

547378

59
4442

五年制海事專科學校用書

電子航儀

編著者 蕭 執 經
校訂者 劉 達 度
著作人 國立編譯館
補助機關 國家科學委員會



正中書局印行

版權所有



翻印必究

中華民國六十三年八月臺初版

當代版
教科書 五年制海事專科學校 電子航儀

全一冊 基本定價 四 元

(外埠酌加運費滙費)

編 著 者	蕭	執	經
校 訂 者	劉	達	度
著 作 人	國 立	編 譯	館
補助機關	國 家 科 學	委 員 會	
發 行 人	黎	元	譽
發 行 印 刷	正	中	書 局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

暫遷臺北市南昌路一段十二號

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

(香港九龍旺角洗衣街一五三號地下)

海 風 書 店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

東 海 書 店

(日本京都市左京區田中門前町九八番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號(6865)外

7.60

編 輯 大 意

- 一、本書係供海事專科學校，對船艦航海所用各種電子儀器設備教學之用。
- 二、本書以實用為主，使學生研習後能充分瞭解航海用電子設備之原理，電路結構及用途功能等，將來對航行使用中之電子儀器設備稍加熟習，即可運用自如，其要點為：
 - (1)電學基本知識。
 - (2)電路中各種元件之特性，用途及在電路中之作用。
 - (3)電子電路之性能及其作用原理。
 - (4)發射機原理，調變及發射。
 - (5)接收機原理及電路。
 - (6)雷達原理。
 - (7)羅遠系統。
 - (8)無線電羅經儀。
 - (9)聲納儀。
- 三、由於航用中之各種電子儀器設備的啓動操作程序，因機器不同而異，且學習簡易，本書中不予列舉。
- 四、本書主旨在介紹電子電路結構為發射與接收設備，不論水上用搜索探測之雷達，水中用探測之聲納儀，以及定向定位導航用之羅遠、羅經儀等，均為發射與接收之組合，至原理相同處，不多贅述。
- 五、本書承海洋學院電子系主任劉達度兄校訂、補正，深為感謝。
- 六、本書雖經多次校正，盡量減少誤檢。但編著內容及缺失之處，尚祈專家指教。

編 者 識 六十三年六月於臺北

電 子 航 儀

目 次

I 直流電路

1-1 電阻.....	1
1-2 電路.....	3
1-3 常用之關係式.....	6
1-4 電流計.....	7
1-5 伏特表.....	8
1-6 負載.....	10
1-7 安培表.....	11
1-8 歐姆表.....	14
1-9 多範圍歐姆表.....	16
1-10 低電阻用歐姆表.....	17
1-11 正電流與負電流.....	19
1-12 分路電流法.....	21
1-13 環路電流法.....	22
1-14 戴維寧定理.....	23
1-15 電功率.....	27
1-16 本章摘要.....	30

II 交流電路

2-1 正弦波電壓及電流.....	33
2-2 波形.....	34
2-3 瞬時功率.....	35
2-4 平均功率.....	36
2-5 電阻電感或電容在交流電中之特性.....	37

2 電子航儀

2-6 相位觀念·····	41
2-7 當相角不為零時之平均功率·····	44
2-8 本章摘要·····	45

III 電子管

3-1 真空二極管·····	47
3-2 電子放射·····	47
3-3 熱電放射·····	48
3-4 電場放射·····	49
3-5 光電放射·····	50
3-6 二次電子放射·····	50
3-7 電熱真空二極管之直流特性·····	51
3-8 動態互換曲線·····	52
3-9 三極管·····	56
3-10 四極管·····	62
3-11 束射功率管之構造·····	64
3-12 五極管·····	65
3-13 變 μ 管·····	67
3-14 特殊電子管·····	68
3-15 真空管中剩餘氣體效應·····	69
3-16 陰極射線管·····	70
3-17 調諧指示管·····	71

IV 半導體與電晶體

4-1 固體之導電·····	74
4-2 共價鍵·····	77
4-3 半導體的滲以雜質·····	78
4-4 P—N結合二極體·····	80
4-5 三極電晶體之構造·····	82
4-6 電晶體與電子管之比較·····	84

V 放大器

5-1 概論.....	86
5-2 放大器之分類.....	86
5-3 放大原理.....	88
5-4 音頻放大器.....	90
5-5 放大器之偏壓.....	92
5-6 放大器之等效電路.....	94
5-7 電阻電容耦合放大器.....	96
5-8 阻抗耦合放大器.....	99
5-9 變壓器交連放大器.....	100
5-10 直接交連放大器.....	102
5-11 音頻功率放大器.....	104
5-12 推挽式放大器.....	106
5-13 電晶體放大器基本電路.....	114

VI 檢波與接收

6-1 概述.....	124
6-2 檢波原理及電路裝置.....	124
6-3 調幅接收機概述.....	130
6-4 接收機之共同特性.....	131
6-5 調諧射頻接收機.....	132
6-6 超再生式接收機.....	134
6-7 超外差式接收機.....	134

VI 振盪器

7-1 振盪器應具之條件.....	137
7-2 振盪器工作原理.....	138
7-3 調諧電路如何振盪.....	139
7-4 觸發線圈振盪器.....	146
7-5 哈特萊振盪器.....	145

4 電子航儀

7-6 晶體振盪器.....	145
7-7 特殊的振盪器.....	147
7-8 本章摘要.....	149

VI 電源供給

8-1 電源供給的功能.....	151
8-2 電源變壓器.....	151
8-3 整流器.....	153
8-4 半波整流器.....	154
8-5 全波整流器.....	155
8-6 電橋整流電路.....	156
8-7 倍壓器電路.....	157
8-8 濾波器.....	158
8-9 分壓器.....	160
8-10 無變壓器之電源供給.....	162
8-11 電壓調整器.....	163
8-12 本章摘要.....	165

IX 調變與發射機

9-1 發射機概況.....	167
9-2 調變原理.....	169
9-3 調變百分比.....	170
9-4 傍波帶.....	173
9-5 屏極調幅.....	174
9-6 柵極調幅.....	179
9-7 調幅發射機.....	180
9-8 單傍波帶發射.....	183
9-9 頻率調變.....	185
9-10 本章摘要.....	189

X 發射機電路與發射

10-1 發射的分類	191
10-2 強力振盪器如一發射機	191
10-3 發射機之射頻級	192
10-4 射頻強力放大器電路	193
10-5 中和電路	195
10-6 倍頻器	196
10-7 電力放大器之調諧	198
10-8 電鍵法	199
10-9 大型電力真空管	201
10-10 發射與電磁波	202
10-11 接收之天線	204
10-12 雙極天線	205
10-13 赫志及馬可尼天線	208
10-14 天線類型	209
10-15 天線列	211
10-16 無線電磁波的傳播	211
10-17 極高頻率 (LHF) 天線及導波管	214
10-18 本章摘要	215

XI 接收機原理

11-1 調諧射頻放大器	218
11-2 射頻調諧電路	220
11-3 兩級或多級的調諧射頻放大級	221
11-4 檢波器	223
11-5 音量控制	225
11-6 射頻調諧接收機	226
11-7 本章摘要	228

XII 超外差接收機

6 電子航儀

12-1 超外差接收機如何工作.....	230
12-2 超外差接收機的優點.....	231
12-3 外差作用.....	232
12-4 對調幅信號之外差作用.....	233
12-5 變頻電路.....	234
12-6 中頻放大器.....	236
12-7 自動音量控制.....	238
12-8 超外差接收機電路.....	241
12-9 本章摘要.....	243

XII 接收機電路

13-1 攜帶型電晶體接收機.....	245
13-2 AM—FM 接收機.....	248
13-3 限制器.....	249
13-4 鑑別器.....	251
13-5 通信接收機.....	253
13-6 電視接收機.....	256
13-7 本章摘要.....	264

XIV 雷達基本原理

14-1 概述.....	266
14-2 雷達之功用.....	266
14-3 雷達之類別.....	267
14-4 雷達方塊圖.....	267
14-5 脈波之特性.....	268
14-6 脈波應具之條件.....	269
14-7 脈波寬度之分析.....	269
14-8 脈波重復率之分析.....	270
14-9 脈波雷達之優點.....	270
14-10 脈波雷達之缺點.....	270

14-11 雷達顯示.....	270
14-12 雷達方程式.....	277
14-13 雷達發射機.....	278
14-14 雷達接收機.....	280

XV 羅遠系統

15-1 標準羅遠系統.....	284
15-2 歸航羅遠.....	286
15-3 導航羅遠系統.....	287
15-4 天波同步羅遠系統.....	287
15-5 空運便攜羅遠系統.....	288
15-6 羅遠A接收機.....	288

XVI 無線電羅經儀

16-1 概述.....	290
16-2 定向與定位.....	290
16-3 三環形天線定向之可能誤差.....	292
16-4 定向儀原理.....	293
16-5 功能選擇開關.....	295

XVII 聲納儀

17-1 聲納.....	298
17-2 聲納發射器.....	299
17-3 聲納接收器.....	300
17-4 聲納的音鼓.....	301
17-5 聲納顯示器.....	302

電 子 航 儀

I 直 流 電 路

1-1 電阻

一電路元件之電阻 (Resistance) 如何定義呢？可認為一電位差 E 跨於此元件，而量其結果電流 I ，其直流電阻 R 乃定義為

$$R = \frac{E}{I} \quad (1-1)$$

R 用歐姆 (ohm)， E 用伏特 (volts)， I 用安培 (amperes)，不論 R 之內部構造如何，為一簡單元件或為一複雜電路組合，吾人仍可說 R 的電阻為 $\frac{E}{I}$ ，但 E 為跨加於 R 的電壓，而 I 則為經 R 的結果電流。

圖解說明：

要說明 R 的情形，必須變更 E ，看對 I 發生什麼情形，圖 1-1 的試驗電路及結果直流特性乃對其一電元件所測試者，其電流乃與電壓成正比例，而第三象限所畫之負電流與負電壓，乃是將電池的兩接頭反接，電流方向相反。如採取 A, B, C 三點以示 $\frac{E}{I}$ 之比，則：

$$\text{點 } A: \quad R = \frac{E}{I} = \frac{-10\text{volts}}{-2.3 \times 10^{-3}\text{amp}} \cong 4800 \text{ ohms}$$

$$\text{點 } B: \quad R = \frac{E}{I} = \frac{20\text{volts}}{4.6 \times 10^{-3}\text{amp}} \cong 4800 \text{ ohms}$$

$$\text{點 } C: \quad R = \frac{E}{I} = \frac{30\text{volts}}{6.9 \times 10^{-3}\text{amp}} \cong 4800 \text{ ohms}$$

如上所示，顯然的， R 有一定值，乃與 E 及 I 無關，凡一電元件有如此性質的，稱為線性元件。但一物質之電阻常與溫度有關，其溫度卻又因所流經之電流而改變，因此在此的討論乃假定溫度不隨電流的增加而改變，或者其散熱夠快能維持其溫度不變。

2 電子航儀

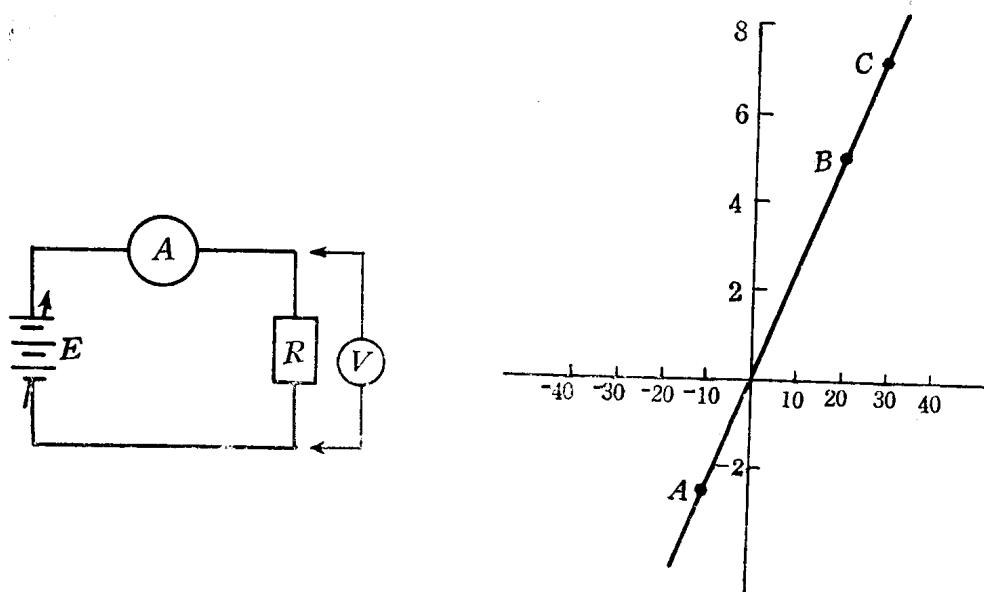


圖 1-1. 線性之 $E-I$ 特性

一較普通的 $E-I$ 特性如圖 1-2(a) 所示，其結果電流與所加電壓不成比例，若仍應用 $R = \frac{E}{I}$ ，則 A, B, C 三點之值為：

$$R_A = \frac{E_A}{I_A} = \frac{-15\text{volts}}{-2 \times 10^{-3}\text{amp}} \cong 7500 \text{ ohms}$$

$$R_B = \frac{E_B}{I_B} = \frac{10\text{volts}}{6 \times 10^{-3}\text{amp}} \cong 1670 \text{ ohms}$$

$$R_C = \frac{E_C}{I_C} = \frac{20\text{volts}}{22 \times 10^{-3}\text{amp}} \cong 909 \text{ ohms}$$

此種元件有一直流電阻但非定值，稱為非線性元件。

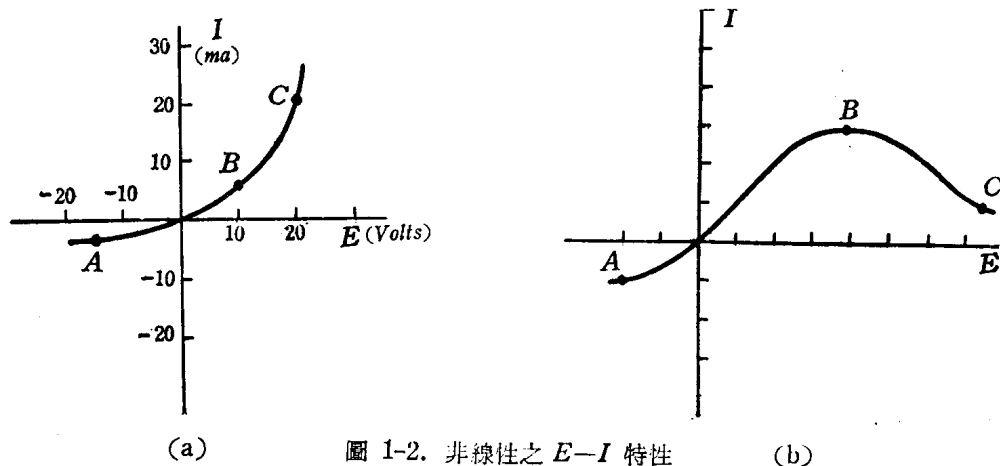


圖 1-2. 非線性之 $E-I$ 特性

多數電元件均非線性者，為便於分析，常取其曲線之直線部分採近似值而犧牲某程度的正確性，其結果與原非線性電路之實驗所得之實在答案僅相差百分之幾，或極相近。有兩種情形須注意者，一為電壓增，電流亦增，稱為正電阻 (positive resistance) 多數電阻皆屬之。但碳 (carbon) 為少數物質之一，具有一負電阻區域，即電壓增加，電流反降。稱為負電阻 (negative resistance)，如圖 1-2(b) 在 A 與 B 區間，電壓增電流亦增；但由 B 至 C ，雖然電壓仍增，而結果電流反降低，乃表現為負電阻。

1-2 電路

兩種基本電路常常出現，即串聯與並聯電路，如圖 1-3，在圖 1-3(a) 中為串聯電路：由於 E 所產生之電流 I 對於串接之 R_1 與 R_2 是相同的，其總電壓 E 等於跨 R_1 與 R_2 兩電壓降之和，即

$$E = E_1 + E_2 \quad (1-2)$$

電壓降 E_1 與 E_2 為：

$$E_1 = IR_1$$

$$E_2 = IR_2$$

代入 (1-2) 可得：

$$E = I(R_1 + R_2)$$

則 $E/I = R_1 + R_2$

由 (1-1) 式對電阻之定義為 $\frac{E}{I}$ 之比，可見其串聯電路之總電阻為 $\frac{E}{I} = R_p$

$$R_p = R_1 + R_2$$

結論：對二或多個電阻串聯，其總電阻等於各個分電阻之和。

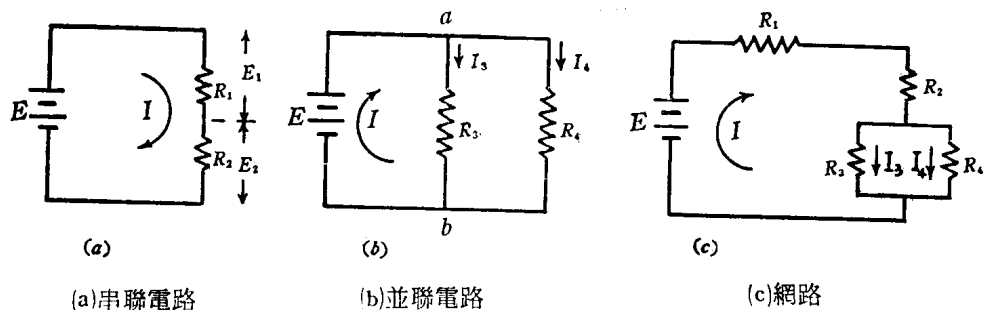


圖 1-3.

4 電子航儀

並聯電路如圖 1-3(b)，其電流 I 由 a 點一分為二。一部份經過 R_3 ，一部份通過 R_4 ，故

$$I = I_3 + I_4 \quad (1-3)$$

經過每一部份之電流應等於跨該電阻之電壓用電阻除之，即

$$I_3 = \frac{E}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{E}{R_4}$$

代入 (1-3) 式可得：

$$I = E \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)$$

求 E/I 之比可得其總電阻：

$$\frac{E}{I} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_T = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

結論：含二電阻之並聯電路，其電阻等於二電阻之積用二電阻之和除之。〔註 1〕

〔例 1-1〕—2000—歐姆之電阻器與 500—歐姆電阻器並聯，

求其總電阻：

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{2000 \times 500}{2000 + 500} = 400 \text{ 歐姆} \end{aligned}$$

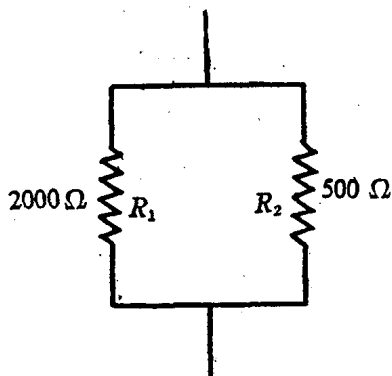


圖 1-4.

【註 1】

(a) 一並聯電路之總電阻常較其最小之電阻為小。因

$$R_T = R_2 \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

其 $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 之比常小於一，則 $R_T > R_2$

(b) 對二同值電阻之並聯，其總電阻即等於其一電阻值之半。

若 $R_1 = R_2 = R$ 則

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R^2}{2R} = \frac{1}{2} R.$$

〔例 1-2〕求 N 個電阻並聯之方程式，並應用於三電阻並聯： $R_1=5000$ 歐姆， $R_2=1000$ 歐姆， $R_3=500$ 歐姆。

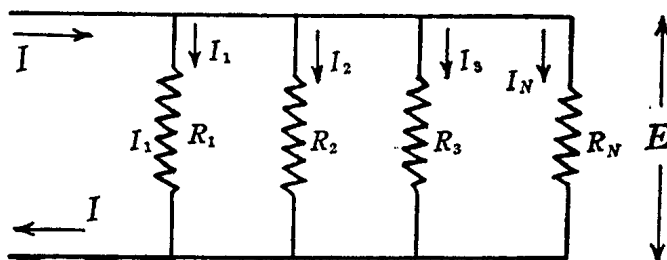


圖 1-5.

1. 總電流分為 $I_1, I_2, I_3, \dots, I_N$ ，故

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N, \text{ 而} \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} \quad (2)$$

.....

$$I_N = \frac{E}{R_N}$$

$$I = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \right) \quad (3)$$

現用 $\frac{I}{E}$ 之比較為簡便，即

$$\frac{I}{E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

$$\text{或 } \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad)$$

2. 若三電阻並聯，即

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

已知： $R_1=5000$ ， $R_2=1000$ ， $R_3=500$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{5000} + \frac{1}{1000} + \frac{1}{500}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{16}{5000}$$

$$\therefore R_T = \frac{5000}{16} \cong 312 \text{ 歐姆}$$

1-3 常用之關係式

分壓器——對於電阻串聯關係式可應用於分壓器，如圖 (1-6a)

$$E_T = I_T R_T = I_T (R_A + R_B + R_C) \quad (1-4a)$$

$$E_B = I_T R_B \quad (1-4b)$$

(1-4b) 除 (1-4a) 可得：

$$\frac{E_T}{E_B} = \frac{I_T (R_A + R_B + R_C)}{I_T R_B}$$

$$E_B = E_T \left(\frac{R_B}{R_A + R_B + R_C} \right) \quad (1-5)$$

同理可得跨 R_C 之電壓降為：

$$E_C = E_T \left(\frac{R_C}{R_A + R_B + R_C} \right)$$

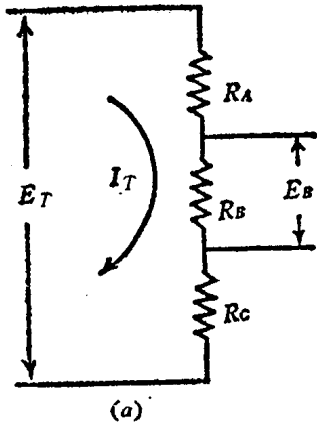
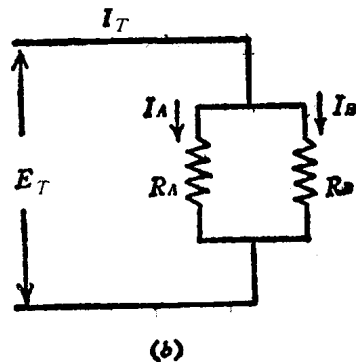


圖 1-6. (a)分壓器



(b)二電阻並聯電路

並聯電路之應用

二電阻並聯電路可求出一關係式，以示其分電流，因：

$$E_A = I_A R_A \quad (1-6a)$$

$$E_B = I_B R_B \quad (1-6b)$$

同時 $E_A = E_B = E_T = I_T R_T = I_T \left(\frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \right) \quad (1-6c)$

解之求 I_A 則

$$\frac{E_A}{E_A} = \frac{I_A R_A}{I_T [R_A R_B / (R_A + R_B)]}$$

$$I_A = I_T \left(\frac{R_B}{R_A + R_B} \right) \quad (1-7)$$

同理可得

$$I_B = I_T \left(\frac{R_A}{R_A + R_B} \right)$$

1-4 電流計

電流計之主要部份爲一線圈放置於一永久磁場中，且可自由轉動，如圖 1-7 當電流通過線圈時，其所產生之磁場與原永久磁場相吸或排斥，而導致懸掛之線圈轉動，直至懸掛之扭力(或另加一彈簧)使之平衡，而停於某一角度，如電流不變，則在該處不動，如線圈上置一指針，以指示線圈之角度，此偏轉之度角乃與線圈所通過電流之大小成比例。

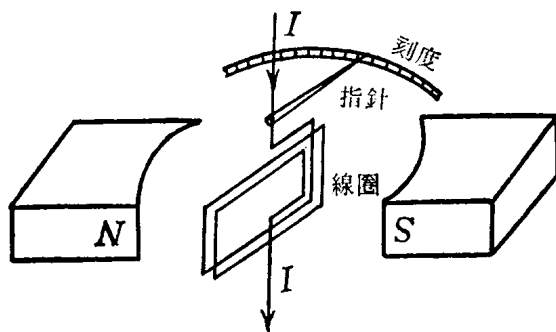


圖 1-7. 簡單之電流計動作圖

爲結構其他各類型電表，電流計有三關係量先予以說明，即內阻 R_g ，滿刻度 (full scale) 電流 I_g ，滿刻度電壓 E_g 。

電流計之內阻乃由所繞用之線圈，所產生者，爲求其靈敏度 (sensitivity)，線圈須繞甚多之圈數，以產生較強之磁場，如此則須用較細之線，相對的其電阻亦增大。中等靈敏度之電流計，其線圈圈數較少，電阻相對的亦低。對於較高靈敏度者則須較高之內阻 R_g (約 1000 歐姆) 其刻度電流爲數微安培 (micro-amperes)。中等靈敏度者滿刻度電流爲千分安培 (milliampere)，其內阻約爲 10 到 50 歐姆。通過電流計線圈之電流可使線圈產生滿刻度偏轉時稱爲滿刻度電流 I_g ，而滿刻度電壓 E_g 即可產生此滿刻度