

打嗝有“谱”让牛羊甲烷排放“看得见”

■本报记者 王昊昊

将牛或羊通过诱食料吸引至设备料槽内,按“开始”按钮后,不到1分钟屏幕就会显示它们打嗝的“嗝谱”,根据嗝谱特征可测算出牛羊一天的甲烷排放量。

这是中国科学院亚热带农业生态研究所(以下简称亚热带生态所)研究员谭支良、王敏与副研究员王荣团队,持续攻坚15年、更新4代自主研发的AHC 4.0版甲烷排放监测装备。该装备近日在长沙正式发布。

畜牧业是我国农业温室气体排放主要来源之一,其中牛羊等反刍动物消化过程中产生的甲烷占农业活动甲烷排放的66%。该装备打破国外垄断,实现了我国在反刍动物甲烷原位监测领域“从0到1”的突破。

国家需求驱动下的艰难起步

如何精准测算牛羊打嗝产生的甲烷,是农业减排的关键一步。长期以来,我国缺乏适用于牧场现场的高精度、低成本、安全可靠的甲烷排放监测装备。进口设备价格高昂,数据需上传境外服务器,存在安全风险;传统方法则操作繁琐,难以规模化应用。

2009年,“双碳”目标尚未提出,但气候变化带来的挑战已引发全球关注。两个关键契机让亚热带生态所科研团队将目光聚焦到牛羊甲烷减排领域。

谭支良回忆道:“2007年,时任中国科学院院长路甬祥到亚热带生态所调研,提出了几个重要观点,认为研究所在牛羊的生长、饲料、肉质改良等方面已有不少研究基础,但气候变暖是人类面临的重大挑战,牛羊的甲烷排放是农业甲烷排放的主要来源,建议我们关注牛羊甲烷减排。”

为着力解决应对气候变化的区域碳源汇监测与碳收支定量认证中的重大科技问题,中国科学院于2010年底启动战略先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题研究”,组织数千名科技人员发挥学科交叉力量,对相关问题进行持续深入研究。亚热带生态所承担了牛羊甲烷减排项目研究内容。

“2010年以前,我国还没有动物甲烷排放研究的完整体系,反刍动物甲烷排放方面仅有一些体外研究结果,在动物个体及养殖场排放监测方面完全是空白。”王敏介绍,发

达国家在20世纪50年代就已启动相关研究,初期聚焦于能量代谢中的甲烷能损失,随着气候变化共识的形成,逐渐转向温室气体排放研究。

研究初期,国内外主要采用呼吸代谢舱法监测牛羊甲烷排放,需将动物关在密闭舱内连续监测48小时,虽能获取数据,但效率极低,同时还会严重影响动物采食量和生产性能。

研究牛羊的嗝还是屁?

在没有可复制模板、缺乏基础数据的情况下,两次研究方向的关键转折,让团队的探索之路更加清晰和高效。

第一次转折是研究重点从全肠道监测转向口腔监测。“我们当时面临的首要问题是,该监测牛羊的嗝还是屁。”王敏说,起初研究者大多集中对牛羊的全肠道排放进行监测。

研究证实,牛释放的甲烷气体中,90%至95%来自口腔,主要为暖气,即打嗝;而另外的5%至10%则以放屁的形式释放。也就是说,在造成温室效应这方面,牛打的嗝可比放的屁厉害多了。

团队意识到,转向口腔监测是实现突破的关键。但新的问题随之而来,如何精准捕捉口腔排出的甲烷?当时国外采用的六氟化硫法需要长时间连续监测,结果可变性较大且六氟化硫本身就是一种强效温室气体。从“连续监测”到“点式监测”的第二次转折由此开始。

2019年,团队通过大量数据分析发现,不需要连续测定24小时,只需选择几个关键时间点进行监测,就能准确测算动物全天的甲烷排放量。

“我们通过挖掘大规模的甲烷日排放实测数据,首次识别出排放气体样品采集的8个关键时间节点,建立了‘八点法’精准动态采样策略,实现对全天排放量的准确评估。”王荣说,这样一来,测定效率大大提高。以前用呼吸舱测1只动物要两天,测30只动物就要两个月;用“八点法”,不到1周就能完成30只动物的测定。

更重要的是,“八点法”对动物的影响极小,测定结果与连续监测的结果仅相差1.5%。这些重要成果使团队在连续监测转向点式监

测上信心大增,助力其成功研制AHC 1.0版装备以观测牛羊打嗝的甲烷排放规律。

“那是团队成员最激动的时刻。”王敏回忆,2022年的一天,团队正在羊圈做试验,此时AHC 1.0版测定装备上呈现出一个个清晰的嗝峰,大家发现羊打嗝很有规律,“打嗝曲线图上出现了很多有规律的峰,这就是嗝谱”。

原来,牛羊打嗝很多时候没有明显的动作,你以为它们在发呆,其实是在打嗝排放甲烷。“牛羊大约60至70秒打一次嗝。”王敏说。

团队凭借测到的嗝谱数据让打嗝“看得见”,建立了牛羊嗝谱数据分析方法;通过建立5分钟嗝谱测定分析新范式,攻克了甲烷排放养殖场原位测定技术难题,大幅提升测定通量,创建了“AHC设备+八点法+五分钟”甲烷排放测定技术体系,成为我国首个具有牛羊嗝谱获取与分析能力的研究团队。

我国反刍动物甲烷排放强度被高估

通过大量实地监测,团队获得了宝贵的一手数据,也带来一些颠覆性认识。

团队通过对全国20多个省份的监测数据进行分析,发现从联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)公布的甲烷排放强度看,其严重高估了我国实际情况。

“以奶牛为例,现在的奶牛肯定比以前的产奶量高,产奶量提高意味着吃得多、排得多,但奶牛每生产1公斤牛奶所排放的甲烷量却降低了,这说明我国的养殖技术水平在不断提高。这得益于日粮配制的持续优化和育种技术的突破性进展。”王荣解释道。

在牛羊甲烷减排技术方面,该团队也持续探索,取得突破。

既然牛羊打嗝有一定规律,那能否通过改变这一规律来降低其甲烷排放量?顺着这一思路,团队发现,改变嗝谱就可抑制牛羊甲烷排放。

基于此,团队研发了甲烷抑制饲料添加剂。研究发现,在饲料中添加甲烷抑制剂,可使牛羊甲烷排放量减少20%至30%。“抑制剂添加后20至30分钟,就能通过AHC设备观察到嗝谱的变化,峰值会明显降低,意味着每次打嗝排放的甲烷在减少。”王荣说。

“甲烷排放是一个看不见、摸不着的过

程。我们最大的贡献在于,一方面通过自研装备让牛羊的甲烷排放‘看得见’,有准确的数据支撑;另一方面,团队利用自主研发的甲烷抑制剂,让牛羊甲烷减排可视化。”王敏表示。

打造智能农业甲烷监测机器人

目前,该团队自主研发的甲烷排放监测装备已升级至4.0版,最新一代完成工业化设计升级,不仅采用高强度复合材料一体化设计,提升耐用性与密封性,还创新集成红外动物感应、动态回收率校准、断点续传无线传输等技术,实现5分钟快速测量、数据本地存储、远程自动归集,真正做到测得准、用得起、宜推广。

据统计,该装备已在全国20余家高校、科研院所及50余家养殖企业落地应用,覆盖23个省份,初步构建起覆盖主要畜牧区域的甲烷监测网络。该装备成果还入选《2024年中国科学院自主研发科学仪器》名录,并获国家重点研发计划支持。

“目前设备的主要客户群体是高校和科研院所,以及一些承担国家级科研任务的大型养殖场。”亚热带生态所-湖南农业大学联合培养博士研究生郑雪玥说,大多养殖户并不了解为什么要测牛羊的甲烷排放量,团队正寻求通过政策引导推动设备应用,希望引起环保部门和政策制定者的关注,从国家层面推动这项工作。

“第五代产品我们将聚焦智能化。”王敏透露,团队计划融合人工智能视觉识别、自主巡航、物联网等技术,打造甲烷监测机器人,实现无人化操作。养殖户只需设定监测计划,机器人就能自动识别牛羊、自主规划路线并完成监测任务,数据实时上传至云端,全程无需人工干预。“我们正在与合作方深入讨论,力争在未来一两年推出相关产品。”

“监测是减排的基础,数据是决策的依据。系列成果不仅是科研仪器的突破,更是支撑高效低排放产业、国家碳核算体系和绿色畜牧业认证的基础工具。”王敏表示,未来团队研制的装备将为低排放畜种选育、减排饲料研发、牧场碳足迹核算等提供核心数据支撑,助力我国畜牧业迈向“可测量、可核算、可核查”的低碳新阶段,为全球气候治理贡献中国智慧与中国方案。



“天目山一号”多旋翼无人机创世界纪录

近日,在第七届浙江国际智慧交通产业博览会上,吉尼斯世界纪录官方认证官宣布,由天目山实验室研发的“天目山一号”无人机(量产型)创造了“氢燃料电池驱动的多旋翼无人机飞行的最长距离”世界纪录。

据介绍,“天目山一号”于11月16日在北京航空航天大学杭州国际校园上空不间断飞行了188.605公里,用时4小时17分55秒,创造了全新的世界纪录。

“天目山一号”是天目山实验室发布的第一项低空经济标志性成果,于2024年8月首飞成功,于2025年4月在孵化企业杭州天目氢鹏科技有限公司实现量产,是一款面向长航时低空作业需求设计的氢动力多旋翼无人机,可广泛应用于高速生态巡检、油气管道巡查、新能源电站运维及海岛运输、城市交通管理及应急救援作业。

图为“天目山一号”。
本报记者陈彬报道 北京航空航天大学供图

赋权松绑 转化提速

深圳大学以“创新策源地+产业孵化器”打造社会服务新范式

■沈达轩

在深圳大学,中国工程院院士谢和平团队一项关于海水直接电解制氢的突破,正从实验室加速走向产业应用。近日,该团队与东方电气集团携手推进的产业化合作,让这项“无需淡化海水即可制氢”的技术,成为助力“双碳”目标落地的重要中国方案。该成果曾发表于《自然》杂志,并入选“中国科学十大进展”,如今在产学研深度融合的推动下,正迈向规模化落地的新阶段。

从实验室到市场,深圳大学以“环深大创新创业生态圈”为杠杆,撬动科研势能——校地协同、产教融合、全域赋能的新体系高效运转。过去5年间,深圳大学815项科技成果“破茧成蝶”,38家孵化企业“破壳而出”;中核、华润、华为、腾讯、中兴等来自31个省区市的1650余家科技企业更是在这场创新接力中,与深圳大学双向奔赴。

机制创新:从政策松绑到转化生态重构

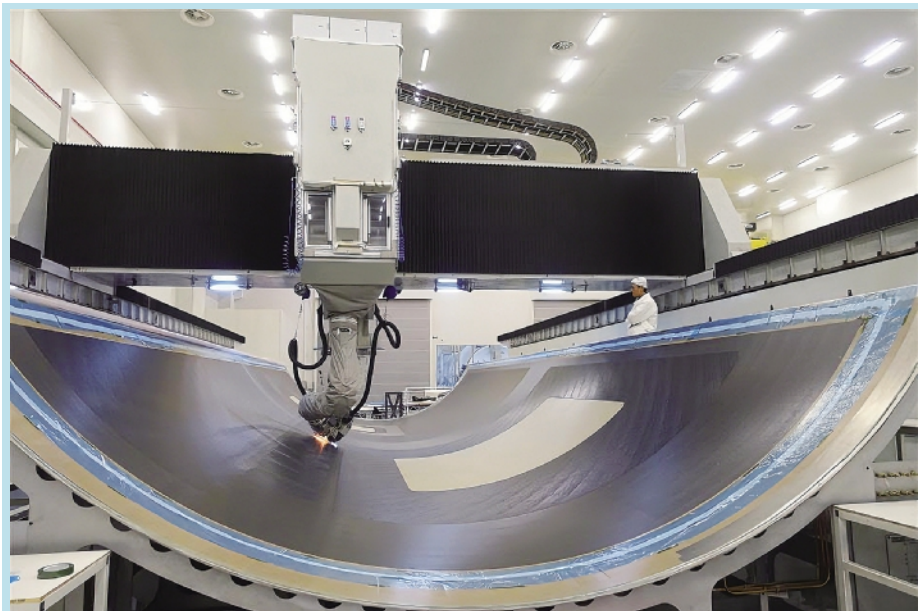
曾几何时,职务科技成果转化深陷困局:审批流程如履薄冰,相关人员对成果转化中的不确定性和责任风险存在顾虑。深圳大学以赋权改革,扫清“不能转、不愿转、不敢转”的障碍,让科技成果转化工作“轻装上阵”。

2020年起,深圳大学推行“先赋权后转化”的试点模式。科研人员可在项目孵化期申请免费使用职务科技成果,开展产业化验证。若转化顺利,企业再与学校签订付费协议;反之,风险可控,避免追责。

例如,深圳大学机电与控制工程学院研究员张希团队研发出第二代等离子消融设备,采用宽禁带半导体芯片技术,打破国外技术垄断。该设备可精准消融软组织并降低热损伤,广泛应用于普外科、骨科等多个临床科室。

在这项科技成果转化过程中,深圳大学赋予张希85%的知识产权权属,而张希仅需支付15%的转让价款买断学校权益,再以完整产权入股深圳市荔辉医疗科技有限公司。“学校的大力支持加上政策‘护航’,助推科研成果从实验室走向市场。”张希说。

目前,张希所创立的这家公司已获得西丽湖概念验证一期种子轮投资,并完成了耳鼻喉、骨科手术设备、等离子伤口愈合和样机开



国产大飞机碳纤维复合材料轻量化结构铺丝。

发,实现销售额百万余元。

优化收益分配,方能激发内生动力。当前深圳大学正以大胆的制度创新为核心,在职务科技成果管理、科研人员激励等方面先行先试,探索并实施了“100%赋权+作价投资+约定收益”完成人自行实施转化新模式。

面对消费电子轻薄化带来的散热难题,以及智能汽车对精密传感执行技术的迫切需求,深圳大学电子与信息工程学院副教授黎冰团队研发出“一种降低开关电源电路非线性误差的时钟优化电路”等13项MEMS领域核心技术,并以4585万元作价入股深圳某半导体公司。

得益于“前置赋权+股权激励+远期反哺”的组合拳,这家公司迅速完成多轮融资,实现了科研价值与市场价值的飞跃。

在“松绑-激励-共赢”的闭环生态下,深圳大学还通过设立该市首个高校概念验证中心,打通成果转化的死亡谷,从项目筛选到投融资对接,从校内“揭榜挂帅”到打造43期“深趋势”路演品牌,全链条服务为科技成果转化插上翅膀。近5年来,深圳大学实现10.6亿元的技术转化金额,这正是“科研不止于实验室”的最佳注脚。

应用落地:从民生所需到国家所向

当机制之翼舒展,应用之花遍绽枝头。

贴近生命健康的民生关切,始终是科研转化的首要阵地。深圳大学物理与光电工程学院教授马永健团队作为我国医学呼气诊断技术研究的开拓者,其原创的尿素[14C]呼气试验药盒及配套仪器,开创了核素标记呼气诊断的先河,实现了幽门螺杆菌的无创、高效诊断。

“我从1995年开始做呼气诊断疾病技术的研发,当时全球还没有同类产品,只有论文。”马永健说,“研究初期经历了核物理领域和医学界的质疑,产品经过了反复的安全性论证,终于在2000年拿到国家药品注册证书,且成本不到国外相关论文中估算的1/10。”20多年来,该产品惠及全球多地,累计服务超10亿人次,为降低胃癌发病率、减轻社会医疗负担作出了重要贡献。

从民生基础到高端制造,科研攻关的战略纵深不断拓展。日前,深圳大学化学与环境工程学院教授朱才镇团队与长盛科技联合攻关,在全球首次实现聚丙烯碳纤维领域取得重大突破,成功实现千吨级工业化规模生产。

“碳纤维一直受到国外技术封锁和产品禁



黎冰团队研发的MEMS固态散热芯片为端侧人工智能(AI)大模型芯片散热赋能。



深圳大学汇星楼。

深圳大学供图

运,最关键、最难的是要把它纳米尺度的缺陷完全控制住。”朱才镇说,自T1100级碳纤维稳定运行以来,其合格率基本达到95%以上,已经与国际水平同步。

如今,该款合作研发出的碳纤维材料已进入国产大飞机供应链,并实现批量供货,为国产大型客机的发展提供原材料基础。

面向国家深远战略与科技前沿,探索的步伐向深蓝迈进。海洋科技高水平自立自强,是我国能源安全与战略资源开发的重要方向。谢和平领衔深圳大学、四川大学团队,与金石钻探(唐山)有限公司联合研制的全球首套深海沉积物保压保温取样/存储装备,在近期科考中成功获取了1385米水深、保持原位温压的样品。这一突破攻克了深海沉积物保压取心技术世界难题,为我国深海资源勘探与科学研究提供了关键利器,展现了从解决当下之需到储备未来能力的科研纵深。

“能够亲历深潜海底,见证样本在原位压力温度下被完整带回,是一个历史性时刻。”团队成员、深圳大学副教授陈领表示,此次海试的成功,不仅验证了装备的技术原理和工程能力,更为未来深海天然气水合物及其他深海资源原位科学研究提供了全新手段。

社会实践:从湾区切口到全国实证

科技成果的涟漪,正从粤港澳大湾区涌向全国。

当前,业界数据中心普遍面临计算资源分配率接近饱和而有效利用率偏低挑战,如何既满足海量的上云需求,又避免数据中心计算资源的严重浪费?

为了解决该问题,深圳大学计算机与软件学院软件工程研究中心科研团队与华为云技术有限公司CLab团队主要围绕着柔性云资源超分、柔性云资源管控、柔性云体系架构三大方面,展开创新性研发工作。

团队成员介绍:“在满足等量租户需求的前提下,相比当前主流的弹性计算架构,柔性计算可以降低40%以上的硬件投入,极大缓解了数据中心的计算资源浪费问题。”

目前双方已成功完成了三期横向项目的合作,第四期项目已正式启动,项目总经费超过500万元。相关研发成果已在华为云内部完成超过10万核的大规模试点验证。

在国家“双碳”战略和城市可持续发展的背景下,地下结构的装配式、机械化建造成为土木工程学科的重要发展方向。长期以来,地下车站大多采用明挖法现浇施工的方式,不仅占用道路、开挖土方量大,还存在工期长、碳排放高、对城市干扰显著等问题。

中国工程院院士陈湘生团队首创的“双洞密贴顶管法”,为地铁建设提供了全新的机械化施工范式。该技术在深圳地铁12号线沙三站中首次成功验证,实现了不迁改雨水箱涵、不断交施工,并取得碳减排35%、土方减量40%、成本降低20%的显著效益。该成果亦荣获国际非开挖协会年度大奖,这是我国首次在该领域获此荣誉。

此后,该技术进一步走向推广与深化。在杭州地铁18号线“凯旋号”项目中,团队在深达22米的软土地层中实现高精度顶推,标志着该技术在复杂地质条件下的成熟应用,也为我国城市轨道交通绿色化、智能化转型升级提供了有力支撑。

赋权松绑释放创新活力,机制创新打通转化经络。当深海勘探装备叩响千米海沟,当触觉传感器铺就人机交互新通途,深圳大学用行动证明,高校既是科研重镇,更是驱动社会前行的重要引擎。