

# 北京航空航天大学

## 第二十三届“冯如杯”学生创意大赛

### 学生创意作品竞赛论文

项 目 编 号 \_\_\_\_\_

院（系）名 称 \_\_\_\_\_

专 业 名 称 \_\_\_\_\_

作 者 姓 名 \_\_\_\_\_

学 号 \_\_\_\_\_

指 导 教 师 \_\_\_\_\_

2013 年 4 月

# 应用于雾霾天气的窗口时控水雾除尘系统

---

目录

摘要 ..... III

关键字 ..... III

第一章：引言..... 1

第二章：作品核心创意..... 1

第三章：创意产生过程..... 2

第四章：总体结构说明..... 2

    4.1 水雾发生装置 ..... 3

    4.2 传输装置 ..... 3

    4.3 喷射净化装置 ..... 3

    4.4 自动/手动控制装置 ..... 3

    4.5 监测装置 ..... 3

第五章：创意可行性分析..... 4

第六章：相关技术分析..... 4

    6.1 超声波起雾技术 ..... 4

    6.2 PM2.5 沉降特性 ..... 5

第七章：应用前景..... 5

第八章：市场需求..... 6

结束语 ..... 6

参考文献..... 7

## 摘要

近来，北京频频发生极端气候雾霾，以其主要污染物 **PM2.5** 所造成的空气污染给人们的身体健康和日常生活带来了严重的影响。在室外空气质量较差的现实情况下，“应用于雾霾天气的窗口时控除尘系统”的构想依据 **PM2.5** 的理化特性，利用超声波的高频技术，通过在室内外空气交换的主要通道“窗口”采取相关措施，从而营造一个空气质量标准的室内环境。这样人们只要不出房间，就可以最大限度地减少雾霾所带来的诸多伤害，保证自身的身体健康和工作质量。

该构想主要依据气凝胶沉降原理，基于空气质量检测系统，利用超声波起雾技术，自动控制电子技术等。其装置操作简单，价格合适，效果明显，利于大范围推广来保护人们的切身利益。

关键字：雾霾天气，**PM2.5**，窗口，超声波技术

## Abstract

Recently, Beijing's frequent extreme weather fog haze, with its main pollutants PM2.5 caused by air pollution has brought serious influences to people's health and daily life. Under the present situation of the outdoor air quality is poorer, on the basis of physical and chemical characteristics of PM2.5, using ultrasonic high frequency technology, through the main channels for indoor and outdoor air exchange "window", "Applied to haze weather controllable dust collection system by windows" does relevant measures so as to build a standard of indoor air quality environment. Such as long as people stay in rooms, the system can minimize fog haze harm, which ensures the quality of their physical health and work.

The idea is mainly according to principle of aerogel settlement based on air quality detection system, using ultrasound fog technology, automatic control of electronic technology, etc. The device has the advantages of simple operation, right prices, significant changes, promotes protecting the vital interests of the people in a large scope.

**Key word:** atmospheric haze , PM2.5, window channel, ultrasonic technology

## 第一章：引言

来自北方各地区的诸影响以及自身污染排放量大，空气扩散条件差等因素，北京地区近来频频发生的雾霾天气引起了社会的广泛关注。普遍的防避措施是尽量避免外出和外出时佩戴口罩，而对于室内生活而言，人们又不得不尽量少开窗户来减少空气中细小颗粒的吸入，长而久之，室内空气得不到足够的更新，反而影响人们的身体健康。于是，我就在思考着如何在室内生活中，最大限度的降低污染物对人体的影响而又保证室内空气的新鲜水平。因此“应用于雾霾天气的窗口时控超声波水雾除尘系统”就被我构想出来用以作为解决这一问题的一种尝试的方案。



图 1 被雾霾天气所覆盖的北京天空

## 第二章：作品核心创意

该作品的核心创意有两点：一是他所要解决问题的角度。也即是说该创意要解决的问题不是从源头上消除雾霾天气的污染源，也不是在污染物质的传播途径上大范围的阻断他从一个地区到达另一个地区，而是在被污染物质影响的终端，即“人”，这个污染物质最终停留的地方做文章。这样就避开了如何从源头上解决污染这一重大的技术难题，也解决了无法大范围宏观调控污染源的传播方向，而只从一个人和一个屋子的空间做起，大大降低了实际操作的难度，同时也达到了“人不受到伤害”这一最终目的。二是该创意所运用技术解决问题的方式新颖。首先，该装置的作用场所是室内的窗户，目的是创造一个空气良好的室内环境。其次，结合了雾霾气候主要污染物质“PM<sub>2.5</sub>（即“细颗粒”）”具有“气溶胶”的相关特性，通过超声波震荡产生的水雾没有任何污染和其他不利影响，并可以有效地降低空气中污染物的含量，使装配了该设施的室内空气达到优质水平，而人们所要做的就是按按开关和定期擦拭一下窗户边的阳台，操作简单，而且低功

耗。

### 第三章：创意产生过程

由于难以从根源上解决污染问题，所以为了减少污染对人体的伤害，只有从人的自身加强保护的措施。而传统的戴口罩防卫措施严重的影响了口与鼻的正常使用，而且带的时间长了的话也会引起面部的不适。因此大的空间改变不了污染情况，那就只有创造一个小的空间，而这个小的空间污染很小，那么人就在这个空间中生存。在我的设想中，这个空间就是我们一般生活的室内，一间屋子。那么如何来保证一间屋子的清洁呢？屋子的空气污染源自室外空气中的污染物，因此只要创造一个“屏障”，来尽力阻断室内与室外的污染相互传递就可以实现我们的目的了。而交换的方式（或者说是位置），就是通过“窗”。而具体的实现方式，就是通过水雾对污染物的聚沉效应了。



图 2 外出的人们不得不戴上口罩保护健康

### 第四章：总体结构说明

装置的目的是保证室内外顺畅的进行干净的空气交换，保证室内空气的新鲜飒爽，提高室内的生活工作环境条件。因此，装置主要有高效水雾发生装置，传输装置，喷射净化装置，自动/手动控制装置，监测装置五部分组成。

## 4.1 水雾发生装置

水雾发生装置主要由超声波起雾器实现，他利用采用高频震荡，通过雾化片的高频谐振，将水抛离水面而产生自然飘逸的水雾。产生的雾粒小而均匀，可以有效地增加局部空气的湿度，从而使空气中的  $\text{PM}_{2.5}$  颗粒沉降到地面，降低污染物的浓度。其产生雾量由装置准备提供换气的窗户面积决定，可以通过装置预定的可操作规格进行调节，根据不同的需求提供不同数量的水雾，节约每一分能源。

## 4.2 传输装置

传输装置主要目的是通过相应的管道将水雾从超声波发生装置产运输到需要喷射的窗口，他可以是一条或者多条，由准备室内的提供除尘的窗户数决定。

## 4.3 喷射净化装置

喷射净化装置是将传输过来的水雾定向的以一定的速度向外喷射，使水雾完全覆盖窗户面积大小的一块区域，是无论是进到室内还是从室内传输出的空气均湿度增加，空气细颗粒物沉降而达到空气净化的目的，有效地降低雾霾天气对室内空气质量的影响。喷射方向以一个与窗户平面成小角度向窗户外喷射，使得水雾尽量不进入屋内。

## 4.4 自动/手动控制装置

自动/手动控制装置目的是增强空气交换的灵活性。可以设定空气交换间隔时间，依据自己的实际情况比如一个小时进行一次交换，此时装置可以添加一个小的动力装置附属到窗户，使得每隔一个小时窗户自动打开，并进行换气，增强室内的空气新鲜度，降低雾霾对室内的影响，省去了人反复的操作行为，也避免了由于人的遗忘而没有适时操作所带来的影响。此外，还可以进行手动和自动的转换。这就使的人不必必须按照预先设定的时间进行换气。有时候突然想呼吸一下新鲜空气就手动打开装置，增加了操作的灵活性和舒适度。而这一切只需要一个小小的芯片编程就可以实现。

## 4.5 监测装置

监测装置，现在国内的监测  $\text{PM}_{2.5}$  装置生产短缺，主要通过进口获得，同时其装置可以做到手提式的精小水平。但是其价格较贵，有特殊需要的可以添加在原有的仪器基础上，这样就可以实现对室内空气  $\text{PM}_{2.5}$  进行实时监测。并且



从原有装置中延伸出一个新的通道，在室内  $\text{PM}_{2.5}$  含量超过标准水平时对室内进行加湿，而使  $\text{PM}_{2.5}$  细颗粒物沉降而进一步保证室内的  $\text{PM}_{2.5}$  水平，而保证生活和工作环境的清洁健康，提高生活水平以及工作效率。不过相信随着环境技术的进一步发展，监测装置的价格会迅速降低，从而走入平民百姓家。这一想法会成为现实而大规模的使用，保证我们大多数人的室内环境的清洁健康。

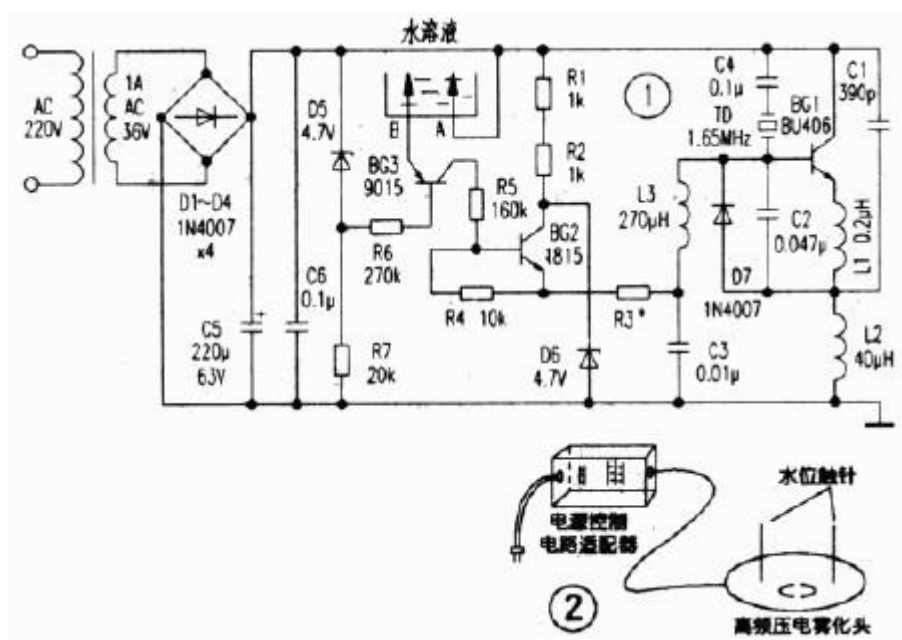
## 第五章：创意可行性分析

从污染物的总量而言，按  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  的污染浓度计算， $1000\text{km}^2$  的离地面  $500\text{m}$  高的空间内的总污染物是  $100$  吨，这相当于处于中度污染的北京市的总污染物，一辆重型汽车即可将这些污染物全部拖走。而对于空气的适湿度情况， $10^\circ\text{C}$  时饱和湿度的空气中含水约  $9.4\text{g}/\text{m}^3$ ，也就是说，即使处于  $400\mu\text{g}/\text{m}^3$  的重度污染中，污染物与水蒸汽的比例不超过万分之二。对于现有的技术而言，喷雾和水处理技术较为成熟水雾除尘安全可靠，技术相对成熟，这使该类设备已大量应用。自动控制设备与计算机设备也属于成熟的技术方案。这样一来，喷雾之后形成大量的润湿表面，这些润湿表面大量吸附尘埃，吸附可溶性气体和固体。同时产生的荷电的水雾具有负氧离子特性，在微米级别以下，电除尘的效果好于过滤和吸附系统，均匀弥散的荷电细水雾能高效去除带电微细尘埃，加速降解有毒物质。同时喷雾可以在夏天降温 and 净化空气，空气干燥时可以增湿，大气污染较严重时用于空气净化。因此，从现有的污染水平以及技术情况角度分析，综合可得：该设想可以较高效率的降低空气污染程度，达到保护人们身心健康的目的。

## 第六章：相关技术分析

### 6.1 超声波起雾技术

超声波起雾技术是世界上一一种较为成熟的技术。它是利用换能器（也叫震荡片）将电能转化成机械能，产生  $170$  万次 / 秒的高频震荡，将水抛离水面而产生自然飘逸的水雾，将水雾化成  $\leq 5\mu\text{m}$  的超微粒子。具有耗电省，噪音低，加湿明显及产生负氧离子的特点。同时负氧离子具有能迅速中和空气中属于正离子的焦烟、“二手烟”、油烟及飘尘的消烟、除尘功能，同时具有改善肺功能，促进新城代谢等有利身体健康的能力。基本原理图见下图



图三超声波起雾装置主要部分原理图

## 6.2 PM2.5 沉降特性

PM2.5 粒径的悬浮物主要受空气相对湿度的影响，当湿度增加时，污染物表面富含水份，通过相互凝聚成较大颗粒发生沉降；当相对湿度变小时，污染物表面吸附力小，不易凝聚沉降，风力作用下已凝聚的颗粒会分解，由于粒径变小更易悬浮造成持续的污染。因此水体吸收是低成本治理 pm2.5 污染的方法，自然界通过降雨的方式高效的净化 pm2.5。由于 PM2.5 的主污染来自于城市下垫面 50 米以内的高度，采用人工润湿城市下垫面的方式可以快速吸收本地污染，进一步，采用空间喷雾的方式，可以快速降低 pm2.5 的污染浓度，当喷雾面积控制在 20 万平方米的正方形区域时，即使周边为重度污染，中心区域仍可达到良的水平。若采用超活性水预处理方案，喷雾面积控制在 1000 平方米时，可同时清除异味、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、有机气体等，中心区域即可达到优的水平，喷雾后 3-5 分钟即可在喷雾区域内净化空气。

此外，还可以进行前端超活性水预处理。水经过特有的活化处理后，具有超强的吸附力、溶解力，不仅可以吸附亲水性物质、溶解可溶性物质，而且可以快速吸附憎水性物质（如油滴），吸收有机气体和非可溶性气体，活性水经过喷雾后，表面积又几何级数扩张，能够在数秒内清除异味、大幅度降低粉尘浓度，快速清除 TSP、PM2.5、微量有害气体。

## 第七章：应用前景

该创意对应的产品用价低廉，减低污染水平效果好，操作简易，而且其设计的模式适用于一般的各式各样的窗户。因此可以广泛的用于普通家庭及学校，办

公场所等，营造一个空气清新的室内环境。同时，如果沿着这一个设计的思路的话，他所用于的可以不仅仅是一个屋子的窗户部分，也可以是一扇门，或者其他的更多种类或更大的交换通道来确保这个交换通道的两边具有完全不同的空气质量。这也给这一创意思路提供了一个更加宽广的发展与提升空间。

## 第八章：市场需求

首先，从大环境角度来说，北京乃至中国的大多数地区的污染情况在短期内无法得到很好地改善，因此人们对于污染小的环境仍会有不断地需求。从应用范围来讲，该创意对应产品应用的范围是所有室内生活的人们，而绝大多数的人们在一天之中都会花上至少一半的时间在室内从事各项工作或是休息。所以他的使用者是有很大的基础的。再者，产品用价低廉，减低污染水平效果好，操作简易，而且其设计的模式适用于一般的各式各样的窗户，这也就为该产品的推广营造了比较方便的条件。综上所述，这一产品还是有很大的需求以及发展空间，会在大多数人群得到广泛的应用，为商家谋取较高的利益。

## 结束语

未来的天气气候会更加难以预测，如何解决空气质量问题也将成为未来世界的焦点，这直接关系到人们的生存健康以及发展问题。而近来的两会期间，也有多位人大代表提出了他们各自关于环境治理的想法，应该说各有其成，也需要实践尝试才能得其所想。对于本设想而言，既然在短期内无法改变室外的空气情况，那么维护一室之内的空气质量便成为一种可行的选择。不过本设想或许还有诸多需要补足改进之处，随着科技水平的发展和人们对环境问题的关注度的提高，相信这一设想也会趋于完善，越做越好，为世界的环境问题做出一些力所能及的贡献。

## 参考文献

- [1] 杨军 牛忠清 石春娥 刘端阳 李子华, 2011 - 2011 年第二十八届中国气象学会年会 《雾霾过程演变与气溶胶粒子微物理特征》
- [2] 张爱群 蔡青 张金月 郭月虹 刘林等, 2010 - 第 27 届中国气象学会年会《北京地区雾霾趋势及趋势》
- [3] 百度百科 气溶胶 <http://baike.baidu.com/view/56336.htm>
- [4] 百度百科 PM2.5 的治理方法 <http://baike.baidu.com/view/7305620.htm?fromTaglist>
- [5] 刘鸿 王家晔 《江苏工业学院学报》2005 年 17 期《超声波雾化喷嘴的实验研究》
- [6] 赵红英 蔡乐才 《四川理工学院学报（自然科学版）》2010 年 23 期《超声波雾化器雾滴飞行时间的分析》
- [7] 马彦君 刘宁为等 《环境科学报》2012 年 5 期《2011 年春季辽宁一次沙尘天气过程及其对不同粒径颗粒物和空气质量的影响》