



談談幾個改變世界的方程式(II)

● 傅俊結*

在上一期中，我們談到了牛頓的萬有引力公式及直角三角形的畢達哥拉斯定理的方程式。接下來我們繼續介紹兩個公式，這兩個方程式也可以說是改變世界的方程式。其中一個是馬克斯威爾方程式，另外一個是質能的互換公式。

電和磁這兩種現象在我們的周遭時時刻刻在發生。當我們按下插頭的開關時，電燈就亮了，這是電的現象。天空中的閃電也是電的現象。而磁的現象呢？當我們拿著磁鐵就可以感受得到了。或者，在手上拿一個指南針，我們可以發現，指針永遠指著同一個方向。不管人面對東南西北方，它指針永遠指著同一個方向，這就是磁的現象。這兩種自然現象當初被發現時，表面上看起來好像沒什麼關係。而且處理電的現象和磁的現象的數學工具還沒統一，蘇格蘭人馬克斯威爾憑藉著他的天縱英明推導出四個方程式，用這四個方程式可以把電和磁的現象統一在一個框架下面，用這個框架，可以解釋當時所有的電和磁的現象，因此也就有現在電磁學這門學問，而不需要再分開電和磁。馬克斯維爾的第一個方程式也被稱作高斯的電場定律，它是在處理只有電的現象的時候，也就是靜電，所需要滿足的方程式，它跟電流密度有關係。而第二個方程式，就是在處理只有磁場存在的現象，磁場所需要滿足的方程式，這個方程也被稱作高斯的磁場定律。高斯基本上是一個數學家，由這個例子也展現出，數學這個工具在物理上所發揮的重大作用，以及數學和物理在那個年代基本上是不分家的，一個厲害的數學家常常也是物理高手，高斯的學生黎曼也是其中一個。馬克斯威爾真正的天

* 傅俊結，南台科技大學電子工程系副教授。



才就表現在他的第三個跟第四個方程式，這兩個方程式基本上用來解釋當電和磁的現象有相互的交互作用時，所需要滿足的方程式。用文字的術語來說，就是電的變化會產生磁的現象，磁的變化會產生電的現象。這兩種現象，在當時已經被法拉第和安培用實驗證實發現了。只是說，這兩個科學家他們的數學能力沒有馬克斯威爾這麼好，所以，他們也就沒辦法推導出，現在所謂的馬克斯威爾電磁理論。可以這麼說，如果沒有馬克斯威爾的電磁理論，我們現在所生活的世界，所看到的世界，所感受到的世界，應該不會是現在這個樣子。因為所有的電器產品，基本上都不會出現。馬克斯威爾的工作，以現代的物理語言來講，就是統一場論的工作。統一場論是物理學家最後的夢想，就是想把自然界的四個基本作用力，強作用力，弱作用力，電磁力，和萬有引力統一在一個框架下，就像馬克斯威爾把電力和磁力統一在他的框架下。不過這個物理學家最後的夢想，到目前還沒有完全成功。有成功的，是把電磁力和弱作用力統一起來。

接下來我們所要講的就是質量和能量的互換公式。這個公式寫出來很簡單，任何一個國中的畢業生都看得懂。就是一個物質所蘊藏的能量會等於，這個物質的質量乘以光速的平方：

$$E = Mc^2$$

這裡的***E***表示能量，***M***表示所考慮物質的質量，***c***表示光速。光的速度是每秒 30 萬公里，把它平方之後，是一個更大的數字。所以，用這個質能互換的公式，我們也可以看出，即使是一個質量很小的物質，它本身所蘊含的能量也是非常巨大的，當這個巨大的能量，人類沒辦法友善的控制它的時候，基本上，可以說就是人類文明毀滅的開始。廣島長崎的原子彈爆炸，所產生對周遭環境的破壞，還有蘇聯車諾比爾核電廠的爆炸，我們都應該可以體會這個公式的恐怖。這個公式並不是愛因斯坦第一個提出來的，早在愛因斯坦用狹義相對論推導出這個公式之前，一個意大利人，叫做 **De Pretto**，早愛因斯坦兩年就發表過這個公式了。不過這個義大利人相信很多人應該都沒聽說過，他不是學術界的人，所以他不是數學家，也不是物理學家。講實際一點，他就是一個生意人，一個搞工業的，他也絕對不曉得，這個公式本身所具有的物理意義，以及它的重要性。也許，這就是所謂的高手在民間吧。雖然這個意大利人比愛因斯



坦提早兩年推導出這個公式，但是這個公式的真正意義，真正的內涵，只有把它跟特殊相對論聯繫起來，才能表現出來。事實上，簡單來說，這個質能互換公式就是狹義相對論的結論。而且，要推導出這個質能互換公式，只要憑藉著狹義相對論的一個基本假設，就是所有的物理定律，在羅倫茲的變化下是保持數學形式不變的，就可以推導出來，而不需要其他的一些假設。



