

浙江理工大学教授朱祖超带领团队突破流体输送及控制关键技术 40年研究,打造一颗“强心脏”

本报记者 詹丽华 通讯员 马 丁

才兴之江

作为一名长期研究流体输送及控制技术的专家,浙江理工大学能源与动力工程系教授朱祖超的办公室干净整洁,既没有满墙的专业书,也没有堆积如山的资料。

“现在主要靠它。”朱祖超指着指了办公桌上的电脑,又指了指自己的脑袋,“最有用的东西都装在这里。”办公室里最有存在感的,是一张超过两米的长会议桌,这是他与特种流体机械创新团队开展头脑风暴的地方。

今年,朱祖超教授团队主持完成的“复杂多变工况离心泵关键技术及工程应用”项目获2023年度国家科技进步奖二等奖。

“流体的魅力在于,它总能让你意外。”研究了近40年流体,朱祖超依然对具有探索创新性质的项目充满好奇,在他看来,从家用吹风机到航天飞行器,到处都有他们的用武之地,“上天入海都需要一颗‘强心脏’,越了解流体,我们打造的‘心脏’就越坚强。”

上天追星 让火箭发动机更稳定有力

去年7月12日,朱雀二号遥二液氧甲烷运载火箭在酒泉卫星发射中心成功发射升空。朱祖超及其领衔的特种流体机械创新团队,正是助力攻克朱雀二号火箭发动机涡轮泵关键技术的专家团队。

作为运载工具,火箭是太空活动的前提和基础,从某种意义上说火箭发动机的能力有多大,太空探索的舞台就有多大。

“运载火箭的关键在于发动机,发动机的关键在于涡轮泵。涡轮泵是火箭发动机的核心,也是整个火箭唯一的高速旋转部件。”朱祖超解释说,朱雀二号火箭定位中型液氧甲烷运载火箭,不仅结构复杂而且要适应极端多工况运行环境,还要控制成本,开发难度巨大。

在不到半年的时间里,朱雀二号两

次成功发射,标志着它成为全球首款连续发射成功的液氧甲烷运载火箭,其技术状态成熟度和稳定性得到了进一步验证,可靠性达到商业化发射交付要求。

在浙江理工大学PIV实验室里,朱祖超正在指导学生分析实验数据,一些突破灵感就是在这个房间里迸发。

“这个大罐主要是用来往流体内加示踪粒子,每个粒子相当于一个数据追踪器,来追踪流体的运动规律。”朱祖超指着实验室里一个两米多高的不锈钢罐骄傲地说,这里的设备和研究条件已达世界先进水平,通过实验数据分析,他们建立了相关模型,“通过模拟内部流动特性,来分析它对离心泵整体性能有怎样的影响,同时我们还能预测它会怎么发展。”

低轨星座建设是国家战略科技的重要组成部分,对于促进经济发展具有重要意义,这需要低成本高效率的商业运载火箭作为支撑。朱祖超团队与航天公司紧密合作,经过多年联合攻关,突破了涡轮泵多相流动、流体动力设计等多项关键技术,该研究成果获得了2022年度浙江省技术发明一等奖和2023年度机械工业技术发明一等奖,填补了国内液氧甲烷液体火箭多项技术空白。

入海探宝 把矿藏安全带回地面

因为需要比较大的试验空间,朱祖超团队的实验室分散在浙江理工大学的校园各处。朱祖超喜欢在各个实验室之间穿行,那是团队一个又一个研究项目攒下的“家当”,也是他们攻克一个又一个科研难题的底气。

朱祖超团队目前拥有专职教师40名,全部具有博士学位,除围绕航空航天、特种船舶等尖端领域的核心技术自主可控和国产化开展应用基础研究及技术开发应用外,深海采矿也是他们的研究领域之一。

朱祖超从一个塑料桶里拿出两个土豆大小的黑色圆球,圆球互相碰撞,发出如石头撞击般的沉闷声响:“这是多金属结核,是科考船从6000米深海带回来的。”



朱祖超讲解流体输送及控制时的技术难点。

人物名片

朱祖超 二级教授、博导,国家级领军人才。因其在特种流体机械领域取得突出成就,被授予浙江省特级专家称号,现为浙江理工大学流体工程学科带头人、全省复杂流动与流体工程装备重点实验室主任。

攻关难题 试错实验做了100多次

研究了近40年流体,朱祖超获奖无数,专业论文、著作足以列出长长的书单,但在朱祖超的微信朋友圈里,几乎看不到与这些荣誉相关的内容。

他更愿意分享:跟同行们相聚讨论交流一个学术问题,聊开心了,发张照片;去调研中国最大规模的炼化一体化生产现场,太震撼了,发个九宫格;《国际流体工程》期刊正式获批,发一条朋友圈……他记录的生活日常,完美符合大众对“工科男”的认知。他的研究上天入海,而生活上,用他自己的话说,“出差就是我的旅行”。

朱祖超的爱好不多,但都坚持挺久。2003年初到浙江理工大学任教,他喜欢上了跑步,一跑就是20多年,连出差都要带上跑鞋。朱雀二号已数次在酒泉发射,朱祖超的遗憾之一是没有吹过戈壁滩的风沙,没有在酒泉跑上一圈。那片记录着中国航天一步步向前的土地,见证了无数像朱祖超这样的科学家和航天人的汗水与欢呼。

“有机会得去一次。”朱祖超说,他们团队正配合航天公司研究下一代可重复使用液氧甲烷运载火箭的发动机涡轮泵技术,那又是一个具有探索创新性质的项目,“一旦实现可重复使用,成本将更加可控。”

搞科研有时候就像一场“冒险”,一旦踏上了伟大的旅程,抵达终点的往往是积极乐观而又坚定的人。朱祖超说,他从不害怕失败,因为做过太多次试错实验。曾经为攻克一项关键技术,团队开展了100多次的试错实验,不少成员一度把行军床搬进了实验室,24小时不间断地轮流开展实验和计算分析。

“主动对接国家重大战略需求,服务地区、行业发展,我会带领团队继续为之努力。”朱祖超说,让他感到欣慰的是女儿也热爱流体工程,正在攻读博士学位,“科研事业,始终后继有人”。



朱祖超(右)与团队成员讨论课题。

通讯员 马 丁 摄

如何在深海海底采集、运输多金属结核,是朱祖超团队目前正在重点攻克的技术难题。海洋多金属结核主要蕴藏于各大洋5000米至6000米的深海中,

其中的金属储量远高于陆地,它们相当于陆地铜矿储量的50倍、锰矿储量的200倍、钴矿储量的3000倍。然而深海作业不仅要承受深层海水的压力和腐蚀,还要抵御复杂的洋流,对技术和装备的要求极高,开采并非易事。

朱祖超身后是一个近两人高的巨大特制玻璃缸,以及一套缩小版的深海采矿水力采集装置,缸底散落着同样的多金属结核。“我们模拟深海作业环境,通过‘水射流’喷射让附着在海底沉积物里的多金属结核漂浮起来,吸进集矿舱里。”他兴奋地说,虽然最终开采方案还未确定,但水力采集方案已经实验证明可行,下一步要解决的是如何完成深海运输。

“我们这一辈人,无非追求两点,一是推动所在科研方向的进步和成果转化;二是在工作中找到自身价值和快乐。”朱祖超说,他的快乐与价值,合二为一。

舟山“海岛老气象”赵虎炯——

37年坚持,只为守护那片岛

本报记者 郑元丹 通讯员 邱巧燕

国庆假期,坐落于岱山县东沙镇拷门大坝两侧的中国台风博物馆内,游客络绎不绝。

“把台风关在一间房子里,你们觉得可能吗?热带气旋携风带雨扑面而来,又何以自保?来,跟我走,台风博物馆能将这些一一实现……”现场,一位身穿白色衬衫、深色裤子的讲解员尤其受欢迎。

这位讲解员,就是岱山县气象局局长、中国台风博物馆馆长赵虎炯。他讲解台风知识通俗易懂,还对馆内各种展品的由来和故事了如指掌。铜风铃、手摇计算机、风速指示器……这里的每一件展品都是他费尽心思到处收集来的。

1987年进入岱山县气象局工作的赵虎炯,工作风格和他的性格一样,热情似火。扎根海岛37年,海岛需要什么、群众需要什么、地方需要什么,他就带头做什么。他也因此先后荣获“全国气象科普先进工作者”“全省优秀气象局局长”等荣誉称号,还被中国气象局授记公务员个人二等功。

“服务员” 想尽一切办法帮助渔民

见赵虎炯第一面,记者就被他的热情感染。车子刚抵达岱山县气象局门口,他立马迎上来,“欢迎你们来看看。”说话间,他将我们带到了二楼的预警中心。“秋季冷空气多,要时刻关注天气和渔船动态。”赵虎炯介绍,每天上班的第一件事就是查看天气形势图、打开北斗船舶定位系统,这是



赵虎炯(左)在码头向渔民进行气象科普。

通讯员 赵亮 摄

他坚持了37年的固定动作。

岱山县是全国10个海洋渔业重点县之一,海域面积有4916平方公里,全县有近1700条渔船,2万多渔民。“一条船上有十几个渔民,就是十几户家庭。”赵虎炯说,“365天,为他们提供全天候气象服务。”

几年前,岱山“船老大”王波从传统渔民改行做休闲渔业。然而,“7级以上风力不能起航”的规定,让他的可营运天数大大减少。船空着,意味着赚不到钱。“当时,判断是否能开航的风力依据就是县气象局发布的公众预报。”赵虎炯说,“但不同营运海区风力并不相同,一份预报难以代表全部海区情况。”

如何保障渔船航行安全和休闲渔业健康发展,又成了赵虎炯心中的大事:在确保安全的前提下,是否可以增加休闲渔业适

航天数?于是,县气象局研制发布了《休闲渔业气象风险等级》地方标准。2023年起,全县休闲渔业将每年营运时间由原来的7个月延长到12个月,渔民收入大大增加。

作为渔民的儿子,赵虎炯对渔民很有感情,这让他的气象服务更精准。他推出了“休闲渔业”全链条气象综合风险预警服务,又带领同事制作了《岱山县休闲渔业海上船只应急撤离线路图》,帮助船只实现在20分钟内安全撤离。遇到突发天气,操心的赵虎炯担忧“船老大”看不到短信,会打电话再提醒。一次,王波带团在海上小岛旅游,赵虎炯电话告知强对流天气即将到来,让他在小岛等待。“我收到通知,就不开船了。”王波说,“他不但为我们提供精心服务,还时刻关注我们的安全。”

“安全员” 出海巡查守护1700条渔船

气象预警要早、准、快、广、实,而精准的预报源于对天气的监测。岱山有59个各类海岛自动气象站,一些自动气象站坐落在无人岛礁上,这些荒岛小礁没有码头,只能租小船过去,而且必须在潮水合适的时候找准时机跳上岛。今年台风“普拉桑”一结束,赵虎炯就



在中国台风博物馆,赵虎炯(右二)向游客讲解我国台风观测史。

通讯员 王郭琪 摄

带着局里4位年轻预报员前往大西寨自动气象站进行巡检。5人乘坐小船从高亭码头出发,一个半小时后到达目的地。当天因台风刚过风浪很大,浪涌将船底高高举起又轻轻放下。果不其然,几个小伙子都晕船了。“晕船是家常便饭,入行时,谁能想到气象预报员还要‘出海’呢。”当天遭遇晕船的赵亮告诉记者。

“渔业对气象依赖程度高,需要保护探测环境。”赵虎炯说,“无论浪多大,各个海岛自动站,我们每季度必须去一次。”他给记者看了一盒晕船药,“喏,在我们局里,晕船药消耗最快。”

回忆起2020年8月的一次出海巡检,赵虎炯仍心有余悸。当天出门时风平浪静,返回时风雨大作,船只被吹到礁丛中。赵虎炯带人涉水爬礁石,顶风冒浪把船找回,在风雨中等到晚上才返航。如今,岱山已实现所有乡镇、重要岛屿、主要港口码头、海洋经济产业功能区自动气象站全覆盖,赵虎炯的足迹遍布了各个无人岛。对此,衢山镇田涂村老渔民乐从明说:“他是阿拉渔民的贴心人。”

鱼山岛上有舟山绿色石化基地。石化企业最担心雷电,赵虎炯针对他们摸索出了“你点单,我服务;不点单,我推送”的气象服务模式。2019年8月,超强台风“利奇马”严重影响舟山,当时恰

逢基地建设关键期。他调研岛上防风能力,提出“岛上建设工人在台风来临前全部撤离”的建议,县政府据此指挥鱼山岛6万余人在台风来临前撤离。今年台风“贝碧嘉”来临前,赵虎炯又协助县防指在3小时内完成了9000多名务工人员的顺利撤离。

“宣传员” 带着年轻人一起做科普

在台风博物馆,游客往往会被门口的巨石所吸引。“这块5吨重的石头是被台风风暴潮推到这里来的,能推出这么远的距离,台风威力可想而知,大家在台风来临时一定要撤离、避险。”赵虎炯对不少前来参观的游客说。

原本,这块石头是要被铲车铲走的,赵虎炯灵机一动,给这块石头取名为“涌石”,并写了一个脚本,做了一部短片,借助这块石头给游客展示台风的威力。除了这块石头,门口还有7个表示不同风力等级和影响时间的风球模型。这几个风球,背后还藏着一段有趣的故事。2003年,中国台风博物馆开馆,组织上安排赵虎炯担任馆长。当时,他没有接触过科普的形式,也没有什么展品。他尝试用展板的形式展示台风专业知识,但发现内容太专业了。

为收集台风博物馆可以展现的资料,赵虎炯三天两头进村里,找老人们聊家常。有次听一位阿婆说每逢有台风来,后山岗顶上就会升起一个很大的圆球。他兴奋极了,顺藤摸瓜去考证。几经周折,赵虎炯终于找到了知情人,并到南京中国第二历史档案馆查询到相关资料。原来,我国风暴警报风球早在19世纪80年代就有了。于是赵虎炯找到民间老蔑竹匠,打造了这7个风球模型。2004年,尘封多年的“风暴警报站”史料和“风暴警报风球”在中国台风博物馆重见天日。

通过这件事,赵虎炯更坚定认为,做好防灾科普,要走到渔民当中去。

“六七月里吹北风,一两天内有台风”……当地人根据天气情况总结了不少气象谚语,赵虎炯将这些教给单位的年轻人,还带着他们向老渔民拜师。采访时,记者注意到气象局小山坡上种着各色瓜果蔬菜,原来种菜也和气象服务密切相关。一次,有农民打电话来询问枇杷受寒潮影响的问题,工作人员答不上来。“不要让打电话来的人有遗憾。”在赵虎炯影响下,气象局不少年轻工作人员开始种起了菜。“我们局长对科普高度热情。”副局长胡巧儿告诉记者,在赵虎炯的带动下,局里不少年轻人与农民谈起蔬菜种植时头头是道,他觉得,气象服务离农民近了。

“我们在一起,可以整夜聊科普的点子。”秀山小学科学老师邱良川很佩服赵虎炯对科普的热情。每学期第一周,赵虎炯都会去秀山小学给孩子们讲解气象知识。学校虽然只有20名老师,200多名学生,但气象科普远近闻名,成为全国气象科普教育基地。《校园气象站之歌》、相声、三句半等各式各样的科普形式都能在这里找到,孩子们还能在这里开展人工气象观测。“有些孩子因为他爱上了气象,没准未来会成为气象工作者呢!”教导主任叶老师说,在今年中国气象学会组织的全国气象达人知识竞赛荣获校园巅峰赛小学组一等奖。



潮水将5吨重的巨石冲到了中国台风博物馆门口。本报记者 郑元丹 摄