

首先，要有氢

原文作者：

沃伊切赫·格罗查拉（Wojciech Grochala），波兰华沙大学。



格罗查拉讲述了宇宙中最古老、最轻、最丰富的元素如何继续在今天的地球上发挥着至关重要的作用。

氢是一种充斥全部已知世界的元素，它的历史波澜壮阔。大爆炸后“仅仅”过了379 000年，氢和氢原子就开始出现了。当这一团由质子、电子和光子所构成的炽热稠密的等离子体——也就是那时的整个宇宙——开始冷却和膨胀时，电子和质子聚集从而形成原子。4亿年后，在引力坍塌的作用下，氢气云演变为恒星，我们自己的太阳就是如此而来。恒星能为这个温度仅有2.7开尔文（约-270.45℃）的巨大、深邃而又冰冷的宇宙提供维持生命所必需的热量。氢在历史上的第三次巨变大约发生在44亿年前，当时地球的温度降到了100℃以下，氧化氢——水开始在地球表面凝结，在这个新的水环境中生命才得以孕育。

现在估计，宇宙中90%的原子都是氢，它是构成物质世界的基础。对人类而言，氢也是必不可少的，我们身体中近2/3的原子是氢原子。元素周期表的第一个元素绝不是一种无用的物质，作为一种极好的化学燃料，它已经引起了人们越来越多的关注。早期地球的大气富含氢气，于是细菌中进化出可以利用氢气或水来提供能量的酶^[1]，这种酶被称为氢化酶。在还原条件下这些微生物可以大量繁殖，其中的许多种类通过依赖氢燃料供能存活至今。

范·海尔蒙特（Van Helmont）第一个发现氢气在空气中可燃，但它本身并不能支持燃烧。早在1671年，罗伯特·波义耳（Robert Boyle）就描述了铁屑与酸反应形成气泡，但却是亨利·卡文迪许（Henry Cavendish）认识到氢气（他称之为“易燃空气”）与其他气体不同，它在脱燃素气（氧气）中燃烧会生成水。因为这一现象，安托万-洛朗·德·拉瓦锡（Antoine-Laurent de Lavoisier）在1783年将氢气命名为“hydro-gen”，意为“生成水的（物质）”。与燃烧得水这一反应相对，1800年，尼科尔森（Nicholson）和卡莱尔（Carlisle）及其后的里特（Ritter）通过电解将水分解成了它的元素成分。这正是我们今天仍在努力实现反应，但现在要实现的是利用光化学过程来大大减少反应所需电力的新形式^[2]。这样产出的氢气是一种极好的超轻能源载体，而且它储量丰富、对环境友好——氧化产物是水，作为燃料有着广阔的前景。除此之外，氢分子还填充了1783年第一个载人气球和两个世纪后的火箭燃料箱，使得充满好奇心的我们能够探索得越来越远。

然而，在实际应用中，**氢**必须以压缩的、液化的或固态的方式储存^[3]。1970年，飞利浦研究实验室偶然发现**氢**可以以**氢**化物的形式被金属间化合物可逆地吸收^[4]，这使得电化学储**氢**获得了巨大成功。1997年，第一批大规模生产的镍**氢**电池驱动的汽车开始在日本的道路上行驶。随着**氢**氧燃料电池和固态质子导体的蓬勃发展^[5]，我们越来越接近于实现凡尔纳早在1874年《神秘岛》中就提到的梦想：“**氢**和氧……将提供取之不尽用之不竭的热源和光。”

自量子力学诞生以来的一个多世纪，作为典型的原子和分子，**氢**原子和**氢**分子被理论学家们广泛使用。这两个物质种类作为试验台，被用于严格地评判不同的量子力学模型和近似方法^[6]。**氢**的氧化态从-1（**氢**化物）经过0（元素）到+ 1（质子），每一种状态都具有非常不同的物理化学性质。**氢**气分子是相当惰性的，它与闭壳的氢原子在统一的原子模型中是等电子的。直到1984年，才由库巴斯（Kubas）描述了**氢**气分子与过渡金属的配位^[7]。与**氢**分子相反， H^- 阴离子是一种强碱和强还原剂，而 H^+ 则是一种强酸和强氧化剂；无（或很少）水合的质子在超强酸的环境下可以轻易将烷烃转变为碳正离子^[8]。事实上，**氢**曾是建立合理的酸碱理论的关键元素，如Brønsted-Lowry理论就认为酸碱是质子转移的反应。

第1号元素无时无刻不对我们的世界产生方方面面的重大影响，而且它将继续在可持续能源战略中发挥重要作用。

[1] Vignais, P. M. & Billoud, B. Chem. Rev. 107, 4206–4272 (2007).

[2] Walter, M. G. et al. Chem. Rev. 110, 6446–6473 (2010).

[3] Schlapbach, L. & Züttel, A. Nature 414, 353–358 (2001).

[4] Vanvucht, J. H. et al. Philips Res. Rep. 25, 133–140 (1970).

[5] Haile, S. M. et al. Nature 410, 910–913 (2001).

[6] Kołos, W. & Wolniewicz, L. J. Chem. Phys. 43, 2429–2441 (1965).

[7] Kubas, G. J. et al. J. Am. Chem. Soc. 106, 451–452 (1984).

[8] Olah, G. A. et al. J. Am. Chem. Soc. 93, 1251–1256 (1971).

氘的主权

原文作者：

达恩·欧莱瑞（Dan O’ Leary），美国加利福尼亚州波莫纳学院化学系。

欧莱瑞重新回顾了哈罗德·尤里（Harold Urey）将质量数为2的氢同位素命名为“deuterium”（氘）的决定。

1931年，尤里发现了质量数为2的氢同位素，并因此获得了诺贝尔奖，一般认为，他在1933年6月将其命名为“氘”^[1]。然而尤里和他的合作者斐迪南·布里克韦德（Ferdinand ‘Brick’ Brickwedde）之间的通信^[2]表明，直到当年的5月，他们的团队仍然在头疼如何给这种同位素起一个合适的名字。

5月9日当天，尤里写信给布里克韦德，说他还是决定不下来要给“那种氢”起个什么名字。已有的各种提案包括了“pyncnhydrogen”（“pyncno-”意为“浓、厚、密实”）或是“barhydrogen”（H-）和“barogen”（“baro-”意为“重”）这样的名字，但他对这些提议都没什么兴趣。他问布里克韦德是否觉得用“pyncnogen”称呼氢-2会是个好主意。一个多星期以后，布里克韦德回复说，他倾向于“barhydrogen”这个名字，但“barogen”和“pyncnogen”也过得去。然后他又在这潭浑水里搅了一把：他提出了“haplogen/ haplohydrogen”（“haplo-”意为“单”）和“diplogen/diplohydrogen”（“diplo-”意为“双”）这组叫法。

尤里在5月23日回复了布里克韦德的信，信中说 he 正在考虑“protium”和“deutium”的叫法能不能行。他告诉布里克韦德，他一直在和他以前的博士生导师吉尔伯特·N. 路易斯（Gilbert N. Lewis）通信，而后者私下里提议了“dygen”这个名字，他也将“pyncnogen”和“barogen”两个叫法告知了路易斯。尤里附上了路易斯发来的一份电报：

请无视我上封信里提议的名字，那些连我自己都不喜欢。暂时放弃把同位素当物质命名。但作为氢同位素核，我们都认

为“deuton”是最好的名字且已经临时采用。

尤里继续写道：“我给你附了一份电报的复本；我花了些时间来回复这封电报，然后用平信给他寄去了。我希望他能体会我的意思，因为看起来他把给这种同位素找个好名字当成了自己的责任。”他接着表示，“这个命名建议是路易斯提出的，这是我不愿接受的原因。现在我已经开始希望他们不要再建议任何名字，不然我肯定要对其中某些抱有偏见了。”

在5月26日的回信中，布里克韦德说他觉得“protium”和“deutium”都可以接受。他仍然喜欢“haplogen”和“diplogen”这组名字，但它们的人气正在降低，因为提出它们的是另一名同事。5月29日，尤里回复说，“我对氢同位素的名字考虑得越多，就越倾向于使用‘protium’和‘deuterium’（我们的希腊语专家们告诉我们，‘deutium’不是一个合适的希腊语衍生词）。如果以后发现了氢-3同位素，可以将之命名为‘tritium’。”

布里克韦德在下个月4日回信说“proterium”和“triterium”语音上更好听，但“protium/deuterium/ tritium”更合适。尤里在6月6日复信：“‘protium’和‘deuterium’这组名字仍然没有让我完全满意，但我已经想不出更好的了。你觉得‘proterium’比‘protium’好，而路易斯给我写了封信表示‘deutium’要比‘deuterium’好——事实上他更倾向‘protum’和‘deutum’这样的叫法。”

6月15日，尤里的团队在《化学物理杂志》（*Journal of Chemical Physics*）上发表了一份快报，提出了protium/deuterium/tritium的命名^[3]。他们引用了路易斯提出将这种原子核命名为deuton的私人通信，但以“并非基本粒子”为由拒绝了这一建议。在需要命名原子核的情况下，尤里及其合作者建议使用“deuteron”这个名字。一组来自于英国的科学家在1934年初试图抢先将这种同位素命名为“diplogen”（文章发表在《自然》上，为其背书的则是欧内斯特·卢瑟福（Ernest Rutherford）^[4]），但尤里等人提出的这组名字存活了下来。这场乱斗甚至得到了《时代》杂志的报道^[5]，报道将其称作“非常紧张的”大西洋两岸科学界关系的缘由。尤里及其支持者做了回复，中心思想是“我们想过了他们提到的那种叫法，也试过了，最后觉得不行”。

因为发现了氘，尤里独自获得了1934年的诺贝尔化学奖。虽然路易斯争分夺秒地发表了他对重水的研究工作，但仍然被排除在获奖者

之外。据称他一直没能够从这次——以及他认为的别人对他的其他各种轻蔑——中恢复过来；他死于1946年，很可能是自杀。尤里后来这样描写^[6]他的导师在对氘的追逐中所扮演的角色：“我一直对路易斯教授在这件事里的态度感到难过。自那时起，每当我从前的学生做出了重要的发现，我都会尽可能帮助他们，而不是试图从他们那里将之夺走。”

如果尤里的团队孤军奋战，他们是否能够在希腊文“deuteros”的基础上创造出一个名字来呢？尤里本人虽不情愿但也对布里克韦德承认了，提出最终被采用名字的词根的仍然是路易斯。

-
- [1] Coffey, P. Cathedrals of Science: the Personalities and Rivalries That Made Modern Chemistry (Oxford Univ. Press, 2008).
 - [2] Brickwedde correspondence in Harold Clayton Urey Papers (Mandeville Special Collections Library, Univ. California, San Diego).
 - [3] Urey, H. C., Murphy, G. M. & Brickwedde, F. G. J. Chem. Phys. 1, 512-513 (1933).
 - [4] Farkas, A. & Farkas, L. Nature 133, 139 (1934).
 - [5] <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,746988,00.html>
 - [6] Unpublished autobiography dated 1970 in Harold Clayton Urey Papers (Mandeville Special Collections Library, Univ. California, San Diego).

特别的氙

原文作者：

布雷特·F. 桑顿 (Brett F. Thornton)，瑞典斯德哥尔摩大学地质科学系和柏林气候研究中心；肖恩·C. 伯德特 (Shawn C. Burdette)，美国马萨诸塞州伍斯特理工学院化学与生物化学系。

科学家对待学术命名一般都很严肃，但是给氙命名时却有些随意了。桑顿和伯德特共同讨论了氙——一个超重、具有放射性、并能在网上购买的氢同位素。

为什么 ^3H 被称为氙，而不是直接叫氢-3呢？更确切地说，为什么只有 ^2H 和 ^3H 仿佛独立的元素一样，拥有自己的名称，而其余大量的同位素却无此殊荣，难道它们不值得吗？其实，在20世纪初期，许多放射性同位素都拥有各自的名称，但它们早已停用。1957年，国际纯粹与应用化学联合会 (IUPAC) 正式禁止了除了氘和氙之外的同位素命名，只有少数未经批准的特例，例如， ^{14}C 被称作放射性碳， ^{220}Rn 叫钍射气 (thoron)，而 ^{230}Th 则叫钷 (ionium)，它们仍在某些专业领域里被使用。

当同位素这一概念被认识到之后，许多以前被认为是独立元素的同位素，因为具有明显相同的化学性质，而被归类为元素周期表上的某个单一元素。尽管某些同位素之间也被观察到有轻微的化学差异，但氢同位素的发现是一个重要的转折点。在化学反应中， ^2H 和 ^3H 的行为显然与“普通”的 ^1H 不完全相同，这给它们独立命名提供了清晰的依据。在发现 ^2H 和 ^3H 后不久，化学老师被告知^[1]要谨慎使用“一种元素的同位素的化学性质相同”这一论断，然而即使在今天，这句提醒也经常被忽略。

1932年，美国科学家哈罗德·尤里 (Harold Urey)、乔治·墨菲 (George Murphy) 和布里克韦德发现了氘，他们在1933年的一份报告^[2]中给 ^2H 取名“氘” (deuterium)，同时也为当时尚未被发现的 ^3H 取了“氙” (tritium) 这个名字。这一先发制人的命名提议，激化了关于氘 (deuterium) 这个名字是否合适的争议，又很快演变成了一场激烈的公开辩论^[3]。在大西洋彼岸，卢瑟福支持以“diplogen”作为 ^2H 的

名字，并以“diplon”称呼其原子核。这一方案因他个人的名声而吸引了很多公众的眼球。此后不久，在1934年初，剑桥大学的马克·欧力峰（Mark Oliphant）、保罗·哈特克（Paul Harteck）和卢瑟福报道称^[4]，他们用“diplon”轰击“diplogen”，生成了³H。值得注意的是，这篇文章并没有提到或建议这种新同位素的名字。

剑桥大学有关³H的初步报告错误地宣称它是稳定的，因为他们认为放射性来源于反应的另一种产物³He^[3]。当事实证明情况正好相反时^[5]，“tritium”这个名字已经很常用了。1937年，卢瑟福在去世前不久，写了一篇关于³H的回顾性文章，提倡将³H命名为“triterium”^[6]。尽管他做出了努力，但“triterium”并没有取代尤里提议的“tritium”，而与“diplogen”对应的“triplogen”得到的支持就更少了。

尽管浓度极低，但氚在地球上自然存在。它产生于平流层，在那里宇宙射线分裂原子核释放出中子，撞击¹⁴N，使其生成¹²C和T（氚）。整个大气中，氚的自然含量可能不到2 kg，但到20世纪60年代初，核聚变武器的试验产生了大约200 kg的氚。它的衰变（半衰期为12.3年）已被证明对许多地球物理示踪剂研究有用，对地表和地下水系统和海洋的示踪研究尤为有用。氚是一个极弱的β射线放射体，除非异常大量地吸入或摄入，否则危害性较小。另外，氚的β衰变产物为稳定的³He。这些特性使氚成为使用最广泛的放射性物质之一。在网上很容易就可以买到各种各样的含有微量氚气的钥匙链、项链和手表，氚元素的衰变会激发荧光体，比如掺有铜的硫化锌，在没有电池或外部电源的情况下，其自发光可持续多年。

氚在同位素中仍显得很特殊，而这不仅仅是因为它的名字。“T + D”反应是未来最有前景的聚变能来源。由于一种元素的同位素之间的区别仅仅在于中子的数量，因此同位素之间的相对质量差异对于较轻的元素来说更为显著，而对于氢来说，这种质量差则是到目前为止最大的。现在，大量研究领域要依赖于同位素之间化学性质的微小差异，而这种差异往往是由质量的不同引起的。同位素之间相对质量一般差异不大，比如，²⁰⁸Pb比²⁰⁷Pb大约重了0.5%，¹³C比¹²C重约8.5%，但是T却比¹H重了约200%。相对质量差异如此之大，与其他元素相比，T和¹H之间的差异绝对是一个极端异常值。相对较短的半衰期和稀缺性使得对氚进行宏观化学性质研究变得极为困难，这是一个遗憾，毕竟氚在同位素效应方面确实是独一无二的。

^[1] Wildman, E. A. J. Chem. Ed. 11, 11-16 (1935).

- [2] Urey, H. C., Murphy, G. M. & Brick Wedde, F. G. J. Chem. Phys. 1, 512-513 (1933).
- [3] Stuewer, R. H. Am. J. Phys. 54, 206 (1986).
- [4] Oliphant, M. L. E., Harteck, P. & Rutherford, E. Proc. R. Soc. A 144, 692-703 (1934).
- [5] Alvarez, L. W. & Cornog, R. Phys. Rev. 56, 613 (1939).
- [6] Rutherford, E. Nature 140, 303-305 (1937).

冷酷如氦

原文作者：

克里斯汀·赫尔曼（Christine Herman），美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校化学系博士生。