

## 摘 要

随着社会的进步，人民生活水平的不断提高，自动化技术的不断进步，越来越多的人使用机器人来代替人工劳动。同时各种管道在各个方面都有着很重要的作用，然而管道经长时间使用后会产生大量的灰尘、污垢等，进而会衍生大量的细菌等。一直以来，管道清理及其检测是亟需解决，却又难以解决的问题。管道清理机器人也因此而设计，重点解决的是在管道里难以行进的问题。该机器人与管道内壁构成一个柔性系统，可实现清洗的智能化及管内状况的可视化，不仅极大的减轻工人的劳动而且可以有效的提高管道的维护水平和保养，对提高清理管道的效率和经济效益，具有广阔的应用前景。

该管道清理侦查机器人采用了恩智浦（飞思卡尔）MC9S12XS128 单片机作为主控芯片，管道清理机器人通过直流减速电机带动丝杠旋转使丝杠上的配件向右移动，从而张开卡紧装置，向左移动收回卡紧装置；可进行高清图像传输，并能够传送至手机显示检测管壁与机器的压力；通过 18B20 实时监测管道内温度；手机蓝牙控制机器人移动和清理，实现清洗的智能化及管内状况的可视化。

**关键词：**MC9S12XS128 单片机；智能清洗；可视化操作；压力检测；无线传输

## ABSTRACT

With the development of society, the improvement of people's living standard and the development of automation technology, more and more people use robots instead of manual labor. At the same time, all kinds of pipelines in all aspects have a very important role, but after a long period of use of the pipeline will produce a lot of dust, dirt, etc., which will be derived from a large number of bacteria, etc.. For a long time, pipeline cleaning and inspection is an urgent problem to be solved. Pipeline cleaning robot is therefore designed to focus on solving the problem of difficult to move in the pipeline. The inner wall of the pipeline robot and constitute a flexible visualization system, which can realize intelligent and tube cleaning condition, not only greatly reduce labor and improve the effective pipeline maintenance quality and maintenance, to improve the cleaning efficiency of the pipeline and economic benefits, and has broad application prospects.

The investigation of pipeline cleaning robot uses En Zhipu (Freescale Carle) MC9S12XS128 microcontroller as the main control chip, pipeline cleaning robot by DC motor driven screw rotation to move screw parts on the right to open a fastener, move to the left back clamping device; can be high-definition image transmission, and be able to detect pipe wall and machine the pressure is transmitted to the mobile phone through the real-time monitoring of temperature display; 18B20 pipeline; mobile phone Bluetooth mobile robot control and clean-up, visualization of intelligence and the status of cleaning tube.

**Key words:** MC9S12XS128 microcontroller; Intelligent cleaning; Visualization operation; Pressure detection

# 目 录

摘 要 .....	I
ABSTRACT.....	II
1 前言 .....	1
1.1 设计背景 .....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
1.3 研究意义 .....	2
1.4 创新点 .....	2
2 系统硬件设计 .....	3
2.1 基本思路与方法.....	3
2.2 程序流程图设计 .....	3
2.3 实物图片 .....	4
2.4 方案比较与选择.....	5
2.4.1 控制器模块比较与选择.....	5
2.4.2 电源模块的比较与选择.....	6
2.4.2 压力传感器（惠斯通电桥） .....	7
2.4.3 ADC 芯片 HX711.....	8
2.4.4 电机选择.....	9
2.5 主要技术参数.....	10
3、软件设计 .....	10
3.1 程序功能描述与设计思路.....	10
3.2 蓝牙模块及手机 APP.....	10
3.3 编程环境 .....	11
3.3 程序流程图 .....	12
结 论 .....	13
参 考 文 献 .....	14
致 谢 .....	15
附 录 .....	16
部分程序 .....	16
部分 PCB 制版图.....	17

# 1 前言

## 1.1 设计背景

在一般工业、核设施、石油天然气、军事装备等领域中，管道作为一种有效的物料输送手段而得到广泛的应用。为提高管道的寿命、防止泄漏等事故的发生，就必须对管道进行有效的检测维护，管道机器人为满足该需要而产生。管道机器人是一种可沿细小管道内部或外部自动行走、携带一种或多种传感器及操作机械，在工作人员的遥控操作或计算机自动控制下，进行一系列管道作业的机、电、仪一体化系统。目前国内外管道机器人的研究成果已经很多，可是在微小管道、特殊管道（如变径管道、带有U型管的管道）进行检测、维修还刚起步，但是由于该类管道在各个领域的广泛应用，因此研发该类机器人极具吸引力。

我们的管道清理机器人，该机器人与管道内壁构成一个柔性系统，可实现清洗的智能化及管内状况的可视化，可以检测管道内部堵塞、塌陷、非法插入、错位、裂痕等各种缺陷及损坏程度、范围，为管道的更新和修复工作提供依据，不仅节省人工、减轻劳动强度还能增强工作效率、提高作业精度。

## 1.2 国内外研究现状

欧洲对管道机器人的研究起步相对早。伴随看电子技术以及通讯技术的发展，管道机器人已达到了实际应用水平。日本、美国、英国、德国等发达国家在管道清理机器人技术方面已经做了大量的工作，取得了比较突出的成绩。其中，日本机器人的发展经过了上世纪六十年代的摇篮期，七十年代的实用期，到八十年代进入普及提高期，并且开始在各个领域广泛推广使用机器人。日本管道清理机器人众多，其中东京工业大学航空机械系成功适用于 50mm 管道的 Thes-H 型管道清理机器人和适用与 150-管道的 Thes-H1 型管道清理机器人。中国的管道类机器人还未开始正式进入市场，与之相关的研究也不是很多，因此管道机器人技术可以说仍然是处于幼儿时期。

国内对于管道机器人的研发相对起步晚，虽然如此，国内也不乏有典型的机器人研究成果。列如上海交通大学提出了煤气管道检测机器人。该机器人具有特殊的些边形结构，具有很好的自适应，采用轮腿的行进方式。Pipesbot 是清华大学提出的一种结构紧凑的蠕动式机器人，动电机与通过万向节与前结构连接，通过转换模块进行外能源的输入供拾。自适应性的实现是通过些边形连接点的位移变化实现的，使构能形成不同的转弯半径来适应管半径的变化。

### 1.3 研究意义

管道清理机器人的应用能带来以下好处：

（1）本作品与传统的清理方法不同，最大的创新特色就是能够自动的进行管道清理，解决了设备笨重、智能化程度低，工人劳动强度大，效率低，不能满足现代化的清理要求。

（2）结构紧凑，便于携带，符合工作使用要求。

（3）清洁速度快，效果好，能满足快速清理干净的要求。

（4）通用性强，主要部分采用模块化设计，便于拆卸和更换。

（5）可以用于新建排水系统的竣工、交接验收。

（6）排水系统改造或疏通的竣工验收。

（7）查找、确定非法排放污水的源头及接驳口。

（8）在运行管道健康状况（养护与修复需求）检查。

（9）雨、污水管道混接情况调查。

（10）污水泄露点的定位检测。

（11）管道不明渗入水或承水量不足的检测。

（12）管路淤积、排水不畅等原因的调查。

（13）管道的腐蚀、破损、接口错位、淤积、结垢等运行状况的检测。

### 1.4 创新点

（1）本作品与传统的清理方法不同，最大的创新特色就是能够自动的进行管道清理，解决了设备笨重、智能化程度低，工人劳动强度大，效率低，不能满足现代化的清理要求。

（2）采用直流减速电机，进行闭环调节速度，小型推杆进行稳定高效的推动该机器人移动。

（3）结构优良，通过机械结构来实现效率的最大化，而且适应性强，修改机械臂上的压力传感器的设定值就能适应一定口径范围内的管道作业，或者进行机械臂的轻微修改便可适应更大口径范围的管道。

（4）管道清理机器人上集成多种检测模块，来进行检测管道内的环境，对危险环境做出有效预警并可实现与上位机的通信交流，同时各部分之间便于拆卸和更换。

（5）能耗低；由于机器人采用的是直流减速电机作为动力装置，所以在运行中使用 12v 锂电池供电即可，整个工作过程环保无污染，并且在完成工作后耗电量极低。

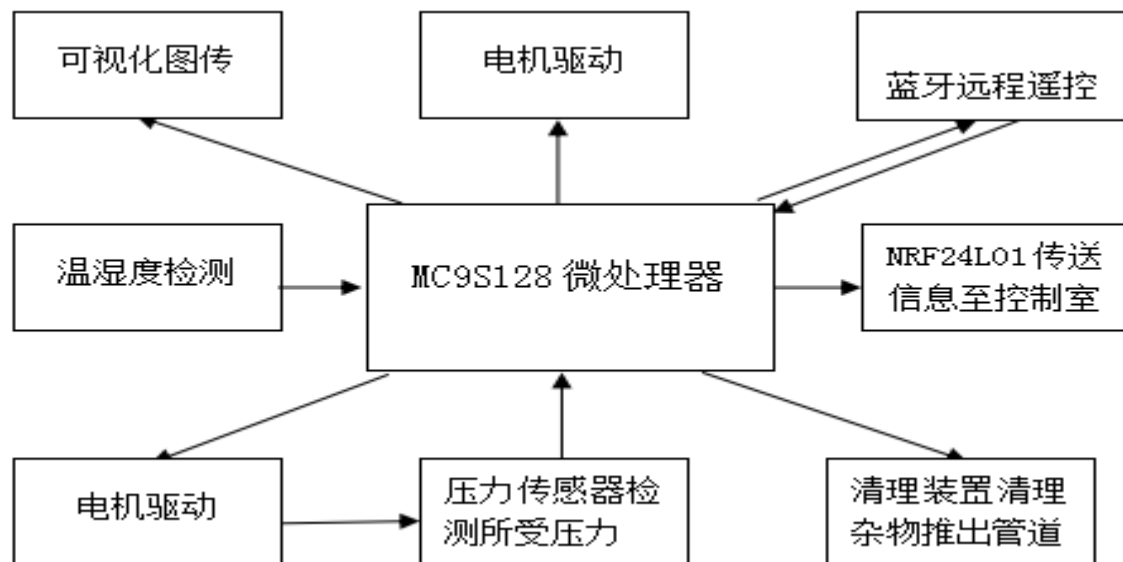
（6）工作快捷高效；由于机械结构上的巧妙设计，所以管道机器人在管道里运行快速且针对不一样的管道可架设不一样的清理装置，因此清理方式多样不局限。

## 2 系统硬件设计

### 2.1 基本思路与方法

管道清理机器人主要由三部分构成，中间为控制及其通信部分，上下机械臂是由丝杆电机作为主要部分构成的。通过直流减速电机带动丝杠旋转使丝杠上的螺母上移动，从而张开机械臂，向下移动则收回机械臂。清理机器人向上移动就是丝杠旋转使上半部分的机械臂卡紧，下半部分的机械臂收回，中间丝杆电机伸缩前进；然后下半部分的机械臂卡紧，上半部分机械臂收回，中间丝杆电机伸缩前进，这样就实现了机器人一次完整的移动周期。实现了管道清理机器人的移动然后清理装置进行清理推出杂物。

### 2.2 程序流程图设计



### 2.3 实物图片

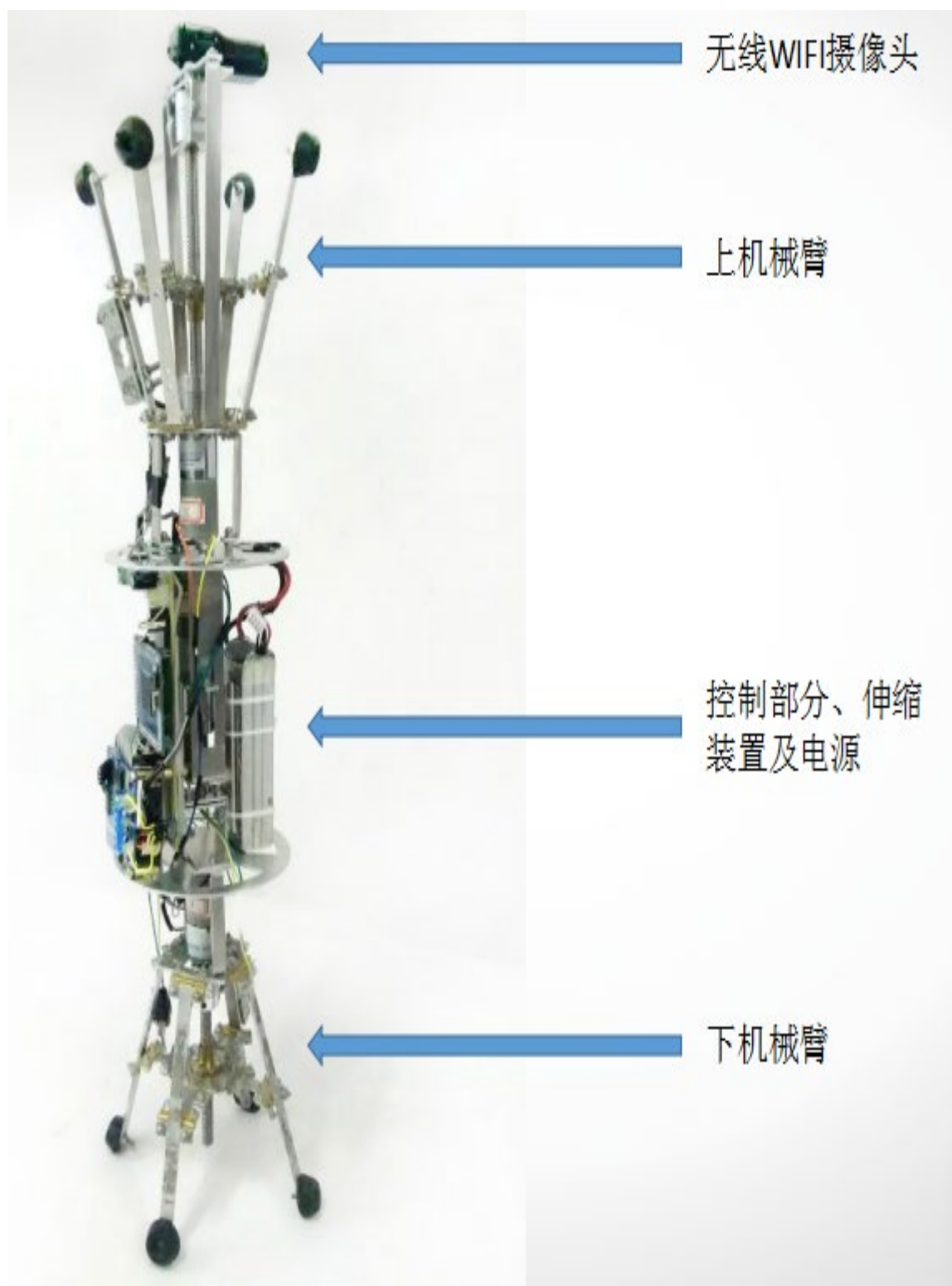
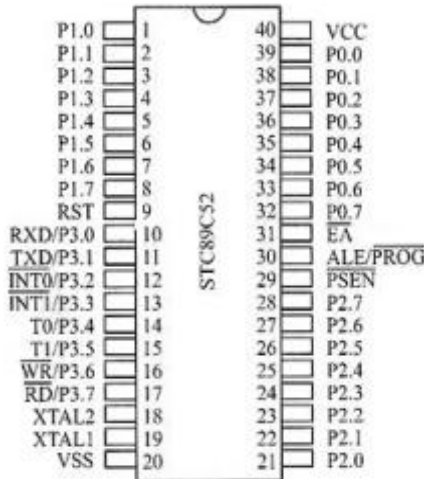


图 2.1 成品实物图片

## 2.4 方案比较与选择

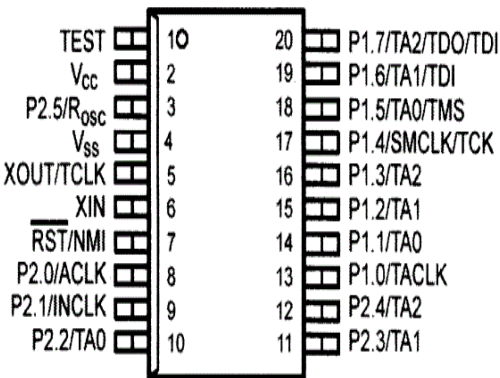
### 2.4.1 控制器模块比较与选择

方案一：采用 STC89C51 单片机作为控制器。其具有标准功能：8k 字节 Flash，512 字节 RAM，32 位 I/O 口线，看门狗定时器，内置 4KB EEPROM，MAX810 复



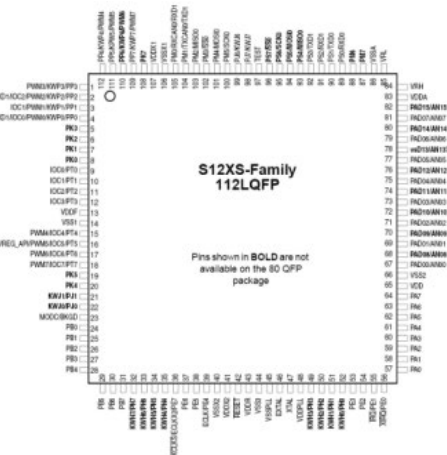
位电路，3 个 16 位定时器/计数器，4 个外部中断，一个 7 向量 4 级中断结构(兼容传统 51 的 5 向量 2 级中断结构)，全双工串行口。另外 STC89C52 可降至 0Hz 静态逻辑操作，支持 2 种软件可选择节电模式。空闲模式下，CPU 停止工作，允许 RAM、定时器/计数器、串口、中断继续工作。掉电保护方式下，RAM 内容被保存，振荡器被冻结，单片机一切工作停止，直到下一个中断或硬件复位为止。最高运作频率 35MHz，6T/12T 可选。而且 STC89C51 价格低廉,结构简单,且资料丰富；但是 51 单片机系统资源有限，运算能力有限,无法达到较高的精度，需要外接大量外围电路，增加了系统复杂度，达不到系统要求。

方案二：采用 MSP430G2553 单片机作为系统控制器。MSP430G2553 单片机内



部集成精度高，是 16 位单片机，MSP430 系列单片机能在 25MHz 晶体的驱动下，实现 40ns 的指令周期。16 位的数据宽度、40ns 的指令周期以及多功能的硬件乘法器(能实现乘加运算)相配合，MSP430 系列单片机的电源电压采用的是 1.8-3.6V 电压。因而可使其在 1MHz 的时钟条件下运行时，芯片的电流最低会在 165  $\mu$ A 左右，RAM 保持模式下的最低功耗只有 0.1  $\mu$ A。但其外部接口较少，运算速度相对较慢，达不到要求。

方案三：采用 MC9SXS128 单片机作为系统控制器。MC9SXS128 是 Freescale 公



司的 32 位单片机，由 16 位中央处理单元（CPU12X）、128KB 程序 Flash(P-lash)、8KB RAM、8KB 数据 Flash(D-lash)组成片内存储器，主要功能模块包括：内部存储器 内部 PLL 锁相环模块 2 个异步串口通讯 SCI 1 个串行外设接口 SPI MSCAN 模块 1 个 8 通道输入/输出比较定时器模块 TIM 周期中断定时器模块 PIT 16 通道 A/D 转换模块 ADC 1 个 8 通道脉冲宽度调制模块 PWM 输入/输出数字 I/O 口。内部集成程度高，拥有大量外部接口，运算速度快，



能够满足题中对数据的快速采集和处理。

综合三种方案，我们采用方案三。

#### 2.4.2 电源模块的比较与选择

方案一：使用变压器将 AC220V 降压到 30V 左右，经过整流桥，滤波电路生成直流电源。通入 LM7824，生成 24V 直流电源。但是，当电流达到 1A 或者 1A 以上时，LM7824 发热严重，影响作品整体稳定性。

方案二：采用开关电源就是用通过电路控制开关管进行高速的道通与截止，但电路复杂，控制难度大。

方案三：同方案一将市电整流滤波后，通入 LM2596，在该芯片外围线路的共同作用下，LM2596 最大输出电流为 3A，可以稳定的产生要求的电压。



图 2.2 电源部分

结合三种方案，采用方案三。

### 2.4.2 压力传感器（惠斯通电桥）

电阻式应变片惠斯通电桥式电路的原理如下：

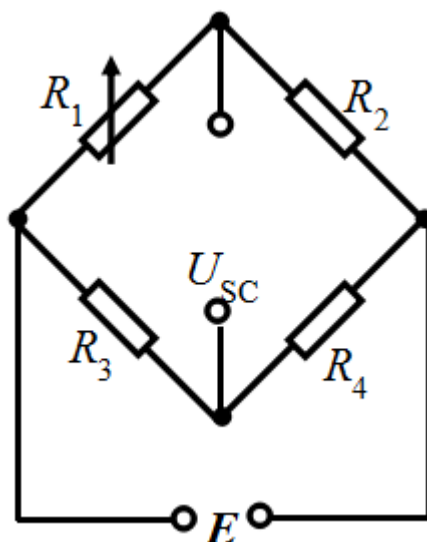


图 2.3 惠斯通电桥式电路原理

其中  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  称为桥臂电阻， $E$  为电桥激励电压源， $U_{sc}$  为输出电压欲使输出电压为零，即电桥平衡，应满足： $R_1 R_3 = R_2 R_4$

若桥臂电阻  $R_1$  产生  $\Delta R$  变化，则输出电压变为：

$$U_{sc} = \left( \frac{R_1 + \Delta R}{R_1 + \Delta R + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) E = \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R} E$$

由于  $\Delta R \ll R$ ，可忽略分母中的  $2\Delta R$  项。则：

$$U_{sc} = \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R} E = \frac{E}{4} K \varepsilon$$

由此可见，电桥输出电压与电桥的电源电压成正比，在  $\Delta R \ll R$  的条件下，电桥输出电压也与桥臂电阻的变化率  $\Delta R/R$  成正比。

由于的变化是电阻应变片的形变引起的，电阻应变片的形变是受被测物体的重力而产生的，因此通过输出电压的变化，经过放大、模数转化及单片机内部的相应处理，便可以测出所受压力。

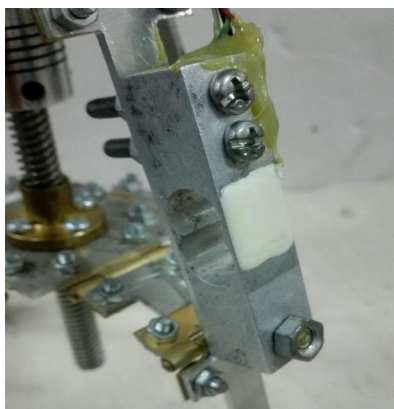


图 2.4 压力传感器

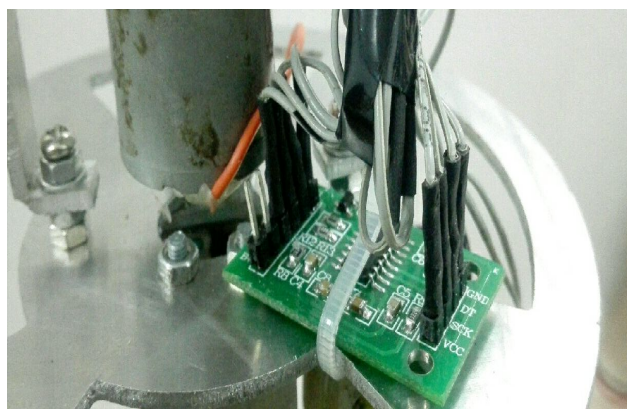


图 2.5 压力采集

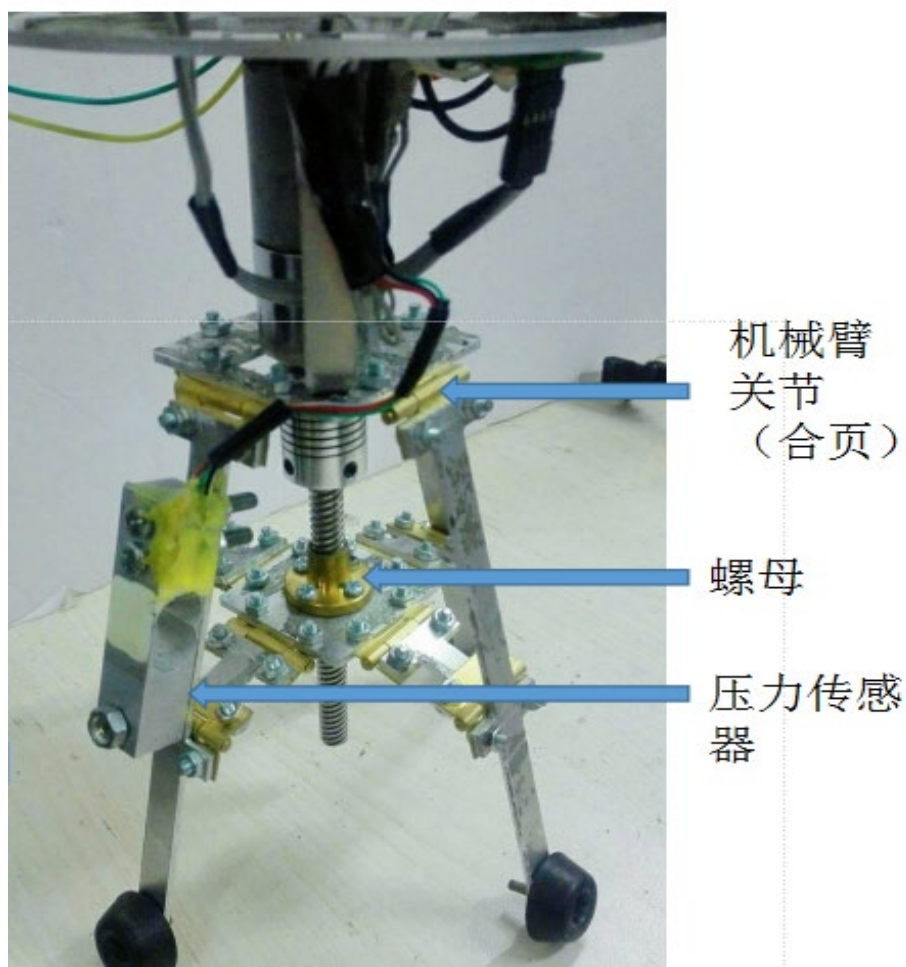


图 2.6 下肢整体部分

### 2.4.3 ADC 芯片 HX711

HX711 是一款专为高精度称重传感器而设计的 24 位 A/D 转换器芯片。与同类型其它芯片相比，该芯片集成了包括稳压电源、片内时钟振荡器等其它同类型芯片所需要的外围电路，具有集成度高、响应速度快、抗干扰性强等优点。降低了电子秤的整机成本，提高了整机的性能和可靠性。

HX711 A/D 转换芯片的电路图如下图。

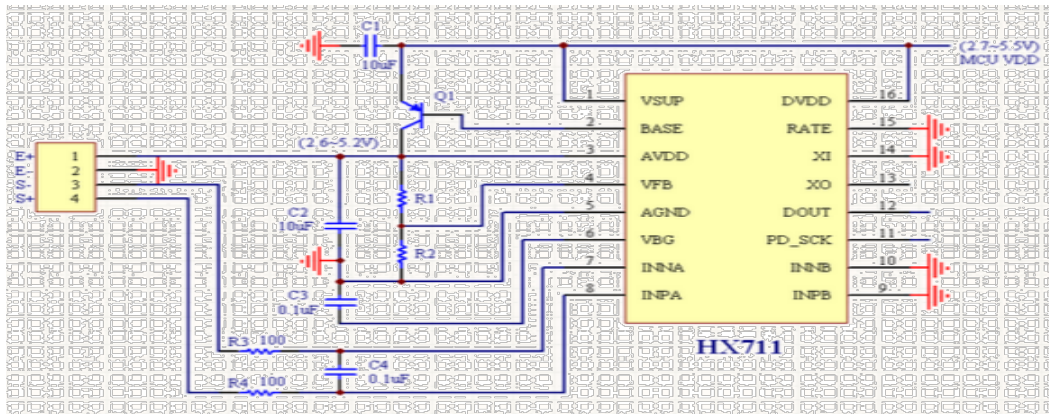


图 2.7 HX711 A/D 转换芯片

2.4.4 电机选择

直流减速电机，即齿轮减速电机，是在普通直流电机的基础上，加上配套齿轮减速箱。齿轮减速箱的作用是，提供较低的转速，较大的力矩。同时，齿轮箱不同的减速比可以提供不同的转速和力矩。这大大提高了，直流电机在自动化行业中的使用率。减速电机是指减速机和电机（马达）的集成体。这种集成体通常也可称为齿轮马达或齿轮电机。通常由专业的减速机生产厂进行集成组装好后成套供货。减速电机广泛应用于钢铁行业、机械行业等。使用减速电机的优点是：

- (1) 减速电机结合国际技术要求制造，具有很高的科技含量。
- (2) 节省空间，可靠耐用，承受过载能力高。
- (3) 能耗低，性能优越，减速机效率高达 95% 以上。
- (4) 振动小，噪音低，节能高，选用优质段钢材料，钢性铸铁箱体，齿轮表面经过高频热处理。
- (5) 经过精密加工，确保定位精度，这一切构成了齿轮传动总成的齿轮减速电机配置了各类电机，形成了机电一体化，完全保证了产品使用质量特征。
- (6) 产品采用了系列化、模块化的设计思想，有广泛的适应性，本系列产品有极其多的电机组合、安装位置和结构方案，可按需要选择任意转速和各种结构形式。

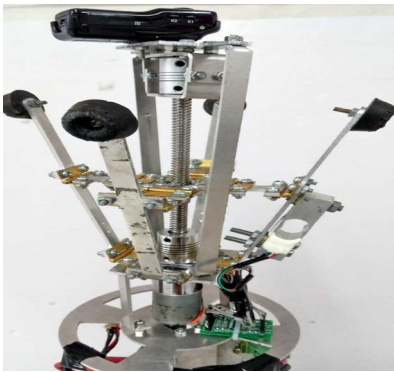


图 2.8 上肢电机



图 2.9 电机外貌



## 2.5 主要技术参数

- (1)管道机器人总重 2.5 斤，长\*宽\*高=12\*12\*60（cm）；
- (2)电源供电 12v，直流减速电机 50rad/min，丝杆宽度 8mm；
- (3)单片机为 XS128，蓝牙模块 HC-05；
- (4)管道机器人总共使用电机 3 个，参数基本一致。

## 3、软件设计

### 3.1 程序功能描述与设计思路

(1)程序功能描述主要是通过 MC9SXS128 单片机控制系统实现对管道清理侦查机器人的要求。

(2)程序设计思路

本测量装置主要指标是通过惠斯通电桥来采集数据,进行信号放大后由 24 位 AD 转换器芯片采集并由单片机 XS128 进行数据处理同时及时反馈到电机使其反转。通过无线 WIFI 摄像头来侦测管子里的情况并且利用温湿度模块进行温湿度检测，同时将数据通过蓝牙实时传送到上位机。

### 3.2 蓝牙模块及手机 APP

我们使用主从机一体蓝牙模块，空旷地有效距离 10 米，支持 4800~1382400bps;

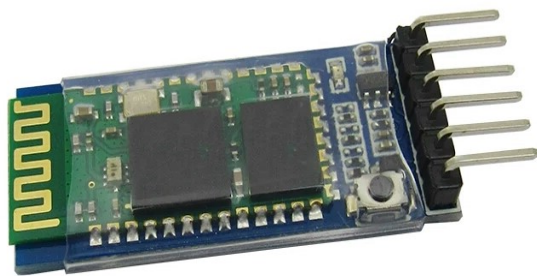


图 3.1 蓝牙



图 3.2 手机 APP 页面

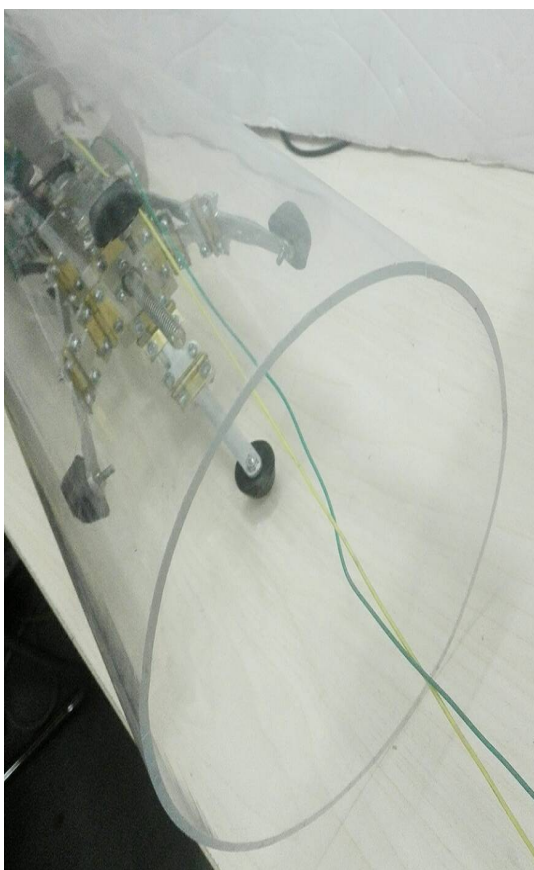


图 3.3 进入管道现场

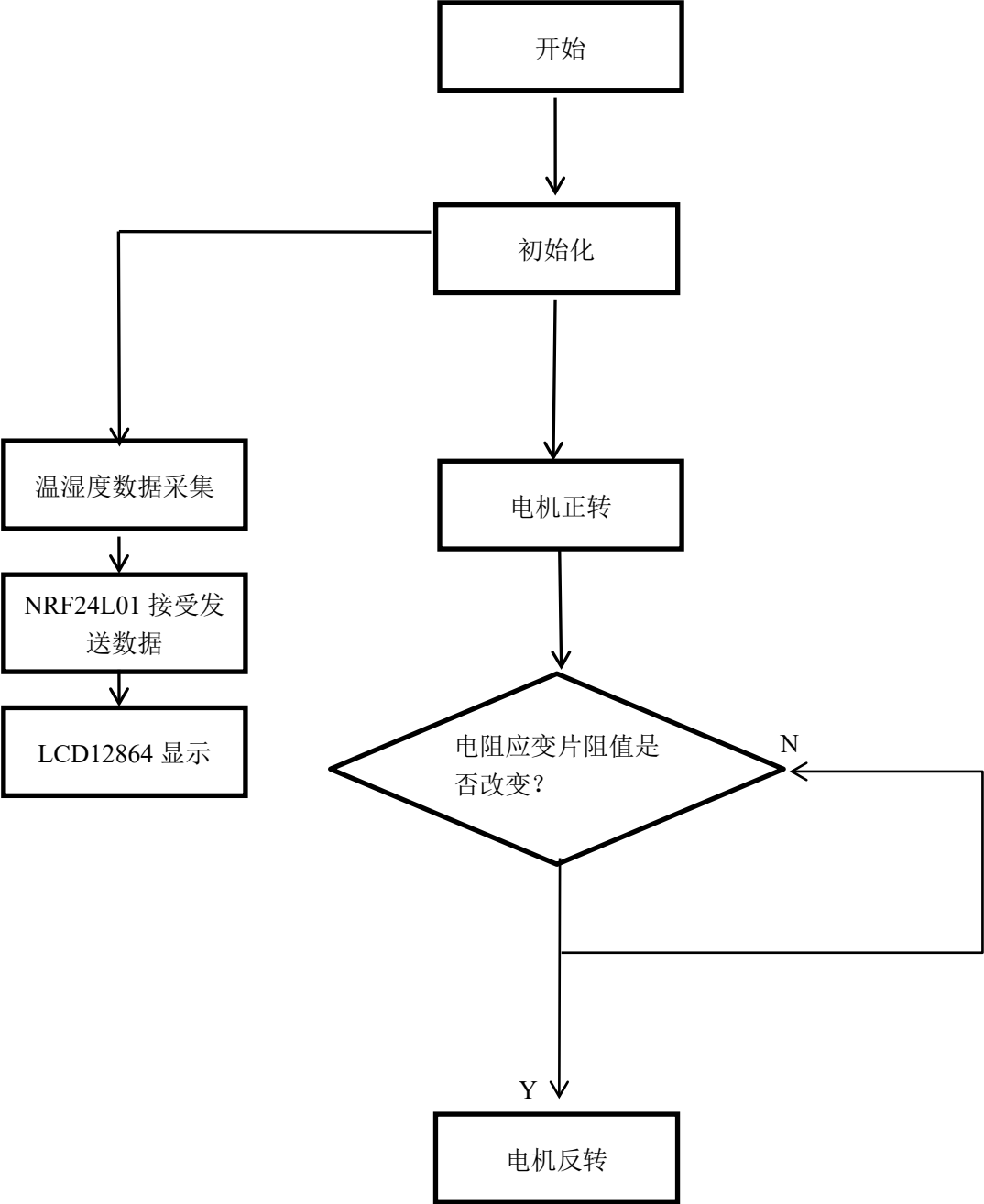


图 3.4 手机实时画面

### 3.3 编程环境

Keil 5 是美国 Keil Software 公司出品的 51 系列兼容单片机 C 语言软件开发系统，与汇编相比，C 语言在功能上、结构性、可读性、可维护性上有明显的优势，因而易学易用。Keil 提供了包括 C 编译器、宏汇编、链接器、库管理和一个功能强大的仿真调试器等在内的完整开发方案，通过一个集成开发环境（ $\mu$ Vision）将这些部分组合在一起。运行 Keil 软件需要 WIN98、NT、WIN2000、WINXP 等操作系统。

3.3 程序流程图



## 结    论

在经过对本产品的构想、设计、制作及大量实验测试和程序运行后，我们团队得出以下结论

(1) 本作品与传统的清理方法不同，可以解决设备笨重、工人劳动强度大、效率低的问题。

(2) 机械结构方面的巧妙连接和机器人结构上的设计，使机器人通过机械结构来实现效率的最大化。

(3) 管道清理机器人上集成多种检测模块，进行检测管道内的环境，对危险环境可以做出有效预警并可实现与上位机的通信交流。

(4) 制作成本便宜，管道清理机器人的主体部分为丝杆电机，价格便宜，整个机器人的制作费用仅仅在三百元左右。

(5) 能耗低，由于机器人采用的是直流减速电机作为动力装置，所以在运行中使用 12v 铅电池供电即可，整个工作工程环保无污染。

(6) 工作快捷高效，由于机械结构上的巧妙设计，所以管道机器人在管道里运行快速且针对不一样的管道可架设不一样的清理装置，因此清理方式多样不局限。

(7) 适应性强，修改机械臂上的压力传感器的设定值就能适应一定口径范围内的管道作业，或者进行机械臂的轻微修改便可适应更大口径范围的管道。

(8) 主要部分采用模块化设计，各部分之间便于拆卸和更换。

(9) 可扩展性强，可搭载检测和维护等设备，从而全面实现管道的清洗、检测和维护等功能。



## 参 考 文 献

- [1] 王积伟, 章宏甲, 黄谊. 液压传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 王殿君, 李润平. 管道机器人的研究进展[J]. 机床与液压. 2008 (4): 185-187.
- [3] 夏华, 无线通信模块设计与物联网应用开发[M], 电子工业出版社, 2011.06[9]
- 童敏明, 唐守峰, 传感器原理与检测技术, 机械工业出版社, 2014.01.
- [4] 陈玉璞, 王惠民, 流体动力学, 清华大学出版社, 2013.04.
- [5] 吴文传, 张伯明, 孙宏斌, 电力系统调度自动化, 清华大学出版社, 2011.08.
- [6] 王电令, 苏亚辉, 苏彩虹, STM32 开发实战 LabVIEW 卷, 机械工业出版社, 2016.06.
- [7] 潘新民, 王燕芳. 微型计算机控制技术[M], 第 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2003.4.
- [8] 谢宋和, 甘勇. 单片机模糊控制系统设计与应用实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.5.
- [9] (加) 赫金, (加) 默尔. 现代无线通信. 人民邮电, 2007.
- [10] 张万忠, 可编程控制器应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [11] 齐占庆, 王振臣, 电气控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [12] 李相元, 基于 GSM 的短信报警系统[D]. 哈尔滨: 哈尔滨科技大学, 1999.
- [13] Hernandez MC, Miyatake MN, Meana HMP. Analysis of a DFT B
- [14] Hernandez MC, Miyatake MN, Meana HMP. Analysis of a DFT Based Watermarking Alogorithm[J]. Proc. of the 2nd Int' l Conference on Electrical and Electronics Engineering. 2005. 44 47.
- [15] Lu CS, Liao HYM. Multipurose watermarking for image authentication and protection[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 2001, 10(10): 1579 1592.

## 致 谢

在备战比赛的过程中，学院、老师和同学都给予了我们很大的帮助和鼓励，在此谨表达对他们由衷的感谢。帮助我们在确立了制作方案，提高了作品的可行性，大大缩短了制作周期。感谢实验室提供的资源与设备，帮助我们的作品硬件搭建更加顺利。挑战杯始终坚持“崇尚科学、追求真知、勤奋学习、锐意创新、迎接挑战”的宗旨，在促进青年创新人才成长、深化高校素质教育、推动经济社会发展等方面发挥了积极作用。感谢挑战杯给我们提供锻炼的机会，我们一定会秉持大学生科技创新的宗旨，在实践中逐步提高自己的能力，早日加入到社会主义的建设中去。

## 附 录

### 部分程序

```
#include <hidef.h>          /* common defines and macros */
#include "derivative.h"      /* derivative-specific definitions */
#include "HX1.h"
#include "HX2.h"
#include "PWM.h"
#include "lanya.h"
int ii,i;

void main(void)//说明 hx1 的数要大于 hx2 的数
{
    //while(1)//看数用
    //{
        lanyachushihua();
        PWM_initial(); //PWM 初始化
        yali1();
        yali2();
    }
}
while(1)
{
    lanya = SCI_receive();//想要用蓝牙控制首先应该写上这句话
    switch(lanya)
    {
        case '1'://开始
        {
            yali1();//想要返回到这 必须加上这句话
            a_zhang();
            while(hx1>6800000)
            {
                yali1();
            };
            a_ting();
            //循环次数
            for(ii=0;ii<7;ii++)
            {
                b_houtui();
                delay(200);
                delay(200);
            }
        }
    }
}
```

```

        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        //b 上升
    }break;
default:
{
    //a_ting();
    //b_ting();
    //c_ting();
}

}

}
}

```

## 部分 PCB 制版图

