

高等学校教学用书

无机盐工艺学

上册

M. E. 波任著

高等教育出版社

高等学校教学用书



无机盐工艺学

上册

M. E. 波 任 著
胡 先 庚 译

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立化學科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство химической литературы) 1949年出版的 М. Е. 波任 (М. Е. Позин) 著 “無機鹽工藝學” (Технология минеральных солей) 一書譯出。原書經蘇聯高等教育部批准為高等工業學校教科書, 適用於化工學院, 並可供化學工業中的技術人員參考。

本書講述各種無機鹽以及無機肥料製造工藝的原理, 並在敘述生產過程的同時, 作了這些過程的物理—化學分析。

本書中譯本分上下二冊出版, 由中央重工業部化工局胡先庚同志翻譯。

無 機 鹽 工 藝 學

上 冊

波 任 著

胡先庚譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·77 開本 850×1168 1/32 印張 10 5/16 字數 267,000

一九五五年二月上海第一版

一九五六年十一月上海第三次印刷

印數 4,501—6,000

定價(10) ¥ 1.60

序

本書的主要內容是無機鹽（其中也包括礦物肥料）工藝學講稿，此講稿為作者在以列寧格勒市蘇維埃命名的列寧格勒工業學院所講述之無機物工藝學普通教程的一部份。

本書的取材，以教學大綱及學生自學時間（教學計劃所規定的）為限。因此，書中不可能將工業上所出產的所有無機鹽的資料包羅無遺，因其種類繁多故也。書中僅涉及工業意義最大的化合物，或因其生產特點而值得研究的化合物。^①

作者不是從編著專門性的參考材料的觀點出發的，而是要編寫一本能包括無機鹽類及某些其他無機物的一般原則性的、但同時又是極其各式各樣製造方法的教材。

各種生產方法的敘述，是以對各個過程的物理化學實質的分析為根據的，此種分析使我們能夠批判地將這些方法運用到現有的流程和工藝的操作條件中去，和使我們能夠選擇合理的條件去實現它們。

因為碰到了在無機鹽分類法的選擇上所發生的一般困難，所以作者在材料的安排次序上，都是從教學法的觀點去考慮的，想來，這是最能符合於給我們所提出的任務的。在這種情況下，不論各種生產之間的相對產量、產品性質、產品用途等如何，敘述的先後次序都不是主要的因素。

但是這個原則還是未能完全堅持。因鹽類生產的極其多種多樣的方法常常具有相似的生產工序，故不得不有個別的重複，這種重複從教學法的觀點上看是多餘的，但為了得到所討論的該種生

① 凡書中非學生所必需的材料，均用小字或在相應的標題上註有星形記號，以資分別。

產的完整的概念，又是不可缺少的。考慮到讀者們已熟悉了化學工業的典型設備，故對其結構和工作方面的講述或完全略去或僅加以簡短的討論。至於非典型的特殊生產過程所使用的非標準設備，則討論較詳。

本書第一篇簡略研究了無機鹽工藝中的某些一般性問題；關於鹽類在水中的溶解度的圖示法的原理，則敘述較為詳盡，這是因為對於理解現代的工藝方法，它的作用是極大的。本書第二篇是講述各種無機鹽生產的物理化學原理和生產過程。

每章之末所列舉的參考書刊目錄，僅摘錄了可作為補充教材者，詳細的書目介紹反會使在深入研究問題時，因受時間所限而在必要的補充材料的選擇上感到困難。

本書中除了科學術語外還兼用工業生產上慣用的俗語。因這些俗語已廣泛使用，故在敘述工業過程和工業產品時對其忽視顯係不合情理。

Е. С. 杜瑪爾金拉婭、К. И. 赫林尼科夫、Б. Я. 羅仁及 И. П. 牟赫列諾夫諸同志於本書某些章節的材料準備中曾給予協助，作者特此致謝。

М. Позин

上 冊 目 錄

序

第一篇 無機鹽工藝學的一般原理	1
第一章 無機鹽在國民經濟中的意義	1
無機鹽類之主要消費對象	1
鹽類生產之發展	5
鹽類及肥料之分類	10
參考書刊	12
第二章 製造無機鹽的原料	13
天然無機原料	13
天然無機原料之最主要的種類	16
作為無機鹽生產的原料用的工業產品與副產品(或廢料)	19
原料之綜合利用	20
鹽類生產車間與其他生產部門之協作	20
參考書刊	21
第三章 鹽類在水中的溶(解)度圖	22
一組份系統	24
二組份系統	25
結晶呈無水形狀的鹽類的溶(解)度圖	26
溶液的等溫蒸發與冷卻	27
連接直線規則和槓桿規則	29
具有明顯最高點的溶解度曲線	30
具有隱蔽最高點的溶解度曲線	33
溶液和水合結晶的蒸氣壓力	36
三組份系統	38
用正三角形表示三元混合物組成的方法	38
三元系統的多溫線	41
多溫線的等溫截面	44
等溫蒸發溶液時鹽類的結晶	47
具有水合物的系統	49
具有複鹽的系統	50
混合晶	54
三元混合物的組成在直角坐標軸上的表示法	56

四組份系統	64
由帶一共同離子的三種鹽和水構成的系統	64
放射投影圖	68
水圖	73
鹽類的相互系統	74
鹽類相互系統之溶(解)度立體等溫線的投影圖	77
鹽類相互系統的三角形圖	86
由鹽類相互系統和水構成的系統之溶(解)度圖的範例	87
五組份系統	91
共生圖	92
參考書刊	93
第四章 鹽類工藝中之標準過程與工序	94
鹽類生產之標準流程	94
煅燒	96
煅燒過程的強化方法	102
溶解與浸取	104
結晶	107
使雜質呈不溶物而沉澱的溶液淨製法	112
鹽類的結塊現象	114
參考書刊	116
第二篇 無機鹽之生產	117
第五章 氯化鈉	117
岩鹽之開採	121
湖鹽之採取	122
鹽田法製取食鹽	124
井鹽之製取	127
冷凍製鹽法	133
鹽析製鹽法	133
用鉀石鹽廢渣製造食鹽	134
食鹽之壓塊	135
參考書刊	135
第六章 天然硫酸鈉	137
卡拉波加茲芒硝的採取法	141
芒硝的天然脫水法	142
芒硝的人工脫水法	144
芒硝的熔化脫水法	144

芒硝溶液的蒸發脫水法	147
沉沒燃燒並使熱氣穿過液層而擴散的芒硝脫水法	151
用空氣和煙道氣乾燥芒硝的脫水法(不經熔化)	151
芒硝在噴洒乾燥器中脫水	154
芒硝的鹽析脫水	154
用揮發性溶劑進行芒硝脫水	156
高壓釜法脫水	156
藥用芒硝	158
參考書刊	159
第七章 鉀鹽	160
用鉀石鹽製取氯化鉀	163
製造過程之物理化學依據	163
蘇聯現行之加工鉀石鹽的流程	166
浮選法	176
氯化鉀的結塊性	176
用光鹵石製氯化鉀	177
製造過程的物理化學依據	177
加工光鹵石的主要流程	178
硫酸鉀	180
參考書刊	184
第八章 溴及溴的鹽類	185
溴的製法	188
用蒸汽蒸餾溴的方法	188
用空氣吹溴的方法	191
溴的鹼吸收法	199
從鹼水中提溴的其他方法	202
某些溴鹽的生產	202
溴化鉀	202
溴化銨	203
溴化鈉	204
參考書刊	204
第九章 碘及碘的鹽類	205
碘的製法	207
用海藻製碘	207
自硝石礦岩中製碘	209
電解法製碘	209
用鑽井水製碘	210

最重要的碘鹽的生產	217
參考書刊	218
第十章 鎂的化合物	219
氯化鎂	223
苦土	227
參考書刊	233
第十一章 硼的化合物	234
硼酸	239
硼砂	248
硼肥	251
過硼酸鈉	253
參考書刊	254
第十二章 鹽酸、硫酸鈉及氯化鋅	255
氯化氫之製取	258
硫酸鈉法	258
SO_2 與 NaCl 作用以製硫酸鈉的方法	264
自元素合成氯化氫	265
用氫、水蒸汽及炭以製氯化氫	270
氯化有機物時的副產氯化氫	271
氯化氫之吸收	272
液體氯化氫	281
氯化鋅	282
參考書刊	284
第十三章 鋇鹽	286
硫酸鋇	289
氯化鋇	293
硝酸鋇	310
碳酸鋇	311
硫酸鋇	312
氧化鋇與過氧化鋇	314
參考書刊	315
俄中譯名對照表	1
俄中人名對照表	1

第一篇 無機鹽工藝學的一般原理

第一章 無機鹽在國民經濟中的意義

人類爲了滿足自己的需要，早在遠古時代就已開始利用一些分佈最廣的天然鹽類。後來才逐漸地採用將天然鹽類和礦物加工而製得之人造鹽類。這種加工的方法，起初是非常簡陋的，隨着文化的發展，才日趨完善。爲了各種不同目的所採用的鹽類品種也不斷地增加，特別在工業發展的時期，其增加更爲迅速。鹽類品種之名目，現時已達數百種之多，並且尚在繼續增加中。

並非所有的無機鹽均具有同樣的經濟意義。其中一部份的使用量是很有限的，但另一部份的世界開採量和生產量却達到每年數百萬噸甚至數千萬噸。一種或另一種產品在國民經濟中的比較意義，雖然不能單以其生產量和消費量而定，但一般而言，這卻是決定其意義的主要因素之一。因此主要引起人們注意的是那些大量生產的無機鹽類——即所謂之“巨額噸位鹽類”。

無機鹽類之主要消費對象

以生產與消費之尺度而言，鈉、磷、鉀、氮、鋁、鐵、銅、砷、氟、鉻、鎢等之鹽類及其化合物居首位。

農業 在以人工方法製成之無機鹽中，生產規模最大者當爲農業上採用之肥料。屬於此類產品者，首爲過磷酸鈣、鉀鹽、硫酸銨、硝酸銨等等。

植物的組成中含有許多元素：氧、氫、碳、氮、磷、硫、鉀、鈉、鈣、鎂、鐵、錳、碘等。植物生長所必需的此類元素，係從空氣（碳及氧）和土壤（水和礦物質）中取得。某些需要量極小之元素，以鐵為例，在任何土壤中經常都含有足夠之數量。而另一部份元素，特別是氮、磷、鉀均為植物由土壤中大量吸取者，故須以肥料形式施入土壤以補充之。某些元素可賴自然作用部份地再返回土壤。例如植物纖維中之有機形態的氮，於其腐敗時一部份轉化為氨態的氮，然後再藉細菌作用變為硝酸鹽或亞硝酸鹽形態的氮，並重新被植物吸收。空氣中之一部份游離氮，經細菌作用亦可成為有機物而供植物之用。然而營養元素之大部份，却不能返回土壤中，其中一部份或被地下水由土壤中沖走，或變為不適於植物吸收之形態。因此，土壤中之營養元素，須以施肥法補充之。

土壤中之營養份含量的減少，如不藉施肥予以補充，土壤勢必貧瘠，致使收穫量下降。此種現象亦能於土壤中尚含有大量營養元素時發生，蓋因農作物之收穫量與土壤中營養份之總儲量無關，而僅決定於其中可被植物吸收的那一小部份的含量。可被植物吸收之一部份營養份，雖可由其總儲量中逐漸補充，但其補充速度却遠遠落後於農作物之吸收要求。因此，施肥即成為保證高度收穫量之重要農業技術措施之一。

在蘇聯，在社會主義農業的條件下，以普梁尼什尼科夫院士與其他蘇聯農業化學家們所創建的科學原理為基礎的、有計劃的營養份循環措施，保證着土壤肥沃之不斷增長與收穫量之不斷增加。蘇聯農業先進者獲得高額收穫量的經驗，正大規模地在推廣着。

產量愈大，從土壤中帶走的營養份也就愈多。關於收穫量的增產額與其對土壤營養份損耗之影響，由表 1 及表 2 中的數據即可看出。

表 1. 農作物由土壤中吸取之營養份量(以公斤計)

營 養 份	收 穫 量			
	冬 麥		糖 蘿 蔔	
	15 公擔/公頃	30 公擔/公頃	150 公擔/公頃	270 公擔/公頃
N	46	112	65—85	166
P ₂ O ₅	22	39	25—28	42
K ₂ O	28	77	60—70	157

表 2. 施肥之平均增產量

農 作 物	土 壤	平 均 增 產 量	
		施用含氮、磷與鉀之肥料所得之增產量,以公擔/公頃計	施用一公斤氮肥所得之增產量,以公斤計
棉 花	中亞細亞之灰色土壤	13.2	10
黑麥,小麥(穀物)	灰化土壤	16—19	12—15
馬 鈴 薯	灰化土壤	160	90
糖 蘿 蔔	變質黑鈣土	170	100

農業實際耕作中,於每一公頃播種面積施用之肥料量約為:氮肥——折合 N 30—150 公斤;磷肥——折合 P₂O₅ 45—90 公斤;鉀肥——折合 K₂O 45—200 公斤。

在蘇聯土壤種類不一與栽培作物種類繁多的情況下,農業上不僅需要大量肥料,而且也要求品種衆多的肥料。

農業上除了需要肥料而外,還需要大量之殺蟲藥品。此類藥品即稱之為農藥(инсектофунгисид) [殺蟲劑(инсектисид)用以殺死昆蟲;殺菌劑(фунгисид)用以消除雜草與菌類]。在農業上所採用之無機毒品中,具有特殊意義因而大量生產者計有砷化物、氯化鋇、硫酸銅及其他銅鹽、矽氟化鈉、氯酸鹽、氰化物等等。

工業 各種工業部門均需要大量之無機鹽。沒有一個工業部門，在其生產過程中不採用這種或那種鹽類的。

玻璃工業是硫酸鈉的巨量消費者，因為硫酸鈉是玻璃配料中之主要成份之一；該業也採用許多能賦予玻璃以特殊性能（機械強度、熱穩定性與化學安定性、比重、顏色、透明度等等）之其他無機化合物（鉛、鋅、鋇、硼等的化合物）。

紡織工業於紡織品印染前的漂白與媒染時，均須採用各種鹽類。為此而使用者計有次氯酸鈉、次氯酸鈣以及鋅、銅、鐵、鋁、鉻等的各種鹽類。

造紙工業與人造纖維工業中採用大量的硅酸鈉、硫酸鈉和硫酸鋁，也採用鹼金屬與鹼土金屬的次氯酸鹽、亞硫酸鹽和硫化物以及其他鹽類。

橡膠工業使用各種鹽類和各種金屬（鋇、鋅、鎂、鉛、鎢和銻）的氧化物作為橡膠的填料、機械強度的強化劑、硫化過程的催化劑和各種製品的着色物。

製革工業中於處理生皮及鞣皮時，採用硫化鈉和硫氫化鈉、鉻鹽和其他鹽類。

肥皂與食品工業採用某些氧化物與鹽類做為填料、製品着色物、增味劑和防止腐爛、乾燥以及防止蟲蛀之藥劑。

鋇、鋅、鉛、汞、鈦、銅、鐵、鈷以及其他許多元素的化合物均用以製造礦物顏料。

在黑色冶金工業與有色冶金工業中，採用錳鹽、硼鹽、鋅鹽、鎳鹽、鉻鹽、銅鹽、氰化物和其其他許多鹽類以使金屬製件表面具有必要之硬度，並用之塗覆其上以防止金屬之生銹。有些金屬，如鎂、鋁亦可用電解無機鹽和氧化物構成之熔融介質以製取。

攝影與電影工業使用大量之亞硫酸鹽與某些其他鹽類。

醫藥上採用之鹽類（硼、碘、溴、鎂、鈣、鋇和其他）品種則更為

繁多。

製造煙火器材與火柴則必須採用鉀鹽、鉍鹽、鎢鹽、銅鹽和其他多種鹽類。

用於木材防腐的某些鹽類(如氯化鋅、硼砂和氟鹽),在國民經濟中更有重大意義。鐵路之枕木、橋樑與建築物之木結構,如用此等鹽類之溶液浸製,即能大大增長其壽命。利用鹽類淨製飲料水與鍋爐用水亦具有重大意義。以硫酸鋁、明礬、磷酸鈉和其他鹽類處理水時,既能除去水中之有害雜質,又能防止鍋壁上生成水垢。有些鹽類,如漂白粉又可用於污水之消毒。

電氣工業、建築業、印刷業和其他工業部門也是各種鹽類的消費者。僅上述各例,即足以說明無機鹽在高度發展國家的工業中的意義。

工業各部門之技術水平愈高,其所採用之無機鹽類的品種就愈多愈廣。人們對於工業產品質量方面的要求不斷增長(這是各種化工產品應用更加廣泛所規定的),在無機鹽品種的增多方面也起着很大的作用。

鹽類生產之發展

蘇聯之化學工業誕生很早,早於大多數其他國家。

俄羅斯的化學家——羅曼諾索夫、梓寧、布特列羅夫、門德列也夫、亞科比、庫且諾夫、列別捷夫、邱加耶夫、法沃爾斯基等都是世界聞名的化學與化工生產方法(國外工業曾多次採用這些方法)的奠基者。

俄羅斯化學工業史的研究,業已證明俄羅斯的工匠們遠在十五世紀時就會鑿掘深達 60—70 米之採鹽井,而於十七世紀末葉時,井深已達 165 米。當時開鑿此類深井需時數年(現在只需不到一日之時間)。十七世紀中期,俄國已由硫鐵礦製取硫黃——此種

生產之組織大大早於任何國家，包括瑞典在內，該國竟誤認為自己是出現此種生產之第一個國家。俄羅斯的第一個鉛室法硫酸工廠，於 1805 年開始生產，比德國早六年。俄羅斯的用氨法製造碳酸鈉的生產，於 1869 年即已組織完畢，比德國早一年。鉻鹽的大規模工廠生產，於 1850 年出現於俄國，比德國早三十餘年。

很早以前，俄羅斯即為某些化工產品的出口者。遠在十七世紀時，除其他產品而外，俄羅斯尚出口碳酸鉀。如以碳酸鉀之生產規模而言，俄羅斯亦佔世界首位之一。且於十九世紀時，曾大量輸出黃磷及其他產品。

沙皇政府之政策，未能促進本國化學工業之發展。對化工原料產地之擴大與化學生產之發展不但不予以鼓勵，反而以高價由國外輸入化工產品。因此俄羅斯的化學工業於二十世紀初期時並不發達。基本化學產品生產的規模亦甚微小。

當時出產之無機鹽數量既小，品種亦很有限。在俄國地下雖蘊藏有世界上最豐富的鉀鹽、芒硝和其他礦產，但並沒有進行開採。鉀鹽(除去由植物灰製取的碳酸鉀而外)係由德國輸入。雖然曾用溶解與結晶硫酸鈉(生產鹽酸和加工硝酸鈉製硝酸時所得者)的方法製取一部份芒硝，但主要還是由外國輸入。而其他各種鹽類亦多由國外進口。

表 3. 俄羅斯 1912 年之無機鹽生產量

鹽 類 名 稱	噸 數	鹽 類 名 稱	噸 數
硫酸鈉.....	69344	硫酸銅.....	1009
硫化鈉.....	2918	過磷酸鈣.....	63000(1913 年)
氟鹽與氟氫酸.....	15	碳酸鉀.....	16361
硅氟化鈉.....	35	漂白粉.....	26296
硫酸鎂.....	1038	硫代硫酸鈉.....	36
硫酸鋁.....	15536	硅酸鈉與硅酸鉀...	12797
氯化鋁.....	2096	硫酸銨.....	11000
明礬.....	4056		

表3中所列之數據，即可說明第一次大戰以前——1912年——俄國工廠中之某些無機鹽的生產情況。

僅於十月革命以後，特別在幾個斯大林五年計劃的年代裏，無機鹽的生產才得與其他化學工業部門一同得到了強大的發展。天然鹽類豐富礦藏之發現與開採和規模宏大之化工企業的興建，於第二個五年計劃末期已使蘇聯之鹽類生產及品種較革命前增長了數十倍。過磷酸鈣之生產獲得了特別的增長。其他磷鹽、鉻鹽、硫化鈉、硫酸鋁、硫代硫酸鈉和溴鹽等的生產，也得到了很大的發展。同時新建了大規模的鉀鹽、砷鹽、氟鹽、氰鹽和其他鹽類之生產。

某些最主要之鹽類生產，如今已達每年數十萬噸和數百萬噸，並仍在不斷地增長中。

在許多鹽類之生產規模方面，蘇聯已佔世界首位，而化學工業繼續發展之速度，將毫無疑問地會保證其他鹽類之生產於最近期間亦能躍居首位。

一些生產肥料和其他鹽類之工廠，在偉大的衛國戰爭期間遭受了嚴重的破壞，停止了生產。雖然如此，但按戰後五年計劃之規定，於1950年時將要大大地超過戰前的化學生產水平（增加到一倍半）。其中磷肥生產將增加到兩倍，氮肥將增加到1.8倍，鉀肥將增加到1.3倍。僅此三種鹽類之總產量，於1950年將達510萬噸。化學企業中之社會主義勞動方法的進一步開展，將保證超過五年計劃所規定的數字是毫無疑問的。

近二十年來，在鹽類生產之巨大發展的同時，其製造方法的技術亦隨之有很大進步。

雖然在某些舊工廠裏仍以比較簡陋之設備與人工操作為基礎繼續進行鹽類生產，但在幾個斯大林五年計劃的年代裏建立起來了蘇聯的現代化新工廠，這些工廠採用了最完善和最經濟的工藝流程，裝備了完善的設備，並且是機械化的。許多鹽類生產中實行

了生產過程之自動操縱與管理。生產規模本身，就已排斥了運用陳舊方法之可能，因為在這種生產規模中之物料，是以巨大的洪流通過設備的。鹽類生產的工業，由於新型原料、新的連續式工藝流程和最完善之裝備的採用，以及由於車間熱能與電能更趨合理的利用，而正在不斷地改進着。所有這些都促使勞動生產率不斷地增長、能量利用率提高、原料消耗縮減、產品質量改進和產品成本降低。

門德列也夫、庫爾納科夫、雅科夫金、布雷次克等的貢獻以及近年來蘇聯科學家們在各種專業科學研究所——國立應用化學研究所（ГИПХ），蘇聯科學院普通化學與無機化學研究所（ИОНХ），肥料及農藥科學研究所（НИУИФ），全蘇鹽類生產科學研究所（ВНИИГ），烏拉爾化學科學研究所（УНИХИМ）及其他許多科學研究所——中所作的廣泛研究，均促進了化學與無機鹽工業的發展。

無機鹽工業雖然已獲得了現有之成績，但是為了完全滿足國家對鹽類不斷增長着的需要，今後還要更大的發展其生產並改進其工藝方法。

在迅速發展着的國民經濟中，無機鹽生產目前仍是薄弱之一環，因為在迅速繁榮着的工業和農業對無機鹽的要求與無機鹽生產之間，尚存在着相當的距離。許多鹽類的缺乏，阻礙了工業與農業之對其使用。

有時，某種鹽類生產規模之不夠宏大，往往是與製造方法之簡陋、原料使用之不夠合理、裝備之不夠完善和使用人工勞動有關聯的，因而就使得鹽類產品的成本較高。這就迫使消費者對某些鹽類之使用量受到限制，或者根本不用。我們僅以營造業和築路業為例，倘若化學工業能以最完善之生產方法更大量地生產氯化鈣、氯化鎂、硫酸鎂與矽酸鈉，則營造業與築路業在這些產品的使用量