

近代无线电中的 场与波

美国拉姆齐著
北京人民邮电出版社

人民邮电出版社

近代無綫电中的場与波

美国 拉姆·惠勒 著

張世璜 蕭篤墀等譯

人民郵電出版社

Simon Ramo and John R. Whinnery
Fields and Waves
in
Modern Radio

近代無線電中的場与波

原著者：美国 拉 姆·惠 勒
譯 者：張 世 璣 簫 篤 堉 等
出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四 6 条 13 号

(北京市書刊出版業營業群登記出字第〇四八号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂
發行者：新 華 書 店

| | |
|--------------------|------------------------|
| 开本 350×1168 1/32 | 1958 年 10 月北京第一版 |
| 印張 18 总頁數 292 插頁 4 | 1958 年 10 月北京第一次印刷 |
| 印刷字數 508,000 字 | 統一書号：15045·总 820—第 211 |
| 印數 1—2,700 册 | 定 价：(10) 3.40 元 |

內 容 介 紹

本書是根据美国拉姆与惠勒(Simon Ramo and John R. Whinnery)所著“近代無線电中的場与波”(Fields and Waves in Modern Radio)1953年第二版翻譯的。原書分为十二章，比較全面和深入地介紹了电磁場和电磁波的知識。本書的叙述方法是由淺入深，并配有适当的習題，和無線电專業学生的程度是銜接的，适合于一年級研究生學習之用。

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. 振盪与波的基础 | 1 |
| 1.01 导言 | 1 |
| 作为振盪系統示例的簡單电路 | 1 |
| 1.02 在理想的簡單电路內的自由振盪 | 1 |
| 1.03 用假設的級数来求解微分方程 | 3 |
| 1.04 用假設的正弦函数来求解微分方程 | 5 |
| 1.05 由假設的指数函数求解微分方程 | 6 |
| 1.06 具有損耗的固有振盪——近似法 | 8 |
| 1.07 有損耗的电路方程的准确解 | 10 |
| 1.08 在一个理想 $L-C$ 电路內的强迫振盪 | 11 |
| 1.09 諧振时的近似輸入阻抗 | 13 |
| 1.10 諧振点附近的近似輸入阻抗 | 14 |
| 复指数的应用 | 15 |
| 1.11 用复指数求解电路微分方程 | 15 |
| 1.12 复指数在功率計算中的应用 | 17 |
| 傅里叶級数 | 19 |
| 1.13 週期性函数的傅里叶級数 | 19 |
| 1.14 矩形电压波的傅里叶分析 | 21 |
| 1.15 用傅里叶級数代表在一定間隔內的函数 | 22 |
| 作为波系統列子的均匀傳輸綫 | 24 |
| 1.16 理想傳輸綫 | 24 |
| 1.17 波动方程的解 | 26 |
| 1.18 在理想傳輸綫上的电压和电流的关系 | 27 |
| 1.19 在不連續点的反射和傳播 | 28 |
| 1.20 某些簡單的行波問題 | 29 |
| 1.21 加上正弦电压的理想綫 | 31 |
| 1.22 駐波比 | 33 |

| | | |
|-----------|---------------------|-----------|
| 1.23 | 史密斯傳輸綫圖 | 35 |
| 1.24 | 有損耗的傳輸綫 | 39 |
| 1.25 | 理想傳輸綫上的純駐波 | 43 |
| 1.26 | 低損耗傳輸綫的物理近似法 | 45 |
| 1.27 | 波的傳播速度 | 48 |
| 1.28 | 用固有波型来分析傳輸綫 | 50 |
| 2. | 靜态電場和穩态磁場方程 | 52 |
| 2.01 | 導管 | 52 |
| | 靜電場 | 54 |
| 2.02 | 靜電場問題 | 54 |
| 2.03 | 電荷間的力 | 54 |
| 2.04 | 靜電單位制 | 55 |
| 2.05 | 有理化米·千克·秒單位制 | 56 |
| 2.06 | 電場強度 | 57 |
| 2.07 | 電通量密度 | 59 |
| 2.08 | 高斯定律 | 60 |
| 2.09 | 应用高斯定律的例題 | 61 |
| 2.10 | 面積分和體積分; 用矢量表示的高斯定律 | 64 |
| 2.11 | 矢量的標積或點積 | 65 |
| 2.12 | 通量管 | 67 |
| 2.13 | 靜電場的散度 | 69 |
| 2.14 | 散度定理 | 72 |
| 2.15 | 電場的守恒性 | 73 |
| 2.16 | 靜電位 | 74 |
| 2.17 | 梯度 | 77 |
| 2.18 | 等位面 | 78 |
| 2.19 | 靜電學中的導體邊界 | 79 |
| 2.20 | 靜電學中的電介質邊界 | 80 |
| 2.21 | 鏡像的应用 | 81 |
| 2.22 | 拉普拉斯方程和泊松方程 | 84 |
| 2.23 | 靜電系的能量 | 86 |
| | 靜磁場 | 88 |

| | | |
|-------------------|----------------------|-----|
| 2.24 | 磁場的概念 | 88 |
| 2.25 | 兩矢量的矢積或叉積 | 90 |
| 2.26 | 安培定律; 圓環軸綫上的磁場 | 91 |
| 2.27 | 磁場的量的單位 | 93 |
| 2.28 | 磁場強度的綫積分 | 94 |
| 2.29 | 帶電流的長導綫周圍或同軸導綫間的磁場 | 96 |
| 2.30 | 矢量場的旋度 | 97 |
| 2.31 | 斯托克斯定理 | 100 |
| 2.32 | 矢量磁位; 平行導綫所產生的磁場 | 101 |
| 2.33 | 磁場的散度 | 103 |
| 2.34 | 矢量磁位的微分方程 | 104 |
| 2.35 | 磁場定律的推演的概要 | 105 |
| 2.36 | 靜磁場的能量 | 108 |
| 坐标系和向量关系 | | 109 |
| 2.37 | 直角坐标系、柱面坐标系和球面坐标系 | 109 |
| 2.38 | 广义曲綫坐标 | 111 |
| 2.39 | 有用的向量关系摘要 | 114 |
| 3. | 靜态場問題的解答 | 117 |
| 应用微分方程解答場的問題的基本考虑 | | 117 |
| 3.01 | 导言 | 117 |
| 3.02 | 由拉普拉斯方程决定的分佈問題 | 118 |
| 3.03 | 解答的唯一性 | 119 |
| 3.04 | 簡單例題: 含有兩個介質的同軸圓柱內的場 | 121 |
| 場的圓形描繪 | | 123 |
| 3.05 | 場的圖形描繪原理 | 123 |
| 3.06 | 場的圖形描繪方法 | 125 |
| 3.07 | 从電場圖形得出的知識 | 127 |
| 保角變換的方法 | | 129 |
| 3.08 | 复函数理論的导論 | 129 |
| 3.09 | 复变数的解析函数的性質 | 132 |
| 3.10 | 冪函数; 导体轉角附近的場 | 135 |

| | | |
|-------------------------------|----------------------------|-----|
| 3.11 | 对数变换 | 136 |
| 3.12 | 反余弦变换 | 137 |
| 3.13 | 平行圆柱导体 | 140 |
| 3.14 | 应用于广义多边形的許瓦茲变换 | 143 |
| 以直角坐标、柱面坐标和球面坐标表示的变数分离方法与乘积解答 | | 147 |
| 3.15 | 乘积解答的方法 | 147 |
| 3.16 | 直諧函数 | 148 |
| 3.17 | 一項直諧函数描繪的場 | 151 |
| 3.18 | 直諧函数的級数所描繪的場 | 152 |
| 3.19 | 柱諧函数 | 154 |
| 3.20 | 柱諧函数所描繪的場 | 158 |
| 3.21 | 零阶貝塞耳函数: 实自变数 | 161 |
| 3.22 | J_0 和 N_0 的綫性組合: 汉格耳函数 | 163 |
| 3.23 | 零阶的貝塞耳函数: 虚自变数 | 164 |
| 3.24 | 高阶的貝塞耳函数 | 166 |
| 3.25 | 大自变数的貝塞耳函数的值 | 168 |
| 3.26 | 貝塞耳函数的导数 | 168 |
| 3.27 | 貝塞耳函数的循环公式 | 170 |
| 3.28 | 貝塞耳函数的积分 | 170 |
| 3.29 | 函数展开为貝塞耳函数的級数 | 171 |
| 3.30 | 用来作徑向匹配的柱諧函数的級数 | 172 |
| 3.31 | 球諧函数 | 175 |
| 3.32 | 当球界面上的电位給定时应用球諧函数的例子 | 176 |
| 3.33 | 当沿軸的場为已知用球諧函数表示場的展开式 | 178 |
| 4. | 麦克斯韋方程和高頻电位的概念 | 180 |
| 时变电磁現象的定律 | | 180 |
| 4.01 | 导言 | 180 |
| 4.02 | 由于改变磁場所感应的电压 | 181 |
| 4.03 | 电荷的連續性 | 182 |
| 4.04 | 位移电流的概念 | 184 |
| 4.05 | 电容器中的位移电流 | 184 |

| | | |
|-----------------------|------------------------|-----|
| 4.06 | 由運動電荷而產生的位移電流 | 185 |
| 4.07 | 用微分方程形式表示的麥克斯韋方程 | 187 |
| 4.08 | 大尺度形式的麥克斯韋方程 | 189 |
| 4.09 | 在週期性情形下的麥克斯韋方程 | 190 |
| 4.10 | 電磁量的其他單位制 | 193 |
| 時變系統的邊界條件 | | 195 |
| 4.11 | 場的切向分量在分界面的連續性條件 | 195 |
| 4.12 | 場的垂直分量在分界面的連續性條件 | 196 |
| 4.13 | 完純導體的邊界條件 | 197 |
| 4.14 | 邊界條件對時變場問題的应用 | 199 |
| 對變動電荷和變動電流所用的位 | | 200 |
| 4.15 | 時變場的一組可能的位函數 | 200 |
| 4.16 | 表為電荷和電流的積分的推遲位 | 203 |
| 4.17 | 在週期性時變情形下的推遲位 | 205 |
| 4.18 | 電壓和電位差的比較 | 207 |
| 4.19 | 在幾種坐標系中的麥克斯韋方程 | 209 |
| 5. | 電路概念及其從電磁場方程的推導 | 211 |
| 5.01 | 導言 | 211 |
| 依據麥氏方程形成的電路概念 | | 212 |
| 5.02 | 基爾霍夫第一定律 | 212 |
| 5.03 | 外加場和合成電流密度 | 213 |
| 5.04 | 外加電壓和電路關係：基爾霍夫第二定律 | 215 |
| 直流電路和低頻電路的概念 | | 217 |
| 5.05 | 對直流電路的基爾霍夫第二定律 | 217 |
| 5.06 | 在低頻時的內阻抗上的電壓降 | 218 |
| 5.07 | 在低頻時電感上的電壓降 | 219 |
| 5.08 | 在低頻時電容上的電壓降 | 221 |
| 5.09 | 對多網孔電路和分佈常數電路的推廣 | 223 |
| 5.10 | 低頻電路的相互耦合 | 224 |
| 高頻電路或大尺寸電路的概念 | | 226 |
| 5.11 | 電感概念的推廣 | 226 |

| | | |
|-----------|---------------------------|------------|
| 5.12 | 电路的辐射电阻 | 228 |
| 5.13 | 电路概念的应用范例——大尺寸的电感电路 | 229 |
| 5.14 | 在高频时电路方程中其他各项的修正 | 230 |
| 5.15 | 讨论大尺寸电路的正确方法的考虑 | 231 |
| 5.16 | 防止辐射的自闭式电路 | 232 |
| 6. | 趋肤效应和电路阻抗元件 | 233 |
| 6.01 | 导言 | 233 |
| | 趋肤效应和导体的内阻抗 | 234 |
| 6.02 | 趋肤效应在阻抗计算上的重要性 | 234 |
| 6.03 | 麦克斯韦方程应用在良导体的特别情形 | 236 |
| 6.04 | 决定导体内电流分佈的方程 | 238 |
| 6.05 | 平板导体内的电流分佈; 穿透深度 | 239 |
| 6.06 | 平面导体的内阻抗 | 242 |
| 6.07 | 平面导体中的功率损失 | 243 |
| 6.08 | 在圆截面导线内的电流分佈 | 244 |
| 6.09 | 在很高或很低频率时的圆导线的阻抗 | 247 |
| 6.10 | 在一般情形下的圆导线内阻抗 | 248 |
| 6.11 | 敷料导体的阻抗 | 251 |
| 6.12 | 薄壁管状导体的阻抗 | 254 |
| | 电感的计算 | 256 |
| 6.13 | 根据磁通链计算的电感; 同轴线的自感 | 256 |
| 6.14 | 根据能量储积计算的电感; 圆线的内电感 | 257 |
| 6.15 | 从矢位求互感的方法 | 258 |
| 6.16 | 诺埃曼公式; 同轴环间的互感 | 259 |
| 6.17 | 从磁通匝链数计算互感 | 261 |
| 6.18 | 由选择互感计算自感; 圆环的电感 | 262 |
| 6.19 | 实际线圈的电感 | 263 |
| | 自电容和互电容 | 265 |
| 6.20 | 电位、电容和感应系数 | 265 |
| 6.21 | 等效电路中的电容元素 | 267 |
| 6.22 | 静电屏蔽 | 267 |

| | |
|------------------------------|------------|
| 6.23 例題：三極管的極間電容 | 269 |
| 7. 電磁波的傳播與反射 | 272 |
| 7.01 導言 | 272 |
| 沒有邊界的區域中的電磁波 | 274 |
| 7.02 波動方程 | 274 |
| 7.03 表示電磁場中的能量關係的坡印廷定理 | 276 |
| 7.04 在完純介質中的均勻平面波 | 279 |
| 7.05 正弦形式的均勻平面波 | 282 |
| 7.06 偏振 | 284 |
| 波從導體和介質的反射 | 286 |
| 7.07 垂直入射平面波從完純導體的反射 | 286 |
| 7.08 波的傳播的傳輸綫相似性，阻抗的概念 | 288 |
| 7.09 波向完純介質的垂直入射 | 291 |
| 7.10 有幾個介質時的反射問題 | 293 |
| 7.11 以任意角度對完純導體的入射 | 295 |
| 7.12 斜射時波的相速與阻抗 | 299 |
| 7.13 以任意角度對完純介質的入射 | 301 |
| 7.14 全反射 | 304 |
| 7.15 偏振角 | 306 |
| 7.16 在多介質邊界上的斜射 | 307 |
| 非完純導體和非完純介質中的波 | 308 |
| 7.17 導體中的波 | 308 |
| 7.18 不完純導體中的波 | 309 |
| 7.19 不完純介質 | 311 |
| 7.20 不完純介質中的波 | 313 |
| 7.21 不良導體的性質和分類 | 314 |
| 7.22 從良導體上消除波的反射 | 315 |
| 8. 導行電磁波 | 317 |
| 8.01 導言 | 317 |
| 8.02 沿均勻系統的波的基本方程 | 318 |
| 8.03 基本的波型 | 320 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 由平行平面导行的簡單波 | 321 |
| 8.04 由理想平行平面导体引导的 TEM 波 | 321 |
| 8.05 在有損耗的平行平面間的 TEM 波; 物理近似 | 323 |
| 8.06 在有損耗的平行平面間的 TEM 波; 数学近似 | 325 |
| 8.07 平行平面間的橫磁波 | 328 |
| 8.08 橫磁波的物理討論 | 331 |
| 8.09 損耗对平面間的 TM 波的作用 | 333 |
| 8.10 平行平面間的橫电波 | 336 |
| 导行波的一般分析 | 338 |
| 8.11 橫电磁波或傳輸綫波 | 338 |
| 8.12 沿不完純导綫傳播的傳輸綫波 | 342 |
| 8.13 橫磁波 | 346 |
| 8.14 橫电波 | 353 |
| 8.15 直角坐标中的一般波型 | 357 |
| 8.16 柱面坐标中的一般波型 | 358 |
| 8.17 波的一般性質的比較和各种波型的物理解釋 | 360 |
| 9. 常用波导和傳輸綫的特性 | 364 |
| 常用傳輸綫 | 364 |
| 9.01 同軸綫, 平行导綫傳輸綫, 屏蔽式二綫傳輸綫 | 364 |
| 9.02 同軸綫——高次波 | 365 |
| 常用波导 | 367 |
| 9.03 長方形波导 | 367 |
| 9.04 長方形波导中的 TE_{10} 波 | 371 |
| 9.05 圓形截面的波导 | 376 |
| 9.06 波导中波的激励和接收 | 381 |
| 9.07 簡單的傳輸綫方法对波导的应用 | 384 |
| 9.08 接近截止情况以及頻率低于截止情况时的波 | 387 |
| 其他的波的导行系統 | 390 |
| 9.09 由介質薄層或介質桿形成的波导 | 390 |
| 9.10 由一个單独的圓柱形导体导行的波 | 395 |
| 9.11 徑向傳輸綫 | 397 |

| | | |
|------------|--------------------|------------|
| 9.12 | 徑向傳輸綫的圓周波型; 扇形喇叭 | 403 |
| 9.13 | 對偶性波在傾斜平面之間的傳播 | 406 |
| 9.14 | 由圓錐系統導行的波 | 408 |
| 9.15 | 凹形波導 | 411 |
| 9.16 | 理想的螺旋與其他的慢行波結構 | 412 |
| 10. | 空腔諧振器 | 416 |
| 10.01 | 導言 | 416 |
| | 空腔諧振器的基本概念 | 417 |
| 10.02 | 諧振傳輸綫作為空腔諧振器 | 417 |
| 10.03 | 空腔諧振器作為集總諧振電路的推廣 | 418 |
| 10.04 | 根據波反射觀點來討論的空腔諧振器 | 419 |
| | 形狀簡單的諧振器 | 422 |
| 10.05 | 簡單長方形諧振器的場 | 422 |
| 10.06 | 簡單諧振器的能量儲藏、損耗與 Q | 424 |
| 10.07 | 長方形諧振器中的其他波型 | 426 |
| 10.08 | 圓柱形諧振器 | 429 |
| 10.09 | 以球面坐標表示的波解答 | 432 |
| 10.10 | 球形諧振器 | 436 |
| | 小間隙的空腔與耦合 | 436 |
| 10.11 | 小間隙空腔 | 439 |
| 10.12 | 對空腔的耦合 | 441 |
| 10.13 | 理想空腔的微小扰动 | 445 |
| 11. | 微波網絡 | 447 |
| 11.01 | 導言 | 447 |
| | 定義和網絡定理 | 448 |
| 11.02 | 微波網絡的定義 | 448 |
| 11.03 | 波導中的電壓、電流和阻抗 | 450 |
| 11.04 | 網絡的形成 | 452 |
| 11.05 | 倒易性 | 454 |
| | 波導接合與空腔耦合 | 456 |
| 11.06 | 兩組端偶的等效電路 | 456 |

| | | |
|-----------------|------------------|-----|
| 11.07 | 应用测定求接合参数的方法 | 458 |
| 11.08 | 传输参数与级联网络 | 461 |
| 11.09 | 一组端口的性质 | 465 |
| 11.10 | 有一个单独输入的空腔的等效电路 | 467 |
| 11.11 | 空腔等效电路的例子 | 473 |
| 11.12 | 含有两个或更多的耦合波导的空腔 | 476 |
| 簡單的不連續与解析方法 | | 478 |
| 11.13 | 传输线与波导中的簡單不連續 | 478 |
| 11.14 | 理論方法 | 482 |
| 12. | 輻射 | 486 |
| 12.01 | 輻射工程学問題 | 486 |
| 12.02 | 一些实际輻射系的型式 | 488 |
| 12.03 | 輻射的物理概念 | 492 |
| 12.04 | 波的輻射观念 | 494 |
| 假定天綫电流以計算場和功率 | | 497 |
| 12.05 | 小电流元或偶極子天綫 | 497 |
| 12.06 | 長直天綫 | 500 |
| 12.07 | 半波偶極子; 天綫增益 | 503 |
| 12.08 | 完純地面上的天綫 | 505 |
| 12.09 | 坡印廷計算的系統化 | 506 |
| 12.10 | 直导綫上的行波 | 509 |
| 12.11 | 小圓环形天綫 | 511 |
| 12.12 | 感应电动势法 | 512 |
| 元陣 | | 514 |
| 12.13 | 效应的疊加和相互作用 | 514 |
| 12.14 | 例題: 二半波偶極子組成的天綫陣 | 516 |
| 12.15 | 菱形天綫 | 518 |
| 12.16 | 直綫式天綫陣 | 521 |
| 12.17 | 方向性的限制 | 526 |
| 由假定的表面場分佈計算場与功率 | | 528 |
| 12.18 | 用等效电流表示的公式 | 528 |

| | | |
|-----------------|-------------|-----|
| 12.19 | 平面波源的元素 | 532 |
| 12.20 | 圓形孔徑或拋物面反射器 | 534 |
| 12.21 | 諧振隙縫天綫 | 536 |
| 12.22 | 電磁喇叭 | 538 |
| 由邊界值問題的近似解求天綫阻抗 | | 540 |
| 12.23 | 球形天綫 | 540 |
| 12.24 | 近似球體天綫 | 547 |
| 12.25 | 雙圓錐天綫 | 550 |
| 12.26 | 一般形狀的細偶極子天綫 | 557 |
| 接收天綫及倒易定理 | | 560 |
| 12.27 | 發射——接收系統 | 560 |
| 12.28 | 倒易關係 | 563 |
| 12.29 | 接收天綫的等效電路 | 566 |

1. 振盪与波的基础

1.01 导言

本書專門討論电磁学，特别是关于电磁振盪和电磁波方面。为了認真的研究，在介紹电学和磁学定律以前，必須談一下电磁振盪和电磁波所用到的一些概念和数学。这些概念和数学可用簡單的电路和普通的均匀傳輸綫作为例子来講清楚。这样做的目的并不是想闡明电路和傳輸綫的理論，尽管这两方面的理論佔了本書的大部分。本章的目的在于說明（对于某些讀者来說是复習）关于振盪和波的观点，这种观点是研究本書其余各章所需要的，具体地說，我們的目的是：

1. 清楚地說明振盪系統內的能量关系。
2. 为以后与空腔諧振器比較起見，指出振盪系統的能量性質与頻帶寬度、阻抗等的关系。
3. 明确波的概念，特别是关于相速、反射和特性阻抗的性質。
4. 为以后与在空間中的和在波导內的波的性質比較起見，用通常的分佈常数方法来指出傳輸綫的一般性質。
5. 講解或复習用以研究全書內振盪和波所需要的一些基本数学。
6. 根据現象的物理形象提出各种近似的分析方法，以便可以应用到以后更困难的問題上。

作为振盪系統示例的簡單电路

1.02 在理想的簡單电路內的自由振盪

我們从最簡單的、可能的振盪电路开始，就是將一个理想的电容器跨接到一个理想的电感上。首先考虑自由振盪：假設在某一瞬时将一些能量加到这个电路內（例如，將电荷放到电容器上），并假定从那时起电路与外界就沒有連系了。能量可能以两种形式儲藏在这个系

統內：

1. 在電感內的磁能。它可以看做是和力學上的動能相似，並具有下列數值

$$U_L = \frac{1}{2} LI^2 \quad (1)$$

式中 I 是通過電感 L 的電流。

2. 在電容器內的電能。它可以看做是和力學上的位能相似，並具有下列數值

$$U_C = \frac{1}{2} CV^2 \quad (2)$$

式中 V 是跨在電容器 C 上的電壓。

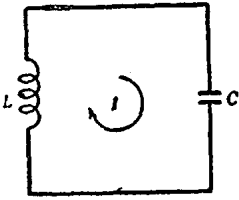


圖 1.02

電容器內有能量就意味着電容器兩極間有電壓，因此產生電流以及電感所儲藏的磁能的變率。同樣，磁能的存在意味着在電感內有電流通過，結果產生電壓以及電容器所儲藏的電能的變率。因為一種形式能量的存在需要另一種形式的能量發生相應的變率，於是就獲得了我們所期望的電磁振盪。因為振盪系統與外界沒有連接，且假定為沒有損耗的理想狀況，所以在這個系統內的全部能量必須為一常數，即在所有的瞬時，能量都是相同的。

在深入到純粹物理的推理以前，讓我們寫出表示電路內瞬時電流的公式。根據基爾霍夫定律，感應電壓 $L \frac{dI}{dt}$ 與電容電壓 $\frac{q}{C}$ 的和必須為零：

$$L \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} \int I dt = 0 \quad (3)$$

如果將上述方程對時間取導數，則它成為一個真實的微分方程。

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + \frac{1}{C} I = 0$$

或

$$\frac{d^2 I}{dt^2} = -\frac{I}{LC} \quad (4)$$

微分方程 (4) 常稱為簡諧運動方程。這個方程可能是所有微分方程中最簡單和最普通的式子，讀者可能對這個方程非常地熟悉，以致會