

国内气相色谱近年的进展*

傅若农

(北京理工大学, 北京 100081)



傅若农 1930 年出生, 1953 年毕业于北京大学化学系, 到 1998 年退休前一直在北京理工大学(前身为北京工业学院)工作, 1986 年晋升为教授, 并被国务院学位委员会评定为第三批博士生导师。多年来从事色谱分析方面的教学和研究工作, 研究方向为: 气相色谱和毛细管气相色谱新固定相, 裂解气相色谱和毛细管电泳。近几年

完成了多项国家科研和自然科学基金研究项目, 在国内外著名期刊(如美国的分析化学, 荷兰的色谱杂志, 中国化学学报, 分析化学等)发表论文近 150 多篇, 有四分之一是发表在 SCI 收录的期刊上。近几年主编了《色谱技术丛书》。出版学术专著 4 本(“气相色谱和热分析技术”, 国防工业出版社; 高分辨气相色谱和高分辨裂解气相色谱”, 北京理工大学出版社; 近代色谱分析”, 国防工业出版社; 色谱分析概论”, 化学工业出版社)。培养博士学位的研究生 16 名, 硕士研究生 30 多名。

摘 要 本文对近三年国内学者在气相色谱方面的研究和应用作了综述, 国内学者的研究基本和国际上气相色谱方面的研究类似, 在全二维气相色谱、快速气相色谱, 微型气相色谱仪、新型气相色谱固定相和色谱柱的溶胶-凝胶涂渍技术领域的研究方面作出了贡献。有关气相色谱的应用研究中, 介绍了大量在药物分析、食品分析、环境分析、石油和石化分析和化工产品以及高聚物分析等领域中应用的题目和摘要。

中图分类号: O65 文献标识码: A 文章编号: 1000-0720(2003)02-0095-14

1 概述

现在气相色谱已经是一门成熟的分析化学分支了, 从茨维特(Tswett) 1903 年发现色谱算起已经有 100 年的历史, 从马丁(Martin) 和辛格(Synge) 1941 年提出分配色谱和 1952 年发明气-液色谱而获得诺贝尔化学奖也有 50 多年的历史了。对当前色谱学的状况美国著名的色谱学家 G. Guiochon^[1] 有一段很好的总结: GC 和 HPLC 在分离分析领域发展最好, 是极为成功的范例, 而超临界流体色谱(SFC) 和场流分离(FFF) 则处于失利的境地, 毛细管区带电泳

(CZE) 和电色谱则处于前途未卜的状态。”这一段评论虽然是 1997 年讲的, 但是对气相色谱来说还是十分正确的。虽然它是一种成熟的技术, 但是它本身仍然在发展, 应用在扩大, 作用更明显。

在这一综述文章里将对 2000 年到 2002 年国内学者对气相色谱研究作出的贡献做一简要的综述。

在色谱图书的出版方面, 最近(2000 年~2002 年末)首次出版了我国第一套集合性色谱丛书共 13 册, 其中有七本涉及气相色谱的内容^[A1~A8], 这套书的特点是简明扼要、深入浅出、通俗易懂、新颖实用。从 2004 年起将陆续出版这一套书的第二版, 并增加若干新的分册。中国分析测试协会组织的“分析科学现代方法丛书”中的“复杂样品的综合分析——剖析技术概论”中也涉及到气相色谱方法^[A9], 梁汉昌编写了“痕量物质分析气相色谱法”^[A10]。在这一段时间里国内的学者撰写的有关 GC 的文献综述^[B1~B42] 列于表 1 中。

表 1 近 3 年我国学者发表的有关 GC 的文献综述

综述题目	文献号
中国色谱学的近期(1998~1999)发展	B1
固相微萃取的涂层进展	B2
化学计量学在过程分析中的应用及进展	B3
分子烙印技术的应用与最新进展	B4
环境样品中壬基酚及相关化合物的分离富集与测定	B5
色谱法在糖类化合物分析中的应用	B6
固相微萃取及其与某些分析技术联用	B7
分子印迹技术的回顾、现状与展望	B8
二恶英类分析研究进展及展望	B9
功能化杯芳烃在识别分析中的研究进展	B10
整体柱的制备方法及其应用	B11
金属络合物作气相色谱固定相的进展	B12
分析化学取样理论研究进展	B13
食品农药残留分析进展	B14
固相萃取	B15
微型全分析系统	B16
络合物稳定常数测定的仪器分析方法	B17
兴奋剂中利尿剂的检测方法	B18
环糊精衍生物气相色谱手性固定相研究进展	B19
麻黄、含麻黄中成药及生物体液中麻黄碱的定量分析方法	B20
全二维气相色谱技术及其进展	B21
分析化学中的分离技术	B22
环糊精衍生物作为气相色谱固定相的发展及应用	B23
高效多孔层毛细管柱吸附气相色谱的研究进展	B24
固相微萃取/气相色谱/质谱联用技术在农药残留物分析中的应用	B25

* 本文作者在原稿中详细列出了各参考文献的内容摘要, 但由于本刊版面所限, 刊登时进行了删减。有需要更详细资料的读者可发邮件给本刊编辑部(E-mail: analysislab@263.net)索取

综述题目	文献号
白酒香味成分研究进展(一)~(四)	B26
用于分子识别的分子印迹聚合物固定相	B27
食品分析	B28
分子印迹聚合物在分离技术中的研究进展	B29
气体分离膜研究进展	B30
新型主体化合物在生物活性分子分析中的应用新进展	B31
色谱法在糖类化合物分析中的应用	B32
化学计量学在过程分析中的应用及进展	B33
固相微萃取在药品和生物样品分析中的应用	B34
固相微萃取新技术	B35
环境监测分析仪器的发展及展望	B36
固相微萃取研究进展	B37
固相微萃取技术及其应用	B38
冠醚聚硅氧烷用作毛细管柱气相色谱固定相的研究	B39
有协同效应分离介质的合成及应用研究	B40
气相色谱分析的最新进展(上)	B41
气相色谱分析的最新进展(下)	B42

2 近年气相色谱的热点领域

2002 年美国《分析化学》杂志在两年一度的气相色谱综述^[c1]里,认为近年气相色谱的热点有以下一些领域:(1)全二维气相色谱;(2)快速气相色谱,微型气相色谱仪;(3)新型气相色谱固定相;(4)色谱柱的溶胶-凝胶涂渍技术;(5)GC 在各领域中的应用。

国际上气相色谱的发展是这样,国内也大致上如此,不过国内由于科研经费相对不足,对气相色谱基础性研究的支持不象对其他新颖课题支持的力度大,所以气相色谱的应用研究多于基础性研究。从本综述所引用的文献数量可以说明这一点。

2.1 国内全二维气相色谱的发展

全二维气相色谱(Comprehensive Two-dimensional Gas Chromatography, GC × GC)不同于通常的二维色谱(GC + GC)。GC + GC 一般是从第一支色谱柱切割出部分馏分在第二支色谱柱上进行分离,缺点是不能完全利用二维气相色谱的峰容量,它只是把第一支色谱柱流出的部分馏分转移到第二支柱上,进行进一步的分离。

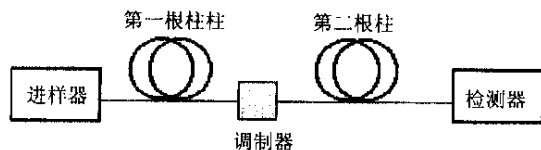


图 1 全二维气相色谱色谱柱的连接

全二维气相色谱是把分离机理不同而又互相独立的两支色谱柱以串联方式结合成二维气相色谱,在这两支色谱柱之间装有一个调制器,起捕集再传送的作用,经第一支色谱柱分离后的每一个馏分,都需先进入调制器,进行聚焦后再以脉冲方式送到第二支色谱柱进行进一步的分离,所有组分从第二支色谱柱进入检测器,信号经数据处理系统处理,得到以柱 1 保留时间为第一横坐标,柱 2 保留时间为第

二横坐标,信号强度为纵坐标的三维色谱图或二维轮廓图。

从 Phillips 1991 年开始 GC × GC 研究至今为止,包括作者实验室在内的很多实验室正在参与此技术的研究开发,由 Phillips 和 Zoex 公司合作于 1999 年正式实现了仪器的商品化^[c2]。该仪器有如下特点:

1) 分辨率高、峰容量大。其峰容量为组成它的二根柱子各自峰容量的乘积,分离度为二柱各自分离度平方加和的平方根。美国 Southern Illinois 大学已成功用地用此技术一次进样从煤油中分出一万多个峰。

2) 灵敏度高,可比通常的一维色谱提高 20 ~ 50 倍。

3) 分析时间短。由于样品更容易分开,总分析时间反而比一维色谱短。

4) 定性可靠性大大增强。三个因素对此起作用,第一,大多数目标化合物和化合物组可基线分离,减少了干扰。第二,峰被分离成容易识别的模式。第三,一个峰相对于同族的其它成员来说,在每次运行中其位置是稳定的。

5) 由于系统能提供的高峰容量和好的分辨率,一个方法可覆盖原来要几个 ASTM 方法才能做的任务。比如,为用 ASTM 方法定量汽油中的苯、甲苯、乙苯和二甲苯(BTEX)及总芳,需要三台仪器。而一台简单的 GC × GC 可基线分辨 ASTM 限定的所有目标化合物和族,甲基叔丁基醚(MTBE)也被分开^{[c2], [c3]}。

GC × GC 是气相色谱技术的一次突破性进展,将会在复杂体系的分离分析中占据越来越重要的地位。这些典型的复杂样品如:

1) 如多氯联苯(PCBs)、多溴二苯醚和联苯(PBDEs 和 PBBs)、氯代烷、多氯萘、氯代二恶英和呋喃,农药和除草剂如毒杀芬和多氯三苯;

2) 化工产品,油品族组成分析和单体烃详细分析;

3) 精油、香料如多环麝香化合物,及食用油等;

4) 复杂体系中的手性物质的分离;

5) 传统中草药中挥发性化合物和传统名白酒中香味成分的分析等等。

目前国内研究和使用者还不多,而国外有较多的使用 and 研究的报道^{[c1], [c3]}。

2.2 快速气相色谱和微型气相色谱仪

近年国外对快速气相色谱有很多研究报道,在美国《分析化学》上从 1998 年起在气相色谱的 Fundamental Review 中,专门列出一个标题——“快速和便携式气相色谱(仪)”,讨论有关气相色谱中加快分析速度和便携式气相色谱仪的问题,因而近几年这一领域倍受重视^[c1]。在 2002 年的美国出版的“色谱科学杂志”(Journal of Chromatographic Science)就有一期快速气相色谱的专刊^[c4]。我国科技部在“九五”其间组织的分析仪器开发研究课题,北京分析仪器厂等单位研制了“高压快速气相色谱仪”。分析时间可缩短到常规毛细管色谱的 1/3 到 1/5。微型便携式气相色谱仪,其性能如下:压力:1.2 MPa;升温速率:30 °C/min;电子压力程序:0 ~ 1.2 MPa;数据采集:30 ~ 100 次/s;色谱柱:75 μm ~ 100 μm I.D. 微型便携式气相色谱仪多年来就为国内学者和用户重视,仪器的微型化更成为近年的热点课题^[c5] 2003

年美国《分析化学》杂志第一期主编的社论题目就是：“芯片,更多的芯片”,其含义就是把仪器的各个部件集中到一块芯片上^[6]。国内大连化学物理研究所研制了国内第一台微型气相色谱仪^[7],此微型气相色谱仪的关键部件固态热导检测器(SSD)设计新颖,性能指标近于国外同类产品水平,它与常规色谱仪相比在体积、重量和功耗上均减少 1 个数量级,且分析灵敏度更高、分析速度更快、适用温度范围宽(40℃~180℃)。该仪器使用氢气或氦气作为气源,整机的适用电源范围宽,适合连续工作,操作简单,可解决常规气相色谱仪不易完成的检测任务,适用于永久气体、低碳烃、天然气、炼厂气和污染源含苯及硫、卤代烃等有害气体的现场检测。

2.3 固定相的研究和新型固定相的开发

气相色谱固定相的研究和新固定相的开发一直是气相色谱研究的持续性研究课题,国内武汉大学^[89]、北京理工大学^[40]、大连化学物理研究所等单位多年来在各种高选择性固定相研究方面做了大量的研究工作,近三年也有许多论文在国内外发表,同时国内许多院校和研究单位也有较多的研究,见表 2 所列出的题目和内容。

表 2 新气相色谱固定相的研究

题 目	文献
新型气相色谱固定相十二烷基苯磺酸锌的研究	D1
金属络合物作气相色谱固定相的进展	D2
苯基和酯基杯[4]芳烃聚硅氧烷固定液热力学性质和分离机理	D3
分子烙印聚合物吸附有机磷毒剂的研究	D4
二苯并-18-冠-6 与杯环芳烃毛细管气相色谱混合固定相的协同效应研究	D5
全丁基-β-环糊精与硝酸银的混合液作为毛细管气相色谱固定相的研究	D6
OV-17 负载交联 β-环糊精聚合物毛细管柱的研制	D7
支链杯[4]芳烃聚硅氧烷固定相的制备及色谱性能	D7
扁桃酸及其类似物在全甲基环糊精固定相上的手性拆分	D8
新型高温固定相 C ₆₀ 聚硅氧烷的合成及色谱特性	D9
用 β-环糊精聚合物作毛细管气相色谱固定相	D10
气体分离膜研究进展	D11
一种苯基取代的环糊精衍生物的合成及其气相色谱性能研究	D12
一种新的环糊精衍生物手性固定相的合成及其在对映异构体过量值测定中的应用	D13
不同气相色谱固定相对酚类和苯系物的分离	D14
环糊精接枝聚硅氧烷气相色谱固定相的手性拆分性能	D15
一种新型气相色谱手性固定相的制备及应用	D16
对甲苯磺酸正丁铵毛细管色谱柱的制备及性能考察	D17
环糊精衍生物固定相毛细管气相色谱法分离甲酚位置异构体	D18
出口压减压下非极性薄涂气相色谱柱的特性及应用	D19
β-环糊精/环氧氯丙烷交联聚合物毛细管气相色谱固定相的制备及用于某些位置异构体和对映体的分离	D20
四羟乙基己二酰胺类色谱固定相的合成及性能初探	D21
两种 β-环糊精衍生物混合 GC 固定相的研究	D22
一种新的环糊精接枝聚硅氧烷毛细管气相色谱固定相的分离性能	D23
GC 毛细管色谱用 C ₆₀ 聚硅氧烷的合成及色谱特性	D24
用作气相色谱固定相的环糊精苯基氨基甲酸酯的合成及性能	D25

题 目	文献
长链烷氧基环糊精手性气相色谱固定相分离对映体	D26
不溶解环糊精聚合物用于对映体和异构体的分离	D27
不同环糊精衍生物混合固定相具有协同效应	D28
谷氨酸衍生化 β-环糊精气相色谱手性固定相的合成及其在毛细管气相色谱中的应用	D29
全甲基 β-环糊精的合成及其在气相色谱拆分中的应用	D30
二甲氧基四甘醇二苯醚色谱性能的研究	D31
高分子色谱固定相 GDX203 的改性及其在色谱分离中的应用	D32
新型侧链聚硅氧烷高分子液晶作为毛细管柱气相色谱固定液的研究	D33
星形大分子液晶在气相色谱分析中的应用研究	D34
气相色谱键合固定相的制备及其应用	D35
主链杯芳冠醚聚硅氧烷固定相的研究	D36
支链杯 4 芳烃聚硅氧烷固定相的制备及色谱性能	D37

2.4 溶胶-凝胶涂渍技术制备色谱柱和固相微萃取丝

用溶胶-凝胶(Sol-Gel)涂渍技术把传统的制柱工艺中的 3 个步骤(脱活、涂渍、固定相键合交联)合为一步。把端羟基聚二甲基硅氧烷与含硅油、甲基三甲氧基硅烷、含水 5%的三氟乙酸及溶剂二氯甲烷组成的溶液涂渍在石英毛细管色谱柱的内表面,使涂渍过程一步完成,让制柱工艺大为简化。毛细管色谱柱的溶胶-凝胶法是 1997 年由王东新^[21]在美国首次和 A. Malik 进行的研究。2002 年王东新回国又在国内继续进行用溶胶-凝胶法制备毛细管气相色谱柱的研究^[2,23]。曾昭睿的研究组用溶胶-凝胶法制备了几种特殊选择性的毛细管气相色谱柱,见表 3 的说明。

固相微萃取是气相色谱的一种进样技术,固相微萃取丝(固相微萃取丝)多使用溶胶-凝胶技术进行涂渍,有关固相微萃取有多篇综述报告^[12,17,25,34,35,37,38],有关固相微萃取的研究简要情况见表 4。

表 3 用溶胶-凝胶法制备毛细管气相色谱柱的情况

题 目	文献
溶胶-凝胶一步法制备高分辨毛细管气相色谱柱	E1
溶胶-凝胶法制备用于分离极性有机化合物的毛细管气相色谱柱	E2
聚二甲基硅氧烷溶胶-凝胶气相色谱毛细管柱与传统毛细管柱的柱容量比较	E3
有机-无机杂化溶胶-凝胶涂层对不锈钢毛细管色谱柱的脱活作用研究	E4
溶胶-凝胶法制备羟基苯并冠醚固定相用于毛细管气相色谱	E5
溶胶-凝胶法制备开链冠醚毛细管气相色谱柱	E6

表 4 固相微萃取丝的研究

题 目	文献
用溶胶-凝胶法制备高性能的聚乙二醇固相微萃取丝	F1
应用 C ₆₀ 聚硅氧烷涂渍的固相微萃取丝测定半挥发性化合物	F2
弗勒烯-萃取烟黑:一种新型收集环境中可挥发性有机物的吸附剂	F3
聚甲基苯基乙烯基硅氧烷固相微萃取探丝的特性	F4
固相微萃取新型涂层的制备和特性	F5
活性碳纤维固相微萃取/气相色谱-质谱联用测定水中苯系物	F6

题 目	文献
用于固相萃取的聚乙二醇交联辛烷基、苯基、氨基和氰基固定相	F7
固相微萃取-气相色谱/质谱联用法测定饮用水中苯类化合物	F8
调节活性的固相微萃取丝	F9

3 气相色谱在各领域中的应用

3.1 气相色谱在中药分析中的应用

2000 年版《中国药典》收载品种共计 2691 种, 抗生素和激素类化学药品的含量测定大都采用了高效液相色谱法, 气相色谱法有 44 种(次), 自从国家药品监督管理局对中药注射剂提出了建立质量控制指纹图谱的要求以后, 国内开展了较多的指纹图谱研究工作。近期在分析方法上使用了各种手段, 如 HPLC 和 GC 等以及一些联用技术, 其中对一些有可挥发组分的中药利用气相色谱做指纹图谱是十分方便的。所以近年用气相色谱进行中药研究的报告很多, 下表 5 是 GC 在中药研究中的文献^[G1~G86]。

表 5 气相色谱在中药分析中的应用

题 目	文献
五脉地椒挥发油化学成分的研究	G1
稳定同位素法研究川芎哌药代动力学	G2
术类药材的谱系聚类分析	G3
川芎浓缩颗粒挥发性成分分析	G4
中药茉莉根挥发油成分分析	G5
苦黄注射液挥发油成分鉴定	G6
云南琵琶甲防御性分泌物抗菌活性及 GC-MS 分析	G7
气相色谱-质谱法测定川芎哌血药浓度	G8
川芎哌大鼠体内代谢转化研究	G9
平胃散挥发性成分的研究(Ⅱ)--厚朴挥发油的 GC/MS 分析	G10
滨海前胡与白花前胡的化学成分比较	G11
气相色谱法测定小儿健胃灵中丁香酚的含量	G12
藿香和广藿香挥发油对皮肤癣菌和条件致病真菌的抑制作用	G13
广藿香超临界 CO ₂ 萃取产物的 GC-MS 分析	G14
亳州 3 种引种药材气相色谱研究初报	G15
气相色谱法测定冰硼含片中冰片的含量	G16
气相色谱法测定健心片中冰片的含量	G17
南柴胡多糖分离与组成的初步研究	G18
气相色谱法测定黄连配伍肉桂前后桂皮醛的含量	G19
气相色谱法测定强力救心滴丸中冰片的含量	G20
气相色谱-质谱法测定当归挥发油中藜本内酯的含量	G21
气相色谱-质谱法分析不同产地小茴香药材挥发油成分	G22
肉桂油气相色谱与气质联用分析	G23
毛细管气相色谱法测定桉香烯乳剂中 β -榄香烯的含量	G24
上海市郊栽培薄荷的初步鉴定和分析	G25
人参、西洋参气味的色谱指纹鉴别	G26
冠心苏合丸含量测定方法的研究	G27
气相色谱-质谱联用分析冠心苏合丸中的挥发性组分	G28
毛细管气相色谱法测定冠心苏合丸中有效成分的含量	G29
气相色谱-质谱分析黔产千里光挥发油的化学成分	G30
黄柏挥发性化学成分分析	G31
中药材全息指纹谱图库的建立	G32
广东土牛膝超临界流体萃取物的 GC-MS 分析	G33
麝香风湿膏中麝香酮含量的 GC-PCI-MS 分析	G34
中药党参挥发性成分分析	G35
用 GC-MS 测定中药消化药粉中的挥发性组分	G36

题 目	文献
用 GC 和 GC-MS 鉴定菟丝子中的(+)芝麻素	G37
用 GC 和 GC-MS 鉴定和分离菟丝子	G38
气相色谱法测定柴胡注射液中环己醇	G39
GC-MS、GC 法在‘十滴水’制剂质量分析研究中的运用	G40
辽五味子果实挥发油成分的鉴定	G41
夜香花挥发油化学成分研究	G42
鹅不食草挥发油成分的 GC-MS 分析	G43
卡氏乌头挥发油化学成分的 GC-MS 研究	G44
山柰木油气相色谱与气质联用分析	G45
麻黄汤中麻黄碱与伪麻黄碱的 GC-MS 法测定及配伍因素对汤剂中该成分含量的影响	G46
广佛手挥发性成分的 GC-MS 分析	G47
小鱼仙草精油化学成分的 GC-MS 分析	G48
四川龙胆全草成分研究(Ⅱ)	G49
白术挥发油化学成分的 GC-MS 研究	G50
长寿茶精油的化学成分	G51
樟榕子挥发油成分 GC-MS 分析	G52
不同方法提取的知母总皂苷元气相-质谱分析	G53
广西野菊花挥发油化学成分研究	G54
赤果鱼木叶挥发油化学成分研究	G55
锦灯笼化学成分的研究(Ⅰ)	G56
夜来香白天花朵及嫩枝挥发油成分分析	G57
气相色谱法测定柴胡注射液中正己酸和胡薄荷酮含量的研究	G58
气相色谱法测定强力救心滴丸中冰片的含量	G59
气相色谱法测定柴胡注射液中正己酸和胡薄荷酮含量的研究	G60
陈皮挥发油的气相色谱/质谱分析	G61
地椒挥发油化学成分研究	G62
砂仁与长序砂仁二挥发油化学成分的研究	G63
夏, 秋季薄荷挥发油成分的对比较研究	G64
中药姜黄挥发油化学成分研究	G65
炮制对明党参顶空气体成分的影响	G66
泰国姜叶精油化学成分的研究	G67
制首乌低极性油状物成分分析	G68
侧柏叶挥发油成分的 GC-MS 分析	G69
益智挥发油成分的 GC-MS 分析	G70
国产天然冰片质量标准的研究	G71
三指雪莲和水母雪莲发油成份的 GC-MS 研究	G72
中药莪术挥发油化学成分的研究	G73
气相色谱法定性定量分析氢化松节油	G74
乌药块根及根, 茎挥发油成分测定	G75
银杏萜类内酯的提取和气相色谱与质谱分析	G76
紫苏子中 α -亚麻酸的气相色谱法测定	G77
紫苏叶的质量研究-Ⅰ 气相色谱法测定紫苏叶中紫苏醛的含量	G78
半夏泻心汤不同配伍情况下桉叶素煎出量的测定	G79
SFE-CGC 法测定补脾益肠丸中补骨脂素和异补骨脂素的含量	G80
气相色谱-质谱法分析山柰挥发油化学成分	G81
中国珍稀植物明党参茎叶挥发油化学成分研究	G82
中药郁金挥发油成分及挥发油中蜡质成分研究	G83
广藿香根与根茎挥发油成分研究	G84
长叶水麻挥发性化学成分研究	G85
代代花挥发油化学成分的 GC-MS 研究	G86

3.2 气相色谱在合成药物和临床分析中的应用

尽管在合成药物及临床分析中 HPLC 有更多的用途, 比如在 1995 年版中国药典中 HPLC 和 GC 的使用比例是 14 : 1^[11], 2000 年版中国药典的 HPLC 和 GC 比例是 6.4 : 1^[12],

从近 3 年的文献也可以看出,气相色谱在合成药物和临床分析中的应用也有很多文献报道,实际上气相色谱方法简单易予操作,如果用气相色谱可以满足分析要求,它应该是首选的方法。特别是把 GC 和 MS 结合起来是一种珠联璧合集分离和鉴定、定性与定量于一体的方法,如果把固相微萃取(SPME)和 GC 或 GC-MS 结合在一起,又把样品处理及定性与定量于一体,在临床分析中很有意义。近年把 GC 的具体应用于合成药物和临床分析的用例见表 6 所示^[13-163]。

表 6 气相色谱在合成药物和临床分析中的应用

题 目	文献
联苯苄唑的正常人体药物动力学研究	H3
固相微萃取气相色谱法测定血中挥发性有机化合物	H4
中国人口服 5-单硝酸异山梨醇酯缓释片的药动学和和不良反应探讨	H5
气-质联用法测定血浆中阿斯匹林和水杨酸浓度及人体药代动力学研究	H6
气相色谱法分离测定环孢素 A 中乙醇及丙二醇的含量	H7
维生素 B6 中间体的气相色谱分析	H8
芽胞杆菌模式菌株细胞脂肪酸组分的气相色谱分析	H9
DNA 修饰碱基 5-甲基胞嘧啶和 8-羟基鸟嘌呤的毛细管气相色谱分析及质谱鉴定	H10
16S rRNA 序列分析法在大气微生物检测中的应用	H11
用气相色谱-质谱仪检出丙酸血症	H12
湿润烧伤膏中脂肪酸的气相色谱分析	H13
不饱和脂肪酸在牛、大鼠脑亚细胞组分中分布的比较	H14
微波消解同时衍生化 GC-MS 法测定血浆中脂肪酸的研究	H15
百甲混剂的气相色谱分析	H16
头发七多糖的化学研究	H17
稳定同位素标记药物在临床药代动力学研究中的应用	H18
大蒜及双氧水降解内毒素的作用机理研究,李德懿等	H19
GC 法测定血浆中尼莫地平浓度及药动学研究	H20
衍生化-毛细管气相色谱法定量分析白念珠菌中甾醇含量	H21
毛细管气相色谱法测定萘哌地尔中的残留溶剂	H22
硅烷化气相色谱法测定注射用倍美力和倍美力软膏中结合态雌激素	H23
顶空气相色谱法测定几丁糖酯中溶剂残留	H24
顶空气相色谱法测定氢化可的松中有机挥发性杂质	H25
顶空气相色谱法测定血液中乙醇含量	H26
气相色谱法测定盐酸莫索尼定有机溶剂残留量	H27
气相色谱-电子捕获法测定人体血浆中尼索地平的浓度	H28
气相色谱-电子捕获法测定阿那曲唑血药浓度	H29
气相色谱法分析血浆中的全氟辛酸	H30
毛细管气相色谱-电子捕获法测定 5-单硝酸异山梨醇酯血药浓度	H31
尼莫地平分子微囊剂药动学研究	H32
气相色谱法测定苯丙醇含量	H33
GC-MS 法测定海狗油中不饱和脂肪酸	H34
气相色谱法测定鱼油多烯乙酯的含量	H35
膜提取气相色谱/质谱大体积进样检测海洛因吸食者尿液中的代谢物	H36
气相色谱-电子捕获检测法测定人尿中 α -羟基三唑仑及 α -羟基阿普唑仑	H37
气相色谱-电子捕获检测法测定人尿中氟硝西泮的代谢物 7-氨基氟硝西泮	H38
密闭环境中人体自身代谢挥发性有机化合物气相色谱/质谱分析	H39
气相色谱法分离和测定药物中间体 3-噻吩甲醛	H40
衍生化毛细管气相色谱法分析血清中的游离脂肪酸	H41

题 目	文献
人尿中 8-羟基脱氧鸟苷的气相色谱分析方法	H42
用固相微萃取/气相色谱快速检测人血中的四亚甲基二磺基四胺	H43
用 GC/MS 测定新生儿血斑中的苯丙氨酸和酪氨酸	H44
用 GC/MS 筛选先天性代谢缺陷	H45
用 GC-ECD 测定人血浆中的抗心率不正常新药 Guan-Fu Base A	H46
用 GC-MS 和 HPLC 分析麻黄中的四甲基吡嗪	H47
用 GC-ECD 同时测定人肝线粒体中的氟西汀及代谢物	H48
用 GC-MS 分析新鲜血斑中的氨基酸来快速诊断苯丙酮酸尿症和其他氨基酸血症	H49
用气相色谱、液相色谱和酶联免疫吸附测定法分析尿和血中的 cotinine 的浓度	H50
用顶空衍生化固相微萃取-GC-MS 测定血清中的苯异丙胺和甲基苯丙胺	H51
同时用超临界流体萃取和化学衍生化进行气相色谱-同位素稀释质谱测定尿液中的苯异丙胺和甲基苯丙胺	H52
检测人发中的抗抑郁药和安定药	H53
某些好氧菌内壁生成的细菌孢子和植物细胞脂肪酸分布的差别	H54
用气相色谱测定从具有抗癌活性新中药-铂化合物中释放的水解斑蝥素	H55
用 GC-ECD 测定血浆中的 anastrozole 用于健康自愿者药动学研究的检测	H56
门源茶阿果实中脂肪酸分析	H57
气相色谱法测定盐酸多西环素中乙醇的含量	H58
滥用药物的毛发分析	H59
“摇头丸”亚甲双氧甲基苯丙胺气相色谱定量分析法	H60
复方莪术油微囊中莪术醇的气相色谱测定	H61
药物气相色谱分析专家系统	H62
固相萃取-气相色谱法检验尿中杜冷丁	H63

3.3 气相色谱在食品分析中的应用

国以民为本,民以食为天,食物不仅是人类生存的最基本需要,也是国家稳定和社会发展的永恒主题,而食品的营养成分和食品安全又是当今世界十分关注的重大问题,因而食品分析就起着关键性作用。食品分析涉及营养成分分析、食品添加剂分析和食品中污染物和有害物质的分析。在这三个方面气相色谱都能发挥其优势。重要的营养成分如氨基酸、脂肪酸、糖类都可以用 GC 进行分析。食品的添加剂有千余种,其中有许多可用 GC 来检测。至于食品中的污染物如农药残留量很多都是用 GC 进行分析的。表 7 里列出近 3 年我国科技人员用 GC 分析食品中营养成分、添加剂及挥发性组分的分离与鉴定研究^[11-190]。

表 7 气相色谱在食品分析中的应用

题 目	文献
微波消解衍生化气相色谱-质谱法测定鲨鱼软骨中的脂肪酸	I1
微波辅助衍生化 GC-MS 法测定食用油中的脂肪酸	I2
12 种常见食用蘑菇脂肪酸绝对含量的测定	I3
七个豇豆品种籽粒的脂肪酸组成	I4
牡蛎中脂肪酸在储藏过程中的稳定性	I5
金藻中 EPA 的分离与分析	I6
番茄籽油的脂肪酸及甘油酯组成分析	I7
栲树种油中脂肪酸组成的气相色谱-质谱分析	I8
衍生化-毛细管气相色谱法同时测定饲料添加剂中富马酸、乳酸和柠檬酸	I9
螺旋藻中亚油酸和 γ -亚麻酸含量的气相色谱法同时测定	I10

题 目	文献
蔬菜中低碳脂肪酸及乳酸的气相色谱分析	I11
直接测定食品中短链(C ₂ -C ₁₂)挥发性有机酸的快速气相色谱发	I12
芥末种子中脂肪酸的 GC-MS 分析	I13
月见草油中 γ -亚麻酸含量的快速测定	I14
紫草油中亚麻酸的分离与提纯方法的研究	I15
用气相色谱-同位素比值质谱法测定体外肠道细菌发酵产生的短链脂肪酸	I16
麻柳果脂肪油中脂肪酸成分研究	I17
用 GC-MS 法分析柿树叶中的脂肪酸	I18
三岛柴胡种子化学成分分析	I19
红橘油中脂肪酸组成的 GC-MS 分析	I20
佛手挥发油的化学成分	I21
3 种红枣的挥发性化学成分的乙醇提取及测定	I22
气相色谱-质谱法分析橡苔浸膏中的挥发性化学成分	I23
广东合欢花挥发油化学成分气相色谱-质谱联用分析	I24
鸡屎藤挥发油化学成分的研究	I25
桂枝挥发油化学成分的 GC/MS 分析	I26
五脉地椒挥发油化学成分的研究	I27
福建产小鱼仙草挥发油的含量及其化学成分的研究	I28
啤酒花甾挥发性香味成分的 GC-MS 分析	I29
固相微萃取和同时蒸馏萃取与气相色谱/质谱法 分析芥末膏制品的风味成分	I30
猕猴桃果酒香气成分的气相色谱/质谱分析	I31
大萼香茶菜挥发油化学成分的气相色谱/质谱法分析	I32
猪油挥发油成分的气相色谱/质谱法分析	I33
气相色谱/质谱研究中国干红葡萄酒香味成分	I34
毛细管气相色谱和气相色谱/质谱法分析五灵脂挥发性成分	I35
柚子果皮油挥发性成分的气相色谱-质谱分析	I36
乌龙茶新品种-乌木炎中香气成分的气相色谱/质谱分析	I37
利用 GC 和 GC/MS 分析枣子甾挥发性化学成分	I38
用 GC 和 GC-MS 测定散装和盒装香烟中的游离和结合挥发性物质	I39
冷冻和干燥干贝中挥发性物质的分析	I40
二维气相色谱法测定植物 CO ₂ 及 C ₂ H ₄ 释放量	I41
毛叶木姜子叶挥发油化学成分的研究	I42
茶条木挥发油的化学成分	I43
毛叶木姜子叶挥发油化学成分的研究	I44
固相微萃取-气相色谱/质谱分析梔子花的头香成分	I45
食用香料甲基-2-甲基-3-呋喃基二硫醚的分离提纯及结构鉴定	I46
长叶水麻挥发性化学成分研究	I47
夏、秋季薄荷挥发油成分的对比研究	I48
水蔓菁挥发油成分的气相色谱/质谱分析	I49
气相色谱-质谱分析北细辛根和根茎中的挥发性成分	I50
灰竹挥发油化学成分分析	I51
艾纳香挥发油化学成分的气相色谱-质谱分析	I52
吐鲁浸膏中精油化学成分的 GC-MS 分析	I53
茶条木挥发油的化学成分	I54
南鹤虱挥发油化学成分的气相色谱/质谱分析	I55
南方马尾松松针挥发油成分的气相色谱/质谱分析	I56
杂多酸催化裂解松香产物中挥发油成分分析	I57
紫玉兰叶油化学成分的气相色谱/质谱法分析	I58
西伯利亚云杉松脂挥发油化学成分分析	I59
气相色谱-质谱法测定孜然芹挥发油的化学成分	I60
做青温度对崂山单枞乌龙茶香气成分影响的研究	I61
毛细管气相色谱快速测定白酒中甲醇	I62
钢都酒的香味成分分析	I63

题 目	文献
用固相微萃取和气相色谱-质谱法快速测定 Michelia alba 花中的挥发性组分	I64
气相色谱/质谱法鉴定黑芝麻中黑色素的类型	I65
固相微萃取气质联用技术对卷烟烟丝和卷烟烟气总粒相物中挥发性和半挥发性成分的研究	I66
卷烟烟丝香气成分的固相微萃取-气相色谱-质谱法分析	I67
卷烟烟气中挥发性组分的毛细管气相色谱分析	I68
蜂胶有效成分的分离与鉴定	I69
气相色谱/质谱法分析研究蜂胶中化学成分	I70
用毛细管气相色谱法测定多糖中单糖的组成	I71
茯苓菌丝体多糖的分离及结构分析	I72
衍生物气相色谱法测定蔗糖发酵液中的寡果糖	I73
鲨鱼软骨粉综合监测方法探讨	I74
水溶性苦瓜多糖的提取与测定	I75
稀土对茶叶中稀土结合糖蛋白的组成及活性的影响	I76
手细管气相色谱法测定淀粉糖浆中的糖含量,薛连海等	I77
三种木瓜的乙醚提取部位的气相色谱-质谱分析	I78
葡萄酒中白藜芦醇的固相萃取 GC/MS 法测定 及其生理活性的初步研究	I79
用固相微萃取后气相衍生化 GC-MS 方法测定酒中的反-百黎芦醇	I80
基因型、年龄和性别对羊肉 胆固醇含量的影响	I81
红花籽油中不皂化物成分的分析	I82
椰子油甘油三酯的高温气相色谱/质谱分析	I83
奶油甘油三酯的毛细管气相色谱-EL 质谱分析	I84
淀粉水解糖与 L-精氨酸、谷氨酸反应物的气相色谱-质谱分析	I85
仔猪“保命油”化学成分的气相色谱-质谱分析	I86
衍生化毛细管气相色谱法分离测定山梨醇和甘露醇	I87
柱前衍生气相色谱法测定鱼饵料中的游离蛋白氨基酸	I88
酸结果皮油挥发性成分的研究	I89
辣根挥发油化学成分的研究	I90

3.4 气相色谱在食品及药物中污染物中的应用

当今世界把环境保护和食品安全作为头等大事的情况下,对食品和药物中污染物和有害物质检测技术的研究受到重视。农药治虫也“治”人,在农作物(包括药用植物)中大量使用杀虫剂、除草剂、除真菌剂、灭鼠剂、植物生长调节剂等,致使在农产品、畜产品中农药残留量超标,食品防腐剂的超量也对人体健康造成潜在的影响。所以对这些污染物和有害物质的分析检测有十分重要的意义,为此有大量文章发表。表 8 是国人用 GC 分析食品及药物中污染物方法的摘要。

表 8 食品及药物中污染物用 GC 的分析方法

论文题目	文献
气相色谱仪宽口径毛细管柱检测谷物中 T-2 毒素方法	J1
宽口径毛细管 GC 测定 T-2 毒素代谢产物的方法	J2
水和粮食中化学战剂的分析	J3
染毒粮食中 7 种化学战剂的气相色谱分析方法	J4
粮食中熏蒸剂硫酰氟残留量的顶空气相色谱测定	J5
多个实验室进行农产品中多种类除菊酯残留量定性、定量测定的 GC-MS 方法	J6
气相色谱-质谱法测定粮谷中恶草酮的残留量	J7
气相色谱-质谱法测定及确证粮谷中特丁磷残留量	J8
小麦粉中过氧化苯甲酰含量的测定	J9
棉花植株及土壤中丙硫克百威及其代谢物残留气相色谱测定	J10
含脂肪食品中植物甾醇含量的气相色谱法测定	J11

论文题目	文献
气相色谱测定浸出油残留溶剂的改进方法-在没有新鲜机榨油情况下测定残留溶剂,粮食储藏	J12
食品微晶蜡中苯及甲苯残留的顶空气相色谱法测定	J13
猪肉中二溴磷残留量的气相色谱和气相色谱/质谱分析	J14
猪油样品中有机锡化合物的气相色谱-火焰光度法及气相色谱-质谱联用分析	J15
同时测定鱼肉中氯霉素和甲矾霉素残留量的毛细管气相色谱法	J16
固相萃取-气相色谱-质谱分析肉样中盐酸克伦特罗的残留量	J17
用带氮、磷检测器的 GC 测定家禽肉中的三种硝基咪唑残留量 435	J18
气相色谱-质谱快速检测虾体中氯戊菊酯	J19
气相色谱法测定禽蛋中微量有机氯农药及多氯联苯的残留	J20
蜂蜜中双甲脒残留量检测方法	J21
利用 GC/MS 测定海洋中贻贝、牡蛎体内的多环芳烃	J22
扑菌唑(sporgon)50% WP 在蘑菇和土壤中残留分析方法的研究	J23
气相色谱法测定饮料中的苯甲酸	J24
大孔径毛细管气相色谱法快速测定饮料中的氯胺酮	J25
活性炭纤维固相微萃取方法分析酱油中的苯甲酸	J26
酱油中 1,3-二氯丙醇-2 和 3-氯丙醇-2 的灵敏 GC-MS 法	J27
气相色谱-质谱(GC-MS)法测定酱油中的 3-氯-1,2-丙二醇	J28
气相色谱-质谱法测定食品中的 3-氯-1,2-丙二醇残留量	J29
北京市市场液体调味品中 3-氯-1,2-丙二醇污染状况研究	J30
啤酒、酱油、香肠中 N-亚硝基化合物含量的调查分析	J31
顶空固相微萃取-气相色谱法测定酒中的甲醇和杂醇油	J32
毛细管气相色谱快速测定白酒中甲醇	J33
茶叶中噻嗪酮残留量的气相色谱测定	J34
气相色谱法测定参叶茶中农药残留量	J35
气相色谱法测定茶叶中甲胺磷残留量	J36
茶叶中多种拟除虫菊酯类农药残留量的气相色谱-质谱测定	J37
气相色谱法测定茶叶中多种拟除虫菊酯类农药残留量	J38
气相色谱法测定茶叶中 7 种拟除虫菊酯农药残留	J39
大口径毛细管气相色谱柱测定茶叶中三氯杀螨醇的残留量	J40
SPE 结合 GC-FID 和 GC-MS 分析血浆中氨基甲酸酯类杀虫剂	J41
血浆中有机磷农药的固相萃取-气相色谱法测定	J42
GC 法测定川芎等 7 味中药材中六六六的残留量	J43
毛细管气相色谱法分析西洋参中有机氯农药残留量	J44
甘草中有机氯类农药残留量的毛细管气相色谱测定	J45
成方中药中农药残留的分析	J46
GC-ECD 法检测中药材中有机氯农药残留量	J47
连翘等 3 种中药材中有机氯农药残留量研究	J48
中药中有机氯农药残留量检测方法及限量标准研究	J49
黄芪,三七和西蓼参中多种有机氯农药残留量分析	J50
SPME/GC 联用测定蔬菜中残留有机磷农药的方法研究	J51
气相色谱-质谱联用技术同时分析蔬菜或水果中 189 种农药残留化合物	J52
上市蔬菜甲胺磷残留监测	J53
用气相色谱和离子阱质谱的选择离子存储技术测定大蒜中 41 种杀虫剂多种残留	J54
凝胶色谱净化-毛细管气相色谱法测定黄瓜、番茄和青椒中 15 种有机磷农药	J55
顶空气相色谱法快速测定浓缩菠萝汁中乙烯利的残留量	J56
气相色谱法测定番茄酱中菊酯类农药的残留量	J57
SPME/GC 联用测定蔬菜中残留有机磷农药的方法研究	J58
气相色谱法测定葡萄中烯唑醇农药的残留量	J59

论文题目	文献
气相色谱法测定新鲜荔枝中‘六六六’农药残留	J60
气相色谱测定食品中防腐剂脱氢乙酸、苯甲酸和山梨酸	J61
42 种品牌鼠药主要成分的分析	J62
GC/热能检测器定量测定烟样中 TSN	J63
用毛细管气相色谱测定香烟烟雾中的拟除虫菊酯残留	J64
烟草中氨基甲酸酯农药残留量在卷烟烟气中捕集转移率的测定	J65

3.5 气相色谱在环境污染物分析中的应用

为了改善人类生存环境、治理环境污染,对环境污染物的检测分析是当今世界一个重要的课题,我国在 2000 年 4 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议通过《中华人民共和国大气污染防治法》。根据 1996 年 5 月 15 日第八届全国人民代表大会常务委员会第十九次会议对 1984 年颁布的《中华人民共和国水污染防治法》进行修正。这些通过立法形式对环境保护起到了积极推动的作用。因此国家也投入巨大的人力物力进行环境污染物分析研究和实际检测,其中气相色谱法是十分有力的手段之一,因此用气相色谱法进行大气、室内气体、各种水体和其他类型污染物的分析研究有大量报道,表 9 是用 GC 进行环境污染物分析中的一些用例。表 10 是气体中污染物的分析,表 11 是水体中污染物的分析,表 12 是固体中污染物的分析。

表 9 气体中污染物的气相色谱分析

论文题目	文献
中国西部本底大气中 CO 的连续测量	K1
北京地区大气颗粒物中有机的分析	K2
环境中低浓度挥发性有机化合物的吸收及其代谢动力学评估方法	K3
碳管吸收 GC 测定大气中的非甲烷烃	K4
炭管采集气相色谱法测定空气中丁醚的实验研究	K5
苯、甲苯和二甲苯气相色谱超短柱测定	K6
PreVent GC 系统提高多环芳烃致突变物检出量的研究	K7
二维毛细管柱气相色谱法测定大气中的挥发性烃类	K8
环境中 CS ₂ 的气相色谱测定	K9
衍生化毛细管气相色谱法测定空气中醋酸	K10
丙酮,异丙醇的分离和顶空气相色谱测定	K11
沥青烟化学组分的气相色谱-质谱联机分析	K12
车间空气中双丙酮醇的气相色谱测定方法	K13
车间空气中丙炔醇的气相色谱测定方法	K14
作业场所空气中氯乙酸的气相色谱测定方法	K15
工作场所空气中甲基环己烷的气相色谱测定方法	K16
车间空气中邻二氯苯气相色谱测定方法	K17
空气中丙溴磷的采样及气相色谱分析环境检测	K18
空气中丙溴磷的采样及气相色谱分析方法	K19
车间空气中三甲胺的气相色谱测定法	K20
23 种挥发性有机化合物在 3 种吸附剂上漏出容量的测定评价	K21
固相萃取和气相色谱-质谱法测定主流烟气中苯并[a]芘的研究	K22
色谱质谱中的选择离子监测方式定量分析柴油机排气微粒中多环芳烃	K23
通信机房作业环境空气污染及特征研究	K24
通信作业环境挥发性有机物的定性分析与表征	K25
燃油助动车尾气冷凝物有机污染物的测定	K26
环境样品中 PCBs 的测定	K27

论文题目	文献
吸附-自动热解析法测定工厂污染空气中的氯乙烯	K28
空气中硫酸氟气体浓度的气相色谱法测定	K29
焦炉烟气中有机污染物的 GC-MS 测定	K30
某长丝车间空气中二硫化碳浓度监测方法比较及工人接触水平	K31
光离子化检测器气相色谱仪测定空气中胺类化合物	K32
环境中二恶英及其检测技术进展	K33
同位素烯释气相色谱与质谱联用测定 2,4-D 中二恶英毒性同类物	K34
4 种形态汞正丁基衍生物的气相色谱 – 质谱分离与鉴定	K35
多环芳烃分子结构的距边矢量表征及其气相色谱保留指数预测	K36

表 10 水体中污染物的气相色谱分析

论文题目	文献
中国西部本底大气中 CO 的连续测量非平衡固相微萃取-气相色谱-质谱联用快速监测水中的氯化苄	L1
固相微萃取-气相色谱-质谱联用测定水中酚类化合物	L2
顶空气相色谱法测定水体中的低分子量胺类	L3
固相萃取法测定水源水中的有机磷农药	L4
气相色谱法直接进样测定饮用水中挥发性卤代烃	L5
用吹扫捕集-热脱附-气相色谱 – 质谱法 分析生活污水中挥发性有机物	L6
固相微萃取-气相色谱联用技术分析饮用水中的氯仿	L7
SPME 联用 GC/MS 分析饮水中有机物	L8
环境水体中苯系数的气相色谱法分析	L9
水中重点有机磷农药的毛细管气相色谱法测定	L10
气相色谱/质谱法测定水中五氯酚	L11
G 市水源水及自来水中有有机污染物的鉴定与分析	L12
溴化衍气相色谱法测定环境水体中的酚系物	L13
辽河下游水体中多氯有机物的残留调查	L14
地表水中痕量丙烯腈气相色谱分析	L15
固相微萃取-气相色谱联用技术分析饮用水中的氯仿	L16
测定饮用水中有机污染物含量的富集法	L17
气相色谱法测定水中的毒鼠强	L18
静态顶空进样气相色谱法测定水中 CS ₂ 的研究	L19
吹扫捕集与气相色谱-质谱联用测定饮用水和地表水中挥发性有机物	L20
吹扫-捕集/气相色谱/质谱分析水中挥发性有机化合物	L21
固相微萃取-气相色谱/质谱联用法测定饮用水中苯类化合物	L22
吹扫-捕集/气相色谱法测定饮用水中 5 种挥发性卤代烃	L23
改变相比/顶空气相色谱法测定饮用水中的氯仿及其分配常数	L24
气相色谱-红外光谱联机测定石油化工废水中挥发性有机物	L25
毛细管柱顶空气相色谱法测定水中氯代苯研究	L26
大口径毛细管同时测定水中 12 种卤代烃的研究	L27
双毛细管柱气相色谱法测定环境水体中取代苯	L28
洹河水中痕量有机污染物的研究	L29
测定饮用水中有机污染物含量的富集法	L30
混合吸附剂富集/热脱附/气相色谱法分析石油化工污水中挥发性有机污染物	L31
固相微萃取-毛细管气相色谱法快速分析水中苯系物	L32
衍生萃取气相色谱法测定水中苯酚	L33
毛细管气相色谱法分析苯酚和甲酚位置异构体	L34
废水中微量酚的气相色谱法测定	L35
气相色谱法测定工业废水中联苯与菲	L36
气相色谱法测定废水中的 7 种低分子量醛、酮和醇	L37
气相色谱分析废水中脂肪胺	L38

论文题目	文献
气相色谱-质谱法表征炼油厂外排废水中的有机组分	L39
水中丙溴磷的富集及气相色谱分析	L40
GC/MS 法分析焦化废水中微量有机污染物	L41
植物酶膜萃取-气相色谱分析水体中痕量有机磷农药	L42
水样中痕量有机磷农药的膜萃取-气相色谱法测定	L43
SPME-GC-MS 联用快速检测赤潮海水中的有机物	L44
固相微萃取-气相色谱-质谱联用法测定海水中角鲨烯及其与赤潮的关系	L45
固相微萃取 (SPME)/GC/MS 测定灌溉水中的残留甲胺磷	L46
毛细管气相色谱法测定污水中氰乙酸甲酯	L47
固相微萃取/GC 直接测定废水中的三种氯酚	L48
低温吹扫捕集-气相色谱-火焰光度法测定南极水样中的甲基锡形态	L49
我国部分内陆水域有机锡污染现状初探	L50
小量水样痕量苯酚的液-液同萃取气相色谱分析	L51
海水中雪松醇的 SPME-GC-MS 测定及其与赤潮关系	L52
中国部分湖泊、河流及沿海水域中出现丁基锡化合物	L53
用原位氢化衍生反应及随后的顶空固相微萃取结合气相色谱和火焰光度检测器分析中国海水中的丁基锡类化合物	L54
长江(南京)江水中溶解微量的多氯有机化合物分析	L55
使用固相微萃取及气相色谱-火焰光度检测器测定水样中的有机磷农药	L56
固相微萃取气-质联用技术在饮用水气味分析中的应用	L57
我国部分商品瓶装饮用水中挥发性有机物的研究	L58
烷基化含酸废水中焦油组成分析	L59
油制气废水中毒害有机物分析及一般特征	L60
气相色谱法测定污水中对硫磷的农残量	L61

表 11 固体中污染物的气相色谱分析

论文题目	文献
顶空固相微萃取-气相色谱表面发射火焰光度检测法测定底泥中的丁基锡化合物	M1
官厅水库和永定河沉积物中多氯联苯和有机氯农药的污染	M2
垃圾渗出液中酚类物质的气相色谱分析	M3
顶空固相微萃取法检测土壤中的苯系物	M4
气相色谱法测定长江水体悬浮物和沉积物中有机氯农药的残留量	M5
珠江三角洲表层沉积物中丁基锡的初步测定	M6
焦化厂周围农业土壤中芳烃类物质的污染状况	M7
甲氰菊酯和辛硫磷混合剂在苹果及土壤中的残留分析	M8

3.6 气相色谱在石油和石化分析中的应用

多年来气相色谱的发展推动了石油和石化的发展,反过来石油和石化的发展又促进了气相色谱的前进和发展,气相色谱在石油和石化领域有着极大的应用场所。所以气相色谱在石油和石化分析中的应用长盛不衰,尽管近年高效液相色谱和进红外光谱在石油和石化分析中的应用研究颇受青睐,但在石油和石化分析中气相色谱仍是主要的分析手段,所以气相色谱在石油和石化分析中的应用研究报告很多,具体研究应用见表 12。

表 12 气相色谱在石油和石化分析中的应用

论文题目	文献
催化裂化轻汽油及醚化产品的气相色谱分析	N1

论文题目	文献
液化石油气中硫化物的测定方法	N2
气相色谱法测定液态烃中微量水及硫化氢	N3
萃取精馏法分离环己烷-环己烯-苯物系的新溶剂选择方法	N4
油田采出水中有机物组成分析	N5
重整生成汽油样品中烃的类别分析	N6
气相色谱-质谱联用技术测定岩芯样品中的苯系化合物	N7
盘河地区深层孔店组石油地质特征	N8
毛细管气相色谱/傅立叶变换红外光谱分析高温煤焦油中的重油馏分	N9
酒西盆地石油非均质性的控制因素	N10
石油样品全二维气相色谱分析的分离特性	N11
多维气相色谱法测定催化裂化气体组成	N12
毛细管多维气相色谱法分析炼厂气	N13
判别分析用于烃类化合物分类及汽油样品的族组成分析	N14
利用大口径毛细管气相色谱法测定液化气中的含硫化物	N15
毛细管气相色谱法分析清洁汽油中甲基叔丁基醚含量	N16
气相色谱法测定原油中的饱和烷烃组分	N17
气相色谱法同步测定煤基油品的硫分布和沸点分布	N18
催化柴油中硫化物的气相色谱-原子发射光谱分析方法及应用	N19
外标-归一化气相色谱法测定天然气组成	N20
壬基酚及其杂质的含量测定	N21
工业用丙烯中烃类杂质的气相色谱分析	N22
气相色谱/质谱在不同种类硫酸盐还原菌的鉴定中应用探讨	N23
混合苯中芳烃组分的气相色谱/质谱分析	N24
环己酮的气相色谱法分析	N25
气相色谱内标物正构烷烃畸峰的研究	N26
用气相色谱法测定合成样品中的戊二醛	N27
气相色谱法测定 2,5-二甲酚	N28
二苯并噻吩的脱硫细菌代谢产物的鉴定	N29
酚焦油中酚类物质的气相色谱	N30
水-异丙醚-苯酚-对苯二酚液液平衡数据的测定及关联	N31
气相色谱质谱联用分析高抗冲聚苯乙烯中的 Irganox 1076	N32
溴加成脱烯反应用于含烯汽油单体烃及族组成的分析	N33
气相色谱/质谱/质谱法分析石油基可燃物	N34
用气相色谱法测定萃取剂中杂质 C ₃ ~ C ₅ 烃的含量	N35
毛细管柱气相色谱分析在轻柴油萘测定中的应用	N36
在线分析脱丙烷塔顶中气体组分的气相色谱柱系统研究	N37
煤焦油萘择形异构基化产物组成的气相色谱/质谱分析	N38
毛细管气相色谱法测定腈纶布料中苯、甲苯和二甲基甲酰胺残留	N39
碱金属醇盐甲醇羰基化催化剂活性研究	N40
CO ₂ 加氢合成甲醇催化剂活性评价方法的建立	N41
毛细管色谱切割-反吹法归一化分析汽油中芳烃	N42
重油催化裂化汽油中含硫化物的分析	N43
裂解气中痕量杂质的测定	N44
聚丁二烯热降解的研究	N45
顺-1,4-聚异戊二烯的热降解研究	N46
重油催化裂化汽油中酚类化合物的分离分析	N47

3.7 气相色谱在化工产品高聚物分析中的应用

由于气相色谱法在所有的色谱方法当中是最容易做的方法,所以在各种化工生产的产品检验中对多成分、可挥发性组分的测定,GC 应该是首选的方法,在高聚物分析中 GC 也发挥了十分积极的作用,像裂解气相色谱和反气相色谱都是针对高聚物分析的有力技术。所以有许多应用报告,当然从 GC 的研究角度不一定是开创性的研究,但是从实用角度对使用者来说是有参考价值的,表 13 是在化工和高聚物领域利用 GC 进行产品分析的应用实例。

表 13 用 GC 进行化工产品和高聚物分析的应用实例

论文题目	文献
百菌清、腐霉利复合烟剂的气相色谱分析	01
淀粉水解糖与谷氨酸反应物的制备与分析	02
用毛细管气相色谱法测定工业 2-乙基乙醇和有机杂质含量	03
茚满合成产物馏分的气相色谱分析	04
合成叔十二碳硫醇的填充柱气相色谱分析	05
丙烯酸水合醚化产物的气相色谱分析	06
气相色谱法分析双酚 A 中的微量酚类杂质	07
大口径毛细管气相色谱法测定巯基乙酸异辛酯	08
染料中间体 2,6-二氯-4-硝基苯胺中 痕量多氯联苯的 GC-MS 分析	09
杂多酸催化裂解松香产物中挥发油成分分析	010
亚磷酸二正丙酯的气相色谱法测定	011
煤快速加氢热解焦油组成的分析	012
叔十二烯的气相色谱分析	013
毛细管气相色谱测定二甲基二硫化物纯度的研究	014
两种硅泡沬材料耐电子束辐射性能的研究	015
用气相色谱-原子发射光谱法检测 VX、Bz 及其降解产物	016
气相色谱法在气体净化剂合成及工艺改进中的应用	017
气相色谱测定农药克螨特原药含量	018
碱金属醇盐甲醇羰基化催化剂活性研究	019
“永固紫”染料和四氯苯醌中多氯代二苯并二恶英/呋喃的分析	020
气相色谱法定量测定甲基丙烯酸 β 羟乙酯	021
负载金属基活性炭纤维对一氧化氮和一氧化碳的吸附及催化性能研究	022
氯乙酰肟的合成与气相色谱分析方法	023
用硅烷化双聚体结构分析胶凝物质的聚合趋向	024
毛细管气相色谱法研究对环芳烷二氯化产物的组成	025
苯酚和草酸二甲酯酯交换合成碳酸二苯酯反应产物的气相色谱-质谱分析	026
溴代季戊四醇的气相色谱法分析	027
衍生化-毛细管气相色谱法同时测定饲料添加剂中富马酸、乳酸和柠檬酸分析化学	028
气相色谱法测定用重氮甲烷预处理的 2-甲基-3-硝基苯甲酸	029
气相色谱法分析 3-氯-2-羟丙基三甲基氯化铵中的微量有机杂质	030
顶空气相色谱法测定氯乙烯生产过程产生的盐酸溶液中的乙炔和氯乙烯	031
金刚烷合成体系成分的毛细管气相色谱及色谱-质谱法分析	032
气相色谱法与化学法测定混合烷基铝中烷基置换反应的总速率	033
氰甲酸酯和氯甲酸酯的气相色谱分析	034
气相色谱法测定电石废渣中残留碳化钙	035
3-羟基丁酸的气相色谱分析	036
毛细管气相色谱法分析甲苯二异氰酸酯	037
甲苯二异氰酸酯的气相色谱-质谱分析	038
毛细管气相色谱法分析甲基环己基二甲氧基硅烷	039
气相色谱法测定甲苯二异氰酸酯异构比	040
毛细管气相色谱测定二甲基二硫化物纯度的研究	041
气相色谱法测定八甲基环四硅氧烷	042
用气相色谱-质谱测定己内酰胺中的杂质	043
用 GC-MS 研究枯烯的氧化机理	044
用气相色谱研究二氧化锡化学传感器对有机物的吸附选择性	045
用 GC-MS 鉴定碳黑的表面特征	046
m-DVB 和 p-DVB 原子转移自由基聚合动力学	047
气相色谱-质谱联用测定苯乙烯中的阻聚剂对叔丁基邻苯二酚	048
环氧乙烷-四氢呋喃共聚醚中环状齐聚物的气相色谱/质谱分析	049
聚氯乙烯塑料中增塑剂的气相色谱/质谱法分析	050

论文题目	文献
聚酯切片中二甘醇的气相色谱分析	051
基体辅助激光解吸电离飞行时间质谱和热裂解色谱/质谱研究聚酯型聚氨酯链结构	052
气相色谱法对乙醛多聚体的质量全分析	053
丙烯腈-甲基丙烯酸-2-羟乙酯共聚物的裂解机理	054
裂解甲基化研究丙交酯-己内酯共聚物结构及稳定性	055
高性能聚酰亚胺热硬化过程和热降解的机理	056
溶剂在聚合物中扩散的活度系数	057
涂料中化学成分的检测与分析	058

4 小结

气相色谱虽然是一门很成熟的分析化学方法,但是对它的研究尚有待进一步深入,从我们援引的几百篇应用性论文看,在使用上是有参考意义的,但是有不少在水平上尚有提高的空间。不过从这些文章也看到近年我国应用气相色谱的总体水平已经有了很大的提高,比如使用毛细管色谱柱的工作有明显的增加,把 GC 和 MS 结合起来进行未知化合物的分离和检测的工作很多,逐渐把 MS 作为 GC 的检测器来考虑,这就大大地把二者密切的结合,使之形成珠连璧合的功效。

参考文献

[A1] 傅若农. 色谱分析概论. 北京: 化工出版社. 2000.1
[A2] 刘国詮等. 色谱柱技术. 北京: 化工出版社. 2001.7
[A3] 刘虎威. 气相色谱方法及应用. 北京: 化工出版社. 2000.10
[A4] 吴烈均. 气相色谱检测方法. 北京: 化工出版社. 2000.1
[A5] 汪正范. 色谱定性与定量. 北京: 化工出版社. 2000.3
[A6] 汪正范等. 色谱联用技术. 北京: 化工出版社. 2001.1
[A7] 王立等. 色谱分析样品处理. 北京: 化工出版社. 2001.9
[A8] 吴方迪. 色谱仪器维护与故障排除. 北京: 化工出版社. 2001.4
[A9] 王敬尊等. 复杂样品的综合分析——剖析技术概论. 北京: 化工出版社. 2000.9
[A10] 梁汉昌. 痕量物质分析气相色谱法. 北京: 中国石化出版社. 2000.5
[B1] 张玉奎等. 色谱. 2001, 19(1): 37
[B2] 黄炯嘉等. 色谱. 2001, 19(4): 314
[B3] 倪永年等. 分析化学, 2002, 30(8): 994
[B4] 刘学良等. 分析化学, 2002, 30(10): 1260
[B5] 巢静波等. 分析化学, 2002, 30(7): 875
[B6] 王静等. 分析化学, 2001, 29(2): 222
[B7] 邓华等. 分析化学, 2001, 29(5): 301
[B8] 赖家平等. 分析化学, 2001, 29(7): 836
[B9] 袁倬斌等. 分析化学, 2001, 29(10): 1222
[B10] 吕鉴泉等. 分析化学, 2001, 29(11): 1336
[B11] 平贵臣等. 分析化学, 2001, 29(12): 1464
[B12] 史雪岩等. 分析化学, 2000, 28(1): 118
[B13] 高志等. 分析化学, 2000, 28(4): 497
[B14] 仲维科等. 分析化学, 2000, 28(7): 904
[B15] 张海霞等. 分析化学, 2000, 28(9): 1172
[B16] 徐溢. 分析化学, 2000, 28(10): 1295
[B17] 袁佩等. 分析测试学报, 2001, 20(1): 79
[B18] 朱绍棠等. 分析测试学报, 2001, 20(2): 82
[B19] 史雪岩等. 分析测试学报, 2001, 20(6): 75
[B20] 李红霞等. 药物分析杂志, 2001, 21(2): 142
[B21] 许国旺等. 色谱. 2001, 19(2): 132
[B22] 谷学新等. 分析试验室, 2001, 20(3): 96
[B23] 李素丽等. 分析测试技术与应用, 2001, 7(2): 93
[B24] 赵国宏等. 分析测试技术与应用, 2001, 7(2): 105
[B25] 耿昱等. 分析测试技术与应用, 2001, 7(4): 230
[B26] 中国酒业信息网 <http://www.brewchina.com/wine-science/index.htm>
[B27] 怀其勇等. 分析测试学报, 2001, 20(6): 84

[B28] 关多元等. 分析试验室, 2000, 19(6): 98
[B29] 丁中涛等. 云南化工, 2002, 29(2): 16
[B30] 周琪等. 化学通报, 2001, (1): 18
[B31] 唐波等. 分析化学, 2002, 30(4): 482
[B32] 王静等. 分析化学, 2001, 29(2): 222
[B33] 倪永年等. 分析化学, 2002, 30(8): 994
[B34] 雷晓玲等. 色谱, 2002, 20(3): 210
[B35] 马继平等. 色谱, 2002, 20(1): 16
[B36] 赵广达. 分析仪器, 2001, (2): 11
[B37] 陈猛等. 分析科学学报, 2002, 18(5): 429
[B38] 张忠义等. 化工进展, 2002, 21(5): 349
[B39] 吴采樱等. 分析化学新进展(汪尔康主编), 2002. 163
[B40] 傅若农等. 分析化学新进展(汪尔康主编), 2002. 154
[B41] 周南. 上海化工, 2000, 25(20): 22
[B42] 周南. 上海化工, 2000, 25(21): 20
[C1] Gary A. Eiceman et al. Anal Chem, 2002, 72(12): 137R
[C2] 阮春海等. 分析化学, 2002, 30(5): 548
[C3] Marriott P et al. Trends Anal Chem, 2002, 21(9+10): 573
[C4] Klee M S 等人的多篇论文. J Chromatogr Sci, 2002, (5/6)
[C5] 方肇伦等. 分析化学新进展(汪尔康主编), 2002. 441
[C6] 社论: Anal Chem, 2003, 75(1): 5A
[C7] <http://www.cas.ac.cn/html/Dir/2002/06/07/7182.htm> 科学时报, 2002/06/07
[D1] 寇登民等. 石油化工, 2001, 30(3): 228
[D2] 史雪岩等. 分析化学, 2000, 28(1): 118
[D3] 曾昭睿等. 分析科学学报, 2000, 16(1): 10
[D4] 孟子晖等. 分析化学, 2000, 28(4): 432
[D5] 袁黎明等. 高等学校化学学报, 2000, 21(2): 213
[D6] 陈帆等. 色谱, 2000, 18(3): 247
[D7] 陈国斌等. 色谱, 2000, 18(4): 343
[D8] 吕全健等. 河南师范大学学报(自然科学版), 2000, 28(3): 37
[D9] 聂孟言等. 分析化学, 2000, 28(11): 1366
[D10] 唐阔文等. 应用化学, 2000, 17(6): 677
[D11] 周琪等. 化学通报, 2001, (1): 18
[D12] 史雪岩等. 高等学校化学学报, 2001, 22(7): 1098
[D13] 史雪岩等. 色谱, 2002, 20(1): 34
[D14] 张月琴等. 分析测试学报, 2002, 21(2): 31
[D15] 张月琴等. 分析测试学报, 2002, 21(3): 31
[D16] 唐课文等. 分析测试学报, 2001, 20(3): 86
[D17] 寇登民等. 分析化学, 2001, 29(6): 699
[D18] 陶旦妮等. 分析化学, 2001, 29(1): 1150
[D19] 袁晓燕等. 分析化学, 2001, 29(5): 549
[D20] 易健民等. 分析化学, 2000, 28(10): 1291
[D21] 魏荣宝等. 分析化学, 2000, 28(12): 1564
[D22] 史雪岩等. 北京理工大学学报, 2000, 20(3): 371
[D23] 史雪岩等. 北京理工大学学报(英文版), 2002, 11(3): 285
[D24] Fang P F 等. J. Chromatogr. A, 2000, 867: 177
[D25] 史雪岩等. Anal. Chim. Acta, 2001, 445(2): 221
[D26] Nie MengYan 等. Anal. Chim. Acta, 2000, 408(1-2): 279
[D27] Yi Jian-Ming 等. J. Chromatogr. A, 2000, 883: 137
[D28] 史雪岩等. Anal. Chim. Acta, 2000, 424(2): 371
[D29] 邓爱华等. 分析化学, 2002, 30(11): 1325
[D30] 李方楼等. 云南师范大学学报, 2002, 22(1): 34
[D31] 徐德良等. 武汉化工学院学报, 2000, 22(1): 10
[D32] 张抒峰等. 高分子学报, 2001, (4): 513
[D33] 唐新德等. 色谱, 2001, 19(3): 264
[D34] 唐新德等. 化学分析计量, 2001, 10(2): 13
[D35] 谌英武等. 武汉化工学院学报, 2000, 22(3): 8
[D36] 吕全健等. 河南科学, 2000, 18(2): 147
[D37] 吕全健等. 河南师范大学学报: 自科版, 2000, 28(3): 87
[E1] 王东新等. Anal Chem, 1997, 69(22): 4566
[E2] 王东新等. 色谱, 2002, 20(3): 279
[E3] 王东新等. 色谱, 2002, 20(6): 534
[E4] 韩江华等. 色谱, 2002, 20(2): 121
[E5] 曾昭睿等. 色谱, 2000, 18(4): 304
[E6] 孙代红等. 化学通报, 2002, 65(3): 182
[F1] Wang Zhenyu 等. J Chromatogr A, 2000, 893: 157
[F2] Xiao Chunhua 等. J. Chromatogr. A, 2001, 927: 121

- [F3] Chen Cai 等. J. Chromatogr. A, 2001, 886 313
- [F4] 曾昭睿等. 分析试验室, 2002, 21(5) 75
- [F5] 杨敏等. 色谱, 2002, 20(3) 202
- [F6] 贾金平等. 色谱, 2002, 20(1) 63
- [F7] 张海霞等. 分析化学, 2001, 29(9) 1003
- [F8] 周珊等. 环境化学, 2001, 20(2) 191
- [F9] 贾金平等. J. Environ. Sci. Health, 2002, A37(2) 4889
- [G1] 陈建英等. 中国药理学杂志, 2001, 36, (1) 16
- [G2] 唐刚等. 中国药理学杂志, 2001, 36(1) 45
- [G3] 方艳红. 华侨大学学报(自然科学版), 2000, 21(3) 252
- [G4] 陈培胜等. 分析测试学报, 2001, 20(4) 50
- [G5] 闰大勇等. 白求恩医科大学学报, 2000, 26(2) 121
- [G6] 杨雪忠等. 苏州医学院学报, 2000, 20(3) 229
- [G7] 刘勇等. 云南大学学报(自然科学版), 2000, 22(3) 217
- [G8] 唐刚华等. 药物分析杂志, 2000, 20(3) 147
- [G9] 刚华等. 药科学报, 2000, 35(6) 457
- [G10] 龚范等. 高等学校化学学报, 2001, 22(9) 1481
- [G11] 兰瑞芳等. 海峡药学, 2000, 12(2) 45
- [G12] 郭素华等. 中国药理学杂志, 2000, 35(5) 344
- [G13] 杨得坡等. 中国药理学杂志, 2000, 35(1) 9
- [G14] 黄丽莎等. 分析测试学报, 2001, 20(4) 79
- [G15] 孟楣等. 安徽中医学院学报, 2000, 19(4) 50
- [G16] 刘桂霞等. 中草药, 2000, 31(9) 674
- [G17] 许妍等. 中草药, 2001, 32(12) 1090
- [G18] 张亮等. 中草药, 2000, 31(9) 647
- [G19] 徐艳春等. 药物分析杂志, 2002, 22(1) 11
- [G20] 罗兴平等. 药物分析杂志, 2002, 22(1) 39
- [G21] 周长新等. 药物分析杂志, 2002, 22(4) 290
- [G22] 吴玖涵等. 药物分析杂志, 2001, 21(6) 415
- [G23] 李玲玲等. 药物分析杂志, 2000, 20(2) 116
- [G24] 傅迎等. 中草药, 2002, 33(4) 316
- [G25] 王云萍等. 中草药, 2002, 33(4) 360
- [G26] 薛健等. 中草药, 2002, 33(4) 364
- [G27] 汤玮珉等. 中草药, 2001, 32(7) 610
- [G28] 孙秀燕等. 色谱, 2002, 20(4) 378
- [G29] 何华等. 药科学进展, 2002, 26(5) 29
- [G30] 周欣等. 中草药, 2001, 32(10) 380
- [G31] 回瑞华等. 分析化学, 2001, 29(3) 361
- [G32] 王龙星等. 色谱, 2002, 20(1) 78
- [G33] 李小玲等. 分析测试学报, 2001, 20(4) 35
- [G34] 蔡春等. 分析测试学报, 2001, 20(6) 67
- [G35] 谢君等. 分析测试学报, 2001, 20(4) 34
- [G36] Fan Gong 等. J. Chromatogr. 2001, 909 237
- [G37] Li Yan 等. Chinese Chem. Letter, 2000, 11(12) 1073
- [G38] Li Yan 等. J. Separation Science, 2002, 25(4) 225
- [G39] 刘波平等. 分析试验室, 2002, 21(5) 18
- [G40] 孙秀燕等. 分析试验室, 2002, 21(5) 36
- [G41] 李晓宁等. 药科学报, 2001, 36(3) 215
- [G42] 陈志行等. 中草药, 2001, 32(6) 498
- [G43] 刘杰等. 中草药, 2002, 33(9) 785
- [G44] 倪士峰等. 中草药, 2002, 33(8) 691
- [G45] 谢孟峡等. 中草药, 2002, 33(7) 593
- [G46] 李吉来等. 中草药, 2002, 33(4) 307
- [G47] 高幼衡等. 中草药, 2002, 30(10) 383
- [G48] 林文群. 中草药, 2002, 30(10) 384
- [G49] 南荣等. 中草药, 2002, 30(11) 379
- [G50] 邱琴等. 中草药, 2002, 30(11) 380
- [G51] 李忠荣等. 中草药, 2002, 30(12) 1069
- [G52] 范崔生等. 中草药, 2002, 30(12) 1070
- [G53] 梁卫文等. 中草药, 2002, 30(12) 1073
- [G54] 张永明等. 中草药, 2002, 33(8) 687
- [G55] 宋小平等. 中草药, 2002, 33(8) 690
- [G56] 李静等. 中草药, 2002, 33(8) 692
- [G57] 陈志行等. 中草药, 2002, 33(11) 376
- [G58] 孙会敏等. 药物分析杂志, 2002, 22(5) 401
- [G59] 罗兴平等. 药物分析杂志, 2002, 22(1) 39
- [G60] 孙会敏等. 药物分析杂志, 2002, 22(5) 401
- [G61] 龚范等. 分析化学, 2000, 28(7) 860
- [G62] 陈光英等. 药科学报, 2001, 36(3) 233
- [G63] 丁平等. 中国药理学杂志, 2001, 36(4) 235
- [G64] 安秋荣等. 河北大学学报: 自科版, 2000, 20(4) 351
- [G65] 汤敏燕等. 江西师范大学学报: 自科版, 2000, 24(3) 274
- [G66] 李祥等. 中成药, 2000, 22(8) 550
- [G67] 廖超林. 香料香精化妆品, 2000, (2) 3
- [G68] 陈万生等. 中药材, 2000, 23(1) 684
- [G69] 刘廷礼等. 中药材, 2000, 23(8) 460
- [G70] 林敬明等. 中药材, 2000, 23(8) 448
- [G71] 龙新华等. 中药材, 2000, 23(7) 394
- [G72] 张强. 华西药理学杂志, 2000, 15(5) 346
- [G73] 汤敏燕等. 林产化学与工业, 2000, 20(3) 65
- [G74] 王琳琳等. 林产化学与工业, 2000, 20(2) 50
- [G75] 周继斌等. 中国野生植物资源, 2000, 19(3) 45
- [G76] 冷平生等. 北京林业大学学报, 2000, 22(5) 19
- [G77] 王威等. 药物分析杂志, 2000, 20(5) 316
- [G78] 王玉萍等. 药物分析杂志, 2000, 20(5) 307
- [G79] 马长华等. 中国中药杂志, 2000, 25(12) 726
- [G80] 邢旺兴等. 中国中药杂志, 2000, 25(6) 349
- [G81] 邱琴等. 理化检验: 化学分册, 2000, 36(7) 294
- [G82] 陈建伟等. 天然产物研究与开发, 2000, 12(3) 48
- [G83] 汤敏燕等. 天然产物研究与开发, 2000, 12(4) 74
- [G84] 罗集鹏等. 天然产物研究与开发, 2000, 12(4) 66
- [G85] 秦波等. 植物学报, 2000, 17(5) 435
- [G86] 刘廷礼等. 中国药物化学杂志, 2000, 10(4) 270
- [H1] 李玲等. 药物分析杂志, 1998, 18(5) <http://periodicals.wanfangdata.com.cn/qikan/servlet/one-article?path=/periodical/%20ywxzz/980528.htm>
- [H2] 国家药典委员会. 关于做好《中华人民共和国药典》2000 年版征订工作的通知, 药典发表(2000)第 001 号
- [H3] 付良青等. 中国药理学杂志, 2001, 36(1) 43
- [H4] 郝守进等. 卫生研究, 2000, 29(1) 37
- [H5] 刘会臣等. 中国医院药理学杂志, 2000, 20(7) 416
- [H6] 杨丽莉等. 药科学报, 2000, 35(2) 135
- [H7] 王俊秋等. 药物分析杂志, 2000, 20(2) 35
- [H8] 陈凤恩等. 中国医药工业杂志, 2002, 33(5) 241
- [H9] 邝玉斌等. 分析科学学报, 2000, 16(4) 270
- [H10] 宋元宗等. 色谱, 2000, 18(4) 295
- [H11] 周煜等. 生物技术通讯, 2000, 11(2) 111
- [H12] 彭海等. 同济医科大学学报, 2000, 29(2) 108
- [H13] 张雯. 中国烧伤创伤杂志, 2000, (2) 31
- [H14] 黄开勋等. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2000, 9(2) 153
- [H15] 李攻科等. 分析测试学报, 2000, 19(1) 16
- [H16] 王义生等. 吉林农业科学, 2000, 25(5) 43
- [H17] 靳菊倩. 西北植物学报, 2000, 20(5) 868
- [H18] 李高. 中国临床药理学杂志, 2000, 16(1) 58
- [H19] 中华口腔医学杂志, 2000, 35(5) 333
- [H20] 邝荔香等. 安徽医科大学学报, 2000, 35(3) 191
- [H21] 刘洪涛等. 药物分析杂志, 2002, 22(4) 264
- [H22] 王岩等. 药物分析杂志, 2002, 22(4) 277
- [H23] 汪洁等. 药物分析杂志, 2001, 21(1) 18
- [H24] 吕志华等. 药物分析杂志, 2001, 21(4) 276
- [H25] 刘树春等. 天津药学, 2002, 14(4) 77
- [H26] 王永华等. 现代科学仪器, 2000, (3) 26
- [H27] 王卫等. 药物分析杂志, 2001, 21(3) 208
- [H28] 尹峻雅等. 药物分析杂志, 2000, 20(5) 335
- [H29] 袁静等. 中国临床药理学杂志, 2001, 17(2) 143
- [H30] 杨玉林等. 色谱, 2002, 20(1) 66
- [H31] 李峰等. 儿科药理学, 2002, 8(2) 17
- [H32] 王淑云. 南京军医大学学报, 2002, 24(2) 78
- [H33] 史大军等. 药物分析杂志, 2000, 20(6) 428
- [H34] 林兰等. 药科学进展, 2002, 26(4) 229
- [H35] 李群等. 中国生化药物杂志, 2002, 23(2) 72
- [H36] 蔡锡兰等. 分析化学, 2002, 30(1) 126
- [H37] 姜兆林等. 分析化学, 2001, 29(6) 642
- [H38] 邢丽梅等. 分析化学, 2001, 29(8) 319
- [H39] 何正杰等. 分析化学, 2001, 29(8) 378
- [H40] 施介华等. 分析化学, 2001, 29(8) 392
- [H41] 谢孟峡等. 分析化学, 2001, 29(12) 1389
- [H42] 梅素容等. 分析化学, 2001, 29(12) 1394

- [H43] Luan Tiangang 等. Anal. Chim. Acta, 2000, 404(2) : 329
[H44] Deng Chunhui 等. J. Chromatogr. B, 2002, 780 : 407
[H45] Xu Kening 等. J. Chromatogr. B, 2001, 758 : 75
[H46] Yang Xiangjing 等. J. Chromatogr. B : Biom. Sci. Appl. 2000. 740 : 273
[H47] Kun Lv 等. J. Chromatogr. A, 2000, 878 : 147
[H48] Liu Zhaoqian 等. J. Chromatogr. A, 2002, 769 : 305
[H49] Deng Chunhui 等. J. Chromatogr. B, 2002, 775 : 115
[H50] Kuo H W 等. J. Chromatogr. B, Anal. Tech. Biom. Life Sci., 2002, 768 : 297
[H51] Lee Mawrong, 等. J. Chromatogr. A, 2000, 896 : 265
[H52] Wang Shengmeng 等. J. Chromatogr. B, Biom. I Sci. Appl. 2001, 759 : 17
[H53] Shen Min 等. Forensic Science International, 2002, 126(2) : 153
[H54] Song Yajun 等. J. Microbiolog. Methods, 2000, 39(3) : 225
[H55] Toa Kenneth K W 等. J. Chromatogr. A, 2002, 947 : 319
[H56] Duan Gengli 等. Biomed. Chromatogr., 2002, 16(6) : 400
[H57] 师治贤等. 分析试验室, 2002, 21(5) : 23
[H58] 刘虹等. 现代科学仪器, 2002, (3) : 54
[H59] 陈华. 药物分析杂志, 2002, 22(5) : 410
[H60] 裴茂清. 广东公安科技, 2001, (1) : 11
[H61] 王建中等. 中国临床药理学杂志, 2001, 10(2) : 107
[H62] 肖玉秀等. 分析科学学报, 2001, 17(4) : 279
[H63] 姚丽娟等. 公安应用技术通讯, 2000, (1) : 35
[11] 李攻科等. 色谱, 2000, 18(4) : 337
[12] 李攻科等. 分析试验室, 2000 19(1) : 16
[13] 刘江琴等. 广东医学院学报, 2000 18(2) : 132
[14] 朱文适等. 粮食与饲料工业, 2000, (1) : 48
[15] 劳邦盛等. 色谱, 2000, 18(4) : 340
[16] 李润等. 海洋科学, 2001, 25(8) : 26
[17] 肖刚等. 无锡轻工大学学报, 2000, 19(2) : 177
[18] 张学杰. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 46
[19] 任清. 分析化学, 2002, 30(3) : 304
[110] 陈伟平等. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 57
[111] 卿笑天等. 分析化学, 2000, 28(7) : 842
[112] Yang Minghua 等. Food Chemistry, 2001, : 75(1) : 101
[113] 刘倩等. 分析测试学报, 2001, 20(3) : 49
[114] 展荣会等. 现代科学仪器, 2002, (1) : 57
[115] 韩喜江等. 精细化工, 2002, 19(3) : 130
[116] 孙晓红等. 贵阳医学院学报, 2002, 27(2) : 95
[117] 尹宁宁等. 时珍国医国药, 2000, 11(6) : 封 2
[118] 安秋荣等. 分析测试学报, 2000, 19(1) : 74
[119] 刘绣华等. 分析化学, 2000, 28(9) : 1079
[120] 李英等. 分析测试学报, 2001, 20(5) : 31
[121] 金晓玲等. 分析测试学报, 2000, 19(4) : 71
[122] 穆启运等. 西北植物学报, 2002, 22(3) : 641
[123] 高芸. 色谱, 2000, 18(3) : 251
[124] 赵敏华等. 时珍国医国药, 2000, 11(7) : 585
[125] 马养民等. 西北植物学报, 2000, 20(1) : 145
[126] 邱琴等. 药物分析杂志, 2000, 20(4) : 248
[127] 陈建英等. 中国药学杂志, 2001, 36(1) : 16
[128] 林文群. 武汉植物学研究, 2001, 19(1) : 35
[129] 朱晓兰等. 分析测试学报, 2000, 19(1) : 59
[130] 刘百战. 分析化学, 2000, 28(12) : 1489
[131] 李华等. 分析化学, 2002, 30(6) : 695
[132] 石浩等. 分析化学, 2002, 30(5) : 586
[133] 邹建凯等. 分析化学, 2002, 30(4) : 512
[134] 邹建凯等. 分析化学, 2001, 29(4) : 493
[135] 魏垠等. 分析化学, 2001, 29(2) : 195
[136] 杨荣华等. 分析化学, 2001, 29(3) : 313
[137] 邹伟等. 分析化学, 2002, 30(2) : 254
[138] 朱晓兰等. 分析仪器, 2000, (4) : 41
[139] Jibao Caia 等. J. Chromatogr. A, 2002, 947 : 267
[140] Chung Hauyin 等. Food Research International, 2002, 35(1) : 43
[141] 袁敏等. 华南师范大学学报(自然科学版), 2000, (3) : 45
[142] 林翠梧等. 中国药学杂志, 2000, 35(3) : 156
[143] 秦波等. 分析测试学报, 2000, 19(1) : 1
[144] 林翠梧等. 中国药学杂志, 2000, 35(3) : 156
[145] 刘百战等. 色谱, 2000, 18(5) : 452
[146] 崔莉凤等. 色谱, 2000, 18(5) : 470
[147] 秦波等. 植物学通报, 2000, 17(5) : 435
[148] 安秋荣等. 河北大学学报(自然科学版), 2000, 20(4) : 351
[149] 李峰. 分析化学, 2002, 30(7) : 822
[150] 张峰等. 色谱, 2002, 20(5) : 467
[151] 项伟等. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 59
[152] 周欣等. 分析测试学报, 2001, 20(5) : 76
[153] 高芸等. 分析测试学报, 2001, 20(6) : 64
[154] 秦波等. 分析测试学报, 2000, 19(1) : 1
[155] 崔兆杰等. 分析化学, 2001, 29(9) : 1114
[156] 郝强等. 分析化学, 2000, 28(3) : 300
[157] 郝强等. 分析化学, 2000, 28(5) : 613
[158] 李峰等. 分析化学, 2000, 28(7) : 829
[159] 孙关中等. 分析化学, 2000, 28(10) : 1452
[160] 阎建辉等. 色谱, 2002, 20(6) : 569
[161] 王登良等. 茶叶科学, 2002, 22(1) : 30
[162] 邓青等. 云南师范大学学报, 2002, 22(5) : 42
[163] 侯冬岩等. 分析测试学报, 2002, 21(6) : 49
[164] Shang Chunqing 等. J. Chromatogr. A, 2002, 942 : 283
[165] 尹佩玉等. 色谱, 2001, 18(3) : 268
[166] 李荣等. 分析试验室, 2002, 21(5) : 31
[167] 刘百战等. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 28
[168] 朱晓兰等. 分析测试学报, 2001, 20(5) : 38
[169] 吴平谷等. 卫生研究, 2000, 29(2) : 123
[170] 刘波静. 分析化学, 2001, 29(7) : 861
[171] 徐桂云等. 分析测试学报, 2000, 19(3) : 71
[172] 丁琼等. 高分子学报, 2000, (2) : 224
[173] 蔡伟民等. 色谱, 2000, 18(1) : 88
[174] 喻雨琴等. 食品工业科技, 2000(1) : 72
[175] 程霜等. 郑州粮食学院学报, 2000, 21(2) : 53
[176] 汪东风等. 中国稀土学报, 2000, 18(4) : 362
[177] 分析化学, 2001, 29(8) : 983
[178] 洪永福等. 第二军医大学学报, 2000, 21(8) : 749
[179] 马亭等. 高等学校化学学报, 2000, 21(7) : 1203
[180] Luan Tiangang 等. Anal. Chim. Acta, 2000, 424(1) : 19
[181] 吴建平. 甘肃农业大学学报, 2000, 35(3) : 259
[182] 陶海荣等. 中国油料作物学报, 2000, 22(4) : 40
[183] 邹建凯等. 分析化学, 2002, 30(4) : 428
[184] 邹建凯等. 分析测试学报, 2002, 21(5) : 79
[185] 宋文东等. 分析化学, 2001, 29(5) : 620
[186] 陈建新等. 分析化学, 2001, 29(6) : 695
[187] 刘敬兰等. 分析化学, 2001, 29(9) : 1185
[188] 孟庆国等. 分析化学, 2000, 28(1) : 130
[189] 杨荣华. 食品科学, 2001, 22(3) : 71
[190] 林旭辉等. 食品科学, 2001, 22(3) : 73
[11] 李德安. 中国地方病学杂志, 2000, 19(1) : 59
[12] 周宏博等. 中国地方病学杂志, 2000, 19(2) : 142
[13] 胡绪英等. 分析测试学报, 2000, 19(3) : 37
[14] 冯翠玲等. 分析化学, 2000, 28(10) : 1245
[15] 瞿进文等. 分析测试学报, 2000, 19(3) : 76
[16] Pang Goufang 等. J. Chromatogr. A, 2000, 882 : 231
[17] 李拥军等. 色谱, 2002, 20(2) : 190
[18] 陈清林等. 化学分析计量, 2000, 9(1) : 9
[19] 夏必坤. 粮食与饲料工业, 2000, (7) : 9
[110] 吕潇等. 分析测试学报, 2002, 21(6) : 24
[111] 王三永等. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 43
[112] 屠洁. 粮食储藏, 2000, 29(2) : 38
[113] 齐邦峰等. 分析测试学报, 2001, 20(5) : 73
[114] 周昱等. 国外分析仪器技术与应用, 2000, (2) : 56
[115] 周群芳等. 分析化学, 2001, 29(4) : 453
[116] 王建华等. 分析测试学报, 2001, 20(3) : 39
[117] 谢孟峡等. 分析化学, 2002, 30(11) : 1308
[118] Wang Jianhua. J. Chromatogr. A, 2001, 918 : 435
[119] 白涤涛. 预防医学文献信息, 2001, 7(1) : 49
[120] 安琼等. 色谱, 2002, 20(2) : 167
[121] 郑永权等. 农药科学与管理, 2000, 21(3) : 14
[122] 于强等. 化学分析计量, 2001, 10(2) : 20
[123] 黄士忠等. 农业环境保护, 2000, 19(3) : 161
[124] 王静萍等. 化学研究, 2001, 12(3) : 58

- [J25] 许庆琴. 化学研究, 2001, 12(4) 45
- [J26] 贾金平等. 分析化学, 2002, 30(1) 121
- [J27] Chung Waicheung 等. J. Chromatogr. A, 2002, 952 185
- [J28] 罗仁才等. 食品科学, 2000, 21(7) 36
- [J29] 朱 坚等. 质谱学报, 2001, 22(2) 32
- [J30] 金庆中等. 卫生研究, 2001, 30(1) 60
- [J31] 段发森等. 现代预防医学, 2001, 28(1) 27
- [J32] 刘红河等. 色谱, 2002, 20(1) 90
- [J33] 邓 青等. 云南师范大学学报, 2002, 22(5) 42
- [J34] 丁慧瑛等. 分析测试学报, 2001, 20(6) 72
- [J35] 薛 健等. 分析试验室, 2001, 20(1) 22
- [J36] 陈新焕等. 分析试验室, 2001, 20(1) 99
- [J37] 分析化学, 2002, 30(7) 865
- [J38] 张 莹等. 分析化学, 2002, 30(3) 377
- [J39] 刘 忠等. 分析试验室, 2002, 21(6) 103
- [J40] 朱梦栩等. 色谱, 2000, 18(1) 64
- [J41] 李 莉等. 药物分析杂志, 2000, 20(3) 154
- [J42] 冯翠玲等. 2001, 20(3) 78
- [J43] 杨书良等. 中草药, 2002, 33(5) 423
- [J44] 李 庆等. 中草药, 2001, 32(5) 415
- [J45] 张曙明等. 药科学, 2000, 35(8) 596
- [J46] Hwang Baohuey 等. J. Chromatogr. A, 2000, 898 245
- [J47] 黄海燕. 中药材, 2001, 24(4) 239
- [J48] 李月茹等. 吉林农业大学学报, 2001, 23(1) 72
- [J49] 陈建民等. 中国药理学杂志, 2000, 35(2) 79
- [J50] 张曙明等. 中国中药杂志, 2000, 25(7) 402
- [J51] 陈伟琪等. 厦门大学学报(自然科学版), 2000, 39(4) 509
- [J52] 安捷伦科技有限公司. 环境化学, 2001, 20(5) 517
- [J53] 徐 浩等. 浙江农业学报, 2000, 12(6) 404
- [J54] Ma Xiaodong 等. Rapid Commun. Mass Spectrometry, 2001, 15(1) 15
- [J55] 潘灿平等. 色谱, 2002, 20(6) 565
- [J56] 储晓刚等. 色谱, 2001, 19(3) 286
- [J57] 王 冰等. 光谱实验室, 2000, 17(5) 539
- [J58] 陈伟琪等. 厦门大学学报: 自科版, 2000, 39(4) 509
- [J59] 熊 芳等. 色谱, 2002, 20(4) 383
- [J60] 陈玉芬等. 华南农业大学学报, 2000, 21(4) 89
- [J61] 鲍忠定等. 食品工业科技, 2001, 22(2) 78
- [J62] 胡春华等. 刑事技术, 2000, 22
- [J63] 杨金辉等. 云南大学学报: 自然科学版, 2001, 23(3) 206
- [J64] Jibao Caia 等. J. Chromatogr. A, 2002, 964 205
- [J65] 时 亮等. 分析测试学报, 2001, 20(4) 53
- [K1] 周凌 Xi 等. 环境科学, 2001, 22(3) 1
- [K2] 李瑞琴等. 环境科学研究, 2001, 14(3) 21
- [K3] 郝守进等. 卫生研究, 2000, 29(2) 99
- [K4] 郑丽琴等. 城市环境与城市生态, 2000, 13(4) 32
- [K5] 徐以盛等. 劳动医学, 2001, 18(1) 31
- [K6] 许龙福. 预防医学文献信息, 2000, 6(1) 59
- [K7] 徐维并等. 环境化学, 2000, 19(5) 466
- [K8] 王木林等. 色谱, 2002, 20(2) 172
- [K9] 李晓春. 辽宁大学学报: 自然科学版, 2001, 28(2) 167
- [K10] 胡冠九. 云南环境科学, 2000, 19(A8) 247
- [K11] 顾海东等. 重庆环境科学, 2000, 22(1) 59
- [K12] 史宝成等. 环境化学, 2001, 20(2) 200
- [K13] 姜汉硕等. 卫生与职业病, 2000, 26(1) 57
- [K14] 李玉杰等. 工业卫生与职业病, 2000, 26(2) 118
- [K15] 邵生文等. 工业卫生与职业病, 2000, 26(2) 120
- [K16] 许佳章等. 中华劳动卫生职业病杂志, 2001, 19(2) 134
- [K17] 曾昭慧等. 工业卫生与职业病, 2000, 26(2) 122
- [K18] 卢英华等. 环境化学, 2001, 20(2) 203
- [K19] 陈雁君等. 分析化学, 2001, 29(12) 1440
- [K20] 陶 雪等. 工业卫生与职业病, 2000, 26(6) 367
- [K21] 吴凤武等. 分析测试学报, 2000, 19(5) 67
- [K22] 刘建福等. 色谱, 2002, 20(2) 187
- [K23] 宋崇林等. 分析化学, 2000, 28(9) 121
- [K24] 裘著革等. 环境与健康杂志, 2001, 18(2) 92
- [K25] 裘著革等. 上海环境科学, 2001, 20(4) 188
- [K26] 蔡智鸣等. 上海铁道大学学报: 综合版, 2000, 21(1) 26
- [K27] 宋云横等. 辽宁城乡环境科技, 2000, 20(4) 56
- [K28] 任 清. 分析试验室, 2000, 19(3) 51
- [K29] 瞿进文等. 分析仪器, 2000, (2) 32
- [K30] 尚庆坤等. 分析测试学报, 2000, 19(6) 67
- [K31] 谭晓东等. 湖北预防医学杂志, 2000, 11(3) 1
- [K32] 陈 彬等. 中国工业医学杂志, 2000, 13(5) 312
- [K33] 张舒茶等. 上海环境科学, 2001, 20(3) 124
- [K34] 郑明辉等. 环境化学, 2001, 20(4) 405
- [K35] 胡广林等. 分析测试学报, 2000, 19(4) 16
- [K36] 周丽平等. 色谱, 2001, 19(1) 25
- [L1] 赵汝松等. 分析化学, 2002, 31(6) 722
- [L2] 赵汝松等. 分析化学, 2002 30(10) 1240
- [L3] 朱丽波等. 环境污染与防治, 2000, 22(1) 44
- [L4] 康跃惠等. 中国环境科学, 2000, 20(1) 1
- [L5] 张莘民等. 色谱, 2000, 18(3) 274
- [L6] 陈云霞等. 分析测试学报, 2000, 19(1) 26
- [L7] 刘振岭等. 分析试验室, 2000, 19(5) 65
- [L8] 王 欣等. 云南大学学报: 自然科学版, 2001, 23(3) 213
- [L9] 汤 玲等. 重庆建筑大学学报, 2001, 23(1) 58
- [L10] 李红莉等. 化学分析计量, 2001, 10(1) 15
- [L11] 范 苓等. 环境监测管理与技术, 2001, 13(1) 33
- [L12] 陈红红等. 环境与健康杂志, 2000, 17(4) 200
- [L13] 张明时等. 色谱, 2000, 18(1) 92
- [L14] 张秀芳等. 中国环境科学, 2000, 20(1) 31
- [L15] 孙 彤等. 齐齐哈尔大学学报: 自科版, 2000, 16(2) 83
- [L16] 刘振岭等. 分析试验室, 2000, 19(5) 65
- [L17] 陈 静等. 油气田地面工程, 2000, 19(4) 28
- [L18] 王 Yu, 甘肃环境研究与监测, 2000, 13(3) 146
- [L19] 王新成等. 中国环境监测, 2000, 16(5) 30
- [L20] 刘劲松等. 中国环境监测, 2000, 16(4) 18
- [L21] 安捷伦公司. 环境化学, 2002, 21(2) 197
- [L22] 周 珊等. 环境化学, 2002, 21(2) 191
- [L23] 张莘民. 分析化学, 2002, 30(4) 503
- [L24] 王永华. 分析化学, 2002, 30(1) 53
- [L25] 张荣贤. 分析化学, 2000, 28(7) 915
- [L26] 韩长绵等. 环境科学与技术, 2002, 25(6) 17
- [L27] 夏秋樱等. 净水技术, 2001, 20(2) 39
- [L28] 汤 玲等. 环境科学与技术, 2001 24(1) 41
- [L29] 杨卫芳等. 中国环境监测, 2001, 17(2) 26
- [L30] 陈 静等. 油气田地面工程, 2000, 19(4) 28
- [L31] 陈云霞等. 分析化学, 2000, 28(2) 262
- [L32] 王若苹等. 现代科学仪器, 2002, (3) 45
- [L33] 宋家铨等. 分析试验室, 2000, 19(6) 96
- [L34] 张月琴等. 北京理工大学学报, 2000, 20(3) 380
- [L35] 胡 伟等. 环境科学与技术, 2002, 25(6) 20
- [L36] 余 倩等. 城市环境与城市生态, 2000, 13(5) 61
- [L37] 徐晓力等. 甘肃环境研究与监测, 2000, 13(4) 193
- [L38] 徐彭浩. 中国环境监测, 2000, 16(5) 37
- [L39] 李凌波等. 中国环境监测, 2000, 16(2) 32
- [L40] 陈雁君等. 分析化学, 2000, 28(7) 887
- [L41] 陈 慧等. 环境科学与技术, 2002, 25(3) 30
- [L42] 许鹏翔等. 环境化学, 2002, 21(3) 296
- [L43] 许鹏翔等. 分析化学, 2002, 30(3) 321
- [L44] 李攻科等. 环境化学, 2000, 019(1) 73
- [L45] 赵明桥等. 分析化学, 2000, 28(11) 1326
- [L46] 李 庆等. 分析试验室, 2002, 21(5) 28
- [L47] 金米聪等. 分析仪器, 2001, (1) 27
- [L48] 张红雨等. 分子科学学报, 2002, 18(5) 421
- [L49] 李杰民等. 分析试验室, 2001, 20(4) 76
- [L50] 江桂斌等. 环境科学学报, 2000, 20(5) 636
- [L51] 张爱丽等. 色谱, 2001, 19(2) 144
- [L52] 赵明桥等. 分析测试学报, 2002, 21(6) 5
- [L53] 江桂斌等. Environmental Pollution, 2001, 115(1) 81
- [L54] 江桂斌等. Anal Chim Acta, 2000, 421(1) 67
- [L55] Sun C 等. Environmental Pollution, 2002, 117(1) 9
- [L56] Yao Ziwei 等. Talanta, 2001 55 807
- [L57] 康平利等. 沈阳化工学院学报, 2000, 14(1) 73
- [L58] 肖贤明等. 环境科学学报, 2001, 14(1) 61
- [L59] 王丽娟等. 环境保护科学, 2001, 27(1) 42
- [L60] 慎义勇等. 环境科学, 2001, 22(1) 109

- [L61] 徐 敏等. 化学研究与应用, 2001, 13(3) : 338
- [M1] 刘稷燕等. 分析化学, 2001, 29(2) : 158
- [M2] 马 梅等. 环境化学, 2001, 20(3) : 238
- [M3] 张晋等. 中国环境监测, 2001, 17(2) : 31
- [M4] 赵国等有. 中国卫生检验杂志, 2001, 11(2) : 139
- [M5] 许士奋等. 环境科学学报, 2000, 20(4) : 494
- [M6] 严 峻等. 环境科学研究, 2000, 13(6) : 43
- [M7] 杨国栋等. 农业环境保护, 2000, 19(2) : 93
- [M8] 朱鲁生等. 农药, 2000, 39(2) : 21
- [N1] 王海彦等. 分析化学, 2000, 28(5) : 651
- [N2] 高建兵等. 分析仪器, 2001, (1) : 32
- [N3] 寇怀江. 石化技术与应用, 2001, 19(2) : 116
- [N4] 杨振生等. 石油化工, 2001, 30(4) : 285
- [N5] 李凌波等. 石油化工, 2002, 31(6) : 472
- [N6] 朱秀华等. 分析化学, 2000, 28(8) : 1013
- [N7] 史向阳等. 岩矿测试, 2000, 19(1) : 1
- [N8] 许建华等. 特种油气藏, 2001, 8(4) : 8
- [N9] 张铭金等. 色谱, 2000, 18(3) : 241
- [N10] 熊 英等. 沉积学报, 2000, 18(1) : 139
- [N11] 阮云海等. 分析化学, 2002, 30(5) : 548
- [N12] 李文辉. 分析化学, 2001, 29(6) : 738
- [N13] 刘嘉敏等. 分析化学, 2000, 28(10) : 1263
- [N14] 朱秀华等. 分析化学, 2002, 30(1) : 18
- [N15] 梁咏梅等. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 63
- [N16] 刘嘉敏等. 分析化学, 2001, 29(9) : 1115
- [N17] 成前辉等. 分析仪器, 2002, (4) : 26
- [N18] 令狐文生等. 分析化学, 2002, 30(11) : 1374
- [N19] 杨永坛等. 色谱, 2002, 20(6) : 493
- [N20] 赵书云等. 色谱, 2002, 20(11) : 587
- [N21] 邱丽伟等. 石油化工, 2000, 29(4) : 286
- [N22] 林 勇. 石油化工, 2000, 29(8) : 604
- [N23] 刘宏芳等. 分析化学, 2000, 28(2) : 190
- [N24] 白 翎等. 精细石油化工, 2000, (5) : 53
- [N25] 王怀功等. 精细石油化工, 2000, (6) : 53
- [N26] 寇怀江. 精细石油化工, 2000, (2) : 60
- [N27] 杨德红等. 精细石油化工, 2000, (1) : 53
- [N28] 蒲祖伦等. 精细石油化工, 2000, (3) : 51
- [N29] 于 丽等. 分析测试学报, 2001, 20(3) : 68
- [N30] 赵超越等. 分析石油化工, 2001, 30(4) : 305
- [N31] 徐 新等. 石油化工, 2001, 30(7) : 538
- [N32] 余树楷. 石油化工, 2001, 30(10) : 792
- [N33] 刘颖荣等. 色谱, 2002, 20(4) : 313
- [N34] 曾 义等. 分析试验室, 2000, 19(3) : 78
- [N35] 付春山等. 化学与粘合, 2000, (2) : 91
- [N36] 邓立新等. 煤气与热力, 2000, 20(1) : 23
- [N37] 蔡 华. 色谱, 2000, 18(2) : 131
- [N38] 张铭金等. 色谱, 2000, 18(2) : 135
- [N39] 金米聪等. 色谱, 2000, 18(2) : 158
- [N40] 令狐文生. 燃料化学学报, 2000, 28(3) : 233
- [N41] 刘志坚等. 石油与天然气化工, 2000, 29(5) : 268
- [N42] 王涵文等. 分析化学, 2002, 30(8) : 1012
- [N43] 梁咏梅等. 色谱, 2002, 20(3) : 283
- [N44] 李 恽等. 分析测试学报, 2001, 20(6) : 61
- [N45] Chen Fengzhen 等. Fuel Processing Technology, 2000, 67(1) : 53
- [N46] Chen Fengzhen 等. Fuel, 2002, 81(16) : 2071
- [N47] 梁咏梅等. 分析测试学报, 2002, 21(6) : 75
- [O1] 强建华. 应用化工, 2001, 30(3) : 36
- [O2] 宋文东等. 石油化工高等学校学报, 2001, 14(1) : 48
- [O3] 王舟林等. 齐齐哈尔大学学报, 2001, 17(3) : 13
- [O4] 徐理民. 石油化工高等学校学报, 2002, 15(2) : 40
- [O5] 薛连海等. 精细石油化工, 2002, (3) : 60
- [O6] 王保宇. 河南石油, 2002, 16(2) : 49
- [O7] 黄 铃等. 石油化工, 2002, 31(6) : 476
- [O8] 郭登峰等. 江苏石油化工学院学报, 2002, 14(2) : 33
- [O9] 邓春晖等. 分析测试学报, 2000, 19(4) : 65
- [O10] 郝 强等. 分析化学, 2000, 28(5) : 613
- [O11] 施介华等. 分析测试学报, 2001, 20(2) : 61
- [O12] 董美玉等. 华东理工大学学报(自然科学版), 2000, 26(3) : 309
- [O13] 韩大维. 化学与粘合, 2000, (2) : 75
- [O14] 刘 强等. 现代科学仪器, 2000, (1) : 41
- [O15] 黄 纬等. 高分子材料科学与工程, 2002, 18(3) : 102
- [O16] 周永新等. 分析测试学报, 2000, 19(3) : 79
- [O17] 吴志勇等. 分析化学, 2000, 28(5) : 654
- [O18] 王振荣等. 黑龙江商学院学报, 2000, 16(2) : 94
- [O19] 令狐文生等. 燃料化学学报, 2000, 28(3) : 233
- [O20] 张庆华等. 色谱, 2000, 18(1) : 21
- [O21] 陈小嫣. 武汉化工学院学报, 2000, 22(2) : 15
- [O22] 符若文等. 新型炭材料, 2000, 15(3) : 1
- [O23] 商永嘉等. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2000, 23(3) : 259
- [O24] 王晓钧等. 硅酸盐学报, 2000, 28(6) : 575
- [O25] 廖俊生等. 分析试验室, 2000, 19(5) : 21
- [O26] 王胜平等. 分析化学, 2002, 30(7) : 829
- [O27] 李 珊等. 分析化学, 2000, 28(7) : 82
- [O28] 任 清. 分析化学, 2002, 30(3) : 304
- [O29] 薛科社等. 色谱, 2002, 20(5) : 456
- [O30] 刘付芳等. 色谱, 2002, 20(4) : 362
- [O31] 申书昌等. 色谱, 2002, 20(3) : 269
- [O32] 郭建维等. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 56
- [O33] 李宝军等. 分析化学, 2001, 29(8) : 913
- [O34] 陈连文等. 分析化学, 2001, 29(11) : 1362
- [O35] 冯建跃等. 分析化学, 2000, 28(7) : 924
- [O36] 杨文玲等. 分析化学, 2000, 28(9) : 1161
- [O37] 张月琴等. 北京理工大学学报, 2000, 20(2) : 250
- [O38] 张伟亚等. 分析测试学报, 2001, 20(4) : 62
- [O39] 张 翊等. 分析仪器, 2002, (4) : 31
- [O40] 毛志红等. 分析化学, 2000, 28(12) : 1569
- [O41] 刘 强等. 现代科学仪器, 2000, (1) : 41
- [O42] 傅 强等. 现代科学仪器, 2000, (5) : 46
- [O43] Zhao Yuanquan 等. Microchemical. J. 2001, 69(3) : 213
- [O44] He Yufeng 等. J. Mol. Catalysis, A : Chemical, 2000, 159(1) : 109
- [O45] Wang Dakai 等. Sensors and Actuators B : Chemical, 2000, 66(1 - 3) : 156
- [O46] Lin Jarnhrong 等. Carbon, 2002, 40(2) : 183
- [O47] 张士福等. 合成橡胶工业, 2000, 23(3) : 156
- [O48] 陈朝方等. 色谱, 2002, 20(3) : 272
- [O49] 申迎华等. 分析化学, 2002, 30(8) : 932
- [O50] 刘 丽等. 分析化学, 2002, 30(3) : 289
- [O51] 王怀功等. 分析化学, 2000, 28(5) : 658
- [O52] 王 瑛等. 分析化学, 2000, 28(10) : 1267
- [O53] 胡 晓等. 分析化学, 2000, 28(10) : 1313
- [O54] 胡定煜等. 北京理工大学学报, 2000, 20(4) : 513
- [O55] 胡定煜等. 北京理工大学学报, 2000, 20(6) : 773
- [O56] 金熹高等. J. Anal. Appl. Pyrolysis, 2002, 64(2) : 395
- [O57] Zhang Suojing 等. Fluid Phase Equilibria, 2002, 194 - 198 : 1179
- [O58] 江 山. 现代科学仪器, 2002, (3) : 55

Advances on gas chromatography in China FU Ruo-nong
(Department of Chemistry, Beijing Institute of Technology, Beijing 100088), Fenxi Shiyanshi, 2003, 22(2) : 94 ~ 107

Abstract In this paper the advances in gas chromatography devoted by chinese scientists in mainland, Hongkong or Taiwan were described. The main points of gas chromatographic investigation in China was similar to the circumstance in the other countries. The topics of studies were focused on comprehensive two-dimensional-gas chromatography, fast gas chromatography, micro-scale gas chromatograph, new stationary phases, and sol-gel gas chromatographic column technology. The application of gas chromatography in the medicament analysis, foodstuff analysis, environmental analysis, petroleum analysis and chemicals as well as polymer analysis was reviewed.

Keywords Gas chromatography ; Application of GC ; Gas chromatography in China