(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111001248 A
(43)申请公布日 2020.04.14

(21)申请号 201911302132.9

(22)申请日 2019.12.17

(71)申请人 长安大学
地址 710064 陕西省西安市雁塔区二环南路中段126号

(72)发明人 郑晅 李凡 李雪 张文俊

(74)专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务所 61216
代理人 李郑建

(51)Int.Cl.
B01D 50/00(2006.01)
B01D 53/04(2006.01)

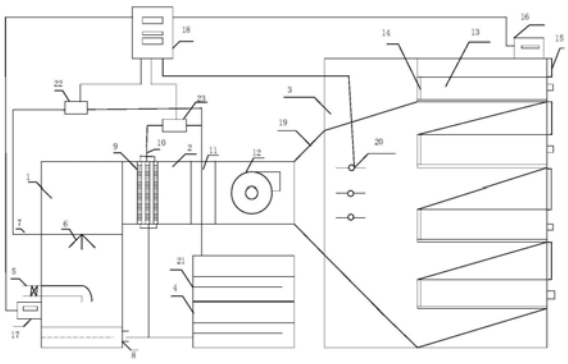
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统

(57)摘要

本发明公开了一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统，包括水洗室、风机通道、净化室、蓄水池等，利用水洗除尘与活性炭吸附相结合，实现对隧道内主要污染物烟尘、CO和NO_2的去除，逐级水洗，先通过水洗室的雾化喷头产生的水雾与污染气体充分接触，去除掉烟尘的大颗粒粉尘，再通过分级通道的过滤板，在风机的作用下使污染气体与水强制撞击洗涤，最后通过风机通道内的除沫装置将气体中剩余的粉尘和夹带的水汽清理掉，提高除尘效率；通过采用活性炭吸附法去除掉污染气体中的有害气体，可以实现多种有害气体的同时净化。净化室内设置不同角度的挡气板可以使设备处在不同的工作模式，以提高净化室内气流的速度，提高净化效率。



CN 111001248 A

1.一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,包括水洗室(1)、净化室(3)以及蓄水池(21),其特征在于,水洗室(1)和净化室(3)相连接;

在水洗室(1)内设有雾化喷头(6),雾化喷头(6)连接第一进水口(7),水洗室(1)内设有进气口(5)和第二空气质量检测器(17),水洗室(1)底部有排水口(8);

水洗室(1)通过过滤网(9)连接风机通道(2),风机通道(2)通过除沫器(11)连通风机(12),在过滤网(9)上有第二进水口(10);

风机(12)通过集气罩(19)进入净化室(3),在净化室(3)的集气罩(19)内部设置有挡气板(20),在净化室(3)的端口水平设置有四层活性炭吸附槽(13),活性炭吸附槽(13)水平放置在抽屉(14)上,活性炭吸附槽(13)上放有蜂窝状的活性炭板,上面两层用于吸附CO,下面两层用于吸附NO_2;活性炭吸附槽(13)另一侧有排气口(15),在排气口(15)上方设置有第一空气质量检测器(16);

第一进水口(7)和第二进水口(10)通过管道与蓄水池(21)相连,在蓄水池(21)上设置有第一水泵(22)和第二水泵(23);

排水口(8)和过滤网(9)排出的水通过管路与废水池(4)相连通;

第一空气质量检测器(16)、第二空气质量检测器(17)、挡气板(20)、第一进水口(7)、第二进水口(10)、第一水泵(22)和第二水泵(23)分别连接控制单元(18)。

2.如权利要求1所述的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,其特征在于,所述集气罩(19)与净化室(3)成45度连接。

3.如权利要求1所述的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,其特征在于,所述除沫器(11)由多块W形状的折流板构成,在折流板构成的通道内部的每个拐弯处都设有收集钩,收集钩用来拦截气流中的水雾颗粒,实现将空气中的大颗粒水雾分离的作用。

4.如权利要求1所述的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,其特征在于,所述挡气板(20)由电机控制,可以与水平形成0度、45度、-45度的角度,将风机(12)产生的气流导向对应的活性炭吸附槽(13),实现不同的工作模式。

5.如权利要求1所述的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,其特征在于,所述第一空气质量检测器(16)和第二空气质量检测器(17)是集成烟尘浓度检测器、CO浓度检测器和NO_2浓度检测器的质量检测器。

6.如权利要求1所述的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,其特征在于,所述第一水泵(22)为第一进水口(7)上的雾化喷头(6)提供压力,所述第二水泵(23)为第二进水口(10)上的过滤网(9)提供压力。

一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统

技术领域

[0001] 本发明属于环境空气净化技术领域，涉及一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统。

背景技术

[0002] 隧道内的污染物主要有颗粒物、CO、NO_2等，颗粒物可以降低隧道内的能见度，CO、NO_2等气体会对隧道内人员的身体造成危害。污染气体的积聚对隧道安全造成了很大的威胁。

[0003] 目前对污染物的治理主要是静电除尘、水洗除尘和活性炭吸附。其中，静电除尘以其高效的除尘效率在国外被广泛使用。但是，静电除尘因其高昂的运营费没能在国内推广起来，并且它不能对CO、NO_2进行净化。

[0004] 水洗除尘设备是一种新型的除尘设备，主要用于一些灰尘容易到处乱飞的生产环境中，水洗除尘的原理是使水与烟尘颗粒发生惯性碰撞、截留和布朗扩散等物理反应，将烟尘颗粒从空气中去除，水洗除尘除尘率决定于进气的洁净度，正常情况下在60～80之间，且水洗除尘与静电除尘相比能耗低。

[0005] 活性炭吸附是处理有机废气、臭味处理效果最好的净化方法。活性炭本身具备良好的吸附性，活性炭吸附能有效的去除水的臭味、天然和合成溶解有机物、微污染物质等的措施。大部分比较大的有机物分子、芳香族化合物、卤代炔等能牢固地吸附在活性炭表面上或空隙中，并对腐殖质、合成有机物和低分子量有机物有明显的去除效果。活性炭吸附作为深度净化工艺，可以吸附多种有害气体，经常用于废水的末级处理，也可用于长产用水、生活用水的纯化处理。

[0006] 有研究表明，当粉尘和颗粒物比较多时，活性炭吸附可同时和水洗除尘以及UV等离子一起使用，达到废气净化达标排放。

[0007] 而颗粒物、CO、NO_2是国内公路隧道的主要污染物，因此，研发一种有效过滤除尘、安全性高、更环保、实现闭环控制的对公路隧道的颗粒物、CO、NO_2进行综合治理的设备一直是申请人研究的课题之一。

发明内容

[0008] 针对现有技术存在的缺陷或不足，本发明的目的在于，提供一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统。

[0009] 为实现上述任务，本发明采取如下的技术解决方案：

[0010] 一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统，包括水洗室、净化室以及蓄水池，其特征在于，水洗室和净化室相连接；

[0011] 在水洗室内设有雾化喷头，雾化喷头连接第一进水口，水洗室内设有进气口和第二空气质量检测器，水洗室底部有排水口；

[0012] 水洗室通过过滤网连接风机通道，风机通道通过除沫器连通风机，在过滤网上有

第二进水口；

[0013] 风机通过集气罩进入净化室，在净化室的集气罩内部设置有挡气板，在净化室的端口水平设置有四层活性炭吸附槽，活性炭吸附槽水平放置在抽屉上，活性炭吸附槽上放有蜂窝状的活性炭板，上面两层用于吸附CO，下面两层用于吸附NO_2；活性炭吸附槽另一侧有排气口，在排气口上方设置有第一空气质量检测器；

[0014] 第一进水口和第二进水口通过管道与外部的蓄水池相连，在蓄水池上设置有第一水泵和第二水泵；

[0015] 排水口和过滤网排出的水通过管路与废水池相连通；

[0016] 第一空气质量检测器、第二空气质量检测器、挡气板、第一进水口、第二进水口、第一水泵和第二水泵分别连接控制单元。

[0017] 根据本发明，所述集气罩与净化室成45度连接。

[0018] 进一步地，所述除沫器由多块W形状的折流板构成，在折流板构成的通道内部的每个拐弯处都设有收集钩，收集钩用来拦截气流中的水雾颗粒，实现将空气中的大颗粒水雾分离的作用。

[0019] 优选地，所述挡气板由电机控制，可以与水平形成0度、45度、-45度的角度，将风机产生的气流导向对应的活性炭吸附槽，实现不同的工作模式。

[0020] 进一步优选地，所述第一空气质量检测器和第二空气质量检测器是集成烟尘浓度检测器、CO浓度检测器和NO_2浓度检测器的质量检测器。

[0021] 进一步优选地，所述第一水泵为第一进水口上的雾化喷头提供压力，所述第二水泵为第二进水口上的过滤网提供压力。

[0022] 本发明的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统，利用水洗除尘与活性炭吸附相结合，实现对隧道内主要污染物烟尘、CO和NO_2的去除，逐级水洗，先通过水洗室的雾化喷头产生的水雾与污染气体充分接触，去除掉烟尘的大颗粒粉尘，再通过分级通道的过滤板，在风机的作用下使污染气体与水强制撞击洗涤，最后通过风机通道内的除沫器将气体中剩余的粉尘和夹带的水汽清理掉，提高除尘效率；通过采用活性炭吸附法去除掉污染气体中的有害气体，添加不同方法制备的铜盐活性炭可以实现不同有害气体的净化，可以实现多种有害气体的同时净化。对活性炭吸附槽加设抽屉，使活性炭便于更换。净化室内设置不同角度的挡气板可以使设备处在不同的工作模式，以提高净化室内气流的速度，提高净化效率；挡气板可以使污染气体均匀的流过活性炭吸附剂，使两者充分接触，提高净化效率。

附图说明

[0023] 图1为本发明的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统结构示意图；

[0024] 图2为挡气板的三种状态图，其中，(a)图是挡气板与水平形成0度状态，(b)是挡气板与水平形成45度状态，(c)图是挡气板与水平形成-45度状态；

[0025] 图3为除沫器的折流板结构图，其中，(a)图是折流板成品示意图，(b)是折流板展开示意图；

[0026] 图4是采用本发明的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统布设在隧道口的应用实例。

[0027] 图5是控制单元的控制流程图。

[0028] 图中的标记分别表示:1、水洗室,2、风机通道,3、净化室,4、废水池,5、进气口,6、雾化喷头,7、第一进水口,8、排水口,9、过滤网,10、第二进水口,11、除沫器,12、风机,13、活性炭吸附槽,14、抽屉,15、排气口,16、第一空气质量检测器,17、第二空气质量检测器,18、控制单元,19、集气罩,20、挡气板,21、蓄水池,22、第一水泵,23、第二水泵。

[0029] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。

具体实施方式

[0030] 参见图1,本实施例给出一种公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,包括水洗室1、净化室3以及蓄水池21,水洗室1和净化室3相连接;

[0031] 在水洗室1内设有雾化喷头6,雾化喷头6连接第一进水口7,水洗室1内设有进气口5和第二空气质量检测器17,水洗室1底部有排水口8;

[0032] 水洗室1通过过滤网9连接风机通道2,风机通道2通过除沫器11连通风机12,在过滤网9上有第二进水口10;

[0033] 风机12通过集气罩19进入净化室3,在净化室3的集气罩19内部设置有挡气板20,在净化室3的端口水平设置有四层活性炭吸附槽13,活性炭吸附槽13水平放置在抽屉14上,活性炭吸附槽13上放有蜂窝状的活性炭板,上面两层用于吸附CO,下面两层用于吸附NO_2;活性炭吸附槽13另一侧有排气口15,在排气口15上方设置有第一空气质量检测器16;

[0034] 第一进水口7和第二进水口10通过管道与外部的蓄水池相连,在蓄水池上设置有第一水泵22和第二水泵23;

[0035] 排水口8和过滤网9排出的水通过管路与废水池4相连通;

[0036] 第一空气质量检测器16、第二空气质量检测器17、挡气板20、第一进水口7、第二进水口10和水泵分别连接控制单元18。

[0037] 本实施例中,所述集气罩19与净化室3成45度连接。

[0038] 挡气板20由电机控制,可以与水平形成0度、45度、-45度的角度,将风机12产生的气流导向对应的活性炭吸附槽13,实现不同的工作模式。

[0039] 蓄水池21上的第一水泵22为第一进水口7上的雾化喷头6提供压力,另第二水泵23为第二进水口10上的过滤网9提供压力。

[0040] 控制单元18控制雾化喷头6和过滤网9的出水量,以及风机12的功率、挡气板20的角度。

[0041] 第一空气质量检测器16和第二空气质量检测器17负责检测公路隧道内的空气质量,测量公路隧道空气中烟尘、CO、NO2的浓度,并与隧道污染物浓度限值比较以确定净化室3和风机12的工作状态。

[0042] 净化室3负责对公路隧道内的主要污染物烟尘、CO、NO2进行净化。

[0043] 风机12负责为净化室3提供风量。

[0044] 本实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,总体积为7m×2m×2m,水洗室1、风机通道2、净化室3为四面体,在风机通道2下放置蓄水池21和废水池4,可节约空间。

[0045] 本实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,其工作原理为:

[0046] 污染气体通过进气口5进入水洗室1内部,雾化喷头产生的水雾与污染气体接触,去除掉大颗粒粉尘;风机12产生的负压会把水洗室1的经水洗除尘处理后的污染气体吸入

风机通道2内，污染气体先与过滤网9接触发生强制性撞击洗涤，去除掉小颗粒粉尘，然后经过除沫器11去除掉残留的粉尘和夹带的水雾，实现多级水洗过滤除尘；污染气体流过风机通道2后流入净化室3内，在集气罩19和挡气板20的引导作用下，使污染气体再次与活性炭吸附槽13的活性炭吸附剂充分接触，实现对CO、NO2的去除，最后通过排气口15排出。

[0047] 烟尘颗粒物的去除方法为多级水洗除尘，使水和烟尘颗粒物接触发生物理反应，烟尘颗粒物溶于水脱离空气，第一级水洗除尘由雾化喷头6在水洗室1内完成，水在压力作用下通过雾化喷头6形成水雾，水雾与烟尘的大颗粒物充分接触，雾化喷头6的喷嘴针对公路隧道的大颗粒烟尘，选用的是离心式实心圆锥喷嘴，共6个，每3个为一组，共2组垂直间距10cm。所选离心式实心圆锥喷嘴不易被大烟尘颗粒污堵塞且能与烟尘的大颗粒物充分接触，雾化喷头6的水由蓄水池通过管道提供，水压由蓄水池21上设置的第一水泵22产生，废水通过排水口8排到废水池4。

[0048] 第一级水洗除尘主要去除公路隧道污染空气中的大烟尘颗粒，剩余的小烟尘颗粒由第二级水洗除尘在风机通道2内的过滤网9完成，过滤网9为3层金属网，每层水平间距1cm。金属网上方有出第二进水口10，水压由蓄水池21上的第二水泵23产生，并通过管道提供给。废水通过金属网下方的管路排到废水池4。

[0049] 如图3所示，除沫器11用来去除空气中由水洗除尘过程中产生的水分，除沫器11是由多块W形状的折流板构成的，在折流板构成的通道内部的每个拐弯处都设有收集钩，收集钩用来拦截气流中的水雾颗粒，实现将空气中的大颗粒水雾分离出去的作用。

[0050] 活性炭本身具有良好的吸附性，可以吸附多种有害气体，发明人通过研究发现，采用制备的载铜活性炭对CO和NO_2表现出更强的吸附性，可以大大提高去污效率。

[0051] CO和NO_2的去除方法采用活性炭去除，隧道污染气体流过活性炭吸附槽，活性炭与空气中的CO和NO_2发生物理吸附作用，将CO和NO_2从空气中去除。

[0052] 在净化室3的端口水平设置的活性炭吸附槽13共有四层，每层活性炭吸附槽13放有蜂窝状的活性炭板，活性炭板原料选择2种载铜活性炭，高于纯活性炭的吸附性，所述2种载铜活性炭由不同方法制备而成，以实现对不同污染的吸附，一种载铜活性炭对CO有较好的吸附性，另一种载铜活性炭对NO_2有较好的吸附性。

[0053] 每层活性炭吸附槽13的抽屉14上，均匀放置4块蜂窝状活性炭板，上面两层放置吸附CO的活性炭板，下面两层放置吸附NO_2的活性炭板；活性炭吸附槽13一侧连接出气口15，出气口15侧设有拉手，可以将每层的活性炭吸附槽13拉出，实现对活性炭板的更换。

[0054] 载铜活性炭单位时间内去除的污染物质量可有下式得出：

[0055] $$m_i = \frac{\eta_i S}{(d - d_s)^2}$$

[0056] 式中i＝2,3；其中2为CO,3为NO2；mi为第i中污染物单位时间内去除的质量；ηi为第i种污染物的单位面积的去除质量；S为活性炭吸附槽的横截面积；d为蜂窝状活性炭的孔径；ds为蜂窝状活性炭的的最佳孔径。

[0057] 由于铜离子的作用使其比普通活性炭有更好的吸附性，维护周期为每月一次。

[0058] 挡气板20设在集气罩19和活性炭吸附槽13之间，挡气板20由外部的电机(图中未示出)控制，可以与水平形成0度、45度、-45度的角度，将风机12产生的气流导向对应的活性

炭吸附槽13，实现图2所示不同的工作模式：

[0059] 工作模式1：挡气板20与水平形成0度，污染气体在挡气板20的引导作用下均匀流到4个活性炭吸附槽13，完成CO与NO_2的去除工作(图2a)；

[0060] 工作模式2：挡气板与水平形成45度，污染气体在挡气板20的引导作用下均匀流到上面2个活性炭吸附槽13，完成CO的去除工作(图2b)；

[0061] 工作模式3：挡气板与水平形成-45度，污染气体在挡气板20的引导作用下均匀流到下面2个活性炭吸附槽13，完成NO_2的去除工作(图2c)。

[0062] 挡气板20的工作模式的设置主要是为了提高污染物去除的效率。

[0063] 第一空气质量检测器16和第二空气质量检测器17是集成烟尘浓度检测器、CO浓度检测器和NO_2浓度检测器的质量检测器。用于将监测的隧道烟尘浓度、CO浓度和NO_2浓度传送到控制单元18，控制单元18将检测到的各隧道污染物浓度ρ_{ci}与隧道污染物浓度限值ρ_{bi}进行比较，判断污染物是否超标，确定雾化喷头6和过滤网9的出水量，以及风机12的功率、挡气板20的角度，如图5所示。具体流程为：

[0064] 风机12和水泵初始状态为关闭，挡气板20的初始角度为0度；

[0065] 首先判断烟尘浓度是否超标，若$\rho_{c1}-\rho_{b1}>0$，则烟尘浓度超标，风机12开启，水泵为雾化喷头6和过滤网9供水；若$\rho_{c1}-\rho_{b1}\leq 0$，则进入下一步，风机12和水泵的工作状态待定；

[0066] 然后判断CO和NO_2浓度是否超标，若$\rho_{c2}-\rho_{b2}>0$且$\rho_{c3}-\rho_{b3}>0$，则CO和NO_2浓度超标，风机12开启，挡气板20的角度为0度；若$\rho_{c2}-\rho_{b2}>0$且$\rho_{c3}-\rho_{b3}\leq 0$，则只有CO超标，风机12开启，挡气板20的角度为45度；若$\rho_{c2}-\rho_{b2}\leq 0$且$\rho_{c3}-\rho_{b3}>0$，则只有$NO_2$超标，风机12开启，挡气板20的角度为-45度；若$\rho_{c2}-\rho_{b2}\leq 0$且$\rho_{c3}-\rho_{b3}\leq 0$，则CO和$NO_2$都不超标。

[0067] 各污染物是否超标情况和各装置工作状态关系如下表1所示。

[0068] 表1：各污染物是否超标情况和各装置工作状态关系表

[0069]

工况	各污染物是否超标			各装置工作状态		
	烟尘颗粒无	CO	NO_2	风机	水泵	挡气板角度

[0070]

1	否	否	否	关闭	关闭	0
2	否	否	是	开启	关闭	-45
3	否	是	否	开启	关闭	45
4	否	是	是	开启	关闭	0
5	是	否	否	开启	开启	0
6	是	否	是	开启	开启	-45
7	是	是	否	开启	开启	45
8	是	是	是	开启	开启	0

[0071] 风机20的开启时间根据各污染物的超标情况确定，风机20的具体工作时间由下式确定：

[0072] $T=\max\{T_1,T_2,T_3\}$

[0073] $$T_i=\frac{(\rho_{ci}-\rho_{bi})v_iS_i}{m_i}$$

[0074] 式中i＝1,2,3,其中,1表示烟尘颗粒物(VI),2表示CO,3表示NO2;Ti为去除第i种污染物风机所需工作时间;T为风机的最终工作时间;ρ_{ci}为测量的第i种污染物浓度;ρ_{bi}为i种污染物的隧道限值;v_i为去除第i种污染物工作区域的风速,具体为v_1为过滤板处的风速,v_2为CO活性炭吸附槽处的风速,v_3为NO_2活性炭吸附槽处的风速;S_i为去除第i种污染物工作区域的反应面积,具体为S_1为过滤板的面积,S_2为CO活性炭吸附槽的横截面积,S_3为NO_2活性炭吸附槽的横截面积;m_i为第i中污染物单位时间内去除的质量。

[0075] 水洗除尘过程中的水泵共有两个,即第一水泵22和第二水泵23,分别为雾化喷头6和过滤网9提供压力,由于管道长度、距蓄水池高度和设备雾化程度的差异,雾化喷头6和过滤网9所需压力并不相同,水泵提供的压力由下式确定:

[0076] $$P_1=\frac{u_1v^2\mathrm{g}}{(\rho_{c1}-\rho_{b1})}+\Delta p_l l_1+\Delta p_h h_1$$

[0077] $$P_2=\frac{u_2v^2}{30\%(\rho_{c1}-\rho_{b1})}+\Delta p_l l_2+\Delta p_h h_2$$

[0078] 式中,i＝1,2,其中,1表示雾化喷头相应参数,2表示过滤网相应参数;P装置所需压力;u为装置的雾化系数;v为风机产生的风速;g为重力加速度;Δp_l为管道单位长度损失压力;Δp_h为单位高度损失的压力。

[0079] 雾化喷头6和过滤网9所需水流量由下式确定:

[0080] $$Q_i=\mu A\sqrt{2gP_i}$$

[0081] $$Q=\sum_1^2 Q_i$$

[0082] 式中,Q1为雾化喷头所需流量,Q2为过滤网所需流量,Q为总体设备所需流量;μ为流体的流量系数,常取0.82;A为管道的横截面积;P为所需压力。

[0083] 当风机12工作时间到达T后,第二空气质量检测器17开始工作,检测经过净化的空气中的烟尘浓度、CO浓度和NO_2浓度,并将检测数据传到控制单元18,控制单元18将检测的三种环境空气质量数据与隧道污染物限值对比,对净化结果进行反馈,如果任一种或多种污染物浓度超标,则控制单元显示18对应污染物净化不完全,工作人员可根据控制单元显示的信息对本实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统进行检修维护。

[0084] 本实施例中,风机12可选择轴流式风机,提供风量26120m^3/h,风压380pa,功率4kW。水泵功率为120W。

[0085] 经试验表明,本实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,烟尘颗颗粒物的净化效率为90％左右,CO和NO_2的净化率为60％～80％。

[0086] 根据研究,距公路隧道口外50m处为环境污染物浓度最大处,为提高净化效率,采用本实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统,建议布设在隧道污染物浓度较高的区域,一般为隧道口附近,或者布设在公路隧道口外或公路隧道口附近的横通道内。系统的电量供给可由隧道内变电所提供。

[0087] 应用实施例:

[0088] 如图4所示,隧道长1792m/1654,双洞单向双车道,左右线各有10台射流风机,每天

功率为30kW，每2台为一组，布设在隧道口附近。按照《JTG/T D70/2-01-2014公路隧道照明设计细则》规定隧道污染物浓度如表2所示。《环境空气质量标准》(GB3095-2012)修改单规定了景区污染物的限值，5A级景区公路隧道车辆排放污染物标准应高于一般公路隧道标准，按照环境空气功能区分类为一类：一类区为自然保护区、风景名胜区和其他需要特殊保护的区域，其环境空气功能区质量要求适用于一级浓度限值，如表3。

[0089] 表2：隧道污染物浓度限值

[0090]

隧道污染物种类	烟尘颗粒物	CO	NO_2
隧道污染物限值	$0.007m^{-1}$	100ppm	1ppm

[0091] 表3：环境空气污染物基本项目浓度限值

[0092]

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫（SO_2）	年平均	20	60	$\mu g/m^3$
		24 小时平均	50	150	
		1 小时平均	150	500	
2	二氧化氮（NO_2）	年平均	40	40	
		24 小时平均	80	80	
		1 小时平均	200	200	
3	一氧化碳（CO）	24 小时平均	4	4	mg/m^3
		1 小时平均	10	10	
4	臭氧（O_3）	日最大 8 小时平均	100	160	
		1 小时平均	160	200	
5	颗粒物（PM）(≤10μm)	年平均	40	70	$\mu g/m^3$
		24 小时平均	50	150	
6	颗粒物（PM）(≤2.5μm)	年平均	15	35	
		24 小时平均	35	75	

[0093] 结合表2和表3，确定该5A级景区公路隧道烟尘颗粒物浓度限值为0.075ppm，CO浓度限值为10ppm，NO_2浓度限值为0.2ppm。隧道原有的通风系统是根据《JTG/T D70/2-01-2014公路隧道照明设计细则》设计的，其隧道污染物限值小于5A级景区对空气质量的要求，传统的通风换气的去污方法已不适用，需要对污染物进行净化。

[0094] 根据图5的控制流程进行净化，结果如下，

[0095] 当隧道标准小客车设计设计高峰小时交通量为2112pcu/h，各车型对应占比系数为小货车6%，中货车7%，大货车5.9%，小客车12%，大客车48.9%，拖挂车12.9%，集装箱7.3%，计算得传统机械通风排污方法所需需风量为$359m^3/s$，使用了本实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统后，需风量为求解结果为$273m^3/s$，减少了24%的需风量，风机工作时间为T＝23min，总需水量为Q＝20L/min，按照隧道内射流风机每天工作2小时，电费为0.5元/度计算，机械通风与采用上述实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统(表4中简称净化设备)的经济性分析如下表4所示。

[0096] 表4：经济性分析表

[0097]

	需风量	风机台数	总功率	年电费
传统机械通风	359	20	600	219000
添加净化设备的机械通风	273	16	484.12	176660

[0098] 采用本实施例的公路隧道多级水洗除尘活性炭净化系统，可为隧道运营期每年节约20万元的电费，节约了20％左右的运营电费。

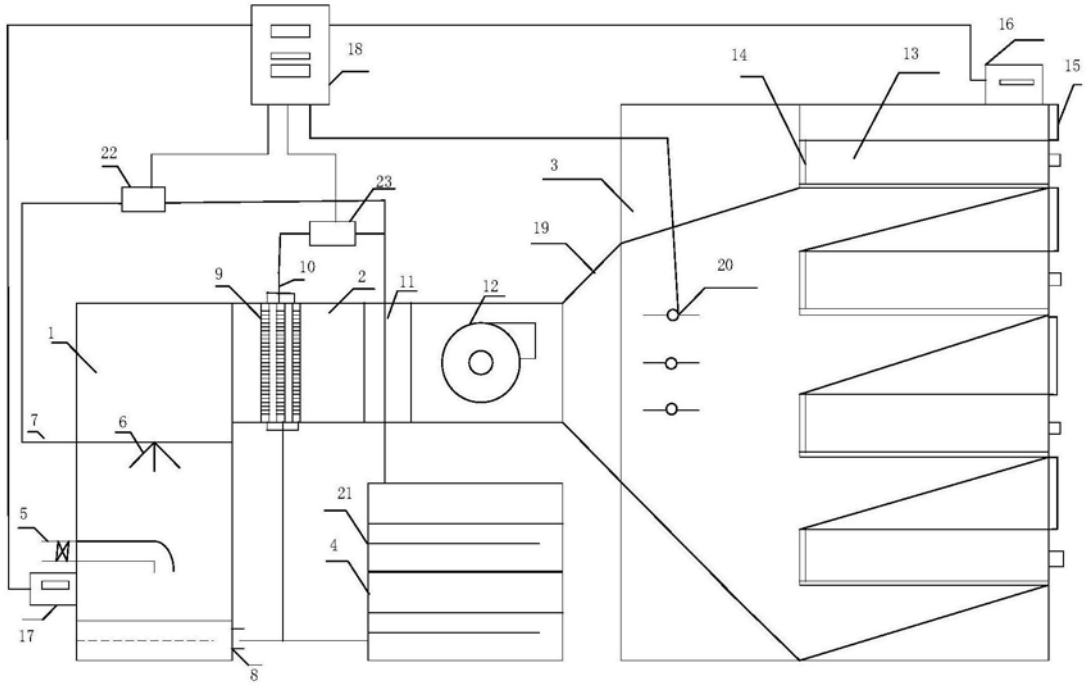
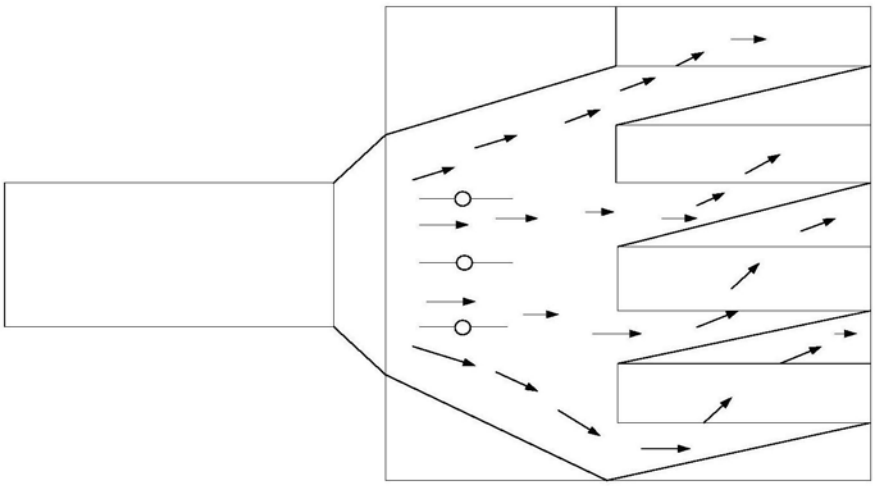
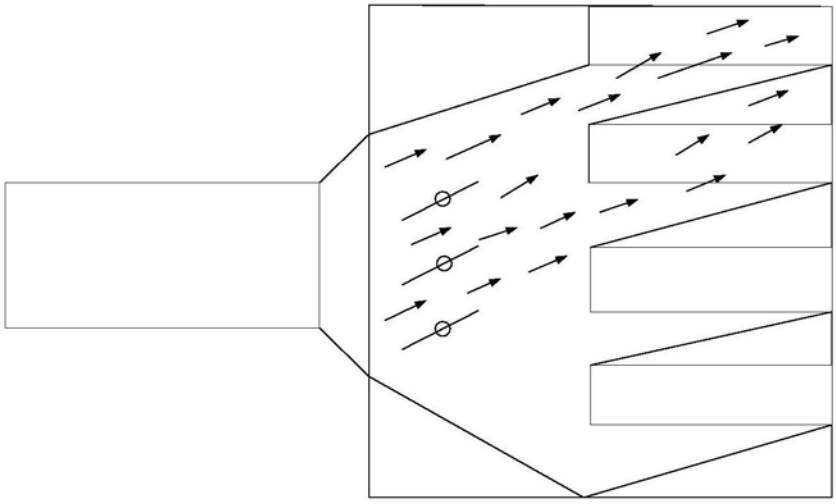


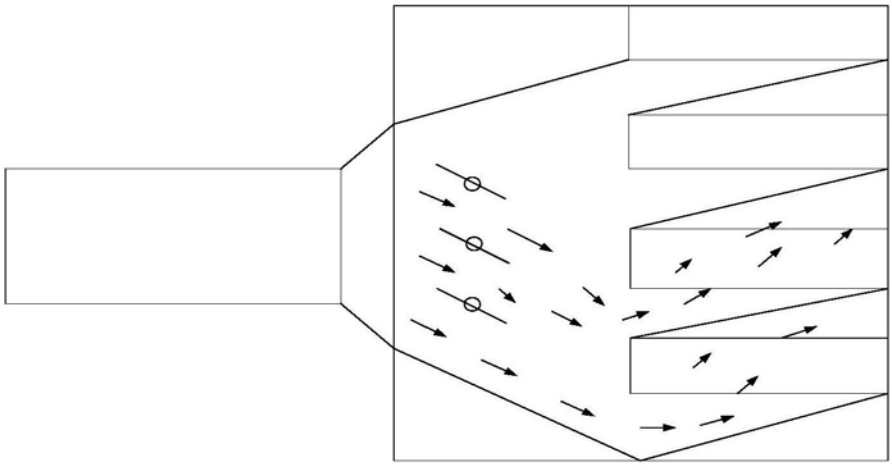
图1



（a）

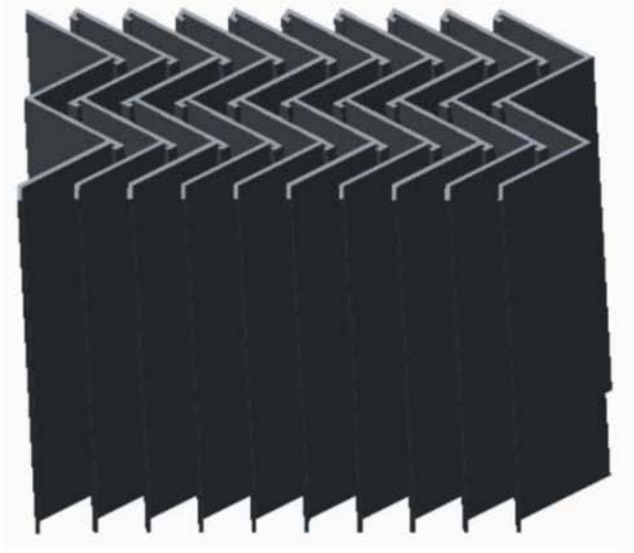


（b）

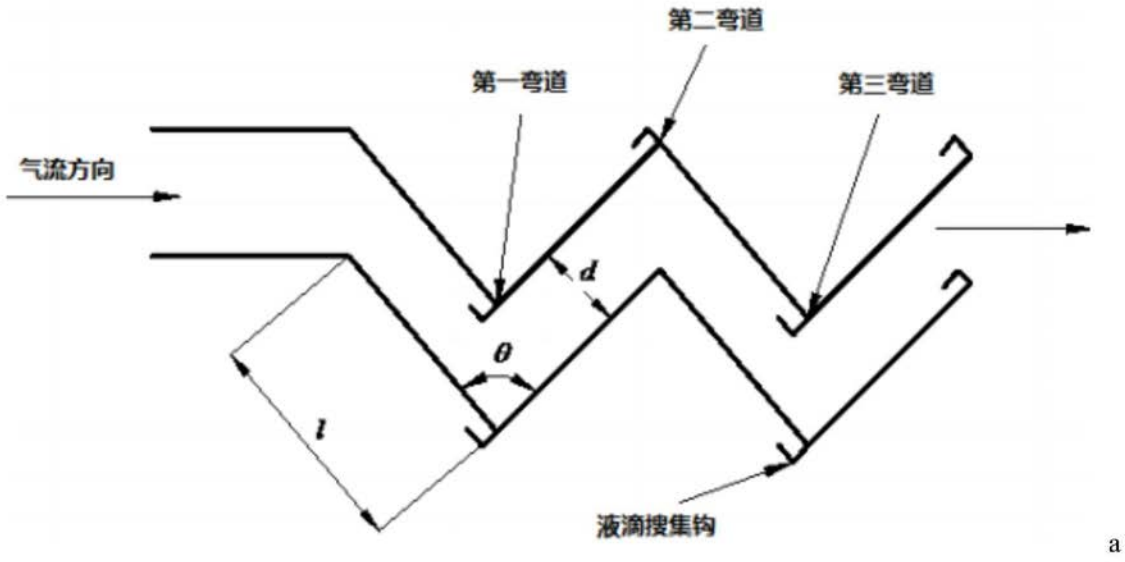


（c）

图2



(a)



(b)

图3

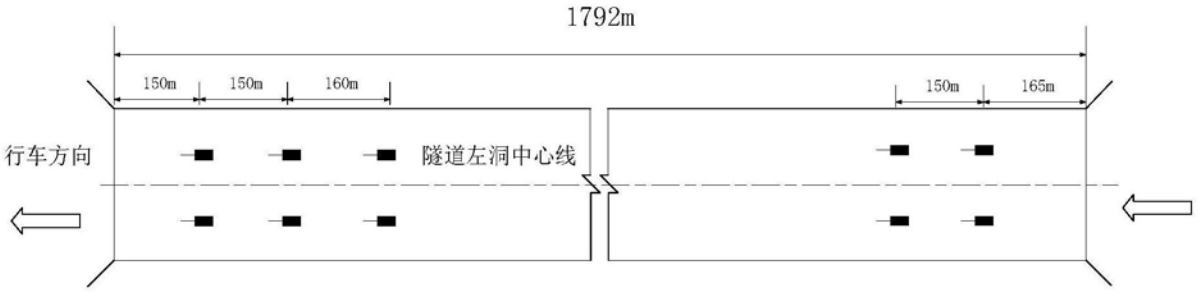


图4

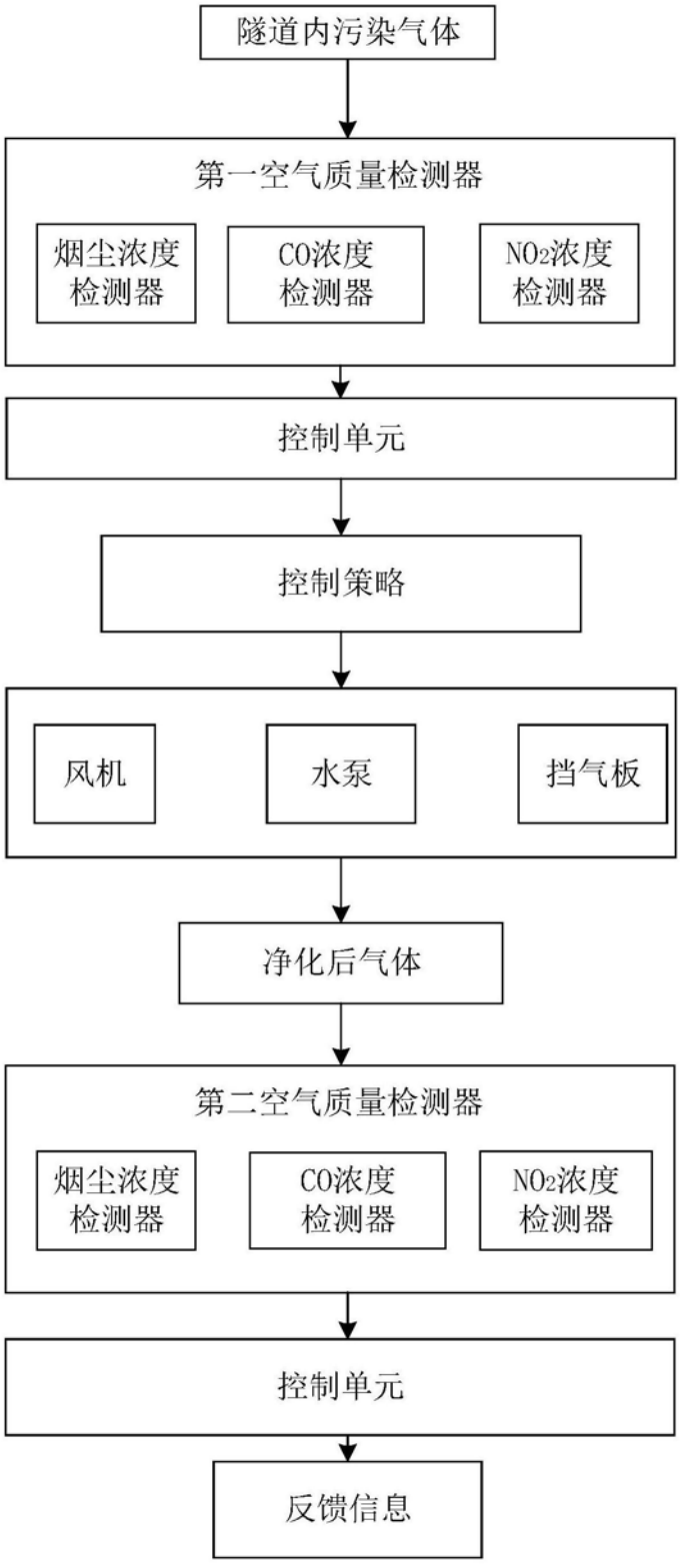

隧道内污染气体
第一空气质量检测器
烟尘浓度检测器
CO浓度检测器
NO2浓度检测器
控制单元
控制策略
风机
水泵
挡气板
净化后气体
第二空气质量检测器
烟尘浓度检测器
CO浓度检测器
NO2浓度检测器
控制单元
反馈信息

图5