

化学世界漫游

应礼文 编



中国大百科全书出版社

中小学图书馆百科文库

柳斌题





目 录

头等重要的空气	1
生命赖以存在的物质	1
看不见和摸不着的空气	2
空气的成分是什么	3
不助燃的空气成分——氮气	6
从太阳光谱里发现的空气成分——惰性气体	9
宇宙间并不稀有的惰性气体	15
二氧化碳的功与过	18
看得见摸得着的空气——液态空气	20
氧的孪生兄弟——臭氧	21
 生命之水	 24
自然界的水	24
水质污染	26
水的净化——自来水	28





硬水的软化	30
水的纯化	31
海水淡化	34
重水是水吗?	35
海洋里有哪些宝贝	36
向老天爷讨水——人工降雨	37
 万物之源——化学元素	 39
化学纸牌游戏与元素周期律	41
最轻的化学元素——氢	43
开发未来的新能源——氢能源	47
热核反应的原料——氘、氚	49
100 多年发现了一个元素——氟	50
最活泼的化学元素——氟	52
与生活密切相关的氟化物	54
海洋中的非金属元素——氯、溴、碘	56
处处都能遇到的硫黄	59
从人尿中发现的元素——磷	61
世间珍品金刚石	63
无机世界的优秀材料——碳和碳化物	67
中国古代四大发明之一——火药	69
形形色色的硅酸盐	70



玻璃创造的奇迹	73
古老陶瓷谱新篇	77
 多能的金属	 80
金属中的老大哥——铁	80
历史最悠久的金属——铜	83
用作饰物和货币的金属——金和银	86
铝曾经比金子还贵	89
活泼的碱金属	91
金属中的新星——钛	93
中国丰产的稀土	95
金属元素与健康	99
 庞大的有机家族	 105
分布最广的有机物——糖	105
有甜味的都是糖吗?	107
人体内的燃料——脂肪	108
构筑蛋白质的基石——氨基酸	110
让菜肴更鲜的谷氨酸	112
肮脏的煤焦油变成美丽的染料	114
肥皂和合成洗涤剂	116
医药也有赖于化学	122





高分子世界	128
厨房里创造了高分子材料	129
第一种塑料的问世	130
第一种人工合成的高分子	131
产量最大的塑料——聚乙烯	134
价廉物美的聚丙烯和聚氯乙烯	138
玻璃工业中的异乡人——有机玻璃	140
钢铁的竞争者——工程塑料	143
质量最轻的材料——泡沫塑料	145
扬长避短的复合材料	149
高分子的合金——共聚物	153
塑料之王——聚四氟乙烯	154
人的器官能替换吗?	155
告别糍糊和鳔胶	159
汽车和飞机工业的支柱——橡胶	162
琳琅满目的纺织纤维	166
历史悠久的棉麻织布	167
雍容华贵的丝织品	168
纺织品中的精品——毛织品	169
最早的化学纤维——粘胶纤维	170



形形色色的合成纤维	173
挺括不皱的涤纶	174
耐磨的冠军锦纶纤维	175
人工合成的羊毛——腈纶	176
哪一种纺织品好	177



头等重要的空气

生命赖以存在的物质

空气对于我们来说，可算是头等重要的。一个人可以几天不喝水，十天不吃饭，生命仍然能够延续。但是，如果我们几分钟内呼吸不到空气，就要危及生命。

现在科学技术发展的水平表明，只有被大气包围的地球上才存在着生命，至少在目前的星际探索中，我们还未能从月球和其他星球上找到生命存在的痕迹。如果地球上没有空气了，所有的生物将从地球上灭绝，地球将是一片寂静。

空气的组成是复杂的，它的固定组成部分是氧气、氮气和惰性气体，可变的组成部分是二氧化碳和水蒸气。二氧化碳和水蒸气的含量只在狭窄的范围内变动，由地理位置、温度和工业生产的发展情况而变，例如发电厂等烧煤多的工厂附近，二氧化碳的量会大一些。此外，一些特殊情况会使空气中增加一些其他的气体，例如电解食盐的工厂周围，空气中含有氯气，冶金工厂附近含有二氧化硫。空气中还含有微量的氢气、臭氧、氮的氧化物和甲烷。

在地球上空的空气称为大气层，每一平方千米的地面的上空共有 10130000 吨空气，地球表面的面积为 5.1 亿平方千米，因此大气层中有 517 亿万吨空气。大气层的厚度为 800 多千米。

大气层的存在，不仅使地球上有了生命，而且还起着保护生命的作用。众所周知，太阳每时每刻都在散发着光和热，因此地球上一直受到紫外线等射线的照射，而强烈的紫外线对于人和生物是有害的。大气层的存在能将大部分紫外线挡住，只有少部分紫外线通过大气层，到达地球表面，因此，大气层也是人类的保护神。





干空气的组成

气 体	空气的组成	
	体 积 (%)	重 量 (%)
氮气	78.03	75.47
氧气	20.99	23.19
氩 *	0.94	1.29
二氧化碳	0.031	0.048
氢气	0.01	0.0006
氦 *	0.0015	0.001
氖 *	0.0005	0.00006
氪 *	0.00011	0.0003
氙 *	0.00009	0.00003

* 氩、氦、氖、氪、氙都是惰性气体。

看不见和摸不着的空气

通过上面的介绍，你对空气这种物质一定有了基本了解。可是，对古时候的人来说，看不见和摸不着的空气实在是太难捉摸了。这一点也可以从“空气”这个名称来说明，所谓“空”，就是“什么也没有”。那么，空气中果真是“什么也没有”吗？

第一位揭开空气的奥秘的科学家是意大利的伽利略，他一生有过许多发明，特别值得一提的是，他在天主教统治时期，勇敢地站出来宣传和捍卫了哥白尼地球围绕太阳旋转的学说。与常人不同，伽利略认为，空气是有重量的，为此，他设计了一个实验。

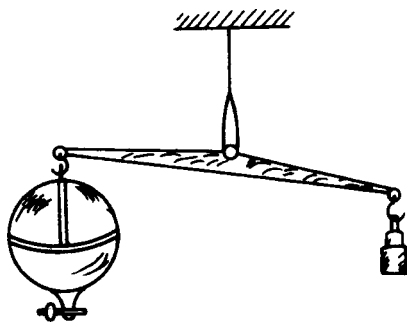


图 1 空气有重量

伽利略利用气泵使一个玻璃瓶灌足了空气，然后用天平称出



它的重量。再把瓶子打开，他发现，玻璃瓶的重量变轻了。这个现象作何解释呢？伽利略认为，灌到玻璃瓶中的空气在瓶子打开后，有一部分空气跑掉了。于是，伽利略弄清楚了，空气是有重量的。

伽利略的学生托利拆里进一步发展了老师的研究，证明了空气有压力。既然空气有重量，那么，它一定是一种物质，当然会产生压力。托利拆里设计了一个实验。

在一支一端封闭的长玻璃管中装满了水银，然后让开口的一端朝下，插入一个装了一半水银的玻璃容器中，开始时玻璃管中的水银面下降，但降到一定程度，水银面便保持不变了，而且水银面的高度恰好是 760 毫米。这又作何解释呢？托利拆里认为，这是周围的空气有压力，把水银面压到 760 毫米的高度。于是，空气有压力这个事实，应该是无可怀疑了。

空气的成分是什么

在 17 世纪，已经有了造成真空的方法，利用抽气泵，可以把容器中的空气抽出，造成真空。英国化学家波义耳和他的助手胡克做了这样的实验。先把木炭或硫黄放在一个容器中，然后用抽气泵将容器中的空气抽尽，再将容器强烈加热，他们发现，原本很容易燃烧的木炭和硫黄却不能在真空中燃烧。他们又将木炭、硫黄和硝石（硝酸钾）混合，即使放在真空中，也能燃烧。这个实验使波义耳认识到，燃烧必须依赖空气，空气中这种助燃的物质在硝石中也能找到。

图 2 空气既有重量，又有压力，证明了空气确实是一种物质。那么，空气究竟是一种什么样的物质呢？空气有压力



这种助燃的物质到底是什么呢？化学家为此作出了漫长的探索。英国医生梅猷首先迈入空气的大门。他将一支点燃的蜡烛放在一块木板上，木板位于水面之上，然后，用一个玻璃钟罩扣住蜡烛和水面。他发现，蜡烛在燃烧时，钟罩内的水面逐渐上升，



最后，蜡烛火焰熄灭了，水面也不再上升了，水面之上还存在一个大的空间。他又将含有硝石的火药放在水下燃烧，发现它和在空气中一样地燃烧和爆炸。梅猷认为空气中存在着一种助燃的粒子，称之为硝气精。他又将小活鼠放在密闭的钟罩内，不久之后，小鼠便死亡了。他认为空气中还存在着一种帮助呼吸的粒子。梅猷的实验只能算是对氧气的性质进行了研究，他并未收集到纯的氧气，因此也无法进行深入的研究。

首先制出纯净的氧气的化学家是瑞典人舍勒。因为波义耳曾经指出，空气中助燃的物质也能在硝石中找到，于是，舍勒首先想到要把硝酸钾加热，看它是否能产生这种助燃的物质。

舍勒把硝酸钾放在曲颈甌中，曲颈甌的出口与一个用膀胱做成的气球相连，将曲颈甌放在炉火中加热，膀胱气球真的被一种气体充满了。为了验证这种气体确实能助燃，舍勒把点燃的蜡烛放到这种气体中，蜡烛燃烧得更猛烈了，放出耀眼的火光。

舍勒认为，他已经从硝石中制出了这种助燃的气体，它被舍勒称为“火空气”。为了进一步验证自己的判断，舍勒又将硝酸银、硝酸汞、氧化汞和软锰矿放在曲颈甌中加热，也都得到了同样结果。舍勒还写了《论火与空气》一书，论述了这些现象。

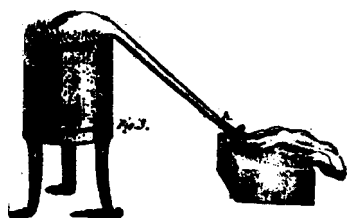


图3 制备“火空气”

最早制备出纯净氧气的化学家还有英国人普利斯特里，他的实验方法和实验记录都是相当有趣的。

在普利斯特里的玄孙女帕克斯·贝洛克夫人的客厅里，通常作为摆放艺术珍品的玻璃柜内，放着一个大的凸透镜，这种与众不同的摆设说明了这个透镜一定是一件珍贵的纪念品。每次，帕克斯·贝洛克夫人总是非常自豪地把这件传家宝介绍给客人们：“这个透镜是约瑟夫·普利斯特里的遗物。”

普利斯特里对研究空气最感兴趣，他点燃了一支蜡烛，把它和一只老鼠一起放到玻璃容器中，立刻盖好盖子。蜡烛燃烧了一



阵便熄灭了，不久，老鼠也死了。看到了这一现象，普利斯特里猜想，空气中一定存在着什么东西，在它燃烧后便会将空气污染，使老鼠不能在这种污染的空气中生存。为此，他一直想找出使空气污染的原因。

1774年，普利斯特里得到了一个直径12英寸，焦距为20英寸的大凸透镜，用它可将太阳光聚焦到一点，在这一点上，温度相当高，可以用来加热少量物质。这种方法比用炉火加热简单，而且很干净。当普利斯特里把太阳光的聚焦点对准玻璃器皿内的氧化汞时，他突然发现，氧化汞粉末正在微微地颤动，好像有什么东西从粉末中向外吹出。几分钟后，粉末表面出现了一颗小小的银珠，很明显，氧化汞已经分解成金属汞了。普利斯特里设想，氧化汞是否还会分解出气体，因为加热时，粉末在向外吹气。如果有的话，这种气体一定还在玻璃器皿内。于是，他把点燃的干木条放入器皿内，木条燃烧得更旺。看来，器皿内确实产生了一种助燃能力很强的气体。

进一步的实验结果都被普利斯特里详细地记录下来：“我把老鼠放在脱燃素空气（普利斯特里为氧气取的名称，当时并没有氧气这个称呼）里，发现老鼠过得非常舒服，我自己也受了好奇心的驱使，亲自加以试验。我用玻璃吸管从充满这种气体的大瓶子里吸取脱燃素空气，当我吸过这种气体以后，经过好多时候，身心一直觉得十分舒畅。有谁能说这种气体将来不会变成通用品（为大众享受的物品）呢？不过，现在只有我和两只老鼠才有享受呼吸这种气体的权利。”

不论是舍勒，还是普利斯特里，他们虽然都制出了纯净的氧气，但并未肯定这种气体是一种化学元素。正式称这种气体为氧气的人是法国化学家拉瓦锡，他在巴黎接待来访的普利斯特里时，了解到普利斯特里做的实验，拉瓦锡也设计了一个实验，想

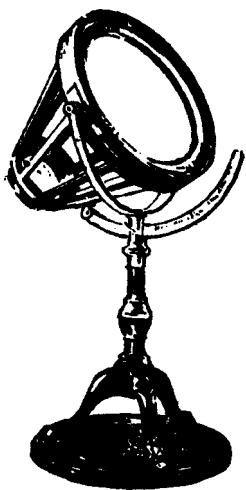


图4 普利斯特里用的透镜



要证实空气中也存在着“脱燃素空气”。

拉瓦锡往曲颈甌里加少量汞（俗称水银），曲颈甌的瓶口伸入一个倒置在汞槽上的玻璃钟罩内，钟罩里的空气与曲颈甌是相通的。在实验前，先把钟罩内水银面的位置做一个记号，然后缓慢地加热，曲颈甌内开始产生氧化汞，它恰恰就是普利斯特里用来制备“脱燃素空气”的原料。曲颈甌被整整加热了12天，直到拉瓦锡断定里面的汞不再与空气发生反应为止。再观察玻璃钟罩内的水银面，拉瓦锡发现水银面上升了，也就是曲颈甌和玻璃钟罩内的空气体积减小了 $\frac{1}{5}$ 。拉瓦锡恍然大悟，原来空气中

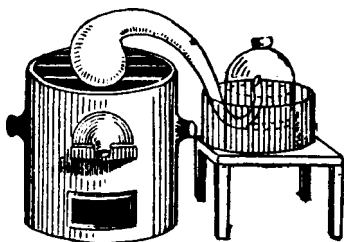


图5 拉瓦锡的实验装置

就存在着“脱燃素空气”和“火空气”，而且占空气体积的 $\frac{1}{5}$ 。所谓物质的燃烧过程，就是与空气中的那一部分气体相化合的过程。拉瓦锡认为这种气体是一种化学元素，并把它叫做氧气。

读完了这个小故事，我们可以悟出一个道理，科学的发展不仅需要像普利斯特里和舍勒那样的勤勤恳恳的实验化学家，也需要像拉瓦锡这样的理论家，他面对实验事实，经过周密的思考和严格的逻辑推理，使这些实验结果得出了正确的解释，提出了崭新的燃烧理论，这也许就是拉瓦锡成为大化学家的原因。

不助燃的空气成分——氮气

在舍勒、普利斯特里和拉瓦锡发现氧气的过程中都看到了，当空气中那部分助燃的气体被耗尽以后，老鼠在剩余的气体中难以生存，也就是说，剩下的气体既不助燃，也不帮助呼吸。这种气体就是氮气，按照希腊文“氮气”一词的含义，乃是“不能维持生命”。

过了许多年以后，人们对于“不能维持生命”这个说法有了新的认识，他们发现，氮这种化学元素对于生命来说竟然是那样的重要，因为氮是构成氨基酸和蛋白质的必需元素，是使人类充



满活力的必需元素。

蛋白质是生物体内一切组织的基本组成部分，细胞内除了水之外，其他 80% 的物质都是蛋白质。蛋白质在生命现象和生命过程（包括有机体的运动、抵抗外来物质的防御功能、细胞的代谢调节）起着决定性作用。蛋白质中的血红蛋白负责输送氧气。激素是一种蛋白质，它负责在新陈代谢过程中起调节作用。人体内到处存在的酶也是一种蛋白质，它对人体中发生的各种化学反应起着催化作用。抗体这种蛋白质能够预防疾病的发生，而核蛋白则与生物的遗传有密切的关系。

氮还是肥料的主要成分。“民以食为天”，要发展农业，一天也离不开肥料。自古以来，人们不自觉地利用了最原始的氮肥，即农家肥、硝石（硝酸钾和硝酸钠）、雨水中的氨以及由闪电产生的氮的氧化物。可是，随着人口的增长和农业的发展，只靠这些自然界的施舍，是养活不了全人类的。因此，化学家进行了无数次研究，设计了一个又一个的方案，为的是最有效和最经济地把空气中的氮气利用起来。

化学家一直把氮气看成是惰性的，这是不无理由的。因为在氮分子中，两个氮原子之间以三个化学键相连接，结合得非常牢固。氮气本身不溶解在水中，不能作为肥料被植物吸收。因此，要利用氮气为我们服务，必须首先把氮气转变为可溶性的化合物。这种转变的关键是要把氮分子（氮气）分解为氮原子，再与其他元素发生反应，形成氮的化合物。

最早实现这种化学反应的是大自然。在那雷电交加、闪电轰鸣的天气里，划破长空的闪电产生巨大的能量，使氮分子离解为氮原子，然后再与氧原子化合成氮的氧化物——一氧化氮和二氧化氮，它们与雨水作用，生成硝酸。硝酸的稀溶液随着雨水下降到地面，被土壤吸收后成为硝酸盐肥料。但是，这一点氮肥决不能使土地大量增产粮食，于是，化学家想到了模拟闪电合成硝酸的反应来制取氮肥。

20 世纪初，挪威物理学家伯克兰德和工业化学家艾德利用强的交流电源产生的电弧得到高温，电弧的火焰在两个强电磁铁的





两极之间形成很薄的圆盘状，面积很大，火焰的直径可达 3 米。在用耐火砖砌成的炉子中，火焰温度可达 3300°C ，吹入炉子里的空气与火焰接触时受到强热，其中的氮气和氧气即化合成一氧化氮。然后迅速冷却到 $1100 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，一氧化氮又与氧气化合，生成二氧化氮，与水作用，产生硝酸。

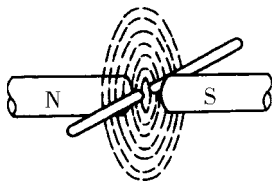
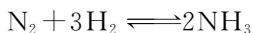


图 6 电弧产生高温

这种方法只对少数电力资源极为丰富的地区才具有实用价值，1905 年挪威这个能够提供大量廉价的水力发电的国家正式建厂生产硝酸和氮肥，但它只能为挪威提供产品，全世界范围的氮肥工业的发展仍然是一个迫切需要解决的问题。

用氮气和氢气直接合成氨是公认的好办法，但这并不是简易可行的。德国化学家哈伯和他的同事罗塞格诺尔坚持不懈地系统地研究合成氨反应。开始时，在常温常压下试验，但氮气和氢气不发生反应，并未觉察到有氨生成。他们又让氮气和氢气通过电火花，也只有少量氨生成。经过了一系列改变温度和压力条件的试验，哈伯终于在 200 大气压和 550°C 下实现了在工业上切实可行的合成氨反应：



反应所需的催化剂经过化工专家波施做了两万次试验，选中了金属铁和碱金属化合物组成的催化剂。哈伯和波施也因为这个重大发明而获得诺贝尔奖金。

利用合成氨，可以生产多种肥料，如尿素、硫酸铵、碳酸氢铵，成为肥料工业发展中的一个飞跃。

科学技术的发展总是无止境的。化学家们并未因为合成氨获得成功而满足。他们总想摆脱高温和高压这种苛刻的反应条件，创造出一种在常温常压下就能合成氨的方法。其实这种想法并非空中楼阁，在大自然中，早就存在着在温和条件下将空气中的氮气转变为有用的氮的化合物的先例。

豆科植物（如蚕豆、豌豆或苜蓿类植物）的根部长着许多根瘤，依靠其中的根瘤菌（又称固氮菌），把空气中的氮气转变为



氨和有机胺化合物，为植物提供充分的养料。固氮菌之所以能够把氮转变为有用的氮的化合物，是因为它含有一种固氮酶。众所周知，酶在生物体内是一种高效的催化剂，在生物体内发生反应时，能起加快反应的作用。现在，研究的对象就是固氮酶，以及它如何在化学反应中起作用。

虽然现在的研究离开实际应用还有一大段距离，但科学家在弄清固氮酶的结构及其活性中心上已有初步的成果。例如中国化学家蔡启瑞和卢嘉锡运用络合催化和结构化学原理，提出了固氮酶活性中心的模型。又如美国化学家也为合成固氮酶进行了初步的探索。相信在不久的将来，会有重大的突破。

从太阳光谱里发现的空气成分——惰性气体

月球在绕地球的运行过程中，有时会到达太阳和地球的中间，把太阳的光完全遮住了，这就是我们通常称为的日全食。在日全食时，人们可以在没有强烈的太阳光照射的条件下，看清楚太阳最外层的大气，这层大气通常称为日冕。同时，还可看清楚太阳表面正在燃烧着的巨大火焰，这种火焰通常称之为日珥。

1868年8月18日发生日全食，法国天文学家约翰逊赶到能够观察到日全食的印度，利用多色测光的方法了解太阳表面的组成（即太阳表面存在着什么化学元素）。他从分光镜中看到日珥的光谱线中有几条亮线，其中的一条是红色的、一条是蓝色的、一条是黄色的。同年10月20日，英国天文学家洛克耶观测到太阳的色轮中有三条黄色的谱线，其中两条黄色谱线属于钠，另外一条黄色谱线则不与任何一条已知元素的光谱线相符合。

当时，约翰逊已经能够分辨出，在他所看到的光谱线中，红色和蓝色的光谱线属于氢的光谱，这证明太阳最外层的大气中含有氢气，但是和洛克耶一样，就是找不到这条黄色光谱线的来历。唯一的答案只能是这条黄色光谱线属于一种未知元素，而且在地球上并不存在这种元素，只能在太阳表面找到它。于是洛克耶就根据新元素是从太阳光谱中发现的，将它命名为氦，该字来





源于希腊文，含义是“太阳”。

1888~1890年，美国地质学家希莱布兰德把钇铈矿和硫酸放在一起加热，产生一种气体，既不会自燃，也不助燃。英国化学家拉姆塞重复了希莱布兰德的实验，并把气体收集起来，利用各种化学反应尽可能把这种气体内的杂质除去，使气体达到纯净的程度。拉姆塞用分光镜观察这种未知气体的光谱线，看到一条黄色的光谱线，与钠的光谱线比较时，不属于钠的。这时，拉姆塞突然想起，在27年前，天文学家约翰逊和洛克耶曾经发现过太阳上存在着一种新的化学元素——氦，它的光谱线也是黄色的，但不和钠的黄色光谱线重合。那么，拉姆塞观测到的光谱线会不会是氦的光谱线呢？经过仔细地核对，从钇铈矿中产生的未知气体的光谱线果然是从日珥光谱中观察到的氦的光谱线。到此为止，科学家终于在地球上发现了被约翰逊和洛克耶认为只存在于太阳上的化学元素。后来，拉姆塞从大量的液态空气中分离出少量气体混合物，对它进行了光谱分析，也看到了特征的氦的黄色谱线，拉姆塞终于在空气中找到了惰性气体氦。

后来，化学家又在雨水、河水、海水、井水、矿泉水和天然气中发现了氦，说明我们周围的环境中都存在着氦，真是应验了中国的一句古话：“远在天边，近在眼前。”

除了氦以外，空气中是否还存在着其他惰性气体呢？1892年，世界闻名的《自然》杂志上刊登了一封读者来信，写信的人是著名的物理学家英国剑桥大学教授瑞利。

这个问题是怎样提出来的呢？原来，瑞利的实验室拥有当时最精密的天平，灵敏度达到万分之一克。他在利用这架天平测定氮气的密度时，得到了一种非常奇怪的结果。由于测量气体的密度是一件异常精密的实验工作，按照惯例，不但要求实验结果具有重复性，而且对于测定某一种气体的密度，还要先用不同的方法制取这种气体，然后分别测量用不同方法制取的几种气体的密度，只有几次测得的密度是一样的，才能说明实验结果是可靠的。

为此，瑞利选择了两种制备氮气的方法，第一种方法是将空