

# “痛点也是创新的起点”

## ——“合金墨水”项目团队的研究转化故事

■本报记者 张双虎

近期时间,好消息纷至沓来。华东理工大学(以下简称华理)青年教师张震团队的本科生以第一作者身份发表高质量论文,他们研制的“合金墨水”通过中试验证并实现公斤级批量生产。

实际上,围绕“合金墨水”研制项目,该团队已获8项专利、6项软件著作权。相关技术已成功应用于柔性混合电子封装和柔性电路印刷生产,且测试企业反馈良好。与此同时,团队还多次获得省部级及以上荣誉,团队成员获国家奖学金、国家励志奖学金、上海市奖学金等奖励。

一连串荣誉的背后,是团队和“合金墨水”一起快速“成长”的故事。

### 为“痛点”而生

“这种‘合金墨水’实际上含有3种‘填料’,其中一种合金微球在低温熔融后能把另外两种连起来,从而‘长’成柔性电路。”张震告诉《中国科学报》。

这种以锡铋合金微球作为金属黏结剂的三元复合“墨水”能通过瞬时液相扩散焊接铜、锡微球,形成长程连续导电通路。它具有烧结温度低、导电性能好、直写印刷精度高等优点,在柔性印刷电路板的直写生产、柔性混合电子焊接封装、柔性传感器等电子元件的印刷生产方面具有广阔应用前景。

2019年,博士毕业的张震入职华理,开始指导大学生参加大学生创新创业大赛(以下简称“大创”)。经过细致调研分析,团队认为,随着人工智能、5G、物联网等领域的快速发展,可弯曲的柔性可穿戴电子产品会成为消费电子行业的发展方向。

柔性电路制备是柔性可穿戴电子产品发展的关键,其传统制备方式是“减材制造”,即通过刻蚀柔性覆铜板来制备电路。该技术前后要经过10余道工序,不仅工期长,而且原料利用率小于10%,污染、浪费都很严重。

“我一直聚焦于柔性电子增材制造——通过印刷的方式实现不同场景中的电路制备。学生也来自光电信息科学与工程专业,对光电材料比较熟悉。”张震说,“而且,和传统的减材制造相比,增材制造更加绿色、高效,是柔性电路的发展方向。”

然而,增材制造自身却存在“痛点”。柔性电路板通常是高分子基材,只耐受一两百度高温,如果“电子墨水”固化温度过高会“烧坏”基材。此外,传统的“电子墨水”还存在导电性能欠佳、与基材结合力弱等缺陷,不



团队成员在实验室开展研究。华理供图

能满足工业应用的要求。而且,很多“电子墨水”以银为主材,生产成本高昂。

“痛点也是创新的起点。”张震解释说,“这个领域确实存在一些亟待解决的难题,我们当时就想解决其中一些问题。”

### 回到本源解决问题

选定方向后,张震带领项目团队从课题研究到备赛参赛,历经立项、攻关、转化、路演、融资等多个环节的磨砺。

“走没人走过的路,自然要不断地‘吃苦’。”团队成员之一、刚刚获得国家奖学金的钱晟说,“回望整个技术研发及成果转化过程,不仅工作量巨大,而且困难重重。”

研发过程中,为了提高“合金墨水”的导电性能与印刷性能,需要合成球形度高、表面光滑致密的锡铋合金微球。为此,团队制定了多套方案,尝试了高温熔融、高速剪切、电沉积等技术路线。

然而,实验进行了两三个月,仍无法获得满意的合金微球形貌,团队成员有些泄气了。

“合金微球没有满意的形貌,会影响配成浆料的黏度,导致无法印刷或构筑导电通路。”张震说。

他召集团队成员一起讨论问题。经过仔细分析,他认为应该回到问题的本源——晶

体形成的基本过程中寻找答案,从机理上厘清金属晶核如何形成、金属微球如何围绕晶核“生长”。

沿着这一思路,团队制定了让锡、铋两种金属一起“长”的方案。两种金属在“生长”时相互“干扰”,可形成一种不定型的“纳米种子”。“纳米种子”可在较低温度下熔融,通过控温熟化灵活调控高球形度合金微球尺寸。

很快,以合金微球作为关键填料的“合金墨水”的导电和印刷性能得到大幅提升。思路的转换不仅圆满解决了困扰团队很久的技术难题,还为他们带来了两篇高质量论文。

项目期间,团队先后获第十八届“挑战杯”上海市大学生课外学术科技作品竞赛特等奖、第十五届全国大学生创新创业年会“我最喜爱的项目”等10余项省部级及以上荣誉,10人次获国家奖学金、国家励志奖学金、上海市奖学金。

### 和课题“待”足1000小时

从指导学生参加“大创”到参与多种学科竞赛,再到推动研究成果转移转化,张震最大的感受是,实验室成果与真正的产品之间还有很远的距离。

开发“合金墨水”技术之初,张震最看重

的是如何将合金体系的固化温度降下来。随着旧问题逐步解决,新问题又“冒”了出来。在经历一次次优化迭代后,“合金墨水”在低温固化、导电性能、打印精度、耗材成本和工艺便利性方面体现出综合优势。

在华理科技园的推动下,“合金墨水”顺利通过中试验证。样品被送到上海理凯材料科技有限公司、厦门银方新材料科技有限公司等企业测试。目前,该技术已成功应用于柔性混合电子封装和柔性电路印刷生产,测试企业反馈良好。

“华理以科技园方式推动学校的科研成果转化、支持学生创业,为创业的教师或学生提供场地租金优惠等条件,以及公司注册、代理记账、申请贷款等方面服务。”张震说,“在基础研究中,学校良好的学术氛围和科研条件助力我们加速攻克技术难题。”

谈及该项目的成功,张震认为,课堂授课的方式下,师生间有效互动有限,以老师的“单方面输出”为主。而这种以具体项目为依托的实践式、课题式教育,对学生成长十分重要。

张震强调团队成员要和课题“待得久”,不管是讨论、文献阅读还是做实验,至少要和课题“待”足1000小时。

“张老师常说,只有和课题‘待’的时间够久,才能将问题思考得更加深入,提出独到的解决思路。两年多的全身心投入让我更加深刻领悟到课题本质和专业学习的方法。”该团队成员之一、刚刚获得北京大学保研资格的范世昌说。

该团队成员之一、已直博北京大学的唐楷泽认为,取得这样的成绩要归功于两点,一是团队的密切合作,“一天一总结、两天一讨论”是团队的日常;二是导师的悉心指导,保障了团队的高效运转。

“粗略估算,几年来我和学生待在一起的时间远超1000小时。其实在这个过程中,老师也是受益者,能从学生身上发现很多闪光点,学到很多东西。同时,老师的科研态度和专业精神也会对学生产生积极影响。”张震补充说。

在张震看来,实验室的研究往往只关注某项关键指标,但一项实验室研究成果真正成为产品,并非只解决一两个技术问题就可以,而是要考虑它是否满足市场需要,性能是否有优势、成本是否有竞争力等。“只有开发者通盘考虑多方面因素,才能够更好地推动成果转化,服务社会经济发展。”

### 视点

当前,我国部分高校和科研院所的科研成果转化率偏低,技术供给与市场需求存在明显脱节。在提交专利申请之前对创新成果进行评估分析(专利申请前评估),作为连接科研供给端和产业需求端的桥梁,能够发挥什么作用?如何利用这一工具,促进创新成果的产业化?

#### 专利申请前评估: 解困供需脱节之策

学术圈追求原创研究,但对市场需求和产业发展了解不足,导致成果市场性不确定、落地性差。同时,企业需要优势突出、风险可控、市场“信号”相对明确的技术。学术成果的不确定与市场期待的“确定”之间存在距离。

技术供给与市场需求明显脱节,是制约我国科技成果转化的重要因素。相比直接进行专利申请,专利申请前评估更有助于筛选有商业化前景和市场价值的创新成果。

专利申请前评估,对于资源有效配置也意义重大。当前,我国高校和科研院所申请了大量无效专利和重复专利,存在“为申请而申请”的问题。如果在申请前开展评估,不仅可避免此类浪费,还能指导有缺陷的技术进一步开发完善,进行市场验证,通过“评估”驱动其向市场端靠近。同时,评估也会促使科研人员更加关注产业需求,使其研究成果与新兴产业需求相匹配。

#### 以“数据驱动”持续推动供需匹配

从字面上看,专利申请前评估并不是要确定专利“值多少钱”,而是通过收集数据,了解评估技术当前的状态或进展情况,并基于数据对成果进行分流和动态管理。

该过程一般分为两步。第一步为初步筛选,用简单指标把“市场潜力较大”与存在严重缺陷、“不具备市场潜力”的技术快速分流出来。高潜值的科研成果获得申请机会,进入商业化通道;完全没有市场潜力的成果快速排除,比如通过建立“负面清单”制度,直接分流,防止后续资源消耗。

第二步是评估的核心,即对于市场潜力暂时不明确、不确定的技术依据“可专利性”“商业可行性”“技术成熟阶段”等核心指标,建立决策模型。然后,通过收集信息,采用“推动式”市场策略并利用互联网作为主要工具来收集数据,以数据驱动决策矩阵的发展。值得注意的是,评估不是一次性的答案,而是必须与技术开发形成闭环。对于未获得申请机会,但不属于“负面清单”、不是必须要立即分流的技术,要鼓励对其继续进行数据完善、概念验证、技术优化,直到获得明确的市场信号为止。这种闭环的评估机制有助于充分挖掘技术的商业化潜力,实现技术与市场的更好匹配,推动“供需匹配”的目标不断向前迈进。

评估过程中,评估团队须密切关注技术市场上的表现,收集用户反馈、竞争动态和行业趋势等数据,全面挖掘技术的应用潜力。通过动态跟踪,评估团队能够更准确地预测技术的商业化前景,并为技术开发者提供有针对性的建议。此时,评估反馈就成为推动技术不断优化、适应市场需求的关键工具。同时,研发团队可以从评估结果中获得有价值的信息,指导技术改进和迭代,使其更符合市场需求和商业化要求。

#### 建立动态、开放、多方协同的评估体系

专利申请前评估有如下一些细节需要注意。

第一,必须紧密与产业对接,面向产业需求。一般而言,可通过吸纳产业专家参与评估团队,加强评估者对产业链各环节的理解,从而确保评估建立在产业视角的基础上。产业专家的参与将有助于从商业化角度全面评估技术的商业潜力,并预测其在市场中的竞争地位和应用前景。

第二,要注意多方协同。比如,评估过程中应聘请科研人员和企业专家与技术转化人员一起,共同开展评估工作;必要时还可引入商业界、投资界的专家,以获取更广泛的专业意见和建议。协作机制将有助于综合各方视角,提高评估的准确性和科学性,使评估结果更加客观、可信。

第三,专利申请前评估还应保持开放性,要鼓励社会各界力量参与评估体系建设。建议评估机构与高校、科研院所、企业和创投机构等建立合作关系,共享资源,共同推进技术评估工作。同时,评估结果也应向社会开放,方便产业部门获取有价值的技术信息。经验证明,开放性评估体系将促进技术与市场更紧密对接,推动技术转移与商业化。

第四,由于技术开发过程漫长而复杂,因此要对技术开发情况进行动态跟踪评估。评估团队需要持续收集技术发展、市场需求等方面的信息,及时了解技术成熟度和商业化前景的变化。动态评估机制将帮助发现技术发展中的问题和挑战,并为技术优化和商业化决策提供及时的参考依据。

第五,要建立评估的反馈机制。评估结果必须及时反馈给技术人员,并提供后续工作的指导意见。技术人员应从评估中了解技术的优势和不足。评估反馈将激励技术人员持续改进技术以适应市场需求,不断优化商业化策略。

此外,要发挥专利申请前评估的效用,还需在体制机制建设、产学研协同等方面持续发力。同时,需要对技术转化团队和科研团队进行培训,使其充分把握专利申请前评估的评估机制,增强对于技术商业化过程的理解,从而立足市场,推动“供需匹配”,高效、高质量地促进创新成果产业化。

(作者系江南大学副教授、国际专利评估师,本报记者赵广立整理)

# 支招成果转化... 利用「申请前评估」推动供需匹配

■张丽萍

# 这座城市用场景创新“带货”前沿技术

■本报记者 沈春蕾

从监测城市生命线到“号脉”海底地层,从智能远程超声诊断到工业互联网平台,从认知大模型到科幻变成现实……

在安徽省合肥市,技术创新不仅存在于实验室,场景应用也不只是企业需求。2022年5月,合肥在全国率先组建城市场景创新促进中心。一年多来,合肥全市上下努力为企业找场景、为场景找产品,将高成长企业的自身发展与城市建设、产业升级有效结合。

10月17日,由中国科学技术协会宣传文化部主办的“科创中国”高成长企业场景创新故事专题宣传项目启动。

随后的几天时间里,《中国科学报》记者走访了位于合肥的相关研究机构和企业,深入现场了解新技术、新产品、新服务模式为城市创新发展带来的新活力、新动能。

### “大场景”孵化“小场景”

燃气泄漏、桥梁位移、路面塌陷……一旦这些险情发生,城市该如何迅速应对呢?在安徽省、合肥市政府的关注和支持下,清华大学合肥公共安全研究院(以下简称清华合肥院)在合肥建成城市生命线工程安全运行监测系统。

来自安徽省相关部门的统计数据显示,城市生命线工程安全运行监测系统自2017年运行以来,已成功预警燃气泄漏爆燃、供水管网泄漏、路面塌陷、桥梁事故等突发险情6000多起,使地下管网事故发生率下降60%,风险排查效率提高70%。

合肥市发展改革委相关负责人表示,合肥城市生命线工程项目实现了城市安全运行管理从“看不见”向“看得见”,从事后调查处理向事前事中预警、从被动应对向主动防控的根本转变。

今年4月,合肥发布了2023年度第一批场景清单。清华合肥院的“基于多灾耦合复杂环境下的检验检测共享服务平台”入选了场景能力清单。

近年来,合肥将市场供需双方分别归纳为场景能力和场景机会。场景能力是企业告诉市场“我们有什么”;场景机会则集纳了社会上“闲置的应用场”,告诉创新主体“我们要

什么”,欢迎有能力者前来“接单”。

清华合肥院技术转移中心副主任袁睿告诉《中国科学报》,“我们已在激光甲烷探测传感器中实现了芯片自主研发,并应用于可燃气体智能监测仪。曾经使用的国外芯片价格高达1000欧元,如今我们自主研发的芯片成本仅100多元。”

袁睿介绍,通过与城市场景创新促进中心合作,清华合肥院不仅孵化出合肥泽众城市智能科技有限公司等企业,还联合全国多家企业组建了场景库,打造城市安全与应急产业生态,在整个城市的“大场景”中孵化出产业的“小场景”。

### 让技术对接应用场景

未来,偏远地区的患者可能不需要到数百公里之外的大医院排队做B超,在家门口的社区医院同样可以接受大医院超声大夫的远程检查。

今年4月,合肥合滨智能机器人有限公司(以下简称合滨智能)的智能远程超声机器人解决方案入选合肥市2023年度第一批场景清单。随后,公司陆续接到金融机构、投资人的接洽请求。

“我们研发的智能远程超声机器人产品已通过临床试验,即将获得三类医疗器械许可证。”合滨智能创始人刘振告诉《中国科学报》,“设计灵感来自在医院做超声医生的妻子。远程超声机器人采用7轴机械臂,可以精准复现医生手法,实现远程诊疗。”

孵化于中国科学技术大学的合肥中科采象科技有限公司(以下简称中科采象)创始团队来自核探测技术与核电子学国家重点实验室。他们利用核与粒子物理实验领域所涉及的信号采集、精密时间测量、系统同步和数据读出等技术方法,携手中海油田服务股份有限公司,联合研发了高精度深水油气地震勘探数据采集装备,实现进口设备的国产替代。

中科采象创始人张可立向《中国科学报》介绍:“从实验室到工程技术中心,再到成立公司,我们为实验室里的技术找到新的应用场景——‘号脉’海底地层。”



智能远程超声机器人。沈春蕾/摄

包装、物流、钢铁等传统行业如今都在寻求降本增效的发展出路。以钢铁厂热风炉为例,炉况受煤气热值、管道压力等因素影响波动较大,人工控制难以实现炉况稳定。

“我们派专人守在热风炉边,一蹲就是几个月,对炉子和各项数据了如指掌后,帮助客户开发出一套热风炉智能燃烧系统。”科大智能物联技术股份有限公司创始人钟智敏告诉《中国科学报》,“这套系统可以科学控制炉温、空燃比等参数,用人工智能烧炉取代人工烧炉,以实现最佳炉况,充分发挥了数据在工业场景中的价值。”

### 科幻也可以变现实

合肥市多个写字楼的电梯间里装有一个“点击空中数字”的小盒子,手指不需要接触电梯按键,就可以通过在这个“非接触式电梯交互终端”上点击成像的按键,抵达要去的楼层,以及开关电梯门。

“不接触的秘诀是我们开发的可交互空中成像技术。”安徽东超科技有限公司(以下简称东超科技)联合创始人张亮亮向《中国科学报》解释说,该技术通过负折射平板透镜,应用光场重构原理,将发散的光线在空中重新汇聚,从而形成不需要介质承载的实像。

据张亮亮介绍,北京冬奥“无人特许商