

普通高等教育“十二五”规划教材

化工工艺学

HUAGONG GONGYIXUE

主编 黄艳芹 张继昌



郑州大学出版社

内容提要

本书以一个化肥企业的生产过程为主线,详细介绍了合成氨、甲醇和尿素的生产技术。重点介绍了各产品的生产原理、工艺条件、工艺流程、主要设备和生产操作方法,还介绍了有关的新技术、新工艺和新设备。

全书共9章,包括绪论、合成氨原料气的制备、原料气脱硫、一氧化碳的变换、原料气中二氧化碳的脱除、甲醇生产、原料气的精制、氨的合成和尿素生产。

本书内容全面,理论与生产实践紧密结合,实用性强,可用作化工工艺专业教材,也可用于化肥企业的职工培训。

图书在版编目(CIP)数据

化工工艺学/黄艳芹,张继昌主编. —郑州:郑州大学出版社,2012.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5645-0549-3

I. ①化… II. ①黄…②张… III. ①化工过程-生产工艺-高等学校-教材 IV. ①TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第159762号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路40号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南新华印务有限公司印制

开本:787mm×1 092mm 1/16

印张:22

字数:524千字

版次:2012年2月第1版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2012年2月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-0549-3

定价:39.00元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

编委名单

BIANWEIMINGDAN

主 编 黄艳芹 张继昌

副主编 张 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

王存景 付小宁 张 伟

张广瑞 张继昌 胡利强

黄艳芹

前言

QIANYAN

化工工艺学是化工类专业极为重要的专业课程之一。在学完基础课和专业基础课之后,通过学习化工工艺学,能够使学生运用所学理论知识,解决化工生产过程中的实际问题,真正做到学以致用。

本书重点阐述了合成氨、甲醇和尿素生产的基本原理、工艺条件、工艺流程、主要设备和生产操作技术。同时介绍了相关的新工艺、新技术和新设备。全书强调理论与实际的紧密联系,旨在培养学生的工程观点、分析问题和解决实际问题的能力。

全书共9章,由黄艳芹和张继昌担任主编,张伟担任副主编。参加编写工作的有:新乡学院黄艳芹、张伟、付小宁、王存景、胡利强,安阳工学院张继昌,河南心连心化肥有限公司张广瑞。其中第1章、第7章、第9章由黄艳芹编写,第2章由付小宁、张广瑞编写,第3章、第5章由张继昌编写,第4章由王存景编写,第6章由张伟编写,第8章由胡利强编写。全书由黄艳芹统稿定稿。

在编写过程中,得到了编者所在单位领导和同事的关心和支持,在此向他们表示感谢。

由于编者水平有限,书中可能存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编者

2011年7月

目录

MULU

第 1 章 绪论	1
1.1 合成氨概述	1
1.2 甲醇概述	7
1.3 尿素概述	9
第 2 章 合成氨原料气的制备	13
2.1 固体燃料气化	13
2.2 气态烃类蒸汽转化	42
2.3 重油部分氧化	58
第 3 章 原料气脱硫	68
3.1 原料气中的硫化物种类及性质	68
3.2 原料气的脱硫方法	70
第 4 章 一氧化碳的变换	94
4.1 CO 变换的基本原理	95
4.2 一氧化碳变换催化剂	98
4.3 CO 变换工艺条件的选择	105
4.4 CO 变换的工艺流程和主要设备	108
4.5 CO 变换的生产操作技术	116
第 5 章 原料气中二氧化碳的脱除	125
5.1 碳酸丙烯酯法脱除二氧化碳	126
5.2 热钾碱法脱除二氧化碳	133
5.3 变压吸附脱碳	140

5.4 变压吸附脱碳装置的操作技术	145
第6章 甲醇生产	149
6.1 甲醇的合成	149
6.2 粗甲醇的精馏	181
第7章 原料气的精制	196
7.1 铜氨液洗涤法	196
7.2 甲烷化法清除少量一氧化碳和二氧化碳	205
7.3 醇烃化与醇醚化工艺	215
7.4 液氮洗涤法	219
第8章 氨的合成	222
8.1 氨合成的基本理论	222
8.2 氨合成催化剂	227
8.3 氨合成操作条件的选择	232
8.4 氨合成工艺流程	236
8.5 氨合成系统设备——氨合成塔	240
8.6 氨合成生产操作技术	245
第9章 尿素生产	253
9.1 尿素的合成	258
9.2 未反应物的分离与回收	284
9.3 尿素溶液的蒸发与造粒	324
9.4 尿素生产中的腐蚀与防腐	343
参考文献	345

第1章 绪论

1.1 合成氨概述

氨是一种重要的含氮化合物,很少单独在自然界存在。氮是自然界里分布较广的一种元素。它是蛋白质的主要组成部分,以质量计约占蛋白质的1/6,可见氮元素对生命的重要性。空气中含氮量很多,但空气中的氮是呈游离状态存在的,不能供植物直接吸收,植物只能吸收化合物中固定状态的氮。因而必须把空气中游离的氮转变为氮的化合物,而该过程在工业上称为固定氮。

固定氮的方法很多,以氮和氢为原料合成氨,是目前采用最广泛、也是最经济的一种方法。

1.1.1 产品说明

1.1.1.1 产品

合成氨生产的产品为液氨,但也可供应气氨。

液态无水氨产品外观为无色液体,其他标准见表1-1。

表1-1 液态无水氨产品标准

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
氨质量分数/%	≥ 99.9	99.8	99.6
残留物质量分数/%	≤ 0.1(重)	0.2	0.4
水质量分数/%	≤ 0.1	—	—
油/(mg/kg)	≤ 5(重)	—	—
	≤ 2(红外光谱法)	—	—
铁质量分数/%	≤ 1	—	—

1.1.1.2 氨的性质

(1)物理性质 在常温常压下,氨为无色、有强烈刺激性臭味的气体,能灼伤人体器官的黏膜。氨有强烈的毒性,空气中含有体积分数为0.5%的氨,就使人在几分钟内窒息

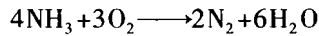
而亡。在标准条件下,氨的密度为 0.771 4 g/L。

氨很容易被液化,在 0.1 MPa 压力下将氨冷却到 $-33.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,或在常温下加压到 0.7 ~ 0.8 MPa,氨就能冷凝成无色的液体,同时放出大量的热量。氨的临界点为 $132.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,临界压力为 11.30 MPa。0.1 MPa、 $-33.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下液氨的密度为 681.8 g/L(0.6818 g/cm^3)。如果人与液氨接触,则会严重地冻伤皮肤。若将液氨在 0.101 MPa 压力下冷却到 $-77.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,就会凝结成略带臭味的无色结晶。液氨也很易汽化,降低压力可急剧蒸发,并吸收大量的热。

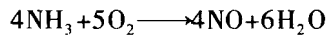
氨极易溶于水,可制成含氨 15% ~ 30% 的商品氨水,氨水溶液呈弱碱性,易挥发。氨溶解时放出大量的热。

(2) 化学性质

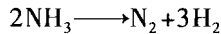
①氨在空气中与氧化合燃烧呈现黄绿色火焰,主要反应如下:



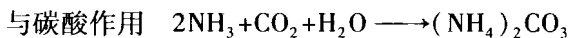
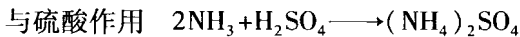
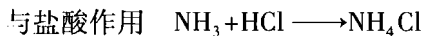
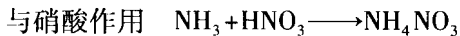
在铂系催化剂存在时:



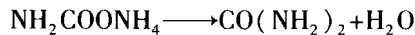
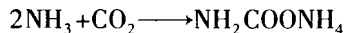
②在高温及催化剂作用下,氨分解:



③与各种酸酐或酸类作用生成盐:



氨与二氧化碳作用生成氨基甲酸铵,脱水生成尿素:



④干燥条件下氨对铜及其合金无作用,但有水汽或氧存在时,则有严重的侵蚀性。

⑤氨接触到炽热的金属会引起爆炸;在常温常压下氨与空气混合,其混合物在一定范围内遇到明火或热源会发生爆炸,常温常压下,氨在空气中的爆炸范围为 15.5% ~ 28% (体积分数),在氧气中为 13.5% ~ 82%。

1.1.1.3 主要用途

(1)以氨为主要原料可以制造各种氮素肥料,如硝酸铵、硫酸铵、氯化铵、碳酸氢铵、尿素等,氮素肥料施用量在整个化学肥料中占首位。同时氨本身就是一种高效肥料,液氨含氮 82.3%,现已有一些国家直接施用液氨。另外液氨又可直接制作氨水作为肥料。可见,合成氨工业是氮肥工业的基础,对农业增产起着十分重要的作用。

(2)氨也是一些工业部门的重要原料。目前,工业用氨量已在合成氨产量中占很大比重。基本化学工业中的硝酸、各种含氮无机盐,有机化学工业中的各种含氮中间体,制

药工业中的磺胺类药物和分子化学工业中的氨基塑料、聚酰胺纤维、丁腈橡胶等,都直接或间接地以氨为原料。同时氨也广泛用做冷冻剂。

(3)氨还应用于国防和尖端科学技术部门。制造三硝基甲苯、三硝基苯酚、硝化甘油、硝化纤维等多种炸药都要消耗大量的氨。生产导弹、火箭的推进剂和氧化剂,同样也离不开氨。

不仅如此,合成氨工业的迅速发展,又促进了一系列科学技术和化学合成工业的发展。如高压低温技术、催化和特殊金属材料的应用,固体燃料气化、液体和气体燃料的合理使用,以及尿素、甲醇和高级醇的合成,石油加氢,高压聚合物(如高压聚乙烯)的生产等,都是在合成氨工业的基础上发展起来或应用其生产技术成就而获得成功的。随着科学和生产技术的发展,合成氨工业在国民经济各部门中的作用将日益显著。

1.1.1.4 产品的包装、运输、储存与安全

(1)液氨的包装与运输 液氨用槽车与钢瓶包装,装卸与运输时应防止猛烈撞击和日晒雨淋。

(2)液氨的储存 液氨应储存在通风良好的室内,与氧化剂、酸、卤素隔离,附近不得有火源。

(3)安全措施 凡是接触液氨的人员均需熟悉液氨的安全规定。液氨对人体伤害症状及防护措施等见表1-2。

表1-2 液氨对人体伤害症状及防护措施

接触类型	症状	防护措施	急救与消防
火灾	可燃	严禁明火,严禁火花,严禁吸烟	如果周围出现火灾,可采取任何灭火剂
爆炸	气体-空气混合物为爆炸性物质	密封系统,通风防爆型电气设备和照明	如发生火灾,用喷淋水使筒体保持冷却
吸入	灼痛感,咳嗽,呼吸急促,咽喉疼痛,症状可能延时出现	通风,就地排气或采取呼吸保护措施	新鲜空气,休息,仰卧;如需要,可进行人工呼吸
皮肤	发红、皮肤灼伤、疼痛、起水泡	隔冷手套防护服	当冻伤时,用大量的清水清洗,不要脱掉衣服
眼睛	发红、疼痛、严重深度烧伤	面罩或带有呼吸防护设备的眼部防护设施	先用大量的清水冲洗几分钟(如可能,把隐形眼镜摘掉)而后去看医生
溅出处理			撤离危险区,通风。不要直接向流体上喷水。用细水喷淋除去气体

1.1.2 合成氨的工业生产方法

1.1.2.1 合成氨的原料

为了合成氨,必须有合乎要求的氮气和氢气的混合气,它可以由分别制得的氮气和氢气混合而成,也可以直接制得。

氮气主要来源于空气。

氢气的主要来源是水、碳氢化合物(烃)中的氢元素和含氢的工业气体中的混合氢。制造氢气的原料可以分为下列几类:

(1)以固体燃料为原料,如焦炭、无烟煤、烟煤、褐煤等。

(2)以气体烃为原料,如焦炉气、天然气、油田气、石油废气、有机合成废气、电解副产氢气等。

(3)以液体烃为原料,如原油、轻油、重油等。

1.1.2.2 合成氨原料气的生产方法

(1)用空气制氮气时一般有下列两种方法:

1)化学法。在高温下,以固体燃料、液体烃或气体烃与空气作用,燃烧耗用其中的氧气后,剩下的氮气即可作为氮氢混合气中的氮气。

2)物理法。将空气冷却至液化温度,使之液化,再利用氮气和氧气沸点的不同进行分离,制得高纯度的氮气和氧气。该法即为深度冷冻法。

(2)从含氢化合物、含氢工业气体中制氢气的方法有:

1)固体燃料气化。水蒸气通过灼热的焦炭或煤,即被还原而生成主要含氢气和CO的水煤气。如要制备合成氨用的氮气、氢气,在水蒸气通过灼热的焦炭或煤的同时,加入空气或富氧空气,以制得主要组分为 N_2 、 H_2 、CO的半水煤气。而半水煤气中的CO再与水蒸气反应还可转化为等体积的氢气,使半水煤气中 H_2 含量得到提高。

2)以含甲烷为主的气体烃制氢气。如天然气一般含甲烷在90%以上,焦炉气含甲烷在25%以上、氢气在50%以上,石油加工废气也含有大量氢气或甲烷。利用水蒸气或氧气将甲烷转化,或利用氧气将甲烷不完全氧化等方法均可获得氢气。

3)深度冷冻法分离焦炉气或石油加工废气制氢气。焦炉气含氢约50%,其他组分可经深冷使之冷凝、分离得以除去,最终获得气态氢气。石油加工废气也可采用同样方法加以分离,从而获得气态氢气。

4)重油或原油与水蒸气和氧气作用制氢气。油的汽化可制得氢气和一氧化碳为主要成分的混合气体,而混合气中CO再与水蒸气反应可转化为等体积的氢,使混合气中氢气含量得到提高。

5)其他方法如电解水制氢、铁水蒸气法等。

除电解水以外,不论用什么原料制取的氢、氮原料气,都含有硫化物、一氧化碳、二氧化碳等杂质。这些杂质不但能腐蚀设备,而且能使氨合成催化剂中毒。因此,把氢、氮原料气送入合成塔之前,必须进行净化处理,除去各种杂质,获得纯净的氢、氮混合气。

(3)生产工序 不同的合成氨厂,生产工艺流程不完全相同。但是,无论哪种类型的合成氨厂,生产过程均包括几个主要生产工序:

- 1) 原料气制备工序。其任务是制备生成合成氨所需的氢、氮原料气。
- 2) 脱硫工序。用脱硫剂除去原料气中的硫化物。
- 3) 变换工序。利用一氧化碳与水蒸气作用,生成氢气和二氧化碳的变换反应,除去原料气中大部分一氧化碳。
- 4) 脱碳工序。在变换工序之后原料气中含有较多的二氧化碳,其中既有原料气制备过程生成的,也有变换生成的。脱碳工序的任务是除去原料气中大部分二氧化碳。
- 5) 精制工序(少量一氧化碳及二氧化碳的脱除)。原料气经变换和脱碳后,除去了大部分一氧化碳和二氧化碳,但仍含有0.3%~3%一氧化碳和0.1%~0.3%二氧化碳。本工序的目的是除去原料中残余的一氧化碳和二氧化碳,制得较纯氢气、氮气混合气。
- 6) 压缩工序。首先将原料气压缩到净化所需要的压力,分别进行气体净化,得到合乎要求的氢气、氮气混合气,然后将其压缩到氨合成反应所需的压力。
- 7) 氨合成工序。在高温、高压和有催化剂的条件下,将氢气、氮气合成为氨。

在合成氨厂,原料气的制备也称为造气;脱硫、变换、脱碳、少量一氧化碳及二氧化碳脱除四个工序称为原料气的净化。

由于所用原料不同,原料气的制备和净化方法也有不同,因而生产合成氨的过程亦有差别。

在合成氨过程中引入联醇生产时,原料气经脱硫、变换、脱碳处理后,进入联醇生产,醇后气再经精制、压缩,送入氨合成。

1.1.2.3 合成氨生产的几种典型工艺流程

目前工业上采用的不同原料制造合成氨的生产过程示意框图如图1-1~图1-3所示。

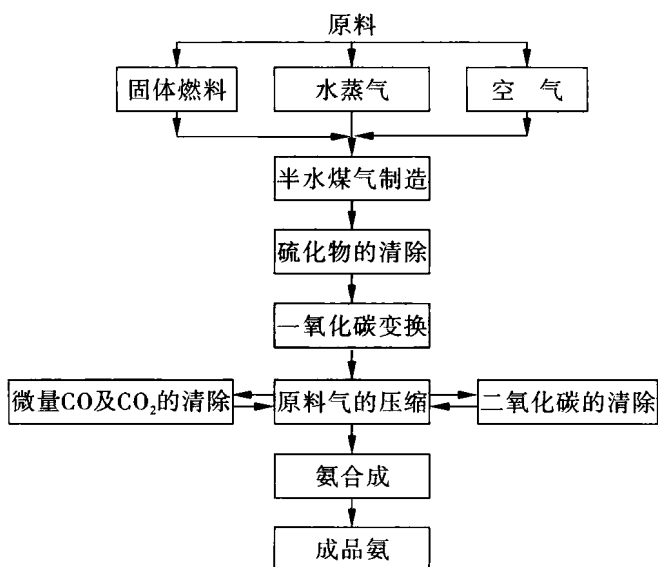


图1-1 以固体燃料为原料合成氨的生产示意框图

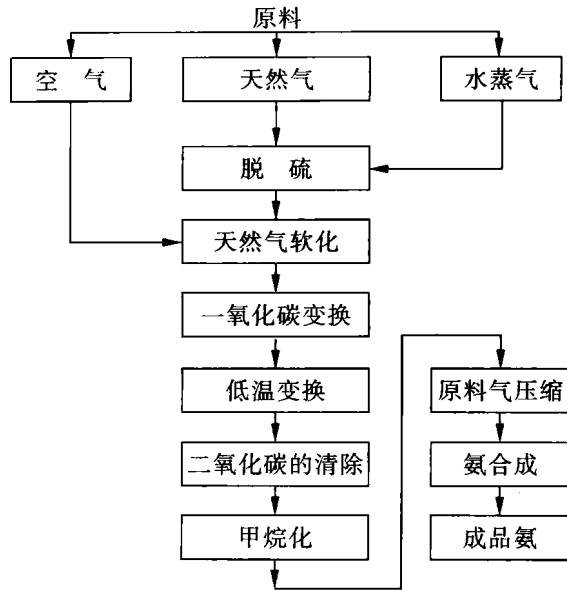


图 1-2 以天然气为原料合成氨的生产示意框图

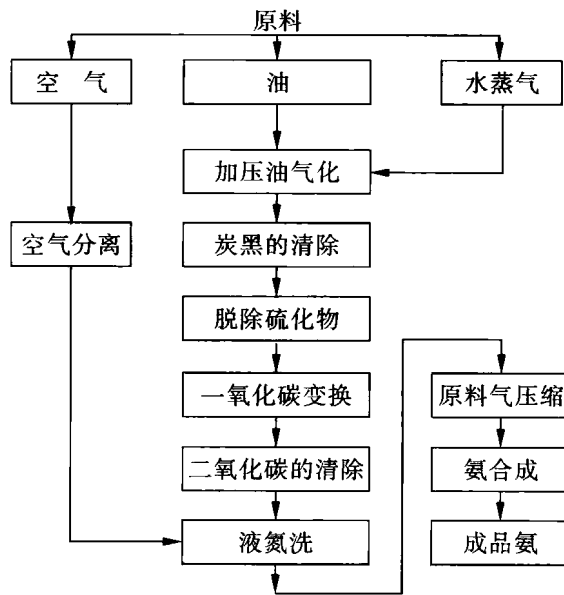


图 1-3 以油为原料合成氨的生产示意框图

1.1.3 合成氨生产工艺的特点

(1) 能量消耗高 合成氨工业是能耗较高的行业,由于原料品种、生产规模和技术先进程度的差异,吨氨能耗在 28 ~ 66 GJ 之间。因此,当原料路线确定后,市场规模和所采

用的先进技术应以总体生产节能为目标,即能耗是评价合成氨工艺先进性的重要指标之一。

(2)技术要求高 氨合成的反应式很简单,但实现工业生产过程却非常复杂。一方面由于制取粗原料气比较困难,另一方面原料气净化过程比较长,而且高温高压操作条件对氨合成设备要求也比较高。因此,合成氨工业是技术要求很高的系统工程。

(3)高度连续化 合成氨工业具有高度连续化大生产的特点,它要求原料供应充足连续,有比较高的自动控制水平和科学管理水平,确保长周期运行,以获得较高的生产效率和经济效益。

(4)生产工艺典型 合成氨生产中既有气固相、气液相非催化反应,又有气固相、气液相催化反应过程,同时工艺中还包括了流体输送、传热、传质、分离、冷冻等化工单元操作,是比较典型的化学工业过程。

1.2 甲醇概述

1.2.1 甲醇的性质

1.2.1.1 物理性质

常温常压下,甲醇是易挥发和易燃的无色液体,具有类似酒味的气味。甲醇能与水互溶,但不与水形成共沸混合物。能溶解多种树脂,是一种良好的有机溶剂,但不溶解脂肪。

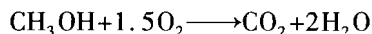
甲醇蒸气与空气能形成爆炸性混合物,爆炸范围为6.0%~36.5%(体积分数)。燃烧时呈蓝色火焰。甲醇是易挥发的液体,具有很强的毒性,误饮能使眼睛失明,甚至致死。甲醇单元子具有显著的麻醉作用,在血液中有很大的溶解度。甲醇对呼吸道及黏膜有强烈的刺激作用,对皮肤也有刺激作用,经皮肤也能使人发生中毒现象。

常压下甲醇沸点是64.5~64.7℃,凝固点是-97~-97.8℃,自燃点是473~461℃,相对密度是0.7915(20℃)。

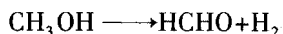
1.2.1.2 化学性质

甲醇不具酸性,也不具碱性。甲醇参与的反应有如下几种类型。

(1)氧化反应,生成CO₂和H₂O:



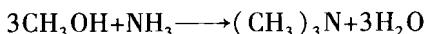
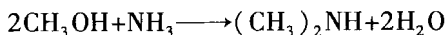
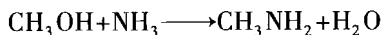
(2)脱氢反应,生成甲醛:



(3)与酸反应,生成酯:



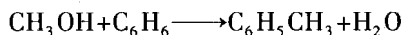
(4) 与氨反应,生成甲胺:



(5) 与 CO 作用,生成醋酸:



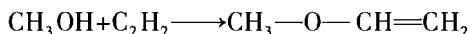
(6) 与苯作用,生成甲苯:



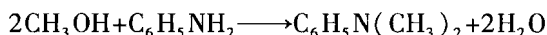
(7) 与金属作用,生成甲醇盐:



(8) 与乙炔作用,生成甲基乙烯基醚:

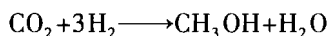


(9) 与苯胺作用,生成二甲基苯胺:



1.2.2 甲醇的生产方法

联醇生产技术即甲醇生产装置串联在合成氨生产装置中,用合成氨原料气中的 CO、CO₂、H₂ 合成甲醇,同时又减轻了精制负荷。



1.2.3 联醇生产对原料气的要求

(1) 原料气中维持适当的 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO})$ 在联醇生产中甲醇合成要消耗一定的物料,合成氨反应要求 $n(\text{H}_2)/n(\text{N}_2) = 3$, 而甲醇生产要求 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO}) = 2$ 。原料气中 CO 含量必须根据甲醇产量在整个生产中的比例、甲醇合成催化剂的反应活性和 CO 的甲醇转化率来确定。因此,在原料气制造时应具有调节和改变原料气中 CO 含量的手段。

(2) 原料气中含氮量应较低 合成氨与甲醇联产,原料气中的氢气需同时满足合成氨与甲醇的需要,而其中只有合成氨需要氮气做原料,因此,氮气在原料气中的比例与单纯生产合成氨相比,相对降低了。在原料气制造时,以煤为原料的固定层造气炉为例,制气时必须先吹入空气,使煤燃烧,以供制气时所需的热量。空气中氧气燃烧后,不参与反应的氮气就进入了原料气,这就是原料气中氮气的来源。为了使原料气同时满足合成氨与生产甲醇的需要,必须降低原料气中氮气的含量,制造含氮量低的原料气。

(3) 清除原料气中催化毒物 单产合成氨时,原料气中的硫、磷、氯、砷、汞以及碳氧化物,都是合成氨催化剂的毒物,进合成塔之前必须清除。生产甲醇是在合成塔内,CO、CO₂和H₂在铜基催化剂作用下合成甲醇,铜基催化剂对硫、磷、砷等毒物比合成氨催化剂更敏感。所以,联醇生产工艺中既生产甲醇,又为合成氨清除了CO和CO₂。联醇生产装置后,进一步清除少量的CO和CO₂,制得合成氨的原料气。为了保护甲醇合成的催化剂,也必须对甲醇合成的原料气进行净化。

除此之外,为提高合成氨与甲醇的生产效率,要求原料气中不参与反应的组分如甲烷等惰性气体降低到最低极限,以减少合成后惰性气的积累与外排惰性气时造成有效气体的损失。

在合成氨与联产甲醇时,原料气中氢气、氮气和一氧化碳的比例变得复杂了。原料气经反应生成甲醇后,剩余气体在清除杂质后,应正好满足氢氮比为3。生产甲醇时消耗的氢气量,不仅决定了CO与之反应消耗的量,而且与反应后剩余气体中的CO量有关。所以原料气制造时要调节好三者的比例关系。

1.3 尿素概述

1.3.1 尿素的性质和用途

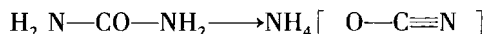
1.3.1.1 尿素的物理性质

尿素学名碳酰二胺,分子式为CO(NH₂)₂,相对分子质量为60.06,含氮量为46.65%。

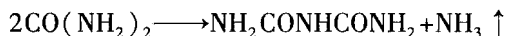
纯尿素为无色、无味、无臭的针状或棱柱状结晶。工业上尿素产品因含有杂质,故为白色或淡黄色结晶。纯尿素在1.013×10⁵ Pa压力下的熔点为132.7℃,超过熔点即分解。在20~40℃的温度下,其密度为1.335 g/cm³,在25℃时的比热容为1.3398 kJ/(kg·℃);结晶热为242.2 kJ/kg。尿素容易吸水受潮,其吸湿性次于硝酸铵而大于硫酸铵,故包装、储存时注意防潮。尿素易溶于水和液氨中,溶解度随温度的升高而增加,尿素还能溶于一些有机溶剂,如甲醇、苯等。

1.3.1.2 尿素的化学性质

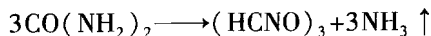
(1) 尿素的缩合反应 在真空中,加热固体尿素到120~130℃时,尿素并不分解,但要升华;加热到160~190℃时,尿素可转变成氰酸铵:



在常压下,加热干燥固体尿素至高于它的熔点温度时,二分子尿素缩合成难溶于水的缩二脲并放出氨气:

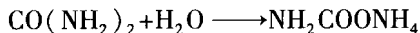


当温度超过170℃时,三分子尿素缩合生成缩三脲或三聚氰酸等。

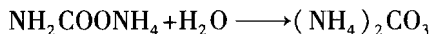


(2) 尿素的水解作用 在酸性、碱性或中性溶液中,在 60 ℃ 以下,尿素不发生水解作用。随着温度的升高,水解速度加快,水解程度也增大(在 80 ℃,1 h 内可以水解 0.5%; 110 ℃,1 h 内可增加到 3%)。尿素的水解过程可视为如下步骤:

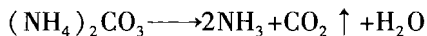
首先水解生成氨基甲酸铵:



生成的氨基甲酸铵溶解在水中,并部分再水解生成碳酸铵:

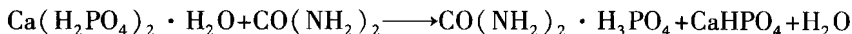
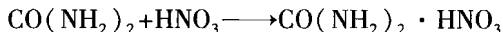


碳酸铵最后完全分解为氨、二氧化碳和水:



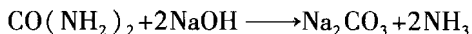
尿素水解反应的速度与温度和加热的时间有关,在有氨存在的情况下,尿素的水解速度可以大大降低。

(3) 尿素的加成反应 尿素在强酸溶液中呈现弱碱性,但其碱性极弱。尿素能与酸作用生成盐,如尿素与硝酸作用生成尿素的硝酸盐,尿素与磷酸作用生成尿素的磷酸盐等。



尿素能与酸或盐相互作用的性质,在复合肥料生产中具有重要意义。

在强碱性溶液中,尿素又呈现弱酸性,故尿素又能和碱作用,如尿素与氢氧化钠作用生成碳酸钠等。



尿素还能与一些金属盐类作用生成络合物。

1.3.1.3 尿素的用途

尿素的用途非常广泛,它不仅可以用作肥料,而且还可用作反刍动物的饲料以及某些工业的原料。

(1) 用作肥料 尿素是目前使用的固体氮肥中含氮量最高的。尿素的含氮量是硝酸铵的 1.3 倍,为氯化铵的 1.8 倍,碳酸氢铵的 2.6 倍。尿素是一种良好的中性肥料,适用于各种土壤和各种农作物。它既可以作追肥,又可以作基肥;可以干施,又可以湿施,对作物根部和叶面都可以施用。尿素在施用过程中,不会在土壤中留下任何有害物质,而且分解释放出的二氧化碳,还促使植物进行光合作用。所以长期施用尿素的土壤不会变质。尿素可以作为单一肥料使用,也可与其他氮、磷、钾肥料组成混合(或复合)肥料施用,如尿素磷酸铵等。尿素与甲醛作用,还可制成脲醛长效肥料。粒状尿素的吸湿性和结块性都比其他氮肥小,并具有良好的稳定性。因此,在运输、储存和施用过程中氮的损

失都较少。但是,尿素中缩二脲具有抑制种子发芽和生长的作用,施用时必须注意,含缩二脲过高的尿素不能作为拌种肥料。

(2)用作饲料 尿素用作饲料仅限于反刍类动物的精饲料。尿素中的氮虽不是蛋白质形态的,但和碳水化合物一起经过胃液长时间的作用,可以造成蛋白质形态的氮,故可以作为反刍动物的饲料。按蛋白质的价值来比较,1 kg 尿素的氮量,等于2.6~2.8 kg 蛋白质的含氮量,等于6 kg 豆饼或22~25 kg 大麦的含氮量。作为饲料用的尿素规格和用法有特殊要求,不能乱用,而且饲喂前必须经过试验。

(3)用作工业原料 在有机合成工业中,尿素主要用作合成塑料的原料,如生产脲醛树脂和有机玻璃。在医药工业中,纯尿素可用作利尿剂,生产制药原料氨基甲酸乙酯以及作为安眠药、镇静剂、止痛剂、麻醉剂、甜味剂等原料。在石油工业中,尿素用来制造化学络合物,用作石油精炼过程的脱蜡剂。在合成纤维中尿素是一种合成纤维——尤纶的原料。尿素还可用于纺织品的人工防皱和作为处理麻纱的软化剂。国防工业上尿素用作炸药的稳定剂。在选矿中尿素作为起泡剂。在制革及颜料、涂料、染料等生产过程中,也都要使用尿素。

1.3.2 尿素产品质量标准

尿素产品外观:颗粒或结晶。技术指标见表1-3。

表 1-3 尿素产品技术指标(GB 2440—91)

项目		工业用/%			农业用/%		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
总氮(N)	≥	46.5	46.3	46.3	46.4	46.2	46.0
缩二脲	≤	0.5	0.9	1.0	0.9	1.0	1.5
水分	≤	0.3	0.5	0.7	0.4	0.5	1.0
铁(以Fe计)	≤	0.000 5	0.000 5	0.001 0			
碱度(以NH ₃ 计)	≤	0.01	0.02	0.03			
硫酸盐(SO ₄ ²⁻)	≤	0.005	0.010	0.020			
水不溶物	≤	0.005	0.010	0.040			
粒度[φ(0.85~2.8)] mm	≥	90	90	90	90	90	90

1.3.3 尿素的生产方法

氨与二氧化碳直接合成尿素,系目前世界各国普遍采用的生产尿素的方法。该法的反应可分两步进行,首先是氨与二氧化碳作用生成氨基甲酸铵,然后是氨基甲酸铵被加热分解为尿素和水。其反应式为:

