

科學圖書大庫

精密儀器工程

(第二部上冊)

譯者 吳家駒 楊慈和
林瓊瑤 孫賡年

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再遞承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類 效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強

國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，廢即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

目 錄

—— 詳目分別載於各章之前 ——

第十六章	電氣工程學	1
第十七章	以電氣測定法測定非電氣量	355
第十八章	控制學	399

精密儀器工程全書內容提要

第一部

理工上使用之各種單位，各種數表，數學，誤差觀察，計算，力學，熱學，彈性力學與材料力學，震動學，傳動學，精密機械基本原理，光學，工業上幾何光學，薄層光學品製造基本原理，光學之測量工程，照明工程，術語錄。

第二部

電子工程，對自動控制工程非電力之各種「量」的電力測量程序，精密測量工程，各種間隙與配合，金屬材料，金屬處理，塑膠材料，塑膠加工，玻璃材料，玻璃材料加工，木材處理，表面加工處理，各配件製造，調整，術語錄。

第十六章 電氣工程學

16.1. 電氣工程基本概念	12
16.1.1. 電壓	12
16.1.2. 電流，電流密度，電量	13
16.1.3. 電阻與導電係數	14
16.1.4. 交流電壓與交流電流	18
16.1.5. 電能，電功與電功率	22
16.1.5.1. 電能與其他能量之換算	24
16.1.5.2. 電功率與其他形式功率之換算	26
16.1.5.3. 功率之考慮——效率與匹配	30
16.1.6. 空間電傳導	32
16.1.7. 電容量與電容器	34
16.1.7.1. 容抗與電納	36
16.1.8. 在電場中之力	37
16.1.9. 磁路	38
16.1.9.1. 磁勢	39
16.1.9.2. 磁通與磁通密度	39
16.1.9.3. 磁阻	41
16.1.9.4. 磁壓降	44
16.1.9.5. 磁場強度	44
16.1.9.6. 磁能（以磁氣量表示）	46
16.1.9.7. 磁力	48
16.1.9.7.1. 不同導磁係數物質與磁場間之力	48
16.1.9.7.2. 磁場對電流之作用力	49
16.1.9.7.3. 二載電流導體間之力	50
16.1.10. 電氣與磁氣量之連繫	51

2 精密儀器工程 (第二部上冊)

16.1.10.1. 安培定律	51
16.1.10.2. 感應定律	52
16.1.10.3. 自感應	53
16.1.10.4. 互感應	55
16.1.10.5. 磁能 (以電氣量表示)	56
16.1.10.6. 感抗與電納	57
16.1.11. (有效) 電阻, (有效) 電抗, 阻抗與電導, 電納, 導納	58
16.1.12. 諧振現象	61
參考文獻	65
16.2. 電氣元件	66
16.2.1. 電阻	66
16.2.1.1. E—系列	66
16.2.1.2. 色碼	68
16.2.1.3. 碳膜電阻	68
16.2.1.4. 硼碳膜電阻	69
16.2.1.5. 金屬膜電阻	69
16.2.1.6. 繞線電阻	69
16.2.1.7. 固定電阻, 滑動電阻, 轉動電阻, 螺旋電阻	70
16.2.1.8. 電壓倍加器	73
16.2.1.9. 半導體電阻	74
16.2.1.9.1. 隨溫度變化之半導體電阻 (熱阻體)	74
16.2.1.9.2. 隨電壓變化之半導體電阻 (變阻體)	77
16.2.2. 電容器	80
16.2.2.1. I E C—電壓系列及 I E C 電容系列	82
16.2.2.2. 品級	82
16.2.2.3. M P—電容器	82
16.2.2.4. 紙電容器	83
16.2.2.5. 電解電容器 (鋁與鉭)	83
16.2.2.6. 塑膠膜電容器	84
16.2.2.7. 漆膜電容器	84
16.2.2.8. 瓷質電容器	84
16.2.2.9. 雲母電容器	85

16.2.2.10. 無線電防干擾電容器	85
16.2.2.11. 電動機電容器	85
16.2.2.12. 可變電容器(以氣體,液體或固體為電介質)	86
16.2.2.12.1. 修整電容器	86
16.2.2.12.2. 旋轉電容器	86
16.2.2.12.3. 電容二極體	86
參考文獻	87
16.2.3. 小型變壓器,電感量及轉換器	88
16.2.3.1. 變壓器之一般作用	88
16.2.3.2. 無負載	89
16.2.3.3. 短路	90
16.2.3.4. 變壓器之功率	90
16.2.3.5. 有關公式集	91
16.2.3.6. 積鐵心線圈之工程數據	92
16.2.3.7. 電感量	98
16.2.3.7.1. 簡單傳導體與線圈電感量	98
16.2.3.7.2. 以交流電流磁化之積鐵心線圈	100
16.2.3.7.3. 以直流電流偏磁化之積鐵心線圈(平順抗流線圈)	101
16.2.3.8. 轉換器	102
16.2.3.9. 飽和電抗器,雜散磁場變壓器	103
參考文獻	105
16.2.4. 電磁鐵	106
16.2.5. 繼電器	110
16.2.5.1. 斷路容量	110
16.2.5.2. 激磁功率	111
16.2.5.3. 反應時間	111
16.2.5.4. 工作原理	111
16.2.5.5. 電磁驅動	112
16.2.5.6. 接觸與連接	113
16.2.5.7. 繼電器型別	114
16.2.5.8. 延時繼電器	116
16.2.5.9. 無觸點繼電器	117
參考文獻	117

4 精密儀器工程(第二部上冊)

16.2.6. 電動機	120
16.2.6.1. 概述	120
16.2.6.2. 直流電動機	122
16.2.6.2.1. 串激電動機	124
16.2.6.2.2. 並激電動機	126
16.2.6.2.3. 複激電動機	129
16.2.6.2.4. 他激直流電動機	132
16.2.6.2.5. 永久磁場電動機	133
16.2.6.3. 三相電動機	135
16.2.6.3.1. 異步電動機(感應電動機)	138
短路轉子異步電動機	139
繞線轉子三相電動機	142
單相驅動三相電動機	145
16.2.6.3.2. 同步電動機	146
同步電動機(非相位互鎖式)	147
同步電動機(相位互鎖式)	149
16.2.6.4. 單相電動機(感應電動機)	150
16.2.6.4.1. 單相分極電動機	152
16.2.6.4.2. 單相串激電動機	152
16.2.6.4.3. 推斥電動機	153
16.2.6.5. 伺服電動機	154
16.2.6.5.1. 異步轉子伺服電動機(短路轉子)	155
16.2.6.5.2. 依費來利氏原理之伺服電動機	156
16.2.6.5.3. 集電子電動機作為伺服電動機	158
16.2.6.6. 轉速計發電機	159
16.2.6.6.1. 直流電壓之轉速計發電機	159
16.2.6.6.2. 交流電壓之轉速計發電機	160
16.2.6.7. 電動機之控制	161
16.2.6.7.1. 直流電動機之控制	162
藉電樞電路之前置電阻以控制並激電動機之轉數	164
藉分壓器以控制並激電動機之轉數	166
藉分壓器以控制串激電動機之轉數	168

藉電源電壓之變動以控制轉數	172
藉磁性放大器以控制轉數	174
16.2.6.7.2. 交流電動機之控制	178
參考文獻	179
16.2.7. 整流器	179
16.2.7.1. 真空管整流器	179
16.2.7.1.1. 非控制式真空管整流器	179
兩極管	180
整流管	181
16.2.7.1.2. 控制式真空管整流器(開流管)	182
16.2.7.2. 半導體整流器	183
16.2.7.2.1. 非控制式半導體整流器	183
氧化銅整流器	183
硒整流器	184
鍍二極體與矽二極體及其整流器	185
稽納二極體	186
16.2.7.2.2. 控制式半導體整流器(開流體)	186
16.2.8. 放大器組成元件	188
16.2.8.1. 真空管	188
16.2.8.1.1. 三極管	188
16.2.8.1.2. 五極管	190
16.2.8.1.3. 六極管,七極管	191
16.2.8.1.4. 長壽真空管(工業用真空管)	191
16.2.8.1.5. 紐維司脫三極管	192
16.2.8.2. 半導體—放大元件	192
16.2.8.2.1. 電晶體	192
16.2.8.2.2. 透納二極體	195
16.2.9. 其他重要真空管	195
16.2.9.1. 陰極射線管	195
16.2.9.1.1. 勃郎管	195
16.2.9.1.2. 調諧指示管	197
16.2.9.2. 數字與位數指示管	197
16.2.9.2.1. 數字指示管	197

16.2.9.2.2. 多陰極管	198
16.2.9.3. 冷陰極管	199
16.2.9.4. 穩定管	200
16.2.9.5. 鎮定電阻	201
16.2.10. 光電結構元件	201
16.2.10.1. 光電管	201
16.2.10.2. 光電倍增器	203
16.2.10.3. 光導電管	203
16.2.10.4. 光電二極體	204
16.2.10.5. 光電元件	205
16.2.10.6. 光電電晶體	205
16.2.10.7. 變像管	206
16.2.11. 熱電組件	206
16.2.11.1. 熱電元件	206
16.2.11.2. 熱電偶	206
16.2.11.3. 雙金屬開關	207
16.2.11.4. 電阻溫度計	207
16.2.11.5. 冷電器	207
16.2.12. 積體電路	208
參考文獻	209
16.2.13. 電線與電纜	209
16.2.13.1. 概說	209
16.2.13.2. 高頻電線與電纜(HF—電纜)	212
16.2.13.3. 跨接線與絞線	214
16.2.14. 開關與插座連接	229
16.2.14.1. 永久連接	230
16.2.14.2. 非永久連接	230
16.2.14.2.1. 無負載開關	230
16.2.14.2.2. 負載開關	231
16.2.14.3. 滑動接觸器	231
參考文獻	231
16.3. 線路	232

16.3.1. 電流電路	232
16.3.1.1. 電壓—網路定律	232
16.3.1.2. 電流—連接點定律	232
16.3.1.3. 電阻之串聯及並聯	233
16.3.1.4. 複式電導及電阻之轉換	235
16.3.1.5. 電阻之星 (T) ~ 角 (π) 轉接	236
16.3.1.6. 電壓及電流分配定理	237
16.3.1.7. 電橋連接及轉相利用	239
16.3.2. 電路計算	241
16.3.2.1. 電壓源及電流源之連接，基本電路	241
16.3.2.2. 依照雙極學說計算電流電路	243
16.3.2.3. 依照重疊原理作電流電路計算	244
16.3.2.4. 依照克希荷夫定律之電流電路計算	245
參考文獻	246
16.3.3. 整流線路	247
16.3.3.1. 整流線路之性質及功用	247
16.3.3.2. 無儲電器之整流線路	247
16.3.3.2.1. 單向整流線路	247
16.3.3.2.2. 雙向整流線路	248
16.3.3.2.3. 電橋整流線路	249
16.3.3.2.4. 三相交流網路之整流線路	249
16.3.3.2.5. 安全措施	250
16.3.3.3. 有儲電器之整流線路	251
16.3.3.3.1. 單向整流線路，雙向整流線路，電橋整流電路	251
16.3.3.3.2. 倍增線路及複增線路	251
16.3.3.4. 信號電壓之整流線路	253
16.3.3.4.1. 計量儀器之整流線路	254
16.3.3.4.2. 振幅振盪之交流電壓之整流 (振幅解調)	255
16.3.3.4.3. 頻率調變振盪之解調	255
16.3.3.4.4. 相位校正整流	256
參考文獻	256
16.3.4. 濾波線路	257
16.3.4.1. 使用 RC 構件之濾波線路	257

16.3.4.2. 使用RL構件之濾波線路	261
16.3.4.3. 使用LC構件之濾波線路	261
16.3.4.4. 急變濾波構件	262
16.3.4.5. 使用電橋濾波器之濾波線路	262
參考文獻	262
16.3.5. 穩定及限界線路	263
16.3.5.1. 直流電壓用穩定管	263
16.3.5.2. 直流電壓穩定用然納雙極管	264
16.3.5.3. 然納雙極管用於交流電壓之限制及穩定	266
16.3.5.4. 兩極管用於交流電壓之限制及穩定	266
16.3.5.5. 交流電壓限制用真空管	266
16.3.5.6. 交流電壓限制之其他方法	267
參考文獻	268
13.3.6. 放大線路	268
16.3.6.1. 放大線路之原理及功用	268
16.3.6.2. 放大器中真空管及電晶體之主要特性比較	269
16.3.6.3. 放大分級之耦合	271
16.3.6.3.1. 電容電阻耦合(CW耦合)	271
16.3.6.3.2. 振盪電路耦合及帶通濾波器耦合	274
16.3.6.3.3. 變壓器耦合	275
16.3.6.4. 放大器分級之控制範圍及提供之功率	275
16.3.6.4.1. 反步調分級	276
16.3.6.5. 反饋耦合	278
16.3.6.5.1. 順向耦合	278
16.3.6.5.2. 振盪發生	278
16.3.6.5.3. 反向耦合	278
16.3.6.5.4. 陰極耦合器及分相器	281
16.3.6.5.5. 反饋耦合之穩定性	282
16.3.6.6. 差異放大器	282
16.3.6.6.1. 對稱差異放大器	283
16.3.6.6.2. 非對稱差異放大器	283
16.3.6.7. 直流電壓放大器	284
16.3.6.7.1. 真直流電壓放大器	284

16.3.6.7.2. 似直流電壓放大器	285
16.3.6.8. 放大器能源	285
16.3.6.8.1. 電壓振盪，干擾電壓，電壓波性	285
16.3.6.8.2. 內電阻及對耦合	285
16.3.6.8.3. 穩定電壓源	286
16.3.6.8.4. 分電壓之調整	286
16.3.6.8.5. 起輝線路	286
參考文獻	286
16.3.7. 經由閘流管控制電流—可控制之矽電池	289
16.3.7.1. 經由閘流管控制電流	289
16.3.7.1.1. 閘流管之主要性能	289
16.3.7.1.2. 閘流管之控制	290
16.3.7.1.3. 閘流管之作用	292
16.3.7.2. 經由可控制之矽電池控制電流	293
參考文獻	293
16.3.8. 控制線路	294
16.3.8.1. 使用真空管之電子穩定網路儀器	294
16.3.8.2. 使用電晶體之電子穩定網路儀器	295
參考文獻	297
16.3.9. 電波干擾	298
16.3.9.1. 電波干擾之發生	298
16.3.9.1.1. 脈衝干擾（接觸干擾）	298
16.3.9.1.2. 輻射干擾	298
16.3.9.2. 干擾防止原理	299
16.3.9.2.1. 脈衝干擾（接觸干擾）	299
16.3.9.2.2. 輻射干擾	300
參考文獻	300
16.3.10. 多諧振動器	300
16.3.10.1. 概述	300
16.3.10.2. 變動多諧振動線路	301
16.3.10.3. 雙穩定多諧振動器	302
16.3.10.4. 許米特觸發器	304
16.3.10.5. 單穩定多諧振動器	304

16.3.10.6. 不穩定多諧振動器	304
16.3.10.7. 電晶體, 鐵心, 酷寒體—多諧振動器	305
參考文獻	306
16.3.11. 類比計算法	306
參考文獻	309
16.3.12. 數字計算法	309
16.3.12.1. 數字線路	309
16.3.12.2. 數字表示	312
16.3.12.3. 數字類比及類比數字轉換	314
16.3.12.3.1. 數字—類比轉換 (D - A 轉換)	314
16.3.12.3.2. 類比—數字 A - D 轉換	315
16.3.12.3.3. 數字—類比及類比數字轉換之時間線路	317
16.3.12.3.4. 轉換品質	318
16.3.12.4. 數字計算法之原理	318
16.4. 電量計量	324
16.4.1. 概述	324
16.4.2. 直流及交流電壓計量	325
16.4.2.1. 直流計量	325
16.4.2.1.1. 扭轉線圈量器	325
16.4.2.1.2. 扭轉磁鐵量器	325
16.4.2.1.3. 扭轉鐵心電流量計	327
16.4.2.2. 直流高壓計量	328
16.4.2.2.1. 靜電量器	328
16.4.2.2.2. 有前電阻之扭轉線圈量器	328
16.4.2.2.3. 有前電阻應用扭轉鐵心儀器之電壓量計	329
16.4.2.3. 補償線路	329
16.4.2.4. 使用真空管電壓量計計量直流電壓	330
16.4.2.5. 數字電壓量計	330
16.4.3. 交流電流及交流電壓之計量	331
16.4.3.1. 交流電流量器	332
16.4.3.1.1. 扭轉鐵心電流量計	332
16.4.3.1.2. 力測電流量計	332

16.4.3.1.3. 使用熱電轉換器及扭轉線圈量器計量交流電流	333
16.4.3.1.4. 使用整流器及扭轉線圈量器之交流電流計量方法	334
16.4.3.1.5. 大量流計量	334
16.4.3.2. 交流電壓計量	334
16.4.4. 量器之技術資料	337
16.4.4.1. 量器特性標誌及等級	337
16.4.5. 電功率及電能之計量	342
16.4.5.1. 有效功率之計量	342
16.4.5.2. 無功功率量計	343
16.4.5.3. 電能計量	343
16.4.6. 電阻計量	344
16.4.7. 電感及電容計量	345
16.4.7.1. 共振法	345
16.4.7.2. 電橋法	346
16.4.8. 頻率計量	346
16.4.8.1. 使用維恩—羅賓遜電橋計量頻率	346
16.4.8.2. 經由共振系作頻率計量	347
16.4.8.3. 使用頻率比較法作頻率計量	348
16.4.8.4. 使用電容器荷電法作頻率計量	349
16.4.8.5. 應用數字頻率量計作頻率計量	349
16.4.9. 應用示波器計量	349
16.4.9.1. 電子射線示波器	350
16.4.9.2. 光線示波器	351
16.4.10. 記錄量計	352
16.4.10.1. 非自擴式描繪器	352
16.4.10.2. 自擴式描繪器	353
參考文獻	353

符號說明 (此表係前回第 1.1 表之補充)

A_w	始端路線 起始路徑。	P_N	數額功率
b	帶寬 頻帶或波路寬度。	P_w	真實功率
C	熱導出係數 導熱係數	p	極偶

E	電源電壓 電勢	R_A	初始電阻
E_w	末端路線	R_C	電容阻力
E_P	化學能量	R_s	外表阻力
G_L	誘導值	R_m	磁氣阻力
G_C	電容導值導	S	過濾因素，延遲，穩定因素，信號
L_R	散佈感應	t	
M_L	終結能率	U_m	電壓頂端值，磁氣電壓下降
M_I	輸入能率	U_R	
V, v	擴大，擴大因素	ϱ	比電阻，共振超高值
Z	波動阻力	τ	時間常數
α	熱傳導係數，溫度係數	φ	波相變動
ε	比傳導值		

16.1. 電氣工程基本概念

16.1.1. 電 壓

電壓可分為兩種狀態，一種為電勢 E （以前用 EMK 表示），另一種為電壓降或電位差 U 。

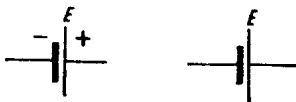


圖 16.1 電勢表示法

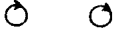
含電勢之處為電源。電勢之產生方式有多種：如感應（參閱第 16.1.10.2 節），化學效應（參考 16.1.5 節），熱效應（參考第 16.1.5 節），光效應（參考第 16.1.5 節），藉壓力作用之電荷位移（參考第 17 節），藉感應作用使電荷分離，以及機械式電荷運動等。電勢表示法如圖 16.1 所示（電氣工程之單位參閱第 1.3.4.2.7 節）。

在一電路中，如電流流經一電阻，則在此電阻上產生一電壓降，且電壓降與電勢相等，

$$E = U \quad (16.1)$$

由是，在一電路中之電勢總和等於在電阻上之電壓降下之總和，

$$\Sigma E = \Sigma U .$$



於此之方向關係應相加，同時對 E 與 U 應使用同樣之計算方向。（參閱第 16.3.1.1 節）。

作精確測定之電源，須使用標準電池，此電池在無負荷狀態下，具有極穩定之電壓，且近乎不受溫度變化之影響。

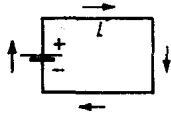


圖 16.2. 通路
L 為導線

16.1.2. 電流、電流密度、電量

電流之產生，是由於電荷受電壓之作用而流動。

電荷載體分為兩類：最常出現者為帶負電荷之電子及可能帶正或負電荷之離子（參閱第 16.1.5 節）。

在一電路中如無其他另外分支電路，則在此電路中任何位置之電流強度皆為相等包括經過電源在內（圖 16.2）。習慣上，以電子在導體中流動之相反方向，表示電流方向。

電流強度產生之效應：

1. 熱量（參閱第 16.1.5 節）
2. 磁場（參閱第 16.1.9.5 節）
3. 由離子傳導形成之質量移動（參閱第 16.1.5 節）

在一導體內任何位置之電流強度 I 為在一定時間中流經該處之電量 Q ，除以經過之時間 t ，

$$\text{即 } I = \frac{Q}{t} \quad \frac{I}{A} \quad \frac{Q}{C, As} \quad \frac{t}{s} \quad (16.2)$$

今如以時間之變化量表示，則為

$$I = \frac{dQ}{dt} .$$

電流強度 I 除以導線截面積 A ，所得值為電流密度 S ，

$$S = \frac{I}{A} . \quad \frac{I}{A} \quad \frac{A}{\text{mm}^2} \quad \frac{S}{A/\text{mm}^2} \quad (16.3)$$

例題：一直徑為 1 mm 之導線，設所傳導之電流強度為 0.1 A，則其電流密度為