

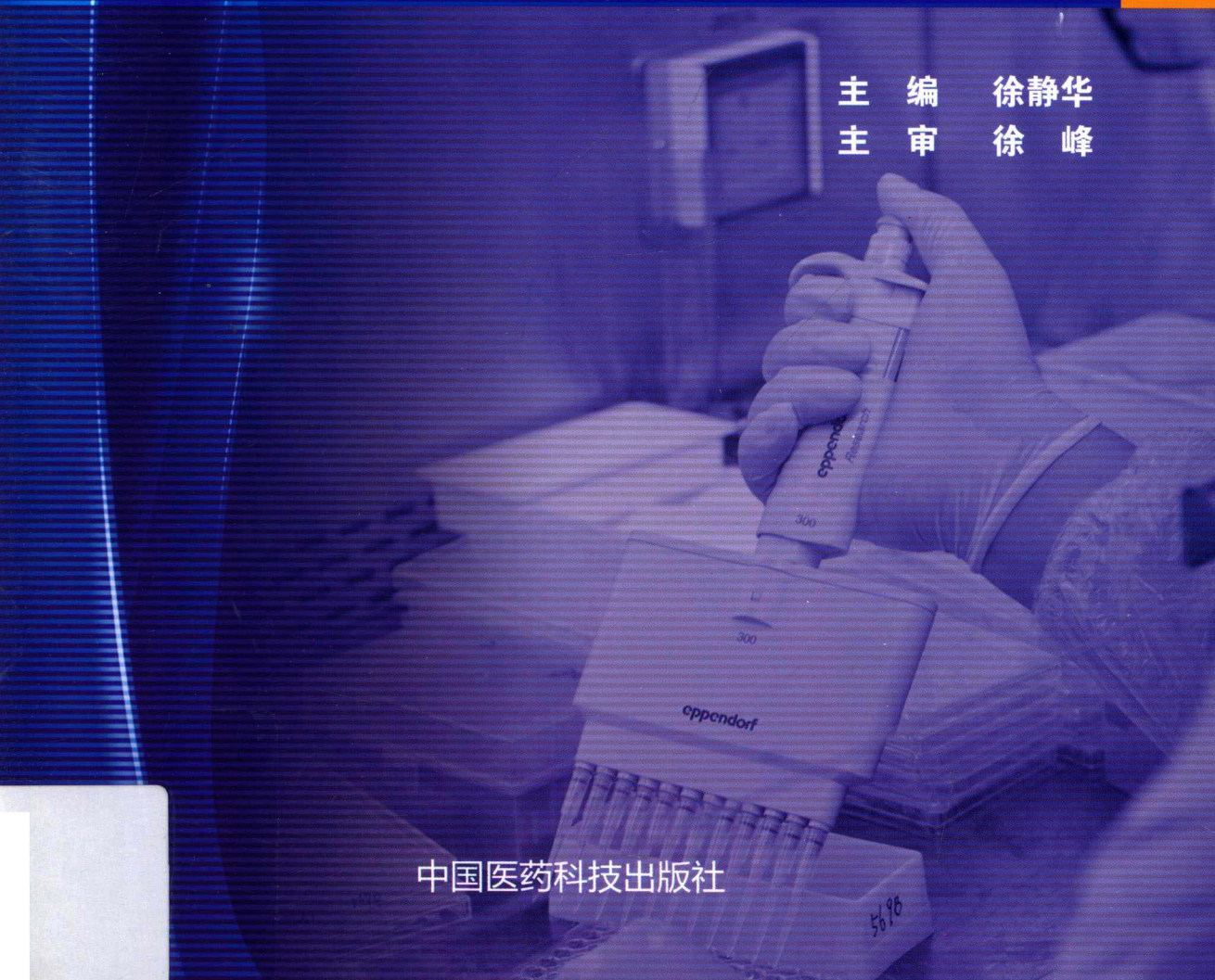
全国高等医药院校药学类实验教材

人体解剖生理学实验

(第二版)

主 编 徐静华
主 审 徐 峰

中国医药科技出版社



全国高等医药院校药学类实验教材

人体解剖生理学实验

(第二版)

主 编 徐静华

主 审 徐 峰

中文审校 徐 成

英文审校 刘羽丹

编 者 (以姓氏笔画为序)

于 杨 王 敏 王佳虹

刘羽丹 李 欣 李 彦

李 罡 李恩光 谷艳婷

张 弘 张 舟 陈 侠

周晓棉 徐 成 徐静华

商 捷 崔 巍 温慧敏

臧凌鹤 魏秀岩

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书为全国高等医药院校药理学类实验教材之一。全书实验内容分为三个部分,分别介绍了基本知识、人体形态学实验和生理学实验。为适应教育国际化的要求,从第三章生理学实验开始增加了英文对照内容,以便于学生在阅读英文文献、撰写英文论文时参考。

本书可作为高等医药院校药理学及相关专业教材使用,也可供医药学相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人体解剖生理学实验/徐静华主编.—2版.—北京:中国医药科技出版社,2014.8

全国高等医药院校药理学类实验教材

ISBN 978-7-5067-6897-9

I. ①人… II. ①徐… III. ①人体解剖学-人体生理学-实验-医学院校-教材
IV. ①R324-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第152561号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行:010-62227427 邮购:010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 10 $\frac{1}{2}$

字数 209千字

初版 2006年3月第1版

版次 2014年8月第2版

印次 2014年8月第2版第1次印刷

印刷 航远印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-6897-9

定价 23.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国高等医药院校药理学类规划教材常务编委会

名誉主任委员 邵明立 林蕙青
主任委员 吴晓明 (中国药科大学)
副主任委员 (按姓氏笔画排序)
刘俊义 (北京大学药学院)
匡海学 (黑龙江中医药大学)
朱依淳 (复旦大学药学院)
朱家勇 (广东药学院)
毕开顺 (沈阳药科大学)
吴少祯 (中国医药科技出版社)
吴春福 (沈阳药科大学)
张志荣 (四川大学华西药学院)
姚文兵 (中国药科大学)
高思华 (北京中医药大学)
彭成 (成都中医药大学)

委 员

(按姓氏笔画排序)
王应泉 (中国医药科技出版社)
田景振 (山东中医药大学)
李高 (华中科技大学同济药学院)
李元建 (中南大学药学院)
李青山 (山西医科大学药学院)
杨波 (浙江大学药学院)
杨世民 (西安交通大学药学院)
陈思东 (广东药学院)
侯爱君 (复旦大学药学院)
娄红祥 (山东大学)
宫平 (沈阳药科大学)
祝晨蓁 (广州中医药大学)
柴逸峰 (第二军医大学药学院)
黄园 (四川大学华西药学院)
朱卫丰 (江西中医药大学)
夏焕章 (沈阳药科大学)
徐晓媛 (中国药科大学)
沈志滨 (广东药学院)
浩云涛 (中国医药科技出版社)
赵燕宜 (中国医药科技出版社)

秘 书

第二版前言

人体解剖生理学是一门实验科学，因此，人体解剖生理学实验在教学中就显得十分重要。实验教学不仅仅是验证理论课的知识，更重要的是培养学生的创新意识，提高学生的动手能力，让学生在实践中完善独立分析问题、解决问题的能力。《人体解剖生理学实验》第一版于2008年正式出版并公开发行。作为《人体解剖生理学》的配套实验指导，原版教材在全国高等医药院校药学类专业人才基本知识、基本理论和基本技能培养方面贡献了自己的力量。

六年来的教学实践为该教材的再版奠定了坚实的基础。第二版教材有以下几个特点。第一，保留了原版教材的整体框架和基本内容。总体上涵盖了人体解剖学、组织学和生理学的相关实验内容，是目前较为系统、全面、完整且内容丰富的人体解剖生理学实验教材。第二，实验内容的取舍上强调了适用性和可操作性。再版教材重点突出实验成功率高、教学使用频率高、教学效果好的内容，删减了部分使用率较低的实验内容和仪器介绍内容，同时根据实验仪器的更新情况增补了一些实验仪器介绍。第三，注重了知识拓展性和学科交叉性。在生理学实验部分除常规实验外，还专门开辟了综合性实验和探索性实验，这将有利于学生全面了解和综合掌握生理学实验课程的教学内容。第四，以生理学实验教学为突破口，采用双语体系编写，为实验课程改革构建了外语教学平台，有利于提高学生科技英语水平。

参加本教材编写的人员为沈阳药科大学生理教研室的全体教师和机能实验室的部分教师。他们对工作的敬业精神和对细节的斟酌是本教材顺利修订的保证，借此机会，谨向他们表示衷心的感谢。

本教材可作为高等医药院校、药学类专业人体解剖生理学实验课教材，也可供有关教师实验教学中参考。

我们在组织修订本教材过程中力争体现人体解剖生理学实验的全面性、系统性和先进性，尽管如此，鉴于我们的经验和水平有限，肯定还存在许多不足。恳请广大同行、读者多提宝贵意见，以利今后进一步修订，使本书能够适应我国飞速发展的药学教育事业的需要。

编者
2014年4月

| | |
|---------------------------------|------|
| 第一章 人体解剖生理学实验的基本知识 | (1) |
| 第一节 人体解剖生理学实验的基本要求 | (1) |
| 第二节 生理学实验常用仪器 | (3) |
| 第三节 实验动物基本知识 | (22) |
| 第二章 人体形态学实验 | (35) |
| 第一节 大体解剖学实验 | (35) |
| 实验一 运动系统解剖 | (35) |
| 实验二 呼吸系统解剖 | (37) |
| 实验三 循环系统解剖 | (38) |
| 实验四 消化系统解剖 | (41) |
| 实验五 泌尿系统解剖 | (43) |
| 实验六 生殖系统解剖 | (44) |
| 实验七 内分泌系统解剖 | (46) |
| 实验八 神经系统解剖 | (46) |
| 第二节 组织学实验 | (50) |
| 实验一 基本组织 | (53) |
| 实验二 主要器官组织学观察 (I) | (57) |
| 实验三 主要器官组织学观察 (II) | (61) |
| 实验四 主要器官组织学观察 (III) | (65) |
| 第三章 生理学实验 | (69) |
| 第一节 生理学常规实验 | (69) |
| 实验一 肌肉的收缩特征 | (69) |
| 实验二 神经干动作电位观察 | (71) |
| 实验三 红细胞渗透脆性测定 | (73) |
| 实验四 影响血液凝固的因素 | (75) |
| 实验五 红细胞与白细胞计数 | (75) |
| 实验六 血型鉴定 | (78) |
| 实验七 蛙心起搏点的观察 | (79) |
| 实验八 人体动脉血压的测量 | (80) |

| | | |
|------|--------------------------------------|-------|
| 实验九 | 离体蛙心灌流 | (82) |
| 实验十 | 心血管活动的神经-体液调节 | (84) |
| 实验十一 | 蛙肠系膜微循环的观察 | (86) |
| 实验十二 | 呼吸运动的调节 | (87) |
| 实验十三 | 离体肠管平滑肌的生理特性 | (88) |
| 实验十四 | 反射弧的分析 | (90) |
| 实验十五 | 反射中枢活动的特征 | (91) |
| 实验十六 | 小脑对躯体运动功能的调节 | (93) |
| 实验十七 | 肾上腺对水和电解质代谢的影响 | (94) |
| 实验十八 | 胰岛素对血糖的调节作用 | (96) |
| 第二节 | 生理学综合性实验 | (97) |
| 实验一 | 神经干动作电位、多(群体)肌细胞动作电位、肌肉收缩的同步记录 | (97) |
| 实验二 | 心肌群体细胞动作电位、心电图及心脏收缩的同步记录 | (99) |
| 实验三 | 影响尿生成的因素 | (101) |
| 实验四 | 循环、呼吸和泌尿功能的综合观察 | (103) |
| 第三节 | 生理学探索性实验 | (105) |
| 实验一 | 循环血量的测定 | (105) |
| 实验二 | 考察血糖对尿生成的影响 | (106) |

Chapter 3 Physiological experiments (108)

| | | |
|---------------|---|-------|
| Section 1 | Physiological fundamental experiments | (108) |
| Experiment 1 | The characteristics of muscle contraction | (108) |
| Experiment 2 | Observation on the action potential of nerve trunk | (111) |
| Experiment 3 | Erythrocyte osmotic fragility test | (113) |
| Experiment 4 | Influencing factor of blood coagulation | (115) |
| Experiment 5 | Counting of erythrocytes and leucocytes | (116) |
| Experiment 6 | Identification of blood group | (118) |
| Experiment 7 | Observation the frog heart pacemaker | (120) |
| Experiment 8 | Measurement of arterial blood pressure in human | (121) |
| Experiment 9 | Isolated frog heart | (124) |
| Experiment 10 | Nervous and humoral regulation of cardiovascular activities | (126) |
| Experiment 11 | Observation of frog's mesenteric microcirculation | (128) |
| Experiment 12 | Regulation of respiratory movement in rabbits | (130) |
| Experiment 13 | Physiological characteristics of the isolated small intestine smooth muscle | (132) |
| Experiment 14 | Analysis of reflex arc | (134) |

| | |
|--|-------|
| Experiment 15 The characteristics of the reflex center activities | (135) |
| Experiment 16 The regulation of cerebellum to somatic movements | (137) |
| Experiment 17 Effect of adrenal gland on water –electrolyte metabolism in rats | (139) |
| Experiment 18 Regulation effect of insulin on blood glucose in mice | (140) |
| Section 2 Physiological comprehensive experiments | (142) |
| Experiment 1 The simultaneous recording of nerve trunk action potential, many (group) myocytes action potential and muscle contraction | (142) |
| Experiment 2 The simultaneous recording of myocardium group cells action potential, ECG and contraction | (144) |
| Experiment 3 Factors influencing urine formation | (146) |
| Experiment 4 Comprehensive observation of circulatory, respiratory and urinary system | (149) |
| Section 3 Physiological exploratory experiments | (152) |
| Experiment 1 Determination of circulatory blood volume | (152) |
| Experiment 2 Effect of blood glucose on urine formation | (153) |
| 附录 | (154) |
| 参考文献 | (159) |

第一章 人体解剖生理学实验的基本知识

第一节 人体解剖生理学实验的基本要求

一、实验目的和要求

(一) 实验目的

1. 学习正常人体解剖结构、基本组织及主要器官的显微结构，为理解人体解剖结构和功能的关系打基础。
2. 熟悉人体形态学的学习方法，学会熟练使用光学显微镜。
3. 熟悉常用实验仪器的使用方法，初步掌握生理学实验的基本操作技术。
4. 验证和巩固生理学的基本概念和基本理论，培养学生树立严谨的科学态度、实事求是的科学作风和独立分析问题、解决问题的能力。

(二) 实验要求

- (1) 实验前 仔细阅读实验指导书，了解实验目的、要求、方法和步骤，复习有关理论知识，预测实验中各个步骤可能出现的情况，检查实验器材和药品是否齐全。
- (2) 实验中 器材摆放力求整齐，认真循序操作，注意安全，严格遵守规章制度。耐心、细致地观察实验中出现的每个现象，准确、及时、客观地记录，在没有获得预期结果时，也应如实记录。尊重教师指导。节约药品和试剂，尽量减少对动物的不必要损伤。
- (3) 实验后 整理实验器材，关闭实验仪器电源；认真撰写实验报告，值日生值日，送回动物。

二、生理学实验报告的撰写及注意事项

(一) 生理学实验报告撰写的意义

生理学实验以动物为实验对象，用实验的方法观察正常、疾病和药物作用下的动物机体功能和代谢变化，并研究这些变化的机制及规律。实验报告是描述实验过程，记录实验结果的材料；是表达实验研究成果的一种形式；是对实验的全面总结，为今后撰写科学论文打下良好的基础。实验报告应做到内容准确、明白，文字简练、通顺，书写清楚、整洁。标点符号、外文缩写、单位度量等准确、规范。

(二) 生理学实验报告撰写的原则

- (1) 真实性 实验报告是对动物实验全过程的记录，务必做到实事求是，绝对真实可靠。对动物实验过程的各种现象和结果都要认真、仔细地观察、客观、准确地记录，绝对不能舍弃或修改不符合主观意愿的结果。
- (2) 可重复性 可重复性是实验报告的关键。生理学实验报告所记述的现象和结

果必须是符合事实而且经得起别人重复验证的，只要别人能够重复出相同的现象和结果的实验，才能获得社会的公认。

(3) 可操作性 可操作性是真实性和可重复性的补充，是在真实性的基础上通向可重复性的途径。生理学实验报告对动物实验的各个环节均有明确的记录，使别人能够按照所记述的方式方法进行操作，达到取得相同结果的目的。

(三) 生理学实验报告的基本格式与要求

1. 基本格式

生理学实验报告的内容和格式通常包括实验名称、实验目的、实验原理、实验器材、实验方法、实验结果、讨论和实验结论等八项内容。

(1) 实验名称 要能够明确表达实验的内容，切忌冗长，也要避免过分笼统。

(2) 实验目的 作为实验报告的开端要直截了当地说明为什么要进行这个实验，解决什么问题，具有什么意义。实验目的要求精练、简短。

(3) 实验原理 是经前人证明的生理学理论，是实验设计的依据和思路。只有明确实验的原理，才能真正掌握实验的关键、操作的要点。实验原理表达要遵循准确、科学的原则。

(4) 实验器材 实验用的所有仪器、材料应介绍齐全，包括名称、型号、规格、数量等。

(5) 实验方法 一般按时间顺序，说明生理实验的操作过程，是实验技术性问题最集中的地方。可用序号列出每一步操作，也可采用操作流程图，上一项操作与下一项操作之间用箭头标示，达到按图索骥的目的。

(6) 实验结果 是在实验过程产生的现象和数据的原始记录的基础上，经过科学加工而成的资料。原始记录是实验结果的根据。在实验过程中，必须随时在有页码的记录本上详尽地进行记录，除记录实验过程及其产生的现象和数据外，还应记录实验的日期、时间、环境条件（温度、湿度或其他特殊条件）和偶然情况，对原始记录不得随意涂改，更不能撕毁脱页。在实验完成之后，应对原始记录进行认真核对，系统分析，对数据进行统计学处理，形成实验结果，正式写进实验报告中。实验结果应包括对结果的文字叙述、以表格形式记录的实验原始数据、经过统计处理的图表、经过编辑标注的原始记录曲线，对图表的说明文字等。

(7) 讨论 是从实验和观察到的结果出发，从理论上对其进行分析、比较、阐述、推论和预测。讨论的内容可包括用已有的理论知识对实验和观察结果进行讨论，从理论上对实验结果的各种资料、数据、现象等进行综合分析；指出结果和结论的理论意义；如果实验没有获得预期的结果，要找出原因加以分析；如发现新问题也要进行分析，提出自己的看法。

(8) 实验结论 是根据实验过程观察到的现象和测得的数据等感性材料进行理论上的分析、推理而产生的理性认识的客观表述。它并不是简单重复正文各部分内容。如果实验已得到明确的结果，那么结论部分的文字就要简短，措辞要严谨，表达要准确。如果所得的实验结果未能说明问题，就不要勉强下结论，实验报告也就写到讨论为止。

2. 生理学实验报告撰写注意事项

(1) 实验报告的撰写要求独立完成，切记抄袭。

- (2) 撰写实验报告应突出真实性、可重复性和可操作性。
- (3) 撰写实验报告应采用专业书面语言, 可用通用符号代替文字概念, 力求简明、确切。
- (4) 可采用示意图等图解的形式, 弥补文字叙述上的不足。
- (5) 撰写实验报告时, 应采用简化字及相应的医学名词, 使用我国法定计量单位。我国法定计量单位包括国际单位制的基本单位、国际单位制的辅助单位、国际单位制中具有专门名称的导出单位、国家选定的非国际单位制单位以及组合的单位等。
- (6) 应按国家标准化委员会发布的《统计名词及符号》的规定: 如样本的算术平均数用英文小斜体 x , 不用大斜体 X 或 M ; 标准差用英文小斜体 s , 不用 SD ; 标准误差用英文大斜体 S 加下角小斜体 x , 即 S_x , 不用 SE 或 SEM ; t 检验用英文小斜体 t ; F 检验用英文大斜体 F ; 卡方检验用希腊文小斜体 λ^2 ; 相关系数用英文小斜体 r ; 概率用英文大斜体 P ; 样本用英文小斜体 n 。
- (7) 节段序号应按“—”、“(一)”、“1.”、“(1)”、“①”层次编排。如实际无需太多的层次, 可自后面依次删减或跳级使用。
- (8) 对实验动物描述的主要内容应包括: 动物种系名称、背景资料、性别、数量、体重、年龄, 以及饲养条件和某些处理方式。背景资料中应包括动物来源、遗传学分类及微生物质量合格证号和饲养环境合格证号。

三、实验室守则

- (1) 遵守学习纪律, 准时到达实验室, 必须穿白大衣并系紧衣扣和袖扣; 实验时因故外出或早退应向教师请假。
- (2) 必须严肃认真地进行观察, 严格遵守操作规程, 提高实验动手能力。如实记录各种实验数据, 养成独立思考习惯, 努力提高自己的独立分析问题、解决问题的能力。
- (3) 实验期间不得进行任何与实验无关的活动。
- (4) 保持实验室安静。
- (5) 实验室内各组仪器和手术器材各组自己使用, 注意保管, 实验结束后清洗干净, 放回原处, 经指导教师检查后方可离开, 如有破损, 需填写破损单进行赔偿。
- (6) 实验中注意水、电的安全使用, 并节约各种实验器材和药品。
- (7) 实验后由值日生负责清扫实验室及处理动物尸体。

(徐静华)

第二节 生理学实验常用仪器

生理学实验常使用各种刺激来引起机体组织和器官的反应, 然后进行客观记录并进行精确的观察和分析, 从而正确地认识其变化规律。实现这一目的, 要依赖于各种仪器的相互配合使用。

一、RM6240 多道生理信号采集处理系统

(一) 系统的特点

该系统是综合应用多媒体计算机技术、先进的电子技术和数字信号处理技术研制而成

的。系统具有多道、多功能全程控放大器及记滴、监听、全隔离程控刺激器等设备。集生物信号采集、放大、显示、记录与分析为一体，采用外置式结构，计算机通过 EPP 并口或 USB2.0 接口与其连接，实现通讯。系统使用 Windows 风格的中文图形界面，操作简便易学。能够实现数据共享，可灵活地将实验数据嵌入到 Word、Excel 等通用软件中。

(二) 系统的组成

系统由硬件和软件两部分组成：硬件包括外置程控放大器、数据采集板、数据线及各种信号输入输出线；软件主要由 RM6240.EXE 及多个实验子模块组成。软件与硬件协调工作，实现系统的多种功能。其面板上设置有外接信号输入插座、刺激器输出插座、记滴及监听插座（图 1-1）。

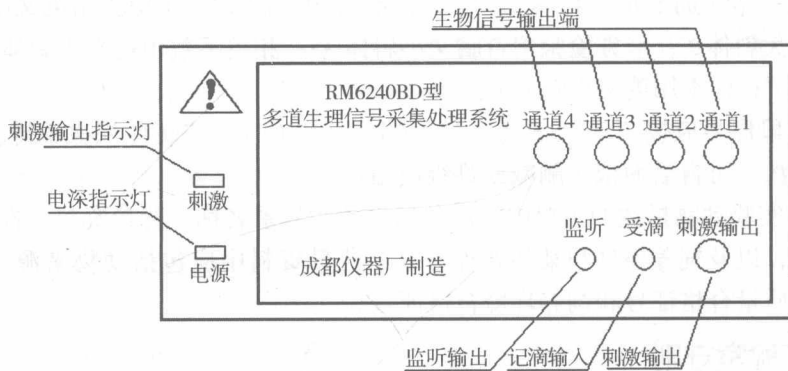


图 1-1 RM6240BD 外置仪器前面板

(三) 系统的运行

1. 启动系统

打开外置的仪器电源，然后开启计算机，用鼠标双击计算机屏幕上的“RM6240 并口xx”图标即可进入实验系统（图 1-2）。

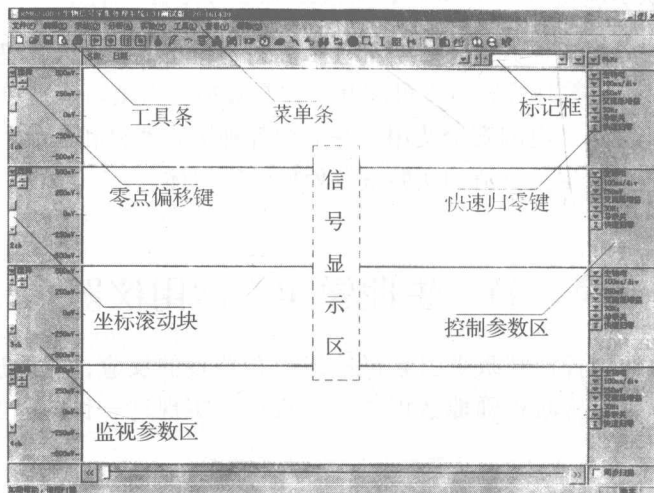


图 1-2 RM6240 BD 主界面

注意开机顺序，应先开外置仪器，然后再进入“实验系统”。如果未开外置仪器即

进入“实验系统”，系统无法进行“示波”或“记录”，此时应退出软件系统，开启外置仪器再进入系统。

(1) 菜单条 显示顶层菜单项，选择其中的一项即可弹出其子菜单。

(2) 工具条 工具条的位置处于菜单条的下方。工具条是提供一种快捷途径。菜单条中最常用的指令，都能在工具条中找到对应的图标（只需鼠标直接点击即可）。在操作工具条时，一旦鼠标指向某图标即会弹出其指令名称。

(3) 控制参数区 可选择当前通道的模式和调节灵敏度、时间常数、滤波、扫描速度等参数，系统每个通道都是多功能放大器，均可作血压放大器和生物电放大器（由通道控制参数区的通道模式决定）。鼠标在通道参数区各功能键上移动可看到各功能键的功能显示，分别为通道模式、扫描速度、灵敏度、时间常数、滤波频率、导联。用鼠标点击这些功能可调节各通道的实验参数。通道模式可选择放大器模式。

(4) 监视参数区 该区设有“选择”项、“零点偏移键”、“坐标滚动块”。可进行零点调节、坐标滚动，也可对通道做校验、实时显示参数、频率谱、相关图、微分、积分、直方图、数字滤波、对图形进行测量等分析处理。

(5) 信号显示区 用于显示各通道信号、分析波形和刺激信号等。

(6) 标记框 标记方式可选择词条标记、时间标记、标记组等。标记方法：在记录、暂停或分析状态用鼠标右键在各个通道波形的任意位置加入标记。如果标记框内没有所需内容，可点击“+”添加；或点击“-”删除。只能在系统处于记录环境时对通道上的图形进行标记。

2. 软件使用方法

该系统对显示的通道宽度可任意调节，只需在通道的分隔栏位置按住鼠标左键拖动到所需位置即可，使用热键“Alt + H”可使通道回到等分状态。

系统在工作过程中分4个环境，即示波、记录、停止和分析环境。通过移动鼠标至功能键所在位置，然后稍作停留即可显示功能键的功能。

(1) 示波环境 在示波环境点击“开始示波”键图标，系统即开始采集信号，并把采集到的信号波形实时显示出来，点击“停止”键，系统即停止采集信号。在示波环境可以调节各种实验参数，如通道模式、扫描速度、灵敏度、时间常数等，也可选择各种实时处理模式如频率谱、相关图、微分、积分、直方图等，选择刺激器、记滴等功能。示波状态相当于放大器与示波器、刺激器结合的实验环境，示波时采集到的信号只作实时显示，但未记录到硬盘。

实验参数的设置实际上取决于选择合适的“采集频率”、“通道模式”、“扫描速度”、“灵敏度”、“时间常数”、“滤波频率”。当有50Hz交流干扰时，还应将示波菜单中的“50Hz陷波开”打开（当所采集的信号频率本身处于50Hz附近时不宜打开“50Hz陷波”）。

这里重点介绍以下实验参数：

通道模式：用来选择放大器的工作模式，系统的放大器是全功能程控放大器，通过通道模式选择各通道的放大器均可成为生物电放大器、血压放大器、桥式放大器、温度放大器、呼吸流量放大器等，如做血压实验时，应选择血压模式，并根据习惯选择血压单位。根据已知输入信号的特性，系统可通过软件工具栏中的创建新量纲功能

添加或删除放大器的工作模式。系统预先设置了生物电、血压、体温、温度、pH、呼吸流量等通道模式，并已打开了生物电和血压模式。用户如需使用其他模式，可利用“创建新量纲”功能自行打开已有模式或创建新的模式。注意，使用系统预先创建的模式应使用指定的换能器或放大器，否则需重新定标。通道模式中的交流低增益模式是时间常数为1s的低放大倍数交流模式，用于某些特殊场合，若需时间常数更小的交流低增益模式，可在此模式下再结合数字滤波的高通滤波来实现。

采集频率：系统采集数据的频率，如采集频率100kHz，表示系统以10万点/秒的速度采集数据。由于计算机画一个波形是以若干点组成的，所以采集频率应高于信号频率若干倍才能分辨出有效信号。信号频率越高，需要的采集频率就越高。该系统共有21档采集频率（从1Hz ~ 100 kHz），在每一档采集频率均有若干档扫描速度供选择（在同一档采集频率下，扫描速度可有1000倍的调节量），也即在同一采集频率下，各通道的扫描速度独立可调，通道间的扫描速度可达1000倍的差别。如选择了同步扫描（在界面右下角），则各通道扫描速度均相同，只能同步调节。在同样的扫描速度下，只要信号波形好，选择低的采样频率有助于减小记录的文件空间。但对于频谱丰富的信号，选择的采集频率过低，则会丢失信号的高频成分。如做神经放电实验时，尽管选择的扫描速度并不高，但仍需要选择足够高的采集频率。故采集频率的物理意义可比喻为采集卡的频率响应。

扫描速度：计算机显示波形的扫描速度，如1s/div，表示水平方向一个大格代表1秒时间，相当于描笔式记录仪的走纸速度。和描笔式记录仪不同的是，该系统的扫描速度不是唯一的。

灵敏度：用于选择放大器的放大倍数。当观察到的信号太大或太小时，应相应地减小或提高灵敏度。

时间常数：用于调节放大器高通滤波器的时间常数，它与高通滤波器的低频截止频率成反比关系。高通滤波器用来滤除信号的低频成分，信号的有效成分频率越高，应选择的时间常数越小，如做神经实验时，因有效信号频率高，应该选择小的时间常数，将低频成分隔离掉，以有助于基线的稳定。有效信号频率低时，应选择高的时间常数或选择直流，如做胃肠电实验时选择5s的时间常数，做张力实验时选择直流等等。时间常数代表放大器低频滤波的程度，如1s、0.1s、0.01s、0.001s分别对应放大器的下限截止频率为0.16Hz、1.6Hz、16Hz、160Hz。时间常数越小，下限截止频率就越高，亦即对低频成分的滤波程度越大。当选择直流时，放大器不作高通滤波，此时放大器将信号中的交流和直流成分均做了放大。

滤波频率：用来滤除信号的高频成分。当信号有效成分频率较低时，应选择低的滤波频率，以滤除高频干扰。如观察脉搏波时，选择10Hz的滤波，代表此时放大器的上限截止频率为10Hz，可将10Hz以上的各种干扰滤掉。

(2) 记录环境 点击“开始记录”键图标，系统即开始在显示波形的同时将采集到的信号实时存储到硬盘。实时记录的信号是以临时文件的形式记录的，只有在退出系统前正式存盘，该文件才能转换成正式文件。在记录状态如点击暂停键图标，则暂停记录，再次点击暂停键图标，则系统在原记录文件基础上继续记录。如果记录是非

连续的（中途停止记录，过后又继续记录），则每一段记录都以子文件形式存在同一文件中，以后在系统中可用计算机的“PageUp”和“PageDown”键选择各段记录。此时，可在系统界面的左上角看到子文件的编号（以阿拉伯数字表示）。在记录状态，通过单击鼠标右键可在所需通道打上中文词条标记。

（3）停止记录环境 点击“停止记录”键图标，系统即停止采集信号。此时，应将存在硬盘的临时文件，正式存盘。之后，退出系统。

（4）分析环境 从记录状态停止记录或打开一个已记录存盘的文件（双击计算机屏幕上“RM6240 文件浏览器”，找到正式文件存盘的位置），系统即进入分析状态。在分析状态，系统可对记录的波形进行各种测量、分析、编辑和打印。步骤如下：

双击“RM6240 文件浏览器”→找到所需文件→点击顶层菜单项中“文件”→打开 WORD 打印格式→确定三次→键入班级姓名等→删除结果图→另存为→E 盘→回到浏览器窗口→激活“图形复制（鼠标捕捉）”键，将鼠标移到欲选取的波形起始处，按住鼠标左键并拖动鼠标即可选取任意范围需要编辑的波形，再次按下鼠标左键→激活 word 文档→在“实验结果”项下粘贴鼠标捕捉的图形→反复操作，直至图形编辑结束→打印当前页。

系统已预先设置了大量的实验项目（默认使用第一通道），如果做系统已设置的固定实验项目，那么只需通过“实验”菜单选择你所需要的实验项目，系统将自动设置好有关参数，用时只需在此基础上根据信号微调有关参数。

（四）系统功能

1. 示波功能

在工具菜单中，打开选项栏，用户可以根据喜好选择信号显示区各部分的颜色，以及波形的示波方向。系统的缺省值为从右至左。当开始示波时，波形从右至左依次出现，并且左边的事件先发生，右边的事件后发生。当波形扫描到屏幕左边缘时，最先的数据被推出屏幕外，最新的数据从屏幕的右边推出。

2. 记录功能

在显示波形的同时将采集到的信号实时存储到硬盘。

3. 记滴功能

在“示波菜单”中，选择“记滴”功能，弹出对话框（对话框可用鼠标随意拖动）。选择“开始记滴”按钮，在“开始时刻”对话框中系统自动记录这一时刻，并在“速率”框中自动显示当前液滴的速率。此时“开始记滴”按钮变为“停止记滴”，在需要的时候，按“停止记滴”按钮。系统自动显示记滴时间、滴数和平均速率。如果需要记录波形，请先按“开始记录”，再按“开始记滴”。

通过“属性”选择，可进行“记滴测量”、“流量测量”转换。

记滴前应将仪器的记滴电缆插头插入仪器的受滴插孔，电缆的金属夹连接受滴电极，受滴电极可用任意两根彼此绝缘的金属丝组成，当液滴每与受滴电极连接一次即记滴一次。

4. 监听功能

只供第一通道使用，可用于减压神经放电、膈神经放电、肌梭放电等实验做监听。

使用时将电脑的音箱与仪器的监听插孔接通即可。

5. 刺激器功能

在“示波菜单”中，选择“刺激器”功能，弹出对话框（对话框可用鼠标随意拖动）。选择刺激方式，调节刺激参数，设置完成后，启动“开始刺激”按钮，刺激器按设定的刺激方式和刺激参数输出刺激脉冲。

在对话框中的参数设置通过每一参数项右边的上下箭头调节，也可通过键盘输入。且如果仅通过鼠标点击方向箭头，则数字以0.1为单位变化；如果点击鼠标的同时，按住SHIFT功能键，则数字以1为单位变化；按住Ctrl功能键，则数字以10为单位变化。

(1) 刺激器的基本参数见图1-3。

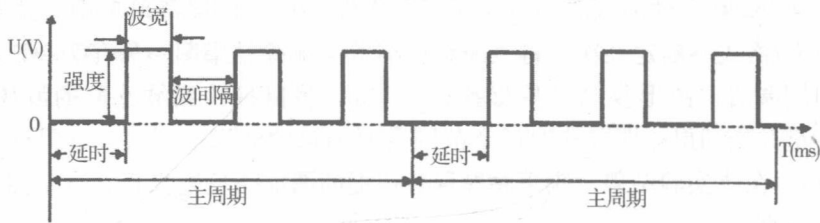


图1-3 刺激脉冲参数图

波宽：刺激脉冲高电平。

频率：刺激脉冲频率 [单位时间内（每秒）刺激脉冲数]。周期 $(T) = 1/\text{频率}(f)$

强度：输出脉冲的电压或电流的强度。脉冲电压范围为0~50V，脉冲电流范围为0~10mA。

脉冲数：刺激器在设定的时间内发出刺激脉冲的个数。

波间隔：连续脉冲刺激，刺激脉冲之间的时间间隔。

延时：指刺激器启动到刺激脉冲输出的延搁时间。

主周期：当重复次数大于1时，主周期即为每次刺激组的总时间，但是主周期必须大于有效刺激时间（即刺激动作没完成之前，主周期不可结束）。例如：定时刺激：主周期(s) > 延时(s) + [波宽(ms) + 波间隔(ms)] × 脉冲数。

(2) 输出方式 有恒压（电压）和恒流（电流）两种输出方式。刺激脉冲的波形是方波。恒压输出方式有正电压和负电压两种脉冲，恒流输出方式有正电流和负电流两种脉冲。

(3) 刺激模式 单刺激（指一个主周期内输出一个刺激脉冲，常用于神经干动作电位、骨骼肌单收缩、期前收缩、诱发电位等实验）、串单刺激、连续单刺激（主周期等于1s，无限循环的连续刺激，一个主周期内输出的脉冲数等于频率，脉冲的波间隔相等，常用于刺激减压神经、迷走神经、刺激频率对骨骼肌收缩的影响实验）、自动串单刺激、双刺激、串双刺激、连续双刺激、自动串双刺激、定时刺激。

二、BL-420 生物机能实验系统

(一) 系统的特点

BL-420 生物机能实验系统是配置在计算机上的4通道生物信号采集、放大、显

示、记录与处理系统。TM_WAVE 生物信号采集与分析软件可同时显示 4 通道从生物体内或离体器官中探测到的生物电信号或张力、压力等生物非电信号的波形，并可对实验数据进行存贮、分析及打印，从而对生物机体在不同的生理或药理实验条件下所发生的功能变化加以记录与分析（图 1-4）。



图 1-4 BL-420 生物机能实验系统（可内置、可外置）

（二）系统原理

BL-420 生物机能实验系统的基本原理是首先将原始的生物功能信号，包括生物电信号和通过传感器引入的生物非电信号进行放大（有些生物电信号非常微弱，比如减压神经放电，其信号为微伏级信号，如果不进行信号的前置放大，根本无法观察）、滤波（由于在生物信号中夹杂有众多声、光、电等干扰信号，比如电网的 50Hz 信号，这些干扰信号的幅度往往比生物电信号本身的强度还要大，如果不将这些干扰信号滤除掉，那么可能会因为过大的干扰信号致使有用的生物功能信号本身无法观察）等处理，然后对处理的信号通过模数转换进行数字化并将数字化后的生物功能信号传输到计算机内部，计算机则通过专用的生物机能实验系统软件接收从生物信号放大、采集系统传入的数字信号，最后对这些收到的信号进行实时处理，包括波形显示、存贮、处理和分析，比如平滑滤波、微积分、频谱分析等（图 1-5）。

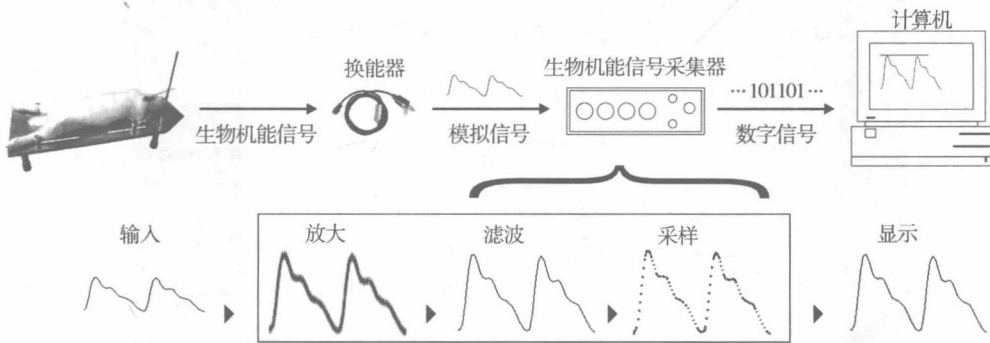


图 1-5 BL-420 生物机能实验系统原理图

（三）系统的组成

BL-420 系统主要由以下三个部分构成：计算机、BL-420 系统硬件、TM_WAVE 生物信号采集与分析软件。