零距离

大科学装置有了国产“降温”利器

高海拔宇宙线观测站“拉索”实景图。 中科院供图

中青报·中青网记者 邱晨辉 张 渺

坐落于四川省稻城县海子山的国家重大科技基础设施项目——高海拔宇宙线观测站“拉索”，因有望破解宇宙线起源这一“世纪难题”而备受瞩目。鲜为人知的是，进入科学运行阶段以来，这个庞大的观测体系，每时每刻都在接收和处理着巨大的海量数据，而它们的储存和处理可是个大难题。

建立在“拉索”观测基地的海子山数据中心海拔4410米，是全球最高的数据中心之一。高密度服务器的散热问题，一直是制约服务器高密度计算、可靠运行的瓶颈，因此而产生的高能耗也给基地供电造成额外压力。

大科学装置需要一个“降温”利器。

中国工程院院士顾国彪和中国科学院电工研究所研究员阮琳带领团队，经过数十年的研究和发展，成功研发出具有完全自主知识产权的蒸发冷却技术。这一技术给高密度服务器散热问题的破解带来了希望。

据阮琳介绍，传统数据中心一般采用服务器强迫通风 结合机房空调制冷的传统风冷技术，实现服务器的降温。海子山数据中心由于地处高海拔，空气稀薄，传统风冷技术难以解决CPU的局部过热问题。这不仅限制了数据中心的配置规模，对数据中心的能耗也提出了巨大的挑战。

为解决高密度服务器冷却问题，散热能力更强的液冷技术逐步成为该领域的热点，随之也产生了水冷和蒸发冷却两种具有代表性的液冷技术方案。与传统风冷相比，水冷技术的冷却性能得到了大幅度提升，但强迫水循环冷却系统存在电气绝缘、腐蚀性和泄漏问题，导致水冷服务器的运行维护工作量极大，为服务器长期安全可靠运行带来了重大隐患。

“我们的蒸发冷却方式，利用液体冷却工质液气相变原理进行热量交换，冷却工质的液气密度差在重力加速度的作用下自动循环流动，无须外部旋转机械提供循环动力，因此冷却系统运行在零压附近，降低了冷却工质泄漏的风险，冷却工质的循环完全不消耗电能。”阮琳告诉中青报·中青网记者，蒸发冷却方式使用的液体冷却工质本身具有很高的电气绝缘特性，能够对电子信息设备提供很好的绝缘保护作用。

这个数十年磨一剑的蒸发冷却技术，已先后应用于李家峡400兆瓦、三峡700兆瓦水轮发电机，以及国家大科学装置“兰州重离子加速器”的ECR离子源磁体。经过长期积累，蒸发冷却技术已形成了较为完整的基础理论体系、分析工具和设计方法。

如今，这个技术也为高海拔观测站数据中心的可靠运行提供重要科技支撑，助力大科学装置“拉索”高效运行。

2021年5月17日，建设中的“拉索”在银河系内发现2个能量超过1拍电子伏特的光子，是人类至今观测到能量最高的光子。相关研究成果已发表于《自然》（Nature）杂志。国家高能物理科学数据中心主任陈刚表示，电工研究所先进的表贴式无泵自循环蒸发冷却系统绿色节能，为“拉索”数据采集系统以及在站数据处理系统的稳定运行提供了有力保障。

阮琳介绍，自2019年11月投运以来，“拉索”数据中心蒸发冷却服务器运行稳定，冷却效果良好，节能显著，实测服务器机柜电能使用效率（PUE）为1.03。这一数据再次证明了蒸发冷却技术在电气装备与电子信息设备领域的独有优势。

身边的科学

走近“农田魔法师”

中青报·中青网记者 王烨捷

民间流传着一句打油诗：“农夫五更田中走，工人四点赶车流”。无论春夏秋冬，农民们早晨5点就要起床下地干活，给庄稼施肥。这样辛苦的劳作状态，有没有可能用科技手段改变？

在东华大学，有一位长期关心“农民怎么种地”的老师，他叫蔡冬清。十数年间，他把自己收集到的“农民的微笑”，看作像自己的SCI学术论文一样重要。“农民的微笑就是我的Nature。”蔡冬清就像是一位“农田魔法师”，他用各种各样神奇的方法，让农民种地变得轻松、让土地变得丰产。

8月9日，江西吉安，泰和县塘洲镇洲头村，农民正在田间给晚稻喷洒生物农药管护劳作。在夕阳光线衬托下，构成一幅田园画卷。 视觉中国供图（资料图片）

让庄稼吃一顿“饭”管半年

控失化肥，是蔡冬清团队的第一件“魔法”神器。它实现了一次施肥不用追肥，被农民们形象地称为“一炮轰”，目前已有上百家企业量产，累计推广3亿余亩。

“我的导师余增亮研究员经常教导我，做农业科研要处处想着农民，咱们一定要把论文写到祖国大地上。”蔡冬清说，化肥控失剂获得“国家重点新产品”，获中科院科技促进发展二等奖，“实现了让庄稼吃一顿‘饭’管半年的梦想。”

据他介绍，庄稼的生长期多为半年以内，其施肥频率却比较高，一般为每个月或每半个月一次。蔡冬清告诉中青报·中青网记者，他从小学3年级时就产生了让庄稼“吃一顿饭”管半年的想法。

“我小时候常常早晨5点钟就被爸爸叫醒下地给庄稼施肥，又困又烦躁，劳作过程还很臭，心里满是不情愿。”蔡冬清记得自己当时问父亲，为什么一定要经常给庄稼施肥，父亲给他做了一个给“庄稼吃饭”的比喻，“爸爸说肥料就像庄稼的‘饭’，‘吃’一顿只管个把月。如果庄稼‘饿’了，收的粮食就少了，咱们家就得挨饿了。”

读研时，“让庄稼吃一顿饭管半年”的梦想种子开始“发芽”了。

有一次吃完螃蟹，看到垃圾桶中多了一大堆螃蟹壳，蔡冬清心想，如果能把这些螃蟹壳利用起来该多好。无数次实验下来，蔡冬清发现螃蟹壳含有大量壳聚糖，加到化肥中可以控制化肥流失，提高养分利用率和持效期。

2020年，在学校与学院党委的支持下，东华大学对口扶贫县云南盐津县获赠了价值1.5万元、由蔡冬清团队研发的3吨肥料增效剂，在猕猴桃、茶叶、玉米上共示范500亩。结果表明，这种“一炮轰”化肥累计可以节约肥料2.5吨，增收10.2万元，为盐津县科技扶贫提供有效科技支撑。

为了推广这项应用，团队与中科院微生物所仲乃琴研究员团队一年往返20多次内蒙古自治区商都县，宁夏回族自治区西吉县、海原县、固原县等深度贫困地区开展技术示范和培训，在田间地头手把手教农民使用技术。

让农民不再农药中毒

农民给庄稼施肥费时、费力，而频繁播洒农药，还有染上疾病的风险。

有一次，小蔡冬清看到刚从地里回来的叔叔脸色发青、浑身发抖。“这就是农药中毒了！”蔡冬清说，后来他父亲背着叔叔去医院抢救才助其脱险。这次经历，让小蔡冬青对频繁播洒农药的做法“心有余悸”。

“其实每到夏天，我们村都会发生类似情况。”蔡冬清告诉中青报·中青网记者，如果不打农药，庄稼会得病，就长不好；如果刚打完农药就下雨，药就被雨水冲走了，就还得再打药。这也是为什么他印象中农民三天两头都在田里打药。

“于是我就想，如果有一种农药不怕风吹雨淋，那么庄稼‘一辈子’打一次药就好了。”蔡冬清说，在农药使用方面，螃蟹壳也有大用处。

蔡冬清团队利用螃蟹壳和纳米黏土作为原料，经过大量摸索和试验，研制出一种活性功能纳米材料，发现其可以有效提高农药附着力，减少流失30%以上，将持效期提升一到两倍，不仅能显著降低农药用量和次数，还有环保功效。

该技术在2014年实现产业化，产品被多家农药企业采用，截至目前已累计在国内推广5000余万亩，可降低农药用量20%以上，节约农药5000吨以上，创造直接经济效益5亿多元，有效缓解了农药引起的农业面源污染。

该技术获得2019年度中科院科技促进发展一等奖、2018年度宁夏科技进步三等奖、2018年度“孟加拉国农业奖”（国家级）及2016年度中国农药协会颁发的“减施增效植物健康产品贡献奖”。

在宁夏农垦的马铃薯种薯繁育中心试验时，农民见到蔡冬清团队非常激动。一名农民说：“那个‘面面’效果可好了，我都舍不得用，每次就捏一小簇混在农药里面，我20天打一次药，比别人7天打一次药的功效还要好。”

这个“面面”就是蔡冬清团队发明的农药控失剂。

让牛粪“秒变”肥料

在为农民谋福利的道路上，蔡冬清的路越走越宽，他发明的产品受到了农民朋友们的追捧。团队研发了一种“魔法药剂”，加到牛粪中一个小时就可以变成肥料。这款药剂被称作“一小时纳米快速腐熟剂”。

“我家在农村，从小就深知农民的艰辛与不易，想着长大以后一定要干点事儿，让农民轻松一些、农村美丽一些、农业高产一些。”蔡冬清的每一项发明、每一个课题，都源自农民的实际需求。

蔡冬清小时候，家里养了一头牛，每隔一周，他就要帮着爸爸把牛粪铲到院子外面堆起来。然后每隔半个月左右翻抛一次。如果遇到雨天，还要盖上塑料皮，经过大概半年，这些牛粪才能变成肥料还田。

每次铲粪、翻粪，小蔡冬清都极不情愿，“真是又臭又累。”长大后他才知道，牛粪要靠细菌发酵才能变成肥料，而这个过程极其漫长。

“我在想，如果有一种‘魔法药剂’加到牛粪中，一个小时就能让它变成肥料，那该多好啊。”2020年，蔡冬清开始着手研究这种“魔法药剂”。

“魔法药剂”的应用场景为养殖场，要天天和畜禽粪污打交道。蔡冬清常常自诩为“视粪土如金钱”的“粪青”，“每次到养殖场都很兴奋，并不觉得难受，就像到田地里一样。”

有一次，他到山东潍坊一家养鸡场调研，看到鸡粪立马用手去抓，并兴奋地说：“这个鸡粪含水量大概70%，正适合！”

经过数千次失败和数十次不眠之夜，团队终于研发出这种“魔法药剂”——一小时纳米快速腐熟剂。

蔡冬清介绍，这种药剂添加到畜禽粪污中，通过独特的分子剪切效应，可快速将畜禽粪污中有机大分子转化为黄腐酸、氨基酸等小分子，1分钟除臭，10分钟温度升至80-90摄氏度，1小时完成腐熟，从而制备高活性有机肥。该技术可有效消除畜禽粪污四大害，100%降解抗生素，100%钝化重金属。该有机肥较传统有机肥使作物增产10%-20%。

在安徽省一家企业，该项目转化并落地建成10万吨有机肥生产线。

为了让魔法药剂发挥更大的作用，蔡冬清团队还研发出快速腐熟反应器，构建了“智能装备+快速腐熟”绿色新工艺，节约生产用工70%。该技术已获4项发明专利，并以普通许可的方式授权安徽和山东两家公司使用。

蔡冬清表示，该成果有望将有机肥生产工艺从“慢臭粗”的生物堆肥引向“快好细”。他希望，可以促进有机肥产业集约化、智能化、装备化和绿色化，为我国养殖业引发的农业面源污染提供颠覆性解决方案。

蔡冬清（右二）正在教授农民种植技术。 东华大学供图

算法治病

中青报·中青网见习记者 杨 洁

“在乡下种田，最耗时耗力的事情就是除草。往往一片片小麦和水稻田里，杂草的长势比庄稼还好。”在近日举行的中国科协数字农业与智慧农机国际青年科学家沙龙活动上，国际欧亚科学院院士、农业农村部规划设计研究院首席科学家朱明提到，人们必须警惕使用除草剂等化学农药所带来的问题。

草与粮争地、病虫害与人争粮，是农业耕种中的最大“烦恼”。

美国北达科他州立大学农业与生物系统工程系副教授保罗·弗洛博士在沙龙活动上分享了一个智能除草的方案，这场“除草大战”的主力军是算法。他们利用算法形成图像收集系统，寻找玉米植株，使用算法的规则结构找到相似的品种，从而将杂草品种排除在外。

“从无人机上可以拍摄到植被的情况，利用多频谱的影像识别技术，可以划分出不同颜色的图像。”保罗·弗洛展示了一张图片，如果删除图片中黄色区域，剩下的绿色区域便是杂草。在一定面积的单元格里，应用系统会根据图像情况选择定点区域管理除草。最神奇的地方在于，依据不同试验田的植物生长情况，他们采用了不同的算法与杂草展开“斗争”。

算法不仅仅精准定位了杂草的生长区域，也牢牢地掌握了病虫害等信息。

在华南农业大学的试验田里，农田信息的收集采用了“星、机、地”三条路线，第一条路线在太空，利用微型影像来实时分析农作物的长势和病虫草害的信息；第二条路线在天空，利用载人飞机和无人机来收集农田的信息；第三天路线在地里，通过地面安装的多光谱、高光谱以及各种机器来获取有效信息。

三条路线各显神通。

“如果我身处东北，想知道广东省的水稻试验田的种植情况，就可以调用卫星影像图片展开分析；如果想知道某一块农田的病草虫害的问题，就可以调用无人机来获取信息。”中国工程院院士、华南农业大学教授罗锡文解释。

他以小麦条锈病的治理为例，地里的传感器可以检测到土壤水分的变化，天线将数据实时地传递到大数据库里，依据算法技术，展现稻田里的缺水情况。只要在实验室或者手机上操作，就可以打开水阀，进行自动灌溉。长势图还可以反映小麦的健康情况，按照同样的方法，可以科学施肥，为农作物及时“治病除害”。

在美国佛罗里达大学，监控系统也对作物的长势展开了全天候的监控。佛罗里达大学农业与生物系统工程系副教授伊安尼斯·安帕齐迪提到，该检测系统通过田间盒子里的摄像头，可以发现极小体积的害虫。算法将收集到的数据自动生成虫害的分布图，从而完成精准地除害作业。

“为了区别幼苗和杂草，我们利用激光技术来识别，再用自动化分辨的方式，智能化决策出是需要采用除草剂，还是需要对幼苗施肥。”伊安尼斯·安帕齐迪提到，这得益于人工智能技术下的精准除草管理系统。

算法不仅为农业打造了一个装有庞大数据的智慧大脑，还创造了系列农业耕作的机器人。华南农业大学工程学院教授胡炼介绍，目前正在实验室开展研究的除草机器人，可以在作业之后，将杂草碾压到泥土里，也可以拔出杂草，将其覆盖在庄稼上，以此来同步控制杂草的数量。

国家精准农业航空施药技术国际联合研究中心主任、首席科学家兰玉彬在沙龙上提到，无人机的应用也逐步解决了科学给农作物打药、精准除去病虫害的问题。

算法技术还可以在采摘中找到“漏网之鱼”。在沙龙上，佛罗里达大学一位博士生的发明引起了大家的关注。该博士使用深度学习技术发明了草莓伤痕探测器，可以精准地发现草莓在不同部位出现的不同程度损伤，自动化地采摘高品质的草莓。

“这是一个全方位的智能农机装备和无人农场发展的愿景。”朱明提到，未来还需要解决数据的精准化问题，比如在除草之中能否将实验基地数字化，对大数据进行不断地优化，形成控制模型，以便生产和管理单位去协调。

朱明建议，农业的发展不仅要做到数字赋能，实现数字赋权，让数据成为重要的生产资料，还要为数字赋值，让农业数据可以交换互通，互利共赢。

科学咖啡馆

这里有条会飞的“吸盘鱼”

中青报·中青网记者 张 渺

文力最初想到“吸盘鱼”这个创意，大概是在10年前。

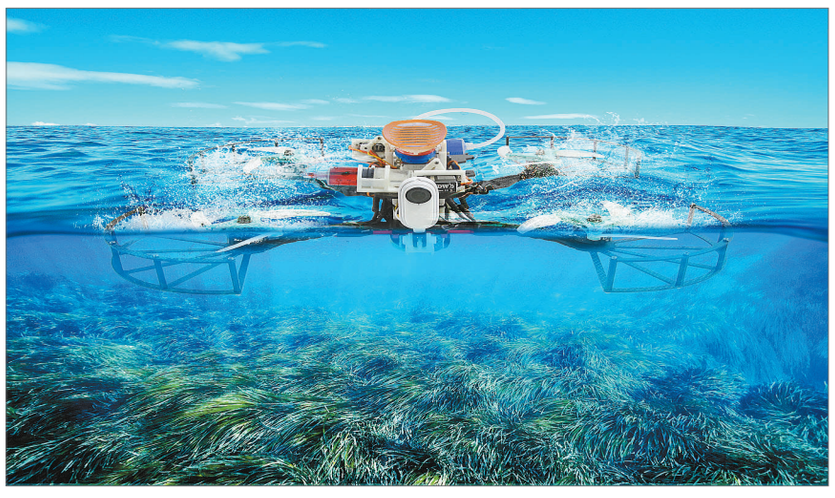
那时他还在国外读书，在研究仿生鲨鱼皮项目时，他发现，尽管鲨鱼皮的表面非常粗糙，但总有一种吸盘鱼寄生在上面，能够跟随鲨鱼的游动而游动。

这让他觉得“很好奇”。

文力没有让这种一闪而过的念头，停留在只是好奇的程度，而是深入思考、继续挖掘。他大量查询相关资料，在有限的档案里寻找这种鱼的记载，又前往博物馆，观察储存的样本，得知了这种鱼的名字——鲫鱼。

这是一种很特别的鱼，头部生长着一种吸盘结构，能够紧紧地吸附在鲨鱼等鱼类身上，还有个有趣的别名，叫“鲨鱼吸附者”。

从鲫鱼的吸盘上，文力看到了研究的前景。如果机器人能够模仿这种鱼的吸附能力，那么，小型机器人在作业时消耗的能量，将会极大减少。



仿鲫生鱼软体吸盘机器人。 北京航空航天大学机械工程及自动化学院仿生机器人研究团队文力课题组供图

经过几年的研究，北京航空航天大学机械工程及自动化学院仿生机器人研究团队文力课题组，真的打造出了这种“吸盘鱼”机器人。2022年5月19日，国际学术期刊《科学·机器人》发布了这一研究成果。北航机械工程及自动化学院2018级博士研究生李磊为第一作者，王思奇、张以远、宋善源为共同第一作者，文力教授为论文唯一通讯作者。

该团队研制的“吸盘鱼”仿生机器人，不但能在水下吸附，还能飞到空中，进行跨介质的吸附。

在研究的最初阶段，让课题组感到为难的第一件事，是上哪儿去弄鲫鱼样本。没有鲫鱼，研究团队就很难搞清楚它的结构究竟是什么。

“上哪能够捕捉一条活的，对吧？”文力开玩笑地说。

他告诉中青报·中青网记者，这个项目的研究，对他来说就是一个从无到有的过程，“前人没做过”，一切都得从0开始摸索。他拿到的第一条活的鲫鱼，是请海边的渔民帮忙捕捞的。课题组还咨询了很多潜水爱好者，通过各种方式去收集这种鱼。

后来他的研究渐渐有了规模，能够在实验室里专门养这种鲫鱼，观测它的运动模式，研究它的骨骼结构，弄明白它的软组织是怎么形成的，结构大概是什么尺度，等等。

这是一个“比较漫长的过程”。用文力的话说，团队最大的障碍其实是，他们的研究对象是机器人而不是生物，因此在理解鲫鱼的生理结构方面，花了很长一段时间。

下一步就是如何仿生，如何精确地将这种结构研制出来。

文力提到，团队用的方法是3D打印、微激光雕刻等技术，以及设置软件驱动。这一步，就是这个机器人团队最擅长的事了。

吸盘鱼机器人就此问世，它可以像鲫鱼一样，吸附在多种物体表面上，吸附力也非常大。

早在2017年，文力课题组就已经在《科学·机器人》上发表封面文章讲述这一研究过程。那时，机器人只能游动吸附，是一个阶段性的成果，还存在两大问题。第一个问题是机器人有线缆，行动范围会被限制，电源之类的东西都在水面上。第二个就是吸盘，那时的吸盘是利用多种材料3D打印出来的，因此有点硬，很难吸附在粗糙或者有曲率的表面上，也很难吸附在不完整的、破损的表面上。

为了解决这些问题，文力课题组一方面继续学习生物，研究鲫鱼的吸盘结构到底是怎么回事，另一方面也在进一步考虑机器人如何才能摆脱线缆的控制。

文力甚至觉得，这样的机器人只在水下活动是远远不够的，他希望这个机器人，可以在空气中完成同样的功能，“最好还能够快速‘跨界’”。

又经过数年的努力，他们再次做到了。

“鲫鱼只能做到水下的吸附，我们的研究相当于拓展了仿生的能力，超越了自然，研制出在不同的介质中也能实现吸附作用的机器人。”文力对中青报·中青网记者说。

在2022年发表的《科学·机器人》论文中，他们所描述的新的“吸盘鱼”机器人，不但能够快速跨越介质，还可以在接触可吸附表面一半时，就能够吸得很牢。文力向记者举了个例子，如果吸附表面的中间部分破损，有多个洞，这款仿生机器人依然能牢牢吸附在上面。此外，湿滑、黏稠的表面，机器人也能够吸附。

据他介绍，这种仿生机器人，可以在“多地形观测、多介质作业、多环境探查”等工作中广泛应用，比如野外监测、海洋生物调查等等。

在这些年的研发过程中，文力发现，自己团队中越年轻的学生，越会提一些比较天马行空的想法。他认为，可能是因为学生们在思维上没有太多牵绊，很多时候可以“不按套路出牌”。其中有一些，他觉得可以执行，但也有一些可行性不强，或者说从科学原理上还没有完全验证过的。

“但是我非常鼓励学生们去提（自己的想法），比不说话要强。”文力说。

这个项目已经足够科幻，如果继续往前走的话，他们还有很多设想，有些甚至显得有些“疯狂”。

“目前的机器人潜水深度还较浅，空中飞得也不是很高，我们希望机器人能够拥有更极端的跨界能力，例如：从地球最深处，跨越到太空，在空间环境下作业！”他说。

文力承认这“非常有挑战性”，但也“非常有意思”。