

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 11 月 5 日 (05.11.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/221027 A1

- (51) 国际专利分类号:
B01J 13/00 (2006.01) *G01N 15/00* (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01) *G01N 15/06* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/085386
- (22) 国际申请日: 2020 年 4 月 17 日 (17.04.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910364957.7 2019年4月30日 (30.04.2019) CN
- (71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园,
Beijing 100089 (CN)。
- (72) 发明人: 马晓 (MA, Xiao); 中国北京市海淀区
清华园, Beijing 100089 (CN)。 巩艺飞 (GONG,

Yifei); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100089 (CN)。 张景宇 (ZHANG, Jingyu); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100089 (CN)。 徐宏明 (XU, Hongming); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100089 (CN)。 帅石金 (SHUAI, Shijin); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100089 (CN)。 沈义涛 (SHEN, Yitao); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100089 (CN)。

(74) 代理人: 北京科领智诚知识产权代理事务所
(普通合伙) (BEIJING KELING INTELLECTUAL
PROPERTY FIRM); 中国北京市海淀区中
关村东路 18 号财智国际大厦 C 座 307
室, Beijing 100084 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE EXHAUST PARTICLE FLOW EVOLUTION PROCESS SIMULATION DEVICE FOR REDUCING AUTOMOBILE EMISSION

(54) 发明名称: 用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置

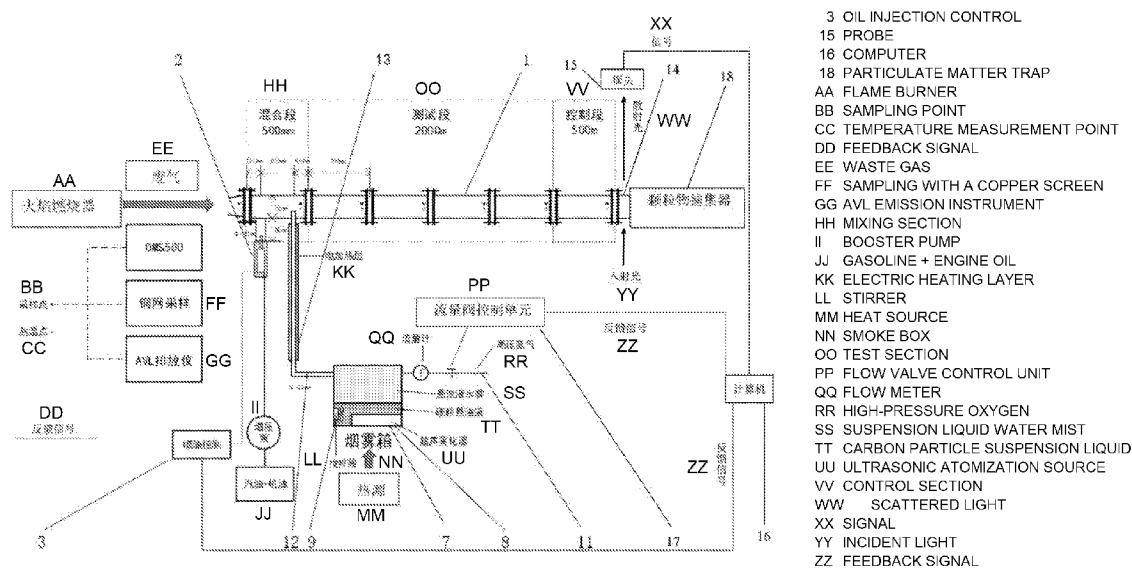


图 1

(57) Abstract: Disclosed is an internal combustion engine exhaust particle flow evolution process simulation device for reducing automobile emission, comprising: an exhaust gas source; an exhaust gas flow channel comprising multiple sections of circular pipes of a predetermined length, the multiple sections of circular pipes being fixedly connected to each other; a soluble organic matter generator used for producing soluble organic matter; and a carbon particle generator used for producing carbon particles. The present internal combustion engine exhaust particle flow evolution process simulation device for reducing automobile emission has a simple structure and low costs. A suitable mixed aerosol can be obtained by controlling the mixing concentration of soot particles and soluble organic



CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

matter by means of various adjustment modes, thereby simulating an internal combustion engine exhaust particle flow more really.

(57) 摘要: 本发明公开一种用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置, 包括: 尾气源; 尾气流道, 包括多段预定长度的圆管, 多段圆管之间固定连接; 可溶性有机物发生装置, 用于产生可溶性有机物; 碳粒发生装置, 用于产生碳粒。本发明的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置结构简单、成本低廉, 通过多种调节方式来控制碳烟颗粒与可溶性有机物的混合浓度就可以得到合适的混合气溶胶, 更真实地模拟内燃机排气颗粒流。

用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置

技术领域

- 5 本发明涉及测量技术领域，具体而言，涉及一种用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置。

背景技术

- 我国车用动力主要是内燃机。针对不同的用途，内燃机汽车主要有汽油机汽车和柴油机汽车。内燃机因其功率大，持续做功能力强，便于移动和补充燃料等优点，一直是汽车的主流动力。
- 10

- 业内普遍认为，内燃机在未来数十年内仍然将是汽车的主流动力。随着环保措施的不断加严，传统内燃机汽车的排放污染受到越来越多的关注，尤其是内燃机汽车的颗粒物排放，被认为是导致城市“雾霾”产生的主要原因之一。内燃机汽车排放的颗粒物中，不仅有固态的碳烟，还包含较多的可挥发性有机物（VOC）和半可挥发性有机物（SVOC），平均粒径较小，已被证明对环境和人体更加有害。而新的排放法规不但限制颗粒物的质量而且限制颗粒物的数量（PN），故对内燃机的研发提出了严峻的挑战。
- 15

- 内燃机缸内形成的碳烟离开燃烧室以后，在排气过程中继续演变成颗粒物。对柴油机而言，这一演变过程主要是在氧化催化器、选择催化还原器、颗粒过滤器等后处理装置中变化。汽油机排放物中可挥发性成分较多，导致其颗粒物的质量、数量、组分以及粒径分布形态等在排气系统中的演变过程更加复杂。
- 20

迄今为止，人们对包括机动车在内的尾气气溶胶的主要组成及其影响并

没有全面的认知。在对柴油机尾气中颗粒物的处理方式中，柴油机颗粒物捕集（DPF）是公认的最有效的颗粒物净化装置（物理捕集柴油机颗粒，效率常常高达 95%），也是目前净化技术中商用前景最好的技术之一。对于汽油机，同样有类似的汽油机颗粒物捕集器（GPF）。研究表明，GPF 可有效降低 PN 排放，尤其是在低转速、高负荷的运行工况下，GPF 可将 PN 原始排放降低两个数量级。

目前，在实验室研究 GPF/DPF 中，使用碳黑气溶胶模拟内燃机排气颗粒流是一种比较常用的做法，免去了直接进行内燃机实验而带来的资金、人员以及台架的消耗。

同时，内燃机产生的颗粒物，也包含较多的可挥发性有机物（VOC）和半可挥发性有机物（SVOC），纯粹使用碳黑气溶胶模拟内燃机排气颗粒流的方法不太合理，因此，使用汽油/柴油与润滑油的混合液模拟内燃机排气颗粒流中的可溶性有机物显得很有必要。同时，可以采用火焰燃烧器作为尾气源，模拟真实的内燃机尾气环境。

关于内燃机碳黑气溶胶的产生方法，德国 PALAS 公司 RBG 系列粉尘气溶胶发生装置通过使用旋转电刷均匀地移除一定粉末以产生气溶胶，其浓度稳定，能有效地用于产生碳黑气溶胶，但由于颗粒粒径及质量等的原因，直接利用颗粒与气体形成气溶胶后极易沉淀，因此使用粉尘气溶胶发生装置产生颗粒气溶胶的方法达不到良好的颗粒悬浮效果。

美国 ATI 公司 TDA 系列气溶胶发生器通过使用 Laskin 喷嘴使溶液雾化产生气溶胶，其浓度稳定，但其浓度调节手段单一（仅调节空气的稀释比例）。

中国已有的相关专利中，通过使用旋转式颗粒发生与分流稀释原理稀释进行调节，其基本原理与德国 PALAS 公司 RBG 系列粉尘气溶胶发生装置相

近，同样由于颗粒粒径及质量等的原因，直接利用颗粒与气体形成气溶胶后极易沉淀，因此使用粉尘气溶胶发生装置产生颗粒气溶胶的方法达不到良好的颗粒悬浮效果。

发明内容

- 5 本发明提供一种用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，用以克服现有技术中存在的至少一个问题。

根据本发明实施例的第一方面，提供一种用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，包括：

尾气源，用于产生高温尾气流；

- 10 尾气流道，包括多段预定长度的圆管，所述多段圆管之间固定连接；所述尾气流道一端靠近尾气源，另一端远离尾气源；

- 可溶性有机物发生装置，用于产生可溶性有机物；所述可溶性有机物发生装置包括喷油器、喷油器控制单元、喷油器适配器、锥形管；所述喷油器适配器的下表面与所述锥形管的小头同心的焊接在一起，所述喷油器的喷头
15 处于所述锥形管的正中心；所述锥形管大头通过圆柱管焊接在所述尾气流道靠近尾气源的一端，并距离所述尾气流道顶端第一距离；所述喷油器中的油是润滑油和汽油或柴油按照预定配比进行混合后的液体；

- 碳粒发生装置，用于产生碳粒；所述碳粒发生装置包括烟雾箱、超声雾化器、搅拌电机、支撑板、射流真空抽气泵、高压氮气瓶；所述超声雾化器
20 放置在烟雾箱底部；所述搅拌电机的旋转轴由所述支撑板支撑；所述支撑板放置在烟雾箱中容纳的液面上方；所述烟雾箱盖上有孔与所述射流真空抽气泵下部的抽吸口相连，所述射流真空抽气泵的进口与高压氮气瓶相连；所述射流真空抽气泵的出口通过金属输运管连接到所述尾气流道靠近尾气源的一端，并距离所述尾气流道顶端第二距离；

热源，放置在所述烟雾箱下方，用于对所述烟雾箱加热；

所述金属输运管的外壁缠有伴热带，所述伴热带的外围缠有保温石棉；
所述伴热带末端设置有连接温控仪的热电偶的探头，用于监测所述金属输运管末端温度；

- 5 所述尾气流道的每段圆管的下游端口位置，均设置有采样孔和测温点；
所述采样孔和测温点用于实现沿程颗粒物的采样和温度测量；

激光消光测试系统，包括连接到所述尾气流道末端的石英玻璃管，以及用于收集散射光的探头；所述系统用于通过比较激光穿越尾气前后的光强，根据下式计算得到尾气管中碳烟体积分数为 C_v ：

$$10 \quad C_v = \alpha \frac{\lambda}{6\pi L K(\chi)} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

其中， α 是修正系数； λ 是激光的波长； L 为光程长度； χ 是碳烟的复折射率； $K(\chi)$ 是复折射率的函数， $K(\chi) = \text{Im}\left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2}\right)$ ； I_0 为入射光强； I 为出射光强；

- 15 反馈控制系统，用于将所述尾气管中碳烟的浓度与预设的阈值比较，并根据比较结果产生控制信号，并将所述控制信号反馈给所述氮气源的控制单元和所述喷油器控制单元，以改变所述氮气源的送气压力和所述喷油器的脉宽。

可选地，尾气源是火焰燃烧器。

可选地，尾气流道包括 6 段圆管。

- 20 可选地，圆管长度为 500mm。

可选地，各段圆管之间通过法兰和螺栓连接。

可选地，锥形管大头通过圆柱管焊接在尾气流道靠近尾气源的一端，并

距离所述尾气流道顶端 100mm。

可选地，所述射流真空抽气泵的出口通过金属输运管连接在所述尾气流道靠近尾气源的一端，并距离所述尾气流道顶端 400mm。

可选地，烟雾箱中的液体为直径 30nm 的纳米碳粒与水的混合物。

5 可选地，热源用于将烟雾箱中的液体升温至 80℃。

可选地，用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置还包括：颗粒物过滤系统，包括连接在所述石英玻璃管尾端的颗粒物捕集器，用于捕获尾气中的颗粒物。

本发明实施例的创新点包括：

10 1、本发明的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置结构简单、成本低廉，这是本发明实施例的创新点之一。

2、通过多种调节方式来控制碳烟颗粒与可溶性有机物的混合浓度就可以得到合适的混合气溶胶，更真实地模拟内燃机排气颗粒流，并通过各种测试手段获得内燃机颗粒物的演变规律，是本发明实施例的创新点之一。

15 3、为了测得尾气流道中的碳烟颗粒浓度（体积分数）引入激光消光测试系统，该系统试验装置简单，仅需要一个激光器和光电二极管，成本较低，所得数据可靠，可以获得空间一点处的碳烟体积分数，是本发明实施例的创新点之一。

附图说明

20 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明一个实施例的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置的结构示意图；

图 2 中示出了本发明实施例中可溶性有机物发生装置中的喷油器底座与第一段圆管之间的位置关系图；

5 图 3 中示出了本发明实施例中的碳粒发生装置的烟雾箱的俯视图；

图 4 示出了本发明实施例中的射流真空抽气泵的剖面图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

需要说明的是，本发明实施例及附图中的术语“包括”和“具有”以及它们任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元，而是可选地还包括没有列出的步骤或单元，或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

本发明实施例公开了一种用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，以下进行详细说明。

图 1 为本发明一个实施例的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置的结构示意图。

如图 1 所示，根据本发明实施例的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，包括：尾气源、模拟颗粒物演变过程的尾气流道、可溶性有机物发生装置、碳粒发生装置。

可以采用火焰燃烧器作为尾气源，模拟真实内燃机产生的高温尾气流。

尾气流道 1 由 6 段圆管组成，每段圆管 500mm，各段圆管之间通过法兰和螺栓连接。

图 2 中示出了本发明实施例中可溶性有机物发生装置中的喷油器底座与第一段圆管之间的位置关系图。如图 2 所示，油雾发生装置焊接在尾气流道 5 的第一段圆管(也称混合段)上。可溶性有机物发生装置包括喷油器 2、喷油器控制单元 3、喷油器适配器 4 和锥形管 5。喷油器适配器 4 下表面与锥形管 5 的小头同心地焊接在一起，喷油器的喷头处于正中心，锥形管大头通过一段圆柱管 6 与第一段流道圆管焊接。圆柱管 6 与第一段圆管上游的距离为 100mm。

10 可挥发性有机物发生：在可溶性有机物发生装置中，润滑油和汽油/柴油可以分别按照 0.5%，1.0%，1.5%的配比进行混合，以更好地模拟真实内燃机中的可挥发有机物。油从喷油器 2 喷出后，进入到燃烧器尾气的高温环境中，加快了蒸发过程，油雾的蒸发、雾化，和与燃烧器尾气的混合就发生在锥形管 5 和与其焊接的圆管 6 内，从油雾中蒸发出来的可挥发性有机物随尾气继续沿流道向后流动。喷油器 2 采用标致 PSA 喷油器。

20 碳粒发生：碳粒由烟雾箱 7 产生；在水中混合一定质量的纳米碳粒，碳粒的直径是 30nm。将碳粒和水的混合物装入烟雾箱 7 内，装满烟雾箱 7 容积的 2/5，烟雾箱 7 底部正中央放置超声雾化器 8，其利用超声波定向压强，使液体表面隆起，将液体雾化成小分子的气雾。水雾夹杂着碳粒形成碳粒的气溶胶，充满整个烟雾箱 7 空间。

图 3 中示出了本发明实施例中的碳粒发生装置的烟雾箱的俯视图。如图 3 所示；在超声雾化器 8 的两侧的液面上各布置一个搅拌电机 9，搅拌电机 9 的旋转轴支撑在亚克力板上，亚克力支撑板放置在液面的上方。搅拌电机 9 通电后，将把液面快速搅动起来，配合超声雾化器 8 的雾化作用。

25 同时使用热源将烟雾箱 7 底部进行加热，将水升温至 80℃左右，采用探

头式热电偶测量水温，将使烟雾箱 7 内部液面上方充满分布均匀的碳粒饱和气溶胶。搅拌电机 9 和超声雾化器 8 的电源线从烟雾箱 7 盖上钻好的孔中引出。

图 4 示出了本发明实施例中的射流真空抽气泵的剖面图。参见图 4，烟雾箱 7 盖正中央有孔与射流真空抽气泵 10 下部的抽吸口 10-1 相连，射流真空抽气泵 10 的进口 10-2 与高压氮气瓶 11 相连，当氮气流过时，由于节流产生的真空抽吸作用，碳粒气溶胶被从烟雾箱 7 内抽出，并被进一步雾化，流经射流真空抽气泵 10 的真空室 10-3 后从出口 10-4 逃出，进入金属输运管 12。

碳粒气溶胶的加热：碳粒气溶胶进入金属输运管 12，金属输运管 12 的外壁缠有伴热带 13，伴热带 13 的外围缠有保温石棉以实现保温。伴热带 13 的作用是加热碳粒气溶胶，将水雾蒸干，使其变成水蒸气，以防液态水在尾气管 1 内蒸发吸热，改变尾气管内的温度环境。伴热带 13 的末端缠有热电偶的探头，热电偶连接温控仪，以监测输运管末端的温度，末端的设计温度为 300℃。金属管 12 通过转接头与第一段流道圆管相连。

采样和测温：第一段圆管可以称为混合段，主要完成油雾的蒸发雾化和与燃烧器尾气的混合。第 2、3、4、5 段圆管统称测试段，用来测量实现沿程尾气温度的测量，以及沿程颗粒物的采样。第 6 段圆管称为控制段，用来测量尾气的流量。在每段圆管的下游端口，均设置了采样孔和测温点。采用铜网进行采样。使用粒径分布测量设备 CAMBUSTION DMS500 测量颗粒物的粒径分布，使用排放仪测量其他可挥发性有机物。

激光消光测试系统：该系统用来测量尾气中碳烟的浓度（体积分数）。尾气流道圆管的末端连接一段石英玻璃管 14，以便穿过入射光和散射光，进行激光消光测试。尾气气溶胶产生的散射光被消光系统探头 15 所收集。通过比较激光穿越尾气（含碳烟的气溶胶）前后的光强，即可得出为尾气管中碳烟的浓度（体积分数）。

激光消光测试系统用来测量碳烟的浓度（体积分数）。由于碳烟颗粒对光具有较强的散射和吸收作用，当激光产生的光束穿过尾气（含碳烟的气溶胶）时，接收器探测到的能量就会降低。同时，由于碳烟对光线的吸收能力远远大于对光的散射能力，穿越气溶胶后的光强 I 可由下列 Lambert-Beer 公式求得：

$$I = I_0 \exp\left[-\int_0^L E dx\right]$$

式中， I_0 为入射光强度； L 为光程长度； E 为消光系数；根据光的散射理论可得碳烟的体积分数 C_v ：

$$C_v = \alpha \frac{\lambda}{6\pi L K(\chi)} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

10 式中， α 是修正系数， λ 是激光的波长， χ 是碳烟的复折射率， $K(\chi)$ 是复折射率的函数， $K(\chi) = \text{Im}\left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2}\right)$ 。

通过比较激光穿越尾气（含碳烟的气溶胶）前后的光强，即可得出为尾气管中碳烟的浓度（体积分数）。

15 为了测得尾气流道中的碳烟颗粒浓度（体积分数）引入该系统，该系统试验装置简单，仅需要一个激光器和光电二极管，成本较低，所得数据可靠，可以获得空间一点处的碳烟体积分数，被广泛用于碳烟浓度的测试。

尾气流道圆管的末端连接一段石英玻璃管，以便其穿过入射光和散射光，进行激光消光测试。尾气气溶胶所产生的散射光被消光系统探头所收集。

20 反馈控制系统：将激光消光系统得到的尾气管中碳烟体积分数的信号输送到计算机 16 中，计算机 16 经过判断，将控制信号反馈给流量阀控制单元 17 和喷油控制单元 3，以改变氮气的送气压力和喷油脉宽，从而改变碳粒输送的质量流量和可挥发有机物的数量，得到含不同碳烟浓度和可溶性有机物

浓度的混合气溶胶。

颗粒物过滤系统：在石英玻璃管 14 的下游接口，设置商用的颗粒物捕集器 18（DPF 或 GPF），用以捕获尾气中的颗粒物，防止其对大气环境造成污染。

5 本发明实施例中的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置结构简单、成本低廉，用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，通过多种调节方式来控制碳烟颗粒与可溶性有机物的混合浓度得到合适的混合气溶胶，更真实地模拟内燃机排气颗粒流，并通过各种测试手段获得内燃机颗粒物的演变规律。

10 本领域普通技术人员可以理解：附图只是一个实施例的示意图，附图中的模块或流程并不一定是实施本发明所必须的。

本领域普通技术人员可以理解：实施例中的装置中的模块可以按照实施例描述分布于实施例的装置中，也可以进行相应变化位于不同于本实施例的一个或多个装置中。上述实施例的模块可以合并为一个模块，也可以进一步
15 拆分成多个子模块。

最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术
20 方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围。

权 利 要 求 书

1、一种用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，包括：

5 尾气源，用于产生高温尾气流；

尾气流道，包括多段预定长度的圆管，所述多段圆管之间固定连接；所述尾气流道一端靠近尾气源，另一端远离尾气源；

可溶性有机物发生装置，用于产生可溶性有机物；所述可溶性有机物发生装置包括喷油器、喷油器控制单元、喷油器适配器、锥形管；所述喷油器
10 适配器的下表面与所述锥形管的小头同心的焊接在一起，所述喷油器的喷头处于所述锥形管的正中心；所述锥形管大头通过圆柱管焊接在所述尾气流道靠近尾气源的一端，并距离所述尾气流道顶端第一距离；所述喷油器中的油是润滑油和汽油或柴油按照预定配比进行混合后的液体；

碳粒发生装置，用于产生碳粒；所述碳粒发生装置包括烟雾箱、超声雾化器、搅拌电机、支撑板、射流真空抽气泵、高压氮气瓶；所述超声雾化器
15 放置在烟雾箱底部；所述搅拌电机的旋转轴由所述支撑板支撑；所述支撑板放置在烟雾箱中容纳的液面上方；所述烟雾箱盖上有孔与所述射流真空抽气泵下部的抽吸口相连，所述射流真空抽气泵的进口与高压氮气瓶相连；所述射流真空抽气泵的出口通过金属输运管连接到所述尾气流道靠近尾气源的一
20 端，并距离所述尾气流道顶端第二距离；

热源，放置在所述烟雾箱下方，用于对所述烟雾箱加热；

所述金属输运管的外壁缠有伴热带，所述伴热带的外围缠有保温石棉；所述伴热带末端设置有连接温控仪的热电偶的探头，用于监测所述金属输运管末端温度；

25 所述尾气流道的每段圆管的下游端口位置，均设置有采样孔和测温点；

所述采样孔和测温点用于实现沿程颗粒物的采样和温度测量；

激光消光测试系统，包括连接到所述尾气流道末端的石英玻璃管，以及用于收集散射光的探头；所述系统用于通过比较激光穿越尾气前后的光强，根据下式计算得到尾气管中碳烟体积分数 C_v 为：

$$5 \quad C_v = \alpha \frac{\lambda}{6\pi L K(\chi)} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

其中， α 是修正系数； λ 是激光的波长； L 为光程长度； χ 是碳烟的复折射率； $K(\chi)$ 是复折射率的函数， $K(\chi) = \text{Im}\left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2}\right)$ ； I_0 为入射光强； I 为出射光强；

反馈控制系统，用于将所述尾气管中碳烟的浓度与预设的阈值比较，并根据比较结果产生控制信号，并将所述控制信号反馈给所述氮气源的氮气控制单元和所述喷油器控制单元，以改变所述氮气源的送气压力和所述喷油器的脉宽。

2、根据权利要求 1 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，所述尾气源是火焰燃烧器。

15 3、根据权利要求 1 或 2 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，所述尾气流道包括 6 段圆管。

4、根据权利要求 3 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，所述圆管长度为 500mm。

20 5、根据权利要求 4 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，各段圆管之间通过法兰和螺栓连接。

6、根据权利要求 5 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，所述锥形管大头通过圆柱管焊接在所述尾气流道靠近尾气源的一端，并距离所述尾气流道顶端 100mm。

7、根据权利要求 6 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，所述射流真空抽气泵的出口通过金属输运管连接在所述尾气流道靠近尾气源的一端，并距离所述尾气流道顶端 400mm。

5 8、根据权利要求 1 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，所述烟雾箱中的液体为直径 30nm 的纳米碳粒与水的混合物。

9、根据权利要求 1 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，所述热源用于将所述烟雾箱中的液体升温至 80°C。

10 10、根据权利要求 1 所述的用于降低汽车排放的内燃机排气颗粒流演变过程模拟装置，其特征在于，还包括：颗粒物过滤系统，包括连接在所述石英玻璃管尾端的颗粒物捕集器，用于捕获尾气中的颗粒物。

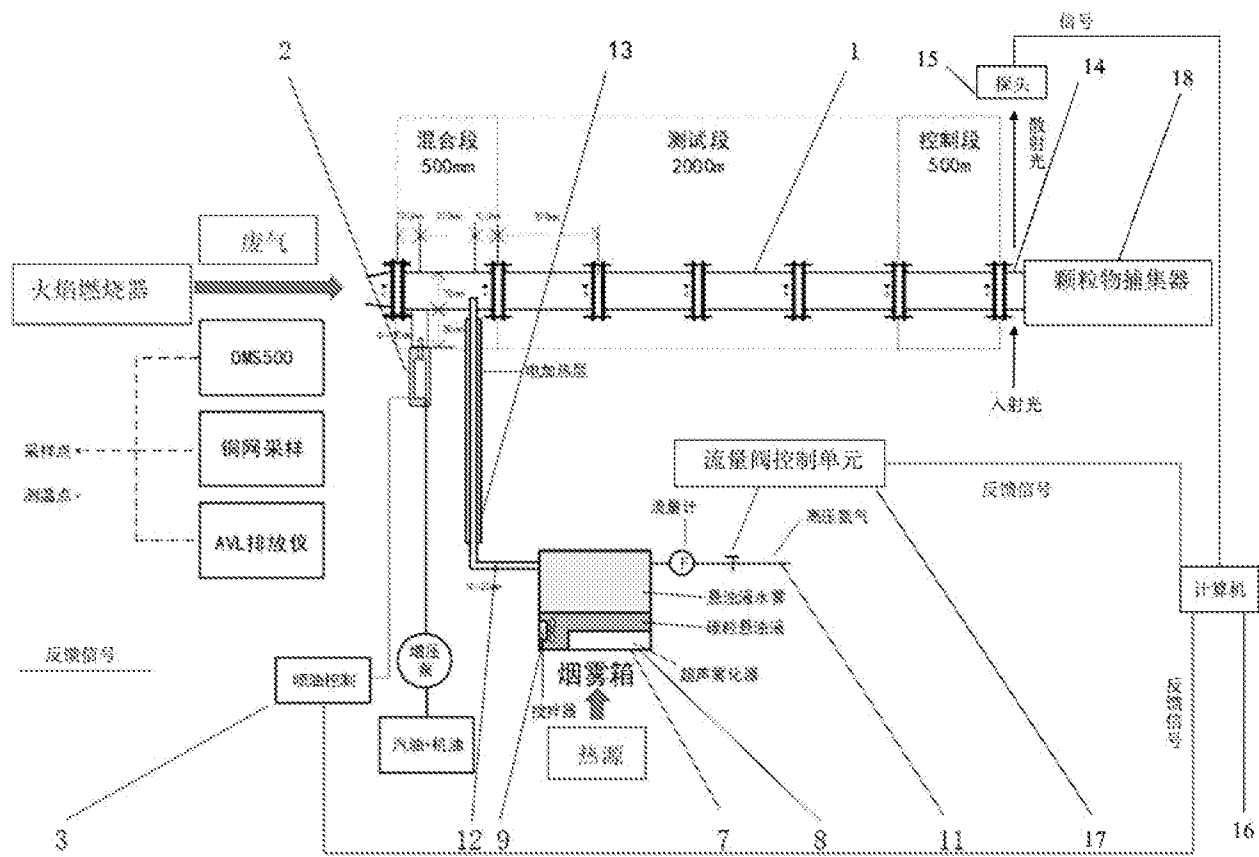


图 1

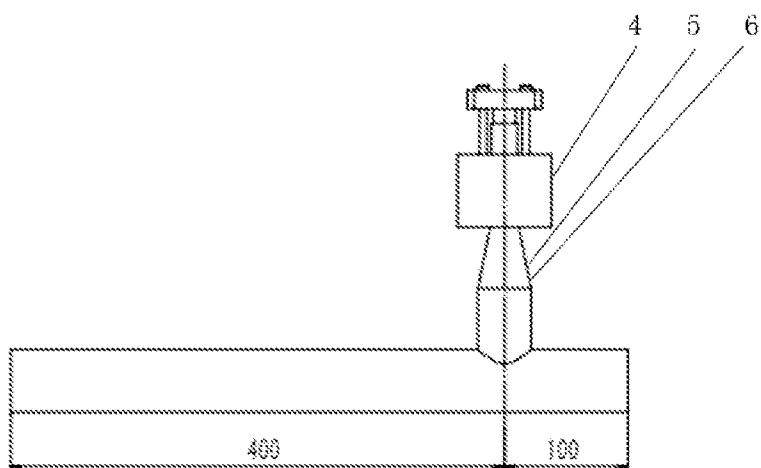


图 2

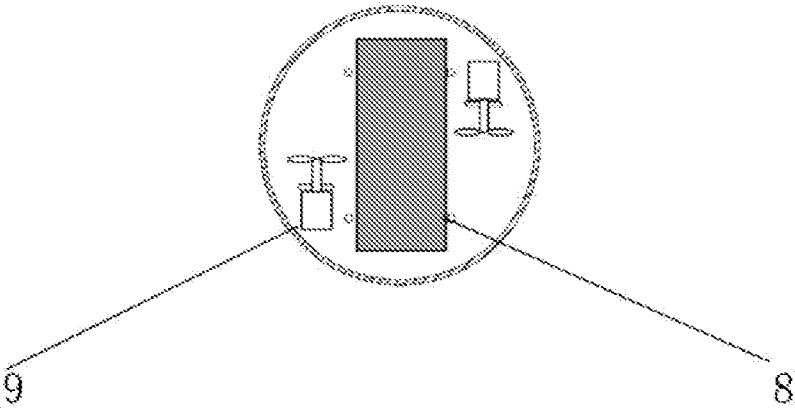


图 3

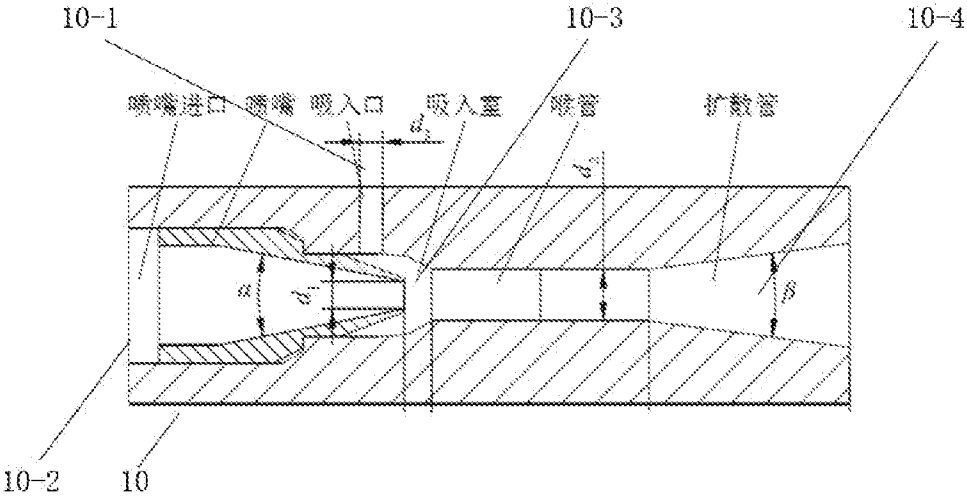


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/085386

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01J 13/00(2006.01)i; G01N 1/22(2006.01)i; G01N 15/00(2006.01)i; G01N 15/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01J; G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; EPTXT; USTXT; VEN; ISI Web of Science: 内燃机, 颗粒, 排气, 排烟, 碳烟, 柴油, 汽油, 喷油, 炭黑, 碳黑, 气溶胶, 配比, 比例, 雾化, 碳粒, 射流, 激光, 光强, 压力, 阈值, particle, exhaust, emission, tail gas, simulat+, carbon, aerosol, internal combustion engine, concentration

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110102228 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 09 August 2019 (2019-08-09) claims 1-10	1-10
A	CN 105833807 A (CHENGDU AERONAUTIC POLYTECHNIC) 10 August 2016 (2016-08-10) description, paragraphs 0006-0019	1-10
A	KR 20050011354 A (FIAT RICERCHE) 29 January 2005 (2005-01-29) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 June 2020

Date of mailing of the international search report

09 July 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/085386

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110102228	A	09 August 2019	None			
CN	105833807	A	10 August 2016	CN	105833807	B	20 July 2018
KR	20050011354	A	29 January 2005	KR	100937008	B1	15 January 2010

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/085386

A. 主题的分类 B01J 13/00(2006.01)i; G01N 1/22(2006.01)i; G01N 15/00(2006.01)i; G01N 15/06(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类														
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) B01J; G01N 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS; CNTXT; CNKI; EPTXT; USTXT; VEN; ISI Web of Science; 内燃机, 颗粒, 排气, 排烟, 碳烟, 柴油, 汽油, 喷油, 炭黑, 碳黑, 气溶胶, 配比, 比例, 雾化, 碳粒, 射流, 激光, 光强, 压力, 阈值, particle, exhaust, emission, tail gas, simulat+, carbon, aerosol, internal combustion engine, concentration														
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110102228 A (清华大学) 2019年 8月 9日 (2019 - 08 - 09) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105833807 A (成都航空职业技术学院) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第0006-0019段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 20050011354 A (FIAT RICERCHE) 2005年 1月 29日 (2005 - 01 - 29) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110102228 A (清华大学) 2019年 8月 9日 (2019 - 08 - 09) 权利要求1-10	1-10	A	CN 105833807 A (成都航空职业技术学院) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第0006-0019段	1-10	A	KR 20050011354 A (FIAT RICERCHE) 2005年 1月 29日 (2005 - 01 - 29) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
PX	CN 110102228 A (清华大学) 2019年 8月 9日 (2019 - 08 - 09) 权利要求1-10	1-10												
A	CN 105833807 A (成都航空职业技术学院) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第0006-0019段	1-10												
A	KR 20050011354 A (FIAT RICERCHE) 2005年 1月 29日 (2005 - 01 - 29) 全文	1-10												
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。														
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件														
国际检索实际完成的日期 2020年 6月 1日		国际检索报告邮寄日期 2020年 7月 9日												
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 徐燕 电话号码 86-(0512)-88997624												

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/085386

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	110102228	A	2019年 8月 9日	无	
CN	105833807	A	2016年 8月 10日	CN	105833807 B 2018年 7月 20日
KR	20050011354	A	2005年 1月 29日	KR	100937008 B1 2010年 1月 15日