

燃气管道缺陷检测关键技术开发及应用

1 背景及意义

在油气资源诸多运输方式中，管道运输因其效率高、损耗小、成本低等特点成为了我国油气长距离运输的主要方式。随着石油天然气管道线路越来越长并且越发复杂，管线出现安全事故的情况时有发生。这些安全事故大多是燃气的泄漏造成的，而燃气泄漏主要是由于燃气管道的结构老化、年久失修、自然腐蚀等造成了管道疲劳裂纹、蠕变及开裂等缺陷。激光超声检测技术采用脉冲激光产生超声波、连续激光接收超声波，是在常规超声的基础上发展而来的，作为一种新的检测方式弥补了常规超声的短板，具有完全非接触、无需耦合剂、适合远距离检测、激发超声波带宽大、空间分辨率高、不受检测件形状限制、可实现快速扫描成像等特点、可适用于高温、高压、腐蚀、核辐射等恶劣环境。本项目针对上述问题，取得了一系列创新性技术成果，为突破管道缺陷激光超声检测技术瓶颈、研制和开发相应管道缺陷激光检测技术与设备提供坚实的技术支撑，逐步摆脱国外核心技术依赖，本项目具有良好的社会和经济效益。

2 技术优势

根据目前激光超声技术用于管道缺陷定量表征的不足以及对管道缺陷可视化的需求，开展了基于激光超声天然气管道缺陷检测机理、管道裂纹的三维成像及表征方法以及缺陷检测实验等研究，建立了激光超声导波在管道内部中传播理论模型、传播特性及声学参数提取方法，研制了管道激光超声检测系统，开发集成检测控制、数据采集及缺陷成像的上位机软件；取得了基于激光超声的管道缺陷表征方法和三维成像技术、管道激光超声缺陷信息精确提取方法和技术、管道机器人与激光超声检测系统等重要成果，以及激光超声的管道缺陷定量表征与三维成像技术、管道激光超声缺陷信息精确提取技术等关键核心技术。通过实验验证了缺陷定量表征方法的正确性，实现了管道缺陷的可视化和天然气管道缺陷的高精度检测。

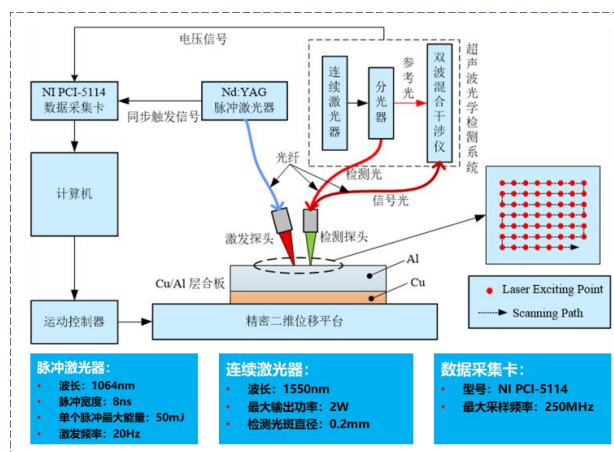


图 1 管道激光超声检测系统组成

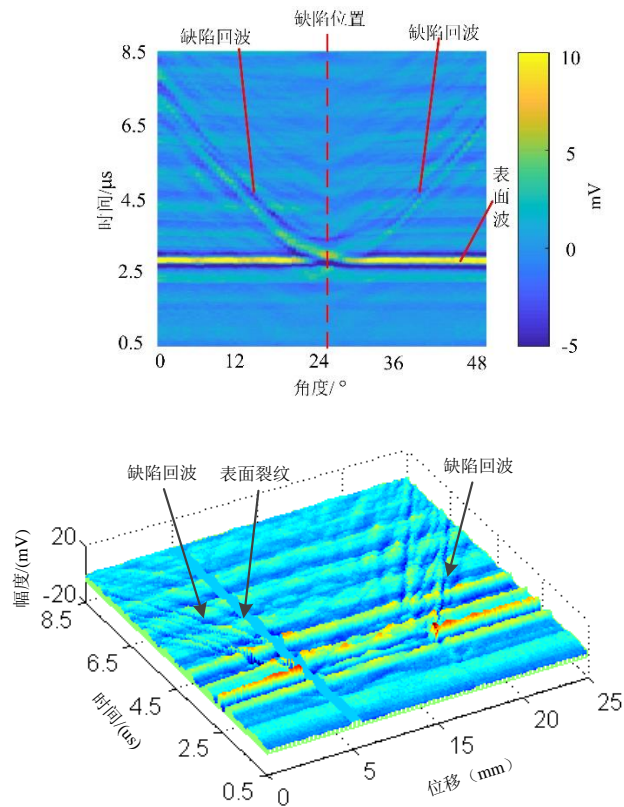


图2 管道激光超声缺陷检测成像表征结果

研制完成的燃气管道缺陷检测机器人系统由移动载体(行走机构)、管道内部环境识别检测系统、信号传递和动力传输系统及控制系统组成。机器人采用模块化的结构设计概念，能够灵活机动地通过燃气管道，通过电磁超声传感器、图像传感器等检测装置，采集数据进行处理和运算，达到对缺陷的定量和定性分析，实现超声检测的图像化、智能化和自动化，提供精确而完整的管道现存状况。

3 推广应用

该项目获授权发明专利 2 项，发明专利公开 3 项、实用新型专利 10 项，发表核心及以上论文 15 篇（其中 SCI、EI 检索 5 篇。中国石油和化工自动化应用协会组织鉴定委员会认为该成果总体技术达到了国际先进水平，建议加速该成果的推广应用。

基于该技术的发明专利

专利名称	专利号
一种管道检测机器人	ZL 201310447625.8
一种支撑轮式管道机器人驱动装置	ZL201510335317.5
一种基于激光超声检测材料内部缺陷形状的检测系统及方法	CN112098520A
一种基于激光超声检测管道表面缺陷的系统	CN112067696A

4 联系方式

联系人：曹建树教授
邮箱：jjianshu@bipt.edu.cn

联系电话：13671325692