

## 單位革命 (Unit Revolution)



文 / 總編輯 陽毅平

聖經創世紀的第一句話是：起初，神創造天地。於是，宇宙中開始有了時間——起初、空間——天、與物質——地。工程是人類模仿自然發揮創造力的結果，也是人類發現自然奧秘的過程；工程的單位提供給工程師一個共同的語言及統一的標準，幫助彼此溝通，並用來比較實驗與測量的結果。大家對長度、質量、與時間已經有直接的感覺，因為這些物理量都看得到、摸得到、感覺得到，而且人類喜歡用自然界已經存在的事實，定出工程的單位，例如，最早被使用的單位是「日」，一個白天加一個晚上，就叫做一日。

在機械工程領域中，比較不容易理解的單位是牛頓(Newton)，因為他是科學家的名字，但是如果你說：你拿一個大約十公斤的東西，感覺一下那股力道，就很容易知道一牛頓可以推動多重的物體。但是在電機工程的領域，許多單位就抽象多了，例如，甚麼叫做一歐姆的電阻？誰可以看到歐姆？為何電流單位要叫做安培？為何電壓單位要叫做伏特？一伏特的電壓有多大？一安培的電流有多強？如何使用容易理解的長度、質量、與時間，定義這些抽象的電學單位？這些問題在 19 世紀曾經引起一連串轟轟烈烈的「單位革命」。

1832 年，德國數學家 Gauss 提出「絕對單位」的概念：在決定任何實用的基本單位時，必須與其他物理基本單位有互相參照之關係。1843 年，Wheatstone 教授提出標準電阻，他以重 100 喱 (6.48 公克) 1 英尺的銅為所有電阻的共同標準，當時的科學家也開始思考應用長度、質量、時間的基本單位，延伸定義出抽象的電學單位。第一次英協委員(British Association Committee)於 1862 年定下電學單位制定的原則：電池的單位電動勢 (electromotive force, emf) 要在單位電阻上產生單位電流強度，在單位時間中送出單位電量，並作單位的功。那時德國的 Weber 和 Gauss 都提出了他們的絕對電學單位，最後 Kirchhoff 和 Siemens 認為 Weber 提出的單位較佳，也認為應該用水銀體積作為單位電阻的標準。1861

年，Sir Charles Bright 和 Mr Latimer Clark 曾提議用科學家的名字作為單位的名稱：電流單位用 galvat、電動勢單位用 ohma、電量用 farad、電阻用 volt；另一位學者 Varley 卻提議：電動勢用 galvad、電阻用 ohmad、電流用 voltad、電量用 farad，但遭到 Fleeming Jenkin 教授的強烈反對。1864 年，第三次英協委員會首先確認了用 ohmad 為電阻單位，後來縮寫成 ohm；次年，標準 ohm 單位用鉑銀合金繞線製造完成，Faraday 是代表英國皇家學院的第一位買主。然而，到了 1881 年，各國電學單位仍然一片混亂，不同的電流單位就有 10 個，不同的電壓單位就有 12 個，電阻單位多達 15 個[1]。

1881 年 9 月 15 日到 10 月 19 日，第一次國際電學會議在巴黎召開，那時的國際會議開得真長，有幾位關鍵學者先在私下會議中，協議出兩個實用的單位：ohm 和 volt，這幾位學者包括英國的 Lord Kelvin, William Siemens, 及德國的 Helmholtz, Clausius, Kirchhoff, Wiedemann, Werner Siemens。最後在大會上通過 ohm, volt, ampere, coulomb, farad 五個單位，並定義單位 volt 在單位 ohm 上產生的電流是單位 ampere，單位 ampere 在每秒產生的電量為單位 coulomb，而單位 coulomb 產生單位 volt 的電量為單位 farad。這些單位的制定是為了紀念建立電動力學基礎的 Ampere、電靜力學基礎的 Coulomb、及電學之父 Faraday。三年後，定出單位 ohm 是在攝氏零度下、長 106 公分、截面 1 毫米平方的水銀的電阻，1889 年在巴黎再次召開國際電學會議時，又定出了單位功的單位為焦耳(joule)、單位功率瓦特(watt)為每秒產生的焦耳[2]。

如今，我們對於這些電學基本單位耳熟能詳，主要原因是我們每天都會用到「他們」，我們也可以知道，這些抽象電學單位在看得到的機械運動上會產生多大的作用。例如：我們使用一個 1000 瓦的馬達，可以讓一輛 100 公斤重的電動摩托車，載一個 70 公斤的騎士，以每小時 60 公里的速度前進；也有人喜歡用馬力(horsepower)描述馬達的功率，如同一匹馬拉一輛車，往前奔馳前進的情境。我們在使用這些單位的同時，除了紀念這些偉大的科學家之外，也要感謝那些制訂共同單位的學者專家們，他們付出的時間與生命的代價。

### 參考資料

[1] P. Tunbridge, *Lord Kelvin: His Influence on Electrical Measurements and Units*, London, UK: Peter Peregrinus, Ltd., 1991.

[2] A. E. Kennely, "Historical outline of the electric units," *J. Eng. Educ.*, Vol. 19, pp. 229-275, 1928.