

从事城市固废处置与资源化、行业碳减排系统工程研究，清华大学教授温宗国——

科学研究就是要奔着问题去

本报记者 谷业凯

科技视点

科技自立自强 青年奋勇担当③

人物简介：

温宗国，1978年出生，1995年至2005年在清华大学环境科学与工程系学习，获得工学学士、硕士和博士学位，现为环境学院院长特聘教授、博士生导师，清华大学环境学院循环经济产业研究中心主任、工业节能与绿色发展评价中心主任。主要从事城市固废处置与资源化、行业碳减排系统工程研究，主持国家课题20多项，成果获国家科技进步奖二等奖。

近年来，我国生态文明建设大力推进，环境科学与工程学科迅速发展，成为多学科交叉的结合点和协同创新的前沿。一批青年科研人员矢志不渝、持续创新，正在把我国环境科学与工程研究不断推向更高水平。

温宗国是这一领域青年学者中的佼佼者。

把科学研究与国家需求真正结合到一起

每次点外卖，清华大学环境学院博士生张宇婷都会格外留心包装材料。从2017年开始，她就和导师温宗国一起，尝试从3500万份外卖订单中，分析外卖包装的材料组成和环境影响。

这是温宗国所从事研究的一个典型案例。“塑料废物管理是当前世界面临的重要环境问题之一，厘清塑料包装代谢机理，识别材料回收替代路径，是推动绿色低碳包装、控制环境泄漏率的一个基础性科学问题。”温宗国说。

针对10多种细分包装材料，建立本地化环境影响科学数据，进行支撑绿色低碳包装的生态设计；开展万余次实证检测，精准刻画城市级500米网格化废弃规律；应用高清摄像和光谱图像识别算法，开发塑料包装废物智能化分选技术……小小的外卖包装废弃物，就这样被温宗国“吃干榨净”，变成极具研究价值的课题方向。

温宗国说：“从根本上来讲，环境科学与工程是典型的问题导向学科。因为人类活动会在环境中产生各种废弃物，未经处理就构成了问题，对经济社会发展又会产生各种影响。我们作为科研人员，研究就是要奔着解决问题去。”

1995年，17岁的温宗国考入清华大学，开启了他的学习、科研之路。在清华，他得到了专业的学习和锻炼，并在导师的带领下逐渐接触到环境系统工程的学术前沿，对城市固废资源化与循环经济、行业碳减排系统模拟与工程应用产生了浓厚的兴趣。读博期间，他开发了系统动力

学模型，探索经济社会活动与资源消耗、污染排放的演变规律。同时，他开始关注城市循环经济这一当时前沿的研究方向。

2007年，温宗国留校工作。从学生到教师，温宗国开始深入思考如何把“象牙塔”里的科学研究与国家、行业的需求真正结合到一起。当时，从国家到地方，对循环经济日益重视，但是循环经济怎么搞，国内没有现成的模式可供借鉴。

后来，温宗国参与了国内首个城市循环经济国家科技支撑计划项目。“这个项目的核心问题，是解决城市对资源的消耗如何与经济社会发展实现‘解耦’的问题。换句话说，就是城市经济社会的发展怎么能够不建立在资源密集型的方式上。”温宗国说。

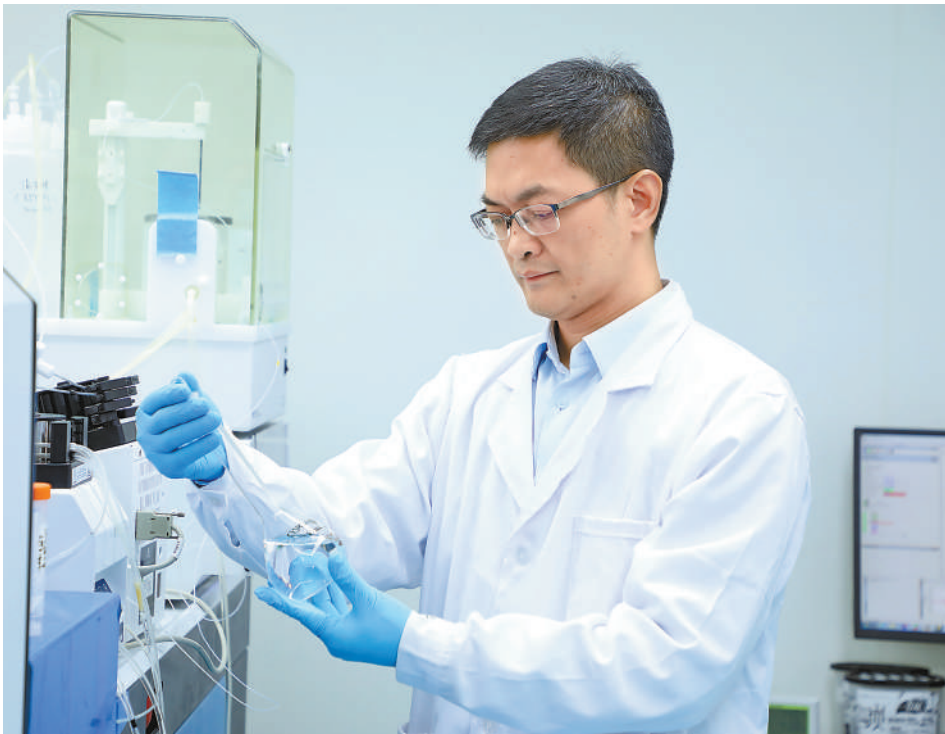
在项目所在地江苏苏州，温宗国经常一待就是一个多月。在与地方政府和企业的沟通交流过程中，他深感当时城市发展循环经济大多着眼于孤立分散的单项技术，系统集成化技术供给不足。抓住这些薄弱环节，温宗国提出了城市循环经济系统集成共性方法，助力完成苏州市循环经济规划的修编。

温宗国说：“我们首先建立一个能够把城市物质代谢进行精细化模拟的模型，通过物联网、互联网等智慧化手段实现城市废弃物的回收，再用循环利用的技术把其中的资源清洁高效地提取出来，包括稀贵金属、高分子材料和有机质等。”

这一前瞻性项目所形成的经验、标准、管理办法，在全国进行了推广。2016年，“城市循环经济发展共性技术开发与应用研究”获国家科技进步奖二等奖。

坚持基础研究与工程开发“两条腿走路”

在河北武安市新峰水泥厂，生活垃圾融入工业生产环节：所有运至车间的生活垃圾首先会经过一次初级破碎，之后会通过特殊的磁选装置分离金属物质，再进入滚筒筛进行初次筛分；第二轮更精细的筛分借助定量的风速，将较轻的垃圾筛出；



温宗国在实验室分析污染物组成和来源。

孙波摄

筛上物还要经过两次破碎程序，将其体积控制在25毫米以下；旋转窑中封闭式高温焚烧后，压缩的垃圾筛下物和筛上物会被转运到6公里外的水泥厂厂区作深度处理，其中筛上物将会成为制作水泥的燃料，而筛下物则直接作为制作水泥的原料……

这套工艺流程既为企业提供了廉价的原料和燃料，降低了生产成本，也让垃圾变废为宝，真正实现了循环利用。目前，这套工艺包及装备已在25条生产线应用，并实现了成套出口。

这套装备的成功研发，与温宗国的努力分不开。从事环境科学与工程研究伊始，他就坚持基础研究与工程开发“两条腿走路”，利用数值模拟和人工智能等先进方法，研制出废弃物协同处置和资源化开发相关的工艺和装备。

“如果单纯应用一项技术，它只能在某一个点上起作用。我们一定要树立系统思维，把基础研究、工程开发、管理手段结合起来解决实际问题。”温宗国说。

科技进步带来了环境管理手段的创新。温宗国很早就关注互联网、大数据与环境管理的融合。

比如，在垃圾智能分类回收及时空代谢模拟方面，他通过研究图像光学识别的深度学习算法，开发垃圾智能分拣系统和视觉人工智能机器人，实现了再生资源高效分类，并基于海量交易信息大数据技术建立“互联网+回收”平台。

温宗国认为，目前国际上环境科学与工程研究进一步呈现“高精尖”的趋势，特别是“双碳”目标提出后，各领域都在进行绿色化的转型升级。“从产品的生态设计，到废弃物、各种资源的回收再利用，环境科学与工程交叉性越来越强。”

做科研，坚持比天赋更重要

温宗国认为，做科研，坚持比天赋更重要。

十几年来，环境科学与工程学科算不上热门，温宗国一度感受到明显的落差感。

“项目少，成果出得慢，评职称自然没有优势，当时我的压力也不小。”温宗国坦陈，“搞科研需要坚守，只要自己有兴趣，相信自己做的方向是正确的，每天都会保持着对研究的热情投入。”2010年前后，温宗国研究方向上的科技项目逐渐多了起来。正是依靠长期的坚持和积累，他迅速将研究心得运用到新的项目中，收获了丰富的研究成果。

多年来，温宗国一直活跃在本科生、研究生教学工作的一线，为环境学科培育人才。“培养学生要肯花时间。比如中午吃饭，我有时会拉着他们一块去。我们还有定期的课题组会，我会经常拿自己作例子，跟学生讲自己当年是怎么读硕士、博士研究生的。讲经验和心得之外，更多的是分享自己在科研上有过的教训。”温宗国说，“学生们很有创造力。培养学生的过程中要尊重他们的兴趣、爱好，一旦有了兴趣，他们就会坚持、就会投入。”

平日里工作虽忙，温宗国还是会坚持每周打1到2次羽毛球，这是他从读书时就有的爱好，甚至在校队的比赛中拿到过不错的名次。

“搞研究要有忘我的状态，但是高强度的投入也要有健康的身体做基础。”温宗国微笑着说。

创新谈

培育、巩固好创新文化这个根基，就能进一步“科技第一生产力、人才第一资源、创新第一动力”，推动我国科技创新事业攀登新高点，不断提高核心竞争力。

临近年底，已连续举办3年的北京市科学跨年系列活动又在锣鼓声中拉开帷幕，将为社会奉献一份科技大餐，助力培育创新文化。

长征五号B运载火箭首飞成功、成功再测珠穆朗玛峰、嫦娥五号携带月壤成功返回……近年来，北京市科协紧扣科技热点，策划了多次科学跨年活动，邀请参与重大科学工程的科研人员参加，弘扬科学家精神、传播科学文化，产生较好社会影响。

实现科技自立自强，除了需要科学家冲锋陷阵，实现一批原创突破、攻克一批“卡脖子”难题，还需要在全社会培育创新文化，提升全社会的创新素养。以中国航天事业为例，这些年全社会大力弘扬“两弹一星”精神、载人航天精神、探月精神、新时代北斗精神，航天事业不断刷新纪录，成绩背后离不开航天工作者的奉献，以及全社会对航天创新的支持。与一个个科技创新项目相比，培育创新文化看不见摸不着，一些地方往往忽视创新文化的培育，比如，科学知识普及、科学精神传播的相对单一，创新文化培育跟不上科技创新事业的发展。

党的二十大报告提出，“培育创新文化，弘扬科学家精神，涵养优良学风，营造创新氛围。”创新文化犹如肥沃的土壤，是整个科技创新事业的根基，培育、巩固好这个根基，就能进一步“科技第一生产力、人才第一资源、创新第一动力”，推动我国科技创新事业攀登新高点，不断提高核心竞争力。

培育创新文化是一项基础性工作，不可能一蹴而就，需要付出长期艰苦的努力。各地方各部门要把创新文化建设与科技创新一道纳入考核体系，尽快形成“两手抓、两手都很硬”的局面。鼓励引导社会力量创新方式，开展更多群众喜闻乐见的科普活动。搭建平台，让更多科学家走上“大讲台”，讲述科学故事，将科学品格、科学文化导入全社会。

新时代新征程，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，助力科技强国和创新型社会建设，创新文化培育的紧迫性和必要性前所未有，扎实推进创新文化建设，将不断夯实激发创造活力的良好创新氛围。

培育创新文化 营造创新氛围

蒋建科

浙江南浔——

科技推动产业发展进入快车道

本报电 日前，位于浙江省湖州市南浔区双林镇的南浔国际人才产业园内，瞄准前沿科技的储能电池、3D打印、纳米材料等创新项目正步入发展快车道。近年来，南浔区积极引导民营企业向科研院所“借智借力”，先后与上海大学、上海交通大学、上海核工程研究院等高校和科研院所合作，为企业创新发展提供强大智力支撑。今年以来，围绕高新技术产业发展，科技成果转移转化、高层次创新人才培育等，当地出台一系列引才引智新政策，并设立了多项奖励资金，引导和推动企业引进高层次人才，不断提高企业创新研发水平。（张斌）

江苏邳州——

产学研融合推进农业科技成果转化

冯华 徐鹏

“瞧，这家伙神奇着呢！俺家34亩地，原来播种时需要13个人，忙活五六天。现在只要两个人盯着，干上两三天就播完了。科技创新的甜头，俺算尝到喽。”江苏徐州邳州市碾庄镇宗庙村村民梁化永对今年用上的大蒜播种机赞不绝口。

人工种蒜改为机器种蒜，碾庄镇党委副书记王强算了笔账：“人工一天只能种0.5亩，按每人每天240元人工费计算，一亩地的种蒜成本480元。大蒜播种机每天能种8亩，一人一机每亩地成本不足30元，大大节省了劳动力成本，提高了效率！”

据介绍，这款大蒜播种机由江苏十十智能科技有限公司和徐州工程学院联合研发，由于播种均匀，蒜种成活率、出苗率高，深受蒜农欢迎。今年7月起，播种机已批量销往苏鲁豫主要大蒜种植基地。

节本增效的背后，是邳州市近年来持续推动大蒜产业科技创新，从品种选育、技术推广到产品深加工，多环节、全链条促进产学研融合，推进科技成果转化，走出了一条创新发展之路。

邳州市是闻名全国的大蒜之乡，

大蒜常年种植面积60万亩，年产量近80万吨，带动周边县(市、区)种植大蒜约100万亩。近年来，邳州市积极搭建农业科技创新平台，加强农业绿色生态、提质增效科技研发应用。2017年10月组建成立大蒜产业技术创新战略联盟，由省内25家知名企业、9所高校、2家科研单位组成。企业还与山东农业大学、天津科技大学等高校合作，聚焦专业化加工技术创新，开展产学研合作。邳州市科技局党组成员郑超介绍，联盟成员产学研协同创新，促进农业科技成果转化，带动周边5万余人就业，大蒜产区农民年均收入提高1.5万元以上。

“科技创新能力是企业发展的原动力。我们先后研发了大蒜软胶囊、黑大蒜、蒜粉、蒜片等30多种精深加工产品，产品远销60多个国家和地区。”大蒜产业技术创新战略联盟理事长单位、江苏黎明食品集团有限公司副总经理韩洪庚介绍，公司承担了多项省部级科技研发项目，还参与制定了相关国家标准。

为了推动大蒜产业高质量发展，邳州市从种质资源抓起，持续推进大蒜种业自主创新，加强地方特色种质

资源保护利用、优良品种选育和良繁体系建设。邳州市宿羊山镇与徐州农业科学研究所国家特色蔬菜产业技术体系大蒜创新团队合作，共建大蒜新品种研发中心，已建立大蒜新品种选育和示范基地200亩，成功选育大蒜新品种3个，提纯复壮“邳州白蒜”等国家地理标志产品品种，有效保障了农民的用种安全。

在邳州市大庄农业农民田间学校，碾庄镇井墩村村民陈刚辉正在参加种植技术培训。“我是田间学校的直接受益者，每年都利用农闲时节来听课，学到的新技术直接用于大蒜种植，种出的大蒜质优价高，不愁销路。”

“我们将深入贯彻落实党的二十大精神，加快实施创新驱动发展战略，加强企业主导的产学研深度融合，推动创新链产业链资金链人才链深度融合，不断推进科技成果向现实生产力转化。”邳州市委书记曹智表示。

创新故事

捷龙三号服务卫星星座快速组网发射

王伟童 李艳明

北京时间2022年12月9日，捷龙三号遥一运载火箭首飞成功，采用“一箭十四星”方式，成功将14颗卫星顺利送入预定轨道。

捷龙三号由中国航天科技集团有限公司所属中国运载火箭技术研究院抓总研制，首飞成功标志着我国运载火箭型谱得到进一步完善、我国固体运载火箭系列化发展取得重大进展。

据捷龙三号火箭总指挥金鑫介绍，捷龙三号总长约31米，箭体最大直径2.65米，最小直径2米，总质量约140吨。同时，拥有直径3.35米和2.9米两种构型整流罩，能够与多种星箭接口适配，满足多种卫星安装要求。这是在长征十一号火箭基础上系列化发展，打造出的第一款火箭。

捷龙三号火箭具有运载能力强、整流罩包络空间大、发射方式多样化、经济性好、履约周期短、发射效率高等特点，是面向未来卫星星座快速组网发射需求而打造的一型高性价比、高可靠、快履约、快发射的固体运载火箭。捷龙三号火箭在500公里太阳同步轨道运载能力达1.5吨，在研制过程中填补了中国航天多项空白。

捷龙三号火箭拥有目前国内装药量最多、推力最大的高性能纤维缠绕复

合材料壳体整体式固体发动机。该发动机由中国航天科技集团第四研究院研制，发动机直径2.65米，装药量71吨，推力达到200吨，采用了多项新技



北京时间2022年12月9日14时35分，我国太原卫星发射中心在黄海海域使用捷龙三号遥一运载火箭，实现“一箭十四星”成功发射。

郭厚泽摄

本版责编：申少铁