

# Design of a Ventilator Exhaled Exhaust Gas Process System

Banghui Wang, Miankang Chen, Juncheng Bao, Shizhun Yu, Guanqun Xia, Yong Xia

Medical Engineering Department of Taihe Hospital (Affiliated Hospital of Hubei Medical College), Shiyan Hubei  
Email: 826768268@qq.com

Received: Jun. 3<sup>rd</sup>, 2019; accepted: Jun. 21<sup>st</sup>, 2019; published: Jun. 28<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

**Objective:** In this paper, an automatically controlled ventilator exhaled waste gas treatment device is designed. The treatment system can discharge the gas exhaled by the patient into the hospital central attraction system without affecting the patient's inhalation and exhalation, and reduce the infection from the source. **Methods:** The system circuit and pneumatic circuit design are carried out by using components such as STC12C5201AD microprocessor, exhalation buffer box, pressure sensor, vacuum pump and emergency exhalation valve. **Results:** The system can discharge the exhaled exhaust gas into the hospital central attraction system without affecting the patient's mechanical ventilation treatment. **Conclusions:** The exhaled exhaust gas treatment device of ventilator can effectively prevent the patient from exhaling the exhaust gas to pollute the ward and reduce the incidence of potential cross infection [1]. The system has the characteristics of convenient operation, strong practicability and high safety.

## Keywords

Microprocessor, Mechanical Ventilation Therapy, Exhaust Gas Process, Cross-Infection

---

# 一种呼吸机呼出废气处理装置的设计

王邦辉, 陈绵康, 鲍俊成, 余世准, 夏冠群, 夏勇

太和医院(湖北医药学院附属医院)医学工程部, 湖北 十堰  
Email: 826768268@qq.com

收稿日期: 2019年6月3日; 录用日期: 2019年6月21日; 发布日期: 2019年6月28日

---

## 摘要

**目的:** 本文设计了一种自动控制的呼吸机呼出废气处理装置, 该处理系统能在不影响患者吸气呼气的情况下, 将病患呼出的气体排入医院中心吸引系统, 从源头上减少感染。**方法:** 利用STC12C5201AD型微

处理器、呼气缓冲盒、压力传感器、真空泵和紧急呼气阀等组件进行系统电路和气路设计。结果：经测试，该装置可以在不影响病人接受机械通气治疗的前提下，将其呼出废气排入医院中心吸引系统。结论：该呼吸机呼出废气处理装置能有效防止病人呼出废气污染病房，降低交叉感染发生率[1]，系统具有操作便捷、实用性强、安全性高等特点。

## 关键词

微处理器，机械通气治疗，废气处理，交叉感染

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

呼吸机是挽救患者生命重要的生命支持与急救设备[2]，具有代替、控制或改变人的正常生理呼吸，增加肺通气量，改善呼吸功能，减轻呼吸功消耗，节约患者心脏储备能力等功能[3]，它在各层级医院的重症医学科、急诊科、呼吸内科等科室的医疗救治中起着不可替代的作用。与此同时，呼吸机也是风险为16分(依据美国佛蒙特大学的医疗设备风险评估系统，呼吸机风险值为16分，满分为17分，分数越高，风险越大)的高风险生命支持类设备[4]，需要医院医学工程部门投入大量的精力对其进行质量安全管理。一方面，大多数医院的医学工程部门目前已经意识到对呼吸机各项功能、参数、指标进行严格检测以保障其稳定运行的重要性[5]；但另一方面，却很少有人意识到，机械通气治疗的过程中，病人的呼出气体未经处理直接排放到急救病房而产生的各种危害。

因大多数进行机械通气治疗的病人均存在肺部感染，而大部分机械通气治疗患者需要长期使用呼吸机进行辅助通气治疗，呼吸机与其管道的温湿度都比较适合细菌生长[6]，长时间的通气会导致大量细菌滋生，引起呼吸机相关性肺炎(VAP)等并发症[7]；加之重症监护病房空气密闭，行机械通气的感染患者飞沫和接触传播风险明显[8]，如果病人呼出的气体不经处理直接排放到病房，长此以往，不仅会加大病患之间交叉感染的发生率[9]，危害病人生命安全，亦会增加医护人员和探视家属等人群的潜在感染风险。基于上述危害，本文设计了一种自动控制的呼吸机呼出废气处理装置，该处理系统能在不影响患者吸气呼气的情况下，将病患呼出的气体排入医院中心吸引系统，从源头上减少感染。

## 2. 呼出废气处理系统设计

### 2.1. 工作原理

本文所述呼吸机废气处理装置气路图如图1，箭头所示方向为气体流动方向，病人所呼出的气体首先进入呼气缓冲盒，然后由压力传感器对呼气缓冲盒内压力进行实时监测，若采集到呼气缓冲盒内的压力大于大气压，则真空泵开始工作，将缓冲盒内病人气体抽出并排入医院中心吸引系统，与此同时，始终保持呼气缓冲盒内压力与当地大气压力一致，保证病人呼气过程不受外力干扰。

### 2.2. 气路设计的要点

#### 2.2.1. 呼气缓冲盒的使用

呼气缓冲盒在顾名思义在系统中起到呼吸缓冲的作用，如果不设计呼气缓冲盒，而将病人呼出气体端直接连接到真空泵输入端，则由于呼气管道腔体积的限制，呼出气路中阻力增大，病人在呼气过程中

的做功增加，导致病人呼气时间延长，从而产生憋气的不适感，严重时，甚至导致二氧化碳潴留等严重后果。有了呼气缓冲盒，病人呼出的气体先经过缓冲盒，就不会在短时间加大呼出气路阻力，从而不会影响病人的呼吸治疗过程。

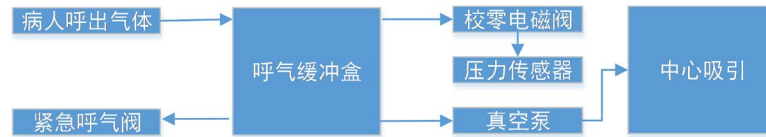


Figure 1. System gas circuit diagram  
图 1. 系统气路图

### 2.2.2. 真空泵的使用

本设计中真空泵一方面将呼气缓冲盒的气体及时排入医院中心吸引系统，另一方面将呼气缓冲盒与中心吸引系统进行隔离。若本系统中不设计该真空泵，而将呼气缓冲盒输出端与中心吸引系统输入端直接相连，虽然由于负压的作用也能及时将气体吸入中心吸引系统，但是在病人呼气过程中，亦由于负压的作用，病人呼气时间将会大大变短，使得病人呼气变得急促，干扰正常呼吸通气治疗过程。有了真空泵的隔离，病人的呼气过程便不会受中心吸引系统负压的影响。

### 2.2.3. 紧急呼气阀的使用

出于高级别安全考虑，医疗产品通常需要设计紧急处理装置。本设计中紧急呼气阀就是这样一个紧急装置，在未供电或掉电情况下该电磁阀在处于开启状态(即为常开)，系统上电后该电磁阀将会关闭，在紧急状况下，如停电或病人呼气回路压力异常(过高或过低)的情况下紧急开启，将呼气缓冲盒与大气直接连通，开放病人呼气通道，保证病人安全。

## 2.3. 电路设计的要点

### 2.3.1. 最小系统设计

本系统采用宏晶公司的 STC12C5201AD 型芯片作为本系统的微处理器，STC12C5201AD 型处理器是 STC 生产的单时钟，机器周期为 1T 的单片机，是具有高速、低功耗，超强抗干扰的新一代 8051 单片机，指令代码完全兼容 8051，但是速度却快 8~12 倍。内部集成 2 路 PWM，8 路高速 8 位 A/D 转换器，适用于针对电机控制等强干扰场合，能安全满足本系统设计需求[10]。图 2 中 Sound Alarm、Led Alarm、Ex Valve、Rezero Valve、Vac pump 和 Pressure 分别为声音报警、发光报警、紧急呼出阀控制、校零电磁阀、真空泵控制、压力采集的英文缩写网络标号。

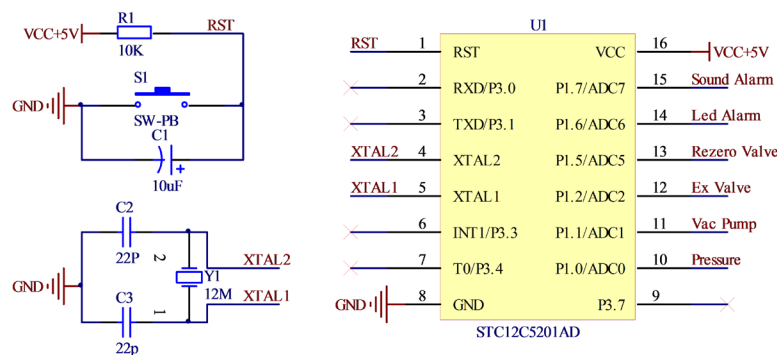


Figure 2. Minimum system circuit diagram  
图 2. 最小系统电路图

### 2.3.2. 压力采集电路设计

本系统中压力采集电路采用 MPXM2053GS 芯片，该芯片为美国飞思卡尔半导体公司研制的硅材料压阻压力传感器，此传感器能提供一个高精度的线性差分输出电压，该输出电压与施加于其的压力值大小成正比，该传感器带有应变片和片上集成的薄膜电阻网络，可实现精确的偏移校准和温度补偿。具体采集电路如图 3，压力传感器将压力信号转变为电信号后经 INA333 运算放大器进行放大，然后输出到微控制器进行 AD 采样，从而计算出精确的压力值。

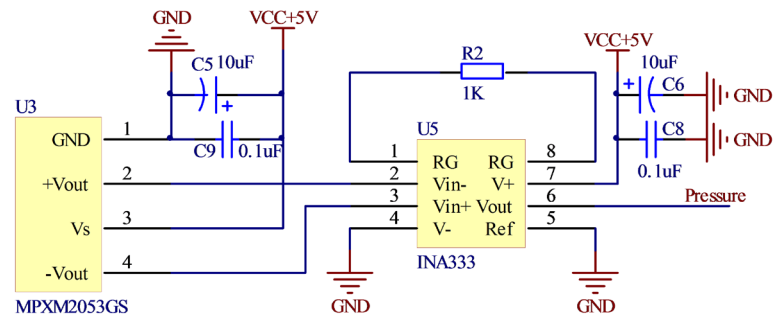


Figure 3. Pressure acquisition circuit diagram  
图 3. 压力采集电路图

### 2.3.3. 泵阀控制电路设计

因微处理器 I/O 口不足以直接驱动功耗较大的泵阀组件，故需要应用大功率驱动芯片来配合单片机进行控制。如图 4 本系统中采用摩托罗拉半导体公司的 ULN2803 芯片，该芯片中的八个 NPN 达林顿连接晶体管非常适用于低逻辑电平数字电路或其他类似电路的更高电流、电压要求之间的接口，适用于各种计算机，工业和消费类应用，非常适用于本系统中对泵阀组件的驱动。

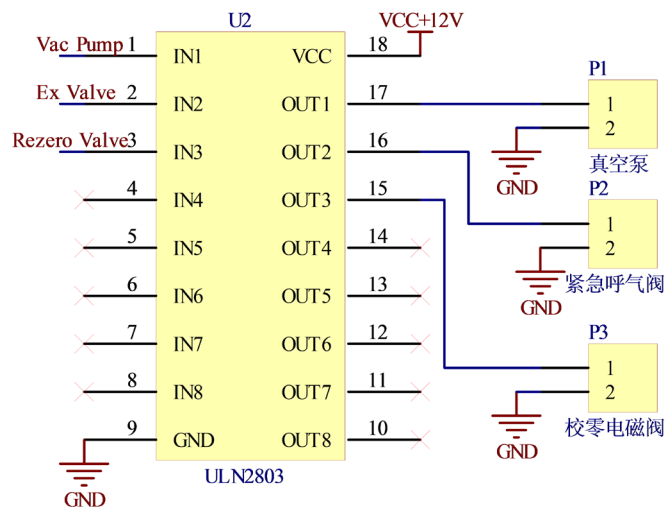


Figure 4. Pump valve drive circuit diagram  
图 4. 泵阀驱动电路图

## 2.4. 系统运行流程图

呼吸机废气处理系统工作流程如图 5，因各地区呼吸机使用地理环境不一样，系统上电后首先执行大气压力校准，获取当地大气压力值，然后通过压力传感器对呼气缓冲盒内压力进行监测，若缓冲盒内

压力大于大气压则真空泵开始工作，将缓冲盒内气体抽出，直至其压力接近大气压则停止。若监测到缓冲盒内压力过高，则进入过压保护程序，打开紧急呼气阀，开放呼气通道，并进行声光报警，提示工作人员进行故障处理，如此循环往复。

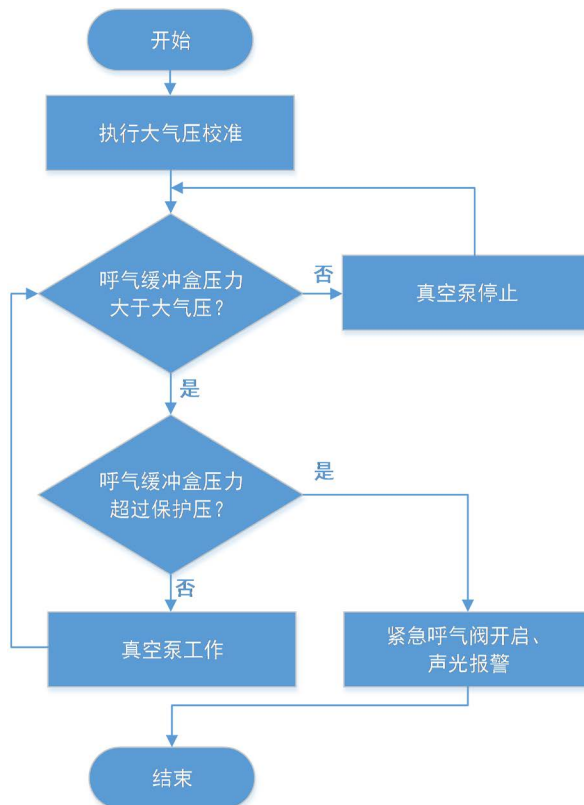


Figure 5. System operation flow chart  
图 5. 系统运行流程图

### 3. 结语

目前，无论是临床科室还是医学工程部门都对呼吸机治疗过程中病患产生的气体污染关注较少，随着空气污染越来越严重，我国患有呼吸系统疾病的人越来越多，随之而来的需要接受机械通气治疗的病患也愈多。而呼吸机相关性肺炎已经成为机械通气患者常见的严重并发症[11]，我国 VAP 的发病率为 4.7%~55.8%，病死率为 19.4%~51.6% [12]，可见医院需要进一步规范呼吸治疗过程，最大限度避免交叉感染[13]，医学工程技术人员应积极参与到此过程中去，利用自己的专业知识与临床科室一起寻找解决问题的方法，提高医院医疗设备的安全性。

因本文所设计呼吸机呼出废气处理系统与呼吸机主体在控制中互不影响，为两套独自运行的系统，故本系统适用于大多数呼吸机，适用性强，并不局限于某个品牌或某个型号的呼吸机。该呼吸机呼出废气处理装置在使用过程中无需对其进行任何的参数调节，具有操作便捷、实用性强、安全性能高的特点。

### 参考文献

- [1] 张红远, 曲海燕, 张祖进, 郭召平, 李辉, 李全岳. 呼吸机质量安全风险管理及质控检测结果分析[J]. 医疗卫生装备, 2014, 35(8): 96-98.
- [2] 郭中正. 呼吸机的使用现状与管理[J]. 中国当代医药, 2013, 20(7): 140-141.

- [3] 王星利. ICU 重症心力衰竭应用有创机械通气治疗和常规治疗方法治疗临床比较[J]. 航空航天医学杂志, 2017, 28(6): 698-700.
- [4] 程述森, 石应康, 金蓓, 等. 医疗器械的风险管理与质量控制[J]. 中国循证医学杂志, 2010, 10(6): 754-755.
- [5] 李雪源, 武振虎, 卢娟. 呼吸机质控检测发现的问题及解决方法[J]. 医疗卫生装备, 2014, 35(7): 116-118.
- [6] 张力, 李月川, 李冠, 等. 重症肺炎患者机械通气排气管路细菌学特征分析[J]. 天津医药, 2008, 36(6): 432-434.
- [7] 余威英, 徐小娟, 魏凌云, 胡芳. 呼吸机相关性肺炎感染的危险因素分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, 24(1): 112-113+127.
- [8] 蔡春季, 唐静怡, 谭清武, 等. 降钙素原在判断老年医院获得性肺炎致病菌耐药性的应用价值[J]. 标记免疫分析与临床, 2017, 24(12): 1380-1382.
- [9] 申小霞, 徐风玲, 洪镜芳. ICU 呼吸机相关性肺炎预防控制质量核查单的设计及应用[J]. 广东医学, 2017, 38(7): 1126-1130.
- [10] 姚永平. STC12C5201AD 单片机系列 1T8051 单片机中文指南[Z].
- [11] 郝春艳, 吕秀春, 徐稀红, 等. 综合 ICU 机械通气患者降低 VAP 感染率的实验研究[J]. 中国实验诊断学, 2015, 19(8): 1349-1351.
- [12] 陈仁辉, 陶福正, 陈英姿, 王俊青, 陈曦. 呼吸机相关性肺炎的危险因素与病原菌分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, 24(24): 6042-6044.
- [13] 蔡春季, 唐静怡, 谭清武, 等. 降钙素原在判断老年医院获得性肺炎致病菌耐药性的应用价值[J]. 标记免疫分析与临床, 2017, 24(12): 1380-1382.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WJJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-6980, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [iae@hanspub.org](mailto:iae@hanspub.org)