

# 30年深耕大桥防撞技术实现“保船又保桥”——从“两败俱伤”到“两全其美”

■本报记者 陈彬

在浙江宁波，全长6.7公里的宁波象山港大桥是当地人出行的重要通道。作为一座双塔双索面斜拉桥，两根200多米高的主塔连同周围的桥墩，似几根巨大的手指，将彩带般的桥面托举于海面之上。几座桥墩与海面相接之处，均被一圈橘红色的“钢板”环绕着，如同戴上了一枚枚“戒指”。

很多人不知道，正是这些看似不起眼的“戒指”，一直在默默保护着大桥以及过往船只的安全。组成“戒指”的不是简单的“钢板”，而是宁波大学大桥防撞技术团队历经30年的研发成果。

不久前，在宁波大学举办的大桥防撞重大技术成果发布会暨重大工程结构健康与安全高端论坛上，宁波大学冲击与安全工程教育部重点实验室副主任王永刚说：“多年来，在大桥防撞技术领域，我们一直在破解从‘两败俱伤’到‘两全其美’的方程式。”

## “硬碰硬”不是“最优解”

自发明造桥技术以来，人类就必须面对一个难题——如何防止船舶与桥梁相撞？

随着近年来大型桥梁的大量兴建以及大吨位船舶的逐年增加，这个问题正变得越来越棘手。据不完全统计，自2007年以来，我国已发生船舶撞桥重大事故92起，对交通大动脉造成了严重危害。

早在2016年，交通运输部发布的《交通运输部科技“十三五”规划》中，就已经把跨航道桥梁防撞关键技术及设施的研发，列为交通安全应急领域的研究重点。交通运输部要求可能遭受大型船舶撞击的通航桥梁都必须建桥梁防撞设施。

事实上，人们一直在努力探索如何避免船舶撞桥事件的发生，以及如何在事故中尽量减少损失，但基本思路大多局限于通过增加桥梁本身的防撞硬度，提升桥墩防撞性。

“从本质上说，这是一种‘保桥不保船’的做法，而且由于无法从根本上削弱船只，尤其是大型船只对桥梁的冲击力，这种‘硬碰硬’的方式最终可能导致桥与船‘两败俱伤’。”王永刚说，这显然不是解决船舶撞桥问题的“最优解”。

那么，有没有一种方式可以在船与桥发生碰撞时，实现“两全其美”的“保船又保桥”呢？这正是宁波大学科研团队求索多年的问题。

## “太极”和“安全气囊”

让我们将目光拉回到矗立在宁波外海的象山港大桥上。

如果仔细观察那些巨大的“戒指”，就会发现它们由两部分组成——外部是由厚厚



通航孔刚柔匹配导向桥墩防撞技术应用宁波象山港大桥。受访者供图

的钢材组成的外钢围结构，内部则是一个个由钢丝绳缠绕形成的巨大防撞圈，并通过它们将桥墩与外钢围相连接，形成一个整体。

这就是王永刚团队研发的通航孔刚柔匹配导向桥墩防撞技术成果。

“简单来说，这一结构体现了我国传统文化中‘刚柔并济’的太极思想。”王永刚解释说，一方面，外钢围结构要有足够的刚度，使船舶撞击时能整体做近似刚性的运动，并带动成百上千个防撞圈发生弹性形变，从而将冲击力由“集中力”转化为“分布力”，从而在大幅提升桥梁防撞性能的同时，减少对船只的损害。

同时，研究团队通过大量计算，将外钢围设计成特定的多边形结构，使船只即使撞击外钢围，也会呈现一定角度，从而分散能量。

象山港大桥维养单位负责人表示，该套设备自2012年6月服役至今已逾11年，其间曾数次抵御过船舶的撞击。船舶撞击防撞设施后，防撞设施基本完好，无须维修，船舶无损自行驶离现场。

“经过我们的测试，这套设备可使船舶冲击力减少55%~75%，从而实现了桥梁、船舶乃至防撞设施本身的‘三不坏’效果。”王永刚介绍，除象山港大桥外，目前该设备还在蛇盘大桥、梅山红桥等国内多座大规模桥梁中应用。

然而，这套设备其实并非适用于桥梁的所有部分。

据介绍，一座大型桥梁通常由通航孔桥和非通航孔桥两大部分组成。其中可以通航的部分为通航孔桥，其他不能通航的

部分则是非通航孔桥。两者均存在船舶撞风险，但由于本身的设计特性，后者的抗撞击能力更差。

2020年，我国颁布的《公路桥梁抗撞设计规范》指出，船舶撞击非通航孔引起的桥梁垮塌事故数量约为撞击通航孔的两倍，非通航孔桥的防撞问题需要引起重视。

对于非通航孔桥防撞设计，“刚柔并济”显然不再适用，王永刚采取了另一种方式——给大桥准备一个“安全气囊”。

今年“五一”国际劳动节前夕，在浙江象山附近海面，一艘500吨级的轮船突然“失控”，以7节航速冲向附近的一座大桥。千钧一发之际，海面上迅速升起数个橡胶气囊，气囊通过胶带和绳索与两端的定位浮体连接，瞬间形成100多米长的“防护链”。失控船只撞上“防护链”时，“防护链”上的绳索缓缓断开。随着动能渐渐消耗，这艘失控的船完好无损地被阻拦了下来。

这是王永刚团队针对非通航孔桥研发的桥梁柔性防撞技术在实船试验中的一次应用。

“这套系统由系泊浮体、自适应浮体、触发钢索、高强度拦截网等部分组成，平时各部分会浮在桥梁附近的水面上，不受水流和水位变化影响。一旦有船只靠近或撞击，拦截网就会在冲击力的冲击下迅速弹起，从而实现对船只的拦截。”王永刚说。

据了解，目前这项技术已被应用于平潭海峡大桥、响墩门大桥等多座桥梁，甚至在湘江蔡家洲大坝等水坝的防撞系统中也有应用。

## 底气来自信任

严格地说，试验测试的其实是桥梁柔性防撞技术的迭代技术——潜浮式船舶拦截。

“与此前技术相比，这一代技术的最大特点是用来自控船舶的橡胶气囊并不在水面上，而是沉于水底，只有借助雷达等手段探测到事故即将发生时，才会迅速弹出组成防护链。”王永刚说。

事实上，多年来宁波大学科研团队始终对相关技术没有停止探索的脚步，而这样的探索也取得了一定的“回报”。

去年12月20日，宁波大学和港珠澳大桥管理局签署战略合作协议，该校将承担“港珠澳大桥主体工程营运期桥梁防撞新技术研究”项目并深化合作。港珠澳大桥管理局副局长段国钦坦言：“这是港珠澳大桥管理局第一次与高校签署全方位战略合作协议，以推动知识产权落地转化，推进产业、学科发展。”

对此，宁波大学副校长吕朝锋表示：“虽然港珠澳大桥被誉为世界桥梁建设的‘珠穆朗玛峰’，但宁波大学有底气也有信心为大桥的建设和运维提供良好的技术服务。”

这份底气自然来自学校对于王永刚团队的信任。

不过，作为目前宁波大学大桥防撞技术团队的带头人，王永刚并不是该校从事相关研究的“开路者”。事实上，宁波大学针对桥梁防撞的研究已经有30多年。

新中国成立伊始，由于缺乏万吨水压机，无法做出符合航天特殊要求的零部件，钱学森、郑哲敏等老一辈科学家便想出一个法子——用爆炸的方法炸出来，并由由此创建了爆炸力学这门学科。当时在中国科学院力学研究所工作的王礼立对此产生了浓厚兴趣。随着他于1986年调任宁波大学副校长，该校的力学学科正式成立，并开展创新性爆炸与冲击动力学基础研究与工程应用研究，在该领域形成了自身的特色和优势。

30多年来，该校力学学科取得了一系列重大科研成果，并入选“双一流”建设学科，而大桥防撞设备的成功研发，正是在该校力学学科几十年来科研探索的基础上诞生的。

站在前人探索的基础上，作为新一代团队带头人的王永刚，对未来也有自己的思考。在他看来，除在桥梁建设方面的应用外，防撞系统还有更广阔的应用前景。“比如港口码头、海上风电，甚至军港的防护等。未来，我们还将继续探索相关科研成果应用转化的新途径，为国家建设贡献自己的一份力量。”他说。

# 科技成果转化“梗阻”咋打通？

## ——长三角一体化发展新观察

■新华社记者

习近平总书记指出，实施长三角一体化发展战略要紧扣一体化和高质量两个关键词。他特别指出，上海和长三角区域不仅要提供优质产品，更要提供高水平科技供给，支撑全国高质量发展。

今年是长三角区域一体化发展上升为国家战略五周年。记者近日在长三角地区调研发现，瞄准打造量子科技、人工智能、生物医药、新能源汽车等世界级产业集群，三省一市围绕产业链布局创新链，携手攻关关键技术，加速推动科技供给转化为创新动能。

供需如何更好对接？科技成果转化如何估值？怎么实现跨区域转化？还有哪些体制机制障碍待突破？聚焦打通科技成果转化“梗阻”的深层次问题，记者进行了调研。

## “在这里能听见世界量子产业的新脉动”

初夏时节，记者在合肥高新区调研，听到一个“量子大街”的故事：短短几百米长的一条街，汇聚了几十家量子企业，而这得益于以市场为导向的高质量科技供给。

天花板处悬下一个白色金属罐，通过数不清的线索与数个操控系统机箱连接，另一侧的屏幕上数据在跳动……5月31日，在位于“量子大街”的科大量子技术股份有限公司，记者看到176比特“祖冲之号”量子计算云平台正式上线，面向全球开放，这也是国际首个在超导量子路线上具有实现量子优越性潜力的云平台。

“祖冲之号”是中国自主研发的量子计算机，诞生于距离“量子大街”十几公里远的中国科学院合肥微尺度物质科学国家研究中心。近年来，这里的科研人员与中国科学

院上海技术物理研究所、江南计算技术研究所等科研机构合作，持续攻关量子科技。

“实用化量子计算是充满未知的世界前沿科技，我们和长三角的几十家科研机构围绕国家需求和市场需求，通力合作、各展所长，大大加快了科研和产业化进程。”中科大教授朱晓波说。

量子计算机、可移动量子卫星地面站、量子钻石原子力显微镜……一个个科技成果从实验室走出，在“量子大街”落地转化为产品，孕育出国盾量子、本源量子、国仪量子等企业。业界人士评价说，“在这里能听见世界量子产业的新脉动”。

高质量的科技成果转化如同产业“良种”。记者调研了解到，以“一体化”“高质量”为指引，长三角区域着力破解科研力量分散、产业低水平重复等问题，围绕建设量子科技、机器人、节能与新能源汽车、新型显示等世界级产业集群布局创新链，加强政策协同，支持以龙头企业为链主带动大中小企业融合创新。

来自长三角区域合作办公室的资料显示，2018年长三角一体化发展上升为国家战略以来，截至2022年底，已启动实施首批15项长三角科技创新共同体联合攻关计划。组建并运行长三角国家技术创新中心，已引进项目经理287名，共建企业联合创新中心278家。据长三角科技创新共同体建设办公室统计，2022年长三角集聚高新技术企业11.6万家，有233家科创板上市企业，占全国比重46.51%。

## 在实验室里“挖宝”到产业园区“挖金”

“260万元成交！”5月22日上午，经过紧

张的多轮竞价，来自安徽宣城的科研成果“高分散性纳米氧化铝的非水溶胶凝胶制备方法”，在长三角G60科创走廊第五届科技成果拍卖会上成交。此次拍卖会成交额首次突破100亿元。

“首届是1.04亿元，第四届50.18亿元，本届达到109.68亿元。”成交额的快速增长，让长三角G60科创走廊联席办副主任郭淑娟很是兴奋。

从实验室成果到市场上的商品，转化过程中存在各种挑战和需要解决的难题，比如科技成果转化估值、市场需求对接、科技成果转化区域转化等。为了推动科技成果转化尽快走进市场，长三角推出一系列改革举措，科研成果拍卖会便是其中之一。

“一项科技成果想转化，首先要知道它有多大的市场价值，拍卖会可以解决这个问题。”安徽一位科研人员说，还要找到市场需求方，新职业“技术经理人”就应运而生了。

昨天在实验室里“挖宝”，今天到产业园区“挖金”，这是安徽省首批技术经理人黄叙新的日常工作场景。“我们的主要工作，是把科技成果和企业需求精准对接，最终实现供需双方的合作。”他说。

长三角区域携手打通多重“梗阻”，跨越科技成果转化“最后一公里”，技术交易额逐年增加。记者从长三角科技创新共同体建设办公室了解到，2022年长三角区域相互间技术合同输出2.5万余项，技术交易金额1863亿元，同比增长112.5%。

## 需建立科技成果转化风险共担机制

记者采访的多位专家认为，近年来长三

角的科技成果转化已驶入快车道，但仍需以体制机制方面的改革进一步推动。

在江苏索力得新材料集团有限公司的纺丝生产车间里，记者遇到了正在查看生产设备的浙江理工大学副教授陈世昌，他实际也是这家企业的“科技副总”。2020年，陈世昌受聘江苏索力得集团后，定期跨省与企业技术人员一起研发新产品，上个月他们取得重要突破，公司的新产线有望落地开工。

“我们的合作进入实质阶段，但成果转化落地仍然面临很多难题。”陈世昌说，科技成果从实验室走向生产线，产品产能要从百吨级放大至千吨级、万吨级，产生经济效益需要一定时间，还存在市场波动等风险。

当前，高校院所通过在长三角地区建立一批新型研发机构，推动科技成果转化。“高校院所的科技成果多处于概念、样机、样品阶段，而企业需要可以直接规模化生产的成熟科技成果。”上海市科学学研究所科技创业研究室副主任任爱媛说，这种“供需差异”势必造成转化风险，还需建立科技成果转化风险共担机制。

此外，记者调研了解到，目前，沪苏浙皖的技术交易平台已经形成，但协同联动还不够。受访人士建议，推动形成跨区域、跨行业、网络化的成果转化服务体系。

记者从6月6日在安徽合肥举行的长三角一体化发展成果发布会上获悉，长三角三省一市将健全跨区域协同攻关机制，聚焦集成电路、生物医药、人工智能等领域，推进实施联合攻关计划项目。加快长三角G60科创走廊、沿沪宁产业创新带建设，建设长三角国家科技成果转化转移示范区联盟。

（记者徐海涛、陈刚、陈诺、龚雯、董雪、朱涵）

## 视点

纵观全球，以美国、德国、英国为代表的西方发达国家，高校科技成果转化整体绩效表现要优于中国、日本、韩国等东亚国家。究其原因，除了以《拜杜法案》为代表的体制机制创新外，还与以美国斯坦福大学技术许可办公室（OTL）为代表的高校技术转移办公室（TTO）有关，其在长期运行过程中理顺了机构设置、人员配备、任务结构三者之间的关系，取得了相对亮眼的成绩。

笔者团队曾于2017年对全球排名前200的高校（TOP200高校）的TTO做过一次事例数量和比较分析。时隔6年，团队再次对其中全球排名前50的高校（TOP50高校）TTO开展事例比较分析，发现TOP50高校的TTO发展非常稳定，充分验证了现有TTO组织机制和运行模式与高校的高度适配性，能够为我国高校TTO发展提供更多经验与启示。

## 建设何种类型的TTO

高校TTO模式主要分为三类：一是内部部门模式，即在高校行政体系内专设相关部门（或团队）；二是外部公司模式，高校出资控股，成立具有独立法人地位的技术转移公司或创新服务公司；三是前两者结合的混合模式，部分高校同时拥有内部部门和外部公司，两类机构在成果披露和保护、科技成果转化等方面各司其职、共同协作，为科技成果转化提供全周期服务。

对比2017年的数据，TOP50高校中，内部部门模式依然是主流，前50名高校中有34所采取这一模式，占比67%，其次是外部公司模式（25%）和混合模式（8%）。从国家差异来看，美国高校采取内部部门模式占比达88.2%，而英国高校采取外部公司模式占比达85.7%。

英美两国模式之所以存在差异，一是办学理念不同，与美国相比，英国教育理念更为传统和保守，认为大学的使命是人才培养、知识创造，更倾向于成立独立于高校组织框架的公司；二是科技成果转化使命不同，对社会影响和经济利益的价值追求不同，内部部门模式强调公共利益，“造福社会”是使命核心，外部公司模式则明确要为利益相关方创造经济效益；三是两国都有不同模式的成功事例，美国以麻省理工学院、斯坦福大学为代表的技术许可办公室，英国以剑桥大学、牛津大学为代表的技术转移有限公司，都起到示范作用。

从TOP50高校TTO的组织架构来看，大多数高校都在机构内部设置了分工明确的部门，如高级管理部门、技术转移部门、知识产权部门、营销传播部门和业务运营部门。

TOP50高校中有5所是中国大陆高校，基本是由科技开发部或技术研究院下设转化机构，组织属性是内设行政管理部门，选人用人机制和薪酬体系基本参照学校标准，转化机构自身缺乏独立财务权和人事权，转化功能发挥受到一定限制。

## 人员如何配备

全球TOP50高校中有38所高校的官网公布了工作人员清单。结果显示，不同机构间人员规模差异较大，25人以内的小团队占比21.05%，75人以上的大型组织占比13.15%，最多的是26~75人的中等规模机构，占比65.8%。

TOP50高校TTO人员规模差异与其职能定位密切相关，并非一味追求体量巨大的技术转移团队。小团队大多设在校内，职能范围不会太宽，一般由技术转让、业务开发方面的专家组成。例如，美国加州大学伯克利分校只设置了技术许可办公室和产业联盟办公室，配备9名工作人员。

部分TOP50高校配备了规模庞大的TTO，除了技术许可专家和日常事务运营人员外，还在创业、产学研合作等方面拓展业务。例如，澳大利亚墨尔本大学的TTO人员多达331人，由20名业务开发经理、60名专业员工，以及251名专家顾问组成。技术转移团队要求成员都要具备独立思考 and 为不同项目选择最佳方案的辨别能力。

值得注意的是，TOP50高校对TTO从业人员的硬性学历要求不高，而是更加强调经验丰富、具有跨领域经验。多数TOP50高校的技术许可岗位要求有5~7年的行业经验，资深技术许可经理经验要求长达10年。技术许可管理人员要具备出色的综合素质，不仅是技术专家和工程师，还要擅长人际关系发展、沟通谈判交流，并能够独立解决复杂的商业、法律、经济等问题。

## 任务结构如何设置

TOP50高校TTO考虑到体量和组织定位，面向不同服务对象均设置了不同的职能，包括发明人、本校学生、企业界人士、投资者等。其具体任务模块可概括为四方面。

一是面向发明人的科技成果转化标准化流程管理。TOP50高校TTO面向发明人提供成果披露、专利申请、技术许可方面的基础服务，形成了从成果披露到开发商业机会的标准化流程管理。只是不同高校转化机构在各转化环节上有不同的处理方式和细节把握。

二是面向企业的产学研合作与商业伙伴关系建设。TOP50高校普遍向社会开放可用技术的数据库，供意向合作企业访问，同时积极开展产学研合作。部分TOP50高校提供企业资助研究、投资大学初创企业的机会，将合作企业嵌入创新创业网络内，牵头组建企业联盟，促进人才、企业、资本共同形成创业生态系统，将服务对象转化成推进研究的创新资源。

三是面向创业者的培训和资源支持。科技成果转化的途径之一是成立初创公司。部分TOP50高校设计了创业指南和创业课程，鼓励和指导教师创业，为初创企业寻找和匹配资助计划，部分高校TTO运营管理机构、加速器、创新中心等创新创业资源。

四是面向区域创新的异地科研机构建设。部分TOP50高校肩负着服务地方、区域经济发展的任务，特别是我国高校通过建立校地联动机制、建设新型研发机构、异地法人化研究院等多种方式，克服了一些短期内难以突破的体制机制障碍，有效促进科技成果转化。例如，清华大学在各地成立产学研合作办公室，帮助重大产业项目到合作城市落户，促进了多个区域的产业创新与转型升级，实现“校地双赢”。

（作者单位均为同济大学）

# TOP50 高校技术转移办公室的启示

■杨溢涵 常旭华