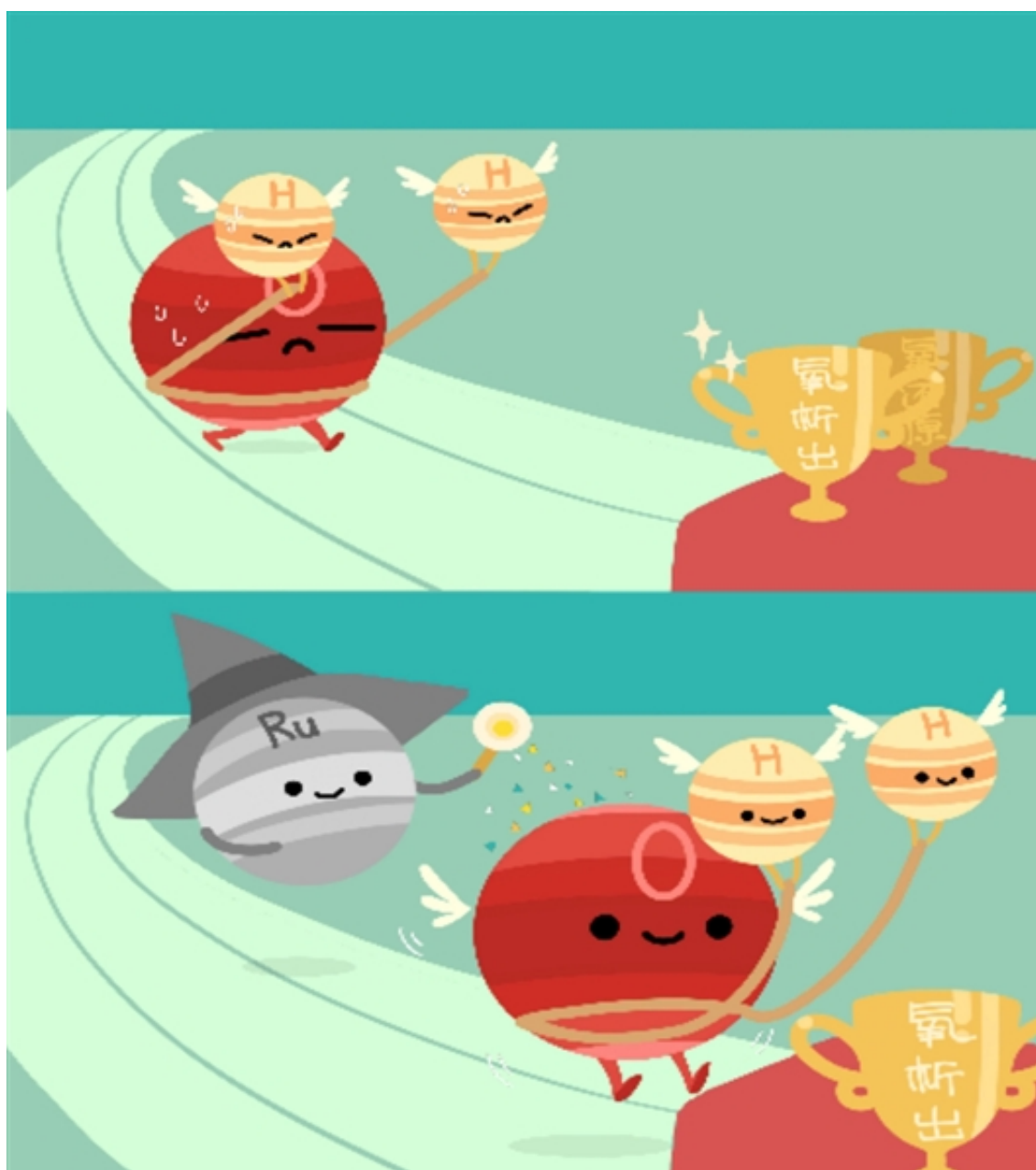


科学家发明新一代电解水制氢催化剂

作者：任芳言 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/4794.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！



上图：氧析出和氧还原反应被称为氢能高效利用领域的两大圣杯。

然而，在酸性氧析出运行环境中，不仅需要高过电位而且催化剂的稳定性很差，这就导致氧析出的动力学极其缓慢。

下图：吴宇恩教授课题组制备了一种单原子钌催化剂，可使酸性氧析出仅需要较低过电位，极大地加快了氧析出过程。/美术设计：崔劫 当电流通过水时，会产生氢气和氧气，氢气在氧气中燃烧，得到的产物是水。化学公式循环往复，这些中学课本上的内容为人所熟知。过去的一百多年里，科学家一直在试图让反应过程变得更快。电解水析出氢气和氧气作为整个反应中的两个部分，为了提高反应速率，需要分别找到合适的催化剂。

科学家发明新一代电解水制氢催化剂。直到今天，氢析出的相关催化技术已经发展得较为成熟，但氧析出还没有找到更高效廉价的催化剂。这是氢能源领域悬而未决的难题之一，业内将之与非铂氧还原催化剂的研发并称为两大圣杯。如今氧析出催化剂的圣杯即将被中国科学家捧走。中国科学技术大学教授吴宇恩团队在今年4月的《自然—催化》上发表封面文章，其制备的钌单原子合金催化剂大大加快了氧析出过程，有望降低氢气制备成本。探寻终极能源的终极制法 氢气作为无污染、零排放的终极能源，其应用前景一直被看好。论文共同第一作者、吴宇恩课题组博士生么艳彩告诉《中国科学报》，目前工业中较为常用的制氢方法是化石燃料制氢，比如甲烷水蒸气重整——让甲烷与水反应，生成一氧化碳和氢气。但因为用到的是化石燃料，面临着碳排放等环保问题。

电解水制氢则没有碳排放的担忧，且工艺过程简单，有望成为下一代制氢的清洁方法。根据电解质的不同，电解水制氢又可分为酸性电催化制氢和碱性电催化制氢，么艳彩告诉记者，由于目前工业上还没有可以与碱性电解水匹配的碱性膜，而酸性膜已经是一种成熟的技术，所以酸性电解水工业化前景更佳。为了提升电解水制氢效率，找到合适的催化剂可不简单。这意味着催化剂既要做好自己的本职工作——加速反应，同时还要坐怀不乱——避免在反应过程中被过快地消耗掉。这两种特性也被称为活性和稳定性。目前，在酸性条件下的电解水氧析出反应中，二氧化铱因为优异的活性和稳定性被广泛使用。但金属铱作为一种稀有的贵金属元素，价格较为昂贵，每克的市价约为240-250元。科研人员算了这样一笔账：工业上通过二氧化铱电解水制氢的成本是每千克33-38元，而产生相同能量所需要的汽油成本是每千克25-29元。也就是说，若想用好氢气这个终极能源，人们还得想办法把成本再压一压。超强催化剂 吴宇恩课题组瞄准了另一种催化剂——钌，钌是一种稀有的金属元素，但在地球上的储量更丰富，每克19.5-20.5元的市价和铱相比，已经友好得多。

目前商用的钌基催化剂大多为二氧化钌。这种催化剂虽然有出色的活性，但在反应过程中表现得过于热情：在强酸、强氧化环境下，二氧化钌中的晶格氧会参与到氧气析出的过程中。短短数小时内，催化剂活性就会大幅衰退。

既然钌和氧在一起这么欢脱，那把单个钌原子拿出来会不会专心干活？

这正是吴宇恩课题组多年来的研究重点：让钌以单原子形式作为催化剂参与到氧析出反应中。想稳住单个钌原子，得给它找个好位置。么艳彩告诉《中国科学报》，课题组创新性地采用铂铜合金作为载体，用酸刻蚀和电化学浸出的方法在载体表面制造出一个个空缺。当钌原子嵌入铂铜载体时，二者间强相互作用，让前者更稳定地停留。而铂因为自身特性，即便在强酸环境下，也能好好稳住钌原子。

如此一来，与二氧化钌相比，钌单原子合金催化剂不仅能加速反应，在酸性电解水反应中还有更好的抗溶解能力。么艳彩表示，这种催化剂相对于商业钌基催化剂的过电位降低了约30%，稳定性提高了近10倍。创新性方法 这项研究的另一个亮点是，让催化剂以单原子形式发挥作用，比由多个原子组成的催化剂颗粒活性更佳。比如原本10个原子聚拢在一起，真正起催化作用的可

能只是外部表面的几个原子，而内部的原子起不到作用。将单个原子固定在合金载体上，原子的利用率会更高。么艳彩解释道。

新加坡国立大学化学系教授杨文祥这样评价吴宇恩团队的成果：研究团队成功实现了通过应力工程调控单原子钉的电子结构，从而进一步提高其在酸性氧析出中的活性和稳定性。吴宇恩表示，研究中通过金属/合金载体调控单原子电子结构的策略也可在其他反应体系中应用，或能为类似研究提供借鉴和参考。

未来，我们还会尝试其他金属或者非金属载体，进一步降低催化剂成本。么艳彩表示。

相关论文信息：DOI：10.1038/s41929-019-0246-2

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发