

石油技术

基于 RFID 输油管道泄漏检测技术的研究与探讨

杜永军^{1,2} 时婷婷¹ 郭 凤² 杜 良³

(大庆石油学院机械科学与工程学院¹, 大庆 163318; 北京科技大学机械工程学院², 北京 100083;
大庆油田有限责任公司, 第一采油厂³, 大庆 163000)

摘要 基于 RFID 无线射频识别技术的输油管道泄漏检测的试验是在实验室进行的, 实验室研究的结果表明: RFID 无线射频识别技术应用到输油管道的小泄漏检测与定位是可行的, 且泄漏点的定位误差可以缩小到(10—20) m 之间。但目前还存在一些技术难点待解决, 有望在不远的将来, 基于 RFID 无线射频识别技术的输油管道泄漏检测与定位系统将转向油田现场试验, 改进后可得到实际应用, 这对输油管道管理部门有着重大的现实意义。

关键词 RFID 输油管道 泄漏检测

中图法分类号 TE85; **文献标志码** A

输油管道泄漏检测是世界各国特别是一些产油大国非常重视的技术领域, 该领域的任何研究进展和新技术都会受到世界范围内的关注。仅以油田为例, 从油井到计量间、从计量间到中转站、从中转站到联合站、从联合站到成品油销售中心以及从成品油销售中心到各站点, 主要是由管道输送完成的。这些遍布地下的输油管道, 随着油田开采时间的增长, 管道长期处于磨损及腐蚀状态, 再加上人为损坏等原因, 管道出现了漏失现象, 存在较多的泄漏点, 给各油田造成了巨大的经济损失。而目前油田现场应用的输油管道泄漏检测技术只能检测比较大的泄漏事故, 对小泄漏却无法准确检测和定位。油品的微泄漏已在各国油品输送过程中造成了巨大的经济损失, 因此, 开发研制能够对输油管道微小泄漏进行准确检测和定位的新技术是世界范围内的广泛需求, 存在广阔的市场空间, 开发研制检测准确率高、操作简单及价格低廉的输油管道微小泄漏检测仪器是各油田及输油管道管理部

门的当务之急。基于 RFID 的输油管道的泄漏检测技术就是在这样的背景下展开的。

1 基于 RFID 技术的管道泄漏识别系统的系统组成及工作原理

1.1 系统组成

目前输油管道的大泄漏及人为破坏的泄漏检测与定位技术^[1—4]已较成熟, 如漏磁法、超声波法、压力梯度法、质量平衡法等。但对于腐蚀泄漏、管道老化等出现的小泄漏点却始终没有一个检测与定位的有效办法。针对此种情况, 研制了基于 RFID 技术的管道泄漏识别系统。

RFID 技术^[5,6]的管道泄漏识别系统由载体、芯片(电子标签)、阅读器、计算机处理系统、移动小车等组成。

1.1.1 载体

载体是携带电子标签的工具, 设计时采用了管道的清管器作为载体, 这是因为, 输油管道的管理部门要求, 在一段时间内输油管道必需进行管道清理(清理污杂物、蜡等), 在清理管道的同时, 实施管道的泄漏检测是再好不过的事情, 节省了大量的人力、物力和财力。

2009 年 12 月 25 日收到 黑龙江省科技计划项目(GC07A102)、

大庆市科学技术计划项目(SGG2007—040)资助

第一作者简介: 杜永军(1962—), 男, 博士后, 教授。研究方向: 油田采油技术和节能。E-mail: he46208@yahoo.com.cn。

1.1.2 芯片—标签

标签相当于信号发射机。标签一般是带有线圈、天线、存储器与控制系统的低电集成电路。

1.1.3 阅读器

阅读器相当于信号接收机。根据支持的标签类型不同与完成的功能不同,阅读器的复杂程度是显著不同的。阅读器的基本功能就是提供与标签进行数据传输的途径。阅读器还提供相当复杂的信号状态控制、奇偶错误校验与纠正功能等。标签中除了存储需要传输的信息外,还必须含有一定的附加信息,如错误校验信息等。

1.1.4 编程器

只有可读可写标签系统才需要编程器。编程器是向标签写入数据的装置。编程器写入数据一般来说是离线完成的,也就是预先在标签中写入数据,等到开始应用时直接把标签黏附在被标识项目上。也有一些 RFID 应用系统,写数据是在线完成的,尤其是在生产环境中作为交互式便携数据文件来处理时。

1.1.5 天线

天线是标签与阅读器之间传输数据的发射、接收装置。在实际应用中,除了系统功率,天线的形状和相对位置也会影响数据的发射和接收,需要专业人员对系统的天线进行设计、安装。

1.1.6 移动小车

由于目前的 RFID 的信号发射距离较短(本系统采用发射距离 ≤ 20 m,超过 20 m 以外的范围无法接受到射频信号,再加之埋地管线外的泥土层对射频信号能量的吸收,降低了无线射频信号的传播距离,因此,将阅读器、微机处理系统等外部设备安装在移动小车上,工作时,移动小车沿着管道铺设的路线图随管道内的清管器(内载有芯片)同步前行。

1.2 系统的工作原理

将载有信息的标签安装在清管器的内部,在清理管道时,标签随清管器沿管道移动,清管器可将管道周围的污物、蜡等杂质清除掉,有助于信号的发射与接受,同时清管器的前端液体较少(因为清管器是靠前后两端的压力差而运行的),这样液体

对电磁波的屏蔽作用将大大减轻,同时,载有阅读器、微机处理系统的移动小车沿着管道铺设的路线图随管道内的清管器同步运行,误差不超过 15 m。

系统的 RFID 芯片为有源芯片,不断向管壁径向发射信号,载有信息的信号可以通过直射或反射穿过缝隙被管外的阅读器接收,无线射频识别系统阅读器的阅读范围选择在 20 m 以内,当阅读器接受来自于管内芯片发射出来并通过泄漏点穿过管道壁的射频信号,通过解码将该信号传输给后台的计算机处理,完成整个信息处理过程。当管道无泄漏点时,无线射频信号将完全被管道壁屏蔽(无法穿透管壁),管道外的阅读器将无法接受到射频信号。20 m 范围内的泄漏点的准确测定(及存在泄漏点),这在工程上就具有重大的现实意义(以往任何测试方法所获得的泄漏点位置的误差更大),20 m—30 m 的距离是维修埋地管道的最佳距离(适合于工程机械车的操作空间),就此种意义上说,在该范围内检测到的泄漏点位置可以认为是零误差,因为一次维修作业就可找到泄漏点,这就大大降低了由于管道泄漏点的误判而重复作业的工作量,节省了大量的作业费用。系统的工作原理如图 1 所示。

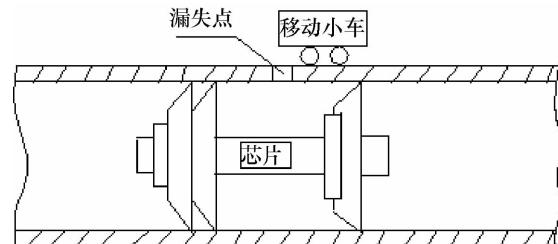


图 1 RFID 泄漏检测系统的工作原理图

1.3 系统的优点

- (1) 系统可应用到输油管道的小泄漏检测与定位,误差小,缩短维修作业时间,减少作业费用。
- (2) 系统可适时显示芯片在管道内的运行数据,可方便查询和分析历史运行情况。
- (3) 基于 RFID 无线射频识别技术的输油管道泄漏检测定位系统使用方便、灵活、成本低,并有利于系统功能的扩展,如远距离传输等功能的开发。
- (4) 基于 RFID 无线射频识别技术的输油管道泄漏检测定位系统,具有广阔的可拓展应用领域。

如把系统加以针对性的改进,可开发为城市自来水、煤气、污水等主干管道安全运行的管道泄漏监测与定位系统。

2 RFID管道泄漏检测识别系统的试验与分析

试验是在实验室内进行的,管道系统是自行设计的,试验分为静态检测试验和动态检测试验两种。静态检测试验和动态检测试验又分别划分为地上管道和埋地管道的静态检测和动态检测试验。

2.1 地上管道裂缝的静态检测试验

静态检测试验采用两段封闭的内装液体管道,管道中间开有人造裂缝或孔洞,裂缝宽为(1—3) mm之间,在管道内的裂缝处放置一个大于管道直径的充气橡皮球,橡皮球内置10个不同编号的RFID芯片,管道内橡皮球两侧液体的液面高度不同,橡皮球的位置正好处于管道裂缝或孔洞的位置,由于管道内的液体、橡皮球相对于管道处于静止状态,故测试属于静态测试。管道裂缝静态检测试验示意图见图2。静态管道裂缝试验按管道的材质不同分三组进行,管道的材质分别为直径为150 mm的45号钢管、玻璃钢管、PVC管。三组的实验数据见表1,表中on表示接收到信号,off表示无信号。

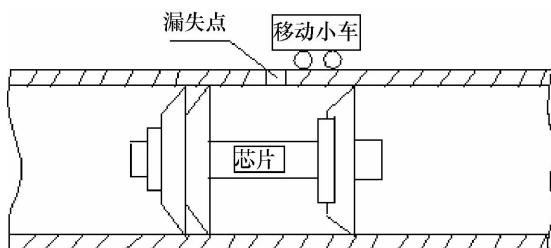


图2 地上管道裂缝静态检测试验示意图

表1 地上三种管道裂缝静态测试信号识别表

芯片代号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
45号钢管	on									
玻璃钢管	on									
PVC管	on									

2.2 地上管道裂缝的动态检测试验

地上管道裂缝的动态检测试验的主要特征是管道内液体流动,橡皮球在两端液体的压力差作用下在管道内移动,不同的压力差像皮球的移动速度也不相同,当橡皮球在不同的速度经过裂缝位置时,检测识别信号的有无。橡皮球的移动速度是靠改变管道外的注水泵的流量和流压来实现的。管道裂缝动态检测试验示意图见图3。管道的材质分别为直径为150 mm的45号钢管、玻璃钢管、PVC管的三组的实验数据见表2。

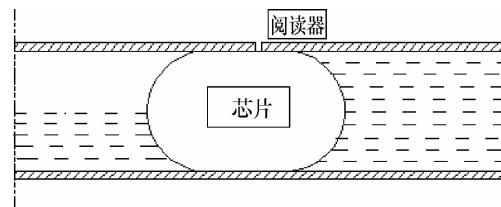


图3 地上管道裂缝动态检测试验示意图

2.3 埋地管道裂缝的静态检测试验

埋地管道裂缝的静态检测试验,是在地上管道裂缝的静态检测试验基础上进行的,区别是在于将上述试验设备分别埋在深0.5 m、0.8 m、1 m、1.2 m、1.5 m的地下泥土中进行试验的。埋地管道裂缝静态试验同样按管道材质分三组进行:直径为150 mm的45号钢管、玻璃钢管、PVC管。三组的实验数据见表3。

2.4 埋地管道裂缝的动态检测试验

埋地管道裂缝的动态检测试验是在45号钢管道进行的,管道的埋地深度分别为0.2 m、0.5 m、1 m,管道内液体流动速度控制在0.2 m/s、0.4 m/s、0.6 m/s、0.8 m/s,当橡皮球在不同埋地深度、不同的速度经过裂缝位置时,检测识别信号的有无。橡皮球的移动速度是靠改变管道外的注水泵的流量和流压来实现的。45号钢埋地管道裂缝动态测试实验数据见表4。

2.5 实验分析

(1) 从表1可看出,地面各种材质的管道在静态时,芯片与阅读器之间的通信都能穿过管道的人工裂缝正常进行,表明此种方案是可以检测到管道泄漏点的存在。

(2) 从表 2 可看出, 地面各种材质的管道在动态测试时, 芯片与阅读器之间的通信基本上能穿过管道的人工裂缝正常进行。而 45 号钢管在测试中出现了 off 现象, 即金属对无线射频信号的屏蔽作用的显现, 且移动速度越快, 这种屏蔽作用也明显, 但总体上表明此种方案是可以检测到管道泄漏点的存在。

(3) 从表 3 可看出, 45 号埋地钢管的静态测试时, 芯片与阅读器之间的通信基本上能穿过管道的人工裂缝正常进行。同时表 3 也能看出, 埋地管道随着埋地深度的增加, 测试中出现的 off 现象也越明显, 这说明了地层的介质对信号强度有衰减作用, 盖层越厚, 衰减越严重。试验中的芯片是沿着橡皮球的周向均匀分布的, No. 5、No. 6、No. 7 号芯片位于管道的下部, 芯片与阅读器的通信信号理论上需经多次反射后穿过裂缝和盖层到达地面被阅读器接收到, 此过程信号经过多次衰减, 能量消耗较多, 甚至无法穿过地面, 以至于出现芯片与阅读器通信

的 off 现象。

(4) 从表 4 可看出, 45 号埋地钢管的动态测试时, 芯片与阅读器之间的通信随着埋地深度的增加和芯片在管道中的移动速度的增加, off 现象也越明显, 尤其 No. 5、No. 6、No. 7 号芯片更为明显。但总体上芯片与阅读器之间的通信是可以通过人工裂缝传输的。

3 結論

基于 RFID 无线射频识别技术的输油管道泄漏检测的试验是在实验室内进行的,实验室研究的结果表明:RFID 无线射频识别技术应用到输油管道的小泄漏检测与定位是可行的,且泄漏点的定位误差可以缩小到(10—20) m 之间,但目前还存在一些技术难题,如合适的射频频率的选取以及芯片的天线的合理设计与制作等,待这些技术难点解决后,基于 RFID 无线射频识别技术的输油管道泄漏检测与定位系统将转向油田现场试验,改进后可得到实际应用。

表2 地上三种管道裂缝动态测试信号识别表(on—接收到信号、off—无信号)

表3 埋地三种管道裂缝静态测试信号识别表(on-接收到信号、off-无信号)

表4 45号钢埋地管道裂缝动态测试信号识别表(on-接收到信号、off-无信号)

45号钢管		埋地深度0.2 m				埋地深度0.5 m				埋地深度1 m			
移动速度/(m·s ⁻¹)	No. 1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.2	0.4	0.6	0.8	0.2	0.4	0.6	0.8
芯片代号	No. 2	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on
	No. 3	on	off	on	off	on	on	on	off	on	on	on	on
	No. 4	on	on	off	on	on	on	off	off	on	on	on	off
	No. 5	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	off	off
	No. 6	on	on	on	off	on	on	off	off	on	off	off	off
	No. 7	on	off	on	off	on	on	on	off	on	on	on	on
	No. 8	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	off
	No. 9	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on	on
	No. 10	on	on	on	off	on	on	on	on	on	on	on	on

参 考 文 献

- 1 郑贤斌,陈国明,朱红卫.油气长输管线泄漏检测与监测定位技术研究进展.石油天然气学报,2006;3(28):152—155
- 2 Hovey D, Fannaer E J. Pipeline leak detection under four extreme conditions. Proceeding of the International Pipeline Conference, IPC, 2002;(A):979—983
- 3 靳世久,唐秀家.原油管线漏点定位技术.石油学报,1998;19

(3):93—97

- 4 宋生奎,宫敬才,建,等.油气管道内检测技术研究进展.石油工程建设,2005;2(31):10—14
- 5 周永明,赖晓铮,赖声礼,等.基于缝隙的射频识别标签天线设计.华南理工大学学报(自然科学版),2007;35(9):6—10
- 6 谭民,刘禹,曾隽芳,等.RFID技术系统工程与应用指南.北京:机械工业出版社,2007

The Research of Leak Detetion Technique of Oil Pipeline Based on RFIDDU Yong-jun^{1,2}, SHI Ting-ting¹, GUO Feng², DU Liang³(Mechanical Science and Engineering College, Daqing Petroleum Institute¹, Daqing 163318, P. R. China; Mechanical Engineering, University of Science and Technology Beijing², Beijing 100083, P. R. China; Oil Recovery Plant No. 1, Daqing Oilfield Corp. Ltd.³, Daqing 163000, P. R. China)

[Abstract] The oil pipeline leak detection test based on RFID radio frequency identification was accomplished in the laboratory. The results of study in the laboratory show that: Radio Frequency Identification technology is possible in pipeline leak detection and location, and the error of leak point can be reduced to between (10—20) m. But there are still some technical difficulties need to be resolved. In the near future, the Oil Pipeline Leak Detection and Location System based on RFID radio frequency identification will be tested on oil field and practically applied after improvement, it is of great significance to oil pipeline management.

[Key words] Radio Frequency Identification(RFID) oil pipeline leak detetion