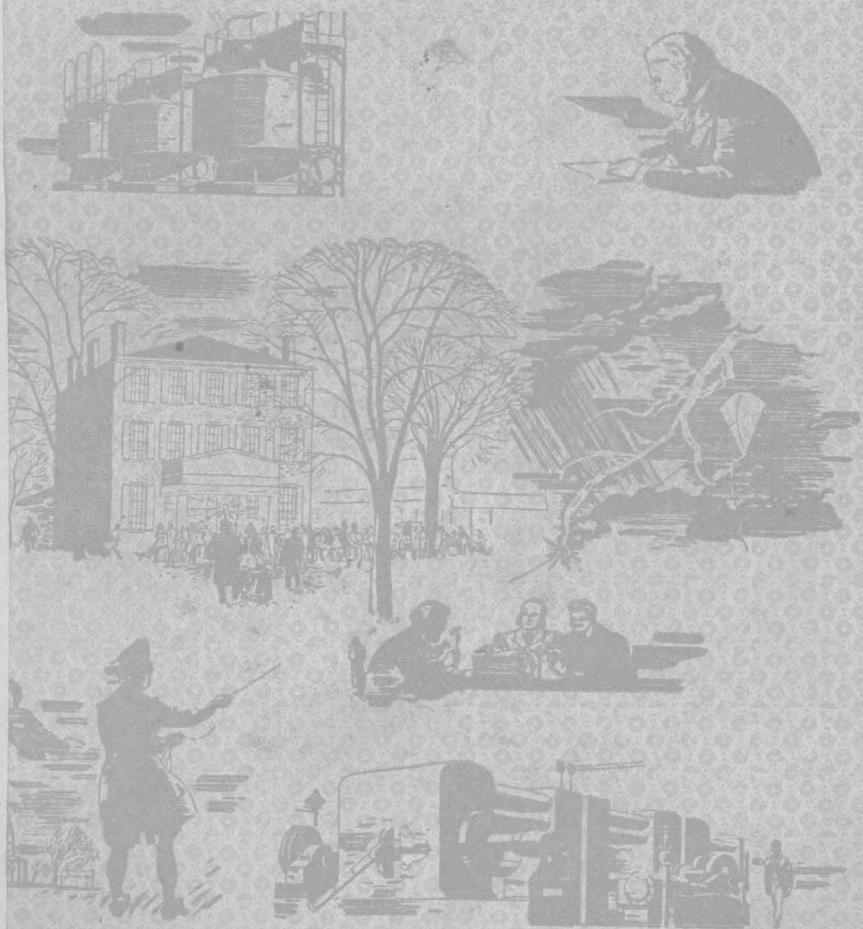


工藝
用

電機工藝



中國科學社科學畫報小叢書

實用小工藝第七集

電機工藝

科學畫報編輯部編

江苏工业学院图书馆
藏书章

中國科學圖書儀器公司

印 行

序

生於現代的電世界中的人，誰都應該具備關於電的知識。若從製造簡單的電機工藝品入手，來學習電學，實在是一個好辦法，一方面對於電磁的性質既會體會得清楚，一方面關於電機，電器的構造，亦可藉以明瞭其大概。

我們從實地的工作，才易學會家用電器的修理法以及小型電機的設計法，製作法，那不但是有趣的技術，而且在培養自己的學力上，更具有價值。許多青年對於無線電收音機的裝配，都有莫大興趣，但是除了無線電收音機以外，裝配其他的電機，也同樣的有味。

本書材料集自科學畫報第一卷至第十三卷，分爲五章。第一章是關於電磁方面的，如電磁鐵的設計，小型發電機，電動機，電話，微音器等的制作，都有詳圖說明，以便仿製。第二章是關於電化學方面的材料，對於乾電池及簡易電鍍法，有所介紹。第三章是關於電熱學方面的，第四章是關於電照學方面的小工藝。最後一章介紹光電池等，更是富有興味的小工藝。

讀者如果要能夠充分明瞭書中的術語及解釋，請先復習高中物理學，並請參考本公司出版的雷王技術叢書及電工學。

編者

一九四八年六月

目 次

第一章 電磁	1
第一節 電磁鐵	1
電磁鐵的設計與製造 起重磁鐵製作法	
第二節 發電機	17
發電機原理 手搖發電機 腳踏車燈用的發電機 再介紹一種腳踏車用發電機	
第三節 電動機	33
離型電動機 再談離型電動機 速成電動機 表示基本原理的五種玩具電動機 升降機模型	
第四節 電話與微音器	58
家庭電話 遊戲電話公司 自製微音器 簡單的微音器	
第五節 其他電器	75
電炮 簡單的電鐘 電鎖 簡易電動命令器 電鈴的照料法 不作聲的“應門童”	
第二章 電化學	90
第一節 電池	90
自製乾電池 舊乾電池再充電 家用臭氧管	
第二節 電鍍	102
簡易電鍍法 電鍍皮件,木器,石膏像 鍍銻法 鍍鉻簡法 電鍍用的電流	
第三章 電熱	131
簡單的焊接裝備 簡易電弧熔爐 電灶節溫器	
第四章 照明	141
紙蔴電燈 簡易太陽燈 檢查壞燈炮	
第五章 光電學	150
光電實驗 靈敏電眼 簡單光電池 光電“面積計”	

第一章 電 磁

第一節 電 磁 鐵

1 電磁鐵的設計與製造

電磁鐵的構造雖然簡單，但初學者往往只曉得用線胡亂地繞

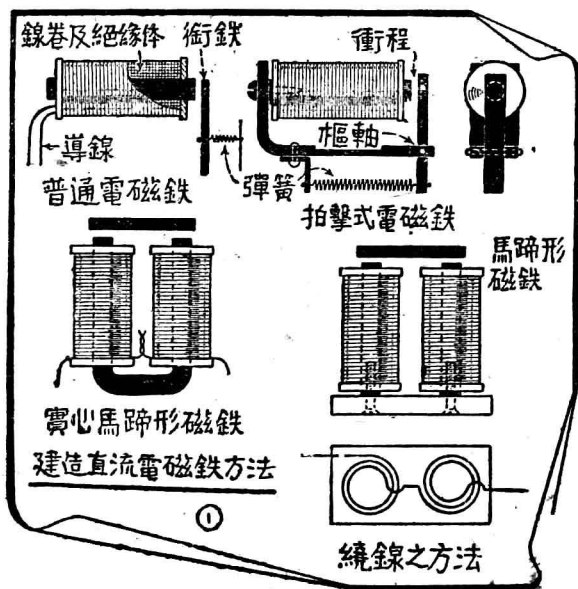


圖 1.

在鐵心上；若想自己製造，並且要使它適合於種種情況，有時却不免遇到困難。下面所講是兩種簡單的設計方法，無需應用複雜的數學，若能按步就班地去做，一定可以得到極完美的結果。不過電磁鐵與其他用鐵的電器，犯同樣的毛病，就是鐵的效力不能估定，因而製出的磁鐵與所預計的值會有出入。現在為力求精確起見，共列四種不同的鐵的數值，以資參攷。

直 流 電 磁 鐵

直流電磁鐵與交流電磁鐵，所根據的基本原理本是一樣，現在先說直流電磁鐵，其數種形式如圖 1 所示。為說明設計的方法起見，現舉一個磁力門門的設計為例，如圖 2 與圖 3(3)。此門往復之距離只須 $\frac{1}{4}$ 吋已足；若門所行的距離過長，則簡單的電磁鐵，即不足用。第一步我們用一個螺卷彈簧把門門住，再量其張力。對於圖中所用之彈簧，測得壓縮 $\frac{1}{4}$ 吋，需壓力 25 磅。不過運用門門，有大量摩擦，所以設計時應使電磁鐵的引力約為 50 磅。

門門可用熟鐵（鍛鐵）打成，故電磁鐵的鐵心與外框也用同一的材料。門門全部的構造參看圖 2 與圖

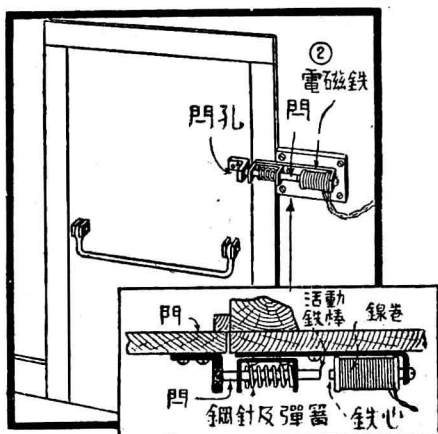


圖 2.

3(3) 自明。再看圖 3(4)，由標明“鍛鐵”的小旗內，可求得鐵心之截面積，係以 153 除所需之引力（在本例中為 50 磅）；即

$$\text{鐵心之截面積} = \frac{\text{所需之引力}}{153} = \frac{50}{153} = 0.327 \text{ 方吋。}$$

在便利上，常選擇與所得面積最近的標準直徑之鐵棒做鐵心，故我們採用 $\frac{1}{4}$ 吋直徑之鐵棒。

其次從同一小旗(B)內計算使磁鐵發生所需引力之安培匝 (ampere turns) 數，圖內已標明，使鐵磁化所需之安培匝數係

137 乘鐵心長度吋數而得 (此處所謂鐵心長度，係指磁力線通過之鐵而言，如圖4(3))

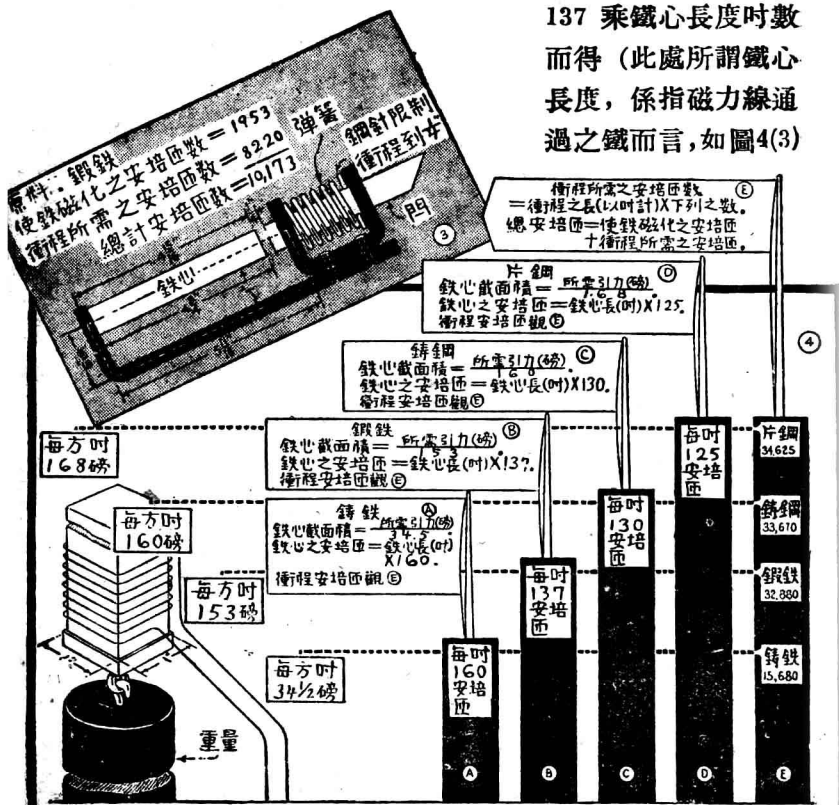


圖 3.

虛線所示)。即安培匝 = $137 \times$ 鐵心總長度吋數。所謂安培匝是流過線卷之安培數與線卷中之匝數(即圈數)之積。例如一個線卷有50匝線,其中有10安培之電流流過時,其安培匝數為 $10 \times 50 = 500$,同樣一個有250匝線的線卷有2安培之電流流過時,則為 $2 \times 250 = 500$ 安培匝。

在應用公式以前,須先對於線卷與鐵部分,假定一個合理的長

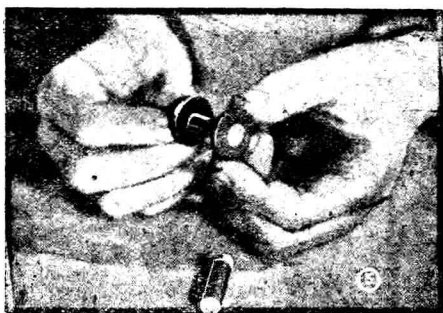


圖 4.



圖 5.

度。圖5中所列之法則可以遵照。用此法則,線卷之厚度應為 $\frac{3}{4}$ 吋,即線卷之外徑為 $2\frac{1}{4}$ 吋,以6乘 $\frac{3}{4}$ 吋,得線卷之長為 $4\frac{1}{2}$ 吋。鐵心應留出絕緣物之地位,故應定為 $4\frac{3}{4}$ 吋。由圖3(3)所示,鐵心之總長度可以算出,換言之,我們所要量的是磁力線在鐵中所經的途程。將圖3(3)虛線經過的各鐵部分之長相加,即得鐵的總長為 $14\frac{1}{2}$ 吋。然後以137乘 $14\frac{1}{2}$ 吋得1953安培匝,為對於鐵部分的磁化力。

對於全磁路中,還有一段空氣隙,即門門之衝程 $\frac{1}{4}$ 吋長,尚須予以若干安培匝數之磁化力。計算此數

時，以空氣隙之長乘圖3(4)E字旗內“鍛鐵”項下所列數值即可；
今以公式表之：

加於空氣隙之安培匝數 = 空氣隙之長，以吋計 $\times$ E字旗內
所標鐵之數值 = $\frac{1}{2}$ 吋 $\times 32,880 = 8,220$ 安培匝。

故此錄卷所需之總安培匝數為 $1,953 + 8,220 = 10173$ 。

此法於製造任何直流電磁鐵皆可應用，不過鐵有不同，各種數值亦隨之變更而已。但無論製造何種電磁鐵，必須把磁力線完成其整個循環所經過之鐵心長度而量出。但若所用之鐵心不備具磁力線的回路，且銜鐵的銜程甚短，那麼計算安培匝數時，只須量出鐵心之長與銜鐵銜程之長即可。對於長銜程，須用螺錄管或活柱電磁鐵，茲從略。

錄表										
			每方吋匝數				每立方吋匝數			
英吋 號數	每1000呎 歐姆數	圓密爾	漆包	單棉包或 雙絲包	雙棉包	漆單 棉包	漆包	單棉包或 雙絲包	雙棉包	漆單 棉包
8	766	16510								
9	963	13090								
10	1215	10380	62.2	87.5	80.	84.8	.00765	.00725	.00662	.00709
11	1532	8234	116	110	97.5	105	.0121	.0115	.0102	.0110
12	1931	6530	146	136	121	131	.0193	.0181	.0160	.0173
13	2436	5178	184	170	150	162	.0308	.0283	.0250	.0271
14	3071	4107	232	211	183	198	.0493	.0443	.0385	.0417
15	3873	3257	293	262	223	250	.078	.0697	.0592	.0665
16	4884	2581	365	321	271	306	.122	.108	.0907	.102
17	6158	2048	460	397	329	372	.194	.168	.139	.157
18	7765	1624	572	493	399	454	.304	.263	.213	.242
19	9792	1288	718	592	479	553	.477	.397	.318	.370
20	1235	1022	912	775	623	725	.719	.557	.430	.516
21	1557	810	1150	940	754	895	1.23	.901	.696	.857
22	1953	642	1430	1150	910	1070	1.93	1.54	1.22	1.43
23	2476	510	1780	1400	1080	1300	3.01	2.38	1.82	2.20
24	3122	404	2240	1700	1260	1570	4.78	3.64	2.78	3.32
25	3936	320	2820	2060	1510	1910	7.66	5.61	4.10	5.18
26	4964	254	3560	2500	1750	2300	12.1	8.50	5.95	7.52
27	6259	202	4420	3030	2020	2780	19.0	13.0	8.66	11.0
28	7893	160	5580	3670	2310	3350	30.2	19.8	12.5	15.1
29	9952	127	6900	4300	2700	3900	47.3	29.5	18.5	22.7
30	1255	101	8700	5040	3070	4560	75.2	45.0	26.2	32.0
31	1582	80	10700	5920		6380	118	64.0		79.0
32	1993	63	13500	7060		6250	185	96.5		119
33	2516	50	17000	8120		7360	293	140.		177.
34	3173	40	21100	9600		8310	460	209		267.
35	4004	32	26300	10900		8700	721	300.		380.
36	5043	25	32000	12200		10700	1110	422.		530.
37	6392	20	39800				1740			
38	8022	16	49400				2710			
39	1012	12	61200				4250			
40	1276	10	76100				6660			

圖 6.

其次，我們要計算繞製錄卷所用銅錄的粗細。圖5下方的說明，表示一種簡單的計算法則。第一先求出錄卷的平均圓周，（即 $6.28 \times \frac{3}{4}$ 吋 = 4.71吋），然後再進一步求錄的粗細。設所用的直流電壓是110伏特，又上節已求得安培匝總數為10,173，那麼就可依法求得：每千呎錄卷的電阻

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{所用電壓} \times 12,000}{\text{錄卷的平均圓周長} \times \text{安培匝總數}} = \frac{110 \times 12,000}{4.71 \times 10,173} \\
 &= \frac{1,320,000}{47,915} = 27.55 \text{ 歐姆/仟呎。}
 \end{aligned}$$

請看圖6的錄表，我們就知道這個歐姆數，與錄規第23號與第24號之間。所以這兩種錄都可以選用。若用較粗的23號錄，可略增磁鐵的強度，但它要發熱一點；不過門門上的磁鐵是間歇使用的，所以就用23號錄，也不至有過熱的危險。

用此計算方法來繞製錄卷，可不必費神去記着匝數，因為選定號數的錄所產生的安培匝數有一定；要使它改變強度，除非改變電壓或錄卷的直徑。錄卷的增長或減短，並不能改變其安培匝數或強度。不過若把它縮短，它會變熱，若是加長，則用電較少而變冷，但力量仍是一樣。繞錄時應先在鐵心兩頭緊裝兩塊電木製或纖維製的圓板（圖4）。板的外徑須略大於錄卷的外徑。然後將兩三層厚紙捲在鐵心上，塗上蟲膠（shellac）使其粘住，同時增加其絕緣性。同樣理由，每隔兩層或三層錄必須加一層紙。任何包皮的錄均可用之，不影響於錄卷之安培匝數。錄卷捲畢後，最好在表面上塗一層蟲膠，如圖15所示。

圖7表示一個舉重電磁鐵的簡單設計。此種磁鐵的框子可用一個鐵管帽製成，它的心子由一塊鑄鐵或鑄鋼車成。此種磁鐵所需的安培匝數也由前述計算方法求得，不過其中並沒有銜

鐵銜程。其它特種用途的磁鐵均可用相同方法設計。惟我們須知道封閉的錄卷或短錄卷，比長而裸的錄卷容易發熱。設計一個運用槓桿的電磁鐵，須視所用槓桿之種類，而計算其不同之引力。圖 7 下方表示三種槓桿磁鐵所需引力的計算方法。

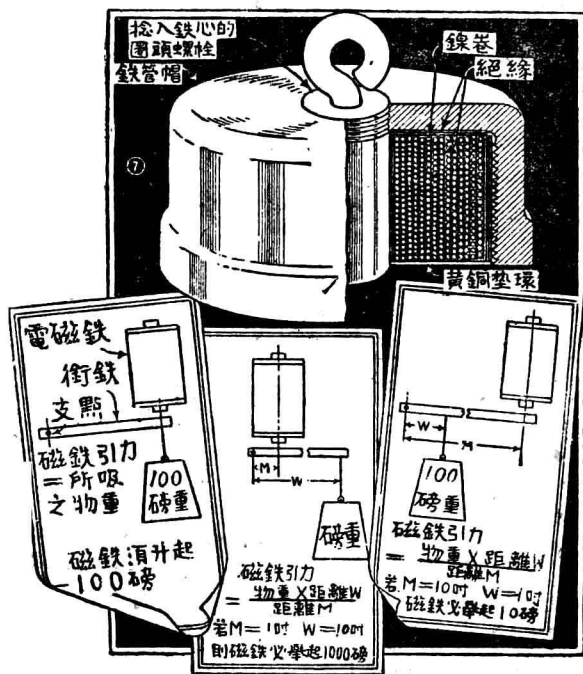


圖 7.

我們可設計種種交流電磁鐵，以供許多用途，只要銜鐵閉合時，一切鐵的部份能成一完全的通路，圍繞於錄卷。沒有磁力線回路的普通電磁鐵不適用於交流。交流電磁鐵的鐵心須用鋼片構成，一如變壓器的鐵心。圖 9 表示幾種交流電磁鐵。矽鋼

或烟筒鐵，用埋頭螺栓緊捻夾合，如圖8與圖10所示，可用作交流電磁鐵的鐵心。其活動的部份，若不大，可用實心鋼鐵製成，但線卷所繞的鐵心必須用鋼片構造，否則有過分發熱的弊病。

爲了說明如何應用簡單化的方法來設計交流電磁鐵起見，我們可製造一個用以關閉電鍵的交流電磁鐵作例。開關電鍵的電磁鐵叫做替續器。鐵心如能由舊變壓器中取用最爲方便。鐵心與其機械的裝置示於圖10與圖13。由此圖可見能使磁鐵發生拉力的鐵面之長共分三部。外邊的二股各闊 $\frac{8}{8}$ 吋，中間一股闊 $\frac{8}{8}$ 吋。這三部相加($\frac{8}{8}'' + \frac{8}{8}'' + \frac{8}{8}'' = 1\frac{1}{2}$ 吋)，就是有效引力面的總長。以此數乘鐵心之厚，即 $\frac{1}{2}$ 吋，得 $\frac{3}{4}$ 吋²，即是使磁鐵發生引力的鐵心截面積。對於交流電磁鐵，可估計其每吋²的截面積產生 88 磅的

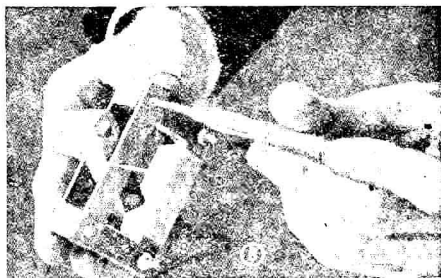


圖 8。

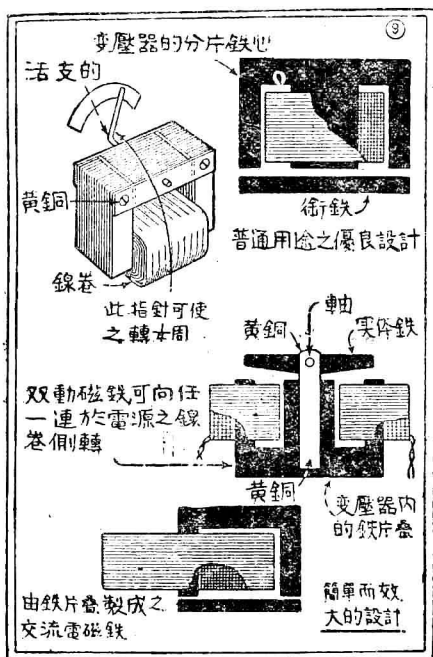
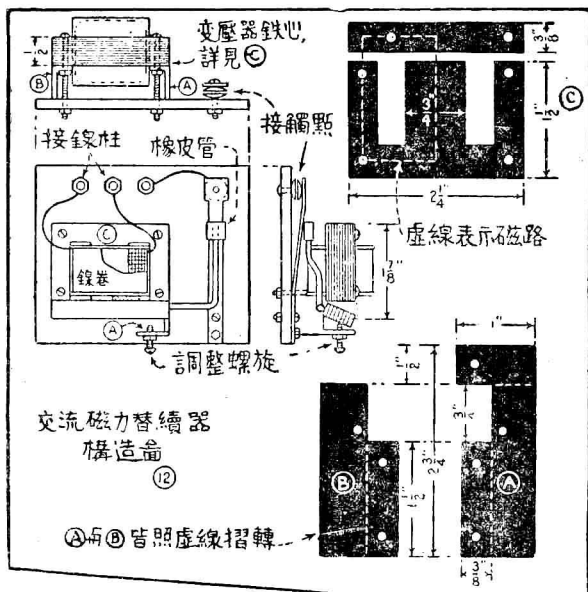


圖 9

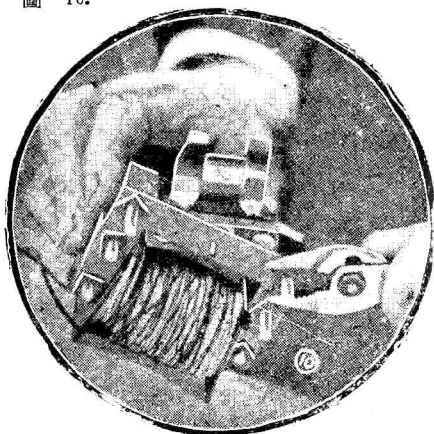
交流電磁鐵



10.

引力，甚爲安全。所以現在這磁鐵的引力是 $\frac{1}{2} \times 88 = 66$ 磅。這樣大的引力，在我們所設計的器具上，已足夠應用，所以就用這樣的一個鐵心。

至於這錄卷所需的匝數，視所用電壓的高低，及電流的頻率而定，設所用電壓為 110 伏特，頻率為



11.

60,那麼由第圖 14 可知:

$$\text{線卷的匝數} = \frac{\text{伏特數} \times 4.7}{\text{鐵心的截面積, 吋}^2}$$



圖 12.

上式中所說的鐵心的截面積，係指繞線的一股的截面積。由圖10，這一股是 $\frac{3}{4}$ 吋闊， $\frac{1}{2}$ 吋厚，將此兩數相乘，得截面積為 $\frac{3}{8}$ 吋²，即 0.375 吋²。將此值代入上式：

$$\begin{aligned} \text{匝數} &= \frac{110 \times 4.7}{0.375} = \frac{517}{0.375} \\ &= 1352. \end{aligned}$$

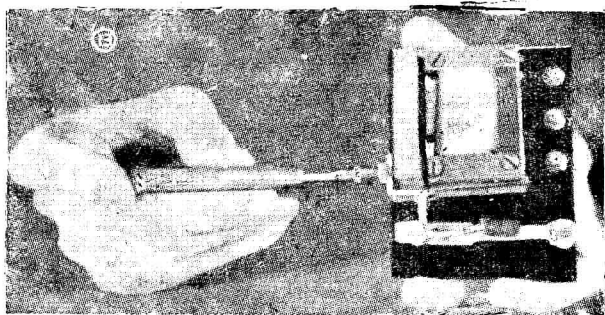


圖 13.

計算線的號數之方法，在圖 14 內亦已註明，首先量磁力線通過鐵心之最短路徑，如圖 10 虛線所示，其總長為 $4\frac{7}{8}$ 吋即 4.875 吋。再以 50,000 乘之，得 243,750，然後以匝數 1352 除之，得

180圓密爾，即所求錄的號數。查錄表，此數在 27 號與 28 號之間。因為無需用磁鐵的全力來運用替續器，故可選擇小一號的錄，即 28 號。錄卷可繞在一捲型上，而後套在鐵心上，其方法與建造變壓器相同。在錄卷未裝在鐵心上以前，先用絕緣紙裹在鐵心上。

交流電磁鐵常發出劇烈的營營聲，除非裝配一種“蔭蔽錄卷”，

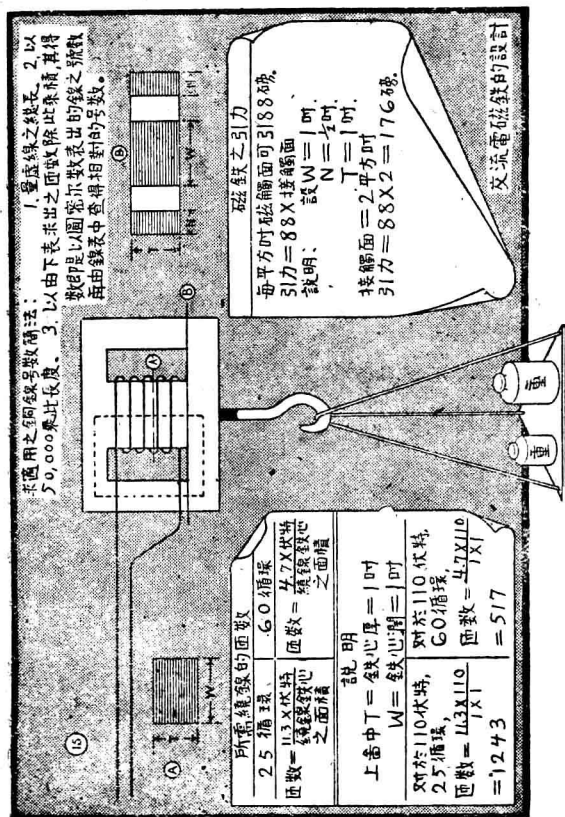


圖 14.



圖 15.

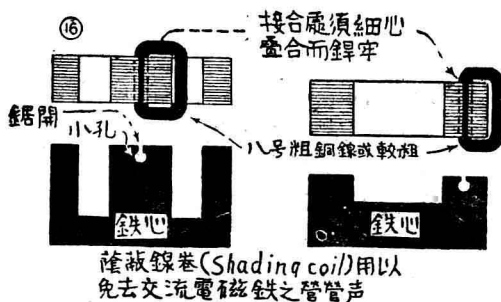


圖 16.

(shading coil)才能防止。它不過是一匝很粗的銅線，繞在鐵心上的一槽中，如圖 16 所示的二種方法均有效。對於此處所述的電磁鐵，應用八號或較粗的銅線。銅線的兩端須細心疊合而銲牢，否則無效的。

這些設計電磁鐵的方法，可以應用於任何問題。做這種工作時，最好將各部數值算出，然後再藉實驗略予變通，使完全能適合製造者的需要。

2. 起重磁鐵製作法

起重磁鐵為一種利用少量電流，來提起巨大重量的電磁鐵。下述的雛形起重磁鐵可用一個 8 伏特的蓄電池來供給所需的電流。電路中不必裝電阻器，線卷不會過度發熱。它能提起二十五磅，甚至更大的重量。

圖17表示完工的這種磁鐵，圖19表示它的縱截面。所開的尺寸，只作為一般的參攷，當然可加以變通，使適合各個的需要。但是我們若依照別人已經試驗圓滿的現成尺寸，却可省去許多麻煩。這種磁鐵的主要部分大體示於圖18中。

磁 鐵 部 分

要製這種磁鐵，先從口徑 $1\frac{1}{2}$ 吋，厚約 $\frac{1}{2}$ 吋的鐵管，割取一段，長約 $1\frac{1}{2}$ 吋，把兩端銼平而磨光，最後的長度應為 $\frac{3}{4}$ 吋。外面最好也要磨光，甚至塗以琺瑯，以資美觀。這段短管，在各圖與後來的說明中，都稱做“環”(R)。

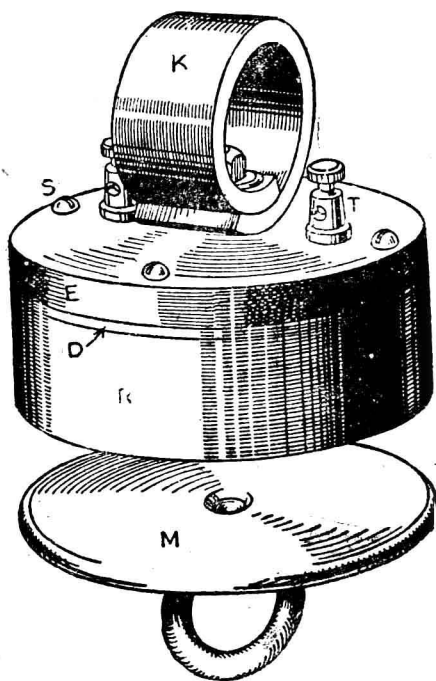


圖 17. 完工的自製起重電磁鐵。

鐵心(C)可從直徑 $\frac{3}{4}$ 吋的軟鐵棒製成，長 $\frac{3}{4}$ 吋，兩端應銼平磨光。請車牀工人在中央鑽穿一孔，並造成一個埋藏釘頭的窩，以便容納一根直徑 $\frac{1}{4}$ 吋，而一端可裝螺旋止的螺栓。

D為一個 $1\frac{1}{2}$ 吋厚的圓鐵板，其直徑與環的外直徑相等，中央亦鑽穿一孔，以便容納上述的螺栓。此板的目的是，不但為增加強度，且為接通磁路之用。E為一個相似的圓板，用硬橡皮或其他絕緣材料製成，厚 $\frac{1}{2}$ 吋。中央亦鑽穿一孔，以便容納螺栓。