

# 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划 项目 申 报 表

项目名称: 一种气体泄露检测装置				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
谭承旦	201520110219	光电信息科学与工程	男	2015
谭志文	201520110221	光电信息科学与工程	男	2015
张宁	201520110218	光电信息科学与工程	男	2015
骆文磊	201565110118	电子信息科学与技术	男	2015
叶暑冰	201620110106	光电信息科学与工程	女	2016
指导教师	何茜	职称	讲师	
项目所属一级学科	光电信息科学与工程	项目科类(理科/文科)	理科	
<p>学生曾经参与科研的情况</p> <p>谭承旦: 曾参加过美国大学生数学建模竞赛等, 专业综合排名前 5%。</p> <p>谭志文: 曾参加企业模拟经营大赛, 互联网+等竞赛, 并获得全国大学生企业模拟经营大赛一等奖。</p> <p>张宁: 曾参与完成国家自然科学基金项目, 并在创新实验室学习了一年, 参加过物电杯等电子设计大赛。</p> <p>骆文磊: 曾参加全国大学生电子设计竞赛和湖南省大学生物理竞赛, 并获得全国大学生电子设计竞赛一等奖。</p> <p>叶暑冰: 曾参加物电杯等电子设计大赛, 专业综合排名前 5%。</p>				
<p>指导教师承担科研课题情况</p> <p>主持湖南省教育厅科研项目《基于 FPGA 非均匀调制的光纤分布式振动传感研究》。在国内外专业学术刊物上发表研究论文多篇, 其中 SCI 检索 4 篇。</p>				

## 项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

### 1. 项目目的

本项目提出一种基于光强调制型光纤传感器的气体泄露检测装置，能够准确探测气体泄漏引起的声波信号，并对其进行特征频谱分析，实现对气罐和输气管道的健康状况进行实时高效的监测。

### 2. 项目内容

将气体泄漏检测装置的光纤传感探头置于待监测的气罐或者输气管道处，一旦气罐或者输气管道发生气体泄漏，泄漏所产生的声波信号会调制光纤传感器中光信号的光强值，随后信号光由一根与传感头连接的单模光纤传输到光电探测器进行光电转换，并由数据采集卡采集至电脑中进行信号处理。系统基于 LabVIEW 编程对信号进行解调并分析，得到气体泄露的特征频谱信息。

### 3. 项目解决的主要问题

1) 对气罐和输气管道气体泄漏情况进行实时高效监测，避免气体泄漏带来的安全隐患和环境污染。

2) 本实验装置采用的是无源装置，能安全应用于易燃、易爆场所，解决有源监测装置带来的安全隐患问题。

3) 本实验装置抗干扰能力强，结构简单稳定，制作成本低，解决传统的高昂监测装置带来的费用问题。

## 国内外研究现状和发展动态

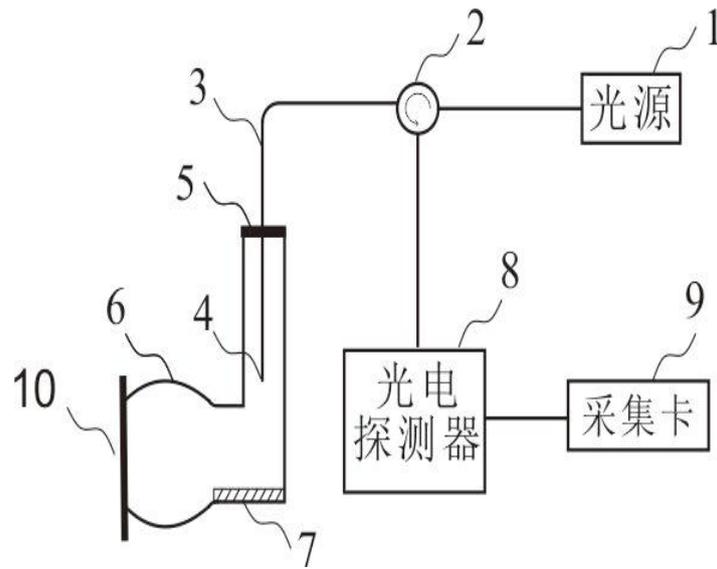
德国的研究团队于 1997 年提出了一种 Fabry-Perot 型光纤麦克风。该结构采用超辐射发光二极管 (SLD) 作为光源，光电二极管来接收反射的干涉信号，该团队将传感器布置在机场，通过对不同飞机类型的频谱的分析，区分了起降飞机的型号。2002 年，Tatsuya Iida 等人制作出基于 FBG 的光纤麦克风，将 FBG 贴合在对声场敏感的薄膜上，薄膜的振动带动 FBG，使 FBG 产生拉伸或压缩，中心波长漂移，从而检测出声音信号。2005 年 Moriel S. NessAiver 等人制作了基于光强调制原理的光纤麦克风。该设计使用一根光纤将光照射在反射膜片上，利用另一根光纤来收集被反射膜片反射的光。当反射膜片在声波的影响下发生振动时，反射膜片与光纤头之间的距离发生变化，对第二根光纤收集的反射回来的光的光强产生调制，通过后端光强度解调，还原出声音。该方案成功地在核磁共振成像过程中记录了高质量的语音信号。2010 年，Holger J Konle 制作出了基于 F-P 干涉的光纤麦克风。采用了在光纤端面与反射膜片之间形成 F-P 腔的设计，利用光纤端面反射光与反射膜片反射光之间形成干涉，在后端解调还原声音信号。2013 年，Konrad Markowski 等人提出了基于 Sagnac 干涉仪的采用保偏光纤的光纤麦克风。该装置在 300 Hz 到 4500Hz 的频率范围内有着较好的检测能力。

国内多个单位也开展了光纤声波检测研究。林晓艳等人在 1999 年用双光纤探头形式，对光强调制特性以及动态工作区的灵敏度作了理论和实验分析，验证了光纤麦克风方案实现的可行性。徐海英等人在 2004 年采用了 Y 形单根多模反射式光纤传感探头结构的形式，对光纤传感器放在声场中（即压力）中的光纤麦克风进行了研究。蔡洁等人在 2010 年分析了反射式强度型光纤声音传感器的光强调制特性，并进行了相关的实验研究。陈志刚等人在 2007 年采用分布式光纤光栅 (FBG) 传感器技术(波长调制方法)，以管道泄露导致的光栅反射波改变作为检测依据，提出来基于分布式光纤传感器的输气管道泄露检测方法。甄胜来等人在 2016 年公开了一种基于低相干光纤麦克风的气体泄露检测装置。

综上所述，目前的系统存在结构较复杂，光纤传感探头灵敏度不高的问题，本项目将在简化装置结构与增强传感探头灵敏度方面进行改进。

本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

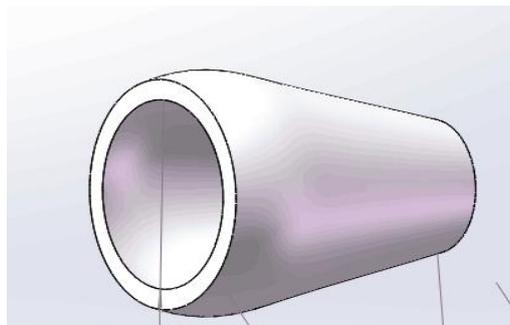
1. 已完成光学知识学习、包括对光路中用到的光学仪器、光纤器件的使用。
2. 进行了初步光路设计和原理验证，搭建了实验室基本光路系统。（附图一）



附图一

附图标记：1、光源；2、三端口环形器；3、引导光纤；光纤端面4、；5、小号振动膜片；6、声波收集装置；7、高反射膜；8、光电探测器；9、采集卡；10、大号振动膜片。

3. 初步制作了光纤传感探头，并进行了数据采集与初步的数据分析，初步验证了本方案的可实施性。设计了一种机械放大管（附图二），大口径处置于待监测的气罐或油气管道处，小口径贴合于光纤传感探头。这种特殊的装置能够实现气体泄漏信号的线性放大。



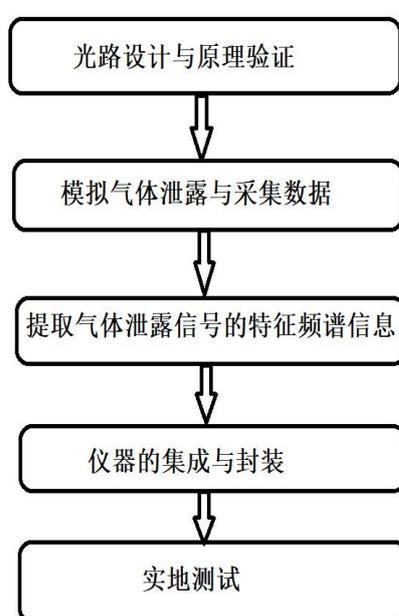
附图二

### 项目的创新点和特色

- (1) 提出了一种声波放大管，以优化光纤探头的传感性能，有效监测小尺寸泄漏点。
- (2) 系统具有实时动态监测的能力，当气罐或输气管道气体泄漏时能进行及时报警。
- (3) 通过分析解调后的光信号能够得到气体泄露点的相关信息，包括气体泄露流量，泄漏点的大小和泄露点的位置，为故障修复起到指引作用。

### 项目的技术路线及预期成果

#### 1. 技术路线



预期成果：形成一套可运行的误差较小的气体泄露监测系统，发表中文文章，申请一项发明专利。

#### 年度目标和工作内容（分年度写）

第一季度：完成光路设计，购买光纤器件，完成完整的光路组装。

第二季度：制作光纤麦克风探头与机械放大管。

第三季度：实验室情况下采集数据，进行数据分析，提取气体泄漏的特征频谱信息。

第四季度：对整套装置进行集成化封装，并用于实际场所测试。

#### 指导教师意见

签字：

日期：