

圖片來源：Pexels 免費圖庫；攝影師 jiawei cui

臺灣能源工程模型說明文件：工業部門

2023 年 11 月

周裕豐、郭瑾瑋、李孟穎、溫珮伶、邱雅暄

工業技術研究院 綠能與環境研究所

臺灣能源工程模型說明文件：

工業部門

2023 年 11 月

一、工業部門技術資料庫架構	2
二、工業部門能源服務需求推估依據	5
三、工業部門技術資料庫	7
(一)基本金屬業	7
(二)水泥業	11
(三)石化業	12
(四)造紙業	16
(五)紡織業	18
(六)電子業	19
(七)共通設備	22
(八)非能源消費	25

臺灣 TIMES 能源工程模型是在滿足能源服務需求下，以最低成本進行規劃之能源供需系統。因此，能源服務需求為 TIMES 模型重要的外生參數，亦為模型規劃未來長期能源供需展望的主要驅動力。能源服務需求 (Energy Service Demand; ESD) 的定義係指對於能源服務之需求，亦為能源所能提供之服務。在臺灣 TIMES 能源工程模型中，將能源服務需求區分為三大部門：工業部門、住宅與服務業部門及運輸部門。本說明文件將依序介紹工業部門技術資料庫架構、能源服務需求推估以及技術類別與參數。

一、工業部門技術資料庫架構

從國際上國家或區域別的能源工程模型工業部門技術資料庫架構與分類方式來看，大部分皆以耗能產業作為分類的依據，如鋼鐵業，化工業及造紙業等，而臺灣 TIMES 能源工程模型工業部門技術資料庫分類亦遵循這樣的分類方式；在考量國際間皆以耗能產業作為分類，與彰顯臺灣 TIMES 能源工程模型以技術為基礎的特性之下，臺灣 TIMES 能源工程模型工業部門技術資料庫的架構區分為兩層，第一層為以行業別為分類，第二層則將行業再進行拆解，拆解原則為根據該行業的能源使用情況與可取得的資料數據，將主要製程或產品，或是依據熱電使用比例把該行業的能源使用情況細分出來。另鑑於需求面措施亦在淨零排放議題扮演重要角色，臺灣 TIMES 能源工程模型根據去碳能源工作圈之能源效率評估小組科學檢核項目與結果，來擴充工業部門技術資料庫共通設備的技術項目與參數；工業部門技術資料庫架構如圖 1 所示。

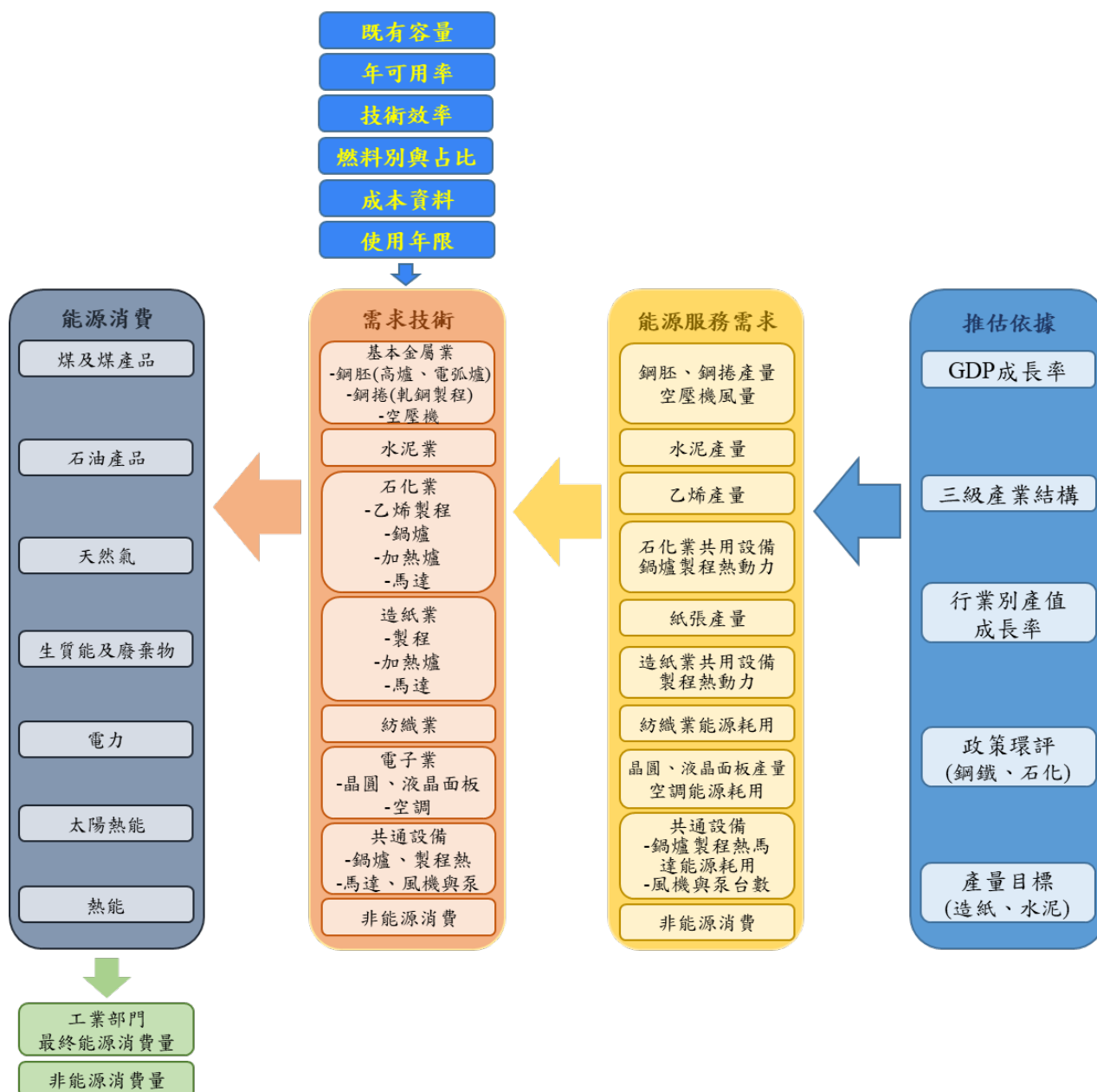


圖 1、臺灣 TIMES 能源工程模型工業部門技術資料庫架構

臺灣 TIMES 能源工程模型工業部門技術資料庫第一層可分為基本金屬業、水泥業、石化業、造紙業、紡織業、以及電子業等行業別，另外還有以共通設備代表不在前述之中的其他行業，共通設備包括鍋爐、製程熱、馬達及風機與泵，最後一項則為非能源消費；透過前述分類，來涵蓋整體工業部門能源使用情況。而第二層分類則以該行業具有代表性製程作為該行業別的技术項目，如基本金屬業的鋼鐵業以鋼胚產量做為能源服務需求，因此以高爐與電弧爐作為技術項目，另外還有鋼捲產量做為能源服務需求，分別以鋼筋、

冷軋及熱軋鋼捲做為代表性製程；而基本金屬業亦使用不少電力，就以空壓機做為代表性的技術項目。此類行業除基本金屬業外，還有石化業以乙烯製程為代表性製程，以鍋爐、加熱爐及馬達三種共通設備做為其他能源耗用的代表性技術；造紙業以抄紙製程為代表性製程，以加熱爐與馬達兩種共通設備做為其他能源耗用的代表性技術；最後電子業則是以晶圓與液晶面板製程為代表性製程，以空調做為使用電力的代表性的技術項目；另外，若因為產品種類眾多無法找出主要代表性製程，就直接以該行業別能源耗用量作為能源服務需求，如水泥業、紡織業。其他行業的能源耗用就以鍋爐、製程熱、馬達以及風機與泵等四項共通設備做為代表性技術。

二、工業部門能源服務需求推估依據

工業部門能源服務需求的推估依據主要為國民生產毛額(GDP 成長率)、三級產業結構、行業別產值成長率、政策環評說明書(鋼鐵業與石化業)以及未來產量目標(水泥業與造紙業)。各行業別能源服務需求與推估依據說明如下：

- 基本金屬業可再區分為鋼鐵業與軋鋼業，分別以鋼胚與鋼捲的產量代表能源服務需求，能源服務需求的預估以政策環評規劃產量為主，另外對於空壓機風量需求則依據基本金屬業的產值成長率；
- 水泥業以水泥產量為能源服務需求，考量未來礦場擴充有其難度，再加上內需市場飽和，目前以產量持平趨勢來做為能源服務需求預估結果；
- 石化業由於產業複雜，原料與產品種類複雜，故以乙烯為代表性製程，並以其產量代表石化業-乙烯的能源服務需求，能源服務需求的預估以政策環評規劃產量為主，另外以鍋爐、製程熱及動力代表石化業除了乙烯之外的能源消費情況，故直接以其能源消費量作為能源服務需求，其預估則依據石化業的產值成長率；
- 造紙業以抄紙製程為代表性製程，故能源服務需求為紙張產量，能源服務需求的預估以產量目標為依據，其他以製程熱及動力代表造紙業除了抄紙製程外的能源消費情況，故直接以其能源消費量作為能源服務需求，其預估則依據造紙業的產值成長率；
- 紡織業因產品眾多，無法以單一製程代表之，故以能源消費量做為能源服務需求，其預估則依據紡織業的產值成長率；

- 電子業亦因電子零組件與產品種類眾多，目前以晶圓與液晶面板做為代表，故以晶圓產量與液晶面板產量做為能源服務需求，其預估則依據電子業的產值成長率；
- 共通設備係為了代表不在前述之列的其他行業別，故以能源消費量最為能源服務需求，其預估則依據工業的產值成長率。

三、工業部門技術資料庫

(一)基本金屬業

臺灣鋼鐵業早期因政府輔導而逐漸發展，民國 60 年代中期一貫作業鋼廠中鋼公司成立後即邁入成長期，爾後隨著 70 年代中鋼擴建及唐榮不銹鋼廠、民間熱軋廠等積極投入生產，鋼鐵產業上下游體系即逐漸形成，包含上游的煉鋼業(含鋼鐵冶鍊及鑄造業)、中游的軋鋼業(含鋼鐵軋延及擠型業)以及下游的鋼鐵加工業。

鋼鐵業主要耗能依製程中使用的設備與技術可分為電爐、高爐與軋延三大程序。鋼鐵業技術資料庫，參數包括設備容量(產能)、設備使用率(產能利用率)、總能源使用量(PJ)、技術效率(每單位投入能源所能創造的活動量)、單位投資成本(不含土地及廠房費用)、單位運轉維護成本，相關參數設定如表 1 至表 3。

另基本金屬業以空壓機做為除了製程外的電力使用的代表性技術項目，空壓機規格以 100HP 為代表，風量為 12 CMM(Cubic Meter Per Minute)，技術資料庫內容如表 4。

表 1、基本金屬業-鋼胚-電弧爐

參數	單位	2021年
設備容量 [註1]	萬噸粗鋼	1,300
粗鋼產出 [註1]	萬噸粗鋼	918
設備使用率		70%
耗能_電力 [註2]	GWh	5,462
耗能_電力	PJ	19.6644
技術效率	百萬噸粗鋼/PJ	0.4666
投資成本 [註 3]	NT\$/噸	1,322
固定成本 [註 3]	NT\$/噸	66
使用年限	年	40

註：

1.設備容量係指各廠粗鋼年產能總合，資料來源為參考台灣鋼鐵(2022)。

2.電弧爐煉鋼能源使用除電力外，尚包括做為廢鋼助熔的焦碳、重油及液化石油氣，惟因此部份用量較少、資料蒐集不易，且未來技術演進的部份主要表現於電爐設備，故目前暫不將此部份能源耗用計入電弧爐技術，但在整體能源平衡考量上，本資料庫仍會將此部份能源耗用計入其他工業技術內，如鍋爐、製程熱等。

3.固定成本假設為投資成本的 5%。

表 2、基本金屬業-鋼胚-高爐

參數	單位	2021年
設備容量 [註1]	萬噸粗鋼	1,437
粗鋼產出 [註1]	萬噸粗鋼	1,406
設備使用率	%	98%
耗能 [註 2]		
電力	PJ	11.5453
燃料煤		4.27
焦炭		22.0076
三爐氣		50.6566
燃料油		0.1324
天然氣		5.2033
技術效率	萬噸粗鋼/PJ	0.1499
投資成本 [註3]	NT\$/噸	3,554
固定成本 [註4]	NT\$/噸	178
變動成本 [註4]	NT\$/噸	575
使用年限	年	40

註：

1.台灣鋼鐵(2022)。

2.根據單耗與能平表數據計算。

3.設置成本資料為為高爐#4。本技術不含煉焦爐設備投資(該設備歸入處理技術的煉焦爐)。

設備名稱	投資費用	完成年月	設備設計產能(噸)	NT\$/噸
一號高爐	6,217,953	66/06	1,400,000	4,441
二號高爐	3,344,028	71/02	1,750,000	1,911
三號高爐	4,059,568	76/11	2,240,000	1,813
四號高爐	7,961,001	85/11	2,240,000	3,554

資料來源：2001 年 8 月 21 日中鋼提供。

4.固定成本假設為投資成本的 5%。變動成本以每噸鐵水產出所需之運維費，以 575 元計。

表 3、基本金屬業-軋鋼-鋼筋、冷軋與熱軋鋼捲

參數	單位	軋鋼-鋼筋	軋鋼-冷軋鋼捲	熱軋鋼捲
軋鋼產出 [註1]	萬噸	661.5	429.1	1,531
總耗能 [註 2]				
耗能_電力	PJ	2.1622	7.1373	5.5625
耗能_燃料油	PJ	0.5735	1.0954	1.9156
耗能_天然氣	PJ	4.5767	8.7414	15.2868
技術效率 [註3]	百萬噸粗鋼/PJ	0.9046	0.2528	0.6726
設備投資 [註 4]	元/噸容量	1,725	1,500	1,181
固定成本 [註 5]	元/噸容量	86	75	59
變動成本 [註 5]	元/噸容量	52	45	35
使用年限	年	25	25	25

註：

- 1.產出資料來源參考台灣鋼鐵(2022)。
- 2.產品耗能：耗能係以產品單耗求算總耗電及總耗熱。耗熱部份，由於軋鋼製程中工業鍋爐及加熱爐使用之能源為燃料油及液化石油氣為主，其耗用量係以能源平衡表鋼鐵業之油氣使用比估算。
- 3.技術效率：根據 TIMES 模型技術資料庫中之技術效率定義為『年產出量/能源投入』。
- 4.設備投資成本參考網站上中鋼等廠擴廠費用及預計新增產能，並據以計算而得。
- 5.固定成本假設為投資成本的 5%；變動成本假設為投資成本的 3%。

表 4、基本金屬業-共通設備-空壓機

參數	單位	2021年
設備規格	HP	100
設備規格	CMM	12
耗能_電力 [註1]	PJ	16.2271
技術效率 [註2]	10 ³ CMM/PJ	5.5853
投資成本 [註 3]	百萬元/台	170
固定成本 [註 3]	百萬元/台	5.6
使用年限 [註 3]	年	15

註：

- 1.以能源平衡表基本金屬業總用電量扣除前述鋼胚與鋼捲製程用電量後，做為基本金屬業共通設備耗電量。
- 2.根據空壓機規格換算出可提供的風量，即為基本金屬業共通設備空壓機的能源服務需求，再以耗電量與風量，計算出技術效率。
- 3.空壓機規格、成本與使用年限來自去碳能源工作圈能源效率評估小組科學檢核資料。

(二)水泥業

水泥的生產製程是將礦場開採的石灰石，以及黏土、矽砂、鐵渣等原料，經刮料機、秤量機、滾壓機、球磨機等設備完成生料準備後，送入生料庫。接著經由懸浮預熱機預熱至 750 度左右，再放入旋窯以 1,500 度左右之高溫煅燒成熟料(clinker)，再經過研磨和加入適量的石膏而製成。

水泥業主要耗能依製程系統可分為旋窯系統、生/熟料系統與水泥磨系統。依據工業部門能源查核管理計畫統計，水泥製程之旋窯系統(含預煅機)占水泥廠耗熱幾乎 100%，生料磨占水泥廠耗電 28%，熟料系統(含煤磨機、旋窯馬達、風機等)熟料(水泥)磨占水泥廠耗電 39%。水泥業技術資料庫，包括單位產品耗電、單位產品耗熱、耗能(燃料煤、燃料油及電力)占比、設備投資、變動成本與使用年限，如表 5 所示。

表 5、水泥業

參數	單位	2021 年
單位產品耗電 [註 1]	kwh/噸	86
耗能_燃料煤占比 [註 1]		0.90
耗能_燃料油占比 [註 1]		0.02
耗能_電力占比 [註 1]		0.08
技術效率	百萬噸水泥/PJ	0.2640
設備投資 [註 2]	元/噸容量	500
變動成本 [註 3]	元/噸容量	6.5
使用年限	年	25

註：

- 1.單位產品耗電為根據能源查核計畫之樣品廠單位產品耗能資料。耗能占比為參考能源平衡表資料。
- 2.容量 160 萬噸約 8 億台幣 (不含土木工程費用)，故每單位容量水泥設備成本約 500 元/噸。
- 3.變動成本約為設備投資費用的 1.3%。

(三)石化業

根據臺灣 TIMES 能源工程模型工業部門技術資料庫架構，歸屬於石化業的行業別有化材業、化學製品業、以及塑橡膠製品業；化材業可再分為基本化學材料製造業、人造纖維製造業、樹脂塑膠及橡膠製造、以及其他化學材料製造業；而基本化學材料製造業可再往下細分為基本化學工業、石油化工原料製造業、肥料製造業；石化業的行業分類圖如圖 2。

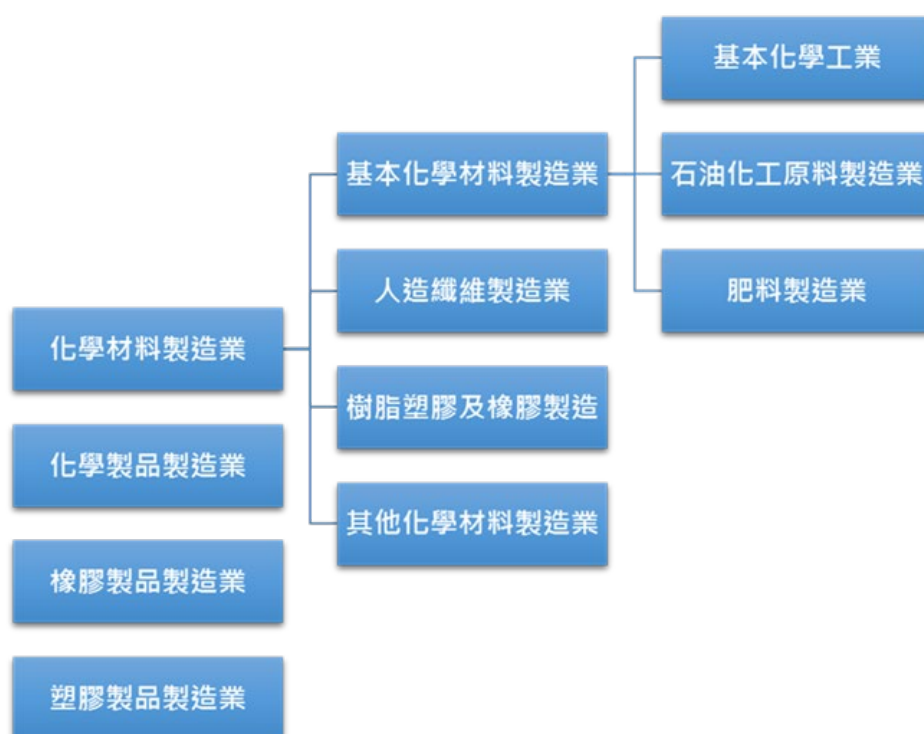


圖 2、化材、化學、以及塑橡膠製造業行業分類

石化業的產品範圍極廣，上游基本原料工業的原料，直接來自於提煉的石油腦或天然氣中的乙烷，經由裂解過程分解生產出乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、以及二甲苯等六項石化工業的基本原料產品，以上產品皆屬石化上游工業。石化中游工業為承接上游基本原料生產下游加工業所需之中間原料的業者以生產乙二醇、氯乙烯、以及純對苯二甲酸等中間原料，可供應下游加工業者加工製成石化成品的原料或當產品直接外銷，兼具原料與成品的

雙重性質。而石化下游加工業，即以中間原料經過加工過程，製成石化成品，如化學製品、塑膠製品、人造纖維及橡膠製品等皆屬下游加工業。

依據歷年能源大用戶申報資料估計，乙烯占我國化材業耗能大約 20-23%，另外由於其他石化單一產品耗能占比皆在 5%以下，假設若以新增石化單一產品的調整方式，因耗能占比過低，相對於全國能源消費量來說，揭露單一產品能源耗用量的情況對於模型功能助益不大，並且當新增一項石化單一產品時，除了需要建立新的技術項目外，還需要對於此項石化產品未來的需求量進行推估，石化業產業變化相當快速，對於單一石化產品的需求預估僅有部分產品的短期預估，無法滿足 TIMES 能源工程模型的長期能源供需規劃期程的需求。

根據能源查核申報資料，化材業能源使用在耗熱與耗電占比分別為 48.8%與 51.2%，其中耗熱設備可再分為鍋爐約 28.7%、加熱爐 7.6%、裂解爐 2.9%及其他 9.6%；耗電設備可再分為製程動力 29.5%、空調 1.3%、冷凍冷藏 1.9%、照明 0.4%及其他 18%，因此石化業技術資料庫架構依照前述耗熱與耗電設備進行建置如圖 3 所示。

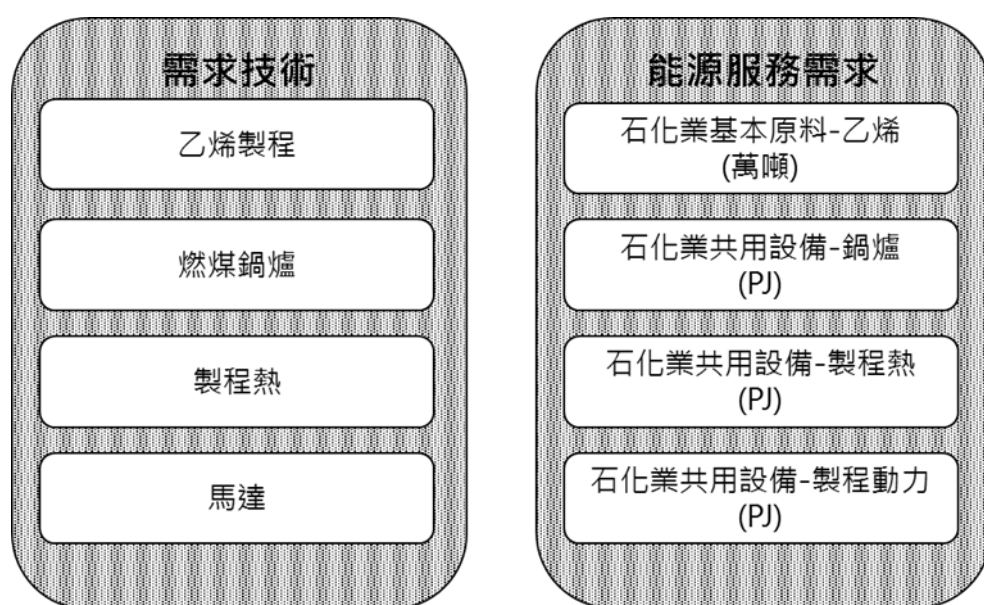


圖 3、石化業技術資料庫架構

我國生產乙烯的廠商有中油與台塑石化，產能統計如表 6 所示，包括中油公司林園石化廠三輕更新投資計畫，投資新台幣 400 多億元，於 2013 年產出合格乙烯，新三輕工場年產能為乙烯 72 萬噸，中油另有四輕工場年產能 35 萬噸，中油合計乙烯產能 107 萬噸。台塑石化共設有三座輕油裂解廠，乙烯年產能合計達 293.5 萬噸。技術資料庫參數如

表 6、乙烯產能統計表

廠別		設計產能(萬噸/年)
中油	新三輕	72
	四輕	35
中油體系總計		107
台塑	烯烴一廠	70
	烯烴二廠	103.5
	烯烴三廠	120
台塑體系合計		293.5
總計		400.5

資料來源：台灣中油公司；台塑石化企業社會責任報告書。

表 7、石化業-乙烯

參數	單位	計算式	2021 年
乙烯設備容量	百萬噸	A	4.005
耗能			
燃料煤	PJ	B	32.1117
燃料油	PJ	C	2.6678
天然氣	PJ	D	10.9712
電力	PJ	E	38.9285
技術效率	百萬噸/PJ	$F=A/(B+C+D+E)$	4.7296
投資成本	NT\$/噸		59,000
固定成本	NT\$/噸/年		2,950
使用年限	年		30

註：燃料別耗能係根據單耗與產量，再以能源平衡表-石油化工原料製造業中各類燃料的消費量占比計算。

石化業的耗能，依照能源查核申報資料，以耗熱設備的鍋爐占比最高，因此將鍋爐獨立出來成為新的能源服務需求，並以燃煤鍋爐作為石化業共用設備-鍋爐的需求技術；另外其他的耗熱需求則依照能平表石化業所使用的燃料以製程熱的方式來代表，分別為 LPG、柴油、燃料油、天然氣以及熱能；另外耗電設備則以製程動力耗能占比最高，因此將製程動力獨立出來成為新的能源服務需求，並以風機與泵作為石化業共用設備-製程動力的需求技術，相關技術資料庫如表 8 與表 9。

表 8、石化業-共通設備-鍋爐、製程熱

	單位	燃煤鍋爐	製程熱				
			LPG	柴油	燃料油	天然氣	熱能
耗能	PJ	36.9679	8.3307	2.4507	7.5127	41.6807	72.5934
效率	%	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	1
蒸汽量	PJ	31.0530	6.9145	2.0341	6.2356	34.5950	72.5934

註：

- 1.燃料別耗能係根據能源平衡表石油化工原料製造業扣除前述乙烯製程後之能源使用量。
- 2.因製程熱難以使用單一設備代表，故效率值僅為虛擬值，以便於計算模型所需能源服務需求。

表 9、石化業-共通設備-動力

參數	單位	2021年
設備規格-耗電量 [註1]	kWh/小時	53.2
年使用時數 [註1]	小時	3100
耗能_電力 [註2]	PJ	111.2571
投資成本 [註 1]	萬元/台	16
運維成本 [註 1]	百萬元/台	0.8
使用年限 [註 1]	年	13

註：

1. 規格、成本與使用年限來自去碳能源工作圈能源效率評估小組科學檢核資料。
- 2.耗能_電力係根據能源平衡表石油化工原料製造業扣除前述乙烯製程後之電力使用量。

(四)造紙業

造紙業為內需成熟型產業，也為國內主要能源密集產業之一，依其特性大致可分為，上游的紙漿業、中游的紙張業(文化用紙、家庭用紙、包裝用紙)、紙板業(工業用紙)以及下游的紙器、紙品加工業，我國紙廠的規模以中小型為主。

從造紙業能源大用戶申報資料的電能與熱能統計數據來看，電能占比約 60%，熱能占比約 40%。電能中製程設備(抄紙機、備漿系統、其他製程)用電量占比 79%，共用設備電力占比 21%；熱能中製程設備(抄紙機、備漿系統)用熱能占比 91%，共用設備耗熱占比 9%。若從設備來看，抄紙機耗能最高，占比為 60.8%，其次依序為備漿系統 17%、其他設備 7.8% (如汽電鍋爐等)、其他製程 6%(如後端塗佈、加工、紙尿片、特殊用紙製程以耗電為主)、空壓系統 3.3%、污水系統 2.2%、照明 1.6%、以及空調 1.3%。因此臺灣 TIMES 能源工程模型將造紙業分為製程設備與共用設備，製程設備以造紙業的產量為能源服務需求；另外新增兩項共通設備的能源服務需求，分別為共通設備-動力與製程熱，架構如圖 4，技術參數如表 10 至表 12。

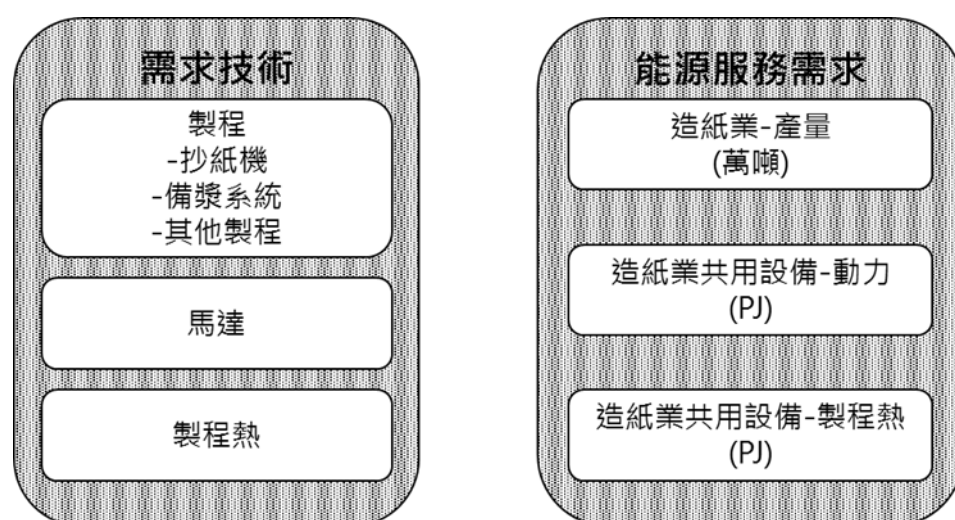


圖 4、造紙業技術資料庫架構

表 10、造紙業-製程(抄紙、備漿)

參數		單位	2021 年
產量		百萬公噸	4.4823
耗能	電力	KLOE	305,748
	燃料煤		511,027
	燃料油		35,154
	天然氣		49,879
	生質能		125,206
	熱能		5,558
效率		百萬噸/PJ	0.1152
耗能佔比	電力		0.2961
	燃料煤		0.4949
	燃料油		0.0340
	天然氣		0.0483
	生質能		0.1213
	熱能		0.0054
投資成本		百萬元/百萬噸	29
變動成本		百萬元/百萬噸	1.46
使用年限		年	25

註：製程耗能係根據造紙業能源大用戶申報資料的數據，以電能中製程設備占比 79%，共用設備占比 21%；熱能中製程設備占比 91%，共用設備耗熱占比 9%來拆分。

表 11、造紙業-共通設備-製程熱

	單位	製程熱				
		燃料煤	燃料油	天然氣	生質能	熱能
耗能	PJ	1.9045	0.1310	0.1859	0.4666	0.0207
效率	%	0.83	0.83	0.83	1	1
蒸汽量	PJ	1.5807	0.1087	0.1543	0.4666	0.0207

註：

- 1.燃料別耗能係根據能源平衡表造紙業扣除前述製程後之能源使用量。
- 2.因製程熱難以使用單一設備代表，故效率值僅為虛擬值，以便於計算模型所需能源服務需求。

表 12、造紙業-共通設備-動力

參數	單位	2021年
設備規格-耗電量 [註1]	kWh/小時	53.2
年使用時數 [註1]	小時	3100
耗能_電力 [註2]	PJ	1.8755
投資成本 [註 1]	萬元/台	16
運維成本 [註 1]	百萬元/台	0.8
使用年限 [註 1]	年	13

註：

1. 規格、成本與使用年限來自去碳能源工作圈能源效率評估小組科學檢核資料。
2. 耗能_電力係根據能源平衡表造紙業扣除前述製程後之電力使用量。

(五)紡織業

臺灣紡織業由早期進口原料加工出口，轉到以石化工業提供原料為基礎，發展出上中下游完整的生產體系。上游主要為化纖業，其主要成品包括嫘縈絲、聚酯絲、聚酯棉、聚胺絲等等。紡織業中游包括紡紗業、織布業及染整業。紡紗業產品主要有純棉紗、加工絲、空氣精紡紗(OE 紗)等等；織布業產品可分為長纖布、短纖布。下游為成衣暨服飾業，主要產品為衣著類、飾品、消費品等等。

而依據中華民國行業分類，紡織業包含紡紗業、織布業、不織布業、印染整理業、紡織品製造業，而成衣及服飾品製造業則是獨立為單一行業別，而上游的人造纖維製造業屬於化學材料製造業；但是若是根據能源平衡表的工業部門的行業分類，則是把中華民國行業分類的紡織、成衣及服飾品業合併在一起來統計其能源消費量。因此配合能源平衡表的分類與工業部門技術資料庫的架構，紡織業在臺灣 TIMES 模型工業部門技術資料庫定義為能源平衡表的紡織成衣及服飾業，亦即不含人造纖維製造業(已歸屬於石化業)，但包括成衣與服飾製造的能源消費量。

由於紡織業產業生產製程多樣化，不同細業別的製程所消耗的燃料別亦有所不同，如紡紗業主要耗能在於電力，染整業主要耗能則在於熱能，再加上產品複雜等因素，無法取得代表性製程或是產品作為整個紡織業的代表，故紡織業的技術資料庫架構以能源平衡表紡織成衣及服飾業的能源消費量作為紡織業的能源服務需求，以虛擬需求技術來代表紡織的技術，各燃料別的使用量占比則是依照能源平衡表數據，技術資料庫如表 13。

表 13、紡織業

參數	單位	2021 年
總耗能	PJ	38.7073
耗能_燃料煤占比 [註 1]		0.2361
耗能_燃料油占比 [註 1]		0.0838
耗能_電力占比 [註 1]		0.4875
耗能_天然氣占比 [註 1]		0.1926
設備投資 [註 2]	百萬元/PJ	34
變動成本 [註 2]	百萬元/PJ	1.7

註：

1. 耗能占比為參考能源平衡表資料。

2. 設備投資成本計算方式如下：經濟部工業生產統計資料庫對應產業生產值×主計處投入產出表對應產業資本投入係數。假設維修成本為設備投資成本攤提為年成本後的 5%。

(六)電子業

根據行業分類，電機電子可概分為電機工業與電子工業，電機工業產品包括電力系統之發電、變電、輸電、配電與各式各樣的用電設備，多屬內需型產業；電子工業產品主要包括積體電路、晶圓、主機板、監視器、光碟片、石英震盪器、液晶顯示器、液晶顯示元件、電子連接頭、電子變壓器、電源供應器等產品及其零組件。在考量耗能大小與資料可取得性下，臺灣 TIMES 模型工業部門技術資料庫電子業以半導體製程-晶圓與液晶面板製程作為電子業代表製程，以下將分別介紹並說明技術資料庫參數來源。

半導體產業雖無須大量使用化石燃料，然由於其製程需採用眾多之高科技機械設備，且用電特性不同於一般產業，其生產流程大部份係採自動化生產設備運轉，為連續之生產流程，故用電需求量大、供電時間長、供電電壓高。因考量耗能大小與資料可取得性下，臺灣 TIMES 模型工業部門技術資料庫把半導體製程鎖定在晶圓製程，根據經濟部工業生產統計資訊的 6 吋、8 吋及 12 吋等三種晶圓產量合計作為電子業半導體的能源服務需求，然後以晶圓製程作為需求技術。技術參數資料彙整如表 14。

表 14、電子業-晶圓製程

參數	項目	單位	2021 年
晶圓產量[註 1]	12 吋	千片	13,857
	8 吋		13,318
	6 吋		5,051
	產量小計	千平方公尺	1,534
單位產品耗電[註 2]	8 吋	度/片	272
	12 吋	度/片	1,214
耗能-電力	12 吋	百萬度電	16,822
	8 吋		3,622
	6 吋		1,374
	晶圓小計		21,819
	晶圓小計	PJ	78.5476
效率		千平方公尺/PJ	19.5339
投資成本[註 3]		百萬元/千平方公尺	2,400
變動成本[註 3]		百萬元/千平方公尺	180

註：

1. 產量數據來自經濟部統計資料庫；
2. 單位產品耗電為依據能源查核計畫產品耗能資料。
3. 12 吋廠的投資成本係初估一座月產 20 千片 300mm 的晶圓廠造價為美金 20 億美元，其中 70% 是製程設備的投資，而每年的材料及運轉費約 1.5 億美元。

液晶面板製程係指薄膜電晶體液晶顯示器(Thin-Film Transistor Liquid-Crystal Display, TFT-LCD)從生產至組裝相關製程，一般都以 TFT-LCD 稱之。由於國內產業係以 TFT-LCD 面板廠為主，LCM 單獨設廠者僅一家，且 TFT-LCD 製程以 TFT-LCD 為主，臺灣 TIMES 模型工業部門技術資料庫即以 TFT-LCD 製程為代表性製程，再以經濟部工業生產統計資訊 TFT-LCD 的每年生產量，作為能源服務需求。以六代廠玻璃基板尺寸(1,500mmX1,850mm)的投資成本約為 450 億元，使用年限為 10 年，以及月產能 6 萬片下進行成本估算，而每年的材料及運轉費則約佔投資成本 5%。技術參數資料如表 15。

表 15、電子業-液晶面板製程

參數	項目	單位	2021 年
液晶面板產量[註 1]	TFT-LCD 面 板 (10 吋及以上)	千組	316,914
	TFT-LCD 面 板 (10 吋以下)		750,607
	TFT-LCD 面 板 (小計)	百萬平方公尺	29.4291
單位產品耗電[註 2]		(度/ m ²)	119
耗能-電力		PJ	12.6074
效率	TFT-LCD 面 板 (小計)	百萬平方公尺/PJ	2.3343
投資成本[註 3]		百萬元/百萬平方公尺	1,126
變動成本[註 3]		百萬元/百萬平方公尺	56

註：

- 1.產量數據來自經濟部統計資料庫；
- 2.單位產品耗電為依據能源查核計畫產品耗能資料。
- 3.依六代廠玻璃基板尺寸(1,500mmX1,850mm)的投資成本約為 450 億元，使用年限為 10 年，以及月產能 12 萬片下進行成本估算。

另外在電子業共通設備是以冰水機技術做為代表，其對應的是空調能源服務需求，技術參數如表 16。

表 16、電子業-共通設備-冰水機

參數	類型	單位	2021 年
耗電量[註 1]		PJ	108.2624
效率[註 2]	水冷式容積式	kW/kW	4.55
	水冷式離心式		6.05
	氣冷式		2.79
佔比[註 3]	水冷式容積式		0.3160
	水冷式離心式		0.6082
	氣冷式		0.0758
投資成本[註 2]	水冷式容積式	萬元/台	74
	水冷式離心式		741
	氣冷式		18
使用年限[註 2]	水冷式容積式	年	15
	水冷式離心式		20
	氣冷式		15

註：

1. 耗電量係根據能源平衡表電子業扣除前述製程後之電力使用量。
2. 規格、成本與使用年限來自去碳能源工作圈能源效率評估小組科學檢核資料。
3. 假設在相同運轉條件下，如使用時數，在根據不同效率下可提供的空調量，計算出不同類型的佔比。

(七)共通設備

雖然在臺灣 TIMES 能源工程模型工業部門技術資料庫已包含了前述基本金屬業、水泥業、石化業、造紙業、紡織業及電子業等六個行業，但仍有工業部門其他行業別沒有被納入，因此藉由建置共通設備技術項目將工業部門其他行業別沒有被納入的能源消費，以共通設備方式呈現，方可讓模型的能

源消費量與統計數據一致，目前工業部門所建置的共通設備共有四類，分別為鍋爐、製程熱、風機與泵及馬達，技術參數如表 17 至表 19。

表 17、共通設備-鍋爐、製程熱

	單位	鍋爐		製程熱						
		電熱	燃油	煤炭	LPG	柴油	燃料油	天然氣	生質能	熱能
耗能	PJ	32.59	6.90	5.12	4.45	9.58	4.05	47.89	11.49	4.73
效率	%	0.90	0.86	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	1	1
蒸汽量	PJ	29.33	5.93	4.25	3.69	7.95	3.36	39.75	11.49	4.73

註：

- 1.燃料別耗能係根據能源平衡表工業總量扣除前述行業別後之能源使用量。
- 2.因製程熱難以使用單一設備代表，故效率值僅為虛擬值，以便於計算模型所需能源服務需求。

表 18、共通設備-風機與泵

參數	單位	2021年
設備規格-耗電量 [註1]	kWh/小時	53.2
年使用時數 [註1]	小時	3100
耗能_電力 [註2]	PJ	72.58
投資成本 [註 1]	萬元/台	16
運維成本 [註 1]	百萬元/台	0.8
使用年限 [註 1]	年	13

註：

1. 規格、成本與使用年限來自去碳能源工作圈能源效率評估小組科學檢核資料。
- 2.耗能_電力係根據能源平衡表食品飲料及菸草業、陶瓷製品與玻璃及玻璃製品、金屬製品製造業、電腦通信及視聽電子產品製造業(不含電子零組件業) 之用電量。

表 19、共通設備-動力

參數	類型	單位	2021 年
耗電量[註 1]		PJ	14.00
效率[註 2]	0.75~7.5kW	%	89.5
	7.5~75kW		94.1
	75~200kW		95.8
佔比[註 3]	0.75~7.5kW		0.4651
	7.5~75kW		0.2652
	75~200kW		0.2698
投資成本[註 2]	0.75~7.5kW	萬元/座	1.3
	7.5~75kW		3.4
	75~200kW		30.4
使用年限[註 2]	0.75~7.5kW	年	25
	7.5~75kW		20
	75~200kW		20

註：

1. 耗電量係根據能源平衡表工業總量扣除前述行業別與共通設備-風機與泵後之電力使用量。
2. 規格、成本與使用年限來自去碳能源工作圈能源效率評估小組科學檢核資料。
3. 假設在相同運轉條件下，如使用時數，在根據不同效率下可提供的能源服務需求，計算出不同類型的佔比。

(八)非能源消費

非能源消費係指非用於「燃燒」之能源產品數量，如無煙煤可做電石粉成為工業觸媒；焦炭可供鑄造業用；潤滑油可供車輛、機器潤滑用等；柏油可供鋪路及防水用；溶劑油可供去漬、乾洗、染整用；石油焦可提高鋼液碳含量、做二氧化鈦原料及乾電池碳精棒等用；其他石油產品包含正烷烴進料油、硫磺、氫、碳煙進料油等，多非供燃燒之用，因此無特定技術可代表之，所以直接採用能源平衡表數據，並以燃料別區分，如表 20 所示。

表 20、非能源消費

參數	單位	2021 年
總耗能	PJ	961.3439
耗能_焦炭占比 [註 1]		0.0076
耗能_煤(不含焦炭)占比 [註 1]		0.0020
耗能_石油腦占比 [註 1]		0.8769
耗能_LPG 占比 [註 1]		0.0137
耗能_潤滑油占比 [註 1]		0.0226
耗能_其他石油製品(不含潤滑油)占比 [註 1]		0.0772

註：

1. 耗能占比為參考能源平衡表資料。