



北京师范大学国家基础教育
课程标准实验教材总编委会组编

普通高中课程标准实验教科书

经全国中小学教材审定
委员会 2004 年初审通过

化学

HUA XUE

化学与技术
(选修)



山东科学技术出版社



普通高中课程标准实验教科书

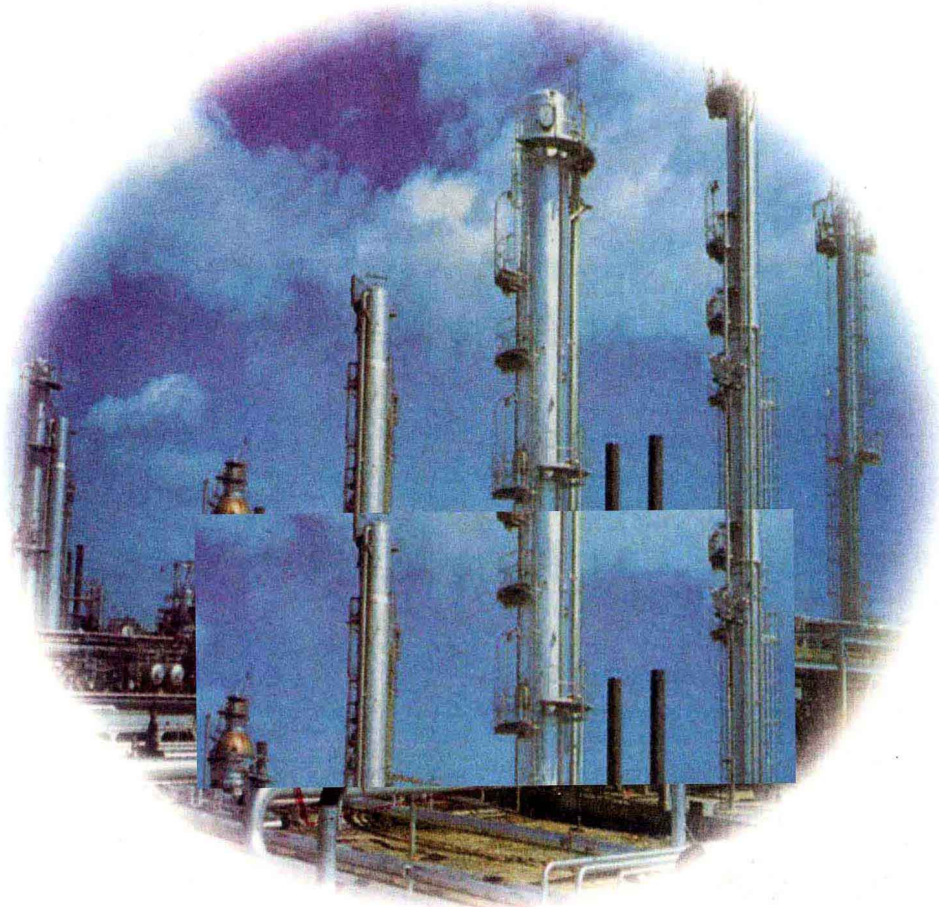
化学


化学与技术(选修)

北京师范大学国家基础教育课程标准实验教材总编委会组编

全套教材主编 王 磊 陈光巨

本册教材主编 王 磊 张文朴



 山东科学技术出版社

责任编辑 刘宗寅 郑淑娟 何慧颖
封面设计 史速建 董小眉

普通高中课程标准实验教科书

化 学

化学与技术(选修)

北京师范大学国家基础教育课程标准实验教材总编委会组编

全套教材主编 王 磊 陈光巨
本册教材主编 王 磊 张文朴

出版者：山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号 邮编：250002 电话：(0531)82098082

发行者：广东省新华书店

地址：广州市大沙头四马路12号 邮编：510103

电话：(020)83781036

印刷者：山东新华印刷厂临沂厂

地址：山东省临沂市高新技术产业开发区工业北路东段 邮编：276017

电话：(0539)2925659

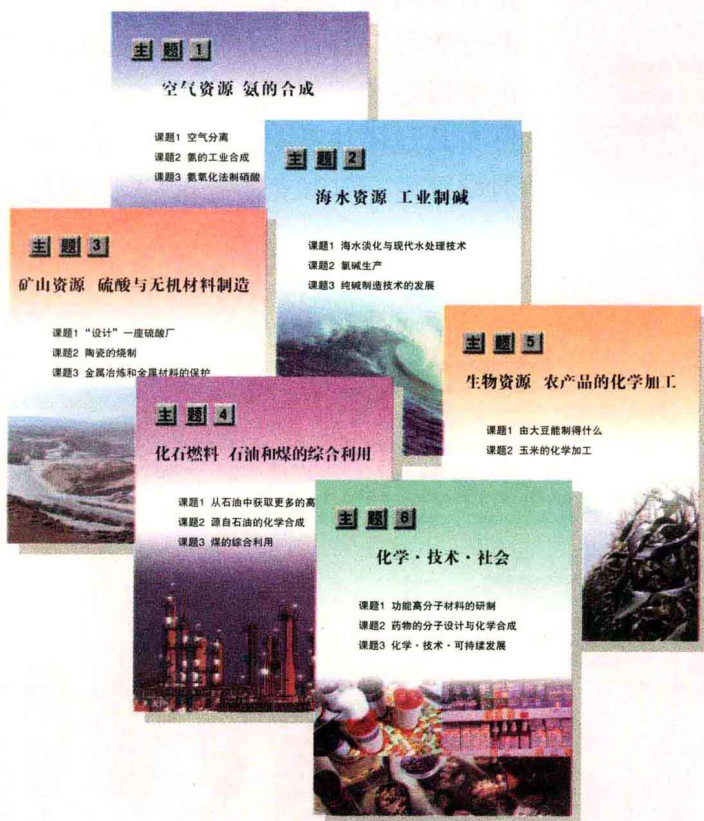
开本：880mm × 1230mm 1/16 印张：9.75 字数：200千字

版次：2005年5月第1版 2006年6月第4次印刷

ISBN 7-5331-4005-2/G·384(课) 定价：10.97元

致同学们

欢迎同学们选修化学与技术课程模块。这个模块旨在引导同学们了解化学在工业生产和社会发展中的应用，学习有关化工生产的基本知识，了解核心的技术问题以及解决问题的技术思路，培养关注实践、理论联系实际和勇于创新的能力和意识，树立珍惜资源、保护环境的可持续发展的思想。



化学科学以各种技术形式广泛用于生产和生活中，极大地促进了社会的发展。本教材以“原料(资源)——生产技术——产品或材料”为基本线索，按资源由气态到液态再到固态、由无机到有机、由非生物到生物，即空气资源——海水资源——矿山资源——化石燃料资源——生物资源——资源与社会的顺序构建主题框架。各主题中的课题则以重要产品的生产技术为核心，设置内容和问题线索。

化学生产技术是以化学知识为基础的。教材在化学必修课程的基础上，结合生产技术进一步介绍化学平衡移动原

理，影响化学反应速率的因素，电解原理，金属的电化学腐蚀原理，金属防护，硫酸、硝酸、纯碱、氯气和烧碱、氨的工业制备原理等重要的无机化学知识，以及石油的裂解，催化裂化和催化重整，以乙烯等为基本原料的化学合成，加聚反应，缩聚反应，高分子化合物的构成等重要的有机化学知识。这些化学知识既是同学们分析和解决实际生产中技术问题的基础，也是将来参加生产实践和进行科技创新的基础。

教材在引导同学们学习与生产技术相关的化学基础知识和基本原理的同时,非常重视体现可持续发展的资源观,不断创新发展的和对环境友好的技术观,以及化学与技术和社会发展综合联系、相互作用和相互影响的思想观点,目的是帮助大家树立科学的发展观和正确的价值观,培养不断探索和创新的精神,增强为祖国建设和社会发展服务的责任感。

活动·探究

试用下面的实验验证大豆含有的两类重要的有机化合物。

1. 将一粒大豆在酒精灯火焰上灼烧片刻,然后在一张纸上用力按几下,透过纸的背面观察,想一想这种现象与哪类有机化合物有关。
2. 将大豆在水中浸泡后磨碎、过滤,留取滤液。用学过的蛋白质性质实验检验大豆中是否含有蛋白质。

根据表
资料,与同
学特点。

动手空间



陶艺

利用当地能找到的黏土或其他材料,自己动手,体验制泥、成型等陶器制作工艺过程;有条件的话,可以将制作较好的作品烧制出来。

图3-2-3 陶艺

本教材采用以实际问题驱动、以丰富的活动引导展开的方法。教材设有“联想·质疑”“观察·思考”“活动·探究”“动手空间”“交流·研讨”“学以致用”等活动性栏目,旨在引导同学们运用多样的学习方式进行学习。另外,为了更明确地反映化学核心知识线索,体现本模块教材与其他模块教材的整体联系,特别设置了“知识支持”。除了保留化

学必修教材中的“资料在线”和“拓展视野”外,还设置了“技术词典”,解释化工生产的专业技术术语。教材所设置的“技术博览”则侧重介绍相关技术的发展动态,拓展同学们的技术视野。

同学们应将基于讨论和探究的课内学习与课外自主阅读学习和调查参观等活动结合起来,这样会收得更好的学习效果。希望本教材能够成为同学们学习化学、应用化学的好帮手!

影响化学平衡移动的因素

浓度对化学平衡的影响 在其他条件不变的情况下,增加反应物浓度或减小生成物浓度,平衡向生成物方向移动;增加生成物浓度或减小反应物浓度,平衡向反应物方向移动。

技术博览

电解——一种重要的工业生产技术

早在19世纪初,化学家就开始使用电解手段对许多化合物进行研究,直到19世纪末,大功率直流发电机的发明,才使电解在工业上得到实际应用。如今,电解已成为化工、冶金等工业中的一种重要的生产技术。

铝、镁、钙、钾、钠等活泼金属的氯化物或硫酸盐,为用一般的化学还原剂很难使这种强有力的氧化还原手段才钢、镍、铅、锌等,常采用电解金属做阳极,薄片纯金属做阴极。通过电解法,还可以生产金属等。

体积发生变化的化学反应,在体积缩小方向移动;减小压强,平衡向体积增大方向移动。

流化床

在一个圆形容器内安装一块多孔水平分布板,并将颗粒状固体物料放在分布板上,形成一固体物料层,工业上称这一固体物料层为床层,简称“床”。

如果将气体连续引入容器的底部,使之均匀地穿过分布板向上流动通过床层流向出口,则随着气体流速不同,床层将出现三种完全不同的状态(图4-3-6)。

当气体以较小的速度流过床层时,流动的气体的上升力不能使固体颗粒的相对位置发生变化,床层的高度也基本上保持不变,此时的床层叫做固定床。在固定床阶段,如果逐渐提高气体的流速,则颗粒间的空隙开始增大,床层体积增大,直至床层中固体颗粒全部浮动起来,呈现不规则的运动,并且随着气体流速的增加,固体颗粒的运动越来越剧烈。

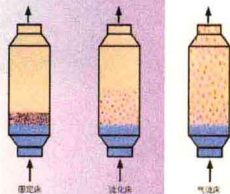


图4-3-6 固体颗粒在气流中的状态

目录 CONTENTS

主题 1 空气资源 氨的合成

课题 1 空气分离	2
课题 2 氨的工业合成	6
课题 3 氨氧化法制硝酸	12

主题 2 海水资源 工业制碱

课题 1 海水淡化与现代水处理技术	20
课题 2 氯碱生产	28
课题 3 纯碱制造技术的发展	37

主题 3 矿山资源 硫酸与无机材料制造

课题 1 “设计”一座硫酸厂	45
课题 2 陶瓷的烧制	56
课题 3 金属冶炼和金属材料的保护	65

主题 4 化石燃料 石油和煤的综合利用

课题 1 从石油中获取更多的高品质燃油	76
课题 2 源自石油的化学合成	86
课题 3 煤的综合利用	95

主题5 生物资源 农产品的化学加工

课题1 由大豆能制得什么	105
课题2 玉米的化学加工	112

主题6 化学·技术·社会

课题1 功能高分子材料的研制	120
课题2 药物的分子设计与化学合成	128
课题3 化学·技术·可持续发展	137

附 录

1. 各章节中主要的化学与技术术语	144
2. 各章节涉及的主要化学物质	146
3. 教材中部分化工制备反应	148

元素周期表

主题 1

空气资源 氨的合成

课题1 空气分离

课题2 氨的工业合成

课题3 氨氧化法制硝酸



课题 1 空气分离

联想·质疑

空气是一种重要的资源。据估算，地球上空气的总质量有 5×10^{15} t 之多。图 1-1-1 列举了一些空气组分的应用。你知道这些应用分别涉及到空气中的哪种气体吗？这些气体是如何从空气中分离出来的？



图 1-1-1 一些空气组分的应用

人类赖以生存的地球被一层厚厚的大气圈包围着。组成大气圈的空气不仅维系着地球上的生命，同时还是人类进行生产活动的重要资源。

空气是氧气、氮气、二氧化碳、稀有气体等组成的混合物。空气中的各种气体在工业生产中有着广泛的应用。例如，炼钢和金属焊接需要氧气，合成氨需要氮气，而稀有气体常用做保护气及各种灯泡的填充气。要利用空气资源获得有关气体，首先要解决的是空气组分的分离问题。

一、如何将空气的各组分分离开——深冷分离

工业上，空气分离（air separation）最常用的方法是深冷分离。深冷分离（cryogenic separation）是先将空气降温、加压液化后，再将液态空气升温，根据空气中各种组分的沸点不同进行精馏分离。此法可分别得到纯度较高的氧气、氮气和稀有气体，所得气体产品的纯度可达98.0%~99.9%。采用深冷分离方法分离空气组分面临着以下两个主要问题。

1. 怎样使空气液化

为了使空气液化也许你会想到用热交换的方法,但一般的热交换法只能使温度降到 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。如何使温度再降低呢?工业上采用的方法是先加压再进行热交换,最后进行节流膨胀。由于只通过一次处理很难达到所需温度,所以一般采用多次压缩、多次节流膨胀的方法。

2. 如何分离液态空气的各组分

分离液态空气中的各组分,也许你会想到用蒸馏(distillation)的方法,但由于液态空气中某些组分的沸点相近,如果采用简单蒸馏方法只能使它们部分分离。为了实现比较完全的分离,工业上采用精馏(rectification)的方法,通过控制温度对液态空气进行多次汽化和冷凝,使不同沸点的空气组分分离开来。



表 1-1-1 某些空气组分的沸点

气体名称	沸点/ $^{\circ}\text{C}$
氮气	-196
氧气	-183
氩气	-186
氦气	-264
氖气	-269
氪气	-153
氙气	-108

节流膨胀

在绝热(与外界无热量交换)的条件下,将空气加压通过节流阀后突然膨胀,这一过程叫做节流膨胀。节流膨胀会产生气体降温的效应。

蒸馏和精馏

蒸馏是利用液体混合物中各组分挥发度不同,将它们分离开来的方法。将液体混合物加热使它部分汽化,蒸气中有较多易挥发组分,剩余液体含有较多难挥发组分,使蒸气部分冷凝,则易挥发组分富集在冷凝液中。这样,可将液体混合物中各组分分离开来。

精馏也叫做分馏,是在一个设备内同时进行多次部分汽化和部分冷凝来分离液态混合物的方法。精馏能使液体混合物实现比较完全的分离,从而获得高纯度的产品。

技
术
词
典

二、怎样获得富氧空气——变压吸附分离

虽然深冷分离是大规模生产高纯度氧气、氮气等气体的方法,但设备复杂、能耗大、生产成本较高。由于在化工造气、金属冶炼、废水处理、医疗用氧等场合所需氧气的纯度不必很高,使用富氧空气即可,因此人们试图寻找一种较简便地获得富氧空气的方法。

联想·质疑

在工业上利用活性炭的吸附作用可脱去糖浆中有色物质制成白糖；防毒面具利用活性炭的吸附作用可除去空气中的有毒气体……吸附作用在生产、生活中随处可见。这使得研究富氧空气获取方法的科学家们想到，有没有可能利用吸附作用分离出空气中的某些组分得到富氧空气呢？

科学家们通过对分子筛的研究发现，沸石分子筛和炭分子筛都具有巨大的内表面积，吸附性能很强，当空气通过它们时，氮气和氧气可以分离开来，从而制得富氧空气。

不管使用哪种分子筛，在操作时都要加大空气的压强，以便分子筛吸附更多的气体。吸附完成之后，为了把所吸附的气体尽量从分子筛中解吸放出，就需要降低压强。正因为如此，在生产中是加压吸附和减压解吸交替操作，故称这种分离方法为**变压吸附**（pressure swing adsorption）。

变压吸附分离比深冷分离所用设备简单、能耗低。

工业上制备高纯氢以及分离某些混合气体（如烷烃和烯烃的混合气体）也常用变压吸附的方法。

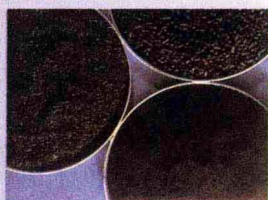


图 1-1-2 变压吸附分离设备

知识支持

吸附作用

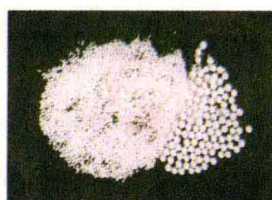
在气体和固体相互接触的表面上，气体都有向固体表面聚集的趋势，这种作用就叫做吸附作用。对同一种吸附剂，吸附作用的大小与吸附剂的内表面积、所吸附气体的种类、吸附时的温度和压强有关。一般说，吸附剂的内表面积越大，吸附气体时的温度越低、压强越大，吸附的气体就越多。



活性炭



硅胶



活性氧化铝

图 1-1-3 几种常用的吸附剂

三、空气分离的新技术——膜分离

目前,工业上常用的富氧空气,其氧含量多在35%左右。随着冶金、化肥及国防等工业的发展,从节能角度出发,富氧空气的需求量与日俱增。为了满足生产的需要,科学家们研制出了新的分离技术——膜分离。

膜分离技术始于20世纪初,20世纪60年代后迅速崛起。

膜分离(membrane separation)是利用特殊制造的、具有选择透过性能的薄膜,在外力推动下对混合物进行分离、提纯、浓缩的一种新的分离方法。膜分离所使用的薄膜必须具有能使某些物质通过而另外一些物质不能通过的特性。膜分离具有分离过程简单,设备费用低,能耗少等优点。

膜分离法制备富氧空气利用的是空气中的氧气和氮气透过分离膜的能力不同的特点。当空气通过膜分离装置时,由于氧分子能透过膜而氮分子不能透过膜,就把空气中的氧气和氮气分离开了。膜分离法制备的富氧空气含氧量在25%~40%之间。

在化工、石油、燃料等工业上,膜分离法还用于回收其他气体。

分离技术的发展与人类的生产实践密切相关。伴随着生产力的提高、科学技术的进步,分离技术从低级到高级不断发展,其工艺也从一种方法到多种方法联用,如从简单的蒸馏发展到减压蒸馏、萃取蒸馏,从简单的吸附发展到变压吸附、气相色谱、高压液相色谱,从筛网发展到精密过滤、膜分离等。



图1-1-4 一种分离空气的膜分离装置

学 以 致 用

1. 在深冷分离中,液态空气精馏利用了空气各组分的哪些性质?
2. 利用变压吸附分离和膜分离这两种方法制富氧空气的原理各是什么?
3. 对深冷分离、变压吸附分离以及膜分离这三种空气分离方法的特点以及适用范围进行比较,并讨论社会需求和技术进步与分离技术发展的密切关系。
4. 空气是一种宝贵的资源,在开发和利用空气资源的同时应该如何保护好这一资源?

课题 2 氨的工业合成

联想·质疑



图 1-2-1 合成氨厂

氨在国民经济中占有重要的地位。现在约有 80 % 的氨用来制造化肥，其余的用做生产其他化工产品的原料。农业上使用的氮肥如尿素、硝酸铵、磷酸铵、硫酸铵、氯化铵、氨水以及各种含氮混合肥料和复合肥料，都是以氨为原料制成的。

合成氨的原料是氮气和氢气，其中氮气可来源于空气，氢气又如何得到呢？人们是怎样实现由氮气和氢气合成氨的？在实现合成氨工业化生产的过程中，人们都遇到了哪些问题？

合成氨（synthetic ammonia）生产技术的创立不仅开辟了人工固氮的途径，更重要的是对整个化学工业技术的发展产生了重大影响。合成氨的研究来自正确的理论指导，反过来合成氨生产工艺的研究又在理论和技术上对其他化学品的合成起到了促进作用。

一、探索合成氨的最佳条件

交流·研讨

你已经知道，合成氨反应是一个可逆反应。对可逆反应来说，在一定条件下反应物不可能全部转化成产物。为了提高氨的产率，人们通过控制条件对合成氨反应进行了大量的研究。表 1-2-1 中的数据表明了在不同温度和压强下平衡混合气中氨含量的变化情况。

表 1-2-1
 合成氨平衡混合气中氨的体积分数
 (原料气中氮氢体积比为 1:3)

氨含量 / % 压强 / MPa 温度 / °C	0.1	10	20	30	60	100
200	15.3	81.5	86.4	89.9	95.4	98.8
300	2.2	52.0	64.2	71.0	84.2	92.6
400	0.4	25.1	38.2	47.0	65.2	79.8
500	0.1	10.6	19.1	26.4	42.2	57.5
600	0.05	4.5	9.1	13.8	23.1	31.4

分析表 1-2-1 中的数据并讨论:

1. 反应达到平衡状态时平衡混合气中氨的含量与反应的温度、压强有什么关系?
2. 怎样才能提高合成氨的化学反应速率?
3. 如何最大限度地提高平衡混合气中氨的含量?

氮气与氢气合成氨的反应是一个可逆反应,生成氨的反应是放热、气体总体积缩小的反应。



从化学反应速率的角度看,升高温度、增大压强及使用催化剂等都可以使合成氨的化学反应速率增大。

从化学平衡的角度看,由表 1-2-1 的数据可知,反应达平衡时平衡混合气中氨的含量随着温度的升高而降低,随压强的增大而提高。这说明温度、压强对这一反应的化学平衡有影响:增大压强,会使平衡向着气体体积缩小的方向移动;降低温度,会使平衡向着放热反应的方向移动。可见,增大压强、降低温度有利于氨的合成。

影响化学平衡移动的因素

浓度对化学平衡的影响 在其他条件不变的情况下,增大反应物浓度或减小生成物浓度,平衡向正反应方向移动;增大生成物浓度或减小反应物浓度,平衡向逆反应方向移动。

压强对化学平衡的影响 对反应前后气体总体积发生变化的化学反应来说,在其他条件不变的情况下,增大压强,平衡向气体体积缩小方向移动;减

小压强，平衡向气体体积增大方向移动。

温度对化学平衡的影响 在其他条件不变的情况下，升高温度，平衡向吸热反应方向移动；降低温度，平衡向放热反应方向移动。

交流·研讨

通过上述分析，你认为选择合成氨的反应条件时，是不是压强越高、温度越低越好？在实际生产中怎样选择合成氨的最佳条件？

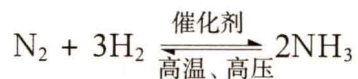
对于合成氨的实际生产，压强越大，对设备的材料质量和制造水平的要求越高，能量消耗也增加，这将会增加建设投资和生产成本。因此，要根据实际情况选择适宜的压强。目前，我国合成氨厂一般选用的压强在 20 ~ 50 MPa 之间。

方法导引

在合成氨的实际生产中，对压强、温度、催化剂等条件的选择，还需要从高压对设备材质、加工制造的要求和所需能耗，温度对催化剂活性的影响等方面来综合考虑。

合成氨反应如果采用较低温度，虽然有利于增大平衡混合气中氨的含量，但温度过低，反应速率太小，要很长时间才能使反应达到平衡状态，这对生产十分不利。加入催化剂是为了使反应在较低的温度下能更快地进行，然而催化剂需要在一定的温度范围内才能表现出良好的催化活性。目前，合成氨工业普遍使用的是以活性铁为主体的多组分催化剂，这种催化剂又称为铁触媒。铁触媒在 500 °C 左右的活性最大。

综合考虑上述因素，在实际生产中，合成氨一般选择以铁触媒为催化剂，压强在 20 ~ 50 MPa 之间，温度在 500 °C 左右。



随着社会发展对氨需求量的不断增加，科学家们对合成氨条件的探索始终没有停止过并不断取得进展。目前，已经研究出了活性更高的催化剂，它可使合成氨生产在比较低的温度和压强下进行。科学家们还在努力探索如何模仿生物固氮的功能，用化学催化剂在常温、常压下实现人工固氮。

二、如何获得大量廉价的原料气

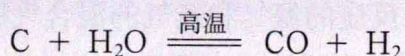
要实现合成氨的工业化生产，首先要解决氢气和氮气的来源问题。空气中有充足的氮气，这样，合成氨原料来源的关键是如何获得大量廉价的氢气。

交流·研讨

氢气的制取可有以下几条途径：

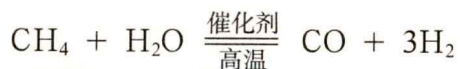
1. 电解水制取氢气。
2. 由煤或焦炭来制取氢气。

煤或焦炭经加热，炽热的炭与水蒸气反应生成氢气：

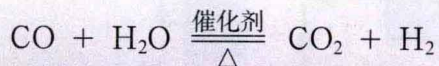


3. 由天然气或重油制取氢气。

天然气的主要成分甲烷在高温、催化剂的作用下与水蒸气反应生成氢气和一氧化碳：



由煤或焦炭、天然气制氢气的过程中产生的一氧化碳，在催化剂存在的条件下与水蒸气反应生成氢气和二氧化碳：



这一过程在工业上称为一氧化碳变换，最后脱去二氧化碳，可得到氢气。

对上述几种制氢方法，试评价一下它们的优缺点。你认为哪种方法是最佳选择？

方法导引

原料路线的选择，应综合考虑资源、工艺、能耗、成本、环境等因素。

电解水制氢气，电能消耗大，成本高，不适于制取大量的氢气。

天然气作为洁净燃料，便于管道输送，用做合成氨的原料具有投资省、能耗低的优点。从20世纪50年代起，天然气已成为世界上合成氨的主要原料。我国煤资源储量大、分布地区广，目前还有许多工厂仍然以煤作为合成氨生产的主要原料。

表 1-2-2 合成氨厂采用各种原料的相对投资和能量消耗

原料	相对投资费用	能量消耗 /J · t ⁻¹
天然气	1.0	28 × 10 ⁹
重油	1.5	38 × 10 ⁹
煤	2.0	48 × 10 ⁹

(日产 1043.3 吨的合成氨厂)

三、怎样利用未转化的氨气和氢气

由上可知，工业上合成氨是在以铁触媒为催化剂，压强在 20 ~ 50 MPa 之间，温度为 500 ℃ 左右的条件下进行的。从表 1-2-1 中可看出，即使是

在500 ℃和30 MPa时,合成氨平衡混合气中氨的体积分数也只有26.4 %,在实际生产中氨的含量会更低,所以从合成塔出口出来的含氨混合气中有相当一部分是未反应的氮气和氢气的混合气。显然,如果使原料气只进行单程转化会造成极大的浪费。那么,怎样将这部分未转化的氮气和氢气利用起来呢?

在实际生产中采用了循环法,先通过冷凝把氨从合成塔出来的混合气中分离出来,余下未反应的氮气和氢气的混合气用循环压缩机重新送入合成塔进行反应,同时不断地补充新鲜的原料气,这样氨的合成就形成了一个循环流程,使氮气和氢气得到充分利用。

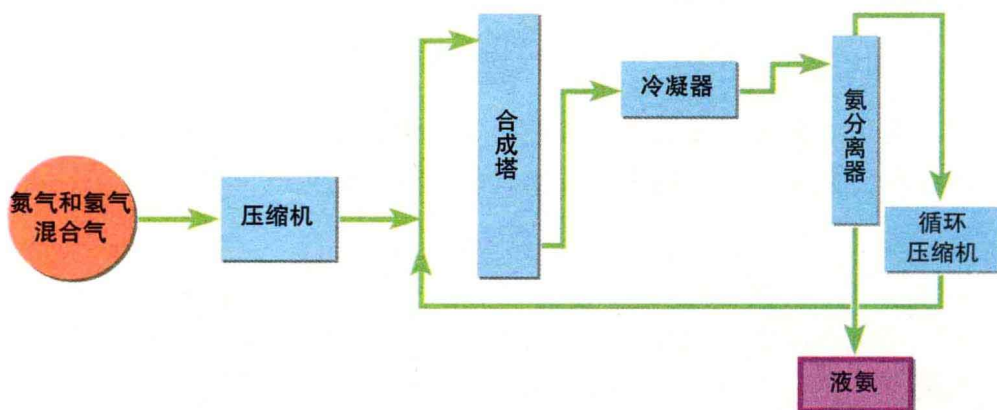


图 1-2-2 合成氨工艺流程示意图

氨除了是化肥工业的主要原料外,还是一些工业生产的重要原料。氨可以用来制硝酸、各种含氮的无机盐及含氮的有机化合物中间体。再者,合成磺胺类药物,合成聚氨酯、聚酰胺纤维和丁腈橡胶等都需要直接以氨为原料。此外,液氨还是常用的制冷剂。

现代合成氨工业正向着原料结构更加合理化、生产规模大型化、开发低能耗的新工艺,以及实现生产自动化的方向迅速发展。

我国合成氨工业的发展

我国合成氨工业开始于20世纪30年代。1949年新中国成立时只有三家合成氨厂,生产能力不到6 000吨。经过几十年的努力,我国现已拥有利用多种