

20 余年攻关，他们要做“有用”的研究

■本报记者 韩扬眉

20 多年的努力到了最后关头。2020 年大年初八，突发的新冠疫情来势凶猛。为了保障工厂生产顺利运行，中国科学院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）研究员、合成气转化与精细化学品催化中心主任丁云杰团队紧急收拾行装，从大连赶往阜新，隔离后便住进工厂达 4 个月之久。

那时，团队研发的“乙炔多相氢甲酰化及其加氢制正丙醇的工业化技术”装置即将投产。催化稳定性、产物选择性、生产质量……作为该中心合成气耦合转化研究组组长，大连化物所研究员严丽有诸多细节需要严谨把控。

2020 年 8 月，该装置投料开车，平稳运行至今。今年 5 月 14 日，该技术通过了由中国石油和化学工业联合会组织的科技成果鉴定。鉴定委员会一致认为，乙炔氢甲酰化金属 Rh 单原子多相催化剂属于首创技术，整体技术达到国际领先水平，一致同意通过鉴定。

“创新性成果须从基础研究开始”

“乙炔多相氢甲酰化及其加氢制正丙醇”是指乙炔通过氢甲酰化反应制得丙醛，再多加氢最终生成化学品正丙醇。烯炔氢甲酰化是生产洗涤剂、增塑剂、表面活性剂，以及医药、香料等高附加值精细化学品过程中关键反应之一。

烯炔氢甲酰化是一种将烯炔、氢气和一氧化碳转化为醛类化合物的反应，该过程中原材料的利用率近 100%，在优化利用资源方面具有重要意义。

然而，该反应最大的难题是，在催化过程中存在诸如贵金属和配体流失、催化剂与产物分离困难、大量使用溶剂、大量低品位反应热利用率低，以及高效 Rh-P 催化剂体系无法适用于液态烯炔等原料的问题。而均相催化多相化研究开展 80 多年来，这些问题始终未得到解决。

“催化所用的贵金属每克大约 4000 元，目前烯炔氢甲酰化大多采用均相催化体系，全球 2000 多万吨烯醇和醇是通过该体系来生产的，因此实际工业生产中每年补加的贵金属价值 40 多亿元。”丁云杰告诉《中国科学报》。

为了实现“把论文写在祖国大地上”的理想，丁云杰和严丽等展开了以应用为导向的基础研究。1999 年，丁云杰回国并入职大连化物所，成为碳—化学与精细化工催化研究组组长，把烯炔多相氢甲酰化作



研究团队在工程现场。大连化物所供图

为重要的研究方向。第二年，严丽进入丁云杰团队读博士，把烯炔多相氢甲酰化作为博士论文课题，均相催化剂活性成分流失的原因、多相催化剂活性低等是她需要弄清楚的基本问题。

2011 年，是研究发生“质变”的关键一年。

中国科学院院士、大连化物所研究员张涛课题组在长期从事分散催化剂研究基础上，终于实现了氧化铁负载单原子催化剂的方法制备。2011 年，他们在《自然—化学》上发表论文，正式提出“单原子催化”的新概念——实现活性金属以单原子的形式分散，达到金属分散的极限。

随后，单原子催化剂迅速成为多相催化领域最活跃的研究前沿。

丁云杰带领团队改变了过去 10 余年发展纳米颗粒多相催化剂的思路，自主研发了烯炔多相氢甲酰化单原子催化剂，并实现了金属单原子催化剂首次工业化应用。“纳米颗粒催化剂的金属利用率低，而单个原子分散的多相催化剂，贵金属的利用率接近 100%，而且流失量可以忽略不计。”严丽告诉《中国科学报》。

过去，催化效率之所以低，重要原因是真正参与催化反应的活性中心其实很少，绝大多数贵金属原子都“沉睡”在纳米颗粒的内部，必须将活性中心嫁接到一个载体表面上。

“以往均相催化多相化的策略，相当于用一根又细又长的线放风筝，风筝即催化

剂的活性点，反应过程中线容易‘断’，催化剂的活性组分流失。我们的策略是把线变得又短又粗，不容易断。”丁云杰进一步形象地解释。更重要的是，这个过程中催化剂与反应体系几乎无分离成本。

“做创新性成果，必须从基础研究开始。我们分析了过去 80 多年没有成功的原因，尝试探索不同的思路和策略。”丁云杰总结了经验，尽管这个过程会有很多次失败，但一旦走通，既活跃了基础研究，也给工业生产提供了好的技术。

工业放大，他们摸索了 4 年

“这个反应化学原理上来说很简单，但反应放热量大，品位又低，如何在工程上应用是最难的。”丁云杰说。历经近百年，此项工业技术所用的已是第 6 代催化剂了。

实验室成功是第一步，工业放大有着更多意想不到的困难，他们足足摸索了 4 年多才成功。

尽管丁云杰团队已有近 10 项技术实现了工业示范或工业化，但对于这项技术，他还是觉得“崩溃”“太痛苦了”。“做不出来，没人尝试过，经常有各种各样的问题。”他回忆起一开始在工厂的日子，“就像一个人被抛到一个沼泽地里面，不知道出路在哪儿”。

关键单体的放大生产工厂一开始设在江苏。但 2019 年响水化工企业突发爆炸事故，诸多化工企业停工停产，他们辗转前往

辽宁重建装置。在运行关键时期，他们在工厂一线一待就是半个多月，早上 8 点到现场，常常与科研人员讨论问题至深夜。飞机场、宾馆、路上都是丁云杰的办公场所。

作为该项目的执行组长，严丽每天和工人们一起出现在生产第一线。她一头齐耳短发，干练利落，戴着安全帽，身穿工作服，不论环境多艰苦熬夜多频繁，在工作中都与男性一样努力。

核心有机单体的纯化是关键，从实验室的毫升级到工业的吨级放大，是两种完全不同的技术手段。在催化剂生产的关键阶段，严丽和团队伙伴们常常通宵“盯”着仪表盘上的数字，并及时进行分析。“这是个全新的技术，更是从基础研究到工业应用完全原创的技术。”

“能不能用才是真正的核心问题”

2021 年 10 月 18 日至 21 日，“乙炔多相氢甲酰化及其加氢制正丙醇的工业化”装置进行了内部 72 小时连续运行考核。结果显示，乙炔总转化率为 99.26%，丙醛加氢总转化率为 99.58%，丙醛和正丙醇的选择性分别为 99.51% 和 98.64%。

作为建设方的宁波巨化化工科技有限公司董事长、总经理周强高兴地告诉《中国科学报》，这一项目在工艺路线选择、工艺流程设计、设备选型、自动控制等方面进行了大量优化和完善，采取了多项填补行业空白的先进控制技术，最终实现了全流程一次开车成功。“该项技术是世界首创，为烯炔多相氢甲酰化产业发展奠定了基础。”

从提出原创性概念到深入的科学研究，再到工业化应用尝试，单原子催化在中国驶入“快车道”。

利用该技术的乙炔氢甲酰化工业装置自投产以来已平稳运行了 22 个月，且仍保持满负荷运行，再次验证了单原子催化剂具有广泛工业应用潜力，也进一步丰富了单原子催化理论。

如今，越来越多的企业找到丁云杰和严丽，因为这项多相氢甲酰化技术还可以拓展到其他烯炔的氢甲酰化生产醛的过程中，对于缓解醇、酸、脂等重要化工原料的供需矛盾有着重要意义。

“我们做研究的目的，不是为了自娱自乐，能不能用才是真正的核心问题。”丁云杰自豪地说，现在团队能够用于生产的技术扎根在全国各地的多个企业之中，年产值估计达数十亿元。

在过往的几年里，人工智能(AI)预训练大模型(以下简称大模型)的参数规模之争愈演愈烈。这些大模型不仅需要大量硬件、算力，其电力等运维成本也数以亿元计。

大模型何以成为 AI 行业“内卷”的新风向?付出如此之大的成本,大模型的“正确打开方式”是什么?

突破 AI 学习的数据“天花板”

预训练大模型,顾名思义,即预先训练好的模型,它可以帮助人们降低 AI 模型创建和训练的成本。一般而言,训练一个 AI 模型,往往要采用“有监督的学习”。也就是说,需要先做好数据标注,再将标注好的数据“投喂”给训练模型。但大模型训练不必如此,它可以做“自监督学习”。换言之,大模型训练所需的数据,可以不必是做好标注的数据。

百度集团副总裁、深度学习技术及应用国家工程研究中心副主任吴甜告诉《中国科学报》,在有监督学习中,数据的标注数量和质量是模型训练的关键瓶颈;而通过一些任务的设计,大模型可以在海量的无标注数据上进行规律和知识的学习。

比如说,百度文心 ERNIE 大模型学习的就是海量通用数据,包括文章、段落、著述等——就像通识教育一样,这些数据本身没有被标注。学习之后,大模型就具备了一定的基础能力。此后,大模型再通过“开小灶”——在特定任务和不同应用场景中做少量任务数据的迁移学习,就能进一步具备辅助或支撑该任务或行业的智能水平,进而应用于更多场景,在各行各业开花结果。

2021 年 12 月,百度发布了具有 2600 亿参数规模的产业级知识增强大模型——鹏城·百度·文心大模型(基于百度 ERNIE 3.0 升级),在 60 多个经典的 NLP(自然语言处理)任务中取得世界领先效果。

突破大模型落地应用的鸿沟

5 月 20 日,百度 WAVE SUMMIT 2022 深度学习开发者峰会如期而至。吴甜在峰会上提出,2022 年是大模型产业落地的关键年。而做好落地,需要解决的关键问题是,“前沿的大模型技术如何与真实场景的方方面面的要求相匹配”。

为此,百度从 3 个方面开展了工作。第一项工作是,建设更适配各类应用场景的模型体系。

在 WAVE SUMMIT 2022 上,百度围绕大模型产业级与知识增强两大关键词,公布了全新的飞梁文心大模型全景图,并一口气发布了 10 个全新的大模型。这 10 个大模型连同此前的大模型,既包含了足够多数据与知识的基础大模型,也有面向常见 AI 任务专门学习的任务大模型,以及引入行业特色数据和知识的行业大模型,共同组成了文心大模型“基础大模型—任务大模型—行业大模型”的三级体系。

第二项工作是,开发更有效的工具、发展更高效的方法论,让大模型发挥作用。

“好马配好鞍”,要想马儿跑得好,鞍也要足够好。吴甜说,为了让开发者方便、快捷地使用文心大模型,百度充分考虑了大模型落地应用的全流程问题,配套建设了大模型整套的工具和平台,以进一步降低应用门槛,端到端、全方位地发挥大模型效能。

据吴甜介绍,这些大模型套件为开发者提供“更低成本地进行数据准备”“更高效灵活的精调工具”“高性能的部署方案”“60 多个开箱即用的前置基础任务”等 4 方面的能力,帮助开发者降低成本、降低代码量,让模型插上工具平台的“翅膀”。除了开发套件,百度还提供文心大模型 API 和内置了文心大模型能力的 EasyDL 和 BML 开发平台,把门槛进一步降低,让更多的人使用。

第三项工作需要社区参与,即建设开放的生态,以生态促创新。

百度新发布了基于文心大模型的创意与探索社区——唠谷社区,让更多人群(非技术)零距离感受到大模型的魅力和应用创新潜力。“我们希望越来越多的场景、越来越多的人来使用,把问题和需求反馈给文心大模型体系,这能带来更大的价值。”吴甜说,“人工智能系统一定要有反馈,如此方能不断地正向进化。”

向“普惠 AI”进发

关心大模型如何更快走向实用的,一定不会忽视百度此次发布的两个行业大模型:国网—百度·文心大模型和浦发—百度·文心大模型。

这两个大模型背后,是百度与国家电网、浦发银行等行业头部企业进行联合研发与创新。他们通过更好地融合通用数据和行业特有知识,有效提升大模型在电力、金融领域的行业任务应用效果,让大模型逐步走向实用化。

这或许是百度首席技术官、深度学习技术及应用国家工程研究中心主任王海峰在本次峰会上所提出“普惠 AI”的一个新开端。

3 年前,王海峰在首届 WAVE SUMMIT 深度学习开发者峰会上提出,深度学习具有很强的通用性,并具备标准化、自动化和模块化的工业大生产特征,正推动人工智能进入工业大生产阶段。3 年里,百度借助产业级深度学习开发平台“飞梁”和文心大模型,正将这一预判变成现实。特别是,在大模型降低了应用门槛之后,提出“普惠 AI”的底气才显得越来越足。

记者向吴甜探讨大模型进一步“接地气”的可能,比如人人都可以设计或生成一个独特的“数字人”,依托于大模型的支持,让数字人拥有人的动作、口型、表情,数字人可以做主持、解说,实现对话或陪伴。吴甜表示,这也是百度探索大模型落地应用所向往的方向之一,“我们努力朝着人人皆可应用大模型的普惠 AI 进发”。



当提起「普惠 AI」,百度正构建降低应用门槛的基座——探索大模型的「正确打开方式」

■本报记者 赵广立

将课堂开设到企业研发实验室里

■本报记者 沈春蕾 通讯员 程振伟

刘栋梁有两个身份,一个是杭州电子科技大学自动化学院副教授,另一个是卧龙电机驱动集团(以下简称卧龙)全球中央研究院副总裁。比起“刘总”这个称呼,他更喜欢别人叫他“刘老师”。

“我更感兴趣的是培养人才。”刘栋梁告诉《中国科学报》,“电机研究的产业化,既需要把论文写在课堂上,也需要把论文写进企业里。二者不仅不冲突,还相互促进。”

研究“结缘”

刘栋梁和卧龙的“结缘”始于博士后期间的研究工作。

2005 年 3 月,刘栋梁在浙江大学获得控制理论与控制工程博士学位后,进入卧龙博士后工作站,从事交流伺服系统及非线性控制策略的研发工作。

他说:“伺服驱动技术是高性能自动化装备的核心技术,伺服驱动产品在现代先进制造业中已成为智能控制、精密驱动的最优执行元件,当时国内在该领域还没有实现规模化生产。”

为此,刘栋梁将读博士学位期间从事的永磁交流伺服驱动、控制策略、无传感器运行等研究工作在卧龙开展进一步的探索。

2006 年,刘栋梁牵头研发的交流永磁伺服电机与全数字化伺服驱动器产品,通过国家电控设备质量监督检验中心检测,并实现了全数字通用交流伺服系统产品产业化,形成年产 8000 套的生产能力。

刘栋梁在 2007 年加入杭州电子科技大学,但他与卧龙的合作研发仍在继续。

2009 年,刘栋梁团队针对高压变频效率不高、可靠性较差、无知识产权等问题,成功研发了矩阵式高压变频器的核心技术和生产工艺。这项技术打破了长期以来国外的技术垄断。

2012 年,刘栋梁开始致力于光伏产品的技术突破,着重研究分布式光伏系统的结构、电网的特性、光伏的安全运行及光伏逆变器装置等,带领卧龙研发团队成功研发出 1~2 千瓦、3~5 千瓦、10~17 千瓦光伏并网逆变器,并顺利通过光伏行业多项国际

认证。调研机构 HIS Markit 的市场数据显示,2020 年,卧龙电驱在全球高压电机市场的占有率约为 11%,位列全球第二;在全球低压电机市场的占有率约为 6.5%,位列全球第四。

“他从不让我们失望。”卧龙创始人陈建成称刘栋梁是“闯将”,更是“福星”,因为公司在技术突破、业务布局时,总会首先想到刘栋梁和他的团队。卧龙从单电机到数字化产品、智能集成产品的发展道路上,都留下刘栋梁和团队的足迹。

组织“牵线”

电机是机电能量转换的重要装置和电气传动的基础部件,简言之,就是将电能转化为动能,让电力应用于工业、农业、国防、交通及家电等众多领域。

刘栋梁向《中国科学报》介绍:“大到远洋航轮飞机,小到汽车动力,小到空调家电,电机都有广泛应用。电机是提供动力的心脏,很幸运自己能以‘开拓者’的身份参与其中。”

2013 年,浙江省委组织部等四部门推行“青年科学家培养计划”,旨在引导和推动科技人才集聚服务企业,加快培养造就青年学术和技术带头人。此时,已是杭州电子科技大学自动化学院电气工程系主任的刘栋梁,成为派驻卧龙的青年科学家。

“从研究‘结缘’到组织‘牵线’,让我对卧龙的研发工作有了更深层次的了解。”刘栋梁说,“当时,我对自己的要求不仅是做一个闯将,还要做一个组织者。一是对电机应用的未来要看得更远,二是对于集团战略研发项目要做好带头组织工作,三是为集团国际化、新业务研发培养人才。”

位于浙江省绍兴市上虞经济开发区的卧龙产业园,2013 年还只是两层楼的 EV(电动汽车)电机项目研发工作室,如今已经成为占地近百亩的 EV 电机的研发、生产基地。每年从这里出产 30 万台以上 EV 电机,并运往世界各地。

刘栋梁带领研发团队在这里克服了诸多电机技术难题。比如,团队研发出磁钢退



刘栋梁 杭州电子科技大学供图

磁—反电动势估算法、转子过热—电机损耗估算法、轴承异常—转速谐波分析法等先进电机算法,实现了电机设计的平台化、电机测试的平台化。

“当时我们已经预测到电动汽车会迎来爆发增长期,而电机是其核心动力组件。我们研发了具有稳定性、经济性、环保性的 EV 电机,并成功成为宇通、吉利、奔驰等电机供应商,为卧龙带来数十亿元的电机供应市场。”刘栋梁说。

作为卧龙研发的“组织者”,刘栋梁最大的成就感是,为卧龙培养出一批批研发骨干。现在刘栋梁和他的团队正在布局研发新一代船舶、飞机电机设备。

敢想敢干

在光照充足的夏季,杭州电子科技大学第六教学楼的屋顶光伏发电系统预计一天可以发电 500 多度,但如果把太阳能发的电并入房屋所在的电网,实现一年四季都能持续发电就有一定困难了。

刘栋梁解释说:“这需要一整套系统支持,比如第四变电所的并网控制系统、第八教学楼四层的综合控制系统和一楼的柴油发电机系统、蓄电池系统、超级电容补偿系统、电能质量调节器、瞬间电压跌落补偿器、干扰发生装置等。”

2008 年,刘栋梁带领学生成功开发出这一整套系统——先进稳定并网光伏发电微电网系统。他告诉记者:“当年,这套系统是我

国第一个光伏发电微型电网实验研究系统,也是国际上唯一的光伏发电比例达 50%、电源容量为 240 千瓦的实验微型电网。”

“我首先给学生传达的理念,是敢想——比如世界第一,然后是敢干。”刘栋梁在研究生课堂上的这句话,让他的学生屈指印象尤为深刻。

“没有比直接参与企业重大技术攻关更能提升学习的了。”屈指告诉《中国科学报》,导师刘栋梁的每一届研究生,都要在读研期间去卧龙等龙头企业参与研发,如果条件具备还可以牵头负责子研发项目。

屈指在卧龙做研发的一年半时间里,和导师刘栋梁合作,针对电动汽车中的噪声、振动与舒适性问题,对电动汽车电机—减速器组成的动力总成系统进行了振动与噪声的研究。

“我的论文不仅发了核心期刊,还在卧龙面向未来的核心电机新产品上得以应用。这让我真切地感受到知识创造价值。”屈指感叹道,“刘栋梁老师的课堂,不局限在校内,还开设到了龙头企业的研发实验室里。”

这些年,刘栋梁主持了多项国家自然科学基金面上项目和浙江省科技计划重大科技专项重点工业项目。“这些项目的技术成果都已在卧龙转化为产品,带来了良好的经济效益和社会效益。”刘栋梁表示,除此之外,自己更在乎的是,在产业一线发现问题、分析问题、解决问题,并带学生一起研究攻关,这也是为人师者的成就感。