

输油管道泄漏检测系统的设计与优化

雷 超

(中国石化集团河南油田设计院, 河南 南阳 473132)

摘 要:随着管龄的增长,由于老化、腐蚀以及打孔盗油等原因造成的泄漏事故时有发生,如何及时发现并准确定位,成为管道泄漏技术研究的难点。根据以往设计经验,结合某输油管道实际运行情况,提出了以“负压波法为基础,结合人工智能分析法”来检测管道泄漏的设计方案、系统组成。针对生产过程中比较突出的时钟校准问题进行阐述,提出以 GPS 授时技术作为标准时间源的方法来统一各子站计算机的基准时间,从而实现各子站与中心站的时钟同步,收到良好效果。

关键词:输油管道; 泄漏检测; 负压波; 时钟校准

文章编号: 1006-5539(2010)05-0019-03

文献标识码: A

0 引言

管道运输具有成本低,节省能源,安全性高及供给稳定等特点,在国民经济中发挥着愈来愈重要的作用,已被广泛应用于石油、天然气的运输。据资料统计,截止 2009 年底,我国已建的油气管道总长度达 7.5×10^4 km。由于管道运输距离长,途经地形复杂,管道腐蚀、人为破坏和管道自身缺陷等多种原因都会造成管道内介质泄漏,特别是近年来,由于不法分子打孔盗油以及腐蚀穿孔造成的输油管道泄漏事故屡有发生,不仅影响了正常的生产秩序,造成了严重的经济损失,还污染了环境。

如何及时发现泄漏事故的发生,确定泄漏点,打击盗油犯罪分子的嚣张气焰,维护输油管道的正常生产,这些都给我们提出了迫切的要求。同时,输油管道泄漏检测技术的研究对保护自然环境和土地资源,保障国家财产和人民生命安全具有重要的社会意义和经济意义。

1 输油管道泄漏检测方法

20 世纪 80 年代,清华大学、天津大学、石油大学、东北大学及中国计量科学院等单位相继开展了

以应力波法、负压波法、管道实时模型法等方法的液体管道泄漏检测技术研究,进入 20 世纪 90 年代,通过大量科技人员的不懈努力,管道泄漏检测技术的研究有了突破性进展,形成比较成熟的理论体系,也摸索出了几种比较成熟的检测方法,并应用于国内外长输管道中。其中技术成熟、应用比较广泛的检测方法是负压波法为基础,结合人工智能分析法检测管道泄漏。

负压波法:当管道发生泄漏时,泄漏点处压力会突然降低,这个瞬时的压力降通过流体介质向泄漏点的上、下游以声速传播,以泄漏前的压力作为参考,泄漏时由于压力降低而产生的减压波就称为负压波。在管道首、末端各安装一个压力变送器,根据负压波传播到上、下游的时间差和管内负压波的传播速度即可计算出泄漏点的位置^[1~2]。

人工智能分析法:首先在管道正常运行时提取各工艺参数,并建立一个静态模型,然后在运行过程中不断提取实时的动态参数,建立运行状态模型,由软件系统对两模型进行对比、分析,来判断是否发生泄漏。

2 泄漏检测系统技术指标

系统误报率: $\leq 2\%$;

收稿日期: 2010-06-01

基金项目: 中国石化集团重点工程资助项目(仪—X08022)

作者简介: 雷 超(1977-),男,河南新乡人,硕士,工程师,研究方向为油田地面工程及石油化工装置的自动化控制。

系统漏报率: $\leq 1\%$;

泄漏检测灵敏度: 总流量 $\geq 1.5\%$ 的泄漏可发出正确的报警提示;

报警反应时间: ≤ 120 s;

泄漏点定位误差: $\leq$ 管道站间长度的 2% 。

3 泄漏检测系统检测方式

一个高效可靠的管道泄漏检测系统应在发生泄漏时, 及时报警, 准确定位, 而且适应性强, 便于维护。

针对河南油田某输油管道分布状况和管理模式, 在对国内原油输送管道泄漏检测技术应用成果进行调研、对比的基础上, 决定以负压波法为基础, 结合人工智能分析法等技术建立一套技术先进、配套完善的原油管道泄漏检测系统^[3~4]。

4 泄漏检测系统工程设计

4.1 工程概况

某输油管道 1994年 7月建成投产, 担负着首站至末站 $60 \times 10^4 \sim 140 \times 10^4$ t/a 原油输送任务, 始于首站, 终于末站, 全长 93.8 km, 管径 323.9 mm, 壁厚 6 mm, 设计压力 6.4 MPa。线路设 1#、2#截断阀室和分流阀室。

4.2 泄漏检测系统组成

本工程分别在集输首站、分流阀室(进、出联合站各一套)、末站设监控子站, 安装检测设备。末站既作为整个系统的控制调度中心, 又作为现场检测的监控子站。

4.2.1 中心监控系统设置

中心监控系统设在末站控制中心, 由数据服务器、网络通讯设备、GPS授时系统、监控系统软件等构成。主要功能为: 接收各监测点监控客户端上传数据, 进行综合分析处理和运算, 实时生产状态(压力、流量、泄漏点位置等)显示、记录、事故报警、生产运行和管理数据报表的形成及打印; 提供集中监控数据管理与人机操作界面, 实时趋势数据和历史

数据存储管理; 提供输油管线运行动态、趋势、报警等画面, 对管线运行状态集中监控和调配, 判断和定位泄漏的发生。

4.2.2 子站监控系统设置

各监控子站均为数据采集点, 在管道进、出口处分别安装压力变送器、流量变送器、数据采集卡、信号调理器、工控机以及终端监控软件。压力变送器输出 4~20 mA 模拟信号, 流量变送器输出脉冲信号, 将上述压力、流量等信号送到 PCI-MD-64E-4 多功能数据采集卡, 再经信号调理器调理后送到现场工控机分析、处理、上传。

为了判断负压波来源方向, 每个站安装 2 台压力变送器, 且压力变送器间隔的距离至少 200 m 以上, 安装的位置应尽量靠近站外, 且在流量计及其阀门以外。

4.3 工作流程

各监控子站现场检测仪表不间断采集管道的压力、流量等工况信息, 通过已有的光纤局域网将数据实时传输到控制中心服务器, 中心服务器实时接收数据, 并监测压力、流量等参数的变化, 判断管道的输油工况是否正常, 正常则循环接收、处理; 一旦出现异常, 系统即刻调用泄漏判断模块, 以当前参数与正常工况下参数进行对比, 判断是否泄漏, 如果泄漏, 发出声光报警信号, 并自动(或手动)对泄漏点定位。

4.4 实现功能

该系统通过实时采集输油管线运行时的压力、流量等参数, 经信号调理器调理后, 由微处理器传输至控制中心上位计算机进行数据分析、处理、报警, 使生产管理部门直观地了解到原油集输管线运行状态, 及时发现问题。

5 泄漏检测系统时钟校准优化

魏一荆线(魏岗—荆门)输油管道泄漏检测系统采用东北大学研制的负压波检测技术, 于 2006 年建成投产, 系统投运几年来, 运行效果良好。该系统时钟校准系统是以控制中心服务器本身的时钟系统

作为标准时间源来校正各子站计算机时钟, 该方法由于投资低、操作维护简单而得到广泛应用, 但这种校时方法存在很多局限性。第一, 这种时钟校准系统只能在它自身的网络中进行校时, 不能跟外部统一, 如外部时间为 10:23 而服务器时钟为 10:30 系统校准时只会以自己的时间为基准即 10:23 进行校时, 如果发生泄漏, 系统提示时间只会是 10:30 而外部时间已经是 10:23 即如果服务器时钟不准, 泄漏发生时的报警也会不准; 第二, 由于计算机本身的守时性不好, 容易因为时间不准确而造成授时监控系统的不稳定, 甚至导致系统混乱。

针对这一时控缺陷, 经多方调研、论证, 决定在某油田“某某线”泄漏检测工程中采用 GPS 授时技术作为标准时间源方法来统一各子站计算机的基准时间, 从而达到各监控子站与中心站的时钟同步。即在控制中心安装 GPS 卫星同步时钟接收器, 该接收器实施接受 GPS 同步卫星时间信息, 并以接收到的标准时间作为时间源校正被控对象。该接收器包括 GPS 模块、馈线、天线, 时间精确度 $\pm 500 \mu s$ 。为防止计算机时间芯片的漂移, 系统每 10 s 对工控机系统时间进行一次时钟校准, 从而保证了各客户端与控制中心的系统时间的统一。

6 结束语

该输油管道泄漏检测系统于 2008 年 11 月正式投入运行, 并于 2009 年 1 月通过了第三方的鉴定和验收。通过模拟动作试验, 泄漏系统软件、数据采集系统、数据传输系统均达到了预期效果, 达到了设计要求, 尤其是对时钟校准的优化, 有效地解决了时钟混乱的生产性难题。

需要说明的是, 虽然该工程在泄漏检测方面达到了预期效果, 但由于泄漏检测技术涉及不同的专业、领域, 难度较大, 国内外均没有特别成熟的技术、模式可供利用, 而且输油管道的工况又是千变万化, 所以对于管道缓慢发生的渗漏不能及时发现及由正常操作产生的误报警的消除方面还存在种种不足, 有待以后改进。

参考文献:

- [1] 靳世久, 唐秀家, 王立宁, 等. 原油管道泄漏检测与定位[J]. 仪器仪表学报, 1997, 18(4): 343-348
- [2] 程家铭, 张汉国. 输油管道负压波法测漏原理及实现[J]. 石油机械, 2001, 30(9): 28-30
- [3] 王俊武. 输油管道泄漏检测系统研究与开发[J]. 自动化仪表, 2006, 27(1): 132-134
- [4] 隋溪, 韩冬, 甘淳静. 原油管道在线泄漏检测[J]. 天然气与石油, 2010, 28(3): 15-17