

# 海上漏油有救了

## ——记国家科技支撑计划项目“智能化水面溢油处置平台及成套装备研制”

□ 本报记者 矫阳



收油机海试

“经过21家参研单位近3年的攻关,这个项目突破了深水沉船钻孔抽油一体化、高效溢油吸附材料等多项国际领先的关键技术,形成了重大海上溢油快速高效回收集成系统、高性能溢油吸附材料及应用技术、可视化深水沉船开孔抽油无人作业系统和基于监测预测技术的水上溢油应急决策支持与调度指挥平台等一批重大成果。”11月初,在交通运输部水运科学研究所,项目负责人张宝晨告诉记者。

2015年6月30日,由交通运输部组织实施、部水运科学研究所(以下简称水科院)牵头承担的“十二五”国家科技支撑计划“智能化水面溢油处置平台及成套装备研制”项目通过了科技部组织的项目验收。根据课题验收和技术鉴定结论,项目成果总体达到国际先进水平,部分成果达到国际领先水平。

至此,我国应对海上溢油重大风险的处置能力,得到了全面大幅度提升。

### 应对水面溢油 新项目立足高技术处置

2010年4月20日夜间,位于墨西哥湾的“深水地平线”钻井平台发生爆炸并引发大火,钻井平台底部油井自2010年4月24日起漏油不止。事发半个月后,沉没的钻井平台每天漏油达到5000桶,并且海上浮油面积在2010年4月30日统计的9900平方公里基础上进一步扩张,造成的经济损失达数千亿美元。

无独有偶。2010年7月16日,位于辽宁省大连新港附近的大连中石油国际储运有限公司原油罐区输油管道发生爆炸,造成原油大量泄漏并引发火灾。

彼时,我国对海上溢油处置已有一些技术储备。“十五”以来,交通运输部、国家发改委等部门先后组织了水上溢油预测预警、遥感识别与监测、海上溢油应急快速反应等关键技术研究,取得了一批成果,奠定了我国在该领域的研究基础。“十一五”期间,立项国家科技支撑计划项目,即“远洋船舶压载水净化和水上溢油应急处理关键技术研究”,在溢油监测、预测预警、应急决策、损害鉴别评估等领域取得了创新性进展,构建了我国水上溢油应急处理技术支撑体系,在一定程度上提升了我国溢油应急技术水平。

“这些技术成果在处置大连溢油时,发挥了很好的作用。然而,由于我国溢油主动监测、大型围控与回收设备大多依赖进口,国产设备主要适用于

封闭水域,技术水平较低,系列化成套产品严重不足,环保型溢油吸附材料与消油剂的研究开发尚处于空白,在溢油滚动预报、应急方案优化、溢油应急业务化平台等方面,急需在现有科研基础上加强相关成果深化和支撑水平提升。”张宝晨说。

面对突如其来的特大溢油,前期已有的技术无法全面应对,清理回收大部分仍以人海战术为主。据大连当地媒体报道,截止到2010年8月1日,大连预计有志愿者5万多人参加海岸清污工作。瓢、盆、筷子、帽子、碎头发……大连人拿起各种最简单的工具拯救自己的家园。

随着经济社会发展对石油能源的依赖越来越大,海上石油运输量不断攀升,沿海石油开采迅猛发展,沿岸石油炼化加工与储存设施也越来越多,这就导致我国沿海海域的石油污染风险长期存在。

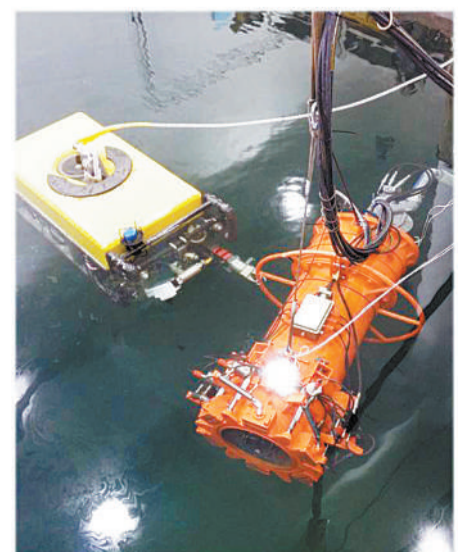
面对海上溢油这一海洋污染最深重的灾害,人类应对方法是持续的科技支撑。“十二五”科研项目立项调研时,开展高效实用的重大海上溢油应急处置关键技术的研究与产品研制,成为科技部与交通运输部的共识。

在总结“十一五”国家科技支撑计划项目成果的基础上,“十二五”国家科技支撑计划项目“智能化水面溢油处置平台及成套装备研制”,由科技部在2012年立项实施。

### 七个课题 聚焦预测预警、围控回收和决策指挥

欧美等发达国家在溢油应急技术研究上起步很早,在立体监测监测海上溢油、溢油浮标跟踪定位、海上溢油控制和清除等多方面技术及相关设备上取得丰硕成果,一些欧美公司早在1969年就开始设计并制造各种海上溢油回收、监测等处置设备,迄今为止已基本控制了海上溢油应急技术与装备的国际市场。

“十二五”立项从哪里着手?目标是什么?针对这些问题,经过反复比选,新项目被定位为向世界最新技术看齐,并适合我国特有的海上环境。



机器人及钻孔抽油机

带着这一目标,张宝晨与他的团队开始进行大量可行性调研。

“一般来讲,海上溢油污染主要来自于船舶、石油钻井平台和陆上设施。一旦发生溢油事故,相关部门会立即启动应急响应,包括预测预警、围控回收和决策指挥等,其中预测预警和围控回收又可以概括为感、围、收、吸、消、储、抽这8个字。”回顾几年前的立项经过,张宝晨说。

张宝晨介绍,“感”就是依靠卫星遥感、报警浮标、飞行器巡航等技术手段发现海面油污,“围”就是运用跟踪浮标、溢油漂移预测模型等判断油污的概况,“围”就是利用围油栏等设施将溢油围住,“收”就是利用围油栏等设施将溢油围住,“吸”就是用吸油毡等吸油材料接触和吸走海面油污,“消”就是用分散剂等消油材料快速分解油污,“储”就是利用回收船和油囊等设施将回收的油储存起来并运往指定地点,“抽”就是通过钻孔机和抽油机将沉船的舱内存油抽出来。

紧紧围绕既定目标,把准解决问题的脉搏,历经一年多的调研,逐渐形成了项目意见书,并将项目定名为“智能化水面溢油处置平台及成套装备研制”。

项目针对水上重大溢油事故应急处置的薄弱环节,围绕海上溢油实时监测报警、围控、回收、处置等技术、材料、产品、装备及平台的研制,设置了“智能化船用双臂架收油机与油囊研制”“高效环保消油剂与快速布控重型围油栏研制”“高性能溢油吸附材料及回收利用技术”“深水溢油事故处置机器人研制”“水面溢油跟踪监测浮标与无人监测装备研制”“智能化控制水上溢油处置平台研制”和“海上重大溢油事故应急调度指挥集成技术研究”等7个课题。7个课题环环相扣,全方位



收油系统海试



无人机溢油监测系统飞行试验

测装备研制”、“智能化控制水上溢油处置平台研制”和“海上重大溢油事故应急调度指挥集成技术研究”等7个课题。7个课题环环相扣,全方位

构筑起溢油处置的立体堡垒。历经科技部和交通运输部相关评审后,2012年5月8日,科技部正式批准这一项目立项。

### 高效清洁回收 监测光电吊舱、收油机、阻截式油水分离系统

外型状若宇航员头盔,实则为“水面溢油跟踪监测浮标与无人机监测装备研制”课题中一个重要成果,即监测光电吊舱。

2015年11月,在交通运输部水运科学研究所,水科院电气控制与信息通讯技术研究中心副主任顾群说:“这是一个成像装置,上面的镜头可以进行360度旋转,用无人机搭载,实现海上溢油的空中无人化监测。”

通俗来讲,顾群负责的这个课题是整个项目的眼睛。最原始的跟踪发现是靠人的眼睛,后来主要停留在遥感卫星层面。而海上溢油,很多是在远洋深海,还要伴随海风和洋流。依托最先进的技术,顾群和他的课题组首创了被红外飞行器溢油监测技术,以及基于微浮子水面薄油膜电导传感与随动监测技术,在国际上均处于领先。同时,课题还首次建立了溢油跟踪浮标体尺寸、风系数、亲油材料面积与吸附力的数学模型,突破了溢油快速定位、准确跟踪的难题。

发现了敌情,当然是要消灭敌人,而有效地战斗必需依靠最先进的装备,处置海上溢油亦是如此。研制适应我国海洋特色的大型现代化收油机,成为“智能化水面溢油处置平台及成套装备研制”总项目重为关键的一环。

此前,我国并没有收油机装备。“通过考察世界最先进的收油机,我们通过引进消化吸收再创新,首次开发了收油机环境自适应控制技术和四连杆同步定向技术,并进行了综合技术集成,研制出自己的国产大型收油机,即智能化船用双臂架收油机。”交通运输部水运科学研究所工艺装备中心总工程师张德文说。

2014年12月9日,在青岛试验基地,新诞生的大型收油机开始静态试验,其收油效率、环境适应性和油水分离性能均达到国际领先水平。

含水油能高效回收了,而如果只靠船舱存储,海面的溢油回收船工作效率会非常低。研究团队提出了全新的高效溢油回收系统构建思路,即依托溢油回收船,构建一个包括智能化船用双臂架收油机、智能化阻截式溢油分离回收系统和大容量浮式油囊等独立单元的系统,使溢油快速回收、油水高效分离、油类分储储运有机衔接、集成和匹配,让海面溢油在得到高效回收的同时,现场实现高质量的油水分离,净化达标的海水及时排放,溢油回收船上回收的高纯度油满舱前及时驶入大型浮式油囊储运,从而确保溢油回收船和整个收油系统在溢油海面持续高效作业。阻截式溢油分离回收系统每小时可以处理200吨含水油,每个浮式油囊可以装50吨油。

“这些成果使我国大型收油机和多项装备实现了国产化,并拥有完全自主知识产权,不必再依赖进口。此外,相关技术成果可推向国际市场,有的还可为我国争取国际海事标准主导权奠定了基础。”张宝晨说。

春华秋实。“智能化水面溢油处置平台及成套装备研制”项目硕果累累,共取得20余项新产品、新装置、新工艺及计算机软件等;形成技术标准6项,操作规程及指南10余项;申请并受理专利40余项(已授权14项),其中申请发明专利26项(已授权2项);发表论文70篇,并培养了一批优秀的科研及技术人才。

### 成果

“智能化水面溢油处置平台及成套装备研制”共设置7个课题,互相支撑,紧密相连,系统而有效地提升了我国的溢油应急技术与能力。以下便是七个课题取得的主要技术成果。

#### “水面溢油跟踪监测浮标与无人机监测装备研制”课题

首创基于微浮子水面薄油膜电导传感与随动监测技术并达到国际领先水平,综合性能明显优于国外产品。同时,它还首次建立了溢油跟踪浮标体尺寸、风系数、亲油材料面积与吸附力的数学模型,突破了溢油快速定位、准确跟踪的难题;首创中波红外飞行器溢油监测技术,并研制了无人机溢油监测机载光电吊舱,实现了海上溢油的空中无人化监测,该技术国际领先。

#### “智能化船用双臂架收油机与油囊研制”课题

基于收油带速度与水流速度、油膜厚度匹配规律研究,首次开发了收油机环境自适应控制技术和四连杆同步定向技术,并进行了综合技术集成,其收油效率、环境适应性和综合性能具有国际领先性。与此同时,基于新一代高适应性HKW阻截油水分离膜材料和新型阻截油水分离膜单元研发,研制了综合处理能力优于国内外同类系统、国际领先的油水分离系统。

#### “高效环保消油剂与快速布控重型围油栏研制”课题

研制的抗风浪性强、吸油性好、阻油效率高的重型围油栏和占用空间小、可遥控操作的快速布控装置,为恶劣海况下实施溢油围控提供了国产技术装备。同时在研发生物表面活性剂生产工艺的基础上,首次以甜菜糖脂和槐糖脂为核心成分,成功复配制备了具有高活性、低毒性的生物消油剂,提升了消油剂产品性能,降低了毒性,提高了生物降解性。

#### “高性能溢油吸附材料及回收技术”课题

自主研发了海绵状树脂型吸附材料、改性废弃羽绒类特效吸附材料、互穿网络结构生态凝胶溢油吸附材料等三类材料及其生产和应用装备,取得了系列化的研究成果。发明的分子协同机理和柔性链与刚性链并存的交联三维网络空间结构,改进了树脂型材料的表面修饰技术和材料编织技术,研制的海绵状树脂型吸附材料为国际首创,材料的吸油性、保油性和重复使用性均达到国际领先水平。

#### “深水溢油机器人研制”课题

首创深水沉船“锚固-钻孔-抽油”一体化技术和深水沉船钻孔抽油作业机器人协同技术,其研发的深水沉船钻孔抽油空芯钻杆装备和可视化监控系统,使我国今后的深水沉船钻孔抽油无人化作业成为可能,填补了我国在水下溢油事故无人化处置领域的空白,为关键装备国产化奠定了技术基础。与进口设备相比,抽油机避免了钻孔抽油二次作业,开孔处置和综合性能具有国际领先性。

#### “海上重大溢油事故应急调度指挥集成技术研究”课题

首次构建了基于溢油应急多元海量信息采集与处理系统的国家重大海上溢油事故应急指挥技术支持平台,研发了根据自然环境条件变化、应急资源供给条件和敏感资源优先保护要求而智能化生成应急处置方案的海上溢油应急决策支持与调度指挥系统,溢油应急处置方案动态优化技术国际领先。

#### “智能化控制水上溢油处置平台研制”课题

通过溢油应急处置船舶改装,构建了以“海巡0512”等专业船艇为依托的,具有现场应急指挥功能的智能化控制的水上溢油处置平台,实现了智能化控制水上溢油现场处置信息集成平台与现场溢油回收系统、浮标、无人机电吊舱、水下作业机器人等相关装备的集成示范应用。该课题首次提出了溢油应急处置船舶的溢油回收、分离、储存与转运能力匹配算法,优化了溢油应急处置船舶功能配备方案,开发了基于物联网技术的溢油应急处置船舶、装备和物资一体化智能控制技术及其系统,提高了现场应急处置指挥辅助决策水平。

### 应用

相关单位建立了7条中试线或产品生产线,包括溢油阻截分离与回收设备、浮动油囊、重型围油栏、高效环保消油剂、海绵状树脂型吸附材料、改性废弃羽绒类特效吸附材料、互穿网络结构生态凝胶溢油吸附材料等。

相关成果不仅应用于水上溢油应急领域,其技术及衍生产品也应用于陆上、油田及船舶污水处理和救助打捞工程等领域。其研发的相关系统、装备及产品在海事、救援、港口及石化领域的30余家单位得到了应用验证或已完成成果转化,部分已实现产业化销售,产生了可观的经济效益,如项目研发的吸油材料、消油剂、重型围油栏、浮动油囊等相关产品现在就可实现年销售收入约1800万元。

为青岛“11·22”管线爆炸、“威尼斯桥”事故、“达飞佛罗里达”长江口撞船事故、南京长江大桥“鑫川8号”轮撞桥沉没等重大事故的溢油应急处置提供了有力的技术支撑,产生了良好的社会效益。