



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117072287 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 17

(21) 申请号 202311073963.X

(22) 申请日 2023.08.24

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72) 发明人 商权波 邓俊 冀蒙 李理光

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

专利代理师 蒋亮珠

(51) Int. Cl.

F01N 3/28 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 9/00 (2006.01)

F01N 11/00 (2006.01)

F02D 35/00 (2006.01)

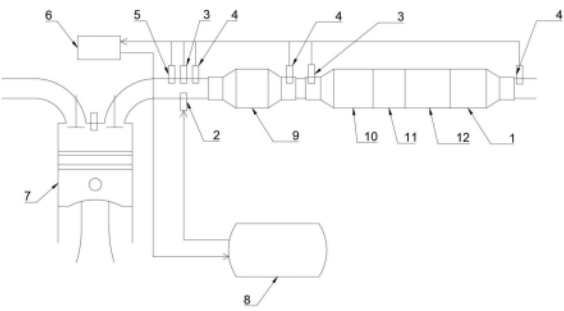
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统和方法,排气管上设有催化装置,排气管内在催化装置前后设有检测装置,检测装置连接控制器(6);催化装置包括三效合一催化器(9),对排气中的氨气、氮氧化物和一氧化二氮进行分解;三效合一催化器(9)前的排气管内设有氨气喷射器(2),氨气喷射器(2)连接氨气罐(8),氨气罐(8)连接控制器(6);三效合一催化器(9)前后的排气管内分别设有检测装置,检测装置包括氨气传感器(3)。与现有技术相比,本发明通过传感器对燃烧污染物进行精确计量,并通过氨气喷射器和氨气传感器对三效合一催化器进行精准的化学反应控制,以达到排放污染物高效还原和低污染物排放的目的。



1. 一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述燃料在发动机(7)缸体内进行燃烧,该燃烧废气排气中含有氨气以及氮氧化物和一氧化二氮,所述排气通过排气管流出进入后处理系统,所述排气管上设有催化装置,所述排气管内在催化装置前后设有检测装置,该检测装置连接控制器(6);

所述催化装置包括三效合一催化器(9),对排气中的氨气、氮氧化物和一氧化二氮进行分解;

所述三效合一催化器(9)前的排气管内设有氨气喷射器(2),该氨气喷射器(2)连接氨气罐(8),该氨气罐(8)连接控制器(6);

所述三效合一催化器(9)前后的排气管内分别设有检测装置,该检测装置包括氨气传感器(3)。

2. 根据权利要求1所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述排气管上设有两段催化装置,其中前段催化装置包括三效合一催化器(9),后段催化装置包括氨氧化催化器(11)。

3. 根据权利要求2所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述前段催化装置前的排气管内设有检测装置,该检测装置包括氮氧化物传感器(5)和温度传感器(4)。

4. 根据权利要求2所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述前段和后段催化装置后的排气管内分别设有检测装置,该检测装置包括温度传感器(4)。

5. 根据权利要求2所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述前段催化装置包括加热器(10),该加热器(10)设于三效合一催化器(9)前端。

6. 根据权利要求2所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述后段催化装置包括加热器(10),该加热器(10)设于氨氧化催化器(11)前端。

7. 根据权利要求5或6所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述加热器(10)包括电加热催化转化器或燃烧器。

8. 根据权利要求2所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述后段催化装置包括一氧化氮分解催化器(12),该一氧化氮分解催化器(12)设于氨氧化催化器(11)后端。

9. 根据权利要求8所述的一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,其特征在于,所述后段催化装置包括颗粒物捕集器(1),该颗粒物捕集器(1)设于一氧化氮分解催化器(12)后端。

10. 一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理方法,其特征在于,该方法使用如权利要求1至9中任一所述的系统后处理污染物,所述方法包括以下步骤:

所述污染物检测通过设置在三效合一催化器(9)前的氨气传感器(3)和氮氧化物传感器(5)对排气中的污染物进行检测,通过氨气喷射器(2)对催化还原剂的喷入量进行控制,通过设置在三效合一催化器(9)后的氨气传感器(3)对催化还原剂的喷入量进行反馈调节,并通过三效合一催化器(9)、氨氧化催化器(11)和一氧化氮分解催化器(12)进行缸外还原。

一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于内燃机技术领域,涉及一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统及方法。

背景技术

[0002] 低碳或零碳燃料作为内燃机替代燃料是一条可行的道路。氨(NH_3)作为一种零碳燃料,因为其富含氢元素(氢含量17.75%wt)且液态氨具有较高的能量密度(11.5mJ/L),成为了潜在的替代燃料。当前采用氨气和氢气(H_2)共同作为燃料输入内燃机中进行燃烧,是一种较为普遍的做法。

[0003] 由于氨分子中包含氮原子,因此在燃烧过程中生成燃料型氮氧化物(NO_x)。这种氮氧化物是无法避免的。虽然燃烧过程中不产生含碳污染物,但是较高浓度的氮氧化物排放依然需要得到重视。目前,对于氮氧化物的处理在不同的车辆上采用的手段并不相同。在乘用车上一般采用三效催化器,在商用车中则采用Urea-SCR催化器。这些处理手段主要还是针对诸如汽油、柴油等传统含碳燃料。对于氨/氢燃料而言,燃烧温度较低,氮氧化物的排放浓度更高的问题,若直接采用目前的催化剂,会导致处理效率低下,处理不完全等问题。

[0004] 根据最新研究表明,氨/氢燃料内燃机在运行过程中,会生成较高浓度的一氧化二氮(N_2O),该产物在传统燃料发动机中并不产生。一氧化二氮是一种温室效应极强的气体,其温室效应是二氧化碳(CO_2)的298倍。因此,在氨/氢燃料发动机中,控制一氧化二氮的排放是极其重要的。

[0005] 与传统燃料内燃机后处理系统相比,氨/氢内燃机后处理系统的工作特性、温度区间、还原剂的选择性都有很大差异,开发针对氮氧化物、一氧化二氮和氨气的专门后处理系统非常有必要。

[0006] 氨/氨氢发动机的排放与传统汽油机或者柴油机的排放有很大的不同,排放物中基本不含碳氢化合物(HC)、一氧化碳(CO)和二氧化碳等这种含碳的排放物,但是氮氧化物排放会比汽柴油机的浓度大,而且一氧化二氮的排在汽柴油机里面是基本没有的,氨/氨氢发动机排放中浓度是比较大的。

[0007] 专利CN115111031A公开了一种基于氨氢燃料动力系统的污染物排放处理系统,通过发动机缸内离子电流传感器和缸外多个传感器(第一氮氧化物传感器、第一温度传感器、第一氨气传感器、第二氮氧化物传感器、第二温度传感器以及第二氨气传感器)对污染物-氮氧化物进行精确计量,通过氨气喷射系统对后处理装置进行精准的化学反应控制,以达到排放污染物高效还原的目的;通过缸内外各传感器对进入氨裂解器的氨气量进行控制,以达到缸内最优燃烧,从源头改善排气中污染物成分;通过电加热催化转化器模块和氨气氧化催化器模块,在冷启动阶段提高了排气温度,可有效解决氨燃烧冷启动高氨高氮氧化物排放的问题。该专利采用选择性催化还原器(SCR)、氨氧化催化器(ASC)和电加热催化转化器(EHC),其中选择性催化还原器是用来处理氮氧化物的,氨氧化催化器是用来处理氨气的,但是该结构中不包含专门的一氧化二氮处理催化器,系统结构复杂,后处理系统控制及

结构复杂,处理效率不高。

发明内容

[0008] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的至少一种缺陷而提供一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统及方法,本发明通过多个氨气/氮氧化物传感器对发动机燃烧污染物进行精确计量,并通过氨气喷射器和氨气传感器对三效合一催化器进行精准的氨气、氮氧化物和一氧化二氮化学反应控制,以达到排放污染物高效还原和低污染物排放的目的。

[0009] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0010] 本发明的技术方案之一在于,提供一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,所述燃料在发动机缸体内进行燃烧,该燃烧废气排气中含有少量未燃氨气(NH_3)以及一定量的氮氧化物(NO_x)和一氧化二氮(N_2O),所述排气通过排气管流出进入后处理系统,所述排气管上设有催化装置,所述排气管内在催化装置前后设有检测装置,该检测装置连接控制器;

[0011] 由于氨氢混合燃料中氨燃料燃烧产生的排气温度比较低,所述氨/氨氢内燃机燃烧产物中存在一定量的氨气,所述催化装置包括三效合一(DeNH_3 、 DeNO_x 和 DeN_2O)催化器,对排气中的氨气、氮氧化物和一氧化二氮进行分解;

[0012] 所述三效合一催化器前的排气管内设有氨气喷射器,该氨气喷射器连接氨气罐,该氨气罐连接控制器,所述控制器实时控制氨气罐,为后处理系统提供催化还原剂,并通过三效合一催化器后的氨气传感器进行反馈调节,保证三效合一催化器中氨气、氮氧化物和一氧化二氮能够充分反应;

[0013] 所述三效合一催化器前后的排气管内分别设有检测装置,该检测装置包括氨气传感器,分别检测三效合一催化器前后排气的氨气浓度,并将信号传递给控制器。

[0014] 作为优选的技术方案,所述三效合一催化器内的催化剂包括分层涂覆或分段涂覆的氨氧化分解催化剂和氮氧化物选择催化剂,所述氨氧化分解催化剂包括贵金属合金或贵金属氧化物,所述贵金属合金包括银铜合金,所述贵金属氧化物包括铂、钯或铑氧化物,所述氮氧化物选择催化剂包括分子筛,该分子筛包括铜基、铁基或锰基分子筛,在气体通过催化剂时,吸收氨对氮氧化物进行还原,同时将多余的氨通过氨氧化催化剂进行氧化,达到同时处理的效果,一氧化二氮排放,通过三效合一催化器这种复合型催化器时,贵金属相关催化剂对其产生分解作用,另外氮氧化物选择催化剂中采用的诸如铁基分子筛也对其有分解的效果。以上共同作用下,实现三效合一的后处理效果。

[0015] 作为优选的技术方案,所述氨气喷射器采用氨气喷射喷嘴。

[0016] 本发明中增加的加热器、催化器和捕集器皆是可选模块,只是为了对三效合一催化器的功能进行补充,并非必须。换言之,如果三效合一催化器的处理效果可以达到国家排放标准,那么这些可选模块可以全部取消,只需一个三效合一催化器。反之,则可以有针对性地增加模块。

[0017] 进一步地,所述排气管上设有两段催化装置,其中前段催化装置包括三效合一催化器;

[0018] 由于氨气的微毒性以及可能会产生的氨泄漏,后段催化装置包括氨氧化催化器

(ASC),以满足10ppm的氨泄漏要求。

[0019] 作为优选的技术方案,所述氨氧化催化器内的催化剂包括贵金属合金或贵金属氧化物,所述贵金属合金包括银铜合金,所述贵金属氧化物包括铂、钯或铑氧化物。

[0020] 作为优选的技术方案,所述前段催化装置安装在靠近发动机排气端的排气管上,尽可能利用排气温度,提高三效合一催化器的起燃速度和催化温度,提高转化效率。

[0021] 进一步地,所述前段催化装置前的排气管内设有检测装置,该检测装置包括氮氧化物传感器和温度传感器,分别检测排气的氮氧化物浓度以及排气温度,并将信号传递给控制器。

[0022] 进一步地,所述前段和后段催化装置后的排气管内分别设有检测装置,该检测装置包括温度传感器,分别检测三效合一催化器和颗粒物捕集器后的排气温度,并将信号传递给控制器,所述三效合一催化器后的温度传感器检测到如果排气温度较低,则启动加热器对排气进行加热,所述颗粒物捕集器后的温度传感器用以反馈最终排气温度,确定颗粒捕集器的处理效果。

[0023] 进一步地,所述前段催化装置包括加热器,该加热器设于三效合一催化器前端对排气进行加热,以解决冷起动时排气温度太低、转化效率不足的问题。

[0024] 进一步地,为了补偿氨氧化催化器反应温度不足的问题,所述后段催化装置包括加热器,该加热器设于氨氧化催化器前端进行加热,将排气温度加热到200℃以上,保证氨氧化催化器能够有效反应,提升氨氧化催化器对氨气的处理效率。

[0025] 进一步地,所述加热器包括电加热催化转化器(EHC)或燃烧器(Burner)。

[0026] 作为优选的技术方案,所述电加热催化转化器内的催化剂包括贵金属,该贵金属包括铂、钯或铑。

[0027] 作为优选的技术方案,所述电加热催化转化器采用车载电池驱动。

[0028] 作为优选的技术方案,所述燃烧器燃烧燃料。

[0029] 进一步地,由于氨氧化催化器吸收氨气过程中会生成一定量的二氧化氮,所述后段催化装置包括一氧化氮分解(DeN_2O)催化器,该一氧化氮分解催化器设于氨氧化催化器后端。

[0030] 作为优选的技术方案,所述一氧化氮分解催化器内的催化剂包括分子筛或金属氧化物,所述分子筛包括铁基或铜基分子筛,所述金属氧化物包括五氧化二钒。

[0031] 进一步地,所述后段催化装置包括颗粒物捕集器(PF),该颗粒物捕集器设于一氧化氮分解催化器后端,以捕集在发动机运行过程中产生的颗粒物。

[0032] 作为优选的技术方案,所述燃料包括氨燃料或氨氢混合燃料。

[0033] 本发明的技术方案之一在于,提供一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理方法,该方法使用所述的系统后处理污染物,所述方法包括以下步骤:

[0034] 所述污染物检测通过设置在三效合一催化器前的氨气传感器和氮氧化物传感器对排气中的污染物进行检测,通过氨气喷射器对催化还原剂的喷入量进行控制,通过设置在三效合一催化器后的氨气传感器对催化还原剂的喷入量进行反馈调节,并通过三效合一催化器、氨氧化催化器和一氧化氮分解催化器进行缸外还原。

[0035] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0036] (1) 本发明采用了三效合一催化器替代传统的选择性催化还原器(SCR)作为氮氧

化物的催化器,可以同时处理氨气、氮氧化物和一氧化二氮三种污染物,缩小后处理装置体积,提高处理效率;

[0037] (2) 本发明通过设置在排气管中的多个氨气/氮氧化物传感器对发动机燃烧污染物进行精确计量,并通过氨气喷射器和氨气传感器对后处理系统中催化还原剂的喷入量进行精准控制,以达到排放污染物高效还原的目的。

附图说明

[0038] 图1为本发明实施例1中氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统的结构示意图;

[0039] 图2为本发明实施例2中氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统的结构示意图。

[0040] 图中标记说明:

[0041] 1—颗粒物捕集器、2—氨气喷射器、3—氨气传感器、4—温度传感器、5—氮氧化物传感器、6—控制器、7—发动机、8—氨气罐、9—三效合一催化器、10—加热器、11—氨氧化催化器、12—一氧化氮分解催化器。

具体实施方式

[0042] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0043] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”等用来描述共同的对象,仅表示指代相同对象的不同实例,而并不是要暗示这样描述的对象必须采用给定的顺序,无论是时间地、空间地、排序地或任何其它方式。

[0044] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0045] 实施例1:

[0046] 一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统,如图1所示,燃料在发动机7缸体内进行燃烧,燃料包括氨燃料或氨氢混合燃料,在本实施例中优选为氨氢混合燃料,燃烧废气排气中含有少量未燃氨气(NH_3)以及一定量的氮氧化物(NO_x)和一氧化二氮(N_2O),排气通过排气管流出进入后处理系统,排气管内设有氨气传感器3、氮氧化物传感器5和温度传感器4,分别检测排气的氨气和氮氧化物浓度以及排气温度,并将信号传递给控制器6;

[0047] 由于氨氢混合燃料中氨燃料燃烧产生的排气温度比较低,氨/氨氢内燃机燃烧产物中存在一定量的氨气,安装三效合一(DeNH_3 、 DeNO_x 和 DeN_2O)催化器9对排气中的氨气、氮

氧化物和一氧化二氮进行分解,并将三效合一催化剂9安装在靠近发动机7排气端的排气管上(在氨气传感器3、氮氧化物传感器5和温度传感器4后),尽可能利用排气温度,提高三效合一催化剂9的起燃速度和催化温度,提高转化效率;

[0048] 氨气传感器3和氮氧化物传感器5测得排气中氨气和氮氧化物浓度,控制器6实时控制氨气罐8,氨气罐8连接安装在三效合一催化剂9前排气管内的氨气喷射器2,氨气喷射器2采用氨气喷射喷嘴,为后处理系统提供催化还原剂,并通过三效合一催化剂9后的氨气传感器3进行反馈调节,保证三效合一催化剂9中氨气、氮氧化物和一氧化二氮能够充分反应;

[0049] 在三效合一催化剂9后排气管内设有温度传感器4,检测排气温度,并将信号传递给控制器6,如果排气温度较低,则启动加热器10对排气进行加热;

[0050] 由于氨气的微毒性以及可能会产生的氨泄漏,在三效合一催化剂9后安装氨氧化催化剂(ASC)11,以满足10ppm的氨泄漏要求;

[0051] 为了补偿氨氧化催化剂11反应温度不足的问题,在氨氧化催化剂11前端安装加热器10进行加热,加热器10包括电加热催化转化器(EHC)或燃烧器(Burner),在本实施例中优选为电加热催化转化器,将排气温度加热到200℃以上,保证氨氧化催化剂11能够有效反应,提升氨氧化催化剂11对氨气的处理效率,电加热催化转化器采用车载电池驱动,燃烧器可以采用氨燃料或氨氢混合燃料作为燃料,在本实施例中优选为氨氢混合燃料;

[0052] 由于氨氧化催化剂11吸收氨气过程中会生成一定量的一氧化二氮,因此需要在氨氧化催化剂11后端安装一氧化氮分解(DeN_2O)催化剂12;

[0053] 在一氧化氮分解催化剂12后端安装颗粒物捕集器(PF)1,以捕集在发动机7运行过程中产生的颗粒物;

[0054] 在颗粒物捕集器1后排气管内设有温度传感器4,检测排气温度,并将信号传递给控制器6,用以反馈最终排气温度,确定颗粒捕集器1的处理效果。

[0055] 根据目前的技术,三效合一催化剂通常是在基体表面采用分层涂覆或分段涂覆的方法实现,在本实施例中优选为分层涂覆。通俗的讲就是将氨氧化分解催化剂涂覆在氮氧化物选择催化剂的上层或者下层,在本实施例中优选为上层。在气体通过催化剂时,吸收氨对氮氧化物进行还原,同时将多余的氨通过氨氧化催化剂进行氧化,达到同时处理的效果。

[0056] 对于所用的催化剂,氨氧化催化剂一般采用贵金属合金,比如银铜合金,或者贵金属氧化物,比如铂、钯、铑氧化物等,在本实施例中优选为铂氧化物。氮氧化物选择催化剂,一般采用分子筛,比如铜基、铁基、锰基等,在本实施例中优选为铁基分子筛。

[0057] 一氧化二氮排放,通过三效合一催化剂9这种复合型催化剂时,贵金属相关催化剂对其产生分解作用,另外氮氧化物选择催化剂中采用的诸如铁基分子筛也对其有分解的效果。以上共同作用下,实现三效合一的后处理效果。

[0058] 氨氧化催化剂11内的催化剂一般采用贵金属合金,比如银铜合金,或者贵金属氧化物,比如铂、钯、铑氧化物等,在本实施例中优选为铂氧化物。

[0059] 电加热催化转化器内的催化剂一般采用贵金属,比如铂、钯、铑等,在本实施例中优选为铂。

[0060] 一氧化氮分解催化剂12内的催化剂一般采用分子筛,比如铁基、铜基等,或者金属氧化物,比如五氧化二钒(V_2O_5)等,在本实施例中优选为铁基分子筛。

[0061] 具体的催化反应：

[0062] NO_x 选择催化：

[0063] $4\text{NH}_3 + 4\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ (标准反应)

[0064] $2\text{NH}_3 + \text{NO} + \text{NO}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (快速反应)

[0065] $8\text{NH}_3 + 6\text{NO}_2 \rightarrow 7\text{N}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ (慢速反应)

[0066] NH_3 氧化催化：

[0067] $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

[0068] N_2O 和 NH_3 催化反应：

[0069] $2\text{NH}_3 + 3\text{N}_2\text{O} \rightarrow 4\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

[0070] N_2O 直接分解：

[0071] $2\text{N}_2\text{O} \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2$

[0072] 一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理方法，使用上述的系统后处理污染物，具体步骤如下：

[0073] 污染物检测通过设置在三效合一催化器9前的氨气传感器3和氮氧化物传感器5对排气中的污染物进行检测，通过氨气喷射器2对催化还原剂的喷入量进行控制，通过设置在三效合一催化器9后的氨气传感器3对催化还原剂的喷入量进行反馈调节，并通过三效合一催化器9、氨氧化催化器11和一氧化氮分解催化器12进行缸外还原。

[0074] 实施例2：

[0075] 一种氨/氨氢燃料内燃机的污染物排放后处理系统，如图2所示，与实施例1基本相同，不同之处在于，将加热器10安装在三效合一催化器9前端对排气进行加热，而非氨氧化催化器11前端，加热器10采用燃烧器，燃料采用氨燃料，以解决冷起动时排气温度太低、转化效率不足的问题。

[0076] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改，并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此，本发明不限于上述实施例，本领域技术人员根据本发明的揭示，不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

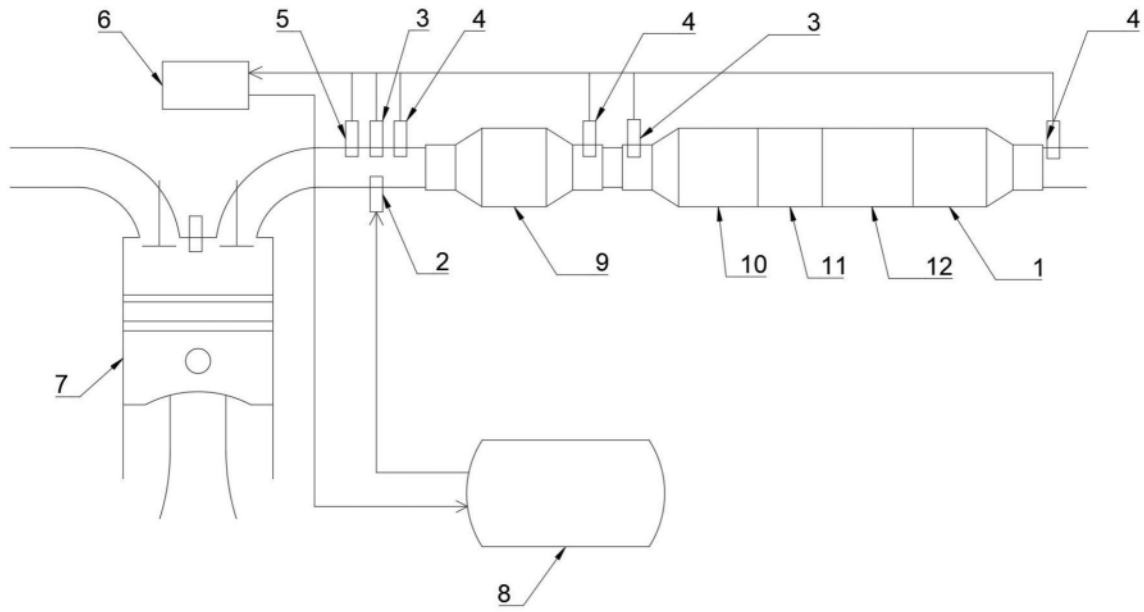


图1

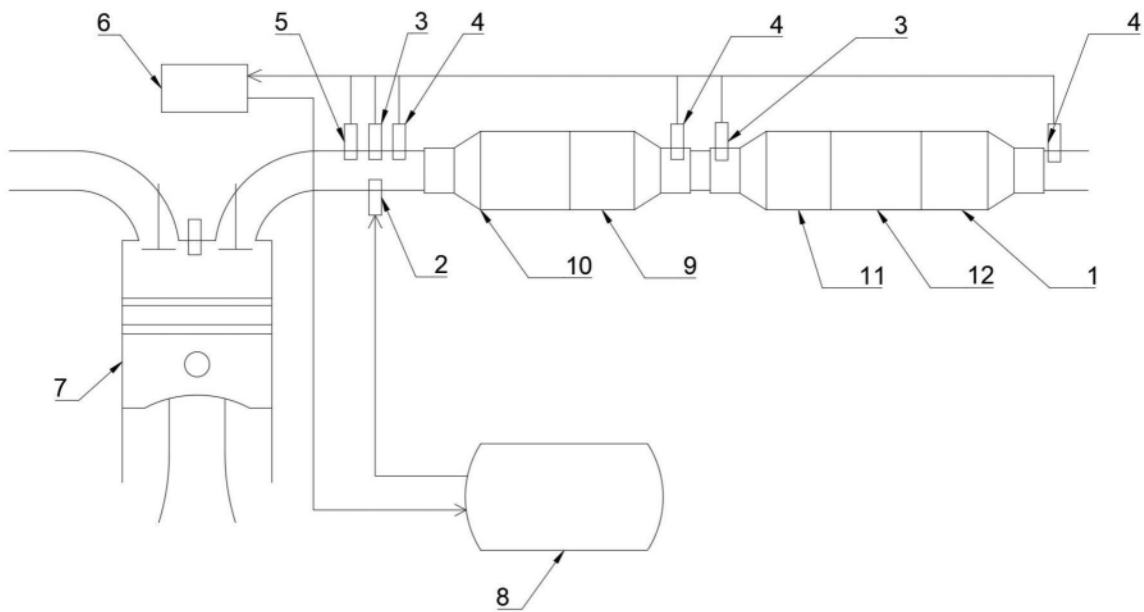


图2