

電 動 機

黃 幼 雄 編

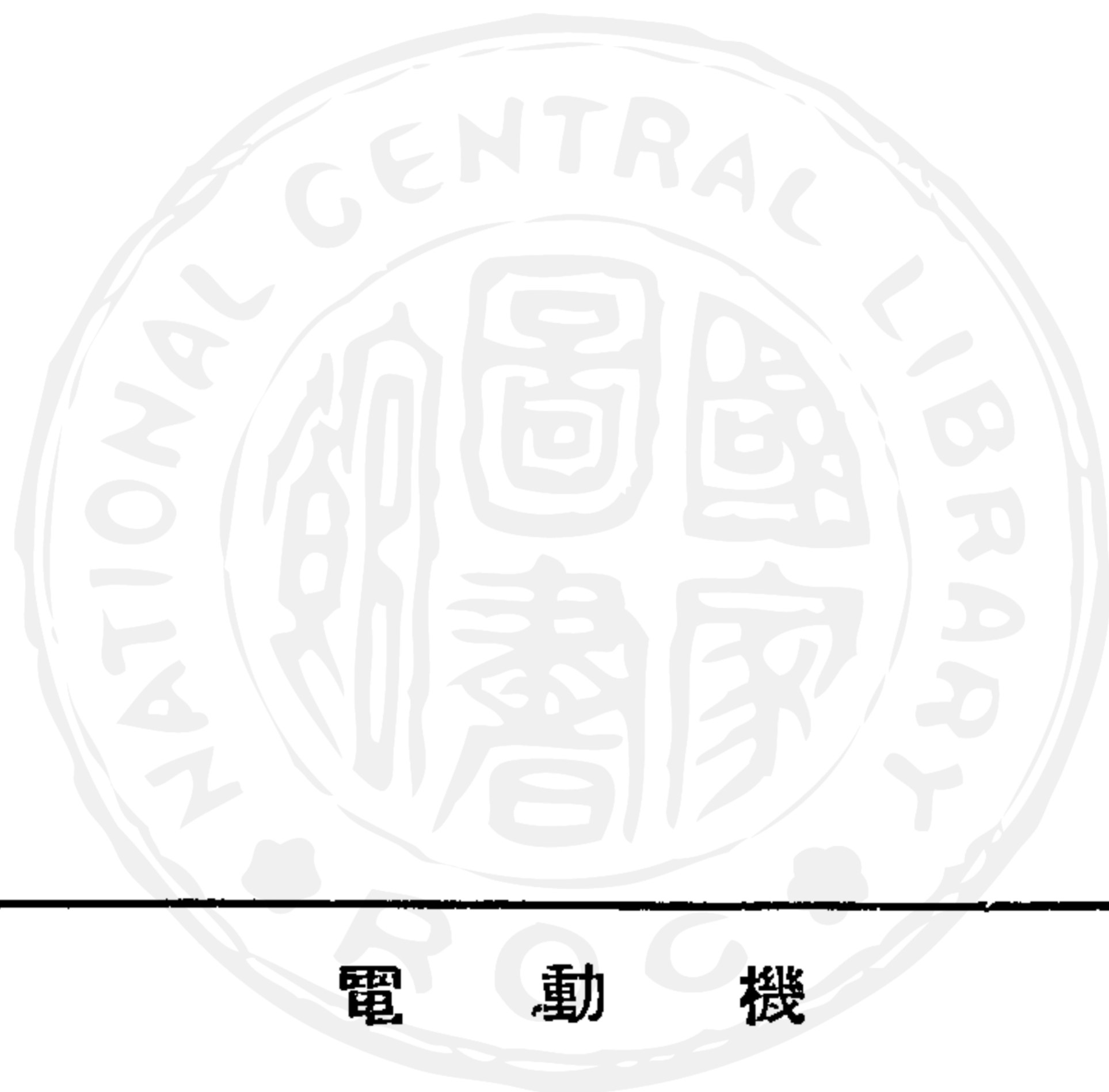
.43
3
籍

機 動 電

黃 幼 雄 著



開 明 書 店 印 行



電 動 機

三十六年十一月初版 每册定價國幣一元二角

著 作 者 黃 幼 雄

發 行 者 開 明 書 店
代 表 人 范 洗 人

印 刷 者 開 明 書 店

有 著 作 權 不 准 翻 印

(60 P.) W

需

目 次

第一編 電動機之製作.....	1
第一章 磁鐵.....	1
第二章 電動機的原理與構造.....	6
第三章 最簡單電動機之製法.....	9
第四章 三極電動機的製法	23
第五章 電阻器和逆轉器	27
第六章 交流電動機	31
第七章 分繞式電動機	37
第八章 高級電動機與其製作	39
第九章 電動機的大小與其出力	56
第二編 變壓器之製作.....	58
第一章 變壓器的動作和原理	58
第二章 十伏特變壓器的製作	62
第三章 任意變換電壓的二十伏特變壓器	70
第四章 變壓器的大小與出力	74
第五章 各種大小變壓器的製作	77
第三編 電動機之應用.....	83
第一章 電車之原理	83
第二章 電池自動車	86
第三章 迴轉之花輪	87
第四章 電扇.....	89
第五章 點滅器的製作	95
第六章 活動電光文字.....	101
第七章 木偶跳舞.....	105
附錄 電機常用名詞.....	108

南京 12448

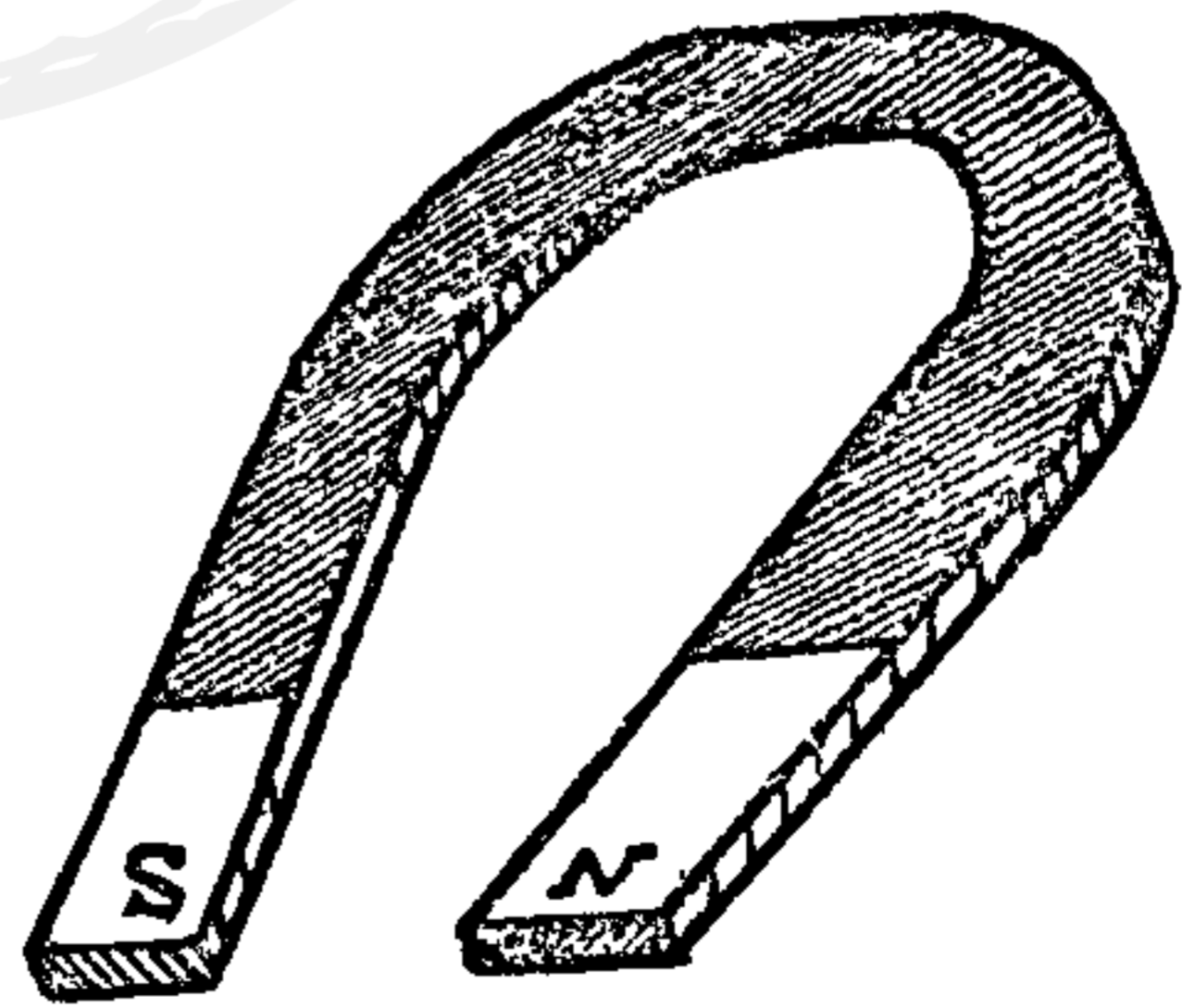
025371

第一編 電動機之製作

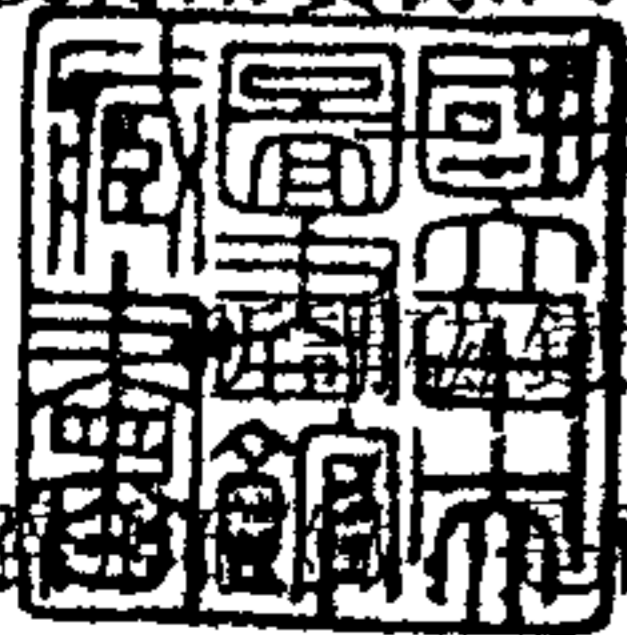
第一章 磁鐵

電動機，英名為 Motor，音譯為“馬達”，乃是利用電流，使能自起迴轉的一種機構裝置，再利用牠的迴轉力量，而發動種種機械，大自電車，小至電扇，推而至於工場的各種機械，莫不可以電動機使其動作，例如印刷機，碾米機，以及高樓大廈中的電梯，都是利用這個電動機的。

現代是電的世界，什麼都用得到電流，但電流不能直接利用於機械，必須以電動機做個媒介，才能使機械動作，所以電動機是電的世界中間一個重要的工具，要研究機械，使不能不先明白這動力的媒介——電動機。現在就要介紹一種方法，用極簡單的材料製作一具小型的電動機，製成以後，不但可以作種種機械動作的實驗，感到無窮的興趣，而且經過一度自行製作的程序，對於電的性質，會有更進一步的認識，先從電動機何以能夠迴轉的原理說起，在後再講實際的製作程序。



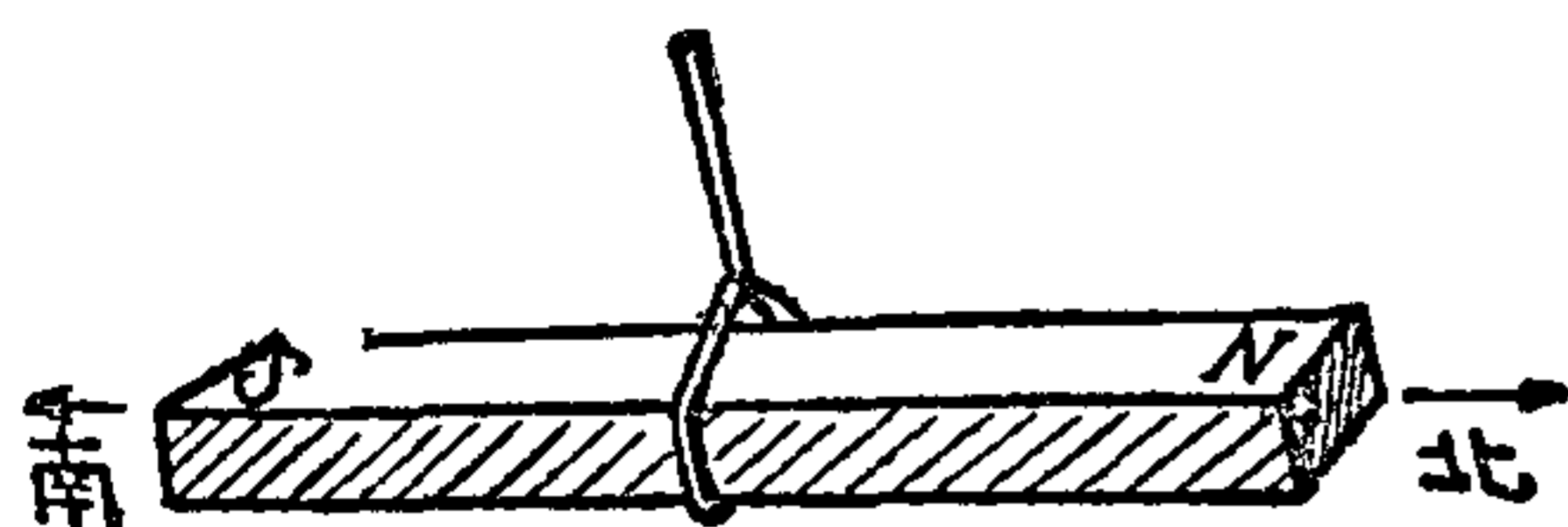
第一圖



永久磁鐵

大家都知道有一種兩端彎曲成U字形的，如第一圖，其實磁鐵可以作

成任何形狀，牠的特性，就是能夠吸引鐵製的物品。這個吸力，凡愈近磁鐵的兩端，其力愈強，愈靠中央，其力愈弱。所以雖說磁鐵



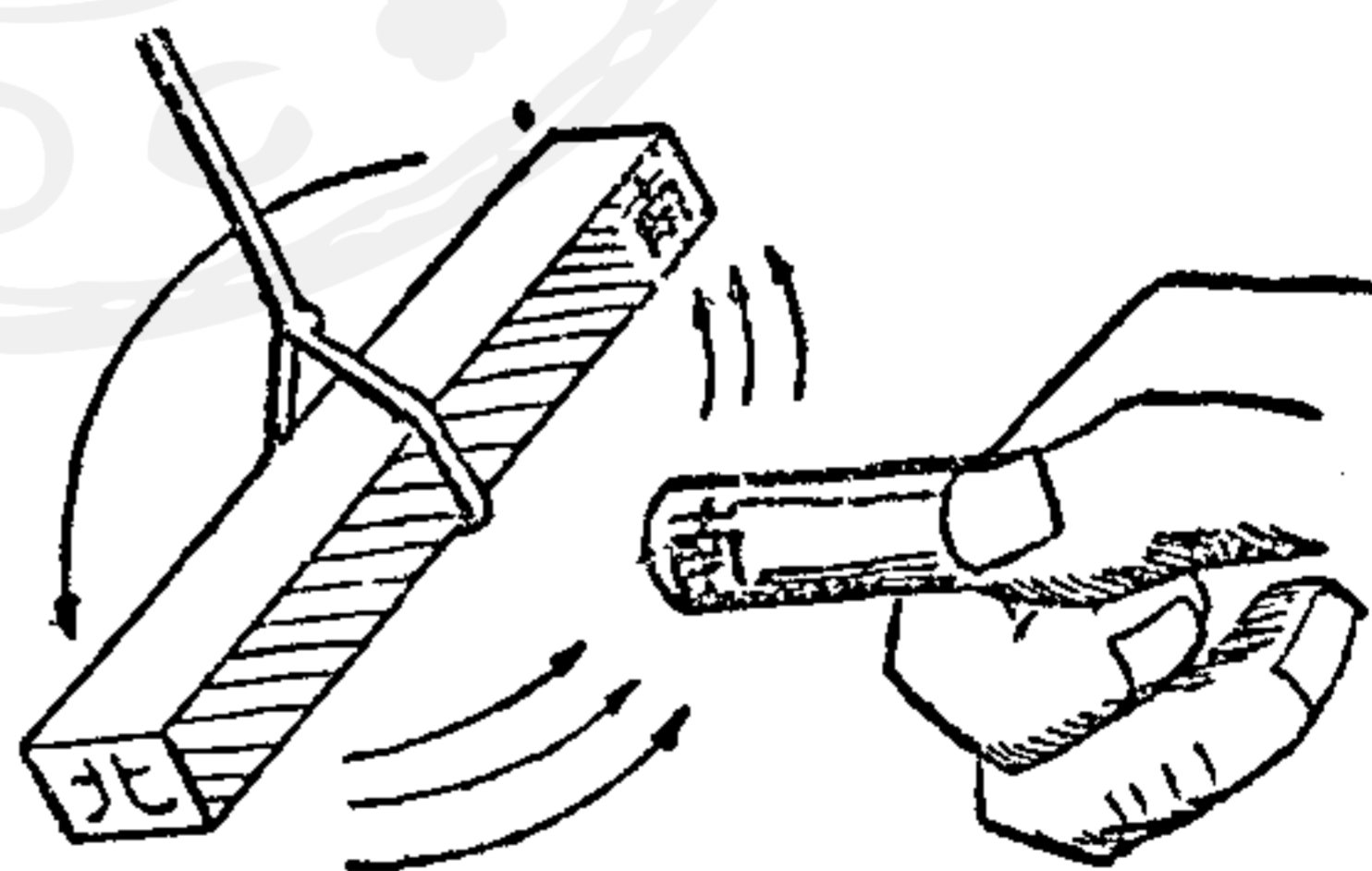
第 二 圖

吸鐵之力，僅在二端亦無不可。

磁鐵兩端，雖都能吸鐵，可是牠的性質，又有不

同，今如第二圖以線懸掛條形磁鐵，使其平衡，則必有一端恆為北向，而他一端恆指南方，縱或以外力設法強變其方向，但不久即回復故態，一端指北，一端指南，決不變向。這指北的一端，我們稱為北極，而指南一端即稱為南極。磁鐵無論何種形狀，必有南北二極，上述蹄形磁鐵，也是一樣有南北極的。通常北極常標以 N 符號，南極則標以 S。

現在除了懸掛着的一條磁鐵以外，另持一磁鐵，使其南極靠近前一磁鐵，如第三圖，那末兩塊磁鐵之間將會起怎樣的變化呢？但見原來指向南北的磁鐵，此時定必自行迴轉，其指北的一端，會被手持的磁鐵南極一端所吸引，反之，如以手持磁鐵的北極一端，靠近磁鐵，那末情形也正相反，就是懸掛着的磁鐵，南極立被吸引，而北極則同時遠離，



第 三 圖

從這個實驗，我們可以知道：

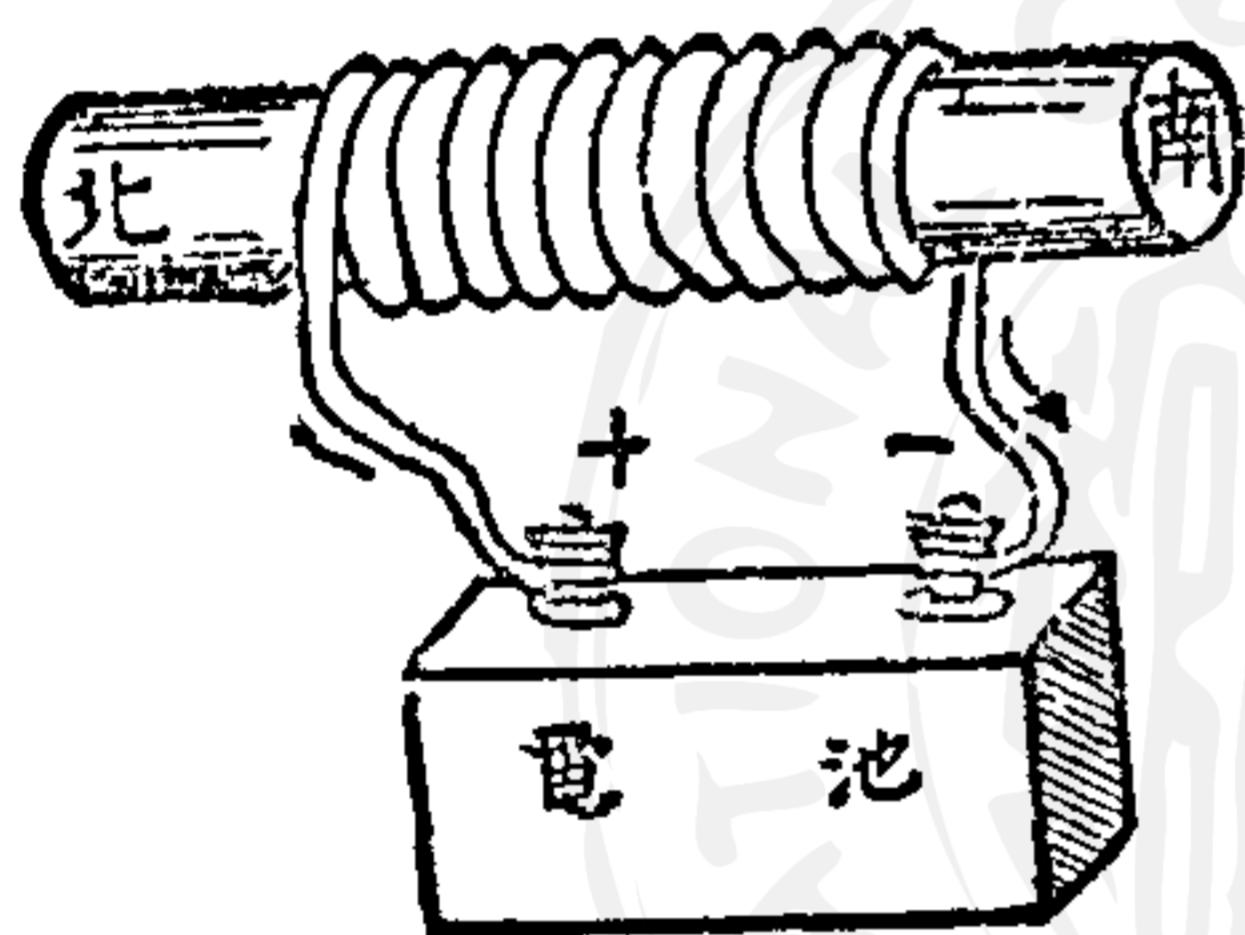
- 一、兩個磁鐵南極與北極互相吸引；

二. 兩個磁鐵的南極與南極, 北極與北極互相排斥。

簡單說一句, 就是“異極相吸, 同極相拒,” 這是解釋電動機何以能夠迴轉的最重要的關鍵了。

二. 電 磁 鐵

上面所說的磁鐵, 都是永久磁鐵, 任歷多少時候, 總不失其磁性, 除此以外, 則有所謂電磁鐵。如第四圖, 以一根鐵棒周圍繞以有絕緣體包裹着的銅絲, 而將此銅絲通以電流。這鐵棒在銅絲



第 四 圖

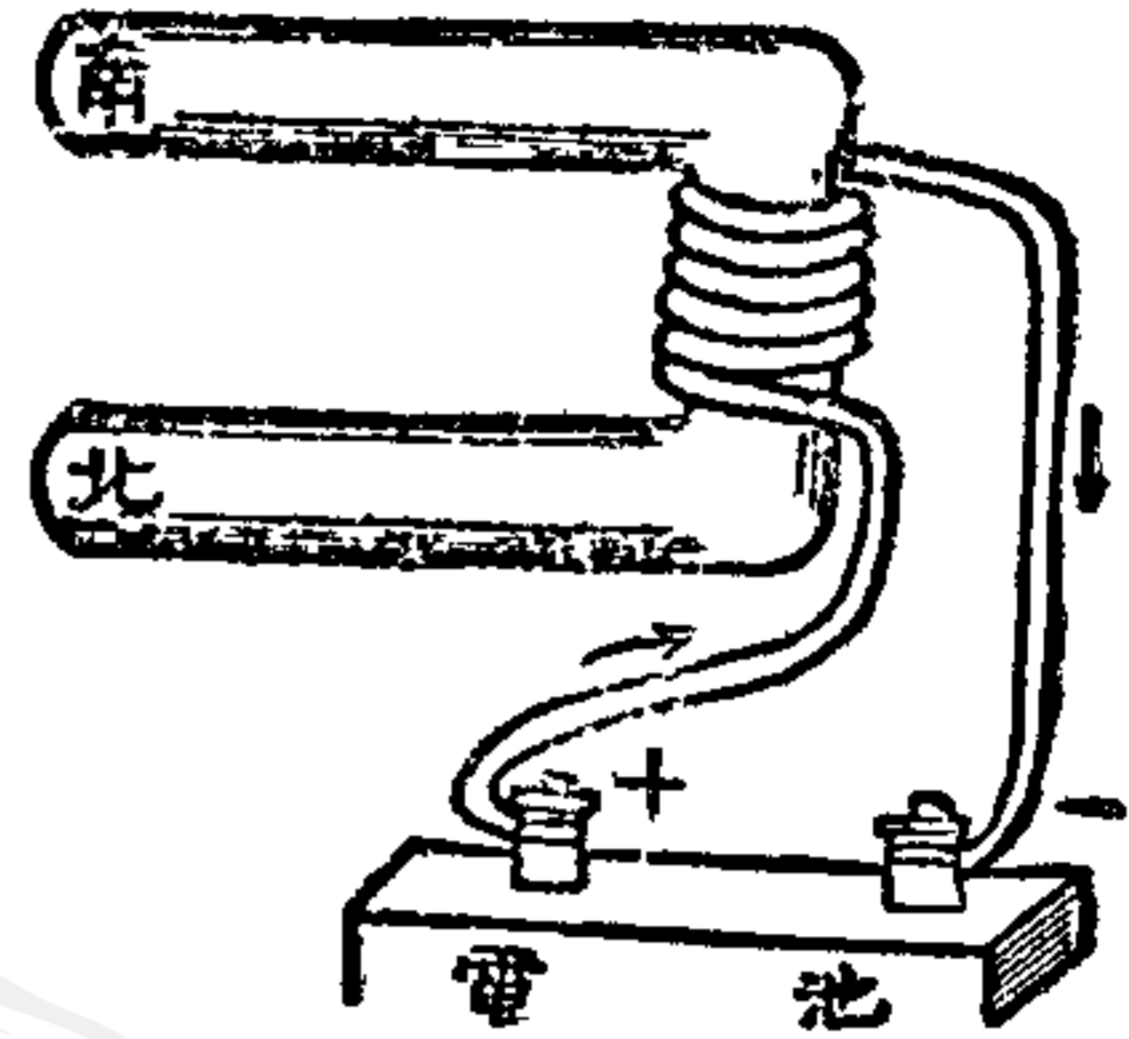
未通電以前, 並不變其性質, 仍然是一根普通的鐵棒, 一旦通以電流, 則鐵棒瞬即變成磁鐵, 也有南北二極,

如此變成的磁鐵, 即所謂電磁鐵, 和上述永久磁鐵的性質完全一樣, 就是同極相拒, 異極相吸。至何端為南, 何端為北, 祇要看銅絲的繞法, 和電池的正負, 就可斷定, 如銅絲所繞方向, 如圖所示, 而電池正極接於銅絲的左端, 負極接於右端, 則鐵棒的左端為北極, 右端為南極。反之, 如把電池正負二極易向, 即銅絲左端接負, 而右端接正, 那末磁鐵的南北, 也正相反。由此可知電磁鐵的南北二極, 是要看銅絲上電流的方向而定, 電流方向轉變, 南北極也隨之轉變。

作電磁鐵所用的鐵棒並不一定要如何粗細, 無論馬口鐵片, 鐵針 洋釘, 只要是鐵的, 外面繞以絕緣波覆的銅絲, 通以電流, 就立即成為磁鐵。牠的形狀也不一定為棒形, 就像第五圖的彎曲

成U字形亦無不可。

不過這樣所成的電磁鐵，是全靠周圍所繞的銅絲，通有電流的；一旦除去電池，斷絕電流，那末立刻便失去磁性，而還原為原來之鐵，不再有吸鐵性能。所以所謂電磁鐵只在有電流通時，才是磁鐵，電流斷絕，即失磁性。



第五圖

但這裏所用的鐵棒，必須是軟鐵，（凡鐵針，洋釘，馬口鐵皮，製鉛筒的鉛皮，……都為軟鐵。）若不用軟鐵而用鋼鐵，那末電流通成為磁鐵之後，即成為永久磁鐵，縱除去電流，亦不失其磁性。例如引針，洋刀，剃刀，一切鋼製之物，一旦如上法通電，使成磁鐵以後，即使停止電流，仍為磁鐵，所以永久磁鐵，總是用鋼製的。

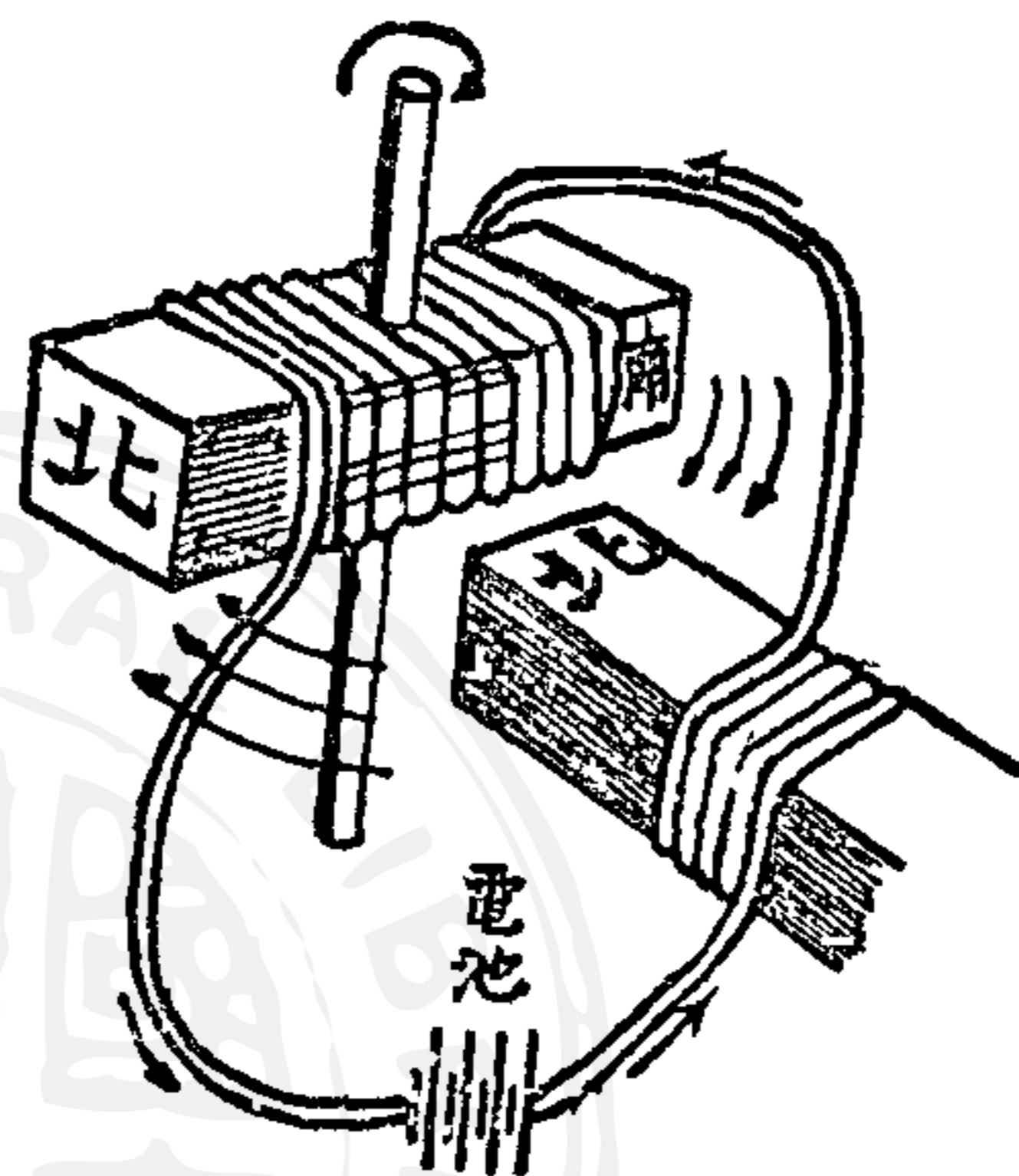
至於磁性的強弱——即吸引力的強弱，則又看所繞電線的轉數，和所用電流的強度而定，如所加電流強弱相等，則繞線轉數多的磁力亦強；如所繞轉數相同，則電流愈強，磁鐵亦愈強。所以用同樣的鐵棒，繞線轉數愈多，所加電流愈強，即能成強力的電磁鐵。

總上所述，我們應記取下列四事：——

- 一. 捲電線於鐵棒之周圍，而通以電流，則鐵棒形成磁鐵。
- 二. 所加電流反向，則所成電磁鐵之南北二極也反向。
- 三. 軟鐵的電磁鐵，在通電時才是磁鐵，電流一斷，即失磁性。

四. 電磁鐵的磁性, 與所繞電線之轉數, 和所加電流之強度成正比。繞線轉數愈多, 所加電流愈大, 則磁性愈強。

今則再進而作如下之研究: 如第六圖, 設有一軟鐵小片, 中心附以轉軸, 另以棒形軟鐵接近之, 二軟鐵之上都捲以被覆銅絲, 如圖之繞法, 在後接電池於銅絲的兩端, 像這樣子, 會起怎樣的變動呢?



第 六 圖

這二軟鐵片, 不消說都成爲電磁鐵, 各有南北二極。既爲電磁鐵, 則由上述“異極相吸, 同極相拒”之理, 附有軸心的軟鐵片, 其南極必將爲條形電磁鐵所吸引。同時它的北極必被排斥, 於是那軟鐵片, 必然以其軸爲中心而自行迴轉, 直至其南極與條形磁鐵的北極正面相對, 而後停止不動。

又假如軟鐵片迴轉至南北極正面相對的瞬間, 急急設法使有軸心的磁鐵南極, 立即變成北極, 北極立即變成南極, 又將怎樣呢?

這時因爲北極與北極相對, 互相排斥, 而遠離之南極, 則發生與條形磁鐵吸引之力, 加以先前軟片轉動, 尙有惰性存在, 於是有軸之電磁鐵, 決不至於打回, 反行, 而必使新生之北極通過條形磁鐵的面前, 以其軸爲中心迴轉半圓。這樣半周以後, 他們的位置, 和第六圖所表示者一樣, 不過在半途中, 有軸心的軟鐵

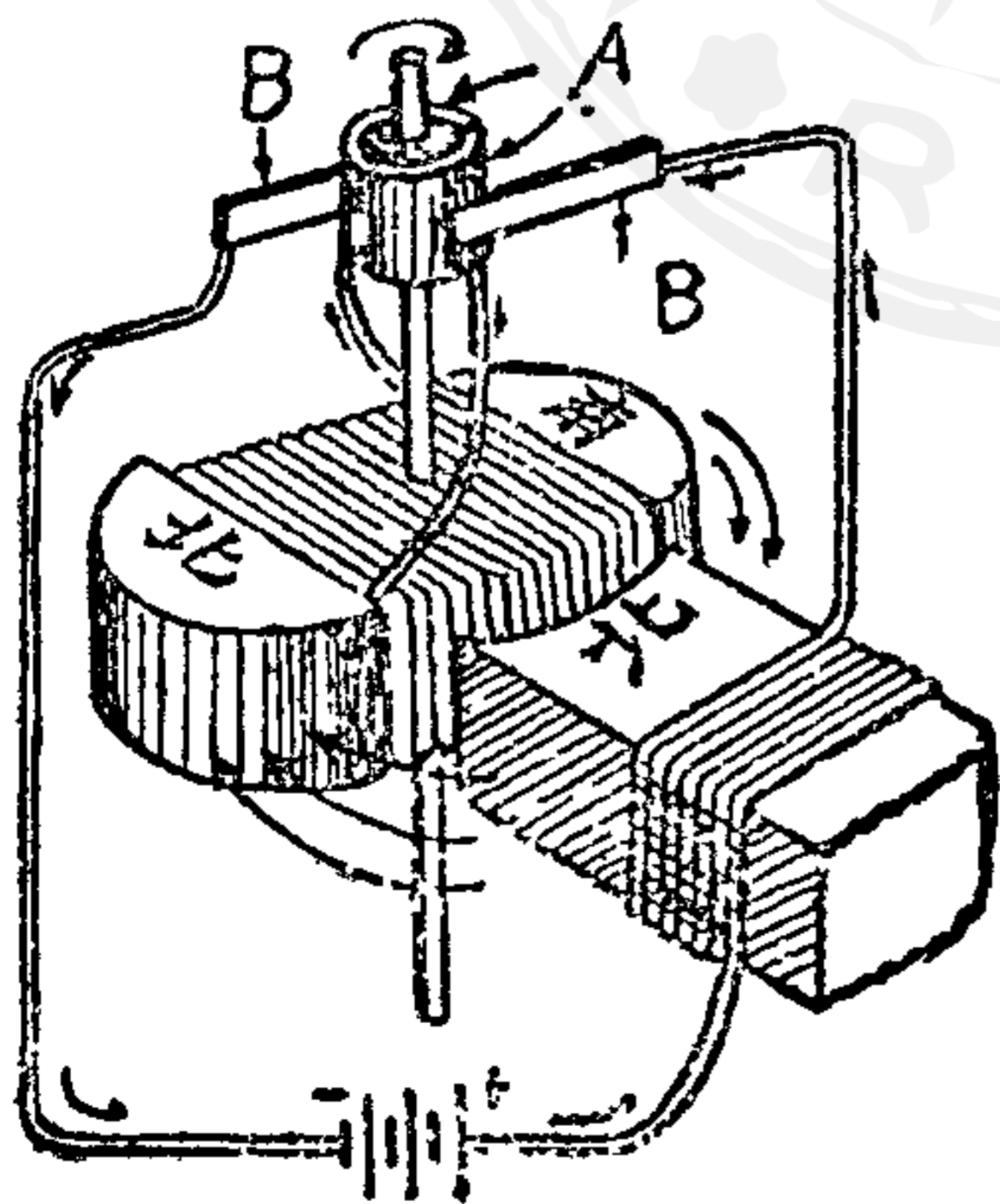
片，南北二極，已經改易了。

及到了新生的南極被條磁吸引，至與其北極正面相對，在這一瞬間，如再使其南北二極易向，那末勢必至於再起迴轉。像這樣子，只要能使電磁鐵每迴轉半周，南北二極即起相反變易，那末這附有軸心的電磁鐵，可以轉動不絕。這就成功一架最簡單的電動機了。至如何使其每轉半周，南北二極自動反向，有如下述。

第二章 電動機的原理與構造

一. 轉動之理

上文說過，欲使電磁鐵的南極北極，改變方向，只要將所繞電線中所通電流使之易向即可。所以上節所述欲使有軸心的軟鐵片旋轉不息，也只要設法使其每轉半周，將通過該軟鐵片上所繞電線之電流，易向一次即可。今如第七圖 A，在上述迴轉軸心



第 七 圖

之一端，裝置二枚半圓筒形之金屬小片，使其相對，合成一個圓筒形，但互相絕緣，而不接觸。而所繞電線之二端則各各接於二片；更如圖中 B, B 另以二枚有彈性的金屬片，輕輕接觸於二半圓筒形金屬片之上，而後接電池二極於二金屬片，同時接電池的電線又使其經過條形磁鐵的捲線，如第七圖之裝置，那末有軸的

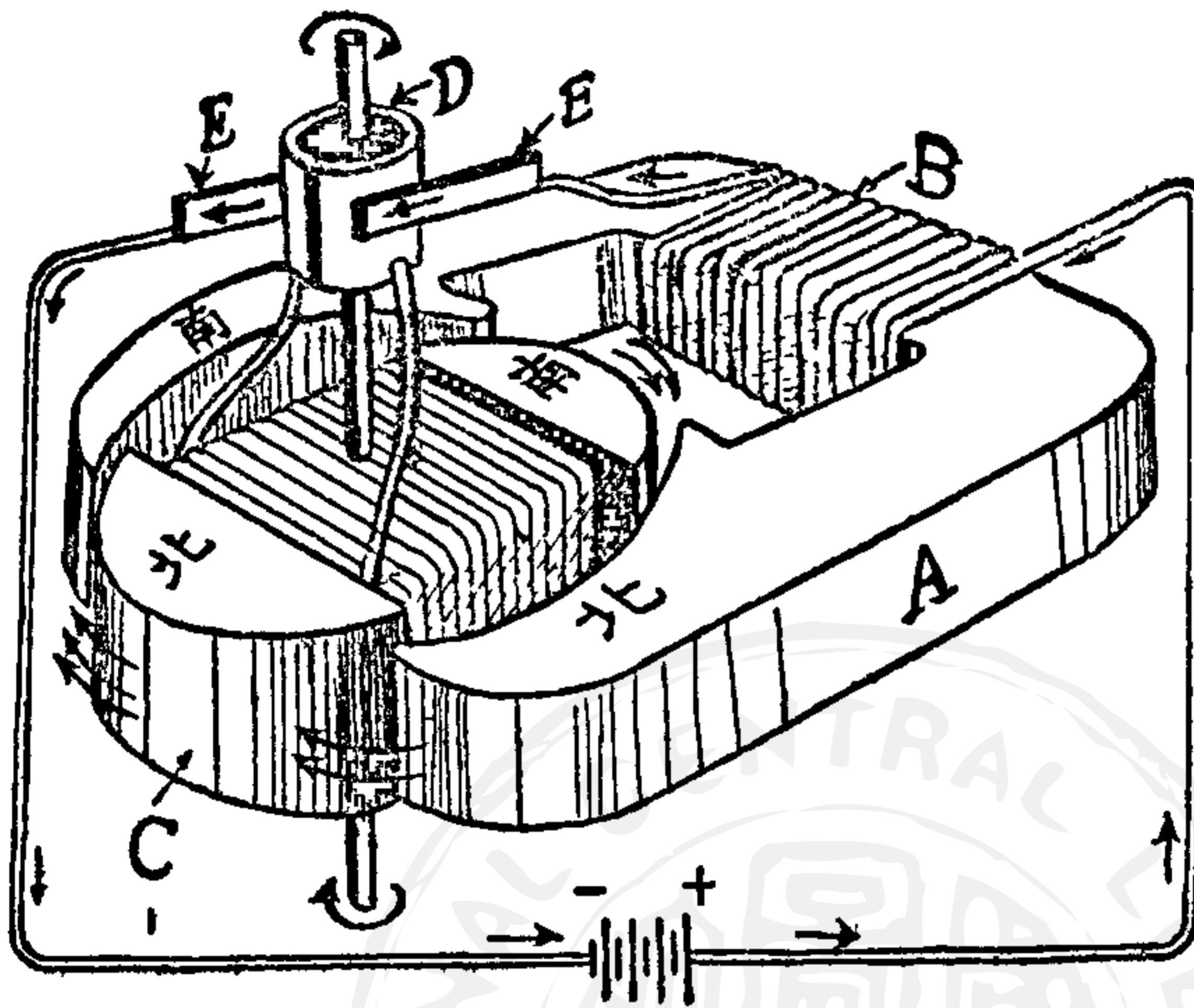
電磁鐵，即能迴轉不絕，其迴轉方向，如箭形之所示。

原來有軸電磁鐵的南極，被條形磁鐵的北極所吸引而近接，必至於二極面相對。但事實上因電磁鐵旋轉的惰性，並不止於相對而必稍稍旋過。這時裝置於軸上的半圓筒形金屬片亦隨軸而旋轉，於是輕觸於此二個半圓筒形之二彈性金屬小片，其所接觸者，勢必互易，遂使電線，向為電流進口之一端變成出口之處，向為電流出口之一端變成進口之處。捲於電磁鐵上之電線，其所通電流易向，則電磁鐵的南北二極自必易向；這時方沿條形磁鐵面前通過之南極，既立即變為北極，則勢必互相拒斥，而使之再向前進；彼遠方之北極，又既變為南極，則又為條形磁鐵的北極所吸引而接近，及其既過面前，而二彈性金屬小片與二半圓筒形的金屬片所接觸又互相對易，使電流再度反向。電流反向則南北二極又變。如此每轉半周，電流易向，磁極易向，忽吸忽拒，遂使有軸之電磁鐵旋轉不息，這就是所謂電動機了。

二. 電動機的構造

上文說明原理，為便利起見，只舉出條形磁鐵的北極，作為固定，實際製作時這固定不動的磁鐵亦稍稍彎曲，使其南北二極，恰能抱合有軸的電磁鐵。這樣有軸電磁鐵的南北二極，與固定電磁鐵的南北二極，同時發生作用，即吸引力與排斥力同時動作，迴轉之力，自必更強。

如第八圖所示者，乃最簡單的電動機，以下即進而敘述它的製作方法，俟實驗完成，則更進而研討稍高級的電動機。現在為敘述便利起見，先介紹電動機各部的名稱，有了學名；不但容易說明，讀者也易於理解了。



第八圖附有 A 字記號的部分，就是固定電磁鐵軟鐵部分，稱為“場磁鐵”(Field Magnet)。

B 為捲繞於場磁鐵上的電線，名為“場磁線圈”(Field coil)。

第八圖 C 即裝有軸心的電磁鐵，名為“電樞”(Armature)。其軟鐵部分稱為“電樞鐵心”(Armature core)。捲繞於其上之電線，稱為“電樞線圈”(Armature coil)。

裝置軸上由二個半圓筒形金屬組成的部分，標以 D 之符號者，稱為“整流器”(Commutator)；僅稱其一片時，曰“整流片”(Commutator segment)。

接觸於整流器表面的金屬彈性片，圖中標有 E 字者，稱為“電刷”(Brush)。

總之，所謂電動機 (Electric motor) 乃由五部分組成，就是：——

- A. 場磁鐵
- B. 場磁線圈.
- C. 電樞

D. 整流器

E. 電刷

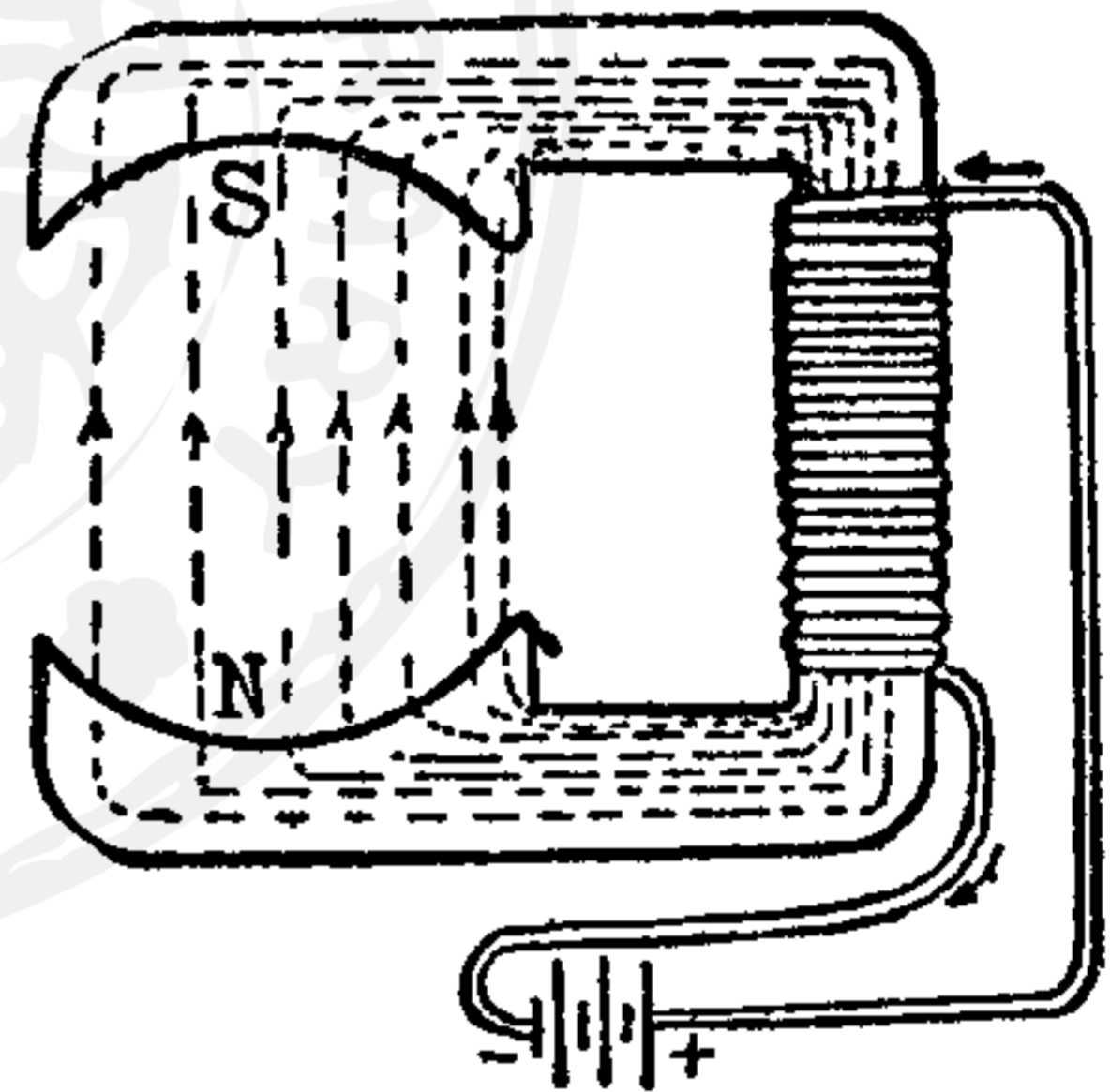
以下請依序說明各部分的實際製作。

第三章 最簡單電動機之製法

一. 場磁鐵之製法

場磁鐵所以迎拒電樞，應為強力之電磁鐵。故鐵心求其重而粗。若鐵心薄而小，則縱使多繞線圈於其上，仍不能成為強力之電磁鐵。其理如下：——

第九圖為一個場磁鐵，於其上繞以線圈，而通電流，使鐵心成為磁鐵，然所謂磁鐵，不論其永久磁或電磁，都有很多的“磁力線”貫通其中。所謂磁力線，不過是一種假設的名詞，人目所不能看見，人手所不能感覺，凡是磁鐵，無論何種形態，必有磁力線貫通，自此一端至彼一端，其數愈多者，磁力愈強，愈少則愈弱。但細小

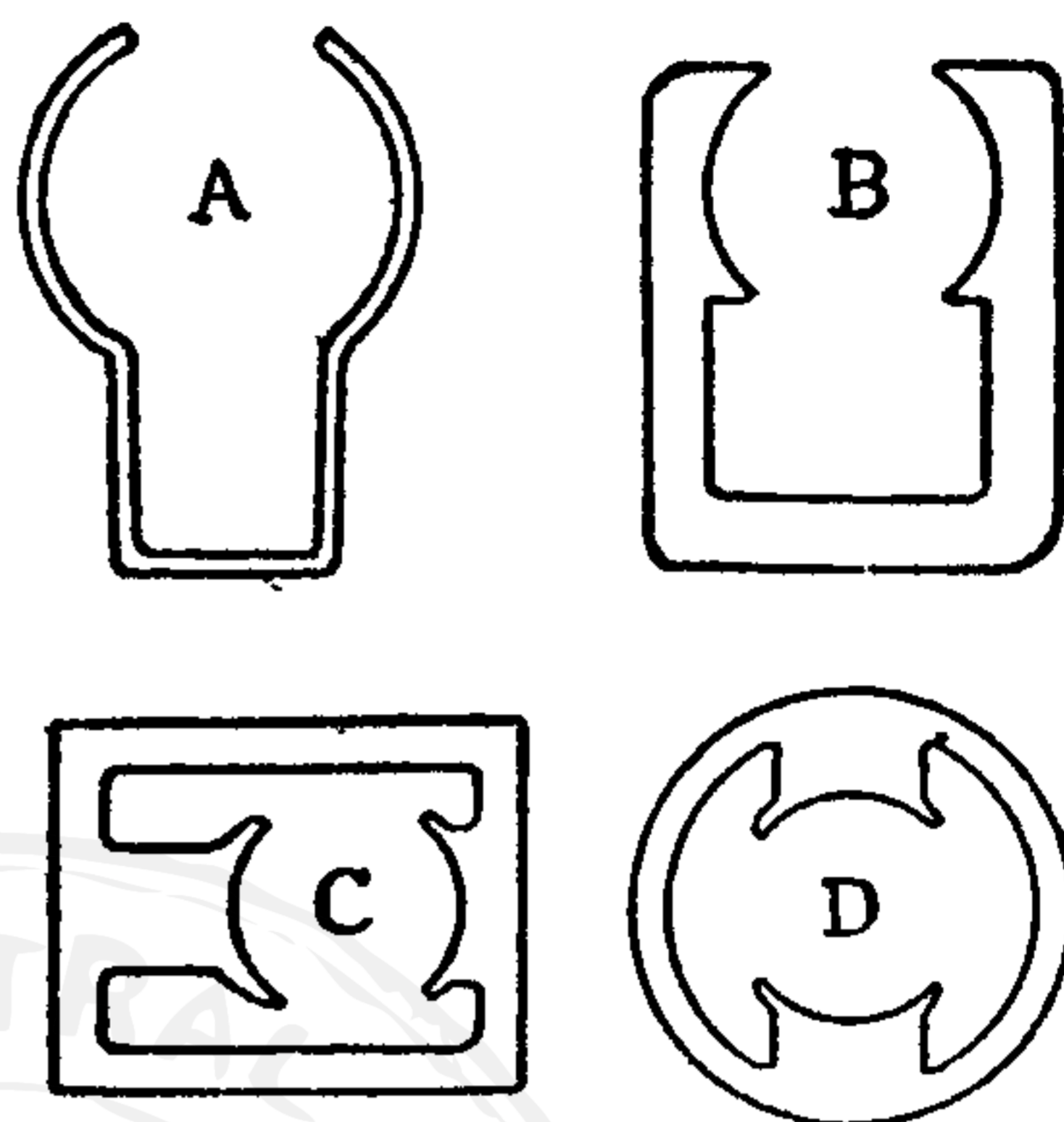


第九圖

之鐵心，縱多繞線圈，也不能得更多的磁力線，這猶如細小的水管，不能通過大量的水是一樣的道理。所以場磁鐵，如過於薄小，也不能得較強的磁力。又鐵心到處，都須同樣粗大，若有一處細小，則其餘粗大部分也失其效果。這也同粗大的水管，如有一處細小，即不能通過多量的水一樣。

根據上述理由，考究場磁鐵的形狀，則可得第十圖A, B, C, D

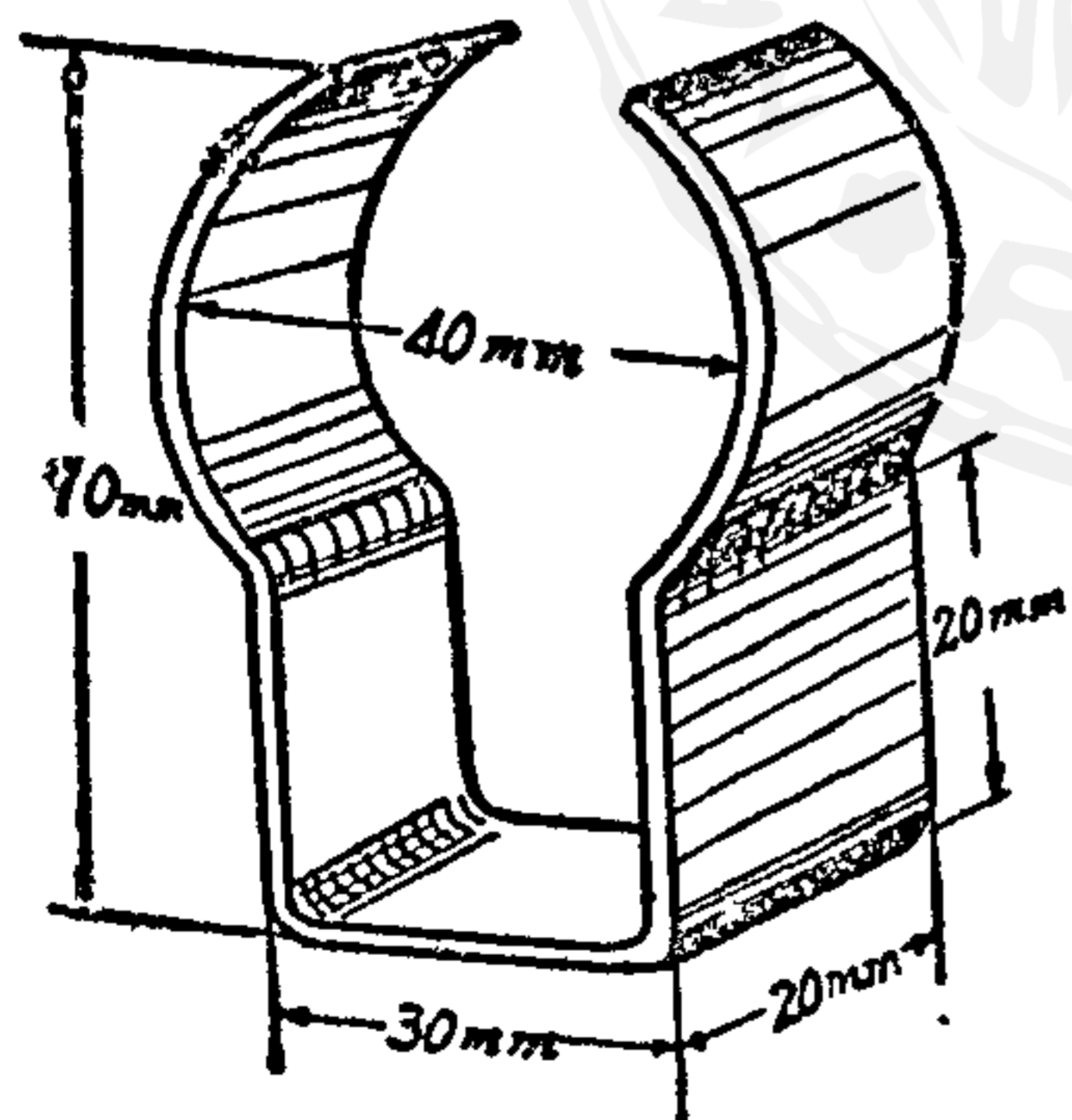
種種樣式，四者之中任選一種都可使用，但 D 之一式多用於實用電動機，或高級模型。A 式最容易製作。雖不能十分粗大，不易得強力的電動機，但初次試作，至為便利。



第十圖

材料係用厚二毫米闊二十毫米的鐵板，折成如第十一圖的形狀。鐵板之厚，原不必限於

二毫米，能厚固然更好，稍薄亦屬不妨。不過普通馬口鐵和鉛皮（作鉛筒用的）若僅用一張，則嫌太薄，不能合用。因為不特磁力線不能多量通過，且以過於軟薄，容易彎曲，又因有自身的磁



第十一圖

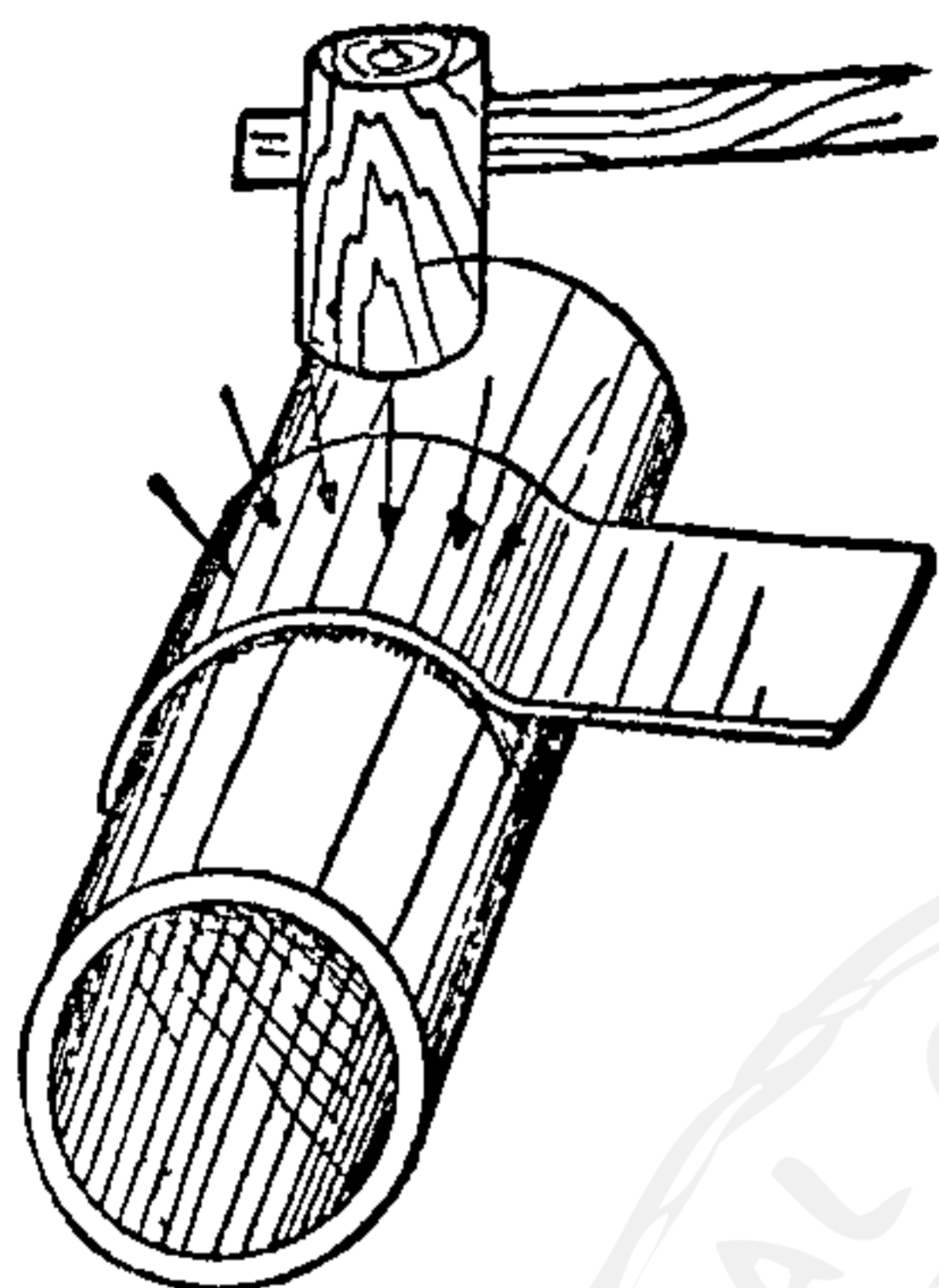
力吸引，容易併合，致與中間之電樞磨擦。

作場磁鐵的材料，最好採用打包及裝箱所用的鐵皮，闊亦大都自二十毫米至二十五毫米，只要裁成適當的長度，就可合用。

既有了適當的鐵皮（不論新舊），乃用銼刀或剪刀裁成約一百

九毫米的長度，以砂皮擦去其鐵鏽，然後彎成第十一圖之形狀。彎曲方法，在上方圓形部分，可藉適當大小的鐵管或竹筒，如第十二圖以槌擊之。否則即以老虎鉗，漸漸彎成圓形，亦無不可。其

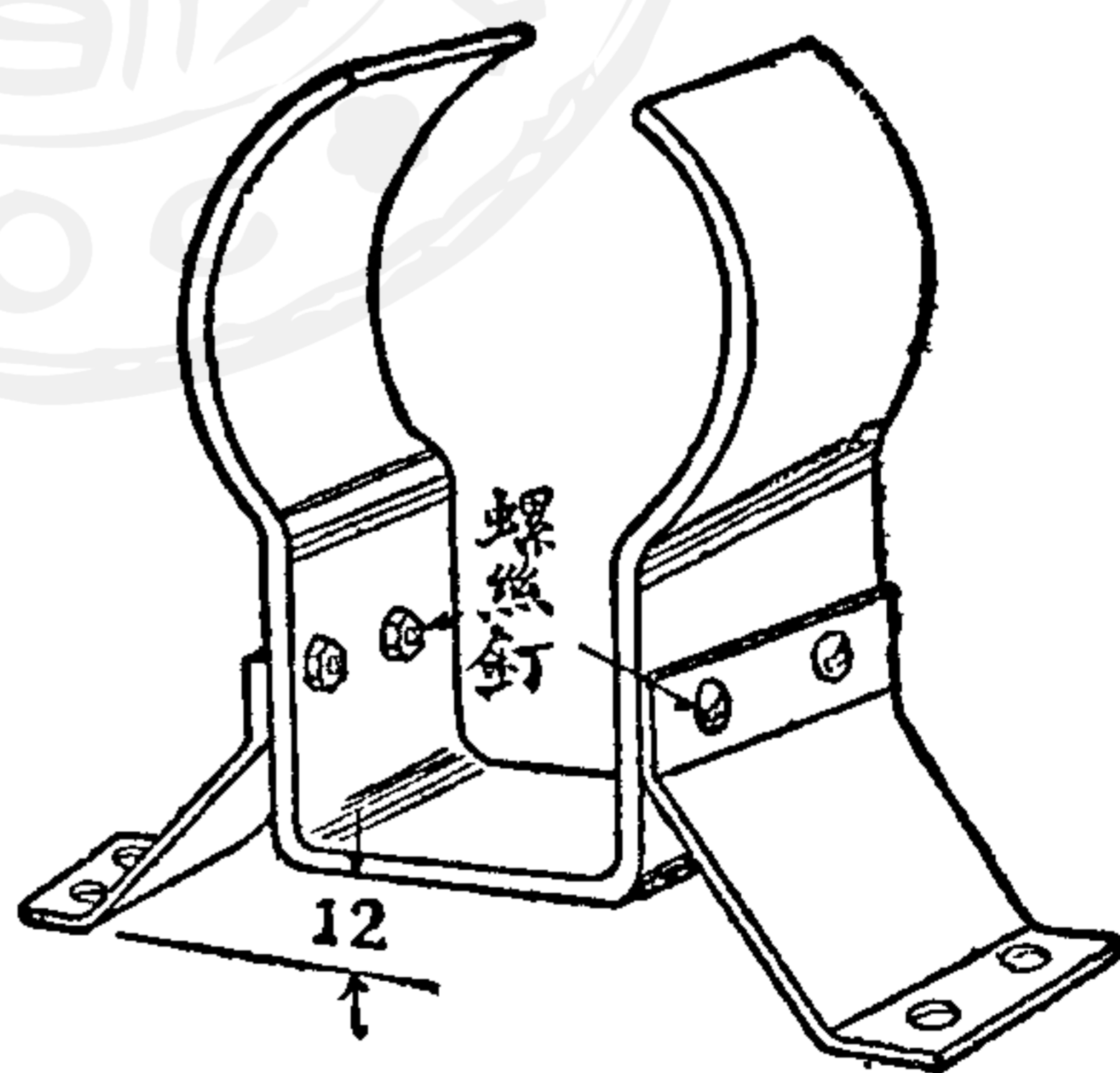
餘部分能求其平直光滑，就可以了。



第十二圖

場磁鐵既已作成，如果不添加安放用的底脚，則將來用時必感困難。因此須覓二毫米厚的兩塊銅片，裝設於場磁鐵的兩旁，如第十三圖，猶如人類兩足，跨立地上一般。脚與場磁鐵的接合則用有帽的小螺絲釘，內外旋緊。此種小螺絲釘，任何無線電料店，均有出售。自然欲裝螺絲，必先鑽眼，這只要有八分之一英吋的鑽頭，與一具手搖鑽，便易於處理。否則託銅匠代勞亦是容易辦到的。

萬一螺絲亦不易購到，則不得已可設法銲接。在銲接之處，須先擦得十分光潔，方能銲得堅固。又如製脚材料沒有銅片，就改用鐵皮亦可。但如以鐵製脚，則磁力線亦將分去一部分，而受無謂的損失。原來所謂磁力線，最易為鐵所吸收，有在其中集合的性質。除鐵以外，如空氣，如銅片等則均不入。所以製作底脚最好還是不用鐵質，可以減少損失而增加效率。



第十三圖

二. 場磁線圈的捲繞

場磁鐵製作完成，其次就須捲繞場磁線圈。

場磁線圈自然是用銅線捲繞的。這所謂銅線，決不能用裸露的銅絲。而須用外面包有絕緣物的電線。其用棉紗包裹的，叫做紗包線，用絲包裹的叫做絲包線，還有在線外加一層漆的，就叫漆包線。在這三種之中任何一種都可應用，各有好處也各有缺點。譬如用紗包線，則線本身比較堅固，繞成以後，不易崩壞，但因被覆過厚，容積必大，在狹小之處，不能多捲，是其缺點。絲包線外表美觀，繞成以後形式亦好，可惜代價較高。至於漆包線繞製，則與他種金屬器具磨擦，漆往往易於剝離。以致銅線露出，這是缺點，但其被覆，只有薄薄一層的漆，比紗絲包線都薄，他的粗細，幾和光銅線一樣，在地位狹小之處最為合宜。這里所作場磁線圈則上述任何種線都是合用的。

電線的被覆問題，已如所述，次為捲線的粗細。銅線的粗細種類很多，粗的有如手指，細的有如毛髮。粗的用於電車的架空線，田野間的送電線，其直徑大約為一釐米以上。細的如用於無線電聽筒或喇叭中的就是，直徑只不過一毫米的四十分之一。這種種銅線，以其粗細的順序，標以一號，二號三號……之符號。稱線之粗原可以直徑幾何表示，但普通則常稱幾號幾號線，尤為便利。各號銅線，他的直徑，斷面積，以一千米突長的重量，對於電院的阻力，都有一定，常作成表式以便檢查，這名為銅線表。下列一表，即為 B.S. 銅線表，對於少年技師頗有用處，由表可知銅線的號數愈少，其線愈粗，號數愈大，其線愈細。實際上銅線尚有比表中所列的更粗或更細者，但不是普通所需要，所以只就讀者最

合用的部分錄成此表：

B.S.標準軟銅線表

號數	直徑 (mm)	截面積 (mm ²)	1Km 重量 Kg)	1Km 的電阻 (20°)
14	1.626	2.075	18.45	8.5
15	1.448	1.646	14.64	10.5
16	1.295	1.318	11.72	13.1
17	1.143	1.026	9.12	16.8
18	1.016	0.811	7.21	21.3
19	0.914	0.657	5.84	26.3
20	0.873	0.519	4.61	33.2
21	0.724	0.412	3.66	41.9
22	0.623	0.324	2.88	53.2
23	0.574	0.259	2.30	66.6
24	0.511	0.205	1.82	84.2
25	0.455	0.162	1.44	106.2
26	0.404	0.128	1.14	134.6
27	0.361	0.102	0.91	168.7
28	0.320	0.087	0.72	214.3
29	0.287	0.065	0.58	266.5
30	0.254	0.051	0.45	340.2
31	0.226	0.040	0.36	430
32	0.200	0.032	0.28	545
33	0.180	0.026	0.23	675

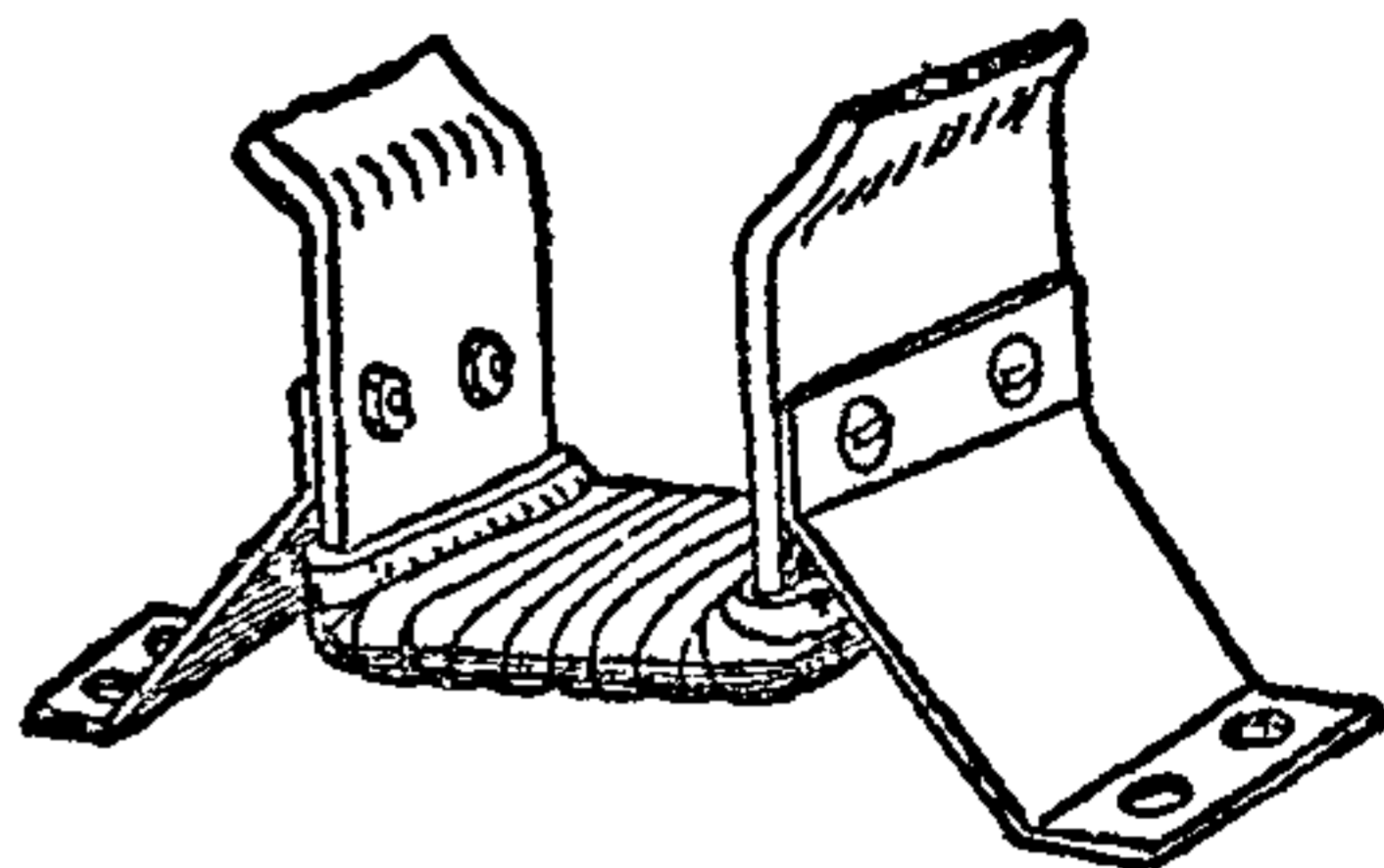
現在繞製場磁線圈的銅線，可採用表中的第二十四號。查表即知二十四號銅線它的直徑約為〇·五毫米，斷面積約為〇·二平方毫米，所謂直徑〇·五毫米，是指裸線而言，其外面既有紗包絲包或漆的被覆層，自然他們的厚度也須計算在內，總比〇·五毫米為大。例如雙紗包線二十四號，其實際的直徑應為〇·七四毫米，雙絲包線約〇·六毫米，漆線則只〇·五五毫米。二十四號銅線，在無線電收音機中，常常用到。凡無線電料店總有出售。

現在就要把這個被覆銅線捲繞於前作場磁鐵之上了。但也不是直接繞上就算，先須將場磁鐵所要繞線部分，照第十四圖樣子也加一層被覆。不然的話，則繞製時，萬一銅線絕緣破壞，內中銅絲直接與鐵心接觸，必至漏電。這一層被覆，無論布片，或堅韌的紙，都可應用。但不得過厚，大約兩層已够。又不可用糊黏貼，必須用膠水，否則裹二層以

現在就要把這個被覆銅

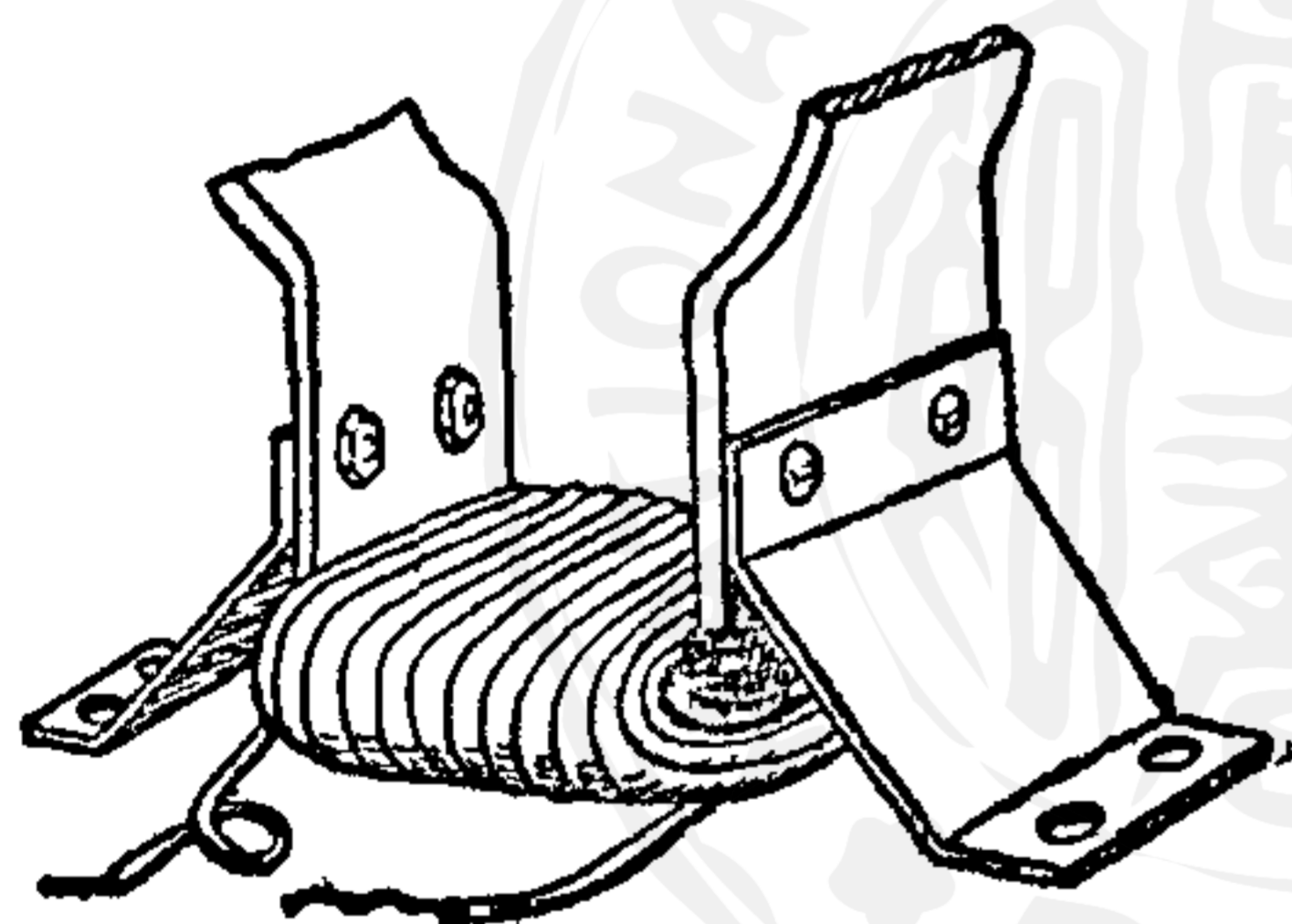
後，即用紗線縛牢亦無不可。

鐵心被覆裹上以後，纔可用二十四號被覆銅線謹慎繞於其上。繞法，無論向左向右都可，繞時須稍用力，且一轉一轉繞去，務求平行而整齊，如已繞好一層，則再自起頭一端順次捲繞於第一層



第十四圖

之上。轉數大約有一百五十轉已足。每繞一轉，銅線的長度約需六·五毫米，所以全體用線長度：——



第十五圖

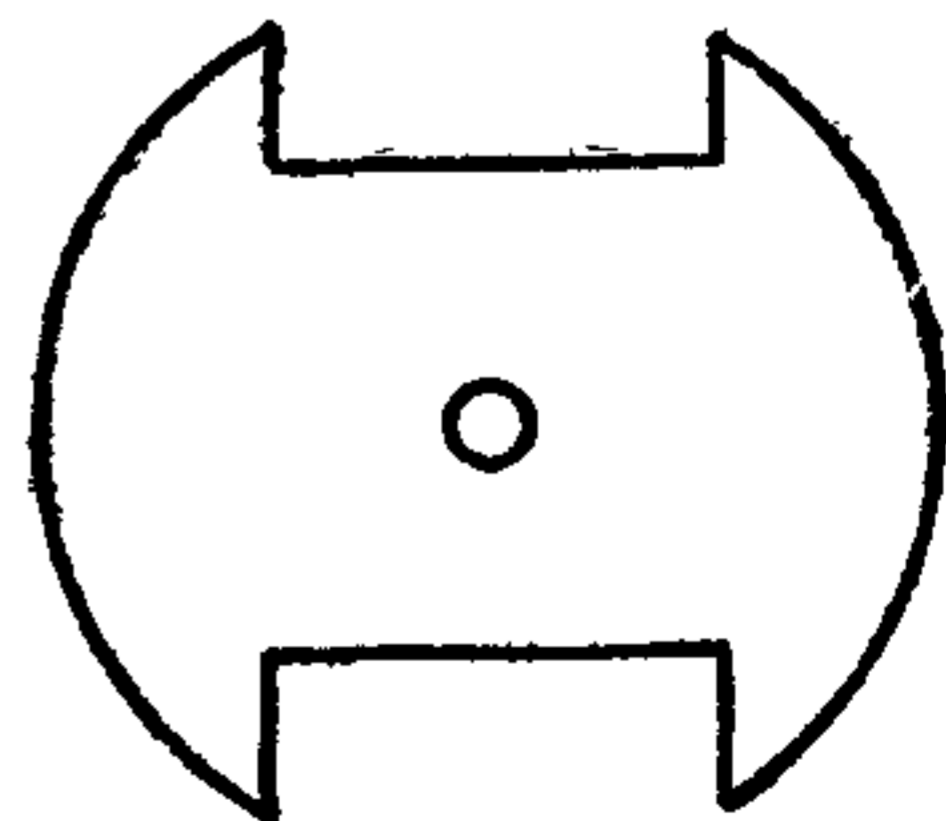
$$6.5 \text{ 毫米} \times 150 \text{ 轉} = 975 \text{ 毫米} \\ = 9.75 \text{ 米突}$$

繞成以後的形狀，一如第十五圖。爲使銅線兩端不致鬆懈，在上面再加一層包裹，而以線縛緊，更可堅固。這時整個場磁已經告成，以下

下就要講述電樞的製法了。

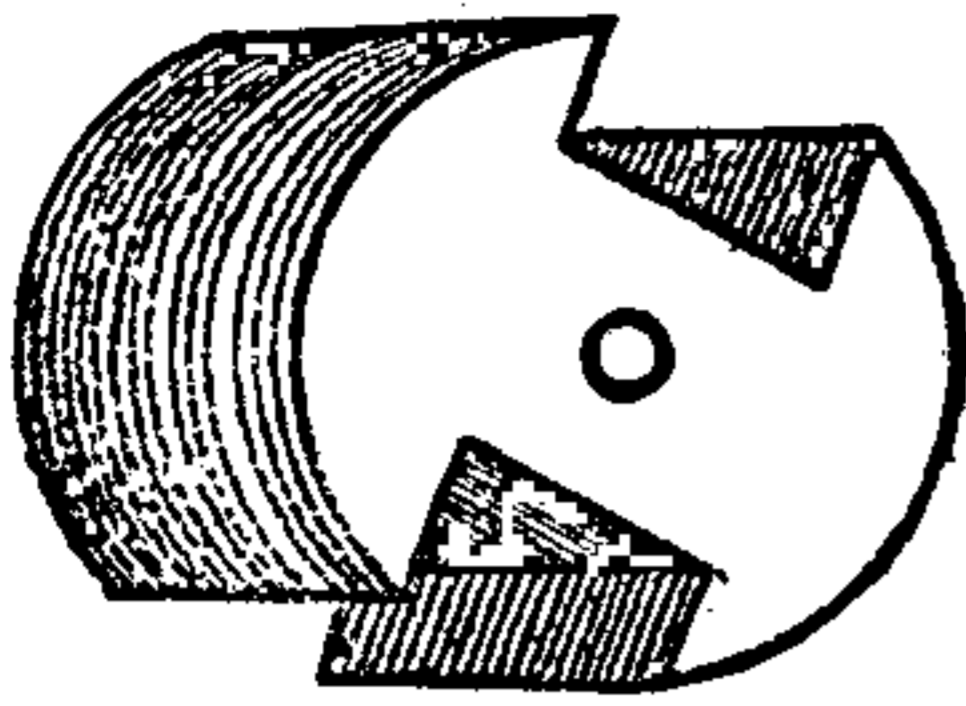
三. 電樞鐵心的製作

電樞是插入場磁兩極之間，使能受場磁迎拒，而起旋轉之部分，係由軸桿，鐵心，線圈三部分所組成。鐵心之部，如能像第十六圖形狀用鉛皮或馬口鐵類，切成多片，疊合起來，作成第十七圖之物，則成績最好。



第十六圖

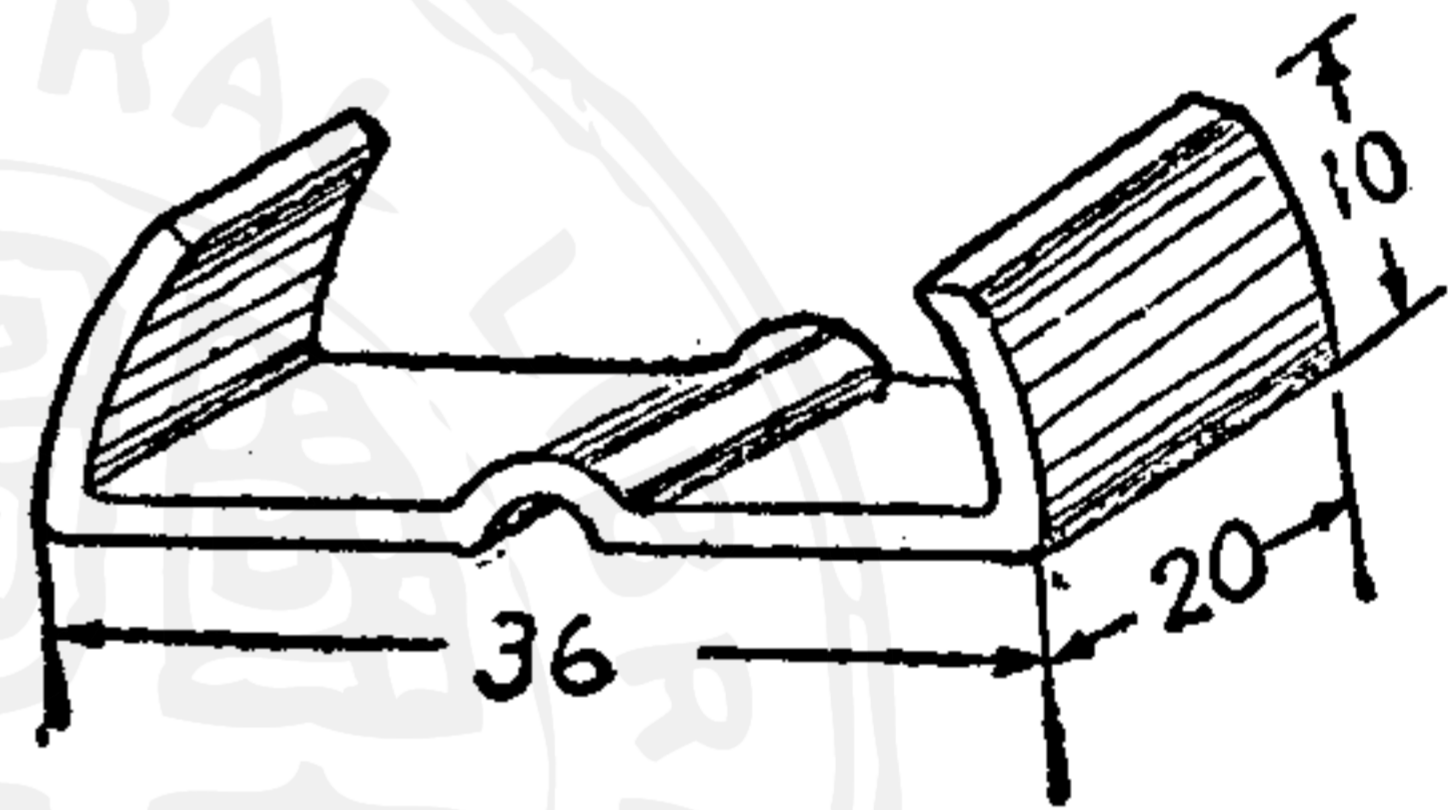
但現在先從簡單的入手，和場磁鐵一樣仍用鐵皮或鉛皮製作。前



第十七圖

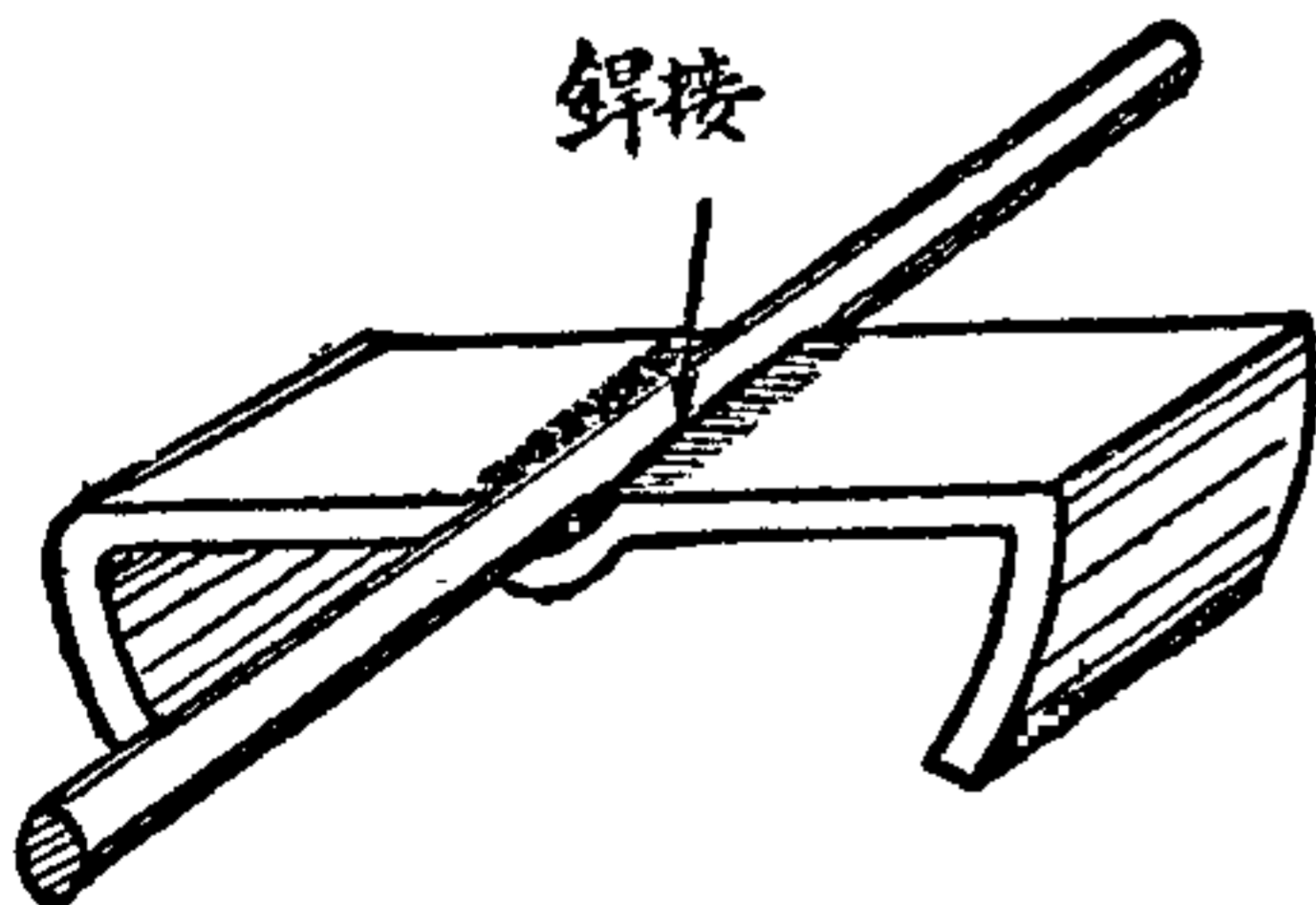
作場磁鐵心時，如剩有鐵片，則最為便利，否則尋得一些普通的鉛皮，或茶葉罐，洋油箱，或任何洋鐵罐，都可翦製。如用鉛皮，則重疊三層作製。

與場磁鐵同闊的鐵皮，截成長約六十毫米作成如第十八圖之形狀，計須二枚。如用鉛皮，則須三片疊成一枚，照樣作成二枚。中間凹入部分，是用以承受轉軸的，非居中不可，一有偏差，則左右重量不同，不得平衡，將來轉動時，非常不穩，而易起振動。又左右二端所以稍加彎曲，一為防止



第十八圖

電動機旋轉時，線圈或因遠心力而脫出，一則擴大電動機磁極的面積，使其與場磁極間的吸拒力可以加強。這二端彎曲部分，也必須以同樣尺寸，正確製作，否則失去平衡，發生弊病，這是不可不注意的。



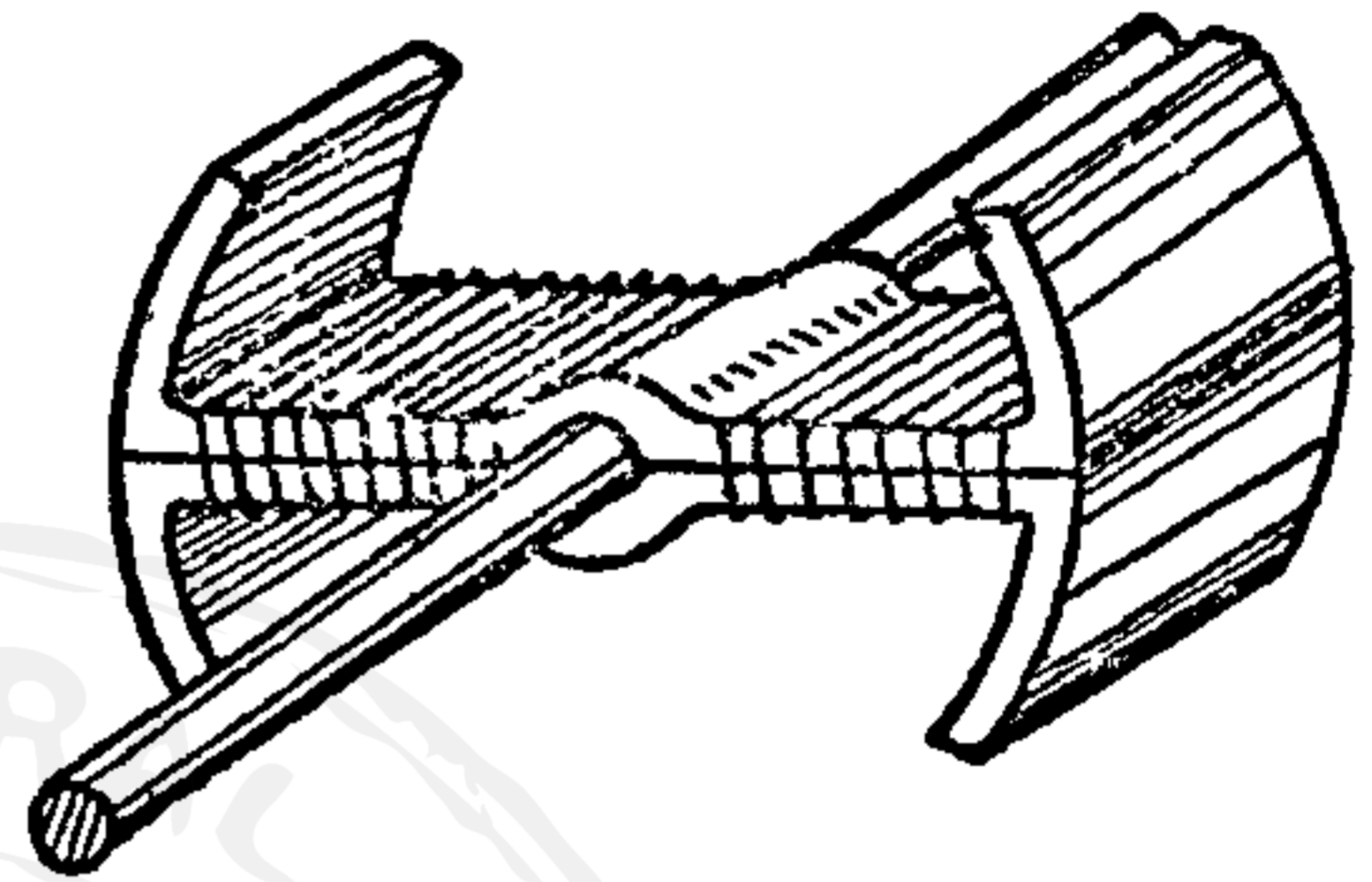
第十九圖

這樣作成二枚以後，任取其一，將其中央低下之處用砂紙磨光，另以適當粗細的鐵棒一支，銲接其間，使之十分堅牢，如圖十九。

這就是轉軸。鐵棒粗細大約直徑三毫米，五金店中，大都有售。稍細亦不妨。但由五金店買來時，往往不是挺直的，應細細

改正，用三角板試驗挺直以後，始可鐸入。軸心長短，並不一定，儘可任意截取，但大體有一百毫米之長，儘足適用了。

軸既嵌鐸，於是再取所剩的一枚，疊合其上，如二十圖。而用堅韌的線，緊緊縛住，使二者併合爲一，不致動搖。這樣電樞鐵心，已告完成。但雖經製成，猶恐軸不居中，必須細加校驗，可把電樞的軸平擱於二個平正同高的任何物體之上，用手輕輕撥動，使其緩緩旋轉。若鐵心停止時，恆爲一端朝下，則此端顯然過重，應以銼銼去而加以修減，經二三次試驗較正，直至電樞能在任何位置停止，纔可謂達到平衡。



第 二 十 圖

四. 電 樞 線 圈 的 繞 製

上文說明繞製場磁線圈時，先須在鐵心上加以絕緣被覆，電樞線圈繞製時，亦是如此。尤其是電樞，因爲以很快的速度旋轉不息，捲線容易損傷，所以這一層被覆尤所必要。

被覆物仍用堅韌的棉布或紙。鐵心兩端彎曲部分，也有被覆的必要。包上以後，亦用線紮縛十幾轉不使寬鬆。

其次就是繞線。所用之線仍與場磁線圈所用的一樣粗細，即 B.S. 二十四號。至於用紗包，絲包，或漆包線，則一任作者自便。

轉數全部只不過一百六十轉。所以電樞軸心爲界，右方繞八十轉，左方亦繞八十轉。繞法：或先繞右半部，繞成八十轉後，再過中央而繞左方的八十轉，亦可。或從右方開始，過中心一直繞

至左方，全體繞成一層以後，再從右方開始，一層一層疊繞亦可。不過這樣左右交替繞製時，其轉數左右必須同等罷了。

繞製電樞線圈，比繞場磁線圈，更應深切注意。否則每致失敗。決不可性急，不可污損，總以堅牢不至鬆懈爲要。一不當心，將來電動機轉動起來，線圈鬆脫，捲線外逸，必將遭遇極大損失。所以繞電樞線圈，須要注意下列幾點。

一. 在繞製中，萬一銅線的絕緣被覆破損，以致銅絲裸露，那末必須立即修補好，修補之法，係用小塊的油紙包裹黏貼其上。

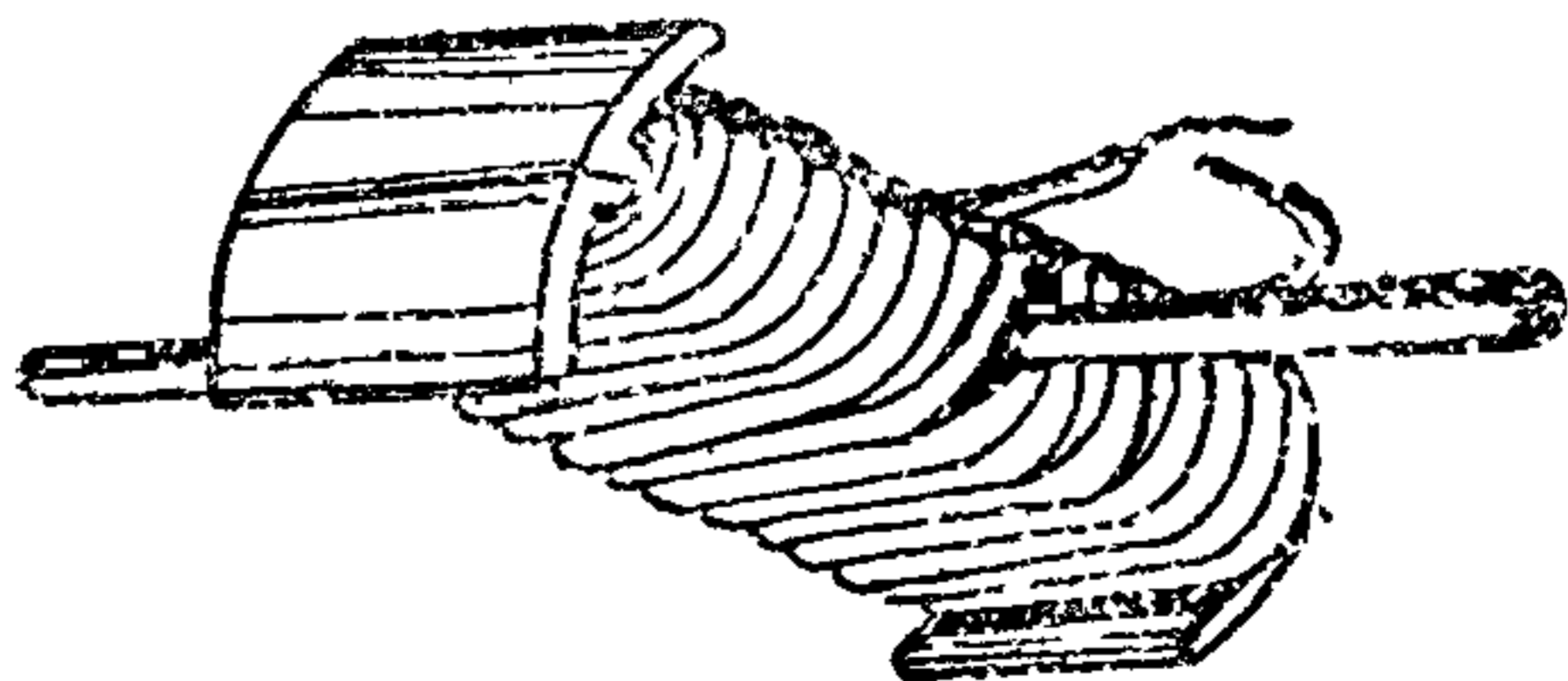
二. 每繞一轉，必須用力拉緊，每轉都須平行，不使紊亂。

三. 繞製之中，須時時注意左右重量的平衡。電動機如左右失去平衡，則雖仍能迴轉，但非常不穩。

四. 沿着鐵心兩端彎曲部分繞線之時，銅線被覆，最易損壞，尤宜注意。電動機弊病，什九都由此彎曲部分的被覆線與鐵心直接接觸而致漏電。

只要這幾點細加注意，那末線圈也就易製。

這樣完成的線圈，形狀如第二十一圖。爲防線的末端鬆懈起見，可留出四五毫米長，暫時以線打結。以後這始末二個線頭，還須設法使與整流器連結，所以這里只暫時作一結束。



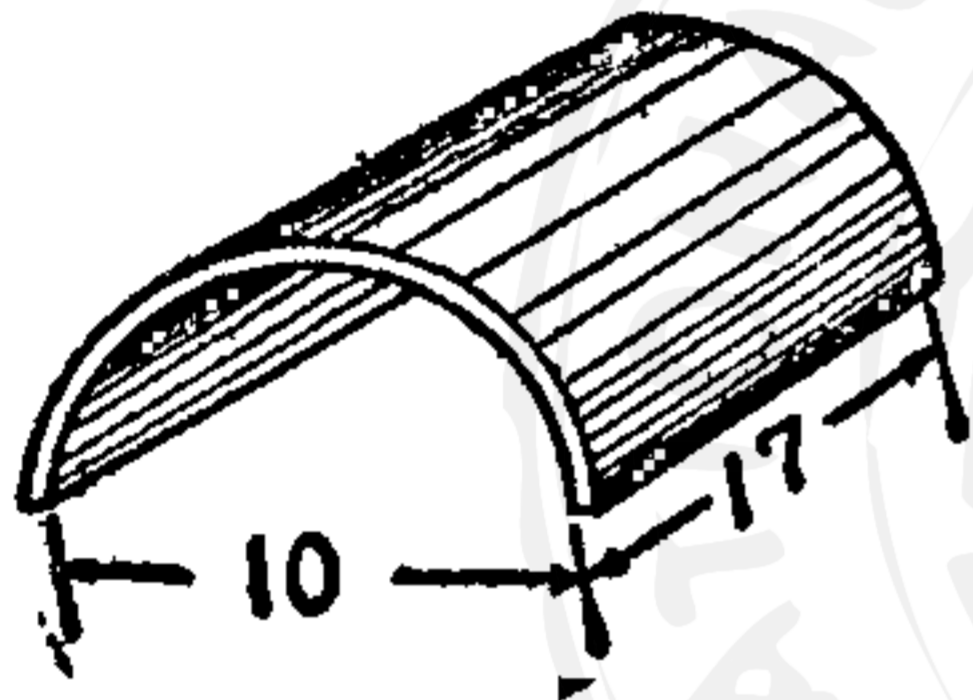
第二十一圖

五. 整流器的製作

整流器的作用,如前所述,在使電樞旋轉半周,則線圈內所通電流,能自動易向。

它的構造,只像以金屬圓筒,縱剖為二,在後又復湊合,但使少離,而不令直接接觸,使電流不能直通,大體說來,製作亦非難事,可是實際上也不容易,製法有種種,最簡易的一法,則如下述。

先取一支毛筆桿,直徑約十毫米左右,裁成十七毫米長。次

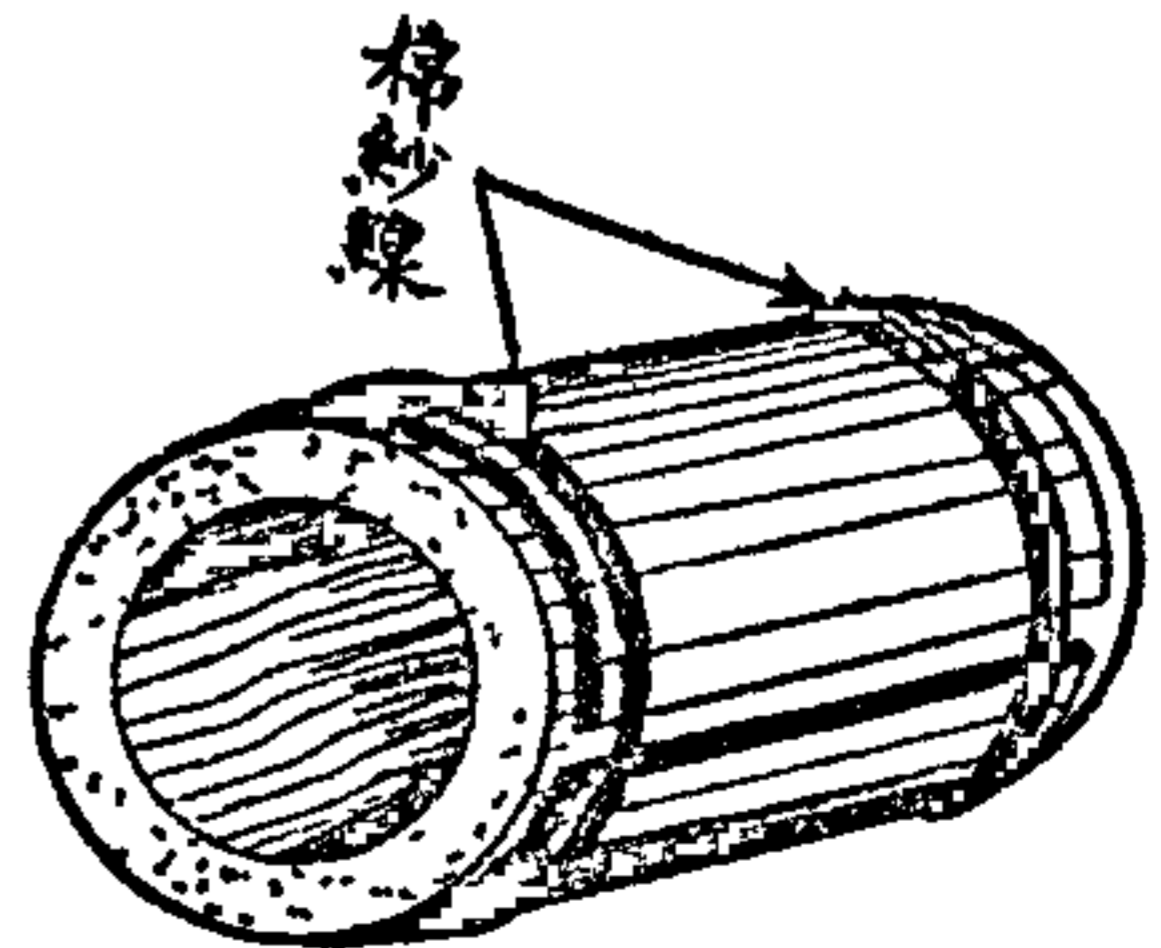


第二十二圖

覓取一片銅皮,厚和馬口鐵相同,順着筆桿,將銅皮彎成圓形,如第二十二圖的尺寸,作成二個,即為整流片。製作時,如先將銅皮切短,而後做圓,比較困難,不如先裁成長三纏,順筆桿作成圓形,在後剪

成適當長度,較為便利。次將這二半圓片,合於筆桿之上,試其是否各各相離,大約兩邊都能離開一毫米便好,若空隙太小,則有接觸之虞,有接觸之處則電流直通,不再向線圈流通,所以必須注意。

整流片製作適合,於是塗膠質於其內側,黏貼於筆幹之上,更在近邊端之部分,用線緊緊縛住,約須十轉,形如第二十三圖。



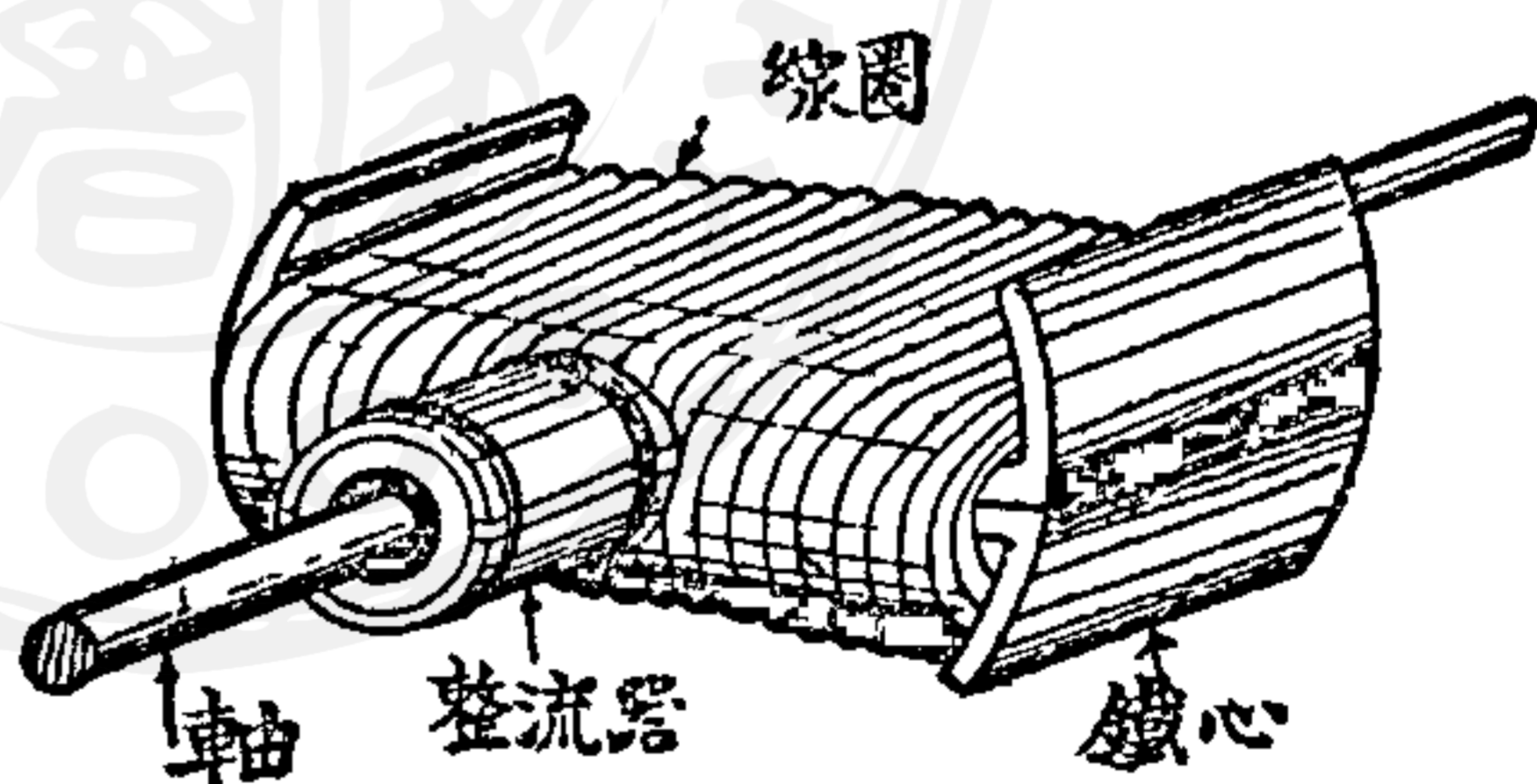
第二十三圖

其次的工作是把這整流器嵌入電樞的軸桿。使之固定。如筆桿的空心,比電樞的軸心為大。那是不

對的，就不得不用下述方法，爲之補救，

其法就是先把電樞軸桿在近鐵心之部分，緊緊紮上綿線，長度和整流器相當，紮上的厚度，使其稍比整流器的心孔爲大。再在棉線上面塗膠，強行嵌入於整流器之中，俟膠黏固，就緊緊連住，異常堅牢了。

整流器的裝置方法既如上述，但須注意的，是二整流片間的空隙必須使其與鐵心的二極，同向一致，一如前第八圖。又整流器嵌入了以後，其整流片之一，須接連於電樞線圈的一個線頭，其另一片，亦接於另一個線頭。接線方法，是先把銅線被覆，用砂紙刮去少許，使銅絲露出約一毫米長短，即以之銲接於整流片之一。或者將銅線裸露部分，置於整流片之上，用線紮緊，亦可。即用銲接，能在上面再紮綿線，則更覺堅牢。這就成功了電動機旋轉的部分，即所謂電樞。其全部情形如第二十四圖。

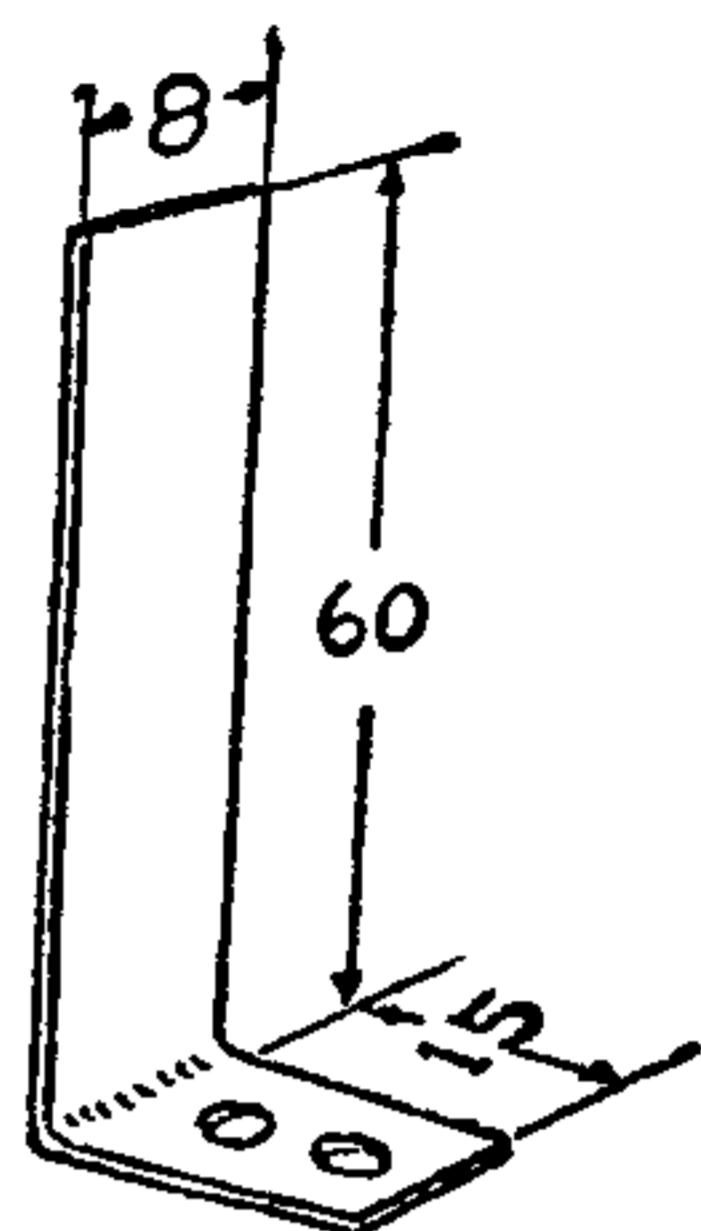


第二十四圖

六. 電刷的製法

電刷即第八圖記有E字的二枚金屬片，作用在於使與整流器摩擦而接合，藉以傳送電流。整流器各部分都是轉動的，而電刷卻是固定不動的，不過須具有輕微適當的彈性，使能緊壓整流器的表面罷了。所以選擇材料時，就只要具備二個條件，一爲“善通電流，”一爲“有適當的彈性，”如有這種金屬片，以作電刷，最爲簡單。普通黃銅薄片頗爲合宜。揀選二枚，厚如圖畫紙

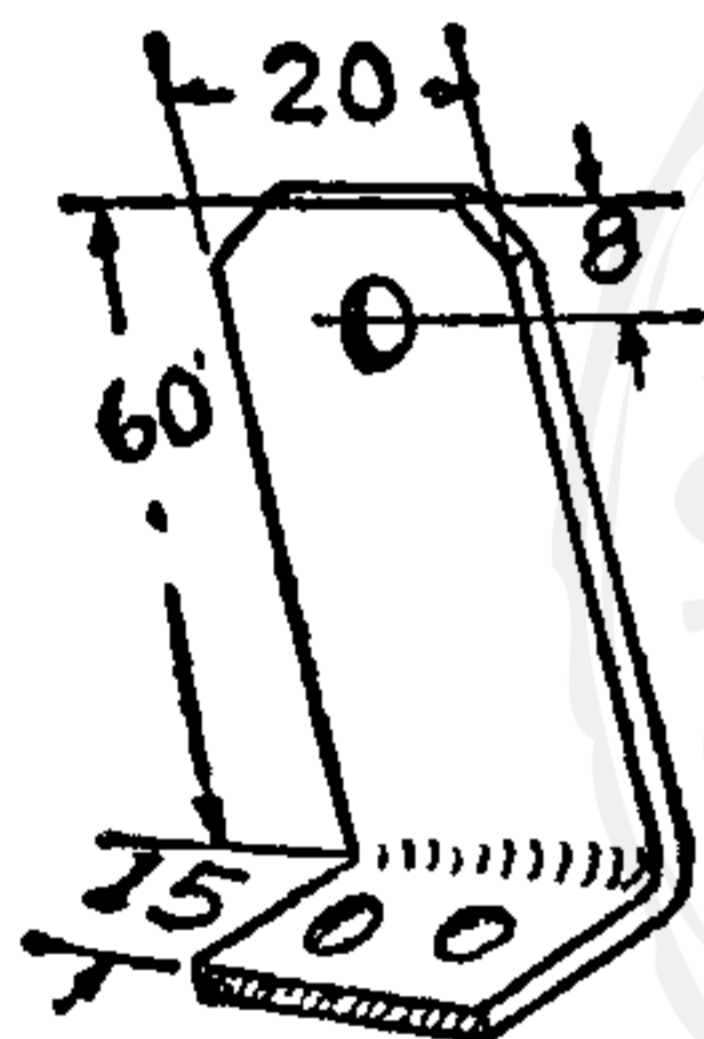
者，照第二十五圖尺寸截取彎曲而鑽孔，就可應用。電刷必用銅製，如用普通馬口鐵製，雖未始不可，但其與整流器之間，每易發生火花，所以不宜。至於下方所以鑽有二孔，則為裝置於底板所需。不必細述。



第二十五圖

七. 軸承的製法

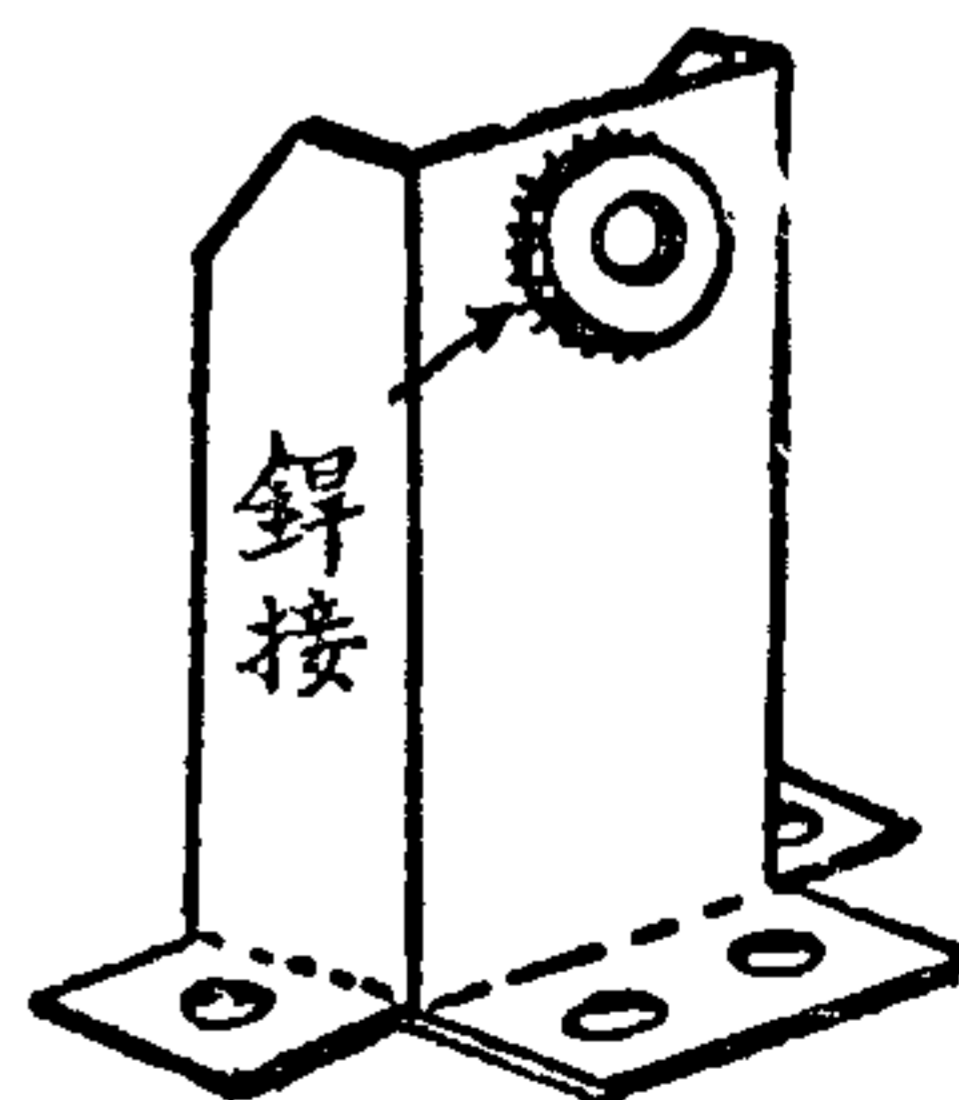
以上已把場磁鐵，電樞及電刷三者製法，講述詳盡，但尙未能說電動機的部分品，已全部完成，尙有最重要的軸承，未曾言及。所謂軸承，就是支持電樞兩端的軸，而使電樞得以圓滑旋轉的。



第二十六圖

軸承的製作，是用很厚的黃銅板（約二毫米厚）照第二十六圖的尺寸，一樣製成二個。軸承既為支持迴轉甚速的電樞，而電樞的磁極，與場磁極又互相吸引，倘軸承過於軟弱，致二磁極互相牢吸，不得轉動，豈不壞事？所以它必須有正立不欹的牢固。要是沒有厚的黃銅板，則可用普通的鉛皮，而改變作法，如第二十七圖，固定其前後左右，使不至於軟弱而動搖。可以免去上述的弊病。又如穿軸心之孔，過於軟薄，可另如圖A以厚一毫米之小圓形金屬物，銲接於鑽孔之處。這小圓筒板，利用圖畫釘，去

其釘脚即可。如此，則軸孔，不致因電動機旋轉，而磨損擴大了。



第二十七圖

八. 裝置方法

部分品既全部完成，由此進而講述裝置組合的方法。

先為裝設全體部分品的底板，用木板一方，厚一毫米，長十二毫米，闊九毫米。或取自水菓箱，或截自舊板壁，將表面鉋得十分光滑以增美觀。

底板中央，裝置場磁。即將場磁鐵兩脚置於適當地位，而以木螺絲釘旋緊，就好。次為在場磁兩極中間，插入電樞，使電樞的軸心二端各各穿入軸承之孔。其時必須注意的，是場磁與電樞間的空隙，務必左右相等，十分勻稱。在後以螺絲釘固定軸承於底板之上。倘場磁與電樞間，不得勻稱，而將軸承固定，則以後改正困難，不如預先校驗準確為是。

這裏還須補述一點，即軸之一方，有整流器，另一方沒有，在沒有整流器一方為防避電樞軸左右移動起見，也須插入一段筆桿，約長十五毫米。那末電樞旋轉時，不致於移動了。

電樞裝置完竣，試行轉動，是否能夠輕快地旋轉？電樞的鐵心，是否會與場磁的內部接觸發生磨擦？細細觀察，等到一無弊病，才裝上二個電刷。這只要使其離尖端約五毫米之處，藉着本身的彈性，輕輕壓向整流器的表面。試以指尖把電刷尖端，輕輕一扳，電刷便和整流器分離，放去手指，就因彈力而復原，使整流器的表面和電刷，始終保持接觸那就好了。

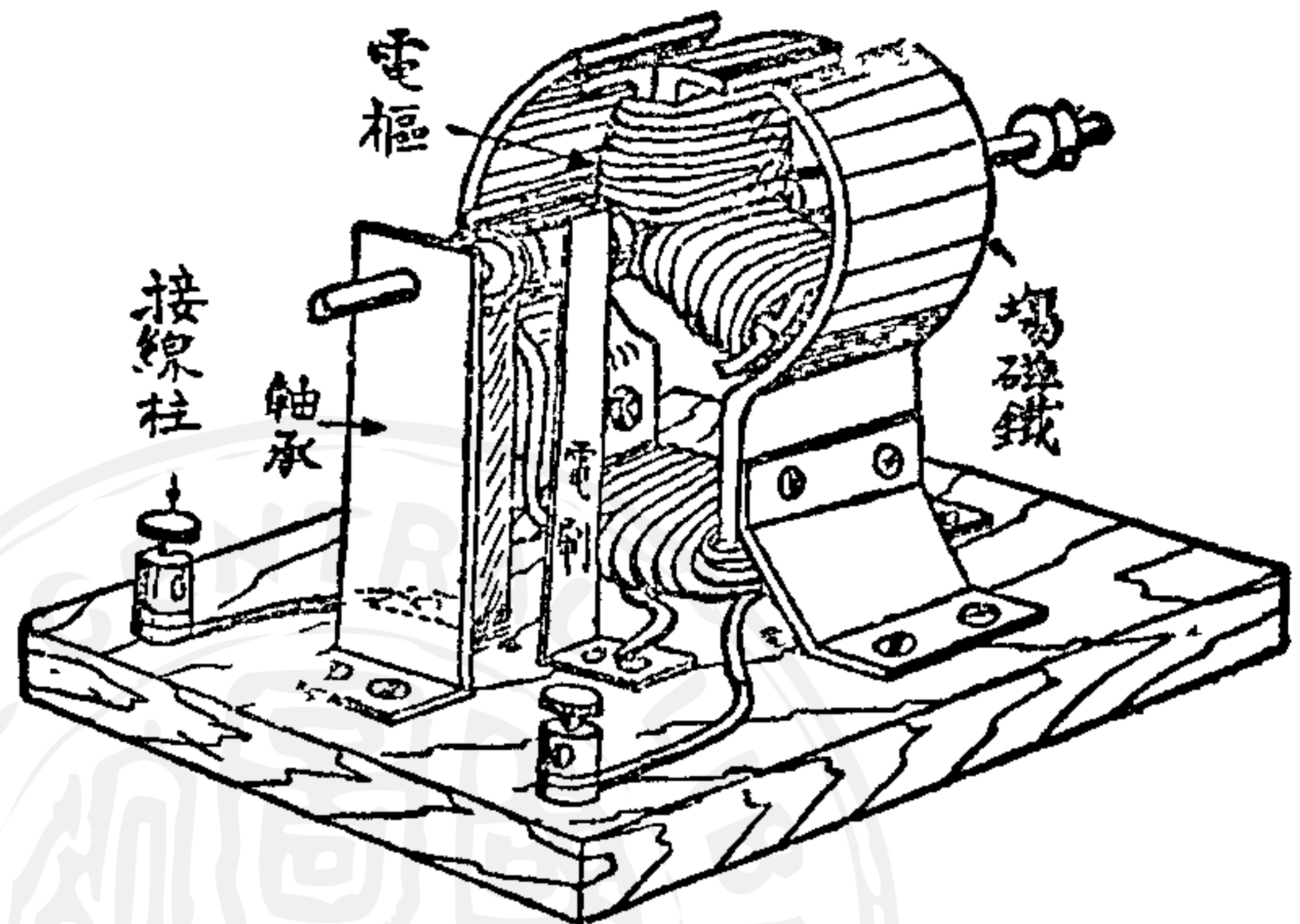
最後則為接線部分。購買無線電收音機用的接線柱二個，裝在底板的二角，接線仍可用第二十四號銅線。順序如下：

一. 自接線柱之一，接線至電刷之一。

二.另一電刷接線至場磁線圈的起頭一端。

三.場磁線圈的末端則接線至另一接線柱。

接線很爲簡單，先將線的絕緣被覆，刮去少許，使銅線裸露。接於電刷的，可將銅線繞於螺絲釘之上，而將螺絲旋緊；接於接線柱的則將銅線



第二十八圖

繞於它和底版連合之螺絲上，而將接線柱旋緊。至接線柱上部的小孔，和螺絲，是爲接電池用的。這時電動機全部完成，只看第二十八圖就可明白它的裝置的一切。

九. 轉 動 試 驗

費了不少的努力製成了趣味的電動機，現在作者想必急於使它轉動了。但是不要慌忙，請先在兩方軸承上面通軸的二小孔，加少許滑潤之油。這油或用機械油，或腳踏車上用的油，如都沒有，就用婦女們化妝用的生髮油亦無不可。油只能加於軸承，決不可加於整流器之上。整流器如沾上油層，便不易通電了。

軸承加油，則轉動更見輕快，於是始以電池接通而通電。電池如用無線電A電或汽車上用的蓄電池最好，乾電池亦可，電池有正負二極，仍用電線任接於電動機底板上的二接線柱，而將上

面螺絲旋緊就是了。

這個電動機，用的是直流電(電池電)，電壓大約有五，六伏特最爲相宜，所以如用六伏特的蓄電池，不必更動，若用乾電池，那末需要三四個串聯起來(串聯的意義，請查附錄)才能合用。

電動機兩方接線柱，一旦接上電池，那末，就立刻開始旋轉，假使任何地方沒有障礙，一分鐘差不多有幾千轉的速度。要若接通電池而電動機不轉，或雖轉而無力，用手輕壓而即停止，那末必是內部有了障礙無疑。這時必須調查他的障礙在於何處而改正之。注意之點如下。

一.兩方電刷是否和整流器的表面保持接觸?

二.接線柱和電刷，電刷和場磁線圈接線是否完全? 所接銅絲，是否十分擦亮?

三.整流片是否脫離，或者過於緊貼，致增加摩阻?

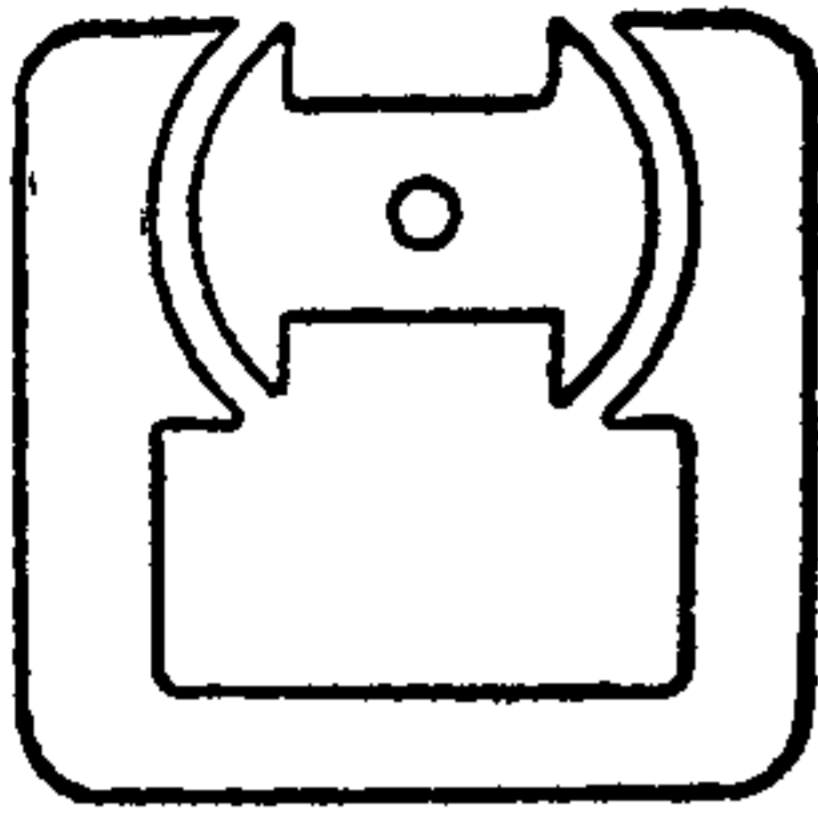
四.電樞線圈線頭，是否各各與整流片接觸嚴密?

細細檢查之後，如有不妥之處，即行改正，在後再接電池。如仍不見轉動，那末也許繞製線圈之時，絕緣線中的銅線已斷，或者電樞線圈線頭，和整流片未能接觸嚴密，那就非重行繞製，或重行銲接不可了。

第四章 三極電動機的製作

上面所述電動機的電樞，只有二極，故名二極電樞，作法最爲簡單；有時雖通以電流，開始不能自行轉動，而須用手推動不可，這是二極電樞的很大缺點。至最初所以不能自轉是和電樞靜

止的位置有關，譬如電樞正在第二十九圖的位置靜止之時，場磁

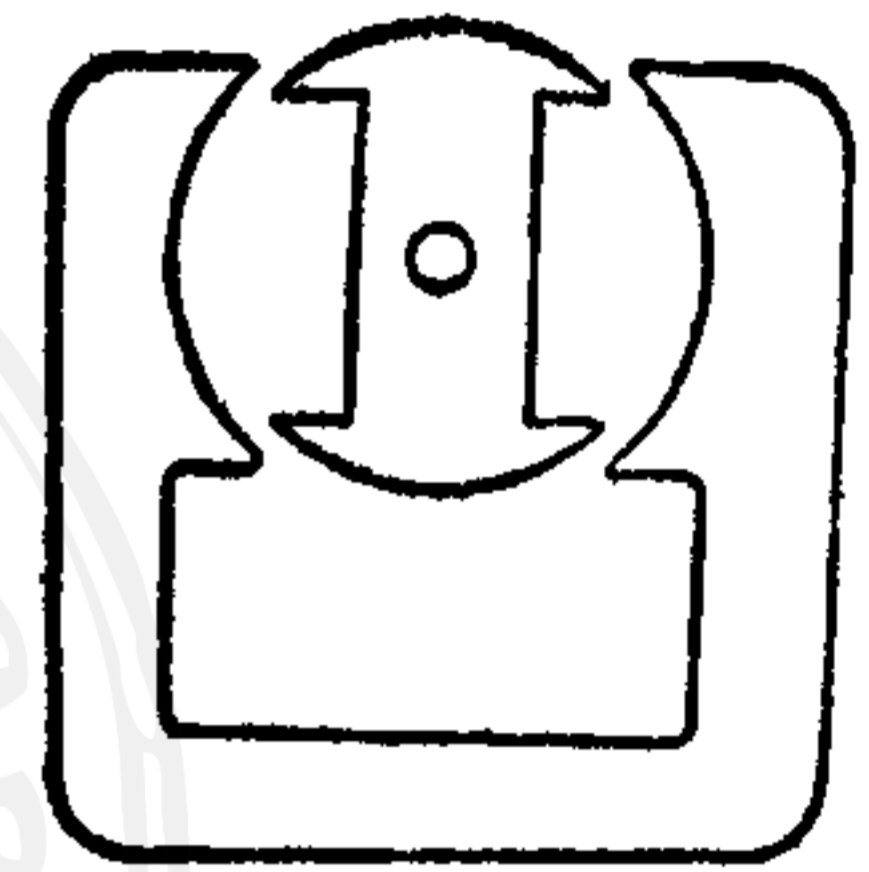


第二十九圖

鐵之極與電樞之極已最為接近，欲吸使更近，不復可能，是以無法轉動。然當第三十圖之位置，電樞停止時，則一旦接通電流，就開始自行轉動了。

但是電動機而有時不能自行開動，須

以人力幫助，那是非常不愉快的，所以我們需要改去這個缺點，無論電樞在如何位置都能自行開動，這就要進一步着手三極電動機的製作了。三極電動機無論電樞取怎樣靜止位置，只要一通電流，沒有不自行轉動的。



第三十圖

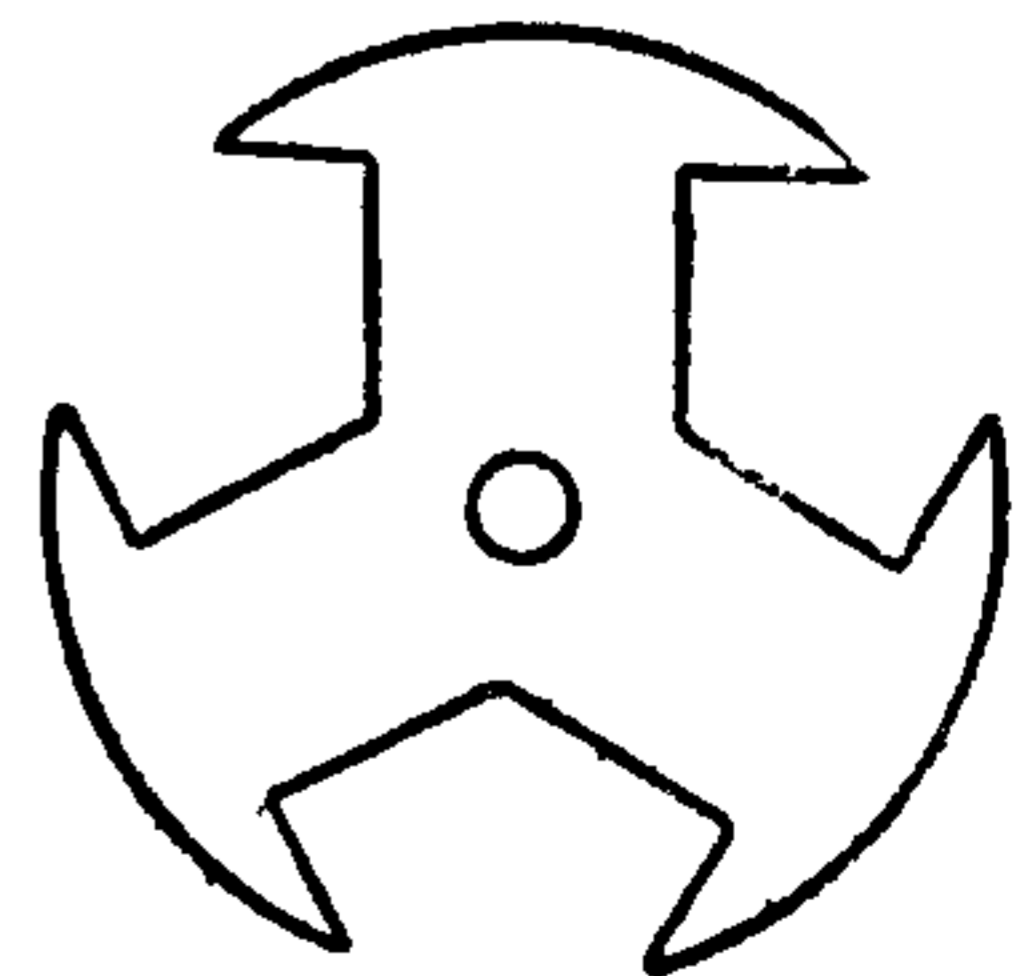
一. 場磁鐵

場磁鐵的製作與二極電動機完全相同，鐵心尺寸，線圈的轉數，和用線的粗細都是一樣。

二. 電樞

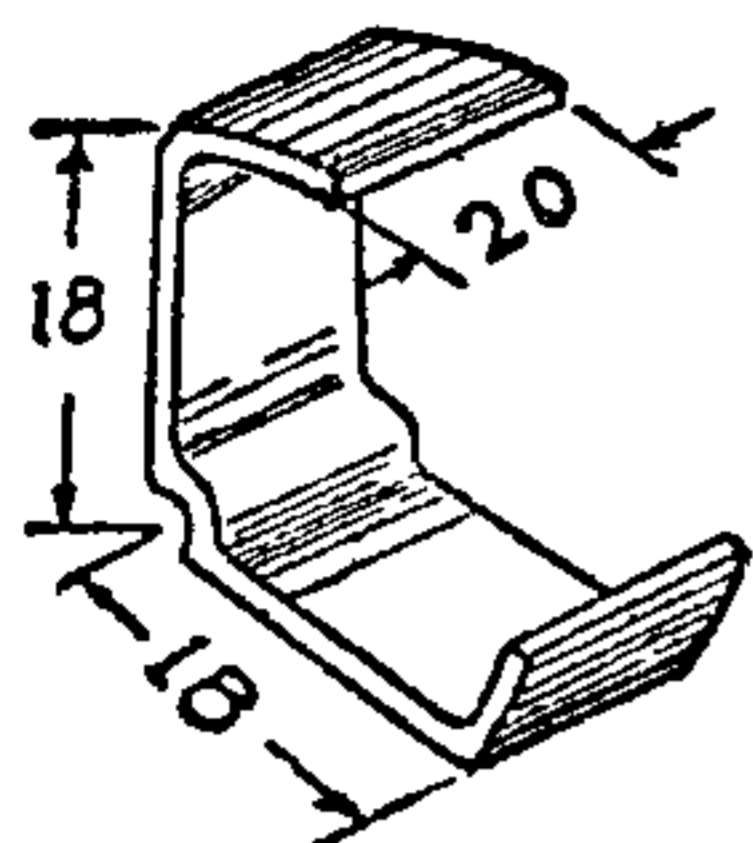
三極電動機和二極電動機的不同部分，只在於電樞，故對於電樞的鐵心，整流器和線圈，須一一另行說明。

鐵心 三極電樞的鐵心，也和二極同樣，最好有第三十一圖的形狀，用鉛皮，鐵皮，照樣剪裁幾十片，疊積起來，可是這樣形狀，製作比較困難。還不如前



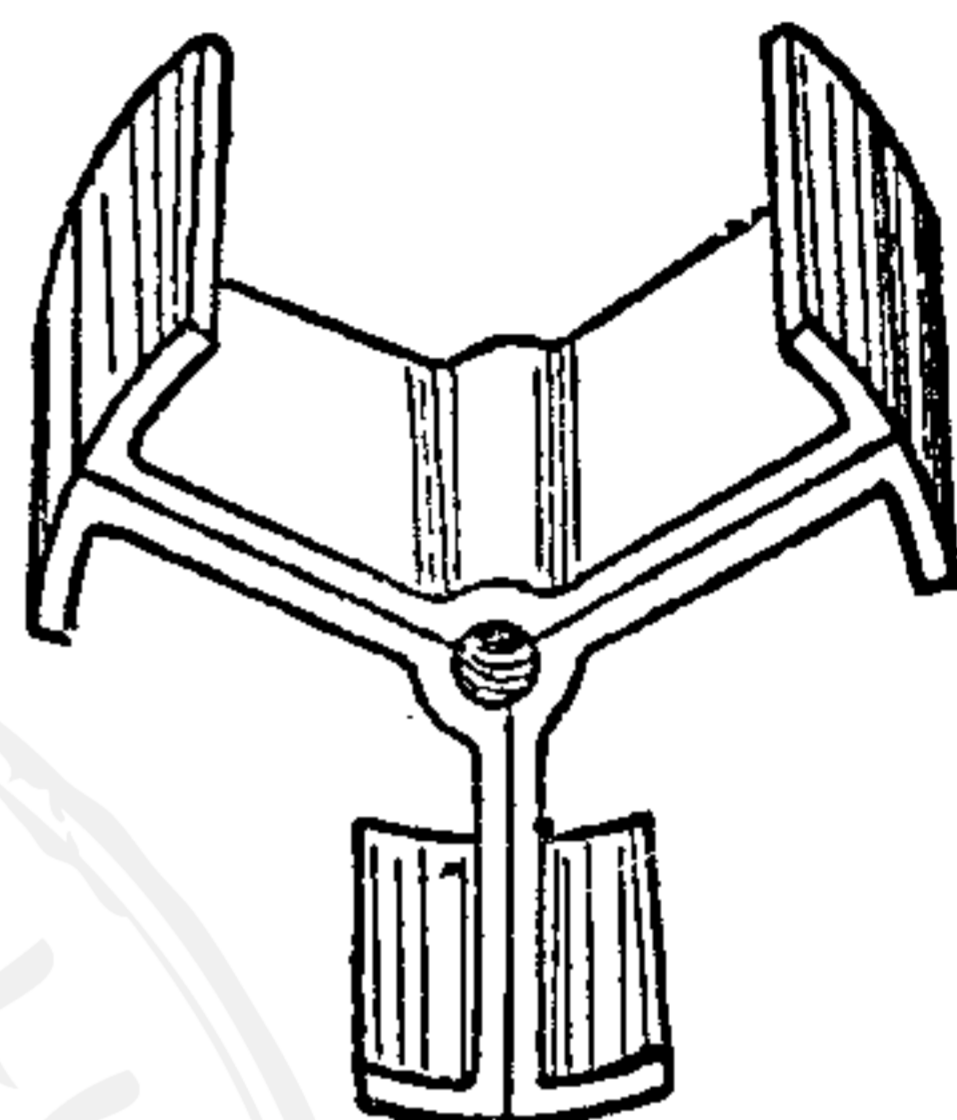
第三十一圖

一樣，作成如第三十二圖形狀，共須三枚。再把它們合起來，如第



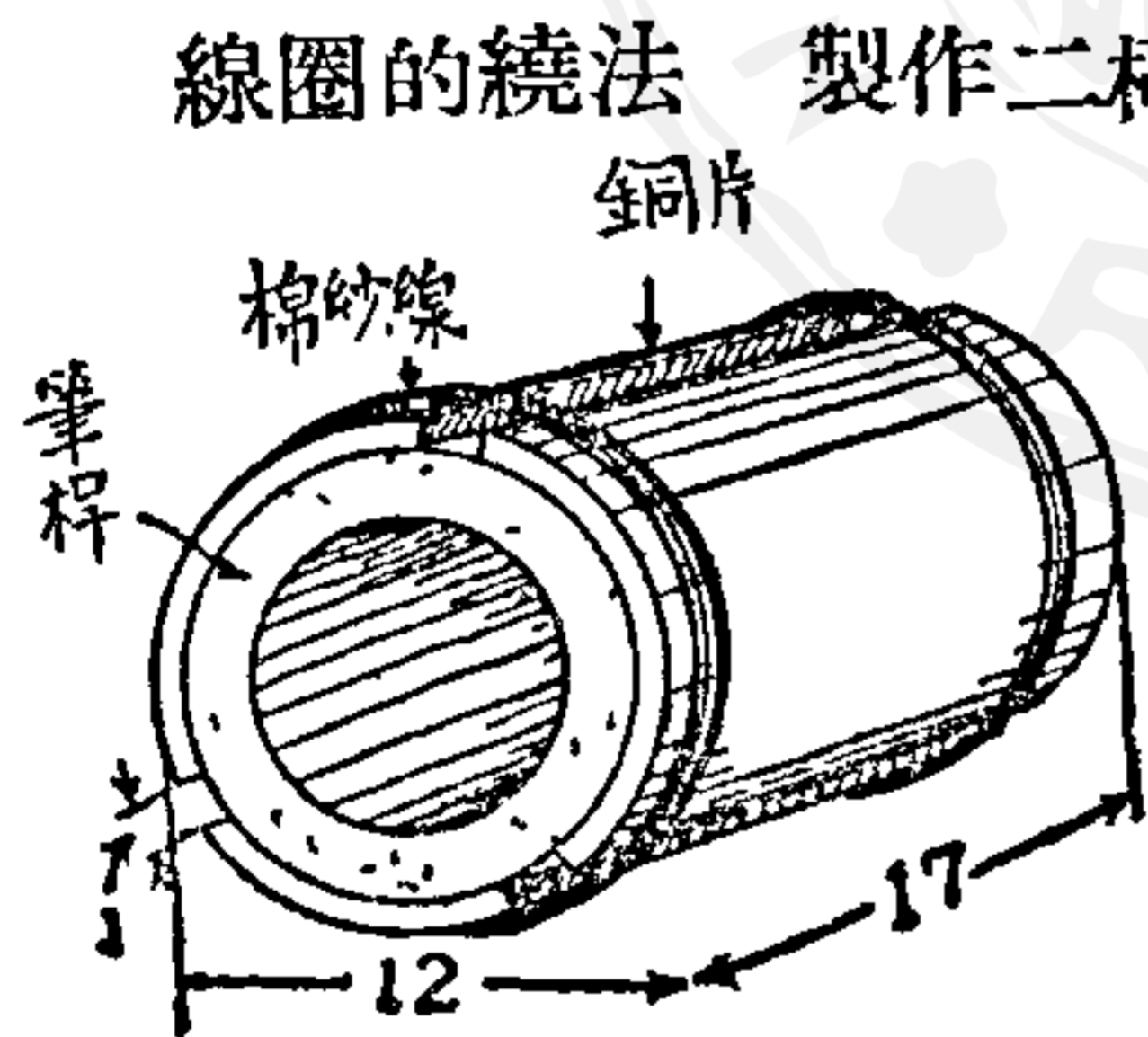
第三十二圖

三十三圖而各各加以銲接，最為簡單。軸與二極時同一尺寸，穿入中央孔中，銲得十分堅固。製作時對於重量的平衡，軸桿的挺直，都須格外留意，不可忽略。



第三十三圖

整流器 因為鐵心有三極，所以整流器的整流片，也須三枚。它的材料和製法，與二極整流器一般無二。整流片用薄銅片，其芯也用筆桿，截成長約十七毫米。其製成後之形狀如第三十四圖。整流片三枚，闊都相等，相隔間隙，都為一毫米左右。



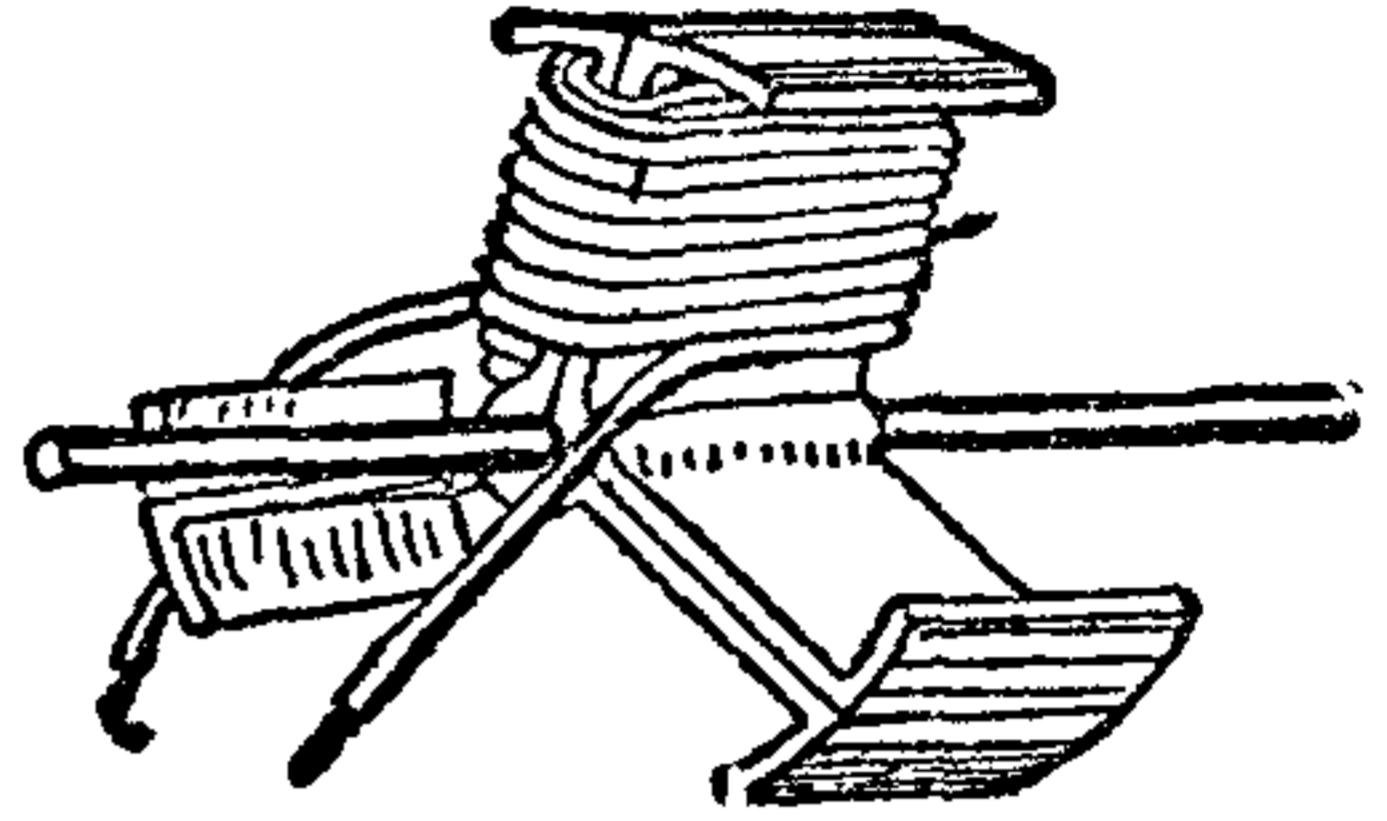
第三十四圖

線圈的繞法 製作二極電樞以後，進而製造三極電樞之時，一不當心，最易發生錯誤的，便是這個線圈的繞法。因為鐵心有三極，整流片亦有三枚，由何處繞起，如何繞法，都須稍加考慮，但卻並非難事。

繞線順序，是先存鐵心上面捲以絕緣紙，除極面以外，到處都不使鐵心裸露出來。換句話，就是加一層被覆。

次用第二十六號絕緣銅絲，照第三十五圖，在一個極上，捲繞一百轉。繞時對於前述注意四點，仍須謹守。一極繞成，順次移

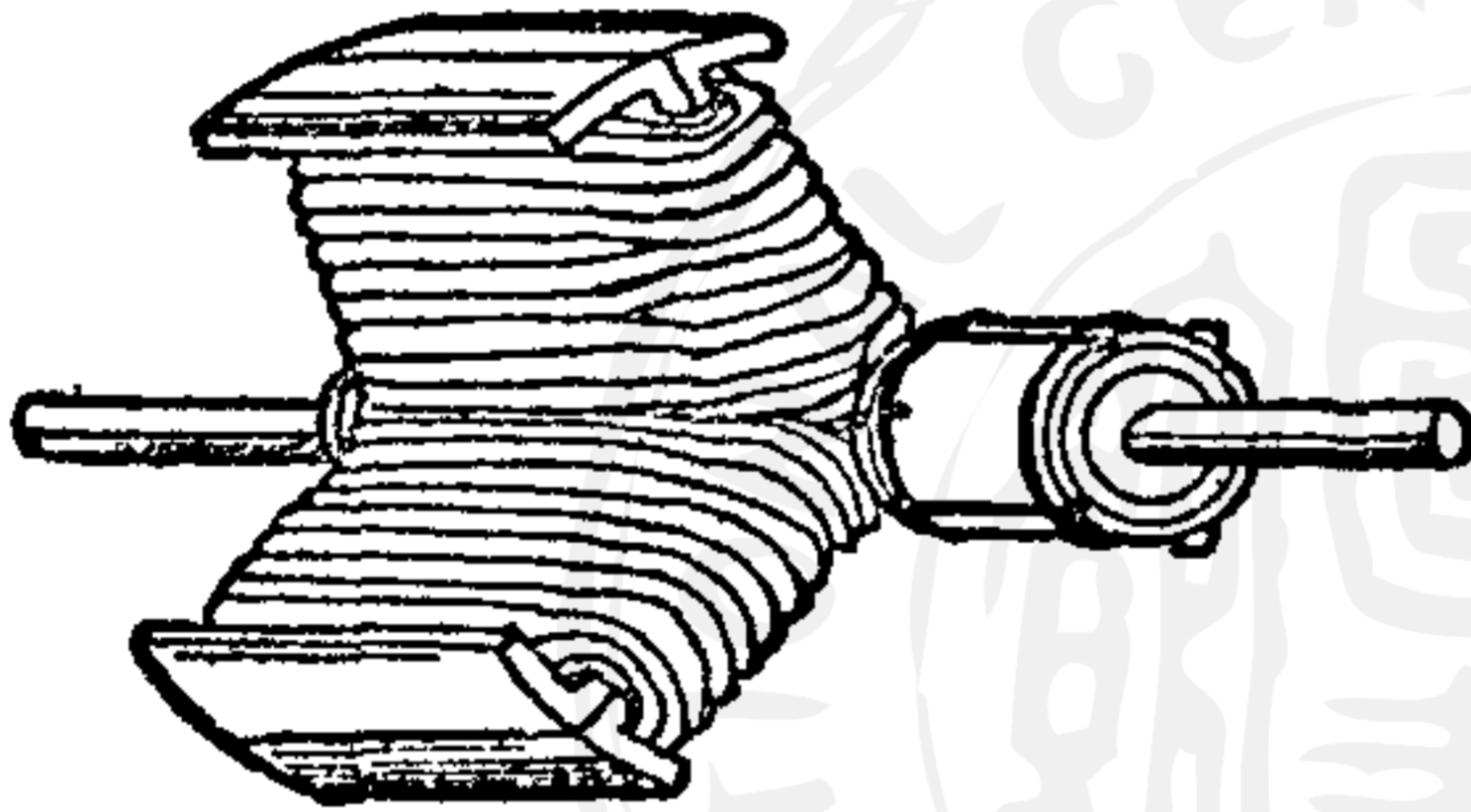
至第二極，以同號之線同一繞法，繞一百轉。最後在末一極亦完全一樣的繞去，換句話說，就是三極完全同樣，用B.S.第二十六號線，就同一方向各繞一百轉。（但如



第三十五圖

向右繞，則始終右繞，左繞則始終左繞，不可錯亂顛倒）。

這樣三個線圈繞成以後，則每一線圈，便有二個線頭，全體有六個線頭。這六個線頭如何處置呢？



第三十六圖

一. 相鄰的二線圈，一方的起頭，和他方的末端各各絞合（是剝去絕緣被覆，使銅絲絞合）。這樣六個線頭

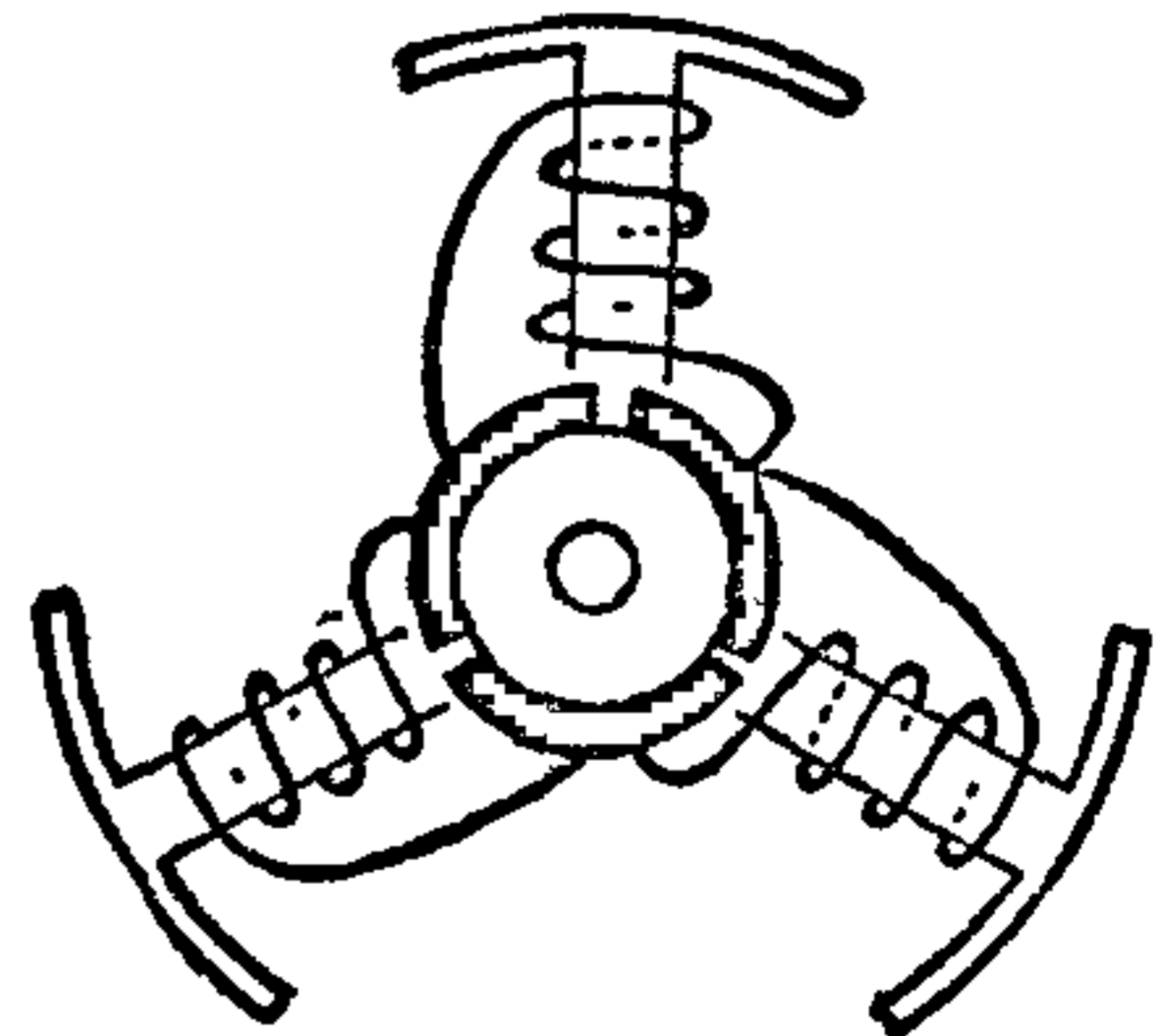
便合併成爲三個。

二. 三個絞合線頭，接於三枚整流片，各接一個。

第三十六圖，即爲繞成後的形狀。而整流片相互的間隙爲一毫米，各各使其與鐵心的三極一致。今將三極電樞中整流器的方向，和繞線的方式，用簡圖表示，則如第三十七圖。

三. 電 刷

這和前述二極電動機所作的，即如第二十五圖之物，完全一樣。也只要二枚已足。



第三十七圖

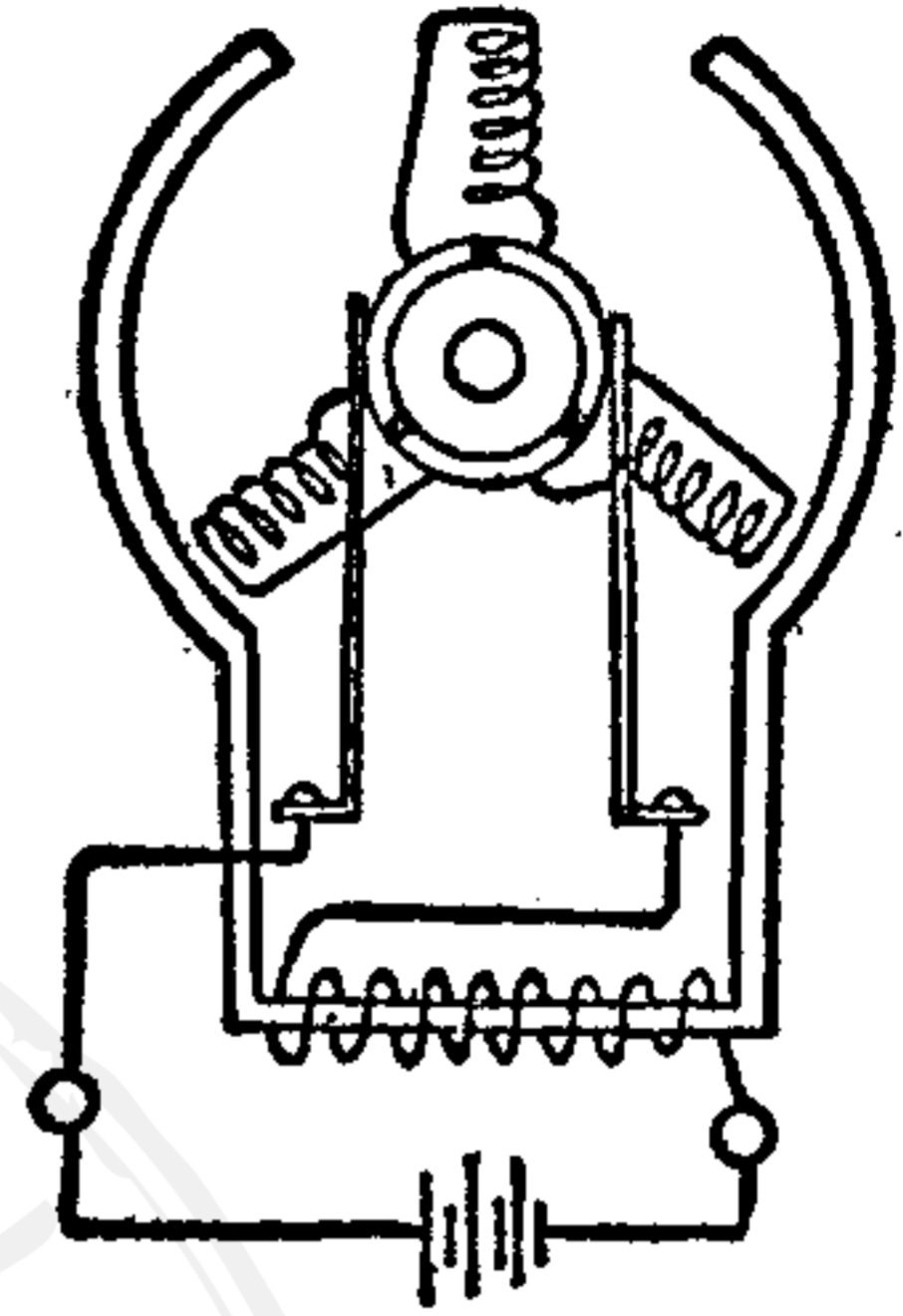
四. 軸承

這也同前第二十六圖或二十七圖的尺寸。

五. 裝配

裝配的要旨，和二極電動機全然一樣，所以製成以後，和第二十八圖，不稍改變。但為加意慎重起見，將接線方法表示之如三十八圖。

這三極電動機仍使用六伏特的蓄電池，而初次試轉時的種種注意，也都和前二極電動機一樣，這裏不再重述了。

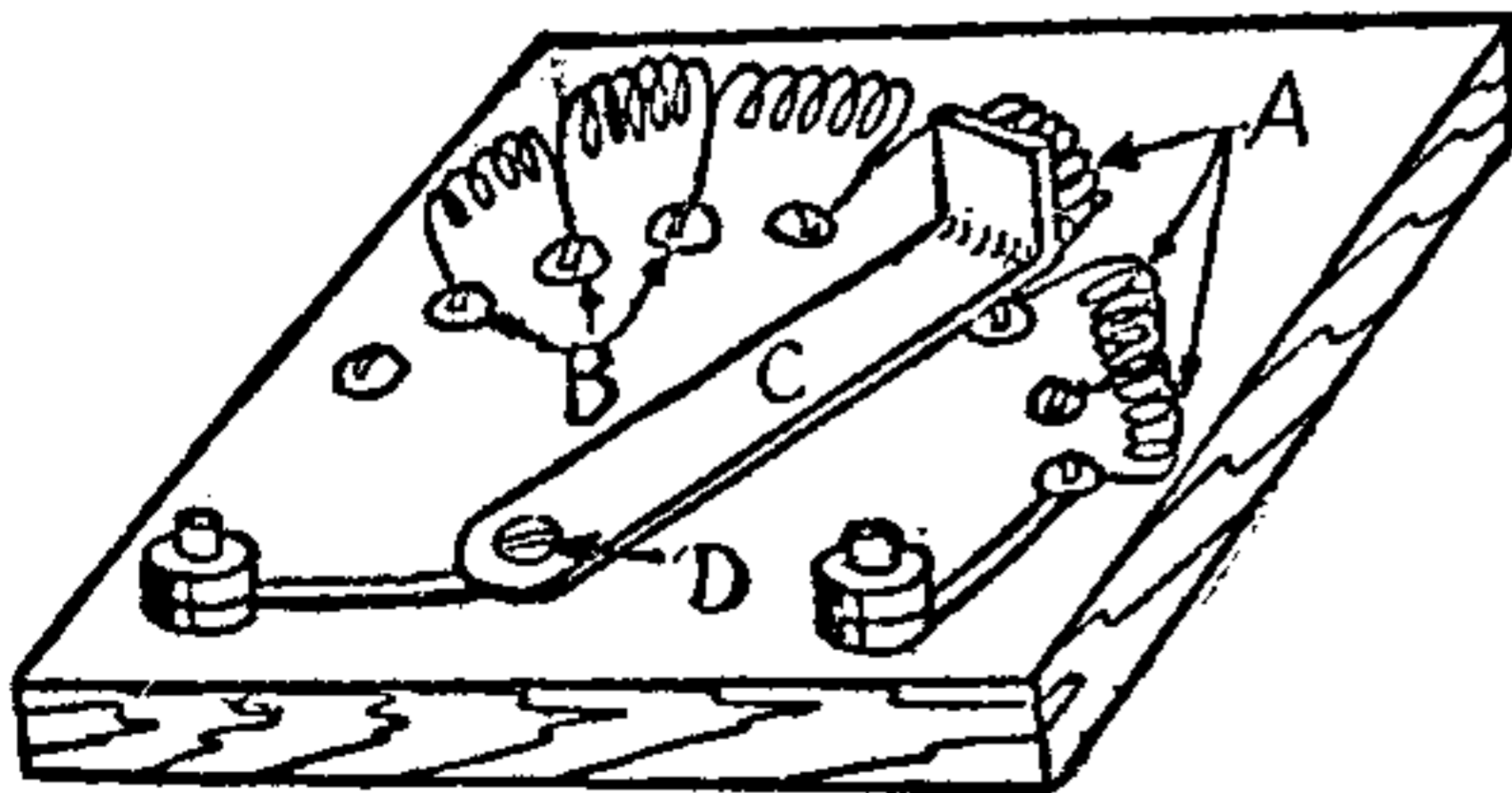


第三十八圖

第五章 電阻器和逆轉器

一. 電阻器的製作

在電動機軸的一端裝置一個小型溝輪(像滑車一樣形狀)，使之固着於軸(製法與裝整流器相同)，而以皮帶或堅牢之線套於車輪上，以轉動所欲試驗之器具，雖已成功，可是電動機轉



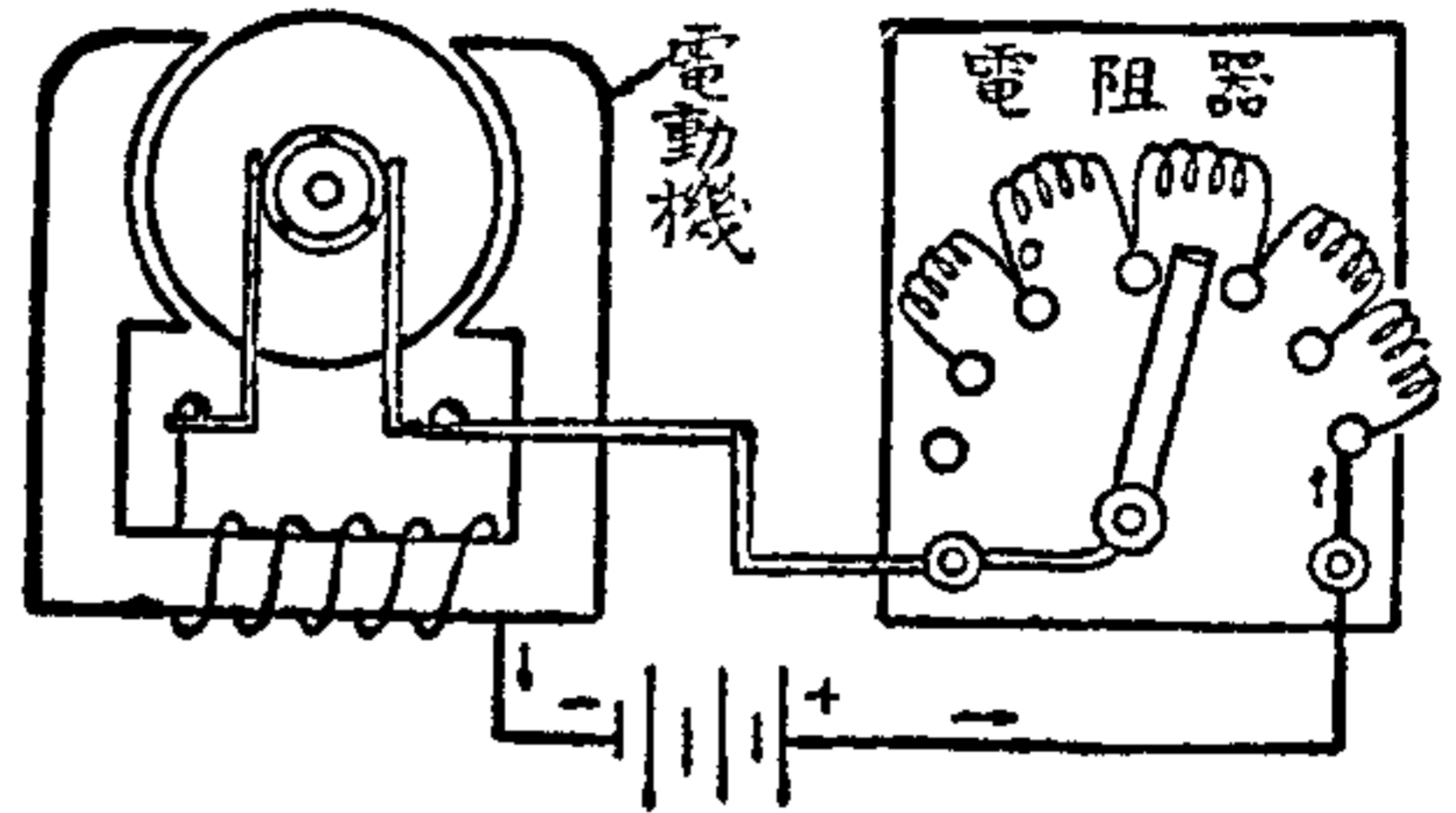
第三十九圖

動速度，始終如一，卻又不是製作者所願意的。所以必須設法使電動機旋轉速度，能快能慢隨心所欲，豈不更妙。

這方法就是利用所謂電阻

器。電阻器購買現成的亦可，即無線電真空管用的燈絲電阻器，(Reostat)，約十歐姆者，但自己製作，較有興味。

製作電阻器的材料，只用第二十四號鍍鋅鐵線數公尺，和圓頭銅螺絲釘十隻，及鉛皮片少許。第三十九圖為電阻器圖形。A 為鐵線捲繞者，B 為銅螺絲釘，C 為鉛皮製成的轉鈕，在 D 處以螺絲釘固定為軸，而能左

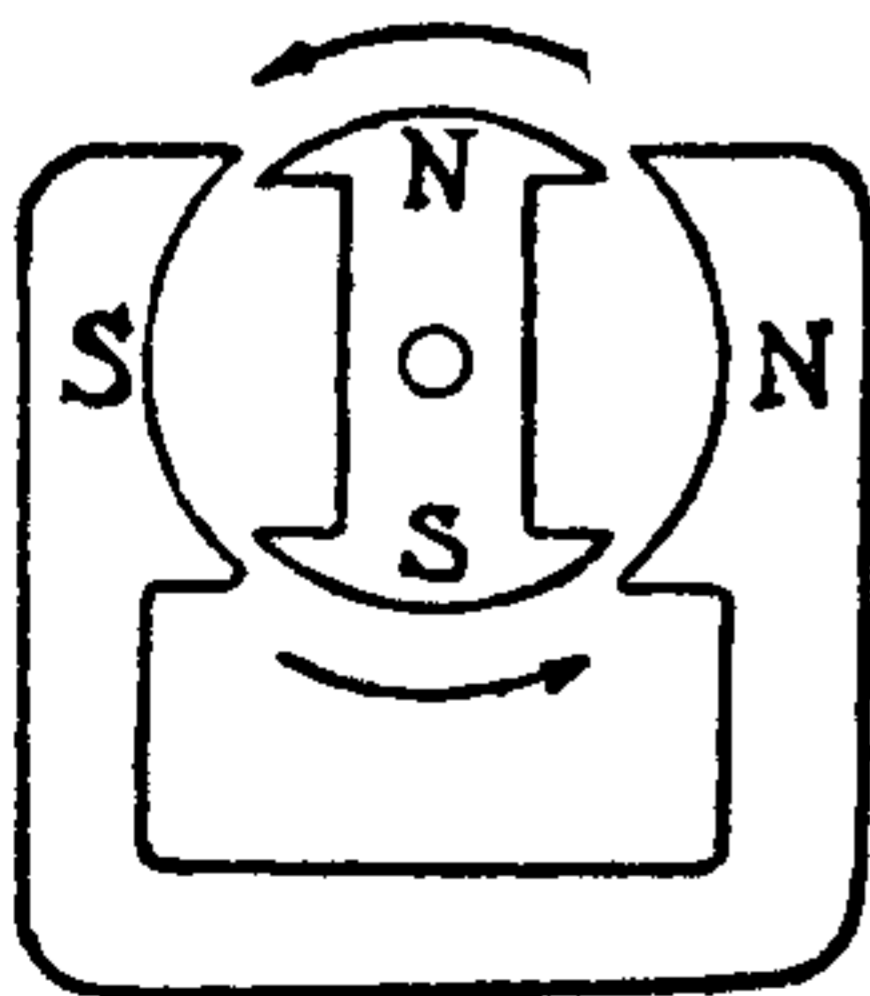


第四十圖

右轉動。C 的尖端則使之接觸於 B 的釘頭。將此器如第四十圖接於電動機，則將轉鈕向右移動時，電動機即加快，向左時，即漸漸減慢。轉至最左一釘，則電流斷絕，電動機轉動即停。現成購買的電阻器，也和此一樣裝置，而形式要比較美觀。

二. 逆轉器的製法

電動機轉動，能快能慢，既如人意，但猶以為未足，則更希望能夠反向旋轉，就是逆轉。普通總以為電流反向，則電動機當亦逆轉，然事實上卻不如此，試將電池接線由接線柱改接，則電流固然反向了，而電動機還是照原向轉動。電池正負極任何改換，電

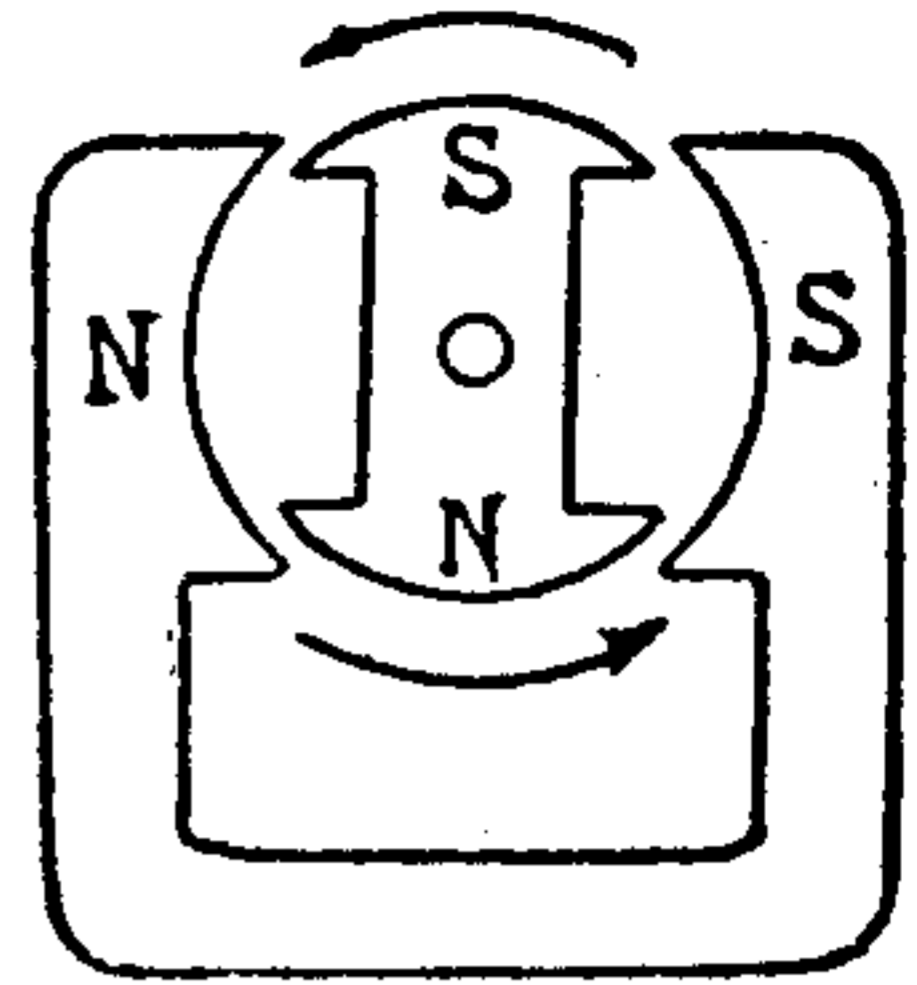


第四十一圖

動機的轉向始終不變，常人以為不可思議，其實並無可奇之處。以下請說明其理由，再進而說明如何始可令其逆轉，在後再介紹逆轉器的製法。

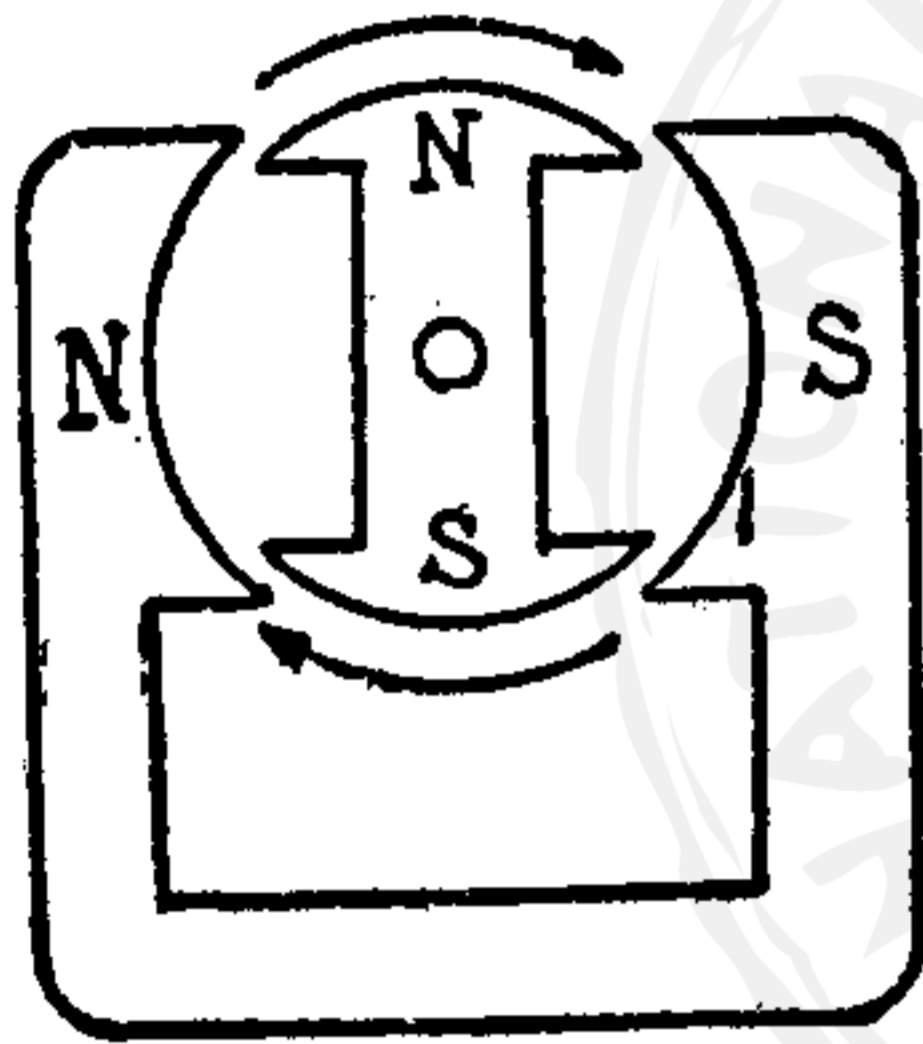
今將電池接於電動機而通電流，如場磁與電樞之極在於四十一圖之位置，則這時電樞轉動方向，如箭頭所示。然而試將電流易向，則場磁的南

北極雖已反逆，但同時電樞之極的南北，也隨之反逆，恰如第四十二圖所示。所以場磁與電樞迎拒的方向並不改變，始終如一，電動機轉動方向，故亦並不改變，始終如一。這在三極電動機也是一樣的。



第四十二圖

因此之故，如欲使電動機逆向而轉，那末必須使場磁之極，或電樞之極，僅有一方南北逆向，方始可能，今假如場磁之極的南北方向如上四十一圖，而把電樞的極南北



第四十三圖

逆向，使成第四十三圖形狀，則電動機轉動方向，就不能不自動改易了。

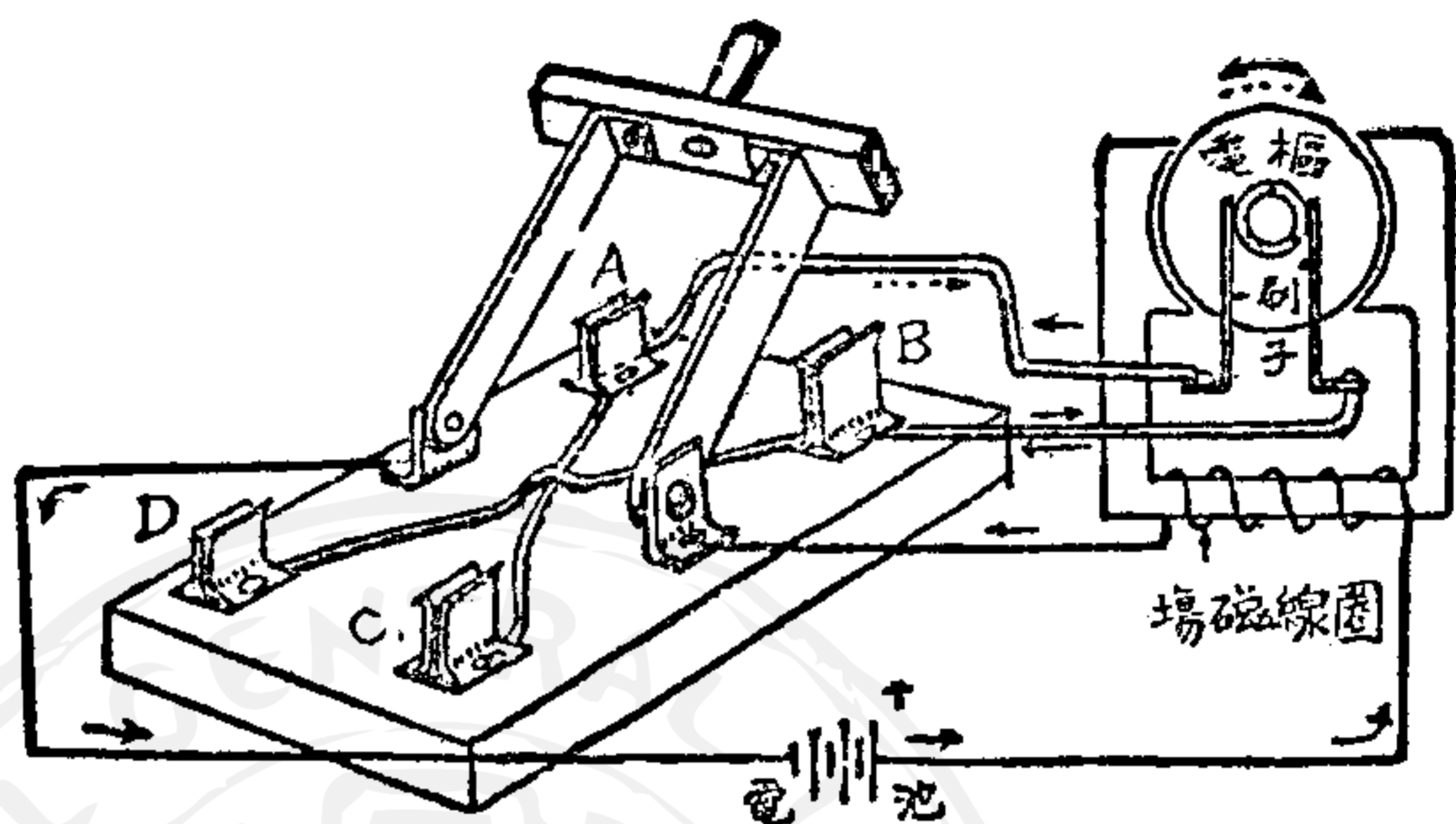
那末要僅使電樞極的南北，任意轉變，用什麼方法才行呢？這並不困難，就只要使流經電樞的電流方向，使之反對，亦即只把電樞電流的進口出口，改接一下，他的南北二極，也自然反對了。欲使電樞電流反向，則就第二十八圖中把原來接於接線柱一方的電刷，改接場磁線圈，而原來接於場磁線圈一方的電刷改接至接線柱，就可達到目的。

然而為使電動機逆轉，而每次均須一一改接電線，豈不麻煩？於此設計一個簡單的電器開關，能於一動手之勞，使接線改變，這就叫做“逆轉移換開關”，簡稱“逆轉器”，可稱“可逆機關”，其製法種種不一，其中最簡便的二法如下：——

其一，如第四十四圖，為二個兩面可投的開關，連合一起，又

稱“雙刀雙擲開關”。刀用薄銅片製成，裝置於適當的木製底板之上。圖中開關一端，接於電池之一極，他端接於場磁線圈。尚有

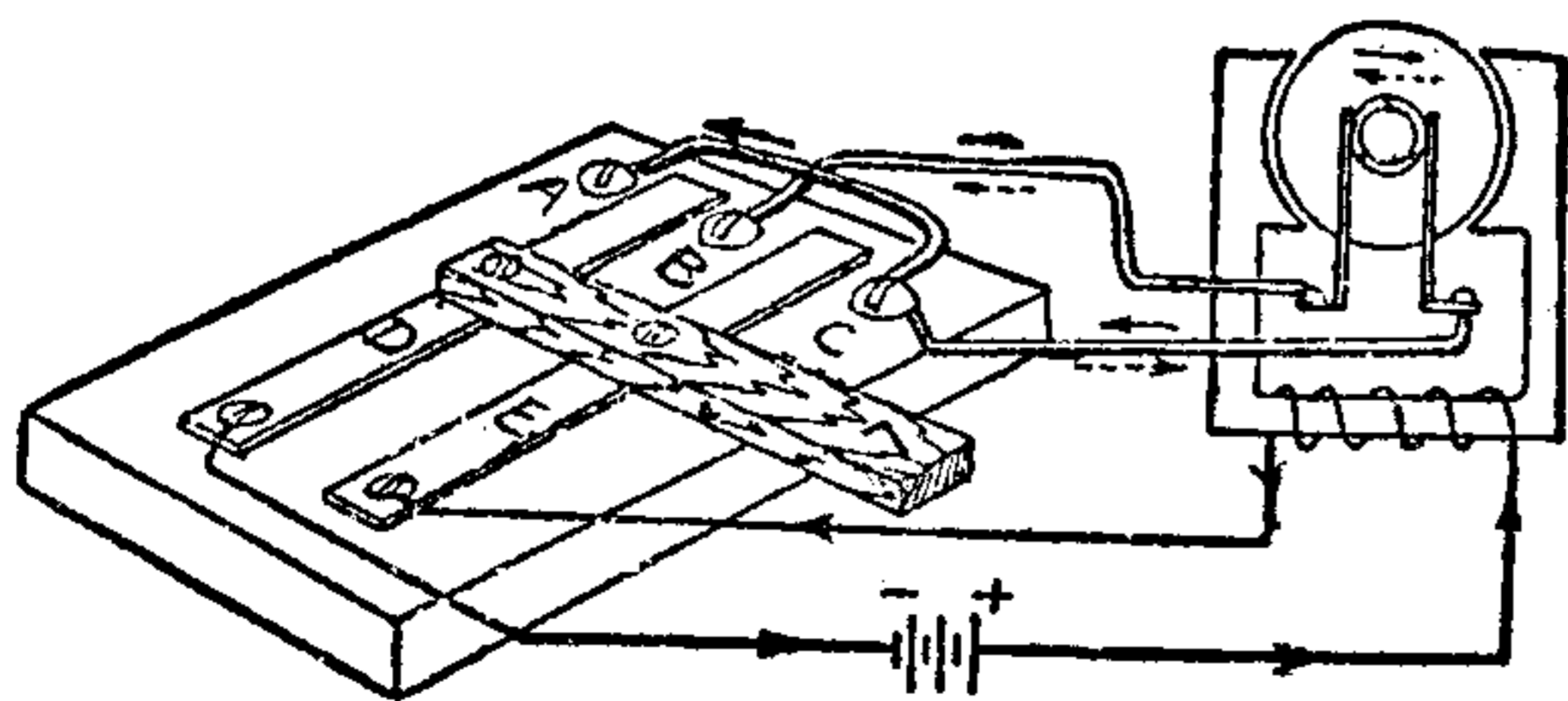
開關投入的金屬插座 A, B 二者則各接於電動機的電刷。C, D 二者，使 C 接於 A, D 接於 B。即左右參差交換，如是則當開關二刀向右



第四十四圖

方 A, B 倒擲時，與向左方 C, D 倒擲時，經過電刷進入電樞的電流，必全然反對。而場磁線圈中電流方向則始終不變。這樣就使電動機順轉逆轉從心所欲了。圖中以實線表示的箭頭，為開關擲向 A, B 之時，電流流動方向，虛線箭頭所示，為開關擲向 C, D 時的電流方向。

又或如第四十五圖的逆轉器，製作或更為容易，先取木板一



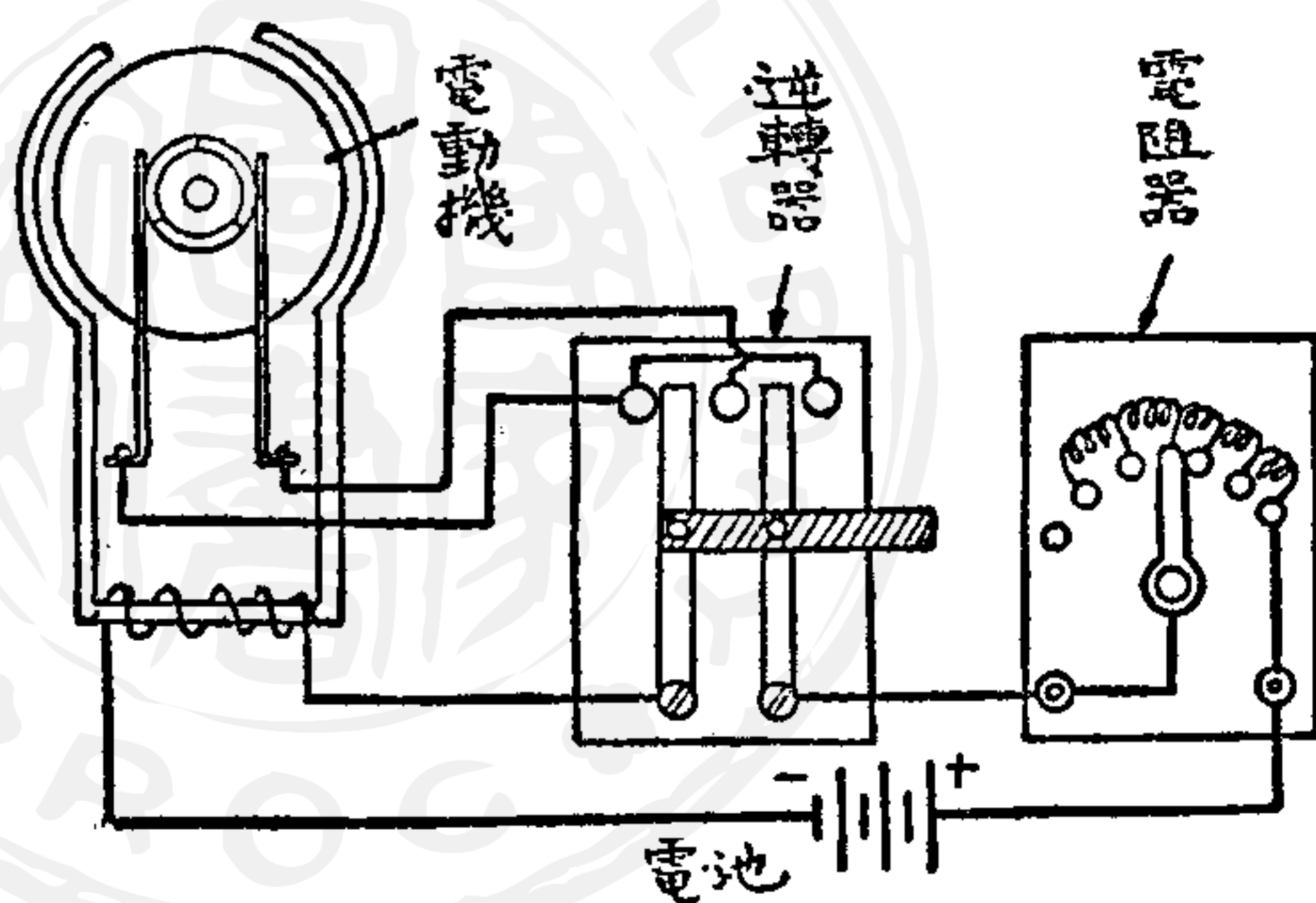
第四十五圖

方，闊五釐米，長六釐米，其上裝圓頭銅螺絲釘三隻，相距各十五毫米。如 A, B, C。A 與 C 二者在底板下面用銅線

接連。C 在上面又接於電動機的電刷。B 則接另一電刷。次則覓闊

八毫米，長四·五釐米的銅皮二片如圖中D, E, 亦用螺絲釘釘於木板之上。一接電池，一接場磁線圈。這二銅片並不固定於木板，而能左右自由移動。上面再裝置一個把手。於是電動機的轉動方向，就可藉此把手的移動而改變。二銅片向左移，接觸A, B 二釘，則電流方向如實線箭頭所示，銅片向右移，則接觸 B, C 二釘，電流方向如虛線箭頭所示。就是往電刷進行的電流，即流於電樞線圈的電流，完全反對，自成爲逆轉器。

第四十六圖爲電阻器，逆轉器，電動機，電池四者完全具備之整個接線圖。照此配置，則電動機轉動欲速欲緩，或順或逆，可以一任作者的自由。



第四十六圖

以上對於最簡單的電動機，和它的控制器（所謂控

制器，是併電阻器與逆轉器二者而言，英文爲 Controlor）的製法，用法，已大體介紹完畢，以下爲已入門者作更進一步之研究，特將電動機種種作法，及比較高級的電動機的製作法，順次說明。

第六章 交流電動機

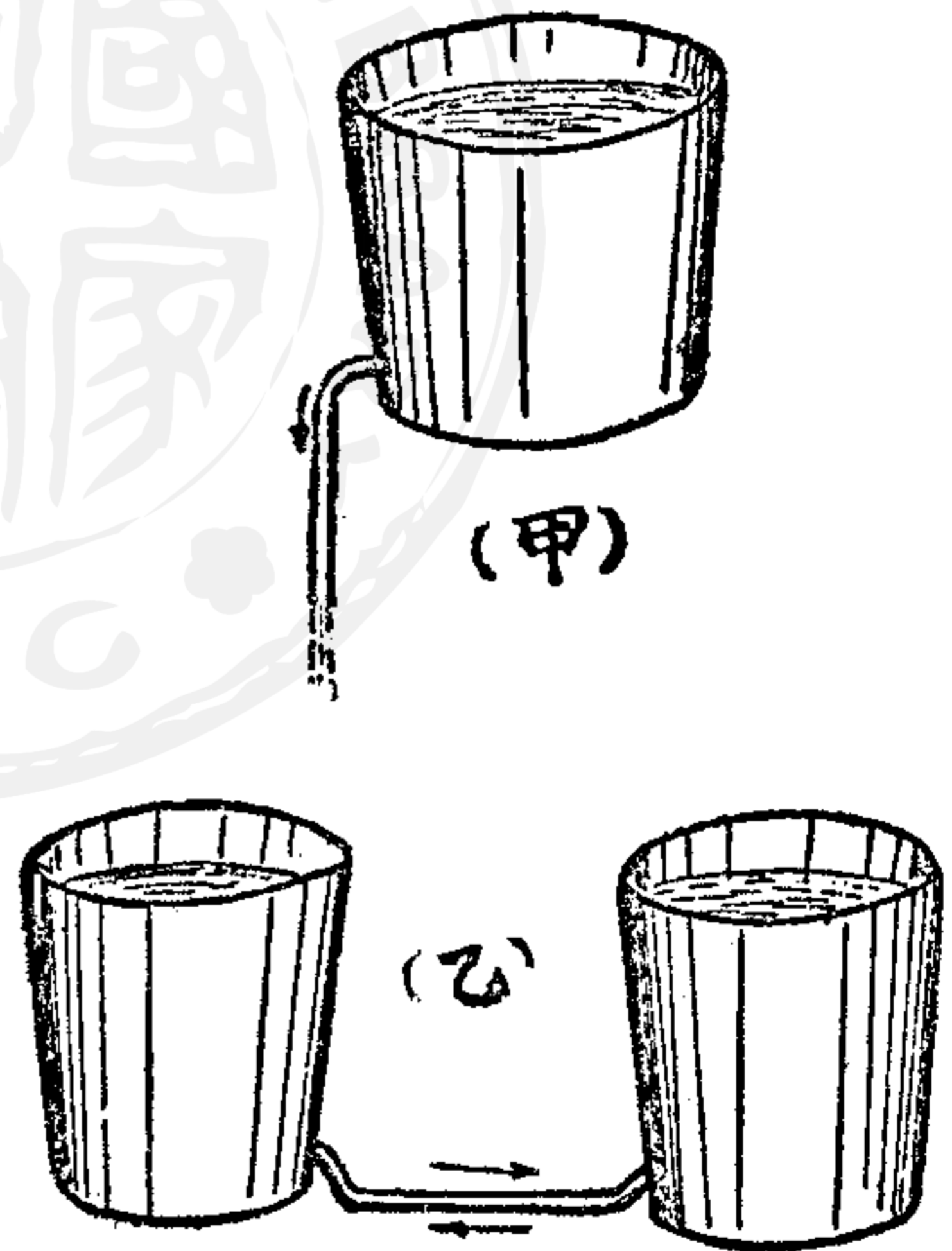
一. 直流與交流

電流有二種，即“直流”與“交流”。這里先略加說明。什麼叫直流，什麼叫交流，似乎不容易了解，但若舉一個譬喻來講，卻也並不難懂。

直流猶如江河之水，滔滔不絕地，向同一個方向流動，從蓄電池和乾電池流出的電流，便是直流。電流是從正極（十）流向負極（一）的。欲大量發生直流電，應用直流發電機。

所謂交流，則不像直流有一定的流向，電流是一忽兒由左向右，一忽兒由右向左，在電線中往復流動的。所以交流電無法決定正負，它的正負二極，是息息轉換的。如果用譬喻來說明：則如

第四十七圖（甲）以桶盛水，桶下接一水管使水流出。若將管中流水之水譬作電流，那麼（甲）圖是直流，因為水從上而下流，決不會倒流。其次如（乙）用水桶二隻都盛以水而底部用水管接通，這樣若使左右二桶忽高忽低，那麼桶中的水將要怎樣流動呢？譬如把右方之桶提高，則水必自右桶流向左桶，又若把左方的桶提高，



第 四 十 七 圖

則水又必自左桶流向右桶。這樣水是在管中往復流動的。將此水管譬作電線，而水譬作電流，這就是交流的情形了。不過以水實驗，不能使其往復十分迅速，而電流的往復交流，卻是很快很快

的。家中使用的電燈，亦為交流，往復的速度，每秒自五十次或六十次。凡一秒間來往五十次的交流，叫做“五十週”(Cycle)的交流，六十次的叫“六十週”的交流。

二. 交流轉動之電動機

上文第三章所述製作電動機是直流用的電動機。所以轉動時使用電池。但是在其二接線柱上，任一方接電池之正極，另一方接電池之負極，就使正負反接，而其轉動的方向始終不變。其理由前已說明過了。現在試以兩手各持電池正負二極接出之線，而使其線端接觸於電動機的接線柱，隨即反變正負，一觸又變，愈快愈妙，像這樣子很快的使電池正負二極交換接觸於電動機，那末怎樣呢？不消說，每換接一次，電動機的場磁線圈與電樞中所流電流必一度反向，不過電動機卻還是始終以同一方向而旋轉的。這由以前的說明大體可以明白的。

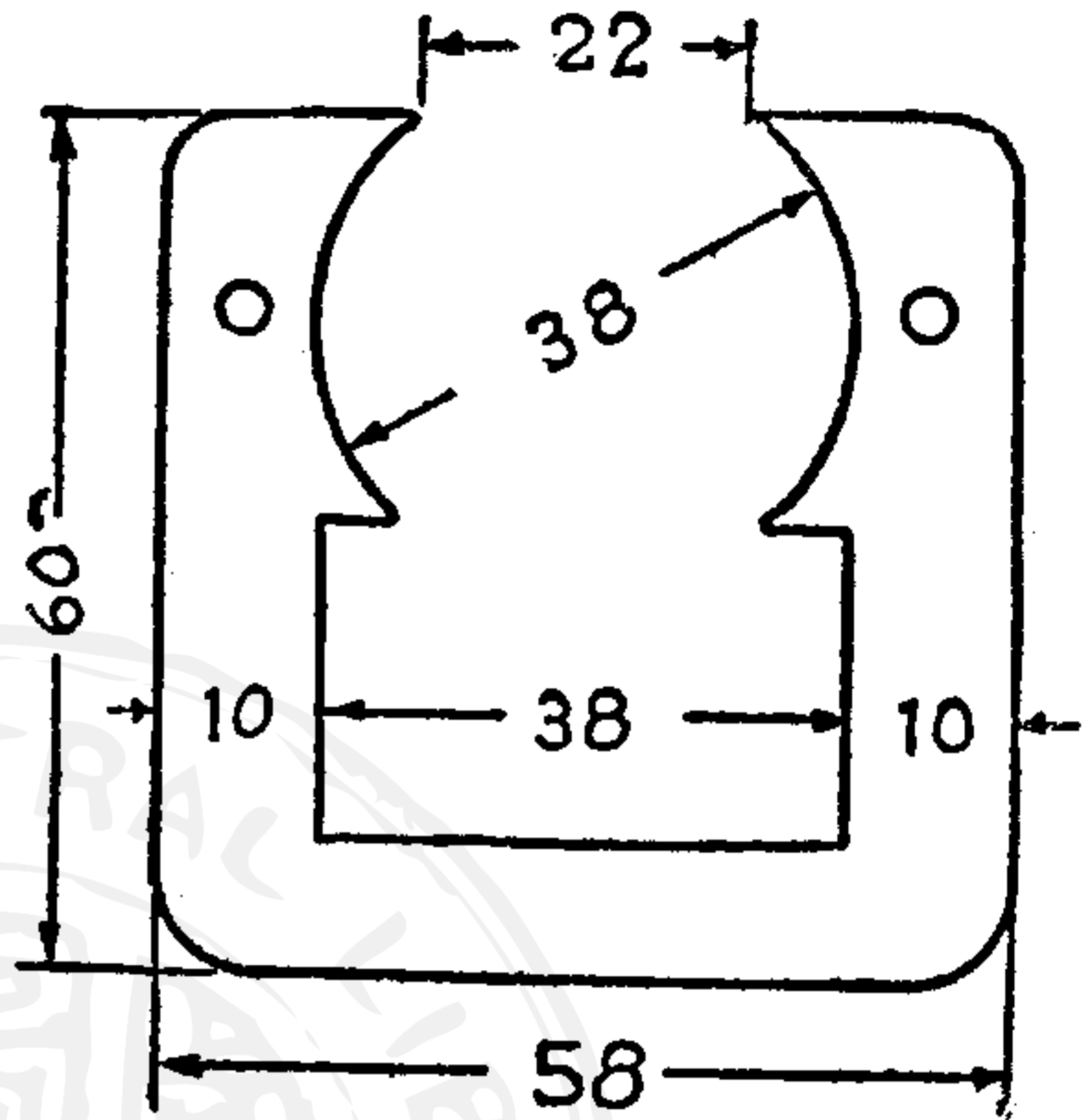
像這樣子，很快速的將電流方向改易，而電動機仍繼續旋轉不息，沒有障礙，那末我們若不用手把持着電線去接觸，而開始就用交流電接入電動機，又便怎樣？不消說，這和用手接觸一樣，如電流為五十週的交流，那便等於每秒改易五十次，電動機還是能夠轉動的。不過轉雖轉動，而以如此快速度轉換電流方向，必致場磁鐵心，與電樞鐵心，忽然發熱，不但發熱，其轉動也沒有像直流時一樣平滑，力亦減弱。這個理由，說明起來，很為複雜，現且從略，總之一句話，像上面“用鐵皮製作鐵心的電動機，雖亦能以交流轉動，可是成績不良。”

只是電動機而用乾電池，則不久電池乾涸，不能復用，若用

蓄電池，則又有充電的麻煩，而且管理也不簡便，所以最好總是經過變壓器（變壓器的製作法詳見下文），利用由電燈線而來之交流電，則既省費而又便利，想是製作者所願望的。

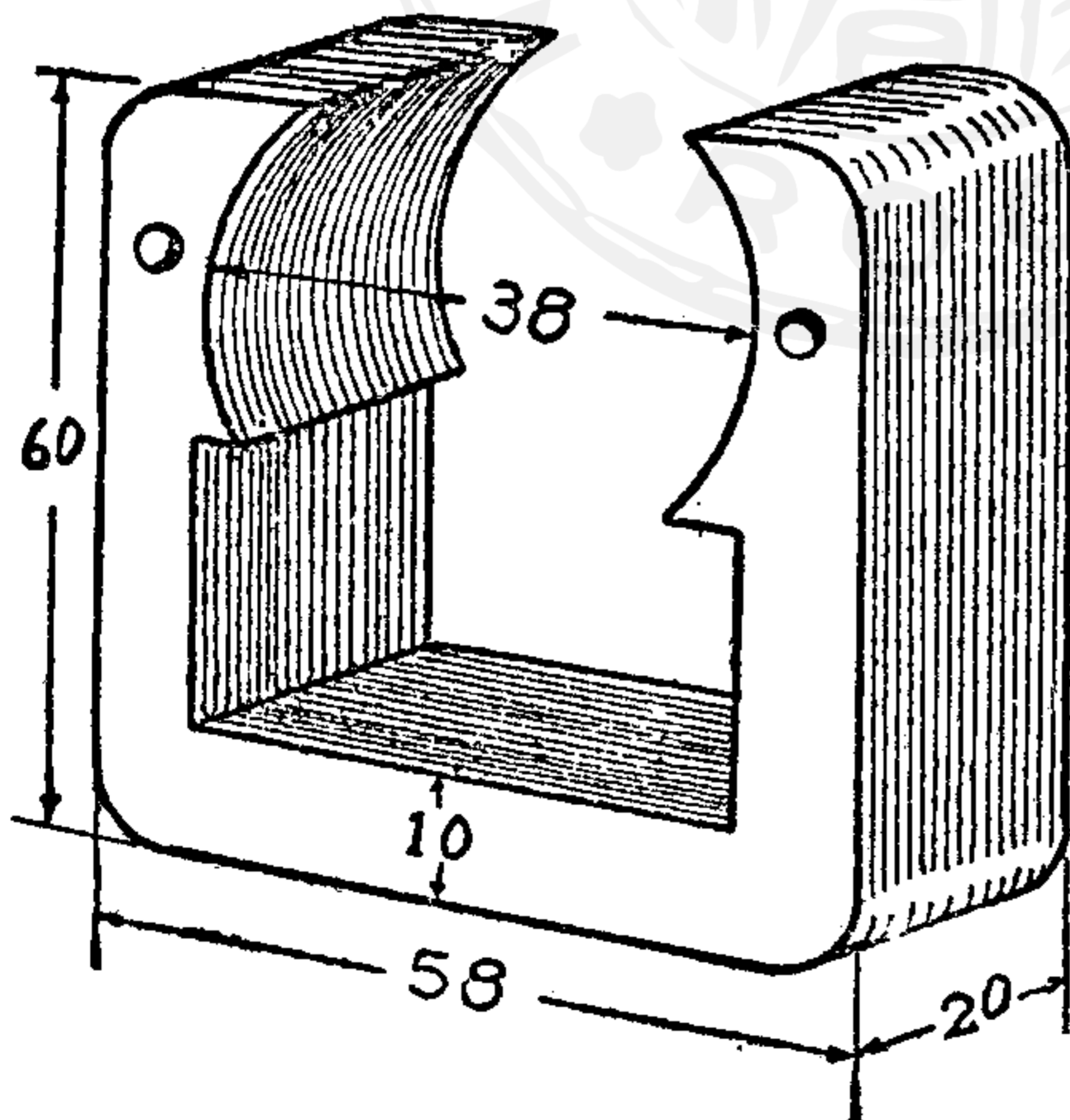
三. 場 磁 鐵

然則用交流電而能順利轉動，能力又強，又不發熱的電動機如何製作呢？這只要把鐵心改變一下，就得了。以前用鐵皮製作的場磁鐵心，現在則用普



第四十八圖

通鉛皮，馬口鐵片，剪切而成第四十八圖的形狀。積至厚二十毫



第四十九圖

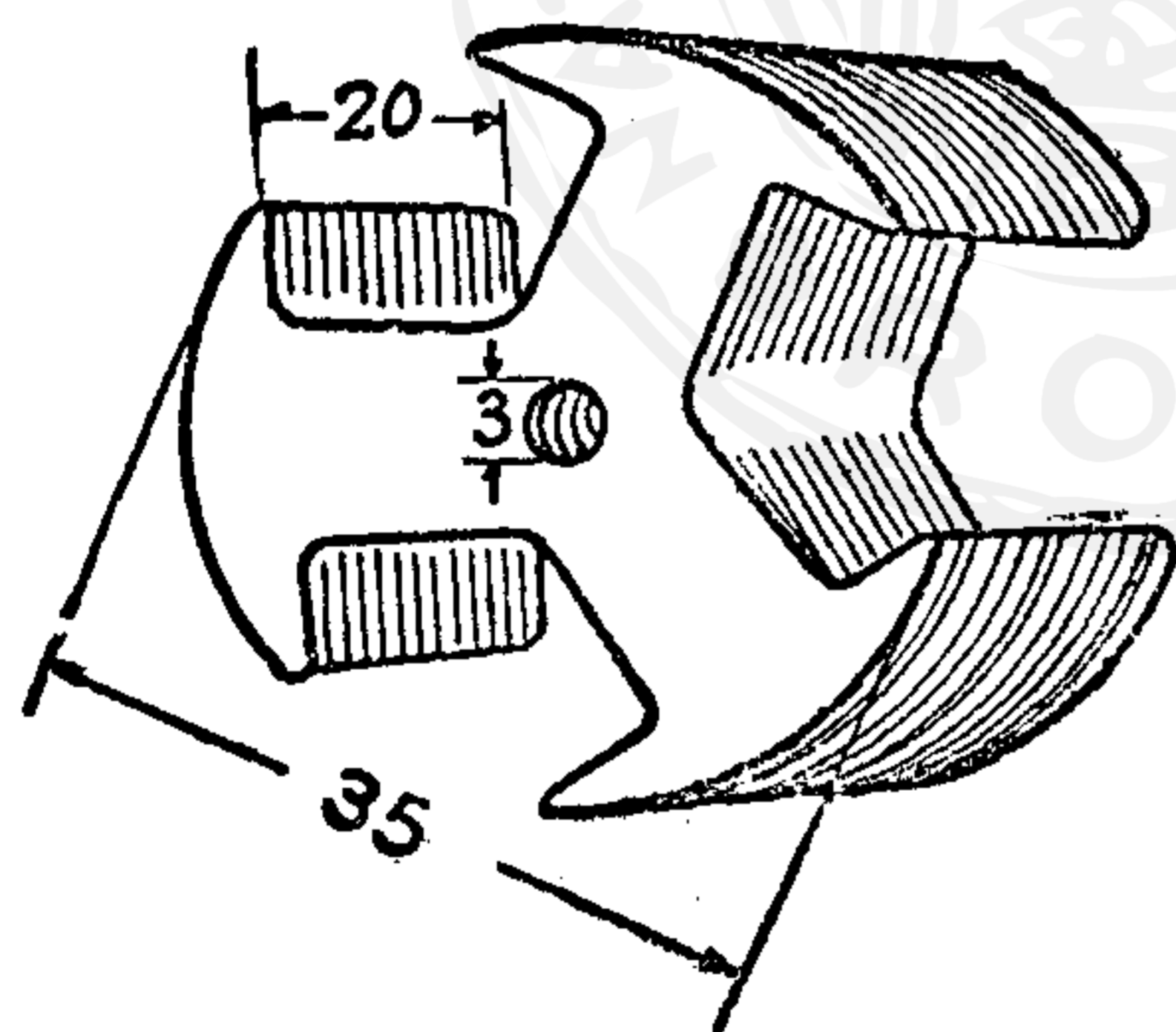
米，兩側鑽孔，通鐵釘而固接之；這個鐵板，如果能用電機上特製的所謂“矽鋼片”，自然最好，可是硬度頗高，剪切不易，且出售之處亦少，故不如仍用鉛皮或馬口鐵片為宜。用此組成鐵心，積疊不能勻整，邊緣或有凹凸，可以銼刀銼平之。其製成後的形狀如第四

十九圖。場磁線圈與前一圖一樣，在捲繞處必先加布類或紙類的被覆，而線圈的轉數約一百二十轉，所用線號，為B.S. 二十二號。

四. 電 樞

交流電動機，電樞的鐵心，也與場磁鐵心一樣，必用薄鐵片，即鉛皮或洋鐵片，照第五十圖的尺寸，切成多枚，積成二十毫米的厚度，中心之小孔，用以穿軸。但是這樣疊積薄鐵皮而成的鐵心，裝置軸心，比較困難。比較簡易的方法有如下述。

第一種方法將鐵板積疊至厚二十毫米以後，在中心軸孔，穿入稍細的鐵針，而以堅韌的線緊緊紮縛鐵心的三極。在後拔去鐵釘，即取軸桿（比軸孔稍粗）將尖端銼小一點，插入軸孔，以鎚強行打入。但勿使軸桿彎曲，實為至要。這樣嵌入的軸，異常堅固，不致脫去。



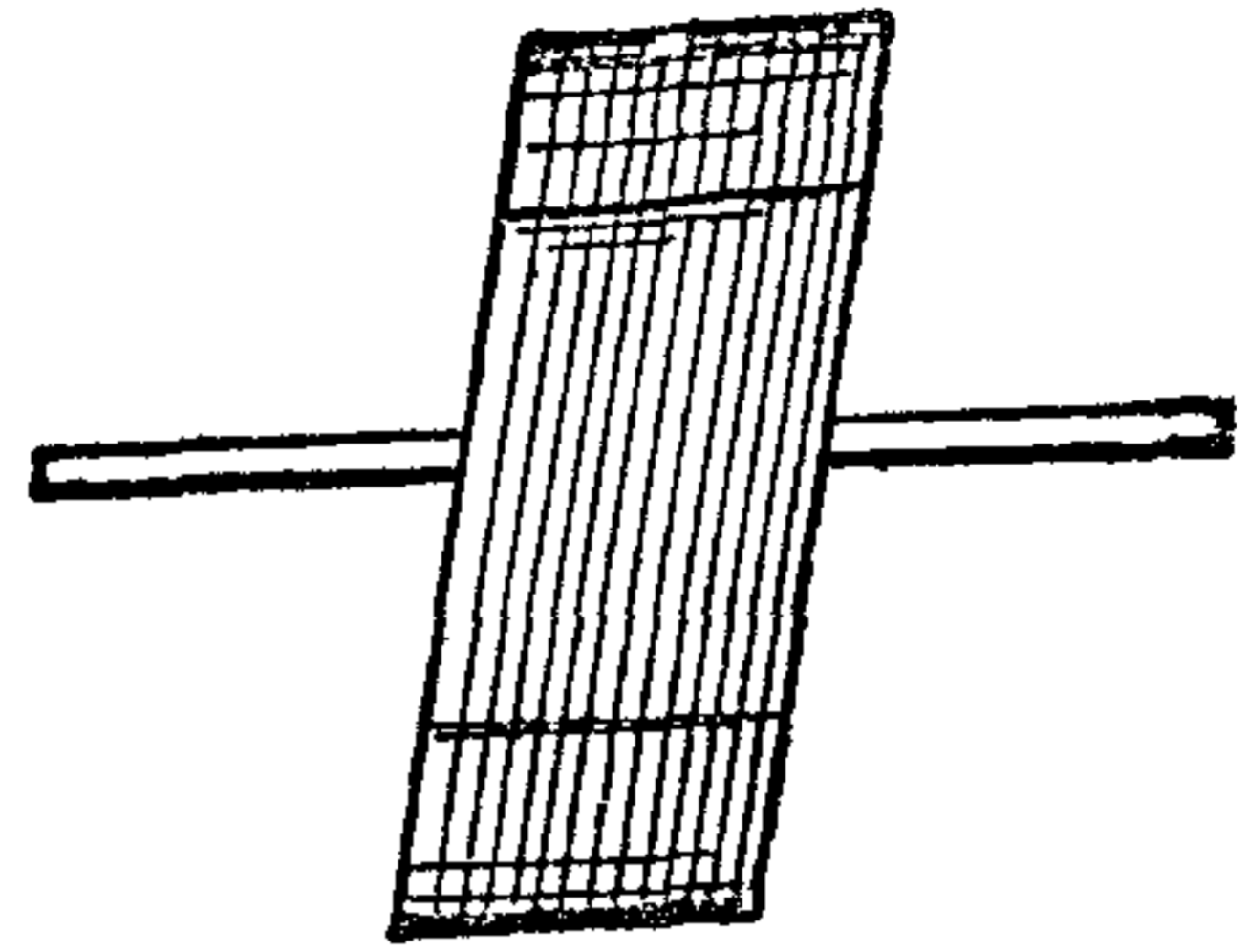
第五十圖

又一種方法是將鐵心兩面的一枚，擦亮而銲接軸桿，這雖沒有上法的堅牢，但軸的粗細，只要像軸孔一樣大小就夠了。

用任何方法裝置軸桿，很易歪斜而成第五十一圖的形狀，作時務須注意改正。

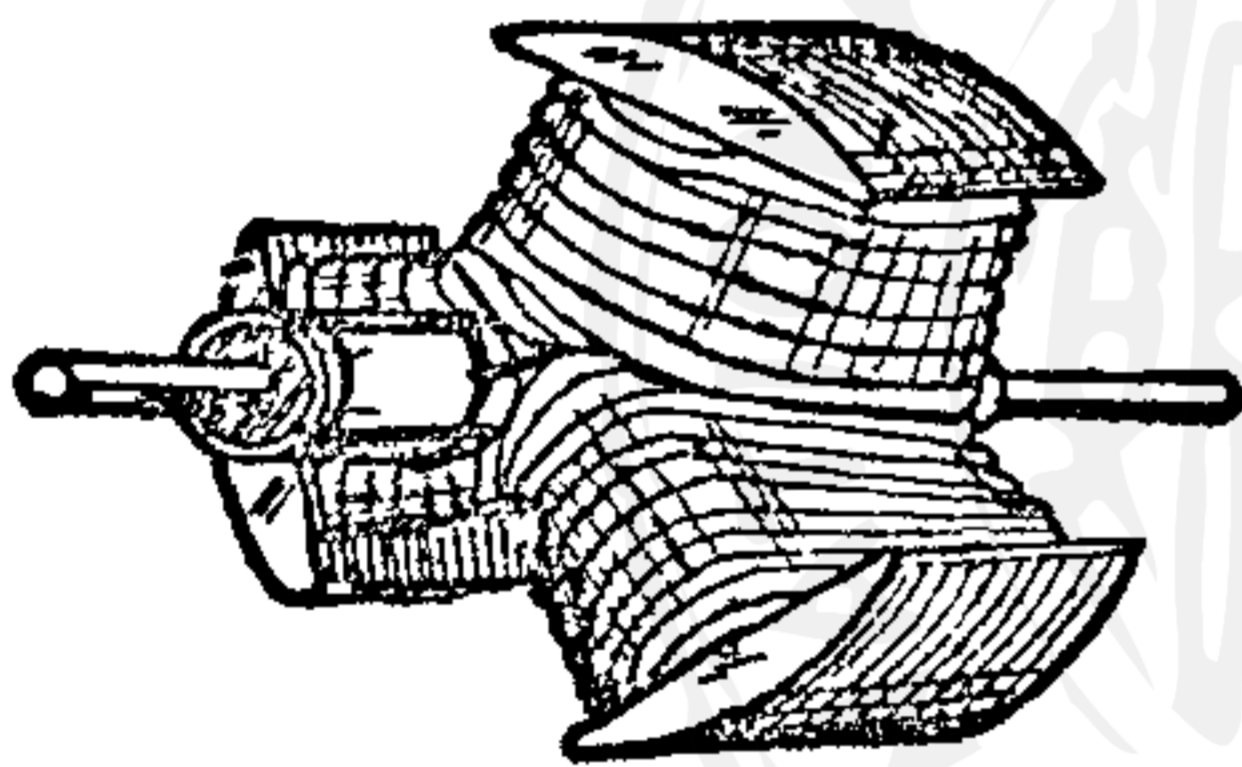
軸既嵌入，則將鐵心疊積形成之各面用銼輕輕銼平，去其凹凸。而後解去所縛之線，另以布片或紙包上，作成絕緣被覆，預備捲繞線圈。所用之線為二十六號紗包線。每一極都繞一百轉。至

於整流器的製法，則與前相同，仍以筆桿，銅片作成，如第三十四圖的樣子。這製成的電樞即用鐵片重疊的電樞心板，乃適於交流之用，如第五十二圖。



第五十一圖

此外電刷軸承的作法與前所述，完全相同，電線的接法，亦絲毫無異。這電動機使用交流，約有八至十二伏特的電壓（電壓意義見附錄）即可轉動。而且很



第五十二圖

為平穩，鐵心亦無發熱之虞。這電動機如改用直流，即用電池轉動，則比以前鐵皮製成鐵心的電動機能力格外強大，這因為鐵心既粗，磁力線增加，磁鐵的力量遠比前製的為強。用直流時仍用六伏特為宜。電壓如再

增高，那末並不能增加力量，而反使電動機發熱。

總之使用交流的電動機，其場磁鐵心和電樞鐵心，必須以薄鐵片疊積製作，鐵皮或生鐵鑄造的鐵心，決不能應用。

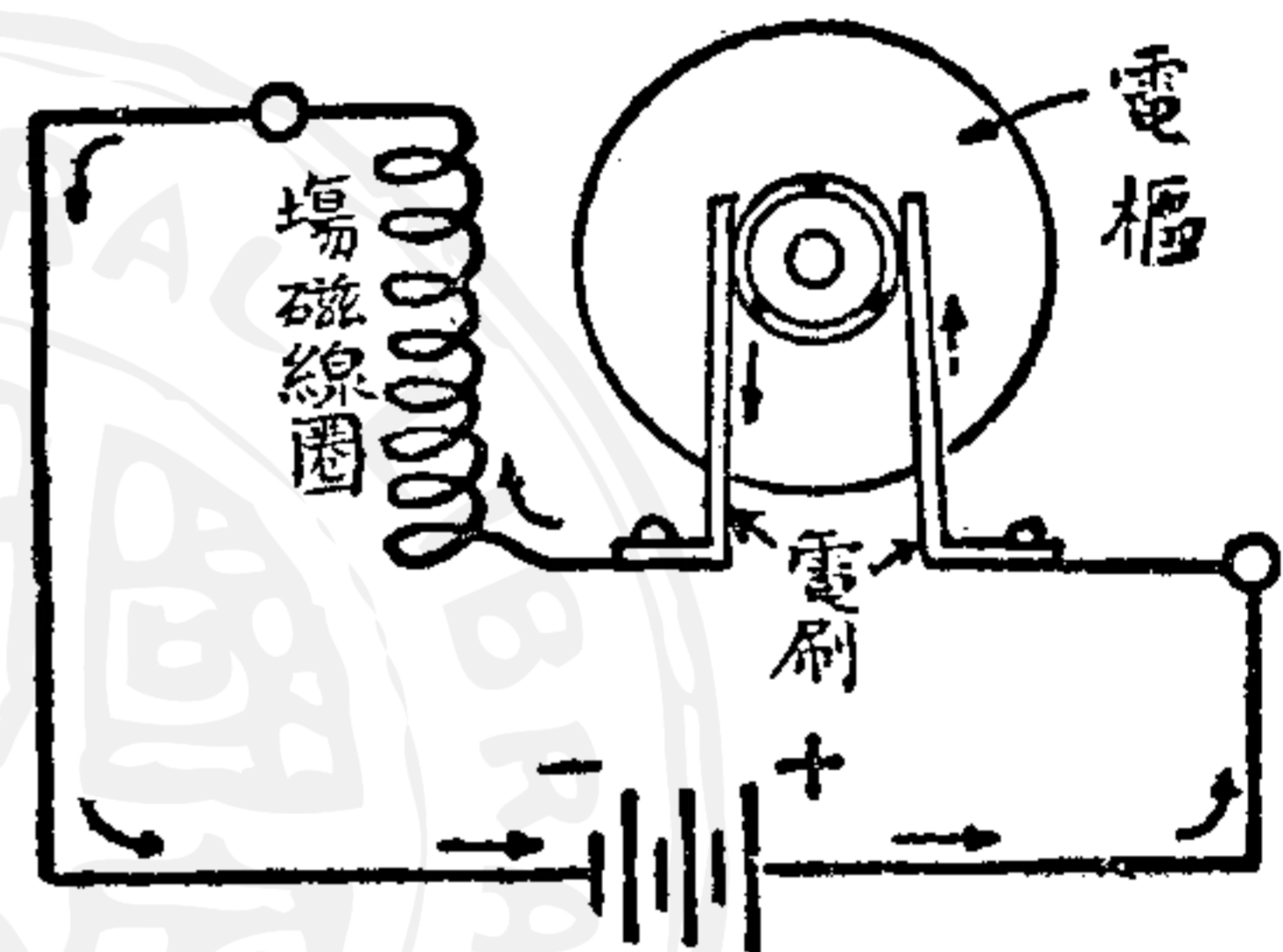
而且在製作鐵心，疊積鐵片時，鐵片表面，不必擦亮，反以稍稍發銹更為妥適，豈非怪事。但這自有理由，並不足奇，這裏因為說來煩複，所以從略。若鐵片過於光亮，則疊積時每隔三枚必隔一層薄紙（任何紙張都好）。或每片塗漆類一層亦可，這使電動機的成績格外增進。

第七章 分繞式電動機

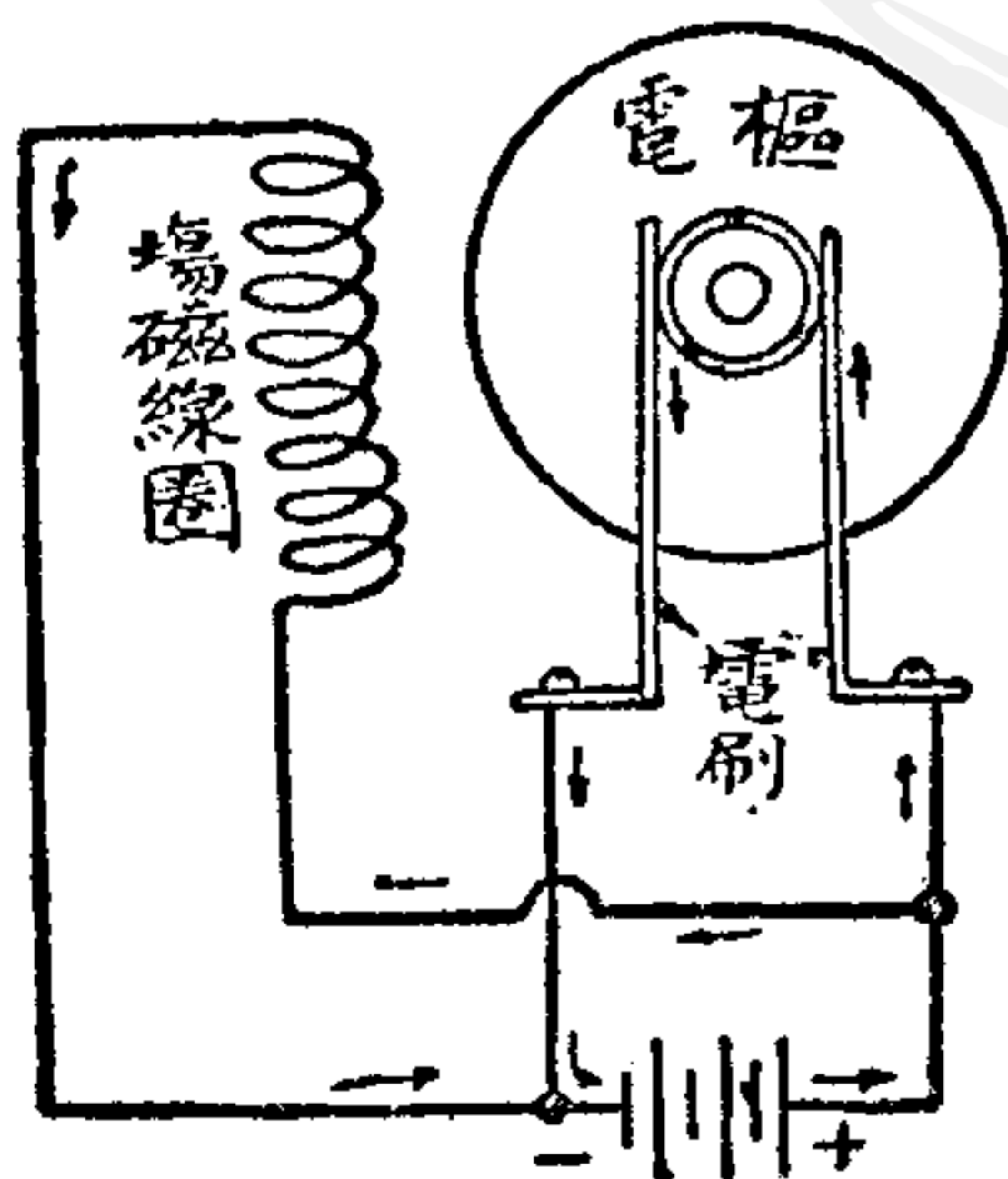
以上所述電動機，無論用直流，用交流，都稱為“直串繞電動機”。此外尚有所謂“分繞電動機”這只不過電樞線圈和場磁線圈的繞法稍有不同，其餘一切都是一樣。串繞電動機的材料很容易改造分繞電動機，以下說明分繞電動機的製法。

一. 製法

到現在為止，所說電動機，其電流通路只有一條。如第五十三圖，從一方的接線柱開始——向電刷——電樞線圈——另一電刷——場磁線圈——以至另一個接線柱。全部一路順行，一切都是直列接線的。這樣製作的電動機，叫做串繞電動機。



第五十三圖



第五十四圖

現在把電流通路，分作二起，一起只通過電樞線圈，一起只通過場磁線圈。如第五十四圖的接法，那便如何？這就是所謂分繞電動機。實際的電動機很多是這樣接法的。模型電動機用分繞式，自然也一樣能夠轉動。而且所用電流，直流交流都可。場磁與電樞的作法，及線圈的繞法都和上述一樣。但

分繞式場磁線圈應以稍細的電線捲繞。其轉數亦比串繞式為多。

又所需電壓雖比串繞式可以較低。但電壓低，而電流卻分二路流通，如合兩路的電流併計，就比串繞式為多。對於電動機的入力則同。因為 $\text{電力} = \text{電壓} \times \text{電流}$

電壓減而電流增，結果所費電力不增不減。

那末，串繞式和分繞式那個成績好呢？沒有好壞，卻各有特長。看情形用處而定，串繞式適當使用串繞，宜於分繞，使用分繞。這譬如人類力量，膂力過人，宜於角力，走路快速，宜於賽跑，是一樣的道理。

二. 與串繞式的比較

這里只把串繞式與分繞式二種電動機應用上不同之點，約略陳述比較如下：——

串繞電動機如加以重荷（所謂荷，就是指電動機的負荷，藉電動機的力量，使他物動作之意），則轉動即慢，負荷減輕，或除去負荷，那末轉動就快。而且因有重荷而轉慢時，他的轉動力，卻非常強大，無負荷，而以最大速度轉動時，他的轉動力則是很弱的。這個只要在轉動時，以指端試按其軸，就可以覺知轉力的大小。

至分繞式電動機，無論有無負荷。其轉動速度，不很差異（若過於重荷，則自然停止不轉），而其轉動力量，慢轉時與快轉時，也沒有像串繞式般相差之遠。

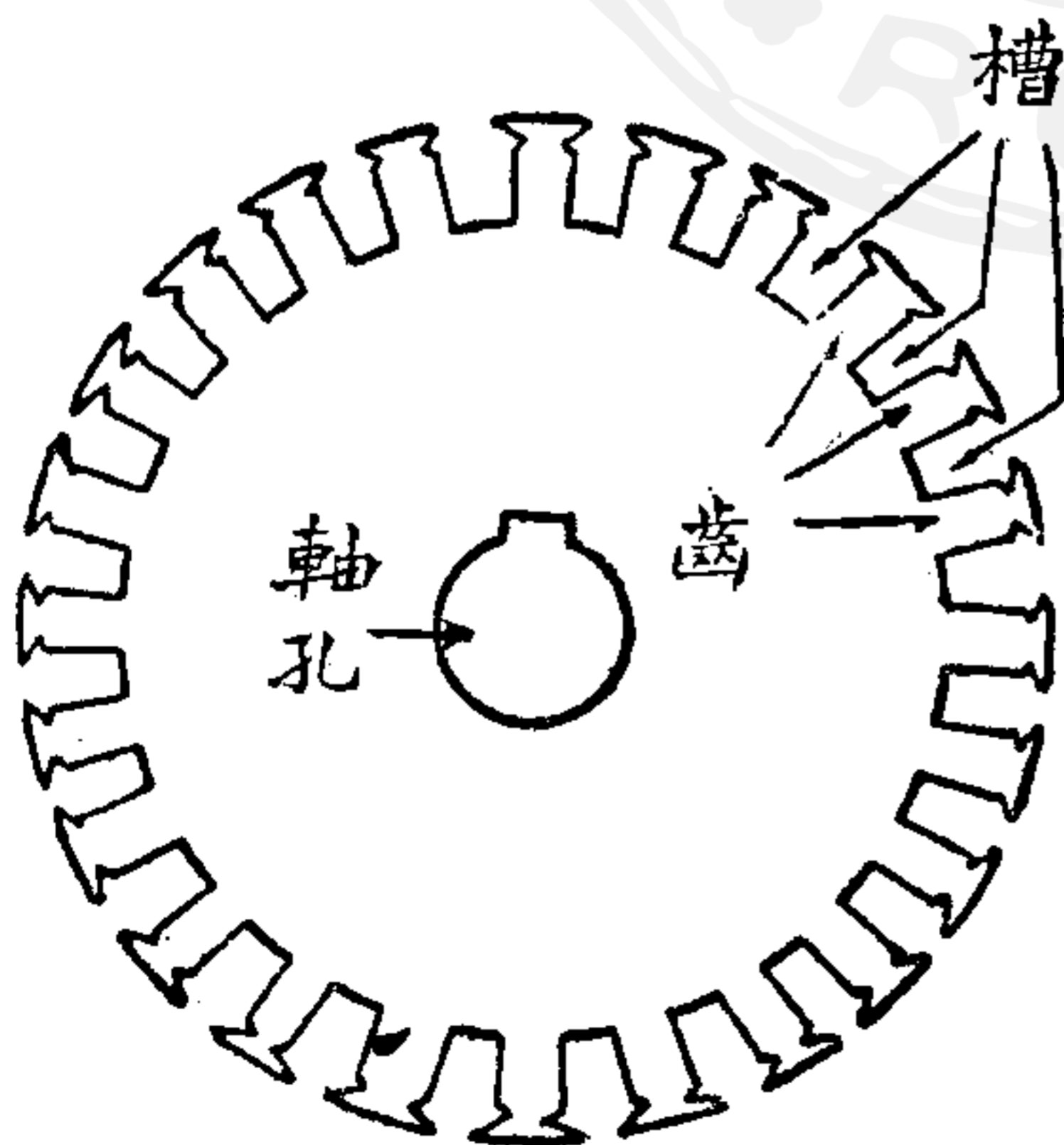
二者不同之點，大概如此，所以利用各自的性質，串繞式電動機可用於電車，電氣機關車，起重機等的動力，而分繞式電動機則用於無論有無負荷而轉速相同之處。例如轉動發電機，及紡

織機器等，這也是製作者欲轉動種種的模型機械時應預先計算到的。

第八章 高級電動機與其製作

一. 實用電動機轉動之理

如上所述，電動機必有所謂“極”，故又有二極電樞，三極電樞之分。而電動機的所以轉動，是由於電樞之極和場磁之極，互相吸引，互相排斥而發生的力量。凡中學校的物理教科書中，講到電動機轉動原理時，也都說是因場磁之極和電樞之極互相吸引互相排斥而起迴轉。然而以極與極的吸引力排斥力而迴轉的，實際上只是上述二極電動子與三極電動子的簡單模型電動機，方是如此。至於實際應用的電動機，其轉動的原理，卻稍有不同。它的電樞，根本就沒有所謂“極”的東西。它是作圓柱形的，



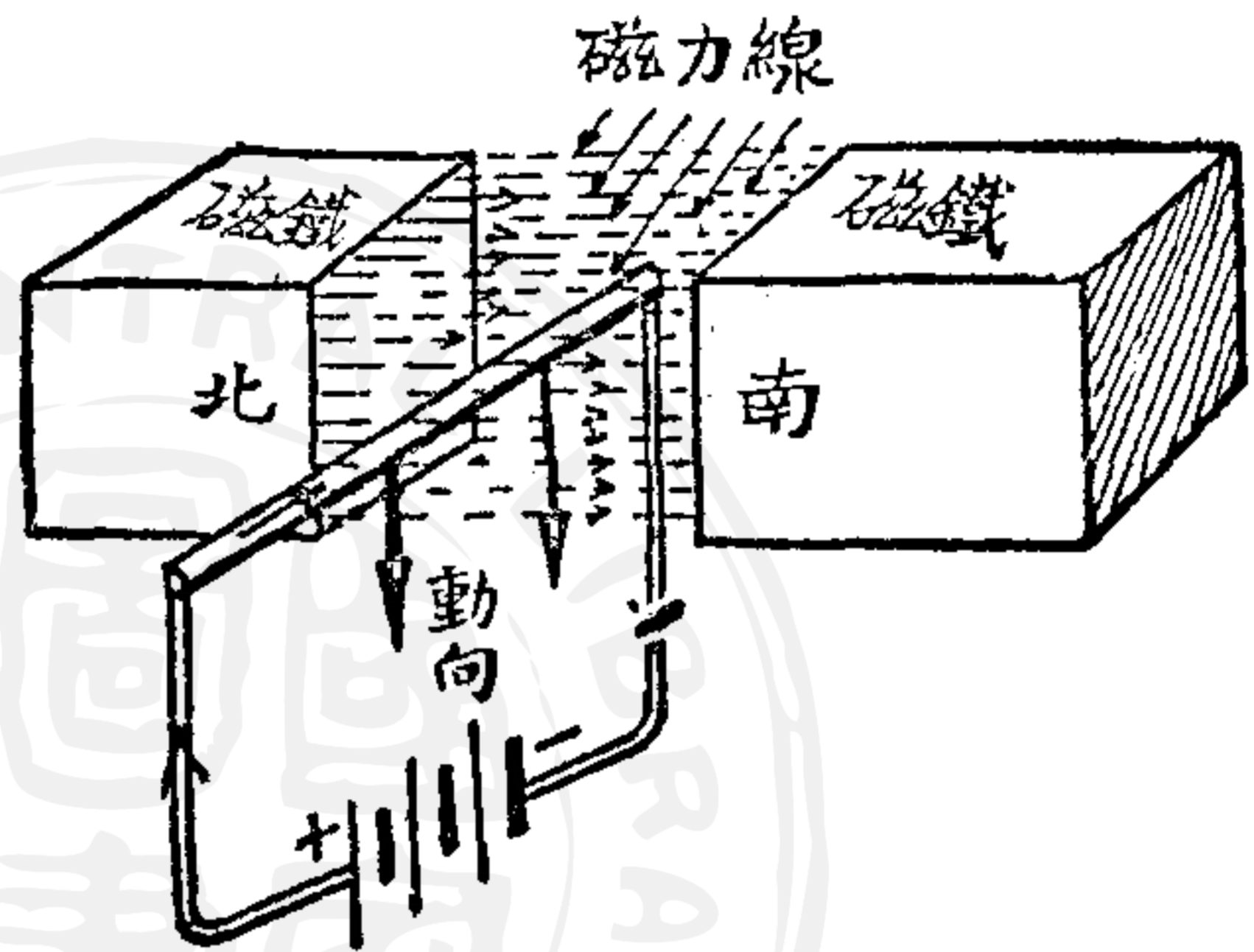
第五十五圖

表面上刻上很多的槽，各各平行。在這些槽中，繞上電樞線圈。不過鐵心仍是用薄鐵板很多層積疊起來。其每一片的形狀如第五十五圖。周圍有如鋸齒狀的排列着。凸出的部分即名為“齒”，凹入之處，即稱為“槽”。凸出之齒列，決不是所謂“極”，他是沒有所謂北極南極，以與場磁之極，相吸引相排斥，

而使電動機轉動的。

那末實用上的電動機何以能夠轉動呢？

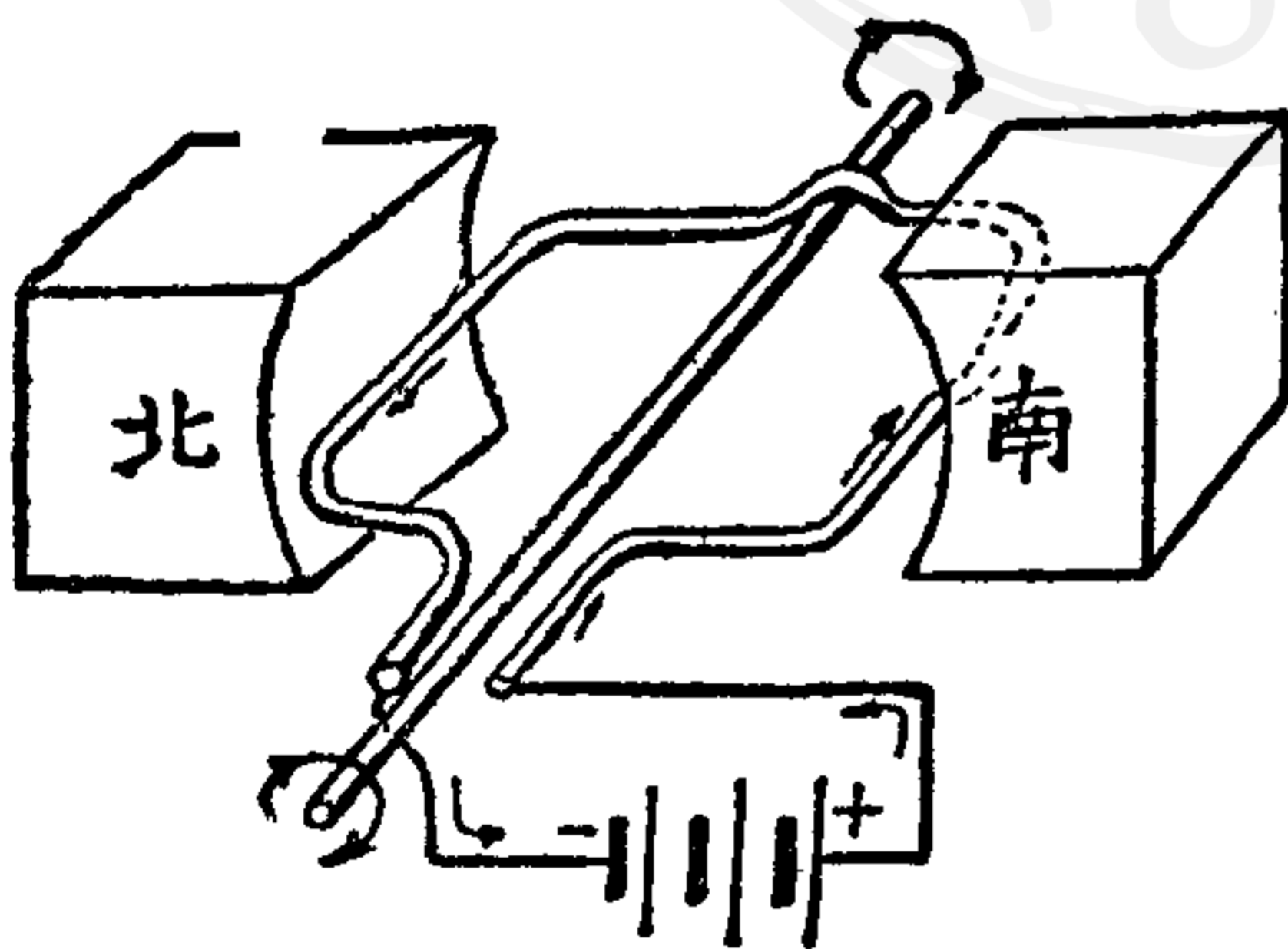
如前所述，磁鐵的北極與南極之間，例如電動機場磁兩極之間，有很多的磁力線為眼目所不能見者通過其中，均自北極以向南極，如第九圖之所示。今若在此等磁力線通過之處，如第五十六圖一般，橫置一根電線，而於線上接以電池而通電流，那末這電線必以粗箭頭所示方向，向下移動。次把電池反接，變更電線中所通電流的方向，這時電線必向上移動。



第五十六圖

今如照第五十七圖情

形把電線彎成四角方形，穿軸於其中央，而接電池，那末四方形



第五十七圖

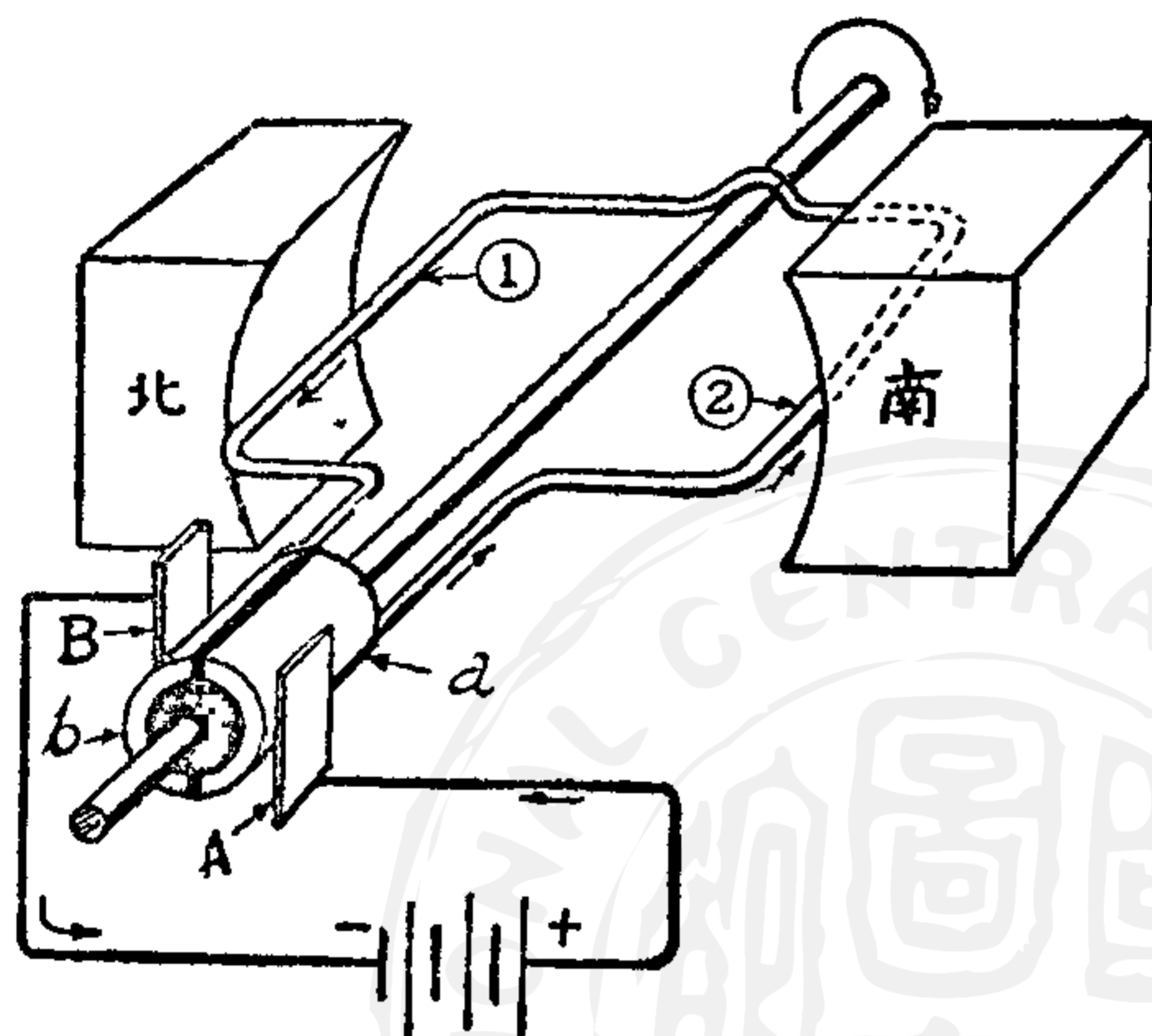
左邊之線，必向上移。同時右邊之線，則向下移。因四方形中有軸心所以起迴轉運動，方向如箭形所示，

實用的電動機就是應用這個作用的，但要是用電池這樣接法，則迴轉半週以後，自行停止。所以必

須裝備整流器，使其銅線方框無論轉至何處，而兩邊流通之電流

總是同一方向流着。

第五十八圖即表示他的原理。如圖，當整流片 a 與電刷 A 整



第五十八圖

流片 b 與電刷 B 接觸的一瞬間，則照第五十七圖，電線方框的左邊(1)向上移動，右邊(2)向下移動，即方框照箭頭所示的方向轉動。然而大約迴轉半週以後，(1)自上而轉至右邊，(2)往下而轉至左邊。那時整流器卻亦跟着迴轉半週。

於是整流片 a 與電刷 A 脫離，而改與 B 接觸，同時整流片 b 與電刷 B 脫離，而改與 A 接觸。即整流片與電刷的接觸，已互相交換。是故以前電流方向為

$$+ - A - a - 2 - 1 - b - B - -$$

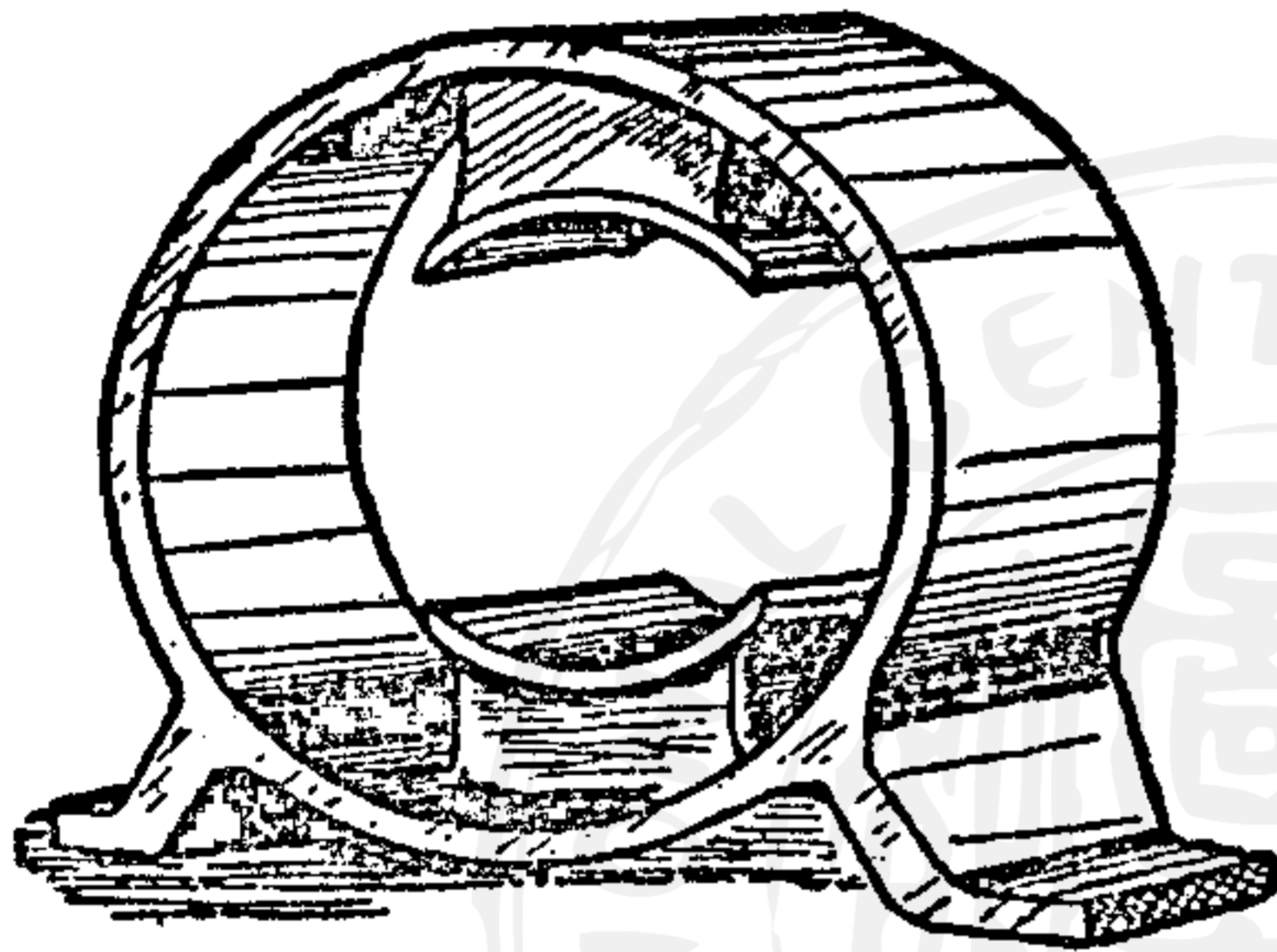
現在卻改為

$$+ - A - b - 1 - 2 - a - B - -$$

電流變為反向。所以和圖反對，雖(1)來至右邊，(2)則已向左邊，但那時因整流器的作用，其中流通的電流亦已反向，結果與五十八圖情形一樣，方框仍繼續以同方向迴轉。及再轉半週以後，再返歸以前狀態，不消說，方框還是同方向轉的。這樣不絕地轉動，就是實用電動機的原理了。

不過要使電動機能出強大的力量，那末，用一根電線製成的方框，是不切用的，必須繞有很多的電線，而且爲了作繞電線的支架，一方又爲使很多磁力線，能够通過，所以嵌入鐵心。

鐵心之槽其數照前第五十五圖爲二十四條。但並不限於二十四，任何多少都好，而且偶數亦可，奇數亦可。



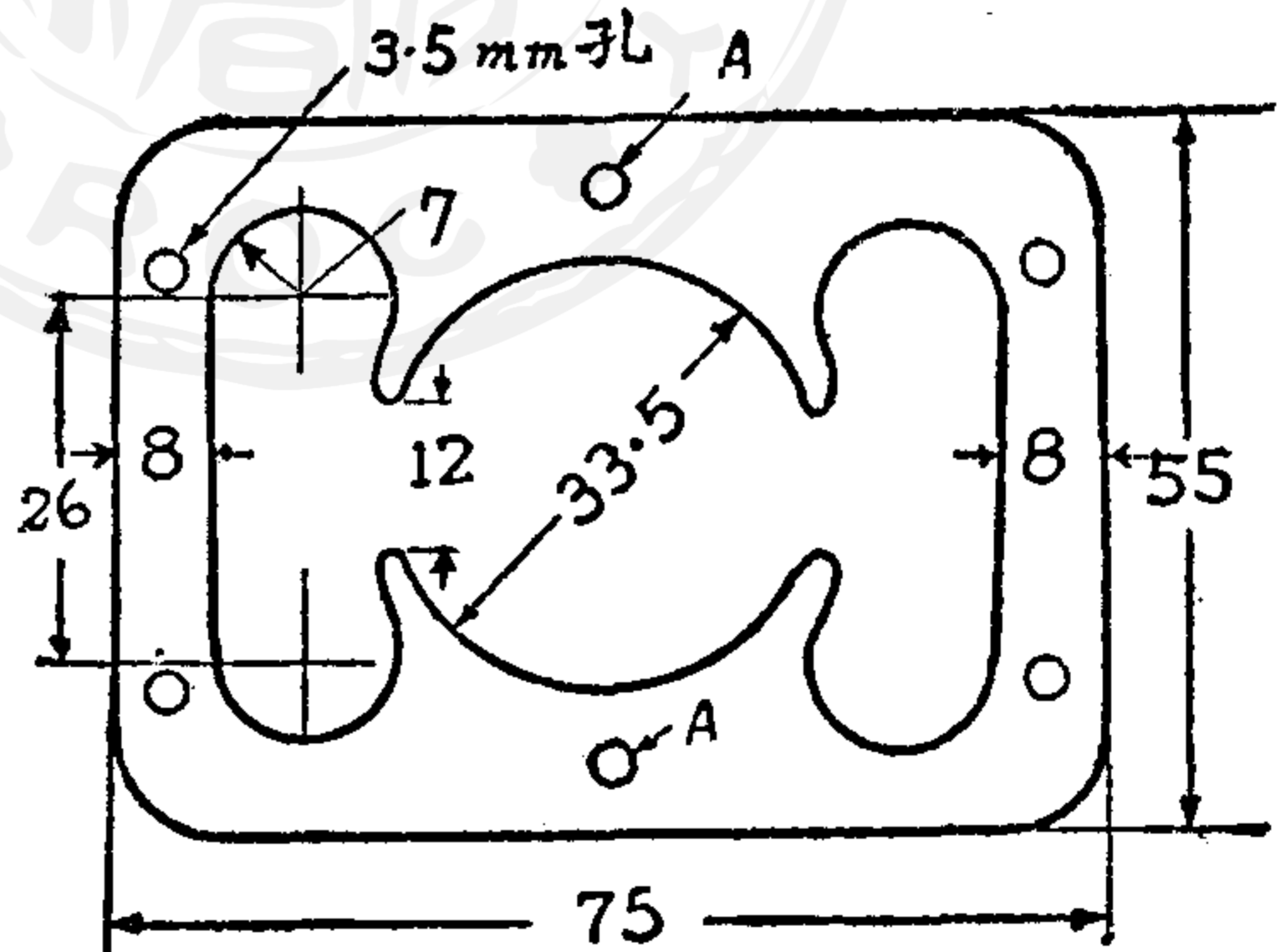
第五十九圖

三. 場磁鐵

現在先作場磁鐵心，這如前第四十九圖之形狀，作馬蹄形固無不可，但這裏再介紹一般所用框形的場磁鐵的製法。所謂框形的場磁鐵，形如第五十九圖，這是實

際應用的直流電動機。他的構造是用鐵作成堅固的鐵筒，而內部附以磁極。場磁線圈便在磁極的頭上捲繞。實用電動機，以前也

這已說明了實用電動機轉動的理由。以下就要製作高級小形電動機，即與實用電動機以同樣理由轉動者。這電動機比較前述二極三極等等，實非常平穩非常順滑，而其力量強大，更不消說。

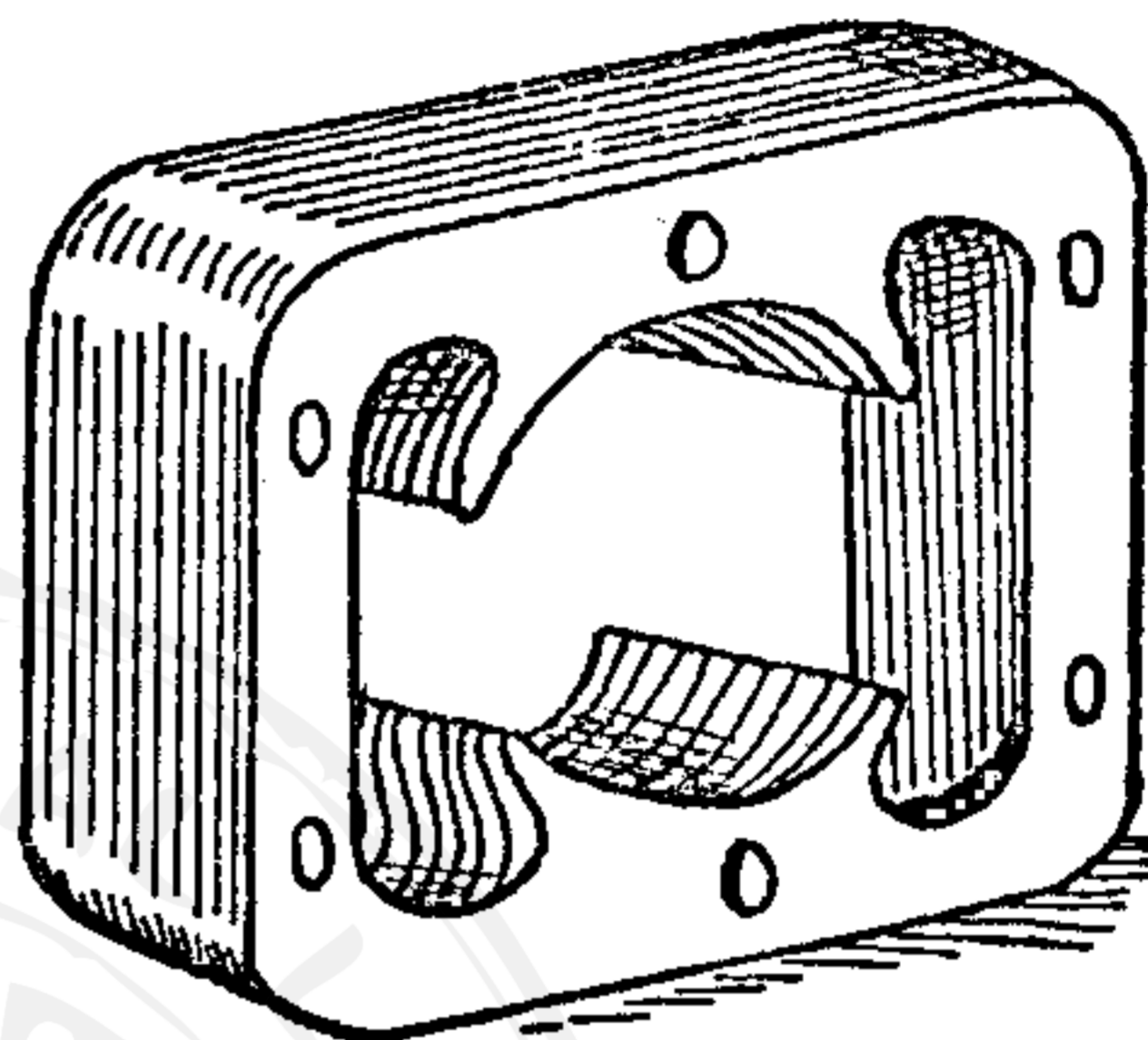


第六十圖

多使用馬蹄形的，近來已都改用這個框形了。因為形體既小，不占地位，其他便利之點，也着實不少。

如第五十九圖的場磁鐵心（普通稱此種鐵心為“場磁框”），以軟鐵製作，因其應用直流之故，軟鐵亦不妨事，若用交流，那末形狀如此而仍應以薄鐵板疊積製成。

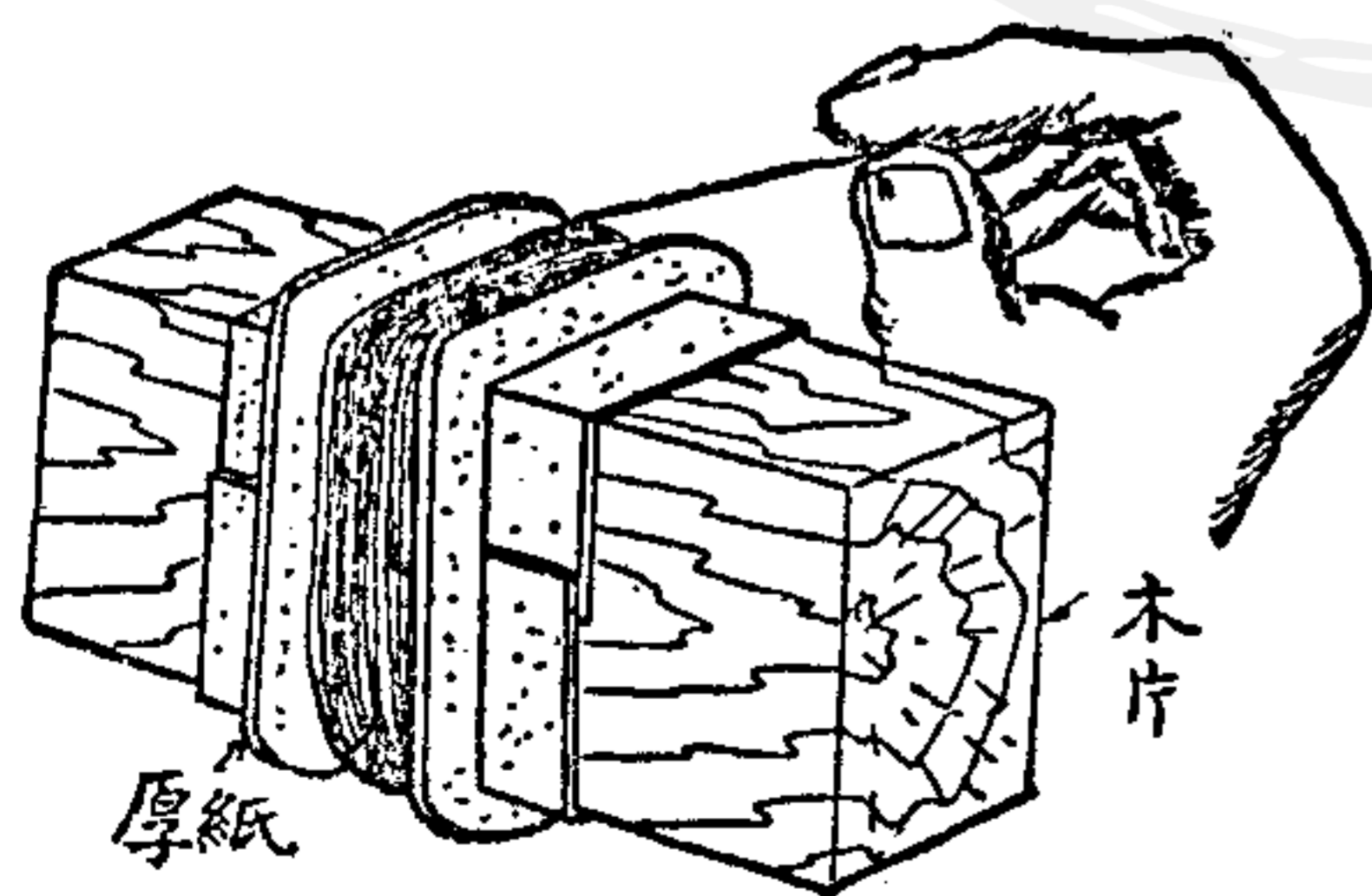
鐵板的裁切方法如第六十圖，用洋鐵或鉛皮剪若干片，疊至二十毫米之厚。上下二孔 AA，穿入粗鐵絲，二端以鎚擊平，保持鐵心不使歪斜。周圍不齊處，以銼銼平。製成以後如第六十一圖。



第六十一圖

四. 場磁線圈

在這框形鐵心上繞製線圈，仍照前以紙絕緣，繞電線時，雖直接在框內繞，亦無不可，但工作困難，不如另製成空心線圈，在後嵌入磁極，較為便利。

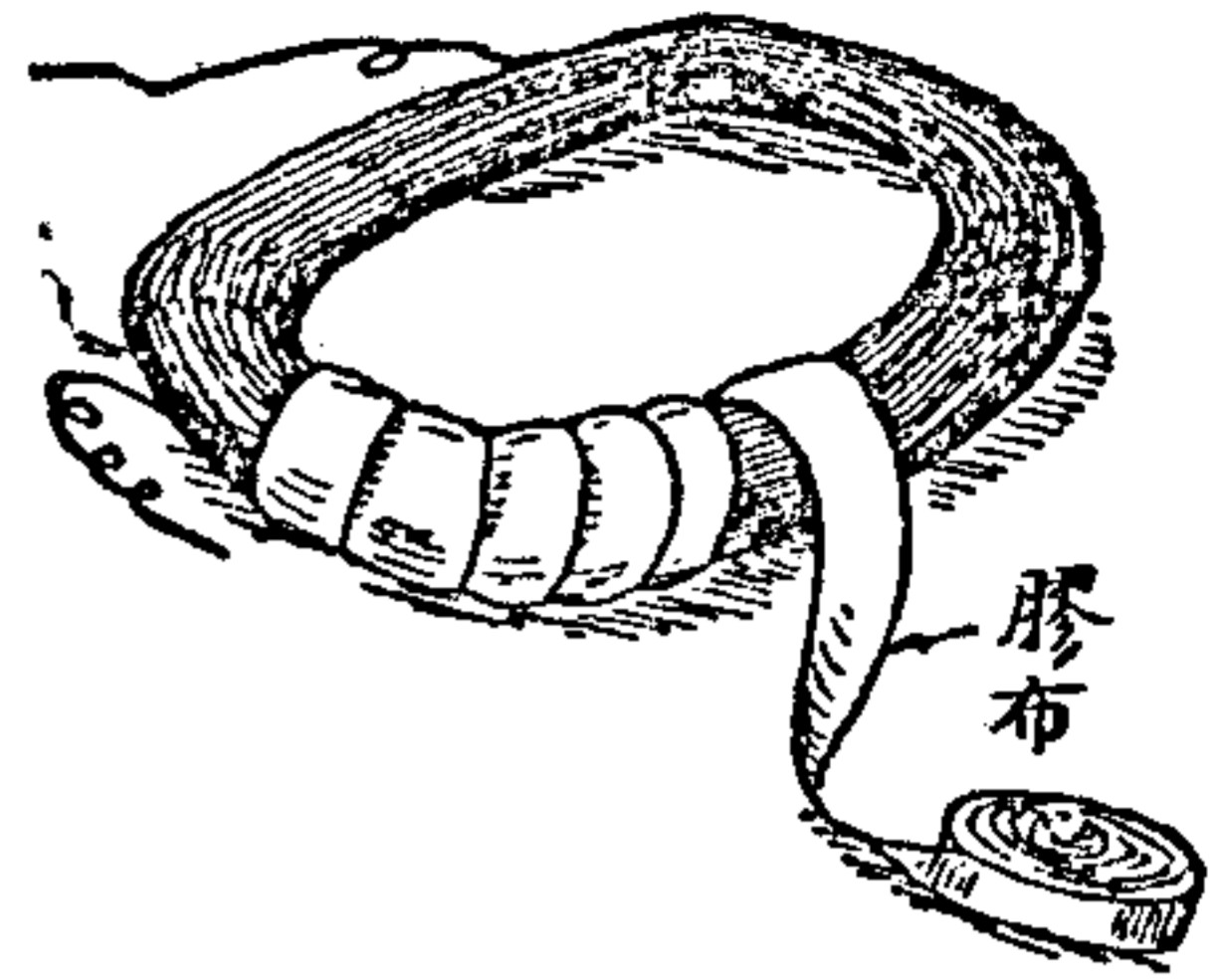


第六十二圖

這時應先置備厚二厘米的，闊四厘米的方形木條一方。外加厚紙版一層，再以厚紙板作一厘米高的邊緣，嵌在二端，藉作捲製線圈之框。於是照第六十圖，繞上電線。俟繞到適當轉數，抽去木條，

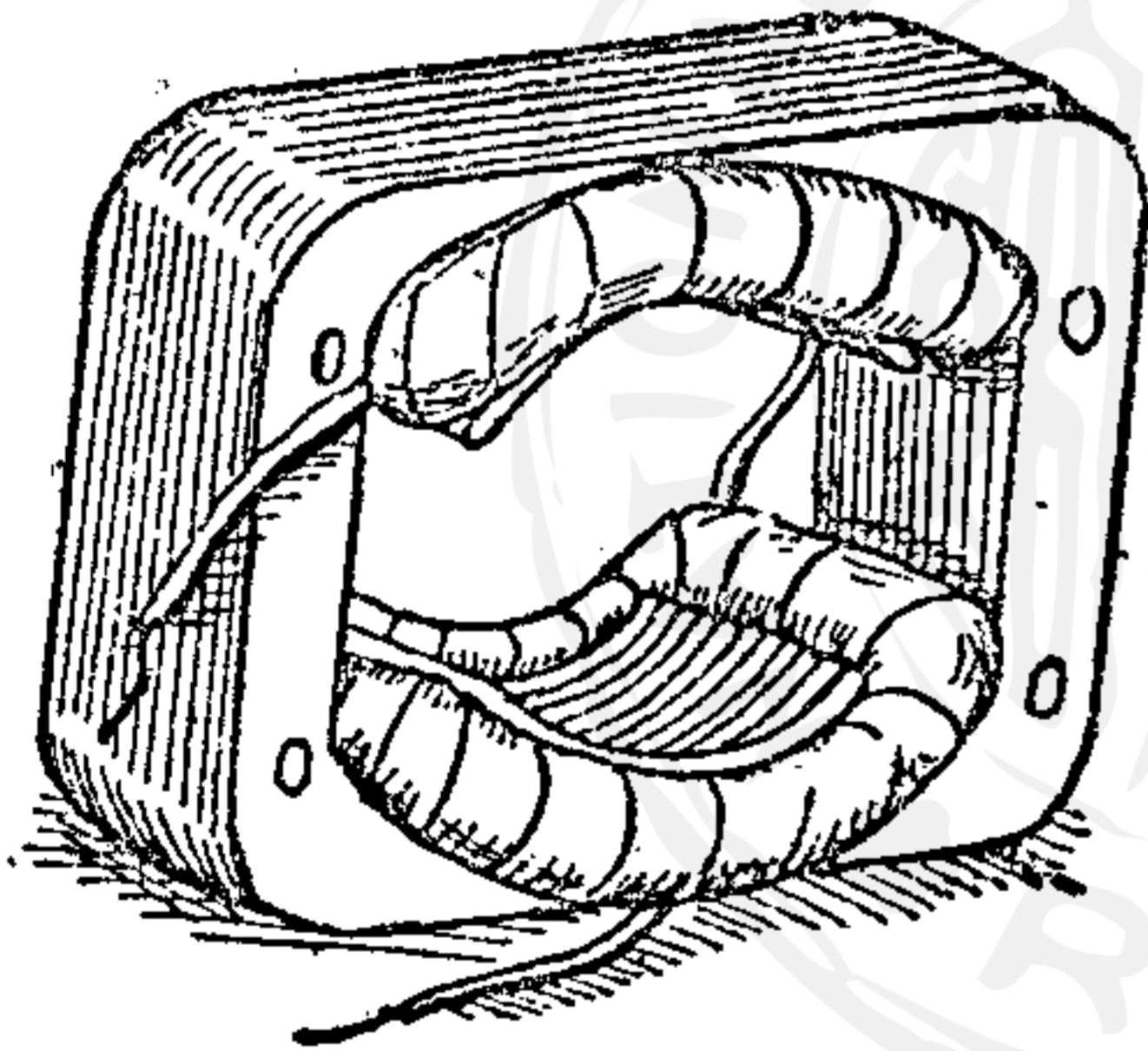
則厚紙亦即鬆脫，空心線圈便可取出。但取出時防線圈鬆散，先

用線緊紮二三處，再用橡皮膠布把線圈包裹。如第六十三圖。這布係用普通細紗布亦可，包捲時，無需多層，每一轉疊入布條一半闊度，而緊緊包捲一轉即可。



第六十三圖

膠布包捲終了，稍稍曲成鞍形，以使適於嵌入磁極。若有凡尼斯，則塗凡尼斯，否則用漆絕緣。這樣線圈應作成二個，嵌入上述鐵心後，如第六十四圖。線圈必須



第六十四圖

嵌牢，急電動機轉動時鬆動脫落。倘線圈不能緊湊鐵心，那末中間插入舊書或厚紙板，使其扣緊。

這場磁線圈用幾號線捲幾轉，這要看電動機所用電壓之高低。六伏特，十伏特或二十五甚至一百伏特，種種電壓不同，則用號數與所繞轉數亦就不用，但查以

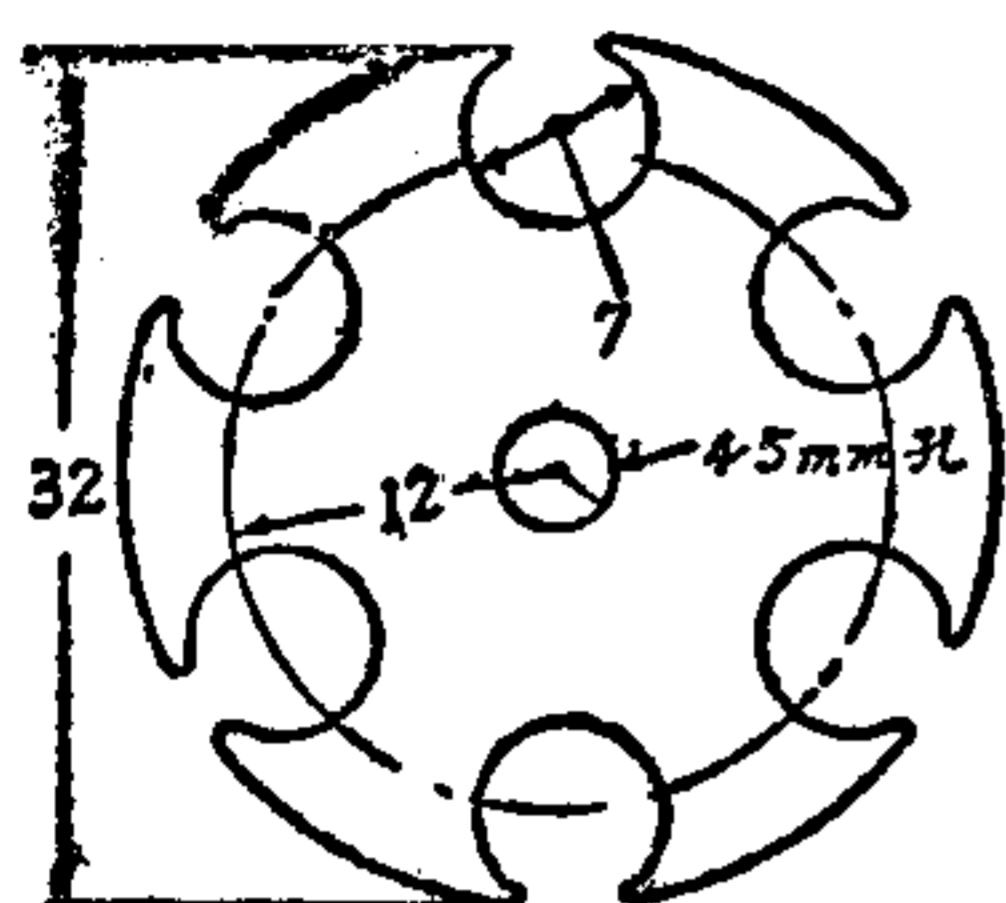
下第50頁之表即可明瞭。

五. 電 樞 鐵 心

其次是製作電樞。這也須用洋鐵片或鉛皮片積疊而作，軟鐵或鑄成之鐵型，都不適用，讀者也許反以為整塊鐵心，比較美觀，但就成績上說卻是最忌的。

電樞鐵心的線圈槽並無一定數目。但這裡所作的小型電樞，大體六，七，九，至多十一槽已儘夠了。六槽電樞，線圈繞法最為

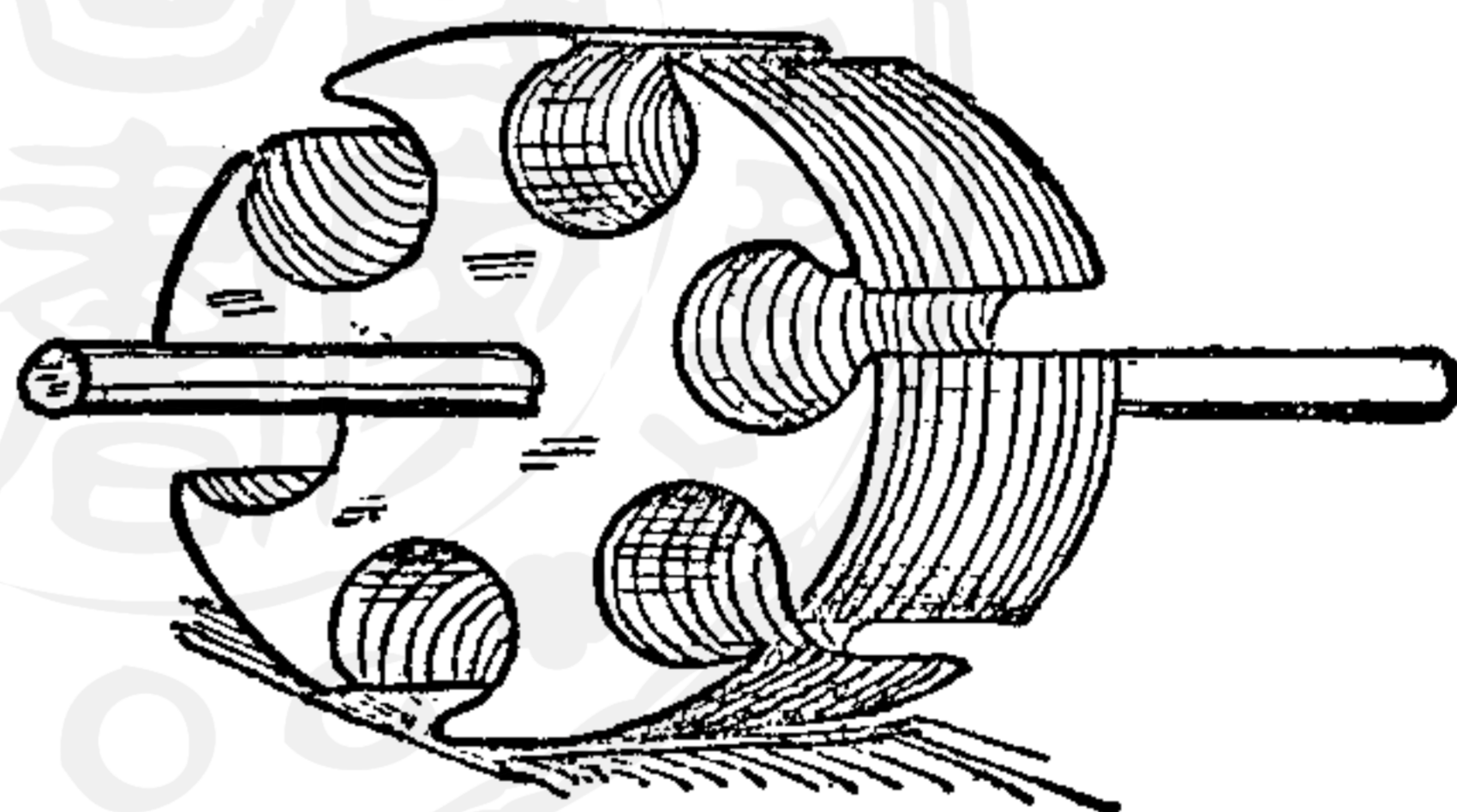
簡單，故先講六槽，而後再說七槽八槽九槽的繞法。



第六十五圖

製六槽電樞的鐵片，要切成第六十五圖樣子。為使與場磁鐵適相脗合，故疊成之厚，亦為二十毫米。電動機的力量強弱是看電樞體積的大小而定的。鐵片積得愈厚，力亦愈強。但一方電樞的直徑與其長度，即積成的厚度的比率，也有其限度，逾限則成績不佳，所以過於細長，成績反壞。上圖尺寸的鐵片，積厚以二十毫米至四十毫米最為適當。

今場磁鐵心之厚，既定為二十毫米，那末電樞的厚，也應為二十毫米。疊成以後裝上軸桿，如第六十六圖。軸桿係用粗直徑四毫米至五毫米的鐵棒製成。過細易於彎曲。所以鐵心的軸孔大小，也須照此。裝入軸桿的方法，與前述三極電樞時一樣。



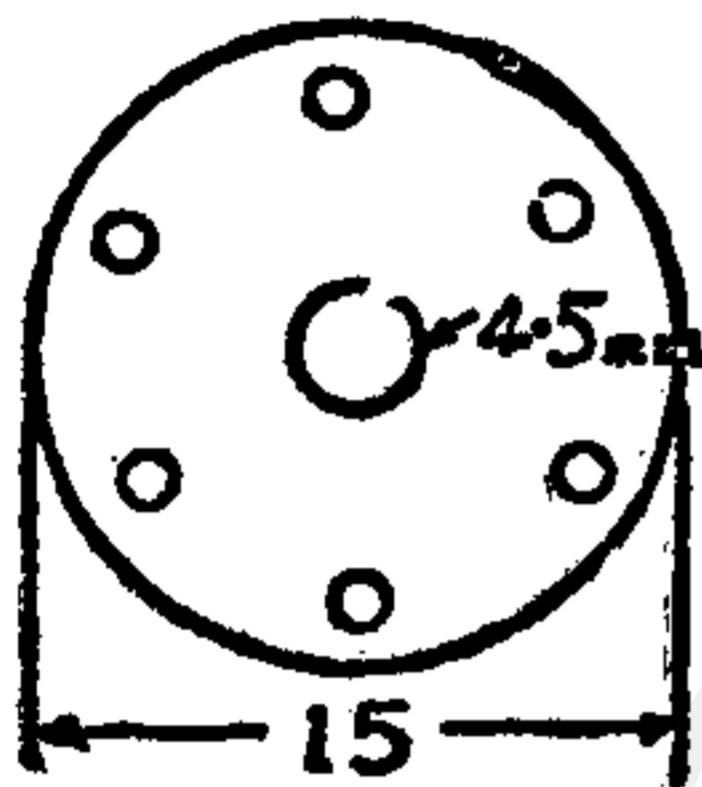
第六十六圖

六. 六槽電樞用之整流器

電樞既有六槽，那末整流器的整流片，自然也須六個。整流器作法雖有種種。即如前三極電樞，取筆桿一枚，裝置銅片六枚，兩端以線縛住，亦可應用，但不甚堅固，在這種高級電動機中，決不適用，而須加以特製。

第一種製法，是以厚一毫米至一，五毫米的銅片照第六十

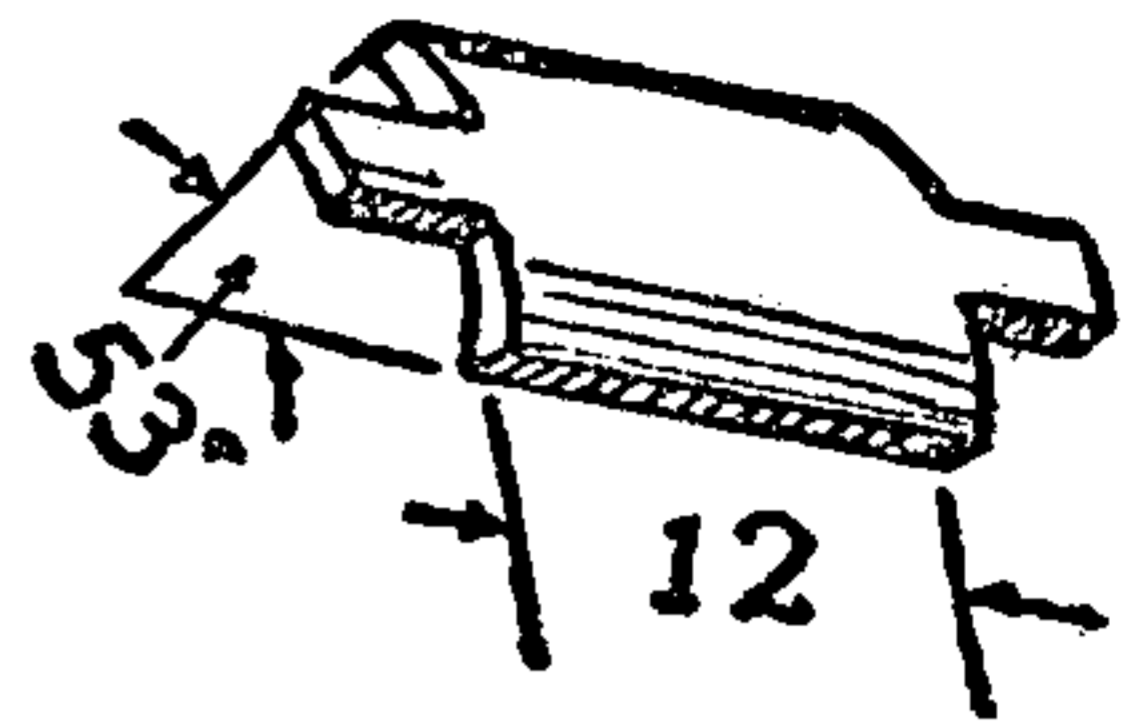
七圖形狀製成六枚。因整流片有六枚，故彎成之弧度，約為五十三度。若為七枚，九枚，十一枚，則弧度應為四十五度，三十四度，二十七度。次以厚約二毫米的絕緣沖皮紙片，照第六十八圖



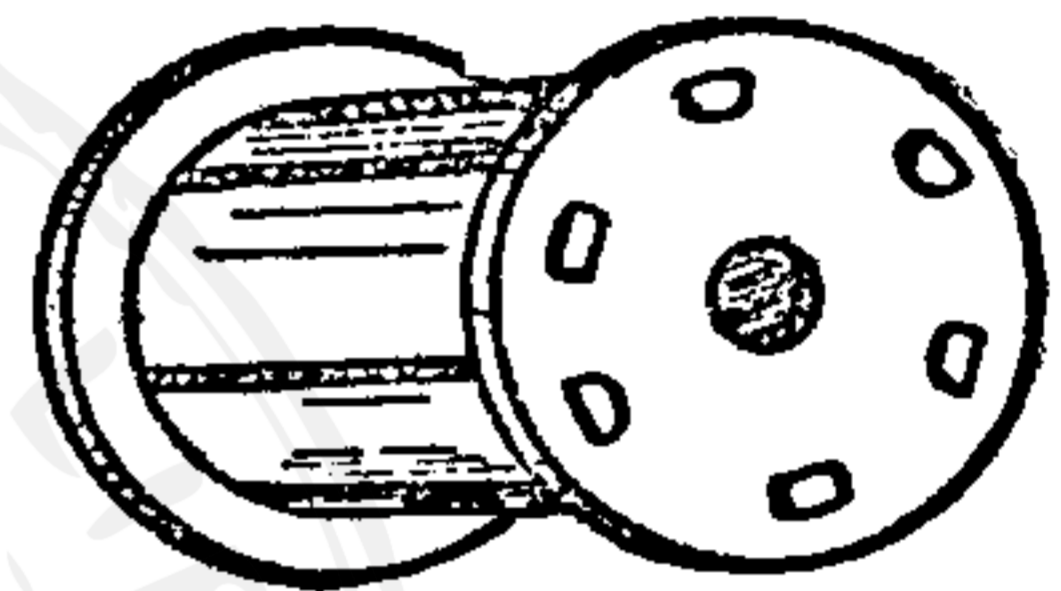
第六十八圖

製成二枚，上有六孔，各各嵌入整流片伸出之端而彎轉嚙住。形如第六十九圖，就十分堅固了。

尚有一個方法，則如第七十圖，在絕緣沖皮厚紙製的圓筒周圍並



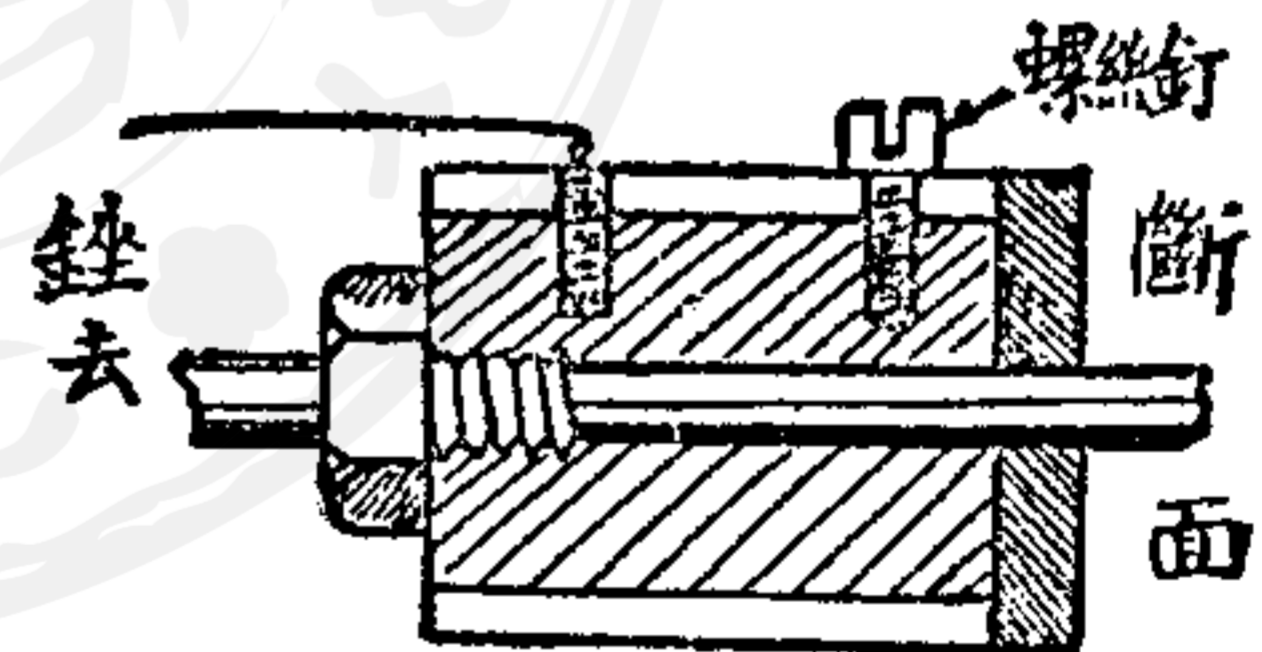
第六十七圖



第六十九圖

裝整流片，用小螺絲釘固定之即可。這二種方法，自然亦可應用於三極電樞。

六槽電樞的鐵心，既成，整流器亦已具備，在後就是線圈的繞法，有如下述。

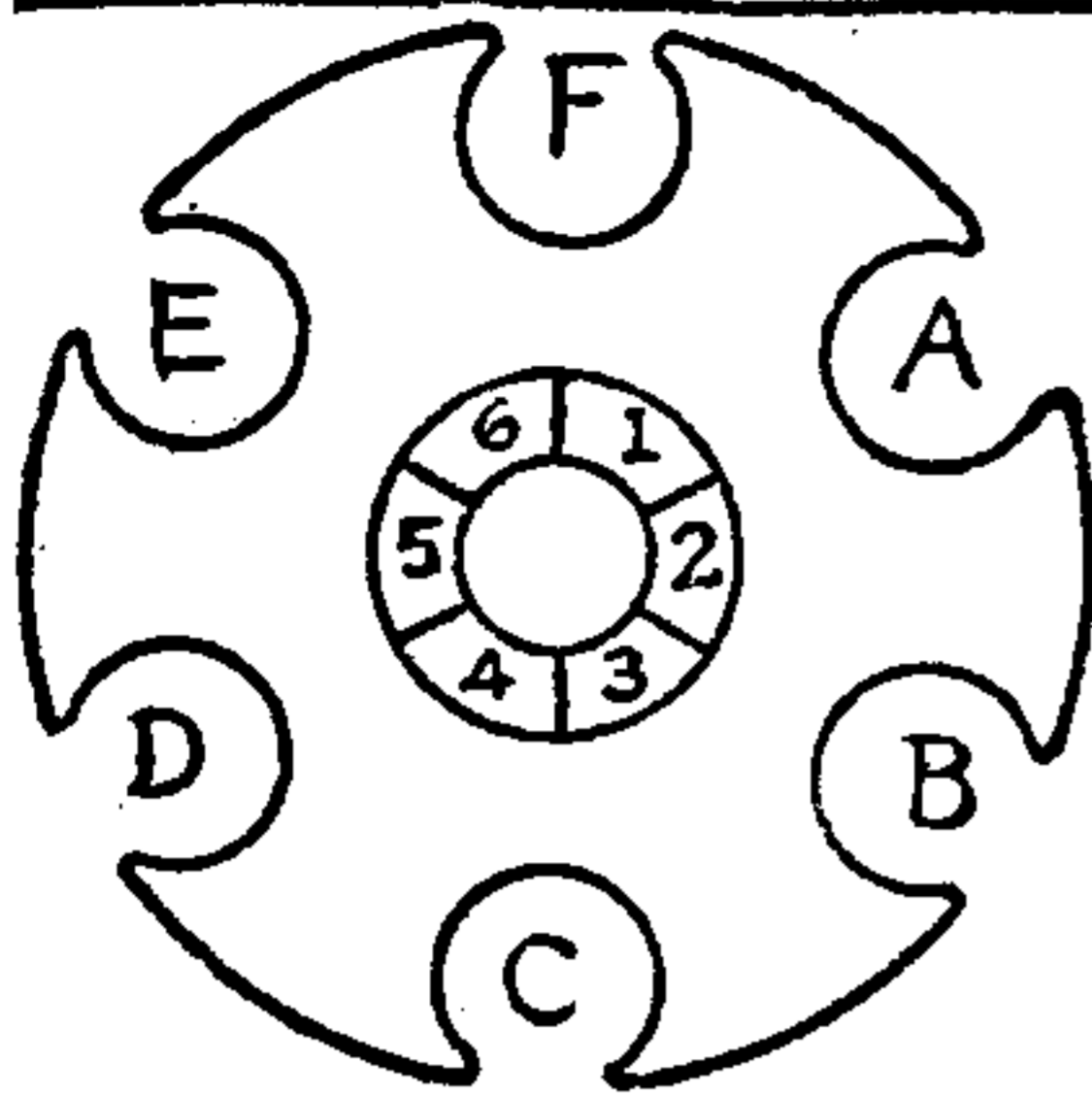


第七十圖

七. 電樞線圈之繞製

上文敘述鐵心製法時，已說過，本式電樞的齒列，決不能算作極，捲線也不能在每一齒上繞上，而須要繞着電樞全體而捲繞的。這樣簡單一句話，自然一時不會明瞭，但細讀下文，明白順序，繞裝也不困難了。

鐵心有六槽，整流器的整流片也有六個。因之線圈也須要六個。今向電樞軸桿裝嵌整流器，如第七十一圖，由正面看去，而將

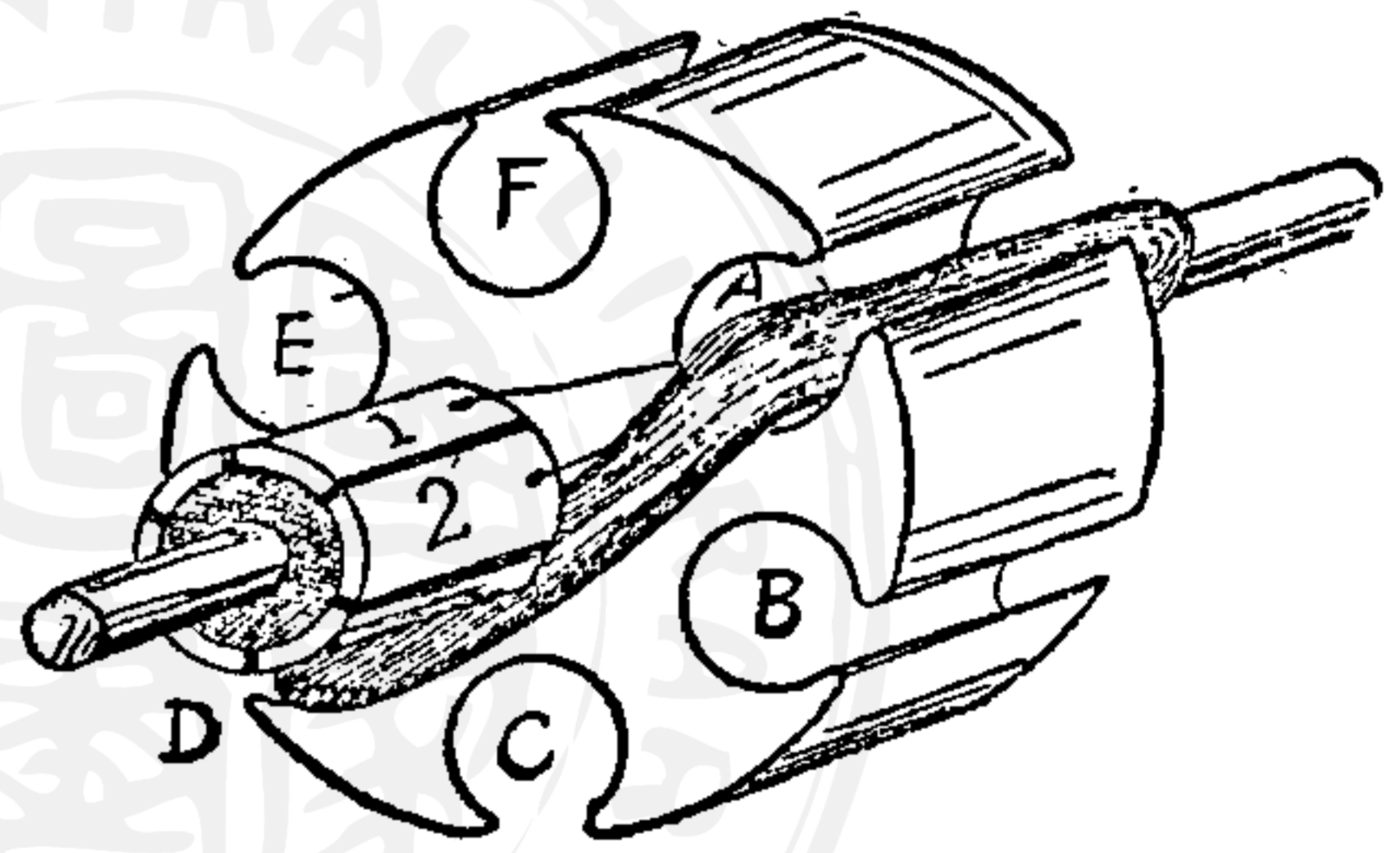


第七十一圖

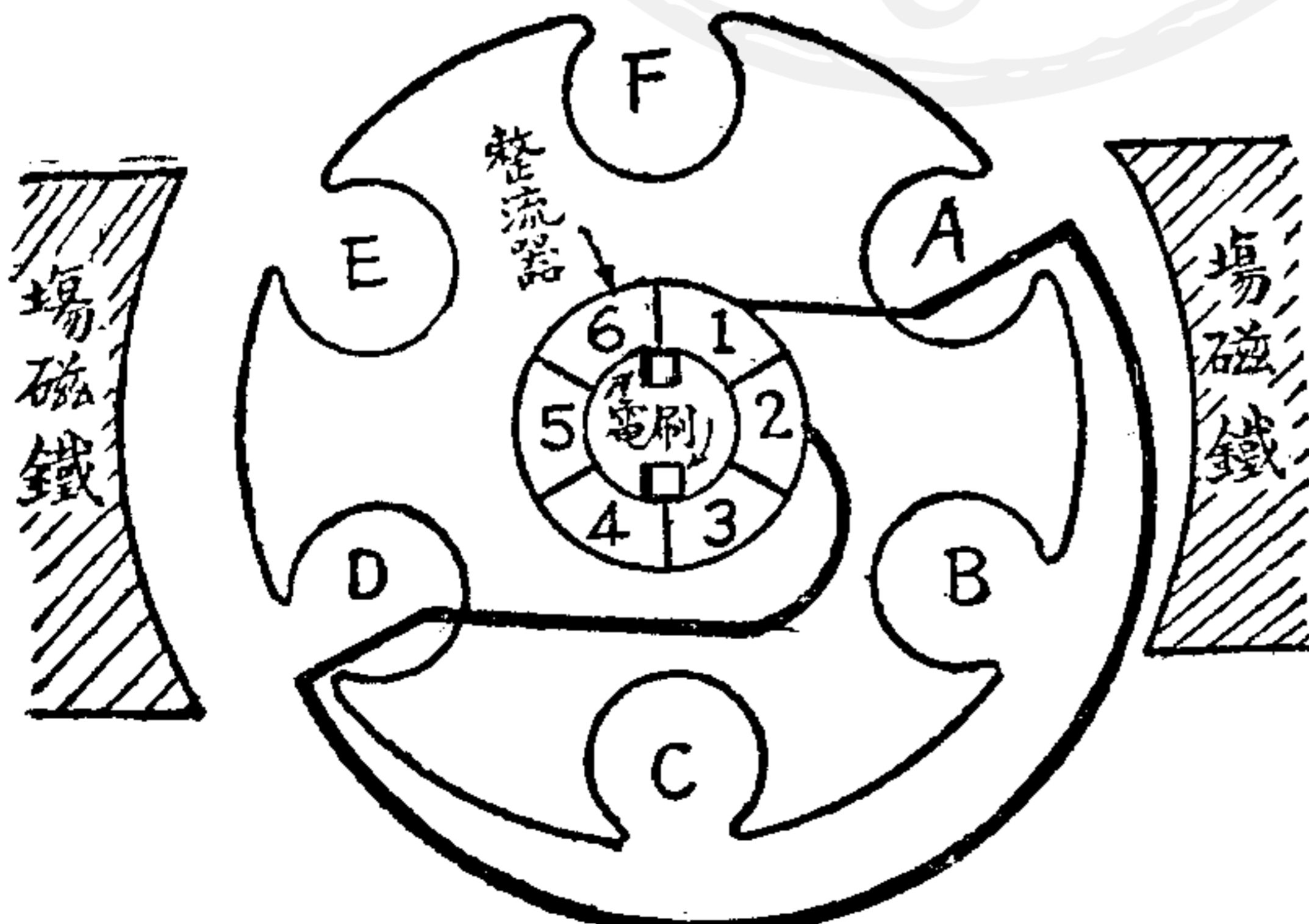
各槽註以A, B, C 等文字, 整流片註以1, 2, 3等號數。其繞第一個線圈, 自整流片(1)出發, 通過A槽, 繞至鐵心對面, 而由與A正對的D槽回至原處, 這樣在這AD二槽間, 繞製線圈, 俟有適當轉數, 便將最後線端接

於整流片(2)這就是第一號線圈。如第七十二圖。以簡單線圖表示, 如七十三圖。線圖中轉數只一轉, 所以避免混雜, 一轉即代表一線圈了。以後所載繞線圈, 都照此例。

其次繞第二號線圈, 今自第一號線圈終端所接之整流片(2)開始, 而繞着



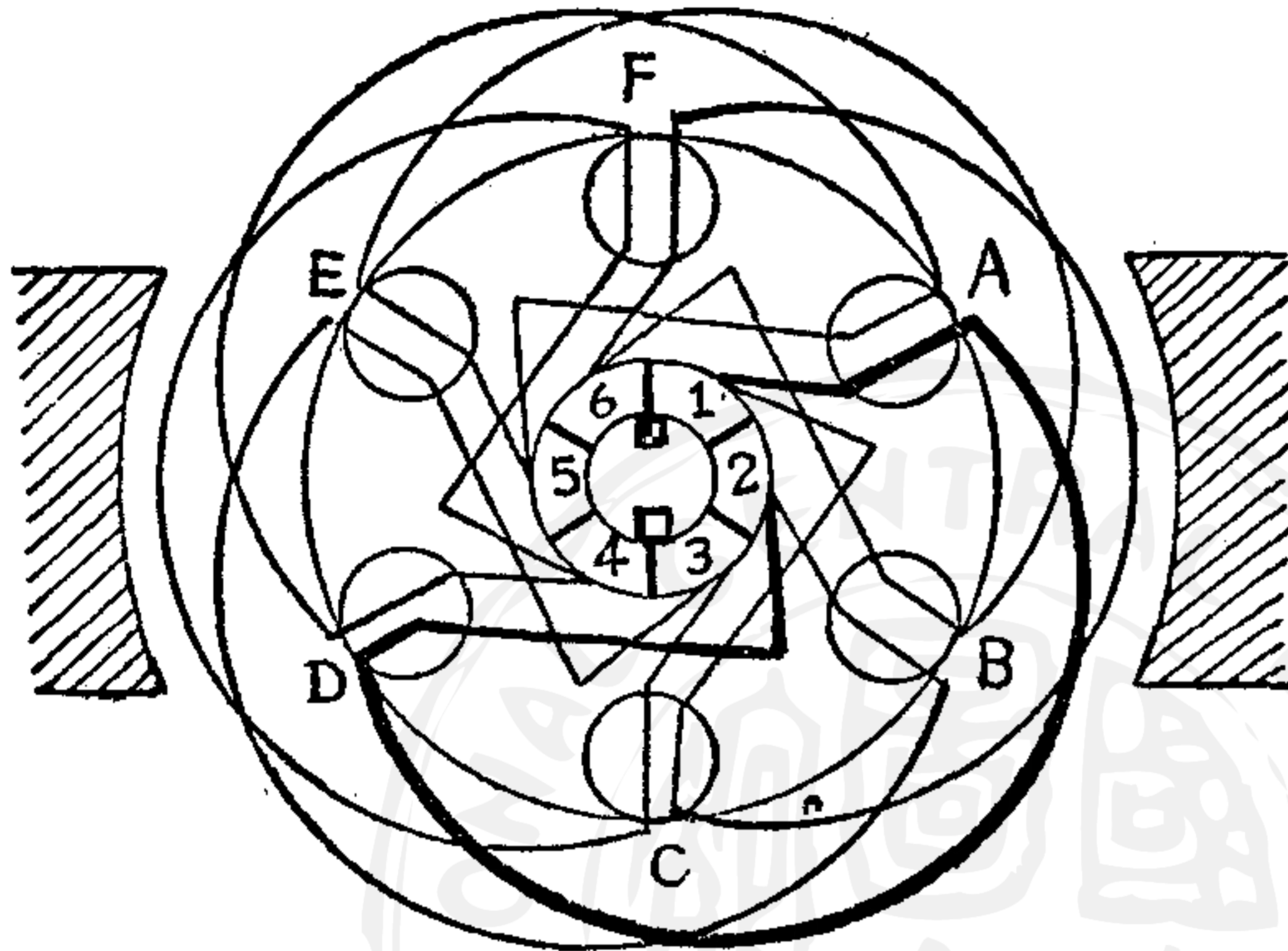
第七十二圖



第七十三圖

B, E二槽間捲製。其末端則接於整流片(3), 如此繞法, 自第二號以後的線圈, 必將與以前所繞之線圈, 在鐵心側面交叉重疊, 但這是不妨事的。

又其次第三號線圈，是由整流片(3)開始，而在C, F間繞製，終端則接於整流片(4)。自第四號以後，以照此繞法，一槽槽的比鄰繞去。即第四號線圈，自整流片(4)出發，與第一號同樣繞於D, A二



槽間，末端接 整流片(5), 第五號線圈，自(5)出發繞於 E, B 二槽間，末端接(6)。最後第六號線圈，自(6)出發，繞於F, C二槽之間，末端接(1)。這樣六個

線圈，就完全繞成。 第七十四圖

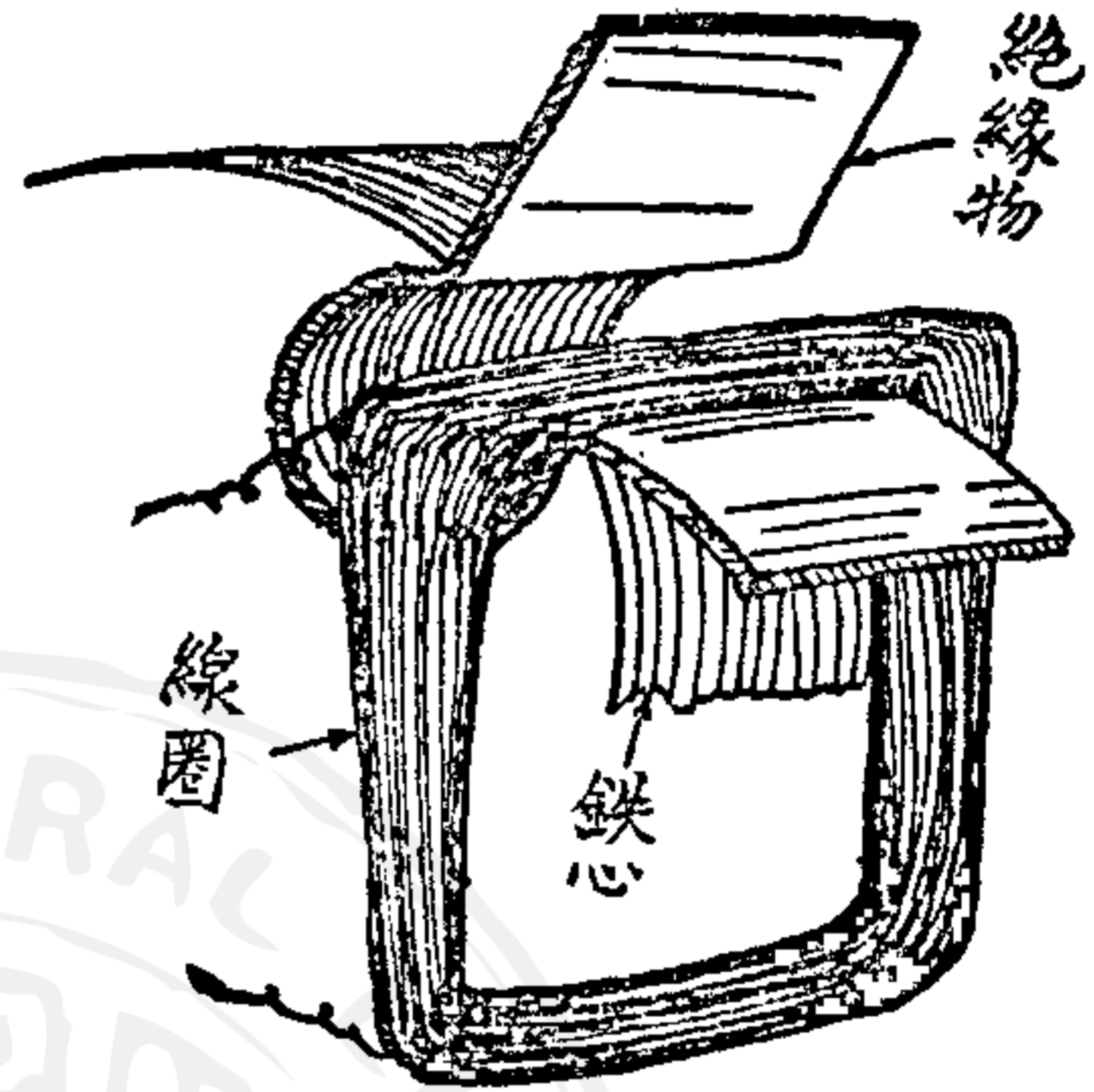
今再將繞製順序，列成簡表以示之，則如右表，而六個圈線繞製的線圖，

第一號線圈	1—A—D—2
第二號線圈	2—B—E—3
第三號線圈	3—C—F—4
第四號線圈	4—D—A—5
第五號線圈	5—E—B—6
第六號線圈	6—F—C—1

則如第七十四圖。以此圖表互相對照，而找尋線圈製繞的軌迹，則很容易明瞭。圖中電刷繪於整流器內側，這也為表示明瞭起見，實際上不消說，是在整流器外面的。

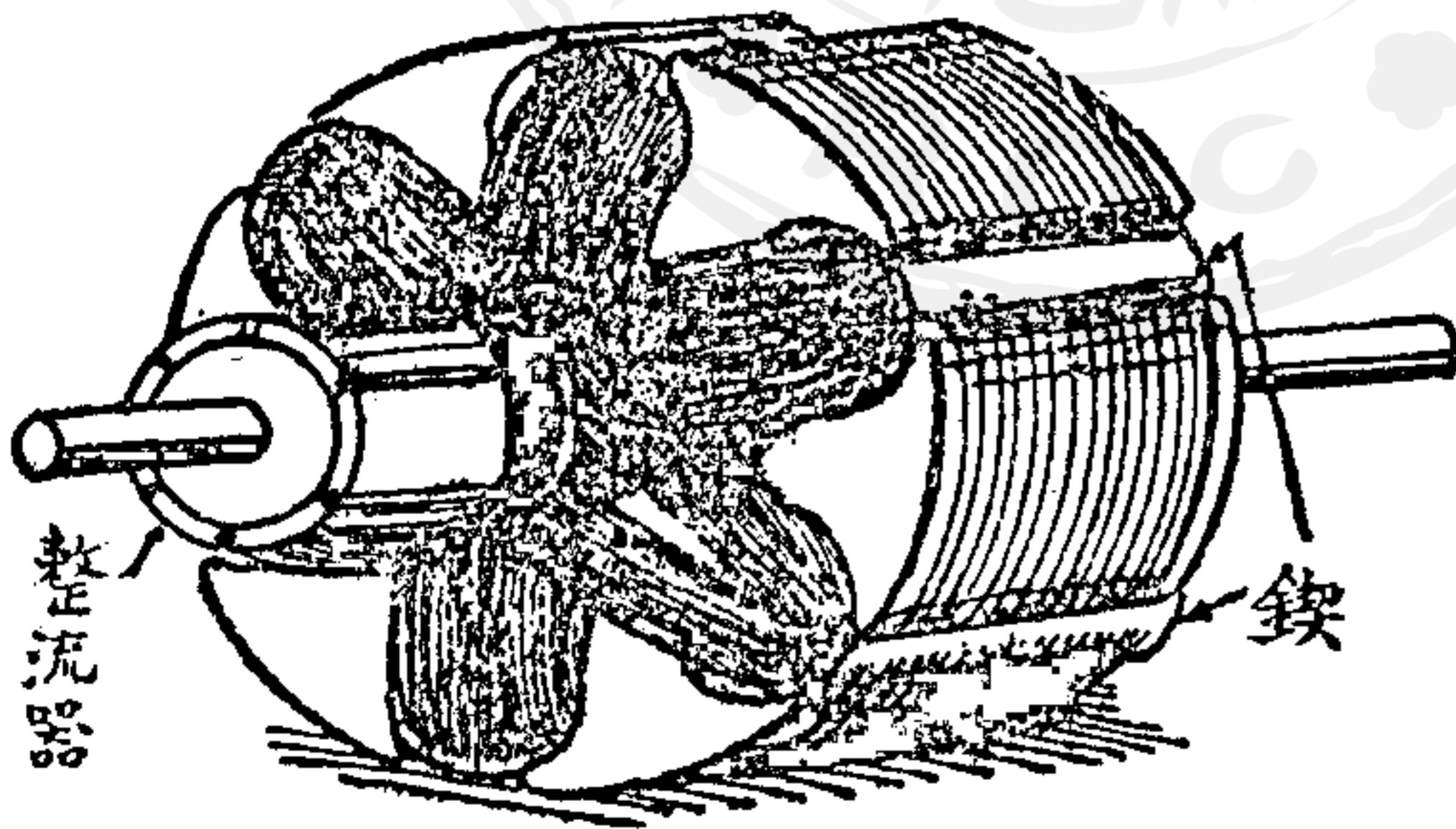
在說明繞線方法時，雖說電線自某處繞至某處，其實這樣繞製非常不便，而且電線被覆，容易損壞，故實際製作時，是與前繞場磁鐵時同樣，照第六十二圖的方法，另以木條厚紙板作框，捲於其上，謹慎解下，而後如第七十五圖，嵌入鐵心槽中。嵌時先在

槽中襯墊舊書或圖畫紙以絕緣。鐵心側面亦襯紙作被覆。使銅線被覆，毫不損傷。六個線圈全部嵌就以後，乃將其起端末端，一一銲接於整流片。而在其接銲處，繞紗線數十轉，紮縛堅固。此外為防電動機迅速旋轉時，因其遠心力的作用，線圈逸出溝槽，故應在線圈與槽之空隙，以沖皮紙襯入，愈緊密愈好。第七十六圖，就是製作完成的電樞。



第七十五圖

上面只說線圈繞法，對於用幾號線繞幾轉，尙未提及。這與



第七十六圖

場磁線圈同，也仍看所用電壓高低而定線圈的粗細和轉數如下表所示，但表中所舉轉數，只適用於上述第六十圖及第六十五圖之鐵心尺寸。而其厚

度為二十毫米者。若尺寸不同，厚度更變，則線之粗細轉數，也要改正，這一點是須要充分注意的。

使用電壓		場磁線圈 (每個)		電樞線圈 (每個)	
直流	六伏特	BS 十 九 號	四五轉	BS 二十四號	二四轉
交流	六伏特	BS 十 八 號	三五轉	BS 二十三號	一七轉
交流	一〇伏特	BS 二 十 號	五六轉	BS 二十五號	二八轉
交流	一六伏特	BS 二十二號	九〇轉	BS 二十七號	四〇轉
交流	二〇伏特	BS 二十三號	一一五轉	BS 二十八號	五〇轉
交流	二五伏特	BS 二十四號	一四〇轉	BS 二十九號	六二轉
交流	一〇〇伏特	BS 三 十 號	五六〇轉	BS 三十五號	二五〇轉

表中所謂直流六伏特,是指蓄電池三個串聯時之電壓,蓄電池形狀不拘大小,每個約二伏特,三個串聯即為六伏特。交流六,十,十六,二十,二十五伏特等,都為用變壓器,使電燈線電壓減低而得。又最後一百伏特,則不用變壓器,由電燈線直接取得。至於使此種一百伏特電壓降低的器械,名為變壓器,當在第二編詳述。

表中尚有應加注意之點,即場磁線圈與電樞線圈的轉數。所謂幾轉幾轉,乃指一個線圈而言,不是指電動機全部轉數。場磁線圈兩方之極,須要二個線圈,合計轉數,即達表中數目的二倍。電動機線圈,需要六個,故全體即為六倍。今如作交流十六伏特的六槽式電動機,那末檢前表可知:

c. 場磁線圈 BS第二十二號線,繞線圈二個,每個九十轉,
合計一百八十轉。

b. 電樞線圈 BS 第二十七號,繞法如次:

1—A—四〇轉—D—2

2—B—四〇轉—E—3

3—C—四〇轉—F—4

4—D—四〇轉—A—5

5—E—四〇轉—B—6

6—F—四〇轉—C—1

c. 鐵心 場磁鐵心照第六十圖的尺寸，電樞鐵心如第六十五圖。積疊之厚均為二〇毫米。

表之用法，即此可明，六伏特時與一百伏特時，都準此繞法。但電動機的出力，並不以電壓高低而分強弱，卻要看電動機的大小而定。大小同者，出力都同。同大的電動機，用六伏特者，其出力決不小於用一百伏特，而前述的電動機，他的出力，大體只有一百五十分之一馬力而已。

八. 線圈被覆線之種類

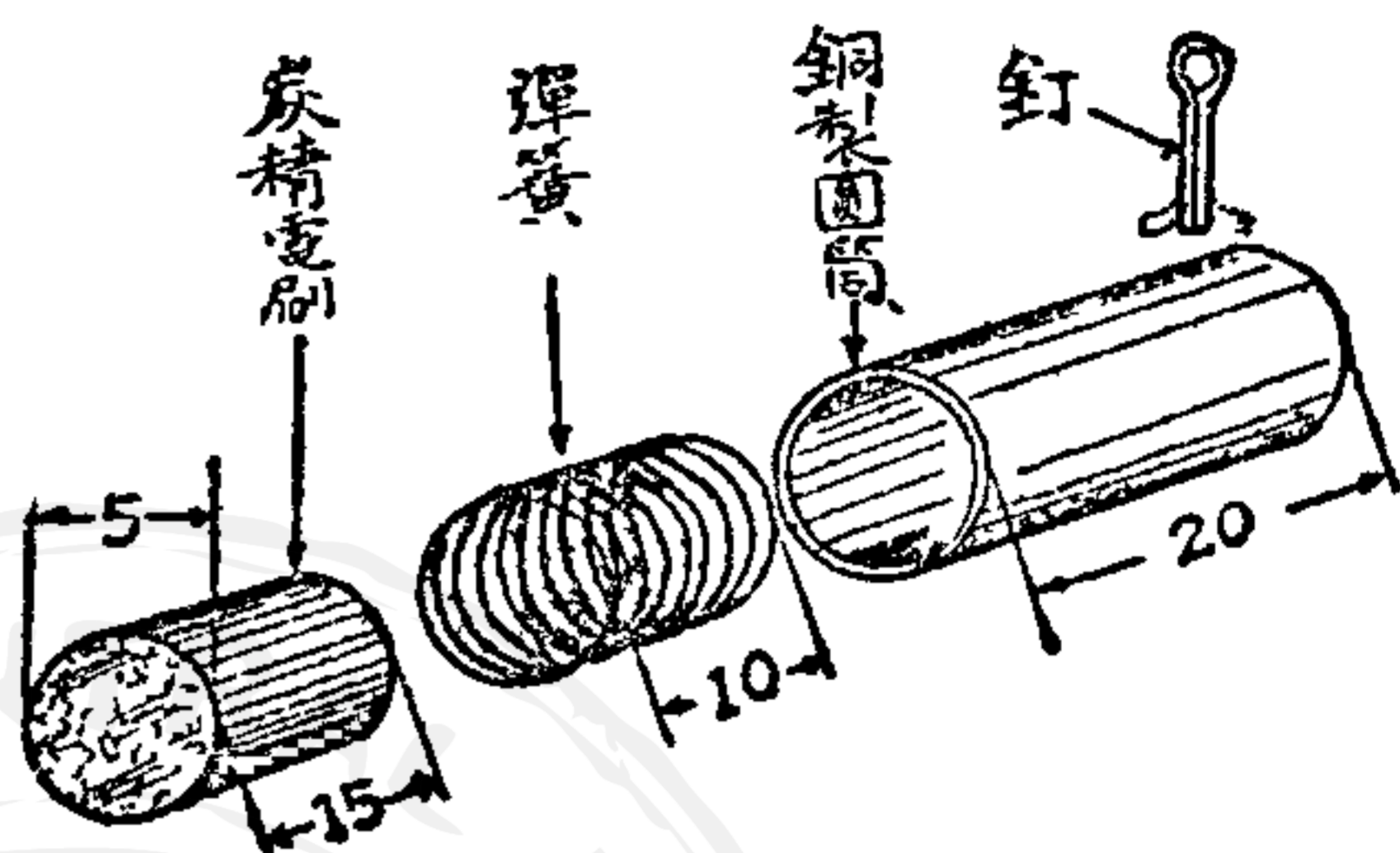
作製線圈，都用絕緣電線（即被覆線）。前已述及，被覆線分絲包紗包及漆線種種。其中銅線雖一樣粗細，而包被之厚，卻各各不同，紗包最粗，絲包次之，最細者為漆線。因此一個電樞的溝槽縱使用線號數相同，但漆線可繞一百轉者，紗包不過六十轉，上列之表，所用皆為漆線，如用紗包，槽中就容納不下，即使勉強繞成而線圈甚粗笨，不能完全嵌入鐵心，因此讀者作線圈時，最好還是用漆線。且漆線代價便宜，表面又十分光滑，使用是非常便利的。

九. 電刷的製作

以前製作的電刷，僅為有彈性的黃銅小片，這種脆弱細小的電刷在電動機長久使用以後，必至於磨滅而無用。

欲作比較堅固，比較耐久的電刷，可在彈性強大的黃銅小片的尖端，鐸上一塊厚銅片，這銅片不一定要銅塊，就用網眼極細的銅絲網，折疊製作，亦無不可。又電刷和整流器的接觸彈力，亦可以彈簧另行裝置。

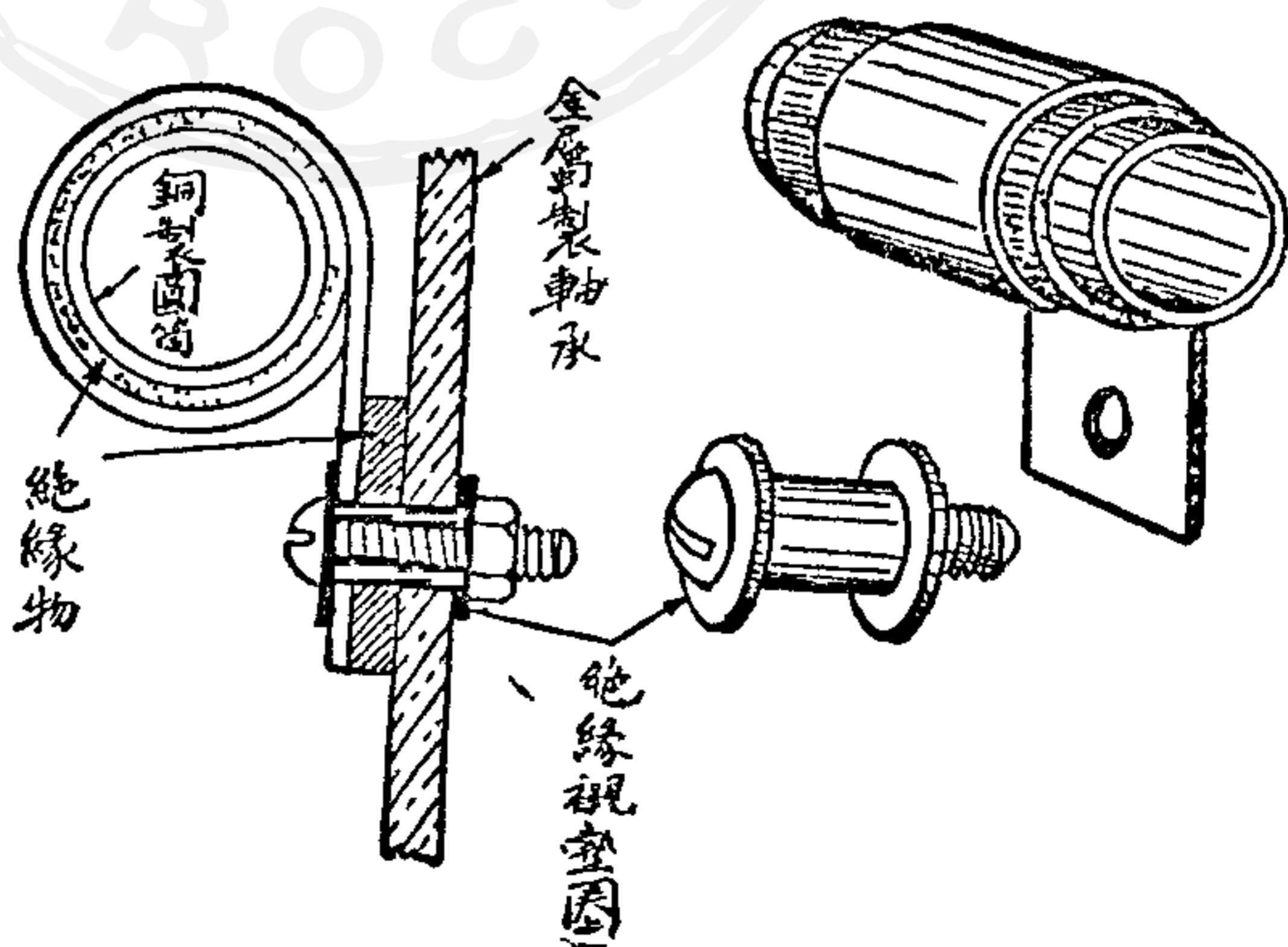
自此更進一步而作更佳的電刷，則如第七十七圖，以厚約一毫米的黃銅板，作成一筒，另作一個棒形電刷子，使能適巧嵌入筒中。在棒形電刷的後方，



第七十七圖

又加螺旋形的鐵絲彈簧。這彈簧用B.S.二十八號有強力彈性的黃銅絲製作。筒的一端鑽一小孔，通入粗鐵絲，形如圖示，所以安置彈簧。圖中書有“小釘”字樣，就是這個。

作電刷的材料，如使用電壓在十六伏特以下，則用銅亦可，十六伏特以上，即二十五至一百伏特者，則應用炭刷。銅刷或用適當粗細的銅棒，或用細眼銅網捲製。炭刷可自舊乾電池（無線電用的B電池



第七十八圖

或手電筒中用的小形乾電池)中取出,切成適當長度,最為簡便。其靠整流器一方的切口,應研磨光滑。

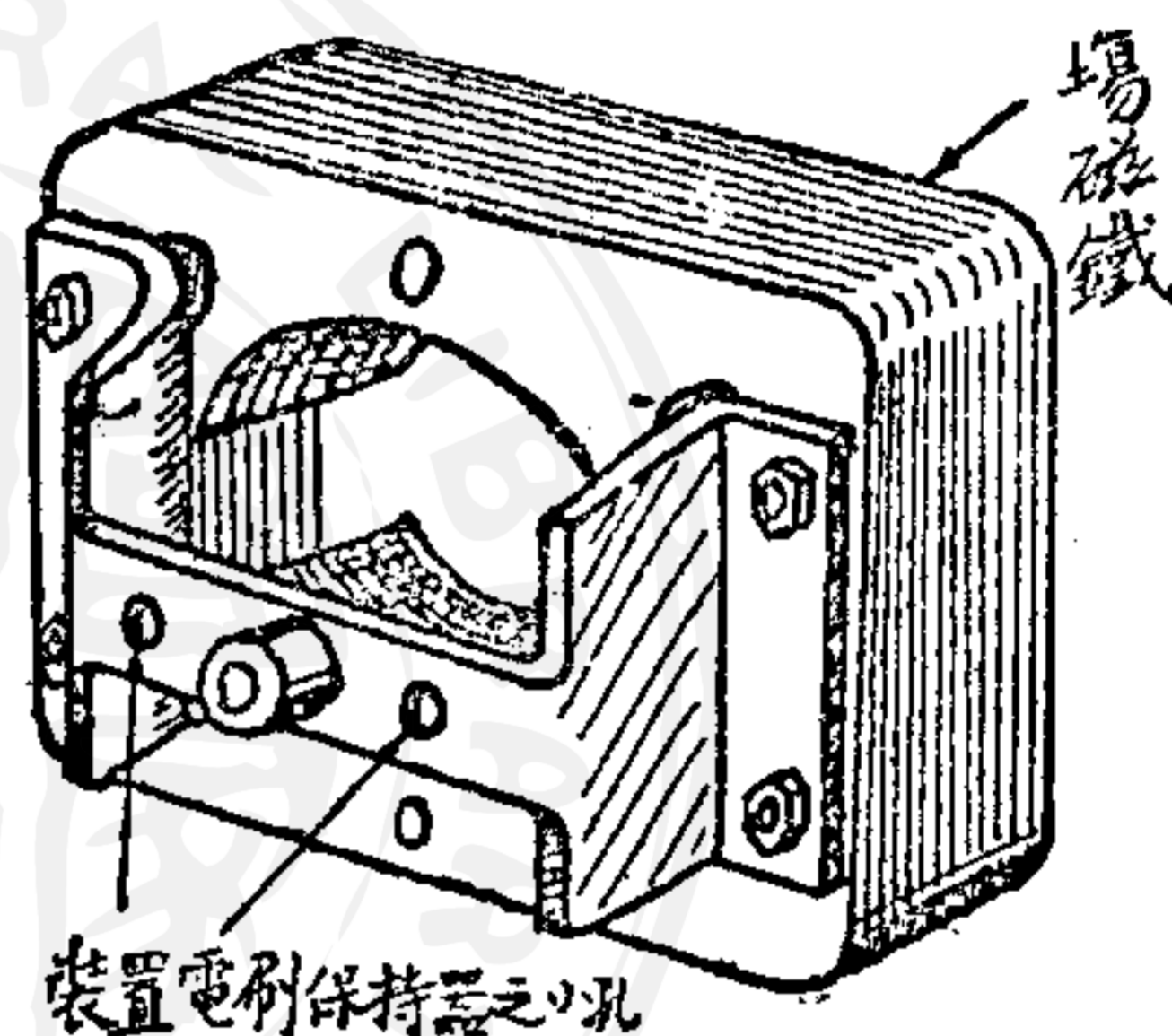
嵌電刷的筒和阻壓電刷的彈簧,二者合稱為“電刷保持器”。把電刷保持器裝置於電動機的方法,是照第七十八圖,用沖皮厚紙和絕緣小形圓板(可用厚紙自製)使其與他處完全絕緣,然後用螺釘裝在金屬製的軸承上。接電刷的電線則或用螺釘或用銲接,接於電刷保持器,而不是直接接於電刷的。

十. 軸承的製法

以前作製的軸承,是在裝置電動機的木板上,用螺絲釘裝設的,這樣中心易於偏斜,形式又不雅觀,這裏乃改裝於場磁鐵之上。

方法也很多,用厚約二毫米的黃銅板製作,而照第七十九圖

用螺絲釘裝設者,最為簡易而堅固。穿入軸桿的部分,尤宜特厚,可用厚五毫米,或一厘米的黃銅小圓板一枚鑽孔,銲接於軸孔之

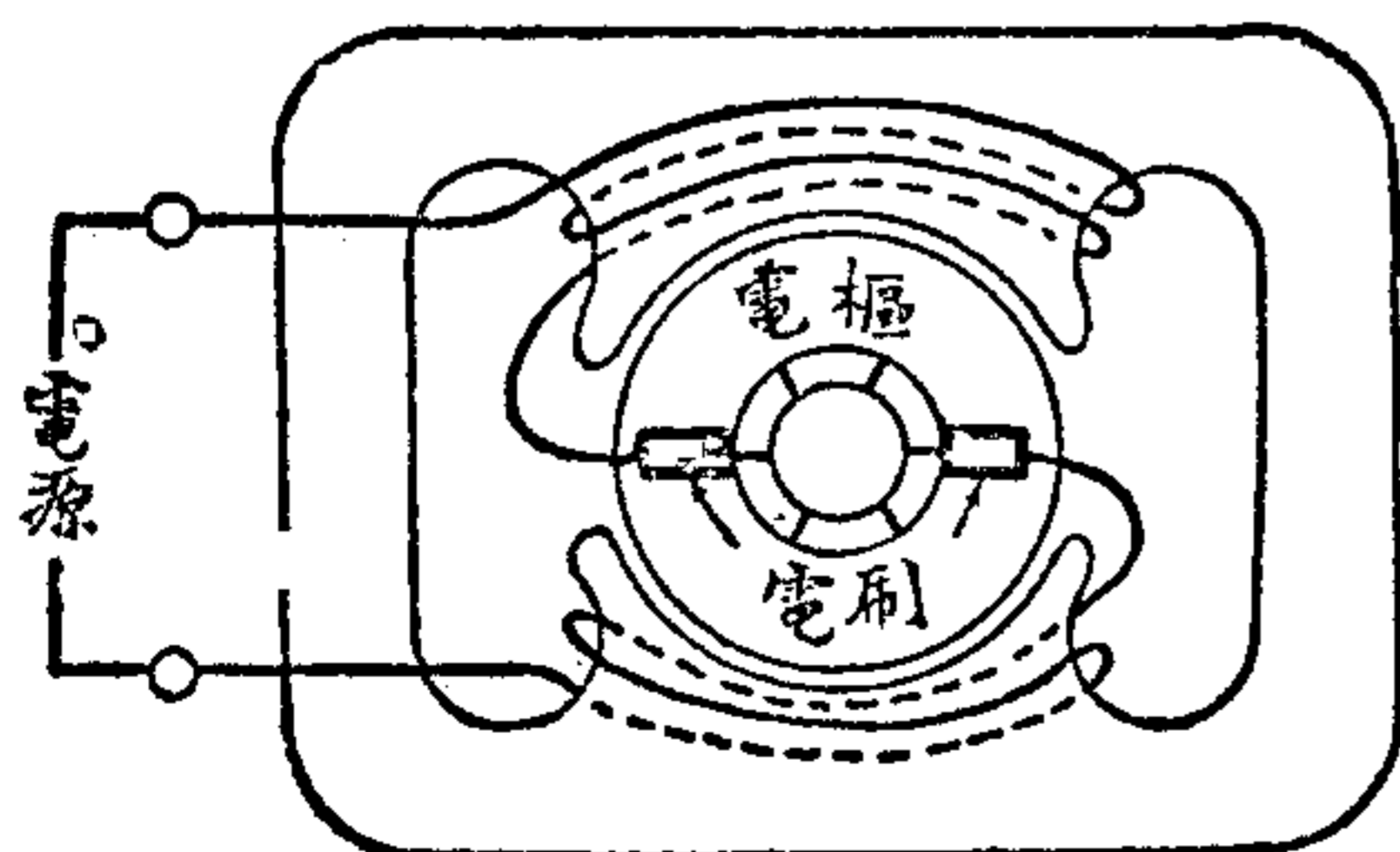


第七十九圖

上。

穿軸入孔之時,寧使稍緊,若軸孔過大,轉動時必難穩定。

六槽式電動機的部分品,至此已完全告成。至其裝置和接線,一與前同。為



第八十圖

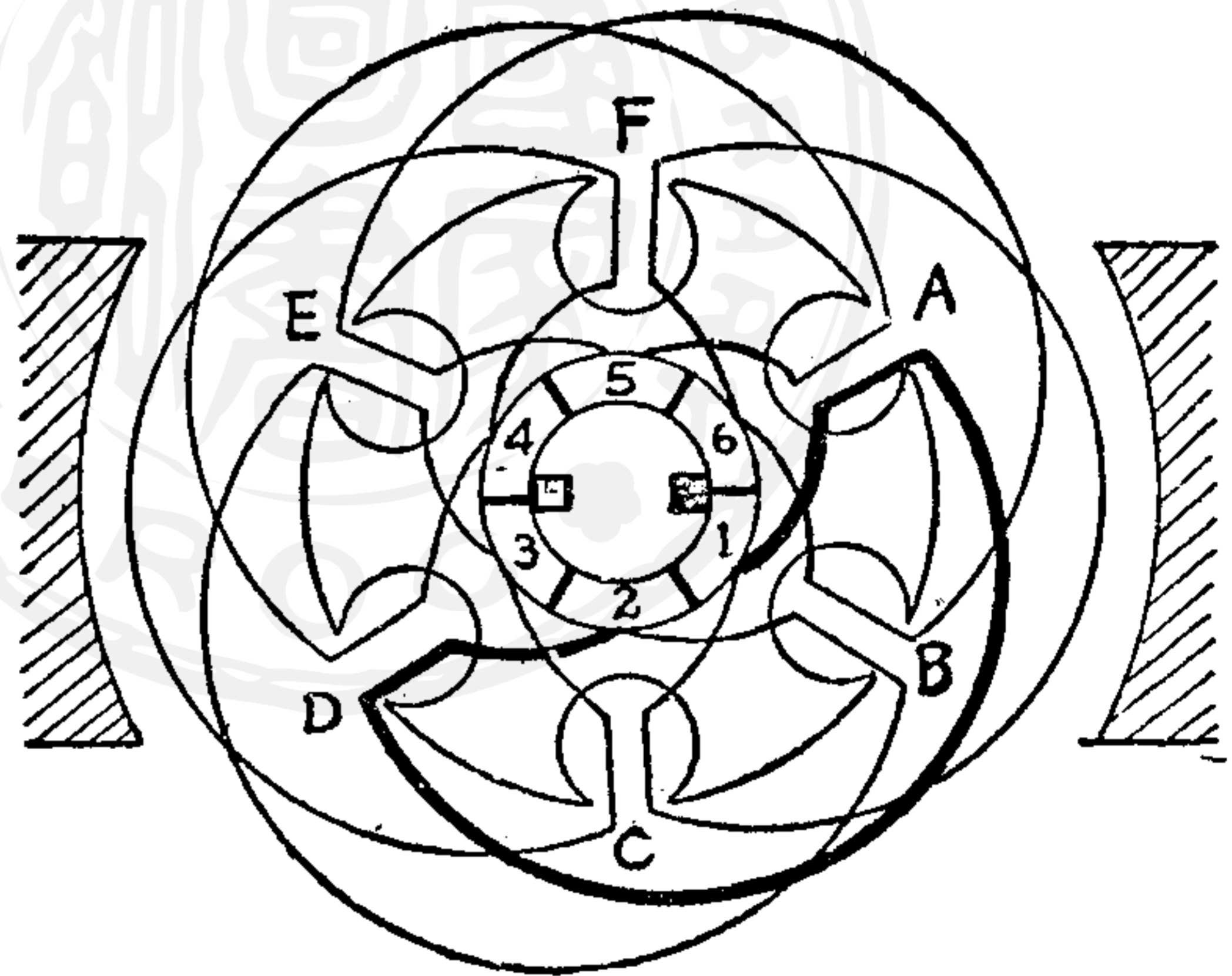
更明瞭起見，特將電線接法，示之於第八十圖。電阻器與逆轉器的接法，則與前毫無差異。觀圖中一方的場磁線圈，與他方的場磁線圈，在中途，經由電樞而通電流。但如前先通過上下二個場磁線圈，而後轉入電樞，亦無不可。

十一. 七, 八, 九 槽 的 電 樞

六槽電樞繞線方法，即第七十四圖的繞線圖，場磁之極是與電刷成直角的（即場磁之極在左右，而電刷在上下）。若場磁之極與電刷所在之方向一致，那末線要怎樣繞法？這時繞線方法，並無二致，只要把整流器轉過四分之一周，即九十度角，就好了。

以圖表示，如第八十一圖。以與前七十四圖相較，線圈繞法，並不稍異，只有整流器已右轉九十度了。

七八九槽電樞的繞線方法，所用之線仍如前表，但與六槽時同，其轉



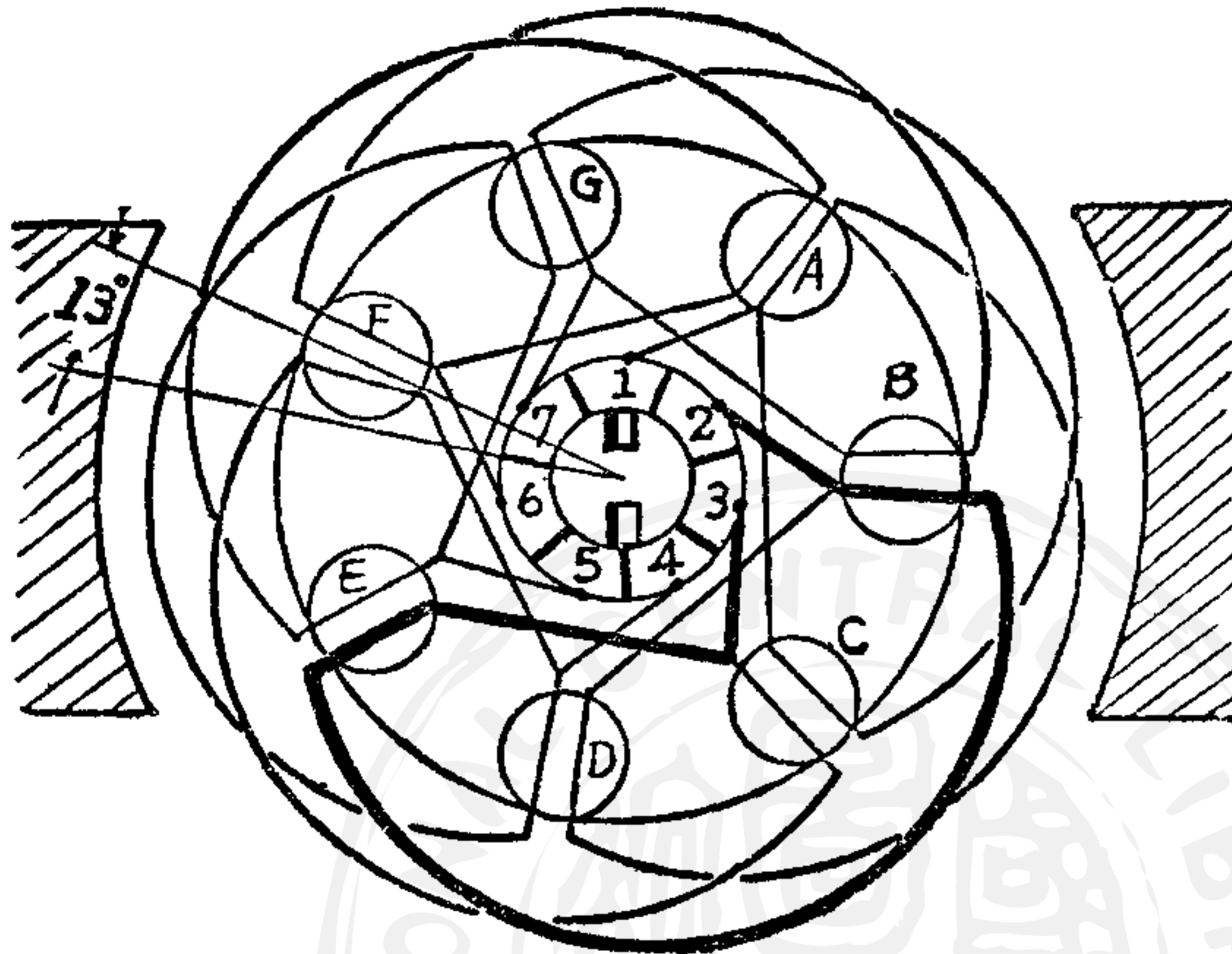
第 八 十 一 圖

數可以減少。七槽時為原轉數的百分之八十五，八槽時為百分之七十五，九槽時只要原有的百分之六十五。場磁線圈則完全一樣

實際製作時的繞法與應注意之點，與六槽時無異，現在只把它們的線路圖，與繞製順序約略述說。此等線路圖，場磁與電刷

都成直角。若平行裝置，那末整流器必須轉過九十度。

七槽電樞繞線順序（第八十二圖）



- 第一線圈
1—A—D—2
- 第二線圈
2—B—E—3
- 第三線圈
3—C—F—4
- 第四線圈
4—D—G—5
- 第五線圈
5—E—A—6
- 第六線圈
6—F—B—7
- 第七線圈
7—G—C—1

第八十二圖

八槽電樞的繞法如八十三圖，凡槽之數愈多，則電動機的旋轉愈見平滑，全似一個旋轉的陀螺。八槽的繞法如下：

八槽電樞繞線順序（第八十三圖）

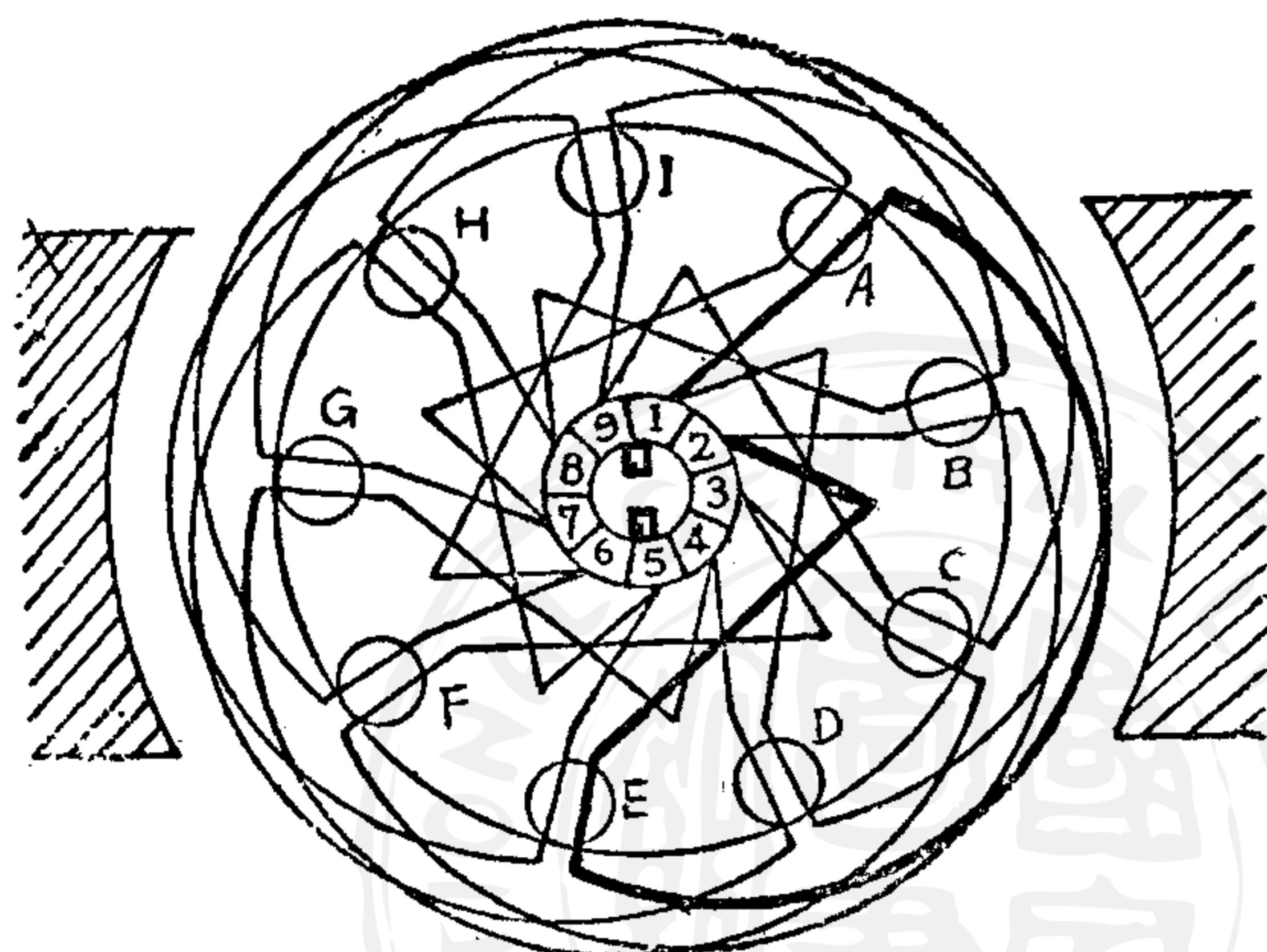


- 第一線圈
1—A—E—2
- 第二線圈
2—B—F—3
- 第三線圈
3—C—G—4
- 第四線圈
4—D—H—5
- 第五線圈
5—E—A—6
- 第六線圈
6—F—B—7
- 第七線圈
7—G—C—8
- 第八線圈
8—H—D—1

第八十三圖

又次爲九槽電樞，簡易電動機的製作，這已經是最理想的，以下不再有增槽數的必要。

九槽電樞繞線順序（第八十四圖）



第 八 十 四 圖

- 第一線圈
1—A—E—2
- 第二線圈
2—B—F—3
- 第三線圈
3—C—G—4
- 第四線圈
4—D—H—5
- 第五線圈
5—E—I—6
- 第六線圈
6—F—A—7
- 第七線圈
7—G—B—8
- 第八線圈
8—H—C—9
- 第九線圈
9—I—D—1

槽數在十二三以下的電樞，凡六槽八槽之成偶數的，有時如不把槽稍使傾斜，轉時不得圓滑，但七槽九槽等奇數的，則並無此項缺點。

第九章 電動機的大小與其出力

初學之讀者，或將以爲同一大小之電動機，其用十二伏特電壓者能力必較用六伏特者爲強，若用一百伏特則將更強。然而這是錯的。電動機（不限於電動機，凡電力機械如發電機與變壓器等都如此）之爲物，如其大小（正確的說即電樞的體積）相同，無論電壓用六伏特，一百伏特，其出力還是相同。只是電動機大，

則其出力亦大，小則不能出大力而已。此外又視其旋轉的速度而出力不同。這一點，也是要知道的。

這裏卻有一點，不可誤解，即預備用六伏特轉動而設計的電動機，如改用十伏特或十二伏特，其力自然增加，但力增而電動機同時又非常熱。電動機最忌發熱，欲其不熱，則爲十伏特設計者仍用十伏特，十二伏特設計者，仍用十二伏特。要增加電壓而使用，必先改變其繞線，繞線變更即不發熱，但其出力卻與六伏特時一樣。

總而言之：“同大的電動機，若以同速度轉動，則無論電壓高低，即不論用一百伏特或用六伏特，而其能出之力，完全相同”。所用電壓不同，則線的粗細和轉數也不可不隨之而變更。欲明瞭這理由，雖比較困難，但卻是不可不牢記的。

今譬如有一墨水瓶大小的電動機，而欲其出八分之一匹的馬力，豈非笑話。因爲所謂八分之一馬力，是相當於強壯的成人繼續所能工作的力量啊。裝有直徑三十毫米，厚二三十毫米的電樞心板的電動機，而說有十六分之一馬力，或二十分之一馬力，那都是誇口，都是誑話，實際只不過一百分之一馬力左右而已。

第二編 變壓器之製作

第一章 變壓器的動作和原理

一. 變壓器的動作

電動機的轉動，電燈泡的發光，以及模型電車，電力機關車的行進，都需要電流，這電流從什麼地方取得呢？乾電池固好，蓄電池也可，可惜乾電池在使用中，電流逐漸消耗，終至於無，成爲廢物；蓄電池電流減少，尚可充電，雖說常時可用，但充電既覺麻煩，若用不得法，電流消耗過量，即起病害，卒亦無用。加以購買時代價亦高，殊不值得。所以要想取之不竭，又沒有充電等麻煩，只有仰給於電燈線的電流了。

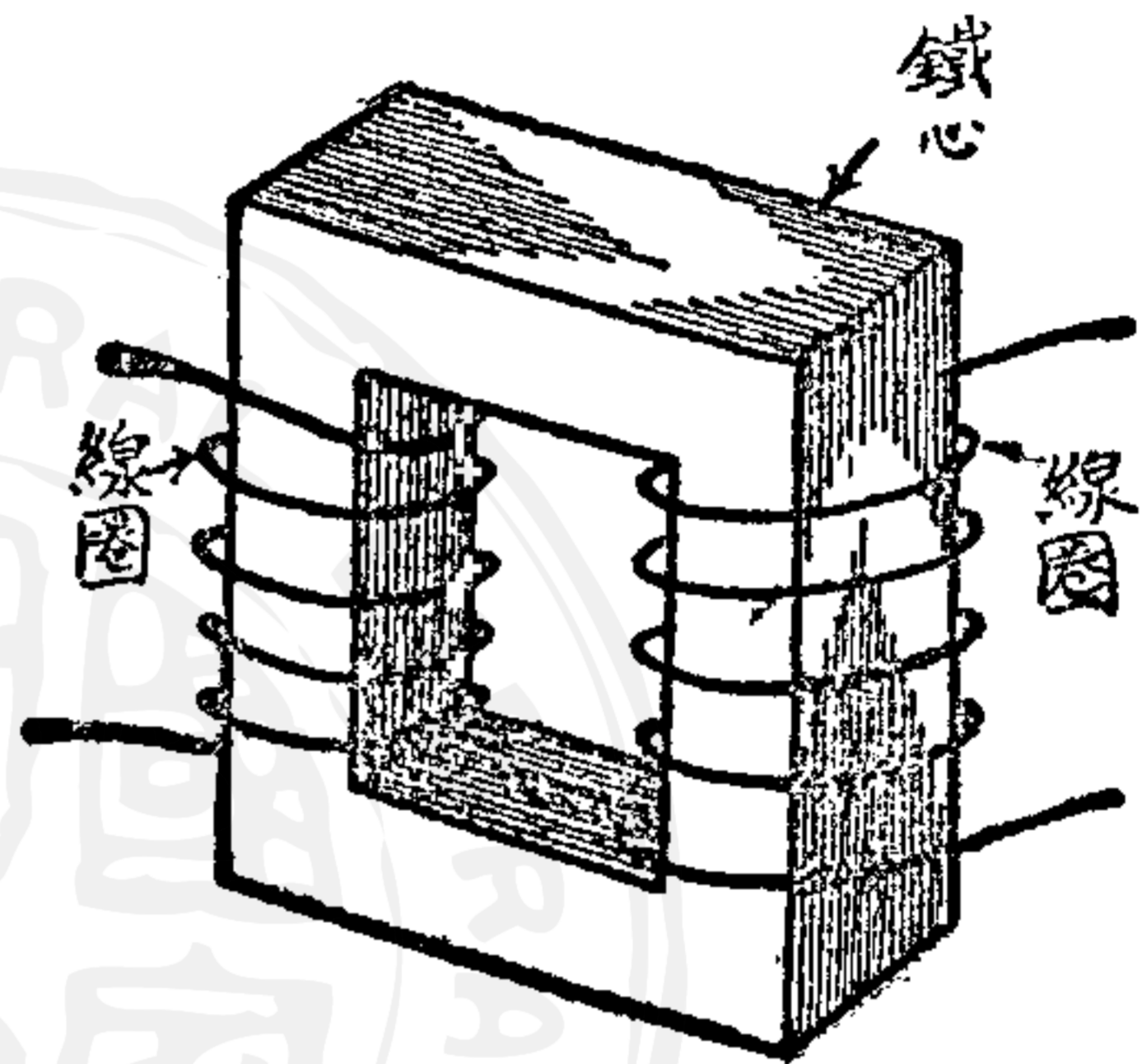
然而電燈線通用的電壓，或爲一一〇伏特，或爲二二〇伏特，不能直接取用。爲避免危險又切實用，如能使電壓減低至十五伏特或十二伏特，則萬事妥適。這減低電壓的器械就是變壓器。英語稱爲 Transformer。

所謂變壓器，不止是使高電壓減低，相反地也能使電壓增高。然這裏用不到低電壓增高，所以只就能使一百伏特電燈線的電壓減爲實用的低電壓的變壓器，詳加分析，進行製作。一說到一百伏特的電燈線，讀者也許視爲畏途，不敢嘗試，其實只要謹慎小心，別無可怕之處，裝燈泡，開電扇，不是一樣利用電線嗎？

有一個變壓器，用之於任何模型的電力機械，則電流儘可充

分使用，不像電池般會得減少，又費充電等等的手續，便利實甚。那末這變壓器是怎樣構造的呢？其實也很簡單，反比前述的電動機更容易製作，現在在製作以前，先把大體構造，和簡單的原理，述說於下：——

變壓器的構造，如第八十五圖所示，即以薄鐵片疊積而成四方之框。框的兩側，各用被覆銅線捲繞其上，鐵框即是“鐵心”，捲線即是線圈。今若將一方的線圈通入交流電，則他一方的線圈也自然發生同樣的交流電，這發生的電流恰與電池般一樣可以應用。其流入電流一方的線圈，名為“原線圈”，另一方發生電流的線圈，名為“副線圈”。如將原線圈，接上電燈線，而通以電流，則由副線圈，可以任意取得電流，自由使用。



第八十五圖

變壓器的構造，固然簡單，但鐵心的大小，二線圈的轉數以至所用銅線的粗細，卻不是可以隨便決定的，假使胡亂製作，不加考慮，則一接電燈線，立即發熱，或致冒煙自燃，變成焦黑。所以製作變壓器時，對於鐵心大小，粗細，和線圈轉數，務須特別留意。

二. 變壓器不能使用直流

變壓器的原線圈，一有電流通過，則副線圈亦發生電流，但這有一個條件，即流於原線圈的電流必須是交流電。若為直流，

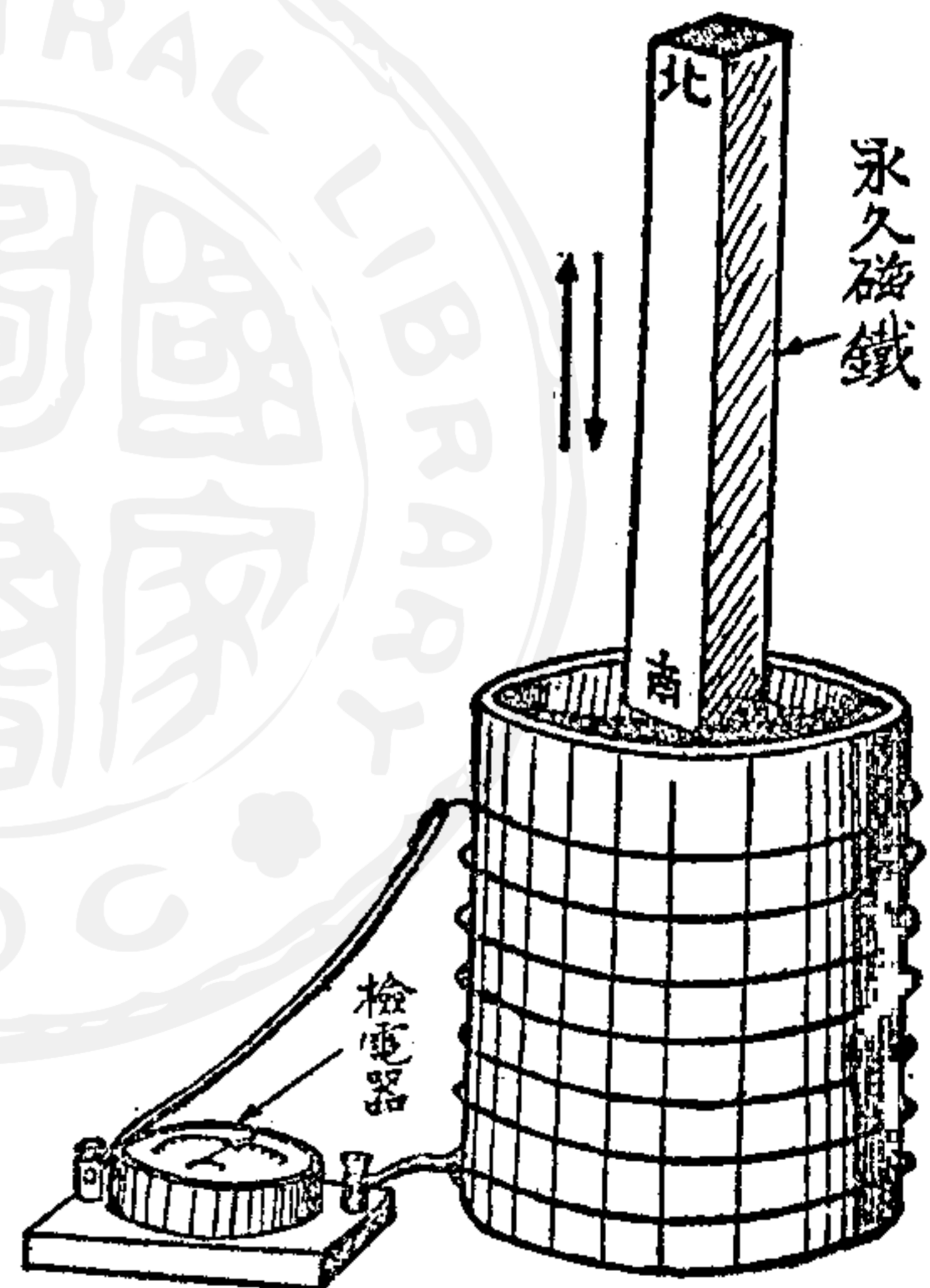
則副線圈並無電流發生。所以若電源上的電流為直流電，那末變壓器就全然不能發生電流。好在今日任何地方的電燈，大都是採用交流電的，所以應用變壓器是最便利沒有了。

三. 變壓器的原理

變壓器構造如前第八十五圖，在四方的鐵心繞上二個線圈。這二個線圈是絕不相連續的。不連續的二個線圈，一方通以電流，一方亦有電流發生，寧非奇事？下面且請解釋電氣所以發生的理由。

如第八十六圖以厚紙或竹作筒，繞以被覆銅絲，其二端接檢電器，這是一種電表，對於極微弱的電流，也能感知。

其次取一條形磁鐵，突然插入筒中，只見檢電器的針，亦突然一動，但瞬即回至零點，這可知繞於筒外的電線，這時會發生電流。又次把磁鐵迅速由筒中取出，亦可見檢電器的指針一動，又回至零點，可見在這一瞬間，也有電流發生。



第八十六圖

照這個實驗，筒中有磁鐵進出之時，也即只有磁鐵移動之瞬間，在筒外捲繞的電線，會發生電流。磁鐵一動便有電流，這現象可以說因為線圈中的磁力發生強弱的變動。換句話說，就是線圈

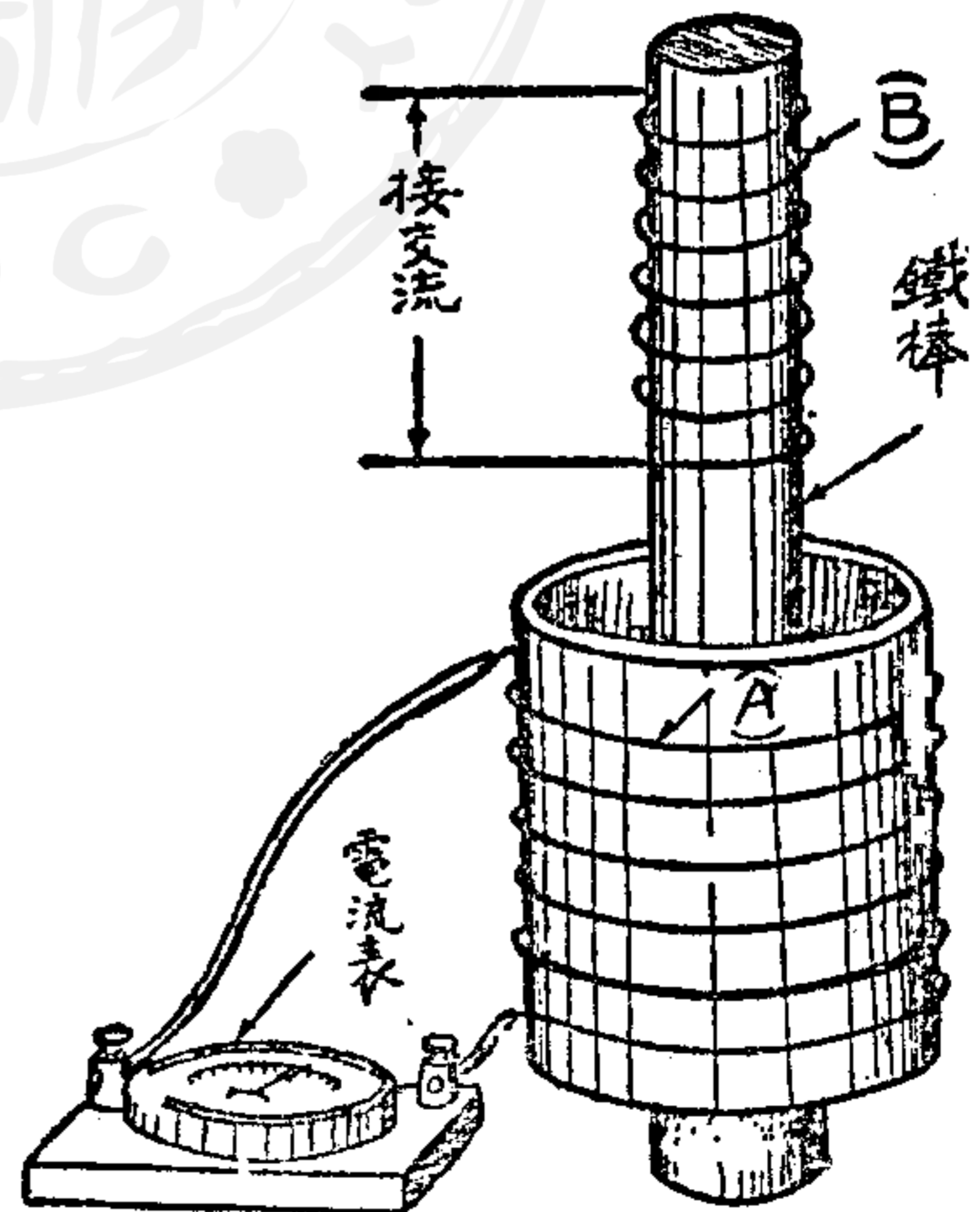
中磁力的強度發生變化。因此可以說：“磁力強度發生變化，則線圈中發生電流。”

現在照第八十七圖不用永久磁鐵，而以普通鐵棒插入A之線圈中，再在鐵棒之上繞以另一個線圈B，在這線圈裏，通以交流電，那末怎樣呢？

一. 流於B線圈之電為交流，其強度常不絕地迅速地變化。即電流漸漸增強，達某程度，又即漸漸下降，以至於零。此後又即有反方向的電流，漸漸增強，達某程度，再行衰減以至於零。次之一瞬間，又有與最初同向的電流漸漸增強，復漸漸減弱，不絕地像波浪的起伏一般，時時變化，且時時改易方向。但說時遲，那時快，室內的交流電，像這樣的變化，每秒鐘要達五十次或六十次呢。

二. 鐵棒因交流電之流通變成磁鐵，但其磁力並無一定的強度，而隨着B中所通電流之強度變化，而起同樣變化。

三. 鐵棒既生磁力變化，那末由A之線圈即發生電流，且因鐵棒以非常快的速率變化其磁力強度，所以發生於A之電流亦以非常快的速率變化不絕。即A線圈中有與B中所通交流電同樣快速的交流發生。所以如圖在A線圈兩端，如接交流電流計，便見有電流發生。



第八十七圖

這就是變壓器的原理，只是變壓器的鐵心，不是八十七圖的鐵棒，而是八十五圖的框形。這是加強電磁鐵作用的方法，若用鐵棒，以作變壓器，那末次副線圈所發生的電流，就要減弱，不切實用。

原理如此，以後就進而製作。

第二章 十伏特變壓器的製作

一. 鐵心的製法

欲作變壓器，必先考慮需要怎樣一種電流（正確地說就是電壓），作得過大，雖說大者可以兼小者之用，但鐵心與線圈之材料就要多用，而招損失。作得過小，則取用電流，稍稍過度，便將生熱，不可復用。所以現在要作的變壓器是要燃着普通小電燈泡三十個，或如前第六章所說的一種電動機，有三架可以同時轉動。

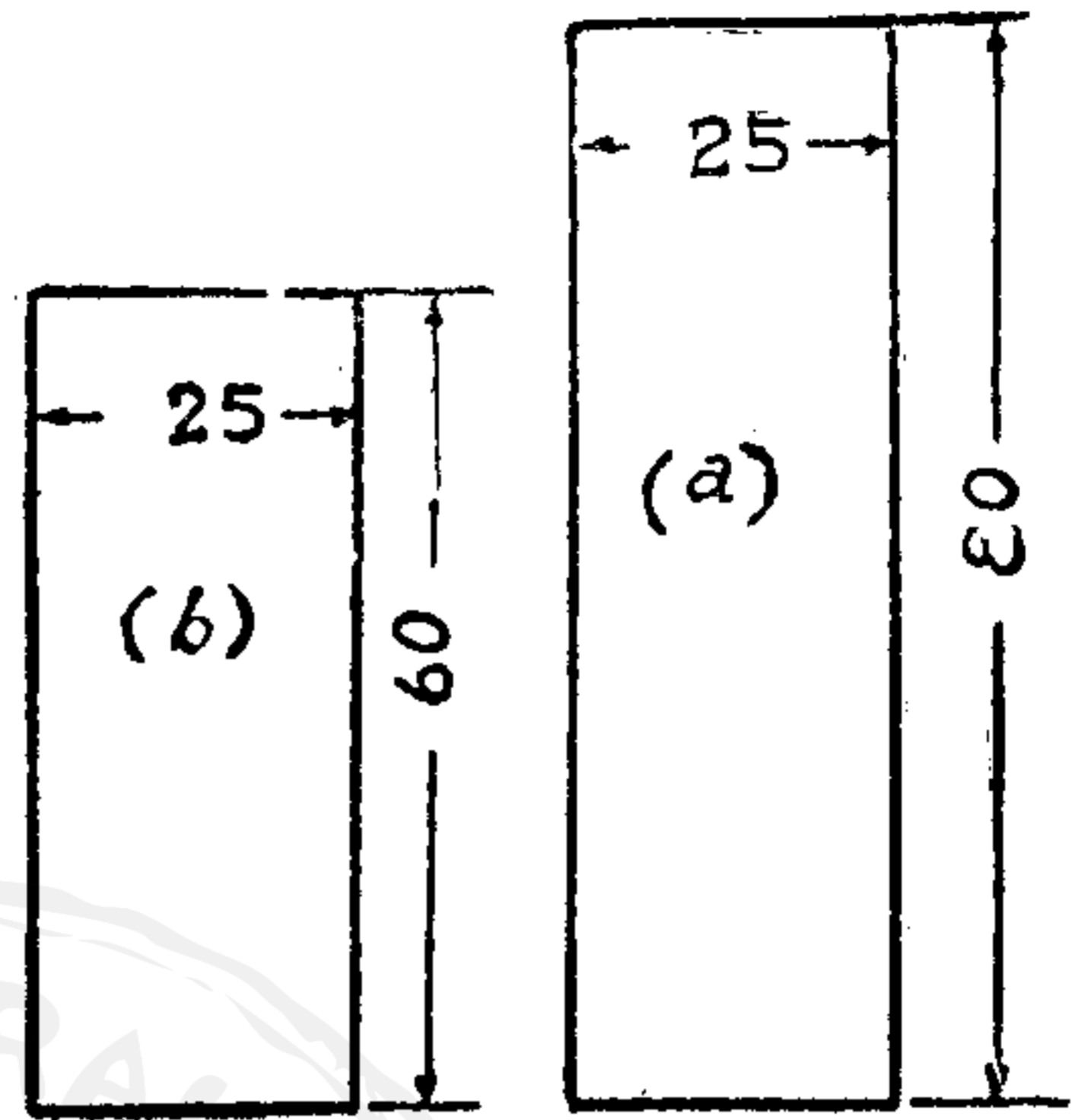
變壓器的鐵心如前所述，必用薄鐵板疊積而成框形，決不能用普通鐵塊。至鐵片厚度，雖不必一定，但大體自四分之一毫米至一毫米之間，即自薄洋鐵以至厚鉛皮間的厚度。

次為鐵片材料，同為鐵片，種類實多，有鋼鐵板，有軟鐵板，又有馬口鐵，有光的，亦有銹的。若說製變壓器的鐵心，以什麼最好，那可不能斷言。但最理想的，則是所謂矽鋼片的特製鐵板，實用變壓器都是矽鋼板製的，價格也不甚高。

可是除了特殊地方以外，欲求特殊的鐵板，總覺為難，那末作變壓器鐵心的，就用馬口鐵或鉛皮，或由茶葉罐等剪取亦可。

今取馬口鐵或鉛皮而製作鐵心。這需要二組，一組如第八十

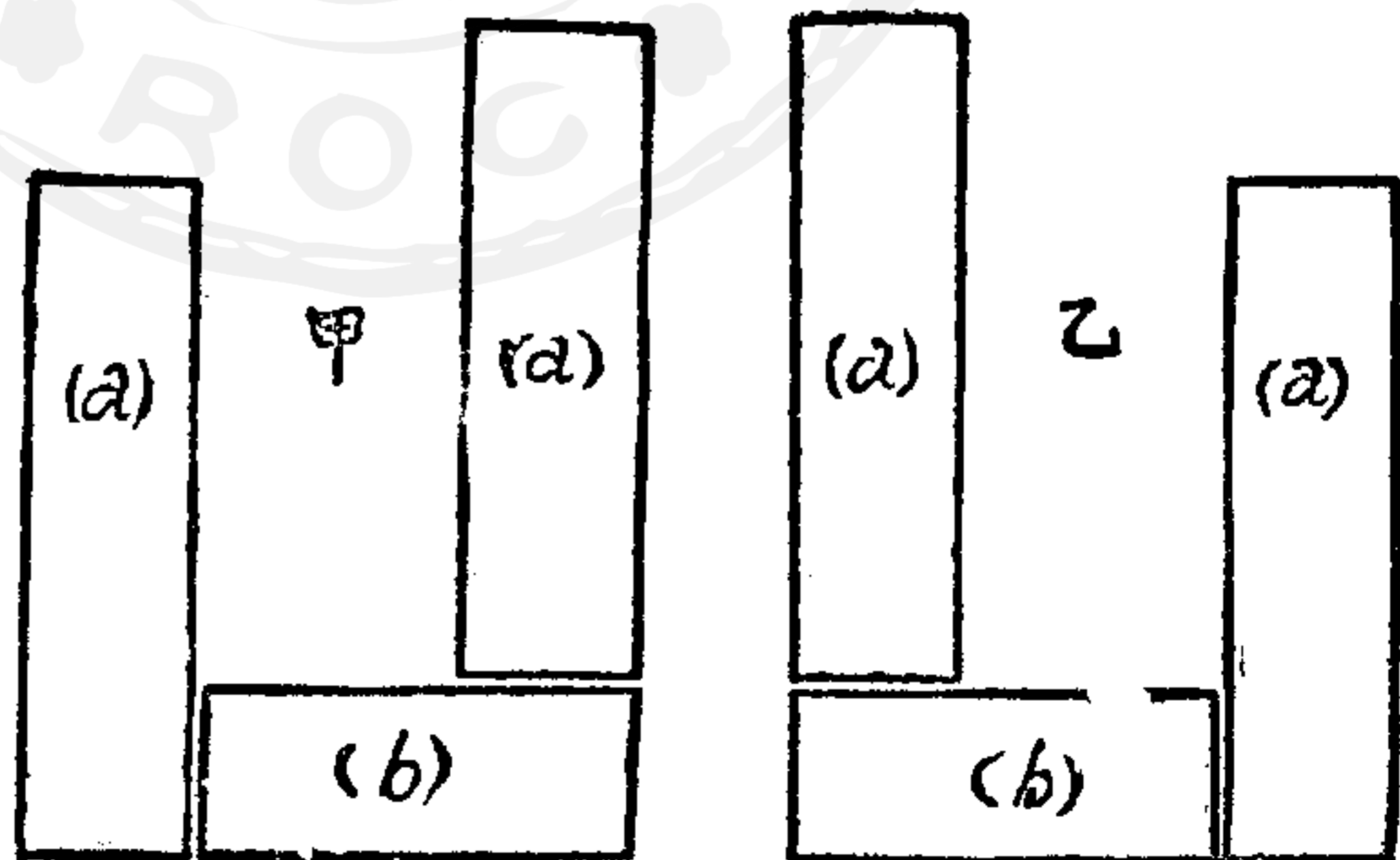
八圖 a, 長八十毫米, 闊二十五毫米, 又一組如 b, 長六十毫米, 闊同為二十五毫米。這種鐵板, 須製若干, 要視鐵板之厚而不同, 不能說多少片, 只要把 ab 二者疊積起來, 緊緊壓實, 其厚度各有四十毫米, 已足敷用。即如厚 0.5 毫米的須要八十片, 而厚 0.3 毫米的就要一百三十三片了。



第八十八圖

既有鐵片, 乃組鐵心。積疊時頗有困難。尤其如第八十五圖的鐵心, 作四方框形的, 將來無法繞線, 所以最先必空去四邊中的一邊, 而先作左右下三邊的鐵心即成凹字形的鐵心。次則繞二個線圈, 最後纔把剩下一邊補足而成完全的框形。

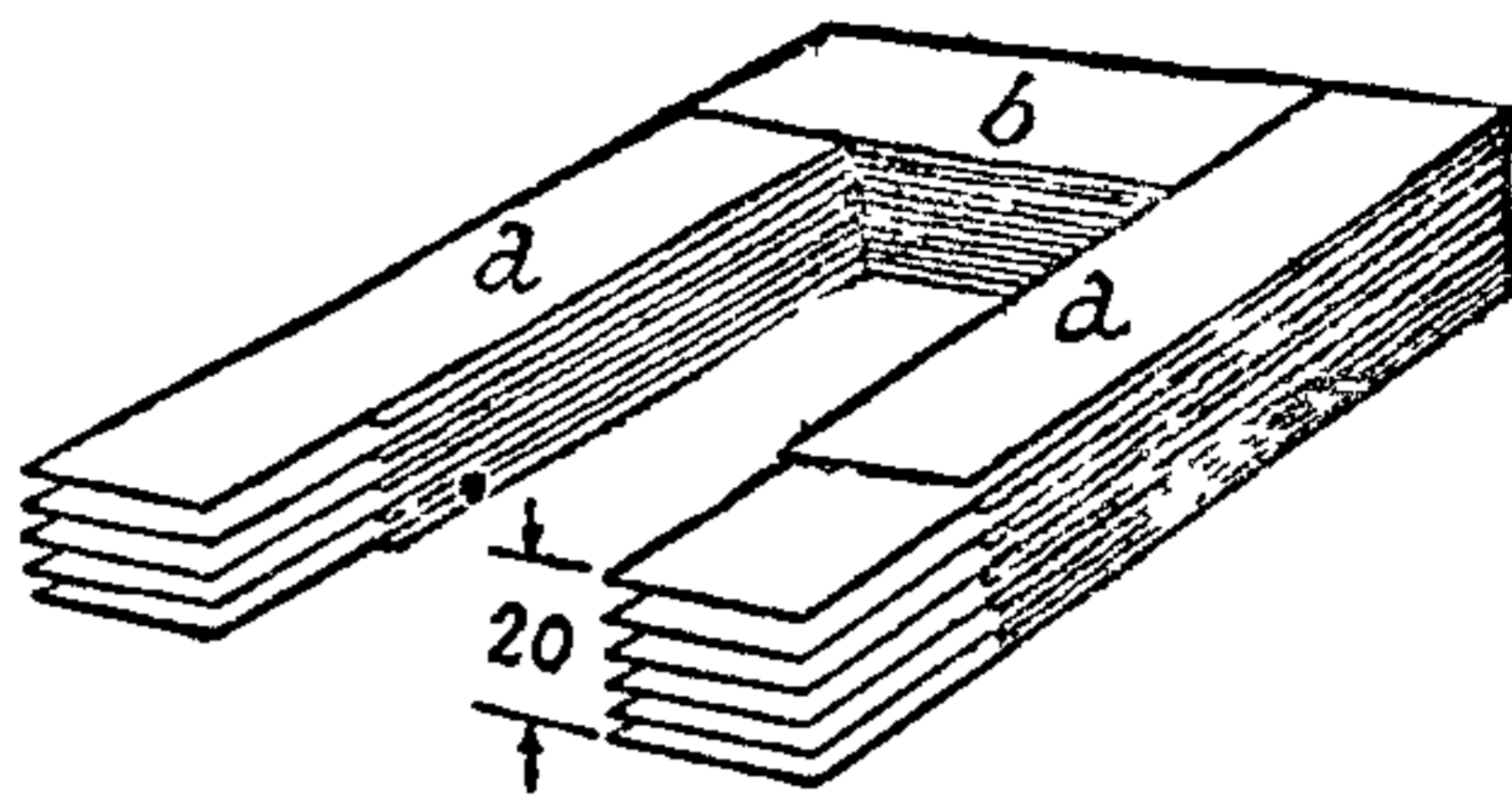
作凹形的鐵心, 可於平滑的木板之上, 鋪上 a 鐵片二枚, b 鐵片一枚, 如第八十九圖甲。其次再以如圖中乙, 仍以 a 二枚 b 一枚鋪於其上。以上



第八十九圖

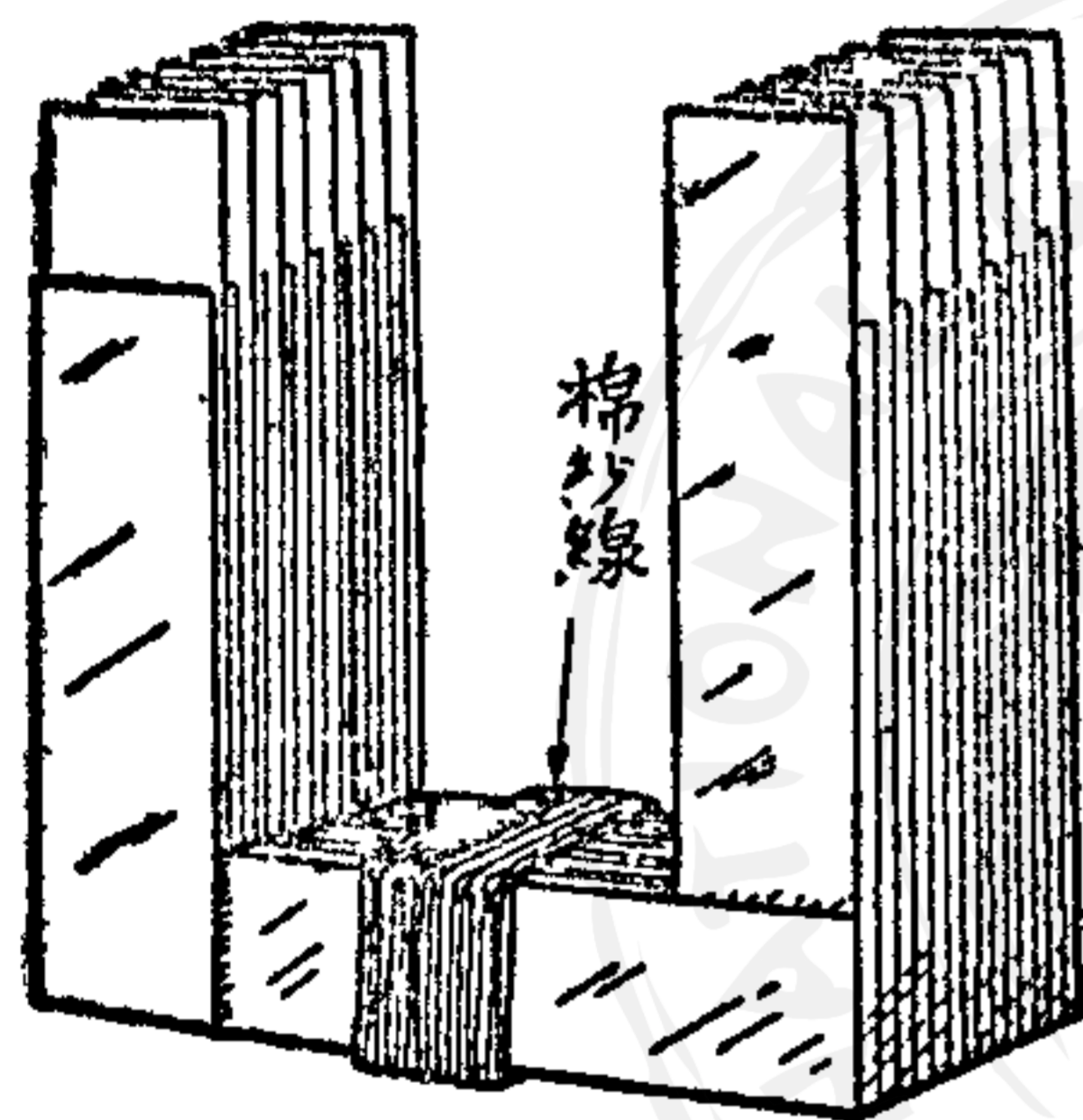
再照甲乙鋪法相間積疊上去, 則當鐵心之厚達二十毫米時, a 鐵片已全部用盡, 而 b 鐵片尚有一半殘存, 此時積成的形狀如第九

十圖。可知 a 片相間地伸張。這個積成的鐵心，稍稍觸動，即有散亂之虞，故應照第九十一圖，先以紗線或麻線暫時牢縛。



第九十圖

在積疊鐵片時，其表面有稍發銹的，反而相宜，若過於光滑的（馬口鐵片）則每片塗以洋漆，或每隔三片襯以油紙一層。



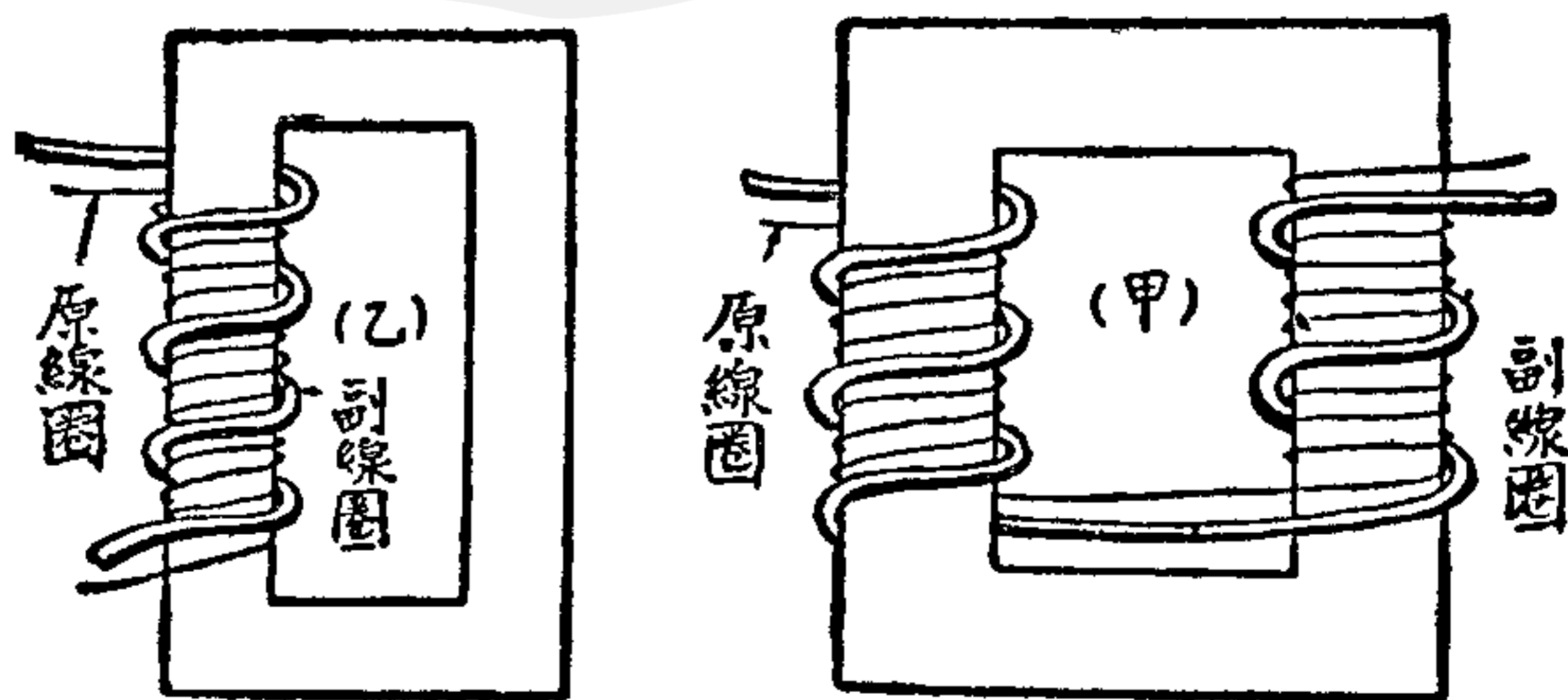
第九十一圖

二. 原線圈的捲繞

前第八十五圖之鐵心框，左右二柱，一柱繞着初級線圈，另一柱則繞次級線圈。這自然一樣能夠動作。但實際製作時，則或如第九十二圖甲，初級次級分繞於左右二柱，或如

第九十二圖乙，在任何一柱，先把全部原線圈繞完，在後於其外圍再加繞副

線圈。不過作圖時為避免混亂，常把原副二線圈左右分開，以後所



第九十二圖

有接線圖，都是這樣，只要知道實際上二個線圈，是繞在同一柱

上的。

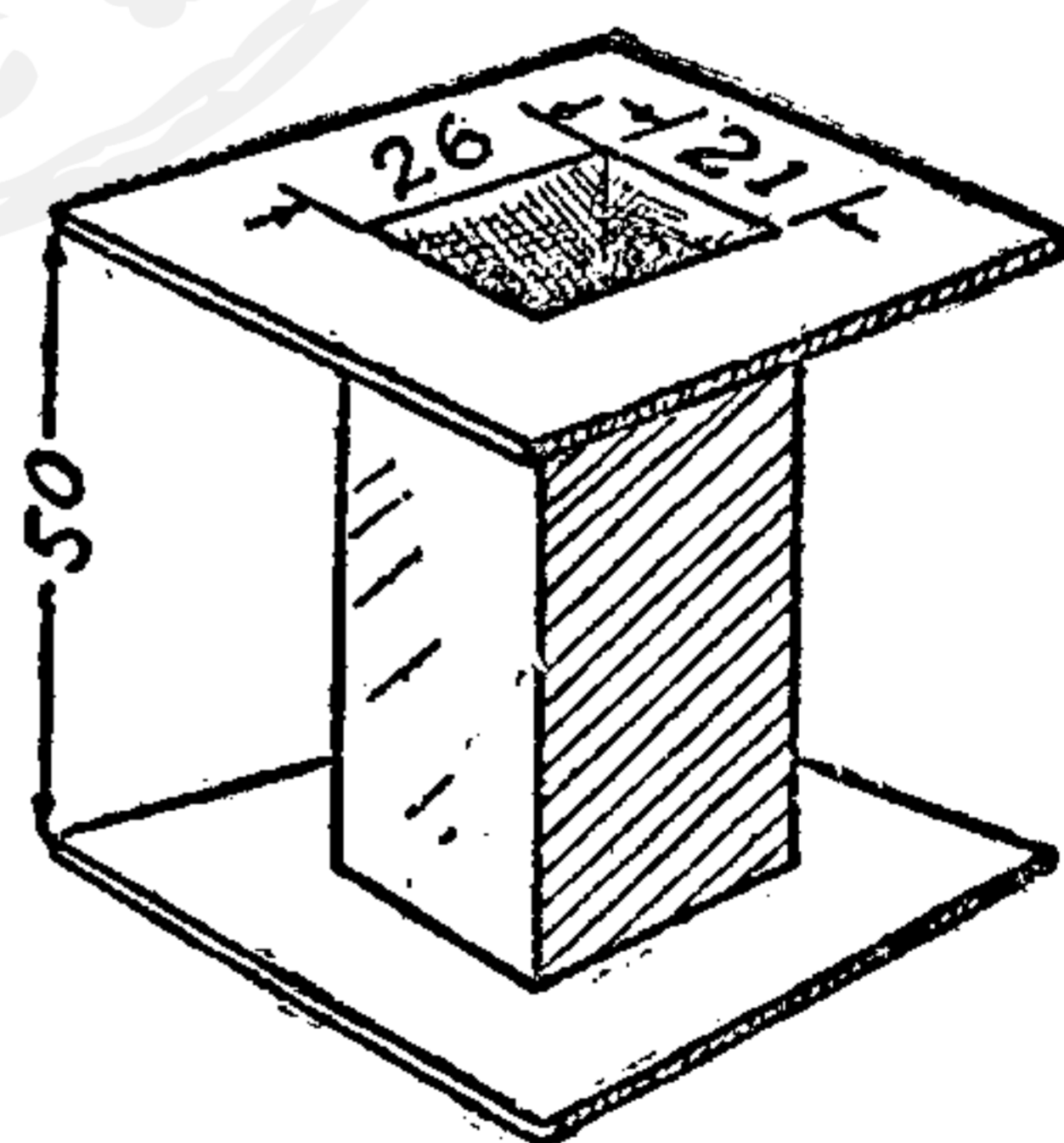
又變壓器的線圈先繞任何一個都沒有什麼關係，不過照一般順序，是先繞原線圈的。原線圈的用線，為B.S 第二十四號被覆銅線，共長約一百三十公尺，重量約三百克，銅絲被覆或紗包，或絲包，漆包都可。變壓器的繞線地位，比前述電動機空暢得多，如用雙紗包線，可以繞至一千轉並無困難。

繞法如照第九十二圖甲，左右二柱各繞一半，即五百轉，則銅線可以略省，但製作困難，故不如照乙圖在同柱上兩線圈全部繞上為便。

銅線備足，繞製線圈，但不可直接繞於鐵心，必先在柱上襯墊堅韌的紙張或紗布以為絕緣。但無論如何，如以左手持鐵心，而右手又須在凹形之中繞線，總感不便，所以最好，還是另以厚紙作框，把線圈預先繞成，在後套入鐵心柱上，則手續輕便得多。框的尺寸，大約如第九十三圖，以薄沖皮紙製作，絕緣完全，而且堅固，否則用厚一毫米半的厚紙版亦可，框的兩端亦以紙製，黏合其上。厚紙製成之框，在捲繞線圈時，若稍稍用力，必將歪損，故可於框心插入適當大小的木棒，更為妥適。

繞線次序，把銅線留出十厘米長短，作為線頭，從紙框的一端，仔細繞上，各轉須互相平行整齊，不可

雜亂，一層繞好，即以一厘米闊的紙條或布條繞上，把已繞成的



第九十三圖

一層銅線，全部掩蓋，乃復在上面繞第二層。二層繞畢，再加紙條，其上面再繞第三層。

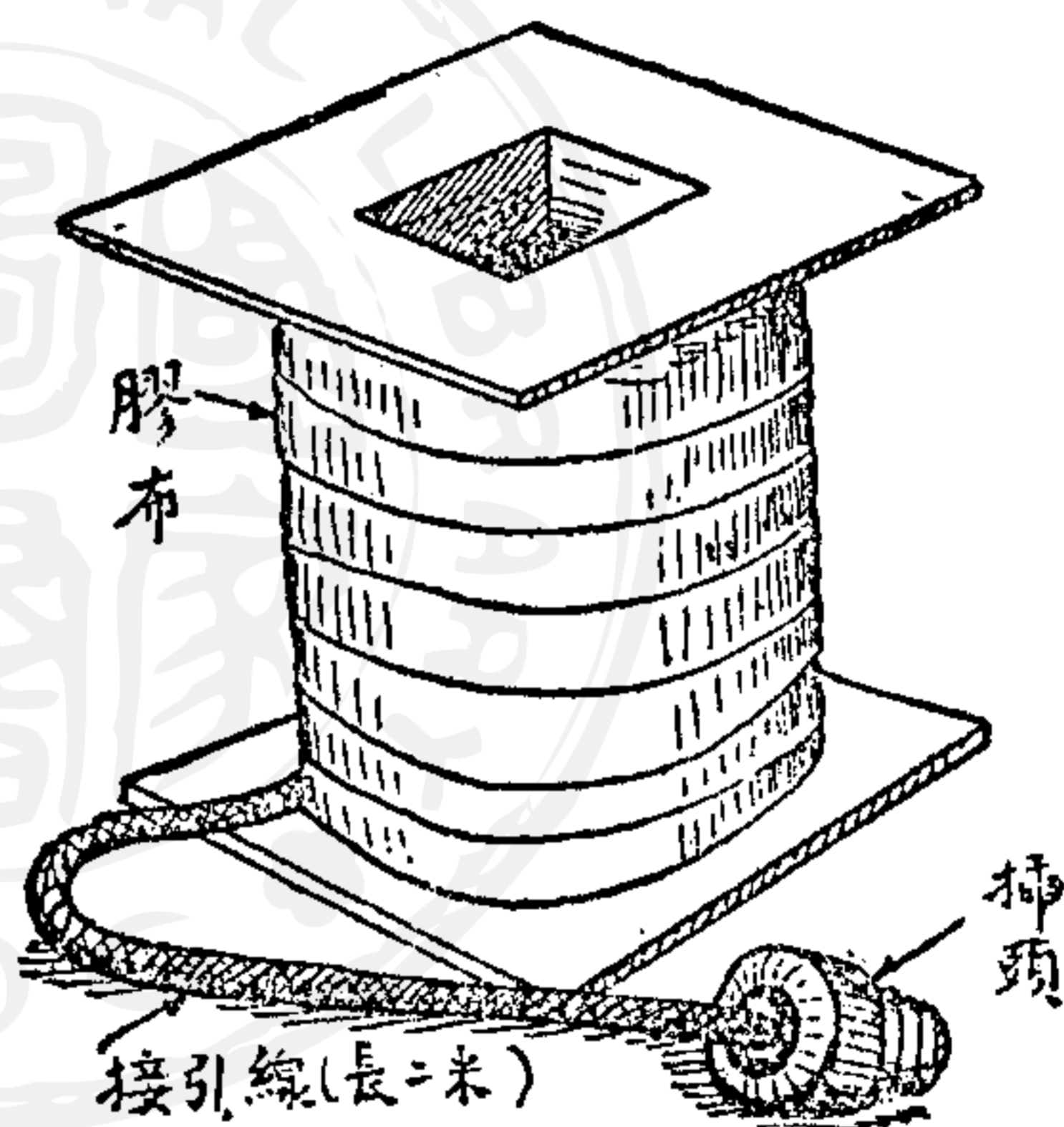
這樣每繞一層，即加一層絕緣，及至總數達一千轉，乃將銅絲剪斷，用線縛住，而防鬆散。這線圈就是原線圈，用以接於電燈線而導引電流的。乃向電料店購買插頭一個，花線二公尺接在線圈二端，接處務須堅牢，電線如有裸露之處，亦必須以絕緣膠布包沒。如無絕緣膠布，則用紙包裹二三層，用紗線緊紮，卻不可用糊黏貼，這就製成了原線圈，其完成之形狀如第九十四圖。

三. 副線圈的製作

副線圈，繞於原線圈之上，繞製之前，仍先考慮銅線的粗細和轉數的多少。這個副線圈的轉數，是隨所需要的電壓而不同，——轉數愈多則發生的電壓亦愈高。愈

少即愈低。今所需要的電壓，既不能過低，又不能過高，致有危險，那末可定為十伏特，所謂十伏特，恰等於蓄電池五個，或乾電池七個串聯時的電壓。任何模型電動機有十伏特電壓，概儘夠實用了。

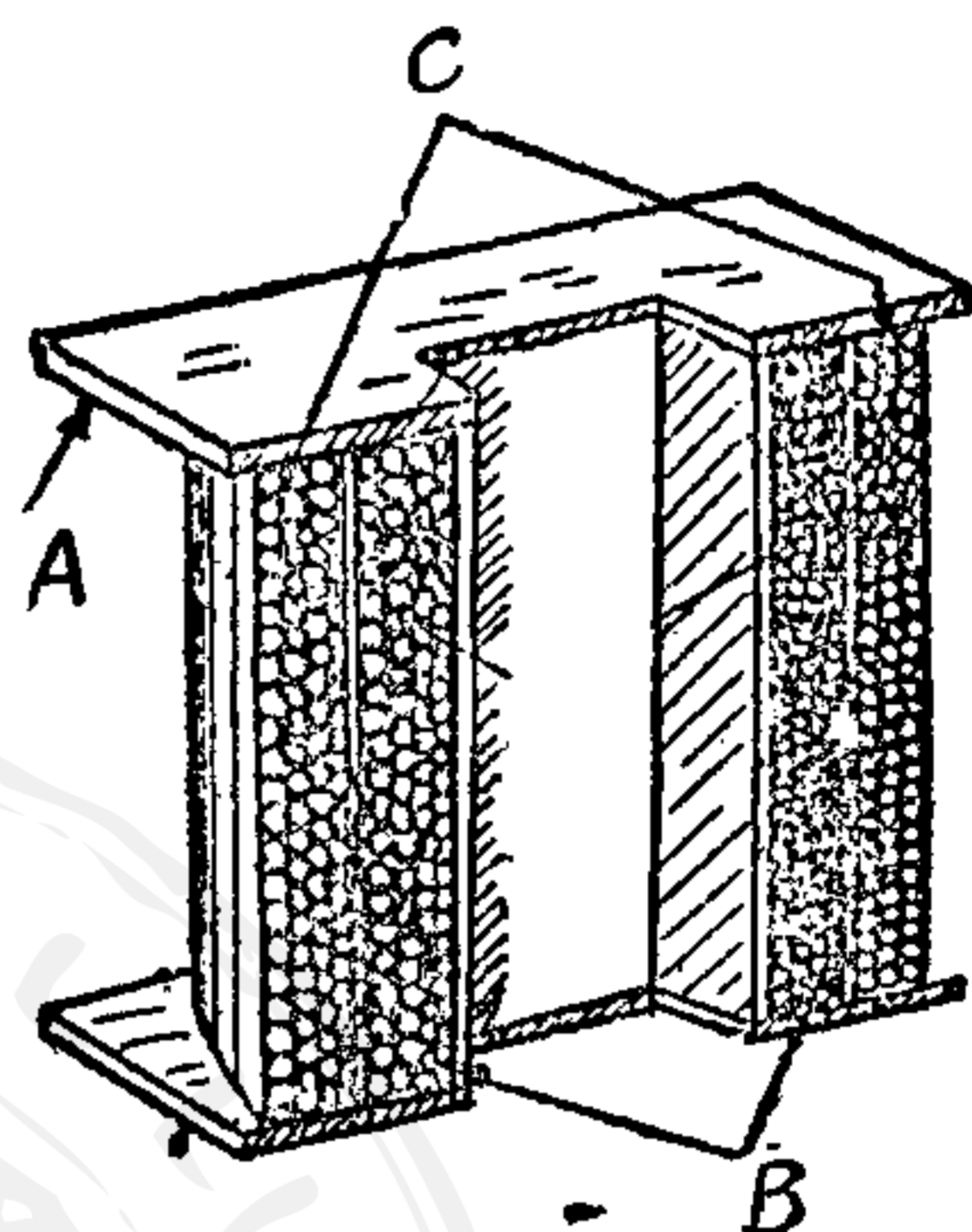
電壓限定如此，則副線圈的轉數，即定為一百轉——即原線圈一千轉的十分之一。而所需銅線為B.S.第十八號，長約十六公



第九十四圖

尺，重約一百三十克，紗包，絲包，漆包都可。

繞製之前，先在原線圈之外圍，加上絕緣紙或布多層，繞法與原線圈一般無二。即留出線頭十厘米在後逐轉逐層繞去。與原線圈不同之處，只因所用之線比原線圈粗，繞得緊湊，略感困難，好在轉數不多，總不至發生問題。繞至百轉，亦留出十厘米線頭牢牢縛住，或於紙框穿一小孔，繫住線頭，不令鬆懈。及全體繞成，如線圈框緣尚有多餘，即應剪去，使與線圈周圍相齊。



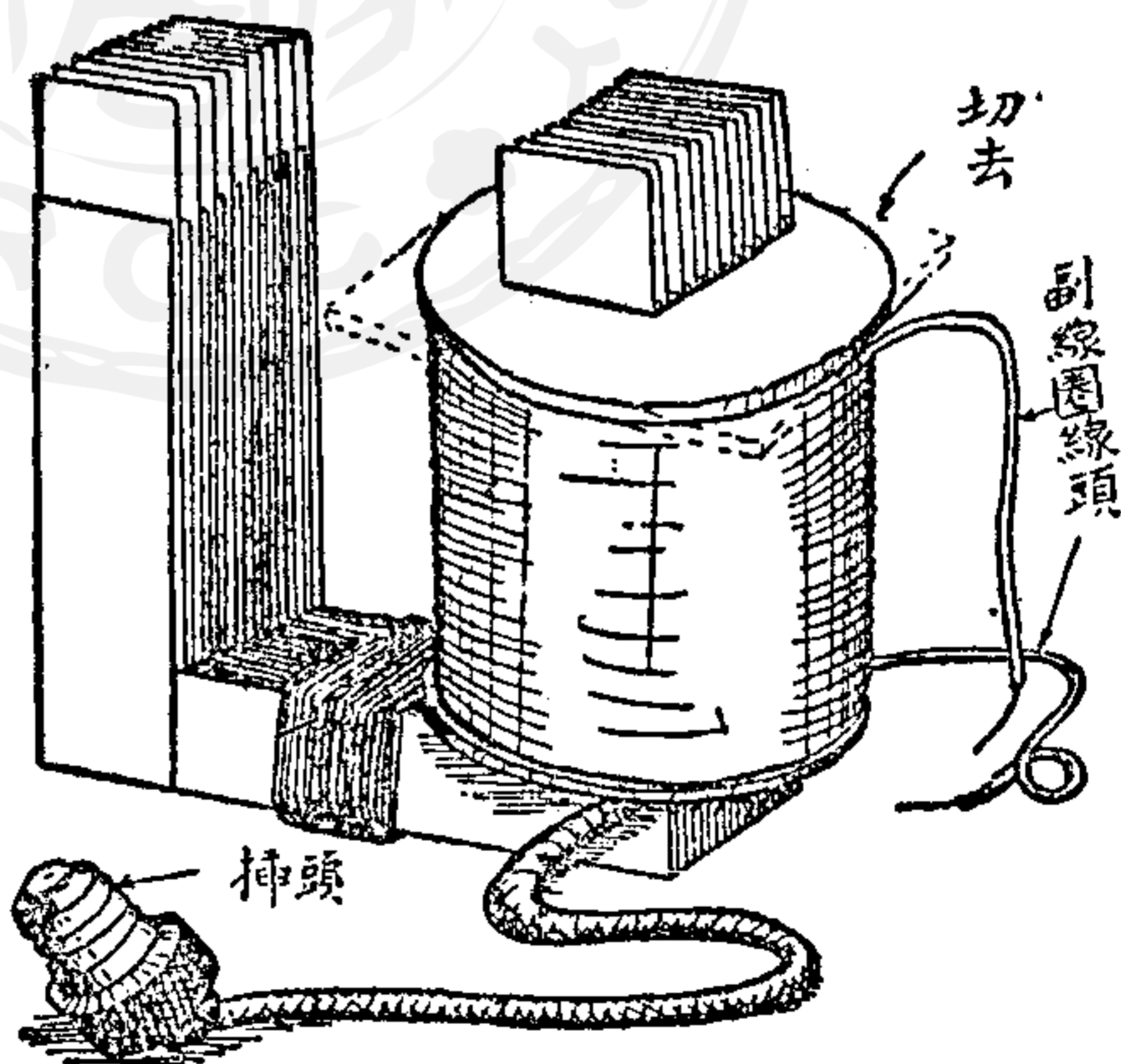
第九十五圖

製成後的二線圈，其縱剖面猶如第九十五圖。圖中A為繞線之框，B為原線圈，C為副線圈，B,C間之平行線即表示原副線圈間的絕緣物。

四. 裝置方法

裝置方法，大體依照下列次序：

1. 把線圈套入鐵心 這
就是將前製成的線圈（原
副線圈併合在一起）連線
圈框一起在內，照第九十



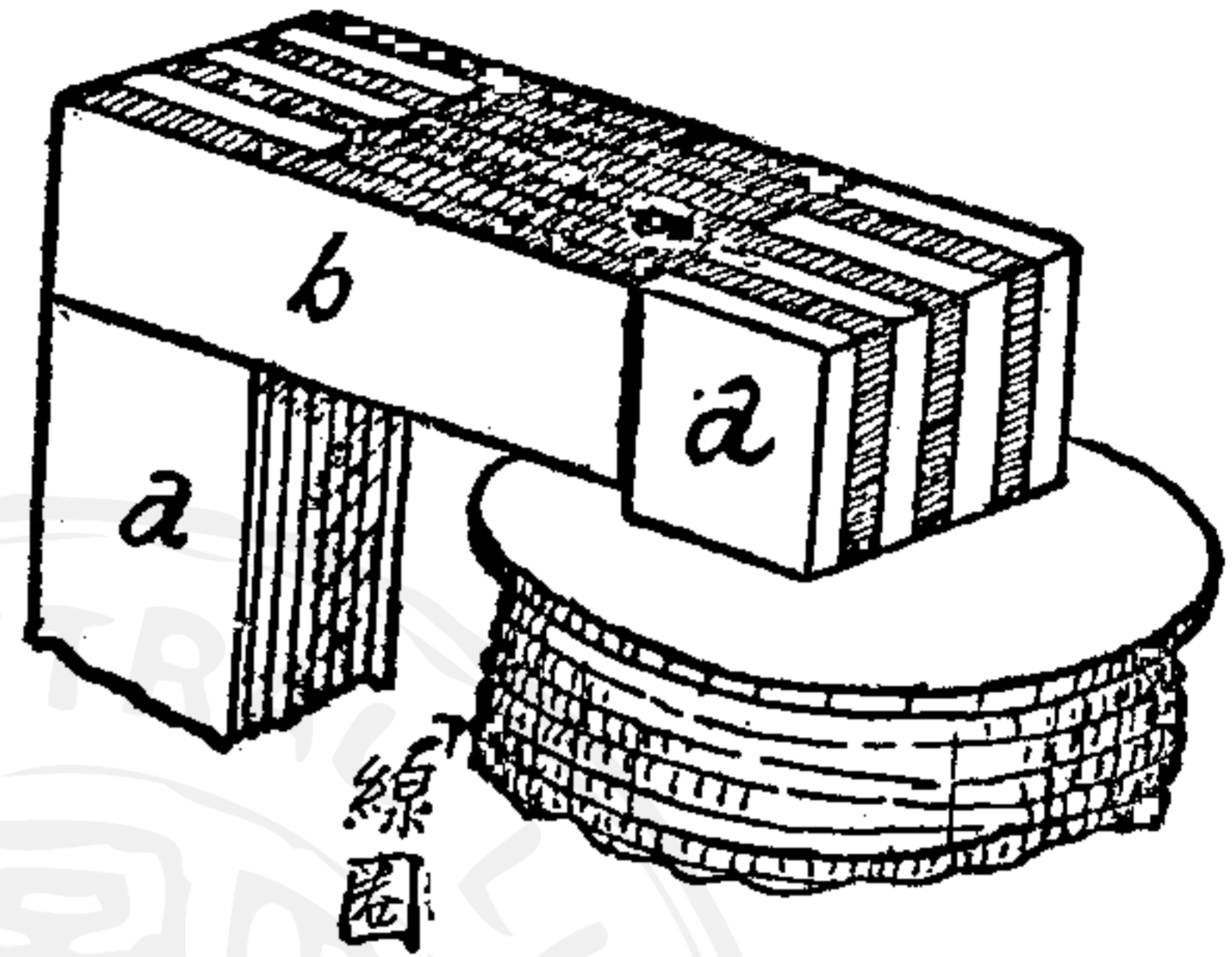
第九十六圖

六圖樣子，套於鐵心的一柱上。倘套上時鐵心與紙框，還有空隙，

那末，必須用厚紙充填塞入，使其不致鬆動。

2. 鐵心的組合 如最初把鐵心組成四方形，那線圈就無從嵌入，所以先只作三方，留出一方，及線圈套入以後，纔把這方連合起來，成爲完全的鐵心。

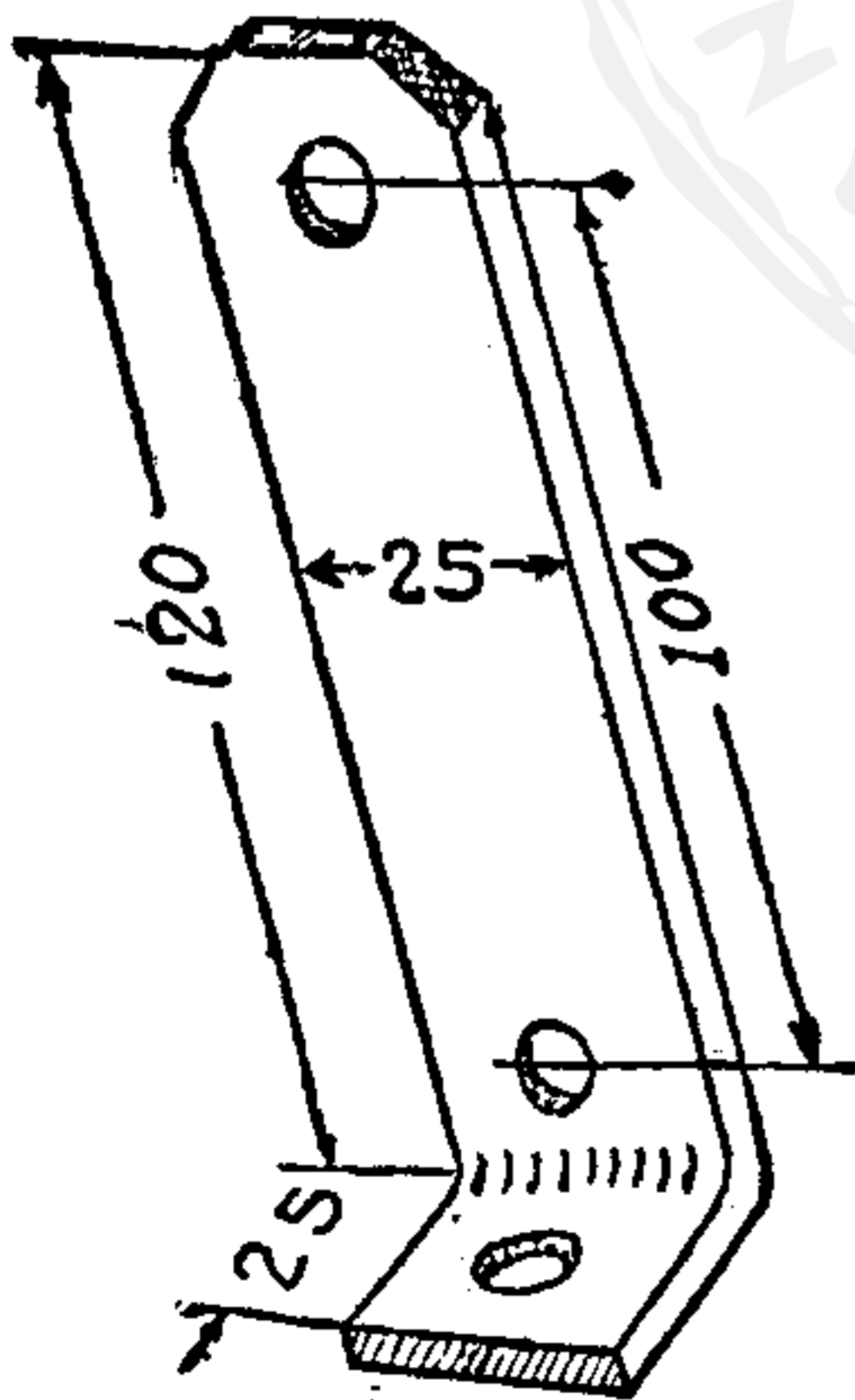
上已製成之鐵心，其兩邊柱的鐵片，即第八十九圖a之鐵片，每片都有出入，在縮入部分的空隙，適足以填入剩餘未用的鐵板b，這樣把空隙填滿，就成功四方形了。這



第九十七圖

個裝置方法，如有實物在手，不說明也能明白，一用文字解釋，反而累贅，只看第九十七圖，就是裝成後的鐵心。有黑影的爲剛嵌入

的鐵片 b，白的即鐵心的兩柱。圖中每片雖畫得很厚，實際卻沒有這樣厚的。

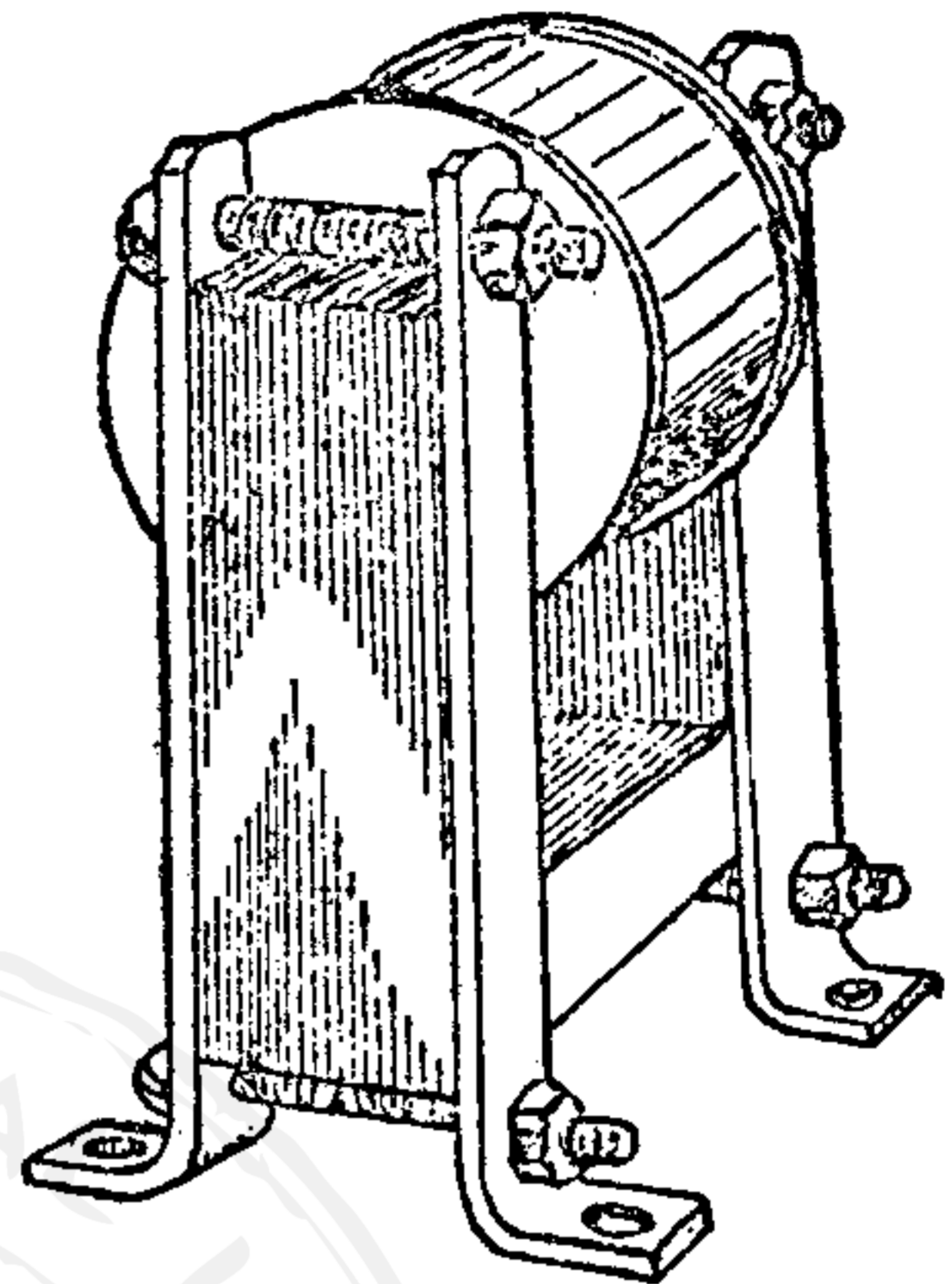


第九十八圖

3. 鐵心的夾緊與裝置 上述鐵心雖組合完成，但不堅固，鐵片很易散落損壞。若不夾緊胡亂通入電流，則必發生如飛機飛行時的爆裂音。而原線圈，且將發熱。因此必須照第九十八圖以堅厚鐵板，製成夾緊用的鐵片四枚就算是變壓器之腳，上下兩孔，通以螺釘，如九十九圖，用力夾緊。如沒有厚

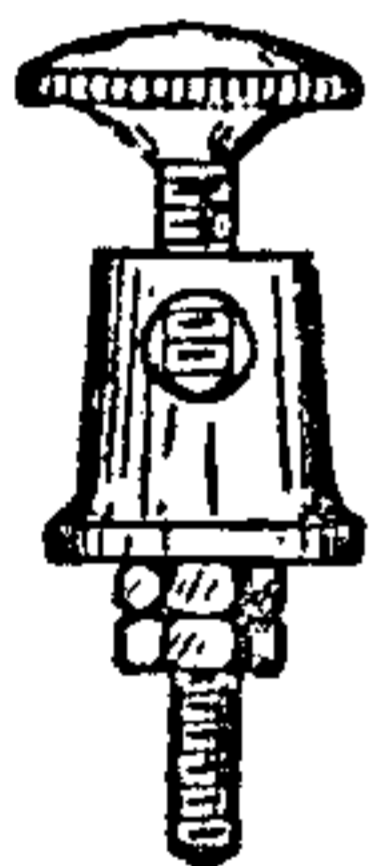
的鐵板，則用木板亦可。但須選擇不會碎裂的木材，厚約二厘米。

鐵心夾緊以後，即須裝置於木製底板上。鐵片下方本已變成直角，在脚上中心開有小孔，穿入螺釘，固定於木板上即成。木板大概長十五釐米，橫十二釐米，厚一釐米半或二釐米，木材須堅實。



第九十九圖

4. 副線圈的線頭和導線 副線圈在製作時，起端和末端，本已預留十釐米線頭，可以接線。但為稍增美觀起見，可向無線電料店購買接線



第一百圖

柱二個，如第一百圖之物，將螺絲腳裝在木板上，而把線圈二線頭接上。接線柱上方的小孔，和頂上螺釘，則是預備接至應用機件上去的。

其次還有從原線圈而出的導線，亦須使其有着落之處，即在底板適當地方，照第一百零一圖形狀，用鉛皮製作，釘於板上，中間仍襯紙張以防損壞導線。

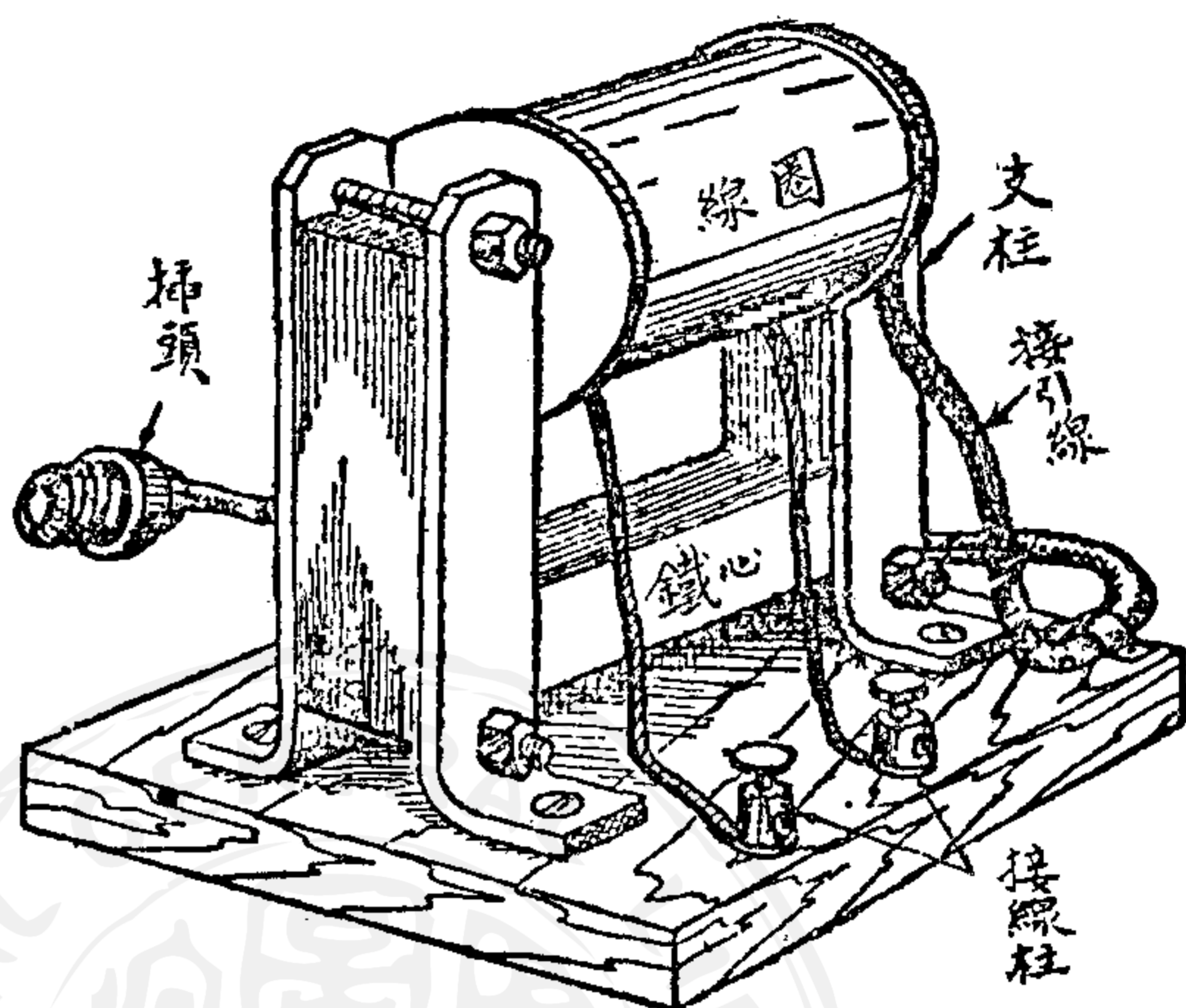


第一百〇一圖

這樣製成的變壓器，其電壓為十伏特，電流為四安培（參看附錄），其完成品如第一百零二圖。今將導線的

插頭，插入電燈線的撲落，或燈頭，開關一開，則副線圈二線頭，便得有十伏特的電壓，把這二線頭，即二接線柱，接向電動機，則電動機自起旋轉，電流用之不竭，較電池為簡便而經濟。

這製成的變壓器所費的電功率，約相當於一五十瓦特的燈泡。如電流每一度(即仟瓦小時)以六角計算，那末用一小時不過三分電費罷了。



第一百〇二圖

以上是最簡易的變壓器製作

法，下面再介紹稍複雜而便利的變壓器。

第三章 任意變換電壓的二十伏特變壓器

上述變壓器，其副線圈電壓，不出十伏特。但有時應用於種種電機時，或需十伏特以上，或在十伏特以下。例如八伏特用的電動機，二個串聯應用時，就要十六伏特，又小電泡點燃時，卻只要二個半或三個半伏特的電壓。

在這種情形之下，如要一一製作適當的變壓器，豈不麻煩而且靡費？若在一個變壓器中使能出各種電壓，那就便利得多。這也不困難，只要在次級線圈中連分枝接出，就好了。

一. 鐵心與原線圈

變壓器的鐵心和原線圈，其大小，尺寸，轉數，都和前一樣，所

不同的就只副線圈。現在把次級能出的電壓分爲二,三,五,六,八,十,十二,十五,二十伏特種種。再要細分,固然還可,但卻無此必要了。

二. 副線圈

繞副線圈仍與前同樣,用B.S.十六號被覆線,長需三十七公尺,重量約三百克。最初以同樣方法作成原線圈,添加絕緣層,再繞副線圈,到了第二十轉頭上,這裏就要分枝,出一個二伏特的線頭。分枝不必另用銅線銲接,就用手頭繞製的線圈銅線,照



第一百〇三圖

第一百〇三圖約餘出十厘米撚成一個線頭,而附以“二伏特”的記號。否則後來分枝既多,繞成時,就分不出誰是幾伏特了。

二伏特分枝以後,再繞十五轉,若從起首數起,就是第三十五轉,以同一方法分枝,而附以三·五伏特的記號。以後仿此:

於是再繞二十五轉(從頭第六十轉)……作六伏特分枝

再二十轉(從頭第八十轉)……作八伏特分枝

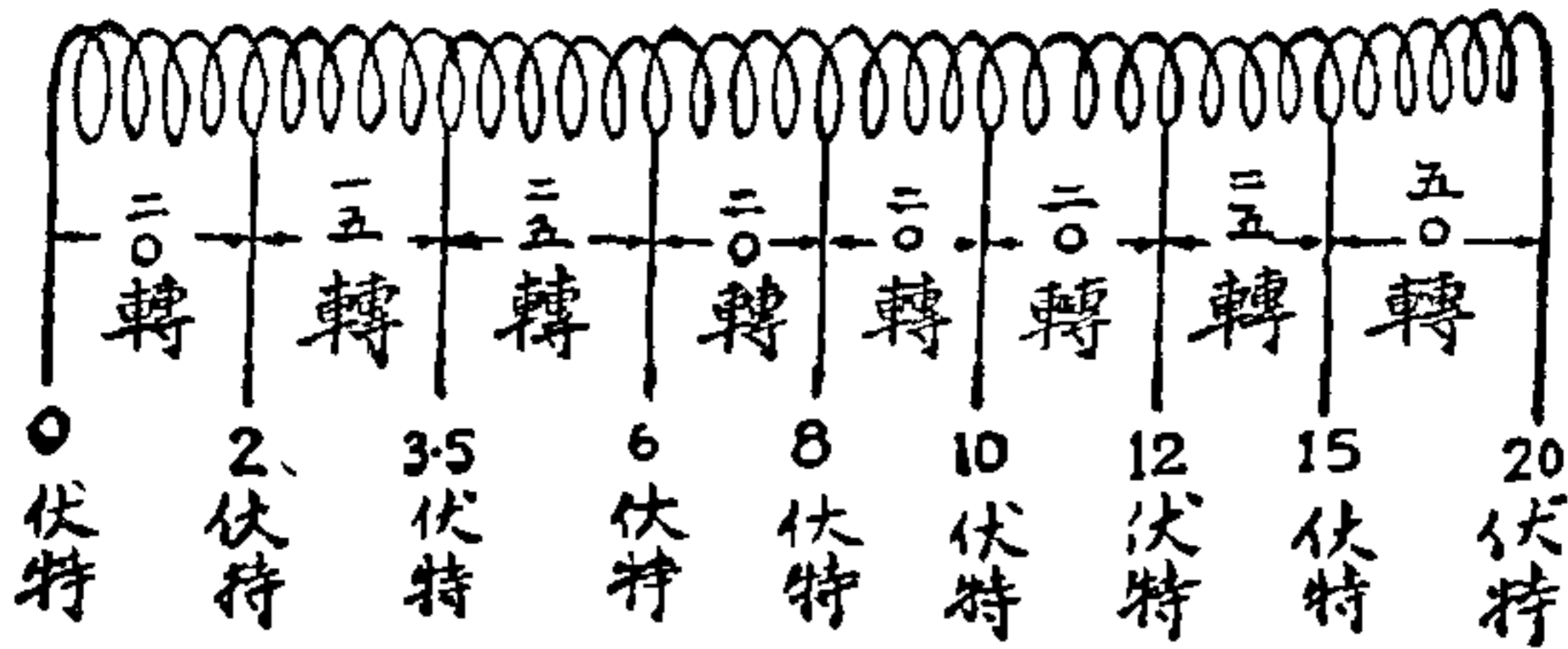
再二十轉(從頭第一百轉)……作十伏特分枝

再二十轉(從頭第一百二十轉)……作十二伏特分枝

再三十轉(從頭第一百五十轉)……作十五伏特分枝

再五十轉(從頭第二百零轉)……即二十伏特

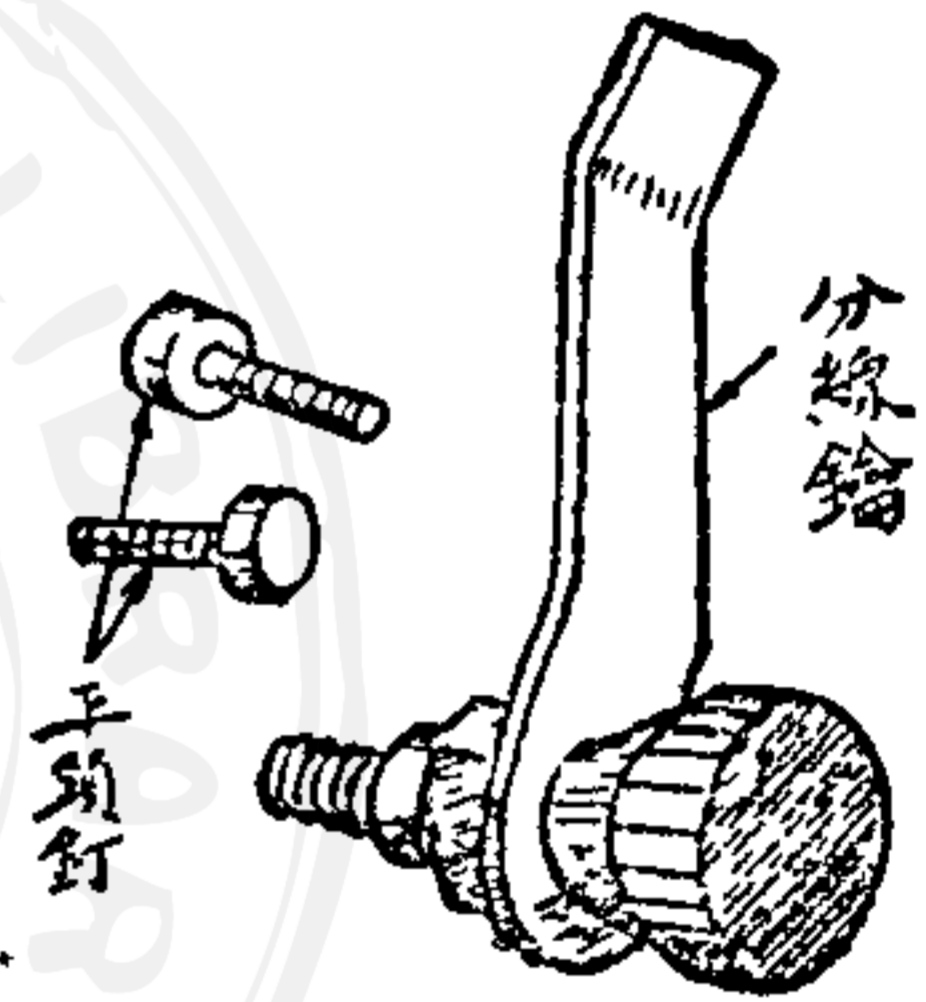
終末二十伏特用的線頭,就是副線圈的末端,不必再撚,剪斷就好。各分枝都附以幾伏特的記號,其整個線圈如第一百〇四圖。



第 一 百 〇 四 圖

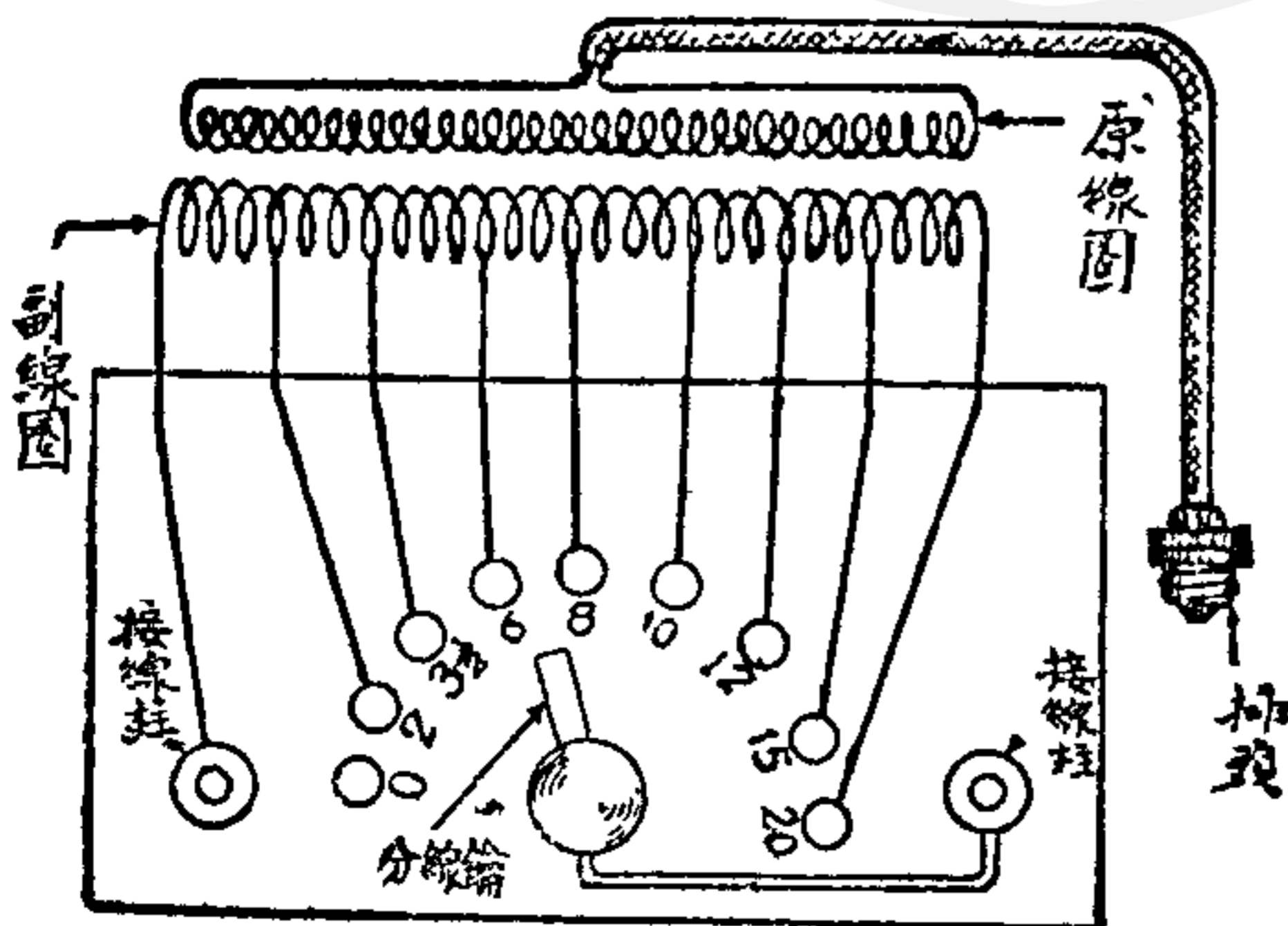
三. 接 線 方 法

這許多由副線圈分出的枝頭，必須在把變壓器裝置於底板上之後，各各接至分線器之上。所謂分線器，是用厚五毫米左右的膠木板或木板，照第一百〇六圖製成。另需分線鑰一個，如第一百〇五圖，接線平頭釘九枚，這些在無線電料店都有出售，分線鑰不一定要照圖一樣，用黃銅片，亦可自製。



第 一 百 〇 五 圖

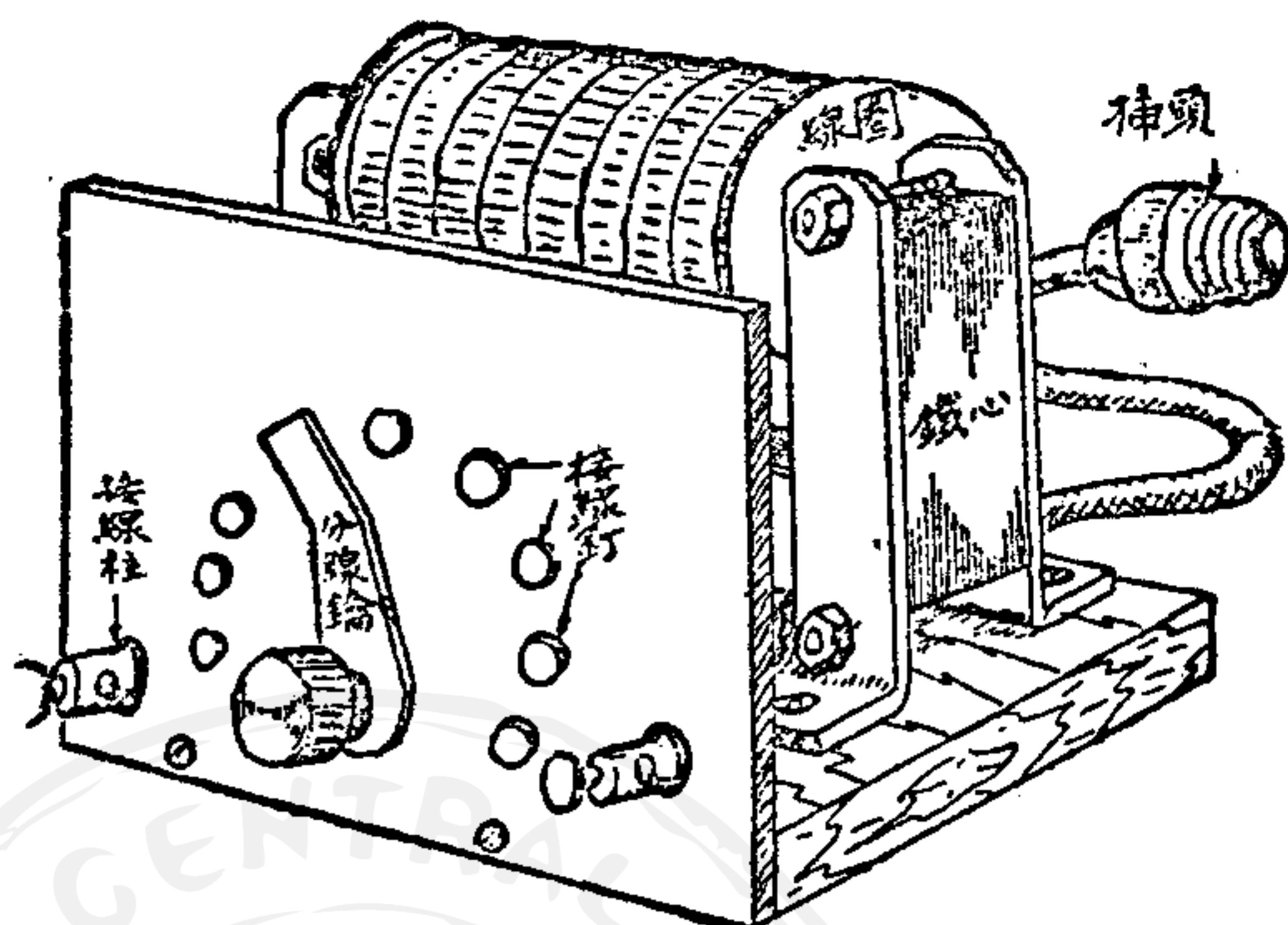
分線鑰，接線釘，和接線柱，及由副圈分出的各分枝線頭，可



百 〇 六 圖

照第一百零六圖接好，製成後，則如第一百〇七圖。如將分線鑰轉動接於2之釘上，則二接線柱間便得有二伏特的電壓，轉接於8之釘上，則二接線柱間便有八伏特。這樣，一個變壓器就

可得種種高低的電壓。把分枝線頭接於平頭釘時，如不能銲接，則必須剝去被覆，露出銅線，並用砂紙擦亮，而後接上，用螺絲帽旋緊。



第一百〇七圖

分枝線頭接至接線釘的次序，自然依照電壓的高低，即2, 3, 5, 6, 8, ……。2伏特外側的接線釘，任其空着，當分線鑰接此釘時，副線圈電壓就成為零。所謂電壓為零，這話比較費解，其實就是副線圈的電路被切斷，沒有電流就是了。

分枝線頭至接線釘之間，務須整然有序，勿使互相絞連，又銅線被覆裸露時，則必貼上膠布而絕緣。以策安全。這里所謂安全，決不是說接觸時，有觸電危險，不過裸線與裸線相觸，而成短路，必致把線圈燒燬。

用這個分線變壓器之時，有一點必須注意，就是分線鑰，切勿同時跨接於相鄰二釘之上，因各釘所出電壓各各不同，若於其間有金屬連接，勢必至在其間形成短路，線圈必生熱而損傷。

為防範這種妨礙，可將接線釘距離加闊使轉動桿絕對不至於同時接觸二釘。

第四章 變壓器的大小與出力

有了一個變壓器，說電流可以取之不竭，固然可以，若說從此可以取用很大的電流，卻是不可。因為小形的電動機，不能出很大的力量，已如前述，變壓器亦同，小形變壓器，不能得大量的電流。

原來所謂變壓器，不是像電池一般，自己發生電流，只不過是把高壓電變成低壓電的一種工具。如以電流譬諸牛肉，則變壓器猶如切肉機，放入切肉機的牛肉，雖為大塊之物，而由切肉機出來，卻成細肉絲。所以進入原線圈的電流，雖屬高壓，而從副線圈出來便成低壓。又大切肉機，可以切多量牛肉，小切肉機，只能切少量的，同樣變壓器大的，固然可以使相當大的電功率變壓，而小形變壓器，只能使少量的電功率變壓。這是不易之理。

還有一點，也許有人，以為用變壓器將高電壓降低，則電功率必將損失，又將低電壓增高，則電功率亦將增加，其實不然，所變者只是電壓，電功率決不更動。電壓與電功率的區別一旦明白（見附錄），則這理便容易懂得。再譬以切肉機，放入切肉機的牛肉，與出來的牛肉絲，只有形狀的不同，而斤量還是一樣的。

一. 變壓器用不得當易於損壞

上文雖說小變壓器，不能發生強大電流，但這也不是絕對不能上下，多少還可以通融的。若一味濫用，使變壓器不堪擔負，則線圈生熱，終至發煙，而燃燒損壞。這一點是不可不注意的。前作之變壓器，十伏特時，只能用至四安培的電流，又二十伏特時，

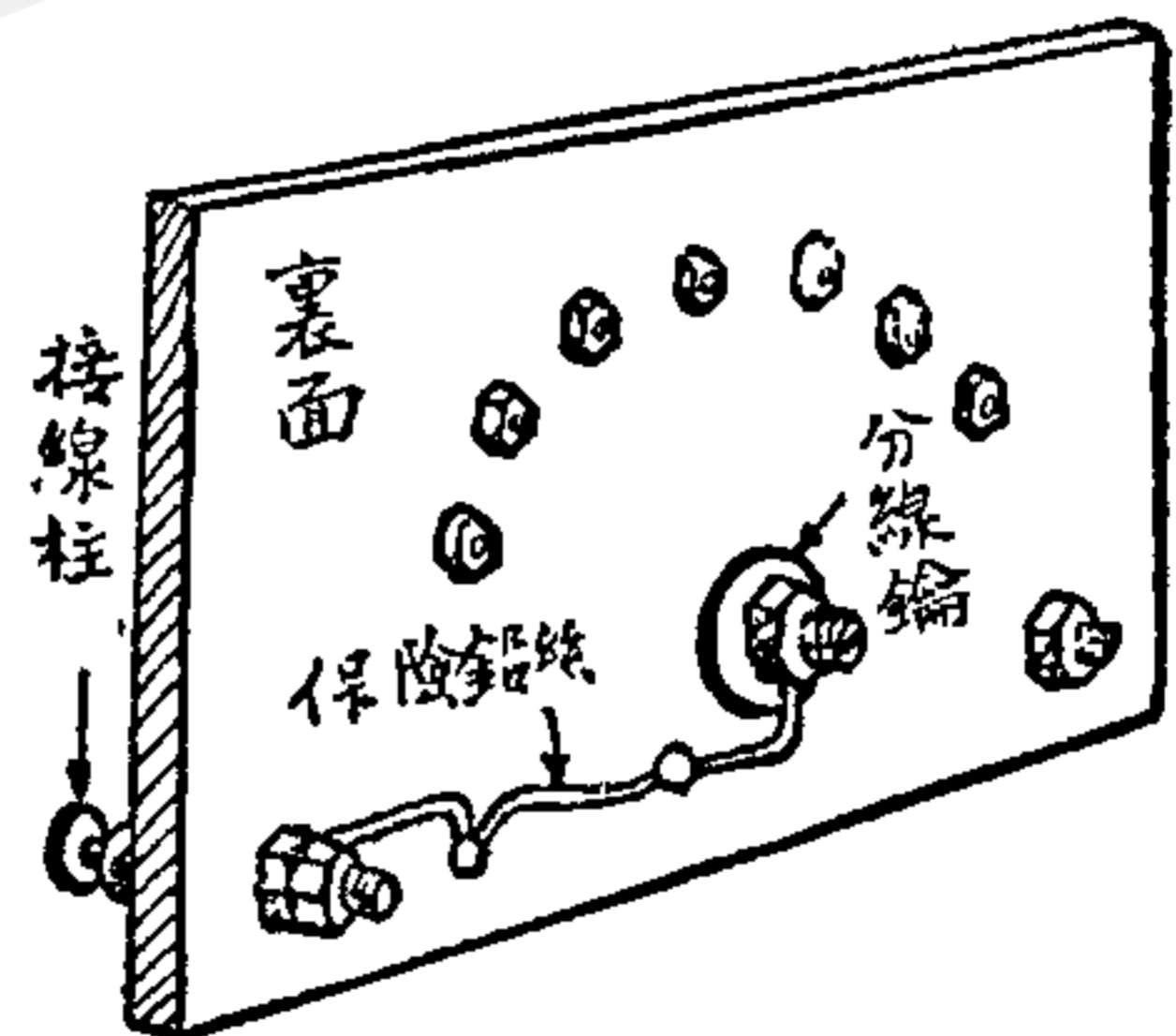
只用二安培，十五伏特時，只用三安培，十二伏特以下，用四安培不妨，若超過此數，必至生熱。雖變壓器自身，不會拒絕過大的擔負(load)，但不勝其任時，他就毀壞了。

把變壓器譬之於人，他是很容易說話的人。他雖有過大的擔負，自己決不拒絕，始終肯勉強支持。這時只有用他的人當心他，原諒他，不使他擔負過大，才不至於鬧出岔子。從變壓器榨取過多的電流，猶如使人擔負過重，往往會不堪擔負，卒至蹶倒的一樣。

水管細的，用時雖把水龍頭全部開放，但水為管徑的粗細所限，不能過量流出，變壓器和水管卻稍有不同，問他要電流，他總是勉強供應的，但結果卻損壞了。

但話雖如此，始作變壓器的讀者，雖已知道了幾安培是可用的，幾安培以上卻不可用。但到底怎麼樣才是幾安培呢？這有什麼方法知道呢？最明確的方法，自然是用交流電流表。即將電表插入於變壓器副線圈的線端與擔負之間（凡一切需用電流的器械，都叫做變壓器的擔負）可以

看出表上的計數。否則即照第一百〇八圖在分線鑰與一方的接線柱間接以長四釐米的保險鉛絲。這種鉛絲，在電料店中有售。若對於前二十伏特變壓器則所用保險鉛絲，應買“二安培”的，保險鉛絲的作用，在於



第一百〇八圖

保障機件。譬如電流在適當應用時，絲毫沒有阻礙，如果電流取

用過多，至將近二倍時，保險鉛絲便自身熔化，而把電路截斷，這就不會使變壓器線圈生熱而損壞。他是最忠義的僕人，肯捨身以救線圈的燬損的。

二. 原線圈切勿使之短路

讀者也許要有一種疑問：“變壓器的原線圈是用那樣粗的銅絲繞成的，接上一百伏特電壓時，不會變成短路嗎？”能發這個疑問的人，必是對於電機工程多少已有過研究實驗的，下面就答這個問題。

前述變壓器的原線圈，是用 B.S. 二十四號線繞一千轉製成的。一轉之長平均若為十二厘米，一千轉不過一百二十米。而二十四號的電阻數值，照前電線表所載，長一公里，不過八十五歐姆。一百二十米，電阻不過十歐姆，把十歐姆的電阻線直接接於一百伏特，差不多就有十安培的電流，這樣大的電流，B.S. 第二十四號線，必至於燒毀無疑。

可是實際上作成變壓器而通以一百伏特交流，決不致於燒毀，決不致於生熱，電流並沒有十安培，連一安培都不到。

這是什麼原因呢？原來在鐵心以外，繞捲線圈，而通交流，其線圈自身，亦會發生電流，這發生的電流是和外界所加的電流相反撥的，但比較稍弱。例如外面所加的電壓為一百伏特，而起於線圈的電壓，為九十五伏特，則相差五伏特，故原線圈中所繞電流只與電壓為五伏特時所流電流相等。

但是這話，又必限於交流。若接以直流，則原線圈，毫沒有反對的電流發生。真的有十安培的電流流通，而使線圈燒壞。又縱

爲交流，但若銅線並不繞成線圈，或線圈而不繞於相當粗的鐵心之上，單以長一百二十米的銅線張於空中而兩端接以一百伏特的交流，那麼仍然同直流一樣，變成短路。

這又是什麼理由呢？說來話長，又怕太專門，不是本書的目的，所以就此爲止。讀者只要知道變壓器的原線圈，若通以直流即成短路，而接以交流卻決不至短路，記住這點，也就夠了。

第五章 各種大小變壓器的製作

變壓器的製作和必要的知識，已如上述。但以上所講的變壓器，電壓雖可分種種，而他的容量大小卻一定。就數字說，約可出四十瓦特的電功率。但讀者中也許有人還嫌不足，想有一個有更大電功率的變壓器。又或覺得太大，而想有一個形狀極小（即電功率小）的變壓器。因此便在下面就各種大小變壓器，詳述其鐵心尺寸，繞線粗細，和繞線轉數等。至鐵心裝法，線圈繞法，和前述毫不差異，只要曉得他的要領就是了。

一. 一百瓦特變壓器

以上製作的爲四十瓦特，若爲一百瓦特，恰好是二倍半。讀者運轉各種模型機械時，本來用不到一百瓦特以上的電功率。即使用一百瓦特的電功率，已能使重二十仟克的模型電動機關車，以相當的速率走動了。將一百瓦特換算爲馬力，約比八分之一馬力稍大。功效如此，他的尺寸製法，猶如下述。

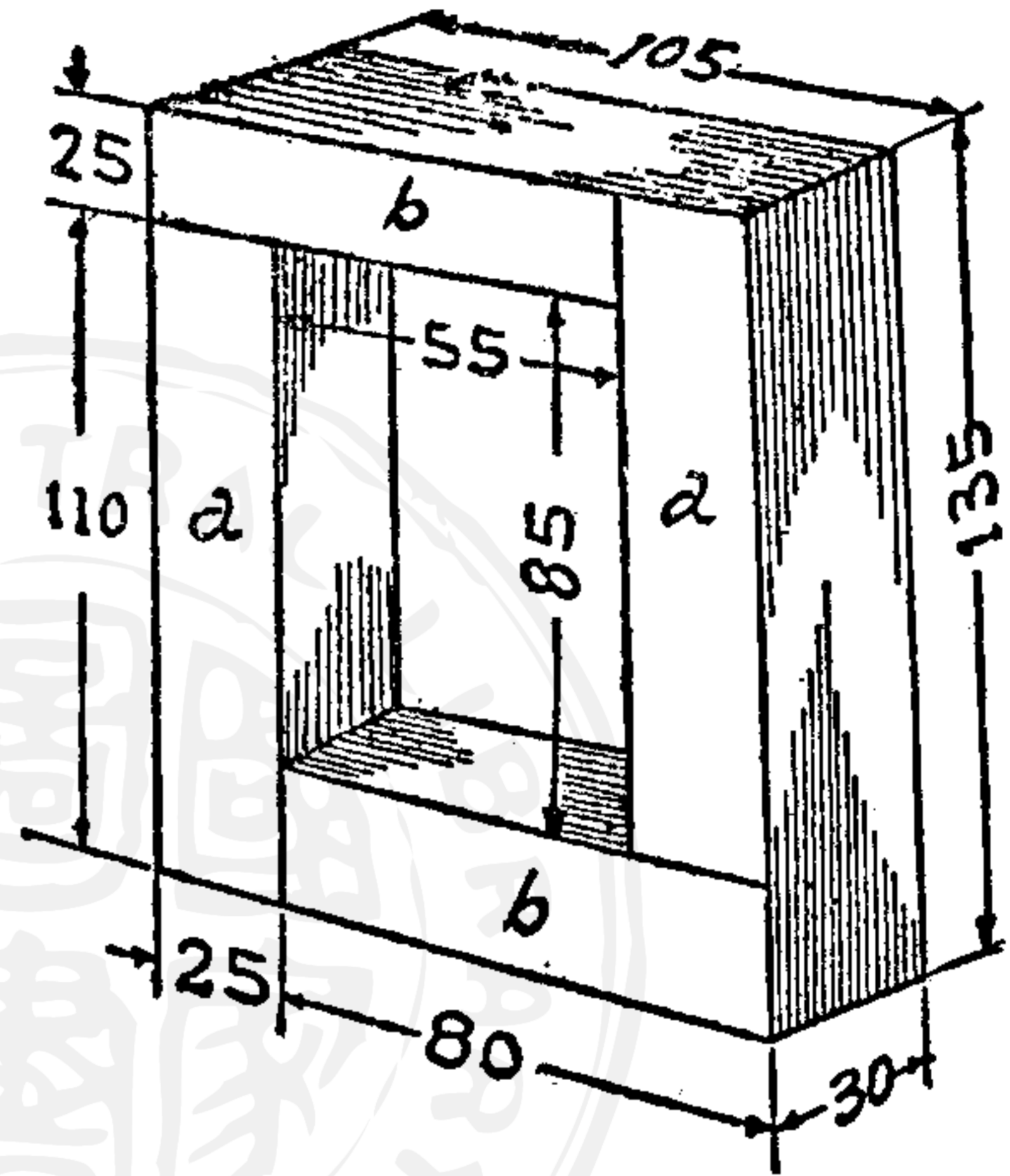
電壓在原線圈方面，自然仍爲一百伏特，而在副線圈方面，則爲四，六，十，十二，十六，二十，共六種。

鐵心 a 鐵片闊二十五毫米，長一百十毫米，b 鐵片闊二十五毫米，長八十毫米。所謂 a, b 鐵片，就是前八十八圖時所用符號。稍長的鐵片為 a，較短的為 b，以下各例都同。

把鐵心積疊起來，其厚度應達三十毫米。故製成鐵心，尺寸如第一百〇九圖。

原線圈 原線圈用 B.S. 第二十號被覆線繞七百轉，所需銅線長約一百四十米，重量約七百克。

副線圈 副線圈用第十四號銅線繞一百四十轉，長約二十九米，重約五百八十克。但所說的長和重量，都稍



第一百〇九圖

有多餘，繞成以後，或者有留剩亦未可知。不過變壓器的線圈，是依轉數而定的。這裏舉出長短，重量，原不過為讀者購買時的便利。

其次副線圈途中的分枝為：——

四伏特——自開頭二十八轉

六伏特——自開頭四十二轉

十伏特——自開頭七十轉

十二伏特——自開頭八十四轉

十六伏特——自開頭一百十二轉

二十伏特——自開頭一百四十轉，即末端

副線圈二線頭，和接線柱及分枝的接法，都和前變壓器完全相同。照第一百圖製作就是。這變壓器在二十伏特處，為五安培，十六伏特處為六安培，十二伏特以下為七安培，照這樣取用電流，沒有危險，而製成後全體重量約四仟克。

二. 六十瓦特的變壓器

這是在四十瓦特一百瓦特中間的變壓器。

鐵心 a 鐵片闊二十五毫米，長九十毫米，b 鐵片闊同為二十五毫米，長為七十毫米，鐵心的積厚為二十五毫米。

原線圈 即接一百伏特者所用銅線為 B.S. 二十三號，轉數八百五十轉。線長約一百四十米，重量三百五十克。

副線圈 可出三，六，九，十二，十五，二十伏特六種電壓，所用銅線為 B.S. 十七號，全體一百七十轉。全長三十米，重量二百八十克。分枝地方：——

三伏特——自始二十六轉

六伏特——自始五十一轉

九伏特——自始七十七轉

十二伏特——自始一百〇一轉

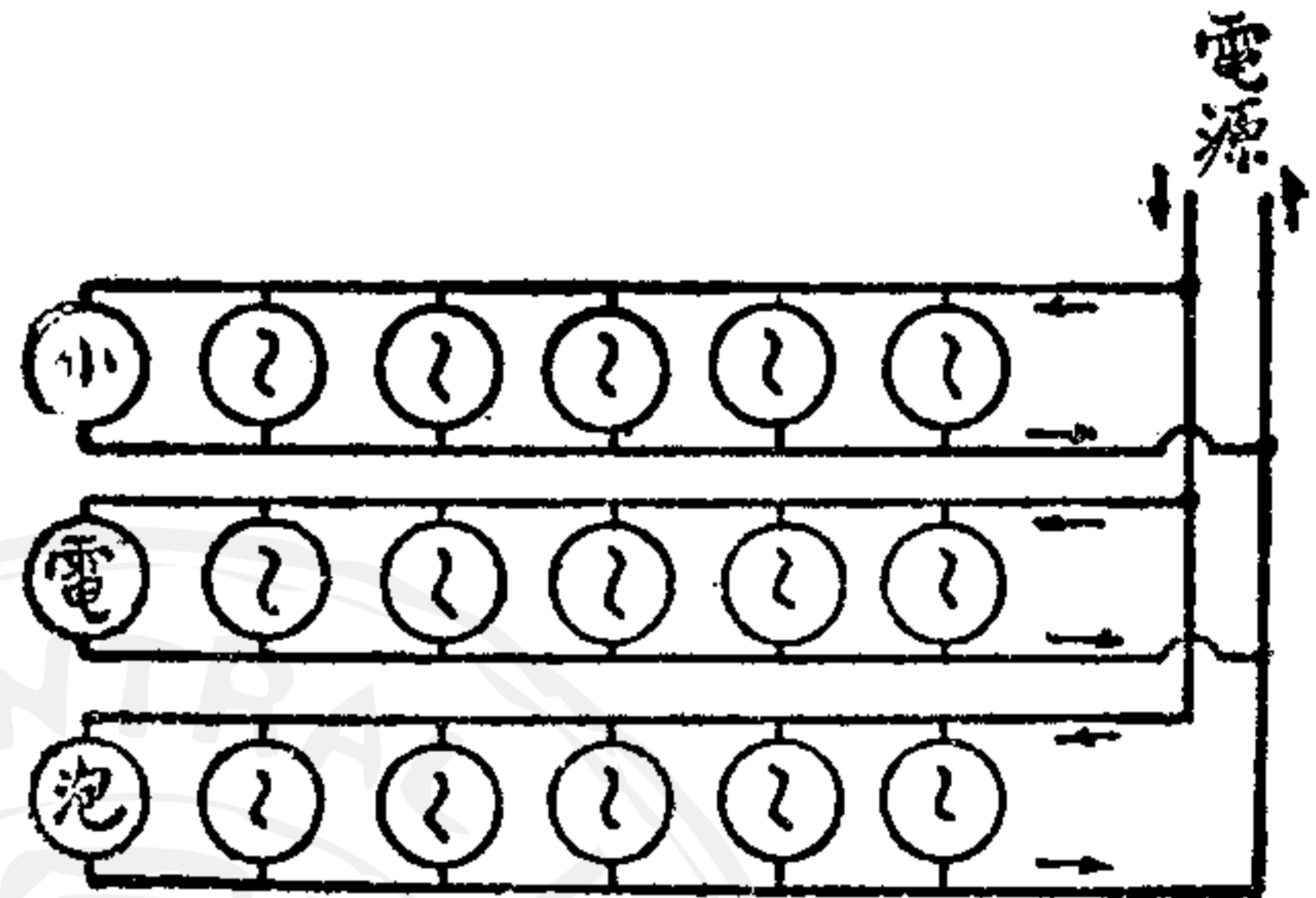
十五伏特——自始一百二十八轉

二十伏特——自始一百七十轉即末端

這變壓器用二十伏特至十五伏特，可取三安培電流，十二伏特以下，可取四安培。

三. 電流特大的五十瓦特變壓器

上文所述，線圈分枝，電壓低自二，三伏特，高至二十伏特，可以任意取用。現在假定應用目的，僅在使小電泡數十個同時點火。電壓不必過高，只有二伏特或三·五伏特已足，但電流卻要很多。蓋因如圖一百十，小電泡都屬並聯，電壓只要一種，而電流須每個電泡分流。所以全體併合，須要很大的電流。所以現在要做一個五十瓦特的變壓器，電壓為二·五伏特，而電流卻要二十安培，這變壓器約能點一百個的小電泡。



第一百十圖

鐵心 a 鐵片闊二十五毫米，長八十五毫米，b 鐵片闊二十五毫米，長六十毫米，鐵心厚度則為二十五毫米。

原線圈 用 B.S. 第二十三號約九百轉，稍細即用二十四號亦可。但以點電燈為目的的變壓器，電壓若稍變化，則燈的明暗，即相差很大，所以與前面六十瓦特變壓器，同用二十三號，其長度約為一百六十米，重量約四百克。

副線圈 這個電壓只有二·五伏特一個種類，而電流卻須二十安培。線用 B.S. 第十號繞二十三轉即可。但第十號線，銅線直徑，粗至二·六毫米。很為難繞。所以改用 B.S. 第十六號，以四根併合繞製，比較便利。這四根併合的線束，也只繞二十三轉。總計所用十六號線，約須十八米，重量約二百二十克。

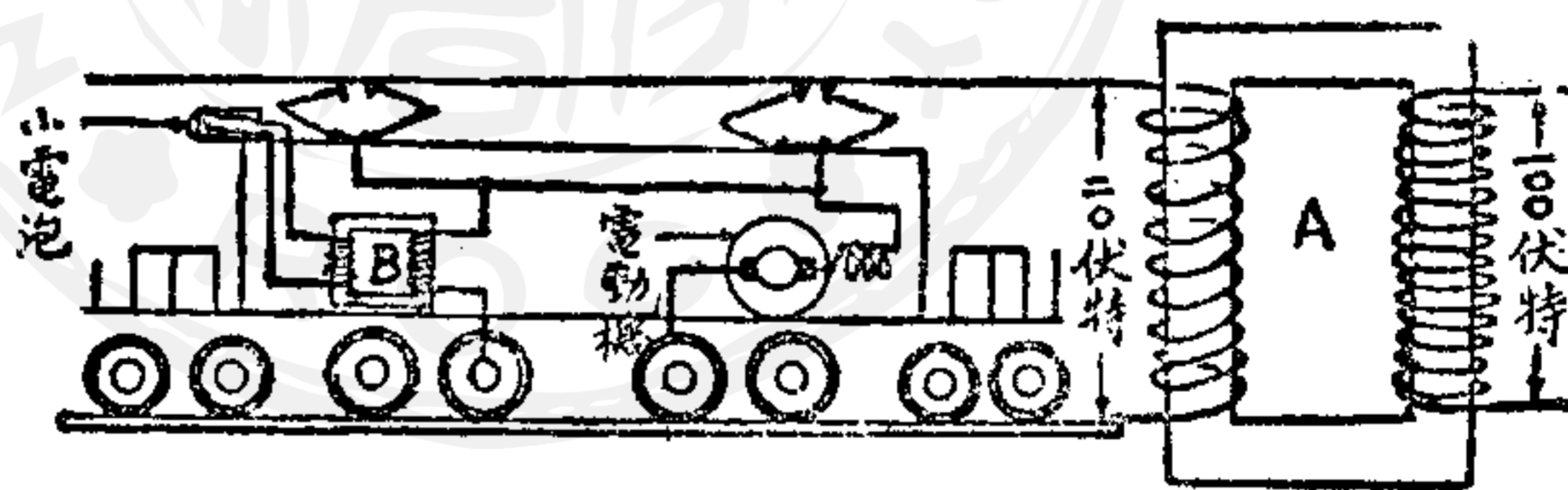
供給電流這樣大量的變壓器，假使在其副線圈接線處所，不用極粗之線，則接線處仍會發生熱量。這點須注意。所用小電泡，以二伏特者為宜。小電泡接得少，則變壓器可供二·五伏特電壓，電泡數加多，則電流減弱，近於二伏特，故二伏特電泡最為適當。

這是小電泡組成廣告圖文用的，其變壓器的作法如此。

四. 極小型變壓器

以上各種變壓器，都係從一百伏特變成種種低壓。但是原線圈電壓，並不限於一百伏特。例如某種變壓器，從一百伏特降低至二十伏特。同時譬如有一個地方，卻只要二伏特，即如用二十伏特轉動的模型電車，而其車的前燈後燈，所用小電泡，如用二十伏特，則嫌過高，這時就不得不專用一個小變壓器裝置於電車之中，以供燈泡電流。這用圖來表示，如第一百十一圖。先以大變

壓器(A)將一百伏特減至二十伏特，以運轉車體，更在車內裝入小變壓器(B)從二



第一百十一圖

十伏特減至二伏特，以點亮電泡。這時假定一百伏特為母電壓，則二十伏特為子電壓，而二伏特卻是孫電壓了。其子孫間的關係，就是原線圈為二十伏特，而副線圈為二伏特。又其形狀力求其小，使能裝入狹小的車室之中。下面就申述二伏特電泡八個應用的小變壓器。這不消說為原線圈是二十伏特而設計的，若誤接於一百伏特，則立刻燒毀，務須特別注意。

鐵心 a 鐵片，闊十二毫米，長四十毫米，b 鐵片闊同，為十二毫米，長三十毫米。鐵心之厚，與闊同，即十二毫米。

原線圈 這是接於二十伏特電壓的，所用銅線為B.S.二十六號。其轉數約六百五十轉。線的總長約五十五米，重量約七十克。

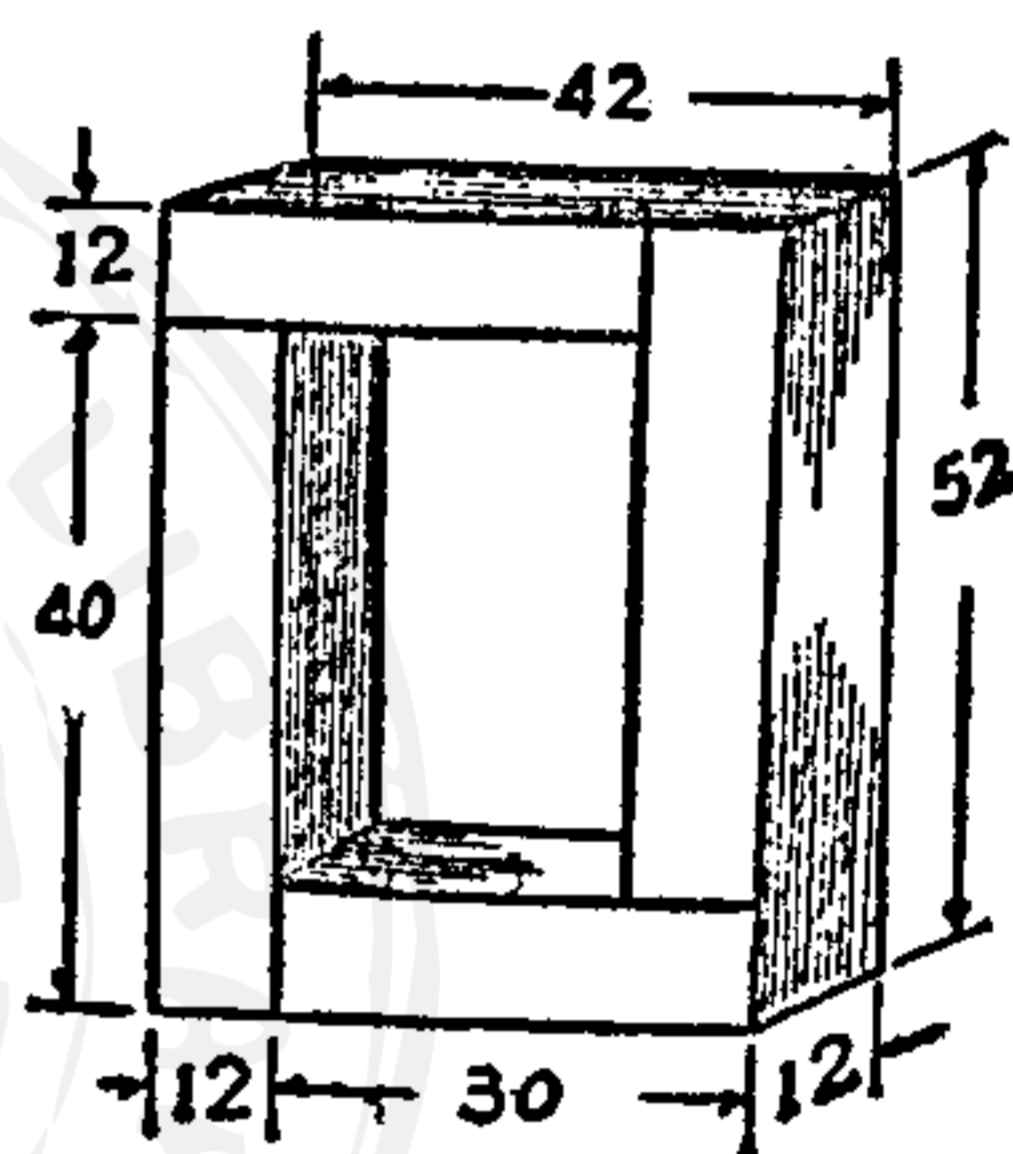
副線圈 專用於點燈用的，只要二伏特一種電壓，繞線圈銅線用B.S.第二十二號。轉數七十轉，長約七米，重量約二十五克。

這玲瓏嬌小的變壓器，鐵心尺寸，如第一百十二圖。普通模型機關車中都可容納得下。

最後要有一句話說明，作慣了模型的讀者，總以為變壓器這東西，它的大小，必是能置於桌上，擎於掌中的。但事實上變壓器並不一定是這樣小的。例

如在發電所和變壓所實用的變壓器，一個變壓器就比二層樓要高，重量大至數百噸。這樣偉大的變壓器，他的變壓電功率非常強大，只一個就可以點鎢絲燈三百萬隻。各國都是這樣。

又試在街衢行走，在比較大的電桿柱之上，往往可以看到有高約一米突的黑色箱形之物。這也是分配電流用的，也是一個變壓器，我們家庭中點燈的電流，就是從這變壓器而來。他的容量，大約為十仟瓦特或十五仟瓦特。他的原線圈所接電壓，大都為三千三百伏特，而副線圈所出電壓，則為一百至一百一十伏特。上海的家用電壓，分二種，在華界及公共租界為二百二十伏特，法租界則為一百一十伏特。這是必須知道的一種常識。

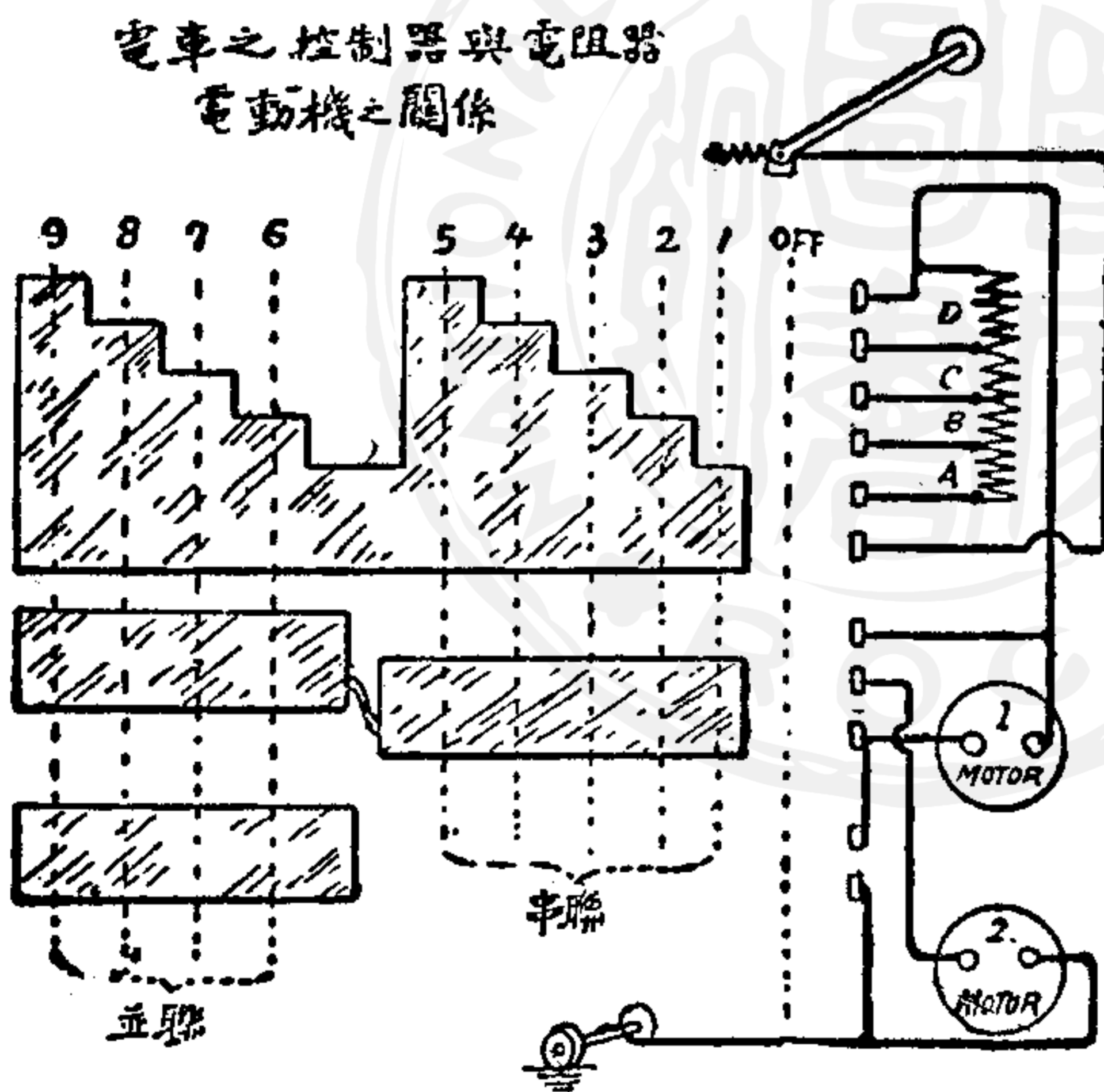


第一百十二圖

第三編 電動機之應用

第一章 電車之原理

開駛電車，誰都知道，在車身前面有一個控制器。轉動把手，則電車開行，欲速欲慢，可以任意。這控制器的接線法，如第一百十三，一百十四圖。控制器等於一個轉換開關。電線自控制器出發，



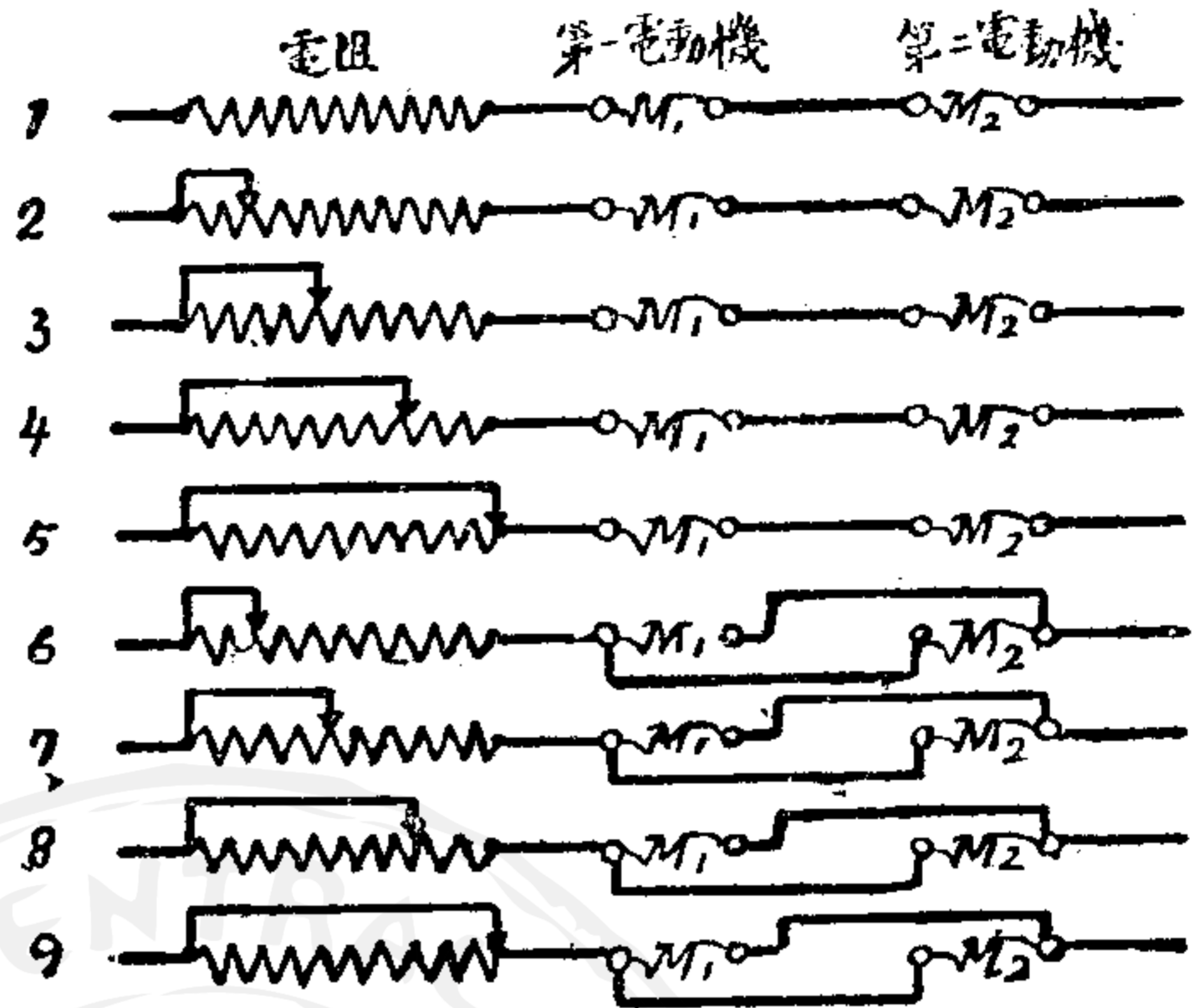
第一百十三圖

發，或串接至電阻器，或直接接至電動機。所謂電阻器，在上文已經說過可以加減電流。電動機電流大，則轉動快，小則轉動慢。電阻分成數段，如全數接入，則電流小，全數不接，使電流直接流入電動機，則電流大。圖中又有二個電動機，可以串聯，亦可以並

聯。串聯時電流小，並聯時，則二電動機同時受同樣電流，出力亦大。

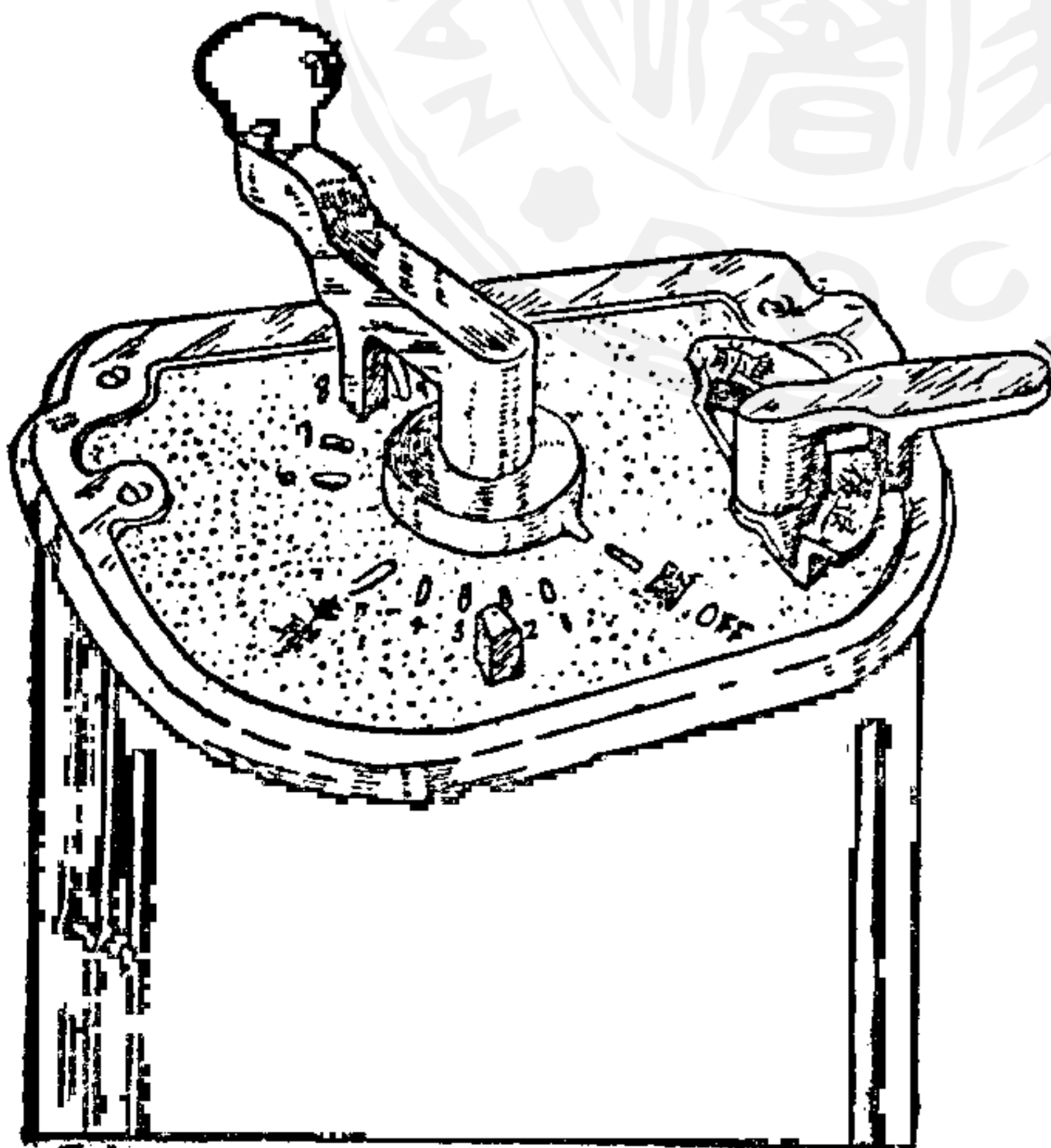
不過用電阻器有一個缺點，就是電流通過電阻以後，變成熱而消費。所以能率優良的方法，是把電阻改用變壓器，因為變壓

器可以直接變更電源的電壓，在製作模型電車時，最好就是把無謂消費的電阻除去，而改變壓器，變壓器的電壓增高，則電動機轉動速，電壓減低，則轉動慢，其情形和用電阻一樣，卻沒有熱的損失。



第一百十四圖

市上通行的電車，除了上述的控制器以外，在其右方，還有一個把手，這是以駕御前進或後退的。如第一百十五圖。乃轉換方向及隔斷電流的器具。



第一百十五圖

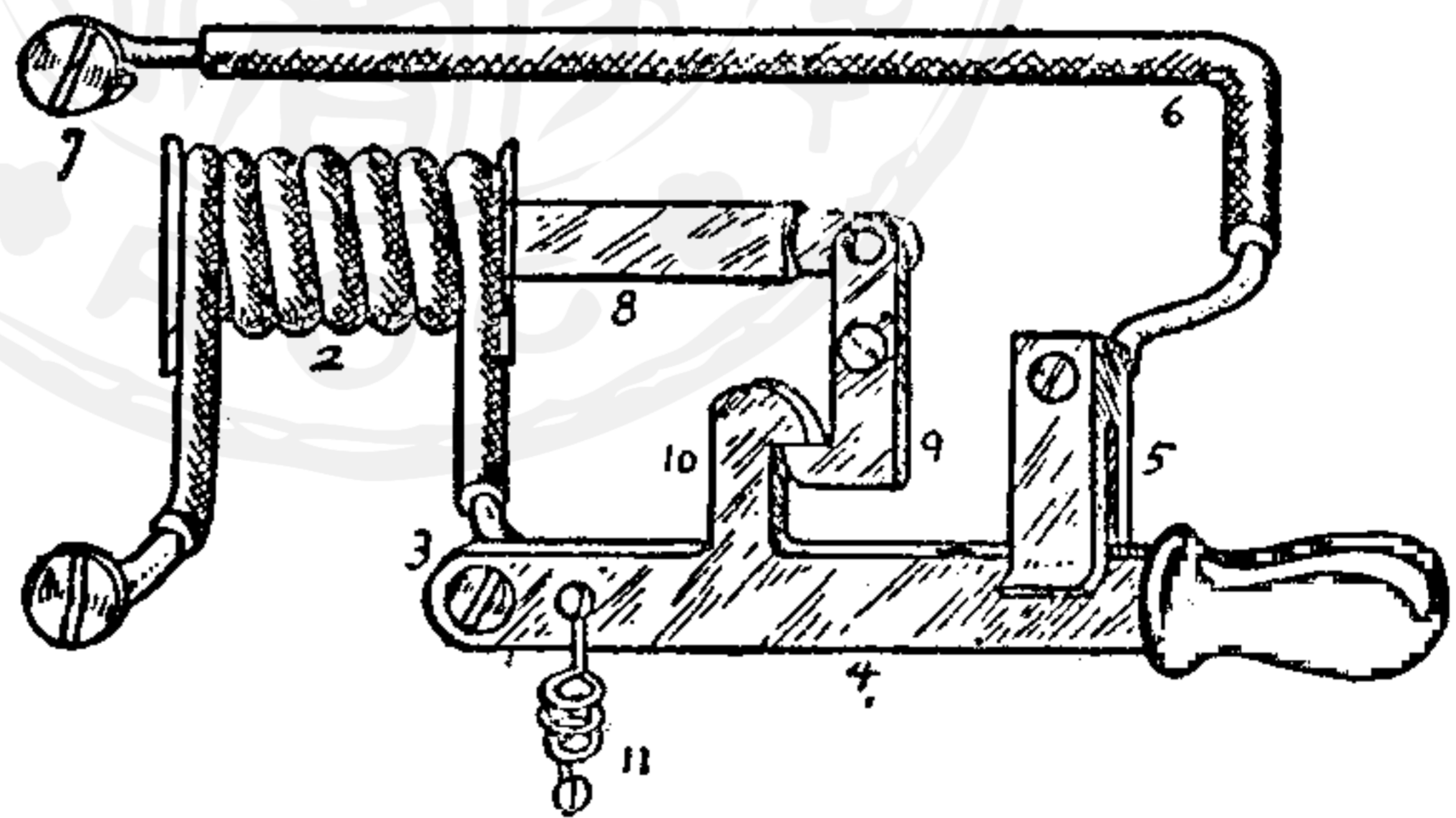
他的原理已如上文逆轉器製作中所述，如果要倒退時，即將電樞中的電流易向，而所以改變電流方向的方法，亦在上文說過，即用轉換開關。總之這已都在上面大體介紹，問題只有如何裝置罷了。

電車有有軌，有無軌。無軌電車的架空電

線有二條，電流自一條流入電動機而自另一條線回轉。不但電車，任何電器都是如此，即一為去路，一為回路。電流從電源出發沿一根電線，流給電器以後，即由另一線回來，完成他的通路。有軌電車的架空線，只有一根，其歸路是借用路軌的。

也許有人以為電流從軌道回來，而軌道是在地面之上，則電流不會漏洩嗎？這是不會的，只要自電流出發至電動機為止這一段路中，絕緣完全，其回路無大關係。軌道縱不善於導電，電亦能自地下水管，和潮溼之處回轉的。那末人行軌道之上，不會有觸電的危險嗎？也不會。因為觸電，是電把人體作為通路，人必在來線與去線之間，假如只握住一根電線，而不觸他線，或地面，是不會觸電的。至於站在軌道之上而不握架空線，也不會觸電的。

在電車設備上，還有一件，是自動斷路器。這也是應用電磁鐵的，其裝置如第一百十六圖。即平時電路自1,2,3,4,5,6,7,通行，一旦電流過大，則2之線圈，立起作用而將內部之鐵桿8吸



第一百十六圖

引，於是9,10之勾樅脫離，4之接線桿藉彈簧11之力而拉下，遂使5處斷絕，而電路中斷。這是為防避電流過大的裝置，凡發電廠，和電車中都有此設備的。不過在模型電車中，為防電流過大，都只要如前所述，用保險鉛絲就好了。

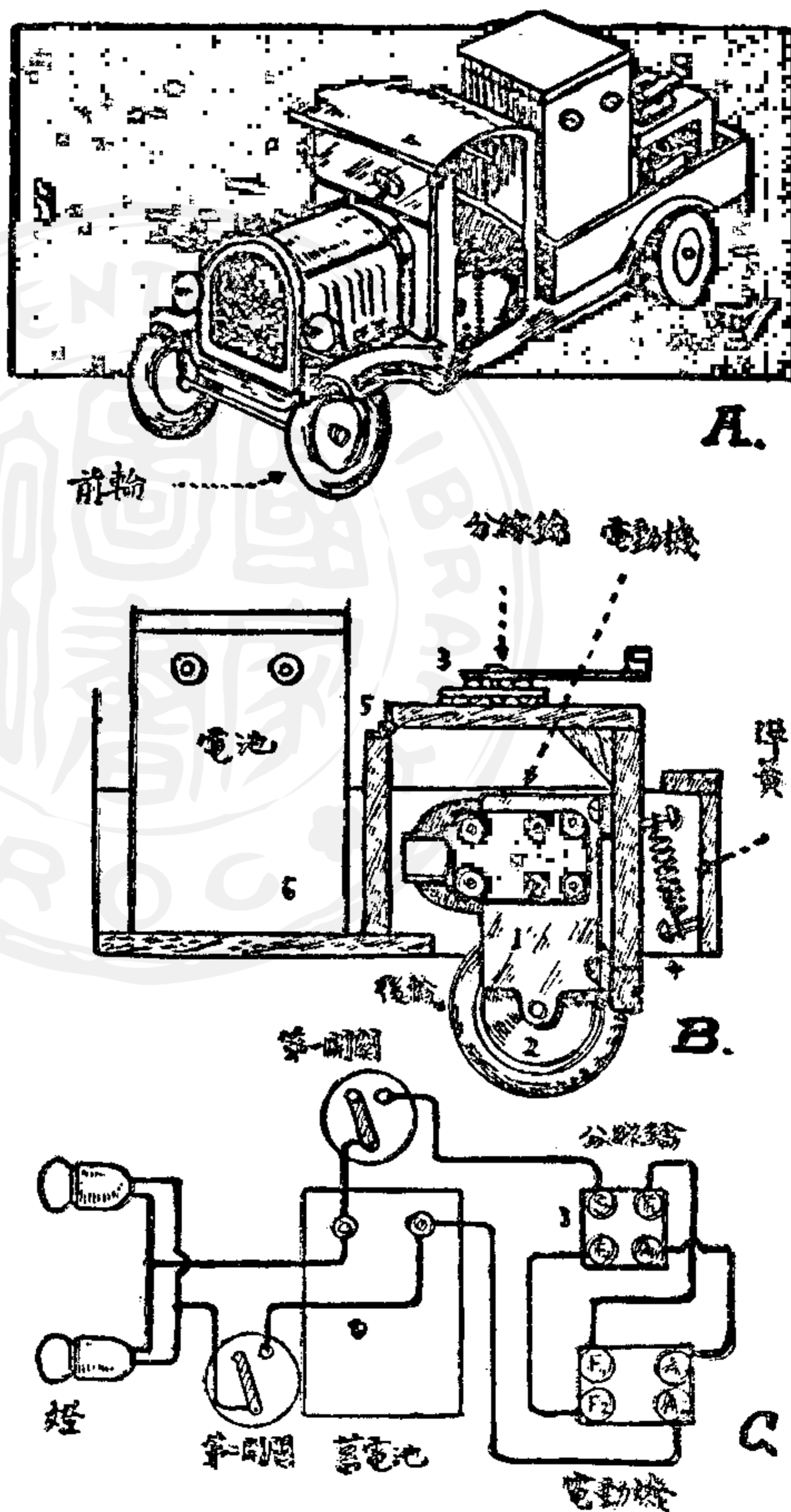
以上就是電車應用電動機及控制器之種種原理。至於車身和軌道的製作，這裏從略。

第二章 電池自動車

試取玩具汽車一架接以電池和小型電動機，而使轉動，這是很興趣的。不過模型電車，所需電流，可通於軌道之上，沒有問題，而汽車如用電動機轉動，就非把電源裝入車內不可。因此自不能不用乾電池或蓄電池。

電池本身相當笨重，所以汽車形式也應採用載貨車式樣，裝載電池，比較適宜。

第一百十七圖 A 為用電池汽車之一例。車身如全部自製固然最好，否則可向



第一百十七圖

玩具鋪，購買現成的大型玩具汽車，也很方便，不過現成的車身，恐怕軟弱，喫不起重量，應在車內或表面裝置木板使其堅固。

原來車身如用發條開動的，那末把發條取出，而直接接上電動機。其裝置方法如圖 B 所示。電動機 1 裝於車的後輪 2。而電動機上附有 L 形木板，在 5 處設有鉸鍊，倒過來，蓋在電動機之上，同時以彈簧絲 4 裝於車後，防止車身的振動。

其次為將分線鑰裝於 L 板之上面；而後接線。接線極為簡單。C 為接線圖。其電動機與換接桿接線部分（參請照上文第四十五圖）S 為由電源接出之一端。 F_1, F_2 為接電動機場磁線圈之二線，A 則接電動機電樞 Q 電刷之一。因為用的是電流，所以在汽車前方裝設二燈，更覺有趣。燈與電動機，各別裝一普通的開關圖中第一開關為電動機用，第二開關為電燈用。

電燈接線，因所用電壓與電動機同，為六伏特，所以小電池也須用六伏特者，如沒有六伏特電池，則用二·五或三·五伏特，而將由電池接至電燈之線，剪斷，插入一變阻器，即無線電中所用之燈絲變阻器而加以調節，亦可應用。

第三章 迴轉之花輪

製一花輪，點綴電燈，而裝接於電動機，使之不絕轉動，這不但是是一種玩具，即作為店頭廣告用，亦很能引人注意。

第一百十八圖 A, B, C 各圖，說明牠的製法。

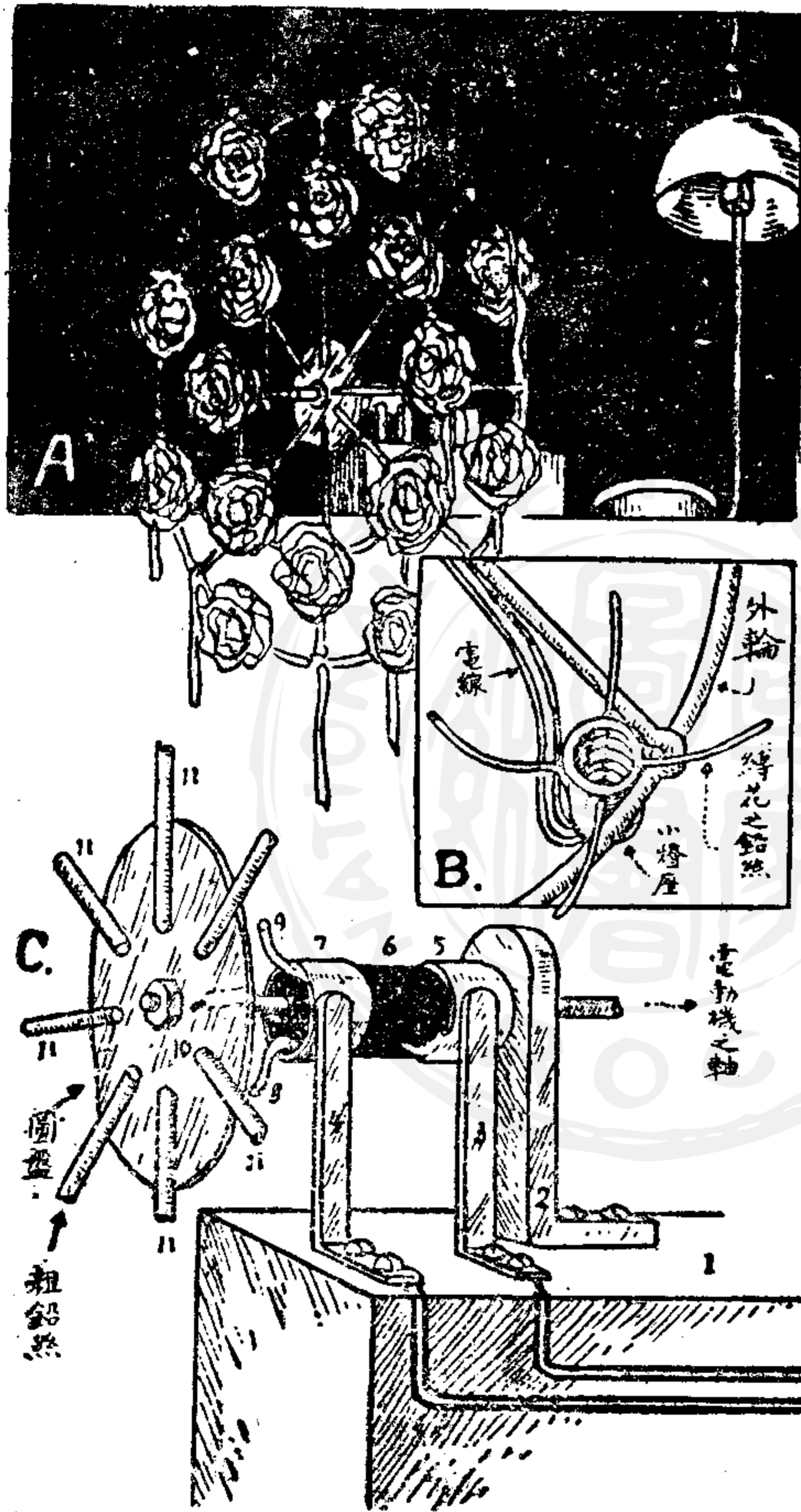
A 為全體圖，B 與 C 為部分的構造。C 圖中轉軸上 5, 7，為銅

製之環,6爲絕緣體之圓筒,3,4,爲電刷,接觸於銅環之上。由銅

環接鐸二根電線爲8,9,所以接小電池,

至所謂花輪的製法,是用鉛皮作成一圓盤,如圖中10,而以螺絲釘固定於軸上。并鐸接牢固。圓盤上,又鐸以較粗之鉛絲數根,排列成輪幅形。而其外方再以鉛絲作成大小輪二三重。如A圖與輪幅相鐸接。即在輪周與輪鐸接的地方,各各綴上紙花,能再附以飄帶,則更美觀。

其次,爲裝置電池,這如B圖所示,將小燈座鐸接於鉛絲輪周上。且須鐸接於圓



第一百十八圖

周內側,因爲轉動時有離心力,如在輪周外側,就容易脫離。

爲使電池,位於紙花的中心,則綴紙花的鉛絲可以鐸接於燈

座。此外應注意的，就是許多鉛絲，切勿混亂，過長，必須整然有序，則形式美觀，而不致發生意外的禍害。

至於電動機之軸與花輪之軸的結合，和電泡的接線，那都不是困難的事情，作者隨心所欲好了。

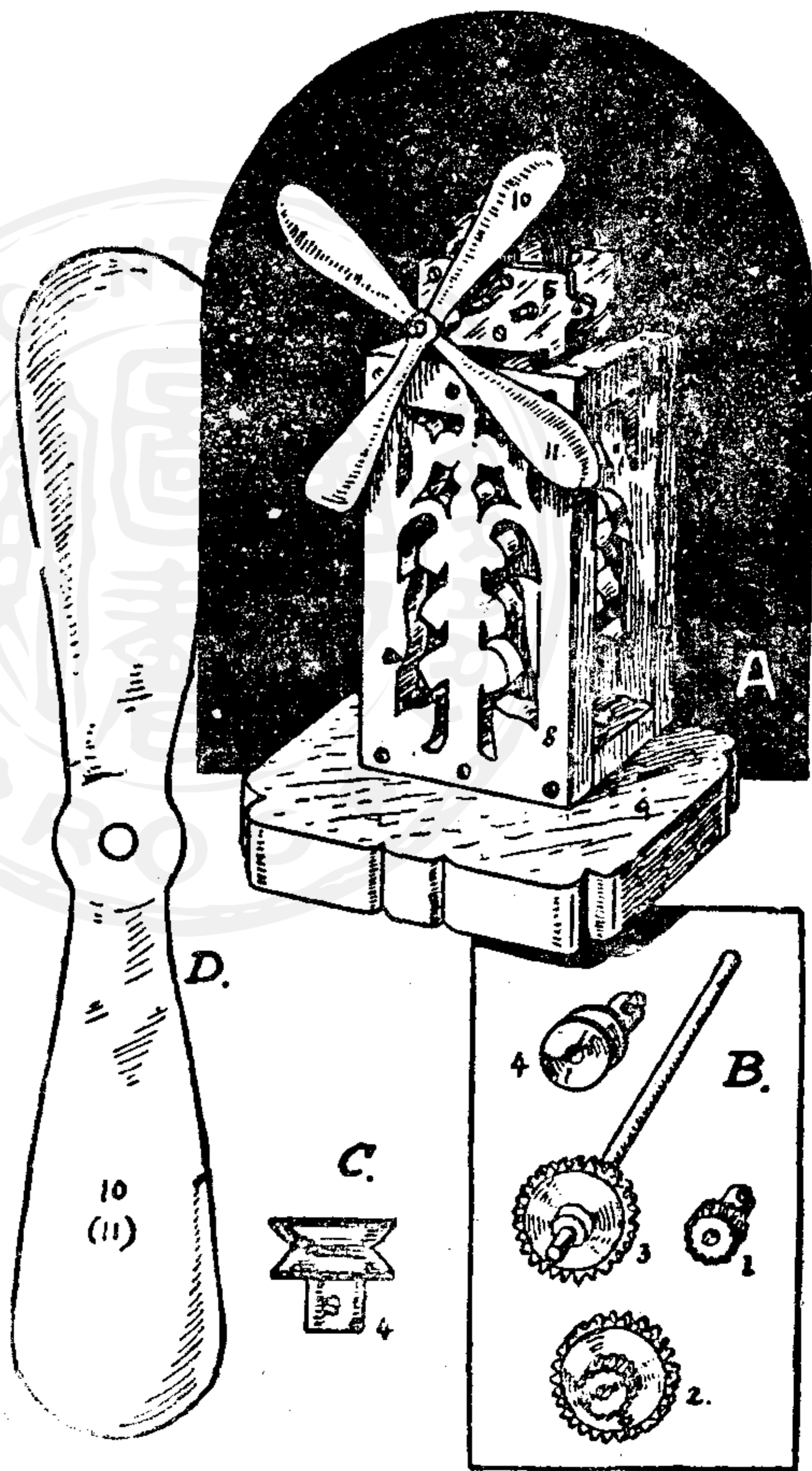
第四章 電扇

自製電風扇，置於書齋淨几之上，雖形式或不如市上購來之美好，而因其出於自製，一面試驗，一面當風，當亦為一件快事。

一. 最簡單的電扇

最簡單的電扇，就只在既製成的電動機軸上，接上風扇葉子，並做一個豎架就好。第一百十九圖，即其一例。A 為全體形狀。D 為風扇葉子。

這裏所要製作的，只有豎架子和葉



第一百十九圖

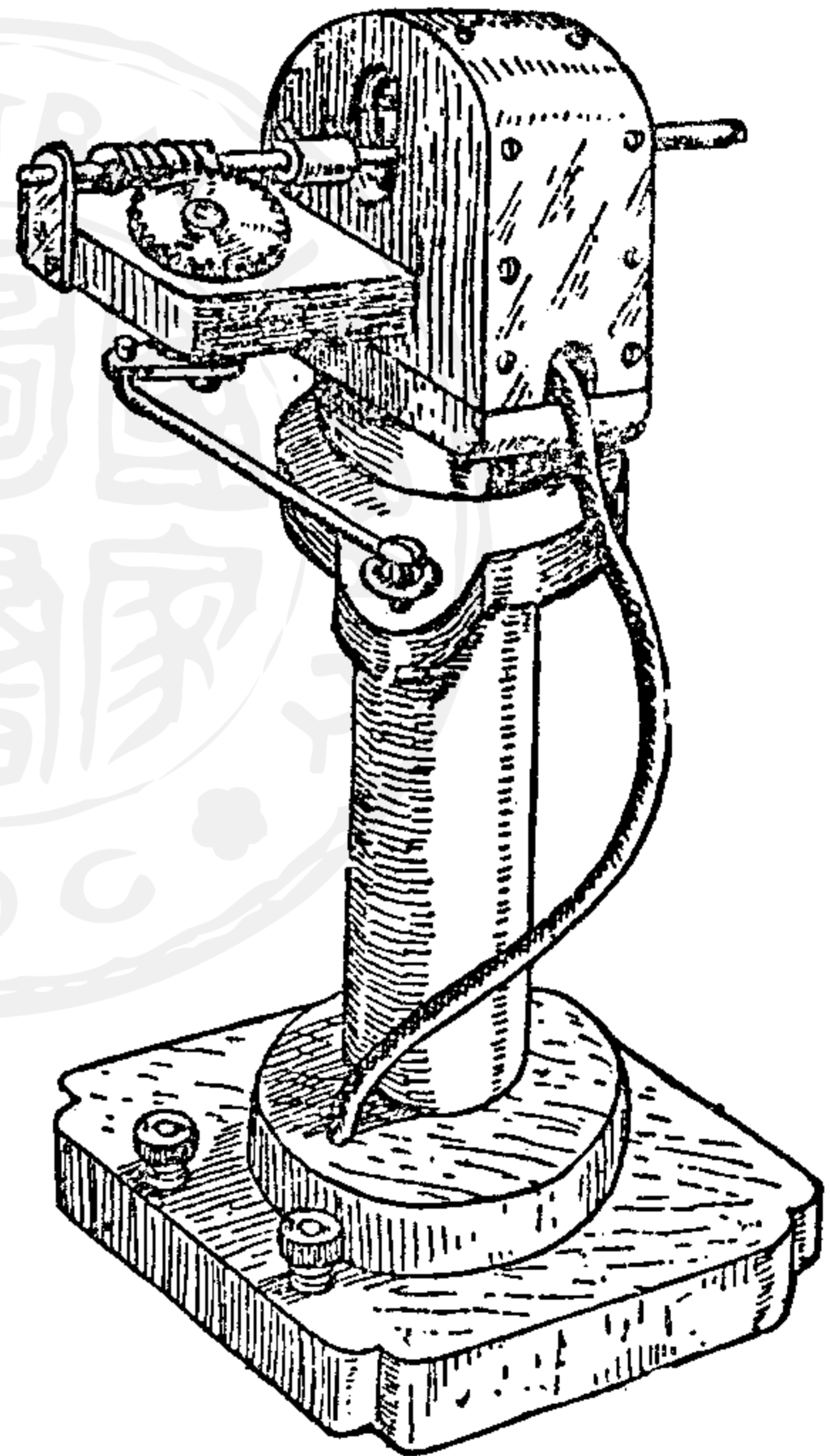
子，豎架上方之板，其大小適足裝設電動機，架高可以任意。四圍之木板，或加雕刻，或施髹漆，務求美觀。

葉子的製作，是以鉛皮或銅皮作材料，照 D 圖製成二個，而互相正交地，組成四出的葉子。葉子彎曲的方法，可以試驗決定，讀者大體總已看到過實際的電扇，倒不如參考試作，因為說起來，反而麻煩而費解了。

葉子應銲接於軸上，或即直接鑽孔銲上，或以如圖 C 之車輪為介，而銲接於輪面，輪的背面有螺絲，旋緊於電動機之軸。這樣就完成一架簡易電扇了。至豎架的裝飾和葉子顏色，均可任意設計，不必贅述。

二. 搖頭電扇

實際應用的電扇，是都能左右搖動的。模型電扇，也未始不可使其搖動，其組合方法如第一百二十圖所示，即在風扇後方，裝上一個齒輪，並接以螺旋柱。則螺旋柱

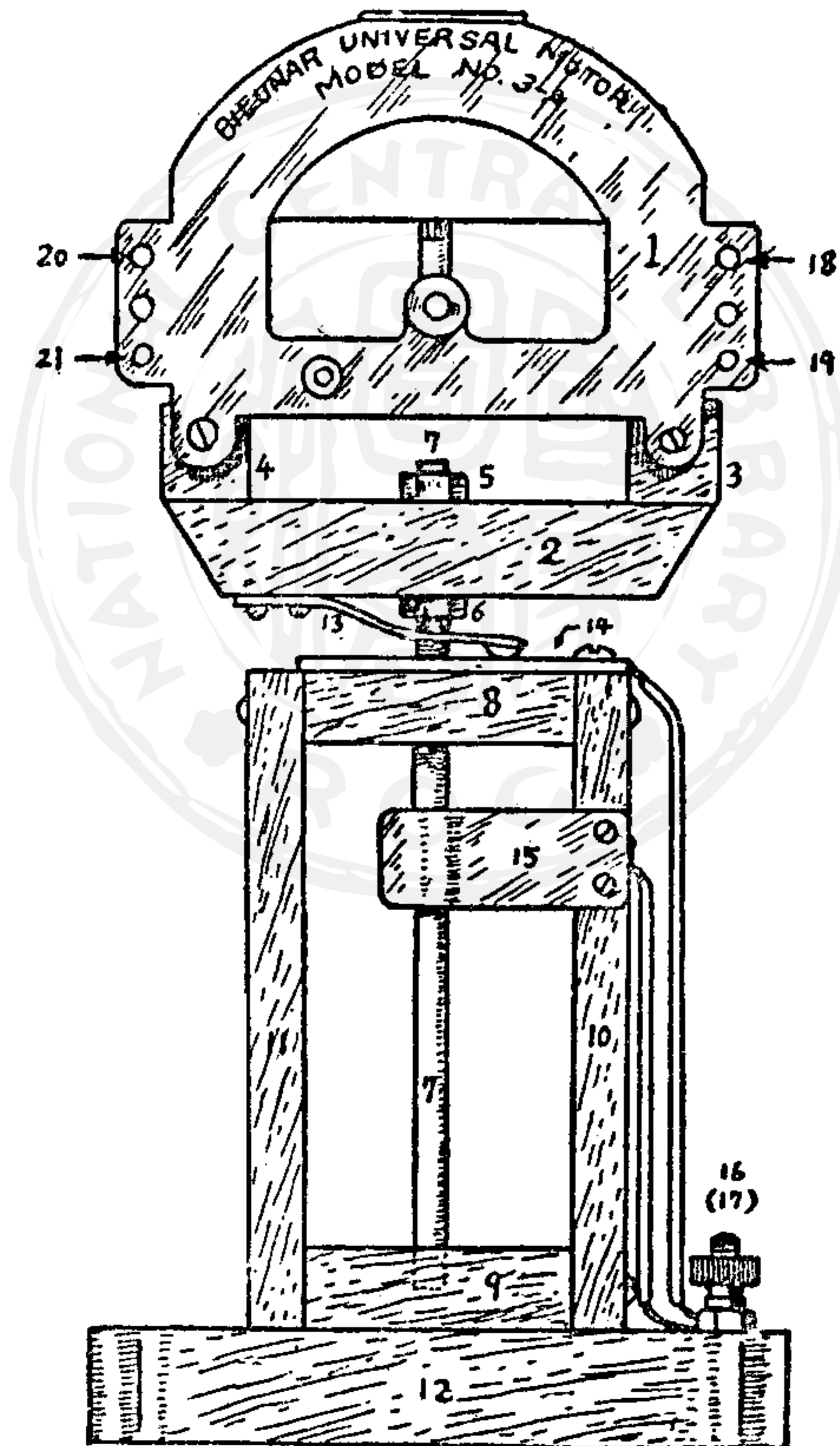


第一百二十圖

隨風扇而轉動時，齒輪隨之而轉，輪下有曲拐，連結於豎架，風扇每轉至一定限度，即自行迴頭，這或因為齒輪和螺旋柱，不易

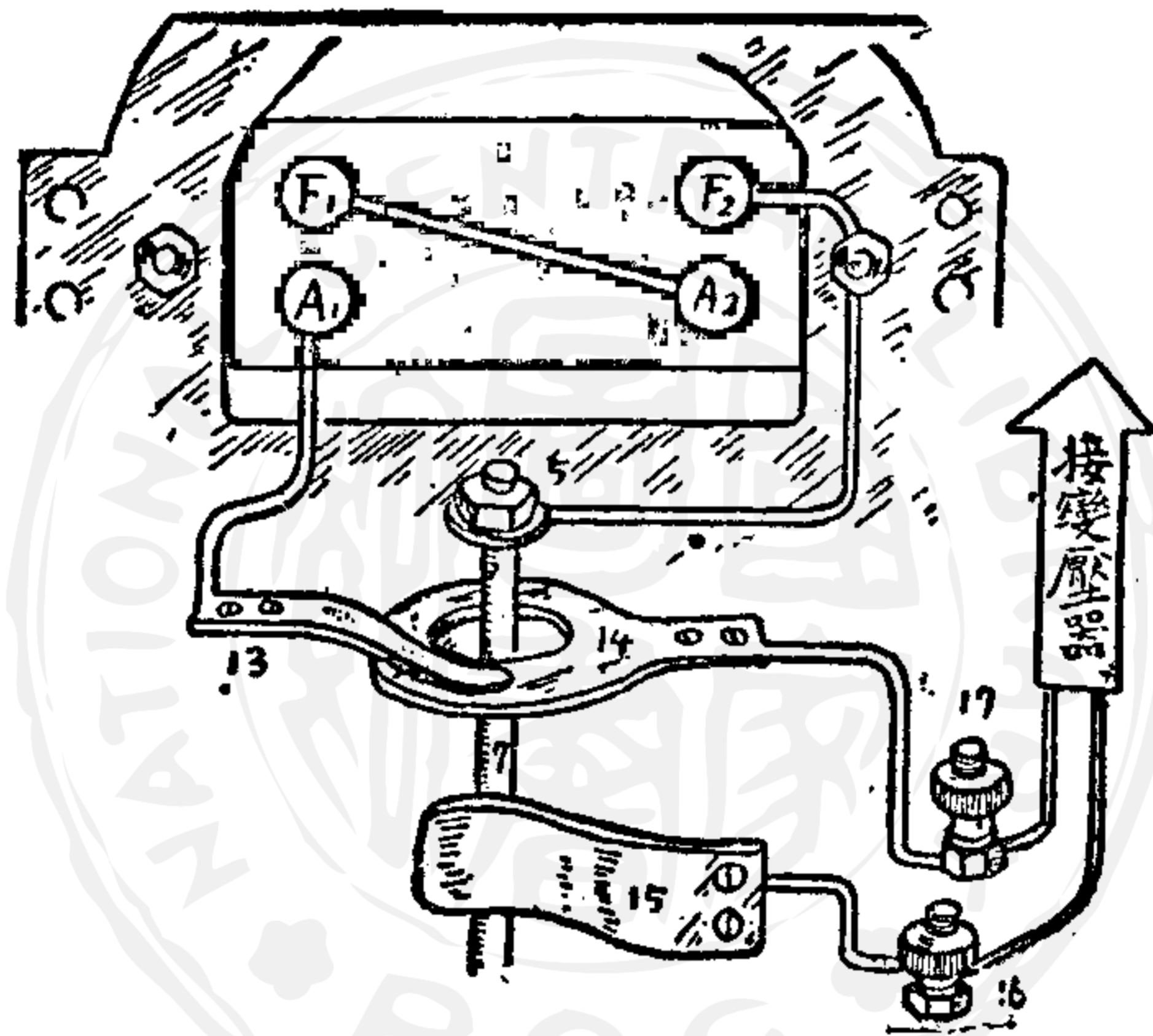
買到，只作簡略的說明。而比較簡易，能夠自製的，則為全體轉動，向四面八方送風的方式，如第一百二十一圖，1為電動機，2為承裝電動機之底板，3，4為其支柱。底板中心穿入正直之棒7，一直穿至下方之支架。這架電動機便能以此棒為軸，而自由旋轉。

接線的方法亦用電刷，即電源線的一方接於電刷13，而他



第一百二十一圖

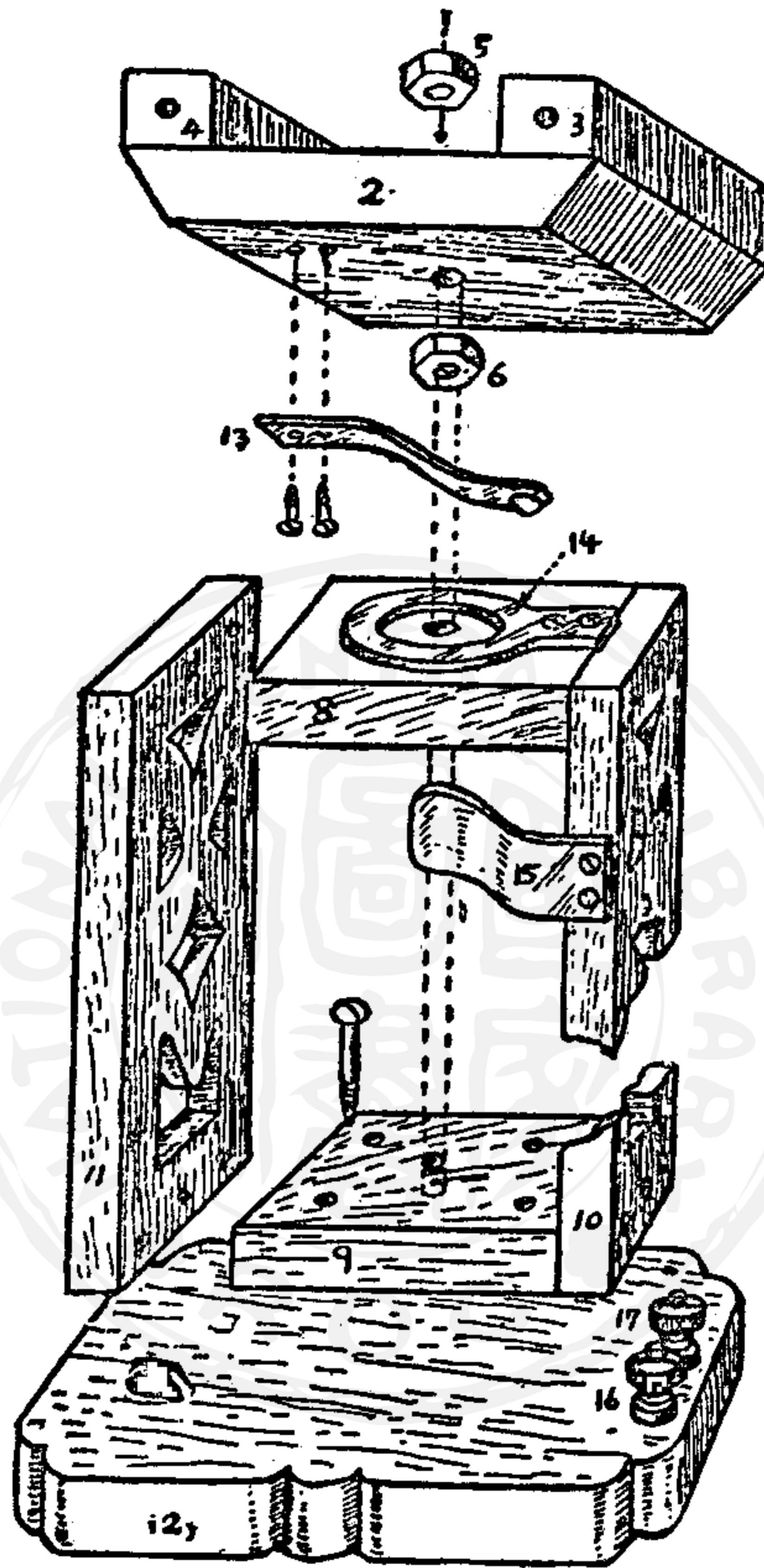
方接於電刷 15。其整個接線，如第一百二十二圖。僅就轉動部分來說。電動機之電樞線圈為 F_1, F_2 ，二電刷為 A_1, A_2 。將 F_1 接於 A_2 ，而 A_1 接於旋轉部分之刷子 13，由 F_2 之線則接於旋轉部分附屬之金屬軸棒。但若旋轉部全體以金屬製作時， F_2 繞於電動機之側面亦可。



第一百二十二圖

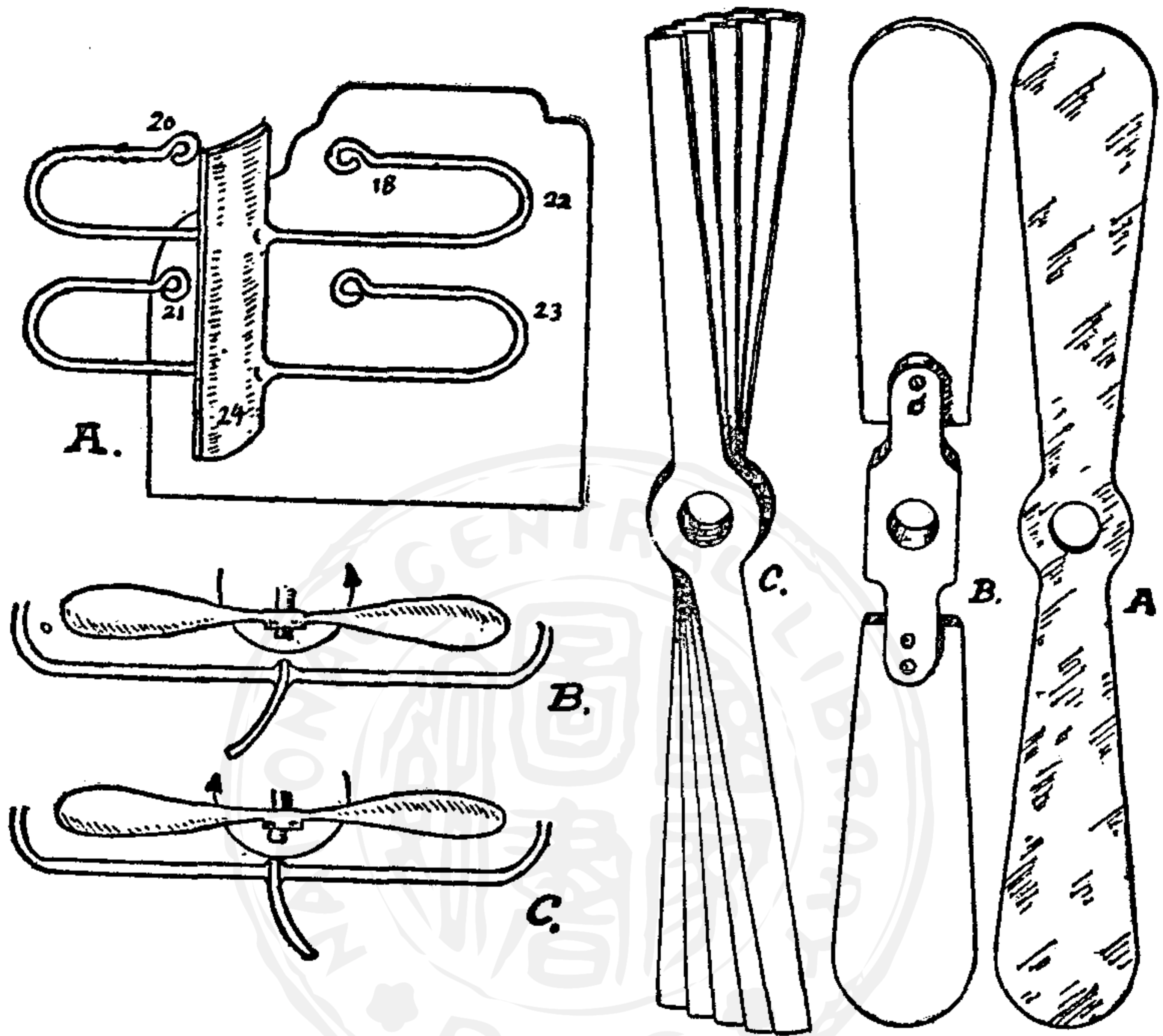
其次為承受旋轉部的裝置。如第一百二十三圖為其製作順序圖。金屬環 14，不可過小，恐與中心軸相觸而使電流短路。此外固定之架，全以木製。因為電的絕緣便利，裝飾雕刻，也易於着手。

旋轉部分既已製成，現在所要考慮的是怎樣可以自動的旋轉不息。這固然可用齒輪來組合，但複雜難製，殊為不取。今則利用自起之風，以為轉動之力。如第一百二十四圖 A，以二根鐵絲，



第一百二十三圖

彎成如圖之形狀，中間銲一鉛皮的薄片24。如將鐵絲四端曲成圓形，則可裝設於第一百二十一圖電動機的側面。18, 19, 20, 21, 卽示其裝設之位置。再看圖B, C, 今如中央薄板 24 照B圖彎向左方，則由葉子所起之風，吹 24 薄片，則薄片猶如船上之帆 使電動機部分自動的照箭頭所示之方向，向左轉動。若薄片彎成右向，則



第一百二十四圖

第一百二十五圖

電動機亦如 C 圖箭頭所示而右轉，這是利用風力而自轉的。不過這個方法，和用齒輪的不同，很容易受摩擦力的影響，因為各部分接觸之處，都有相當的摩擦，必須設法減少摩擦，如添機油於接觸之處，或將電刷的壓力略予減輕，始能輕快地轉動，否則往往會得失敗的。

最後為葉子的製作，上文雖已說過，可照實際的電扇製作，但這個不限於電扇，凡一切起風之物，如飛行機中的推進機，都可應用，所以再為申述。

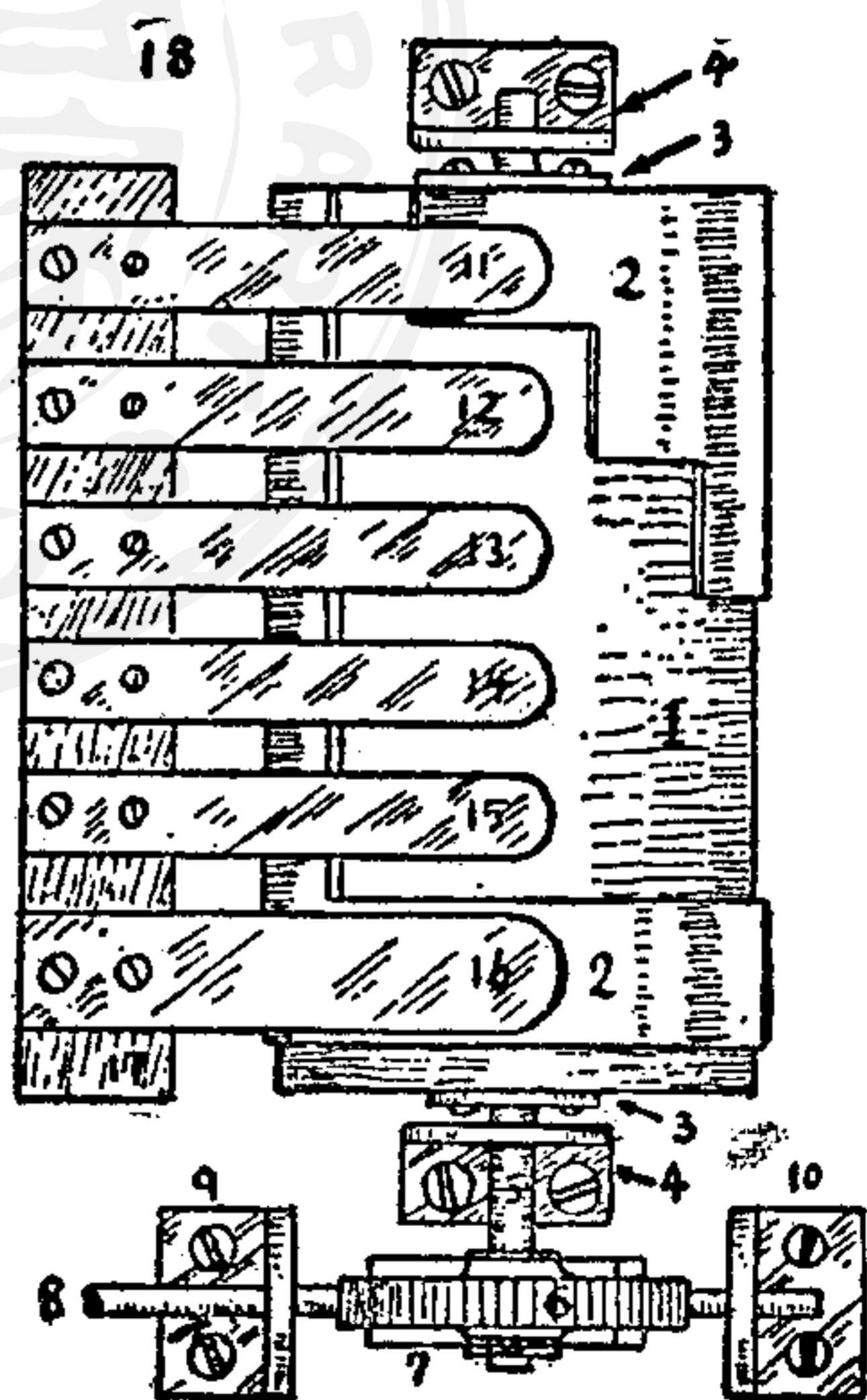
第一百二十五圖 A 爲用一厚板削成，其削法，一如製作竹蜻蜓，即將木板削成傾斜形。B 爲中央用一厚板，而另以二木板，傾斜插入。C 則爲同一形狀之木片多枚疊成，而再順勢削平。總之葉子是要把一枚木板兩面削成斜面，使在空氣中轉動時，猶如槳之划水。

第五章 點滅器的製作

一. 普通形式

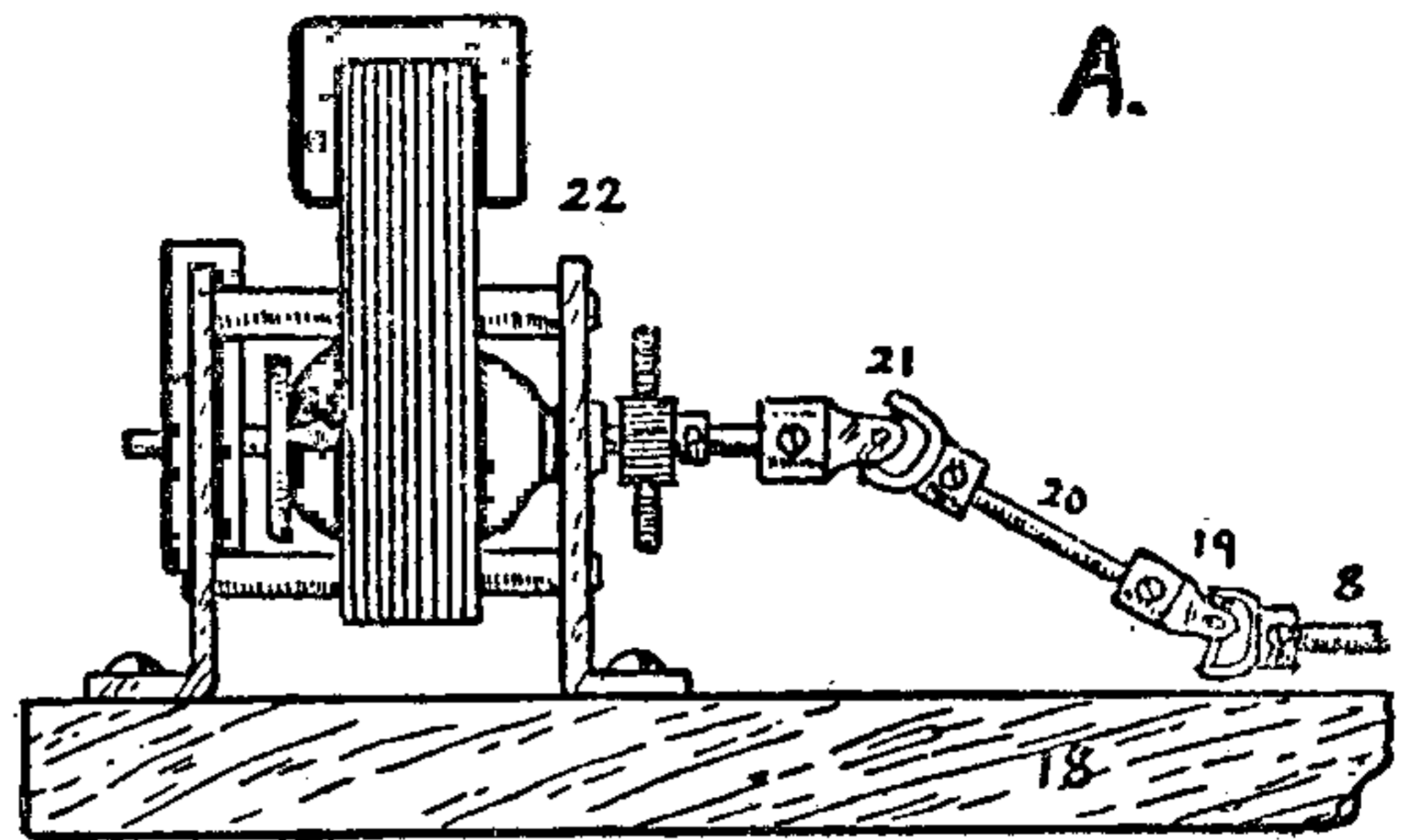
都市商業繁盛，廣告花樣百出，一到晚間，只見高屋之頂，霓虹燈五色輝煌，忽明忽滅，引人注意。這種廣告燈，何以能夠忽明忽滅，按時更易呢？還不是利用電動機和所謂點滅器，和電燈巧妙地組織成功嗎？現在先以最簡單的爲例說明他的構造。

如第一百二十六圖，底板 18 之上有二個軸承 4,4，而圓筒 1 之軸 5，即穿入 4,4 而迴轉。把軸 5 延長，附以齒輪 6，再加螺旋柱 7，構成所謂點滅器。而 7 之軸 8 則是架於 9,10 的軸承的。故若用萬能結合器 (Universal Joint)，將軸 8 與電動機連絡，如第一百二十七圖，則以電動機之力，可使圓筒 1 轉動。又如第一百二十八圖，與圓筒平行設有



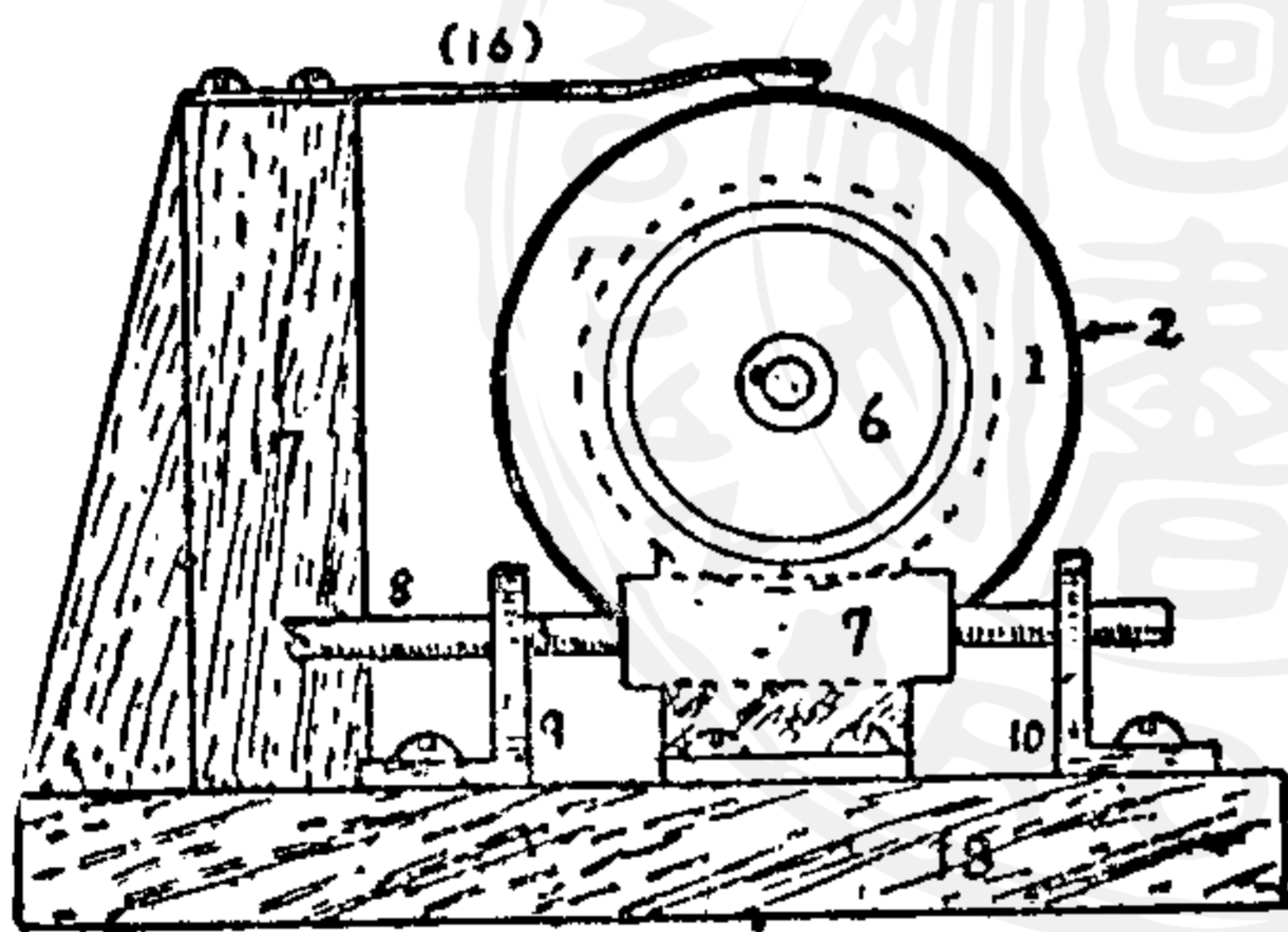
第一百二十六圖

木板 17，其上裝金屬電刷若干枚，如圖中 11,12,13,14, 15,16，所以本機的轉動部，為 8,7,6,5, 1，而固定部則為底板和電刷等。



第一百二十七圖

所謂點滅，只不過電流的通與不通；極簡單的電燈開關，也可說是點滅器。但是一般所謂點滅器不指開關，而能將招牌上所



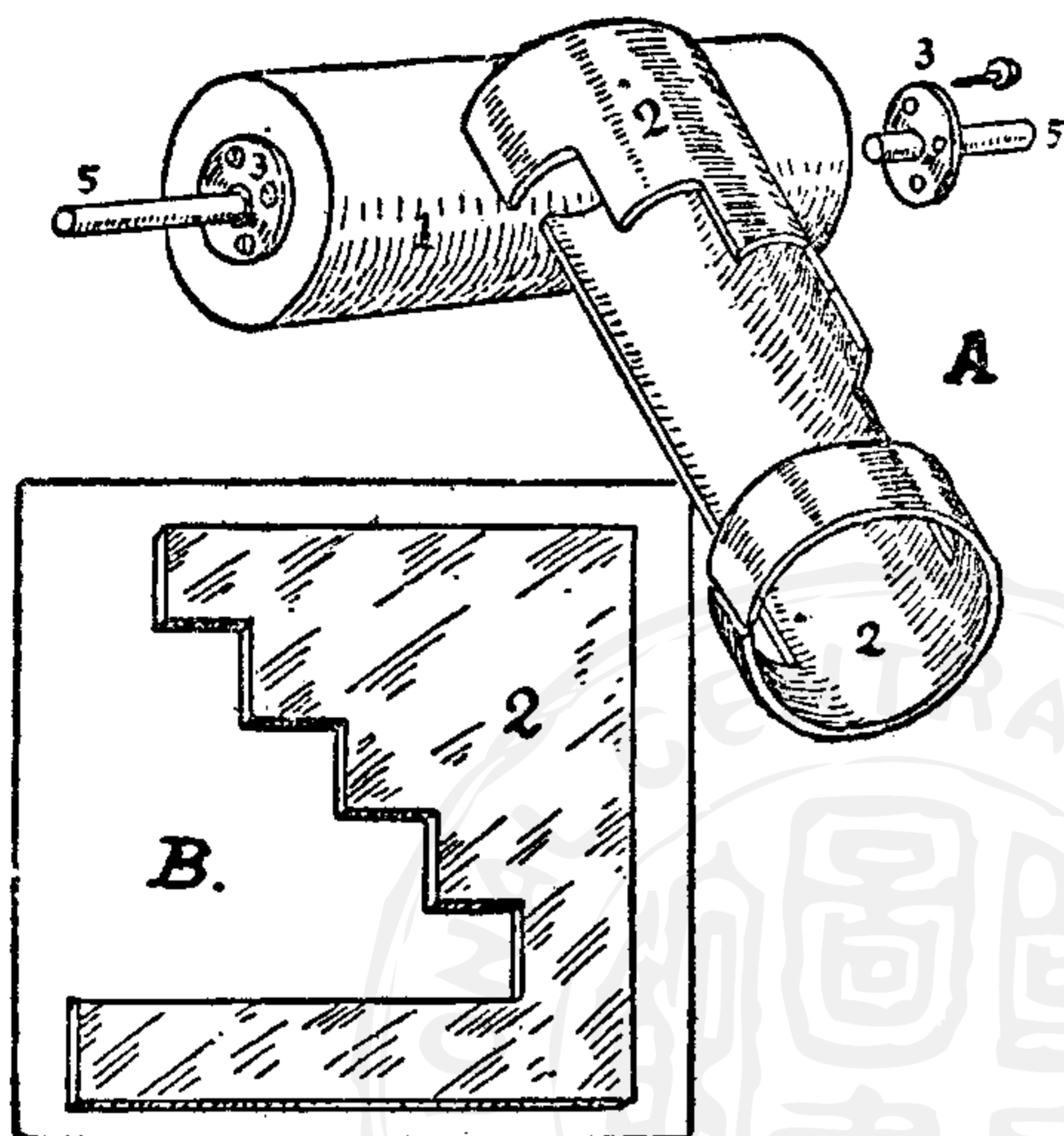
第一百二十八圖

裝設之電燈或霓虹燈，依着次序，忽而點燃，忽而消滅，這就必須有專設的機械。就主要部分說，圓筒 1 為一支木筒，其上釘有經適當剪切的銅版 2。而銅版只有和電刷 16 接觸的

部分，完成圓筒一周，其餘都有空處。今將這圓筒版取出，觀察其構造，則如第一百二十九圖 A，1 即木筒，5 為其軸，2 為圓筒外周裝設之銅版，在未折圓前如圖中 B。即把方形的曲折地剪去了一半光景。今如第一百二十六圖，電由各電刷接入銅版 2，如把圓筒轉動，則 11,12,13,14,15,16 的各電刷，尖端接觸銅版 各有先後。故在圖第一百二十六情形時，只接電刷 11 的電泡明亮，其餘都不明，但圓筒轉動，則 12,13 等依次明亮，及最後全都明亮，

之後，又全部消滅。重復自 11 起順次點着，又全部消滅，這樣圓

筒每一迴轉，必順次點亮一次。如把銅版反過來裝於圓筒，則點燃的次序倒逆。



第一百二十九圖

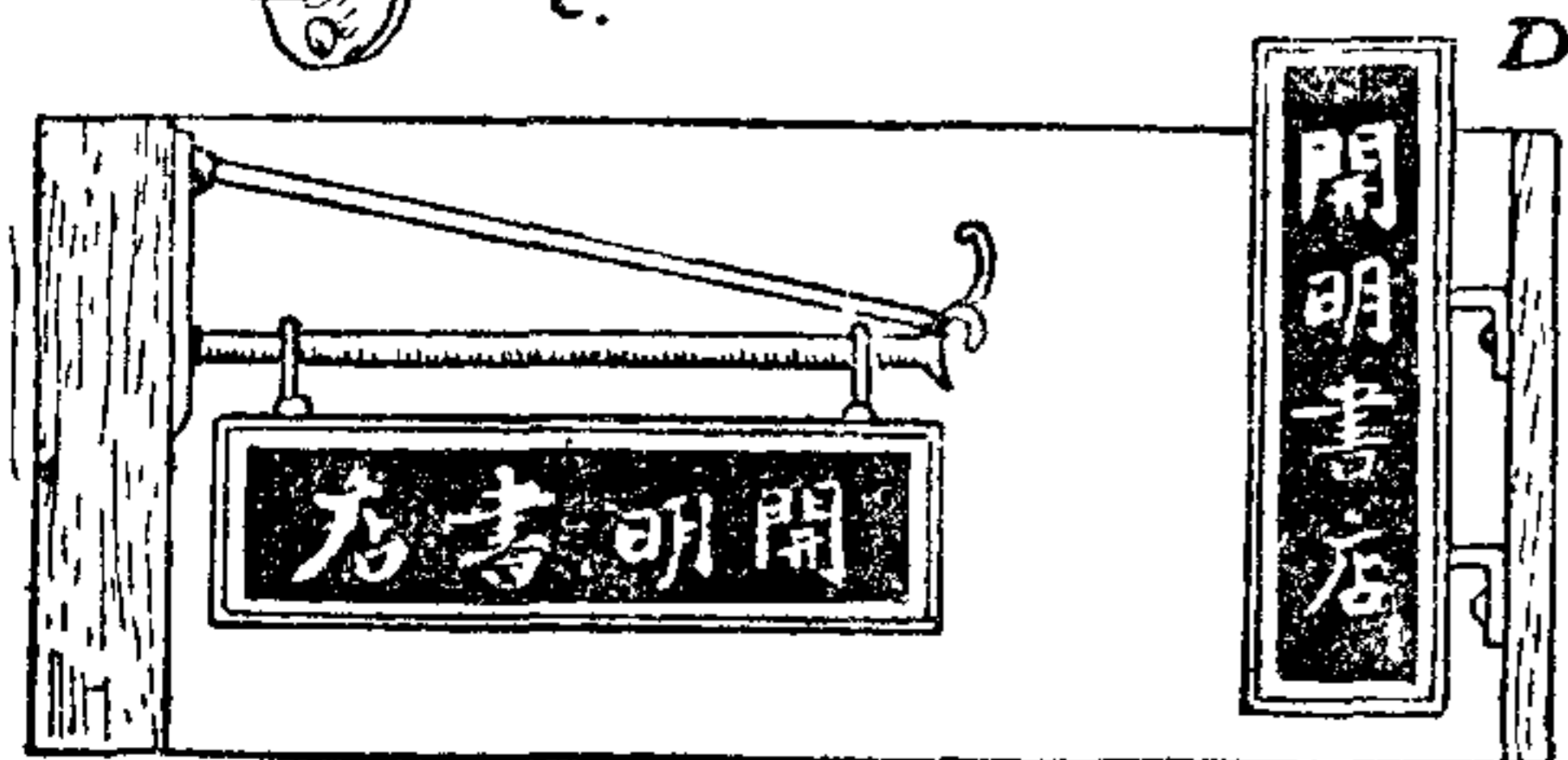
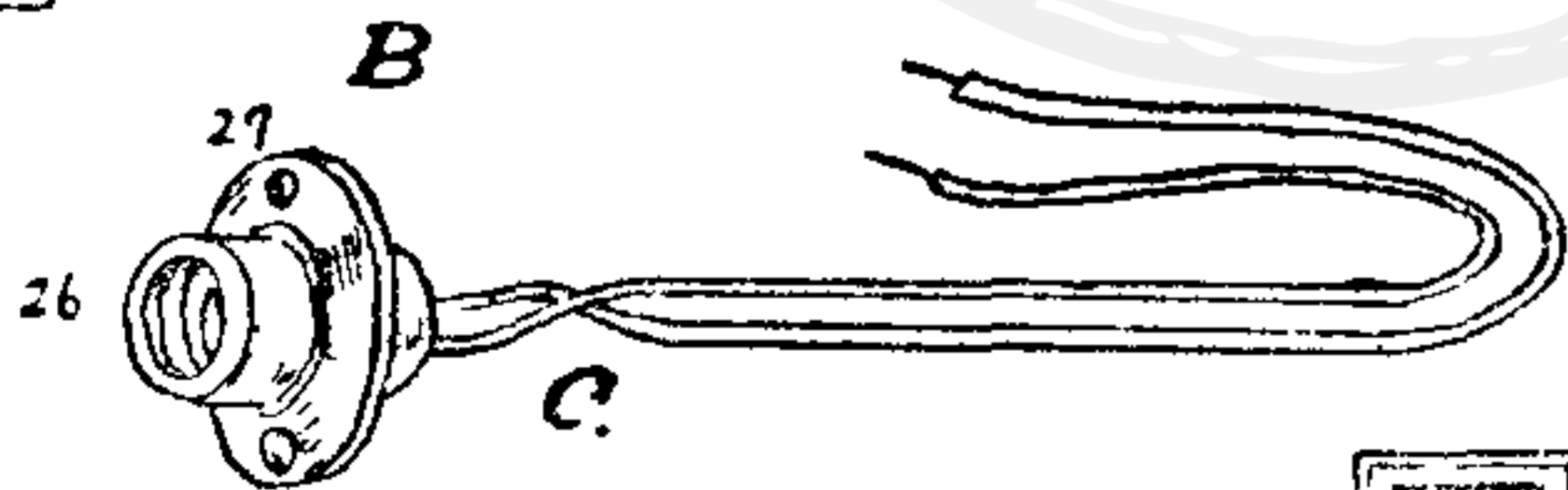
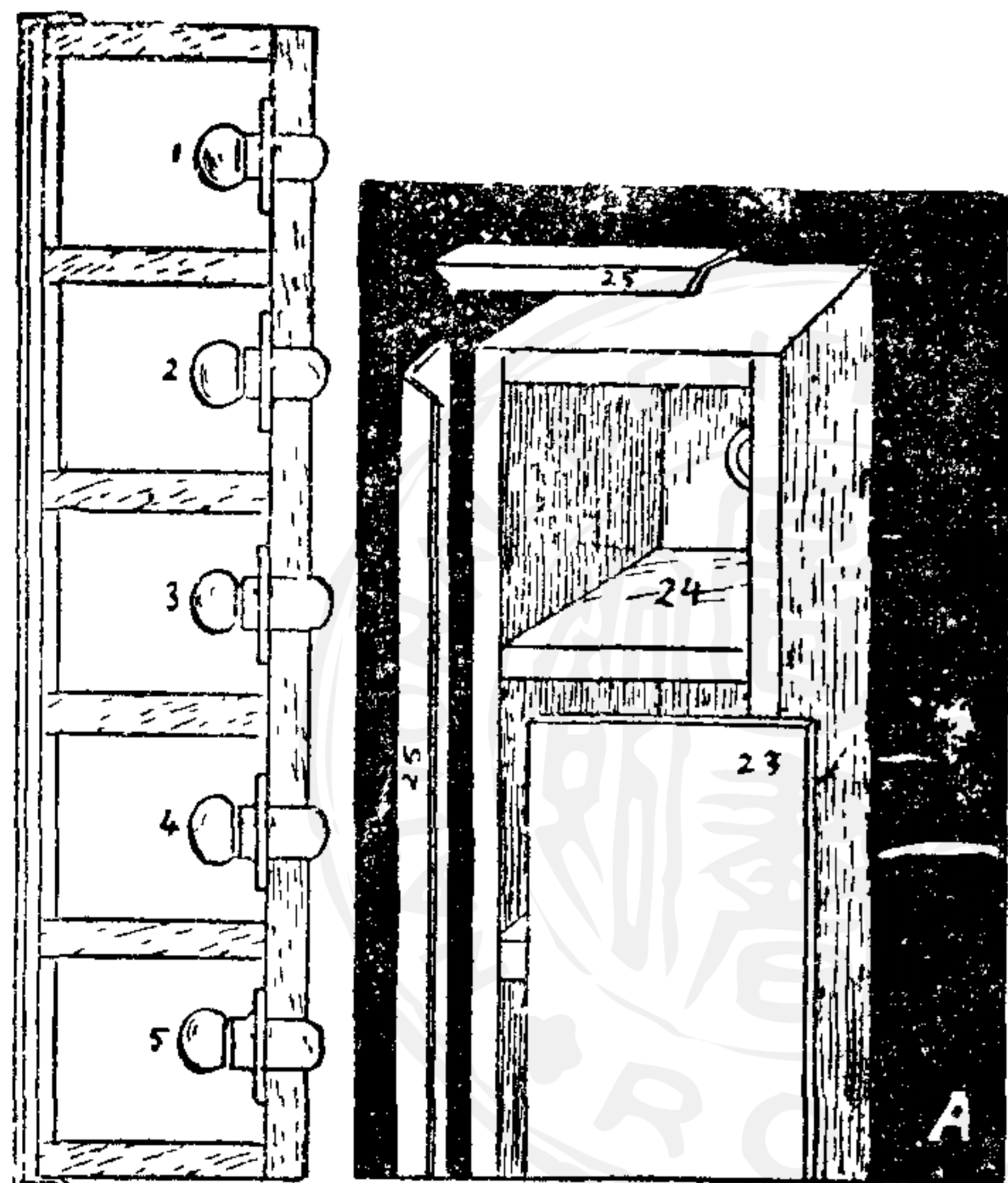
這裏銅版 2 是照第一百二十九圖很有規則地切取的，但銅版剪切，可以任意變化，則電泡的點着，亦隨之而任意變化。

以上說明了電燈點滅的機械部分，其次為

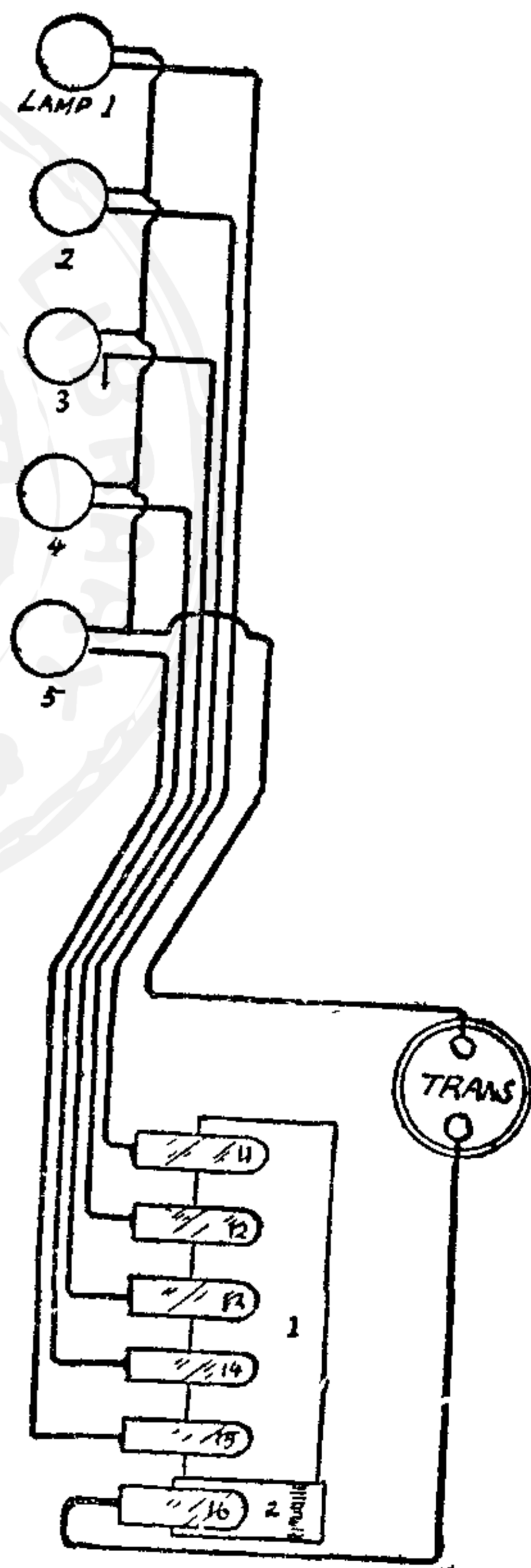
電燈。今如把招牌每一字用每一個電燈來照明，例如要用“開明書店”四字，則照第一百三十圖，先製一電燈箱，分成四格，每隔裝一電燈。而在其前面釘上書有文字之玻璃版。文字用陰文，或用黑漆，或剪黑紙黏於內側。用紙剪的，則隨時可以變換文字，較為便利。電泡燈座裝入箱的後面。製成以後，裝置於店面應用起來，則如圖 D。

至於電燈的接線方法，如第一百三十一圖，圖中以電燈五枚為例，或用十個或用三個，都聽作者之便。又所用電流，亦可直接接用電燈線，但電線須較粗，絕緣要完全，而裝電刷之木板應改用膠木板，圓筒 1 亦須經絕緣物如白蠟等煎煮。又為防止電花，

而免木筒燃燒，則銅版 2 亦應加厚，電刷不使觸及木筒。這幾點不加注意，而直接接用電燈線，那是很危險的。



第一百三十圖



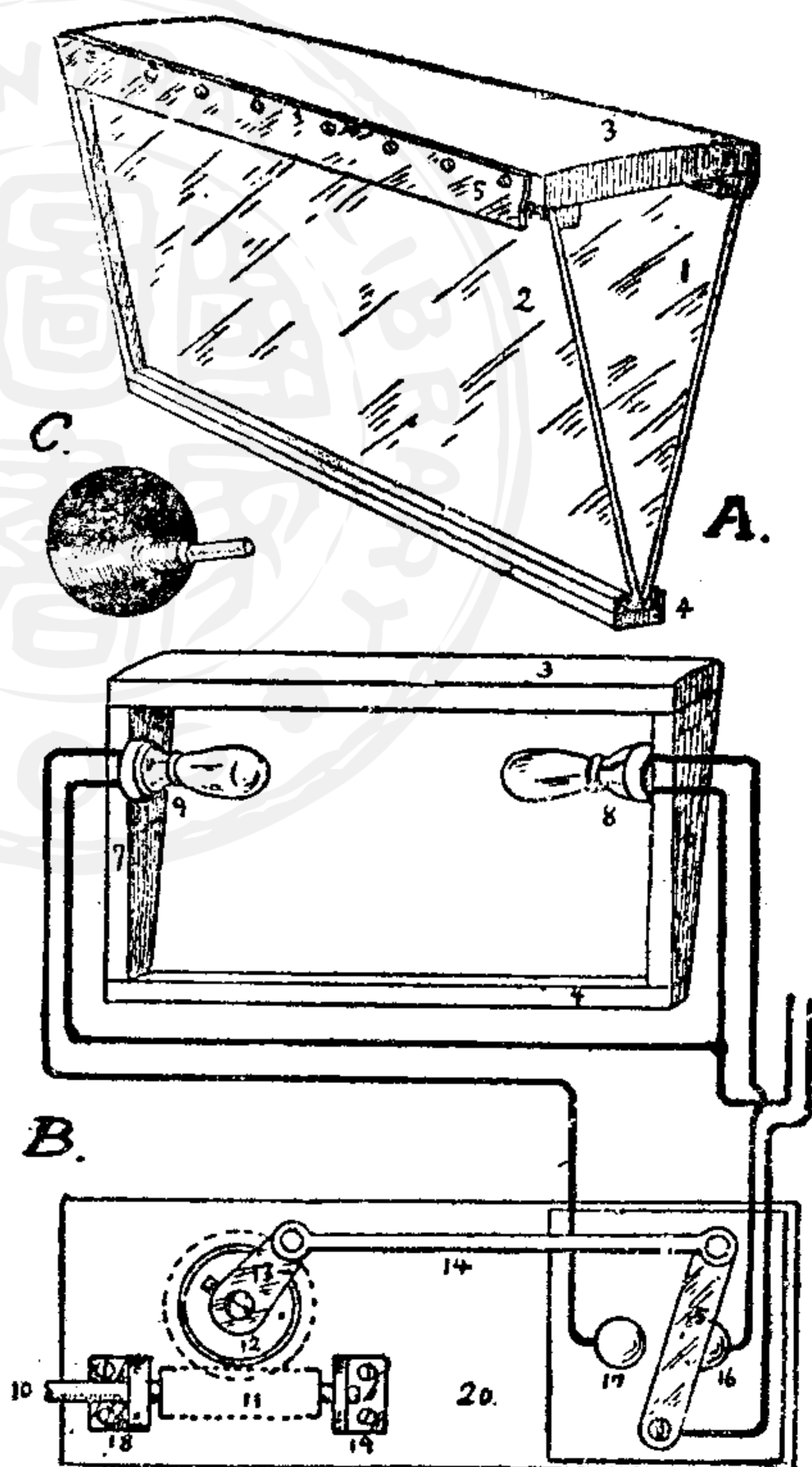
第一百三十一圖

二. 特種點滅法之一

今如不需多種變化,而僅用紅白二電燈,交互點着,可如第一百三十二圖,在 16,17 二接線釘之上,使金屬板 15 往後接觸,則電燈 8,9,即交互明滅,這金屬板 15 的運動如圖所示,以螺旋柱 11 接於電動機,螺旋柱 11 轉動齒輪 12,於是附着於齒輪之曲拐 13 隨齒輪旋轉,於是 14,15 遂左右往復。

至於文字板可用二枚玻璃板,架成 V 字形。這樣可使內部裝置的電泡,反射光線,十分勻稱。

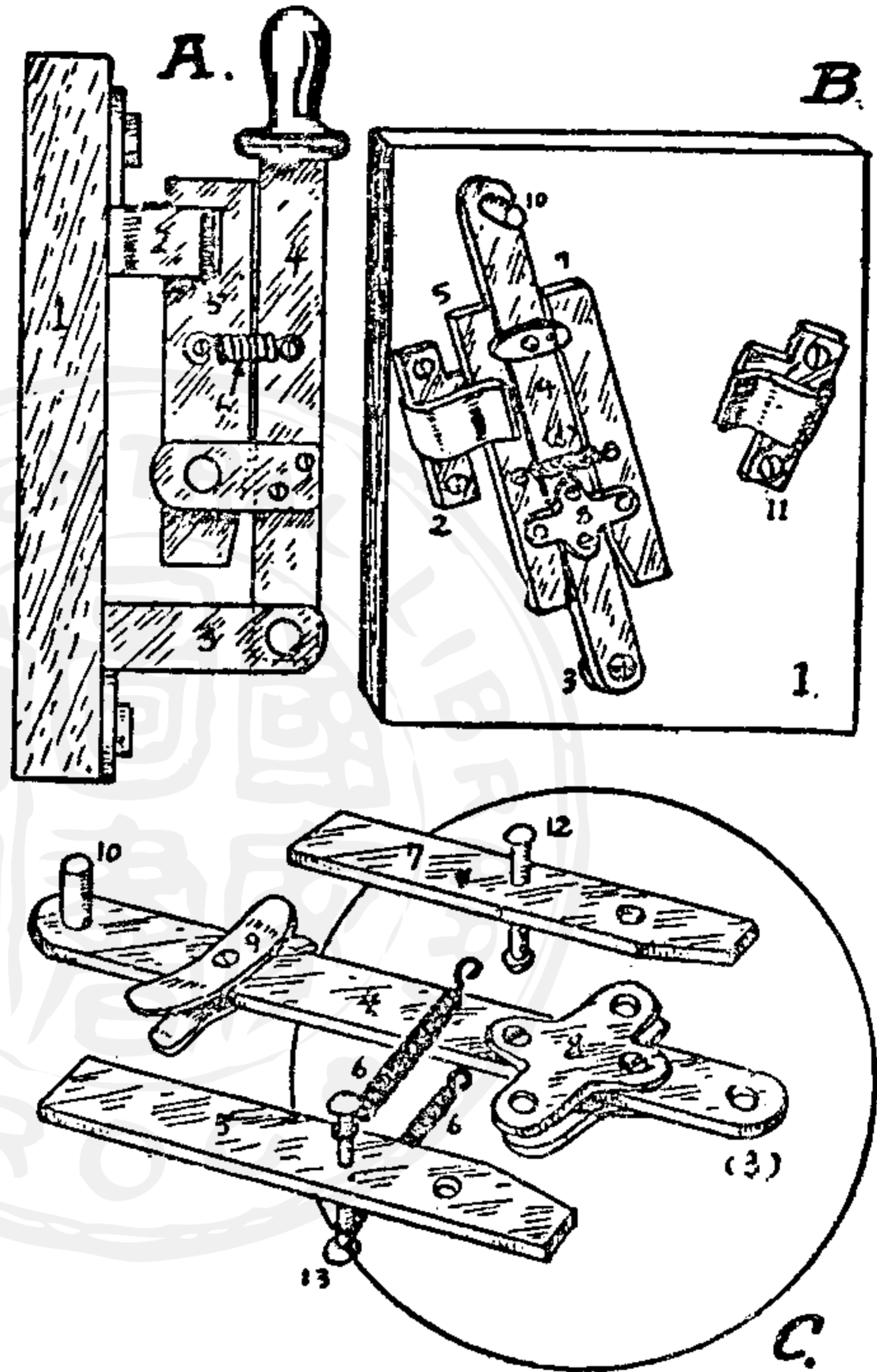
次為接線,如電燈接用電燈線,則應用較粗皮線。又若電燈光力強,即用電多的,則製作的開關,也須改用較大的。否則接觸部分,必為強大的電流所損壞。原來 16,17 的接觸釘之上,既有金屬板 15 交互接觸,忽觸忽離。在其將離未離時,電流將絕未絕,必發生所謂電花,這電花能夠使其金屬物發熱而燃燒,遂致開關全部損壞。



第一百三十二圖

為避免此種弊病，必須開關動作迅速，就應利用所謂快速開關，其構造如第一百三十三圖所示。其與普通開關不同之點，即

普通開關，只有 2 接觸片與 4 之刀形接觸物。至於快速開關則除刀片 4 以外，另附以金屬片 5，而以彈簧相接合。今如扳把手，使 4 遠離，4 已動，而 2 與 5 則因有摩擦之關係猶結着不解。結果是彈簧伸張。但不久以後，4 因在下方拉 5，卒使 5 離 2，而離時，即為彈簧力最大之時，故 5 遂以急速力向 4 併合。圖中 A 即示快速開關之裝置。如應用於點滅器，則如圖 B 將 10 之



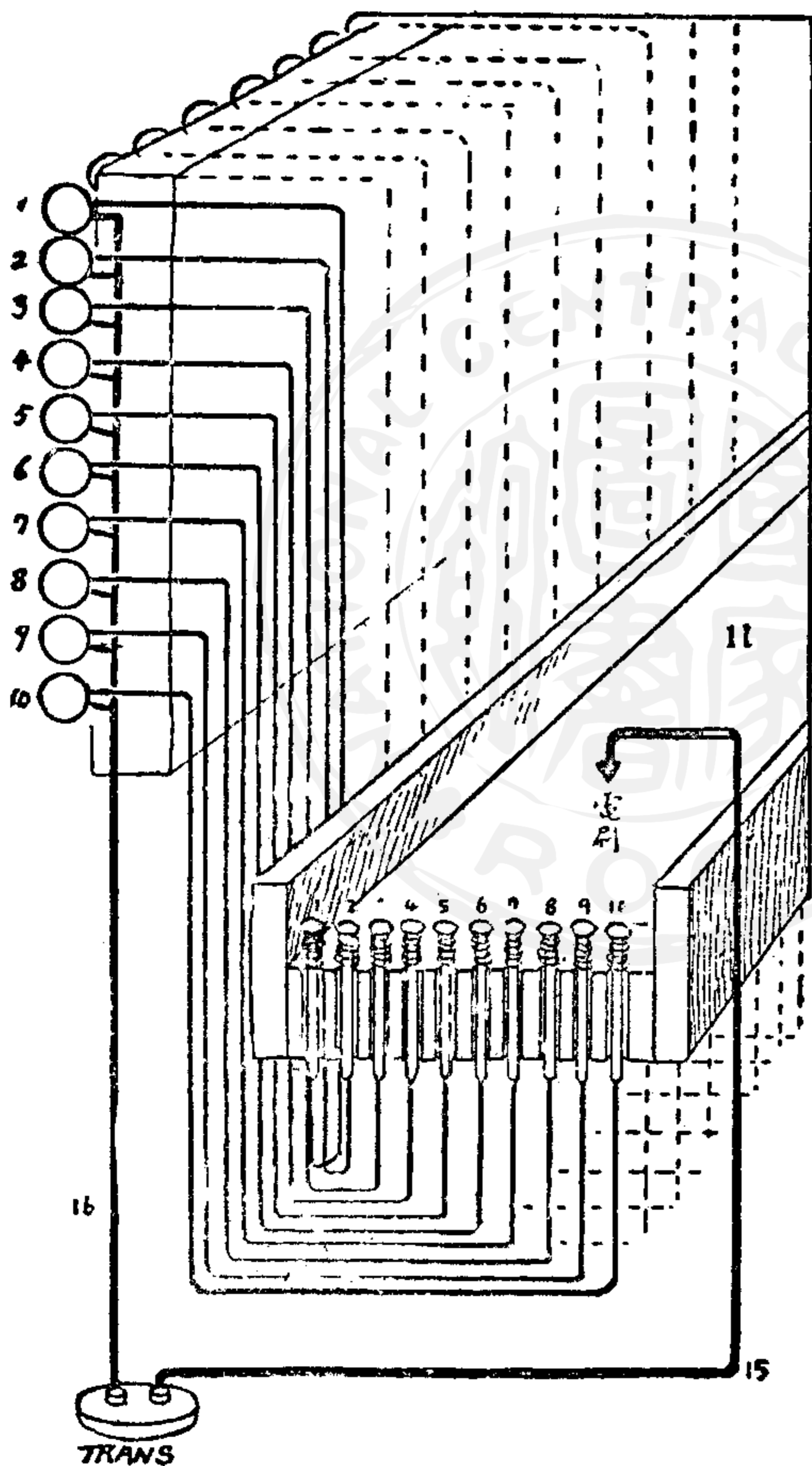
第一百三十三圖

把手部分，接於以前之曲拐，則成為單刀雙擲開關，來往於 2 與 11 之間，其情形一如第一百三十二圖之接觸片 15 來往於接觸釘 16, 17 之間一般無二。這開關主要部分的製作，如圖 C 所示，4 為刀片主體，8 為裝置 5, 7 二片之金屬物，6 為彈簧，9 則使 5, 7 與 4 平置之板。

第六章 活動電光文字

電光文字應用於商店廣告，方法新穎，引人注目，但構造比較複雜。

電線配列甚多，每一燈泡，均有一支電線為之接線。試看第一百三十四圖，左上之板，一直線縱列十個電池。其接線方法，自變壓器接出粗線16統接各電池。而各電池又各接一線排列於11的接線槽中，依序排列，不得混亂。而由變壓器另一端，接出之線15，則引至槽上，其尖端為電刷。這樣，只要尖端接觸槽上由任何電池引出之線，則該電池自必明亮。例如同時接

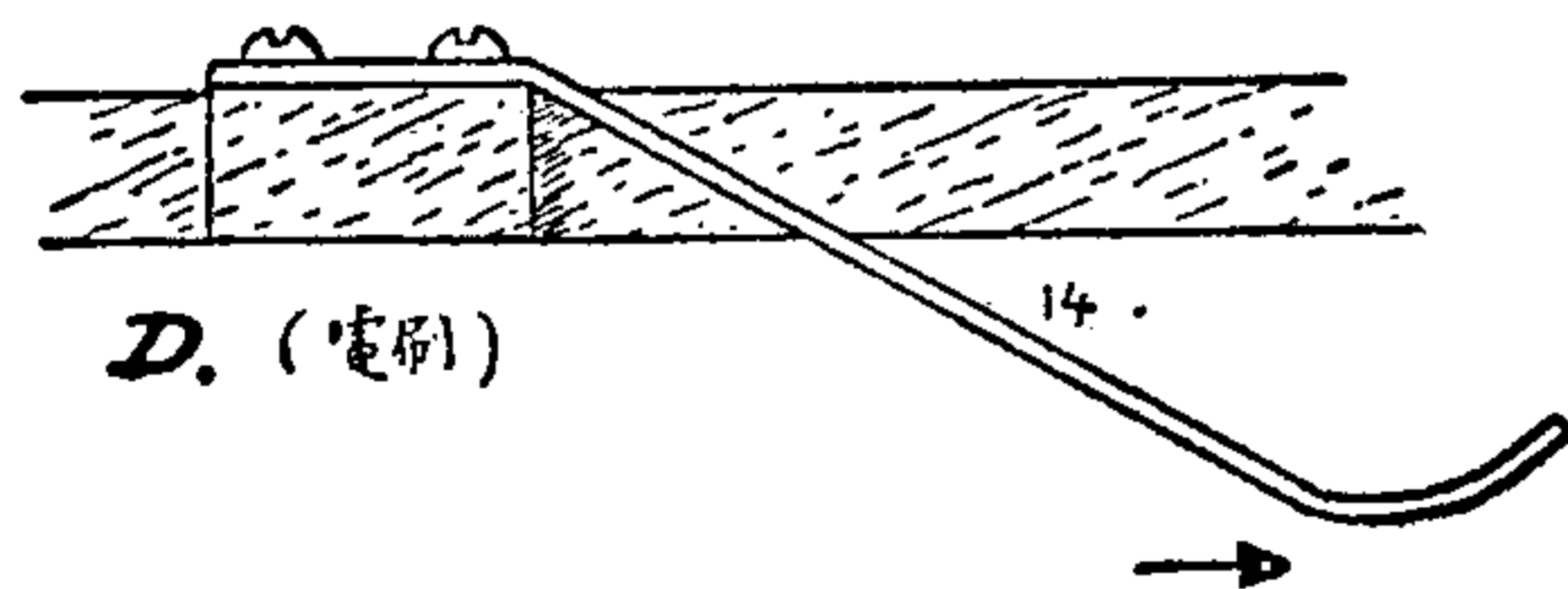
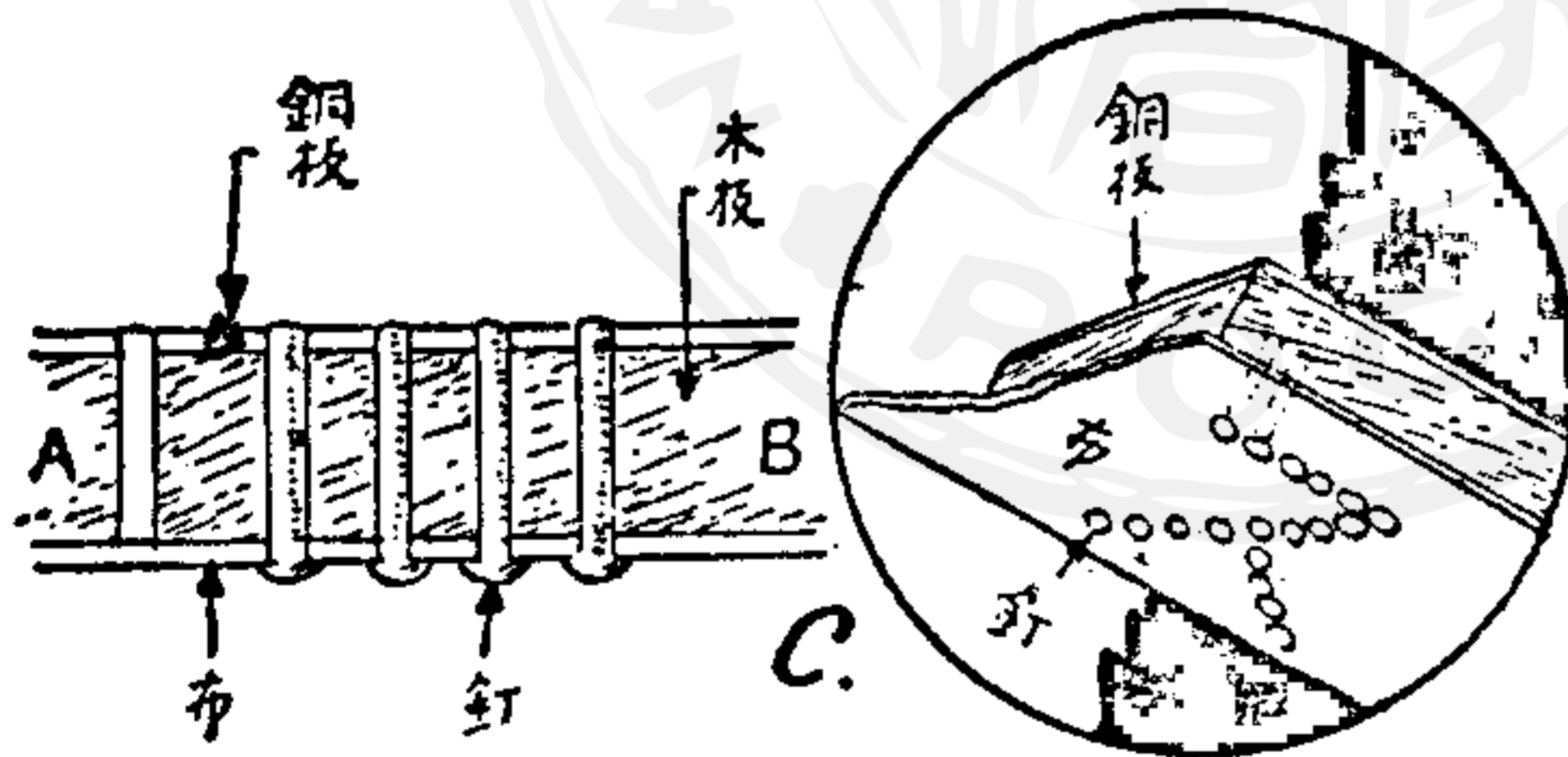
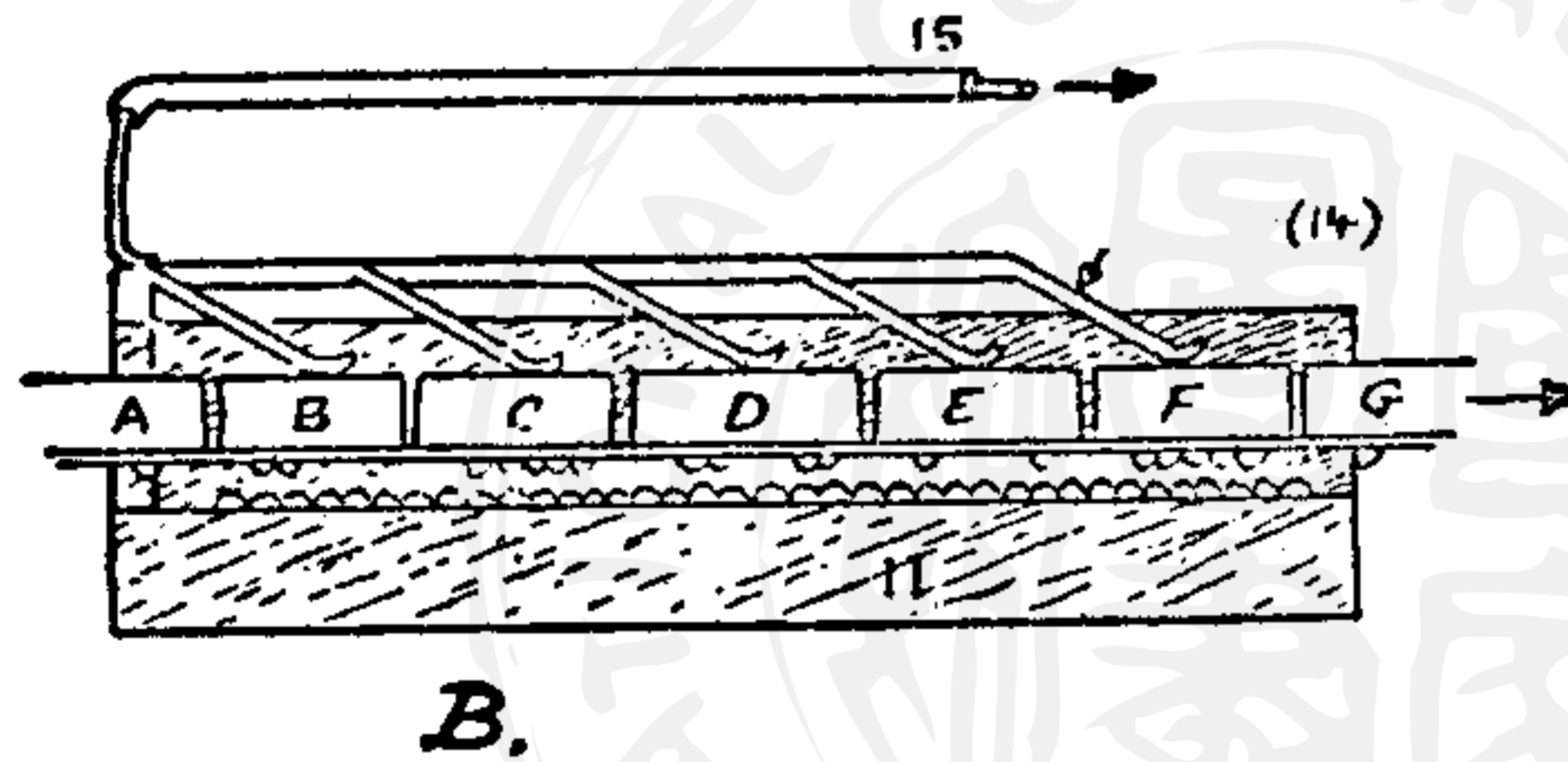
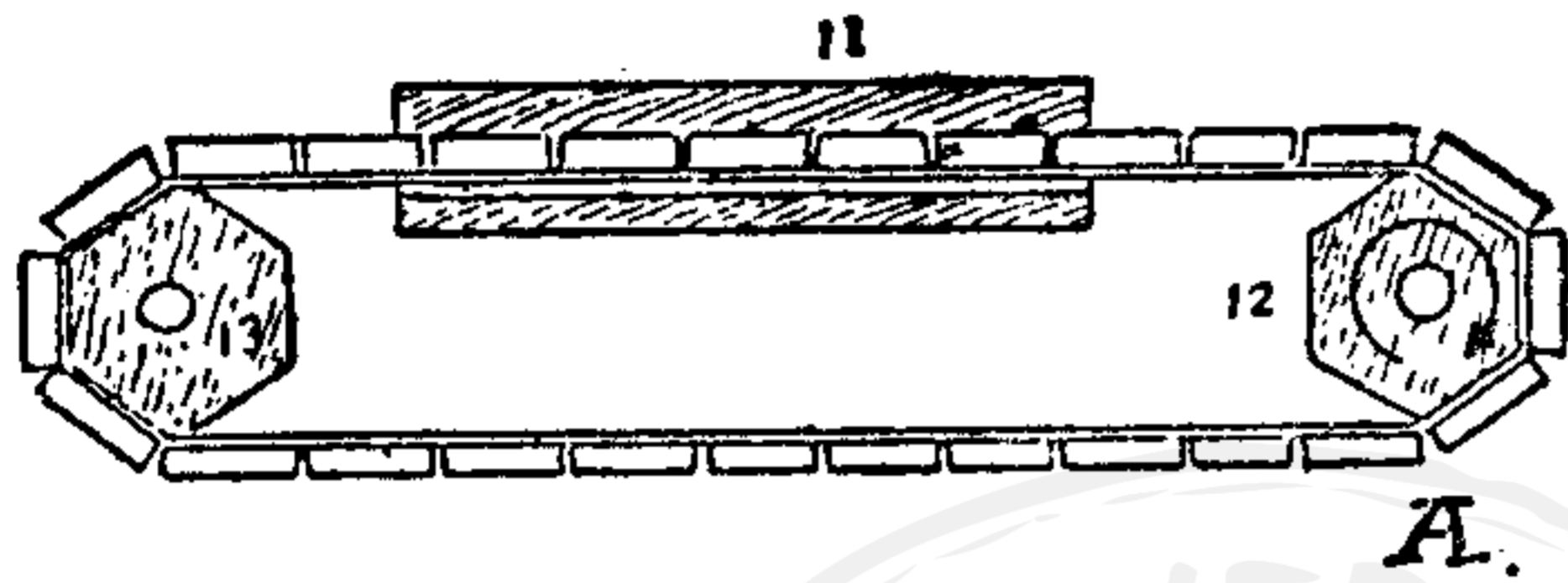


第一百三十四圖

觸 1,2,3,4,5,6 各釘,又飛越而觸至 9,10,則此各燈發光,其餘不發光。

所以電光文字的要點在於接觸釘和電線 15 之間,有怎樣一

種構造。所應記住的,就是每一個電池,必出一線,引至槽中,各設一釘,譬如縱十個電池,橫一百個電池,合計共一千個電池,則電線的數目亦一千根,接線之釘亦一千隻。



第 一 百 三 十 五 圖

成一個文字,譬如用“文”字,而其間隔與槽中之釘相同,使此板

先述槽中配置之釘與由變壓器而來電線 15 間的工作。這其間,就有着一個特殊開關的裝置。細閱第一百三十五圖。C 圖之左方為一木版,釘有銅釘,上方穿出,接觸於一枚銅版,今如在板面所釘之釘,形

之釘與槽中之釘相接觸而如圖 D 以電刷接電於上方之銅板，則被接觸之釘均通電流，而與之相連絡的電燈，一時點亮，不接觸時仍暗。於是電燈板上即有“文”字發光。像這樣的接觸板，多製幾枚，每枚字各不同，更結合使成帶狀，而如第一百三十五圖 A 所示移動於槽上。同時，如圖 B 用幾個電刷平均接觸於銅板，則因為常常移動，電燈發光的地方亦隨之移動，電光文字，便顯現活躍了。

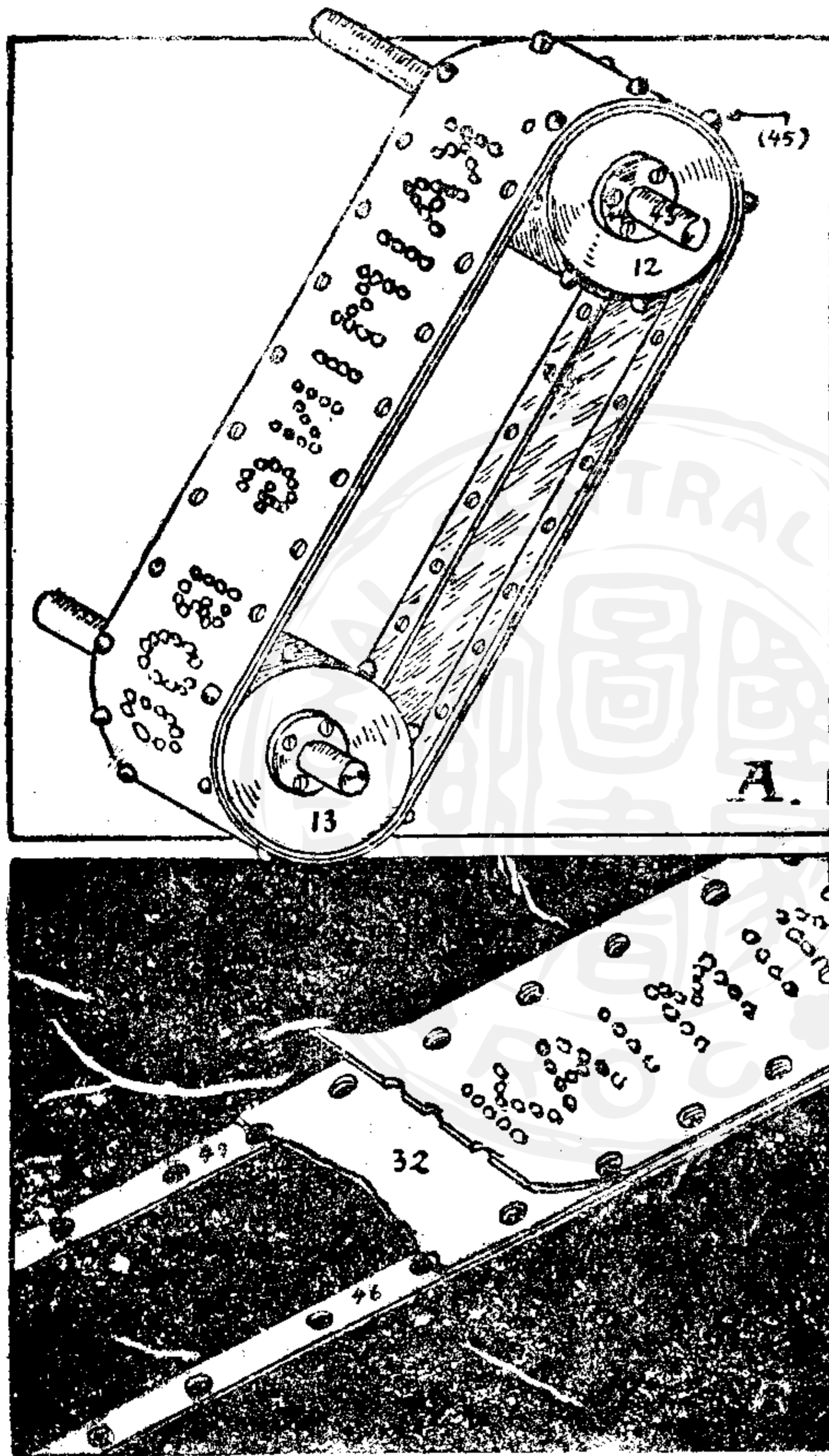
既明白上述的方法，以後就只說如何構造，方可使這個作用完全的問題。為使槽內配置之釘，與文字板之釘，完密接觸，應於釘頭之下嵌入彈簧。一方文字板之電刷，也須略有壓力，使槽釘與移動釘，能夠接觸完全。

文字板之帶如第一百三十五圖 A，用多角形之車輪 12,13 使之旋轉。若旋轉方向如圖 B，則由 G 開始，出現文字在 G 製“開”字，F 製“明”字，E, D，製“書店”二字，則隨着車輪的轉動，而“開明書店”四字即一一出現。文字板作製愈多，則可以拼成一種廣告文句，按時顯現。

其次再說文字板的另一較簡單的製造方法。其移動之板之製作與前略異，此版僅為一薄銅板，若以整張之紙，而將銅版全部掩蓋，則當銅版移動時，釘頭與銅版互相絕緣，不通電流。若紙上穿孔，則釘頭一入其孔，即與銅版接觸。此銅版本與電刷接觸，故電流通過釘頭，而使小燈泡發光。如紙面小孔多，則通電之燈泡亦多。

將此種方法與前法細細比較，則此法自然簡單不少。蓋所謂

電光文字，乃用以宣傳廣告新聞，文字時有更動，故其文字板的



第一百三十六圖

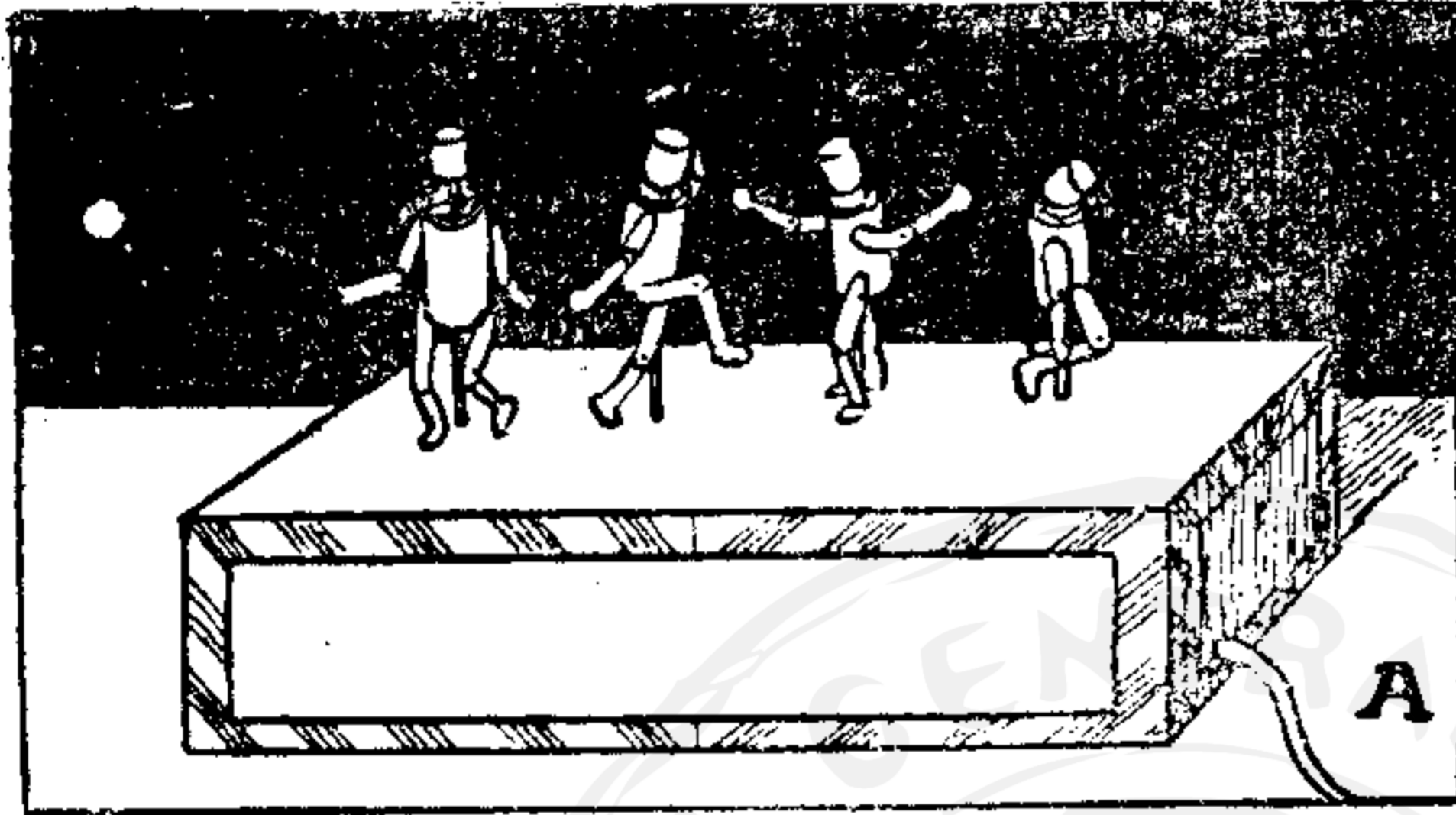
筒轉則文字帶亦轉。又為防止文字帶邊緣的小孔因久用而擴大，可以另用薄銅條作為補助帶，其上銲接 32 之薄銅版。如圖 B 之 46, 47, 但勿過厚。

製作，自須求其十分簡易。今此法所用之文字板只須在紙上穿孔，黏貼於銅帶之上，則其簡易，自非前法所能比擬。

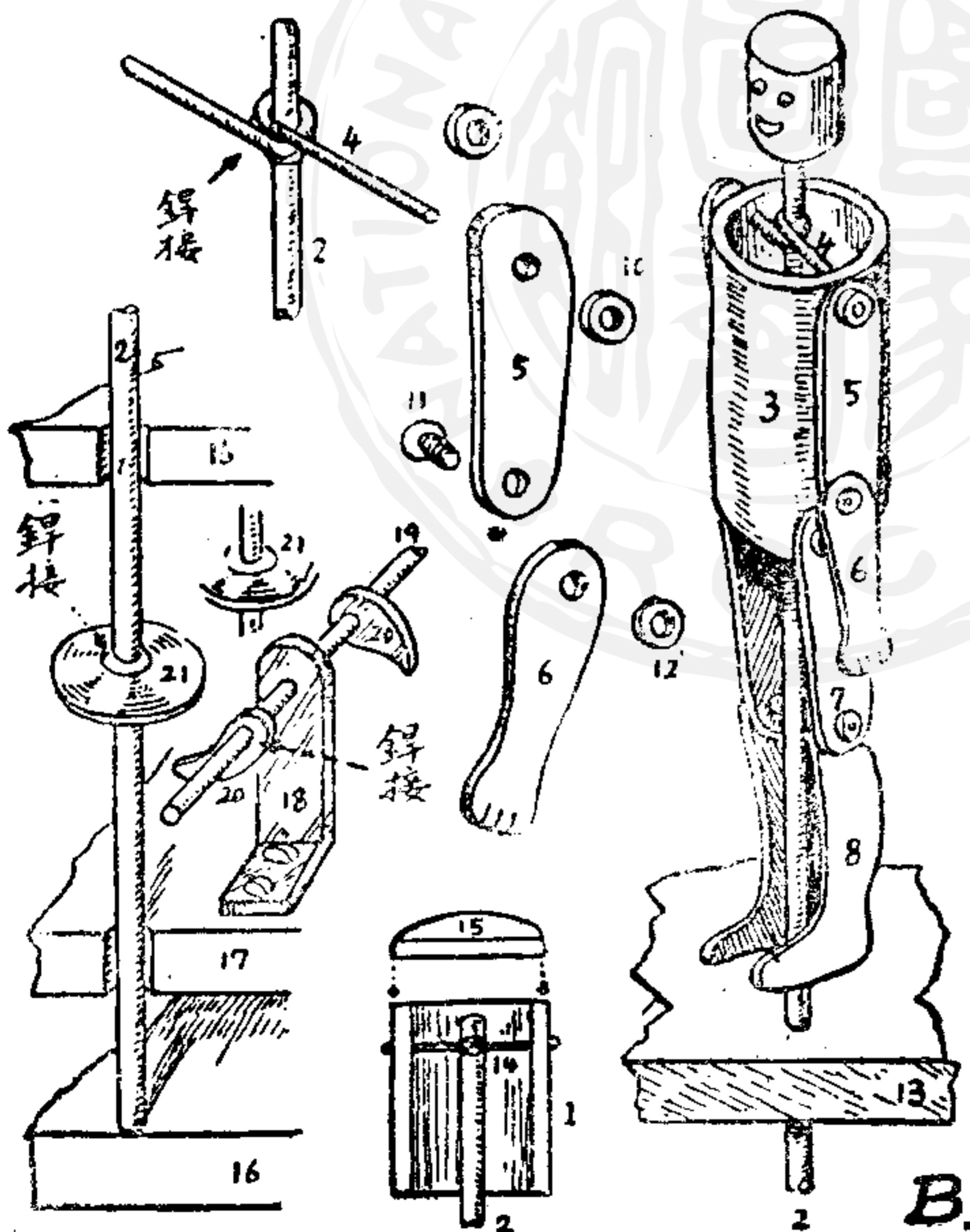
今試舉製作之一個例，以說明之。如第一百三十六圖 A, B。A 圖 12, 13 為一轉動之圓筒，12 之軸則接於螺旋柱，而以電動機旋轉。文字帶全體邊緣都穿有小孔，如影戲片的邊緣一般，恰和圓筒邊緣的釘子 45 相勾結，

第七章 木偶跳舞

這也是利用電動機的玩具之一種。如第一百三十七圖，有四個木偶正在跳舞。



個木偶正在跳舞。各有各的姿勢和動作。圖B為人體各部的構造，與其組合。先言製作材料，頭1為竹筒，2為粗鉛絲，身體3亦竹筒所製，5,6,7,8則為手足，或用鉛皮，或用厚紙，都可作製。頭部構造，如圖B，中央下方，在粗鉛絲上端相近處，用線繫住。上面加以平蓋15，將頭部竹筒上端蓋住。因為是線縛的，所以頭部能夠左右前後擺動。



第一百三十七圖

其製法亦同，但用鉛絲4如圖銲接於支柱2，兩端則穿入竹筒預

其次為身材。所用竹筒比頭部為粗。

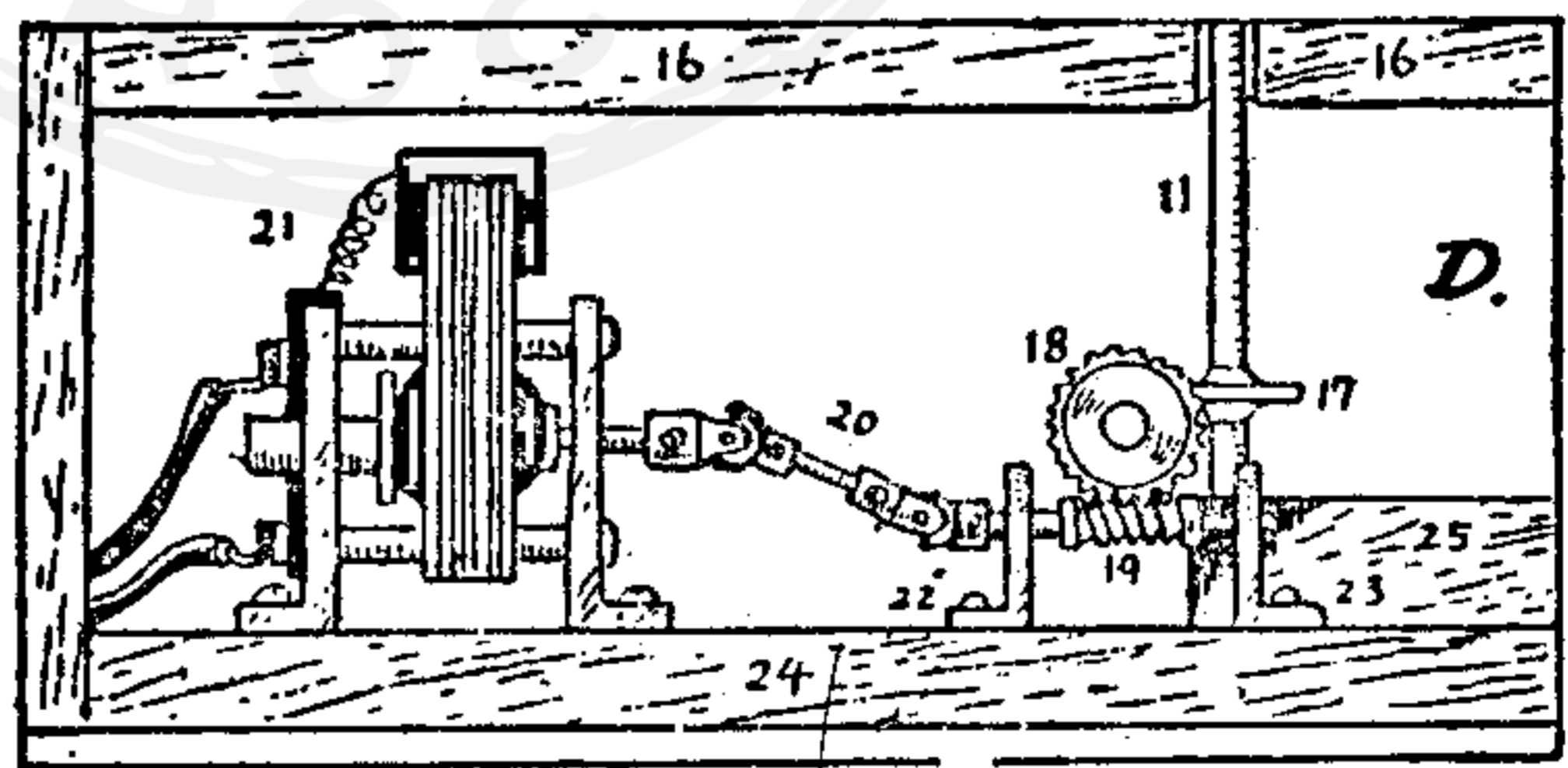
鑿之小孔，亦能搖擺。

再次爲手足，5 與 6 爲手之一組，7 與 8 爲足之一組。其關節處都用螺絲釘結合，卻勿使靠住身體，務使其能自由上下。

軸棒 2 裝置於底箱之中。在臺面與底板之間，夾有木板 17，軸棒自上方之板穿越 17，而支於底板之上。軸之長以人體之長稍短爲度。在木板 13 與 17 之間，裝置鉛皮小圓板一枚，21，銲接於軸棒之上。另有一橫軸，如圖中 19，銲有爪形之鉛片如圖 20。轉動時，這爪形鉛片隨之轉動，而將 21 之圓盤擡起，轉過即 21 即以重力而復原位。一面軸 2 在轉動，一面又按時的升降，這就形成了跳舞姿勢，更加以頭和身體的自然擺動，手與足的升降跳躍，使跳舞愈見活潑。

四個偶像姿勢的不同，是全由於爪形鉛片銲接方法的不同，只要這鉛片銲接的參差不齊，則各個姿態亦自各異。因爲一個方升起，而別個低下，一個手方高舉，一個卻已垂下了。

至兩個軸棒的轉動，自然利用電動機，如第一百三十八圖所示，21 爲電動機，20 爲萬能接合桿，19 爲螺旋柱，18 爲齒輪。有

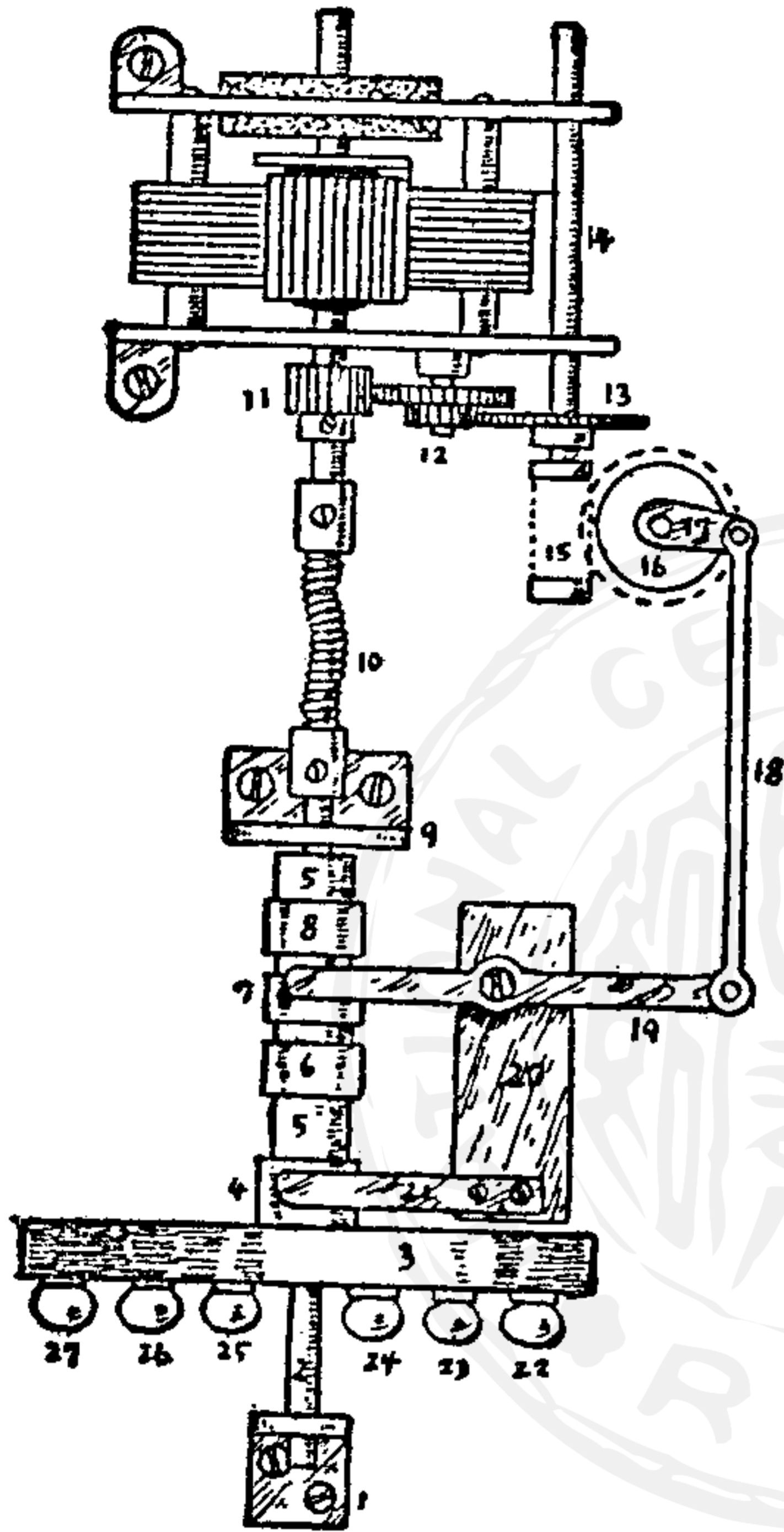


第一百三十八圖

了這螺旋柱和齒輪，則電動機的轉動雖快，而軸棒的迴轉卻已減慢了。

上面各種利用電動機的模型玩具，都需要所謂萬能接合桿，

這桿的形狀，如前一百二十七圖所示，分三段組成。其便利之處



第一百四十圖

在於接用於電動機時，欲轉之軸，與電動機的軸，不一定要在一直線上，而任何高低位置都能傳動。這接合桿，如無從購買，則照第一百四十圖，用鋼絲繞製的“萬能軸”亦可。蓋鋼絲繞成螺旋彈簧之形狀，雖地位略有高低左右之偏欹，仍能轉動，應用頗廣。

電動機的利用，千變萬化，原不是上述幾種所能包括完全，但這全在讀者作更一步的研究，且模型玩具，亦非一成不變，儘可花樣翻新，別出心裁，更有趣味。這裏介紹的幾種，只是舉例以備參考罷了。

附錄 電機常用名詞

將上述各種電學上的用語，集合起來，共計五十字，附以簡單解說，照英文字母而排列先後，以便於檢查參考。

【Alternatic Current】(交流) 電流的一種。所謂交流，其流動的方向不定，忽來忽往，不像直流的始終向一方向流動。電燈線之電流，都為交流。普通一秒間來往五十次至六十次。亦有一百至一百二十次者。

【Ampere】(安培) 表物之長用尺或厘米，表物之重用克或仟克。這是誰都知道的，同樣，電的流動，即名電流，其大小，即用“安培”。但物之長或重，為目所能見，手所能舉，容易明瞭，容易記住，譬如說“火柴桿長五厘米，水一升重一仟克，”誰都明白這話的意義。至於電，既無形態，目不能見，如說“這有一安培”，聽者莫名其妙。但是所謂“安培”，即電流在電路中流動時的大小數量。若把電來譬作水管中所流之水，這就相當於水流的大小粗細。今以日常所用的安培數為例，三十二支光的鎢絲電燈，其中所流電流，為〇·四安培，五十支光為〇·六安培。又普通電熱器中的電流大約為五安培至六安培，稍大約為十安培。

【Armature】(電樞) 為發電機或電動機中的轉動部分。又電報機，電鈴等，為電磁鐵所吸引的鐵片，亦名“Armature”，中名銜鐵，但為分別起見，發電機或電動機中的電樞，又稱“rotor”，中名轉動子。

【Bearing】(軸承) 支軸之裝置，軸即通入軸承之孔而轉動。

【Brake】(制動器) 又名“煞車”。譬如在行走中之物，突然命其停止，這使停止的裝置就是煞車。制動器與控制器不同，不可混淆。

【B. S. gauge】(B.S.線號表) 所謂 B.S.線號表，是Brown & Sharpe 公司所製的電線，示其粗細之表。B.S.即公司名之頭字。已載上文。

【Coil】(線圈) 線圈是用絕緣金屬線捲繞而成的。如言電動機的場磁線圈，電樞線圈，變壓器的原線圈，副線圈，都是線圈。又，雖不加鐵心的亦為線圈。電熱器中的發熱器亦名線圈。

【Commutator】(整流器) 電動機和發電機的電樞一端，用銅片及絕緣物組成一圓筒形，以接電流。在實用的電機，其銅片的絕緣物是用雲母製的。第六十九圖為最簡單之整流器。

【Commutator segment】(整流片) 即指整流器的銅片。例如第六十七圖為一整流片，第六十九圖為有六枚整流片的整流器。

【Control】(控制器) 即統指電阻器，逆轉器等而言。電車中駕駛員所持之器，亦即‘控制器’。

【Current】(電流) 電的流動，稱為電流。表電流的大小之單位，為安培。若壓力同等，則細小之管水流必小，粗大之管，水流必大。同樣若電壓同高，則細線電流小，粗線電流大。電線細即電阻高，粗即電阻低。這電壓電流電阻三者之相互關係，與下述

電壓同樣。量電流強弱的械器稱電流計(又稱安培計)。

【Cycle】(週) 交流電的一來復,稱爲一週。如一秒間來往五十次即爲每秒五十週。

【Direct current】(直流) 同河水一樣,電流常於一方流向他方,即自正至負,繼續不絕的,稱爲直流電流。蓄電池和乾電池出來之電,皆爲直流電。

【Discharge】(放電) 本來分有正負的電,若以導體使其中和,則不分正負,亦無電壓。但這話,只對靜電(即摩擦電)於陰陽電中和時,及電池的電自正流至負時而言。若發電機與變壓器的電流,則流動時不稱爲放電。

雷電是電壓甚高之靜電放電。

【Dynamo】(發電機) 但稱 Dynamo,大都指直流發電機,交流的往往稱 Generator 或 Alternator。

【Field coil】(場磁線圈) 指磁鐵鐵心上所繞的線圈而言。

【Field magnet】(場磁鐵) 即發電機和電動機中供給磁力的電磁鐵,電樞即在其中間轉動。

【Flux】(磁束) 多數磁力線合併稱呼,謂之磁束。即磁力線束。

【Frequency】(週率) 又稱頻率,交流電一秒間來往之數稱爲“週率”。週率與週,容易混雜,但有不同。即週指電流之一往復,而週率,則爲表示每秒間有幾往復也。

【Gap】(間隙) 在電動機與發電機中,凡電樞表面與場磁極面間的空隙稱爲間隙。

【Horse power】(馬力) 用以表示電動機的功率。與瓦特同樣為一種功率的單位。譬如物的重量可以用克計,亦可以用仟克,斤,兩計。電動機之功率亦可以瓦特計,亦可以馬力計。而

一馬力=746 瓦特 (0.746 仟瓦特)

故有十匹馬力的電動機,就可以說“這電動機有十匹馬力”,或者說“這電動機的功率為七·四六仟瓦特”

【Insulation】(絕緣) 在電機中,電流務使其只流於電線之中,若向外漏洩便起損失,或敗壞。防其漏洩,故用不通電的材料以為隔離,這名絕緣。例如作線圈用的銅線,其外必包綿紗,絲絹,或漆等為之絕緣。此外如整流器用筆桿製作,變壓器的分線器,用膠板或木板製作,都為的要絕緣。

【Insulator】(絕緣物) 即絕緣用的材料。雲母,玻璃,瓷器,大理石,膠木,橡皮,紙,絲,棉紗,及以油煮過的木材,柏油,等等,皆為絕緣物。

【Iron core of field magnet】(場磁鐵鐵心) 即指場磁鐵中鐵的部分而言。

【Load】(擔負) 以電動機之力使他物例如電車電扇動作,這叫做接擔負於電動機。或說電動機已有擔負。又自變壓器發電機取用電流,如接上電燈,或轉動電動機,也就是使變壓器或發電機得有擔負。故若電動機空轉,即無擔負。又變壓器的副線圈,不接任何擔負,則原線圈雖接上電源,而仍為“無擔負”。總之電動機,變壓器,發電機,凡在工作時,才有所謂“擔負”。

【Loss】(損失) 任何電機,多少總有損失。例如電動機,如

給以十成的電流，但所得出力，就不到十成，其中有若干成（一成以下）成爲損失而消耗。這消耗的損失，如變爲熱，則電動機卽生熱。且不限於電動機，變壓器和發電機都同有損失，損失愈小，效率愈好。損失愈多，效率愈劣。故效率優良的電機，比效率低劣的電機，變熱較少。總之損失就是電機入力和出力的差數，

【Magnetic line of force】(磁力線) 凡磁鐵無論何種形態，必有目所不見之線，自其北極流向南極。這線就名爲磁力線。

【Magnetise】(磁化) 使成磁鐵，或成爲磁鐵。例如繞線圈於鐵棒而通電流，則鐵棒磁化。

【Magnetising force】(磁化力) 繞銅線於鐵，而通以電流，則鐵卽成磁鐵。使鐵成磁鐵之力，稱爲磁化力。例如同樣線圈，若電流通過多，則磁化力強，電流減則磁化力弱。

【Monophase】(單相) 交流電有所謂相 (Phase)，而分單相，二相，三相，六相等種類。單相交流，只要用二根電線傳送三相式，卽須三根。室內電燈線，都爲單相，一馬力以上的交流電動機大概都用三相交流。工場中應用電動機，所以有三根電線，就是爲此。“相”是什麼，說明比較困難，要參考電學專書了。

【Negative pole】(陰極) 電池或發電機中的一極，卽電池入口，亦稱“負極”。

【Ohm】(歐姆) 凡行動之物，必有反抗其行動的力量存在，這叫阻力。譬如水流於鐵管之中，必受摩擦阻力。同樣電流在流動時，亦有阻力，特稱爲電阻 (Resistance)。譬如電流在銅線中易於流通，而在鐵線中，卻比在銅線中爲難。在玻璃膠木中，甚至電

流完全不能流通。這樣，電流易於流通之物稱爲電阻小，難通的，稱爲電阻大。表電阻的大小，單位用歐姆。譬如三十二燭光電池中燈絲的電阻爲二五〇歐姆，五〇支燭光爲一百六十歐姆，又 B.S. 第二十四號銅線，一千米之長，其電阻約爲八十四歐姆。銅線愈長愈細，則電阻愈增。

【Parallel, in】（並聯）這和串聯相反，即電器或電機不一直線連接，而使電流個個自通。例如第五十四圖，電樞與場磁線圈，對於電池稱爲並聯。

【Power】（電功率）電功率就是電流作工之率。即如通電流於電動機，成爲動力，以運轉電車，轉動機械；流入電熱器，則成爲熱，而可以煮湯燒飯。流入電池，則成爲光而可以照耀。電機在單位時間內所能做的工作之量，就是電功率。

只知電壓，不能算出電功率。只知電流，也不能算出電功率。必知二者的乘積，才能算出電功率的大小。電功率的單位，爲瓦特（Watt）即伏特與安培的乘積

$$\text{電功率（瓦特）} = \text{電流（安培）} \times \text{電壓（伏特）}$$

所以電壓雖高，如電流不大，則電功率小，例如電壓一萬伏特，而電流只〇·〇〇一安培，則電功率僅有

$$10000 \times 0.001 = 10 \text{ 瓦特}$$

一般電機，其瓦特數愈大，即電機愈大。

又有模型電動機接六伏特電池時，電流爲二安培，其所入電功率爲 $6 \times 2 = 12$ 瓦特。但在電動機中，必有所謂損失，電動機的出力，自然不到十二瓦特，而比較要小。模型電動機，製作無論怎

樣巧妙，差不多有八成是損失，只有二成才是出力。

表示大的電功率用瓦特嫌太小，通常改用仟瓦特為單位。這猶之言重量時，用克太小，改用仟克為單位是一樣的。

【Secondary Coil】(副線圈) 變壓器進電一方的線圈，稱為原線圈，而出電一方的線圈，稱為副線圈。副線圈兩端的電壓，稱為副電壓，電流稱為副電流。

【Resistance】(電阻) 船行水上，必受水之阻力，電車行於軌道之上，必受風與摩擦的阻力。又水流於管中，也受種種阻力。所謂阻力，乃阻止物體運動之力。同樣，電流雖為目所不能見，手所不能觸，但其流動時仍受着阻力。此種阻力，就稱為電阻。電阻小的物體中，電流易通，電阻大的物體中，電流難通。

一般金屬，電阻甚小，電流易通，而絕緣物電阻甚大，電流殆不能通。又金屬亦視其種類不同，而電阻各異。銀與銅，電阻最小，鐵為銅的六倍，鉛約十三倍。表示電阻的數值，用歐姆為單位。種種粗細的銅線每仟米有多少歐姆。可參看銅線表。且電阻皆正比例於其物體之長。長二倍，電阻亦二倍。長一半，電阻亦一半。譬如銅線表中，B.S.第二十三號線，每仟米的電阻為六六·六歐姆，如長二仟米，電阻增至一三三·二歐姆，又五百米，就只有三三·三歐姆了。

此外如物體粗大，則電阻減少，細小則增加。例如同一長度而粗一半，則電力二倍，這只要把表中的截面積與電阻數值比較一下，就可明白。

【Rotor】(轉動子) 指電機中的轉動部分。如電動機中的

電樞，即爲一種轉動子。

【Series,in】(串聯) 電器或電機，電池等，如將其縱列接續，名爲串聯，即電流是沿一電路進行的，而不是分做二路三路的。如第五十三圖的電樞和場磁線圈，皆爲串聯。

【Shaft】(軸) 車輪及電樞的中心所通之心棒。

【Short】(短路) 凡電池，變壓器，或發電機等，兩方線頭，即出力的兩端，中間不接電燈，電動機，而直接用銅線接觸，這名“短路”。短路則有很大的電流通。如有電池，則漏電以至於盡，若爲變壓器則線圈燒毀，爲電機所最忌。

【Switch】(開關) 即開通或關斷電流的裝置。即如電燈開關就是。

【Tap】(分接線頭) 變壓器線圈，由途中分枝，另設接線處，這途中分出之線稱爲分線。如一百〇四圖兩端以外的線皆爲分接線頭。

【Terminal】(接線柱) 即電機中電線的接出部分。其狀如第一百圖。

【Volt】(伏特) 這是表電壓強度的單位。例如室內用的電燈線，其電壓爲一百一十，或二百二十伏特。蓄電池一個的電壓爲二伏特，乾電池一個之電壓爲一·五伏特。又鄉間越山過嶺之輸送線上的高壓電爲數萬伏特，雷電之電壓，高至一萬伏特。

【Voltage】(電壓) 水流管中非加壓力不可。同樣電流流於電線之中，也須要壓力。這電的壓力名爲電壓。表電壓的大小，則用伏特爲單位。電壓愈高，則電流愈大。所以電流的安培數，是與

電壓的伏特數成正比例，而與電阻的歐姆數成反比例。故安培，伏特，歐姆三者的關係如下：——

$$\text{電流 (安培)} = \frac{\text{電壓 (伏特)}}{\text{電阻 (歐姆)}}$$

因而 電壓 (伏特) = 電流 (安培) × 電阻 (歐姆)

是故三者中，如有二者數值已知，則其餘一數，即可由此式求得。

例如 B.S. 第二十四號線一百米製成一個電磁鐵，而用六伏特的無線電蓄電池供給電流，那末電流有幾安培呢？先查銅線表，第二十四號線一仟米的電阻為八四·二歐姆，一百米，即為其十分之一，即八·四二歐姆。故電流

$$\frac{6 \text{ 伏特}}{8.42 \text{ 歐姆}} = 0.713 \text{ 安培}$$

又用一百伏特三十二燭光的電泡，有電流〇·四安培，試問電阻若干？

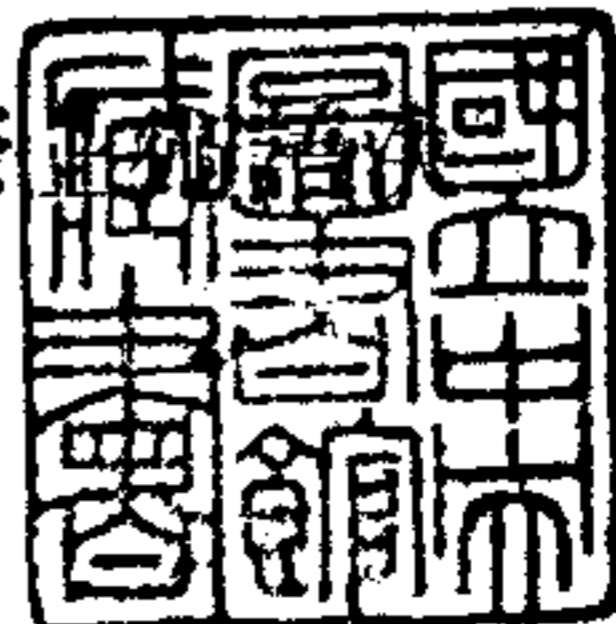
$$100. \div 0.4 = 250 \text{ 歐姆}$$

量電壓的伏特數的計器械，叫做電壓計。

【Watt】(瓦特) 表示電功率大小的單位。詳“電功率”條。

【Wiring diagram】(接線圖) 機械的形狀，常不照實物繪圖，而僅表以簡單符號。譬如電線的接線，僅以線表示，使圖面簡單明瞭，名為接線圖。

以上大體將本書所用的簡單術語，說明完畢。實際不止此，須另加參考了。



國家圖書館



000025371



舊