

電 動 機

黃 幼 雄 編

電 動 機

江蘇工業學院圖書館
藏書章

開 明 書 店 印 行

電 動 機

一九四七年十一月初版 一九五〇年十一月六版

每册基價五・〇〇

著 作 者 黃 幼 雄

發 行 者 北 京 八 面 槽
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 (7194)

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 三極電動機之製法.....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

第一編 電動機之製作

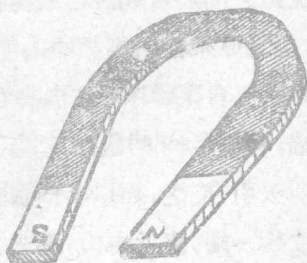
第一章 磁鐵

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，便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。

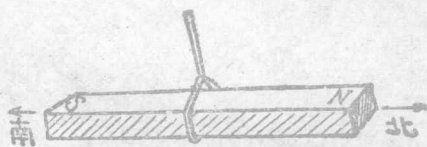
一. 永久磁鐵

所謂磁鐵，大家都知道有一種蹄形磁鐵，是兩端彎曲成U字形的，如第一圖，其實磁鐵可以作



第一圖

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

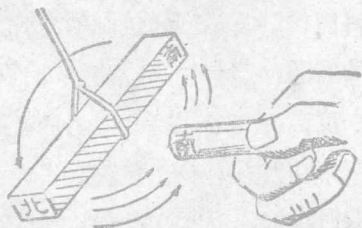


第 二 圖

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



第 三 圖

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。

從這個實驗，我們可以知道：

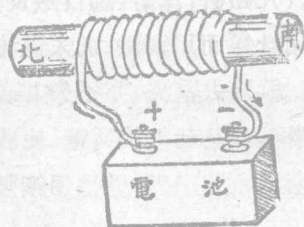
- 一、兩個磁鐵南極與北極互相吸引；

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

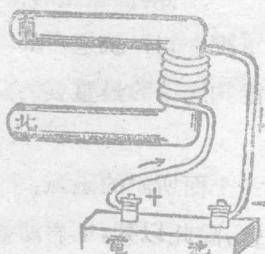
未通電以前，並不變其性質，仍然是一根普通的鐵棒，一旦通以電流，則鐵棒瞬即變成磁鐵，也有南北二極。

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，外面繞以絕緣被覆的銅絲，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，那末電流通成爲磁鐵之後，即成爲永久磁鐵，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，仍爲磁鐵，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。

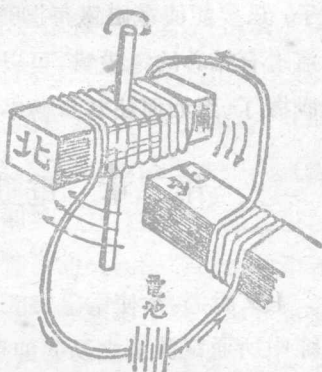
四、電磁鐵的磁性，與所繞電線之轉數，和所加電流之強度成正比。繞線轉數愈多，所加電流愈大，則磁性愈強。

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？

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，尚有惰性存在，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



第 六 圖

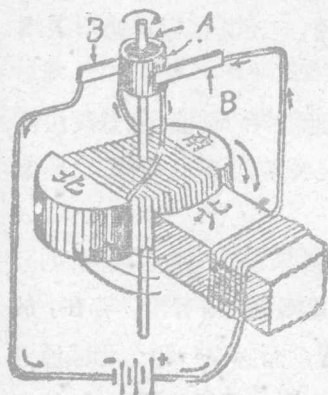
片，南北二極，已經改易了。

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，只要能使電磁鐵每週轉半周，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。這就成功一架是簡單的電動機了，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

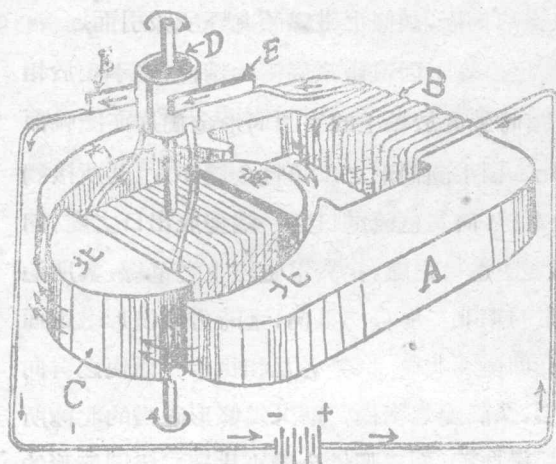
電磁鐵，即能迴轉不絕，其迴轉方向，如箭形之所示。

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

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

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)。

C 即裝有軸

D. 整流器

E. 電刷

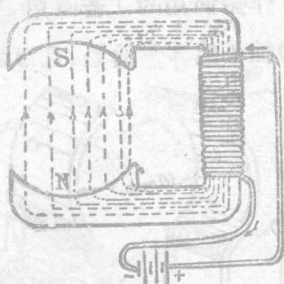
以下請依序說明各部分的實際製作。

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。



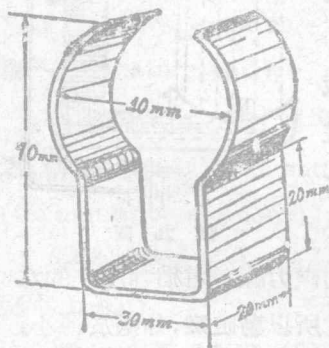
第九圖

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。

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

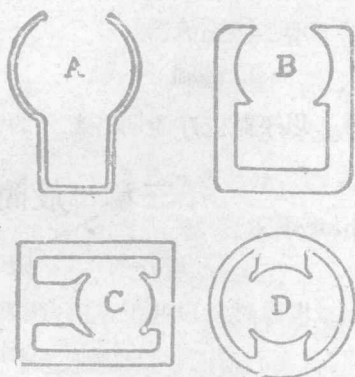


第 十 一 圖

力吸引，容易併合，致與中間之電樞磨擦。

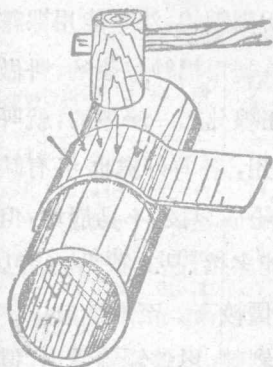
作場磁鐵的材料，最好採用打包及裝箱所用的鐵皮，闊亦大都自二十毫米至二十五毫米，只要裁成適當的長度，就可合用。

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，以砂皮擦去其鐵銹，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



第 十 二 圖

餘部分能求其平直光滑，就可以了。

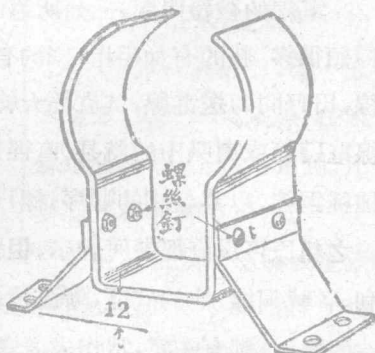


第十二圖

場磁鐵既已作成，如果不添加安放用的底腳，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。腳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。又如製腳材料沒有銅片，就改用鐵皮亦可。但如以鐵製腳，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。所以製作底腳最好還是不用鐵質，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。細的如用於無線電筒或喇叭中的就是，直徑只不過一毫米的四分之一。這種銅線，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. N. 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	8.3
15	1.448	1.646	14.64	10.5
16	1.295	1.318	11.72	13.1
17	1.148	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	0.201	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。又不可用糊料貼，必須用膠水，否則裹二層以