



“五”规划教材
教材建设研究会规划教材

全国高等学校配套教材
供医学检验专业用

临床检验仪器学 实验指导

第2版

主编·曾照芳



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



图书在版编目 (CIP) 数据

临床检验仪器学实验指导/曾照芳主编. —2 版.

—北京: 人民卫生出版社, 2011. 12

ISBN 978-7-117-15033-0

I. ①临… II. ①曾… III. ①医用分析仪器—实验—
高等学校—教材 IV. ①TH776-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 224520 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

临床检验仪器学实验指导

第 2 版

主 编: 曾照芳

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10 插页: 1

字 数: 240 千字

版 次: 2009 年 7 月第 1 版 2011 年 12 月第 2 版第 2 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-15033-0/R · 15034

定 价: 20.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

前 言

《临床检验仪器学》课程是检验医学中的一门实践性很强且与临床检验实际结合紧密的专业必修课程。它涉及多项检验专业基础学科和临床学科,是联系基础与临床之间的纽带,也是检验专业多门后继课程的基础。学生只有通过对各种临床检验仪器的实际操作,才能充分领会本课程的基本理论,了解现代临床检验仪器的原理、使用和维修,掌握相关技能,真正成为适应临床检验仪器不断更新换代需要的人才。为此,在重新编写并出版卫生部规划教材《临床检验仪器学》的同时,在第1版《临床检验仪器实验指导》的基础上,我们重新编写了这本与新的理论课教材配套、以能力培养为主线的卫生部“十二五”规划教材、全国高等医药教材建设研究会规划教材——《临床检验仪器学实验指导》。

本实验指导从国内医学实情出发,紧密结合检验专业发展的需求,以临床常规检验仪器为主,兼顾一定数量的现代检验仪器与技术。与第1版教材相比,为方便教师教学,有利于学生与理论课内容对照学习,无论是保留的原有实验,还是新编的实验,所选编的43个实验从顺序到内容都与理论课教材相对应,对培养学生的科学探索精神和创新能力更为有利。

全书涉及的内容主要包括:**电子基础实验**,主要介绍后续实验必需的物理学、电子学等相关基础知识和基本操作方式,补充学生的相关知识和培养他们严谨的思维。如电子元器件、光电传感器的相关实验。**经典验证性实验**,介绍一些常用检验仪器的基本结构、原理、性能和操作方法,培养学生的观察、分析能力和训练他们的基本操作能力。如显微镜、离心机、分光光度计、电泳仪的相关实验。**综合性实验**,除了介绍仪器的调试、拆装、维护外,还要求学生能对设置的故障予以排除,按照标准对仪器进行校准,设置仪器的相关参数并对性能进行评价,培养学生的科学思维方法和综合分析能力。如气相色谱仪、生化分析仪、流式细胞仪、血细胞分析仪、酶标仪、血气分析仪的相关实验。**创新性实验**,提供一些实验方法平台,要求学生根据所掌握的知识,结合临床检验的实践,分组查阅文献资料,进行设计、论证与确定实验方案、组织实施实验,最后得出相关结论并进行讨论,重在培养学生的创新思维和动手能力。如荧光定量PCR、基因测序仪、微量移液器的相关实验。**模拟实验**,利用计算机仿真技术,采用虚拟软件,开设出模拟实验,可提高实验效率、降低实验教学成本。如模拟光电型血细胞计数器、临床检验仪器温度稳定控制系统的模拟等实验。

全书内容丰富、通俗易懂,涉及临床检验仪器面广,坚持理论联系实际和少而精的原则,力求语言精练易懂,体现专业特色,各院校可根据相关实验教学仪器情况而确定学时。

前 言

本教材可供高等医学院校检验、预防专业本科学生、研究生使用,兼顾成人、高职教育相关专业、本科学生学习使用,也可供从事临床相关专业工作的技术人员继续教育学习使用。

由于临床检验技术的飞速发展及检验仪器的日新月异,尽管全体编者不断努力,本实验指导仍难免存在疏漏与不足。殷切期望各位专家、读者给予批评指正,我们也将与时俱进,在教学中对相关内容不断完善和创新。

曾照芳

2011年9月

目 录

实验 1	绪论实验	1
实验 2	常用电子测量仪器的使用	5
实验 3	常用电子元器件的测试与使用	8
实验 4	光电传感器件的特性测试	12
实验 5	临床检验仪器温度稳定控制系统的模拟	14
实验 6	普通离心机的使用、调校及维护	16
实验 7	高速冷冻离心机的参数设置及维护	19
实验 8	普通光学显微镜的拆装与调试	22
实验 9	自动显微镜的使用	26
实验 10	摄影显微镜的使用与调节	29
实验 11	荧光显微镜的使用与调校	32
实验 12	可见分光光度计的使用与调校	36
实验 13	紫外可见分光光度计的性能指标调校	39
实验 14	分光光度法检测有色溶液吸收光谱	42
实验 15	荧光分光光度计的使用	44
实验 16	模拟光电型血细胞计数器的使用	47
实验 17	血细胞分析仪的校准	49
实验 18	血细胞分析仪小孔管和内部电极的清理	53
实验 19	锥 - 板式血液黏度计的使用及调校	56
实验 20	旋转式血液黏度计的校准	59
实验 21	自动血沉分析仪的使用	63
实验 22	尿液自动分析仪的使用与调校	65
实验 23	流式细胞术尿沉渣分析仪的使用与维护	68
实验 24	自动生化分析仪的参数设置及性能评价	71
实验 25	生化分析仪的波长测试	75
实验 26	血气分析仪的使用及常见故障排除	77
实验 27	自动微生物鉴定及药敏分析系统的应用	81
实验 28	全自动血培养仪的使用和校准	83
实验 29	酶标仪的性能评价指标测试	86

临床检验仪器学是一门主要介绍检验仪器的基本原理、结构、性能以及使用方法的学科,同时也是一门实践性很强的学科。因此,其实验课有极强的针对性,除了可以进一步巩固理论课所学的知识,还可培养学生的动手能力。在所有实验进行前,通过几个相关方面的讲述拟达到下述目的。

1. 加深对所学理论知识的理解。
2. 学会正确使用常用的检验仪器,熟悉仪器的性能,掌握对个别仪器的简单故障的排除方法。
3. 培养学生严肃认真、细致严谨、实事求是的科学态度和循序渐进、不懈努力的求知精神。

要完成好每一个实验,必须按照预习内容,进行认真操作、处理数据、计算和分析结果、实事求是地进行总结、写出报告这几个环节。

一、测量误差及其计算

要测定任何一个数据,就是将它与一个被选作单位的同类进行比较,求出它是单位同类的多少倍。但是这种直接测出量,往往不是实验中最后要取的量。实验中许多要求的量,必须从直接测出的量通过一些定律和公式经过再推算求出。当然,随着各种相关仪器的更新换代、性能提高,将会有许多数据可以直接由仪器读出来。应用任何一种仪器进行测量时,其结果的准确度都有一定的限制,这个限制度取决于仪器的最小测量单位与被测量的数值。

在应用仪器时,除了必须正确地读出它的最小分度所示的量值外,为了保证能达到应有的准确度,还必须再估计一位,即可读到最小分度的 $1/10$,由于这一位数字已是不可靠的数字,因此再多估计下去也不可能真正提高所得结果的准确度,反而会增加运算上的麻烦。

若在同一实验中,要用几种不同的仪器分别测量一些不同的值,而使用这些仪器进行测量时能达到的准确度的限度又各不相同,那么在分别测量时,其准确度不必过分地超过各检测量中准确度最低的那一限度。

在测量时,由于测量仪器性能的限制和我们感官的缺陷,不论是进行直接测量还是间接测量,在相同的条件下反复进行测量所得到的每个数据都不会相同,只能得出所要求的真值的近似值。正确而严密的测量方法、小心细致的操作以及使用较精密的测量仪器,只能提高所得结果的准确程度,始终还会存在一定程度的误差。

此必须先预习,熟悉本实验所用仪器的构造、使用方法和将要进行的实验要达到的目的。

2. 在开始实验前,必须先检查进行本实验所需的全部器材是否都已齐备。

3. 应当小心地使用仪器,不要任意拆散和不按规定使用仪器。

4. 在做与电有关的实验时,更应注意,只有在指导老师对线路做了检查后,才可连接电源开始测量和进行其他步骤;若发现电路中某一部分过于发热甚至发出焦味时,应迅速断开电源,并报告指导教师进行检查。

5. 实验完备后应当把仪器收拾整齐。待指导教师检查认为测量结果合格并同意后方能离开。

思考题

1. 误差产生的原因有哪些?

2. 根据误差性质及产生的原因,可将误差分为哪几类?

3. 间接测量值的有效数字位数一般可按哪些规则进行计算?

4. 实验结果的数据处理一般有哪几种方法?在正确描绘实验曲线时,应注意哪些方面?

5. 实验时应注意的事项有哪些?

常用电子测量仪器的使用

实验目的

1. 了解常用电子测量仪器的原理、正确调校和使用方法。
2. 学会指针式万用表、直流稳压电源、示波器等的使用方法。

实验器材

指针式万用表、示波器、直流稳压电源和信号发生器各一台,电阻、导线若干。

实验原理

直流稳压电源(IMY-II型)将 220V 的交流电经过降压、整流、滤波和稳压后,可以得到在 0~30V 范围内连续输出的直流电压。

指针式万用表(MF-50 型)是一种磁电式电表,是利用位于永久磁铁间线圈的电流的变化带动指针偏转来进行测量的工具,可测量电压、电流和电阻值等。外界输入的电参数(电阻、电压、电流等)通过红、黑两支表笔引入万用表的内电路,内电路将其转换为对应的电流提供给位于永久磁铁间的线圈。永久磁铁形成一个固定的磁场,而通电的线圈也要形成随电流大小变化的电磁场。两个磁场相互作用,可使线圈发生偏转,进而带动指针的偏转。即外界输入电参数的变化最终引起指针偏转角度的变化,通过标定、刻度,就可以从表盘上指针对应的位置读出各电参数的具体数值。

示波器(YB-4210)采用普通的单踪示波器,用来观察交流电压信号的波形图像。工作时示波器的电子枪连续地发射电子,形成一电子束打在涂有荧光物质的屏幕上,荧光物质在电子的作用下使荧光屏中央形成一个固定的亮点。在水平方向(X 扫描方向)加上正弦扫描信号后,电子会向正极方向移动。由于是正弦信号,其正极在不断地左右转换,因而电子束也会不断地左右移动,通过“视觉暂留”现象,电子束在荧光屏上形成的一系列荧光亮点就会变成一条在水平方向的扫描亮线。当垂直方向(Y 外接输入方向)加入输入信号后,在垂直方向的两个电极间形成随外界输入信号变化的电场。在此电场的作用下,电子束在原有的水平运动的基础上又要作垂直运动。调节好水平正弦信号的频率,就可将输入信号的变化反映在荧光屏上,即在荧光屏上形成输入信号波形图像。

仪器描述

1. IWY-II型集成直流稳压电源 IWY-II型集成直流稳压电源是可提供 0~30V 范围内

的直流稳压电源,有 0V、6V、9V、12V、15V、21V、24V、27V、30V 九挡可供选择。有一个电压输出指示表和两个电流输出指示表。工作时按照所要求的电压信号的大小选择一个比它稍大的挡,然后通过调节微调旋钮,观察电压表得到所要求的电压值。

2. F-50 型指针式万用表 F-50 型指针式万用表有电阻挡、直流电流挡、交流电压挡,直流电压挡和测三级管 β 值的 hFE 挡共 5 挡可供使用选择。工作时先用表盘上小螺丝调表针“0”(此为电压、电流的零点)。测电阻时注意必须先机械调零后再测量。

3. ST-9 型示波器 ST-9 型示波器有扫描范围、衰减等挡和输入接头等装置。工作时应调整到亮度适当、聚焦清晰。通过调整不同的频率可以使扫描信号在水平方向拉开或压缩波形,微调帮助固定波形。衰减挡(Y 方向)可成整数倍衰减外接输入信号,在垂直方向压缩波形。

4. 信号发生器 信号发生器通过频率调节改变输出波形的频率,输出调节改变输出波形的幅度。能够提供正弦波、方波、锯齿波、微分波、梳状波和阶梯波等 6 种波。可以和示波器配合使用,用于检测电子线路。

实验步骤

1. 直流稳压电源输出 10V 的结果:

(1) 接通交流电源,打开 IWY-II 型集成电路稳压电源的开关,指示灯亮。

(2) 任选一组电压输出接头端作为输出。如以“Ⅰ”组作为输出,则把选择开关拨向“Ⅰ”边。注意这只是表示电压表此时显示的是第“Ⅰ”组的输出电压值,并不影响第“Ⅱ”组的输出。

(3) 选择 12V 的电压挡,调微调旋钮,使电压表指针恰好指示到所需的 10V 上,即此时“Ⅰ”组电压输出为 10V。

(4) 其他电压输出可按相同方法获得。

2. 用万用表测电压值和电阻值:

(1) 用万用表测电压值和电阻值时,先观察指针是否在“0”,若不在则调节表盘上的小螺丝,调好“0”后再测量。若未知被测电压或电流的数值应先选择较大范围挡,测得数值后再选择与之相适应的挡,以提高测量精度。测直流电压与电流时必须注意表头的接法为“红正黑负”,切不可用电流挡直接测电源电压,以免烧坏万用表。读数时应垂直于指针方向读数,注意挡数和表盘刻度间的换算。

(2) 按待测电阻的大小选择适当的电阻挡,如 $1k\Omega$ 挡。将红黑两表笔短路,此时万用表指示电阻值应恰好为 0。若实际指示值不为 0,则应调节调零旋钮,使万用表指针恰好指到 0,这时才能用来测量电阻值,否则会产生静态偏差。而每更换一个电阻挡,必须先机械调零后再测量。测量所给 5 种电阻阻值,与其标称值比较,计算其误差。

(3) 用万用表测量按照步骤 1 所得到的 10V 电压。如果其结果不恰好是 10V,必须调整 IWY-II 型集成直流稳压电源的微调旋钮,使其实际电压值恰好为 10V。

3. 示波器的使用:

(1) 接通电源控制板的输入电源,将示波器“Y 轴衰减”逆时针旋到“ $\times 1$ ”,“X 增益”逆时针旋转到零。

(2) 调节“亮度”使光点亮度适中,调节“X 移位”和“Y 移位”将光点移到荧光屏中央,

调节“聚焦”使光点成一小圆点，注意光点不可太亮，也不能停留在荧光屏同一点，以免损伤荧光物涂层造成暗斑。

- (3)用示波器测电压值。
- (4)用示波器观察信号发生器的各种波形。

数据记录及处理

见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 用万用表测量电阻

电阻 项目	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
标准值(Ω)					
测量值(Ω)					
绝对误差(Ω)					
相对误差					

表 2-2 用万用表和示波器测直流电压

稳压电源指示值(V)	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
万用表测量值(V)						
示波器测量值(V)						

思考题

- 1. 用直流稳压电源如何得到 -5V 电压？
- 2. 每次测量电阻阻值时为什么必须先机械调零后再测量？
- 3. 示波器中为什么需要 X 方向扫描信号？

实验3

常用电子元器件的测试与使用

实验目的

1. 了解常用电子元器件的基本特性、型号。
2. 学会识别各种常用电子元器件。
3. 掌握各种常用电子元器件的正确使用方法。

实验器材

直流稳压电源 1 台, 指针式万用表 1 台, 面包板 1 块, 电阻(数值、色码表示两种)、电容、电位器若干, 导线若干。

元器件简介

1. 面包板、印刷电路板 面包板是一种用于调试电子线路的常用器件, 其上下两端横向每 15 或 20 格连通, 中间纵向为每 5 格连通, 如图 3-1 所示。使用时将所需元器件按照电路插在上面, 利用导线连通, 即可进行调试、测量。

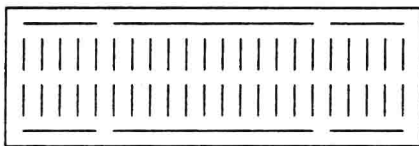


图 3-1 面包板示意图

印刷电路板就是在电路设计完成后制作在一块平面绝缘板上的印刷导线。焊接上元器件, 便形成所需电路。印刷电路板常以绝缘材料作基线, 在其上面黏附一层铜箔。制作时先设计好元器件的布局, 然后在板面铜箔上布线, 再用保护层(如漆)将布线保护好, 利用氯化铁腐蚀掉没有保护层的铜箔, 用香蕉水去掉保护层, 成为印刷电路板。元器件布局时应考虑将所有元器件安排在底板不焊接的一面, 并按电路图顺序成直线排列, 力求紧凑、密集。布线时一般把公共地线布置在最边缘并注意导线不能交叉, 同时要考虑减少干扰, 满足绝缘、屏蔽等要求。

2. 电阻器、电位器 电阻器按导电体的结构可分为实心、薄膜和绕线电阻器。其阻值表示法有两种, 一种是将电阻值及精度直接用数字印在电阻器上, 称为数值表示法。另一

种为色码表示法，一般用在碳质或有些小型表面积的电阻器上，若未给出精度等级，则允许偏差均为 $\pm 20\%$ 。

色码表示法一般以 3 个、4 个或者 5 个色点或色环表示阻值和精度。在图 3-2 中，(a)、(b) 为身、头、点色码制；(c) 为身、头带色码制；(d)、(e) 为环带色码制；(f) 为三点色码制。环带色码制最常用。

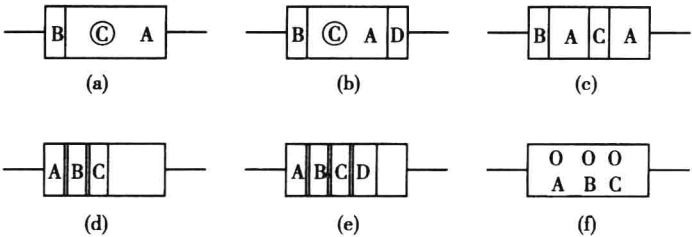


图 3-2 色码表示法

字母符号所代表的意义，如表 3-1 所示。

表 3-1 色码表示法中字母符号所代表的意义

符号	颜色												
	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
A 第一位数		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
B 第二位数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
C 倍乘数	$\times 1$	$\times 10$	$\times 10^2$	$\times 10^3$	$\times 10^4$	$\times 10^5$	$\times 10^6$	$\times 10^7$	$\times 10^8$	$\times 10^9$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-2}$	
D 允许偏差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 3\%$	$\pm 4\%$							$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

注：表中无数数字的地方表示此种情况不会出现

电位器通常由电阻体和可移动的电刷组成。当电阻体两端外加一个电压时，通过转动或滑动系统改变电刷在电阻体上动触点的位置，在动触点与固定端之间便可得到一个与动触点位置有关的电压。

3. 电容器、电感器 电容器分为固定和可变两大类，主要用作隔直流、耦合、旁路、滤波、谐振及贮存电能。注意有些电容器有极性，在使用时不要接反，否则会击穿损坏电容器。同时还应注意电容器的耐压等特性。

电感器分为电感线圈（自感作用）和变压器（互感作用），主要作用是稳压、滤波、谐振及升压或降压。

4. 二极管、三级管 二极管由 PN 结构组成，根据其结构可分为点接触型和面接触型两种。PN 结构主要特性为单向导电，即正向导通、反向截止。使用时应注意二极管的正负极、击穿电压和最大整流电流。将万用表选在 $R \times 1000$ （或 $R \times 1k$ ）挡，两表笔接到二极管两端，若阻值为几百欧姆，则黑笔所接为二极管正极；若阻值为几百千欧姆或者更大，则红笔所接为二极管正极。且表明二极管完好可用。否则二极管已损坏。

三极管是用半导体材料经过扩散制成的。由于材料（硅或锗）及制造工艺的不同，有 PNP 型（锗管 3A 系列、硅管 3C 系列）和 NPN 型（锗管 3B 系列、硅管 3D 系列）两种。目前国产锗管多为 PNP 型，硅管多为 NPN 型。

表 3-2 电阻阻值读数与测量值比较

阻值表示法	标称值(Ω)	允许偏差	测量值(Ω)	绝对误差(Ω)	相对误差
数值表示法					
色码表示法					

二极管的测量：正向电阻 = Ω ，反向电阻 = $k\Omega$ 。

表 3-3 三极管的判断

名称	类型	$R_{CE1}(k\Omega)$	$R'_{CE1}(k\Omega)$	$R_{CE2}(k\Omega)$	$R'_{CE2}(k\Omega)$	$U_{BE}(V)$	材料
内容							

思考题

- 1. 如何识别电阻、电容、电感和二极管？
- 2. PN 结构的作用是什么？
- 3. 如何正确判断三极管的基极、集电极、发射极、类型和材料？

实验 4

光电传感器件的特性测试

实验目的

1. 了解光电传感的原理和特性。
2. 掌握光电传感器的使用方法。
3. 学会测试光电传感器件的特性。

实验器材

直流稳压电源 1 台, 指针式万用电表 1 台, 面包板 1 块, 光敏电阻 1 只, 电阻、导线若干。

实验原理

在现代分析仪器的检测系统中, 大多利用光电传感器件(如光电倍增管、光电管等)的光电转换特性, 将光信号转换为易于控制和处理的电信号来进行定性、定量检测(图 4-1)。

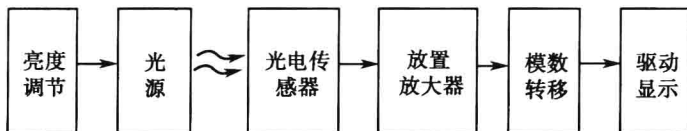


图 4-1 光电传感性能测试原理图

当光的亮度(光强)随某种因素(如溶液吸收)变化时, 会引起光电传感器件的某种特性改变(如光敏电阻的阻值变化等), 相应可引起接收电路输出信号的变化, 由此得到光强度与输出电流或电压的关系曲线, 即光电传感器件的特性曲线。由于光源的光强度与其电流或电压是成比例的, 因而可间接地用光源电流或电压来表示光强度。

接收电路的输出电压可通过三种方式显示出来。第一种方式是接上指针式电压表显示输出电压, 如 721 型分光光度计; 第二种方式是将输出电压通过模数转换, 用数字显示出来, 如 722 型光栅分光光度计; 第三种方式就是将输出电压通过接口板输入微机、自动记录、处理、显示得打印数据, 如 UV-265 型分光光度计等。

测量输入值和输出值, 就可以获得光电传感器件的输入、输出特性曲线。

实验步骤

1. 按照图 4-2 在面包板上接好电路。

实验5

临床检验仪器温度稳定控制系统的模拟

实验目的

1. 掌握温度稳定控制系统的原理及特点。
2. 学会温度稳定控制系统的调试与使用。
3. 了解温度稳定控制系统的发展方向。

实验器材

温度稳定控制系统 1 套, 计时器 1 个。

实验原理

见图 5-1。

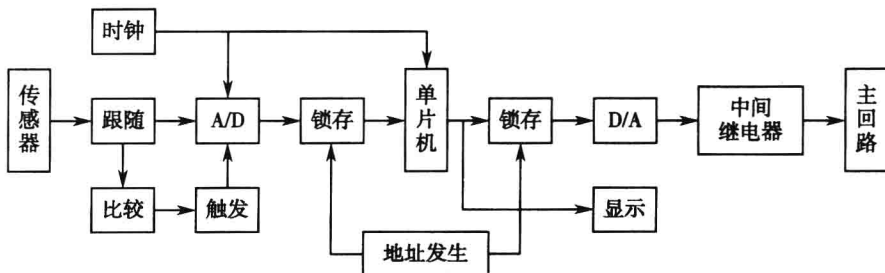


图 5-1 稳定控制器控制回路方框图

根据要测量控制的温度范围(起始加热下限温度, 上限为断电温度), 首先在控制器外输入按钮设定加热温度的上下限值。

采用的传感器是 Pt-100 铂电阻, 当采集温度为 0°C 时, 电阻值为 100Ω 。当传感器信号进入控制回路后, 首先进行信号调理, 对信号进行匹配, 然后进入电压比较器。如果信号值大于设定值, 电压比较器输出高电平, 使触发器工作, 给模数转换器 A/D 发出采样脉冲, A/D 对输入信号进行采样。为了便于进行时序控制, A/D 输出信号先锁存, 再送到单片机进行数据处理。

由单片机输出的信号一路进入锁存器, 再到数模转换器 D/A, 去驱动中间继电器的线圈, 控制加热电流。另一路直接驱动数码显示。

两种控制温度的方法：

- 1. 开关式 当控制回路发出低于设定温度信号时，中间继电器线圈通电，开始工作，其常开触点闭合，交流接触器线圈通电工作，电阻丝开始加热。当温度上升到设定温度值时，控制回路发出信号，中间继电器断电，停止加热。
- 2. 比例调节式 此过程将加热分为时间相同的周期。开始工作时比较实际温度与设定温度，当两个温度值相差较大时，其加热周期的加热时间就长，随着温差的缩小，周期内的加热时间逐渐缩短，直到温差为零即实际温度等于设定温度时，停止加热。

实验步骤

- 1. 开机并设定需要稳定的温度的值，例如设为 40℃。
- 2. 设定加热方式，如先设定为开关式的方法控制加热和温度稳定的过程。
- 3. 观察显示的实际温度变化情况，当实际温度达 25℃时，温度每升高 1℃，记录所用的时间，当实际温度稳定在设定温度 5 分钟后，停止记录并关机。
- 4. 再将加热方法设定为比例式，重复上述 1 到 4 的实验步骤。

数据记录及处理

见表 5-1。

表 5-1 两种加热方式实际温度与加热时间的关系

实际温度℃		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
加热时间 (min)	开关式																			
	比例式																			

根据记录的实验数据绘制出实际温度与时间的关系曲线，观察温度的稳定过程。

思考题

- 1. 比较开关式、比例调节式温度控制的异同，讨论各自的优、缺点。
- 2. 温度控制对仪器的正常使用有什么意义？

磨损严重;④调速电路出现故障。

故障排除:①检查电源是否接触良好及电源线是否有断裂;②检查电源熔断器,并测量是否断路,如烧坏须更换,但需查找原因,否则,更换后会再被烧坏;③拆下电刷,查看磨损情况及整流器磨损情况,如整流器磨损严重,要用细砂纸打磨;④对于采用单项或双向晶闸管控制电路,要检查电路元件有无烧坏现象,然后再测量相关元器件判断其性能好坏,有无烧坏或击穿,如发现则立即进行更换。

2. 离心机转速不稳定的可能原因 ①离心机整流器与电刷接触不良;②调速开关电位器损坏。

故障排除:①仔细检查离心机整流器及电刷磨损情况,检查电刷的压力、弹簧压力的大小,对损坏的电刷进行更换,弹性弱的弹簧必须更换;②重点检查调速电路部分的调速电位器,把电路板拆下,测量电位器电阻值,测量中间接点与两边连接点电阻值变化情况,有无断路,碳膜有否被烧坏,如有需更换新品。

3. 双向晶闸管损坏的简单判断方法 对 3A 以下功率的双向晶闸管测试:将万用表置于 $R \times 1\Omega$ 挡、用红表笔和黑表笔分别接双向晶闸管的 T_1 和 T_2 两极,此时,所测电阻值为无穷大,然后,在两表笔连接双向晶闸管的 T_1 和 T_2 的同时,用黑表笔碰触控制极,此时若电阻为二十几欧姆并且可以保持,则可认为是正常状态;如果不能保持,则说明门极已经损坏。对于 3A 以上较大功率的双向晶闸管测试,门极与 T_1 和 T_2 的阻值,正向阻值在二十几欧姆,反向阻值在三十几欧姆,应视为正常,如果测得正、反向阻值一样大,则说明门极已损坏。

思考题

1. 普通离心机的主要结构包括哪几部分?
2. 如何正常使用普通离心机?
3. 离心机不转动常见于哪些原因?如何排除?