

全華升學叢書

升技術學院·二專·師大工教·教育學院必備

# 電工工作法總複習(下)

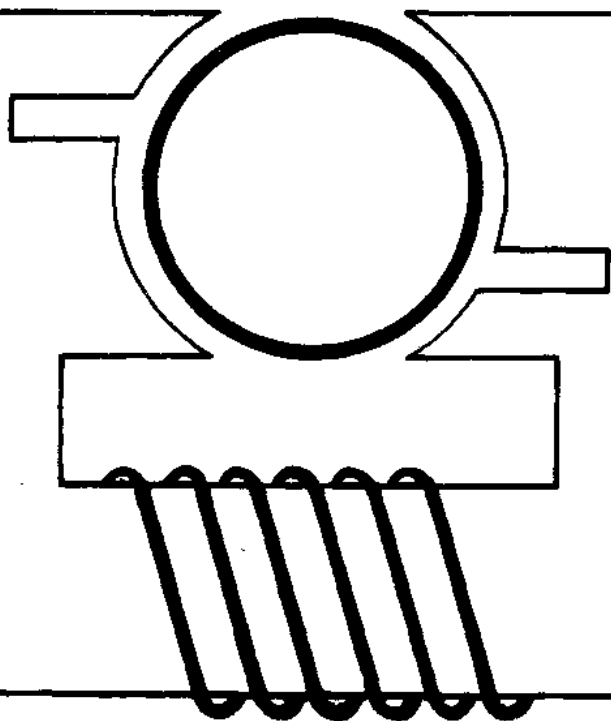
陳秋隆·何清佳 編著



全華科技圖書公司印行

# 電工工作法總複習(下)

陳秋隆・何清佳 編著



全華科技圖書公司印行



**全華圖書**

**法律顧問：陳培豪律師**

## **電工工作法總複習(下)**

**陳秋隆  
何清佳 編著**

**出版者 全華科技圖書股份有限公司**

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5811300 (總機)

郵撥帳號 / 0100836-1 號

**發行人 陳 本 源**

**印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠**

**門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)**

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3612532 • 3612534

**定 價 新臺幣 110 元**

九版 / 76年11月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

**版權所有 翻印必究**

圖書編號 059225

# 我們的宗旨：

---



---

感謝您選購全華圖書  
希望本書能滿足您求知的慾望

---

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙。!!

---

## 編輯大意

---

- 一、本書分上下兩冊，下冊包括電磁測定、電機檢修、電機控制三部份。
- 二、電磁測定部份一方面以實際之計測，一方面輔以理論之重點，藉收融會貫通之效。
- 三、電機檢修部份則以實際之檢修程序，按步就班的陳述，使讀者能如身入臨場之感，坐收宏效。
- 四、電機控制部份則以現時工廠馬達之控制方式，平鋪直述的說明，以加強讀者之印象。
- 五、書末附有歷屆技術學院與工專入學試題及解答，且於通常易於答錯之題前冠以「※」號，期能加深讀者記憶與認識。
- 六、本書內容敘述力求簡捷，扼要，故難免有疏漏，舛誤之處，敬祈不吝指正，是所至盼！

編者 陳秋隆·何清佳 謹啟

# 推廣科技中文化， 帶動工業升級，

## 全華願與您同勉 共努力——



**全華科技圖書股份有限公司**  
台北市慶江路76巷20-2號2樓(台北商公司)  
電話：581-1300 581-1390 郵撥：0100836-1

### 【工業電子·自動控制】

|      |                   |     |
|------|-------------------|-----|
| 1145 | 電力電子學             | 270 |
| 1023 | 固態工業電子學           | 280 |
| 0320 | 交流變壓器手冊           | 210 |
| 0402 | 工業電子技能檢定          | 320 |
| 0641 | 轉換器介面手冊           | 160 |
| 0670 | 檢測器原理與使用          | 150 |
| 0803 | 感測與轉換器            | 210 |
| 1003 | 感測器原理與應用技術        | 140 |
| 0587 | 察覺器(Sensor)原理與應用  | 260 |
| 1012 | 程序控制與轉換器使用技術      | 240 |
| 1162 | 工程量測              | 290 |
| 0939 | 光電元件應用技術          | 150 |
| 0329 | 家庭電器電子控制          | 140 |
| 0378 | 直流馬達速度控制、伺服系統     | 180 |
| 0220 | 邏輯自動控制            | 140 |
| 0653 | 控制電路(1)-順序控制      | 190 |
| 0663 | 控制電路(2)-電子控制與數位控制 | 260 |
| 0673 | 控制電路(3)-微電腦控制     | 260 |
| 1055 | 電機自動控制            | 170 |
| 0893 | 可程式控制器原理與應用       | 190 |
| 0285 | 電機順序控制設計與實例(上)    | 140 |
| 0310 | 電機順序控制設計與實例(下)    | 90  |

|       |             |      |
|-------|-------------|------|
| 0258  | 最新電工法規      | 150  |
| 0287  | 電工常識        | 230  |
| 0481  | 電工機械器具材料之識別 | 160  |
| 0854  | 電學入門        | 120  |
| 1027  | 定時器入門       | 120  |
| 0561  | 保護電路之原理與測試  | 120  |
| 0160  | 實用家庭電器修護(上) | 130  |
| 0183  | 實用家庭電器修護(下) | 150  |
| 0837  | 發電機組原理與實務   | 270  |
| 1033  | 順序控制設計技巧    | 140  |
| 0680  | 數位IC控制      | 150  |
| 0544  | IC式電機控制     | 110  |
| 1075  | 小型電動機選擇與使用  | 180  |
| 1211  | 數位式電機控制     | 近期出書 |
| 0988  | 位置控制基礎      | 130  |
| 0022B | 電機設計(合)     | 320  |
| 0377  | 特殊電機        | 140  |
| 0119  | 馬達控制        | 240  |
| 1021  | 直流電動機控制電路設計 | 150  |
| 0513  | 步進馬達原理與應用   | 150  |
| 0994  | 步進馬達應用技術    | 160  |
| 0455  | 邏輯控制盤裝配     | 140  |
| 0633  | 低壓工業配線      | 270  |
| 0264B | 配線設計(合訂本)   | 240  |
| 0023  | 工業配電        | 240  |
| 1079  | 工業雷射及應用     | 近期出書 |

### 【電工·電機】

● 上列書價若有調整，請以最新目錄為準 ●

K

## 第三篇 電磁測定

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>第一章 電表及常用電路元件之認識</b> | <b>1</b>  |
| 1-1 電表之認識               | 1         |
| 1-2 電 源                 | 16        |
| 1-3 電阻器                 | 17        |
| 1-4 電容器                 | 20        |
| 1-5 整流器                 | 24        |
| 1-6 自耦變壓器               | 26        |
| <b>第二章 實 測</b>          | <b>29</b> |
| 2-1 安培表之校正及內阻測量         | 29        |
| 2-2 伏特表之校正及內阻測量         | 32        |
| 2-3 電壓降法測電阻             | 33        |
| 2-4 惠斯登電橋之使用            | 36        |
| 2-5 惠斯登電橋之擴大使用          | 38        |
| 2-6 凱爾文雙比電橋之使用          | 39        |
| 2-7 高阻計之使用              | 40        |
| 2-8 接地電阻測試器之使用          | 42        |
| 2-9 直流電位差計之使用           | 44        |
| 2-10 直流功率之測定            | 45        |
| 2-11 單相功率及功率因數之測定       | 47        |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 2-12 平衡三相功率及功因之測定 | 51 |
| 綜合測驗〔三〕           | 54 |

## 第四篇 電機檢修

### 第一章 直流機檢修 65

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1-1 概 論         | 65 |
| 1-2 構 造         | 65 |
| 1-3 電樞繞組        | 66 |
| 1-4 重繞之步驟       | 70 |
| 1-5 結 線         | 79 |
| 1-6 直流電動機一般性之檢查 | 79 |
| 1-7 故障檢修        | 83 |
| 單元測驗            | 86 |

### 第二章 變壓器檢修 91

|                |     |
|----------------|-----|
| 2-1 概 論        | 91  |
| 2-2 構 造        | 91  |
| 2-3 故 障        | 94  |
| 2-4 檢 修        | 96  |
| 2-5 變壓器之乾燥     | 99  |
| 2-6 變壓器之清油     | 100 |
| 2-7 變壓器抽頭接線    | 100 |
| 2-8 桿上變壓器之各種連接 | 102 |
| 單元測驗           | 107 |

### 第三章 三相感應 電動機檢修 113

|         |     |
|---------|-----|
| 3-1 概 論 | 113 |
|---------|-----|

|            |                 |            |
|------------|-----------------|------------|
| 3-2        | 構 造             | 113        |
| 3-3        | 鼠籠式與繞線式感應電動機之比較 | 114        |
| 3-4        | 結線法             | 114        |
| 3-5        | 多種電壓額定之電動機接法    | 117        |
| 3-6        | 多種速率額定之電動機接法    | 110        |
| 3-7        | 零數組合            | 123        |
| 3-8        | 三相感應電動機之檢查與試驗   | 125        |
| 3-9        | 感應電動機之故障分析      | 129        |
| 3-10       | 燒損馬達與浸水馬達之處理    | 130        |
| 3-11       | 感應電動機繞組之重繞      | 131        |
|            | 單元測驗            | 131        |
| <b>第四章</b> | <b>單相電動機檢修</b>  | <b>137</b> |
| 4-1        | 概 論             | 137        |
| 4-2        | 分相式電動機          | 137        |
| 4-3        | 電容式電動機          | 144        |
| 4-4        | 排斥式電動機          | 147        |
| 4-5        | 通用式電動機          | 150        |
| 4-6        | 蔽極式電動機          | 152        |
|            | 單元測驗            | 154        |
|            | 綜合測驗〔四〕         | 159        |

## 第五篇 電機控制

|     |      |     |
|-----|------|-----|
| 1-1 | 概 論  | 169 |
| 1-2 | 起動控制 | 169 |
| 1-3 | 轉向控制 | 178 |
| 1-4 | 速率控制 | 183 |
| 1-5 | 制 動  | 188 |

|      |     |
|------|-----|
| 單元測驗 | 191 |
| 綜合測驗 | 198 |

# 附錄

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 六十五學年度二年制工業專科學校聯合招生入學考試         | 201 |
| 六十六學年度二年制工業專科學校聯合招生入學考試         | 211 |
| 六十五學年度國立台灣師範大學工業教育系電工科試題        | 222 |
| 六十五學年度師大工教系術科操作試題               | 231 |
| 六十七學年度二年制工業專科學校聯合招生入學試          | 233 |
| 六十七學年度教育學院工教系乙類電機、電子工程組術科相關知識試題 | 248 |
| 六十八學年度二年制工業專科學校聯合招生入學試          | 255 |
| 六十九學年度二年制工業專科學校聯合招生入學考試         | 270 |
| 七十學年度二年制工業專科學校聯合招生入學考試          | 281 |
| 七十一學年度二年制工業專科學校聯合招生入學考試         | 291 |
| 七十二學年度二年制工業專科學校聯合招生入學考試         | 301 |
| 七十三學年度高職保甄電工原理試題                | 319 |
| 七十三學年度二專電工原理及電工工作法試題            | 327 |
| 七十四學年度二專電工原理及電工工作法試題            | 343 |

# 第三篇 電磁測定

## 1

## 電表及常用電路元件之認識

### 1-1 電表之認識

電表之種類可依動作原理，動作型式及精密度等加以分類：

#### 1-1-1 依動作原理可分成下列十種：

##### 1. 電磁效應：

利用通電之線圈與附近磁鐵相互作用力原理製作而成。

如：可動線圈型（動圈型）、及可動線圈比率計型（動圈比率型）、可動鐵片型（動鐵型）等。

##### 2. 電流相互作用力：

利用載有電流之兩組或兩組以上線圈，彼此間之作用力製作而成。

如：電流力測型（力測型）與電流力測之比率計型（交叉線圈型）等。

##### 3. 感應作用：

利用交流電流產生之交變磁場切割鄰近之金屬片（或線圈），而感應渦流（或應電流），與原來磁場產生相互作用力之原理製作

## 2 第三篇 電磁測定

而成。

如：感應型電流表及仟瓦小時計等。

### 4. 電熱效應：

通電流於一具有相當電阻值之導體，使導體發熱膨脹而帶動指針之原理製作而成。

如：熱線型電表。

### 5. 熱電勢

通電於一具有電熱線以對熱偶之熱端加熱（另一端各接於動圈型電表），使產生熱電勢，並利用此熱電勢產生熱電流及力矩，帶動指針製作而成。

如：熱偶型電表。

### 6. 靜電效應：

利用帶電之相對兩導體所感應作用力之大小製作而成。

如：靜電型電表或檢漏計。

### 7. 電解作用：

利用法拉第電解定律原理，通電流（或電量）於電解槽；測其電解生成量，而推斷其電流（或電量）。

如：電量計及電流標準器。

### 8. 整流作用：

利用半導體或二極真空管，將交流電流整換成直流電流，再利用直流可動裝置（動圈型）產生力矩，並與校準裝置比較，以測量原交流電流之大小。

如：整流型。

### 9. 機械振動作用：

通交流電源於電磁線圈中，產生與原電源相同頻率之交變磁場，作用於一組鋼片上，則自然振動頻率與電源頻率相同（或有整倍數關係）之鋼片將較為劇烈地振動。利用此原理即可製成頻率計。

如：振簧型。

表 3-1

〔註〕：上表通用電路欄有( )者為較少使用於該種電路者。

| 動作原理 | 電表型式         | 適用電路  | 符號                                                                                | 號 | 代號 | 主要用途                | 特點                 | 點 |
|------|--------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|---|----|---------------------|--------------------|---|
| 電磁效應 | 可動線圈型        | 直 流   |  |   | M  | 伏特表、安培表、歐姆表         | 刻度均勻、靈敏度高、精確度高。    |   |
|      | 可動鐵片型        | 直 流   |  |   | XM | 高阻計                 | 對數刻度靈敏度最高。         |   |
|      | 可動鐵片型        | 交(直)流 |  |   | S  | 伏特表、安培表             | 構造簡單、堅固，限於500Hz以下。 |   |
| 感應作用 | 感應型          | 交 流   |  |   | I  | 積算瓦特表、積算安培表。        | 轉矩大。               |   |
| 電流相互 | 電流測型         | 交 直 流 |  |   | D  | 瓦特表、安培表、伏特表。        | 可作交直流兩用精密測定電表。     |   |
| 間作用力 | 交叉線圈型(力測比率型) | 交(直)流 |  |   | XD | 功率因數表、頻率表           | 一般只適於商用頻率使用        |   |
| 電熱效應 | 熱線型          | 交 直 流 |  |   | H  | 安培表、伏特表             | 誤差大、靈敏度低，可用於高頻。    |   |
| 熱電勢  | 熱偶型          | 交 直 流 |  |   | T  | 高頻電流表、高頻伏特表、溫度表。    | 靈敏度高，適於高頻電路        |   |
| 靜電效應 | 靜電型          | 交 直 流 |  |   | E  | 伏特表                 | 靈敏度較低，適於高壓測量。      |   |
| 整流作用 | 整流型          | 正弦交流  |  |   | R  | 伏特表、安培表、瓦特表、功因表、頻率表 | 刻度均勻，適於交流微小電流量度。   |   |
| 機械動作 | 振簧型          | 交 流   |  |   | V  | 頻率表                 | 只適宜量度商用頻率。         |   |
| 原子放射 | 真空管型         | 交(直)流 |  |   |    | 伏特表                 | 輸入阻抗大、靈敏度高。        |   |

### 10. 電子放射效應：

利用陰極加熱方式使釋放電子，產生電流，再將此電流引入直流可動裝置製作而成。

如：真空管型伏特計（V.T.V.M.）。

如表 3-1 所示，為依動作原理分類的各種電表。

### 1-1-2 依動作型式可分成下列五種：

#### 1. 探索儀表：

係用以探查電流、電壓之有無，而不指示其數值之大小。

如：檢流計，接地檢漏器等。

#### 2. 指示儀表：

係用以指出待測量在受測當時之值，而不能作長久之記錄。

如伏特表、安培表、歐姆表等。

#### 3. 記錄儀表：

係用以將在指定時間內之待測值連續加以記錄，而形成一曲線或長短不等之線段。一般分為直動式，間歇式，電驛式及光電式等四種，可用於電壓，電流或負載變化情形之記錄。

#### 4. 積算儀表：

係用以將某段時期內通過儀表之總能（或電量）加以積算者。

如：銀分離器（電量計），安培小時表，及仟瓦小時計等。

#### 5. 遙測儀表：

用以從事遠距離之量度。通常此種遙測儀表包括下列三組系統：

(1)檢驗儀表：如電壓表、電流表等，以供測量人員觀察；讀表。

(2)中間傳送系統：如導線或無線電波，載波中繼等，用以將待測量（或信號）由受測端傳送到檢驗儀表上。

(3)終端裝置：在受測端將待測量轉換成可測之信號電流（或電壓）之裝置。

遙測之方式，一般可分為三種：

## (1)直送式：

- (a)電流直送式：將待測量之變化轉變成電流大小之變化，而加以遙測（如車輛之油量表，可探知油箱存油之多寡）。
- (b)電壓直送式：將待測量（如電流；溫度）之變化轉變成熱電勢之變化，而將以遙測。
- (c)電力直送式：同時利用電壓及電流直送方式，即可從事電功率之遙測。

## (2)平衡式：

受測端有變化時，在測量端之儀容會自動與之平衡或同步），以讀取傳輸量。

如：自動同步型水位計，及自動平衡電位差計等。

## (3)頻率型：

將受測量如（轉速）經過斷續裝置轉換成脈波，則此脈衝電波之頻率與受測量（如轉速）之大小成正比，再將此脈波傳送到測量端（站）經過轉換成為可讀電壓（與頻率成正比），而讀取電壓值（ $E \propto f \propto N$ ）即可得知待測量之大小。

## 1-1-3 依用途可分為下列三種：

1. 實驗室型：用於精密測定。
2. 配電盤型：用於工業測定。
3. 攜帶型：便於攜帶，檢驗量度。

## 1-1-4 依精密度可分類如下：

表 3-2 電儀表及其附件之等級與容許誤差

| 儀表種類    | 等 級          | 容許誤差(第一測定範圍)         | 用 途        |
|---------|--------------|----------------------|------------|
| 電 壓 表   | I 級或 0.2 級   | 額定值之 $\pm 0.2\%$ 以下  | 副標準器       |
| 電 流 表   | II 級或 0.5 級  | 額定值之 $\pm 0.5\%$ 以下  | 精密測定       |
| 瓦 特 表   | III 級或 1.0 級 | 額定值之 $\pm 1.0\%$ 以下  | 普通測定       |
|         | IV 級或 1.5 級  | 額定值之 $\pm 1.5\%$ 以下  | 工業測定       |
| 無效功率表   | V 級或 2.5 級   | 額定值之 $\pm 2.5\%$ 以下  | 不重視精確度之量度  |
| 相 位 計   | 携 帶 型        | 相位角 $\pm 3^\circ$ 以下 | 精密測定       |
| 功率因數計   |              |                      |            |
| 無效功率因數計 | 配電盤型         | 相位角 $\pm 4^\circ$ 以下 | 普通測定       |
| 頻 率 計   | 振簧型          | 指示值之 $\pm 1\%$       | 攜帶用型       |
|         | 指針型(1)       | 指示範圍之 $\pm 5\%$      | 配帶盤型       |
|         | 指針型(2)       | 指示範圍之 $\pm 1\%$      | 攜帶型        |
| 分 流 器   | 0.1 級        | $\pm 0.1\%$          | 0.2 級儀表用   |
|         | 0.2 級        | $\pm 0.2\%$          | 0.5 級儀表用   |
| 倍 壓 器   | 0.5 級        | $\pm 0.5\%$          | 1.0 級以次儀表用 |

表 3-3 指針型電表之測定範圍

| 電表刻度    | 第 一 測 定 範 圍            | 第 二 測 定 範 圍           |
|---------|------------------------|-----------------------|
| 均 勻 刻 度 | 額定值之 $30\% \sim 100\%$ | 額定值之 $10\% \sim 30\%$ |
| 非均勻刻度   | 額定值之 $50\% \sim 100\%$ | 額定值之 $25\% \sim 50\%$ |

註：第二測定範圍之容許誤差為第一測定範圍之兩倍。

表 3-4 指針型儀表之刻度形式

| 均勻刻度          | 平方刻度  | 對數刻度 |
|---------------|-------|------|
| 動圈型           | 電流測量型 | 高阻計  |
| 整流型           | 動鐵型   |      |
| 電流測量型—<br>瓦特表 | 熱偶型   |      |
|               | 熱線型   |      |
|               | 靜電型   |      |
|               | 感應型   |      |

註：熱偶型與整流型之表頭（可動部份）皆採用動圈型，唯前者之熱電勢約與電流平方成正比，故為平方刻度。（但可改變磁場之分佈情況；而改良為均勻刻度。）

表 3-5 指示電表（電流表及電壓表）之指示量

| 電表型式             | 指示量                 |
|------------------|---------------------|
| 動圈型              | 一週之平均值              |
| 全波整流型（表頭未跨接電容器者） | 全波整流後的信號之平均值乘以 1.11 |
| 半波整流型（表頭未跨接電容器者） | 半波整流後的信號之平均值乘以 2.22 |
| 真空管型             | 峯值或峯對峯（P-P）值        |
| 其他型式             | 有效值                 |

例題：

【例 3.1】額定為 300 之動鐵型伏特表之有效量度範圍為何？

【解】第二測定範圍以上為有效。而動鐵型為非均勻刻度（表 3-4），