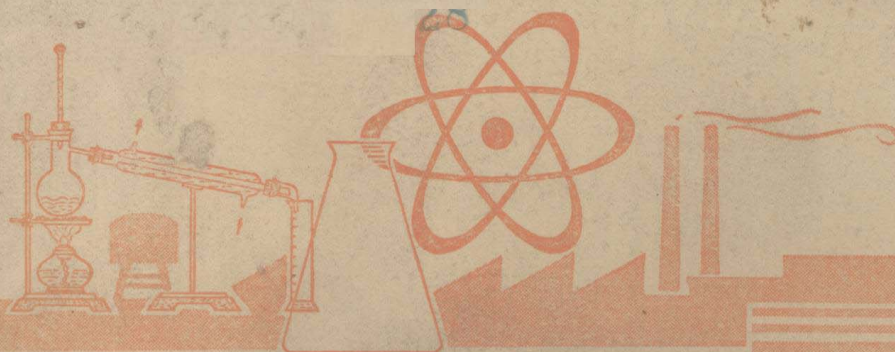




广东省中学试用课本

工业基础知识

(化 工)

(高中一年级用)



目 录

第一章 硫酸工业	1
第一节 二氧化硫 三氧化硫	2
第二节 接触法制硫酸	5
第二章 合成氨工业	11
第一节 我国氮肥工业的发展	11
第二节 化学平衡	13
第三节 合成氨的生产	19
第三章 物质结构和元素周期表	26
第一节 原子结构	26
第二节 分子结构	32
第三节 元素周期表	36
第四章 氯碱工业	43
第一节 氯气的性质与用途	43
第二节 电解质的电离	47
第三节 电解食盐水制取烧碱和氯气	52
第四节 盐类的水解	58
第五章 铝 铜	61
第一节 铝	61
第二节 铜	68
第三节 电镀	72

第六章 钢 铁	74
第一节 我国钢铁工业的大跃进	74
第二节 生铁的冶炼	78
第三节 钢的冶炼	83
第四节 球墨铸铁和钢	88
第五节 钢铁的防锈	93
实 验	96
实验一 硫酸的性质	96
实验二 氯气的制取和性质	97
实验三 电解质溶液	99
实验四 电解食盐水制取烧碱和氯气	99
实验五 电镀铜	100
实验六 钢铁防锈——发蓝法	101

附 表

附表

附表

第一章 硫酸工业

硫酸工业是化学工业的基础。硫酸在工农业生产和国防建设上有广泛的应用（图 1—1）。例如，生产炸药、化肥、农药要用硫酸作原料；电解精炼铜、镍等金属，要用硫酸配制电解液；电镀、轧钢要用硫酸清洗金属表面；硫酸还用于精炼石油、制造染料；生产人造纤维和配制蓄电池的电解液也需用硫酸。

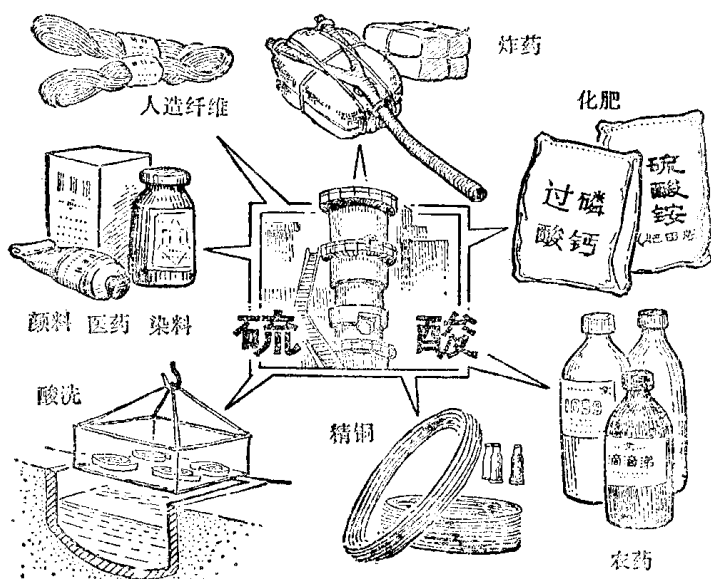


图 1—1 硫酸的用途

在旧中国，由于帝国主义、封建主义和官僚资本主义的掠夺和摧残，使硫酸工业长期陷于发展迟缓的状态中。帝国主义者别有用心地向我国倾销用硫黄制硫酸的设备，而封锁用硫铁矿制硫酸的设备。因此，虽然我国蕴藏着丰富的硫铁矿，但也不得不从帝国主义国家进口硫黄制造硫酸。就这样，帝国主义便从原料到设备都控制了我国的硫酸工业。

解放后，我国硫酸工业战线的广大职工遵照毛主席关于“独立自主、自力更生”的教导，自己设计、建造了许多大、中、小型的硫酸厂；建成了具有先进水平的废气制酸厂（利用有色金属冶炼厂的含硫废气生产硫酸）；简化了硫酸生产过程中的炉气净化系统等。在毛主席无产阶级革命路线的指引下，硫酸工人用自己的双手，改变了昔日的落后状态，迎来了蓬勃发展的今天。

第一节 二氧化硫 三氧化硫

我们知道，三氧化硫跟水反应可以制得硫酸，而二氧化硫在一定条件下能氧化成三氧化硫。因此，为了更好地掌握硫酸的生产原理，我们就先学习二氧化硫、三氧化硫的基础知识。

【实验 1—1】 将少量硫黄放在铁片上，点燃。小心闻一下生成的气体的气味。

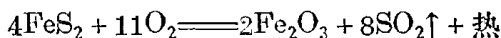
二氧化硫是一种无色、有刺激性气味的气体，易溶于水，在 20°C ，1体积水大约能溶40体积的二氧化硫。

硫黄燃烧能生成二氧化硫，焙烧硫铁矿（主要成分是 FeS_2 ）也可以制得二氧化硫。我国蕴藏着很丰富的硫铁矿。

我省也有丰富的硫铁矿，主要产地有云浮、英德和清远等，矿石的含硫量高达30%以上。这为硫酸工业的发展提供了良好的物质基础。

【实验1—2】 把硫铁矿粉末放入燃烧匙里，加热，再放进充满氧气的瓶中，硫铁矿粉末燃烧后，生成二氧化硫。

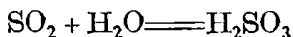
硫铁矿燃烧的化学方程式是：



这个反应伴随产生大量的热。在反应过程中，放出热量的化学反应叫做放热反应；吸收热量的化学反应叫做吸热反应。在化学方程式中，放热反应用“+热”表示，吸热反应用“-热”表示。

【实验1—3】 上述实验完毕，向瓶里注入少量水，振荡后加入几滴紫色石蕊试液，溶液变红色。可见，溶液呈酸性。

二氧化硫能跟水作用，生成亚硫酸：

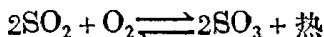


亚硫酸的酸性比硫酸弱，是一种较弱的酸。

二氧化硫具有很强的漂白、杀菌作用。纺织工业上常用它来漂白不能用氯气漂白的物质，如毛、丝等织物。用二氧化硫漂白纸浆、蔗汁也有很好的效果。

在二氧化硫里，硫元素的化合价是+4价。硫还可以呈现+6价。例如在硫的另一种氧化物——三氧化硫（ SO_3 ）里，硫就呈现+6价。

三氧化硫也是一种无色气体，一般不能用硫黄、硫铁矿等直接制取，但可以用二氧化硫在一定条件下进一步氧化的方法获得：

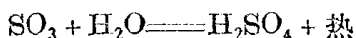


实践证明，在一定条件下，不但二氧化硫和氧气可以化合成三氧化硫，同时三氧化硫也能分解为二氧化硫和氧气。所以在上述反应中，实际上同时进行着反应物之间的反应和生成物之间的反应。

在一定条件下，向两个相反方向同时进行的反应，叫做可逆反应。在可逆反应中，通常把向生成物方向进行的反应叫正反应，向反应物方向进行的反应叫逆反应。可逆反应的特点是，在一定条件下，反应不能进行到底。在化学方程式中，用“ $\rightleftharpoons$ ”表示可逆反应。

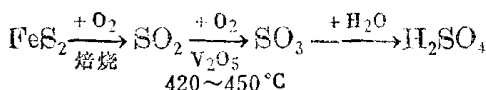
一般情况下，上述反应中的二氧化硫的转化进行得很缓慢，因而不适应生产的需要。人们在长期的实践中发现，如果创造一定的条件，例如用五氧化二钒（ V_2O_5 ）作催化剂，并在 $420\sim 450^\circ\text{C}$ 温度下，二氧化硫能以很快的速度转变成三氧化硫，从而实现了工业生产的要求。

三氧化硫很容易溶于水。溶解时，三氧化硫与水化合成硫酸，同时放出大量的热：



三氧化硫很容易溶解在浓硫酸里。浓硫酸里溶入多量的三氧化硫以后，变成粘稠的发烟硫酸。

综上所述，以硫铁矿为原料，生产硫酸的过程中，物质的变化为：



很明显，在这一系列变化中，关键在于促使二氧化硫转化为三氧化硫。因此，提供一定的反应条件，促进这一转化过程，就成为硫酸生产过程的主要矛盾。我们“捉住了这个

主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。”

习 题

(1) 有三瓶气体，分别是二氧化硫、氧气和氨气。试用化学方法鉴别它们。

(2) 三氧化硫是一种酸性氧化物。举例说明它有哪些性质，并写出有关的化学方程式。

(3) 用化学方程式表示下列物质的转化：



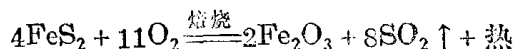
(4) 含 FeS_2 85%的硫铁矿5吨，完全燃烧后能产生多少二氧化硫？将这些二氧化硫氧化成三氧化硫以后，再用水全部吸收，可以制得多少纯净的硫酸？

第二节 接触法制硫酸

以硫铁矿为原料，制取硫酸的生产过程主要分四个阶段：(1)二氧化硫的制取；(2)二氧化硫的净化；(3)二氧化硫的转化；(4)三氧化硫的吸收。二氧化硫转化成三氧化硫时，要使用催化剂。由于过去把催化剂称为接触剂（也叫触媒），接触法的名称由此而得。

一、二氧化硫的制取

焙烧硫铁矿制取二氧化硫的化学方程式是：



硫铁矿的焙烧是在沸腾炉内进行的。圆筒形的沸腾炉，在钢壳内衬耐火砖，带有风帽的多孔的空气分布板将炉分隔

成上下两部分。上部是炉膛(包括沸腾层和燃烧空间)，下部是空气分布室(风室)。沸腾炉的工作原理如图 1—2 所示。

为了加速硫铁矿的燃烧，需要将硫铁矿破碎成适当大小的矿粒。矿粒进入沸腾炉后，被从空气分布板下部进入的空气所鼓动，矿粒就象“沸腾”那样上下跳动，使矿粒悬浮在空气流中。由于矿粒跟空气充分接触，因此燃烧速度很快。

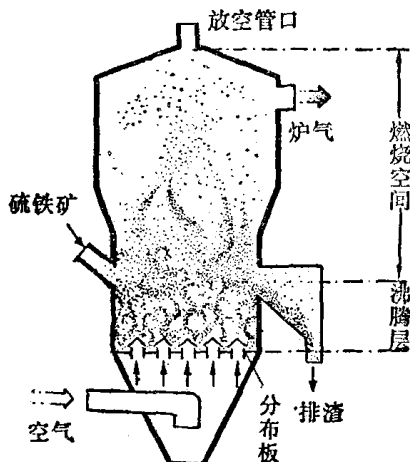


图 1—2 沸腾炉工作原理

沸腾层上部的燃烧空间体积较大，使从沸腾层吹起的细小矿粒得到充分的燃烧，以提高原料的利用率。

二、二氧化硫的净化

沸腾炉产生的炉气，主要成分是：二氧化硫、氧气，还有氮气、砷和硒的氧化物蒸气、氟化氢以及氧化铁、矿尘等。炉气中的二氧化硫、氧气是制硫酸的有用成分；氮气是无用成分；其他的杂质，特别是砷的氧化物，对硫酸生产有害，会影响产品纯度，并使催化剂的效能降低或失去催化作用，也就是使催化剂“中毒”。为了给二氧化硫的转化反应创造更有利的条件，促进转化反应的进行，必须将炉气净化。

工业上净化炉气，要经过除尘、洗涤和干燥等过程。

除尘的设备有多种，通常使用旋风除尘器(图 1—3)。气流从除尘器上部沿切线方向进入，在器内作回旋运动，矿

尘受离心力作用，被抛向器壁后，沿着器壁下落而排出。这样大约可除去固体杂质的90%。除尘后的炉气进入器内的中心管，自顶部导出。

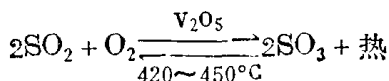
从旋风除尘器导出的炉气，仍有少量有害的杂质如砷、硒的氧化物蒸气等，需要洗涤除去。我国工人阶级创造了一种水洗流程新技术，使洗涤效果显著提高，有效地净化了炉气。

洗涤后的炉气，通常用浓硫酸干燥以除去其中的水分。

三、二氧化硫的转化

经过净化的炉气（主要成分是二氧化硫、氧气和氮气），在一定的温度和催化剂的作用下，

二氧化硫跟氧气反应生成了三氧化硫，同时放出大量的热：



我们知道，二氧化硫的转化是硫酸生产过程的主要矛盾。在生产上应该创造有利条件，促进这个主要矛盾的解决。采用催化剂(V_2O_5)、控制适宜的反应温度(一般是 $420 \sim 450^\circ\text{C}$)，能大大提高二氧化硫的转化速度，从而提高硫酸的产量。

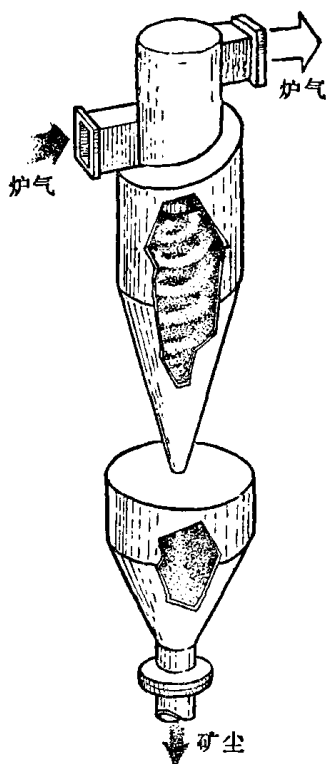


图 1—3 旋风除尘器

二氧化硫的转化是在转化塔中进行的。转化塔(图1—4)是一个钢制的圆筒。塔内分层放着催化剂(一般分四层,图中只画出两层),在两层催化剂间设有热交换器。预热了的炉气由上而下通过催化剂层,此时二氧化硫转化为三氧化硫,并放出大量的热,使转化气的温度升高。如果温度过高,会使三氧化硫加速分解、催化剂的效力降低。因此,要将热的转化气通过热交换器,以降低温度。在热交换器中,高温的转化气由细管内通过,需要预热的冷的炉气由管间通过,热由管壁传递。这样,既利用了余热加热炉气,又降低了三氧化硫的温度,为三氧化硫的吸收创造了条件。

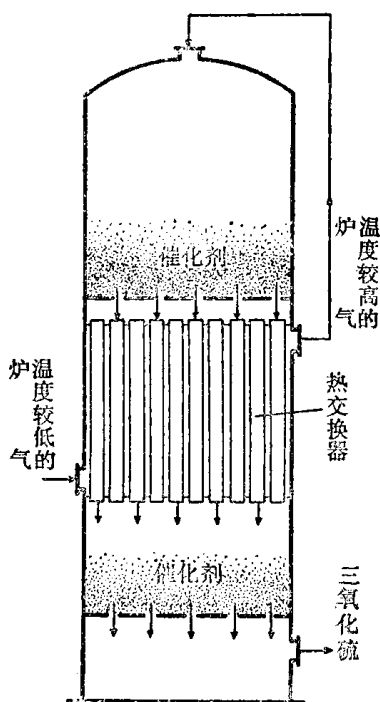
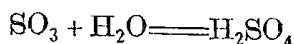


图 1—4 转化塔

热交换器在化工生产中广泛用于加热和冷却物料。图 1—5 所示的是常用的一种。

四、三氧化硫的吸收

从转化塔出来的三氧化硫冷却后用水吸收,三氧化硫就与水化合生成硫酸:



如果直接用水吸收三氧化硫,会生成大量酸雾。酸雾形成后会影影响吸收作用的进行,因而不能得到浓硫酸。实际生

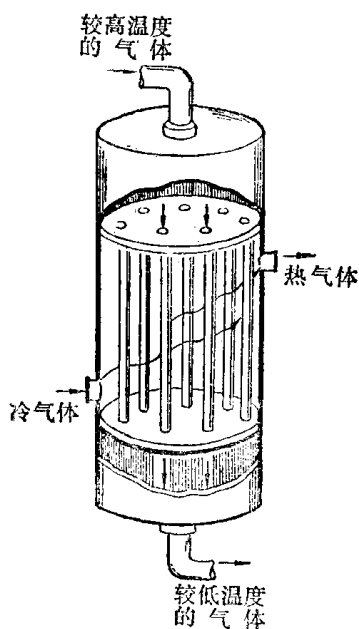


图 1—5 热交换器

衬耐酸砖,塔内填充瓷环(图 1—6)。浓硫酸从塔顶淋下,经过冷却的三氧化硫气体由塔底通入,两者形成逆流。同时,塔内的瓷环扩大了酸跟三氧化硫的接触面积,延长了接触时间,这样就提高了三氧化硫的吸收效率。没有起反应的氧气,不起反应的氮气和微量的二氧化硫和三氧化硫由吸收塔的废气管放走。

产中,采用98%左右的浓硫酸吸收三氧化硫。浓硫酸里的少量水吸收三氧化硫后,浓度提高了,再根据需要加进适量的水,就得到了各种不同浓度的成品硫酸。

三氧化硫的吸收是在吸收塔内进行的。填料式吸收塔外壳是钢制的圆筒,内壁

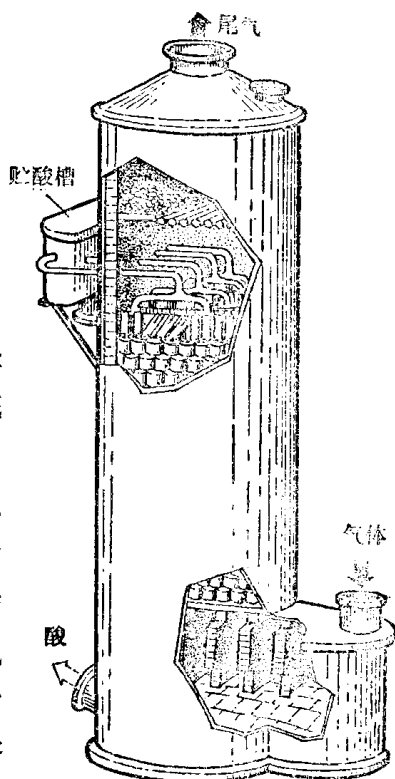


图 1—6 填料式吸收塔

以硫铁矿为原料，工业生产硫酸流程见图 1—7。

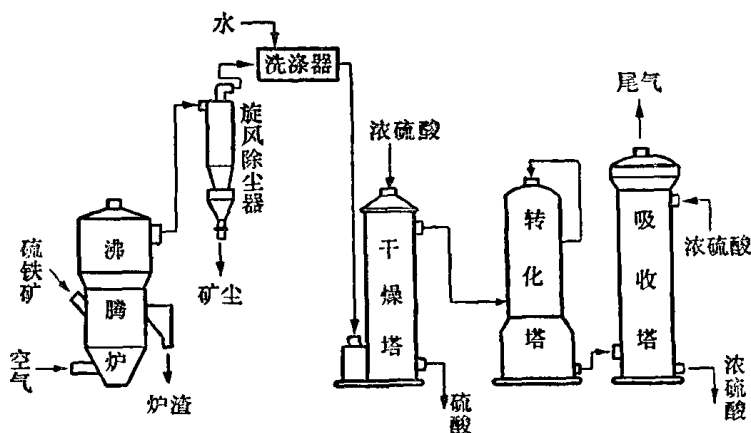


图 1—7 工业生产硫酸流程

习 题

(1) 接触法制硫酸要经过哪几个主要阶段？写出各阶段的化学方程式。

(2) 在接触法制硫酸中，有哪些主要设备？哪些设备是采用逆流原理的？哪些设备是采用热交换原理的？

(3) 举例说明硫酸的主要化学性质，写出有关的化学方程式。

(4) 焙烧含 FeS_2 90% 的硫铁矿 100 吨，可以制得多少 98% 的硫酸？

(5) 将 5 公斤 98% 的硫酸稀释成 75% 的硫酸，应加多少水？稀释浓硫酸要注意什么问题？

(6) 过磷酸钙的有效成分是磷酸二氢钙，它是用硫酸跟磷矿石反应制得的。现有 3 吨 70% 的硫酸和 5 吨含 65% 磷酸钙的磷矿石，可以制得多少磷酸二氢钙？（提示：先分析哪一种原料是过量的。）

第二章 合成氨工业

第一节 我国氮肥工业的发展

氮肥是农业上应用最广的化学肥料。它主要包括以下品种：硫酸铵、硝酸铵、尿素、氨水、氯化铵和碳酸氢铵等。这些氮肥都是以氨为原料制得的，因此，氨的生产是氮肥工业的基础。氨的制取，工业上是用合成法。用合成法制得的氨称为合成氨。

氨还广泛用于制造纯碱、塑料、合成纤维和多种药品等。氨的用途如图 2—1 所示。

我国合成氨工业在毛主席无产阶级革命路线的指引下，突飞猛进地向前发展，大批大型、中型化肥厂不仅迅速扩建和新建起来，还首创了具有先进工艺流程的小化肥厂。现在，化肥的品种大大增加，产量大幅度增长。全国已有半数以上的县建立了小化肥厂，一九七一年小化肥厂的化肥产量占全国化肥总产量的百分之六十。

我国氮肥工业的发展过程，存在着两条路线的斗争，突出地表现在发展“小化肥”问题上。早在一九五八年，我国化肥工业战线的工人和技术人员，在毛主席亲自制定的社会主义建设总路线和一整套“两条腿走路”的方针指引下，破除迷信，解放思想，在兴建大、中型化肥厂的同时，自力更生，土法上马，多快好省地办起了一批小型化肥厂。但这个新生

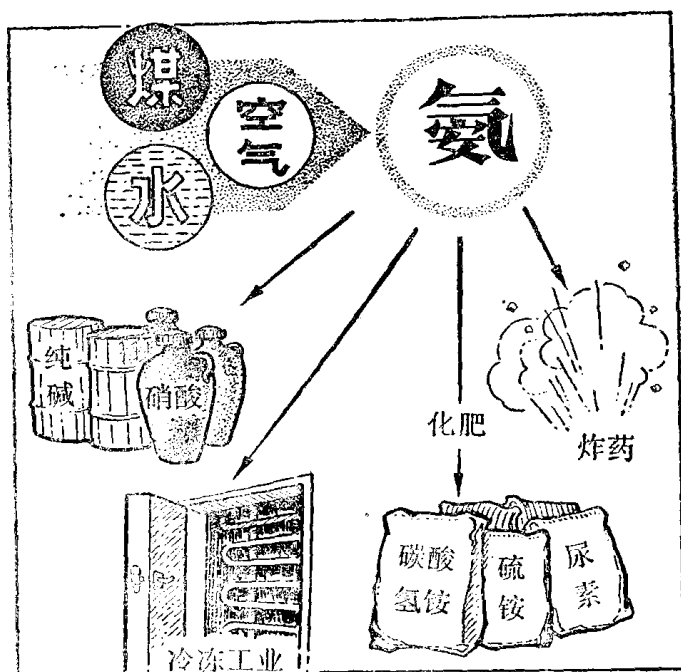


图 2-1 氨的用途

事物一出现，就遭到叛徒、内奸、工贼刘少奇及其代理人的疯狂反对。他们叫嚷氮肥工业“国外只办大厂不办小厂，办小厂是违背客观规律”，还片面强调生产氨的操作是“高温高压高技术，易燃易爆易中毒”；其后又抓住小化肥厂暂时出现的一些生产技术上的问题，胡说“小化肥”“过不了关”，悍然下令“不要搞了”，妄图扼杀“小化肥”，堵死化肥工业发展的新道路。化肥工业战线上的广大职工，坚决捍卫毛主席的革命路线，艰苦奋斗，反复试验，冲破重重障碍，闯过道道难关，终于制出了新产品，并使产量稳步上升。无产阶级文化大革命以来，全国各地迅速掀起了群众性的兴办“小化肥”新热潮。“小化肥”日益显示出它的优越性：流程简单，投资

少，建设时间短，操作方便，就地生产，就地使用。“小化肥”的蓬勃发展，有力地促进了农业增产。

在大力发展“小化肥”的同时，我国大型的氮肥厂也出现了崭新的面貌。例如，改造了老的氨合成塔，创造了我国独特风格的新型氨合成塔，还自己设计、自己制造、自己安装设备，高速度建成了具有先进水平的大型的河北氮肥厂。

我国氮肥工业取得的成就，是贯彻执行党的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线，大搞群众运动的结果，是毛主席的无产阶级革命路线的伟大胜利。

第二节 化学平衡

为了使我们理解选择合成氨生产条件的依据，下面我们先学习化学平衡的理论。

一、化学反应速度

我们知道，酸碱中和、火药爆炸、照像底片感光都进行得很快；铁的生锈、有机肥料腐熟、淀粉变成酒却进行得很慢；地壳中煤和石油的形成则要若干万年。可见，不同的化学反应，速度是各不相同的。在生产中，通常需要研究怎样增大对生产有利的化学反应的速度，抑制对生产不利的化学反应的速度。

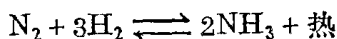
化学反应速度首先取决于反应物的性质，其次，反应所处的条件对反应速度有很大的影响。例如，氮气和氢气在通常情况下很难发生反应，在高温、高压和催化剂存在的条件下则较快地反应生成氨。

一般来说，增大反应物的浓度，控制适当的温度和压

力，使用催化剂，增大反应物的接触面或光照等都能使化学反应速度增大。

二、化学平衡

我们学过，可逆反应就是在同一条件（如温度和压力）下，正反应和逆反应同时进行的反应。例如，氮气和氢气生成氨的反应就是可逆反应：



可逆反应开始时，氮气和氢气生成氨的正反应速度大于氨分解为氮气和氢气的逆反应速度，反应混和物（氮气、氢气和氨气）中氨的含量不断增加。以后，随着反应物（氮气和氢气）浓度逐渐减小，正反应（生成氨）的速度就逐渐减小；随着生成物（氨）的浓度逐渐增大，逆反应（氨分解）的速度就逐渐增大。如果反应条件不变化，反应进行到一定程度时，正反应和逆反应的速度相等，反应混和物里各成分的百分含量不再发生变化，这时，反应所处的状态，叫化学平衡。

化学平衡是指可逆反应在一定条件下，正反应和逆反应速度相等时的运动状态。化学平衡是一种动态平衡。当可逆反应到达平衡时，正反应和逆反应仍在继续进行。所谓正、逆反应速度相等，就是指在相同时间里，新产生的生成物的分子数，等于重新变成反应物的生成物的分子数。例如，在一定条件下，当氮气和氢气化合成氨的反应到达平衡时，设在某一时间里，氮气和氢气反应生成 n 个氨分子，那么，在同一时间里，也有 n 个氨分子分解为氮气和氢气。所以，反应混和物里各成分的百分含量不变。

毛主席指出：“所谓平衡，就是矛盾的暂时的相对的统