

生理学 实验指导

赵轶千 王雨若 主编

人民卫生出版社

生理学实验指导

赵轶千 王雨若 主编

编委会

(按单位字首笔划为序)

冯镇沅	大连医学院	副教授
边毓土	上海第二医学院	讲师
李之望	武汉医学院	副教授
赵轶千	武汉医学院	副教授
王雨若	河南医学院	副教授
刘以昌	河南医学院	副教授
姚运伟	河南医学院	讲师
周衍椒	湖南医学院	教授
唐恢玲	湖南医学院	副教授
梅懋华	遵义医学院	



人民卫生出版社

生理学实验指导

赵轶千 王雨若 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

四川新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 11¼印张 255千字

1985年6月第1版 1985年6月第1版第1次印刷

印数：00,001—52,600

统一书号：14048·4858 定价：1.80元

【科技新书目83—86】

前 言

这本《生理学实验指导》的编写工作是从1977年“长沙会议”开始的。当时全国十八所医学院校生理学教研室，按照卫生部的指示讨论了高等医药院校《生理学》教材的编写大纲和计划，考虑到五年制医学生的生理学实验课即将开始，迫切需要一本各校都能使用的实验教材，与会同志一致同意组织协作编写。讨论中，根据各校当时实验课实际开设的情况，照顾到不同的实验设备条件，经共同研究、选择了一批实验项目，由到会各校分工编写。会议推选河南医学院生理学教研室王雨若同志主持编写工作，并由山西医学院、上海第二医学院、河北医学院、河南医学院和湖南医学院选派教师组成编写组。会后，各校都很快地完成了所分担的编写工作。1978年元月，编写组在郑州召开了定稿会议，中国医科大学和安徽医学院的同志也参加了这次会议。同年，此稿由山西医学院印刷，内部发行，此实为本书的第一版。1980年以后，参加本书编写工作的单位增加到二十四所医学院校，先后由河南医学院负责修订，作了若干增补后又印发了三次，这是本书的第二版。此书曾为30多所高等医学院校所采用，前后共发行14万册，对我国当时生理学实验教学作出了一定贡献。然而，该书在编写时主要考虑各校的设备条件，而未注意适应现代重要的基本技术进展，同时编写人员过多，亦难求得统一。

1979年3月，武汉医学院和原参加生理学实验指导定稿会议的七所院校的同志在武汉开会，研究编写《生理学方法与技术》丛书。这次会上决定由到会八校组成一个编写组，共同编写两部书，即《生理学实验指导》与《生理学方法与技术》。1980年又有遵义医学院、上海中医学院和医学科学院基础医学研究所的同志参加了编写组。1981年11月，中国生理科学会在桂林召开生理学学术会议。参加会议的编写组的同志又集会研究了生理学实验教学问题。大家认为，以往的观点，即“实验课的目的旨在验证课堂讲授的理论”不宜过份强调。理论的验证往往要经过系统的、长时间的实验，一般不是学生的实验课所能做到的。生理实验课的目的旨在，通过对生理学实验方法的学习，培养学生的科学思维方法和科学工作的态度，训练他们的基本技能，同时对一些基本的、为人所熟知的理论作简单的验证。大家还认为，应当努力使学生接触当前所通用的基本技术，或为此准备条件，以适应毕业后工作中的需要。因此，实验指导的编写应有统一的指导思想，编写人员不宜过多。这次初步商定由上海第二医学院、武汉医学院、河南医学院、湖南医学院和遵义医学院（以后又增加了大连医学院）生理教研室的几位同志组成编委会，由武汉医学院赵轶千同志和河南医学院王雨若同志担任主编。1982年6月编委会在郑州开会，商定了编写原则、实验项目和分工。一年后初稿完成，1983年7月下旬在成都定稿。

此书定稿前，即1983年6月底，中国生理学会在安徽屯溪召开了生理学教学、仪器工作会议。会上学会副理事长王志均教授提出，在教学工作中应着重开发学生的智力。他的这个主张得到与会者的一致赞同，并以此为中心议题，讨论了生理学教学各个方面的问题，并着重讨论了生理实验教学的问题，包括实验课的目的、内容、方法等，具体推荐了30个实验项目供各校参考。此书在成都定稿时，首先讨论了上述会议精神，据此

对初稿进行了相应的修改和增补，使本书的质量得到了进一步的提高，并包括了学会所推荐的实验项目。

本书这一版是在统一的思想指导下编写而成的，它不但保留了传统的实验设备和技术，还注意采用了某些常用的现代基本设备和技术。书中绝大部分实验都是经作者亲自操作后才撰写的，尽力作到切实可行。

我们编写这本书，目的是想为我国生理学教学作些有益的事，但能力微薄，力不从心，不当之处，亟盼读者指正。我作为编写这本书的发起人之一和编委会成员，虽然没有实际参加编写工作，却是整个过程的见证人。书本虽小，从发起到正式付梓前后竟达6年之久。其间二十多个单位的几十位同志为此付出了宝贵的时间和精力。主编们要我写出这个过程，为的是说明这本书是许多同志多年来辛勤劳动的成果。

周衍椒

目 录

前言	5
第一章 生理学常用实验仪器及神经肌肉标本制备	1
第一节 电生理学常用仪器	1
一、阴极射线示波器	1
二、电子刺激器	3
三、生物电放大器	5
第二节 生理描记仪器	7
一、生理记录仪与换能器	7
二、记纹鼓描记系统	11
第三节 蛙或蟾蜍肌肉神经标本制备	14
一、坐骨神经腓肠肌标本制备	14
二、带神经的缝匠肌标本制备	15
第二章 肌肉神经实验	17
实验一 神经干动作电位的引导	17
实验二 神经干动作电位传导速度的测定	19
实验三 神经纤维兴奋后的兴奋性变化	20
实验四 时值和强度-时间曲线的测定	22
实验五 骨骼肌的单收缩与复合收缩	23
实验六 刺激强度与骨骼肌的收缩关系	26
实验七 负荷对骨骼肌收缩力的影响	27
实验八 骨骼肌动作电位与收缩的同时记录	28
实验九 骨骼肌纤维的膜电位	31
实验十 终板电位	33
第三章 血液实验	35
实验十一 红细胞计数及血红蛋白测定	35
实验十二 红细胞的渗透脆性	40
实验十三 血凝试验	41
实验十四 血量的测定	45
第四章 循环实验	49
实验十五 期前收缩和代偿间歇	49
实验十六 蛙心灌流	51
实验十七 容积导体模型	55
实验十八 人体心电图的描记	56
实验十九 蟾蜍心电向量图的记录	59
实验二十 希氏束电图	61

实验二十一	心肌细胞动作电位	63
实验二十二	狗心室浦肯野细胞兴奋后兴奋性的变化	68
实验二十三	心肌细胞动作电位及心电图的同时记录	69
实验二十四	影响心输出量的因素	71
实验二十五	蛙的微循环观察	74
实验二十六	人体动脉血压的测量	75
实验二十七	减压神经放电	77
实验二十八	心血管活动的神经体液性调节	79
实验二十九	蟾蜍内脏血管灌流	84
实验三十	淋巴液的回流	86
第五章	呼吸实验	88
实验三十一	人体肺容量和肺通气量的测定	88
实验三十二	呼吸气体成分的分析	91
实验三十三	人体呼吸运动的观察	93
实验三十四	膈神经放电	95
实验三十五	呼吸运动的调节	96
实验三十六	胸内负压和气胸的观察	98
实验三十七	肺顺应性的测定	100
第六章	消化实验	102
实验三十八	离体小肠平滑肌的运动	102
实验三十九	消化管的运动	104
实验四十	大白鼠胃酸的分泌	105
实验四十一	唾液、胰液和胆汁的分泌	108
实验四十二	小肠的吸收	111
实验四十三	人体基础代谢的测定	112
第七章	泌尿实验	118
实验四十四	血浆清除率	118
实验四十五	影响尿生成的因素	121
第八章	内分泌实验	123
实验四十六	甲状腺激素对动物代谢的作用	123
实验四十七	动物肾上腺摘除的观察	125
实验四十八	胰岛素的放射免疫测定	127
第九章	中枢神经实验	131
实验四十九	反射时的测定	131
实验五十	反射弧的分析	132
实验五十一	脊髓后根和前根的机能	132
实验五十二	小白鼠脊髓半横切	133
实验五十三	脑立体定位术	134
实验五十四	神经元的单位放电	136

实验五十五	下丘脑的摄食中枢	137
实验五十六	损毁小白鼠小脑的观察	138
实验五十七	大脑皮层运动机能定位	139
实验五十八	去大脑僵直	140
实验五十九	大脑皮层诱发电位	140
实验六十	人体脑电的观察	145
实验六十一	人体反应时的测定	147
实验六十二	小白鼠防御性条件反射	148
第十章	感觉实验	150
实验六十三	肌梭放电	150
实验六十四	盲点的测定	151
实验六十五	视紫红质漂白实验	152
实验六十六	声音的传导途径	152
实验六十七	豚鼠耳蜗微音器电位	153
实验六十八	动物一侧迷路破坏的效应	154
第十一章	实验设计及附录	156
实验六十九	实验设计	156
附录		157
I	生理代用液的成分	157
II	实验动物一般常数	158
III	人体常用的生理常数	160
IV	生理实验几种常用药品简介	161
V	实验结果差异的显著性判断	162
一、	均数、标准差与标准误	163
二、	判断两个均数差异的显著性	164
三、	两个样本均数的对比	166

第一章 生理学常用实验仪器及神经肌肉标本制备

第一节 电生理学常用仪器

一切生命活动几乎都伴随有电的变化，这就是生物电现象。电生理学是以电子仪器为工具来研究机体活动时所产生的电现象，以冀深入探讨和阐明生命活动的规律。

生物电变化非常微弱，通常仅为微伏级或毫伏级。因此要观察和记录这种变化必须首先将其放大，然后才能在示波器或记录仪上显示出来。

研究组织、细胞的活动，往往需要通过刺激来诱发，电刺激是较为适宜而常用的方法。由此可见研究生物电的基本仪器部件应包括电子刺激器、生物电放大器以及示波器。这三件仪器的组装如图 I-1。要求学生实验前先初步了解这些仪器的基本性能，通过实验学会使用方法，掌握操作要点。

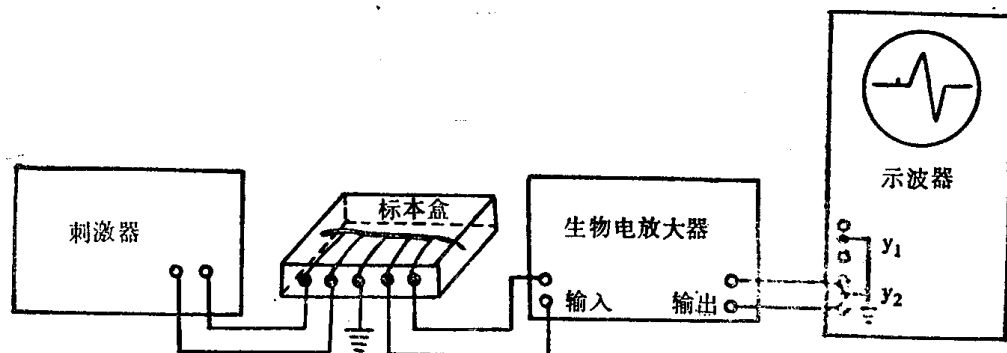


图 I-1 电生理实验基本仪器

一、阴极射线示波器

(一) 阴极射线示波器的使用简介

适用于生物电显示的示波器为慢扫描、高灵敏度的双线示波器。为了便于了解示波器的应用，先扼要复习一下阴极射线示波管的结构（图 I-2）。在阴极射线管内有灯丝、阴极、栅极、阳极等组成的电子枪，从电子枪发射的热电子经阳极高压作用而被加速，电子束快速地射撞在荧光屏上，形成光点。垂直偏转板接y轴放大器，加上电压使光点在垂直线上移动。水平偏转板接x轴时基扫描电路，加上电压使光点自左向右扫描。

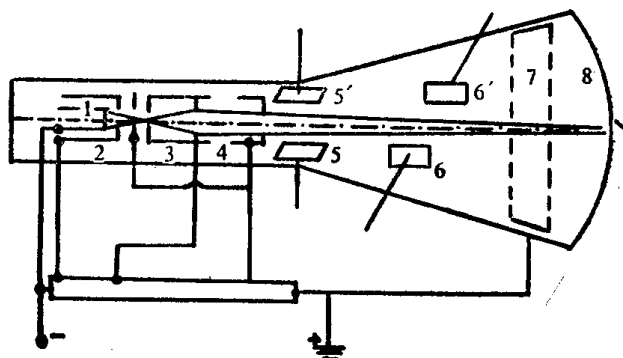


图 I-2 阴极射线示波管示意图

- | | | |
|---------|-------------|-------------|
| 1. 阴极 | 2. 栅极 | 3. 第一阳极 |
| 4. 第二阳极 | 5. 5' 垂直偏转板 | 6. 6' 水平偏转板 |
| 7. 第三阳极 | 8. 荧光屏 | |

根据示波器主要工作原理及面板（图 I-3）上的分区，分以下几个部分加以介绍。

1. 电源、辉度、聚焦及标尺亮度的使用

电源开关 电源开关接通后，整机开始工作。一般电子管示波器达到稳定工作状态需要预热半小时左右。注意在示波器电源切断后，不可立即再接通，必须等 3~5 分钟后才可再接通，否则易损坏示波器。

辉度 阴极射线示波管电子枪所发射的热电子量受栅极（图 I-2 中的 2）电压控制。栅极电压提高，则热电子发射量增加，光点亮度增大；反之，则亮度减小。

聚焦 为控制荧光屏上光点的大小，可以通过调节示波管内第一、二阳极之间的电压差而使电子束射线的光点散开或聚集成清晰的光点。

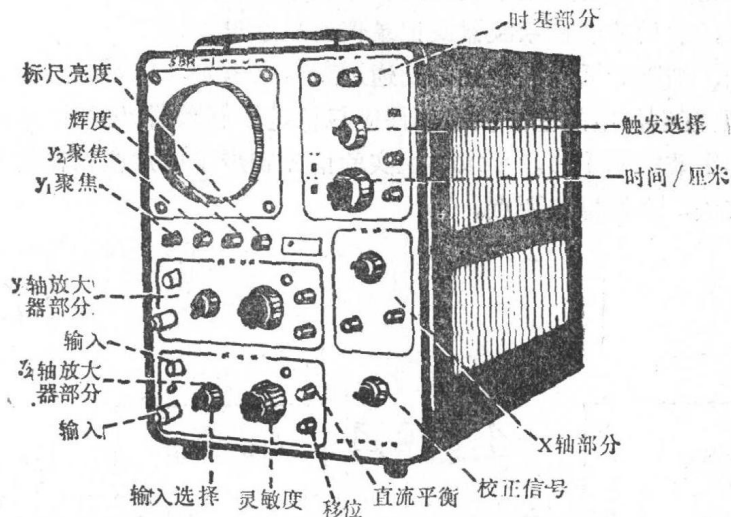


图 I-3 二线示波器面板

标尺亮度 标尺是位于示波管前面的一块有机玻璃刻度板，通过调节标尺亮度旋钮（图 I-3）改变座标板侧面的光源，而显示刻度线条，以标定波形在座标上的数量，或供摄影时的不同需要所用。

2. 时基 一般情况下示波器以垂直轴（y 轴）反映信号的幅值，而水平轴（x 轴）则反映电信号的时程。阴极射线示波管的水平偏转板上加一偏转电压，可使光点自左向右扫描，示波器内装有 x 轴时基扫描电路，控制扫描频率。

时间/厘米控制旋钮 用以调节适当的扫描速度，使荧光屏上显示的电信号波形作适当的展开，便于观察、分析。例如蟾蜍坐骨神经干峰形动作电位的时程约为 1~2 毫秒，扫描选择应当置于 2 毫秒/厘米一档，比较适宜。

触发选择控制旋钮 为了清晰地观察和测量电信号的参数，可以选择不同方式的触发扫描，使波形相对地稳定在荧光屏上，例如欲在荧光屏上稳定地显示随刺激而产生的神经干动作电位，则示波器的扫描需要与刺激信号同步，即触发选择控制旋钮应拨到外触发扫描。由于触发信号有“-”、“+”之分，因此需要把触发极性开关拨到相应的位置。触发信号有大有小，为了有效地触发示波器扫描，需要调节触发电平。一般将“触发电平”旋钮顺时针方向旋至电信号的出现与刺激信号同步为准。

触发方式有 A，电源触发；B，上线（AC、DC）、下线（AC、DC）内触发；C，外触发（AC、DC）等（图 I-3）。

3. x轴部分

x轴作用 ①“正常”为普通扫描档，速度按照时基的时间/厘米控制器的刻度计算。②扫描扩展，系将原正常扫描速度成倍的扩展，以使波形充分展开，有助于分析较密的波。③外接扫描，x轴作用旋钮置于“伏/厘米”各档级时，x轴呈外接状态，并反映x轴输入信号的幅值，但旋钮置于“伏/厘米”而无输入信号时，光点不扫描。

移位 可调节光点在x轴上向左、右移动的位置。

4. y轴放大

灵敏度 可根据输入信号大小，拨到适当位置。例如心肌细胞动作电位为120毫伏左右，经微电极放大器先放大10倍，再输入示波器，则示波器y轴灵敏度可置于0.2伏/厘米，此时荧光屏y轴上可出现6格左右的波形。

输入选择 ①单端输入，即一个电极为有效电极，另一个为接地电极。信号可以从A端或B端输入。②双边输入，输入线的两端都是有效极，信号同时输入A和B，此时旋钮拨到AB。③AC或DC，AC为交流输入方式，DC为直流输入方式。

移位 用以调节光点在y轴上作上、下位置移动。

直流平衡 y轴没有输入信号时，旋调灵敏度各档应没有电位差。若有一定量的直流电位，则需要调节此直流平衡控制器，使各档放大器变换时无直流电位变动。

(二) 示波器的操作

先将y轴灵敏度和扫描速度置于中间位置档，然后接通电源，熟悉板面各旋钮的使用。

1. 五分钟后荧光屏上若无光点出现，则适当调节y轴和x轴位移，找到光点，再把光点的聚焦和亮度调节适当。

2. 调节直流平衡使y轴灵敏度各档级旋转时，荧光屏上无电位差（灵敏度在20伏/厘米~20毫伏/厘米之间旋转）。

3. 从校正电压输出连至y轴A输入端，进行下列操作练习。

①校正电压输出1伏信号，要求在荧光屏垂直轴上获得5厘米大小的信号，如何调节？

②为了使信号稳定地显示在荧光屏上，如何调节触发选择控制器、“触发电平”以及x轴“时间/厘米”控制器。

③为了测算校正信号的波宽，并使其精确度提高1倍，将x轴扫描扩展控制器拨到 $\times 2$ 档级，读出波宽数值。

④在上述条件基础上，利用一根两头带鳄鱼夹的导线，分别与 y_1 、 y_2 输入相连，请比较 y_1 和 y_2 的放大性能是否一致。

二、电子刺激器

为了使机体或各种活标本产生反应，必须采用刺激方法。在各种刺激中，电刺激不易损伤组织、能定量、准确地定时并可重复应用，因此它是生理学实验中经常使用的刺激方法。

除了用直流电和感应电作为电刺激外，目前多数应用矩形波电子刺激器。刺激装置的方框图如图 I-4。

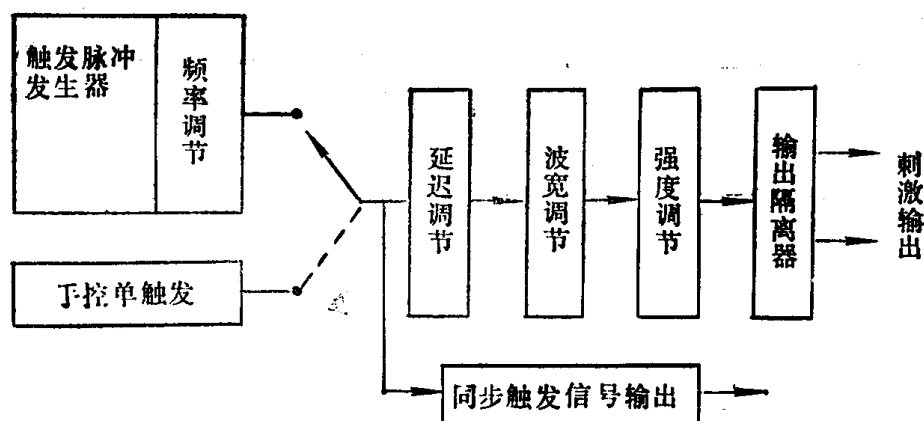


图 I-4 刺激装置方框图

(一) 矩形波电子刺激器的应用简介

由于国内各实验室应用的电子刺激器种类繁多，这里只介绍其基本应用原理和操作方法。具体使用可根据各种实验仪器而定。

1. 刺激方式 刺激器的电源接通后，首先要选择刺激方式。一般有下列几种，可按实验需要进行选择。

手控单刺激 把控制旋钮拨到手控单刺激时，按一下手控电键，刺激器即可有一个矩形刺激波输出，然后根据需要调节强度和波宽。例如做蛙心的额外刺激等实验时，可选用这种刺激方式。

连续刺激 控制旋钮拨到连续刺激时，按一下启动开关，刺激器即发生连续而均匀的矩形刺激波。然后根据需要调节连续刺激的频率、波宽、强度（波幅）及延迟等。停止刺激时按“停止”电键。这种刺激可供做神经干动作电位等实验用。

连续双脉冲刺激 刺激器连续发出的刺激波中，每个周期有两个矩形刺激波，并且这两个矩形波可分别调节强度、波宽及两脉冲间的间隔时间。停止刺激时按“停止”电键。这种刺激一般用于测定组织兴奋后兴奋性的变化。

2. 延迟 其作用是使刺激同步输出与刺激波输出之间产生一定的时间延迟，如要测量一个刺激引起的动作电位，必须使示波器扫描与刺激同步（即采用刺激器的同步输出脉冲来触发示波器扫描）。调节延迟的时间，使刺激波引起的动作电位恰好在示波器荧光屏的适合位置，以便于观察和分析（图 I-5）。

3. 频率 进行连续刺激时需要调节到所要求的频率，但要注意，一个正确的刺激频率与刺激波的波宽和所用的延迟时间有关，后两者的时间和要小于频率的倒数（一个周期）的70%。

4. 波宽 刺激引起组织兴奋时，对于刺激的作用时间（波宽）和强度之间有一定的关系。如果标本的兴奋性稳定，通电时间长即波宽大时，刺激强度要小些，若波宽窄，则需要刺激强。神经肌肉组织一般用1毫秒左右的波宽刺激。波宽太大，会产生一个较大的刺激伪迹，影响动作电位的记录。

5. 刺激强度（电压或电流） 一般刺激器的刺激输出强度可在0~100伏之间进行调节，常用的刺激强度在10伏以内。电压太高时，有时会烧伤组织。一般的刺激器强度旋钮的刻度数值大小只供参考，实际电压值需要用示波器来测量。

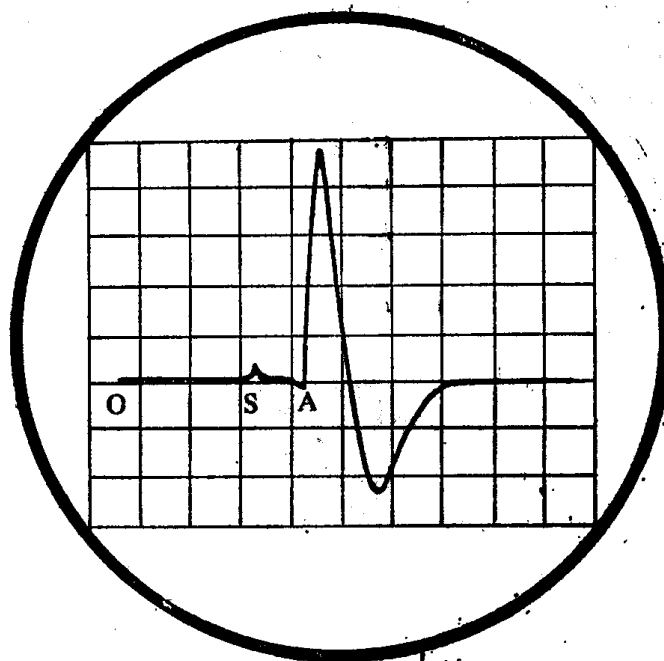


图 I-5 一次外触发同步记录的动作电位

O点为触发扫描开始 S为刺激伪迹 A为神经动作电位 O—S触发到刺激之间的延迟时间

6.刺激隔离器 有的刺激器带有刺激隔离器，它的作用是使输出的刺激与市电源之间隔离，这样应用于人体较为安全，不会发生触电事故。另一方面，通过刺激隔离器可减小刺激伪迹，使刺激伪迹与动作电位分开，便于分析。

7.同步输出 可输出一个与刺激波同步的触发脉冲，主要用以触发示波器的外触发同步扫描。另外也可触发其他需要与刺激同步的仪器启动工作。

(二) 测试项目

将刺激器输出连接到示波器的上线A端输入，用DC输入。刺激器的“同步输出连”至示波器的外触发输入，然后测定下列项目：

1.启动连续刺激，控制扫描速度，使荧光屏上仅显示一个刺激波。调节延迟，将刺激波的前沿对准荧光屏标尺中线测算延迟时间。

2.刺激器波宽调到最窄，此时测量波宽为多少毫秒？

3.将频率为100赫、延迟为20毫秒、波宽为1毫秒的刺激脉冲稳定地显示于示波器、荧光屏上。再将20赫、延迟为20毫秒、波宽为1毫秒的刺激脉冲显示在荧光屏上，这两种情况有何不同？哪一种频率能稳定地显示出来？为什么？

4.在前一项实验刺激频率稳定条件下，调节刺激器的旋钮为1伏时，示波器上的读数为多少。调节刺激强度，在示波器上显示为1伏时，刺激器旋钮的刻度为多少。两者的差别表明什么？

5.以上项目若用AC输入，有何不同？

三、生物电放大器

生物电放大器又称前置放大器、前级放大器或简称前放，是用以放大生物电信号的。如前所述生物电信号的电平很低，一般为毫伏或微伏级，同时由于从机体不同组织

器官所引导出的生物电特性差异很大，加之有些非电量信息如肌肉收缩、血压变化也可通过换能器转换为各种形式的电信息，因此输入到示波器要加以放大的电信号差异很大，为了使各种信号如实的放大，就要求有能适应各种特性的放大器。常用的生物电放大器必须具备下列要求：①最大放大倍数不小于1000倍。②频率响应从零到100千赫。③低噪声，整机噪声不大于15微伏。④本机不受静电及磁场的干扰。⑤为差动式平衡放大，有较高抗市电干扰能力，从而提高信号/噪声的比值，有利于弱信号放大。

(一) 生物电放大器应用简介

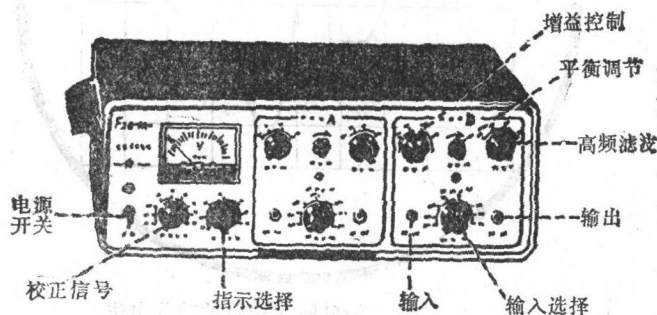


图 I-6 生物电放大器（前置放大器）

1. 调整平衡 在电源接通后先调节平衡。应先将放大器“输入选择”旋钮拨到“平衡”，随后调节 $A_1 A_2$ ，使两端在电表上指示的电压数值相同， $A_1 A_2$ 与地之间电位差相等。若不相等，可调节放大器的“平衡调节”，使达到相等为止，最后将指示选择拨至“关”。

2. 校正信号 将“输入选择”拨至“校正”，同时把校正信号拨至100微伏，“增益”选择1000倍，此时输出线连至示波器 y_1 或 y_2 的输入，在荧光屏上可观察到一系列幅值为100毫伏的矩形波。然后根据需要可调节示波器 y 轴灵敏度使波形放大到适当大小。实际使用时，可根据需要选择放大倍率，以这种倍率下的校正信号，作为实际被测生物电幅值的校正值。

3. 输入选择的作用

(1) 交流输入：一般有1秒、0.1秒、0.01秒、0.001秒四档可供选择。输入端通过阻容耦合输入交流信号。上述四档数字为时间常数。时间常数表示输入一个矩形的电压从最初的幅值减少到37%时所需要的时间。这是由于信号通过输入电容器被微分的结果。如果一个方波通过一个较小的电容器则微分成两个尖波（图 I-7）。

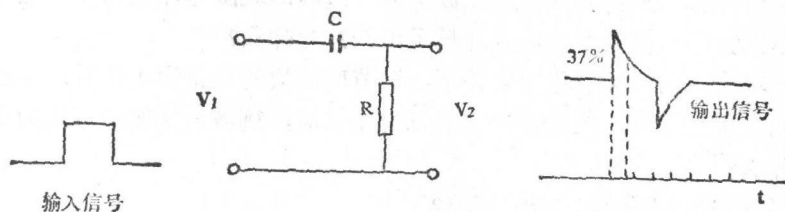


图 I-7 时间常数

一个矩形波信号由 V_1 端输入经RC电路由 V_2 端输出，输出信号发生倾斜失真，失真大小取决于RC的时间常数与矩形波的波宽。若波宽大、时间常数小，则倾斜明显；相反，波宽窄、时间常数长，则失真小或不失真。时间常数一般指电压从最初的高度衰减到37%为止所需的时间

图 I -7 表明一个矩形波信号由 RC 电路 V_1 端输入由 V_2 端输出, 输出信号发生倾斜、失真, 失真大小取决于 RC 的时间常数与矩形波的波宽。若波宽大、时间常数小, 则倾斜明显。相反, 波宽窄、时间常数大, 则失真小或不失真。

如果需要放大的信号很慢, 则时间常数要选择大一些。相反, 很快的信号, 则时间常数可小一些。这样可以减少低频的干扰。例如心电图可选择 0.3 秒以上的时间常数。但细胞内记录的电位, 由于它有直流成分, 则只能采用直流输入, 而不能选任一档交流输入。

(2) 直流输入: 此档可输入直流信号 (直接耦合输入, 不通过电容器), 放大细胞内的直流信号以及换能器输入的慢信号等。

(3) 平衡、校正, 前边已讲过。辨差是用以调节放大器的辨差率的。

(4) 增益控制: 通过增益控制可改变放大器的放大倍数。如一般分为 $\times 20$ 、 $\times 100$ 、 $\times 200$ 、 $\times 1000$ 四档备选择。

(5) 高频滤波: 是一组滤波器, 可除去高频成分, 以减少噪声。一般高频滤波器有 100 千赫、10 千赫、1 千赫及 100 赫各档。这表示放大器对上述各档相应频率的信号使其幅值减少到 70.7% 即 -3db。

(二) 试测以下几项

1. 1 毫伏校正信号的波宽和频率。
2. 300 微伏校正信号的波宽和频率。
3. 试比较上述两档校正信号的波宽和频率是否相同?

(边毓土 高汝霖)

第二节 生理描记仪器

一、生理记录仪与换能器

生理记录仪配合适当的换能器 (传感器) 或电极可将许多生理功能变化, 如骨骼肌、心肌和平滑肌的舒缩活动、呼吸运动、血压变化及心电等记录下来。这类仪器的型号及式样种类甚多, 不过总的说来都包括有以下几部分。

1. 描笔记录系统 主要为带描笔的电磁振动装置及墨水贮存器、描笔起落机构、走纸速度控制等部件。

2. 放大系统 包括推动电磁振动装置的功率放大器及放大生物电信号的前置放大器 (阻容耦合及直接耦合式), 带有灵敏度、滤波、零点等调节。

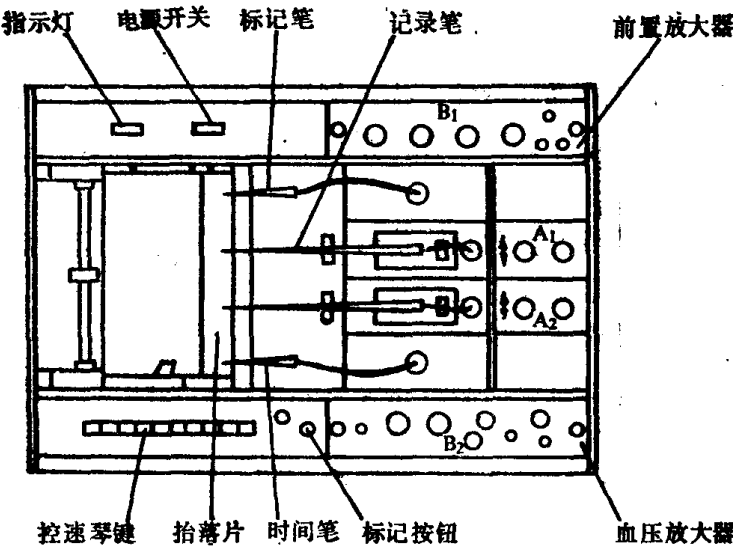
3. 时标及实验标记装置

4. 换能装置 包括机械-电换能器、血压换能器等。

生理记录仪或称书写或笔录式记录仪, 为生理学实验及研究中常用之记录仪器。其描笔能将生理变化或生物电变化的曲线描记在记录纸上, 直接而方便, 不像示波器那样需要照像记录。但由于动圈描笔偏转系统具有一定的机械惰性, 传输的信号高频响应受限, 故不适于记录快速的变化如神经动作电位等。

研究生理机能时有时需要同时记录两种或两种以上的生理变化, 因此除单道生理记录仪之外, 还可做成二道或多道生理记录仪。但就学生实验而言, 能同时记录两种生理

变化，并附有时标、实验标记等功能的二道生理记录仪便可以满足要求。Ⅰ-1所示为一种普通的二道生理记录仪的面板结构。



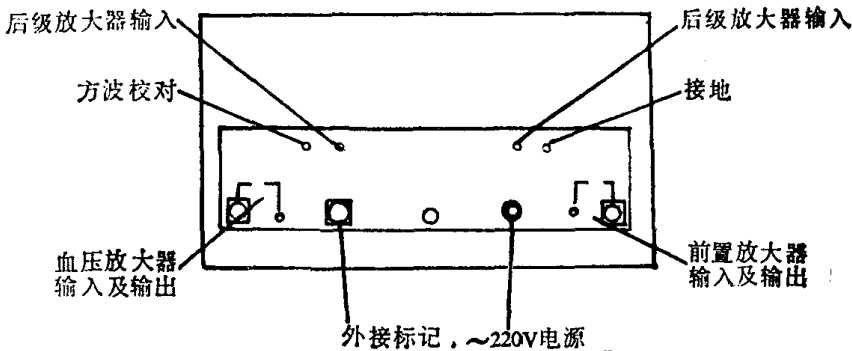
图Ⅰ-1 二道生理记录仪面板图

B_1 、 B_2 为前置放大器， B_1 用于机械-电换能放大， B_2 用于血压换能放大， A_1 、 A_2 均为后级放大器

下面举例介绍二道生理记录仪的应用及操作。

（一）记录仪的使用

在启动记录仪的电源开关之前，应当先把所有开关置于“断”的位置，控制走低的撇键也置于“停”。然后接通市电，开启本机电源开关，指示灯即亮。放下抬笔架，将换能器插座与本机接通（图Ⅰ-2）。机械-电换能器与 A_1B_1 ，血压换能器与 A_2B_2 分别组成放大系统。



图Ⅰ-2 二道生理记录仪侧面板

1.放大系统调零 机器运转前必先调零。调零可分级调试，先调后级放大器（ A_1 或 A_2 ），此时应当将后级与前级放大断开，可用二芯导线插头插入后级输入插座，使之断路。然后将放大器开关置于通的位置，旋转调节旋钮使笔尖居于中线。此时也可检查时标与实验描记笔的反应。此级检验完毕拔去二芯输入断路，然后检查前置放大器（ B_1 或 B_2 ）功能。

在未拨通前置放大器的开关前，应先把放大器灵敏度置于最低档，若是调整 A_1B_1 放大系统，则将 B_1 的时间常数旋钮置于交流任一档，旋动 B_1 的调零旋钮使笔尖居于中

线。再将时间常数置于直流 (DC) 档, 旋动灵敏度旋钮, 从最低档到最高档逐一转换, 描笔尖均应居中线不动, 若有偏离可调“直流平衡”。在调整前置放大器时, 一定不要使输入端开路, 因此, 先要接通换能器, 或令电极与动物标本接触良好, 以免描笔产生剧烈震动而折断, 然后才能开启前置放大器的开关。开启后若描笔偏离中线, 则调节换能器的“调零”使之回到中线, 以后就可以开始进行实验。作实验时可根据需要确定走纸速度及控制纸的走、停。每作一次实验注意打标, 以标示实验的开始与停止。并且在实验开始或结尾记录下标定数值。

若作血压换能记录, 其后级放大系统的调零与前述相同。在检查前置放大器时, 应接好血压换能器的输出线, 并将血压换能放大器的输入、测量开关均置于“断”位, 灵敏度置于最低档, 然后才能拔去在调整后级时插入的二芯断路插头, 拨通血压换能器输出开关。若笔尖偏离中线, 则调节放大器的“调零”使之居中, 然后旋动灵敏度旋钮, 从最低档到最高档, 拨通每一档笔尖应不离开中线, 若离开, 就应调“直流平衡”(调好之后在实验中即不能再钮动, 否则影响血压绝对值的观测)。上述步骤进行完毕后才能拨通血压放大器的测量开关, 此时若描笔偏离中线可调节换能器的“调平衡”, 使描笔回到中线。一切完毕才能打开通向换能器的血管导管, 开始描记血压、进行实验。

实验完毕应停止走纸, 断开前、后级放大器的输入、输出开关, 将放大器灵敏度置于最低档。断开电源开关, 拔下市电插头, 抬起笔架, 作好清洁维护工作。

2. 自动平衡记录仪作为生理记录仪 也有以自动平衡记录仪 (图 I-3) 配合各种

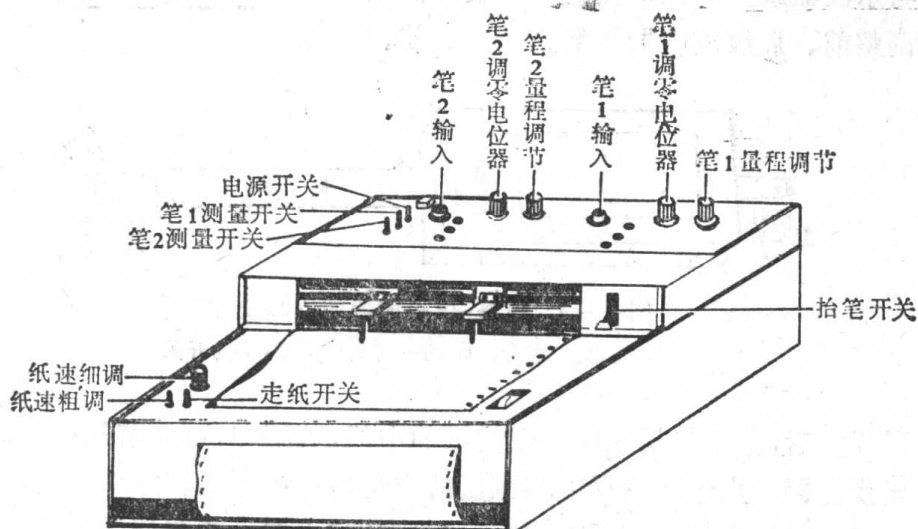


图 I-3 自动平衡记录仪

换能器组成生理记录系统, 其换能器部件的原理与前相同。换能器产生的信号通过附加的调节单元再输入自动平衡记录仪的插口, 使用此类仪器时先把换能器连接好, 但不相通。然后开启记录仪开关, 调整描笔的量程及走纸速度, 拨通机械-电换能器的电源开关及描笔的量程开关, 调节记录仪的调零电位器, 使记录笔移到一设定为零线的位置, 然后在换能器悬梁臂的游离端着力点上分别加挂不同重量的砝码, 笔的位移应与所加重量呈线性关系。

用自动平衡记录仪与换能部件组装成为生理描记仪有几方面优点, 一是笔的量程大, 整个纸面均可利用, 二是描笔划线为直线, 三是调零方便, 缺点是频率响应稍差。