



客户端：青岛观 客户端：观海新闻

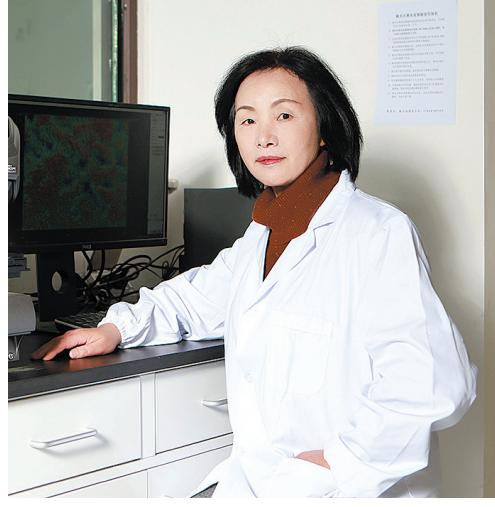
青岛日报 聚焦

主编 赵波 美编 李飞 审读 张鑫 排版 戚晓明

中国海洋大学—山东科技大学海洋装备材料与技术联合研究中心主任崔洪芝、自然资源部第一海洋研究所研究员乔方利荣获2021年度青岛市科学技术最高奖

中国海洋大学—山东科技大学海洋装备材料与技术联合研究中心主任崔洪芝： 为重大工程关键部件穿上国产“防护服”

□青岛日报/观海新闻记者 耿婷婷



截至目前，崔洪芝已经以第一完成人的身份获国家技术发明二等奖、国家科技进步二等奖、山东省科技进步一等奖和山东省技术发明一等奖各1项；发表SCI论文260篇，获发明专利授权60余件。

研究成果在相关领域的应用，为装备安全运行、事故率持续下降，为关键材料实现国产化并走到世界前列作出重要贡献，累计创造经济效益达60亿元。

“材料是工业之母，是我国工业领域解决关键问题，实现‘弯道超车’的核心。”带着这样的使命感，2021年度青岛市科学技术最高奖得主、中国海洋大学—山东科技大学海洋装备材料与技术联合研究中心主任、海洋装备特种材料山东省工程研究中心主任崔洪芝与材料打交道已有三十余年。

在海工、能源、交通等领域，材料服役环境严酷、性能要求严苛。崔洪芝的主要工作就是通过开发新材料、研究新技术、制造新装备，为这类极端环境装备提供更可靠、更安全的材料和表面强化技术，为重大工程关键部件穿上了国产“防护服”。

崔洪芝的研究成果在相关领域的应用，为装备安全运行、事故率持续下降，为关键材料实现国产化并走到世界前列作出重要贡献，累计创造经济效益达60亿元。

填补我国等离子表面强化技术空白

1965年，崔洪芝出生于山东省栖霞市的一个书香门第。作为教师，她的父亲有订阅各类读物的习惯。“父亲在纸上、墙面上写字的时候，我经常帮他研墨、提油漆桶。”崔洪芝回忆，这样的成长环境，让她对求知有一种天然的向往。耳濡目染之下，走上科研道路就是她水到渠成的选择。

1982年，崔洪芝考入了山东大学（前身山东工业大学）金属材料及热处理专业。“材料学科是非常重要的基础学科，决定着很多大型装备的性能，我国在装备水平上与国外有较大差距，根本上就是因为材料性能‘不过关’。”时至今日，当年老师在课堂上说的话依旧刻在崔洪芝心里。“我当时就暗自发誓，要在材料领域钻研出成果，应用到国产装备和工业领域。”崔洪芝说。

上世纪90年代初期，国际上对各类材料开展表面强化的“主流”方式是激光处理。但这种方法价格昂贵，一台进口激光处理设备动辄高达几百万元乃至上千万元。国内普遍选择的电镀方式虽然价格低，但强化效果差且污

染严重。能不能开发一种类似于激光，可以高效地强化材料表面性能的新工艺？崔洪芝把目光投向了等离子高能束表面强化技术。与激光相比，这种技术适应的场景更多，输出效率可达80%。

当时，全球在等离子束相关领域尚没有成熟成果可以借鉴，我国在该领域研究成果更是近乎空白，加上科研条件薄弱，对于只有二十六七岁的崔洪芝来说，科研难度不小。为了兼顾水、电、气以及各项功能，好不容易做出来的“初代”等离子发生器的体积巨大。为了解决这些问题，崔洪芝日夜忙碌，几乎“住”到了实验室。随着对相关原理的了解越来越清晰，崔洪芝率领团队攻克了等离子束稳定性、可控性、大功率、小型化等技术难题，终于在全球首次开发了高能等离子束表面冶金强化技术，它可使材料表面具有耐磨性、耐腐蚀性、耐高温氧化性、减摩性等，一举将关键部件寿命延长3至5倍，而且成本降低至此前的四分之一，在内燃机缸体、缸套领域60%的厂家获得应用。

自此，崔洪芝为煤炭、石油、化工、冶金等行业开发出了“用得起”的技术，相关产品国内外市场占比最高接近50%。得益于这项技术，石油机械整简泵管这类大长径比部件的寿命由平均不足半年延长至两年以上，解决了深井开采的高温腐蚀磨损难题，达到了国际领先水平。崔洪芝也因此获得2008年度国家科技进步二等奖。

面向实际需求，开发高性能材料

如果材料本身性能很差，再厉害的技术也无法对其强化。因此，崔洪芝把研究方向转回了材料本身。“材料的不同性能往往存在矛盾关系，例如，耐磨性和耐腐蚀性、耐蚀性和强韧性都难以在同种材料上并存，这就需要通过成分和结构设计实现材料性能的协同提升。”她说。

崔洪芝带领团队开发了高通量材料设计和制备技术，发明了耐磨、耐蚀、高强韧的系列材料。通俗来讲，就是通过计算设计、高通量

制备及表征技术，制造出多种性能“样样都强”的材料。“从1到N”，崔洪芝在涉海高品质金属材料、能源材料、高性能材料、极端环境下的耐磨损材料等领域取得了多项突破。

科学研究脱离了实际需求就失去了方向，崔洪芝团队从行业的实际需求出发，通过产学研合作，建立起了耐磨损材料数据库，开发出20余种耐磨损材料体系，搭建了高通量技术平台，开发了激光和等离子复合的高速熔射表面强化技术。如此一来，针对各种工作环境，崔洪芝都能快速提供“量身定制”的防护方案，延长关键部件的使用寿命。

针对高铁制动盘材料“卡脖子”的技术难题，崔洪芝团队解决了耐磨和强韧难以并存的难题，为高铁“定制”了耐磨损、耐疲劳、抗热震的制动盘，在时速385公里的条件下，该制动盘的使用寿命提高了两倍以上，为高铁的安全制动提供了材料支撑。

针对煤炭深部开采这类持续淋水、腐蚀的作业环境，崔洪芝通过开发耐蚀耐磨损材料，使用高能束表面冶金强化技术等方式为支护用的大型立柱提供“组合服务”，使支护立柱打压次数由2000次提增至16500次，实现了井下5年免维护。产品耐久、密封、溢流等关键指标超过国际知名产品，出口海外，形成了我国自主的材料、技术、标准体系。我国煤炭行业“50强”企业中，有30家用的是崔洪芝团队的产品和技术。

崔洪芝团队主持完成的耐磨损抗热震材料及涂层技术，推广应用到海工、能源、轨道交通、环保、冶金、化工等领域，获2019年度国家技术发明二等奖。

针对现有的柴油车尾气过滤技术造成发动机动力损耗较大的难题，崔洪芝将金属与陶瓷优势结合，开发出金属间化合物过滤体，兼具金属的高导热性和陶瓷的耐高温性、耐腐蚀性，解决了高过滤效率和高耗损之间的矛盾。该过滤体在使用寿命、颗粒物排放等关键指标上优于美国和日本产品，实现了国产替代，在国内柴油车尾气后处理市场占比达到30%。

“做科研要有‘不破楼兰终不还’的决心”

三十多年来，崔洪芝与世界科技前沿、经济主战场、国家重大需求“同频共振”，以行业实际需求为牵引，“倒逼”基础研究创新。在基础研究和应用技术开发“并驾齐驱”的历程中，给国产关键零部件穿上了“量体定做”的“防护衣”，推动我国材料领域走上全球前沿，在产业应用中实现国际引领。

如今，崔洪芝团队产出的材料、技术、设备、工艺已经成为多个极端环境的“标配”。“以前做材料设计都是功能导向、性能导向，研制出新的材料再去找应用场景。”崔洪芝说，“我们转换思路，先了解极端环境需要什么材料、什么性能，以需求驱动开展材料成分、结构和性能设计，并提供适配的设备和工艺方案，这样系统地解决问题。”

截至目前，崔洪芝已经以第一完成人的身份获国家技术发明二等奖、国家科技进步二等奖、山东省科技进步一等奖和山东省技术发明一等奖各1项；发表SCI论文260篇，获发明专利授权60余件。基础研究和产业应用“两条腿走路”，奠定了崔洪芝在我国极端环境材料损伤防护领域的突出地位。

攻克材料性能不过关这个“顽疾”不是一日之功，面临的困难是常人难以想象的。多少个技术攻关期，崔洪芝都是吃着泡面在实验室度过的。由于过度劳累，她的颈椎、腰椎已经长期劳损。但她常说：“瞄准一个重大难题开展科研攻关的时候，根本感觉不到枯燥和劳累，科研就是要‘板凳甘做十年冷’的毅力和‘不破楼兰终不还’的决心。”

以此次获奖为新起点，崔洪芝将面向国家战略新兴产业迅速发展提出的更多需求，以重大项目为牵引，继续产出重大成果；同时，要培养创新人才和团队，加强学科建设，突出办学特色，打通人才培养的供给侧和产业发展的需求侧。

自然资源部第一海洋研究所研究员乔方利： 带领中国海洋数值预报“领跑”世界

□青岛日报/观海新闻记者 耿婷婷



乔方利带领团队首次原创性建立了浪致混合理论，揭示波浪与湍流相互作用强化海洋湍流的机制，建立了世界首个“海浪—潮流—环流耦合”海洋模式；构建了世界首个包含海浪的台风模式，研制了全球首个包含海浪的气候模式；对全球海洋模式首次实现超千万核大规模高效并行，研究成果代表中国首批入围国际超算领域最高奖“戈登贝尔奖”……

他引领了国际海洋和气候模式的发展，在海洋与气候数值建设这一关键科技领域，将我国的预测能力推进到世界科技“第一方阵”。

在潜心探海的三十余年里，2021年度青岛市科学技术最高奖得主、自然资源部第一海洋研究所研究员乔方利为青岛赢得了多个“国际首次”。

他带领团队首次原创性建立了浪致混合理论，揭示波浪与湍流相互作用强化海洋湍流的机制，建立了世界首个“海浪—潮流—环流耦合”海洋模式；构建了世界首个包含海浪的台风模式，研制了全球首个包含海浪的气候模式；对全球海洋模式首次实现超千万核大规模高效并行，研究成果代表中国首批入围国际超算领域最高奖“戈登贝尔奖”……

这些“国际首次”背后，是乔方利潜心钻研，逐渐摸透海洋“脾气”的过程。他引领了国际海洋和气候模式的发展，在海洋与气候数值建设这一关键科技领域，将我国的预测能力推进到世界科技“第一方阵”。

在全球率先揭开海洋湍流的神秘面纱

1966年，乔方利出生于山东省庆云县。在他的记忆中，干农活和学习交替进行的状态贯穿他的学生时代，挑灯夜读更是他刻苦求学的常态。1984年，乔方利以优异成绩考入中国海洋大学（前身山东海洋学院）海洋系物理海洋专业，开启了探索海洋的求知之路。

1991年，乔方利硕士研究生毕业后，进入第一海洋研究所工作，后师从中国工程院院士袁业立攻读博士。在导师的指引下，他选择了海洋模拟这个方向。

长期以来，物理海洋关注的海浪、潮流、环流在全球范围内都被当成三个“互不相干”的领域各自独立开展研究。历经多年的探索创新和深入研究，乔方利发现，浪、潮、流是互相影响的。把这些海洋动力要素实质性融合在一起的，恰是海洋湍流，而湍流研究一直是整个物理学领域的国际尖端难题。

乔方利举了一个通俗的例子：要想让一碗热粥快速冷却，最好的办法是不停搅动，并不停吹气，这个“搅动”和“吹气”都是湍流。从物理海洋角度来讲，产生“搅动”的主要是波浪，

风的作用就是“吹气”。海洋湍流能量主要来自于波浪，又影响着浪、潮、流，乔方利围绕这个认知，在国际上首次系统阐明了小尺度海浪在大尺度海洋环流及全球气候系统中的关键作用。

诺贝尔奖获得者理查德·费曼称湍流为“经典物理学中最难的未解之谜”，诺贝尔奖得主维尔纳·海森堡甚至称“万能的上帝都不了解湍流”。乔方利说：“以往海洋领域预报不准确，根本原因就是对湍流的认识不足，必须要突破海洋湍流这个科学‘堡垒’。”通过一秒钟内测量128个数值信号然后开展复杂计算，乔方利从中精密提取出“信号”，终于揭开了海洋湍流的神秘面纱。

在这个基础上，乔方利带领团队原创性提出并建立了浪致混合理论，建构了全球首个“海浪—潮流—环流耦合”的海洋模式，在国际上率先实质性地将海浪、潮流、环流在一个统一模式中耦合起来。

这个原创性成果将海洋模式领域存在的半个世纪的上层海洋模拟误差减小了86%，达到世界最高水平，推动我国海洋模式实现了跨越式发展，一举走到了海洋预报领域的国际前沿。

海洋与气候的预测能力进入全球“第一方阵”

气候模式是气候预测的核心。乔方利说：“基础理论研究水平决定了预报能力，我们必须了解海洋领域‘最小的组成单元’，才能建立更精准的气候模式，提高预测能力。”所谓“最小的组成单元”，指的是海浪飞沫，这是海洋与大气热量交换的一种基础过程。带领团队把海浪飞沫等物理过程引入到气候模式中，乔方利建立了全球首个包含海浪的气候模式。其系列成果将全球气候模式的共性偏差成功减小了约一半，从而将我国的海洋与气候数值模拟和预测能力推进到世界科技“第一方阵”，实现了从长期“跟跑”到国际“领跑”的跨越。

前沿科学的研究成果不能束之高阁，应与亿万群众生活息息相关的领域才能真正产生社会价值，这就是预测预报的重要意义。

台风是海洋和大气耦合的产物，过去几十年间，国际社会主要从大气角度入手，对台风预报一直存在强度不准的难题。乔方利带领团队经过十余年科技攻关，发现波浪破碎产生的飞沫可以大幅度增加海洋与大气之间的热量传递，从而使得预报的台风强度增大；而波浪产生的湍流混合以及降雨则通过降低海表温度减少海气之间的热交换，使得预报的台风变弱；弄清这组“竞争关系”，就大幅提升了台风的模拟和预报能力。

基于这一新的科学认知，乔方利带领团队创建了海气耦合的新型台风预报模式。该模式对台风强度预报的准确度提升了约40%，目前正与中国气象局合作，进一步转化成提升台风的业务化预报能力，造福世界各国沿海民众。

最近，来自欧美权威专家的最新科学评估结果显示，乔方利团队创建的国际首个包含海浪的地球系统模式在全球气候模式“PK”中位居榜首，这表明我国在气候模式发展领域已经跨入世界科技前沿。准确的气候预测是国家综合科技实力的体现，从更大的角度看，该气候模式不仅能为我国“双碳”目标的实现提供强有力的科技支撑，而且能显著提升我国在全球气候治理方面的国际话语权。

预测预报离不开强大的计算能力，乔方利率团队与清华大学合作，通过使用“神威·太湖之光”超级计算机，在全球范围内首次实现了海洋模式超千万核的高效并行，并行效率高达36%。相关成果获国际高性能计算领域最高奖“戈登贝尔奖”提名，成为我国首批入围该奖项的项目之一。

面向国家重大需求，强化科学牵引力

多年来，乔方利的研究领域根据国家需求而不断拓展。

2006年，乔方利通过分析和计算洋流运动，为渤海大面积溢油事故发生准确预测了油污的迁移路径；2008年，乔方利通过海洋模式计算查清了浒苔在青岛聚集的原因，提出的浒苔通道

理论极大提高了浒苔的处置效率，被青岛浒苔治理实际应用；2018年，乔方利率领团队与泰国科学家合作，快速为泰国普吉的沉船事故锁定了搜救靶区，极大提高了搜救效率……

2011年3月11日，日本福岛发生严重核泄漏事件，在出差途中的乔方利通过机场电视收看了相关新闻。他敏锐地察觉到，泄漏的核物质必然随着全球大气和海洋环流影响世界，于是迅速组织团队开展研究，不到一周时间预测出了核物质在大气和海洋中的扩散路径，报给了国家相关部门，并于当年4月初发表了全球首篇关于福岛核物质扩散的科学论文。根据乔方利的预测，核物质将在两周内随着大气“环绕”地球一圈并影响到我国领域，约4年左右顺着洋流抵达美国海岸。随着时间流逝，这些预测均被后续实际观测证实。

“面向世界科技前沿、面向国家重大需求、面向经济主战场、面向人民生命健康，科学研究应该不断深入，发挥更大的作用。”乔方利是这样说的，更是这样做的。他积极融入全球海洋科技创新的战略体系，深度参与解决人类面临的重大挑战，助力构建海洋命运共同体。他作为中国唯一代表入选联合国“海洋十年”倡议的规划专家委员会委员，通过规划顶层设计推动世界海洋科学的革命；联合国“海洋十年”首批建立了5大科学协作中心，他为我国摘得宝贵一席，首次实现了我国在全球海洋与气候领域的协调作用。

成绩的背后，是乔方利数十年如一日的钻研和付出，这是常人无法想象的“寂寞”。乔方利笑着说，科学研究99%的时间都是枯燥无味的，但他愿意享受这种“枯燥”。“哪怕经历无数次‘头破血流’，只要能找到合适的方向，并在重大科学问题上有所突破，所有的寂寞和枯燥都是值得的。”乔方利说。

科学探索是永无止境的。以这次获奖为新的起点，乔方利将秉承老一辈科学家的精神，不断引领青年人才的成长；坚持“四个面向”，用科技创新为海洋和社会可持续发展提供强大的科技牵引力；通过国内和国际平台，发挥多学科交叉融合优势，争取作出更多原创性的科学突破。