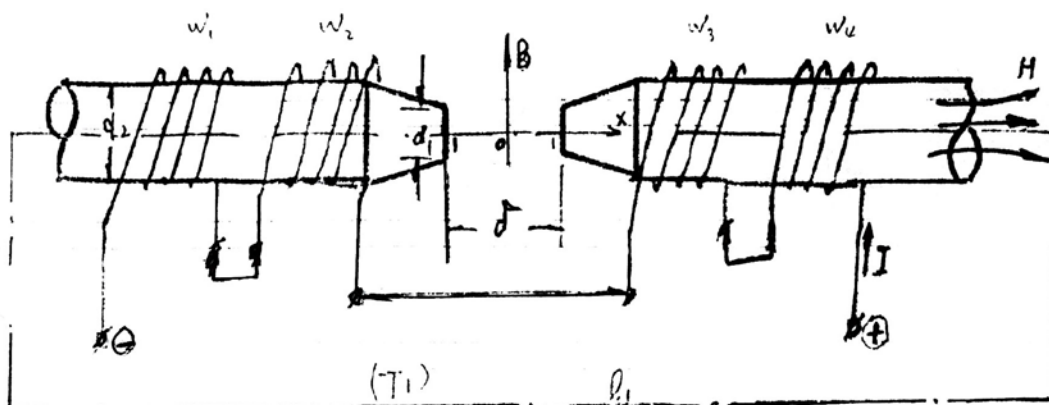


## 磁疗机磁路计算

$$W=W_1+W_2+W_3+W_4=4W_1$$

$$(W_1=W_2=W_3=W_4)$$



### 一、设计要求：

通过人体“适当剂量”的磁通密度，经若干疗程，对某些常见病与个别疑难症状进行临床治疗。同时要求治疗面积大于“病灶面积”。

- 1、磁极芯直径  $d_1=11\text{cm}$   $d_2=13\text{cm}$

$$\text{治疗面积: } S_1 = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 11^2 = 94.5\text{cm}^2$$

- 2、气隙长（即治疗距离或高度） $\delta \geq 25\text{cm}$ ，要满足人体治疗要求

- 3、要求其中心平均磁密度为  $B_0=800 \sim 1500 \text{Gs}$

要求磁极端面平均磁密度为  $B_1=2000 \sim 3000\text{Gs}$

### 二、设计依据：

- 1、根据第一台（ZLM—1 型）实验试用机及第二台（DCJ—82）科研实验型的磁疗机，

应用于人体 500 例临床观察的实际疗效的最佳治疗参数（磁场剂量）即在  $\delta=25\text{cm}$

的中心处，平均磁密  $B_0=1500\text{GS}$  为最佳实用磁密，从此为依据，可计算出需要的磁势

（即安匝数）。

$$\text{由第 1 台得 } IW=25\text{A} \times (2 \times 1530 \text{ 匝}) = 7.65 \times 10^4 \text{ 安匝}$$

$$\text{第 2 台得 } IW=25\text{A} \times (1581 + 2 \times 784) = 25 \times 3149 = 7.87 \times 10^4 \text{ 安匝}$$

但第二台实际使用为  $IW=20A \times 3149=6.3 \times 10^4$  安匝  $IW=15A \times 3149=4.73 \times 10^4$  安匝

可按第二台实际使用的  $I=15 \sim 20A$   $IW=(4.7 \sim 6.3) \times 10^4$  安匝数进行修改

a、 $IW=20A \times 3000$  匝  $=6 \times 10^4$  安匝

b、 $IW=15A \times 3000$  匝  $=4.5 \times 10^4$  安匝

即按  $I=15 \sim 20A$  时， $W=3000$  匝  $=4W_1=4 \times 750$  匝进行设计

$IW=(15 \sim 20)$  安  $\times 3000$  匝  $=(4.5 \sim 6) \times 10^4$  安匝，即可满足人体治疗的磁密的要求。

但线包总匝数 3000 匝，应分四个小线包 ( $W=3000=4 \times 75$  匝) 加工制作，两个小线包一是考虑线圈散热及大线径线包绕制有一定难度，二是磁通密度分布均匀，更能满足治疗要求，两个小线包为一组，各组成上、下两个大线包。

组装时，可顺向串接为一个整体 ( $T_1$ )

### 三、磁路设计：

1、根据设计要求：通过人体“病灶”区的磁通即气隙磁通密度为

$$\Phi_{\delta}=B_1 \cdot S_1=3000G_s \times 94.5cm^2=28.5 \times 10^4 \text{ 马克斯韦尔 (MX)}$$

2、气隙磁导  $G_{\delta}$

当  $\delta \geq 0.2d_1$ ，磁路总长  $l=d+l_1$ ，同时  $0.1 > \delta$  时

有经验公式 (\*参看电磁铁设计)

$$G_{\delta}=\frac{\mu_0}{\delta} \left(1.77 \times \frac{d_1}{2} + \frac{0.307}{2} \times d_1\right)^2 = \frac{0.4 \pi \times 10^{-8} (h/cm)}{25 (cm)} \times \left(1.77 \times \frac{11}{2} + \frac{0.307}{2} \times 11\right)^2$$

$$= \frac{1.256}{25} (9.74 + 1.68)^2 \times 10^{-8} (h) = 6.53 \times 10^{-8} (h)$$

$$[\mu_{\delta}=0.4 \pi \times 10^{-8} (h/cm), d_1=11(cm), \delta=25cm]$$

### 3、根据磁路定律——计算需要的总磁势：

磁路的总磁势是各部分的磁位降之和  $\oint Hdl=IW$

$$\text{即 } IW = \Phi R_{\mu} = \Phi \frac{1}{G} = \Phi \left( \frac{1}{G_{\text{轭}}} + \frac{1}{G_{\text{气}}} \right) = (IW)_{\text{轭}} + (IW)_{\text{气}}$$

$$\begin{aligned} \text{①气隙磁势 } (IW)_{\text{气}} &= \Phi_{\delta} \times \frac{1}{G_{\delta}} = 28.5 \times 10^4 (\text{MX}) \times \left( \frac{1}{6.53 \times 10^{-8} (\text{h})} \right) \\ &= \frac{2.85}{6.53} \times 10^{(4+8)} (\text{马克斯韦耳/亨}) = 4.63 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$(\because 1\text{Wb}=10^8 \text{ MX}, \quad 1\text{Wb/h}=\text{安匝})$$

$$\text{②磁轭安匝数: } (IW)_{\text{轭}} = \Phi \times \frac{1}{G_{\text{轭}}} = (IW)_{\text{气}} \times 10\% = 0.436 \times 10^4 \text{ 安匝}$$

③总安匝数（总磁势）

$$(IW)_{\text{总}} = 4.36 \times 10^4 + 0.436 \times 10^4 \text{ 安匝} = 4.8 \times 10^4 \text{ 安匝}$$

改变磁轭制造（多为翻砂制品）难免造成气隙磁阻及漏磁损失使需要的总磁通应适当增加，通常为  $\Delta = 50 \sim 100\%$

$$\text{即 } (IW)_{\text{总}} = 4.8 \times 10^4 \times 1.5 = 7.2 \times 10^4 \text{ 安匝}$$

考虑磁轭加工方法有改进， $R_{\delta}$  损失少些，也可考虑  $\Delta = 20\%$ ，即

$$(IW)_{\text{总}} = 4.8 \times 10^4 \times 1.2 = 5.76 \times 10^4 \text{ 安匝}$$

即第二台磁疗机实际计算得  $(IW)_{\text{总}} = 5.76 \times 10^4 \text{ 安匝}$

$$\text{按 } 20\text{A} \quad \text{则 } W_{\text{总}} = \frac{5.76}{20} \times 10^4 = 2880 \text{ 匝}$$

$$15\text{A} \quad W_{\text{总}} = \frac{5.76}{15} \times 10^4 = 3840 \text{ 匝}$$

$$\text{若不考虑损耗 } W_{1\text{总}} = \frac{4.8 \times 10^4}{20\text{A}} = 2400 \text{ 匝} \sim W_{2\text{总}} = \frac{4.8}{15} \times 10^4 = 3200 \text{ 匝}$$

取近似平均值  $W_{\text{总}} = 3000 \text{ 匝}$

$$\text{即 } IW = (15 \sim 20) \times 3000 = (4.5 \sim 6) \times 10^4 \text{ 安匝}$$

#### ④材料选择:

a、铁芯材料: 因磁疗机设计, 实际使用条件为直流电流供电, 产生恒定磁场, 考虑工作状态是直流, 铁芯材料应是“工程纯铁”, 也可以用性能相近的类似 A<sub>3</sub> 或 10<sup>#</sup>低碳钢代用。实际选用活动的上磁轭为“工程纯铁”其余为 10<sup>#</sup>钢。

b、线包材料的选择——

①改变线包的发热及人体能承受的温度, 选导线的电流密度  $j=2\sim 3\text{A/mm}^2$  为宜, 可选

$$J=2\text{A/mm}^2 \text{ 即导线的铜截面积 } S_{\text{MO}} = \frac{20^{\text{A}}}{2^{\text{A/mm}^2}} = 10\text{mm}^2$$

②查线材参数表, 可选 SBECB 双玻丝漆包扁线  $a \times b = 1.81 \times 5.6$

带漆包扁线  $(a' \times b' = 2.2 \times 6)$

③查表得相应的  $g=90\text{kg/km}$   $\rho_{20}=1.7\ \Omega/\text{km}$  ( $\rho_{75}=2.1\ \Omega/\text{km}$ )

#### 四、线圈计算:

①线包绕制参数计算——

线包内径按磁极芯  $d_2=13\text{cm}$  可选定  $D_{\text{内}}=14.5\text{cm}$

线包外径, 由磁疗机结构空间决定

参数第一台实验机给的外形尺寸可选定:  $D_{\text{外}} \times D_{\text{内}} \times h = 480 \times 145 \times 300(\text{mm})$

所绕制的线包的外径与高度, 不得超过, 暂选定  $385 \times 145 \times 140$

$$\text{线包厚: } B = \frac{D_{\text{外}} - D_{\text{内}}}{2} = \frac{385 - 145}{2} = \frac{240}{2} = 120\text{mm}$$

线径:  $a \times b = 1.81 \times 5.6 \rightarrow a' \times b' = 2.2 \times 6$

取叠绕系数  $K_2'=1.2$ , 排绕系数  $K_1'=1.1$

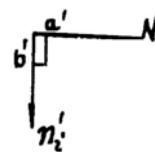
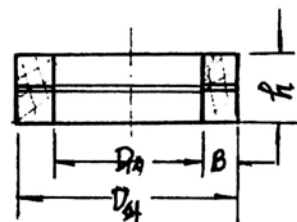
(取端空“留下”裹札空间取  $\Delta=10\text{m/m}$  或  $\Delta'=5\text{m/m}$ )

实际制作时 (见施工图) 考虑上线包是滑动的, 为减轻上下活动的负荷, 上线包绕制匝数少些, 重量轻些。

$$n_i = \frac{h - 2\Delta}{K_1' \times b'} = \frac{140 - 2 \times 10}{1.1 \times 6} = 18 \text{ 匝/层}$$

$$N = \frac{B - 2\Delta'}{K_2' \times a'} = \frac{120 - 2 \times 5}{1.2 \times 2.2} = \frac{110}{2.6} = 40 \text{ 层}$$

$$W_1 = n_i \cdot N = 18 \times 40 = 720 \text{ 匝}$$



绕制时层向绝缘为  $2 \times 0.12$  电缆纸,同时绕制 4 只,每两只小线包用青壳纸绝缘纸板裹扎,最后浸清漆烘干。

使用时,两只小线包顺向串接(\*注意磁力线量叠加,不是抵消)分别组成上线包和下线包,两只小线包的外形 R 寸为:

$D_{\text{外}} \times D_{\text{内}} \times h = 385 \times 145 \times 140 \rightarrow$  裹扎后为  $395 \times 135 \times 150$  两个小线包,

组合为上(下)线包的尺寸为:

$D'_{\text{外}} \times D'_{\text{内}} \times h' = 395 \times 135 \times 300$  (符合内径  $D'_{\text{内}} > d_2 = 130$  及高度长要求即认可)。

②绕组线包电阻及耗铜量计算:

$$\text{线包平均匝长 } l_{cp} = \pi D_{cp} = \frac{\pi (D_{\text{外}} + D_{\text{内}})}{2} = 3.14 \times \frac{385 + 145}{2} = 3.14 \times 265 \times 10^{-3} = 0.832 \text{M}$$

$$\text{导线总长 } L = \Sigma l_{cp} \times W = 4 \times 0.832 \times 720 \times 10^{-3} = 4 \times 0.599 = 2.396 \text{km}$$

$$\text{导线总重 } G_M = 4 \times 0.599 \times 90 \text{ (kg/km)} = 4 \times 53.9 \text{kg} = 215.64 \text{kg}$$

$$20^\circ\text{C} \text{ 线包电阻 } R_{20} = 4 \times 0.599 \times 1.7 \text{ (}\Omega/\text{km)} = 4 \times 1.0183 \Omega = 4.073 \Omega$$

$$75^\circ\text{C} \text{ 线包电阻 } R_{75} = 4 \times 0.599 \times 2.1 \text{ (}\Omega/\text{km)} = 4 \times 1.258 \Omega = 5.032 \Omega$$

$$I=20\text{A} \text{ 时, 线包压降 } \Delta V_{20} = 20\text{A} \times 4.073 \Omega = 81.46\text{V}$$

$$\text{线包压降 } \Delta V_{75} = 20\text{A} \times 5.032 \Omega = 100.64\text{V}$$

$$I=15\text{A} \text{ 时, 线包压降 } \Delta U_{20} = 15\text{A} \times 4.073 \Omega = 61.1\text{V}$$

$$\text{线包压降 } \Delta U_{75} = 15\text{A} \times 5.032 \Omega = 75.48\text{V}$$

∴选购配套的整流器: 电流连续可调  $0 \sim 15 \sim 20\text{A}$

电压连续可调  $0 \sim 61 \sim 75\text{V} \sim 100\text{V}$

③线包成本: (若取单位 40 元/kg 计算)

$$\text{a、} 4 \times (53.9 \text{kg} \times 40 \text{ 元/kg}) = 4 \times 2156 \text{ 元} = 0.8624 \text{ (万元)}$$

b、辅助材料 100 元

c、浸漆材料 150 元

$$\text{d、绕制加工费 } 15\% \rightarrow 1300 \text{ 元 总成本约 } \Sigma 8624 + (0.01 + 0.015 + 0.13 + 0.13) = 1.0 \text{ (万元)}$$

④线包温升计算(略)

(五) 线包施工图 (见 P24 页)

①上线包

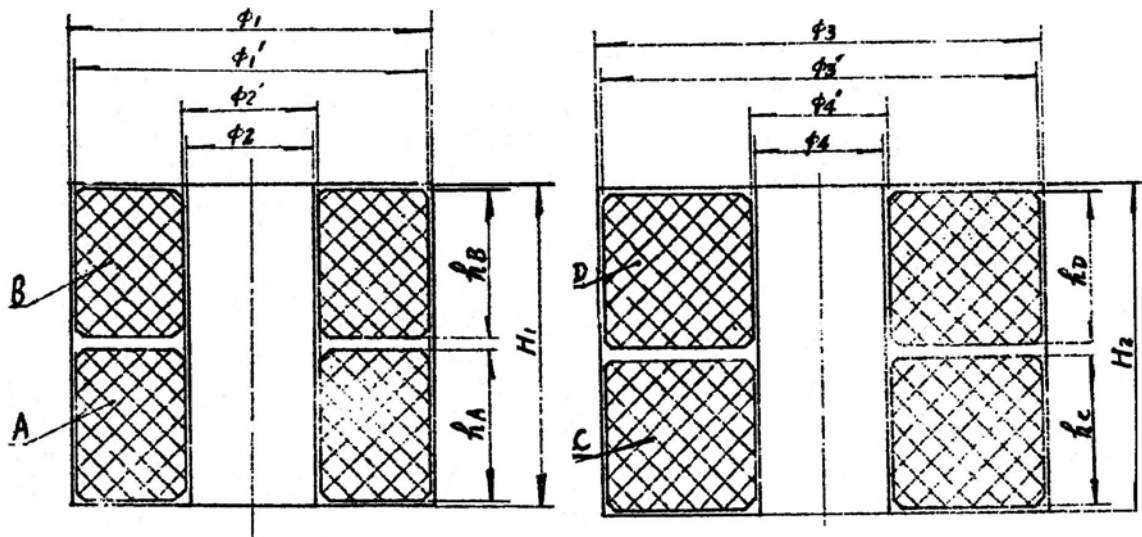
②下线包

## 上、下线包施工图

项目 线包名	外形尺寸			工艺绕制参数					制作数量	备注
	外径	内径	厚度	匝/层	层数	匝数	线径 SBECB	耗铜		
上线包	$\phi_{i335}$	$\phi_{i2135}$	$H_1=300$			1080		72	1	$R_{20}=1.35\ \Omega$ $R_{75}=1.64\ \Omega$
其	A	$\phi_{i325}$	$\phi_{i2145}$	$h_A=140$	18	30	540	$1.81\times 5.6$	36	
中	B	$\phi_{i325}$	$\phi_{i2145}$	$h_B=140$	18	30	540	$1.81\times 5.6$	36	

说明：

- 1、线包 A、B 层间绝缘用 K-12 二层电缆纸，线包上下端面（环形）用厚 2 毫米的电工绝缘纸板作衬垫，并用斜纹白布带裹扎。
- 2、线包 A、B 为外部顺向串接，仍由白布带裹扎，组成上线包。
- 3、绝缘处理。
- 4、绝缘检查，绕组与上磁极机体绝缘电阻  $\geq M\ \Omega$ ，热态  $\geq M\ \Omega$ 。

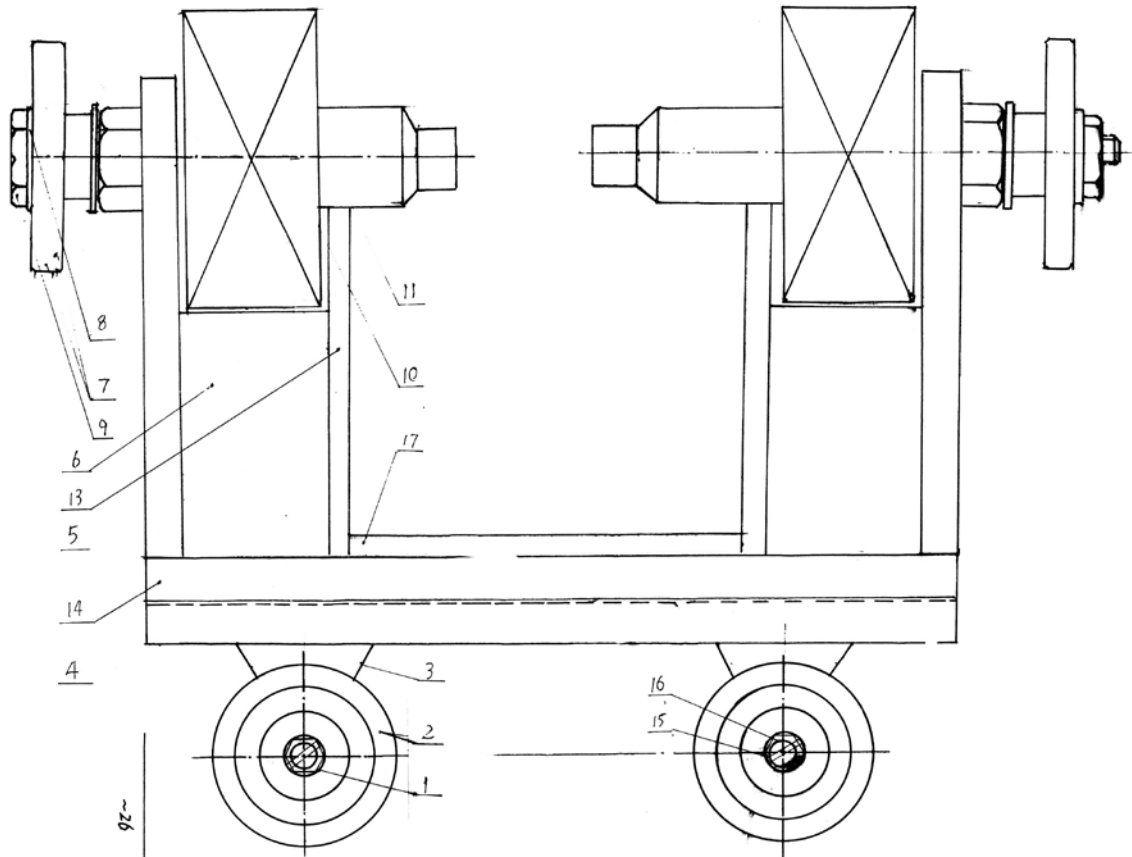


项目 线包名	外形尺寸			工艺绕制参数					制作数量	备注
	外径	内径	厚度	匝/层	层数	匝数	线径 SBECB	耗铜		
下线包	$\phi_{s335}$	$\phi_{s4135}$	$H_2=300$			1764		140.2	1	$R_{20}=2.65\ \Omega$ $R_{75}=3.27\ \Omega$
其	C	$\phi_{s325}$	$\phi_{s4145}$	$h_C=140$	18	49	882	$1.81\times 5.6$	70.1	
中	D	$\phi_{s325}$	$\phi_{s4145}$	$h_D=140$	18	49	882	$1.81\times 5.6$	70.1	

说明：

- 1、线包 C、D 层间绝缘用 K-12 二层电缆纸，线包上下端面（环形）用厚 2 毫米的电工绝缘纸板作衬垫，并用斜纹白布带裹扎。
- 2、线包 C、D 为外部顺向串接，仍由白布带裹扎，组成上线包。
- (3、4) 按上线包处理。

附录(1) “ZLM——1” 磁疗机总装图

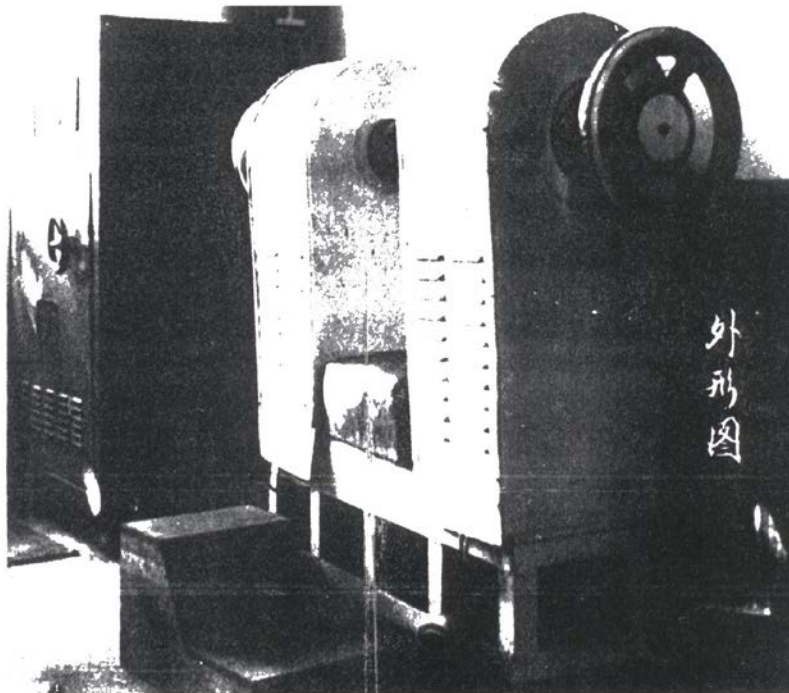


NO	代 号	名 称	数 量	NO	代 号	名 称	数 量
18	GCX—001	外罩 铝板)	2	9	GCX—009	螺母 (A <sub>3</sub> )	2
17	GCX—002	垫板 (胶木)	1	8	GCX—010	垫圈 (10 <sup>#</sup> )	2
16	GCX—003	轴 (45 <sup>#</sup> )	2	7	GCX—011	手轮	2
15	GB45—66	螺母 (M20)	4	6	GCX—012	V 形垫块 (硬木)	2
14	GCX—004	横极板 (10 <sup>#</sup> )	1	5	GCX—013	端极板 (10 <sup>#</sup> )	2
13	GCX—005	支架 (硬木)	2	4	GCX—014	木架 (L80×20)	1
12	GCX—006	轴套	2	3	GCX—015	撑块 (315 <sup>#</sup> )	4
11	GCX—007	极芯 (10 <sup>#</sup> )	2	2	GCX—016	铁芯橡胶轮 (10 <sup>#</sup> )	4
10	GCX—008	线包 (Cu)	2	1	GB97—66	垫圈	4

## 附录（1）“ZLM—1”磁疗机（外表图、总装图、新闻照片）

### （1）一代磁疗机“ZLM—1”

作为座式实验用机，始于1976年由上饶市科委出资，由上饶市磁性材料厂设计制造，由上饶铁路医院投入临床应用，取得了满意的疗效，并在一些疑难重症的治疗中取得了突破为第二代DCJ—82，第三代KYS—3，大功率磁疗机设计改进，积累了宝贵经验，“磁路设计”为姚文生、“结构设计”为顾荣坤、“临床应用”为徐雪雄。



在人们不断地探索延年益寿的方法并和“老大难”作斗争的行程中，上饶市科委委托上饶市磁性材料厂设计制造的立式ZLM—1磁疗机诞生。它是利用磁场对生物的作用和影响的原理制成的。近几年，将此原理应用于医学已成为国际医学界的重要课题之一。上饶市科委和市磁性材料厂等有关部门在这方面做了一次很好的尝试。

上饶铁路医院将ZLM—1电磁机应用于临床治疗，其中有不少是“老大难”病患者，经治疗，在六十一名患者中，疗效很明显各有四十二例，有效果者十八例，失败者一例。上饶市磁疗性协作小组对ZLM—1电磁疗机进行改进，并探索理论根据。 本刊记者：周 孟摄

### “老大难”病患者的佳音 一大功率电磁疗机诞生



T<sub>3</sub>

上饶铁路医院医务人员正在指导病人放好体位，调节磁距，为进行大功率磁治疗做好准备。

上饶铁路机务段车工董兆庆同志坐骨神经痛，平日弯腰曲背要用手挂拐杖行走，经用大功率电磁治疗后，疼痛完全消失，行走自如，现在在四化作贡献。

T<sub>2</sub>



上饶市磁疗协作小组的领导同志继续总结经验，提出改进意见，并拟出新的设计方案，使这台大功率磁疗机不断完善。

T<sub>1</sub>



江西新闻照片 一九七九年十月

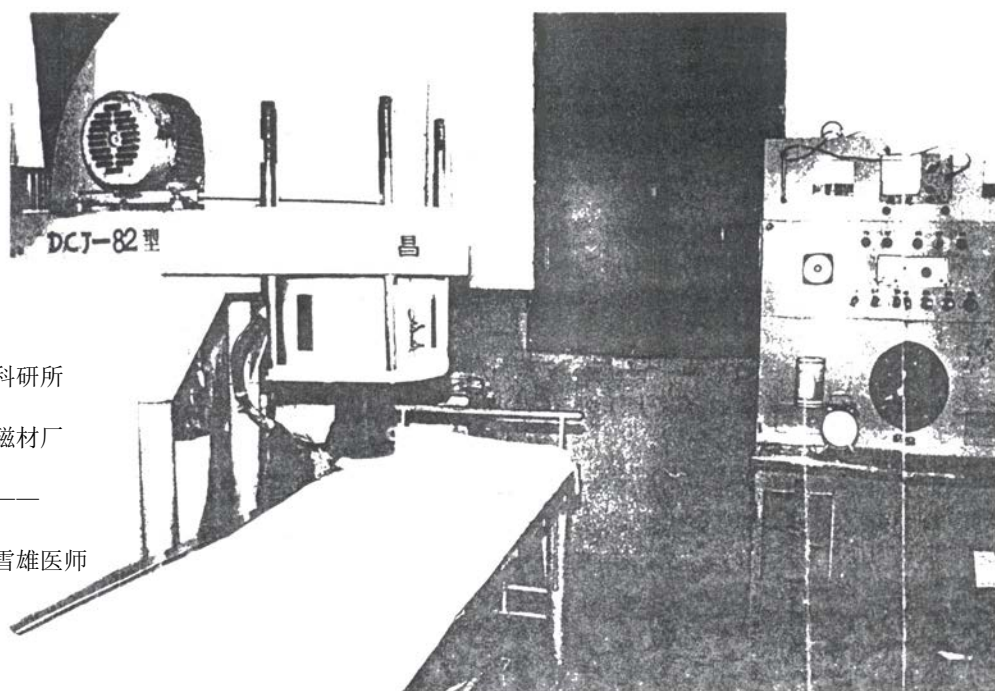
总一八期



## 附录（2）“DCJ—82” 磁疗机（外形图、治疗室）

### （2）第二代磁疗机（DCJ—82）

作为卧式实验用机，为南铁  
科研所设计制造（上饶磁性  
材料厂负责“磁路设计”）上  
饶铁路医院于 85 年投入使用  
7 年，治疗患者达数万人次，  
并在许多病种取得显著疗效。



结构设计：南铁科研所

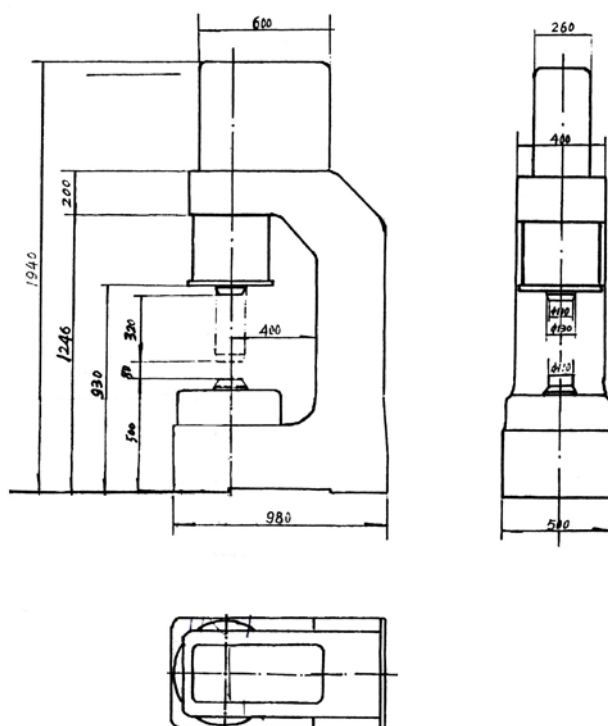
磁路设计：上饶磁材厂

临床治疗与观察——

上饶铁路医院徐雪雄医师

是用磁场强度防治人体疾病的专用设备。使用七年证明，消肿、镇痛、降血压作用十分显著，已治愈患者计十余万人次，治疗近 40 个病种，显效率达 77.4%，其中扭挫伤治疗效率达 97.14%，与一般磁疗机比较  $P$  值  $< 0.01$ ，有显著差异意识。

### KyS—3型磁疗机总装图



36				NO	说 明
35	GB30-76	六角螺栓 M5×10	6	1	件 24 电动机 AO <sub>2</sub> —562, 90W/380V/14.80 转/分。
34	Ky53-000-16	圆盖板		2	件 32, 行程开关, 型号规格, 根据市场定作、配装
33	Ky53-000-25	磁极平衡铁	1		
32		行程开关	2		
31		绳卡	2		件 5, 阀锥销, 带内螺纹, 在组装时, 使件, 磁极落入机体转动确认本机接触密封后, 现配, 图示位置应顺时针转 90° 件 34 圆盖板为其出入盖板。
30	Ky53-000-14	滚动座	2		
29	Ky-040-00	电动机座	1		
		弹簧垫圈 5			
28	GB95-76		10	4	件 21, 钢丝绳穿越机体顶灰 GB, 面板或与传动箱相碰时, 临时开设孔槽, 使钢丝绳通过并不得相碰磨损。
27	GB92-76	六角螺母 M5	4	5	件 29 电动机座, 件 30 滚动轮座在组装时, 调好位置, 焊接在机上。
26	Ky30-76 M5×20	六角头螺栓	4		
25	Ky53-000-13	键 3×6	1		
24		电动机 AO2-5624	1		
23	Ky53-000-12	皮带轮 φ 65	1	6	件 31 绳卡, 图示 2 件, 另一件图中未显示, 设在传动箱内上磁极上部压板下, 传动螺母与导套的中间, 组装时钢丝绳在此折叠后夹住。
22	GB24-1171-74	三角胶带 0~900	1		
21	GB1102-74	钢丝绳 φ 4.7	1		
20	GB30-00	滚 动	6		
19	Ky-000-11	极 罩	1		
18	Ky53-020-00	传动箱	1		
17	GB33-76	弹簧垫圈 8	4	7	件 18, 传动箱上磁极与机体配合后为 φ 130—组装时, 调整好位置, 用手摆动上磁极升降活动自如后, 件 16 (M4X) 螺栓。
16	GB30-76 M8×25	六角头螺栓	4		
15	GB95-70	垫 圈	4		
14	Ky53-000-09	木盖板	1		
13	Ky53-000-08	上线包罩	1		
12	Ky53-000-07	上线包	1	8	传动箱与磁极升降行程 330 毫米, 上下磁极间气隙为 80~240 毫米, 电动升降 320mm, 时间均为 32 秒, 不设手动。
11	Ky53-000-06	垫 板	1		
10	Ky226-000-05	线包托板	1		
9	Ky226-000-04	下线包罩	1	9	组装时, 各传动部位注润滑油, 组装后金属表面涂贴防锈漆一道, 乳白色漆二道。
8	Ky226-000-03	下线包	1		
7	Ky226-000-02	下磁极	1		
6	Ky226-000-01	垫 板	1	10	配控制柜一台, 磁床(Ky53-050-000)一台。
5	GB	圆锥销 30×120	1		
4	Ky58-80-06	机 体	1	11	整体总功率, 额定为 1.2KW, 最大为 3KW。
3	GB95	弹簧垫圈 12	4		
2	GB92	六角螺母 M12	4	12	搬运时, 磁极及其平衡铁固定 (上下磁极间可以顶紧, 吊装位置准确)。
1	GB	内六角螺钉 M12×50	4		
序号	图 号	名 称	数量	结构设计: 邱榕	磁路设计: 姚文生