

自动驾驶技术加持

智能化拖轮实现精准感知、平稳控制

◎本报记者 陈曦

“高度智能化拖轮的自动驾驶技术相当于汽车自动驾驶的L3级别，也就是能做到在有人监督的条件下自动驾驶。”天津港轮驳有限公司副总经理孙波对科技日报记者说，“与传统拖轮相比，智能化拖轮‘感得更准，控得更稳’。”

日前，全球首艘具备自主伴航功能的高度智能化拖轮“津港轮36”和作为陪试船的姊妹船“津港轮37”在天津港正式投产启用。该成果所涉及的感知、规控、人机交互等核心算法软件全部为自主研发。

安全性和效率均得到提升

港作拖轮是大型船舶进出口的重要助手。“大型船舶在靠泊或离泊时，由于自身尺寸和动力的限制，往往难以独立完成这些操作。”孙波介绍，此时需要有拖轮进行伴航，在特定位置迎接大型船舶，接近、伴随，直至并靠大型船舶，为其提供安全高效的进出港靠离协助服务。

控制拖轮进行伴航是个技术含量比较高的“活儿”。任何疏忽都会成为不安全因素，甚至导致港口安全事故。

传统拖轮进行伴航作业时，人为操作会存在一些安全隐患。操作人员进行伴航作业时时刻关注船舶周围的安全情况，如航路上的障碍物、目标船的态势变化、目标船的外板结构等。这些操作会受操作人员自身视野盲区、驾驶技术和经验等因素的影响，导致伴航作业潜藏安全风险。

天津港吞吐量的持续增长，以及全球船舶大型化的发展趋势，对港作拖轮提出越来越高的要求。“港作拖轮不仅要提升安全性，还要提高工作效率。这就需要探索新技术。”孙波说。

据了解，此次投产的两艘高度智能化拖轮是天津港第二代津港智能拖轮。全船长34.6米、宽11.2米、型深5.22米、设计吃水3.92米、设计航速12.5节，配备多项行业创新技术，具备行业最领先的自主伴航能力。

“自主伴航是指在有人监控状态下，由系统自主锁定并自主操控船舶接近目标、伴随目标，直至并靠目标的行为。”孙波介绍，这种基于港口拖轮重要作业场景下的自动驾驶技术研发，在国际尚属首次实现，具有较大工程意义。

“可自主伴航的智能拖轮拥有先进的融合感知功能。可替代人眼去‘看’，替代人耳去‘听’。”中国船级社传播智能技术与安全实验室主任马吉林说，“智能拖轮可自主控制向控距控速，兼具智能避碰能力，可实现航



图为全球首艘具备自主伴航功能的高度智能化拖轮“津港轮36”。受访单位供图

路优化、近距离防撞碰撞，辅助安全航行。”

孙波补充说：“智能拖轮在判断拖轮与大型货轮之间的距离时，可以将误差控制在分米级。”同时，智能拖轮拥有AUTO-0无人机舱，可灵敏感知设备数据，进行自主故障分析、风险预警、辅助决策，实现船与船、船与岸互联互通。

“智能拖轮稳定性研究比智能驾驶汽车稳定性研究更具挑战性。”孙波解释，“受海水水流影响，行驶在海水中的拖轮面临的‘路况’要比汽车复杂得多。通过智能控制系统，我们实现了精准控船。”值得一提的是，智能拖轮的智能感知系统、智能控制系统所使用的软件，包括感知算法软件、控船软件、人机交互软件等，100%为自主研发。

智能化拖轮应用前景广阔

马吉林介绍，试验期间，“津港轮36”智能拖轮在姊妹船“津港轮37”的配合下，分别对自主伴航系统的功能安全、感知性能、规控性能以及自主伴航全流程验证开展了共计四类34项试验。结果显示，智能拖轮系统硬件运行稳定可靠，安全机制完整有效，目标感知准确、跟踪稳定，规控精准无超调、自适应性强，人机交互软件稳定易用、界面友好，预期指标得到全面验证。

中国海油研发建造的水下自动发球管汇，旨在进一步降低深水海管清管作业和深水气田运营成本，实现远程自动清管作业。该型水下自动发球管汇搭载水下控制模块、液压遥控阀门、温压传感器等关键控制和监测设备，同时在发球装置中预埋6枚清管球，可根据远程指令在海底“悄无声息”地完成清

“深海一号”二期项目迎来新装备

全球首套深水水下自动发球管汇完工交付

◎科技日报 记者 操秀英

记者5月9日从中国海油获悉，由我国自主设计制造的全球首套深水水下自动发球管汇近日完工交付。该型装备针对目前正在建设的“深海一号”二期项目定向研发，能够远程控制深水海管清管作业。它的建成标志着我国深水水下装备自主设计建造能力达到世界先进水平，对推动我国深水复杂油气资源开发利用具有重要意义。

据介绍，“深海一号”二期项目是我国首个深水高压项目，采用“水下生产系统+浅水导管架处理平台+深水半潜

式平台远程操作系统”模式开发，新建一套水下生产系统和一座综合处理平台，并建有长度超130公里、口径超20英寸的外输海管连接深水水下生产系统和浅水导管架平台，用于输送深水气和浅水导气。此次建造完工的自动发球管汇是气田水下生产系统的重要组成部分，投用后将由“深海一号”能源站通过脐带缆远程控制。

中国海油“深海一号”二期项目水下设施部副经理尹丰表示，常规的深水海管清理检测作业通常需在海面设施上设置两根海底管道形成清管回路，材

料和施工费用较高。“深海一号”二期所在深水区域与固定生产装置距离较远，并且只有一根长距离海底管道，开展相关作业需临时调动深水工程船等施工资源，作业成本极高。

中国海油研发建造的水下自动发球管汇，旨在进一步降低深水海管清管作业和深水气田运营成本，实现远程自动清管作业。该型水下自动发球管汇搭载水下控制模块、液压遥控阀门、温压传感器等关键控制和监测设备，同时在发球装置中预埋6枚清管球，可根据远程指令在海底“悄无声息”地完成清

管球发射入管和清管的全部操作。

海油工程特种设备分公司副总经理张飞介绍，“深海一号”二期水下自动发球管汇工作环境极其严苛，建造工作面临全球最高级别验收要求，世界级难度的小管径焊接等多重挑战。

据悉，本次作业中，项目团队自主开发28种焊接新工艺，实现超厚双相钢管、水平连接器等关键材料和核心零部件国产化，攻克深水智能控制、自动发球工艺等多项难题，系统掌握深水发球管汇自主设计、建造、测试和工程应用成套关键技术。

“中国有5000多家皮革厂，多为重污染高能耗企业。而在食品加工领域，热加工为当前食品加工的主要方式。如果不能解决能耗问题，成本就降不下来。这些都是催化式红外技术有望落地的应用场景。”马海乐说。

随着技术进步，催化式红外加热技术还应用于多个领域，使得这些行业的节能效率大幅提升。经过测试，在油漆烘干领域，与电红外烘干技术相比，该技术可节约能耗50%；应用于气田井口采气树减压阀加热，与利用柴油机发电加热相比，能耗降低90%；在皮革加工领域，可实现皮革催化式红外固化，与传统方式相比，装备占地面积减少50%、耗气量降低61.3%。

“中国有5000多家皮革厂，多为重污染高能耗企业。而在食品加工领域，热加工为当前食品加工的主要方式。如果不能解决能耗问题，成本就降不下来。这些都是催化式红外技术有望落地的应用场景。”马海乐说。

随着技术进步，催化式红外加热技术还应用于多个领域，使得这些行业的节能效率大幅提升。经过测试，在油漆烘干领域，与电红外烘干技术相比，该技术可节约能耗50%；应用于气田井口采气树减压阀加热，与利用柴油机发电加热相比，能耗降低90%；在皮革加工领域，可实现皮革催化式红外固化，与传统方式相比，装备占地面积减少50%、耗气量降低61.3%。

催化式红外技术让烤箱不再用电

◎本报记者 张晔 通讯员 吴奕

家庭常用的烤箱以电为能源。电作为二次能源，必须通过煤炭、石油、天然气等一次能源的消耗才能得到。有没有一种可能，将天然气在不燃烧的情况下直接转化为热能，让烤箱不通电也能烘焙美食？

日前，江苏大学食品物理加工研究院与某电器集团积极合作，探讨开发不用电的烤箱。合作的基础正是团队研发的催化式红外加热技术与装备。

江苏大学食品物理加工研究院教授马海乐告诉记者，这种新技术让天然气不用转化为电，而是直接转化为红外线。与电红外技术相比，这种技术可节能约50%，兼具高效、洁净、低价的优点。

新型热能转化形式

天然气是碳排放量最少的三大化石能源之一，如何将它的效益最大化是各国研究的课题。其中，将天然气转化为红外线是一种新型热能转化形式，在国

际上得到高度重视。

马海乐说，传统的红外装备都以电力作为能源，能耗较高、碳排放较大。催化式红外加热技术的原理是燃气和空气中的氧气借助贵金属的催化作用，在不燃烧情况下被转化成二氧化碳和水，同时释放出红外线。催化式红外加热技术的核心部件——发射器的设计和制造一直掌握在欧美企业手中。2016年，马海乐课题组研发了我国第一台催化式红外加热发射器。

为进一步提升热转化效率、减小发热板温差、改善催化材料性能，课题组经过10多年不断钻研终于取得突破。在2021年中国轻工联合会组织的专家鉴定会上，专家表示，该技术实现了我国在该领域从“0到1”的突破，打破了国外先进技术的封锁，摆脱了对国外先进产品进口依赖，且表面温度、发热均匀性、功率密度等核心指标达到欧美先进产品标准。

有了发射器后，课题组开始研发相关装备。马海乐介绍，他们利用自主研发的催化式红外发射器研制出传送带式、滚筒式、烘房式、扫描式等4个系列

燃气催化式红外加热装备。

课题组还主导起草发布了我国第一个燃气催化式红外装备行业标准。申请立项的燃气催化式红外发射器和催化式红外烘房两个国家轻工行业标准也正在起草中。

能耗降低50%以上

国外的燃气催化式红外加热技术主要应用于油漆烘干业。马海乐课题组具有多年的食品加工装备研发经验。依托装备和标准，他们发现，这项技术在国内外工业市场中有着巨大的应用场景。

目前，课题组加快成果应用和转化，积极将催化式红外技术应用在涂料干燥、皮革干燥、芯材固化食品干燥等7个领域，与中集集团、中海油等20家企业合作，建成催化式红外生产线和装备184台套，产生了显著的经济效益和社会效益。

苹果加工成脆片的过程中，如何防止氧化褐变，加工技术是关键。最近，马海乐课题组将开发的催化式红外装

成果播报

在线辐照生产同位素装置全面建成

科技日报 记者何亮 记者5月9日获悉，中国核工业集团有限公司下属秦山核电在线辐照生产医用同位素装置近日顺利完成系统标识和送电试验，标志着该套装置已按计划全面建成。至此，我国已掌握批量化在线辐照生产同位素的关键技术。铯-137、铟-89和钇-90等多种国内紧缺的短半衰期医用同位素，将在今年下半年配套厂房建成投产后进入规模化生产阶段。

据了解，辐照装置是秦山核电二期-14辐照生产项目后，在“十四五”期间依托重水堆重点打造的另一个医用同位素规模化生产平台。“以往我们生产铯-60、铟-14，需要等两年左右，机组停堆检修时再取出来。这个装置投用后，无需停堆即可生产铯-137、铟-89和钇-90等短半衰期医用同位素，产能可充分满足国内需求。”秦山核电相关负责人介绍，该平台具备在重水堆机组正常运行期间在线装卸靶盒的能力，打破

我国主要堆照医用同位素长期依赖进口的局面。

此外，辐照装置为我国首套商业堆在线批量化辐照生产同位素装置，具有定位精度高、传动可靠、全程屏蔽、生产产量高等特点。装置由秦山核电联合上海核工程研究院股份有限公司、中核北方核燃料元件有限公司、苏州江锦自动化科技有限公司、国核宝钛铝业股份有限公司、西安交通大学等国内企业和高校，历时3年自主研发而成。

据悉，为确保装置的安全性和可靠性，在理论计算论证的基础上，项目团队先后研制了原理样机和工程样机，进行了2200余次试验，回答了115个安全评审问题。为保证项目目标达成，各参研单位解决了狭小空间内全自动化辐照装置高度集成设计及布置、超长超厚合金组件焊接、高辐射工况下深井式水下高精度安装、复杂堆芯工况安全分析等系列难题。

3000吨级锻焊反应器批量化交付

◎科技日报 记者张蕴 李丽云 朱虹

记者5月9日获悉，12台世界最大3000吨级锻焊反应器近日在大连核电石化基地全部完工交付。此举创造了世界极限制造纪录，标志着我国重型石化技术装备制造能力稳步迈向3000吨台级，具备了同类装备批量化、专业化、流程化生产能力。

在中国一重石化重大技术装备极限制造技术研讨会暨世界最大3000吨级锻焊反应器批量化交付仪式上，中国第一重型机械股份公司总工程师赵德利介绍，重型石化反应器是石油炼化行业不可替代的核心装备。特别是重型锻焊结构加氢反应器，需要长期在高温、高压、临氢等恶劣条件下工作。技术含量高，开发难度大。2018年，中国一重首次承揽3000吨级锻焊反应器的制造合同，

相继高质量完成了12台反应器的制造任务。

据悉，3000吨级锻焊反应器设备直径5.6米，长度70余米，单台重量达3037吨。“浆态床渣油炼化工艺是世界各国竞相研发的一种高效转化技术。该技术加工原料范围大，可加工劣质渣油，甚至可加工渣油和煤的混合物等，转化率95%以上。”中国一重集团大连核电石化公司石化装备公司副总经理朴明皓说。

中国一重集团大连核电石化公司董事长许崇勇表示，2017年，中国一重建成世界最大的石化重型容器生产基地，并实现了区域产业布局优化，以及装备重量从百吨级到3000吨级的迭代。截至目前，中国一重已成功交付各类容器1400余台、千吨级以上反应器100余台。

设计时速350公里

梅龙高铁全线铺轨完成

◎科技日报 记者龙跃梅 通讯员胡少华

记者5月9日获悉，梅龙高铁项目近日迎来新进展。随着最后一组500米长钢轨在河源市龙川县铺轨施工现场稳稳落下，梅龙高铁全线铺轨完成。这标志着梅龙高铁全线进入通车前的建设冲刺阶段。

3月17日，梅龙高铁正式开始铺轨。梅龙高铁由广东东部，线路自梅州西站引出，经河源市龙川县，至河源市龙川西站，大致呈东西走向。线路全长93.986公里，设计时速350公里，为双线高速铁路。沿途设梅州西站、兴宁南、五华和龙川西4座车站。梅龙高铁是福建龙岩经梅州至龙川铁路项目的一部分，建成后梅州到达广州、深圳等粤港澳大湾区城市通行时间将缩短至1.5小时内。

梅龙高铁位于广东省东部，线路自梅州西站引出，经河源市龙川县，至河源市龙川西站，大致呈东西走向。线路全长93.986公里，设计时速350公里，为双线高速铁路。沿途设梅州西站、兴宁南、五华和龙川西4座车站。梅龙高铁是福建龙岩经梅州至龙川铁路项目的一部分，建成后梅州到达广州、深圳等粤港澳大湾区城市通行时间将缩短至1.5小时内。

X射线探伤机器人

在特高压多分裂导线试用成功

科技日报 记者张宸 董心怡 实习记者李锐宇 记者5月9日获悉，国网湖州供电公司500千伏枫林线将对压接管开展X射线探伤机器人检测作业。这是适用于四分分裂导线的X射线检测机器人在国内首次成功实际应用。

公司现场负责人刘平平介绍，四分分裂导线相较于单、双分裂导线排列更为密集。工作人员需先操控FC30载重无人机，将X射线机器人携至输电线路。到达作业位置后，机器人调节X射线发射枪，多角度进行探伤检

测，并将图像实时回传到地面终端，以便工作人员判断是否存在缺陷。

相较于人工检测的方式，机器人在降低作业风险的同时，还使工作效率提升了3倍。因此，这次作业的成功实施，意味着应用机器人对输电线路进行X射线检测技术实现了新突破。

据介绍，下一阶段，国网湖州供电公司将继续拓展智能机器人应用的广度和深度，探索X射线探伤机器人在特高压多分裂导线的应用，提升大电网运行安全性。