光源啟用三十週年：承先啟後，共創新猷

蘇慧容 小姐
國家同步輻射研究中心 / 用戶行政與推廣室

慶祝光源啟用三十週年

2023 年 10 月 23 日同步輻射領域的先進、用戶、現任與退休同仁，還有長期支持台灣科學發展的長官們齊聚國家同步輻射研究中心 (本中心)，歡慶光源啟用三十週年這個重要的里程碑。除了分享各時期的故事、回顧過去的歷史，更一起見證近 40 年來的發展與成就。曾任本中心董事長的諾貝爾獎得主李遠哲院士 (圖一)，自 1980 年代即是台灣同步輻射光源發展的重要推手；他輕鬆幽默地分享前輩們四處奔波、尋求支持的過往，雖然說起來雲淡風輕，卻難掩當時的步步艱辛。國科會林敏聰副主委，是本中心現任董事長，也是同步輻射領域的資深用戶，他在致詞中特別感謝政府在台灣經濟轉型期間興建同步輻射光源的遠見與魄力，對台灣科學發展與人才培育有重大的貢獻。行政院陳建仁院長 (圖二) 肯定本中心在過去 30 多年來的努力，建構台灣最大型的科技研發平台，為國內外用戶提供世界一流的實驗設施。

圖一　台灣同步輻射光源發展的重要推手李遠哲院士致詞分享鮮為人知的早期軼事。

追本溯源，今日的成果應感謝早期一群海內外學者的高瞻遠矚，因為他們深知同步輻射是推動科技發展的最先進光源。1979 年，浦大邦教授最早倡議在台灣發展同步輻射，他請出中研院錢思亮院長、袁家騮院士、吳健雄院士一同遊說政府。1982 年劉遠中、鄭伯昆、閻愛德、張秋男、鄭國川等五位教授造訪世界各同步加速器中心後，向國科會提交了「同步輻射可行性研究」評估報告。隔年，行政院同意設立「同步輻射研究中心籌建處」，並成立指導委員會。

台灣光源 (Taiwan Light Source, TLS)

台灣光源是亞洲第一座第三代同步輻射加速器，周長 120 公尺，儲存環電子能量為 13 億電子伏特 (1.3 GeV)，是全球第三座第三代同步輻射光源。在過去的 30 年裡，TLS 像一盞神燈發出萬丈光芒，照亮台灣學術界。1986 年 TLS 動土興建，1993 年成功出光，李登輝總統親臨主持光源啟用典禮。歷經十年的努力，台灣終於有了第一道同步輻射光；次年開放首期三條光束線給用戶進行同步輻射實驗；1996 年再度將儲存環能量升級為 15 億電子伏特 (1.5 GeV)；2000 年發展出全能量注射技術，2005 年進入全時恆定電流運轉，此後用戶可以在穩定光源下進行，實驗不致中斷；TLS 是一座中低能量的同步輻射光源，為了硬 X 光

圖二　親臨致詞的行政院陳建仁院長 (前排左三) 曾任本中心董事，擔任國科會主委期間，促成行政院通過「台灣光子源興建計畫」。

用戶研究需求，2001 年，本中心成功研發出國際首座不須使用液態氦的 5.0 T 超導移頻磁鐵， 將 TLS 提供的頻譜範圍向中高能量之硬 X 光區段延伸，開拓更寬廣的研究與應用領域。2004 年成為第二座使用超導高頻共振腔的同步輻射設施，一舉將光源強度提高兩倍以上，讓用戶可以在更短時間完成實驗。2003 年 5 月，「同步輻射研究中心」改制為「財團法人國家同步輻射研究中心」。目前，TLS 有 21 條光束線開放給用戶使用。

台灣光子源 (Taiwan Photon Source, TPS)

隨著科技日新月異，科學實驗對高亮度、高同調性以及硬 X 光光源的需求與日俱增。2001 年，由用戶組成的推動委員會 (steering committee) 提出建造一座更高電子能量的同步輻射光源。經過謹慎評估及廣泛收集用戶意見，董事會於 2004 年通過提案。次年，向國科會提出台灣光子源興建計畫。2007 年獲得行政院同意，2010 年動土開工。

這座周長 518.4 公尺的 TPS，加速器電子能量為 30 億電子伏特 (3 GeV)。與 TLS 相比，硬 X 光亮度提高了千、萬倍。在 2014 年的最後一天，成功綻放出第一道同步輻射光，TPS 躍升當時全球最亮的光源之一。2021 年其常規運轉電流達 500 mA，達到設計目標。

經整體考量我國科研的基本需求，TPS 規劃了 25 條光束線，共分三期建置。截至 2023 年底，已啟用了 14 條光束線。第一期 7 條光束線著重於發展超越 TLS 的前沿實驗技術；第二期 9 條光束線則於 2016 年起開始建造，以發揮 TPS 最大潛力為目標，同時兼顧科學研究與產業應用需求；第三期光束線於 2021 年開始興建，其目標是滿足大宗用戶的需求，透過不斷升級實驗技術，擴充吸收、散射、能譜等技術服務，確保用戶於 TLS 的實驗應用轉移至 TPS 時能夠無縫接軌。

國際合作

為了拓展全球網絡以促進科學合作，多年來本中心與國際知名的研究機構建立長期的合作協議，在在證明本中心作為一個大型國家研究機構具備執行國際合作與運維海外設施的能力。

本中心的海外設施

1. 日本 SPring-8 台灣光束線

為滿足國內用戶在真空紫外光和軟 X 光光譜範圍之外的實驗需求，本中心於 1998 年與世界最高能量同步輻射光源日本 SPring-8 合作，建造了兩條台灣專屬的硬 X 光光束線。其中一條的實驗技術為 X 光光譜學及繞射 / 散射，於 2001 年開放，次年擴增蛋白質晶體學的實驗技術；另一條為非彈性 X 光散射光束線，於 2003 年開放，並在 2013 年進一步增加硬 X 光光電子能譜 (HAXPES) 實驗技術。雙方持續合作，至今已超過 20 年。

2. 澳洲 ANSTO 的中子儀器

2005 年台灣與澳洲簽訂協議，由中央大學團隊負責執行，在澳洲核子科學與技術組織 (ANSTO) 建造了一座冷中子三軸散射儀。本中心於 2013 年接手成立駐 ANSTO 辦公室，負責運維與推廣台灣中子科學。

其他設施建置合作

有鑒於本中心超導磁鐵的運作經驗，泰國光源 (SLRI) 於 2016 年委託本中心設計、製造一座 3.5 T 超導多極振盪器，用於 SLRI 的 X 光吸收光譜光束線，並於 2018 年完成。

由於 TPS 的優越光源特性，德國馬克斯普朗克固態化學物理研究所 (MPI-CPfS) 與本中心在 TPS 上合建「次微米軟 X 光光束線」。MPI-CPfS 進一步投資在這條光束線上建置了專攻新穎材料研發的「軟 X 光光譜實驗站」，並於

2019 年 5 月正式啟用，更加強化了兩國在科學研究上的雙邊合作。

科學光譜以外的亮點

在過去的十年中，本中心不僅持續提升科技實力，積極參與國際科研社群，更擴大在各領域的影響力。本中心主辦多項同步輻射領域重要學術活動。例如 2015 年亞太區歐盟大型儀器培訓課程 (HERCULES)、同步輻射設施國際會議 (SRI 2018)、2019 年亞太地區同步輻射論壇學校 (AOFSRR) 和 X 光顯微術國際會議 (XRM2022)。2025 年更將主辦全球最大、最重要的粒子加速器國際會議 (IPAC'25)。這些活動凸顯了本中心在國際科研社群中的角色和貢獻。

除了全力發展科學實驗技術外，本中心也積極推廣產業應用。2018 年成立產業辦公室，結合原有的產業應用小組，擴大與產業界的合作。2021 年，產業應用擴大編組並設立一條產業專用的光束線，整合資源以協助產業發展關鍵技術、克服技術瓶頸，特別是在半導體、能源、生物醫學和開發新穎材料等領域。

2021 年，本中心設立了光環論文獎，此獎項旨在提升台灣在加速器光源領域的研究水準，獎勵使用本中心光源實驗設施進行研究，並在自然科學、生命科學以及應用科學等領域具有顯著貢獻的國內外科學團隊，其成果能在國際學術期刊上發表具有高影響力的論文，值得一提的是，光環論文獎的獎金來自於太陽能電力 (圖三) 的收益。

除了研究深奧的科學議題以外，本中心也致力推廣科普教育，透過各種科普活動翻轉一般民眾的科學認知，使得科學普及並向下扎根。每年的 OPEN HOUSE 活動提供了探索台灣最大實驗室的機會，平時從事艱深科學研究的同仁們採用互動遊戲向大眾介紹他們的工作，讓科學變得親民、有趣。2018 年與金鐘獎最佳動畫節目得主 studio2 團隊攜手合作，製作兼具科學教育與娛樂效果的精彩動畫電影《阿卡的冒險：光子秘密》。2021 年與天下文化共同出版了一本名為《追光之旅》的書籍，記錄了台灣如何眾志成城催生出台灣第一座同步輻射光源，後續又如何推動第二座光源攻頂，擠身世界最先進的光源設施之一。

邁向下一段旅程

作為全國最大的共享實驗設施平台，本中心目前開放 TLS、TPS 和 SPring-8 台灣光束線共 38 條光束線，每年吸引超過 2800 名研究人員前來進行基礎與應用科學實驗。在 COVID-19 全球大流行之前，來自 20 多個國家的國際用戶占比約 15%。近年來，每年有 600 多篇使用本中心設施發表的 SCIE 論文，其中一半發表在高影響指數 (Impact Factor) 期刊。

展望未來，挑戰永遠不會停歇，在 30 週年的慶祝典禮上，本中心徐嘉鴻主任對下一個 30 年的發展深表信心，她鼓勵同仁承先啟後不斷創新加速器光源技術，積極地推進基礎科學研究與尖端科技革新，並同時強化產業鏈結。此外持續提供更完善的同步輻射光源與培育新一代的科學人才，以期持續在國際科研競爭中嶄露頭角，照亮探索前沿科學之路。

圖三　本中心屋頂太陽能板計畫於 2016 年初開始進行，2017 年底完工，以支持政府在 2025 年再生能源整體佔比 20% 的目標。其所產生之電力，則依協商定價供應給台灣電力公司。