

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

G01N 21/01

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98804491.9

[43]公开日 2000年5月17日

[11]公开号 CN 1253624A

[22]申请日 1998.2.24 [21]申请号 98804491.9

[30]优先权

[32]1997.2.24 [33]US [31]08/806,870

[86]国际申请 PCT/US98/03539 1998.2.24

[87]国际公布 WO98/37405 英 1998.8.27

[85]进入国家阶段日期 1999.10.25

[71]申请人 环境测试系统公司

地址 美国加利福尼亚州

[72]发明人 迈克尔·D·杰克 杰伊·C·彼得森

维戴·R·纳尔逊

迈克尔·N·格雷

[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

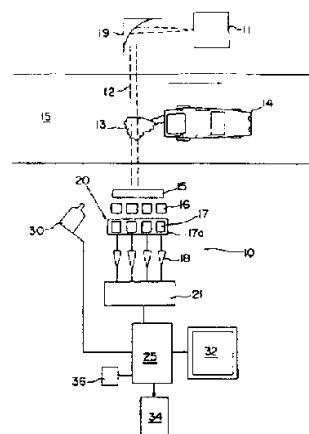
代理人 过晓东

权利要求书 5 页 说明书 22 页 附图页数 1 页

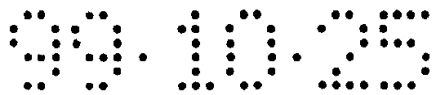
[54]发明名称 遥测废气的方法及装置

[57]摘要

一种测量废气流(13)组成的装置和方法,其包括发射具有多个预定波长红外光(12)的光源(11)。第一个所述预定波长与二氧化碳相关,第二个所述预定波长与第二种气体相关,如烃类化合物和一氧化碳。该装置还包括用于检测通过废气流之光束的检测器单元(20)。该装置依据被检测的第一和第二波长计算第二种气体与二氧化碳的比例,然后将这一比例与废气流中二氧化碳浓度的预定估计值相乘。



ISSN 1008-4274



# 权 利 要 求 书

---

1、一种测量废气组成的装置，其包括：

发出红外光穿过所述废气流的光源，所述光束包括多个预定波长；

用于在所述预定波长下检测通过所述废气流之所述光束的检测器，其中第一个所述预定波长与二氧化碳相关，第二个所述预定波长与第二种气体相关；

依据所述被检测的第一和第二波长计算所述第二种气体与二氧化碳比例的装置；和

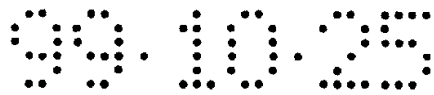
用于将所述比例与所述废气流中二氧化碳浓度的预定估计值相乘的乘法器，以得到所述第二种气体浓度的测量值。

2、如权利要求 1 所述的装置，其中，所述第二种气体为烃类化合物。

3、如权利要求 1 所述的装置，其中，所述第二种气体为一氧化碳。

4、如权利要求 1 所述的装置，其中，所述第二种气体为氮的氧化物。

5、如权利要求 1 所述的装置，其中，所述第二种气体为一氧化氮。



6、如权利要求 1 所述的装置，其中，以废气流体积计，所述二氧化碳浓度的预定估计值在约百分之 13 和百分之 18 的范围内。

7、如权利要求 1 所述的装置，其中，以废气流体积计，所述二氧化碳浓度的预定估计值在约百分之 14 和百分之 16 的范围内。

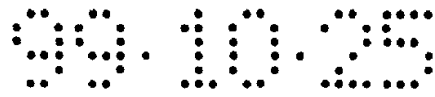
8、如权利要求 1 所述的装置，其中，以废气流湿体积计，所述二氧化碳浓度的预定估计值在约百分之 12 和百分之 14 的范围内。

9、如权利要求 1 所述的装置，其中，所述检测器包括多个光检测器，各光检测器对一个波长段敏感，所述波长段仅包含一个所述预定波长。

10、如权利要求 1 所述的装置，其中，各检测器包括光敏感元件以及置于所述废气流与光敏感元件之间的滤光片，所述滤光片具有的通带与各波长段相吻合。

11、如权利要求 1 所述的装置，其中，所述二氧化碳浓度的预定估计值是通过实验得到的。

12、如权利要求 1 所述的装置，其中所述第二种气体为烃类化合物，该装置还包括：



用于将实验测得的因子与所述烃类化合物浓度值相乘的乘法器。

13、如权利要求 1 所述的装置，其中所述第二种气体为烃类化合物，而且第三种所述预定波长与氧化氮相关，该装置还包括：

依据所述被检测的第一和第三波长计算所述氧化氮与二氧化碳比例 ( $R_{NO/CO_2}$ ) 的装置；和

用于将所述比例 ( $R_{NO/CO_2}$ ) 与所述废气中二氧化碳浓度的预定估计值相乘的乘法器，以得到所述氧化氮的浓度测量值。

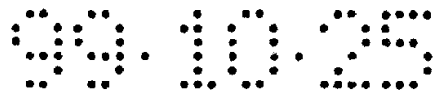
14、如权利要求 1 所述的装置，其中所述废气流由燃烧燃料产生，而且所述第二种气体是烃类化合物，第三所述预定波长与一氧化碳相关，该装置还包括：

依据所述被检测的第一和第三波长计算所述一氧化碳与二氧化碳比例 ( $R_{CO/CO_2}$ ) 的装置；和

依据假设的燃料第一 C : H 比例和废气流的第二 C : H 比例，其中所述第一和第二 C : H 比例不相同，通过所述第一比例和所述第二比例 ( $R_{CO/CO_2}$ ) 计算废气流中所述一氧化碳浓度的装置。

15、如权利要求 14 所述的方法，其中，所述第一 C : H 比例约为 1.85，所述第二 C : H 比例约为 2.33。

16、一种测量运动车辆废气流组成的方法，其包括以下步骤：



发射红外光穿过所述废气流，所述光束包括多个预定波长；

在所述预定波长下检测通过所述废气流的所述光束，其中第一个所述预定波长与二氧化碳相关，第二个所述预定波长与第二种气体相关；

依据所述被检测的第一和第二波长计算所述第二种气体与二氧化碳比例；和

将所述比例与所述废气流中二氧化碳浓度的预定估计值相乘，以得到所述第二种气体浓度的测量值。

17、如权利要求 16 所述的方法，其中，所述第二种气体为一氧化碳。

18、如权利要求 16 所述的方法，其中，所述第二种气体为烃类化合物。

19、如权利要求 16 所述的方法，其中，所述第二种气体为烃类化合物，该方法还包括：

将实验测得的因子与所述烃类化合物浓度值相乘。

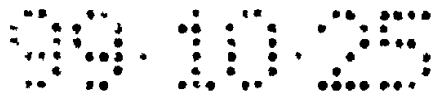
20、如权利要求 16 所述的方法，其中，所述第二种气体为氮的氧化物。

21、如权利要求 16 所述的方法，其中，所述第二种气体为水蒸汽。

22、如权利要求 16 所述的方法，其中，以废气体积流计，所述二氧化碳浓度的预定估计值在约百分之 13 和百分之 18 的范围内。

23、如权利要求 16 所述的方法，其中：以废气流体积计，所述二氧化碳浓度的预定估计值在约百分之 14 和百分之 16 的范围内。

24、如权利要求 16 所述的方法，其中，以废气流湿体积计，所述二氧化碳浓度的预定估计值在约百分之 12 和百分之 14 的范围内。



# 说明书

---

## 遥测废气的方法及装置

### 发明背景

#### (a) 发明领域

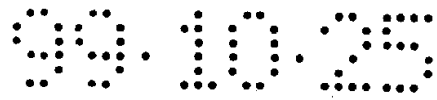
概括而言，本发明涉及对环境污染的监测，更具体而言，本发明涉及一种用于遥测废气组合物如机动车辆所产生废气的系统。

#### (b) 相关技术描述

环境污染，如大气污染，是一个严重的问题，在城镇地区情况尤为严峻。大部分这样的污染是由机动车辆排放的废气造成的。现在已经设立政府标准，用于限定汽车废气中某些污染物的允许限量，而且在很多地区为确保车辆满足这些标准，要求进行周期性的检测。

例如，很多州已开始强制执行周期性的监查和维修（I/M）程序，其中检测车辆废气中的污染物并与预定指标作比较。如果车辆排出的废气不能达到这些标准，一般必须将车辆进行修理使其达到排放标准。

但仍有大量未达到政府排放标准的车辆行驶在公路上。造成大量污染的车辆甚至在要求周期性检测废气的区域也能开行。例如，某些较老式的车辆和某些特殊型号的车辆可免于检测。此外，由于在各个周期性检测之间还存在大量的时间段允许车辆通行，对车辆废气控制的工作运转得并不很好。



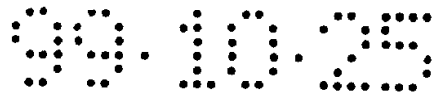
而且，尽管在较新型的车辆上必须加装防污染装置，用以满足将废气中的污染降至指定水平以内的设计要求，有些车主却认为防污染装置会降低发动机的性能。基于此种原因，有些车主已经学会在必要时调整车辆以应付必要的检查，而随后又拆除、调整、和/或有意中止防污染装置的正常使用。此外，可以认为大量的污染是由不成比例的数量较少的车辆造成的。因此，采用无人操作的车辆检测系统是有好处的。

典型的检测程序采用空转测试法，其中在车辆停止时检测怠速运转下车辆的废气。怠速运转的废气指标一般被制定得足够高，用以补偿仪器误差，操作误差，以及校正误差。这样操作的结果是很多具有缺陷或不合格排放装置的车辆可以逃过检测和强制性维修，而继续以污染环境的高排放方式运转。空转测试法不测量负载运行下的发动机，与车辆静止空转相比，绝大部分污染物是在车辆加速和负重维持一定速度时产生的。因此，如果测试操作针对静止的车辆时，由于此时发动机并未排放，也未负载，所以常常不能准确检测出在车辆正常运转下发动机产生的污染物。因此，需要一种在车辆实际运转过程中检测其排放污染物的装置。

因此，全部依赖于在固定场地强制进行周期性监测的防污染计划是不够的。在车辆实际运转过程中检测其是否超过预定排放标准，是否需要维修以达到排放标准或将其报废的操作程序应更为有利。

Swanson, Jr.的第 4,924,095 号美国专利公开了一种用于机动车辆废气测量的遥控气体分析仪，此处全文引用作为参考。在其所公开系统





的一个实施例中，采用吸收光谱仪测量机动车辆废气流中单位体积所包含的污染物量。采用多条第一光束构成第一光束阵列，该阵列在废气流预定的长度方向上基本包围了整个废气流的截面。

分析多条第一光束的光谱含量以测定第一种预选的污染物在废气流中的浓度，该污染物典型为一氧化碳或二氧化碳。由计算机确定机动车辆造成的单位体积中第一种污染物的相对增加量。第二气体分析仪中包含第二种穿过废气流的光束，用于测量多种污染物的浓度增加，其中包括前述第一污染物。计算机利用第二污染物增加量和第一污染物增加量间的比例关系进一步确定单位体积中第二污染物（即，不用光束阵列测量的污染物）的相对增加量。将第一污染物的增加量（利用光束阵列测定）乘以该比例确定单位体积中第二种气体的含量。但该系统的缺陷是需要光束阵列足够大，以监测废气的整个截面。若能采用不需要光束阵列的系统检测废气中污染物浓度则应更为有利。

Stedman 等人的第 5,498,872 号美国专利公开了另一种遥测车辆排放物的装置，此处全文引用作为参考。所公开的装置利用普通燃烧反应的化学剂量比大致评价各排出组分的相对含量，而不是采用光速阵列来获取废气排出的污染物的总量。Stedman 所公开的方法有缺点，例如，其明显依赖于废气和燃料具有相同烃类组成的错误的假设。此外，其所公开的方法认为需要采用紫外辐射源测量  $\text{NO}_x$  污染物。若能采用一种不需要进行这种假设，同时又不需要采用紫外辐射源测量  $\text{NO}_x$  污染物方法，则更为有利。

Jack 等人的第 5,591 975 号美国专利公开了另一种遥测车辆排放物



的装置，其已转让给本申请的受让人，并在此全文引用作为参考。

### 发明简述

本发明涉及一种测量例如由机动车辆产生的废气流的组成的方法和装置。采用一个光源，该光源发出一束具有多个预定波长的红外光束穿过机动车辆的废气流。该体系还包括一个检测器，用于在预定波长下检测通过废气的光束。第一个预定波长与二氧化碳相关，第二个预定波长与第二种气体相关，如烃类气体。该装置依据被检测的第一和第二波长计算出第二种气体与二氧化碳的比例。该比例与废气中二氧化碳的预定浓度估计值相乘。

本发明也提供一种使用红外辐射源检测废气中氮氧化物含量的方法和装置。该方法包括测量氮氧化物和二氧化碳的比例，并将这一比例与废气中二氧化碳的预定浓度估计值相乘。

以下列发明详述以及附图为参考可最大限度地理解本发明、以及它的其他目的和优点。

### 附图简述

本发明唯一的附图是本发明废气遥测系统的一个实施方案的示意图。

### 优选实施方案详述

本发明提供一种测量下述各种源例如机动车辆发动机排出的废气

的组成的方法及装置。

概括地说，本发明的系统在选定频率下通过分析废气流样品的红外吸收类测量废气流例如移动的机动车辆排出的废气中污染性气体的浓度。在红外区所选定的具体频率依各种污染物而定，典型地，污染物包括一氧化碳、二氧化碳、烃类化合物、和氮的氧化物如一氧化氮。可按以下方法分析红外吸收数据并得出废气中污染物的大致浓度。

下面具体讨论一种在车辆于公路上行驶时测量机动车辆废气流中废气组成的系统。但本发明并不仅局限于机动车辆废气的检测，它也可用于测量其他来源的排放物，这包括那些不移动的源。优选地，本发明用于检测由具有内燃机的机动车辆产生的废气流的组成。典型地，这些废气中包含，如二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）、一氧化碳（ $\text{CO}$ ）、烃类化合物（ $\text{HC}$  或  $\text{CH}$ ）、水蒸气（ $\text{H}_2\text{O}$ ）、和一氧化氮（ $\text{NO}$ ）。

参见附图，系统（总体由数字 10 代表）包括一个提供红外（“IR”）光的光源 11。光源 11 优选为宽谱带的 IR 源，例如包含碳化硅灯丝及相关电源的光源，而且例如在约 3 nm 至 6 nm 区域可产生显著的 IR 光。红外光源 11 提供光束 12，光束 12 可任选地，如 U. S. Patent No. 5, 591, 975 中讨论的那样，通过一个遮光器（图中未显示）。红外光源 11 可和一个光束形成器 19 如抛物面反射器相匹配。

将光束 12 校准，使得在车辆 14 于公路 15 上按图示方向运动时光束 12 穿过车辆 14 的废气流 13。IR 光束 12 穿过废气流 13 造成谱带范围内多个波长被选择性地部分吸收，发生选择性吸收是因为废气中存在  $\text{NO}_x$ 、水蒸气、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$ （烃类化合物）、以及其他物质。如



本领域技术人员所熟知的那样，上述各种物质在已知波长或接近已知波长处吸收红外光。

在穿过废气流 13 后，光束 12 可通过一个任选的、用于作校准的 IR 透过性气体池（未作图示），然后通过一个光束积分器或发散器 15。发散的光束被投射至多个窄波带的滤光片 16 上，每个滤光片对应一个测量通道。选择滤光片 16 使得预定窄波带的波长投射至具有多个光检测器 17 的焦平面 17a 上，各光检测器 17 被调整至用来测量各指定污染物。包括焦平面 17a 的检测器单元总地用数字 20 代表。各光检测器 17 针对相应测量通道的信号输入输出一个电信号，测量通道包括适当的产生模拟信号的电子设备（由数字 18 代表）、模拟信号至数字信号转换器 21、和一个连有下述一种或多种输出设备的数据处理器 25。

数据处理器 25 对模拟信号至数字信号转换器 21 的输出信号进行必要的处理。数据处理器 25 可与一个查找表格配合，如在第 5,591,975 号美国专利（前述）和此处全文引用作为参考的第 5,418,366 号美国专利所公开的那样，最方便的是将查找表格制成数据处理器 25 可识别的存储区（半导体和/或磁盘）。可采用一个适当的冷却器，如本领域技术人员所熟知的热-电装置，冷却典型需在低于室温的操作温度下工作的 IR 检测器 17。

依赖于需要检测的污染物数量以及参考通道，例如，可采取至少 6 个测量通道。例如，系统可具有一个 NO 光谱通道（具有通带集中在 5.26 微米的滤光片），一个 H<sub>2</sub>O 光谱通道（具有通带集中在 5.02 微米的滤光片），一个第一参考或 CO<sub>2</sub> 光谱通道（具有通带集中在 4.2 微米



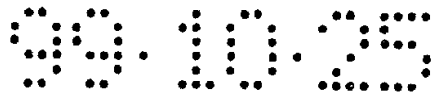
的滤光片), 一个 CO 光谱通道 (具有通带集中在 4.6 微米的滤光片), 一个 HC 光谱通道 (具有通带集中在 3.3 微米的滤光片), 和一个具有通带集中在 3.8 微米的滤光片的第二参考光谱通道。如果需要, 也可加装测量其他污染物的通道。本领域的技术人员知道怎样选择适当的测量和参考通道。

光源 11 连续发出光束 12 进入检测器单元 20。数据处理器 25 连续不断地分析所有检测器单元 20 中各检测器 17 所接受到的光密度。此外, 当车辆 14 经过道路 15 将光束 12 阻断时, 数据处理器 25 保存车辆 14 阻断光束前大气中一氧化碳、二氧化碳、烃类化合物、氮氧化物、和/或水的信息。这些数据作为测量的背景, 在测量车辆 14 的废气污染时要作背景扣除。系统 10 所提供的数据分析也是作背景扣除的。

接下来在检测器单元 20 重新接收到光束后的预定期间内, 检测器单元 20 和数据处理器 25 共同操作测量车辆 14 尾部废气流 13 中的一氧化碳、二氧化碳、烃类化合物、氮氧化物、和/或水的含量 (或其它需要测量的物质)。预定的采样时间通常约为 0.1 秒—1.0 秒, 例如, 采样时间可为 0.5 秒。此后, 系统 10 复位以测量下一辆通过的车辆。

优选使用参考通道以消除颗粒材料造成的 IR 吸收波动。将测试区域中车辆 14 通过后所得的原始信号 (按上述进行采样) 除以车辆到达前的信号。这种操作机理在第 5,591,975 号美国专利中已被描述。

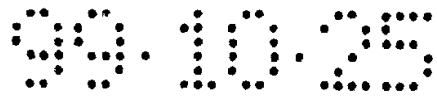
优选地, 如果有必要, 如当车辆 14 的排放值超标时, 系统可包括鉴别车辆 14 的装置。利用未被车辆 14 阻断的光 (或者在车辆通过光束后的某一时间), 摄像机 30 可记录车辆 14 的尾部图像和车牌。或者



也可记录车辆 14 的前部或其它部位。当如上所述采样和分析完成后，通过相关的输出设备可将各种污染物（如 CO、CO<sub>2</sub>、HC、NO<sub>x</sub>、和水）的含量显示和/或永久的储存，同时被记录的还有其它识别信息如测量的日期和时间。虽然也可以采取任意的储存方式，优选地，这些信息以磁或电的方式被永久储存。这些信息可在一个输出监视器 32 中显示和/或储存在录相机 34 中。信息也可储存在电子存储设备 36 中。

利用本领域已被人所熟知的光学识别软件可将系统 10 设计成可自动识别车牌。在此模式下，可消除或减少手工识别。在随后的时间里可将数据读出供司法部门使用，如向车辆 14 的车主递交违规单（或要求手工检测车辆的通知单）。或者本系统的操作者可从监视器 32 中读取被记录的信息并随后手工将信息和车牌输入到计算机数据库中。系统也可储存每辆被测试车辆的图象及数据信息，而不单单记录造成污染的车辆，这样用来建立有关不同型号车辆废气组成的数据库。

在操作中优选将检测器单元 20 沿单车道公路 15 安装在距路面约 8 至 12 英寸处，如 10 英寸。上述数据处理器 25 检测上述信号通道的信号强度。当车辆 14 进入光束 12 的光路中时，车辆 14 的存在使电压信号降低。车辆 14 进入光束 12 前的各信号通道（如 NO、CO、CO<sub>2</sub>、HC、和 H<sub>2</sub>O 检测器）的电压信号被读取并储存至数据处理器 25 中。当车辆穿过光路且检测器单元 20 可重新接收光束 12 的信号后，数据处理器 25 又可以读取一系列各检测器随时间变化的电压信号。检测器单元 20 和数据处理器 25 在车辆 14 穿过光路后如上所述继续读取约 0.1 秒至 1.0 秒期间内各检测器的电压信号。优选地，采样间隔约 1 毫秒至



20 毫秒，通过数据处理器 25 对检测器的信号作平均。按此模式操作可获得更好的信噪比。

现更具体地描述由数据处理器 25 执行的分析过程。如上所述，数据处理器 25 通过红外采样机制检测废气中污染物的相对含量，以此可部分（仅仅是部分）计算废气中污染物的量。首先，如上所述，如，从烃类化合物检测器、一氧化碳检测器、二氧化碳检测器、氮氧化物检测器以及参考检测器中累加以时间为函数的电压数据。

在装置测得(a) 车辆 14 通过测量区域前所存在污染物的透光率和(b) 废气流 13 中污染物的透光率之间的差别后，优选对原始数据作标准化。例如，计算 CO 电压和参比电压的比值，然后将这些任意的单位重新计算得到校正的 CO 值。如第 5,591,975 和 5,418,366 号美国专利中所述，优选采用一个多项式方程将原始数据转化成被检测污染物的有效浓度（%或 ppm）。

## 一氧化碳的测量

对车辆一氧化碳的测量首先包括确定烃类化合物（HC）和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）浓度的相互关系。例如，可通过数据处理器 25 经检测器 17 得到 HC 和 CO<sub>2</sub> 的数据，对其作相关图，由此即可获取这种相互关系。数据处理器 25 利用最小二乘回归分析法计算这些数据优化曲线的斜率。该曲线的斜率为 HC : CO<sub>2</sub> 的摩尔比（此处也表示为  $R_{HC/CO_2}$  或 HC/CO<sub>2</sub>），它代表废气中烃类化合物和二氧化碳相对摩尔量的测量结果。这种分析方法在第 5,418 366 号美国专利中也有描述。

类似地，也测定一氧化碳（CO）和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）浓度间的相互关系。与上述  $R_{HC/CO_2}$  的计算相似，可得出 CO 和 CO<sub>2</sub> 间的相关因子，如通过数据处理器 25 经检测器 17 得到 CO 和 CO<sub>2</sub> 的数据，对其作相关图获取这种相互关系。数据处理器 25 利用最小二乘回归分析法计算这些数据优化曲线的斜率。该曲线的斜率为 CO : CO<sub>2</sub> 的摩尔比（此处也表示为  $R_{CO/CO_2}$  或  $CO/CO_2$ ），它代表废气中一氧化碳和二氧化碳相对摩尔量的测量结果。

利用  $R_{CO/CO_2}$  和  $R_{HC/CO_2}$  数据计算废气流中一氧化碳的估计浓度值。更具体而言，为提出一氧化碳的浓度，优选采用  $R_{CO/CO_2}$  和  $R_{HC/CO_2}$  数据代入包含燃烧反应成分之相对量的计算中。如下列方程式 27、23、和 30 中所代表的那样，这种计算引入了燃料和废气中烃类化合物成分不同的假设。现将说明方程式 23 和 27 的推导。

内燃机利用空气燃烧含碳和氢的燃料（化学式为 CH<sub>x</sub>），其中空气的组成被设定为  $0.21[O_2] + 0.79[IATM]$ ，其中“IATM”是惰性气体的浓度。氮气是 IATM 中的主成分。因此以体积为计，n 摩尔 O<sub>2</sub> 需要 3.76 n 摩尔大气中的惰性成分。

燃烧过程可用下列方程式表述，其中“ $R_{HCF}$ ”是燃料的 H : C 比，而“ $R_{HC}$ ”是废气中的 H : C 比。

$$(1) \quad [CH_{R_{HCF}}] + n[O_2] + 3.76n[IATM] = k[CO_2] + l[CO] + m[CH_{R_{HC}}] + k'[H_2O] + 3.76n[IATM]$$



在以下的讨论中，根据一个简化的方式，假设燃料中按  $C_8H_{18}$ 、 $C_8H_{16}$ 、和  $C_6H_6$  表示的烷烃，烯烃和芳族化合物的浓度相等，在以后将燃料的 H : C 比  $R_{HCF}$  设为 1.85。将 C 和 H 的量相加并将 H 与 C 相比得数值约 1.85。 $R_{HC}$  (废气) 被设定为约 2.33，因为假设废气中烃类化合物为 100% 的己烷， $C_6H_{14}$ 。因此，很明显，采用适当的假设， $R_{HCF}$  和  $R_{HC}$  间有明显的不同。采用上述  $R_{HCF} = 1.82$  和  $R_{HC} = 2.33$  之间的假设值在本发明范围内。例如， $R_{HCF}$  的假设值可在约 1.7 至 2.0 之间，而  $R_{HC}$  的假设值可在约 2.1 至 2.5 之间。(注意对于天然气燃料 ( $CH_4$ )， $R_{HCF}$  和  $R_{HC}$  均约为 4)。依据燃料的组成，在本发明讨论的启发下本领域的普通技术人员就能确定其他适当的比例。

考虑到在上述燃烧反应中碳，氢和氧的守恒，可发展出 3 个方程式和 3 个未知数。以下分别列出这些方程式，其中 (2) 为氧守恒方程式，(3) 为碳守恒方程式，(4) 为氢守恒方程式：

$$(2) \quad 2n = 2k + l + k'$$

$$(3) \quad l = k + l + m$$

$$(4) \quad R_{HCF} = mR_{HC} + 2k'$$

根据上述方程式 1，用以下方程式描述废气中  $CO/CO_2 (R_{CO/CO_2})$  和  $HC/CO_2 (R_{HC/CO_2})$  的比值：

$$(5) \quad [CO] / [CO_2] \equiv R_{CO/CO_2} = l / k$$

$$(6) \quad [CH_{RHC}] / [CO_2] \equiv R_{HC/CO_2} = m / k$$

重排上述方程式，如下所述利用替换可解出这些方程式。首先将方程式 5 和 6 代入方程式 3 中：

$$(7) \quad 1 = k + k \times R_{CO/CO_2} + k \times R_{HC/CO_2} = k(1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2})$$

$$(8) \quad k_{CO_2} \equiv k = \frac{1}{(1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2})}$$

将方程式 6 代入方程式 4 中得到：

$$(9) \quad R_{HCF} = mR_{HC} + 2k' = kR_{HC/CO_2} \times R_{HC} + 2k'$$

重排上述方程式得到：

$$(10) \quad k'_{H_2O} \equiv k' = \frac{1}{2}(R_{HCF} - kR_{HC/CO_2} \times R_{HC})$$

将方程式 10 和 5 代入方程式 2 中：

$$(11) \quad 2n = 2k + kR_{CO/CO_2} + k'$$

$$(12) \quad 2n = 2k + kR_{CO/CO_2} + \frac{1}{2}(R_{HCF} - kR_{HC/CO_2} \times R_{HC})$$

$$(13) \quad n_{O_2} \equiv n = \frac{k}{2} \left[ 2 + R_{CO/CO_2} - \frac{R_{HC/CO_2} \times R_{HC}}{2} \right] + \frac{R_{HCF}}{4}$$

从方程式 8 和 6 得到:

$$(14) \quad m_{HC} \equiv m = \frac{R_{HC/CO_2}}{(1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2})}$$

从方程式 8 和 5 得到:

$$(15) \quad l_{CO} \equiv l = \frac{R_{CO/CO_2}}{(1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2})}$$

初步计算得到车辆排气管中湿废气（即包括水蒸气）中  $CO_2$  的百分浓度:

$$(16) \quad \%CO_2 = \frac{k_{CO_2}}{k_{CO_2} + l_{CO} + m_{CH} + k_{H_2O} + 3.76n_{O_2}}$$

重排上述方程式 16 得到:

$$(17) \quad \%CO_2 = \frac{1}{1 + \frac{l_{CO}}{k_{CO_2}} + \frac{m_{CH}}{k_{CO_2}} + \frac{k_{H_2O}}{k_{CO_2}} + \frac{3.76n_{O_2}}{k_{CO_2}}}$$

从方程式 5 和方程式 6 得到:

$$(18) \quad \frac{l_{CO}}{k_{CO_2}} = R_{CO/CO_2} \text{ 和 } \frac{m_{CH}}{k_{CO_2}} = R_{HC/CO_2}$$

从方程式 8、10、和 13 得出下列方程式：

$$(19) \quad \frac{k' H_2O}{k_{CO_2}} = \frac{R_{HCF}}{2} (1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2}) - \frac{R_{HC}}{2} R_{HC/CO_2}$$

$$(20) \quad \frac{3.76n_{O_2}}{k_{CO_2}} = \frac{3.76R_{HCF}}{4} (1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2}) + \frac{3.76}{4} (4 + 2R_{CO/CO_2} - R_{HC/CO_2} \times R_{HC})$$

合并各项得到下列方程式：

$$(21) \quad \%CO_2^{-1} = 1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2} + \frac{5.76R_{HCF}}{4} (1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2}) + \frac{3.76}{4} (4 + 2R_{CO/CO_2}) - \frac{5.76}{4} R_{HC/CO_2} \times R_{HC}$$

合并同类项得到下列方程式：

$$(22) \quad \%CO_2^{-1} = 4.76 + \frac{5.76R_{HCF}}{4} + R_{CO/CO_2} (1 + \frac{5.76R_{HCF}}{4} + \frac{3.76 \times 2}{4}) + R_{HC/CO_2} (1 + \frac{5.76R_{HC}}{4} - \frac{5.76}{4} R_{EC})$$

如上所述，依据  $R_{HCF}=1.85$  和  $R_{HC}=2.33$ ，解出下列方程式得到二氧化碳的浓度。该方程式用于确定以湿废气为计的一氧化碳浓度：

$$(23) \quad [CO_2] = \frac{1}{7.42 + 5.54R_{CO/CO_2} + 0.308R_{HC/CO_2}}$$

根据进一步的计算，为解出干废气（即扣除水蒸气）的问题，从上述方程式 17 中省略项  $k'$ （废气中水的摩尔量）：

$$(24) \quad \%CO_2 = \frac{1}{1 + \frac{l_{CO}}{k_{CO_2}} + \frac{m_{CH}}{k_{CO_2}} + \frac{3.76n_{O_2}}{k_{CO_2}}}$$

$$(25) \quad \%CO_2^{-1} = 1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2} + \frac{3.76R_{HCF}}{4} (1 + R_{CO/CO_2} + R_{HC/CO_2}) + \frac{3.76}{4} (4 + 2R_{CO/CO_2} - R_{HC/CO_2} \times R_{HC})$$

合并各项：

$$(26) \quad \%CO_2^{-1} = 4.76 + \frac{3.76R_{HCF}}{4} + R_{CO/CO_2} \left( 1 + \frac{3.76R_{HCF}}{4} + \frac{7.52}{4} \right) + R_{HC/CO_2} \left( 1 + \frac{3.76R_{HCF}}{4} - \frac{3.76}{4} R_{HC} \right)$$

如上所述，根据  $R_{HCF}=1.85$  和  $R_{HC}=2.33$  的假设，对于干废气：

$$(27) \quad \%CO_2^{-1} = 6.53 + 4.62R_{CO/CO_2} + 0.549R_{HC/CO_2}$$

为进行简化，考虑到燃烧反应中各组分的摩尔量（上述方程式 1），采用以下方程式表示干废气中二氧化碳的浓度：

$$(28) \quad [CO_2] = \frac{k_{CO_2}}{k_{CO_2} + l_{CO} + m_{CH_{2HC}} + 3.76n_{IATM} + O_{H_2O}}$$

与方程式 16 和 28 类似，以下方程式表示湿废气（即包括废气中所水蒸气）中二氧化碳的浓度。

$$(29) \quad [CO_2] = \frac{k_{CO_2}}{k_{CO_2} + l_{CO} + m_{CH_{2HC}} + 3.76n_{IATM} + k'_{H_2O}}$$

考虑到上述的推导，可采用下列方程式计算干废气中二氧化碳的浓度：

$$(27) \quad [CO_2] = \frac{1}{6.53 + 4.62R_{CO/CO_2} + 0.549R_{HC/CO_2}}$$

与上述方程式 27 类似，考虑到上述的推导，可采用下列方程式计算湿废气中二氧化碳的浓度：

$$(23) \quad [CO_2] = \frac{1}{7.42 + 5.54R_{CO/CO_2} + 0.308R_{HC/CO_2}}$$

由于在方程式 27 和 23 中包括  $R_{\text{HC}/\text{CO}_2}$  在内的因子对二氧化碳计算的准确性的影响可以忽略，实际上采用下列方程式计算  $\text{CO}_2$  的浓度。方程式 30 用来计算干废气中二氧化碳的浓度，而方程式 31 用来计算湿废气中二氧化碳的浓度。

$$(30) \quad [\text{CO}_2] = \frac{1}{6.53 + 4.62R_{\text{CO}/\text{CO}_2}}$$

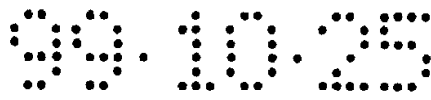
$$(31) \quad [\text{CO}_2] = \frac{1}{7.42 + 5.54R_{\text{CO}/\text{CO}_2}}$$

因为  $R_{\text{CO}/\text{CO}_2}$  被定义为一氧化碳的浓度除以二氧化碳的浓度：

$$(32) \quad [\text{CO}] = R_{\text{CO}/\text{CO}_2} \times [\text{CO}_2]$$

将  $R_{\text{CO}/\text{CO}_2}$  和  $R_{\text{HC}/\text{CO}_2}$  的数值代入上述方程式 30 得到废气中一氧化碳的估计浓度。该数值乘以方程式 30（干废气）和方程式 31（湿废气）给出的二氧化碳含量得到废气中一氧化碳的含量。因此，本发明提供了计算干废气或湿废气中二氧化碳含量的选择，与标准值作比较确定是否被测试车辆污染超标。

按此模式，可依据(a) 校正 CO 值和校正  $\text{CO}_2$  值的关系曲线和(b) 校正 HC 值和校正  $\text{CO}_2$  值的关系曲线的斜率确定废气中一氧化碳和二氧化碳的百分比。



## 烃类化合物的测定

优选依据下述方法测量废气流中烃类化合物的含量。

分析的第一步包括确定烃类化合物（HC）和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）浓度间的相互关系以得出废气流中烃类化合物和二氧化碳的相对摩尔比例。如上所述，可通过数据处理器 25 经检测器 17 得到 HC 和 CO<sub>2</sub> 的数据，对其作相关图获取这种相互关系。得出 HC : CO<sub>2</sub> 的摩尔比（也表示为  $R_{\text{HC}/\text{CO}_2}$  或  $\text{HC}/\text{CO}_2$ ）。

对废气中烃类化合物计算的分析也应包括使用典型二氧化碳浓度的平均测量值，该二氧化碳浓度的平均测量值由遥测操作中在现场和接近现场对机动车辆成百上千次测量得到。优选地，二氧化碳浓度的设定值为政府机构组织的现场监查和维修（I/M）程序中得出的数据。或者，在遥测操作前由本发明的操作者通过实验测得这一假定浓度。

对于运动的机动车辆，内燃机所产生的废气中二氧化碳的含量一般在约 12 体积百分浓度或摩尔百分浓度和约 18 体积百分浓度或摩尔百分浓度之间。预定的二氧化碳含量的估计，如上所述，通常依赖于 I/M 程序得到。

更具体而言，以总废气的干体积（即扣除水蒸气）计，机动车辆废气中二氧化碳浓度一般在约 14 体积百分浓度和约 16 体积百分浓度之间，更具体而言约为 15 体积百分浓度（如约为 15.3 体积百分浓度）。以总废气的湿体积（即包括水蒸气）计，机动车辆废气中二氧化碳典型浓度一般在约 12 体积百分浓度和约 14 体积百分浓度之间，更具体



而言约为 13 体积百分浓度（如约为 13.4 体积百分浓度）。

二氧化碳的预定值依进行遥测实验的场地而定。上述的一般性数值可被如环境温度，环境压力（如依据海拔高度），或其他因素影响。

利用上述烃类化合物和二氧化碳的比例，可通过二氧化碳的一般性测量值计算烃类化合物的浓度。一个模拟式或数字式乘法器，优选为数据处理器 25 的一部分或与之连接，将 HC:CO<sub>2</sub> 比例与废气流中预定的典型二氧化碳浓度相乘。

例如，假设二氧化碳浓度指标选为 15%，接下来可按下列方程式计算废气中烃类化合物的浓度（体积或摩尔百分浓度）：

$$(33) \quad \%HC = 15\% \times HC / CO_2$$

前述采用红外吸收数据确定废气中烃类化合物含量的方法已经造成烃类化合物含量报道值偏低。典型地，废气中具有很多种烃类化合物，为了简化装置，假设所有这些物质都在相对少的波长下吸收红外光，因而造成烃类化合物含量报道值偏低。本发明优选采用实验测定的校正因子进行，解决了补偿报道值偏低这一问题。优选地，上述方程式 33 测量的 %HC 乘以该校正因子得出烃类化合物浓度的最终测量值。

对于小汽车，校正值优选在 1.5 至 4 之间，更优选在 1.7 至 2.7 之间，最优选为约 2.2。对于轻型卡车，校正值优选在 1.5 至 4 之间，更优选在 1.8 至 3.4 之间，最优选为约 2.6。优选地，上述装置根据现场

情况可进行设置。在这种模式下，本发明的装置提供的数值与采用火焰离子化技术测量烃类化合物的典型 I/M 程序所得到的数值相近。此处全文引入 Singer 等人关于这类校正因子的文章 “A Fuel-Based Motor Vehicle Emission Inventory,” *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol. 46, No. 6 (June 1996)作为参考。

根据本发明的另一实施方案，CO 浓度可按计算烃类化合物浓度相似的方法进行计算。在这一实施方案中，按上述方式计算 CO 和 CO<sub>2</sub> 的相互关系。接着将二氧化碳含量的典型数值乘以一氧化碳和二氧化碳之比。例如假设二氧化碳的浓度为 15%，一氧化碳浓度（体积或摩尔百分浓度）可根据下列方程做估计：

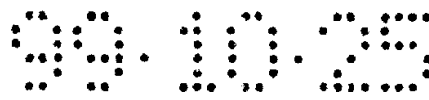
$$(34) \quad \%CO = 15\% \times CO/CO_2$$

### 氮氧化物的测量

根据本发明的另一特征，可测量废气中氮氧化物（NO<sub>x</sub>，如 NO）的浓度。

NO 浓度的计算所采用的第一个因子是 NO/CO<sub>2</sub> 的比例(R<sub>NO/CO2</sub>)，它可根据检测器 17 和数据处理器 25 的数据得到。如上所述与 HC/CO<sub>2</sub> 和 CO/CO<sub>2</sub> 的比例相同，这个代表一氧化氮和二氧化碳相对摩尔量的数值出自一氧化氮和二氧化碳摩尔比（NO/CO<sub>2</sub>）。

NO 浓度的计算所采用的第二个因子是 CO<sub>2</sub> 在废气中的含量。为计算 NO 浓度，如上所述，采用 CO<sub>2</sub> 的估计值得出 CO<sub>2</sub> 浓度，优选地，



通过大量车辆废气中  $\text{CO}_2$  含量的测定得出这一估计值。或者，也可采用一氧化碳测量中描述的获取  $\text{CO}_2$  含量的方法。

将废气流中的二氧化碳浓度与  $\text{NO}/\text{CO}_2$  的比例( $R_{\text{NO}/\text{CO}_2}$ )相乘确定  $\text{NO}$  的浓度，如下例方程式所示：

$$(35) \quad \% \text{NO} = [\text{CO}_2] \times \text{NO} / \text{CO}_2$$

排放系统排出的固体颗粒物也是一个值得关注的问题，本发明的系统和方法也可用来测量车辆废气的浊度。在此模式下可指示出车辆发动机产生的非气态颗粒物。与车辆燃料消耗的通用评价法相联合，本发明的方法和装置也可用于测量机动车辆排放量（如克每英里）。

本发明的方法是对以前的方法的简化，它不需采用红外光阵列测量废气中二氧化碳的绝对量。这简化了必要的装置和红外吸收计算。

此外，与以前的方法不同，为测量废气中一氧化碳的含量，本发明的方法和装置不需要采用假设燃料和废气具有相同经验组成的错误的假设。本发明提供了一种准确的，而且是十分简单的测量一氧化碳含量的方法。此外，与以前的方法不同，本发明不需要假设废气烃类化合物含量是可忽略的。

此外，在废气烃类化合物含量的测量中，燃料的化学组成和其组成的化学计量不部分依赖于计算。与以前的方法不同，烃类化合物浓度的计算既不依赖于对燃料化学组成的假设，也不依赖于燃料燃烧化学计量比的假设。

本发明的方法在测量烃类化合物含量中也是有利的，它不需作出燃料和废气具有相同的经验组成的错误的假设，而这在至少一个其它的方法中是必需的。此外，本发明的方法还具有更为简单的优点。先前对废气烃类化合物含量的假设是特别不合理的，因为在汽车废气中可能包括上百个烃类物质，它们中的大部分具有不同的红外吸收。所以先前的方法不可避免地使烃类化合物含量的报告值偏低。本发明优选采用一个校正因子进行补偿，解决了上述报道值偏低的问题。

本发明的方法还具有其它优点，因为它不需要采用紫外线测量  $\text{NO}_x$  污染物。此外， $\text{NO}_x$  含量如上所述可通过一相对简单的方法测量。

说明书附图

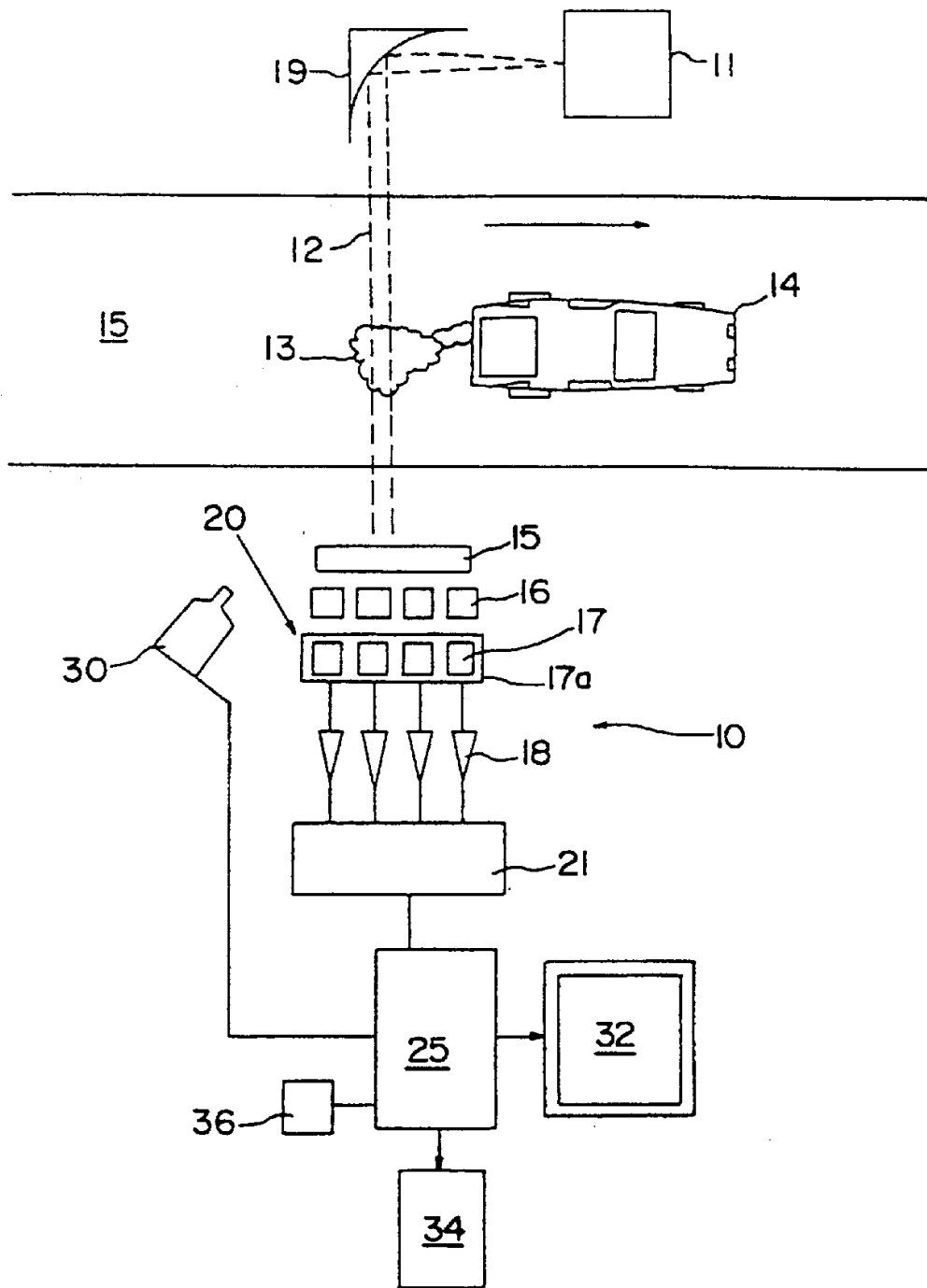


图 1