



仪器仪表工人  
技术培训教材

# 分析仪器 机械装校工艺学

下册

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社

0.6

## 内 容 提 要

本书是按机械装校类仪器仪表工人技术理论教学计划和《分析仪器机械装校工艺学》教学大纲编写的。内容共分六章：分析仪器原理简介；分析仪器机械结构；常见机械部件结构；测量仪表及测试方法；分析仪器装校工艺；典型部件装配工艺。书中着重讲述了仪器总体机械结构要求，部件结构分析、零件分析，测量仪表的使用、调整方法；结合实际部件，介绍若干装配、调整、测试方法。

本书由南京分析仪器厂主编，由单甸生、章昇铨、张雨昌同志编写，刘树信、叶菁登、陆恺荪同志参加审稿。

## 分析仪器机械装校工艺学

下 册

机械工业部仪器仪表工业局 统编

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 8 1/4·字数 180 千字

1987年2月北京第一版·1987年2月北京第一次印刷

印数 0,001—2,640·定价 1.60 元

统一书号：15033·6417



## 前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全国仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲(仪器仪表专业工种初、中级部分)》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

市仪表局机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局  
工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年十二月

# 目 录

## 前 言

第一章 分析仪器原理简介 .....	1
1-1 概述 .....	1
1-2 分析仪器的主要组成部分 .....	6
1-3 色谱仪组成部分 .....	8
1-4 原子吸收分光光度计组成 .....	31
1-5 红外线气体分析器 .....	42
第二章 分析仪器机械结构 .....	48
2-1 机械结构基本要求 .....	48
2-2 适应工作环境 .....	52
2-3 结构工艺性 .....	60
2-4 仪器结构实例 .....	65
第三章 常见机械部件结构 .....	79
3-1 阀 .....	79
3-2 定量泵 .....	87
3-3 热磁传送器 .....	102
3-4 仪器程序控制 .....	110
3-5 正弦机构 .....	120
第四章 测量仪表及测试方法 .....	126
4-1 测量仪表 .....	126
4-2 测量方法 .....	131
4-3 常用测试仪器 .....	135
4-4 测试装备 .....	155
第五章 分析仪器机械装校工艺 .....	176
5-1 管道连接和密封装配 .....	176
5-2 粘接 .....	184
5-3 玻璃陶瓷装配 .....	196
5-4 光学仪器装配 .....	200

**第六章 典型部件装校工艺** ..... 205

6-1 稳压阀装校工艺 ..... 205

6-2 红外传送器装校工艺 ..... 213

6-3 单色仪装校工艺 ..... 228

6-4 波长控制器装校工艺 ..... 238

6-5 装配工艺分析 ..... 246

**附录** ..... 251

# 第一章 分析仪器原理简介

## 1-1 概 述

分析仪器是研究和检测物质的化学组成、结构和某些物理特性的仪器。物质的化学组成和结构是指一种化合物或混合物是由哪些分子、原子或原子团组成的，它们的含量和相互结合关系等等。某些物理特性是指与物质组成有密切关系的一切特性：如温度、粘度、密度、沸点、闪点等。

物质的化学组成的研究在数千年前已被人们重视，不过当时只能利用人体某些器官加之一些原始器材和工具，从物质的颜色、味道及重量等方面来鉴别。多年以后，逐步发展的化学分析方法及其理论，特别是近几十年，由于科学技术的进步，促进了对物质研究的深化，要求对物质研究和认识不能局限于宏观结构，而应深入了解其内部的微观结构。加之电子工业、化学工业、原子能工业以及其它工业技术的发展，促进了分析方法和分析工具——分析仪器的的发展。大约从本世纪四十年代、利用物质的物理特性制成的分析仪器得到了迅速的发展，大大地扩展了人们认识物质的能力。分析仪器在人们生活当中的重要性愈来愈显著了。分析仪器制造业是一门年轻的工业，特别是我国分析仪器工业、虽然发展速度很快，但是还远远满足不了国家建设需要。今后随着科学技术的发展，分析仪器工业必将得到更大的发展，对我国的四个现代化做出应有的贡献。

## 一、分析仪器用途

现将分析仪器在工业、农业、科学研究、医学和生化、环境保护等方面的应用，作一简单介绍。

1. 分析仪器在工业中的应用 工业有轻工业和重工业之分。一般将纺织、造纸、制糖食品等工业划为轻工业。在轻工业中分析仪器是原料、成品的重要检测工具，并在这些部门中为提高产品质量、数量、降低成本、节省能耗和提高经济效益等方面发挥作用。重工业有采矿、冶金、机械制造、石油、化工以及动力等部门。在这些部门中使用着各种类型分析仪器。例如矿石，石油品位的确定是靠分析仪器完成的。在冶金工业中，分析仪器是保证生产高效能、高质量必不可少的工具。例如，真空光电直读光谱仪是冶炼炉前分析硫、碳、磷等元素有效的分析仪器。在机械制造业中分析仪器是材料分析、新技术新工艺应用，新产品开发的重要工具。在化工、石油及动力、交通等部门，分析仪器被称之为工业的眼睛，可见它发挥着极为重要的作用。它是自动化连续生产的保证。在这些部门中广泛地应用着热学式、电学式、光学式、色谱等多种分析仪器和其它物性测定的分析仪器。

2. 分析仪器在农业中的应用 农业是经济的基础。农业不但为人类提供了生存所必须的粮食、棉花、肉类和蔬菜水果等，还为工业提供了多种原料。农业的丰收将给各行各业带来兴旺。科学种田是改变农业落后的重要途径。分析仪器是研究土壤结构、性质的主要工具、指导灌溉、施肥、施药工作，以保证最佳经济效果、卫生及安全。分析仪器还在培育优良品种、防治灾害、研究动植物生长规律等方面发挥重要作用。

3. 分析仪器在科学研究方面的应用 分析仪器是研究



物质宏观和微观世界的重要工具。研究物质精细和超精细结构、原子、分子构成和它们的能级分布。在固体物理学、结构化学、反应化学等方面的研究，分析仪器是不可缺少的工具。现代分析仪器可对物质微量、痕量乃至一个分子或一个原子进行检测。在人造地球卫星和其它太空探测器上，都装有各种类型分析仪器，用以研究太空物质、地球起源、宇宙射线，揭示太空奥秘。光谱分析仪器是研究各种类型爆炸的能量、辐射强度及爆炸过程各阶段变化必不可少的仪器。

4. 分析仪器在医学方面的应用 医学科学需要研究人体正常组织状况和病理变化过程，药物有效成分和作用机理、药物的检验等，这些都离不开电学式、光学式、色谱或质谱等分析仪器。人体中有多种微量元素。微量元素是指按体重计算低于0.01%的元素，如氟只有0.0037%，锌0.0033%，铁也只有0.006%等等。虽然它们含量非常少，但在人体中所起的作用却十分重要，若其含量不在正常范围之内，人体将可能出现疾病。分析微量元素最有效的工具就是原子吸收分光光度计等。在生物细胞、遗传工程、维生素的研究中也采用了多种分析仪器。现在分析仪器愈来愈广泛的应用在医院临床诊断和治疗上，如对人体血液一些参数的测量分析，对肺器官呼吸功能的分析等。生物学已发展到分子生物阶段。分子生物学是以探索以蛋白质的核酸结构和功能为基础，研究生命基本规律的。在这一研究中，现代分析仪器是十分重要的工具。

5. 分析仪器在环境保护中的应用 近年来世界上由于工业的畸形发展，废气、废液、废渣的排放，大面积森林被毁，大量农药的施用等原因使得生态平衡遭到了破坏。人类的生存条件也随之恶化。对环境的保护已引起人们的高度重

4

视。在这一方面不管是对环境污染程度的监测或是治理效果的检查，都是通过分析仪器检测而完成的。如对水质的分析、对空气中有害气体、有害辐射的测量等都需要用各种类型的分析仪器来完成。在一辆大气监测车上就安装了十多台分析仪器，进行综合分析，分析项目多达数十个。可以说离开分析仪器，环境保护和治理是无法进行的。

以上所述，只是粗浅介绍了分析仪器的应用，这仅仅是其应用范围中的一小部分，用以说明分析仪器对于科学技术的发展和国民经济各部门的重要作用。随着科学技术的发展和新型工业部门的出现，分析仪器的使用范围将不断扩大。

## 二、分析仪器原理及分类

分析仪器的分类方法现在国内、国外都尚未统一。目前流行的有三种方法：其一是按仪器内的能量性质，即被分析的物质以什么形式的能量起作用来实现分析目的，二是按仪器采用的转换原理分类，第三种是按仪器的用途分类。现以第二种方法，即按仪器的工作原理，结合我国目前分析仪器制造现状及今后的发展，把分析仪器分为以下八类：

1. 电化学式 这是利用溶液中带电离子在外加电场的作用下（或是利用能量转换）来取得待测离子浓度和数量信息的。这一类中有电导式分析仪器、电位式分析仪器和电量式分析仪器及极谱仪等。

2. 热学式 这一类仪器是利用被分析物在热学上所反映出来的特性，如释放热能、吸收热能以及传递热能等特征来达到分析检测目的。这一类仪器中包括热导式分析仪器、热天平式、热差式和热化学式分析仪器。

3. 磁式 这是利用待测物质在磁场作用下所表现出的特征性能为基础进行分析的。例如，利用氧在磁场中的高磁

化率来分析和检测氧。利用原子或电子在磁场中的共振作用对多种物质进行分析。属于这类的有热磁式氧分析器和磁共振波谱仪。

4. 光学式 它是利用物质对光的吸收或发射所表现出的不同特性、而达到分析目的一类仪器。有吸收式光学分析仪器、发射式光学分析仪器和其它多种光学式分析仪器。

5. 电子光学及离子光学式 这是一种新型的分析仪器。属于电子光学式的有电子探针。它综合了X射线光谱仪和电子显微镜这两门技术，实际上是这两种设备的组合。而离子光学式分析仪器则有质谱仪和离子探针。质谱仪是利用电磁场作用将混合物按质荷比不同进行分离并检测的。离子探针又称为离子质量分析器。它是利用高速离子打击样品使之溅射出二次离子，再把二次离子引入质谱仪进行分析。可以说离子探针是离子显微镜和质谱仪的结合。

6. 射线式 这是利用外来能量，打在原子上使原子内层的电子发生能级跃迁，而产生X射线。根据不同的元素产生不同波长的X射线而达到分析目的。属于这类的有X射线分析仪等。

7. 色谱仪 这是利用混合物中各组分在互不相溶两相之间的分配差异而使混合物到分离，再将分离的各组分分别检测而达到分析目的。这当中有气相色谱仪和液相色谱仪。

8. 物性测定仪器和其它分析仪器 在这一类仪器中有温度计、比重计、粘度计、湿度计、硬度计、水分测定仪及露点测定仪等等，以及未被分入前七类的分析仪器。

### 三、分析仪器的发展趋势

随着科学的进步，尤其在一些尖端科学技术的带动下，

电子工业、化学工业、冶金以及地质勘探和太空技术的需要，使分析仪器有可能不断地吸收新的技术武装自己，提高仪器的效能，并提供新的产品。

分析仪器可利用的新技术是多方面的。例如激光技术可作为红外分析仪器，色谱仪和光谱分析仪器的新型、高效能的光源和裂解热源。上述仪器应用了激光技术可使得仪器某些重要技术指标大大提高，并简化了复杂的结构。新型的分析仪器也随之产生如激光拉曼分光光度计等等。

数字显示技术已被很多分析仪器应用，因为它具有示值精确、直观醒目特点。在工业流程分析仪器中用了数字显示，能显著地缩小分析仪器指示表表盘面积，减少控制屏占用的位置。

分析仪器和电子计算机（微处理机）的联用，是工业自动化和分析工作现代化的重要手段。它不但能快速、准确的对分析结果进行复杂运算，而且可核查其结果，给出最优的操作指令。从而大大提高自控速度，准确性和可靠性。

当然目前分析仪器还远未达到完美的地步，尤其我国还处于较落后的状态，还有待广大的技术人员和工人去努力。

## 1-2 分析仪器的主要组成部分

分析仪器种类很多，虽然繁简各异但可将主要组成分为以下六个部分。

### 一、取样装置或进样装置

取样或进样装置的作用是将被测样品送入仪器。在工业应用的分析仪器上需将试样连续地、或按一定周期自动送入，它的结构要复杂些。如从冶炼炉中或窑中取出样品，取样装置必须能经受炉或窑中的高温和多尘的条件考验。所

以应针对分析对象选择它的结构形式。有的仪器进样器较简单，例如某些光谱分析仪器，它的进样装置仅需一个比色皿或试样皿。在一些情况下色谱仪的进样器为一只注射器。

## 二、预处理装置

预处理装置是为保证仪器正常分析而对样品或试样的流量、温度、湿度及其它状态加以控制和处理而设置的。它包括有：过滤器、干燥器、加热器或冷却器、流量控制器、吸收器及转化器等等。仪器因其要求的不同而选择不同的预处理器，有的有过滤器和流量控制器，而有的则设置加热器和转化器等。它们的设置有的强调对样品的净化，有的则强调对流量控制，有的则偏重对样品的温度控制等。

## 三、检测器和检测器系统

检测器是分析仪器的重要部件，被称为分析仪器的“心脏”。它将被测样品的结构、组分及其变化转变成某种电量的变化或其它可知量的变化。例如热导式分析仪器的热导池、光学式分析仪器中的光敏检测器等。在实际应用中检测器往往还包括一系列的辅助装置构成检测系统。例如，光学式分析仪器中的光源、滤光片、透镜等。检测系统是以检测器为主体加上能保证检测器正常工作的各种辅助装置。

## 四、测量电路和放大器

分析仪器中的检测器种类非常多，其中除少数能直接驱动显示、记录器外，大部分都需配接适当的测量电路，并经程度不同的放大才能使显示器动作。测量电路中很多采用的是平衡式或不平衡式电桥，图1-1所示为热导式检测器的测量电路。放大器除了普通的电子交直流放大器外，还有为了适应某些特殊需要而设置的高阻放大器、线性校正电路等等。

## 五、显示、记录装置

分析仪器的显示器有电流表、毫伏计、电子电位差计、电子电桥及数字显示装置（数码管、发光二极管、液晶等显示器）。在有些场合不需要显示出检测结果，分析仪器只是提供系统中一些参数，而这些参数将直接以电信号的形式、送入运算中心或运算器中。

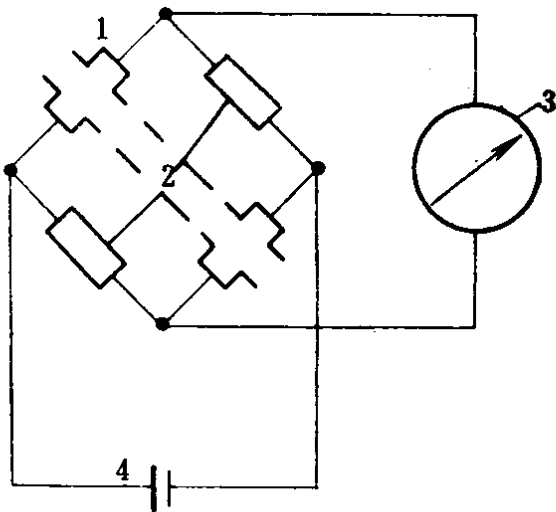


图1-1 热导式检测器的测量电路

1—工作臂 2—参比臂  
3—指示表 4—电源

## 六、补偿装置

补偿装置是用以消除或减少某些变化对仪器正常工作的影响。这些可能变化的条件有两种类型。一种是来自样品本身，另一种是仪器工作环境的变化，如大气压力、温度、湿度等的变化。补偿装置有稳压电路、恒流电路、温度补偿电路、温度控制电路等。

## 1-3 色谱仪组成部分

### 一、色谱法概述

色谱仪是运用色谱法（又称为色层法）原理进行分析的一种分析仪器。色谱法是本世纪初发展起来的一种分离技术。最初色谱法被用来分离植物中的叶绿素，将植物色素的石油醚抽提液倒入一根装有粉状碳酸钙的玻璃管内，再用纯石油醚从玻璃管的上口流下，结果在玻璃管内出现不同颜色的谱带，因而称为色谱。后来这种方法逐渐应用在对无色物质的分离和分析中。现在用的“色谱”名称中并没有颜色这一

含义，但色谱这个名称仍沿用至今。正是这新的用途使得色谱法得到了很大的发展，成为有效的分离和分析技术。色谱仪也就成为一种应用十分广泛的分析仪器。它基本上承担了原红外分光光度计和质谱仪所能完成的分析任务。在结构上，色谱仪比上述两种仪器要简单得多，价格也低、操作又较方便，且色谱仪器还具有对混合物进行分离的能力，所以色谱仪在一些部门还能作为制取和提纯的装备。

色谱法的原理是利用混合物中各个组分在不同的两相中溶解、解析、吸附、脱附或其它亲合作用性能的差异，当两相作相对运动时，使各组分在两相中反复多次受到上述作用力而互相分离。它的分离是一种物理过程。被分离的组分分布在两个互不相混的相中，其中一相是固定不动的，称之为固定相；另一相是流动的称之为流动相。上面提到的玻璃管中的粉状碳酸钙则为固定相。从玻璃管上口向下流动的石油醚则为流动相。

### 色谱法分类

1. 按流动相的物态 可分为气相色谱法（以气体为流动相）和液相色谱法（以液体为流动相）；再按固定相的物态又可分为气固色谱法、气液色谱法、液固色谱法和液液色谱法。

2. 按固定相形式 可分为柱色谱法、纸色谱法和薄层色谱法。

3. 按分离过程机理 分为吸附色谱法、分配色谱法、离子交换色谱法和排阻色谱法等。

4. 按动力学过程，分为洗脱法、迎头法（前沿法）、顶替法（取代法）。

作为色谱仪器来说，它的分类主要根据流动相物态，如

果流动相为气体则称为气相色谱仪。流动相为液体则为液相色谱仪。若固定相为固体吸附剂，则称之为气固色谱法和液固色谱法。如果固定相为液体（液体涂在固体担体上）则它们为气液色谱法和液液色谱法。下面分别介绍应用上述几种色谱技术的色谱仪，即气相色谱仪和液相色谱仪。

## 二、气相色谱仪

气相色谱仪是采用气体为流动相的一种色谱仪器。这里的流动相被称之为载气，载气载着待分离的试样通过色谱柱中的固定相，使试样中的各组分分离，然后用检测器一一检出。气相色谱仪包括两种形式的工作方法。一种是气-固色谱法，简称GSC。另一种是气-液色谱法，简称GLC。这里所用的固定相液体是涂在固体上，形成非常薄的膜状物，所用的固体称为担体。它的分离原理是基于试样中各组分在液膜中和液膜外的分配作用。因为液态的固定相具有非常广泛选择范围，所以它是气相色谱法中的主要形式。

1. 工作过程 图1-2是气相色谱仪工作流程示意图。被分析试样从样品注入口2注入，如果是液态样品随即升温汽

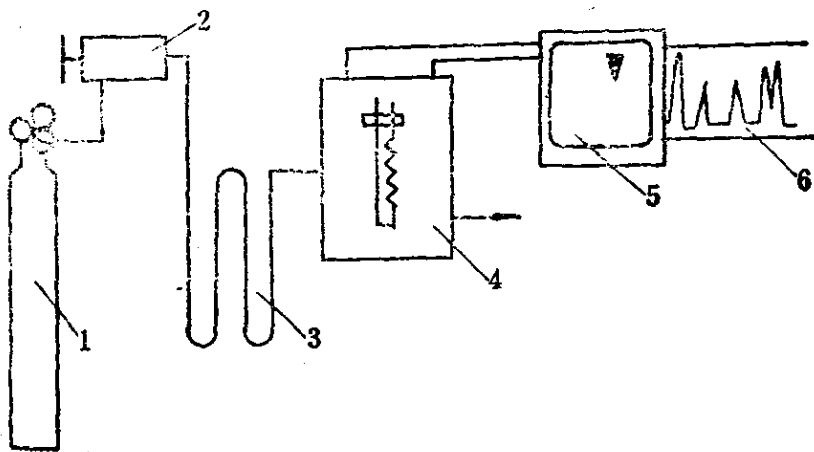


图1-2 气相色谱仪流程示意图

1—载气源 2—样品注入吸汽化室 3—色谱柱 4—检测器  
5—显示记录器 6—色谱图



化，由载气将其带入色谱柱 3 内进行分离。它的分离原理是利用不同物质在两相间具有不同分配系数，当两相作相对运动时，试样中的各组分在两相中经反复多次的分配，使原来分配系数只有微小差别的组分间产生较大的分离效果，从而将各组分分开，按序进入检测器 4。在检测器内，组分含量转换成电信号，经放大器放大后，由显示记录器 5 指示出相应各组分的检测值。试样在色谱柱中的分离过程见图1-3。

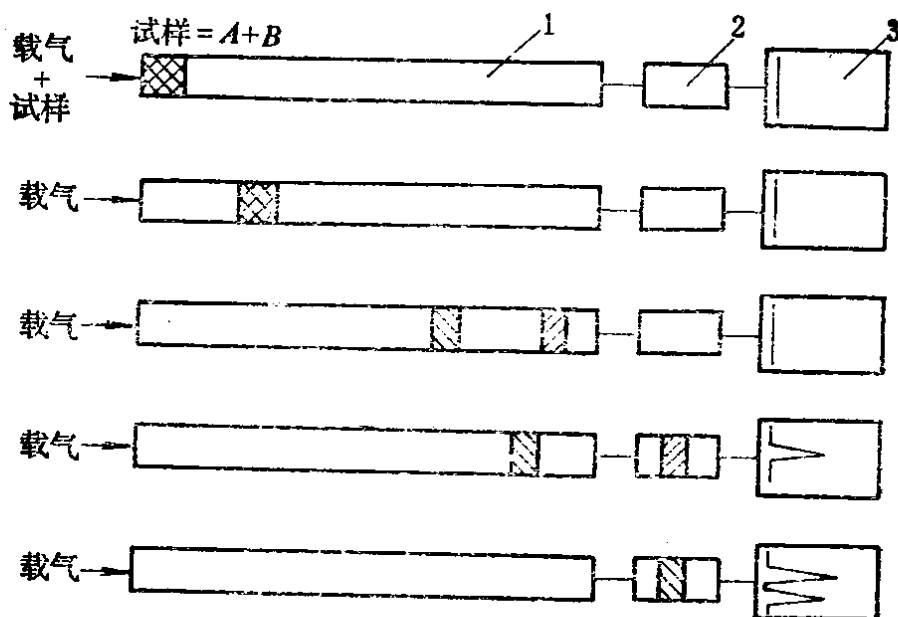


图1-3 试样在色谱柱中的分离过程示意

1—色谱柱 2—检测器 3—显示记录器

一台气相色谱仪需配备载气源，常用的气源可以是分别灌装在高压钢瓶内的氢、氮和氦三种气体。气相色谱仪对载气的要求是：不与被测试样及固定相作用、价格低廉的纯净气体。在无法提供高压钢瓶气源时，也可用气体发生器作载气源。载气经过减压后进入净化干燥管，除去水分和杂质，经过稳压阀使压力恒定，用针阀调节载气流量，流量计和压力计分别指示流量和柱前压力。载气流至试样入口。(汽化