

# 基于物联网技术管道安全预警技术

王红军, 张胜国

(青岛雅合科技发展有限公司, 山东 青岛 266000)

**摘要** 长距离管线是一种能够实现油气等物质介质跨区域输送的高效率运输方式, 具有承载能力强、受气候和地质条件影响小、可连续作业、操作费用较低等优势, 已在油气等诸多行业中得到广泛应用, 逐步朝交叉耦合程度高、跨越复杂地质地貌条件、规模大、输送介质多元化等方向发展。如果继续沿用常规的运行方式, 在长距离管线的日常巡检、完整性管理和应急抢修中, 由于管线的构造和地形的复杂性, 将导致管线管理盲区、成本黑洞等问题, 从而导致管道的安全运行和优质服务可信性下降, 无法满足社会生产发展需求。本文围绕远距离石油天然气管道的安全监控和报警等核心问题展开研究, 提出了基于物联网技术的解决方案, 旨在为同行从业者提供借鉴。

**关键词** 物联网技术; 管道施工; 安全预警; 短距离无线通信技术; GPRS 技术

中图分类号: TE8

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)04-0022-03

物联网架构第一层级是感知层, 包括传感单元和传感终端两部分, 完成对数据的初步辨识和收集, 为实现物体与互联网之间的互联奠定了基础。第二个层级是网络层, 以互联网为主要载体, 与网管系统、云计算终端等一起构成了该层级, 并对所收集到的对象信息进行处理、计算和分析。第三个层级是应用层, 针对不同使用者的不同需要, 有差别地进行接口设计, 以便能够适应各种应用需求, 实现智能化, 这正是物联网技术运用的目标。近年来, 物联网监测技术逐步替代了传统的手工监测, 并在 21 世纪初期, 西方国家初步建立起了以物联网为基础的管线监测系统, 并将其用于远距离液化气管线的监测<sup>[1]</sup>。

## 1 基于物联网技术管道安全预警技术使用背景

目前, 油气运输已逐渐发展为陆上运输油气。由于其安全、经济、快捷等优点, 近年来在世界范围内发展迅速。随着管线工程的快速发展, 第三方事故事件已经成为危害管线安全的重要原因, 极有可能引发火灾、爆炸、中毒等次生灾难, 造成巨大的直接经济损失, 还会引起环境污染和人员伤亡等重大危害。近年来, 油气输送中出现了许多重大的安全问题, 这些问题不但影响了石油开采的正常进行, 还对人民群众的人身和财产带来了极大的危害。根据调查, 造成这些工程项目的安全隐患有: (1) 第三方损害(钻孔偷油、违法建设); (2) 自然灾害(滑坡、地震、泥石流); (3) 材料腐蚀; (4) 管线的制作和装配方面的问题。在这些事故中, 由于外部因素的影响, 以及由于各种

原因导致的经济损失, 对管线的影响是最大的。因此, 深入剖析造成第三方破坏的因素, 制定相应的防范对策, 对于保证管线的安全运营具有十分重要的作用。油气天然气管线第三方损害具有多样性、复杂性和不确定性等特征, 迫切需要高效的管线在线监控体系来保证管线的安全运营。管线的安全工作需要专人进行巡视, 但是, 由于大部分管线位于偏远地区, 管线间距远, 人工巡视的时间比较长, 单凭现场的保护检查, 效率低下, 无法有效地保障管线的安全。为此, 急需开发一套能够对管线破坏行为进行早期预警的监控体系。当前, 我国油气管线尚未形成高效的管线安全监控和早期预警体系, 多是因为软件和硬件条件尚不完备, 且投入费用较高, 无法在油气管线中进行大规模的监控和预警。针对目前我国油气输送管道的现状, 本文以我国油气管网为研究对象, 采用无线传感器、故障诊断等多种手段, 对天然气管网的安全性进行了深入研究, 并以此为基础, 建立了天然气管网的安全监控体系<sup>[2]</sup>。

## 2 基于物联网技术管道安全预警技术的原理

### 2.1 正常模式

大多数情况下, 装置终端都是处于正常状态。终端设备是利用压力传感器来测量煤气管线中的压力。在主界面上, 可以看到目前的气体浓度、管线的压力以及温度。若检测环境中的气体浓度或管线压力超过警戒范围, 则可使电磁阀停止工作, 并启动风扇, 产生声、光、电等警报, 将探测到的数据传输至后台监测平台。

## 2.2 安检模式

第一次安装和定期安全检查时,需要采用手动安全检查方式。在开启手动安全检查方式之后,该终端装置将电磁线圈闭合。这种情况下,燃气管道处于高压下,通过测量管内气压变化,可以确定管道有无渗漏或微小渗漏。如果管道中的气压在一段时间后缓慢降低,则表示有泄露的危险,这时,控制装置就会发出声、光、电信号,使风扇打开,防止意外,并向后台的监测平台发送安全检查报告<sup>[3]</sup>。

## 2.3 平台监控系统

将警报控制装置传来的各项数据资料分类、汇总,形成各种使用报告,并以图形的方式形象地展示出来,对其进行趋势分析。对于出现的故障,要在最醒目的情况下及时发出警报,集中控制中心的工作人员要及时赶到现场,进行故障诊断和处置。

## 3 基于物联网技术管道安全预警关键技术的应用

### 3.1 短距离无线通信技术

在 1895 年,意大利人马可尼发明了无线电通讯。无线地下传感网是近年来兴起的一种新型地下环境监控体系,短距离无线通信覆盖广泛区域,一般情况下,只要是在比较远的距离上,利用无线电波传输信息的方法都可以被称为短距离无线通信,其中比较常用的是无线宽频、紫蜂、超宽带、蓝牙、近距离通讯。以上 5 项技术基本上覆盖了目前的市场需要,并在各自的行业中扮演着重要的角色。近距离移动通讯具有三大特点:低成本、低功耗和点对点通讯<sup>[4]</sup>。

### 3.2 低功耗设备

随着科技和力量的持续发展,同寿命的设计思想也越来越受到关注,比如单片机,需要确保工作中的电池和整体装置使用寿命相同,因此,要将系统功耗维持在可控范围之内,从设计角度出发,达到节能的目的。在物联网系统中,降低能耗是其中至关重要的环节,同时也是难点问题。以单片机为中心的器件,其功耗主要包含 MCU 的功率消耗和与之关联的电路功率消耗,因此要从硬件和软件两个角度来减少器件的能耗。

### 3.3 GPRS 技术

GPRS 系统是根据客户的实际业务所传送的数据流量来进行收费,最高传送率为 114 比特率。通过 GPRS 技术,移动用户能够快速、高效地构建起网络连接。

GPRS 通信通常被称作“2.5G”,介于 2G 与 3G 的中间,采用 GSM 的时分复用来实现数据传输,因为有了基站的支持,因此,GPRS 不需要其它无线模式所需要的媒介转换器,连结与传送更加容易。基于中国移动 GPRS 通信的特点,采用 GPRS 技术实现对通信设备的远程控制与数据传送,可保证设备的安全、可靠、实时。

## 4 基于物联网技术管道安全预警系统的实现

### 4.1 系统需求及总体概述

本研究基于物联网的长输管线监控与预警方法,需确定管线监控与报警设定阈值,研究嵌入式数据采集、存储、传输和控制等关键技术,构建管线的模块化监控与预警技术体系。以管道智能监控、GPS 巡线人员监控、气象监测等为核心,通过对管线地理信息坐标、阴极保护开/断电位、杂散电流等进行在线监测,并将其与已有的管线完好性管理系统进行有机结合,其中一些监测信息还可以通过自身的 GIS 进行检索与显示。最终,将建立一套完整的石油管线监控与早期预警技术体系,以解决传统离线探测手段的缺陷,从而有效地保障管线的安全、可靠<sup>[5]</sup>。

### 4.2 监测仪器主供电电源

为了确保该监测仪能长期工作,达到设计要求,必须要有大容量的电池组作为电源,如:锂电池、蓄电池等,其输出的电压通常超过 9V,因此必须经过线路进行降压。其降压方式有:一种是采用线性稳压,另一种是直流-直流变换。线性稳压具有低纹波、高稳定性等优点,但是电路功率消耗较大,发热较大。而直流-直流变换功率损耗低、效率高,但其输出纹波相对较大,若采取适当的滤波方法仍可达到稳定电压的线性特性。针对监控设备长期运行的要求,需使用硬件设备降低能耗,利用 TPS61233,可以输出 3A 负载电流,并且当 GPRS 通讯模块开始工作时,瞬时发射功率较大,且电流消耗可以达到 2A,因此这款芯片能够很好地解决在系统峰值功耗情况下的供电问题,防止 GPRS 模块因为电源不足而关闭。GPRS 模块对电源有很高的需求,如果不能达到,就会在不能正常工作的情况下关闭,直接关系到系统的稳定。GPRS 模块的电源电压一般为 3.0~4.8 之间,射频模式下的最大流量损耗一般为 2A。一种方案就是将其接入外部的电源,通过线性稳压器来提供 4.0V 的电压,但是这样做的代价比较大,效率也比较差,外加供电电源的输出也非常不平稳。第二种方法是通过将系统电源主供芯片接

入,通过二极管进行降压,将其与GPRS组件相连,但是这样做对供电主供芯片和二极管的性能有很高的要求,选型起来比较麻烦。本文以TPS62133为主控芯片,设计了一种新型的电力驱动控制电路,可以保证3A平稳负载电流,使二极管可以达到2A以上的正向电压,并且正向压降不低于0.5V、不超过 $IV^{[6]}$ 。

#### 4.3 电压监测模块

采用ARM的STM32F103VET6内部DMA功能,可实现对该电路电压进行检测的目的。首先,将采样节点上的GND连接到极化探头的基准电极上,实现了测量系统最小电位的统一。(1)断电电位将一路AD与继电器相连,另外一条线路连接到极化探头的极化测试电缆上,在要进行切断操作时,立即将该保护线路上的对应位置上提,这时AD就会脱离管线,测量到断电电位。(2)自腐蚀电位:将一条AD连接到自然腐蚀测试电缆上,得到的数据就是自腐蚀电位。(3)通电电位将一条线连接到极化探头的极化测试电缆上,测量结果就是上电电位。(4)上述三路AD轮询监控流程要求测量三个电压,因此采用三通道AD轮询模式,并由DMA直接读出。油气输送过程中,由于输送距离的增大,管线中的气体和液体温度也会随之变化,由于管线内部的空间是固定的,当气温变化时,管线中的油、气的压力也会随之而变,形成非平衡的压力波。运用物联网感知技术对输送管线进行监控,能够对输送管线的运行状态进行实时监控,从而保障输送管线的运行安全。由于管地电位的改变幅度较大,因此电压测量需要设计合适的自动衰减电路。管地测量包含AC电位的测试、直流电位的检测,对该装置的检测能力提出了更高的要求,需要对其进行自动辨识。但是,不管是交流电位,还是直流电位,其幅值都已经超出了AD转换器的输出极限,因此在进行电压检测时,需要考虑到损耗因素,需要设计适当的电压衰减电路。在此基础上,对被监控的电压信号进行放大,并对其进行滤波处理,将其送入下一级的AD转换器。在这一过程中,直流干扰程度的判断指标如表1。

表1 直流干扰程度的判断指标

直流干扰程度	弱	中	强
管地电位正向偏移值(mV)	<20	20~200	>200

#### 4.4 信息采集及阴极保护

阴极保护技术的发展体现在数据采集、储存、分析以及在外部电流防护下的变压器和整流装置开发。

其中,强制电流和牺牲阳极两种方法是阴极保护的主要方法,主要用于大口径长距离管线的保护。其工作原理是:当一个回路接到直流电源后,再由副阳极与要被保护的管线相连,从而形成受保护的金属管线的阴极。本文在上述研究成果的指导下,提出了符合国内实际情况的管线阴极保护体系。以GPRS为主要的无线传输方式,将各监控节点的状态实时传输至监控中心,最终实现对各节点的集中、实时监控。在完成了通用硬件架构之后,将协议转化程序应用到了系统软件层面,按照工业规范进行协议变换,并具有自定义的协议变换功能。以确保将硬件资料转化为标准协议资料,然后由数据包装程序将数据包装成标准的封装分组,经由资料处理传输芯片传递程序送到汇集的节点。

#### 5 结论

本项目以油气管线的安全性为研究对象,以物联网技术为核心,以管线运行过程中的振动信号作为检测手段,建立管线运行状态下的监测与预警体系,实现管线运行状态的实时监控与预警。随着移动互联网和智能制造等科技的日趋完善,实现了低成本、高可靠性、低延迟、高实时性的信息传输,物联网、大数据、云计算、人工智能等四个方面的技术,可以把管线的安全预警和安防体系结合起来,利用智能化的标识体系,更加高效地分析关键监测区域的运行状况,为企业的经营决策提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 刘乐乐.埋地保温管道外腐蚀检测与监测系统研究[D].西安:西安石油大学,2021.
- [2] 陈传胜,李丹,尹恒,等.智能管道发展现状及具体领域智能化的探讨[J].天然气与石油,2020,38(05):133-138.
- [3] 张楠楠,赵宝,刘亮.大数据及物联网对应急平台体系架构模块设置及应用前景分析[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(17):76-77.
- [4] 王新,刘建平,王巨洪.智能管道时代的管道风险评价技术展望[J].工业安全与环保,2020,46(02):67-70.
- [5] 康金.基于窄带物联网的供热管网渗漏预警系统的设计与研制[D].合肥:合肥工业大学,2019.
- [6] 徐建辉,聂中文,蔡珂.基于物联网和大数据的全生命周期智慧管道实施构想[J].油气田地面工程,2018,37(12):6-13.