展, 它吸收了现代科学技术的最新成果, 利用物质一切可利用的性质, 建立了大批新方法、新技术, 已经成为现代科学中最有活力的学科之一。

1.3 分析方法的分类

分析化学所研究的内容不仅十分丰富, 所采用的方法手段也是多种多样。分析化学的方法可以根据不同的分类依据, 或者研究需求进行分类。

1) 按分析任务不同分类

分析化学按分析任务的不同可以分为定性分析、定量分析和结构分析三类。

2) 按分析对象不同分类

分析化学按分析对象的不同可以分为无机分析和有机分析。前者分析对象是无机物, 后者分析对象是有机物。无机物所含元素多种多样, 因而无机分析一般要求分析鉴定试样由哪些元素、离子、原子团或化合物组成, 进而测定各组分的相对含量, 有时也要求确定

某些组分的存在形式等。有机物的组成元素虽为数不多，但结构复杂，化合物种类繁多。因而有机分析不仅要求鉴定组成元素和测定相对含量，而且更重要的是要进行官能团分析和结构分析。虽然两者所依据的分析原理差不多，但因分析对象不同，所以在分析要求和手段上形成各自不同的特点。此外，随着相关学科领域的交叉渗透，结合不同的分析对象，相继出现了诸如环境分析、生物分析、药物分析等更为专业的分析方法。

3) 按分析时所需试样的多少分类

分析化学按分析时所需试样量的多少可以分为常量分析(macro analysis)、半微量分析(semi-micro analysis)、微量分析(micro analysis)和痕量分析(trace analysis)，见表1-1。

表1-1 各种分析方法的试样用量

分析方法	试样用量	试液体积
常量分析	>0.1 g	>10 mL
半微量分析	0.01~0.1 g	1~10 mL
微量分析	0.1~0.01 mg	0.01~1 mL
痕量分析	<0.1 mg	<0.01 mL

这种分类方法是人为划分，相互之间没有严格的界限。这里所说的常量、半微量、微量并不指被测组分的相对含量，而是指测试时所需的试样量，要注意区分。有时也可以根据被测组分相对含量的多少，将分析方法粗略地分为常量组分分析(major, >1%)、微量组分分析(micro, 0.01%~1%)和痕量组分分析(trace, <0.01%)三类。

4) 按分析物质性质和反应原理分类

分析方法按照分析时所依据的物质性质和反应原理的不同可分为化学分析法(chemical analysis)和仪器分析法(instrumental analysis)。

(1) 化学分析

以物质化学反应为基础的分析方法称为化学分析法。例如，利用组分在化学反应中生成沉淀、气体或有色物质而进行的组分分离和鉴定，即定性分析；根据化学反应中试剂和试样的用量测定物质组成中各组分的相对含量，即定量分析。就定量分析而言。化学分析法主要有滴定分析法(也称容量分析法)、重量分析法和气体分析法。这些化学分析方法建立历史悠久，是分析化学的基础，所以又称为经典化学分析法。经典化学分析的测定结果可靠，准确度高，所用仪器设备简单，应用范围比较广泛，是例行测试的重要手段之一。化学分析多适用于常量组分的测定。

(2) 仪器分析

仪器分析法是以物质的某种物理性质或物理化学性质为基础，并需要采用特殊仪器进行测量的分析方法，故又称为物理化学分析法。仪器分析法大多具有灵敏度高、选择性好、试样用量少、简便快速、自动化程度高等特点，且有较高的准确度，适于测定微量和痕量组分，也能适合生产过程中的控制分析，应用十分广泛。因此，仪器分析是分析化学的发展方向。

按照分析所依据的原理不同，仪器分析法又可分为光化学分析、电化学分析、色谱分