

基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法

于泰然¹, 田爽², 张晗³

(1. 郑州大学, 河南 郑州 450006; 2. 河南省航空物探遥感中心, 河南 郑州 450053;
3. 河南省煤炭地质勘察研究总院, 河南 郑州 450052)

摘要:传统的地下排水管道损伤粘合修复方法修复后外渗较多,为了解决这一问题,基于虚拟现实技术提出了一种新的排水管道损伤粘合修复方法,通过负压波形图法定位排水管道的损伤位置和损伤程度,然后通过通信模拟器进行排水管道损伤信号的输送,计算机输出排水管道的损伤鉴定,采用虚拟仿真技术,应对不同损伤程度的排水管道,合理地进行粘合修复处理。结果表明,与传统修复方法相比,基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复材料更加合理,在修复后会通过特殊试剂进行清洗,提高了排水管道损伤处的粘合效果,降低排水管道损伤粘合修复后的外渗量。

关键词:虚拟现实技术;排水管道损伤;管道修复;粘合修复

中图分类号: TU992.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2020)07-0106-06

Method of repairing the damage of sewer pipelines based on virtual reality technology

YU Tairan¹, TIAN Shuang², ZHANG Han³

(1. Zhengzhou University, Zhengzhou Henan 450006, China;

2. Henan Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Zhengzhou Henan 450053, China;

3. Henan Province General Institute of Coal Geology Exploration, Zhengzhou Henan 450053, China)

Abstract: With the traditional method of repairing the damage of underground sewer pipelines, extravasation is sometimes high. In order to solve this problem, a new method of repairing the damage of sewer pipelines is proposed based on virtual reality technology where the map method is used to position the damage location and damage degree of sewer pipelines, and then the communication simulator transmits the damage signal of sewer pipelines to the computer to output the damage identification of sewer pipelines. Virtual simulation technology is adopted to provide proper adhesive repair in regard to the different damage levels of sewer pipelines. The results show that compared with the traditional repair methods, the sewer pipeline damage adhesive repair material based on virtual reality technology is more reasonable. After repair, special reagents are used for cleaning to improve the adhesive repair effect of the damage sewer pipeline and reduce extravasation of the adhesive repair of damaged sewer pipelines.

Key words: virtual reality technology; sewer pipeline damage; pipeline repair; adhesive repair

0 引言

维持一座城市生活有序进行,地下排水管道发挥着不可取代的作用,排水管道被称为城市的地下生命线^[1]。城市的排水管道是城市市政设施管理的重要组成部分,主要是运输和排放城市的工业污水、

商业污水和积攒的雨水^[2]。随着我国经济的发展,城市污水排放量大大增加,这对排水管道造成一定压力,导致排水管道接头处或者污水排放量多的线路容易出现破裂损伤^[3]。由于排水管道错综复杂,如果更换其中一节,就需要同时更换相连接的排水

收稿日期:2020-06-02 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.07.018

作者简介:于泰然,女,汉族,1999年生,在校学生,计算机科学与技术专业,河南省郑州市高新区科学大道100号,826242434@qq.com;田爽,男,汉族,1983年生,工程师,资源勘查工程专业,从事地下管线探测工作,河南省郑州市金水区南阳路56号地矿大厦1501室,ts987321@163.com;张晗,女,汉族,1981年生,高级工程师,地质工程专业,工程硕士,从事地热资源勘查和深部探测技术研究工作,河南省郑州市商鼎路70号,zhanghan1117@163.com。

引用格式:于泰然,田爽,张晗.基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(7):106—111.

YU Tairan, TIAN Shuang, ZHANG Han. Method of repairing the damage of sewer pipelines based on virtual reality technology[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(7):106—111.

管道,这样更换一条崭新的排水管道的成本很大^[4]。为了减少市政设施管理的成本,近年来,我国研制出了一系列排水管道修复方法^[5-6]。而传统的排水管道损伤粘合修复方法不持久^[7],在修复一段时间后,就会出现二次损伤,达不到预期的修复效果。为了改善这一现象,本文进一步研究基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合的修复方法。

虚拟现实技术是 20 世纪发展起来的一项全新 AI 技术,它将计算机技术、仿真技术和电子信息融为一体,模拟出一些人类无法布置的场景,供科研人员进行相关的实验^[8]。首先本文通过负压波法对排水管道的损伤进行鉴定,然后根据排水管道损伤鉴定结果,确定损伤位置,最后利用基于虚拟现实技术对损伤的排水管道进行粘合修复。

1 排水管道损伤鉴定

近年来相关科研成果表明,当排水管道发生损伤时,正常流通的污水就会发生泄露,导致排水管道损伤处的污水流量变大,排水管道出口处污水流量降低^[9]。因为排水管道是一个密封的空间,存在一定的压力,所以短时间内排水管道整体污水流量不会发生大幅度变化,很难检测到排水管道损伤情况^[10]。一旦发现损伤,就是无法简单修复的损伤^[11]。排水管道结构示意图如图 1 所示。

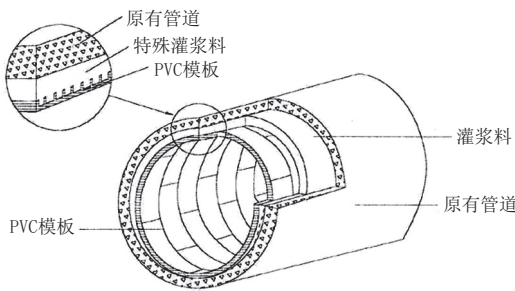


图 1 排水管道结构示意图

Fig.1 Structure of the sewer pipeline

为了解决这个问题,本文采用负压波形图的方法对排水管道进行损伤检测。负压波形图法的检测原理是:正常的排水管道污水流动是从高压区域向低压区域流动,但是当排水管道出现损伤时,损伤处的污水流动区域的空气密度发生改变,导致污水流动会发生微小的改变,由正常的流动行为改变为依次向四周流动,然后大部分污水向损伤处流出,小部分流向正常方向^[12]。通过负压波形图法可以实时

采集到排水管道内污水水波的传递声波,如果传递声波发生突变就代表着排水管道存在损伤,以便对排水管道进行安全监测^[13]。相关的正常排水管道污水流动波形与存在损伤的排水管道污水流动波形对比如图 2 所示。

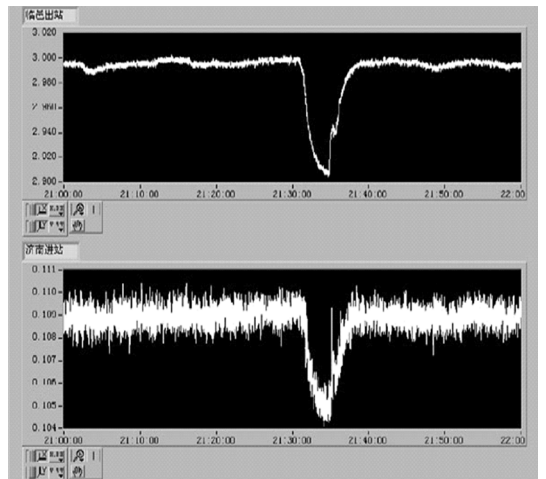


图 2 两种状态下的排水管道污水流动波形对比

Fig.2 Comparison of sewage flow waveforms of the sewer pipeline in two states

排水管道内污水流动波形的传播速度比正常空气中液体的流动波形传播速度快,在 1000~1200 m/s 之间。因为排水管道发生损伤,内部气压发生变化,污水流动波动幅度降低,以至于污水可以在一定时间内,流动距离是正常距离的 2 倍,所以本文提出了在排水管道内部安装压力传感器的方法,传感器根据排水管道污水流动气压产生的波到达设置的距离所耗用的时间和波在排水管道中的传播速度,确定泄漏位置^[14]。排水管道损伤定位原理如图 3 所示。

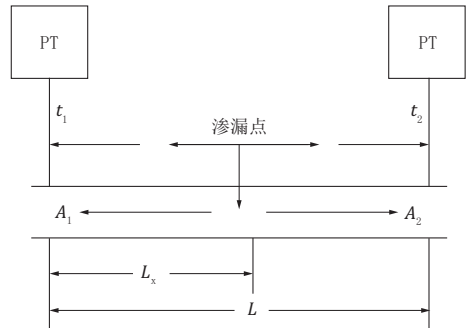


图 3 排水管道损伤定位原理

Fig.3 Damage positioning principle for the sewer pipeline

根据上述损伤定位方法,可以快速的发现排水管道损伤位置。为了增加排水管道损伤粘合修复效

果和节约修复成本,本文增加确定排水管道损伤处的损伤程度鉴定,鉴定方法是根据提取到存在损伤的排水管道波形图的相关数据和数学模型完成鉴定^[15]。数学模型如下所示:

$$L_x = [L(v - u_0) + (v^2 - u_0^2)(t_1 - t_2)] / (2v)$$

式中: L_x ——排水管道损伤点距离首端测压点的距离; L ——排水管道的长度; v ——负压波在污水中的传播速度; u_0 ——管内污水流速; t_1 ——排水管道首端传感器接收到由损伤处产生的负压波的时间; t_2 ——排水管道末端传感器接收到由损伤处产生的负压波的时间^[16]。

通过将提取到的排水管道损伤处污水流动波形图的数据,带入以上数学模型中,计算出排水管道损伤位置附近两个传感器监测点的到达时间,判定排水管道损伤处的损伤程度,如果到达时间差值越大,说明管道损伤程度越大,进而采用不同的修复方法,以便达到最佳的修复效果^[17]。对排水管道损伤位置和损伤效果鉴定结束后,通过管道内部通信模拟器进行结果的输送,具体通信流程如图4所示。

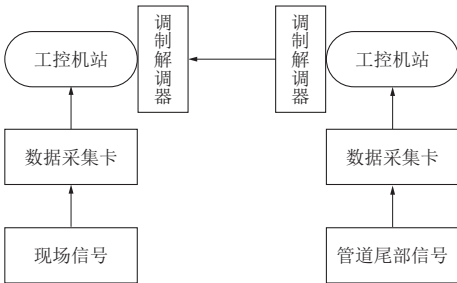


图4 排水管道损伤通信流程

Fig.4 Communication flow chart for the sewer pipeline damage

排水管道损伤结果通信流程主要分为3部分,第一部分是将排水管道损伤鉴定结果进行数据格式化,第二部分是将处理后的文件传送到中心站进行转送,最后存储至相对应信息存储器中,方便工作人员的查询^[18]。

2 基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复

传统的排水管道损伤粘合修复方法,修复过于单一性,只适用于一部分的排水管道损伤情况,这就就会出现大部分的排水管道经过粘合修复处理后,短时间内会出现二次相同位置损伤,并且损伤程度加大^[19]。但是本文研究的基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法,采用虚拟仿真技术,应对不

同损伤程度的排水管道,合理地进行粘合修复处理,既不浪费粘合修复材料,也保证排水管道损伤粘合修复效果^[20]。

基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法,取代了传统的修复方法,避免由于管道内氧气少、有毒气体多,危害工作人员的安全^[21]。虚拟现实技术的主要工作原理是:提取排水管道损伤处周边的环境,模拟修复管道损伤处,通过无条件的缩小和放大操作,精确管道损伤处的大小,然后通过虚拟现实技术,用粘合材料对损伤处进行粘合处理,这样避免了人工在操作过程中的误差,让排水管道损伤粘合修复处理更完善^[22]。其模拟简化图如图5所示。

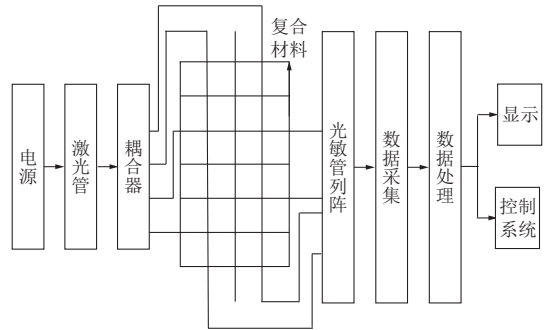


图5 虚拟现实技术排水管道损伤粘合修复模拟简化图

Fig.5 Simplified simulation diagram of adhesive repair of sewer pipeline damage based on VR technology

综上所述,本文研究的基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法流程如图6所示。

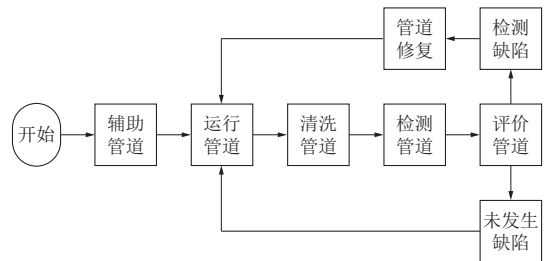


图6 基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复流程

Fig.6 Flow-chart of the adhesive repair method for sewer pipeline damage based on VR technology

基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复流程,主要通过负压的形式对排水管道进行运行,然后结合排水管道损伤鉴定结果,评断排水管道损伤程度^[23]。依据虚拟现实技术对损伤部位进行损伤缺陷侦查,完成相对应程度的损伤粘合修复处理^[24]。完成虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复后,不

能立即注入污水,要通过特殊试剂流通过,才可以进行正常工作。这个试剂是为了加强排水管道损伤处的粘合作用,从而使排水管道损伤粘合修复效果达到最佳^[25]。

3 实验研究

3.1 实验目的

验证本文研究的基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法,比传统的排水管道损伤粘合修复方法修复效率高,通过实验结果分析修复效果。

3.2 实验过程

为了保证本次实验的真实有效性,随机选择最近某市市政管理部门提交的排水管道损伤文件中,损伤程度相差不大的排水管道作为实验标本。实验操作时,随机选取相对应的修复方法进行修复。实验模拟如图 7 所示。

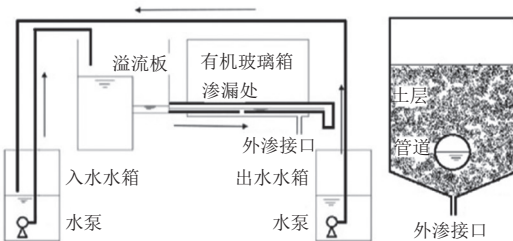


图 7 排水管道损伤粘合修复实验模拟

Fig.7 Experimental simulation of adhesive repair of sewer pipeline damage

具体的实验流程如下:

(1)通过随机选取的方法,对 2 个排水管道进行 2 种修复方法的选定;

(2)确定排水管道损伤位置和损伤程度,分别通过虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法修复和传统方法修复;

(3)2 种排水管道损伤粘合修复后,整理实验场地,继续跟踪接下来 30 h 内排水管道损伤处的污水渗流量,并且及时记录相关实验数据。

3.3 实验结果分析

根据上述实验记录的相关实验数据,绘制 2 种排水管道损伤粘合修复后的排水管道负荷情况,如表 1 所示。从表 1 可以清楚看出,传统修复方法修复后,排水管道的负荷和应力都达不到原始排水管道的负荷,但是基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法修复的排水管道,在一定程度上提高

了排水管道的负荷和应力。这是因为基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法,在粘合修复排水管道时,根据排水管道损伤鉴定结果,通过虚拟现实技术进行侦查,在损伤位置增加相对应的粘结材料去粘合排水管道的损伤处。然而传统的排水管道损伤粘合修复方法,无论排水管道遭到什么程度的损伤,都采用同一个材质进行修复,没有考虑到要完善排水管道的负荷能力^[26]。

表 1 排水管道损伤粘合修复后负荷

原始排水管道 负荷能力		传统方法修复后 排水管道负荷能力		本文方法修复后 排水管道负荷能力	
负载/kN	应力/MPa	负载/kN	应力/MPa	负载/kN	应力/MPa
2	4.9	1.7	4.2	2.2	5.0
3	8.2	2.2	4.2	3.1	8.5
4	10.0	3.5	7.5	4.2	11.0

绘制 2 种排水管道损伤粘合修复后修复处外渗结果,如图 8 所示。

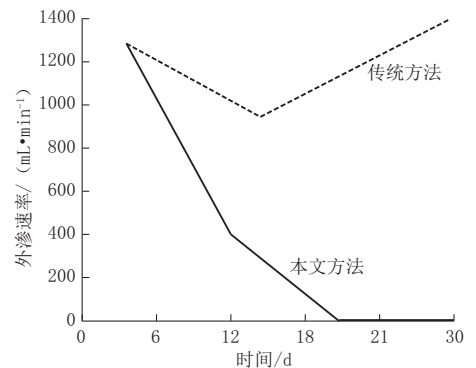


图 8 排水管道损伤粘合修复外渗结果

Fig.8 Extravasation result of adhesive repaired sewer pipeline

对比 2 种排水管道损伤粘合修复方法的数据曲线,可以看出本文研究的基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法比传统的修复方法修复效果好。损伤的排水管道通过本文的粘合修复方法修复一段时间后,污水的外渗量降至 0。观察图 8,可以了解到在完成损伤排水管道修复 30 h 后,该排水管道损伤处的污水外渗流量依旧为零,并且长时间保持污水不外渗的结果。但是传统方法修复的排水管道,在相同的一段时间后,又出现了污水外渗的情况,并且外渗流量为 1400 mL/min,这个数据远大于排水管道损伤时的外渗流量。这是因为基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复采用的材料合理,并且在完成修复后,通过特殊试剂进行清洗,提

高了排水管道损伤处的粘合效果。

4 结语

通过本文的研究和实验验证,确定了基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法,比传统的排水管道损伤粘合修复方法修复效果好。

本文基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法由2部分组成,第一部分是通过对负压波形图法,检测排水管道内污水流动波形图,根据对应的波形,准确地检测出排水管道损伤的位置和程度。第二部分是根据排水管道损伤鉴定结果,结合虚拟现实技术,实施损伤粘合修复处理。

对比传统的排水管道损伤粘合修复方法,基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法在一定程度上提高了排水管道损伤粘合力,为排水管道的正常工作提供了基础,相信在今后发展中,基于虚拟现实技术的排水管道损伤粘合修复方法可以带来更大的效益。

参考文献(References):

[1] 翟奎修,孟慧,翟光银.保卫城市"生命线"普查数据需"保鲜"[J].城市勘测,2018(S1):61-63.
ZHAI Kuixiu, MENG Hui, ZHAI Guangyin. How to protect the underground pipeline census data[J]. Urban Geotechnical Investigation & Surveying, 2018(S1):61-63.

[2] 王雨,陈文化,王凯旋.地层非均质成层性对地下管道的变形影响[J].岩土工程学报,2018,40(5):900-909.
WANG Yu, CHEN Wenhua, WANG Kaixuan. Effect of soil stratification on deformation of buried pipelines[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2018,40(5):900-909.

[3] 左福浩.城市污水管道壁面损伤图像采集机器人的研制[D].北京:北京交通大学,2019.
ZUO Fuhao. Development of image acquisition robot for wall damage of urban sewage pipelines[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2019.

[4] 党晨凯,俞亭超,邵煜,等.地下给水管网入侵体积的影响因素研究[J].科技通报,2019,35(2):111-115.
DANG Chenkai, YU Tingchao, SHAO Yu, et al. Study on factors affecting the intrusion volume of underground water distribution system[J]. Bulletin of Science and Technology, 2019,35(2):111-115.

[5] 伍晓龙,董向宇,王舒婷.液压裂管技术在污水管道原位置换中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(9):77-80.
WU Xiaolong, DONG Xiangyu, WANG Shuting. Application of hydraulic pipe-fracturing technology in in-situ sewage pipe replacement[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(9):77-80.

[6] 王朝建.内衬非开挖管道修复技术及其应用分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3):54-56.

WANG Chaojian. Renovation of inner lining of trenchless pipeline and the application analysis[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(3):54-56.

[7] 张栾,潘恒,孔志祥,等.有机硅改性环氧树脂的研究进展[J].粘接,2015(8):82-85.
ZHANG Luan, PAN Heng, KONG Zhixiang, et al. Progress of organic silicon-modified epoxy resins[J]. Adhesion, 2015(8):82-85.

[8] 李新晖,陈梅兰.虚拟现实技术与应用[M].北京:清华大学出版社,2016:2-5.
LI Xinhui, CHEN Meilan. Virtual reality technology and application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2016:2-5.

[9] 屈川翔,熊志为,冯鑫,等.武汉地区城市地下物流系统可行性研究中几个问题初探与趋势展望[J].隧道建设(中英文),2018,38(10):1688-1697.
QU Chuanxiang, XIONG Zhiwei, FENG Xin, et al. Discussion and prospects of feasibility study of urban underground logistics system in Wuhan area[J]. Tunnel Construction, 2018,38(10):1688-1697.

[10] 李庆云,吴秀菊.基于 Oyane 韧性断裂准则的凹陷管道损伤程度研究[J].机械强度,2018,40(5):1243-1247.
LI Qingyun, WU Xiuju. Study of the damage degree of dent pipe based on Oyane ductile fracture criterion[J]. Journal of Mechanical Strength, 2018,40(5):1243-1247.

[11] 陈立宗,时军波,徐娜,等.地下不锈钢供水管道腐蚀失效分析[J].腐蚀与防护,2018,39(6):484-488.
CHEN Lizong, SHI Junbo, XU Na, et al. Corrosion failure analysis of an underground stainless steel pipeline for water supply[J]. Corrosion & Protection, 2018,39(6):484-488.

[12] 韩红飞,周邵萍,郝占峰,等.基于应变模态差的管道损伤识别仿真[J].振动、测试与诊断,2013,33(S1):210-213.
HAN Hongfei, ZHOU Shaoping, HAO Zhanfeng, et al. Study on identification of pipe damage based on strain modal difference[J]. Journal of Vibration, Measurement & Diagnosis, 2013,33(S1):210-213.

[13] 刘滔滔,汪贵华,张锦涛,等.管道三维检测仪的激光光斑灵敏探测技术[J].激光与红外,2019,49(11):1323-1327.
LIU Taotao, WANG Guihua, ZHANG Jintao, et al. The detecting technology of the laser spot position in the underground pipeline detection instrument[J]. Laser & Infrared, 2019,49(11):1323-1327.

[14] 覃夏南,姜光辉,夏源.考虑非饱和带作用及管道流的岩溶泉流量模拟[J].桂林理工大学学报,2019,39(3):622-627.
QIN Xianan, JIANG Guanghui, XIA Yuan. Karst spring flow simulation considering the effects of unsaturated zone and pipe flow[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2019,39(3):622-627.

[15] 杨海红,官忠瑞,邓拥军.黄登水电站压力钢管设计[J].水力发电,2019,45(6):26-30.
YANG Haihong, GUAN Zhongrui, DENG Yongjun. Design of penstock for Huangdeng Hydropower Station[J]. Water Power, 2019,45(6):26-30.

[16] 王忠昶,魏新平,王川,等.地铁盾构隧道施工对邻近管线的影响分析[J].大连交通大学学报,2018,35(4):83-87.
WANG Zhongchang, GUO Xiping, WANG Chuan, et al.

- Influence analysis of subway shield tunnel construction on adjacent pipeline[J]. Journal of Dalian Jiaotong University, 2018,35(4):83-87.
- [17] 金晓明,李炳乾,余哲,等.基于超声检测技术的管道气腔测量方法探讨[J].无损探伤,2018,42(5):22-24.
JIN Xiaoming, LI Bingqian, YU Zhe, et al. Discussion on measurement technology of pipeline bubble volume based on ultrasonic testing technology[J]. Nondestructive Inspection, 2018,42(5):22-24.
- [18] 谢嘉成,王学文,李祥,等.虚拟现实技术在煤矿领域的研究现状及展望[J].煤炭科学技术,2019,47(3):53-59.
XIE Jiacheng, WANG Xuewen, LI Xiang, et al. Research status and prospect of virtual reality technology in field of coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2019,47(3):53-59.
- [19] 尹宝莹.虚拟现实技术在公共设施设计中的应用[J].包装工程,2019,40(16):271-274.
YIN Baoying. Application of virtual reality technology in public facility design[J]. Packaging Engineering, 2019,40(16):271-274.
- [20] 陆剑锋,王正平,金红军.三维激光扫描与虚拟现实技术在城市景观中的应用[J].激光杂志,2019,40(7):174-178.
LU Jianfeng, WANG Zhengping, JIN Hongjun. Application of 3D laser scanning and virtual reality technology in urban landscape[J]. Laser Journal, 2019,40(7):174-178.
- [21] 章怡.虚拟现实技术在杭州供电公司电力系统中的应用[D].保定:华北电力大学,2015.
ZHANG Yi. The application of virtual reality technology in the electric power system of Hangzhou Power Supply Company[D]. Baoding: North China Electric Power University, 2015.
- [22] 陈罡.基于虚拟现实技术的室内设计创新及应用[J].科学技术与工程,2019,19(17):229-233.
CHEN Gang. Innovative and application of virtual reality technology in interior design[J]. Science Technology and Engineering, 2019,19(17):229-233.
- [23] 林一,陈靖,刘越,等.基于心智模型的虚拟现实与增强现实混合式移动导览系统的用户体验设计[J].计算机学报,2015,38(2):408-422.
LIN Yi, CHEN Jing, LIU Yue, et al. User experience design of VR-AR hybrid mobile browsing system based on mental model[J]. Chinese Journal of Computers, 2015,38(2):408-422.
- [24] 聂胜军,乔稳超,朱磊森,等.VR技术在聂耳公园海绵城市建设中的应用[J].中国给水排水,2019,35(12):117-119.
NEI Shengjun, QIAO Wenchao, ZHU Leisen, et al. Application of VR technology in Nieer Park sponge city construction[J]. China Water & Wastewater, 2019,35(12):117-119.
- [25] 杨可男.基于虚拟现实技术的救助船对外消防培训仿真系统[J].上海海事大学学报,2019,40(2):95-100.
YANG Kenan. External fire-fighting training simulation system of rescue ships based on virtual reality technology[J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2019,40(2):95-100.
- [26] 郑恩文.长距离输油气管道泄漏监测与准实时检测技术研究[J].粘接,2019(10):20-24.
ZHENG Enwen. Study on leakage monitoring and quasi-real-time detection technology for long distance oil and gas pipeline[J]. Adhesion, 2019(10):20-24.

(编辑 周红军)

专题征稿

“川藏铁路工程钻探(钻掘)技术与装备”专题

2018年,“世纪工程”川藏铁路规划建设全面启动。川藏铁路工程需要面对崇山峻岭、地形高差、地震频发、复杂地质、季节冻土、山地灾害、高原缺氧以及生态环保等建设难题,桥隧占比高达80%,被称为“最难建的铁路”。新建铁路的工程勘察、桥隧建造以及地质灾害防治需要动用大量的钻探(钻掘)工作,而特有的地质、地理条件给施工带来极大的难度和挑战。

为此,本刊拟组织一期“川藏铁路工程钻探(钻掘)技术与装备”专题,总结前期的研究成果和施工经验,为下一步更加严峻的挑战提供指导和借鉴。

征稿内容包括(但不限于):

- 工程勘察钻探取样技术
- 定向钻进技术
- 隧道施工技术(盾构、超前支护、围岩加固、爆破等)
- 桩基施工技术
- 地质灾害防治技术
- 相关装备及器具

● 相关理论研究成果

稿件要求:参见《探矿工程(岩土钻掘工程)》投稿指南:
http://jour.tkgc.net/ch/first_menu.aspx?parent_id=20150106042322001

论文提交截止时间:2020年8月30日

投稿网址:www.tkgc.net

投稿流程:探矿工程在线(www.tkgc.net)→作者登录→注册→登录→按提示上传稿件(注:选择栏目时请选“川藏铁路钻探专题”)。

欢迎广大科研人员和工程技术人员投稿!

联系人:周红军(503581735@qq.com, 13803220507, 0316-2096324)

李艺(617140994@qq.com, 18515466615, 010-68320471)

《探矿工程(岩土钻掘工程)》编辑部