

電磁學的故事

你知道嗎？在當今的生活中，不論你走到哪裡，都身處於電磁的環境中，它不僅如影隨形地在我們身邊，同時也帶給我們生活的便利和科技的進步，想要了解它嗎？現在馬上帶你進入時光機器回溯到早期的電磁世界一探究竟。

■ 涂世雄
王雄正
蔡曜州



回到電磁的源頭

我們來到十六世紀的年代，尋找第一位對電磁進行有系統研究的人，他叫做吉爾伯特（William Gilbert），是近代電磁學的先驅。有一天他在家裡閒著沒事，就把磁石磨成球狀，然後把一個小磁針放在磁球上，發現磁針會轉動。他還發現把不同的物質互相磨擦後竟會吸引其它較小的物質。最後他提出電與磁是不相關的看法，然而他的結論真是對的嗎？

在一七四五年，有一位荷蘭萊頓大學教授馬森布洛克（Petrus van Musschenbroek），他發明了「萊頓瓶」，實際上就是一個普通的電容器，也是人類第一個儲電裝置。為什麼要提到他呢？因為沒有他的發明就沒有現在的電容器，在電學的發展過程中，這項發明是一個相當重要的關鍵。

一七〇六年美國波士頓城誕生了一位偉人富蘭克林（Benjamin Franklin），也是我們耳熟能詳的用風箏做實驗的奇人，他用萊頓瓶做的第一個重要實驗是發現了正電和負電。在一七五二年七月的某一天，費城下著傾盆大雨，富蘭克林與兒子做了舉世聞名的電風箏實驗，證明了天上的電與摩擦出來的電是一樣的。隨後他發明了避雷針，讓我們避免被雷電擊中。（據說此後有多位科學家為了重複他的實驗，都不幸被電死。）

看到這兒，也許你會覺得好像和電沒有很直接的關係，不要急，慢慢來，現在要介紹的這個人，不論是在數學、工程、物理等方面都有很好的成就，只要讀過國

中的人一定聽過他的名字，他就是庫倫（Charles Augustus Coulomb）。一七八五年他用自己設計製造的靈敏扭秤，證實了同性電荷間的斥力與它們之間的距離具有平方反比關係，並把電荷間作用力的關係稱為「庫倫定律」。

兩個男人的戰爭

前面提到的

吉爾伯特
（William Gilbert）



富蘭克林（Benjamin Franklin）

<http://libarts.wsu.edu/history/this-month/january.html>



庫倫（Charles Augustus Coulomb）

www.cs.vt.edu/~patroies/pev/travaux/coulomb/Image1.gif

這些研究成果都屬靜電領域，由於萊頓瓶不能穩定且長時間地供電，為了改善這種現象，「伏打電池」便應運而生，有趣的是，這一重大的科學發現，卻是在一個偶然的事件中所引發的，且讓我們來看看吧！

有一位義大利生理學家伽伐尼（Luigi Galvani）長期





www.bo.infn.it/galvani/

伽伐尼 (Luigi Galvani)

從事解剖學的研究，有一天在偶然中發現，放在起電機旁的一隻已解剖的青蛙，當用外科手術刀觸及蛙腳上外露的神經時，蛙腳就劇烈地抽搐，他對這一現象十分驚訝，經過十年的研究，他認為這是一種由動物本身生理現象所產生的電，稱為「動物電」。因此產生了一支新的科學——電生理學的研究，同時也開始帶動電流的研究，促使電池的發明。

伽伐尼的發現，引起了一陣研究旋風和討論，但有一位名叫伏打 (Alessandro Volta) 的物理學家卻不認同他的觀點，他在自己身上做了一個實驗，他用舌頭舔著一枚金幣和一枚銀幣，然後用導線把硬幣連接起來，就在連接的瞬間舌頭有發麻的感覺。這個實驗說明了，兩種不同的金屬接觸時會產生電，於是伏打把這種電稱為「接觸電」，從而引起了「動物電」和「接觸電」長達十年的爭論，被稱為「蛙腿論爭」，最後因為伏打做了一個只用金屬不用肌肉組織的實驗，照樣也能產生電流，使得「接觸電」的觀點占了上風。

後來伏打又製成了能產生持續電流的電源，並稱它是「人造發電器」。這就是最早的電池，史稱「伏打電堆」，也叫「伏打電池」。在伏打之前，人們只能應用摩擦發電機利用旋轉來發電，再將電存放在萊頓瓶中以供

使用，這種方式相當麻煩，所得的電量也受限制。伏打電池的發明改進了這些缺點，使得電的取得變成非常方便，後人還真的要好好地感謝他。

還記得文章最前面提到吉爾伯特發表電磁不相關的論點吧？真的是這樣嗎？想知道的話，讓我們再把時間拉近些。

電與磁的親密關係

一七七七年，一位名叫奧斯特 (H.C. Oersted) 的人，出生於一個藥劑師家庭，後來到德國和法國遊學時，在上天造萬物必有其關係的哲學洗禮下，他堅信電現象和磁現象有著共同的根源。一八二〇年，奧斯特主持一個電磁的講座，當天晚上他正在講課時突然靈感一來：「如果將通電導線與磁針平行排列，磁針會有怎樣的反應？」結果小磁針會擺動，當改變電流方向時，發現小磁針會向相反方向偏轉，此一現象說明了電流方向與磁針轉動之間有著某種關聯，於是在一八二〇年七月二十一日向科學界宣布了電流的磁效應。他證明了電與磁之間是有關係的，也揭開了電磁學的序幕。後來人們為了紀念他，就把磁場強度的單位以「奧斯特」命名。

於是包括安培 (Andre Marie Ampere) 在內的法國科學家們如夢方醒，才知道他們錯誤地信奉了吉爾伯特關於電、磁之間沒有關係的教條。在聽到奧斯特的實驗結果之後，這些科學家開始重複奧斯特的實驗，並提出了磁針轉動方向和電流方向的關係遵從右手定則，這個定則後來被命名為「安培定則」。此後，安培又做了許多實驗，描述兩電流元之間的相互作用和兩電流元的大小、距離以及方向之間的關係。後來人們把這個定律稱為「安培定律」。目前所用的電流強度單位——安培就是以他的名字來命名的。奧斯特和安培的研究工作，揭示了

伏打
(Alessandro
Volta)



http://www.jtc.bhrc.ac.uk/gemplus/pisum/zs4f1.gif

長期以來被認為性質截然不同的電現象和磁現象，二者之間的關聯性，在很短的時間內，電磁學便進入了一個嶄新的發展時期。

從最早吉爾伯特提出電與磁不相關的理論，一直到奧斯特證明它們之間的息息相關；電既然可以生磁，那就有人想，磁是否也能生電呢？這個問題首先被一個人提出同時也證明了，他就是偉大的科學家法拉第（Michael Faraday）。接下來就讓我們來了解一下這個偉大的人物吧！

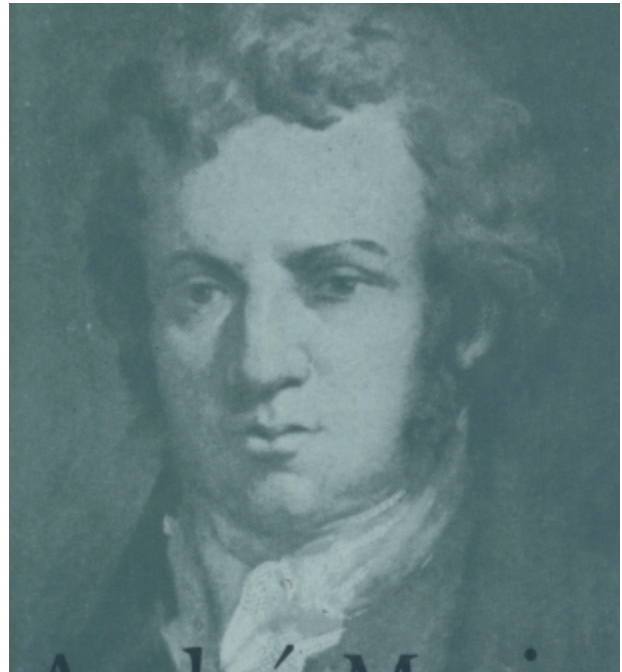
米契爾·法拉第，一七九一年出生在一個鐵匠的家中，由於家境貧窮，他幼年並沒有受到完整的初等教育，在因緣際會之下進入了皇家學院實驗室，法拉第的科學生涯也隨之展開。

奧斯特的電磁效應論文發表後，法拉第的心中一直存著一個疑問，既然電與磁有密切聯繫，電能產生磁，那麼它的逆效應「磁能產生電」嗎？一八三一年的某一天，他在公園散步時突然想到，是否反過來利用磁的運動也可以產生電流，於是他急忙回到實驗室進行試驗，結果試驗成功。把一塊磁鐵放入金屬線圈中時，會使電流流入線圈，拿出磁鐵時，電流則反方向流動。這一現象肯定了一個事實，電流不能無中生有，必須作功才能產生，於是他發現了電磁感應現象，這個現象的發現，奠定了日後電力工業發展的基礎。

後來法拉第提出一種全新的概念和物理圖像，「力線」及「場」，還提出了電磁波的臆測：電磁作用可以波的形式傳播，而光可能是一種電磁波，這些猜測後來被馬克斯威爾和赫茲所證實。後人對法拉第的評價極高，認為他是十九世紀最偉大的實驗科學家。可見電磁波的概念最早是由法拉第所提出，此一概念造就了日後通訊的蓬勃發展。



奧斯特
(H.C.
Oersted)



安培 (Andre Marie Ampere)

Andre Marie Ampere, cover page



馬克斯威爾 (James Clerk Maxwell)

camp.umd.edu/90/phil250/images/Maxwell.gif

從電生磁一直到磁生電的實驗都一個個得到了證明，但是這些看似獨立的電磁現象，需要有人做個有系統地整理和綜合，這個偉人就是馬克斯威爾（James Clerk Maxwell）。

電磁理論大廈的整合

馬克斯威爾是電磁學的集大成者，他總結法拉第等人的科學成果，建立了完整的電磁理論體系，在物理學的電磁領域上是一次偉大的整合。

馬克斯威爾是十九世紀著名的理論物理學家，一八三一年十一月十三日出生於英格蘭的愛丁堡，十九歲考進著名的劍橋大學三一學院。在這裡馬克斯威爾受到數學家霍普金斯和斯托克斯的悉心指導，打下了紮實的數學基礎。

馬克斯威爾在一八五四年自劍橋畢業後就開始了電磁學的研究，他詳細研究了法拉第的著作，對法拉第的實驗報告和筆記都十分熟悉。由於法拉第基本上是一位純粹的實驗物理學大師，不懂數學，無法用精確的數學語言表述他的物理思想，而數學恰好是馬克斯威爾的專長，於是馬克斯威爾選擇用數學當作翻譯的工具，來表達法拉第的物理思想。他細心研究了法拉第提出的「力線」概念，在一八五五年發表了第一篇論文〈法拉第的力線〉，這篇論文用嚴格的數學方式說明了法拉第的力線，受到當時即將退休的法拉第極大的鼓勵。

一八六二年馬克斯威爾又發表了第二篇電磁研究的論文〈物理力線〉，不但進一步論述了法拉第的思想，而且得出了新的結論：電場變化時，也會感應出磁場。這與法拉第的電感定律相輔相成，合稱「電磁交感」。他並且運用數學上的向量分析方法，寫下了著名的「馬克斯威爾方程式」，不但完整且精確地描述了所有已知的電磁場現象，而且還有一些新的「預言」，其中最為重要的就是「電磁波」。日後只要是有關電磁學或電磁波的領域，一定會提到「馬克斯威爾方程式」。足見他在這一方面的貢獻，可惜英年早逝，享年僅48歲。

「無線通訊」的誕生

一八八七年，馬克斯威爾逝世後八年，他所預言的電磁波被德國物理學家赫茲（Heinrich R. Hertz）證實。赫茲是一位基督徒，生於一八五七年二月二十二日，父親是猶太人。

他在一八八六～一八八八年間，做了一系列的實驗，不但證明電磁波的存在，發現它與光有相同的速度，同時有反射、折射等現象，而且對電磁波的波長、

頻率做了定量的測定。此外，他也同時發展出電磁波發射、接收的方法，可以稱得上是無線通訊的始祖。

他一生對電磁波物理學的發展作出了不少重要的貢獻，在當今的生活中，我們絕對離不開廣播與電視，而廣播與電視只是無線電波應用在日常生活中的諸多實例之一而已，後人為了紀念這位偉大的科學家，把頻率單位命名為「赫茲」，這個名詞相信大家必然不會陌生。

說到這裡，相信大家對整個電磁學的發展及電磁波帶來無線通訊的便利，所扮演的重要角色，有一個基礎的概念了吧，每一個理論的發展歷程都是彼此緊密相扣不可分割的，這些理論或實驗的結果絕對不是憑空掉下來的，而是一群分布在世界各個角落默默努力付出的科學家，用其一生的精力與聰明才智，才能為世界帶來奇蹟和光明，更帶給全人類一分對未來的希望。我們除了珍惜身邊已擁有的一切，也更能深深體會「人因夢想而偉大」這句話的涵義！

生活點滴小故事

富蘭克林——一艘正在大西洋上顛簸前進的郵輪，旅客都進艙休息了，只有富蘭克林總是不知疲倦地在甲板上忙來忙去，一會兒遠眺、一會兒俯瞰、一會兒凝神思索、一會兒又在隨身攜帶的筆記本上記錄甚麼。

有個水手過來說：「富蘭克林先生，您在欣賞海景嗎？」「欣賞海景？噢，不！」富蘭克林隨後又補充地說：「也算欣賞海景吧。」「怎麼是『也算』呢？」水手好奇地問。「啊，我是在思索海灣暖流對陸地氣候的影響。」富蘭克林把手搭在水手的肩上說：「你能協助我測量一下海流的速度和溫度嗎？」「我願意效勞。」水手高興地答應了。

水手協助富蘭克林工作時，他不理解富蘭克林為甚麼在航行的空檔裡也要做些事

法拉第
(Michael Faraday)





www.fzk.de/hhc/images/hertz.gif

赫茲 (Heinrich R. Hertz)

情，富蘭克林說：「時間不可空過。」他轉頭望著水手說：「你熱愛生命嗎？」當他見水手點了頭，又繼續說：「那麼別浪費時間，因為時間是組成生命的材料啊。」水手突然明白的說：「所以您在航行的空檔裡也要做研究。」「哈、哈、哈」富蘭克林愉快地笑了。

法拉第——當法拉第已經是舉世聞名的科學家時，還沒有自己的房子，仍然住在英國皇家學院的頂樓小屋裡。退休當天，他和妻子，兩個老夫婦提著皮箱下樓，想到了皇家學院大門，就要露宿街頭，心裡有些茫然。沒想到出了大門，眼前出現的是整齊的英國皇家儀隊和維多利亞女皇。

女皇對著這位貧窮但卻是當代最偉大的科學家說：「請搬到我所準備的皇家別墅吧！」法拉第拒絕了，因為他付不出房租，女皇說：「不用付租金。」法拉第說：「但是房子太大，我付不出維修費用。」女皇笑著說：「別擔心！我來付好了。」和其他科學家比較起來，法拉第最偉大的地方，就是他不曉得自己有多偉大。

馬克斯威爾——馬克斯威爾誕生於蘇格蘭古城愛丁堡，父親是一位學識淵博的律師，對馬克斯威爾的成長影響極深。他從小就有很強的求知慾和想像力，愛思

考、好提問。據說在他兩歲時，看見一輛馬車停在路旁，就問爸爸：「那車為什麼不走？」父親說：「它在休息。」他又問：「它為什麼要休息呢？」父親隨口答了一句：「大概是累了吧！」「不！」馬克斯威爾很認真地說：「牠是肚子疼！」。

還有一次，姨媽給馬克斯威爾帶來一籃蘋果，他不是拿來就吃，卻是一個勁地問：「這蘋果為什麼是紅的？」姨媽不知道如何回答，便叫他去吹肥皂泡，哪知他在看到肥皂泡上五彩繽紛的顏色時，提出的問題就更多了……。所以啦！學習的重點不在於學會多少，而是問了多少好問題。

赫茲——赫茲能有今天這麼偉大的成就，他的母親功不可沒。赫茲在六歲時便能拿穩筆，母親就教他雕刻，培養他能夠長期工作的專心與耐心，奠下他日後能以熟練的雙手製造出精密光電儀器的基礎。

而他的愛情故事除了感性更具趣味性，有一回赫茲在溫雷克堡的長春藤下面，正非常興奮地對著可愛的女友伊利莎白講述他對電磁學研究的心得：「妳知道電磁波嗎？知道電磁波接收器嗎？知道由於電位差而產生的電弧嗎？……」伊利莎白小姐面帶微笑地傾聽著這位表情緊張的男士，滔滔不絕地述說著當時連物理系的高材生也不會懂的內容。

伊利莎白只是用微笑的眼神，鼓勵他繼續說下去，她知道那是赫茲一生的執著，不計名利的研究菁華。到落日餘暉染紅了小山麓上的冷杉樹，她整整地聽赫茲述說了四個小時。當赫茲講完電磁學的實驗，接著問伊利莎白說：「那妳願意……嫁給我嗎？……」孤獨的一條電波，在尋找一聲愛情的共振。「是的，我願意。」伊利莎白意志堅定地回答。伊利莎白沒有想到這麼一聲的肯定，竟然起一個體弱男人的生命熱情，建立了日後全球的無線電波通訊網路。

迄今全世界每一個電台，天天都會提到的一個名字——「赫茲」。你們知道他是誰嗎？我想你已經知道答案了，沒錯他就是德國物理學大師——「電磁波王子」赫茲。 □

涂世雄 王雄正 蔡曜州

中原大學電機系