

高职高专院校基础医学实验教材

# 机能实验基础

(供护理、药学、康复治疗技术等专业用)

主编 陆建林 徐刚



广东科技出版社

(全国优秀出版社)

高职高专院校基础医学实验教材

# 机能实验基础

(供护理、药学、康复治疗技术等专业用)

主 编 陆建林 徐 刚

编 者 (以姓氏拼音为序)

黄元生 李泽良 林力敏 陆建林  
吴华碧 徐 刚 杨文豪 章真真

广东科技出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

机能实验基础/陆建林, 徐刚主编. —广州: 广东科技出版社, 2006.9  
ISBN 7-5359-4192-3

I. 机… II. ①陆… ②徐… III. 实验医学 IV. R-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 102330 号

---

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www. gdstp. com. cn

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

印 刷: 广东科普印刷厂

(广州市白云区三元里大道棠新西街 69 号 邮码: 510410)

规 格: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 7.5 字数 192 千

版 次: 2006 年 9 月第 1 版

2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

---

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

## 内 容 提 要

本书是有关机能实验的基本教材。主要包括五方面的内容：机能实验的目的和要求、机能实验数据的收集和分析、实验报告的撰写；机能实验常用仪器的介绍、常用器械的使用方法、实验动物基本知识、常见操作和标本制备的方法等；生理学、病理学和药理学即机能学的基本实验；机能学的综合实验；机能学的探索性实验。可供高职高专院校护理、药学、康复治疗技术等专业师生作为实验教材使用，也可供相关专业的实验人员、科研工作者参考。

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一章 机能实验的目的和要求         | 1  |
| 第二章 机能实验数据收集和分析        | 2  |
| 第三章 实验报告的撰写            | 5  |
| 第四章 常用仪器的认识和使用         | 8  |
| 第一节 BL-420 生物机能实验系统    | 8  |
| 第二节 常用换能器              | 9  |
| 第三节 心电图机               | 10 |
| 第四节 高效液相色谱仪            | 11 |
| 第五章 常用手术器械的使用          | 14 |
| 第一节 蛙类手术器械             | 14 |
| 第二节 哺乳类动物手术器械          | 15 |
| 第六章 基本操作技术             | 20 |
| 第一节 实验动物的捉拿、固定和编号方法    | 20 |
| 第二节 实验动物的给药方法          | 24 |
| 第三节 实验动物的麻醉方法          | 27 |
| 第四节 实验动物用药剂量的计算方法      | 30 |
| 第七章 实验动物的常用手术方法        | 33 |
| 第一节 手术的基本方法与要求         | 33 |
| 第二节 常用插管技术             | 35 |
| 第三节 常用标本制备技术           | 45 |
| 第八章 生理学基本实验            | 50 |
| 第一节 神经干动作电位传导速度和不应期的测定 | 50 |
| 第二节 反射弧分析              | 52 |
| 第三节 红细胞渗透脆性的测定         | 54 |
| 第四节 ABO 血型的鉴定          | 55 |
| 第五节 心跳起源的分析            | 57 |
| 第六节 心肌收缩的特点            | 59 |
| 第七节 离体蛙心灌流             | 61 |
| 第八节 人体心电图描记            | 64 |
| 第九节 呼吸运动的调节            | 67 |

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 第十节 膈肌电活动的记录 .....                               | 69  |
| 第十一节 胸膜腔负压及周期性变化的观察 .....                        | 71  |
| 第十二节 离体小肠平滑肌的生理特性 .....                          | 72  |
| <b>第九章 病理学基本实验</b> .....                         | 76  |
| 第一节 空气栓塞 .....                                   | 76  |
| 第二节 高血钾对心脏的毒性作用 .....                            | 77  |
| 第三节 水肿 .....                                     | 78  |
| 第四节 缺氧 .....                                     | 80  |
| <b>第十章 药理学基本实验</b> .....                         | 82  |
| 第一节 不同给药途径对药物作用的影响 .....                         | 82  |
| 第二节 传出神经药对兔瞳孔的作用 .....                           | 83  |
| 第三节 普鲁卡因的传导麻醉作用 .....                            | 84  |
| 第四节 硫酸链霉素的急性中毒及其解救 .....                         | 85  |
| 第五节 镇痛药的镇痛作用比较 .....                             | 86  |
| 第六节 普萘洛尔的抗缺氧作用 .....                             | 88  |
| 第七节 有机磷农药中毒及解救 .....                             | 89  |
| 第八节 烟的急性毒性试验 .....                               | 90  |
| 第九节 药物半数致死量 $LD_{50}$ 和半数有效量 $ED_{50}$ 的测定 ..... | 90  |
| <b>第十一章 机能学综合性实验</b> .....                       | 93  |
| 第一节 循环、呼吸、泌尿综合实验 .....                           | 93  |
| 第二节 尿生成的影响因素及利尿药的作用 .....                        | 96  |
| 第三节 实验性肝性脑病——氨中毒 .....                           | 99  |
| <b>第十二章 机能学探索性实验</b> .....                       | 101 |
| 第一节 探索性实验的目的 .....                               | 101 |
| 第二节 机能实验研究的基本程序 .....                            | 101 |
| 第三节 实验设计三大要素 .....                               | 104 |
| 第四节 实验设计三大原则 .....                               | 105 |
| 第五节 实施方法 .....                                   | 107 |
| 第六节 探索性实验举例之一——东莨菪碱对气管平滑肌的影响 .....               | 107 |
| 第七节 探索性实验举例之二——急性内毒素性休克 .....                    | 109 |
| 第八节 探索性实验举例之三——实验性气胸对呼吸、循环功能及酸碱平衡的影响 .....       | 111 |

# 第一章

## 机能实验的目的和要求

### 一、目的

机能实验的设立要通过专门的实验课程，学习和训练有关的基本知识、基本技能和基本方法，了解实验科学知识的来源和研究的实际过程，为今后从事实际工作和科学研究奠定基础。通过该课程的学习应掌握常用实验仪器的原理及使用方法；掌握常用实验动物的选择和局部手术操作；掌握常用实验溶液的配制方法；学会实验资料的收集、整理和数据处理；学会对实验结果的分析、整理和实验报告的正确书写。从而提高对机能学科知识的更进一步理解，提高解决实际问题的能力，提高科学思维的能力，培养对科学工作严谨求实的作风。

### 二、要求

#### （一）实验前

1. 仔细阅读实验教材，复习有关的理论知识，了解实验目的、原理。
2. 充分理解实验方法和操作步骤。
3. 预测实验结果以及实验中可能出现的问题。
4. 设计好实验结果记录的方式。

#### （二）实验时

1. 按照实验步骤认真操作，正确捉拿实验动物和使用标本，准确计算所用药量。
2. 正确安装、连接实验设备，将实验器材妥善排放，有条不紊地操作各项仪器。
3. 认真、仔细地观察实验过程中所出现的现象，准确、及时、客观地记录实验结果。不允许在实验后凭记忆补记实验结果。
4. 根据所学学科内容，分析实验结果以及该结果的意义。尽力找出非预期结果的原因。
5. 注意爱护公共财物，节约实验材料。

#### （三）实验后

1. 整理实验结果，认真书写实验报告。总结实验成功与失败的原因。
2. 整理实验器材，将所需清洁的器械冲洗干净，按规定妥善安放。
3. 正确处死动物，将动物及其他废物放到指定地点，做好实验室卫生，注意门、窗、水、电安全。

## 第二章

# 机能实验数据收集和分析

实验研究中，主要研究结论大多以实验数据的分析结果作为重要的、而且是必要的依据。因此数据分析也就成了研究过程的关键环节之一。恰当、充分、可靠的数据分析则是建立在完整、准确的实验数据基础之上。只有高质量的数据，才谈得上高质量的实验研究。所以保证实验数据的完整性和准确性是实验研究的最根本的要求，也是研究人员应该遵循的一个基本原则。

### 一、实验数据的完整性和准确性

#### （一）实验数据的完整性

1. 数据的完整性是指按照实验设计要求收集所有的实验数据。如果因一些意外原因或不能人为控制的因素而引起的部分实验数据的缺失，应尽可能地补充这部分数据。对于不可补救的实验，应科学地处理缺失数据。

2. 数据完整性的另一方面系指应将所有实验数据用于实验分析过程，不得因某些数据与研究预期结果有较大差异而随意剔除，或不引入分析过程。

#### （二）数据的准确性

是指实验数据的记录准确无误。一方面，应避免收集数据过程中出现过失误差。另一方面，应杜绝研究者根据个人意愿对数据所做的篡改或杜撰。

### 二、实验数据的度量

实验数据的度量精度分为四个等级，按由低到高顺序依次为定性度量、等级度量、等差区间度量和等比例度量。

#### （一）定性度量

度量的最低级形式是定性度量，系指将研究对象按某种属性归类记录。例如，细菌培养结果的阳性和阴性，人类四种血型 A、B、AB 和 O 型，男性和女性，生存与死亡，患病与未患病等。定性度量所获得的数据资料经整理后称为计数资料。

定性度量有下列特点：

1. 数据分类互相排斥，即每一测试对象只可能属于某一个类别，如一个人只可能为四种血型中的某一血型。

2. 数据分类无逻辑顺序, 如四种血型并不存在任何优先顺序。

### (二) 等级度量

度量的第二个水平是等级度量, 系指将研究对象按某种属性的等级归类记录。例如出院病人可划分为治愈、好转、无效、死亡等不同等级。等级度量所获得的数据资料经整理后称为等级资料。

等级度量有以下特点:

1. 数据分类互相排斥。
2. 数据分类有一定的逻辑顺序。
3. 数据分类具有等级定量含义。

### (三) 等差区间度量

度量的第三个水平是等差区间度量, 它除了具有等级度量的全部特点外, 还具有等标度差等量的特点。例如在温度测量方面,  $39^{\circ}\text{C}$  与  $38^{\circ}\text{C}$  之差和  $37^{\circ}\text{C}$  与  $36^{\circ}\text{C}$  之差是相同的, 均为  $1^{\circ}\text{C}$ 。对于该度量形式, 0 只是标尺上的一个点而已, 并不具有起始的含义或其他特殊含义。

### (四) 等比例度量

度量的最高级形式是等比例度量, 它除了具有等级度量的全部特点及等标差等量的特点外, 还有等标度等量的特性。例如, 在体重测量方面, 100 kg 与 50 kg 之差和 75 kg 与 25 kg 之差是相同的, 均为 50 kg。与此同时, 我们还可以说 100 kg 比 50 kg 重 1 倍。但相比较而言, 如果说等差区间度量中  $20^{\circ}\text{C}$  比  $10^{\circ}\text{C}$  热 1 倍就令人难以接受了。该度量形式的另一个特性是, 0 为一个特殊的数值, 意味着无, 意味着起始点。相对而言, 等差区间度量中 0 则无此特性。

## 三、实验数据的记录方法

为了实验的准确性和科学性, 实验数据的记录必须规范、客观。至少应该包含以下内容。

### (一) 实验对象编号

有了编号, 便于日后核对原始记录。如果实验对象是人, 还应列出姓名、病案等信息。

### (二) 分组

实验对象的分组应在实验开始前, 根据实验设计模型, 通过随机化处理而确定。

### (三) 观察指标

又称之为观察变量, 用以描述观察对象的一些基本特征, 如性别、年龄、体重等, 以及表达实验的效应, 如评价降压药时的血压记录, 评价肺功能时的多项血气指标记录。

### (四) 记录时间

由于绝大多数实验研究都要经历一个较长的过程, 因此每个实验数据的获取时间有必要记录在案, 一则可以反映实验的全过程和运行轨迹; 再则可以为分析某些可疑的实验结果提供參考。

### (五) 记录人和审核人

包括实验结果的记录者和实验数据审核者。

## 四、实验数据质量的评价

实验数据的质量直接影响到研究结果的科学性和可靠性。数据质量有两方面含义, 即数

据是否准确和可靠，常用效度和信度两个指标评价。

#### （一）效度

指测量值与真值的接近程度，故又称准确度，用以测量数据系统误差的大小，一般采用回收实验中的回收率指标进行评价，即回收率愈接近 100%，准确度愈高。当回收率偏离 100% 较大时，表示存在系统误差。

#### （二）信度

是指同一观察对象多次重复测量结果之间的吻合程度，故又称之为精确度，用于度量随机误差的大小，常用标准差、变异系数或组内相关系数等来衡量。

### 五、实验数据的分析

#### （一）实验数据的逻辑检查

在数据分析开始时，应首先对数据进行逻辑检查，以保证数据至少不会出现大的偏差，这些偏差可能来自原始数据，可能来自数据录入过程。逻辑检查最简单的方法是根据最大值和最小值判断。

#### （二）偏离数据的判断和处理

个体数据偏离其所属群体数据较大，且经证实确为实验所得，被称为偏离数据。

对偏离数据的处理通常用敏感性分析方法，即将这些数据剔除前后各做一次分析，若结果不矛盾，则不剔除；若结果矛盾，并需要剔除，必须给予充分合理的解释。例如，该数据在实验中因何种干扰产生，应予说明。

#### （三）缺失数据的处理

处理缺失数据的最简单方法是剔除缺失数据所属的观察单位，但该方法浪费信息严重，特别是在变量较多的情况下。为避免浪费信息，采用的方法是仅剔除分析过程所涉及的缺失数据。

#### （四）统计方法的正确选择

按照不同的变量单位采用不同的统计方法。

## （二）实验目的和原理

实验目的主要是说明通过实验验证有关学科的理论或某些结论及所要达到的预期结果，一般实验教材上已有。

实验原理是指所设计的实验方案的可行性理论依据。根据不同的实验可用文字叙述，也可用计算公式、化学反应式等方式表达。目的和原理应用书写简短的文字，写明观察什么？探讨什么问题？

## （三）实验方法及操作步骤

这部分是指实验所使用的材料、方法和实验操作程序等。写作内容主要包括以下两方面：

1. 实验材料和药品。实验中所用的生物标本的来源、制作和预处理；各种仪器设备名称、规格型号、生产厂家；药品或试剂的名称、生产厂家；动物名称、种系、品系、选择标准与动物特征（如性别、年龄、身长、体重、健康状况等）、数量等逐项说明，交代清楚。

2. 实验方法、装置与步骤。这部分内容包括观察指标、手术、标本的制作过程，记录的手段和方法，以及实验所使用装置、实验条件等。书写时，不要抄书，要按实验时实际操作程序和具体情况，真实而详细地记录，以反映实验进行的实际过程，使他人能清楚了解实验过程。其表达形式可采用文字按序号列点描述，也可列表，也可绘出操作流程或箭头图等来表述。无论采取何种表达方式，文字叙述必须做到完整、客观、具体，把整个实验方法及步骤简练如实地交代清楚，使人一目了然。

## （四）实验结果

实验结果指实验材料经实验过程加工处理后得到的结果。它是实验结论的依据，整个实验报告的核心。其内容包括：

1. 实验过程中所观察到的各种现象，包括看到的定性、定量结果，动态变化过程及最终结果。

2. 实验所测得的全部原始数据、图像，包括实验数据的计算过程、公式和单位。需要统计学处理时，也应说明其处理过程和结果。

实验结果的表达方式，可按不同类型的实验结果选用不同的表达方法。如计算要写出计算公式、计算过程、计算结果，并标出计算单位，数据要有一定精确度；数据结果可用图表来表示，以图表表示时要绘出曲线图、坐标图、结构图、示意图、记录图等。图表均应有编号，凡以曲线记录实验结果时，应注明纵横坐标的名称和单位。结果以照片表示时，要求主题明确，背景简洁，重点突出，层次分明。对定性实验结果，可用“-”、“+”、“++”、“+++”等表示。属测量资料和记数资料，应以正确单位和数值作定量的表达，不能笼统地提出。

只有认真观察、准确记录，严格按照操作步骤认真操作，才能得出可信的实验结果。实验课不是对前人的实验进行简单的重复，切忌用理论推导结果代替实验，特别是实验结果与前人不一致时，更要仔细观察、认真分析、寻找原因。绝不可伪造或与他人对数据后更改实验数据。为了避免发生错误和遗漏，应根据实验观察的记录加以整理，随后写出实验结果。

## （五）讨论与结论

实验结果是变化过程的表面现象，一项结果只反映变化过程的一个侧面。要寻找到变化的机理即变化的内在规律，就要进行综合的科学分析。讨论就是针对实验所观察到的现象与结果，联系理论知识，对实验结果进行分析和解释。这部分是实验结果的逻辑延伸，它反映

了作者对实验结果的理论认识，即通过分析、综合、归纳、演绎等逻辑推理总结出规律。讨论的内容主要包括：阐明由实验结果说明有关的理论和概念；指出实验结果或结论的意义；分析个人在本次实验中的失误、误差或总结个人本次实验成功的经验和体会；指出需要进一步探讨的问题，提出对实验的改进意见或建议等。讨论要抓住结果这个重点。联系有关理论或技术知识，也可参考与本实验有关的课外书籍，由表及里，综合分析，深入探讨。结论是本实验所发现或所能证明的问题，要简单明了、证据充分。一般的毛病是抄写大段的课文，把实验没有观察到的现象或实验不能证明的问题都写进去，这样就不恰当了。

总之，一篇好的实验报告应该写成一篇好的科学论文，文字简明，记录准确，方法、结果可靠，分析符合逻辑，结论可信。实验报告与理论答题不同，如果你在实验报告中抄录大段的教科书，而不是根据你的实验来写，那就不可能成为一篇好的实验报告。

## 第四章

# 常用仪器的认识和使用

### 第一节 BL-420 生物机能实验系统

BL-420 生物机能实验系统是建立在 BL-410 系统基础之上的生物机能实验系统,它具有 BL-410 系统的全部优点,同时还具有其独特的优点。BL-420 生物机能实验系统分为 BL-420E (教学型) 和 BL-420S (科研型) 两种 (图 4-1)。



图 4-1 BL-420 生物机能实验系统

#### 一、系统硬件指标

1. 采用 USB2.0 全速传输方式, 同时兼容 USB1.1 接口。
2. 4 通道高性能、可互换使用的生物电信号采集与放大器。
3. 放大器为全程控结构: 交直流增益 (2~50 000 倍)、时间常数 (0.001~5 s, DC)、5 阶贝塞尔低通滤波器 (0.3 Hz~10 kHz)、交直流切换、50 Hz 抑制等功能的实现全部程序控制; 共模抑制比高, 噪声低, 即使微弱的神经放电信号也可清晰分辨。

4. 系统内部不引入 220 V 的交流电源, 使干扰程度进一步降低。
5. 全程控光电隔离的电刺激器, 具有电压输出 (0~100 V, 最小步长 5 mV) 和电流输出 (0~20 mA, 步长 1  $\mu$ A) 两种模式, 使用方便。

## 二、系统软件指标

1. 可任意拖动灵活改变窗口宽度的双视观察系统, 在不停止实时实验观察的同时查看以前记录的数据, 而且可实现不同状态下实验波形前后变化的对比;
2. 软件内置网络功能, 可实现教师的网络监视等功能;
3. 为了适应实验教学工作, 预先设计了十大类共计 52 个实验模块, 为国内外同类产品中预制实验模块最多的产品;
4. 为了适应科研工作, 设计了众多的实验数据分析功能: 能够对原始波形或记录的波形进行实时的微分、积分、频率直方图、序列/非序列密度直方图以及频谱分析等数据处理工作;
5. 具有多种通用数据测量方式: 包括单点测量、两点测量、区间测量、实时测量等, 可测量出波形的最大、最小、平均值, 斜率、时间、频率、均方差等参数;
6. 众多的专用数据测量功能: 血流动力学实验参数的分析、心肌细胞动作电位参数的测量、苯海拉明的拮抗参数 (PA2、PD2) 的测定等测量功能, 还可以按照 Bliss 法计算 LD50、ED50 值、计算  $t$  检验和半衰期值等;
7. 4 通道扫描速度独立可调, 零扫描速度采样, 通用程控刺激等功能更具有独特魅力;
8. 软件具有开放性, 可根据用户的合理要求随时添加相关的功能。

## 第二节 常用换能器

换能器又称传感器, 是将非电信号转换成电信号的装置。在机能学实验中, 有许多生理现象都是非电信号, 如血压、心搏、肌肉收缩、温度变化等。为便于观察和记录这些生理现象, 必须用换能器将它们转变成电信号。换能器的种类繁多, 有血压换能器、心音换能器、张力换能器、呼吸换能器等。其中血压换能器和张力换能器在机能学实验中应用最广泛。

### 一、压力换能器

压力换能器主要用于测量血压和其他可以通过液体传导的压力。

#### (一) 工作原理

换能器的工作原理是利用惠斯登电桥的基本结构来实现能量的转换 (图 4-2)。

#### (二) 使用方法

在观察、记录血压时, 首先应将换能器及测压插管内充满抗凝液体, 并排尽里面的气泡。将测压插管与大气相通, 确定零压力基线位置后即可进行血压观察、记录。

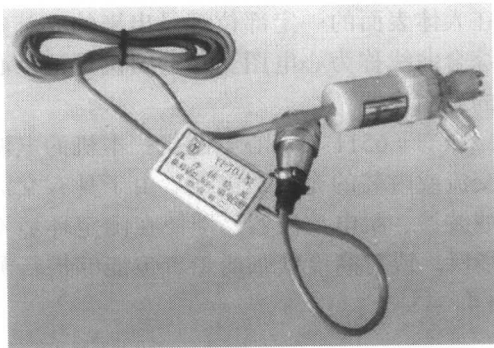


图 4-2 压力换能器

### （三）注意事项

1. 测量血压时换能器应放置在与心脏平行的位置，以保证测量结果的准确。
2. 压力换能器有一定的测量范围，不要用换能器测超过其范围的压力。严禁在换能器管道处于闭合状态下，用注射器向换能器内加压。
3. 每次使用后，应及时清除换能器内液体，并用蒸馏水洗净、晾干。

## 二、张力换能器

张力换能器主要用于肌肉收缩和其他位移信号的换能。

### （一）工作原理

张力换能器的工作原理同压力换能器。张力换能器的应变电阻是粘贴在应变梁上，力作用于应变梁，使应变梁变形，应变电阻值改变，电桥失衡；换能器将张力信号转换成电信号输出。

### （二）使用方法

用丝线将张力换能器的应变梁与实验对象相连。连接的松紧以丝线拉直为宜，并尽量使丝线与应变梁呈垂直方向。选择适当的放大倍数，即可观察、记录（图4-3）。

### （三）注意事项

1. 张力换能器有一定的测量量程，超过其量程的负荷不宜测量，以免损坏换能器。
2. 张力换能器应变梁口是开放的，在实验过程中应防止液体滴入换能器内部。
3. 在使用张力换能器过程中，应避免换能器的碰撞、摔打。

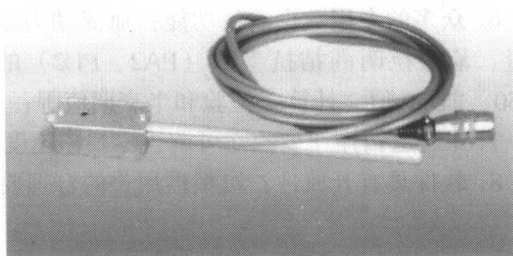


图 4-3 张力换能器

## 第三节 心电图机

心脏活动时，心肌细胞产生的生物电信号变化，可通过导电组织和体液传导到体表。在体表任意两点间存在着电位差，将测量电极放置在人体表面的一定部位记录出来的心脏电变化综合曲线称为心电图。心电图机是记录心电图的专用仪器。

ECG-6511 单道心电图机：本机的电源可用交流或内装的充电式电池。由于具有交流干扰滤波器、肌电滤波器，即使在测定环境不良的场所，或对高度紧张的患者也能够进行测定（图 4-4）。

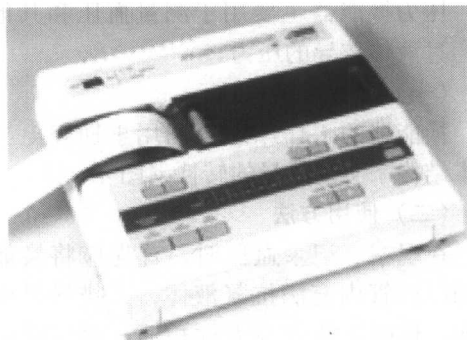


图 4-4 心电图机

## 第四节 高效液相色谱仪

高效液相色谱仪 (HPLC) 主要有分析型、制备型和专用型三类。

高效液相色谱仪主要由五个部分组成：高压输液系统、进样系统、分离系统、检测系统、数据处理系统。

### 一、高压输液系统

主要由贮液装置、高压输液泵、过滤器、脱气装置等组成 (图 4-5)。

#### (一) 贮液器

贮液器用于存放溶剂。溶剂必须很纯，贮液器材料要耐腐蚀，对溶剂呈惰性。贮液器应配有溶剂过滤器，以防止流动相中的颗粒进入泵内。溶剂过滤器一般用耐腐蚀的镍合金制成，空隙大小一般为 2 nm。

#### (二) 脱气装置

脱气的目的是为了防止流动相从高压柱内流出时，释放出气泡进入检测器而使噪声剧增，甚至不能正常检测。

#### (三) 高压输液泵

高压输液泵是高效液相色谱仪的重要部件，是驱动溶剂和样品通过色谱柱和检测系统的高压源，其性能好坏直接影响分析结果的可靠性。

#### (四) 梯度洗脱装置

梯度洗脱是利用两种或两种以上的溶剂，按照一定时间程序连续或阶段地改变配比浓度，以达到改变流动相极性、离子强度或 pH 值，从而提高洗脱能力，改善分离的一种有效方法。当一个样品混合物的容量因子的范围很宽，用等度洗脱时间太长，且后出的峰形扁平不便检测时，用梯度洗脱可以改善峰形、并缩短分离时间。

### 二、进样器

进样器一般要求密封性好，死体积小，重复性好，保证中心进样，进样时对色谱系统的压力和流量波动小，并便于实现自动化。

高压进样阀是目前广泛采用的一种方式。阀的种类很多，有六通阀、四通阀，双路阀等。以六通进样阀最为常用。

### 三、分离系统

色谱分离系统包括色谱柱、固定相和流动相。色谱柱是其核心部分，柱应具备耐高压、耐腐蚀、抗氧化、密封不漏液和柱内死体积小、柱效高、柱容量大、分析速度快、柱寿命长的要求。通常采用优质不锈钢管制成。

色谱柱按内径不同可分为常规柱、快速柱和微量柱三类。

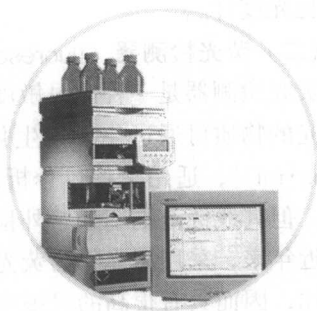


图 4-5 高效液相色谱仪

## 四、检测系统

检测器的作用是将色谱柱流出物中样品组成和含量的变化转化为可供检测的信号,常用检测器的类型有紫外吸收、荧光、示差折光、化学发光等。

### (一) 紫外可见吸收检测器 (ultraviolet-visible detector, UVD)

紫外可见吸收检测器(UVD)是HPLC中应用最广泛的检测器之一,几乎所有的液相色谱仪都配有这种检测器。其特点是灵敏度较高,线性范围宽,噪声低,适用于梯度洗脱,对强吸收物质检测限可达1 ng,检测后不破坏样品,可用于制备,并能与任何检测器串联使用。紫外可见检测器的工作原理与结构同一般分光光度计相似,实际上就是装有流动相的紫外可见光度计。

### (二) 荧光检测器 (fluorescence detector, FD)

荧光检测器是一种高灵敏度、有选择性的检测器,可检测能产生荧光的化合物。某些不发荧光的物质可通过化学衍生化生成荧光衍生物,再进行荧光检测。其最小检测浓度可达 $0.1 \text{ ng} \cdot \text{ml}^{-1}$ ,适用于痕量分析;一般情况下荧光检测器的灵敏度比紫外检测器约高2个数量级,但其线性范围不如紫外检测器宽。

近年来,采用激光作为荧光检测器光源的激光诱导荧光检测器极大地增强了荧光检测的信噪比,因而具有很高的灵敏度,在痕量和超痕量分析中得到广泛应用。

### (三) 示差折光检测器 (differential refractive index detector, DRID)

示差折光检测器是一种浓度型通用检测器,对所有溶质都有响应,某些不能用选择性检测器检测的组分,如高分子化合物、糖类、脂肪烷烃等,可用示差检测器检测。示差检测器是基于连续测定样品流路和参比流路之间折射率的变化来测定样品含量的。光从一种介质进入另一种介质时,由于两种物质的折射率不同就会产生折射。只要样品组分与流动相的折光指数不同,就可被检测,二者相差愈大,灵敏度愈高,在一定浓度范围内检测器的输出与溶质浓度成正比。

### (四) 电化学检测器 (electrochemical detector, ED)

电化学检测器主要有安培、极谱、库仑、电位、电导等检测器,属选择性检测器,可检测具有电活性的化合物。目前它已在各种无机和有机阴阳离子、生物组织和体液的代谢物、食品添加剂、环境污染物、生化制品、农药及医药等的测定中获得了广泛的应用。其中,电导检测器在离子色谱中应用最多。

### (五) 化学发光检测器 (chemical luminescence detector, CID)

化学发光检测器是近年来发展起来的一种快速、灵敏的新型检测器,具有设备简单、价廉、线性范围宽等优点。其原理是基于某些物质在常温下进行化学反应,生成处于激发态势的反应中间体或反应产物,当它们从激发态返回基态时,就发射出光子。由于物质激发态的能量是来自化学反应,故叫作化学发光。当分离组分从色谱柱中洗脱出来后,立即与适当的化学发光试剂混合,引起化学反应,导致发光物质产生辐射,其光强度与该物质的浓度成正比。

这种检测器不需要光源,也不需要复杂的光学系统,只要有恒流泵,将化学发光试剂以一定的流速泵入混合器中,使之与柱流出物迅速而又均匀地混合产生化学发光,通过光电倍增管将光信号变成电信号,就可进行检测。这种检测器的最小检出量可达 $10^{-12} \text{ g}$ 。