



# 登峰杯

全国中学生课外学术科技作品竞赛

论文类别

☒ 学术作品 ( ☐ 人文社会科学 ☒ 科学与工程 )

☐ 数学建模 ( ☐ 数学建模 ☐ 数学建模-机器人挑战 )

☐ 数据挖掘

论文题目

一种新型智能雾霾口罩的设计

清华大学教育研究院  
中国高等教育学会学习科学研究分会

# 一种新型智能雾霾口罩的设计

**摘要：**目前，我国已经成为全球 PM2.5 污染最严重的地区之一。雾霾对人的健康构成严重威胁，雾霾口罩成为生活中使用频率非常高的物品，主要作用是防止雾霾颗粒侵入人体的呼吸系统。文中设计了一款防霾、环保、舒适、时尚且具有更换滤芯、数据显示、根据空气质量情况对高敏感人群提供医疗建议等智能功能的雾霾口罩。口罩内置了具有无线通讯和检测功能的智能芯片，作为物联网结点，成为一个个移动的实时检测点，为应用后台提供辅助数据。结合官方的监测数据，可以形成一个雾霾地图，地图上可以实时动态地显示每一条街道的污染状况，每一个口罩的用户都可以通过智能手机看到这个地图，并为口罩佩戴者提供空气质量报警、雾霾吸入量报警、口罩滤芯提醒、空气质量最佳通行路线推荐等个性化健康服务。

**关键词：**雾霾口罩、智能芯片、PM2.5 移动实时检测、雾霾地图、物联网

## 目录

0 前言 .....	- 3 -
1 雾霾的实测和研究 .....	- 3 -
2 外观设计 .....	- 4 -
2.1 外层、内层 .....	- 6 -
2.2 呼吸阀 .....	- 6 -
2.3 鼻夹和硅橡胶线 .....	- 6 -
2.4 滤芯 .....	- 6 -
2.5 儿童款 .....	- 7 -
3 智能功能设计 .....	- 7 -
3.1 概述 .....	- 7 -
3.2 系统功能 .....	- 7 -
3.3 智能芯片 .....	- 9 -
3.4 检测数据上传 .....	- 9 -
3.4.1 方案一: .....	- 9 -
3.4.2 方案二: .....	- 10 -
3.5 云服务平台 .....	- 11 -
3.6 智能手机 APP .....	- 12 -
4 实验验证 .....	- 12 -
4.1 测试目标 .....	- 13 -
4.2 硬件组成 .....	- 13 -
4.2.1 微处理器 .....	- 14 -
4.2.2 检测传感器模块 .....	- 14 -
4.3 传感器检测数据测试 .....	- 15 -
4.3.1 传感器设置 .....	- 15 -
4.3.2 检测程序 .....	- 15 -
4.4 传送检测数据至云端 .....	- 16 -
4.4.1 WIFI 设置及开发软件安装 .....	- 16 -
4.4.2 物联网 YeeLink 设置 .....	- 16 -
4.4.3 传感器数据传送至物联网 .....	- 16 -
4.4.4 在物联网云端查看数据 .....	- 16 -
4.5 人机交互 .....	- 16 -
4.5.1 智能手机从物联网接收数据 .....	- 17 -
4.5.2 人机交互界面 .....	- 17 -
5 结论 .....	- 17 -
6 致谢 .....	- 17 -

## 0 前言

雾霾的大规模爆发对人体健康的影响已经成为全社会关注的焦点问题。笔者作为环保志愿者参加并组织了大连高中生雾霾监测项目。通过一段时间的监测，发现很多地点的实测数据与官方发布的数据相比较有较大差异，原因在于官方数据来源于固定监测点，而固定监测点数量有限，人们活动的范围却较大较复杂，官方的数据无法准确反映所有人群密集活动地点的实际雾霾数据，为此，笔者产生了设计及推广一种智能雾霾口罩的方法来应对该问题。这一款智能雾霾口罩，利用口罩佩戴者的活动，通过内置在口罩中的智能芯片实时检测周围环境的雾霾数据并通过无线方式上传至云端，通过后台服务器，形成雾霾地图，并为口罩佩戴者提供空气质量报警、雾霾吸入量报警、口罩换芯提醒、空气质量最佳通行路线推荐等个性化健康服务。

## 1 雾霾的实测和研究

雾霾的大规模爆发对人体健康的影响已经成为全社会关注的焦点问题。笔者作为环保志愿者参加了大连高中生雾霾监测项目。通过一段时间的监测，发现很多地点的实测数据与官方发布的数据相比较有较大差异，见图 1（统计数据见补充材料），原因在于官方数据来源于固定监测点，而固定监测点数量有限，人们活动的范围却较大较复杂，官方的数据无法准确反映所有人群密集活动地点的实际雾霾数据，为此，笔者设计了一种新型智能雾霾口罩来应对该问题。这一款智能雾霾口罩，利用口罩佩戴者的活动，通过内置在口罩中的智能芯片实时检测周围环境的雾霾数据并通过无线方式上传至云端，通过后台服务器，形成雾霾地图，并为口罩佩戴者提供空气质量报警、雾霾吸入量报警、口罩换芯提醒、空气质量最佳通行路线推荐等个性化健康服务。

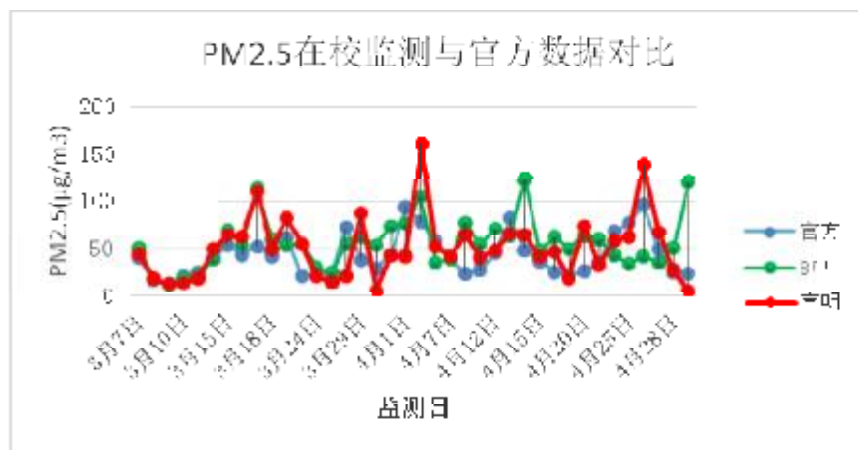


图1 监测数据对比图

## 2 外观设计

此款雾霾口罩，外观设计包括两个系列，成人系列和儿童系列。包括表层、内层、可调节耳带、滤芯、呼吸阀及可以连接物联网的智能芯片单元。表层和内层之间设置有可调整鼻夹及可以更换的滤片。内层设有多个硅胶贴片以便更好的贴合面部。采用立体剪裁设计版型，满足了口鼻呼吸空间的需要。口罩本体可清洗、且只需更换滤片就可长期使用，节约材料、提高了口罩的实用性和环保性。智能芯片单元具有液晶显示屏，可以提示所处的环境是否需要佩戴口罩，并且根据实时获取的环境污染程度来推荐不同的滤芯。智能芯片可以通过无线连接智能手机，开发出更多智能应用功能，也可以根据佩戴者的选择，互相链接形成物联网。

本款雾霾口罩外观见图 2, 3, 4，设计主要组成部分是：外层、内层、外层和内层之间的滤芯层、调节带及设置在调节带上的活动调节扣、鼻夹设置在罩体内层中间位置、罩体对应鼻孔处右侧设置一个呼吸阀、罩体内层轮廓设置若干段硅橡胶线、罩体左侧设置一个透明的塑料小口袋，放置智能芯片单元。

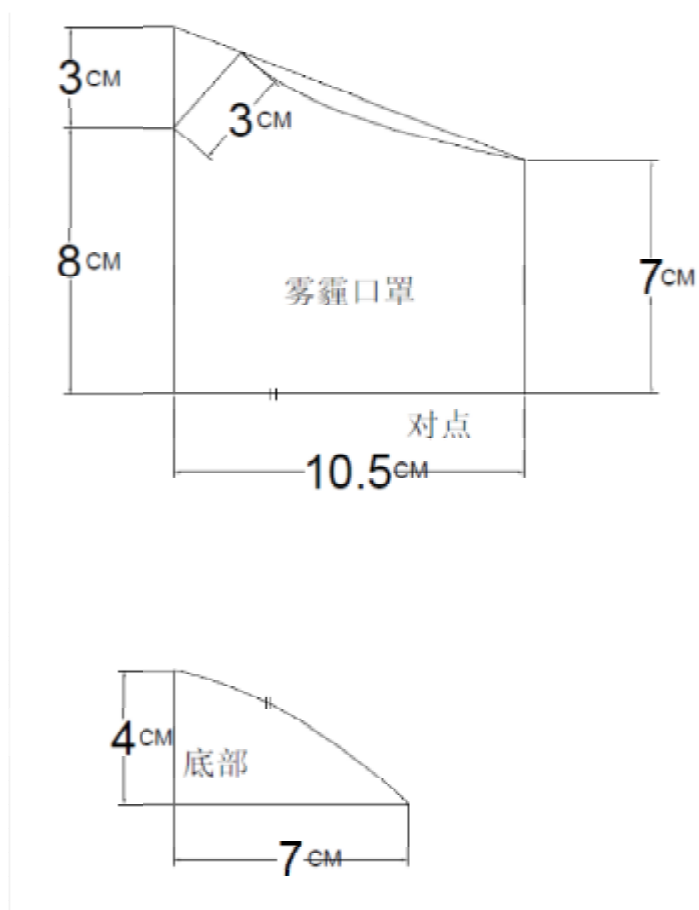
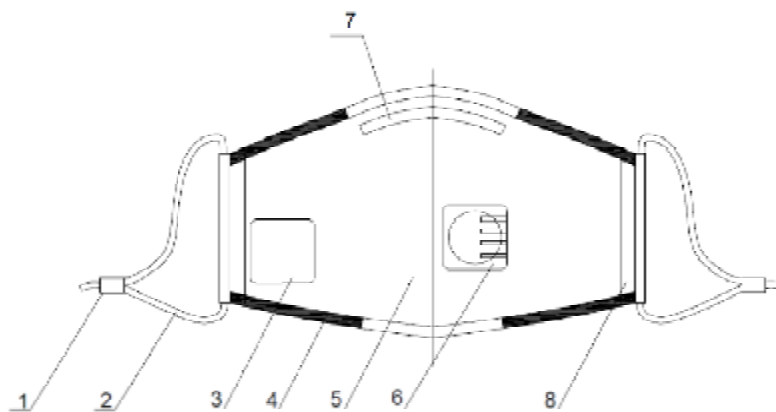
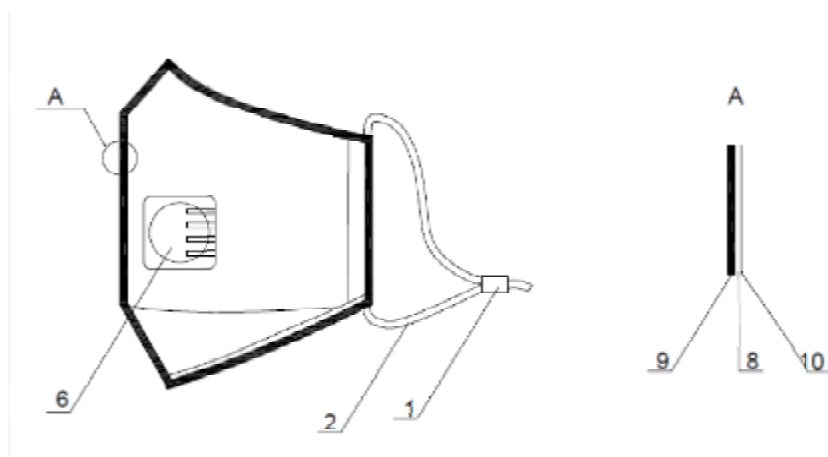


图2 雾霾口罩外形图



(1 调节扣、2 调节带、3 透明塑料口袋、4 硅橡胶线、5 罩体、6 呼吸阀、7 鼻夹、8 滤芯 )

图3 雾霾口罩结构示意图



(1 调节扣、2 调节带、6 呼吸阀、8 滤芯、9 外层、10 内层)

图 4 雾霾口罩侧视图、剖视图

## 2.1 外层、内层

外层选用抗菌面料、内层选用天然纤维面料。增加口罩的安全性和舒适性。

内层开口以便更换滤芯。当滤芯吸入大量 PM 颗粒后，化学性能会发生变化，智能芯片在测出变化后会提示更换。

## 2.2 呼吸阀

罩体对应鼻孔处右侧设置一个呼吸阀，通过呼吸阀将口罩本体和滤芯压合在一起。使口罩内外空气进行交换，热量和有害物质能够快速排出，洁净空气进入，解决了呼吸不顺畅，罩内热量积累引起的不适，及佩戴眼镜起雾的问题。

## 2.3 鼻夹和硅橡胶线

罩体内设可调整鼻夹及硅橡胶线，使口罩更好的贴合面部，有效的减低泄漏率，提高过滤效率。

## 2.4 滤芯

滤芯材料采用经康纶抗菌技术处理过的微滤滤材，不仅可以通过静电微滤技术吸住 PM2.5 级的细微颗粒，还具抗菌性能，是通过国标抗菌测试的口罩滤材，保证了防雾霾

的功能。

滤芯形状根据口罩大小设计，在呼吸阀位置开孔，为可更换型。

## 2.5 儿童款

考虑到儿童佩戴口罩的需求，口罩尺寸适当减小，更适合儿童佩戴。使用面料上有以下两点不同：

内层采用弱酸性无纺布，可以吸湿，不刺激皮肤，更有效地保护儿童面部肌肤。

外层使用 PET 材料，耐化学药品、耐油，表面具备绘画写字的功能，在趣味性上更大地满足儿童心理需求。

## 3 智能功能设计

### 3.1 概述

口罩内置智能芯片单元，集成检测、报警、提示、数据传输等智能化功能。检测功能一方面是检测滤芯的使用程度以提示更换，另一方面是通过检测 PM2.5、PM10、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、紫外线等这些和空气质量相关的参数实时测量当前污染程度。每个口罩作为一个功能单元，分别采集数据然后通过云平台整合到一起，结合官方的监测数据，可以形成一个雾霾地图，地图上可以实时动态地显示每一条街道的污染状况。每一个口罩的用户都可以通过智能手机看到这个地图，而且，手机 App 可以给出用户污染程度最小的最佳路径。

空气污染和哮喘，肺病，心脏病都有直接的关系，这些采集的数据可以通过后台应用来汇总计算以监测环境因素对口罩用户的潜在健康威胁，提出实时警告。虽然雾霾口罩具有一定过滤污染物颗粒的保护功能，但是对于高危敏感人群，根据空气污染的程度个性化的提示相应的医疗检查和咨询还是有意义的。

### 3.2 系统功能

智能系统包括智能芯片、物联网平台应用和基于 Android 的手机 APP 系统。智能



芯片是底层的硬件基础，通过雾霾口罩佩戴在使用者的身上，传感器对空气中的 PM2.5 等空气质量相关的参数进行测量，并通过无线网络上传给物联网的云服务器端，服务器端对上传的数据进行处理、分析和存储，手机 APP 系统实现与服务器端进行通讯，获取所需的数据，为手机使用者提供服务，满足客户端随时、随地查看监测数据及提示报警等个性化需求。

物联网具有开放的平台，可以与其它开放的环境检测仪表和平台共享数据，形成大数据平台，具有可延续发展的社会价值，系统由四个层次构成（见图 5）：

- 1、感知层：PM2.5、PM10、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、紫外线等检测仪表，对颗粒物浓度等空气质量参数连续自动在线检测；
- 2、传输层：采用无线方式传输各种检测数据；
- 3、平台层：数据服务云平台，基于云计算的数据中心平台汇集了口罩佩戴者不同地点的监测数据，对监测数据进行存储、分析、对比，同时也为环境保护部门积累污染控制数据，以推动对空气污染的长效管理；
- 4、应用层：实现实时数据在线监测、监控、报警等功能。

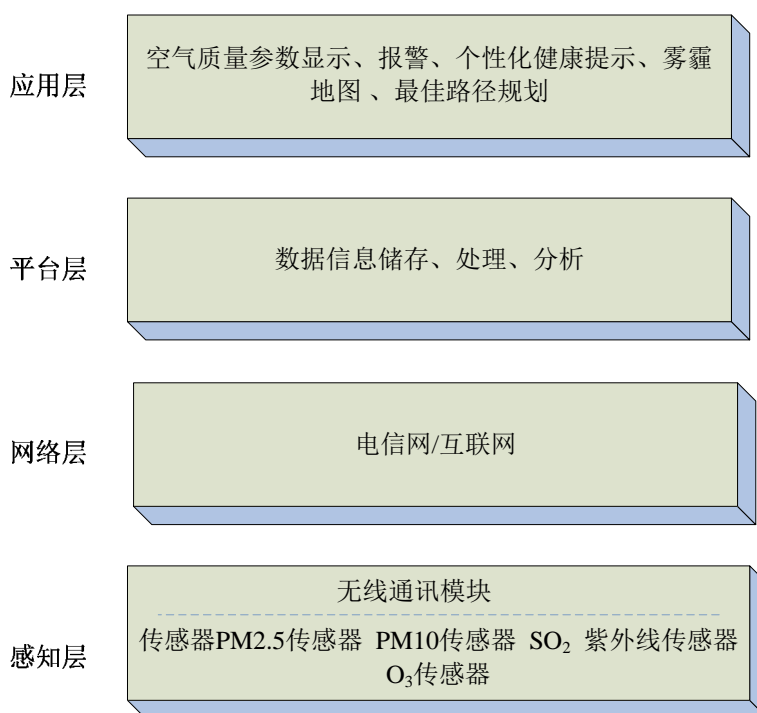


图 5 物联网功能系统图

### 3.3 智能芯片

图 6 显示了智能芯片的硬件系统由 CPU、电源、检测模块、通讯模块、显示模块构成。其中电源模块为系统硬件提供电源，可以通过 USB 口进行充电。通讯模块以无线的方式完成检测数据的传输。显示模块具有显示数据和报警信息的功能。PM2.5、PM10、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>等与空气质量相关的数据采集由各个检测模块完成。

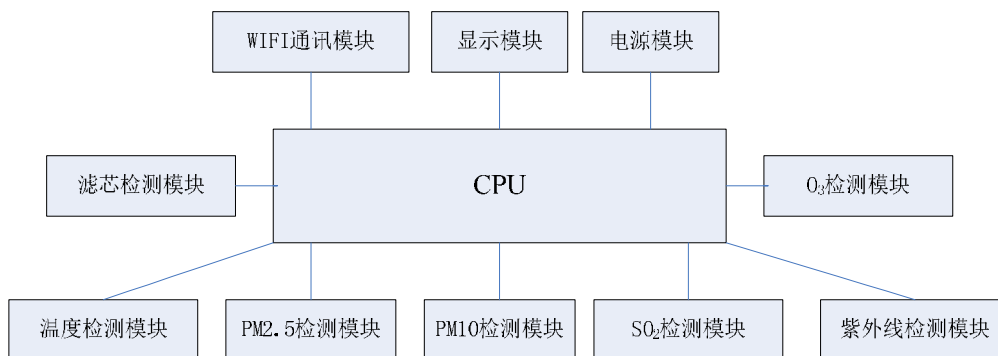


图 6 智能芯片硬件系统图

### 3.4 检测数据上传

为了实现检测数据上传功能，设计了二种方案，区别在于传输数据的方式。

#### 3.4.1 方案一：

方案一如图 7 所示，智能芯片通过无线网将检测数据发送至云端，通过对数据的存储、处理、分析，将结果信息在智能手机上进行显示和服务，亦可同时向环保业务部门或环境监控中心转发监测数据，实现数据的互联共享，形成一个统一协作的全方位环境保护体系；

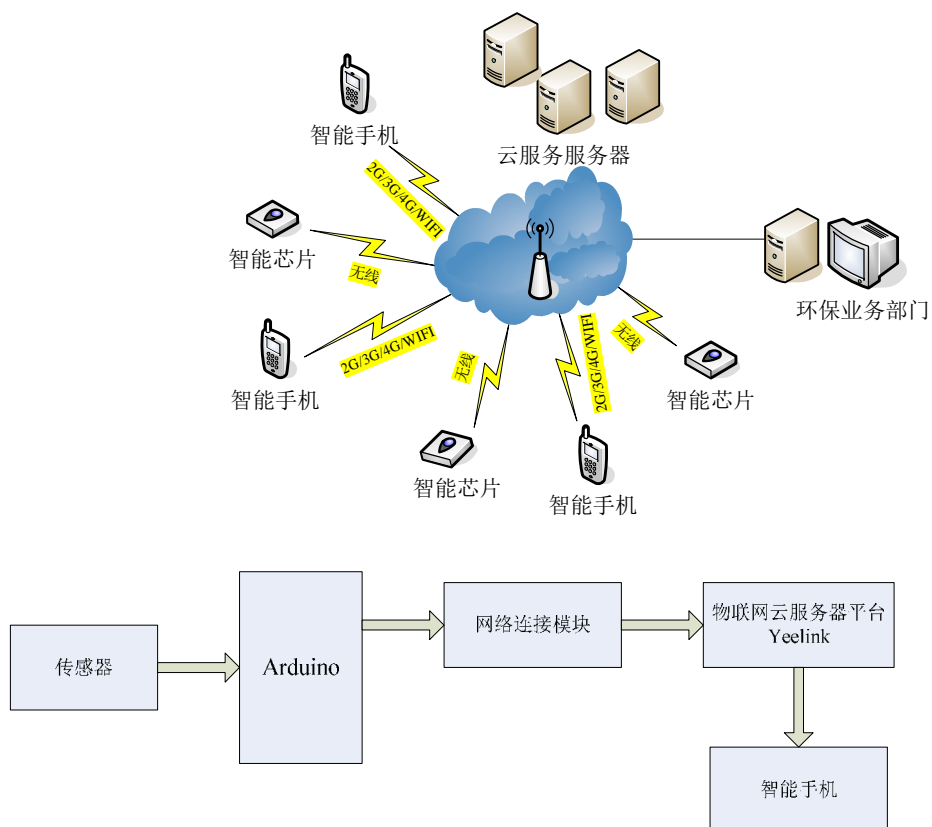
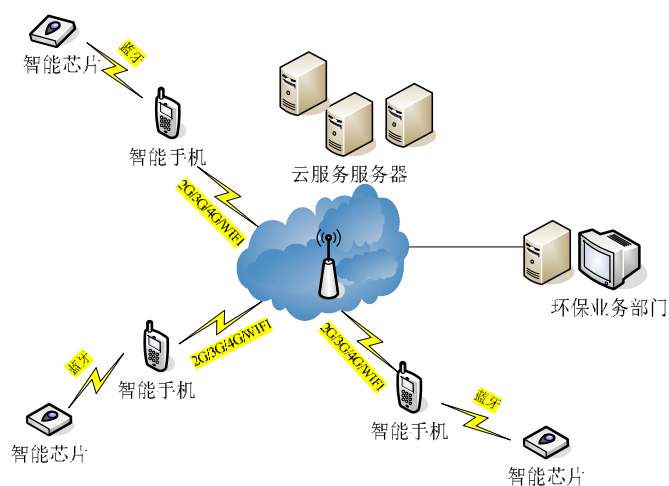


图7 方案一

### 3.4.2 方案二：

方案二如图8所示，通过蓝牙模块将检测数据发送到佩戴者的智能手机上，由手机把检测数据发送到云平台上，其后的数据处理过程与第一种方式相同。



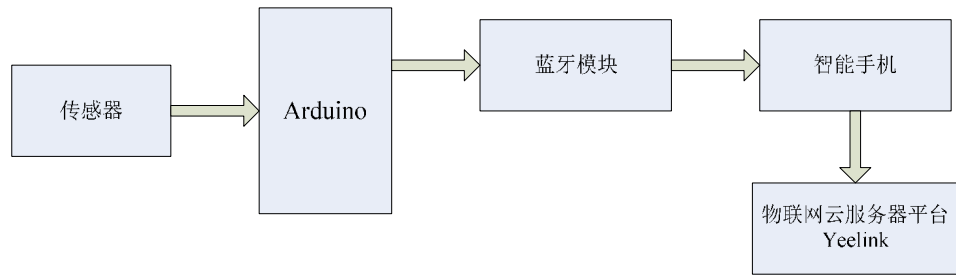


图 8 方案二

### 3.5 云服务平台

云服务平台完成检测数据的存储、分析和处理功能。数据库服务器存储所有雾霾口罩佩戴者传感器检测并且上传的数据。应用服务器完成海量数据的分析和处理。接口服务器向客户端提供系统的入口和系统服务的接口，图 9 显示了云平台的主要功能。

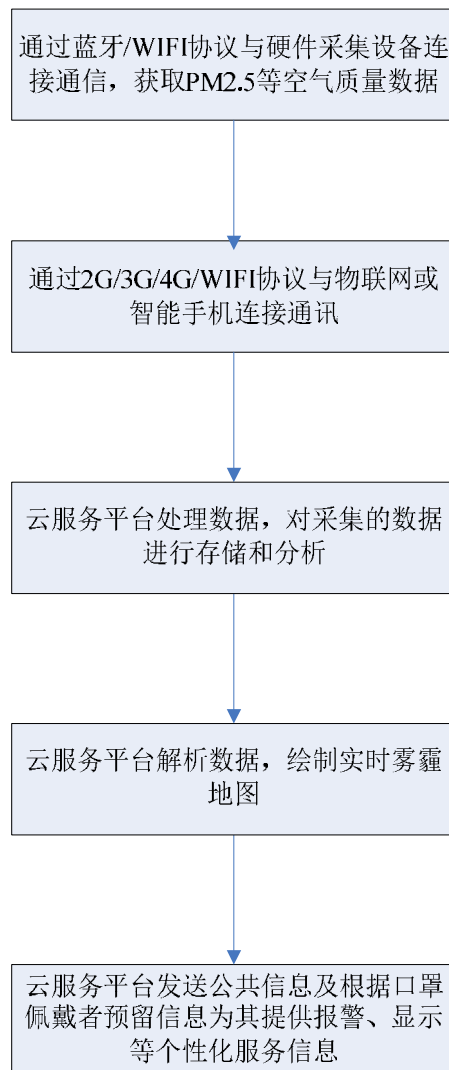


图9 云服务器功能

### 3.6 智能手机 APP

手机 APP 系统实现用户登录、报警参数设置、历史监测数据查询、当前监测数据查询、雾霾地图查询、最佳路径查询、个性化报警及提示以及用户信息修改等功能。用户通过登录系统，便可以随时随地查看可监测数据，并在使用者吸入有害颗粒超标，及时通知使用者，形成自动报警系统,APP 主要功能树形图如图 10 所示

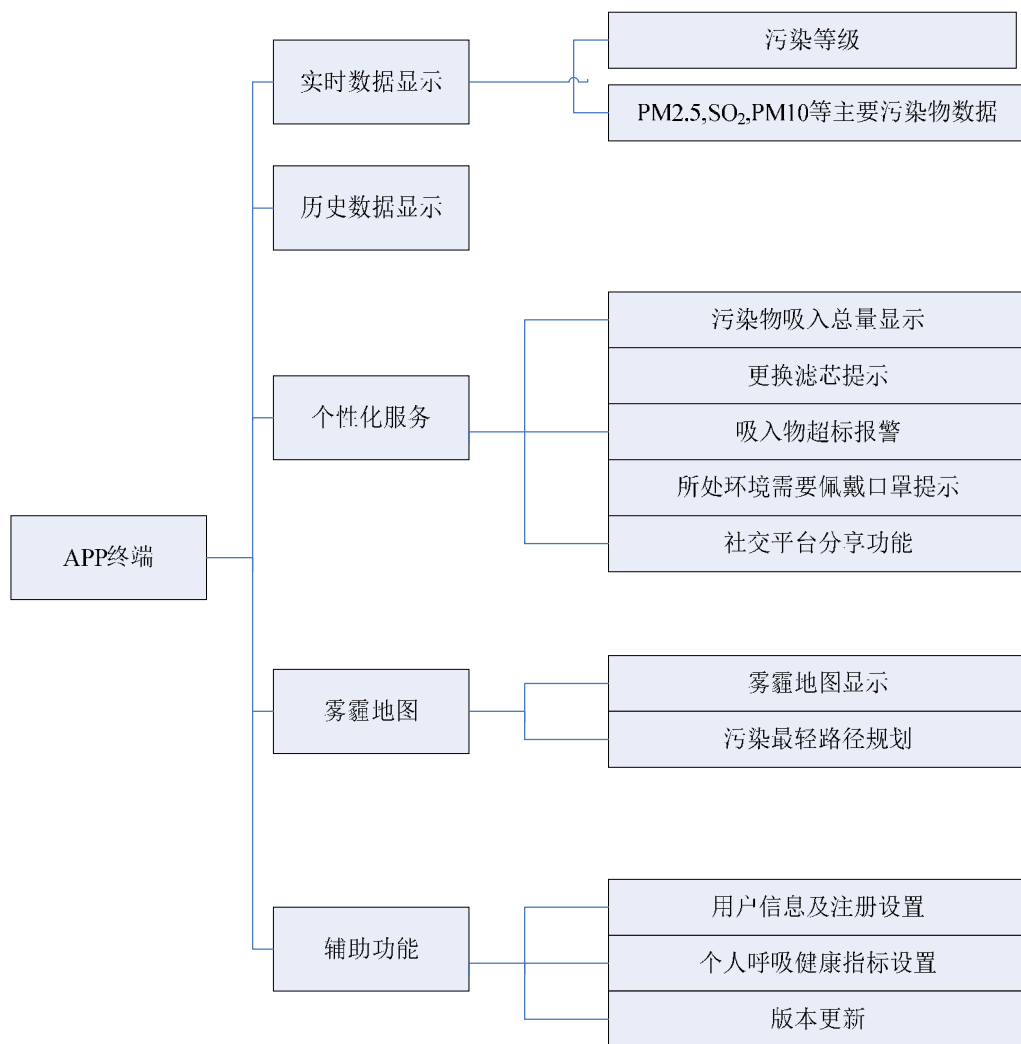


图 10 APP 主要功能树状图

## 4 实验验证

实验对雾霾口罩的外观和智能部分分别进行了实验验证，根据外观的设计制作了

口罩实体。智能部分的实验选择了 Arduino YUN 开源硬件平台、YeeLink 物联网平台、APP 采用 YeeLink 的智能手机 APP 系统。

## 4.1 测试目标

1. 测试智能芯片功能：以 PM2.5 为测试对象，测试 PM2.5 检测功能；
2. 测试检测数据上传物联网功能：用无线 WIFI 将 PM2.5 检测数据上传至物联网 YeeLink；
3. 手机 APP: 与物联网交互数据，在手机上显示 PM2.5 数据及报警信息。

## 4.2 硬件组成

Arduino 诞生于 2005 年的意大利伊夫雷亚交互设计院，由于其设计开源、价格低廉、兼容海量周边设备，广泛应用与各种电子设计中，由一个基于单片机并且开放源码的硬件平台和一套为 Arduino 板编写程序的开发环境组成。硬件有 Yun、86Dui noOne、UNO 等，因为本实验主要为了测试物联功能，因此硬件选用 Arduino Yun 为系统核心，Arduino Yun 是一款基于 ATmega32U4 和 Atheros AR9331 的单片机板。Atheros AR9331 可以运行一个基于 Linux 和 OpenWRT 的操作系统 Linino。这款单片机板有内置 Ethernet, Wi fi, 一个 USB 端口，一个 Micro 插槽，20 个数字输入\输出端口（其中 7 个可以用于 PWM，12 个可以用于 ADC），1 个 MICRO USB, 1 个 ICSP 插头，3 个复位开关。处理器配合 PM2.5 传感器、电源、八位数码管显示等实现了整个硬件系统的搭建。其硬件构成如图 11 所示。



图 11 硬件实物图

#### 4.2.1 微处理器

Ardui no 主控板采用 ATMEGA328P-PU 微处理控制器。ATmega328P 是一款 8 位的 AVR 处理器，具有功耗低、性能高的特点。系统是基于单片机开发的，已有大量应用通用和标准的电子元器件，包括硬件和软件在内的整个设计，代码均采用开源方式发布。并且 Ardui no 还提供了自己的开发语言，IDE 开发环境支持 Wi ndows 、 Li nux 、 Mac OS 等主流操作系统。



图 12 主控板实物图

#### 4.2.2 检测传感器模块

PM2.5、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、PM10 等与空气质量相关的数据采集由各种检测模块完成，实验验证采用了夏普灰尘传感器 GP2Y1051 检测 PM2.5。

##### 1、工作原理：

传感器中心有个洞可以让空气自由流过，定向发射 LED 光，通过检测经过空气中灰尘折射过后的光线来判断灰尘的含量。室外或室内灰尘等空气中的粉尘处于检测范围内时，由于这些粉尘而散射的光射入光接收元件作为电压输出。

##### 2、特点：

可检测 0.8um 以上微粒、免清洗、无需增加外围电路。



图 13 灰尘传感器实物图

## 4.3 传感器检测数据测试

### 4.3.1 传感器设置

接线方式：



图 14 传感器接线图

### 4.3.2 检测程序

检测程序内容为定义接口参数、读取 PM2.5 数据，程序源代码见附件。

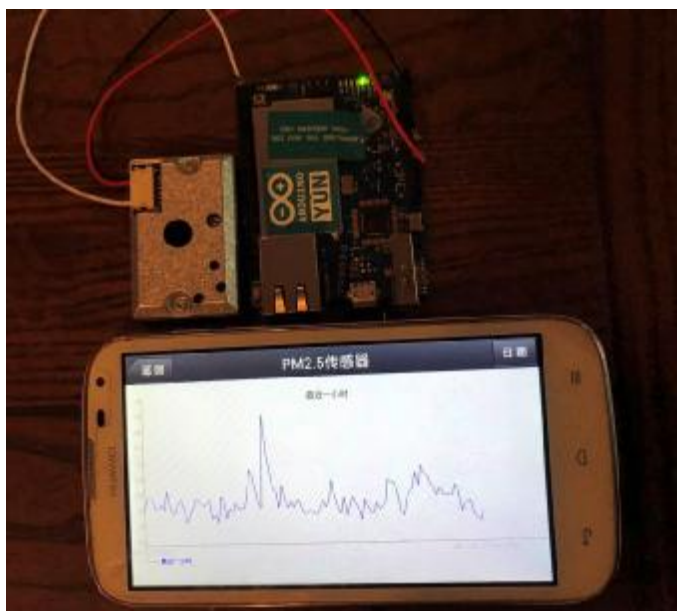


图 15 运行效果图



## 4.4 传送检测数据至云端

### 4.4.1 WIFI 设置及开发软件安装

Wi fi 信号连接至路由器，实现局域网的通讯，然后在连接远端 IP。完成网络设置后安装软件开发平台 Arduino IDE，IDE 是 Integrated Development Environment（集成开发环境）的首字母缩写。Ardui no 官方提供了 Ardui no IDE，它主要集成了编辑器、编译器以及下载器。与 Ardui no 开发板一样，Ardui no IDE 是开发源代码的。由于其开放性，它可以安装在 Windows、MAC OS X 和 Li nux 三大主流系统中。

### 4.4.2 物联网 YeeLink 设置

注册 Yeelink 账号，获取 API KEY 和对应设备、传感器的 ID 地址值。智能芯片通过地址信息将 PM2.5 检测数据上传到服务器系统中唯一的标示图上，这样可以在 Yeelink 的网页上实时观察到该传感器当前信息。

### 4.4.3 传感器数据传送至物联网

编写程序代码并下载调试，程序完成了定义接口、将传感器检测值传送至物联网的功能，程序源代码见附件。

### 4.4.4 在物联网云端查看数据



图 16 yeelink 云平台查询数据

查询数据如图 16 所示。

## 4.5 人机交互

人机交互主要实现 android 客户端与云服务器端的通信、显示及人机互动，数据的

存储和服务的实现均在服务器端实现。

#### 4.5.1 智能手机从物联网接收数据

由于 yeelink 已经为手机客户端做了 APP 应用，实验验证下载使用了 yeelink 为智能手机开发的 APP 应用包。

#### 4.5.2 人机交互界面

通过 APP 界面可以方便的查询到传输到物联网上的检测数据，如图 17 所示。



图 17 手机 APP 查询数据

## 5 结论

通过实验从硬件和软件两个方面验证了设计的可行性，完成了数据通路的打通，作为一种产品性和社会性的应用，还有传感器等器件小型化、APP 功能完善化、数据来源开源化等许多问题有待解决。本设计探索了一种物联网空气质量数据整合服务于健康系统的思路和初步的实现方法。

## 6 致谢

本论文的工作是在张老师的悉心指导下完成的，老师严谨的治学态度和科学的工作方法给了我极大的帮助和影响。在此衷心感谢老师对我的关心和指导！

## 参考文献

- [1] 黄思怡. 基于雾霾背景下的儿童防霾口罩设计[J]: 设计艺术研究, 2015 年: 53~57 页.
- [2] 谢延军. 基于 STM32 的小范围空气质量的监测与预报[D].辽宁科技大学, 2015 年.
- [3] 付强.基于 Android 的健康监测系统的设计与实现[D].吉林大学, 2015 年.
- [4] 杨德龙. 基于 Android 系统的蓝牙无线动态心电监护系统设计[D].天津大学, 2013 年.
- [5] 周子健. 可穿戴式呼吸信号检测系统设计.广东工业大学[D], 2016 年.
- [6] Android Yun 快速入门手册[Z], 2016 年.



# CONTACT US

**官网**

<http://dfb.cxxw.net/>

---

Dengfengbeijingsai

**微信公众号**



**官方 QQ 群**

( 1 ) “登峰杯” 学术作品学生 QQ 群 571526693

( 2 ) “登峰杯” 数学建模学生 QQ 群 571535826

( 3 ) “登峰杯” 机器人学生 QQ 群 571540979

( 4 ) “登峰杯” 结构设计学生 QQ 群 592858677

( 5 ) “登峰杯” 数据挖掘学生 QQ 群 144821810

---

**官方邮箱**

[dengfengbei@126.com](mailto:dengfengbei@126.com)

---

**联系电话**

010-52909593 , 18310079788

( 工作日 9:00~12:00 , 13:00~17:00 )

---