

# 台灣光子源 開創未來的光

## Lighting the Way to a Better Tomorrow

### 台灣科技，飛躍國際

同步加速器光源是目前拓展科技研究最重要的大型實驗設施，在國家同步輻射研究中心共有兩座光源設施，分別為台灣光源與台灣光子源。台灣光子源是台灣有史以來規模最大的尖端核心設施，由國人自行設計及建造組裝之極高亮度、低束散度、能量 30 億電子伏特之高精密加速器光源設施，現在是全世界最新且最亮的光源之一，將提供優質的同步加速器光源給國內外科技界使用。

為了滿足光源用戶進行前沿研究所需的超高亮度 X 光，中心在民國 94 年提報台灣光子源同步加速器籌建可行性研究報告，行政院於 96 年通過興建計畫。台灣光子源在 99 年 2 月開始動土興建，克服重重的挑戰後，於 103 年底達到出光的歷

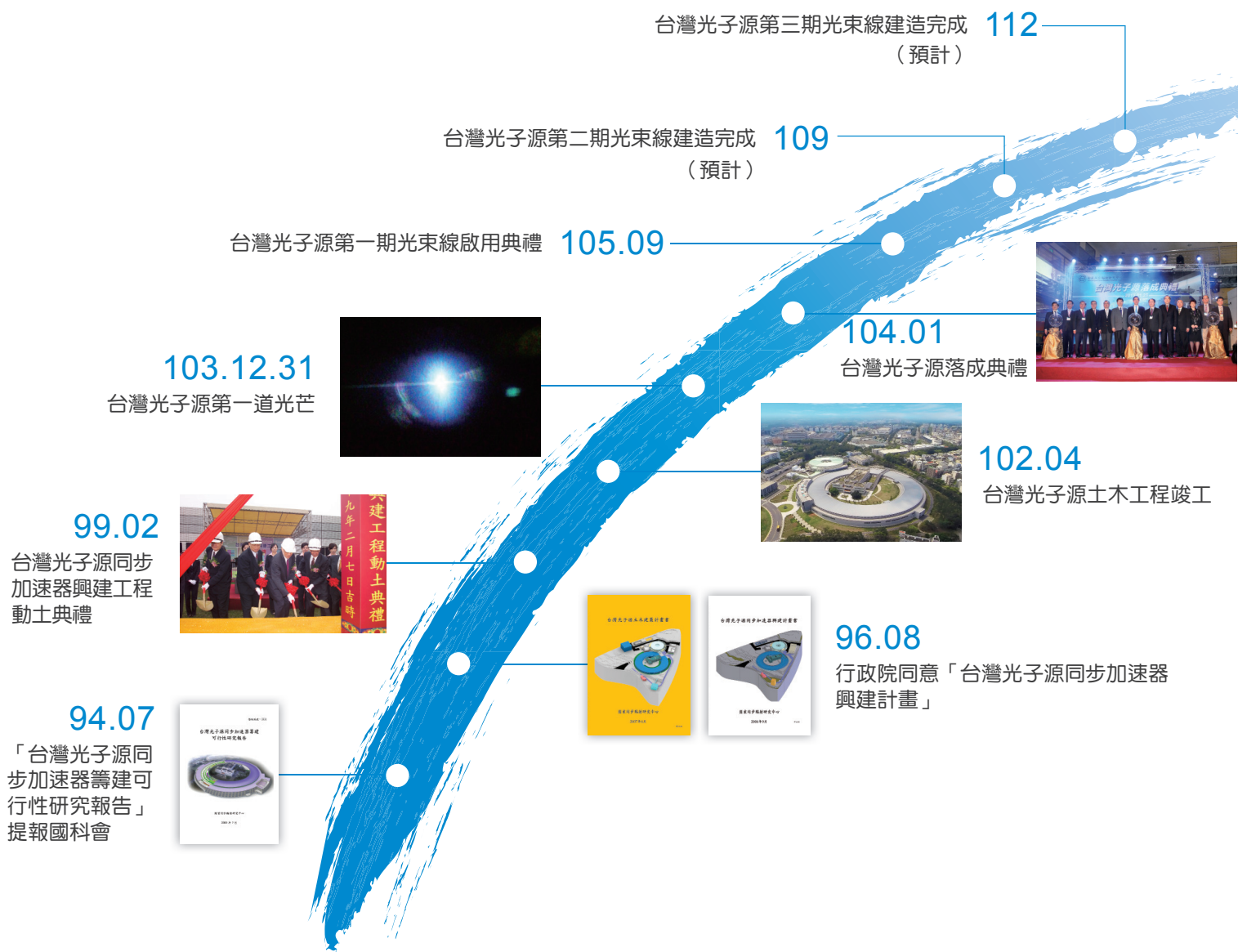
史任務，並於 105 年啟用第一期光束線實驗設施，提供嶄新的實驗技術給台灣產官學研各界用戶使用，未來將可為奈米科技、生醫製藥、綠能科技及基礎科學等眾多領域，開創科學研究新契機，並協助國內產業進行產品研發與製程優化。

台灣光子源的建造結合了先進加速器科技、精密機電、自動控制及高精度測量等尖端技術，工程技術門檻極高。但非常幸運的是很多台灣廠商願意接受各種挑戰，並努力提高技術層次，才促成台灣光子源的誕生。很高興看到台灣光子源在提升我國的科技水準上，貢獻了一份力量，未來在台灣光子源運轉後，相信將能開創更多的科技奇蹟。

感謝所有為台灣光子源盡心盡力的夥伴們，期盼台灣光子源可以為台灣與世界的科技發展，作出重要貢獻！



## 台灣光子源重要里程碑



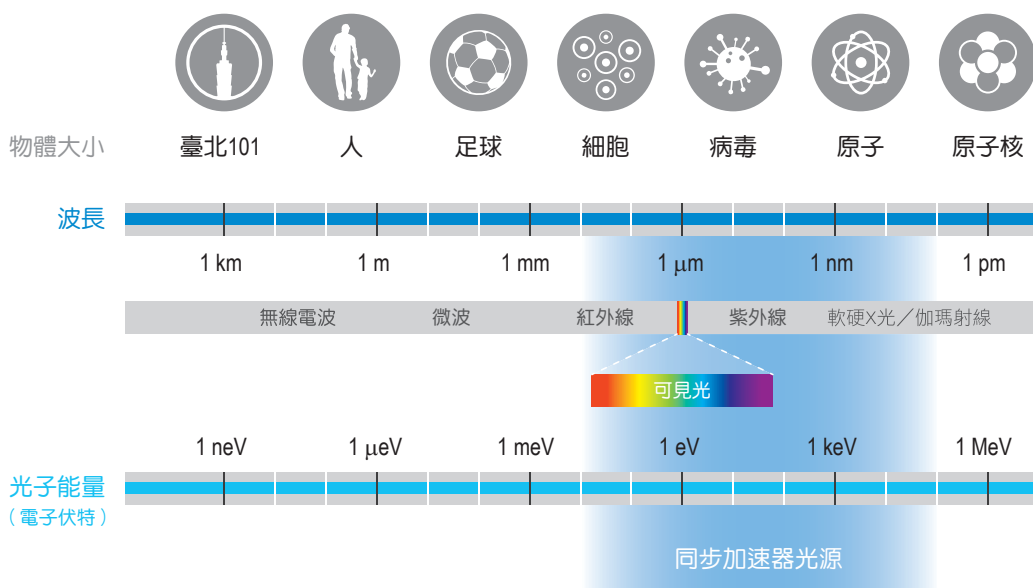
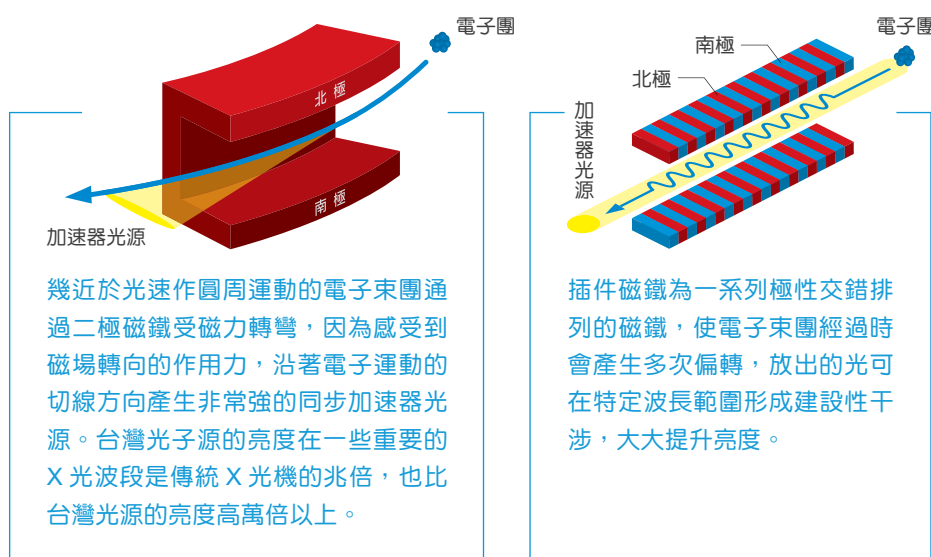
## 何謂同步加速器光源？

光是人類觀察大自然的重要憑藉，也是電磁波。電磁波家族中，除了我們肉眼看見的「可見光」外，依波長的長短，包含無線電波、微波、紅外光、紫外光、X 光與伽瑪射線等，不同波段的光源依其特性在人類日常生活中扮演不同角色。

「同步加速器光源」涵蓋可見光、紅外光、紫外光及 X 光等波長範圍之電磁波，1947 年首先在美國通用電器公司的同步加速器上被發現，因為具

有波長連續、亮度極高、截面積小的特性，且波長範圍涵蓋數十微米至數百分之一奈米，可以幫助人類觀察肉眼所看不到的世界。

利用「同步加速器光源」觀察物質，可準確地探究物質的內部原子結構及物質內電子間的交互作用，也是二十一世紀尖端基礎科學研究、生醫科技及工業應用不可或缺的實驗利器，可用於材料、生物、醫藥、物理、化學、化工、地質、考古、環保、能源、電子、微機械、奈米元件等研究領域。



## 同步加速器構造

### 1 直線加速器

電子由 9 萬電子伏特 (90 keV) 電子槍引出，經過線性加速器將電子集成束團並加速到 1.5 億電子伏特 (150 MeV)，經傳輸線後進入增能環。

### 2 增能環

電子束團進入周長為 498.6 公尺的增能環，每次通過高頻共振腔時可獲得額外能量，增能環上各磁鐵的磁場強度依據電子能量同步增加，以鎖定電子束團在真空腔內的運動軌道，電子束團在 0.2 秒內繞行約 10 萬圈後，加速達到 30 億電子伏特 (3 GeV)。

### 3 儲存環

30 億電子伏特能量的電子束團注入周長為 518.4 公尺的儲存環進行電流的累加，達到運轉設定的儲存電流值，最高可達 500 毫安培 (mA)，電子束團每繞行經過超導高頻共振腔以補充因放光而損失的能量，並於數分鐘自動注射一次，以補足損耗的電子束團，達到恆定電流運作模式。

### 4 二極偏轉磁鐵與插件磁鐵

儲存環內的電子束團經過二極磁鐵偏轉或經過插件磁鐵多次偏轉，均會產生光束，發出亮度極高的光源，涵蓋軟 X 光、硬 X 光能量區。

### 5 光束線

二極磁鐵或插件磁鐵產生的光束，透過光束線上的光學系統，進行聚焦、能量選擇後，引導至實驗站。

### 6 實驗站

實驗人員運用光束線所配置的實驗設備，對樣品進行量測，擷取樣品的物理、化學性質。

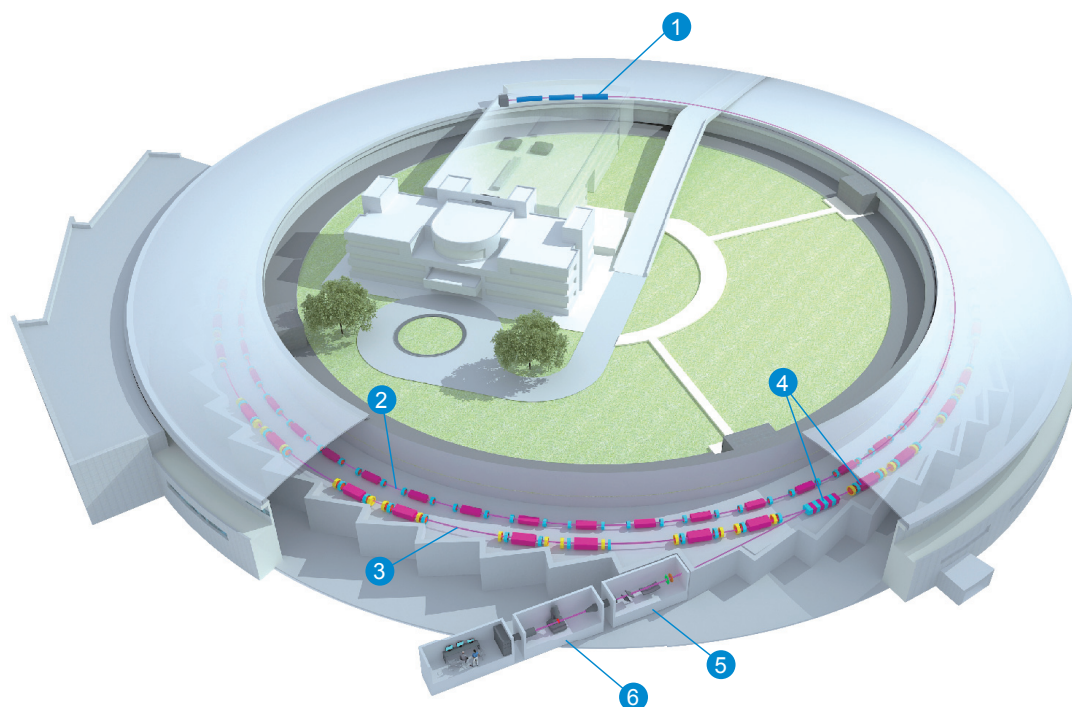


圖 1. 同步加速器示意圖。



## 台灣光子源的建造 提升本土產業的技術與視野



土木與機電

由潘冀、根基、益鼎公司設計興建，所牽涉的工程技術與精度要求相當嚴苛，如高精密灌漿、微振動抑制與自動控制等。本案提升參與公司承製高精密工程的能力，並有助於後續幾個大型建案的得標。



電磁鐵

由本中心設計並輔導國內外廠商，包含公準、盛英、輝哲等公司，完成高機械精密度（精度 10 微米）磁鐵建造。參與公司已跨越相關技術門檻，得以進入加速器磁鐵的製造領域。



高頻

超導高頻共振模組是獲得日本高能加速器研究機構 (KEK) 的技術轉移之後，由本中心、三菱重工與 KEK 等相關單位緊密合作，成功製作完成。其中電子控制系統完全由本中心獨立自製並完成整合測試。



注射器

由本中心設計製造的高精密注射用脈衝系統，提供穩定的注射品質，並完成整體注射器系統的安裝、整合與測試。此外，本中心也進行電子槍的設計與製造，與元昌、宏碩等公司合作完成建置。



電源供應器

致茂、工研院以其技術能力並結合本中心在高精度電源供應器的技術經驗，研發出百萬分之一 (ppm) 低雜訊等級之高精度電源供應器，此類產品的規格已達到加速器光源電源供應器的嚴格要求，並已進入世界加速器產業行列。



插件磁鐵

橢圓極化聚頻磁鐵為本中心設計，經工研院、承澹等公司製造與組裝。另外，由本中心指導、冠球與輝哲等公司承製的超導增頻磁鐵，因性能優異，已有國外加速器光源設施委託建造。



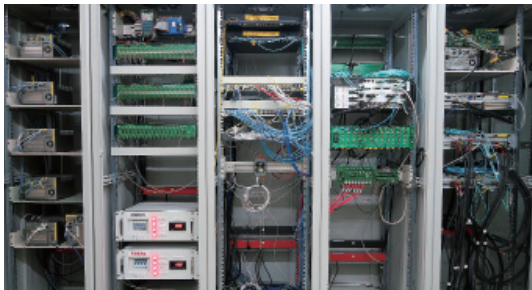
支架及定位

由本中心監造，福裕、千附等公司承製加速器支架精密加工（精度 15 微米）及高精度定位（精度 100 微米），此過程提升參與公司消除應力的技術能力，增強未來承攬大型精密機械加工的競爭力。



光束線  
輻射屏蔽屋

本中心設計，委由力剛金屬、新庄子、貝克西弗與安森機電等公司建造，完成鉛輻射屏蔽牆面、耐震樑柱、及精密溫度控制之輻射屏蔽屋，提升了參與公司在特殊工程的建造經驗與能力。



束流診斷與控制

採用凌華公司生產的工業電腦為主要控制平台，該產品因此被歐洲加速器光源採用。麟瑞科技與捷實分別提供核心網路交換器設備及各種高精度的高頻同軸電纜與連接頭產品，經克服技術困難，參與公司提升了產品的製造品質與精度。



超高真空腔

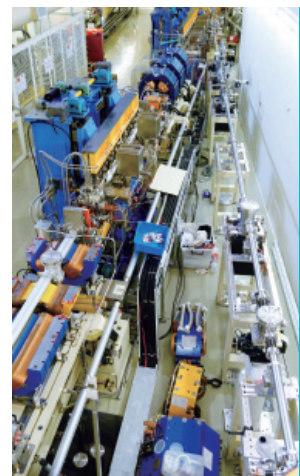
本中心與勝欣、興光、宏碩等公司合作，以無油酒精精密加工技術製造超高真空腔，並開發真空腔退磁、研製高精度的電子束位置偵測器，參與公司跨入了超高真空元件系統製作領域。



低溫設備

此設施為東南亞規模最大的液氮系統，其中部份設備由本中心提供技術指導，經品輝及估鴻興業建造完成氮氣、液氮、液氮管路、多內管型傳輸管路。經此建置經驗後，提升參與公司的安裝、測試低溫的工程技術能力。

中心與飛驒、孟晉、宏碩等公司共同開發無氧銅與不銹鋼高熱負載吸收體、光子束位置偵測器，設計治具及鐸道，使用雷射焊接技術完成真空低漏率的偵測器，協助廠商建立高熱載光子狹縫超高真空硬焊製造能力。



前端區



## 光束線簡介

光束線的功能是將由偏轉磁鐵、插件磁鐵所產生的各具特性的光源，透過精密的光學系統，塑造出優化的 X 光束流，引導至實驗區以利實驗者進行多樣化的科學量測。由於同步輻射衍生的實驗種類繁多，對於 X 光束流特性的要求，如能量範圍、束流通量、X 光偏振性質更是多樣。因此光束

線的設計須借助狹縫、不同曲率的 X 光鏡面、光柵、雙晶體單光儀、微聚焦鏡組等元件對多重需求做出優化。經調適後的光束流被引導至實驗站與樣品產生交互作用，透過量測光束強度、光束散射角度、光束能量或是激發、解離的電子或離子等訊號，可進一步探討如蛋白質結構、物質組成、電子結構、磁性結構等重要科學研究課題。

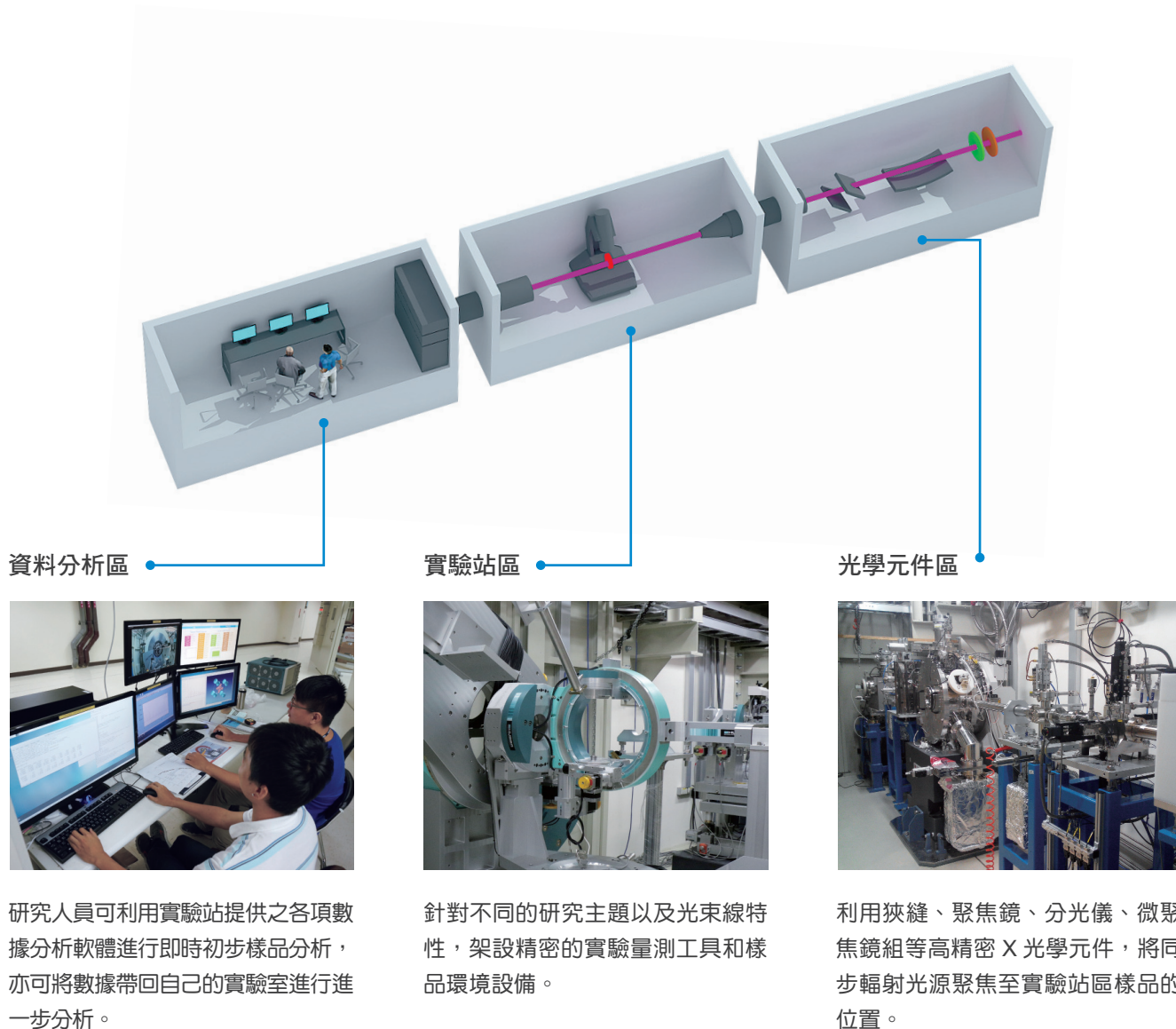
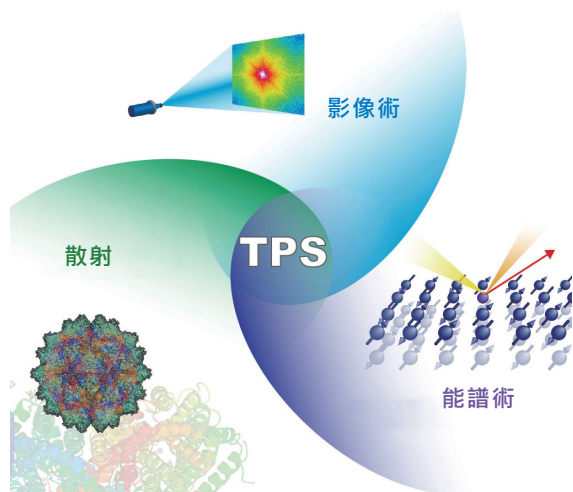


圖 2. 光束線各區域示意圖。

台灣光子源科研特色與  
光束線建置規劃

台灣光子源運用不同特性的光源，建構出各具特色的實驗設施，依據所使用的研究技術可大略分為三類：影像術、散射、能譜術。要興建這些多面向的實驗設施，非一朝一夕可以完成，若經費如規劃時程到位，將以三階段打造出完整的研究設施。第一期於 105 年底結束，完成建造7座光束線，105

年 9 月先開放 4 座，其餘 3 座光束線隔年開放，這些第一期光束線的進一步說明如下頁大圖。第二、三期光束線共 18 座，預計分別於 109 年及 112 年完成興建，期間台灣光源的光束線將搬遷至台灣光子源，並進行功能升級。經由三階段的設施建造計畫，台灣光子源將成為尖端科研的重鎮，推動台灣在生醫、材料、環境、能源與半導體領域的蓬勃發展。



|                    | 影像術 | 散射 | 能譜術 |
|--------------------|-----|----|-----|
| 05A 蛋白質微結晶學        |     | ●  |     |
| 09A 時間同調 X 光繞射     |     | ●  | ●   |
| 21A X 光奈米繞射        |     | ●  | ●   |
| 23A X 光奈米探測        | ●   | ●  | ●   |
| 25A 同調 X 光散射       | ●   | ●  | ●   |
| 41A 軟 X 光散射        | ●   | ●  | ●   |
| 45A 次微米軟 X 光能譜     |     |    | ●   |
| 44A 快速掃描 X 光吸收光譜   | ●   |    | ●   |
| 24A 軟 X 光生醫斷層掃描顯微術 | ●   |    |     |
| 13A 生物結構小角度 X 光散射  | ●   | ●  |     |
| 39A 奈米角解析光電子能譜     |     |    | ●   |
| 19A 高解析度粉末繞射       |     | ●  |     |
| 07A 先進微聚焦蛋白質結晶學    |     | ●  |     |
| 15A 微米晶體結構解析       |     | ●  |     |
| 27A 軟 X 光奈米顯微術     | ●   |    |     |
| 22A 穿透式奈米 X 光顯微術   | ●   |    |     |
| 43A 軟 X 光能譜        |     |    | ●   |
| 47A X 光能譜          |     |    | ●   |
| 18A 粉末 X 光繞射       |     | ●  |     |
| 29A 小角度 X 光散射      |     | ●  |     |
| 37A X 光散射          |     | ●  |     |
| 31A 高亮度蛋白質結晶學      |     | ●  |     |
| 46A 柔光光束線          |     |    | ●   |
| 35A 龍光束線           |     | ●  | ●   |
| 04A 高通量蛋白質結晶學      |     | ●  |     |



## 多樣性的產業應用



使用同步光源光電子能譜、X光吸收與繞射等多項技術協助分析其晶片中的材料成分、電子結構與晶體結構，改善關鍵製程，以開發全球最先進的奈米晶片。



使用同步光源 X 光繞射與圓二色光譜技術分析蛋白質晶體與分子結構，以及小分子藥物的晶型，協助其藥物與製程技術開發。



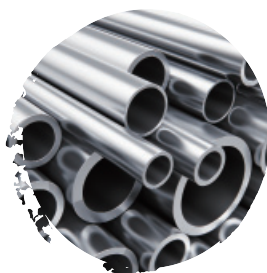
使用同步光源 X 光小角散射技術分析高分子的微觀組織結構，有效改善其塑膠原料與製程，以開發高附加價值的人造工業纖維。



使用同步光源 X 光繞射與吸收光譜技術分析晶體結構、相變化與化學組態，協助其開發鋰電池新電極材料，取得關鍵國際專利，成功拓展全球市場。



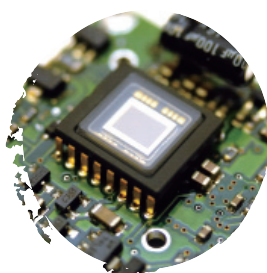
使用同步光源 X 光繞射與吸收光譜技術鑑定晶體結構與化學組態，協助其開發與改善新觸媒材料，降低環境負擔，並增加石化製程產能。



使用同步光源 X 光臨場繞射與吸收光譜技術觀察鋼鐵在升降溫、拉伸與氧化過程中的材料變化，以開發次世代的超高強度鋼板與高效率電磁鋼片等綠色鋼材。



使用同步光源小角散射技術鑑定高分子微觀組織結構，協助改善其橡膠原料、工業纖維與製程以開發新一代的高性能節能輪胎。



使用同步光源奈微製造技術製造超高深寬比的繞射光學元件，以開發微型光譜儀，大幅降低光譜儀的尺寸與成本。該新創產品可普遍應用於食安、生醫檢測與物聯網應用。



委託協助開發質子治療與核磁共振等先進醫療儀器所需的關鍵加速器與精密磁鐵技術。