

# 流量计仿真教学系统开发

李泊文 吴冰 黄陈

(河南理工大学电气工程与自动化学院 焦作 454000)

**摘要:** 针对当前流量计教学中存在的理论讲解过于抽象化、视频展示过于简洁,缺少互动环节,而实物演示教学设备成本太高的问题,设计了流量计三维教学仿真系统。在此系统设计中,以 $\pi$ 型管段式超声波流量计为研究对象,首先是利用3DMAX建模工具对其进行三维建模,再将经过渲染处理后的模型导入上位机软件Unity3D中,然后制作能够控制教学展示的下位机系统,最后让下位机系统与上位机系统进行通信,从而实现了超声波流量计的三维动态展示和交互式教学仿真的功能。该系统充分利用虚拟现实技术中的三维建模技术和三维交互技术的优势,给教学带入了真实感,增强了学员学习的积极性,提升了学习效率,缩短了学习周期,降低了教学成本。

**关键词:** 超声波流量计;三维建模;三维交互;仿真;教学

**中图分类号:** TP311.52;TN98 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

## Design of 3D teaching simulation system of flow-meter

Li Bowen Wu Bing Huang Chen

(School of Electrical Engineering and Automation, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** Aiming at problems that the teaching of theory is too abstract, video displaying is too simple and lacking of interactive link, and physical demonstration teaching equipment cost is too high, existing in the process of teaching of flow-meter, we design a flow-meter 3D simulation teaching system. In the design of the system, we make the ultrasonic flow-meter of  $\pi$  type pipe sections to be the research object. Firstly, we use the modeling tools of 3DMAX to make the 3D modeling of it. Then we import the modelings that it is disposed by applying colors to a drawing into Unity3D machine software. Next, we make the lower computer system that can control the displaying of teaching. Finally, let's the lower computer system to communicate with the PC system. And this system realize the function of the 3D dynamic displaying of ultrasonic flow-meter and the interactive teaching simulation. This system makes full use of 3D modeling technology of virtual reality technology and the advantage of 3D interaction techniques, bring the sense of reality to teaching, enhancing the students' enthusiasm for learning, improving the learning efficiency of students, shortening the training cycle, and educing the teaching cost.

**Keywords:** ultrasonic flow-meter; 3D modeling; 3D interactive; simulation; teaching

## 1 引言

随着现代工业的发展,流量的测量在各种工业过程中占据了不可取代的地位,通过流量计将所检测的各种信号转化为电信号,然后将生成的电信号上传给上位机,通过上位机来实现信号的处理以及控制命令的下达,这已成为现代工控的主流方式。

现今流量计的教学主要采取理论讲解与实物展示相结合的方式。理论讲解以灌溉式为主,老师是知识的主要载体,学员被动的接受,在这种情况下,课堂教学耗时较长,学习的效率低,枯燥的知识会让学员产生厌烦心理;而实物展

示成本高,缺少课堂互动环节,效果有限。

在超声波流量计的研究中,王雪峰等人<sup>[1]</sup>通过对超声波气体流量计的管道模型仿真和误差分析,验证了气体超声波流量计流场误差产生的原因、范围;阮芬等人<sup>[2]</sup>通过对超声波流量计反射声道对比仿真研究,为超声波流量计优化测量提供方法;邓凯<sup>[3]</sup>通过对超声波流量计的设计与研究,提出超声波流量计整体设计方案。上述学者用各自的方式实现了超声波流量计的仿真与研究,效果各有不同,但均未涉及对超声波流量计的三维教学仿真,缺乏真实的可视化显示及交互功能。

针对以上情况,笔者设计了基于Unity3D的超声波流

量仿真教学系统,在该系统中引入三维建模技术、三维显示技术以及三维交互技术,先对 $\pi$ 型管段式超声波流量计的热量表、连接电缆、压电元件、接受换能器、发射换能器等元器件进行三维建模,然后将处理好的模型导入 Unity3D 中,在 Unity3D 中编写与单片机数据传输的通信程序,并设计下位机硬件电路,通过按键控制超声波流量计的三维展示,成功地实现了交互式的超声波流量计仿真的三维教学展示,激发了学员的学习热情,提升了学习效率,降低了教学成本,有利于推广使用。

## 2 系统设计总体结构

超声波流量计仿真教学系统结构框图如图 1 所示。

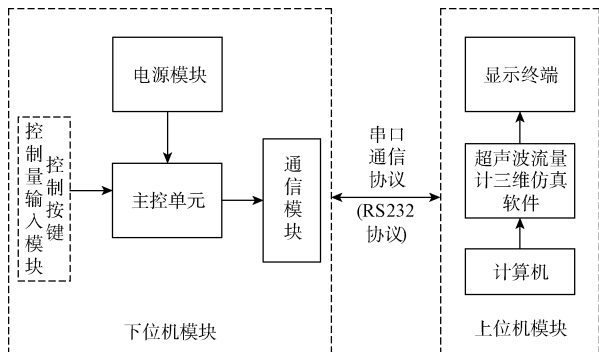


图 1 超声波流量计仿真教学系统结构

由图 1 可知,超声波流量计仿真教学系统的设计主要由两部分组成:上位机模块和下位机模块。在上位机模块中,主要包括计算机、超声波流量计三维仿真软件和显示终端。在上位机的工作过程中,首先是通过计算机上的三维建模软件对超声波流量计进行三维建模,然后将所建立的三维模型导入交互软件 Unity3D 中,计算机接收下位机所传来的控制信号,在 Unity3D 中实现实时动态交互和显示。

下位机模块是以单片机 STC89C52 为微控制器所构成的控制模块,主要包括控制量输入模块、电源模块、主控单元和通信模块。在下位机中,控制按键输入的键值传送到单片机的主控单元(MCU),控制信号经 MCU 处理后,通过单片机的通信模块上传给上位机。在整个系统设计过程中,下位机模块主要起控制信号处理与传输的作用。下位机模块与上位机模块间的通信主要由串口通信协议(RS232 协议)实现,在通信过程中,单片机编程实现键值数据的上传,计算机通过 Unity3D 接收 COM3(计算机的通信端口)口的数据,并在 Unity3D 中实现交互仿真<sup>[4-5]</sup>。

## 3 系统的实现

在基于 Unity3D 的超声波流量计仿真教学系统中,为实现系统的交互式控制和流量计模型的多功能展示,整个系统设计分为 4 个部分:上位机三维建模、上位机三维交互编程开发、下位机硬件电路设计和下位机软件编程的实现。

### 3.1 上位机三维建模

#### 3.1.1 超声波流量计建模条件

在超声波流量计三维教学仿真系统开发过程中,以 $\pi$ 型管段式超声波流量计为研究对象。 $\pi$ 型管段式超声波流量计是一种非接触式仪表,既可以测量大管径的介质流量也可以用于不易接触和观察的介质的测量,测量准确度高,几乎不受被测介质的各种参数的干扰。

$\pi$ 型管段式超声波流量相比于其他超声波流量计来说,具有灵活多变的全中文显示主机(壁挂标准型、壁挂防爆型、盘装型、壁挂网络型)满足各种不同的工业现场;管段式传感器解决了外夹式传感器和插入式传感器安装过程中,由于管道不标准人为安装误差而造成的测量精度下降的问题,在工控测量过程中运用的越来越广泛<sup>[6-7]</sup>。

#### 3.1.2 建模关键技术

超声波流量计三维模型建立的流程如图 2 所示。

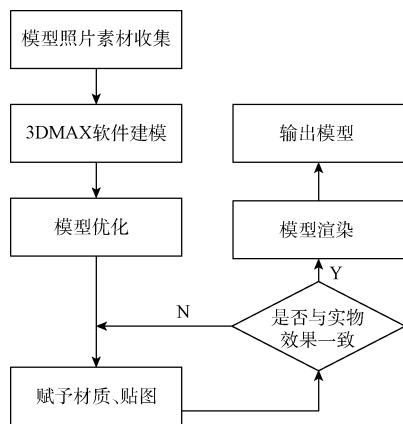


图 2 超声波流量计三维建模流程

三维模型的建立是整个仿真教学系统的基础,所以高效的建模对后续交互、下位机控制和展示至关重要。在三维建模前,应多收集流量计的照片素材,其中包括超声波流量计的热量表、连接电缆、压电元件、接受换能器、发射换能器等元器件的照片,模型的建立不能凭空捏造,模型的尺寸要根据流量计的技术资料来获得,在建模过程中要让模型成为实物的一种映射,通过观察模型能真实地再现实物。在建模过程中主要采用多边形建模法,通过将基本几何体转化为可编辑多变形来构建各种三维图形,再通过旋转、平移、对齐、缩放、镜像等命令来实现模型部件的正确摆放,进而将局部模型组装成一个整体。

在建模过程中,还要注意对模型进行优化。优化模型可以节约计算机资源,提高建模效率,也降低了三维交互编程时出错的可能性。在 3DMAX 建模过程中,模型优化的主要方式有删除看不见的和不必要的面;尽量使模型上的每条线都构成一条闭合的回路;模型中线与线相交图形为四边形,不能出现除四边形和三角形以外的其他图形;尽量不要使用布尔命令<sup>[8-9]</sup>。

在模型整体构造建立完成后,为使模型逼近实物,达到以假乱真的效果,要为模型赋予材质和贴图,模型的材料要根据实物的材料来调节,通过对 Vray 材质的反射、满反射、折射、高光、模糊度、各项极性参数的调节来使模型接近实物,贴图的选取要注意贴图的大小必须是 2 的幂次,具体情况应根据实物在场景中大小来选择。在材质、贴图达到满意效果后,是对模型的渲染及输出,通过模型的渲染让最后输出模型的色泽、凹凸感、阴影等效果更贴近实际情况。

### 3.2 上位机三维交互编程开发

在上位机交互软件 Unity3D 中,编程开发主要是:数据通信编程和三维交互控制编程。

上位机数据通信编程是针对上位机和下位机间数据传输进行的程序开发。上位机中 Unity3D 软件为接收下位机上传的数据,在程序中首先应对接收数据端口进行相应的设置。在此次设计中通信端口为 COM3 口,通过 new SerialPort() 命令来进行 COM3 口的初始化,在串口初始化完成后,要通过 sp. Open() 打开串口,并通过 new Thread (ReceiveData) 和 new Thread (DealData) 命令打开数据接收和数据处理两个线程,再等待接收缓冲区接收数据,然后通过 sp. Read() 命令读取 buf[i] 中的数据,并在其他脚本中调用 buf[i] 中的数据,为三维交互编程提供条件判断量,最后清空 buf[i] 中数据,等待下一次数据接收<sup>[10-11]</sup>。上位机数据通信流程如图 3 所示。

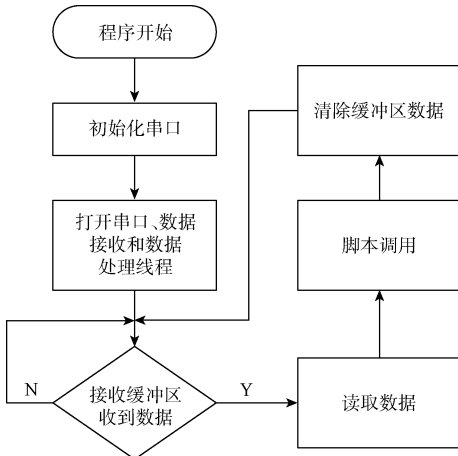


图 3 上位机数据通信流程

三维交互控制编程是对导入的三维模型进行功能实现的编程方式。由 3DMAX 所建立的三维模型导入到 Unity3D 中后,由 Unity3D 软件所认同的编程语言进行功能开发。在本次设计中采用 C# 编程语言,来实现超声波流量计的全面展示、模型的旋转展示、展示过程中镜头的拉伸、部件的分块展示以及流量计视频的调用,由此让学员全方位的认知超声波流量计的总体结构、工作原理以及使用过程中的注意事项。

在 Untiy3D 交互软件中编写流量计功能展示程序的过

程中,最主要的是获取模型物体的控制权(GameObject),一般通过 GameObject. Find() 函数实现,也可以直接将脚本赋予模型对象,通过调用 gameObject 类型直接对模型进行功能编程。在获取下位机上传的数据后,对不同的数据赋予不同的展示功能,并通过 if() 条件判断语句来编写不同功能实现的程序<sup>[12-13]</sup>。例如,可以通过调用 gameObject. transform. Rotate(0, 15 \* Time. deltaTime, 0, Space. Self) 来实现模型绕 Y 轴正方向每秒旋转 15°,在此函数语句加上 if(buf[1] == 0x11){} 的条件判断语句,就可通过下位机来控制三维场景中模型的旋转展示。

### 3.3 下位机硬件电路设计

下位机主要是为了让学员在学习过程中,能实时地与三维模型进行交互而设计的。本次设计过程中,下位机的控制器采用单片机 STC89C52,通过该单片机系统上的矩阵键盘产生输入控制信号,并将此信号上传给上位机,控制三维模型的功能展示。下位机的硬件结构如图 4 所示。

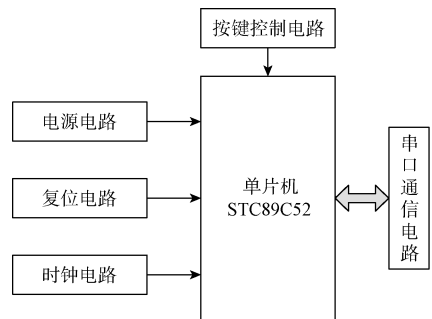


图 4 下位机硬件结构

由图 4 可知,下位机硬件电路主要由单片机 STC89C52、电源电路、复位电路、时钟电路、报警电路和串口通信电路组成。在上述硬件构造中,单片机 STC89C52 为系统的主控单元,并结合其他硬件电路单元,共同构成了单片机的最小控制系统。按键控制电路采用矩阵键盘的方式进行控制量的输入,通过对键盘的循环扫描,只需分时复用 I/O 口即可将不同的键值输送到单片机 STC89C52 中,有效地减少了单片机 I/O 口的使用个数,节约系统资源。键值信号到达单片机后,通过单片机对数据信号进行处理,然后将处理后的信号通过串口通信电路上传给上位机进行三维交互式控制。

下位机的数据通过串口发送给上位机的过程中,采用 RS232 的串口通信协议。单片机 TTL 电路输出电平一般为 -5 ~ +5 V,一般的 PC 接口的兼容电平为 -15 ~ +15 V,故而在上位机和下位机进行数据传输过程中要进行电平的转化。在本次设计过程中采用 USB 转串口芯片 CH340T 来实现上位机和下位机间的数据传输。CH340T 芯片中集成了供电、下载、串口通信功能,在 CH340T 芯片中实现串口通信,主要用到了 UD+, UD-, TXD, RXD 端口,单片机的数据通过 RXD 进入 SBUF 存储区,再通过

UD+、UD- 发送给 PC 机;PC 机的数据通过 USB 线发送到 UD+、UD-, 再通过芯片 TXD 端口发送至单片机的 MCU, 这样整个流程下来就可以实现上位机和下位机以串口通信的方式进行数据传输。

### 3.4 下位机软件编程的实现

下位机主要是为上位机传递控制信号, 通过不同的控制信号来完成系统不同功能的展示。控制信号由  $4 \times 4$  的矩阵键盘产生, 在编程过程中通过对不同按键赋予不同的键值, 就可以在上位机中区分各个按键所展示的功能。除了对矩阵键盘扫描程序的编写外, 还需编写串口通信程序, 下位机软件编程流程如图 5 所示。

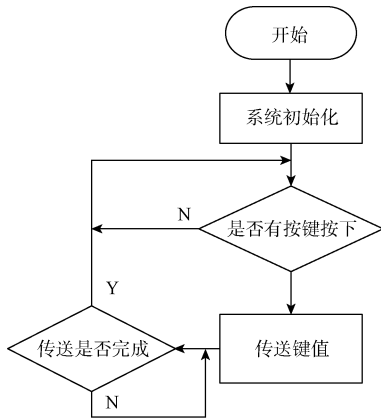


图 5 下位机软件编程流程

由图 5 可知, 在程序开始执行时, 首先应对系统进行初始化, 对系统初始化主要包括定时器 1 的初始化、串口初始化。为实现数据以一定的时间间隔不断地向缓冲区发送, 设定定时器 1 为定时模式, 工作方式为 2, 定时器初值由系统时钟电路晶振大小决定, 并以此产生串口通信所需波特率; 串口初始化主要是设定串口工作模式为 1。在系统初始化完成后, 要实时地检测是否有按键按下, 将矩阵键盘循环扫描的键值通过 P0~P3 口输送到单片机进行处理, 然后将处理后的数据通过串口上传给上位机, 在上传数据过程中如果检测到数据传输没有完成, 则等待数据传输完成, 防止数据覆盖造成数据丢失。

### 4 系统调试

在系统上位机、下位机、通信模块设计完成后, 通过 Unity3D 软件对三维模型进行交互编程, 并将编程调试的结果通过 Build&Run 发布成“.exe”文件, 在系统调试过程中, 点击发布的“.exe”文件就可以进行流量计的仿真教学展示。如图超声波流量计仿真教学系统如图 6 所示。

在该界面中可以根据教学仿真的需要选择超声波流量计展示的方式, 点击进入整体结构展示、部件细节展示、视频展示、工作原理展示界面后, 可通过下位机硬件仿真平台, 对上位机展示界面进行控制, 按下单片机键盘上的不同

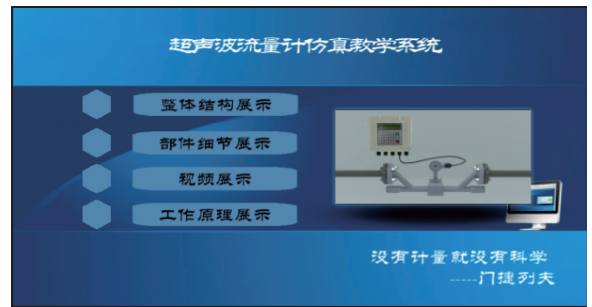


图 6 超声波流量计仿真教学系统

按键可选择不同的交互功能, 进而实现超声波流量计的三维互动仿真功能。

### 5 结 论

在 Unity3D 的平台上编译出了超声波流量计仿真教学系统, 该系统成功的实现了超声波流量计仿真教学的功能, 既解决了传统教学过程中, 学员与知识缺少互动、积极性不够的问题, 又通过虚拟展示的方式解决了购买昂贵器材的难题。通过仿真教学, 学员能够更有效的掌握流量计的整体结构、各个部件结构、工作原理、使用方式等, 激发了学员学习积极性, 使现场培训的时间明显缩短, 减少了教学培训成本。

### 参考文献

- [1] 王雪峰, 唐祯安. 超声波气体流量计的管道模型仿真和误差分析[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(12): 2612-2613.
- [2] 阮芬, 谢程程, 朱云, 等. 超声波流量计反射声道对比仿真研究[J]. 计算机仿真, 2013, 30(1): 310-313.
- [3] 邓凯. 基于时差法超声波流量计的设计与研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [4] 章辉, 叶建芳, 叶建威. 基于 MSComm 控件串口通信的实现[J]. 电子测量技术, 2011, 34(8): 126-129.
- [5] 卢庆林. 基于单片机 MPS430F 的无线通信系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(12): 74-77.
- [6] 汪伟, 徐科军, 方敏, 等. 一种气体超声波流量计信号处理方法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(9): 1365-1372.
- [7] 陈洁, 余诗诗, 李斌, 等. 基于双阈值比较法超声波流量计信号处理[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(11): 1024-1032.
- [8] 张华, 石照耀, 张白. 三维几何形状判别及其误差评定研究[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(6): 1217-1221.
- [9] 杨洋. 基于 3Dmax 的虚拟现实的建立过程的探讨[J]. 中国新技术产品, 2015(5): 29-30.
- [10] 冯宪俊, 王鑫, 叶敏, 等. 基于 EFM32 单片机的超声波物位计的研制[J]. 电子测量技术, 2015, 38(3): 57-60.

- [11] 赵亚范,王坤,杨帆,等.基于STM32单片机的电波钟设计[J].电子测量技术,2015,38(6):80-82.
- [12] 刘金明,马铁民,王娜.基于Unity3D的电动机虚拟仿真展示平台设计[J].黑龙江八一农垦大学学报,2014,26(3):66-68.
- [13] 陈洪,马钦,朱德海.基于unity3d的交互式虚拟农业仿真平台研究[J].农业机械化研究 2013(3):184-186.

## 作者简介

**李泊文**,1989年出生,硕士研究生,主要研究方向为嵌入式。

E-mail:tgyy0156@163.com

**吴冰**,工学博士,教授,主要研究方向为控制理论与控制工程。

**黄陈**,硕士研究生,主要研究方向为虚拟现实。

(上接第70页)

路器瞬动时使用带接地电流保护的断路器,这样配置的低电压系统既能保证接地故障能及时可靠地切除,又避免了由于接地保护设置不当造成越级跳闸,出现大面积停电事故。

## 参考文献

- [1] 邹阳,蔡金锭.变压器极化谱特征量与绝缘状态关系研究[J].仪器仪表学报,2015,36(3):608-614.
- [2] 王珺,董新洲,施慎行.配电线路单相接地行波保护的实现与试验[J].中国电机工程学报,2013,33(13):172-178.
- [3] 董新洲,王珺,施慎行.配电线路单相接地行波保护的原理与算法[J].中国电机工程学报,2013,33(10):154-160.
- [4] 苗友忠,孙雅明.基于相电流间相位关联特征的馈线单相接地保护新原理[J].电力系统自动化,2004,28(16):51-55.
- [5] 王艳松,解飞.配电网单相接地保护的研究[J].高压技术,2008,34(2):303-308.
- [6] 赵桂兰.配电变压器380V低压侧单相接地保护的配置探讨[J].低压电器,2010(17):48-62.
- [7] 范迎青,高文逸.6~10kV电网中性点经中电阻接地

的单相接地保护[J].电力自动化设备,2000,20(1):12-17.

- [8] 王福忠,杨茜惠,王新良.井下高压电网保护定值仿真校验系统[J].电子测量技术,2015,38(12):6-11.
- [9] 孟卓,温和,李华,等.电压不平衡度的准同步采样快速测量方法[J].仪器仪表学报,2015,36(3):574-583.
- [10] 张文华,侯俊卿.单相接地保护装置拒动和误动的原因分析[J].电工技术杂志,2004,9:67-69.
- [11] 易茂祥,陶金,吴友杰,等.一种基于电力线的现场总线设计与仿真[J].电子测量与仪器学报,2015,29(2):258-264.
- [12] 党克,郑玉浩,严干贵.电网电压不平衡下光伏并网逆变器的同步技术[J].仪器仪表学报,2015,36(1):87-94.

## 作者简介

**王岩**,1991年于焦作矿业学院机械制造工艺与设备专业获得学士学位,现为河南佰利联化学股份有限公司钛业一分公司机械工程师,主要研究方向为机电一体化及热能与动力。

E-mail:wangyansongtao@163.com