大显身手的氙

原文作者：

伊万·德莫乔夫斯基（Ivan Dmochowski），美国宾夕法尼亚大学化学系教授。

氙，如所有其他惰性气体一样，无色、无味、不可燃。但与同族其他更轻元素相比，它的活性更高且更稀有。德莫乔夫斯基阐述了氙是如何从开始的无人问津到赢得元素周期表一席，而如今已经处于科技发展前沿的过程。

由于它们的惰性，18族元素一直默默无闻。1869年，门捷列夫的第一版元素周期表并没有将它们列入其中，因为直到1894年瑞利勋爵（约翰·斯特拉特，即Lord Rayleigh）和拉姆齐分离得到了氩，满壳层元素才为人所知。值得注意的是，拉姆齐继续分离得到了氦（1895年）和氡（1908年），还与特拉弗斯一起发现了氪、氖和氙（1898年）。

“惰性的”单原子气体由于缺少“化学特性”，所以是否该将其归入元素周期表饱受争议。这些元素就像参加聚会迟到了，且没有未配对电子来共享，也许就不能在周期表中获得一席之位。但是拉姆齐最终还是找到了它们在元素周期表的位置：卤素与碱金属元素之间。拉姆齐因为这些至关重要的贡献获得了1904年的诺贝尔化学奖。

最初被认为是化学惰性的氙，现在正开始慢慢大显身手。

氙的发现结束了惰性气体研究的紧张期。它远比氖和氪重，其发现也不曾得到明确预测，并且它极其稀有以致很难被检测到。氙的发现纯属偶然。特拉弗斯花了数月之久分馏液态空气残留物，但一直得到轻惰性气体，以往情况下他都会无视任何额外挥发组分。然而有一次，他采集了仪器内残留的气体。这一残留物（仅仅0.3 mL）被导入到一只光谱管内，发出了氙所特有的亮蓝色。氙在空气中的稀有性（0.09 mL/m^3）加上其高密度（5.8 g/L）违反了常规经验，也正因为如此，氙被以古希腊词“ξ ένον”命名，意思是“外来的”。

由于被5个填充电子层所遮蔽（电子构型为[Kr] $5s^2$ $4d^{10}$ $5p^6$），氙一直难以被真实了解。氙在地球大气层中含量非常稀少，尽管相比之下，其他更轻惰性气体逃离速度更低，但氙仅是它们含量的十万分之一到十分之一，这长久以来一直是一个谜。近期X射线衍射研究表明，氙在高温高压下可以取代石英中的硅，这表明地球上一直“失踪的氙”可能会以与氧键合的形式存在于大陆地壳中。

科塞尔（Kossel）和鲍林（Pauling）分别于1916年和1932年预测了电离电势为12.1 eV的氙应该可以被强氧化剂氧化。这最终由巴特利特于1962年通过实验证实，他观察到了氙与六氟化铂蒸气反应形成了一种橙黄色固体化合物，这一发现被普遍认为是无机化学20世纪最重要的进展之一。紧随其后，氙的氟化物、氧化物以及高氙酸盐（XeO_6

$^{4-}$盐）陆续被合成。此外，氙还可以与碳和氮形成共价键，近期合成的含金化合物（$AuXe_4^{2+}$）还表明氙有与金属离子配位的能力。

氙如今已被应用于从激光到白炽灯再到等离子体显示面板，硅刻蚀以及半导体制造和药物等多个领域。2008年，1200万L的氙被从空气中提取，为了满足科技需要，其产量仍在持续增长。

氙的可极化性（为4，而氦是0.2）是其对蛋白质内憎水空腔的亲和力来源，这对其在蛋白质晶体学以及麻醉中的应用均有重要意义。在看到仿佛“喝醉”一般的深海潜水员后，贝恩克（Behnke）于1939年推论氙是一种麻醉剂。1951年，氙首次被应用于外科手术。由于氙无毒，且对环境影响小（相比于卤代烃），以及一种氙基麻醉剂（LENOXe）2007年的市场化，氙重新备受关注。

氙有50多种同位素，其中包含9种稳定同位素（仅次于拥有10种稳定同位素的锡）。^{129}Xe的核自旋量子数为1/2，其明显的核磁信号为肺的成像研究奠定了基础。另外，^{129}Xe的核磁共振化学位移对^{129}Xe原子电子立体构象非常敏感，目前基于这一原理的氙生物探针正在研究当中。

氙最激动人心的新应用之一当属在太空旅行中氙离子喷气式发动机中的应用。美国宇航局于2007年发射了“黎明号”探测器，用于研究远距离小行星灶神星和谷神星。在“黎明号”上，氙阳离子以大约10^6 km/h的排气速度加速向充负电的网格运动。氙所产生的推动力仅为0.1 N，大概仅为一张纸重量，但在几个月的时间里，可以逐渐使宇宙飞船的速度增加每小时1.5万km之多。这减少了对更重的化学燃料的需求，从而降低了发射成本，同时增加了旅行距离。无论是通过氧化、

配位或者离子化，氙所显现的特性已经有了极其多样化的应用，而这一领域才刚刚起步。

VI