

元素丛书



氮 磷

NITROGEN AND
PHOSPHORUS

N P

山东教育出版社

元素丛书

Elements

氮 磷

**NITROGEN AND
PHOSPHORUS**

出版发行：山东教育出版社
(济南市纬一路 321 号)

网 址：<http://www.sjs.com.cn>

印 刷：利丰雅高印刷（深圳）有限公司

作 者：（英）布莱恩·奈普

翻 译：姜言霞

责任编辑：赵猛 刘辉

版 次：2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

规 格：16 开本

印 张：3.5 印张

字 数：60 千字

书 号：ISBN 7-5328-4937-6

定 价：18.00 元 / 册

（如印装质量有问题，请与印刷单位联系）

图书在版编目 (CIP) 数据

氮 磷 / (英) 布莱恩 · 奈普著 ; 姜言霞译. — 济南 : 山东教育出版社, 2005

(元素丛书)

ISBN 7-5328-4937-6

I. 氮... II. ① 布... ② 姜... III. ① 氮-基本知识 ② 氮化合物-基本知识 ③ 磷-基本知识 ④ 磷化合物-基本知识 IV. 0613.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第046983号

Copyright © Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 and 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the Publisher.

Suggested cataloguing location

Knapp, Brian

Nitrogen and phosphorus

ISBN 1 869860 59 4

— *Elements series*

540

Chinese edition published by Shandong Education Press. Copyright©1996 and 2002 by Atlantic Europe Publishing Company Limited.

Chinese edition is authorized for sale and distribution in China exclusively.

本书依据英国 Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 和 2002 年国际版权 (C) 翻译。

Atlantic Europe Publishing Company Limited 拥有版权。未经许可, 不得以任何形式, 包括以电子的或机械的方式进行照片复制或录音, 或是将信息存贮在任何检索系统上来翻印书中的任何内容。

中文版由 Atlantic Europe Publishing Company Limited 授权山东教育出版社出版。

该版本的中文版只在中国境内销售。

山东省版权局著作合同登记号:

图字: 15-2004-068

目 录

走进氮和磷的世界	4
氮气	6
从空气中获得氮气	8
氮气惰性的应用	10
氨气	12
氨气的实验室制法	14
氨气的工业制法	16
生物固氮	18
氮肥	20
自然界中的氮循环	22
爆炸的发生原理	24
炸药	26
爆炸的和平利用	28
二氧化氮	30
二氧化氮的制备	32
氮氧化合物	34
硝酸	36
白磷	38
红磷	40
磷酸与磷酸盐	42
长话短说——氮、磷	44
元素周期表	46
理解化学方程式	48
科技术语表	50

元素丛书



氮 磷

NITROGEN AND
PHOSPHORUS

N



P

山东教育出版社

阅读指南

你手中的这本书是为帮助你学习与化学元素有关的知识而精心编写的。它将系统而全面地向你介绍每一种化学元素的基本性质。翻开书中任何一页，除了对科技知识深入浅出的讲解以外，还有大量科技术语的定义及其解释，无论你已经掌握了多少化学知识，这本书都可以使你受益匪浅！在每一本书的最后，有详细注解的元素周期表，有出现在这套丛书中的全部科技术语一览表，还有一个专门栏目告诉你如何用化学方程式表达化学反应，另外还有一个栏目帮你提炼有关氮元素和磷元素最精华的知识，可谓精彩不断！

元素知识是整个化学科学的基础，大家一起来分享学习化学的快乐吧！

正文对基础知识和概念进行系统的、深入浅出的讲解

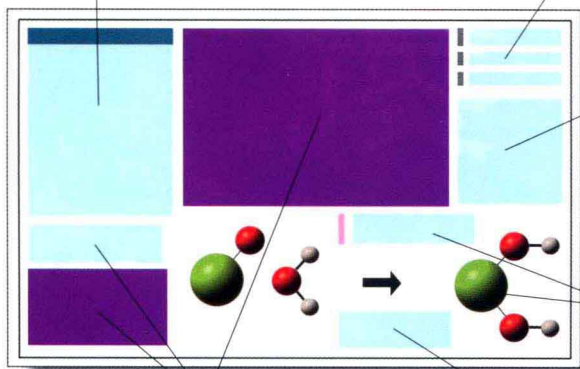
科技术语

结合实例，对正文中的有关内容进行更加深入的阐述

用化学符号书写化学方程式，以球-棍模型示意化学反应（参见本书第48页）

借助精心选择、注解清晰的图表，对知识进行更加直观、生动的讲解

多识一点：对相对深奥的知识和概念进行通俗易懂的解释



封面图：红棕色二氧化氮气体（红棕色是二氧化氮的特征颜色）

扉页图：火柴头点燃瞬间

图书在版编目 (CIP) 数据

氮 磷 / (英) 布莱恩 · 奈普著 ; 姜言霞译. — 济南 : 山东教育出版社, 2005

(元素丛书)

ISBN 7-5328-4937-6

I. 氮... II. ① 布... ② 姜... III. ① 氮-基本知识 ② 氮化合物-基本知识 ③ 磷-基本知识 ④ 磷化合物-基本知识 IV. 0613.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第046983号

Copyright © Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 and 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the Publisher.

Suggested cataloguing location

Knapp, Brian

Nitrogen and phosphorus

ISBN 1 869860 59 4

— *Elements series*

540

Chinese edition published by Shandong Education Press. Copyright©1996 and 2002 by Atlantic Europe Publishing Company Limited.

Chinese edition is authorized for sale and distribution in China exclusively.

本书依据英国 Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 和 2002 年国际版权 (C) 翻译。

Atlantic Europe Publishing Company Limited 拥有版权。未经许可, 不得以任何形式, 包括以电子的或机械的方式进行照片复制或录音, 或是将信息存贮在任何检索系统上来翻印书中的任何内容。

中文版由 Atlantic Europe Publishing Company Limited 授权山东教育出版社出版。

该版本的中文版只在中国境内销售。

山东省版权局著作合同登记号:

图字: 15-2004-068

目 录

走进氮和磷的世界	4
氮气	6
从空气中获得氮气	8
氮气惰性的应用	10
氨气	12
氨气的实验室制法	14
氨气的工业制法	16
生物固氮	18
氮肥	20
自然界中的氮循环	22
爆炸的发生原理	24
炸药	26
爆炸的和平利用	28
二氧化氮	30
二氧化氮的制备	32
氮氧化合物	34
硝酸	36
白磷	38
红磷	40
磷酸与磷酸盐	42
长话短说——氮、磷	44
元素周期表	46
理解化学方程式	48
科技术语表	50

走进氮和磷的世界

也许你对“元素”这个词并不陌生，但是你知道元素到底是什么吗？简单地说，元素是指含有相同核电荷数的一类原子，是组成物质的基本成分。连绵的山脉、翻腾的云海、变幻的星云，就连你我都是由各种各样的元素组成的。天然存在的元素只有 92 种，而正是这 92 种元素构成了宇宙万物。这本书所要展现给大家的是其中的两种元素——氮和磷。

氮

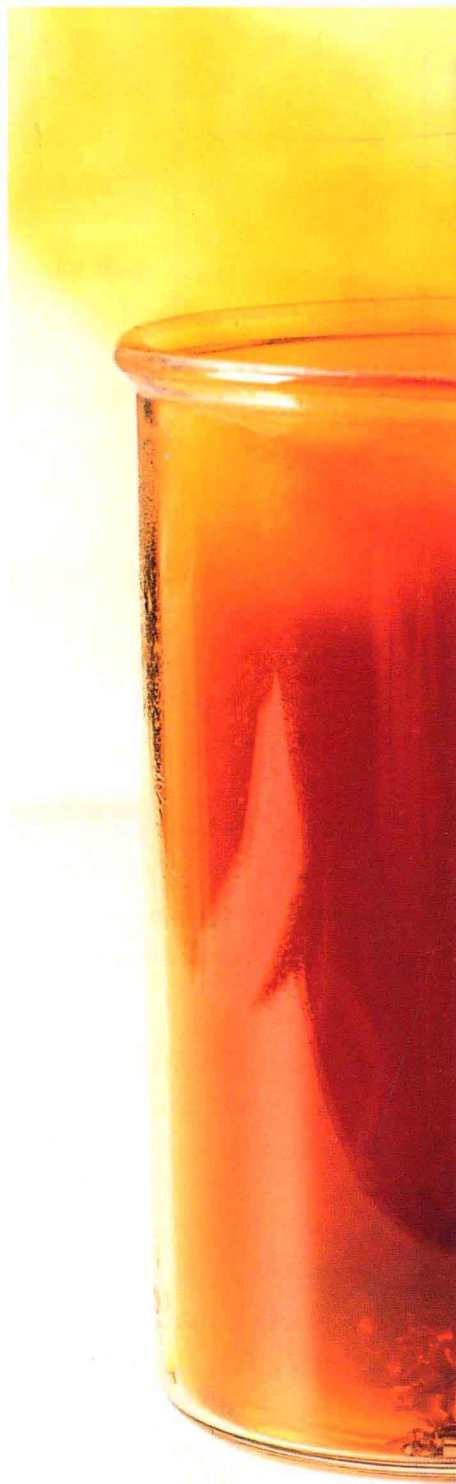
氮的元素符号为 N，其单质形式为氮气，是一种无色无味的不活泼气体。氮气就好像是空气中的一种惰性“填充剂”，在我们呼吸的空气中，有 $\frac{3}{4}$ 是氮气。

氮元素的英文名称“nitrogen”是由两个希腊词语“nitron”（硝石）和“genes”（形成）组成的，意思是“形成硝石的元素”。从远古时候起，硝石就是一种常用肥料。硝石的主要成分为硝酸钾（ KNO_3 ）。

氮气是一种不活泼气体，然而氮元素对于人体却是必不可少的，是氨基酸的重要组成元素，而氨基酸又是组成蛋白质的基本单元。所有生物体的主要组成元素都是氧、碳、氢、氮，这些元素主要来自于我们周围的空气和水。

但是，空气中的氮气不能直接被植物吸收利用，植物必须从可溶性氮的化合物中获取氮。

氮分子是由两个氮原子通过极强的化学键紧密结合在一起形成的。要把空气中的氮分子（ N_2 ）转化成氮的





化合物，需要获得足够的能量。

将空气中的氮气转化为氮的化合物的过程叫做“固氮”。自然界中的天然固氮途径主要有两种：一是闪电产生的能量使空气中的氮气转变成氮的化合物；二是某些植物的根中所含的根瘤菌具有固氮功能，这些植物大都是豆科植物，包括大豆、豌豆、蚕豆、苜蓿和红花草等。

还可以通过开采含氮的矿物或者通过化学方法得到氮的化合物。

含氮化合物发生化学反应，产生氮气时，会释放出大量的能量，因此它们常用来制作炸药，如黑火药和硝化甘油等。

磷

磷的元素符号为P，单质磷是固体，最初竟然是从蒸干的尿液中提取出来的！后来人们发现磷在黑暗中能发光，因此化学家们以希腊词语“能发光的”来命名这种元素。

磷与氮的性质大不相同，磷很活泼，自然界中没有以游离态形式存在的单质磷。磷元素主要以磷酸盐的形式存在于矿石中，单质磷是从磷的化合物中制得的。磷很容易发生剧烈燃烧，因此常用于制造军火。磷和氮一样，是生命体所必需的元素之一，磷的化合物在人体能量转化过程中发挥着重要作用。

◀ 发烟硝酸与铜屑反应生成红棕色二氧化氮气体。

氮气

氮气在空气中的体积分数为 78%，是空气中含量最多的气体。氮分子中两个氮原子之间的化学键很强，不像氧分子那样容易被紫外线破坏，所以即使在高空，也仍然是以氮分子的形式存在。

氮气是原始大气（形成于大约 4 亿年前）的组成气体之一，最初很可能来自于火山或温泉释放出来的氨气，氨气在光照的作用下能分解生成氮气和氢气。

原始大气中除氮气以外的其他气体部分与地球上的岩石、海洋等发生作用，慢慢消失，还有一些气体（例如氢气）则脱离大气，散逸到太空中。最终，只有不活泼的氮气留了下来，并且越积越多，成为现代大气的主要组成部分。

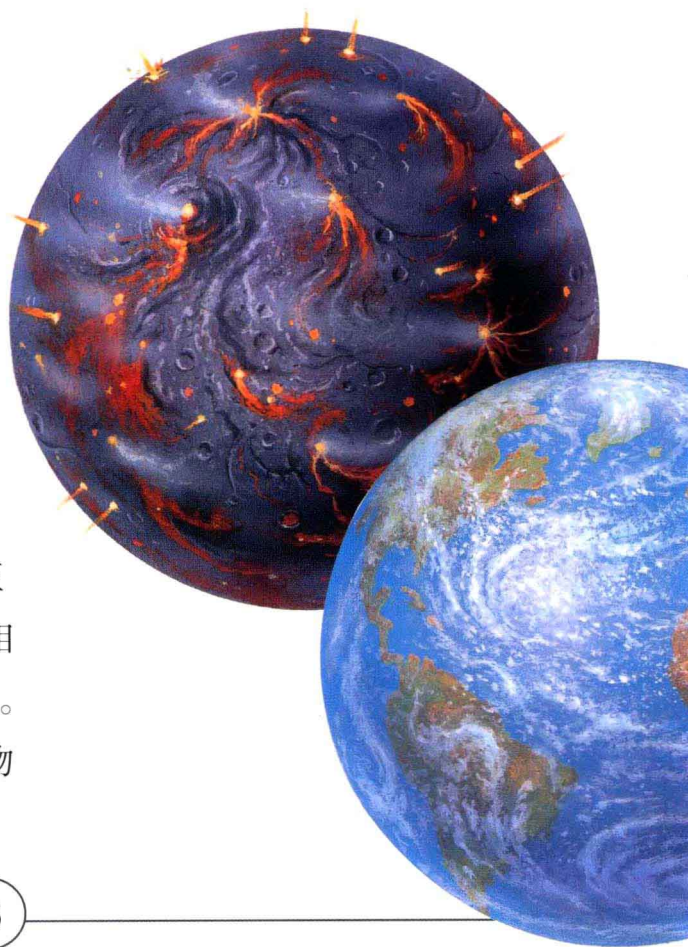
氮气在通常状况下不会与大气中的其他气体发生化学反应，除非是在闪电产生局部高温的情况下（或者在汽车发动机中）。闪电产生的能量能将局部空气加热到 3 万摄氏度，此时氮气和氧气能发生一系列反应，最终生成二氧化氮，二氧化氮溶于水后可最终转变成稀硝酸，这也正是酸雨的成因之一。然而，与污染性气体相比，这种自然过程对酸雨所做的“贡献”很少。同时，上述过程还将氮转化成易溶于水的物质，从而可以被植物吸收利用。

碳-14 的来源

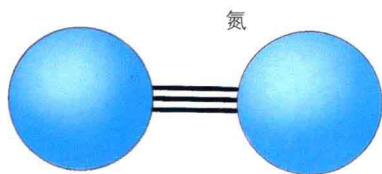
在高空大气层中，氮原子核受到由中子束组成的宇宙射线的轰击，使其质子数发生变化，变成具有放射性的碳-14。

碳-14 能与氧原子结合成具有放射性的二氧化碳，可以被植物吸收。这样，植物体内就储存了微量的碳-14，我们可以进一步通过测定动植物体中的碳-14 含量来确定它们的“年龄”。

▼ 最初，地球并没有大气，如今的大气是由频繁的火山爆发产生的气体逐渐演变形成的，其主要成分是氮气。



► 氮气分子模型。联结两个氮原子的三条线表示难以被破坏的氮氮三键。



溶解：一种或几种物质分散到另外一种物质中的过程。在溶解过程中不发生化学变化。

放射性物质：能够从原子核中发出放射线或释放出粒子的物质。

氮气的危险性

氮气虽然不易溶于水，却很容易溶解在人体的体液中，气压越大，溶解的氮气就越多。

海拔越高的地方，气压越低。因此，飞机机舱内不仅要有足够的氧气，还要维持一定的压强。如果气压发生变化，血液中氮气的浓度会迅速改变。如果气压下降过快，血液中的氮气析出后在血液中形成氮气泡，严重时会有生命危险。



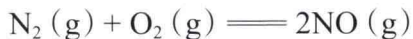
▲ 在南极和北极，地球高空中的气体分子或原子受来自太阳的高能电子的碰撞后，在夜空中产生美丽的极光。极光的形状多种多样，有的像面纱，有的似窗帘。极光的颜色也有很多种，每种颜色分别是由电子轰击某种气体产生的。红色极光通常是电子轰击氮气形成的，绿色极光则是电子轰击氧气形成的。这是从太空中观察到的地球极光。



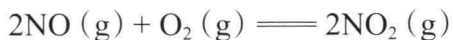
◀ 氮气在闪电的作用下能转化成可溶于水的二氧化氮。

化学方程式：氮气转化成二氧化氮

第1步：氮气 + 氧气 $\longrightarrow$ 一氧化氮



第2步：一氧化氮 + 氧气 $\longrightarrow$ 二氧化氮



化学方程式：二氧化氮形成酸雨

二氧化氮 + 水 $\longrightarrow$ 硝酸 + 一氧化氮



从空气中获得氮气

因为氮分子中两个氮原子之间结合得很牢固，所以常温常压下氮通常以气态单质的形式存在。氮气虽然占整个空气组成的3/4，自然界中却从未发现过天然存在的液态氮或固态氮。

液氮

将氮气冷却到足够低的温度，可以变成液态氮（即我们通常所说的液氮）。然而氮气的液化温度低达 -196°C ，所以这一过程很难实现。

相对比较容易的方法是从液化后的空气中得到液氮，这一过程可以看作是空气的“精炼”。空气中的各种组分气体都有各自特定的凝固点（物质从气态变成液态时的温度），温度下降到某一组分气体的凝固点时，该气体开始液化。例如，氧气在 -183°C 时就变成液态氧。

空气各组分中氮气的凝固点最低，因此液化空气时最后收集到的才是氮气。



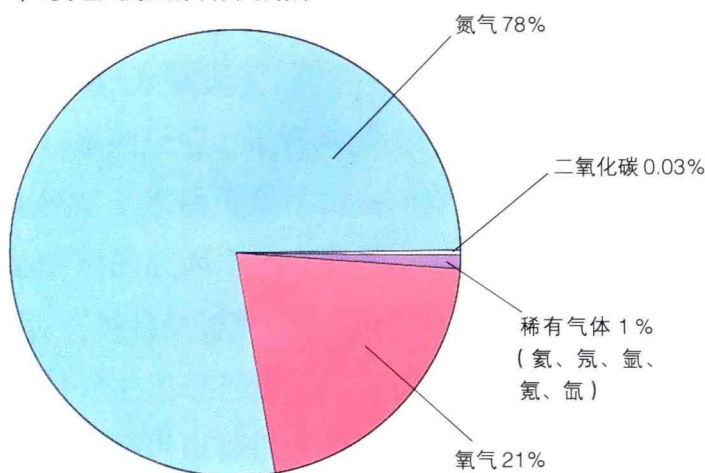
分馏液化空气制氮气

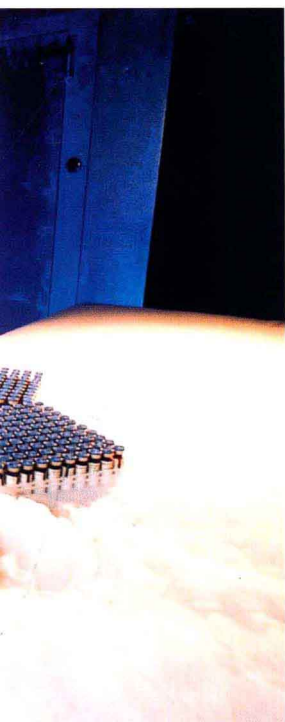
通常情况下，获得氮气最简单的方法是将大量的空气液化，然后使空气中的各组分依次沸腾后分别收集，这一过程叫做分馏。整个分馏过程是在一个高高的柱子（分馏柱）中进行的，分馏柱中装有一层层的塔盘，柱底是沸腾器，顶端则是冷凝器（气体出口）。

液态空气蒸发时，凝固点最低的液氮首先分离出来，而液氧则落到柱底。因此，如果严格控制条件的话，就可以将空气中的氮气和氧气分离。

分馏塔内的压强需要保持在5个大气压左右，在这一压强下，氮气和氧气的凝固点比常压下要高得多，分馏过程比较容易控制。

▼ 纯净空气的组成（体积分数）





► 分馏液态空气

将空气冷却至
-190℃，加压后
得到液态空气。

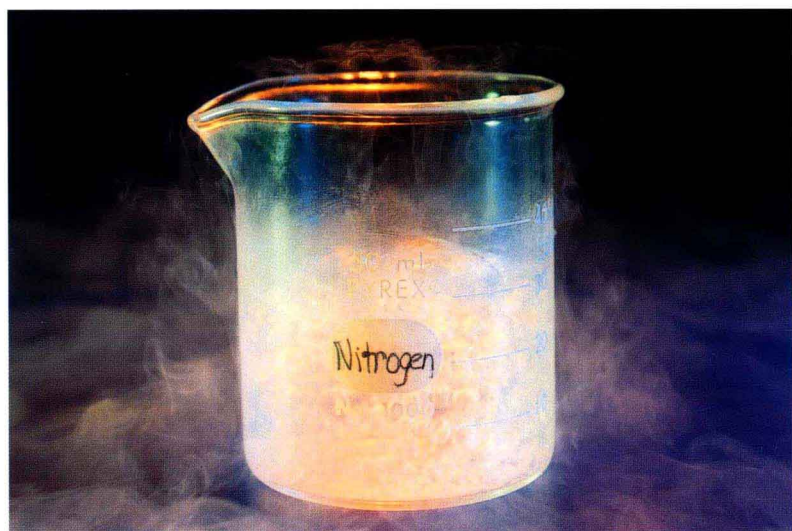
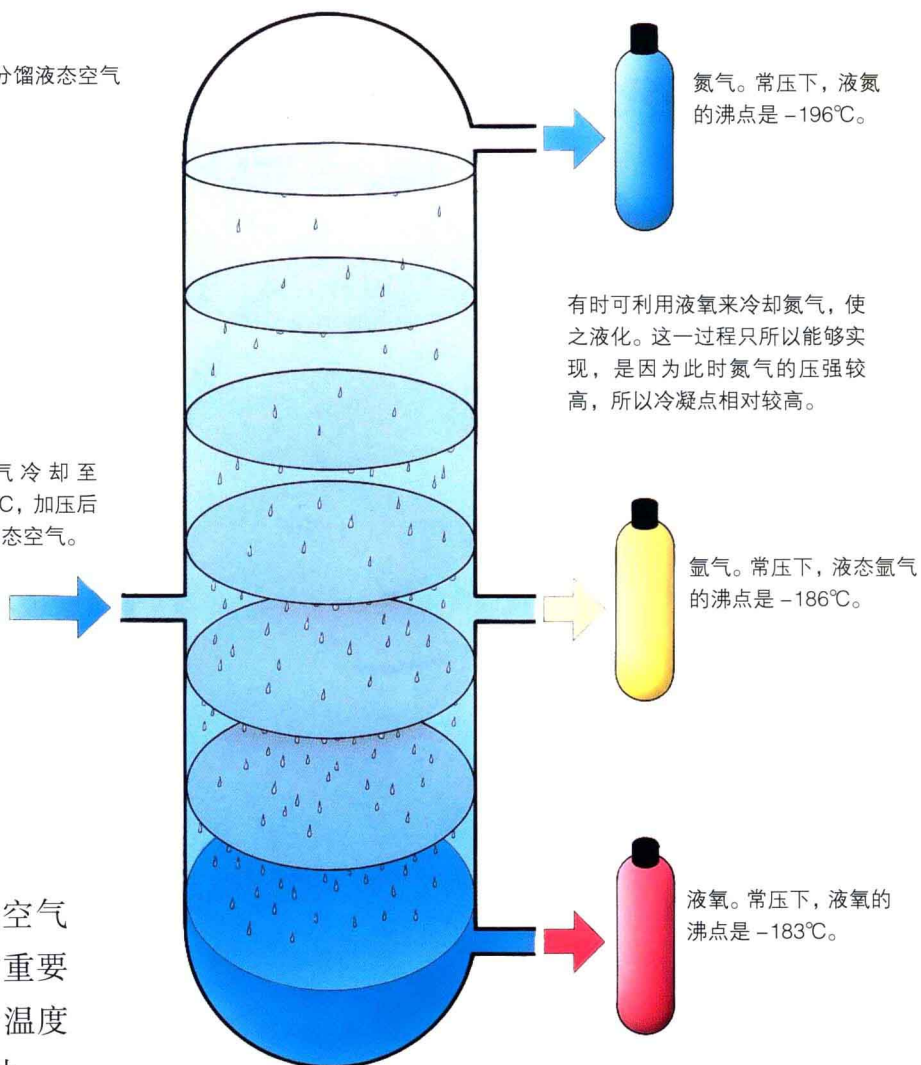
▲ 氮气的工业用途很广泛，
例如用于保存实验样品。

高压液化空气

人们在获得高压液化空气的时候，利用了一个非常重要的原理：气体的体积随着温度的降低或压强的升高而减小。

由于液态的分子所占的空间比气态分子小得多，因此要使空气变成液态，就必须利用低温或高压减小空气的体积。

空气在液化过程中，冷凝点相对较高的二氧化碳被清除掉，而微量惰性气体中冷凝点特别低的不能液化，所以得到液态空气的组成是：氮78%，氧21%，氩1%。



▲ 液氮在室温下剧烈沸腾。

氮气惰性的应用

氮气分子很稳定,不容易与其他物质发生反应,所以在很多情况下,可以把氮气视为一种惰性气体。

氮气的惰性似乎降低了它的应用价值,但事实并非如此——氮气的这一特性使其具有重要用途,如用作食品保鲜剂、作灯泡的填充气体等。

例如,在某些食物处理过程中使用氮气,可以防止氧气与食物接触并导致食物变质。氮气填充到灯泡中,能阻止氧气将灯丝氧化,从而延长灯丝的使用寿命。

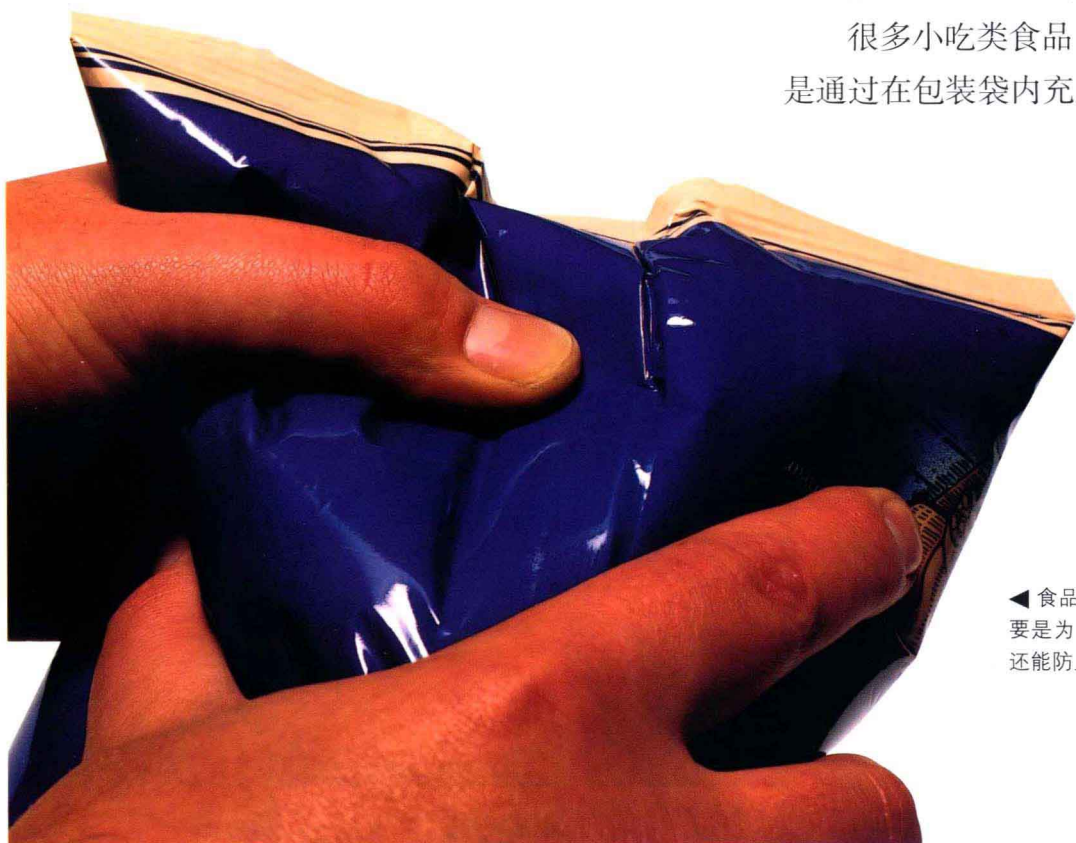
氮气用于食物保鲜

食物变质主要是由于氧气与食物成分发生反应。食物保鲜的方法之一是利用氮气排除氧气,因为氮气不会与食物成分发生反应。(氮气有时也被称为抗氧化剂,也就是说它能保护食物不被氧化。)

还可以利用氮气将温度迅速降到很低,冷冻保存食品。氮气的降温速度比空气快,因此食物往往“来不及”变质就被冷冻了起来。

食物在烤制时与氧气接触后会有比较大的变化。例如,在空气中焙炒咖啡豆会导致其香味散失,因此咖啡豆一般需要在充有氮气的炉中焙炒。

很多小吃类食品(例如薯条)就是通过向在包装袋内充入氮气保鲜的。



◀ 食品包装袋里充入氮气,主要是为了防止食品变质。同时还能防止袋内食品被压碎。

氮气用作灯泡填充气体

电灯（白炽灯）的工作原理是灯丝在高温下可发光。人们最初制造电灯的种种努力都以失败而告终，因为当时灯丝是暴露在空气中的，这样灯丝就难免和空气中的氧气反应，很快就会烧坏。

为了解决这一问题，人们把灯丝放入一个玻璃壳内，并把里面的空气尽可能抽干净，但是这种做法也不是很成功。原因有两方面：一是很难得到真空；二是一旦灯泡破碎，碎玻璃片可能会对周围的人产生伤害。而且，即使灯泡不碎，玻璃也会很快变黑，无法再用。这是因为炽热的灯丝会不断地释放出很多金属原子，沉积到玻璃壳的内壁上。玻璃壳变黑的同时灯丝也逐渐消耗殆尽。

上述几个不利情况都可以通过在灯泡中充入氮气避免。在灯泡内填充氮气，将氧气排出，这样灯丝就不会烧坏。同时由于氮气的存在，灯泡内的压强不会过低，也就不必担心灯泡会向内破裂爆炸。

充入氮气还有助于延长灯丝寿命。炽热的灯丝释放出的金属原子会被周围的氮气直接“弹”回灯丝上，这不仅能保护灯丝，还能使到达玻璃壳内壁的金属原子数量锐减，从而有效防止灯泡变黑。



氨气

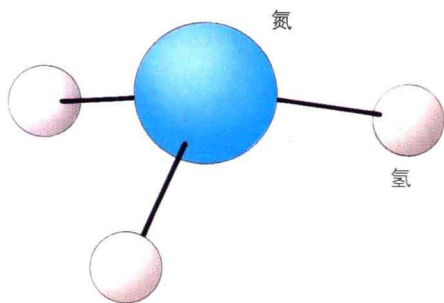
氨气（简称氨，化学式为 NH_3 ）是由氮和氢组成的气态化合物。氨的英文名称可能来自于古埃及人崇拜的阿蒙神（Ammon）。最初，氨气是通过燃烧动物的蹄角得到的。

氨是一种无色气体，具有一定的毒性，吸入一定量氨气后可导致头晕、恶心、呕吐等，严重时可产生肺气肿，同时氨气还会对眼角膜造成伤害。如果吸入极高浓度的氨气，则会产生生命危险。

氨气具有刺激性气味，所以很容易被觉察。在19世纪的欧洲，氨一度用于制作“嗅盐”。当时嗅盐的有效成分是一种氨的化合物——碳酸铵，用于唤醒社交场合中昏厥的女士（她们并不是因身体虚弱而昏厥，而是用这种夸张的方式表示她们受到了侵犯）。当氨气刺激喉咙时，她们就很难继续装出晕倒的样子并立即“苏醒过来”。

氨气极易溶于水。氨气溶于水后得到氨水。市售的家用稀氨水常用作消毒剂和清洁剂。

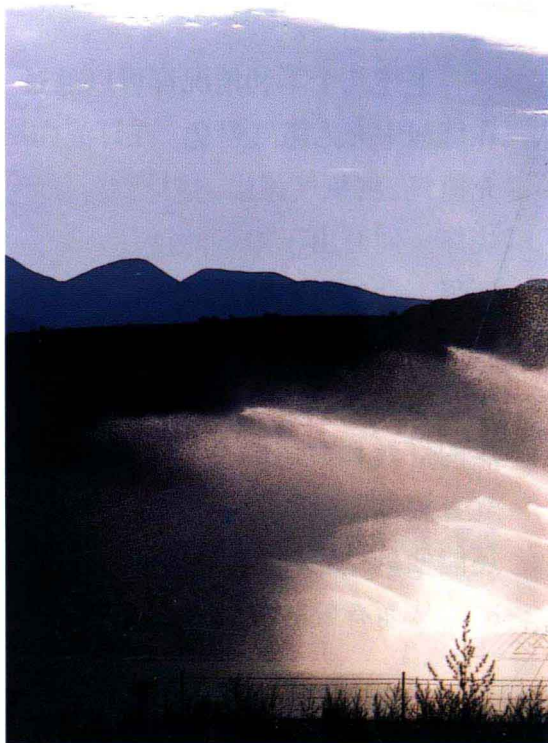
氨气也是最重要的化肥原料之一。



▲ 氨分子结构模型

冰箱里的氨

氨气的沸点较高，约为 -33°C ，因此比较容易液化。液氨蒸发时能吸收大量的热量，而且氨没有腐蚀性，容易制取，因此特别适合作为冰箱制冷剂。



► 氨可以直接添加到农业灌溉用水中，在灌溉的同时施肥。由于使用浓度非常低，因此气味不会很强烈。

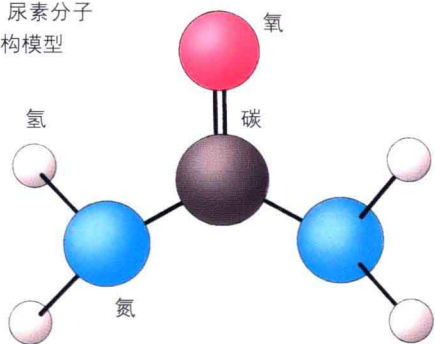


塑性：如果某种材料很容易发生变形，那么我们就把这种材料叫做塑性材料。塑性材料将保持即时形状（而弹性材料是指可以回复到先前形状的材料）。

树脂：天然或合成的聚合物，能够加工制模，或者抽成细丝。

◀ 贯穿整个阿拉斯加的输油管道采用了成千上万根用氨制冷的支架。支架之所以需要保持足够低的温度，是为了防止支架周围的冻土融化变软，从而使支架下陷，导致管道破裂。

► 尿素分子结构模型



氨的用途

工业生产的氨大部分用于制造化肥。氨可以直接作为化肥使用，例如，可以向农作物或土壤中喷洒氨水，也可以向土壤中注射氨气，因为氨的溶解性很好，很容易溶解在灌溉水中。

氨是生产尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 的原料，尿素除可作肥料使用外，还可以用来制造树脂、化妆品和药物等。

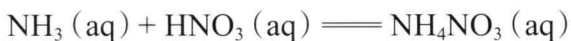
氨还有一个重要的用途，即与硝酸反应制备硝酸铵。硝酸铵可用于制作炸药，如 TNT、硝化甘油等（见第 27 页）。

氯化铵（由氨气和氯化氢反应生成）可作为金属清洗剂，在涂刷油漆、电镀以及焊接之前用于清洁金属表面。所有锌碳干电池中都有糊状的氯化铵。

氨还深得木器工匠们的青睐，因为木头在氨水中浸泡后，塑性大为提高，比较容易弯折。而随着氨气的挥发，木头又会重新变硬。

化学方程式：氨与硝酸反应

氨 + 硝酸 $\longrightarrow$ 硝酸铵



氨气的实验室制法

氨是一种碱性物质，具有碱的通性，例如能使酸碱指示剂变色，实验室中常据此检验氨气的存在。

氨极易溶于水，1 体积水能溶解 400 体积的氨，饱和氨水溶液的密度为 0.880 g/mL。

氨的碱性和易溶性可以用一个很经典的实验（喷泉实验）来演示。

实验室中可用加热硫酸铵（或氯化铵）和氧化钙混合物的方法制取氨气。

实验室制备氨气

用研杵将硫酸铵和氢氧化钙在研钵里研碎并混合均匀，放入一个长颈圆底烧瓶中，用铁夹夹住烧瓶的颈部，瓶口略向下倾斜。

加热混合物，反应生成氨气和水蒸气。潮湿的氨气通过装有氧化钙（干燥剂，氧化钙也是一种碱性物质，因此不会和氨发生反应）的干燥装置。氧化钙能吸收氨气中混有的水分，生成氢氧化钙。因为氨气的密度比空气的小，所以可利用向下排空气法将干燥的氨气收集在一个瓶口朝下的圆底烧瓶中。



◀ 实验室制备氨气

化学方程式：实验室制备氨气

硫酸铵 + 氢氧化钙 $\longrightarrow$ 氨 + 水 + 硫酸钙

