

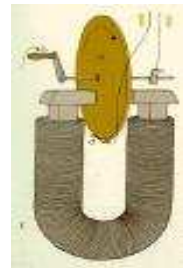
## 16. 電力系統

- 參考資料：1. <青年文摘（綠版）> 2003 年第 10 期  
2. <能源與永續> 華健/吳怡萱 編，2009 年，五南出版社  
3. <http://www.taipower.com.tw/index.htm>

電力系統的設立是電機科技的重大貢獻，它提供了我們日常所需的電能，並且帶動了整個社會的發展與繁榮，舉凡住家、商業、工業或交通等，幾乎人類所從事的一切活動，都與電能息息相關。

電能是利用能量轉換的發電方式取得，如利用化學反應轉換的電池供電、利用煤或石油燃燒反應轉換的火力發電、利用核分裂反應轉換的核能發電等，由於電是由其他能源轉換後取得，因此被歸類為二次能源，它既乾淨又方便，是目前最重要的能源，是人類現代化生活的基礎，也是國家工業化的指標。

發電的技術始自十八世紀末，由義大利的物理學家伏特(Alessandro Volta)率先發明伏特電池，之後又由英國的葛洛夫(William Grove)在 1839 年做出以鋅和白金為電極的電池；到了 1868 年，法國的工程師列克朗切(George Leclanche)開發出至今仍廣為使用的鋅碳乾電池；時至今日，電池的種類更是不勝枚舉，如鹼性電池、鋰電池、蓄電池等，依用途的不同，而有各種不同的設計與考量。不過，電池所提供的是直流電，而在我們日常生活中，最重要的電能則是來自公共電力系統所輸送的交流電。



電力系統的發展與發電機的發明息息相關，在 1820 年，丹麥的物理學家奧斯特(H.C. Oersted)發現電生磁的效應，接著在 1831 年，英國的物理學家法拉第(Michael Faraday)發現磁生電的感應效應，並於同年底發明簡易的直流發電機，自此科學與工程界展開發電系統的設計與開發。

初期的發電機都是在永久磁鐵的兩極間，加入一個可旋轉的線圈，藉由電磁感應的作用產生電壓，再接上導線後傳出方向交替的電流，亦即產生交流電，但當時仍然不知道如何有效利用交流電，故設計出整流子，讓電流僅在一個方向流通，稱為直流發機。不過，因為初期的發電機效率都不佳，所以接下來的發展重點都擺在效率的提升，並且開發出電磁鐵取代笨重的永久磁鐵，讓發電機變得輕便價廉，且效率更高。

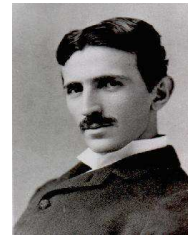
1880 年代直流發電的主要用途是照明設施，當時已可利用白熾燈泡取代瓦斯燈與油燈。白熾燈泡是在 1878 年由英國化學家史旺(Joseph Swan)所發明，他將一條碳纖維裝在真空玻璃球中，通上電流後即可發出光來，其照明效果遠優於油燈，也不會產生任何油煙與臭味，不過燈絲易斷是它的致命傷。在 1879 年，美國的發明家愛迪生(Thomas Edison)也製作出幾乎相同的燈泡，並進行專利申

請，兩人因此隨即展開了一段訴訟，後來兩人曾和解並成立愛迪生與史旺電燈有限公司，但最後由愛迪生取得主導的地位。

愛迪生於 1882 年在紐約成立了愛迪生電力照明公司，開始了電力系統供電生意。在早期供電的一個重要議題是：採用交流電或直流電？由於這個議題牽涉到科技界的爭議性人物—特斯拉(Nikola Tesla)，他和愛迪生兩人之間為了交流電與直流電的激烈爭辯，在當代引發了相當精彩的故事，最後由特斯拉的交流電勝出，造就了今日的科技社會，底下就來簡述這段科技對峙的歷史。



特斯拉是一名優秀的塞爾維亞工程師，於 1884 年經由推薦進入愛迪生的公司工作，愛迪生也隨即委派給他一份重要的工作—改進發電站中的發電機，以提高電力傳輸的效率。結果特斯拉研究並制訂出 20 多個新的直流發電機計劃，這些發電機具有易調節與產出強大電流的特點。愛迪生為這些發電機申請專利，並且利用它們取代了原來的老式機器。然而當特斯拉向愛迪生索取自己應得的報酬時，愛迪生卻拒絕了他，這件事讓特斯拉深受打擊並辭去工作，轉而投向愛迪生的勁敵西屋(Westinghouse)電力公司。



在 19 世紀下半葉，幾乎所有的人都認為交流電不可能有實際的應用，因為當電流改變方向時，磁場也會隨著改變，這種特性將無可避免地造成電動機停止轉動。事實上，在特斯拉為愛迪生工作前，就已經獲得嚴謹的數學分析，擬訂實驗方案，利用兩個異相的交流換相器，來產生強大的電流使發動機運轉，並在 1883 年製造出第一個小型的交流電動機。當他到愛迪生的公司上班時，就曾經大膽地向愛迪生提出利用交流電流來發電的計畫，然而愛迪生認為直流電照明系統已經足夠使用，因此對他的提議絲毫不感興趣。

在特斯拉辭職之後，被邀請至西屋電力公司工作，其創立人威斯汀豪斯(George Westinghouse)早在 1883 年就對交流電產生了極大的興趣，並在 1886 年於馬薩諸塞州的大巴靈頓小鎮中首次使用了交流電照明設備。但是若要真正和愛迪生進行較量，西屋公司必須要提供交流電動機給工業界，所幸在特斯拉的研發下，西屋公司終於設計出大型的高功率和高頻率的交流電電動機，解決了最大的難題。



在獲悉特斯拉取得成功以後，愛迪生意識到自己將要面對強勁的對手，於是展開了一場中傷詆毀交流電的行動。為了向人們展示交流電的危險性，愛迪生竟然在眾多記者面前用高達 1000 伏特的交流電，將一隻放在鐵板上的小貓瞬間電死。而特斯拉為了反擊，也在舞台上進行了許多令人為之驚歎的「電魔術」，向世人展現當交流電不被用來犯罪時，它是非常安全的。

當這場「電流大戰」愈演愈烈時，芝加哥正在籌辦一個世界博覽會，主辦單位希望展示一套可照亮整個會場的照明設備。最後威斯汀豪斯以超低的價格，從愛迪生手中搶到這筆生意。在 1893 年博覽會的開幕現場，9 萬多盞由特斯拉的交流電點燃的電燈照亮了整個會場，這是交流電大獲全勝前的一個前奏。

不久以後，在尼亞加拉大瀑布將要建造世界上第一座水力發電站，並且選中了交流電系統，西屋電力公司製使用了 3 台 110 千瓦的特斯拉交流發電機。在 1895 年發電站正式運轉，它可以將電流傳輸到 35 公里外的布法羅市。此事正式宣告了交流電的徹底勝利，讓愛迪生的直流電成為一種過時的技術，自此交流電便成為了工業、商業和民用電的最佳選擇。

除了發電機以外，電力系統的傳輸與變壓也是相當關鍵的技術，由於傳輸的距離越遠，所需要的電線材料就越多，所耗損在電線上的電能就越多，為了解決這些問題，就必須提高先提高發電站的傳輸電壓，再延線將電壓逐次下降，讓終端的使用者能夠以適當的電壓來利用電力，想達到這種變壓的功能，就必須使用交流電，這也是直流電無法與交流電爭鋒的主要原因。

最後來介紹台灣的電力系統發展與現況，台灣在西元 1888 年首由清朝臺灣巡撫劉銘傳於台北市創立「興市公司」，裝置小型蒸氣燃煤發電機，以低壓供應照明，雖為時僅月餘，卻是台灣電力的發祥地。日本統治臺灣後，於民國前 7 年在龜山完成發電廠，為台灣地區水力發電之始。隨後在民國 8 年成立台灣電力株式會社，著手進行日月潭水力發電工程，並在台灣西部建造貫通南北之輸電幹線，至民國 33 年全台發電總裝置容量為 32.1 萬瓩。臺灣光復後，電力之發展可劃分為下列七個時期：

### 一、接管修復時期(民國 34 年至 42 年)：水力為主

民國 34 年台灣光復時，系統裝置容量為 27.5 萬瓩，但因受戰火破壞，可用電力僅為 3.3 萬瓩，發電量為 3.6 億度。在民國 35 年台灣電力公司(以下簡稱台電)成立，致力修護與發展電力設施，至民國 42 年，裝置容量達 36.3 萬瓩，為光復初時之 1.3 倍，而發電量亦達 15.6 億度，增為 4.4 倍；其中發電設備以水力為主，發電量佔 93.7%，其餘的火力發電量僅佔 6.3%。

### 二、初步擴充時期(民國 43 年至 54 年)：水火並重

為配合政府經濟建設四年計畫，台電開始實施長期電源開發計畫，著手建立現代化電力系統。至民國 54 年，裝置容量達 118.6 萬瓩，發電量 64.6 億度，各為民國 42 年之 3.3 倍與 4.1 倍。由於火力發電裝置容量快速增加，自民國 51 年起，火力發電量首度超過水力，使電力系統由以往之「水力為主」進入「水火並重」時期。

### 三、火力高度開發時期(民國 55 年至 63 年)：火主水從

民國 50 年代中期以後，台灣工業迅速起飛，用電量劇增，台電公司乃開發大容量高效率之火電。至民國 63 年，裝置容量達 435.8 萬瓩，發電量 205.3 億度，各為民國 54 年之 3.7 倍與 3.2 倍；其中水力發電佔 22.8%，火電發電佔 77.2%，電力系統由「水火並重」進入「火電為主，水力為輔」時期。此外在輸變電系統方面，完成全長 330 回線公里之 345 千伏特(345KV)超高壓輸電線路，以提升輸電容量及穩定供電系統。

#### **四、核能發電發展時期（民國 64 年至 74 年）：能源多元化**

民國 63 年及 69 年，歷經兩次石油危機之衝擊，為因應石油危機後之情勢，改採發電來源多元化政策。一方面推展核能發電，至 74 年先後完成三所核能發電廠，共 6 部機，裝置容量達 514.4 萬瓩，約佔當時系統三分之一裝置容量。另一方面繼續引進大容量高效率火電機組，並將若干燃油機組改為燃煤，大幅減少對燃油之需求。至民國 74 年，裝置容量達 1,597 萬瓩，發電量 525.6 億度，各為民國 63 年之 3.7 倍與 2.6 倍，電力系統因核電廠加入而進入「能源多元化」時期。

#### **五、促進電力供需平衡時期（民國 75 年至 82 年）：需求面管理**

民國 75 年以來，台灣政經情勢歷經 40 年來最大變局，如宣佈解嚴、開放黨禁、開放大陸探親、解除報禁、放寬外匯管制、引進高科技及產業結構轉變等，電力需求持續增加，但部分電源開發計畫如核四、蘇澳等，卻受環保抗爭之影響興建受阻，自民國 75 年至 79 年間，沒有大型機組加入營運，備用容量漸感不足，如遇大型機組跳機，極易造成限電之困境。故本時期除適時興建大型火電、開發優良水力外，乃積極推行時間電價、可停電力、節約用電，並鼓勵汽電共生發電等，以抑低尖峰負載之成長，力求電力供需平衡。至民國 82 年，台電裝置容量達 1,935.5 萬瓩，發購電量 1,017.8 億度(含汽電共生 12.7 億度)，各為民國 74 年之 1.2 倍與 1.9 倍，電力系統進入「需求面管理」時期。

#### **六、開放發電業時期（民國 83 年至 95 年）：開放民間經營發電業**

民國 80 年代起，電業自由化逐漸蔚為全球風潮。由於國內用電迅速成長，電源開發因地狹人稠而日益艱難，政府乃順應世界潮流，開放民間興建電廠以加速電源開發。於民國 84 年 1、8 月及 88 年 1 月分三階段開放，計有 15 家獨立發電業者(IPP)獲准籌設，實際完成 9 家，總容量 771 萬瓩，再加上此時期汽電共生發電蓬勃發展，使台灣發電市場進入「開放發電業」時期。至民國 95 年台電系統總裝置容量達 3,737.1 萬瓩，發購電量 1965.7 億度，皆為民國 82 年之 1.93 倍。

#### **七、節能減碳時期（民國 96 年迄今）：**

至民國 95 年起，國際化石燃料價格大漲，嚴重衝擊電業的經營環境。同時面臨全球暖化問題低碳經濟、低碳能源、低碳電力將是全球發展的主軸。我國自產能源缺乏，面對溫室氣體減量的必然趨勢，為確保電力事業永續發展，在供給面發展低碳電力，另在需求面全力推動節約用電及提升用電效率。至此，我國電業市場進入「節能減碳」時期。至民國 98 年台電系統總裝置容量達 4,024.7 萬瓩，

發購電量 1936.1 億度。

電力為國家經濟建設的基礎，配合台灣經濟的發展，未來台灣地區的用電需求，預測將由 101 年的 1,995.1 億度，提高至 110 年的 2,667.6 億度，年平均成長率為 3.4%，平均每年約需增加 67 億度電，方能滿足未來經濟發展所需的電力。未來電力發展將重視 3E(能源、環保與經濟)的平衡，讓台灣有更舒適的生活品質。

目前世界各國已經因為地球暖化所帶來的負面影響，積極推動綠色能源的開發，包括風力與太陽能發電，期望能藉由能源使用的轉變，減緩地球環境日益惡化的問題，達到永續發展的目標。可惜的是，光喊口號是沒用的，各國所提的永續發展，都只著重在經濟利益的永續發展，根據無暇顧及自然環境之迅速毀損與變遷。事實上，人類如果還是無節制地濫用能源，不願逐步回歸自然的生活習性，即使開發再多的綠色能源，也難以挽回地球繼續暖化的命運。

