

---

# 突破不可能，有机催化剂在电化学反应大展拳脚

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23338.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！*

突破不可能，有机催化剂在电化学反应大展拳脚。

在氯碱工业生产中，其工艺是能源密集型，电解过程需要耗费巨大能量，导致大量二氧化碳排放。因此，许多化学家一直致力于对该工艺的能源效率进行改进，寻找不含金属的催化剂，但收效甚微。

近日，清华大学化学系李亚栋院士、王定胜副教授团队使用具有酰胺官能团的有机催化剂与二氧化碳结合，取代贵金属催化剂实现析氯反应(CER)。研究证明了有机催化剂可以应用于电化学反应，并具有更广泛的应用潜力。相关研究成果发表于《自然》。

## 亟需寻找贵金属替代品

氯碱化工在供应生活和工业化学品中起着主要作用，例如消毒剂、氯气等，可以说是碱化工是化工产业的支柱之一。

但在制氯过程中，氯碱工业效率受阳极上析氯反应的催化性能的影响。起初，析氯反应中应用的阳极首先是石墨，成本非常低，但选择性和耐久性比较差。

经过多次演变，有学者人提出了形稳阳极(DSA)，表现出几乎100%的选择性以及超高的长达十余年耐用性。

然而，贵金属的大量使用限制了其向其他领域的推广和更加广泛的应用。因此，开发新的非贵金属或者无金属催化剂，对于氯碱工业革命具有重要意义。

还有一个现实的问题，这一反应全球年电消耗量大概在150太瓦时，占据世界发电量的1%左右。如果能在这个领域节约一点点能量，这一效果都将会被放大，这对实现‘碳达峰’以及‘碳中和’是十分重要的。论文通讯作者王定胜在接受《中国科学报》采访时表示。

在他看来，目前最大的挑战是阳极高昂的价格和其很高的贵金属载量。

相比于氯气的制造，氯气如何进行后续处理转化更加重要。如何将氯气有效地利用到烯烃环氧化，或者烯烃氢氯化反应中同样非常有意义，这些反应目前同样使用了大量贵金属催化剂，如果能在这些反应中使用小分子进行催化，潜力无限。

## 化不可能为可能

这项研究开始于2021年3月。遇到最大的困难是如何想到用有机小分子去实现这个反应。

这个想法非常地打破常规，也是我们在研究过程中偶然发现的一个结果。在发现这一现象后，后续的解释反而比较按部就班，但是如何迈出这第一步是十分重要的。王定胜说。

他们在想到这一点之前也查阅了海量文献，并且行了大量尝试，都以失败告终。当时我们就觉得，可能不是前人没有试过，而是试了走不通。我们也曾想过放弃这条路，但好在我们坚持了下来。王定胜表示。

在经过几个月的摸索，他们在一次偶然的尝试中发现了二氧化碳和小分子结合就可以产生极高的活性，这给大家很大鼓舞和振奋。

在此之后，研究团队就沿着这条道路，不断摸索和优化反应条件以及制备工艺，最终实现了高性能有机小分子的开发。

作为一个科研工作者，在一个领域越久，就越会有思维定式，从而导致研究的同质化。

但是，我们这项研究最重要的一点就是化不可能为可能，跳出了藩篱，告诉广大工作者，这是可

---

行的。王定胜表示，通过推翻有机催化剂在电化学方面不如金属有效的观点，我们为寻找更便宜和更节能的工业制氯工艺开辟了一个新的策略。

在体系里析氯反应过程中形成的氯自由基和酰胺自由基可能不仅对氯碱工业有益，而且对有机合成也是有益的。而且所展示的析氯反应活性和选择性与传统的形稳阳极不相上下，这表明有机催化剂在要求苛刻的电化学应用方面比通常认为的更有前途。

编辑和审稿人都对这项工作给予了高度认可和评价，他们都相信这项工作是该领域自形稳阳极电极问世以来最重要的工作之一。

这项研究首次证明了有机小分子在电催化中可以实现与贵金属媲美的性能，为广大科研工作者开启了一扇全新的大门，为之后的研究者提供了广阔的想象空间。

引领电催化的研究浪潮



王定胜

王定胜本科就读于中国科学技术大学，后又到清华大学跟随李亚栋读研究生。他坦言，两所顶尖学府的精神正是自己的科研法宝。

这两段求学经历造就了我的科研人生，让我同时具备了这两所学府的文化底蕴和精神力量。科大人勤奋，有一句流传很广的话是‘不怕死的上科大’，在周末、劳动节以及国庆节等假期，科大的教室里跟平日没区别。清华人实干，脚踏实地，埋头干活，这正是科研所需要的。王定胜表示。

---

性格内向的王定胜，最大的爱好就是静静地做着科学研究。我没啥别的兴趣爱好，也不知道这样是好还是不好，但我真的乐在其中。每当做出一点点小小的成绩时，心里就会非常愉悦。

这次能发表在《自然》上，王定胜虽然很开心，但也意识到在这项工作的基础之上还有太多需要开发，一切才刚刚开始。

显然，在有机化学、无机化学和电化学的交叉点上有许多机会有待探索。我们工作的意义不仅仅在于开发了一种全新的氯碱催化体系本身，更在于它代表了一个全新领域的出现，将有机小分子应用到无机电催化中，即有机小分子电催化。这一领域的出现必将引领接下来电催化的研究浪潮，这是这项工作最大的突破点。王定胜说。

而且，他指出，目前的有机小分子催化剂存在很多缺陷。在氯碱工艺中，以前没有使用过这种反应成分，因此必须从氯气产品中分离并回收。这会造成额外的成本。并且，商业化的一个更大的障碍是需要电极的长期稳定性——在工业过程中，电极在被更换或翻新之前通常要持续至少5年。对于有机分子来说，这样长的使用寿命是非常难以实现的，特别是考虑到电极在高温下暴露于氯气和微量的氧气。

因此，未来需要对有机催化剂的长期稳定性进行进一步研究。王定胜说。(来源：中国科学报 张晴丹)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-023-05886-z>

作者：王定胜等 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