

電子儀表

原理・操作・應用

上 冊

陳繩籌 歐文雄編著

大中國圖書公司印行

電 子 儀 表

原理 操作及應用

上 冊

陳繩籌 歐文雄 編著

大中國圖書公司印行

電 子 儀 表

上册目錄

第一章 電子儀表概述	1
1.1 概述	1
1.2 測定與誤差	1
1.3 單位制及系統	3
1.4 實用電子儀表的種類及其基本儀表原理	4
問 題	7
第二章 基本交直流電測試儀表	9
2.1 概 述	9
2.2 電表頭結構	10
2.3 電表頭的靈敏度	15
2.4 直流電流表	17
2.5 直流電壓表	19
2.6 交流電流表	22
2.7 交流電壓表	25
2.8 歐姆表	26
2.9 三用表	29
2.10 三用表操作及應用	32
問 題	40

第三章 真空管電壓表及電晶體電壓表..... 41

3.1 概 述.....	41
3.2 真空管電壓表的基本結構.....	42
3.3 完整的真空管電壓表電路分析.....	47
3.4 電晶體電壓表.....	55
3.5 真空管電壓表的操作及應用.....	57
問 題.....	60

第四章 訊號產生器..... 63

4.1 概 述.....	63
4.2 聲頻訊號產生器的基本結構.....	65
4.3 常用低頻正弦波振盪電路.....	66
4.4 方波、脈波及鋸齒波振盪電路.....	80
4.5 完整的聲頻訊號產生器電路分析.....	90
4.6 聲頻訊號產生器的操作及應用.....	102
4.7 射頻訊號產生器基本結構.....	109
4.8 射頻訊號產生器電路分析.....	113
4.9 射頻訊號產生器的操作及應用.....	115
4.10 函數波產生器基本結構.....	118
4.11 函數波產生器的電路分析.....	124
4.12 函數波產生器的使用.....	131
問 題.....	134

第五章 示波器..... 135

5.1 概 述.....	135
--------------	-----

5.2	示波器的基本結構·····	136
5.3	陰極射綫管·····	139
5.4	垂直放大電路·····	149
5.5	水平放大電路·····	152
5.6	掃描產生器電路·····	152
5.7	同步及觸發電路·····	163
5.8	電源供給·····	167
5.9	補助器材·····	168
5.10	特殊示波器·····	171
5.11	完整的示波器電路介紹·····	179
5.12	示波器的維護調整及應用·····	218
	問 題·····	240

附：下冊目錄

第六章 真空管試驗器及電晶體測試器

- 6.1 概述
- 6.2 真空管試驗器
- 6.3 電晶體測試器
- 6.4 電晶體特性曲綫測試器
- 6.5 齊納二極體的測試
- 6.6 電晶體H參數的測試
- 問題

第七章 電源供給器

- 7.1 概述
- 7.2 真空管電源供給器的原理及其結構
- 7.3 電晶體電源供給器的原理及其結構
- 問題

第八章 電視機調整用儀表

8.1 掃描振盪器

8.2 指標振盪器

8.3 點 / 方格訊號產生器

8.4 標準式色條訊號產生器

問題

第九章 電橋式儀表

9.1 概述

9.2 電阻橋式電表

9.3 電容橋式電表

9.4 電感橋式電表

9.5 阻抗橋式電表

問題

第十章 其他特殊儀表

10.1 概述

10.2 Q 值電表

10.3 頻率表

10.4 柵陷電表

10.5 聲頻分析器

10.6 波形分析器

10.7 諧波失真分析器

10.8 頻譜分析器

10.9 數位式電子儀表

10.10 X - Y 記錄器

10.11 麥格電表

問題

電 子 儀 表

上 冊

第一章 電子儀表概述

1.1 概述

電子儀表(Electronic Instrument)是一綜合電子學、電子電路、機械原理以及一些電的效應組成的儀器，它可用以測量一未知量或產生一電氣訊號。我們根據組成它的電子電路可以分成真空管電子儀表、電晶體電子儀表、積體式電子儀表等。根據其用途可分：直流電表、交流電表、電阻表、頻率表、訊號產生器、示波器、真空管及電晶體測試器、Q值表、阻抗表以及其他特殊儀表。本書將於各章中分別詳述這些電子儀表的原理、構造及其應用。

有些電子儀表構造簡單，但是有些儀表為提高其準確度(Accuracy)、精密度(Precision)、靈敏度(Sensitivity)、解析度(Resolution)以及誤差(Error)，構造較為複雜，然而這些複雜的儀器仍不失其基本原理所組成的結構，因此本書將由各儀表的基本結構原理來討論，在論述之前，本章先行將各種常見的測定名詞及各種應用於電子儀表的電氣效應論述於本章各節中。

1.2 測定與誤差

一部儀表在使用時或者在判別一部儀表的特性時，常常考慮到儀表的準確度、精密度、靈敏度、解析度以及誤差等等因素。所謂測定

之準確度，即表示所用之儀表所測定的數值究竟精確到百分之幾，也就是說儀表測定值與被測之實際值的接近程度的高低。所謂精密度，即表示同一個被測的已知或未知量重複連續測量所得的各連續測定值間的差異程度的大小，所謂靈敏度，即表示所用的測定儀表究竟可以測得被測之量的百分之幾。所謂解析度，即表示引起儀表反應的被測數值的最小變化量。

測量的精密度一般都以有效數字 (Significant Figure) 表示，有效數字越多，精密度也就越大。

任何一種儀表當在測量時，絕不可能獲得完全精確的數值，相反地或多或少，必具有一些微小的誤差 (Error)，這些誤差的來源大致可分為下列二大項：

1. 系統誤差 (Systematic Errors)

儀表的缺失或者是儀表零件的陳舊及測試環境對測量者與儀表的影響所產生的誤差，可分為下列三種：

- ① 儀表誤差 (Instrument Error)
- ② 人為誤差 (Personal Error)
- ③ 理論誤差 (Theoretical Error)

2. 雜項誤差 (Random Errors)

此項誤差是由一些無法預知，或無法測知其原因的誤差，它可分為二類：

- ① 過失誤差 (Mistake Error)
- ② 偶發誤差 (Accidental Error)

誤差一般以百分數表之。設

T：待測真實值

M：儀表測定值

ϵ ：誤差

$\epsilon\%$: 誤差百分數

則誤差

$$\epsilon : M - T$$

誤差百分數

$$\epsilon\% = \frac{M - T}{T} \times 100\%$$

儀表測定值與誤差百分數之關係

$$M = T (1 + \epsilon\% / 100)$$

若設法校正儀表所產生的誤差，則設

σ : 儀表校正

$\sigma\%$: 儀表校正之百分數

則儀表校正值

$$\sigma = T - M$$

校正誤差百分數

$$\sigma\% = \frac{T - M}{M} \times 100\%$$

真實值與儀表測試值之關係

$$T = M (1 + \sigma\% / 100)$$

1.3 單位制及系統

電之單位制可分為二大基本制度：一為靜電制，另一為電磁制。靜電制以 Coulomb's 定律為根據，而電磁制是以兩磁極間相互作用力的定律為依據。電磁制單位又稱為絕對制單位，亦為實用單位制（Practical System of Unit）的基礎，它所使用的單位，恒於實用

單位。

本書討論電子儀表所使用的實用單位如表 1-1 所示。

表 1-1 電實用單位及使用符號

電 量	代表符號	實 用 單 位	名 稱	符 號
電壓	E, V, C	伏特 (Volt)		v
電 流	I, i	安培 (Ampere)		a
電 阻	R, r	歐姆 (Ohm)		Ω
電 感	L	亨利 (Henry)		h
電 容	C	法拉 (Farad)		fd
電 荷	Q, q	庫倫 (Coulomb)		C
電功率	P	瓦特 (Watt)		W
電 能	W	焦耳 (Joule)		J
頻 率	F, f	赫芝 (Hertz)		Hz

表 1-1 中所列各種電量於電路實際應用時的數值大小，各有若干倍的變化，即實際電路的電壓可能有數千分之一伏特或數千伏特之變化，因此各單位常又加上下列不同的係數：

M	:	Meg	10^6 倍	一百萬倍	兆
K	:	Kilo	10^3 倍	一仟倍	仟
m	:	Milli	10^{-3} 倍	一仟份之一	毫
μ	:	Micro	10^{-6} 倍	一百萬分之一	微

一般測量電壓、電流、電阻的電子儀表就依據上列各係數而分為 μa 電流表、 ma 電流表、與 Meg ohm 電阻表等等。

1.4 實用電子儀表的種類及基本儀表原理

實用電子儀表依其功能可分為兩大類：一為測量儀表，一為訊號產生器。

測量用電子儀表計有

- ①電壓表 (Voltage Meter)
- ②電流表 (Current Meter)
- ③歐姆表 (Ohm Meter)
- ④麥格表 (Megger Meter)
- ⑤頻率表 (Frequency Meter)
- ⑥阻抗表 (Impedance Meter)
- ⑦Q值表 (Q - Meter)
- ⑧示波器 (Oscilloscope)
- ⑨記錄儀 (X-Y Recorder)
- ⑩真空管測試器 (Tube Tester)
- ⑪電晶體測試器 (Transistor Tester)
- ⑫其他電子測量儀器

訊號產生器常用者計有

- ①聲頻正弦波訊號產生器 (Audio Sine-Wave Generator)
- ②聲頻方波訊號產生器 (Audio Square-Wave Generator)
- ③函數波產生器 (Function Generator)
- ④脈波產生器 (Pulse Generator)
- ⑤指標訊號產生器 (Marker Generator)
- ⑥掃描產生器 (Sweep Generator)
- ⑦射頻訊號產生器 (RF-Generator)
- ⑧調頻訊號產生器 (FM-Generator)
- ⑨色條及色點產生器 (Color Bar and Dot Generator)
- ⑩其他高頻及特殊用途的產生器

依其指示的型式可分二大類：一為類比式電子儀表，一為數字式電子儀表。類比式電子儀表大都藉一般的電子電路配合一指針或指示器，將數據顯示出來。而數字式電子儀表則是利用一些邏輯電路與積體電路配合一些數字指示器（如數字管，LED等等）組成。

電子儀表的基本原理大都運用下列各項基本的電氣效應：

- ①靜電效應：藉兩帶電導體間相互或相吸之作用力大小測定電量的多與寡。
- ②電磁效應：綫圈有電流通時產生磁場，若此磁場與另一磁場相互作用產生排斥或吸引力作用以測定電流之大小；或藉此磁場的建立與衰退在綫圈產生交變的訊號。
- ③光電效應：光能轉成電能或電能轉成光能的變化，測定一光強度或電流之大小。
- ④熱阻效應：藉溫度的變化改變某一物質的電阻，而測定溫度的變化。
- ⑤光阻效應：藉光綫的變化改變某一物質的導電特性，而測定光的強度。
- ⑥壓電效應：藉機械的變化產生電氣的反應的作用以測定某些機械的響應。

現在常見的電子儀表所使用的電子電路計有：

- ①放大器：包括直流放大器、電壓放大器、電力放大器、陰極隨耦器（或射極隨耦器）運算放大器、差動式放大器等。
- ②RLC網路：包括電橋、諧振電路、濾波電路以及微分、積分電路、相移電路、衰減器等。
- ③脈波電路：包括多諧振盪電路、樞密特觸發電路、鋸齒波產生器等。
- ④邏輯電路：AND、NAND、NOR、OR電路、正反器、計數器、

數值式體積電路、A - D、D - A轉換電路等等。

⑤電源供給：整流電路、穩壓電路及分壓電路等等。

問題

1. 試寫出決定一電子儀表的特性應注意那幾點？
2. 何謂準確度？
3. 何謂精密度？
4. 何謂靈敏度及解析度，兩者有何異同？
5. 何謂系統誤差及雜項誤差？
6. 何謂 LED 指示晶體？
7. 試簡述應用於電子儀表的幾項電氣效應。
8. 試簡述應用於電子儀表的一些基本電子電路的原理？

第二章 基本交直流電測試儀表

2.1 概述

在電子測定中，基本的測量不外乎交直流電流、電壓及電阻的測量。其中直流電流的測量常用一檢流計（Galvanometer）或電流計（Current Meter），而交流電流、交直流電壓與電阻等等皆可以一基本的電流表配合一些附屬的電路來測量。本章除介紹這一些交直流電表外，另外配合適當的電路來分析常用的三用表電路及原理。

早期的檢流計爲一懸垂式檢流計（Suspension Galvanometer），可以說是最早的動圈式指示儀表，其結構如圖 2-1。由圖中所示，當電流由懸絲流過動圈時，產生磁場變化，動圈在磁鐵所產生

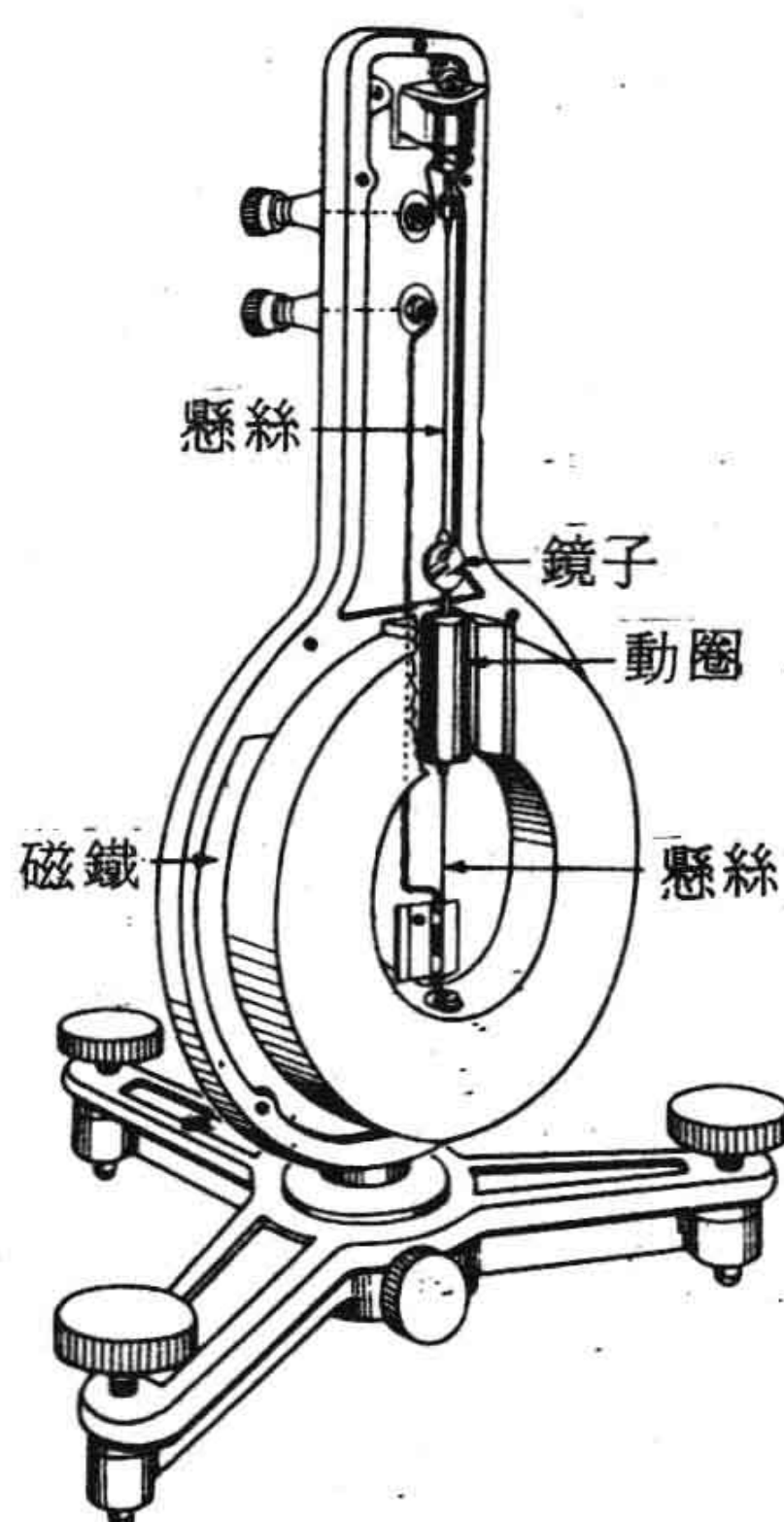


圖 2.1 懸垂式檢流計。

的磁場中依電流大小偏轉一角度，此角度由藉一片小鏡子反射一光柱而測得。此電流計不便於攜帶，經由各種不斷地改良，以及製造技術的改進而製現常用的 P M M C (Permanent-Magnet Moving-Coil) 永久磁鐵式機構。這一表頭的結構我們詳述於下節中。

2.2 電表頭結構

在電子測定中我們常常測定一小至數微安與高至數安培的電流範圍，以及測量數毫伏至數仟伏特的電壓，因此常以一靈敏度相當高的 P M M C 檢流計來做電表頭，然後配合適當的分壓分流電路，組成各種測量的交直流電表。

現代常用的電表頭如圖 2-2 與圖 2-3 所示，圖 2-2 P M M C 電表頭的結構可分六個部份：

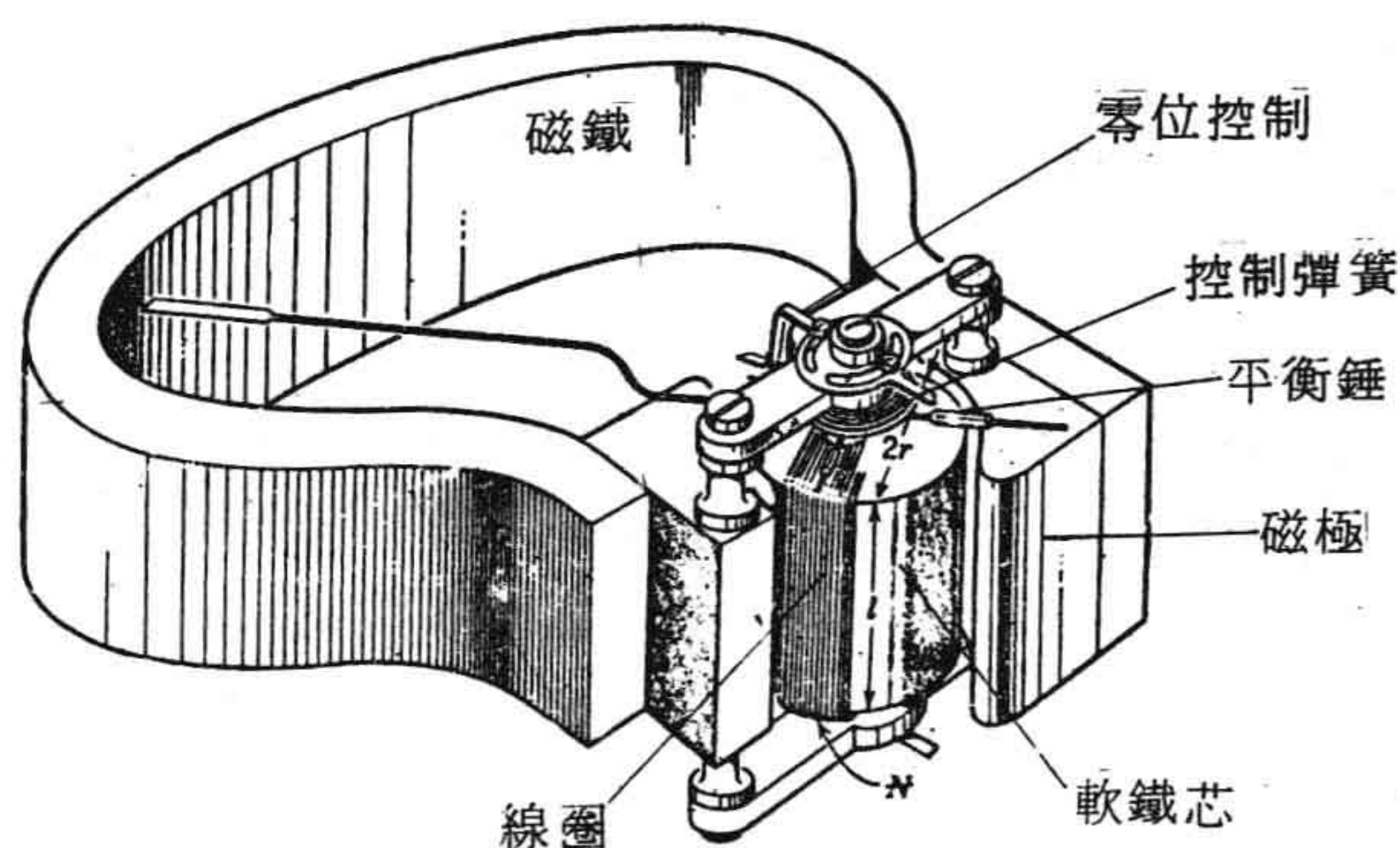


圖 2.2 永磁動圈式電表頭之構造。

1. 樞動裝置：

爲一永久磁鋼，由鎢、鈷、鉻含碳鋼或者鋁、鎳、鈷、鐵之 Al-nico 合金磁性材料製成其磁極與一圓柱型軟鐵芯組成一等間隙均勻磁場，此一磁場將藉動圈流過電流產生磁場的磁力作用，產生樞動力偶，轉動動圈。

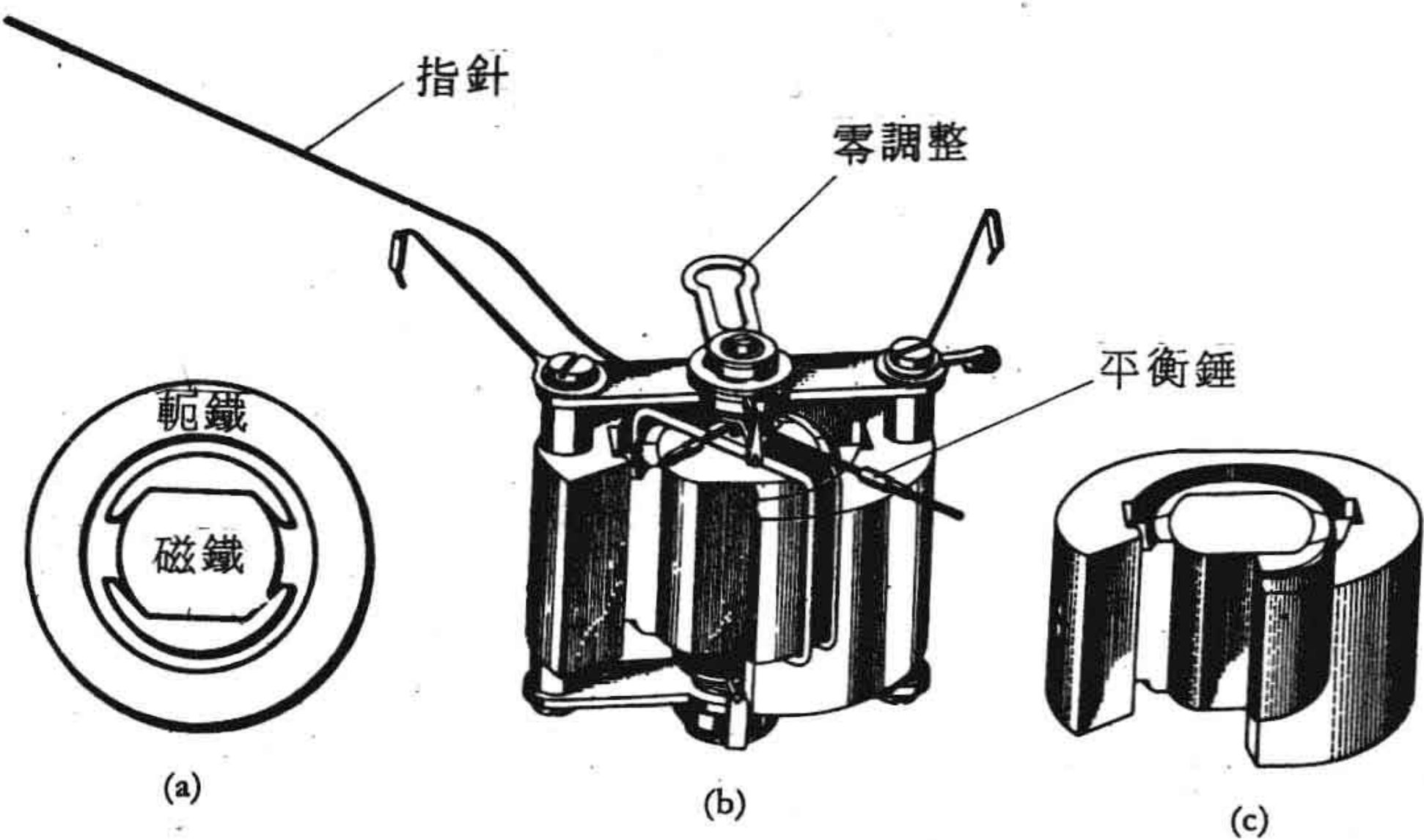


圖 2.3 心磁動圈式電表頭 (a) 軛鐵與磁鐵，(b) 轉動部份，(c) 軛鐵剖視結構。

2. 動圈及指針

電表頭之綫圈係繞於能自由轉動的金屬架上，稱爲動圈，而附於綫圈之上的金屬針或塑質針稱爲指針。動圈與指針的結構如圖 2-4 所示，我們由圖中可以看出除了動圈外，上下還有二個游絲，是兩個磷青銅導電彈簧。指針與動圈組成的整個轉動系統由三個平衡錘來平衡它，以使指針不論指於何處，皆能保持平衡。