



核能除役產業商機說明會系列二 切割技術暨台電需求說明

李昭仁 C. J. Li¹、杜經邦 C. P. Tu²、洪振育 Z. Y. Hung³、游雅閔 Y. M. Yu⁴

工研院材化所(MCL/ITRI) ¹資深工程師、²研究主任、³研究員、⁴副研究員

前言

我國核能電廠所設計之運轉年限為40年，運轉40年的核一廠1號機已於2018年12月5日開始進入除役階段，核一廠2號機也將於今年7月15日屆滿除役。而除了台灣，包括全球都有核電廠待除役，依法國EDF公司2016年之估計，未來15年內總產值將達約2,220億美元。由於核能電廠除役涉及放射性物質及輻射劑量，所以核能電廠的除役工作相較其他產業的工廠或設施拆除，需投入更多的時間與技術進行廠區結構、系統及設備組件的拆除，以確保在安全無虞及無放射性物質外釋的情況下，完成電廠的除役工作。因此，核能電廠的除役工作需要多項專業要求，台電公司希望藉此機會尋訪國內具技術實力的廠商，共同推動除役工作，培育本土核電除役技術專業團隊，建立核能除役技術產業鏈，朝向產業化目標發展。

為此，台電委託工研院執行「核能產業技術先期研究」計畫，目的為建立我國核能電廠之除役技術與我國核能除役產業能量，盤點除役相關核能產業技術，替台電評估並整合具實力之廠家，以成為核能產業的一環。工研院依除役優先應用技術

為主題，辦理6場技術研討會，其中包含①表面除污技術；②切割技術；③3D軟體技術；④輻射劑量自動量測技術；⑤工作分解結構(Work Breakdown Structure; WBS)技術；⑥自動化無人搬運技術等6項技術。

首先進行技術盤點、訪廠，尋訪國內具技術實力的廠商，共同推動除役工作，培育本土核電除役技術專業團隊，建立除役技術產業鏈，朝向產業化目標發展。接著，透過辦理研討會說明各項技術與規範，最後完成關鍵技術成熟度分類，建立我國核能除役產業技術策略。

系列二切割技術暨台電需求說明，由台電公司與專家團隊說明核電廠除役場域下切割技術需求與未來工作內容。為達產業界與台電公司互動與交流，本系列說明會特別開設「業界發表」時段，開放各相關領域廠商報名，在會中分享技術能量，成為未來產業平台的基礎元素。透過本系列商機說明會，期可為國內廠商開創一個新的產業市場與技術平台，互相分享技術、共創商機。

電廠除役切割技術

電廠除役工作中，核能設施除役工作之技術非常多元，從混凝土、機械系統與土



本工程結構之拆除等，所需技術幾乎涵蓋了所有工程領域，例如為了拆除管線，從圓盤鋸到磨料水刀與遠端遙控雷射切割，拆除切割作業中依據目標對象與環境周邊之不同而有不同考量。以下對於電廠中之切割拆除技術應用範疇作一簡單說明。

以拆除技術中之兩大技術為例，機械切割中之大型鑽石索鋸(Large Format Diamond Wire Cutting)採用閘刀式構架和大型落地式桅桿，鑲嵌鑽石的線由滑輪系統驅動，鑽石線與滑輪組安裝在待切割的結構附近。液壓操作鑽石索鋸適於水下使用，與較小的鑽石索鋸一樣，具鑽石顆粒的連續性的纜環用於空氣或水中切割金屬和混凝土。鑽石索鋸已用於反應器除役，其優點為：可以切割比鑽石粒更軟的任何材料；如果使用平行驅動，可以同時進行多次切割；液壓張力提高切割效率和纜索壽命。缺點則是設備占地面積大。

而針對圓盤鋸等系統，採用鋸切的目的是使用多齒刀具切割出狹窄的切縫，常見的鋸切工具有鋼絲鋸、鋤刀鋸、弓鋸、帶鋸及圓盤鋸等。一般來說，鋸切是一個經過驗證的工業技術，它產生的二次廢棄物(碎屑)量少且容易收集，也常用於世界各地不同的除役專案中。在切割過程中由於刀具的磨損，因此，需要適時進行刀具的更換。

水下雷射金屬切割更是不斷改進的開發技術。空氣的雷射切割方式，可在水中起作用。如果雷射光束沒有用空氣屏蔽，水衰減會導致效率降低。在雷射和工件之間使用護罩，以幫助維護保護氣袋(Air Pocket)，並減少氣體的消耗。雷射聚焦在工件表面上，以迅速將材料加熱到熔點，然後使用壓縮氣體從切口中除去熔融

金屬。許多公司目前正在開發水下光纖雷射切割系統(例如IHI和TWI)。光纖雷射能夠高效地通過光纜傳輸高功率光，壓縮空氣(有時是氧氣)用於增加金屬的氧化。使用具有該功率的雷射也稱為雷射昇華(Laser Sublimation)，這種雷射可以切割厚度達100 mm的不鏽鋼。

放電加工(Electrical Discharge Machining; EDM)的過程主要是以脈衝發射出高電壓低電流的火花，火花由電極(通常是銅)射向工件。工件材料被火花熔化或昇華，隨著火花點燃後立即引發氣泡的爆裂，進而對周圍的介質產生衝擊波。這種衝擊波將使得切縫中的加工材料被移除。通常放電加工會在切割速度上受到限制。

訪 廠

為了解國內廠商技術能量，並告知台電除役需求規格，規劃訪廠行程，並藉此串連廠商，構築國內除役產業鏈。本次分別進行四家切割廠商訪問，各公司營業項目及特色整理如表一。

切割技術暨台電需求說明會

- 舉辦時間：2019年2月26日
- 舉辦地點：台大集思會議中心蘇格拉底廳
- 議程表：請參見表二所示
- 技術說明會內容說明如下：

首先由工研院專家團隊說明核電廠切割技術。工研院任天熹顧問介紹運用於核電廠放射性廢棄物的金屬切割技術。放射性廢棄物的切割，需要注意人員輻射安全、輻射污染擴散防治、二次廢棄物的減量等。常見的切割技術分為熱切割及冷切割。任顧問同時介紹各國核電廠進行水下



▼表一 訪問成果

公司	○○機械工業股份有限公司	○○工業股份有限公司	○○機械股份有限公司	○○科技股份有限公司
訪問日期	2019年01月04日	2019年01月04日	2019年01月25日	2019年01月25日
營業項目	帶鋸機、圓鋸機、滾牙機、螺紋研磨機	帶鋸機、圓鋸機等鋸切機	工具機放電加工與石墨放電加工	放電加工與線切割
公司特色	以國內市場為主，2018年營業額約為5,000萬元	以出口外銷為主，全球40餘國皆有代理商	以國內市場為大宗，擁有多項放電加工機專利	以外銷為主，韓國市場占有率第一

▼表二 切割技術暨台電需求說明會議程

時間	主題	講者
08:30~09:00	報到	
09:00~09:20	開幕致詞	台電核能技術處 張武侯處長
09:20~09:50	切割技術	專家團隊
09:50~10:20	核電廠切割設備與技術需求	台電核一廠
10:20~10:40	休息與茶敘	
10:40~12:10	業界發表(國內業界設備技術能力資訊分享)	
12:10~12:30	綜合座談	
12:30~14:00	媒合交流/中午簡餐	
14:00	散會	

▼表三 與會之切割設備業者公司簡介

公司	成立期間	資本額	營業項目
○○工業股份有限公司	1982年	3億5,000萬元	帶鋸機、圓鋸機等鋸切機
○○機械股份有限公司	1974年	1億2,000萬元	工具機放電加工與石墨放電加工
○○營造有限公司	2018年	300萬元	綜合營造業
○○科技股份有限公司	2001年	3億6,000萬元	放電加工與線切割
○○中心	-	-	雷射材料加工、雷射關鍵模組及系統設備數位製造技術
○○中心	1992年	-	石材、水資源、文化創意產業

切割及空氣中切割的實例及優/缺點。

接著由台電核一廠說明核電廠切割設備與技術需求。台電介紹核一廠除役作業中切割的時程、對象、目標、場地及技術需求等。同時提供場地剖面圖、實物照片及作業須知，提供業界最實際的資訊。

會中並邀請國內切割設備業者介紹公司技術現況，各公司簡介如表三。

最後綜合座談中，與會廠商積極提出問題，並由現場台電及工研院專家回答。其內容詳列如下：

Q：切割後廢棄物的量及減容後的尺寸，是否已預先估算？用什麼方法估算？廠商是否需先建置切割模擬場？

A：由於儲存容器大小已有法規規定，因此切割尺寸也需配合容器大小。另外，台



▲圖一 研討會照片

電會設置Mock Up場域，將來也會邀請廠商來進行。

Q：進行切割後設備是否也會遭受輻射線污染？

A：部分場域的切割設備確實有可能會遭受污染，因此切割作業完成後，也需將設備進行切割及封存。

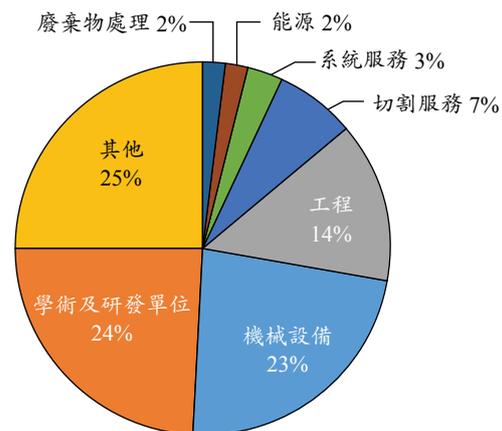
Q：針對切割時所造成鐵屑，是否有處理方法？

A：不論是進行空氣中切割或水下切割，皆需透過光電感測器等，進行集塵，以免妨礙切割作業進行。

說明會當天報名及出席人數踴躍，包含機械設備商、工程、切割服務、系統、廢棄物處理、能源及學術單位等各界廠商。技術說明會現場參與之盛況如圖一。其各產業出席比率如圖二所示。

總 結

台灣相關工具機設備廠商眾多，大多數擁有優良研發及外銷能力。另一方面，核電廠的除役階段，切割作業中可使用的設備多樣，廠商必須同時具備配合現場環



▲圖二 切割研討會出席產業統計

境進行客製化設計的能力。

希望透過訪廠及說明會的進行，除蒐集廠商技術內容，傳達台電的需求之外，並希望凝聚廠商，加大產業的發展能量，進一步建立除役產業鏈的形成，以因應未來廣大核電廠除役市場的需求。☒

更多詳情，請洽：

杜經邦 主任
Tel: 03-5912615
CPTu@itri.org.tw

李昭仁 資深工程師
Tel: 03-5915253
lichaojen@itri.org.tw