



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104937242 B

(45)授权公告日 2017.07.28

(21)申请号 201480005351.X

(22)申请日 2014.01.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104937242 A

(43)申请公布日 2015.09.23

(30)优先权数据
13/747,514 2013.01.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.07.20

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/051188 2014.01.22

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/114656 EN 2014.07.31

(73)专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72)发明人 J.M.海伍德 R.卡戈拉努

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 宋莉

(51)Int.Cl.
F02C 9/00(2006.01)
F01N 3/20(2006.01)

审查员 黄彬彬

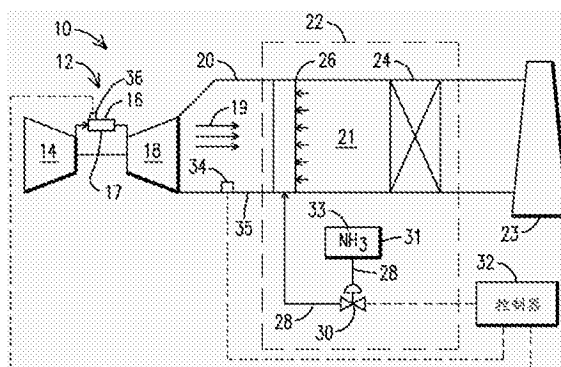
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

用于减少氨泄漏的燃气轮机的运行方法

(57)摘要

本文描述了运行燃气涡轮发动机(12)以减少氨泄漏的方法。一种示例性的方法(100)包括在输出功率水平的范围内运行发动机(102);在输出功率水平的范围内将发动机废气(19)中产生的NO_x的质量流控制在相差10%以内;以及在选择性催化还原过程(22)中处理(106)发动机的废气。以这种方式,就整个输出功率水平的范围的质量(摩尔)流而言,NO_x的产生和相应的在SCR过程中所利用的还原剂(33)的流保持相对恒定,并且控制了氨泄漏。



1. 运行燃气涡轮发动机的方法,该方法包括:
在功率输出水平的范围内运行所述发动机;
在所述功率输出水平的范围内将发动机废气中产生的NO_x的质量流控制在相差10%以内恒定;和
在选择性催化还原过程中处理所述发动机废气。
2. 权利要求1所述的方法,其中在所述功率输出水平的范围内将所述NO_x的质量流控制在相差5%以内恒定。
3. 权利要求1所述的方法,其中在所述功率输出水平的范围内将所述NO_x的质量流控制在相差3%以内恒定。
4. 权利要求1所述的方法,其中所述处理包括在SCR过程中使用一定量的氨还原一定量的NO_x。
5. 权利要求4所述的方法,还包括在所述功率输出水平的范围内将所述氨的质量流控制在相差10%以内恒定,恒定的氨质量流的值对应于NO_x的质量流的值,从而在所述SCR过程中控制氨的泄漏。
6. 权利要求4所述的方法,还包括在所述功率输出水平的范围内控制所述选择性催化还原过程中的氨的质量流。
7. 权利要求6所述的方法,其中在所述功率输出水平的范围内将所述氨的质量流控制在相差3%以内恒定。
8. 权利要求1所述的方法,其中通过在所述功率输出水平的范围内将进入燃烧发动机的引燃火焰的燃料流保持在进入满负荷下的引燃火焰的燃料流的10%以内来进行所述控制。
9. 权利要求8所述的方法,还包括在所述功率输出水平的范围内将进入燃烧发动机的引燃火焰的燃料流控制在进入满负荷下的所述引燃火焰的燃料流的3%以内。
10. 运行燃气涡轮发动机的方法,包括:
在功率输出水平的范围内运行所述发动机;和
在所述功率输出水平的范围内将发动机的废气中产生的NO_x的质量流保持在满负荷下产生的NO_x的质量流的10%以内。
11. 权利要求10所述的方法,还包括在所述功率输出水平的范围内将NO_x的质量流保持在满负荷下产生的NO_x的质量流的5%以内。
12. 权利要求11所述的方法,还包括在所述功率输出水平的范围内将NO_x的质量流保持在满负荷下产生的NO_x的质量流的3%以内。
13. 权利要求10所述的方法,还包括在选择性催化还原过程中使用还原剂处理所述发动机的废气。
14. 权利要求13所述的方法,还包括注入化学计量的在所述选择性催化还原过程中用于转化所述废气中的NO_x的还原剂,以使所述还原剂的量保持相对恒定。
15. 权利要求13所述的方法,其中所述还原剂包括氨,并且所述方法还包括在所述功率输出水平的范围内将氨的质量流控制在恒定的氨质量流的值的10%以内,从而在所述选择性催化还原过程中控制氨的泄漏。
16. 权利要求10所述的方法,其中通过如下进行在所述功率输出水平的范围内将NO_x的

质量流保持在满负荷下的 NO_x 的质量流的10%以内；将进入燃烧发动机的一个或多个引燃注入器的燃料流的百分比保持在进入满负荷下的引燃注入器的燃料流的百分比的10%以内。

17. 运行燃气涡轮发动机的方法,包括:

控制所述发动机中的燃烧条件以应需要在功率水平的范围内产生功率;和

控制所述燃烧条件使得由所述发动机产生的废气中的 NO_x 的浓度随所述功率水平的减小而增大并且随所述功率水平的增大而减小,

其中当所述功率水平变化时, NO_x 的浓度变化响应于所述废气中总质量流的变化,使得在功率水平的范围内将所述废气中的 NO_x 的总质量流保持在相差10%以内恒定;和

使用选择性催化还原过程处理所述废气以控制释放至周围环境的 NO_x 的量。

18. 权利要求17所述的方法,其中在功率水平的范围内将所述废气中的 NO_x 的总质量流保持在相差5%以内恒定。

19. 权利要求17所述的方法,其中所述处理包括使用一定量的氨还原所述废气中的一定量的 NO_x ,并且其中在所述选择性催化还原过程中利用的氨的质量流对应于在运行期间的 NO_x 的质量流,使得在功率输出水平的范围内氨的质量流的值也不会变化超过 $\pm 10\%$ 。

用于减少氨泄漏的燃气轮机的运行方法

技术领域

[0001] 总的来说,本发明涉及燃气涡轮发动机(gas turbine engine),更具体地,涉及通过在功率输出水平之间变速(ramping)涡轮发动机时稳定 NO_x 的产生来控制氨从废气的选择性催化还原处理中泄漏的方法。

背景技术

[0002] 为了减少空气污染物、特别是氮氧化物(NO_x)的排放,美国环保署(EPA)已经公布了严格的针对包括燃气、燃油和燃煤发电厂的发电工业的排放标准。 NO_x 是由空气的存在下燃烧任何燃料所产生的。在典型的燃气涡轮系统中,由在高温下燃烧并使较为贫乏供应的预混合的燃料和空气的燃烧稳定化的引燃火焰(pilot flame)产生大部分的 NO_x 。因为 NO_x 是环境中不期望的气体而且其排放必须受到限制,因而传统策略(wisdom)是在燃烧过程中产生尽可能少的 NO_x ,例如通过向引燃火焰输送少至在不同功率水平下实现火焰的稳定性所必须的燃料。

[0003] 尽管如此,一些 NO_x 总是要产生的,并且所产生的 NO_x 量随着涡轮机功率水平的增大而增加。已知的是,燃烧后的处理方法例如选择性催化还原(SCR)用于在释放至大气之前将废气流中的 NO_x 的量减少至低的水平。可将各种还原剂用于SCR系统,其包括氢气、氨、尿素等。氨是用于将 NO_x 排放减少至低水平的最有效的还原剂之一。但是,氨也是对环境有害的,并且当氨穿过SCR系统进入环境而没有与 NO_x 反应时可发生氨的泄漏。美国专利No. 7,166,262描述了通过严密地调节响应于所检测到的氨和氮氧化物的水平的氨流来最小化氨泄漏的方法。然而,即使有严格的氨水平的调节,在相应发动机的负荷变化期间氨的量也可以大幅波动。

附图说明

[0004] 参照附图在下文中对本发明进行阐述,附图示出了:

[0005] 图1示出了描绘在本领域已知的发动机变速期间预SCR(pre-SCR)的 NO_x 和 NH_3 流速的运行数据的图。

[0006] 图2示出了可用于实施本发明的具有选择性催化还原系统的燃气涡轮发电装置(厂)的示意图。

[0007] 图3示出了在图2的系统中使用的典型的燃烧室的横截面图。

[0008] 图4示出了描绘 NO_x 和 NH_3 流的运行数据的图,其中当功率水平变化时发动机废气中的 NO_x 浓度保持恒定。

[0009] 图5示出了描绘 NO_x 和 NH_3 流的运行数据的图,其中当功率水平变化时发动机废气中的 NO_x 质量流保持相对恒定。

[0010] 图6示出了用于运行燃气涡轮的一个方法。

[0011] 图7示出了用于运行燃气涡轮的另一个方法。

具体实施方式

[0012] 典型地,调节燃烧涡轮发动机以在全部功率水平下最小化 NO_x 的产生,并且相对于引入SCR系统的废气中的 NO_x 的量以化学计量为基础添加氨。如图1所示,功率水平(以负荷%示出)的变化会导致 NO_x 产生的变化,其进而会要求氨流成比例的变化。

[0013] 发明人已经认识到,当与 NO_x 反应所用的氨的需求快速变化时,氨泄漏在功率水平快速变化期间最成问题。与传统策略不同,发明人在本文中公开如下方法:其中在燃烧期间产生最小量的 NO_x 不是首要目标,而目标是产生质量相对恒定的 NO_x 质量,即使所述恒定量是比可能的最小值更大的 NO_x 的量。在遍及多个功率输出水平的发动机负荷跟踪运行(load follow operation)期间本发明的方面是特别有利的。在燃气涡轮负荷变化(变速)的整个过程中就质量(摩尔)流速而言发动机所产生的 NO_x 保持相对恒定时,结果是在SCR系统中对还原剂(例如氨)的需求更加稳定或接近恒定。比最低的量更高的 NO_x 产生保持在SCR系统的能力之内,并且相对恒定的 NO_x 质量流容许对控制氨泄漏的改进,使得即使在负荷跟踪运行期间也符合空气许可正规水平(permit compliance level)。

[0014] 图2示出了具有燃气涡轮发动机12的发电装置10,在燃气涡轮发动机12中可使用本文所述的方法。然而,要理解不是将本发明限制在所示的实施方式中使用。所述涡轮发动机12通常包括所示出的压缩机部件14、具有燃烧室17的燃烧室部件16、涡轮部件18和排气部件20。在运行中,压缩机部件14压缩环境空气。经压缩的空气可从所述压缩机部件14进入所述燃烧室部件16中的一个或多个燃烧室。将所述经压缩的空气和燃料混合,并且使空气-燃料混合物在所述一个或多个燃烧室中燃烧以形成热工作气体。将燃烧后的、热气体从燃烧室部件16输送至涡轮机部件18,其中使所述热气体膨胀通过交替的固定叶片和旋转叶片的列以驱动连接至发电机(未示出)的转子。离开所述涡轮机部件18的膨胀气体可经由排气部件20从发动机中排出。可使来自涡轮机12的废气19按需通过热回收蒸气发生器,此后废气19离开排气烟囱23至大气。

[0015] 可将SCR系统22设置在废气19的流动路径21中。所述SCR系统22包括置于废气流动路径21中的本领域已知的用于 NO_x 还原的催化剂24。所述SCR系统22包括一个或多个用于将还原剂引入废气19的典型地形成成为注入栅网(injection grid) 26的注入器,其相对于废气流动路径21的方向置于所述催化剂24的下游。还原剂源31例如通过流体供应管道28将还原剂33供应至所述注入栅网26。在某些实施方式中,在供应管道28中设置流动控制阀30以选择性地控制所述还原剂33的流动。

[0016] 典型地,将系统控制器32连接至流动控制阀30以调节到达所述注入栅网26的所述还原剂的流。所述控制器32可包括如本领域已知的硬件、软件或其任意组合。除在发电装置10内的控制组件外,所述系统控制器32可具有数据采集和分析能力。例如,系统控制器32可有效地连接(operatively connected)至发电装置10内的一个或多个传感器以提供所述的期望数据。本文所使用的术语“有效地连接”可以包括直接连接或间接连接,其包括没有直接物理接触的连接。

[0017] 在某些实施方式中,配置控制器32以基于进入SCR系统32的 NO_x 质量流来调节还原剂33流。 NO_x 的质量流速率可以是预测值或测量值。废气19中的 NO_x 的实际量可通过一个或多个传感器34来测量,所述一个或多个传感器34有效地连接至控制器32并且相对于排气部件

20设置以向控制器32提供关于例如SCR单元进口35处或附近的NO_x量的数据。典型地,以ppmvd(每百万的份数,以干燥体积计)计来测量SCR系统24的进口处的NO_x的测量量,并且之后如美国公开专利申请No.20120096835所阐述的将其转换为以磅/小时计的NO_x质量流速,美国公开专利申请No.20120096835的全部内容以参考的方式并入本文。

[0018] 此外,控制器32可有效地连接至一个或多个传感器36,其相对于燃烧部件16被有效设置以提供关于引燃燃料流、预混合燃料流、和/或主喷嘴燃料流的质量流速的数据。另外,控制器32可有效地连接至燃烧部件16以控制被引导至用于提供上述燃料流的一个或多个注入器或混合器的燃料和/或空气的量。又一方面,控制器32可有效地连接至排气部件20以选择性地增加和/或减少输入SCR系统22的废气19的流。

[0019] 现在参照图3,其示出了用于燃烧部件16的燃烧室17的示例性槽(can)38的横截面图。典型地,燃烧室17包括若干个单独的槽38。在每个槽38中,存在使流经其中的空气/燃料混合物旋转运动的多个旋流器。如图3中所描绘的,存在所示的围绕中心引燃旋流器42的八个主燃料旋流器40,尽管本发明并不限于此。通过引入燃料和/或空气/燃料混合物的一个或多个注入器44,各个旋流器40、42将一定量的燃料和/或燃料空气进料至压缩空气流。一旦点燃,引燃旋流器42产生引燃火焰46,并且穿过主燃料旋流器40的燃料/空气混合物的点燃实现了槽38内部的燃烧区域的形成。

[0020] 在涡轮机的正常运行期间,通常通过增大流入引燃旋流器42和主燃料旋流器40的燃料和/或燃料/空气流直至涡轮机12满负荷运行来使涡轮机加速(fire up)。典型地,由燃烧室部件16产生的NO_x的量随着涡轮机12上升至满负荷并随着燃烧温度的增高而增加。为产生引燃火焰46而输送的总燃料流的百分比是关于所产生的NO_x水平的重要因素。

[0021] 典型地,为产生引燃火焰46而输送的燃料的量随发动机12变速至满负荷而增大。然而,与直观(intuition)相反,本发明的方面将相对恒定量的燃料引导至一个或多个引燃注入器44以在废气19中产生相对恒定的NO_x质量流。在一个实施方式中,引导至引燃火焰46的燃料的量为在等于或接近满负荷下待输送至引燃火焰46的燃料的量(在10%以内或更小)。在等于或接近(在10%以内或更小)满负荷下输送至引燃器的燃料的理论量可以是在全功率下使用最小量的NO_x实现火焰稳定性所需的量。

[0022] 在典型的应用中,将更多的燃料添加至引燃火焰46(例如,在变速期间,在满负荷下进入引燃器的燃料流可从5%变为8~9%)以保持火焰稳定性。然而,这种流入引燃火焰46的燃料流的相同增加导致NO_x增多。在本发明的某些方面,特意将进入引燃火焰46的燃料流保持在较高水平(例如50%负荷下总燃料的~7至8%),从而在变速期间,当将发动机从部分负荷(例如50%)增至100%负荷时不需要增加进入引燃火焰46的燃料流。尽管在整个涡轮机运行的负荷范围内这可能比最小的发动机NO_x排放更高,但是NO_x质量流水平仍被保持相对恒定。用这种方式,发动机12实际上增加了进入引燃火焰46的燃料流,从而尽管NO_x输出可能较高,但是NO_x输出更稳定(同时仍使用SCR系统将排气烟囱的NO_x控制在空气容许水平内,而潜在地降低氨的泄漏)。

[0023] 在整个功率水平范围内NO_x质量产生的可变性可根据不同实施方式而有所不同。在一个实施方式中,如本文所使用的术语“恒定”或“相对恒定”是指等于10%或在相差10%范围内的数值。在其它实施方式中,术语“恒定”或“相对恒定”是指在相差5%范围内。在又一个实施方式中,术语“恒定”或“相对恒定”是指在相差3%范围内。

[0024] 如图1所示,在典型的运行过程中产生的NO_x发动机排放量会随功率水平的变化而变化。一种稳定NO_x质量排放量的方法会是在功率水平变化时保持NO_x浓度(ppm)恒定。然而,要理解,当发动机12的负荷增加时,尽管NO_x的摩尔体积可保持恒定,但是移动通过发动机12的空气质量的质量和密度随负荷的增大而增大。因此,即使使用旋转速度恒定的涡轮机,通过涡轮机的质量流速也会随功率的增大而增大。相应地,即使在对于任何组分(例如NO_x)而言将ppm浓度保持恒定的情况下,所述组分的质量也会因为发动机废气流速的增加而增加。作为实例,当调节燃烧室以使恒定量的NO_x在整个功率水平的范围内保持在ppm的水平,例如9ppm时,NO_x的质量流速会随以磅/小时计的功率水平而变化。例如,在本发明的这样一个方面中,在60%和基准(base)“满”负荷之间的NO_x的磅/小时数可从60磅/小时变化至100磅/小时,这是对现有方法的改进,而不是使本发明的优点最佳化。

[0025] 本发明的方面的目的在于在整个功率水平下保持NO_x的质量(摩尔)流恒定,以使发动机12在部分负荷下产生比在满负荷下更大量的以ppmvd计的NO_x。尽管NO_x的浓度(ppm)在部分负荷下比在满负荷下更大,但是NO_x质量流速(磅/小时或摩尔/小时)在所有负荷下是(大约)相同的。因此,可使用NO_x的浓度(ppm)作为控制变量以在遍及多个功率输出水平下保持相同或基本接近的NO_x质量负荷。

[0026] 因为还原剂的注入速率是以发动机NO_x质量流速(磅/小时或摩尔/小时)为基础的,所以如果NO_x质量流速保持相对恒定,那么可将还原剂的注入速率保持相对恒定。用这种方式,本发明的方面使用有悖常理的方法,因为人们一般会将NO_x的ppm保持在最小值。然而,为了控制排气烟囱NO_x和潜在的氨泄漏(当使用氨作为还原剂时)两者的波动,在本发明中保持NO_x磅/小时相对恒定而不是保持NO_x的ppm恒定。

[0027] 再次参照图2,输送至注入栅网26的还原剂33的量是和NO_x的质量流直接相关的,而不是和NO_x(ppm)的浓度直接相关。以这种方式,期望调节发动机12以输出所述相对恒定的NO_x质量流。这进而会容许相对可预测的待输送的还原剂33的流。当还原剂33为氨时,然后可将相对恒定的氨量输送至SCR单元24。所述氨量可为相对于待还原的NO_x的量的化学计量的量。在某些实施方式中,可以以预先确定的化学计量的超额量提供所述氨。这种相对恒定的量可减少氨泄漏,其典型地由发动机12的负荷变化期间的氨输送的激增(surge)所导致,而这在本发明中不存在。所述相对恒定的氨的量可在期望的氨质量流的值左右的10%以内、优选在5%范围以内、并且更优选在3%范围以内。

[0028] 参照图4-5,其中的图显示了改进后的结果,该结果是通过在功率水平变化期间保持进入SCR系统22的进口35的相对恒定的NO_x质量流、而不是通过如图1所示的在各功率水平下保持尽可能最低的NO_x水平来实现的。正如在图4中所描绘的,如果将NO_x保持在9的恒定ppm水平,那么所要求的氨量的变化比图1所描绘的更加平缓(gradual),并且因此相比于现有技术可减少氨的泄漏。尽管这种实施方式是有效的,但是不保持恒定的氨水平。

[0029] 相比之下,如图5所描绘的,当将以磅/小时为基础(参见预SCR的NO_x磅/小时)的NO_x保持相对恒定时,在遍及多个功率输出变化下,NO_x和氨的线条(磅/小时)要恒定(平稳,constant)得多。以这种方式,可提供NO_x的相对恒定的流并且由此提供氨的相对恒定的流,而且在负荷变化期间使氨泄漏最小化。

[0030] 基于以上公开内容,提供了用于实现更加恒定的并且可预测的NO_x水平的方法和系统,其为了还原SCR系统中的NO_x而容许相应恒定且稳定的还原剂33的注入。根据本发明

的一个方面,如在图6中所描绘的,提供了运行燃气涡轮发动机12的方法100。所述方法包括在功率输出水平范围(例如,从50%或60%至满负荷的100%)运行发动机12的步骤102。所述方法100还包括步骤104,该步骤中控制在发动机12的废气19中产生的NO_x的质量流,以在功率输出水平范围内将其保持在恒定的NO_x质量流数值的10%以内。在某些实施方式中,控制所述质量流以在功率输出水平的范围内将其保持在5%以内。在更加特别的实施方式中,控制所述质量流的值以在功率输出水平的范围内将其保持在3%以内。如上所解释的,在一个实施方式中,所述恒定的质量流值可以是必须在满(100%)负荷下产生的最小的NO_x质量流,以便在选定的运行条件下将燃烧保持在所需的稳定极限内。最后,所述方法包括例如使用SCR系统22(其通常使用例如为氨的还原剂33)在选择性催化还原过程中处理发动机12的废气19的步骤106。

[0031] 在某些实施方式中,所述方法100还包括步骤108,该步骤中控制氨的质量流以在功率输出水平的范围内将其保持在恒定的氨质量流的值的10%以内、优选地5%、更优选地3%以内。所述恒定的氨质量流的值对应于恒定的NO_x质量流的值,从而在SCR过程中提供相对恒定的氨量并减少氨的泄漏。

[0032] 根据在图7所示的本发明的另一方面,提供了运行燃气涡轮发动机12的方法200。所述方法200包括控制在发动机12中的燃烧条件以应需求产生在功率水平范围内的功率的步骤202。此外,所述方法200包括控制燃烧条件使得由发动机12产生的废气19中的NO_x浓度随功率水平减小而增大并且随功率水平增大而减小的步骤204。典型地,以ppm的NO_x计测量所述浓度。在方法200中,根据功率水平变化的NO_x浓度的变化响应于废气19的总质量流的变化,使得废气19中的NO_x的总质量流在整个功率水平范围内被保持相对恒定,例如在恒定的NO_x质量流的值的10%以内、5%以内、或者3%以内。在一个实施方式中,可将所述恒定的质量流的值选择为由在现有技术的运行机制下满负荷(100%)运行的相同涡轮机产生的NO_x质量流,所述现有技术的运行机制使所产生NO_x的质量最小化。最后,所述方法200包括如本文所述的使用选择性催化还原工艺处理所述废气以控制释放至周围环境的NO_x的量的步骤206。

[0033] 在某些实施方式中,处理步骤206包括使用一定量的氨作为还原剂33来还原所述废气19中的一定量的NO_x,并且其中在SCR工艺中使用的氨的质量流对应于在运行期间的NO_x质量流,使得在功率输出水平的范围内所述氨质量流的值也不会偏离恒定的氨的质量流的值超过±10%,从而在SCR工艺中减少氨泄漏。在一项实施方式中,所述恒定的氨的质量流的值至少为还原进入SCR单元的NO_x的对应的质量流所需的化学计量的氨量。

[0034] 所述控制步骤可通过如下完成:在整个功率输送水平的范围内将进入一个或多个引燃注入器44的燃料流保持在等于或接近满负荷(例如90~100%)下进入所述一个或多个引燃注入器的燃料流的10%或10%以内、优选5%、并且更优选3%以内。然而,要理解可利用如本文所述的导致相对恒定的NO_x质量流的任何其它方法。

[0035] 尽管在本文中已经示出并描述了本发明的各种实施方式,但是显而易见的是,仅通过实施例的方式提供所述实施方式。在不偏离本发明的发明的情况下,可进行多种变更、变化和取代。相应地,期望本发明只受到所附权利要求书的精神和范围的限制。

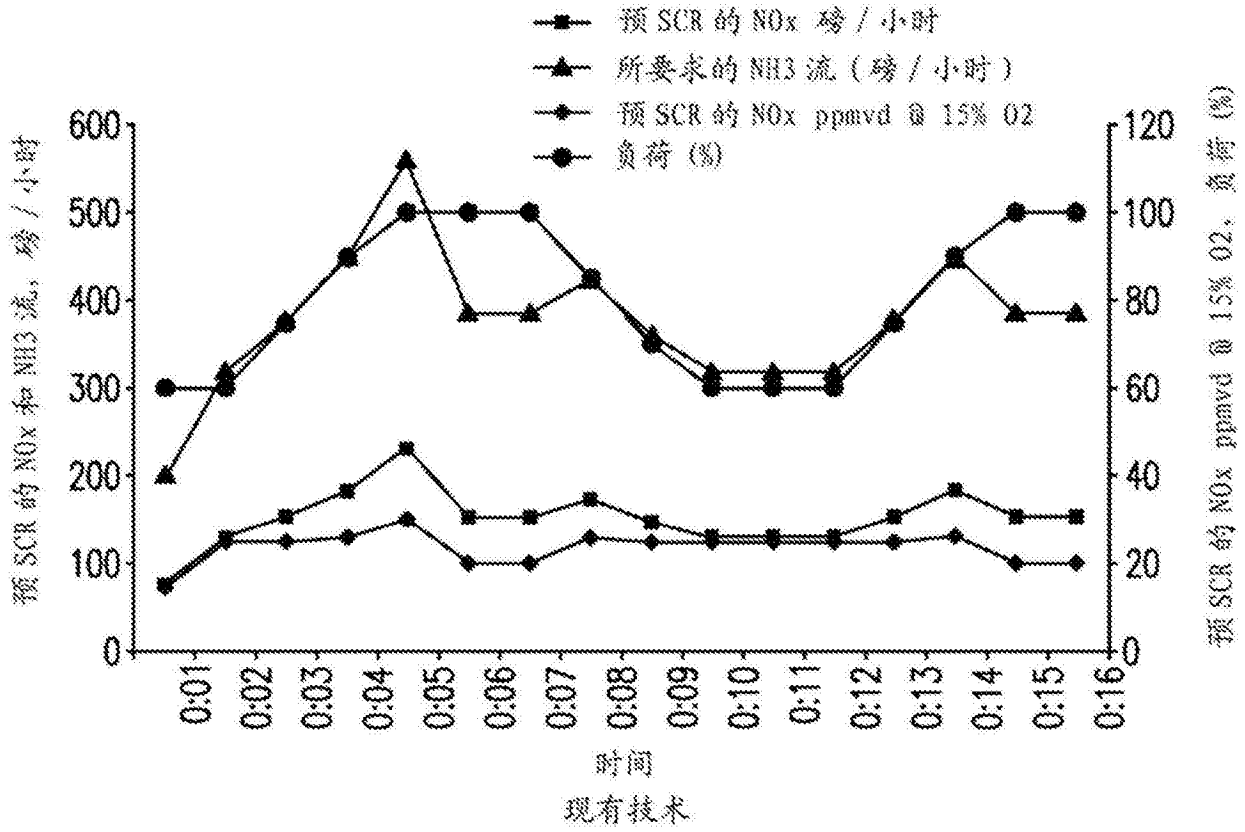


图1

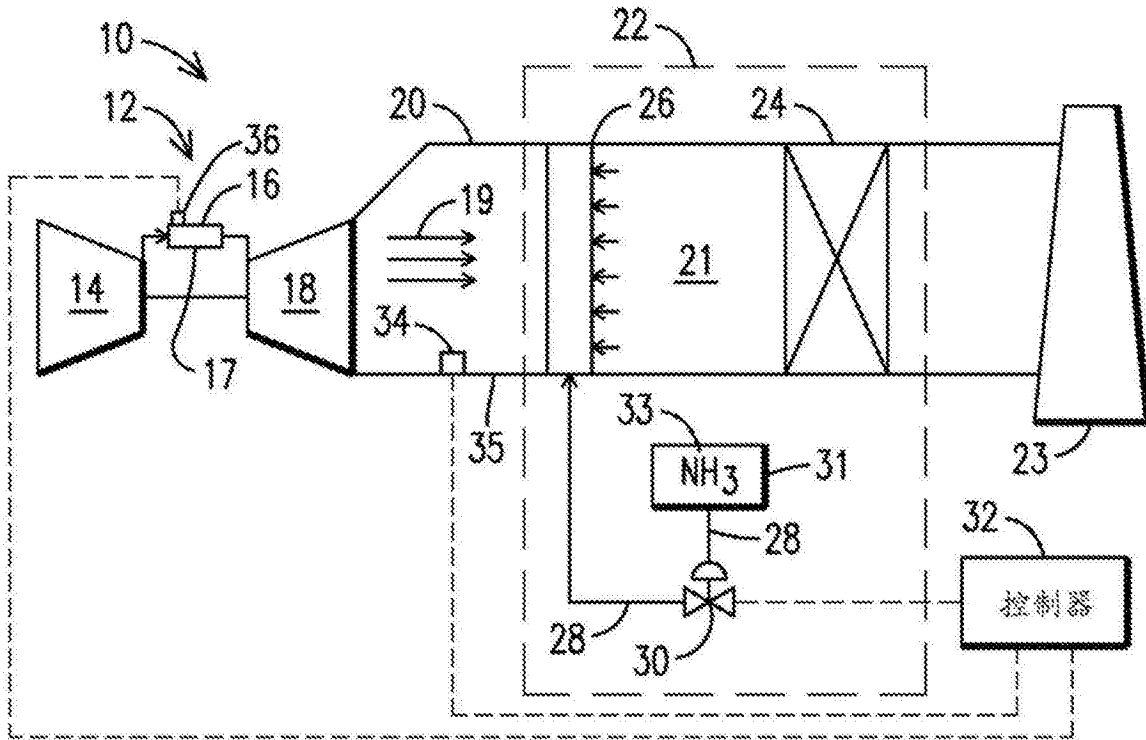


图2

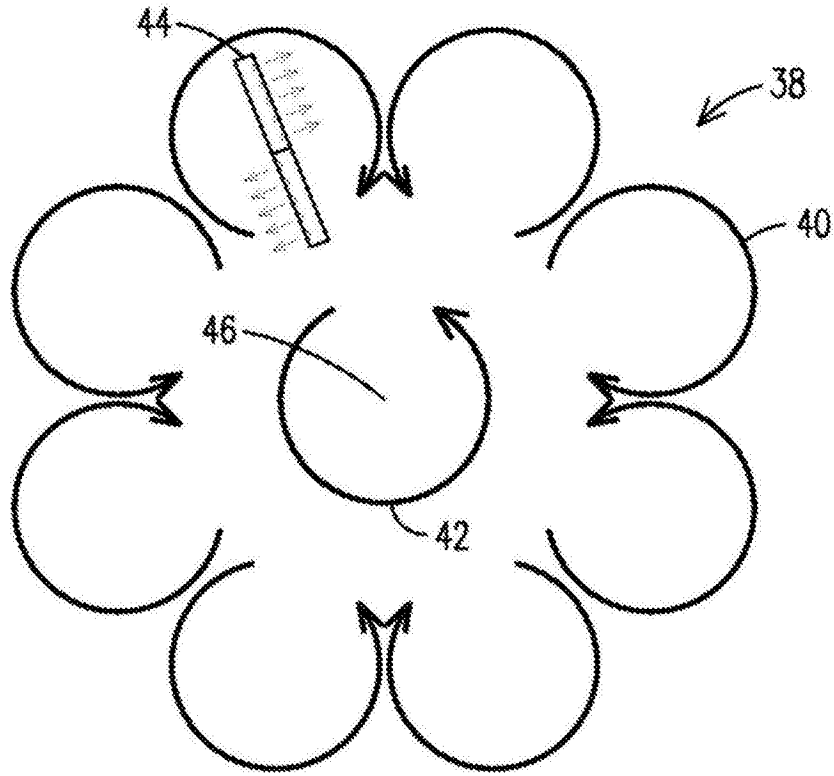


图3

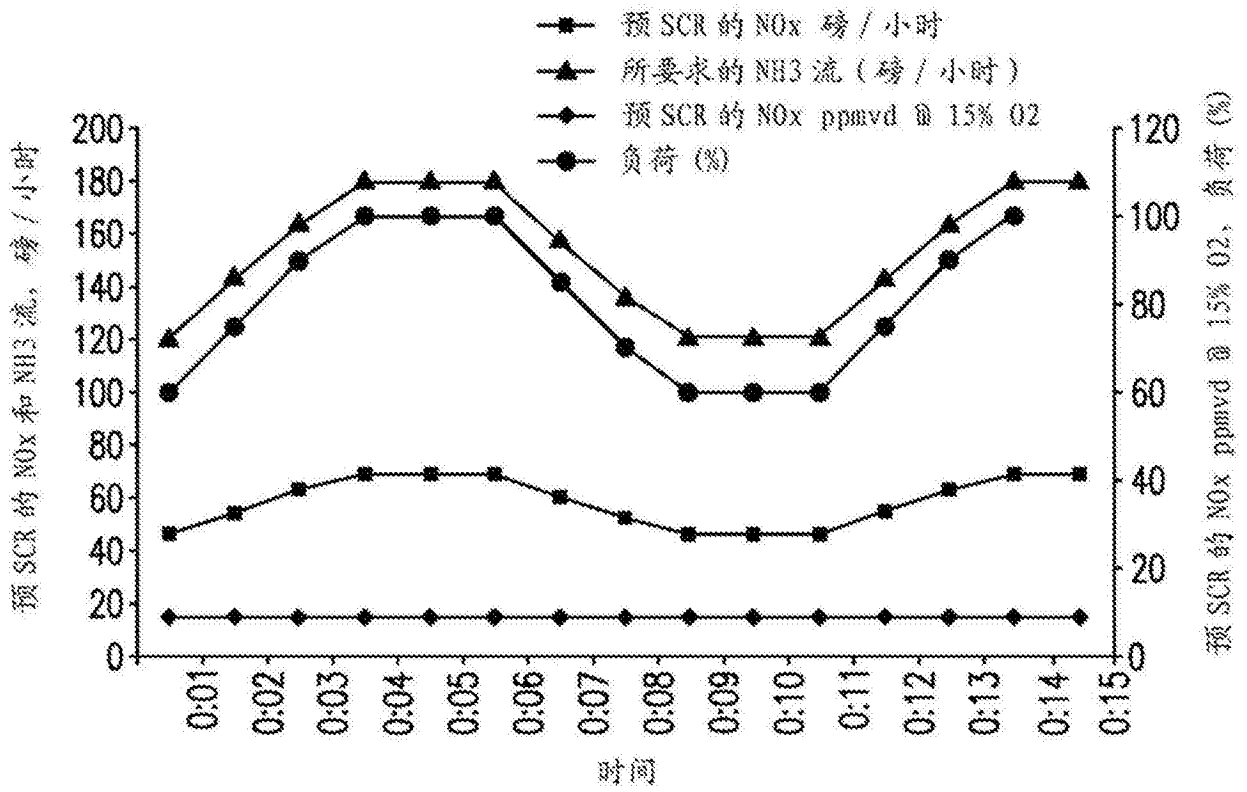


图4

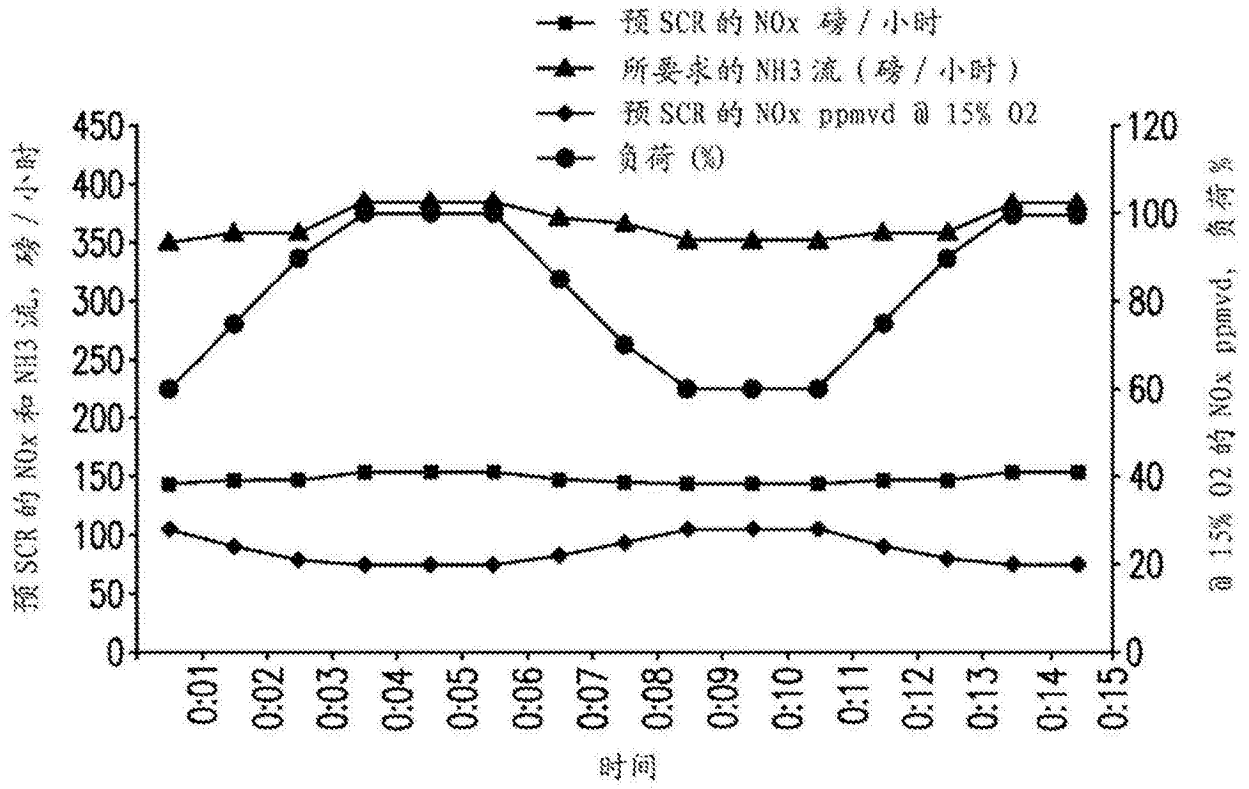


图5

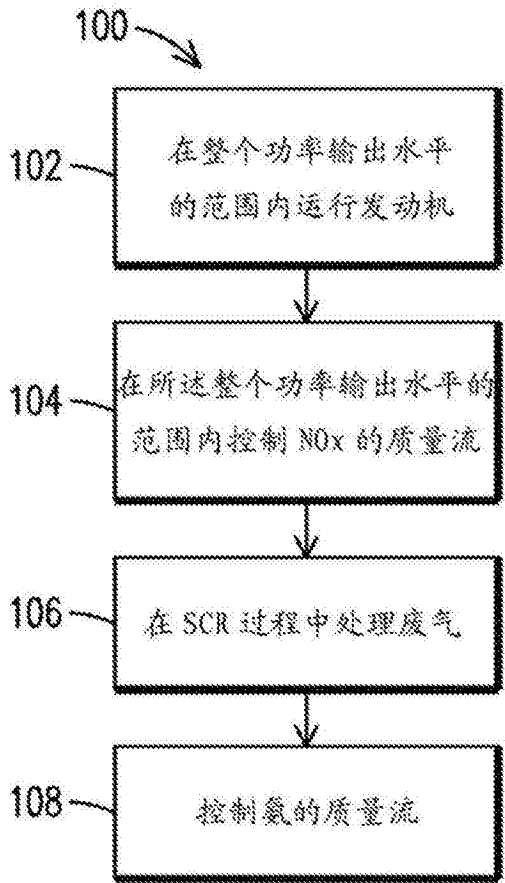


图6

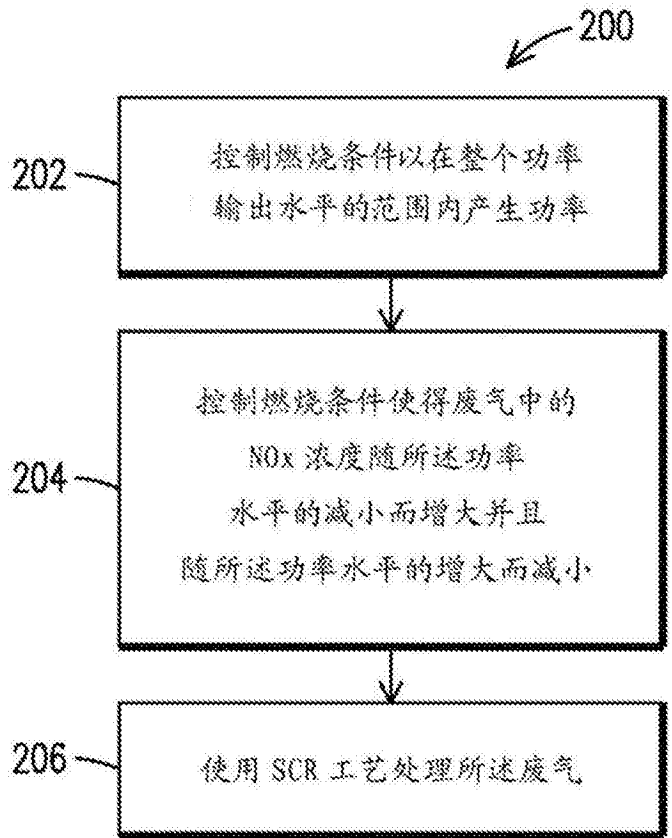


图7