

基于数据融合分析的地下综合管廊安全监测系统*

杨涛, 王承成, 张喻, 白博宇

(上海岩联工程技术有限公司, 上海 201802)

摘要: 现有的地下综合管廊安全监测技术由于存在监测参数单一及监测数据无法融合分析等缺陷, 无法满足地下综合管廊安全监测需求, 基于此, 本文提出了一种基于数据融合分析的地下综合管廊安全监测系统, 系统由数据采集终端及数据处理终端组成, 数据采集终端实时采集地下综合管廊内电力及燃气管道的相关工况数据、管廊环境及人员入侵信息, 采集到的数据经电缆实时传输到数据处理终端, 数据处理终端在对数据进行融合分析的基础上, 对地下综合管廊的安全风险作出评估。系统加工完成后进行了现场试验, 试验结果显示系统的视频显示及安全评估功能等完整, 满足实际现场需求, 可为综合管廊安全监测方面提供一定的借鉴。

关键词: 地下综合管廊; 监测; 数据融合; 风险评估

中图分类号: TP391 文献标志码: A 文章编号: 1003-7241(2019)09-0067-06

The Safety Monitoring System for Underground Comprehensive Pipe Gallery Based on Data Fusion Analysis

YANG Tao, WANG Cheng-cheng, ZHANG Yu, BAI Bo-yu

(Shanghai Yanlian Engineering Technology Co., Ltd., Shanghai 201802 China)

Abstract: The existing safety monitoring technology for underground comprehensive pipe gallery unable to meet the requirements of safety monitoring due to the monitoring parameters are single, the monitoring data can't fusion analysis, et al. So, this paper presents a new safety monitoring for underground comprehensive pipe gallery based on the data fusion analysis technology, and which consists of data acquisition terminal and data processing terminal. The data acquisition terminal collects the data of natural gas and power pipeline, the condition of environment, and the data of personnel invasion in real-time. The collected data are transferred according to cable in real-time. Then the risk evaluation would be made after the data fusion analysis and judging. The field is tested when the safety monitoring is finished, and the test result shows that the function of the safety monitoring is complete and can meet the need of the real project. This paper can offer some advice to the safety monitoring of underground comprehensive pipe gallery.

Key words: underground comprehensive pipe gallery; monitoring; data fusion; risk evaluation

1 引言

近年来, 随着中国城镇化速度的加快, 城市管道施工项目与日俱增, 而传统的电力、通讯及燃气管道的铺设均需反复开挖地面, 对道路、交通及环境都造成了极大的影响, 同时还对周边居民造成严重的干扰, 在此背景下, 城市地下综合管廊应运而生, 地下综合管廊是一种大型的地下隧道空间, 将电力、通讯、给排水、燃气及供热等市

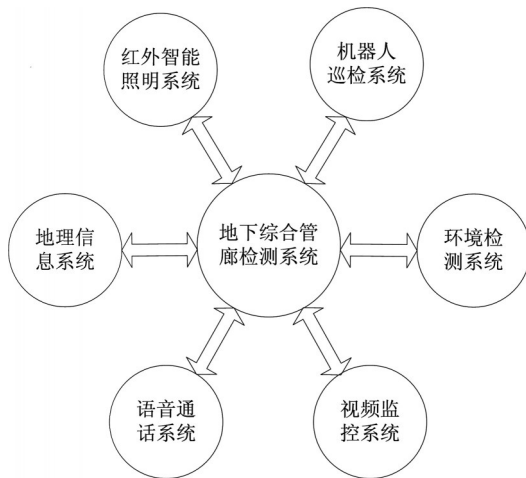
政管线集成在同一管道内, 有效避免了城市道路的反复开挖, 极大的方便了市政管线的日常维护, 同时还提升了市政管线抵抗灾害的能力, 具有显著的经济意义与社会效益^[1-2]。

对于地下综合管廊的监测技术而言, 现阶段主要包括红外智能照明系统、机器人巡检系统、环境检测系统、视频监控系統、语音通话系统及地理信息系统等(如图1所示)^[3-5], 上述常见的监测系统对管廊内的某个具体领域进行了实时监测, 一定程度上提高了地下综合管廊的安全性, 但由于地下综合管廊内的市政管线种类众多, 不同

*基金项目: 湖北省自然科学基金(编号 2018CFB349)

收稿日期: 2018-07-02

类型的市政管线故障极易引起交叉安全影响,尤其是天然气管道泄漏时,电力管线的短路电弧极易引起天然气爆炸,从而造成无法挽回的损失,而现有的监测技术均无法满足地下综合管廊交叉安全监测及风险评估的要求,基于此,本文设计了一种基于数据融合分析的地下综合管廊安全监测系统,该系统可实时采集地下综合管廊内天然气管道、电力管道及管廊环境的相关工况数据,并对采集到的数据进行融合分析及判断,在此基础上进一步对地下综合管廊的安全风险作出评估,从而实现对地下综合管廊的智能化安全监控。



2 地下综合管廊安全监测系统设计

2.1 基本原理

如图2所示为地下综合管廊安全监测系统工作原理示意图(以下简称安全监测系统),安全监测系统由数据采集终端及数据处理终端组成,其中数据采集终端实时

采集地下综合管廊内的电力管道及天然气管道的相关工况数据,同时还采集地下综合管廊内环境的相关数据及人员入侵信息,采集到的数据经电缆实时传输到数据处理终端,数据处理终端在对数据进行融合分析及判断的基础上,对地下综合管廊的安全风险作出评估,从而为地下综合管廊的维护人员提供一定的数据支撑。

2.2 数据采集终端

对于数据采集终端,所采集的数据包括天然气管道数据、电力管道数据及管廊环境数据。其中天然气管道的采集数据包括天然气的压力、流量及声波数据;电力管道的采集数据包括输电线路的电流及电压;管廊环境的采集数据包括地下综合管廊内的甲烷浓度、温度及人员入侵(采用红外传感器及摄像头实现)数据。采集到的数据实时传入数据采集终端的微处理器(MCU,采用STM32单片机搭建),微处理器将采集到的数据进行标定处理后,经电缆线实时传输到数据处理终端。

其中声波传感器、压力传感器、电流传感器、电压传感器、甲烷浓度传感器及红外传感器均为0-5V电压信号输入,而所使用的微处理器为数字芯片,因此需进行数模转换,此处采用16位的AD7705芯片进行数模转换^[6],而流量传感器及温度传感器的输出数据为数字量,可直接接微处理器进行处理。根据电路设计,加工完成的数据采集端电路板如图3所示。

2.3 数据处理终端

对于数据处理终端,通过其微处理器(MCU,采用STM32单片机搭建)将数据采集端发送的数据接收,接收到的数据实时传输到上位机软件进行进一步的处理。其中,压力及流量数据可对天然气管道的异常情况进行实

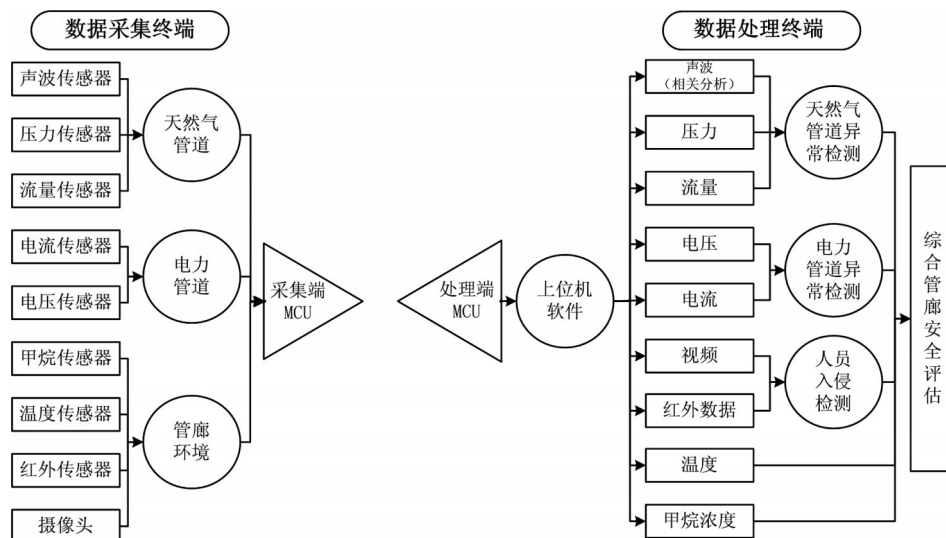


图2 地下综合管廊安全监测系统工作原理示意图

时显示及风险评估,同时还可利用声波数据的相关分析对天然气管道的泄漏位置进行初步计算;电压及电流数据可对电力管道的异常情况进行实时显示及风险评估;人员入侵数据(包括摄像头的视频数据及红外传感器的红外数据)可通过视频的方式在软件界面实时显示。通过综合分析地下综合管廊的天然气管道异常检测情况,电力管道异常检测情况,并结合温度及甲烷浓度数据,可对地下综合管廊的安全性能进行风险评估,具体介绍如下。

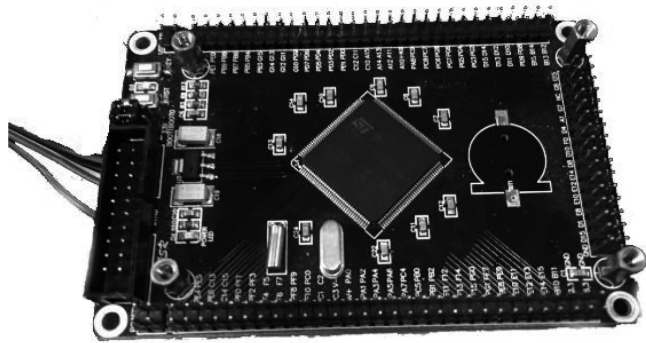


图3 数据采集终端电路板

(1) 软件功能概述

根据上述数据处理终端的功能需求,采用LabVIEW平台设计了上位机软件,上位机的软件界面如图4所示,主要由4个模块组成,即功能切换模块、滤波模块、显示模块及按钮模块,现分别进行介绍。

① 功能切换模块

功能切换模块用于切换软件界面的不同功能,按照功能划分,软件界面分为天然气管道界面、电力管道界面、管廊环境数据界面、管廊视频界面及风险评估界面。

② 滤波模块

滤波模块用于对接收到的传感器数据进行滤波处理。

③ 显示模块

显示模块用于实时显示软件的运行结果,包括视频监控画面及波形图等。

④ 按钮模块

按钮模块用于控制整个软件的运行,包括软件的开始、停止、帮助及文件存储位置等信息。

(2) 风险评估原理

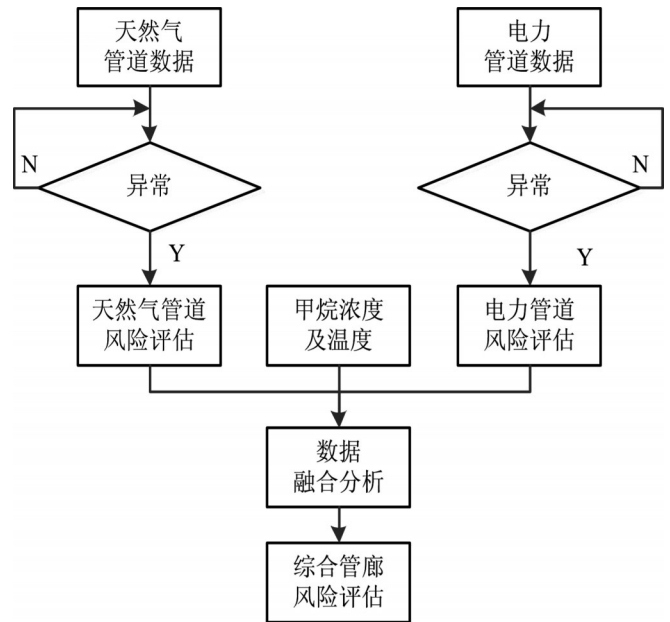


图5 地下综合管廊风险评估流程图

如图5所示为地下综合管廊风险评估流程图,其基本原理为:对天然气管道数据进行异常诊断,若数据异常则给出天然气管道的风险评估及数据异常的可能原因;对电力管道数据进行异常诊断,若数据异常则给出电力管

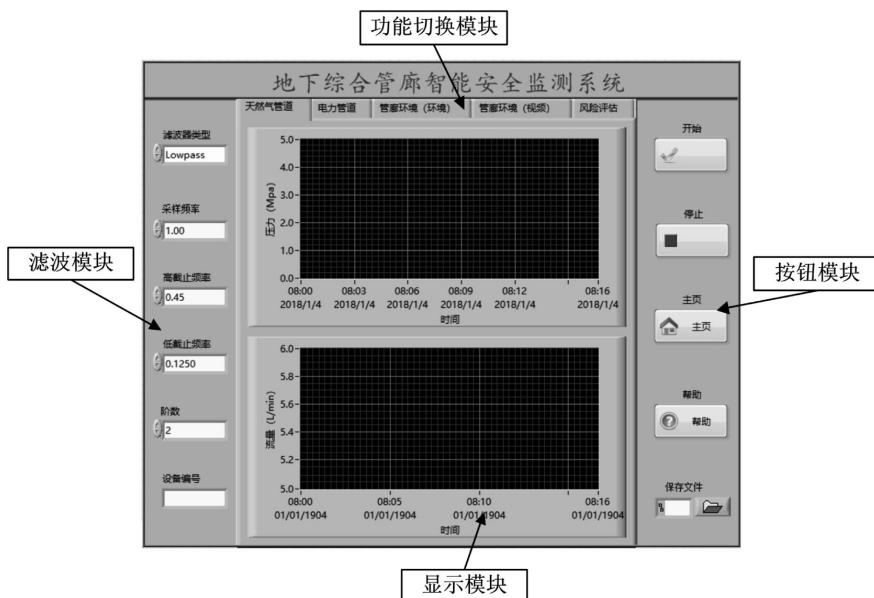


图4 上位机软件界面

道的风险评估及数据异常的可能原因;当天然气管道及电力管道同时存在数据异常时,则地下综合管廊存在安全隐患,此时将在数据融合分析及判断的基础上对地下综合管廊的安全性能进行评估,并给出可能出现的危险情况。

(3) 管道泄漏位置检测原理

以天然气管道的声波数据为基础,采用相关分析的手段对泄漏位置进行计算,具体如下:

如图6所示为管道泄漏位置检测原理示意图,假设管道总长度为L,泄漏点距离管道两侧的长度分别为L₁及L₂,在管道两侧分别安装声波传感器,当管道发生泄漏时,泄漏点发生的声音将由该点沿管道向两侧传播,则,存在如下关系式:

$$v \cdot \Delta t = L_2 - L_1 \tag{1}$$

$$L = L_1 + L_2 \tag{2}$$

式中,v—声音沿天然气管道的传播速度;Δt—声音在L₁及L₂中传播的时间差。

声音的传播速度因传播介质的不同而发生改变,对于天然气管道而言,声音在天然气管道内的传播速度与天然气的密度、温度、质点速度和压强等因素有关,相关文

献表明^[7]声音在天然气管道内的传播速度v的表达式如下:

$$v = C_0 \left(1 - \frac{1}{2r} \sqrt{\frac{2u}{\rho_0 w}} \right) \tag{3}$$

式中,C₀—声波的理论传播速度;r—管道半径;u为粘滞系数;w—声波的角频率。

上述公式(1)中,Δt可利用声波数据的相关分析得到^[8-10],随后将Δt的值代入公式(1),并联合公式(1)至(3)便可计算出L₁及L₂,从而确定泄漏点的位置。

3 现场试验

安全监测系统加工调试完成后进行了现场试验,现场试验分为视频测试试验及风险评估测试试验,其中视频测试试验用于检验系统的视频监测功能,而风险评估测试试验则用于检测系统的数据采集及风险评估功能,具体介绍如下:

3.1 视频测试试验

视频测试试验的目的在于检验系统的视频传输功能是否完整,现场实验时,安装了一个摄像头,现场视频监控画面如图7所示,由图可见系统能够将摄像头采集到的

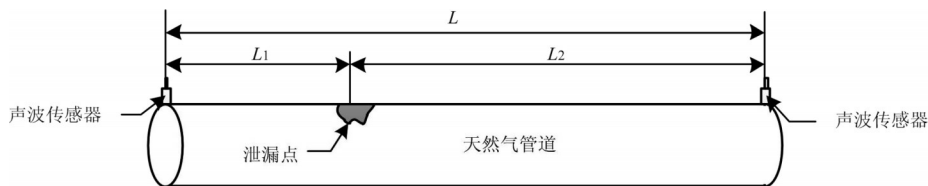


图6 管道泄漏位置检测原理示意图



图7 视频监控画面

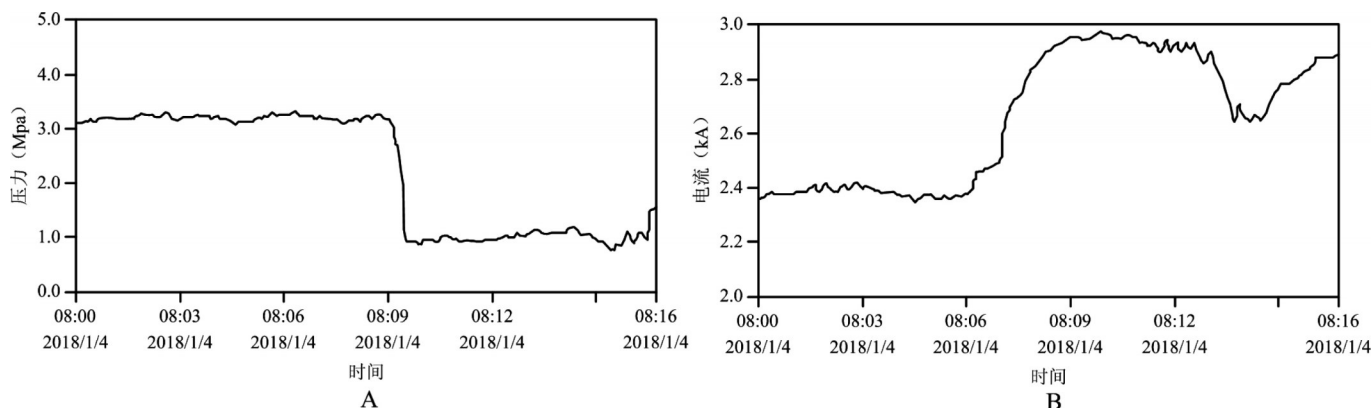


图8 某次试验时,天然气管道压力及电力管道电流曲线图



图9 风险评估软件界面

视频数据进行实时显示,验证了视频传输功能的完整性。

3.2 风险评估测试试验

风险评估测试试验用于检验系统数据采集及风险评估的功能,由于风险评估的基础是天然气管道数据及电力管道数据的融合分析及判断,因此试验时需结合相关的管道检测数据进行说明。

某次试验时,天然气管道压力及电力管道电流曲线图如图8所示,该时刻所对应的软件风险评估界面如图9所示。其中图8A为天然气管道的压力数据曲线,图8B为电力管道的电流数据曲线。图9中A为天然气管道风险评估界面,B为电力管道风险评估界面,C为地下综合管廊风险评估界面。

由图8A可知,当时间为08:10左右时,压力数值异常下降,所对应的天然气管道风险评估显示为:疑似管道泄

漏(如图9中A所示);由图8B可知,当时间为08:07左右时,电流数据异常上升,所对应的电力管道风险评估显示为:疑似电流短路(如图9中B所示);此时对天然气管道及电力管道数据进行融合分析及判断,当管道发生泄漏后,综合管廊内的天然气(甲烷)浓度必将上升,而此时电流发生电路,将可能导致高压电弧,则高压电弧可能引爆综合管廊内的天然气,因此所对应的综合管廊风险评估显示为:危险(如图9中C所示)。由此可见,安全监测系统能够实时采集管道的相关数据,并在数据融合分析及判断的基础上进一步进行风险评估,从而证明了风险评估功能的完整性。

4 结束语

针对现阶段地下综合管廊安全监测方面的不足,设计了一种基于数据融合分析的地下综合管廊安全监测系统,系统由数据采集终端及数据处理终端组成,其中数据采集终端实时采集地下综合管廊内的电力管道及天然气管道的相关工况数据,同时还采集地下综合管廊内环境的相关数据及人员入侵信息,采集到的数据经电缆实时传输到数据处理终端,数据处理终端在对数据进行融合分析及判断的基础上,对地下综合管廊的安全风险作出评估。系统加工完成后进行了现场试验,试验结果显示系统的视频显示及安全评估功能等完整,满足实际现场需求,可为综合管廊安全监测方面提供一定的借鉴。

参考文献:

- [1] 王军,陈欣盛,李少龙,等.城市地下综合管廊建设及运营现状[J].土木工程与管理学报,2018(2):101-109.
- [2] 钱七虎.建设城市地下综合管廊,转变城市发展方式[J].隧道建设,2017,37(6):647-654.
- [3] 赵昊裔,田泉.基于GPRS的城市综合管廊供水管道泄

漏检测系统[J].建筑电气,2017,36(10):33-37.

- [4] 董丽,杨浩.基于物联网与GIS的地下综合管廊环境监测系统[J].测绘与空间地理信息,2017,40(11):151-152.
- [5] 林彬,刘庆滨,王劲松,等.基于PLC的综合管廊智能监控装置的研制[J].自动化技术与应用,2016,35(11):147-149.
- [6] 闫瑞杰,李海香,郝瑞霞.基于ATmega16的AD7705多通道模拟量采集系统设计[J].化工自动化及仪表,2011,38(4):466-468.
- [7] 阚玲玲,梁洪卫,高丙坤,等.基于次声波的天然气管道泄漏检测系统设计[J].化工自动化及仪表,2011,38(6):653-655.
- [8] 刘迪,樊建春,梁政伟,等.气井井下油管泄漏地面声波检测试验研究[J].中国安全科学学报,2017,27(2):121-126.
- [9] 张建利,佟凯,马放.相关分析法管道漏点定位系统的试验研究[J].哈尔滨工业大学学报,2007(6):875-878.
- [10] 李勋,龚庆武,肖辉,邹必昌.基于相关分析匹配度的配电网故障定位[J].电力系统自动化,2012,36(1):90-95.

作者简介:杨涛(1988-),男,研究生,主要从事工程检测与监测工作。

(上接第44页)

4 结束语

通过对光伏玻璃一期钢化电气系统的优化,在不变动整体设备格局和生产工序的基础上,完善了原有设备电气控制的诸多瑕疵,拓宽了工艺带,确保生产稳定受控,提高成品率和减轻了工人的劳动强度,成本下降,为后续光伏玻璃二期的电气系统构建提供了现实素材,也为其他光伏玻璃行业国产化设备改造提供一些创新的策略。

参考文献:

- [1] 《钢化电气技术文件》.安彩高科股份有限公司光伏一厂[Z].2013.

- [2] 《钢化炉机组用户手册》.洛阳玻璃机械有限公司[Z].2013.
- [3] 《光伏玻璃生产培训教材》.安彩高科股份有限公司[Z].2014.
- [4] 《钢化电气图纸》.安彩高科股份有限公司光伏一厂[Z].2013.
- [5] 李敬梅.电力拖动控制线路与技能训练(第五版)[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2014.
- [6] 人社部教材办公室组织.可编程序控制器及其应用(第三版)[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2015.

作者简介:岳玉霞(1973-),女,高级讲师,从事电工、PLC的教学与研究。

(上接第53页)

南大学,2014.

- [4] 杨丽,张丹,杜巍.网络支付安全协议SSL和SET的比较[J].商场现代化,2008(11):68-69.
- [5] 王易超.基于B/S架构的校园一卡通管理系统设计与实现[D].上海:复旦大学,2012.
- [6] 易著梁,韩伟平.校园一卡通系统的设计及安全性措施的研究[J].常州信息职业技术学院学报,2008,7(4):1-4.
- [7] 李霞,仇小娟,王同梁.企业一卡通技术及其应用[J].产业与科技论坛,2013,12(14):79-80.

- [8] 林玉波.一种基于硬件加密技术的网络安全支付方案[D].南京:南京理工大学,2011.
- [9] 张源.安卓平台安全性增强关键技术的研究[D].上海:复旦大学,2012.
- [10] 余兴超,马争先,王玉斌,董荣胜.基于UPPAAL的简单网络支付协议形式化验证[J].广西科学院学报,2010,26(4):465-468.

作者简介:万怡鸣(1994-),男,硕士,研究方向:软件工程。