

高等医药院校配套教材

生理学实验指导

3-33

SHENGLIXUESHIYANZHANGAO

高等医药院校配套教材

供基础、预防、临床、口腔医学类专业用



# 生理学实验指导

主编 高建新 赵晓光 陈连璧

人民卫生出版社

**生理学实验指导**

高建新 等主编

人民卫生出版社出版发行

(100078 北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼)

三河市宏达印刷厂印刷

新华书店经销

787×1092 16开本 9.25印张 206千字  
1999年8月第1版 1999年8月第1版第1次印刷  
印数:00 001—5070

ISBN 7-117-03401-7/R·3402 定价:10.50元

(凡属质量问题请与本书发行部联系退换)

版权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究。

## 编写说明

生理学实验是生理学教学的主要内容,其目的是训练学生的基本操作技能,培养和提高学生客观地对事物进行观察、分析、科学思考及独立解决问题的能力 and 严肃的科学态度与严谨的工作作风。因此,它是培养高水平综合素质的复合型人才的重要环节。随着计算机和分子生物学等高新技术逐步向生理学实验教学中渗透,实验教学设备与手段发生了革命性的变化,这不但大大提高了生理学实验的成功率和实验教学质量,而且使生理学实验教学进入了自动化和数字化的新阶段。然而,现有的生理学实验教材已远远不能满足生理学实验教学改革的需要。因此,编写一本适应当前教学改革需要的生理学实验教材是当务之急。山东医科大学和泰山医学院生理学教研室广大教师遵照全国生理学实验教学大纲,按照卫生部规划教材《生理学》(第四版)理论知识水平,根据多年来积累的生理学实验及计算机辅助教学的丰富经验,结合目前生理学实验室仪器设备已计算机多媒体化的实际情况,组织编写了本教材《生理学实验指导》,供医学院校七年制、本科及专科学生使用。

本教材共分十四章。前三章为总论,首先介绍了生理学实验课的目的与要求。然后,在讲解传统的电生理学实验仪器的基础上,增加了计算机生物信号记录分析系统及其在生理学实验中的应用知识。另外,还介绍了实验动物麻醉方法以及基本操作技术。第四章至第十三章分别按照卫生部规划教材《生理学》(第四版)各章节的顺序,精选了四十五个实验。由于生理学理论知识及实验手段的更新,特别是计算机生物信号记录分析系统正在逐步取代传统的生理学实验仪器,使过去某些难度较大的电生理学实验变得更容易。因此,在本教材的编写过程中,我们删去了某些陈旧、简单或与其他学科重复的内容,如血细胞计数、血红蛋白的测定、人体体温的测量等实验,增加了减压神经放电、心室肌细胞动作电位、心功能测定和皮层及脑干诱发电位等实验,力求实验内容更实用、系统和先进。另外还增设了实验设计课,以开发学生智力,培养学生创新思维和科学研究的能力。在本书的最后,列出了许多实验动物的生理常数及与生理实验有关的技术资料和中英文对照生理学实验术语,以供教师和学生实际工作中参考查阅。

本教材的编写是对开展计算机辅助生理学实验教学的一种尝试。由于时间仓促,参编人员较多,书稿虽几经修改,仍难免会有疏漏或不妥之处。恳请读者不吝赐教,予以指正,是以为盼。

编者

1999年3月28日于济南

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
一、实验课的目的和要求 .....	1
二、实验结果的记录和处理 .....	2
三、实验报告的书写 .....	2
四、实验室守则 .....	3
<b>第二章 生理学实验常用仪器</b> .....	4
一、计算机在生理学实验中的应用 .....	4
二、电极与换能器系统 .....	13
三、记录显示系统 .....	15
四、电刺激系统 .....	20
<b>第三章 动物实验的基本操作技术</b> .....	23
一、生理学实验常用动物特性 .....	23
二、实验动物的选择和准备 .....	25
三、实验动物的麻醉 .....	25
四、动物的捉持与固定 .....	28
五、急性动物实验的基本操作技术 .....	29
六、常用手术器械介绍 .....	31
<b>第四章 神经和肌肉</b> .....	33
实验一 蟾蜍坐骨神经腓肠肌标本制备 .....	33
实验二 神经干的动作电位 .....	35
实验三 神经兴奋传导速度的测定 .....	39
实验四 神经兴奋不应期的测定 .....	40
实验五 骨骼肌的单收缩、复合收缩和强直收缩 .....	42
<b>第五章 血液</b> .....	45
实验六 红细胞渗透脆性试验 .....	45
实验七 红细胞沉降率试验 .....	46
实验八 ABO 血型的鉴定与交叉配血 .....	47
实验九 出血时间测定 .....	49
实验十 凝血时间测定 .....	50
实验十一 血液凝固 .....	50
<b>第六章 血液循环</b> .....	53
实验十二 蛙心起搏点 .....	53
实验十三 期前收缩和代偿间歇 .....	54
实验十四 某些因素对离体蛙心活动的影响 .....	56
实验十五 人体心电图的描记和分析 .....	59
实验十六 蛙心室肌细胞的动作电位 .....	61

实验十七	人体心音听诊和血压测定 .....	64
实验十八	蛙肠系膜微循环观察 .....	66
实验十九	减压神经放电 .....	67
实验二十	心血管活动的神经体液调节 .....	69
实验二十一	家兔左心室功能测定 .....	72
<b>第七章</b>	<b>呼吸 .....</b>	<b>76</b>
实验二十二	肺通气功能测定 .....	76
实验二十三	大鼠离体肺静态顺应性的测定 .....	79
实验二十四	膈神经放电 .....	81
实验二十五	呼吸运动的调节 .....	83
实验二十六	胸内压和气胸 .....	86
<b>第八章</b>	<b>消化 .....</b>	<b>89</b>
实验二十七	消化道平滑肌的生理特性 .....	89
实验二十八	胃肠运动的观察 .....	91
<b>第九章</b>	<b>泌尿 .....</b>	<b>93</b>
实验二十九	影响尿生成的因素 .....	93
<b>第十章</b>	<b>能量代谢与体温 .....</b>	<b>96</b>
实验三十	基础代谢的测定 .....	96
<b>第十一章</b>	<b>中枢神经 .....</b>	<b>98</b>
实验三十一	去大脑僵直 .....	98
实验三十二	大脑皮层运动功能定位 .....	99
实验三十三	去小脑动物的观察 .....	99
实验三十四	人体脑电图的描记 .....	100
实验三十五	脑立体定位术和中枢神经元单位放电 .....	101
实验三十六	兔大脑皮层诱发电位 .....	104
实验三十七	肌梭传入冲动的观察 .....	106
实验三十八	听觉脑干诱发电位 .....	108
<b>第十二章</b>	<b>感觉器官 .....</b>	<b>111</b>
实验三十九	视敏度测定 .....	111
实验四十	视野测定 .....	112
实验四十一	盲点测定 .....	113
实验四十二	声音的传导途径 .....	114
实验四十三	破坏动物一侧迷路的效应 .....	115
实验四十四	耳蜗微音器电位和听神经动作电位 .....	115
<b>第十三章</b>	<b>内分泌 .....</b>	<b>118</b>
实验四十五	肾上腺摘除动物的观察 .....	118
实验四十六	动物性周期的检查 .....	118
<b>第十四章</b>	<b>实验设计 .....</b>	<b>121</b>
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>124</b>

附录一	常用生理盐溶液 .....	124
附录二	常用实验动物生理常数 .....	125
附录三	常用消毒药品的配制方法及用途 .....	126
附录四	常用各种洗涤液的配制方法及用途 .....	127
附录五	常用血液抗凝剂的配制及用法 .....	128
附录六	实验室中 CO <sub>2</sub> 、CO、O <sub>2</sub> 、Cl <sub>2</sub> 的制取 .....	128
附录七	动物给药量的确定及人与动物的用药量换算方法 .....	129
附录八	与生理学实验有关的计量单位表 .....	130
附录九	体温、饱和水汽、大气压 (BTPS) 状态下气体容量的换算系数 .....	131
附录十	标准状态 (STPD) 气体容积的换算系数 .....	133
附录十一	生理学实验常用术语中英文对照 .....	134
<b>主要参考文献</b>	.....	139

# 第一章 绪 论

生理学既是一门研究生物机体功能的理论性科学，又是一门实验性科学。科学实验创立和发展了生理学理论，是研究生理学的基本方法，构成了生理学教学的重要组成部分。因此，要想真正掌握生理学理论知识，必须同时重视理论课与实验课的学习，两者相辅相成、不可分割。

## 一、实验课的目的和要求

通过生理学实验课的学习，主要使学生初步掌握生理学实验的基本操作技术，了解获得生理学知识的科学方法，验证和巩固生理学的基本理论，从而为后续课程的学习和未来的工作打下良好的基础；在实验过程中，也逐步培养和提高学生客观地对事物进行观察、比较、分析、综合和独立思考、解决实际问题的工作能力，以及对科学工作的“三严”精神，即严肃的科学态度、严密的工作方法、严谨的工作作风和团结协作精神。总之，实验课的学习是造就高素质、高层次、综合性人才的必要环节。

为实现实验课的目的，学生在生理学实验的学习中，应努力达到以下要求。

### (一) 实验前

1. 认真阅读实验指导，充分了解本次实验的目的、要求、实验步骤、操作程序及注意事项。
2. 结合实验内容，复习有关理论，预测各实验项目应得结果，并应用相关的理论解释之。
3. 预估实验过程中可能发生的误差。

### (二) 实验中

1. 认真听取实验指导教师的讲解和观看示教操作，特别注意教师强调指出的实验操作步骤和注意事项。
2. 实验过程中要严格按照实验步骤循序操作，不得随意变动和进行与实验无关的活动。在以人体为对象的实验，要特别注意人身安全。要爱护实验动物和器材，并节约实验药品和材料。实验器材的放置要整齐有序。
3. 注意力要高度集中，仔细耐心、敏锐地观察实验所出现的现象，如实记录实验结果并联系理论进行思考，如：发生了何现象？为什么？其作用机制及生理意义如何？
4. 在进行哺乳类动物实验时，因操作复杂，项目多，应由组长对组内成员进行合理而明确的分工，使各位学生既各尽其责，又相互配合，以保证按时圆满完成实验任务。另外，在不同的实验中，实验小组成员应轮流承担实验操作和项目，力求各人的学习机会均等。
5. 实验中如遇到疑难问题或故障，应先设法自行解决，如有困难，应请指导教师帮助解决。
6. 对贵重仪器，在未熟悉仪器性能及操作方法之前，勿轻易动用。

### (三) 实验后

1. 将实验仪器整理就绪，所用器械洗净擦干。如有损坏或缺失应及时报告指导教师，登记并按规定予以赔偿。临时借用的实验器械或物品，实验完毕后立即归还。
2. 在教师指导下，妥善处理动物和标本，自觉清洁室内卫生。
3. 整理实验记录，写实验报告，按时交指导教师评阅。

## 二、实验结果的记录和处理

### (一) 实验结果的记录

实验记录是实验结果的客观反映，也是分析实验结果的依据。实验时要仔细观察，及时记录。要做到客观、完整、具体、清楚，如刺激的种类、时间、强度，药品的名称、剂量和给药时间，动物或标本对刺激发生反应的表现、特征、强度及持续时间等。特别需指出的是在实验中每次刺激或给药前，均应有前对照，以便与刺激或给药后的变化相比较。

实验时要有耐心，要等前一项实验基本恢复正常后才可进行下一项实验。要控制记录仪器的走纸速度，不使记录的曲线太密而不易辨别和分析，也不要太疏而浪费纸张。同时，还要保持走纸速度的前后一致。如实验中必需调整走速时，一定要注明速度，以便在分析结果时换算成统一标准，以防作出错误判断。

对于一些不能使用仪器记录的实验结果，如微循环的观察、兔大脑皮层功能定位等实验，其结果的记录要真实、具体、形象。

### (二) 实验结果的处理

实验中为研究某生理现象变化的规律及特征，需用科学方法将所观察记录到的结果转变成可测量性资料，因此，需对实验结果进行整理和分析。首先，要对实验结果的本质进行定性，例如，对引导的电位，要肯定其是场电位还是动作电位，是细胞内还是细胞外，其方向是正？还是负？是否为一种伪迹等。凡属定量资料，如：高低、长短、快慢、大小等，均应以法定国际计量单位和数值表达，并根据需要进行统计学处理。有些结果可绘制成统计表或图形表示。再者，如实验结果是一个随时间而变化的过程，则应考虑其速度、周期和频率。另外，还要考虑这种结果是在机体何部位产生的，它的空间范围、形态大小和分布等情况，以确定现象和结构的关系。

一般凡有曲线记录的实验，尽量用原始曲线反映实验结果。在曲线上应标注度量单位、刺激和时间记号等。

## 三、实验报告的书写

实验报告是对实验的全面总结。学生通过书写实验报告，将掌握书写科学论文的基本格式及绘图制表的方法，为以后撰写科学论文等打下良好的基础；通过对实验资料全面的总结，将进一步提高分析、综合、概括问题的能力；通过复习有关理论内容或查阅资料，对实验结果作出正确分析和解释，将有利于培养理论联系实际和应用知识的能力。因此，每次实验结束后，完成实验报告是非常必要的。

### (一) 实验报告写作要求

1. 凡属生理学示教实验或自行操作的实验，均要求每位学生按照每一实验的具体



要求，认真独立地完成实验报告的书写。

2. 实验报告应按规定用统一的标准实验报告纸。写报告应文字简练、条理清楚、观点明确、字迹整洁，并正确使用标点符号。

3. 实验报告必须按时完成，由组长收集交指导教师评阅。

## (二) 书写实验报告的具体内容

1. 姓名、班级、组别、日期、室温。

2. 实验序号和题目。

3. 实验目的与要求。

4. 实验方法和步骤。如果《实验指导》书中对此有详细叙述，可简写或省略。如果书中没有的，则要详细描述。

5. 实验结果。这是实验报告中最重要的部分。应将实验过程所观察到的现象及时、忠实、正确、详细地记录。实验结束后，根据记录填写实验报告。不可单凭记忆，否则易发生错误和遗漏。关于实验结果的处理见前述。

6. 讨论和结论。实验结果的讨论是根据已知的理论知识对预期出现的结果进行简要而有针对性的解释和分析，并指出其生理意义。如果出现非预期性结果，应分析其原因。如实验中遗留有尚未解决的问题，应尽可能对问题的关键提出个人的见解。实验结论是从实验结果中进一步归纳出一般性、概况性的推理，即对本次实验所能验证的概念、原则或理论的简明总结。结论中一般不要再罗列具体的结果。实验结果中未能得到充分论证的理论不应写入结论。实验讨论和结论的书写是富有创造性的工作，是培养学生独立思考和独立工作能力的具体体现。因此，应该严肃认真，不应盲目抄袭书本和他人的实验报告。

## 四、实验室守则

1. 遵守学习纪律，准时到达实验室，不得迟到和早退。实验时因故需外出时，应向指导教师请假，征得同意后方可离开实验室。

2. 实验时，应穿实验工作服，严肃认真地工作，不得进行与实验无关的活动。

3. 保持实验室安静，不得大声喧哗。

4. 实验室内各组要使用本组的仪器和器材，不得与他组调换，以免混乱。实验者在未熟悉实验仪器和设备性能及使用要点以前，勿动手操作。如遇仪器损坏或机件不灵，应报告指导教师或实验准备技术人员，以便修理或更换，不得擅自拆修和调换。实验动物按组配发，如需补充，须经指导教师同意后方可补领。

5. 爱惜公共财物，注意节约各种实验器材及用品。爱护实验动物。使用电器时注意安全。

6. 保持实验室清洁整齐，不必要的物品不得带入实验室。实验完毕后，每实验组将实验器材、用品和实验台整理干净，摆放整齐。动物尸体及废品垃圾放到指定地点，不要随意乱丢。实验室的清洁卫生由各实验组轮流打扫。

(山东医科大学 高建新 仇 红)

## 第二章 生理学实验常用仪器

### 一、计算机在生理学实验中的应用

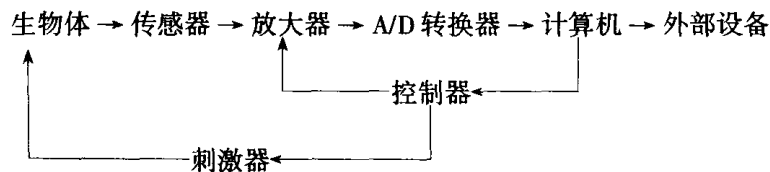
近年来，随着微电子技术的迅速发展，微型计算机的功能已十分强大，计算机在生物医学领域得到了广泛的应用，使实验仪器发生着革命性的变化。计算机化生物信号实时采集、控制和分析系统在生理学领域的应用，将使我国生理学的教学和科研进入自动化和数字化的新时代。

#### (一) 计算机生物信号记录分析系统的基本原理

计算机化生物信号实时采集、控制和分析系统由硬件和软件二部分组成。

##### 1. 硬件

硬件的基本组成：



(1) 传感器：来自生物体的信号，除生物电信号可直接输入放大器外，其它多种非电信号如压力、张力、流量（电磁流量计）、温度、搏动、药物浓度（高效液相的检测器）、离子浓度等均需先通过相应的换能器将其转变成电信号后才能输入放大器。

(2) 放大器：通常直接来自传感器的信号微弱，且混有大量的干扰信号，必须经生物电放大器放大去干扰后才能显示。生物电放大器的性能好坏将直接影响实验结果的获取，对生物电放大器的基本要求是高输入阻抗（大于  $2M\Omega$ ）、高共模抑制比（CMMR，大于 100dB）、高增益（放大倍数大于 10 万倍）、高稳定性低漂移（小于  $10\mu V/^\circ C$ ）、合适的通频带（0 ~ 100 kHz）以及低噪声（小于  $3\mu V$ ）等。

$CMMR = A_d/A_c$ ； $A_d$  为差模信号的增益（在双端输入的差动放大器中输入的幅值相同，极性相反的电信号，如生物电信号）， $A_c$  为共模信号的增益（在双端输入的差动放大器中输入的幅值相同，极性相同的电信号，如干扰信号）；CMMR 越大表明放大器抗干扰能力越强，若 CMMR 不低于 100dB，实验无需屏蔽。

放大器的通频带是指能被放大器放大的信号的频率范围，由于生物电信号的频率通常低于 100kHz，因而生物电放大器的频带范围一般在 0（DC，直流）~ 100kHz，可以通过调节放大器的时间常数和高频滤波来选择合适的通频带。

时间常数（ $t$ ）=  $RC$ （ $R$  是高通滤波器的电阻， $C$  是电容）。

高通频率（ $f$ ）=  $1/2\pi t$

若时间常数选择为 1 秒，则频带低端的频率为 0.16Hz，即只有大于 0.16Hz 的信号才能通过放大器；高频滤波指通频带高端的截止频率，如高频滤波选择了 1kHz，则只有低于 1kHz 的信号才能通过放大器；通过选择不同的时间常数和高频滤波，可以得到

合适的通频带，即保证被检测的生物电信号不失真通过的最小频带。

(3) A/D转换器：A/D转换器是将来自放大器的模拟信号，转换成计算机可以处理的数字信号。A/D转换电路的重要指标有：A/D转换的时间(速度)、A/D转换的位数等。

A/D转换的时间包括选择通道的时间、采样保持的时间和转换的时间。A/D芯片的型号决定了A/D转换的最大速度。A/D转换的位数是指转换的精度，用二进制数来表示，如输入的最大电压为10V，8位A/D能将输入的电压值用0-255来表示，最大分辨电压为39.21mV (10V/255)；12位A/D则可用0-4095来表示，最大分辨电压可达2.42mV。

通常12位的A/D，转换速度大于10 $\mu$ s，其性能已能满足绝大多数情况下的生物信号的实时采集。

(4) 控制器：发出控制信号用于控制放大器、产生刺激信号、控制外周仪器、对外周事件计数等。其中D/A转换器是控制器的重要组成部分。D/A转换器与A/D转换器功能相反，是将计算机内的数字信号还原成模拟信号；如输出电压信号代替刺激器的功能；或者输出用于控制外周仪器的触发信号；或者将计算机内数据还原成记录仪可描记的模拟信号等。D/A转换的位数代表其转换的精度，位数越高信号的还原效果越好。

(5) 计算机：目前用于生物信号实时采集和分析系统的计算机主要有当前特别流行的IBM PC机以及少量其它机型。IBM PC软件丰富，是国内的主流机型。

目前已将通用放大器、A/D转换器、D/A转换器、控制器、刺激器等功能全部制造在一块通用数据采集卡上(all-in-one)，插在计算机内，无机械开关和旋钮，全部功能由计算机软件程控完成，自动化程度很高。由于其硬件结构简单，系统连接线少，因而可靠性好，代表了计算机生物信号实时采集、控制和分析系统硬件的发展趋势。

2. 软件 计算机化生物信号实时采集、控制和分析系统必须有相应的软件支持才能完成相应的功能，不同厂商设计的系统其软件的功能和性能有时相差较大。

(1) 软件运行的系统环境：主要有DOS和WINDOWS二种。DOS环境运行的软件对计算机硬件要求较低，运行速度快，可靠性好，软件维护简单；WINDOWS环境运行的软件对计算机硬件要求较高，运行速度比DOS软件要慢得多，软件的维护需要较好的计算机知识，但WINDOWS系统软件界面友好，相关软件丰富，许多软件选择了WINDOWS运行环境。但不管使用哪种系统环境，其目的都是从生物体上得到好的图形及根据图形分析出正确的结果。

(2) 编写软件的语言：计算机语言有很多种，根据其难易程度，可分成初级语言(如汇编语言)、中级语言(如C语言)和高级语言(如BASIC语言)，语言的级别越低，编程越困难，但运行速度越快。生理信号中有许多信号是快速连续信号，必须先将其不失真地采集进来，并同时完成对其显示、贮存和分析，而这一过程是连续不间断的，即信号的实时采集和分析。软件的运行速度是该类软件实时性好坏的关键。为了兼顾编程和速度，多数软件用C语言加汇编语言编程。由于汇编语言运行速度很快，是信号实时采集不可缺少的语言，为了充分提高软件的运行效率，有的系统软件甚至全部采用汇编语言编写。

(3) 软件的功能：计算机化生物信号实时采集、控制和分析系统的软件可分成以下部分。一是为了获得图形的通用软件，包括数据采集(采样)、数据贮存、图形显示和图形的输出(打印)、界面操作(功能设定)等软件，这是不同信号采集系统所共有的

软件功能；二是对采集的数据进行处理和分析的软件，数据的种类不同，软件的分析方法也不同，这就是通常所说的专用软件，也是计算机化系统区别传统记录仪器的重要方面，这部分软件决定了系统的功能和使用范围，不同的系统其设计思想和内容相差很大。常用的功能有：

1) 参数的测量：时间量如心率、呼吸频率、动作电位的时程、放电频率等；高度量如电位、压力、压差、张力、温度、浓度等；高度量的变化速率（微分）如  $dp/dt$ 、 $dv/dt$  等；以及一段时间内高度变化量的总和（积分）如放电数的直方图、通气量、心输出量等。

2) 叠加平均：对于混在干扰中的某个相对时间规律出现的微弱号，因干扰随机出现，通过叠加可将干扰去除。叠加后的信噪比提高为叠加次数的平方根倍。刺激触发是最常用的叠加触发信号，如大脑皮层诱发电位、视网膜电图等；有些可以利用信号中相对明显的波形作为触发信号，如用心电的 R 波作为触发信号来提取希氏束电图。

3) 频谱分析（FFT）：对于任何一个周期信号，都可看成多个相位和频率不同的正弦波组成。因此，不同的信号其频率特征不同，即频率谱不同；频率谱反映了信号的能量（功率）分布。

4) 相关处理：常用的有自相关函数。自相关函数检测信号中是否存在周期性成分，可提取淹没在随机信号中的周期信号，如从母体腹部取得的信号中检测胎儿的心率。

5) 专用功能软件：为完成某个特定的功能而设计的软件如血流动力学软件、心肌细胞内动作电位的测定、神经干传导速度的测定、肺功能分析软件、高效液相色谱分析软件、膜片钳分析软件等。

6) 数理统计。

(4) 虚拟仪器：以往我们做实验时，原始信号获取后，为对其进行进一步分析（后处理），需要使用多种分析仪器，如微分仪、积分仪、频率仪、叠加仪、FFT 分析仪等，这些仪器均是用硬件实现的。随着软件技术的发展，这种对信号后处理的仪器全部可用相应的软件取代。软件呈现的是一系列仪器的功能，而实际上根本无仪器实物，即所谓虚拟仪器。虚拟仪器包括了众多仪器的功能，应用范围非常广泛，是未来仪器的发展方向。

## (二) MS302 计算机生物信号记录分析系统

MS302 软件、硬卡与微机一起构成三通道生物信号记录分析系统（简称 MS），可以同时从生物体内或离体器官中获取电活动或压力、张力、位移等非电变量的模拟信号，经过信号调节、采样保持、模数转换、离散成数字值、计算机处理后显示或打印出实验结果。它替代了传统的刺激器、放大器、示波器、记录器、照相机等多种仪器，成为新一代智能化设备。

1. 组成与运行环境 本系统由计算机、MS 的硬件和软件等组成。MS 硬件是一块插在计算机主板扩展槽上的多功能卡以及与之相连的信号输入/刺激输出面板，硬件的结构见图 2-1。1A 为六芯插座，专用于心电图信号输入。1B、2、3 为五芯插座，分别用于 1、2、3 通道信号输入；其中 1B 用于神经放电、脑电等微弱信号的输入。4 为三芯插座作为刺激器输出，5 为监听信号的输出。

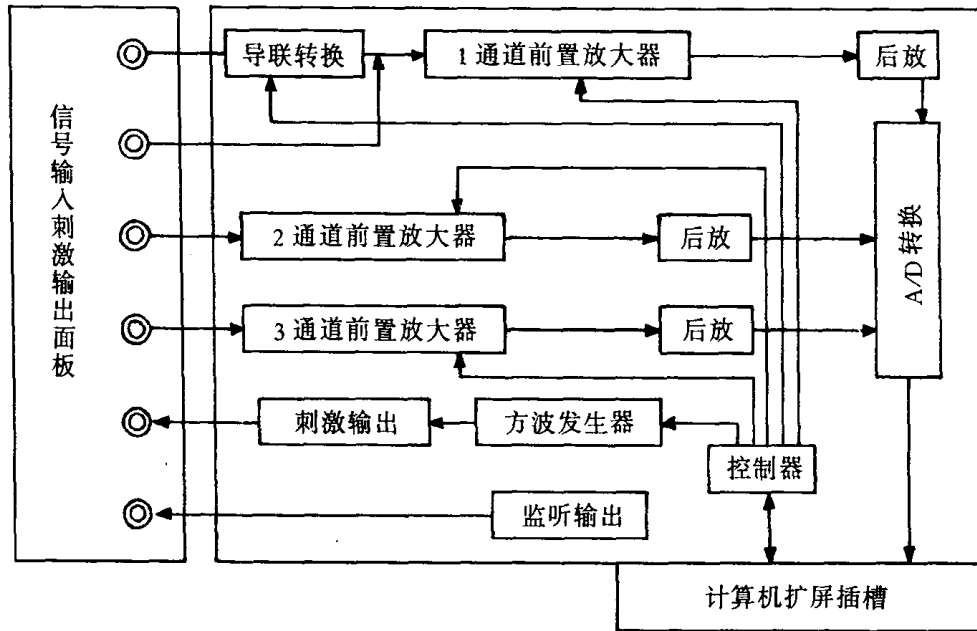


图 2-1 MS302 生物信号记录分析系统的硬件框图

## 2. 软件启动及退出

(1) 启动：依次开显示器、主机电源（关机时相反），若计算机工作在 WINDOWS 操作平台，应先返回 MS-DOS 操作系统，并回到根目录下。在根目录下键入 MS302 并回车，屏幕显示 MS302 封面，回车后进入操作界面。

(2) 退出：按 Esc 键至出现“监视状态”、“记录状态”、“结束实验”的对话框，按光标键将红色光标移至“结束实验”并回车，即返回到 DOS。

注意：软件虽有每隔 5min 自动存盘的功能，但仍需按上述步骤退出，否则将使最近 5min 的数据丢失！

3. 图形界面与系统状态 图形界面分上下两部分。上部为信号窗，占 3/4，又均分为 3 个子窗口分别显示 3 个通道的被测量信号。下部为状态窗，占 1/4，又分上、中、下 3 个横条形区，上区显示数字结果与时间；中区显示子菜单或对话信息以及功能键提示；下区显示主菜单，分设 8 项功能，即信号输入、增益选择、实验模块、设刺激器、重显资料、打印选择、显速选择、参数设置。

(1) 监视状态：系统启动后先进入监视状态，也可从记录状态转入。此时系统不存贮实验数据，但仍采样显示。可对主菜单各功能项进行操作（F4、F7、F8 除外）。选“结束实验”之前再次进入记录时仍打开原数据文件继续存贮。

(2) 记录状态：此时（状态窗右上角时钟数字为绿色）将第 1、2、3 通道的实验数据分别以实验当时的“年月日时.分 A”、“年月日时.分 B”、“年月日时.分 C”的自动命名法，形成 3 个数据文件存入硬盘。如在 97 年 7 月 1 日 9 时 15 分实验时记录的数据文件名为：97070109.15A、97070109.15B、97070109.15C。记录过程中，可作多种选择操作。

(3) 重显状态：退出采样显示，可选硬盘的数据文件回放。重显时主要使用的功能键为 F3、F4、F7、F8 和 F9。

4. 操作键 一般只需使用7个操作键，作用如下：

- (1) →键和↓键：①向右（或向下）选择菜单或文件；  
②递增参数，按↓键起粗调作用，按→键起细调作用。
- (2) ←键和↑键：①向左（或向上）选择菜单或文件；  
②递减参数，按↑键起粗调作用，按←键起细调作用。
- (3) Enter键：①开始执行该菜单项的功能；  
②从上层菜单进入下层菜单，并见下层菜单显示在子菜单区。
- (4) Esc键：①取消对该菜单项的选择；  
②从下层菜单返回上层菜单或主菜单。  
③在主菜单按 Esc 键，显示“监视状态”、“记录状态”和“结束实验”的对话信息。
- (5) 空格键：按空格键，画面“冻结”；再按空格键，恢复原状态。

亦可选择鼠标操作（左键 = Enter，右键 = Esc）。

为简明叙述，本书约定：

- ①选择：用光标键将红色光标移至欲选择的项目处。
- ②确认：按 Enter 键（回车）执行红色光标处的项目。
- ③选定：= ① + ②

5. 功能键 功能键 F1 ~ F9 已定义成不同功能，在状态窗中区后部有提示，现分述如下：

(1) F1：通道重叠。可将二个通道的信号重叠于一个通道区（取决于“参数设置”中“图形比较”设置）。

(2) F2：实验标记。按 F2 键，状态窗显示实验项目，选定适用项目，即在3个通道上标出该项目；若无适当标记内容可选，则按 Esc 键，3个通道自动生成↑（标记号）和表示标记次序的数字；下次标记需再按 F2 键。两次标记相隔太近时，只显示↑号；若相隔非常近时，只显示向下的脉冲。

(3) F3：屏幕测算。测量图形的时间和电压。按 F3 键，图形“冻结”，状态窗显示通道选择，选定相应通道则该区出现坐标标尺，状态窗显示测量指标，根据需测的波形高度用光标键设定测量水平横线（需纳入计数的波形高度应超过横线，计数时低于此水平的波形被忽略），按 Enter 键显示竖线，用光标键将竖线移至测量始点（当前值显示该点的电压），回车后出现第二条竖线，用光标键将该竖线移至测量终点，回车后状态区各指标的数字就是测量区信号的反映。

(4) F4：特殊操作。选定“重显资料”并选定文件后，以“按设定显示、按间隔显示、按标记显示”中红色光标块的方式显示，按 F4 键，图形“冻结”并显示“重显速度”等五项目，可选定欲选项目：

1) 重显速度：分 0, 1, …, 20 等 21 级，以 0 级最快。可选定欲选速度；若需改变时，需再按 F4 键，重新选定。

2) 单屏显示：进入此菜单后，按←键显示前一屏（退后），按→键显示后一屏（向前）。按 Esc 键退出。

3) 横向压缩：将图形在时间轴方向压缩。进入此菜单后，选定 1:1…，1:40 共 40

档之一的“横向压缩比”。1:40的压缩比最大。

4) 横向扩展：将图形在时间轴方向扩展。进入此菜单后，选定1、2、4倍的扩展比之一。4倍的时间扩展最大。3)、4)只能取其一。

5) 扩展屏幕：将三个通道区扩展为整个信号窗，并使信号幅度增大1倍（三个通道的信号线可能重叠）。重复执行本功能则恢复原分区显示。

(5) F5：开刺激器。按F5键启动刺激器，以用户设定的参数输出刺激方波。

(6) F6：关刺激器。按F6键终止刺激方波输出。

(7) F7：开始剪辑。重显时按F7键开始剪辑，分别将剪辑的第1、2、3道数字信号以“R月日時.xx A”、“R月日時.xx B”、“R月日時.xx C”（x为剪辑的序数）的自动命名法，形成3个新的数据文件，转存于硬盘。剪辑时菜单系统和功能键的操作受到限制。

(8) F8：终止剪辑。在剪辑状态时按F8键结束该次剪辑，返回重显状态。反复操作F7、F8可对原记录进行多次剪辑并存于相同的文件。

(9) F9：打印图形。在监视、记录或重显时按F9键，均可打印屏幕显示的图形和数据，打印内容由“打印选择”设定。打印时实验可照常进行，数据的贮存与分析处理不受影响。

6. 功能模块 软件主要由8个功能块组成，表示为主菜单中的8个项目，即信号输入、增益选择、实验模块、设刺激器、重显资料、打印设定、显速选择及参数设置。分述如下：

(1) 信号输入：

1) 功能及意义：被测的生理信号可分为电变量与非电变量两类。电变量如心电、肌电、脑电、神经电位等，多数为不同频率的交变电信号，可用交流（AC）或直流（DC）放大器放大。非电变量的种类较多，如压力、流速、张力、位移、声音、温度等，其中不少是含有直流分量的低频信号，须用直流放大器或载波放大器放大。

MS的第1通道（1A专用于心电图描记）前级为AC放大，后级为DC放大，两者串接具有较高增益，可放大弱的交流电信号（如脑电、肌电、心电、神经放电等），有自动调节时间常数、高频滤波和自动跟踪的功能。当选择含有直流分量的信号（如压力、肌张力等）时，第1、2、3通道均可用作DC放大器，有自动调零功能。调零后，基线即为直流分量的零，线上为正，线下为负。基线水平可通过“参数设置”中的“基线位移”来调节。

2) 具体操作：

①选定“信号输入”，状态窗显示“通道1选择、通道2选择、通道3选择”。

②选定所需通道，状态窗显示“自动频带”“手动频带”。选定自动频带后，子菜单显示多项实验项目。选定所需项目，此时进入实验状态（动作电位、心电尚有子菜单可选）。选定手动频带后，子菜单提示多项时间常数和滤波供选择，选定时间常数和滤波值后，进入实验状态。

注意：操作子菜单时，如果对话框中出现“调零”提示，需按提示进行调零。

(2) 增益选择：

1) 功能及意义：根据信号大小选择适当的放大倍数。最右侧的放大倍数最大。

2) 具体操作:

- ① 选定“增益选择”，状态窗显示“通道 1 选择、通道 2 选择、通道 3 选择”。
- ② 选定所需通道，状态窗显示不同放大倍数。
- ③ 选定所需的增益数值（放大倍数）。

(3) 实验模块：选定“实验模块”，显示“动作电位”等多项实验，选定相应实验后显示“动物实验”和“模拟实验”，如做实验选前者，如实验失败可选后者观察或选“重显资料”选定相应文件观察。此模块已预选好实验参数，一般不需调节。

(4) 设刺激器:

1) 功能及意义：设置刺激器输出方波的各项参数。各参数的定义如图 2-2 所示。

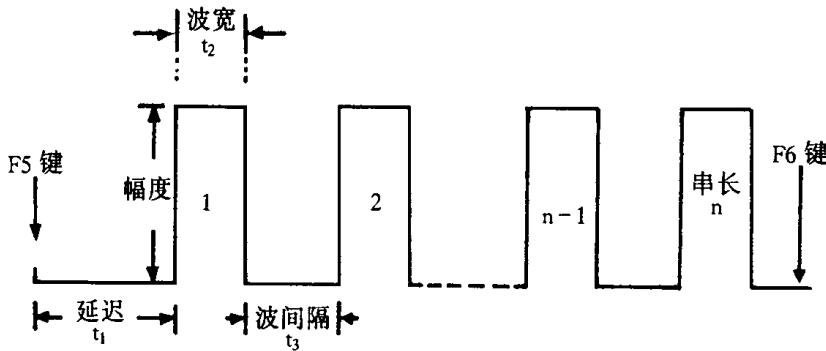


图 2-2 刺激器输出方波参数示意图

① 串间隔（延时）：在单次刺激时为按 F5 键至出现第 1 个方波的时间，在连续刺激时是前组方波输完后至后组方波开始的相距时间，其值在 0.0 ~ 3000 ms 间可调。

② 波宽：指刺激脉冲的持续时间，其值在 0.0 ~ 40.0 ms 之间可调。

③ 波幅：指刺激脉冲的电压，其值在 0.00 ~ 10.00 V 之间可调。

④ 波间隔：指相邻两方波之间的时间，其值在 0.0 ~ 3000 ms 之间可调。

⑤ 串长：指单串刺激中方波的个数，其值在 0 ~ 1000 个之间可调。

表 2-1 几种刺激类型的设置

刺激方式	延时(t1)	波宽(t2)	波间隔(t3)	串长(n)	刺激类型
单次刺激	按需	按需	----	1	单刺激
单次刺激	按需	按需	按需	2	双刺激
单次刺激	按需	按需	按需	≥3	单串刺激
连续刺激	t1 ≥ t3	按需	按需	1	连续单刺激
连续刺激	t1 > t3	频率 f = 1/(t1 + t2 + t3)	按需	2	连续双刺激
		频率 f = 1/[(t2 + t3) × 2 + t1]	按需		
连续刺激	t1 > t3	按需	按需	≥3	连续串刺激
		频率 f = 1/[(t2 + t3) × n + t1]			

注：频率指主周期频率

基本刺激方式只有单次与连续两种，但通过改变延时、波宽、波间隔、串长的设置，可以得到多种有用的刺激类型，如表 2-1 所示。但要注意参数间的合理关系。

2) 具体操作：选定“设刺激器”，状态窗显示“方式”等六项参数。



①设定刺激方式：选定“方式”，再选定“单次刺激”或“连续刺激”。

②设定串间隔：选定“串间隔”，“串间隔”后方框显示串间隔的时间，选定所需时间。红色光标返回“串间隔”处。

③设定刺激强度：选定“强度”，“强度”后方框显示刺激强度的数值，选定所需刺激强度值。红色光标返回“强度”处。

④设定刺激波宽：选定“波宽”，“波宽”后方框显示刺激波宽的数值，选定所需刺激波宽值。红色光标返回“波宽”处。

⑤设定刺激波间隔：选定“波间隔”，“波间隔”后方框显示刺激波之间的间隔时间，选定所需的波间隔。红色光标返回“波间隔”处。

⑥设定刺激串长：选定“串长”，“串长”后方框显示串刺激的个数，选定所需刺激串长的个数。红色光标返回“串长”处。

各参数设定后，按 Esc 键返回主菜单。

单次刺激时，按 F5 键启动，该次刺激输出完后自动结束；连续刺激亦按 F5 键启动，但需按 F6 键才停止输出。

(5) 重显资料：

1) 功能及意义：回放硬盘的数据文件，便于剪辑、打印、测算。

2) 基本操作：选定“重显资料”，信号窗列出 1 通道数据文件名（隐含 2、3 通道的数据文件）。选定欲重显的文件，状态窗显示 3 种重显方式：

①按设定显示：设定数据文件中某一具体时刻（以实验开始为 0 时 0 分 0 秒），并由此时间点开始向后重显图形。选定“按设定显示”，在状态窗中区后部选定重显开始的时间（小时），同理选定分、秒。设置完成，程序立即执行重显。

②按间隔显示：选定“按间隔显示”，状态窗中区中后部显示“间隔”（间隔长度 1 ~ 120 min 可选）。选定间隔时间，数据从头显示，这时按 1 次 → 键，即从当前数据时间自动向前增进 1 个设定间隔；反之，按 1 次 ← 键，则从当前数据时间自动向后退回 1 个设定间隔，再继续顺时重显数据。

③按标记显示：对有标记的文件可用此方式。选定“按标记显示”，在子菜单区后部显示标记号，按 1 次 → 键，即移至下一个标记开始显示；反之，按 1 次 ← 键，则移至上一个标记开始显示。

重显时，F3、F4、F7、F8、F9 键的作用见功能键部分。按 Esc 键退出重显状态，信号窗又列出可重显的文件名，再按 Esc 键，返回监视状态并显示主菜单。

(6) 打印选择：

1) 功能及意义：选择被打印的信号通道、标尺及数据结果是否被打印。

2) 基本操作：选定“打印设定”，显示“1 通道图形、2 通道图形、3 通道图形、数据打印、标尺打印”，用光标键、回车键选择打印或不打印，选取后按 Esc 键退出。此后，按 F9 键即打印所选的屏幕图形、标尺和数据。

(7) 显速选择：

1) 功能及意义：用于选择图形显示速度。

2) 基本操作：选定“显速选择”，可见扫描速度分成 4000、2000、1000、500、250、100、50、25、10、5、2、1 mm/s 和 30、10、5 mm/min 等 15 挡。选定适宜速度，返回