

陳君雄編著 吳良溪博士審訂 現代教育研究社出版

電工

A

第

3

冊

陳君雄編著 吳良溪博士審訂 現代教育研究社出版

A

編旨

- 一、本書依據香港課程發展委員會一九八一年頒佈及一九八八年修訂的初級中學「電工科課程綱要」編寫。全書共分三冊，以供中一至中三各年級教學之用。
- 二、本書全面貫徹課程綱要所規定的各項教學目標為編定的主要原則，並着重以實驗驗證、活動參與、問題思考等方法啟發學生和提高學生學習興趣。
- 三、本書文字力求淺白通俗、敘述力求簡明扼要，概念闡述着重物理現象，避免數學推導。
- 四、本書內各節的內容要點、概念、公式均以特別格式雙色印刷顯示，以方便學生掌握內容要點及概念，務使學生學習更有效率，而且各章後更附有小結，總結全章內容要點，以方便學生溫習。
- 五、本書附有大量照片和插圖，以引證或圖解文中所說，務求學生易於理解和掌握有關的概念、理論和技術。
- 六、每章書後都有不同形式而數量充裕的練習以配合教學，可作堂課及家課之用，方便學生自行思考及複習。
- 七、每冊課本均附有足夠的電工實習，以配合學生一年的實習。
- 八、就本科所用的專有名詞，本書都有英文名稱附註，以供對照和參考之用。
- 九、本書也可作為有關電工課程的參考書。

鳴謝

在本書編寫過程中承蒙下列機構及人仕提供意見、資料、工具及圖表，才能得以完成此套書，在此深表謝意。

明愛職業訓練及教育服務部、大華無線電專科學校、南豐五金、大華電子公司、駿藝公司、中華電力有限公司、香港電燈有限公司、信興電器貿易有限公司、黃桂林校長、陳國華副校長、李子明先生、高健偉先生、陳超明先生、吳燦明先生、丁有燦先生、姜尚麗小姐、劉沃明先生、溫鉅堂先生。

本書由於編寫時間倉促，難免有錯漏及不足之處，希望教育先進賢達及教師給予批評指正，以便今後不斷改善，至感！

目 錄

第一章	1.1 磁通密度	2
電磁學	1.2 磁動勢	3
	1.3 磁化力	5
	1.4 磁阻	6
	1.5 磁化曲線	6
	1.6 磁滯迴線	8
	小結	10
	練習	11
第二章	2.1 純電阻交流電路	14
交流電路	2.2 純電感交流電路	18
	2.3 純電容交流電路	21
	2.4 交流電的矢量表示	25
	2.5 串聯交流電路	26
	2.6 並聯交流電路	34
	2.7 交流電路的功率計算	37
	小結	38
	練習	41
第三章	3.1 動鐵式儀錶的結構及其工作原理	48
儀錶	3.2 動鐵式儀錶和動圈式儀錶	49
	小結	52
	練習	53
第四章	4.1 晶體管的結構	56
晶體三極管	4.2 晶體管偏置	58
	4.3 晶體管的放大作用	59
	4.4 晶體管放大電路的接法	62
	4.5 三種放大電路的比較	64

	4.6	晶體管的應用	66
		小結	68
		練習	69
第五章	5.1	然納二極管	72
電子元件的應用	5.2	矽控管	75
		小結	78
		練習	79
第六章	6.1	交流發電機的工作原理	82
交流發電機和	6.2	交流發電機的結構	85
交流電動機	6.3	感應轉動原理	86
	6.4	感應電動機	86
	6.5	感應電動機的工作原理	89
	6.6	轉差率	90
		小結	92
		練習	93
第七章	7.1	電磁波的特性和應用	96
電磁波	7.2	無線電波	98
及通訊系統	7.3	無線電通訊系統	100
	7.4	通訊系統的噪音問題	105
		小結	106
		練習	107
第八章	8.1	電熨斗	110
家居電器	8.2	電飯煲	112
	8.3	電風筒	114
	8.4	電風扇	116
	8.5	吸塵機	117

	8.6	洗衣機	119
	8.7	電冰箱	121
	8.8	冷氣機	124
	8.9	微波爐	126
	8.10	螢光燈	127
		小結	130
		練習	131
第九章	9.1	電力供應系統	134
供電系統	9.2	香港供電系統	139
	9.3	三相供電和單相供電	141
	9.4	家居電力的供應	142
		小結	145
		練習	146
第十章	10.1	保護接地	150
用電安全	10.2	漏電斷路器	152
	10.3	保險絲	153
	10.4	小型電路斷路器	154
		小結	157
		練習	158
電工實習	3.1	信號探針	162
	3.2	矽控管(SCR)光暗開關	164
	3.3	無輸出變壓器式晶體管放大器	167
	3.4	電子小鳥	170
	3.5	可調直流電源	172
	3.6	集成電路接收器	176
	3.7	集成電路放大器	178

3.8 二進制計數器	181
3.9 晶體管超外差式接收機	183
3.10 先後判別器	186
3.11 燈喉佈線	188
3.12 環形電路	190
附錄一 常用電路符號	194
附錄二 常用電量符號及其單位	202
附錄三 電量的標示法	204
附錄四 電工實習工具	206
附錄五 晶體管三個電極引線的判別	210
附錄六 印刷電路板的設計	214
答案	218
詞彙表	219

第一章

電磁學

1.1 磁通密度

1.2 磁動勢

1.3 磁化力

1.4 磁阻

1.5 磁化曲線

1.6 磁滯迴線

小結

練習

第一章

電磁學

1.1 磁通密度

在第二冊第九章有關磁力線的討論中已說明了，穿過磁場中某一截面的磁力線數量為該截面的磁通量，簡稱磁通 (magnetic flux)，通常用希臘文大寫字母 Φ 表示。雖然磁通量可以用來描述磁場的強弱，但由於它所穿過的截面面積有大小之分，所以磁通量並不能確切地描述某一處磁場的強弱，而有需要引入另一個物理量——磁通密度 (magnetic flux density)。

在磁場中，垂直通過每單位面積的磁通量，稱為該處的磁通密度，用英文大寫字母 B 表示，即

$$B = \frac{\Phi}{A} \dots\dots\dots (1-1)$$

上式中 Φ 是磁通量， A 是垂直於磁力線的截面面積。如果磁通量的單位是韋伯 (Wb)，面積的單位是平方米 (m^2)，那麼磁通密度的單位就是泰斯拉 (Tesla)，英文簡寫是 T。在圖 1.1 中截面 X、Y、Z 的面積都一樣，而通過截面 X 的磁通量最多 (有六根磁力線)，通過截面 Y 的次之 (有四根磁力線)，通過截面 Z 的磁通量最少 (只有一根磁力線)，顯然，在 X 處的磁通密度最大、Y 處次之、Z 處最小，這表示 X 處的磁場最強。

磁通密度的單位是泰斯拉，英文簡寫為 T。

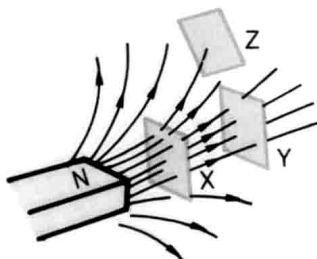


圖 1.1 穿過 X、Y、Z 的磁通量顯示它們的磁場強度

例 1.1 某磁場的截面面積為 0.5 m^2 ，垂直穿過這截面的磁通量為 1.25 Wb ，求此截面的磁通密度。

解：由 (1-1) 式可以求得此截面的磁通密度

$$\begin{aligned} B &= \frac{\Phi}{A} \\ &= \frac{1.25}{0.5} \\ &= 2.5 \text{ T} \end{aligned}$$

1.2 磁動勢

如果有電流通過線圈(電感器)，在線圈周圍便會產生磁場，所以通電的線圈又稱為勵磁線圈(在磁學裏，我們習慣不用電感器這個名稱)。若增加勵磁線圈之匝數 N 或通過它的電流 I ，就可以增加它所產生的磁通的數量，磁場也相應增強(如圖 1.2 所示)；反之，若減少勵磁線圈

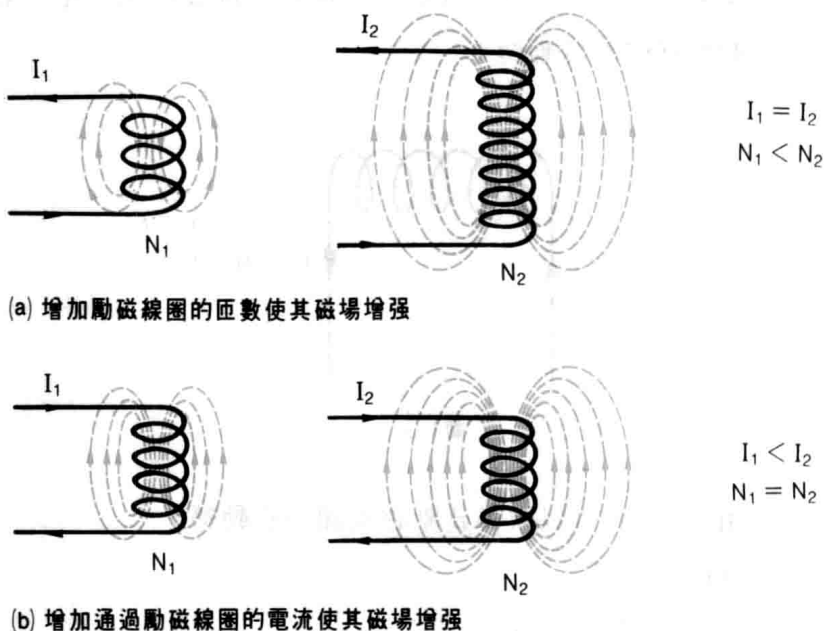


圖 1.2

之匝數 N 或電流 I ，則可減少所產生的磁通的數量，而相應的磁場也減弱。

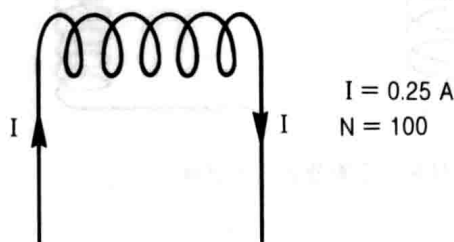
在電學上，我們知道電路裏必須有電源才能產生電流。在磁路裏，勵磁線圈就好像是磁路磁通的來源，而且，根據上述的討論我們知道它所產生的磁通量與它的匝數和通過它的電流成正比例。

我們把通過勵磁線圈的電流 I 與線圈匝數 N 之乘積稱為磁動勢 (magnetomotive force)，簡稱磁勢。

磁動勢的英文簡寫是 mmf ，它的單位是安培 (A)。即

$$\text{mmf} = I N \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

例 1.2 某勵磁線圈的匝數為 100，通過它的電流為 0.25 A，求此勵磁線圈的磁動勢。



■ 1.3

解：由 (1-2) 式可以求得此勵磁線圈的磁動勢

$$\begin{aligned}
 \text{mmf} &= I N \\
 &= 0.25 \times 100 \\
 &= 25 \text{ A}
 \end{aligned}$$

1.3 磁化力

如果把線圈繞在鐵環上，如圖 1.4 所示。線圈通電後，產生的磁通都集中在鐵環內。換句話說，磁通的路徑(磁路)是鐵環。

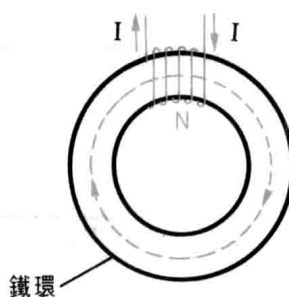


圖 1.4

在磁學上，磁路裏的磁動勢 mmf 與磁路的平均長度 ℓ 的比值稱為磁化力 (magnetizing force)，又稱為磁場強度 (magnetic field intensity)，用英文字母 H 表示，即

$$H = \frac{\text{mmf}}{\ell} \dots\dots\dots (1-3)$$

磁化力的單位是安/米 (A/m)。

例 1.3 圖 1.4 中，線圈的匝數為 40，通過線圈的電流為 3 A，如果鐵環的平均週長為 0.2 m，求這個鐵環磁路的磁化力。

解：根據 (1-3) 式，鐵環的磁化力

$$\begin{aligned} H &= \frac{\text{mmf}}{\ell} \\ &= \frac{I N}{\ell} \\ &= \frac{3 \times 40}{0.2} \\ &= 600 \text{ A/m} \end{aligned}$$

1.4 磁阻

在線圈中插入鐵磁性材料作為心子，可使它的磁通增加。為甚麼會這樣呢？因為空(氣)心線圈裏的空氣對磁通的阻力比鐵心更大，見圖 1.5。

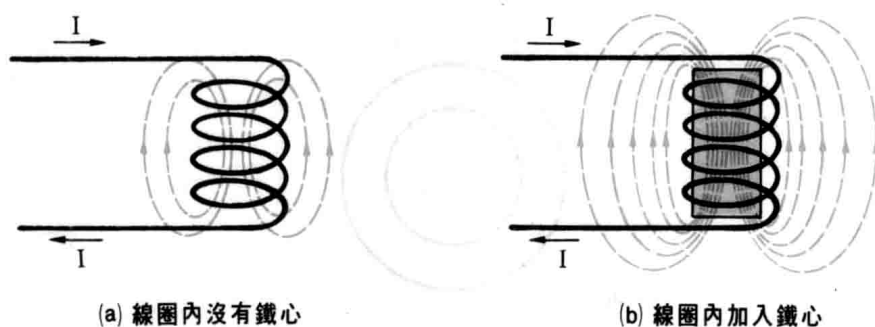


圖1.5 加入鐵心使磁通密度增加

在磁學上，物質對磁通呈現的阻力稱為磁阻 (magnetic reluctance)。

由上例可知，鐵磁材料的磁阻比空氣的小。

1.5 磁化曲線

鐵磁材料在外磁場的作用下會被「磁化」，使它獲得磁性。按磁疇的理論，鐵磁材料內部存在着許多細小的磁區(相當於一塊小磁鐵)，稱之為磁疇。鐵磁材料在沒有外磁場影響時，其磁疇的指向不一致，如圖 1.6a 所示，結果對外不顯示磁性，但在外磁場的作用下，其磁疇發生轉向，每一個磁疇均整齊地排列起來，並且與外磁場的方向一致，如圖 1.6b 所示。這個磁化過程可使鐵磁材料本身呈現磁性，其磁場與外磁場疊加後使總的磁場顯著增強。因此，變壓器、電動機和發電機等都採用鐵磁

材料來產生強大的磁場。此外，要正確地運用鐵磁材料，我們必須了解鐵磁材料的磁化特性。通常我們用磁化特性曲線來描述鐵磁材料的磁化過程。

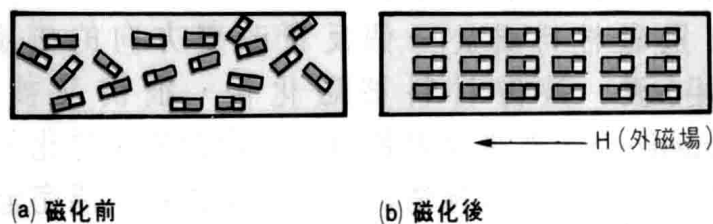


圖1.6 鐵磁材料的磁疇的取向

鐵磁材料在磁化過程中，磁通密度 B 與磁場強度 H 之間的關係曲線，稱為磁化曲線 (magnetizing curve)，又稱為 $B-H$ 曲線。

圖 1.7 是典型的鐵磁材料磁化曲線。這曲線有一特殊點 A ，在曲線 OA 部分，磁場強度 H 的少量增加可使磁通密度 B 大大增加；在 A 點以後，即使磁場強度 H 再增加 ($H > H_A$)，磁通密度 B 並沒有顯著增大，這時的狀態稱為磁飽和狀態，所以 A 點又稱為磁化曲線的飽和點。

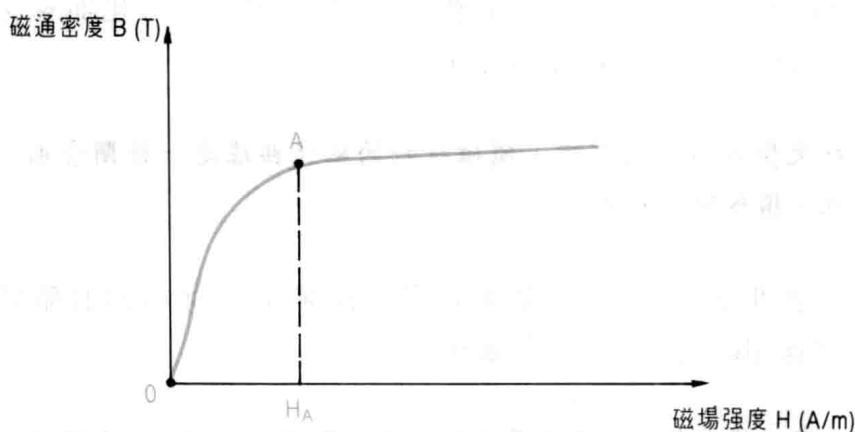


圖1.7 鐵磁材料的磁化曲線

1.6 磁滯迴線

有些鐵磁材料在磁化磁場消失後，因磁化而產生的磁性也隨着消失；而另一些鐵磁材料，在磁化磁場消失後，仍然保留一定程度的磁性。

當鐵磁材料處於一個反覆改變方向的磁場（交變磁場）裏，鐵磁材料被磁化後，很快又被退磁（demagnetized），然後又再被相反方向的磁場磁化，這個過程不斷重覆。在這種情況下，磁化曲線不能完全反映鐵磁材料的磁化特性。圖 1.8 是在一週交變磁場裏，鐵磁材料的磁化曲線，圖中的曲線是一條閉合曲線。當磁場強度 H 由零增至 $+H_m$ ，磁通密度 B 將按 oa 這段曲線變化，並增至 $+B_m$ 值；如果 H 由 $+H_m$ 下降至零，然後再向反方向增加至 $-H_m$ （負號表示磁場方向與原先的磁場方向相反），則 B 將按曲線 $abcd$ 變化；如果 H 再由 $-H_m$ 增加至 $+H_m$ ，則 B 將按曲線 $defa$ 變化，而不會依循原來曲線 $dcba$ 變化，這兩段曲線形成一閉合曲線，如圖 1.8 所示。還有，當 H 值由 $+H_m$ 下降至零，或由 $-H_m$ 變為零時，相應的 B 值並不同時變為零，而是保持一定的數值 $+B_r$ （或 $-B_r$ ），稱為剩餘磁通密度（remanent flux density），這表示磁通密度 B 的變化滯後（或落後）於磁場強度 H 的變化（稱為「磁滯現象」）。因此，閉合的磁化曲線又稱為磁滯迴線（hysteresis loop）。

在交變的磁化過程中，鐵磁材料的磁化曲線是一條閉合曲線，稱為磁滯迴線。

如果鐵磁材料長期處於交變磁場中，材料的 B 值將按迴線 $abcdefa$ 不斷循環變化。

磁滯迴線所包圍的面積反映材料在磁場變化一週內，它消耗的能量，稱為磁滯損耗（hysteresis loss）。

因此，在選擇用於交變磁場中工作的鐵磁材料時(例如變壓器的鐵心)，應採用磁滯損耗小的材料(如矽鋼片、鑄鋼、鑄鐵等)。

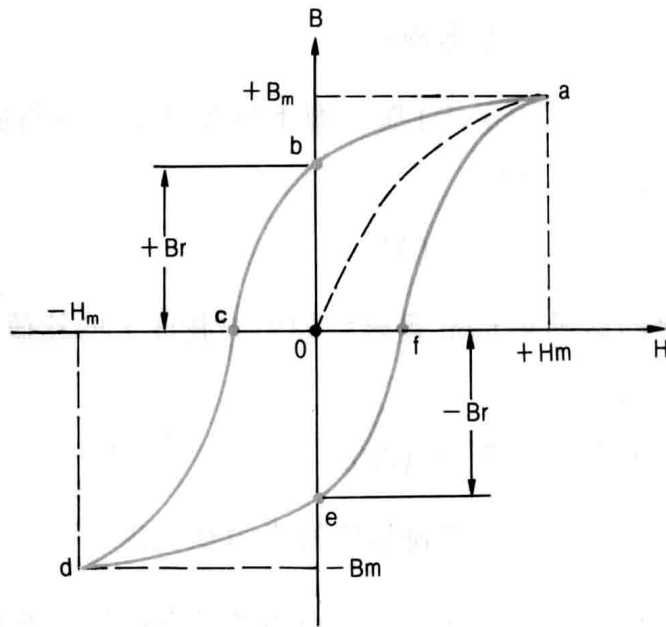


圖1.8