
瞧，微观世界里的“清明上河图”

作者：writer 来源：爱科学

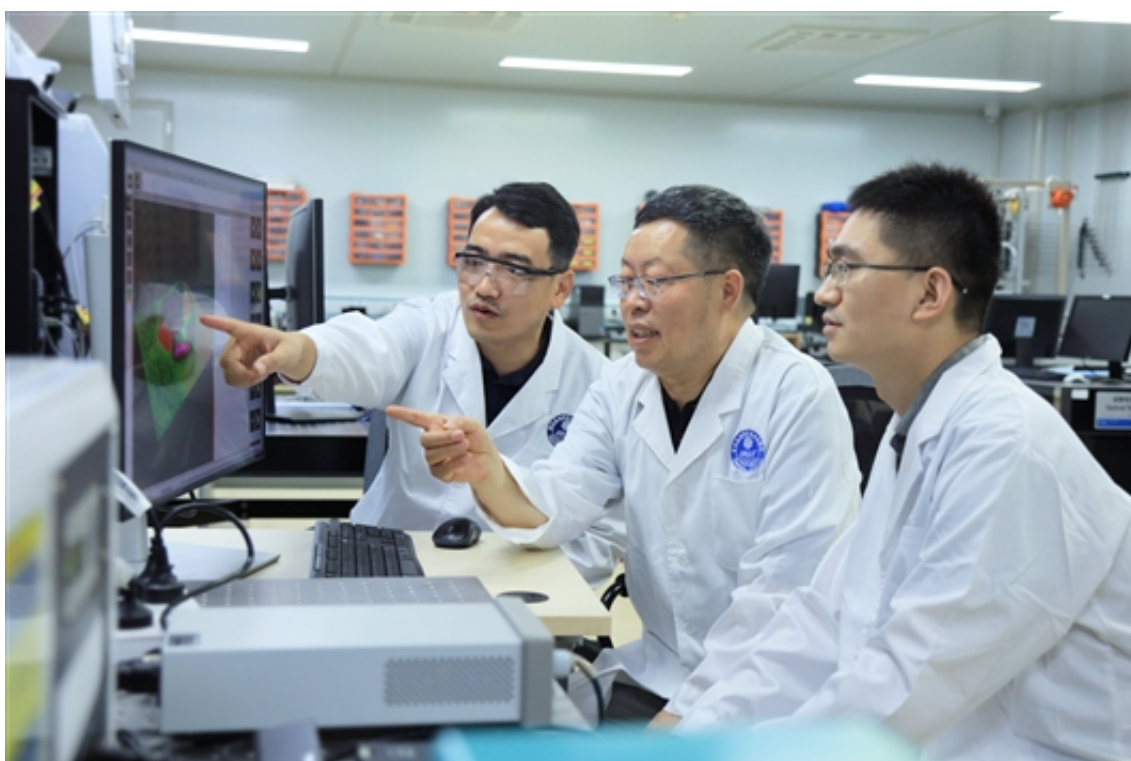
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20369.html>

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！

瞧，微观世界里的“清明上河图”。继科学家拍到宏观宇宙中的黑洞照片之后，中国科学家在国际上首次拍到了一幅来自微观世界的、特殊的清明上河图。

这支拍摄团队是中国科学院大连化学物理研究所(以下简称中科院大连化物所)李灿院士、范峰滔研究员团队。他们拍到的是光催化剂光生电荷转移演化的全时空图像。10月12日23时，该成果在国际学术期刊《自然》杂志上发表。

评审人认为，该成果潜在地揭示了光催化过程中不同电荷输运机制的全貌，解决了当前一个很有趣却未得到解答的问题。



中科院大连化物所研究员李灿院士(中)、研究员范峰滔(左)和论文第一作者、副研究员陈若天(右)在仪器前讨论信号分析问题。中科院大连化物所供图

圣杯争夺赛里的中国队

在催化剂的帮助下，阳光把水变成燃料。这最初只是一个古老的幻想。但科学家们却一直想把这个幻想变成现实，直至今日，光催化分解水依旧被奉为化学领域的圣杯。

上世纪70年代起，日本科学家开始组织研究团队想办法夺取圣杯。那时人们已经实现太阳能光催化制氢，但光催化的效率一直上不去。0.1%、0.2%、0.3%……直到90年代，代表催化效率的数值也只是勉强升到了1%左右。然而，只有在催化效率达到5%以上，太阳能光催化制氢才有可能实现工业化，只有达到10%才能与化石能源媲美。

太阳能光催化制氢的过程看上去并不复杂。水在光催化剂的作用下，接受太阳照射，产生出氢气和氧气，或者产生出氧气、氢离子和被称为光生电荷的电子。可是，在这个并不复杂的化学反应中，催化效率为什么一直就上不去呢？

从2000年起，李灿院士团队也加入了圣杯争夺赛。和国际其他研究团队不同，他们先花了一些时间寻找光催化效率上不去的原因，直到找到对催化效率起决定性影响的三个因素——捕光、电荷分离、催化转化。

过去的大部分工作多集中在筛选光催化材料和优化器件工艺上，对光生电荷动力学和光催化动力学微观机制的研究相对薄弱。也就是说，基础性的重大科学问题没有弄清楚。李灿说。

他们判断，太阳能光催化制氢的核心科学挑战在于如何实现高效的光生电荷的分离和传输，了解光生电荷转移演化的过程，就是他们接下来要解决的问题。

病房里悟出的新思路

一个电子的直径大约只有最细的头发丝直径的100亿分之一，要了解一个电子从哪里来，到哪里去，中间经历了什么，谈何容易。

2008年时，实验团队借助自主研发的光谱设备，在不同氧化钛物相结构之间发现了一些可能是由电荷转移演化造成的实验现象。但李灿还是觉得差点意思。

2010年的一天，李灿身体不适，去医院做检查。无意中他发现医生常用成像的方法给血管做检查。回到病房后，恍然大悟的李灿激动地拨通了团队成员范峰滔的电话：我们能不能用成像的办法，去看看光生电荷到底是怎么转移和演化的？

他觉得，之前的实验，只是能够推测出光生电荷的转移演化大概是什么样子，但只有亲眼看见这个过程，才能让人更踏实。

从那时起，给光生电荷拍照，就成了新目标。发展先进的光电成像技术是前提。李灿判断。

于是他们和合作者们自主研发出各种仪器，又一点点提升仪器的分辨率和快门速度。从纳米到亚纳米，从微秒到皮秒，慢慢地，在全世界都找不到的仪器，一个接一个地出现在他们的实验室里。

之后，研究人员综合集成多种可在时空尺度衔接的技术，将多种先进的表征技术和理论模拟结合起来，让实验室里的时间分辨光发射电子显微镜(飞秒到纳秒)、瞬态表面光电压光谱(纳秒到微秒)、表面光电压显微镜(微秒到秒)等仪器像接力赛一样，接替着在不同的时间尺度和空间尺度

上，为光催化剂颗粒表面的光生电荷拍照。

清明上河图

李灿自己也没想到，在第一眼看到拍摄出的光生电荷影像时，他的感觉会是惊讶。

理论上我们是应该可以得到这个影像，但当我真的看到在光催化剂表面上不同部位的电荷分离成像结果时，还是吃惊。李灿告诉《中国科学报》，光生电荷的寿命非常短，要看到它在光催化表面布集，并且能够成功成像，非常有挑战。

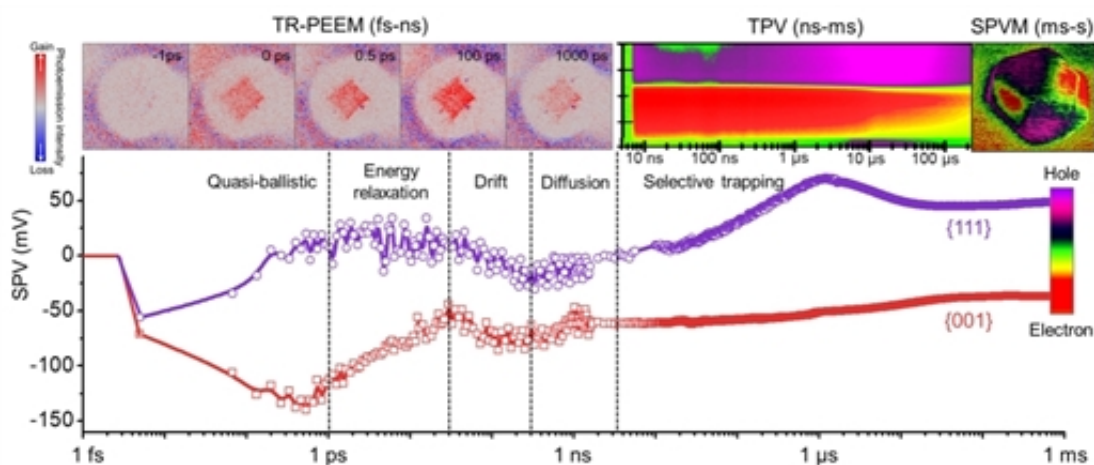
这张让李灿惊讶与惊艳的影像，展示了对光催化剂纳米颗粒表面的光生电荷从出现到消失的全时空过程。

研究人员还发现，光催化剂晶体表面上光生电荷和空穴的有效空间分离，是由于时空各向异性的电荷转移机制共同决定的，该复杂机制可以通过各向异性晶面和缺陷结构来可控的调整。

对于这项成果的用处，李灿喜欢用清明上河图来类比。

通过清明上河图，我们可以看到当时的社会文化，也可以用于考证一些历史细节;光生电荷的影像就像清明上河图一样，我们可以从中看到电子在纳米尺度上是怎样转移的，并分析它是怎么对我们关注的光催化效率产生影响的。李灿说。

面对当前光催化效率依然停留在百分之一一点几的现状，李灿感慨：我们的研究是一项基础研究，只是解决光催化效率问题的第一步，之后我们要做的事情很多，挑战也很大。



单个光催化粒子从飞秒到秒光生电荷分离过程的全时空域原位动态影像。中科院大连化物所供图

圣杯争夺赛依然在继续，中国队也依然在前进。未来，我们将继续让梦想逐渐变为现实，为我们的生产和生活提供清洁、绿色的能源。李灿说。(来源：中国科学报倪思洁)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05183-1>

作者：李灿等 来源：《自然》

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