



高等学校教材

仪器分析

田丹碧 主编

Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

仪 器 分 析

田丹碧 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析/田丹碧主编. —北京:化学工业出版社,
2004.8

高等学校教材

ISBN 7-5025-5791-1

I. 仪… II. 田… III. 仪器分析-高等学校-教
材 IV. 0657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 057000 号

高等学校教材

仪 器 分 析

田丹碧 主编

责任编辑:杨 菁

文字编辑:刘志茹

责任校对:王素芹

封面设计:潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 566 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5791-1/G·1561

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

科学技术的高度发展和进步,给分析化学提出了许多新问题,也促进了分析方法的不断完善和更新。信息时代的到来,计算机的广泛使用,使分析化学成为发展和应用各种方法、仪器和策略以获得有关物质空间、时间方面组成和性质的一门科学,它已从过去以经典的化学分析为主转变成现在以仪器分析为主的现代分析方法。仪器分析是一门需要有生物学、材料学、医学、电子学等各个方面的专业知识的交叉学科,它作为分析化学的重要组成部分也因此越来越受到重视和加强。

南京工业大学理学院长期开设《仪器分析》课程,近年来授课范围更是扩展到包括全校化工、材料、环境、轻化、安全、制药、生物工程等各个院系和专业。随着高等学校教育和改革的深入,培养基础扎实、知识广博、能够理论联系实际、有较强动手能力的高素质人才已成为大学教育追求的目标。因此改革教学内容和体系,使其更好地体现基础内容 and 专业需要的结合,是非常必要的。

考虑到仪器分析方法、技术和仪器的迅速发展,结合本校各专业的实际情况,本书的编者在长期教学实践的基础上,编写了这本《仪器分析》教程。作为仪器分析基础课的教材,编者在系统介绍各种常见分析方法的基础上,还力图反映仪器分析的新变化以及各种仪器分析方法在化工、环保、生物及医学等方面的应用,文字力求简明扼要,深入浅出,有利于培养学生的自学能力和探索精神。在内容取舍上,考虑本校各有关专业所具有的一些特点,将重点放在工业分析中常见的仪器方法上,介绍了各种方法的基本原理、仪器设备、方法特点及适用范围,并增加了生物分离中常用的电泳分析、在线分析中常用的流动注射以及近年来应用比较广泛的联用技术等内容,体现基础性、学术性和前沿性的统一。教师在进行教学时可根据不同专业的需要,调整教学内容。

作为南京工业大学理学院教学改革的内容之一,本书的编写受到了理学院领导的大力支持,各位教师也在繁忙的工作之中抽出时间参加了本书的编写工作。全书共分14章,参与执笔编写的有:南京工业大学理学院俞斌(第1、第11、第13章),姚成(第9、第10、第12章),田丹碧(第5~8章),陈国松(第3、第4章)和张红漫(第2、第14章)。全书由田丹碧负责统稿协调工作。研究生姜小东参加了插图的绘制工作。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足,敬请读者批评指正。

编 者
于南京工业大学
2004年2月

内 容 提 要

本书主要介绍常见仪器分析方法的基本原理、仪器装置、定性定量方法及适用范围。全书共 14 章, 内容有: 紫外-可见吸收光谱法、原子发射光谱分析法、原子吸收光谱分析法、电位分析法、伏安分析法、电泳分析法、气相色谱法、高效液相色谱法、红外光谱分析法、核磁共振波谱分析法、质谱分析法、X 射线分析法及流动注射分析法。

本书可作为高等工科院校化工、轻化、制药、食品、材料、生化、环境及应用化学等专业仪器分析课程的教材, 也可供农、林、医和其他相关专业师生及企业和科研单位的有关人员参考。

目 录

1 仪器分析概论	1
1.1 分析化学的类别	1
1.1.1 化学分析	1
1.1.2 仪器分析	1
1.2 仪器分析法的类别	2
1.2.1 光学分析法	2
1.2.2 电化学分析法	2
1.2.3 热分析法	3
1.2.4 放射化学分析法	3
1.2.5 质谱法	3
1.2.6 分离分析法	3
1.3 仪器分析的进展	4
2 紫外-可见吸收光谱法	6
2.1 光学分析法概述	6
2.2 紫外-可见吸收光谱的产生及基本原理	7
2.2.1 物质对光的选择性吸收	7
2.2.2 朗伯-比耳定律	8
2.2.3 偏离比耳定律的原因	9
2.3 分子结构与紫外-可见吸收光谱	10
2.3.1 分子的电子光谱	10
2.3.2 有机化合物分子的电子跃迁和吸收带	11
2.3.3 影响吸收带的因素	15
2.4 紫外-可见分光光度计	17
2.4.1 单波长单光束分光光度计	17
2.4.2 单波长双光束分光光度计	19
2.4.3 双波长分光光度计	19
2.5 定性分析	19
2.6 定量分析	22
2.6.1 定量测定的条件	22
2.6.2 单组分定量分析	25
2.6.3 多组分混合物中各组分的同时测定	25
2.6.4 分光光度滴定	26
2.6.5 差示分光光度法	26
2.6.6 导数分光光度法	27
2.6.7 双波长分光光度法	28
习题	28

3 原子发射光谱分析法	30
3.1 原子发射光谱分析基本理论	30
3.1.1 原子发射光谱的产生	30
3.1.2 谱线的强度	33
3.2 原子发射光谱仪	35
3.2.1 主要部件的性能与作用	35
3.2.2 原子发射光谱仪的类型	42
3.3 分析方法	43
3.3.1 定性分析	43
3.3.2 半定量分析	44
3.3.3 定量分析	45
3.4 原子发射光谱分析的应用和进展	46
习题	47
4 原子吸收光谱分析法	49
4.1 原子吸收光谱分析基本理论	49
4.1.1 原子吸收光谱的产生	49
4.1.2 原子吸收光谱的谱线轮廓	50
4.1.3 积分吸收与峰值吸收	50
4.1.4 原子吸收测量的基本关系式	51
4.2 原子吸收光谱分光光度计	52
4.2.1 光源	52
4.2.2 原子化系统	53
4.2.3 分光系统	55
4.2.4 检测系统	55
4.3 干扰及其消除方法	55
4.3.1 干扰效应	55
4.3.2 背景校正方法	56
4.4 原子吸收光谱分析的实验技术	58
4.4.1 测量条件的选择	58
4.4.2 分析方法	60
4.5 原子吸收光谱分析的应用和进展	60
习题	61
5 电位分析法	62
5.1 电位分析法的基本原理	62
5.1.1 化学电池	62
5.1.2 电极电位	63
5.1.3 参比电极	65
5.1.4 金属基电极	66
5.1.5 离子选择性电极	67
5.1.6 生物传感器	70
5.2 离子选择性电极的性能指标	72
5.2.1 线性范围和检测下限	72
5.2.2 选择性系数	72
5.2.3 响应时间	73

5.2.4 电极内阻	73
5.3 直接电位分析法	73
5.3.1 标准比较法	73
5.3.2 标准曲线法	74
5.3.3 标准加入法	75
5.4 电位滴定法	76
5.4.1 电位滴定法基本原理	76
5.4.2 滴定终点的确定	76
5.5 电位分析法的应用	78
习题	79
6 伏安分析法	81
6.1 极谱分析基本原理	81
6.1.1 分解电压和极化	81
6.1.2 极谱波的产生	82
6.1.3 极谱分析的特殊性	84
6.1.4 影响扩散电流的因素	86
6.2 极谱定量分析方法	86
6.2.1 波高测量方法	86
6.2.2 极谱定量方法	87
6.2.3 经典极谱分析法的局限性	88
6.3 现代极谱方法	88
6.3.1 极谱催化波法	88
6.3.2 单扫描极谱法	89
6.3.3 方波极谱	90
6.3.4 脉冲极谱	92
6.3.5 溶出伏安法	93
6.3.6 循环伏安法	95
习题	97
7 电泳分析法	99
7.1 电泳的基本原理	99
7.1.1 电荷的来源	99
7.1.2 电泳淌度	100
7.1.3 离子强度对电泳的影响	101
7.1.4 电泳焦耳热	101
7.1.5 影响电泳淌度的其他因素	101
7.2 凝胶电泳	101
7.2.1 聚丙烯酰胺凝胶的形成和结构	102
7.2.2 凝胶的分子筛效应	102
7.2.3 蛋白质的电泳行为	103
7.2.4 连续电泳和不连续电泳	104
7.2.5 聚丙烯酰胺凝胶电泳的基本装置	104
7.2.6 凝胶电泳测定的步骤	106
7.3 等电聚焦	107
7.3.1 等电聚焦的基本原理	107

7.3.2	载体两性电解质	108
7.3.3	凝胶等电聚焦电泳法的基本操作	109
7.4	等速电泳	109
7.4.1	等速电泳的基本原理	110
7.4.2	等速电泳基本装置	110
7.4.3	条件选择	111
7.4.4	定性定量分析	111
7.5	毛细管电泳	112
7.5.1	毛细管电泳基本原理	112
7.5.2	毛细管电泳基本装置	113
7.6	电泳分析的应用	114
	习题	115
8	气相色谱法	116
8.1	气相色谱基本原理	118
8.1.1	气相色谱基本术语	118
8.1.2	塔板理论	121
8.1.3	速率理论	123
8.1.4	分离度	124
8.1.5	分离条件的选择	125
8.2	色谱柱	129
8.2.1	气固色谱填充柱	129
8.2.2	气液色谱填充柱	130
8.2.3	毛细管气相色谱柱	132
8.3	气相色谱检测器	132
8.3.1	热导池检测器	133
8.3.2	氢火焰离子化检测器	133
8.3.3	电子捕获检测器	134
8.3.4	火焰光度检测器	134
8.3.5	检测器的性能指标	135
8.4	气相色谱定性方法	137
8.4.1	用已知纯物质对照定性	137
8.4.2	利用相对保留值定性	138
8.4.3	利用保留指数定性	138
8.4.4	与其他分析仪器联用定性	138
8.5	气相色谱定量分析	139
8.5.1	峰面积测量方法	140
8.5.2	定量校正因子	140
8.5.3	几种常用的定量计算方法	142
8.6	气相色谱新技术	144
8.6.1	全二维气相色谱	144
8.6.2	裂解色谱法	145
8.6.3	顶空气相色谱法	145
8.6.4	手性气相色谱法	146
8.7	气相色谱的应用及发展	147

8.7.1	气相色谱在石油工业中的应用	147
8.7.2	气相色谱在环境分析中的应用	148
8.7.3	气相色谱在食品分析中的应用	149
	习题	149
9	高效液相色谱法	152
9.1	高效液相色谱仪	152
9.1.1	液体输送系统	152
9.1.2	梯度洗脱装置	153
9.1.3	进样系统	154
9.1.4	馏分收集器	155
9.1.5	检测系统	155
9.1.6	色谱分离系统	157
9.2	高效液相色谱固定相和流动相	157
9.2.1	固定相	157
9.2.2	固定相的分类	158
9.2.3	流动相	159
9.3	液相色谱的主要类型	159
9.3.1	液-固吸附色谱	159
9.3.2	化学键合相色谱	160
9.3.3	反相色谱	161
9.3.4	离子交换色谱	162
9.3.5	凝胶渗透色谱	162
9.3.6	衍生化技术和浓缩柱	163
9.3.7	液相制备色谱	164
9.4	高效液相色谱的应用	164
9.4.1	高效液相色谱在石油化工领域的应用	165
9.4.2	高效液相色谱在食品分析中的应用	166
9.4.3	高效液相色谱在生化、医药方面的应用	168
9.5	纸色谱、薄层色谱和柱色谱分离	170
9.5.1	纸色谱	170
9.5.2	薄层色谱	172
9.5.3	柱层析色谱分离	174
	习题	174
10	红外光谱分析法	176
10.1	红外光与红外吸收光谱	176
10.1.1	红外吸收光谱的基本原理	177
10.1.2	影响红外吸收光谱的因素	180
10.2	有机化合物的红外吸收光谱	185
10.2.1	烷烃	187
10.2.2	烯烃	189
10.2.3	芳烃	190
10.2.4	炔烃	193
10.2.5	醇、酚和烯醇	193
10.2.6	醚	195

10.2.7 羰基化合物	196
10.2.8 胺、氨基酸及其盐	203
10.2.9 硝基、亚硝基及其有关化合物	205
10.2.10 磷酸酯类化合物	207
10.2.11 其他化合物	207
10.3 仪器和实验方法简介	209
10.3.1 红外光谱仪	209
10.3.2 样品制备	209
10.3.3 傅里叶变换红外光谱仪简介	210
10.3.4 GC-FTIR	211
10.4 红外光谱分析的应用	212
10.4.1 定性分析	212
10.4.2 有机化合物的结构鉴定	214
10.4.3 定量分析	217
习题	218
11 核磁共振波谱分析法	222
11.1 核磁共振的基本原理	222
11.1.1 原子核的自旋运动及磁矩	222
11.1.2 磁场中的自旋核	223
11.1.3 核磁共振的产生	224
11.1.4 玻尔兹曼分布和弛豫过程	225
11.2 核磁共振的重要参数	226
11.2.1 化学位移	226
11.2.2 自旋-自旋偶合常数	227
11.3 核磁共振波谱仪	231
11.3.1 核磁共振仪的部件	231
11.3.2 连续波核磁共振仪	232
11.3.3 傅里叶变换核磁共振仪	232
11.4 实验技术	233
11.4.1 样品制备	234
11.4.2 多重共振与核欧沃豪斯效应	234
11.4.3 动态核磁共振实验	235
11.5 氢核磁共振谱 (^1H NMR) 的应用	237
11.5.1 未知物结构鉴定的一般步骤	237
11.5.2 ^1H NMR 谱化学位移的解析	238
11.5.3 偶合常数的解析	243
11.5.4 核磁共振峰的强度	245
11.5.5 核磁共振谱图解析示例	245
11.6 碳-13 核磁共振 (^{13}C NMR)	249
11.6.1 ^{13}C NMR 谱的特点	249
11.6.2 ^{13}C 的化学位移	250
11.6.3 ^{13}C 的偶合	254
11.6.4 碳谱的实验技术	256
11.6.5 碳谱的应用及示例	257

11.7 核磁共振技术的进展	261
11.7.1 二维核磁共振介绍	261
11.7.2 固体高分辨核磁共振谱	262
11.7.3 核磁成像	262
习题	263
12 质谱分析法	266
12.1 质谱的基本原理	266
12.1.1 质谱计的组成	266
12.1.2 质谱仪器的主要指标	267
12.1.3 质谱计简介	268
12.1.4 质谱的基本方程	269
12.1.5 离子源的种类	270
12.2 质谱裂解表示法	273
12.2.1 正电荷表示法	273
12.2.2 电子转移表示法	273
12.2.3 主要裂解方式	273
12.2.4 影响离子丰度的因素	276
12.3 质谱中离子的类型	277
12.3.1 分子离子和分子离子峰的判断	277
12.3.2 同位素离子	278
12.3.3 碎片离子及其断裂的一般规律	278
12.3.4 亚稳离子	279
12.3.5 多电荷离子	280
12.4 分子式的确定	280
12.4.1 同位素峰相对强度法	280
12.4.2 高分辨质谱法	284
12.5 各类有机化合物的质谱	285
12.5.1 烷烃	285
12.5.2 烯烃	285
12.5.3 炔烃	286
12.5.4 芳烃	287
12.5.5 醇	287
12.5.6 酚和芳香醇	288
12.5.7 醚	288
12.5.8 卤代物	289
12.5.9 醛、酮	289
12.5.10 羧酸	290
12.5.11 酯	290
12.5.12 胺	292
12.5.13 酰胺	292
12.6 质谱的解析	293
12.6.1 利用手册进行解析	293
12.6.2 利用质谱解析分子结构	294
12.6.3 质谱解析实例	294

12.7 气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS)	295
12.7.1 GC-MS 系统	295
12.7.2 GC-MS 联用中主要的技术问题	296
12.7.3 GC-MS 接口	296
12.7.4 GC-MS 联用质谱谱库和计算机检索	297
12.7.5 GC-MS 联用技术的应用	298
12.8 液相色谱-质谱联用技术 (LC-MS)	298
习题	301
13 X 射线分析法	303
13.1 X 射线的产生	303
13.2 X 射线衍射分析	304
13.2.1 X 射线的衍射	304
13.2.2 X 射线衍射方法	306
13.2.3 X 射线单色器	307
13.3 X 射线荧光分析	309
13.3.1 X 射线荧光的产生原理	309
13.3.2 X 射线荧光的获取和测量	309
13.3.3 试样的制备	311
13.3.4 X 射线荧光定性分析	312
13.3.5 X 射线荧光定量分析	312
13.4 俄歇电子能谱分析	314
13.4.1 俄歇电子能谱概述	314
13.4.2 俄歇电子的产生及其能量	314
13.4.3 俄歇电子的产额	315
13.4.4 俄歇电子信号	315
13.4.5 俄歇电子能谱仪的装置	317
13.4.6 俄歇电子能谱的定性分析	320
13.4.7 俄歇电子能谱的定量分析	321
13.4.8 俄歇电子能谱的其他应用	322
13.5 光电子能谱分析	322
13.5.1 光电子能谱分析概述	322
13.5.2 光电子能谱的基本原理	323
13.5.3 装置	325
13.5.4 样品的制备	326
13.5.5 测试条件的选择	327
13.5.6 光电子能谱的解析及应用	328
习题	332
14 流动注射分析法	334
14.1 基本原理	334
14.1.1 基本 FIA 系统	334
14.1.2 试样区带的分散过程	335
14.1.3 分散系数	335
14.1.4 重现混合过程在 FIA 中的意义	336
14.2 仪器装置及组件	337

14.2.1	液体传输设备	337
14.2.2	注入阀	338
14.2.3	反应及连接管道	338
14.2.4	流通式检测器	339
14.3	分析技术	340
14.3.1	基本流路和操作模式	340
14.3.2	合并区带技术	341
14.3.3	停流技术	341
14.3.4	流动注射梯度技术	342
14.3.5	溶剂萃取分离	343
14.4	流动注射分析方法及应用	344
14.4.1	流动注射分光光度分析	344
14.4.2	流动注射原子光谱分析	346
14.4.3	流动注射电化学分析	347
14.4.4	流动注射发光分析	348
	习题	349
附录	各种不同结构的质子的化学位移	350
参考文献		353

1 仪器分析概论

1.1 分析化学的类别

分析化学是研究物质的组成、状态和量的科学，是人们探索物质世界的重要手段。可以说，没有分析化学谈不上对化学世界的深入研究。

分析化学从手段方面考虑可分为两大类。

1.1.1 化学分析

化学分析是根据物质的化学反应行为以及物质的溶液理论建立起的一整套分析化学的理论及实验技术的总和。天平和常用的玻璃器皿是常用的实验仪器。它可以定性地确定某些物质组成的元素，利用某些特殊的化学反应可以判断有机化合物中某种官能团的存在。

化学分析方法更重要的作用是对某些物质进行定量分析。在符合化学分析要求的条件下，该方法的相对误差小、准确度高、重现性也较好，属常量分析。

化学分析方法还有一个特点是费用低廉、操作易掌握，因此它仍为许多部门推崇，可以说化学分析室分布极广、涉及面极大。

1.1.2 仪器分析

随着现代科学技术的迅猛发展，仅仅靠化学分析法已不能满足现实的需要。从 20 世纪 60 年代开始，仪器分析方法迅速崛起，使分析化学对物质世界的“认识”产生了一个划时代的飞跃。解决了许多化学分析法根本无法解决的难题，尤其是对瞬时状态、物质结构、表面状况、形貌及动态分析等。仪器分析法的诞生和发展推动和助长了诸如生命科学、环境科学、材料科学、电子信息科学和化学等飞跃发展，使其获得了前所未有的成果。

仪器分析方法大多是应用物质的物理特性进行分析，许多分析方法可达到无损分析，这对于样品十分精贵的情况特别有利。仪器分析所要求的样品量特别小，有的只需 $1\mu\text{g}$ ，甚至更小，因此灵敏度很高，可以测到 10^{-15}g ，甚至更小的含量，属于微量分析或痕量分析。仪器分析具有简便、快速、易于实现自动操作的特点。虽然仪器组成复杂，但操作起来只需按各个旋钮即可，就像操作电视机一样，无需繁杂的化学实验操作。有的仪器分析方法干扰比较多，做定量分析时准确度不够高，相对误差一般在百分之几的范围内，是化学分析的 10 倍左右。

仪器分析方法和电学、光学、电子学、计算机技术密不可分。许多仪器分析方法都是从物理学中的光学、电学等发展出来的，同时它又扩展了物理学在这些学科的应用领域，将化学和物理更紧密地结合在一起了。

因此仪器分析作为化学、化工、材料、环境、生命学科等专业学生的必修课是十分重要的。

1.2 仪器分析法的类别

能够精确测试的、表征物质的物理的、化学的或物理化学性质的参数都可以作为仪器分析测量该物质的依据。按照仪器分析所利用物质的物理或化学特性及信号的类别,可将仪器分析分为光学分析法、电化学分析法、热分析法、放射化学分析法、质谱法和分离分析法。

1.2.1 光学分析法

光学分析法是仪器分析法中涉及面最广、用途最大、仪器类型最多的一类分析方法。总的来说可包括光谱法和非光谱法两类。这类分析法主要包括以下类型。

(1) 光度吸收法 利用各类粒子或官能团有选择性地吸收光的能量跃迁到相应的激发态,使某个波长光的强度下降,利用这种光强度的下降与吸光粒子或官能团浓度间的定量关系,对吸光粒子或官能团进行定量分析。当然也可以按照吸光度与光波长的关系图(光谱)进行定性。但要注意,在许多情况下,这种定性并不完全具备充分必要性。

根据吸光的不同,这类方法又可分为:可见光分光光度法、原子吸收分光光度法、紫外分光光度法、红外分光光度法、拉曼光谱法、核磁共振法等。

(2) 发光光度法 利用各类粒子或官能团吸收能量后跃迁到激发态,然后迅速地以辐射的方式跃迁回基态,而发出一定波长的光,或以其他方式发光,仪器测定这种光的波长和强度可进行定性和定量分析。

这类分析方法常见的有:发射光谱法(主要用于金属元素的定性和半定量)、火焰发射光谱法、原子荧光光谱法、分子荧光和磷光法、X射线光谱法、X射线荧光法、电子能谱法等。

(3) 其他光分析法 利用波长特征以外的光子信息,如光的反射、折射、干涉、衍射和偏振。这类方法有:折射法、干涉法、散射浊度法、旋光法、X射线衍射法、电子衍射法等。

1.2.2 电化学分析法

电化学分析法是利用物质及其溶液的电学和电化学性质进行分析的方法。一般地,它是使待测成分的试样溶液构成一个化学电池,这些化学电池可以是原电池也可以是电解池,然后测得这类电池的某些物理量,如两极间的电位差或电流强度、电量、电阻等来确定被测物质的量。电化学分析法可以分为两种类型。

(1) 无净电流流动的电化学法 在这类方法中,以电位分析法为代表。该方法在测试过程中测量的是基本上不引起电解或者无电流流过的平衡体系。比较典型的代表方法有电位测定法、电位滴定法、电导滴定法、离子选择性电极分析法等,尤其是离子选择性电极分析法的应用面非常广。

(2) 有净电流流动的电化学法 当有净电流通过平衡体系时,就会破坏原有平衡,在这种平衡被破坏的过程中监测流过体系的总电流、总电压等物理参数的变化或者析出的金属质量来确定被测物质的量。这类方法有各种伏安法、极谱法、循环伏安法、线性扫描伏安法、库仑法、电重量法等。

电化学分析法灵敏度和准确性都较高、适用面较广、理论基础也非常完善。由于在测定

过程中得到的是电信号，因此，也较容易实现自动化和连续分析。但条件要求较严，干扰较多。

1.2.3 热分析法

热分析法一般是利用物质的传热性能的不同以获得所需的测量参数，然后将这种参数转化为电信号以达到分析的目的。

热分析法可分为两大类。

(1) 热重量分析法 利用物质在不同的温度下会产生物理过程或化学反应过程而导致该物质的质量发生变化，通过质量变化量与温度的函数关系而达到分析该物理过程或化学反应过程的目的。

(2) 差热分析法 利用样品与参比物的传热性能的不同，使得在同样供热条件下样品与参比物的温度会产生差异，将这种温度差作为信号，达到对样品进行定量和定性分析的目的。

1.2.4 放射化学分析法

放射化学分析法是通过对被测物质放射性的测定取得物质的组成的定性和定量的信息。这种分析方法与其他分析方法的差别在于，此方法是利用试样产生的放射性或者向试样中加入放射性物质。

这种方法还可利用放射性元素作为示踪元素，研究一些化合物或元素在自然界或生物体内的代谢过程、循环过程及机理，这对考古学、生物学、环境科学的研究都有很大的意义。

1.2.5 质谱法

质谱法是将待测物质置于离子源中被电离而形成各种带电离子碎片。这些碎片通过加速器而达到按荷质比分离的目的，依据谱线的位置和强度可以建立分析法。

由于质谱法获得的信息是具有化学本性的，所以它在现代结构分析法中特别值得注意。质谱所产生的信号是化学反应的直接结果，而不是构成其他大多数波谱法特征的能态变化的结果。

质谱仪现在还可以和色谱等分离仪器联用，可产生更好的效果。

1.2.6 分离分析法

分离分析法最重要的功能是分离，因此它可以排除分析样品中的干扰。分离分析法是利用被测样品中各被测组分对被称为固定相的物质的分配性能或溶解性能的差异而使各组分达到相互分离的方法。可分为以下四大类。

(1) 气相色谱 固定相可以是固体或液体，被分离组分一定是气态。在有机化合物的分离中尤其是对小分子量易挥发的样品常常使用。

(2) 液相色谱 固定相可以是固体或液体，被分离组分是液相。这类色谱还包括薄层色谱、纸色谱、柱层析等方法，它是分离液态物质最有效的方法。

(3) 离子色谱 液相是液体，并且要保证被分离物质能电离形成离子。通过这种色谱，原则上可将各种离子分离。主要样品为无机化合物和部分有机化合物。离子交换法从原理上讲也应属于离子色谱法。

特别要强调的是，分离分析法主要功能是分离。分离后组分的测定仍旧是光分析法、电分析法或热分析法。