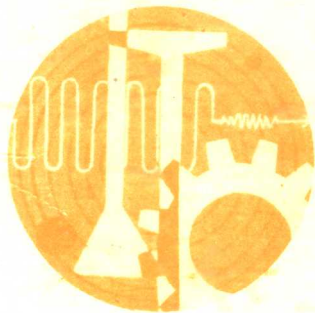


工業化學

編著者 ■ 甘炳陽 楊思廉
戴瑞益 賴義成

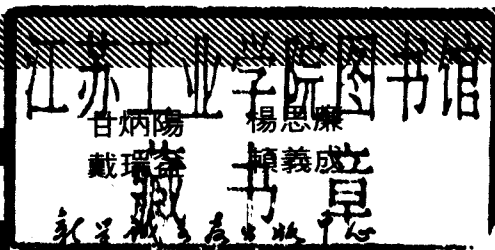


新學誠分局出版中心編行

工業化學 (上冊)

執筆者

編輯者



化學工程編輯委員會

版權所有



翻印必究

行政院新聞局出版事業登記證

■局版臺業字第0980號■

工業化學

- 執筆者：甘炳陽 戴瑞益
楊思康 賴義成
■發行人：李 咁
■兼主編：李 咁
■出版者：新學識文教出版中心

台北市新中街10巷7號
郵撥帳號：109262

電話：7656502 7656992

- 特約：台北·力行書局（重慶南路I）
■經銷處：台中·大學書社（文華路73號）
台南·東華書局（博愛路72號）
高雄·超大書城（地下街一層）

- 校勘者：甘炳陽 戴瑞益
■印刷所：新學識文教出版中心

中華民國 68 年 9 月初版

基 價 5 元 5 角

編輯大意

- 本書依據 65 年 6 月教育部公布五年制工業專科學校化學工程科：「工業化學」教材大綱而編印，可供五專及高工三年級一學年教學之用。
- 本書為國內同性質出版物之第一部，初稿歷三年而完成于 60 年；此次頒行之教材大綱，即據此而擬訂。今所編印，則又為前此內容之訂正與補充。
- 有關化學工業，如：無機酸、鹼氣、冶金、窯業、製糖、造紙、石油化學、塑膠、合成纖維、合成橡膠、農藥、發酵等，本書均由原料開始，對其生產程序、所用裝置及有關化學變化等，予以一一說明，並附甚多珍貴圖片，相互對照，增進瞭解。
- 因其論列廣泛，并對國內有關工業資料亦儘予編入，故一般從業人員、大學青年亦宜參考。
- 本書各章參考主要資料均列誌于目錄之後，謹于此敬向各作者致謝。為期更所完備，尚祈學者專家及採用本書教學之同道、同學多予指正，是所企盼！



關於新學識文教出版中心

■組合性質

由大專校、教、所長、
科系主任及專家學者
百餘人所聯組，具有
作者·讀者·出版者
綜合特質的文教單位

■共同理想

開發心智能源，
創造出版成果，
分享讀者、作者。

■一致行動

全面推行科學中化，
促進國家學術獨立，
提高國民精神所得

目次

第一章 化學工業總論

1-1	化學工業的定義·····	1	1-4	化學工業的種類·····	3
1-2	我國的化學工業·····	1	1-5	化學工業設立的條件···	4
1-3	化學工業的內容·····	2	1-6	原子能與化學工業·····	5

第二章 化學工業的設備

2-1	緒言·····	6	2-8	蒸發及結晶·····	17
2-2	輸送·····	6	2-9	蒸餾·····	18
2-3	碎研·····	7	2-10	吸收·····	19
2-4	機械離析·····	9	2-11	萃取·····	20
2-5	過濾·····	12	2-12	乾燥·····	22
2-6	混合·····	13	2-13	反應裝置·····	23
2-7	熱傳遞·····	15			

第三章 工業用水

3-1	緒言·····	24	3-2-3	氣體除去法·····	35
3-2	用水的處理方法·····	24	3-3	鍋爐用水·····	36
3-2-1	懸浮、混着及着色物 除去法·····	25	3-4	冷却用水之再用·····	37
3-2-2	溶解鹽除去法·····	28	3-5	工業廢水處理·····	38

第四章 無機酸工業

4-1	硫酸·····	41	4-2-1	氨之氧化法·····	55
4-1-1	硫酸的性質與用途···	41	4-2-2	智利硝石法·····	57
4-1-2	硫酸原料·····	43	4-2-3	電弧法·····	57
4-1-3	二氧化硫之製造·····	46	4-2-4	硝酸之濃縮·····	59
4-1-4	接觸法·····	48	4-3	鹽酸·····	59
4-1-5	鉛室法·····	53	4-3-1	合成鹽酸·····	60
4-2	硝酸·····	54	4-3-2	副產鹽酸·····	61

4-3-3	鹽酸之其他製法	62	4-4-1	乾法	64
4-4	磷酸	63	4-4-2	濕法	64

第五章 鹼氯工業

5-1	緒言	69	5-3-1	苛化法	78
5-2	碳酸鈉	69	5-3-2	電解法	80
5-2-1	碳酸鈉的性質與用途	70	5-4	氯	90
5-2-2	路布蘭法	70	5-4-1	液氯	90
5-2-3	氨鹼法	72	5-4-2	漂白粉	91
5-3	氫氧化鈉	78	5-4-3	強力漂白粉	94

第六章 製氮工業

6-1	緒言	96	6-2	合成法	96
-----	----	----	-----	-----	----

第七章 化學肥料工業

7-1	緒言	105	7-4-2	過磷酸鈣	115
7-2	台灣的化學肥料工業	106	7-4-3	濃過磷酸鈣	117
7-3	氮肥	107	7-4-4	湯姆斯磷肥	118
7-3-1	硫酸銨	108	7-4-5	熔製苦土磷肥	118
7-3-2	硝酸銨	109	7-5	鉀肥	118
7-3-3	尿素	110	7-5-1	氯化鉀	119
7-3-4	氰氮化鈣	112	7-5-2	硝酸鉀	121
7-3-5	硝酸鈣	114	7-5-3	鉀肥的其他來源	121
7-3-6	無水氨與氨水	114	7-6	複肥	124
7-4	磷肥	114	7-6-1	固態複肥	124
7-4-1	磷礦	115	7-6-2	液態複肥	126

第八章 矽酸鹽工業

8-1	緒言	127	8-2-4	陶瓷器	33
8-2	窯器	127	8-2-5	建築用窯器	137
8-2-1	窯器的原料	127	8-2-6	耐火物	139
8-2-2	窯器的化學	129	8-2-7	搪瓷	142
8-2-3	燒窯	131	8-3	水泥工業	144

8-3-1	波特蘭水泥·····	144	及分類·····	149	
8-3-2	特種水泥·····	149	8-4-2	玻璃之原料·····	152
8-4	玻璃工業·····	149	8-4-3	玻璃之製造·····	152
8-4-1	玻璃的化學、性質		8-4-4	特種玻璃·····	155

第九章 冶金工業

9-1	緒言·····	159	9-6-2	鎂的冶煉·····	181
9-2	鐵金屬·····	159	9-7	鈦金屬·····	182
9-2-1	鐵·····	160	9-7-1	鈦礦·····	182
9-2-2	鐵的冶煉·····	160	9-7-2	鈦的冶煉·····	183
9-2-3	鋼·····	163	9-8	鈹金屬·····	184
9-2-4	鑄鐵·····	167	9-8-1	鈹礦·····	184
9-2-5	熟鐵·····	168	9-8-2	鈹的冶煉·····	185
9-3	銅金屬·····	169	9-9	鈾金屬·····	185
9-3-1	銅礦·····	169	9-9-1	鈾礦·····	186
9-3-2	銅的冶煉·····	171	9-9-2	鈾的冶煉·····	187
9-3-3	銅的精煉·····	172	9-9-3	鈾的濃縮·····	188
9-4	鋅金屬·····	173	9-10	鈳金屬·····	189
9-4-1	鋅礦·····	174	9-10-1	鈳礦·····	190
9-4-2	鋅的冶煉·····	175	9-10-2	鈳的冶煉·····	190
9-5	鋁金屬·····	176	9-11	銻金屬·····	190
9-5-1	鋁礦·····	176	9-11-1	銻的冶煉·····	191
9-5-2	鋁的冶煉·····	177	9-11-2	銻棒的純化·····	192
9-5-3	鋁的電解精煉·····	180	9-11-3	單結晶銻棒的拉製·····	192
9-6	鎂金屬·····	180	9-12	矽的冶煉·····	192
9-6-1	鎂礦·····	181			

第十章 煤炭工業

10-1	緒言·····	193	10-5	煤炭碳化工業·····	196
10-2	煤炭之成因·····	194	10-6	煤炭之氣化·····	204
10-3	煤炭之種類·····	194	10-7	煤落·····	208
10-4	煤炭的成分及燃燒熱	195			

第十一章 煉油工業

11-1	石油之成因·····	213	11-6	石油之轉化·····	222
11-2	原油的組成、分類 及物理性質·····	214	11-6-1	裂煉·····	222
11-2-1	原油的組成·····	214	11-6-2	重組·····	230
11-2-2	原油的分類·····	215	11-6-3	聚合·····	231
11-2-3	原油的物理性質·····	215	11-6-4	烷基化·····	234
11-3	原油之出產·····	216	11-7	石油製品之精製·····	235
11-4	石油之煉製·····	218	11-7-1	汽油的精製·····	236
11-5	石油之蒸餾·····	219	11-7-2	潤滑油的精製·····	238

第十二章 石油化學工業

12-1	緒言·····	240	12-4-2	丙烯系石油化學品·····	267
2-2	台灣的石油化學工 業·····	242	12-4-3	正丁烯系石油化學 品·····	270
12-3	以天然氣為中心之 石油化學工業·····	242	12-4-4	異丁烯系石油化學 品·····	273
12-3-1	合成氣的製造及應 用·····	245	12-5	以環烴為中心之石 油化學工業·····	273
12-3-2	乙炔及其衍生物·····	249	12-5-1	苯系石油化學品·····	277
12-3-3	氫氰酸之製造·····	253	12-5-2	二甲苯系石油化學 品·····	279
12-3-4	氯甲烷類·····	256	12-5-3	甲苯系石油化學品·····	283
12-3-5	其他天然氣製品·····	257	12-5-4	環己烷系石油化學 品·····	286
12-4	以烯烴為中心的石 油化學工業·····	260			
12-4-1	乙烯系石油化學品·····	260			

第十三章 塑膠工業

13-1	有機聚合物·····	290	13-1-3	聚合物的特性·····	297
13-1-1	聚合反應·····	290	13-2	塑膠工業·····	300
13-1-2	聚合方法·····	296	13-3	塑膠之原料·····	302

13-4	樹脂之分類	303	13-6-1	聚烯烴樹脂	318
13-5	縮合聚合系樹脂		13-6-2	乙烯基樹脂	320
	之合成	304	13-6-3	氯碳樹脂	325
13-5-1	酚樹脂	304	13-7	衍生物樹脂之產製	326
13-5-2	胺基樹脂	309	13-8	樹脂之成形加工	327
13-5-3	聚酯樹脂	310	13-9	樹脂及塑膠之性質	
13-5-4	其他縮合系樹脂之			及用途	334
	合成	314	13-9-1	縮合聚合系	334
13-6	加成聚合系樹脂之		13-9-2	加成聚合系	335
	合成	318	13-9-3	衍生物系	337

第十四章 人造纖維工業

14-1	緒言	339	14-4	聚醯胺纖維	349
14-2	纖維的形成	340	14-4-1	耐隆 66	350
14-3	纖維素纖維	342	14-4-2	耐隆 6	352
14-3-1	黏液螺絲	342	14-5	聚酯纖維	354
14-3-2	醋酸纖維	347	14-6	聚丙烯腈纖維	358
14-3-3	銅鈹螺絲	349	14-7	其他合成纖維	361

第十五章 橡膠工業

15-1	緒言	366	15-8	多硫橡膠	380
15-2	天然橡膠	370	15-9	矽氧橡膠	380
15-3	天然橡膠的衍生物	371	15-10	聚胺基甲酸酯橡膠	382
15-4	丁二烯-苯乙烯橡		15-11	海巴隆	384
	膠	372	15-12	順二烯橡膠	385
15-5	腈橡膠	376	15-13	乙烯-丙烯系橡膠	386
15-6	氯丁二烯橡膠	377	15-14	再生橡膠	387
15-7	丁基橡膠	378	15-15	橡膠之加工	387

第十六章 染料及染色

16-1	緒言	394	16-1-2	染料之顏色及化學	
16-1-1	染料之意義	394		構造	395

VI

16-1-3	染料的分類·····	396	16-3	染色·····	412
16-2	合成染料·····	397	16-3-1	染色用材料·····	412
16-2-1	原料·····	397	16-3-2	準備及精練漂白·····	415
16-2-2	染料中間物·····	398	16-3-3	浸染·····	416
16-2-3	染料之合成·····	402	16-3-4	印花·····	422

第十七章 製糖工業

17-1	世界及台灣的糖業 現況·····	431	17-4	甜菜糖的製造·····	441
17-2	蔗糖與蔗汁的性質·····	433	17-5	紅糖·····	441
17-3	甘蔗糖的製造·····	434	17-6	副產品·····	442

第十八章 油脂及界面活性劑

18-1	緒言·····	444	18-4-2	動物性油脂之採取·····	460
18-2	油脂·····	444	18-4-3	油脂之精製及處理·····	461
18-2-1	油脂之意義及組成·····	444	18-5	油脂加工工業·····	462
18-2-2	油脂的種類·····	445	18-5-1	硬化油工業·····	462
18-3	油脂與脂肪酸之性 狀及反應·····	446	18-5-2	高級醇工業·····	463
18-3-1	油脂與脂肪酸之物 理及化學性質·····	446	18-5-3	油脂分解工業·····	463
18-3-2	油脂與脂肪酸之化 學反應·····	448	18-5-4	人造奶油及烤酥 油·····	465
18-4	油脂之採取及精製·····	457	18-5-5	肥皂工業·····	466
18-4-1	植物油之採取·····	457	18-5-6	界面活性劑工業·····	468
			18-5-7	其他油脂加工工 業·····	473

第十九章 紙漿及製紙工業

19-1	木材化學·····	476	19-2-3	半化學紙漿·····	481
19-1-1	木材之化學成分·····	477	19-2-4	化學紙漿·····	482
19-2	紙漿之製造·····	480	19-3	紙·····	489
19-2-1	紙漿製造工程概要·····	480	19-3-1	緒言·····	489
19-2-2	機械紙漿·····	480	19-3-2	造紙法·····	490

19-4	紙漿的其他化學製 品·····	493	19-4-2	羧甲基纖維素·····	495
19-4-1	硝酸纖維素及賽璐 珞·····	493	19-4-3	賽璐凡·····	495

第二十章 發酵工業

20-1	緒言·····	496	20-6-1	味精·····	507
20-2	菌種之選擇及培養·····	498	20-6-2	核苷酸調味品·····	510
20-3	酵素·····	499	20-6-3	醬油·····	511
20-4	酒精·····	501	20-7	抗生素·····	512
20-5	酒類·····	505	20-7-1	青黴素·····	513
20-5-1	清酒·····	506	20-7-2	鏈黴素·····	514
20-5-2	啤酒·····	507	20-7-3	四環黴素·····	515
20-6	化學調味品·····	507	20-8	石油蛋白質·····	515

第二十一章 農藥工業

21-1	緒言·····	518	21-3	殺菌劑·····	530
21-2	殺蟲劑·····	518	21-3-1	無機殺菌劑·····	530
21-2-1	無機殺蟲劑·····	518	21-3-2	有機殺菌劑·····	531
21-2-2	天然殺蟲劑·····	521	21-4	除草劑·····	535
21-2-3	合成有機殺蟲劑·····	522	21-5	殺鼠劑·····	538

第二十二章 顏料及塗料

22-1	塗料與印刷油墨·····	540	22-2	顏料·····	546
22-1-1	塗料之意義與種類·····	540	22-2-1	白色顏料·····	546
22-1-2	塗料之原料·····	541	22-2-2	有色顏料·····	552
22-1-3	塗料之製造及用途·····	542	22-2-3	有機顏料·····	554
22-1-4	特殊漆料·····	545	22-2-4	增效劑·····	555
22-1-5	印刷油墨·····	546			
	索引·····				559

第一章 化學工業總論

1-1 化學工業的定義

化學係研究物質的組成、構造、性質及化學反應的自然科學。因此化學工業可認為是「在主要的生產過程中利用到化學反應的工業」。換言之，化學工業乃藉機械及電力的操作，將低價值的物料經由化學反應轉變成高價值的產品以達到充實人類的生活及增進人類的幸福之目的。

1-2 我國的化學工業

我國化學工業已漸脫離以農產品加工為主要的初期形態。尤其近年來塑膠，合成纖維，化學肥料等工業長足進步的結果使得石油化學工業有全面改觀之感。惟與石油化學有關的工業中，除聚氯乙烯、聚乙烯、尿素樹脂等少數工業外，鮮有一貫作業的化學工業。因此應如何從石油或天然氣自己製造各工業所需之初級品及中級品諸原料實為當前之一大課題。

一個國家之化學工業欲求發達，除原料、燃料、水力及勞動力各種自然因素須豐富外，研究機構之設立、研究設備之充實、優良技術員工之培養、市場之調查、專利法之確立、稅捐之改革以及經濟政策之釐定都是很重要的條件。

就工業原料而言當然以自給自足為理想。惟若欲在世界市場上競爭，就應採用價廉的原料。國內原料未必價廉，尤以工業資源並不充裕的台灣為甚。此時即應輸入價廉的國外原料，經加工製造而輸出成品。這種形態的工業在國際市場上欲立於不敗之地，必須是生產的效率最高，成品的成本最低，而品質最優良者；尤其須能生產他國沒有製造的產品，以應市場之需要。這些條件皆需要高度發達的技術水準為後盾方能達到；尤其對基礎研究成果之累積更不能忽視。所以今後我國之化學工業已不能以如過去仰賴他國及模仿他國為滿足，而須積極充實各種工業之基礎研究及開發獨特之工業技術。

1-3 化學工業的內容

研究化學工業由原料至產品所經歷之一連串製造過程的學問稱為工業化學。各種化學產品的製造過程大致包括兩種操作：一類為與化學變化有關的操作，稱為單元程序 (unit process)；另一類為與物理變化有關的操作，稱為單元操作 (unit operation)，其內容分別列於表1.1及 1.2。

近年來對化學反應已着重於反應機構、反應速率、反應熱及觸媒諸基本問題的研究，並進而研討規模擴大 (scale-up) 的可行性以期能將實驗室

表 1.1 單元程序的內容

酰基化 (acylation)	發 酵 (fermentation)
烷基化 (alkylation)	鹵 化 (halogenation)
胺基化 (amination)	氫 化 (hydrogenation)
氨解 (ammonolysis)	水 解 (hydrolysis)
芳香化 (aromatization)	離子交換 (ion exchange)
煨 燒 (calcination)	異構化 (isomerization)
羧 化 (carboxylation)	中 和 (neutralization)
苛性化 (causticization)	硝 化 (nitration)
燃 燒 (combustion)	氧 化 (oxidation)
縮 合 (condensation)	聚 合 (polymerization)
脫 水 (dehydration)	高溫分解 (pyrolysis)
重氮化 (diazotization)	還 原 (reduction)
複分解 (double decomposition)	矽酸鹽之生成 (silicate formation)
電 解 (electrolysis)	磺 化 (sulfonation)
酯 化 (esterification)	

表 1.2 單元操作的內容

吸附 (adsorption)	氣體吸收 (gas absorption)
離心 (centrifugation)	熱傳遞 (heat transfer)
壓碎研磨 (crushing and grinding)	調節濕度 (humidification)
結晶 (crystallization)	混合 (mixing)
蒸餾 (distillation)	篩選 (screening)
乾燥 (drying)	離析 (separation and classification)
蒸發 (evaporation)	流體之輸送 (transportation of fluid)
萃取 (extraction)	固體之輸送 (transportation of solid)
過濾 (filtration)	

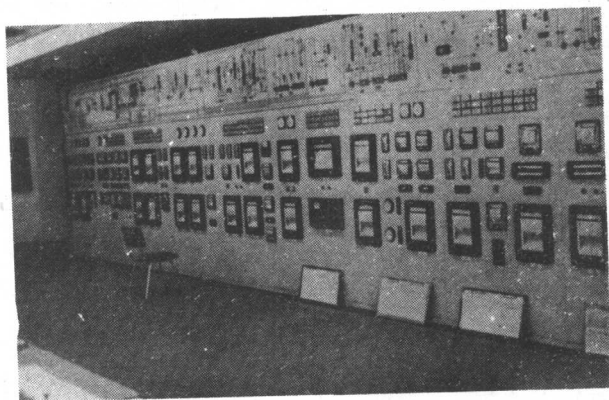


圖 1-1 現代化工廠的自動控制室

的規模直接放大為工業化的規模，而略去實驗工廠（pilot plant）的設立以節省時間及金錢。化工動力學（chemical engineering kinetics）即專為研討上述諸問題的科學。目前單元程序已漸有被化工動力學取代的趨勢。

上述各種操作是利用各種設備來完成的。從原料到產品的全部生產過程所使用的各種機械及裝置務使其效率互相調和。若有某部份之效率特別差或時常故障，將抹殺其他部份優良的設計。因此整個生產工程可說是一種連貫性的作業，也就是一種流程。為維持產品品質之穩定及節省人工費用，並提高效率及降低成本，對流程的管理宜採用適當的計測儀器及自動控制設備（見圖 1-1）。至於自動化的設備因需相當龐大的資金，僅適合於大規模的工廠。

總之，化學工業可視為單元程序、單元操作、設備設計（equipment design）以及控制系統（control system）的綜合體。當然對每一製造過程及設備皆須考慮其最適狀況（optimum condition）。在工業上除了強調單元之最適條件外，更強調整個系統之最適化（optimization）及經濟性。

1-4 化學工業的種類

化學工業所包括的範圍非常廣泛。就所用的原料而言，包括動物、植物、礦物以及海水與空氣；就所製造的產品而言，包括日常生活衣食住行

的各種必需品，國防的武器以及太空航行的材料。表 1·3 僅列出目前比較重要的化學工業，其中大部份都將在本書內逐一討論。

表 1·3 化學工業的種類

種 類	主 要 產 品 例
無機酸工業	硫酸、鹽酸、硝酸、磷酸
鹼工業	純鹼、燒鹼、液氯、漂白粉
製氮工業	液氮
化學肥料工業	硫酸銨、過磷酸鈣、尿素、複肥
農藥工業	殺蟲劑、除草劑、殺菌劑
窯業	陶瓷、水泥、玻璃
冶金工業	鐵、鋼、銅、鋅、鎂、鋁、鈦、鉍、鈾、鎳
無機藥品工業	重鉻酸鉀、硫化鈉
電熱化學工業	碳化矽、碳化鈣、合成寶石
無機氣體工業	氫氣、氧氣、氮氣、純氧
顏料工業	鈦白、鋅白、鉛白、有機顏料
染料工業	偶氮染料、蒽醌染料、醣染料
塗料工業	油漆、清漆、瓷漆、噴漆
油脂及界面活性劑	肥皂、硬化油、油脂、清潔劑、濡濕劑
香料工業	香茅油、樟腦、薄荷、人造香料
製糖工業	甘蔗及甜菜糖
木材化學工業	紙漿、造紙、木溶油、纖維糖、人造絲、酒精
燃料工業	煤氣、石油、人造石油、煤焦
染色工業	棉、毛、合成纖維的染色
石油化學工業	乙烯、氯乙烯、苯、丁二烯
塑膠工業	電木、聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯
人造纖維工業	聚醯胺纖維、聚酯纖維、聚丙烯腈纖維
橡膠工業	天然橡膠、合成橡膠 (SBR、NBR、CR)
製革工業	鞣皮、製革
發酵工業	酒精、酒類、醬油
火藥工業	炸藥、梯恩梯
有機藥品工業	醋酸、甲醇、甲醛
製藥工業	消化劑、消炎劑、維生素、抗生素
核化學工業	放射性同位素、分裂性元素

1-5 化學工廠設立的條件

適合設立化學工廠的地方一般應具備下列條件：

1. 原料充足
2. 產品有市場
3. 運輸方便
4. 動力燃料容易獲得

- | | |
|--------------|------------|
| 5. 工業用水之質佳量多 | 6. 廢水容易處理 |
| 7. 勞動力容易徵募 | 8. 地價低而面積廣 |

通常能完全滿足上述條件的地方不多。當選擇廠址時，往往視工廠的特性而偏重於其中幾項條件。例如螺絲工廠因用水及廢水的處理甚為重要，故常設於沿河流或臨海的地方；電石工業及煉鋁工業所耗電力甚鉅應選擇電力豐裕價廉的地方；窯業則因原料及產品甚為笨重，應選擇靠近原料產地及搬運方便的地方。又如需要勞動力較多的工業（如製藥工業及橡膠工業）則以在都市附近為佳。唯近年來各種工業的規模逐漸擴大，互有關連的工業如石油化學工業都聚集在同一地方，土地面積的大小及地價的高低乃成為決定的因素。

1-6 原子能與化學工業

近年來利用原子能之工業以原子能發電及其相關連的工業的發展最為引人注目。今後利用原子能的發電量要增加到何種程度，實不易估計。惟現在的原子能發電主要乃利用鈾-235及鈾的核子分裂反應，若今後能成功利用核子熱融合反應來發電，則其發電量將必與現有的水力及火力的發電量相埒，決非過言。因此製造及精煉各種使用於原子爐的核子燃料及爐材等化學工業亦必隨着發展。

各種放射線元素（如鈾-137，碘-131及鋇-90）的放射線照射到一物質後，可使該物質內之原子離子化，而引起種種有趣的化學變化。例如在分子合成工業方面，放射線被用來代替一般的觸媒於促進單體的聚合反應以改善高分子聚合物的品質。又如利用為螢光染料、放射能電池、追蹤劑以及化學分析等方面的用途已逐漸受到重視。