

出國報告（出國類別：洽公）

訪問中國核工業集團公司

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳貴明 董事長

徐懷瓊 副總經理

梁天瑞 核能發電處組長

派赴國家：中國大陸

出國期間：99年11月21日 - 99年11月27日

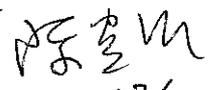
報告日期：99年12月27日

出國報告審核表

出國報告名稱：訪問中國核工業集團公司		
出國人姓名	職稱	服務單位
陳貴明 徐懷瓊 梁天瑞	董事長 副總經理 組長	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"/> 其他 <u>洽公</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年11月21日至99年11月27日		報告繳交日期：99年12月27日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

- 三、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。
- 四、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人		單位 主管	主管處 主 管	總經理 副總經理	董事長  12/27
-----	---	-----	---	----------	------------	-------------	---

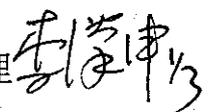
出國報告審核表

出國報告名稱：訪問中國核工業集團公司		
出國人姓名	職稱	服務單位
陳貴明 徐懷瓊 梁天瑞	董事長 副總經理 組長	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"/> 其他 洽公 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年11月21日至99年11月27日		報告繳交日期：99年12月27日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3. 無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10. 其他處理意見及方式：	

總經理
 特別助理
 00.1.03
 李芳春

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「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人	單位 主管	主管處 主管	總經理  副總經理
-----	---	-----	----------	-----------	---

出國報告審核表

出國報告名稱：訪問中國核工業集團公司		
出國人姓名(3人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
陳貴明 等 3 人	董事長	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"/> 其他 <u>洽公</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間： 99年11月21日至99年11月27日		報告繳交日期：99年12月27日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

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「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人		審 核 人		單 位		主 管 處 主 管		總 經 理 副 總 經 理	
-------------	---	-------------	---	--------	---	-----------------------	---	---------------------------------	---

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

訪問中國核工業集團公司

頁數 28 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/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳貴明/ 台灣電力公司/ 董事長/ 23666200

徐懷瓊/ 台灣電力公司/ 副總經理/ 23666251

梁天瑞/ 台灣電力公司/ 核能發電處/ 保健物理組長/ 23667074

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他（洽公）

出國期間：9911/21 – 99/11/27

出國地區：中國大陸

報告日期：99/12/27

分類號/目

關鍵詞：運轉經驗交流

內容摘要：（二百至三百字）

本次參訪對象包括拜會中國核工業集團公司商談世界與兩岸核能工業展望，此外亦參訪該集團旗下以重工業製造著稱的中核西安核設備有限公司與主要核能儀器廠-西安核儀器廠，最後拜會中國國電集團公司交流兩岸潔淨能源發展契機。

核能安全無國界。鑒於近年大陸核能工業發展蓬勃、擴張迅速，對於核能電廠長期營運品質與核能安全之影響尚待瞭解。因此共同攜手提昇電廠安全與營運績效，實為兩岸核能業界互利互惠的合作目標。

目前兩岸核能業界都面臨人才不足問題，我國主因是人員年齡老化，員工平均年齡為 52 歲，未來 5 年起每年將有大批中高階技術主管與技術領班退休，但新進人員進用速度太慢、培養不易。中國大陸則是因為近年核電規模擴張太快速，熟練技術人員培養不及。這種技術人才匱乏的狀況可能有影響營運品質之虞，有必要早謀因應方案。

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

赴中國核工業集團公司交流運轉經驗 出國報告

報告目次

行政院及所屬各機關出國報告提要	1
報告目次	2
圖目次	3
一、行程	4
二、交流報告	4
2.1. 中國核工業集團公司簡介	4
2.2. 中國大陸核能發電趨勢	6
2.3. 參訪中核西安核設備有限公司	11
2.4. 參訪西安核儀器廠	16
2.5. 拜會中國國電集團公司	18
2.6. 拜會中國核工業集團公司	25
三、參訪心得與建議	28

圖目次

圖 1	西核公司承製之壓水式核能電廠調壓槽	14
圖 2	西核公司承製之壓水式核能電廠安全注水槽	14
圖 3	西核公司承製之用過燃料池貯存格架	15
圖 4	西核公司承製之鈦合金冷卻水交換器	15
圖 5	田灣核電廠環境輻射監測系統示意圖	17
圖 6	核輻射監測系統示意圖	17
圖 7	電漿點火系統	23
圖 8	點火中的電漿	24
圖 9	本公司陳董事長與國電朱總經理晤談	24
圖 10	國電朱總經理為陳董事長介紹電漿點火技術	25

訪問中國核工業集團公司出國報告

一、行程

11 月 21 日：離台北抵北京

11 月 22 日：赴西安參訪中核西安核設備有限公司

11 月 23 日：參訪中核西安核儀器廠

11 月 24 日：返回北京

11 月 25 日：訪問中國國電集團公司

訪問中國核工業集團公司

11 月 26 日：離北京返台北

二、交流報告

2.1. 中國核工業集團公司簡介

2.1.1. 歷史沿革

中國核工業集團公司 (China National Nuclear Corporation, CNNC) 前身為中國大陸為發展核武與相關軍工產業所成立的「第三機械部」(1956 年 11 月)，以宋任窮為首任部長，名義雖屬國務院，但實際由中央軍事委員會管理。1958 年 2 月，第三機械部改名為「第二機械部」，直至 1982 年 4 月始更名為「核工業部」。

1988 年 8 月，「核工業部」正式由極神秘的核武軍工產業部門轉型為發展軍、民核能科技的「中國核工業總公司」，簡稱為「中核總」，由蔣心雄擔任首任總經理。該公司除傳統發展核武軍事工業外，也跨入民用核能科技，從事核能發電等原子能和平用途科技的開發。

1999 年 4 月，國務院核准將中國核工業總公司改組為企業集團，而中國核工業總公司

也分割為中國核工業集團公司（以下簡稱：中核集團）與中國核工業建設集團公司（China Nuclear Engineering & Construction Corp, CNECC），分別由李定凡與穆占英擔任首任總經理。

目前中核集團隸屬國務院國有資產監督管理委員會管轄的第一位中央企業（央企），雖屬國營企業，但組織與管理均具有極大自主彈性。集團旗下有 100 多家企事業單位和研究院，現有員工約 10 萬人，其中專業技術人才約 5 萬人，陣容有中國科學院、工程院院士 20 位，現任總經理孫勤，於 2009 年 8 月接任。

2.1.2. 公司現況

中國核工業集團公司是中國核能科技工業主體。擁有完整的核能科技工業體系，營業範圍涵蓋核子軍工、核能發電、核燃料循環、核能技術應用、核能環保工程等領域的研究開發、建設和生產經營，及對外經濟合作和進出口業務，是目前中國最大的核能發電廠投資方與業主，也是核電技術開發主體、最重要的核電設計及工程總承包商、核電廠營運技術服務商和核電廠技術出口商、大陸核燃料循環專營供應商、核環保工程專業力量和核技術應用骨幹。

中國核工業集團公司具有完整的核燃料循環工業體系與核電廠建設、營運能力，可謂獨步全球。集團分支單位遍及全國，主要包括：

1. 技術開發與研究設計：中國原子能科學研究院（北京，基礎科技主要研發單位）、核工業第二研究設計院（北京，主要工業設計單位）、中國核動力研究設計院（四川宜賓，主要研發單位）、核工業理化工程研究院（天津）、核工業第八研究所（上海，專責開發離心濃縮技術）、核工業西南物理研究院（四川成都，負責核融合技術研究開發）...等。其中上海核工程設計研究院亦為核反應器主要設計單位，2005 年改隸國核公司。
2. 核燃料循環：中國核工業地質局（北京）、中核北方鈾業有限公司（北京）、中核國際有限公司（負責海外鈾資源開發）、中核陝西鈾濃縮公司（西安，主要鈾濃縮廠）、中核北方核燃料元件公司（內蒙古包頭，核燃料主要製造廠）、中國核工業建中燃料元件公司（四川宜賓，核燃料主要製造廠）。

3. 核電營運與技術服務：中國核電工程公司（北京）、中核核電有限公司（北京，負責各核電廠營運服務）、中核遼寧核電有限公司（負責遼寧徐大堡核電站建廠，持股比例 50%）、秦山核電公司（浙江秦山核電站業主）、核電秦山聯營有限公司（負責秦山核電站營運）、秦山第三核電有限公司、三門核電有限公司（浙江三門核電站業主，持股比例 50%）、江蘇核電有限公司（田灣核電站業主，持股比例 50%）、福建福清核電有限公司（福清核電站業主，持股比例 51%）、海南核電有限公司（海南昌江核電站業主，持股比例 50%）。
4. 核工業支援與生產：中核清原環境技術工程有限公司（北京，負責低放射性廢棄物處理處置）、中國核儀器設備總公司（北京，核儀與儀控技術發展）、中核西安核設備有限公司（西安，負責大型核工業組件製造）、中核西安核儀器廠（西安，負責輻射儀器組件與系統製造）、中國輻射防護研究院（山西太原，輻射防護與保健物理技術）。

事實上中核集團擁有每座營運中核電廠相當大部分的股權：如秦山一期核電站 100%、秦山 2 期核電站 50%、秦山 3 期核電站 51%、田灣核電站 50%；即使屬於中國廣東核電集團（China Guangdong Nuclear Power Holding Co., CGNC）旗下的大亞灣核電站與嶺澳核電站也各佔有 45% 股權。隨著這些機組營運績效漸入佳境，該集團來自電廠營運的獲利也迅速增長。今年 5 月，中核集團成立「中核核電有限公司」，負責所有電廠營運管理，類似俄羅斯的俄羅斯國營原子能電力公司（Russian State Concern for the Production of Electrical and Thermal Energy at Nuclear Power Plants, Rosenergoatom），由陳樺擔任總經理。

2.2. 中國大陸核能發電趨勢

中國目前有 11 座已商轉與 2 座已併連啟動測試中核電機組，總淨裝置容量 10,234 MWe，包括：大亞灣-1、2 號機（944 MWe×2）、秦山一期（279 MWe×1）、秦山二期-1-3 號機（610 MWe×3）、嶺澳一期-1、2 號機（935 MWe×2）、秦山三期-1、2 號機（665 MWe×2）、田灣-1、2 號機（950 MWe）與嶺澳二期-1 號機（1,037 MWe×1）。2009 年核

能發電量 657 億度，佔中國總發電量比例 1.9%。目前另有 25 座興建中(under construction) 機組，總淨容量 25,501 MWe；計劃中(planned) 機組 33 座，容量 36,910 MWe；規劃中(proposed) 機組約 120 座，容量約 120,000 MWe。是目前世界核能建設規模最大、最活躍地區。大陸地區營運與興建中的核電機組統計如表 1 與表 2。

近年中國大陸經濟發展迅速，帶動電力需求以高達 6%左右的年複合成長率快速增加。但是中國大陸電力供應極度依賴火力發電，導致大陸在全球減碳潮流中面對強大壓力。2007 年 6 月，國務院國家發展與改革委員會(National Developmental and Reform Commission, NDRC，簡稱：發改委)公佈《中國應對氣候變化國家方案，*China's Climate Change Strategy*》中，將核能納為對抗氣候變遷的重要策略之一。為此，發改委隨後發表《核電中長期發展規劃，2005-2020 年》，規劃 2020 年核電容量達到 40 GWe、另有 18 GWe 興建中，核能供電比例為 4%的目標。但 2009 年 4 月，國家能源局(National Energy Administration, NEA)計畫上調前述目標，將 2020 年發電容量規模擴大為 75 GWe，另有 30 GWe 興建中機組，核能占全國供電比例調高至 8%目標。能源局還計劃在 2030 年達成發電容量 120 GWe 至 160 GWe 的目標，屆時中國將成為世界第一核能大國。

表 1 中國大陸地區營運中核電機組統計

編號	機組	位置	反應器 種類	反應器型號	淨發電容量 (MWe)	建廠日期	商轉日期	主要投資者
1	大亞灣-1 號機	廣東省	PWR	M320	944	1987/08	1994/02	廣核集團
2	大亞灣-2 號機	廣東省	PWR	M320	944	1987/08	1994/05	廣核集團
3	秦山一期	浙江省	PWR	CNP-300	279	1985/03	1994/04	中核集團
4	秦山二期-1 號機	浙江省	PWR	CNP-600	610	1996/06	2002/04	中核集團
5	秦山二期-2 號機	浙江省	PWR	CNP-600	610	1997/03	2004/05	中核集團
6	嶺澳一期-1 號機	廣東省	PWR		935	1997/05	2002/05	廣核集團
7	嶺澳一期-2 號機	廣東省	PWR		935	1997/05	2003/01	廣核集團
8	秦山三期-1 號機	浙江省	PHWR	CANDU-6	665	1998/06	2002/05	中核集團
9	秦山三期-2 號機	浙江省	PHWR	CANDU-6	665	1999/08	2003/07	中核集團
10	田灣一期-1 號機	江蘇省	PWR	VVER-428	1,000	1999/10	2007/05	中核集團
11	田灣一期-2 號機	江蘇省	PWR	VVER-428	1,000	2000/09	2007/08	中核集團
12	嶺澳二期-1 號機	廣東省	PWR	CPR-1000	1,037	2005/12	2010/09	廣核集團
13	秦山二期-3 號機	浙江省	PWR	CNP-600	610	2006/04	2010/09	中核集團

表 2 中國大陸地區興建中核電機組統計-1

編號	機組	位置	反應器 種類	反應器型號	淨發電容量 (MWe)	建廠日期	商轉日期	主要投資者
1	嶺澳二期-2 號機	廣東省	PWR	CPR-1000	1,037	2006/05	2011	廣核集團
2	秦山二期-4 號機	浙江省	PWR	CNP-600	610	2007/01	2012	中核集團
3	紅沿河-1 號機	遼寧省	PWR	CPR-1000	1,037	2007/08	2011	廣核集團
4	寧德-1 號機	福建省	PWR	CPR-1000	1,037	2008/02	2012	廣核集團
5	紅沿河-2 號機	遼寧省	PWR	CPR-1000	1,037	2008/04	2013	廣核集團
6	寧德-2 號機	福建省	PWR	CPR-1000	1,037	2008/11	2014	廣核集團
7	福清-1 號機	福建省	PWR	CPR-1000	1,037	2008/11	2014	中核集團
8	陽江-1 號機	廣東省	PWR	CPR-1000	1,037	2008/12	2014	廣核集團
9	陽江-2 號機	廣東省	PWR	CPR-1000	1,037	2009/08	2015	廣核集團
10	紅沿河-3 號機	遼寧省	PWR	CPR-1000	1,037	2009/03	2014	廣核集團
11	三門-1 號機	浙江省	PWR	AP-1000	1,154	2009/03	2013	中核集團
12	石島灣-1 號機	山東省	HTR	HTR-PM	200	2010/03	2013	華能集團
13	方家山-1 號機	浙江省	PWR	CPR-1000	1,037	2008/12	2013	中核集團

表 2 中國大陸地區興建中核電機組統計-2

編號	機組	位置	反應器種類	反應器型號	淨發電容量 (MWe)	建廠日期	商轉日期	主要投資者
14	福清-2 號機	福建省	PWR	CPR-1000	1,037	2009/09	2014	中核集團
15	海陽-1 號機	山東省	PWR	AP-1000	1,154	2009/09	2014	中電投資
16	台山-1 號機	廣東省	PWR	EPR	1,650	2009/09	2013	廣核集團
17	三門-2 號機	浙江省	PWR	AP-1000	1,154	2009/12	2014	中核集團
18	台山-2 號機	廣東省	PWR	EPR	1,650	2010/04	2015	廣核集團
19	紅沿河-4 號機	遼寧省	PWR	CPR-1000	1,037	2009/08	2014	廣核集團
20	海陽-2 號機	山東省	PWR	AP-1000	1,154	2010/06	2015	中電投資
21	方家山-2 號機	浙江省	PWR	CPR-1000	1,037	2009/07	2014	中核集團
22	寧德-3 號機	福建省	PWR	CPR-1000	1,037	2010/01	2014	廣核集團
23	昌江-1 號機	海南省	PWR	CNP-600	610	2010/04	2015	廣核集團
24	昌江-2 號機	海南省	PWR	CNP-600	610	2010/11	2015	廣核集團
25	陽江-3 號機	廣東省	PWR	CPR-1000	1,037	2010/11	2016	廣核集團

2.3. 參訪中核西安核設備有限公司

本參訪團於 11 月 22 日上午 9 時 40 分抵達西安咸陽國際機場，隨即驅車拜會中核集團旗下西安核設備有限公司（簡稱西核公司）。該公司董事長韓新華先生、總經理潘玉濤先生及相關高級主管親自接待晤談、簡報業務現況並交換未來可能合作意見後，再由兩位領導陪同介紹廠房設備並說明技術能力優勢。

西核公司創建於 1969 年，是中國核工業集團公司重要成員單位之一，為核能級重要機械組件主要製造廠家。該公司位於西安城北國家級經濟技術開發區內，占地約 42 萬平方公尺，分為東、西兩個廠區，現有員工 1600 餘人，其中高級技術人員超過 500 人。

該公司於 1984 年獲得三類壓力容器設計、製造許可證；1990 年獲得國防科工委頒發的軍工產品承制單位品質保證體系考核合格證書；1992 年獲得美國機械工程師學會（ASME）之壓力容器 U 規範鋼印資格證書（U-stamp）；1995 年 3 月獲得國家核安全局頒發的“民用核承壓設備製造許可證”；1996 年取得自營進出口權；1999 年通過了 ISO9000 品質體系認證。

該公司在壓力容器設計製造與特殊銲接與加工方面有獨到技術，具備先進研發加工與製造能力及完善管理運行體系。該公司特別設有銲接專業研究實驗室與壓力容器設計計算中心，具備完整的品質保證體系，並建立品質立法、控制、檢查、監督四種職能的品質管制職能機構，負責全公司品質管制組織、協調、指導和綜合各部門的品質保證工作，使設計、生產、管理各環節都處於嚴格控制之中。

該公司基礎能力雄厚，擁有各類大型銲焊車間和與之相配套的成型、銲接、機加、熱處理設備。擁有 160 噸雙橋式起重設備、1000 噸水壓機、可冷卷厚度 150mm 熱卷 220mm 大型卷板機；擁有瑞典伊沙 EHD 專用窄間隙自動埋弧銲接裝置、法國管與管、管與管板全位置銲接裝置等多台進口專用銲接設備；擁有德國進口 BW320 數控深孔鑽床、CKX5363 單柱移動式車銑複合數控機床、電腦控制水下等離子火焰切割機、數控多孔鑽、進口捷克 W250 落地鏢床、14m 刨邊機等大型機械加工設備。公司還擁有 3 GeV 直線加速器、100Ci Co-60 探傷機等多台非破壞檢測設備，並擁有材料腐蝕試驗裝置、

步冷試驗裝置、電子金相顯微鏡等先進試驗檢測裝置；擁有西北最大的數位控制式熱處理爐，可實現最大直徑 5.5 米，長度 31 米產品的整體熱處理；擁有 200 噸十三軸線液壓拖板、610 馬力的沃爾沃牽引車頭，可滿足各類大型設備的運輸。

該公司自 1984 年以來為秦山核電站一期、二期工程、巴基斯坦 Chashma 核電站、廣東嶺澳核電站製造 180 餘種核電設備，共 5000 餘件，具備承製冷卻水熱交換器、安全注水槽（safety injection tank）、調壓槽（pressurizer）等核能級設備。韓董事長特別說明，該公司已獲得湖南桃花江核電站首 2 部 AP-1000 型之安全注水槽、調壓槽與爐心補水槽之承製契約，預定於 12 月正式簽約開工。前述設備均為核能級重要安全設備，該公司亦為中國大陸第一次承製該等設備的公司。

此外，該公司也承製多項 CPR-600 與 CPR-1000 型反應器重要安全設備，如今年 4 月取得海南昌江核電站之 4 座調壓槽、10 座安全注水槽與 4 座注硼槽，合同總額 1.75 億人民幣。2008 年 5 月、12 月分別與中國核電工程有限公司簽訂福清、方家山核電專案 1.7 億人民幣設備合約，與中國廣東核電工程有限公司簽訂遼寧紅沿河、福建寧德、廣東陽江核電專案 1.2 億人民幣設備合約。至此，西核公司在一年時間內已簽訂核電設備加工製造合約 6.2 億人民幣。目前，除以上已簽訂的核電項目外，正在洽談的有意向簽約和草簽的核電設備加工製造合約已達 3.5 億人民幣。

西核公司近年為滿足大陸核能發電市場快速發展的需要，不斷擴充基礎能力設備。近 5 年共投資 2 億多元人民幣，建造面積廣達 1800、7000 與 5500 平方公尺等 3 座核電設備專用製造廠房，新增添包括目前世界上最先進的大型數位控制式電焊機、大型車銑複合機床等多台專用加工設備和大型起吊設備。並召開國際標採購可捲製幅寬 4 米的 4500 噸級大型三輥液壓捲板機，以滿足未來核電產品大型厚板筒體的成型需求。目前興建中的核電站裝卸料機及轉運裝置試驗廠房，在規劃階段即充分考慮了第三代核電的發展，預留了用於第三代核電站的試驗平臺，為今後第三代核電裝卸料機及轉運裝置製造打下良好基礎。

該公司另一項重要特色為具備完整鋁合金與設備之焊接及製造能力，特別在有色金屬及其合金等特殊材料成型、焊接、熱處理等方面有重大突破，先後為能源化工、精細化工、煉油等行業提供了大批優良裝備。如建成直徑 2.4 米，長度 45.5 米的醋酸製造廠

鋁合金脫水塔，惟目前中國國內最大的鋁材設備，特別是 2.4 米大直徑鋁材封頭的整體成型技術，處於世界領先地位。另直徑 3 米、長 5.9 米、重 45 噸的鋁複合醋酸反應器、長 30 米、重 192 噸的三聚氰胺廢水分解塔、直徑 4.2 米、長 14 米、重 255 噸的甲醇合成塔、重 570 噸低溫吸收塔、高 85 米的再吸收塔、氯化爐、甲醇洗滌塔等精密化工業核心設備。



圖 1 西核公司承製之壓水式核能電廠調壓槽



圖 2 西核公司承製之壓水式核能電廠安全注水槽



圖 3 西核公司承製之用過燃料池貯存格架

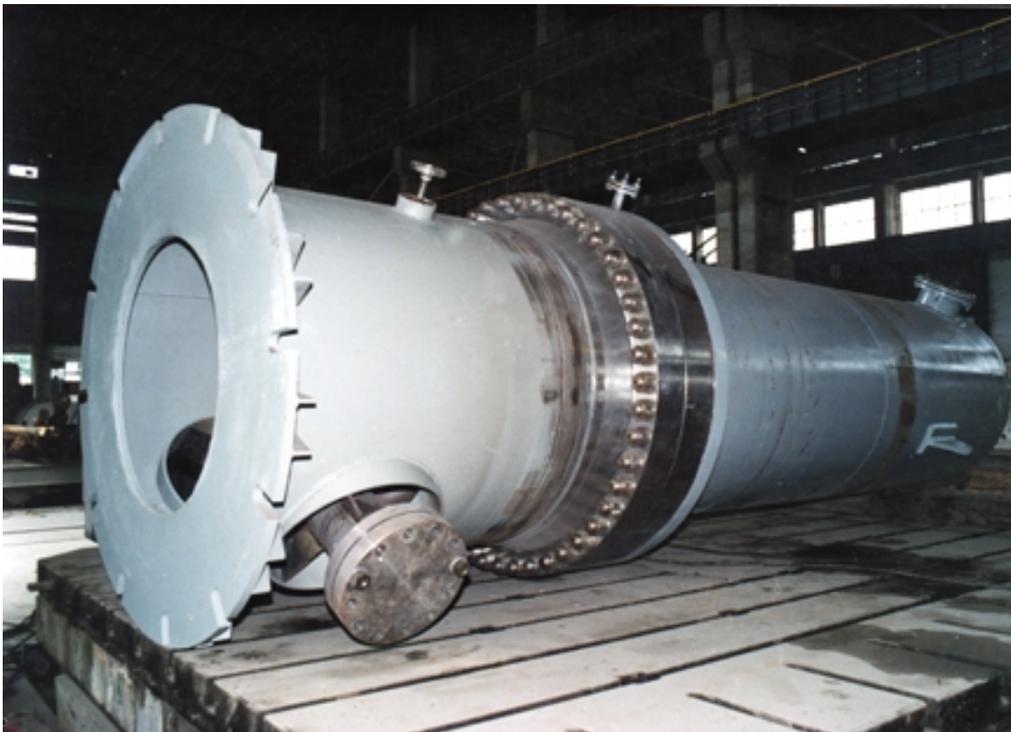


圖 4 西核公司承製之鈦合金冷卻水交換器

2.4. 參訪西安核儀器廠

本參訪團於 11 月 23 日上午 9 時 30 分抵達中核集團旗下西安核儀器廠。廠長齊梅先生及高級主管親自接待晤談並簡報業務現況並陪同介紹產品功能、生產線與相關技術問題。由於我國缺乏核輻射度量儀器設計與製造能力，對於該廠完整的產品線留下深刻印象。

西安核儀器廠也創建於 1969 年，又稱國營 262 廠，乃中國核工業集團公司所屬主要儀器儀錶生產廠家，主要專精於核輻射度量儀器。近年該廠因應企業轉型，除充分發揮原有核輻射度量技術優勢外，先後開發火災自動探測報警控制系統、醫用核儀器、工業同位素應用儀器和智慧型大樓實體防護（physical protection）系統等多種產品。企業與美國 Systemsensor 公司共同投資興建的西安盛賽爾電子有限公司，成為全球最大的火災探測器製造商。

該廠是中國大陸最大的核輻射監測儀器儀錶生產廠家和唯一系統製造商和集成商。近 40 年的發展，使該廠在核輻射監測儀器儀錶及核技術應用監測設備的研發、生產、安裝和維護保修等方面具有豐富的經驗，技術位列行業前延。該廠先後為秦山一期核電站、秦山二期核電站、田灣核電站、巴基斯坦 Chashma 核電站、中國原子能研究院、中國工程物理研究院、中國核動力研究院等，提供了大量輻射監測儀器儀錶系統套件、環境輻射監測儀器儀錶和實驗室儀錶及維修維護的全程服務。近年來，該廠為滿足中國發展第三代全數位化核能電廠的戰略目標，也積極投入數位化、智能化輻射監測與控制系統的研發。目前已確定有巴基斯坦 Chashma 核電站二期專案和秦山二期核電站擴建專案將使用該廠研製開發的數位化核輻射監測系統。而該廠核輻射監測儀器儀錶及其系統也廣泛應用於工業、國防、核電站、醫學、環保等行業。

去年底，該廠同時獲得中國核電工程有限公司關於福清核電站(1-2 號機組)、方家山核電站輻射監測(KRT)系統設備總承包和火災報警系統供應合約、與海南昌江核電站、福清核電站(3-6 號機組)、田灣核電站(5-8 號機組) 等後續專案的輻射監測系統設備總承包供應意向書，總額超過 4 億人民幣。該廠最近發展之核電廠環境輻射監測系統與核輻射監測系統（即我國電廠所稱之區域輻射監測系統（Area Radiation Monitor System, ARM）與流程輻射監測系統（Process Radiation Monitoring System, PRM）），圖示如圖 5、圖 6。



圖 5 田灣核電廠環境輻射監測系統示意圖



圖 6 核輻射監測系統示意圖

該廠除具備完整的核能電廠輻射監測系統產品線外，也是最早研製生產火災自動警報系列產品的廠家，先後研製成功五代產品，形成了三大系列 120 多種產品，並與美國 Systemsensor 公司合資成立子公司已發展為全球最大的火警感應器製造商。目前該廠火警系統已廣泛使用在各核電廠消防系統中。

此外，該廠也是目前唯一進行核電站和核設施實體防護（physical protection）系統工程設計、系統實施及技術服務的企業，曾先後完成了秦山一期、二期、三期核電站、田灣核電站、中國原子能科學研究院等多個核電站及大型核工程實體防護系統工程的設計、安裝和調試任務，目前營運績效良好。

憑藉核技術優勢，企業在國內最早研製與生產了自動放射免疫計數器系列、液體閃爍計數器系列和核多功能測量儀系列產品，目前已成為國內最大的、系列批量生產的廠家。產品具有品質因數高、樣品容量大、資料處理能力強的特點，廣泛應用於醫院、疾控中心、放射性實驗室、環境保護監測等方面。

該公司也是生產工業同位素應用產品的專業企業，開發的多種規格的 X 螢光分析儀（XRF）、核子秤、灰分儀等工業分析儀器，採用電腦控制系統，廣泛應用在水泥、化工、採礦、冶金、考古等行業。

2.5. 拜會中國國電集團公司

本參訪團於 11 月 25 日上午 10:00 拜會中國國電集團公司（China Guodian Corporation）位於北京市阜成門北大街之總部。該公司由朱永芄總經理（中國國電集團公司總經理）迎接，並由王寶樂特助（總經理特助）、黃群副總經理（集團旗下龍源電力集團公司副總經理）、葉偉芳總經理（集團旗下國電科技環保集團有限公司總經理）、王冬副主任（中國國電集團公司辦公廳副主任）與朱振剛副主任（中國國電集團公司國際合作與海外業務部副主任）等共同會見。

2.5.1. 中國國電集團公司簡介

中國電力事業原屬國務院電力工業部，成立於 1955 年。1958 年與水利部合併為水利電力部，但又在 1982 年分家，隨即轉型為國家電力公司。

2002 年，中國國務院推動《電力體制改革方案》，將原國家電力公司管理的資產根據其屬於發電或電網業務來劃分，並進行資產重組：

輸配電網：成立國家電網公司與中國南方電網有限責任公司等 2 家公司：南方電網負責廣東、海南、雲南、貴州、廣西區域的電網業務，國家電網則負責其他區域的電網業務。

發電部門：成立中國國電集團公司、中國電力投資集團公司、中國華電集團公司、中國華能集團公司、中國大唐集團公司等 5 大電力公司。

工程部門：則成立中國電力工程顧問集團公司、中國水電工程顧問集團公司、中國水利水電建設集團公司和中國葛洲壩集團公司（長江三峽大壩建造與營運單位）等 4 家公司。

電力監督單位：國務院國家電力監管委員會（State Electricity Regulatory Commission，簡稱電監會）

中國國電集團公司成立於 2002 年 12 月，為國務院國有資產監督管理委員會所擁有之中央企業之一，資本額 120 億元人民幣。集團公司目前設立了華北、東北、華東、華中、西北、四川、山東、雲南、貴州、廣西 10 個分公司。業務範圍包括電源開發、投資、建設、經營與管理，組織電力（熱力）生產和銷售。此外也從事煤炭、發電設施、

新能源、交通、高新技術、環保產業、技術服務、信息諮詢等電力業務相關的投資、建設、經營和管理。

中國國電集團公司旗下擁有灤河發電廠、天津第一熱電廠、一五〇發電廠、霍州發電廠、太原第一熱電廠、吉林熱電廠、諫壁發電廠、溫州東嶼發電廠、岷江發電廠、溫州梅嶼發電廠、萬安水力發電廠、九江發電廠、松木坪電廠、萬源發電廠、成都熱電廠、華蓋山發電廠、大武口發電廠、石嘴山發電廠、凱里發電廠、紅楓水力發電廠、貴陽發電廠、大寨水力發電廠、六郎洞水力發電廠、小龍潭發電廠、合山發電廠、南河水力發電廠、大同第二發電廠、朝陽發電廠、大連開發區熱電廠、桓仁發電廠、太平哨發電廠、邯鄲熱電廠、荊門熱電廠、沙市熱電廠、富水水力發電廠、南河水力發電廠、白馬電廠、新疆風力發電廠與瀋陽熱電廠等。並擁有國電電力發展股份有限公司、湖北長源電力發展股份有限公司兩家國內 A 股上市公司。全資子公司龍源電力集團公司以風力發電為主要特色，風電總裝機 231.5MW，占全國風電總裝機容量的 52%。

該公司另一項企業特色就是擁有唯一專門從事電力環保科學技術研究的科研機構-國電環境保護研究所。該所擁有環境風洞和脫硫排煙兩個國家電力重點實驗室，是國電集團公司環保技術的研發中心。國電集團公司將利用這一優勢，在做好本系統環保工作的同時，為全電力行業的環保工作提供優質服務，在實施可持續發展戰略的過程中，使電力環保產業成為集團公司的特色和新的經濟增長點。

該公司轉型成為央企之後，發展突飛猛進。2002 年時集團總發電容量還只有 22,129 MWe，但在 2009 年總發電容量就已高達 82,030 MWe；總發電量也從 1,151 億度大幅成長到 3,531 億度；資產總額自 668 億人民幣成長到 4,190 億元。去年已獲美國財富雜誌評為全球 500 大企業的第 477 名。

2.5.2. 會談內容

陳董事長首先表示對於朱總經理在亞太電協年會中關於再生能源發展願景的演說內容印象極為深刻，並感謝國電集團旗下龍源電力集團今年提供寶貴經驗，協助解決本公司風力發電機組規劃與設備維護所面臨問題。

朱總經理則表示近年來電力業變化太大，必須隨時審時度式調整發展步伐。目前國

電公司發電容量結構中，傳統火力電廠佔 80%，水利與風力等潔淨能源只佔 20%。國電公司希望能在數年內將前述結構比例調整為 70%：30%，並在 2020 年達到潔淨能源佔國電發電容量 40%的前瞻目標。

朱總經理並透露，國電對於投資同屬潔淨能源的核能發電極感興趣，但因大陸目前政策只容許中國核工業集團公司與中國廣東核電集團公司建設核能電廠，該公司與大唐、華能與中電投資等公司在現階段只能以參與投資方式擁有電廠部分股權，但數年後可能會逐步放寬限制。大陸雖然是全球最大煤碳生產國，但近年國際煤碳價格飛漲，也面臨經營困難。國電集團目前平均購煤價格高達每噸 670 元人民幣（3,020 台幣/噸）與本公司相當，因此平均生產成本就達 0.32 人民幣/度電，由於能源價格偏高將是長期趨勢，未來必須積極發展潔淨能源。

2.5.3. 鍋爐電漿點火系統

國電集團具有相當厚實的科技研發能力。朱總經理特別介紹該集團旗下煙台龍源公司新近研發的鍋爐電漿（等離子）點火技術，用以取代傳統鍋爐必須使用燃油點火，不僅可以節省 90%燃料成本，也可以減少大量燃油消耗。朱總經理強調，不僅國外超臨界機組已將其列為標準配備，也可以在舊有機組上加裝，大幅提升燃燒效率。

電漿點火燃燒器是利用在強磁場控制下的直流接觸引弧放電，將空氣游離成電漿。電漿內含有大量活性粒子，如原子（C、H、O）離子（ O^{2-} 、 H^+ 、 OH^- ）和電子等，這些粒子其內部有著上萬度的高溫，將該電漿射流用機械和磁壓縮的方法送到需進行點火的部位，讓煤粉通過電漿，由於受到超高溫的強烈作用，煤粉顆粒迅速釋放揮發成份，並被破碎而再析出揮發成份，從而迅速燃燒、強化燃燒，電漿的化學活性物質可加速熱化學反應，促進燃料的完全燃燒。這項技術適用於電力業中調峰鍋爐及用油高的鍋爐。

電漿點火系統構造如圖 7，包括：

1. 電漿(等離子)發生器：產生功率為 60-130 kW 的電漿。電漿發生器由線圈、陰極、陽極組成。其中陰極和陽極由高導電率、高導熱率及抗氧化的特殊材料製成，以承受高溫電弧衝擊。線圈在高溫情況下具有抗直流高壓擊穿能力。電源採用全波整流並具有恆流性能。其發火原理為：在一定輸出電流條件下，當陰

極前進同陽極接觸後，系統處在短路狀態，當陰極緩緩離開陽極時產生電弧，電弧在線圈磁場的作用下被拉出噴管外部。壓縮空氣在電弧的作用下，被游離為高溫電漿，進入燃燒器點煤粉。

2. 電源櫃及供電系統：將三相 380V 電源整流成直流，用於產生電漿。由直流電源櫃（含整流變壓器）、冷卻風機、直流濾波電抗器組成。
3. 燃燒器：與電漿發生器配套使用點燃煤粉。
4. 輔助系統：由冷卻水、空氣的供給系統組成。其中，冷卻水系統可用電廠除礦水，發生器前壓力不低於 0.3MPa，溫度不高於 40 °C，不含雜物，單台發生器最大流量 4 t/h，採密閉循環使用。壓縮空氣系統則由電廠空壓機提供，經過濾裝置除油、除水、乾燥，從儲氣罐出口母管分別送到等離子發生器。單台發生器用氣量在 0.4MPa 下為（90~150）m³/h。
5. 控制系統：由 PLC、CRT、通訊介面和資料匯流排構成
6. 風粉系統：煤粉由新增小粉斗通過給粉機、混合器進入一次風管，由熱風送入電漿燃燒器。
7. 電漿發生器陰陽極間直流電在高壓激勵作用下，將壓縮空氣游離，產生穩定連續的空氣電漿流，進入燃燒器，形成溫度 3000 K~5000 K 的電漿體高溫火核。在燃燒器內，高溫電漿流與煤粉氣流發生熱化學反應，煤粉中的揮發物的含量提高 1.2~1.8 倍，煤粉被快速（103-105 K/s）加熱，在 1‰秒內迅速燃燒，形成燃燒火焰噴入爐膛。

電漿點火系統的技術特點則包括：

1. 陽極與陰極使用抗氧化材料，使電漿載體可採用廉價易得的壓縮空氣，大幅簡化系統，降低營運成本；
2. 精心設計的複合結構，確保輸出電功率達到 100 kW 以上，抗污染能力強，陽極使用壽命長（≥1000 小時），適合與各種燃燒器配合；
3. 燃燒器設計採用分極燃燒、氣膜冷卻及濃淡分離等技術，使適應煤種範圍更為

廣泛，對煤粉細度並無特殊要求，且出力大、不結焦、耐磨損、使用壽命長；

4. 風粉線上監測系統，為燃燒控制提供準確資料；
5. 供電源及控制主機採用了匯流排式通訊方式，切換方便。兩台單元式鍋爐可採用共用一套供電電源、各自使用獨立的操作介面的辦法，從而節省大量的初始投資，提高設備利用率。
6. 如果採用高能（ $250\text{MW}/\text{m}^3$ ）空氣電漿作為點火源，熱效率可高達 93%，足以點燃揮發份較低的貧煤和無煙煤，達到鍋爐冷態啓動和穩燃的目的。使用電漿點火，營運與維護費用僅是重油點火費的 15%~20%，能大幅度降低燃油消耗，降低成本；對於新建機組不僅能在建設期間全部收回設備投資，而且會產生鉅額效益。

另一方面，鍋爐點火時不用重油，靜電集塵可以在點火之後才啓動，減少點火初期排放大量煙塵對環境的污染，有利於環境保護。電廠採用單一燃料，縮減油系統，甚至可以取消爐前燃油系統，避免燃油系統可能造成的各種事故，也有效改善電廠安全和環境狀況。

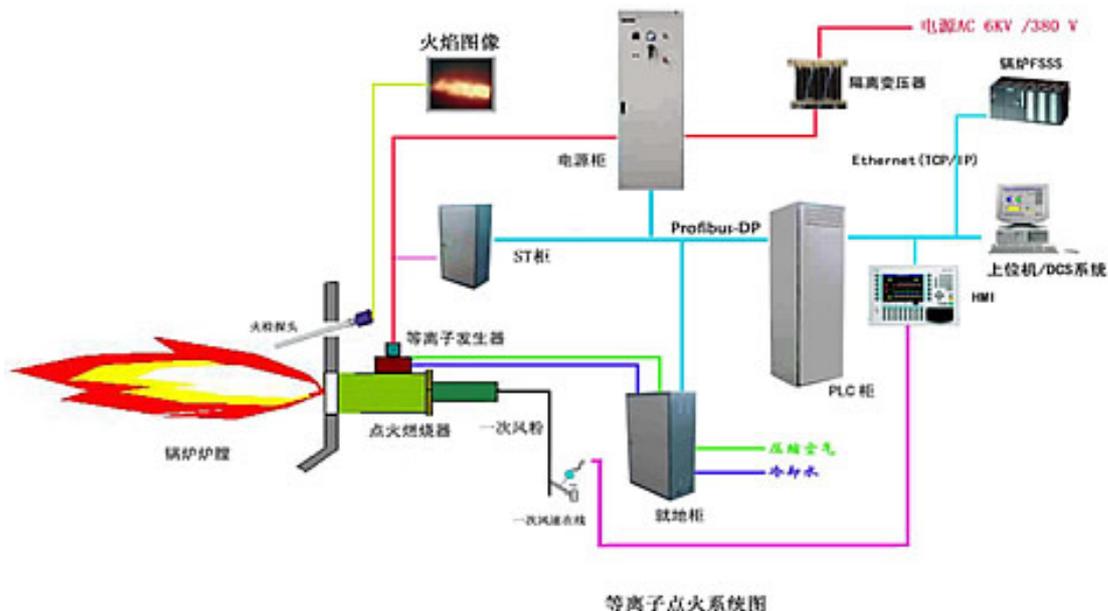


圖 7 電漿點火系統



圖 8 點火中的電漿



圖 9 本公司陳董事長與國電朱總經理晤談



圖 10 國電朱總經理為陳董事長介紹電漿點火技術

2.6. 拜會中國核工業集團公司

本參訪團於 11 月 25 日下午 15:00 拜會中國核工業集團公司總部。該公司由孫勤總經理迎接，並由余劍峰副總經理、陳樺特助（中核集團公司總經理助理，中核核電公司總經理）彭明鋒副處長（中核集團公司辦公廳秘書處副處長）等共同會見，交流中國大陸未來核能發展展望與落實核能安全文化具體作為。

孫總經理表示，該集團目前 8 座營運中核電機組今年可能創下總發電量 410 億度的佳績，將首度超越 400 億度的里程碑。另一方面，由於中核核電公司與各營運中電廠並肩作戰，積極堅持「安全第一、品質第一」的營運方針，以設備可靠性管理、大修優化管理、經驗回饋、人員績效管理、專項重點領域評估、電廠業績指標管理和高標準對標管理等為核心工作，堅持科技創新和技術改進，著力提升運行核電廠安全穩定運行水準，全年機組保持安全穩定運行，2010 年非計畫自動停機頻率小於 0.3 次/爐年，已達世界先進水準。

孫總經理也表示，儘管 2008 年面臨全球金融海嘯危機，但也正面凸顯核能發電穩定經濟的重要貢獻。中國大陸的核能工業不僅沒有受到景氣影響，反而在逆境中突飛猛進，中核集團 2009 年總產值高達 480 億人民幣，比 2008 年成長 16.2%，淨利 52 億人民幣，也比 2008 年成長 13.5%。

雖然成績傲人，但孫總經理也認為該公司表現，仍與理想目標存有差距，主要在於：一、思想理念與加快發展的需求存在差距；二、產業板塊還不夠清晰，資源配置量不夠集中；三、科技創新對產業發展支撐不夠；四、管理模式與集團化運作、專業化經營的要求不適應；五、體制機制創新不夠等。

展望未來，為了使該公司能更快速適應核工業發展形勢的新變化，該集團期望在 2010 年達成經濟增長 12 %、淨利 56 億人民幣的目標；並在 2015 年可以達成總營收超過 1,000 億人民幣、淨利超過 100 億人民幣與打造 10 個以上海外科工貿平臺等重要績效目標。

陳董事長談及本公司技術人力面臨老化問題，如果無法在近幾年內獲得適當補充，不僅未來營運素質堪憂，更可能成為核能安全隱憂。孫總經理表示贊同，也表示中

國大陸一樣面臨技術人力不足問題，不過問題本質在於核電規模擴張太迅速。陳樺總經理也表示：隨著中國核電大跨越發展，解決包括核操縱員在內的核專業人才匱乏問題已迫在眉睫。由於目前大陸興建中核電機組達到 25 座，為歷史最高峰值的 5 倍。未來在“十二五”期間，由於 AP-1000 及 CPR-1000 等百萬千瓦級核電機組將陸續開工興建，在核電需求拉動下，核燃料循環產業各個環節生產能力都將大幅提升，一批重大項目也將開工建設。核電、核燃料循環等產業的快速發展，對各類人才在數量和品質上提出了新的更高的要求。

據中核集團調查結果，目前中國大陸從事與核電直接相關的核建設、核設計、核運行、核維修的專業人才只有 5.1 萬人，這些人才分佈在三大核電企業：中核集團 1.8 萬人、中核建設集團 1.5 萬人與中廣核 1.2 萬人。目前核電人才缺口主要在核能專業人才，高層次科研、設計人才，特別在快中子反應器、核燃料再處理、核設施退役與放射性廢棄物管理、鈾礦開採冶煉及核安全與輻射防護等領域等。

目前中國大陸主要核電人才來自包括清華大學等 12 所重點大學，每年只能投入 2,400 名大學畢業生與研究生。但一名大學畢業生需要工作 3、4 年後才能獨立開展工作，要成長為技術骨幹至少需要 5-8 年時間，工作 15 年以上才能成長為副總經理、總經理級別之高級主管。因此高科技領軍人才、中青年科技創新人才、各專業領域學術技術領導人、尖端技術人才等缺乏的現狀，短期內很難通過大學培養解決。

目前中核集團已開展對於首席科學家、首席技師、科技帶頭人遴選等一系列人才培養方式。由於相對於技術人才升遷管道，管理人才管道相對完備，待遇也較為優渥，這會吸引一些技術人員走向管理職位，從而導致「棄研從政」這一社會普遍現象。該集團希望透過將技術人員晉升管道前伸後延，把「梯子」加長，突破原有職務序列限定，並在待遇上予以相應保障等配套措施留住第一流人才。另一方面，該公司下一步計畫透過實施集團公司首席專家、科技帶頭人和首席技師制度，促進科技和技術人才安心於崗位發展，促進科技及技術人才的水準和創新能力有效提升。

三、參訪心得與建議

中國大陸早年為發展核武軍工產業，建立堅實的核能工業基礎與龐大的專業人才。近年來積極轉型發展核能和平用途，因此核電產業發展迅速。目前已營運機組達 13 座，興建中機組 25 座，未來每年將以 3-5 座機組速度動工興建，因此維持優良建廠工程品質、培育充分運轉與維護人才就成為目前維持電廠安全運轉最重要課題。

核能安全無國界。鑒於近年大陸核能工業發展蓬勃、擴張迅速，對於核能電廠長期營運品質與核能安全之影響尚待瞭解。因此共同攜手提昇電廠安全與營運績效，實為兩岸核能業界互利互惠的合作目標。

台灣與大陸核能發展方向不同，各有優點：台灣方面核能電廠營運品質穩定，績效屢受國際肯定；大陸方面核能工業基礎深厚，重機設備製造與建廠經驗豐富。若兩岸核能業界能深入交流合作，共同確保核能安全與提升營運績效，將是互利雙贏局面。

以往兩岸核能技術設備多依賴境外輸入，限於語言、地域及政治文化不同，於時程、成本、風險等方面均大幅增加；若兩岸核能電廠能針對成熟技術、設備項目進行交流合作，對於提昇核能營運績效與降低成本效益上應甚可觀。

目前兩岸核能業界都面臨人才不足問題，我國主因是人員年齡老化，員工平均年齡為 52 歲，未來 5 年起每年將有大批中高階技術主管與技術領班退休，但新進人員進用速度太慢、培養不易。中國大陸則是因為近年核電規模擴張太快速，熟練技術人員培養不及。這種技術人才匱乏的狀況可能有影響營運品質之虞，有必要早謀因應方案。