

高壓直流輸電技術

1. 簡介

高壓直流(High-voltage Direct Current, HVDC)輸電，是一種以高電壓直流電方式輸送電力的輸電系統，有別於常見的交流電(Alternating Current, AC)輸電系統。直流電是單一方向電荷流動的輸電系統，於19世紀中晚期由發明大王愛迪生(Thomas Edison)推出第一套商業化的系統，但由於交流電具有改變電壓及傳輸的優勢，且在短距離輸電的情況下，以交流電輸電的成本會較直流電便宜，因此今日的輸電系統多為交流輸電。但在長距離輸電的情況，高壓直流輸電之輸電量大可較交流書電量大、線損也較少、管線成本也較低，因此其成本將較現行常見的交流電輸電系統更便宜。

2. 交流與直流輸電

由於直流電改變電壓不易，因此在愛迪生發明直流電輸電系統時，其電壓不超過250伏特，以避免損害電器並保障用電安全，也因為其電壓不高，因此線損大，無法傳輸到較遠的距離，因此在交流電輸電系統推出後，直流輸電系統迅速被取代，因此今日各國之輸電線路幾乎都以交流電為主，以50或60 Hz的頻率及不同電壓輸送交流電力應工廠或家庭使用。交流電輸電之處在於其變壓器較為簡單，可於發

電後，利用發電廠內之變壓器迅速提高其電壓，直到接近用戶端後再降為用戶所需要之電壓，以減少遠距離傳輸的線損。但在進入 20 世紀中期，由於人類對於電力的需求快速的增長，高電壓、長距離、大容量傳輸的需求愈來愈明顯，交流輸電電網面臨了系統穩定度及可靠度的考驗，直流輸電系統又逐漸為人們所重視。

3. 高壓直流輸電與交流輸電的比較

高壓直流輸電之優勢在於其輸電時，沒有同步運作穩定性的影響，因此對於輸電兩端電網的衝擊較小，對於國土面積較大國內分區電網之連結，或跨國間不同電網的非同步互聯，直流輸電可有效互聯各電網，避免單一交流電網容量過大。

高壓直流輸電優點之一是其以穩定電流傳輸電力，因此傳輸過程中並不會產生電磁波，但交流電輸電則會產生電磁波損失，且輸電電壓愈高時，交流電之電磁波損失也愈大，因此傳輸線損較少是其優點。以輸電容量 600 萬千瓦的線路為例，如採用 800 kV 交流輸電輸送 1500 公里，則其線損約 7%；但採用 800 kV 直流輸電則線損可降至 5%；即便採用電壓較低的 500 kV 直流輸電，損耗也僅為 6%。

直流輸電優點之二是其所需電纜數目較少，僅交流輸電的 1/2 至 2/3，因此其輸電系統之佔地面積較少，系統也較輕，因此可減少架

設成本。

直流輸電的另一個優點是在於海底電力輸送。一般交流輸電多為高空架設，線路與大地形成一電容，但由於空氣構成之電容極小，因此對電路傳輸影響極小；但對於地下電纜及海底電纜而言，由於電纜與陸地、海洋形成較大的電容，因此容抗較高空架設為小，形同額外的一分支線路，造成額外線損。一般而言，對於陸地傳輸 600 公里以上方有高壓直流輸電效益的傳輸容量而言，只要 50 公里即有海底傳輸效益。

直流輸電電壓改變不易，因此高壓直流輸電之缺點在於其換流站體積龐大，因此較適合遠距離點對點之傳輸或電網之連結。

4. 案例介紹

高壓直流輸電系統是由瑞典 ASEA 公司(目前屬 ABB 集團)於 1930 年代開發，蘇聯於 1951 年代在莫斯科(Moscow)與卡希拉(Kashira)間建造第一套實驗直流輸電系統，瑞典 ASEA 亦於 1954 年於該本土與哥德蘭島(Gotland)間建造容量達 10-20 MW 的直流輸電系統。巴西已以完成其南部伊泰普水電站(Itaipu Dam)分別與聖保羅、里約熱內盧的兩條 600 kV 高壓直流輸電系統。中國向家壩水電站(位於四川省與雲南省交界的金沙江下游)至上海間的電壓為 800 kV、總輸電量 640 萬千瓦，全長 2,071 公里的輸電線路，其線損約為 7%，主要供應中

國華中地區的電力需求。2009年，ABB與Alstom Grid開始建設Rio Madeira 高壓直流輸電系統(巴西加速發展計畫的一部分)。該系統連接巴西西部 Porto Velho 與聖保羅，總距離達 2,375 公里。該線路為兩個雙極、電壓 600 kV、每條傳輸容量 315 萬千瓦，將 Santo Antônio(3150 MW)與 Jirau (3750 MW)所產生之電力送至聖保羅。該系統已於 2014 年 8 月正式運作，是目前世界最長的高壓直流輸電系統。世界上較長的高壓直流輸電系統還包含中國的錦屏-蘇南輸電線路(800 kV、720 萬千瓦、2,090 公里，2012 年)、剛果的 Inga-Kolwezi 輸電線路(500 kV、56 萬千瓦、1,700 公里，2009 年)及印度的 Talcher-kolar 輸電線路(500 kV、250 萬千瓦、1,450 公里，2003 年)等。

目前世界上主要在發展的高壓直流輸電系統包含印度即將於 2015 年完工的 North-East Agra 系統(800 kV、800 萬千瓦、1,728 公里)，以及更具影響力的歐盟長期電網開發計畫。根據歐洲輸電調度中心協會(European Network of Transmission System Operators for Electricity, ENTSO-E)發布的 2014 十年電網開發計畫(Ten-Year Network Development Plan, TYDNP 2014)」，其擬進行 6 項跨海跨國、連結歐亞大陸的高壓直流輸電計畫，最長距離可達 1,518 公里(連結希臘本土、希臘特里特島、賽普勒斯、以色列)。由該計畫可知歐盟發展電網計畫時極為重視高壓直流系統，主要是著眼於高壓直流系統在於海底電

纜傳輸、點對點遠距離傳輸之優勢。

5. 我國具有高壓直流輸電的潛力地區

澎湖具有良好的風力發電條件，但由於其電網較小且無適當儲能設備，且風力屬不穩定再生能源，不易利用。台澎海纜在早期評估時即考慮採用傳統交流電或高壓直流輸電系統進行評估。台澎海纜海底長度 58.8 公里，陸地長度 9.1 公里(總長度 67.9 公里)，係希望配合澎湖低碳島之發展，藉此平衡台澎供電，在夏季將台灣本島的電力運送到澎湖，而在冬天將澎湖風力發電之再生能源電力供應台灣本島。由於該海纜距離並不是太長，傳輸容量(200 MW)亦不是太高，因此經相關單位評估後，並未採用高壓直流輸電系統，仍採傳統 161 kV 交流傳輸方式進行施工，因此我國尚無發展高壓直流輸電系統的機會。

雖然台澎海纜並未採用高壓直流輸電系統，但由於台灣四面臨海，至中國福建、廣東、日本沖繩、日本九州、菲律賓等鄰國之距離都不超過 700 公里，都是高壓直流輸電系統發展的好條件。或許隨著國際情勢的演變，我國未來如需發展跨國海纜輸電系統時，可將高壓直流輸電系統納入考慮。

參考文獻

1. 什麼是高壓直流輸電(HVDC)？

<http://www.abb.com.tw/cawp/seitp202/696bc49fdc192afcc12577e3002a1acf.aspx>

2. 向家壩水電站，

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%90%91%E5%AE%B6%E5%A3%A9%E6%B0%B4%E9%9B%BB%E7%AB%99>

3. Rio Madeira HVDC system,

http://en.wikipedia.org/wiki/Rio_Madeira_HVDC_system

4. The world's longest power transmission lines,

<http://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-longest-power-transmission-lines-4167964/>

5. 略述歐盟長期電網(輸配電)開發計畫高壓直流輸電線之應用，

<https://gordoncheng.wordpress.com/2014/11/24/%e7%95%a5%e8%bf%b0%e6%ad%90%e7%9b%9f%e9%95%b7%e6%9c%9f%e9%9b%bb%e7%b6%b2%e8%bc%b8%e9%85%8d%e9%9b%bb%e9%96%8b%e7%99%bc%e8%a8%88%e7%95%ab%e9%ab%98%e5%a3%93%e7%9b%b4%e6%b5%81%e8%bc%b8%e9%9b%bb%e7%b7%9a/>

6. Ten-Year Network Development Plan 2014,

<https://www.entsoe.eu/major-projects/ten-year-network-development-plan/tyndp-2014/Pages/default.aspx>

7. 尖山電廠簡報_2，

http://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CDUQFjAE&url=http%3A%2F%2Fmarine.tkms.ptc.edu.tw%2Flib%2FGetFile.php%3Ffil_guid%3D21d9c2f8-5cea-c358-3d97-c778c316e980&ei=hk-WVMqjL9jj8AWLvoKgBA&usg=AFQjCNEVTIN1ToUYXWNMMsjHjFEIxnTBPw