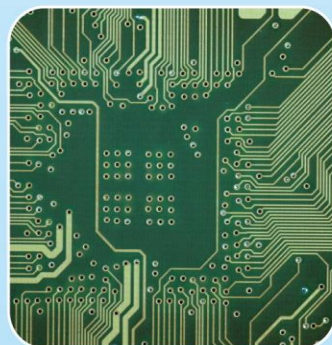


當前煉油石化面臨之 挑戰與因應

CTCI FOUNDATION



財團法人中技社(CTCI Foundation)創立於 1959 年 10 月 12 日，以「引進科技新知，培育科技人才，協助國內外經濟建設及增進我國生產事業之生產能力」為宗旨。初期著力於石化廠之設計與監建，1979 年將工程業務外移轉投資成立中鼎工程後，業務轉型朝向裨益產業發展之觸媒研究、污染防治與清潔生產、節能、及環保技術服務與專業諮詢。2006 年本社因應社會環境變遷的需求，在環境與能源業務方面再次轉型為智庫的型態，藉由專題研究、研討會、論壇、座談會等，以及發行相關推廣刊物與科技新知叢書，朝知識創新服務的里程碑邁進，建構資訊交流與政策研議的平台；協助公共政策之規劃研擬，間接促成產業之升級，達成環保節能與經濟繁榮兼籌並顧之目標。

本著創社初衷，為求對我們所處的環境能有更多的貢獻，本社就國內前瞻性與急迫性的能源、環境、產業、社會及經濟等不同議題，邀集國內外專家進行全面的研究探討，為廣為周知，特將各議題研究成果發行專題報告，提供產官學研各界參考。

本專題報告係本社委請台灣綜合研究院團隊完成「當前煉油石化面臨之挑戰與因應」議題探討後所提出之研究成果，由本社發行。台灣綜合研究院團隊主要成員為林茂文總督導、陳建緯所長、王尚博組長、黃嘉蕙高助員、曾彥翔高助員、鐘韋竣高助員。議題執行期間，感謝林金柱議題顧問提供寶貴意見之協助。

發行人：潘文炎

主編：陳綠蔚、林茂文、林金柱

**編撰小組：王鈺鈞、陳建緯、王尚博、黃嘉蕙、曾彥翔、鐘韋竣、
許湘琴、邱炳欽**

發行者：財團法人中技社

地址 / 106 臺北市敦化南路二段 97 號 8 樓

電話 / 886-2-2704-9805

傳真 / 886-2-2705-5044

網址 / www.ctci.org.tw

本社專題報告內容已同步發行於網站中，歡迎下載參考

ISBN：978-986-98284-6-8

序

台灣石化產業，經過數十年的發展，擁有最完整與最具競爭力的產業鏈，從原油煉製到輕油裂解烯烴，再到化學品單體，最終到支援民生工業需求各項產品，整體產業發展相當完整，是創造台灣經濟奇蹟的基礎。雖然大家都認同石化工業對整個國家的經濟發展與民生福祉的提昇相當重要，其關聯產業之產值，以及影響就業人口都非常大，整體產業去(2018)年產值高達 1.89 兆。但近年來環保意識提升，石化工業與周遭社區居民之衝突越來越受到關注，台灣石化產業的發展面臨很大的瓶頸與困境。

不只台灣石化產業面臨挑戰，近年來整個國際情勢，因為氣候變遷加劇環保意識高漲，交通載具朝電動化趨勢，加以頁岩油氣崛起，且新興國家對石油產品需求成長趨緩，但因全球人口成長，IHS 預估未來 20 年，運輸用油年平均成長仍大於 1%，對化學品的需求則更高，約有 4% 成長。全球整體煉油石化產業發展，正面臨典範轉移壓力。

為了因應石化產品需求轉變的趨勢與獲取更高利潤，有一種新興趨勢正在改變煉油產業，從煉製石油品轉向利潤較高化學品的新型態煉油製程，「原油直接製造化學品」(Crude Oil to Chemical, COTC)的新技術越來越受到關注。希望藉由一方面降低燃料商品生產比例，一方面提高化學品生產比例的方式來提升營運效益，此種方式成為各國煉油與石化公司近期關注的焦點。此外，結合大數據與智能化之應用，讓整個煉製製程更加有彈性、提高節能減廢效率，亦是趨勢之一。

煉油石化產業關聯性大，石化上游原料是一切工業的基礎，而石化產業的一大特性是，在一定的生產規模以上才具競爭力，國內的石化產業，早已具規模與良好基底，如何透過新概念的導入與新技術的引進，並掌握住過往累積下來的經驗與基礎，持續發展，貢獻台灣經濟成長，是一值得研究與探討的議題。

有鑑於此，本社結合台灣綜合研究院團隊之石化產業與政策研析專才，合作執行「當前煉油石化面臨之挑戰與因應」議題，藉由彙整國際煉化大廠因應瞬息萬變的市場需求與全球整體趨勢，借鏡其未來發展策略與思維，另盤點國內石化

產業之現況與發展限制，研提我國石化產業發展因應建議。

此外，為充分掌握國內外石化產業最新營運訊息，研究團隊參訪中國大陸東北數個大型石化專案計畫與設施，實地了解石化建廠新趨勢，同時為凝聚多方意見與政策建議，邀請產官學研代表召開一場台灣石化產業座談會，針對台灣石化產業未來走向進行深入討論。

特彙整相關研析與研討成果出版此專題報告，期望在借鏡國外煉化大廠面對煉化發展趨勢所採取的策略與思維，斟酌國情，也能梳理出臺灣在全球煉化產業上的定位與契機，協助台灣煉油石化產業之未來發展。

本報告特別感謝台灣綜合研究院林茂文總督導率領其團隊，包含陳建緯所長、王尚博組長、黃嘉蕙高助員、曾彥翔高助員、鐘韋竣高助員共同參與。議題執行期間，亦感謝林金柱議題顧問的指導與協助，以及撥冗參與會議之國內專業學養及經驗俱豐專家學者，讓一切順利完成，在此一併致上萬分謝意。

財團法人中技社 董事長

潘文炎

2019 年 12 月

目 錄

執行摘要	1
第一章 煉油石化產業未來面臨威脅與挑戰.....	5
一、煉油產業面臨之威脅與挑戰.....	5
二、石化產業面臨之威脅與挑戰.....	15
第二章 國際煉化大廠因應策略與思維.....	27
一、組織及投資策略變革探討.....	27
二、新技術之因應案例探討.....	44
三、智慧運維之趨勢及應用研析.....	48
第三章 中國大陸煉化產業發展.....	55
一、中國大陸煉化產業發展歷程與展望.....	55
二、新能源車趨勢對煉廠的衝擊.....	55
三、煉化一體化.....	56
四、環保法規加嚴.....	56
五、中國大陸東北石化廠簡介與發展現況.....	56
第四章 國內煉油石化產業發展之現況與挑戰	63
一、國內煉油產業.....	63
二、國內石化產業.....	65
三、國內煉油石化業者因應策略.....	72
第五章 結論與建議.....	75
參考文獻.....	83
附錄、當前煉油石化面臨之挑戰與因應議題產業座談會議紀要	87

圖 目 錄

圖 1	全球初級能源需求量與結構變化.....	5
圖 2	全球石油需求占比(部門別).....	6
圖 3	2017-2040 年全球石油需求變化趨勢	7
圖 4	2019-2024 年海運燃料使用情形	10
圖 5	2018-2024 年煉廠產出與需求差異	10
圖 6	2019-2024 年煉廠新增投資	11
圖 7	2014-2018 年電動車新車銷售情形	13
圖 8	2014-2018 年電動車上路情形	14
圖 9	電動車成長趨勢預測(至 2030 年).....	14
圖 10	全球石化進料占比情形.....	16
圖 11	不同原料之乙烯生產成本.....	16
圖 12	世界乙烯供需預測.....	17
圖 13	區域乙烯產銷情形(2018 年).....	17
圖 14	全球乙烯擴充產能情形(2019-2022 年).....	18
圖 15	2018 年美國乙烯衍生物占比.....	19
圖 16	亞洲國家乙烯預估產能(2022 年).....	20
圖 17	華錦阿美精細化工及原料工程專案計畫產品類別	21
圖 18	全球主要塑膠廢棄物產生量.....	21
圖 19	台灣限塑歷程.....	23
圖 20	各大石油公司資本利得與資本支出變化圖.....	28
圖 21	國際石化業者發展之不同型態.....	39
圖 22	國際主要石化公司發展型態分類.....	40
圖 23	國際石化大廠業務組合及轉變.....	41
圖 24	日本乙烯產能變化趨勢.....	42
圖 25	日本石化產業水平整合及垂直經營.....	43
圖 26	日本發展部分精密化學材料發展概略圖.....	43
圖 27	Siluria 公司 OCM 技術.....	45
圖 28	合成氣間接法及直接法生產低碳烯烴.....	46
圖 29	合成氣直接轉化烯烴製程(OX-ZEO).....	46
圖 30	COTC 殘渣油轉化不同製程.....	47
圖 31	產業與智能運用之關聯.....	49

圖 目 錄

圖 32	恆力石化產業園區圖.....	57
圖 33	恆力 COTC 流程圖.....	58
圖 34	國內乙烯供需及缺口變化.....	66
圖 35	我國石化業歷年產值變化.....	67
圖 36	歷年我國石化業附加價值率變化趨勢.....	68
圖 37	大社工業區降編後採取措施.....	69
圖 38	高雄地區石化管線分布圖.....	70
圖 39	2012-2016 年製造業自願性減量成果.....	70
圖 40	我國石化產業高值化發展方向.....	71
圖 41	石化產業高值化策略.....	72
圖 42	新材料循環園區區位.....	78

表 目 錄

表 1	IMO 限硫新規之因應方案.....	8
表 2	車輛電動化目標.....	12
表 3	石化進料變化趨勢.....	15
表 4	國際限塑政策與時程表.....	24
表 5	國際石油公司跨領域投資.....	36
表 6	日本乙烯輕裂廠整併情形.....	42
表 7	國外目前新生產烯烴技術比較.....	44
表 8	全球發展 COTC 情形.....	48
表 9	我國石油設施處理能量變動.....	64
表 10	2018 年我國油品產銷及進出口情形.....	64
表 11	我國乙烯產能.....	65
表 12	特種/甲種/乙種工業區土地利用比較	69

執行摘要

一、問題及目標

煉油石化業長期以來一直是台灣產業發展的基石，去(2018)年產值約 1.89 兆，不過由於環保意識過度膨脹，五輕關閉，整體產業發展面臨嚴重制度瓶頸；近年國際上頁岩油氣崛起，對 COTC 的投資，以及人們對塑膠的污名化與循環經濟模式日益受重視，全球整體煉油石化產業發展，面臨典範轉移壓力，台灣產業自不例外。然而雖然電動載具興起，新興國家需求成長趨緩，但因全球人口成長，IHS 預估未來 20 年，運輸用油年平均成長仍大於 1%，化學品的需求則以約 4% 成長。煉油石化產業關聯性大，台灣有良好基礎，如何持續發展，貢獻台灣經濟成長，是一重要課題。

本專題報告將借鏡國際煉油石化大廠之發展趨勢，研析國內煉化產業現況，匯集產官學研觀點，探討適合我國煉油石化產業發展之模式，並研提我國石化產業發展因應建議，供政府參考。

二、研究範圍及內容

本專題報告將先針對煉油石化業因國內外油品與石化產品需求變動等趨勢，所面臨可能之威脅與挑戰進行探討，接著蒐集國際煉油石化大廠因應此趨勢之組織調整及投資策略、新科技應用趨勢及智慧運維趨勢應用案例，如 COTC、數位科技之應用，並盤點國內煉化產業發展限制與現況，同時透過實地參訪、專家訪談與座談會等方式，蒐集最新國際大廠發展與國內石化業者資訊，研提國內煉油石化產業發展建議。

三、研究結論

本專題報告將研究成果歸納整理，目前影響全球煉油產業與市場之兩大趨勢，分別為國際海事組織(IMO)對船用燃料油之限制及全球電動車之發展。為了因應 IMO 含硫量之新規定，全球煉廠陸續投資新工廠提高輕質油品產出，如藉由焦化、加氫裂解、真空蒸餾等裝置之新技術，提高重油轉化率，且煉廠輕質油品產出也隨之增加；而依據交通載具電動化之趨勢，預估 2040 年將近有 3.3 億輛電動汽車上路，占汽車總數 16% 左右，取代石油需求量約為 400 萬桶/日。

在石化市場中，COTC 將改變煉油製程，提高石化原料煉製比例，減少運輸燃料產量，以因應運輸燃料需求減少之影響。且國際多數石化廠生產乙烯以多元進料為原則，使進料結構更具彈性，而受美國頁岩氣影響，乙烷供應量增價跌，作為乙烯原料比重增加。此外，國際逐步推動減少一次性塑膠政策，PE、PP、PET 等塑膠主要原料可能會受到影響。

基於上述威脅與市場需求變化，跨領域經營成為石油公司轉型重要的課題，近年來世界各大石油公司分別從儲能科技、電動車研發以及再生能源與低碳服務/產品等方向發展。發現全球三大石油業龍頭，殼牌石油公司(Royal Dutch Shell)、

英國石油公司(BP)以及埃克森美孚石油公司(ExxonMobil)，為因應能源轉型，重新評估投資組合與營運方向，在數位科技應用、電動車領域、再生能源與低碳服務/產品、電池技術、潔淨能源研發等皆有具體作為。而國際石化大廠則透過轉型來因應國際市場變化，如對營業項目採取分拆(Spin off)、併購(M&A)相關業務、合資(J/V)等方式，維持競爭力，並朝向以發展規模經濟產品或高附加價值產品為主。

而我國煉油及石化產業為國內產業發展基石，擁有最完整與最具競爭力的產業鏈，從原油煉製、到輕油裂解生產化學品，最終到支援民生工業需求各項產品，整體產業發展完整，產業關聯效果高，帶動我國高科技等新興產業發展。但目前面臨上游原料供給不足設備更新困難、大社工業區降編在即、地下管線與公安問題、二氧化碳排放總量之限制、研發/投資量能不足等內在發展阻力大之困境，加以後進國家加入市場、美國頁岩氣市場化、中國大陸產品自給率提升等競爭劇烈之外，在國際市場情勢，我國石化業勢必加速突破困境，才能因應整體環境的變遷。

四、改善對策及建言

綜整全球煉油石化產業未來面臨之威脅，借鏡國際煉化大廠因應策略與思維，加以考量國內煉油石化產業發展之現況與挑戰，並綜合專家學者之建議，本專題報告提出下列建議供政府有關單位與相關業界參考。

(一) 台灣不能放棄石化產業，政府與業者需協力突破瓶頸

煉化產業是國內產業發展基石，擁有最完整與最具競爭力的產業鏈，尤其在新興能源與科技產業之發展，皆少不了石化產品的支援。近年面臨國際趨勢的衝擊與國內發展限制等因素，業者難以靠單打獨鬥解決當前危機，政府須重視煉化業面臨之困難問題，同時兼顧環保工安、污染管制與經濟發展等要素以解決現今所面臨原料、土地、環保與工安等問題，台灣的石化產業往綠色製程、循環再生與降污減排之方向發展。

(二) 石化業對我國 GDP 貢獻大，應加強溝通

石化業常遭社會各界批評為高能耗、高汙染，且對 GDP 貢獻不大之爭議，但事實並非如此。根據近年納入產業關聯性概念之研究分析，近 8 年石化產業對 GDP 貢獻，試算結果約 16.5%，顯現石化業對國內經濟發展的影響甚鉅。此應加強廣宣，讓社會大眾了解石化產業對經濟發展之重要性。

(三) 配合產業發展與環保並行政策，建構循環經濟園區

新材料循環園區應結合「循環經濟」、「綠色製程」等趨勢，朝「高附加價值」目標靠攏，達到兼顧經濟發展及環境保護之產業永續目標。同時透過產業集中發展，重新建構產業空間，產業發展與環境保護並行，降低民眾安全疑慮，對產業永續發展有一定幫助。

(四) 整合既有煉油廠，朝煉化一體發展

既有煉油廠整合煉製與石化之產銷業務，朝向 COTC 發展，降低運輸

用油生產比例，朝石化品產出率最大化為目標，配合新材料循環園區的推動，透過上中下游整合來增加競爭力，穩定供應下游石化產業鏈高值新材料。

(五) 輕油裂解廠汰舊換新，朝多元進料發展

裂解廠持續精進並與上下游結合，未來新建或更新的輕裂廠利用輕質原料進料，並利用洲際貨櫃二期新建油槽區作為進口多元進料儲槽，持續供應穩定的石化基礎原料，以支撐下游材料發展。

(六) 深化研發量能，朝高值化及關鍵性原材料發展

鼓勵業者成立應用研發中心，加強高階專業人才培育，加速與國內關鍵產業合作，積極投入我國高科技產業所需材料之開發，並依產業需求進一步精進客製化，開發不同品級與性質之塑化材料，努力擴大石化價值，作出市場區隔。另在環境友善之綠色生質化學品發展上，可與新南向國家合作掌握料源，深化產業關鍵技術研發與高值應用，提升台灣生質化學品產業競爭力。

(七) 配合國際煉化產業，朝數位化方向發展

透過數位化轉型，以降低能源使用成本、預先檢視維修保養時間、提高設備操作性能以提升產品品質與營運績效，並降低工安事故。深度鏈結生產端與消費端，可及時應變與調整，提升產品附加價值、強化產業競爭力績效。

(八) 因應 IMO 限硫規定，提高海運及航空用油產出比例

各煉油廠應設法改變或調整煉製結構，以增產低硫海運燃油或柴油等，而為提高輕質油品產出，建議增設工場以提高重油轉化率，並提高航空用油產出比例，以滿足未來市場需求。

(九) 持續關注電動車發展動態，適時調整汽油產出

電動車的普及將對汽油用量帶來直接衝擊，但其普及程度受到價格、續航距離與充電時間等因素影響，當國內補貼措施陸續取消、充電基礎設施尚未健全等限制之下，短期對國內汽油需求影響較不顯著，但須持續關注國內外電動車發展動態，適時調整汽油煉量。

(十) 未來加油站發展，應思考轉型方向

加油站可針對區位、用戶消費模式等特性進行整併，或配合進行都市更新，轉型成為能源供應中心，如加氫站或與國內外電動汽機車廠商合作，增設電動車輛充換電站。此外，亦可結合自動化、Big Data 等數位技術，轉型成為智慧服務加油站，連結客戶消費行為，加強客戶服務與管理，亦可透過大數據分析全國客戶油品消費習慣與趨勢，進一步改善加油站管理與其它延伸應用，提高營運效率及降低事故發生。

近年來中國大陸積極推動煉化基地興建，除了規模龐大外，亦投入重資採用最先進的技術與設備，但其興建藍圖與運維管理，皆是本著台灣規劃的國光石化與台塑麥寮建廠模式與運維制度，由此可見台灣煉化業的發展態樣亦有其獨到與優勢之處，再以煉化產業是經濟發展的基礎，沒有煉化業作為支柱，整體經濟發

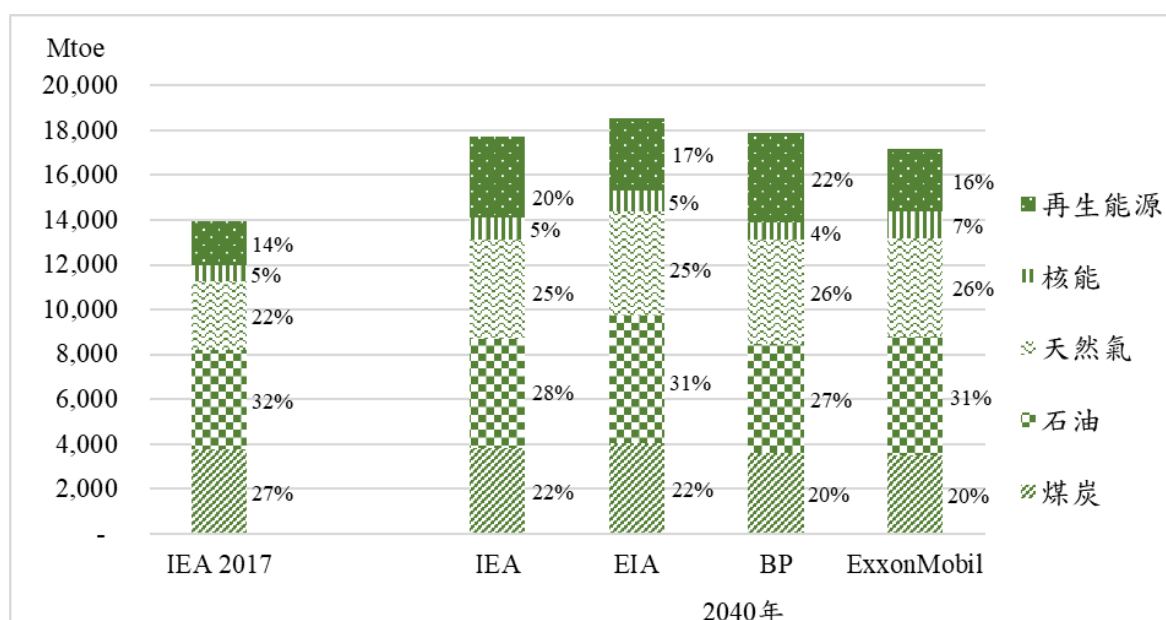
展將面臨極大的困境，故是值得再投注資源，依此模式與精神讓煉化產業在台灣繼續發揮最大效益。

第一章 煉油石化產業未來面臨威脅與挑戰

面對全球氣候變遷威脅加劇與環保意識抬頭，為求經濟及環境永續發展，主要國家紛紛鼓勵開發運用新能源或提升能源效率等方式，以減緩人類活動對環境的衝擊，如電動車取代燃油車；而重要國際組織在永續發展目標下對全球環境提出改善政策，如 IMO 制定 2020 年全球船舶燃油含硫量從目前的 3.5% 降至 0.5%。國際趨勢變化帶動油品市場的改變，使煉油產業面臨轉型之壓力。而全球人口數持續成長，開發中國家之發展將帶動新一波之驅動力，整體石化產品需求將持續增長，也促使國際石油公司紛紛增加投入石化價值鏈發展。本章將聚焦煉油石化業未來面臨之威脅與挑戰，針對國內外油品與石化產品需求變遷、IMO 限硫新規與電動車發展之衝擊進行研析。

一、煉油產業面臨之威脅與挑戰

隨著 2040 年全球人口數突破 90 億，開發中國家如中國大陸、印度及東南亞經濟不斷擴張，帶動全球初級能源需求成長，彙整 IEA、EIA、BP 及 ExxonMobil 等能源機構之預測結果(圖 1)，與 2017 年相比，初級能源需求之增量約介於 3,213 至 4,588 百萬公噸油當量(Mtoe)。儘管能源消費量預測有些差距，但在能源消費結構變化上，各機構皆預測 2040 年能源消費結構仍以化石能源為主。而化石能源整體比重與目前相比則呈下滑趨勢，能源消費朝向更低碳的燃料發展；其中以低碳排放之天然氣成長較為強勁，其消費量僅次於石油；此外，風力及太陽能發電主導之再生能源發展也相當快速。

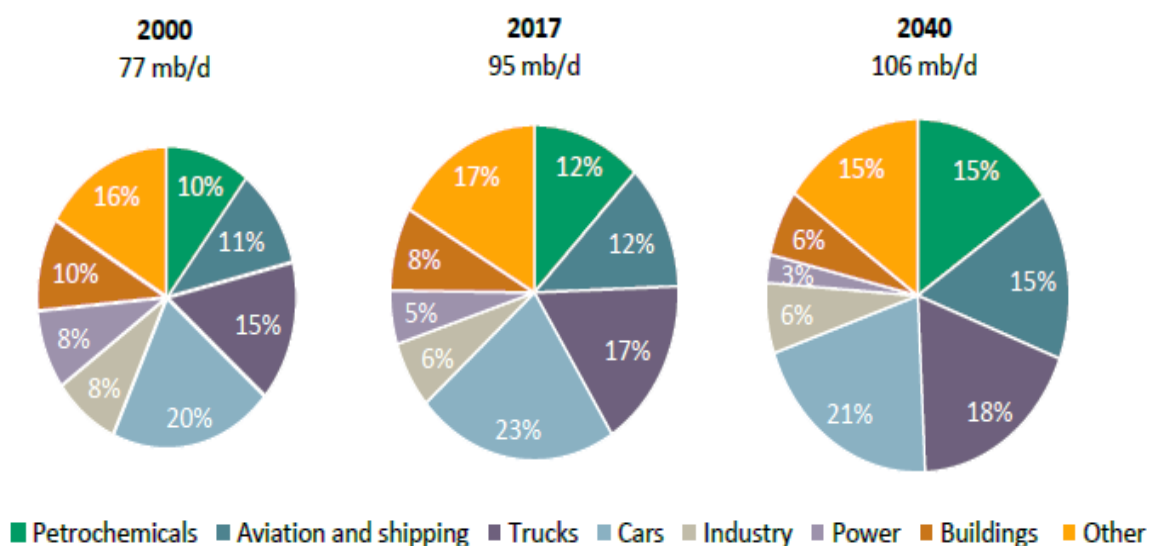


資料來源：IEA(2018), World Energy Outlook；EIA(2017), International Energy Outlook 2017；BP(2019), Energy Outlook 2019；ExxonMobil(2018), 2018 Outlook for Energy；本報告繪製。

圖 1 全球初級能源需求量與結構變化

石油依舊是能源消費類別的最大宗，其需求將持續成長，至 2040 年需求超過 1 億桶/日；但占全球能源消費比例從 2017 年 32% 下滑至 2040 年 27~31%。成長區域主要為開發中國家，中國大陸將超越美國成為全球最大石油消費國；而印度和中東需求成長強勁，預測其 2030 年石油需求將超越歐盟，成為第三、四大石油消費市場。

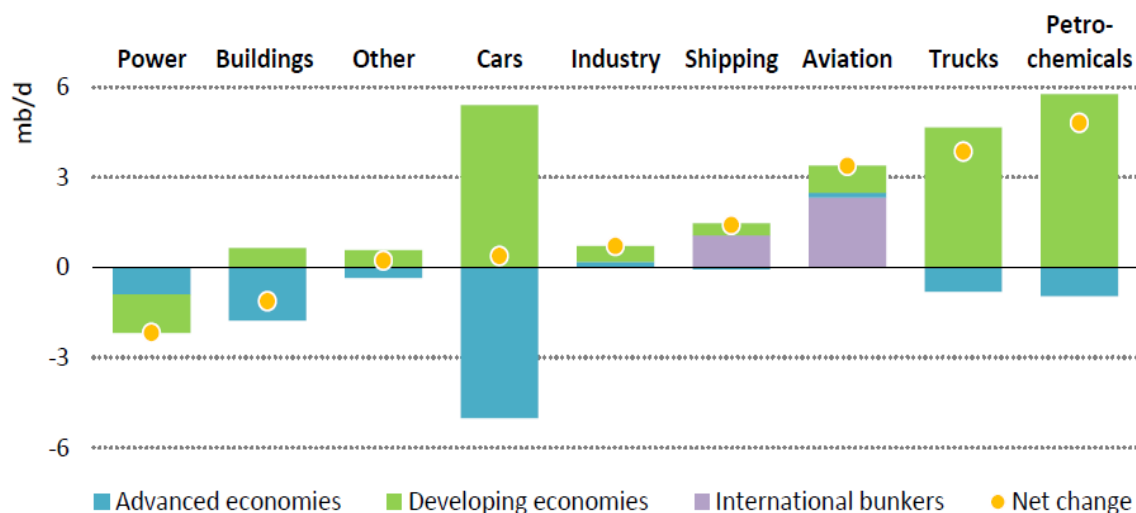
從部門別來看，如圖 2 所示，石油需求主要成長部門為石化(petrochemicals)、貨運(truck)及航海與航空運輸(aviation and shipping)需求，從 2017 年占石油需求比例 36% 上升至 2040 年的 48%。而汽車(cars)、工業(industry)、電力(power)與建築(building)部門占比減少，其中以電力部門與建築部門降低幅度最大，係因全球環保意識提升及追求生活便利性，發電所需能源逐漸被天然氣及再生能源所取代，以燃油作為建築供熱(烹飪、取暖)使用也漸漸被天然氣或電力替代。



資料來源：IEA(2018)，World energy Outlook。

圖 2 全球石油需求占比(部門別)

區分不同發展程度的經濟體，如圖 3 所示，由於開發中國家人口持續增長，都市化與中產階級大規模擴展，推動能源消費模式轉變，提高最終能源商品和服務需求，更趨動石化工業原料、個人和商業運輸與海運及航運需求。已開發國家之石油消費量減少，部分抵銷開發中國家的增加之石油消費量，尤其是汽車部門最為明顯，後續將朝運輸電動化與提高能源效率方向發展。



資料來源：IEA(2018)，World energy Outlook。

圖 3 2017-2040 年全球石油需求變化趨勢

除整體能源市場分布與結構轉變外，國際重要能源政策與趨勢亦將衝擊煉油產業，以下將針對 IMO 船用燃料管制政策與運輸部門電動化發展之衝擊進行研析。

(一)IMO 船用燃料油限制政策

由於二氧化硫的釋放可能會對健康和環境造成損害，使得越來越多人關注硫化物排放之議題，而航運業一般使用之高硫燃料油(high sulfur fuel oil, HSFO)其硫含量高達 3.5%，90%的硫成分透過燃燒與氧氣產生反應，並在尾氣中以二氧化硫的形式排放出來。

2016 年 10 月國際海事組織(IMO)宣布 2020 年以後對船用燃料之硫含量實行 0.5%的上限，為實現這一目標，船東可以決定使用低硫燃料油(low sulfur fuel oil, LSFO)、船用柴油(marine gasoil, MGO)、液化天然氣(Liquefied Natural Gas, LNG)等替代或安裝脫硫器以降低高硫燃料燃燒後產生之煙氣硫含量，相關因應方案彙整於表 1，說明如下。

表 1 IMO 限硫新規之因應方案

因應方案	方案特點	考量因素
安裝脫硫器	可使用價格相對低廉之 HSFO，提高安裝除硫設備之效益	1.加裝脫硫器約 300-400 萬美元，目前脫硫器設備供不應求 2.長期營運與維護成本不確定 3.使用開放式脫硫器處理後之污染物將排入海洋；而封閉式脫硫器則是存放於船內 4.適合安裝於大型船舶
船用柴油(MGO)	符合 IMO 硫含量 0.5%限制	價格較高硫燃料油及極低硫燃料油高
極低硫燃料油(VLSFO)	符合 IMO 硫含量 0.5%限制	價格較高硫燃料油高
LNG	不含硫氧化物之清潔能源	1.港口基礎加氣設施不普及 2.受限於船舶儲槽空間 3.適合固定航線的船舶

資料來源：Wood Mackenzie(2018)，Sailing Away from Fuel Oil - Updated Analysis of the IMO 2020 Marine Fuel Sulphur Changes；本報告彙整。

1. 安裝脫硫器

透過安裝具有脫硫功能之脫硫器，可減少 SO_x 排放，以滿足 IMO 新規硫含量 0.5%之規定，船東可使用價格相對低廉之高硫燃料油，提高安裝除硫設備之效益。脫硫器主要有三種類型：開放式脫硫器(open loop scrubbers)、封閉式脫硫器(closed loop scrubbers)與混合式脫硫器(hybrid scrubbers)。

開放式脫硫器透過海水直接洗滌廢氣，將廢水直接排入海洋；而封閉式脫硫器則是將處理過後的煙塵顆粒等污染物存放於船上，需要有獨立水箱來蒐集殘餘物；混合式脫硫器可在開放式及封閉式間切換。開放式脫硫器的價格相較於封閉式脫硫器便宜，且不占船上空間，目前開放式脫硫器占有脫硫器數量 70%，但部分城市港口已禁止使用開放式脫硫器，如新加坡、比利時安特衛普(Antwerp)、上海等，船舶停靠港口時需切換成船用柴油或極低硫燃料油以符合規定。

儘管安裝脫硫器的期初資本支出較高，但可使用價格相對低廉之高硫燃料油，較無須考慮市場上合格燃料供應之不確定性，加上 IMO 限硫新規即將正式實施，使得船東們爭相排隊等候安裝，脫硫器設備呈現供不應求的情形。

而船舶擁有者須考量幾點因素，如脫硫器安裝成本相對高昂，根據脫硫器供應商 CR Ocean Engineering 公司資料，每台引擎加裝脫硫器成本約 300~400 萬美元，並可能須同時改裝引擎。此外，如脫硫器長期營運、維護費用不確定，脫硫器可能因海水箱阻塞、水泵發生機械故障而停機，且僅適合裝置在大型船舶上，如貨櫃船(containers)、原油輪(crude oil tankers)與郵輪(cruise ships)。

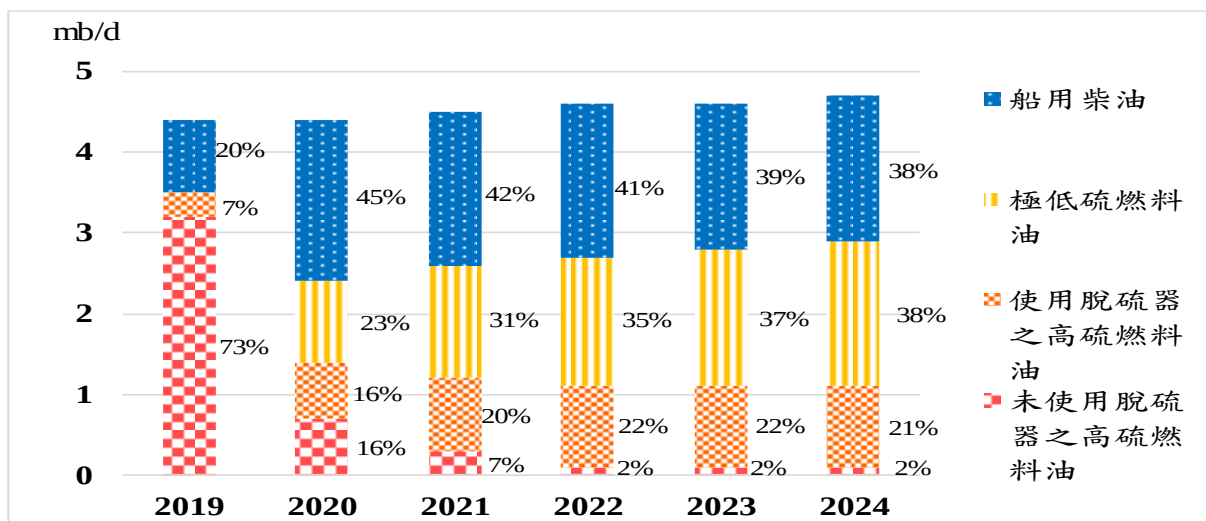
2.使用低硫燃料

若不選擇安裝脫硫設備，船東可使用符合 IMO 硫含量 0.5%限制之船用柴油(MGO)與極低硫燃料油(VLSFO)作為船用燃料，但此兩種燃料價格相較於高硫燃料油較高。

使用不含硫氧化物的液化天然氣 LNG 亦為低硫燃料選項之一，但 LNG 使用上受限於港口基礎加氣設施是否普及與船舶儲槽空間，目前需求主要來自西北歐、地中海和中美洲部分地區等佔有優勢之利基市場，船舶類型大多以航運路線固定之郵輪(cruise ships)、渡輪(passenger ferries)以及貨櫃船(containers)為主。

針對 IMO 含硫量之新規定，因各船東採取不同因應方案，整體海運燃料油市場將有所變動，而煉油廠亦將採取相關作為。IEA(2019)預測 2019 年至 2024 年海運燃料使用情形，如圖 4，受到 2020 年船用燃料硫含量限制實施，燃料油需求主要有下列趨勢：

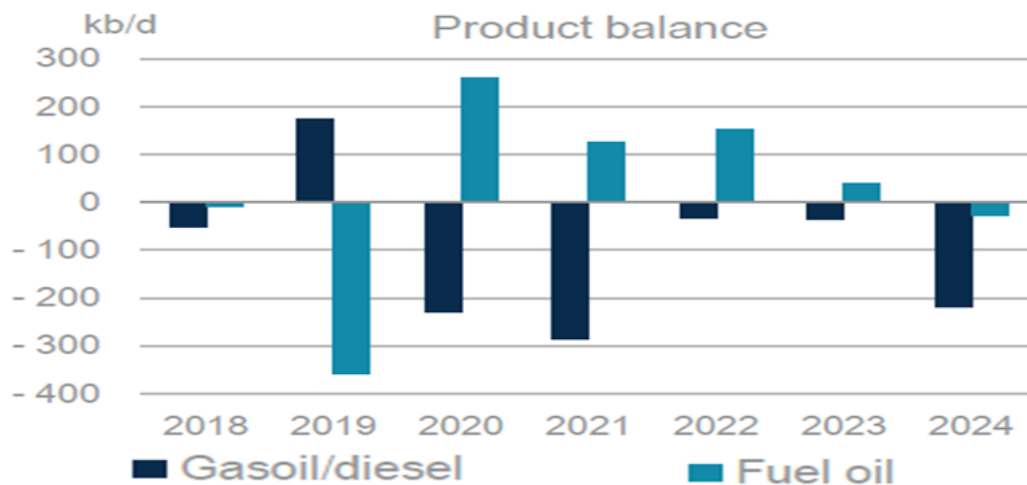
- 1.高硫燃料油需求量大幅減少：預計高硫燃料油需求量將從 2019 年 350 萬桶/日下降至 2020 年 140 萬桶/日，而政策實施後加裝脫硫器之船舶量增加，維持高硫燃料油需求在 110 萬桶/日。
- 2.船用柴油占比由高轉至低：燃料需求轉至船用柴油，短期船用柴油需求大幅增加，從 110 萬桶/日上升至 200 萬桶/日，占海運燃料(不含 LNG 需求量)比例從 20%提升至 45%，但後期需求受到極低硫燃料油需求增加影響，占比下降至 2024 年之 38%。
- 3.低硫燃料需求轉移至極低硫燃料油：由於極低硫燃料油價格相較於船用柴油便宜，選擇使用極低硫燃料油作為燃料的船舶增加，2020 年極低硫燃料油需求量為 100 萬桶/日，2024 年上升至 180 萬桶/日，占海運燃料比例從 23%提升至 38%，取代部分船用柴油需求。
- 4.2025 年燃料全面符合 IMO 規定：由於發展中經濟體如南美洲、東南亞和中東缺乏合格之低硫燃料供應，與脫硫器設備供不應求，加上部分港口尚未建立完整監督檢查制度，預估 2020 年全球僅八成海運燃料符合規定，需至 2025 年全球港口才能提供足夠之合格燃料，全面符合 IMO 規定。



資料來源：IEA(2019)，Oil 2019-Analysis and Forecast to 2024；本報告繪製。

圖 4 2019-2024 年海運燃料使用情形

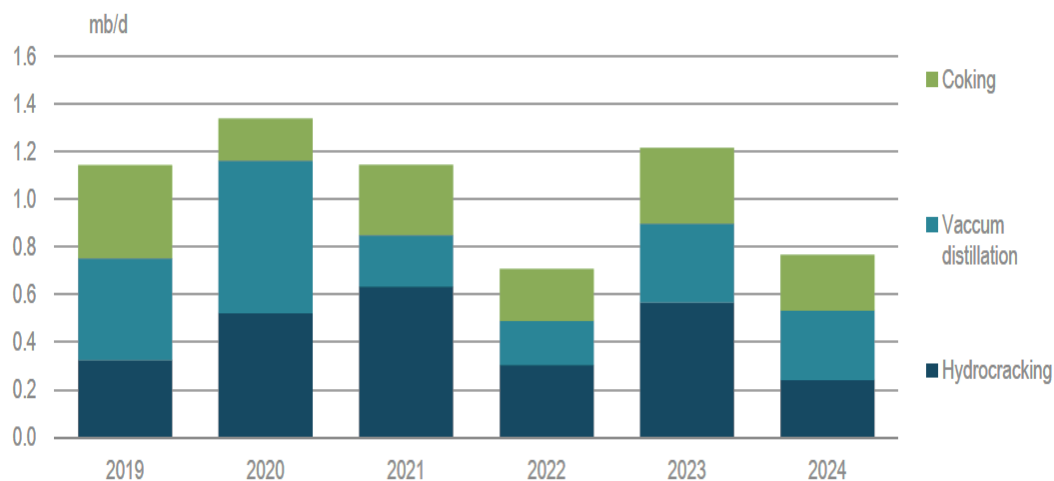
IMO 限硫新規實施以前，船東通常使用高硫燃料油作為船用燃料，來源主要為原油重質成分，經煉製程序產出之殘渣油(residual oil)與製氣油(又稱柴油，gas oil)混摻而成，並未經脫硫處理。2020 年新規上路後，高硫燃料油需求將萎縮，而船用柴油需求則持續增加。船用柴油處於供不應求的情況(如圖 5)，導致市場價格上漲，並將鼓勵煉油廠提高產出，以獲取更多利潤。



資料來源：IEA(2019)，Oil 2019-Analysis and Forecast to 2024。

圖 5 2018-2024 年煉廠產出與需求差異

而為提高輕質油品產出，全球煉廠將陸續投資新工廠，如焦化(coking)、加氫裂解(hydrocracking)、真空蒸餾(vacuum distillation)等裝置提高重油轉化率(圖 6)，另外煉廠對於可產出較多輕質油品之低硫原油(sweet crude oil)需求也隨之增加。



資料來源：IEA(2019)，Oil 2019-Analysis and Forecast to 2024。

圖 6 2019-2024 年煉廠新增投資

(二)運輸部門電動化發展趨勢

在全球減碳與抗空污的共識下，為降低行駛燃油車所造成污染，各國除制訂更嚴格汽車排放空氣標準外，開始推行零排放電動車取代燃油車作為交通工具，藉由禁售燃油車的方式逐步將燃油車淘汰，建立對環境更為友善之運輸方式。目前已經有許多國家制訂出車輛電動化目標，車種從城市巴士、自小客車到長途貨運車皆有；而國際各大車廠為跟隨電動車趨勢，更極力投入研究及開發，預計在未來的五年內，電動車車款將從目前 25 種增加至 70 種以上，各國及各大車商車輛電動化目標彙整如表 2 所示。

表 2 車輛電動化目標

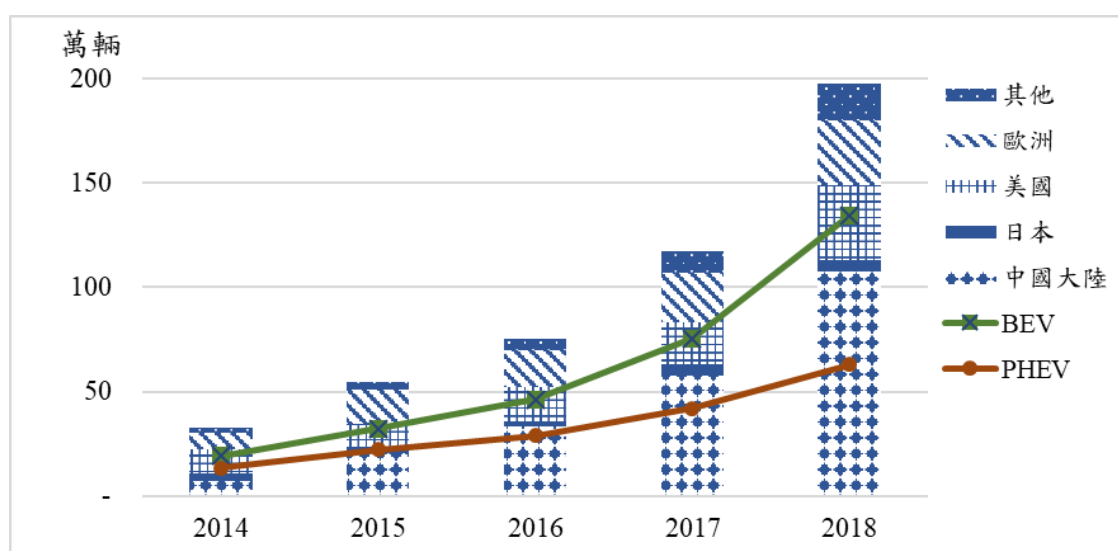
類別	車輛電動化目標	
國家	中國大陸	2020 年有 500 萬輛電動車上路，20% 電動車在 2025 年完成銷售。
	法國	2040 年逐步取消汽油和柴油車銷售。
	芬蘭	2030 年將有 25 萬輛電動車輛。
	印度	2030 年前實現全面電動車輛銷售。
	馬來西亞	2030 年將有 10 萬輛電動汽車和 2,000 輛電動巴士上路，並架設 12.5 萬個充電站。
	荷蘭	2030 年僅銷售零排放汽車。
	挪威	2025 年新售汽車、輕型貨車和城市巴士為零排放。 2030 年所有新售重型貨車、75% 新售城市巴士和 50% 新售卡車為零排放。
	波蘭	2025 年將有 100 萬輛電動車輛銷售。
	泰國	2030 年將有 120 萬輛電動車輛銷售。
	英國	2040 年逐漸停止汽油和柴油汽車銷售。
	美國	加州預計 2025 年將有 150 萬輛電動汽車、2030 年開始禁售燃油車。
車商	豐田	2020 年燃料電池車達到每年 3 萬台的銷售量。 2020 年全面進入純電動車市場。
	福斯	2025 年將推出 30 款以上的純電動車車款、純電動車的市占率將達到 25% 以上。
	雷諾-日產	2022 年將推出 12 款以上的純電動車車款、純電動車的市占率將達到 30% 以上。
	現代	2020 年完成所有電動車量產的準備。
	福特	2025 年純電動車與油電混合車將占總車輛銷售 70%。
	本田	2030 年電動車銷售量將占總車輛銷售量 2/3。

資料來源：IEA(2017)；NEXT 10(2018)；IEEJ(2018)。

目前電動車款主要可分為傳統油電混合車(Hybrid electric vehicle；HEV)、純電動車(Battery Electric Vehicle；BEV)、插電式油電混合車(Plug-in Hybrid Electric Vehicle；PHEV)與使用氫做為燃料的燃料電池車(Fuel Cell Vehicle；FCV)等。

根據 IEA(2019)全球電動車展望(Global EV Outlook 2019)分析，全球電動車¹新車銷售量蓬勃發展，已從 2014 年 32.58 萬輛飆升至 2018 年 197.52 萬輛，年均成長率 58%，其中以純電動車(BEV)成長速度較快，新車數占總電動車數的 68%(圖 7)。

依國家區域別來看，中國大陸為電動車最大市場，2018 年電動車新車銷售量為 107.85 萬輛，較 2017 年成長 86%；從 2017 年 19.84 萬輛提升至 2018 年 36.13 萬輛(+82%)；而歐洲市場 2018 年電動車新車銷售量為 30.94 萬輛，較前一年度成長 29%。

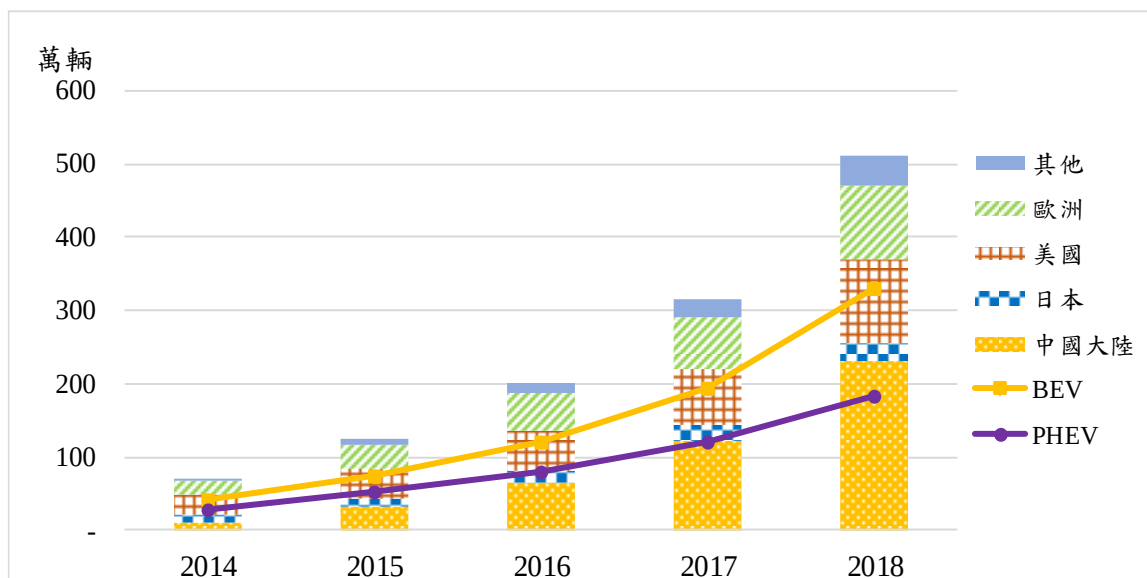


資料來源：IEA(2019),Global EV Outlook 2019；本報告繪製。

圖 7 2014-2018 年電動車新車銷售情形

IEA 亦推估隨著電動車銷售速度攀升，電動車上路數量至 2018 年已突破 500 萬輛(圖 8)，相較 2017 年成長 63%。電動車市場集中在少數國家，主要以位於亞洲的中國大陸與日本，歐洲的英國、法國、德國、荷蘭、挪威與瑞典，與美洲的美國與加拿大，10 國電動車數量占全球比率超過 95%；2018 年中國大陸約占約 45%，其次則為美國(22%)與歐洲(20%)。

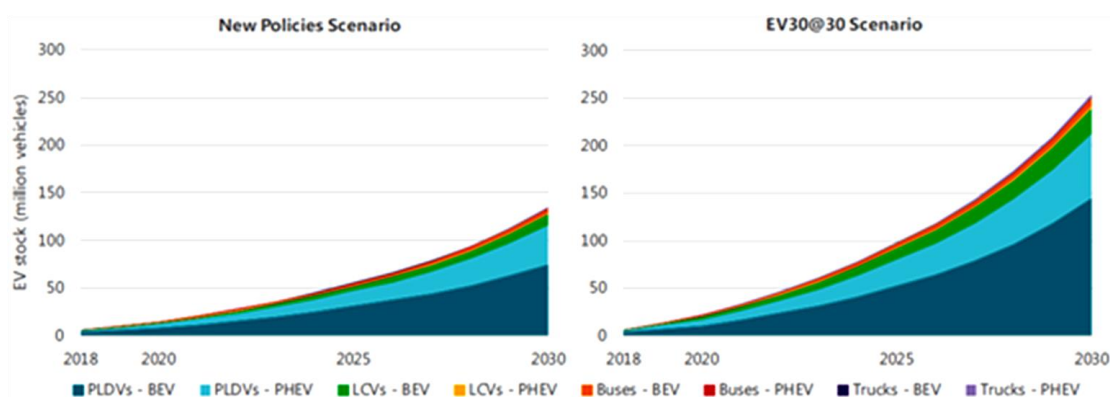
¹ 此處指的電動車係包括純電動車(BEV)與插電式油電混合車(PHEV)，未包括不可插電之油電混合車(HEV)與燃料電池車(FCV)。



資料來源：IEA(2019),Global EV Outlook 2019；本報告繪製。

圖 8 2014-2018 年電動車上路情形

在各國政府政策陸續推動，與電池儲能、系統及充電基礎設施等技術層面持續進步的條件下，電動車將持續普及。IEA 透過情境設定²預測 2018-2030 年全球電動車上路情形。在新政策情境(New Policies Scenario)下，預測 2030 年全球電動車(不含機車)銷售量將達 2,300 萬輛，上路數量達 1.3 億輛。而 EV30@30 情境則預測 2030 年全球電動車銷售量達 4,300 萬輛，上路數量將超過 2.5 億輛，與新政策情境相比多出 1.2 億輛。



註：輕型客車(Passenger Light Duty Vehicles，PLDVs)；輕型商用車(Light commercial vehicles，LCVs)；純電動車(Battery Electric Vehicles，BEVs)；插電式混合動力電動車(Plug-in Hybrid Electric Vehicles，PHEV)。

資料來源：IEA(2019),Global EV Outlook 2019

圖 9 電動車成長趨勢預測(至 2030 年)

² 「新政策情境」考量既有政策及已公布規劃的可能發展；「EV30@30 情境」為 2017 年第八屆清潔能源部長會議(CEM8)所啟動的 EV30@30 行動，明定 2030 年電動車銷量需占新車銷售量 30%之目標。

根據 IEA 報告進一步預測，隨著電動汽車不斷增加，到 2040 年將近有 3.3 億輛電動汽車上路，占汽車總數 16% 左右，取代石油需求量約為 400 萬桶/日。而 IHS 預測報告則表示在基礎情境³(Rivalry scenario)的設定下，全球石油需求將在 2035 至 2040 年間達到頂峰；反之，在自主情境⁴(Autonomy scenario)下，全球石油需求則提前於 2025 年左右達到頂峰後開始快速下滑，且 IHS 認為相較於電動車之興起，石油需求變動還包含車輛能源效率提升、排放規範、共享車興起等因素，值得後續持續觀察。

二、石化產業面臨之威脅與挑戰

IEA 預測 2030 年石化品需求年均成長率為 3.2%，遠高於車用汽柴油 1.6%，促使國際石油公司陸續投入石化產業鏈發展，煉油與化學品之間的關係日益緊密，改變終端市場既有板塊，建立新的發展模式。以下將針對石化進料變化、乙烯供需情勢與限塑政策議題進行整理，以探究石化產業所面臨之重要議題。

(一)石化進料變化情勢

石化進料目前除輕油以外，另有其他進料可產製石化原料乙烯，主要是乙烷、天然氣、液化石油氣(LPG)、和煤。2000 年以前係以輕油為主流，但由於乙烷蒸汽裂解技術生產乙烯發展成功，目前已使乙烷成為比輕油更具成本優勢之乙烯進料。乙烷最早來自中東地區，從開採原油的油井產出之「伴生氣」(associated gas)，過去是將其燃燒，現則成生產乙烯最廉價原料。

隨著北美地區頁岩氣革命，產出大量之乙烷已被廣泛用於乙烯生產，改變過去以輕油為主之進料需求，石化進料變化趨勢如表 3，輕油 2016 至 2021 年年均成長率僅 1.3%，而乙烷年均成長率約 5.7%。觀察進料占比變動趨勢如圖 10，2016 年輕油約占 42.6%、乙烷約 36.3%，預估至 2021 年，輕油會降至 38.0%，乙烷會增加至 40.1%。

表 3 石化進料變化趨勢

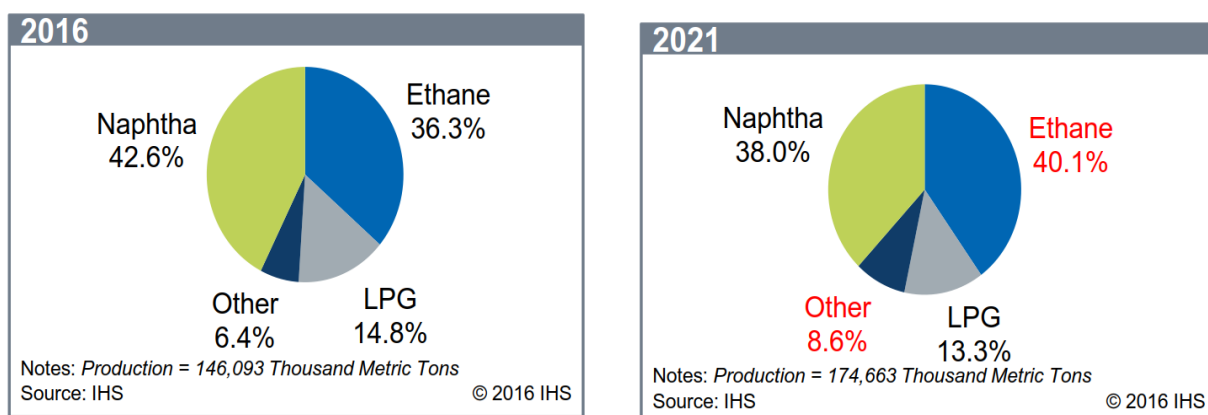
單位：千噸，%

原料	2016	2021	年均成長率
輕油	62,182	66,289	1.3%
乙烷	52,977	69,959	5.7%
LPG	21,610	23,311	1.5%

資料來源：Dave Witte(2016), State of the Global Chemical Industry, IHS Markit.

³ 基礎情境係假設全球朝更多財富與影響力的多元化發展，使得政治與經濟權力的競爭日益激烈，能源之間的競爭也推動運輸和發電所使用燃料與技術轉變。

⁴ 自主情境是假設全球政策、市場和社會力量的結合，推動技術與消費者行為使改變全球能源系統，從傳統能源逐漸轉移至可滿足當地能源需求的本土能源供應。

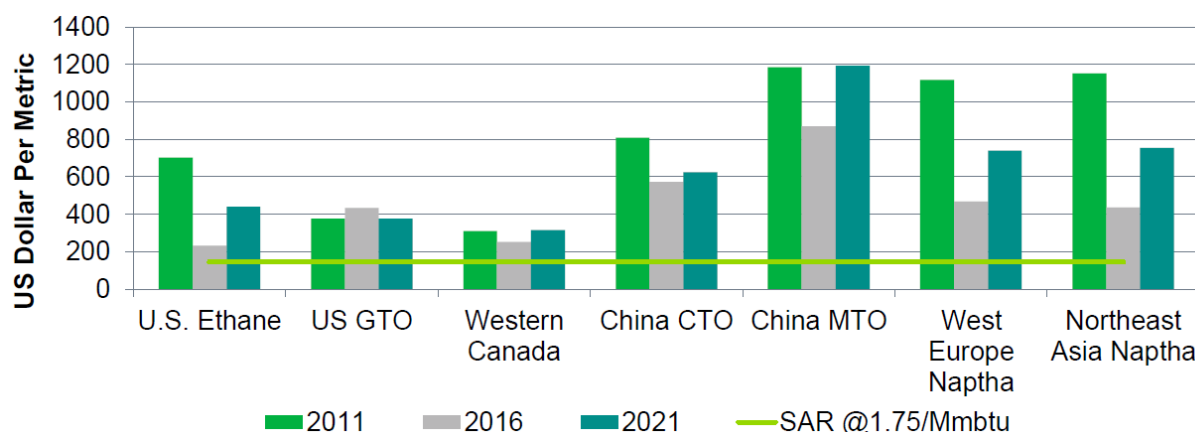


資料來源：Dave Witte(2016), State of the Global Chemical Industry, IHS Markit.

圖 10 全球石化進料占比情形

此外，由於中國大陸煤產量豐富，近年大力發展煤化工技術，已成功開發煤製烯烴(coal to olefins；CTO)、煤製油(Coal-based oil)、煤製氣(Coal-based natural gas)、煤製乙二醇(Coal-based MEG)、煤製甲醇(methanol to olefins；MTO)等計畫。煤及頁岩氣相似，較不受原油價格變動影響，中國大陸「十二五計畫」規劃擴大煤化工，期望 2030 年後提高煤占石化原料比例至 20%以上。但後續衍生出煤化工對環境污染與用水不足等環保問題，因此目前已放緩其發展。

因乙烯原料多元化，導致世界各國乙烯生產成本有極大之差異，圖 11 顯示各地區不同原料用於生產乙烯之成本，比較成本最低廉為西加拿大乙烷生產；成本最高為中國大陸 MTO，其次則是東北亞輕油裂解。但美國乙烷裂解成本大幅降低，裂解成本自 2011 年約 700 美元降低至 2021 年約 400 美元，優於輕油進料。

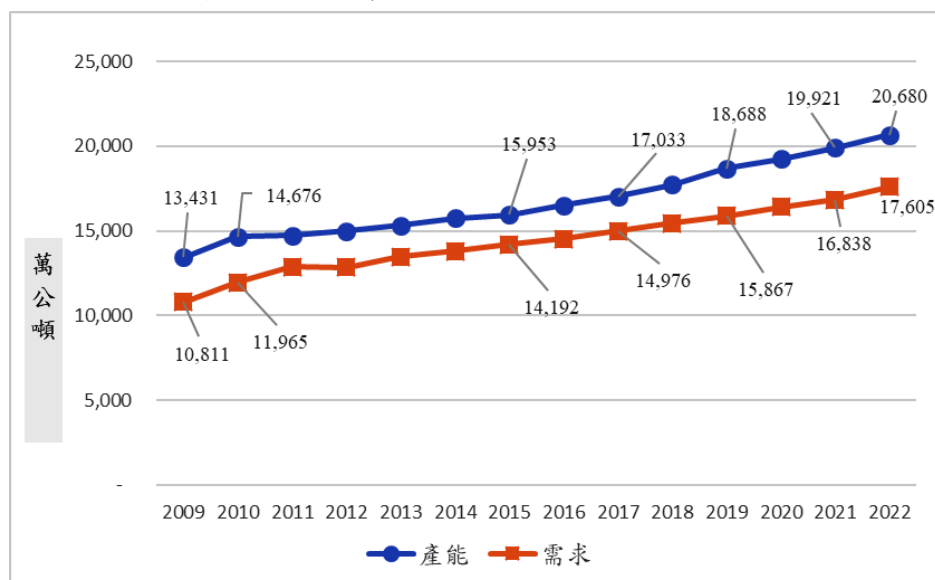


資料來源：William Chen(2016), Global Olefin Market Overview, IHS Markit.

圖 11 不同原料之乙烯生產成本

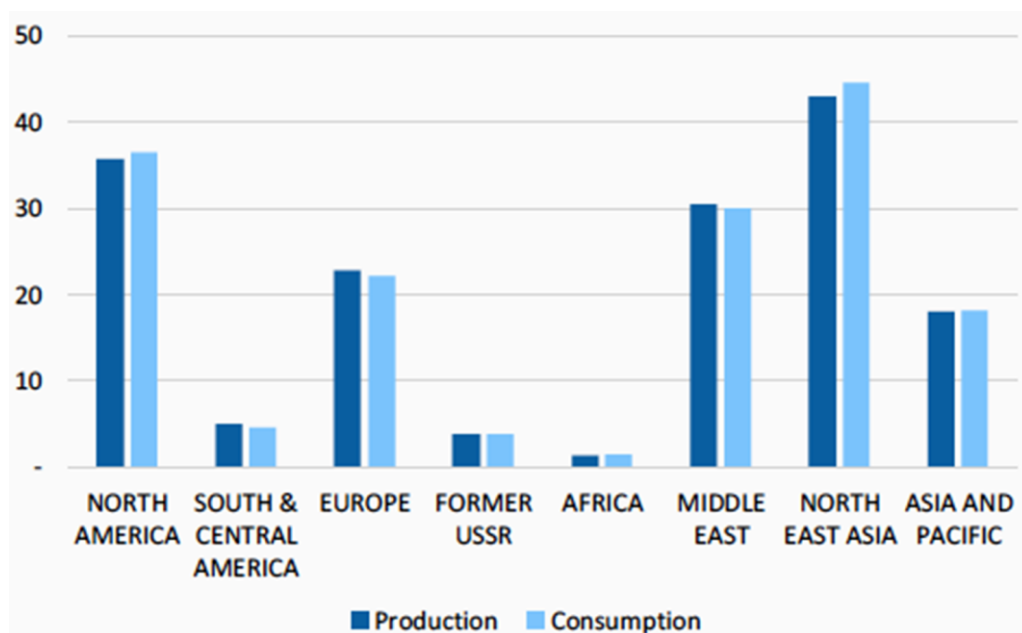
(二)全球乙烯市場供需情勢分析

由於全球區域人口持續成長與新興國家經濟發展，帶動石化基本原料需求成長，全球乙烯供需趨勢如圖 12 所示，2018 年乙烯產能達到 1.77 億噸，實際產量與需求量約 1.55 億噸，然而石化需求集中在開發中國家，並以中國大陸、印度為主要消費驅動引擎，區域石化品的供需不平衡(圖 13)，2018 年乙烯消費量最高為東北亞地區，其次則為北美與中東地區。



資料來源:日本經濟產業省(2018)。

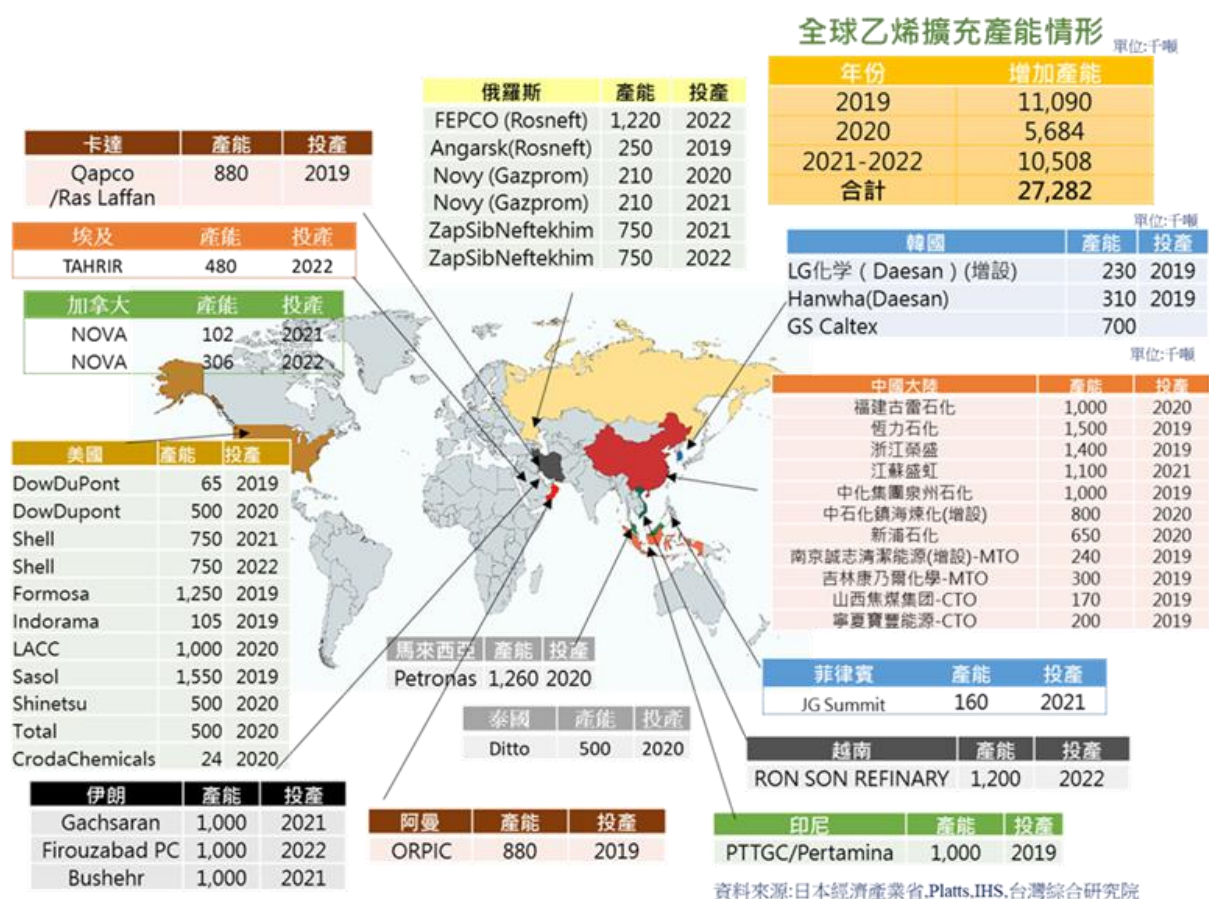
圖 12 世界乙烯供需預測



資料來源:ICIS(2019)。

圖 13 區域乙烯產銷情形(2018 年)

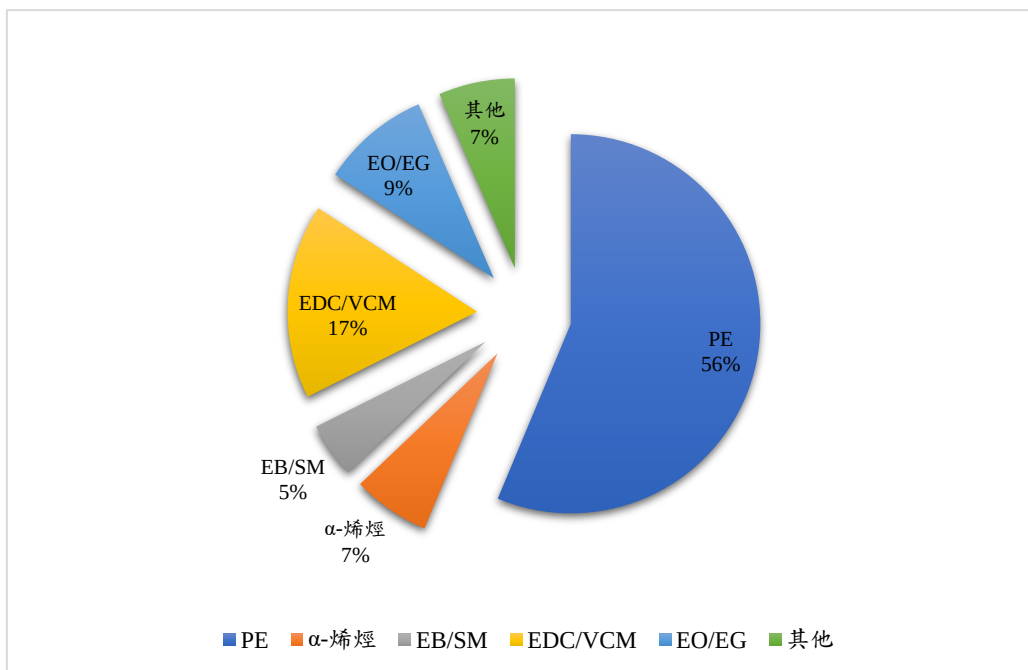
就供給面而言，石化需求持續上升、多元進料發展與油品需求下滑趨勢，帶動石化產能擴充，全球乙烯新設產能情形整理如圖 14，估計 2019 年至 2022 年新增乙烯產能合計約 2,728 萬噸，乙烯產能多以百萬級設計，單座乙烯新廠產能最高可達 150 萬噸。



資料來源：日本經濟產業省(2018)；Platts(2018)；IHS (2018)；本報告繪製。

圖 14 全球乙烯擴充產能情形(2019-2022 年)

針對各地區進行探討，在北美市場部分，由於頁岩氣開採技術突破，在原料供應充足之情況下，頁岩氣乙烷除部份外銷以外，也吸引世界大廠於當地設乙烯裂解廠，使乙烯產能大增，預計 2019-2022 年新增乙烯產能達到 699 萬公噸，預計可供製造 720 萬公噸聚乙烯，占乙烯衍生物 56%。但也因裂解廠近 70%以乙烷作為原料，僅使用部分輕油，以至於仰賴輕油產出之芳香烴、丙烯受影響，恐使得此類產品供應趨於窘迫。



資料來源：謝俊雄(2018)，世界乙烯市場供需分析，石化工業雜誌。

圖 15 2018 年美國乙烯衍生物占比

中東地區為聚乙烯、乙二醇等最大出口地，但因原油價格低迷，導致財政惡化，多數石化計畫終止或延期，2017 年僅開出沙烏地阿拉伯沙達拉(Sadara)單一廠。此外，伊朗雖遭受國際經濟制裁，但仍有 3 個石化擴大計畫，分別為 2021 年 Gachsaran 及 Bushehr 各投產 100 萬噸乙烯，2022 年 Firouzabad PC 投產 100 萬噸，預估中東地區仍會陸續擴充產能。

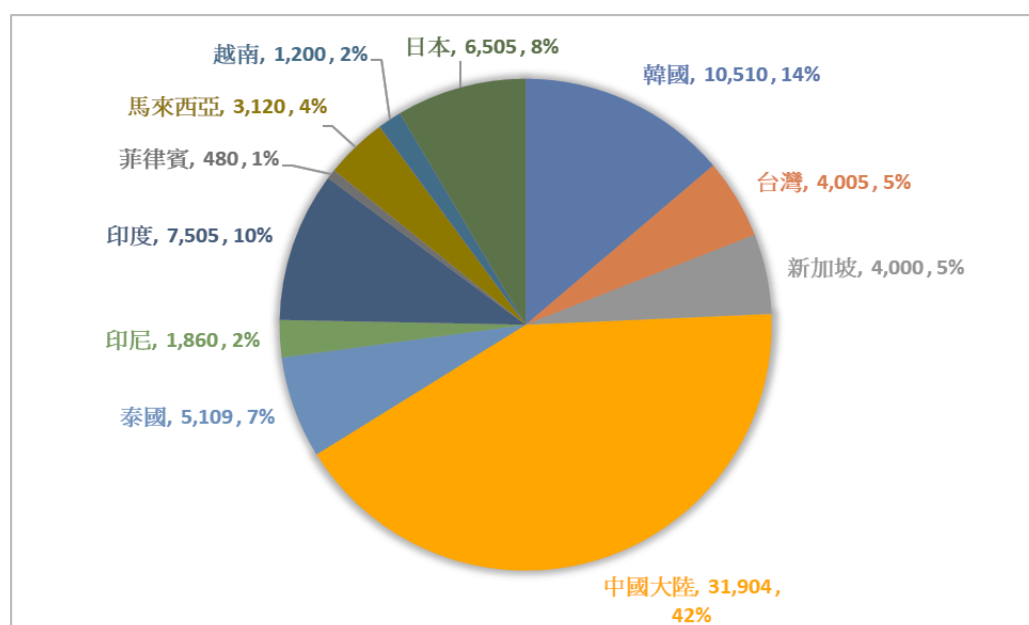
在歐洲地區部分，乙烯生產原料以輕油為主流，但因環保成本高，構成乙烯成本下降最大之課題，不得已向美國進口乙烷，而丙烷使用率亦增加，原料輕質化趨勢可能使適應不良業者被迫關廠。

在東北亞地區，以中國大陸產能擴充最為快速，自改革開放後石化發展顯著增加，2015 年中國大陸實施「雙權放開」發展政策，鼓勵符合條件的原油加工企業進口與加工，大幅提升原油加工產能，但產能過剩使得油品供過於求，為因應未來油品與石化品消長趨勢，中國大陸現正大力推動「控油增化」政策，朝控制油品、增加化學品的發展方向為原則，國民營企業煉化一體專案計畫提高，生產形式除了原有蒸汽裂解以外，也有部分煤化工(CTO)與甲醇製烯烴(MTO)計畫上線。新的乙烯擴增計畫包括浙江榮盛、江蘇盛虹、中化集團泉州石化、中石化鎮海煉化、新浦石化、以及台商投資的福建古雷石化。而近期最新的煉化一體計畫則是 2019 年恆力石化於大連長興島的原油製化學品(COTC)專案計畫，為中國大陸第 1 座 COTC 廠，透過紡織產業由下而上發展，生產紡織主要原料對二甲苯(PX)。

預估中國大陸至 2022 年將成為亞洲最大乙烯生產國，產能將從 2018 年 2,600 萬公噸成長至 3,190 萬噸，占亞洲乙烯總產能 42%，其次為韓國，預計 LG、GS

Caltex、Hanwha 專案計畫陸續投產，推升韓國產能至 1,051 萬噸，占亞洲產能 14%。

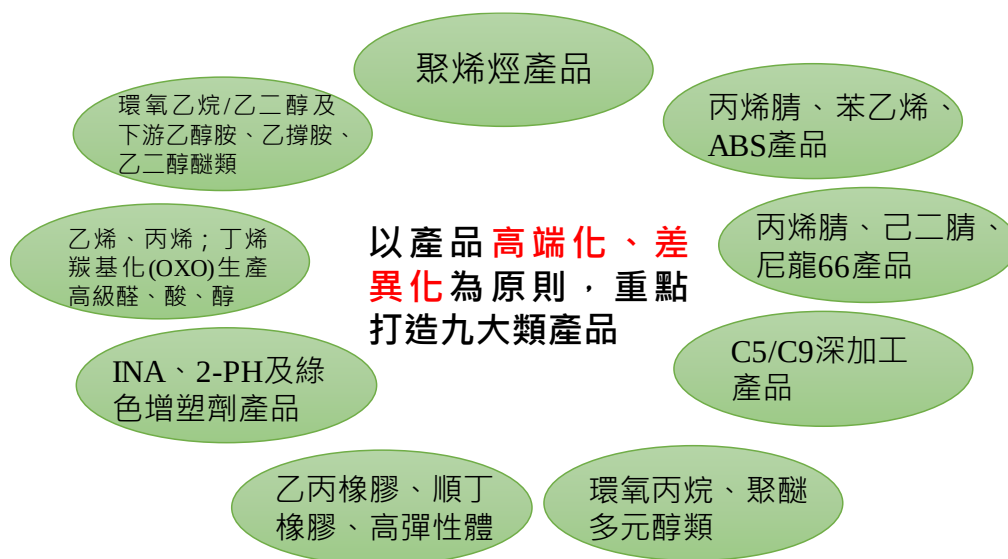
單位：千公噸



資料來源：日本經濟產業省(2018)。

圖 16 亞洲國家乙烯預估產能(2022 年)

中國大陸除了擴增乙烯、丙烯等大宗化學品產能之外，基於產品高端化、差異化的原則，延伸石化產品價值鏈，提高特用化學品比例，以滿足中國大陸市場對高端產品的需求，改善依賴進口補足情形。以位於中國遼寧省盤錦市遼東灣新區為例，2019 年華錦化學工業與沙國 Saudi Aramco 共同推動精細化工及原料工程專案計畫，預計於 2023 年完工，建設內容包括 1,500 萬噸/年常減壓、150 萬噸/年乙烯、130 萬噸/年 PX 等 22 套煉油裝置和 16 套化工裝置及配套裝置，並以發展高端化產品為目標，打造九大類產品(圖 17)；遼寧寶來化工與利安德巴賽爾工業公司(Lyondell Basell)於 2019 年簽訂合作諒解備忘錄(MOU)，設立合資企業，主要建設 150 萬噸/年蒸汽裂解、60 萬噸/年裂解汽油加氫、36 萬噸/年 PX、18 萬噸/年丁二烯、45 萬噸/年 LDPE、50 萬噸/年 HDPE 等，延伸石化產業鏈。針對大陸煉化產業的發展概況，將於第三章節加以論述。

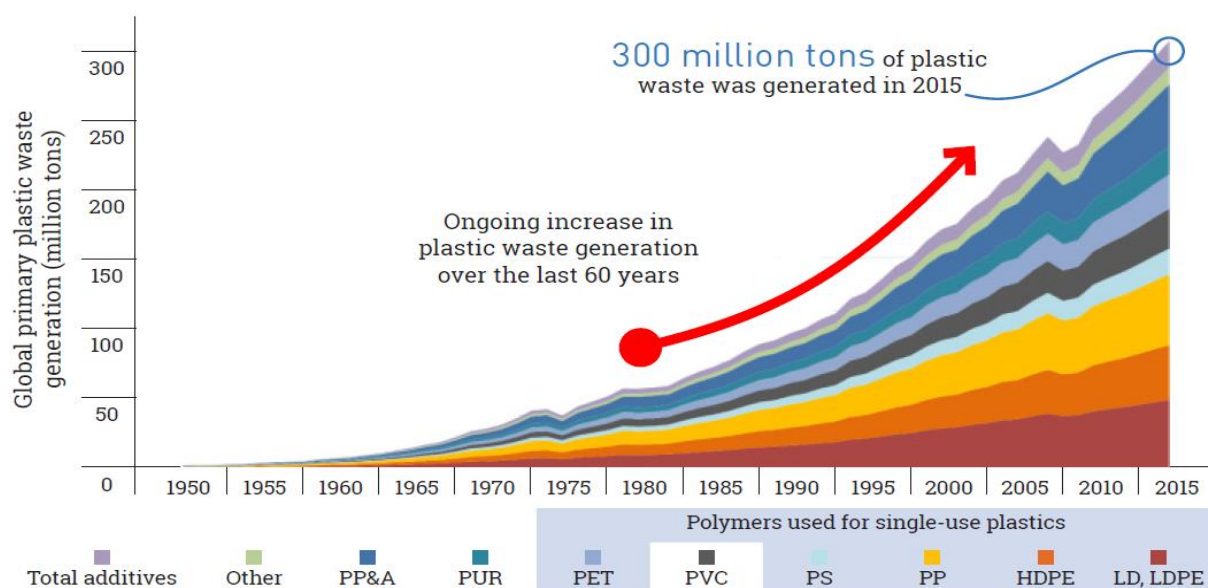


資料來源：華錦化學工業公司(2019)；本報告繪製。

圖 17 華錦阿美精細化工及原料工程專案計畫產品類別

(三)限塑政策

塑膠製品用量快速成長，雖然回收措施、再利用技術不斷精進，但再處理速度遠遠不及人口大幅成長與廢棄物增量，不少廢棄物流入海洋，隨著海流、風與潮汐、波浪的作用，四處漂流並造成全球海域污染。而塑膠又具有不易分解、無法消化等特性，海洋生物誤食後留存在體內危害生命，更嚴重的是微型塑膠污染魚類、貝類，進而透過食物鏈被人類食用，塑膠廢棄物問題已是僅次於氣候變遷的全球重大議題。



資料來源: UNEP(2017), Single Use Plastics: A Roadmap For Sustainability。

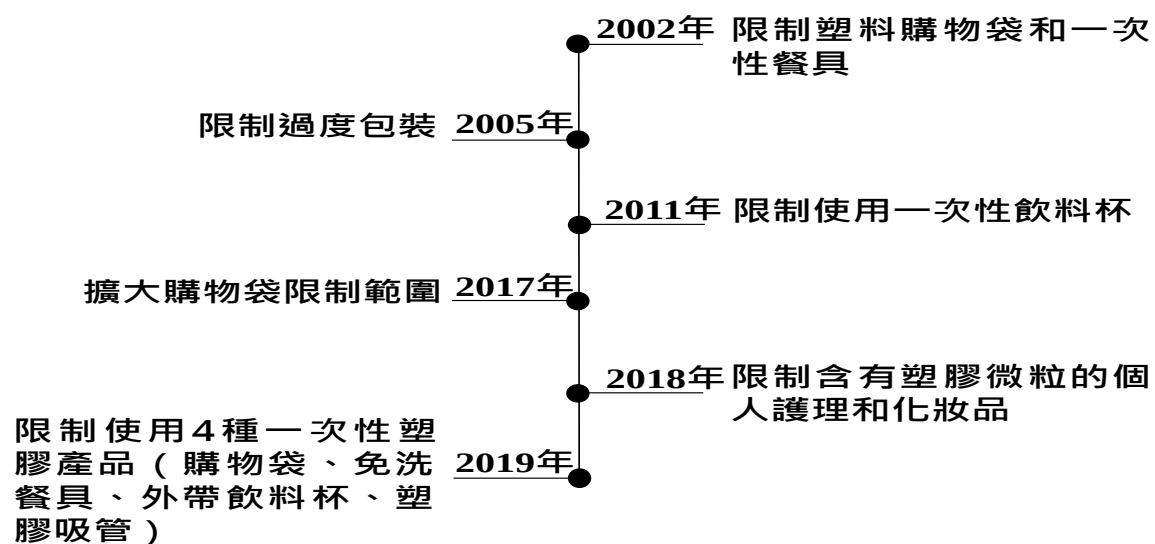
圖 18 全球主要塑膠廢棄物產生量

過去中國大陸政府允許廢棄物進口，歐美先進國家可透過貿易移轉方式，處理廢塑膠；但自 2018 年起中國大陸禁止進口未分類之塑料廢棄物、廢紙、廢光碟片以及舊紡織品等 24 種可回收材料，不少「洋垃圾」轉到台灣與東南亞仍引起許多關注。不管是已開發或開發中國家皆越來越重視廢棄物處理，而為解決塑膠廢棄物衍生之環境污染等問題，國際上紛紛祭出限制或禁用塑膠產品政策——特別是針對一次性使用，且態度有轉趨積極跡象。

歐盟於 2018 年提出遵循循環經濟作法的塑膠策略(A European Strategy for Plastics in a Circular Economy)，旨在修改塑膠包材產品上架時之基本要求，確保到 2025 年歐盟市場上的塑膠包材有 50%可重複回收利用或可經濟有效地回收利用，2030 年歐盟市場上的所有塑膠包材都可重複回收利用；最終於 2018 年 10 月提案通過——2021 年禁用已有適合替代品之一次用塑膠產品，2029 年塑膠瓶回收率提高至 90%。而 2019 年 3 月舉行之聯合國環境大會議通過則決議在 2030 年前大幅度減少一次性塑膠之使用。

除了政府政策強制執行以外，國際大型企業、學術機構等亦共同響應推廣減塑行動。艾倫·麥克阿瑟基金會與聯合國環境規劃署(United Nations Environment Programme, UNEP)合作推動全球新塑膠經濟承諾(New Plastics Economy Global Commitment)，該承諾於 2018 年 10 月正式啟動，已有 400 多個政府、企業、金融單位、學術單位簽署該承諾，並共同致力於推動塑膠循環經濟願景。承諾內容包括塑膠產品製造與消耗性化石資源脫鉤，綠色設計改善、發展重複使用的模式以減少不必要的一次性包裝，確保所有包材不含有害化學物質、可 100%重複利用或堆肥使用。

我國則依據廢棄物清理法授權，自 2002 年開始推動限塑政策，進行一次性塑膠產品源頭減量管制，包含購物用塑膠袋、免洗餐具、一次用外帶飲料杯、塑膠吸管等 4 大塑膠產品。最新規定為自 2019 年 7 月起政府部門、學校、百貨公司業及購物中心、連鎖速食店等 4 類對象，內用不得提供一次用塑膠吸管，但取得生物可分解塑膠環保標章等不在管制範圍。依據環保署規劃，我國最終於 2030 年起全面禁用上述 4 大一次性塑膠產品。彙整國際限塑政策與時程表如表 4。



資料來源：本報告繪製。

圖 19 台灣限塑歷程

表 4 國際限塑政策與時程表

限塑政策與目標		
組織 / 國家	聯合國環境大會 (UNEA)	2030 年前大幅度減少一次性塑膠之使用
	歐盟	• 2021 年禁用已有適合替代品之一次用塑膠產品(吸管、餐盤、攪拌棒、氧化分解塑膠包裝及聚苯乙烯快餐容器等) • 2025 年 50%塑膠包裝可重複回收利用或可經濟有效地回收利用 • 2025 年 25%塑膠瓶原料必須來自回收塑膠、2030 年達 30% • 2029 年塑膠瓶回收率提高至 90% • 2030 年所有塑膠包裝都可重複回收利用
	英國	2042 年實現可避免廢塑膠量至零之「無塑」國家
	蘇格蘭	2019 年禁用吸管
	日本	2030 年塑膠瓶和吸管等一次性塑膠製品使用量減少 25%
	韓國	推動 10 年逐步禁塑計畫，包含塑膠杯、塑膠吸管、產品過度包裝
	印度	2020 年前，全面棄絕一次性的塑膠製品
	泰國	2021 年塑膠袋減半、國家公園禁止一次用塑膠製品
	台灣	2030 年起全面禁用購物用塑膠袋、免洗餐具、一次用外帶飲料杯與塑膠吸管等 4 大塑膠微粒產品
	美國	尚未有全國性的限塑時程，目前有 15 個城市禁用塑膠吸管
	加拿大	2019 年禁用吸管
	萬那杜	2018 年禁用塑膠袋、容器與吸管
企業	星巴克	2020 年前全球分店禁用塑膠吸管
	麥當勞	英國 1,300 間麥當勞「紙吸管」上路；澳洲麥當勞 2020 年前淘汰塑膠吸管
	肯德基	新加坡肯德基不提供塑膠杯蓋與吸管；港澳肯德基餐廳全面禁用塑膠吸管與杯蓋
	迪士尼	計劃消除塑料吸管與攪拌棒

資料來源：環保署一次用產品源頭減量宣導網，

<https://hwms.epa.gov.tw/dispPageBox/onceOff/onceOffHp.aspx?ddsPageID=EPATWH>；
各媒體資訊。

限塑政策的推動，也讓生質材料的開發與研究逐漸受到重視，生質化學品(Biochemicals)是以各類可再生生質物料(Biomass)為原料，如植物(玉米、甜菜、小麥、甘薯等)中萃取出原料，經過工程技術之製造，生產可再生燃料和化學品，降低化

石原料使用與溫室氣體產生。以生質塑膠為例，全球致力投入資源開發生質塑膠、可回收塑膠等環境友善塑膠材料，生質塑膠主要是以生物可分解(堆肥)及可再生能源為主的原料構成，可區分為澱粉類生質塑膠(Starch-based polymers)、脂肪族聚脂—聚乳酸(Polylactic Acid, PLA)與聚羥基鏈烷酸酯(PHAS)，目前產業應用上以 PLA 材料最為廣泛使用，集中在食品容器如冷飲杯與生鮮食品盒。由於 PLA 材料本身熱變型溫度(Heat deflection temperature)偏低、射出成型週期時間(Cycle time)過長、成型收縮安定性與耐衝擊強度不佳等性質，無法直接應用於耐久性塑膠產品，需經改質補強步驟來改善基本性質才可符合耐久性塑膠相關製品應用性。

綜觀全球化產業面臨之挑戰，主要為乙烯進料多元化及輕質化，造成區域市場競爭變化，其次能源需求改變，使成品油轉向化學品生產，以及全球對環保規範的提高，如推行限塑政策。同時也創造新市場發展機會，包括對低污節能製程、終端產品易回收與可分解材料的需求，加速發展差異化與高值之綠色創新材料，提升產品差異性。

第二章 國際煉化大廠因應策略與思維

為因應未來能源轉型趨勢及改善氣候變遷、空氣污染等環境議題訴求，國際大型煉油石化業紛紛進行營運與投資策略之調整，同時運用新觀念與新技術調整煉製結構、設備汰舊更新等相應技術，以提升自身生產技術水平與市場競爭力，例如石化產業發展多元進料使進料更具彈性，或減少燃油生產以提高化學品產出。另一趨勢則藉由數位技術發展，推動自動化系統並導入大數據及 AI 人工智慧，進行製程改善、節約能源、防治污染等作為，提升生產品質及效率，降低廠內能源使用。本章將研析國際煉化公司組織與投資策略變革，並聚焦煉油石化業相關新技術發展與新興技術發展趨勢，藉以了解煉化產業因應未來趨勢之策略與思維。

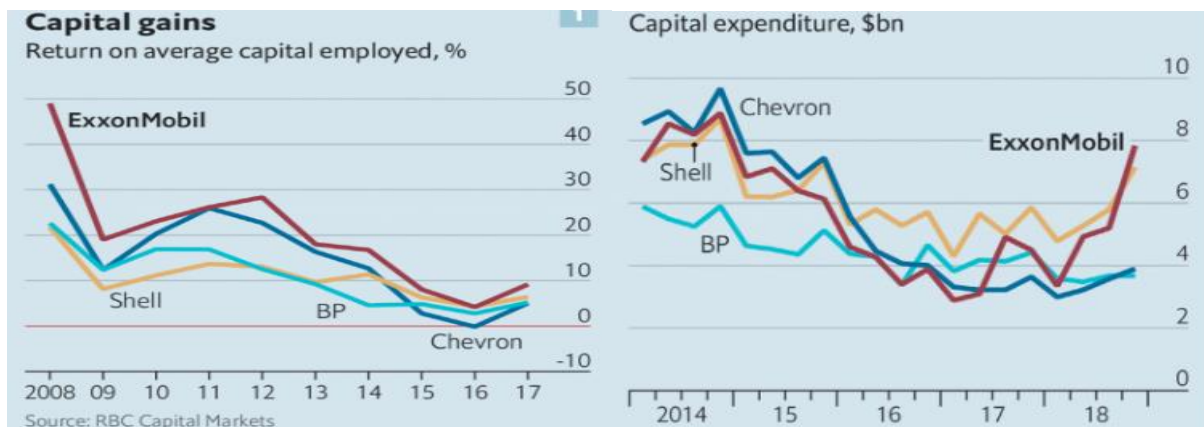
一、組織及投資策略變革探討

隨著京都議定書(Kyoto Protocol)、2015 年巴黎協議(Paris Agreement)等溫室氣體減排協議相繼生效，各締約國減碳力道轉強，並逐漸帶動全球能源消費結構往低碳能源轉型，且受到新興國家產能提升、油價劇烈波動、金融海嘯等大環境變動影響，國際石油與石化公司紛紛思考改變投資策略與企業組織，以因應瞬息萬變的環境，後續將針對國際大石油公司與石化公司轉型策略進行探討。

(一)國際大石油公司

近年來世界各大石油公司分別從油品高值化、天然氣擴大利用、電動車研發以及再生能源等跨領域方向發展。全球三大石油業龍頭－殼牌石油公司(Royal Dutch Shell)、英國石油公司(BP)以及埃克森美孚石油公司(ExxonMobil)，不似其他國家石油公司尚須考量國內政經情勢，而是能依市場趨勢靈活調整經營策略，並透過探索未來情境來思考整體經營策略，作為跨領域業務發展之參考依據。

自從 2008 年資本利得達高峰後，後續幾年由於油價相對低廉而使得石油公司開採獲利縮減，2017 年均萎縮至 9%以下，進而壓縮投資力道，2014-2016 年間，三大國際石油公司資本投資均出現較大幅度減少。其中以 ExxonMobil 資本投資調整力度最大，幾乎削減了一半；而 BP 資本投資調整力度最小，但降幅也幾乎達到 25%。各大石油公司開始逐漸轉型，朝向新能源發展，逐漸提高新能源投資力道，使得資本支出開始穩定上升(圖 20)。



資料來源：The Economist(2019)；ExxonMobil gambles on growth.

圖 20 各大石油公司資本利得與資本支出變化圖

以下將以上述三大石油公司為例，說明其能源產業經營策略規劃，進而探討目前其公司於新能源等非油氣領域業務之實務經驗，與組織與投資行為調整情形。

1. 殼牌石油公司 Shell

(1) 能源產業經營策略

Shell 於 2013 年提出兩種情境－「高山」(Mountain)以及「海洋」(Ocean)，其兩種情境主要差異則是在社經環境以及能源需求結構的不同，高山情境主張少數強國主導經濟發展進而使得石油需求提早達到峰值；海洋情境則為全球民意主導經濟發展，進而使得石油需求減緩達到峰值。

雖然不同社經環境發展趨勢將使得各類能源需求出現差異，但整體而言，無論是在高山或海洋情境，皆預估至 21 世紀結束前，全球能源需求將往再生能源方向轉型。Shell 並於 2016 年提出石油、天然氣以及其他能源經營策略。

A. 石油

石油為 Shell 主要經營業務，在上游原油開採業務部分，生產方針以拓展油源為目標，逐漸轉為維持產能，並機動衡量傳統以及非傳統原油的資源和探採成本情形，靈活調整原油生產來源。

下游產業則分為成品油與石化產品兩部分，成品油在面臨需求減少情況下，未來將朝向於油品高值化、清潔燃料等技術來研發產品，以此增加國際市場競爭力，並積極符合國際減碳排放規範；石化產品因用途較廣，且期望能應用在再生能源發電設備零組件，預期未來需求將增長，Shell 未來將持續提高投資研發石化產品於再生能源及其他產業領域的應用技術，並開發新興市場。

B. 天然氣

Shell 預估未來數十年天然氣需求依然呈現增長趨勢，故將持續布局傳統氣田和頁岩氣等油氣源探採計畫，提高天然氣產量，並透過相關碳捕捉 (Carbon capture storage；CCS) 技術改良，減少探採過程的碳排放量。

下游業務部份，為因應天然氣廣泛使用於發電及運輸部門之趨勢，將在全球持續擴增儲槽，並投入天然氣車輛技術研發，以便後續拓展下游銷售市場版圖。另一方面，天然氣亦能轉化為液體後做成清潔燃料、清潔劑或者塑膠原料，進入石化產業鏈，故 GTL (Gas to liquid) 製程技術同樣為重要研發投資專案計畫。

(2) 跨領域業務發展情形

Shell 涉足再生能源產業，例如投資生質燃油技術研發、進軍歐美風電市場以及太陽能薄膜電池，近年來為拓展「新能源」部門業務，除持續投入再生能源產銷及技術研究外，並開始積極跨足氫能與電動車領域。

再生能源種類繁雜，Shell 考量過往經驗與能源需求前景，著重於風力、太陽能以及生質燃油等產業。風力與太陽能業務藉由產業合作基礎下，加強廠址開發與技術研發工作，拓展再生能源電力市場版圖；生質燃油業務同樣擁有豐富生產與研發經驗，後續將著重於布局全球銷售市場和提升生質燃油品質。此外 Shell 亦規劃於全球探索氫能消費市場，並投資再生能源製氫技術改良，減少化石燃料產生氫氣比例。

A. 再生能源

(A) 生質燃油

Shell 於 2010 年為搶攻南美生質燃油市場，與巴西蔗糖以及酒精製造商 Cosan 合資成立 Raizen 公司，其業務涵蓋酒精原料提煉與出口，且摻配成 V-Power Ethanol 於當地銷售，2011 年 Raizen 公司酒精產能已達約 20 億公升/年。另外為更進一步拓展巴西市場與提高產能，2014 年 Raizen 公司收購擁有 200 多家加油站的燃油經銷商 Distribuidora Latina，同年並與 Logen 公司合作，在巴西東南部 Piracicaba 市興建纖維素酒精工廠，以便能充分利用甘蔗殘渣，2016 年部分設施投產後已提高整體產能約 690 萬公升/年，預期工廠完工後，產能將提高約 4,000 萬公升/年。

(B) 太陽能

2007 年前，Shell 曾產銷太陽能薄膜電池，並與國際建材商 Saint-Gobain 於德國合資成立 Avancis 公司，興建產能 60MW 的電池廠。2007 年日本昭和殼牌公司 (Showa Shell Sekiyu K.K.) 亦曾興建產能 20MW 太陽能薄膜電池工廠，惟 2009 年 Shell 撤資後，便未見其餘太陽能電池市場有相關進展。

2012 年 Shell 調整業務方向，轉投資太陽能，強化石油增產技術 (Enhanced Oil Recovery；EOR)，在刺激產量同時還可兼顧環保，並投資美國加州 Glass

Point 太陽能公司改良其相關技術。2013 年 Glass Point 太陽能公司產能 7MW 的太陽能 EOR 示範廠於阿曼落成，提供 50 噸/日蒸氣予阿曼石油發展公司 (PDO) 使用，進而促成 2015 年 Glass Point 太陽能公司與阿曼石油發展公司簽署 Miraah 電廠合資計畫，於當地興建產能 1,021MW 的太陽光電廠，能供應 Amal west 油田 6,000 噸/日蒸氣。

2016 年 Shell 在因應減碳趨勢以布局長期轉型情形下，除了開始嘗試調整部分加油站之供電來源外，並於 2017 年宣布投資 Sunseap Group 公司，該公司位於新加坡擁有至少 160MW 以上的太陽光電供電合約，並計畫進軍東南亞鄰國供電市場。2018 年底，美國 EDF 再生能源公司和 Shell 簽署為期 15 年的電力購買協議，供給 100MW 太陽能電力，該裝置位於加利福尼亞州里弗賽德縣，預計到 2020 年底開始提供清潔能源。

(C) 風力

經過數年市場探索研究，Shell 開始關注風電相關零組件技術，著重降低發電成本與安裝，以及噪音改善等研發計畫，於 2014 年投資荷蘭 2-B Energy 公司，支持其改良雙葉片 (Two-blade) 風機，2016 年投資英國 Kite power systems 公司的風箏式風機技術，該公司亦成功製造 40MW 產能的示範機組。2019 年也與 Alphabet 旗下之 Makani 公司合作發展，在 1,000 英尺高度迎合風力帶動渦輪，藉此產生電力之研發計畫，主要佈署在海面或風勢較強地帶。未來預期將會持續精進現有風力發電技術，提升綠能取得效率。

Shell 也發展風力發電相關業務，2016 年開始於英國、加拿大以及加彭等國於石油鑽井裝設風電機組，替代原有的柴油發電機，同年重返歐洲離岸風電市場，與荷蘭 Eneco Group 及日本三菱商事子公司 Diamond Generating Europe，贏得荷蘭兩處風場競標，機組裝置容量預計共達 680MW，Shell 亦宣布將承購半數發電量供當地客戶使用。

B. 氫能

Shell 於 2011 年分別在德國柏林與美國洛杉磯的加油站另設加氫裝置，並嘗試以水電解製程作為洛杉磯加氫站之供應來源。但後續氫能業務一度陷入停滯，2015 年於德國與美國的加氫站數量僅分別新增 3 座與 2 座，但同年偕同道達爾 (Total)、法國液空集團 (Air Liquide)、德國戴姆勒集團 (Daimler)、林德集團 (Linde Group) 以及奧地利石油天然氣集團 (OMV) 等國際石油、氣體和汽車大廠，成立 H₂ Mobility，規劃未來 8 年內將德國加氫站從 17 座提高至 400 座，為其氫能業務打開新局面。

2017 年在「綜合天然氣和新能源」部門推展業務下，Shell 於氫能領域蓬勃發展，2017 年 11 月成功在英國倫敦擴展 3 座加氫站。於美國氫能市場則與豐田汽車公司合作，2017 年洛杉磯加氫站數量提高至 7 座，更擬定 2024 年達到 100 座的目標。2019 年 11 月與丹麥 Everfuel 進行戰略合作，將於殼

牌煉油廠區內建造北歐最大氫工廠，約 10 噸容量的儲氣設備，其產能可供應煉油廠全面轉型使用再生能源發電的需求，並且提供氫能給 4,000 輛/日燃料電池公車與卡車使用。

C. 電動車

Shell 自 2017 年下半年積極在電動車領域發展，並搶占歐洲充電站市場。該年 10 月於英國倫敦設立首座充電站，並規劃於年底前提高英國充電站數量至 10 座，並收購歐洲最大充電業者荷蘭 New Motion，該公司於英國、法國、德國以及荷蘭的充電客戶數逾 3 萬戶，含企業與家庭用戶在內。2017 年 11 月 Shell 再宣布與國際汽車龍頭合資企業 Ionity (Audi、BMW、Ford、Porsche、Volkswagen) 結盟，規劃於 2020 年前於歐洲 12 國(德國、挪威、比利時、英國、法國、荷蘭、奧地利、捷克、匈牙利、波蘭、斯洛伐克以及斯洛維尼亞)設立 400 座快速充電站，Shell 指出，350 KW 充電功率搭配 Ionity 技術可讓電動車(Electric Vehicle；EV)充電時間縮短至 5 至 8 分鐘。2019 年洛杉磯 PR News wire 報導美國電動汽車充電和能源管理軟體及解決方案的領導者 Greenlots，宣布成為 Shell 綜合天然氣和新能源美國有限責任公司的全資子公司，預計將加速朝向更安全、更清潔、更可實現的未來移動生態系統。

Shell 長期憑藉其雄厚資產，並透過研發投資以及合併經營策略，成功於再生能源領域立下發展基礎。近年來更跨足儲能與電動車業務領域，並進一步走向實務經營，以直接收購企業或入股方式布局全球減碳能源市場，目前仍持續加碼再生能源及儲能業務預算，根據 Thomson Reuters(2017)指出，Shell 已將預算提高至每年 10 至 20 億美元，可預見其後續將更積極轉型並經營綠能相關產業。

2. 英國石油公司 BP

(1) 能源產業經營策略

BP 組織改進方案為油氣業務之減排脫碳與積極拓展再生能源兩者齊頭並進，一方面對傳統能源產品的深度清潔化；另一方面提供更多清潔能源，提高低碳能源在產品中的占比。在傳統業務方面，透過減少石油和天然氣運營排放量、生產更先進的潤滑油幫助客戶減排、利用餐飲廢油生產航空燃料、提供能耗更少的化工產品。在再生能源方面，除了生質燃料和風力外，亦重新進入太陽能領域。

A. 石油

在 2014-2016 年低油價時期，BP 為填補上游開採部門獲利減少之缺口，脫手相對獲利較佳之中下游煉化部門資產，包括以 30 億美元出售上海賽科石油化工有限責任公司 50% 的股份、出售英國石油管道(United Kingdom Oil Pipeline)部分股份及出售在印度下游企業 Castrol India 11.5% 股份，以優化公司財務水準。

另一方面為符合國際節能減碳規範，朝向油品高值化、清潔燃料等技術來研發產品，以增加國際市場競爭力；石化產品因用途較廣，且能應用在再生能源發電設備零組件，預期未來需求持續成長，BP 將持續提高投資研發石化產品在再生能源及其他產業領域之應用技術，並開發新興市場。

B. 天然氣

BP 公司預估未來數十年天然氣需求依然呈現成長趨勢，故重新聚焦天然氣、深水與巨型油氣田等上游優質資產，不斷加強在巴西、墨西哥灣、北海和安哥拉深水等區域之油氣資源獲取，並與科威特國家石油公司以及中國大陸石油簽訂多份戰略合作協議，參與其上游資源勘探開發活動，以提高天然氣產量，並透過碳捕捉、利用與封存技術(Carbon Capture, Utilization and Storage; CCUS)的改良，減少採採過程的碳排放量，自 2005-2015 年期間以來，BP 在低碳業務方面投資已超過 80 億美元。下游業務部份，為因應天然氣將廣泛使用於發電以及運輸部門，未來將持續於全球擴增儲槽，以便後續拓展下游銷售市場版圖。

(2) 跨領域業務發展情形

BP 涉足再生能源產業，例如投資生質燃油技術研發、進軍歐美風電市場以及太陽能發電站，持續投入再生能源產銷以及技術研究外，亦開始積極跨足電動車領域。

A. 再生能源

(A) 生質燃油

BP 預估 2030 年生質燃料占交通燃料總量至少 12%，故 2011 年開始涉足生質燃料領域，並與合資企業 Viverno 燃料公司在英格蘭東部城市赫爾(Hull)興建生物乙醇製造廠，使用超過 100 萬噸小麥以生產生物乙醇和高動物性蛋白飼料，可節省超過 60%碳排放量。2013 年生質燃料投資達 83 億美元，同時巴西酒精工廠產量也達約 4.92 億升/年。2016 年為發展航空生質燃料，投資美國支點生物能源公司(Fulcrum BioEnergy)3,000 萬美元，除投資入股，也與支點公司簽下 10 年合約，向北美廠購買 19 億公升生質燃料。BP 航空燃料部門 Air BP 每年銷售 70 億加侖航空燃料。惟自從 2017 年底 Viverno 燃料公司全面停止生產後，至今無生質燃料投資計畫。

(B) 太陽能

BP 早在 1980 年代就投入太陽能產業，從事製造和安裝太陽能電池，但不敵大陸的低價競爭而無法獲利，最終在 2011 年黯然結束這項事業。直到 2017 年才又重新進入太陽能市場，宣布以 2 億美元入股歐洲最大太陽能開發商 Lightsource 43%股權，並更名為 Lightsource BP，轉向開發和管理太陽能計畫，並開發太陽能發電站。

(C)風力

2007 年 BP 開始涉足風力能源投資，並於美國與荷蘭設置風場，2011 年於美國堪薩斯州中南部占地 66,000 英畝土地上投資 8 億美元，與奇異電子 (GE) 合作設立一座 419MW 的風力發電場，並出售 75% 電力給 Associated Electric 公司，其提供的電力可滿足約 50 萬戶家庭用電需求。惟 2013 年由於受到中國大陸低價競爭影響，一度想要出售旗下美國風力發電業務，卻以無媒合買家而做收。

2018 年 BP 又重回風電市場，與特斯拉於美國南達科他州合作 Titan 1 號風力發電廠，並安裝特斯拉電池，該發電廠有 10 台風力發電機，發電量達 25 MW，估計每年可提供約 700 戶家庭所需能源。特斯拉 Powerpack 系統將提供 212 千瓦/840 千瓦每小時的電力存儲，能夠讓發電廠存儲風力充足時產生的電能，並且在用電高峰期提供充足電力，以達到更好效果。BP 正在努力創建長期可持續風電能源業務，並進一步向低碳未來轉型。

B.潔淨能源

BP 於 2004 年投資碳捕捉、利用與封存相關技術，於阿爾及利亞撒哈拉沙漠天然氣田展開計畫，除了從當地生產之天然氣中提取二氧化碳輸入地下並封存，並於 2009 年達到處理 100 萬噸/年二氧化碳的規模。另外於阿拉伯聯合大公國亦有進行 CCUS 專案，不過由於建造碳捕獲和儲存過程所需能量會造成淨能量損失，且捕獲和儲存碳所需設備如管道和壓縮機等，也需要能源來生產，皆會使得發電廠碳捕獲淨能量輸出減少，近年較無相關投資計畫，並改而以再生能源發展取代。

C.電動車

2018 年 1 月 BP 投資 500 萬美元於 Freewire 電動車充電公司，5 月以 2,000 萬美元買下以色列快速充電技術公司 StoreDot，並於 6 月以 1.6 億美元收購了英國最大的充電服務商 Chargemaster，將其改名為 BPChargemaster。BP 本身在英國已經設立 1,200 座電動車充電座，Chargemaster 則擁有 6,500 座充電座，其中有 300 座快速充電座，分佈於家庭、企業，與公共空間，總計有 4 萬名會員，以月費 7.85 英鎊提供服務，透過大規模收購充電服務公司，以快速擴增旗下電動車充電座總數規模，發展便利與快速充電，為能源轉型的主要基石。

2019 年 BP 旗下的風投部門 BP Ventures 投資中國大陸電動車充電平臺初創公司「電享科技」，提供聯接電動汽車車主、充電服務運營商和電力供應商的物聯網雲平臺，透過雲端系統，電力供應商可以監控和預測電網狀態，以優化和避免電網區域超載充電。

3. 埃克森美孚石油公司 ExxonMobil

(1) 能源產業經營策略

ExxonMobil 分析認為化石能源需求將持續增長，化石能源應保持其核心地位。然而為應對投資者壓力，2018 年發布碳報告公開討論氣候變化和環境政策的影響，制定「氣候變化風險管理戰略」，包括減少碳排放，開發可擴展的技術解決手段，為客戶提供低碳解決方案，並參與氣候變化政策，包括美國碳稅立法。2000 年以來，公司在能源效率和低碳技術投資超過 80 億美元，其中約 40 億美元用於提高上游油氣運行效率，減少碳排放量，另外 40 億美元用於下游提高效率 and 減排。與 BP、Shell 相比，ExxonMobil 在低碳領域投資重心在於研發，而非新專案計畫發展。

A. 石油

石油為 ExxonMobil 主要經營業務，在上游原油開採業務部份，生產方針將以拓展油源為目標，後續則轉為維持產能，並靈活調整原油生產來源。下游部分未來將朝向於油品高值化、清潔燃料等技術來研發產品，以此增加國際市場競爭力，並積極符合國際減碳排放規範，並持續開發新興市場。

ExxonMobil 在優化油氣資產結構過程中選擇穩健經營，採取長、短週期相結合的方式，既加強週期較長之戰略性資產佈局，也關注盈利能力強、投資風險低的短週期之戰術性資產佈局。在短週期戰術性資產調整方面，ExxonMobil 與雪佛龍公司達成協議，計劃向哈薩克斯坦田吉茲油田擴建專案，並投資 368 億美元，這是自油價大跌以來最大規模的油田逆勢擴建投資，預計此次擴建投資將使田吉茲油田產量從目前的 80 萬桶油當量/日增加至 100 萬桶油當量/日，將於 2022 年完成擴建並投產。

B. 天然氣

ExxonMobil 週期較長之戰略性投資為強化液化天然氣的投資組合，收購美國獨立石油公司 Inter Oil，取得該公司深水勘探區的權利，進一步加強天然氣市場地位；更同卡塔爾石油公司以 70:30 的權益比例成立液化天然氣營銷公司 Ocean LNG，並與專注於美國墨西哥灣沿岸的巴西電力公司簽訂長期供應協議。ExxonMobil 計劃與卡塔爾石油公司共同開展上游開發業務，強化卡塔爾石油公司液化天然氣上中下游一體化，並從中獲取利潤。

ExxonMobil 同樣預估未來數十年天然氣需求依然呈現成長趨勢，故將持續布局提高天然氣產量，並透過相關碳捕捉再利用技術的改良，減少採採過程的碳排放量。

(2) 跨領域業務發展情形

ExxonMobil 涉足再生能源產業，主要投資生質燃油技術研發，相較於上述兩家歐洲大石油公司整合再生能源業務或成立新的投資單位，ExxonMobil 並沒有為新能源業務進行組織機構的相應設置，以相對保守的態度進行相關

領域投資，但仍持續投入相關技術研究，每年對新能源研究資金投入預估達 10 億美元，尤其在碳捕捉技術方面更是領先全球。

A. 生質燃料

ExxonMobil 於生質燃料領域持續涉足，2009 年與合成基因體學公司 (SGI) 宣布合作投資 6 億美元研發藻類生質燃料(algal biofuel)，並開發運用微藻、藍綠藻等藻類，一方面產製運輸用燃油，另一方面利用光合作用過程，吸收大量二氧化碳，達成減碳目標。2010 年於美國南加州占地 8,500 平方呎溫室設施，利用藻類大規模生產成本低廉燃料，2017 年發表新技術，將藻類內部燃油含量自 20% 提升至 40%，提升幅度高達一倍。更與美國生物基因公司 Synthetic Genomics 合作，目標在 2025 年以具競爭力的價格，量產藻類生質燃料，預計每日生產 10,000 桶生質柴油或航空燃油。2019 年與特種化學品柯萊恩公司以及 Renewable Energy Group(REG) 共同簽署聯合研究協議，評估採用農業廢棄物與殘留物纖維素糖來生產生質燃油，與利用工業微生物在發酵過程中將複雜的纖維素糖轉化為低碳生物柴油，並期望透過此減少二氧化碳排放。

B. 潔淨能源

自 2000 年以來，ExxonMobil 已投入近 70 億美元在減少溫室氣體排放技術。在碳捕捉與封存領域上擁有豐富多年經驗，從 1970 年以來比其他公司累積捕獲更多 CO₂，約占總捕獲量的 40% 以上，截至 2015 年總計捕獲封存 690 萬公噸 CO₂，相當於 100 萬輛乘用車 CO₂ 年排放量。更於 2016 年宣布與燃料電池能源公司(Fuel Cell Energy)合作發展，透過引入碳酸鹽燃料電池技術進行天然氣發電站點的 CO₂ 捕捉。2018 年研發成功並發現透過應用此項技術，可以比現有傳統 CCS 技術更有效地捕獲 90% 以上天然氣發電廠 CO₂ 排放量，並大幅減少 33% CO₂ 捕捉成本。

ExxonMobil 也積極參與學術研究，2014 年成為麻省理工學院能源倡議的創始成員，旨在共同推廣和探索以新能源為重點的能源未來，並更有效地利用傳統能源；2015 年加入麻省理工學院能源倡議的碳捕捉封存中心；2016 年投資德克薩斯大學奧斯汀分校 1500 萬美元進行相關研究。截至 2018 年，已與全球 80 多所一流大學合作，包括普林斯頓大學、麻省理工學院、斯坦福大學與新加坡能源研究所等。

綜整而言，三大公司皆投入生質燃料領域，而 Shell 與 BP 在太陽能、風力及電動車領域研發投入較多；ExxonMobil 則關注發展碳捕捉相關技術，並致力於環保減排目標，彙整三大石油公司跨領域發展情形如下表所示。

表 5 國際石油公司跨領域投資

領域	公司	具體作為
太陽能	Shell	• 2007 年產銷太陽能薄膜電池並興建工廠 • 2012 年調整業務方向，轉投資太陽能，強化石油增產技術 (EOR) • 2013 年投資美國 Glass Point 太陽能公司，該公司於阿曼興建產能 7MW 的太陽能 EOR 示範廠 • 2015 年 Glass Point 公司和阿曼石油發展公司簽署 Miraah 電廠合資計畫 • 2017 年宣布投資 Sunseap Group 公司，計畫進軍東南亞鄰國供電市場 • 2018 年與美國 EDF 再生能源公司簽署 100MW 太陽光電購買協議
	BP	• 1980 年代投入太陽能產業，從事製造和安裝太陽能電池 • 2017 年以 2 億美元入股歐洲最大太陽能開發商 Lightsource 43%股權，轉向開發和管理太陽能計畫，並開發太陽能發電站
風力	Shell	• 2014 年投資荷蘭 2-B Energy 公司，改良雙葉片風機 • 2016 年投資英國 Kite power systems 公司風箏式風機技術，興建 40MW 產能之示範機組 • 2019 年與 Alphabet 旗下之 Makani 公司合作發展可於 1,000 英尺高度迎合風力帶動渦輪
	BP	• 2007 年於美國與荷蘭設置風場 • 2011 年與奇異電子(GE)合作於美國堪薩斯州投資 8 億美元設立 419MW 風力發電場，並出售 75%電力給 Associated Electric 公司 • 2018 年與特斯拉在美國南達科他州合作風力發電廠，並安裝特斯拉電池
生質燃料	Shell	• 2010 年與巴西蔗糖及酒精製造商 Cosan 合資成立 Raizen 公司，負責酒精原料提煉與出口，且摻配成 V-Power Ethanol 銷售 • 2014 年 Raizen 公司收購燃油經銷商 Distribuidora Latina • 2016 年與 Logan 公司合作興建纖維素酒精工廠，利用甘蔗殘渣生產，整體產能約 690 萬公升/年
	BP	• 2011 年與 Vivergo 燃料公司於英格蘭東部興建生物乙醇製造廠 • 2013 年對生質燃料投資達 83 億美元 • 2016 年投資美國支點生物能源公司 (Fulcrum BioEnergy)3,000 萬美元發展航空生質燃料

領域	公司	具體作為
	ExxonMobil	• 2009 年與合成基因體學公司投資 6 億美元研發藻類生質燃料(algal biofuel) • 2010 年於美國南加州利用藻類大規模生產成本較為低廉之燃料 • 2017 年發表可將藻類內部燃油含量自 20%提升至 40%之技術 • 2019 年與特種化學品柯萊恩公司以及 REG 共同簽署聯合研究協議發展生質燃油與柴油
電動車	Shell	• 2017 年於英國倫敦設立首座充電站並收購荷蘭 NewMotion 充電公司 • 2017 年與國際汽車龍頭合資企業 Ionity 結盟設立快速充電站 • 2019 年併購美國電動汽車充電和能源管理軟體 Greenlots 公司
	BP	• 2018 年 1 月投資 Freewire 電動車充電公司 500 萬美元 • 2018 年 5 月以 2,000 萬美元買下快速充電技術公司 StoreDot • 2018 年 6 月收購充電服務商 Chargemaster • 2019 年投資中國大陸電動車充電平臺服務公司-電享科技
碳捕捉技術	Shell	• 研發相關 CCS 技術，減少天然氣採採過程的碳排放量
	BP	• 2004 年投資 CCS 相關技術，於阿爾及利亞撒哈拉沙漠的天然氣田展開計畫 • 2009 年達到年處理 100 萬噸二氧化碳之規模。
	ExxonMobil	• 自 2000 年開始已投入近 70 億美元於溫室氣體減排技術 • 2015 年捕獲封存 690 萬公噸 CO₂，相當於 100 萬輛乘用車 CO₂ 年排放量 • 2015 年加入麻省理工學院能源倡議碳捕捉封存中心 • 2016 年宣布與燃料電池能源公司(FuelCell Energy)合作引進碳酸鹽燃料電池技術，進行天然氣站點之碳捕捉研究，2018 年成功研發並應用 • 2016 年投資德克薩斯大學奧斯汀分校 1500 萬美元進行碳捕捉研究

資料來源：本報告彙整。

4.國際三大油公司組織與投資行為調整

綜觀世界三大石油公司在近年來相關組織改革及投資，可以發現其在油價持續落底同時，各石油公司紛紛對未來新能源成長願景做出描繪，結合當前企業所擁有之基礎，選擇與現有業務關聯程度高、前景明朗的新能源業務，縱使組織改革方法不盡相同，但皆有加強投資力道的現象，期望達到企業轉型目標。

歸納成下列兩點。

(1)投入關鍵技術研發

自 2014 年低油價影響，大幅降低三大國際石油公司營業收入和淨利潤，導致各公司大幅削減資本投資金額，研發投入金額整體來說維持相對穩定或略有下降，但以研發投入強度衡量，研發比重不降反升。三大國際石油公司皆重視關鍵技術研發，以維持公司在油氣行業長期競爭力，而為獲得快速進入新市場的機會，國際石油公司選擇收購、併購、控股該領域具有領先優勢公司或成立合資公司。

(2)調整組織結構與投資組合

為促進新能源業務發展，國際石油公司透過調整企業組織結構與管理模式，創立新能源業務單位協助執行，以 Shell 為例，Shell 以穩健轉型為目標，維持原油石油及成品油業務，逐漸調整經營業務至石化、天然氣以及再生能源領域，於 2016 年整併其上下游部門，成立「綜合天然氣和新能源」(Integrated gas and new energies)部門，以利後續轉型布局。

而現有業務關聯度不高且未來發展前景不確定的新興產業，則通過企業技術部門成立風險投資部門，運用多種投融資方式，進行「小規模、多領域」培育，為公司培育和儲備新技術與新商業模式，以 BP 為例，BP 於 2006 年成立風險投資部門(BP Ventures)，在全球主要有五個投資方向，包括先進移動技術(advanced mobility)、電力和儲能(power and storage)、數位化變革(digital transformation)、碳管理(carbon management)、生物和低碳產品(bio and low carbon products)。

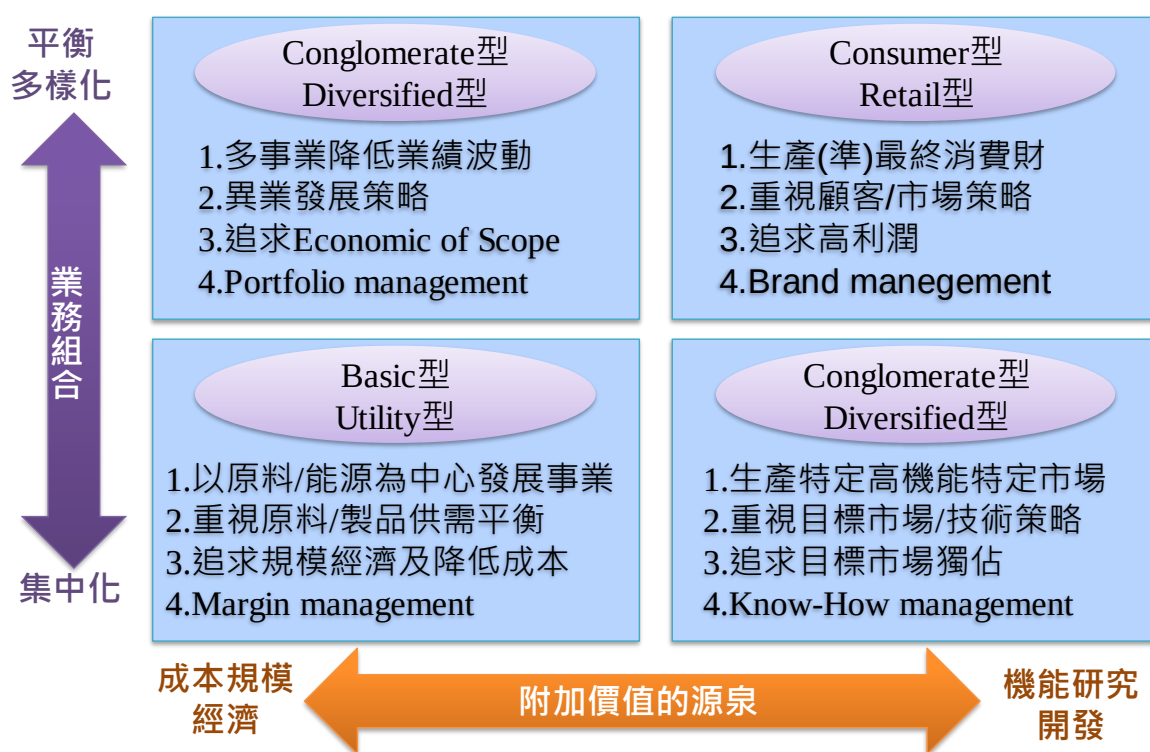
(二)國際石化公司

近年石化產業受環保問題、新興國家產能提升、油價劇烈波動、金融海嘯等大環境變動影響，使國際石化大廠必須做出因應對策以維持該公司永續經營，歐美石化大廠 Dow Chemical、Dupon 與 BASF 等業者不斷透過併購(Mergers and Acquisitions；M&A)及退出其他業者事業體，以作為持續獲利及成長動能，例如 Dupon 公司早期以生產火藥為主，1920 至 1990 年代以生產化學品為主，2000 年後又以開發新技術為主，生產農業、塗料塗裝、機能材料、電子材料等次世代產品。以下將針對石化公司成功轉型案例進行研析，作為我國石化業者永續經營規劃參考方向。

1.國際石化大廠業務組合及附加價值轉向

分析目前國際石化大廠可將分為四種類型，以公司業務分類成多樣化或集中化，產品附加價值則分成成本規模經濟或機能研究開發(圖 21)。其中業務多樣化以規模經濟發展者稱為集團型(Conglomerate)，為透過多種事業部門降低業績波動，並與異業發展策略方式；其次，採取業務集中化以規模經濟發展策略為基礎型(Basic)，並以原料及能源為中心發展，以降低成本為要務；若以業

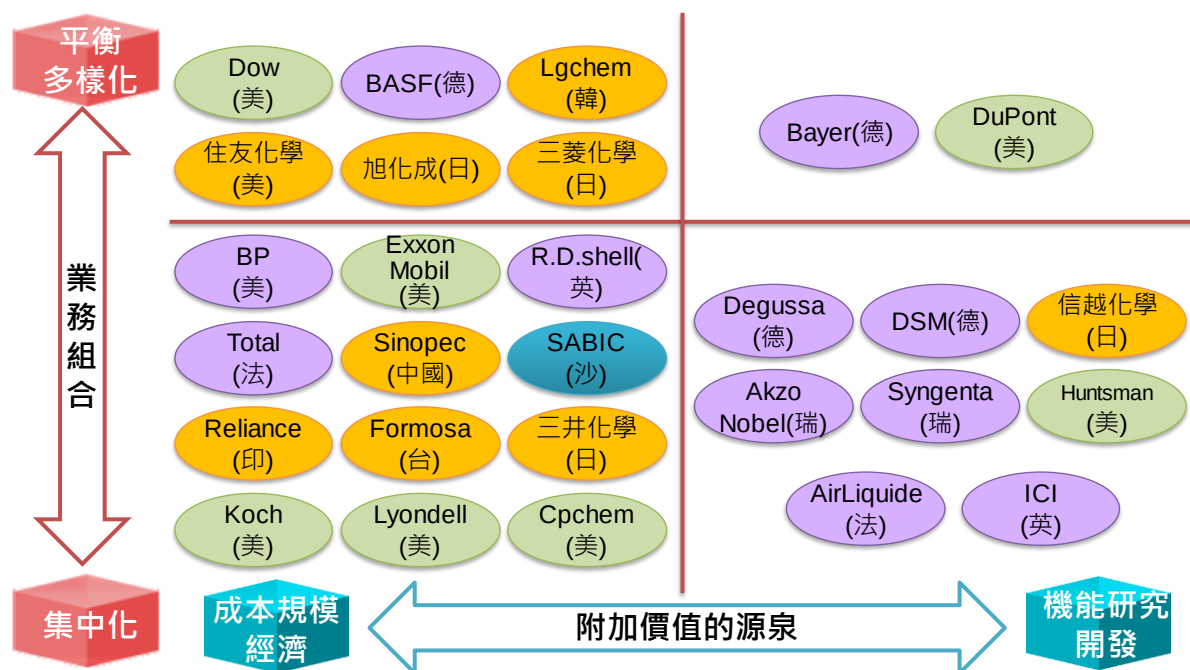
務集中化發展高值產品者為特化型(Specialty)，該類型以生產特定高機能產品為主；最後，採取多樣化發展高值化策略為消費者型(Consumer)，此類業者以生產最終消費財為主，配合消費者需求而生產製品。



資料來源：Mizuho Industry Focus(2018)；本報告彙整。

圖 21 國際石化業者發展之不同型態

歐美石化業者如 BASF 以一體化集團型發展方式，Dupont 及 Bayer 以生產最終消費財並創造品牌效益，以及 DSM 生產特定高機能產品，鑒於上述業者，均逐漸由基礎型轉型事業體發展最終消費財事業(圖 22)。而觀察日本石化業者，由基礎型經由事業統合及集中發展，部分石化業者轉變為集團型如旭化成、住友、三菱等，並發展多樣電子化學品。反觀我國石化業由 1968 年開始中油一輕，數十年間我國石化業者大多數只有產能增大，目前仍停留於基礎型，尤以中油多以生產基本化學原料為主，僅少數如長春已發展特化為主，因此未來轉型發展將成為石化業的重要課題。



資料來源： Mizuho Industry Focus(2018)；本報告彙整。

圖 22 國際主要石化公司發展型態分類

國際主要石化公司為因應市場變化，針對營業項目選擇以分拆(Spin off)、併購(M&A)、合資(Joint Venture；J/V)等轉型方式維持競爭力。公司型態有專營生產大宗石化品，以低附加價值以量取勝方式，也有專營特用化學品，提高附加價值方式，亦或以合併方式持續成長。但為因應外部環境變化，國際石化大廠對營業項目，仍會對其業務與投資進行調整，經整理 BASF、Dow Chemical、AkzoNobel、Dupon 等石化業者經營變化(圖 23)，可看出大多數業者在泛用化學品及醫藥部分已開始降低投資，而在機能性化學品部分則開始增加投資，國際石化大廠業務組合及轉變均為因應市場對產品需求而變化。

業務組合	BASF	Dow	Akzo Nobel	DuPont	Evonik	Ecolab	Bayer	3M	Honey well	DSM	Arkema
學營業額(2016)百萬美元	60,653	48,158	15,719	19,679	14,097	7,653	10,978	7,329	3,930	8,769	8,343
石油及天然氣	↑			↓	↓						
基礎原料/中間原料	→	↑			↓		↓		→	↓	
泛用石化。樹脂	↓	↑		↓	↓		↓			↓	↓
肥料	↓									↓	
纖維		→	↓	↓			↓				
無機化學		↑	→	↓	↓		↓		→		
觸媒		↓	↓						↑	↓	
聚氨酯/原料	→	→					→				
塑膠	→	→									
工程塑膠	→	→		→	↑		→		→	→	→
塗料。油漆	→	↑	↑↓	↓				↑	→		↑
高機能纖維		↑		→						→	
電機。電子	↑	↑	↓	↑↓			→	↑	→		
汽車		↑		→		↓	→	↑	→		
水處理		↑				↑		↑			
建築。基礎設施	↑	→			↓	↑		→			
能源	↑	↑		→	↓	↑		↑	↑		
農業(種子、農藥)	↑	↑		↑			↑↓				
生物科技	↑	↑		↑			→			↑	
生物樹脂	↑	↑↓		↑							↑
營養品	↑	→		↑	↑↓					↑	
護理用品	↑	→			↑↓	↑	↑	↑	→		
醫療保健		→			→	↑	↑	↑	→		
醫藥品	↓		↓	↓	↓		↑↓	↓		↓	
↓降低投資	↑↑增加投資	↑↑增加投資	↑↓增加&降低	→維持現狀							

資料來源：Mizuho Industry Focus(2018)；C&EN；本報告繪製。

圖 23 國際石化大廠業務組合及轉變

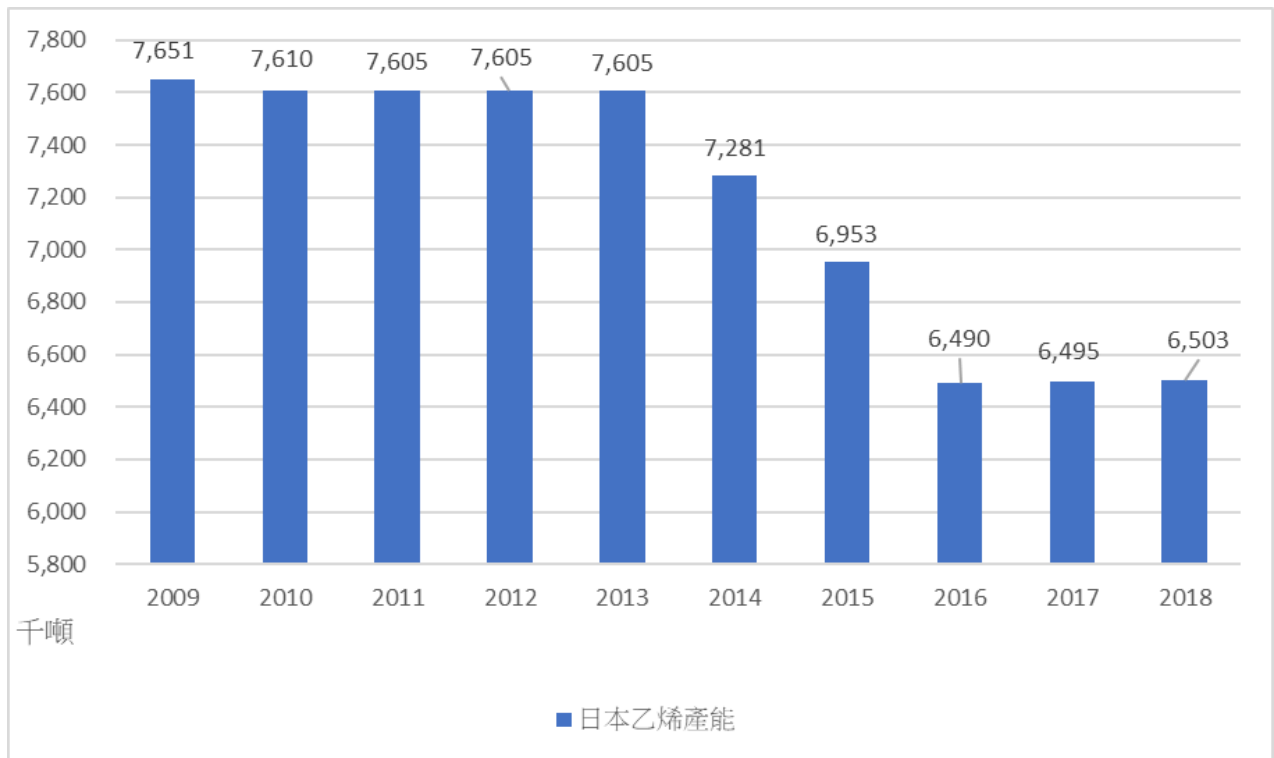
2. 日本石化公司轉型發展方向

早期日本石化業依照日本通產省 1955 年規劃之「石油化學工業育成對策」發展，1958 年三井與住友化學完成石化園區建設，1966 年日本乙烯產量突破 100 萬公噸，成為全球排名第二，僅次於美國，持續發展直至 1997 年乙烯產能達 742 萬噸，2009 年全國乙烯產能為 765 萬公噸，其中以三菱化學擁有 128 萬噸最大，其他石化公司的產能皆在 100 萬公噸以下，而單一石化廠乙烯產能以三菱化學鹿島工廠 82 萬噸最大，其他工廠規模皆於 70 萬噸以下，凸顯出日本上游輕裂廠老舊，產能規模小。近年來日本朝向降低產能方向發展，三菱化學在 2001 年元月停止在四日市工廠生產乙烯，使日本乙烯產能減少 3.8%，至 2018 年乙烯產能已降至 650 萬噸，日本輕裂廠發展近況見表 6。

表 6 日本乙烯輕裂廠整併情形

時間	整併/停產內容	說明	備註
2010.4	合併經營乙烯輕裂工廠	出光興產/三井化學(千葉區)	
2011.4		旭化成化學/三菱化學(水島區)	
2014.6	乙烯裝置停產	三菱化學(鹿島區)停產 34 萬噸	另座輕裂廠產能由 43.5 萬噸提升至 48.5 萬噸
2015.9		住友化學(千葉區)停產 38 萬噸	自京葉增加乙烯交易量
2016		旭化成(水島區)停產 44 萬噸	將生產集中至與三菱共同營運之乙烯裂解部門

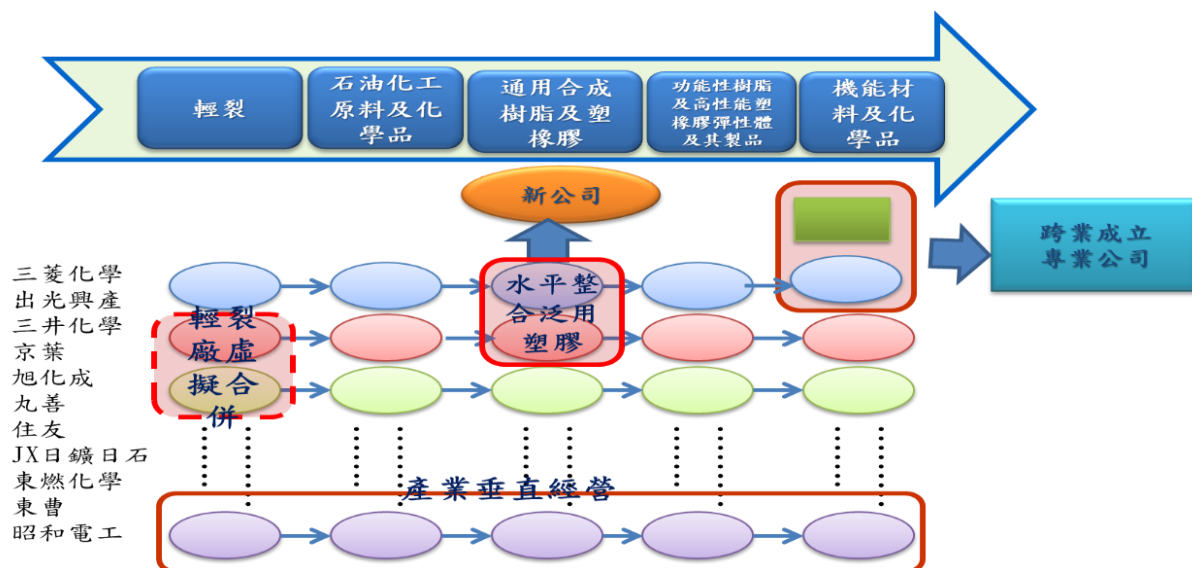
資料來源：JPCA(2019)。



資料來源：日本經濟產業省(2018)；本報告繪製。

圖 24 日本乙烯產能變化趨勢

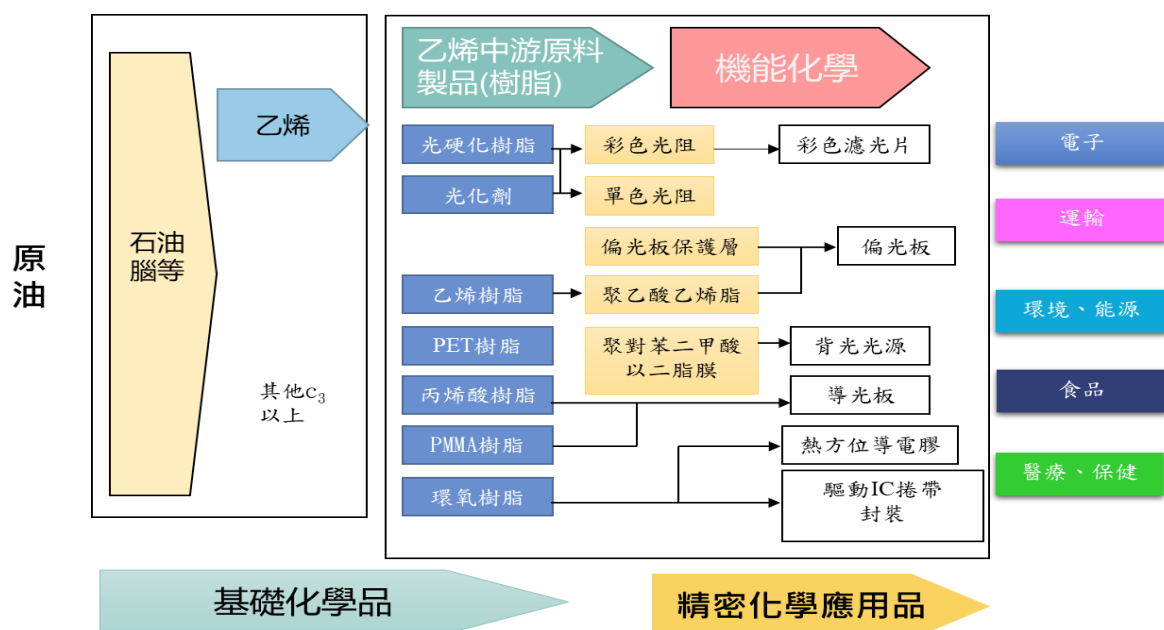
日本化學公司之規模在亞洲僅次於中國大陸，但與歐美大型化學公司比較仍不能比擬，日本石化業的整編側重在合縱連橫並局限在國內，歐美則偏向併購並遍佈全球。自 1994 年三菱化成與三菱油化合併成立三菱化學公司以後，日本石化業即陸續展開各種不同形式與規模結盟，見圖 25。



資料來源：日本石化協會；經濟部高值化推動辦公室。

圖 25 日本石化產業水平整合及垂直經營

日本發展各領域的高附加價值電子化學品，包括電子、運輸、環境能源、食品、醫療保健等領域，其中電子化學品在積體電路用、印刷電路板、液晶及導電化合物與其他電子等領域均在全球占有領導地位，如日本電子化學品在平板顯示(FPD)產業，如 ITO 電玻璃、液晶、彩色濾光片(CF)、光源模組、偏光片、光刻膠、導電膠及黏合劑和清洗劑等等都具有領導地位。



資料來源：日本野村總合研究所；本報告繪製。

圖 26 日本發展部分精密化學材料發展概略圖

綜觀國際石化廠轉型，近年皆朝向機能性化學品發展，國內石化產業可結合國內主流電子產業，以供應半導體、構裝、印刷電路板、液晶顯示器相關材料，而目前電子材料大多依靠日本進口的情況下，似有可發揮空間。電子化學品是電子資訊產業基礎與先導，位於電子資訊產業鏈供應前端，電子、電器、汽車、照明、航太等領域最終產品發展基礎。

隨著科技發展與進步，電子化學品應用領域不斷擴大，目前已滲透到國民經濟和國防建設的各個領域，與歐美日國家相比，我國電子化學品產業整體實力還有差距。未來在 5G 通信網路、物聯網、新型平板顯示等都將廣泛用到電子化學品，其作為電子材料與精細化工結合高新技術產品，具有廣闊市場空間。

二、新技術之因應案例探討

為使進料結構更具彈性，發展多元進料，國外持續有新技術之研發進展，包括 Siluria 以天然氣為進料生產乙烯、丙烯之 Gemini 技術，中國大連化物所發展以合成氣(CO 及 H₂ 混合氣體)製造輕烯烴(light olefins)之 OX-ZEO 技術，及 ExxonMobil、Aramco/Sabic JV、Aramco 與 Chevron Lummus Global(CLG)投入原油製化學品(COTC)等技術，相關技術分別說明如下。

表 7 國外目前新生產烯烴技術比較

技術	進料	產品	製程專利	備註
Gemini	甲烷、NGL	乙烯、丙烯	Silurian	OCM 示範階段
OX-ZEO	合成氣	輕烯烴	大連化物所	於工業示範階段
COTC	原油	成品油、 輕烯烴	ExxonMobil, Saudi Aramco/Sabic JV, CLG	ExxonMobil 於新 加坡已投產

資料來源：IHS (2018); Siluria Technologies(2014)；CB&I；本報告彙整。

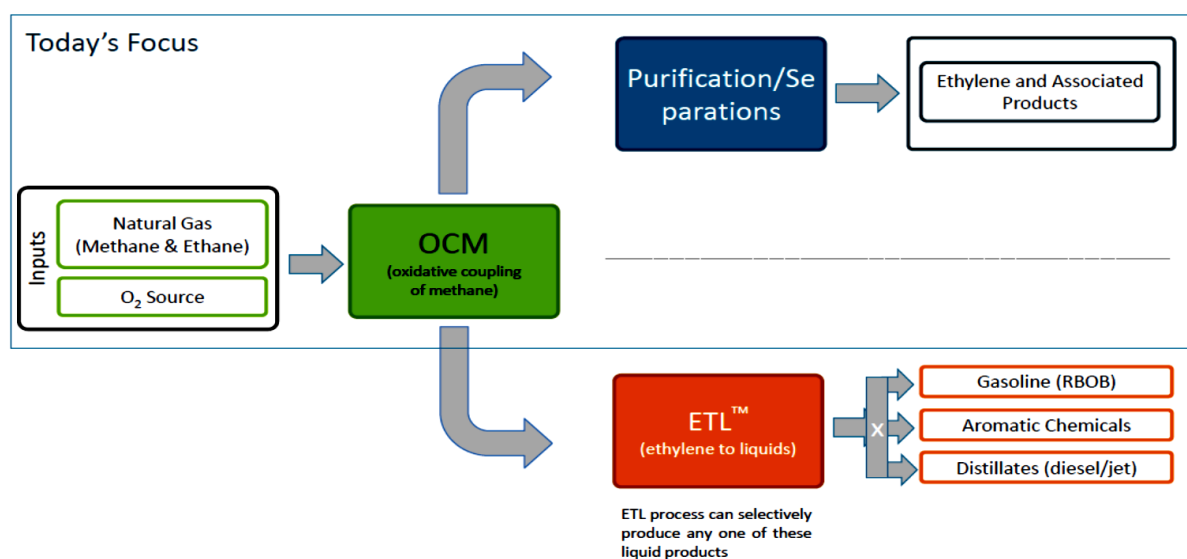
(一) Gemini 技術特性與概況

美國 Siluria 公司的 Gemini 製程利用天然氣生產乙烯與丙烯，其技術基於甲烷氧化耦合(Oxidative Coupling of Methane；OCM)，過去 OCM 技術一直是全球石化領域關注之焦點，但甲烷的「選擇性活化」及「定向轉化」兩項技術難題仍未能克服，使得甲烷氧化偶聯的觸媒未有重大突破，無法達到業界期望 C₂ 回收率 30% 以上水準。直至 2010 年美國 Siluria 公司宣佈開發出奈米線基觸媒(nanowire catalysts)，可在低於傳統蒸汽裂解法操作溫度 200~300℃(傳統輕油裂解溫度 800~830℃)、在 5~10 個大氣壓條件下，高效率催化甲烷氧化耦合製乙烯反應，且活性是傳統觸媒 100 倍以上，並可使用數年。

Gemini 製程 OCM 反應器設計分為兩部分，一部分將甲烷轉化成乙烯和乙烷；另一部分則將副產物乙烷裂解成乙烯，裂解反應所需熱量來自氧化耦合反應放出的熱量，使反應器供料可選擇天然氣或乙烷，提高乙烯回收率，同時降低能

耗。2015 年 4 月 Siluria 公司投資 1,500 萬美元，於美國德州興建乙烯產能 365 噸/年 OCM 試驗裝置。

Siluria 公司 OCM 製程技術優勢主要有二，首先，其與傳統輕油裂解生產乙烯相比成本較低，且溫室氣體排放減少與節能效果更佳，生產出的乙烯除了用來生產聚乙烯外，還可進一步轉化為液體燃料，如圖 27；其次，其對原料要求較不嚴苛，甲烷可來自天然氣也可來自生質甲烷，氧氣來源可以是純氧、富氧空氣或壓縮空氣等；也可利用既有乙烯生產裝置與回收設備，改造成本較低。Siluria 製程技術對於天然氣資源豐富國家而言，具有投資誘因。



資料來源：IHS Chemical(2014)。

圖 27 Siluria 公司 OCM 技術

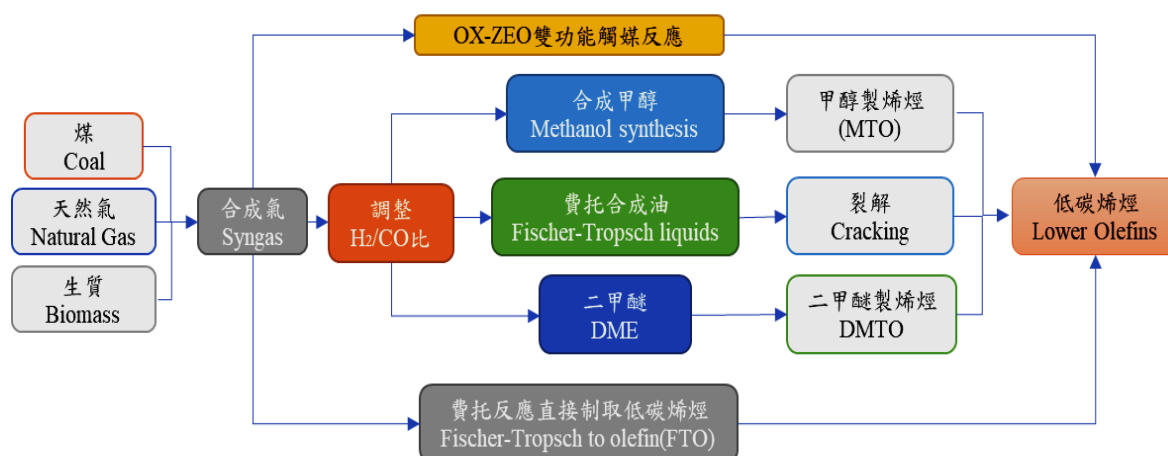
甲烷是天然氣主要成分，因此 OCM 生產乙烯製程發展與天然氣資源、市場及價格趨勢有重要關聯。Gemini 製程相較於乙烷裂解在進料部分有經濟優勢。Saudi Aramco 公司發展 COTC 與 Siluria 合作，將 OCM 與 Aramco 之 COTC 技術達成技術授權，提高烯烴產量，在現有工廠進行整合，包括蒸汽裂解廠、丙烷脫氫部門、石油煉製廠和甲醇工廠，將含有甲醇副產品從燃料提升為化學品，從而提高碳效率和生產效率。

(二)OX-ZEO 技術特性與概況

過去傳統生產乙烯主要經過輕油及 LPG 裂解，丙烯可由輕油裂解製乙烯副產物或 FCC 裂解氣中得到。在製程調整裂解深度可改變丙烯與乙烯比例，輕度裂解可產生更多丙烯。由於全球石油資源日益減少及 C₁ 化學迅速發展，為緩解對石油資源依賴，世界各國研究以非石油路線為主，利用煤炭、天然氣與生質等含碳資源，混合合成氣直接或間接生產烯烴(圖 28)。

間接法以合成氣生產甲醇為原料，透過甲醇或二甲醚發展非石油資源生產乙

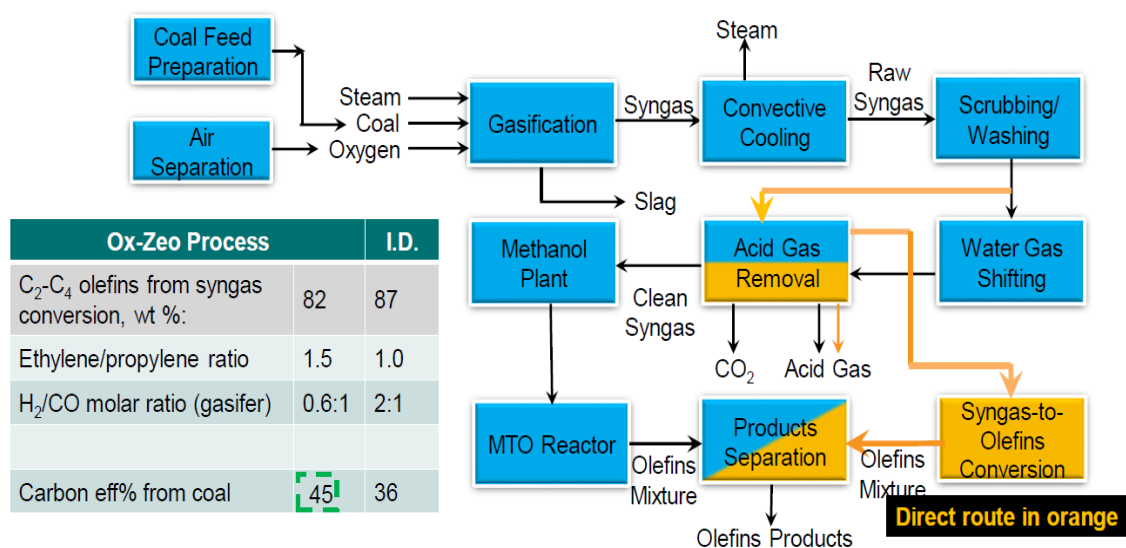
烯、丙烯等產品。該技術包括兩個步驟，即合成氣經銅基觸媒合成甲醇，甲醇再經分子篩觸媒轉化為低碳烯烴。直接法則減少反應步驟，將合成氣直接高選擇性合成低碳烯烴，具縮短製程與低能耗之優勢，較具競爭力及未來發展前景。近年全球較積極發展合成氣催化轉化生產低碳烯烴，尤其中國大陸在費托反應直接生產低碳烯烴取得突破進展，費托反應直接法將成為未來發展主流。



資料來源：Jun Zhang(2019), Catalysts for production of lower olefins from synthesis gas.

圖 28 合成氣間接法及直接法生產低碳烯烴

近年中國科學院大連物化所提出合成氣直接轉化製烯烴新製程(OX-ZEO)，不同於傳統費托製程，採用新型雙功能奈米複合觸媒，可將合成氣(純化後 CO 及 H₂ 混合氣體)直接轉化，高選擇性地一步反應獲得低碳烯烴(高達 80%)，且 C₂~C₄ 烴類選擇性超過 90%(圖 29)。

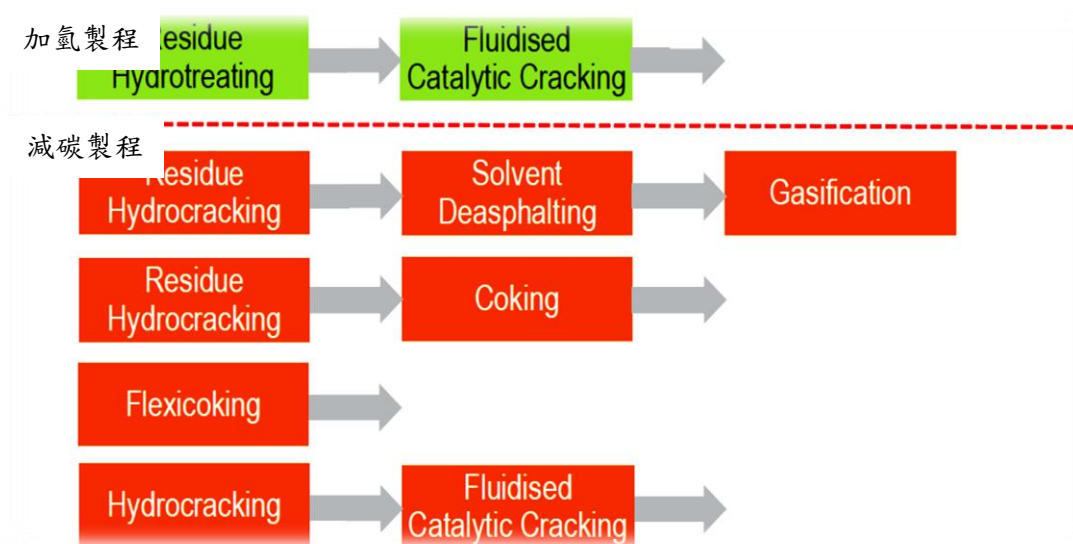


資料來源：IHS Chemical(2017), Direct Syngas to Light Olefins.

圖 29 合成氣直接轉化烯烴製程(OX-ZEO)

(三)COTC 技術特性與概況

原油製化學品(Crude oil to chemical；COTC)技術主要特點在於省略傳統原油煉製生產石油腦過程，使製程簡化，並因應運輸用油需求趨勢，透過重組傳統單元技術，降低汽柴油生產比例，最大化石化品產出比例。COTC 技術主要目標是將煉製過程產出的殘渣油，透過加氫製程(Hydrogen addition processes)或減碳製程(Carbon rejection processes)轉化成更輕質、富含氫的烴類(圖 30)。加氫製程於高壓下操作，由觸媒和氫氣決定所需要之反應(同步進行裂解和氫化)。重質原料會使觸媒快速失去活性，因此需要添加更多新觸媒，且副產之塔底油難以有效益運用；減碳製程則是在低壓(小於 0.4 MPa-g)操作的熱焦化製程，利用裂解、縮合、聚合與異構化等熱裂解反應，轉化成高沸點分子，使進料中的氫重新分佈，產出具有高氫碳比之輕質液體產品與具有低氫碳比的焦炭。



資料來源：Nexant(2018), New Directions for Refining.

圖 30 COTC 殘渣油轉化不同製程

然而國際上發展案例會依其發展條件進行製程上改善，如 2014 年 ExxonMobil 於新加坡建成全球首套 COTC 裝置，乙烯產能為 100 萬噸/年。其主要製程改進是在裂解爐對流段及輻射段之間加入瞬間蒸發槽(Flash Tank)，原油在對流段預熱後進入瞬間蒸發槽，氣液組成分分離，氣態組分進入輻射段進行裂解，液態組分則作為煉廠原料或者直接賣出。

2019 年中國大陸恆力石化的 COTC 技術發展主要蒸汽裂解結合底渣升級程序，製程主要分為原油分餾、加氫裂解、加氫處理、輕質碳氫化合物應用、重組芳香烴，可處理 2,000 萬噸/年原油，主要年產出 450 萬噸對二甲苯(PX)與 150 萬噸乙烯。

沙國 Aramco 也擁有自主 COTC 技術，其製程是將原油直接投入加氫裂解裝置，去除硫份並將高沸點成分轉化為低沸點成分；之後經過分離，將 Gas oil 及更

輕的成分投入蒸汽裂解裝置，重質成分則進入 Aramco 自主研發的深度催化裂解裝置，以生產烯烴最大化為目標，但該技術尚在設計階段。

近期全球發展 COTC 計畫如表 8 所示，COTC 發展模式主要分成向下發展與向上發展兩部分。向下發展為石油公司因應運輸燃料減少之影響，不僅單純產出油品，而是將原油直接製造烯烴；向上發展則是下游石化製品業者透過產品逆向整合，生產滿足需求的化學品。

表 8 全球發展 COTC 情形

模式	公司	投資 (億美元)	原油 (萬噸/年)	烯烴 (萬噸/年)	PX (萬噸/年)	轉化 率(%)	完工時間
向下發展	ExxonMobil	60	1,500	100	34	40	2014/1
	Aramco/SABICJV	200	2,000	300	-	45	2025
	Aramco/McDermott	-	2,000	-	-	70-80	2030
向上發展	大連恆力	116	2,000	150	450	42	2019/5
	浙江榮盛	266	2,000 2,000	140 140	1,040	40	2019/7(一期) 2025/7(二期)
	江蘇盛虹	110	1,600	110	280	40	2021/6
	汶萊恆逸	35	800	50	150	45	2019/11

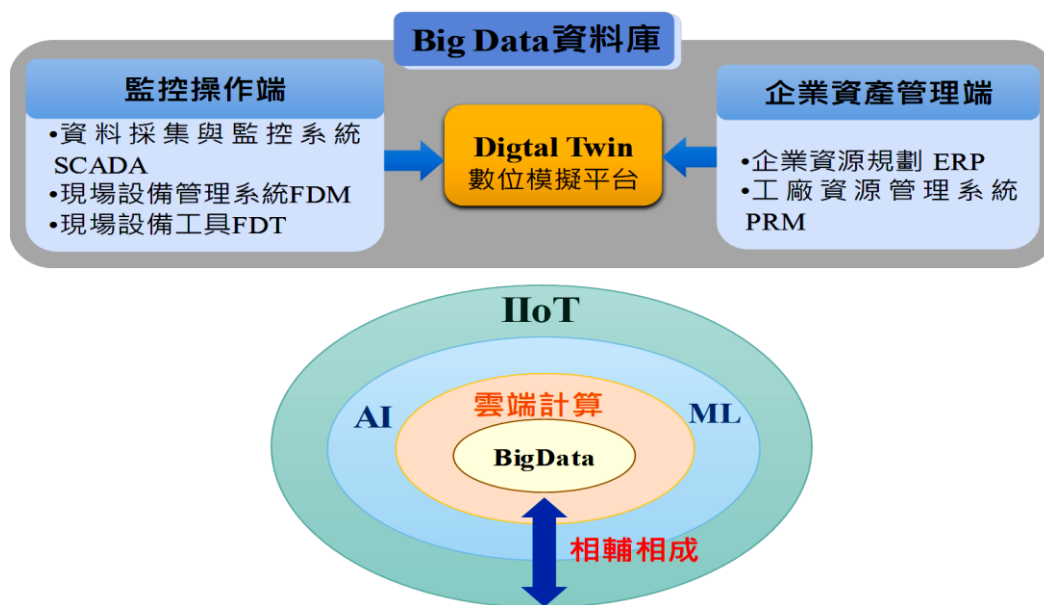
資料來源：IHS Markit (2018), Crude Oil to p-Xylene Hengli Refinery-Px Complex；本報告彙整。

三、智慧運維之趨勢及應用研析

煉化產業發展持續以提升產品附加價值、強化產業競爭力作為目標，但隨著國際情勢不斷轉變，產業間競爭更加激烈，煉化公司須努力藉由降低能源使用成本、提高設備操作性能來追求最適化產能，提升營運績效，並減少工安相關事故，而「數位化轉型」則是解決問題的方式之一。煉化產業生產製程已高度自動化，增加數位化應用可行度，以下將針對智能運用科技之連結與實際應用案例進行討論。

(一)產業與智能運用

技術創新發展正在改變工業型態，在工業 4.0 推動下，已有相關智能化之運用方式，如大數據(Big Data)、人工智慧(Artificial Intelligence；AI)、雲端計算(Cloud Computing)、機器學習(Machine Learning；ML)與工業物聯網(Industrial Internet of Things；IIoT)等，產業與智能運用之關聯如圖 31 所示。



資料來源：本報告繪製。

圖 31 產業與智能運用之關聯

一般而言，產業中各工廠產生之各項數據，依數據類型可區分成監控操作端與資產管理端兩部分。監控操作端數據係為生產數據，如煉化產業內之蒸餾塔壓力、溫度、流動率等；資產管理端數據則包括員工管控、財務控制與成本估算等營運數據。

透過蒐集製程設備各項即時(Real-Time)的生產與營運數據，藉由特殊技術進行處理分析，產出即時、安全且完整之大數據，儲存至雲端資料庫進行雲端計算，達到處理整合異質數據、提供分析及儲存需求以及採掘資料深層之價值，管理者亦可隨時使用手持設備瞭解工廠各項數據，及時控制突發事件。

相關數據再透過人工智慧或機器學習分析處理，可提供工廠預測、預警以及優化方案等決策資料，最終再將其資源更新上傳至企業資料庫，提供給各部門分享利用，組成工業物聯網，透過物聯網進行設備管理，提高工廠安全與設備效能，進行保養預測、預警，使停機最小化，並結合銷售端物流(運輸、倉儲)控管、商品定價、庫存控制，清楚掌握產銷流程，進而將數據帶回至各端點進行改進，加以循環利用，達成整體互補效果，促使公司轉型成智能工廠。

而以目前科技發展，人工智慧或者機器學習依然無法達到「學習自己尋找問題，並利用現有數據庫解決問題」，因此需再配合數位模擬平台(Digital Twin)模擬實際營運之不同情境。

根據 Farshid Torabi(2018)研究指出，大數據分析應用在石油產業，可減少鑽井時間，增加鑽井安全性及產出效能，改善石化資產管理，減少運輸成本與提高職業安全等。P. Joshi(2018)、T. Olneva(2018)研究也提到可利用大數據分析過往探勘、鑽井與煉油生產時的各項數據，找出問題癥結點，改善產出及降低失敗可能性；M Von Plate(2016)提到大數據分析可顯著地降低停機時間，並且降低其成本；

D. Khvostichenko(2018)透過蒐集 4,500 口油井內部資料進行大數據分析，發現藉由電腦數據分析幫忙，可增加其採油產量並降低成本。

由於煉化產業富有多樣性控制因子，各家煉化廠皆有不同歷史文化背景，以至於在控制變數選擇上並沒有標準流程或者選項，而過往數據收集往往可能伴隨著現場環境、時間延遲、人員疏失等因素，影響資料紀錄準確性而失真。目前工廠已導入各項設備系統，除解決現場操作環境，也改善數位化數據收集可能遇到之問題，以下針對現場監控操作端與企業資產營運端兩部分進行介紹。

1. 監控操作端

(1) 現場設備工具系統(Field Device Tool ; FDT)

FDT 系統是解決製程現場中各種儀器、儀表與智慧設備等，因溝通協議差異導致不同種類的訊息互相傳遞困難之情形。FDT 系統下的設備類型管理器(Device Type Manager ; DTM)，包含豐富且對用戶友好的圖形界面，可快速輕鬆地進行設備配置、維護、診斷和故障排除。

(2) 現場設備管理系統(Field Device Manager ; FDM)

FDM 為一種集中式設備管理系統，其廣大分布在工廠內部，並運用在現場配置及維護智能工廠儀表設備。透過對工廠儀器的完全控制，FDM 系統將降低現場跳閘次數，可節省排除故障的時間，以簡化及減少工廠調整及測試次數，提高整體生產效率。

(3) 資料採集與監控系統(Supervisory Control and Data Acquisition ; SCADA)

SCADA 為數據採集與監控系統，是工業控制的核心系統，用於控制分散的機器設備，包括數據採集、傳輸，以便進行與控制集中重要數據。透過 SCADA 系統可收集現場資訊，將這些資訊傳遞至電腦系統，並用圖像或文本形式顯示資訊。因此操作員可隨時監視和控制整個系統，根據各系統的複雜性與相關設置，控制任一單獨系統，由操作員操作或系統自動執行任務。

2. 企業資產管理端

(1) 企業資源規劃系統(Enterprise Resource Planning ; ERP)

ERP 系統可協助將不同部門的業務進行整合統計分析，如財務、採購、銷售、庫存、生產、計畫以及人事等部門，整合後的數據有效率的在企業內部流通傳輸，提供策略決策、資料庫以及電子商務等大數據系統資料上的協助。

(2) 工廠資源管理系統(Plant Resource Manager ; PRM)

PRM 為工廠資產最佳化平台。透過維護、操作的觀點將工廠資產設備做整合性管理，可遠端監視工廠狀況，另透過診斷功能，掌握故障徵兆，以提升工廠效益、延長壽命並降低營運成本。

(二)煉化廠智能化案例

1.監控操作端

(1)提升生產營運效能

石油大廠殼牌石油公司(Dutch Shell)，其為一垂直整合之公司，不論是在探勘、鑽井開採、煉油以及最終銷售端都是獨立完成。在 Forbes(2015、2019)報導中，Shell 與美國惠普公司(HP)合作研發設計將油槽內傳感器通過光纖傳至亞馬遜雲端平台(Amazon Cloud)儲存，並利用人工智慧學習分析鑽井的各項數據，透過運算了解燃料使用狀況，進而保障機械設備的正常運作。另外在運送端也利用大數據分析煉油廠位址應設於何處，以便將油品以更為簡易的方式送至最終處理用途場域，間接使運輸成本降低，並提升煉油之生產效能與收益。

另一石油大廠英國石油公司(BP)也積極開發相關鏈結業務，根據 GE Intelligent Platforms(2015)報導，BP 與美國 GE 聯手合作，將 BP 旗下 650 隻油管內部資料傳至 GE 雲端 Predix 系統並儲存，再利用大數據分析反映油管內真實環境，最終達成工業物聯網系統(IIoT)，發現可改善原油開採品質、增加產出並使停機時間最小化。

西班牙國家石油公司(Repsol)也與 Google 合作，於 2018 年將其煉油廠煉油數據提供 Google 上傳至雲端(Google Cloud)進行大數據分析，並利用人工智慧技術(Google Cloud ML)進行機器自主學習，此項技術之創新特點在於可提供分析變數，包含油壓、溫度、流動率以及精煉速度等變數約 30 多種，而未來預計將多達 400 多種，期望創造出更適宜之煉油環境，刺激產出與煉油品質，以便擴廠，提升經濟效應，預計帶給煉油廠增加 0.3 美元/桶額外收益，年收益可增加約 2,000 萬美元。

中國大陸石化在過往「十二五計畫」中，於數位化方面有了重大突破，成功自主研發來自監控操作端的生產製造執行系統 MES(Manufacturing Execution System)軟體，降低生產週期時間、增強準時交貨能力、改善產品品質，進而降低生產成本、提高盈餘，預估降低營運成本 20%、提高生產率 20%與降低能源消耗率 6%，規劃將持續透過智能化建設推動企業生產與管理模式改革及創新。

中國石油則透過油氣生產物聯網系統完成統一平台的開發，將 16 家油氣田、46,509 口油氣水井在平台上統一管理，投資 1.5 億美元，預計兩年內將產生 2.2 億美元效益，有效優化生產流程和組織結構，減輕一線員工勞動強度。

中海油則致力於提高效率，在海上通信、建立骨幹網路、雲端資料中心和基礎平台的構建上取得重要進展。不僅如此，為加快推進智慧油田、智慧工廠、智慧管道、智慧加油站建設，油氣企業逐步開展與 IT 技術企業合作，以期引入專業化技術，包括資訊與通信科技(Information and Communication

Technology；ICT)架構、智慧執行、機器學習安全模型等，從人力管理、資源調配、物流運輸、智慧採購等多方面實現數位化。

(2)提升安全、預警保固

2014 年匈牙利 MOL 集團的多瑙河煉化廠進行改善營運措施，安裝智能設備以改善 MOL 設備維護策略與診斷數據的方式，如在油槽管線系統嵌入現場設備工具系統(FDT)與工廠資源管理系統(PRM)，藉由兩系統組合運用，可實現快速、簡單與安全的設備配置和診斷，協助執行系統維護策略，提供判別問題設備之位置，透過遠端設備接收訊息，利用豐富可用之訊息改善流程作業，以便進行維修安排、設備資源重配置與人力控管。

另外，為了縮短故障排除時間，MOL 集團進而加入現場設備管理系統(FDM)與設備管理軟體(DTM)，與 PRM 系統搭配組合，能精確觀察出智能設備問題，執行循環檢查與配置修改，提出自我診斷結果與狀態監視等預防性維護策略，透過安全、可靠之遠端位置獲得現場數據，減少進入生產區域的次數，針對潛在問題更能及時反應。例如讀取閥門定位器內之數據，控制閥門設定點和當前行程，以確定閥門的狀態；也可透過讀取壓力變送器的電池溫度，檢查脈衝線加熱器，有助於減少設備停機時間。

煉化設備服務公司威福德(Weatherford)也提出相關生產端優化方案，推出 Foresite 系統，將物理模型與數據分析相結合，並結合資料採集與監控系統(SCADA)遠端監控設備，蒐集煉化數據資料並加以分析，分析後的資料上傳至 Google 雲端計算，軟體系統相互結合應用，提高油井、油藏和海面設施的性能，幫助石油商發現生產優化機會，進而提升生產效率亦兼顧廠區作業安全管理，有效避免災害發生。

2.企業資產管理端

英國世界煉油組織(2019)報導阿布達比國家石油公司旗下之 Takreer 煉化廠，利用自行建構的現場監測系統(Refinery Information System；RIS)與 SAP⁵資產管理系統整合，成功垂直整合 17 個煉化工廠大數據，並使用人工智慧進行雲端計算，以做出最適化決策。而 MOL 集團也利用工廠維護模組 SAP-PM，改善公司決策政策，提升工廠環境安全性與產出效能，減少計畫外的停機維護時間，並建立預測性維護。

2019 年 ExxonMobil 與微軟合作利用 Dynamic365 智能業務應用程式(ERP 應用的一種)收集大數據與 Azure 雲端計算，透過機器學習達成工業物聯網，共享資源數據。藉由整合 ExxonMobil 旗下所有油井，安全可靠地收集全球油田的及時數據，能使優化鑽井效率，在人員部署上做更快更好的決策，預估在 2025 年使產量提高至 60 萬桶油當量/日。

⁵ 全球企業管理系統領導商 SAP 針對 ERP 軟體基礎下建立的 SAP 資產管理系統(systems applications and products in data processing)。

哈里伯頓(Halliburton)亦與微軟合作，利用自行開發的 Decision Space® 365，將現場設備的即時數據與企業經營管理系統連接起來，並將數據轉換至微軟 Azure 雲端平台進行計算，最終連結成工業物聯網，共享企業資源，使探勘鑽井與煉油優化，降低生產成本。

中國石化利用企業資產管理端 ERP 系統，成功達到 88 家企業推廣上線，流程標準化率達 91%，大幅提升業務標準化以及管理規範水準，從而成功數位化促成公司內部資訊共享物聯網的範疇；另外中國石油煉化分公司則於獨山子石化和廣西石化兩廠試建構煉化物聯網系統，涵蓋現場生產狀態監測、人員安全管理、智慧巡檢、連動報警等物聯網應用，初步建成以 ERP 系統為核心之集中平台。

第三章 中國大陸煉化產業發展

中國大陸近年煉化產業發展迅速，尤其是朝煉化一體化的方向推行，新設石化廠如同於規劃逐步完成，未來可能面臨成品油過剩的趨勢，預期台灣石化業也將面臨同樣的問題，亦會因地緣關係深受其影響，故本章節將簡述中國大陸對煉化產業的整體規劃與策略，並藉由實地參訪大陸東北幾個指標性煉化基地，試圖一窺中國大陸近期對煉化產業的發展力道，以供台灣石化產業未來發展參考。

一、中國大陸煉化產業發展歷程與展望

中國大陸的石化產業起始於 1956 年蘭州煉油廠開始，1958 年第一座大型煉油廠開始生產，歷經「十五、十一五」的規劃，中國大陸積極推動大型石化基地的興建，達到規模經濟以及生產效率。「十二五」發展規劃重點專注在長三角、珠三角和環渤海地區。2016 年起開始「十三五」計畫，中國大陸煉油工業的發展主旨為：轉型升級、綠色低碳、由大做强做贏，在上海漕涇、浙江寧波、廣東惠州、福建古雷、大連長興島、河北曹妃甸、江蘇連雲港打造七大石化產業基地，減少東北、西北油品產量，增產南方市場產量，貼近消費市場，降低運輸成本。至今中國大陸的進口原油比例已經達到 66% 以上，沿海地區新建和改擴建煉油加工能力快速增長。

隨著「兩權」(進口原油使用權、原油進口權)在 2016 年開放給地煉(地方性民間煉廠)，打破國企壟斷油權的局勢，2018 年已有至少 37 家地煉共獲進口原油使用配額 1.24 億噸，36 家共獲原油進口配額 9,541 萬噸。預計到了 2020 年，地煉原油進口量或將超過 1.6 億噸。民營地煉透過組團結盟方式，投資千萬噸級大型煉廠，目前進行中及規畫中的千萬噸級以上煉化專案計畫已經超過 10 個，其中民資煉化專案計畫就有 7 個。地煉崛起，成品油市場未來將由「北油南運、西油東調」轉變為「東油西運、南油北運」。中國大陸煉製能力的成長，已由過去的國企為主轉為民企為主、國企為輔，預計 2020 年中國大陸一次煉油能力或將達到 8.7 億噸/年。

二、新能源車趨勢對煉廠的衝擊

近年來，中國大陸透過國家政策不斷引導消費者使用新能源車，包括電動車、氫能車，以及擴大生物燃料乙醇生產和推廣使用車用乙醇汽油等措施，設法降低化石能源消費，也預期將會制定禁售燃油車的時間表。隨著電池技術的進步，電動車取代燃油車成為全球趨勢，從過去幾年中國大陸對於電動車的 policy 力道可知，中國大陸已成為世界上燃油車減量的主要的推手，由此可以預見，中國大陸汽油、柴油消費量的增速將會減緩，預期達到零增長甚至負增長狀態。在煉製產量迅速增長，以及燃油消費減緩的趨勢下，2020 年中國大陸過剩煉油能力或將達到 3 億噸/年，石化業者需減少生產燃油，增加生產化學品，以因應未來燃油消費需求降低之情勢。

三、煉化一體化

為因應需求面的變化，煉化一體化(指煉油和石油腦裂解生產化學品相結合的一體化生產模式)成為中國大陸石化產業結構調整和轉型升級的方向，也是全球石化產業發展的必然趨勢，目的是充分利用石油資源，降低能耗和生產成本，生產多種產品，豐富成品結構，增強企業抗擊市場風險的能力。

中國大陸借鑑國際成功經驗，「十三五」期間，國家發改委將重點規劃發展七大石化產業基地。2015 年 12 月，恆力石化 2,000 萬噸煉化一體化專案計畫在大連長興島經濟區正式開工建設。2015 年 12 月福建漳州古雷煉化一體化專案計畫奠基。此外，上海漕涇、廣東惠州、江蘇連雲港、浙江寧波等煉化一體化將陸續在「十三五」期間建成或啟動建設。

中國大陸民營煉廠打造煉化一體化產業鏈，不但如此，國際巨頭搶抓開放紅利，搶灘登陸中國煉化市場，ExxonMobil、BASF 等外商獨資石化專案計畫，Shell、SABIC、Aramco 將與中國大陸石化企業在煉化領域展開合作。山東地煉轉型升級，新舊動能轉換揚帆起航。此外，響應「一帶一路」的倡議，以恆逸石化、恆源石化等為代表的民營石化企業也開始在海外實施煉化專案計畫，進入國際化發展階段，參與國際競爭。

四、環保法規加嚴

中國大陸當局在面對煉化產業飛速發展同時，也對煉化廠的環保要求，提出愈發嚴格的要求。2014 年以來，中國大陸新《環境保護法》、「大氣十條」、「水十條」、「土十條」等法規的公佈，以及石油煉製工業和石油化學工業污染物排放新標準的實行，環保政策導向已由污染物總量控制轉為環境質量改善，對煉化企業環保工作提出更高要求。

2017 年，發改委與工信部聯合發布「關於促進石化產業綠色發展的指導意見」，把中國石化以綠色低碳作為發展戰略，樹立環保優先的理念，以綠色企業創建為主軸的方向，提出系統性的意見。不只制定相關法規，更從嚴立法，明確企業主體責任，實行區域聯防聯控，加強資訊公開與公眾參與，劃定生態保護紅線；從嚴法律責任追究，將排污者自律作為責令改正、限制生產、停產整治實施的基礎，違法違規企業將面臨「查封扣押」按日計罰，且無上限的「限制生產、停產整治」或「責令停業、關閉」，甚至實行「行政拘留」等處罰，促使環保違法企業迅速糾正汙染行為。這一連串的規範，也將加速中國大陸石化產業的重整與升級。

五、中國大陸東北石化廠簡介與發展現況

(一) 恆力石化園區

中國大陸的恆力集團創建於 1994 年，集團主要業務來自於紡織產業，目前擁有全球產能最大的 PTA 產線。恆力集團的石化相關業務主要由旗下的恆力石化公司運作，恆力石化公司從 2010 年開始投資遼寧省大連市長興島的恆力石化工業園區，總投資 1,620 億元人民幣，占地 15 平方公里，主要包括 2,000 萬噸/年煉

油、450 萬噸/年芳烴、600 萬噸/年柴油加氫、760 萬噸/年蠟油加氫、640 萬噸/年殘渣油加氫、960 萬噸/年重整、130 萬噸/年混合脫氫、60 萬噸/年潤滑油加氫、150 萬噸/年乙烯、180 萬噸/年乙二醇，和 1200 萬噸/年 PTA 等裝置，其中每年生產汽煤柴油 600 萬噸，比例 30%，為進一步完善芳烴產業鏈，2019 年建設 240 萬噸/年聚酯瓶片專案計畫，建成後產業園總產值將達到 3,500 億元人民幣。

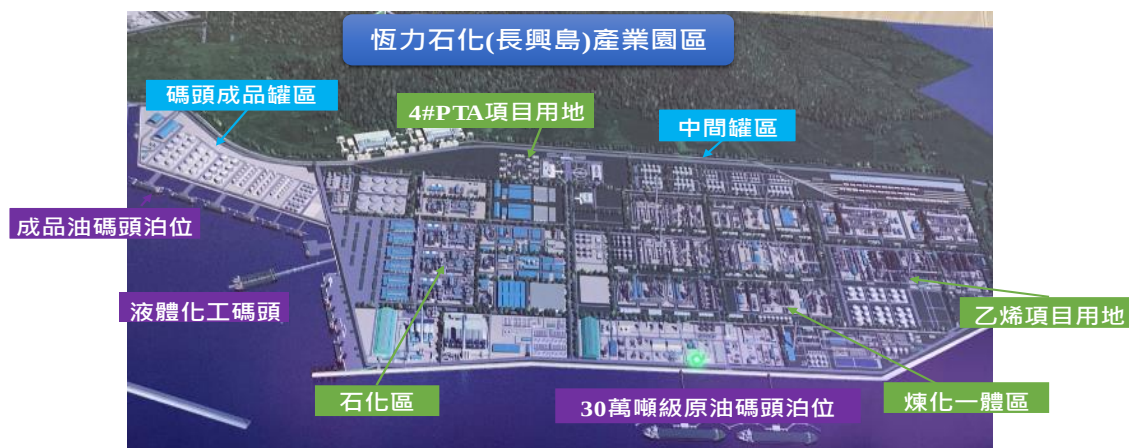


圖 32 恆力石化產業園區圖

2,000 萬噸/年的煉化一體化專案計畫，工廠採用最先進技術，設備為全球排名前三名，80%設備規模都做到全球行業最大。也是首次採用法國 AXENS 新技術，總加氫能力是 2,700 萬噸，每小時需求氫氣 100 萬立方米，其中 70%氫氣來自於三套連續重整裝置，單套產能每年 320 萬噸，總規模每年 960 萬噸，全球最大，而透過重整裝置，可以將煉油產品轉換成芳烴原料，另外 30%氫氣來自於煤製氫裝置，配備 6 台每天 3,000 噸的氯化爐、6 套德國林德(Linde)空氣液化分離技術，產出氫氣的同時，還原產甲醇、醋酸、燃料氣，每年可節約成本 20 億元。

在海水淡化裝置上，恆力採用海水密閉冷卻循環水系統，取消工業涼水塔冷卻，並利用低硫工廠低溫餘熱進行海水淡化，每年節約淡水資源 4,000 萬噸，增產淡水 1,600 萬噸。

在重油加工區，共有兩套 320 萬噸沸騰床渣油加氫裝置和兩套 380 萬噸蠟油加氫裝置，讓原油得到最高效的利用，每年可以增產高附加價值化工品多達百萬噸以上，可以降低對進口原油的依賴度。

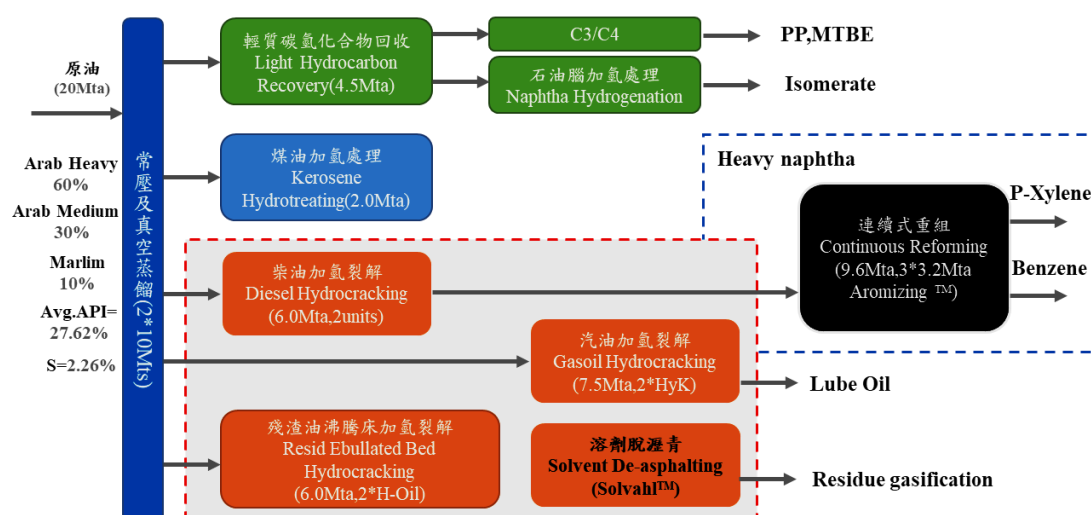
透過硫磺裝置可以將原油裡的硫全部回收，另產製硫磺產品外售。此外，更備有兩座 30 萬噸級的原油碼頭，它離岸邊 500 米、水深 28 米，可以停靠 45 萬噸的油船。

此園區以「高起點、高標準、嚴要求」為建設總體要求原則，採用 Chevron、Lummus、GTC、Grace、Topsoe、Axens 等國際先進的統包技術，使用世界領先的專業水處理工程公司-法國 Degremont 的環保汙水處理技術，全力打造綠色、生態、環保的世界級煉化一體化工廠。

目前第一期 3 條 220 萬噸 PTA、第二期 2 條 250 萬噸 PTA、第三期 1 條 350 萬噸 PTA 已實際投產，第四期 1 條 350 萬噸 PTA、第五期 2 條 250 萬噸 PTA 正在建廠中，並正在規劃第六期 1 條 300 萬噸 PTA。這六期 PTA 廠設計，皆是由京鼎工程承包。

恆力煉化原油種類為 1,200 萬噸沙國重質油、600 萬噸沙國中質油與 200 萬噸巴西馬林原油，平均 API 為 27.62，含硫量 2.26%，酸值 0.33，原料比類似專案計畫苛刻，原料採購成本更低。在重油處理上，專案計畫採用世界領先的沸騰床殘渣油加氫裂化，加上溶劑脫瀝青組合技術，使得殘渣油、蠟油等附加值較低的重質油轉變成高附加值的石油腦，殘渣油轉化率達到 90%。相較傳統煉油技術石油腦產出率僅為 13%，而恆力技術大幅提高至 45%。產品品項包括：434 萬噸對二甲苯、97 萬噸純苯、461 萬噸/年國 V 汽油⁶、161 萬噸國 V 柴油⁷、371 萬噸航空煤油、163 萬噸化工輕油等。

製程主要分為原油分餾、加氫裂解、加氫處理、輕質碳氫化合物應用、重組芳香烴，流程圖詳圖 33。



資料來源：IHS；台綜院繪製。

圖 33 恆力 COTC 流程圖

恆力在設備腐蝕的自動化檢測已達 70%以上，逐步引入工廠智能化設備。而在恆力煉化的汙水處理能力已經可以實現 82%的水循環再利用，廠區內設置三套海水淡化裝置，每套日處理能力 15,000 立方米，總生產淡水 45,000 立方米。

恆力長興島廠區電力從煤炭而來，建有密閉式儲倉，裝置容量為 75 MW，而目前廠區電力需求僅約 55 MW。此外，煉化廠氫氣從煤炭氣化而得，供應各類油

⁶ 國 V 汽油：第五階段國家標準的車用汽油(含 E10 乙醇汽油)

⁷ 國 V 柴油：第五階段國家標準的車用柴油(含 B5 生物柴油)

品製程之需。此外，恆力煉化基地有自己的碼頭，船務公司也是集團一員，故能將船運成本降到最低，雖然恆力在建廠時都是選用最好的設備，將能效提到最高，確實可將生產成本壓低，但因大陸絲綢廠多在南方，船運費用對獲利空間還是有影響。

(二)兵器集團石化專案基地-華錦阿美石油化工

中國兵器集團為國家直屬大型企業，具有軍民結合國防企業，有海外石油與礦產資源、石油貿易與加工、石化加工等權利，華錦化學工業集團(簡稱華錦集團)所屬於中國兵器集團，為兵器集團中最大的化學工業企業，位於遼寧盤錦、遼寧葫蘆島、新疆庫車三個地區，為跨地區經營的大型石化企業，華錦化學工業股份有限公司(簡稱華錦股份)為控股上市公司，現有盤錦北方瀝青等 25 家分、子公司。

華錦集團主要業務範圍為煉油石化、化肥、瀝青與潤滑油，在煉油石化部分包括 600 萬噸/年煉油裝置、50 萬噸/年乙烯裝置、45 萬噸/年聚乙烯裝置、31 萬噸/年聚丙烯裝置、14 萬噸/年本體聚合 ABS 裝置、5 萬噸/年乳液聚合 ABS 裝置、20 萬噸/年環氧乙烷裝置、10 萬噸/年丁苯橡膠等裝置；年產柴油 220 萬噸、聚乙烯 30 萬噸、聚丙烯 31 萬噸、ABS 20 萬噸、苯乙烯 23 萬噸、丁二烯 12 萬噸、芳烴 25 萬噸、環氧乙烷及乙二醇 20 萬噸；化肥部分有錦西化肥與新疆化肥 2 大企業，分別以中海油海上天然氣與中石化天然氣作為原料，共有兩套氮肥裝置，合成氣總產能 75 萬噸/年、尿素總產能 132 萬噸/年；在道路瀝青與基礎潤滑油業務板塊，共有 230 萬噸/年原油加工裝置、100 萬噸/年重焦瀝青裝置、50 萬噸/年環烷基加氫裝置與 40 萬噸/年石蠟基加氫裝置，年加工 230 萬噸原油、100 萬噸瀝青與 90 萬噸潤滑油基礎油。

華錦公司與 Saudi Aramco 合作的「華錦阿美精細化工及原料工程專案計畫」，列入中國大陸「國家石化產業規劃布局方案」與「國務院支持東北振興若干重大政策舉措」的重點項目之一。此專案計畫於 2015 年 7 月取得專案計畫環評和核准文件；2017 年 3 月，兵器集團與 Saudi Aramco 在北京簽屬合資合作諒解備忘錄；2017 年 5 月兵器集團、Saudi Aramco、盤錦鑫誠集團於遼東灣新區舉行聯合開發協議簽約及專案計畫開工奠基儀式；2019 年 2 月正式簽訂合資合作協議，於 2019 年 3 月成立華錦阿美石油化工合資公司，預計於 2023 年完工。

由於兵器集團具有海外原油探勘開採及原油進口，搭配此專案計畫開發，具有探勘開採、進口、煉化的能力，並往下游發展特用化學品，形成一貫化的產業鏈。同時這個專案計畫是遼寧省最大的石化專案，在遼寧省經濟發展具有重要的地位，朝世界級石化產業基地之目標邁進。

專案計畫區位於遼寧省盤錦市遼東灣新區，為國家經濟技術開發區，新區規劃面積為 306 平方公里，此計畫位於新區內的臨港石化園區，占地 14 平方公里，第一期規劃用地為 8.67 平方公里，原油進口主要來自沙烏地原油，經調和後使用。

施工時間大約兩年，預計 2023 年 8 月正式投產，希望能提前完成。新基地建成後，華錦集團合計將達到煉油能力 2,300 萬噸/年(含原有的 80 萬噸/年)，專案計畫建設內容包括 1,500 萬噸/年常壓、150 萬噸/年乙烯、130 萬噸/年 PX 等 22 套煉油裝置和 16 套化工裝置及配套裝置，按照國際油價 80 美元/桶價格計算，專案計畫投資總額 782 億元人民幣，包含建設投資 672 億元，投產後可實現每年營業收入 1,100 億元，利潤總額 106 億元，稅金 170 億元。

此計畫並以產出化工產品為導向，基於產品高端化、差異化的原則，以滿足中國大陸國內市場對高端產品和大量依賴進口的產品需求；同時考慮國內成品油市場現況，減少汽柴油生產規模，降低汽、柴生產比例，提高乙烯規模，延伸產品鏈，提高精細化工產品比例，使得成品油比例小於 40%，化工產品比例大於 60%。

(三)遼寧寶來石化/盤錦北方瀝青燃料公司

寶來集團於 2009 年成立，位於在盤錦企業目前主要有五個，其中一個是寶來化工，主要是下游產業延伸，如聚烯烴產品-聚乙烯、聚丙烯、苯乙烯等；另外一個企業為盤錦北方瀝青燃料有限公司(簡稱北燃)，是寶來集團的核心企業，於 2003 年成立有 30 萬噸的重要瀝青一套裝置，主要生產重焦瀝青、潤滑油系列產品、化工基礎原料、成品油、石油焦與石蠟等五大類產品。

北燃發展主要得力於國家「雙權放開」發展政策，鼓勵符合條件的原油加工企業進口和加工原油，積極參與市場競爭，當時獲得 700 萬噸進口原油使用權及配額，集團也陸續提升原油加工能力，目前原油加工能力為 1,200 萬噸，加工裝置全自動化。

第三個實體企業為遼寧寶來生物能源有限公司，主要產品為中焦瀝青，而潤滑油部分以化妝品、食品級等高端應用作為發展目標。另外有兩個子公司-遼寧海洋實業有限公司與瑞東石化貿易公司，主要項目分別是碼頭控管及批發貿易。

寶來集團目前朝向「六化」發展，分別是規模化、技術多元化、產品差異化、管理智能化、產業一體化及合作國際化。遼寧寶來化工輕烴綜合利用計畫第一期在 2017 年 10 月開始建設，總投資是 172 億人民幣，主要生產國內市場短缺的聚烯烴產品，預計 2019 年底竣工，2020 年上半年正式投產，後續將持續針對 PX 等芳烴計畫生產，而目前也和利安德巴賽爾工業公司(LyondellBasell)簽訂諒解備忘錄(MOU)，擬議就輕烴綜合利用專案計畫進行合資合作，並規劃在 10 年內實施總投資 120 億美元的石化專案，規劃約 300 公頃用地，主要建設 150 萬噸/年蒸汽裂解、60 萬噸/年裂解汽油加氫、36 萬噸/年 PX、18 萬噸/年丁二烯、45 萬噸/年 LDPE、50 萬噸/年 HDPE 等，預計 2019 年 10 月施工，2021 年 3 月正式上線，與巴賽爾公司合作後，目標產品鏈將往下延伸，實現石化全產業鏈原料供應。

該綜合性工廠擁有兩個年產 60 萬噸的聚丙烯裝置，擬採用 LyondellBasell 的 Spherizone 及 Spheripol 技術生產 PP，以及其 Hostalen ACP 技術用於 HDPE 生產。目前乙烯單體約有 50 萬噸剩餘量，丙烯則是全數外售，而乙烯項目聯合體的

C₄、C₅ 利用比較全面，剩餘的 C₄ 透過加氫以後再回到製程，產業鏈可消化完畢；但 C₅ 約 700 萬噸、C₆ 約 200 萬噸，下游有其更好的化工利用，因此多直接銷售到下游廠商，且並無進一步純化。

東北氣溫相當低，冬天會到負 20 幾度，在生產一些精細材料時，易受到溫度上的影響，只能透過保溫及煉廠餘熱來解決，整體來說，寶來煉廠主要還是以大宗化學品為主，影響較小，未來如要往精細化工發展，還是需要克服。但由於現階段精細化工市場需求較小，C₉ 尚未規劃生產。

(四)長春集團盤錦鋰電池銅箔工廠

長春集團於 2011 年在中國盤錦成立長春化工(盤錦)有限公司及長連化工(盤錦)有限公司，占地 2,500 畝，計畫總投資 205 億元人民幣，年實現生產總值約 270 億元，共分三期進行建設。第一期預計投資約 75 億人民幣，主要建設計畫包括離子膜鹼廠(10 萬噸/年)、1,4-丁二醇(15 萬噸/年)、聚四亞甲基醚二醇(6 萬噸/年)、環氧樹脂(5 萬噸/年)、環氧氯丙烷(8 萬噸/年)、異丙醇(15 萬噸/年)、熱電廠(250 噸/小時, 2 座 X71 兆瓦)和相關公用配套設施等、303 化學品/油品碼頭、高新材料(新能源電池)-鋰電池用高純度銅箔(1.8 萬噸/年)。二期與三期預計再投資約 130 億人民幣，包含高新材料(新能源電池)、化工專案與熱電聯產。

長春集團於盤錦的鋰電池銅箔計畫，計畫總投資 3 億美元，第一期產能為 18,000 噸/年，產能為世界第一，是長春第 13 座銅箔廠。新建 4 條鋰電池銅箔產線，每條產線生產量為 9,000 噸/年，總計產能為 36,000 噸/年，可用於新能源汽車之電池負級材料，預計就近供應日本及韓國廠商。

綜觀中國大陸煉化產業的發展，目前對乙烯對外依存度約 50%，但在未來三、五年，民營企業預計要擴建或新建 1,400 萬噸的乙烯，央企大約是 1,000 萬噸，五年以後乙烯新增產能超過 2,000 萬噸，產能可能會出現過剩的情況，但未來 300 萬噸以下、以單一加工能力且成本較高的工廠恐會淘汰一批，如此將會呈現供需平衡態樣。加以，上述擴建或新建的乙烯產量都是預估值，估計很多計畫可能無法如期上線。所以如果台灣石化業界能投入具競爭力的石化技術或產品，還是會有機會，只是時間並不多。

此外，中國大陸從中央到地方對於政策的落實效率很高，以遼東灣新區為例，中央與地方政府聯手提供管家式服務，由政府全程協助，時程進展快的話，前期僅需半年即可完成，同時也推動相關放款服務，涉及到安全、環保審查、許可程序也有縮短，政府放權力度大，事前驗收由業主尋求第三方專家介入，政府則是加強事後監管。主要目的是在產業發展前期較弱時，由政府藉由產業政策推動，待產業發展成熟後，再由市場機制淘汰不良廠家後市場整合，這樣的發展速度將會快上許多，這是其優點。但在中國大陸投資也是有相當的風險，市場受到政府政策影響很大，加以在成品油的銷售上，大部分通路都被中石化、中石油掌控，

如恆力、華錦等廠商所產出的成品油也只能賣給兩桶油，其價格不符成本，即便如此也只能認賠售出，故各石化基地積極推動「控油增化」，也就是朝控制油品、增加化學品的發展方向。

總之，未來五年內中國大陸乙烯產能將近 2,000 萬噸，如果經濟發展好的話，石化需求也會隨之增加，這些新增產能可逐漸被去化，雖然現在經濟情勢較不穩定，如中美貿易戰使得全世界經濟衰退，對任何產業都有影響。在中國大陸，央企有平衡國內市場的作用，近年成品油出口接近 5,000 萬噸，但外銷運費高，也形成了壓力。

第四章 國內煉油石化產業發展之現況與挑戰

煉油石化產業為國內產業發展基石，擁有最完整與最具競爭力的產業鏈，從原油煉製、到輕油裂解生產化學品，最終到支援民生工業需求各項產品，整體產業發展相當完整，上、中、下游總產值約 3.56 兆新台幣、廠商家數約 1.71 萬家、就業人數約 45.1 萬，其產業關聯效果高，帶動我國高科技等新興產業發展，是創造台灣經濟奇蹟的基礎。然而近年來環保意識提升，煉油石化工業對周遭社區居民之衝擊越來越受到關注，產業發展面臨很大的瓶頸與困境，本章主旨在探討煉油石化產業發展之現況與挑戰，以作為後續發展建議之依據。

一、國內煉油產業

原油為全球消費量最大初級能源，需經過蒸餾、精煉、摻配等煉製程序製成石油產品，供應產業、民生燃料與下游石化原料需求，由於我國自然資源稟賦不足，煉製業成為我國石油產業鏈關鍵供應者，居中扮演穩定國內石油供應與確保能源安全之角色。為促進產業良性競爭、提升業者經營效率等目的，我國石油市場於 1993 年起逐步完成自由化進程，目前國內共有台灣中油公司(簡稱中油公司)與台塑石化公司(簡稱台塑石化)兩家煉製業者，中油公司為國營企業，肩負國內石油供應之責，而台塑石化其位於麥寮的煉油廠為全球第 14 大煉廠，以煉化一體發展，無論在煉製技術或處理高硫原油之能力皆具備國際競爭力，其油品產量不僅可充分滿足國內油品需求，並可將剩餘油品出口去化至其他國家。

近年來我國石油煉製業面臨亞鄰國家煉製產能大幅成長與民眾環保意識抬頭等因素影響下，國內新建煉廠投資受到阻礙，既有煉廠之產能擴增規劃亦多有延宕，使近 10 年來國內煉製產能與主要設施處理能量之規模擴充有所趨緩，2015 年中油公司高雄煉油廠正式關廠，更使國內煉製產能由 126 萬桶/日銳減至 104 萬桶/日，降幅達 17.5%。我國石油設施處理能量變動整理如表 9。

為減緩高雄煉油廠關廠對國內油品及石化原料產銷調度之衝擊，確保國內石油製品供應穩定，也因應國內輕質油品需求與油品規範要求提升，國內業者設法進行產能擴充，如中油公司於 2017 年擴增大林煉油廠常壓原油蒸餾(15 萬桶/日)、輕質原油分餾(5 萬桶/日)、柴油加氫脫硫(4 萬桶/日)、煤油加氫脫硫(3 萬桶/日)產能，石化缺口轉由更新林園石化廠第三輕油裂解工場負責供應，以強化國內產銷調度能力。

表 9 我國石油設施處理能量變動

單位：萬桶/日

單元名稱		2010 年	2013 年	2016 年	2017 年	2018 年
常壓蒸餾		126	126	104	114	114
輕質油料 處理單元	煤組	10.5	12.5	12.5	12.5	12.5
	煤裂	26.8	34.8	32.3	32.3	32.3
	異構化	2.6	2.6	1.6	1.6	1.6
	烷化	2.28	3.68	3.68	3.68	3.68
重質油料 處理單元	真空蒸餾	18.8	18.8	11.6	11.6	11.6
	重油加氫脫硫	31.7	31.7	28.7	29.7	29.7
	其他加氫脫硫	38.9	48	44.95	51.95	51.95

資料來源：經濟部能源局，能源統計手冊。

2018 年我國油品產銷及進出口情形彙整如表 10，我國汽油、柴油、航空燃油與燃料油產量皆高於國內消費量，並以出口去化多餘產量，其中航空燃油因供應國際航空需求，淨出口比例約 91%，汽油與柴油淨出口比例則分別約為 34%與 66%；近年來由於我國發電用燃料油因應地方政府對空污排放之管制要求，倚賴國際市場供應，2018 年燃料油進口量突破 200 萬公秉，使得淨出口比例僅約 18%，低於汽油、柴油與航空燃油。其餘工業相關用油(如液化石油氣與輕油)因應石化產業多元進料需求，國內需求有賴進口補足，進口依存度較高，分別約為 62%與 63%。

表 10 2018 年我國油品產銷及進出口情形

單位：千公秉

項目	供給			國內 消費	出口	淨出口	淨出口 比例(%)	進口依存度 (%)
	自產	進口	小計					
	(A)	(B)	(C=A+B)					
汽油	15,189	133	15,322	10,011	5,311	5,177	34.09	--
柴油	17,242	0	17,242	5,776	11,390	11,390	66.06	--
航空燃油	5,113	186	5,299	307	4,839	4,653	90.99	--
燃料油	4,394	2,244	6,638	3,395	3,054	810	18.43	--
LPG	2,163	3,163	5,326	4,850	145	-3,018	--	62.23
輕油	12,291	14,847	27,139	23,387	86	-14,762	--	63.12

資料來源：經濟部能源局，能源統計月報。

我國石油煉製業因缺乏自主油源，煉製成本隨國內、外油品標準加嚴而不斷增加，加上國內環保意識抬頭，大眾對於煉化產業反對聲浪日益高漲，造成新建與擴廠計畫窒礙難行，既有廠區亦面臨遷廠或是設備汰換等難題。國內現有之三座煉廠，部分煉製設備已相對老舊，有汰舊更新之必要；在煉製結構方面，未來國內煉廠需設法解決重油轉換率不足之問題，嘗試增加焦化設備以改善重油轉換率，及汽柴油、航空燃油等輕質油品產出率與品質，並提升石油煉製業與石化產業垂直整合程度，朝向煉化一體專區之方向發展。

二、國內石化產業

我國石油化學工業的發展係以逆向整合方式，自下游加工業需求，衍生出發展中、上游石化原料，進而建立國內石化工業完整上、中、下游一貫作業體系。石化上游原料為有機化學、塑膠、橡膠原料，屬資本及技術密集產業，其產能規模大為高度連續式自動生產；而石化下游製品包含塑膠及橡膠加工，多為中小企業，屬勞力密集產業，製品產品範圍廣，大至輪胎，小至手機零件，批式生產居多，產業機動性大。

(一)國內石化產業發展現況

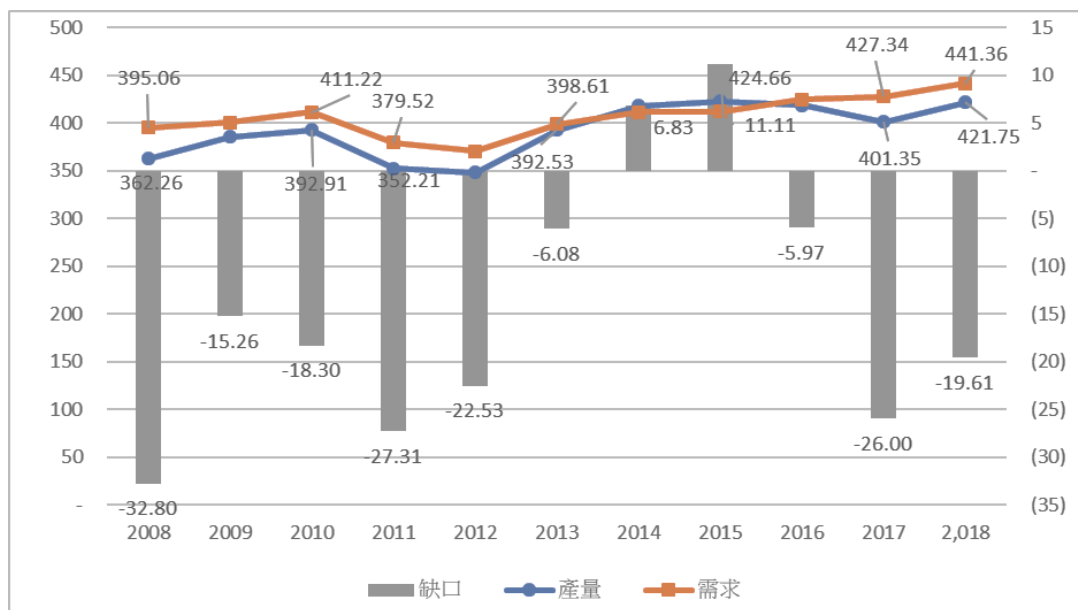
乙烯是合成纖維、橡膠與塑料的主要上游原料，因此乙烯產能可視為衡量國家石化發展強弱的代表性指標。國內石化工業發展分別是位於高雄地區的中油公司與雲林麥寮台塑石化兩大體系，輕油裂解工廠設計產能為 401 萬噸，乙烯產能詳見表 11，其中台塑石化乙烯產能為 294 萬噸，中油公司乙烯產能為 107 萬噸。

表 11 我國乙烯產能

業者	2010 年產能(萬噸/年)	2019 年產能(萬噸/年)
中油公司	三輕 23	三輕更新 72
	四輕 35	四輕 35
	五輕 50	
	小計 108	小計 107
台塑石化	烯烴一場 70	烯烴一場 70
	烯烴二場 103.5	烯烴二場 103.5
	烯烴三場 120	烯烴三場 120
	小計 294	小計 294
合計	402	401

資料來源：本報告彙整。

近年來國內乙烯產能需求大於供給，除 2014 及 2015 年外，皆仰賴進口彌補供給不足，乙烯自給率維持約 9 成，每年需額外進口約 30 萬噸。

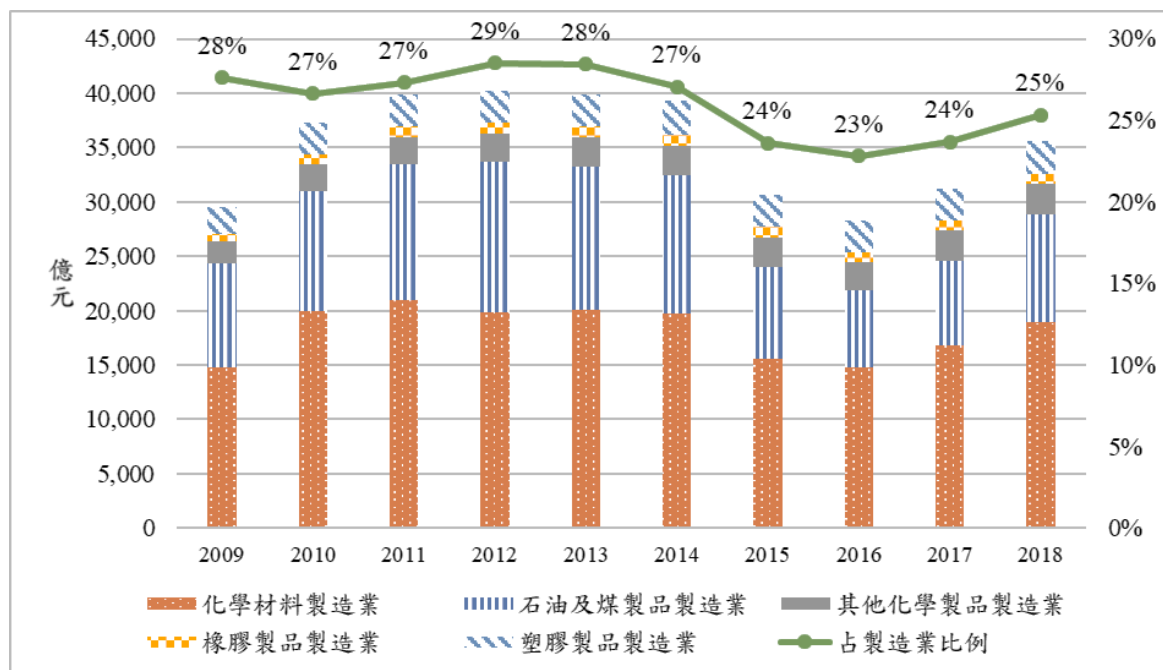


資料來源:石化公會，本報告彙整。

圖 34 國內乙烯供需及缺口變化

在我國石化產值⁸方面，若以化學原材料製造業、塑膠原料製造業與橡膠原料製造業估算，2018 年石化產值約 1.89 兆元，占製造業產值比重約 13.5%，若加計上下游製品產業，整體石化產業產值則達到 3.56 兆元，占製造業 25%，由於石化業產值受油價波動影響甚深，於 2011-2014 年因油價維持高檔，推升石化產業鏈規模將近 4 兆規模，2015 年下半年開始則因油價崩跌，而使進料成本大幅降低，煉製業產值大幅下降。整體而言石化業為國內少數產值突破兆元的傳統產業之一，對國內經濟貢獻扮演相當重要角色。

⁸ 產值以經濟部統計處工業產銷存動態調查業別中的生產價值為主。

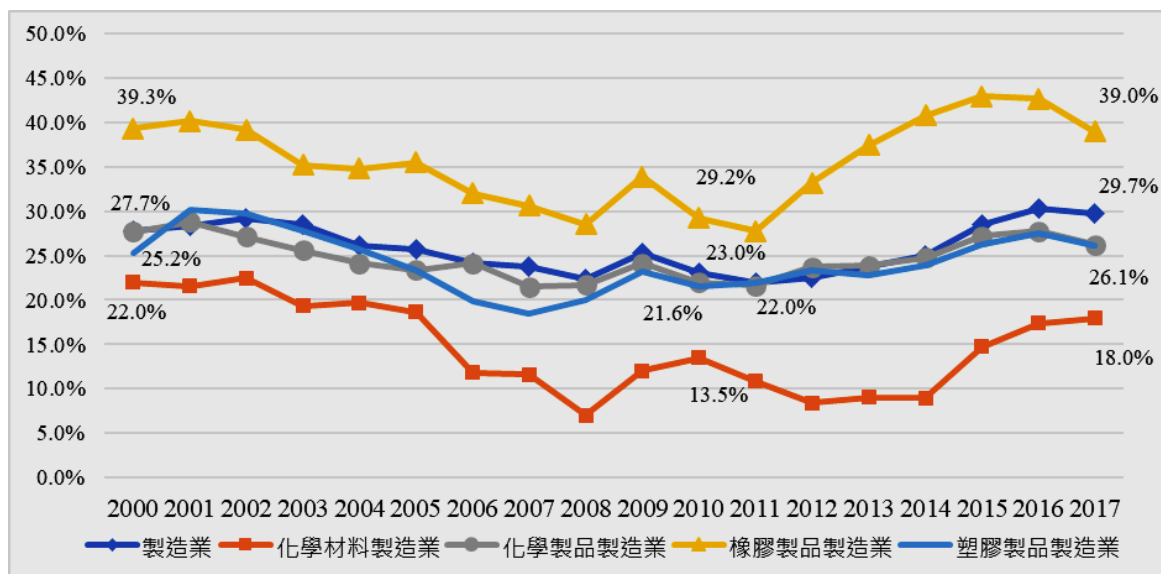


註：化學材料製造業別依經濟部統計處資料中化學原材料製造業、塑膠原料製造業與橡膠原料製造業加總計算。

資料來源：經濟部統計處；本報告繪製。

圖 35 我國石化業歷年產值變化

當前國內強調產業朝向高附加價值結構轉型的趨勢下，石化業附加價值率相較製造業整體平均為低。透過圖 36 歷年國內化學材料製造業附加價值率變化趨勢可發現，自 2000 年至 2012 年期間石化業相關產業由於六輕相繼投產，建立煉化一體工業區，以大宗石化品作為生產出口主力，使整體產業附加價值率有較顯著下降，由 2000 年附加價值率 22.0% 一路下探至 2012 年 8.4%，2012 年起石化高值化政策推動，確立國內政策中長期的發展方向，隨研發投入提升、相關專案輔導計畫與投資障礙排除的措施執行得宜，再加上油價下滑擴大煉製及石化基本原料的獲利空間，而使附加價值率有較顯著提升，2017 年石化業產業鏈附加價值率回升至 18.0%。



註 1：附加價值率採名目計算。

註 2：化學材料製造業範疇包括基本化學材料製造業、石油化工原料製造業、人造纖維製造業、肥料製造業，以及合成樹脂、塑膠及橡膠製造業，大致上涵蓋石化工業之上、中游。

資料來源：行政院主計總處；本報告繪製。

圖 36 歷年我國石化業附加價值率變化趨勢

(二)國內石化產業面臨之困境

鑒於近年傳統石化產業面臨頁岩氣開採與煉油石化生產一體化整合，加上新興國家如中東、中國大陸、東協石化品需求成長，各國紛紛投入石化產業鏈，使得石化品價格競爭劇烈，市場重新組合。而國內石化產業雖然具有完整產業鏈結構，業者累積相當豐富生產與行銷經驗，面臨國際市場激烈競爭，業者欲藉由升級或轉型等投資以作為因應對策，卻因各項資源限制與環保議題使得新設或擴建計畫受阻，主要面臨困境如下：

1. 上游原料供給不足、設備更新困難

我國過去曾嘗試推動大型煉化投資計畫，以補足石化上游原料，如國光石化計畫，但因環境意識抬頭，環保抗爭頻起，使得各方反對聲浪高被迫終止，之後欲新建或更新輕裂廠不再被鼓勵，甚至面臨關廠危機。

2. 大社工業區降編

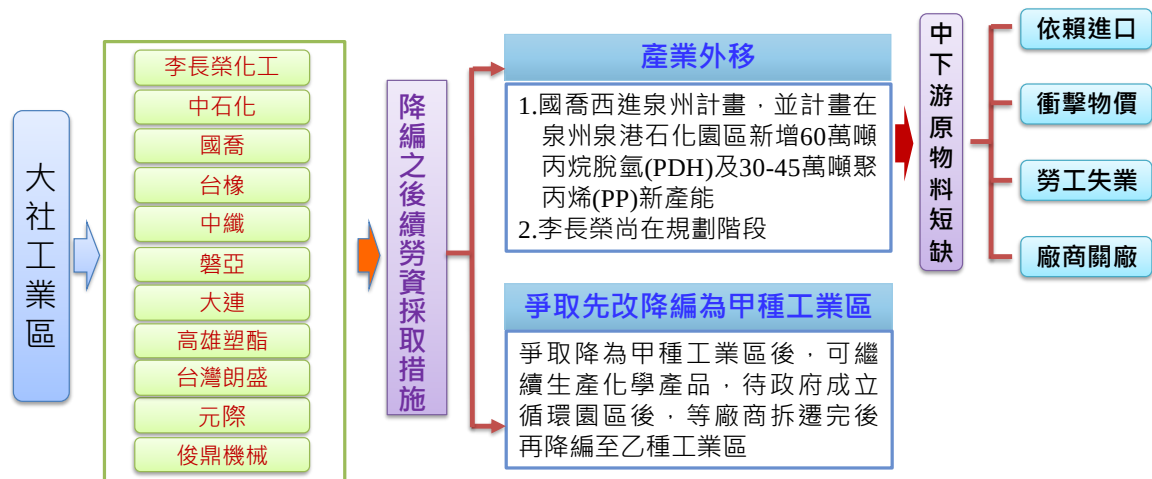
大社工業園區位於高雄地區，園區內有中石化、李長榮等 11 家石化大廠，供應我國石化下游產業原料，產值約為 850-900 億元，就業人口約 2,700 人。然而於 1998 年大社都市計畫第 3 次通盤檢討，地方政府要求工業區於 2018 年將降編為乙種，至 2019 年 3 月高雄市政府都委會決議將大社工業區從特種降為乙種，降編後將面臨原建物不得增建、改建限制，至今勞資方仍不斷爭取，希望能改降為甲種工業區。

表 12 特種/甲種/乙種工業區土地利用比較

規範項目	容許項目	負面衝擊影響	工業區案例
特種工業區	煉油工業 放射性工業 液化石油氣製造分裝業 易爆物製造儲存業	有煙囪 高度公共危險 嚴重污染	大社工業區 林園工業區
甲種工業區	除上述特種工業區的四種項目外，皆允許其他工業使用	有煙囪 潛在公共危險 中高污染	仁武工業區 大發工業區
乙種工業區	限公害輕微之工業使用	無煙囪 較無公共危險 低污染	楠梓加工區 鳳山工業區

資料來源:都市計畫法高雄市施行細則。

若工業區降編後，依據「都市計畫法高雄市施行細則」第 17 條規定「原有建築物不合土地使用分區規定者，得繼續為原來之使用或改為妨礙目的較輕之使用」，雖工業區既有廠商不必搬遷，但既有石化廠無法申請擴廠與更新既有設備製程，業者將面臨設備老舊逐漸被淘汰，或是外移至其他國家發展，如國喬石化規劃赴中國泉港石化園區投資，計畫興建年產 60 萬噸丙烷脫氫(PDH)及年產 30-45 萬噸聚丙烯(PP)計畫，業者動向將牽動我國石化產業鏈未來發展。



資料來源:本報告整理。

圖 37 大社工業區降編後採取措施

3.地下管線與工安問題

途經高雄地區石化管線共 8 條管束，包括中油、中石化、台塑石化等公司管線，管線路徑可透過高雄市經發局「工業管線查詢系統」查詢。高市府亦成立管線安全辦公室(OPS)，規定既有工業管線業者提送年度管線維運計畫，並建立管線外洩通報 SOP，若氣體洩漏風險提高，第一時間停止管線運作，業者自主建立管線即時輸送資料平台，監看管線內的原料流量及壓力，確保安全無

虞。惟高雄市石化管線分散問題，除增加管輸成本外，也提高工安風險，此問題仍待解決。

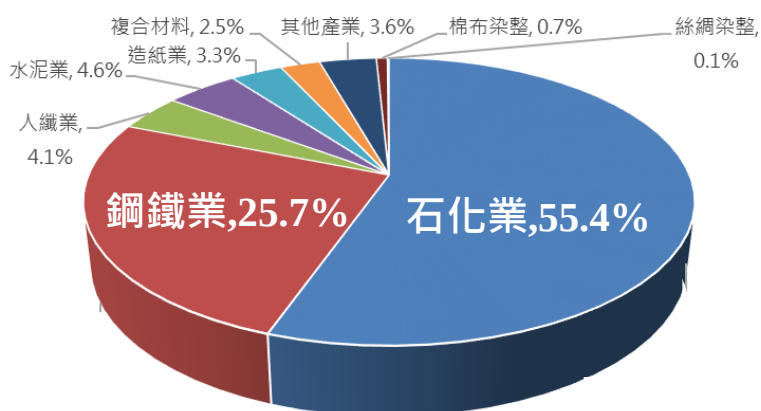


資料來源:本報告整理

圖 38 高雄地區石化管線分布圖

4.國內環保法規加嚴

然而近年來環保意識提升，煉油石化工業對周遭社區居民之衝擊越來越受到關注，產業發展面臨很大瓶頸與困境。如石化產業部分位於高雄地區，空污排放受到高高屏地區排放上限管制。另外，溫室氣體排放總量亦為石化產業所面臨的考驗之一，雖然 2012 年至 2016 年石化業溫室氣體自願減量總計為 291.7 萬噸 CO₂e，占我國整體製造業減量比例 55.4%，如圖 37 所示，但由於 CO₂ 主要來自於燃料燃燒過程的排放，減量空間有限，未來若無重大技術變革或採行新廠取代舊廠等更新措施，未來之自主減量績效較難有顯著成長。



資料來源：國家溫室氣體排放清冊報告。

圖 39 2012-2016 年製造業自願性減量成果

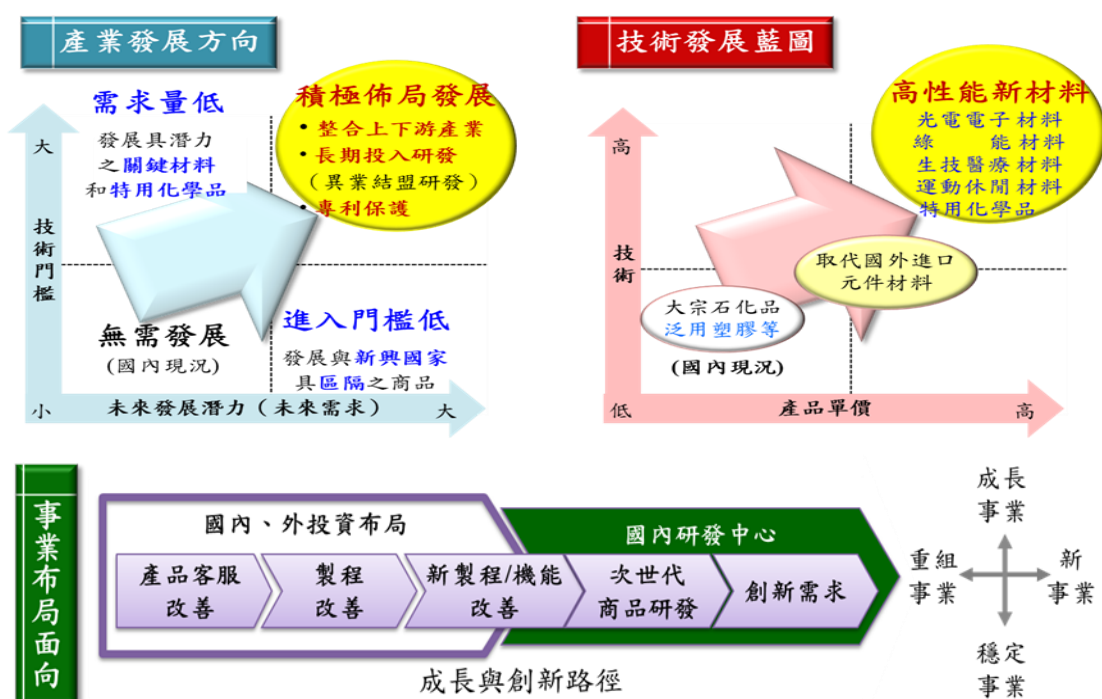
綜上所述，我國石化產業除了面臨國際市場競爭，國內發展也受到原料供

應、環保、工安管線等限制，在政府產業發展政策與相關法令不明確的情況之下，業者缺乏在台投入技術與研發資金等誘因，使得研發量能不足，也迫使部分公司轉往其他國家投資，國內石化產業處境更為艱難。

(三)國內石化產業上位政策

有關石化上位政策，行政院於 2012 年 3 月核定之「石化產業高值化推動方案」，協助石化產業轉型發展，並於 2017 年核定之「石化產業發展綱領」，以石化高值化推動為基礎，發展綠色創新材料，邁向循環經濟為目標。

我國石化高值化發展以協助企業自主轉型為目的，透過整合上下游產業資源、異業結盟、長期投入研發、申請專利保護等，朝向技術門檻高、未來發展潛力大之高值化領域努力，如光電電子、綠能、生技醫療、運動休閒材料、特用化學品等。而石化業者事業布局部分，則鼓勵其開創路徑由現有產品之客戶服務改善、製程改善，到次世代商品研發與創新需求，改變以往重組事業與穩定事業發展模式，朝新興事業與成長事業發展，其發展方向如圖 40 所示。

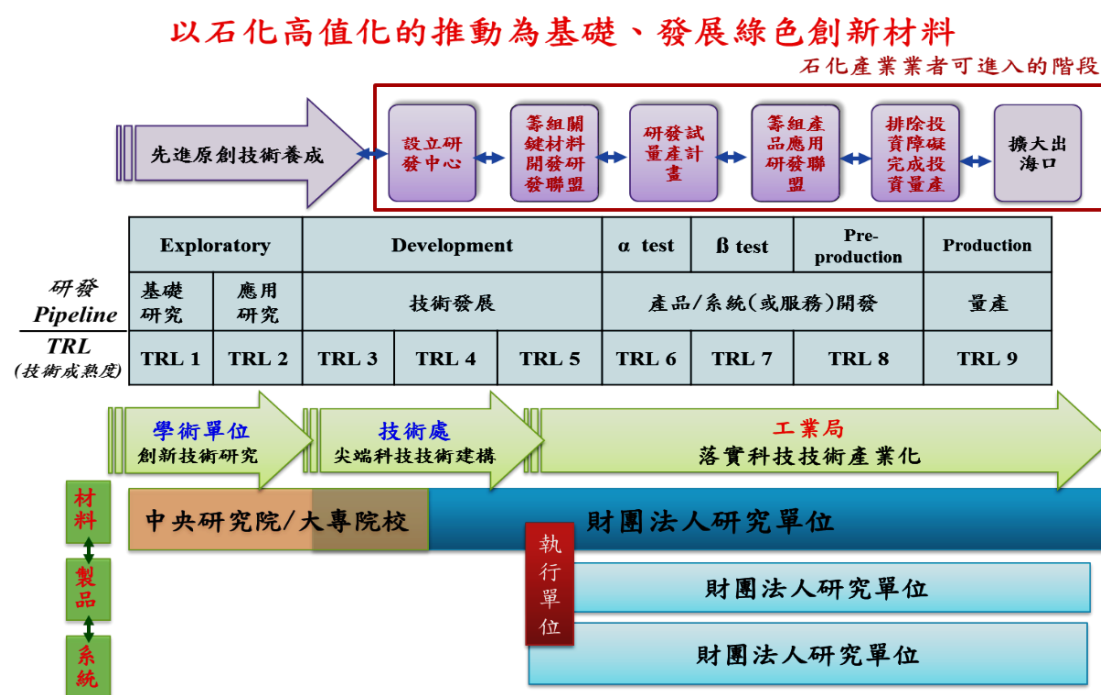


資料來源：高值化推動方案。

圖 40 我國石化產業高值化發展方向

此外，行政院於 2017 年 7 月核定「石化產業發展綱領」，提出石化業發展願景、政策原則、石化產業挑戰、優勢及機會，以及推動產業發展策略與措施，持續精進製程及綠色化，鼓勵業者轉型生產高值化產品，加速汰舊更新製程，以降低污染及工安風險。於石化製程導入工業 4.0 管理，除提高製程安全性外，也可強化石化工安督導及自主管理，落實工業管線安全。持續推動現有工業區之健康

風險評估及追蹤，以科學化、數字化、透明化等方式爭取地方支持。藉由研發 TRL 9 推動產業創新，透過設立研發中心、籌組關鍵材料研發聯盟、試量產研發計畫、籌組產品應用研發聯盟、排除投資障礙完成投資量產等方式，擴大出海口完成高值化產品銷售(圖 41)。



資料來源：經濟部工業局。

圖 41 石化產業高值化策略

經濟部工業局亦刻正規畫「2030 年產業發展規劃」，冀望石化產業在現有的規模下兼顧環保與國際競爭力，以加速推動產業進料多元化、產品優質化與製造智慧化，尋求我國石化市場發展機會，深化高值化及關鍵性原料研發能量，加大鏈結下游應用產業，如生技醫療、健康照護、運動用品等關鍵材料，擴大石化市場出海口。

三、國內煉油石化業者因應策略

我國煉油石化業者面臨外在環境變遷與在地發展限制等多方面困境，積極突破以求永續發展。本報告於 2019 年 7 月 31 日邀集國內煉化業者，共同針對當前煉油石化所面臨之挑戰進行討論會中，個別業者提出的發展策略建議整理如下：

1. 結合 AI 智慧技術，積極開發高值化產品：台塑石化以煉化一體之優勢，配合 IMO 海運低硫燃料需求與車用燃料減少，調整油品生產比例，並拓展石化產品市場，除了持續鞏固原有大宗石化品市場以外，朝高附加價值的 C₅~C₉ 衍生物發展，也因應全球限塑及環保趨勢，規劃發展上游綠色塑膠原料，用於

生產可分解塑膠複合膠粒，再加工成可分解塑膠產品，降低塑膠對環境造成的污染。台塑石化也將 2019 年訂定為「台塑 AI 元年」，以麥寮六輕園區做為發展基地，結合原有自動化基礎，全面思考如何導入 AI 技術於製程、環境監測、工廠安全等領域，例如提升煉製程序中的溫度控制精準度，減少誤判與提早預警，降低生產成本。

- 2.滿足國內油品與石化品需求：中油公司順應 IMO 低硫燃油需求，規劃於高雄大林煉油廠增設真空蒸餾工廠(VDU)，增加低硫燃料油或柴油等，滿足海運燃料市場需求；持續觀察國際電動車市場發展，收集工廠與零售端之各式數據，適時調整進料，以彈性調整成品油或輕油產量。在化學品方面，以穩定供應國內下游需求為目標，支撐下游材料發展，也嘗試朝高價值化學材料投入研發，發展產業價值鏈，以利在激烈競爭中作出市場區隔。
- 3.投入關鍵材料發展：泛中油體系的國喬石化，其工廠位於大社工業區，結合循環經濟共生體系，將其產生的氫氣與蒸氣供應給鄰廠使用，預計在高雄新材料園區中投資開發新廠，計畫興建 50 萬噸綠色苯乙烯與 4 萬噸功能性尼龍材料，國喬為國內第一間生產尼龍 66 切片的業者，材料可應用於輕量化車材、電器、消費電子等領域廣泛應用，可帶動我國關鍵材料產業發展。
- 4.投資石化槽區，以進口補足原料缺口：同樣是泛中油體系的台聚石化，過去因我國「質在內、量在外」政策，已赴中國大陸福建古雷投資 80 萬噸輕裂廠、EVA、EO/EG、SM、PP、SBS 等產品，國內相對投資有台聚在高雄仁武乙烯醋酸乙烯酯共聚物(EVA)廠、環狀嵌段共聚物(Cyclic Block Copolymer；CBC)，但也衍生出上游乙烯原料不足問題，目前計畫投資洲際貨櫃二期石化槽區，藉以進口補足原料缺口。

過去國內煉化產業依循政策發展，仰賴政府進行整體性規劃，明確產業發展策略，將發展條件與標準明訂，並完善法規配套措施，整合中央及地方政府制度。惟近年受到環保意識高漲，使煉化產業投資困難，加上工業區降編、廠房老舊無法更新等窘境，喪失發展空間，使得業者尋求海外投資或發展高值化計畫，在投資風險較高的情況，部分業者策略較為保守，仍以生產附加價值相對低的產品為主。在中國大陸及東南亞國家石化產能擴充之情況下，國內石化業者競爭力面臨考驗，因此下章節研提國內煉油石化產業發展建議，作為產官學相關決策者擬定政策或發展策略之參考依據。

第五章 結論與建議

面臨全球氣候變遷威脅加劇與環保意識抬頭，為求經濟及環境永續發展，各國紛紛提出新能源運用，推動能源消費模式轉變，降低煤炭、石油消費占比，提高低碳排放之天然氣與再生能源使用比例，並提升能源使用效率，減緩對環境之衝擊。近期對油品市場衝擊較大，主要來自運輸用油，包括電動車普及與 IMO 船用燃料限制，使得運輸用油減少與高硫燃料需求轉移至低硫燃料，驅動油品市場轉型，促使國際石油公司投入石化價值鏈發展。目前全球正面臨能源轉型，各國均戮力朝減煤增氣政策與推動再生能源發展，我國當然也不例外，國內煉化產業亦需配合國際產業趨勢及國內能源與經濟發展限制，國內煉化業應如何突破瓶頸，朝建構煉化一體化之循環經濟產業，實為當前重要的課題，綜述如下：

一、亞洲各國與美國爭相發展石化產業鏈，帶動全球經濟與產業發展

(一)發展石化產業鏈，重視減排與污染防治

全球石化產品及其衍生產品需求增加，包括塑膠、化肥、包裝材料、服裝材料、資訊設備材料、醫療設備材料、洗滌劑和輪胎等，帶動石化產業鏈發展。以塑膠為例，全球對塑膠的需求已經超過其他大宗材料(如鋼鐵、鋁或水泥)，自 2000 年以來用量成長倍增，OECD 國家人均塑膠用量為非 OECD 國家的 20 倍以上。儘管近年塑膠廢棄物流入海洋危害生物等議題，使得塑膠受到國際社會愈來愈多關注，促使數個國家禁止或部分禁止使用塑膠袋，亦或針對一次性使用品項收費。但 IEA 報告表示，為減少碳排放而鼓勵回收利用之努力，僅可能部分影響到石化業增長，縱使塑膠回收再利用大幅增加，各國相繼推動減少一次性塑膠使用，尤其是歐洲、日本和韓國帶頭推動，但遠遠不敵開發中國家塑膠使用量的急劇增加，根據 IEA 最積極的假設情景，再回收利用可望占高價值化學需求的 5% 左右。

(二)石化支撐相關產業，增加石化需求

石化產品在能源產業與科技業發展也占有一席之地，如太陽能電池板、風力發電機、電池、隔熱材料與電動汽車等能源系統及通訊、半導體相關產業鏈，皆少不了石化產品的支援，突顯全球石化產品需求增加的巨大潛力。IEA 預估至 2030 年，石化產品將占世界石油需求成長 1/3 以上，至 2050 年比重將提升至 1/2，屆時其對石油消費量將增加約 700 萬桶/日；石化產業除了影響石油需求外，進料多元化也牽動著天然氣需求，預估至 2030 年石化產品所消耗的天然氣將達 560 億立方公尺/日，至 2050 年所消耗之天然氣將進一步增加至 830 億立方公尺/日。

(三)石化進料多元化與 COTC 技術

石化產業面對北美地區頁岩氣革命、進料多元化、全球石化產能加速擴充與相關新技術發展，煉化產業邁向全球化發展，能源貿易與投資集中在特定區域，如頁岩氣帶動下，美國重新成為低成本化學品生產基地，目前全球約 40% 的乙烷為原料的石化產能落於美國。與此同時，中國大陸、印度等人口成長快速與中東

石化產品生產成本優勢推動下，重組原有供需市場，原料與產品價格劇烈波動，使得煉油石化業者積極尋求解決方向。

因應汽、柴油需求減少及石化原料需求擴張，為全球石化行業帶來一股新的動能，全球新建煉油廠多採取煉化一體之政策，靈活調整油品與石化品產製比例，國際大石油公司近幾年開始將 COTC 技術應用於新建的煉油廠與石化廠，透過重新架構傳統單元技術，降低運輸用油生產比例，朝石化品產出率最大化為目標，轉化率已從 15-20% 提升到 40-80%。以新加坡裕廊島為例，透過明確產業政策、完善土地規劃與基礎設施系統構建，吸引國際大廠投資，發展煉化一體化，串聯石化上中下游供應鏈，提升整體生產效率與競爭能力；大石油公司也開始佈局下游化學品產能，如 ExxonMobil 於美國德州擴建線性低密度聚乙烯(LLDPE)、高密度聚乙烯(HDPE)與聚丙烯(PP)，影響現有輕油裂解廠的競爭力。

(四)煉化朝數位化與智慧化發展

煉化業務垂直整合趨勢也帶動數位科技發展，透過自動化、大數據分析與人工智慧應用，整合生產到銷售各個環節。製程端蒐集即時生產與營運數據，藉由大數據進行資料儲存與分析，再透過人工智慧進行學習，提供工廠預警及優化方案，降低生產成本與提高效率；並結合銷售端物流，掌握產銷流程，彙整實際銷售營運資料，將數據傳回各端點改善，彈性調整產量，靈活應變煉化市場變化。

二、面對國內煉化與經濟發展困境，台灣不能放棄石化業且需突破瓶頸

(一)政府與業者需重視煉化業面臨之困難問題

我國煉油及石化產業為國內產業發展基石，擁有最完整與最具競爭力的產業鏈，從原油煉製、到輕油裂解生產化學品，最終到支援民生工業需求各項產品，產業關聯效果高，帶動我國高科技等新興產業發展。然而近年來由於環保意識提升，石化產品在生產、使用和處置帶來氣候、空氣品質和水污染方面挑戰，需要加以解決，煉化產業既有的高能耗、高污染形象深植人心，加上工業管線途徑市區，使得民眾抗爭事件頻繁，既有煉化廠受限環保法規，產能難再擴充，廠區設備更新困難，使得上游原料供應不足，目前石化下游也面臨了大社工業區降編影響生存等問題。面臨國際趨勢衝擊與國內發展限制等因素，造成煉化產業永續發展的不確定性及風險擴大，業者難以靠單打獨鬥解決當前危機，政府與業者須即刻正視問題。

(二)石化業對我國 GDP 貢獻大，應加強溝通

2014 年周桂田等學者之著作「永續之殤-從高雄氣爆解析環境正義與轉型怠惰」，書中提及石化業對 GDP 的貢獻僅約 1.6%，卻耗用 26% 能源等論述；但經濟部則認為石化業之經濟貢獻係以支援並帶動其他相關產業發展為主。若以主計處最新統計 52 部門產業關聯表，石化業向前關聯(對下游的影響)達 4.7，向後關聯(對上游的影響)達 1.68，在各產業中分別居第二與第一位，2018 年石化業產值為 1.89 兆元，占製造業產值比重約 13.5%，間接帶動產值為 3.56 兆元，占製造業

25%。

以 GDP 貢獻作為評估石化產業重要性之指標，其爭點在於「石化產業所涵蓋之範圍」如何定義？若貢獻度採狹義範疇，未將上游之煉油產業(能源產業)納入，所得之相關結論實值得商榷。

石化業常遭社會各界批評為「生雞蛋曬，放雞屎有」，但事實並非如此。根據 2015 年中經院估算，石化產業附加價值率為 9.7%，後續連鎖效應是直接影響的 2 倍。2019 年中研院張靜貞教授之研究團隊對該項目之研究，納入產業關聯性之概念，方符合石化產業作為支援性基礎產業之定位，近 8 年石化產業對 GDP 貢獻，試算結果約 16.5%，顯現石化業對國內經濟發展的影響甚鉅。

(三)發展綠色石化產業，帶動關鍵產業

石化產品雖然產量較少，但技術層次與附加價值高，在特用、精密化學品或以生物技術為基礎的化學品帶動國內許多高科技產業發展，如資訊、電子、半導體、生醫等，扮演不可或缺的原料與材料供應者。有關環境外部成本，石化業者當持續配合政府營造低碳產業結構主軸，並結合政府節能減碳與石化高值化發展政策，推動產業節能減碳及轉型升級並透過製程改善措施，發展綠色石化產業，降低產業資源耗用量，為國內煉化業必須努力的做法。

三、我國煉化產業發展方現，建議朝煉化一體化之循環經濟產業

石化產業永續成長需參考政府煉化產業上位發展政策，尋求政府輔導協助，同時兼顧環保工安、污染管制與經濟發展等要素，以解決現今所面臨五缺問題，提供友善的產業發展環境；業者配合我國循環經濟政策推動，在煉化製程上朝綠色製程、循環再生與降污減排之方向發展，並結合 AI、大數據等數位技術應用，讓煉化產業在我國能持續蓬勃發展。我國煉化產業發展建議如下。

(一)配合產業發展與環保並行政策，建構循環經濟園區

行政院於 2018 年 12 月 20 日通過經濟部工業局研提的「循環經濟推動方案」，針對國內重要關聯產業，如石化產業，以綠色生產、回收再利用與綠色消費為主要推動面向，其中以建構循環示範園區作為推動策略之一，並於 2019 年 6 月 5 日審查通過「全國循環專區試點暨新材料循環產業園區申請設置計畫」，以高雄小港區沿海約 301 公頃土地作為新材料循環園區基地，透過區域能資源整合鏈結，促成剩餘的能資源循環永續利用，節省空污防治設施及廢棄資源處理成本，以園區產業共生的方式降低污染排放及環境負荷，並配合周邊重要交通與產業建設，如國道七號、高雄港自由貿易港區及洲際二期貨櫃中心與大林蒲遷村計畫，優化高雄市空間布局。以新材料循環園區做為煉化產業基地有以下優勢：

1.鄰近煉油廠與洲際貨櫃二期計畫，利於煉化產業鏈整合

新材料循環園區鄰近中油公司大林煉油廠與洲際貨櫃二期的石化油品儲運中心，在考量原料供應上，可就近且穩定地供應園區內所需原料，降低

足國內需求、發展國際市場為目標，鼓勵煉化業者根留國內，共同建立永續產業發展環境。

(二)因應煉化一體與新技術開發趨勢，發展高值與數位化產業

1.整合既有煉油廠，朝煉化一體發展

因應汽、柴油需求減少及石化原料需求擴張，配合煉化一體發展趨勢，建議既有煉油廠整合煉製與石化之產銷業務，朝向 COTC 發展，降低運輸用油生產比例，朝石化品產出率最大化為目標，配合新材料循環園區的推動，透過上中下游整合來增加競爭力，穩定供應下游石化產業鏈高值新材料推動。

2.輕油裂解廠汰舊換新，朝多元進料發展

我國既有輕油裂解廠生產石化品，仍然具有產品鏈完整特性，可開發 C2～C9 高值化產品，建議裂解廠持續精進並與上下游結合，未來新建或更新的輕裂廠利用輕質多元進料，對環境較為友善，且可配合市場供需彈性，運用洲際貨櫃二期新建油槽區作為進口多元料儲槽，持續供應穩定的石化基礎原料，以支撐下游材料發展。

3.深化研發量能，朝高值化及關鍵性原材料發展

我國石化產業發展方向以高值化與高性能化學品為發展目標，透過完善煉化產業鏈積極佈局發展，鼓勵業者成立應用研發中心，加強高階專業人才培育，加速與國內關鍵產業合作，開發創新材料，並以近期日本高純度氫氟酸與光阻劑出口，重擊韓國電子業之案例為借鏡，在既有良好石化技術基礎下，積極投入我國高科技產業所需材料之開發，如半導體、面板、綠能科技、5G 應用、電動車等相關材料，依產業需求進一步精進客製化，開發不同品級與性質之塑化材料，如 C5～C9 衍生物高值化產品，努力擴大石化價值，作出市場區隔，掌握關鍵技術，協助我國產業取得更有力的競爭地位。

另外在環境友善之綠色生質化學品發展上，過去我國大多以進口國外 PLA 原料為主，再進行後端改質加工應用，我國廠商以中下游的混煉改質⁹及加工成型為主，實際有能力進行中游改質技術的廠商並不多，製品性能無法滿足各種消費需求，加上成本居高不下，難以與石油產品競爭等問題。故欲強化我國生質化學品產業發展，建議與新南向國家合作掌握料源，深化產業關鍵技術研發、加速技術發展，開發高值應用，提升台灣生質化學品產業競爭力。

4.配合國際煉化產業，朝數位化方向發展

我國煉化產業應跟隨國際煉化大廠數位化發展模式，以因應瞬息萬變的煉化市場結構變化，透過數位化轉型，以降低能源使用成本、預先檢視維修保養時間、提高設備操作性能以提升產品品質與營運績效，並降低工安事故。

⁹ 混煉改質係將兩種以上的材料用混煉設備進行熔融混煉而達到材料改質的目的，為最快速實用之改質方法，如複合材料、耐燃、導電、耐熱及耐衝擊等各種改質目的。

深度鏈結生產端與消費端，使供貨資訊透明化，即時調整庫存量，進而彈性調整廠內進料與生產量，做出及時應變措施與調整策略，以提升產品附加價值、強化產業競爭力績效。

5.因應 IMO 限硫規定，提高海運及航空用油產出比例

因應 IMO 於 2020 年調降海運燃油硫含量之目標，符合硫含量限制的油品需求隨之增加，各煉油廠應設法改變或調整煉製結構，以增產低硫海運燃油或柴油等，而為提高輕質油品產出，建議增設工場以提高重油轉化率，如焦化(coking)、加氫裂解(hydrocracking)、真空蒸餾(vacuum distillation unit, VDU)等裝置，以滿足未來市場需求。

在航空用油部分，因應國際航空市場規模持續擴大，及考量桃園國際機場第三航廈興建完工後，國際航線與班次將成長，帶動航空用油需求，建議我國煉廠提高航空用油產出比例。

6.持續關注電動車發展動態，適時調整汽油產出

我國因應國際電動車發展趨勢，鼓勵民眾購置電動車款，近年來政府針對純電動汽機車給予免牌照稅、免燃料稅優惠，經濟部工業局、行政院環保署及地方政府環保局也針對新購電動機車進行補貼，期望藉由稅務與價格減免，提高民眾購買意願。

我國電動車款主要是電動機車發展較為快速，由主打換電式的睿能(Gogoro)帶領之下，國內電動機車新車領牌數從 2014 年 5,077 輛大幅成長到 2018 年 82,483 輛，累積登記數達 19.5 萬輛；相較於電動機車數量快速增長，由於受限充換電基礎建設密度偏低，純電動汽車發展較為緩慢，環保車款仍以油電混合車為主。

電動車的普及將對汽油用量帶來直接衝擊，但其普及程度受到價格、續航距離與充電時間等因素影響，當國內補貼措施陸續取消、充電基礎設施尚未健全等限制之下，短期對國內汽油需求影響較不顯著，但須持續關注國內外電動車發展動態，適時調整汽油煉量。

7.未來加油站發展，應思考轉型方向

順應未來國內車用汽、柴油需求恐受電動車輛成長影響，既有油銷業務將有供過於求情形產生，作為油品銷售重要基地的加油站應思考轉型方向，建議加油站針對區位、用戶消費模式等特性進行整併，或配合進行都市更新，或轉型成為能源供應中心，與國內外電動汽機車廠商合作，增設電動車輛充換電站。

此外，在原油加工過程中，會有氫氣附產品產出，而氫能更被視為是下一世代的能源載體，歐美、日本、大陸等國家也都致力於氫能的發展，而以氫作為燃料使用，更可減少交通載具排放污染物的問題，而加氫站可做為能源供應中心的能源選項之一。

加油站亦可結合自動化、Big Data 等數位技術轉型成為智慧服務加油站，

以車牌辨識系統(Vehicle Identification System)為基礎，進行車牌辨識、智慧引導、客戶管理等服務，藉由辨別進出站車輛，連結客戶消費行為，取得客戶消費資訊，除了可加強客戶服務與管理，也可透過大數據分析全國客戶油品消費習慣與趨勢，或進一步改善加油站管理，如加油離尖峰人員配置、環境安全監控等，提高營運效率及降低事故發生。

參考文獻

一、英文文獻

1. Accenture(2018), The Intelligent Refinery.
2. Accenture(2018), Upstream Oil and Gas Companies Spend Smarter on Digital Technologies to Drive Value, Reduce Costs.
3. Amber Liu(2019), Global olefin supply and demand review, APIC 2019, ICIS.
4. BP(2018), Energy Outlook 2018.
5. BP(2019), Energy Outlook 2019.
6. D. Khvostichenko(2018), Effect of Fracturing Chemicals on Well Productivity : Avoiding Pitfalls in Big Data Analysis.
7. Dr.Zhiduo Hou, Daniel F. Brady(2019), Market Insights on the Crude-to-Chemicals Trend : Refining the Product Slate, ExxonMobil white paper.
8. EIA(2017), International Energy Outlook 2017.
9. ExxonMobil(2017), Outlook for Energy : A View to 2040
10. ExxonMobil(2018), Outlook for Energy : A View to 2040
11. Forbes(2015), Big Data In Big Oil : How Shell Uses Analytics To Drive Business Success.
12. Forbes(2019), The Incredible Ways Shell Uses Artificial Intelligence to Help Transform the Oil and Gas Giant.
13. GE Report(2015), Deep Machine Learning : GE and BP Will Connect Thousands of Subsea Oil Wells to the Industrial Internet.
14. Gajendra Kumar, Michael Arne(2018), Steam Cracking of Crude Oil, IHS Chemical PEP Report 29J.
15. Hirtenstein, A.(2017, November 03), Exxon Quietly Researching Hundreds of Green Projects. Retrieved November 14, 2017.
16. H. Hassani(2018), Big Data : a Big Opportunity for the Petroleum and Petrochemical Industry.
17. IHS Chemical(2017), Direct Syngas to Light Olefins.
18. ICIS(2018), The Petrochemical Intermediates Conundrum.
19. IEEJ(2017), IEEJ Outlook 2018-Prospects and Challenges up to 2050.
20. IEA(2018), World Energy Outlook
21. IEA(2019), Global EV Outlook 2019
22. IEA(2019) , Oil 2019-Analysis and Forecast to 2024.
23. Jun Zhang(2019) , Catalysts for production of lower olefins from synthesis gas.
24. JPCA(2019), The 40th APIC 2019.
25. M Von Plate(2016), Big Data Analytics for Prognostic Foresight New Dimension of Petroleum Asset Management.
26. M. Mohammadpoor and F.Torabi(2018), Big Data Analytics in Oil and Gas Industry an Emerging Trend.

27. Michael Arne, Gajendra Kumar, et al(2019), Crude oil to p-Xylene Hengli Refinery-PX Complex, IHS Chemical PEP Report 303J.
28. Nexant(2018), New Directions for Refining.
29. NEXT 10(2018), The Road Ahead for Zero-Emission Vehicles in California.
30. PTQ(Q4,2018),Petroleum Technology Quarterly.
31. PTQ(Q1,2019), Petroleum Technology Quarterly.
32. P. Joshi(2018),Big Data Analytics For Micro-Seismic Monitoring.
33. Royal Dutch Shell(2016), The Shell Sustainability Report 2016.
34. Royal Dutch Shell(2017), The Shell Sustainability Report 2017.
35. Royal Dutch Shell(2018), The Shell Sustainability Report 2018.
36. Royal Dutch Shell(2018), Investors Handbook 2018.
37. Royal Dutch Shell(2018), Annual Report 2018.
38. Repsol(2018), Repsol To Optimize Refinery Management Through Big Data and Artificial Intelligence with Google Cloud.
39. R.J.Chang(2019),How will crude oil-to-chemical reshape the global, IHS Markit, Process Economics Program.
40. Siluria Technologies (2014), Natural Gas to Ethylene, slide presented at World Petrochemical Conference.
41. T. Olneva(2018),Big Data Approach for Geological Study of the Big Region West Siberia.
42. Tony Potter(2018).Rising Stars of Asia, APIC 2018 Marketing Seminar , IHS Markit.
43. William Chen(2016), Global Olefin Market Overview, IHS Markit.
44. WRA(2019), Digitalization in the Downstream Industry-Big Data, The Internet of Things Digitalization.
45. WRA(2019), What Does the Future Hold for Refining-Petchems Integration?
46. Wood Mackenzie(2018) , Sailing Away from Fuel Oil - Updated Analysis of the IMO 2020 Marine Fuel Sulphur Changes.
47. Yokogawa(2014),Computerized Maintenance Management System by PRM and SAP Schedules Field Instrumentation Maintenance.
48. UNEP(2017), Single Use Plastics : A Roadmap For Sustainability.

二、中文文獻

1. 林茂文，2019 年，「人工智慧在石油產業的創新應用」,石油季刊第 55 卷第一期
2. 台灣區石油化學工業同業公會，2018 年，「中華民國的石油化學工業」。
3. 謝俊雄，2018 年，「世界乙烯市場供需分析」，石化工業雜誌。
4. 經濟部能源局，2018 年，能源統計手冊。
5. 經濟部能源局，2018 年，能源統計年報。

三、日文文獻

1. 日本經濟產業省化學科，2018 年，世界化學工業白皮書。

2. 歐米化學企業動向及日本企業戰略，2018 年，Mizuho Industry Focus，Mizuho 銀行產業調查部。

四、網路資源

1. C&EN(2014),” Siluria’s Oxidative Coupling Nears Reality,” available online:<https://cen.acs.org/articles/92/i27/Silurias-Oxidative-Coupling-Nears-Reality.html>
2. 環保署一次用產品源頭減量宣導網，
<https://hwms.epa.gov.tw/dispPageBox/onceOff/onceOffHp.aspx?ddsPageID=EPATWH>
3. The News Lens 關鍵評論，聯合國將全球限塑時程延後 5 年—美國指塑膠汙染是亞洲問題，2019 年 3 月 17 日，檢自
<https://www.thenewslens.com/article/115592>

附錄、當前煉油石化面臨之挑戰與因應議題產業座談會議紀要

一、時 間：108 年 7 月 31 日(週三)14:00-17:20

二、地 點：中技社圖書室(台北市敦化南路 2 段 97 號 8 樓)

三、主持人：財團法人中技社 潘文炎董事長

台灣綜合研究院 吳再益院長

紀錄：鐘韋竣

四、出席人員：

官方代表：

經濟部工業局

洪輝嵩組長

高雄市經濟發展局

王宏榮副局長

產業代表：

台灣中油公司

歐嘉瑞董事長

台塑石化公司

陳寶郎董事長

國喬石油化學公司

楊品正董事長

台灣區石油化學同業公會

林福伸理事長

台灣聚合化學品公司

龔偉隆經理

學研代表：

成功大學化工系

陳志勇教授

資源循環台灣基金會

劉李俊達專員

台灣化學科技產業協進會

曾繁銘秘書長

列席專家：

財團法人中技社

陳綠蔚執行長

台灣綜合研究院

林茂文總督導

台灣區石油化學同業公會

何麗君總幹事

台灣中油公司

林金柱前執行長

列席人員：

台灣中油公司

湯守立處長、陳兆裕副處長、詹政訓企劃控制師

石化產業高值化推動專案

高郁美副執行長

台灣綜合研究院

陳建緯所長、王尚博組長、黃嘉蕙高助員、鐘韋竣高助員

財團法人中技社

王鈺鎔主任、許湘琴組長、邱炳欽研究員、鍾侑靜研究員、劉致峻副研究員

五、主席致詞與引言：

(一) 潘文炎董事長主席致詞：

煉油石化業對經濟發展非常重要，而在溫室氣體減排、電動車崛起等議題發展下，煉油石化業未來該何去何從，所以藉由此座談會議來彙整大家建議。

(二) 吳再益院長主席致詞：

目前國內煉化產業遭受到國內外重大因素影響，面臨多方面困境急需解決，將針對當前煉油石化所面臨之挑戰與因應進行報告，後續再請大家來針對提綱討論。

(三) 陳建緯所長報告「當前煉油石化面臨之挑戰與因應」(略)。

六、題綱討論：

(一) 陳寶郎董事長

1. 空氣污染及廢棄物處理(減少塑膠)為全球的趨勢，台灣在溫室氣體減排措施上一定會被各界放大檢視。

(1) 大石油公司面對空污的因應包括發展潔淨能源如太陽能、風力發電、潮汐等，但會衍生出如太陽能板等廢棄物處理相關問題，石化業者可作為風電材料供應商。

(2) 減塑為最難處理的問題，其中生物分解是最好方法之一，由於一般塑膠價格較便宜，使得原料成本較高之生物分解塑膠推動不易，需要政府從中推動，讓石化業者來參與。

(3) 石化業者可仿效日本研發環保、高附加價值新材料。

2. 電動車為目前的趨勢，電可從太陽能、風能等替代能源供應，使得汽油需求會逐漸降低(如 Toyota 預計於 2040 年停產汽油車)，台塑跟中油勢必會碰到兩大問題：

(1) 煉油廠：建議降低油品產出，提高石化品生產量。

(2) 加油站：由於台塑加油站為租用，可直接將加油站關掉，而中油加油站土地大多為自有，中油加油站轉型成為電動車電池交換/充電站是可考慮的轉型方向。

石化業要直接投入電動車領域相對困難，不過部份電池材料是石化業可多加著墨的方向。

3. IMO 明年開始限制航運燃油含硫量，航運成本會大幅提高，除了低硫燃料油之外，當供應量不夠時會使用柴油替代，使柴油需求上升。

4. 台塑化已經透過 AI 人工智慧對煉製程序做更精準的溫度調控，讓柴油產量增加，降低生產成本。但是使用 AI 的前提是企業需要從上到下瞭解 AI 推動之必要性，積極推動。

(二) 歐嘉瑞董事長

1. 面對國際趨勢與煉化大廠因應作為，台灣煉油石化產業之可行對策。

- (1) 因應國際海事組織(IMO)於 2020 年調降海運燃油硫含量之目標，煉製產品生產配比需隨之調整，增產低硫海運燃油或柴油等，以面對迫近之燃油需求，如本公司即規劃於大林廠增設真空蒸餾工場(VDU)，以滿足未來市場之需求。
- (2) 大數據(Big Data)與人工智慧(AI)等新科技之進步，將直接或間接影響煉油與石化業之未來發展，以影響汽油銷售之車輛科技為例，現階段電動車與燃油車各有其優勢，電動車具穩定性能及環保表現，燃油車之能源使用效率亦不斷提升，但最後必由最符合市場需求之產品勝出。故煉化業者應收集工廠與零售點之各式數據，視技術發展、產品價格行情及需求調整進料油種，以彈性調整各成品油或石油腦產量。
- (3) 車用能源與運具科技日新月異，現階段燃油車與電動車、自動駕駛與非自動駕駛、私人擁有與共享服務間之競爭尚無明確結果，故未來需依各領域發展程度，推出不同之因應策略，煉化業者需從能源「製造」業轉為依科技發展情境提供消費者所需「服務」之角色。
- (4) 高值化與高性能化學品為必然趨勢，煉化業者應依循政府產業政策，投入高價值化學材料研發及發展產業價值鏈，以利國內產業於激烈競爭中作出市場區隔。
- (5) 於國內進行煉化廠新投資或擴大加油站服務範圍，皆需獲得政府政策支持，並適時放寬規範或修改法令使煉化廠更新得以順利進行，加油站亦得以調整營運項目。

2. 面臨台灣煉化產業在地發展限制，台灣石化業之發展策略。

國內石化業面臨大社工業區降編、原料供應、工安、地下管線、環保法規及二氧化碳總量管制等限制，本公司提出以下建議作為同業後續發展之初步參考：

- (1) 在既有良好石化技術基礎下，依客戶需求進一步精進客製化，開發不同品級與性質之塑化材料，供應全球用戶優良品質之產品，提高附加價值。
- (2) 台灣石化產業應借鏡近期日本高純度氫氟酸與光阻劑出口，重擊韓國電子業之案例，積極投入特用化學品之開發，除擴大自身價值亦可協助我國電子業取得更有力之競爭地位。
- (3) 建議中央暨地方政府考量石化產業所能直間接帶動之效益，適度放寬與調整相關規範；以利台灣石化產業朝高值化或循環經濟投資等後續發展；煉化業者亦應努力擴大進料原油所能產生之價值，如發展以二碳~九碳為原料之下游石化品製程，作出市場區隔增加產值，以取得經濟發展與環境保護之雙贏。

(三) 林福伸理事長

1. 煉油市場之發展，若採用結合上中下游企業聯盟方式發展，可能不一定適合台灣石化業，台灣的業者已各自累積經驗、技術及市場等，對合資企業的意願可能不大，建議上游可採合資聯盟方式，中下游仍由各別企業經營，上游原料分配則依合約內容規範清楚，如此才較符合台灣石化業狀況。
2. 政府要明確產業發展策略，完善法規配套措施，並應由中央政府早日確定發展政策，避免各縣市各自訂定法規，讓業者無所適從。
3. 關於大社工業區降編議題，目前尚未有定論，但區內廠商在進行高值化、節能、減少廢棄物等改善工程時，在向市政府申請都會碰到一些問題，希望政府協助解決。
4. 台灣石化業在上中下游整合發展，在全球的石化產業中是一大特色，是其他國家一直想學習對象，台灣石化業應從既有基礎上，朝向高附加價值產品發展，尤其是材料開發，本少利大，才能事半功倍。而生物分解塑膠生產製造，技術上可以做到，問題是成本仍高；如沒有政府政策補貼，要普及發展仍有困難。

(四) 洪輝嵩組長

1. 工業局正在訂定 2030 年石化發展策略，包含如何深耕基礎工業、各產業發展策略等，工業局對石化不陌生，曾參與國光石化的推動，當時目標新增乙烯產能兩期共 240 萬噸，並且按照 GDP 成長規劃未來乙烯需求為 650 萬噸，但受到許多阻礙使得國光石化沒有成功推動，而後制定石化產業發展策略，在不新增輕裂廠之前提下，維持現有乙烯產能 400 萬噸，其中台塑 300 萬噸、中油 100 萬噸，在此規模下乙烯要怎麼做高值化利用，為現階段最重大課題。
2. 工業局篩選出 43 項石化業可做的高值化產品，每年技術處、工業局都各編列 3 億補助款來推動，5 年下也成功做出 30 多項。台塑因為整個發展規模較完整，成功發展出許多特用化學品；而中油則扮演原料商的角色，在煉油利潤有限且受到許多變數影響，未來需求量勢必減少，使得工業局非常擔心泛中油體系如何利用 100 萬噸乙烯。對中油及泛中油體系廠商的建議如下：
 - (1) 長程規劃：外在挑戰如空污、大林蒲循環經濟園區等需要處理，對石化業者而言，下游業者對於此狀況因應較為靈活，但中油為上游供應商，較無法靈活因應，建議中油由原料商轉為材料商，朝研發新材料方向邁進。
 - (2) 短程因應：環保、工安問題應盡力朝零工安、零災害、零污染為目標，建議業者要能迅速轉型因應，工業局會全力協助。

(五) 王宏榮副局長

1. 台灣現今是環保優先於經濟，希望環境經濟皆能平衡兼顧，在煉化產業的發展，高雄面臨以下問題：

- (1) 工安的部分，年初林園工業區連續 3 至 4 件工安事件，造成民眾對石化廠部分疑慮以及抗爭。
- (2) 高雄受高屏空污總量管制。
- (3) 高雄就業問題一直存在，關鍵在過去一直發展重工業之背景下，產業不夠多元化，缺少發展性高的職缺，高雄市政府希望能突破此狀況，因而推動新材料循環產業園區及研發專區，包含國際材料學院等，未來高雄石化產業在強調環保工安、減碳減廢等前提下，研發新材料及轉型等，配合石化產業綱領目標，並希望與在地優勢產業結合，設立更多研發中心，解決人才及就業問題。
2. 目前石化管線遍布高雄人口密集地區，不管就石化產業布局或原料輸送都不是最好方式，對城市安全也造成很大威脅，石化業在轉型升級的過程中，產業空間布局如何重新構建是政府關注的，而循環經濟產業園區的規劃對產業發展與環保及安全之間的平衡勢必對高雄的發展有一定的幫助。
3. 對於朗盛公司節能減碳的案件問題，後續再跟朗盛溝通，若經發局或環保局有推卸責任之情形，將會加以檢討。
4. 大社降編問題，是以 82 年經濟部函及 87 年都市計畫的檢討，高雄市都委會參考環保或衛生單位的監測及風險評估，認為會有環境污染及健康風險的疑慮，故決議降編為乙工以示對 82 年政府承諾的負責，以經發局立場，能理解降編乙工對汰舊換新、設備更新及環保改善會受到影響，希望經濟部、地方政府及業者能研議多贏方式解決，在未來循環產業園區開發完成之前，能兼顧環保、安全及經濟發展。

(六) 陳志勇教授

1. 石化產品是民生必需品，為永續產業之一，但未來宜朝循環經濟理念為發展主軸，建構優質的生活環境。
2. 石化製程宜朝綠色製程與內循環，往零污染、零排放發展。
3. 油品可朝低硫高等級油品(如航空、輪船用油)、馬達潤滑油等發展。
4. COTC 宜朝環境友善材料(非糧食之生質材)與高端材料(5G、AI、國防及車輛產業所需關鍵材料)發展。
5. 未來因應進口 LNG 的國安問題，是否可考量 LPG 生產規劃。
6. 油電車是否考量納入規劃，解決目前的 PM_{2.5} 空污問題。
7. 氫能做為儲能的選項之一乃是歐美日重要能源發展策略。
8. 減碳可朝碳捕獲與再利用方向推動，將 CO₂ 資源化利用。
9. 大林蒲循環工業園區宜儘早規劃，以符合真正的循環經濟要件，宜先有集中式能/電供應站規劃，且事先規劃進駐產業，可參考國外循環經濟園區的規劃案例。
10. 環保訴求與經濟成長並進雙贏為國家政策追求目標。

11. 善用中油龐大的研發經費，整合產、學、研之研發資源，開發下個世代石化產品。

(七) 楊品正董事長

1. 大社工業區已轉型為部分循環經濟共生及高值化產業園區，國喬石化扮演著關鍵角色，如國喬產生的氫氣與蒸氣已供應給鄰廠使用。
2. 政府規劃大林蒲新材料園區，國喬石化響應爭取 20 公頃參與，我們有計畫興建「50 萬噸綠色苯乙烯，4 萬噸功能性尼龍」之高值化，作為在台投資方案，薪火相傳。
3. 國喬是台灣第一家也是唯一的尼龍 66 切片生產業者，也希望扮演重要的尼龍 66(PA66)產業鏈推手，而 PA66 亦可應用於輕量化的車材，是電動車體的主材料，聚焦投資發展尼龍 66 產業，是一個很好的選項。

(八) 龔偉隆經理

1. 因台灣原料不足，過去以「量在外」政策被迫出走，但出走不易(政府審查有相對投資的要求)，在台投資也不易(土地缺少、缺少石化原料，環評困難大...等)，台聚集團目前投資洲際二期石化槽區，藉進口補足原料缺口。
2. 土地由於遷村不易，相對其他地區(如大陸石化園區)較緩慢，致未能完全確定完工期程，且土地面積有限，規劃時較難以容納具規模之整合性循環經濟園區。
3. 在循環經濟議題上，大宗塑膠粒製造商考量回收量與回收效益，在外部循環不易找到著力點，建議可考慮塑膠回收和傳統火力發電之整合(如以超臨界水，將回收塑膠粒轉換成油後與發電整合)。
4. 人才部分因石化產業給一般大眾之形象並不好，導致招募新人不易，台灣多數石化公司人力結構也已老化(大陸石化人才相對年輕)，是未來發展危機。
5. 高值化是必走且辛苦的路，尤其面臨世界級的競爭者，在有限的研發資源、研發人力與缺乏原料的情況下，更要慎選題目，發展的新產品必須能與在地產業整合，較能找到市場切入點，增加成功機會。
6. 煉化一體化整合趨勢朝規模經濟發展，新設工廠的規模愈來愈大，既設的中小規模工廠的競爭力勢必受到影響，未來可能得藉由整合來增加競爭力，建議可參考之前日本乙烯小廠的整合案例。另外，高值化是許多國家化學品產業的發展方向，傳統產油國家 COTC 未來也會將所產的化學品，繼續向下進行產業鏈高值化整合。
7. 由於以往出口過度集中於中國，面對美中貿易戰，台灣業者在外銷時必須多方布局，分散風險，希望政府能多簽 FTA 解決貿易障礙。

(九) 曾繁銘秘書長

1. 汽油用量會降低，EIA 已調降預計年用量在 1.03 億桶，未來電動車的使用會成長，未來原油減少的用量很難預測，目前看來油電混合車短期內是主要市場，建議減少汽油的日煉量。
2. 用輕油裂解生產石化品，仍然具有產品鏈完整特性，持續精進並與上下游結合，但未來新建的 Cracker 不一定用輕油進料，反而利用輕質原料進料，如用丙烷、石油氣等進料。
3. 對於大宗化學品的開發，認為成長機會有限，必須尋找有特殊用途的附加價值產品，開發要項包含：
 - (1) 找到對的產品
 - (2) 要有研發成分
 - (3) 整合下游產品業者研發
4. 注意全球減塑風潮、減少一次性塑膠議題，應提前因應對策。聯合國 2016-2030 永續發展目標將會影響產業發展趨勢。
5. 關於大社工業區降編，建議正名為甲等工業區，而內政部都市計畫組建議多和環保團體溝通，尤其附近居民的支持聲音，才能做出正確的決策。此外，應注重勞工就業權，保障勞工的生存，人才是台灣的經濟發展基礎。

(十) 劉李俊達專員

1. 循環園區應以未來關鍵產業的材料需求為標的，進而規劃資源循環的產業網，以園區產業共生的方式實現零廢棄、零排放。
2. 石化材料已受到全球限塑政策的影響，時尚、食品、電子產業也都有許多重要品牌承諾。台灣需要儘早佈局，由產、關、學、研、社媒跨界合作，以推動產業轉型，特別是從產品製造導向轉為服務。

(十一) 林金柱前執行長(中油公司)

1. 目前台灣乙烯、丙烯及丁二烯的供應量不足以供應泛中油體系業者，沒有基礎原料難以推動高值化，大林循環園區推動將有助於再建大型輕裂廠，整合石化業者解決困境。
2. 建議中油應朝多元進料方向蓋大型原料廠，利用洲際貨櫃二期新建油槽區作為進口多元料的原料儲槽。
3. 中油應將順著計劃整合泛中油體系廠商，但政府的態度很重要，應主動協助出面支持，創造投資環境讓循環圈計畫順利推動。

(十二) 陳綠蔚執行長

建議從國際化的趨勢，觀察國外怎麼發展，再檢討台灣有無因應的方法，這不只是國家議題，更是國內煉化產業的未來，希望利用今天這樣的會議，整合大家的意見。

(十三) 林茂文總督導

1. 乙烯供需可視為石化產業景氣衰退的重要指標：

(1) 乙烯為石化產業鏈上游，所衍生之原料，包含合成纖維、合成橡膠、合成塑料(聚乙烯及聚氯乙烯)、合成乙醇(酒精)等基本化工原料。乙烯供需可視為石化產業景氣衰退的重要指標，因此國際將乙烯產能視為衡量一個國家石化產業發展強弱的代表性指標。

(2) 2016 年世界乙烯產能排名前五名依序為美國、中國、沙烏地阿拉伯、南韓及日本，而台灣目前乙烯年產能為 401 萬噸，排名世界第 11 名(原排名第 10 名，被泰國擠出)，值得政府關注。

2. 循環經濟最大的問題不在與技術、也不在於市場，主要問題在於環保法令束縛。國內環保法令過度著重與對污染的預防及過度對環境的善意，對經濟永續卻充滿敵意及限制，這樣的政策不僅扼殺經濟發展的空間，對環境的保護恐也是抑苗助長，反蒙其害，有識之士應本諸專業良知，大聲疾呼、匡正社會視聽。

七、總結：潘文炎董事長

台塑企業發展相當成功，其優勢可歸功於整合式的煉化體系。首先，在油品運輸方面，台塑於離島興建之港口可以讓 26 萬噸的船直接進港，並且直接運到煉油廠，而中油需仰賴外海浮桶式的轉運，效率明顯較差；其次，台塑廠區的規劃為整體的設計，不僅規模達到經濟規模，也減少整合上的成本，成本較中油及泛中油體系業者分散式蓋廠成本低。

為解決中油的競爭劣勢，以及泛中油體系廠商與上游中油利益相衝突之問題，才有過去八輕共同投資之規劃，讓中油與泛中油體系廠商更有競爭力。然而在地方政府不支持下，導致計畫無法執行，至今仍無法解決。對台灣石化產業發展之建議如下：

1. 產業發展要有整體性規劃，上下游需要發展聯盟而不是利益衝突，政府需負起責任帶頭發展，整合中央及地方政府制度，減少因理念不一致而窒礙難行。
2. 台灣石化業已有產業基礎，不需要對石化業採取鼓勵或租稅等優惠，但不能限制發展，尤其是法令規範要有清楚且統一的標準(如空污排放標準)。若政府決定不再發展石化業，就要有退場機制與配套。
3. 訂定環保規範時，除了跟上先進國家的腳步外，同時也必須要考慮產業的生存能力，政府在做經濟投資計畫時，應同時兼顧環保與經濟等要素後才決策，而不是交由環評審查單方面來決定。
4. 政府如認為台灣還是要有石化產業，就應該把一些基礎環境建構好，把條件與標準明訂出來，讓台灣石化業者自行規畫要如何發展，台灣石化業者熟悉全球石化市場，也相當靈活，自然會找出生存之道，而不需要政府提

政策規劃要如何發展。以新加坡裕廊島為例，電力每度 4 元台幣，用水每度 30 元台幣，比台灣貴上好幾倍，但還是有很多廠商進駐投資。而且條件和標準要統一且不能隨意改變，讓業者可遵循。

八、散會：(17:20)

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

當前煉油石化面臨之挑戰與因應 / 陳綠蔚, 林茂文, 林金柱
主編. -- 初版. -- 臺北市 : 中技社, 民 108.12

96 面 ; 21 X 29.7 公分

ISBN 978-986-98284-6-8(平裝)

1. 石油化學業 2. 產業發展

486.5

108022102

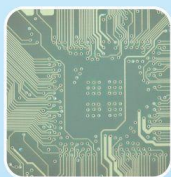
著作權聲明©財團法人中技社

本出版品的著作權屬於財團法人中技社（或其授權人）所享有，您得依著作權法規定引用本出版品內容，或於教育或非營利目的之範圍內利用本出版品全部或部分內容，惟須註明出處、作者。財團法人中技社感謝您提供給我們任何以本出版品作為資料來源出版的相關出版品。

未取得財團法人中技社書面同意，禁止改作、使用或轉售本手冊於任何其他商業用途。

免責聲明

本出版品並不代表財團法人中技社之立場、觀點或政策，僅為智庫研究成果之發表。財團法人中技社並不擔保本出版品內容之正確性、完整性、及時性或其他任何具體效益，您同意如因本出版品內容而為任何決策，相關風險及責任由您自行承擔，並不對財團法人中技社為任何主張。



財團 中技社
法人

CTCI FOUNDATION

106 台北市敦化南路2段97號8樓

Tel : 02-2704-9805~7 Fax : 02-2705-5044

<http://www.ctci.org.tw>