

全国理疗医师进修讲义

低频电疗机械学

冯 庆 远



进修班教学办公室

1979—1980

目 录

低频电疗机械学

第一节	低频电疗机械分类	1
一	按电流型式分类	1
二	按治疗因子特性及治疗方法分类	1
第二节	直流、直流离子透入治疗机	3
一	参数特点	3
	1 电压与电流	3
	2 关于直流的平稳性能	3
二	简单的直流与直流离子透入治疗机	4
	(一) 机械结构及配图	5
	(二) 机械性能	4
	(三) 参数及电路分拆	7
三	操作与维护	10
四	故障与检修 (一) → (七)	12
五	直流机故障现象、判断方法修理方法总结	20
第三节	感应电流治疗机	24
一	概念	24
二	感应线圈产生方法	24
三	电子管式与半导体式产生方法	26
	(一) 电子管闭塞电路产生方法	26
	(二) 半导体管产生方法	27
第四节	几种常用直流与感应电流治疗机	29
	(规格、性能、参数、电路、故障与检修)	29
一	69-8 型直流感应电疗机	29
	1 规格及参数	29
	2 本机特点	29

3	故障检修	33
三	BL—3698型桌送治疗机	34
1	规格及参数	34
2	电路结构	34
3	电路分析	36
4	本机的维护与检修要点 (1)维护	40
	(2)检修要点	40
第五节	四槽浴电水浴治疗机	41
一	概述	41
1	对因子的要求	41
2	对浴盆及四槽架的要求	46
(一)	554 型四槽浴电疗机	46
1	规格	46
2	线路及结构特点	46
(二)	苏制四槽浴直流机	45
1	本机特点介绍	44
第六节	关于两种半导体直流, 感应电流治疗机	47
一	概述	47
二	半导体直流机械	47
(一)	方框图	47
(二)	线路结构	47
(三)	规格	47
三	半导体电感应电流机	49
一	概要	49
二	电路分析	50
第七节	间动电疗机械	52

一	概述	52
二	C65—3型间动电流刺激器	53
	(一) 技术规格	53
	(二) 方框图及表面	53
	(三) 电路分拆	54
	(四) 调整	62
	(五) 维修	63
	(六) 检修重桌 付C65—3型机械原理图	63
三	C63—1型间动电流治疗机 简介	65
	(一) 机械技术特点	65
	(二) 技术规格	66
	(三) 本机械方框图	66
	(四) 机械表面	67
	(五) 电路分(解)拆	67
	(六) 调整	69
	(七) 检修重桌事项	69
	付C63—1型机械线路图	69
第八节	低频电脉冲治疗诊断机械	71
一	概述	71
二	C64—2型多形波治疗机	72
	(一) 波型	72
	(二) 技术规格	73
	(三) 方框图	74
	(四) 电路分拆	73
	(五) 原理配线图	80
	(六) 本机检修重桌事项	80

三	HW-2 型综合治疗机 (参考资料)	82
(一)	概述	82
(二)	技术规格	82
(三)	使用参考示例	84
(四)	原理线路图	
第九节	电睡眠治疗机械简介	86
(一)	概述	86
(二)	闭塞振荡式电睡眠治疗机	86
(1)	因子特点	86
(2)	方框图	87
(三)	原理线路图	89
(四)	简单的电路分拆	87

低频电疗机

第一节 低频电疗机械分类

从贾伐尼氏应用电池的直流电流电疗法开始，1786年到现在这类机械的种类已有很大的发展，国内外生产与应用的机械种类型号繁多，我们准备从典型的简单的，常用的类型讲解一部分。按目前国内的频率从 $0 \rightarrow 1,000$ 赫/每秒为范围划定界限，进行分段介绍。

一、按电流形式分类

1. 直流形式 { 稳定直流治疗机，脉冲直流（继续直流）及调制脉冲治疗机。

2. 交流形式 { 双相脉冲治疗机（感应电流）
低频正弦波治疗机（50赫—1,000赫）

二、按治疗因子特性及治疗方法分类、

① 直流与直流离子透入机械，电离子透入电疗机。

② 感应电流治疗机，电兴奋治疗机

③ 神经，肌肉刺激治疗器

i 方波、电睡眠疗法，超刺激疗法。

ii 梯形波及三角波 } 神经，肌肉刺激疗法

iii 指数曲线波 } 电体操，低频波疗法

iv 上述波型的调制波（各类）

神经肌刺激疗法（电体操）

电针疗法、电针麻醉。

電診斷（神經肌電反應，時值，時間強度曲線，適應比值測定）

④ 50赫交流，及半波電流的間動電療法。

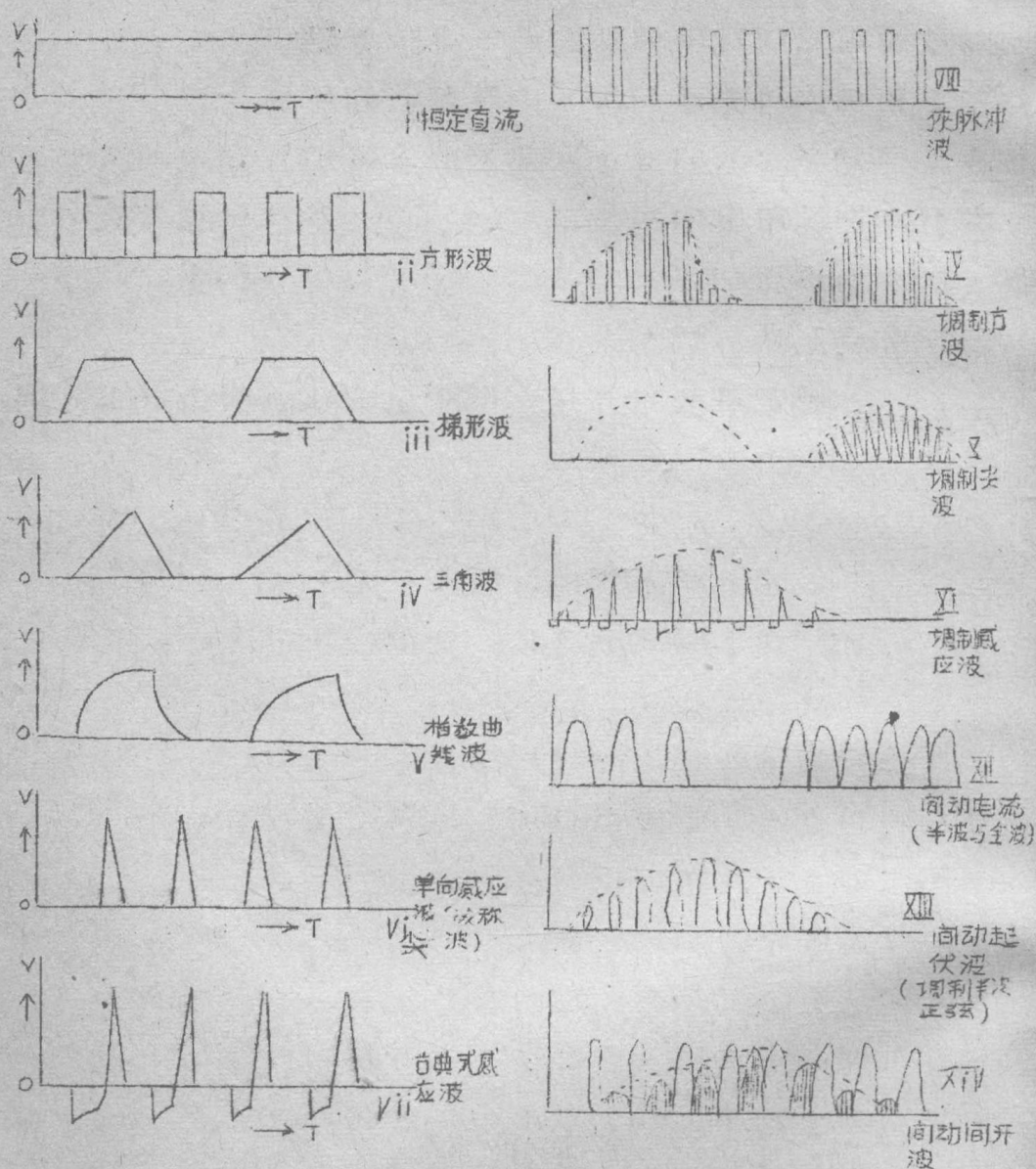


圖 1. 各類低頻率脈沖波型

第二节：直流机、直流离子透入治疗机械

一、直流、直流离子透入用直流因子参数特点

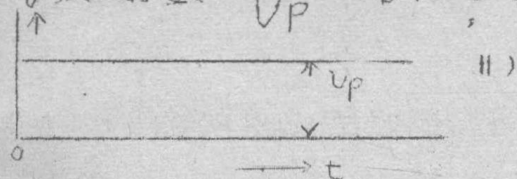
1. 电压与电流

直流、直流离子透入时所用直流电压，一般控制在30-100伏以下，电流为0→50或100毫安培以内，治疗时依所用极板面积大小，及所用方法而定，在目前应用的一般治疗，电兴奋用易全在这个范围内。一方面也是考虑对人体的安全计，国内生产的仪器大部份是这样，也有的超过这个范围甚至达250V，这是非常危险的。

2. 关于直流的平稳性能

直流电疗法须要平稳无波动的直流电电流，因为有波动则引起刺激痛，势必得降低电流，特别是在离子透入时，电流小离子透入易小，影响治疗效果。从电学上要求所用直流电波动率要在0.1—0.5%，（即波纹系数），也就是电压峰值与波动电压之间的比值。

$$\text{波纹系数} = \frac{\Delta U}{U_P} = 0.1 \sim 0.5\%$$



II) 当用电池电源时无波动



(2) 用工电交流电整流或直流机时随交流波动引起的波纹改变为 ΔU 。

图乙 波纹系数示意图

按上边要求，由于机械结构不良引起的电流波动，是不允许的。

二、简单的直流治疗机

(一) 最早应用的直流治疗机是由，电池，调节电流的电位器及电流计三部组成，即如下的示意图框图所示。

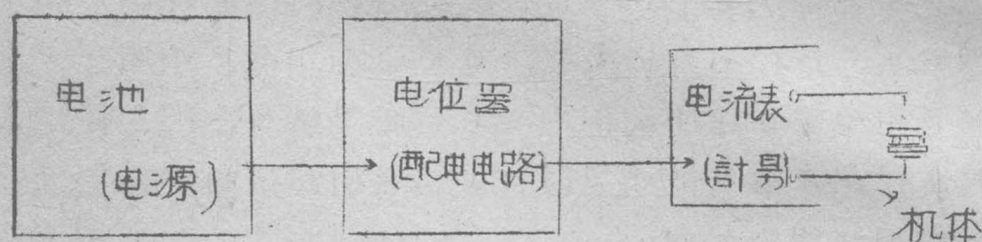


图3 原始直流机方框图

现代所用直流机是把交流电源整流后，变成平稳的直流电，以代替电池电源，结构仍如方框图所示。这里就一简单直流治疗机加以分析探讨。

本机性能

本机输出性能 0—80 伏 0—5 毫安，0—50 毫安两档波纹系数约在 0.5 % 左右。

变压器要求原线圈与次线圈之间良好绝缘性以防止交流电漏电，造成不安全因素。，付线圈的被整流电压 $90\sqrt{2}$ ，经整流后，按峰值计算。

电容 C 两端电压为 $90 \times 1.41 = 127\sqrt{2}$ (=)

本机用 504 真空管整流，是全波整流。滤波电路利用有扼流圈 (20 亨利容许电流 60—90 毫安，内阻为 500Ω) 的 π 型滤波电路，滤波性能良好，在 0—50 毫安档治疗时所接电位器为 $10\text{K}\Omega$ 。

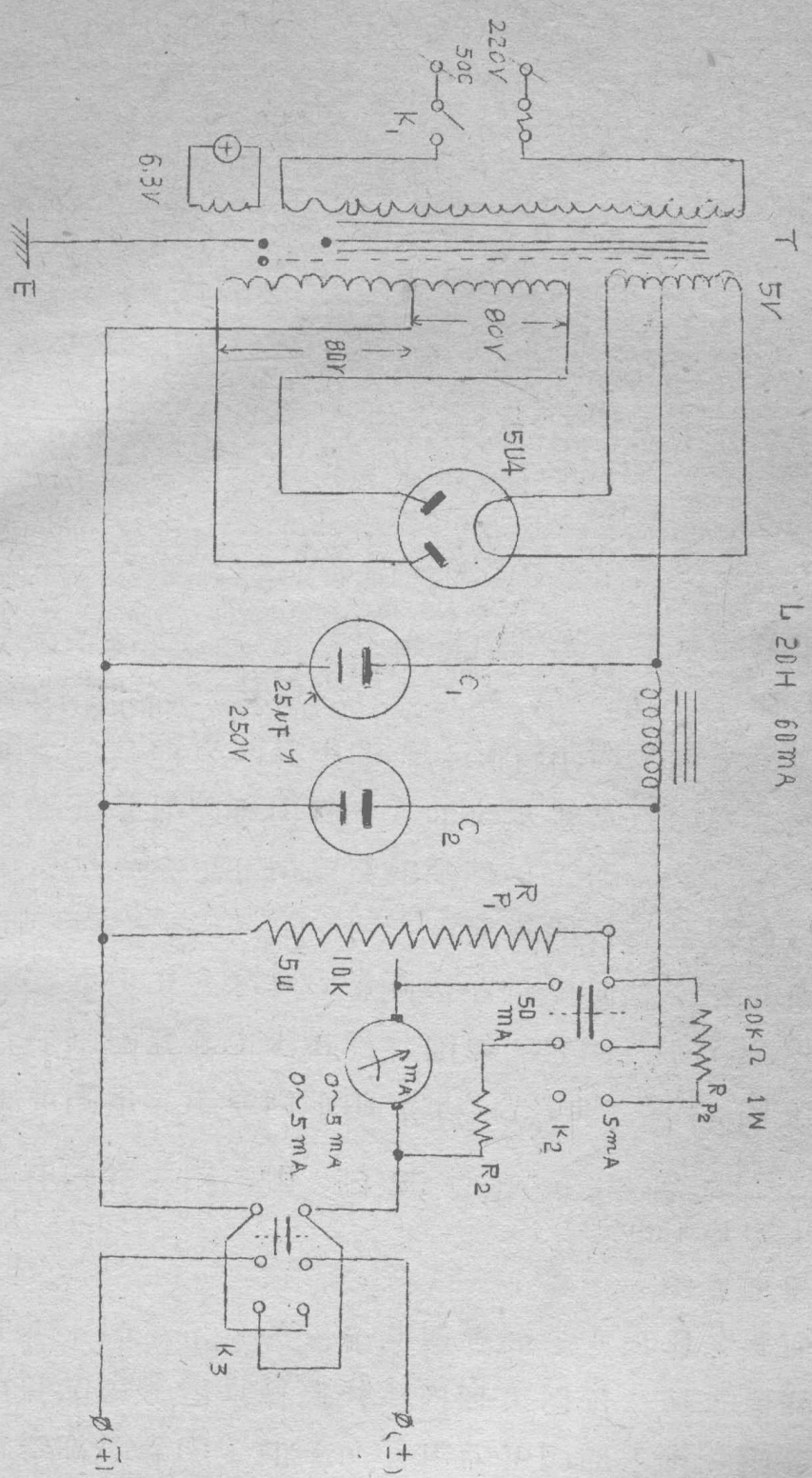


图4 简单直流治疗机配图

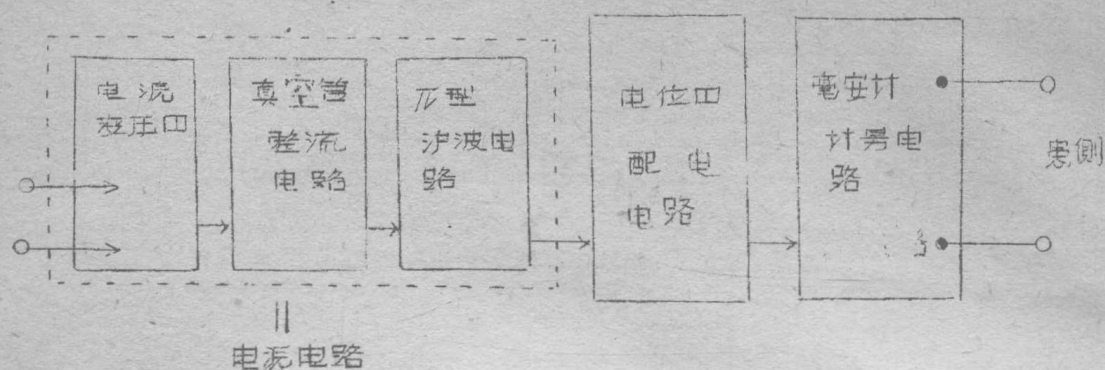


图5 简单直流机方框图

则通过整流及电位器的内耗约为。

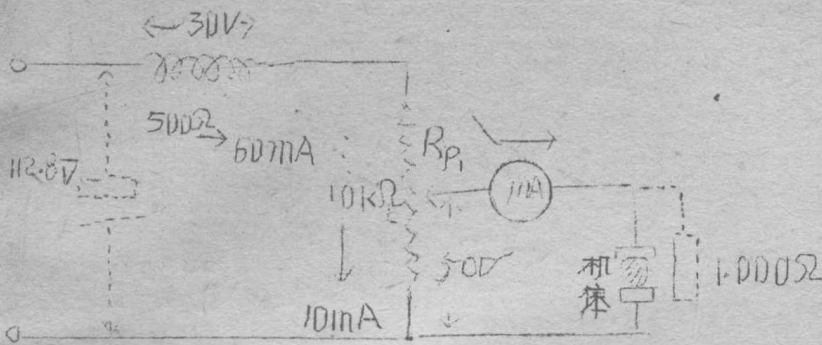
$$i_{\text{内耗}} = \frac{112.8\bar{V}}{1.0000 + 500\Omega} = 10\text{mA}$$

它经过扼流圈（内阻 500Ω ）的电位降只有5伏，因而 C_2 两端为107伏，但治疗满载为50mA时在扼流圈的电压降为 $500\Omega \times 0.06\text{A} = 30\bar{V}$ ，因之 C_2 两端的电压为 $112.8\bar{V} - 30\bar{V} = 82.8\bar{V}$ ，这点符合安全治疗的要求。

当开关 K_2 拨向0—5mA侧后，实际上在电位器 R_{P1} 一端串入 $20\text{K}\Omega$ 的 R_{P2} 电阻，使在小电流范围的治疗时， R_{P1} 两端按 $R_{P1}:R_{P2} = 10\text{K}\Omega:20\text{K}\Omega$ 的比例要求、最高电压在

$$\frac{112\bar{V}}{1(10\text{K}\Omega) + 2(20\text{K}\Omega)} = 36\bar{V} \text{ 左右，因之对头部这样重要部位的治疗是安全的。}$$

回路总损耗（当治疗侧电流是50mA时，不包括变压器及整流管损耗）按图机体内外损耗模拟图一般以机体电阻为 1.000Ω 时、最大通过电流为50mA时，调节电位器位置的电压降为 $1.000\Omega \times 0.05\text{A} = 50\bar{V}$ 即作用于机体的电压，扼流圈的电



压降下为 $500\Omega \times 0.06A = 30V$ 。
这时 R_p 两端电压为 $82.8V$ 。

图6 机械内外损耗模拟图

左右，机械回路总损耗将为

$$\begin{aligned} W_{\text{总}} &= 30V \times 0.06A + 82.8V \times 0.06A = 1.8W + 4.968W \\ &= 6.8W \end{aligned}$$

如果以变压器的效率为80%，再加上整流管板极损耗。则全机损耗约为10W电力。对比治疗最大损耗2.5W，则75%的电力耗电阻热损耗。

(三) 电路介绍，参数及操作

1. 整流电路，本机用5U4管（直热型全波整流管），

也可以用5Z4C的傍热管代替，最近大多改用相应的硅二极管整流管，这时线路必须应用原线路，如需要用桥式法，只能用变压器付线圈的半臂做电源线圈，不然电压将增加一倍。如变压器也做相应的更换时，可显著的缩小变压器体积。

2. 滤波电路：所用为π型滤波，在仪器中加入扼流圈，滤波效能好，由于内阻小，不因外电路用电多引起内耗增加及外电路电压降下，但体大，重、贵等原因，有的仪器改用一

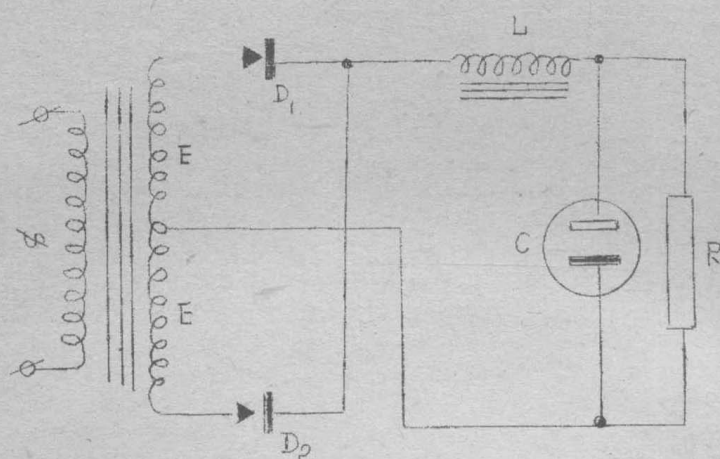


图 7 (1)

换用全波整流式二
极管的图示
每只二极管逆耐
压应

$$\sqrt{2} E$$

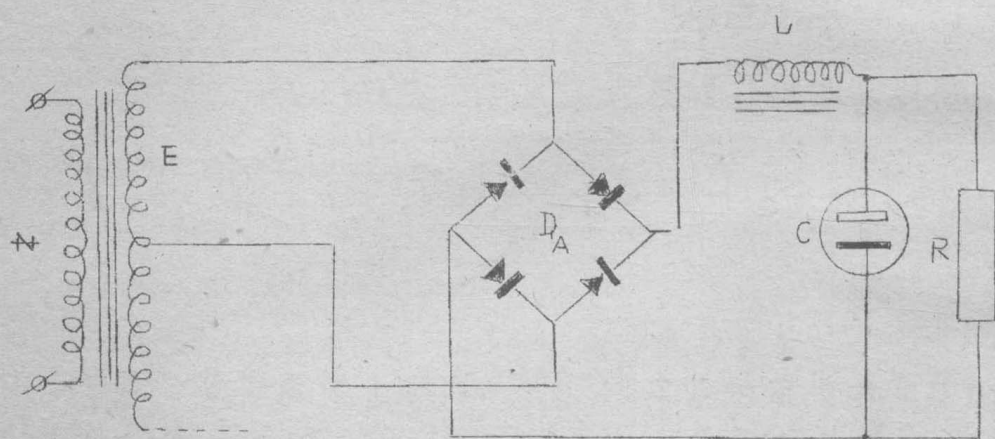


图 7 (2) 换用桥式整流法二极管的图示

每只二极管逆耐压应为：

$$\sqrt{2} E$$

2.000Ω (2W) 电阻，也可以起滤波作用，但因增加内耗，引起电压波动，作为治疗仪器利点不多。滤波电容多用电解式电容，另选在 8—30 PF，耐压须超过整流电压。由于它易发生故障常

引起波纹系数增大，治疗时产生刺激增大，势必减少电流影响疗效。因之滤波电路的维护是需要经常进行的。

3. 电流用量的调节

直流的电流调节，实质上是通过电位器调整作用于机体的电压，以调整其电流量，因此在操作上它是主要原件，由于它是千万次滑动部件，也容易发生故障，也是本机常检修的部件之一。

它本身是一滑动电阻，由冷阻电阻丝绕成，较老的国外机械，常用低欧姆值，耐受功率较大的电位器，它的优点是，由于耐受功率大，不因治疗电流大了引起的热因阻值上升，使治疗用电压波动，引起治疗数分钟后电流降低还得再行调节。其缺点是内阻小，电位器内耗增大，整流功率，变压器功率都必须增大，这样一来机体容积倍增，如果设计不当，电位器没有足够散热能力，仍然要引起治疗后电流下降。（如苏联一些直流机）。

而国产的一些仪器，电位器採用高欧姆值（10K Ω ）小，耐受功率型的（5W），由于内耗小，解决了部件可小型化，经济效果好，但有的仍未能克服电流不稳定的问题。

电位器也是低频率治疗的主要因子能量的调节器件。这里多讲解了一些。由于它千万次的调节，机械的磨损，不但引起阻值的变化，尚引起电阻线断线，接触不良等现象，引起多种故障。

4. 计量电路（毫安计）

所有仪器都使用毫安表，一般为0—5mA，与0—50mA两个量程，按物理学的电流表分路原理，即设分流装置（分路电阻）关于原理这里不讲解，现关于其设置问题说明一下，

电流表分路开关是在每次操作必先执行的项目，由于开关接触不良引起分路阻值增大，或基本未接触，引起量程缩小，电流值不准势必影响疗效，因之计量电路在直流机中也是重要一环，操作时，须对准医嘱要求毫安值，分路开关投向位置及毫安计量程是在那一侧。一般仪器设0—5mA（或0—10mA），0—50mA（或0—100mA）两档，多者也有设三个量程的。

5. 极性变换与输出插口，

极性在直流治疗机中至关重要，国际上规定输出端在左侧的一定是阳极，右侧端为阴极，治疗操作中在不变换导线的情况下，用变换开关（相位变换器）交换连接方向即可，如图，操作须确实的找准极性方向。

为慎重起见，每当新启用一台直流机械必先试验一次极性，以防仪器出厂时有按装错了的危险，方法用滤纸浸以2%的碘化钾溶液使通直流电，于阳极侧将有碘析出，呈现紫褐色，以之鉴别。

6. 关于机械接地问题

直流的二次侧不能采取接地的方法，这点与其他电子仪器不同，不用负极接地方法，这主要是防止由于治疗时，机体再接地引起的触电危险，如果机壳是金属的，其接地常为壳及变压器铁心接地，或变压器原线圈与副线圈间防静电屏蔽网接地如图的E点因之本机壳与塑料机壳，有无接地影响不大，当然不能使其阴极接地。

三、直流，直流离子透入治疗机的操作与维护。

(一)本机表面如图(8)所示（疑似图）

(二)接好患者治疗用导线及治疗极板前，检查机钮，电源处于关的位置，电流调节机钮于零点位置。接好导线后，置电源处于开位

置，表示灯点燃后，选择相位开关于所需位置，电流量程选择

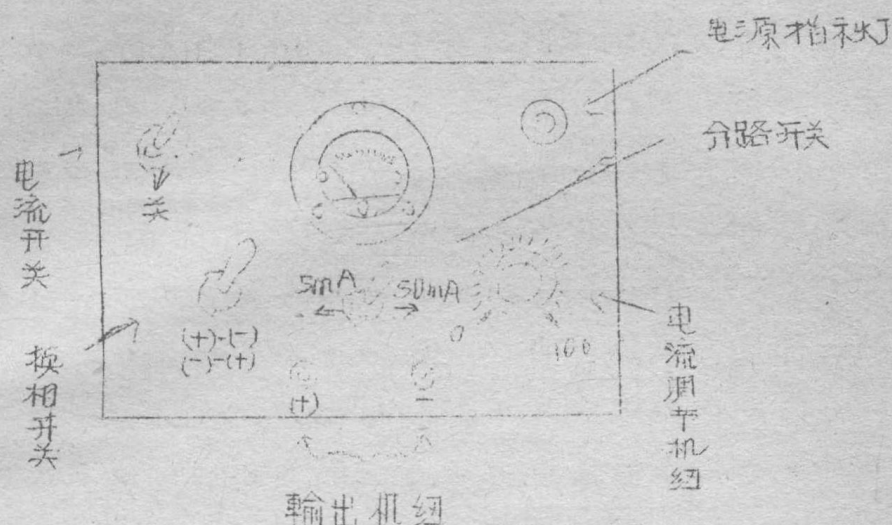


图8 直流机表面图

分路开关处于所需位置，约待30秒—1分钟后再旋动电位器机纽（电流调节机纽），要慢慢上升，同时询问患者感觉，达能耐受的电流强度后，即开始了治疗过程。假如治疗中有异常刺激及过强时可再调整之。

(三) 于头部、耳、眼的治疗时，拨动电位器速度要缓慢，注意治疗完了当徐徐调回至零位后，再切断电源，不然突然断电将引起强刺激感，于眼及颈将引起闪光感，重者休克，于耳的治疗时，将引起眩晕的前庭神经刺激症状。

(四) 注意于治疗中间不能做换相动作，换分路开关动作（尤其星本机），以免引起强刺激。

(五) 治疗終了，必须将电流调节机纽置于零位，然后闭下电源开关，再解开治疗用电板；不然患者将受到刺激，影响疗效。

(六) 关于维护事项

(1) 直流机要求有正确的参数，极性准确，波纹系数小，电位器调节均匀，接触良好（滑动接点）电流测量准确，分路开关，换相开关接触良好等条件，每隔半年到壹年有一次参数的检查，保证机械的完整。

(2) 经常使用要求操作要轻，不要受震以免产生导线，脱焊，真空管灯座接触不良等故障产生。

(3) 避免受热受潮，封电子管仪器夏季炎热季节要注意间隔休息，防止过热，损害机件。冬季要避免机械受潮（零F10—20°C 0 F）以产电解电容失效后玻璃短路或击穿。

(4) 要经常注意不要让电源导线裸露，触碰金属机壳以防止意外电击事故。

(5) 大雷雨天气要机械不用，等雷雨过后再用，严防意外落雷击伤事故。

(6) 机械松动，导线接触不好，电位器滑臂接触不良要及时修理以免引起更大事故。

(7) 电流电压允许有 240—200V 之间的变动，但在电源变动大的情况下，做电 P 治疗要给予注意。

四 直流，直流离子透入治疗机故障与检修。

在这里想通过对这一简单仪器的故障检查，从故障现象分析入手了解理疗机械故障的一般规律并熟习掌握检修仪器的方法论，这理以提出故障的疑问形式进行分析探讨，

(一)、合上电源开关，指示灯不亮，也没有直流输出故障在哪里？指示灯不亮又没有直流输出，表示机械没有电流电接通过，一般有两方面的可能，其一 是电流没有电或插口未接上，或导线与插口连点接触不良，既械外故障，它是最长见的故障，也不能算作机械故障，其二 则是电流变压器原线圈侧引起的问题，