

·成果简介·

国家自然科学基金资助项目 “热油长输管道泄漏检测与定位技术研究”结硕果

新世纪

(天津大学精密仪器与光电子工程学院,天津 300072)

[关键词] 热油长输管道, 泄漏, 检测, 定位, 科学基金

现代管道运输起始于19世纪中叶。1865年,萨缪尔·凡·赛克尔(Samuel Van Sychel)在美国宾夕法尼亚州泰特期绍尔油田内铺设了世界上第一条输油管道(管径50 mm,长8 km)。经过一百多年的发展,目前世界上大型油气管道已超过200万公里。管道运输已成为与铁路、公路、航空、水运并驾齐驱的五大运输手段之一。由于管道在输送气体、液体、浆体等散装物品方面所具有的独特优势,在国民经济建设和国防建设中发挥着不可替代的作用。

我国是最早使用管道输送的国家之一,百余年前,已利用竹管输送天然气,但直到解放初期,尚无一一条长距离输送管道。1957年,随着克拉玛依油田的开发,诞生了我国第一条长距离输油管道(全长147 km)。此后随着大庆、辽河、胜利等油田的开发,长输管道建设进入了一个新的发展时期。至2003年,我国输油管道累计45 865 km,其中原油管道15 915 km;天然气管道21 299 km;成品油管道6 525 km;海底管道2 126 km。原油管道形成了东北管网、华北管网和西北区域性管网。天然气管道初步形成西气东输线、陕京二线、忠武线三条输气干线,川渝、京津冀晋、中部、中南、长江三角洲五个区域管网并存的供气格局。

虽然我国的管道运输业有了较大的发展,但管道运输量占全国货运周转量的比例与发达国家相比尚有相当大的差距。例如,美国为23.6%,俄罗斯为30.8%,我国仅为2%。2020年,我国石油需求量将达 4.2×10^8 吨,天然气需求将达 2×10^{11} 立方米。因此,计划新建油气管道数万公里,将基本形成分布合理、联络成网、互相协调、安全可靠、覆盖全国

主要区域的油气管网,满足社会经济和人民生活的需要。我国管道运输业充满生机,必将快速持续发展。

据统计,目前世界上总管网的50%已经使用了30年甚至更长时间,由于腐蚀、人为损坏等原因,管道泄漏事故频频发生。由于其所输介质的危险性和污染性,一旦发生事故将会造成巨大的生命财产损失和环境污染。例如,1989年6月3—4日,西西伯利亚—乌拉尔—伏尔加地区的成品油管道破裂,液化气泄漏引发起火爆炸事件,造成573人丧生,623人受伤。1994年8—10月,在科米自治共和国乌辛斯克地区,油田内部输油干线多次发生管道破裂事故,漏失原油1.4万吨以上,污染土地64公顷。1998年10月17日,尼日利亚南部城市瓦里附近一个名叫杰西的村庄,由于输油管道被破坏,造成大量石油泄漏,突然发生大火并导致输油管道爆炸,300多人当场死亡,还有不少人跳入附近的河里试图熄灭身上的火,结果被淹死,石油大火造成的死亡人数至少有700人。该国2000年11月30日,在商业首都拉各斯附近发生输油管道爆炸事件,50多人在爆炸引发的大火中丧身。2000年8月19日,美国新墨西哥州东南部城镇卡尔斯巴德以南约四十公里,主要向德州、新墨西哥州和加州的用户供应天然气的管道发生地底天然气管大爆炸,引起连天大火,爆炸后地面留下一道25米长、6米深的土坑,事件最少造成10人死亡、2人严重烧伤。

我国长输管线相当一部分已经步入衰老期,油气管道泄漏事故时有发生。据统计,1986年以前油田管线平均穿孔率为0.66次/(公里·年)。如果能够及时发现泄漏,确定泄漏点,就能有效减轻泄漏事

本文于2005年8月18日收到。

故造成的危害。在我国的各次泄漏事故中,除了自然腐蚀穿孔漏油和外部机械撞击等因素外,认为打孔破坏管道的事故还占相当大的比例。例如1993年东黄线被几个农民凿破盗油,因长时间未能发现,原油大量损失,附近50亩耕地被毁。1995年4月24日中朝输油管线发生泄漏,停输近55个小时,全线几乎凝管,影响了对朝鲜的原油供应。从2001年1月起半年多时间内,东临县已经发生了100多起破坏管线盗油事件;而在商河县境内30公里的管线上,就发生了60多起。2000年6月3日《北京青年报》第9版报道:据统计,大庆油田1999年因各种盗抢损失原油20多万吨,总价值2亿多元,其中,在输油管道上打孔盗油案件23起,损失原油3000多吨,价值400万元;中原油田的中络线1999年打孔次数直线上升,由1997年的27次骤增至132次,从1993年第一次被打孔以来,泄漏原油上万吨,直接经济损失数千万元;长庆油田近两年打孔盗油案件急剧上升,外泄原油3394吨,造成直接经济损失400多万元。为了加强立法,保护管道安全,2001年8月国务院公布《石油天然气管道保护条例》,条例自8月2日起施行。

天津大学精密仪器与光电子工程学院的靳世久教授领导的课题组,于1991年在高等学校博士点基金的资助下开始执行“埋地管网泄漏检测技术研究”项目(项目编号:9005602)。根据我国原油高粘度、高含蜡、高凝点须加热输送的特点,1996年在国家自然科学基金的支持下开展“热油长输管道泄漏检测与定位技术研究”(项目编号:69574020)。

由于国家自然科学基金的资助,该课题取得了突破性进展。针对我国原油加热输送的特点,研究

了原油管道的水力模型、热力模型和温度变化对原油物性的影响,建立了压力随距离变化的微分方程和温度随距离变化的微分方程,首次提出了一种温度梯度漏点定位方法和改进的压力梯度漏点定位方法。首次提出了一种新的负压波定位公式,提高了漏点的定位精度。首次将结构模式识别技术引入负压波的识别,简化了监测系统的结构。通过对水击过程的深入分析和现场实验,首次提出了基于二次水击波反射原理的压力波单点定位方法。研究了流体泄漏引发应力波的机理,首次提出了一种基于人工神经网络的管道泄漏检测系统。1996年10月,在胜利油田孤岛采油厂研制成功我国第一套“原油集输管道泄漏检测系统”。1998年1月,在中(原)洛(阳)线濮阳—滑县段研制成功我国第一套实用化的“原油长输管道泄漏检测与定位系统”,产生了明显的经济和社会效益。

在此基础上,该课题组继续致力于原油管道泄漏检测技术的研究,并将该技术进行推广和应用。截止2005年3月,该课题组已在我国的中(原)洛(阳)线、沧(州)临(邑)线、东(营)临(邑)线、东(营)黄(岛)线、东(营)黄(岛)复线、铁(岭)大(连)线、铁(岭)秦(皇岛)线、秦(皇岛)京(北京)线、任(丘)京(北京)线等原油长输管道和胜利油田、辽河油田的多条集输管道,镇海炼化、燕山石化、天津炼化的输油管道等共3473.2公里的管道上安装了他们研制的原油管道泄漏检测与定位系统,取得了巨大的经济效益和社会效益。2004年,以金国藩院士和张钟华院士为正副主任委员的专家组对“原油管道泄漏检测与定位技术”进行了鉴定,给予高度评价。该项目获教育部2004年度科技进步奖一等奖。

OUTSTANDING ACHIEVEMENTS IN RESEARCH OF LONG-RANGE HOT CRUDE OIL TRANSPORTATION PIPELINE LEAK DETECTION AND LOCATION TECHNOLOGY — PROJECT SUPPORTED BY NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA

Jin Shijiu

(College of Precision Instrument and Opto-Electronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

Key words crude oil pipeline, leakage, detection, location