

# 运动生理学实验指导

龚惠兰 主编

人民体育出版社



广州体育学院“十一·五”规划教材

# 运动生理学实验指导

主 编：龚惠兰

编写成员：（按姓氏笔画为序）

朱琳 陈令生 胡敏 秦长江

人民体育出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

运动生理学实验指导/龚惠兰编著. —北京: 人民体育出版社, 2006

ISBN 7-5009-3018-6

I. 运… II. 龚… III. 运动生理—实验 IV. G804.2—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 069851 号

人民体育出版社出版发行

广州南方科技器材服务部

新华书店经销

\*

889 × 1194 毫米 16 开本 7.25 印张 163 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册

\*

ISBN 7-5009-3018-6/G. 2917

定价: 17.00 元

---

社址: 北京市崇文区体育馆路 8 号 (天坛公园东门)

电话: 67151482 (发行部)

邮编: 100061

传真: 67151483

邮购: 67143708

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与发行部联系)

# 前 言

人体生理学和运动生理学课程主要由理论教学和实验教学两部分组成。在生理学教学中，理论课和实验课是相辅相成的。理论教学主要是通过各种教学方法把理论知识传授给学生。实验教学则是培养学生的科学思维方法和科学工作态度，训练他们的基本技能、实际操作能力，掌握基本的科学研究方法，提高理论联系实际的能力。因而对学生学习人体生理学和运动生理学以及今后的科学研究工作具有重要意义。

2000年11月，由北京体育大学组织了十所体育学院的12位教师在北京体育大学开会，研究编写全国体育院校通用教材《运动生理学》。这次会上还决定共同编写两部教学指导书，即《运动生理学实验指导》与《运动生理学题解》。在2002年9月全国体育院校通用教材《运动生理学》已正式出版使用，但由于种种原因，到目前为止，《运动生理学实验指导》仍未能出版与新教材配套使用。为了适应我院运动生理学教学需要，经教研室全体教师讨论决定，迫切需要编写一本实验指导。在编写过程中，根据我院实际情况，以及现代科学发展的需要，我们选择了一批实验项目。对一些旧的实验指标进行了筛选，对一些传统的实验方法进行了改革，应用了新的实验仪器，采用了新的实验方法。使所开设的实验课程更能符合我院教学需要。

本书共分8章，包括常用的仪器介绍；骨骼肌机能测试；心血管机能测定；呼吸机能测定；消化、排泄和能量代谢的测定；感觉机能与神经系统的测试；有氧耐力和无氧耐力的测试与评定；身体素质的测试与评定。全书由43个实验组成，内容包括运动生理学实验和部分人体生理学实验。此教材主要是供我院各专业学生上运动生理学实验课及课后进行开放性实验时使用，也可作为体育院校、高等师范院校体育系学生人体生理学和运动生理学实验的参考教材。

我们编写这本实验指导书，目的是满足我院运动生理学教学需要，由于时间匆促，书中有不当之处。敬请读者指正。

编者著

2005年6月

# 绪 言

## 一、实验课的要求

- (一) 实验前要仔细阅读实验指导，了解实验的目的、要求、实验步骤和操作程序。
- (二) 结合实验内容，复习有关理论，做到充分理解。
- (三) 预测该实验各个步骤应得的结果，并估计实验中可能发生的问题。
- (四) 按照实验步骤，以严肃认真的态度循序操作。以人体为对象的实验项目，要恪守注意事项，要确保安全。
- (五) 仔细、耐心地观察实验过程中出现的现象；仔细地进行实验记录。
- (六) 整理实验记录，作出实验结论，按要求完成实验报告。

## 二、实验报告写作要求

按照每一实验的具体要求，认真写出实验报告。写实验报告应注意文字简练、通顺，书写清楚、整洁，正确使用标点符号。每次写实验报告的要求如下：

- (一) 注明姓名、班次、日期、气温等。
- (二) 实验号数和题目
- (三) 实验目的
- (四) 实验方法和步骤。实验步骤要记录清楚、简明扼要。一般要求写明实验方法、实验仪器、实验对象（包括人和动物）的性别、年龄、体重等基本情况。
- (五) 实验结果：是实验中最重要的一部分。应将实验过程中所观察到的现象正确详细地记录。要事实求实，不得弄虚作假。实验数据尽量采用表格方式，数字的记录要准确完整，并注意有效数字的取舍
- (六) 实验结果讨论和结论：是根据已知的理论知识对结果进行的解释和分析。要判断实验结果是否为预期的，如果出现非预期的结果，应考虑和分析其可能的原因。还要指出实验结果的生理意义。

## 三、实验室守则

- (一) 遵守学习纪律，准时到达实验室。实验时因故外出或早退应向教师请假。
- (二) 与实验无关的物品不得带入实验室。
- (三) 保持实验室安静，严禁说笑、打闹。
- (四) 凡未经允许由学生操作的仪器，一律不得随意动用，以免造成损坏。
- (五) 精密仪器的使用应严格按操作规程进行，严禁违章操作。
- (六) 实验完毕后，应将实验器材、用品和实验桌收拾干净，手术器械要洗净擦干，数点清楚，不可凌乱。
- (七) 一切仪器用品均不得随意携带出实验室，所有公用物品用后应立即归还原处，以免影响其他组使用。
- (八) 保持实验室清洁卫生。最后检查水、电、门窗是否关好，方能离开实验室。

(龚惠兰)

# 目 录

<b>第一章 常用仪器设备的使用</b> .....	(1)
<b>第二章 骨骼肌机能的测试</b> .....	(12)
实验一 坐骨神经-腓肠肌标本制备 .....	(12)
实验二 刺激强度对肌肉收缩反应的影响.....	(14)
实验三 刺激频率对肌肉收缩的影响.....	(16)
实验四 神经干动作电位及其传导速度的测定.....	(18)
实验五 应用肌电图分析技术动作.....	(21)
<b>第三章 心血管机能测定</b> .....	(22)
实验六 血细胞计数.....	(22)
实验七 红细胞比容的测定.....	(25)
实验八 蟾蜍在体心肌细胞动作电位的记录.....	(26)
实验九 心肌复合动作电位的描记.....	(28)
实验十 蛙离体心脏灌流.....	(29)
实验十一 蛙类心室的期外收缩与代偿间歇.....	(31)
实验十二 动脉窦减压反射实验.....	(33)
实验十三 减压神经放电 .....	(34)
实验十四 心血管运动的神经体液调节.....	(36)
实验十五 安静时与运动后脉搏和动脉血压的测定.....	(37)
实验十六 心率遥测与心电图记录.....	(40)
实验十七 人体无创性左心室功能测定—收缩时间间期测定.....	(43)
实验十八 血液动力流变学参数测定.....	(45)
<b>第四章 呼吸机能测定</b> .....	(48)
实验十九 膈肌电活动与呼吸运动.....	(48)
实验二十 家兔呼吸运动的调节.....	(50)
实验二十一 肺通气功能的测定.....	(51)
<b>第五章 消化、排泄及能量代谢测定</b> .....	(55)
实验二十二 小肠平滑肌的生理特性.....	(55)
实验二十三 尿生成的因素.....	(56)
实验二十四 安静时与运动时能量消耗的测定.....	(58)

<b>第六章 感觉机能与神经系统的测试</b> .....	(61)
实验二十五 反射弧的分析及反射弧的测定.....	(61)
实验二十六 毁坏小白鼠一侧小脑的观察.....	(62)
实验二十七 刺激大脑皮层引起的躯体运动.....	(63)
实验二十八 兔去大脑僵直.....	(64)
实验二十九 家兔大脑皮层诱发电位.....	(65)
实验三十 人体脑电图的观察.....	(67)
实验三十一 动物一侧迷路破坏的效应.....	(68)
实验三十二 前庭机能稳定性的测定.....	(70)
实验三十三 视野的测定.....	(72)
实验三十四 视觉—运动条件反射潜伏期的测定.....	(74)
实验三十五 80.8 神经类型的测定.....	(75)
<b>第七章 有氧耐力和无氧耐力的测定</b> .....	(81)
实验三十六 最大摄氧量的测定.....	(81)
实验三十七 无氧功率的测定.....	(88)
<b>第八章 身体素质的测试与评定</b> .....	(91)
实验三十八 身体素质的测试与评定.....	(91)
实验三十九 心功能运动试验的测试及评定.....	(94)
实验四十 运动员动作速度的测定.....	(95)
实验四十一 运动员动作频率的测定.....	(96)
实验四十二 身体成分的测定和评价.....	(97)
实验四十三 神经系统疲劳的简易测定法 .....	(102)

# 第一章 常用仪器设备的使用

随着科学技术的发展，先进的科学仪器设备被广泛地应用在生理学研究中，使我们对生命活动有了更为本质的认识。因此学习和掌握一些常用仪器设备的使用方法，对做好生理学实验十分重要。

## 一、电子刺激器

电子刺激器是能产生一定波形的电脉冲仪。所产生的波形大致有方波、正弦波和矩形波。其中最常用的是方波，其原因不仅是波形简单，易于控制刺激参数，包括刺激强度、刺激持续时间和刺激频率，而且方波上升时间快，这种前缘刺激电流对生物组织是较为有效的刺激。

### (一) 刺激方式

单刺激：一个主周期内输出一个刺激脉冲。

双刺激、连续刺激：当选择双刺激或连续刺激时，刺激器会按照实验者设定的刺激参数连续输出刺激脉冲，何时开始，何时终止可以人工控制。

串刺激：在每一个刺激周期内，包含 2 个或 2 个以上的一串刺激脉冲。

### (二) 刺激器参数

1. 刺激强度：指方波的波幅（即方波的高度）（图 1—1），可用电压或电流强度表示。电流强度一般从几  $\mu\text{A}$ ~几十  $\text{mA}$ ，电压可在 200 V 以内。实验过程中，过强或过弱的刺激都应避免，因为刺激强度过小，不能使细胞膜静息电位降低至阈电位而引起细胞兴奋；强度过大，可引起组织内电解和热效应而使其损伤和破坏。

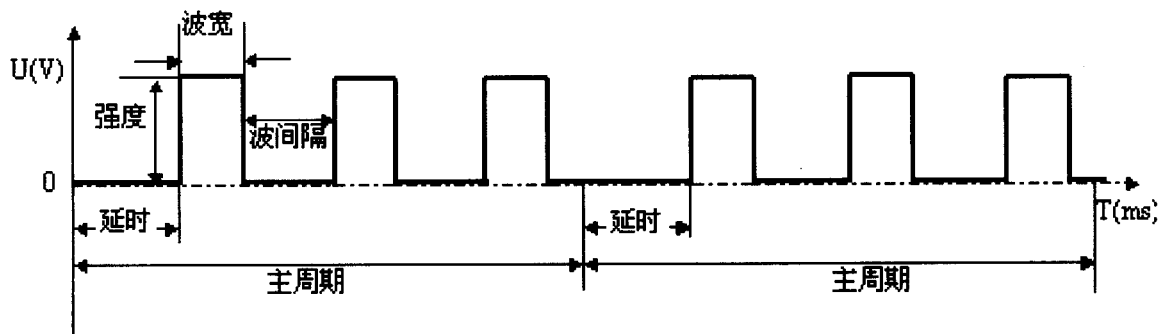


图 1—1 电子刺激器的方波波形及其参数示意图

2. 刺激（持续）时间：指方波的波宽（图 1—1）。一般刺激持续时间从几十  $\mu\text{s}$  至数 s。采用单向方波刺激时，时间不宜过长，否则将产生损伤效应。为了减少组织损伤的电解和热效应，应尽量缩短刺激时间，并采用正负双向刺激方波。

最佳的刺激时间和刺激强度的大小密切相关，如选用波宽为 1 ms 的双向方波刺激，方波的振幅以 10mV 为佳；如波宽减少到 0.5ms 则振幅可增加到 40~50mV。

3. 刺激频率：指单位时间内连续刺激方波的重复次数，一般少于 1000 次/s。刺激频率过高，有一部分刺激会落于组织的不应期而无反应，使刺激与生理效应不能同步。刺激频率随组织的不同而异。一般组织器官的功能实验的刺激频率在 60~100 次/s 为宜。



4. 主周期 刺激器以周期为时间单位输出序列脉冲，一个主周期内，刺激脉冲可以是一个、数个，甚至数百个，且波间隔可因需设定。“周期数”或“重复次数”是指以主周期为单位序列脉冲的循环输出次数，如“主周期”=1s、脉冲数=3、“延迟”=5ms、“波间隔”=200ms、“波宽”=1ms、“强度”=1V、“重复次数”=7，则刺激器在1秒内发出强度为1V、波宽为1ms的3个脉冲，脉冲的时间间隔为200ms，第一个脉冲在开始刺激的第5ms发出。如此重复7次。主周期、延迟、波宽、波间隔和脉冲数设置要符合： $\text{主周期}(s) > \text{延时}(s) + [\text{波宽}(s) + \text{波间隔}(s)] \times \text{脉冲数}$ 。

5. 脉冲数 刺激器在设定的时间内发出刺激脉冲的个数。

6. 延迟 延迟是指刺激器启动到刺激脉冲输出的延搁时间。在触发同步记录时，延迟可用来调节反应信号在屏幕上的水平位置。

### (三) YSD—4 药理生理多用仪

YSD—4 药理生理多用仪是一种用晶体管与集成电路组成的多功能刺激器。它由两只晶体管组成多谐振荡器，振荡频率为2028Hz，经集成电路多级分频，并经整形，用“与非门”控制各种不同方式刺激输出，输出为矩形波。如图1-2。



图1—2 YSD-4 生理药理实验多用仪

#### 1. YSD—4 药理生理多用仪基本功能

(1) 刺激频率 刺激频率从2048Hz起以1/2递减方式，分为1024、512、256、128、64、32、16、8、4、2、1档，称为“A频率”，其中8Hz(0.125s)、4Hz(0.25s)、2Hz(0.5s)、1Hz(1s)，再由1Hz(1s)中分出2s、5s、10s、15s、30s、60s 6档，连同以上4档共10档作为记时，称为“B时间”。

(2) 刺激方式 分连续A、连续B、连续双次、定时、单次五种。

(3) 输出电压 分0~2V，0~10V，0~100V三档粗调，每档输出由细调电位器调节。

(4) 波宽 0.2~20ms，连续可调。

(5) 延迟 刺激输出与同步输出之间有0.2ms~30ms的延迟，供示波器观察波形移位使用，又可在连续双次时调节前后两个脉冲之间的时间。

(6) 指示 由氖管显示刺激输出的频率快慢、脉冲的宽度，但不能反映输出电压。记时、记滴：除可用电磁标作记录外，另还可由荧光数码管显出数字。

## 2. YSD-4 药理生理多用仪使用方法

(1) 连续 A 接好电源，调好输出频率与强度，将刺激方式旋钮拨至“连续 A”，按“启动”按钮，从输出端即输出连续脉冲，欲停止输出可按“停止”按钮即输出停止。按“启动”和按“停止”按钮时电磁标均可动作供记录，但电磁标不能随刺激频率连续动作。

(2) 连续 B 主要用于做动物激怒实验，当刺激方式旋钮拨至“连续 B”时，由门电路控制继电器的开合，后面板上的钮子开关置于“激怒”位置，由旁边的两芯插座输出 0~140V 可变的交流电压，每次输出的时间间隔由“B 时间”选择开关控制。例如，“B 时间”置于“5 秒”即每 5 秒钟输出一次。而每次输出的持续时间则由“A 频率”选择开关调节。例如，“A 频率”置于 1Hz 即每次输出持续 1 秒，置于 4Hz 即每次输出持续时间为 1/4 秒。在此同时前面板仍有刺激脉冲输出，其“波宽”和“强度”旋钮均起作用。

(3) 连续双次 刺激方式旋钮拨至连续双次时，输出成对脉冲，可用作肌肉神经不应期的测定，成对脉冲的周期由“B 时间”选择开关决定，而每对前后两个脉冲波之间的间隔由延迟旋纽在 0~300ms 范围内连续可调。“波宽”和“强度”均分别可调。

(4) 定时 当刺激方式旋钮拨至“定时”档时，按动“启动”按钮可输出定时的连续脉冲，脉冲的频率由“A 频率”调节开关决定，每次输出的持续时间由“B 时间”调节，用于定时刺激。例如：“B 时间”开关拨至为 5 秒，频率拨至为 16Hz，在每按一次“启动”按钮时即每秒输出 16 个脉冲，持续 5 秒钟即停止。

(5) 单次 刺激方式旋钮拨至“单次”时，每按一次“启动”按钮即可输出一单个脉冲，用于单刺激，在此同时通过继电器由后面板的两芯插座输出一次交流电压，作动物电惊厥实验用。

(6) 恒温控制 将调整好所需温度的水银导电表插入后面板温度控制插口，其旁边的钮子开关拨向“恒温”一边，交流输出两芯插座与电热器相联，当温度下降时于即通电加热，温度上升超过规定值时则自动断电，而保持恒温。但加热器功率不能超过 300W。

### (7) 数码管计数器的功能

计时间 当面板上的计时计滴转换开关拨至“计时”时，即按“B 时间”选择开关选定的时间进行计时，除由记时电磁标作记录外，亦可由发光数据管直接显示累计时间，按“停止”按钮可使数码管数字复“0”。

计滴 计时计滴转换开关拨至“计数”，将受滴器插子插入计数输入插口中，当受滴器滴入液体时，数码管便可显示并累计液滴滴数，同时电磁标“动作”也进行记录。

## 3. 使用注意事项

(1) 电源线插子应插入后面板靠边缘的两芯电源插座，切勿错插入“恒温”输出的两芯插座，以免烧毁机器。因为这两个两插芯座的式样相同。

(2) 后面板的钮子开关拨向“恒温”一边，则两芯插座有 220V 交流电压输出，须注意安全，平时应把钮子拨向“电惊厥”一边。

(3) “刺激方式”开关为“连续 B”或“连续双次”时“A 频率”开关须放在适当的位置。即“A 频率”必须大于 2 倍的“B 时间”。例如“B 时间”为 0.125s，“A 频率”须置 16Hz 以上；若“B 时间”为 1s，“A 频率”须置于 2Hz 以上，否则机内继电器将长时间吸合，造成元件损坏。

(4) 使用时防止感应电流的影响，本机必须良好接地。

(5) 刺激器输出两根电线不得短路，否则因电流过大损坏输出管。

## 二、LMS—2B 二道生理记录仪

### (一) 概述

LMS—2B 型二道生理记录仪(图 1—3)是一种墨水描笔式直线记录仪,配合仪器附加的换能器和电极,可测量和记录肌肉舒缩、血压变化、呼吸运动以及心电的变化等。仪器结构采用插件式,即可根据记录指标更换相应的插件。

### (二) 仪器的结构

1. 电源部分:采用 220V 交流电作电源,仪器电源具有二次稳压系统,因而外界电压变化对其影响较小(170—250V 正常工作)。

2. 放大器部分:包括 FG 直流(后级)放大器、FD—2 多功能(前级)放大器和 FY—2 血压(前级)放大器。FG 直流放大器为 1V 输入量级,主要进行功率放大,它与记录笔配合,实现信号的记录。FD—2 多功能(后级)放大器为高输入阻抗、低噪音的双端输入差动式放大器,可对直流信号及加在直流电平上的交流信号进行放大。FY—2 血压放大器与血压换能器配合,作血压测量之用。

3. 记录部分:由书写面板、纸轴、走纸传动及变速系统和描笔等组成。描笔共四支,中间两支长笔接受放大器来的信号,描记所放大的生理指标;上下两支短笔分别为标记笔和计时笔,该二笔由本机驱动,亦可由外接信号驱动。

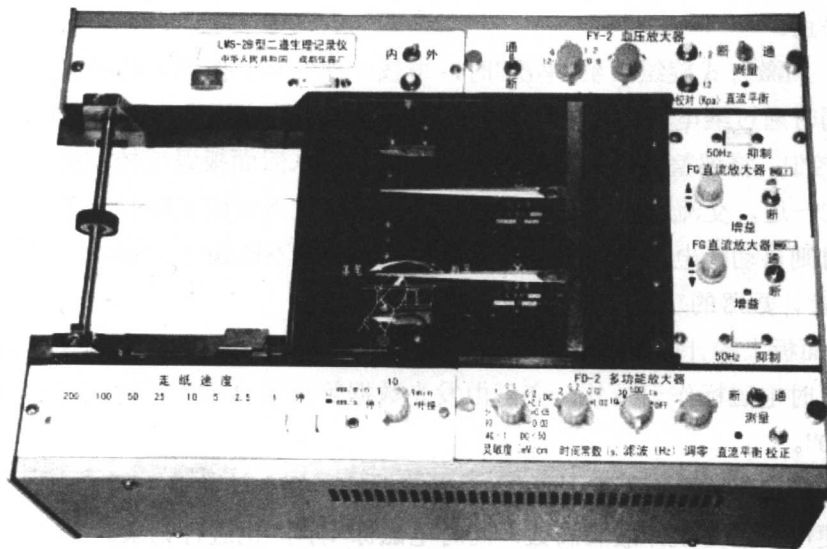


图 1—3 LMS—2B 型二道生理记录仪

### (三) 使用方法

#### 1. 通电前的准备

(1) 将电源开关、两个后级 FG 直流放大器的通/断开开关和前级放大器 FD—2、FY—2 的测量开关及输出的通 / 断开开关都置于“关”或“断”。按下控制纸速的“停”键;将前级放大器的灵敏度均置于最低档。

(2) 接上准备使用的换能器和输入线,将输入线短路。

(3) 将仪器可靠的接地。

(4) 安装记录纸及装好墨水。

#### 2. 测试前的调试

- (1) 接通电源，指示灯亮，放下拾落笔架，使记录笔尖接触在纸面上。
- (2) 选择适当的走纸速度。
- (3) 确定时间标和标记笔。

(4) 将 FY—2 的输出开关置于“断”，将 FD—2 插件抽出(或将二芯的后级输入电缆插入该 FG 放大器的 FG 输入插孔)，这样便将前级(FY—2, FD—2)与它们相应的后级(FG 直流放大器)，从电路上分割开了，前级的零位就不会影响后级了。此时分别旋转两个后级(FG 直流放大器)的零位旋钮，将笔尖调到记录纸上各自的中心线上，接 FG 校对(0.5V)按钮，便可得 10mm 的方波图形，零位调好后，就可将 FY—2 的输出开关置于“通”，恢复 FD—2 的位置(或抽出后级的输入电缆)，再分别调前级(此时 FD—2, FY—2 的“测量”均应置于“断”)。零位旋钮，确定零位，它是由使用者自己定的。

### 3. FD—2 多功能放大器的使用调整：

FD—2 多功能放大器是一个高阻抗、低噪音、高灵敏度的双端(亦可单端)输入的生物电测量用前置放大器，配合不同的电极或换能器，可测量心电、脑电等生物电信号，配合换能器还可测量呼吸、肌肉收缩等多种生理活动，以上各波形还可以通过仪器“前级输出”插孔，接到示波器或计算机观察，该放大器的“直流平衡”与“调零”均可控制记录笔的零位，但“直流平衡”主要是使输入接地时第一级运算放大器的输出为零，以保证灵敏度开关换档时基线不变。

FD—2 的“直流平衡”调整方法如下：后级、前级零位已调好，前级 FD—2 测量开关仍处于“断”后级输出“通”，不按下“50Hz 抑制”键，将灵敏度开关置于最低档，“调零”旋钮定零位，再将灵敏度开关置于最高位(“0.02”)档，调“直流平衡”使笔尖保持刚才的零位，如此反复二、三次，灵敏度开关换档时，基线位置不再改变，“直流平衡”便调好了，测试中不能再动“直流平衡”了。

放大器的高频特性，由“滤波”旋钮控制，分别为 10、30、100、1KHz、OFF 五档，低频特性由“时间常数”旋钮控制，分 DC(直流)，2s、0.2s、0.02s、0.002s 五档，视被测信号的不同选择合适的档级。若不记录被测信号的直流成分时，应采用时间常数 2s、0.2s、0.02s、0.002s 各档。记录几种不同的生物信号时 FD—2 多功能放大器的带宽参数设置：

被测项目	滤波(Hz)	时间常数(s)
心电(ECG)	100	2
肌电(EMG)	1k	0.02
脑电	100	0.2
脉搏	30	2
呼吸	10	DC

放大器的灵敏度，由“灵敏度”开关和“时间常数”开关共同决定，当“时间常数”开关置于“DC”档时，放大器的灵敏度为直流灵敏度，等于“灵敏度”开关上各档的灵敏度(0.02、0.05……10 mV/cm) X 50，即直流灵敏度为 1、2.5、5……500 mV/cm；当“时间常数”开关置于其他档时，放大器灵敏度即为交流灵敏度，为“灵敏度”开关上所示的值。实验时视被测信号幅度大小，灵敏度可由最低档“10”开始，逐渐增高，直至记录幅度满意为止。如果被测信号大于 200 mV 而小于 1000 mV 时，则可使用所配的单芯屏蔽输入电缆直接由 FG 输入插孔输入，进行描记。FD—2 放大器内部提供 1 mV 和 50  $\mu$ V 的直流校对电压，“1 mV”主要用于直流灵敏度校对，“50  $\mu$ V”主要用于交流灵敏度校对。

#### 4. FY—2 血压放大器的使用:

“直流平衡”意义及调整方法均与“FD—2”一样,放大器的灵敏度由“灵敏度”开关控制,可选择 12、6、2.4、1.2、0.6kPa/cm(约 90、45、18、9、4.5mmHg/cm)。内部提供 12 和 1.2kPa 校正信号,改变 12 和 1.2kPa 的校正信号大小可通过前级转换盒调节插件盖板上标记处电位器来实现,这是在对血压换能器进行灵敏度校正之后进行的。放大器灵敏度校正好后,一般不再调节。

#### (四) 仪器使用注意事项

(1) 仪器的放大器灵敏度高,开关接通以前,一定要使前级放大器输入端接上换能器或输入线,并使输入线短路,“灵敏度”开关置于最低档,防止干扰信号的输入损坏描笔。

(2) 仪器应良好接地。

(3) 停机时将各种开关均置于“断”,使笔尖不离开记录纸面,将压纸轮抬起。

(4) 若仪器较长时间不使用时,应取下各类输入连线,并将备用有机玻璃清洗槽放在笔尖上。将墨水壶内的墨水全部用滴管吸出,再用酒精清洗笔尖管道,套上仪器的布防护罩保持整机的清洁。

### 三、SRB—1 型二线示波器

SRB—1 型二线示波器(图 1—4)是常用的示波器之一,可以同步显示两个不同的信号。SRB—1 由示波管、扫描信号发生器、垂直与水平放大器、校正信号发生器和电源等部分组成。

#### (一) 示波管显示控制

示波管的荧光屏是将电信号转变成可视波形的关键器件,受面板上下列旋钮的调节:

(1) 聚焦:调节电子束在荧光屏上聚焦的程度。要求在慢速扫描时,调节聚焦使荧光屏上的光点又圆又小。

(2) 辉度:调节荧光屏扫描线的亮度。

(3) 标尺亮度:调节荧光屏面板前刻度板的照明亮度。

#### (二) 时基控制

控制扫描线的扫描速度和扫描方式。

1. 扫描速度的调节:调节时间/厘米旋钮,即可改变扫描速度。

2. 扫描方式:由触发电平和触发方式选择旋钮调节。

(1) 触发源选择 分别选择三种不同来源的 AC 或 DC 触发信号。

外触发:通过外加信号控制扫描,使示波器扫描与外触发源信号同步。

内触发:可分别通过上线或下线输入信号触发扫描。

电源触发:使示波器扫描与 50 HZ 交流电源信号同步。

(2) 触发电平 反时针至左为“自动”,顺时针至右为“连续”,为非同步状态。中间可选择触发信号不同的电压幅度(即电平的高低),使之能触发扫描电路工作。

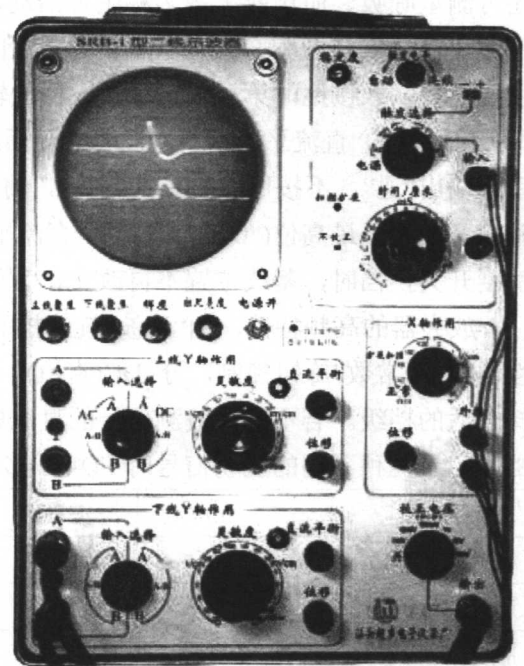


图 1—4 SRB-1 示波器

(3) 稳定度 相当于触发电平的粗调。

选择合适的触发方式与电平，可使有规律的信号在荧光屏上稳定显示，便于观察与测量。

### (三) X 轴作用

调节时间 X 轴的扫描宽度和 X 轴在荧光屏上的位置。

1. 正常/扩展 正常是指 1:1 的扫描；扩展是指相同时间内扫描的宽度为正常时的倍数，此时测量的时间应除以扩展的倍数。

2. 位移 调节扫描线的起点在荧光屏上的位置。

### (四) Y 轴作用（上、下线相同）

1. 输入选择 每个放大器都有 A/B 两个输入端，可选择 AC 或 DC 的输入方式、单端输入或双端输入。A、B 端之间为接地点。

2. 灵敏度 调节放大器的灵敏度，可调节扫描线的水平位置和观察信号的幅度。自  $20\text{V}/\text{cm}$  至  $20\mu\text{v}/\text{cm}$  共 16 挡，代表值越小，灵敏度越高。

3. 垂直移位 使扫描基线上下移动。

4. 直流平衡 分粗调和细调，使改变 Y 轴放大器的灵敏度时，扫描基线的位置仍保持不变。

### (五) 校正电压

用以调节方波输出的幅度，自  $1\text{mV}\sim 100\text{V}$ ，作为测试仪器的信号源。

### (六) SRB-1 型二线示波器的使用方法

1. 电源开启前 仪器各主要控制旋钮应置于下列位置：辉度在中心位置、触发电平在“自动”、X 轴作用在“正常”、灵敏度在  $20\text{V}/\text{cm}$ 、位移在中心位置。

2. 开启电源 1min 后荧光屏上无光点出现，则顺时针方向旋转“辉度”旋钮，并适当调节上、下线 Y 轴“位移”。直到同时出现二根扫描踪线，然后调节“聚焦”和“辉度”至适中。

3. 调节直流平衡 “灵敏度”旋钮顺时针方向拨动，至扫描踪线呈现稳定的直线。这时先调节上线 Y1 轴放大器的直流平衡。当改变 Y1 轴灵敏度时，踪线应在同一水平位置上，若不在同一水平位置时，可将“灵敏度”旋钮在  $0.2\text{V}/\text{cm}$  和  $100\text{mV}/\text{cm}$  档反复变换，同时用小改锥调节“直流平衡”的暗调节旋钮，直至“灵敏度”旋钮在  $0.2\text{V}/\text{cm}$  和  $100\text{mV}/\text{cm}$  档变换时，扫描线都在同一水平位置。Y1 轴灵敏度在各档级时，扫描线基本上在同一水平位置上，用同样的方法调节下线 Y2 轴放大器的直流平衡。

4. 校正 将“校正电压”置“ $10\text{mV}$ ”档。用连接线输入上线 Y1 轴作用 A 输入插座。调节灵敏度至出现  $1\text{cm}$  幅度的校正方波。调节“时间/厘米”旋钮于  $0.5\text{ms}/\text{cm}$  档。应观察到 5 个完整方波。若波形不稳定，则将“触发选择”置上线 AC 位置，同时调节“触发电平”使之离开“自动”位置而呈触发扫描状态，直至波形稳定。观察方波振幅应为  $1\text{cm}$ ，此时 Y 轴灵敏度应是  $10\text{mv}/\text{cm}$ ，否则说明 Y1 放大器有误差。

5. 根据“时间/厘米”直读数值和在 X 轴上的宽度即可计算校正方波的波宽、周期和频率；而根据灵敏度的直读数值和在 Y 轴上的高度，即可计算校正方波的幅度，用同样方法可把“校正电压”输入下线 Y2 轴作用 A 输入插座，计算校正方波的波宽、周期、频率和幅度，比较两者测得的数值是否相同。

6. 把“输入选择”分别置于“B”、“A-B”通道或 DC，观察校正方波的变化，并分析其原因。

经过以上操作以后，就可以把生物电信号或经前置放大器放大的生物电信号根据不同要

求，选用不同的通道输入 Y 轴插座，使生物电信号进一步放大和显示，以便进行观察、测量或示波照相。

#### (七) 注意事项

1. 仪器良好接地。
2. 仪器断电后 3 min 以上才能再次开机。
3. 直流平衡一经调好，实验过程中不能扭动平衡旋钮。
4. 开机预热后如无扫描线，应检查：
  - (1) 时基工作方式选择是否在“自动”或“连续”位置。
  - (2) 旋动 Y 轴放大器的垂直移位，扫描线是否出现。
  - (3) 扫描线辉度是否太小。
  - (4) Y 放大器灵敏度是否太高。
  - (5) 示波器是否工作在 X—Y 函数显示状态。

### 四、RM6240C 多道生理信号采集处理系统

#### (一) 系统组成

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(RM6240C 生物信号采集处理系统 1.x)主要由 RM6240C.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。

其硬件面板(图 1-5)上设置有：

- (1) 通道输入接口：通道是模拟信号输入、处理放大，转换成数字信号并被显示记录的物理通道。RM6240C 系统有四个物理通道，可同时处理放大和记录四路信号。
- (2) 刺激输出接口：输出刺激电压或电流，刺激波形为方波。
- (3) 受滴器输入接口：.用于插入受滴器，记录液体的滴数。该接口也可用于外触发。
- (4) 监听输出接口：接有源音箱可监听第一通道信号的声音。

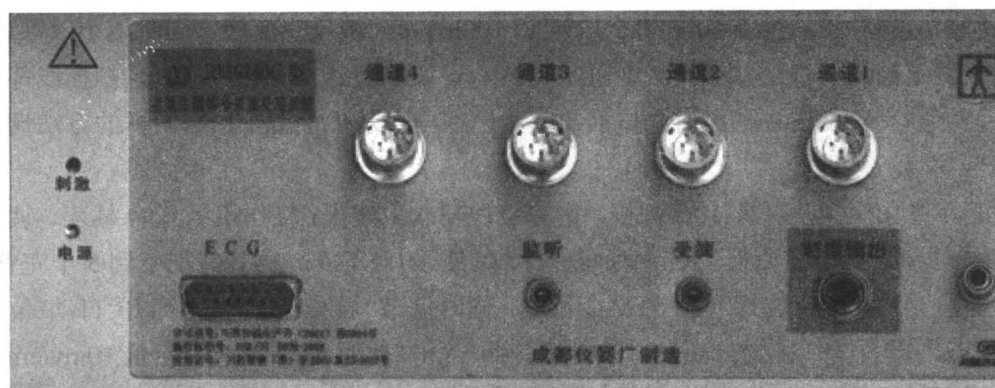


图 1-5 RM6240C 生物信号采集系统面板

软件窗口界面(图 1-6)包括：

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。工具条提供了仪器基本功能的快捷按钮。
3. 参数设置区 位于窗口的右侧。有“采样频率”及各通道的“通道模式”、“灵敏度”、“时间常数”、“滤波”、“扫描速度”等参数，用鼠标选择各功能键可调节各通道的实验参数。

4. 数据显示区 实验数据以波形的形式显示于该区域。

5. 标尺及处理区 该区显示各通道的通道信号及对应的标尺。鼠标点击“选择”按钮，弹出菜单，有对应通道“定标”、显示刺激标记“、信号“实时测量”、“静态测量”及测量的指标，有对数据进行“微分”、“滤波”等处理的功能选项。

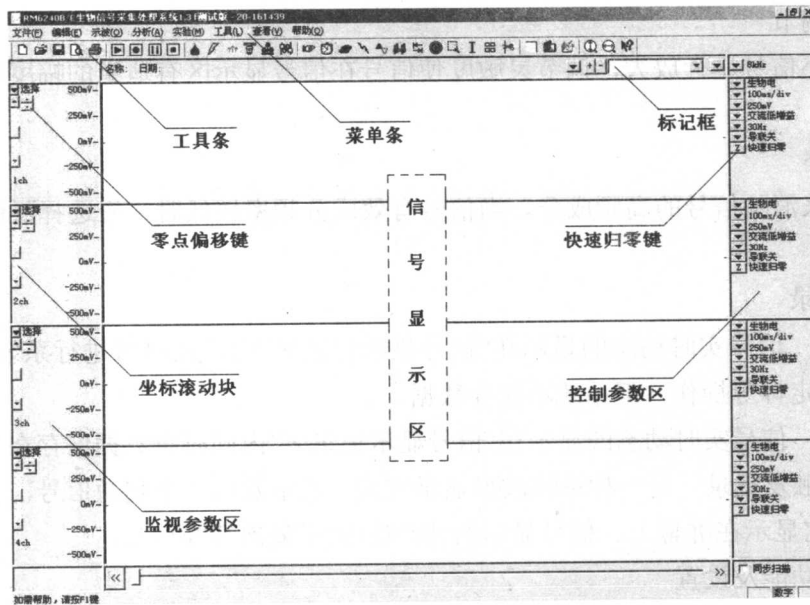


图 1-6 RM6240C 系统软件窗口

## (二) 基本功能及使用

### 1. 仪器参数及设置

#### (1) 仪器参数的快捷设置方法

仪器本身事先已将大多数实验项目的参数进行了预先设置，实验时仅需打开相应的实验项目，就可进行实验，无须进行各项参数的设置，操作方法：系统软件启动后，在“实验”菜单选择所需实验项目或“自定义实验项目”，实验项目选择完成后，系统自动将仪器参数设置为该实验项目所要求的状态。

#### (2) 仪器参数的通用设置方法

①通道模式选择：点击“通道模式”，在下拉菜单中选择记录的信号形式。

通过通道模式选择使各通道的放大器成为生物电放大器或桥式放大器或呼吸流量放大器等，如作血压实验时，应选择血压模式，并根据习惯选择血压单位。

②交直流耦合及时间常数设置

时间常数用于调节放大器高通滤波器的时间常数。高通滤波用来滤除信号的低频成分。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 0.16 Hz, 1.6 Hz, 16 Hz, 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，系统对信号的低频和直流成分不进行衰减。信号的有效成分越高，应选择的时间常数越小，有效信号频率低时，应选择高的时间常数或选择直流，如作胃肠电实验时选择 5s 的时间常数，作张力实验时选择直流等等。根据信号的对、直流特性，选择交流或直流耦合，引导细胞外生物电信号一般采用 AC（交流）耦合方式，引导细胞内生物电信号和记录应变式换能器的信号采用 DC（直流）耦合方式。



### ③采样频率

采样频率指系统每秒采集数据个数，如 100KHz 表示系统以 100000 点/秒的速度采集数据。实验时根据信号的频率选择合适的采集频率，信号频率高选择高采样频率，信号频率低选择低采样频率。

### ④灵敏度调节

系统可对小信号进行放大，调节灵敏度使信号在信号显示区有适当的幅度以便进行观察和分析。

### ⑤滤波频率

滤波是用来消除信号的高频成分。当信号有效成分频率较低时，应选择低的滤波频率，以消除高频干扰。

## 2. 信号记录

(1) 示波 信号实时动态的显示在“信号显示记录区”内，此时可进行系统参数设置、“采样频率”调节、定标等操作，但系统不保存数据。

(2) 记录 信号实时动态的显示在“信号显示记录区”内同时将数据保存在计算机硬盘上。

(3) 同步触发记录 是一种单帧波形显示方式。表示发出一个刺激信号，采集一帧生物信号数据，并把它显示在屏幕上。信号显示的“屏”数由“重复次数”决定。

## 3. 刺激器功能及设置

为了方便电生理实验，系统内置了一个由软件程控的刺激器，对采样条件设置完成后，即可对刺激器进行设置。根据不同实验要求，可选择不同的刺激模式。主要有：

(1) 单刺激 一个主周期内输出一个刺激脉冲，可调节强度、波宽、延时、主周期、重复次数。可采用同步触发的方式记录。该刺激模式常用于神经动作电位、骨骼肌单收缩、心肌期前收缩等实验。

(2) 连续单刺激 主周期等于 1 秒，无限循环的连续刺激，一个主周期内的输出的脉冲数等于频率，脉冲的波间隔相等。该刺激模式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。

(3) 双刺激 一个主周期内输出两个刺激脉冲，可调节参数有强度、波宽、延时、波间隔、主周期、重复次数。可采用同步触发的方式记录。该刺激模式常用于骨骼肌收缩、不应期测定等实验。

(4) 串单刺激 一个主周期内输出一序列刺激脉冲，序列脉冲数为 3—999 个，可调节参数有强度、波宽、延时、波间隔、主周期、脉冲数、重复次数。可采用同步触发的方式记录。该刺激模式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。

(5) 定时刺激 在设定的刺激持续时间内，刺激脉冲按设定的频率输出，常用于观察同一刺激时间内，不同刺激频率的刺激效果。如刺激减压神经、迷走神经，刺激频率对骨骼肌收缩的影响实验。可调节参数有强度、波宽、延时、波间隔、主周期、重复次数。

(6) 强度自动增减 单刺激或双刺激模式下，刺激强度从首强度按强度增量自动递增或递减至末强度。该模式常用于阈强度的测定。

(7) 频率自动增减 连续单刺激和定时刺激模式下，刺激频率从首频率按频率增量自动递增或递减至末频率。该模式常用于刺激频率与反应自动测定实验。