

59369

44  
LZZZ  
工學小叢書  
化學工業之設計

高銛 著

商務印書館發行

工學小叢書

化學工業之設計

高 銛 著

商務印書館發行

## 序

設計之義，迄於今日，爲用已廣。於一定目的之下，依事物之性，順事物之變，組織的，機構的，爲之安排使爲系統的進行，具有機的連鎖，循正當一定之軌道以進行者，皆得謂之設計。

以自然爲對象者，當先明乎物性物象，物物間之關係，方可於預定目的之下，作適當之安排。安排不合，自然定律所在，決不容少許之通融於其間。易言之，卽其在進行目的所在以前，必經研究，必經周詳之設計。否然者，目的不可達。譬之建橋者，必先計及橋重，載重，材料強弱由力學的法則以建，否則，橋必圯。築室者必依材料，大小，溫度，用途，由熱學的法則以建，否則溫度不可達。

於一種目的之下，欲尋求安排，卽非設計不可者，在自然對象，甚爲簡明而嚴確。工業製造者以物質爲對象，故設計之義，乃用於工業之建設。

雖然人事之進行，仍爲系統的，有機的，非無正當之

軌道可循也。特其關係更爲複雜，非如自然對象之簡而明耳。於是對於人事之設計，久爲人所忽。時至今日，由各種人事之科學的研究法，知動作，疲勞，人事管理，皆有一定之法則可求，亦當組織的，機構的，爲之安排，使爲系統的進行，具有機的連鎖。即在人事亦不可以無設計。

近代工業，在設計之初，即當二者兼顧，蓋設備與管理，實具有深切之關係。忽其一者，經營即失其合理化，而不可立足於此自由競爭之商場。以是，本篇所述者，雖以化學工業之設計爲主體，關於人事者間亦涉及之。

往者曾應暨南大學之招，講演於其理學院，取演稿加以補充，乃爲是文，並誌於此。

二十五年五月十日

### 參 考 書

柳田喜一郎氏著 工廠設備之計畫

內田俊一氏著 化學工業及其裝置

平井泰太郎氏著 產業合理化圖錄

# 目 次

第一章 化學工業之企業	1
第一節 化學製品	1
第二節 企業之目標	2
第二章 化學工業之設計	7
第一節 設計上之要點	7
第二節 原料	8
第三節 製品之市場	10
第四節 運輸	11
第五節 燃料及動力	12
第六節 勞動	13
第七節 與其他工業之關係	14
第八節 與地方民衆之關係	15
第九節 用水	17

---

第十節	建設費	18
第十一節	廠地決定上各種因子之重要程度	19
第十二節	裝置設計與經濟之關係	23
第十三節	生產能力之決定及其生產額	26
第十四節	單位行程	34
第三章	化學工廠之設備	39
第一節	設備	39
第二節	裝置與機械之區別	40
第三節	裝置之選定	43
第四節	其他之設備	44
第五節	運搬	47
第六節	固體之水平運搬	49
第七節	固體之揚上運搬	50
第八節	固體之降下運搬	51
第九節	固體之架空運搬	52
第十節	液體之運搬	53
第十一節	氣體之運搬	57
第十二節	粉碎及分離	59

---

第十三節	混合及捏合	60
第十四節	三態變化設備	62
第十五節	貯藏	62
第十六節	工作之直線進行	66
第十七節	惠工設備	68
第十八節	工廠之配置	68
第四章	改良及新生產方法之研究 與設計	71
第一節	製品之新陳代謝	71
第二節	改良及研究	72
第三節	研究之發展期及其工業的設計	74

# 化學工業之設計

## 第一章 化學工業之企業

### 第一節 化學製品

試一觀吾人之所衣所食所居所藉以生活者，爲物之繁，乃不遑枚舉。此多類多數之物中，幾何不與化學相涉，不爲化學製品者乎？以言乎衣，人造絲，化學製品也，卽其他以天然物產爲資料者，棉則須漂白，絲則須精煉，毛則須脫脂，均不能無化學作用之加入。以言乎食，鹽出於海，醬製自豆，糖得於蔗，他若製麪者須碱，製饅者須酵，又何一不與化學相關，以言乎住，磚瓦石灰不可離，他若水泥，油漆，又何一不爲化學製品。故近代人之生活，謂其建諸化學製品之上，決非誇語。此僅就直接於衣食住者而言耳。擴而廣之，疾病俟於醫藥，藥、化學製品也，近代交通

利器之航空與公路，輕油（汽油）不可缺，輕油亦化藥製品也。化學製品既若是其廣汎繁多，製造此種製品之化學工業，自必門類複雜。或自其原料以爲別，有如脂肪工業，纖維工業；或自其化學方法以爲別，有如電化工業，釀造工業；或自其用途以爲別，有如肥料工業，色染工業；或自其性質以爲別，有如酸鹼工業，有機化學工業。各有其系統，詳細羅列，不可望於此，而亦不必求於此，略之可矣。

## 第二節 企業之目標

所謂化學工業之企業者，即欲於此廣大之領域中，舉其一門或數門工業，一種或數種製品，從事建設，以得其生產也。門類複雜，製品繁多，既如上述。在此複雜繁多之中，將何擇以從事乎？是必有選擇之方。其目標可分爲二種，一則以國家的見地爲前提而企業者，一則自純商業的見地以企業者。前者之目的，不在經營體自身之得利，而在於國家之圖存。試舉其例，原油缺乏之國家，近代科學軍器所不可缺之輕油，不能自供其需要，乃作種種企業，從事建設，求以他種化學製品，補其缺。於是產煤者，欲用低

溫蒸餾法或加氫方法自煤以製其代用油，植物油豐富者，欲用高溫分解法自廉價之油以製其代用品。是種工業，在平時自由競爭之市場中，以成本昂貴，工作複雜，決無幸存之理。然自國防上為備萬一之用，乃不可廢，故其建設恆藉國家之力以助其存在，或以之為國營事業，或以國力作強力之保護，方克有濟。

後者之目的乃在經營體自身之得利，此種企業最為廣汎。或就銷場以應自國社會之需求，或依原料以供給全世界之需求，試舉其例，吾國多數之製造工業，均屬於前項，而智利之硝石工業，德國之鉀鹽工業，則屬於後項。

介乎此二者間，尚有多數之工業，既由人民自由企業，圖經營體自身之得利，復由國家加以相當之保護者。目的所在，或欲以維持自國之國民經濟，或欲以建立國內工業之基礎，或欲以杜絕國內資金之外溢。此種保護隨各國所需而種類不同，即在同一國家，亦隨時代所須而種類不同。保護之方法，或用關稅壁壘法，或用國庫補助法，要在使其經營不致因虧損而夭折。試舉其例，有如染料工業，其工廠在戰時即可利用以為軍用毒氣火藥之製造所，

冶金工業戰時即可資以爲軍器之原料，是二者在其未發達時，恆由國家保護，使其在平時不致夭折，俾其自行發展。此種方策，固他國所恆採者也。惜其在吾國，關稅因協定而壁壘全圮，財政困難，補助與保息，無一可行。外來之大規模傾銷，日益加甚，內部之工業基礎，毫末成立，於是一切之化學工業，皆在外侮內憂之下，喘喘圖存。維持現狀之不易，發展云乎哉。

今當述於此者，乃爲自由企業方面，卽其經營體自身以得利爲目的者也。在工商業不甚發達之國家，企業恆爲中小規模，在資本主義發達之國家，多爲大規模之企業。中小規模者，其目的恆在應自國社會之所需，故其所當着目者，國內之需求關係，外國之輸入關係，目前之近況，將來之發展。至於大規模者則不然，自國之銷場以外，恆求以隣國爲壑，故影響所自來之範圍亦大；於是自國市場需求之關係以外，必顧及於其企業在工業上及經濟上之地位，國外之產銷，世界之大勢。

然而無論其爲若何之企業，若何之經營，下列四者必加之意：

(1)原料 原料是否有廉價之國產可資，抑須仰給外來？

(2)材料 材料者化學藥品及其他構成修理所用，而不屬於原料者也，是否有國產可資廉價可得？

(3)技術 技術困難與否，能否由國內供給，抑須仰給於國外？

(4)勞動 勞動者是否須特別技能及熟練，國內有熟練之勞動者可得否，其訓練之難易如何？

凡此四端，從事之初，即當籌及，使後此無憂。吾國為工業落後之國家，凡百皆滯而未進。以言乎材料及技術，多不能不仰給外來，人或無異詞。以言乎勞動不足為用，人必不能首肯。殊不知勞動之要素為能率，所以增進此能率者，首在熟練，與夫適才得所。在化學工業，多數有俟於特別技能，此種特別技能，與夫熟練不可一躍而達，須經相當期間之訓練；而適材得所，亦必經多數之科學的試驗與研究。反觀吾國凡百施設，既未之及，對此加以注意者亦甚鮮，宜乎勞動效率之低下矣。以言乎原料不足為用，人亦難首肯。實則一觀近代化學工業之內容與夫其與他

種工業之關係，再一察吾國已舉之工業，則知此語決非全虛。觀乎近代之化學工業，對於天然生原料，距離已遠。試以染料爲言，染料之本出於煤，自煤以至染料，不知已經過幾許中間生成物矣。今在吾國，欲爲一企業，自煤以製染料可實現乎？不能也。於是其所需之原料乃爲苯，氯化苯，駢苯等，皆仰給於外來矣。更就製紙者觀之。除以本國可得之破布作小部分之原料以外，其所需之化學紙漿皆輸自國外矣。類於是者，不知幾何，其真能製自純粹之國產原料者固未可言無，決不能代表今日之中國工業界情形，則盡人莫得而否認者也。

作是種企業者，間接仍不免於代銷外貨，經營所得之利不過外貨之分潤而已。然是非曰此種企業爲不當舉，蓋外來原料材料之應用，外來技術之應用，乃落後國家之建設上，所必經之階段。特於企業之初，必明此原料之來源，可久恃與否。同時即當着手研究自國原料，謀所以自供之道。對於技術，亦同時研究，謀所以獨立之道，乃不可忽耳。

## 第二章 化學工業之設計

### 第一節 設計上之要點

企業之方準既定以後，隨而來者即為設計問題。設計之初首當決定者，為地點問題。就原料或市場之所在乎？置於工業都市中抑置於遠隔之鄉間乎？由此決定所在之不同，影響及於設備，其中尤以關於運輸設備及貯藏設備者，影響為多。其次為工程問題，採用何種原料，選取何種裝造行程，由何種之單位行程以組成其全部工程乎？其次為設備問題，對於裝置，採取何種之生產額以定其最小單位，採用多單位制乎，抑用少單位制乎？對於機械化程度，多用人力以省設備費用乎，抑採用高度機械化之方準以增進工作效率乎？上述以外，尚有多數問題或關於原料，及製品，或關於燃料及動力，或關於技術及勞動，或關於地方人民及其他工業者，均當考慮周詳，而決定之。

尚有一言當附於此者，管理問題也。管理與設備，恆有

相連之關係，欲得其工廠管理為科學的。設計之初，即當加以注意。

## 第二節 原料

由所營工業之不同，原料之種類不同，或資於礦產，如硫酸工業之於硫鐵礦，或資於植物，如植物脂肪之榨取，精製及加工工業；或資於動物，如動物脂肪之製取及硬化工業；或則以空氣及水為源，有如氮之合成，工業氫之製造工業；或則以半製品及中間生成物為原料，如染料製造工業。原料之種類既多，自身之性質各自不同，故其對於工廠之各種關係，皆不相同，尤其對於工廠之位置，有絕大之影響。試申論之。

原料之用礦石者，如水泥工業，石灰石，黏土等皆價廉物重者，工廠之位置必設於原料之產地。又如硫酸，其製品之運輸困難，較諸礦石，運費尤大者，則雖所用為礦石，當設於銷費所在地。原料之以農作物為原料者，或則在原產地，農產集中地，或則在銷費地，要以其原料及製品之運輸等關係而定。原料之極易腐敗者，有如魚油製造，

必於原料產地爲之。原料之爲空氣及水者，原料隨地可得。故其工廠之何在，決定之因子，乃在其所耗之電力，燃料動力矣。

原料之數量甚小，而其製品之價格極高者，有如製藥工業者，原料之價格及運輸問題，不復爲決定工廠所在之因子。一般重心乃在其所用原料以外之藥品等材料，是否隨時極易入手。具此種性質者，其工廠以在工業都市爲宜。

製造費之最大因子在電力或動力者，如碳化矽之製造，及電解工業等，其原料及運輸已不爲問題之中心，故其取決工廠所在，即以電力及動力爲準。多數之高溫電化工業，及電解工業皆發達於美國及北歐之挪威及瑞典者，皆藉憑天然特惠之水力也。

更有一言，當附述於此。原料之無永久來源，或其來源不易維持者，不能選用。有如製紙者，必置其工廠於廣大森林地帶，至少能數百年左右之用者。設其不然，目前雖開始製造，自以爲足，數十年後，舊有之林已罄，新培之林未成，耗大資本所建之廠頃刻達於絕境矣。有若製糖，

所須甘蔗至多，不能有廣大農場，自行供給，或藉統制之力以集中之者，因市價關係，或其他原因，農人不復培蔗，工廠亦立即陷於絕境。類乎此者甚多，於決定工廠之所在時，必注意及之。

### 第三節 製品之市場

大規模之工廠，以大量出產爲主旨者，其銷行遍於全國，或世界，不侷促於一地之市場，故其工廠，恆在離市稍遠之所。都市之地，價恆高於鄉間。工廠既宏，所須面積極大，由此可節省資本。同時，其動力電力等，恆獨自設立，以供需要，甚且自有運輸機關，自有其設備，以供在廠人員之住居生活，以養成其特有之風尚性質習慣，以便其廠中工作。若是者，仰給於附近都市者既少，自以遠離爲愈。

然而化學工業之建設，必先有他種工業之製品，故其相輔而行之性質，較諸他種工業爲強，規模較小之工廠，設備既不能若是其宏，遠離以後，都市之仰給，不復易得，必遇多數之困難，故皆設於都市之近郊。其更小之工廠，製造設備不甚複雜，自以設於都市中爲宜。自市場以觀，設

於都市中者，市場近在咫尺，其運輸費用可較郊外者省。而在郊外，有公共之交通機關可利用，自較遠者更省。即此一端，亦即在市場上，中小規模工業，可以勉強立足之由。

#### 第四節 運輸

在上節吾人曾以市場遠近論運費之大小矣。實則非若是其簡。運輸費之大小，決不能以縮尺測地圖上之距離定之。河川，鐵道，公路等之有無，裝卸之便否，皆為重要因子。一般河川之舟運，運費恆賤於鐵道之車費，而運貨汽車之運費為最高，故原料，製品等重量甚大，售價非至高者，自以舟運為宜。然舟運之速度一般皆小於鐵道及汽車，欲求速便，自以後二者為愈。近時各國之公路皆極力擴張，汽車運輸日益發達，鐵道及汽船運輸之重要性，已減於前矣。

工廠之原料必自外運入，而其製品必送達市場，故工廠之位置，以舟車兩便之所，公路鐵道之所經者，為最佳，然而此種位置，恆為其他條件所限，不可必得，有時不能

不捨棄其中之一。唯決不能全然忽視。在水泥肥料等工廠，原料或製品重量大而價不高者，其經營之成敗，運輸乃爲一重要因子，故其廠址以濱河爲宜，卽其關係較小者，運費縱不致爲其售價中之一重要成分，因交通不便，呼應不靈，間接亦必受其害。

#### 第五節 燃料及動力

在此項目下，吾人當論及者爲煤，及電力等問題。化學反應之速度，一般皆隨溫度上昇而加增。其加增之率，約爲每十度增加一倍，故化學工業所採方法，多於加熱狀態下使之進行。以此，除間接用以爲動力者外，耗煤之量甚巨。燃料爲重而廉之物，故其關係乃如原料中之重量大而價廉者，讀者可就而參照之，茲可不述。在吾國，以產煤之國而煤價不廉，卽以上海而論，煤之自安南日本輸入者甚多。煤價不廉，實爲化學工業上一大阻力。

化學工業中，如電解工業者，其製品之成本，電力費乃爲極大之因子，故其工廠所在，當就電力低廉之所建設。已述於前，然其工程可分爲兩段者，可擇地而各建之。

試舉其例，有如鋁之製造。鋁之製造可分兩段。前段因欲減低礦石運費，就礦石所在地建立工廠，先製為三氧化鋁。再以此之運至廉價電力所在之地，立電解工廠，電解以為鋁。

### 第六節 勞動

化學工業所須勞動者之數，隨其工業種類及其產額而異，然其增加之率，乃與其他工業，稍異其趣。譬諸織布之廠，欲其產額增加，必增加其織機，織機既增，管理此織機者必隨同增加。化學工業則異於是，主要部分為裝置。裝置之能量增大，管理者並不以同比增加，故自工資一點上觀之，可知化學工廠之規模不可過小，過小者其成本必昂。

一般勞動力之供給，以都市為強。立廠於都市，自可供應裕如。其為他項條件所限，必立廠於郊外及遠隔之所者，則當籌及此勞動供給問題。在大規模經營者，不仰求都市供給。自於工廠附近，建立住屋、學校、醫院等，日用品販賣所等，自成一附屬小都市，以供給勞動者，使之安心工作。由此，使勞動之移動減少，工廠之效率可因以增

加。化學工業上，常有須特別技能者，則其養成，羈留，尤不可忽。在設計之初，即當顧及，是否有熟手所資，如何以養成，如何以便生手工人之使用。

### 第七節 與其他工業之關係

吾人在前節，原料以外，尚列有材料之一項。自吾國字義上觀，必有人焉，疑其重覆，亦必有人焉，疑其區別。今當略述於此。欲明其梗概，先就一二種工業之實例言之。有如製碱，其所須之物質為食鹽，石灰石及氮。其所得製品為碱即為碳酸鈉。碳酸鈉之成分中，鈉得自食鹽，碳酸得自石灰石，故食鹽與石灰石實為碳酸鈉之原料；而氮則在製品中，不有毫末加入，但在其製造上，則決不可少。有如鋁之製造，礬土為其原料，鋁實含於此礬土中，然而在其製造上則必須多量之碳酸鈉，與夫電解質之冰晶石，是二者又為其製品中所不含者矣。類乎是者，在化學工業，不勝枚舉。今則別此曰材料，此尤指其在化學行程上居重要地位者而言，多數工業之行程中，往往以酸鹼溶液為洗滌精製過程。凡此吾人亦得以材料目之。關於此種性質之物

質，通俗恆以化學藥品目之。實則所須者，不限於化學製品，前述之冰晶石即為礦產矣（近時亦有人造者）。

由此二例，可知化學工業之製造，關係於其他工業者，實為繁博。着目此點以設計，則自以立廠於工業都市為宜，易得他種工業製品之供給。中小規模者，尤宜如是。至於大規模之經營者，可由數道以補其缺，或則自圖供給，易言之，自設附屬工廠，製造其所必須者，或大量購入，貯藏備品以應其缺，或自設修理所，以自行整理修補，或則自設副產物製造所，以處理其所生廢物。中小工業則無此力，既不能自製，復無力多貯，修繕俟乎他人，廢物之應用，有俟乎他人，更不待言矣。

#### 第八節 與地方民衆之關係

古語有之矣，入國問俗。可知個人之生活舉動，亦與周圍人士有關，況一工廠乎？在化學工廠，往往排泄有害惡臭之廢水與廢氣，亦往往為燃燒及爆發之根源。對於其工廠所在地方之公衆，關係至為深刻複雜，故設計者必當注意及之。在建廠製造以後，以煙害水害問題，與地方人士，

紛糾不已，即在吾國，亦屢聞之矣。終至陷入不能不停工絕境者亦未嘗不有。當預爲計及，必擇其廢氣不足爲害，廢水不足爲害之地方，或竟施以除氣工程，及處理廢水，使無其害。至於燃燒及爆發，則可使其工廠與民衆羣集之所隔離，或求其他預防方法，以獲得地方人士之同情與諒解。

更有兩點當述於此，乃關於地方人民之貧富者。設其地方民衆本不富裕，謀生不易，工廠建立以後，即多一謀生之道，必爲地方所歡迎。有此利點，其他之一切問題，皆可由此而免起糾紛。設其地方富裕，各有定職，或務農於鄉，或經商於外，或爲都市之住宅區，無所需求於此工廠之設立者，縱其工廠不有廢水廢氣等顯然之妨礙，亦可有所藉口；或則以爲工人羣集，有害風紀，或則以爲機聲不息，有害安甯，或則以爲製造危險，有害安全。在在皆有辭借爲反對之理由，亦卽爲糾紛之源。反對既起以後，必致爭持，日久而感情益劣。縱不受法律上之干涉，而致停工，地方人士，對於廠中施備，廠中人員皆懷惡感，必使工廠感覺極端之不便。設計者當預爲料及，對於此種情形之地方，必稍作有益之設備或事業，以緩和人心，而得一相安之

策。

### 第九節 用水

水量及水質，在化學工業上，恆爲一重大問題。一般用水水質，恆須懸浮物少，溶解物少者。易言之，即須澄清之軟水。水源及水量則須確實充分，不有不給之虞。用水之取給於都市之自來水者，上列各要件，均可以達，而水費則高。果其用量不大，自可就便使用。設其使用量大者，即爲日積月累之蝕耗，故大規模經營者多自覓水源自立設備，以淨製用水。一般水源之爲河川者，水質軟而懸浮物多，取給於井水者，水質硬而懸浮物少。設計者必就其製造所須用之性質及水量而採定之。

工廠用水中，一部分或用於製品，一部分或僅用於洗滌，一部分或用於降冷。用於製品者，必需潔淨之水，適合其目的所需。用於洗滌者，潔淨之需要程度已輕；而其用作降冷者，水質之問題更爲輕微。故多數工廠，恆應此不同之目的，或用淨製之水（或取給於自來水），或用未淨製之水，二者兼備，以節省費用。

夫取水於水源，加以淨製，既非設備，不可復須費用及勞力。用水量大者，單位水量所負之費小，固定之資本可以收回；而其用量之不大者，單位水量所負者高，收回乃不可期。故其決定，在中小經營者，比諸大規模者尤難，而更當審慎。

#### 第十節 建設費

建設費有兩大項目，即地價及設備。是二者皆為投下之固定資本，一經投入，不可移出者也。故其投入時，必經詳慎之考慮。

(1)地價 土地在交通便利而適於建設工商業之區域者，地價必高。初時之投入資本雖大，後此則永受其便利之益，支出減少，最初之投資自於無形中收回。土地之僻遠而不便者，地價必低，初時之投資可省，後此由不便而來之靡費，則日積月累而無止境。自表面上觀察，前者似優，實則未可輕判。投入之資本，既須利息，由便利而收回者，果有若干；計算失常，投入者已去，收回者不可期，即成永久之損失。一般規模之尙大者，則以採用優良地畝

爲宜，蓋其生產額大，由便利而收回之利益自亦大，收回可期。若夫小規模經營，生產額不大，利用此土地之便利者不甚頻繁，收回自小而不可期矣。雖然，是非曰中小工業，當立於低價不便之所，特其投資與收回間，須作詳慎之計算。實際上多數之中小經營因其他關係，恆在市中或郊外，寧付以高額之地價，反爲得策。而其以大規模經營者，能自立交通設備，反以遠離爲得策，吾人前節已述之矣。

屬於土地者尙有一地基問題。地基之不良者，價亦極低，後此之建設，其基礎工事之費必巨。是否可償，是否有益，在此地價與基礎費間，又生一必須考慮之點。一般大規模者，生產額大，平均分配負擔於其單位製品者甚小，收回可期，不妨採用。中小經營則不然，以不採用爲宜。

建設費之屬於設備者，與其生產額之關係甚大，另節論之。

### 第十一節 廠地決定上各種因子之重要程度

上述各項以外，對於氣溫、濕度、雨量、風速等須加以考慮者亦非不有，然其範圍已狹，不爲普通必須之條件，今

可略之。即就上項各因子而言，對於工廠之設計，能選得一適當之所，全合各條件者，自無問題。實際上，此種理想，決無實現可期。得於此或失於彼，得其五失其五者有之，得其三而失其七者，亦未嘗不有。於是何以取決，乃為問題。換言之，即上項因子對於工廠建設上，其輕重關係何如，何者當重視而必求其備，何者可以忽視而任其失乎？此種得失之間，果能定量的明之以數字者，關係當確切而不移。多數學者常欲以數字明表此關係，然而此僅理論上所得之數字而已。一入實際，則其工業之性質，資本之大小，皆將為實際決定之因子矣。今試舉一方法如次。

先將各項因子對其所計畫工業之重要程度加以數字的表示，然後取物色已得之地點，評定其分數，以 100 分為滿分。將此所得之各項分數，與前項之已定數字相乘，求其總和之最高者，認為合適之地點。

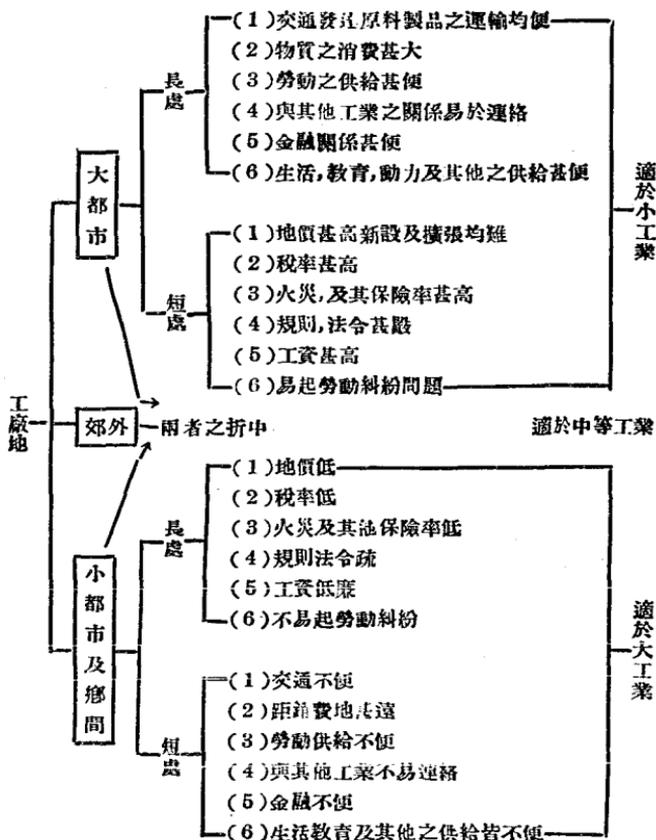
或就其工業性質，對於各項因子，附以分數，即以為決定的條件而確定其地點。下所列者即其一例。此特一例而已，非曰一切化學工業，皆準於此。

因子項目	重要程度	備考
------	------	----

---

勞動	250	熟練,普通,供給,工資,罷工。
燃料	330	價格,品質,油,煤氣,煤炭,焦炭。
動力	100	公共事業,價格,公用。
生活環境	100	住宅,生活費,衛生。
氣候	50	最高最低及平均溫度,平均雨量 及雪量。
材料		鐵件,機械部分品耐火物等。
運輸	50	輸出入船舶。
水(自來水)	10	水質及水費。
租稅及關於	20	中央及地方。
法律事項		
地基	10	道路,地盤,排水,擴張餘地。
建設費	20	勞動材料及補充。

觀於下表,可知此工業最重要之點乃在燃料及勞動、  
動力,亦可知其工業當為練絲工業。(圖1)



## 第十二節 裝置設計與經濟之關係

一般經營上，成本計算，甚為重要，已盡人皆曉，無待喋喋，在化學工業上，裝置與成本有密切之關係。工廠設計必先及於成本問題，自不待言。今就此單價與成本稍加說明於下。

### 一、化學工業製品之單價與成本

化學工業之製品恆為大量生產，其單位製品之價格是曰單價。就市價而言，就批價而言，就成本而言，皆有此單價。在本節所述者，所謂成本市價皆指此單價。

茲先論成本，在經營學上，成本何謂，乃一難題。今則解之曰因生產故，所犧牲以去者，以貨幣計其值，是曰成本。分析的以研究之者，成本之各部分由生產額之變化，隨而有不同之變化。即在一定時間內，由生產額之不同，而增減各異。由此不同，成本可分為三種性質。

(1) 成本之與生產額無關係者，屬於是者有如原料之成本，譬諸製糖者所用之蔗，生產額增即隨而同增者也。其單價乃不因生產額之增減而有變動。

(2) 成本與生產額不為同比以增者，屬於是者有如機械裝置之折舊修理，運轉費及工資。(機械工業之工資則異於是，乃屬於前者)在一定設備下，生產額變動時，雖因而變化，變化乃至小，故以單價論之，乃生產額愈增，而其值反遞減者也。

(3) 成本與生產額同增者，屬於是者，在化學工業乃甚少，唯超過其生產能力之限度，而強制生產時始有之。有如勞動者之酷使過勞，裝置之超量生產，均因而能率下降。於是生產額愈高，成本反愈高。機械因過度之酷使，磨滅消耗均因而增加，修理折舊皆為之增加。此種全般的能率下降，且使原料消耗，於是原料成本，本與生產額之增加，無關係者，亦因而增加。凡此皆超生產額之生產而來之結果也。其超也愈甚，則其增也愈急。

由上述性質，第一種之成本是曰製造費，第二種者曰經營費，第三種曰強制製造費。三者以外，尚有各種性質之成本，與生產額為曲線的關係者，唯性質上，不能嚴密以定之耳。

## 二 裝置對成本之關係

裝置之設計，必先研究其對成本之影響，乃為工廠全體之問題。而裝置之所作者，只其單位行程。所幸者，化學工廠全體之工程，乃由各裝置之單位行程所合成。故各裝置之對成本關係，得而明之者，則其全體之計算乃屬易舉。

裝置之當否，與第一種成本之關係甚為重大。裝置之設計不適當者，化學反應不能於最適之狀態下進行。生產單位所耗之原料消費，因之增大。原料費者在成本上恆為一最大部分，於是生產額愈大者消耗乃愈大。

只欲求原料之節省，裝置之費有時異常增大，由此增大第二種之成本問題因而加入，即其成本乃異常增大。得之於第一種成本者，乃失之於第二種成本。

裝置之具上述性質者甚多，雖非曰全部皆如是，下述者其一也。裝置之容量愈大，所節省之原料費愈大。其容量不足時，由其增大，可節省原料，超其一定程度，所節約者亦復有限。具此種性質者，自其原料單價，裝置之構成材料及工費，關係，經營費之增大，比諸由增大容積而來之原料之節約，更為龐大，易於得不償失。

以故，此種性質之裝置，其大小不能只以物理的或化學的條件，求其解決，必顧及經濟關係。即求三種成本之和，而依其最低者決之。試舉一例，有如煙囪由其使用目的須有一定之排氣力。而其設計時所為決定之因子者，為其高度及內徑。由工程學之理論，欲得一定之排氣力（拔風），高之不足，可由口徑增大以補之，於是有一同之排氣力者，有各種高度各種口徑之煙囪。在此無數之煙囪中，何以採定其一，是即為經濟關係。何種口徑，何種高度最廉之問題而已。（實際上高度過低，烟害亦為一問題，有時且為法律所制，高度不得在某限度以下。）

裝置之設計，能依上述三種性質之成本而求得其經濟上之最廉者，則由此裝置所綜合以成立之工廠，自亦能得一最合經濟之工廠設計矣。

### 第十三節 生產能力之決定及其產額

工業製品所以供市場之需要者也。產額之大小，以需要為準規，理似平易。實際上，乃不若是其簡單。設其製品在市場上本有他人之製造，或本有外貨輸入，市場久為所

占，能爭而取之者，四之一乎，三之一乎，抑十之一乎？未可以決。要之，在出品之初，決不能盡攘他人所有，以入於己。設其經營或在商業上，有獲勝之點，在成本上有更低之由，在技術上有獨良之所，足以戰爭他人者，最初或銷額不大，不旋踵間，必急劇增大，故其產額可作更大之估計。然而獨占固所難期，果其經營，不有失敗，必漸發達。一則由需要方面之逐漸增加，一則由自身信用之增加，銷路日拓，產額必求其增大，故其設計，必預計及此擴張之餘地。此所謂擴張者，非僅曰多購數畝之地，多建數所之屋而已。地與屋僅其一耳。最重要者，尤在設備。易言之，何以決定其生產能力，而附以相當之設備。化學工業之重要主體，在於裝置，裝置異於機械。經營機械工業者，增其產額，即增其台數耳。有其地，有其屋，隨時可得而易舉。裝置則不然，此生產能力必於最初計畫時，即為立定。

雖然，生產能力之決定乃極困難，非僅依目前之市場而決之也。所謂生產能力者，乃其工廠舉全力以生產時，對於投下資本能收得最大利益之產額也。其決定乃不僅在成本，與市價、批價均有重大關係。市場之關係，非常複

雜，規則的變動，決無由知。然下列二項，則為事實，可以得知之者：

(1) 對於市場上之同種製品，其生產不大者，新製品之出現不使市價起甚大之變化；然起變化時亦有之，即新製品之經營者，欲以廉價作戰略時也，於是新製品之生產額雖小，亦足以攪亂市場。捨此以外，一般皆不起變化。

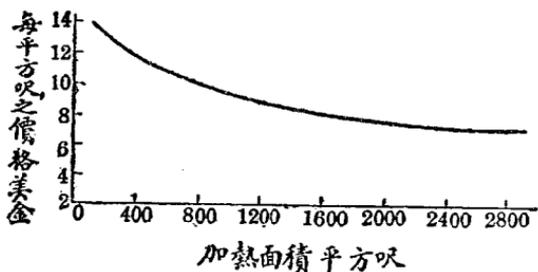
(2) 新製品之產額漸增，即不有過剩，市價亦漸次下落。果其有同種製品間之競爭者，則落下益速而烈。而此下落與新製品之生產額之關係，乃無定則可求，唯經驗者，得測知之而已。

即就同一之製品而言，有多數之工廠製出時，其成本各不相同，即以同一標準換算以得者，亦必不相同。由新製品之出現，市價因而下落者，恆以其中最高成本之工廠價格為止境。一旦其工廠之製造中止時，價格即又下降，以達於成本次高之工廠成本。由此點以觀，可知成本能低下，不論一分一角，皆為極強可恃之基，即其他之工廠在虧損經營時，此工廠尚可以維持，或得少許之利。

機械及裝置，所須之費用與生產能力間恆有普遍相

似之關係。即其初，由生產能力之漸大，單位成本即急劇下降，終達一點以後，生產雖增，降下甚小。試以汽罐為例，每平方呎之價格與加熱面積之關係，有如下圖所示。

(圖 2) 構造之愈複雜者，此傾向愈大，故大體上，化學

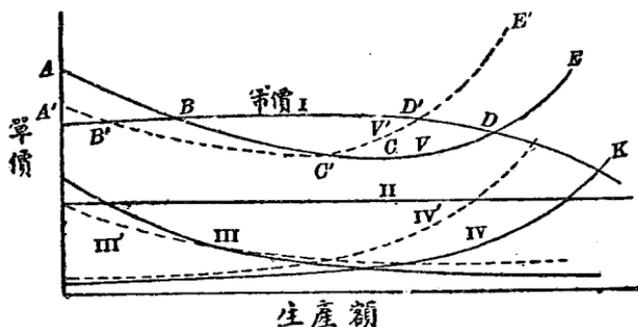


工業之裝置皆有一定之單位。大工廠設有多數之單位，小工廠則設有更小之數。

化學製造，既有單位如上述。一工廠中當有單位幾何，則當慎審定之。就市場而言，其製品之銷路可分為兩種，一則年中銷數平均無甚變化者，一則年中有旺淡之期，常多變化者，於是單位多少之數，依此而決。對於其市場之無變化者，恆採取大型之裝置，而少其單位數。或其具此者，僅以備不時之需，及不意之故障而已。對於市場變化

不定者，恆採取最小單位近似之大裝置，而多其單位數，蓋大型者應此變動之市場，能率不免降下，不如分爲幾個小單位之爲得策也。

今假設生產額已有適當之決定，依此決定所設計之工廠，前節所述三種成本之關係有如下圖所示。（圖3）

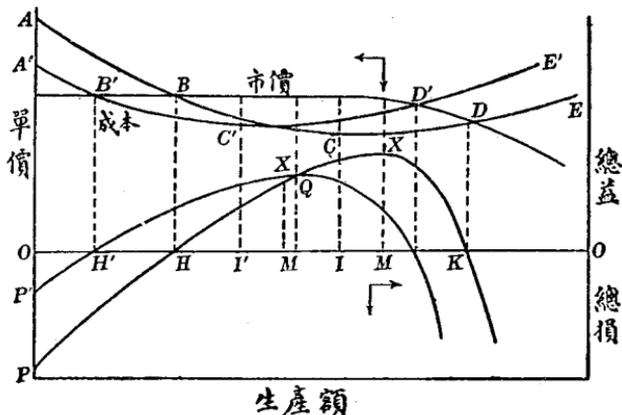


即以單價為縱軸，以生產額為橫軸時，第一種成本，即所謂製造費者，乃由與生產額並進，故為水平直線，如 II 所示。第二種成本即所謂經營費者，乃如 III 所示，生產額漸高，單價即漸小，達一定額時，則減小甚微，幾近於平行。第三種成本即所謂強制製造費者，乃與生產額增而漸增，達一定額後，其增也愈急，如 IV 所示。I 所示為者為市價曲線，

即生產額之增加對於市價，其初影響甚小，約為平行。達一定額時，市價即急劇下落。在質量生產之工廠，III之曲線傾下甚急，而IV之上升甚緩。（如實線所示）小製造力者則反是，如點線所示。即在其規標準能力之點上，前者亦恆低於後者。三者之和即成本線和之關係如II所示。其始也因生產額之增加而急劇下降，達一定額後，反以增加。小製造力者，其減小也漸，而升也急。（虛線所示）更取與市價一較，成本線在市價線下時，即其單價上有利益可言，超於其上時，即為損失矣。就上圖言，BCD及B'C'D'為有利部分，AB，A'B'及DE，D'E'之部分則為損失。兩線之交點即為大製造力者與小製造力者，成本相同之點。

雖然，上所述者就單價而言也。至於其經營之利益或損失總額（即單價之利益或損失乘以製造額者）乃如下圖之PHXK，或P'H'X'K'所示。在單價線上，C或C'為成本之最低點，即利益最大之點，以製造額乘之者，總利益額之最大點，乃不現於此，而移於更大額之方向。故露維斯（Lewis）有言，即在合理的經營下之工廠，成本尚

可由生產額減少而減低，特其時經營之總益金額，不能不減小耳。(圖4)



試取此曲線，加以比較，兩線之交點即為大製造力者與小製造力者，有同等利益之點。而最高點之X則高於X'總利益之最高點。達於此最高點後，即行下落者要為兩因，一則為生產額高而市價下落，一則為強制生產，成本反高之故。

總上所述，生產額之如何決定，當可略解。反觀吾國之現狀，多數之化學工業之經營者，恆忽於此工業上之最小單位。因資本及其他關係，多為單位以下之設備及生產

頗，致其單位成本恆高。以市價關係，勉強經營，一遇外來之打擊，即無以支持。設其幸免而獲利者，而其擴張又多不求此種最小單位之所在。枝節建立，更增加其單位以下之單位數耳。在外觀上，一若其經營偉大，實際上乃無一有可獨立之基者，稍遭變故，不能免於一旦崩潰，乃理所當然。此種現象，不僅見於小規模之化學工業而已，多數之他種工業，未嘗不如是。試取外國人所設之同一工業，與吾人所自營者，加以考察，平時市價甚高時，外人之獲利甚豐，吾國人所營者或僅免於虧。一旦市價崩落，外國人所營者，成本線尚在市價線下，吾國人所營者已高過其上，入於勉強支持之境。及至市價再崩，外國人所營者成本曲線已與市價線相合，或為僅小之低下時，吾國人所營者，已不可立足，而作一次之完全崩潰矣。語云：歲寒然後知松柏之後凋，經此歐戰大戰之世界恐慌，經營之健全與否，可以立判。此所以合理化之問題，震喧全世界。所謂合理化者，目標所在，無非減輕成本增加生產，改良品質而已。故在外國，乃在研究何以處理此過大之生產額，而求以隣國為鑒。在吾國則不然，所欲求者，何以使其經營合理

化，以免危亡。今所論之最小單位問題，亦為其中重要之一。

#### 第十四節 單位行程

自整個之製造行程以論化學工業者，則一切化學製品，種類之不同者，皆由不同之製造行程而來，然而加以分析，即知其全行程乃可分作多數之單位行程。此種單位行程，或由人力，或由機械，或由裝置，各自完成其行程，以預定之目的，及必須之系統，各個相連續而成一全行程。試以水泥製造工業及氨鹼法之鹼工業為例以述之。前者之全行程分析之者，其主要之單位行程為原料之粉碎，混合，加熱與半製品之粉碎。後者之全行程分析之者，其主要之單位行程為溶解，氣體吸收，結晶分離，濾過，乾燥，加熱，蒸溜等。附屬於其間尚各有固體之運搬及液體之運搬。由此二絕然不同之例，可知化學工業之工程，乃由多數之單位行程所合組以成矣。

雖然，不獨此也。上述二工業製品乃絕然不同，故其主要之單位行程，各不相同。實則單位行程之種類，乃不繁

多。多數工業之製造行程，乃有在相類似之單位，以不同之目的，不同之系統，作連續而已。此種單位行程，為各種製造行程所廣合者，約為下列數項：

(1) 粉碎 對此行程，今日尚缺理論之探求，恆以經驗為準則。粉碎之根本問題，乃為物體之破碎難易。表面上—若物質之硬度大者難，而小者易。實則不若是其簡，乃由其加力方法而不同。亦不必與硬度為逆比例，物體之彈性及可塑性皆為極大之因子。結晶性者亦異於非結晶性者。用何種之機械，能使其所碎程度，得如預期，所須動力幾何，其能力幾何，特別之點何在？在今日理論上，幾無所知。唯對於物性加以考求，以實際經歷所得之經驗，以製造以使用而已。

(2) 攪拌 關於攪拌，理論亦尚幼稚，未嘗有確立之基礎，以解明何種方法，適於何用。一般在流體中，由攪拌方法使固液氣之粒子與此流體作密切之接觸者，乃由此流體之比重，稠度而不同。流體之稠度小者，攪拌須高速，而其大者，則須低速。

今日實際上攪拌器之種類甚多，究探何式能以最小

之動力得有最大之效果，既不易明。設計上乃甚困難，此猶待於基礎理論之研究者也。

(3) 溶解 溶解為化學行程之最簡者，一般溶解之速度，與其全體之表面積為正比例。故粒子愈小，其溶解愈速。亦與其通入液體之擴散速度有關，故必使液體流動，是即攪拌之問題。亦與溫度有關，一般溫度愈高，則溶解愈速，是即加熱之問題矣。

(4) 濾過 濾過之速度關係於其沈澱之性質者極大。一般此種濾渣為不可壓縮性，且其分子等大者，速度乃與壓力為正比例。然實際上多數之濾渣或多或少，皆具壓縮性，故其關係乃極複雜，唯可以實驗決之耳。壓縮性大者，對於壓力之作用，甚為敏感，其間隙之阻塞，往往在一定壓力時，忽然現出。有如鐵之氫氧化物壓力大時，速度反小於其小時。故設計時，此壓力差與濾過速度之關係，不僅為動力計算之基，亦且為適當壓差，濾渣厚薄之決定條件。且於其前之行程生此沈澱之濾渣者，亦可本以用適當方法使為適當之沈澱，以便濾過。

(5) 乾燥 所謂乾燥者，即除去固體中所含水分，以

達相當程度之化學行程也。物體之乾燥程度，與其周圍所含水分蒸汽之多少，有重大關係。以大氣而言，乃與其大氣中濕度相關，故大氣中之固體乾燥程度，乃與氣候天時相像。欲其所含水分低於是者，必使其周圍之濕度低下，其方法凡二，一則以吸收降冷等方法，除去其中所含之水分，一則加熱，升高氣溫，以減低其濕度。

乾燥之機構，一般可分為三種階段。最初固體表面尚在潤濕狀態時，為液面蒸發，與物體之含水量無關。第二階段為乾面出現，以及於濕面消失。此時之含水量即逐漸減小。在此二階段時，氣流之速度關係甚為重大。第三階段為濕面完全消失以後，迄於平衡水分。此時之乾燥速度甚緩，與氣流速度之關係甚小。

一般乾燥速度與物體之形狀及大小，表面之平粗，有甚大關係，非常複雜。比面積之大者，速度恆速。又物體之細小者，恆速於巨大者。

(6) 煨灼 煨灼為工業上之加熱行程之一。有種種工業用爐，在高溫度下熱之移動，輻射為主，傳導次之，故熱之利用亦唯此兩道。然工業用爐之效率，在今日甚為低

下，有僅為燃料發生熱量之2%者。其損失之由，或為爐身之傳導，或為燃燒廢氣所挾以俱去。設計者一方面當力求其效率增高，同時更當注意廢熱之利用。近代工廠，所用動力，取給於此廢氣者固甚多也。

(7)蒸發 蒸發者自含有不揮發性成分之溶液，除去其揮發性成分之化學行程也。此種溶液上，恆存有此不揮發性之成分蒸氣。移去此成分，液即再蒸出，以補其缺，是即蒸發矣。然而在工業上，以經濟時間為前題，絕不可由此方法以進行。工業所用者，恆為加熱法，使其在沸騰狀態下，增高其蒸氣壓以代之。故在此行程，設計上乃注意兩根本問題，一為熱之供給，一為傳熱量。前者決定其沸點，後者即決定其裝置之能力者也。

理論上蒸發裝置之能率，可由沸點降下以增加，即當於減壓下施之，故真空蒸發器廣用於今日。然同時須減壓唧筒及凝縮器，故其裝置則繁。

其他尚有蒸餾，氣體吸收，吸着及接觸，電解等單位行程。應用之廣亞於前者，今則略之矣。

## 第三章 化學工廠之設備

### 第一節 設備

工廠者，用以爲製造之場所者也。欲達此目的，必有相當之器具，以供其用，是即所謂設備也。主要之裝置部分，且不必論矣，裝置以外，自原料以至製品，果順次考察，則原料如何搬入，如何能得適當之形狀，以合於裝置中之反應，製品更如何貯藏，如何包裝，以入於市場，凡此皆須相當之用具，是即須設備也。雖然，此略言之而已，其間尚有半製品之處理及貯藏，廢氣廢水之處理，尚有通風採光及其他普通工廠所不可缺者，皆當有之。故一言及化學工廠，其設備之複雜可以想像而知。欲其設備完善，乃須巨費，故其完備程度，頗與國情及資本相係。一般資本小者，設備多不周，蓋爲經濟所限；國民生活程度之低下者，設備亦不周，蓋習於因陋就簡也。自一方面言，省費省事，似屬計之得者，然而由近代科學的研究，如疲勞研究，時間

研究，動作研究等，所得之結果，知工廠環境關係於勞動效率者至大；故陋其設備，實得一而失百。由近代之標準化及機械化之研究，知簡陋設備，關係於製品之生產能率者亦甚大；故陋其設備，亦為得一而失百。求所以增高此勞動效率，生產能率者，是即為合理化之目標。近代經營而不注意及此者，必無幸成之理。反觀吾國，多數經營者，皆未顧及此合理化，實當深省者也。

## 第二節 裝置與機械之區別

言及工廠設備者，機械之念即油然而生。對於化學工業，以為不過多一種之化學機械而已，實則化學工業之重點，乃在裝置，而非機械。裝置與機械，乃有顯然不同之性質存在。今試申論之。

裝置云者，在英語為 apparatus 在德語為 apparat 一般之義，恆與機械工具相混用。自學術上言之，是二者乃有顯然之區別，而不容其混淆者也。雖然 學術的嚴密理論，今茲可略，而其大要，不妨贅述於此。

(1) 機械 所謂機械 (machine) 者，自他所受能，經

其特有之機構(machanism),變為動力,或進行工作。

(2)工具 所謂工具(tools)者,大抵不有複雜機構,加之以力,即以力轉加於其作用之對象,不有轉換其力之作用。

是二者之區別乃甚困難。一般機械,有機構能自旋轉運動以為往復運動,或自往復運動以為旋轉運動。工具則不然,不有此種作用。然而兩者間,有共同之性質存在,即其對於對象為主動的。對象對於機械或工具,則為受動的。

(3)裝置 裝置之對於對象,乃完全異於上述之共同性質,蓋裝置之於對象,決不能為主動的作用。物質在裝置中,變化乃起於自身。其變化可為物理的,可為化學的,裝置對之,不過能助長其作用,制限其作用,雖有強制之力,決不能以其中之物質為對象而施以變化。試明以例。如汽罐,蒸餾器各種之爐,窯,濾過器,吸收塔各種之反應室等,只一考其作用之由來,變化之所由興,即可不言而喻。裝置之附有機械者固非鮮,有如濾過器常附以唧筒,以送入液體,吸收塔附有送風機以送入氣體。雖皆有

相當之機構，然而具此機構之機械，實僅為裝置之附屬物，決不能謂其為主體也。

在此裝置中，作用於物質者，乃其環境所生之物理學的或化學的力，裝置中之變化，多為化學範圍，或物理化學範圍，故裝置中之物質，可為固體，可為液體，亦可為氣體。機械則只用於固體。間亦有用以處理液體或氣體之機械，然一究其實皆多含有裝置之性質，

裝置與機械尤有二不同之點。一即機械之伸縮餘地，比諸裝置更為狹小。以機械為中心之工廠，欲增加其能力，不外數道，即增加臺數，或延長時間，同時必有勞力之增加。裝置則不然，以同一之裝置，可製預定以上多量之製品，不過效率更低而已。更有一點，裝置之用，恆限於單一目的，機械則不然，可用於多數之共同目的。以數種機械，可製出全不相同之製品。

由此二點，可知裝置之要點，不在機構而在其容積與尺寸。然而世人之對於裝置，多詳於機構，而忽於要點之尺寸。換言之，即原料通過裝置，起如何之變化，此機構實非裝置之要點。必也詳其尺寸，明其單位時間之製出量，

裝置始定。

### 第三節 裝置之選定

由上所述，機械與裝置之區別可明大略矣。今先論裝置而明其如何選定。其要點不外下列數者：

#### (1) 原料之純度

製品雖同一，由原料純度不同，裝置之容量不同，甚或式樣不同，故對於裝置，當取何式，當定何容積，其設計必以此為基。

#### (2) 製品之目的

同一製品，或則欲其產量大而不苛求其品質，或則力求某雜質之減少而不苛求其餘，或則只求製品精良而不在于產額。由此目的不同，裝置之容量不同，甚或式樣不同，故對於裝置，當取何式，當定何容積，其設計必以此為基。

#### (3) 地方之特別情形

工場所在地之用水之供給量，水費及水質動力之供給，電力費燃料費之大小，氣溫，雨量及水溫等。皆足以影響及於製造費及品質。應此環境，所採取之式樣及容

量，因以不同，故對於裝置應取何式，當定何容積，設計上，對於此點亦不可忽。

#### (4) 附屬機械之多少

近世機械發達，一切裝置，殆莫不附有機械，裝置之中非與機械共存，即不生效者有之。多數之裝置，皆非如此。有此附設之機械，不過能增其效率，或減其勞力，決不影響其根本之能力。故其採取機械化之程度當隨其資本之大小，動力費之大小，工資之大小，製品品質之高低而決定之。

#### (5) 勞動及技術

同一裝置，由其所附設之機械或裝置之不同，管理上顯生難易，技術上亦有難易不同，所須之勞力亦各不同。故當設計之初，必先當顧及熟練之勞動者，是否可得，是否易為訓練。吾人常見同一製造，所用裝置，往往各國相異。而其淵源甚古之工業，尤多如此。雖明知其優劣所在，而仍沿用之者，此亦其一因也。

### 第四節 其他之設備

化學工業之設備，主體在裝置，吾人已述於前。茲所謂其他之設備者，裝置以外之機械也。就製造之本身而言，用適當之裝置，經過適當之化學行程，得其所期之製品，物質上製造之能事已了；然而事實乃不然，必須施以種種之加工，或整其形，或潤其色。整形潤色以後，尚須加以種種之裝飾。今就肥皂工業為例而述之。以適當之脂肪，加適當之鹼，經過適當之裝置，酸化完成以後，即為製品。自皂質上言，製造之能事已了矣。冷凝而得，不論其為方塊，長條，或不規則之形狀，質果良均，不得不謂為良皂。事實上則不然，此種未經加工者，乃不成商品。必也加以壓模之工，使有整然優良之定型。且也，加香加色，使有悅目快感之色香；終也更施以紙包，盒裝，使盡裝飾之能事，於是乃有商品之價值，工廠之工程方以完竣。明乎此例，可知化學工業，其本身之製造以外，尚必附有種種工程，而其工程之繁簡，固隨其所製之製品而異。其繁者，屈折多端，甚且倍繁於本質之製造。

此種附設之設備，一般多有賴於機械與動力。因陋而就簡，亦未嘗不可以人力了之。試以肥皂為言。皂之整

形、潤色、加香、製盒、裝盒等無不可以機械爲之，其小規模者，亦無不可以全恃人力爲之。而其間亦可一部分爲機械，一部分佐以人力。

在高度機械化之工廠，一切工作皆以機械，爲主，人力爲附屬。有如美國福特氏制 (Fordism) 者，雖其創始，用於汽車製造之機械、工廠，而其傾動則漸及於各種工業。在此制下勞動者之工作，極端簡單化，反轉機械，茲不必細述；然而吾人之設備，機械化應至若何程度，亦當考慮及之。一般設備周者，投下之固定資本必大，生產率必高，後此工資必省，雜費必簡。而其設備求簡者，投下之資本可小，後此之工資及雜費必增。二者之間非可全得，得於此者必失於彼，得於彼者必失於此。此得失間，乃有充分考慮之餘地。要當以其社會情形，勞動情形，經營資本之大小而定之。一失其當，足以影響其經營之存亡者也。

雖然，所謂設備者尙不僅此。上述者，不過爲其工業之直接連繫者耳，由工業之不同，完全有異者也。雖屬不可缺，在其工廠僅爲全部中之一部分而已。尙有性質相同，

構造類似，廣用於各式工業者在，實為全廠工程之大部分者。其設備何多，另節述之。

### 第五節 運搬

運搬 運搬一項，在日常生活上為一習見習聞之事實，常為人所忽；而在工業上則恆為一根本問題，足以影響及於興替者也。對於運搬法必須加以科學的研究，俾可以增高其能率。無論何種工業，稍一察其過程，即可知其過程中，工作大部分皆為此運搬。運搬能率之增加，即其工作能率之增加，可想像而知。增進之道，一方面固俟乎設備，即運搬裝置之完成。他一方面亦賴於運搬系統之整頓，即運搬組織之完全。

工廠內之運搬，完全為一種之不生產的浪費。故其運搬，必力求省約；即有賴於運搬，亦必求設備完全，裝置適當，管理適當，以節省時間，節省勞力。關於運搬方法，所當注意之點，茲彙列一二如次：

1. 工廠建築物之位置及其配列
2. 工廠建築物之種類及其構造

3. 工廠之設備及其工程之順序

4. 工廠之生產能力及其擴張

而其主要之目標則有如下列：

1. 對於工廠設備之各工作之要素，自其關係上，使其各個皆在適當狀況。

2. 對於工作人員之技能、人數、物品之種類、形狀、大小，加以注意，極力利用物品之物性。

3. 利用適當之運搬裝置，使工作之進行順當，以節省時間及勞力。

4. 物品之運搬，務使其為平面的，而避免上下。

5. 連續工程中，物品之移動務使其少，運搬距離務使其短。

6. 不必要之運搬距離及次數，務必使短少。

欲達此上列目標，一部分係於裝置及機械之配置，一部分乃係於運搬器具。夫機械及裝置之配置，係其所營之工業，吾人既不能作具體的詳論於此，而對於運搬器械，則不妨略述一二以為參考。

## 第六節 固體之水平運搬

水平運搬器中最簡者爲手推之小車。在工廠雖亦有用之者，其工作爲間斷式，效率甚低，唯小規模工廠用之耳。今當述於此者，爲連續式之運搬器。

### (1) 帶運搬器 (belt conveyor.)

帶製以橡皮或帆布，由滾筒之旋轉，使帆布進行，運搬之物，堆置於布上，即自一端運至他端。更有於其邊緣上，附以高起之緣者，可免堆積物之在中途散逸。廣用於各種固體物質之運搬。在角度不大時，斜面上亦可應用之。因其進行平滑，故應用之範圍甚廣。只用於運搬之目的者，一分鐘以八十尺之速度爲適宜。而其用於順道工作法者，則更須緩慢，應依其所研究而得之工作時間以定之。其中一種用繩以代帶者，稱之曰繩運搬器 (rope conveyor)，則多用於固體物品，不易破碎散落者。

### (2) 螺旋運搬器 (screw conveyor)

此裝置之主體爲一螺旋，置於溝中，由螺旋之旋轉，溝中之物質即被推至前端。多用於固體粉末之運送。

### (3) 刮板運搬器 (flight conveyor)

此裝置之主體為多數之刮板，置於溝中，由鏈鎖相連，而使其由一端進行。物質之置於溝中者，隨之自一端至他端。溝上之任意地方，可自以加入，溝下亦可任意開口，使之落下。

## 第七節 固體之揚上運搬

固體之揚上裝置之最簡者，為滑車裝置（俗稱神仙葫蘆），由滑車原理所構成者也。通常所用者為差式滑車 (differential pulley block)，然其作用亦為間斷式，多用人力，故其效率亦低，廣用於小規模之工廠。其為連續式者有如下列：

### (1) 斗式運搬器 (bucket conveyor)

是器之主體為多數之小斗 (bucket)，裝於皮帶，鏈鎖上成一無端之環。上端具一輪，牽使旋轉，器下有一空所，可置物品。斗入其中，即盛滿而出。常用以運搬粉末。其速度，每分間通常在百呎至二百呎間，由其所運物而定之。其中一種曰 bucket carrier 者，乃兼水平運搬者也。

## (2) 升降機 (elevator)

近代工廠之建築，恆在二層以上，貨品及人員之升降，必有俟於機械之應用。其簡者用人力，而廣用者則電動力。其他以水力者亦有之。其所裝運者多為已加包裝之製品或有包裝之原料，兼用以載工作人員上下者有之，專用以載人者亦有之。大都市之高大建築物，恆用以載人昇降。多為人所曉，茲不細述。

## 第八節 固體之降下運搬

物體由重力之作用，以加速度而下降，故降下運搬不須若何動力，即可達目的，似甚簡單。然而物體之重量甚大，任其自然下落，運動量甚大，達於底器，必起極大之撞擊，而致損毀，故必阻減其下降之速度方可。最簡者，即利用軸轆，引之以繩，藉人力以止之。今更述不須人力者數種如次。

### (1) 重力滾筒降下機 (gravity roller conveyor)

是機之主要部分為多數之滾筒，並列於兩鐵條間。自上達下，成一極小之斜度。物品置於滾筒之上，即由其重力作用，漸次滾下。是機之裝置須極大之面積，通常於其

運搬中，恆利用以爲包裝招帖之工作用檯。

### (2) 重力螺旋降下機 (gravity spiral conveyor)

是機之主要部爲一大螺旋。物品置入其中，以自身之重量，沿螺旋而起旋轉運動以漸次下降。螺旋之溝底，有爲金屬之平滑面者，有用滾筒者，而其直徑則爲八呎至十六呎。

## 第九節 固體之架空運搬

工廠之建設費中，地價實居其一，欲建設費之減小，工廠面積必加以節約。加以工廠之地面上，恆裝有多數之裝置及機械。原料及製品之運搬使用架空運搬 (overhead transportation) 者，一則可免工作上之障礙，一則可減縮運搬道所須之面積，一舉而兩得者也。其法甚簡，以工字鐵 (I-Beam) 裝於屋頂之椽上，用以爲軌即可矣。茲舉二三如次。

### (1) 單軌架空運搬機 (monorail trolley)

此機之裝置爲式極多，通常皆兼具上揚機。而其簡者別無他項之推進裝置，只以人力推其所懸之物，或具一鏈

引而移之，使循軌以行。運搬距離甚大者，則附有電機，由電動力以運行之。

### (2) 電力架空運搬機 (hoist)

是機之主要部正如前述之滑車機，所異者附有電機，使其由電力以上揚物體，同時更可由軌道以運行。普通其運行方法皆用人力，裝有齒輪裝置。

上述以外，尚有架空索道裝置，用作長距離之運搬者，更有移動式之揚上機，用以就物品之所在而用者，今皆略之矣。

## 第十節 液體之運搬

液體之運搬比諸固體，一般皆易處理。在設備及管理上，更為簡易，費用亦更省，以故原料或半製品之須製成溶液者，當先溶解而送往目的地。勝於先運送後再為溶解。運搬液體所利用之原理，一般不外三道。一則利用液體之壓力，一則利用大氣之壓力，一則以機械之力，直接推送。

利用液壓者，即利用液體之重力也，譬之如水，水勢趨

下，故具相當之水頭 (water head 即水之位高) 而導之以管者，即無遠勿屆。自來水之輸送，即由此道。高建水塔，即增加其水頭。敷設水管，以導達於全市之用水者。一般液體之平送及下達，可由此重力，利用而為之。然欲得此水頭，必先有液體之揚上，即有俟於揚水機，自不待言。茲分列大略如下。

### (1) 吸上唧筒

此種唧筒乃利用大氣之壓力者也。水之上升基乎筒內之壓力減小。大氣壓力以水柱換算不過三十呎耳。故唧筒升水之高通常不過二十六呎，為安全計，唧筒之裝置，高於液面，二十呎以下為宜。

### (2) 壓上唧筒

此種唧筒乃以直接壓力加於液體而輸送者也。由所加壓力大小，高度可任意。然而其壓力，由往復運動而來，為間斷者，故管內液體之速度，乃時大時小，起一種之撞擊，流速大時尤甚。故通常皆附有空氣室，利用空氣之壓縮性，以減小此種撞擊及速度之不均。

### (3) 離心唧筒 (centrifugal pump)

此機之主體不具活塞，異於前者，要部為旋轉之翼輪。由翼輪之旋轉，使周圍之液體，起高速度之旋轉，得一離心力。由此離心力，使水上升。離心唧筒，由其構造，可分為多種，茲分列大略如次。

#### A 渦旋唧筒 (volute pump)

渦旋唧筒之製極為簡單。要部只一翼車而已。由其旋轉，中心得一真空，壓力減小，而液體自然上升，而入於唧筒，故其進水口恆在中心。翼車周圍之液體，藉旋轉之離心力，乃上升以出唧筒。一般多用於大量液體之運搬，而其所須高度不甚高者。

是機之旋轉速度甚高，故軸承極易磨滅，所用之減摩油，有混入液體之虞。且其高度有限，而進水管之深度，尤有限制，凡此各點，採用者皆注意及之。

#### B 拖平唧筒 (turbine pump)

渦旋唧筒欲其升高，必使旋轉加速，以增其離心力。實際上，為材料及製造技術所限，恆有其止境。果欲增其高度，可用此機。此機之原理，蓋本於拖平。旋轉部分分為數段，第一段所得，有相當離心力之液體，自中心入於第二

段，再由旋轉以增其離心力。於是翼車之速度不加，可得一極大之離心力，以運送液體至極高之所。

#### (4) 壓縮空氣揚水機

是機蓋利用壓縮空氣之膨脹力者也。其製極簡，只須具強固之貯器，裝有主要導管，以導出液體及導入壓縮空氣者可矣。導入之壓縮空氣，壓於液面，使液上升以出器外。其特徵，機械部分（空氣壓縮機）不與液體相觸，故廣用於化學工廠。輸送硫酸所用之酸蛋（acid-egg），即其一也。是器之簡者，作用為間斷的，果以運送大量之液體者，必循環數次，或數十次以送之，不便殊甚。其改良式之複雜者，則可為連續之運送。

#### (5) 空氣揚水機

是機多用於井水之揚上，蓋以壓縮空氣壓入水中之出水管底，空氣為氣泡上升，使管中水柱，富有空氣泡。全體之比重減輕，因而上升。除壓縮空氣以外，不有機械或複雜之裝置，故修理可省。而其液體中，縱雜有固體，亦不為害。

### 第十一節 氣體之運搬

氣體與液體，在物理學上，同為流體。無定形而易於流動，為兩者之共通性質，故其輸送方法亦頗有類似之點。然有其相異者在，一則為氣體之質量，恆小於液體，故由旋轉而來之離心力甚小，用以輸送氣體時，不能得高壓力之氣體。二則在化學工業上，一般運量皆極大，用上述之唧筒裝以運送者，其活塞必具有極大之面積，或其進退有極大之速度，是二者在製造上皆極困難，除用以輸送高壓氣體（如壓縮空氣之運送）以外，不恆用之。下述各種，乃常用者也。

#### (1) 扇風機 (fan)

夏日揮扇以納涼，固人人所習，扇風機之製，即本是原理，蓋以壓力加於空氣，空氣即流動以趨向壓力更小之所。由此所得之運動量，乃使氣體成一氣流，導之以管，即流向所運送之所矣。在工業所常用者為下列數種。

#### A 推進式扇風機 (propeller fan)

是機之要部為一翼車，翼以一定角度傾斜。由其旋

轉，壓迫空氣，使起運動，向前流行。因其所加於空氣之壓力小(只水柱15公毫而已)，祇可用於抵抗甚小之所，以輸送多量氣體為目的。通常多用於工廠之換氣裝置。

### B 離心扇風機 (centrifugal fan.)

是機之製，原理一如運送液體之離心唧筒。氣流自中心吸入而扇出，因其壓力可高於前者，故距離稍長，抵抗稍大，均可以運送。廣用於化學工業及其他工業，不須高壓力者。

#### (2) 送風機 (blower.)

上述扇風機之壓力，一般皆甚小，欲以高壓力運送氣體，即當採用送風機。送風機中，構造堅強而常用者為路芝式送風機 (Root's blower)。中具兩翼，互相切合，有如活塞。由其旋轉，以壓力壓出空氣，蓋其作用類似於唧筒。而其氣體則為連續的排出，故為連續的輸送。

其他尚有多種之送風機如拖平送風機 (turbo-blower)，往復運動壓縮機 (reciprocating air compressor) 等，或用以壓送高壓之氣體，或用以壓送多量之氣體者，今皆略之。

總上所述，運搬之道，已陳梗概，然尤有未詳者在，液體中吾人所常處理者為水，在氣體中吾人所常處理者為空氣。就一般工業論，運搬之用者，自亦以此為主。今既以化學工業為言，則所處理者水與空氣以外，所當運搬者多矣。或則為強酸，如硫酸、硝酸、鹽酸，或則為強鹼，如苛性鈉、苛性鉀之溶液等，或則為強腐蝕之物質，用普通材料所製之裝置或機械，遇即腐蝕，立失其用，而腐蝕所生之化合物混入原料及製品中，尤足以使製品品質下降。故選用上述各項裝置時，除當注意其機構及作用，是否合於吾人目的以外，當更注意於其要部之材料，或者宜為鋁製，或者宜為鉛製，或者宜為耐酸鐵製，或者宜為陶製，皆當依其所處理之液體、氣體之性質審慎選用。

## 第十二節 粉碎及分離

化學工業之製品，為化學反應所生成，故其原料多為兩種或其以上。一般反應之進行，欲其迅速平均，兩種物質，必大其接觸面積，使之平均介在。即其粒子必小，混合必均。然天然所產原料得自礦石者，恆為大塊，即天然之

農產物其細小程度，亦不能盡合於製造之大小。欲其合用，捨粉碎工程而莫由，粒子而粗細介在者，反應進行，必不平均，影響及於製品。欲其粒子平均，即非使其粗細分離，選取平均之粒子不可，是即為分離工程。是二工程，在化學工業之行程中，常居一重要部分。依其所處理者選用適當之機械。就粉碎機言，或者宜於碎硬大塊，（如牙床壓碎機）或者宜於作細粉，或者宜於黏性物，或者宜於脆物。機之製既不一，作用亦不一，產量亦不一。設計者必依其性質，本諸經驗慎審而選之。就分離工程而言，或利用其體積之大小（如篩別），或者利用其比重之大小（如水漂），或者利用其粒子重量之大小（如風吹）。用以工作者，或為人力，或為動力。機械之種類既不一，作用亦非一，設計者當就其所用原料，定其分離所在之目的，採取適當者用之。

### 第十三節 混合及摻合

化學反應進行，必兩種物質之平均介在，前節中述及之矣。由粉碎工程及分離工程所得者，粒子既小矣，粒子

亦平均矣，何以使其平均接觸，作平均之介在，是在此混合及捏合工程。就混合而言，固體與固體混合時有之，固體與液體混合時有之。液體與液體混合時亦有之。夫物質之性質各異，混合之目的亦非盡同，其所用之機械自有各種。或須強力之攪拌，或須緩慢之攪拌，或須強力之壓捏（捏合機），為式極多，設計者當就其使用目的審慎為之。

此三工程，在化學工業上，恆為必須之預備工程，即必須有其設備。預備工程完後，方入於主要之反應工程。換言之經此預備工程以後之原料，方可入主要之裝置中也。製品之良否，生產率高否，係於裝置中之反應適當與否，固不待言，然係於此三工程者亦大。有時裝置中反應之良否，亦由此三工程之適當否而決之。一般粉碎愈細，分離愈密，混合愈均，則後此之反應進行必愈速而愈均，製品品質亦愈高而愈平均。然而所耗之動力，可損之原料，所須之勞力亦愈多，即所耗之費用乃愈大。化學工業之企業以經濟為原則，故必自製品優良所得者與其所耗者，權衡得失而慎選之。而其品質果全係於此三工程者，此而失其

當，後此一切工程，皆失其常，決不可輕忽，致得一而失百。

#### 第十四節 三態變化設備

在此題下吾人之所論者，爲氣化、爲乾燥、爲溶解、爲結晶等，皆物質對於熱之變化也。換言之，皆與燃料有關之問題，何以使所耗燃料達於最小，固爲一中心問題；然而對於所處理之物質，或不可以過熱，或須恆溫，或須高溫，於是，某種物質宜於蒸汽加熱，某種工程宜於電熱。其所採用之方法既各有不同，所用之裝置亦各相異。詳細羅列而論究，不可望於此。設計者必以燃料之價格，動力之價格，與其製品之性質爲基，選取適當之式樣及大小而用之。

#### 第十五節 貯藏

化學工業用之原料及材料，恆爲礦產農產及其他工業生成品，必賴舟車運輸以入於廠，故其供給一般皆爲非連續的。而在製造上，裝置部分，反應進行恆爲連續的。卽其預備工程，在今日之高度機械化之趨勢下，殆莫不爲連

續行程。欲此間斷與連續間，有一連鎖，即非貯藏不可。原料及材料中，每日可以自由運入而有確實之源者，則其貯藏之量可小。原料只一年中有一期可以購入者，則在此期內，必購入全年所需之量，以供全年之製造。原料有自國外遠地輸入者，則必依其交通情形，多購以為備品。設其不然，因交通之故障，致不能運輸，或不能如常期而達，原料即有缺乏之虞，全廠之工作皆受其害矣。

雖然貯藏者，實一種之無益浪費，多量之資本既因以固定，利息自必損失。且在貯藏中，必多所蝕耗，或為變質，或為氧化，或受蟲害，或受鼠害。任其自然，固為損失；加以防衛，必須費用，亦為一種之損失，自不待言。故不必要之貯藏量，必力求減少。

然而物品中，其價值往往因時季而不同，或因市場而高低者甚多，故原料之購入貯藏，此市價之高低，亦為一因子。多數工廠皆於低落時購入大量，以備全年之需。免於高價時，隨時購入。果其所得高於所耗，自亦為得計。總之，詳慎決定其貯量以後，必建一適當之倉庫，適當倉庫之設計，必須充分之技術的考慮，蓋原料有為潮解性者，有為

風化性者，有爲腐蝕性者，有爲變質性者；或當通風，或當避光，或當杜絕空氣，或當避去高溫。凡此種種，均須科學的研究，施以適當的構造，以達其目的。選取不適，原料在貯藏中，或則品質之自然下降，終至不可復用；或則原料之氣化，溶解，使原料損失於無形，終必影響及於製品之品質及產量。

由其製品之不同，貯藏有時爲改良品質之一方法，如酒類及醬油，製成以後，必經相當時期之貯藏，蓋在此貯藏中，內容物之化學反應，並未中止，仍緩緩進行。此貯藏者，實與以進行之時間耳。貯藏有時亦爲平均品質之一方法者，有爲水泥之製造；然短時期內之平均，由此方法尚易達到，欲其爲長時期之平均，則非易舉。必須極大之貯藏倉庫。

近代工業之機械化已趨於高度，多採用順道工作法。半製品之貯藏，力求其少，蓋在經濟之原則上，廠中之運輸裝卸，實爲虛擲浪費之一，必須排除。然而在化學工業上，此半製品之貯藏，有時不可以免。

工廠之製品，恆日日連續有定量，市場之銷費，往往

不如是，有旺盛及閑散之期，故其製品，剩餘於閑散期者，必貯以備旺盛期之需要。於是貯藏不可免。而大規模之經營者，尤必須甚大之倉庫。此種倉庫必須有充分的技術的設備，免其品質下降或損失，正如上述之原料倉庫。

倉庫中非僅作貯藏，更必注意及於運搬裝置。以原料言，必有適當之裝置以搬入於工作場所，不使有量之不足，亦不使有時間之延誤。此二者實為工廠管理命脈之所在，否則工程上失其常，一切空耗皆隨以均至矣。在近代高度機械化之大工廠，必有高效率之運搬裝置附屬設置於此。倉庫中之貯品，恆以類別。積而聚之，或分為數倉，或分為數室，高積層堆，其所卸以入於運搬器，在簡陋者可用人力肩舉或槓移。實則多數之移動式運搬器，皆可應用於此，以節省勞動，節省時間。

對於製品之倉庫尤當注意者，即於對廠外運輸關係。工廠之所在地，以河川鐵道之所經，公路之所達為愈，吾人在前節曾述及之矣。製品之在倉庫中，如何以達此舟車之便，那不可不計及。在小規模者，不妨以人力，而在機械化之時代如今日，實非得策。亦必具一種運搬裝置以達其

用。在倉庫內可用移動式運搬器及其他裝置，在廠外可利用輕油車（汽車）以送達舟車所在。進焉者，或引運河，以達大河，或敷軌道，與公有鐵道相接，以節省勞動，時間及費用。

由上述可知工廠中之倉庫，實具三種性質。一為原料及材料之貯藏，一為半製品之貯藏，一為製品之貯藏。是三者性質各殊，故其在工廠中位置各異。以直線進行法而言，原料及材料者必在工作場之一端，而製品倉庫在其他端。半製品者必在其中間之適當地點。

#### 第十六節 工作之直線進行

各種裝置及機械，由資本大小製品品質，社會情形決定以後，尚有重要之問題存在，即其工程如何進行之問題也。往昔之設計者，多不注意於廠內之運搬裝卸，故其配置嘗有依工作之性質，或機械之性質，類聚而配列者。於是不同工作之順道上，所須加之工作，必迂回交錯以就此機械之所在，或工作之所在。近代合理化主義之下，知廠內之運搬裝卸，乃完全屬於不生產性質之浪費，而工作



### 等十七節 惠工設備

由近代科學的研究，為疲勞研究，動作研究等。知勞動效率與勞動者之健康及其環境，有重大關係，故廠內之溫度，濕度，光線等，所影響及於工作效率者極大。工作以外，工人之休息娛樂、住居、飲食及健康狀態，影響於工作效率者亦大。故近代工廠對於勞動者之惠工設備日益完美，非僅曰自人道見地上，為之施設；實為其經營體自身計，不得不然。在化學工業，常有發生有毒氣體者，亦常與有害之液體相接觸者，故對於廠內，衛生施設，必更加之意，而醫藥急救之設備，更不可省。

### 第十八節 工廠之配置

工廠地址既定，即當着手配置問題。化學裝置與建築物有密切關係。必須與規定之裝置相連，而定其建築。漫然不察而建之者，欲定一設計，使裝置，與建築物相適者，幾不可得。

化學工廠中含有多數之設備及裝置欲其在工作進

行上及勞動上有最大之便利，及合於最高之經濟條件，乃非易事。必有技術的及經濟的學識與經驗者方可得之。此而失其當，縱其所採方法及裝置均甚適合，亦將為一種之永久浪費，無回收之期，故工廠配置問題之重要，不下於其裝置或設備之決定也。

決定工廠之配置，不可不注意者，除為其工業之特徵者以外，一般可得而舉者為下列各項：

1. 原料之輸入
2. 原料之貯藏
3. 原料之加入
4. 工作之直線進行
5. 半製品之貯藏
6. 製品之貯藏
7. 擴張之餘地
8. 工廠內之運搬
9. 機械及裝置之配置
10. 爐、池(tank)煤氣貯器等之特別設備
11. 防災、及各種安全問題

在配置問題之前，工廠所施之工程、單位行程原料、半製品之移動、重要之反應、工廠之能力等，當早已決定。因此，原料材料之重量、容積、密度、化學性質，與其所用裝置之構成材料，當亦先為計及。一切明瞭以後，始可言及配置。決定此配置者，實以行程系統圖為之基。

所謂行程系統圖 (flow sheet) 者，即自原料至製品，其間物質之移動之略圖也。在圖上所須計入者，為各單位行程之收得率，預定之損失，對於預期產額，單位時間內物質之移動量等。最簡單方法，即以圓圈示材料原料之貯藏所，以三角形示裝置及反應等，而其物質移動之方向，則示之以矢，在其旁註明物質之單位時間內之移動量，溫度壓力等。由此所表示者，乃關於物質之變化，故可稱之曰物質之行程系統圖 (material flow sheet)。如其反應之熱變化，加熱或降冷之程度，以熱量之變化示之者，所得之圖即為能之行程系統圖 (energy flow sheet)。

此種略圖所示者，初僅為符號各種裝置，各種移動方向及其附屬機械動力等明瞭決定以後，系統圖即漸次為各廠之配置圖。

## 第四章 改良及新生產方法 之研究與設計

### 第一節 製品之新陳代謝

人類之文化，乃千百年之遞推遞進，亶演而來。一切事物，皆如是也。工業之製品亦日處變遷之中。風行於十年以前之製品，今可絕跡，甚或年易一式。例如輕油車（汽車），年年易其設計，新者出，舊者之價值即急降。化學製品之於變遷自亦不免。然其急劇乃不若是其甚。所以然者，化學製品之重點，在其質而不在其形。然而既在其質，故原料可遷，方法可遷，製品雖仍舊，內容之變遷，乃不知曾經幾許者甚多。試一覘化學工業之演進歷史即可知之，即以酸鹼工業為例，昔之用硫以製硫酸者，今則為硫鐵礦；昔之用鉛室法者，今則為接觸法。更一覘昔日以路布蘭氏法為中心之多數工業，今則為氨鹼法、電解法、合成法所侵而絕滅，幾不有餘影。由是可知化學製品之變遷雖小，而

其所以達此製品之內容，亦日異月遷，新陳代謝無已時，而自製品以窺，莫由測其生產方法，亦即莫由知其變遷。在他種工業，今日設備最良之工廠，以為至善而無缺者，一旦有新生產方法出現，可以使其崩於一旦。如在化學工業，此種趨勢較小，故其設計良，設備周，生產方法佳者，比諸他種工業更可保有更長時日之壽命。

新生產方法之出現，對於化學工業之經營者，實一無形之威嚇，欲其經營不為時代巨輪所輾碎，化學工業者必採取相當之對抗方法。

## 第二節 改良及研究

在化學工業所謂新生產方法者，其中非將工廠全體之設計加以變更，不可以實現者，固未嘗不有；然大多數則不如是。有僅為其一部分設備更張者，有僅為新設計之裝置者，以此之故，經營者果能日事改良其所發現之缺點，亦為消極的對於時代巨輪之一種抗力。更有進者，一般經營者，對於設計漸次陳舊所來之經濟上價值減少，在普通之折舊以外，恆與以特別折舊。力求經濟上之回收，對於時

代巨輪，亦為經營者之一種之抵抗方法，然其實則仍為消極的而已。積極的以圖之者，即其經營體自身具有特別之研究所，一方面固可由研究以資改良，而其尤為重要者即為新生產方法之導出。

根本的新生產方法，必自理化學的基礎研究肇始，必須相當的研究準備，必須為原料及其他材料之搜集與調查，故其費用甚巨，非大經營者，力即不逮。而尤要者，即研究者之能力，既須有理化學之深邃知識，更須具發明、設計之特才，尤當有所經營之工業上之明確觀念。否則，其研究或止於一種之模擬，毫無所得；有時縱有所得，只為研究所之研究，而與其工業無涉。

研究所之所得者，恆為基礎上之最初步。以化學工業言，即其所欲利用之反應而已。此種反應，果足以發展以為工業的建設乎？在其發展以前，必就工學上之理論基礎，經營者之各種經驗，加以商討，以假定之生產額為基，而調查其原料、裝置及所須材料、成本、市價，不厭詳盡。果其足以使成本低下，或品質改良者，始有更進研究，使其發展之價值。

研究者對於自己之研究，恆有自負心，此固人類之通性，故其所得者之價值評判，恆難得當。且也一般之研究者，皆富於基礎學識及研究所的經驗，對於工程上之學識與經驗，工業的大規模上之要素，多不甚豐，故其所作設計，概算，往往失之過低。必集多數之專門學者，經驗者，以定其是否有發展以爲工業的研究之價值。

### 第三節 研究之發展期及其工業的設計

研究所得，果認其爲有工業上之價值者，即當使其脫離化驗臺上之試驗管狀態；而入於工業的研究，其階段約可爲四。

1. 小型之模型階段
2. 大型之模型階段
3. 半工業的試驗設備
4. 工業的試驗設備

第一階段者實爲第二階段之設計基礎，故在此階段之研究者，必須有充分之知識，以得此模型之理論。本此理論，方可以進以作大型模型之設計。第二階段者又爲第

三階段之基礎，其時須特別注意者，即其經濟上之關係，而其工程進行時所發生之困難等，皆可得而實地經驗。及其成功，乃入於第三階段。在此階段，一切設計，皆為工業的。研究其工廠配置，連續製造，以得相當量之製品，而加以研究，且可分配於多數之需要者，使其研究。在此三階段，實際從事者當與研究者相隨。經此階段以後，乃移於實地之工業的生產，由工業的管理以從事。所異者只經營者恆使其與其他部分，獨立以經營之耳。果其成功，是即新生產方法之出現，亦即新設計之成功也。

由上所述，可知新方法及新設計之成功，所費勞力至巨。始也只一研究者之力可以達；漸次發展，乃必須多數人之加入，或為工程上之研究，或為機械上之研究，或為經濟上之研究。而其所須經費尤屬甚大。其始也，為研究室之設備，所耗尚小；漸進而漸大，終抵於成，則其所耗未始不可回收。設其至於第四階段而歸失敗者，則所耗之巨費，盡擲虛牝，唯一結果，只在歷史上占數行或數頁之地位而已。故此種完全研究，非強有力之大經營體，難望其始終支持，以底於成。

研究所得，是否終底於成，係於發展階段之設計者甚巨。多數之研究者，不明工業設計之要素，貿然進行，自以爲已達於工業的階段，而求助於化學工程之專門者，使爲工業的建設。實則工業的建設，所藉以爲基礎之前段試驗，乃不含有工業設計之基礎，再進而求其更前一段，亦復如是，於是離其在發展階段之研究，而復返其研究室階段。專門之工程學者，亦唯望望然愛莫能助矣。設其更貿然進行以作工業建設之嘗試者，失敗可必，故此發展期間之設計，必慎之又慎，不可輕忽者也。

中華民國二十五年八月初版

編

(62718)

工業化學工業之設計一冊

每冊實價國幣貳角  
外埠酌加運費匯費

著者 高 鈺

發行人 王 雲 五  
上海河南路

印刷所 商務印書館  
上海河南路

發行所 商務印書館  
上海及各埠

\*\*\*\*\*  
版 翻  
權 印  
所 必  
有 究  
\*\*\*\*\*

(本書校對者王養吾)

四二五七上 海

