

项目名称：油罐区重大燃爆事故防范关键技术

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、中国安全生产科学研究院、清华大学

项目简介：

1、项目背景

目前，国内大型油罐区多建在沿江、沿海等自然灾害多发区域，码头、管道、油轮等运输配套设施密集，油罐区事故呈现灾害耦合和链式连锁反应的危险特征，其危害已远远超过单个事故叠加所造成的后果。雷击、静电是造成油罐区重大燃爆事故的主要危险因素，根据 SP 在 1951 年~2003 年间统计的 529 起储罐火灾事故中，因雷击所造成的火灾数占总数的 31%。API2021A 统计的直径大于 30m 浮顶储罐 107 起火灾事故中，因雷击所引起的火灾数为 65 起。国内在 1972 年~1999 年间初步统计较大的油罐雷击着火爆炸事故共 20 多起。2011 年，中石油大连分公司 875 号柴油罐因静电引起闪爆，不但影响生产，承受重大的经济损失，而且造成较大的社会影响。油罐区很多燃爆事故的发生其前期往往出现工艺运行参数的异常征兆，开展油罐区燃爆事故早期征兆监测、预警技术以及事故应急关键技术的研究，是实现早期处置，避免严重事故后果的重点研究内容。我国现有的罐区监控系统缺乏独立的事态安全监控体系，缺少多种实时信息的融合处理，难以满足罐区动态安全监控与应急管理的要求。

2、主要技术内容

针对油罐区存在重大火灾燃爆的风险，以油罐区的“风险评估—

危害控制—监测预警—应急管理”为主线开展科研攻关，重点研究大型油罐区风险评估与布局规划、雷击静电危害控制、油罐区火灾燃爆事故预防与控制、油罐区安全监测预警与应急管理等内容，从技术和管理两方面提升油罐区的风险防控与应急救援能力，最终建立油罐区本质安全理论和重大事故防范体系，同时形成具有自主知识产权的一揽子技术，包括：大型罐区风险评估方法、罐区雷电监测预警技术、大型浮顶储罐防雷成套技术、大型罐区安全动态监控技术、油品静电危险性分类方法等新技术与方法 5 项，罐区安全在线监测预警装备、罐区雷电监测预警装备、浮盘与罐壁绝缘装备、浮顶储罐雷电流泄放装备、管线静电电荷密度监测装备、乙醇汽油防静电混合器等新装备 6 项，罐区综合风险评估软件系统、罐区雷电预警系统、罐区安全动态监控及应急管理平台等软件系统 3 项，并建立示范工程，为大型油罐区的安全运行提供技术支撑。

3、创新点

(1) 系统研究了大型油罐区地震、雷击、溢油、流淌火等典型灾害影响域时空演化机理、过程及后果，建立了基于事件链的时间与空间维度相结合的大型罐区动态定量综合风险评估方法，形成大型油罐区综合风险评估和布局规划软件系统，为大型罐区安全运行和布局规划提供参考。

(2) 研究了储罐不良接触等原因形成的雷击储罐毁伤机理，提出了大型浮顶储罐雷击火灾系统解决方案，研制了浮顶储罐雷击火灾控制装备，包括了储罐雷电流安全泄放装备、新型二次密封胶条、石

油储罐导向柱密封绝缘装置等，成套防护装备的研发应用可以使储罐抗雷击能力从 30kA 上升到 100kA。

(3) 研究基于多手段的雷电监测定位技术和罐区雷电组网技术，完成了罐区雷电监测预警系统的研制，实现了雷击点定位和雷电临近预警，能够提前 10~30 分钟发出雷电预警信息，解决了罐区小区域空间雷电预警问题。

(4) 研究了油品静电本征参数，形成了可燃性液体静电危险性分类方法，基于分类防控的原则，研制了油品静电在线监测系统和乙醇汽油防静电混合器，解决了油品输送过程静电在线监测的难点问题，并有效的降低了乙醇汽油混合时的静电起电危险性，避免静电燃爆事故的发生。

(5) 研究了基于储罐液位、温度、压力、可燃气体浓度等多参数信息融合的罐区安全动态监控技术和应急资源配置优化方法，形成了集实时动态监控、事故预警和应急资源动态调配于一体的罐区监控与应急管理平台，提升了大型罐区在线预警的可靠性和早期应急处置能力。

4、知识产权

形成具有自主知识产权的一揽子技术，包括新技术与方法 5 项、新装备 6 项、软件系统 3 项，授权专利 17 项，发表论文 37 篇。

5、应用、推广情况

课题形成的成果油罐区重大燃爆事故防范关键技术，整体在中国石化管道储运分公司建立了示范工程，围绕罐区“典型灾害风险评估

—日常运行动态监控—雷击危害监测与防控—早期火灾监测与应急资源调配”等方面建立了罐区重大燃爆事故防范体系。课题研发的关键装备油品静电在线监测系统、浮顶储罐新型密封装置及雷电流泄放装备、雷电监测预警系统也分别在山东石油分公司、镇海国家石油储备基地、舟山国家石油储备基地、茂名石油分公司等多家企业应用2000余台套，给企业带来直接的经济收入达上亿元。

本课题成果的实施及成果推广，可以有效降低罐区重大雷击、静电火灾燃爆事故风险，提升罐区本质化安全水平，提高事故预测预警，加强罐区的安全监控与应急管理，对企业安全管理起到重要作用，同时是遏制区域内连锁事故及环境污染等次生灾害的有效手段，经济效益显著，同时为大型罐区安全监管工作提供重要技术支撑，提高我国石油库的技术管理能力，对于保障人民群众的生命财产安全，推动和谐社会建设和石油行业可持续发展具有重要的社会意义。