

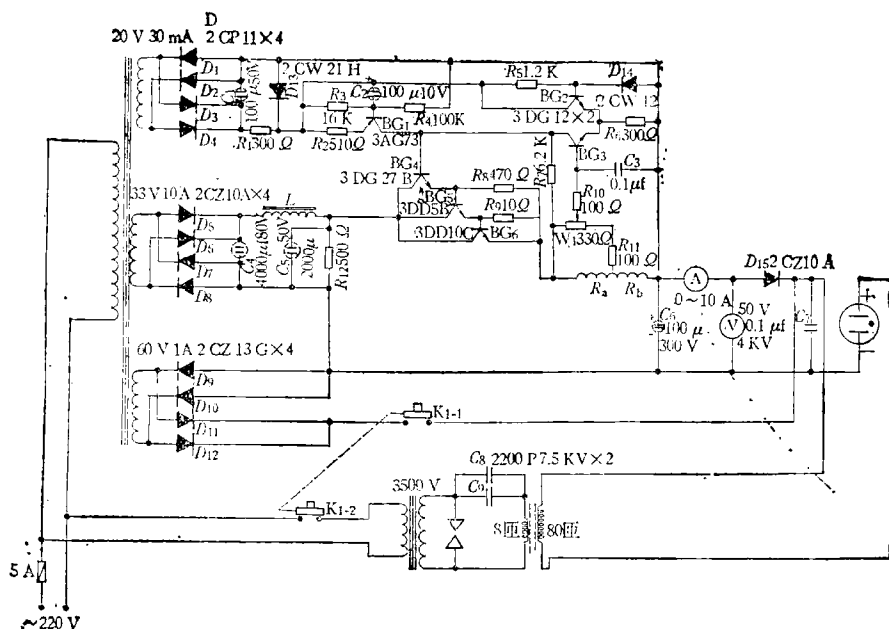


图3 氙灯电源线路图

2. 安装氙灯时, 阳极(电极粗端)在上, 接电源正极。阴极在下, 接负极, 垂直安装, 不得接错, 否则氙灯会毁坏。连接线要良好, 以防电流不稳和触点发热等现象。

3. 触发氙灯时, 产生 3 万伏左右的高频高压, 严禁手触灯室及高压接线; 氙灯点燃后禁止第二次触发, 如

发现氙灯不易点燃, 可调节电极距离和用细砂纸擦去两电极头上的氧化层。

4. 氙灯发射强紫外线, 要避免人眼直接见光; 如灯管逐渐变黑, 亮度下降, 灯温上升, 电流不稳时, 应更换新灯。

[本文于 1979 年 9 月 26 日收到]

可预置的数字指示步进电机微推进器

张义声 吕以信

(海军军医学校生理教研室)

电生理学实验中使用的各类型微推进器, 用于推动微电极。电极刺入实验动物的指定细胞组织内, 要求动作平稳, 行程准确; 传动机构运动停止后, 微电极移动毕无滞后现象; 微电极退出后, 能反复精确地再次刺入原细胞。

目前, 国内使用的机械式和液压式微推进器, 尚不能严格地满足上述要求。

60 年代末期, 瑞典的 Eide 氏报道了由步进电机驱动的微推进器, 每个脉冲进或退 2 微米。其原理是由步进电机, 带动一对传动齿轮, 使螺距为 1 毫米的主轴由转动变成直线运动。深度指示是步进电机带动机械式指针读数的。控制部分有连续、单次和外触发三种形式。可预置 1—10 个脉冲, 以便快速刺入细胞。

1972 年 Hauhy 氏将主轴的螺距改为 0.5 毫米, 每个脉冲进或退 1 微米, 深度指示为数字式。1977 年采用集成化程控电路, 可自动找寻预置深度。

1978 年我们自行设计制做了一台可预置的数字指示步进电机微推进器, 经实际使用, 无液压式的滞后现象, 重复性较好, 能准确地停留在细胞内。

一、机械部分

微推进器采用国产 45BF3 型步进电机驱动; 240 个脉冲一圈。为了达到每个脉冲推进深度接近 1 微米, 选用 $M2 \times 0.25$ 的螺纹做推进杆。每个脉冲平均推进深度为 $250/240 = 1.0417 \mu$ 。有效行程 15 毫米。推进杆与电机轴经减振橡胶垫直接相连。机械零件为二

级加工精度。推动杆与机座孔为第二种动配合，不同心度与不平行为 0.01:100。整机加工后抛光镀铬。

机械结构见图 1：机座①右侧轴承孔内放置一个圆螺母③，与螺杆⑩以 M2 × 0.25 的螺纹相配合。圆螺母外圈凸台两侧各装一个滚动轴承⑪，使轴承和螺母成为一体，放在压力弹簧⑬上，便于压力分布均匀。上端轴承的外圈由挡圈压紧，并且由顶丝固定在机座上。轴承和压簧的作用是使圆螺母定位和旋转轻柔。

螺杆下端粗 $\phi 12$ ，在侧轴向上有一导向槽，与导向键⑭相配合，使圆螺母的旋转运动变成螺杆的直线运动。螺杆上有一行程导杆⑮与行程限位开关⑭，控制螺杆的最大行程。在螺杆的下端装有微电极座⑯，供固定微电极用。

机座左侧有一凹槽，可将微推进器固定在定向器的垂直动臂上。

微推进器圆螺母上端装有下列法兰盘⑥，步进电机的轴上装有法兰盘⑦，两法兰盘之间装有 2 毫米厚的橡胶垫片，用 502 胶将三者粘结。

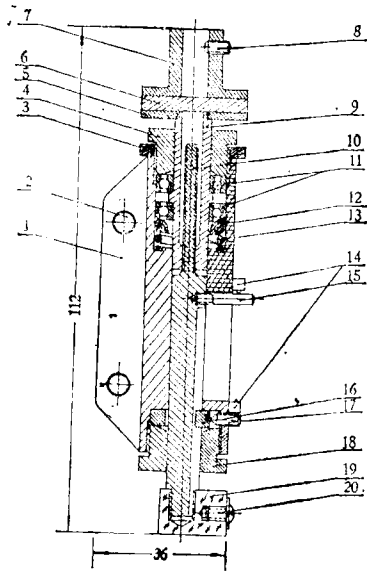


图 1 机械结构图说明

- 1.机座 2.机座紧固螺钉 3.固定螺母 4.上档圈 5.下法兰盘 6.橡胶垫片 7.上法兰盘 8.上法兰盘紧固螺钉 9.微推进圆螺母 10.微推进螺杆 11.微型轴承 12.压簧圈 13.压簧 14.限位开关 15.行程导杆 16.导向键 17.下端紧固螺钉 18.下档圈 19.微电极座 20.半圆头螺钉

二、控制和指示部分

全机电子控制和深度指示方块图见图 2，控制部

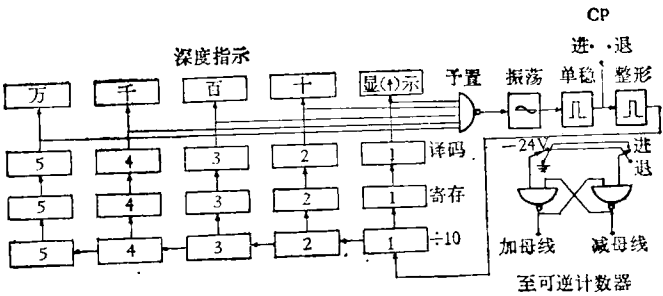


图 2 电子控制和深度指示方块图

分电路图见图 3。预置部分由 S_{1-v} 将译码器 mos-Y 的 0—9 输出与三极管五端与非门连接，只有当 S_{1-v} 的输入均为低电平时 BG_{1-5} 输出才为高电平，经 $R_{12,13}$ 组成的分压器控制 BG_6 基极，使 BG_6 饱和，电位接近 0 伏。而当 S_{1-v} 任一输入端为高电平时， BG_6 即截止。集电极电位为 +10 伏，此电位经射极跟随器 (BG_7) 控制双基极管 (BG_8) 的振荡。CK₁ 为外接方波刺激器输入插孔，插入时 BG_8 振荡改由输入方波的幅度控制，振荡持续时间由方波波宽控制。 S_{v1} 为速度选择开关，由不同阻值电阻决定电容 C；充电到达双基极管峰点电压的时间。 S_{v1} 为单次触发的微动开关。 BG_9 为射极跟随器，使振荡频率不受负载的影响。 BG_{10-11} 为一级单稳，使双基极管输出的振荡脉冲波宽加宽至 2 毫秒，再经 BG_{12-13} 组成的施密特电路整形，然后送至可逆计数器进行计数，同时送至环形分配器控制步进电机作相应的正反向运动。

环形分配器采用六拍式 ($A + AB + B + BC + C + CA$)，A、B、C 三个双稳的输出各接有步进电机功放电路，这是由 3DG6、3DG12 和 3DA99 组成的有流放大器。电机绕组由 +12 伏稳压电源经 10 欧姆，10 瓦线绕可变电阻供电；调整电阻值得到使电机运转时振动较小而又有足够功率的数值。我们使用的是 6 瓦 (12 伏 × 500 毫安)，为电机额定功率的 1/4。

计算指示部分由 MOS 集成电路组成 (保定无线电二厂)，每一位数由可逆计数器 (MOS-2S)、寄存器 (MOS-J)、译码器 (MOS-Y) 和辉光数码管组成。为防止进退换向开关对计数的干扰，计数器的加母线和减母线由 R-S 触发器 ($\frac{1}{2}$ BM102、4 × 3 与非门) 接至换向开关，可使进退换向时只各增减一个数。

三、装配与测试

机件装配后，微推进螺杆与紧固螺母接触部分须用细金刚砂研磨，当密合而手动感觉阻力很小时，再装上电机试运行。步进电机连接方式，用厚度为 5 毫米的有机玻璃做成 D 形的连接架，用螺钉与电机固定，

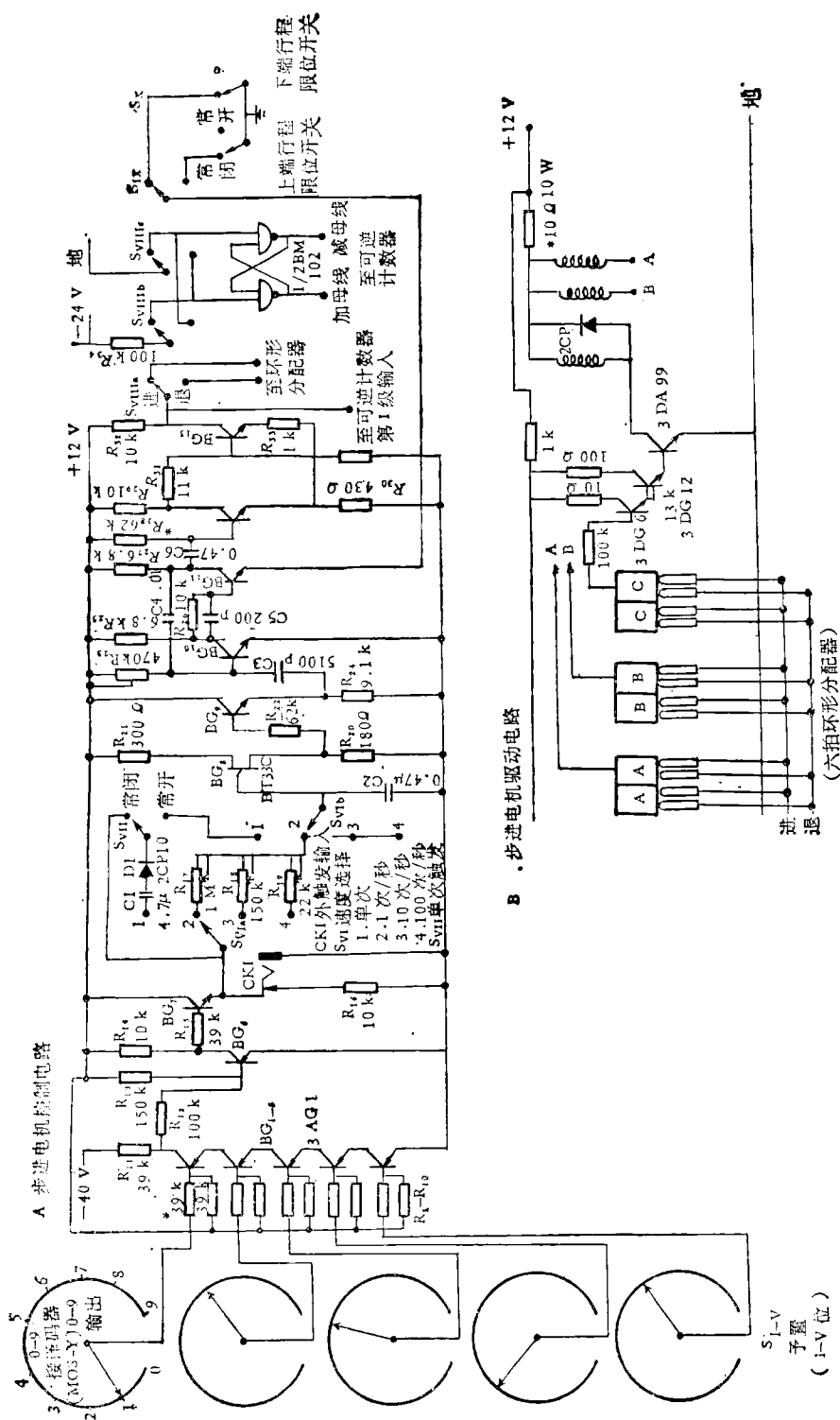


图3 步进电机电路
未注明型号三极管均为 3DG6

两臂用 502 胶与机座胶固。步进电机轴与螺杆轴线须严格对中。装好后通电,让电机运转,来回多次走满全行程。当走满一个全行程所须的脉冲数极为接近时,螺杆的运转研磨就可结束。我们的样机实测整个行程为 15.1 毫米,脉冲平均数为 14565,每个脉冲的实际平均推进为 $15100/14565=1.037\mu$ 。

电极尖端走行的线性、重复性和滞后情况在显微镜下检查结果如下:

1.线性度:在低倍镜下观察,给予 1000 个脉冲或

转动一圈(240 个脉冲)时,电极尖端移动的距离(由目镜测微尺刻度换算)。按设计要求每圈推进应为 250μ 。而实测有 75% 的圈数每圈实际推进在 $240-260\mu$ 之间,有 25% 的圈数有较大的不均一性。它主要出现在推进螺母和螺杆重合较多的部分。据观察,此种较大的不均一性出现的圈数是相对固定。这可能与加工精度有关,还与推进时阻力引起的弹性形变有关。

2.重复性: (低倍镜下快速进退 400 个脉冲;测微尺刻度每小格为 13.3μ)

进退次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	数码管读数
测微尺	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.7	20.8	20.8	20.8	55117
读数	52.0	52.0	51.9	52.0	52.0	52.0	52.0	51.9	52.0	51.8	55517

3.滞后现象: 进退换向后第一个脉冲即可见电极尖端有微小的移动(测微尺刻度每小格 3.3μ)。在连续驱动,控制脉冲停止时,可见电极立即停止移动。

4.关于振动问题: 将压电晶体换能器接触微推进器侧壁,在给予驱动脉冲时可见明显的阻尼振动波。而电机驱动脉冲所引起的振动波用半导体应变片组成的直流桥式电路测定,每个脉冲所引起的电极移动(1 微米)约产生 10 微伏的直流电位变化。而在电极移动时的振动波其幅度约在 40 微伏左右,即每个脉冲使电极推进 1 微米时,电极尖端约有 4 个微米左右的最大摆动。据我们半年多使用情况看来,在细胞外引导是没有什么影响的。对细胞内引导是否有影响,很难作出肯定结论。我们多次观察到电极刺入皮层细胞内的膜电位波动和峰电位,电极可以在细胞内保持数分钟不等。图 4 为用该仪器进行细胞外引导的照像记录。

本仪器在进行预置时需由实验人员作出进退的判断,并按压相应的开关。预置时根据图谱的深度换算成所需脉冲数,当示波器波形改变得知电极尖端已接触琼脂表面时,即可根据当时数码管所示数字加上预置所需脉冲数,旋转 S_{I-V} 至预置数,电极即可快速行进

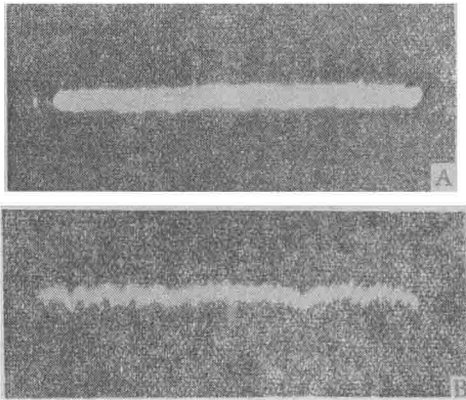


图 4 使用步进电机微推进器的实验记录

- A. 兔海马皮层的自发放电
- B. 兔丘脑的放电、向下为串刺激的伪迹

并停留在所需深度内,因此本仪器指示部分不设清零线路。

李安涛同志参加仪器装配工作。

[本文于 1979 年 2 月 28 日收到]

科技消息

一起 DNA 交叉污染事故

加州大学圣地亚哥 I. T. Kennedy 实验室(DNA 重组实验室)最近发生一起污染事故。本来是 Semliki 森林病毒(Semliki forest virus),交叉污染之后变成了另一种病毒(mosquito-borne sindbis virus)。此事引起了美国国家卫生研究所(负责制订进行重组 DNA 安全条律的机构)的极大重

视。Kennedy (本人就是制订条律委员会成员之一)在发现污染后立即报告,并停止了实验。

世界各国对何种的实验室能进行什么品种 DNA 的重组,都有严格规定。DNA 重组这项工作,我国目前虽然开展不多,但对这类实验室的安全问题给予足够的重视还是必要的。