

出國報告(出國類別：開會)

參加「第一屆兩岸四地電機工程學術 研討會」

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鍾炳利 總經理

派赴國家/地區：中國大陸/北京

出國期間：107年11月11日至11月15日

報告日期：107年12月3日

出國報告審核表

出國報告名稱：參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」		
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
鍾炳利	總經理	台灣電力公司
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 開會 <input type="checkbox"/> 其他_____ (請依出國任務填列，例如業務接洽、海外承攬、駐外等)	
出國期間：107年11月11日至107年11月15日		報告繳交日期：107年12月3日
出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目的地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.建議具參考價值
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至公務出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：

報告人：
(2人以上，
得以1人代表)



單位
主管：

主管處
主管：

董事長：

詹武峰

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」

頁數 61 含附件：■是□否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

鍾炳利/台灣電力公司/總經理副總經理室/總經理/2366-6220

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：107.11.11~107.11.15

出國地區：中國大陸

報告日期：107.12.3

分類/號目：

關鍵詞：潔淨能源 (Clean Energy)；抽蓄發電 (Pumped-storage Hydroelectricity)；整體煤氣化複循環發電系統 (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)；高壓測試(High Voltage Test)

內容摘要：(二百至三百字)

2018 年中國電機工程學會年會於 2018 年 11 月 12 至 15 日在中國大陸北京召開。會議由中國大陸之中國電機工程學會主辦，本人奉派代表以台灣之中國電機工程學會理事長身分參加該學會舉辦「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」並致開幕詞(致詞稿見附件 1)。會議主題為「清潔能源與綠色發展」，會議結合兩岸四地專家，交流清潔能源與綠色發展的研究和執行成果，為兩岸四地學術界搭建學術成果交流平臺。

研討會中參與多項研討議題，面對清潔能源蓬勃發展的新形勢和面臨的新問題，迫切需要推動清潔能源與綠色發展前，進行技術的深度交流。行程中，接續赴天津參訪中國華能 IGCC 示範發電廠，次日參加大會舉辦之技術參訪行程「特高壓直流試驗基地」，該試驗中心進

行一系列的特高壓直流輸電技術研究與試驗，在輸電品質與可靠度上，可提供最佳測試場地與研究，其架構、功能與規模值得我們借鏡與參考。

目前我國正在進行電業轉型，電網建設屬於國家基礎建設，高壓研究與試驗中心之規劃，對於電網安全與品質提升皆有正面助益，在國內有無可取代及具獨占特性，並符合國家長遠利益；回國後請台電公司綜合研究所就本出國建議，進行「高壓研究與試驗中心」規劃，其中包括國際級高壓短路試驗、即時動態模擬試驗、電力設備環境試驗、高電壓試驗、及電力電子設備試驗等。

參加此次研討會議，瞭解中國大陸在潔淨能源與高壓電力試驗領域的發展概況，對我國推動高科技電力建設有相當的幫助。

本報告內容共分七章，

壹、出國目的

貳、出國行程

參、參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」紀要

肆、參訪中國華能天津 IGCC 示範發電廠

伍、參訪中國電力科學研究院特高壓直流試驗中心

陸、心得與建議

柒、參考文獻

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<https://report.nat.gov.tw/reportwork>）

參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」

目 錄

出國報告審核表	II
出國報告提要	III
目錄	IV
圖表目錄	V
壹、出國目的	1
貳、出國行程	2
參、參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」	6
一、「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」紀要	6
二、研討會重點摘錄「中國水力資源與發電現況」	8
三、研討會重點摘錄「中國大陸抽水蓄能發電現況與發展」	11
肆、參訪中國華能天津IGCC示範發電廠	17
一、中國華能天津IGCC示範發電廠簡介	17
二、參訪紀要	17
伍、參訪中國電力科學研究院特高壓直流試驗中心	24
一、中國電力科學研究院高壓研究所簡介	25
二、特高壓直流試驗中心紀要	25
陸、心得與建議	28
一、心得	28
二、建議	29
柒、參考文獻	31
附件	32

圖表目錄

圖目錄

圖 3.1 參加第一屆兩岸四地電機工程學術研討會合影.....	13
圖 3.2 中國大陸三峽大壩水力發電廠.....	13
圖 3.3 中國大陸十大流域水力資源分布示意圖.....	14
圖 3.4 中國大陸可開發水力發電廠地域分布示意圖.....	14
圖 3.5 水電總院預計 2020 年中國大陸能源使用占比示意圖.....	15
圖 3.6 中國大陸對華東、華中與華北等電網規劃之抽蓄發電裝置容量.....	15
圖 3.7 1990 至 2014 年間中國大陸歷年抽蓄發電裝置容量.....	16
圖 4.1 華能（天津）IGCC 示範電廠之全覽照片.....	21
圖 4.2 空氣分離器設備.....	21
圖 4.3 煤炭氣化爐設備.....	22
圖 4.4 合成氣淨化脫硫設備.....	22
圖 4.5 燃氣-蒸汽複循環發電機組.....	23
圖 4.6 IGCC 工作流程示意圖.....	23
圖 5.1 特高壓直流試驗基地俯覽圖.....	27

表目錄

表 2-1 出國行程.....	3
表 2-2 研討會流程與討論議題.....	3
表 2-3 研討會技術參觀行程.....	4
表 4.1 華能天津 IGCC 示範電廠煙氣排放數據.....	20

附錄

附件一、「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」開幕致詞摘要.....	32
附件二、「中國電力科學研究院高壓研究所」架構.....	37
附件三、「高壓研究與試驗中心」規劃案.....	52
附件四、參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」會場照片剪影.....	58

壹、出國目的

2018 年 11 月 12 至 15 日於中國大陸北京召開「2018 年中國電機工程學會年會」。會議由中國電機工程學會主辦，國家電網有限公司和中國大唐集團有限公司聯合主辦一系列研討會，本人奉派代表以台灣之中國電機工程學會理事長身分參加中國電機工程學會舉辦「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」並致開幕詞，致詞稿見附件 1。「清潔能源與綠色發展」為本次會議主題，會議是以台、港、澳、中國大陸等兩岸四地專家進行報告與交流，此次為首屆以研討會方式將兩岸四地學術界專家搭建交流平臺。

研討會中參與多項研討議題，面對清潔能源未來發展的新趨勢和將面臨的新技術問題，以及清潔能源與綠色發展之願景提出交流。針對本次研討主題之延伸，赴天津參訪華能 IGCC 示範電廠。後續並參加大會舉辦之技術參訪行程「特高壓直流試驗基地」，該試驗中心進行特高壓設備與系統之輸電品質與可靠度研究與測試，其架構、功能與規模可作為本公司發展國家級高壓研究與測試中心之參考。

貳、出國行程

出國行程如表2-1所列，本次開會行程自107年11月11日抵達中國北京開始，11月12日參加2018中國電機工程學會年會開幕儀式及「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」活動主題為「清潔能源與綠色發展」會中由本人以台灣之中國電機工程學會理事長身分致詞，研討會流程與討論議題如表2-2所列。11月13日參加大會安排之技術參觀行程(如表2-3所列)線路2：「國家電網公司特高壓直流試驗基地」，此為國家電網公司特高壓直流試驗基地位於北京市中關村科技園昌平園區，占地390畝。試驗基地在功能設計、設備研製、控制及試驗技術和工程應用方面均具有一定之規模。11月14日赴天津華能煤氣化發電公司參訪IGCC示範發電廠，主要了解中國大陸建置IGCC達到煤炭淨化高效能低汙染運作情形，可作為台電公司低碳能源開發之參考。於107年11月15日由北京國際機場搭機返國，圓滿完成任務，結束此次會議與參訪行程。

本次參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」會場及參訪過程中之照片剪影如附件四

表 2-1 出國行程

時間	地點	工作概要
107.11.11	臺北→中國北京	往程
107.11.12	中國北京	參加2018中國電機工程學會年會開幕儀式及「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」並開幕致詞。
107.11.13	中國北京	參訪中國電力科學研究院特高壓直流試驗中心。
107.11.14	中國天津	參訪中國華能天津IGCC示範發電廠。
107.11.15	中國北京→臺北	返程

表 2-2 研討會流程與討論議題

地點：國家會議中心

日期	時間	內容
11月11日 (星期日)	14:00-18:00	代表註冊
11月12日 (星期一)	10:00-20:00	代表註冊
	09:00-17:30	主題活動 4: 第一屆兩岸四地電機工程學會學術研討會
		專題活動 2: 2018 年能源系統優化理論在電力系統中的應用專題研討會
		專題活動 4: 2018 年電動汽車與電網互動及多網融合專題研討會
		專題活動 8: 2018 年核能發電技術專題研討會

	14:00-17:30	專題活動 1：2018 年儲能泛在技術專題研討會
		論文宣講交流：PE1-PE4

表 2-3 研討會技術參觀行程

線路 2：國家電網公司特高壓直流試驗基地

(1) 第一批

13:20-13:30	第一批參觀人員在北京市國家會議中心 C1 門口集合
13:30-14:30	北京市國家會議中心門口乘車前往國家電網公司特高壓直流試驗基地
14:30-15:30	技術參觀
15:30-16:30	乘車返回北京市國家會議中心等酒店

(2) 第二批

14:20-14:30	第二批參觀人員在北京市國家會議中心 C1 門口集合
14:30-15:30	北京市國家會議中心門口乘車前往國家電網公司特高壓直流試驗基地
15:30-16:30	技術參觀
16:30-17:30	乘車返回北京市國家會議中心等酒店

(3) 第三批

15:20-15:30	第三批參觀人員在北京市國家會議中心 C1 門口集合
15:30-16:30	北京市國家會議中心門口乘車前往國家電網公司特高壓直流試驗基地

16:30-17:30	技術參觀
17:30-18:30	乘車返回北京市國家會議中心等酒店

參、參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」紀要

一、「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」紀要

中國大陸之中國電機工程學會首次聯同台灣之中國電機工程學會、香港工程師學會、澳門機電工程師學會等兩岸四地專業團體聯合主辦研討會活動。本人奉派代表以台灣之中國電機工程學會理事長身分參加第一屆兩岸四地電機工程學術研討會並致開幕詞，參加會議合影照片如圖 3.1[2]。

會議主題為「清潔能源與綠色發展」，會議將結合兩岸四地專家，交流清潔能源與綠色發展的研究和執行成果，為兩岸四地學術成果交流平臺。研討會中參與多項研討議題，面對清潔能源蓬勃發展的新形勢和面臨的新問題，因應未來確切需要推動清潔能源與綠色發展前，進行技術的深度交流。研討會中由各領域專家發表論文並進行研討，相關探討議題如下所示

主 講 者	議 題
黃其勵 中國工程院院士、國家電網有限公司顧問	對兩岸四地綠色能源轉型的思考
楊金石 (臺灣)中國電機工程學會理事兼海峽兩岸電機學術產業發展促進委員會主任委員、臺灣大電力研究試驗中心總經理	臺灣用電節能與需量反應措施
林法正 國立中央大學電機工程學系講座教授	臺灣微電網技術之發展現狀

何兆光 香港中華電力有限公司系統運 行總監	實現有效用電需求管理-香港智慧計量基礎設 施的發展
陳士麟 臺灣智慧型電網產業協會副理 事長	微網營運商整合調控住、商、辦、廠饋線內 用戶之分散式電源所依據的互通性標準（使 用案例）
梁瀟文 香港電燈有限公司項目工程師	香港電燈有限公司綠色建築項目歷程
許世森 中國華能集團清潔能源技術研 究院有限公司董事長	綠色煤電技術研發與示範
何小敏 澳門機電工程師學會能源管理 及智慧城市工作小組主任	清潔能源在澳門的應用現況及效益
張志偉 臺灣汽電共生（股）公司副廠長	混燒廢輪胎發電之潔淨排放改善技術

二、研討會重點摘錄「中國水力資源與發電現況」

(1) 現況

中國大陸水力資源豐富，依水電水利規劃設計總院估計，目前可開發之水力發電裝機容量660GW，年總發電量估計可達300萬GWh[3]。

中國大陸水力資源與分布具有以下之特色

- **依水資源利用之特點：**大型水力發電廠(裝機容量30萬KW及以上)佔總發電裝機容量67.3%。其中又以三峽大壩發電裝機容量2250萬KW，堪稱水力發電第一大 如圖3.2所示。
- **依水資源時域之特點：**全年水力資源分布不均，汛期水量佔全年總水量的70~80%。
- **依水資源地域之特點：**水力資源集中在十大流域，發電量佔總發電量56%以上，分布示意圖如圖3.3所示。
- **依可開發地域之特點：**中國大陸水力發電廠大部分集中在西南地區 此區水力發電廠發電量佔總發電裝機容量68%，分布示意圖如圖3.4所示。

(2) 發展趨勢

依世界電力能源發展趨勢，潔淨能源開發利用為必然走向，中國目前電力能源使用之來源中，煤炭發電佔比達 65%，計劃到 2020 年將降到 60%左右，減少部分將以開發水電、風電等再生能源以及核能補足。2020 年目標為非化石能源佔一次能源消費比重升高至 15%左右；

2030 年目標為非化石能源達到 20%左右。水電總院預估 2020 年能源使用占比如圖 3.5 所示，由圖顯示可知到 2020 年能源結構調整為

- 降低煤炭石油燃料的使用 9%
- 提升天然氣使用 5.1%
- 非化石能源增加 3.9%

能源結構上，依非化石能源占比值在 2020 年圖表中可看出，再生能源佔總能源比分別為

- 水電佔 7.5%
- 風電佔 2.55%
- 太陽能佔 0.75%

中國大陸在水資源豐富下，發展潔淨之再生能源上，是以水力發電佔比最高。

依水資源及發電利用之現況與未來趨勢看，中國大陸西南地區具有較豐富之穩定性水資源，其水力電廠之開發利用也較集中於此地區，對潔淨之水電資源使用上，如何將電力輸送至東部電力需求地區成為重要之關鍵工程，特高壓輸電系統在中國大陸視為重要電力工程技術與建設，本次參加研討會以外，接續 11 月 14 日參訪特高壓測試中心，用以了解中國大陸特高壓輸電系統與工程技術，此部分可以做為強化

台電公司輸電系統高壓研究與測試技術之參考，再次提高台灣目前高壓輸電線路之效能與穩定性。

三、研討會重點摘錄「中國大陸抽水蓄能發電現況與發展」

(1) 現況

中國大陸對電力資源儲能上，於2009至2014間規劃出可使用抽水蓄能之發電廠有59處，可設置之裝機量74.85GW，主要規劃地點分布在華東、華中與華北電網(如圖3.6所示)。到2014年底已建置24座抽蓄發電廠，總裝機容量21.84GW，佔水電總裝機比重7.2%，圖3.7為1990至2014年間歷年抽蓄發電裝置容量，由圖顯示自2009年規劃抽蓄發電廠選址後，持續進行電廠建置，其中廣東惠州抽蓄發電廠規模最大，發電裝置容量2.4GW。

(2) 發展趨勢

由於能源發展趨勢，未來潔淨能源開發利用加重，水電、風電等再生能源佔比增加(如圖3.5)。中國大陸使用抽水蓄能發電方式進行穩定供電，成為其發展趨勢，以下依其不同能源之開發，輔助以抽水蓄能配套方式達到電力供應穩定

- 風電、太陽能等再生能源開發地區
 - 例如風力發電集中區之新疆哈密地區、甘肅玉門地區內蒙古赤峰等地區，配合建置抽蓄發電廠，進行抽水蓄能。
- 增大輸電系統之電力輸送量情況下，增加電網之安全性
 - 中國大陸特有之長距離”西電東送”輸電系統，為滿足東部地區電力需求，加大電力傳輸量為必然措施。在長距離、大傳輸量下，配套建置抽蓄發電廠蓄能，可保障電網之安

全。

- 調配核電廠基本發電之需求
 - 海南福建地區結合核電建設需求，配套建置抽蓄發電廠蓄能。

(3) 中國大陸在抽蓄發電上進行之關鍵技術與應用研究

主要分成發展規畫研究與工程技術研究，由於中國大陸與我們環境電力架構與需求不同，節錄與我們相關之中國關鍵技術與應用研究項目，可為我們參考借鏡。簡要說明如下：

- 在發展規畫研究方面：
 - 進行抽蓄發電廠合理比重與布局研究
 - 抽蓄發電廠與風電等新能源配合運作研究
 - 抽蓄發電廠效益、經營管理模式及相關政策研究
- 在工程技術研究方面：
 - 蓄水庫防滲技術研究
 - 水庫防沙排砂技術
 - 高水頭輸水管道設計及製造技術
 - 複雜地質條件下大型洞室群設計及施工技術
 - 高水頭大容量機組設計製造技術
 - 綠色和諧抽水蓄能工程建設



圖 3.1 參加第一屆兩岸四地電機工程學術研討會合影[2]



圖3.2 中國大陸三峽大壩水力發電廠[3]

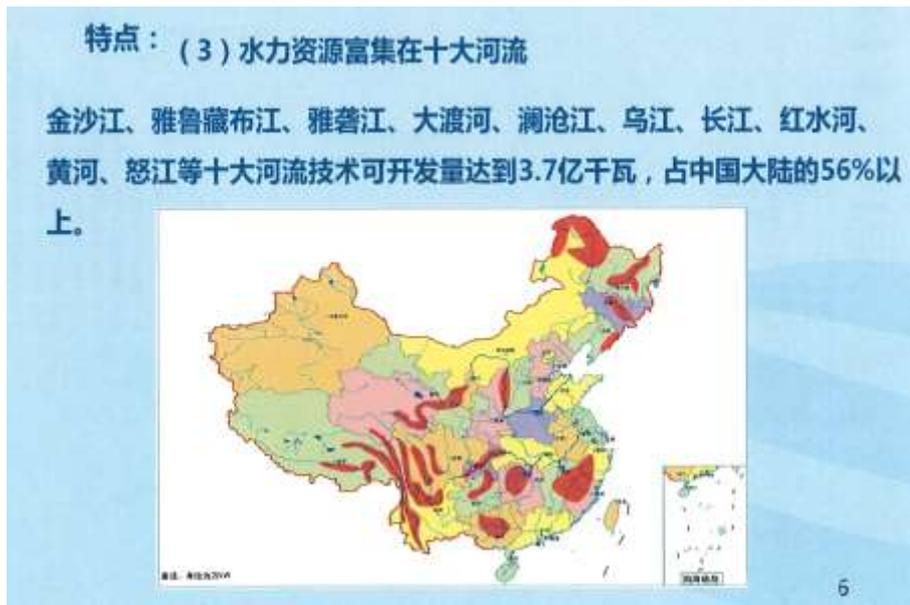


圖3.3 中國大陸十大流域水力資源分布示意圖[3]

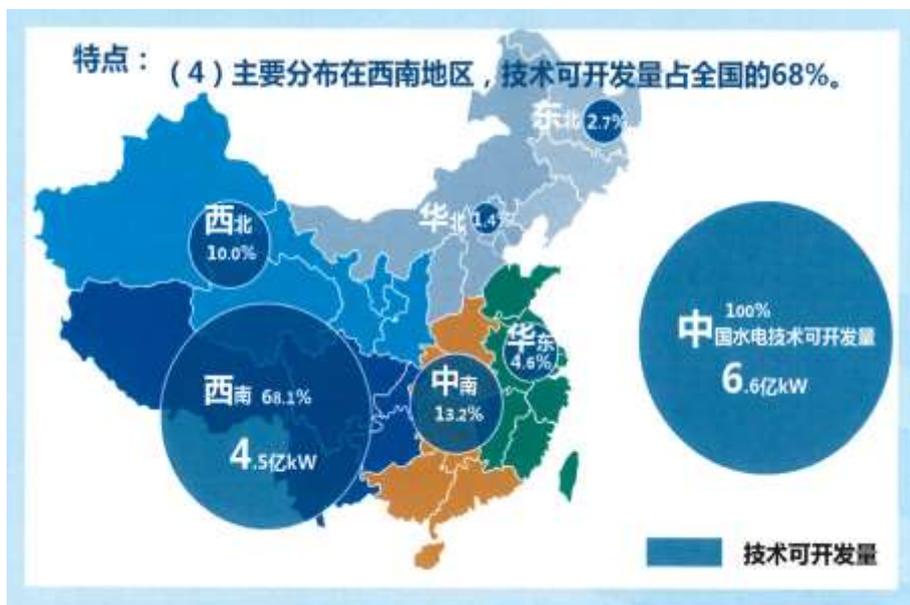


圖3.4 中國大陸可開發水力發電廠地域分布示意圖[3]

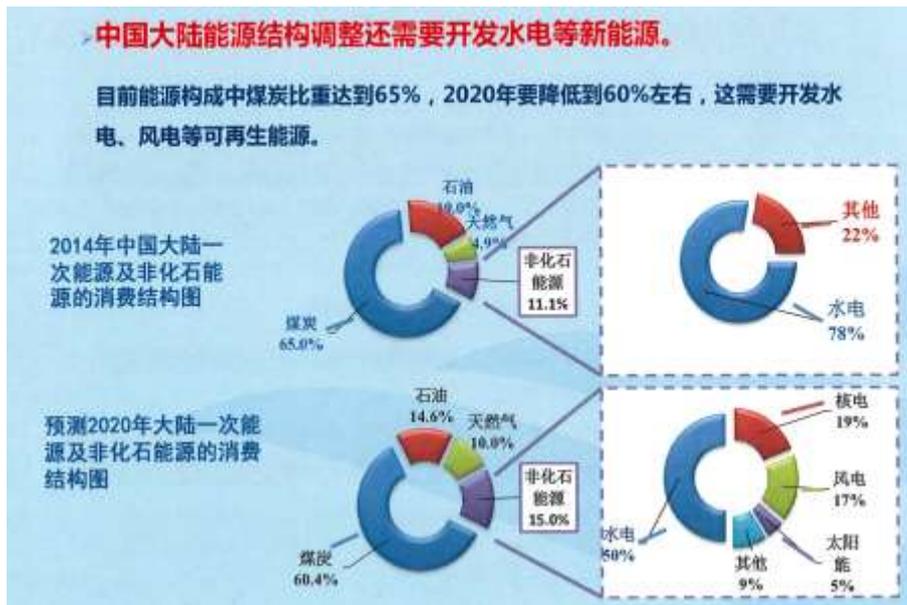


圖3.5 水電總院預計2020年中國大陸能源使用占比示意圖[3]

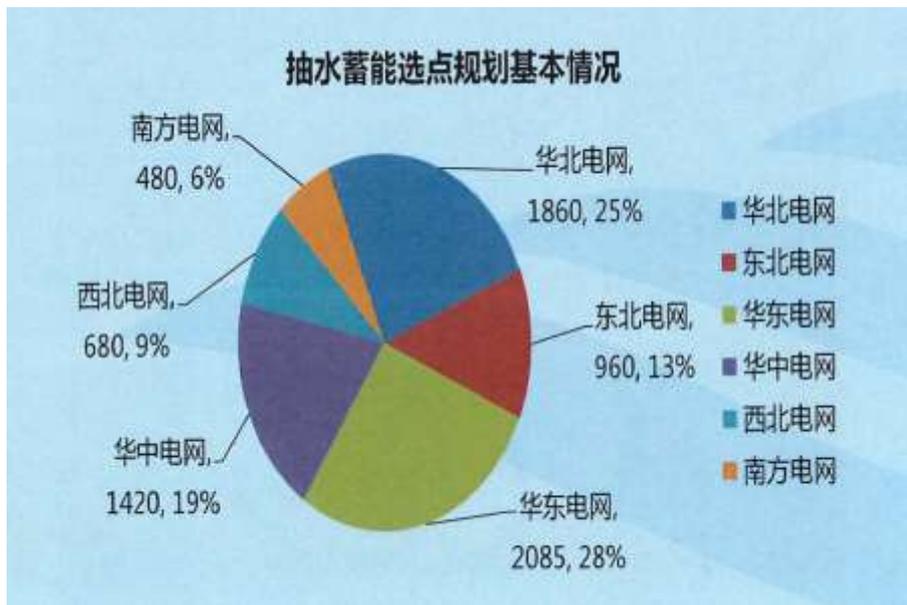


圖3.6 中國大陸對華東、華中與華北等電網規劃之抽蓄發電裝置容量(單位:萬KW)



圖3.7 1990至2014年間中國大陸歷年抽蓄發電裝置容量

肆、參訪中國華能天津IGCC示範發電廠

綠能、低碳是為台電公司提供穩定、充裕電力下之發電使命與責任。本次參加研討會行程中特別安排參訪目前中國大陸對煤炭淨化之發電技術發展與應用，11月14日前往天津參訪IGCC示範發電廠。

一、中國華能天津IGCC示範發電廠簡介

中國華能集團有限公司是以經營電力產業為主的中國國有企業，是中國五大發電集團之一。2005年12月華能集團公司與大唐、國電、華電、中電投、神華、中煤、國投等國內七家電力、煤炭、投資企業共同成立綠色煤電有限公司。2008年11月綠色煤電有限公司與天津市津能投資公司投資組建華能（天津）煤氣化發電有限公司。2009年7月華能（天津）煤氣化發電公司起動建造IGCC示範電廠，2012年4月點火成功；11月通過72小時之運轉時數；2018年9月IGCC機組連續運行時數達3917小時(163.2天)，成為全世界連續運行周期最長的IGCC機組。華能（天津）IGCC示範電廠之全覽照片如圖4.1所示。其主要系統包括空氣分離器(如圖4.2)、煤炭氣化爐(如圖4.3)、合成氣淨化脫硫設備(如圖4.4)、燃氣-蒸汽複循環發電機組(如圖4.5)等主系統，機組之總裝置容量為26.5萬千瓦，其中包含氣化爐採兩段式乾煤粉加壓式裝置、煤炭氣化處理容量為2000噸/天、燃氣發電機組裝置容量為17.1萬千瓦、蒸汽發電機組裝置容量為9.4萬千瓦。IGCC工作流程由煤炭燃料到電力產生之示意圖如圖4.6所示。

二、參訪紀要

低碳經濟之低耗能、低排放與低污染訴求已成為近代努力之目標。台電公司在燃煤發電上不斷追求與精進發電廠之高效能、低汙染排放。煤炭氣化複循環IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)發電

機組是一種先淨化煤炭(Integrated Gasification,即去除固體物、硫分等污染物) 產生可燃氣體燃料後，送進高效能、低污染之燃氣複循環發電機組(Gas-fired Combined Cycle Power Plant)產生電力，此為使用煤炭為燃料可達到符合低碳經濟目標之一種方法。

此次參訪IGCC 主要針對中國大陸建置IGCC 達到煤炭淨化高效能低污染運作情形，可作為台電公司低碳能源開發之參考，其中相關重要參訪摘要說明如下：

- 污染物脫除效率高

依據華能煤氣化發電公司提供之資料顯示(表 4.1) 其IGCC 示範廠之污染排放值已低於其天然氣發電機組國家標準值。煤炭氣化後固態污染物脫除效率達 99%以上，合成氣經燃燒後之氮氧化物濃度小於 25mg/m³，若換算成百萬分濃度(假設煙氣分子量 29.7)，IGCC 之氮氧化物濃度小於 20.5ppm，依其使用西門子 E 級氣渦輪機之設備而言，此範圍值已屬於以天然氣為燃料之排放水準。

- 相對於燃煤機組 IGCC 發電效率高

IGCC 是把淨化技術之煤炭氣化與使用高效能的複循環機組發電結合，既有高發電效率特性，又有極好的環保性能，是一種具有發展前景的淨化煤發電技術。相對於燃煤機組，IGCC 系統的發電效率較佳，效率值可達 41%，並具有 CO₂ 捕捉較容易特性，但其建造裝機投資較大。

- 氣化後多聯產與副產品再利用

煤基多聯產是指利用從煤炭氣化爐中產生的合成氣 (CO、H₂)，除了供應複循環機組發電外，合成氣經特別之處理生產，可得到多種具有高附加值的化工產品、液體燃料 (甲醇、合成胺、二甲醚、城市煤氣、氫氣等)、以及用於其它過程的熱能等。

多聯產可以實現煤炭的多方向產業之利用，其應用過程可相互切換與共用，進行能量流(電能、熱能)、物質流(化工產品)等多選擇性程序優化，增加 IGCC 之效益。對發電業言，發電與其它製程切換是否能作為電力調控機組，值得進一步探討。

- CO2 捕獲率高

煤炭氣化系統可以以較小的成本捕捉 CO2。是煤炭使用上 IGCC 之煤淨化效能上具有很大潛力，是未來煤炭使用上的重要發展方向。

表 4.1 華能天津 IGCC 示範電廠煙氣排放數據

	華能天津 IGCC	中國大陸燃煤電 廠國家排放標準	中國大陸天然氣電 廠國家排放標準
粉粒	<0.6mg/m ³	<20mg/m ³	<5mg/m ³
二氧化硫	<.9mg/m ³	<50mg/m ³	<35mg/m ³
NO _x	<25mg/m ³	<100mg/m ³	<50mg/m ³



圖 4.1 華能（天津）IGCC 示範電廠之全覽照片



圖 4.2 空氣分離器設備



圖 4.3 煤炭氣化爐設備



圖 4.4 合成氣淨化脫硫設備



圖 4.5 燃氣-蒸汽複循環發電機組

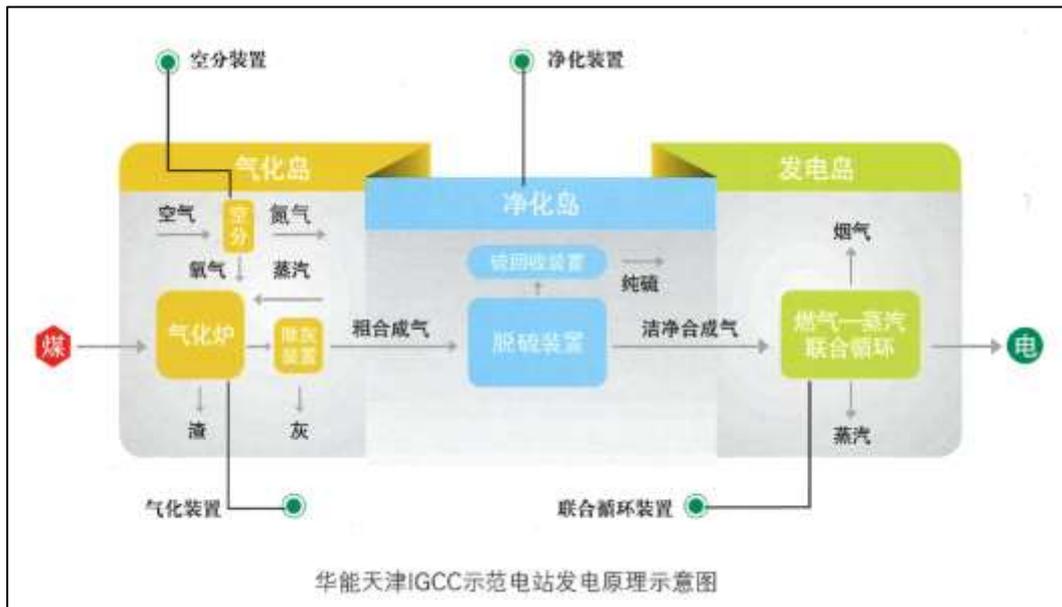


圖 4.6 IGCC 工作流程示意圖

伍、參訪中國電力科學研究院特高壓直流試驗中心

大會安排技術參觀行程，計有 2 個線路規劃(2 者擇其一)，參觀內容之大會官方說明如下所示。本次參加與電力相關之特高壓測試中心(線路 2)

線路 2：國家電網公司特高壓直流試驗基地(摘錄至大會官方說明)

國家電網公司特高壓直流試驗基地位於北京市中關村科技園昌平園區，占地 390 畝。試驗基地在功能設計、設備研製、控制及試驗技術和工程應用方面創造了 15 項世界第一，取得 55 項重大技術創新。

特高壓直流試驗基地試驗研究能力覆蓋超/特高壓直流輸電關鍵技術領域，定位在對特高壓電磁環境、外絕緣、系統運行安全、設備試驗技術與運行特性等方面進行全方位的試驗研究，能滿足特高壓直流輸電關鍵技術研究的需求，具備更高電壓等級($\pm 1000\text{kV}$, $\pm 1200\text{kV}$)研究能力。主要包括特高壓直流試驗線段、電暈籠、戶外試驗場、試驗大廳、汙穢及環境試驗室、絕緣子試驗室、避雷器試驗室等 7 個試驗室。由 14 名知名專家組成的評審委員會一致認為特高壓直流試驗基地綜合試驗能力達到國際同類試驗基地的領先水準。特高壓直流試驗基地已經成為一個示範和展示特高壓輸電技術的視窗。特高壓直流試驗基地先後被授牌為“北京市科普教育基地”和“中國電力科普教育基地”。

以下針對參訪內容簡要說明中國電力科學研究院如何架構其特高壓工程技術與試驗中心，展開系統的研究測試工作，用以保證輸電品質與可靠度，其架構、功能與規模值得我們借鏡與參考。

一、中國電力科學研究院高壓研究所簡介

國家電網公司特高壓試驗，其共有四大試驗基地：

1. 特高壓直流試驗基地(北京昌平)
2. 特高壓交流試驗基地(湖北武漢)
3. 特高壓杆塔試驗基地(河北霸州)
4. 高海拔試驗基地(西藏羊八井)

本次參訪特高壓直流試驗基地(北京昌平)，以下對試驗基地之說明。

二、特高壓直流試驗中心紀要

特高壓直流試驗基地，高電壓等級($\pm 1000\text{kV}$ 與 $\pm 1200\text{kV}$)，其特高壓直流試驗基地俯視圖如圖 5.1 所示。

本基地內含特高壓戶外試驗場、特高壓直流試驗線段、電暈籠、絕緣子試驗室及避雷器試驗室所組成，其應用為如下說明

- (1) 特高壓戶外試驗場，其應用: $\pm 800\text{kV}$ ~ $\pm 1100\text{kV}$ 杆塔絕緣子串與空氣間隙衝擊放電試驗、直流疊加衝擊試驗及直流帶電作業試驗。
- (2) 特高壓直流試驗線段，其應用: 考核超/特高壓直流線路導線之電磁環境，並結合電暈籠試驗。
- (3) 電暈籠，其應用: $\pm 400\text{kV}$ ~ 1100kV 線路的導體束在單極或雙極狀態下的電暈特性試驗 (如: 噪音聽聞、無線電干擾、電暈損耗、電暈起始電壓試驗)

- (4) 絕緣子試驗室，其應用: 針對輸變電工程所用之各材質形式的絕緣子與套管檢測。
- (5) 避雷器試驗室，其應用: 交直流避雷器之研究與品質檢測
- (6) 試驗大廳，其應用: 進行交流 1000kV 以下與直流 ± 1100 kV 以下輸變電設備之電氣性能試驗(雷電與操作衝擊、交直流耐壓、直流極性反轉、局部放電、介電質損耗因素、電容量量測、可見電量與無線電干擾試驗)
- (7) 汙染及環境試驗室，其應用: ± 1100 kV 以下、交流 1000kV 以下之長絕緣子、站用支柱絕緣子與大型套管，在不同海拔條件(模擬極限: 海拔 5500m 之氣壓)之汙染、覆冰雪和淋雨試驗。
- (8) 特高壓直流換流閥試驗室，其應用: 特高壓直流換流閥、FACTS(柔性交流输电系統)高壓閥之運行型式試驗、絕緣試驗與研發試驗。



圖 5.1 特高壓直流試驗基地俯視圖

陸、心得與建議

一、心得

中國大陸水資源現況與發展趨勢方面

- 慣常式水力發電主要集中在西南地區，未來水資源開發亦以此區為重點。相對地，西電東送之高壓輸電系統將日益重要。電力輸送之穩定性、安全性與效能，會是中國大陸電力工業重點，其技術發展應值得後續追蹤。
- 抽水蓄能發電主要以火力發電地區電網為主，裝置容量佔總量 80%左右，主要在華北、華東、華中及南方等電網，其餘 20%抽水蓄能廠配置在東北與西北等風力發電區域電網，抽水蓄能成為其穩定電網重要工具之一。
- 抽水蓄能發電之關鍵技術與應用研究上，目前中國大陸積極建置抽水蓄能廠，在建置與運作上一定有某種程度上技術需克服，由其對關鍵技術開發研究之說明，可以了解未來開發或維護抽水蓄能廠上，亦可能碰到之問題。

參訪中國華能天津 IGCC 示範發電廠

低碳經濟之低耗能、低排放與低污染訴求已成為近代努力之目標。台電公司在燃煤發電上不斷追求與精進發電廠之高效能、低污染排放。此次參訪IGCC主要針對中國大陸建置IGCC達到煤炭淨化高效能低污染運作情形，可作為台電公司低碳能源開發之參考。

其中相關重要參訪摘要說明如下：

- 污染物脫除效率高：依據華能煤氣化發電公司提供之資料顯示 IGCC 之氮氧化物濃度小於 20.5ppm，此範圍值已屬於以天

然氣為燃料之排放水準。

- 相對於燃煤機組，IGCC 系統的發電效率較佳，效率值可達 41%。
- 煤炭氣化後多聯產與副產品再利用：多聯產可以實現煤炭的多方向產業之利用，其應用過程可相互切換與共用，進行能量流(電能、熱能)、物質流(化工產品)等多選擇性程序優化，增加 IGCC 之效益。對發電業言，發電與其它製程切換是否能作為電力調控機組，值得進一步探討。
- CO₂ 捕獲率高：煤炭氣化系統可以以較小的成本捕捉 CO₂。是煤炭使用上 IGCC 之煤淨化效能上具有很大潛力，是未來煤炭使用上的重要發展方向。
- 其建造裝機投資較大，此部分需進一步評估。

參加此次研討會議，瞭解中國大陸在潔淨能源與高壓電力試驗領域的發展概況，對我國推動高科技電力建設有相當的幫助。

二、建議

本次出國參訪特高壓直流試驗基地(北京昌平)後，深感國內高壓試驗場域及能量有待提升，為能驗證電力設備之各項性能，規劃於台電公司建立「高壓研究與試驗中心」，配合政府能源政策及電業法電業主管機關之高壓用電設備試驗審查法規執行，改善國內高壓設備定型試驗，長久以來需遠赴海外費時費力之問題，以提高國家競爭力。依據經濟部工業局 103 年度專案計畫期末成果報告，國內高壓用電設備如高壓配電盤、變壓器、斷路器、GIS 等試驗需求預估每年約有 3.6 億元。

目前我國正在進行電業轉型，電網建設屬於國家基礎建設，高壓研究與試驗中心之規劃，對於電網安全與品質提升皆有正面助益，在國內有無可取代及具獨占特性，並符合國家長遠利益；回國後請台電公司綜合研究所就本出國建議，進行「高壓研究與試驗中心」規劃，綜研所高壓研究室吳立成主任依據提供之資訊，以及國內目前與未來需求，並參考中國大陸之「中國電力科學研究院高壓研究所」架構(附件二)，打造高壓研究與測試中心，該中心將分成五大實驗室：

1. 國際級高壓短路試驗中心 (40.5kV, 100kA)
2. 即時動態模擬試驗中心(台灣電力系統16kV以上)
3. 電力設備環境試驗中心(溫度、濕度、污染…)
4. 高電壓試驗中心(電力設備相關特性試驗)
5. 電力電子設備試驗中心(HVDC、Inverter、SVC…)

其詳細五大實驗室之規劃內容如附件三[7]說明。

柒、參考文獻

1. 2018年中國電機工程學會年會:<http://www.csee.org.cn/>
2. 澳門日報 2018 年 11 月 13 日 報導：
http://www.macaodaily.com/html/2018-11/13/content_1309513.htm
3. 鄭聲安, “中國(大陸)水電發展規劃與前景展望(2015.10)”, 水電水利規劃總院, 第一屆兩岸四地電機工程學術研討會, 2018.11
4. 中國電建, “中國大陸抽水蓄能電站建設成就與發展(2015.11)”, 第一屆兩岸四地電機工程學術研討會, 2018.11
5. 中國電建, “抽水蓄能電站關鍵技術研究創新”, 第一屆兩岸四地電機工程學術研討會, 2018.11
6. 中國華能, “IGCC 責任與使命”, 華能(天津)煤氣化發電有限公司, 2017
7. 吳立成, “「高壓研究與試驗中心」規劃案”, 台電公司綜合研究所, 高壓研究室, 2018.11

附件一、「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」開幕致詞稿 鍾炳利

尊敬的鄭理事長與各位會員、專家、學者，大家午安：

很高興今天有這個機會帶領台灣的電機工程學會的專家、學者到大陸與各位交流，從 2005 年 10 月本會組團到宜昌與大陸中國電機工程學會合辦「台灣兩岸電機電力產業論壇暨三峽大壩電廠實地參訪與座談會」以來，我們就一直有很好的溝通交流。

本會成立初期，會員主要以電信及電力界學者、專家五十餘人為主，後來逐漸涵蓋電子及資訊領域，最高個人會員曾達 10,500 餘人，團體會員 95 個單位，目前會員大都是電機學術界、產業界及企業界之精英領導者。

本會設有理事會及監事會。理事會為理事 21 人，候補理事 5 人，由會員代表票選之。置常務理事 5 人，由理事互選之，並由理事就常務理事中選舉一人為理事長。另置名譽理事長一人，由上屆卸任理事長擔任之。監事會組成為監事 5 人，候補監事一人，由會員代表票選之。置常務監事一人，由監事互選之。

本會另設有 11 個委員會，包含獎章委員會、司選委員會、學術研究委員會、論文委員會、財務委員會、會員委員會、電工通訊季刊編輯委員會、電機工程學刊編輯委員會、獎勵委員會、國際關係委員會、海峽兩岸電機學術產業發展促進委員會。每一委員會設一主任委員及若干委員。

本會會務重點如下

- 一、舉行電機相關工程學術演講。
- 二、接受公私立機關之委託研究並解決電機相關工程問題。
- 三、徵集工程圖書、調查國內外電機相關工程事業之最新發展，以供學術界及實業界參考。

四、草擬及審核電機相關工程名詞標準及各項物料標準規範。

五、刊發會誌、會報、學刊及有關電機相關工程書籍。

六、協助會員發展電機相關事業。

七、辦理其它電機相關工程及學術事項。

另為表揚優秀電機工程師之傑出成就，以鼓勵其創新奮發之精神，特設有代表電機工程界最高榮譽之工程獎章，於每年會員大會時頒發。為表揚國內優秀工程教授及優秀工程師，以激勵電機工程之發展，特設置「傑出電機工程教授獎」、「傑出電機工程師獎」及「優秀青年電機工程師獎」，於每年會員大會時頒發金質獎章及證書。為獎勵國內優秀電機研究生，設置「青年論文獎」，於每年會員大會時頒發獎金及獎狀。

今天大會的主題為清潔能源與綠色發展，這是世界潮流趨勢，也與台灣最近幾年大力推展再生能源的目標相契合。期盼將來有一半的電力來自再生能源如風力和太陽能發電，更期盼將來的電力是無碳的。台灣的綠色發展措施如用電節能與需量反應等，將有本會楊金石理事提出報告。最後敬祝大會成功，各位與會女士、先生們，身體健康、闔家平安。

附件二、「中國電力科學研究院高壓研究所」架構

國家電網公司特高壓試驗，其共有四大試驗基地：

5. 特高壓直流試驗基地(北京昌平)
6. 特高壓交流試驗基地(湖北武漢)
7. 特高壓杆塔試驗基地(河北霸州)
8. 高海拔試驗基地(西藏羊八井)

本次參訪特高壓直流試驗基地(北京昌平)，以下分別對各試驗基地之說明。

特高壓直流試驗基地(北京昌平)：

特高壓直流試驗基地，高電壓等級($\pm 1000\text{kV}$ 與 $\pm 1200\text{kV}$)，其特高壓直流試驗基地俯視圖如圖 1 所示。



圖 1 特高壓直流試驗基地俯視圖

本基地內含特高壓戶外試驗場、特高壓直流試驗線段、電暈籠、絕緣子試驗室及避雷器試驗室所組成。

- (9) 特高壓戶外試驗場，其特高壓直流戶外試驗場如圖 2 所示 (A)外觀(B)4850kV 操作衝擊電壓試驗

主要設備: 7200kV 戶外衝擊電壓設備組、50m*60m 門型塔、耐張錨塔。

應用: $\pm 800\text{kV} \sim \pm 1100\text{kV}$ 杆塔絕緣子串與空氣間隙衝擊放電試驗、直流疊加衝擊試驗及直流帶電作業試驗。

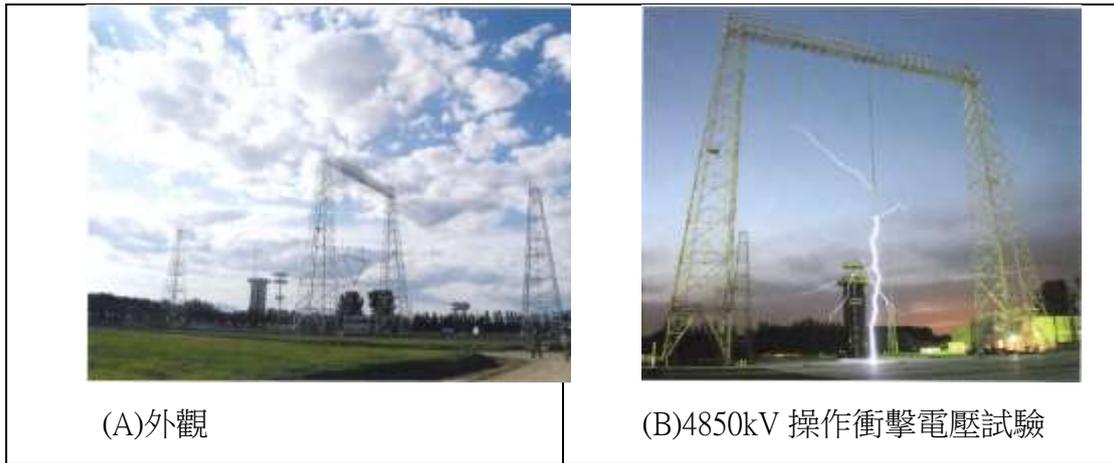


圖 2 特高壓直流戶外試驗場(A)外觀(B)4850kV 操作衝擊電壓試驗

- (10) 特高壓直流試驗線段，其如圖 3 特高壓直流試驗線段(A)外觀(B)結合電暈籠試驗

總長 1080m，雙迴±1200kV 結構。

應用: 考核超/特高壓直流線路導線之電磁環境，並結合電暈籠試驗。

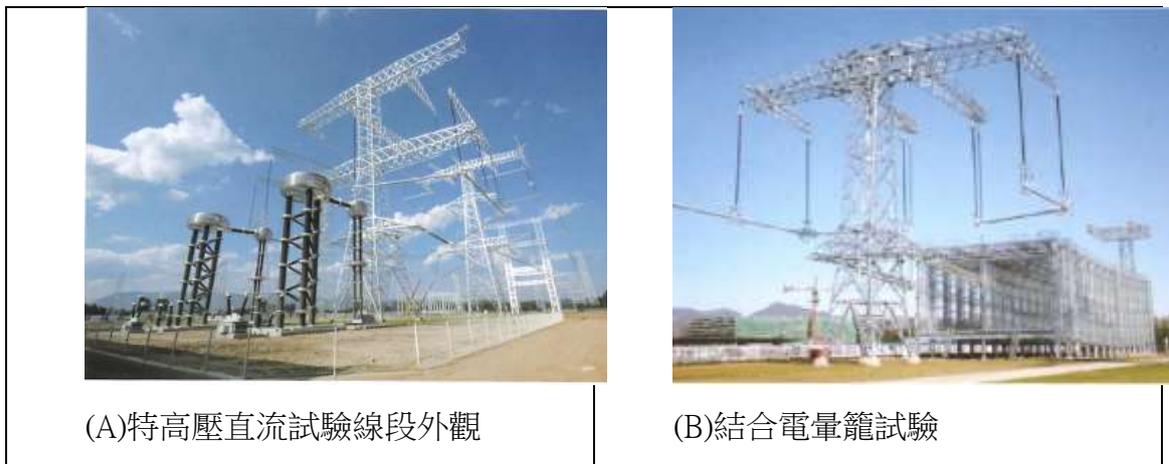


圖 3 特高壓直流試驗線段(A)外觀(B)結合電暈籠試驗

- (11) 電暈籠，其如圖 4 所示。

結構: 兩相式，配備 1200kV 高壓直流發生器。

應用: ±400kV~1100kV 線路的導體束在單極或雙極狀態下的電暈特性試驗 (如: 噪音聽聞、無線電干擾、電暈損耗、電暈起始電壓試驗)



圖 4 電暈籠

(12) 絕緣子試驗室，其如圖 5 所示。

主要設備: 500kV 基頻試驗變壓器、400kV 直流電壓發生器、1200Kv 衝擊電壓發生器…等設備。

應用: 針對輸變電工程所用之各材質形式的絕緣子與套管檢測。



圖 5 絕緣子試驗室

(13) 避雷器試驗室，其如圖 6 所示。

主要設備: 交直流避雷器用電阻片加速老化試驗裝置、交直流避雷器動作負載試驗裝置、方波衝擊電流發生器、大電流衝擊發生器、殘壓試驗裝置、2400Kv/20kA 衝擊電壓/衝擊電流發生器

應用: 交直流避雷器之研究與品質檢測



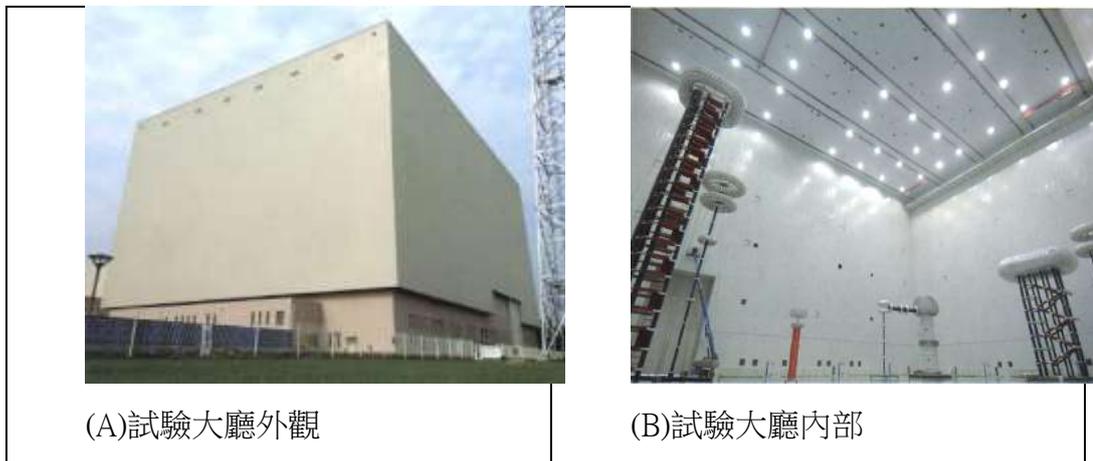
圖 6 避雷器試驗室

(14) 試驗大廳，其如圖 7 所示。

淨空尺寸: 86m*60m*50m，屏蔽效能 70dB

主要設備: 1500kV 基頻試驗變壓器、±2400kV 直流電壓發生器、2400kV 雷衝擊截斷裝置、1600kV 標準電容器

應用: 進行交流 1000kV 以下與直流±1100kV 以下輸變電設備之電氣性能試驗(雷電與操作衝擊、交直流耐壓、直流極性反轉、局部放電、介電質損耗因素、電容量量測、可見電暈與無線電干擾試驗)



(A)試驗大廳外觀

(B)試驗大廳內部

圖 7 試驗大廳(A)外觀(B)內部

(15) 汙染及環境試驗室，其如圖 8 所示

建築結構: 直徑 22m、高 35m 之金屬罐體式結構，淨試驗空間 φ 20*25m。

應用: ±1100kV 以下、交流 1000kV 以下之長絕緣子、站用支柱絕緣子與

大型套管，在不同海拔條件(模擬極限: 海拔 5500m 之氣壓)之污染、覆冰雪和淋雨試驗。



圖 8 汙染及環境試驗室

(16) 特高壓直流換流閥試驗室，其如圖 9 所示

特高壓直流換流閥試驗室，包括運行試驗大廳與絕緣試驗大廳，接地電阻 $<3\ \Omega$ 、屏蔽效能 $>55\text{dB}$ 。

主要設備: $\pm 80\text{Kv}$ 、 4kA 合成試驗裝置、 3600Kv 衝擊電壓試驗裝置、 $\pm 2400\text{Kv}$ 直流電壓試驗裝置、 600kV 交流電壓試驗裝置。

應用: 特高壓直流換流閥、FACTS(柔性交流输电系統)高壓閥之運行型式試驗、絕緣試驗與研發試驗。

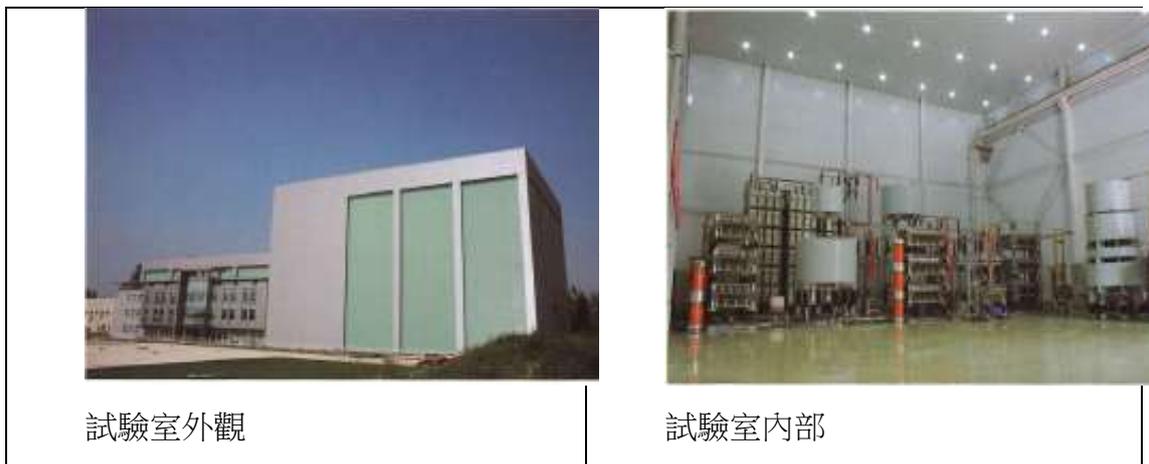


圖 9 特高壓直流換流閥試驗室(A)外觀(B)內部

特高壓交流試驗基地(湖北武漢):

特高壓交流試驗基地，如圖 10 所示，位於湖北省武漢市江夏區鳳凰山南，占地面積 233334m^2 ，主要建設內容包括：特高壓試驗電源、 1km 單回特高壓試驗線

段、1km 同塔双回特高壓試驗線段、電磁環境實驗室、環境氣候實驗室、特高壓設備帶電考核場、特高壓交流電暈環、車載式移動電磁兼容現場測試系統和電力系統電磁環境仿真平台、7500kV 戶外衝擊試驗場、科研培訓綜合樓以及必要的試驗裝置和其他輔助設備。



圖 10 特高壓交流試驗基地俯視圖

試驗電源裝置及輔助設施主要包括三台單相 1100kV 變壓器、CVT(電容式電壓互感器)、CT(電流互感器)、避雷器、220kV 電源接入系統、以及綜合控制樓等建築物。

如圖 11 所示，係 1000m 單回試驗線段和 1000m 同塔双回試驗線段均由 2 基耐張塔和 2 基直線塔組成“耐-直-直-耐”三個檔距，其幾何尺寸可調。試驗線段為運行特高壓輸電線路電暈特性、電磁環境影響的試驗研究、絕緣子串污染特性研究提供了條件，同時也為運行特高壓線路帶電作業間隙及帶電作業方式研究提供了平台。



圖 11 特高壓交流試驗線段

如圖 12 所示，特高壓試驗基地中的特高壓設備帶電考核場可對我國研製生產的 GIS(高壓氣體絕緣開關設備)、AIS(空氣絕緣開關設備)、HGIS、CVT(電容式電壓互感器)、CT(電流互感器)、避雷器、隔離開關或支持絕緣礙子等特高壓設備運行全電壓長期帶電考核，可為提高我國特高壓輸變電設備的質量提供有效考核手段，實現特高壓輸變電設備的國產化。



圖 12 特高壓設備長期帶電考核場

特高壓交流電暈環橫截面積 $8\text{m}\times 8\text{m}$ ，長 35m ，如圖 13 所示，可發展特高壓傳導線的電暈效應試驗研究工作，為 1000kV 交流特高壓輸電線路導線結構的設計和選型提供參考。



圖 13 特高壓交流電暈環

環境氣候實驗室氣候模擬廳直徑 20m 、高 25m 、配備置冷系統、噴水覆冰系

統以及 1000kV 交流污染試驗電源和 1000kV 直流污染試驗電源，如圖 14 所示，環境試驗室已具備運行特高壓長串絕緣子覆冰或融冰閃絡試驗和模擬海拔高達 5500m 環境下外絕緣特性試驗能力。



圖 14 環境氣候實驗室

車載式移動電磁兼容現場測試系統和電力系統電磁環境仿真平台，如圖 15 所示，係特高壓交流試驗基地運行電磁干擾測試車性能測試。



圖 15 特高壓交流試驗基地運行電磁干擾測試車性能測試

戶外衝擊試驗場擁有 7500kV 衝擊電壓產生器、分壓器及其測量系統，能產生波前時間 250 μ s 的標準操作波和波前時間為 2500 μ s 長波前操作波，建有 70m x 70m 的門型架，如圖 16 所示。依據試驗基地，在特高壓設備參數設計、設備研製、施工技術方面發展了大量研究，取得了一系列成果，試驗研究取得的成果已被試驗示範工程採用。



圖 16 7500kV 戶外衝擊試驗場

特高壓桿塔試驗基地(河北霸州):

特高壓桿塔試驗基地是中國唯一從事特高桿塔真型試驗研究基地，可滿足 1000kV 交流同塔雙回、正負 1000kV 直流同塔雙回桿塔真型試驗研究需要，為新型桿塔真型試驗研究、部件試驗研究提供技術支援。



圖 17 特高壓桿塔試驗基地俯視圖

特高壓桿塔試驗基地擁有兩套試驗系統，可以發展被試塔高度 100 公尺以下(簡稱 100m 試驗系統)，如圖 18 所示，和 150 公尺以下(150m 試驗系統)的桿塔真型試驗，如圖 19 所示。100m 試驗系統位於北京良鄉。150m 試驗系統位於河北霸州津港工業園區，自 2008 年 10 月 18 日正式開工建設，已經具備試驗能力並於 2009 年 3 月 28 日完成首基塔的真型試驗，2009 年 12 月全部建設完成，為世界最大規

模桿塔試驗研究基地，在桿塔試驗研究方面處於世界領先水準。



圖 18 100m 試驗系統



圖 19 150m 試驗系統

萬能基礎，如圖 20 所示，採用十字交叉溝槽式，外形尺寸 80m * 68m，佔地面積 3650 平方公尺，單腿抗上拔力 2000t，試驗塔最大根開 40m，滿足各種試驗塔的錨固要求。轉向基礎，如圖 21 所示，包括橫向、縱向、垂直、縱向反向共四個部分的轉向地錨群，共埋置了 1241 個轉向地錨。



圖 20 萬能基礎



圖 21 轉向基礎

如圖 22 所示之試驗承力系統，縱向加荷塔全高 153m，寬度 70m，7 層橫梁，每層橫梁 33 個掛點，塔重 2560t；橫向加荷塔全高 153m，寬度 27m，11 層橫梁，每層橫梁 13 個掛點，塔重 1220t；縱向反加荷塔全高 133m，寬度 27m，7 層橫梁，每層橫梁 33 個掛點，塔重 1100t。



圖 22 試驗承力系統

如圖 23 所示，係液壓加荷系統四個獨立的液壓加荷系統，設置 188 個液壓加荷缸（可以擴充到 206 套），單缸加載能為 40t、30t，行程 5m、8m。



圖 23 液壓加荷系統

荷載測控系統是以計算機為中心的力測控系統，控制液壓系統對桿塔實施加荷，具有測量、控制及系統保護功能，實現閉環自動協調加載，測控誤差 $<1\%$ 。

高海拔試驗基地(西藏羊八井):

西藏高海拔試驗基地，如圖 24 所示，位於西藏自治區的拉薩市當雄縣羊八井鎮，海拔 4300m，佔地約 66 畝，是世界上海拔最高的電力試驗研究所；由戶外試驗場、污染試驗室和試驗線段三部分組成。2008 年 6 月 15 日正式開工，10 月 31 日建成投運。



圖 24 西藏高海拔試驗基地

西藏高海拔試驗基地能夠滿足海拔 4000m 級以上輸變電線路、設備絕緣和電磁環境特性研究的需求，為工程提供可應用的海拔修正方法。基地的成功運投全面增強了高海拔地區超/特高壓試驗研究能力，為高海拔地區輸電工程提供了有利的技術支撐。戶外試驗場長 180m，寬 100m，如圖 25 所示，主要設備：4200kV 衝擊電壓產生器、兩台 330kV 工頻串級試驗變壓器、+1000kV 和-1500k 的直流電壓產生器。能夠進行高海拔條件下站內、線路等各種空氣間隙的雷電、操作衝擊試驗研究；高海拔下電氣設備電暈特性研究；高海拔下帶電作業技術研究；高海拔下各種設備的雷電、操作、交直流耐壓等試驗研究(以及高海拔下各類放電機理等技術性研究)等。



圖 25 戶外試驗場

污染試驗室，如圖 26 所示，包括 10m×10m×12m 霧室，±250kV 直流電源，測控樓及試品準備間。主要進行高海拔條件下的各類站用、線路礙子、避雷器的人工污染、淋雨等試驗研究。



圖 26 污染試驗室(A)外觀(B)內部

如圖 27 所示，試驗線段全長 500m，包括 3 座 500kV 電壓等級設計的鐵塔，和戶外場用共同直流電源和工頻電源，可以展開高海拔條件下導線電暈特性試驗研究，高海拔下線路電磁環境研究。



圖 27 試驗線段

高海拔試驗基地可發展高海拔地區交直流空氣間隙、電磁環境、污染外絕緣、設備絕緣等方面關鍵技術研究，具有自主知識產權的原創性研究成果，填補世界特高壓高海拔試驗研究的空白，在高海拔領域的研究能力達到國際領先水平。

附件三、「高壓研究與試驗中心」規劃案

高壓研究與試驗中心將分成五大實驗室：

1. 國際級高壓短路試驗中心 (40.5kV, 100kA)
2. 即時動態模擬試驗中心(台灣電力系統 161kV 以上)
3. 電力設備環境試驗中心(溫度、濕度、污染…)
4. 高電壓試驗中心(電力設備相關特性試驗)
5. 電力電子設備試驗中心(HVDC、Inverter、SVC…)

以下將分別詳細說明五大實驗室之規劃內容。

1.國際級高壓短路試驗中心 (40.5kV, 100kA)

本國際級高壓短路試驗中心，將參照義大利 CESI、荷蘭 KEMA、韓國 KERI 及大陸西高所同等級或更高，其相關試驗能量比較如表 1 所示，進而帶領同業邁向國際化。

表 1 國際各高壓短路試驗室試驗能量比較表

國際機構試驗能量比較				
	直流電壓	交流電壓	衝擊電壓	短路容量
	1000 kV	1125 kV (1500kV)	4000 kV	Up to 25kV/500MVA
	1200 kV	1200 kV	3500 kV	Up to 220kV/2000MVA
XIHARI	1100 kV	1100 kV	4800 kV	Up to 40.5kV/1500MVA
	400 kV	1100 kV	4200 kV	Up to 40.5kV/1000MVA

高壓短路試驗中心之試驗目的，係確認設備耐短路事故能力，當系統發生短路事故時，其故障電流大小為 5~8 倍之負載電流，故斷路器需有具備快速切離、消弧及抗高機械應力，在切離過程中斷路器主接點承受極大機械應力、高能量焦耳(I²t)及高溫；同理電力系統進行切換操作時，其切換開關也需具備斷路器相同之能力。上述針對斷路器及切換開關，透過嚴格之短路測試、跳脫/切換特性測試、電氣、機械測試及功率耗損測試等，在安裝前或運行中，得知開關設備運行特性，其主要設備組成如圖 1 所示。試驗對象為：1.斷路器短路投/切試驗、2.電力設備內部放電(電弧)測試、3.電容性電流切換/併聯電抗器切換測試、4.負載切換測試、5.電氣耐久性試驗、電力電纜試驗等。

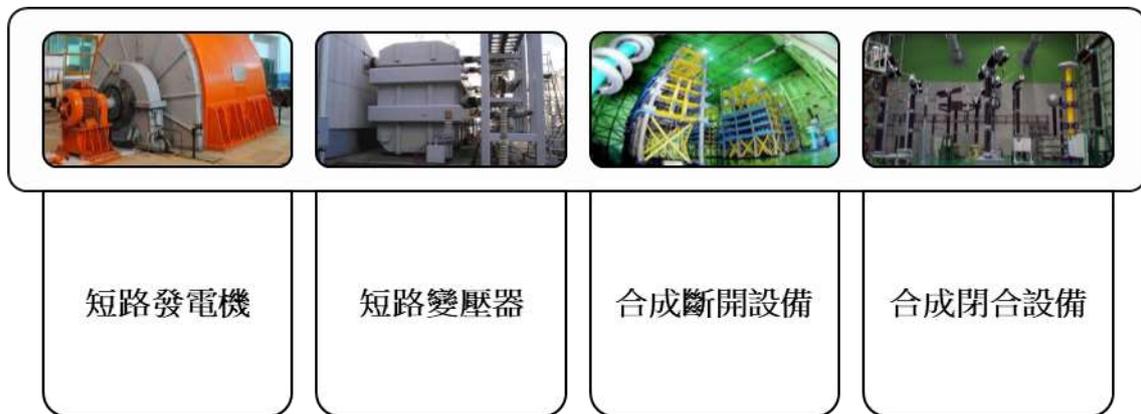


圖1 短路試驗之主要設備組

2.即時動態模擬試驗中心(台灣電力系統161kV以上)

本中心將建立台灣 345kV 及 161kV 等高效率系統即時模擬分析模型、可進行硬體閉迴路技術、保護電驛動態測試平台、台澎海纜並聯操作程序編成、發電機事故分析、電力設備動態模擬技術…等，相關功能如圖 2 所示。



圖 2 即時動態模擬試驗中心平台

本即時動態模擬試驗中心平台中，特別優先應因再生能源佔比提升，發展功率級硬體閉迴路(Power Hardware in the Loop, PHIL)測試平台，解決再生能源設備性能試驗及併網問題，此一硬體閉迴路(Hardware in the loop, HIL)測試可分為控制級硬體閉迴路(Control Hardware in the Loop, CHIL)和功率級硬體閉迴路(Power Hardware in the loop, PHIL)，CHIL 一般應用保護電驛、自動電壓調整器(AVR)、電力系統穩定器(PSS)…等控制級電力設備。而 PHIL 則是應用於再生能源變頻器、電動車、電池系統、馬達及負載等功率級之電力設備，基於即時模擬環境下，可在模擬電力系統與實體功率級設備之間功率交換之現象以及動態特性。

隨著再生能源電力電子設備於電力系統佔比的提昇，評估其對電力系統的衝擊以及影響變得日益重要，PHIL 測試平台可同時對電力系統與功率級設備進行最準確的分析以及評估，在重大電力工程施工前或運轉操作前提供最有力的協助。整合即時數位模擬系統、電網模擬器、太陽能板電源模擬器、電池模擬器、可程式化電子負載…等設備成為即時功率級硬體閉迴路（PHIL）測試平台（如圖 3 所示）。

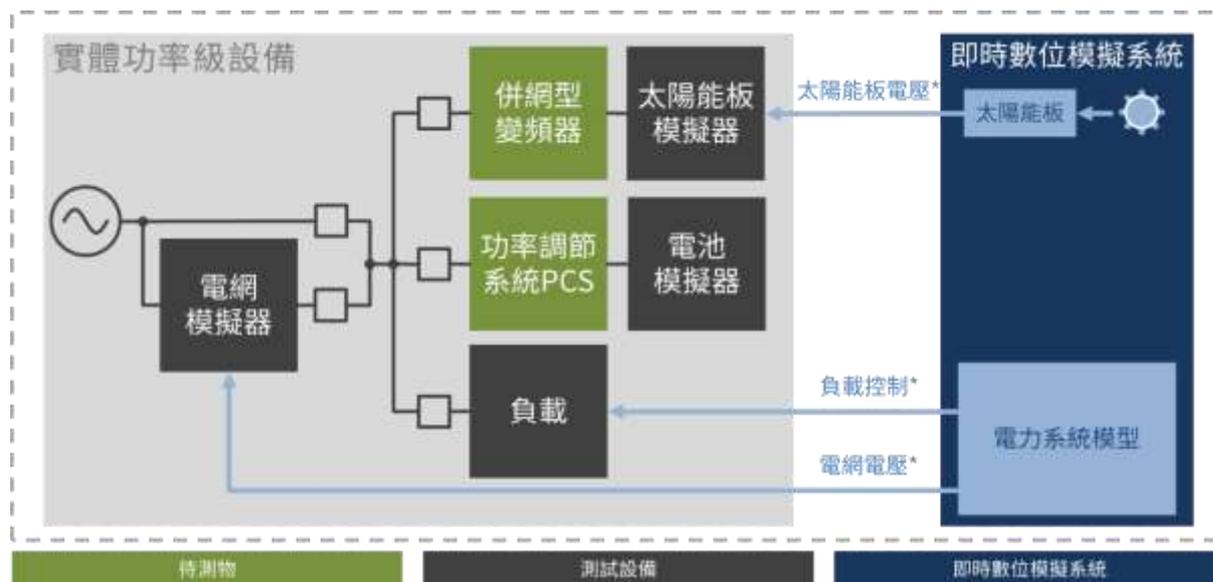


圖 3 PHIL 測試平台

圖 30 中所規劃的 PHIL 測試平台，為將實際電力系統模型建置於即時數位模擬系統中，模擬出的電力系統現象可即時透過測試設備將模擬訊號放大為實際的電源，讓待測設備(再生能源之變頻器、功率調節系統…等)如安裝在真實的電力系統中。表 2 平台中各測試設備的功能，透過此一測試平台便可在分析電力設備動態特性的同時，也分析其對電力系統的衝擊，進行最全面且真實的動態評估。

表 2 PHIL 測試平台側室設備功能描述

測試設備名稱	功能描述
電網模擬器	將即時數位模擬系統所模擬出的電網電壓訊號放大為功率雙向流動的交流電源，測試功率級電力設備在各種情境下(如短路故障、低電壓穿越…等)之動態響應。
負載模擬器	將各式負載控制訊號放大為實體的電力動態負載。
太陽能板模擬器	接收太陽能板電壓訊號放大為直流電源提供給太陽能變頻器，可模擬不同型號的太陽能板與日照變化之狀況。
電池模擬器	模擬各種不同材料之電池充放電特性的現象，功率為雙向流動。

3.電力設備環境試驗中心(溫度、濕度、污染…)

受台灣特有地形與氣候影響，西部沿海鹽霧季時容易遭受挾帶鹽分及沙塵之東北季風吹襲，輸電系統礙子等設備常年暴露在高污染，風吹雨淋，灰塵遮蓋，冷熱變化以及鹽害問題等因素下，戶外線路設備絕緣的性能大大影響了輸配電系統的可靠度。

為確保輸電線路設備的絕緣能力及功能，故建置此污染實驗室，模擬戶外惡劣之情況進行加速老化試驗以評估戶外線路設備絕緣系統部件的長期性能。

電力設備環境試驗中心配置規劃如下：

1.礙子老化試驗設備規格(其中每項設備均可單獨成為一個系統)：溫溼度控制試驗室、加溼試驗設備、鹽霧試驗設備、陽光模擬試驗設備及交流耐壓試驗設備。

2.每個系統均需由控制室做自動控制：

試驗時間需達到 5000 小時(不中斷)、環境監控設備(記錄試驗溫濕度狀況)、洩漏電流自動記錄設備及中央程序自動控制系統等。

3.試驗系統中每一單獨系統皆依據 IEC 相關規範設計，做為各類型礙子(含陶瓷、玻璃、合成礙子)、避雷器、PT、CT 等電器設備或絕緣材料之老化試驗。

4.高電壓試驗中心(電力設備相關特性試驗)

電力設備之絕緣強度優劣，關係著供電品質及使用壽命，據統計高達九成以上，於製造、運送及安裝過程中，由於原物料材質本身瑕疵，或者操作人員的一時疏忽，應注意而未注意，上述因素將在電力設備內部留下潛伏性的缺陷。另外，就屬運行中不當操作或過多操作，例如開關投切時，伴隨著一巨大暫態電流及電弧，進而產生震動與高溫，對於已存在潛伏性缺陷的電力設備，雖不會立即發生事故，但經長時間運行投入系統，其缺陷有可能會逐漸表徵出來，最後擴大為事故。電力設備在運行中發生事故，通常會引起嚴重後果，不僅設備損壞，而且造成線路跳脫，供電中斷，嚴重影響社會生活便利性和經濟上損失。

為了預防電力設備在投入運行時或運行中發生事故，必須對電力設備進行高電壓試驗，以便及時發現設備中潛伏的缺陷，對電力系統安全運行具有重要意義。

試驗對象大致上可分為三大類別，如表 3 所示：

表 3 高電壓試驗對象

類別	電力設備名稱
----	--------

變壓器類	配電變壓器、電力變壓器、比壓器(PT)及比流器(CT)等
絕緣磁類	變壓器套管、電纜套管及絕緣碍子
電器儀表	高壓配電盤、熔絲、斷路器、高壓電容器及避雷器等
電線類	電力電纜

試驗項目電力設備測試項目：可分為型式試驗(Type Test)、例行試驗(Routine Test)及驗收試驗(Acceptance Test)三大部分，一般來說以型式試驗測試項目最為完整。「型式試驗」係對某一商品設計之代表性樣品進行測試，用以確認其設計符合檢驗標準之規定。型式試驗在驗證登錄制度中屬於商品設計階段之規定，對商品設計進行系統化之測試，因此對商品設計有關之技術文件之要求較為嚴謹。「例行試驗」係指在國家標準或行業標準的規定下，進行出廠試驗、現場進行的交接試驗以及運行中定期進行的試驗。「驗收試驗」係對所購置的設備或設施進行的測試，通常依據使用單位的要求規範或條件逐項試驗。依據中華民國國家標準(CNS)及國際電工技術委員會(IEC)標準，經濟部訂定我國電力設備型式試驗之測試項目，如表 4 所示：

表 4 各高壓用電設備施行型式試驗應施行之試驗項目

項次	設備項目		試驗項目
1	避雷器 (LA)	間隙型	1.商頻開始放電電壓試驗 5.短路試驗 2.雷擊開始放電電壓試驗 6.避雷器隔離器試驗(配電級) 3.放電電流耐受試驗 7.阻抗電壓試驗 4.責務試驗 8.無線電干擾(RIV)試驗
		無間隙型	1.外殼絕緣耐電壓試驗 6.污染試驗 2.放電電流耐受試驗 7.部分放電試驗 3.責務試驗 8.密封性能試驗 4.壓力釋放試驗 9.多柱避雷器電流分布 5.避雷器隔離器試驗(配電級) 10.無線電干擾(RIV)試驗

2	電力及配電變壓器 (TR)	1.繞組電阻測定 2.匝比及相位試驗 3.負載損及阻抗電壓測定 4.無載損及無載電流測定 5.商頻耐電壓試驗 6.衝擊電壓試驗 7.溫升試驗 8.有載電壓切換器試驗 9.感應電壓試驗 10.噪音試驗(特殊試驗) 11.短路試驗(特殊試驗)
3	比壓器(PT、 CCVT、CCPD)	1.溫升試驗 2.感應過電壓試驗(匝間過電壓試驗) 3.商頻耐電壓試驗 4.短路承受能力試驗 5.衝擊電壓試驗 6.溼式注水耐電壓試驗 7.無線電干擾(RIV)試驗 8.誤差試驗
4	比流器(CT)	1.溫升試驗 2.感應過電壓試驗(匝間過電壓試驗) 3.商頻耐電壓試驗 4.短時間電流試驗 5.衝擊電壓試驗 6.溼式注水耐電壓試驗 7.無線電干擾(RIV)試驗 8.誤差試驗
5	熔絲(Fuse)	1.商頻耐電壓試驗 2.衝擊電壓試驗 3.溫升試驗 4.啟斷試驗 5.最小熔斷時間電流特性試驗 6.污染試驗 7.撞針試驗 8.機械試驗 9.電磁相容試驗
6	氣體絕緣開關設備 (GIS)	1.商頻耐電壓試驗 2.短時間暨峰值耐電流試驗 3.投入及啟斷能力之驗證試驗 4.保護等級驗證 5.氣體密封性試驗 6.機械操作試驗(斷路器、隔離開關、接地開關) 7.穩定試驗、限溫下操作試驗、無線電波干擾試驗 8.衝擊電壓試驗 9.溫升試驗 10.主回路電阻量測 11.外殼抗壓力試驗

7	斷路器(CB)	1.商頻耐電壓試驗 2.衝擊電壓試驗 3.溫升試驗 4.無線電干擾(RIV)試驗 5.主回路電阻測量	6.機械開閉及特性試驗 7.短時間暨峰值耐電流試驗 8.短路啟斷試驗 9.電容性電流開閉試驗 10.電感性電流開閉試驗
8	高壓配電盤	1.商頻耐電壓試驗 2.衝擊電壓試驗 3.無線電波干擾試驗 4.投入容量及啟斷容量之驗證試驗 5.額定短時間暨峰值耐電流試驗 6.溫升試驗 7.主回路電阻量測 8.洩漏電流之測定	9.機構動作試驗 10.保護等級驗證 11.部分放電試驗 12.充氣隔間耐壓試驗 13.充氣隔間密閉性試驗 14.耐候試驗 15.內部故障電弧試驗 16.機械撞擊保護試驗
9	電力電纜	1.構造檢查 2.導體電阻試驗 3.部分放電試驗 4.靜電容量與功率因素 5.加速水數試驗	6.結構穩定性 7.商頻耐電壓試驗 8.衝擊電壓試驗 9.絕緣電阻試驗 10.循環老化試驗

5.電力電子設備試驗中心(HVDC、Inverter、SVC…)

因應再生能源發展、電力電子設備及直流輸配電廣泛應用，為驗證相關設備之功能及對電力系統之研究，急需建置電力電子設備試驗實驗室，以準確評估其應用與性能。其將可試驗如：元件特性試驗、Inverter 特性試驗、LVRT 試驗、HVDC 試驗及系統試驗等等。本中心將規劃電力電子設備與系統併網之試驗，如圖 4 所示之進實際情況。

電力系統與電力電子設備試驗平台

- 測試項目：再生能源變頻設備動力硬體閉迴路測試(Power Hardware in the Loop, PHIL)。
- 目的：確保再生能源高佔比條件下，驗證再生能源設備加入系統之抗擾動能力，維持系統可靠運轉。
 - 系統組成：即時動態模擬器
 - 電網模擬器：預計建置容量0.6~1MW
 - 被測設備：DC/AC converter

參考資料：R. Bründlinger, T. Strasser, G. Lauss, A. Hoke, S. Chakraborty, G. Martin, B. Kroposki, J. Johnson, and E.d. Jong, "Lab Tests", IEEE power & energy magazine, pp.30-42, Mar. 2015

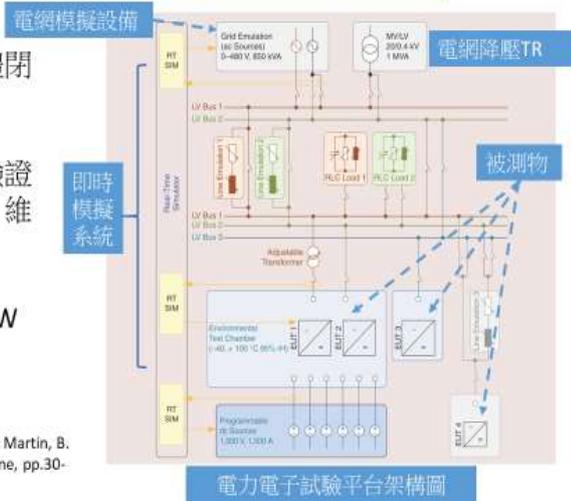


圖 4 電力系統與電力電子設備試驗平台

附件四、參加「第一屆兩岸四地電機工程學術研討會」會場照片剪影



- 本會鍾炳利理事長出席第一屆兩岸四地電機工程學會學術研討會於會中致詞



- 本會海峽兩岸委員會楊金石主任委員於會中發表「台灣用電節能與需量反應措施」



- 本會鍾炳利理事長(左 3)、陳昌勇秘書長(右 3)、海峽兩岸委員會楊金石主任委員(左 2)、健格科技股份有限公司李坤鍾董事長(左 1)、吳泳宏總經理(右 2)、亞力電機股份有限公司林宏文總工程師(右 1)出席第一屆兩岸四地電機工程學會學術研討會合影。



- 本會鍾炳利理事長(左)、大陸中國電機工程學會謝明亮副理事長(中)、澳門機電工程師學會邝偉文會長(右)合影。



- 本會鍾炳利理事長(中)、陳昌勇秘書長(右)、楊金石主任委員(左)參訪國家電網有限公司-國家電網特高壓試驗基地展廳



- 本會鍾炳利理事長(右 2)、陳昌勇秘書長(左 2)參訪華能示範電廠 IGCC 發電廠，與中國華能集團清潔能源技術研究院有限公司許世森董事長等合影。



- 本會鍾炳利理事長參訪華能示範電廠 IGCC 發電廠-IGCC 發電廠展廳