

一、项目名称

大型流体储运设施安全无源监测预警关键技术与装备

二、申报奖种及等级

山东省科技进步二等奖

三、提名者及提名意见

提名者：

山东省科学院

提名意见：

经审查，该项目申报材料内容真实可靠，成果等材料填写规范，完成人所完成工作量以及在创新点中发挥的作用属实，形式审查合格，完成人排序、承担的任务和创造性贡献无异议。

该项目针对大型流体储运设施安全监测预警技术与装备相对落后，难以适应危险源监控预警、灾害防治和事故应急救援需求的技术瓶颈，研发出储罐浮盘倾角、浮仓液位、罐体基础沉降、密封圈温度、气体浓度、二维风速、压力及管道沿线温度等光纤传感器系列，实现了储罐完整性综合监测预警、危险源辨识溯源、长输管道泄漏精确定位及热能损失预警，建立了大型流体储运设施安全无源监测预警系统，形成了具有自主知识产权的关键技术体系，为保障储运设施安全稳定运行提供了决策依据。

该项目已授权发明专利 41 项，发表 SCI/EI 论文 73 篇，研制出光纤传感器新产品 9 项。形成地方标准《大型浮顶储罐安全技术规程》1 项，参与制定国家标准《智能管网系统 第 1 部分总则》1 项，部分

技术指标国际领先。成果已在多个储罐、多条管道成功推广应用，大幅提升了我国储运设施安全监测预警技术水平，经济社会效益显著。

该项目符合山东省科技进步奖推荐条件，推荐该项目申报山东省科技进步二等奖。

四、项目简介

该项目属于公共安全与电子信息技术交叉领域。大型储罐、长输管线是保障我国国家安全、能源供给、城市正常运转的生命线工程。目前，我国油气、供热、供水等流体储运设施安全监测预警技术及装备依然相对落后，存在监测盲区、适用性不强、可靠性差等问题，难以适应危险源监控预警、灾害防治和事故应急救援需求，亟需进行成套关键技术的升级与创新，以满足现代储运行业安全、高效、环保、可持续发展的迫切需要。

在国家科技支撑计划、中石化十条龙科技攻关等重大课题的支持下，历经 10 余年产学研联合攻关，通过系统的基础研究、技术开发和工程应用，建立了国际先进的大型流体储运设施安全无源监测预警系统。主要创新如下：

创新点一：首创了大型原油储罐完整性全光纤无源监测预警系统。针对原油储罐浮盘卡阻、沉盘，密封圈气体泄漏，罐体沉降等安全隐患，以大容量综合监测分站为核心，以倾角、液位、温度、沉降、气体浓度等多参数光纤传感器为感知终端，创建了大型浮顶储罐浮盘状态、罐体基础沉降及密封圈火灾综合监测预警系统，攻克了浮盘、密封圈等防爆 I 区无监测手段、存在监测盲区的行业难题。

创新点二：创新了基于光纤负压波和分布式传感技术的管道泄漏定位预警系统。沿管道构建分布式快速响应光纤压力传感器阵

列，攻克了多传感器自同步、负压波波速校正、超远距离光栅解调等关键技术，突破了传统负压波系统定位精度低、小泄漏不敏感等技术瓶颈；研发双向光纤标定及典型区间互相关空间分辨率提升算法，攻克了不同光缆现场适用性难题，精细描绘出管道泄漏位置热场分布和扩散趋势，形成了高温流体管道泄漏定位及热能损失预警系统。

创新点三：研发了基于多参数光纤传感网络的危险源辨识溯源系统。针对易燃易爆气（液）体场所传统电子类传感器及监测系统可靠性差、存在供电安全隐患等弊端，创新研发出无源气体、二维风速、温湿度等光纤传感器和多参数监测网络，获取区域内有毒有害气体浓度数据，并结合环境参数信息动态溯源泄漏点的来源方向、重点区域，推演泄漏气体的扩散路径。

该项目研发了大型流体储运设施全方位安全监测预警技术及装备，已授权发明专利 41 项，发表 SCI/EI 论文 73 篇，研制出光纤传感器新产品 9 项。形成山东省地方标准《大型浮顶储罐安全技术规程》1 项，参与制定国家标准《智能管网系统 第 1 部分总则》1 项。该成果已在石化、热力、燃气等储运设施成功推广应用，经济社会效益显著，显著提升了我国储运设施安全监测预警技术水平，推动了行业转型升级。

五、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权 (标准)具 体名称	国家 (地区)	授权号 (标准 编号)	授权(标 准发布) 日期	证书编号 (标准批 准发布部 门)	权利人 (标准 起草单 位)	发明人 (标准 起草 人)	发明专利 (标准)有 效状态	第一完 成单 位 是否参 与	第一完 成人是 否参与
--------------------	----------------------	------------	-------------------	--------------------	----------------------------	-------------------------	------------------------	----------------------	----------------------------	-------------------

发明专利	一种浮顶储罐浮仓积液监测传感器及浮仓在线监测装置	中国	ZL201810202596.1	2020年11月20日	4105336	中国石化股份有限公司青岛安全工程研究院	甄永乾, 程庆利, 陶彬等	有效	否	否
发明专利	基于光纤负压波的油气管道泄漏监测定位系统及方法	中国	ZL201610016822.8	2019年1月4日	3202717	山东省科学院激光研究所	王纪强, 赵林, 刘统玉等	有效	是	是
发明专利	二维风速风向传感器及系统	中国	ZL201810232305.3	2019年12月13日	3632828	山东省科学院激光研究所	王纪强, 李振, 赵林等	有效	是	是
标准	大型浮顶储罐安全技术规程	山东省	DB37/T3964-2020	2020年7月8日	山东省市场监督管理局	中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院	陶彬, 张玉平, 马开良等	其他有效知识产权	否	否
发明专利	DTS系统衰减系数不同时标定方法	中国	ZL201610934455.X	2018年7月10日	2994882	山东微感光电子有限公司	李润春, 刘统玉, 侯墨语等	有效	否	否
发明专利	管道泄漏检测方法及装置	中国	ZL201611094634.3	2019年6月25日	3430872	山东省科学院激光研究所	赵林, 王纪强, 刘统玉等	有效	是	是
发明专利	管道泄漏监测方法、装置及系	中国	ZL201810527669.4	2020年9月11日	3984500	山东省科学院	侯墨语, 王	有效	是	是

	统			日		激光研 究所	纪强， 赵林等			
发明专利	管道泄漏 检测方法 及装置	中国	ZL2017 110954 92.7	2019年 12月13 日	3631405	山东省 科学院 激光研 究所	赵林， 王纪 强，李 振等	有效	是	是
发明专利	自适应反 射式红外 激光工业 危险泄漏 气体监测 装置	中国	ZL2016 105354 12.4	2018年 9月7日	3062405	山东微 感光电 子有限 公司	王寅， 魏玉 宾，刘 统玉等	有效	否	否
发明专利	环境监测 系统、方 法及装 置	中国	ZL2018 104661 97.6	2020年 10月13 日	4028439	山东省 科学院 激光研 究所	王寅， 魏玉 宾，刘 统玉等	有效	是	否

六、主要完成人情况表 (姓名、国籍、身份证号、排名、技术职称、工作单位、二级单位、完成单位、参加本项目的起止时间、对本项目技术创造性贡献、曾获省级以上科技奖励情况)

1. 姓名：王纪强；国籍：中国；排名：1/9；技术职称：副研究员；工作单位：齐鲁工业大学（山东省科学院）；二级单位：山东省科学院激光研究所；完成单位：山东省科学院激光研究所；参加本项目的起止时间：2010.08-2018.10；具体贡献：项目总负责人，制定项目的整体方案和实施计划，提出项目研究思路和技术路线，组织实施和推广应用，对创新点2和3做出了创造性贡献。曾获奖励情况：“光纤综合检测系统研发及应用”；山东省科技进步三等奖；2012年；第3

位。

2. 姓名：陶彬；国籍：中国；排名：2/9；技术职称：教授级高工；工作单位：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院；二级单位：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院；完成单位：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院；参加本项目的起止时间：2015年6月-2018年10月；具体贡献：创制了基于光纤多参数传感技术的浮顶储罐浮盘状态、罐体基础沉降、密封圈火灾综合监测预警系统方案，牵头制定山东省地方标准《大型浮顶储罐安全技术规程》1项。对创新点1、3做出了创造性贡献。曾获奖励情况：“高效油气回收成套技术及应用”；山东省科技进步二等奖；2016年；第3位。

3. 姓名：姜龙；国籍：中国；排名：3/9；技术职称：工程师；工作单位：山东微感光电子有限公司；二级单位：无；完成单位：山东微感光电子有限公司；参加本项目的起止时间：2013年6月-2018年10月；具体贡献：负责光纤传感器的工程技术研究及应用推广，提出了基于波纹管与悬臂梁组合结构光纤压力传感器，提高了传感器环境适应性。对创新点1、2做出了创造性贡献；曾获奖励情况：“矿山动力灾害前兆光纤综合监测系统”；山东省科技进步三等奖；2018年；第5位。

4. 姓名：倪奉尧；国籍：中国；排名：4/9；技术职称：工程师；工作单位：山东东宏管业股份有限公司；二级单位：无；完成单位：山东东宏管业股份有限公司；参加本项目的起止时间：2014年7月-2018年10月；具体贡献：负责智能管道泄漏监测及预警技术的合作研发

及应用推广，提出了基于光纤温度、压力、气体浓度等多参数智能管道监测系统，对创新点 2 做出了创造性贡献；曾获奖励情况：无。

5. 姓名：赵林；国籍：中国；排名：5/9；技术职称：副研究员；工作单位：齐鲁工业大学（山东省科学院）；二级单位：山东省科学院激光研究所；完成单位：山东省科学院激光研究所；参加本项目的起止时间：2012 年 8 月-2018 年 10 月；具体贡献：负责基于光纤传感器阵列的负压波管道泄漏监测系统整体方案的设计，提出了互相关延时估计定位算法，有效提高了管道泄漏定位精度，对发明点 2 做出了创造性贡献；曾获奖励情况：“基于光纤传感网络的煤矿安全综合监控系统”；山东省科技进步一等奖；2015 年；第 12 位。

6. 姓名：马开良；国籍：中国；排名：6/9；技术职称：工程师；工作单位：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院；二级单位：无；完成单位：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院；参加本项目的起止时间：2015 年 6 月-2018 年 10 月；具体贡献：负责油气储运领域光纤传感器及系统的预警技术研究及应用推广，对创新点 1、3 做出了创造性贡献；曾获奖励情况：无。

7. 姓名：魏玉宾；国籍：中国；排名：7/9；技术职称：研究员；工作单位：齐鲁工业大学（山东省科学院）；二级单位：山东省科学院激光研究所；完成单位：山东省科学院激光研究所；参加本项目的起止时间：2009 年 6 月-2018 年 10 月；具体贡献：负责研发光纤无源气体传感器及激光遥测装置，对创新点 1、3 均做出了创造性贡献；曾获奖励情况：(1)“煤矿灾害光纤检测系统”；山东省科技进步二等奖；

2011年；第3位；(2)“光纤综合检测系统研发及应用”山东省科技进步三等奖；2012年；第4位。

8. 姓名：李振；国籍：中国；排名：8/9；技术职称：助理研究员；工作单位：齐鲁工业大学（山东省科学院）；二级单位：山东省科学院激光研究所；完成单位：山东省科学院激光研究所；参加本项目的起止时间：2016年8月-2018年10月；具体贡献：负责高灵敏度光纤风速传感器研发，攻克了传统风速传感器对低风速不敏感的技术瓶颈，对创新点3做出了创造性贡献；曾获奖励情况：无。

9. 姓名：侯墨语；国籍：中国；排名：9/9；技术职称：助理研究员；工作单位：齐鲁工业大学（山东省科学院）；二级单位：山东省科学院激光研究所；完成单位：山东省科学院激光研究所；参加本项目的起止时间：2014年3月-2018年10月；具体贡献：负责基于光纤分布式传感的长输管线泄漏定位及热能损失预警系统研发，提出了双向光纤标定及典型区间互相关空间分辨率提升算法，提高了管道泄漏检测定位精度，对创新点2做出了创造性贡献；曾获奖励情况：无。

七、主要完成单位情况表（单位名称、排名、对本项目科技创新和推广应用情况的贡献）

1. 单位名称：山东省科学院激光研究所；排名：1/5；对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：对创新点1、2、3均做出了重要贡献，包括：创制了无温控多谱线自适应激光气体检测技术；浮顶储罐光纤无源分布式微型气体检测探头、高灵敏度无源二维风速传感器；本质安全型高空间分辨率分布式测温装置、激光气体遥测装置；光纤负压

波管道泄漏定位系统、光纤多参数危险源辨识溯源系统等。是该项目主要知识产权证明目录中 6 项专利的专利权人；4 届“光纤传感器及工业安全应用（OFSIS）”系列国际会议、“中国国际光纤传感技术及应用大会-激光/光纤传感器安全应急应用研讨会”的承办单位。

2. 单位名称：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院；排名：2/5；对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：对创新点 1 做出了重要贡献，包括：创制了基于光纤多参数传感技术的浮顶储罐浮盘状态、罐体基础沉降、密封圈火灾综合监测预警系统方案，并在中石化下属黄岛、岚山等油库推广应用，形成山东省地方标准《大型浮顶储罐安全技术规程》1 项。

3. 单位名称：山东东宏管业股份有限公司；排名：3/5；对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：对创新点 2 做出了重要贡献，包括：基于光纤多参数传感技术建立智能管网系统，并开展化工、燃气、热力、供水等管网设施监测推广应用。

4. 单位名称：山东微感光电子有限公司；排名：4/5；对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：对创新点 1、2、3 均做出了重要贡献，包括：研发了储罐浮盘密封圈火灾监测预警系统、高温流体管道泄漏定位及热能损失预警系统、激光气体遥测装置等；是该项目主要知识产权证明目录中 2 项专利的专利权人。

5. 单位名称：济宁四和供热有限公司；排名：5/5；对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：负责管道泄漏监测定位等方面的示范应用推广，目前已在济宁四和供热有限公司所辖多条管道项目中推广应

用，取得了良好的应用效果。

十、完成人合作关系说明

第一完成人王纪强和第五完成人赵林、第七完成人魏玉宾、第八完成人李振、第九完成人侯墨语是山东省科学院激光研究所该项目课题组核心成员，是该项目多项技术发明的共同发明人和多项科研课题的共同完成人，主要负责光纤无源气体检测、二维风速传感及管道泄漏监测预警系统的研发。

第二完成人陶彬与第六完成人马开良是中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院该项目课题组核心成员，是山东省地方标准《大型浮顶储罐安全技术规程》的主要起草人，与第三完成人姜龙所在山东微感光电子有限公司保持长期合作，共同完成了储罐浮盘及密封圈的监测预警技术研究及推广应用。

第三完成人姜龙是第一完成人王纪强和完成人赵林的长期合作者。2018年-2019年共同参与了山东省科技计划“基于光纤传感器阵列的负压波管道泄漏监测系统”项目的研发，2015年-2016年共同参与了山东省科技计划“光纤风速传感关键技术研究及其在矿山安全监控系统中的应用”项目的研发，共同推动了光纤风速传感及管道泄漏检测技术在储运安全监测领域的应用。

第四完成人倪奉尧是山东东宏管业股份有限公司负责人，与山东省科学院激光研究所第五完成人赵林是该项目“煤矿瓦斯抽放管道光纤监测系统”专利的共同发明人，共同完成了智能管网监测及应用技术研究。