

科学教育“加法”的温州探索

百位科学家“上任”中小学副校长究竟能带来啥

中青报·中青网记者 蒋雨彤

“小时候喜欢看蚂蚁爬行，有时候一蹲就是半天，你们是不是觉得有点‘傻’？不傻，我也是这样的。”2月26日，中国科学院大学温州研究院(以下简称“国科温州研究院”)副研究员赵志远博士来到温州市广场路小学，给孩子们上了一堂开学第一课——科学课。

在教育“双减”背景下，浙江省温州市积极探索给科学教育做“加法”。2023年9月，温州市出台《新时代温州中小学科学教育实施方案》，启动科学教师队伍建设等六大行动，聘请百位科研工作者担任百所学校的科学副校长。根据中国科学院大学与温州的共建精神，首批百位科学副校长全部由国科温州研究院派出。赵志远正是广场路小学的科学副校长。

百位科学家“上任”中小学副校长究竟能给科学教育带来啥?中青报·中青网记者进行了采访。

5000多名孩子与科学家一起吹乒乓球

赵志远的开学第一课，主要是和孩子们玩一个互动游戏——用一根吸管吹气，让乒乓球悬浮在空中。赵志远在主会场演示，4个校区的5000多名孩子，一边观看视频直播，一边也吹起了乒乓球。

玩得开心时，广场路小学学生、温州市“小科学家”称号获得者郑隽翥主动站起来解释：“用吸管吹气的时候，乒乓球底部流速快，压强就小，周围压强大，球被包围着就会悬浮起来。”

伯努利原理，就这样被一个热爱科学的“小学霸”解释了。

这一天，温州市籀园小学也邀请国科温州研究院副研究员王莉萍博士上了开学第一课。王莉萍的研究方向和仿生学有关，她告诉孩子们，生活中很多创造发明都是仿生学的结果，比如魔术贴的发明就是受到植物苍耳的启发。

温州市第二外国语学校特别准备了一台棉花糖制造机，将物理课堂搬到舞台上。舞台实验秀《爷爷的物理实验》让学生了解了棉花糖形成的物理原理。

除了动手做实验，科学家们更想让孩子们明白科学思维和科学韧性。

赵志远告诉孩子们，“我刚去国外留学时，为了提高英语水平，毅然加入全是外国人的课题组。在科学研究中，积极的执行能力就是武器。”还记得我学生时期出现了成绩波动，在后来的科研中也受到了挫折。在科学研究中，良好的抗压能力是盾牌……

王莉萍博士则激励学生要勇于提问、敢于试错，“每一次试错，都是成长的一个阶梯”。

科学副校长的“五个一”

一名从事教学工作多年的教师表示：“基础教育是培养学生科学精神、创新素质的关键阶段，然而一些地方所谓的科学教育，仍主要是读、背、记、考，即使有部分学校能



2月26日，中国科学院大学温州研究院副研究员赵志远博士来到温州广场路小学，上了开学第一课——科学课。



受访者供图

够开展实验教学，但基本还是让学生做那种有确定性答案的实验，而不是真正充满探索性的、允许试错的科学实验。”

而温州市百位科研工作者担任百所学校科学副校长的尝试，无疑为中小学科学课的改革提供了一种可能性。百位科学副校长分布在温州市各县市区，覆盖幼儿园、小学、初中和高中全学段，每个县(市、区)都设有一位领衔科学家对各县区的科学副校长开展指导。中国工程院院士、温州医科大学校长李校堃等五位专家学者被聘为温州中小学科学教育专家顾问。

国科温州研究院岗位研究员高小青是百位科学副校长之一，也是一名科普达人，将许多业余时间用于小学科学教育。

她在低年级课堂上，指导学生将小苏打水和白醋倒入蓝莓果汁里，让学生直观感受“酸碱”，但并不讲原理，只引导学生去描述现象。她曾讲过一堂《用智慧看世界》的科普课。她告诉学生，有许多东西肉眼是看不到的，需要借助光学显微镜、电子显微镜、望远镜等仪器才能观察到。

高小青说：“我更重视学生们怎么摆试验台，怎么收拾试验台，怎么描述和重复他们感兴趣的实验。在这个年龄段，保持他们的天真，培养他们对科学的兴趣和信心才是最重要的事，所以我们每次上课有点像开盲盒。”

除了上课，高小青还和学校一起搭建了CY(Children&Youth)论坛。每两周，她都会邀请一位科学家走进校园，给对科学感兴趣的学生作科学讲座。

这些讲座都是公益性的，来讲课的科学家不收取报酬。担任科学副校长的科学家们，不论身份是院士还是研究员，也都是公益性的。

温州市教育教学研究院副院长施昌魏表示：“我们希望通过制度化的设计，让科学家进入到基础科学教育中来。目前科学家的‘主场’不在小学，科学副校长的设计关键是‘借力’。我们提出‘五个一’的要求。”

所谓“五个一”，指每学期至少一次走进校园作科普讲座，讲述科学故事，宣讲科学家精神；结对一位科学教师，助力学校未来科学名师培养；参与建设一门科学课程，帮助学校建设或完善一门突出前沿性、面向未来科技拔尖人才培养的创新型科学课程；指导一批学生项目，结合“小科学家”评选、科技节等活动，为学生科学创新项目研究提供平台资源，并给予过程指导；与科学教师共上一堂科学课，增加对中小学科学教育教

育的了解和认识。

小学生的倒栽葱实验

2024年1月，浙江省教育厅等十四部门联合印发《关于加强新时代中小学科学教育工作的实施意见》。该意见提出，浙江将实施“千名科学家进校园播种”“‘双干’助力‘双减’”等行动。

同时，浙江将设立1万个青少年家庭实验室，用好社区青少年宫，打造“家门口”科学教育阵地，提升中小学生学习实践能力。扎实推进“乡村科教圆梦”行动，建立城乡科学教育联盟，鼓励优质科普资源向山区海岛县倾斜，让更多高层次科研工作者参与山区海岛县中小学科学教育活动，让供给端、需求端科学教育有效衔接。

“实际上，这些创新工作在温州早就开始了。”温州市教育局有关人士向中青报·中青网记者出示了近年来的许多文件，但比文件更有说服力的，显然是温州市小学科学教育的现状。

广场路小学里，有两个自建的科学馆，一个是李启虎声音馆，一个是贝壳馆。李启虎院士是温州人，而贝壳来自校友捐赠。校长潘昶介绍，科学馆在设计时就把科学课堂引入，老师和学生一起撰写和设计科学馆的文案，并由学生录制了科学馆的介绍。

在声音馆里，一米之上的空间是知识介绍，一米之下的空间是学生伸手可及的体验区。科学馆落成后，学校的很多科学课也放到科学馆来上了，为了让4个校区知识共享，还借助AI功能开发了云科普馆，未来可以向更多地方开放。

在温州湾实验小学，让学生通过“家庭实验室”活动，巩固和提升基本的科学技能和科学素养，早就是一项固定教学内容。学生在自主探究和完成任务的过程中，真正做到了全面提升。

“我第一次走进大剧院的后台，就看到了一束光打在科学家的身上，他们散发出自己的光芒，照亮着这个世界。”来自温州湾实验小学的邱天同学，在温州青少年科创春“玩”现场，分享了自己探究倒栽葱技术1000多天的心路历程。

邱天从二年级开始，建造自己的植物乐园。他的植物乐园里有许多奇形怪状的植物：章鱼葱、大葱奶茶、吸管菜、千手怪……最出名的还是倒栽葱。他带着倒栽葱参加过各种比赛，获得过浙江省青少年“科学3分钟”演讲比赛一等奖第一名，还应邀赴北京参加首届“京浙小院士”论坛。

邱天说：“科学家是我心中的光。靠近光，我能感受到他的温暖与力量。追光的过程，我看到了无尽的奇迹与奥秘。就如同这根倒栽葱，坚持了1000多天，总是看着光的地方坚强地向上。”

“十年磨一剑”的温州探索

为什么科学副校长的制度设计，可以在温州出现?

温州市教育局副局长朱景高介绍，这得益于温州扎实的科学研究功底。温州被誉为“数学家摇篮”，是中国创客教育的发源地，是初中科学(综合理科)课程发源地，是全国首批项目化学习实验区，科学教育氛围浓厚。

十几年来，温州有60多万学生持续参与了“科学部落格”活动。学生们通过一些网络分享工具，把自己观察到的动植物、有趣的科学现象分享到网络上，“和世界分享发现，让科学流行起来”。施昌魏介绍，这个活动推动500多所学校创新课程，获浙江省政府教学成果特等奖。

而创客教育也构建了科教新生态。20多门创客课程、248个基地、1023个空间，连续举办10届创客文化节、4届科创节“玩”，全国首创实施的家庭实验室“百校万家行动”、名师引路……都让科学教育在温州焕发勃勃生机。

而创新背后的五大保障，是给予科学教育的有力支撑。朱景高介绍，这包括组织保障、经费保障、队伍保障、平台保障、资源保障。

在温州，温州市政府领导担任科学教育工作领导小组组长，充分调动科学家、教育专家、科技人才等组成的专家团队，完善部门联席会议和项目化、清单化推进机制。目前，温州已率先出台科学教师队伍建设的实施意见，强化编制保障，按不低于县域小学专任教师总数的7%配备小学科学教师，全市五年时间补充科学教师1000人，举行教师素养提升培训1万人次以上。

「抗癌明星药」生物合成为何能引发关注

科学咖啡馆

“我病了3年，4万块钱1瓶的药我吃了3年，房子吃没了，家人被我吃垮了。”电影《我不是药神》中一段话让不少人潸然泪下，吃不起的“天价救命药”背后是欧美制药企业对于专利技术的垄断。如何让更多人能够吃上“更便宜、更有效”的救命药?自主研发是关键。

为解决“明星抗癌药”紫杉醇生物合成的“卡脖子”难题，打破国外技术垄断，中国农业科学院深圳农业基因组研究所(岭南现代农业科学与技术广东省实验室深圳分中心)联合北京大学、清华大学等国内外6家单位开展技术攻关，在国际上率先实现了紫杉醇的生物合成，有望解决“明星抗癌药”紫杉醇供应不足的问题。

前不久，国际学术期刊《科学》(Science)在线发表了闫建斌研究员与雷晓光教授等合作完成的最新研究成果，发现了紫杉醇生物合成途径中的两个缺失的关键酶，阐明了关键结构分子——紫杉烷氧杂环丁烷的形成机制，打通了紫杉醇生物合成途径。该研究成果标志着我国在紫杉醇合成生物学理论和技术上站在了世界领先地位。

“明星抗癌药”紫杉醇

在自然界中，存在一类天然产物药物，被广泛应用于癌症治疗、预防心血管疾病等，紫杉醇就是其中一种。作为一种高效、低毒、广谱的天然抗癌药物，紫杉醇因其药效显著和用途广泛，被誉为“明星抗癌药”，被广泛应用于乳腺癌、卵巢癌、肺癌、前列腺癌、食管癌、胃癌和结肠癌等多种癌症的临床治疗。

然而，天然紫杉醇来源稀缺且单一，仅能从珍稀濒危裸子植物红豆杉中提取，但红豆杉生长速度缓慢，极为稀少，素有“植物大熊猫”之称。不仅如此，紫杉醇在红豆杉植物中的含量极低，数千棵红豆杉中仅能提取出1公斤左右的紫杉醇，而治疗一名卵巢癌患者，需要十多株成长百年的红豆杉树。

那么，如何不依赖红豆杉，实现紫杉醇的生物合成?这是摆在全世界科学家面前的一个难题。

自20世纪80年代起，科学家便开始寻找一种可以替代天然提取紫杉醇的合成方法。1990年，美国率先研发出一条紫杉醇半合成路线，并迅速投入商业化生产，在此后的30余年内，全球上百个科研团队相继投入到紫杉醇的生物全合成研究中，但均未能实现突破。

中国科学院院士赵国屏就认为，紫杉醇是人类迄今为止开发的最有效的抗癌天然产物药物，其异常复杂的化学结构决定了生物合成途径解析的空前难度。

经过多年的探索，来自中国农业科学院深圳农业基因组研究所的闫建斌团队领衔解决了这一世界级难题，找到了一条无需消耗天然红豆杉资源、不依赖土壤种植的绿色可持续生产方法。

生物合成紫杉醇有多难

紫杉醇的生物合成途径高度复杂，涉及羟化、酰化、环氧化等多个生化反应和19个合成关键酶。

想要实现紫杉醇在异源系统中的生物合成，需要突破3个难点：一是找到紫杉醇关键生物合成酶；二是解析关键合成酶的催化机制；三是通过酶的组合实现异源重建生物合成路线。

自紫杉醇发现以来的半个世纪里，绝大多数紫杉醇合成相关基因均由欧美研究团队主导完成。最先进的紫杉醇提取技术、核心的红豆杉细胞生产技术和基因工程技术等，依然牢牢掌握在欧美制药公司的手中，如美国的百时美施贵宝公司、法国的赛诺菲公司等。

中国本土研究突破始于首张南方红豆杉基因组蓝图。2021年，中国农业科学院深圳农业基因组研究所的闫建斌团队领衔绘制了国际首张染色体级别的南方红豆杉高质量参考基因组图谱，揭示了红豆杉合成抗癌药物紫杉醇的遗传基础，为紫杉醇生物合成途径的解析提供了基因组蓝图和关键候选基因。相关研究成果以封面文章形式发表在《自然植物》(Nature Plants)上。

在此基础上，研究人员进一步对紫杉醇生物合成关键候选基因进行筛选，成功找到了紫杉醇生物合成途径中的两个缺失的关键酶，分别是催化紫杉醇C9氧化的酶“T9aH”和催化氧杂环丁烷合成的细胞色素P450酶“TOT”。

“要从众多的候选基因中找到最适合的酶，这项工作的难度无异于‘大海捞针’。”法国科学院外籍院士、美国加州大学戴维斯分校教授威廉·约翰·卢卡斯评价，“闫建斌团队做到了世界上许多著名科学家没有做到的事情。”中国科学院院士谢道昕也评价“这项研究是经历了‘十年磨一剑’的艰难历程才完成的”。

为了更快速鉴定出缺失的关键酶，闫建斌团队自主建立了基于植物底盘的高效多基因筛选方法，最终解决了这一难题。TOT1酶反应机制的发现，颠覆了30年来人类对于该结构生成机制的传统认知，填补了仅在植物界中存在的环扩张反应生成含氧四元环结构的分子机制的缺失。

研究人员利用人工异源合成途径构建策略，将这2个基因同其他7个已知的合成基因组合在一起，利用植物底盘实现了合成路线的人工重构，成功在植物底盘中以9个关键合成酶生成了紫杉醇工业化生产前体巴卡亭Ⅲ，实现了紫杉醇的异源合成。

中国科学院院士陈晔光认为，“闫建斌课题组及合作者们成功鉴定了紫杉醇生物合成途径中缺失的关键酶，揭示了紫杉醇氧杂环丁烷成环的酶学机制，发现了紫杉醇前体巴卡亭Ⅲ的最短异源生物合成路线，实现了紫杉醇生物合成途径的重构。该研究是植物代谢生物学与合成生物学领域的重大突破，为利用合成生物学技术实现紫杉醇的绿色可持续生产铺平了道路。”

诺贝尔奖评审委员会委员廷斯·尼尔森说：“闫建斌研究员的这项研究中，他们发现了一种参与重要抗癌药物巴卡亭的生物合成的重要酶。这一发现是我们对复杂天然产物生物合成理解的重大突破，它将使我们有能力大规模生产其他有价值的天然产物，从而开发出有价值的药物。”

赵国屏院士评论：“闫建斌研究员领衔完成的这一研究成果结束了阐明紫杉醇生物合成途径的漫长研究历史，标志着在天然化合物生物合成途径解析以及人工底盘通路重构方面的教科书式的突破；也生动代表着我国一批中青年科学家，在合成生物学领域探索奋斗近20年所达到的里程碑式新高度。”中国科学院院士邓元新也特别强调，该研究实现了紫杉醇合成生物学领域的引领性原创性成果重大突破，为实现我国紫杉醇生物“智造”的自立自强奠定了坚实基础，具有里程碑意义。

(作者系中国农业科学院深圳农业基因组研究所工作人员)



红豆杉。中国农业科学院深圳农业基因组研究所供图

一片锅巴揭秘祖先舌尖上的生活

中青报·中青网记者 杨洁

透过一片锅巴，中国科学家成功揭秘了祖先舌尖上的生活。近期，中国科学院大学人文学院考古学与人类学系杨益民教授课题组最新研究成果在国际科技考古期刊《考古科学杂志》(Journal Of Archaeological Science)上发表，揭开了环太湖地区新石器时代晚期古人“饭稻羹鱼”的生活图景。

5000多年前，居住在环太湖地区(现江苏一带)的古人用陶器蒸煮食物。吃罢饭后，剩余食物附着在蒸煮容器壁上。沧海桑田，历经5800余年，陶器被掩盖在土层之中，直到2018年，南京博物院考古人员在太湖西岸宜兴市下湾遗址发现了崧泽文化时期陶器内壁炭化残留物，“古代锅巴”得以问世。

“‘古代锅巴’与现代人理解的锅巴有一定的相似性。新石器时代，古人在蒸煮食物时，烧糊的食物会附着在陶器内壁上。而埋藏陶器的土壤中微生物比较少，有利于‘古代锅巴’数千年的保存。”论文第一作者、中国科学院大学人文学院考古学与人类学系博士生吕楠宁说。

5000多年前的“古代锅巴”得以重见天日。它们黏附在陶器内壁，颜色黝黑，比泥土颜色更深。中国科学院大学人文学院考古学与人类学系、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的学者通过脂质分析和蛋白质组学等分析方法，对陶器内壁的炭化物进行有机残留物分析，深化了对古人饮食的认识。

“陶器中‘古代锅巴’的分析可以反映古人最后几餐的真实状态。”论文通讯作者、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所副研究员饶慧芸说。

2018年，饶慧芸和同事在南京博物院的库房中，挑选了200多片出土的陶片，他



中国科学院大学人文学院考古学与人类学系博士生吕楠宁正在整理陶片。受访者供图

们从南京提着行李箱，坐火车回了北京。

进入实验室后，他们选取几十毫克的“古代锅巴”，用红外光谱分析其是否具备脂质、蛋白质等信号，再进一步展开分析，从信号中摸索出毒素等化合物的标记物，确定陶片残留物中是否有小米或其他食物。

脂质分析可以大致判断古代样品的动植物来源，而蛋白质组学可以提供比脂质更精确的种属和组织部位信息。饶慧芸说：“两种方法的结合可以提供更多的生物分子信息，更准确揭秘古人餐桌上的食物。”

吕楠宁在“古代锅巴”中发现了源于大米的化合物。为探究“古代锅巴”是否含有大米成分，她用电饭煲蒸煮了一碗米饭，对煮熟后的现代大米进行了脂质提取，并在现代大米中发现了与“古代锅巴”相同的生物标记物，完成了对大米残留物的认定。

在对“古代锅巴”进行实验操作的两年里，通常一次实验，只能完成十几个样品的提取和检测。所有操作必须严格佩戴手套、口罩，尤其在开展古蛋白质组学的实验操作时，他们需要佩戴头盔等。实验操作时注意避免样品间交叉污染，或引入现代污染物。

“古人食物中的蛋白质，要保存数千年并非易事。”饶慧芸解释，由氨基酸构成的蛋白



陶器左侧内壁锅巴遗存清晰可见。受访者供图

质会在环境影响下发生断裂，成为短的肽段片段，并随着时间推移不断变质，如同一个拼图变成了更细小的碎片。学者们将这些碎片信息从考古样品中提取出来，拼凑其中含有的蛋白质序列。一旦关键碎片没有找到，会对后期分析造成困难。而如果样品沾染了现代人或者动植物的生物信息，那么这些高浓度信号会掩盖古代的生物信号，对样品的解读造成严重影响。

“对考古人员来说，每一份样品都是独一无二的。”饶慧芸说。

在古人餐桌上，“电饭煲”“蒸锅”等器具或许早已出现。清代《说文解字注》记载：“甗是用来蒸米饭的。”在下湾遗址的器物研究中，他们发现甗被古人用来煮米饭和水产品。依据对二里头文化时期甗或甗的研究，它还被用作蒸笼来重新加热煮熟的谷物产品，如馒头和粽子，块茎产品甚至肉类和蔬菜。

“楚越之地，地广人希(稀)，饭稻羹鱼”。这次研究发现的古人饮食与汉代文献《史记》的记载相符。吕楠宁解释，至少在5800年前，大米和鱼等水产品构成了古人饮食的一部分。

一个新的发现是：环太湖地区的古人除了食用水稻之外，还种植了一定比例的黍子，打破了环太湖地区为水稻农业地区的认知。

“从崧泽文化早期到良渚文化早期阶段的三个样品中，课题组发现了黍的生物标志物，这是在环太湖地区首次发现黍遗存。”吕楠宁说。生物标记物的发现证实，崧泽文化时期的古人已开始了对黍的种植与利用。结合双墩遗址和上山遗址曾出土粟黍遗存等小米传播证据推测，环太湖地区可能位于小米南传的路径上，且种植年代应在5800年前，这一发现为新石器时代粟作农业的南传提供了新证据。

5000多年前，居住在长江下游环太湖地区古人的生活图景得以慢慢揭开：古人可能靠捕鱼、饲养家猪、狩猎野生反刍动物，以及种植水稻和黍生活，他们采用鼎和甗等陶器来烹饪多种动植物食材，过着“饭稻羹鱼”的生活。

但更多的谜题也随之而来。

通过对“古代锅巴”进行有机残留物分析，一种营养价值和营养价值较高的海鱼——大黄鱼出现在下湾人的餐桌上。这也是在崧泽文化遗址中首次发现海鱼。而下湾遗址距离6000年前的古代东部海岸线大约有100公里。

5000多年前的下湾人是如何从沿海获取大黄鱼的?如何保存一条条大黄鱼?这些问题的答案还不得而知。吕楠宁推测，海鱼有可能是通过某种发达的水网，与沿海渔民实现交换。

古代器物的残留物分析仍在继续，更多未解之谜还在探索。“有机残留物分析还可以为动植物、奶制品的认定提供细致的佐证。”中国科学院大学人文学院考古学与人类学系教授杨益民说。此前考古挖掘并未大规模开展有机残留物分析，这让杨益民觉得非常惋惜。他以青铜器为例，通过青铜器的有机残留物，可以分析出器物的用途以及加工的具体食物，为古人生活图景的描绘提供具体的细节，也能够让古代鬻子、手环等物品详细信息被现代人了解。

杨益民说：“只有不断揭秘古代残留物的真实面目，才能为古代生物资源利用和相关文物的保护提供更多的科学证据。”