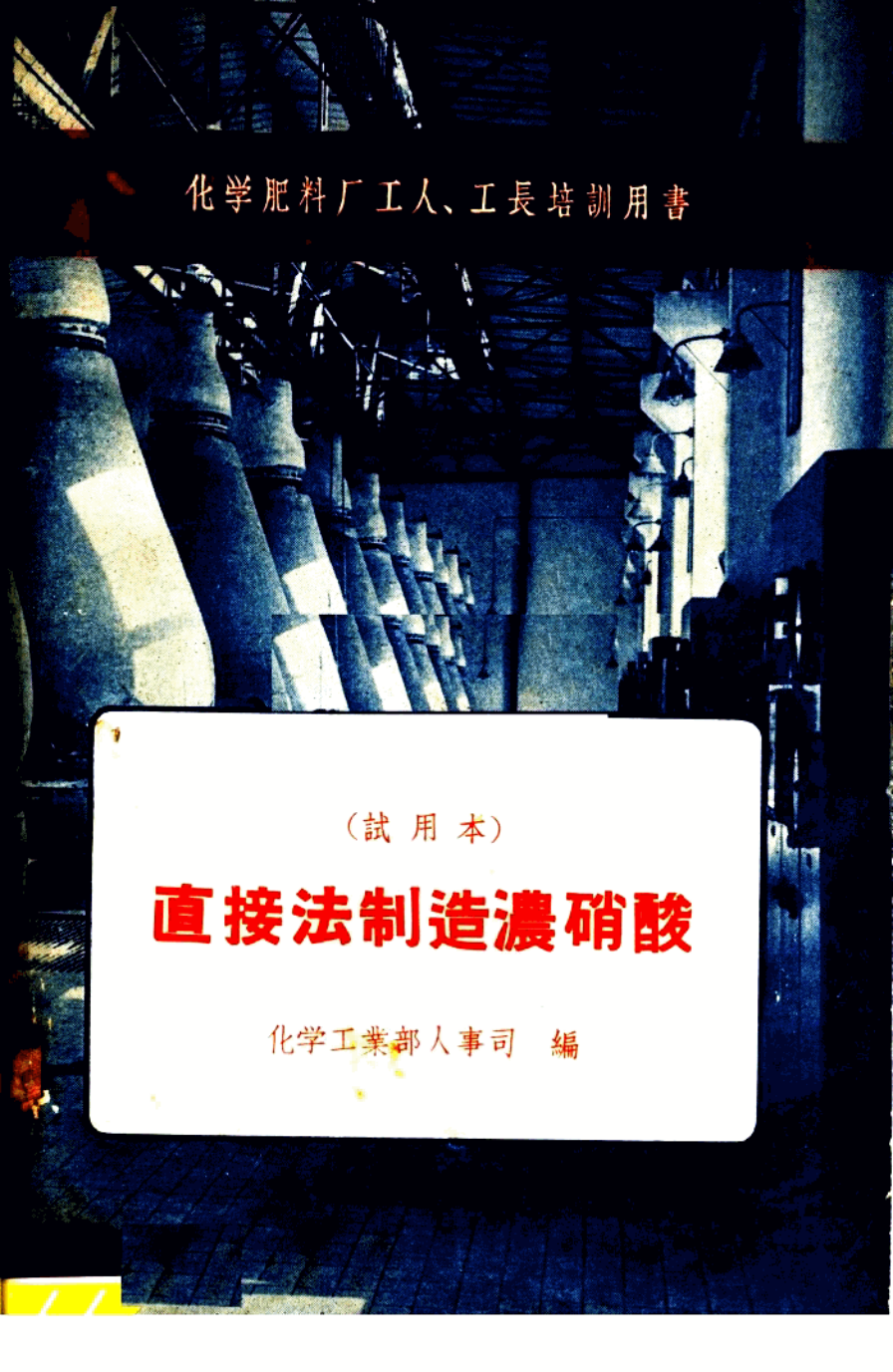




化学肥料厂工人、工長培訓用書

(試用本)

直接法制造濃硝酸

化学工業部人事司 編

化学肥料厂工人、工长培训用书
(试用本)

直接法制造浓硝酸

化学工业部人事司 編

化学工业出版社

本書系根据我国化学工業部氮肥工業設計院所編制的省級、專區級氮肥厂定型設計，并参照我国老厂的經驗編写而成。

本書較詳尽地介紹了氮肥厂直接法制造濃硝酸(簡称直硝)的工艺流程、消耗定額、分析方法、安全技术、所采用的設備及其維護和檢修。其中以操作方法和事故处理方法叙述得尤为詳尽。

本書可用作培訓氮肥厂直硝生产操作工人和工長的教材，也可供氮肥厂从事直硝生产的技工、工長、中初級技術人員及管理干部参考之用。

本書是化学工業部人事司組織編写的，由閻淑賢执笔。

化学肥料厂工人、工長培訓用書
(試用本)

直接法制造濃硝酸

化学工業部人事司編

化学工業出版社(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号

北京印刷厂印刷 新华書店發行

开本：350×1168 1/32

1958年8月第1版

印張：7 1/2 插頁

1958年8月第1次印刷

字數：178千字

印數：1—15000

定價：(9)0.80 元

書号：15063.0250

目 录

序言	8
緒論	10
硝酸在国民經济中的作用及硝酸的制造方法	10
第一篇 直硝生产所用原料、成品及中間产物的性質	12
第一章 原料	12
第二章 成品	14
第三章 氮的氧化物的性質	16
習 題	17
第二篇 直硝生产的基本原理及生产过程	19
第一章 直硝生产的基本原理	19
第二章 直硝的生产过程	20
習 題	23
第三篇 直硝生产的理論与操作	24
第一章 氮的氧化	24
氮氧化的原理	24
触媒的作用及选择	24
氮和氧在鉑触媒上的反应机理	25
影响氮氧化率的因素	26
温度	26
混合气的組成	28
接触時間	32
压力	33
触媒的活性	34
氮氧化气的热量回收	35
氮氧化气的除水	36
除水的原理	37
除水的重要性	37
氮氧化气的冷却	38
設备	39
氮-空气混合器	39
氧化爐	39
廢热鍋爐	41
快速冷却器及气体冷却器	42
氮塔	42

鼓气櫃	43
其它設備	44
送風机与排風机和送風机与排風机之間的閉鎖裝置	45
送風机与排風机的作用原理及構造	45
离心式鼓風机的操作原則	46
送風机与排風机之間的閉鎖裝置	47
基本操作法及事故的預防和处理	49
開車	49
正常操作	50
停車	51
事故的預防及处理	52
習 題	54
第二章 一氧化氮的氧化及氮的氧化物与惰性气体的分离	55
一氧化氮的初氧化原理	55
影响一氧化氮初氧化的因素	55
溫度	55
气体中一氧化氮和氧濃度的影响	57
压力	58
气体的流量	58
一氧化氮的重氧化及其原理	59
影响一氧化氮重氧化的因素	59
溫度	59
硝酸濃度及酸的噴洒量	60
气体中一氧化氮的含量	61
氮的氧化物与惰性气体的分离	61
影响吸收的因素	63
溫度	63
硝酸濃度	64
酸和气体中二氧化氮的含量	65
酸的噴洒情况	66
尾气的回收	66
設備	67
初氧化塔	67
氧化塔循环酸冷却器	67
重氧化塔	69
鹽水气体冷却器(又名聚合器)	70
吸收塔	70

濃硝酸冷卻器及發煙硝酸冷卻器	71
洗滌塔	71
除霧器	71
耐酸離心泵	71
離心泵的構造及作用原理	71
離心泵的空室現象	73
離心泵的使用與維護	73
基本操作法及事故的預防和處理	74
開車	74
正常操作	74
停車	74
事故的預防及處理	75
習題	76
第三章 發煙硝酸的解離及四氧化二氮的液化	76
蒸發與蒸餾	76
發煙硝酸的解離	77
影響發煙硝酸解離的因素	78
溫度	78
壓力	80
冷熱酸量	81
四氧化二氮的液化	81
設備	82
漂白塔	82
初步冷卻器和四氧化二氮冷凝器	83
成品酸冷卻器	85
酸貯槽及酸高位槽	85
蒸汽噴射器	85
蒸汽壓力自動調節器	86
基本操作法及事故的預防和處理	87
開車	87
正常操作	88
停車	88
事故的預防及處理	88
習題	89
第四章 混合料的配制	89
混合料成份要求的依據	89
混合料的來源	92

配料的方法	92
一次加酸—次分析法	94
兩次加酸—次分析法	95
配料后补加四氧化二氮法	95
影响配料的因素	97
设备	100
混合罐	100
基本操作法及事故的预防和处理	101
配料与送料	101
事故的预防和处理	101
習 題	102
第五章 濃硝酸的合成	102
濃硝酸合成的基本原理	102
影响反应的因素	103
温度	103
压力	104
單純度与分散度	105
使用氨气时的控制	105
设备	107
高压釜	107
氨气压力自动调节器	108
基本操作法及事故的预防和处理	110
裝料前的准备	110
裝料	110
升压	110
反应	111
排酸	112
放余压	112
習 題	112
第六章 高压氧及冷冻鹽水的制取	113
高压氧及冷冻鹽水的制取在直硝生产中	
所佔的地位	113
气体的压缩	113
往复式压缩机的操作原理	115
气体在压缩过程中的一些性質	114
往复式压缩机中余隙的作用及影响	116
多段压缩的原理	116

往复式压缩机的生产能力和功率的消耗	117
往复式压缩机的构造	118
氧的压缩	120
氧压缩的流程及主要设备	121
氧压缩的生产控制	122
1. 压缩机的润滑	122
2. 水分离器的排水	124
3. 压缩机的出口温度	125
基本操作法及注意事项	125
冷冻盐水的制取	126
盐水的选择及配制	126
低温冷冻的操作原理	128
低温冷冻的化工过程、主要设备及流程配置	130
1. 压缩	130
2. 冷凝	131
3. 过冷	132
4. 节流	132
5. 蒸发	134
影响冷冻的主要因素	135
1. 冷凝器的水温及水量	135
2. 油的分离	136
3. 蒸发器的液面	137
4. 盐水循环量	138
基本操作法及注意事项	138
习 题	139
第四篇 直接生产过程的控制与检验	140
第一章 温度的测量	140
液体温度计	140
电阻温度计	141
热电偶温度计	143
第二章 压力的测量	145
弹簧压力计	146
液柱压力计	148
U形压力计	148
单管压力计	149
微压计	150
第三章 流量的测量	151

測量流量的原理	151
環天平型流量計	151
浮標差壓流量計	153
感應式遠距離傳送流量計	153
使用流量計時應注意的事項	154
氣櫃儲量遠距離指示計	155
第四章 液面的測量	157
普通的液面計	157
遠距離傳送液面計	157
第五章 通訊聯絡、極大與極小的自動警報計	159
聯絡信號箱	159
氨氣櫃儲量極大和極小自動警報計	161
氧氣壓力自動警報計	161
第六章 化學分析檢驗	162
氮氧化率的分析	162
一氧化氮的初氧化率和重氧化率的分析	164
發煙硝酸的分析	167
成品酸的分析	169
混合料的分析	170
吸收塔和洗滌塔後氣體中氮的氧化物的分析	171
硝酸中較鹽的分析	171
壓縮機用二次蒸餾水中油的定性分析	172
鹽水中酸性檢查的方法	172
液體四氧化二氮及硝酸中鈣鹽的檢查方法	172
氧氣的分析	172
習題	173
第五篇 直硝生產用的材料	175
第一章 金屬材料	175
鋼鉄	175
鉻鋼和鉻鉄	176
鉻鎳鋼	176
鋁	176
銅	178
第二章 非金屬材料	178
填充和襯墊材料——石棉	178
耐酸陶器	179
耐酸水泥及混凝土	179

聚氯乙稀硬塑料	180
含氟塑料	180
橡皮	181
習 題	181
第六篇 直硝生产中的安全常識	182
第一章 对各种有毒气体及液体的防护	182
氨	182
氮的氧化物	183
硝酸	183
第二章 防毒面具	184
过滤式防毒面具	184
氧气呼吸式防毒面具	185
第三章 防火与防爆	186
防火	186
防爆	187
第四章 设备检修与操作的安全常識	188
高压设备的操作	188
检修	188
看管电气设备时的安全常識	189
第五章 设备与管线的清洗	189
清洗用的溶剂	189
清洗的程度	189
習 題	190
第七篇 生产定额及計算	191
第一章 生产定额	191
第二章 物料平衡計算	192
物料平衡計算的基础及方法簡述	192
物料平衡計算举例	195
第三章 热量平衡計算	213
能量不灭定律	214
热量平衡計算举例	214
習 題	216
附 录	217
1. 铂铑網規格	217
2. 硝酸的水溶液在各种温度下的重量	218
3. 硝酸的水溶液液面上的硝酸蒸汽的分压、水蒸汽 的分压和蒸汽的总压	219
4. 氮的重量百分数与体积百分数之換算	223

序 言

我国是一个人口多、耕地少、幅员广大的国家。为了发展工业，加速我国社会主义工业化，必须迅速促进农业的发展。从我国的具体情况出发，发展农业的主要途径就是提高农田的单位面积产量；而提高单位面积产量最有效的方法之一，是大力发展化学肥料，增加单位面积的施肥量。

在化学肥料中，氮肥是占有相当大的比例的，它的肥效非常显著。一市斤氮素（相当于4~5市斤硫酸铵）能使每亩水稻作物增产15~20市斤，最高能达到25市斤；麦类作物增产15~20市斤；棉花增产2.5~3.5市斤；小米及玉米等杂粮增产25~32市斤；在蔬菜中：可使白菜增产200~270市斤，菠菜150市斤。由此可见，氮肥工业对于促进农业的迅速发展具有重大的作用。

根据中国共产党第八次全国代表大会的决议，我国第二个五年计划中，化学肥料将有巨大的发展；从中央提出地方工业产值超过农业产值、全党办企业、县县办工业以后，地方兴办化学肥料工业的积极性空前高涨，预计不久化学肥料工业必将出现星罗棋布、县县开花的情景。

为了配合氮肥工业的大发展，化学工业部除了资成氮肥工业设计院，编制了建设省级（年产五万吨合成氨）、专区级（年产一万吨合成氨）及县级（年产二万吨合成氨）氮肥厂所需的定型设计外，并且由人事司从永利宁厂、大连化工厂和吉林肥料厂抽调了部分技术人员，按照定型设计的要求，于今年一月开始集中在北京编制了这一套氮肥工业培训生产工人用的教材。写成后分别经氮肥工业设计院和基本化学工业设计院审查，可作为相关定型设计的开工说明用。因此，关于各该定型设计即不再另编开工说明。

氮肥的品种很多，最常用的和我们今后准备大量生产的有硫酸铵（简称硫铵或硫脛，俗称的肥田粉多指此物）、硝酸铵（硝铵或硝脛）、碳酸氢铵、氯化铵、氰氨基钙（俗称石灰氮）、尿素、液氨、氨络物和氨水等。这些氮肥大都由合成氨与硫酸、硝酸等物质，在

一定的条件下化合而成的。因此，这套教材將包括合成氨、硫酸、硝酸、硫酸銨、硝酸銨等的原料和成品（或半成品）的制造方法。

由于合成氨生产的工艺过程比较复杂，一个合成氨厂都是按照它的工艺过程分为若干車間、工段，而且对每一車間、工段操作的工人的技术水平和文化水平的要求也是不同的。因此，我們在編制合成氨生产一書中，按照了上述要求把全書分为四本，即造气（包括煤气制造、脫硫、一氧化碳变换）；原料气的精制；合成氨用气体及氨的压缩；氨的合成。而硫酸、硝酸、硫酸銨、硝酸銨等，則分别独自作一本出版。

这套教材主要是供省級氮肥厂培訓技术工人用的，學習中应有教員講授。書中除考虑到定型設計的要求，安排必要的內容外，并結合了老厂的操作經驗加以补充，可作为氮肥生产的工人和工長必讀的課本；也可供中等技术学校畢業学生、氮肥工業企業的管理干部及具有初中文化程度的老工人参考或自修之用。每本書的內容包括：生产原理，工艺流程，設備構造，操作，維護和檢修方法，生产操作要点，事故預防及發生事故时的处理办法，生产控制及其使用仪表，半成品及成品的質量要求和主要分析方法等。全書的主要篇幅是放在操作管理和事故的預防、处理上。

在編制这套教材的过程中，曾拟把有关的物理、化学基本理論作为書中的組成部分；但考虑到如果这样做，不但要增加篇幅，多費紙張，而且会使每本書的这一部分出現重复現象。因此，决定把它略去，另編一本适用于工人同志閱讀的“化学肥料厂的化学、物理基础知識”，以弥补这一套書的不足。但是，在“化学肥料厂的化学、物理基础知識”尚未編出前，希望教师在講解这套教材的时候，事先或随时給學習的同志介紹一下化学、物理基础知識，以便學習的同志对本書工艺方面的理論能获得較深刻的了解。

由于参加編写工作的同志經驗有限，加以需要甚急，編写時間倉促，因此不論在技术內容上、深淺程度上、章节安排上、文字表达上都存在着不少缺点，希望讀者在教学或學習当中随时指出，以便再版时补充、修正。

化学工業部人事司 1958年6月

緒 論

硝酸在国民經济中的作用及 硝酸的制造方法

硝酸是化学工業重要原料之一。在各种酸类中，它的产量仅次于硫酸而佔第二位。硝酸的大規模生产，是由于硝酸和它的鹽类在国民經济中具有極大的意义。硝酸工業产品主要用于制造化学肥料和炸藥。此外，硝酸还用于制造染料、医药、照像材料、塑料、人造絲及塔式法制硫酸和其它重要工業部門。

由于無數科学工作者的努力工作，硝酸制造的方法已日益改进，硝酸生产的过程也更加完善。目前，硝酸的制造多采用氨氧化法。此法用的主要原料是：氨、空气及水。其步驟是：

1. 氨氧化成一氧化氮：

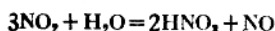


氨 氧 一氧化氮 水

2. 一氧化氮氧化成二氧化氮，并用水吸收制成稀硝酸：



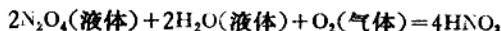
一氧化氮 氧 二氧化氮



二氧化氮 水 稀硝酸 一氧化氮

3. 將稀硝酸直接煮沸精餾，同时采用濃硫酸做脫水剂，便可制得濃硝酸。

氨氧化法的优点是硝酸生产率高，适于大量生产，且成本低。但自从用氮的氧化物直接合成濃硝酸（簡称直硝）研究成功后，濃硝酸的制取又开辟了新的道路。直硝的作用原理是：应用高濃度的液体四氧化二氮与水相互作用，同时通入高压氧，在一定温度与压力下作用，直接制成濃硝酸。



四氧化二氮 水 氧 濃硝酸

直硝生产有下列特点:

1. 不使用濃硫酸, 因此濃縮稀硫酸的設備可省去, 大量的硫酸也可用于制造硫酸銨肥料, 以支援農業生产。

2. 不需制造稀硝酸这一步驟 (該步驟所需要的基本建設投資是相当大的)。

3. 直硝生产不但能直接制造濃硝酸, 而且也能制造液体四氧化二氮和發烟硝酸。随着工業的發展, 后兩種产品对国家建設將有更多的用处。

直硝生产能供給成本低而質量好的一級濃硝酸。同时, 因为它是建立在新技术的基础上, 也就为我們广泛地采用新技术創造了經驗。

第一篇 直硝生产所用原料、 成品及中間产物的性質

第一章 原 料

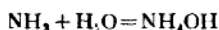
氨

物理性質：分子式是 NH_3 ，分子量是 17。常温下是無色有刺激性臭味的气体，对人体有毒，比空气輕 1.7 倍，1 米³ 的气体氨在 1 个大气压、0°C 时重 0.771 仟克。

氨在常压时冷却至 -33.4°C 以下，或在常温时 (15°C) 压缩到 7.5 表压以上，就可变成液体。温度愈高，气态氨变成液态氨所需要的压力愈大。

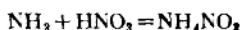
氨气很容易溶解于水，在 1 个大气压、常温下，1 个体积的水能溶解 700 个体积的气态氨。氨在水中的溶解度随着温度的升高而減低，但随压力的增加而增加。

化学性質：氨極易和其它物質起反应。氨和水化合，能生成氢氧化铵。



氨 水 氢氧化铵

氨易与酸作用，生成铵鹽。



氨 硝酸 硝酸铵



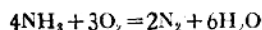
氨 硫酸 硫酸铵

氨加热到 300°C 时，能分解成氮和氢。



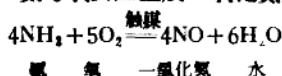
氨 氮 氢

氨与空气或氧气在常温时不起反应，但在高温时能在氧气中燃燒，發出淡綠色火焰而被氧化，生成元素氮。



氨 氧 氮 水

有触媒存在时，氨与氧反应生成一氧化氮。



氨与空气混合在一起，当含氨量达到13%以上，且有火花存在时，可能發生爆炸。

空 气

干燥空气中含有78%的氮，20.93%的氧，0.93%的氩，0.03%的二氧化碳及其它少量的惰性气体。一般空气中还含有少量的水蒸汽。

在工業上，空气的組成按含氮79%、含氧21%計算。

在化学工厂区域内，空气常含有二氧化硫、乙炔等气体，也含有其它固体杂质。因此，在我們采用空气时，最好离厂区远些或由高空取得，并且还要很好地加以清淨。

氧

氧的分子量是32。常温下，它是無色、無味、無嗅的气体，比空气略重。氧的性質很活潑，所以氧很容易和其它元素作用，生成氧化物。氧不能自燃，但能助燃。在氧气里如含有油脂，則在加压下，氧和油脂會發生爆炸。純氧大都用空气的深度冷冻分离法或水的电解法而得到。在直硝生产中，要求氧不含有氢气、碳氢化合物及其它可燃性的气体，所以必須由空气液化分离来取得。

水

水是化学工業中不可缺少的物質。在直硝生产中，由于本系統反应生成的水已經多于所需要的水，故不需要补充。在生产中，水都用于冷却，一部分用于鍋爐。

水的来源：有河水、井水、海水及自来水。由于在这些水中都含有各式各样的杂质如固体悬浮物、溶解的鹽类及气体等，因此不能作鍋爐用水，以免生成鍋垢。一般鍋爐使用的水是經過蒸餾后的軟水，或用其它方法淨化过的軟水。

由于直硝生产中所使用的冷却设备多是鋁或白銅（不銹鋼）制成，而一般天然水尤其是近海地区的水中所含的大量氯根对鋁及白

鋼的腐蝕性很大，故直硝生產所用的冷卻水是自來水，並且經過水冷卻塔循環使用。

第二章 成 品

規 格

稀硝酸的成品規格：

稀硝酸	I 級品	II 級品
HNO ₃ 含量以重量%計算，不少於	49	60
夏季允許不少於	47	57
固體殘渣重量以%計算，不多於	0.05	0.05

濃硝酸的成品規格：

濃硝酸	I 級品	II 級品
HNO ₃ 含量以重量%計算，不少於	98	96
氮的氧化物含量（換算成 N ₂ O ₄ ）		
以重量%計算，不多於	0.5	0.4
固體殘渣重量以%計算，不多於	0.05	0.07
H ₂ SO ₄ 含量以重量%計算，不多於	0.1	0.2

註：上述硫酸含量系指間接濃硝酸成品，直硝成品內不含 H₂SO₄。

性 質

物理性質：純硝酸（100%）是無色、帶有刺激性、不穩定的液體。98% 的硝酸比重是 1.501 克/厘米³（指在 20°C 時）。硝酸的比重與它的濃度成正比，與它的溫度成反比，見附錄表 2。

硝酸的比熱隨着它的濃度升高而減低，如在 15°C 時，50% 的硝酸的比熱是 0.655 仟卡/仟克·°C，而 98% 的硝酸的比熱是 0.473 仟卡/仟克·°C。

硝酸溶液的沸點和它的濃度有關，由表 1 可看出：68.4% 的硝酸的沸點是 121.9°C，它是硝酸的最高沸點。100% 的硝酸，其沸點是 85.4°C。