16个项目落地、技术海外开花，他让“膜”法“成真”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/39590.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！

16个项目落地、技术海外开花，他让“膜”法“成真”。

文｜《中国科学报》记者 杨晨

“徐老师，我通过了答辩，想申请您的博士后。”

2014年，杨正金从清华大学博士毕业。答辩完当天，他就把决议书发给了中国科学技术大学（以下简称中国科大）教授徐铜文，当时国内膜领域公认研究水平最高的三位导师之一。

“能源领域的膜材料前景更广，其中最重要的就是离子膜。”杨正金对自己未来的发展有着清晰的规划。

对他而言，这也是酝酿多年的“圆梦”之机。高中时，他就报考过中国科大少年班，却止步于复试，心里一直埋着遗憾。

如今，杨正金已经是中国科大化学与材料科学学院教授，在离子膜研究领域已深耕十几年，专注于微孔离子膜和水系有机液流电池方向，立志在“膜”法世界里做极具原创性且有用的研究。今年五四青年节前夕，他荣获2026年度新时代青年先锋荣誉称号。



杨正金。受访者供图

01一篇磨人的论文

从外表上看，离子膜和家用保鲜膜、手机贴膜没什么区别，透明、轻薄、塑料质感。但保鲜膜只能隔灰尘，离子膜却会“筛选”：如果让它带正电，它就放阴离子过去；带负电，就让阳离子通过。

这张薄薄的膜，早年已在海水淡化、废水处理中大显身手。到了新能源领域，燃料电池和液流电池更是离不开它。

大规模储能是新能源发展的刚需。太阳能、风电装机规模巨大，但发电具有波动性和间歇性，频率不稳定，直接并网往往会给电网的平稳运行带来挑战。可再生能源电力要想安全上网，必须经过储能装置缓冲。

成本低、来源广、分子结构可设计且安全性高的水系有机液流电池是一个极具潜力的新兴研究方向。液流电池中，离子膜可隔开正负极从而防止短路，同时传递离子形成电流回路。研究人员早期直接借用已有的水处理膜或海水淡化用膜，但问题突出。

“ 有的膜电阻太大，充放电慢，没法快充。有的电阻虽小，选择性却差，正负极的有机分子会交叉互串，导致自放电、容量衰减，电池寿命大打折扣。 ”杨正金说，这是一道“ 跷跷板 ”难题。

2017年，杨正金和团队决定“ 换道超车 ”。“ 我们基于微孔框架离子膜和自具微孔离子膜的概念，在膜内部引入大量亚纳米孔道，使膜变成类似海绵的多孔结构。 ”

通过设计，这些贯通的孔道尺寸恰好介于小离子和有机活性分子之间。再经化学修饰，充放电时，小离子能快速通过，实现低电阻、大电流快充。而个头大的有机活性分子则被牢牢挡住，避免了正负极交叉互串造成的容量衰减。

相关文章在徐铜文指导下，团队前后共修改了四十多遍，耗时两年多。

来回反复是为了更好地回答两个问题。第一个是“ 离子膜性能的天花板在哪里，离理论极限还有多远 ”。第二个也是更关键的问题，“ 这么高的性能背后，科学原理是什么、有何证据 ”。

杨正金和团队从材料设计、制备、表征到器件验证，反复论证，凝练出一个个科学知识点。“ 提出创新的科学解释，比做出材料本身更难、更折磨人。 ”杨正金说。

杨正金同样花了很长时间研究膜性能的上限，搞清楚“ 到了没有 ”或者“ 为什么没到 ”。因为他深知，真正的原创性工作不能只是比别人好一点，而要“ 顶天立地 ”。

其间，有团队成员因为生活压力想放弃，一度产生“ 干脆发个差一点的期刊 ”的念头。杨正金劝慰对方：“ 我们已经走了99步，再坚持坚持，离我们自己的‘ 原创 ’也就差最后一步了。 ”

02做能落地成真的“ 膜 ”法

2023年，文章顺利被《自然》接收并发表，研究成果受到业内肯定。这段经历成为团队所有人学术生涯中重要的积累。

基于研究原理，杨正金团队开发出新型三嗪框架微孔离子膜，成功突破了水系有机液流电池的商业化瓶颈，打破了国外在高端离子膜领域长期的技术封锁。

改稿期间的“ 折磨 ”，为未来产业化打下了坚实基础。

杨正金解释，如果不懂背后的原理，成果转化时就只能死守一模一样的配方，一旦生产中遇到问题，根本不知道从哪个方向调整。“ 而掌握了机制，就可以根据应用需求灵活调控。比如，想提高寿命就优化结构，想降低电阻就调整孔径。 ”

成果发表后，他们通过专利许可与国内储能公司合作，将技术推向市场。目前，国内已有约16个推广或示范项目落地，技术也开始在海外“开花”。

对杨正金而言，做出一个真正有用的产品，比发一二十篇论文更有成就感。

“我在论文方面并不‘高产’，只希望自己的工作有原创性。”杨正金坦言，这要求做科研必须静下心来、“慢”下来，哪怕会面临更多的压力。

谈及未来，杨正金依然瞄准“有用”的研究。

眼下，他正在破解电解水制氢用离子膜的难题。“现有膜材料耐氧化差、耐碱不足、氢气与氧气阻隔性不好，这些正是我们要解决的问题。”

再向远看，杨正金还想探索更多可能。人体内，细胞膜、神经电位、记忆和信号传导都依赖离子跨过生物膜的选择性迁移。他认为，把离子膜的离子传递机制与仿生学、生物学相结合，也许能开发出超低能耗的仿生离子技术，或应用于脑机接口。

“这比液流电池更具想象力。”杨正金说。

03培养“科学鉴赏力”

在杨正金的科研生涯中，几次关键选择背后的逻辑很明确：追逐前沿真问题。

例如博士毕业后，他坚定地选择前往中国科大做博士后，师从徐铜文。因为他意识到，博士期间专攻的传统化工的汽油脱硫膜材料固然重要，但能源领域的膜材料未来的应用前景更广阔，其中离子膜的研发尤为重要。

还有一次重要的抉择发生在进入中国科大学习的第二年。彼时，为拓展课题组研究方向，徐铜文建议杨正金到国外访问学习一段时间。

杨正金正为离子膜在燃料电池领域的应用而苦恼：膜材料缺乏新意，商业化受限于国外产品的垄断和贵金属材料的高成本。他恰好看到了美国哈佛大学教授Michael J. Aziz课题组发表的水系有机液流电池成果。他们创新性地用碳、氢、氮、氧等元素组成的有机小分子替代金属基活性物质作为正负极电解质。

“这种新电池同样需要高性能离子膜，而我所擅长的微孔离子膜技术正好可以与之结合。”杨正金敏锐捕捉到了这条出路。

当时杨正金还有前往另一所海外大学学习的机会，能积累一些在顶级期刊发文的经验。

徐铜文的建议坚定了杨正金的决心：“去哈佛。”他给出的理由是，“要跟全世界最厉害的人待在一起”。

到了哈佛大学，杨正金发现身边人并不纠结于细枝末节的改进，而是聚焦可再生能源储能、二氧化碳利用等大问题。他们对全球前沿动态、顶尖团队布局熟稔于心，讨论问题时能从理论推导延伸到实验设计，一口气写满几块黑板。

“这是一种‘科学鉴赏力’，即能判断什么才是真问题、什么才是本质。”杨正金总结道。

回国后，杨正金把这种氛围“搬”进了自己的课题组。他不再只要求学生汇报数据，而是反复追问这个领域的前沿在哪、痛点在哪、你的思考是否触及本质，并且鼓励不同背景的学生合作，取长补短。

回头看，正是瞄准前沿真问题的眼界，为杨正金后来实现原创性突破、做“有用的研究”埋下了伏笔。

作者：杨晨 来源：中国科学报微信公众号

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转发