

目次

第一章 緒言.....	一
-------------	---

第一節化學工程之定義	
------------	--

第二節化學製造之分類	
------------	--

第三節化學工業之特點	
------------	--

第二章 軋碎與研磨.....	一〇
----------------	----

第一節軋碎與研磨之目的	
-------------	--

第二節軋碎與研磨機械之選擇	
---------------	--

第三節軋碎與研磨機械之種類	
---------------	--

第三章 機械的分離.....	一九
----------------	----

第一節固體與固體之分離	
-------------	--

第二節固體與氣體之分離

第三節固體與液體之分離

第四章 滲濾.....二七

第一節滲濾機械之分類

第二節濾機之構造

第三節濾機之比較

第五章 蒸發.....三五

第一節蒸發之原理

第二節蒸發器

第三節蒸發諸要點

第六章 乾燥.....四五

第一節乾燥之範圍

第二節乾燥之原理

第三節乾燥器

第七章 蒸餾.....五二

第一節蒸餾之原理

第二節蒸餾及蒸餾器

第三節蒸汽蒸餾

第八章 燃料及能.....五九

第一節燃料之性質與選擇

第二節電能

第九章 工廠地點.....六九

第一節建廠擇地之重要

第二節勘定地點之原理

第十章 工廠設計.....七六

第一節物料之處理

第二節房屋

第三節控制

第四節動力之分配

工學小叢書

化學工程及製造概論

徐守楨 著

務印書館發行

之創立。化學工程者，非化學與機械土木諸工程之混合體，乃工程中的一獨立科目，根據化學各原理，副以物理算學，創成化學製法，以應用於工業者也。

化學製造，不一其法，然試分析其歷程，儘多共同之手續，如軋碎、研磨、*crushing and grinding* 分離 *mechanical separation* 滲濾 *filtration* 蒸發 *evaporation* 乾燥 *drying* 蒸餾 *distillation* 等。此之謂單元作業 *unit operation*。化學工程，即連合數種相當之單元作業，製成化學物品。以達到增進效率與減低成本之目的。此種單元作業，雖類別不多，然其範圍至為廣大，其應如何利用，以期獲得最適當之效果，此化學工程師之責也。

第二節 化學製造之分類

化學製造，日新月異，就現有出品，大致可分為下列數類：

第一類化學用品及其類似產物 *chemicals and allied products*：

一、酸及重化學品 *acids and heavy chemicals*。

二、煤膏產物及染料 *coal-tar products and dyes*。

三、肥料 fertilizers.

四、肥皂及甘油 soap and glycerine.

五、火藥 explosives.

第二類陶瓷及其類似產物 ceramics and allied products:

一、黏土產物 clay products industries.

二、玻璃 glass.

三、水泥 cement.

四、石灰 lime.

五、砂灰磚 sand-lime brick.

第三類燃料及其衍化物, fuels and derivatives of fuels:

一、石油精鍊 petroleum refining.

二、焦煤 (副產物與蜂房法) coke, byproduct and beehive.

三、煤氣製造 gas, manufactured.

四、木材化學品及木炭 wood chemicals and charcoal.

五、煙炱 carbon black and lamp black.

第四類金屬 metals:

一、鋼鐵化鍊 iron smelting.

二、非鐵金屬化鍊 non-ferrous metal smelting.

第五類膠質產物 colloidal products.

一、人造絲及膠黏品 rayon and plastics.

二、紙及木材纖維料 paper and wood pulp.

三、橡皮 rubber industries.

四、皮革（已鞣及製成）leather, tanned and finished.

五、油布 oilcloth and linoleum.

六、油漆 paint and varnish.

七、膠 glue and gelatine.

第六類精鍊的天然產物 refined natural products:

一、植物油 vegetable oils.

二、香油 essential oils.

三、糖 sugar industries.

四、鞣料及天然染料 tanning materials and natural dyestuffs.

五、樹脂 rosin and turpentine.

上述種種，雖至不同，然其製法，可歸納爲三類：即間斷法 intermittent process 連續法 continuous process 及半連續法 semi-continuous process 是也。在舊式窖內製磚與陶器，經過焙燒，俟其冷卻，而後卸出再燒；及用智利硝石 Chili saltpeter 與硫酸，在罐中製造硝酸，均爲間斷法。在鉛室中從硫磺製出硫酸，及用適當溶液，從煤氣 illuminating gas 內，提取輕

油 light oils 與氨 ammonia 則皆係連續法。連續法有種種利益，在可能範圍內，都採用此法。否則亦用其近似者，而有所謂半連續法，例如提鍊鞣革樹皮 tan bark 之浸溶槽 leaching tank 工作等是也。

再就化學反應而言，由單一物質變為另單一物質者，其例絕少，反應方程之一邊或二邊通常不止一物質。故化學作業，都不出乎分流，合流及交流 diverging, converging and crossing streams of flow 之三途。從苛性水 water containing caustic 取得氫與氮及木，煤等之分解蒸餾 destruction distillation，係由一種物質變為二種或數種物質，皆分流之顯例。以生橡皮 raw rubber 加硫磺與其他混和料，合成硬化橡皮 vulcanized rubber，於製法中，投入二種或多種物質，而所產出者，祇有一種物質，故為合流。煤與空氣燃燒，變成烟道氣 flue gas 及灰，硫化磺與空氣煨燒 roasting，則消失硫磺，而成金屬氧化物，均係交流作用，蓋參加製法中之數種物質，交互發生化學作用，變成完全不同之他數種物質而流出也。欲求化學成分之衍變，須於製法相當階段中，加能 energy 或減能以促成之，通常所用者，為熱能。熱於單元作業，亦多

應用，如蒸發、乾燥、蒸餾等是。電能爲電解與電弧反應諸法 *electrolytic and arc-reaction processes* 所必需，製造矽素、炭化鈣 *calcium carbide* 及人造金剛砂 *carborundum* 等，所用之極高溫度，尤所攸賴。

第三節 化學工業之特點

化學工業，有特殊之點，應予注意者，分述如下：

一、折舊率大。房屋及機械設備之折舊率，往往視爲廠務中之重大問題，廠中工作狀況，極易受化學的腐蝕，溫度的傷害，及機械的損耗。不獨此也，技術的進步，竟可令其設備，驟成廢物，尤以新興而不穩定之工業爲特甚。常例，工場中之機械設備，所投資本，分期提還，每自八年至十年不等；但欲全體規定一致之折舊率 *rate of depreciation* 實不可能。化鐵、鞣革、油漆、製紙、鍊糖、副產物鍊焦等業，比較的尙可定一相當之折舊率，但工作性質，大不相同，似應各廠分別自定標準，而以酸、重化學品、染料、肥料、製造煤氣、精煉石油諸業，尤爲複雜。即以蒸發器而言，在最適宜狀況之下，可用至三十年之久，普通平均約爲二十年，若用於腐蝕性液

體，則三年至五年，可視為最大之限度。

二、研究與發展之必要。研究與發展，固為任何工業所需要，尤以化學工業為特甚。新興工業，技術上既日新而月異，舊式工業，亦有改進之必要，則研究實為業務上最有效之政策。原料與製法之能否替換，產物品質之能否改良，新產物之能否製出，以及產額之能否增加，與工作之能否經濟，以減低生產成本，均係研究中應有之問題。近三十年來，新興之工業，能獲得經濟上相當地位者，幾無一非科學研究與化學工程發展之結果。人造橡皮、人造樟腦、綜合的硝酸 *synthetic nitric acid* 及綜合的氨 *synthetic ammonia*，在一九一四年之際，尚祇為化學室之實驗品，今則除人造橡皮外，其他三種，均成為有贏利之商品矣。

三、大量生產為常例。欲求化學企業之成功，須有大規模之設備，以期獲得大量生產之各種利益。中國工業幼稚，無例堪以引證。在美國化學工業中，每廠之投資額，平均為美金八四三，〇〇〇元，而他種製造業，則祇美金一八三，〇〇〇元。據一九一九年之統計，每石油鍊廠，平均投資美金三，六六〇，〇〇〇元，其在經濟上勉能維持最小之廠，則為美金三，

五〇〇，〇〇〇元。他如獨立之人造絲廠，至少亦須投資美金三，五〇〇，〇〇〇元，方爲經濟，由是可知，以連續法或半連續法之大量生產，爲化學工業之常例。大規模工廠之較能經濟，比其他機械製造業，尤爲顯著，蓋將蒸發器 *evaporator* 濾機 *filter* 或窖等之容量加倍，直接工資 *direct labor* 即有所增，爲數極小，而管理費並不加大也。

四、利用副產物之重要。在獲利甚微，產額極大之化學工業，其副產物之利用，至爲重要。實際上化學製造，已發展至現今地位，主產物與副產物，竟難區別，油之精鍊、煤之炭化、及重化學品之製造，均爲其顯著之例。但以技術之進步，與經濟環境之變遷，今日之爲副產物者，他日容可成爲主產物，其與副產物相類似者，有廢熱 *waste heat* 及廢汽 *exhaust steam*，其應如何利用，以期發展而資經濟，亦頗饒興趣之工程問題也。

第二章 軋碎與研磨

第一節 軋碎與研磨之目的

當一固體受化學變化時，其作用僅限於該體之表面，而反應之速率，為其接觸面之函數。故欲於最短期間，完成其反應，則每單位重量或容積之面積，必須擴至極大。設先將固體軋碎至小塊，再磨成極微之粉末，則其目的可達矣。此項接觸面積（以顆粒之大小定之）與反應速率之關係，在多數工業製造中，極為重要。固體之溶解於液體；固體與固體之相互作用，如製造水泥結塊，cement clinker；固體與氣體之反應，如粉煤 pulverized coal 燃燒，均為其顯著之例。雖然，軋碎作用，尚有他種之目的；若固體成分非純一時，並可使其組成分子互為分離，有時軋碎可較粗大，如煤與板石 slate 之脫離是，有時須磨至極微，其組成分子方得完全析開，從原料中聚集其貴重的組織分子，而令與渣滓廢物分離者，謂之選鑛法 ore dressing，為多種工業化學

第二節 軋碎與研磨機械之選擇

選擇軋碎與研磨機械，常視下列三要素而定：

一、被碎磨物料的物理性質。

二、供入品 feed 與產出品之大小。

三、碎磨總噸數及他種局部狀況。

物料的物理性質之影響於碎磨者，可分述如下：

甲、硬度 hardness。硬度不僅攸關機械之大小與設計，俾有相當力量，足以軋碎物料，抑且硬度益增高，摩擦作用 abrasive action 亦益加大，因之所用之機械，必擇其消磨部份 wearing parts 減至極少者。研磨磨礫物 abrasive materials 之機械，非但軸承 bearings 須極少，並須以適當方法，使其不受灰屑。又低速率之機械，比高速率者，所需維持費，亦可減輕。

乙、機械的組織 *mechanical structure*。物料或係脆而易碎，或係纖維組織而帶韌性，或係柔軟，或係熱時方柔軟，其用以碎磨之機械，因有種種不同，若為纖維組織，不能以擠壓或剪切作用 *pressure or shearing action* 破碎之，祇可劈而割裂之。木樹皮等纖維物質，所用以碎裂之機械，特名之為衝碎機 *disintegrators*。

丙、水分 *moisture*，物料含水分在百分之四或五以上者，則破碎後變成膠糊狀，其細小部份，每易存留於行動面之間，似鋪褥墊 *cushion*，能之大部為其吸收，產額因之降低。若水分在百分之五〇以上者，則甚流動，可促其已碎之物料，易於流出，而增其效率。大都細小物質之膠黏度 *pastiness*，較粗大者易受水分之影響。故有工廠對於含水分百之三或四以上之物料，竟無法處理者，反之，他種工廠則以含水分在百分之五五或六〇以上者，認為最適宜之材料。

細小度 *fineness* 與機械之選擇，極有關係，有多種機械，在設計之初，或祇能處理粗大物料，或祇適合於細小物料；更有某種機械，可產極均勻之出品，亦有因構造上之關係，其出品之大