

# 地下管线内损伤电视检测系统的研制

张 燕, 代福仲

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

**摘 要:**介绍了地下管线内损伤电视检测系统的基本结构、工作原理、主要技术参数及其现场试验情况。

**关键词:**地下管线;内损伤;电视检测

中图分类号:TU990.3;TH89 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2008)07-0090-04

**Development of Television Detecting System of Inner Damage of Underground Pipeline/ZHANG Yan, DAI Fu-zhong**  
(The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** This article introduced the basic structure, principle, major technical parameters and the field test situation of the television detecting system of inner damages of underground pipeline.

**Key words:** underground pipeline; inner damages; television detection

## 1 概述

地下管线是城市的重要基础设施,是城市高效率、高质量运转的保证。地下管线使用一定时间后,因不均匀沉降、外界压力作用、树根的入侵、管材老化而出现裂纹、裂缝、错位、破损等现象,据资料介绍,城市供水管网的漏损率高达 20%~25%。据统计,一个中等城市每年因漏水导致经济损失达数百万元,其中 80% 是暗漏造成的;排水管破损产生的漏失会造成污水泄漏,污染周围土壤、地下水资源、侵蚀地下环境,不利于生态环境的保护。给、排水长时间泄漏,掏空周围地层泥土,造成地面凹陷,严重

的还会引起道路塌陷,威胁人民生命财产安全。定期对地下管线进行检测,发现破损及时修复是十分必要的。

## 2 地下管线内损伤电视检测系统的结构、组成、工作原理及主要技术参数

地下管线内损伤电视检测系统由地下部分和地面部分组成。地下部分包括:管道车系统、摄像装置、照明装置;地面部分包括:控制台、语音录入装置、图像分析系统、电缆和电缆绞车。图 1 是该系统的实物。

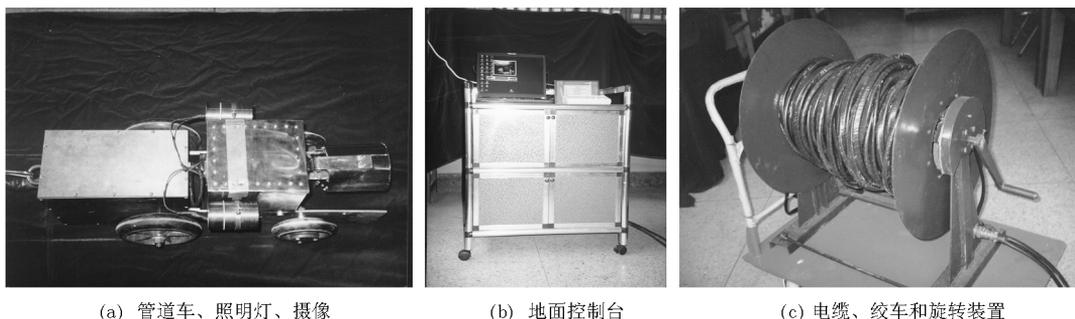


图 1 地下管线内损伤电视检测系统实物图片

### 2.1 地下部分

#### 2.1.1 管道车系统

如图 2 所示,管道车系统由车箱体、4 个车轮、步进电机、减速器、电机驱动器、PLC、触摸屏和 2 个电源组成。2 个电源分别向步进电机、PLC 和触摸

屏提供电能。电源、触摸屏、PLC、驱动器安装在地面控制台上。其工作原理是:操作者通过触摸屏上的功能键发出操作指令,可编程控制器 PLC 把操作指令输入给驱动器,驱动器即向步进电机发送脉冲电流,使电机转动,经减速器达到所需转速后,减速

收稿日期:2008-05-31

基金项目:科技部开发基金项目“西部地区复杂地层非开挖新工艺及其新器具研究”(编号:NCSTE-2001-JKZX-185)

作者简介:张燕(1960-),女(汉族),四川人,中国地质科学院探矿工艺研究所高级工程师,探矿工程专业,从事科研和情报信息工作,四川省成都市郫县成都现代工业港港华路 139 号。

器输出轴带动车轮转动,管道车前进。

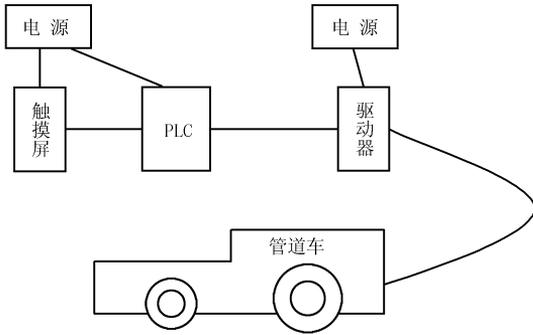


图 2 管道车系统

触摸屏上有 7 个功能键:启动定长运动、点动前进、点动后退、回原点、停止、参数设置、清零,并显示管道车行走的路程。通过触摸这些功能键,可以操作控制管道车的定长前进、后退、停车。触摸“参数设置”键,可以方便地在触摸屏上更改车速、定长运动距离。

管道车运载着摄像装置在地下管道中行走,摄像装置拍摄出管道内壁的图像。

为了在操作时更方便地进行人机对话,在 PLC 操作系统中使用了人机界面——触摸屏,触摸屏和 PLC 进行双向通讯,通过对 PLC 的中间继电器或数据单元的读写操作来控制系统运行或监视系统运行状态。触摸屏在操作人员和机器之间起双向沟通的桥梁作用,它还可以使操作变得简单生动,减少操作上的失误。

管道车系统电路如图 3 所示。

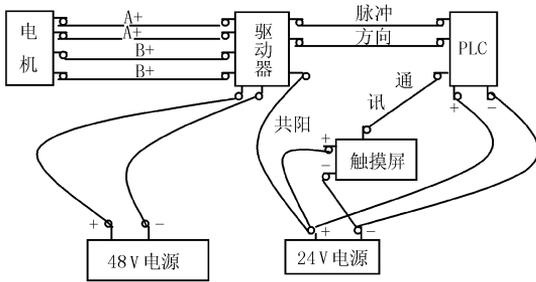


图 3 管道车系统电路图

### 2.1.2 摄像系统

摄像系统由电源、摄像头装置、纵轴转动装置组成。

(1)电源部分由环型交流电源变压器和直流 ±12 V 稳压电源组成。选用环形变压器,其体积比较小,漏磁也较小。直流 +12 V 稳压电源主要供给 CCD 摄像头和横向旋转低速电机的电源和继电器的电源,-12 V 主要供给照明灯电源。

(2)摄像头装置包括 CCD 微型彩色摄像头、照

明灯、横向旋转低速电机(12 V 直流电机)、转动限位 HALL 元件。这些部件安装在不锈钢筒中。横向旋转低速电机转动轴上的小齿轮绕大齿轮转动,从而带动不锈钢筒绕横向安装的电机轴转动,使 CCD 摄像头从管线轴向旋转到与其垂直的纵向,因此,可以拍摄到管道的正面图像和侧面图像。

(3)纵轴转动装置:该装置由纵向旋转低速电机、转动限位 HALL 元件、转动控制电路、电源变压器组成,这些部件安装在一个不锈钢矩形盒中。纵轴转动装置通过一 U 形架与摄像头装置连接在一起,当纵轴电机转动时,U 形架可以使整个摄像装置绕纵轴旋转 340°。由于摄像头的摄像角度大于 60°,摄像头横向转动后,再纵向转动就可以把整个管道侧面 360°的图像都拍摄下来。

### 2.1.3 照明装置

由于地下管道内没有光线,为了让摄像头“看”清楚管壁情况,必须配置合适亮度的照明灯。带石英玻璃反射灯罩的卤素灯具有聚光、亮度高、显色性好、寿命长等特点,故选择卤素灯作为照明灯。为了使灯光不产生阴影,采用两盏照明灯。为了防止照明灯遇水或其它原因产生爆炸,专门设计了不锈钢灯管,并进行全密封。不锈钢灯管通过开口矩形架安装在纵轴转动装置的不锈钢矩形盒上。

## 2.2 地面部分

### 2.2.1 控制台

控制台是一个带箱体的操作台(图 1b),操作台面上放置有摄像头转动控制按钮盒、PC 机、图像采集卡、音频输入装置和触摸屏,箱内安放管道车电机驱动器、PLC、两个电源及接线板。

(1)摄像头控制按钮盒:包含一个 5 V 直流电源、4 个按键以及一个编码电路。它们一起安装在一个控制盒中。4 个按键分别控制纵向旋转低速电机顺时针转动、反时针转动、横向旋转低速电机右转及左转运动。

(2)PC 机:结合图像采集卡显示管道图像。通过图像分析软件进行图像分析。

(3)图像采集卡:图像采集卡是为了将摄像视频信号转换成 PC 机可使用的数字格式。

(4)音频录入装置:利用与 PC 机相连的麦克风,录入有关信息,如工作地点、单位名称、检测位置等等。

(5)触摸屏:如前面所述,用于控制管道车的运动。

(6)电机驱动器、PLC、电源(前面已述)。

### (7) 图像分析软件。

为了对检测到的管道破损图像资料进行分析,如管道中裂隙、裂缝、孔洞的长度、宽度、面积等,专门编制了管道破损图像分析软件,使用该软件,在对图像进行二值化处理后,通过线性测量、面积测量得出管道破损的定量数据,为非开挖管道修复提供可靠依据。该软件界面图见图 4。



图 4 图像分析软件界面

### 2.2.2 电缆和电缆绞车

(1) 电缆:摄像系统、管道车、地面控制系统照明灯的电信号和电能通过一根 8 芯电缆传输。其中,管道车电机需要 4 根传输电能的电线,摄像系统和照明灯需要 2 根 220 V 的电源线、2 根控制信号传输线和一根地线共计 9 根电线,地线用电缆的屏蔽铜丝网层代替,因此实际电线为 8 根。

(2) 电缆绞车(见图 1c 和图 5):它用于缠绕和收放电缆,为了使摄像工作在收放电缆时不中断,在电缆绞车上安装了 8 个导电滑环。同时,为了减少电缆绞车的电刷个数,将所有的接地线直接连接到各部分的外壳上,使电缆绞车的电刷个数减少到 8 个。

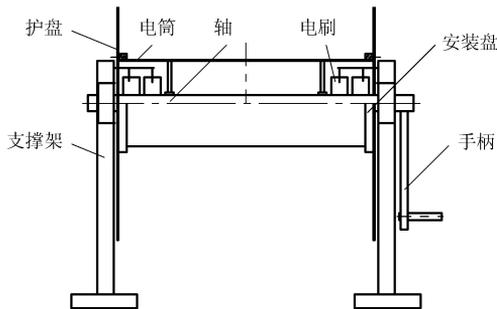


图 5 电缆绞车示意图

### 2.3 地下管线内损伤电视检测系统的工作原理

将带有摄像头的管道车通过人井放入地下管道内,接通地面控制台箱体内 PC 机、摄像头、照明灯、管道车的电源,在控制台上按动触摸屏上相应的键使管道车在管道内行走,管道车带着电缆进入管道

内。与此同时 CCD 摄像头拍摄下管道前方的图像,这些图像通过图像采集卡显示在控制台上的 PC 机屏幕上,操作人员在显示屏上观看管道内壁情况,如发现管道内有破损,则停车,并按动操作台上控制摄像头横向转动的按钮,使摄像头转动 90° 正对管道壁,再绕轴旋转 320°,拍摄下破损处整个管壁 360° 的图片并保存在 PC 机上。同时通过音频录入破损处的地点、位置(触摸屏上显示的管道车行走的距离)。如果一次不能完全拍摄下破损的部位,可移动管道车或横、纵向转动摄像头连续拍摄,直到将破损部位完全拍摄下来。此时可马上调用安装在 PC 机上的“图像分析软件”对图片进行分析,也可以对全部管线检测完后,回室内再进行分析。拍摄完破损部位,再按动控制按钮使摄像头转向管道正前方,管道车继续前进,检测前方的管道。缆线放完,可按动触摸屏上的“回原点”键使管道车后退回原点。取出管道车,再开始下一个测点的工作,直至完成全部检测任务。

### 2.4 地下管线内损伤电视检测系统的主要技术参数

- (1) 适用管径:400 ~ 900 mm;
- (2) 适用管材:钢管、陶土管、混凝土管、铸铁管、石棉水泥管等;
- (3) 一次检测管长:100 m;
- (4) CCD 分辨率: >460 行;
- (5) 管道内损定位精度:  $\pm 10$  cm。

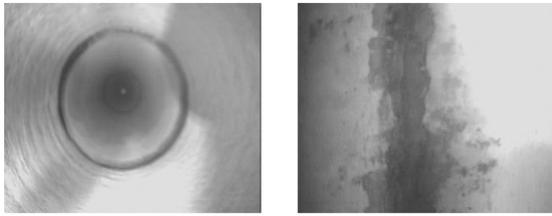
### 3 现场试验

“地下管线内损伤电视检测系统”在成都市白马寺和宁夏街路口的地下管道中进行了 2 次试验。检测地下管线共计 140 m。

#### 3.1 成都市白马寺路段新铺设的地下管线中进行首次试验

该地下管线(雨水管)铺设由成都市建工市政工程有限公司第二分公司承建,管线于 2003 年 2 月 25 日开始开挖铺设,2003 年 3 月 15 日铺设完毕,全长 120 m,管径为 600 mm。

为了试验管道车在管道内前进、后退、行程显示等功能及其摄像装置的横、纵向转动功能,同时检测管道的铺设质量,特别是管道连接处是否符合要求,让摄像管道车在管道内前进、后退了 3 次,连续拍摄了管道车所走过的管道的内壁图像(图 6a)。并且在管道的连接处专门停车转动摄像头 320°,拍摄到管道连接处 360° 的图像(图 6b)。



(a) 行走时拍摄的管道内壁图像 (b) 摄像头转动90°拍到的接缝图像

图6 管道内壁及管壁接缝处的图像

试验表明:(1)管道车在管道内前进、后退行走自如,行程显示准确;(2)摄像装置纵、横向转动灵活;(3)拍摄到的管道内壁图像清晰;(4)从拍摄到的图像看出,该条地下管线各接头连接处光滑平整,砂浆饱满,符合安装质量要求。

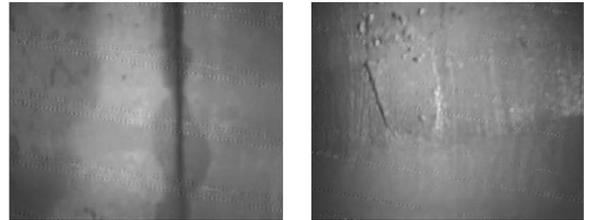
存在问题:两盏各 35 W 的照明灯光线太强,图像上有的部位发白,须减小照明灯功率,每盏灯 20 ~ 25 W 即可。

### 3.2 成都市宁夏街路口自来水管中的试验

工区概况:成都自来水公司欲在宁夏街路口的地下自来水管中加一阀门,自来水管直径为 600 mm。开挖后发现,自来水管上方 1 ~ 2 m 处回填的砂砾石层中两处有水流出,怀疑是开挖处前方 7 ~ 8 m 范围内的自来水管有破损,自来水渗漏到砂砾石层中,开挖后即流出。为了找到漏失点,用听音检漏仪进行了检测,但未发现漏失点。为了保险起见,成都沃特地下管线探测有限责任公司决定用“地下管线内损伤电视检测系统”进行检测,以便确定自来水管是否破损。

试验情况:把管道车从切割开的管道口放入管道内,通过地面控制台打开摄像装置和照明灯,启动管道车,管道车前进,摄像头拍摄到的管壁图像显示并记录在 PC 机上。可见管道内余留有 7 ~ 8 cm 高的水位。对于该管道的检测,主要是从图像上看管道内壁是否有裂缝、孔洞、管道接头处是否完好无损,还可以根据是否出现滴水、管底水面是否出现大

的波动来判断漏失点。这次试验检测的管道长度为 22 m,为了看仔细,管道车在管道内反复多次前进、后退。在 5 个管道接头处,专门停车使摄像头转动 320°,对管道接头进行了仔细观察和录像,对认为可疑的地方,也专门停车转动摄像头对其进行仔细观察和录像。图 7 是本次试验所拍摄的图像。



(a) 水管接缝

(b) 管道侧壁

图7 拍摄到的水管接缝及管道侧壁图片

检测结果:(1)从拍摄到的管道内壁图像看,没有发现裂缝和孔洞,5 个管道接头完好无损,也没有见到滴水现象,由此判断所检测的管道段没有破损;(2)管道车在管道内前进、后退行走自如,行程显示准确;(3)摄像装置纵、横向转动灵活;(4)拍摄到的管道内壁图像清晰。

## 4 结语

地下管线内损伤电视检测系统的研制,具有自主知识产权,该检测系统能将管道内壁信息根据指令采集、输送到 PC 机上;管道车能自动行走,CCD 可做绕纵轴 320°转向和绕横轴 90°扫描摄像;可清晰地分辨出内壁、接头连接缝及伤损情况,从而满足管道检测要求,在国内处于领先水平,为非开挖检测管线提供了一种直观、快速、定性、定量的可靠方法。

## 参考文献:

- [1] 编委会. 机电工程手册(第四卷电机)[M]. 上海:机械工业出版社,1982.
- [2] 机械工业部. 电线电缆产品样本(第一册)[M]. 北京:机械工业出版社,1983.

(上接第 47 页)

条件,植物的选择是关系到绿化成败的关键环节。一定的植物品种其生长环境是十分有限的,但在植物的选择上总的原则是选择根系发达、保水耐寒耐旱的植物品种。

## 4 结语

我国矿山开发生态环境现状是严峻的,阻碍了矿业的进一步良性发展,对于国民经济和社会长期

持续发展也带来一些困扰。我国生态保护的目标是:到 2010 年,生态环境恶化趋势得到基本遏制,部分地区生态环境质量有所改善。重点生态功能保护区的生态功能基本稳定,自然保护区、生态脆弱区的管理能力得到提高,生态保护法规体系进一步完善。在这样的大环境条件下,进一步研究适合不同类型的矿山生态恢复技术,使工程治理与生态恢复有机结合,对人与自然的和谐相处具有重大意义。