

中等專業學校教學用書

氮肥工艺学

В.А.克列夫凱 Н.Н.波列柯夫

Л.З.阿尔謝尼也娃 著



化学工业出版社

中等專業學校教學用書

氮 肥 工 艺 学

B. A. 克列夫凱, H. H. 波列柯夫, Л. 3. 阿尔謝尼耶娃 著

化学工業部翻譯科譯

賀 紹 堯 校

化学工業出版社

本書原文經蘇聯化學工業部教育司批准作為化學工業中等技術學校的教學參考書，在我國亦可做為化學工業中等專業學校氮肥工藝課程教學用書，以及供無機肥料工業設計單位和工廠中的工作人員參考之用。

書中敘及氮肥的製造和用硝酸處理磷礦的生產工藝。並列舉了一些工藝計算和所述化合物的主要性質的參考數據。

本書由化學工業部翻譯科張洪賓、王立功、管冬聲譯出，尿素一章採用了生產司趙增泰的譯稿，全稿經賀紹堯校訂。

В. А. КЛЕВКЕ, Н. Н. ПОЛЯКОВ

Л. З. АРСЕНЬЕВА

ТЕХНОЛОГИЯ

АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

ГОСХИМИЗДАТ (МОСКВА • 1956)

氮肥工藝學

化學工業部翻譯科譯

化學工業出版社(北京安定門外和平北路)出版

北京市書刊出版業營業登記證出字第092號

印刷 新華書店發行

開本: 850×1168 1/32

1958年8月第1版

印張: 7 1/2 插頁: 2

1958年8月第1次印刷

字數: 199 千字

印數: 1—10,000

定價: (10) 1.20 元

書號: 15063 • 0221

前 言

在編纂本書時，作者們是以編著一本能反映氮肥工業現狀的氮肥工藝教材供化學工業中等技術學校學生應用作為已任。

本書除敘述各種氮肥的主要性質及其生產方法外，還列舉了一些工藝計算。作者認為在中等技術學校學生進行課程設計和畢業設計時將會有所幫助。本書還在專門章節中闡述了用磷礦加工成氮及磷肥的方法，因為在最近幾年內蘇聯準備大大發展這種生產。

本書第一章到第七章由 В. А. 克列夫凱 (Клевке) 編寫；第八、第九章和第十二章的第三節由 Н. Н. 波列柯夫 (Поляков) 編寫；第十、第十一章，第十二章的第一、二節和第十三章由 Л. З. 阿爾謝尼耶娃 (Арсеньева) 編寫。本書由 Ф. М. 蕭弗曼 (Шофман) 作序。書中有許多章節在編寫時參考了蘇聯氮素工業科學研究設計院 (ГИАП) 和肥料及農藥科學研究院 (НИУИФ) 所發表的某些文獻。

Д. Ф. 尼先巴烏姆 (Ниссенбаум)，А. И. 舍申 (Шешин)，技術科學博士 А. М. 杜波維茨基 (Дубовицкий) 技術科學副博士 Н. А. 果爾德貝爾克 (Гольдберг)，А. М. 莫爾新 (Мурзин) 及 П. Е. 卡扎里揚 (Казарьян) 對本書原稿內容曾給以寶貴的建議和指正，作者謹致謝意。

著者衷心感謝地接受本書讀者的一切批評和意見。

В. А. 克列夫凱

Н. Н. 波列柯夫

Л. З. 阿爾謝尼耶娃

目 录

前 言	5
序	6
第一章 硝酸铵	15
1. 物理化学性质	15
吸湿性	17
结块性	18
2. 爆炸性及可燃性	20
硝酸铵的热分解	21
3. 硝酸铵生产	22
用氨中和硝酸	22
中和过程的物料计算	28
中和过程的热量计算	30
硝酸铵溶液的蒸发	33
蒸发设备	36
三段蒸发过程的物料和热量计算	39
无蒸发过程的制造硝酸铵法	48
硝酸铵的结晶	48
硝酸铵在造粒塔中结晶过程的热量计算	53
硝酸铵的干燥	55
“冷法”干燥硝酸铵过程的热量计算	59
硝酸铵的包装、贮存和运输	61
4. 硝酸铵生产过程的控制和自动化	63
第二章 以硝酸铵为主体的肥料	66
1. 石灰硝酸铵	66
石灰硝酸铵的生产	68
2. 硫硝酸铵	74
3. 钾硝酸铵	75
第三章 硝酸钙	76
1. 农业化学性质	76
2. 物理化学性质	76
3. 硝酸钙的几种生产方法	77
用石灰石及硝酸制造硝酸钙	77
用碱吸收氮氧化物制造硝酸钙	78

第四章 硝酸鈉	82
1. 物理 化学及農業化学性質	82
2. 硝酸鈉的制造方法	83
用碱吸收氮氧化物制造硝酸鈉的方法	83
陽离子置換法制造硝酸鈉	88
第五章 硝酸鉀	89
1. 物理化学性質及应用	89
2. 硝酸鉀的生产方法	90
轉化法制造硝酸鉀	90
用碳酸鉀或苛性鉀溶液吸收氮氧化物制造硝酸鉀	92
用氯化鉀和硝酸或氮氧化物制造硝酸鉀	93
第六章 氯化銨及氮的碳酸鹽	95
1. 氯化銨	95
由氯化氫及氨制造氯化銨	96
氯化物及銨鹽进行复分解反应以制造氯化銨	96
在純碱生产中制取氯化銨	97
2. 碳酸銨	98
碳酸銨的生产	99
碳酸氫銨的生产	99
第七章 液体肥料	100
1. 緒 論	100
2. 氮絡物的物理化学性質	101
3. 氮絡物的生产流程	107
第八章 硫酸銨	108
1. 物理化学性質	108
2. 農業化学性質	108
3. 用焦爐气中的氨制造硫酸銨	109
焦油水的加工	110
用氨气制硫酸銨	111
硫酸銨生产的主要設備	114
飽和器的物料計算	120
飽和器的热量計算	123
气体預热器的热量計算	126
技术規程	128
4. 由合成氨制造硫酸銨	129
5. 干法制造硫酸銨	130

6. 石膏法制造硫酸铵	132
第九章 脲胺基鈣	135
1. 物理化学性質	135
2. 农业化学性質及应用	135
3. 脲胺基鈣的生产	135
脲胺基鈣的生产流程	137
生产脲胺基鈣的主要設備	140
第十章 用硝酸分解磷酸鹽	142
1. 概 論	142
2. 含磷原料	146
磷灰石	146
磷塊岩	147
含磷原料的初步加工、运输及貯藏	149
3. 硝酸分解磷酸鹽的物理-化学原理	151
各种因素对磷酸鹽分解过程的影响	155
4. 用硝酸分解天然磷酸鹽的分解过程	159
分解过程的流程	159
分解过程的主要設備	162
5. 用硝酸分解磷酸鹽制得的溶液中氮的沉淀	164
6. 氟硅酸鈉的干燥及粉碎	167
第十一章 沉淀磷酸鈣	169
1. 物理化学性質	169
2. 沉淀磷酸鈣制取过程的物理化学原理	170
用石灰沉淀	171
用石灰石沉淀	172
3. 沉淀磷酸鈣的生产	175
石灰石悬浮液的制备	175
沉淀磷酸二鈣(沉淀)	177
过滤	178
沉淀磷酸鈣的干燥	179
沉淀磷酸鈣的儲藏和包裝	180
沉淀磷酸鈣生产中的主要設備	181
沉淀磷酸鈣生产过程中主要阶段的物料計算	184
第十二章 硝磷鉀	191
1. 农业化学性質和物理性質	191
2. 硝磷鉀的生产	192

用硝酸分解磷酸鹽	193
由溶液中析出硝酸鈣	193
用氨中和母液	195
硝酸鉀的生产流程	195
硝酸鉀生产中的主要設備	199
硝酸鉀生产过程的物料計算	202
5. 生产氮-磷-鉀肥料的簡化方法	209
第十三章 尿素	211
1. 物理化学性質	211
2. 农业化学性質及应用	212
3. 合成尿素的物理化学基础	213
4. 尿素的生产	215
熔融液單段蒸餾的尿素合成法	216
尿素生产的主要設備	219
尿素熔融液的二段蒸餾法	222
尿素合成过程的物料計算	223
尿素合成塔的热量計算	225
尿素熔融液單段蒸餾过程的物料計算	227
尿素熔融液單段蒸餾塔的热量計算	228
参考文献	231
附 录	232
I. 鹽的吸湿性	232
II. 鹽的溶解度	233
III. 鹽的水溶液的重度	237
IV. 鹽的溶液上的蒸汽压力和溶液的沸点	241
V. 鹽溶液的粘度	247
VI. 鹽溶液的比热	251
VII. 高压下 NH_3 饱和蒸汽的主要物理化学參变数	252

目 录

前 言	5
序	6
第一章 硝酸铵	15
1. 物理化学性质	15
吸湿性	17
结块性	18
2. 爆炸性及可燃性	20
硝酸铵的热分解	21
3. 硝酸铵生产	22
用氨中和硝酸	22
中和过程的物料计算	28
中和过程的热量计算	30
硝酸铵溶液的蒸发	33
蒸发设备	36
三段蒸发过程的物料和热量计算	39
无蒸发过程的制造硝酸铵法	43
硝酸铵的结晶	48
硝酸铵在造粒塔中结晶过程的热量计算	53
硝酸铵的干燥	55
“冷法”干燥硝酸铵过程的热量计算	59
硝酸铵的包装、贮存和运输	61
4. 硝酸铵生产过程的控制和自动化	63
第二章 以硝酸铵为主体的肥料	66
1. 石灰硝酸铵	66
石灰硝酸铵的生产	68
2. 硫硝酸铵	74
3. 钾硝酸铵	75
第三章 硝酸钙	76
1. 农业化学性质	76
2. 物理化学性质	76
3. 硝酸钙的几种生产方法	77
用石灰石及硝酸制造硝酸钙	77
用碱吸收氮氧化物制造硝酸钙	78

第四章 硝酸鈉	82
1. 物理 化学及農業化学性質	82
2. 硝酸鈉的制造方法	83
用碱吸收氮氧化物制造硝酸鈉的方法	83
陽离子置换法制造硝酸鈉	88
第五章 硝酸鉀	89
1. 物理化学性質及应用	89
2. 硝酸鉀的生产方法	90
轉化法制造硝酸鉀	90
用碳酸鉀或苛性鉀溶液吸收氮氧化物制造硝酸鉀	92
用氯化鉀和硝酸或氮氧化物制造硝酸鉀	93
第六章 氯化銨及氨的碳酸鹽	95
1. 氯化銨	95
由氯化氫及氨制造氯化銨	96
氯化物及銨鹽进行复分解反应以制造氯化銨	96
在純碱生产中制取氯化銨	97
2. 碳酸銨	98
碳酸銨的生产	99
碳酸氫銨的生产	99
第七章 液体肥料	100
1. 緒 論	100
2. 氮絡物的物理化学性質	101
3. 氮絡物的生产流程	107
第八章 硫酸銨	108
1. 物理化学性質	108
2. 農業化学性質	108
3. 用焦爐气中的氨制造硫酸銨	109
焦油水的加工	110
用氨气制硫酸銨	111
硫酸銨生产的主要設備	114
飽和器的物料計算	120
飽和器的热量計算	123
气体預热器的热量計算	126
技术規程	128
4. 由合成氨制造硫酸銨	129
5. 干法制造硫酸銨	130

6. 石膏法制造硫酸铵	132
第九章 氟胺基钙	135
1. 物理化学性质	135
2. 农业化学性质及应用	135
3. 氟胺基钙的生产	135
氟胺基钙的生产流程	137
生产氟胺基钙的主要设备	140
第十章 用硝酸分解磷酸盐	142
1. 概 论	142
2. 含磷原料	146
磷灰石	146
磷块岩	147
含磷原料的初步加工、运输及贮藏	149
3. 硝酸分解磷酸盐的物理-化学原理	151
各种因素对磷酸盐分解过程的影响	155
4. 用硝酸分解天然磷酸盐的分解过程	159
分解过程的流程	159
分解过程的主要设备	162
5. 用硝酸分解磷酸盐制得的溶液中氟的沉淀	164
6. 氟硅酸钠的干燥及粉碎	167
第十一章 沉淀磷酸钙	169
1. 物理化学性质	169
2. 沉淀磷酸钙制取过程的物理化学原理	170
用石灰沉淀	171
用石灰石沉淀	172
3. 沉淀磷酸钙的生产	175
石灰石悬浮液的制备	175
沉淀磷酸二钙(沉淀)	177
过滤	178
沉淀磷酸钙的干燥	179
沉淀磷酸钙的储藏和包装	180
沉淀磷酸钙生产中的主要设备	181
沉淀磷酸钙生产过程中主要阶段的物料计算	184
第十二章 硝酸钾	191
1. 农业化学性质和物理性质	191
2. 硝酸钾的生产	192

用硝酸分解磷酸鹽	193
由溶液中析出硝酸鈣	193
用氨中和母液	195
硝酸鉀的生产流程	195
硝酸鉀生产中的主要設備	199
硝酸鉀生产过程的物料計算	202
3. 生产氮-磷-鉀肥料的簡化方法	209
第十三章 尿素	211
1. 物理化学性質	211
2. 农业化学性質及应用	212
3. 合成尿素的物理化学基础	213
4. 尿素的生产	215
熔融液單段蒸餾的尿素合成法	216
尿素生产的主要設備	219
尿素熔融液的二段蒸餾法	222
尿素合成过程的物料計算	223
尿素合成塔的热量計算	225
尿素熔融液單段蒸餾过程的物料計算	227
尿素熔融液單段蒸餾塔的热量計算	228
参考文献	231
附 录	232
I. 鹽的吸湿性	232
II. 鹽的溶解度	233
III. 鹽的水溶液的重度	237
IV. 鹽的溶液上的蒸汽压力和溶液的沸点	241
V. 鹽溶液的粘度	247
VI. 鹽溶液的比热	251
VII. 高压下 NH_3 飽和蒸汽的主要物理化学參变数	252

前 言

在編纂本書時，作者們是以編著一本能反映氮肥工業現狀的氮肥工藝教材供化學工業中等技術學校學生應用作為已任。

本書除敘述各種氮肥的主要性質及其生產方法外，還列舉了一些工藝計算。作者認為在中等技術學校學生進行課程設計和畢業設計時將會有幫助。本書還在專門章節中闡述了用磷礦加工成氮及磷肥的方法，因為在最近幾年內蘇聯準備大大發展這種生產。

本書第一章到第七章由 В. А. 克列夫凱 (Клевке) 編寫；第八、第九章和第十二章的第三節由 Н. Н. 波列柯夫 (Поляков) 編寫；第十、第十一章，第十二章的第一、二節和第十三章由 Л. З. 阿爾謝尼耶娃 (Арсеньева) 編寫。本書由 Ф. М. 蕭弗曼 (Шофман) 作序。書中有許多章節在編寫時參考了蘇聯氮素工業科學研究設計院 (ГИАП) 和肥料及農藥科學研究院 (НИУИФ) 所發表的某些文獻。

Д. Ф. 尼先巴烏姆 (Ниссенбаум)，А. И. 舍申 (Шешин)，技術科學博士 А. М. 杜波維茨基 (Дубовицкий) 技術科學副博士 Н. А. 果爾德貝爾克 (Гольдберг)，А. М. 莫爾新 (Мурзин) 及 П. Е. 卡扎里楊 (Казарьян) 對本書原稿內容曾給以寶貴的建議和指正，作者謹致謝意。

著者衷心感謝地接受本書讀者的一切批評和意見。

В. А. 克列夫凱

Н. Н. 波列柯夫

Л. З. 阿爾謝尼耶娃

序

提高各种农作物的收获量是苏联进一步發展农业的重大任务之一。增加無机肥料的产量对完成这项任务具有特殊的意义。苏联的化学工業部門正在不断地增加供給农业的無机肥料数量。1955年無机肥料的产量已达九百六十万吨。

苏联共产党第二十次代表大会关于發展苏联国民經济的第六个五年計劃的指示中規定：1960年無机肥料的产量（以标准單位計）应达到一千九百六十万吨。

由于使用上述数量無机肥料的結果，估計在1960年全国將增产：粮食——約二仟七百万吨；馬鈴薯（塊莖）——約二仟二百万吨；糖——約三百万吨；纖維（棉花、亞麻、大麻）——約二百万吨。

下列数据可以說明：在使用無机肥料（以每一千克养料为單位）时，农作物收获量的增产情况。

	每公斤养料使农作物增产的数量(千克)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
冬麦(粮食)	12~15	7~8	3~4
籽棉	10~12	5~6	—
亞麻(纖維)	2~2.5	—	—
甜菜(塊莖)	120~160	50~55	40~50
馬鈴薯	120	40~50	40~50

無机肥料帶入土壤中去的主要养料是氮、磷、鉀。因此化学工業所生产的無机肥料也就相应地分为氮肥、磷肥和鉀肥。此外还生产含有兩种养料（如氮和鉀或者氮和磷）或三种养料俱全的無机肥料。这种肥料称为复合肥料。它与只含有一种养料（氮、磷、鉀中任一种）的單效肥料不同。

由于土壤和气候条件的差異、各种农作物有其生理特性、以及經濟上的种种理由就有必要生产多种形式的氮素肥料。氮肥含氮的形式，基本上有三种：

1. 氮以銨根形式出現并与某一种無机酸化合——銨鹽肥料（如硫酸銨）；

2. 氮含于硝酸根內，呈硝酸鹽形态——硝酸鹽肥料（如硝酸

鈣、硝酸鈉);

3. 氮呈酰胺形式——酰胺类肥料(如尿素)。

除上述形式的氮肥外, 还有一些氮肥所含的氮素是以銨根和硝酸根形式同时存在的(如硝酸銨)。

現今苏联和世界各国所生产的主要氮肥的品种列于表 1。

主要的氮肥品种

表 1

肥 料	肥料形式	养料的含量, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
铵盐类				
硫酸铵	单效	20.5~21	—	—
磷酸铵	复合	11	47	—
氨	单效	82	—	—
氨水	单效	约20	—	—
硝酸盐类				
硝酸钠	单效	16	—	—
硝酸钙	单效	13~15.5	—	—
硝酸钾	复合	13.8	—	46.5
铵盐硝酸盐类				
硝酸铵	单效	34.5	—	—
石灰硝酸铵	单效	20.5	—	—
氮磷(Нитрофосфат)	复合	14~20	14~22	—
氮磷钾(Нитрофоска)	复合	11.5~15.7	11.5~15.7	11.5~15.7
氮格物				
以硝酸铵为主体的	单效	34~41	—	—
以硝酸钙为主体的	单效	30.5~31.6	—	—
酰胺类				
氰胺基钙(C ₂ CN ₂)	单效	18.5~20	—	—
尿素	单效	46	—	—

氮肥会使土壤起酸化或碱化作用, 亦即具有生理酸性或生理碱性。如果植物从土壤里吸收鹽的碱性正离子較快, 土壤便被酸化。如植物从土壤里吸收鹽的酸性負离子較快, 則土壤被碱化。

所有銨鹽肥料(包括硝酸銨)和酰胺类肥料(氰胺基鈣 CaCN₂ 除外)均能使土壤酸化。土壤酸化的原因是銨鹽肥料具有生理酸性, 以及氨在土壤微生物作用下会起氧化成硝酸的硝化作用。所有純硝

酸鹽肥料均具有生理碱性。

如果把抵消 1 公担肥料酸化作用所需的 CaCO_3 重量(以公担計, +) 用来表示肥料的酸化作用程度, 而 1 公担肥料的碱化程度以 CaCO_3 的当量(公担、-) 来計算, 則肥料的生理酸性和生理碱性可由下列数值說明:

	CaCO_3 公担
硫酸銨.....	+ 1.25
硝酸銨.....	+ 0.75
硝酸鈣.....	- 0.20
硝酸鈉.....	- 0.30
氰酸基鈣.....	- 1.25

硫酸銨为最古老的氮肥品种之一。远在用氮和氢合成为氨的方法尚未掌握之前, 其生产就已开始發展了。最初是利用煉焦及煤气工业在干馏塊煤时所得的副产氨来制造硫酸銨的。以后利用合成氨制造硫酸銨的方法得到了巨大的發展。

直到現在, 硫酸銨也还是一种最广泛使用的氮肥。在資本主义国家里, 目前硫酸銨的年产量約达一百六十万吨(折算成氮), 佔氮肥总产量的30%强。意大利、英国、日本和印度等国在氮肥生产中硫酸銨所佔比重特別高。

但是, 硫酸銨是含氮量不算很高的氮肥, 生产时須要耗費大量硫酸而且每單位氮的成本还很高。此外, 硫酸銨具有很高的潜在酸性, 長期施用于酸性土壤后其肥效就不高了。

在苏联仅用煉焦厂焦爐气中回收的氨生产硫酸銨。合成氨則用来生产別种效力更高的氮肥。其中尤以硝酸銨在氮肥品种中佔有愈来愈重要的地位, 然而在二次世界大战以前, 在国外硝酸銨仅与硫酸銨混合(列那硝——лейна-селитра) 或与石灰石熔合(石灰硝酸銨) 使用。

苏联是最先以純硝酸銨作为肥料的国家。苏联的硝酸銨工业生产已有很大的規模。硝酸銨是一种含氮量高的通用肥料, 因为它所含的氮是以銨根和硝酸根两种形态同时存在的, 并且是肥效最高的氮肥之一。苏联在农业中長期施用硝酸銨肥料的經驗証明:

作为氮肥、硝酸铵适用于全国许多地区。在加（起改善作用的）特殊填料的硝酸铵生产流程制定之后，使硝酸铵的物理性质大为改善，主要是减轻它的结块性（参看 18 页）。苏联目前生产的硝酸铵大部分是不结块的或结块情况不严重的，而且其中很大一部分是制成粒状的。

但是，仅以硝酸铵作为肥料是不能完全满足农业的需要。苏联的土壤、农作物及农作物生长条件极其复杂多样，因此就必须制造多种多样的氮肥，以便根据各种农作物和各个不同地区条件（土壤气候等）的特点来施用肥料。因此，在大量增产氮肥的同时，还采取了扩大氮肥品种的措施。同时，由于硝酸铵是适用于苏联很多地区的，最经济而肥效最高的一种氮肥，故可预料到它在氮肥的总产量中仍将佔首要地位。

根据苏联战后时期的经验，起初是在美国，以后又在其他一些国家里，纯硝酸铵氮肥的生产获得了很大的发展。与此同时，在很多的国家里，石灰硝酸铵的产量亦有所增长，这种肥料是在酸性土壤地区作为中性肥料使用的。

目前，在资本主义国家里，用作肥料的硝酸铵（包括纯硝酸铵和石灰硝酸铵）总产量每年约达一百二十万吨（折合成氮），约佔氮肥总产量的 25%。

如果把用于制造炸药的大量硝酸铵，以及用于生产液体肥料（氨络物）的一部分硝酸铵（例如在美国）考虑在内，则可得出这样的结论：硝酸铵的总产量，以其所含氮量计，显然是不低于硫酸铵的产量。在大规模生产硝酸铵（包括纯硝酸铵和石灰硝酸铵）的国家中，值得指出的有：美国、西德、荷兰、法国、奥地利。

硝酸钠和硝酸钙较广泛地被用作纯硝酸盐肥料。硝酸钠的来源主要是天然智利硝石。有很少一部分硝酸钠是由合成氨加工的副产品制得，主要用于工业上。尽管天然硝酸钠的开采和加工方法有所改进，但近几年来，在国外的生产量仍出现缩减的趋势，这是由于竞争不过用合成氨制造出更便宜的氮肥的一些厂家的结果。目前在资本主义国家里硝酸钠在氮肥总产量中的比重约为 5%。

硝酸钙的产量（以含氮量计）稍多一些——约佔氮肥总产量的