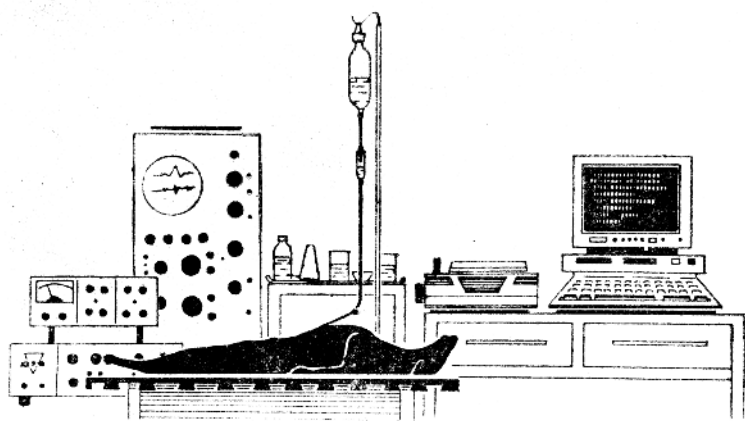


蓝庭剑 胡文尧 主编



前 言

生理学是医科院校的一门重要的基础理论学科，生理学的基本理论完全是建立在生理实验和临床实践的基础上的，它具有极强的实验性和实践性。生理学实验有助于学生加深对所学理论的理解和掌握，并有助于培养学生分析问题和解决问题的能力。然而，长期以来，由于实验条件的限制，很多院校，特别是中等院校能够开设的生理学实验较少，影响了教学质量提高。

近年来，我国医药卫生教育事业较快，生理学实验室条件得到很大改善，生理记录仪、示波器和电子刺激器等电生理仪器已成为其基本设备，计算机也已进入生理实验室。在这种形势下，编写一本与之相适应的生理学实验教程已成为生理学教学工作者的迫切要求。为此，四川省生理科学会组织了我省七所高等院校和三所中等卫校中富有教学经验的教师编写了一本《生理学实验》，供大专院校、中医院校和有条件的中等卫校使用。这本教程于1987年初出版后颇受使用单位师生的欢迎，不少院校要求再版。经编者研究，并与出版社联系，决定对该教程进行修订补充后，由人民卫生出版社正式出版发行。

本教程的特点是：把生理学理论教学与实验课紧密地结合起来；既有传统的经典实验又有新发展的电生理实验，并把计算机模拟实验引入教材；既照顾到设备条件尚差的学校的情况，又能满足条件较好院校的需要；既照顾到目前教学的实际情况，又考虑了今后几年内教学发展的需要。故而是一本适应性较强，能满足各类医药院校和普通大专院校及成人高校有关专业生理学实验教学的教材。

这本教材的修改、再版得到有关单位领导和出版社的大力支持，特此表示诚挚的谢意。由于我们水平的限制，教程中缺点、错误在所难免，殷切地希望使用者和同行专家批评指正。

《生理学实验》编审组

一九八九年四月

生 理 学 实 验

目 录

第一章 生理学常用仪器.....	(1)
一、电子方波刺激器.....	(1)
二、前置放大器.....	(3)
三、阴极射线示波器.....	(6)
四、记录器.....	(10)
(一)记纹鼓.....	(10)
(二)二道生理记录仪.....	(11)
(三)四道电生理仪.....	(14)
(四)换能器.....	(15)
第二章 实验动物和常用药品.....	(17)
一、生理学实验动物.....	(17)
二、实验动物的固定.....	(19)
三、实验动物的麻醉.....	(19)
四、常用生理溶液.....	(21)
第三章 神经肌肉.....	(23)
实验1 刺激强度与反应的关系.....	(23)
实验2 肌肉的单收缩、强直收缩.....	(24)
实验3 肌肉兴奋——收缩的时相关系和去耦联现象.....	(25)
实验4 负荷对肌收缩的影响.....	(27)
实验5 神经干动作电位.....	(28)
实验6 神经干动作电位传导速度的测定.....	(30)
实验7 神经干不应期的测定.....	(31)
实验8 神经-肌接头兴奋的传递和阻滞.....	(32)
第四章 血 液.....	(34)
实验9 红细胞渗透脆性试验.....	(34)
实验10 影响血液凝固的因素.....	(35)
实验11 出血时与凝血时的测定.....	(36)

实验12	血型的鉴定与交叉配血	(37)
实验13	人血表观粘度的测定	(39)
第五章	血液循环	(41)
实验14	蛙心起搏点分析	(41)
实验15	离体蛙心灌流	(42)
实验16	期前收缩和代偿间歇	(43)
实验17	影响心输出量的因素	(45)
实验18	容积导体导电特性与心电图量环	(47)
实验19	人体心电图描记	(49)
实验20	在位心肌细胞动作电位	(51)
实验21	在体心脏单向动作电位	(54)
实验22	心脏收缩与心电图的时相关系	(56)
实验23	心音听诊	(57)
实验24	人体动脉血压的测定	(58)
实验25	脉搏图	(60)
实验26	心血管活动的调节	(62)
实验27	兔减压神经传入放电	(63)
实验28	蟾蜍肠系膜微循环观察	(66)
第六章	呼吸	(68)
实验29	肺通气量的测定	(68)
实验30	呼吸运动的调节	(69)
实验31	兔膈神经传出放电	(72)
实验32	离体肺顺应性的测定	(74)
第七章	消化与吸收	(78)
实验33	离体小肠平滑肌的生理特性	(78)
实验34	兔离体小肠电活动的观察	(79)
实验35	兔胃平滑机电活动的观察	(81)
实验36	狗消化间期胃和十二指肠的电活动观察	(82)
实验37	胃内容物的分层排列	(84)
实验38	小肠吸收水分和渗透压的关系	(85)
实验39	胃泌素对胃肠推进运动的影响	(86)
实验40	胰液胆汁的分泌	(87)
第八章	能量代谢	(90)
实验41	人体基础代谢率的测定	(90)

实验42 动物能量代谢的测定及其影响因素	(93)
第九章 泌 尿	(95)
实验43 影响尿生成的因素	(95)
实验44 兔肾血浆流量的测定	(96)
实验45 兔肾小球滤过率的测定	(98)
第十章 感 官	(100)
实验46 视敏度测定	(100)
实验47 视野测定	(101)
实验48 盲点测定	(102)
实验49 声音的传导途径	(104)
实验50 迷路效应的观察	(104)
实验51 耳蜗微音器效应和微音器电位	(106)
实验52 肌梭放电	(107)
实验53 视网膜电图	(109)
第十一章 神经系统	(111)
实验54 反射弧分析	(111)
实验55 反射时的测定	(112)
实验56 脊髓反射	(112)
实验57 蟾蜍交感神经传出放电	(115)
实验58 人皮肤电反射	(117)
实验59 大脑皮层诱发放电	(118)
实验60 神经元的单位放电	(121)
实验61 兔大脑皮层机能定位	(123)
实验62 兔去大脑僵直	(125)
实验63 人体脑电图描记	(126)
实验64 家兔脑皮层电图的描记	(127)
实验65 毁坏小白鼠一侧小脑的观察	(128)
第十二章 内分泌	(130)
实验66 胰岛素引起的低血糖抽搐	(130)
实验67 妊娠实验	(130)
实验68 小白鼠肾上腺摘除	(131)
附 录	(133)
附1 微电极制作法	(133)
附2 微型电子计算机对心肌细胞跨膜电位的实时分析	(136)

附3	脑立体定位术.....	(140)
附4	大白鼠离体海马脑片诱发场电位的记录.....	(146)
附5	监听器的改制.....	(149)
附6	生理学微机模拟实验.....	(150)

第一章 生理学实验常用仪器

一、电子方波刺激器

方波电脉冲刺激是生理实验中常规用来作为人工刺激的一种手段。方波电脉冲刺激的优点在于它在三个重要的刺激参数即刺激脉冲的强度、刺激脉冲的持续时间（宽度）以及刺激脉冲的强度对时间的变化率等方面能被精确地定量控制。

目前国产的电子方波刺激器多数具备不同的刺激方式，如单次刺激、连续刺激、双次脉冲刺激和串波刺激。除了能对主要刺激参数独立地进行调节控制外，尚能在一定时间范围内对刺激脉冲相对于触发开始的时间间隔（延时）进行调节。为配合示波器进行电生理实验，刺激器还设有同步脉冲输出插口并附带刺激隔离器。

现以国产 JJC-2 型生理实验多用仪为例。该多用仪是由刺激器、计时器及记滴器三部分组成的实验仪器。它的主要特点是：能产生连续的方波脉冲、单个方波脉冲和双次脉冲。它还附有一个简单的刺激隔离器。根据面板插件结构，可将该多用仪分四个单元（图 1）。

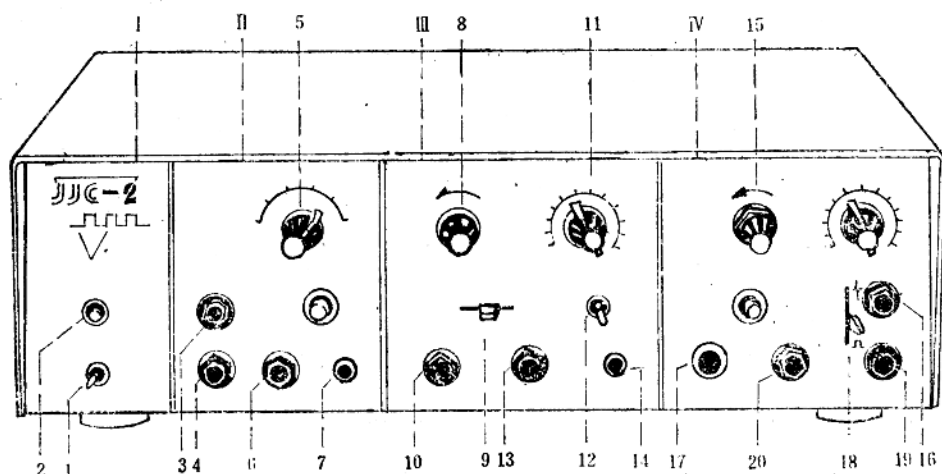


图 1 JJC-2 型方波刺激器面板图

（一）插件单元 I

1. “电源”。为电源开关，朝上位置为接通电源，此时指示灯（2）即亮。
2. 指示灯。

（二）插件单元 II

3. “受滴”。该插孔为连接受滴电极之用。
4. “记滴”。将备用附件电磁标插入该插口；当受滴电极因尿滴流过而造成短路时，电磁标即吸合，短路消除则电磁标复原状，由此形成的振动，可以描记在记纹鼓上。
5. “时间（S）”。为时间间隔选择开关。可在 1、5、10、20、40S 五档中选择时间间隔。

隔。

6. “记时”。该插口与备用电磁标连接,电磁标则按所选定之时间间隔吸合,氖灯同时闪亮。

7. “输出”。用备用电线将该插口与插件单元Ⅳ的“输入”插口连接,可以控制刺激脉冲的周期按所选定的时间间隔输出刺激。此时插件单元Ⅲ中的“频率”旋钮不能控制刺激频率。

(三) 插件单元Ⅲ

8. “间距”。顺时针方向旋转,接通第二个刺激脉冲,形成双脉冲刺激方式,两次脉冲的间距可在0~15ms范围内选择。旋钮置于最左端,双脉冲则断开,该时仅有第一个脉冲输出。

9. “单-停-复”扳键。为刺激方式选择扳键。置于“单”,同时配合手控开关,可输出单次脉冲。置于“复”时,则自动输出连续刺激脉冲。置于“停”刺激脉冲停止输出,包括插件单元Ⅱ的“输出”插口也无脉冲输出。

10. “手控”。该插口与备用之手动开关连接,可作触发单次刺激之用,按动一次手动开关,则产生一次刺激脉冲,但扳键(9)要置于“单”位置。

顺时针旋转“间距”(8)接通双脉冲方式,此时按动一次手动开关,则产生一次双脉冲刺激。

11. “频率”。扳键(9)置于“复”位置,此时旋转该旋钮可选择不同的连续频率。频率范围从0.5c/s~25c/s共10档级,如0.5、1、2、4、6、7、8、9、15、25c/s。

12. “倍率”钮子开关。置于 $\times 10$ 时,连续刺激频率比置于 $\times 1$ 时大10倍。

13. “触发输出”插口。为同步脉冲输出插口。用备用之电线将插口和示波器上的“外触发”输入接线柱相连,则插口输出的同步脉冲能触发示波器扫描,以便使示波器的扫描频率和刺激器的连续刺激频率严格同步,所观察的生物电图形就能稳定地显示在屏幕上。

14. “输出”插口。用备用电线将该插口与插件单元Ⅳ的“输入”插口连接,则刺激器能按所选定的连续频率或单次手控触发将触发脉冲经插口输出。

(四) 插件单元Ⅳ

15. “波宽”。为刺激脉冲宽度的调节旋钮,波宽可在0.1ms~1ms范围内分六档进行选择。

16. “振幅”。为刺激脉冲强度的调节器,其中包括粗调节旋钮和细调节旋钮。

(1) 粗调节共分11档:1、12、24、36、48、60、72、84、96、108、120V。

(2) 细调节。为一个十圈电位器,每旋转一圈,输出的刺激电压值即等于“振幅”粗调档所标电压值的十分之一倍。

17. “输入”插口。一般与插件单元Ⅲ“输出”插口连接。如果需要长周期刺激脉冲,可与插件单元Ⅱ“输出”(7)插口连接。

18. “A-停-几”扳键。为刺激脉冲输出扳键。“A”为输出脉冲经刺激隔离器再行输出的微分波形。电生理实验应使用此档。“几”为输出脉冲未经隔离器而直接输出的方波刺激脉冲。经典生理学实验多用此档。如果此档在电生理学实验中所遇的刺激伪迹干扰不大,也可使用此档。“停”为刺激脉冲停止输出。暂不用刺激器时,可使用此档。

19. “输出”插口。刺激电极的导线经三芯插头插入此插口。

20. “指示” 插口。反映刺激脉冲输出的指示电磁标插口。

(五) 使用电子方波刺激器的几点说明

刺激器在使用步骤上并无严格的固定次序, 可按各自习惯操作, 但下列原则仍必须严格遵守:

1. 进行刺激前, 所有刺激参数旋钮应置于最小数值, 然后按需选择参数或由小到大逐级选择。

2. 寻找阈刺激时, “振幅” 的粗、细旋钮均应由最小值逐级增大。每当粗调节由低档向高档进位时, 务必预先将细调节旋钮复位即置于最小值。

3. 在未预先选定好刺激强度参数前, (18) 扳键务必置于 “停” 位置。

4. 刺激输出的两接线端或电极两端不能相互接触, 否则将损坏输出电路的元件。

5. JJC-2型的第 I 延时已固定在 $2\sim 5\text{ms}$ 范围, 视具体机器而异。为此, 实验中要事先选定好示波器的扫描速度, 一般选择 5ms/cm 、 2ms/cm 、 1ms/cm 三档为宜, 以便看清刺激伪迹的确切位置。

6. 一般关于刺激触发频率和波宽之间的关系, 在 JJC-2 型上可从略不计, 因为该刺激器的频率和波宽的范围均较窄, 不会在频率和波宽之间的关系上出现失调。

(重庆医科大学 范维正)

二、前置放大器

前置放大器的主要作用是将微弱的生物电位放大到所需要的程度以致能推动示波器的光点偏转或推动记录器的描笔。

各种型号的生物电前置放大器在性能和工作范围上会有差别, 但就面板设置而言, 原则上大体相同。现以 FZG-IA 型直流前置放大器为例。

FZG-IA 型前置放大器是具有两个导程的低噪音的前置放大器, 抗干扰能力较强, 频率范围较宽, 并设有多档高、低频率的滤波器可供选用, 电路全部由晶体管元件构成。

(一) 面板控制旋钮的设置 (图2) 及其作用。

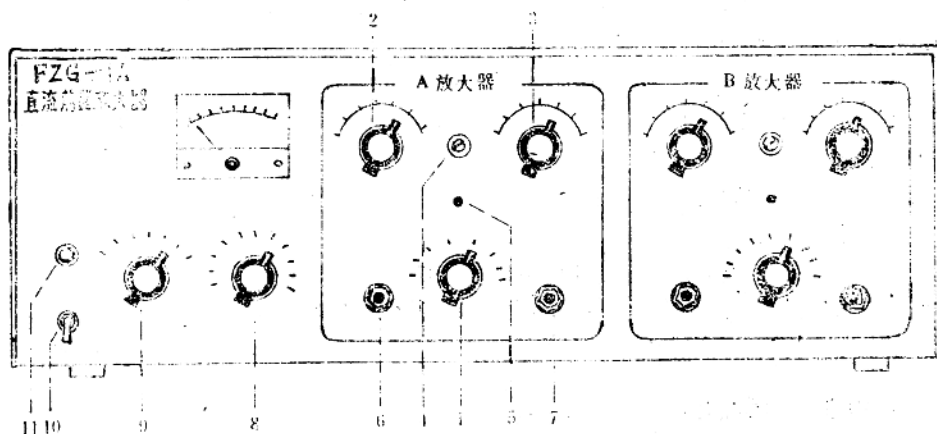


图2 FZG-IA型前置放大器面板

1. “输入选择”。设0.001s、0.01s、0.1s、1s、直流、平衡、校正、辨校共八档。

(1) “0.001s”~“1s”。为放大器的时间常数档，实际上是放大器的低频滤波器，时间常数愈小，对低频率的电信号衰减程度愈大。

根据公式 $f = \frac{1}{2\pi T}$ ，可以求出时间常数与频率之间的相应关系，得出：

1s对应0.16Hz，

0.1s对应1.6Hz，

0.01s对应16Hz，

0.001s对应160Hz。

由此可知，时间常数选为1s时0.16Hz以下频率的信号均被衰减，再时间常数选为0.01s时，凡频率低于1.6Hz者均被衰减，只有高于1.6Hz的信号才能无衰减地被放大。

实用选择举例：引导神经动作电位常用的时间常数为0.01s。引导自发脑电常用0.1s。

(2) “直流”。此时放大器输入端不接电容器，故直流电信号或变化很缓慢的电信号在此档不会发生衰减。

(3) “平衡”。这时放大器输入端对地形成短路，外部信号不能进入放大器。调节“平衡调节”旋钮，可使放大器的两输出端 A_1 、 A_2 之间电压相等从而放大器本身达到平衡，呈正常工作状态。

(4) “校正”。配合“校正信号”旋钮(9)的选择，可使仪器内部所设的校正方波信号输入到放大器借此可估算放大器的放大倍数。

(5) “辨校”。用于校正放大器的共模抑制比。所谓共模抑制比系等于放大器对异相信号的放大倍数与对同相信号的放大倍数之比值。比值愈大，说明放大器抗干扰的能力愈强。生物电属于异相信号，而外界电场干扰信号属于同相信号。调节面板上的“辨差调节”，可以调整对同相信号幅度的抑制程度，从而提高共模抑制比。

2. “增益控制”。为放大倍数的控制旋钮。共设20、100、200、1000四档。

3. “滤波频率”。实际为高频滤波器，即对高于所选定的频率均予以衰减。

例如设选定10kHz，此时凡低于10kHz的信号均无衰减地通过放大器输出，而对于10kHz的信号，放大倍数就衰减到70%，高于10kHz的信号，放大倍数衰减程度更甚。当引导动作电位时，常用10kHz这一档。

4. “平衡”旋钮。配合“输入选择”(1)中的“平衡”，调节放大器的自身平衡。

5. “辨差调节”微调螺丝。配合“输入选择”中的“辨校”(1—5)，可调整放大器的共模抑制比。

6. “输入”。为信号由此输入到放大器的三芯插口。

7. “输出”。为将放大后的信号由此输出的三芯插口。

以上面板控制旋钮的作用，对AB两组放大器的意义完全相同。

8. “电表选择”。逐档核对下列各档电压值，其数值由电表指示之：

(1) “-6V”。为放大器正常工作所需之稳压直流负电源电压，若不足-6V应进行检修。

(2) “ A_1 ”。A组放大器的输出端与零伏之间的电压值，配合“平衡”档(1—3)并调节“平衡调节”(4)使电表指示在6V左右。

(3) “ A_2 ”。A组放大器的另一输出端与零伏之间的电压值,配合“平衡”档(1—3)并调节“平衡调节”(4)使电表指示在6V左右,以与 A_1 电压值对称。

(4) “ B_1 ”。B组放大器的输出端与零伏之间的电压值,配合B组中的“平衡”档并调节“平衡调节”使电表指示在6V左右。

(5) “ B_2 ”。B组放大器的另一输出端与零伏之间的电压值,配合“平衡”档并调节“平衡调节”使电表指示在6V左右,以与 B_2 电压值对称。

(6) “+12V”。为放大器正常工作所需之稳压直流正电源电压,不足+10V应检修。

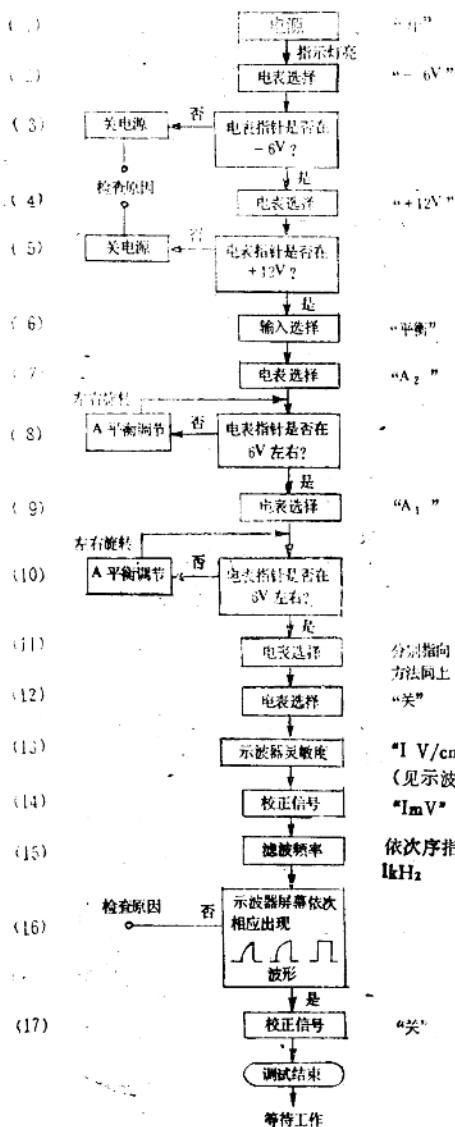


图3 FZG-1A型前置放大器调试操作流程
FZG-1A型前置放大器调试操作流程依顺序进行调试。

9、“校正信号”。输出频率约为70Hz的方波,作校正放大倍数之用,共设十一档,即30 μ V、100 μ V、300 μ V、1mV、3mV、10mV、30mV、100mV、300mV、1V、“关”。放大器调试完毕或检测生物电信号时,应置于此位置以切断校正信号。

10、“电源”。系220V交流电源开关,接通后指示灯(11)亮,放大器即可进行调试。

(二) 调试使用步骤

1、接通电源前各控制旋钮初始位置

“电源”·关

“输入选择”·“平衡”

“电表选择”·“关”

“增益控制”·“ $\times 1000$ ”

“校正信号”·“关”

“滤波频率”·“100Hz或任意”

“输入”插口。用双芯屏蔽线和引导电极相连接(如仅调试放大器则可不作此连线。

“输出”插口。用双芯屏蔽线和示波器y轴放大器输入端相连。

2、检测生物电前, 按

3、调试完毕即进行示波器调试，调试完毕即可按实验所需选好“滤波频率”，同时在引导电极均和生物体接触妥当后，则可将“输入选择”（1）置于“0.001S”~“直流”视需要而定，生物电信号即进入放大器。

（三）前置放大器使用注意事项

1、“输入选择”旋钮平时应置于“平衡”档，只有在引导生物电进行观察的当时，才允许将旋钮置于“0.001S”~“直流”，否则极易损坏内部元件。

置于“0.001S”~“直流”时，决不允许输入电极脱空或在实验过程中移动电极，以防放大器输入级损坏，移动电极前，务必将“输入选择”置于“平衡”。

2、输入电压值，不能超过 $\pm 4V$ ，否则放大器第一级场效应晶体管被击穿。

3、不可把输入端的两芯线或输出端的两芯线合并起来作为输入或输出的一级，以接地线作为另一极的形式输送生物电信号。

4、金属屏蔽线的外层金属网应接地可靠。

（重庆医科大学 范维正）

三、阴极射线示波器

阴极射线示波器简称示波器。它的主要作用是利用示波管将需要观测的电信号转换成与其成正比的示波管光点在垂直方向的偏转，同时在水平方向输入与时间成直线性变化的扫描电压（如锯齿波电压），将被测信号均匀展示在示波管的荧光屏上。

（一）组成部分。

示波器基本上由以下五大部分所组成：y轴放大部分、x轴放大部分、时间基线（或时基）扫描部分、示波管部分和电源部分。图4为示波器面板示意图。

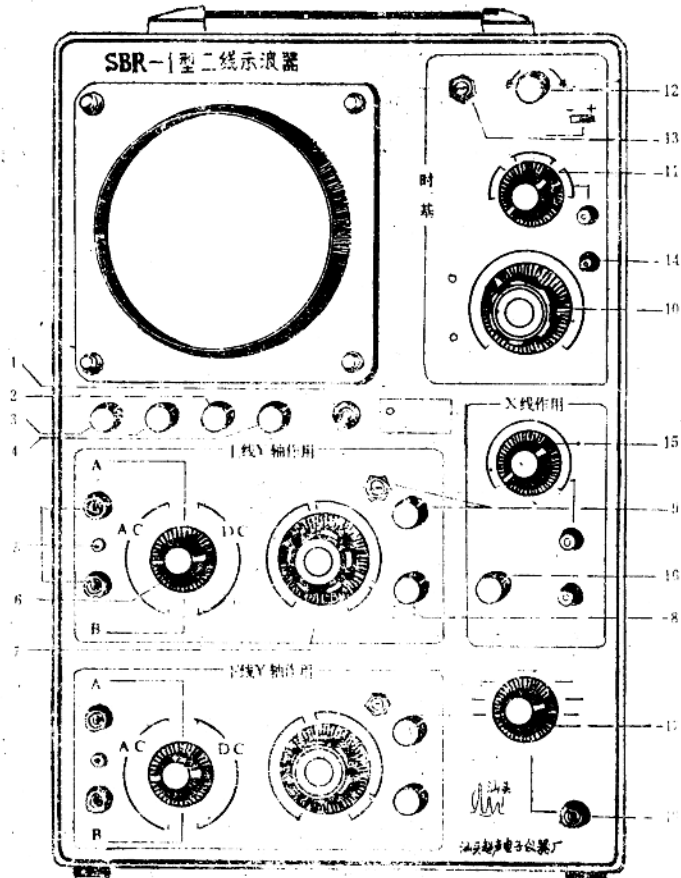


图4 SBR-1型示波器面板示意图

1、Y轴放大。它的作用是把被测电信号从Y轴输入，经放大器放大后，送到示波管的y轴偏转板上，以供显示观察。

SBR—1型示波器y轴放大器的灵敏度从 $20\text{V}/\text{cm}$ 到最大灵敏度 $200\mu\text{V}/\text{cm}$ ，因此，y轴放大器的总放大倍数应为：

$$\text{放大倍数} = \frac{20\text{V}/\text{cm}}{200\mu\text{V}/\text{cm}} = 10^5 \text{ 倍}$$

例如当输入 $200\mu\text{V}$ 电压时，可以在最大灵敏度于屏幕上显示 1cm 幅度的信号图形；此时若输入 $600\mu\text{V}$ 电压，则应显示 3cm 的信号图形。当y轴放大器置于最小灵敏度即衰减 10^5 倍时，则要输入 20V 电压，屏幕上才能显示 1cm 幅度的信号图形。

2、时基扫描部分。主要作用是产生锯齿波电压，形成自左向右的电子束运动以扫描出时基线。

3、X轴放大。主要作用是接受扫描部分产生的锯齿波电压并将其放大到示波管水平偏转板所需要的最大灵敏度，以便在屏幕水平方向显示出长约 10cm 长的时基线。

4、示波管及其电路。示波器主要由电子枪、偏转板、加速电极和荧光屏（或屏幕）所组成。

电子枪产生的高速电子束到屏幕之前，受到偏转板系统即y偏转板和x偏转板的控制影响，改变偏转板之间的电位差是可以改变电子束的偏转距离，从而达到调节屏幕光点幅度变化的目的。可见示波管是将放大的被测电信号变成光信号的必需部件。

5、电源。提供示波器各部分的电路正常工作所需要的正负直流稳压电源。

（二）控制旋钮和接线柱

1、前面板

（1）“电源”。为接通 220V 交流电源的总开关。接通电源后，在电源进线连接好的情况下，机内降温风扇即刻旋转。

（2）“辉度”。控制示波管屏幕上光点的亮度，顺时针旋转时增加光亮度，反之则减弱。

（3）“上线聚焦”、“下线聚焦”。分别将上、下二线的光点聚为一小圆点，以便扫描时基线呈细而光滑状。

（4）“标尺亮度”。示波管屏幕前坐标刻度线的照明亮度，顺时针方向旋转时亮度逐渐增加。

（5）“A”、“ $\perp$ ”、“B”输入接线柱。为y轴放大器输入信号接线柱。实验中与前置放大器的两输出端连接。“ $\perp$ ”接地插孔和前置放大器输出缆线的金属网层连接。

（6）“输入选择”。为输入方式选择开关（上下线相同）：

① “(A-B) $_{AC}$ ”。为交流信号作双边输入方式，电生理实验中观测快变化电信号选用此方式。

② “(A) $_{AC}$ ”和“(B) $_{AC}$ ”。为交流信号作单边输入方式，此时仅“A”或“B”起作用。

③ “(A-B) $_{DC}$ ”。为直流信号作双边输入方式，电生理实验中观测直流或缓慢变化的电信号，如细胞内电位和平滑肌电位均选用此方式。

(7) y轴“灵敏度”。从 $200\mu\text{V}/\text{cm}$ ~ $20\text{V}/\text{cm}$ ，共16档，用于观测不同信号值选择不同灵敏度档级。

(8) y轴“移位”。调节被观测信号图形上下方向的位置。

(9) “直流平衡”。用来调节y轴放大器电路的对称度，以保证光迹垂直位置不因调节不同y轴“灵敏度”档级而偏离原位置。

(10) “时间/厘米”旋钮。为调节时基线扫描速度，自 $5\text{s}/\text{cm}$ ~ $1\mu\text{s}/\text{cm}$ ，共设21档。

(11) “触发选择”旋钮。用来选择不同来源的触发信号，其中有：

①“电源”。触发信号来自50Hz的交流电源。

②“上线(AC、DC)”。触发信号来自上线y轴放大器输出的信号，属于内触发。

③“下线(AC、DC)”。触发信号来自下线y轴放大器输出的信号，属于内触发。

④“外触发(AC、DC)”和“外输入”接线柱。此时外部触发信号经此输入，示波器扫描基线受外部触发信号控制。

“—，+”选择开关。为外触发信号极性的选择开关。

(12) “自动/触发电平/连续”。这是一个触发电平调节与时基工作方式选择合并在一起的旋钮。

①“连续”。置于此位置时，光点按“时间/厘米”(10)控制器所标示的扫描速度进行连续扫描。

②“自动”。此时当有内触发信号输入，光点能与触发信号取得稳定的同步。但在无触发信号输入时，光点仍可自动扫描。

③“触发电平”。用作调节触发电位的幅度。可左右微微旋动以寻找刚好能得到稳定触发扫描的最低电平。

(13) “稳定度”微调螺槽。用以调节扫描电路的工作处于临界状态。逆时针旋转呈扫描状态，顺时针旋转则扫描停止——处于等待触发状态；调节时，顺时针旋转使时基线刚刚消失即为等待触发状态。这时触发信号和时基线之间可呈现最佳的同步状态。

(14) “扫描输出”接线柱。锯齿波电压可由此处输出。此锯齿波电压可供触发其他仪器之用。

(15) “X轴作用”。

①“正常”。呈不扩展扫描状态。此时时基线扫描速度即等于“时间/厘米”(10)所标示之数值。

②“ $\times 2$ ”、“ $\times 5$ ”、“ $\times 10$ ”、“ $\times 20$ ”。为扫描扩展档级。扩展扫描时，“扫描扩展”指示灯发亮，扫描速度应为“时间/厘米”(10)所标示之数值乘以相应的扩展档级数值。

③“ $2\text{V}/\text{cm}$ ~ $0.1\text{V}/\text{cm}$ ”五档为X轴放大器灵敏度档级。届时X轴放大器呈外接状态，时基线停止扫描，屏幕仅显示上下二线的静止光点。灵敏度档级的选择是根据“外接”接线柱输入的信号电压大小而定。

(16) X轴“移位”。调节被观测图形左右方向的位置。

(17) “校正电压”。提供约1kHz方波的校正信号，从 1mV ~ 100V ，共设六档；可由校正电压“输出”插口(18)输出。

2、后面板

“示波管阴极”接线柱。用作对示波器辉度进行调制时由此输入调制电压之用。不作辉度调制时和“⊥”接地接线柱连接。

3、侧面板——左侧外壳打开，上部。

“X轴偏转板选择”旋钮：

(1) “ $Y_1 + Y_2$ ”。此时示波器呈上、下双线扫描工作状态。

(2) “ $X(Y_1) - Y_2$ ”。此时上线Y轴放大器接至X轴偏转板，扫描电路和X轴偏转板断开，示波器呈单线工作状态，屏幕上只出现一个静止光点，作向量心电图测量时常置于此位置。

(三) 示波器的使用注意事项

1、电源断开后，不能立即再开启电源，至少要等三分钟后才能重新通电，否则易将仪器内部元件损坏，故暂不用时不必断开电源。

2、使用时应注意辉度适中，不宜过亮以及不可长期使光点停留在屏幕同一地方，以免烧黑该处屏幕。

3、环境温度在 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$ 时，能连续工作8h，市电不稳地区，应通过交流稳压器供电。

(四) 示波器的使用调试步骤

1、电源接通前面板控制旋钮初始位置

“电源”。关

“辉度”。最左端

“聚焦”(上下线)。居中

“时间/厘米”。“ $20\text{ms}/\text{cm}$ ” $\sim$ “ $1\text{ms}/\text{cm}$ ”或按需设置。

“直流平衡”(上下线)。任意

Y轴“灵敏度”(上下线)。“ $1\text{mV}/\text{cm}$ ”

Y轴“移位”(上下线)。居中

“输入选择”(上下线)。“ $(A-B)AC$ ”

X轴“移位”。居中

“触发选择”。“上线(AC)”或“下线(AC)”

“自动/触发电平/连续”。“连续”或“自动”

“校正电压”。“关”

2、调试步骤。SBR-1型示波器按下列调试操作流程图依顺序进行调试，调试完毕按实验具体需要选好Y轴灵敏度，时基扫描速度以及扫描方式，配合前置放大器检测生物电信号。

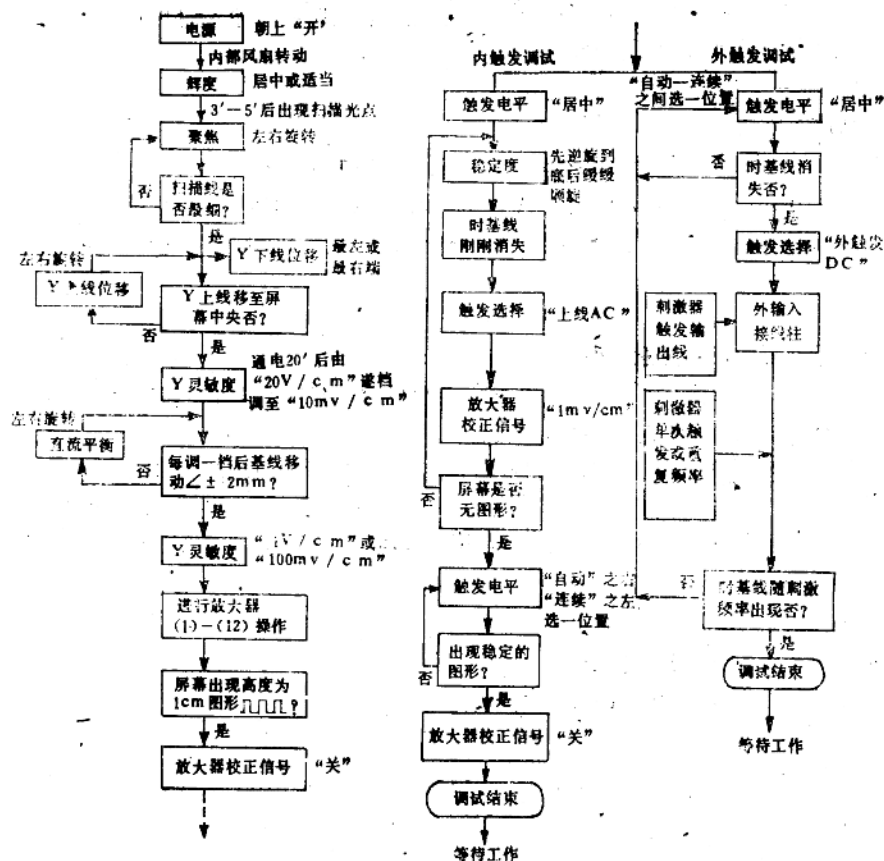


图5 SBR-1型示波器调试操作流程

〔重庆医科大学 范维正〕

四、记 录 器

(一) 记纹鼓

记纹鼓是一种常用的生理记录仪器，可用来记录伴有机械变化过程的各种生理现象，如肌肉收缩、心脏节律活动、呼吸运动和血压波动等变化过程。

1、记纹鼓的结构和用法

记纹鼓的基本结构可分为含动力装置的机座和转动的圆鼓两部分。根据动力的不同可分为机械动力记纹鼓和电动记纹鼓两种。

(1) 机械动力记纹鼓：机座的主要部件是发条和齿轮系统。机座面上有开关、上发条的把手和调节鼓速的把手。扭转开关，发条即带动齿轮进而带动鼓轴转动，这样使固定在鼓

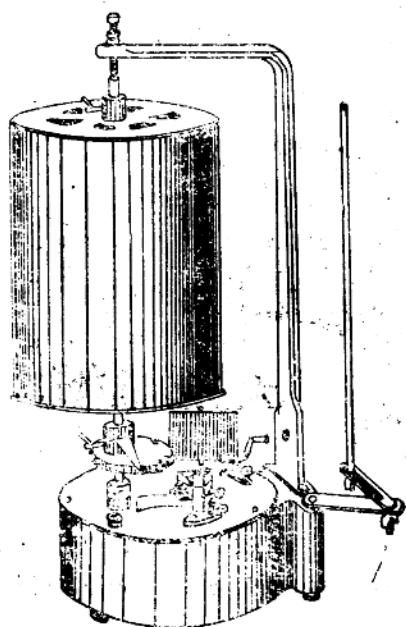


图6 机械动力记纹鼓图示

将圆鼓连同鼓轴管一并取下，并在鼓上方横梁上栓一较鼓面略长的细线，供以后撕开记录纸用，将圆鼓放置于记录纸中段，拉紧细线，使其恰在记录纸接缝处，将纸的左端压在纸的右端上贴好即可（图7）。

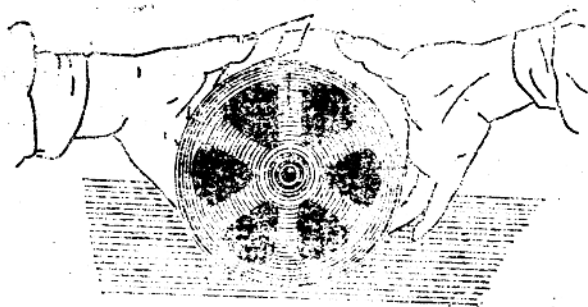


图7 记纹鼓贴纸法

轴上的圆鼓也随之转动。在圆鼓转动过程中，如将粗调节器把手提起，则鼓转速加快，放下则转速减慢。如在细调节器上加以不同重量和宽度的叶片，改变齿轮转动阻力，亦可调节鼓速。

圆鼓部分由圆鼓和鼓轴组成。圆鼓依靠螺钉固定在鼓轴管上，位置可视需要上下移动。将鼓轴管套在机座的鼓轴上，并使其下端梢钉嵌入鼓轴基底部小凹中，则圆鼓可随鼓轴而转动（图6）。

（2）电动记纹鼓：其原理和方法与上述基本相同，唯其动力为交流电源，即以交流电带动马达而使圆鼓转动。

电动鼓的鼓速均匀，能长时间连续转动，且鼓速易于调节，故使用更为方便。

2、记纹纸的粘贴

考虑到描记时的阻力越小越好，故记录纸应采用光滑而坚韧的白纸，将大小适当的记录纸放于桌面上，纸的光滑面向外，

（二）LMS-2A和LMS-2B型二道生理记录仪

LMS-2A 和LMS-2B型二道生理记录仪是由成都仪器厂生产的墨水描笔式记录仪，目前国内被广泛用于生理实验中。这种仪器配以适当的引导电极或换能器，即可测量、记录多种生物电信号，以及血压、脉搏、呼吸、肌肉收缩等多种非电生理参数指标。仪器的放大器采用插件式，可根据记录指标更换适当的插件，是一种灵敏度较高的通用记录仪。其中2A型为弧线式描笔，2B型则改用直线式描笔，性能指标较2A型更佳。

1、仪器的结构与工作原理

仪器外形如图8所示：