

检验仪器学 实验教程

主 编 著 刘泽民 李开国

副主编著 戴仁恩 金成鹏

主 审 康格非



R446-43
LZM

重 庆 大 学 出 版 社

高等医学院校教材

检验仪器学实验教程

主 编 著	刘泽民	李开国
副主编著	戴仁恩	金成鹏
主 审	康格非	
编 委	刘泽民	李开国
	戴仁恩	金成鹏
	翟建才	陈付毅
	苏承昌	章 满
	揭新明	向 华

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书根据医学检验的需要和我国医学实验室建设的实际情况出发,紧密结合专业,立足先进,面向未来,取材新颖,内容丰富,深广度适宜。结合国内外多种类型检测仪器,进行探索创新,摸索出一系列切实可行的实验,内容包括检验仪器的应用、仪器原理的验证、仪器的调校、仪器的性能测试、仪器的模拟、仪器的拆装与调试、仪器的质量评估、计算机技术在检验仪器中的应用、仪器的故障排除等多种实验模式,重在对学生能力的培养,以常规仪器为主,兼顾一定数量的现代检验仪器与技术。

本书可供高等医学院校检验专业作教材,也可供相关专业和研究生作教材和参考书,亦可供从事医学检验、卫生检验、防疫检验、药物检验、化工检验、食品检验、农学检验及从事医学实验室工作的人员作参考书。

检验仪器学实验教程

主 编 著 刘泽民 李开国

副主编著 戴仁恩 金成鹏

主 审 康榕非

责任编辑 黄开植

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

璧山县印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张:10.25 字数:260千

1993年7月第1版 1993年7月第1次印刷

印数: 1—3000

ISBN 7-5642-0705-3/TH·32 定价:9.80元

(川)新登字 020 号

作者名单(以实验次序为序)

实验(1,9)	戴仁恩	上海第二医科大学
实验(2,4,10)	苏承昌	华西医科大学
实验(3,26)	揭新明	广东医学院
实验(5)	李开国	上海医科大学
实验(6)	董子松	上海医用分析仪器厂
实验(7)	李永平	温州康宁医疗仪器厂研究所
	陈付毅	温州医学院
实验(8,11,21,29)	章 满	湖南医科大学
实验(12,37)	向 华	重庆医科大学
实验(32)	向 华	重庆医科大学
	沈 琴	重庆光学仪器厂
实验(13,31)	刘泽民	重庆医科大学
实验(14)	吴树恩	上海第三分析仪器厂
实验(15,24,25)	茅於立	上海分析仪器厂
实验(16)	郑 军	重庆医科大学
实验(17)	江进优	华西医科大学
实验(18)	龚树声	四川仪表九厂
实验(19)	金成鹏 钱洪卫	温州医学院
实验(20)	谢国明	重庆医科大学
实验(33)	谢国明	重庆医科大学
	沈 琴	重庆光学仪器厂
实验(22)	钱洪卫	温州医学院
实验(23)	毛帆青	上海第三分析仪器厂
实验(27,28)	吴洪池	上海分析仪器厂
实验(30)	窦 葳	上海第二医科大学
实验(34)	蒋 庆	温州医学院
实验(35)	吴光复	四川仪表九厂
实验(36)	徐小普	温州医学院
实验(38)	翟建才	第三军医大学
实验(39)	王存义	上海第二医科大学
实验(40)	陈付毅	温州医学院
实验(41)	曾云亮	温州开关三厂
	陈付毅	温州医学院
实验(42)	曾碧新 徐小普	温州医学院

序

医学检验仪器学是近几年来在我国高等医学检验专业中建立起来的一门新兴学科,自1991年国内第一本《医学检验仪器学》教材出版后,不少学校逐步创造条件已陆续开出这门课程,在实验方面也摸索了一定经验。在此基础上,采用厂校结合,联合全国八校七厂同行们的力量,经过几年的辛勤劳动和反复实践,探索编写该课程实验教程的途径,于1992年终于完成了《检验仪器学实验教程》的编写任务,为完善医学检验仪器学这门新兴学科的教材建设作出了重要贡献,填补了我国高等医学检验专业中无医学检验仪器学这门学科的空白。这对加强未来医学检验领域高层次专业人材的检验系学生能力的培养,提高我国的医学检验水平,促进该学科的发展和师资队伍的建设,都将具有深远的意义。

该书内容丰富,涉及仪器面广,科学概念准确,理论阐述精炼而清晰,尽量从我国国情出发,紧密联系实际,构思新颖,设计合理,不少实验设计具有独创性。此书在国内尚属首次出版,相信本教程在教学实践中会得到不断的充实与完善。

值此,我谨对编著本书的全体教授、专家、高级工程师和为本书出版作出贡献的人们表示衷心的祝贺和诚挚的谢意。

康格非

1992年9月

前 言

科学技术的飞速发展,大大促进了医学检测理论及实验室仪器和技术的发展。高灵敏度、多功能、自动化的检测仪器不断涌现,并广泛应用于医学检验各个领域,已成为检验工作者不可缺少的重要武器。由于检验仪器换代更新周期短,现代化程度愈来愈高,作为未来医学检验领域高层次的专业人材的检验系学生,能否正确掌握和使用这些现代化的检验仪器,将直接影响到现代医院的诊断与治疗水平。为此,在《医学检验仪器学》一书出版前后的几年中,我们采用厂校结合方式,集全国同行们的智慧和力量,根据我国的实际情况,共同探索编写《检验仪器学实验教程》的途径,经过几年的反复实践,在已取得一定成绩和经验的基础上,于1992年1月在重庆医科大学召开了《检验仪器学实验教程》的编写会议,并拟定了编写大纲。同年8月在温州医学院召开了《检验仪器学实验教程》定稿会。

本书从我国国情出发,紧密结合专业发展的需要,重点涉及检验仪器的应用、仪器原理的验证、仪器的调校、仪器的性能测试、仪器的模拟、仪器的拆装调试、仪器的质量评估、仪器的故障排除等多种实验模式。重在对学生能力培养,以常规仪器为主,兼顾一定数量的现代检验仪器与技术。全书内容丰富、涉及仪器面广、坚持理论联系实际和少而精的原则、力求语言精炼易懂,体现专业特色,采用国际单位制,根据各校设备情况,可选用不同实验,因此,可供54~126学时教学使用。

该书由全国高等医学检验教育协会理事长、重庆医科大学检验系系主任康格非教授主审。由重庆医科大学刘泽民、上海医科大学李开国任主编著,上海第二医科大学戴仁恩、温州医学院金成鹏任副主编著。参加编写的单位与人员有:重庆医科大学、上海医科大学、上海第二医科大学、温州医学院、华西医科大学、湖南医科大学、第三军医大学、广东医学院、四川仪表九厂、上海分析仪器厂、上海第三分析仪器厂、上海医用分析仪器厂、重庆光学仪器厂、温州康宁医疗器械研究所、温州开关三厂的教授、专家和高级工程师。

在编写过程中先后得到卫生部高等医学检验专业教材编审委员会主任陶义训教授、副主任陈惠黎教授以及参编单位各院校检验系领导的大力支持。四川仪表九厂、上海分析仪器厂、上海第三分析仪器厂、上海医用分析仪器厂、重庆光学仪器厂、温州康宁医疗器械研究所、温州开关三厂、浙江永嘉上塘教学仪器厂为本书的编写提供了各种宝贵的技术资料和帮助。重庆医科大学曾照芳老师为该书的编写作了不少工作,谨此一并致谢。

康格非教授始终关心并领导《医学检验仪器学》这门新兴学科的课程建设和教材建设,是我国“医学检验仪器学”这门新兴学科的创史人,对他付出的辛勤劳动我们表示衷心感谢。

由于时间仓促水平有限,不妥之处在所难免,谨将此书贡献给从事高等医学检验教育第一线 and 医学实验室工作第一线的同行们,敬请专家、读者批评指正。

刘泽民 李开国

1992年9月

目 录

实验 1	离心机调速原理的模拟	(1)
实验 2	台式低速离心机的拆装与维护	(4)
实验 3	超速离心机性能检测	(7)
实验 4	模拟电泳仪	(9)
实验 5	三控电泳仪(电源)工作特性测试	(13)
实验 6✓	光密度扫描仪的应用与调试	(17)
实验 7	电位法模拟实验	(20)
实验 8	酸度计性能检定	(23)
实验 9	溶液电导率测量的模拟实验	(28)
实验 10	模拟示波极谱仪	(32)
实验 11	极谱仪性能测试	(36)
实验 12	光电传感器特性测试	(40)
实验 13	分光元件角色散率的测定	(42)
实验 14✓	多通道酶标分析仪的使用与检查	(45)
实验 15	紫外、可见、近红外分光光度计的主要性能指标的检查方法	(49)
实验 16	721 分光光度计的校准	(54)
实验 17	721 分光光度计常见故障的检修	(57)
实验 18✓	722 分光光度计的使用和调校	(61)
实验 19	双光束产生与检测模拟实验	(64)
实验 20✓	UV-265 紫外可见分光光度计的使用	(67)
实验 21	红外分光光度计性能检查	(70)
实验 22	荧光产生及检测	(73)
实验 23✓	荧光分光光度计的检查与应用	(76)
实验 24	火焰光度计的安装和调校	(80)
实验 25	火焰光度计的使用和维护	(84)
实验 26	原子吸收分光光度计雾化器的调整	(87)
实验 27	火焰原子吸收分光光度计主要技术指标的测试	(91)
实验 28	影响原子吸收分光光度计主要技术指标的原因和故障排除	(95)
实验 29✓	生化分析仪调试	(98)
实验 30	模拟光电型血细胞计数器	(101)
实验 31	普通光学显微镜的拆装与调试	(104)
实验 32	高档显微镜的调试与使用	(108)
实验 33✓	显微摄影	(113)
实验 34	微机温控实验	(119)

实验 35	模拟气相色谱分离实验	(123)
实验 36	梯度装置模拟实验	(126)
实验 37	✓ 高效液相色谱仪的使用	(130)
实验 38	液闪计数装置的调试和质量评价	(132)
实验 39	计算机技术在检验仪器中的应用	(136)
实验 40	脉冲高度分析器	(140)
实验 41	检验仪器常用放大电路	(145)
实验 42	单板机过程控制实验	(151)
主要参考文献。		(157)

实验 1 离心机调速原理的模拟

目的

1. 熟悉离心机调速的方法和原理。
2. 了解可控硅直流调压电路的结构、原理,学会用示波器测量电路参数。

器材

微型电动机一台、 10Ω 滑线式变阻器一只、直流稳压电源一台、双刀开关一个、万用电表一只、电子示波器一台、1:1 隔离变压器一只、可控硅直流无级调压实验盒一个、螺丝刀一把。

原理

离心机是利用离心力对混合液进行快速分离及沉淀的常用检验设备。

离心机的主体是单相串激电动机(即把激磁绕组和转子绕组串联在电路上)。常见的调速方法有三种:串联可变电阻(或电感);改变电刷接触位置;用可控硅直流无级调压电路实现无级调速。

用串接一个可变电阻或可变电感的方法能控制转子电流而改变转速。但是串联电阻上流过大电流时有较大热损耗,因此也可用改变电源电压的手段来调速。多头可变电阻调速如图 1-3 所示。

用改变整流子上电刷位置来实现调速,如 LXJ-64-01 型离心机,其功率达 188W,若以电刷连线分界,上下两边的导线电流方向正好相反,电流在磁场作用下形成了使转子转动的转矩,如图 1-1(a)所示。若电刷转动一个角度,如图 1-1(b)所示,则除了与电刷接触的 1、4 导线因没有电流而不受力的作用外,导线 2 和 5 在磁场中受力形成的转矩促使电动机转子反转,因此转速变慢。越是使电刷连线偏离整流子的几何中心面,转速越慢。

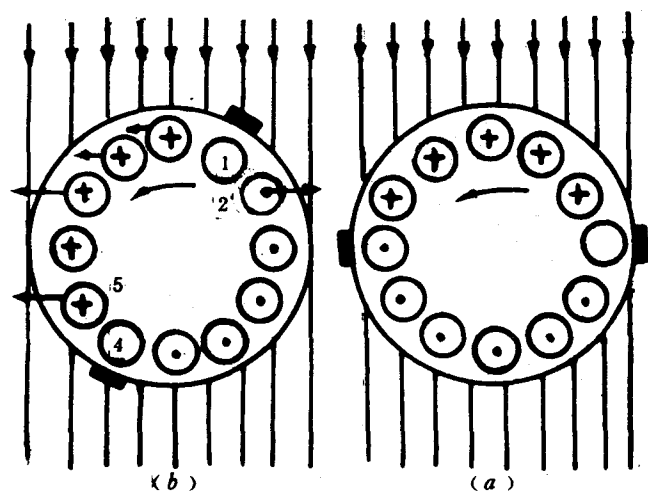


图 1-1 改变整流子上电刷位置实现调速

应用可控硅直流调压来控制离心机转速。常用可控硅构成单相桥式可控整流电路,它能够达到整流和调压双重目的,负载上获得直流平均电压为

$$U_d = 0.9U_2 \frac{1 + \cos\alpha}{2}$$

只要使加在可控硅触发极 G 上的触发脉冲的出现时刻连续可调,即控制角 α 连续可调,则整流后在负载上所得的直流电压也连续可调,达到无级调压的目的,因此可控制离心机转速。

仪器描述

可控硅直流调压电路如图 1-2 所示。

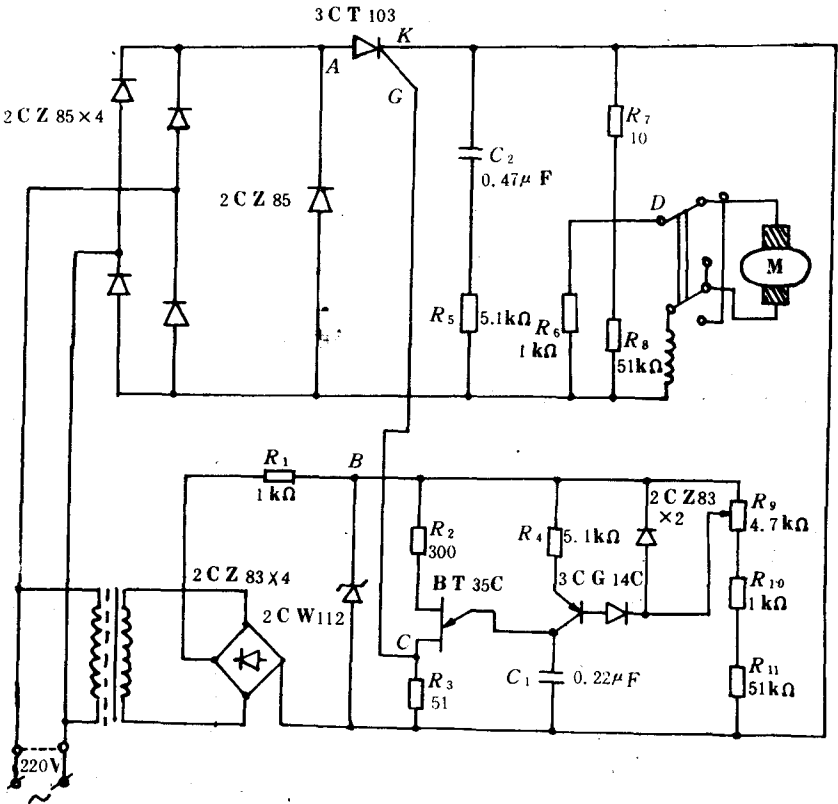


图 1-2 可控硅直流无级调压的模拟电路图

电路上部为主电路,下部为触发脉冲形成电路。下部电路所产生的触发脉冲要达到使上部电路中可控硅导通的足够的幅度与宽度,同时使控制角 α 有一定变化范围,并保证每一周期的控制角相等。改变 R_9 的阻值可调节控制角 α 的大小达到无级调压。

步骤

1. 用串联可变电阻,调节转子电流来控制转速。如图 1-3 所示。

(1)将 10Ω 滑线式变阻器串联在串激直流电动机的电路中,在接通电路前,将变阻器滑动端置于中间位置。

(2)接通电源,改变变阻器阻值,当电阻值减小观察电动机转速变化,是加速还是减速。

2. 用改变电刷位置来调节转速。

拆开 LXJ-64-01 型离心机,观察其电刷结构与位置(该机电刷装在一个转盘上,用一根长手柄接到机外,用控制手柄位置来调节电刷位置)。手柄转过一定角度,观察电刷连线是偏离整流子的几何中心面还是相反? 再与离心机启动后调节手柄位置实际调速效果相对照。

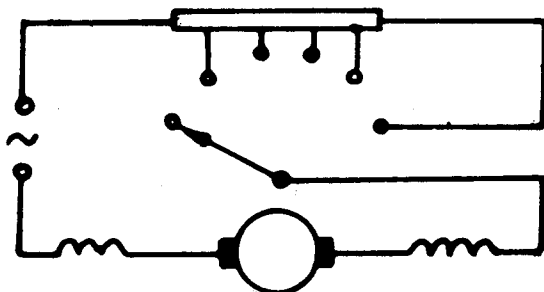


图 1-3 串联可变电阻控制电动机转速

3. 用可控硅直流无级调压电路来调节转速

(1)对照图 1-2 观察实验盒电路,分清主电路和触发脉冲形成电路。

(2)将电源线插头插入实验盒插孔,再将另一端插头接 1 : 1 隔离变压器副边,原边两端接 220V 交流电源。

(3)用导线将触发回路 C 点和主回路中 G 点连接起来。用螺丝刀将电位器旋柄按逆时针方向旋到顶端。

(4)将示波器与交流电源接通并调整示波器。

(5)将万用电表置于直流电压 500V 量程档,接入实验盒直流输出插孔(注意量程,谨防短路)。

(6)实验盒接通电源,盒内指示灯亮。用螺丝刀按顺时针方向缓慢旋动 R_p 电位器,观察电表指示变化范围,并作记录。

(7)将输出直流电压调整到 300V 左右,用示波器观察 A、B、C、D 的电压波形并作记录。

(8)将输出直流电压调整到 100V 左右,用示波器观察 A、B、C、D 的电压波形并作记录。

(9)把直流电动机作为负载,旋转 R_p 电位器,观察调速效果。

注意

①实验盒要接 1 : 1 变压器隔离电源,以避免各实验组间的干扰。示波器则直接接交流 220V 电源插孔,不能接错,否则可能损坏元件。

②不准打开实验盒透明盖板,因为内有 220V 以上高压。发现异常现象应立即切断电源,报告老师检查处理,确保用电安全。

记录

1. 可控硅直流调压电路输出直流电压为 300V 时,分别绘出 U_A-t 、 U_B-t 、 U_C-t 、 U_D-t 曲线。

2. 输出直流电压调节到 100V 时,分别绘出 U_A-t 、 U_B-t 、 U_C-t 、 U_D-t 曲线。

实验2 台式低速离心机的拆装与维护

目的

1. 了解低速离心机的原理与结构。
2. 学会对台式低速离心机的拆装。
3. 掌握低速离心机的正确使用方法及常见故障的排除。

器材

台式低速离心机 1 台、螺丝刀两把、元件盒 1 个、活动扳手 1 把、电烙铁 1 把、油壶 1 个、转速表 1 个、00 号砂纸一张。

原理

电动机带动转盘高速旋转，离心管内的微粒在离心力作用下沿离心管外移，这就是离心沉降。转速越快，离心力越大，微粒沉降越快，分离越彻底。

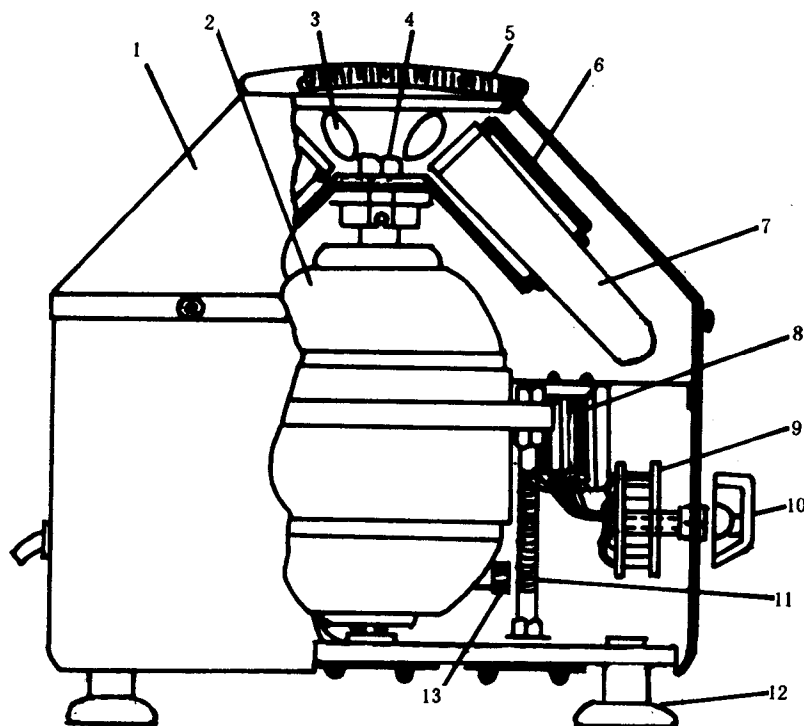


图 2-1 800 型台式低速离心机结构

1. 外罩 2. 电动机 3. 放置试管套的圆孔 4. 螺帽 5. 顶盖 6. 转盘 7. 试管套
8. 扼流圈 9. 波段开关 10. 调速旋钮 11. 减震弹簧 12. 橡胶吸脚 13. 电刷盒

仪器描述

如图 2-1 所示,台式低速离心机主要由电动机、转盘、调速器、机座等组成。转盘直接连于电动机转轴上。电动机是离心机的心脏,一般采用启动转矩大、速度特性软、转速高的串激式电动机。串激式电动机主要由定子和转子两部分组成,为了改变转速,在电源与电动机之间串联了变阻器或扼流圈。如图 2-2 即为利用扼流圈调速的离心机电路。改变变阻器阻值或扼流圈抽头,就能改变流过电动机的电流,从而达到调速之目的。

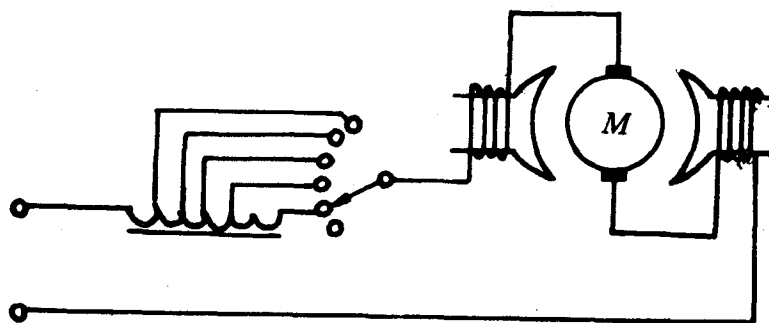


图 2-2 离心机电路

步骤

离心机系精密仪器,拆装过程应按操作步骤进行,特别是拆装转盘和转轴时更应细心,严禁摔碰。

1. 拆

原则是先外后内,先上后下。

- (1)取下顶盖⑤,用螺丝刀拧下外罩下部的螺钉,并取下外罩①。
- (2)用扳手拧下转盘上端的螺帽④,小心取下转盘⑥。
- (3)用螺丝刀拧下橡胶吸脚 12,取下底板。
- (4)用扳手卸下电机座上的四个螺帽,从电机②取出离心机。
- (5)用手拧下电动机下端两侧的两个电刷盒帽并取出电刷。
- (6)拧下电动机端盖的固定螺钉,用木锤轻轻敲击端盖四周,取下端盖。
- (7)小心取出电机转子。

2. 清洗和整修

(1)用毛刷或软布将定子和转子上的炭粉去掉,整流子间的炭粉和污物若不易去掉,可用少量汽油擦洗。

(2)观察整流子的磨损情况,并记于表 2-1 中,若整流子表面有烧灼的痕迹或凹凸不平处,可用 00 号细砂纸仔细打磨光洁。

(3)用万用电表 $\times 1\Omega$ 档测量整流子每两牙间的电阻,应基本相等,若差值太大,说明有故障,不能使用。将测量结果记于表 2-1 中。

(4)观察电刷磨损情况,并记于表 2-1 中,若电刷短于 10mm 或前端崩缺,则应更换新电刷。

3. 装

原则上是拆的逆过程,即先拆的后装,后拆的先装,先装内部,后装外部。

(1)将清洗好的转子轻轻放于定子中,安上端盖并上紧螺钉。用手旋转转轴,转子应能灵活转动。

(2)将电刷装入刷盒,拧上刷盒盖。

(3)将电动机装入离心机壳内,并用螺钉固定。

(4)将转盘⑥套在转轴上,并拧紧螺帽④。

(5)装上外罩①,用螺钉固定,并盖上顶盖⑤。

4. 试机

(1)将调速旋钮逆时针旋到位,电源开关置“关”。(2)插上电源插头,电源开关扳至“开”,这时电机应转动,并有轻微的“沙、沙”声。若是新换电刷,此过程应保持十分钟以上,以使电刷和整流子表面很好吻合。

(3)逐渐将调速旋钮向顺时针方向旋转,转速逐渐增高,声音也有所增加。

注意:试机过程中不得有剧烈的振动和异常声响,也不应有焦臭味,若出现上述现象,则应立即关机,找出故障原因。

(4)取下顶盖,用转速表接触转轴中心,测出离心机的最高转速和最低转速,并记于表 2-2 中。

记录

表 2-1

	整流子两牙间的电阻 Ω			磨 损 情 况			处理情况
	最小	额定	最大	正常	轻度磨损	严重磨损	
整流子							
电 刷							

表 2-2

响 声	振 动	最低转速	最高转速

思考题

1. 能否在不装转盘时将转速调到最高档试机?
2. 开机后振动剧烈可能是什么原因?

实验3 超速离心机性能检测

目的

1. 了解超速离心机的结构。
2. 了解超速离心机的性能、检测方法。

器材

实验室制备超速离心机 1 台、兆欧表 1 只、秒表 1 只、声级计 1 台、转速计 1 台。

原理

超速离心机的最高转速可达 $30\text{kr}/\text{min}$ 以上,可用于亚细胞器的分离。仪器的自动化程度高,功能齐全。定期检测离心机的性能,了解其运行状态,对离心机的使用及维护是很重要的。

对于超速离心机有严格的技术要求,一般在出厂前要经过升降速时间、转速稳定精度、离心室制冷效果、离心室转头温度稳定精度、离心室真空度、驱动系统密封轴承表面温升、驱动系统振动加速度、绝缘电阻、过速指标检查及外观检查等 10 个项目的试验。在日常工作中可根据条件选择其中一些项目来测试超速离心机的性能。

仪器描述

超速冷冻离心机可分为分析用及制备用两种。本实验用的是实验室制备超速离心机,其主体由机架、离心室、转头、驱动系统、速度控制系统、温度控制系统、真空系统、润滑系统和电气控制系统等组成。

步骤

1. 绝缘电阻的测试:用兆欧表测量离心机电源线与机壳间的绝缘电阻并记录下来。
2. 冷却系统制冷效果的测试:装上能升至最高转速的转头,按程序操作超速离心机,单独开动冷冻系统,在 15min 时记录温度指示表的温度读数下降值。
3. 离心室真空度的测试:装上能升至最高转速的转头,按程序操作离心机,待润滑油到达转轴的油封部位后,在不制冷的情况下单独开动真空系统并开始计时,当离心机到达最高转速时,记录真空指示表上的指示数值及到达指标值的时间。
4. 升降速时间的测试:将转速表的输入端接到离心机测速传感器的输出端,装上能升至最高转速的转头,离心室转头温度设为 0°C ,速率旋钮旋至最大。启动离心机,同时记时,当转速升至最高时,记录升速时间。接着制动停机并开始计时,当转速由最高降至 0 时,记录降速时间。
5. 转速测试:装上能升至最高转速的转头,按程序操作离心机,在工作转速范围内,在速率旋钮上预置一转速,稳速半小时后,用离心机上的轮转计测量 10min 的总转数,将此总转数除

以 10 即为实际转速。并同时记录离心机上转速表的读数,两者之差即为转速稳定精度。

6. 整机噪声的测试:将声级计放置在距离离心机正前方 1m,距地面 1.5m 处,测量离心机在最高转速时的噪声。

记录

表 3-1

No	测 试 项 目	技 术 指 标	实 测 指 标
1	转速稳定精度	$\pm 500r \cdot \min^{-1}$	
2	制冷效果	30℃/15min	
3	转头温度稳定精度	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	
4	真空度	5×10^{-3} 托/20min	
5	绝缘电阻	$> 5M\Omega$	
6	绝缘强度	50Hz、1500V/min	
7	升降速时间	15min/15min	
8	超速保护	$20500 \sim 21000r \cdot \min^{-1}$	
9	噪声	70dB(A)	
10	外观		

注:表中技术指标摘自中华人民共和国专业标准 ZB Y221-84“实验室制备超速离心机.”。

实验4 模拟电泳仪

目的

1. 进一步了解电泳仪的原理及结构。
2. 学会基本的焊接技能。

器材

万用电表 1 个、示波器 1 台、IN4007 4 只、IN4001⁺4 只、BT33 1 只、300V 直流电压表 1 个、100mA 直流电流表 1 个、50W3K Ω 滑线电阻器 1 个、50W1k Ω 电阻 1 个、100k Ω 电位器 1 个、变压器一个、电阻若干、实验电路板一块。

原理

悬浮或溶解在溶液中的带电粒子,在电场中间其与自身带相反电荷的电极移动的现象叫“电泳”。相同成分的带电粒子在不同电场中的移动速度是不同的,而不同成分的带电粒子,在相同电场中的移动速度也是不同的,经过一段时间后,各类粒子间的距离被拉开而分离。这就是电泳测定和分离的基础。

仪器描述

模拟电泳仪主要由可控硅整流和脉冲触发电路组成,以可调电阻作负载,能模拟低压型电泳仪的工作原理。其输出电压在 50~300V 间连续可调,可输出 0~300mA 电流。电路原理框图如图 4-1 所示,从图中可见,主电路由桥式整流、可控硅、 π 型滤波器等组成,触发电路由降压变压器、桥式整流器、削波电路和脉冲信号发生器组成。

模拟电泳仪电原理如图 4-2 所示。削波电源通过可变电阻 R_2 和 R_3 对电容 C_1 充电,由于 C_1 是通过较小的电阻 R_3 接在单结晶体管的 e 和 (b) 之间,所以 C_1 的电压逐渐升高。

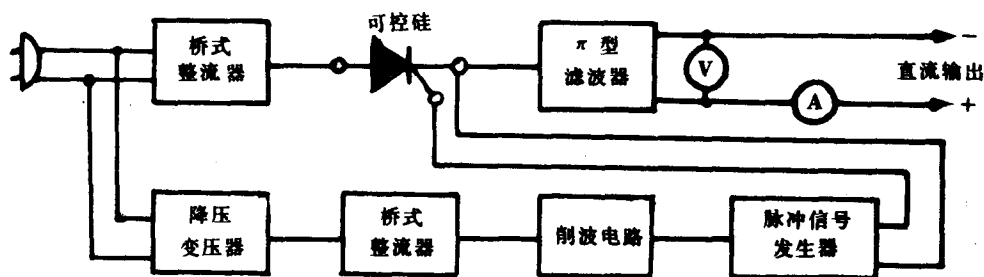


图 4-1 电泳仪原理框图

在 C_1 两端电压低于峰点前,单结晶体管不导通。一旦 C_1 充电至峰点电压时,单结晶体管立即