

HANDBOOK OF MODERN

現代

ANALYTICAL INSTRUMENTS

分析仪器手册

〔美〕R. S. 思德普尔 著

机械工业出版社

现代分析仪器手册

[美] R. S. 思德普尔 著

马延林 杨文澜 夏金华 译

(K609/15)



机械工业出版社

本书是一本既有实践经验又有理论分析的实用手册。该书比较全面地介绍了各种现代分析仪器的原理、结构、用途以及有关仪器的正确使用方法。书中还扼要地介绍了有关电学方面的基本概念及与分析仪器有关的元器件；对电子计算机的基本知识及其在分析仪器中的应用也作了适当介绍。

本书可供从事分析仪器管理、科研、设计、生产、使用、维修等部门的科技人员参考，亦可作为高等院校有关专业师生的参考书。

HANDBOOK OF
MODERN ANALYTICAL
INSTRUMENTS

RAGHBIR SINGH KHANDPUR
TAB BOOKS, Inc.

1981

现代分析仪器手册

[美] R. S. 恩德普尔著

马延林 杨文渊 夏金华 译

机械工业出版社出版 (北京阜成门内大街27号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $17^{1/2}$ · 字数 374 千字
1986年12月北京第一版·1986年12月北京第一次印刷

印数 0,001—6,050 · 定价 3.60元

统一书号: 15033 · 6358

译 者 的 话

分析仪器是对物质进行化学成分分析、结构分析、微区分析和状态分析的精密仪器，是发展现代科学技术及进行工农业生产必不可少的工具。

众所周知，在科学与技术的发展过程中，分析化学起了巨大的作用。分析化学不仅与科学研究、工农业生产有着密切的关系，而且与公害、原子能等社会问题、临床分析及自动诊断系统等与人类有关的问题有着重要的关系。一般说来，分析化学的方法灵敏度不高、速度较慢、操作误差较大，随着科学技术的发展，特别是二次世界大战以后，分析化学与光、机、电、磁、声多种学科结合起来，从而由经典的分析方法发展为仪器分析法，出现了种类繁多的分析仪器。其特点是迅速、灵敏、简便、易于实现自动化。近年来，由于微电子技术、计算技术、微波技术、自动化技术、激光技术的迅速发展，使原来的仪器分析法有了新的改进，分析工作逐渐从宏观到微观，从表面到内层，从静态向动态分析发展。分析仪器具备了新的活力，其应用范围相当广泛。

分析仪器属于知识密集、技术密集型产品，它的产品涉及机械、电子、化学、物理、自动控制、计算技术以及新材料、新工艺等方面的综合技术。每类分析仪器的工作原理各不相同，使用方法与应用领域也各具特色。为了使广大科技工作者对分析仪器有一个全面的了解，正确地选择与使用分析仪器，特将此书献给广大读者。

IV

本书第 10、11、12 章由王元戎，13、14 章由杨 孙楷，15 章由马立人，16、17、19 章由钱勇之，18 章由李晋萍，20 章由沈国乃等同志审校，在此表示衷心谢意。

由于译者水平所限，书中难免有不妥甚至错误之处，请读者批评指正。

序 言

分析仪器在科研与生产领域里得到了广泛的应用。它可用于食品加工、石油炼制、药物和制药工业、化学工业、环境监测与控制以及医院等部门进行例行分析及研究。现代工业的高度发展，使产品的质量控制在成为重大课题，而经典的湿式化学分析法已不能满足需要。如在医院里，疾病的诊断在很大程度上决定于血液化验，这就需要大量的信息与数据。只有分析仪器，才能胜任这些工作。

本书会使分析仪器的使用人员对仪器的工作原理及主要组成部件，将得到进一步的理解。

本书用通俗易懂的语言，介绍了各种分析仪器以及有关仪器正确使用方面的基本知识与经验，从而为现代分析仪器的普及应用，提供了有益的技术咨询。

本书的第一章，扼要地介绍了电子学方面的基本概念以及各种显示系统和记录仪，集成电路和运算放大器以及它们在分析仪器里的应用。

比色计和分光光度计是两种重要的分析仪器。虽然很早就能进行这种仪器的光学设计，然而精确测量光谱的波长却是三十年代的事。为测量光的强度而发展了光度法。由于光电管的出现，才首次制成精密的分光光度计。紫外分光光度计可进行灵敏的、准确的、非破坏性的测量，分析许多重要的生化样品，如蛋白质、核酸等。双光束测量法的应用，推动了红外分光光度计的发展，在例行分析时可直接记录。同

样，火焰光度计和原子吸收分光光度计也是临床化验室及科学研究实验室的重要分析工具。

色谱仪是一种用途最广泛的分析仪器。本书对各种色谱分离方法作了基本介绍。在分离分析小分子与中等尺寸的分子时，气相色谱仪用途最为广泛。液相色谱仪有其独特的优点，近年来又发展成为高效液相色谱仪。

1937年，梯塞利乌斯(Tiselius)用电泳法分离蛋白质。尔后出现了进行微量分析的区域电泳法。采用聚丙烯酰胺合成的凝胶，广泛地用于分离各种蛋白质与核酸。采用染色和光学显影法，可进行微克数量级以下的分析。

气相色谱仪与质谱仪的联用，可进行超微量分析。该仪器在太空研究里得到了应用。

核磁共振波谱仪和电子自旋共振波谱仪，是进行结构鉴定不可缺少的工具。书中还介绍了傅里叶变换核磁共振波谱仪和自旋去耦器。

采用新型电子器件，可得到准确、重复的测试结果，速度快、误差小。例如，带有打印机的数字pH计，由于电气信号的传输比测量本身快得多，所以要在测量之间加漂洗电极。电化学仪器，不仅性能好，而且易于实现操作自动化。它可与长图记录仪相连，画出滴定曲线。本书介绍了几种电化学仪器，如电导仪、极谱仪等。还介绍了采用最新电路的pH计、离子选择电极和化学敏感的半导体器件。详细介绍了血液气体分析器和工业气体分析器。

环境是全世界都十分关心的重大课题。必须监测环境质量的变化。用于任何领域的分析仪器，都可用来监测空气和水质的污染情况。本书介绍了监测空气和水中不同污染物的各种仪器。

同位素标记化合物的定性、定量分析，受到了普遍的重视。作这种分析的仪器比较复杂，通常能自动地测量或打印出多于 100 种样品的放射性记数。比较先进的仪器有多通道计数器、扫描器和 γ 照相机。

在医院的化验室里，利用仪器分析测定大量的样品并进行数据处理，其优越性是十分明显的。利用人-机控制学的观点设计仪器面板，并内置自动控制电子线路，保证仪器能完成多种复杂功能，而对仪器操作人员的要求则不高。分析过程全自动的、每小时处理样品量大的仪器，适用于种类繁多的测试。本书介绍了这些自动分析系统。

现代实验室里使用着大量的分析仪器，每时每刻都产生出大量的各种信息。用经典的方法处理这么多的数据是困难的。计算机与仪器联用，有效地克服了这些困难，而且还能使分析仪器在最佳状态下工作。目前，多数重要的分析仪器都用上了计算机。许多仪器制造厂家都生产了不仅能进行数据处理，还能进行控制的系统。具有特定功能的小型计算机的采用，使试验工艺、数量、质量以及经济性方面，发生了深刻的变革。本书最后一章介绍了计算机的基本原理以及计算机指挥的分析仪器。

工作原理相同，功能相同或相近的仪器，可用于多种分析。例如，研究呼吸气体分析的二氧化碳分析器，其工作原理是基于红外线吸收法，它也可用于分析工业气体中的二氧化碳。不同的应用场所、要采用不同的取样方法。本书不仅介绍了仪器，而且也介绍了某些特殊的应用。

本书为广大读者提供了实用的知识与经验，对现代分析仪器的普及与应用是有益的。

目 录

译者的话

序言

第1章 分析仪器的基本组成部件	1
1.1 基本定义	2
1.1.1 电位差	2
1.1.2 电压	2
1.1.3 电流	2
1.1.4 电量	2
1.1.5 电阻	3
1.1.6 基尔霍夫定律	4
1.1.7 功率	5
1.1.8 电容器	5
1.1.9 电感器	5
1.1.10 交流电路	6
1.2 电子和电子管	7
1.2.1 二极管	8
1.2.2 三极管	9
1.2.3 四极管	9
1.2.4 五极管	10
1.2.5 静电计	11
1.3 半导体器件	11
1.3.1 P-N结	12
1.3.2 半导体二极管	13
1.3.3 三极管	14
1.3.4 场效应晶体管	15
1.3.5 MOS场效应晶体管	16

X

1.4 集成电路	18
1.5 运算放大器	18
1.5.1 基本倒相电路	20
1.5.2 加法电路	20
1.5.3 积分电路	22
1.5.4 微分电路	22
1.5.5 电压跟随器	22
1.5.6 倒相器	22
1.6 数字技术	23
1.6.1 数字显示	24
1.6.2 显示器件	25
1.6.3 数字盘表头	26
1.7 实验室记录仪	27
1.7.1 直接耦合放大器	27
1.7.2 斩波放大器	29
1.7.3 直接记录的记录仪	30
1.7.4 记录方法	31
1.7.5 走纸机构	32
1.7.6 电位差计记录仪	32
1.8 示波器	34
1.8.1 阴极射线管	35
1.8.2 垂直偏转系统	37
1.8.3 水平偏转系统	37
1.8.4 同步与触发	38
1.8.5 电源	39
1.9 屏蔽和接地	41
第2章 比色计和分光光度计	43
2.1 电磁辐射	43
2.2 射线与物质的相互作用	45

2.3 比尔·郎伯特定律	46
2.4 定量分析	48
2.4.1 波长的选择	49
2.4.2 分光光度同时检测法	49
2.5 吸收式仪器	50
2.5.1 光源	51
2.5.2 光源灯调节器	52
2.5.3 滤光片	53
2.5.4 吸收式滤光片	54
2.5.5 干涉滤光片	55
2.6 单色器	57
2.6.1 棱镜单色器	57
2.6.2 衍射光栅	58
2.7 光学零件	60
2.8 光敏检测器	61
2.8.1 光伏电池或阻挡层电池	61
2.8.2 光电发射管	63
2.9 样品容器	67
2.10 比色计	68
2.10.1 单光束滤光片式光度计	69
2.10.2 双光束滤光片式光度计	70
2.10.3 多通道光度计	72
2.11 分光光度计	73
2.11.1 单光束零点式分光光度计	75
2.11.2 直读式分光比色计/分光光度计	77
2.11.3 直读式分光光度计的信号处理	80
2.11.4 双光束比率记录分光光度计	81
2.11.5 双波长分光光度计	89
2.11.6 导数技术	92

2.11.7 数字光谱学	94
2.11.8 校准	94
第3章 红外分光光度计	96
3.1 基本组成部件	98
3.1.1 光源	98
3.1.2 单色器	99
3.1.3 入口狭缝和出口狭缝	105
3.1.4 反射镜	105
3.2 检测器	106
3.2.1 光导管	106
3.2.2 热量检测器	106
3.2.3 有关检测器的一般考虑	108
3.2.4 用于光导检测器的前置放大器	109
3.3 记录红外光谱的方法	110
3.3.1 光学零点法	110
3.3.2 比率记录法	112
3.4 样品装置	112
3.4.1 气体池	112
3.4.2 液体池	113
3.4.3 可变光程的池子	113
3.5 固体取样	115
3.5.1 固体溶解在溶剂里	115
3.5.2 压片法	115
3.5.3 粉碎法	115
3.6 微量取样	115
3.7 特殊池子	117
3.8 衰减全反射	117
3.9 仪器的标定	119
第4章 火焰光度计	121

4.1 发射系统	122
4.1.1 调压器	124
4.1.2 流量计	124
4.1.3 燃料气	124
4.1.4 氧气和空气	124
4.1.5 雾化器	125
4.1.6 喷嘴	126
4.1.7 火焰	127
4.2 光学系统	128
4.2.1 滤光片	128
4.2.2 单色器	129
4.2.3 其他光学部件	129
4.3 记录系统	130
4.4 电气线路	131
4.4.1 单光束仪器	131
4.4.2 双光束仪器	131
4.4.3 使用光电倍增管的线路	132
4.4.4 光电管的放大线路	132
4.4.5 光电倍增管的放大线路	133
4.4.6 记录式火焰光度计	134
4.5 火焰光度计	135
4.6 临床用火焰光度计	136
4.7 火焰光度计的附件	141
4.8 浓度的表示法	142
4.9 干扰	142
4.9.1 火焰的本底发射	142
4.9.2 谱线的干扰	142
4.9.3 自吸收	143
4.9.4 阴离子的影响	143

4.9.5 离解的影响	143
4.9.6 溶液的性质	143
4.10 测定的方法	144
4.10.1 校准曲线法	144
4.10.2 标准加入法	145
4.10.3 内标法	145
第5章 原子吸收分光光度计	147
5.1 结构要点	148
5.2 空心阴极灯	150
5.3 燃烧器和火焰	152
5.4 等离子吹管	155
5.5 光学系统	156
5.6 电子系统	158
5.7 信号积分法	162
5.8 取样系统	164
5.9 性能指标	165
5.10 干扰	165
5.10.1 阳离子干扰	165
5.10.2 粘度干扰	166
5.10.3 离解干扰	166
5.11 表头刻度	166
5.12 线性化的曲线校正	168
第6章 荧光计和磷光计	170
6.1 荧光的原理	170
6.2 浓度与荧光强度之间的关系	172
6.3 影响产生荧光的因素	173
6.4 荧光的测量	174
6.4.1 单光束滤光片荧光计	175
6.4.2 双光束滤光片荧光计	177

6.4.3 比率荧光计	179
6.4.4 荧光分光光度计	182
6.5 磷光的测量	184
6.5.1 磷光发射	185
6.5.2 磷光分光光度计	185
第7章 气相色谱仪	187
7.1 组成部件	189
7.2 载气源或流动相	190
7.2.1 载气的种类	190
7.2.2 载气的纯度	190
7.2.3 载气流速	191
7.3 进样系统和样品量	191
7.3.1 液体进样	192
7.3.2 气体进样	193
7.3.3 固体进样	194
7.3.4 热解法	194
7.4 色谱柱	194
7.4.1 填充柱	194
7.4.2 毛细管柱	195
7.4.3 担体材料	196
7.4.4 固定相	196
7.4.5 气-液色谱法	196
7.4.6 气-固色谱法	197
7.5 恒温箱	198
7.5.1 恒温操作	198
7.5.2 程序控温	198
7.5.3 双柱的应用	199
7.6 检测系统	201
7.6.1 热导检测器或卡他计	201

7.6.2 火焰离子化检测器	203
7.6.3 电子俘获检测器	206
7.6.4 氦离子化检测器	208
7.6.5 横截面检测器	208
7.6.6 一些新型检测器	209
7.6.7 检测器的标定	210
7.7 记录仪	210
7.7.1 定性分析	210
7.7.2 定量分析	210
7.7.3 保留值的测定	211
7.7.4 相对保留值的测定	211
7.7.5 峰面积的测定方法	211
第8章 液相色谱仪	213
8.1 液相色谱法的分类	213
8.1.1 吸附色谱法 (液-固)	214
8.1.2 分配色谱法 (液-液)	214
8.1.3 离子交换色谱法	214
8.1.4 凝胶渗透色谱法	214
8.1.5 薄层色谱法	214
8.1.6 纸色谱法	215
8.2 液相色谱仪的部件	215
8.3 高压泵	216
8.4 梯度洗脱或溶剂程序	218
8.5 进样系统	220
8.6 色谱柱	221
8.7 检测器	221
8.7.1 紫外-可见分光光度计	222
8.7.2 荧光检测器	222
8.7.3 折光检测器	225

8.7.4 吸附检测器	226
8.7.5 电导检测器	226
8.7.6 程序器与读出	226
8.8 氨基酸分析器	227
8.8.1 树脂柱色谱法	228
8.8.2 自动氨基酸分析器	228
第9章 电泳仪和光密度计	231
9.1 纸电泳	231
9.1.1 区带定位方法	232
9.1.2 定量	232
9.1.3 测定	234
9.2 电泳仪	234
9.2.1 电泳盒	235
9.2.2 电源	235
9.2.3 稳压电源	235
9.2.4 稳流电源	236
9.2.5 恒压、恒流电源	237
9.2.6 高压电泳	238
9.2.7 光密度计	238
9.3 分光光密度计	240
9.4 微电泳	242
9.5 注意事项	244
第10章 质谱仪	245
10.1 质谱仪的类型	247
10.1.1 磁偏转质谱仪	247
10.1.2 飞越时间质谱仪	250
10.1.3 射频质谱仪	252
10.1.4 四极滤质器	254
10.2 质谱仪的组成部分	254