

維基百科

水力發電

維基百科，自由的百科全書

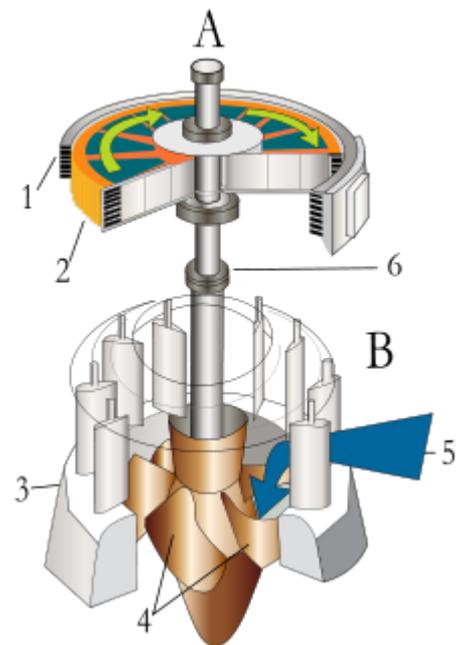
水力發電（hydroelectricity，hydroelectric power）是運用水的**勢能**（**水能**）轉換成電能的發電方式，其原理是利用水位的落差（**勢能**）在重力作用下流動（**動能**），例如從河流或水庫等高位水源引水流至較低位處，水流推動水輪機使之旋轉，帶動發電機發電。高位的水來自太陽熱力而蒸發的低位的水份，因此可以視為間接地使用太陽能。由於技術成熟，是目前人類社會應用最廣泛的可再生能源。

以水力發電的工廠稱為**水力發電廠**，簡稱**水電廠**，又稱**水電站**。

以大壩儲水形式發電的水力發電是否屬可再生能源存在爭議，甚至爭議排除出潔淨能源的行列。隨著長時研究，以大壩儲水發電所造成的問題慢慢地被發現。這種發電方式造成的問題包括大壩造成的環境會產生強烈的溫室氣體甲烷，而大壩對原有環境的破壞是永久性的、不可逆轉的，但發電功能的壽命卻是有限。^[1] ^[2] ^[3]



三峽大壩，通常水力發電站和水壩共同建設

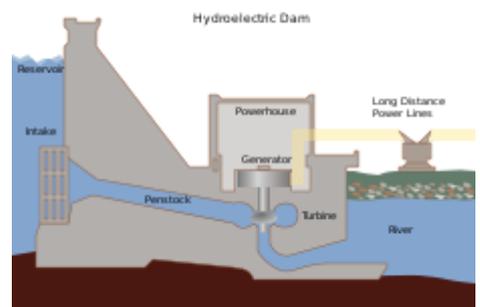


水輪機與發電機聯合工作圖：

A：發電機B：渦輪

1：定子2：轉子3：拱門4：渦輪葉片

5：水流6：發電機軸



水電站大壩斷面圖

目次

發電原理

發電流程

水力發電的種類

慣常式水力發電

水庫式水力發電

川流式水力發電

調整池式水力發電

潮汐發電

抽水蓄能式水力發電

優點和缺點

有利方面

發電時無污染物排放

營運成本低及穩定

可按需供電

發電以外的其他用途

不利方面

壽命有限

投資巨大

破壞生態環境

能源依賴水流

人口遷移

位置受限

水壩的其他影響

安全風險

發電成本

供電穩定性

靈活性

對環境影響

排放溫室氣體

全球使用水電的情況

全球水力發電裝置量

各國使用情況

全球水力發電量主要國家

中國水力發電的情況

著名水電站

中國

美國

巴西

其他國家

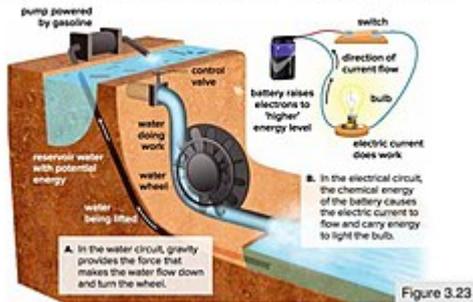
參見

參考資料

外部連結

發電原理

Comparison: Water Circuit and Electrical Circuit



水力發電的「水力迴路」與「電力迴路」的相似性

水力發電利用水位的落差（**勢能**）在重力作用下流動（**動能**）衝擊帶動發電機的水輪機，再將動能轉換成**電能**，在左圖（水力迴路）的水泵是**能量來源**，最後將水流抬升至高水位，完成一迴路循環。

發電流程

慣常水力發電的流程為：河川的水經由攔水設施攬取後，經過壓力隧道、壓力鋼管等水路設施送至電廠，當機組須運轉發電時，打開主閘（類似家中水龍頭之功能），後開啟導翼（實際控制輸出力量的小水門）使水衝擊水輪機，水輪機轉動後帶動發電機旋轉，發電機加入勵磁後，發電機建立電壓，並於斷路器投入後開始將電力送至電力系統。如果要調整發電機組的出力，可以調整導翼的開度增減水量來達成，發電後的水經由尾水路回到河道，供給下游的用水使用。

水力發電的種類

慣常式水力發電

水庫式水力發電

水庫式水力發電（英語：Conventional hydroelectricity），又稱堤壩式水力發電。是以堤壩儲水形成水庫，其最大輸出功率由水庫容積及出水位置與水面高度差距決定。此高度差稱為**揚程**又叫**落差**或**水頭**，而水的**勢能**與揚程成正比。

川流式水力發電

川流式水力發電（英語：Run of the river hydroelectricity），又稱引水式水力發電或徑流式水力發電。川流式水力發電站的堤壩相當小，有的甚至沒有堤壩。流經的水若不用作發電就會即時流走。在美國，這種方式的電站產能相當該國耗電量的13.7%(2011年計)。

調整池式水力發電

調整池式水力發電是界於水庫式水力發電及川流式水力發電之間的發電方式，和水庫式水力發電一樣會興建攔水壩，形成的湖泊稱為調整池，但調整池只容納一天的水量，因此規模比一般水庫要小。

潮汐發電

潮汐發電是以因潮汐引致的海洋水位升降發電。一般都會建水庫儲內發電，但也有直接利用潮汐產生的水流發電。全球適合潮汐發電的地方並不多，英國有八處地適合，估計其潛能足以滿足該國20%的電力需求。

抽水蓄能式水力發電

抽水蓄能式水力發電（英語：Pumped-storage hydroelectricity），是一種儲能方式，但並不是能量來源。當電力需求低時，多出的電力產能繼續發電，推動電泵將水泵至高位儲存，到電力需求高時，便以高位的水作發電之用。此法可以改善發電機組的使用率，在商業上非常重要。

優點和缺點

有利方面

發電時無污染物排放

與其他可再生能源一樣，水力發電在運作時幾乎全無污染物排放。(但並不是無碳排放)

營運成本低及穩定

水力發電無需燃料，發電成本不會受燃料價格影響，加上運作高度自動化，運作時所需人手少，故營運成本低。以三峽水電站為例，若連續以最大發電量發電計，出售5至8年電力就可以收回建造成本。

可按需供電

水力發電可以按用電量需要而快速調整發電量。水力發電啟動時間僅為數分鐘，只需60至90秒就能達至全功率輸出，燒氣發電所需時間更短。因此，小型水力發電站可以用作調節供電量緩衝之尖載電廠。

發電以外的其他用途

水庫有儲水功能，可以控制水流量，有一定程度的上下游水量分佈調節能力，故可以降低洪水泛濫造成的損失及蓄備灌溉用水。在某一些地理環境下，水庫能降低河水流速，改善航運。

不利方面

壽命有限

大部份其他發電方式只要更換新裝置就可以延長發電壽命，但水力發電由於水庫內淤泥堆積，壽命有限，由50至200年不等^{[4][5]}，一般約為100年。^[6] 淤泥堆積的速率視乎水庫大小與沉積物多少。在美國，大型水庫平均每年減少0.2%的容量，而中國的主要水庫平均每年減少2.3%的容量。^[7]

投資巨大

潰堤會導致大量人命傷亡及經濟損失，因此水壩品質必需極高，令大型水壩承受巨大水壓，地質堪察、設計、計劃、測試及建造等成本相當高。

破壞生態環境

大型水庫會導致上游大面積土地被水淹沒，導致棲息地細碎化，^[8]破壞生物多樣性，^[9]失去生產力較高的低地、草原，破壞生態價值高的濕地、河谷及森林。

而下游同樣會受影響，原本會流至下游的沉積物在有水力發電站後會大幅減少，這是因為發電機組所排出的水中含有的沉澱物非常少，使下游河床被沖刷，又失去沉澱物的補充，導致水土流失，最終下游的原有地貌會逐漸被侵蝕，河堤、三角洲會受影響，肥沃的沖積土減少。

阻礙水中生物遷徙，阻礙其繁殖，部份物種可能因而絕種，減少了物種多樣性。水庫會使水溫上升，因而導致魚群數量及種類減少。而且這些破壞是永久性、不能逆轉的。

能源依賴水流

水力發電雖然不需燃料，但需要水源，當一個地區重度依賴水力發電供電後，若發生天旱而水流減小時，該地區就會發生供電不足的情況。若發電與生活用水都依賴同一水源，情況就更嚴重。

全球氣候變化也導致發生水流短缺可能性增加，有研究指出，每當全球氣溫上升2度，就會減少65%降雨量，有可能導致河流水量下跌100%，巴西的水力發電量也預計在本世紀末會因此而減少7%。^[10]

人口遷移

上游居住在將被淹蓋的土地上的人口需被遷移，2000年，全球因此而被遷移的人口有4千至8千萬。^[11]

位置受限

並不是任何地點都適合建水庫，除需在適合的水源及地形外，還需考慮一系列因素，包括地質結構、對自然環境影響、對當地居民影響等。

水壩的其他影響

- 減少灌溉用水 — 可作大型水庫增大水面表面面積，增加了水的蒸發量，也就減少了下流河水的總量，實質性地減少了可用作灌溉用水。
- 誘發地震 — 儲水量大及深的水庫會產生巨大壓力，這壓力會改變原有的地殼受力情況而導致地震^[12]，歷史上第一次水庫誘發地震在阿爾及利亞於1932年發生，^[13]時至今日，有證據證明有最小70次地震與水庫有關。^[14]1963年，義大利的一次水庫誘發的地震中有2600人死亡。

安全風險

水壩形成的水庫儲有大量水，若一旦因為天災（例如地震或特大洪水）、工程質量、設計或人為因素（例如戰爭）而潰堤可導致嚴重人命傷亡及經濟損失，例如1975年的中國的河南「75·8」潰壩事件，包括板橋水庫在內的60多座水庫接連潰堤，受災人數1015萬人，死亡人數2.6至23萬，^{[15][16]}比車諾比核事故的死亡人數（包括事後因而生癌而死亡的人數）多超過8至60倍。

在戰爭中，大壩也經常成為戰略目標，^[17]水電站是發電設施，有戰略價值外，在韓戰及越戰也有過故意破壞水壩引發洪水的例子。

發電成本

水力發電每度電的發電成本顯然較目前部份廣泛應用的發電方例如火電、核電、太陽能低，但預計將比風力發電相當。^[19]。

供電穩定性

相對太陽能及風能等可再生能源，水力發電量相對穩定，但並不及火力發電及核能發電，原因是水源、流量等會隨季節、氣候改變。

靈活性

在電力工業角度來說，水電是調節性最好的電源之一，可做為尖載電廠。由於只需一開閘門就立刻可以發電，水電通常在輸電網絡中可以扮演承擔調峰、調頻、事故備用等角色。在調節性能這一點上，能夠與水電媲美的只有石油及天然氣發電。

對環境影響

水庫對環境有相當極不可逆轉的影響及破壞，相比其他可再生能源，例如太陽能、風力發電等，較不環保。而且水庫式水電站壽命有限，可持續發展方面也不及其他可再生能源，但一般情況下仍然比石化燃料發電環保。

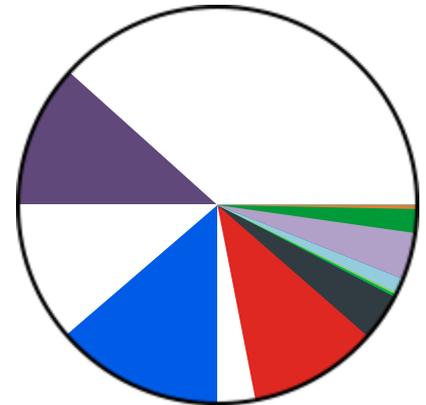
排放溫室氣體

由於水壩有相當深度，造成較多缺氧環境，例如壩底，造成生物的厭氧分解，動植物分解後形成甲烷（也有少量二氧化碳），是一種比二氧化碳強36倍的溫室氣體，加劇全球暖化。這是自然界中，湖泊、濕地等環境不會發生的，因為自然界的這些地方有較好的氧循環，使水的含氧量較高，讓生物能把甲烷分解成溫室效應低很多的二氧化碳。^[20]

不同環境下水力發電的溫室氣體排放量分別可以很大。在溫帶，如加拿大及北歐，溫室氣體的排放只有一般水力發電的28%，但在熱帶地區，水力發電所產生的溫室氣體會比使用石化燃料的火力發電還多，極端情況下可達石化燃料的火力發電多3.5倍。^[21]。而季節性的水位變化會為水庫不斷提供分解物，使水庫內的生物的厭氧分解持續不斷。^[22]

一份被英國牛津大學刊物「BioScience」刊登，由一國際科學家團隊發表的研究報告指出水庫等人工儲水設施會產生大量溫室氣體，該報告分析了超過200排放研究個案，包括了267個堤壩及水

2016年全球電力來源



煤: 9,594,341 GWh (38.3%)

天然氣: 5,793,896 GWh (23.1%)

水力: 4,170,035 GWh (16.7%)

核能: 2,605,985 GWh (10.4%)

石油: 931,351 GWh (3.7%)

地熱: 81,656 GWh (0.3%)

太陽能光熱: 10,474 GWh (0.0%)

太陽能光伏: 328,038 GWh (1.3%)

海洋能: 1,026 GWh (0.0%)

風力: 957,694 GWh (3.8%)

生質能: 462,167 GWh (1.8%)

垃圾焚化: 108,407 GWh (0.4%)

2016年全球總發電量:

25,081,588GWh

資料來源:IEA^[18]

庫，覆蓋77,699km²。得出結果推算出全球水壩、水庫每年產生10億噸溫室氣體，佔全球碳排放量1.3%。而值得注意的是，當中的79%是溫室效應較二氧化碳強36倍的甲烷。^[20]

此外，由於水壩工程浩大，興建水壩所產生的溫室氣體是火力發電的數百倍。^[23]

各種發電方法所產生的每單位電最所產生整體二氧化碳排放量^[24]。

發電方法	簡述	每單位電量所產生的二氧化碳 (g CO2/kWh _e) (百一分段價)
水力發電	假設利用水塘，不含水壩建設	4
風力發電廠	位於低成本陸地的情境，不含海上型	12
核電	以普遍的第二代核反應爐計算 不含更新型科技	16
生質燃料		18
聚光太陽能熱發電		22
地熱發電		45
太陽能電池	多晶矽太陽能電池 生產過程的碳排放	46
燃氣發電	假設加裝燃氣渦輪 聯合廢熱回收蒸汽發生器	469
燃煤發電		1001

全球使用水電的情況

全球水力發電裝置量

	水力發電裝置量	佔再生能源百分比	佔所有能源百分比
2004	715GW		
2006	777GW	88%	20%
2007	915GW		
2008	920GW	83%	15%
2009	950GW		
2010	945GW	83%	16.1%
2011	970GW	75.9%	15.3
2012	960GW	76%	16.5%
2013	1000GW	74.2%	16.4%

[25] [26] [27]

全球水力發電總量每年都不停在增長中，但在全球可再生能源所佔比重就不斷下降，近年由於中國、俄國、巴西等發展水力發電，所以比重的減少有所放慢。

各國使用情況

據2004年統計，世界上大約有五分之一（20%）的電力供應是來自水力發電，至2011年則下降至16%。^[28]

現在全球有150個國家使用水力發電，有24個國家的水電比重超過90%，至少有三分之一的國家的電力供應以水電為主。有75個國家主要依靠水壩來控制洪水，全世界約有近40%的農田是依靠水壩提供灌溉^[29]。

至今，水力發電仍然是最低成本的可再生能源，2002年在南非約翰尼斯堡舉行的聯合國可持續發展委員會的高峰會議，在非洲國家的強烈要求，經過激烈的爭論，會議確認大型水電站應該與小水電一樣，享有清潔的可再生能源的地位。同時為了減少全球溫室氣體的排放，會議還制訂了計畫書、鼓勵國際合作、支持有關國家開發水利水電，實現可持續發展。

全球水力發電量主要國家

全球水力發電量前15國（2015年）

國家	水力發電量 (TWh)	總發電量 (TWh)	水力佔總發電量比
 中華人民共和國	1,126.4	5,810.6	19.4%
 加拿大	383.1	633.3	60.5%
 巴西	360.9	579.8	62.3%
 美國	253.7	4,303.0	5.9%
 俄羅斯	169.9	1,063.4	16.0%
 挪威	137.5	144.7	95.0%
 印度	124.4	1,304.8	9.5%
 日本	96.6	1,035.5	9.3%
 委內瑞拉	76.3	127.8	59.8%
 瑞典	74.5	170.2	43.8%
 土耳其	66.9	259.7	25.8%
 越南	63.8	164.6	38.8%
 法國	53.9	568.8	9.5%
 哥倫比亞	44.7	77.0	58.0%
 義大利	43.9	281.8	15.6%

2015年全球水力發電量前15大國合計水力發電量約佔全球總水力發電量的78%。

資料來源：BP世界能源統計^[30]

中國水力發電的情況

中國水能資源十分豐富，在總儲量居世界第一^[31]，2011年水力發電量是世界之冠，是整個歐洲的173%，美國的211%，在2010年中國的水力發電量佔全世界水力發電量的17%。按照2008年中國初級能源消費結構的數據，中國的水電、風電和核能占能源消費總量的比重偏低，只有百分之八點九^[32]，所以需要積極發展可再生能源。比較其他國家來說，中國的水能利用率偏低是不爭的事

實^[33]，因此中國的水力發電還有很大的發展空間。然而，水庫會對環境造成不可逆轉的破壞，必需小心考慮對環境的影響，而且需注意中國的全年實質水力發電量與水力發電機組的最大發電量比為0.37，水力發電機組的閒置率比大部份已發展國家高。

根據中國在2004年的水能資源普查結果計算，如果將已知的（可開發）水能資源充分開發，以100年計算，中國的常規一次能源總量將能夠增30%以上，相應地煤炭在總能源中的比重則可下降至51.4%，水能資源比重將上升到44.6%。如果要以200年計算，水能資源將大大超過其他任何能源資源，成為中國的第一大常規能源。^[33]

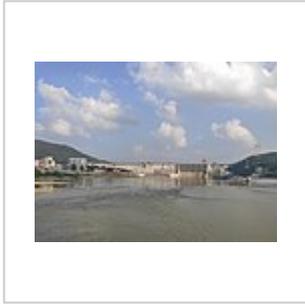
以2004年曾引起激烈爭論的虎跳峽水電站作為例子，假若虎跳峽水電站一旦建成，就相等於建造一座三峽水電站。如果加上其自身的發電效益，其總發電量效益幾乎接近於兩個三峽水電站。相當於每年節省8000萬噸原煤，如果不選擇建設虎跳峽水電站，就相等每年流失掉8000萬噸原煤，以及同時增加8000萬噸原煤所製造出來的溫室氣體（這並未考慮到水力發電的水庫所產生的溫室氣體排放量）^[33]。

著名水電站

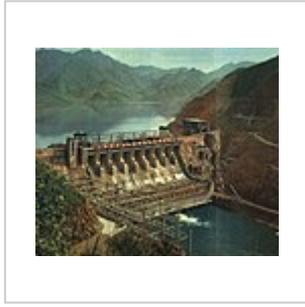
中國



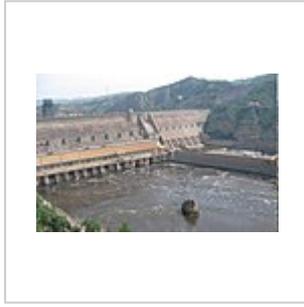
石龍壩水電站位於雲南省昆明市，建成於**1912**年，是中國第一座水電站，至今仍在運行。



豐滿水電站位於吉林省吉林市，建成於**1943**年，是中國第一座大型水電站，也是全世界第一座原址重建的大型水庫式水電站。



新安江水電站位於浙江省杭州市，建成於**1960**年，是新中國成立後第一座自行設計建造的大型水電站。



三門峽水電站位於河南省三門峽市，建成於**1961**年，是黃河幹流的第一座水電站。



葛洲壩水電站位於湖北省宜昌市，建成於**1981**年，是長江幹流上的第一座水電站，也是中國比較成功的徑流式水電站。



三峽水電站位於湖北省宜昌市，建成於**2003**年，是中國以及全世界最大的水電站。



崗南水庫位於河北省石家莊市，附設有抽水蓄能機組，是中國第一座抽水蓄能水電機組。（位於廣東省廣州市的廣州抽水蓄能電站是中國第一座專門的抽水蓄能電站）



江廈潮汐電站位於浙江省台州市，建成於**1972**年，是中國第一座潮汐發電站。

美國

- **胡佛水壩**：美國現代土木工程奇蹟之一，被讚譽為「沙漠之鑽」，和拉斯維加斯共榮。

巴西

- **伊泰普水電站**：南美洲最大的伊瓜蘇瀑布附近，世界上第二大水電站。

其他國家

- **敘利亞**：**迪什林水電站**：由四川省機械設備進出口公司總承包機電部分的設計、生產、發運、安裝、試驗及試運行，是迄今為止中國對外出口的最大的水電項目。

參見

26. 存档副本 (PDF). [2013-10-20]. (原始內容存檔 (PDF)於2013-10-17) .
27. 存档副本 (PDF). [2013-10-20]. (原始內容 (PDF)存檔於2013-10-19) .
28. Worldwatch Institute. Use and Capacity of Global Hydropower Increases. January 2012 [2013-03-26]. (原始內容存檔於2014-09-24) .
29. 水博 (原名張博庭)：揭穿世界性拆壩的謠言——走出拆壩的誤區 (<http://www.xys.org/xys/ebooks/others/science/misc/tsunami38.txt>) (頁面存檔備份 (<https://web.archive.org/web/20111227140323/http://www.xys.org/xys/ebooks/others/science/misc/tsunami38.txt>) ，存於網際網路檔案館) ，作者為中國水力發電工程學會副秘書長，2005年1月28日，新語絲網站轉載
30. BP: Statistical Review of World Energy 2016 (<http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-workbook.xlsx>) (頁面存檔備份 (<https://web.archive.org/web/20161202103642/http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-workbook.xlsx>) ，存於網際網路檔案館)
31. 存档副本. [2015-10-27]. (原始內容存檔於2015-11-28) .
32. 中國能源消費對國際之影響 (<http://energymonthly.tier.org.tw/201001/36.pdf>) (頁面存檔備份 (<https://web.archive.org/web/20160305125345/http://energymonthly.tier.org.tw/201001/36.pdf>) ，存於網際網路檔案館) 2010年1月 P.36 「國際能源透視」作者：呂嘉容「資料來源：中國統計年鑑 (2009) 」「表1中國初級能源消費結構比」
33. 水博 (原名張博庭)：根據我國的國情，加速水電開發是最大的節能——從虎跳峽大壩建設看節能 (<http://www.xys.org/xys/ebooks/others/science/dajia6/huanbao37.txt>) (頁面存檔備份 (<https://web.archive.org/web/20111228164329/http://www.xys.org/xys/ebooks/others/science/dajia6/huanbao37.txt>) ，存於網際網路檔案館) ，作者為中國水力發電工程學會副秘書長，2005年7月30日，新語絲網站轉載

外部連結

- 綠色和平：水力發電 (<http://www.greenpeace.org/china/ch/campaigns/stop-climate-change/solutions/renewable-energy>) (頁面存檔備份 (<https://web.archive.org/web/20080911030418/http://www.greenpeace.org/china/ch/campaigns/stop-climate-change/solutions/renewable-energy>) ，存於網際網路檔案館)

取自「<https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=水力發電&oldid=72382475>」

本頁面最後修訂於**2022年6月27日 (星期一) 07:33**。

本站的全部文字在創用CC 姓名標示-相同方式分享 3.0協議之條款下提供，附加條款亦可能應用。（請參閱使用條款）Wikipedia®和維基百科標誌是維基媒體基金會的註冊商標；維基™是維基媒體基金會的商標。維基媒體基金會是按美國國內稅收法501(c)(3)登記的非營利慈善機構。