

从依赖5000元一瓶的进口试剂到实现“中国造”：他们让“人工肺”用上“中国芯”

■本报记者 孙丹宁

在化工领域，有一种被誉为“塑料之王”中“轻量级冠军”的材料——聚4-甲基-1-戊烯(PMP)。它是目前已知密度最低的热塑性树脂，兼具高熔点、优异耐热性、高透明度、良好介电性及耐化学腐蚀性等综合优势。

从人工肺体外膜肺氧合(ECMO)的核心膜材料，到5G通信的高频覆铜板，PMP的身影无处不在。然而，在这条关乎高端制造与生命健康的产业链最前端，关键单体4-甲基-1-戊烯(4M1P)却百分百依靠进口，其国产化率在过去60年间始终定格在“0”。

“0”意味着一瓶500毫升试剂售价近5000元的垄断暴利，更意味着当危机来临，我国高端医疗装备可能面临“无芯之肺”的断供风险。

“我们希望打破这一局面，让更多普通人能够用得起。”大连理工大学教授梁长海秉持着这样的信念，携手中国石化镇海炼化有限公司，开启了长达8年的鏖战。

近日，这一数字被成功改写。当纯度高达99.3%的4M1P从百吨级中试装置中产出，且关键指标优于进口产品时，这场始于“1/17”概率的科技征途，迎来了它的高光时刻。

“一瓶5000元”背后的“无芯之肺”

如果将化工产业链比作一棵大树，那么4M1P便是那深埋地下的“根脉”。它看似不起眼，却是打通廉价丙烯与高附加值PMP树脂的“黄金桥梁”，也影响着“人工肺”的产业发展。

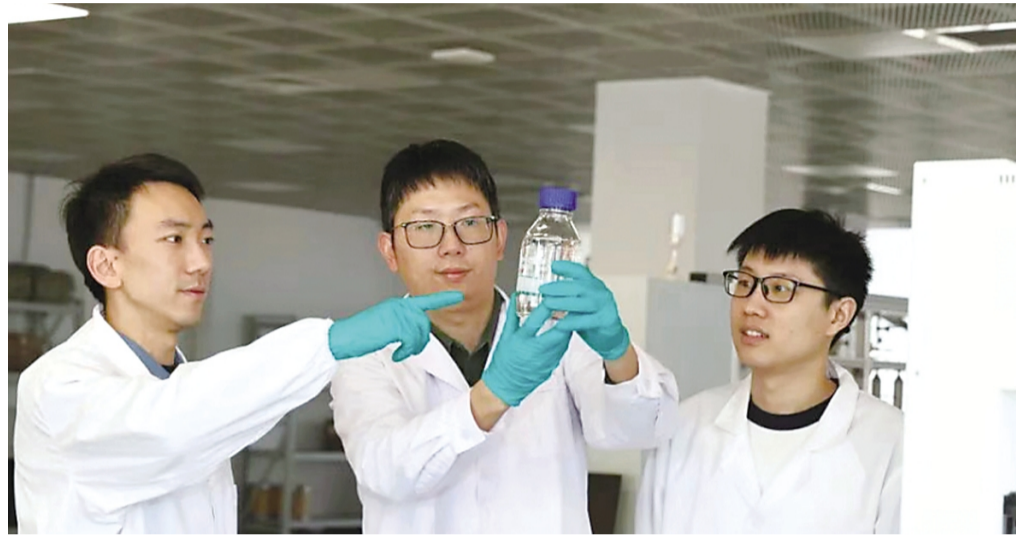
在19世纪60年代，当西方国家已经实现4M1P工业化生产时，我国在这一领域却陷入了“沉寂”。由于国外企业长期实施全产业链垄断，不仅PMP树脂受制于人，其关键单体4M1P更是被严密封锁，市场上几乎找不到工业级产品，仅有少量昂贵的试剂流通。

梁长海回忆起最初接触这一项目的场景时，语气依然沉重：“当时我们了解到，一瓶500毫升的4M1P试剂，售价高达近5000元。即便你出得起这个钱，对方也不一定卖给你——因为供应数量受限，甚至存在随时可能断供的风险。”

这种垄断带来的不仅是经济上的损失，更是“切肤之痛”。工业和信息化部早已将PMP列为“核心战略材料”，但受制于源头单体的缺失，国产化率始终为零。

“我们为什么要做这个方向？”梁长海的回答朴素而坚定，“开机费和使用费动辄几十万元，让普通人根本无力承受。我们希望打破这个局面，让中国人用得起自己的高端材料。”

2017年，凭借多年在工业化领域的深



科研人员在实验现场。

受访者供图

厚积累，梁长海团队与中国石化镇海炼化正式携手，向这座被国外垄断了60年的技术高峰发起挑战。

17种可能性中的“唯一路径”

4M1P的合成，从化学方程式上看似乎很简单，只需要两个丙烯分子结合。但现实远比理论复杂得多。丙烯分子之间的结合方式千变万化，理论上存在17种可能的反应路径，而目标产物4M1P是其中“唯一”的正确选项。

“这就好像在17条岔路中找到唯一一条通往终点的路，而且没有地图。”大连理工大学副教授陈霄比喻道。如何在17种可能性中锁定那“1/17”？答案就藏在催化剂的配方里。

不同的催化剂会引导丙烯分子走向不同的结合方式。而梁长海团队要做的，就是找到那个能精准指挥丙烯分子“走对路”的催化剂配方。

从2017年到2021年，团队经历了数次实验。对于一种化学活性极高、极易失活的催化剂来说，每一次配方的微调都意味着新的未知。他们只能在实验室里一次次地改造设备流程，一次次面对催化剂性能不佳的沮丧。

“起初二一年，实验都不是很顺利。”梁长海回忆道。但支撑他们走下去的，是科研人员心中那份“要靠我们这一代人去解决问题”的使命感。他们反复调研资料、分析原因，从失败的数据中寻找蛛丝马迹，终于研制出了配比合适的催化剂。

2021年，项目迎来了关键的“大考”——500小时催化剂连续评价实验。当时学校因疫情封闭，部分核心成员被困宾馆，无法进入现场。然而，实验一旦启动，就不能停止。

一场特殊的“隔空协作”就此展开。在实验室里，团队成员分成几班，24小时轮值。每半小时就要精准取样、快速分析，记录下每一个细微的数据变化。而在宾馆里，被困的成员则通过电话和不断刷新数据文档，随时提供远程支持。500小时，1000个样品，当最后一组数据确认全部合格时，所有人都长舒了一口气。

这场“隔空协作”，不仅验证了技术的可行性，更锻造了团队的韧性与凝聚力。“在极限压力下，我们彼此信任、默契配合，这种经历成为团队文化中宝贵的财富。”梁长海告诉《中国科学报》。

从“克级”到“百吨级”的逆袭

实验室的成功，只是万里长征的第一步。2025年3月，当百吨级装置首次开工时，现实的冷水毫不留情地泼了下来：产品纯度仅94.2%，收率远低于预期。

面对从“成功开工”到“现实冷水”的巨大落差，团队并没有慌乱。“我们在实验室阶段已经取得了比较好的效果，有的研发人员参与研发过程多年，对于工艺还是比较有信心的。”梁长海说。他们凭借多年的经验，迅速将问题锁定于催化剂制备环节。

“催化剂就像汤圆，皮要均匀才能不露馅。”团队博士生凌雨打了一个比喻。如果催化剂分布不均、结构不规整，就无法有效引导丙烯分子沿着正确路径反应。找到症结后，团队迅速回到小试装置，重新搭建实验平台，用最短的时间做出一组对比数据。终于，在数月后的再次试车中，纯度跃升至98%以上，实现了令人振奋的“逆袭”。

而从实验室的“克级”到工业化的“公斤级”，放大效应是每个工业化项目都要面对的难题。传热、传质条件的变化，可能导致催化剂分布不均、活性下降。为了确保精准控制不发生“失真”，他们需要针对每一个工艺参数进行精细调整。这不仅是化学问题，更是工程问题——化学与工程学的深度耦合。

在一些看似“枯燥”的工程细节上，团队也倾注了全部心血。由于实验室条件有限，用于现场实验的数百公斤特种催化剂需要借用合作单位的专用设备制备。制备完成后，团队成员亲自当起了“搬运工”，小心翼翼地将一袋袋催化剂装车、固定、押运，再一袋袋搬运到装置前。因为他们深知，如果这个环节处理不当，就会导致催化剂失活或污染，就可能前功尽弃。

当纯度高达99.3%、优于进口同类产品的4M1P成功产出时，这不仅意味着我国打破了长达60年的国外技术垄断，还意味着实现了该高端化学品的高质量国产化替代。

“通过与中国石化镇海炼化项目合作，我们各取所长，高效整合了基础研究与工程化资源，实现了‘企业出题—高校答题—市场验题’的闭环。”中国石化镇海炼化研究院精细化工室主任陈平说。

“这个项目的成功，也给了我们很大的信心，证明我们完全有能力攻克这类技术难题。”梁长海说，“而对于其他‘卡脖子’高端化学品，我们的经验是不要只做实验室论文，要敢于走进工厂；不要只追求单一指标，也要构建从单体到应用的完整生态。”

回望2017年，梁长海认为，团队敢于向被垄断的技术高峰发起挑战的最大底气，源于多年工业化的积累与作为科研工作者的责任担当。“我们相信，只要方向正确，方法得当，持之以恒，就没有攻克不了的技术难题。”

目前，梁长海团队正与合作方持续推进技术优化，聚焦规模化生产稳定性控制、下游高附加值加工技术突破等方向。从“百吨级”中试成功到“万吨级”工业化生产，虽然还有新的难关需要攻克，但梁长海相信，“在各方共同努力下，能够实现从关键单体到核心材料再到终端制品的完整产业链突破，真正让‘中国造’的PMP树脂走向市场，惠及百姓”。

专治未来程序员“不会说话”的“叙事大脑”来了

■本报记者 沈春蕾 通讯员 张洪嘉

“这门课专治未来程序员‘不会说话’的‘毛病’。”在杭州电子科技大学(以下简称杭电)，“叙事表达系统赋能下的写作与沟通”是热门选修课，从最初开设一个班到现在开设三个班，仍然有同学抢不到课。

这不只是一门选修课，还是一套大模型协作系统。日前，依托该课程报送的案例被教育部教育管理信息中心、中央网信办数据与技术保障中心评选为“人工智能安全办优秀教育案例”。

这套大模型协作系统叫“叙事大脑”，由杭电宣传部、网络空间安全学院、校企合作等联合打造，最初的设想来自杭电宣传部副部长程振伟：“杭电以理工科为主，很多专业术语普通人不一定能听懂，师生们也不知道如何用‘大白话’表达，我就是想教学生‘说话’。”

于是，程振伟先后联络了杭电网络空间安全学院副院长任一支、校友创业者洪瑞贤等人，请他们帮助自己开发一套叙事表达系统。如今，这套系统已经从“叙事大脑”1.0版本升级至4.0版本，并在校内外打响了一定的知名度。

AI时代人文精神最稀缺

“很多人以为人工智能(AI)会带来理科生的狂欢、文科生的危机。恰恰相反，AI时代最稀缺的正是人文精神。”在“叙事表达系统赋能下的写作与沟通”课堂上，程振伟的话让不少学生陷入思考。

“AI能帮我写代码，但无法替我判断这个功能是否真正解决了用户痛点。”在杭电计算机学院大二学生马昕洋看来，文科思维让技术有了温度，也让创新有了方向。同样来自计算机学院的大一学生张志成认为：“工具本身不会让人变笨，放弃思考才会。”

张志成曾用AI生成一段视频，但运行结果频频报错。“后来我检查数据流架构、内存分配逻辑时才发现，问题出在帧率与时序的匹配上。”他说，“AI擅长执行，但架构、方向、关键节点的选择必须由人完成。这就像盖房子，AI是高效的工人，而你自己才是那个设计师。”

AI追求的是标准化输出，而人的创造力往往诞生于看似混乱的细节中——一次卡

顿、一场意外、一段模糊的记忆，都可能成为创新的火花。程振伟指出：“AI时代，收集过程的细节比构建完美框架更重要。越琐碎、越不确定的细节越真实，也越难被AI模仿。”

程振伟经常鼓励学生记录实验中的失败瞬间、创作时的情绪波动，因为这些“非结构化数据”才是未来最珍贵的资产。他常说：“AI可以模仿梵高的笔触，但无法复制他在星空下颤抖的孤独；AI可以生成悦耳旋律，但唱不出母亲哄睡时的温柔。”

在培养学生人文精神的同时，程振伟还在思考，如何让理工科学生掌握叙事表达的技巧。他结合自己的工作梳理出叙事的“四讲”理念：讲清楚、讲明白、讲得让人感兴趣、讲得激发人动力。

程振伟解释道：“当下，人们获取信息的方式过于丰富，而注意力却被稀释。无论何种表达都要从受众的认知出发，捕获读者的注意力。”

由于还有其它工作，程振伟没办法每节课都亲自授课，但他希望学生们更便捷地掌握这套叙事表达体系，于是他想到借助AI工具。考虑到自己能力有限，他决定寻找帮手。

联合校友开发“叙事大脑”

洪瑞贤创办的杭州鸿云中芯科技有限公司主要从事网络与信息安全软件开发。他曾上过程振伟的课，也了解程老师的叙事表达体系，是程振伟开发“叙事大脑”的第一个帮手。

“我们从2023年开始进行程序化开发。当时国内外已经有大规模产品，但仅仅是单纯的上下文对话。”洪瑞贤回忆道，“我们使用了一年时间完成‘叙事大脑’测试版，但在使用过程中发现很多用户有自己特定的需求，于是我们给模型嵌入知识库，并结合60多个跨学科的概念工具，如对象化、表达效率、吸引力、前置知识、共情情感、语言友好性等，涵盖语言、符号、逻辑、传播、心理等领域，使模型具备超越信息堆砌的思想组织力与表达穿透力。这也是‘叙事大脑’名称的由来。”

“叙事大脑”有一套高扩展性的代码框架，可以根据一线教师的真实经验、专业特长、育人目标等，为其定制专属的“Skill(技能)”模块，进而生成个性化的教师“数字分身”。

如今，不仅程振伟有自己的“数字分身”，杭电校内外的好老师也先后入驻该平台，拥有了自己的“数字分身”。以杭电马克思主义学院副教授范江涛为例，他主讲的“中国近现代史纲要”课程因为把历史故事讲得深入浅出备受学生欢迎。他的“数字分身”不只是简单答疑解惑，而是结合自己的教学经验和授课内容，根据不同学生的认知和诉求，有针对性地解决学生的问题。

浙江省诸暨市湍浦中学副校长王惠丰入驻平台不久就意外“走红”。洪瑞贤告诉记者，2025年暑假，王惠丰“数字分身”专栏里约1300万数据量的升学择校的分析文档被大量访问。

“基于王校长收集的各高校录取信息，通过我们的知识库上传系统，模型通过交互进行择校分析。”洪瑞贤告诉《中国科学报》，“因为数据量过大，我们也优化改造了知识库解析程序。”

作为平台系统的开发者，洪瑞贤说，安全问题是“叙事大脑”的头等大事。安全的护航者除了开发者，还有任一支带领的团队。

“数字分身”不能替代老师

当前，“数字分身”潜藏多重隐患，比如身份混淆、价值偏移、责任模糊等。任一支是负责“叙事大脑”安全的一个帮手。他告诉《中国科学报》，高度拟真的表达可能让用户误判其为真人教师或权威信源，导致信息信任错位；若仅追求“讲得让人感兴趣”而忽视“讲清楚”“讲明白”的底线，可能削弱知识的严谨性。

任一支带领团队为“叙事大脑”从设计源头嵌入三重防范保障：一是将“克制修饰”事



程振伟在讲课。

受访者供图

实优先”“价值升华”等叙事工具作为生成约束，确保趣味性不压倒真实性；二是所有输出均标注“AI辅助生成”标识，并明确其功能边界；三是依托私有化部署与权限管理，确保用户数据不出城、生成内容可追溯。

当记者问及“数字分身”在保证安全的前提下是否可以完全替代老师时，任一支表示，如果一位老师连亲自回答学生提问的时间和意愿都没有，而用一个“数字分身”来替代自己出场，长此以往就不是AI赋能教育，而是以AI为借口逃避教育责任。

他指出，正确使用“数字分身”的核心在于坚守“工具为人服务”的原则。“数字分身”不应取代师生间真实的情感互动，而应聚焦于解决“表达效率”问题。比如，帮助师生把枯燥的成果转化为受众可理解的叙事内容，辅助教师针对不同学生定制讲解策略，为政策制定者提供更多视角的价值阐释等。

对此，程振伟表示赞同，“叙事大脑”的核心不是“代替老师说话”，而是“帮助老师说得更好、传得更远，更能抵达学生内心”。真正的教育，永远发生在真实的人与人之间；而“数字分身”只是让真实的声音穿透更多认知壁垒，抵达更广泛的受众。

视点

近期，技术转移领域围绕“科技成果”与“应用需求”以谁为先这一问题，展开了一番热议。一方强调成果是转化的前提，没有好的科技成果，市场便无从谈起；另一方则认为需求是创新的源头，脱离应用场景的成果终将束之高阁。这场争论看似新鲜，实则由来已久。

从历史脉络来看，全球范围内关于这一问题的讨论已持续数十年。1945年，美国科学家范内瓦·布什在《科学：无尽的前途》中提出了经典的线性模型：基础研究是技术进步的源头，应用研究紧随其后，最终推动产业发展。然而，彼时另一种观点更加占据主流，即强调需求牵引和目标导向的“大科学”

范式，大量重大项目的成功充分证明了围绕明确需求开展有组织的科研能够产生巨大突破。这两种观点在数十年间持续交锋，各自影响着不同国家的科技战略选择。随着科技创新实践的深入，人们逐渐意识到，现实中的创新远比线性模型或单纯的需求导向更为复杂。学术界与产业界基本形成共识：成果与需求的关系并非单向输出，而是双向互动、相互塑造。

从科学研究范式来看，常见模式有两种。纯自由探索的基础研究，如物理学家探究量子力学、相对论，其出发点并非解决具体应用问题，却在日后催生了核能、半导体、激光等重大技术革命。纯应用研究则直接面向实际问题，如材料工程师研发耐高温涂层、药物学家筛选化合物，其成果往往在短期内即可投入应用。然而，这两种模式并不能涵盖全部科学研究。美国科技政策研究者唐纳德·斯托克斯在《巴斯德象限》中提出了第三种模式——应用激发的基础研究。以巴斯德为例，他因解决酒类变质这一实际需求而开展研究，不仅开发出巴氏消毒法，更在此基础上拓展了微生物学这门基础科学。这一模式揭示了应用需求与基础研究之间可以形成相互促进的正向循环。

从技术创新模式来看，理论认识也经历了多次演进。早期观点强调“技术推动”，认为科学发现和技术突破是创新的主要驱动力。随后出现的“需求拉动”观点则强调市场需求对创新的牵引作用。随着实践变化与研究深入，人们认识到这两种模式并非对立，而是互补，进而发展出耦合模型、一体化模式。

进入21世纪，开放式创新模型和系统集成网络模型逐渐成为主流认识。以高端光刻机为例，其大部分部件来自全球数千家供应商，技术来源于多技术基础和分布式技术采购结构，同时早期光刻机的不足又反过来推动了光学、微电子学、化学等多个学科的基础研究。这种双向互动表明，技术创新不再是线性链条，而是多主体、多节点协同演进的复杂网络。

什么是科技成果？技术成熟度等级(TRL)提供了一个清晰的参照系。TRL1是发现基本原理，这是成果。TRL3是实验性概念验证，这也是成果。TRL5是在相关环境中完成技术验证，同样是成果。TRL7是系统原型在操作环境中演示，依然是成果。在科研视角里，从TRL1到TRL9的每一步跃迁，都是“已有成果”的不断成熟和深化。

一项技术在不同成熟度阶段可以衍生出不同的应用方向，每个方向都可以形成阶段性成果。关键在于认识到，未经市场验证的概念和假设，即便一路推进到制造环节，也可能因为没有找准真实需求而无人买单。成果的价值，需要在与市场的持续对话中被验证、被确认。

从企业技术创新来看，需求可以通过多种方式得到满足。企业可以直接采购成熟的技术产品或系统，这是最直接的路径；也可以引入尚在实验室验证的早期成果，作为组件或材料进行二次开发，集成到自身产品中，从而获得差异化竞争优势；还可以采用定向委托的方式，将自身需求转化为研发课题，委托科研团队进行针对性攻关。在这几种模式中，企业扮演着“出题人”的角色，将真实的市场需求传递给技术供给方。

然而，对于科研团队而言，接受企业定向委托并不意味着从零开始。实际上，任何定向委托都是建立在科研团队已有积累基础之上的。企业在TRL3阶段委托开发，是看中了团队已经形成并经过初步验证的技术概念；在TRL5阶段委托改进，是认可了团队已经完成实验室验证、具备一定可行性的功能模块或技术方案。在科研团队的认知里，这不是一次完全凭空出炉的“需求驱动”，而是自身已有早期成果的“价值被看见、被延续”。定向委托之所以成为高校与企业合作的重要形式，正是因为它恰好踩在了这种认知的交汇点上——企业带着明确的应用场景和资金投入，科研团队带着已有的技术积累和研发能力迎接，双方共同推动一项技术继续向前走。

从更宏观的视角来看，成果与需求始终在动态交互中共同演进。在TRL1到TRL3的阶段，成果往往走在需求前面，科研人员的自由探索创造出企业尚未意识到的可能性。在TRL4到TRL6的阶段，越来越多的需求介入。该阶段企业的定向投入可以帮助技术选择更合适的进化方向，并完成从“实验室可行”到“场景适用”的关键跨越。在TRL7以上的阶段，成果与需求已经高度融合，技术的每一次迭代都伴随着市场反馈的持续输入。

在科研团队眼中，需求是推动已有科技成果走向成熟的动力；在企业眼中，科技成果是回应其现实需求的解决方案。技术经理人的价值，恰恰在于能够在两者之间，理解各自不同的视角，让成果与需求在恰当成熟度上相遇，让科研人员的“已有成果”不断延伸，让企业的“现实需求”找到依托。这或许正是对“先有成果还是先有需求”这一经典问题的时代回答。

(作者系上海市科技成果评价研究院副院长)

先有成果还是先有需求

池长昀