

作价千万元成果背后的“浙理”经验

■本报记者 沈春蕾

“我们的成果一旦进入产业化，肿瘤患者只需打一针就有望见效，费用将是现在的几分之一。”浙江理工大学生命科学与医药学院教授李恭楚的这个愿望即将实现。日前，其团队研发的治疗肿瘤药物“GC001 溶瘤痘病毒注射液”正式获得国家药品监督管理局临床试验批件。

“溶瘤痘病毒改造技术是浙江理工大学首个技术作价成果，也是浙江省属高校首个作价投资千万级案例。”浙江理工大学科技处处长杨晓刚在接受《中国科学报》采访时表示，“学校一直在探索创新科技成果转化服务体系，希望推动更多科学技术成果实现转化。”

以毒攻毒另辟蹊径

恶性肿瘤是人类健康的头号杀手。国家癌症中心发布的中国恶性肿瘤流行情况分析报告显示，中国癌症发病人数持续上升，每年在癌症上的花费超过2200亿元。

据了解，当前传统的癌症治疗方式如手术、放疗、化疗、靶向治疗等均有不同局限性——副作用大、容易产生耐药性、治疗条件限制多、费用高等。癌症晚期患者往往因肿瘤的耐药性而没有其他治疗方案可选择。为此，李恭楚团队另辟蹊径，从安全性较高的溶瘤病毒入手，希望为肿瘤患者提供新的治疗方案。

李恭楚告诉《中国科学报》：“溶瘤痘病毒可实现以毒攻毒，能选择性感染肿瘤细胞，并在肿瘤细胞内进行自我复制，最终溶解肿瘤细胞而不损伤正常细胞的天然或重组病毒。”

他进一步解释说：“我们团队对病毒改造和以往的策略不一样。GC001是一个新的靶点（STRIP1），颠覆了此前通过病毒携带免疫因子治疗肿瘤的思路，我们是从病毒如何在癌细胞内大量复制进而杀死肿瘤这方面入手的。”

溶瘤痘病毒最熟悉的应用当数天花疫苗。李恭楚介绍：“溶瘤痘病毒作为天花疫苗已应用多年，是一种有包膜的双链DNA病毒，在人类血清中较为安全，并且病毒只在细胞质内复制，不会整合到基



李恭楚在实验室。受访者供图

因组上，稳定性强，没有突变风险。”

尽管天花已于20世纪80年代初被宣布在全球根除，但为此立下头功的痘病毒并未就此“引退”。这些年来，溶瘤痘病毒成为肿瘤治疗中冉冉上升的新星，全球范围内有多项溶瘤病毒药物正在研发。

据介绍，李恭楚团队研发的GC001溶瘤痘病毒注射液在一定程度上填补了癌症晚期患者治疗手段上的空白，给予患者新的治疗方案选择，有望一针见效。

好研究不应止步于实验室

“GC001 溶瘤痘病毒注射液”之所以能获得临床试验，除了李恭楚团队的技术积淀外，还因为有一个强有力的转化团队。

“2017年，我们在全国寻找溶瘤病毒项目合作者，但筛选一圈后发现，很多在研的项目都是沿用传统设计思路，而我们希望寻找更有创新性的研究方向。”广州功臣创业投资企业合伙人徐小晴告诉《中国科学报》，“后来，我们将目光聚焦到国内溶瘤病毒摇篮——浙江理工大学，并通过成果搜索发现李恭楚教授团队的研究比较有新意。”

双方经过一段时间的深入了解后，李恭楚团队溶瘤痘病毒改造技术作价1750万元，广州功臣创业投资企业出资7000万元，于2018年合作成立了杭州功

楚生物科技有限公司，开始酝酿将实验室的技术成果推向应用市场。

随后，浙江理工大学与杭州功楚生物科技有限公司共同成立浙江理工大学杭州功楚生物医药联合研究所，建设溶瘤病毒研究中心实验室，打造生物医药源头创新的产学研融合研究平台。

“做研究我能行，办公司我不懂。”李恭楚坦言，自己2005年回国加入浙江理工大学以来，一直从事溶瘤痘病毒技术研发，但那时没想过溶瘤痘病毒能否放大中试，甚至产业化的问题。

转化团队的加入不仅加速了GC001诞生，也让李恭楚开始意识到“好的研究不应该止步于实验室、只是发表论文，还应该思考如何走向应用”。

专业的团队干专业的事情。李恭楚透露，双方合作不到5年，“GC001 溶瘤痘病毒注射液”就已建立成熟的“扩增技术方法和质量控制体系，顺利完成所有临床前研究。成功获批临床申请标志着其从实验室的基础研究到产业化应用推进了一大步。”

预计再过3至4年，“GC001 溶瘤痘病毒注射液”将正式获批上市。接下来，李恭楚团队的研究重点将放在新药研发和适应症拓展上。

李恭楚表示，后续数个管线产品将加紧推进临床前研究及临床申报。GC002、GC003等溶瘤痘病毒注射液将应用于

更多种类癌症的治疗，适应症覆盖肺癌、结直肠癌、宫颈癌、卵巢癌、脑胶质瘤、肝癌及乳腺癌等多个癌种。同时，团队正在开发静脉给药途径药剂。

首个千万元作价成果

这些年来，在《浙江省促进科技成果转化条例》《关于实行以增加知识价值为导向分配政策的实施意见》等法规、文件和学校科技成果转化政策的引导支持下，浙江理工大学在成果转化服务体系领域开展了深入探索。

“多年来，高校科技成果转化一直存在程序复杂、风险重重的情况，导致高校教授不敢参与成果转化。”杨晓刚告诉《中国科学报》，“上述政策的出台激发了高校教师参与成果转化的积极性。”

《浙江省促进科技成果转化条例》规定对重要贡献人员的奖励比例下限为70%。在此基础上，浙江理工大学将奖励比例提高到90%。比如，在“溶瘤痘病毒改造技术”作价入股的合作中，李恭楚团队与浙江理工大学的最初占股比例为9:1。

杨晓刚告诉《中国科学报》：“溶瘤痘病毒改造技术成果转化不仅开创了浙江省内高校基础研究成果直接转让的先河，还成为高校科技成果以技术作价入股方式进行产业化开发的典型案例。”

“高校成果转化的市场端很重要。我们现在做的一项重要工作是，联合地方政府搭台支持学校科技成果转化。”杨晓刚说，2021年，学校成立市场化运作的浙江理工大学（杭州）技术转移有限公司，下设多个地方研究院和技术转移分中心，目前已与地方共建17个研究院、28个技术转移分中心。

他介绍，浙江理工大学已经打通知识创新、技术创新和科技成果转化通道，构建了以技术转移公司为主体、地方研究院为龙头、技术转移分中心为基础，科学家为核心和技术经纪人为纽带的政产学研一体化新格局，为建设创新型省份贡献“浙理”经验。2017年至今，浙江理工大学转化科技成果1576项，2021年位居中国高校专利转让排行榜第25位。

智能农机将残膜“一网打尽”

■本报记者 温才妃

又到了棉花地里铺地膜的时节。上一年秋冬，棉花早已收割完毕，但羊儿成群而过的棉花地里，白茫茫的地膜上露出一个个被羊蹄子踩破的“小土洞”，疾风一吹，又被撕成一段段破塑料条。农机手见了直摇头，“这样的地膜可不好回收”。

然而，新疆库尔勒的农户今年却没有这重顾虑，原来当地政府引入了一款新残膜回收机。“从前用的设备一把搂上来的，除了地膜外，还有秸秆、土，而它真的做到了‘膜归膜，土归土，秸秆粉碎还田’。”当地一名村干部兴奋地说。

今年的中央一号文件提出，加快先进农机研发推广。研发一款残膜回收率高的农机，整治土地里的白色污染，是中国工程院院士、石河子大学教授陈学庚晚年的最大牵挂之一。如今，这一牵挂正在兑现中。

打破“无机好用”的僵局

农机在田里作业，风尘四起。白色残膜在机器的推动下，老老实实地捆绑成了一卷。机器像个“吃”秸秆的“怪兽”，把秸秆嚼碎了，再“吐”回机器的侧边位置。其所到之处，所向披靡，一口气解决了回收残膜、秸秆粉碎还田、保持水土三大问题。

“机器怎么样？”“一天完成了200多亩。”“干得漂亮！”和农机手的一番对话，让陈学庚倍感欣慰。

说起地膜，农户“又爱又恨”。在西北地区种植棉花、玉米、土豆等农作物，如果不使用地膜，产量就很低。然而，地膜难以降解，经过风化后难以回收。新疆等西北地区土壤中的残膜超过了国家颁布土壤残存标准5倍以上，严重影响农作物的水分、营养吸收。农户承包的土地通常过几年就会转让，他们对于地膜残留处理的积极性并不高。

目前，我国地膜每年使用量约为143.7万吨，覆盖面积高达2.8亿亩，两项指标均为世界第一。如何提高回收率，降低含杂率，让一年一铺的地膜“不欠新账，逐年还老账”，成为政府最关心的事之一。

农业农村部、国家发展改革委等六部委联合发布的《关于加快推进农用残膜污

染防治的意见》提出，到2025年，农膜基本实现全回收，全国地膜残留量实现负增长，农田白色污染得到有效防控。

如果只有一亩地，靠一人、一把耙子就可以清理干净地膜，一旦这个数量是50亩、500亩，就不是简单的人力所能为了。智能化、机械化成为残膜回收的不二选择。

“尽管国外有成熟的残膜回收机，但我们依然陷入‘无机好用’的困境中。”江苏大学经济作物机械化研究院执行院长王新忠说，日本、美国的地膜厚度标准是0.02至0.08毫米，我国农业农村部推广的地膜厚度标准不小于0.01毫米，国外残膜回收机并不适用于我国的地膜回收。而实际上为了省钱，农民更愿意选择厚度为0.006至0.008毫米的地膜。这种地膜更易老化破碎和腐烂，无形中加大了回收难度。

绝大部分农机达到80%的地膜回收率并不难，难就难在含杂率过高，捡上来的地膜、秸秆、土混杂在一起。“这样回收来的地膜，不仅难以实现二次利用，久而久之还将造成水土流失。”王新忠告诉《中国科学报》，还有一些残膜回收机的可靠性、稳定性较差，用着用着直接坏在地里。

东西合力打造好农机

这款残膜回收机的捡拾部件上布满了带钉齿的链条，这一摩擦钉齿链条系国际首创的专利技术。链条外面包裹着橡胶，与传统的链条相区别，被称为“柔性链条”。

原来，新疆土壤多样，有的地里石头多，有的沙土多，还有的是硬土块。特别是一旦有石头，过大的冲击力就可能把普通链条冲断。而柔性链条吸收了冲击力后，可跳过石头继续传动。“链条的寿命、可靠性都优于普通链条，目前新疆市场只有我们在使用这项技术。”常州汉森机械股份有限公司总工程师莫毅松说。

“陈院士就像一个标杆，带领着所有人前进。”王新忠说。为了追求极致的产品性能，东部、西部3个团队就像候鸟一样，春秋时节准时“迁徙”。到如今，产品已经迭代了四五代。

经过多年努力，联合攻关团队创新研发了摆齿清洁高效捡拾、双曲柄震动清杂、无芯多带打包、柔性差速传动、捡拾与作业速度一体化协同控制等关键技术。在大量核心技术专利的驱动下，当季棉花残



团队研发的秸秆粉碎还田残膜回收机在新疆沙湾县作业。受访者供图

膜最终实现了回收率≥90%，作业效率≥15亩/时，填补了国内空白。

它有哪些与众不同之处呢？王新忠介绍，残膜回收机捡起一张地膜，如果不清除带来的土、棉秆枝叶，卷到一定程度就运转不下去了。为此，他们在捡拾链的前面设计了清杂滚筒，通过内圈、外圈两种不同速度传动，把杂质横向输送到机器侧面。这正是该残膜回收机含杂率低的奥秘，也是区别于同类产品的鲜明特点之一。

这款残膜回收机的捡拾部件上布满了带钉齿的链条，这一摩擦钉齿链条系国际首创的专利技术。链条外面包裹着橡胶，与传统的链条相区别，被称为“柔性链条”。

被认定为“免检”产品

新疆地势平坦、开阔，大面积承包土地是当地农户的惯例。100亩地块，从一头到另一头足足有一公里长。从前一些农机手玩猫儿腻，前、后段50至100米捡拾钉入土深度可达50公分，中间段却只有三四十分。

“偷工减料”为的是提高速度，入土浅使得原来8公里/时可提高到10公里/时，但留在地里的残膜却更多了，前、后段回收率可达80%，中间段只有30%至40%。而这款残膜回收机只要一入土，从始至终深度都是一致的。

这让发放政府补贴的村委会很安心。“经销商回来跟我们说，别的机器拾过地，政府要检查回收率才会发放补贴，而我们的产品由于有了这项技术，直接被认定为‘免检’产品。”莫毅松兴奋地说。

“机器的回收率高，含杂率低，地膜能够进行二次加工，实现资源再利用，且性能稳定，有进一步推广的价值。”莫毅松说。

目前，这款残膜回收机已在新疆5个市（州）及兵团试用推广，示范推广面积累计超20万多亩，成为越来越多地方部门的指定推广产品。

走出新疆，高效智能残膜回收装备还可以适用于哪些地区？莫毅松告诉《中国科学报》，主要应用于我国残膜污染重点区域，除了新疆外，还有甘肃、内蒙古、宁夏和青海等省份，可用于棉花、玉米、马铃薯等重点覆膜作物的地膜回收作业。此外，在河南、山东等地的平地作物种植中同样可以推广使用。

“我们算过一笔账。目前残膜回收机市场上，成熟产品保有量比较低，而未来十年全国需求量将超过10万台，产值达上百亿元，市场空间巨大。解决白色污染，需要全社会共同参与。”莫毅松说。

视点

日前，因为被咨询废水问题，我回了一趟广州宝洁有限公司（以下简称广州宝洁）的工厂。30多年前，我是广州宝洁表面活性剂原料厂一名员工。如今这家原料厂将于今年4月拆除，原因是该装置生产能力为每小时1吨，而同类型国产装置生产能力为每小时至少5吨。购买表面活性剂原料比自己生产还便宜，让广州宝洁作出拆除的决定。

往事历历在目，心中万般不舍。1990年夏天，我来到广州黄埔经济开发区仍在建设中的广州宝洁，在工厂现场接受环保问题的咨询。当时，广州宝洁的外方经理和我用英文讨论了一些废水处理化学原理后，立即向我愿不愿意来宝洁工作，并开出了一个天价工资。这让当时生活窘迫的我难以拒绝，很快就决定到广州宝洁工作。

加入广州宝洁的第一年，我隶属于公司工程部，主要负责新建生产系统的安装、调试、运行和保障。刚开始的工作从简单到复杂，最先安装调试过日本进口的全自动高速卷闸门、英国的香波自动灌装线，以及通用工程系统的美国去离子水生产装置。

第二年，我就与美国表面活性剂生产系统设备供应商CHEMTHON的工程师一起工作，全力以赴安装和调试广州宝洁一座真正的化工厂——表面活性剂原料生产厂。

为什么称这是一座真正的化工厂？因为该原料厂集中了化工厂的许多操作单元。首先，它的工艺原理是磺磺磺成为液体磺磺，通过精确计量进入燃烧炉燃烧生成二氧化硫，再通过转化塔在五氧化二钒的催化下将二氧化硫转化为三氧化硫。三氧化硫与精确计量的脂肪醇或脂肪醇醚在当年价格极其昂贵的反应器（价值50万美元）中反应，生成有机磺磺，再通过氨水或氢氧化钠中和，得到用于香波、牙膏、沐浴液等日化产品的表面活性剂。

其次，该化工厂是一家涉及各种危险化学品的工厂，包括浓硫酸、发烟硫酸、氨水、氢氧化钠、磺磺、脂肪醇、脂肪醇醚等强酸、强碱、易燃易爆品，以及二氧化硫、三氧化硫、氨气等有毒气体。尽管这座原料厂存在潜在的安全风险，但当年这些表面活性剂原料如果自己生产，就只能从国外进口，所以这个项目不到一年就成为宝洁在中国投资回报率最高的项目之一。

在那期间，我参加了广州宝洁的所有安全培训，一些安全理念至今仍牢牢记在心中。如今我经常讲这样一句话：“安全问题防不胜防，碰到的、看到的、知道的安全事故越多，就会对安全问题越敬畏。”

当年，我在与美国供应商的工程师讨论中，一方面了解了系统设计原理，另一方面也感悟到系统设计的精妙。我掌握了如何实现流量、温度、压力、液位等的自控，了解到变频器的妙用，领悟到仪表与自控对于化工生产过程及水处理过程的重要性。后来我重新回到高校教书，专门给高年级本科生开设了《环境工程仪表与自动化》这门专业课。

在表面活性剂原料生产厂投产运行稳定后，我于1993年9月重新回到高校攻读博士学位，结束了全日制在广州宝洁工作的历史。

在广州宝洁工作的这3年时间里，我曾28小时不睡觉工作在生产线一线，也曾勇敢地将身体堵住喷洒而出的脂肪醇原料，保住了广州宝洁200万元的

财产。在广州宝洁，我留下了难忘的青春记忆，也学到了工程化应用的各种知识。另外，广州宝洁是一家以市场为导向的公司，这让我意识到公司要发展好，市场与技术缺一不可，更多时候，市场比技术更重要。广州宝洁的经历强化了我的企业思维。

我拿到博士学位工作之后仍从事精细化工研究，但进展缓慢，于是我回到了更熟悉的水处理研究领域。直到2005年国家环保提标改造后，废水中有机物化学需氧量（COD）的排放标准更严。要想达到更严格的排放标准，就必须解决难以生物降解的COD问题。如何经济有效地去除难以生物降解的COD？我想到了化学氧化与曝气生物滤池结合的处理方法。化学氧化除了直接去除部分难以生物降解的COD外，还能将部分不可生物降解的COD转化为可生物降解的有机物，再对低浓度有机物通过高效的曝气生物滤池脱除。该方法于2005年申请国家发明专利，并于2010年获得全国发明展览会金奖。

从2005年到2015年，我利用化学氧化—曝气生物滤池废水处理工艺发明专利开展各种废水处理研究，并进行了大量工程化应用。目前臭氧氧化—曝气生物滤池废水处理工艺，已成为不少工业废水处理厂提标改造深度处理优先选择的工艺之一。但随着时间推移，原来开发的工艺创新程度越来越低，而且科学研究创新要求必须寻找新的研究方向。

2016年，我偶然发现了氨氮的稳定亚硝化，从而将研究方向转为低碳节能的生物脱氮技术厌氧氨氧化研究。该技术不仅可以大幅降低废水脱氮处理成本，还可以减少水处理脱氮过程的二氧化碳排放，不仅具有经济意义，还具有社会效益。

课题组转变研究方向的第二年，我们就开展了现场中试，第三年就拿到了真正的工程化项目。到目前为止，我们已做了10个厌氧氨氧化工程项目。

我们团队与广东溢达纺织公司的合作历史较长。公司研发部主管曾谈，之前公司向不少高校支付研发经费开发新技术，但真正能应用的很少，我们团队开发的厌氧—曝气生物滤池与厌氧氨氧化工艺，在公司得到了大规模工程化应用。

作为项目负责人的我深知，这一切都源自在广州宝洁3年沉入车间的锻炼，全面增强了我成果转化的实际应用能力。如今，重回原料厂，我在同一棵松树下留影纪念，当年的小树苗已长成参天大树。（作者系华南理工大学环境与能源学院教授）



汪晓军在工厂同一棵松树下留影。作者供图

三年车间工作练就多年转化能力

汪晓军