

Chapter 1

緒 論

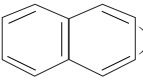
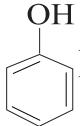
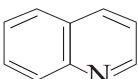
- 1.1 化學工業簡史
- 1.2 化學工業的範疇
- 1.3 泛用和特用化學品工業
- 1.4 石油化學工業現況
- 1.5 建立中國人的化學工業

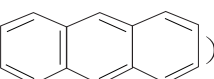
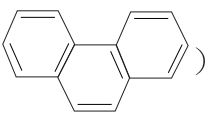
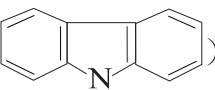
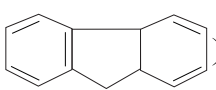
石油化學工業——原料製程及市場

在這一章中，首先說明從煤化學工業發展到石油化學工業以迄至今的過程，繼之以化學工業的分類，和泛用（commodity）及特用（speciality）化學工業的比較。

1.1 化學工業簡史

在 19 世紀中葉之前，和化工相關的行業有玻璃、陶瓷、香水調配、肥皂製造以及相關的酸鹼工業。而染料和藥品均自植、動、礦物中抽取。隨戰爭的需要，黑色火藥工業在 17 世紀成為最重要的化工行業。

工業革命起源於 18 世紀末期的英國。由於蒸氣引擎的發明而使得人類第一次能掌握到大的動力，故而生產可以大型化的集中、產量得以巨幅增加，相對的對原料和成品運輸的需求大增，造成了對鋼鐵和煉鋼所需要焦炭（coke）需求的增加。一方面，煉焦副產品煤焦油（coal tar）中含有大量的芳香族有機物提供了原料的來源，例如：萘（ $C_{10}H_8$ ，）、酚（ C_6H_5OH ，）、喹啉（ C_9H_7N ，）、

蒽（ $C_{14}H_{10}$ ，）、菲（ $C_{14}H_{10}$ ，）、
吡啶（ C_5H_5N ，）、茚（ $C_{9}H_8$ ，）；另一方面，
自 17 世紀中葉開始的近代化學研究工作，也使人類有能力去利用這些原料來合成染料和藥物等產品。是以今天的化學工業，最初是以自煤焦油中抽出的芳香族為原料，以生產染料為主，於 19 世紀中葉萌芽於歐洲。

在後文中，將化學工業發展的歷史，分為四個時期來敘述，即是：

- 近代化學工業的興起，1850～1940。
- 石油化學及聚合物工業，1941～1973。
- 能源危機與化學工業，1974～1985。
- 進入成熟期的石化工業，1985～今。

1.1.1 近代化學工業的興起，1850～1940

德國、英國和瑞士是最早發展近代化學工業的國家，比歐洲其他地區如義大利、法國、西班牙、比利時和荷蘭等國約早 50～100 年。

成立於 1847 年，以生產無機化學品為主的 Brunner Mond 公司是英國最早的化學公司。合成染料是 W. H. Perkin 在 1856 年開始的。是時英國崇尚「純研究」而輕視「實用」，是以英國的研究心得，多半在德國開花結果。這種情況在第一次世界大戰時德國的產品無法運出時才有所改變，同時在一次大戰後英國實施保護政策，使英國的化學工業有一個穩步發展的期間。

德國的化學工業開始於 19 世紀中葉。例如 Hoechst 成立於 1863 年，以生產染料為主；Bayer 成立於 1863 年，生產苯胺染料；BASF 以製造苯胺（aniline）和鹼起家，成立於 1865 年，旁及於蔥系染料。在第一次世界大戰（1914 年）之前，德國占有世界染料市場的 3/4。

瑞士的 Ciba 和 Geigy 二公司，均於 19 世紀中葉自染料開始而逐步發展成生產多種化學原料，包含：醫藥用品、染料、紡織工業用化學品、纖維造紙、製革、橡塑膠、農藥等特用化學品生產者，二公司於 1970 年合併，合稱 Ciba-Geigy 公司，在特用化學品領域中占有重要地位，例如在二次大戰後最著名的殺蟲劑 DDT，即是 Geigy 公司率先生產。瑞士其他的主要化學公司有以生產醫藥品為主的 Sandoz 公司等。

至第一次世界大戰開始時為止，德國是化學工業的第一大國，英國和瑞士並不能和德國競爭。而美國和歐洲其他國家則僅處在萌芽階段。由於第一次世界大戰，德國的化學產品不能供應其他國家，這促使英、美等國開始大力發展自己的化學工業。

除了染料、藥品和黃色炸藥之外，第一個人工合成的聚合物酚醛樹脂（phenolic resin）首先在德國生產（1909 年）；第一次世界大戰期間，德國用金屬鈉作為起始劑，丁二烯為單體首次合成了橡膠（Buna N）。並在第一次和第二次世界大戰之間，在乳化聚合上打下了基礎。在無機化學方面，Haber 法合成氨是由 BASF 在 1910 年左右商業化。這是對人類最重要的化學製程。

石油化學工業——原料製程及市場

1925 年，為了提高競爭力，德國五家最大的化學品公司合併為 **Farben** 工業公司。**Farben** 公司是最先認識到聚合物（polymer）潛力的公司之一，在 1920 年代開始生產尿素脂（urea resin）和醇酸（Alkyd）樹脂。同時在 1930 年代生產丁二烯—苯乙烯（SBR）和丁二烯—丙烯腈彈性體（NBR）；以及聚苯乙烯和聚氯乙烯，這是今日聚合物工業的開始。此一公司在二次大戰後解散，同時將技術資料移交給美、英兩國。

今日的 **Hoechst**、**Bayer** 和 **BASF**，成立於 1952 年，而在 1973 年第一次石油危機之後，快速的發展成為世界化學公司年營業額的前三名。

1926 年，為了對抗德國 **Farben** 公司的成立，**Brunner Mond**、**United Alkali**、**British Dyestuffs** 和 **Nobel** 聯合成立 **Imperial Chemical Industries (ICI)** 公司。到 1940 年二次大戰之前，ICI 公司基本上已滿足英國及其殖民地的需求而穩步成長。1938 年，首次工業生產低密度聚乙烯（low density polyethylene, LDPE），其時乙烯是由乙醇脫水得來的。第二次世界大戰之後，ICI 一方面自德國取得了大批技術資料，另一方面開發出今日用途極廣的聚酯纖維（polyester fiber，英國稱之為 **Terylene**）。以此為基礎，ICI 在傳統的染料藥品之外，亦步入了以石油為基礎的化學工業。

B. P. Chemicals 是英國石油公司（**British Petroleum Co.**）的主要子公司，成立於二次大戰後，業務以石油化工為主。在 1987 年，**B. P. Chemicals** 收購了美國 **SOHO**（**Standard Oil of Ohio**），因而取得了丙烯腈的技術所有權，而成為世界上最大的丙烯腈生產者。除此之外，**Glaxo Wellcome** 和 **Smithkline Beechem** 是著名的醫藥用品生產者；和荷蘭合資的 **Royal Dutch Shell Group** 是石油開發、提煉和石化原料生產的公司。

Du Pont 是美國歷史最久的化學公司，它成立於 1800 年，在最初的 100 年中，專業生產火藥；然後在 20 世紀初開始邁向火藥以外的化學品領域，例如染料、塗料、纖維等，並在 1930 年代開始生產 **Nylon**、**Neoprene**（氯丁橡膠）、聚丙烯酸、**Teflon** 等。**Dow** 成立於 1900 年，**Monsanto** 公司成立於 1901 年，**UCC**（**Union Carbide Corp.**）則成立於 1917 年。在第二次世界大戰之前，除了 **Du Pont** 公司之外，美國化學工業並不能同歐洲競爭。但是由於第一次世界大戰的影響，

使美國認識到必須有生產主要化學品的能力，而化學工業開始由無機化學品轉向有機化學品。在二次世界大戰期間，由於需用於戰備，若干石化產品得以快速的發展，例如用於雷達絕緣的PE和可以取代天然橡膠的丁苯橡膠（styrene butadiene rubber, SBR），以及用作航空汽油的烷基油等；同時為了生產丁苯橡膠，作為原料的苯乙烯也開始大量生產，因而導致聚苯乙烯的生產。在第二次世界大戰之後，這些生產技術均分別由各石油公司分享，同時德國化學公司的技術資料也全無保留被美國和英國接收。

1.1.2 石油化學及聚合物工業，1941~1973

在第二次世界大戰終止之前，已經開始生產相當數量的聚合物，例如PVC、PE、聚脂和尼龍纖維等。這些聚合物的單體是分子量低且不存在於煤焦油之中的化學品，是以化學工業必須轉向由石油和天然氣取得所需要的原料。

第二次世界大戰的戰火遍及於歐、亞兩洲，而美國本土處於交戰區之外，沒有受到戰火的破壞，此一因素加上美國原就是最大的石油使用國，在美國公司的主導下，石油衍生物逐漸成為化學工業所需原料的來源，因而建立了石油化學工業的基礎。在二次大戰結束後的20年中，美國以石油化學工業獨占世界。這種情形在1973年第一次石油危機之後才有所改變，原本建立在煤化學基礎上的特用化學品工業再度受到重視。

除了前述已在1945年工業化的聚合物之外，由Ziegler和Natta在1950年初期所發現的、可以使單體在聚合時規則排列的配位催化劑（coordination catalyst）系統，促使石化工業大幅度的提升了範疇，是石化工業發展歷史上重要的里程碑。基於此一催化系統所發展出來的聚合物有聚乙烯（polyethylene, PE）、聚丙烯（polypropylene, PP）、高順聚丁二烯（high cis polybutadiene）等。

1920年，美國開始利用煉油的副產品丙烯為原料生產丙醇，這是人類第一次利用石油副產品作為化工原料。其後，Shell、UCC、Dow和Exxon等公司開始進一步走向以烯烴類為主要原料、以聚合物為主要產品的石油化學工業。再加上下列因素，石油化學工業在美國的主導下，快速的拓展至全世界。這些因素是：

石油化學工業——原料製程及市場

- 戰後對物資需求的劇增。
- 戰時發展出來的若干基本技術的快速拓散，這一點在下節中將加以討論。
- 石化業不同於煤化學工業，是種類少、量大而使用連續方法（continuous）生產的工業。在煉油工業的基礎上，美國是二次大戰之後唯一有設計和操作大型連續生產工廠經驗的國家，具備有將化學工廠大型化的條件。在相關的教育上，化工系是麻省理工學院（MIT）於 20 世紀初開始設立，再在第二次大戰之後被其他地區所效法。
- 1965 年以前，石化工業的利潤非常高，例如在 1960 年代初期，聚乙烯的售價是原料（乙烯）的 8~10 倍，尼龍纖維的售價是原料的 4~6 倍；而今天均在 2 倍以下。即是在 1946~1966 年約 20 年的期間，石化工業的利潤並不低於傳統的煤化學工業，而具有種類少、量大、生產和銷售管理比較簡單等優點。

也許是由於前面第四點的原因，當環保要求開始正式立法之後，很多美國公司，包括杜邦在內，均選擇放棄這些歷史久而污染嚴重的染料工業。在此之前，即使緊接在二次大戰之後，美國公司由於不瞭解市場特性，亦從未真正打入歐洲傳統煤化學產品的市場，這便使得 1950 年代的歐洲化學公司比較容易再復興。

如前述，在二次世界大戰之後，石油化學工業迅速的拓充成長。這一方面是美國公司向海外拓充自身業務的結果，另一個主要原因則是美國公司將技術看作純商品向外推銷出售所造成。

將技術看作純商品的態度，不同於傳統化學公司的看法。傳統的德國公司例如 BASF、Bayer，英國公司如 ICI，美國公司如 Du Pont 都是將技術視為資產，不輕易的單純作為商品一刀兩斷的出售。美國公司之所以會把技術作為純商品，其可能的原因有：

- 若干技術持有者是工程公司，本身並不生產產品，故而技術拓散對其本身的業務沒有負面的影響。例如乙烯的生產技術是由 Lummus、Kellogg、Foster Wheeler 和 Stone & Webster 等工程公司所主導，而芳香的生產技術是以 UOP 所開發的為主等。而持有 EG 和 SM 生產技術的 Scientific Design 公司更是由 MIT 的教授所組成。

- 美國的化學公司受煉油工業的影響甚大，油品的市場大而不可能由單一公司控制，故而對獨占技術和市場重視的程度不及傳統化學公司。

技術拓散一方面使得石化工業能在短期內高速成長，同時亦增加競爭而使得業者的利潤下降。其他的重要影響有：

- 不同於煤化學的原料來自煉鐵工業的副產品，石化工業原料的供應自成系統。同時在基本上改變了若干傳統化工業的結構。
- 由於沒有技術獨占的障礙，具有原料優勢的地區開始在 1980 年之後逐步取得大部分產品在生產成本上的優勢，而成為國際市場上的主導者，1985 年以後的中東是其顯例。在 3.1.3 和 9.3 節中有進一步的討論。目前能維持高利潤的產品，例如特殊人纖和橡膠，以及大部分的工程塑膠，其技術和產量均受到比較嚴格的制約。

同時能取得技術，並不代表能全面吸收所取得的技術。台灣目前石化產品品質的穩定性高於亞洲新興國家的產品，但是技術並未能全面吸收，故而在推出新產品和改修原有製程上落後於日本。

1.1.3 能源危機與化學工業，1974~1985

1973 年，石油的價格由每桶 2 美元在短期內上升到 11 美元，是為第一次能源危機。它對全世界的經濟，具有大而持久的影響。

在第一次石油危機前後，化學公司的世界排名產生了大的變化，即是歐洲化學公司，例如 BASF、Hoechst、Bayer 和 ICI 的排名超過了美國公司。比較這些公司的運作情況，可以發現下列兩個主要的區別：

1. 在歐洲公司營運範圍中，傳統的特用化學品（即是原以煤化學為主的產品，例如染料和醫藥等）所占的比例高。這是由於歐洲的化學公司是以煤化學工業起家，將這些傳統的工業視為祖產，即使在嚴苛的環保要求之下，仍儘可能的配合環保要求改進。
2. 歐洲公司外銷的比例大於美國公司。這是由於歐洲自 17 世紀開始即以取得原料和市場為主要目的的殖民政策，即是歐洲具有向外拓充以取得商業利

石油化學工業——原料製程及市場

益的傳統；而在第二次世界大戰之前，美國基本上是以自足為主的產業體系，只是在二戰之後才突然變成世界性的角色。

在石油危機中，原料占成本比例大的石化工業所受到的衝擊遠大於原料占成本比例小的特用化學品工業。由此而引發了兩個後果：

1. 突出了原料對石化工業的重要性；在此之後，出產天然氣的地區，例如加拿大和中東，形成了重要的石化產品出口地區。
2. 國際性的化學公司開始調整其營運方向。其中最顯著的例子是美國的 **Mon-santo** 公司由化學公司轉型為今日的生物技術公司。

總結來說，自 1945 年開始石油化工獨占了化學工業的主流，而第一次能源危機是對此一趨向提出的嚴重警訊。1979 年，石油生產國聯盟（OPEC）企圖將石油的價格提升到每桶 30 美元以上，是為第二次石油危機。單就石油的價格而言，第二次石油危機是不成功的；但是對石化工業來說，1979～1985 年是一次大規模的衰退期，首次出現了產量下降，價格下滑，利潤消失，以至於停產的情況。這種情況的出現，基本原因是供過於求。而其他的原因包括了：

1. 由於石油價格上升而導致的全世界經濟成長放慢，減少了對石化產品的需求。故而根據石化工業在成長期所作的預估會比實際需求大很多。
2. 技術取得容易，供應的量不能也無法控制。

而這一次的大衰退，也意味著石化工業開始進入成熟期。

1.1.4 進入成熟期的石化工業，1985～今

從 1979 年開始的石化工業不景氣，歐美的化學公司開始了合併等動作。由於利潤的下降，原料對石化工業的重要性，更加突出，繼之而在天然氣的產地開始了建立以出口為目的的石化工業；加拿大中部的 **Alberto** 州的天然氣在 70 年代末期開始建立石化工業，80 年代初期開始出口；中東則利用油田中所出產的伴生氣（associate gas）在 80 年代初期開始建廠，1985 年開始輸出產品。二地的石化工業，基本上是由美國公司主控；在 1990 年之後，中東石化工業的主導權，已回歸到中東各國手中。

在此之前，國際間的石化產品貿易，依次是由美國、西歐和日本主導；其中美國是以天然氣為主原料。當加拿大和中東的石化工業開始生產之後，國際貿易市場逐漸轉向於以美國、中東和加拿大為主。這種情況說明了：泛用或大宗（commodity）石化產品其技術和資金因素，已遠不及原料因素重要。

在歐美各國，泛用石化產品已是成熟的產品，成長空間極為有限，而化學公司管理的方向亦配合此一趨勢，例如自 1990 年開始，美國化學公司的人員，平均約每年減少 1 萬人或是每年減少 1% 弱；而從 1998 年開始，更展開大規模的合併，例如 Dow 和 UCC、Mobil 和 Exxon 等，凡此種種均是處理由成長期進入到成熟期產品的標準過程。

與此同時，亞洲繼台灣、南韓、香港和新加坡四小龍之後，在 80 年代有所謂的泰國、馬來西亞、菲律賓和印尼等小虎的出現；而中國在 1978 年開始的改革開放，在 80 年代中呈顯出巨大的潛力。這種情況，再配合上 1986~1988 年間的景氣恢復，石化產品價格大幅上揚，導致了亞洲石化工業的拓充潮；其中以韓國自 1987 年開始，在 10 年內將產能拓充了 10 倍；台灣自 1990 年開始，在 3 年內將人纖產能拓大了 4 倍和中國大陸大幅增加石化工業最引人注目。而馬來西亞、泰國和印尼也開始建立了石化工業。其中韓國是以出口到中國大陸為目的，東南亞的石化工廠，多少均依賴中國市場。

中國大陸是世界最大的石化產品進口國，總量超過每年 1,000 萬噸；這一方面是來自由於國內生活水準提高的需求，另一方面則是中國是世界最大的輕工業產品出口國。預估在未來的 10~15 年之內，中國對石化產品需求量的成長率將居世界之冠。自 1985 年之後，亞洲地區石化產能的增加，均與中國大陸的需求有關；即是生產工廠向市場靠近。在此之前，除了新加坡之外，亞洲的石化工業是以本土資金為主，而中國的市場潛力吸引了西方化學公司，在多年的努力之後，BASF 和 Shell 在 20 世紀末開始對中國大陸大規模的投資。

綜合來說，自 1985 年以來，石化工業的拓充是以原料和市場為導向。在歐、美和日本石化工業中的泛用產品均已進入成熟期，其發展方向集中於技術保密性高的產品，同時亦設法介入到新興發展市場，例如中國大陸。

1.1.5 日本、韓國和東南亞地區的石化工業

日本自明治維新以來即大力取法歐洲，大力發展工業，在二次大戰之前，其化學工業以油脂、染料、藥品和半人造纖維為主。在二次大戰之後，其原有的工業均毀於戰火，而原有的商業組織亦和德國相同的被解散，直至 1950 年代初期由於韓戰而開始重組恢復。

日本政府的規劃是在 1970 年以前將石油化工作為發展的重點，而在 1970 年之後著重於特用化學品。其發展石化工業的策略是引進、吸收和改進。到 1980 年為止，其乙烯的生產能量為 650 萬噸（2003 年為 850 萬噸），在中東和亞洲其他地區的石化工業未開始之前，是僅次於美國和歐洲的第三大石化工業國，也是石化產品的第三大出口國。此一情況在 1980 年代中期之後已大幅改變，目前日本的石化工業是以內需為主要目標。

在發展的過程中，日本的化學工業確實做到了技術的引進、吸收和改進。旭化成（Asahi Chemicals）、大日本油墨（Dainippon Ink and Chemicals）、日輝（Japan Gasoline Corp, JGC）、三井油化（Mitsubishi Petrochemical）、三井石油化學（Mitsui Petrochemical）、三井東壓（Mitsui Toatsu）、日本瑞翁（Nippon Zeon）、信越化學（Shin-Etsu Chemicals）、昭和電工（Showa Denko）、住友化學工業（Sumitomo Chemicals）、帝人公司（Teijin）、東洋紡織（Toyobo）、宇部興業（UBE Ind.）及日本合成橡膠（Japan Synthetic Rubber, JSR）等公司均具備高度的技術開發能力和成果，是唯一能在技術上和歐、美真正競爭的國家。

1966 年底韓洋化學開始生產聚氯乙烯，是韓國第一座石油化學工廠，比台塑的 PVC 生產晚 10 年；1972 年底，大韓石油完成第一座乙烯工廠，比台灣的一輕晚 5 年。自此至 1986 年，其乙烯的年產量為 60 萬噸。1986～1988 年，是石化工業在經歷 1981～1982 年的大不景氣之後的恢復時期，石化工業的利潤極佳。韓國遂大舉拓充其石化工業，乙烯產量在 1993 年即達到 350 萬噸，2000 年為 550 萬噸，是時為亞洲僅次於日本的第二大石化生產國。而所生產的產品的一半必須出口，其中以對中國大陸為主。韓國石化工業的拓充，是自 1990 年以來石化產品價格不振的主要原因。