

灌注桩内壁图像探测及处理设备的研制

叶轻舟 丁金荣 陈健

(福建工程学院 福建工程学院-国脉TMT科学研究院 福州 350108)

摘要: 目前在建筑行业中,若能够直观客观地观察到地下几十米深的圆形灌注桩基是否有裂纹等影像对工程人员来说是十分有意义的。本课题配合相关行业室外作业需求,研发相应的设备及配套软件,通过防水摄像头把地下深处桩基内壁的图像传送到地面上的笔记本电脑显示屏幕上,可依据不同桩基的口径尺寸大小自动调整比例尺标,在屏幕右侧及下方显示标尺刻度,可观察并通过标尺测算出内壁裂纹等大小尺寸,同时标注出准确深度位置。当摄像头到达桩基底部时能给出标识,并将所得到的图像及其他信息压缩保存以便分析。

关键词: 灌注桩;图像观测;深度检测

中图分类号: TP752.1 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 420.20

The development of the filling pile wall image detection and processing equipment

Ye Qingzhou Ding Jinrong Chen Jian

(Fujian University of Technology FJUT-GMTECH Academy of TMT Science, Fuzhou 350180, China)

Abstract: At present in the construction industry, if can be directly observed objectively underground circular tens of meters deep perfusion pile foundation for cracks and other images is very meaningful for engineering personnel. Outdoor homework this topic with related industry demand, research and development of the corresponding equipment and related software, through the deep underground waterproof camera image transferred to the pile foundation caused by the laptop display screen, on the ground can be adjusted according to different pile diameter size automatically proportional scale, at the bottom of the screen on the right side and a ruler scale, can be viewed and through the scale measure wall crack size, marked location accurate depth at the same time. When a camera when you arrive at the bottom of the pile foundation can give, and to save the resulting image and other information compression for analysis.

Keywords: bored piles; image observation; deep inspection

1 引言

目前在建筑行业中的灌注桩基(或称“深井”)的施工中,一旦出现质量问题,检测鉴定和后期的补救工作将十分繁琐^[1-3]。究其原因,主要是没有直观可靠的测量设备和数据分析手段。常见的检测方式是利用超声波探测仪,通过反射波测得裂纹或瑕疵的深度以及严重程度,但此种测量方式不够直观,无法捕获图像数据,裂纹的尺寸以及形态等数据也均无法得到,不利于后期的分析及工程的改造和修复,也容易引起测试部门和施工单位间的争议,造成不必要的麻烦。因此若能够直观地观察到地下几十米深的桩基或深井是否有裂纹或地质情况,就能够为工程质量的控制和检测提供便利,降低质量检测的难度,也提高准确率,因此结合超声波探测仪的数据分析对工程人员来说是十分有意义的。

为了适应施工要求,此类设备及配套软件应具备如下

特点:

- 1) 实现连续图像传输、播放及压缩存储,图像清晰,稳定可靠,且必须配独立照明系统。
- 2) 水平与垂直方向的标尺刻度能够依“井”的直径大小变换,根据不同“井”口的直径尺寸调整标尺比例,并能保留最终设置。
- 3) 显示图象的实时深度尺寸,能显示、测算裂纹的垂直长度,能显示、测算裂纹的水平长度,且必须能测量深度并产生准确的深度数据,此数据必须和图像数据精确对应,将数据可靠的传输至上位机进行显示处理和储存。
- 4) 各个显示和测量数据可随时校正,并可随时恢复和保存,以适应不同的应用环境。

2 系统组成与分析

依据要求,系统可分为上位机软件、深度数据检测模

块、图像捕捉与传输模块、供电模块以及加密模块。系统总体设计如图 1 所示。

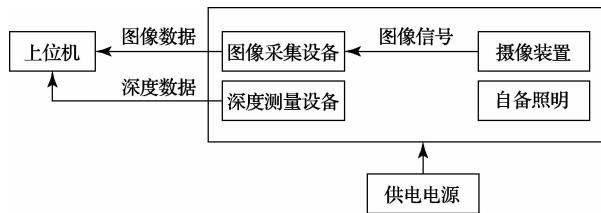


图 1 系统总体

系统采用支持 VFW 技术的视频采集器, 配套具有有线电视信号输出的摄像头, 通过 USB 高速数据总线将图像数据传输至上位机, 利用 VFW 编程方法进行图像捕捉。使用 MPEG-4 的视频压缩格式进行图像存储, 在保证图像质量的同时有效的控制了存储空间的使用^[4-5]。

应用鼠标移动的控制原理通过控制芯片将摄像头的垂直位移信号通过 RS232 传输至上位机运算处理, 得出所在位置的深度数据^[6-7]。同时根据实际环境如灌注桩基的半径大小, 摄像头视角等数据, 换算出图像标尺或者所见裂纹的尺寸。

3 模块电路分析

3.1 图像采集模块

3.1.1 设计思路

由于被探测的井深可能达到 50 m 以上, 因此最好选用模拟电视信号摄像机拍摄井下图像, 通过电缆传回地面, 然后通过视频采集器进行采集, 转换成数字信号后通过 USB 高速串行总线连接至上位机显示。采用此种方案, 既保证了图像信号的清晰度, 又能实现长距离的信号传输, 最终通过 USB 总线与 PC 相连, 既保证了视频信号的传输速率, 又使上位机软件能以相同的规范对应不同的硬件, 使得视频采集器型号的选择能够更加灵活。

3.1.2 硬件结构

此模块的关键在于视频采集器以及摄像装置的性能, 由于需观察井下物体的颜色, 因此应选择彩色摄像头, 为了保证视频采集画面的清晰和视频播放的流畅, 视频采集器应至少具备 640×480 的显示分辨率, 且上位机应具备 USB2.0 的高速串行数据接口, 保证视频数据传输顺畅。

施工现场往往没有市电供应, 或者难以供应, 因此采用大容量蓄电池作为供电装置给整套系统供电, 因此应设计相应的电池充电模块, 在保证电池正常供电的情况下亦对电池进行保护, 延长电池使用寿命。

为了保证图像信号在传输过程中不出现失真问题, 摄像装置和视频采集器间通过电缆连接应采用屏蔽电缆。图像采集如图 2 所示。

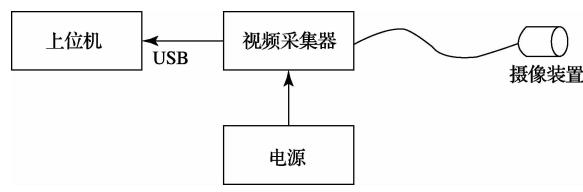


图 2 图像采集

3.2 深度数据检测模块

3.2.1 设计思路

实际的现场检测作业中, 观测图像的操作在某个位置可能会反复进行多次, 这样就要求深度数据的检测必须具有连贯性的特点, 就是说当探头下降或者上升时所检测到的深度数据必须随时相应的增加或减少, 而且必须保证方向变换时数据的连续性和准确性, 这样就对深度数据的检测提出了高的要求, 用一般的计数盘就无法实现。

通过对课题要求的分析, 本设计巧妙应用鼠标控制原理设计了符合要求的深度检测模块, 使用鼠标控制芯片进行位移判断, 然后取其中一个轴的信号通过 RS232 串行接口将数据传送至 PC 处理, 最终得出深度数据并和图像配套显示。通过鼠标控制芯片能实现灵敏的距离检测功能, 且具有很高的准确性。且电路结构简单, 技术成熟, 运行稳定可靠。

3.2.2 硬件结构

依据以上的设计思路, 深度检测模块分为 2 个部分, 位移检测电路和上位机的数据分析软件。位移检测电路负责随着摄像头的运动将位移信号实时传送至 PC, 上位机负责对位移数据进行计算得出精确的深度数据, 然后将深度数据显示在视频图像的正确位置, 给操作人员提供参考。结构如图 3 所示。将光栅轴与机架的转轴相连, 当摄像机上下移动时, 带动光栅移动, 从而驱动鼠标控制芯片的一个轴输出位移信号, 通过 RS232 串行通信将数据传送至 PC 处理。由于深度检测模块直接装置在机架上, 与轴相连, 因此为了适应施工现场恶劣的环境, 容纳深度检测装置的机盒应具备防水和抗干扰的特性, 应做好密封和抗震处理, 防止施工作业中设备遭到损坏。

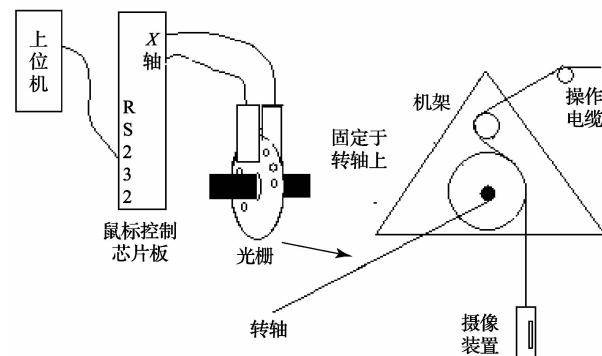


图 3 深度数据检测

3.2.3 程序实现

每操作一次鼠标,鼠标传输出 3 个字节数据流,包括了按键的状态和鼠标移动信息。鼠标通信协议规定波特率 1 200 bps,数据位 7 位,起始位 1 位,停止位 1 位,校验位无。

数据流格式如下:

表 1 通信协议数据流格式

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
字节 1		左键	右键	Y 轴 D7	Y 轴 D6	X 轴 D7	X 轴 D6
字节 2			X 轴增量				
字节 3			Y 轴增量				

这样就可以在上位机软件中对位移数据进行处理得出相应的深度数据。

算法程序以 X 轴为例:

```
DataA=((Data(0)-&.HC0)*64)+(Data(1)-&.H80)
If DataA > 127 Then
    Loca = Loca - (256 - DataA)
Else
    Loca = Loca + DataA
End If
```

(Data(0) - &.HC0) * 64)

将 X 轴增量的 D7、D6 位取出,由于增量数据为补码,因此 D7 位表示了 X 轴运动的方向。(Data(1) - &.H80) 将 X 轴增量数据取出,然后与 D7、D6 合并,这样 DataA 中的数据就表示了 X 轴的运动数据。将 DataA 中数据和 127 的判断确定 X 轴的运动方向,并将运算出的带有符号的位移数据保存在 Loca 中。这样就完成了深度数据的采集和运算。同理可推算 Y 轴数据。

字节 1:d5 d4 分别表示左右键状态,1 表示按下,0 表示释放(没有按下)。

字节 2:X 方向的增量,累加上一次传送之后鼠标在水平方向的移动。

字节 3:Y 方向增量,同上。其中各增量值以 6 位二进制的补码形式给出,如表 1 所示^[8-9]。

由于鼠标控制芯片的输出数据为每组 3 个字节,因此将 MSComm 控件的接收阈值设置为 3 个字节,数据输入长度也设为 3 个字节,这样每接收到由鼠标控制芯片传出的 3 个字节数据,就产生事件进行响应,将所接收到的数据存入 Data() 数组中,利用上述程序进行处理,然后继续等待下一次触发。

4 软件设计

4.1 比例标尺变换设计原理

由于要通过图像实现测定所示内壁灌注桩内壁裂纹尺寸的功能,由于普通摄像头的视角大约 30°,设摄像机处于“井”的圆心位置,那么摄像机拍摄的区间为图 4 弧 ACB,由于屏幕显示为平面均等分坐标,因此需把弧长 ABC 经过变换,使“井”内壁图像均等显示在屏幕上,并给出准确的标尺供用户比照,便于读数。

通过对所摄取的视频图像的分析,图像分析原理如图 4 所示。

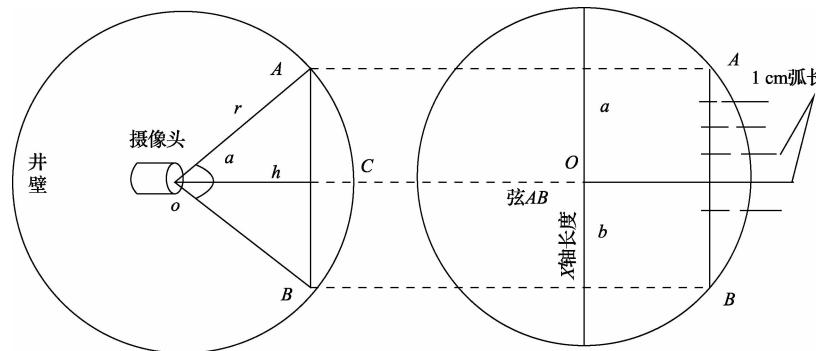


图 4 图像分析原理

由图 4 所示可以得出:

$$\widehat{AB} = \frac{\alpha}{360} \times 2\pi r \quad (1)$$

$$\widehat{AB} = 2 \sin \frac{\alpha}{2} r \quad (2)$$

式中:r 为被测井的半径,α 为所使用摄像头的拍摄视角,r 与 α 均为已知量。

将所拍摄到的原始井壁圆弧图像,按式(1),从中心点开始,按每 1 cm 的弧长分割,可分别计算出对应的角

度,依据式(2)可依次换算成平面的弦长,以中心为基准,依次把其他段弧长再拉伸成平面均等距离,接着计算弦的端点与原点O的相对距离,变换成为X轴坐标,通过计算弧长AB和弦长AB的换算比例,即可把原始整帧画面依次变换后再显示在屏幕上,得到所需的水平方向均等标尺的画面,如图5所示。将换算得出的尺寸数据以坐标的形式显示在捕获的视频图像旁边作为参照,坐标间隔为1 cm,并可根据不同的设置随时更新坐标显示,做到和图像同步。

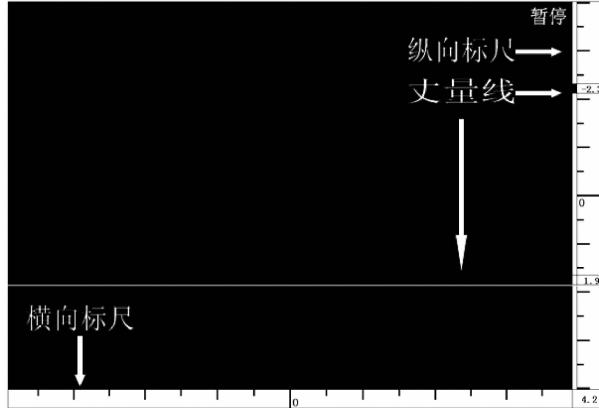


图5 显示标尺

屏幕上所示的物体的X轴坐标可由以上公式计算得出,并通过软件随时更改,纵向坐标的中点值会随着探测深度的变化而变化,以适应不同的工作环境。程序中给出尺寸丈量线方便用户测量所示物体尺寸,与丈量线对应的尺寸值会随着丈量线的相对位置变化而随时更新数据,做到显示和测量同步。

4.2 图像采集程序设计

4.2.1 设计思路

VFW是Microsoft公司为开发Windows平台下的视频应用程序提供的软件工具包,用户可以通过它们很方便地实现视频捕获、视频编辑及视频播放等通用功能,还可利用回调函数开发更复杂的视频应用程序。它的特点是播放视频时不需要专用的硬件设备,可以满足视频应用程序开发的需要。VB支持VFW,大大简化了视频应用程序的开发。VFW以消息驱动方式对视频设备进行存取,可以很方便地控制设备数据流的工作过程。目前,大多数的视频采集卡驱动程序都支持VFW接口,它主要包括多个动态连接库,通过这些组件间的协调合作,来完成视频的捕获、视频压缩及播放功能^[10]。

4.2.2 程序实现

视频数据的实时采集,主要通过AVICAP模块中的消息、宏函数、结构以及回调函数来完成。具体的视频捕获的一般过程如图6所示。

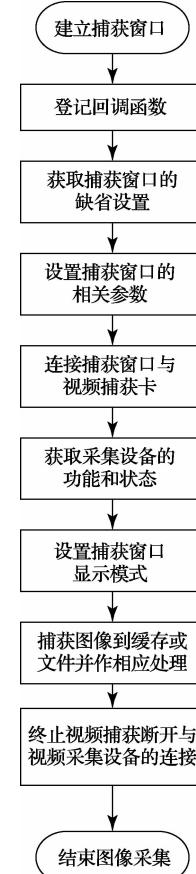


图6 图像采集流程

4.3 图像文件录制程序设计

4.3.1 设计思路

采用VFW实现图像捕捉显示功能,由于VFW不具备显存控制功能,无法直接写屏,无法编辑视频流,因此无法人为在图像数据流中加入额外的内容,因此为了实现如图5所示的显示数据和视频图像的合并存储,选择对指定屏幕区域进行图像保存,而后再利用VFW的视频处理API将这些图像压缩成为视频文件的方式实现此功能,并利用MPEG-4格式进行压缩,指定屏幕区域保存15幅/s,图像的保存和视频的压缩同步进行,保证了程序操作的实时性。为了避免对磁盘的频繁读写,采用内存映射的方式将指定的磁盘文件映射入内存中的指定区域,将对特定文件的操作就转变为对相应内存区域的操作,内存的存储效率较之磁盘要高出几个数量级,而且对其进行存储操作理论上无硬件伤害,没有寿命限制,这样既保证了长时间工作的稳定性,又保证了实际操作中对软件执行速度的要求,一举两得。

4.3.2 程序实现

利用VFW,不仅可以实现视频流的实时采集,还提供了编辑和播放功能,主要通过AVIFILE、ICM、ACM、MCIWnd等组件之间的协作来完成,整体步骤如下(具体程序见流程)。图像压缩程序流程图如图7所示。

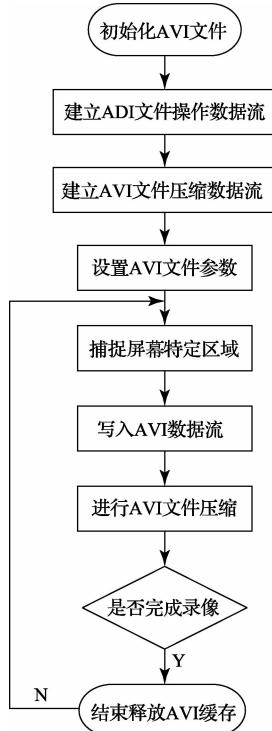


图 7 图像压缩流程

要创建内存映射文件,首先要使用 CreateFile 函数方法打开一个已存在的文件,然后调用 CreateFileMapping 函数方法创建一个文件映射对象。这样就通过内存映射功能将原本对磁盘文件的频繁操作转变为对内存特定地址的操作,既对磁盘起到保护作用又提高了程序的执行效率。

4.4 软件操作界面设计

界面软件的编制要充分考虑到易用性和适应性,由这个出发点作指引,将上述各功能模块进行整合,编制成为统一的上位机操作软件,并赋予丰富的调校功能,包括视频图像采集与录制。深度与坐标数据显示,以及数据通信等 3 大块功能,各个模块间互相联系,形成一个互动的整体,使操作更加简便、灵活,如图 8 所示。

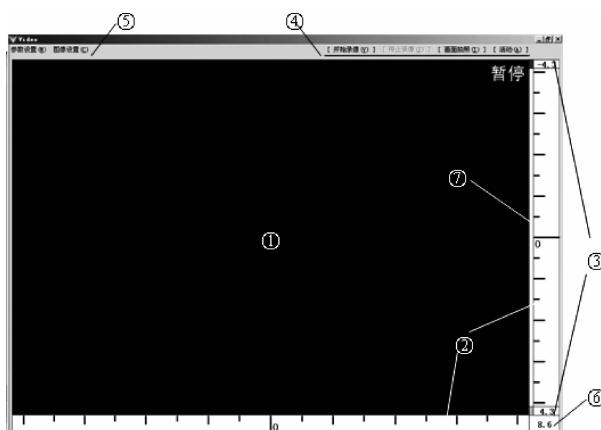


图 8 软件界面

图中①~⑦分别为:

①视频显示区域。

②横轴与纵轴标尺,单位为 cm,纵轴中央显示数据为当前深度。其中一小格为 5 mm,中等长度线为 1 cm 间隔,长线为 5 cm 间隔。

③横轴参考标尺线,其中显示数据为相对深度,单位为 cm。

④操作按钮,实现录像,拍照等操作。

⑤主菜单,进行系统配置和参数设定。

⑥参考标尺间距,单位为 cm。

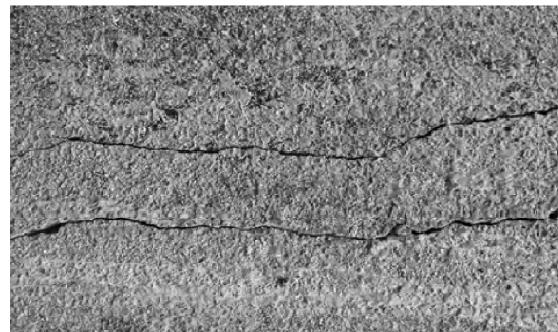
⑦参考标尺移动轨道。

软件界面的设计,利用 VB 所特有的所见即所得的界面编辑模式,配合 VB 丰富的用户控件资源,使得复杂程序界面的编制变得简单易行,大大提高了工作效率^[11]。

5 实验与分析

实验中用于测试的计算机为 2.27 GHz Intel(R) Core(TM) i5 CPU, 2G RAM, 采用 Windows 7 操作系统。

实验中采集多组视频数据进行处理,并重点针对其中的裂纹位置进行实验分析。由于裂痕的位置不同,所处理的结果也有所不同,实验中分析横向裂纹与纵向裂纹的处理结果。如图 9 和 10 所示。



(a)原始图像

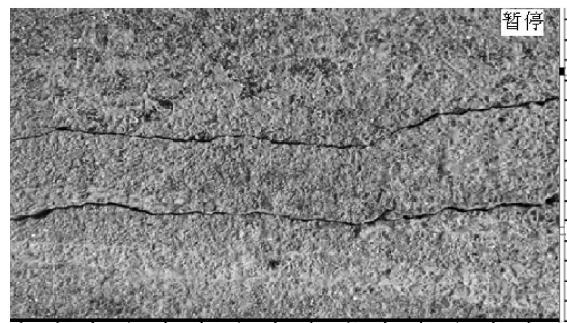
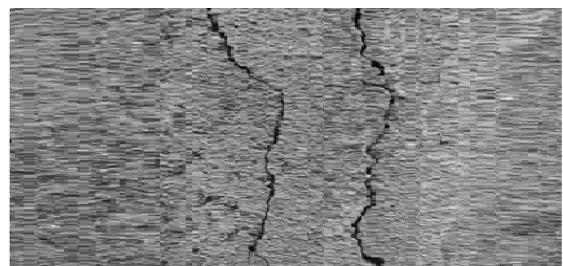
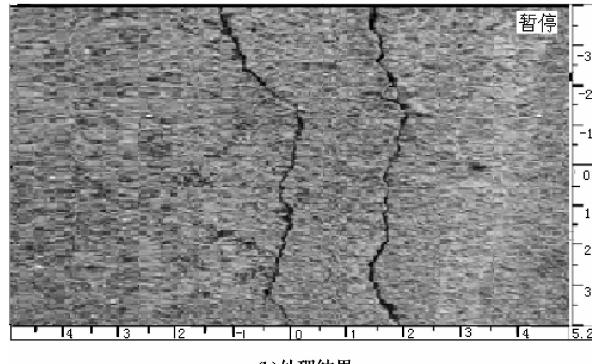


图 9 横向裂纹图像处理结果



(a)原始图像



(b)处理结果

图 10 纵向裂纹图像处理结果

从图中可以看出,经过本文方法的处理,裂纹图像都得到了较好的还原,相对于纵向裂纹图像,横向裂纹图像的处理结果更为明显,尤其是图像的左右两边区域。

6 结 论

灌注桩内壁图像探测及处理设备系统的研制中,通过统一的操作界面将所有功能进行整合,实现了将需要观察的水平标尺和深度数据信号与视频图像紧密结合,并将主要的操作功能独立出来形成功能键,且附带有实时的提示说明,辅助操作人员迅速掌握软件的使用,软件界面的设计具有直观易用的特点,为了保证软件的执行效率,能够灵活的控制所有功能的启停,让每一次操作所涉及的功能互相协调运行,还提供丰富灵活的参数设置功能,对施工现场的关键参数以及视频采集所涉及的设置均允许操作人员根据实际需要进行调整,使得软件的功能更加完善。

这个系统仍有许多可以改进之处,留待以后继续研究。首先在软件中加入数据库管理功能,实现不同阶段检测数据的统一记录和管理,方便施工人员进行数据的综合分析。其次将机架改为电动控制,可以实现更精确的操作,适应更复杂的环境。利用弧长与弦长的计算得出图像的坐标的方法虽然简便有效,但有一定的局限性,还可以进一步研究当摄像机不处于圆心位置时水平方向的标尺变换计算方法等,或在程序中添加了调整选项,用来校正摄像头偏离圆心位置值等。加入这些高级功能,能够使系统的整体功能更加的强大,操作更加简便,能够适应复杂

多变的工作环境,成为真正意义上的完善系统。

参考文献

- [1] 刘刚,李鹏远. 大直径钻孔灌注桩的检测[J]. 城市勘测, 2012(5): 168-171.
- [2] 吴宝杰, 姬美秀, 杨桦, 等. 灌注桩钢筋笼长度及长桩桩长无损检测技术研究[J]. 工程地球物理学报, 2012, 9(3): 371-374.
- [3] 赵霞. 钻孔灌注桩施工中质量缺陷及防治措施[J]. 交通世界(建养, 机械), 2013(10): 232-233.
- [4] 齐美彬, 汪巍, 蒋建国, 等. 动态场景下的快速目标检测算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2011, 25(9): 756-761.
- [5] 陈步康, 王元钦, 周成刚. 基于 TMS320DM642 的机载视频图像实时压缩与处理系统[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(1): 61-63.
- [6] 刘俊, 刘京诚, 谢磊, 等. 核脉冲参数检测系统的 FPGA 实现[J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(8): 78-80.
- [7] 王震, 侯加林, 唐凯, 等. 图像识别和 GPRS 技术在植物生长检测中的应用[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24(6): 574-579.
- [8] 赵兴群, 杜宇航. 基于 FPGA 和 ARM 的高速数据共享方法设计[J]. 工业控制计算机, 2013 (10): 82-83.
- [9] 鄢涛, 杜小丹, 刘永红, 等. 基于 RS485 的数据通信协议的设计与实现[J]. 电子设计工程, 2013, 21(17): 19-22.
- [10] 王铭, 倪平, 王冬, 等. 基于 3G 网络的远程无线综合监控系统[J]. 电子技术应用, 2011, 37(1): 114-116.
- [11] 邢秋芬, 王熙. 基于 VB 的 ZigBee 无线网络温湿度传感器系统设计[J]. 农机化研究, 2013, 35(7): 131-134.
- [12] 徐逢秋, 许贤泽, 乐意, 等. 多功能墙体探测仪的设计方法 [J]. 仪器仪表学报, 2013, 34 (10): 2191-2197.

作者简介

叶轻舟, 1968 年出生, 硕士研究生, 副教授。主要研究方向为电子通信系统等。

E-mail: yeqz202@126.com

丁金荣, 1993 年出生, 在读本科。主要研究方向为图像处理与嵌入式等。

E-mail: jrsilence@126.com

陈健, 1981 年出生, 硕士研究生, 在读博士研究生, 讲师。主要研究方向为多媒体通信与图像处理。

E-mail: jchen321@126.com