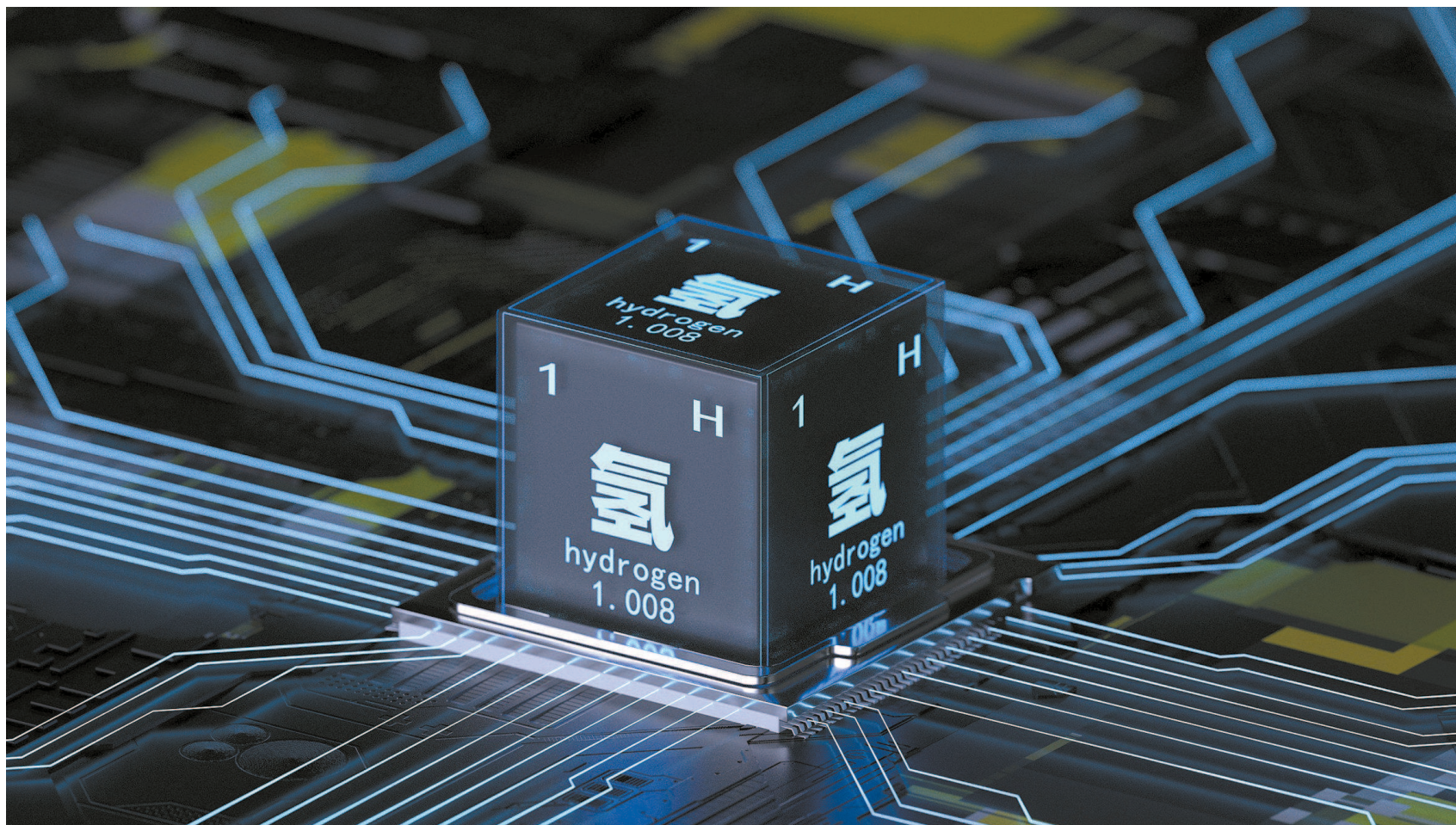


人类梦寐以求的金属氢，还要再等90年？



金属氢作为未来的一种高密度、高储能材料，一直是人类梦寐以求的能量物质。90多年来，人们一直在试图制造出以金属形态存在的氢气，并为此付出不懈努力，但稳定的金属氢样品始终没能得到。

从理论上来看，在超高压下得到金属氢是可能的。一旦梦想成真，将给世界科技带来革命性变化。不过，要真正得到金属氢样品，还有待科学家们进一步研究。

最诱人性能 传说具有室温超导能力

早在1935年，英国物理学家就预言，在一定的高压下，任何绝缘体都能变成导电的金属，不同材料转变成为导电金属所需的压力不同。

金属氢指的是液态或固态氢在超高压下变成的导体，由于导电是金属的特性，故称为“金属氢”。成功产生金属氢，不仅意味着人类找到了一种全新的高密度、高储能材料，而且可能使科学技术发生革命性变化。

这一发现的意义如此巨大，以至于世界上多个研究小组都曾宣称自己

成功获得了金属氢，但他们的竞争对手却又对此表示高度怀疑。

这种普通元素的“金属版”为何如此受重视？金属氢研究的倡导者列举了一些例子。比如，金属氢转化为氢分子时，会释放出大量热能，它可能成为一种突破性的火箭燃料。又如，据说像木星这样的气体巨星的核心就是由金属氢这类物质组成的，因此有行星科学家认为，如果我们能在实验室里成功制造出金属氢，也许就能更好地了解这些行星是如何形成的。不过，金属

氢最吸引人的性能是传说中的室温超导能力——它允许电流在不损失任何能量的情况下流动。

澳大利亚的海伦·梅纳德·凯斯利说，基于所有这些原因，一项实验如果成功产生了金属氢，那将是轰动科学界的大事件，“我想金属氢的研究者都希望能获得诺贝尔奖”。

压它们中间的这些氢分子。最终，在弄坏了15对金刚石铁砧后，研究人员终于设法将尖头之间的压力调至342GPa——这个数值已接近地核内部。从理论上来说，这个压力应该足以让氢金属化，但氢分子仍然无动于衷。

四年后，法国原子能委员会(CEA)的保罗·劳拜尔领导的研究小组认为，这样的结果本在意料之中。估算氢产生金属性的压力值，是根据氢原子中可利用电子的两种截然不同能态之间的“间隙”来进行测量的——压力增加，间隙会缩小，从而改变电子吸收或发射光的方式。在间隙即将闭合、材料变成金属之前，氢的电子会吸收光，但不发射光，这就导致材料变得越来越不透明。然而，一旦间隙完全闭合，电子能够以自由运动的导体的形式存在时，它们将重新发射吸收的光能，使材料具有高度的反射性。

根据观察推断，劳拜尔和同事们认为，让氢转变为金属态需要大约450GPa的压力。

金属氢样品 争议中诞生又“不小心”丢失

又过了13年时间，产生金属氢的目标终于达到了。事实上，最终压力已达495GPa，研究人员也目睹了氢获得金属性的过程。至少，美国哈佛大学两位研究人员迪亚斯和伊萨克·西维拉，于2017年在《科学》杂志上发表的一篇同行评论文章中是如此宣称的。在美国哈佛大学发布的一份新闻稿中，西维拉将这项成果称为“高压物理学的圣杯”。

但劳拜尔并不认可这样的说法。他在接受《自然》杂志采访时表示，“这篇论文根本没有说服力”。这是因为论文所谓获得的金属性，只是基于对氢的反射率的测量结果：在495GPa时，它变得发亮了。但还可能存在其他原因，

比如金刚石尖端上氧化铝涂层在巨大的压力下，也有可能改变氢的反射性。

而且，压力读数是根据金刚石在高压下的振动方式推断出来的，而非直接测量得到的，因此声称所获得的压力未能说服其他研究人员，劳拜尔认为压力可能不超过350GPa。

位于德国美因茨的马普化学研究所的米哈伊尔·埃雷梅茨也在尝试制造金属氢。他和同事亚历山大·德罗兹多夫表示，哈佛研究者所发表的数据中还找不到令人信服的金属氢证据，“除了引用来自金刚石表面涂层反射率变化来表明可能性外，压力测量也模糊不清，并不明确”。

显然，现在需要做的是：重复实验。但说起来容易做起来难，因为这种实验是自毁式的。

迪亚斯和西维拉一直对氢样品的脆弱性很担心，这也是为什么他们限制测量数量和范围的原因。更重要的是，在公布了他们具有里程碑意义的成果，准备进一步研究时，他们发现样品消失不见了。

时隔两年之后，他们仍然不知道它发生了什么，金属氢的碎片——如果真的已转变为金属氢的话——只有10微米厚，可能是从两个金刚石砧的夹持下滑出，滑到仪器底部丢失了，或者有可能是蒸发了。但他们仍然坚信“非常有信心，我们观察到了金属氢的存在”。

争论中前行 金属氢发现之门终将被打开

科学家之间的这场争论也为最终发现金属氢打开了大门。

2019年6月，劳拜尔在一篇题为“接近425GPa时向金属氢转变的一级相变观测结果”的论文中提出了他们的看法。这篇论文是他和CEA的同事弗洛朗·奥塞利，以及法国同步加速器SOLEIL研究机构的保罗·杜马斯共同撰写的。

“我们展示了在接近425GPa的压力条件下，一个从绝缘体分子态氢到金属氢的相变。”他们认为，之所以能够达到这个压力，是因为奥塞利帮助开发了一种新的金刚石铁砧。

埃雷梅茨认为，这些观察结果很有趣，但远不是结论性的。迪亚斯指出，为了证明金属态的存在，这两件事中至少有一件要得到证明：一是证明当温度接近绝对零度时，电导率仍是限定的；二是证明材料的反射率随着波长的增加而增加——但他认为这两点都还没有显示出。

迪亚斯还指出，许多观察结果，实际上其他研究团队以前已经看到了。埃雷梅茨也说，这些“新”的结果中有很多都是以前报道过的，其中一些就是由他的研究团队报告的。

对于梅纳德·凯斯利这样的外部观察家来说，获得确切答案的唯一途径，就是等待他们的论文发表在同行评议的期刊上。“作为一名科学家，我不得不尊重同行评议的意见。”她说。

我们如何看待这些实验和争议呢？我们是否还要为未来的终极能源再等上90年？也许不会。迪亚斯和西维拉声称，他们重复了之前的实验，并观察到了同样的结果。“大约一年前，我们在高压下复制了一个样本，但由于技术原因，我们无法测量压力，所以我们没有发表。”西维拉说。

迪亚斯后来调到了美国罗切斯特大学，“我正在建造一个新的实验室，一个具备制造金属氢能力的实验室。我相信我们能够复制这项研究”。

科学家们不会被动等待，越来越多的人在为此而努力，虽然有可能同时会有三四个人在重复对方的工作，而且每个人都会声称自己是第一个。美国拉斯维加斯内华达大学研究高压系统的阿什坎·萨拉马特说：“开发金属氢是我们的共同目标。尽管我们不知道它会是液态还是固态，或者是室温超导体，我们现在需要做的就是共同努力来回答这些问题。”

(方陵生/编译)

把氢压成金属 承受比地核更高压力

尽管潜力诱人，但要制造出金属氢，其过程艰难而曲折。

先说说氢的独特特性。氢是宇宙中最丰富的元素，但同时也是宇宙中最简单的元素。由一个单电子组成的氢，与锂、钠、钾这类碱性金属一同位于元素周期表的第一列，锂、钠、钾这三种元素都以固体形式存在于地球上，且能够导电。而氢通常以气体形式存在，要想把它变成一种金属，必须让每个氢原子核都紧密地结合在一起，使它们的电子变得“不受位置限制”，也就是说，让它们可以在原子周围自由移动，从而产生导电能力。

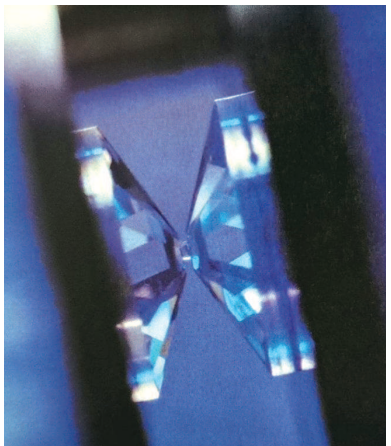
最早认识到这种转变可能性的是物理学家尤金·维格纳和希拉尔德·贝尔·亨廷顿，他们早在1935年就作出预测，要让氢像它在元素周期表中的邻居表现得一样，关键是压力——超大的压力。

在极大的压力下，氢分子间的距离将变得很近很近，迫使本来围绕原子核运动的电子变成穿梭在整个高压态氢块中的自由电子。这样的氢块将表现出金属的性质——固态、坚硬、有颜色和具有导电性，这种氢结构被称为“金属氢”。

要做到这一点，需要近400兆帕斯卡(GPa)的压力，即大气压的400万倍，相当于一枚小小针头上要承受一架大型喷气式飞机的重量。至少在实验室里实现这样大的压力是很有挑战性的。“事实上，施加超过100GPa的压力，就很少有人能够做到。”凯斯利说。

科学家正在为制造金属氢需要的超高压付出不懈努力。最早接近这个压力的时间是1998年。一个由美国纽约康奈尔大学和马里兰州的工程师组成的团队，在被称为“金刚石铁砧”的材料上为氢样品施压。

“金刚石铁砧”实际上是一对超锐利的金刚石，它的尖端十分细小，大约只有头发丝直径的四分之一。虽然很小，但研究人员可在这些尖端之间捕获一些氢分子。接下来，他们设法将两个金刚石铁砧推挤到一起，挤



金刚石铁砧可承受比地核内更高的压力。

盘他钻：比钻石更硬的材料

近日，日本筑波大学的研究人员用计算机算法把碳打造成一种比钻石还要硬的材料，并给这种新材料起名叫“盘他钻(pentadiamond)”，而且相信它或许可以在复杂的切割工艺中代替现有的合成钻。

钻石是由密集排列的碳原子组成的，是人们公认的最硬的材料。然而碳也可以形成很多其他的稳定结构，我们称之为同素异形体。比如铅笔芯中的石墨、碳纳米管一类的纳米材料。

同素异形体的机械性能，包括硬度等，大部分是由其内部碳原子的连接方式决定的。拿传统的钻石来说，其内部的每一个碳原子会和邻近的四个碳原子相连，组成共价键。化学家将这种连接方式称为sp³杂化。而在碳纳米管或其他一些材料中，每一个碳原子会和邻近的三个碳原子组成共价键，这种组合方式称为sp²杂化。

此次，筑波大学的研究人员用这两种杂化的混合方式来排列碳原子。论文的第一作者藤井安丸说：“在sp²和sp³杂化混合的同素异形体中，由于内部连接和排序的增多，原子的形态多样性更好了。”

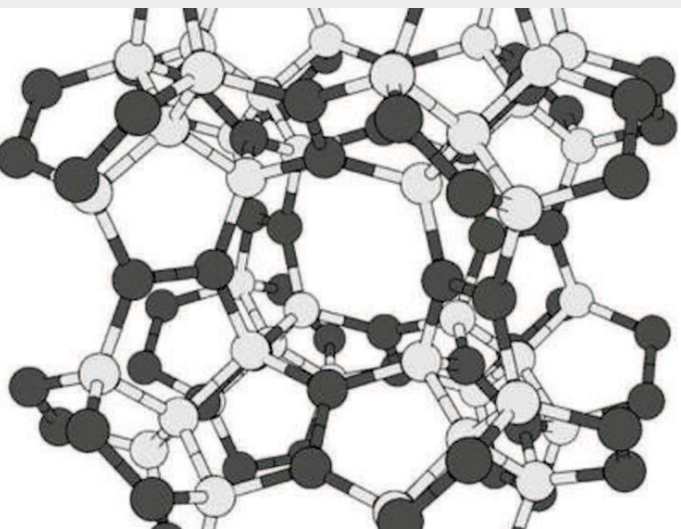
论文另一位作者丘田进教授认为，这项研究展示了设计科学的力量。为了计算

出盘他钻最稳定的原子结构和硬度，研究团队运用了一种叫作“密度泛函理论(DFT)”的算法。DFT是化学和固体物理学中用来预测材料结构和属性的方法。通常，人们无法把握一个材料中所有电子的量子状态，尤其是它们的相互作用。而DFT可以采用近似的方法，算出原子周围空间内最终的电子密度。

这个方法简化了计算过程，也适用于电脑运算，测出的结果也相当精确。科学家用测量硬度的杨氏模量测出的盘他钻硬度为1700GPa，而传统钻石的硬度为1200GPa。论文作者之一、筑波大学丸山美奈教授介绍，虽然盘他钻的硬度比传统钻石高，但它的密度却比传统钻石低，和石墨差不多。

盘他钻除了可用于切割、钻孔工艺之外，还可能取代现行金刚石压砧，用于行星内部高压状态的科学研究中。

(江泽珍/编译)



盘他钻的几何结构。黑白小球代表碳原子，每个碳原子都分别与邻近的四个或三个碳原子连在一起。

科学新知 上海期刊

发现新冠药物潜在靶点

新冠病毒肆虐全球，但至今尚无特效药物。新靶点的发现和验证，对于抗新冠病毒药物研发具有重要意义。

日前，中科院上海药物所高召兵、李佳、沈敬山，以及武汉病毒所张磊、昆明动物所邵永唐联合研究团队在《细胞研究》上发表论文，报道了一个抗新冠病毒药物潜在作用靶点——新冠病毒包膜蛋白(SARS-CoV-2 envelope protein, 2-E)通道。

该论文首先证明了新冠病毒包膜蛋白可形成一种酸敏感阳离子通道，且实验显示该通道本身可导致细胞死亡、促进炎症因子释放，以及小鼠急性呼吸窘迫综合征(ARDS)样损伤。研究组进而通过活性筛选与结构优化，发现了多个在动物模型上兼有预防和作用的小分子通道抑制剂。

新冠病毒的包膜蛋白(E)是该病毒四种结构蛋白中最小的一种，长约75个氨基酸，其蛋白本质和生理病理功能尚不明确。其它冠状病毒E蛋白的研究显示，该类蛋白具有离子通道活性，但将其作为干预靶点的研究较少报道。

该研究中，高召兵研究团队与合作者首次证实，包膜蛋白2-E可形成新型阳离子通道，该通道诱发宿主细胞死亡与体内炎症风暴。包膜蛋白2-E通道参与SARS-CoV-2病毒复制。包膜蛋白2-E通道抑制剂在动物模型上可预防和治理SARS-CoV-2感染。

这项工作为抗新冠病毒药物研发提供了潜在新靶点，同时发现了具有潜力的抗新冠病毒新候选化合物。该项研究工作还提示，以离子通道为靶点开展抗新冠病毒在体内的突发病毒感染药物研发具有重要意义。

(程磊/整理)



《细胞研究》由中国科学院分子细胞科学卓越创新中心主办

为容错光刻开辟新途径

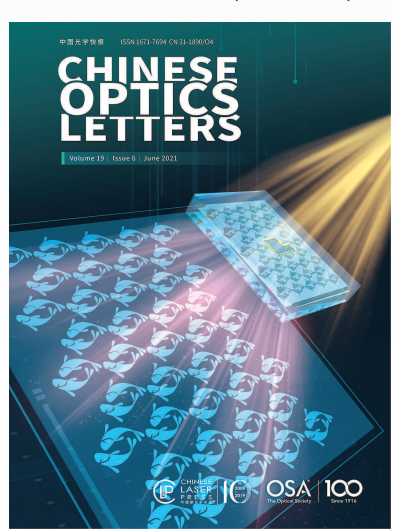
近日，《中国光学快报》以封面文章报道了一项研究：在实验中首次观测到了非线性塔伯特自修复效应，即从有缺陷的非线性光学结构中获得自修复的无缺陷结构图像的能力。

非线性塔伯特效应是一种近场光学非线性衍射现象，在高分辨成像和加工等领域更具优越性，如非线性光学显微、现代光刻技术、光谱分析和材料表征等。尽管当前对非线性塔伯特效应的研究已经取得了一些成果，但其基本性质和实际应用迄今尚未得到全面研究。

宁波大学盛艳教授与澳大利亚国立大学合作，利用强聚焦的近红外飞秒激光脉冲实现了铯酸锂晶体自发极化的周期性反转，也就是铯酸锂非线性光子晶体的全光制备。近场光学非线性衍射实验表明，在第一非线性塔伯特平面处的二次谐波完美再现了周期结构中缺失的格点。

该工作中所观测到的非线性塔伯特自修复效应为容错光刻和光学打印开辟了新的可能。在光电子工业中，集成电路器件尺寸的不断减小，对光刻技术分辨率和制备精度提出了更高要求。周期掩模板上的任何划痕或缺陷都会限制光刻形貌的分辨率和精度。幸运的是，利用非线性塔伯特自修复技术可以克服这一问题，将此技术与极端紫外光源相结合是发展高分辨率容错光刻技术的有效途径。

(吕璐/整理)



《中国光学快报》由中国科学院上海光学精密机械研究所主办，中国激光杂志社出版