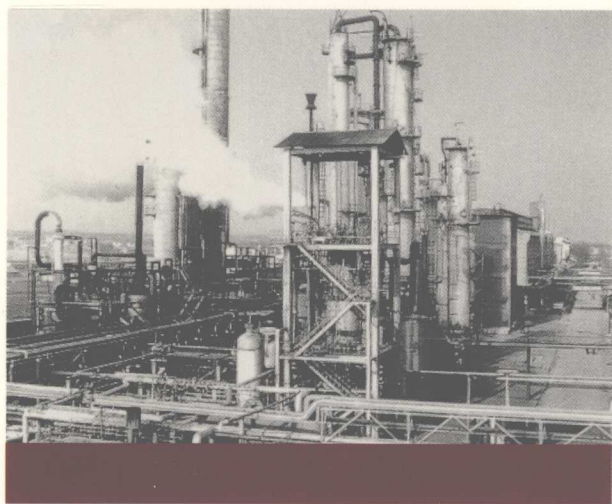


化工工人岗位培训读本

硝酸铵生产工

刘金银 编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

化工工人岗位培训读本

硝酸铵生产工

刘金银 编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

硝酸铵生产工/刘金银编. —北京: 化学工业出版社,
2005. 3
(化工工人岗位培训读本)
ISBN 7-5025-6696-1

I. 硝… II. 刘… III. 硝酸铵-生产工艺-技术
培训-教材 IV. TQ113.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 014546 号

化工工人岗位培训读本

硝酸铵生产工

刘金银 编

责任编辑: 周国庆 刘 哲

文字编辑: 陈 雨

责任校对: 边 涛

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 6½ 插页 1 字数 129 千字

2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6696-1/TQ·2165

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着国内化学工业技术的迅速发展，行业规模不断扩大，高技能、复合型人才的就业岗位比重不断增加，但与此对应的是人才短缺，具有高技能的技术工人明显供不应求。为了满足化工企业技术工人岗位培训及职业技能鉴定的需要，全面系统地开展员工的技术培训工作，提高技术工人的基本素质，增强其在市场经济体制下的竞争能力，有效解决知识更新和人员更替问题，为企业发展提供可靠保障，化学工业出版社组织吉林化学工业公司、南京化学工业公司、燕山石油化工有限公司等单位编写了《化工工人岗位培训读本》一套丛书。

本套丛书的编写人员均为生产一线的具有较丰富实际工作经验的工程技术人员，本着精练、实用的原则，紧密联系化工生产实际，着眼于提高操作人员的实际操作技能和对异常情况的应变处理能力。对与生产过程相关的化学基础、化工基础、化工设备进行简要介绍，对生产工艺技术及其中各单元的操作、控制分析项目等进行较详细的讨论。因此，本套丛书可作为化工行业职业技能鉴定的培训教材。

本书为《硝酸铵生产工》分册。书中简要介绍了硝酸铵生产的主要原料，结合实际生产流程，着重介绍硝酸铵溶液的制备、硝酸铵溶液的蒸发、硝酸铵熔融物的造粒等生产单元的工

艺流程，对工艺条件进行了较充分的讨论分析，并介绍了生产中的主要设备、生产操作要点。另外结合硝酸铵的生产过程，介绍了安全生产及三废处理方面的知识。

由于编写时间短，编者理论水平和经验有限，书中难免出现疏漏和不妥之处，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2005年1月

内 容 提 要

本书是《化工工人岗位培训读本》之一。

本书简要介绍了硝酸铵生产的主要原料，结合实际生产流程，着重介绍硝酸铵溶液的制备、硝酸铵溶液的蒸发、硝酸铵熔融物的造粒等生产单元的工艺流程及催化剂的使用，并介绍了生产中的主要设备、生产操作要点。另外结合硝酸铵的生产过程，介绍了安全生产及三废处理方面的知识。

本书适用于硝酸铵生产操作工的自学及培训。

序 号	项 目	备 注	备 注	备 注
1	硝酸铵	1.1 原料	1.2 设备	1.3 操作
2	硝酸铵	2.1 原料	2.2 设备	2.3 操作
3	硝酸铵	3.1 原料	3.2 设备	3.3 操作
4	硝酸铵	4.1 原料	4.2 设备	4.3 操作
5	硝酸铵	5.1 原料	5.2 设备	5.3 操作
6	硝酸铵	6.1 原料	6.2 设备	6.3 操作
7	硝酸铵	7.1 原料	7.2 设备	7.3 操作
8	硝酸铵	8.1 原料	8.2 设备	8.3 操作
9	硝酸铵	9.1 原料	9.2 设备	9.3 操作
10	硝酸铵	10.1 原料	10.2 设备	10.3 操作
11	硝酸铵	11.1 原料	11.2 设备	11.3 操作
12	硝酸铵	12.1 原料	12.2 设备	12.3 操作
13	硝酸铵	13.1 原料	13.2 设备	13.3 操作
14	硝酸铵	14.1 原料	14.2 设备	14.3 操作
15	硝酸铵	15.1 原料	15.2 设备	15.3 操作
16	硝酸铵	16.1 原料	16.2 设备	16.3 操作
17	硝酸铵	17.1 原料	17.2 设备	17.3 操作
18	硝酸铵	18.1 原料	18.2 设备	18.3 操作
19	硝酸铵	19.1 原料	19.2 设备	19.3 操作
20	硝酸铵	20.1 原料	20.2 设备	20.3 操作

目 录

第 1 章 硝酸铵产品	1
1.1 硝酸铵的物理化学性质	2
1.2 硝酸铵成品质量标准	14
1.3 生产硝酸铵的原料	15
1.4 硝酸铵生产流程概述	27
第 2 章 硝酸铵溶液的制备	39
2.1 中和过程的反应原理及工艺条件的选择	39
2.2 几种中和流程的讨论	49
2.3 中和工艺流程	53
2.4 主要设备	54
2.5 生产操作技术	60
2.6 分析控制	67
2.7 工艺计算	68
第 3 章 硝酸铵溶液的蒸发	74
3.1 蒸发基本原理	74
3.2 蒸发过程中的传热	77
3.3 蒸发过程工艺条件的选择	83
3.4 蒸发工艺流程	98
3.5 主要设备	105

3.6	生产操作技术	113
3.7	分析控制	149
3.8	工艺计算	150
第4章 硝酸铵熔融物的造粒		163
4.1	颗粒状硝酸铵的生产原理	163
4.2	工艺条件的选择	168
4.3	造粒过程的工艺流程	173
4.4	主要设备	176
4.5	生产操作技术	180
4.6	分析控制	189
4.7	工艺计算	189
第5章 硝酸铵生产中的安全技术及三废处理		192
5.1	安全生产原则	192
5.2	生产中的有毒物质及其防护	193
5.3	易发生的人身事故及注意事项	196
5.4	三废排放及处理	199

第 1 章 硝酸铵产品

硝酸铵，简称硝铵，化学分子式 NH_4NO_3 ，相对分子质量 80.04。硝铵是一种高效氮素固体化肥，其中氮素以硝态氮 (NO_3^-) 和铵态氮 (NH_4^+) 两种形式存在，纯硝铵含氮量 35%。硝铵对作物发挥的有效作用比尿素或硫铵更快。大多数作物主要是以硝酸盐的形式摄取氮，这种氨态氮在发挥有效作用之前，必须在土壤中转化为硝酸盐。硝铵适用于各种土壤，其中的氮素被作物吸收后，不会在土壤中残存有损土壤肥力的物质。应用造粒技术制成粒状硝铵以后，其物理性能，尤其是吸湿性有明显改善，施用更为方便。

硝铵是一种水溶性速效氮肥，可作为农作物的基肥和追肥，尤其适用于麦类、稻谷、玉米等粮食作物和蔬菜、棉花、果树等经济作物。

硝铵是一种安全炸药，硝铵同燃料油相结合用于爆破目的，用量有很大程度的增加，广泛地应用于矿山开采、道路建筑、移山造田和小型爆炸作业。

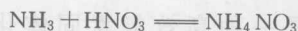
硝铵炸药在国防上亦得到广泛应用，常与三硝基甲苯 (TNT，梯恩梯) 混合使用。

硝铵的工业生产约在 19 世纪末期开始出现。最初是用智

利硝石（主要成分为硝酸钠）与硫酸铵反应制得：



由于生产原料依赖于智利的天然硝石，局限性很大，因此产量很低，只供生产炸药用。随着合成氨及硝酸工业化生产的兴起，促进了现代硝铵工业生产的发展。现在工业上都用氨和硝酸作用来制取硝铵：



人们按硝铵产品形状的不同，把硝铵分为颗粒状和粉状两种；根据用途的不同，又分为工业硝铵和农业硝铵。

在农业上，硝铵可以直接使用，也可以同碳酸钙、石灰石或白云石一起混合使用，称为硝酸铵钙（CAN）或硝酸铵-石灰石（ANL），以及其他商品名称。也可制成包括硝酸磷肥在内的复合肥料使用。

硝铵还可以和尿素溶液混合制成硝铵-尿素的氮溶液，不仅降低生产费用，而且使其含氮量更高，以利于管道输送和施用。

综上所述，硝铵是农业上备受欢迎的氮肥品种之一，目前，世界上硝铵的产量占氮肥产量的第二位，仅次于尿素，在欧洲及美洲较温暖地区应用更为广泛。

1.1 硝酸铵的物理化学性质

干燥纯硝铵为白色针状结晶，熔点为 169.6°C ，当含水量不同时，熔点会相应变化，即使含微量水分时，其熔点也要降低。硝铵的结晶体，由于其结构不同，它的密度在 $1.44 \sim$

1.49g/cm³ 之间, 摩尔热容 (20~28℃) 为 362.3J/(mol·℃) [1.68J/(g·℃)], 熔融热为 67.78J/g。当温度在 20~100℃ 之间时, 相对密度为 0.68~0.78 的固体硝酸铵平均热导率为 0.858kJ/(m·h·℃), 硝酸铵的热导率随温度的不同而改变, 当温度介于 0~100℃ 之间时, 其数值变动不超过 5%~6%。

硝酸铵易溶于水, 溶解度随温度升高而增加, 100℃ 时在水中溶解度为 91.1% (见表 1-1)。

表 1-1 NH₄NO₃ 在水中的溶解度

温度/℃	溶 解 度		温度/℃	溶 解 度	
	g/100g 水	质量分数/%		g/100g 水	质量分数/%
-69	20	16.7	50	344	77.5
-16.9	43.7	30.4	60	415	80.6
-13.9	49.9	33.3	70	499	83.3
-10	89.5	47.2	80	614	86.0
0	118.5	54.2	84.2	694	87.4
10	150.3	60.0	90	777	88.6
20	187.7	65.2	100	1023	91.1
25	209	67.6	120	1900	95.0
30	232	69.9	125.2	2464	96.1
32.5	243	70.8	146	4875	98.0
40.0	283	73.9	169.6	∞	100

硝酸铵溶于水时吸收大量的热量, 在 15℃ 时, 硝酸铵溶于等量的水中, 温度可降低到 -10℃, 因此, 硝酸铵可作为冷冻液

使用。

从表 1-1 中查得，硝铵这种溶解度随温度增加而显著增加的性质，是熔融状态硝铵造粒结晶的基本依据。

硝铵还易溶于液氨、甲醇和丙酮等溶剂中。硝铵溶于液氨生成 $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 3\text{NH}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 3\text{NH}_3$ 等类型的氨配位化合物。氨配位化合物比液氨的蒸气压要小得多，故氨配位化合物较易储存和运输。因此，常作为复合肥料生产中的中间体。

如表 1-2 所示，硝铵溶液的沸点和密度随浓度的增加而增大。

表 1-2 不同含量的硝铵溶液的沸点和密度

$\text{NH}_4\text{NO}_3/\%$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\text{NH}_4\text{NO}_3/\%$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
35.1	105	1.10	90.57	150	1.375
51.9	110	1.177	93.40	160	1.390
71.3	120	1.276	95.9	180	1.398
81.4	130	1.328	97.55	200	1.401
87	140	1.358	98.9	220	1.403

硝铵还具有以下特殊性质。

1.1.1 多晶性

硝铵在不同的温度和压力下，结晶时有五种不同的结晶变体，且密度也不相同。每种晶体只有在一定的温度范围内才保持稳定。硝铵的五种晶形如表 1-3 所示。

表 1-3 硝铵的晶体形态

晶体形态(变化形态)	晶体稳定存在的温度/℃	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
立方晶体(I)	169.6~125.2	1.69
菱形晶体(II)	125.2~84.2	1.69
假同晶体(III)	84.2~32.3	1.66
正交晶体(IV)	32.3~-16.9	1.726
四方晶体(V)	-16.9 以下	1.725

将硝铵缓慢加热或冷却时，它可以连续地从一种晶型转化为另一种晶型。当温度低于 -16.9°C 时，硝铵的结晶呈四方晶体（晶型V）；温度高于 -16.9°C 时，呈正交晶体（晶型IV）； 32.3°C 时呈假同晶体（晶型III）； 84.2°C 时呈菱形晶体（晶型II）；而在 125.2°C 时则呈立方晶体（晶型I）。

如将硝铵骤然从高温冷却至低温，它即可以从一种晶型直接转化为另一种晶型，而不经中间的晶型。例如把处于 125.2°C 的硝铵迅速冷至 32.3°C ，即可从晶型II直接转化为晶型III。在晶型转化的同时，晶体的结构、密度、比容积也随之发生变化，并放出热量。

温度低于 32.3°C 时的正交晶体结晶最为稳定，密度（ $1.726\text{g}/\text{cm}^3$ ）最大，且结块性最小。

当空气的温度和湿度变化时，硝铵会发生再结晶，并由一种晶体变成另一种晶体。硝铵晶体在储藏中之所以发生吸湿黏结和结块硬化的现象，正是由此引起的。表 1-4 为硝铵晶型的比容积变化及转变热。

表 1-4 硝酸晶型的比容变化及转变热

晶型的转变	温度/℃	比容的变化 /cm ³ ·g ⁻¹	转 变 热	
			J/mol	J/g
熔融盐 $\rightleftharpoons$ I	169.6	±0.0542	5614	70
I $\rightleftharpoons$ II	125.2	±0.013	4107	51
II $\rightleftharpoons$ III	84.2	±0.008	1398	17.5
III $\rightleftharpoons$ IV	32.3	±0.0221	1671	20.9
IV $\rightleftharpoons$ V	-16.9	±0.0017	544	6.7

1.1.2 吸湿性

硝酸具有较高的吸湿性，极易从空气中吸收水分而潮解，甚至变成溶液。可溶性固态盐吸收空气中水分的过程经过两个阶段，起初是干燥盐吸收水分，然后，由于吸附的水分覆盖了晶体的整个或大部分表面，形成了饱和溶液膜。根据拉乌尔定律，饱和溶液上的水蒸气压力通常比在同一温度时纯水上的饱和蒸气压要小。如果空气中水蒸气分压比溶液上水蒸气压力要大，那么物质将从空气中吸收水分。空气的某一相对湿度，在该湿度下既不吸湿也不干燥，称为潮解点或吸湿点，吸湿点是温度的函数，按规定的方程式计算：

$$x = \frac{p_H}{p} \times 100\%$$

式中 p_H ——物质饱和溶液上的水蒸气分压；

p ——该温度下的饱和水蒸气分压；

x ——空气相对湿度，%。

从表 1-5 中可以看出, 在 30℃ 时吸湿点为 59.4%, 而在 10℃ 时, 则为 75.3%, 可见高热和潮湿对硝铵的储存不利。

表 1-5 在各种温度下硝铵的吸湿点 Γ (相对湿度以 % 计)

$t/^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30	40	50
$\Gamma/\%$	75.3	69.8	66.9	62.7	59.4	52.5	48.4

图 1-1 为硝铵饱和溶液上平衡水蒸气压力与温度和空气相对湿度的关系。

图中纵坐标表示水蒸气压力, 横坐标表示温度和溶解度, 斜线表示空气相对湿度 (%), 曲线表示不同温度下硝铵的吸湿点 (%), 在曲线外为溶解区, 曲线内为减湿区 (干燥区)。

从图 1-1 可以看出, 如使硝铵的储存条件处于不吸湿的区域内, 调节仓库中空气的相对湿度小于硝铵的吸湿点, 就可以减轻吸湿现象。

下面简单讨论影响硝铵吸湿性的几种因素。

(1) 硝铵的特性 硝铵具有较低的饱和蒸气压, 因而易吸湿而潮解。硝铵和其他氮素肥料比较, 具有较低的吸湿点, 见表 1-6。

表 1-6 各种肥料在不同温度下的吸湿点

肥料	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	40℃	50℃
NH_4NO_3	75.3	69.8	66.9	62.7	59.4	52.5	48.4
NH_4Cl	79.5	79.2	79.3	76	77.2	73.7	71.3
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	79.8	79.3	81.0	81.8	79.2	78.2	77.8

由表 1-6 可以看出, 温度较低时硝铵的吸湿点与其他氮肥

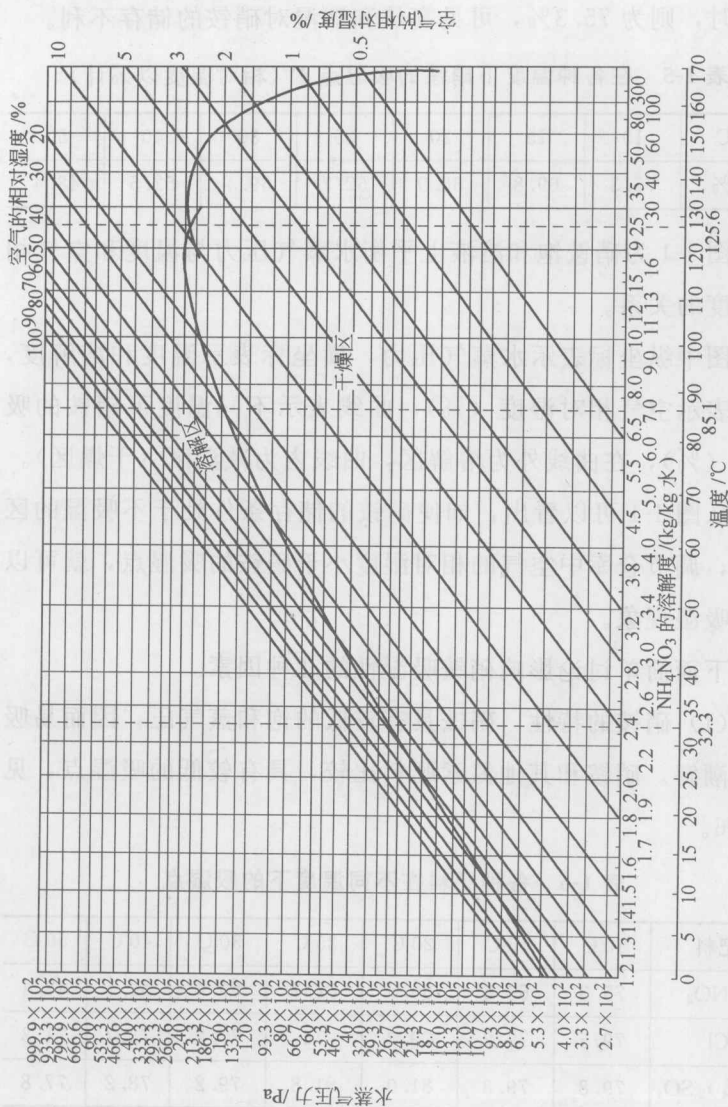


图 1-1 硝酸饱和溶液上平衡水蒸气压力与温度和空气相对湿度的关系

的吸湿点很近似，但随着温度的升高，硝铵的吸湿点愈来愈低。

在一定温度下，纯物质的吸湿点是定值，要想改变吸湿点，可以加入其他盐类，使混合物溶液饱和蒸气压发生改变，从而使吸湿点也发生改变。

(2) 空气中相对湿度的大小 从图 1-1 中查出，在 30°C 时硝铵溶液上的水蒸气压约为 2.466kPa ，这时与之对应的空气相对湿度为 60% ，此即为吸湿点，在此情况下硝铵既不吸湿也不减湿。如果空气湿度大于 60% ，则硝铵吸湿，反之则减湿，因此，空气的相对湿度越大，吸湿性越显著。

(3) 吸收水分速度的变化

① 温度的影响。温度增加，空气中水蒸气压力增加，与硝铵饱和溶液上的蒸气压力之间的差值增加，则吸收水分的速度随之增加。

② 与空气接触的表面。露在空气中的表面积越大，则吸湿性越大。在相同体积不同形状硝铵中，球形硝铵的表面积最小，因此，制造颗粒状硝铵是减轻吸湿的一个途径。

③ 硝铵表面空气的流动情况。当空气流动时，硝铵吸收水分速度加快，因此堆放在露天的硝铵比储藏在仓库中的硝铵吸收水分要快一些，这是因为仓库中硝铵表面的空气流动性差的缘故。

(4) 硝铵所含水分的影响 硝铵从空气中吸收水分的速度，在未达到一定限度前，与最初的含水量无关。例如最初含水量为 2% 的硝铵，在同一条件同一时间内与最初含水量为