

氮和磷

氮族元素位于元素周期表 VA 族

是一种生命元素，存在于蛋白质、脱氧核糖核酸和核糖核酸中

氮气

特征	无色、无味、密度比空气小、难溶于水 在温度为-196°C 时变成无色液体，在-210°C 时变成雪花状固体	
化学性质	又氮原子组成的双原子分子 分子中有三键，因此分子的结构很稳定，在正常状况下化学性质不活泼，难与和其他物质发生化学反应 在一定条件下（高温、高压、放电）可以使共价键断裂，形成化学反应 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$ 活泼金属在高温下可以和氮气化合 $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$	
制取	工业	以空气为原料，将空气液化，升温过程中，由于液态氮的沸点比液态氧沸点低，可以把氮气和氧气分离
	实验室	加热亚硝酸钠和氯化铵溶液，生成氮气后用排水集气法收集 $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{N}_2 + \text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ 氮气通过红热的氧化铜 II，可氧化成氮气 $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O}$
用途	<ul style="list-style-type: none">• 合成氨和生产硝酸的原料• 液态氮可制造低温环境• 超导材料在液态氮处理后低温下获得超导能力• 冷冻剂如冷冻麻醉条	

氮的氧化物

一氧化氮	用铜还原稀硝酸来制取一氧化氮 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ 特征：无色、无味、有毒气、密度比空气大，难溶于水、不和水反应，在常温下容易和空气中的氧气化合成二氧化氮 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
------	--

	在血管系统中具有传送信号的功能，使血管扩张，降低血压
二氧化氮	<p>I.用铜和浓硝酸作用生产二氧化氮</p> $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$  <p>易溶于水（可用冷却法收集）</p> <p>II.重金属硝酸盐如硝酸铅课制取二氧化氮</p> $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{PbO} + \text{O}_2 + 4\text{NO}_2$ <p>特征：红棕色、有刺激性气味的气体，有毒，溶于水后可生产硝酸和亚硝酸</p> $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$ <p>III.二氧化氮能和盐反应，生产两种盐</p> $2\text{NaOH} + 2\text{NO}_2 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>IV.在一定条件下可聚合成无色的四氧化二氮</p> $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$
一氧化二氮	<p>I.硝酸铵受热时可分解成一氧化二氮和水蒸气</p> $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>特征：无色、不活泼、有微甜味、微溶于水</p> <p>II.在高温下可分解为氧气和氮气，高温时能助燃</p> $2\text{N}_2\text{O} \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2$ <p>用途：麻醉作用，作为牙科或小手术的麻醉剂</p> <p>III.被称为笑气，人吸入小量时，会使人发笑</p>

氮氧化物对环境的危害

- 形成光化学烟雾(photochemical smog)和酸雨

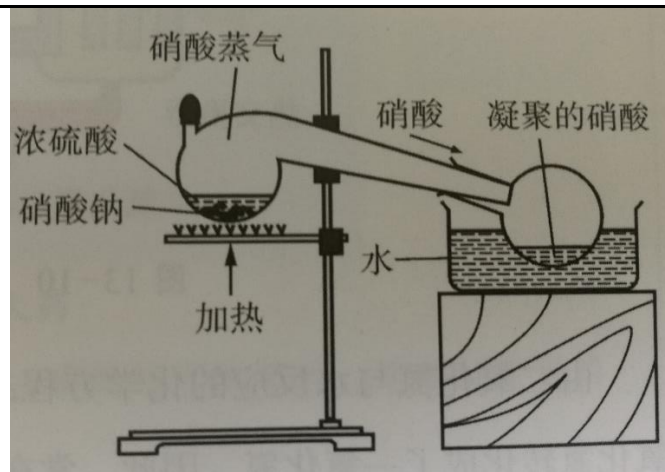
光化学烟雾	<p>二氧化碳能使氧气经过复杂反应生产臭氧，臭氧与空气中的一些碳氢化合物发生作用，产生有毒的烟雾</p> <p>特征：有特殊气味，会刺激眼睛，伤害植物，使大气可见度降低，对健康有危害</p>
酸雨	大气中的氮氧化物来自化肥的生产、金属的冶炼和交通工具

氮氧化物与空气中的水反应生成硝酸和亚硝酸，组成酸雨

- 降低氮氧化物对空气污染的方法：
 - 使用洁净能源
 - 汽车安装尾气转化装置

硝酸

物理性质	无色、易挥发、有刺激性气体
化学性质	<p>呈黄色原因：硝酸容易分解，在常温下，见光或受热会分解 保存在棕色试剂瓶，放置在阴凉处</p> <p>$4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>是一种强酸，使石蕊试纸蓝色变红色，和碱反应生成盐和水，和碳酸盐反应释放出二氧化碳 王水(浓硝酸和浓盐酸 1: 3 混合物)，氧化能力强，能使一些不溶于硝酸的金属溶解 是一种强氧化剂，能与许多金属和非金属或有机物发生氧化还原反应，氧化数为+5 的氮被氧化</p> <p>$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 (\text{浓}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 (\text{稀}) \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{C} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>当硝酸与金属作用时，硝酸能被还原为下列物质</p> <p>+5 +4 +3 +2 +1 0 -3 $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$</p> <p>若硝酸越稀，金属越活泼（还原性越强），硝酸被还原后生成的化合物氧化数就越低</p>
用途	浓硝酸能使铁、铝表面形成致密的氧化膜钝化，内部的金属不再和酸反应，所有能用铝槽车储运浓硝酸
制取	<p>实验室</p> <p>用加热的硝酸钠晶体和浓硫酸制取</p> <p>$\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{浓}) \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HNO}_3$</p>



工业

氨的催化氧化法(Ostwald process)

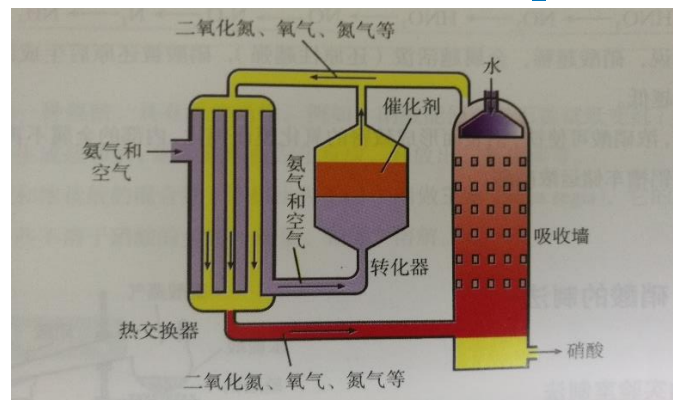
I. 氨气在催化剂（铂-铑合金）作用下与氧气发生反应，生成一氧化氮



II. 一氧化氮被氧气氧化生成二氧化氮



III. 用水吸收二氧化氮，生成硝酸



一般上只有 2/3 的二氧化氮转化成硝酸，剩余的将化成一氧化氮，因此在过程中补充一些空气，使氮氧化物可转化成硝酸

硝酸盐

特征: 极易溶于水，有潮解性，不稳定，容易受热分解，释放出氧气，在高温时是强氧化剂

不同的硝酸盐受热分解产物不同

硝酸盐	受热分解后的产物	例子
-----	----------	----

活泼金属的硝酸盐 KNO ₃ NaNO ₃	亚硝酸盐+氧气	$2\text{NaNO}_3 \rightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2$
较不活泼金属的硝酸盐 Mg(NO ₃) ₂ Al(NO ₃) ₃ Zn(NO ₃) ₂ Fe(NO ₃) ₂ Fe(NO ₃) ₃ Pb(NO ₃) ₂ Cu(NO ₃) ₂	金属氧化物+二氧化氮+氧气	$2\text{Cu(NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{CuO} + \text{O}_2 + 4\text{NO}_2$
不活泼的硝酸盐 Hg(NO ₃) ₂ AgNO ₃	金属+二氧化氮+氧气	$2\text{AgNO}_3 \rightarrow 2\text{Ag} + \text{O}_2 + 2\text{NO}_2$

重要的硝酸盐

硝酸钾	黑火药的主要成分 75%的硝酸钾、10%硫磺和 15%木炭粉 $3\text{C} + \text{S} + 2\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2 + 3\text{CO}_2$ 用途：采矿、制造烟火
硝酸铵	肥料、制造笑气、维生素 B 等
亚硝酸钠 (工业盐) NaNO ₂	外观与食盐相似，有咸味 用途：混凝土添加剂，促进混凝土凝固，提高强度，作为食品防腐剂、肉类食品的发色剂等 误食工业盐会导致中毒，轻者头晕、呕吐，重者腹泻、死亡

硝酸根的检验 – 棕色环法(Brown ring test)

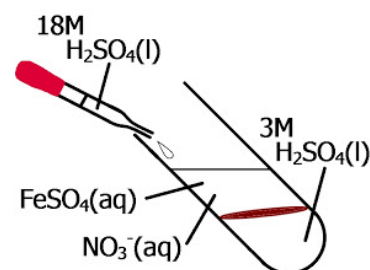
I. 浓硫酸和硝酸盐作用生成硝酸



II. 生成的硝酸被硫酸铁 II 还原为一氧化氮



III. 生成的一氧化氮立即跟硫酸铁 (II) 作用，生成棕色化合物 (棕色环)





SJUEC.COM

氮循环

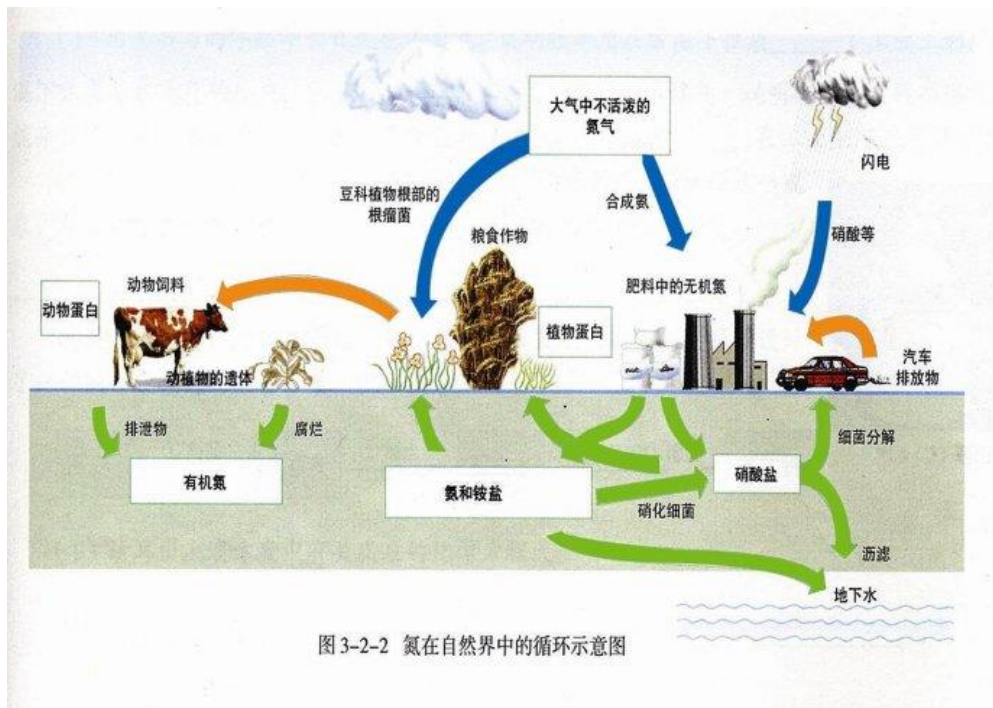


图 3-2-2 氮在自然界中的循环示意图

1. 固氮作用：将氮转变成氮化物的作用， $N_2 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow 2NH_3$ 。自然界的固氮作用方式，包括雷电作用和生物固氮，其中生物固氮约占 85%。固氮生物包括共生性（例如，豆类根部的根瘤菌）和非共生性（例如，某些蓝菌、好氧或厌氧细菌）微生物。
2. 氨化作用：指腐生菌或真菌等把土壤中的含氮有机物（如动植物死亡后的蛋白质等）氧化分解产生氨的过程，反应式为：蛋白质 \rightarrow 氨基酸 $CO_2 + NH_3 + H_2O + ATP$ ，反应过程中所产生的氨，可被土壤中的硝化细菌转换成硝酸盐（ NO_3^- ），即可被植物吸收。
3. 硝化作用：指在氧存在的状态下，铵盐被亚硝化菌和硝化菌，依次转变成亚硝酸盐和硝酸盐的过程。
4. 脱氮作用：是指土壤中的硝酸盐在缺乏氧气或是土壤酸化时，被某些真菌或细菌转变为氮、一氧化氮等气体形式释放至大气中的作用。故土壤缺氧常会导致植物缺乏氮肥。

氨

组成	<p>由氮和氢两种元素组成</p> <p>自然界存在的氮主要由蛋白质、尿素形成</p>				
物理性质	<p>无色、具有刺激性味、密度比空气小</p> <p>用途：制冷剂（氨气在加压下容易液化，使氨分子之间形成氢键，导致氨分子作用力增强，气化时需要吸收大量的热，使周围温度急剧降低）</p> <p>氨对人眼、鼻、喉黏膜有刺激作用</p>				
化学性质	<p>I. 极易溶于水，形成氨水，大部分氨水中的氨与水结合成一水合氨，氢键结合而成，很不稳定，受热会分解氨和水</p> <p>$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$</p> <p>一水合氨由电离 NH_4^+, OH^- 是弱碱性，能使酚酞变红色</p> <p>$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$</p> <p>II. 能与酸反应生成铵盐</p> <p>$\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$</p> <p>$\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$</p> <p>$2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$</p> <p>III. 由还原性，在催化剂（氧化铁（II）、氧化铬（III））下可与氧气发生反应</p> <p>$4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$</p>				
制取	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 5px;">实验室</td> <td style="padding: 5px;"> i. 加热铵盐和碱的混合物 ii. 加热浓氨水，氨水受热可分解产生氨气 </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">工业</td> <td style="padding: 5px;"> 哈伯法(Haber process) 用氮气和氢气直接合成氨气 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ 合成的氨是放热的可逆反应，一般条件 500°C, $3 \times 10^7 \text{Pa}$ 压力，和铁粉作为催化剂 </td> </tr> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>	实验室	i. 加热铵盐和碱的混合物 ii. 加热浓氨水，氨水受热可分解产生氨气	工业	哈伯法(Haber process) 用氮气和氢气直接合成氨气 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ 合成的氨是放热的可逆反应，一般条件 500°C, $3 \times 10^7 \text{Pa}$ 压力，和铁粉作为催化剂
实验室	i. 加热铵盐和碱的混合物 ii. 加热浓氨水，氨水受热可分解产生氨气				
工业	哈伯法(Haber process) 用氮气和氢气直接合成氨气 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ 合成的氨是放热的可逆反应，一般条件 500°C, $3 \times 10^7 \text{Pa}$ 压力，和铁粉作为催化剂				

铵盐（如硝酸铵、氯化铵、硫酸铵等）

特征：白色、易溶于水的晶体

化学反应

受热溶于分解，释放氨气	$\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl}$ $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
能与碱反应放出氨气	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

检验铵根

利用铵盐和碱反应制取氨气



SJUEC.COM