

独特切割刀 以水为刃削铁断金

本报记者 操秀英

在近日举行的第四届军民融合发展高技术装备成果展上,一把神奇的刀子吸引了很多观众驻足。

这是一把功能独特的切割刀,它可以

用最柔软的水切割各种材料,误差只有发丝般粗细;它能凿穿岩石、削断钢铁,也可以分离海绵。这就是上海狮迈科技有限公司(以下简称狮迈科技)研发生产的五轴联动智能水刀。

“这套完全具备自主知识产权的五轴五

联动智能水刀可用于航空航天、国防、军工、轨道交通等领域新材料的高效加工,也可以用于过期炮弹拆解、易燃易爆等特殊应用场所的材料切割等。”狮迈科技主要创始人之一、海外高层次人才张仕进告诉科技日报记者。

“以柔克刚”完胜激光切割

水刀,顾名思义是用水来实现切割。这种特别柔软的物质是如何成为一把刀的呢?

张仕进介绍道,水刀是继激光之后一个新兴的高能束加工技术。上世纪70年代初,在北美出现了以高压水射流为切割工具的“水刀”技术,80年代衍生出掺有磨料的磨料水刀技术,90年代水刀技术在欧美逐步普及。

“简单地说,就是给在普通的自来水加压到4000个大气压以上,然后迫使加压后的水从一个喷嘴喷射出来,使其形成高速射流,在这股高速射流里加上一些锋利的像沙子一样的小颗粒,形成高速磨料射流。”张仕进说,这种高压水高速射流以3倍音速的速度

打向切割对象,实现切割,“原理和孩子们玩的水枪很像。”

在“前辈”激光切割的光环下迅速成长的水刀切割自有其无可比拟的优势。“水刀切割过程是一个高速磨削加快速冷却的过程,没有热损伤和热变形,没有烟雾和粉尘,绿色环保。”张仕进说。

相比之下,激光切割虽然切割速度较快,精度也不低,但在切割表面上会引起“烧伤”,切缝处会引起裂痕并引起热效应,同时,该技术目前多用于薄钢板、部分非金属材料切割,对有些材料切割不理想,如铝、铜等有色金属、合金,尤其是对较厚金属材料,甚至无法切割。

“目前人们对大功率激光发生器的研究,

就是力图解决金属材料切割的问题,但其设备投资、维护保养和运行消耗等成本也很可观。与之相比,水刀切割投资小,运行成本低,切割材料范围广、效率高,操作维修方便。”张仕进说,简单说,激光能切的,水刀一定能切;激光不能切的,水刀也能切。

正因如此,自上世纪90年代末期出现智能化水刀切割技术后,其应用在欧美出现高速增长态势,本世纪初,美国的媒体宣称水刀已成为一项主流的机加工方法。目前高压智能水刀在航空航天、汽车、机车、钢铁、造纸、食品、建材艺术、各种设备加工车间等领域有了广泛的应用。波音公司、空客公司都大量使用了智能水刀进行机械加工。

“软刀子”控制系统填补空白

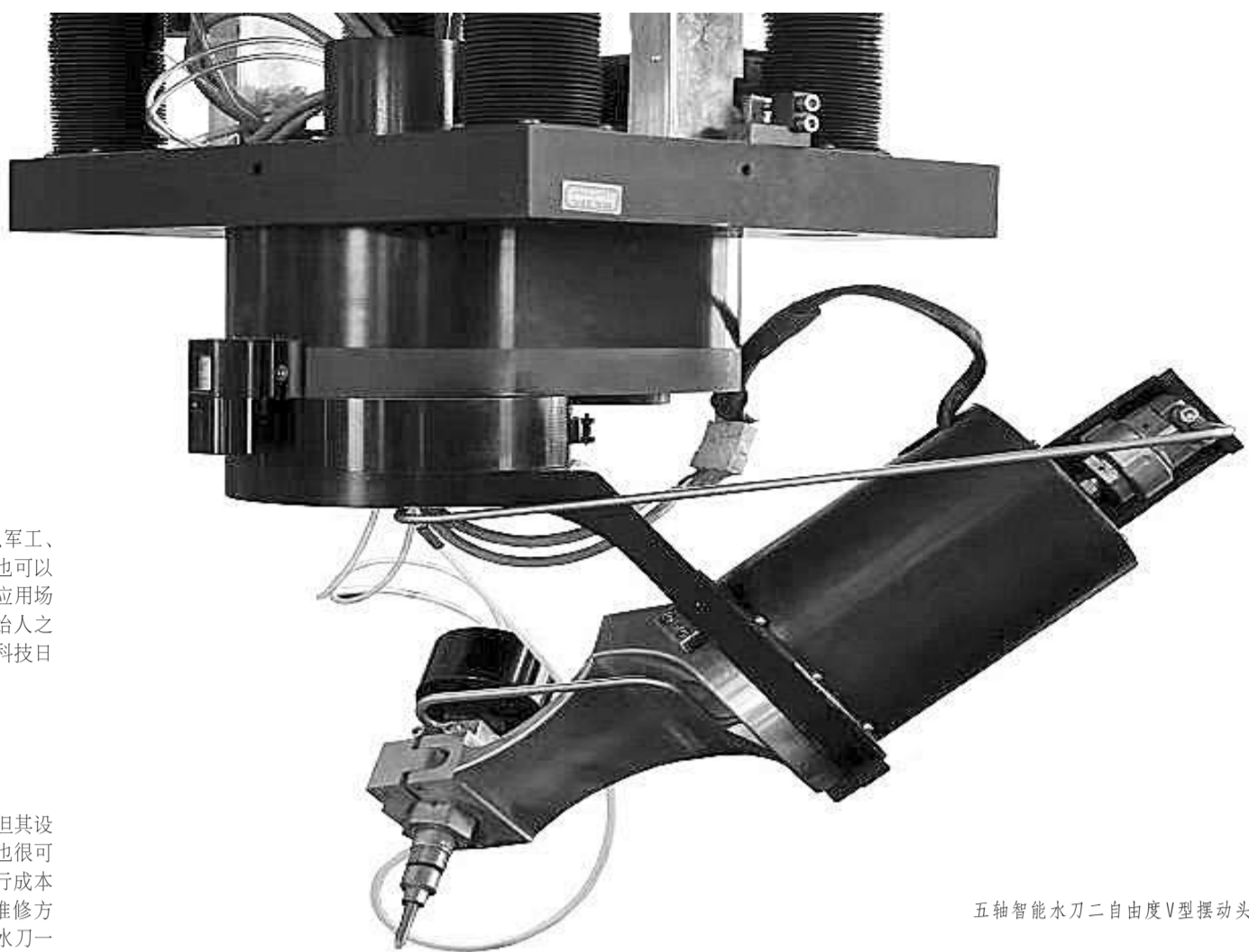
我国在上世纪90年代后期引进了水刀技术。“大部分是买了一些零部件自己组装,由于缺乏‘软刀子’控制软件等关键技术,国产水刀始终停留在低端产品的价格竞争上。”张仕进说,这也是他和合伙人曾继跃博士回国研发智能水刀的原因之一。

2013年,张仕进和合伙人曾继跃二人研发出国内首套多轴联动的智能水刀系统。

“水刀、激光和等离子切割等都统称为‘软刀子’。相较于‘硬刀子’控制技术,‘软刀子’的控制难度可想而知。这相当于我们要用毛笔写出与钢笔一样漂亮的字体,难度当然要大很多。要精确控制一个软的东西是比较难的,要控制这把‘软刀子’并实现精密切割,需要一套非常独特的高品质控制系统。”张仕进介绍说,正因为难,目前国内很

多机器人中的多轴联动精密控制技术依然掌控在国外厂家手里,经过3年艰辛的努力,他们研发的这套智能水刀系统攻克了这一难题。

这套系统完全搬开了传统的以刚性刀具为控制目标的控制理念,采用了基于软刀子特性的以射流从工件底部的射出点为控制目标,通过采用数学模型精准地预测射流行走



五轴智能水刀二自由度V型摆动头

路径上每一点的误差,实现了对射流每一步行走的速度、加速度、切割头的偏摆角度以及射流的特性参数精确的控制,在切割效率最

大的情况下达到了自动消除这些误差以获得高精度的目的。为了避免设备对操作人员操作经验的依赖,系统还建立了材料加工智

能数据库,有了这个数据库,操作员只需要输入工件材料的名称及厚度,智能系统就可以自动对整个切割过程进行优化。

智能水刀将在多领域大显身手

“作为一家高科技公司,我们会一直致力于新技术的研发。”张仕进说,不久前,公司研发出一套新的软件,可实现复杂三维图形切割路径自动生成图形导入,“以前要切割一个复杂三维不规则图案,比如飞机发动机整体顶盖,需要进行复杂的编程,现在在我们的这套软件里,你只要把要切割的三维模型发动机叶片给我,我们可以先生成一个三维图形,导入这个图形就可以很快自动生成最优的软刀子精密加工路径。”

此外,对于汽车车顶、后备箱等无典型定位特征形状不规则物体的去边切割,狮迈科技也正在攻克。“以前我们要切割这类物体需要做一套复杂的夹具磨具,预计明年我们的

新技术出来后,就可以自动生成切割路径,不再需要夹具磨具了,这将大大节省生产成本、提高加工效率,对满足未来形式多样的个性化定制需求意义重大。”张仕进说。

在张仕进看来,水刀可谓“万能切割机”。“将被广泛应用于金属加工、石材拼花、广告装潢、创意设计等行业。”张仕进说,特别在航空航天车辆、国防军工、船舶制造、设备制造、轨道交通模具制造中潜力巨大,“随着新材料技术的发展,许多传统加工方式难以加工的材料,如钛合金、高温合金、复合材料等被广泛应用,对于这些材料的加工,智能水刀正在扮演着不可替代的角色。中国作为一个世界工厂,对智能

水刀的需求甚至超过欧美。一旦进入国际市场,每一个机加工车间都是智能水刀的潜在用户,智能水刀产品有不可估量的巨大发展空间。”

(图片由受访者提供)

扫一扫 欢迎关注 核心技术 微信公众号

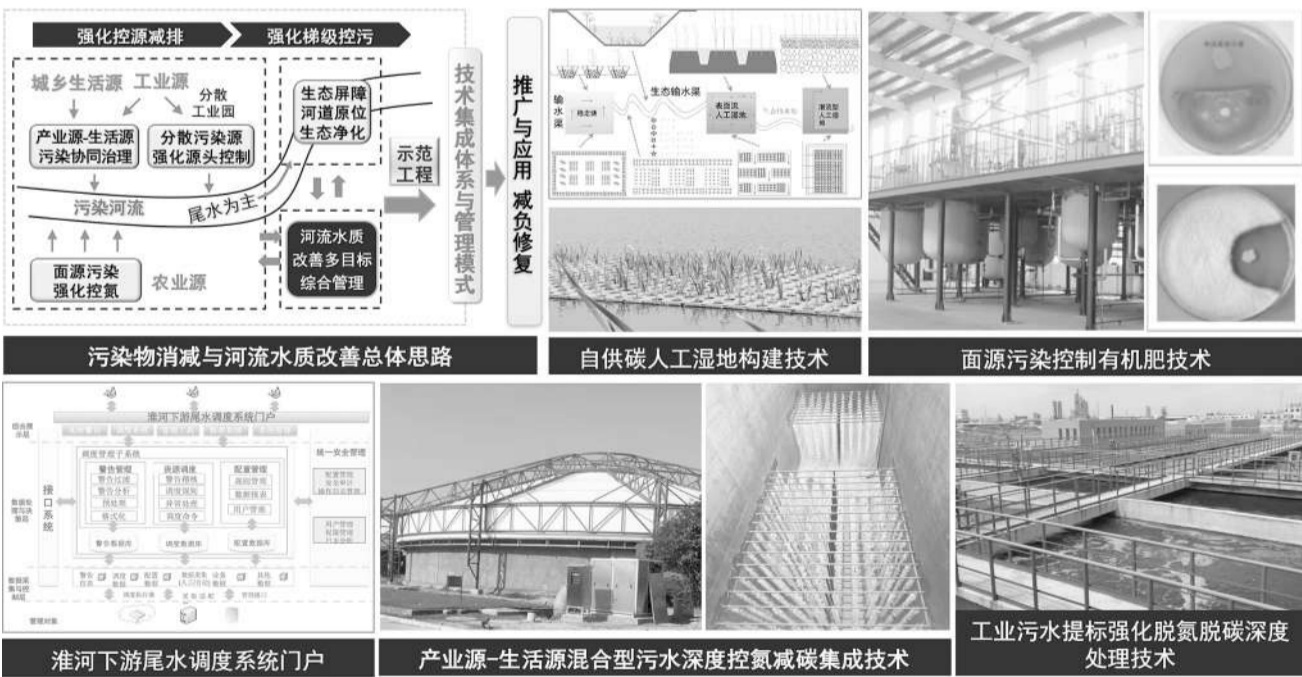


■ 聚焦

源头减排 梯级治污 变废为宝 全程管控

——水专项“淮河下游重污染河流水质改善技术集成与综合示范”课题创新纪实

王林



淮河下游河网水体以淮入海水道为主干,西起洪泽湖,东至黄海,北临废黄河南岸,南至苏北灌溉总渠北岸,全长约160公里的区域,流域面积64600平方公里,地跨江苏省淮安和盐城两市。2010年以来,随着苏南地区的产业结构调整和治污力度的不断加强,大量排污企业向苏北转移,造成该区域内水环境污染日益严重,水生态功能退化问题突出,严重影响流域范围及近岸海域的水生态安全。为此,2013年国家水体污染控制与治理科技重大专项就“淮河下游重污染河流水质改善技术集成与综合示范”课题进行了立项,旨在为解决该区域内的水环境污染问题提供科技支撑。

在江苏省环境保护厅水专项管理办公室的大力支持下,中国科学院生态环境研究中心王爱杰研究员带领的课题团队,联合南京大学、南京大学盐城环保技术与工程研究院、哈尔滨工业大学及江苏省水文与水资源勘测局,针对淮河下游区域污染物负荷主要来源于重污染支流汇入、面源污染物输入以及分散污染源直排的现状,提出了“强化控源、梯级控污、多目标管理”的核心定位,制定了行之有效的

污染物削减与河流水质改善整体技术路线。据了解,课题团队经过5年的科研攻关,自主研发出5项关键技术(产业源-生活源混合型污水深度控氮减排集成技术、入河分散工业集聚区污水提标增效强化处理集成技术、重污染河流水质改善生态净化与生态修复技术、农业废弃物资源化防控面源污染集成技术、淮河下游重污染河流水质改善多目标管理综合技术),形成了针对源头控污、梯级修复及水质综合管理的核心技术群及技术集成体系,并在淮河流域治污工程项目中得到大规模应用,达到了预期的技术效果。同时,部分技术在海河流域、太湖流域进行推广应用,起到了以点带面的良好示范作用,为地方政府和企业解决水环境污染问题,提供了有力的科技支撑。

源头减排、深度控污,实现产业源-生活源污染协同治理

淮河下游以清安河为代表的重污染支流流域内经济发达,人口稠密,汇水范围内工业源、生活源污染负荷大,支流自身基流匮乏,水体自净能力差。仅清安河的污染贡献值就

水可生化性差、污染物种类繁多、水量不稳定等问题,通过前置物化处理系统去除难降解毒害污染物并提高可生化性,通过组合生化处理系统强化生物脱氮能力,并通过后置物化处理系统实现生化尾水深度净化,从而形成“物化+生化+物化”三级集成处理工艺,并成功地在工业园区污水厂进行了工程示范,实现了主控指标COD每年削减排放量1620吨、氨氮每年削减排放量162吨,并降低运行药剂成本30%的显著效益。

上述两项源头控污技术示范工程,为纳管区域42.7平方公里内工业源-生活源混合型污水处理厂和自备纳管条件的工业集中区工业源污水处理设施的规范化运行作出了良好的示范作用。通过淮河下游流域尾水深度处理及回用关键技术研究,可以保证出水优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准,可以回用到市政用水、生活杂用水、工业冷却水等。通过工业尾水深度处理及回用关键研究,实现工业尾水深度处理及回用,减少污染排放,提高水资源的利用率。

基于上述技术,项目团队与南京大学合作,提出了淮河下游重污染支流清安河治理点、线、面、技术体系重污染河流“三三三”治理模式(三级控制、三级循环、三级标准),作为技术支撑,向淮安市政府提供了《清安河水环境综合整治初步技术方案》,产生了显著的社会效益。

生态廊道与人工湿地交替互补,实现原位控氮减排与梯级截污

淮河下游重污染支流生态退化严重,河道自净能力差,难以高效净化污水厂尾水。针对重点示范河道修复区域,课题团队提出了原位修复、输移净化的技术策略。通过开发高盐水体适用的污染河流水质原位生态净化技术、河道原位水质净化微生物生态调控技术和支流污水排入端湿地处理场集中净化达标技术,来实现对重污染河流水质生态修复,共建成长度5千米的淮河下游重污染河道生态净化与生态生态修复示范工程,处理规模达到4万吨/天。

在该示范工程中,生态修复优先选择具有高效净化能力的土著物种,并充分考虑季节更替,春夏植物选择苦草、狐尾藻、金鱼藻等,冬

季植物选择草和伊乐藻。在整体上,研究人员以生态廊道和人工湿地处理场作为基本的系统功能单元,二者交替串联,通过合理配置物候期交替互补的水生植物群落,实现不同季节下两类系统单元生态功能的交替互补。

根据实际运行过程中的水质分析结果可知,当河水经过生态修复区域处理后,COD可达到40毫克/升以下,氨氮在2毫克/升以下,溶解氧含量在5毫克/升以上,且经测算,该示范工程实现了削减总氮排放的20%、削减了总磷排放的10%,成功实现了对重点示范河道的生态修复,可为其他重污染河道的生态恢复和生态廊道建设提供很好的示范。

变废为宝、面源管控,农业面源污染物资源化助力面源污染控制

淮河下游入海河道和苏北灌溉总渠周边农业发达,秸秆、农产品加工废弃物和畜禽粪便量大且分散,处理不当容易造成严重的环境污染。

课题团队全面调查了该区域内畜禽养殖、农产品加工、水产养殖、村庄的生活垃圾和生活污水、地膜废弃物等污染物的特征,建立了分散污染源数据库,分析污染物的组成和产生量的动态,评价分散点源污染物的生态与环境风险,分析不同资源化利用方式所需的成本和可能带来的经济效益和环境风险。基于此,将农业废弃物进行高效收集,就地制作成可直接归田的生物有机肥。

据了解,有机肥示范工程在淮安某牛奶公司有机肥厂展开,在该厂建立的生物有机肥生产以畜禽粪便为主要原料,接种高效植物促生菌,经过18天的高温好氧发酵制备成生物有机肥,将发酵周期缩短了1/3,具有每年消纳畜禽粪便1万吨的能力。生产的生物有机肥质量达到农业行业标准《生物有机肥》(NY884-2012)的要求,有效活菌数可达2亿/克,且可以在水产养殖中应用并完全替代饲料,也可以在饲料玉米种植中应用,增产效果明显,并减少化肥用量30%以上,减少农田氮素流失20%以上。

科学调度、全程管控,形成尾水资源化利用及水质改善长效调控机制

要实现淮河流域水环境质量改善的总体目标,必须强化面源污染控制及其生态系统

的良性循环。

研究团队针对淮河下游重污染河道氮、磷排放总量超出河流自净能力的现状,系统分析重点支流、面污染源输移规律,运用3S技术,构建淮河下游水文特征分区的水量-水质-水生态协同控制多目标计算模型系统,制定区域最大日负荷(TMDL)计划,研究并提出淮河下游重点支流尾水水质水量限值标准建议。

同时,该团队根据尾水排放水质水量限值标准,有效集成并构建淮河下游尾水污染负荷削减技术体系,优化区域尾水污染负荷削减技术方案;根据区域尾水毒害性及资源化利用可行性,进行尾水资源定位,构建尾水资源化利用、尾水生态调度和洪安全保障为一体的人海河流水质改善综合调度技术方案。

综合以上两套体系方案,该团队有机整合现有水资源监控网络,建立淮河下游重要入海河流主要控制断面在线监控系统,有效集成淮河下游水量-水质协同控制多目标计算模型,构建具有数据诊断、综合分析和系统评估功能的专家信息监管平台,为淮河下游尾水资源化调度和水质改善多目标管理提供决策支持平台。

根据构建出的水质改善多目标管理信息平台的测算,该团队对淮入海水道进行了调水实验,并对主要考核断面——苏嘴南泓断面和漫水桥断面水质进行了分析。调度前苏嘴南泓断面COD24.5毫克/升,氨氮3.77毫克/升,DO5.1毫克/升;漫水桥南泓COD66.5毫克/升,氨氮4.09毫克/升,DO2.3毫克/升。调度后:苏嘴南泓COD12.2毫克/升,氨氮0.63毫克/升,DO7.3毫克/升;漫水桥南泓COD3.6毫克/升,氨氮0.80毫克/升,DO6.5毫克/升。第二次调水实验苏嘴及漫水桥断面均达到Ⅲ类水质标准,与调度方案预计效果一致,这说明调度对沿线水质改善明显。

总体上,课题团队通过技术创新,技术推广应用、技术服务地方等途径,为淮河下游污染负荷修复和流域水质改善作出了积极贡献。而且,结合淮入海水道二期工程建设,向淮河流域管理委员会提交了《入海水道二期工程对地表水水质影响及应对技术措施》报告,并通过模型推演,评价和预测了流域水质改善的作用效果,为国家和地方管理部门提供了决策依据。