

汽車電子點火系統 原理與檢修

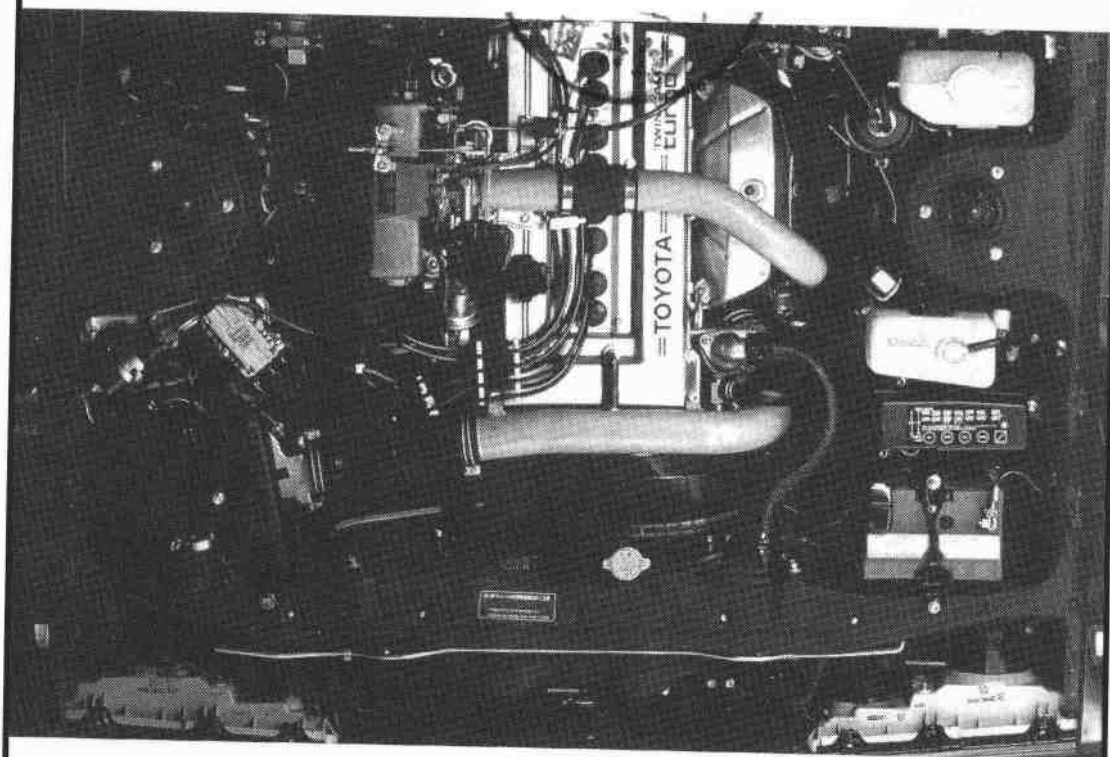
林永憲 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行

汽車電子點火系統 原理與檢修

林永憲 編



全華科技圖書股份有限公司 印行

法律顧問：陳培豪律師

汽車電子點火系統原理與檢修

林永憲 編著

定 價 新台幣 280 元

再版 / 80 年 3 月

圖書編號 026876

版權所有・翻印必究

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：5071300(總機) FAX:5062993

郵撥帳號：0100836—1 號

發行人 / 陳 本 源

印刷者 / 宏懋打字印刷股份有限公司

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

我們的宗旨：

**提供技術新知
帶動工業升級
為科技中文化再創新猷**

資訊蓬勃發展的今日，
全華本著「全是精華」的出版理念
以專業化精神
提供優良科技圖書
滿足您求知的權利
更期以精益求精的完美品質
為科技領域更奉獻一份心力！

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

序

汽車電子學是一門聯合機械、電子與電機、電腦的高科技學問，也是融合學理與經驗的高深藝術；近年來電子電腦化的衝擊，使汽車的各種設備及裝置不斷推陳出新，而現代化汽車亦跨出另一個新紀元，然而也為下游的保修作業人員帶來不少困擾，尤其對於點火系統方面的相關技術更是深感頭痛，受過正統汽車修護教育者，不見得有實務經驗，不敢輕易動手修理，做了十幾年的老師傅，不懂電子電腦方面新知識，不願自找麻煩，而對於電子電腦方有透徹了解的人，又不願屈居親自動手，縱使願意，亦未必能勝任，因此，如果說目前汽車修理業，受到許多的垢病，應該起自電子電腦系統方面。

從小時候在修車廠當學徒時，心中便一直祈許將來對於汽車界有所改善及奉獻，是以經常充實本身實務技術之外，更不斷引介國外新知，多年來亦頗感自慰，這一本書與讀者見面，實有多層的意義，相信以個人過去之經驗及知識當足以為汽車電子學，立下一個久遠的根基，本書重點著重有關點火系統方面之電子學及其相關設備，至於汽車上還有其它的各種電子電腦系統，以後再另撰專書供業者參考。

第一章至第四章是屬於基本電學，適於汽車及電學之初學者閱讀，第五章至第十章是屬於基本汽車原理及普通白金點火系統，若無汽車修理經驗或僅受短期汽修訓練者，可以參考閱讀。

第十一章是介紹電子點火系統的基本概念，凡有志汽車工作者都要詳讀；第十二章對空氣污染做了有關的探討不可忽視，尤其有關點火方面，應詳加研讀。

第十三章到十九章是針對目前最流行的電子點火系統做最完整的敘述，每章都先簡介它的源由，再說明操作原理和構造，接著以逐步的方式教導讀者從事檢查、調整及維修的工作，無論是工廠的老師傅或初學的生手，都要仔細閱讀，小心操作。

第廿章對現代化汽車技術人員應具備的電腦知識做一必要且簡單的說明，透徹瞭解基本原理，任何有關電腦元件的作業，才不會引起困難。

接著第廿一章以後就以目前比較常見的電腦點火系統加以介紹，仍然先由原理開始，至故障排除結束。

雖然已經割愛許多珍貴資料，頁碼仍然相當可觀，但相信這些對於每位相關人員必有莫大助益，高工及工專汽車科學生如以為教本可按實際情形加以刪減，章末之習題除作重點複習外，亦可對自己認知程度做一檢討。

如果本書得到讀者的佳評，全華每位同仁及我都會感到無比欣喜——這是我們的心願！！

林永憲 于全華

編輯部序

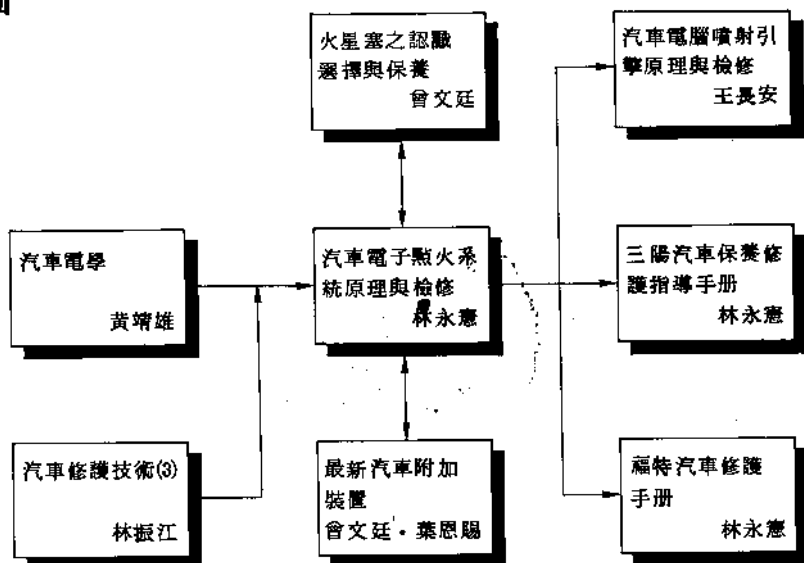
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在我們就將這本「汽車電子點火原理與檢修」呈獻給您。本書為國內最新最完整的點火系統專書，內容以淺顯的說明配合精美圖片，使讀者能輕易閱讀，尤其在電子基本觀念的闡述更是難得的資料。

本書是融合理學與經驗的高深藝術，全書除詳述汽車電學之外，對於點火系統概念及電子與電腦點火系統原理、構造、檢查、調整及維修均作最詳細之剖析，是高工汽修科最佳選修教材。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習汽車方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流 程 圖



目 錄

1 基本電學

1.1	歷 史	1
1.2	分子、原子與電子	2
1.3	電 流	4
1.4	電 壓	4
1.5	電 阻	5
1.6	三元件系	5
1.6-1	水 流	5
1.6-2	熱 流	6
1.7	電阻對電流的影響	6
1.8	完整電路	6
1.9	電流的方向	7
1.10	電路故障	8
1.10-1	短 路	8
1.10-2	斷 路	8
1.11	電路型式	8
1.11-1	串 聯	9
1.11-2	並 聯	9
1.11-3	串並聯	9
1.12	歐姆定律	9

習 題

2 半導體與磁學

2.1	半導體	14
2.1-1	材 料	14
2.1-2	二極體	14
2.1-3	齊納二極體	14

2.1-4	電晶體	15
2.2	磁 學	16
	習 題	18

3 基本測試設備

3.1	電流表	20
3.2	電壓表	21
3.3	電阻表	21
3.4	三用電表	23
3.5	測量的方法	23
3.5-1	電流表	23
3.5-2	電壓表	23
3.5-3	電阻表	24
	習 題	25

4 電瓶與充電系統

4.1	電瓶的發展	28
4.2	電瓶的構造與作用	28
4.3	放電與充電	29
4.4	充電系統的作用	30
4.5	充電系統測試	31
4.6	電瓶安全	32
4.7	電瓶保養	32
4.8	測試電瓶樁頭的電阻	33
4.9	測試電瓶	33
4.9-1	比重計測試	33
4.9-2	負荷測試	35
4.10	電瓶充電	35

4.10-1 慢速充電法	35	5.5-1 分電盤操作	51
4.10-2 快速充電法	36	5.5-2 機械式提前	52
4.11 免保養電瓶	36	5.5-3 真空式提前	53
習題	37	5.5-4 真空源	54
5 內燃機與其點火條件	39	5.5-5 雙重提前分電盤的操作	54
5.1 引擎型式	40	5.5-6 雙膜片式分電盤雙提前	55
5.1-1 線列式	40	5.6 氣層對點火正時的影響	55
5.1-2 V 式	40	5.7 火花電壓要求	55
5.1-3 對置式	40	5.7-1 火量塞間隙	55
5.2 引擎操作	40	5.7-2 火星塞電極狀況	55
5.2-1 氣缸與活塞操作	40	5.7-3 燃燒室壓力	56
5.2-2 進氣行程	41	5.7-4 混合汽	56
5.2-3 壓縮行程	41	習題	56
5.2-4 動力行程	41	6 點火系統的發展史	59
5.2-5 排氣行程	42	習題	63
5.2-6 氣門操作	43	7 白金點火系統操作	65
5.2-7 進排氣系統	43	7.1 電路與構件	66
5.3 引擎呎量	44	7.1-1 電瓶	66
5.3-1 缸徑	44	7.1-2 點火開關	66
5.3-2 上死點(TDC)	44	7.1-3 點火線圈	66
5.3-3 下死點(BDC)	44	7.1-4 白金	67
5.3-4 行程	44	7.1-5 電容器	67
5.3-5 排氣量	45	7.1-6 穩定電阻	67
5.3-6 壓縮比	45	7.1-7 分電盤	68
5.3-7 餘隙容積	46	7.1-8 分火頭	68
5.3-8 壓縮壓力	46	7.1-9 分電盤蓋	68
5.3-9 容積效率	46	7.1-10 二次點火線	68
5.4 燃燒力學	46	7.1-11 火星塞	68
5.4-1 汽油的品質與爆震	46	7.2 電路操作	69
5.4-2 預燃	47	7.2-1 白金閉合	69
5.4-3 燃燒室設計	47	7.2-2 電流通過	69
5.4-4 火星塞	49	7.2-3 線圈產生磁場	70
5.4-5 點火正時	49	7.2-4 白金開啓	70
5.5 點火正時控制	50		

7.2-5 電流中斷	70
7.2-6 一次線圈產生電壓	70
7.2-7 二次線圈產生高壓	70
7.2-8 一次感應電壓	70
7.2-9 點火線圈變壓作用	71
7.2-10 電容器的作用	72
7.3 電路操作摘要	73
7.4 穩定電阻與旁通電路	73
7.5 白金調整	75
習題	76

8 白金點火系統調諧與保養 77

8.1 更換火星塞	78
8.1-1 火星塞分類	79
8.1-2 拆卸火星塞	79
8.1-3 調整火星塞間隙	80
8.1-4 安裝火星塞	80
8.1-5 清潔火星塞	81
8.2 白金與電容器更換	82
8.3 調整白金閉角——厚薄規法	83
8.4 調整白金閉角——閉角表法	85
8.5 正時調整	86
8.6 調諧作業的順序	88
8.7 分火頭、分電盤蓋與高壓線檢修	88
8.8 分電盤蓋與火星塞高壓線更換	90
8.9 預防保養	90
習題	90

9 白金點火系統故障排除 93

9.1 故障排除	94
9.1-1 引擎搖轉正常但不能起動	94
9.1-2 引擎可以運轉但性能不佳	98
9.1-3 引擎起動後啓開鑰匙引擎 熄火	103

習題	104
----	-----

10 檢修技術與示波測試 107

10.1 分電盤拆裝	108
10.1-1 拆卸分電盤	108
10.1-2 安裝分電盤	108
10.2 安裝未定位的分電盤	109
10.3 靜態正時的方法	110
10.4 利用分電盤測試器比較提前曲線	110
10.5 示波器	112
10.5-1 白金系統	113
10.6 示波器診斷	114
10.6-1 電子點火系統波形	116
10.7 火花持續測試	117
習題	117

11 電子點火系統簡介 119

11.1 白金控制電晶體感應貯存式	121
11.2 磁控電晶體感應貯存式	122
11.3 電容放電式	122
11.4 磁性觸發器	123
11.4-1 GM	124
11.4-2 福特	125
11.4-3 克雷斯勒	125
11.4-4 AMC	126
11.5 霍爾效應感知	126
11.6 點火系統比較	126
11.6-1 輸出電壓	127
11.6-2 輸出電壓與引擎速度之關係	127
11.6-3 升壓時間	127
11.7 結論	128
習題	128

12 廢氣控制 131

12.1 沿革	132
---------	-----

12.2 汽車污染之性質	132	14 SSI固態點火系統	155
12.2-1 排除廢氣	132	14.1 調諧與調整	156
12.2-2 吹漏氣	133	14.2 保養	156
12.2-3 蒸發油氣	133	14.3 故障排除	156
12.3 影響排除廢氣之因素	133	14.3-1 引擎搖轉正常但不起動	157
12.3-1 點火系統的狀況	133	14.3-2 引擎運轉但性能不佳	159
12.3-2 空燃比	133	14.4 零件更換	159
12.3-3 燃燒室形狀	134	習題	159
12.3-4 溫度	134		
12.3-5 引擎運轉型態	134	15 CEI克雷斯勒	
12.3-6 點火正時	134	電子點火系統	161
12.3-7 壓縮比	135		
12.4 控制污染的方法	135	15.1 調諧與調整	164
12.4-1 氣泵	135	15.2 保養	165
12.4-2 調溫空氣濾清器	136	15.3 故障排除	166
12.4-3 化油器控制	136	15.3-1 引擎搖轉正常但不起動	166
12.4-4 分電盤提前控制	137	15.3-2 引擎運轉但性能不佳	168
12.4-5 廢氣再循環系統	140	15.3-3 1980系統——檢查及故障	
12.4-6 觸媒變換器	140	排除	168
12.4-7 三向觸媒變換器	141	15.4 零件更換	170
12.5 結論	142	15.4-1 ECU	170
習題	142	15.4-2 雙穩定電阻	170
		15.4-3 感知線圈與磁阻器	171
13 BID無白金感應		15.4-4 霍耳效應感知總成	174
放電點火系統	145	習題	175
13.1 電路操作	146		
13.2 調諧與調整	148	16 FTI福特電晶體	
13.3 保養	148	點火系統	177
13.4 故障排除	148		
13.4-1 引擎搖轉正常但不起動	148	16.1 調諧、調整與保養	179
13.4-2 引擎運轉但性能不佳	150	16.2 故障排除	179
13.5 零件更換	150	習題	179
13.5-1 拆卸	150		
13.5-2 重裝	151	17 FSS福特固態系統與	
習題	152	FDI福特雙火花系統	181
		17.1 電路操作	182

17.2 沿革	183
17.2-1 1973-1974 FSS	183
17.2-2 1975 FSS	183
17.2-3 1976 FSS	183
17.2-4 1977 FSS	183
17.2-5 FDI - I	183
17.2-6 FDI - I	184
17.2-7 1978 FDI - II	185
17.2-8 1978 FDI - I	186
17.2-9 1979-1980 FDI - II	186
17.2-10 1979 FDI - I	186
17.3 調諧與調整	186
17.3-1 真空提前調整	186
17.4 保養	186
17.5 FSS與FDI - I 故障排除	187
17.5-1 引擎搖轉正常但不起動	187
17.5-2 引擎運轉但性能不佳	190
17.5-3 引擎起動但不能繼續運轉	191
17.6 FDI - I 故障排除	191
17.7 零件更換	192
17.7-1 點火調諧器	192
17.7-2 感知線圈——V-8引擎	192
17.7-3 感知線圈——4與6缸引擎	195
習題	197

18 EES通用汽車 早期電子點火系統 **199**

18.1 調諧與保養	200
18.2 故障排除	200
18.2-1 預備檢查	200
18.2-2 磁性脈動點火	201
18.2-3 整體點火	206
習題	208

19 HEI通用汽車 高能點火系統 **209**

19.1 EMR	212
19.2 EFI	212
19.3 保養、調諧與調整	212
19.4 故障排除	213
19.4-1 引擎搖轉正常但不起動	213
19.4-2 引擎起動但性能不佳	215
19.5 零件更換	216
19.5-1 V-8與V-6引擎的點火線圈	216
19.5-2 4與6缸線列引擎	217
19.5-3 電子調諧器	217
19.5-4 感知線圈	218
習題	219

20 電腦控制點火系統與 微處理機簡介 **221**

20.1 系統操作	225
習題	226

21 CLB克雷斯勒稀燃與 ESC電子火花控制 **227**

21.1 1976 CLB	228
21.1-1 起動感知線圈	228
21.1-2 運轉感知線圈	228
21.1-3 節流位置感知器	228
21.1-4 真空轉換器	229
21.1-5 化油器開關感知器	229
21.1-6 冷却水溫感知器	229
21.2 CLB 的操作	229
21.3 1978 ESC	230
21.4 1979 ESC	230
21.5 1980 ESC	231
21.6 調諧與調整	231

21.7 保養	232
21.8 故障排除	232
21.8-1 引擎搖轉正常但不能起動	232
21.8-2 引擎運轉但性能不佳	238
21.9 零件更換	240
習題	240
22 EEC福特電子引擎控制	243
22.1 EEC-I	244
22.1-1 IAT	224
22.1-2 TP	244
22.1-3 ECT	244
22.1-4 EVP	246
22.1-5 MAP	247
22.1-6 BP	247
22.1-7 CP	247
22.2 調諧與調整	248
22.3 保養	248
22.4 故障	248
22.4-1 引擎搖轉正常但不起動	248
22.4-2 引擎運轉但性能不佳	250
22.5 EEC-II	252
22.5-1 EGO	253
22.5-2 FBCE	253
22.5-3 CANP	254
22.5-4 TKS	254
22.5-5 TAB 電磁器	254
22.6 EEC-III	255
習題	255

23 EST通用汽車 電子火花正時	257
23.1 調諧與調整	258
23.1-1 1977 系統	258
23.1-2 1978 系統	262

23.1-3 曲軸位置感知器	262
23.2 保養	262
23.3 故障排除	262
23.3-1 引擎搖轉正常但不起動	262
23.3-2 引擎運轉但性能不佳	265
23.3-3 引擎敲缸	266
23.3-4 引擎起動，但鑰匙放開後 即熄火(1977)	267
23.3-5 點火開關在 RUN 而指示 燈亮	268
23.3-6 引擎運轉中檢查燈亮	268
23.4 零件更換	268
習題	268

24 ESS通用汽車 電子火花選擇	271
24.1 保養、調諧與零件更換	274
24.2 故障排除	274
24.2-1 引擎搖轉正常但不起動	274
24.2-2 引擎運轉但性能不佳	274
習題	275

25 CCC通用汽車 電腦指令控制系統	277
25.1 CCC 系統操作	278
25.1-1 感知器	278
25.1-2 輸出控制信號	279
25.2 點火正時控制方法	279
25.2-1 EST	279
25.2-2 ESC	280
25.2-3 EMR	281
25.3 保養、調諧與零件更換	281
25.4 通用故障排除	281
25.5 EST 故障排除	281
25.6 ESC 故障排除	282

25.7 EMR故障排除	282	28.2 保養	314
習題	282	28.3 故障排除	315
26 DIS日產點火系統	285	28.3-1 引擎搖轉正常但不能起動	315
26.1 雙白金	290	28.3-2 引擎運轉但性能不佳	315
26.2 調諧與調整	290	習題	315
26.2-1 雙白金系統——閉角與正時調整	291	29 VEI福斯汽車電子點火系統	317
26.2-2 感知線圈系統——間隙調整	291	29.1 V E I 操作	318
26.2-3 雙感知系統——正時調整	291	29.2 調諧與調整	318
26.3 故障排除	292	29.3 保養	319
26.3-1 引擎搖轉正常但不起動	292	29.4 故障排除	319
26.3-2 引擎運轉但性能不佳	292	29.4-1 引擎搖轉正常但不能起動	319
習題	292	29.4-2 引擎運轉但性能不佳	319
27 HDI三陽汽車電子點火系統	295	習題	319
27.1 操作原理	296	30 AEI雷諾汽車整體式微電腦點火系統	321
27.2 調整	299	30.1 作用原理	322
27.3 點火正時——檢查與調整	299	30.1-1 飛輪	322
27.4 自動提前機構檢查	299	30.1-2 感測器(P)	322
27.5 分電盤拆卸與安裝	300	30.1-3 真空提前器	322
27.6 分電盤分解與組合	301	30.1-4 微電腦	324
27.7 電容器——測試	306	30.1-5 點火線圈	324
27.8 點火線圈測試	306	30.1-6 分電盤	325
27.9 高壓線檢查	307	30.2 檢查	325
27.10 脈波產生器測試	307	30.2-1 檢查工具	325
27.11 火星塞檢修	308	30.2-2 注意	325
27.12 故障排除	309	30.3 故障排除	325
習題	312	30.3-1 無高壓電	325
28 TEI豐田汽車電子點火系統	313	30.3-2 起動困難	327
28.1 調諧與調整	314	30.3-3 檢查真空提前器之作用情形	328
		習題	328
		附錄A 電符號	331
		附錄B 參考書籍	332

1

基本電學

本章的學習目標

- ☐ 瞭解電壓、電流及電阻的基本概念
- ☐ 瞭解電阻對於電流的影響
- ☐ 瞭解基本電路的作用
- ☐ 認識並瞭解各種不同的電路故障
- ☐ 執行簡單電路的歐姆定律演算

縱然不瞭解電學的基本原理，也可以利用本書來排除點火系統的故障，然而這種做法，却是不值得鼓勵，因為只有瞭解引擎不運轉的原因，再使它恢復運轉，才能獲得真正的心得，欲探討其原因的意思，就是瞭解系統運轉的原理。

本書著重於汽車點火系統，故不詳述電子的原理，但是為了探討點火系統，所以必須先瞭解一些電學(electricity)與電子(electrioni)，第一章及第二章介紹基本電學原理，以便認識各個系統的操作，涉及原理的方面，並不會冗長複雜；這一章裏討論基本電學，第二章裏討論電磁學，並簡潔地說明電晶體與二極體。

1.1 歷史

人類知道有電的存在已有大約3000年的歷史，古埃及早在紀元前2000年就以靜電(static electricity)實驗，嘗試加以詮釋，但是却一直等到1600年才有較邏輯的理論來解釋電學。

接下來許許多多的實驗，才逐漸累積成今日完整的電學理論，有些貢獻卓越者的姓名，將會在以下章節裏出現，以茲紀念致力研究電學的科學家。

1.2 分子、原子與電子

環繞在我們周遭的一切事物都是由物質(matter)所組成，電本身就是基本的物質，為了瞭解電，因此必須先研究物質的結構。

物質是由分子(molecule)組成，而分子又由原子(atom)組成，分子是物體(substance)最小的粒子(particle)，具有物體的所有性質；譬如：若將水分子加以分解，則它再也不是水，而是三個獨立原

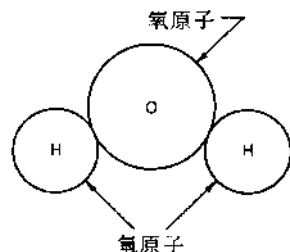


圖 1.1 水的分子

子(圖1.1)。

水的分子係由兩個氫原子(hydrogen atom)及一個氧原子(oxygen atom)組成，水的化學式為 H_2O ，氫與氧都是元素(element)，而原子是元素最小的粒子，仍然具有元素的各種性質。

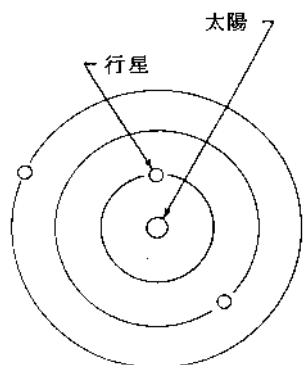
元素是純物體，沒有任何化學物，常見的元素如鐵、銅、銀、金、硫、碳、鉻、鈾等，所有的化學物體的分子，都是由這些元素的原子所組成。

但對於研究電學來說，原子仍嫌不夠微細，還要再進一步加以分解。

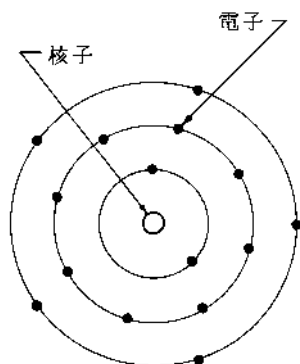
原子是由許多微細粒子與圍繞在其外部的核子組成，核子是原子的中心，微細粒子稱之為電子(electron)，對著核子(nucleus)圍繞，通常把電子繞著核子運動，比喻為行星繞著太陽運轉(圖1.2)。

事實上，這也是一個很好的比喻，因為相對尺寸與距離都相似，換言之，核子與電子就好比太陽與行星一樣大了好幾倍，而且電子到核子的距離，也與太陽系所測得的距離成比例，只是原子的直徑小了许多，大約只有0.0000000039吋(0.00000001公分)。

討論原子時，一項重要的因素是原子擁有的電子數，因為各種元素都是由原子所形成(或組成)；特定元素的原子都具有相同



(a) 太陽系



(b) 原子模式

圖 1.2 原子與太陽系之間的比較

的電子數，絕不可能有兩種相異元素具有相同的電子數。

上面討論過的元素，其原子的電子數：

氫	1	金	79
氧	8	硫	16
鐵	26	碳	6
銅	29	鉻	17
銀	47	鈾	92

核子再由其它兩種粒子組成：質子（proton）與中子（neutron），這些都比電子重（大約 1800 倍），電子是帶負性電荷（charge），質子呈正性電荷，中子呈中性。

電荷定律：

異性相吸

同性相斥

正電與負電之間相互吸引，把原子維繫在一起，核子的質子把電子牽制在軌道上的，故原子內的電子與質子數須相等。

因為正與負電荷相互平衡，故原子呈電中性。

核子內的中子只會增加重量，並不會影響電荷。

核子外圍有許多不同階層的電子軌道，而每一階層軌道都保持特定數目的電子，許多原子的內階都是沒有空缺，而外階則不一定，依原子的電子數而定。

最外層軌道的電子，對於電流討論最重要，對於電的良導體（conductor）而言，最外軌的電子，並不緊束於核子。例如銅線，外軌的電子非常鬆弛，許多電子自其原子分離，由於它們可以在電線內自由移動，故稱為自由電子（free electron），它們通常會接合其它已失去電子的原子，銅線內充滿了許多自由電子。

如果某種材料的外電子，受到核子極大的約束，則此類材料就不會有自由電子，即所謂的絕緣體（insulator），例如塑膠、橡皮、紙、玻璃等皆屬之，電線的外層通常包覆絕緣體，以防與其他金屬碰觸。

當導體內電子自原子跳離，原子再也不是中性，因為它已損失負性電荷，無法平衡，而變成正性電荷，稱為正離子（ion），離子是帶電荷的原子，當原子的質子與電子數不等時，即有電荷。

原子絕不可能遺失質子，質子緊束於核子，無法脫離，因此無自由質子之現象，只能說正離子狀態時，才有正電荷。

1.3 電 流

如果促使全部的自由電子按統一方向移動，稱為電流（electric current），因此，電流的定義可為：導體內的電子全部以相同方向流動。

電流是以安培做單位（ampere），簡寫 amps 或 A，此名稱乃是為了紀念早期電學界的科學家安培先生（Andre' Ampere）而定，一安培是定量的電子在一秒鐘之內（sec）運動經過導體的某特定點，等於 6,250,000,000,000,000,000 個電子，因此為了方便使用，通常就以安培來說明電流。

不要把電子流動（electron flow）想像成鋼管內滾動的鋼珠，實際上根本不相同，當一電子移動時，它可能碰撞另一個電子，而使它移動，第一個電子便不再移動，而由第二個電子接替運動，這種碰撞在極短的電線內可能有上千次，有時候原子也會涉及這些碰撞。當電子與原子碰撞時，通常保留原子，而另一電子脫離以繼續運動，這種效應很像一列骨牌倒塌，每一顆骨牌都沒有走多遠，但它的總效應卻快速地傳達到很遠的距離，電子運動的效應是以光速進行，每秒 186,000 哩（每秒 299,000 公里），每一個獨立電子都移動不遠，但其總運動的效應即為電流。

直到日前為止，尚未對電子流的形成交代清楚，自由電子在導體內以任意方向運動，並不是電流，電子必須全部按照相同方向運動，因此須有“驅動力”才可使電子移動，此驅動力就是電壓（voltage）或伏特，也是用來紀念改革電瓶的電學家伏特（Alessandro volta）。

1.4 電 壓

假設有兩個絕緣的電荷套組（package）——一為正、一為負，此套組彼此互相靠近（圖 1.3）。

負套組的電子受到正電荷的強力吸引，但兩者之間却無通路可行，所以電子不能流通，意即需要有驅動力或電壓，存在兩個電荷套組之間。

如把導體置在兩套組之間，如圖 1.4 所示，那麼，電子會快速地流到正電荷，如箭頭所示，在極短時間內——流動會持續到兩套組的電荷平衡為止。

因此，可以說是驅動力或電壓，導致電流流通；電壓可以沒有電流而單獨存在，但若要有電流，則須有電壓存在。

本例子裏所描述的電流，並無多大功用，因為它只持續極短的時間，真正需要的是產生連續的電壓，電瓶就是以化學反應完成此項任務，如果在電瓶的正負極之間擱置導路，則可供給穩定的電子流。

直流或交流發電機也可以產生電壓，但

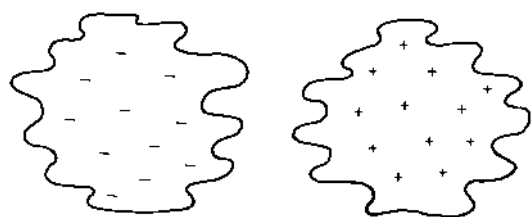


圖 1.3 絕緣的電荷套組

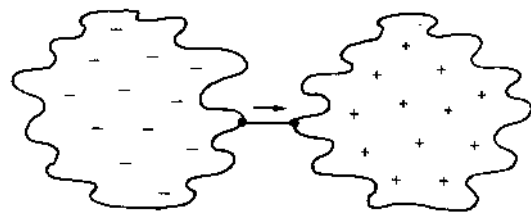


圖 1.4 用導體連接電荷