

「美西方都幹不成」中國「特高壓」領域遙遙領先

輸電技術彎道超車 中國攀上「電力珠峰」

九月初的北京秋高氣爽，藍天白雲之下，陽光透過北京大興國際機場航站樓四層的「天窗」，使得整個航站樓愈加明亮。「點亮這裏的『綠』電來自青海，是世界首條以輸送清潔能源為主的輸電大通道——青海至河南±800千伏特高壓直流工程送來的。從『望塵莫及』到與西方強國『同台競技』，再到最終實現『彎道超車』，中國輸電技術實現跨越式發展。那些『美西方都幹不成』的，中國電力工作者已然攀上世界『電力珠峰』。」青海籍旅客馬先生，一邊排隊準備登機，一邊向身後的合作伙伴輕聲介紹道。

大公報記者 李陽波報導

輸電技術，美西方曾一直處於領先位置，而在特高壓領域，經中國奮力研究，局面出現一百八十度轉變。特高壓電網具有遠距離、大容量、低損耗、佔用土地少等特點，被稱為「電力高速公路」。如今在中國，±800kV特高壓這條「電力高速公路」，如高鐵路軌一樣隨處可見。但20年前，它卻像一座難以逾越的大山，橫亘在中國電力從業者面前。

「絕不能因為技術難度大就放棄」

作為世界上最先進的特高壓輸電技術，被視為電力世界的「珠穆朗瑪峰」。自20世紀60年代開始，美國、日本、蘇聯、意大利等就相繼進行研究和開發，但連連碰壁。

此前幾十年，一些人已形成思維定式，認為外國人搞不成的，中國人也搞不成。±800kV特高壓直流輸電想法一經提出，質疑的聲音便不絕於耳。「這事美國人幹過嗎？美國人都幹不成你怎麼能幹成？」時任國家電網公司特高壓部副主任劉澤洪坦言，這種「理直氣壯」的質疑從一開始就一路隨行。而他偏偏不信這個邪，「研製原子彈時連圖紙都沒有，最終還不是靠自己的努力升起了『蘑菇雲』。絕不能因為技術難度大就放棄！」

劉澤洪聯絡內地數十名專家，通過160多家單位聯合攻關，從理論和實驗上去證實±800kV特高壓直流輸電的可行性，並負責牽頭起草出內地第一份特高壓建設的總體路線圖。2005年，國務院正式將特高壓列入《國家中長期科學和技術發展規劃綱要（2006-2020年）》；

2008年12月，向家壩—上海±800kV直流輸電工程（簡稱「向上直流」）開工建設。

據悉，「向上直流」輸送容量是640萬千瓦，送電距離近2000千米，是世界上電壓等級最高、輸送容量最大、送電距離最遠、技術水平最先進的直流輸電工程，已完全突破了當時全球電力技術的極限，代表着當時世界高壓直流輸電技術的最高水平。工程既沒有成熟的經驗和技術可以借鑒，也沒有現成的工具可以使用，甚至連現場作業的行業標準規範也沒有。但劉澤洪卻表示，中國的輸電技術要想打一場翻身仗，想在特高壓的道路上實現彎道超車，除了自主创新之外，沒有別的路徑可走。

攻擊克難 破歐美不可超越神話

劉澤洪組織起幾十家科研機構和高校、200多家設備製造企業、500多家建設單位、幾十萬人參與特高壓基礎研究、技術研發、設備研製、系統設計、試驗驗證、工程建設和調試運行等工作，先後攻克了310項關鍵技術，用實際行動打碎了歐美不可超越的神話，並成功實現了「彎道超車」。

2020年12月30日，青海至河南±800千伏特高壓直流工程全面建成投運，創造了全球一次性建設投產規模最大、建設時間最短的光伏奇跡。來自青藏高原的清潔電力，源源不斷輸往西北、華中、華東、華北、西南等地區，讓15個省市自治區億萬家庭用上了「綠電」。



▲在1000千伏南陽—荆門—長沙特高壓交流工程荆門蕭線，電力工人在對線路進行檢修。新華社

外國人曾冷嘲：中國電力設備每顆釘都是我們的

自立自強 在中國，有電的歷史不過142年，因而在過去很長一段時間裏，中國電力工業一直處於落後追趕的狀態。特別是在特高壓之前的輸電領域，從低電壓輸送到高電壓輸送，一度比西方發達國家落後了40年。長久以來，中國備受西方國家技術封鎖，甚至因為產品的「捆綁銷售」策略，連釘子、螺帽、水龍頭等也要全套進口。

在某一時間裏，內地±500kV直流的大部分設備都是國外的，不僅變壓器、開關到各種斷路器、避雷器需要依賴引進，就連直流線路和接地極也需要依賴國外技術，以至於外國人嘴裏有一種說法，中國電力設備上的每一顆釘子，甚至換流站中的馬桶，都是「外國的」。

缺乏核心技術，沒有自主設備，這些短板深深地刺痛了時任國家電網公司特高壓部副主任劉澤洪的心。隨後的日子裏，劉澤洪帶領團隊攻克了「西北—華中」聯網靈寶直流背靠背工程，使得中國成為繼德國、瑞典之後，世界上第三個具備高壓直流工程全自主建設能力的國家。不服氣不服輸，中國的特高壓直流工程建設全過程，一步一步逐漸實現國產化，打破了跨國公司總承包式的壟斷。

大公報記者李陽波

供保灣區

「昆柳龍直流工程」是世界首個特高壓多端柔性直流輸電工程。創下19項世界第一，實現主要設備自主化率100%，為粵港澳大灣區增加800萬千瓦的通道送電能力，高質量支撐大灣區穩定接收雲南清潔水電。

優勢

- 遠距離輸電**：可將電力輸送到數千公里之外，有效解決了能源分布不均的問題，實現了電力資源的優化配置。
- 提升容量**：特高壓輸電線路具有較高的輸送能力，可以滿足日益增長的電力需求。
- 穩定電網**：特高壓技術有助於提高電網的穩定性和可靠性，降低電網故障風險。

特高壓輸電技術

定義：指交流1000千伏、直流±800千伏及以上電壓等級的輸電技術。

原理：這種技術通過提高輸電電壓，減少輸電過程中的能量損耗，從而實現遠距離、大容量、低成本的電力傳輸。

中國特高壓：勇攀世界「高」峰

節能減排

截至2023年底，中國共建成特高壓交流線路19條、特高壓直流線路20條。特高壓線路的輸電長度超過4萬公里，建成以來，總輸送電量超過3萬億千瓦時，累計減排二氧化碳31.8億噸。

▲「昆柳龍直流工程」廣東受端龍門換流站直流水電東送助力灣區



光互補光伏電站運作模式。大公報記者李陽波攝



▲「昆柳龍直流工程」廣東受端龍門換流站直流水電東送助力灣區

世界首條柔性特高壓直流工程 連通甘肅浙江

話你知 7月29日，國家電網有限公司甘肅—浙江±800千伏特高壓直流輸電工程（以下簡稱甘肅—浙江特高壓工程）開工。甘肅—浙江特高壓工程額定電壓±800千伏、額定容量800萬千瓦，總投資約353億元。工程起於甘肅省武威市民勤縣，止於浙江省紹興市上虞區，途經甘肅、寧夏、陝西、河南、安徽、浙江六省（自治區），直流線路全長2370千米，在甘肅武威和浙江

紹興分別建設兩座換流站。該工程在國際上首次自主研发±800千伏、800萬千瓦特高壓柔性直流新技術，可有效解決送端高比例新能源發電不穩定、電網穩定性差，受端高比例外受電系統動態響應複雜、控制難度大等問題，大幅提升大電網安全穩定水平和靈活性。

新華網

曾經業界嚮往的「電力殿堂」用上中國技術

讚嘆不絕 在世界第五大阿巴拉那河經巴西與巴拉圭兩國邊境的河段，有一座發電能力令人驚嘆的水电站——伊泰普水电站。「剛參加工作那會就聽



▲國網青海超高壓公司運維人員在後台對線路進行遠程監控。

說，幾乎每一個到巴西的電網人都希望去伊泰普水电站看一看，那是全球高壓直流輸電的起點。」作為國網湖北直流公司檢修中心二次檢修一班的副班長，吳雙目前正在巴西參與伊泰普水电站±600千伏直流送出改造項目。每天看着眼前的伊泰普水电站，他的心裏除了讚嘆，還有越來越多的自豪。

「以前巴西是中國電力人曾經嚮往的殿堂，如今來自中國的電力技術，正幫助他們打造新的『電力高速公路』。」吳雙參與的伊泰普水电站送出工程兩端換流站直流系統重建改

造項目，是伊泰普水电站投運以來首次大規模改造升級。

據了解，自中國第一個超高壓直流輸電工程首端站葛洲壩換流站投運以來，吳雙所在的國網湖北直流公司便立足全國直流運維管理的「搖籃」地位，持續對外進行人才輸出和技術幫扶。2009年以來，國網湖北直流公司先後選派了16批次20多名優秀專業管理和技術人才赴非洲、南美洲等地開展人才幫扶工作。中國的超高壓、特高壓技術，不僅走在世界前列，也在為更多的國家創造中國電力紅利。

大公報記者李陽波

中國電力人的漂亮翻身仗

熱評 一線牽青杭，「減碳」賦新篇。去年九、十月間，源自青藏高原的清潔電力，跨過崇山峻嶺，直送江南杭州，用綠電點亮了一屆讓全世界驚嘆和讚嘆的綠色亞運會。彼時採訪時，有業界專業人士曾表示，杭州綠色「無廢」亞運會的成功，不僅讓世界看到了「中國用綠色描繪未來的創新力和行動力」，也再次彰顯了中國特高壓技術在全球範圍內的「遙遙領先」。

線路全長1563千米，橫跨4省，輸送容量800萬千瓦。2020年12月，當「青豫直流」工程正式運營後，國外業界都在驚呼，這是中國奇跡。而在青海電力人看來，只是水到渠成而已。這種看似風清雲淡語氣的背後，更多的是中國電力人十足的底氣。

從「望塵莫及」到「同台競技」再到「彎道超車」和「遙遙領先」，中國西部豐富的水力、太陽能和風能資源，通過特高壓直流輸電系統，持續輸送到數千公里外的東部城市。「光」之所向，「伏」射萬家，源源不斷的綠色能源通過先進的特高壓技術，正在加速反哺「綠水青山」，造福千秋萬代。這既是中國技術創新能力的體現，也是中國生態文明建設巨大成就的縮影。

能源的飯碗只有端在自己手裏，日子才會過的踏實。如果說過去的20年，中國輸電技術領域打了一場漂亮的翻身仗，那麼如今已將能源的飯碗端在自己手裏的中國電力人，未來的20年更值得期待，也會有更多驚喜。

大公報記者李陽波

海洋潮流能 中國「奮進」與美英鼎立

技術制勝 「剛起步時，我們對潮流能發電這個領域很陌生，只能先『全球調研』。哪個國家的潮流能研究有新進展就過去參觀學習，可謂『四處求師』，跑遍了所有研究潮流能的國家。」浙江省政協常委、LHD海洋潮流能發電項目總工程師林東表示，十年前，當他提出在中國開發利用潮流能發電時，外國專家都不看好中國能做成，如今，中國建成的海洋潮流能

發電站不僅實現併網發電，而且已連續運行七年，創下世界紀錄。林東介紹，此前，世界上最先進的潮流能機組由美國通用電氣、英國羅爾斯、羅伊斯、法國阿爾斯通三家國際巨頭聯合研發，最長發電併網時間僅113天。「因為潮流能發電不穩定、轉換效率不高，即便是起步較早的歐美國家也大多處在『三天打魚兩天曬網』的階段，他們做不成，也不看好中國能幹成。」

不同於歐美在技術上不斷擴大渦輪機半徑的路徑，LHD項目以分組、集成的方法突破了技術瓶頸，2022年2月24日，世界最大單機LHD第四代1.6兆瓦潮流能機組「奮進號」在舟山秀山島成功下海，目前該機組已併網送電突破400萬千瓦時。中國成為繼英國、美國之後，世界上第三個掌握海洋能兆瓦級大功率發電、穩定發電、併入電網全面技術的國家。

大公報記者張帥