

實用電工學

上 冊

王乃觀 葉慶桐譯

龍門聯合書局出版

譯 序

本書原著出版於1914年，幾經修訂，到目前已是第六版了。著者是電工界知名之士，寫作本書，真是游刃有餘，所以能博得各方面的讚譽和採用。早在三年之前，乃觀在國立廈門大學服務時，就有譯述的企圖，但因瑣事累碌，故而時作時輟，未能及早完成。去年與慶桐合作，二人化了一年多的業餘時間，不斷斟酌推較，到今天總算了却一樁心願。

本書的優點是儘量避免數學，而能以少數基本定律為依據，把許多常見的電工現象分析得清清楚楚。在短短五、六百頁中，介紹了電機工程的全貌。用作大學和專門學校非電工系的教本，歷數十年，經過時間的考驗，已確證其價值。

目前各企業從業員對技術進修的要求極其殷切，爲了要對職工的技術學習有所幫助起見，我們儘可能地採用淺顯的筆法。在必要的地方，並增加一些說明，使其易於了解。

蒙夏復修先生校閱全書，提供了很多寶貴的意見；呂俊民先生給予的幫助也不少，均此致謝。譯者學識淺薄，錯誤在所難免，敬請讀者諸君批評與指正。

譯 者

一九五一年九月

原著第一版序

本書根據作者在麥吉爾大學教授土木、機械與採礦等系四年級學生所用的講義與實驗教材編成。適用於時間無多而要求對電機工程的原理與實踐獲得全面了解的人們。對於這種讀者，必須着重說明基本原理，並根據此等原理把全本電工學曲為傳出，而不宜動輒求助於數學，因為祇有如此才能使讀者在他所能利用的短暫時期內掌握這門學問，來日得以明智地應用電工手冊中的資料，並為繼續研究做好準備工作。

全書包括電工學本體與實驗教程二部份，可謂“麻雀雖小，五臟俱全”。電機控制與應用諸章大部份可以自修。實驗教程中，對每個實驗的理論和用意都指定了詳盡的參考資料；這些資料均不出本書範圍，毋勞他求。

波義德先生與克勞斯先生曾予以協助與批評，在此謹致謝意。

亞歷山大·葛雷

一九一四年九月

原著第六版序

本版仍然保持原書的特色。雖然添了米-仟克-秒制單位，但並未取舊制度而代之(下略)。伏特與高斯的定義則都經修改過。

三相電路的說明已較前詳盡；變壓器理論與連接法兩章大部予以重寫。

新加材料有安必達、發火管、螢光燈、四極管、五極管、推挽式放大器、電子定時器和斷續光測頻器。增加圖片四十六幅，以及習題若干。

此外，又曾努力搜索說理不透與晦澀處，而將其加強並澄清；理論的實際應用也力求近代化。

奇·愛·蔣·蘭·斯

一九四七年九月

目 錄

第一章 物質與電	1
1-1. 物質的成分	1
1-2. 質子與電子的性質	1
1-3. 原子的結構	1
1-4. 電荷	2
1-5. 電流	3
1-6. 電流流動的速率	3
1-7. 絕緣體、導體及電阻體	4
1-8. 由摩擦發生電流	5
1-9. 由化學作用發生電流	5
1-10. 伏打電池的原理	6
1-11. 電流的方向	7
1-12. 電動勢與電位	7
1-13. 伏打電池的串聯與並聯	8
1-14. 電鍍與電鍊	9
1-15. 單位電流, 國際安培	10
1-16. 電子學說在電機工程中的地位	10
第二章 磁體與磁性	12
2-1. 磁體	12
2-2. 磁場與磁力線	12
2-3. 單位磁極	13

2-4.	磁場強度,符號“ H ”,單位“奧斯特”	14
2-5.	單位磁極所發生的力線數	14
第三章 電流的磁效應		15
3-1.	帶電流導體周圍的磁場	15
3-2.	兩平行導體周圍的磁場	16
3-3.	螺管的磁場	16
3-4.	磁場中帶電流導體上的力	16
3-5.	巴洛氏輪	18
3-6.	單位電流,電磁安培與安培	19
3-7.	轉圈式直流安培計	20
3-8.	電流效應摘要	21
第四章 電動勢		22
4-1.	電磁伏特與伏特	22
4-2.	產生電動勢的方法	22
4-3.	電磁感應	22
4-4.	感應電動勢的方向	24
4-5.	磁感強度,符號“ B ”,單位“高斯”	25
4-6.	磁通量,符號“ ϕ ”,單位“馬克士威”;“韋伯”	26
第五章 電路與電阻		27
5-1.	電流與流體的相似性	27
5-2.	歐姆定律	27
5-3.	安培、伏特與歐姆的定義	27
5-4.	國際制的電單位	28
5-5.	電阻係數	28
5-6.	電導係數	29

5-7. 電阻與溫度	30
5-8. 串聯電路與並聯電路	32
5-9. 電動勢與電位差的關係	34
5-10. 配電路中的電壓降	34
5-11. 伏特計的串聯電阻, 倍增器	35
5-12. 安培計的分流器	37
5-13. 伏特計與安培計量測電阻	38
習題	39
第六章 功、功率與有關單位	43
6-1. 機械能之轉變為電能	43
6-2. B 與 H 的關係	44
6-3. 功與功率的單位	45
6-4. 電阻中耗用的功率, 焦耳實驗	46
6-5. 熱能與電能	47
6-6. 換算因子	47
6-7. 發電機與電動機	47
6-8. 例題	48
習題	49
第七章 電阻器與變阻器	53
7-1. 電阻器	53
7-2. 電阻器的構造	53
7-3. 變阻器	54
7-4. 碳片變阻器	55
7-5. 液體變阻器	56
7-6. 變阻器的大小	56
7-7. 電熱件	57

習題.....	57
第八章 磁路與鐵的磁性.....	58
8-1. 環形螺管所生的磁場.....	58
8-2. 磁性物質,磁導係數.....	60
8-3. 磁阻.....	61
8-4. 磁化曲線.....	62
8-5. 磁性飽和.....	64
8-6. 合成磁路的解求.....	64
8-7 激磁線圈從理想地位移動的結果.....	66
8-8. 剩磁.....	67
8-9. 鐵的磁化學說.....	68
8-10. 磁滯.....	69
8-11. 磁滯迴線.....	69
習題.....	70
第九章 米-仟克-秒制.....	73
9-1. 合理化單位.....	73
9-2. 米-仟克-秒制.....	73
9-3. 米-仟克-秒單位的定義.....	74
9-4. 米-仟克-秒制與基於厘米-克-秒制的實用制之間的比較.....	75
9-5. 米-仟克-秒制中的磁導係數.....	76
第十章 螺管與電磁鐵.....	77
10-1. 螺管的拉力.....	77
10-2. 螺管拉力的變化.....	78
10-3 斷路器.....	78

10-4. 磁性拉力二定律	79
10-5. 鐵壳螺管	79
10-6. 起重與握持磁鐵	80
10-7. 電磁制動器與離合器	82
10-8. 磁性選鐵機	83
習題	84
第十一章 互感應與自感應	86
11-1. 互感應	86
11-2. 由互感應所生電動勢的方向	87
11-3. 互感電動勢的強弱	87
11-4. 自感應, 電感	88
11-5. 線圈中電流的開始與停止	90
11-6. 電流開始與停止的數學計算	91
11-7. 氣機的點火系統	93
11-8. 感應線圈	94
習題	95
第十二章 直流電機的電樞線卷	96
12-1. 直流發電機的運用原理	96
12-2. 格蘭環形線卷	96
12-3. 換向器與電刷	98
12-4. 電樞與換向器的絕緣	98
12-5. 多極線卷	98
12-6. 多重線卷或疊式線卷	99
12-7. 波形線卷或串聯線卷	102
12-8. 電動勢公式	103
12-9. 電樞鐵心的疊片	104

習題.....	105
第十三章 直流電機的構造與激磁.....	107
13-1. 多極電機.....	107
13-2. 電樞構造.....	107
13-3. 換向器.....	109
13-4. 電刷.....	109
13-5. 大型發電機.....	109
13-6. 間極.....	110
13-7. 極與軌.....	110
13-8. 激磁(勵磁).....	110
第十四章 換向理論.....	113
14-1. 換向.....	113
14-2. 換向理論.....	114
14-3. 不用間極的電機.....	116
14-4. 電刷.....	116
14-5. 短距線卷與換向.....	117
習題.....	118
第十五章 電樞反應.....	119
15-1. 正交磁化效應.....	119
15-2. 無載中間面與負載中間面.....	120
15-3. 祛磁效應.....	120
15-4. 多極電機中的電樞反應.....	122
15-5. 電樞反應對換向的影響.....	122
習題.....	123
第十六章 直流發電機特性曲線.....	124
16-1. 無載飽和曲線.....	124
16-2. 自激.....	125

16-3. 他激發電機或永磁電機的電壓特性曲線	127
16-4. 分激發電機的電壓特性曲線	128
16-5. 自激複激發電機	129
16-6. 他激與自激的應用場合	130
16-7. 串激發電機的電壓特性曲線	130
16-8. 串聯升壓機	131
習題	132
第十七章 直流電動機運用理論	136
17-1. 電動機的驅動力	136
17-2. 發電機與電動機中的驅動力與滯阻力	137
17-3. 反電勢	138
17-4. 電動機運用理論	138
17-5. 速率方程	140
17-6. 換向理論應用於電動機	141
17-7. 發電機與電動機中的電樞反應	141
習題	142
第十八章 直流電動機特性	144
分激電動機	
18-1. 一馬力以下分激電動機的開動	144
18-2. 開動分激電動機的一般方法	145
18-3. 負載特性曲線	145
18-4. 電樞反應對速率的影響	147
18-5. 分激電動機的速率控制	147
18-6. 分激電動機用磁場控制法改變速率	148
18-7. 分激電動機用電樞電阻控制法改變速率	150
18-8. 可調速分激電動機的速率調變	152

18-9. 電樞電阻控制與磁場控制的比較	152
串激電動機	
18-10. 開動轉矩	153
18-11. 開動電阻	154
18-12. 負載特性曲線	154
18-13. 速率調節	155
複激電動機	
18-14. 複激電動機	156
18-15. 差複激電動機	157
習題	157
第十九章 直流電動機的應用	
19-1. 直流電動機的應用場合	163
19-2. 開啓式、半封閉式與全封閉式電動機	163
19-3. 速率對電動機成本的影響	164
19-4. 調速分激電動機的應用類別	164
19-5. 等功率調速分激電動機的應用	165
19-6. 等轉矩調速分激電動機的應用	165
19-7. 轉矩隨速率減小的分激電動機的應用	16
19-8. 兼用電樞電阻與磁場控制法的分激電動機	166
19-9. 複電壓制	166
19-10. 華德李翁速率控制法	167
19-11. 華德李翁速率控制法的應用	169
19-12. 華德李翁控制法的再生作用	169
19-13. 華德李翁控制法中飛輪的應用	170
19-14. 華德李翁控制法最近的改良	170
19-15. 剪刀機與衝床	171
19-16. 齒輪電動機	172

習題	172
第二十章 直流電動機開動器與控制器	174
20-1. 開關	174
20-2. 輔助碳質接觸塊	174
20-3. 炮弧線圈	175
20-4. 熱控過載電驛器	176
20-5. 角隙	177
20-6. 熔線(保險絲)	177
20-7. 過載與捷路的保護	177
20-8. 分激與複激電動機的開動器	178
20-9. 無壓釋放器	179
20-10. 分激與複激電動機用調速開動器	180
20-11. 串激電動機的控制器	184
20-12. 鼓形控制器	185
20-13. 用於串並聯控制的電車控制器	186
20-14. 反向鼓筒	189
20-15. 鼓形控制器的機械構造	189
20-16. 自動開動器	190
20-17. 定時磁性控制器	190
20-18. 由電流控制時間的自動開動器	193
20-19. 動力制動	195
習題	196
第二十一章 損失、效率與發熱	198
21-1. 電機中的機械損失	198
21-2. 銅損失	198
21-3. 磁滯損失	199

21-4.	渦流損失.....	199
21-5.	總損失.....	199
21-6.	電機的真實效率.....	201
21-7.	電機的發熱.....	203
21-8.	容許溫度.....	204
21-9.	電機輸出的限度.....	204
21-10.	電機的定額.....	205
21-11.	溫升的測量.....	205
	習題.....	206
第二十二章	直流發電機的並聯運用.....	209
22-1.	同一分激電機作為發電機或電動機的運用.....	209
22-2.	反載試驗.....	210
22-3.	並聯運用.....	211
22-4.	並聯的分激發電機.....	211
22-5.	分激發電機並聯時負載的分配.....	212
22-6.	並聯的複激發電機.....	213
22-7.	複激發電機負載的分配.....	214
第二十三章	特殊的直流電機.....	215
23-1.	補償線卷.....	215
23-2.	直流發電機作為直流功率放大機.....	215
23-3.	安必達.....	217
23-4.	安必達的應用.....	219
23-5.	第三刷直流發電機.....	221
23-6.	電焊發電機.....	222
第二十四章	原電池與蓄電池.....	224
24-1.	原電池.....	224

24-2	極化	224
24-3	局部作用	224
24-4	乾電池	225
24-5	電池的功率與能	226
24-6	電池接連	226
24-7	德士頓標準電池	227
24-8	蓄電池	227
24-9	鉛鋅蓄電池的作用	228
24-10	充電時的氣化作用	228
24-11	硫酸鹽沉澱	229
24-12	極鋅的構造	230
24-13	鉛鋅蓄電池的構造	231
24-14	愛克薩鐵甲蓄電池	232
24-15	鉛鋅蓄電池的電壓	233
24-16	安培-小時效率	235
24-17	瓦特-小時效率	236
24-18	充電	236
24-19	酸液比重	237
24-20	鉛鋅蓄電池的應用	238
24-21	愛迪生蓄電池	239
24-22	極鋅的構造	240
24-23	愛迪生蓄電池的構造	241
24-24	愛迪生蓄電池的電壓	242
24-25	愛迪生蓄電池的特性	242
	習題	243
第二十五章	蓄電池的運用	245
25-1	電壓控制	245

25-2.	端電池控制·····	245
25-3.	反電勢控制·····	246
25-4.	電阻控制·····	247
25-5.	升壓機控制·····	248
25-6.	承担頂峯負載的電池組容量·····	248
25-7.	碳片電壓調整器·····	250
	習題·····	251
第二十六章 直流輸電與配電·····		252
26-1	導體的大小·····	252
26-2.	電壓的選擇·····	254
26-3.	串聯與並聯配電制·····	255
26-4.	愛迪生三銀制·····	256
26-5.	三銀平衡機組·····	257
26-6.	三銀發電機·····	259
	習題·····	260

第一章 物質與電

1-1. 物質的成分。 今日世界上物料的名目繁多已極，而由於科學家與工程師們新的化學製造方法的發明，其數目還在與日俱增之中。這許多不同的物料是較少數化學元素不同組合的結果；而根據晚近的理論，所有化學元素的本身又由若干相同成分組成。

過去有一時期以為元素的成分祇兩種，即質子與電子。現在則已有了些證據，指示我們元素的成分不單單是這兩種；不過由於原子的化學性質和電學性質似乎完全由質子和電子決定，所以其他成分在電機工程書籍中無涉及的必要。

我們可下質子的定義為“自然存在的，基本的正電量”；電子的定義為“自然存在的，基本的負電量”。根據這兩個定義，則知物質的兩種主要成分即為正電與負電。

1-2. 質子與電子的性質。 約需 6.02×10^{23} 個質子才能合成 1 克質量；而一個質子的質量則是一個電子質量的 1,817 倍。

質子與質子在視若杳無一物的空間中，彼此相斥，電子與電子亦如此；但在質子與電子間則有引力存在。這種相斥與相吸的力大概是物質宇宙中最基本的力。它是一切化學作用與電學作用的根源，也是所有物質結構的基石。但今日人類的知識尚不能窮其究竟，所以我們祇能盲目地承認它的存在，正如我們盲目地承認重力一樣。

1-3. 原子的結構。 原子可認為是元素所能存在的最小質點。如將任何一種元素的原子分裂為兩部份，結果可造成另外一種或幾種元素的二個新原子，但原子量較原來為低。例如，一個氧原子分裂為四