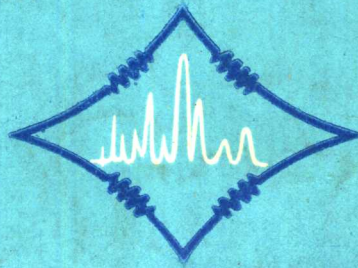


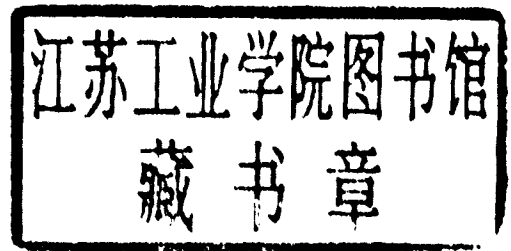
# 气相色谱分析



山东省卫生防疫站  
山东省环境保护监测总站  
济南铁路局中心防疫站

一九七六年七月

# 气相色谱分析



山东省卫生防疫站  
山东省环境保护监测总站  
济南铁路局中心防疫站

一九七六年七月

# 毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义现代化的强国。

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

在目前条件下，普及工作的任务更为迫切。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

# 前 言

气相色谱法是一种较新的高效、快速、灵敏的分离分析技术。目前正日益广泛地应用于工、农业生产和科研、医学、卫生等方面，也是职业病防治和环境保护监测方面的重要分析方法之一。

为了适应我省职业病防治和环境保护监测工作的需要，我们收集了1973年铁道部委托济南铁路局中心防疫站举办的全国铁路环境保护监测班的色谱讲稿，以及其他有关气相色谱资料和分析方法，整理编印了这本“气相色谱分析”，作为从事色谱工作者的参考。由于我们学习马列著作和读毛主席的书不够，政治思想水平不高，专业知识有限，缺点、错误在所难免，希望同志们提出批评指出。

# 目 录

第一章 气相色谱法	1
§ 1 各种色谱法的分类	1
§ 2 气相色谱仪及其分离原理	2
§ 3 气相色谱法的特点	5
§ 4 气相色谱法与其它分析方法的比较	6
§ 5 气相色谱符号、术语和参考书	8
第二章 气相色谱仪	9
§ 1 气路系统	9
§ 2 进样系统	10
§ 3 温度控制系统	11
§ 4 色谱柱	13
§ 5 检测器	14
§ 6 放大器	15
§ 7 讯号记录系统	16
第三章 气相色谱基本理论	22
§ 1 塔板理论	22
一、分配平衡	22
二、塔板理论	23
§ 2 速率理论	30
一、速率理论方程式的理论模型	31
二、速率理论方程式的导出	32
三、速率理论方程式的讨论	36
§ 3 色谱分离条件的选择	38
一、色谱分离条件选择的指标	38
二、色谱分离条件的选择	43
第四章 气相色谱检测器	56
§ 1 检测器的一般性能	56
一、检测器的分类	56
二、检测器的性能	58
§ 2 热导池检测器	62
一、热导池检测器的结构和电气测量线路	62
二、热导池检测器的检测原理	65

三、操作条件的选择	68
§ 3 氢焰离子化检测器	70
一、氢焰检测器的结构	71
二、氢焰离子化机理	71
三、离子头的设计及其评价	72
四、操作条件对R值的影响	75
五、氢焰的性能和应用	80
§ 4 电子捕获检测器	80
一、电子捕获检测器的结构	80
二、电子捕获机理	81
三、操作条件对基流和响应值的影响	84
四、电子捕获检测器的性能	89
五、电子捕获检测器的应用	90
§ 5 火焰光度检测器	91
一、火焰光度检测器的结构	92
二、火焰光度的检测机理	93
三、检测器的气路形式及灭火问题	94
四、关于磷的检测	95
五、关于硫的检测	96
六、火焰光度检测器的应用	99
第五章 气相色谱固定相	102
§ 1 液体固定相	102
一、固定液	102
二、担体	113
§ 2 固体固定相	116
一、常用固体吸附剂	117
二、新型合成固定相	118
第六章 定性、定量分析	124
§ 1 定性分析	124
一、分析样品的判断和处理	124
二、利用已知物对照法定性	127
三、利用文献保留数据定性	131
四、利用化学反应定性	132
五、与其它仪器分析结合定性	133
§ 2 定量分析	136
一、峰面积的测量方法	136
二、定量校正因子	139

三、定量方法	145
四、影响定量准确度的各种因素	151
五、定量分析数据的处理	155
第七章 毛细管色谱法	160
§ 1 毛细管色谱的基本理论	160
一、毛细管柱速率方程	160
二、毛细管柱的操作条件	161
三、毛细管柱与填充柱的比较	164
§ 2 毛细管柱的制备	165
一、毛细管柱	165
二、毛细管柱的涂渍	166
三、毛细管柱内壁的处理	167
四、毛细管柱性能试验	169
五、填充毛细管柱	170
§ 3 毛细管柱的色谱系统	171
一、进样系统	171
二、检测器	173
三、记录器	173
四、怎样在填充柱色谱仪上做毛细管色谱分析	173
第八章 程序升温气相色谱法	174
§ 1 程序升温气相色谱法	174
一、程序升温色谱法的特点	174
二、程序升温的方式	175
三、程序升温与恒温操作的比较	176
§ 2 程序升温的基本理论	176
一、保留温度	176
二、初期冻结	178
三、有效柱温	179
四、保留温度与其它操作条件的选择	180
§ 3 程序升温操作条件的选择	182
一、柱效率的评价	182
二、操作条件的选择	183
§ 4 程序升温色谱系统	184
一、程序升温色谱流程	184
二、载气纯化及控制	185
三、汽化室、检测室要单独加热	185
四、色谱炉	186



五、程序升温控制器	186
六、高温固定液	187
第九章 制备色谱	189
§ 1 制备色谱基本理论	189
一、制备色谱基本理论方程式	189
二、制备色谱操作条件	190
§ 2 制备色谱柱的制备	192
一、制备柱的容量	192
二、担体	194
三、固定液	194
四、制备柱的填充技术	195
五、制备柱的老化处理	196
§ 3 制备柱的色谱系统	196
一、载气及其净化系统	196
二、进样系统	197
三、检测系统	198
四、收集系统	199
五、程序控制系统	200
第十章 高聚物的裂解色谱分析	201
§ 1 化学降解色谱分析法	201
§ 2 裂解色谱分析法	203
一、裂解机理	203
二、裂解器	204
三、聚合物的定性鉴定	210
四、聚合物的定量分析	211
第十一章 气相色谱法的应用	213
§ 1 气相色谱法在大气和水质分析中的应用	213
一、大气中 $O_2$ 和 $CO_2$ 的测定	213
二、大气中痕量 $CO$ 和 $CH_4$ 的测定	214
三、大气中 P.P.b 级硫化物的色谱测定	215
四、大气中有机氟化物的色谱分析	215
五、苯、甲苯、二甲苯的色谱分析	216
六、丙烯腈及其杂质的色谱分析	217
七、苯酚、甲酚、二甲酚的气相色谱分析	218
八、无机阴离子的色谱分析	220
九、六六六的色谱分析	220
十、有机磷农药—1605 的气相色谱测定	221



§ 2 农药残留量的气相色谱分析·····	222
一、有机氯农药残留量的色谱测定·····	222
二、有机磷农药残留量的色谱测定·····	224
三、国外农药残留量标准·····	225
附录·····	226
表 1 国内外固体担体和吸附剂·····	226
表 2 气相色谱固定液·····	231
表 3 定量校正因子·····	236

# 第一章 气相色谱法

“气相色谱分析”主要讨论如何对物料进行定性定量分析，因此这份资料所介绍的一切都是围绕这一中心议题。本章主要介绍什么是气相色谱法，气相色谱仪及其分离原理，气相色谱法的特点以及与其它分析方法的关系等一般规律。

## § 1. 各种色谱法的分类

气相色谱法只是色谱法中的一种。介绍色谱法的一般过程，对了解色谱法的特殊过程是必要的。所谓色谱法（也叫色层法）早先是指把一个有色混合物放到装有吸附剂的玻璃柱中，用溶剂冲洗，结果在柱中就形成了具有不同颜色的谱带，然后按谱带的颜色对混合物进行鉴定分析，因而叫色谱法。后来这种方法广泛地用于无色物质的分离，而且也不是按分离后物质的颜色来鉴定，虽然仍沿用“色谱”这个名词，但早已失去了它原来的含意。现在的色谱法是指这样的一种物理分离方法，根据不同的物质在由两相一固定相和流动相构成的体系中，具有不同的分配系数，当两相作相对运动时，这些物质也随流动相一起运动，并在两相间进行反复多次的分配，这样就使得那些分配系数只有微小差别的物质，在移动速度上产生了很大的差别，从而使各组分达到了完全分离。

目前存在着各种色谱分离方法和各种色谱分类方法，大致有：

### 一、按两相状态分类：

色谱法中共有两相（相就是体系中的某一均匀部分），即固定相和流动相。如果流动相是气体就叫气相色谱，用液体作流动相的称为液相色谱。同样固定相也可能有两种状态，即固体吸附剂和担体涂固定液。这样按两相状态可将色谱分为四类，它们是：

气相色谱包括气固色谱，气液色谱。

液相色谱包括液固色谱，液液色谱。

### 二、按固定相的性质分类：

1. 柱色谱，共分为两大类。一类是固定相装在一根玻璃或金属管内，叫“填充柱色谱”；另一类是固定相附着在一根细管内壁上，管中心是空的，叫“开管柱色谱”或习称“毛细管柱色谱”。如果把固定相装到玻璃管内，再拉成毛细管，就叫填充毛细管柱色谱等。

2. 纸色谱，也叫纸层析，就是利用滤纸作固定相，把试样点到滤纸上，用溶剂将其展开，根据其在纸上斑点的位置和大小进行鉴定和定量分析。

3. 薄层色谱或叫薄板层析，系将吸附剂涂成或压成薄膜，然后与纸色谱类似方法进行的操作。

### 三、按分离原理分类:

1. 吸附色谱, 利用吸附剂对不同组分的吸附性能的差别而进行分离, 包括气固色谱和液固吸附色谱。

2. 分配色谱: 利用不同组分在两相间的分配系数的差别而进行分离, 包括气液分配色谱和液液分配色谱。

### 四、按动力学分类:

1. 冲洗法, 这是色谱中最常用的一种方法。首先将试样加到色谱柱的头上, 然后用“冲洗剂”的液体或气体冲洗柱子, 而这种冲洗剂在固定相上的吸附或溶解能力要比试样组分弱的多。由于各组分在固定相上的吸附或溶解能力不同, 于是被冲洗剂冲洗出来的先后顺序也不同, 从而使各组分彼此分离。如果将流出组分及其浓度变化用适当方法记录下来, 就得到图 1-1-1 流出曲线。

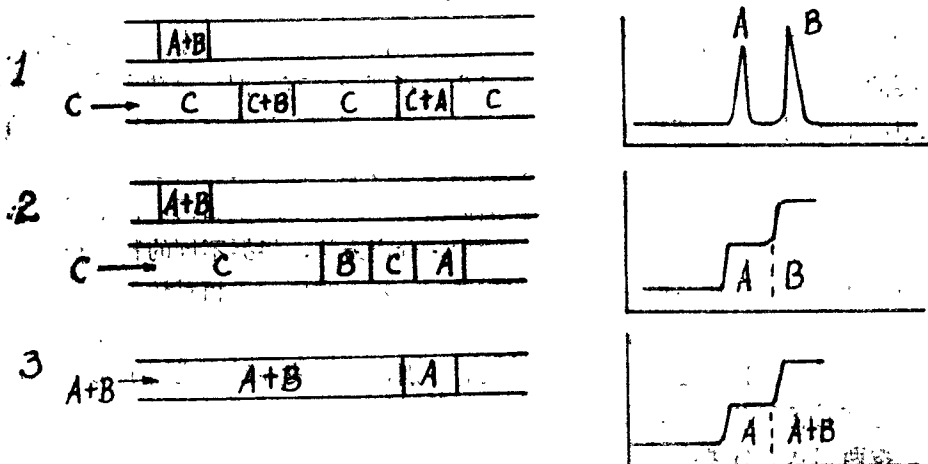


图 1-1-1 三种色谱动力学过程原理及相应色谱流出曲线图

图中 A、B 为被分离组分, C 为冲洗剂或顶替剂。

2. 顶替法 (也叫排代法), 将试样加到色谱柱的头上, 然后用一种对固定相的吸附或溶解能力比所有试样组分都强的顶替剂, 将各组分依次顶替出色谱柱; 吸附或溶解能力弱的组分首先流出色谱柱, 强的随后流出。这种方法有利于族分析, 如油品中烷、烯、芳烃的分离。其分离原理及流出曲线见图 1-1-2。

3. 迎头法 (或称前沿法), 这种方法是将试样混合物连续通过色谱柱, 吸附或溶解能力弱的组分首先以纯物质的状态流出色谱柱, 其次则是吸附或溶解能力较强的第二组分和第一个组分的混物流出色谱柱, 余类推。其分离原理及台阶式流出曲线见图 1-1-3。此法只适于二元或三元混合物的分离和分析。

## § 2. 气相色谱仪及其分离原理

### 一、气相色谱仪流程:

气相色谱仪是一种多组分混合物的分离、分析工具。它是以气体为流动相采用冲洗

法的柱色谱技术。从结构上看，又是一个载气连续运行，自动记录体系。其简化流程图 1—2。

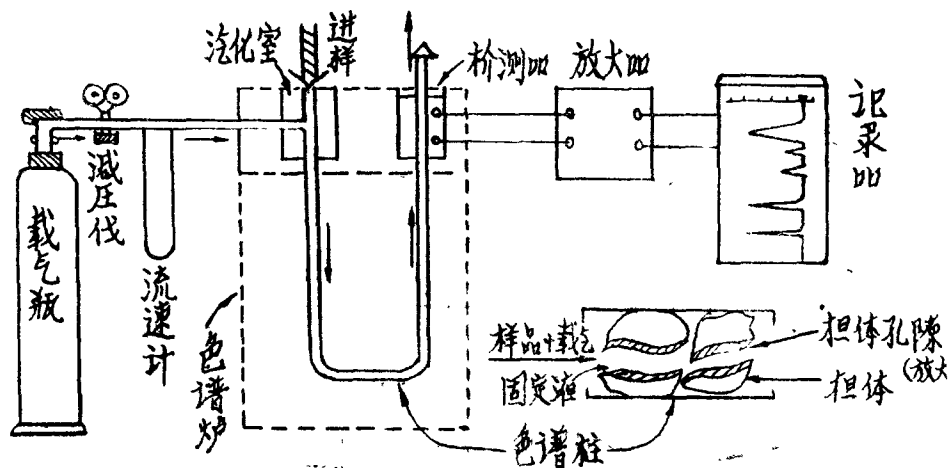


图 1—2 气相色谱仪流程示意图

图 1—2 是一个以离子化为检测器的填充柱气相色谱仪流程示意图。载气由高压钢瓶供给，经减压伐、流速计控制计量后，以稳定的压力精确的流速连续流过汽化室、色谱柱、检测器最后放空。其中汽化室的作用是把液体或固体试样瞬间汽化为蒸气，以便被载气带入色谱柱中进行分离。色谱柱是一根金属或玻璃管子，内装固定相—可以是表面积较大、粒度细小的活性吸附剂，或担体涂以固定液，起分离作用。检测器是一种检测装置，它能把经色谱柱分离后载气中的组分及其浓度变化转变为电讯号。放大器是把检测器送来的微弱电讯号进一步放大，以便能带动二次仪表。记录器是把放大器的电讯号自动记录下来。而色谱炉或叫恒温箱则是为色谱柱提供一个恒定的或程序改变的温度环境。试样通常是以微量注射器以打针的方式由注射头打进气化室，瞬间汽化为蒸气被载气（ $N_2$ ， $H_2$ ， $H_e$ ，等）带入色谱柱中进行分离。分离后各组分顺序进入检测器，产生的电讯号经放大后，由记录器自动记录下来。

## 二、气相色谱分离原理：

试样混合物在色谱柱中的分离情况，可用一种形象化的比拟来说明。象运动场上的竞赛项目，一声枪响，运动员从同一起跑线上起跑（相当于打进试样，被载气带着在色谱柱中运行），由于各运动员的体力、技巧不同，因而速度不同（各组分沸点、极性不同，运行速度不同），经过一定的距离（柱长），例如 100 米，则各运动员到达终点的时间（保留时间）就不同，从而分出名次和成绩（峰的顺序和保留时间）。

实质上气相色谱分离是利用试样中各组分在色谱柱中的气相和固定液相间的分配系数不同，当汽化后的试样被载气带入色谱柱中运行时，组分就在其中的两相间进行反复多次（ $10^3$ — $10^6$  次）的分配（吸附—脱附或溶解—放出），由于固定相对各组分的吸附或溶解能力不同（即保留作用不同），因此各组分在色谱柱中的运行速度就不同，经过

一定的柱长后，便彼此分离，顺序离开色谱柱进入检测器，产生的离子流讯号经放大后，在记录器上描绘出各组分的色谱峰，见图 1—3。

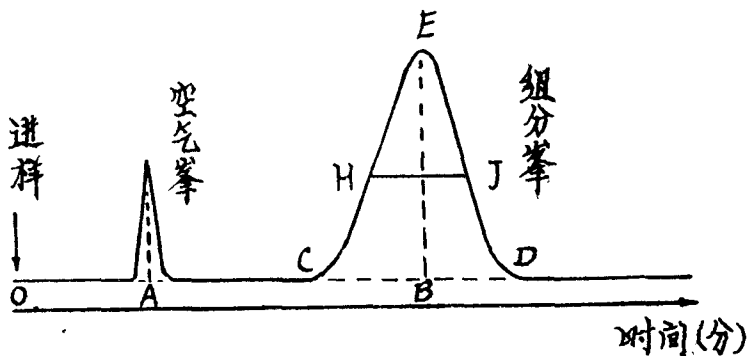


图 1—3 检测器讯号对时间作图

图 1—3 中，CD叫基线，CHEJDBC为组分峰面积，BE为峰高，HJ为峰半高宽度简称半宽，OB为保留时间（分），OA为空气峰时间（分）。利用组分在色谱图上的保留值来定性，用其峰面积加适当的校正值来定量。

不难看出，色谱分析的特点是，被分析的混合物首先经色谱柱分成单组分，然后经检测器、记录器自动的检测、记录下各组分的定性、定量数据。其中色谱柱和检测器是色谱仪的关键部分，混合组分能否完全分离开决定于色谱柱，分离后的组分能否准确检测出来取决于检测器。

### 三、气相色谱分析举例：

C<sub>8</sub>芳烃异构体的气相色谱分析。C<sub>8</sub>芳烃包括乙基苯和二甲苯三个异构体，性质相似，用一般固定液难以分离。采用对于间，对位异构体有特殊保留作用的有机皂土，配以适量改性固定液，可将C<sub>8</sub>芳烃完全分离。

1. 仪器：带有氢焰离子化或热导池检测器的一般填充柱色谱仪，5毫伏记录器，1微升微量注射器。

2. 实验条件：色谱柱，内径4毫米，长4米不锈钢柱。固定相，5%有机皂土，加5%双甘油，涂在60~80目6201担体上。柱温75℃，汽化150℃，H<sub>2</sub>为载气，流速60毫升/分，空气400毫升/分。

3. 定性分析：在上述实验条件下，打入0.3微升二甲苯试样，得到图1—4色谱图。

分别打已知纯样品测定保留时间，与未知试样色谱峰的保留时间对

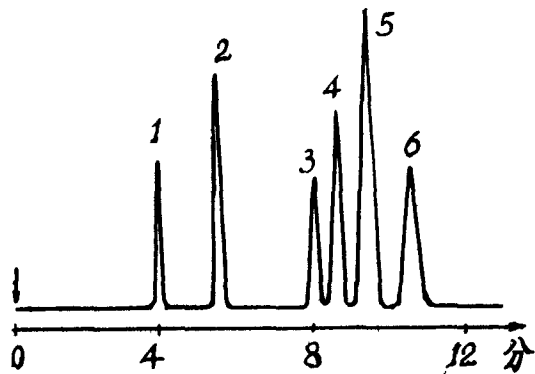


图 1—4 C<sub>8</sub>芳烃异构体色谱图

照定性，确定色谱图上各组分峰号代表下述组分：1 苯，2 甲苯，3 乙苯，4，5，6 分别为对，间，邻二甲苯。

4. 定量分析：因为芳烃异构体都能流出色谱柱，且在氢焰离子化检测器上都有讯号，故采用峰面积乘以相应重量校正因子归一化法定量。其中峰面积是用峰高乘半宽法测得，重量校正因子系用文献发表的。定量结果如下：

组 分	苯	甲 苯	乙 苯	对二甲苯	间二甲苯	邻二甲苯
峰 面 积	—	—	120	75	140	105
重量校正因子	0.89	0.94	0.97	1.00	0.96	0.93
重 量 %	—	—	27.0	17.5	31.8	24.1

上例表明，色谱分析既快又准，特别对于那些难分离的混合物，色谱法更能发挥其独特的、高分离效能的作用。

### § 3. 气相色谱法的特点

气相色谱法是先分离后检测，故对多组分混合物(如同系物，异构体等)可同时得到每一组分的定性定量结果。而且因为组分在气相中传递速度快，与固定液相相互作用次数多，加之可供选择的固定液相种类繁多，可供使用的检测器灵敏度高、选择性好，因此气相色谱分析的特点概括起来为，高效能，高选择性，高灵敏度，速度快，应用广。

#### 一、高效能：

是指一般填充色谱柱都有几千块理论板，毛细管柱可达 $10^5$ — $10^6$ 块理论板。因而可以分析沸点十分相近的组分，和极为复杂的多组分混合物。例如用毛细管柱，一次可以分析轻油中150个组分。因此成为复杂的石油组成、燃烧产物等多组分混合物的重要分析工具。

#### 二、高选择性：

是指固定相对性质极为相似的组分，如同位素、烃类异构体等有较强的分离能力。主要是通过选用高选择性的固定液，使各组分间的分配系数有较大的差别而实现分离。

#### 三、高灵敏度：

是指目前使用的高灵敏度检测器可以检测出 $10^{-11}$ 克— $10^{-13}$ 克物质。因此在痕量杂质分析中，可以测出超纯气体，高分子单体，高纯试剂中 $1\text{p.p.m}(10^{-6})\sim 0.1\text{p.p.b}(10^{-9})$ 的杂质；在大气污染物分析中可以直接测出十几个 $\text{p.p.b}$ 甚至(经浓缩后) $\text{p.p.t}(10^{-12})$ 的微量毒物；在农药残留量的分析中，可测出农、副产品、食品、水质中 $\text{p.p.m}\sim\text{p.p.b}$ 级卤、硫、磷化物。

#### 四、分析速度快：

一般分析一次的时间在几分钟到几十分钟。某些快速分析，1秒钟可分析7个组分。所谓速度快是相对而言，虽然试样一个分析周期较快，但目前手工处理数据的时间，却要比一次分离的时间大几倍到几十倍。不过色谱分析很易自动化，有些仪器带有数字积

分仪，出数据很快。目前正用电子计算机控制色谱分析，使色谱操作及数据处理完全自动化，速度很快。

### 五、应用范围广：

气相色谱法可以分析气体、液体和固体。不仅是有机物，也可以分析无机物，还可以分析高分子和生物大分子，而且应用范围正日益扩大。

1. 一般易于挥发的有机物可直接进样分析。对于那些不挥发易分解的物质，可用化学转化法，生成挥发性的稳定的衍生物后再分析。

2. 无机物可转化成金属卤化物，金属螯合物等再分析；对于无机酸如硫酸、磷酸等，可与硅酯化试剂反应，生成硅酯衍生物而分析。

3. 高分子或生物大分子可用裂解色谱法，分析其裂解产物。

4. 制备色谱已用于制备99.99%的超纯试剂。

5. 工业色谱广泛用于自动化工厂的流程指示与控制，超小型自动色谱仪用于空间飞行器。

## § 4. 气相色谱法与其它分析方法的比较

毛主席教导我们：“什么事情都是一分为二的”。“有比较才能鉴别”。气相色谱法是近代仪器分析方法之一。它在分析化学中应该占有一定的地位。但是气相色谱法决不是万能的，更不应该排斥其它分析方法的应用。相反在很多场合下，它必须与其它仪器配合，才能解决问题。因此要根据具体分析对象，选择合理的分析方法。

### 一、与化学分析法比较：

化学分析是按物质的特殊化学反应性进行分析的。在这一方面前人已积累了丰富的经验，大部分方法亦属经典方法。其特点是所用仪器简单、价廉，操作亦不复杂，且可进行同族、同系物的总含量测定(如滴定、氧化、还原等)，对于单个组分的测定大部分是准确可靠的，故可作为气相色谱法的对照、傍证方法。其缺点是不能测定化学性质迟钝或性质极为相近的复杂物质，且费时过长，易造成主观误差。气相色谱法具有高选择性，高效能，速度快等优点，可以分析化学性质迟钝，性质极为相近的混合物，但仪器较化学法为贵，且色谱定量时要做校正因子、校正曲线，即使只分析一个样品也要这样做，故建立方法较费时。而且难以分析腐蚀性或反应性较强的物质，如 $\text{HF}$ ， $\text{O}_3$ ，过氧化物等。而这些物质用化学法分析，更为简便。另外，在处理一些特殊样品的定性、定量工作中，亦需与化学法结合起来才能解决。如羧基的酯化，羟基的硅醚化，二次加工油品的酸碱处理等。综上所述，一个色谱工作者为了建立一个准确可靠的分析方法，亦需熟识化学分析。

### 二、与光谱、质谱法比较：

气相色谱法的最大优点是能分离、分析多组分混合物，这是光谱(红外、紫外光谱)、质谱法所不及的。而且一般来说色谱法的灵敏度与质谱接近，比光谱要高。色谱仪的造价只是光谱、质谱仪的 $1/10 \sim 1/50$ 。但色谱法也有其固有的缺点，主要是难以分析未知物，如果没有已知的纯样品或纯样品的色谱图和它对照，就很难判断某一色谱峰究竟代



表何物。而用质谱亦能分析多组分混合物，且可测定出未知物的分子量。用光谱法可推测出分子中含有那些官能团。这些都是气相色谱法所不及的。所以把色谱与质谱、光谱结合起来联用，就可以解决未知物的分析问题，发挥更大的作用，这种结合包括：

1. 收集下色谱分离后的单组分或窄馏份，用光谱、质谱定性。
2. 色谱—质谱联用，色谱—光谱联用。

近年来发展了气相色谱与质谱或红外光谱仪在系统上直接相连的色谱—质谱仪，色谱—红外光谱仪，分离和定性同时进行。实际上就是把质谱仪或红外光谱仪作为色谱仪的一个定性检测器，解决了很多问题。国内已进行了毛细管色谱—质谱联用。成功的解决了石油烃的组成分析。

### 三、与精密分馏比较：

色谱柱的效能和精馏柱一样也是用理论板数来度量。但获得某一纯度分离所需要的板数，色谱法比精馏法要高得多。此板数与色谱中的相对保留或精馏中的相对挥发度之间成函数关系，见图 1—5

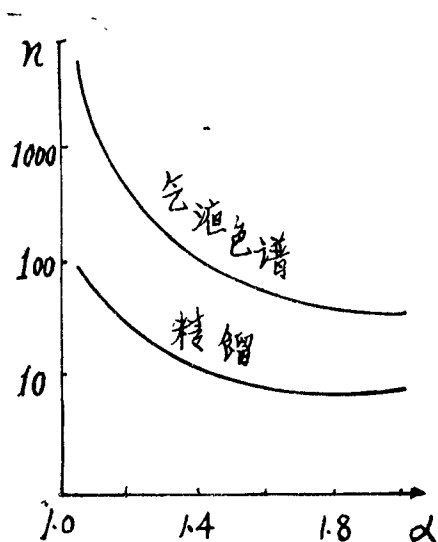


图 1—5 最小理论板数 ( $n$ ) 与相对挥发度 ( $\alpha$ ) 关系图

### 四、与经典的测定物化常数比较：

经典法测定物化常数，通常手续麻烦、时间较长，且需用纯物质。气相色谱法的特点是设备简单，操作方便，可以同时测定两种或多种物质相差微小的物化常数，如分配系数，活度系数，溶解热，自由能，自由焓等，而且不必分离杂质，一次可测多种数据。但色谱法的缺点是要作一些简化假设(如担体不起作用是惰性的等)，数学处理较复杂，数据精度也较差。

两者函数关系大体是一致的。只是对于同一混合物的分离，色谱柱所需要的板数约为精馏柱板数的平方。例如分离同一样品，精馏柱需要100块塔板，色谱柱则需要10000块塔板。这是因为在色谱柱中起分离作用的只是占柱子一小部分(约10%左右)的固定液，柱子的大部分是不起分离作用的担体。然而精馏柱却是在全部时间、全部柱中起分离作用。尽管如此，色谱柱提高理论板数是容易实现的，因此用大型制备色谱可以制出纯度高达99.99%的纯物质，比精馏产品纯度高得多，所需时间也较短，但处理量小是其不足之处。气相色谱法作为工业分离手段，如移动床连续分离，模拟移动床自动分离已具相当规模，但仍待进一步发展。而精密分馏已在工业上广泛应用。

## § 5. 气相色谱符号、术语和参考书

### 一、气相色谱符号、术语:

目前国内色谱文献上所用的符号、术语很不统一,这给学习色谱技术造成很大困难。为了促进色谱技术的发展,有必要逐步采用统一的色谱符号、术语。这里我们使用的大部分是逐渐为各国学者采纳的所谓国际通用符号、术语。(见*J. Gas Chromat.*, 1968, 1)

### 二、气相色谱参考书:

据统计1970年各国已出版各种色谱书籍已达140余本(*J. Chromat. Sci.*, 1970, 426),其中许多对我们的学习和工作是有参考价值的。

#### 1. 气相色谱教科书:

综合性的气相色谱教科书,主要从气相色谱理论、仪器、应用等各方面作概括性、全面地论述。这对我们学习色谱理论知识,掌握分析方法及从事教学工作,都是很有参考价值的。估计目前已有20余本教科书,本章所列参考书只是其中的一小部分。

#### 2. 专题论著:

这种专著着重深入讨论某些色谱技术,及在各个领域内的应用,见各章所列专题参考书。这类专著对我们从事某一专题研究工作,或进行生产控制分析尤为重要。据不完全统计,1960年后出版的各种专题论著共有30余本。象程序升温、制备、毛细管、裂解色谱等,以及在农药、医药、生物、石油烃分析等方面的应用。

#### 3. 重要色谱会议文集:

国际上以及某些国家内都定期或不定期地举行色谱报告会,出版报告会文集。如英国石油协会主持召开的世界色谱报告会,每两年(双年)举行一次,出版其文集“*Gas Chromatography*”,从1956~1974,共出版了十集,内容丰富,水平很高,是重要的色谱参考资料。其它如美国、东德、法国、日本、苏联等也定期举行报告会,出版文集。

## 主要参考书

1. “气相色谱法”,大连化学物理所,科学出版社 1972, 11。
2. “气相色谱分析”,山东化学石油研究所 1972, 9。
3. 考勒曼著“气体色层法”,申葆诚译,科学出版社 1961。
4. Dal Nogare, “*Gas-Liquid Chromatography*”, 1962。
5. A. B. Littlewood, “*Gas Chromatography*”, 1962。
6. D. Ambrose, “*Gas Chromatography*” (2 ed), 1971。
7. “填充气相色谱”,甘肃化学物理所, 1973, 11。