

2009 年北京市  
大学生物理实验竞赛

项目说明

参赛学校：北京邮电大学

参赛题目：利用压力传感器实现的输液瓶的液  
位测量、报警与控制系统

组队负责人：王明

组队成员：王旭生 刘佩雯

北京市大学生物理实验竞赛组委会制

2009 年 5 月

参赛题目	利用压力传感器实现的输液瓶的液位测量、报警与控制系统			
负责人姓名	性别	出生年月	专业	年级
王明	男	1989年6月	通信工程	大三
手机, email	15810531883, wangming@bupt.cn			
队员姓名	性别	出生年月	专业	年级
王旭生	男	1988年12月	通信工程	大三
刘佩雯	女	1989年7月	通信工程	大三

## 设计原理与方法

本系统采用物理实验中常用的压力传感器对输液瓶的液位进行间接测量,利用红外对管监测是否输液完毕,通过单片机控制液晶屏、蜂鸣器、机械装置等,实现各种信息的显示、报警和自动控制功能。

用压力传感器测量液位,当液位降低到设定的高度时开始第一次报警,黄色LED闪烁,蜂鸣器慢速鸣叫,并将报警信号传送到医护工作室实现远程报警。当红外对管检测到输液管中已无液体时,表明情况已经非常危险,可能出现空气进入人体或回血现象,系统会自动启动报警装置,红色LED闪亮,蜂鸣器急促鸣叫,并自动启动的机械装置将输液管卡死,保障病人的安全。

### 1. 液位测量原理

#### (1) 压力传感器工作原理

电阻应变压力传感器主要由电阻应变片,弹性体和惠斯登电桥组成。弹性体(弹性元件,敏感梁)在外力作用下产生弹性形变,使粘贴在它表面的电阻应变片(转换元件)也随之产生形变,它的阻值也将相应变化,再经过惠斯登电桥把这一阻值变化转换为电信号,从而完成了将压力变化转换为电信号的过程。电桥电路如图1所示,它的四个桥臂由 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 组成。

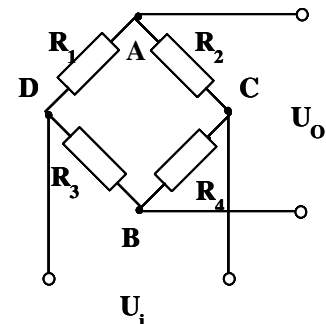


图1 电桥电路

根据分压原理,经过简单的计算可以得到输出电压 $U_0$ 与输入电压 $U_i$ 的关系为

$$U_0 = U_{BC} - U_{AC} = \frac{U_i \cdot (R_1 R_3 - R_2 R_4)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \quad (1)$$

当压力 $F=0$ 时, $R_1 R_3 = R_2 R_4$ ,压力传感器输出电压 $U_0=0$ ;当 $F>0$ 时,压力传感器发生形变,位于传感器内侧的电阻( $R_2$ 、 $R_4$ )压缩,阻值减小,位于外侧的电阻( $R_1$ 、 $R_3$ )拉伸,阻值增大,电桥的输出电压也随之变化。当电阻的变化很小,即 $\Delta R \ll R$ 时,其输出电压与电阻变化率 $\frac{\Delta R}{R}$ (或应变 $\varepsilon$ )成线性关系。根据这一关系,我们可以用压力传感器将液

体的重量转换成电压信号，测量电压值的大小就可以得到输液瓶中液体的重量，然后计算出液体的液面高度。

## 2. 红外对管检测是否输液完毕的原理

本系统采用 IR204/PT202C 红外对管监测输液管中是否有液体流过，如图 2 所示。光电接收管在没有光照时电阻很大，在红外光的照射下电阻减小，且光照越强，电阻越小。

当输液管内有液体时，由于管内液体柱相当于一个柱状棱镜，对光的汇聚作用大于对光的吸收作用，接收管接收到的光强较强，其电阻值较小，输出电压  $V_o$  也较小，约为 3.1V。当输液管内无液体时，由于没有液体柱的汇聚作用，接收管接收到的光强较弱，其电阻值增大，输出电压  $V_o$  也增大，约为 4.1V。

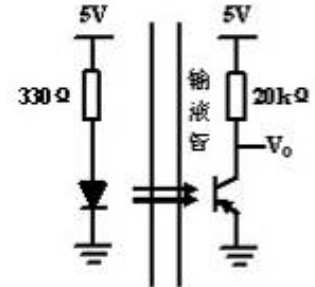


图 2 红外检测原理

## 3. 系统原理介绍

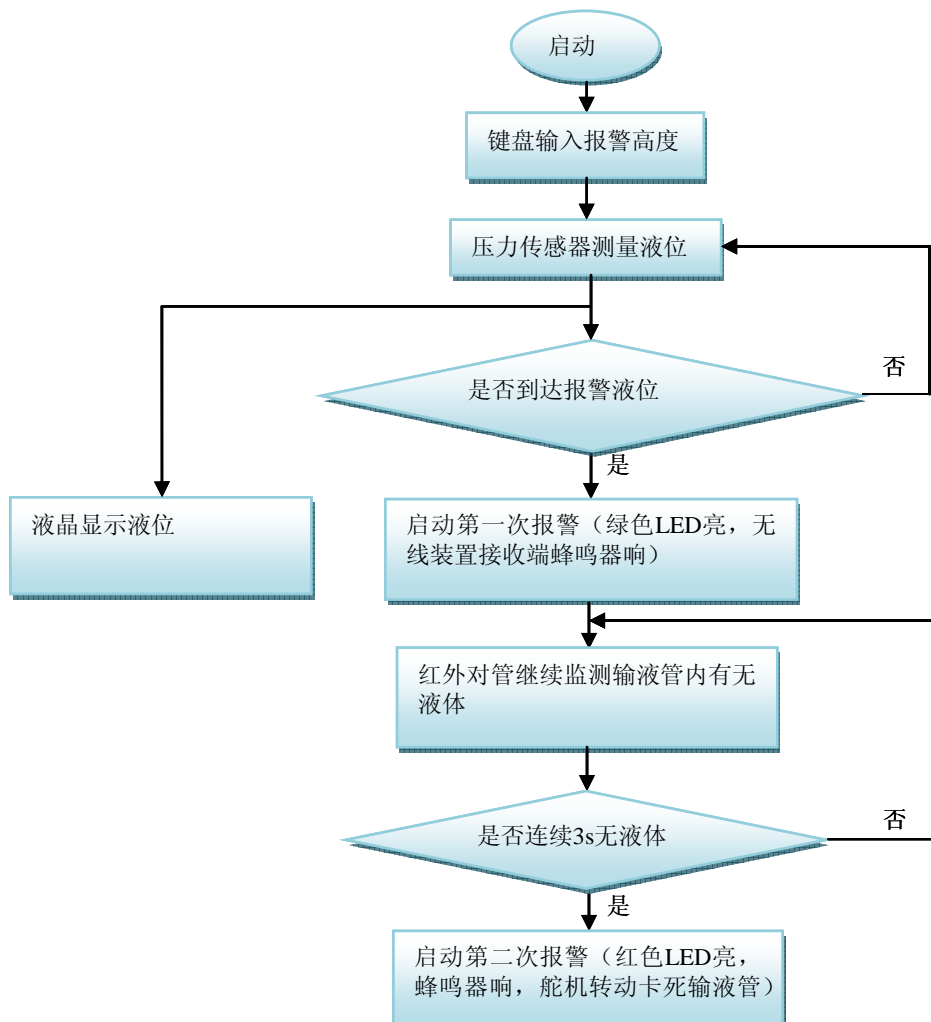


图 3 系统流程图

本装置将输液瓶悬挂在压力传感器上，压力传感器输出的电信号放大后传送给单片机进行 AD 转换，通过程序算法计算出瓶内所剩液体的液位。当液位降低到设定的报警

高度时启动第一次报警——黄色 LED 闪亮，并将报警信号发送到医护工作室，蜂鸣器鸣叫，提示医护人员进行处理。

如果医护人员并未处理，输液继续，当红外接收管的输出电压超过阈值时，表明输液管中已没有液体，启动第二次报警——红色 LED 亮、蜂鸣器响，并启动智能卡死机械装置停止输液。为避免气泡通或存在其它干扰过时的误判，程序中设定连续 3 秒没有液体流过才认为输液管中已经没有液体了。

系统工作流程图如图 3 所示。

## 实验仪器与装置

本系统装置主要由压力传感器、红外对管、控制器（AVR/Atmega16 单片机）、人机交互模块（4\*4 键盘输入第一次报警的高度、液晶显示液位）、无线传输模块、智能卡死输液管机械装置（舵机）、供电电路模块构成。

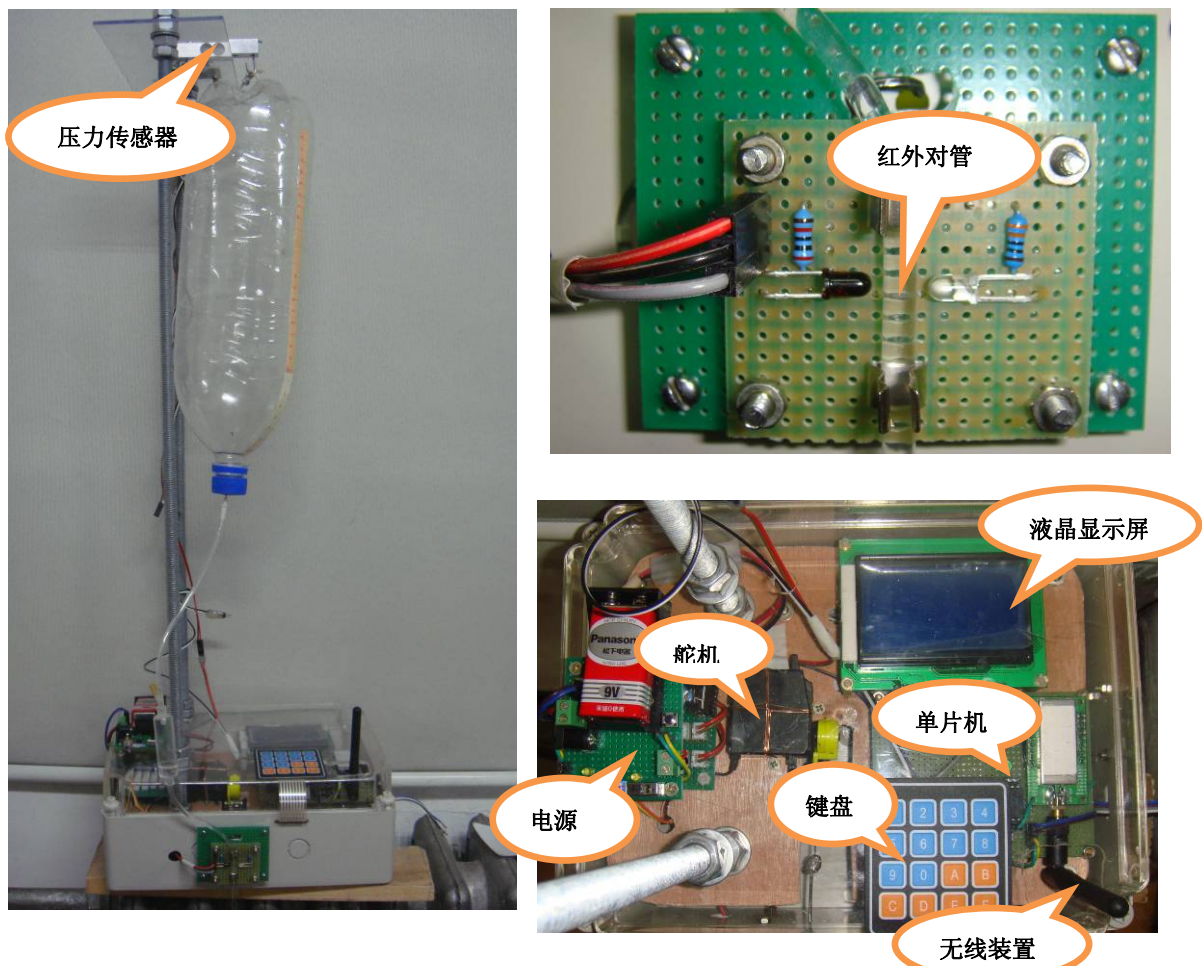


图 4 实验装置图。左图为装置的全景，右上为红外对管，右下为主机。

## 数据测量与分析

### 1. 压力与输出电压的关系

本装置采用的是量程为3kg的压力传感器，在工作电压为5V时，其输出电压与压力的关系如图5所示。由图可知压力传感器上所测物体质量与输出电压呈线性关系，通过这一关系可以换算出液位高度与输出电压的关系，从而实现对液位高度的检测。

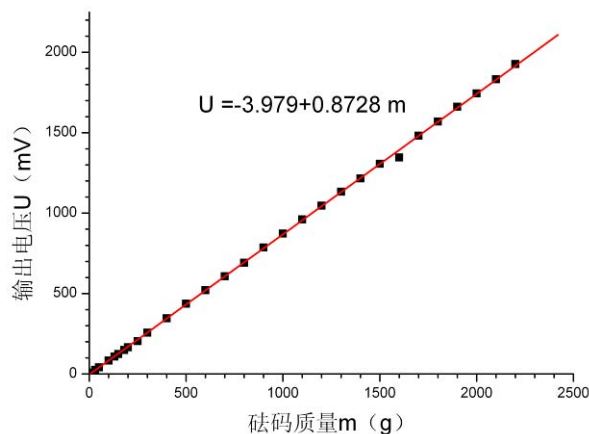


图5 压力传感器输出电压与砝码质量的关系

### 2. 实际测试结果

采用压力传感器测量的液位高度的数据与误差分析如下表所示：

实际 (cm)	测量 (cm)	绝对 误差	相对 误差	实际 (cm)	测量 (cm)	绝对 误差	相对 误差	实际 (cm)	测量 (cm)	绝对 误差	相对误差
28.0	28.2	-0.2	0.71%	20.5	20.5	0	0.00%	13.0	13.0	0	0.00%
27.5	27.7	-0.2	0.73%	20.0	20.0	0	0.00%	12.5	12.5	0	0.00%
27.0	27.2	-0.2	0.74%	19.5	19.5	0	0.00%	12.0	12.0	0	0.00%
26.5	26.6	-0.1	0.38%	19.0	18.9	0.1	0.53%	11.5	11.5	0	0.00%
26.0	26.1	-0.1	0.38%	18.5	18.5	0	0.00%	11.0	11.0	0	0.00%
25.5	25.6	-0.1	0.39%	18.0	17.9	0.1	0.56%	10.5	10.5	0	0.00%
25.0	25.2	-0.2	0.8%	17.5	17.4	0.1	0.57%	10.0	10.0	0	0.00%
24.5	24.5	0	0.00%	17.0	16.9	0.1	0.59%	9.5	9.4	0.1	1.1%
24.0	24.0	0	0.00%	16.5	16.5	0	0.00%	9.0	8.9	0.1	1.1%
23.5	23.5	0	0.00%	16.0	15.9	0.1	0.62%	8.5	8.4	0.1	1.2%
23.0	23.0	0	0.00%	15.5	15.4	0.1	0.65%	8.0	8.0	0	0.00%
22.5	22.5	0	0.00%	15.0	14.9	0.1	0.67%	7.0	7.0	0	0.00%
22.0	22.0	0	0.00%	14.5	14.4	0.1	0.69%	6.0	5.9	0.1	1.7%
21.5	21.5	0	0.00%	14.0	14.0	0	0.00%	5.0	4.8	0.2	4.0%
21.0	21.0	0	0.00%	13.5	13.5	0	0.00%	4.0	3.7	0.3	7.5%

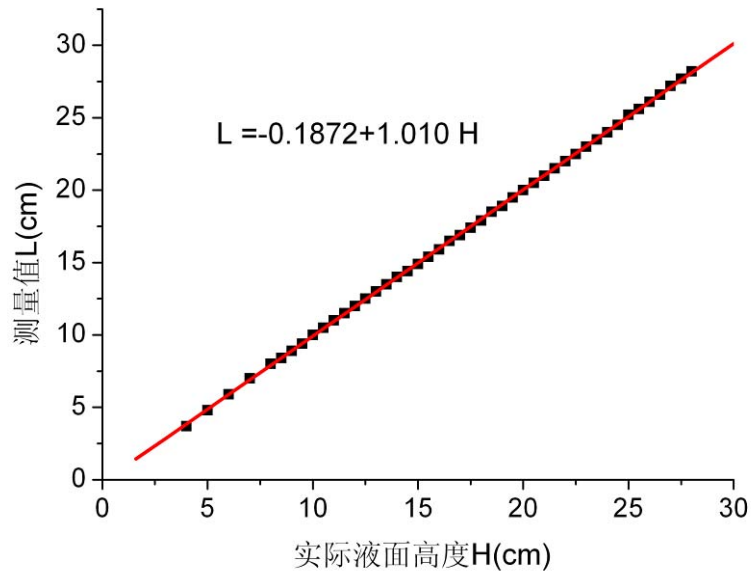


图 6 系统测量的液面高度与标尺读数的关系曲线

**结论:**

本系统对输液瓶进行液位测量和报警的准确度高，误差小，功能全面，实用性强，主要表现在以下方面：

1. 采用压力传感器对液位高度进行实时测量，测量的准确性和稳定性都好；
2. 具有自动报警、远程报警和自动保护功能。在设置的预警线到达时进行第一次报警，没有液体时进行第二次报警，并启动智能卡死输液管机械装置，防止空气进入人体或回血，可以减少医护人员疏忽或由于忙碌来不及处理时发生的意外；
3. 可按照需要设定不同的预警值，灵活性较强；
4. 人机交互性好，利用液晶实时显示报警的高度、液位等参数；
5. 适用范围广，可以适应不同条件下的液位测量。双路电源设置，系统可以移动工作以及在市电停电状态下工作；

**制作成本（主要部分）:**

仪器名称	成本（元）	仪器名称	成本（元）
压力传感器	1.0	舵机	96
红外对管	45	液晶屏	90
封装盒	15	4*4 键盘	12
无线模块	190	单片机芯片	22
总计	471		