

上海市科学技术奖励大会 特别报道

25年发明19种以复旦大学命名的介孔分子筛材料,被全球广泛研究和使用的

赵东元:热爱挡不住,我愿一辈子“造孔”

■本报记者 许琦敏

“如果有一种介孔材料,赵东元做不出来,那世界上可能就没人做得出。”

听到这句话,中国科学院院士、复旦大学化学系教授赵东元憨然一笑,“一点儿没错,在介孔领域,我们确实是做得最好的,绝对敢说引领世界”。

在微观世界里,孔径介于2纳米至50纳米之间的材料被称为“介孔材料”。2克介孔材料的表面积展开,足可铺满6000平方米的足球场。它所创造的丰富空间,为科学家们解决能源、健康、信息、环境、安全等领域的难题提供了无限可能。

在这种神奇材料上,赵东元已经投入了25年时光。25年间,他不仅突破多重难题,提出多种合成策略,实现无机介孔材料功能的精准调控,还提出了“有机-无机自组装”思想,在世界上率先开拓出了有机介孔材料新方向。

继2021年为上海捧回了空缺18年的国家自然科学奖一等奖后,在昨天召开的上海市科学技术奖励大会上,赵东元被授予2022年度上海市科技功臣奖。

赵东元说,25年不够,他要一辈子做下去,因为这是他的热爱,“只有热爱是挡不住的,但凡看到的材料,我都想把它打成孔”。

微观世界的“俄罗斯套娃”

“见过俄罗斯套娃吧?一个套着一个,明明只占同样空间,但表面积却一下增加了好几倍。”赵东元这样解释外人难以理解的介孔材料——

这些增加的表面积,把微观空间分隔成不同“单间”,每个“单间”都可以加上不同性能的分子“设备”,从而实现不同功能。

如果将几种不同功能的介孔材料组装成一个个立体的复合小球,那就如同搭建起了一个微型加工车间,可以让一些传统方式难以推进的化学反应变得异常高效。

在赵东元眼中,介孔材料可谓是无往不利“材料尖兵”,“曾经有人问我,介孔材料是不是哪里都能用到?的确,在我看来,只要花心思钻研,介孔材料还真的是无所不能”。

我国每年使用的7亿吨原油中,有3亿吨是重油、渣油。由于重油、渣油成分复杂,普通催化剂很难让它乖乖“变身”轻质的汽油、柴油,一不小心就会因碳链“剪”不断而导致结焦(变成焦炭块)。

为解决这个难题,赵东元创制了一种壳核结构的介孔小球。这种小球外壳孔径大,内核孔径小,外壳好像分子筛,低价值的重油、渣油大分子可以进入,并被初步“撕碎”,而内核则将这些碎片进一步“剪碎”,成为汽油、柴油等高附加值液体燃料。

齐鲁石化在使用这种梯度孔径的分子筛催化剂后,六年生产效率提高了1.5%,每年增加150万吨高品质油品,相当于增加几十亿产值。

然而,在这个介孔小球的背后,凝聚了赵东元十多年钻研的心血。

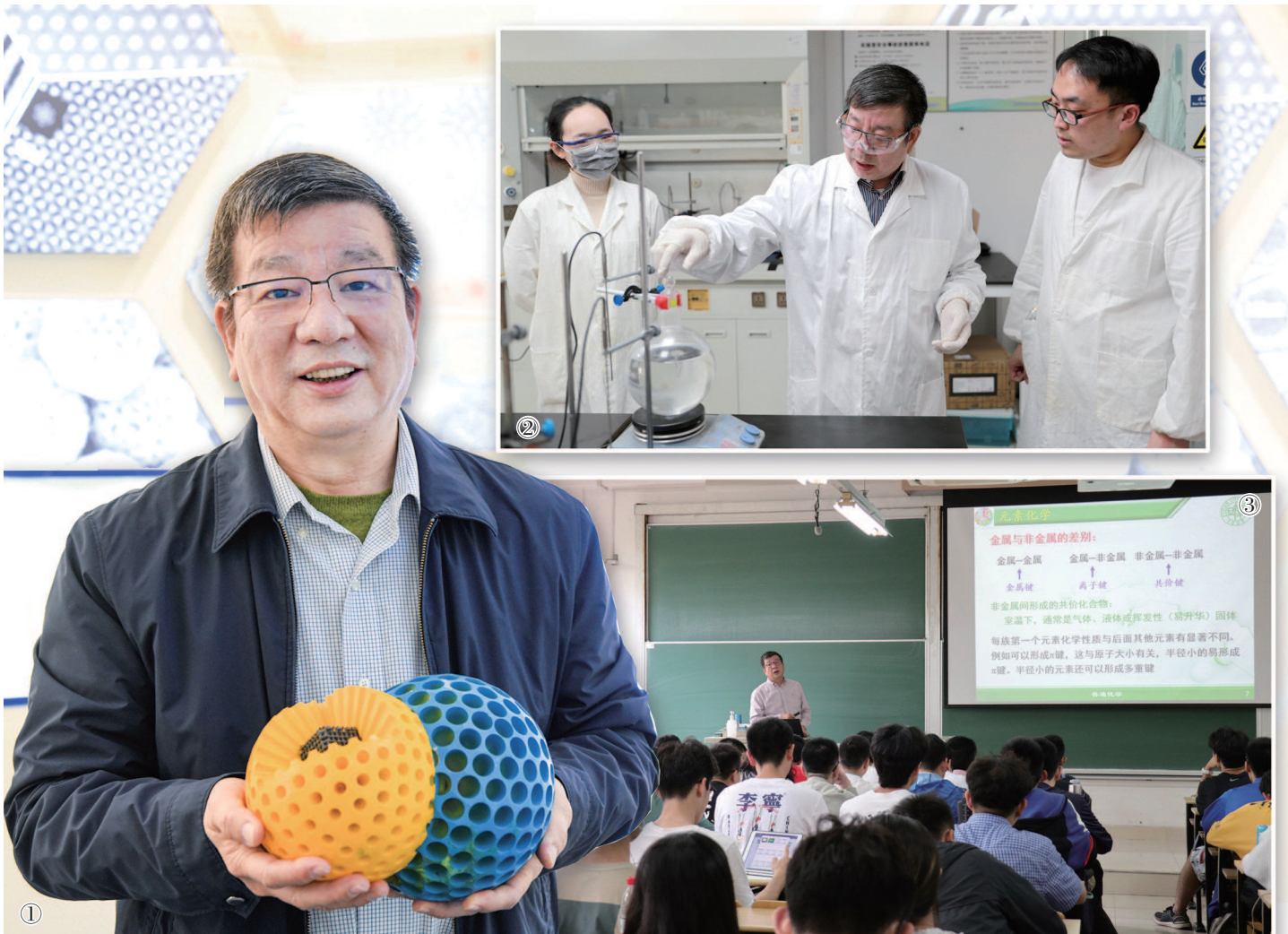
1998年,35岁的赵东元结束了在美国加州大学圣芭芭拉分校的博士后工作,来到复旦建立自己的实验室。带着5名本科生,靠着3万元的启动经费,他开始了功能介孔材料创制与合成的研究。

从最基本的分子结构、反应能量入手,赵东元带领课题组开始挑战极其复杂的功能介孔材料合成。

当时,国内科研条件与国外差距还比较大,赵东元的实验室里设备十分简陋。“1999年,我们没有XRD(X射线衍射设备),也没有TEM(透射电子显微镜),更没有NMR(核磁共振),但在上海都能找到。”他说,通过当时上海市科委搭建的大型科研仪器共享平台,实验室完成了很多重要实验,大大提升了他的科研能力。

提出“酸碱对”合成理念、“电荷匹配”组装策略,赵东元一步步拆解难题,终于使无机介孔材料的合成变得越来越得心应手。有人曾赞叹:对介孔材料的控制合成,赵东元已经达到了出神入化的地步。

赵东元课题组用FDU(复旦大学的英文首字母缩写)来命名所发现的介孔材料新结构,迄今已达19种。当美国、韩国、日本等国的介孔材料家族还局限在氧化硅,FDU已经拓展到了金属氧化物、硫化物、金属、磷



①赵东元近照。本报记者 张伊辰摄 ②赵东元指导学生实验。成钊摄 ③赵东元在为本科生授课。(复旦大学供图) 制图:冯晓瑜

记者手记

科学家唯一的标签是科学贡献

■本报记者 许琦敏

平实,本真,赵东元说话带着东北人的亲切与幽默。在近距离的采访中,记者从这位“布袋院士”的一言一行中,感受到了科学家的纯粹与执着。

提到此次获颁上海市科技功臣奖,他说:“这是一项很高的荣誉,对我和团队都是一种认可和激励,尤其是对年轻人,让他们看到整个社会对科学的尊重、对科学家的尊重。这能让他们更好地坚持在科学的道路上。”

然而,荣誉于他个人而言并不重要。在赵东元心目中,科学家真正的、唯一的标签,只有科学贡献。就像爱因斯坦的标签是相对论、光电效应,而不是他发表了多少篇《自

然》《科学》的论文,牛顿的标签则是三大运动和万有引力定律。“因为那些伟大的科学发现,无论发表在哪里,都是伟大的。”

理解了赵东元的追求,才会发现,原来刚领完国家大奖就飞回来给本科生上课、把证书装在帆布袋里,乃至获评上海市科技功臣时的淡然,一切都是那么顺理成章。习近平总书记曾说,我们的很多院士都是“干惊天动地事,做隐姓埋名人”的民族英雄。他们心中有科学、有祖国,唯独淡泊名利。能够心无旁骛地专注于自己热爱的领域,做出开创性的科学贡献,就已经是对他们最大的奖赏。

谁都知道,在科学前沿开辟一个新方向,需要克服多少困难、付出多少艰辛,但在赵东元看来,一切都值得感恩。刚回国时,

他没有抱怨国内外颇为悬殊的科研条件和薪资,而是感谢复旦大学给了他宽松自由的学术环境、优秀的学生,还让他成为在复旦成长起来的“最年轻院士”;他感谢上海市搭建大型公共仪器平台,帮助他找到实验资源,大大提升了科研能力。

实际上,创新就是要从既有中寻求突破,必无法完全安于现有的各种条条框框。赵东元以自己的切身经历告诫年轻人“对环境不要抱怨,而要适应”,板凳甘坐十年冷,潜心突破重大科学问题。同时,他又积极呼吁要“破五唯”,营造宽松的科研环境,允许科学家静下心来搞科研,倡导敢于质疑、大胆实证、理性思维的科研风气。

上海要建设具有全球影响力的科技创新中心,强化科创策源功能,加快提升原始创新能力和核心竞争力,正需要这种科学家与科研环境的双向奔赴,让基础研究引领的科技革命和产业变革,催生更多支撑经济高质量发展的新领域、新赛道。

酸盐、含氧酸盐,甚至有机领域。如今,FDU系列介孔材料已被列入化学试剂手册,被全球广泛研究和使用的。

捅破一层窗户纸,唤醒一个领域

35岁回国,44岁当选中科院院士,58岁获得国家自然科学奖一等奖,60岁获评上海市科技功臣。在许多人眼中,赵东元的科研道路一路顺遂,但这背后是他几十年如一日的热爱与勤奋。

刚回国时,赵东元几乎每周工作80小时,连续十几个小时泡在实验室里更是常态。就连中午吃饭时间,他也经常用来与学生讨论学术问题。哪怕到了现在,就在获颁科技功臣奖前夕,他去卡塔尔出差,也是凌晨四点半就开始一天的工作。

“科研需要你沉浸,需要你喜欢。”赵东元说,他就是喜欢化学,那是一种热爱,想到做介孔材料,他就“感觉来劲儿”。

赵东元对化学的最初兴趣,是因为高中老师的化学课上得非常精彩。有一次期中考试,他化学得了满分,从此就越来越喜欢化学。高考时,更是五个志愿全部填报了化学专业。

徜徉在化学的世界里,赵东元几乎无时无刻都沉浸在关于介孔材料的“异想天开”中。

2000年前后,全球介孔材料的研制都局限于无机材料。赵东元却脑洞大开地提出了一个问题:高分子材料又轻又软又好用,能不能做出有机介孔材料?

其实,他这么想,并非完全天马行空。大自然中,固然有风蚀水穿的石头孔洞,可也有不少有机体指导合成的无机微孔结构,比如贝壳、牙齿、骨骼。那么,为何不能再进一步,让有机材料引导有机材料形成介孔结构呢?

一个灵感的诞生不易,但要实现它更难。“整个合成过程非常复杂,就像在一个黑箱子里乱撞。”赵东元回忆,整整四年多,课题组似乎陷入了“死循环”——只要一反应,材料就会抱成一团,怎么也做不出介孔。

直到另一位酷爱化学的人出现,带来了转机。2002年,复旦大学在全国率先施行本科生转专业制度。高考未能被第一志愿化学系录取而调剂去了历史系的顾栋,申请转到化学系,并来到了赵东元的实验室。

2003年10月7日,顾栋突发奇想地把高分子先组装成孔,再聚合生长,意外测试到了一组漂亮的数据。赵东元立刻感觉仿佛眼前一亮,“这就好像捅破了一层窗户纸”。

接下来,整个课题组一下子“从黑夜中走了出来”,紧锣密鼓地调整实验参数、测试分析。2005年,赵东元在《德国应用化学》

上发表论文,首次提出“有机-无机自组装”的新思想。迄今为止,这篇论文被引超过3000次,吸引了60多个国家和地区的1500多家科研机构跟踪研究,利用相似方法研究发表的论文逾5万篇。

2012年至2019年,赵东元连续八年被科睿唯安列为全球化学、材料两个领域的高被引科学家,2020年被Science Watch列为介孔材料领域发表论文、引用率全世界排名第一的科学家。

开辟有机介孔材料领域后,介孔材料的基础研究是否就走到头了?2007年,FDU系列介孔材料的结构已达17种,如今十几年过去了,结构数量只增加了2种。

赵东元解释,新结构的数量是有限的,再要找到新结构难度越来越大。但每种结构可以对应的材料却是千变万化,它们能够实现的功能更是无穷无尽。现实生活中,哪怕推动一小部分进入实际应用,就能产生巨大价值。

在位于复旦大学江湾校区的先进材料实验室内,记者见到了采用了介孔材料作为负极材料的新能源电池。具体负责研发的顾栋梁教授介绍,介孔材料能把电池中的电解液“吸”过来,从而使充放电的反应速度加快,也提高了电池的能量密度,“现在电动车充满电需要好几个小时,将来可能只要半小时就能充

满”。而且,这种电池的放电速度也大大超过传统电池,就好比汽车油门发力更强,电动车的起步提速也将更快。据悉,实验室已与比亚迪合作,将新技术用于新能源车的电池中。

站在学科最前沿,赵东元认为,介孔材料的基础研究还远未到头。在科学家丰富的想象力下,还有更广阔的天地有待开拓。

曾经,赵东元带着儿子玩乐高的时候,想到了介孔材料的模块化自组装。近来,他又在公园看孩子玩吹气球时,开始思考研发“会呼吸的孔”,让介孔的孔径大小能根据气流的变化而改变,或是孔可以像开关一样在“0/1”之间的状态切换——如今,这些探索在实验室中刚有了点眉目。

“化学实在太有趣了,介孔材料对我来说,真是一辈子都研究不完。”赵东元说。

“布袋院士”坚持20年给本科生上课

“我要去给本科生上课了,回头再聊。”5月18日上午,在接受记者采访时,赵东元非常准点地站起身,他马上要赶去复旦大学邯郸路校区的3108教室,为选修普通化学课的150名本科生上课。

熟悉赵东元的人都知道,给本科生上课是他20年来雷打不动的安排。最令人印象深刻的,就是2021年11月3日,他在北京人民大会堂接受国家自然科学奖一等奖颁奖后的当天,立刻飞回了上海,因为第二天一早,他要给本科生上课。

“其实,也没什么特别的。”赵东元回忆起那天的情形,感觉一切都那么顺理成章,“有100多位学生等着我上课,哪能不回来呢?我这学期每周两节课,还不能迟到,迟到就是教学事故”。

那年11月4日一大早,因为团队成员都想早点看到那张珍贵的获奖证书,赵东元就用平时背着去上课的帆布袋装上证书,骑着自行车,去了学校。他没想到,上完课后,在教学楼下遇到同事,随手拍了张照片发到了朋友圈。由于证书挺大,露了一截在帆布袋外,结果照片就在网上火了,他因此得了个“布袋院士”的别号。

“我刚来复旦时,还真不喜欢给学生上课。”赵东元坦言,备课需要投入大量时间和精力,当时觉得还不如把时间用在做实验上。但站了几年讲台之后,他渐渐爱上了给本科生上课。

化学作为一门中心科学已有300多年的历史,所有经典理论、知识都已固化下来,任何一位老师来讲授,内容都差不多。从上课第一天起,赵东元就非常确信:“我的课,一定会和别的老师不一样,因为我热爱化学,我对化学的理解更加深刻,我会用它来激发学生对科学的热爱。”

即使已经上了20年的普通化学,赵东元仍会花上至少两倍于课程的时间来备课。每次备课,他都会将最新的前沿进展融入课堂——20年几乎没有一次讲课是重复的。“很多学生肯定会听不懂,但他们可以感受科学家的伟大,科学精神的伟大”。

那天上午,赵东元的授课内容是元素化学,主要讲气体元素的发现。

“人类花了250年研究空气的运动,才认识到了两种气体运动过程,并用方程式将其描述出来。而知道空气中有什么,则花了300多年。”他对学生说,我们天天呼吸的空气中,有氧气、氮气、惰性气体,每一种气体元素的发现背后,都有着一长串超越寻常思维的化学故事。

赵东元希望,年轻学子们能在牢固掌握基础知识的基础上,打破常规地发现科学问题,用强有力的理性思维小心求证,不断创新突破。

给本科生上课,赵东元越上越喜欢,因为这不仅锻炼讲演的能力,还能深化对科研的基础认识。“越基础的课程,授课越要有逻辑,对基本概念的理解也必须深刻。其实,知识就是那些,对于现在的学生来说,自学都可以,但对概念的理解、对知识的理解,对其背后内在实质的理解则考验教师的水平。”

在赵东元看来,基础研究完全是一种理论和想象,而化学是最接近物质的,没有数学和物理那么抽象,但也需要研究者有很强的想象力和逻辑性,“要培养学生具有理性思维的同时,还要有做探险家的能力”。

2022年度上海市科学技术奖

上海市科技功臣奖 赵东元

上海市青年科技杰出贡献奖 10人

上海市自然科学奖 56项

- 一等奖 24项
- 二等奖 30项
- 三等奖 2项

上海市技术发明奖 47项

- 特等奖 2项
- 一等奖 22项
- 二等奖 17项
- 三等奖 6项

上海市科技进步奖 182项

- 特等奖 1项
- 一等奖 48项
- 二等奖 73项
- 三等奖 60项

上海市科学技术普及奖 18项

- 特等奖 1项
- 一等奖 5项
- 二等奖 8项
- 三等奖 4项

上海市国际科技合作奖

和田章(日本籍)

伊塔玛尔·威尔纳(以色列籍)