



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103038575 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 200980148343. X

F23N 5/18(2006. 01)

(22) 申请日 2009. 12. 15

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/193, 662 2008. 12. 15 US

US 2006046218 A1, 2006. 03. 02,

US 2006046218 A1, 2006. 03. 02,

EP 1998114 A2, 2008. 12. 03,

DE 102004028473 A1, 2005. 12. 29,

US 2002056276 A1, 2002. 05. 16,

US 2003101725 A1, 2003. 06. 05,

WO 0196722 A1, 2001. 12. 20,

WO 0196722 A1, 2001. 12. 20,

US 4505668 A, 1985. 03. 19,

WO 2008116037 A1, 2008. 09. 25,

US 7104784 B1, 2006. 09. 12,

CN 1152120 A, 1997. 06. 18,

冯耀勋等. 富氧空气 / 甲烷扩散燃烧的 NO 抑制机理的数值研究. 《工业加热》. 2005, (第 05 期),

审查员 张海潮

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 06. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/006562 2009. 12. 15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/077307 EN 2010. 07. 08

(73) 专利权人 埃克森美孚研究工程公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 约翰·T·法雷尔 桑·乔特雷

加里·T·多布斯

曼纽尔·S·阿尔瓦雷斯

帕特里克·D·施魏策尔

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 张珂珂 郭国清

(51) Int. Cl.

F23N 5/08(2006. 01)

F23N 5/16(2006. 01)

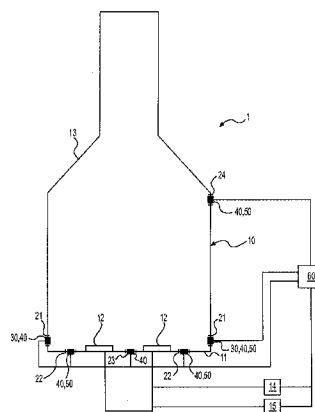
权利要求书4页 说明书14页 附图5页

(54) 发明名称

用于控制火焰加热器运行的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及控制燃烧设备 (1) 的运行以提供安全和可靠运行同时降低 NO_x 排放的方法, 所述方法包括: 为所述燃烧设备的火焰 (12) 提供预设体积比的燃料 (14) 和稀释剂 (15) 的物流; 提供火焰稳定性传感器 (30, 40, 50) 以产生表征所述火焰的测量值; 提供燃料和稀释剂各自的流量测量值; 和使用来自所述火焰稳定性传感器的测量值和 / 或流量测量值控制所述确定的燃料: 稀释剂的体积比。本发明还包括了包括所述方法的燃烧系统。



1. 一种控制燃烧设备运行以降低来自所述燃烧设备的 NO_x 排放的方法, 其中所述燃烧设备具有火焰, 所述方法包括:

将确定体积比的燃料和稀释剂的物流提供至所述燃烧设备中的火焰, 所述物流的燃料来自燃料源, 稀释剂来自稀释剂源;

提供至少一个火焰稳定性传感器以产生火焰特征的测量值;

确定预设的临界火焰不稳定性阈值, 其中所述预设的临界火焰不稳定性阈值是由火焰稳定性因子 F 的计算确定的, 其中

$$F \propto \frac{C \times \sum_{f_i}^{f_h} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|}{\sum_{f_{\text{最小}}}^{f_{\text{最大}}} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|}$$

其中 F 是由来自频谱的两个特定频率范围, f_1 至 f_h 和 $f_{\text{最小}}$ 至 $f_{\text{最大}}$, 的频率内容之和的比值确定的, 使得 $f_{\text{最小}} \leq f_1 < f_h \leq f_{\text{最大}}$,

其中 R 是随时间改变的测量信号,

其中 FT 表示从测量时的起伏原点 t_i 到测量时的起伏终点 t_f 使得 $t_i < t_f$ 对 R 进行的短时傅里叶变换,

其中 C 是用于运行 F 的振幅的纯量值, 其中

$$C \propto \sum_{f_{\text{最小}}}^{f_{\text{最大}}} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|$$

和

基于 (i) 来自所述至少一个火焰稳定性传感器的至少一个测量值的至少一个阈值和 (ii) 来自所述燃料源和稀释剂源各自的至少一个流量测量值中的至少一个, 控制所述燃料: 稀释剂的确定的体积比, 其中控制所述燃料: 稀释剂的确定的体积比包括降低所述燃料: 稀释剂的体积比直到达到所述预设的临界火焰不稳定性阈值以降低来自所述燃烧设备的 NO_x 排放, 和当超过所述预设的临界火焰不稳定性阈值时, 增加所述燃料: 稀释剂的体积比, 其中控制所述确定的燃料: 稀释剂的体积比包括调节来自所述燃料源的燃料的流量和来自所述稀释剂源的稀释剂的流量的至少之一。

2. 权利要求 1 的方法, 其中所述至少一个火焰稳定性传感器是光学传感器、声学传感器和机器视觉传感器中的至少一个。

3. 权利要求 2 的方法, 其中所述光学传感器包括至少一个激光器、电子控制器、至少一个检测器和数据采集和处理系统, 所述数据采集和处理系统产生传递给工艺控制器的可操控的信号以帮助控制所述燃料: 稀释剂比。

4. 权利要求 3 的方法, 其中所述光学传感器是波长调制可调谐二极管激光器 (TDL) 传感器, 所述传感器具有至少一个调谐到至少一个预选波长的激光器, 所述激光器具有或不具有波长多路复用。

5. 权利要求 2 的方法, 其中所述至少一个火焰稳定性传感器是声学传感器。

6. 权利要求 5 的方法, 其中所述声学传感器是压差传感器。

7. 权利要求 2 的方法,其中所述至少一个火焰稳定性传感器是机器视觉传感器。

8. 权利要求 7 的方法,其中所述机器视觉传感器包括至少一个摄影机。

9. 权利要求 1 的方法,其中所述火焰特征选自如下的至少之一:火焰电离、火焰形状、火焰混合模式、火焰组成、火焰温度、与所述火焰相关的烟、噪声和由所述火焰发出的光。

10. 权利要求 9 的方法,其中所述特征是由所述至少一个火焰稳定性传感器直接测量得到的。

11. 权利要求 9 的方法,其中所述特征是由所述至少一个火焰稳定性传感器间接测量得到的。

12. 权利要求 1 的方法,其中所述稀释剂包括选自氮气、蒸汽、二氧化碳、循环燃烧气或其组合的流体。

13. 权利要求 12 的方法,其中所述稀释剂包括过热蒸汽。

14. 权利要求 12 的方法,其中所述稀释剂包括基于体积计至少 80% 的氮气。

15. 权利要求 12 的方法,其中所述稀释剂包括基于体积计至少 1% 的二氧化碳。

16. 权利要求 1 的方法,其中所述燃烧设备是加热炉和锅炉中之一。

17. 权利要求 1 的方法,其中实时控制所述确定的燃料:稀释剂的体积比。

18. 权利要求 1 的方法,其中所述燃料是燃料气体。

19. 权利要求 1 的方法,其中控制所述确定的燃料:稀释剂的体积比提供所述燃烧设备的安全运行。

20. 权利要求 1 的方法,其中所述火焰稳定性传感器包括产生数字化光学图像的装置,其中通过控制器对所述数字化图像进行处理,所述控制器能够产生阈值以区分稳定和不稳定的火焰条件并提供计算所述预设的临界火焰不稳定性阈值和控制燃料:稀释剂体积比的输出。

21. 权利要求 1 的方法,其中所述火焰稳定性传感器包括测量直接或间接表示火焰稳定性随时间变化的火焰特征的装置,由此产生控制信号以计算所述预设的临界火焰不稳定性阈值和控制燃料:稀释剂体积比。

22. 一种燃烧系统,其包括:

燃烧设备;

燃料源;

稀释剂源;

物流系统,其与所述燃料源和稀释剂源连通以将确定体积比的燃料和稀释剂的物流提供至所述燃烧设备中的火焰;

至少一个火焰稳定性传感器,用于产生所述火焰的至少一个特征的至少一个测量值;
和

控制器,基于 (i) 来自至少一个火焰稳定性传感器的至少一个测量值的阈值和 (ii) 由所述燃料源和稀释剂源各自的至少一个物流测量值测得的燃料:稀释剂的阈值体积比中的至少之一,控制所述确定的燃料:稀释剂体积比,其中所述控制器降低所述燃料:稀释剂的体积比直到达到预设的临界火焰不稳定性阈值,和当超过所述预设的临界火焰不稳定性阈值时,增加所述燃料:稀释剂的体积比,其中所述控制器调节所述确定的燃料:稀释剂的体积比包括调节来自所述燃料源的燃料的流量和来自所述稀释剂源的稀释剂的流量的至

少之一，

其中所述控制器确定所述预设的临界火焰不稳定性阈值，其中所述预设的临界火焰不稳定性阈值是由火焰稳定性因子 F 的计算确定的，其中

$$F \propto \frac{C \times \sum_{f_i}^{f_h} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|}{\sum_{f_{\text{最小}}}^{f_{\text{最大}}} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|}$$

其中 F 是由来自频谱的两个特定频率范围， f_1 至 f_h 和 $f_{\text{最小}}$ 至 $f_{\text{最大}}$ ，的频率内容之和的比值确定的，使得 $f_{\text{最小}} \leq f_1 < f_h \leq f_{\text{最大}}$ ，

其中 R 是随时间改变的测量信号，

其中 FT 表示从测量时的起伏原点 t_i 到测量时的起伏终点 t_f 使得 $t_i < t_f$ 对 R 进行的短时傅里叶变换，

其中 C 是用于运行 F 的振幅的纯量值，其中

$$C \propto \sum_{f_{\text{最小}}}^{f_{\text{最大}}} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|$$

23. 权利要求 22 的燃烧系统，其中所述火焰稳定性传感器是光学传感器、声学传感器和机器视觉传感器中的至少一个。

24. 权利要求 23 的燃烧系统，其中所述光学传感器包括至少一个激光器。

25. 权利要求 24 的燃烧系统，其中所述激光器是调谐到至少一个预选波长的波长调制可调谐二极管激光器 (TDL) 传感器。

26. 权利要求 25 的燃烧系统，其中所述波长调制的 TDL 传感器具有波长多路复用。

27. 权利要求 22 的燃烧系统，其中所述至少一个火焰稳定性传感器是声学传感器。

28. 权利要求 27 的燃烧系统，其中所述声学传感器是压差传感器。

29. 权利要求 22 的燃烧系统，其中所述至少一个火焰稳定性传感器是机器视觉传感器。

30. 权利要求 29 的燃烧系统，其中所述机器视觉传感器包括至少一个摄影机。

31. 权利要求 22 的燃烧系统，其中所述火焰的特征是如下的至少之一：火焰电离、火焰形状、火焰混合模式、火焰组成、火焰温度、与所述火焰相关的烟、噪声和由所述火焰发出的光。

32. 权利要求 31 的燃烧系统，其中所述特征是由所述至少一个火焰稳定性传感器直接测量得到的。

33. 权利要求 31 的燃烧系统，其中所述特征是由所述至少一个火焰稳定性传感器间接测量得到的。

34. 权利要求 22 的燃烧系统，其中所述稀释剂包括选自氮气、蒸汽、二氧化碳、循环燃烧气及其组合的流体。

35. 权利要求 34 的燃烧系统，其中所述稀释剂包括过热蒸汽。

36. 权利要求 35 的燃烧系统，其中所述稀释剂包括基于体积计至少 80% 的氮气。

37. 权利要求 34 的燃烧系统,其中所述稀释剂包括基于体积计至少 1%的二氧化碳。
38. 权利要求 22 的燃烧系统,其中所述燃烧设备是加热炉和锅炉中之一。
39. 权利要求 22 的燃烧系统,其中所述控制器提供实时控制。

用于控制火焰加热器运行的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及安全可靠地降低使用燃料气体的火焰加热器中的 NO_x 排放的方法和系统。特别的,本发明涉及对该火焰加热器的控制提供安全可靠的运行同时降低 NO_x 排放。

背景技术

[0002] 化学处理和石化生产和精炼运行中的燃烧设备是 NO_x 排放的主要来源。绝热火焰温度降低是降低 NO_x 排放的一种方法。降低火焰温度的努力,例如提高空气 / 燃料比和向火焰中引入火焰稀释剂,能够导致火焰不稳定、火焰熄灭或火焰吹熄,其能够产生可能危险的运行状况(例如未耗尽的燃料溢出燃烧设备)。

[0003] 已经开发了火焰稳定性或不稳定性传感器,也已经提议其在燃烧系统控制系统中的使用。还已经提议提高空气流量以提供该燃烧设备的贫燃料运行。然而,仅依赖于空气以降低火焰温度提出了其自身的一系列挑战。例如,空气包含显著量的氧气,其是氧化剂。如果在不适当的位置将燃料引入空气流中,这能够造成发生火焰不稳定和 / 或“熄灭”的状况。在不稳定和 / 或“熄灭”的状况中,该火焰部分或完全熄灭,使得可燃气体进入炉子中,可能会导致爆炸。这种情形适用于所有火焰加热器,无论该工艺的作用或任何方案是否用于降低 NO_x 排放。

[0004] 仍需要在燃烧设备中实现 NO_x 降低同时为该燃烧设备保持稳定的火焰和安全的运行状况。

[0005] 发明概述

[0006] 已经发现通过使用火焰稀释剂能够实现 NO_x 的降低,同时在使用火焰稳定性传感器(即波长调制的可调谐二极管激光器(TDL)传感器、压力传感器、机器视觉传感器系统和其它能够用于检测火焰不稳定性的技术)限制该工艺控制策略时维持了稳定的运行。本申请提供了用于控制火焰加热器的运行的方法,其为该加热器提供了安全运行同时降低了 NO_x 排放并避免了熄灭的状况。该方法包括:提供具有用于控制设定体积比的燃料和稀释剂的物流到该燃烧设备的火焰的流动系统,提供火焰稳定性传感器以产生直接或间接表征与火焰稳定性相关的一个或多个火焰的测量值,根据(i)来自至少一个火焰稳定性传感器的至少一个测量值的阈值和(ii)由至少一个流量传感器对该流动系统中燃料源和稀释剂源各自测得的燃料:稀释剂的阈值体积比中的至少一个的限制来控制测得的进料给该燃烧设备的燃料:稀释剂的体积比。

[0007] 在一个特别的实施方案中,该稀释剂选自氮气、蒸汽(例如过热蒸汽)、循环的燃烧气、二氧化碳或其它惰性流体(例如氦气或氩气)中的一种或多种。在优选实施方案中,该稀释剂包括过热蒸汽和 / 或循环的燃烧气。在另一实施方案中,基于使用至少一个火焰稳定性传感器(即激光光学传感器、压力传感器、机器视觉传感器系统等)的实时控制限制来调节进料给该燃烧设备的稀释剂和 / 或燃料的量。依照本发明的一个方面,该火焰传感器是声学传感器。优选地,该声学传感器是压力传感器。该压力传感器优选是压差传感器。依照本发明的另一方面,该火焰稳定性传感器是机器视觉传感器系统。该机器视觉传感器

系统优选包括至少一个摄影机。依照本发明的另一方面,该火焰传感器是激光光学传感器。该激光光学传感器可以是波长调制的可调谐二极管激光器(TDL)传感器系统,其经调谐以监控一个或多个预设波长(例如相当于离散的 H_2O 吸收特征的约 $1.4\mu\text{m}$)。

[0008] 本申请的另一面提供了燃烧系统,其包括:燃烧设备、燃料源、稀释剂源、与该燃料源和该稀释剂源连通以将设定体积比的燃料和稀释剂的物流提供给该燃烧设备的火焰的流动系统,用于产生随火焰稳定性、火焰不稳定性和/或贫油熄火(LBO)趋势的直接或间接表征该火焰的测量值的火焰稳定性传感器,以及用于由一个或多个火焰稳定性传感器得到的一个或多个火焰稳定性阈值和/或由至少一个流量传感器对该流动系统中的燃料源和稀释剂源各自得到的燃料:稀释剂阈值体积比的限制来控制该燃料:稀释剂设定的体积比的至少一个控制器。该燃烧系统控制该火焰加热器的运行行为安全运行同时降低 NO_x 排放。

附图说明

[0009] 图1提出了关于能够用于本申请的方法和系统中的波长多路复用的波长调制TDL传感器的信息。

[0010] 图2提供了显示多种火焰稳定性传感器类型的不同优选分接头(tap)位置的燃烧设备的非限制性实施例。

[0011] 图3显示了随着进料给火焰的稀释剂二氧化碳量的提高,燃烧设备的CO和 NO_x 排放的结果。

[0012] 图4A和4B描绘了基于加入到该燃料物流中的 CO_2 的分数的 NO_x 排放量和不稳定性输出F。该不稳定性输出F是由图1中所述的TDL传感器得到的。

[0013] 图5显示了对于多种蒸汽:燃料比的由燃烧设备的废气测得的 NO_x 排放。

[0014] 图6显示了随时间随着如图5中所示加入到燃料气中的蒸汽分数的提高,由压力传感器和使用用于监控燃烧设备中的火焰稳定性的高温炉内摄影机的机器视觉传感器系统得到的经标准化的火焰稳定性输出。

[0015] 发明详述

[0016] 定义

[0017] 此处使用的术语“稀释剂”表示任意不可燃的(或在一种实施方案中,基本上不可燃的)且不是氧化元素或氧化剂的流体,或不包含可燃组分且不包含氧化元素或试剂作为组分的流体的任意混合物。因为空气通常包含约21体积%的氧气作为组分,其是氧化元素,因此应当认识到空气不是此处所用术语的稀释剂。

[0018] 此处使用的术语“燃料”表示是可燃材料的任意流体。燃料的非限制性实施例包括但不限于天然气、炼厂气、汽油、来自化学加工或石化精炼运行的可燃或易燃挥发性有机化合物或其它可燃/易燃废物、生物质来源的燃料、煤气或其它烃基可燃/易燃物质。

[0019] 此处使用的“燃料:稀释剂的体积比”不包括空气。如上所述,空气不是本申请中所用术语的稀释剂。燃料:稀释剂的体积比是给定时间段内进料给火焰的所有燃料的体积(分子)/给定时间段内进料给火焰的所有稀释剂的体积(分母)。该定义也适用于稀释剂:燃料的体积比的逆关系。

[0020] 此处使用的术语“近红外区”表示约 $0.7\mu\text{m}$ 至约 $1.6\mu\text{m}$ 的波长。

[0021] 此处使用的术语“火焰稳定性传感器”表示经构造以基于由所用的传感器和 / 或传感器系统直接或间接测得的一个或多个火焰的测量特征提供可操控的信号给出关于火焰的稳定性、不稳定性状态和 / 或火焰熄灭或吹熄可能性的指示的任意装置或装置的集合。该装置包括但不限于光学传感器、声学传感器和机器视觉传感器。尽管本说明书在下面描述了火焰稳定性传感器的特别实例,但认识到这种描述提供用于解释的目的而非限定于给出的实施例。在本申请的各种实施方案中,在本申请的方法和系统中能够使用任意的火焰稳定性传感器,包括现有技术中已知的未在本文中讨论的火焰稳定性传感器和 / 或火焰监控传感器。还预期此处描述的装置可以单独使用或彼此相结合使用(例如多个光学传感器、多个压力传感器、机器视觉传感器(例如摄影机)、光学传感器与压力和 / 或机器视觉传感器相结合、压力传感器与声学 and / 或光学传感器相结合等)以产生安全运行和 NO_x 降低的效果。

[0022] 现在将考虑到上述定义提及本申请的多个方面。此外,应当认识到术语“稳定性”或“不稳定性”可互换使用,且对于此处所述的“火焰稳定性传感器”描述相同的所需功能。

[0023] 本申请的一个方面提供了运行燃烧设备(例如炉子、锅炉等)导致安全运行和 NO_x 排放降低的方法。该方法包括为该燃烧设备中的火焰提供预设体积比的燃料和稀释剂的物流;提供火焰稳定性传感器以产生作为火焰稳定性的函数改变的火焰的特征的测量值;根据 (i) 一个或多个火焰稳定性传感器的一个或多个测量值的阈值和 (ii) 由该流动系统中的燃料源和稀释剂源各自上的至少一个流量传感器测得的燃料:稀释剂的阈值体积比中的至少一个的限制来控制燃料:稀释剂的该设定的体积比。

[0024] 该稀释剂通常是惰性的、不可燃的且不是氧化元素或氧化剂的物质。适合的稀释剂的实例包括氮气、蒸汽(例如过热蒸汽)、二氧化碳、循环的燃烧气或其组合中的一种或多种。在一个实施方案中,该稀释剂包括至少 80 体积%的氮气。在可选的实施方案中,该燃料:稀释剂的体积比的稀释剂组分包括至少 1 体积%的二氧化碳。在一个实施方案中,该流体选自过热蒸汽、循环的燃烧器和氮气中的一种或两种。

[0025] 如上所述,该火焰稳定性传感器通常包括经构造以基于对一个或多个火焰的直接或间接测量特征提供关于一个或多个火焰的稳定性或不稳定性状态和 / 或一个或多个火焰熄灭或吹熄可能性的指示的任意装置。这种特征包括以下中的一个或多个:火焰电离、火焰形状、火焰颜色、火焰强度、火焰混合模式、火焰组成、火焰温度、与火焰相关的烟、噪声和 / 或由一个或多个火焰和 / 或炉瓦发出的光。该装置包括但不限于:光学传感器、声学传感器和机器视觉传感器。例如但不限于,该火焰稳定性传感器是光学传感器,例如包括激光的光学传感器。优选地,该光学传感器使用一个或多个调谐到近红外区域中的一个或多个预选的波长,例如对应于 H_2O 吸收特征的那些波长,的可调谐二极管激光器(TDL)。在另一实施方案中,该火焰稳定性传感器是声学传感器,例如压力传感器。优选地,该压力传感器是压差传感器,其用于监控来自燃烧设备内的一个或多个火焰的噪声的统计波动。在另一实施方案中,该火焰稳定性传感器是具有至少一个摄影机的机器视觉传感器系统。

[0026] 多种技术适合于使用来自一个或多个火焰稳定性传感器的至少一个测量值控制和 / 或限制燃料:稀释剂体积比。例如,该工艺控制能够包括如预设临界火焰不稳定性阈值所限制的那样降低燃料:稀释剂的体积比。在一个非限制性的实施方案中,该火焰不稳定性阈值($F_{\text{阈值}}$)是由火焰稳定性因子 F 的计算得到的预设值,其在本实施例是由火焰稳

定性传感器所测得的信号的频率内容的分析通过以下公式得到的计算结果：

[0027]

$$F \propto \frac{C \times \sum_{f_l}^{f_h} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|}{\sum_{f_{\text{最小}}}^{f_{\text{最大}}} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|}$$

公式 (1)

[0028] 其中 F 是火焰稳定性因子, 也被称作方程 1 的频率内容值的分数, 是由来自频谱的两个特定频率范围, f_l 至 f_h 和 $f_{\text{最小}}$ 至 $f_{\text{最大}}$, 的频率内容之和的比值确定的, 使得 $f_{\text{最小}} \leq f_l < f_h \leq f_{\text{最大}}$ 。R 是来自该火焰稳定性传感器系统的随时间改变的测量信号。FT 表示从测量时的起伏原点 t_i 到测量时的起伏终点 t_f 使得 $t_i < t_f$ 对 R 进行短时傅里叶变换。C 表示能够用于运行 F 的振幅的纯量值, 其能够在函数上如下改变：

[0029]

$$C \propto \sum_{f_{\text{最小}}}^{f_{\text{最大}}} |FT_{t_i}^{t_f}(R)|$$

公式 (2)

[0030] 其中 C 的作用能够用于标准化或衡量 F 或抵偿公式 1 中定义的分母的作用。

[0031] 在一个非限制性的实施方案中, 火焰不稳定性阈值 ($F_{\text{阈值}}$) 基于从一个或多个 TDL 得到的解调信号的比值 R：

[0032] $R \propto 2f/1f$ 公式 (3)

[0033] 其中 1f 和 2f 表示分别在该调制频率的第一和第二谐波检测到的信号。在一个非限制性的实施例中, 使用公式 1, 稳定火焰的 F 计算为 ~ 0.02 , 其中 R 遵循公式 3, $C = 1$, f_l 和 f_h 分别为 1 和 5Hz, $f_{\text{最小}}$ 和 $f_{\text{最大}}$ 分别为 1 和 2,000Hz, 当火焰接近 LBO 时 $F \sim 1$ 。

[0034] 可以通过几种方法由至少一个火焰不稳定性传感器的测量输出值得到火焰不稳定性阈值 $F_{\text{阈值}}$ 。在一个非限制性的实施方案中, 用于定义 $F_{\text{阈值}}$ 的最低标准基于在加入或不加入稀释剂的稳定运行条件下火焰稳定性传感器的测量输出值的标准方差的三倍。优选地, 用于作为定义 $F_{\text{阈值}}$ 的基础的该稳定运行条件是加入稀释剂的运行且包括至少 10 秒的测量数据。可选地, 该最小 $F_{\text{阈值}}$ 基于在燃烧设备的稳定运行时期过程中至少一个火焰稳定性传感器的测量输出值的标准方差的六倍。实际上, 可能需要较大的 $F_{\text{阈值}}$ 以使给定燃烧设备的假象检测最小化。在上述对于稳定火焰 $F \sim 0.02$ 的实施例中, 约 0.03 的 $F_{\text{阈值}}$ 能够提供对进料给该火焰的燃料：稀释剂的体积比的限制控制以使得避免可能不安全的状况。

[0035] 在可选的非限制性实施方案中, $F_{\text{阈值}}$ 是基于在从稳定到 LBO 的运行范围上系统响应的知识而定义的。在上述实施例中, 其中火焰稳定性表征为 $F \sim 0.02$, LBO 发生在 $F \sim 0.10$, 可以在这些值之间选择 $F_{\text{阈值}}$ 的值以同时确保低 NO_x 排放和安全运行。在本实施例的优选实施方案中, $F_{\text{阈值}} \sim 0.03-0.05$ 。更通常地, 如果将稳定和 LBO 运行之间的火焰响应在 1 至 10 之间的比例上标准化, $F_{\text{标准化}} = 1$ 对应稳定火焰, $F_{\text{标准化}} = 10$ 对应 LBO, 那么在优选实施方案中在该标准化比例上 $F_{\text{阈值}}$ 选择为 1.5 至 5。

[0036] 在可选的非限制性实施方案中, 燃料：稀释剂的体积比的控制和 / 或限制包括调

节来自燃料源的燃料的流量和 / 或调节来自稀释剂源的稀释剂的流量。优选地,对燃料:稀释剂比的控制是实时进行的且受到由一个或多个火焰稳定性传感器所得到的阈值测量值(即由波长调制 TDL 传感器测得的 0.03 的 $F_{\text{阈值}}$ 的值)的限制。更优选地,对燃料:稀释剂比的控制是实时进行的且受到以下的限制:(i) 一个或多个火焰稳定性传感器的阈值测量值和(ii) 由流动系统中燃料源和稀释剂源各自上的至少一个流量传感器得到的燃料:稀释剂的阈值体积比。

[0037] 依照本申请的另一方面,提供了燃烧系统,其包括燃烧设备(例如加热炉、锅炉等)、燃料源、稀释剂源、与该燃料源和稀释剂源连通以为该燃烧设备中的火焰提供设定体积比的燃料和稀释剂的物流的流动系统、产生一个或多个火焰的至少一个特征的一个或多个测量值的至少一个火焰稳定性传感器,以及用于基于和 / 或限制于一个或多个火焰稳定性传感器的一个或多个测量值的至少一个阈值和 / 或来自该燃料源和该稀释剂源各自的至少一个流量测量值测得的燃料:稀释剂的阈值体积比和 / 或控制该燃料:稀释剂的设定的体积比的至少一个控制器。依照本发明的燃烧系统提供了火焰的安全、可靠和稳定运行,同时降低了来自该燃烧系统的 NO_x 排放。

[0038] 如同上述方法一样,该燃烧系统中所用的一个或多个火焰稳定性传感器,用于解释而非限制的目的,能够是在对应于燃料和 / 或供给该燃烧设备的火焰的燃料或稀释剂中存在的任意一种或多种组分的完全、部分或不完全燃烧的任意特征产物得到的光谱吸收特征的一个或多个预选波长运行的光学传感器,其中该预选波长包括紫外、可见和红外(即近红外、中红外或远红外),该光学传感器能够用于直接或间接得到火焰稳定性或不稳定性的测量值。优选地,该光学传感器包括激光器,例如调谐到一个或多个预选波长的波长调制的可调谐二极管激光器(TDL)传感器系统。在优选实施方案中,该一个或多个预选的波长在近红外区域中。更优选地,该一个或多个预选的波长在约 1349nm 至约 1395nm 之间。可选地,该预选波长为约 $1.4\ \mu\text{m}$ 。

[0039] 该燃烧系统中所用的稀释剂如上所述。优选地,该燃烧系统中的控制器使用来自至少一个火焰稳定性传感器的阈值测量值提供实时控制。在一个实施方案中,该控制器根据预设临界火焰不稳定性阈值 $F_{\text{阈值}}$ 的限制降低燃料:稀释剂的体积比。在一个非限制性的实施方案中,其使用波长调制的可调谐二极管激光器传感器,该预设临界火焰不稳定性阈值对应高达约 0.06 ,由在 1 至 5Hz 之间的火焰不稳定性特征的 H_2O 吸收的波动得到。

[0040] 下面为了解释而非限制的目的进一步描述该方法和系统的特别方面。

[0041] 燃料:稀释剂比和燃烧设备的运行因素

[0042] 如上所述,术语“稀释剂”通常包括不可燃的(或在一个实施方案中,基本上不可燃的)且不是氧化元素或试剂的流体,但特别不包括空气。因此,燃料:稀释剂体积比不包括在供给该燃烧设备的火焰的进料中所包括的空气的量。本领域的普通技术人员能够基于例如所用的燃烧设备和在该燃烧设备中所用的燃料的性质以及在供给该火焰的进料中包括的空气的量确定初始燃料:稀释剂比。

[0043] 例如并依照本申请的一个实施方案,进料给该火焰的稀释剂的体积为进料给该火焰的燃料(不包括空气)的体积的约 1% 至约 50% 。因此,在一个特定的实施方案中,该燃料:稀释剂体积比可以在约 2 至约 100 的范围内。更优选地,进料给火焰的稀释剂的体积为进料给火焰的燃料的体积的约 10% 至约 40% ,因此该燃料:稀释剂体积比可以在约 2.5

至约 10 的范围内。甚至更优选地,进料给火焰的稀释剂的体积为进料给火焰的燃料的体积的约 20%至约 30%,因此该燃料:稀释剂体积比可以在约 2.5 至约 3.33 的范围内。

[0044] 在使用本申请的方法对燃烧设备的运行中,可设定该初始燃料:稀释剂比使得最终进料给火焰的整个物流导致相对稳定的进料,因此远离贫油熄火 (LBO) 界限运行。因此,例如,该燃料:稀释剂比初始可以设定得相对高(例如约 100),或可选地最初可以不向该火焰加入稀释剂物流。假设有适当的氧化剂物流,在这种条件运行的燃烧设备可以提供稳定的火焰,然而这种运行同样也提供了高的火焰温度和较高的 NO_x 排放。该火焰的稳定性和温度取决于燃料/空气比。

[0045] 一旦确保了火焰的稳定性,可以提高进料给火焰的稀释剂的量(或者可以减少进料给火焰的燃料的量)以移动到更接近燃烧设备的 LBO 界限。尽管从 NO_x排放角度来看,在尽可能接近 LBO 界限运行是适宜的,但在实践中应当有一定的误差幅度以确保实际上并不达到 LBO 界限以提供安全运行。为了提供安全的运行幅度,能够基于可以经验确定的 LBO 界限由一个或多个火焰稳定性传感器确定“火焰不稳定性阈值”,能够限定该燃烧设备安全运行的最小可接受的缓冲,以避免不安全的运行,例如火焰吹熄。更优选地,另外用对进料给火焰的燃料:稀释剂体积比的限制确保安全运行幅度,使得在正常运行下,燃料:稀释剂的体积比不能超过将会达到来自该火焰稳定性传感器的火焰不稳定性阈值的值(即小于约 1 至约 2)。

[0046] 在本发明的一个实施方案中,最初将该燃料:稀释剂比设定相对较高,然后使其降低,直至基于一个或多个火焰稳定性传感器的输出值接近该火焰不稳定性阈值为止。优选地,基于火焰稳定性实时测定该燃料:稀释剂比的调节和/或限制。一旦该燃料:稀释剂比超过该火焰稳定性阈值(即该火焰过于接近该 LBO 界限运行),那么能够提高该燃料:稀释剂比以提供安全的运行幅度。

[0047] 在本发明的另一实施方案中,最初将该燃料:稀释剂比设定相对较高,然后使其降低以接近 LBO 界限,直至基于由流动系统得到的流量测量值(即来自该燃料源的至少一个流量测量值和来自该稀释剂源的至少一个流量测量值)得到燃料:稀释剂体积比的预设阈值以使得未实际达到 LBO 界限。优选地,该燃料:稀释剂的体积比的调节和/或限制基于来自流动系统的实时测量,其受到燃料:稀释剂的阈值体积比的限制以及基于来自火焰稳定性传感器的至少一个实时测量的火焰不稳定性阈值的限制。如果超过了该火焰不稳定性阈值或燃料:稀释剂的阈值体积比(即该火焰过于接近 LBO 界限运行),那么应当提高该燃料:稀释剂比以将该燃烧设备返回到安全的运行幅度。

[0048] 稀释剂原料物流

[0049] 可以在单独的专用物流中引入进料给该燃烧设备的火焰的稀释剂,或者可以在引入该火焰之前将其与该燃料/空气物流结合。此外,该稀释剂物流可以由多于一种组分(例如过热蒸汽和循环燃烧气的混合物)组成。

[0050] 本申请中优选的稀释剂是蒸汽,更优选是过热蒸汽。第二优选的稀释剂是循环燃烧气,其主要由氮气、二氧化碳和水蒸气组成。

[0051] 火焰稳定性传感器

[0052] 目前存在或本领域技术人员能够开发多种技术以产生由直接和/或间接测量一个或多个火焰特征得到的燃烧设备内的火焰的火焰稳定性、火焰不稳定性和/或 LBO 可能

性的量度。此处使用的火焰稳定性传感器或火焰稳定性传感器系统用于通过直接和 / 或间接询问 (interrogation) 一个或多个火焰特征而产生火焰稳定性、火焰不稳定性和 / 或 LBO 可能性的量度。为了本申请的目的,由这种用于监控、控制、限制和 / 或优化向燃料中加入稀释剂以降低火焰加热器中 NO_x 排放的方法或系统的装置或装置系列得到的任意火焰不稳定性的量度或关于 LBO 可能性的指示都落入本申请的范围内,包括实施至少一个任意类型的火焰稳定性传感器。现有的可用作火焰稳定性传感器的技术包括光学传感器 (即基于激光的传感器)、声学传感器 (即压力传感器) 和机器视觉传感器系统 (即包括摄影机以产生光学图像的系统)。

[0053] 优选地,本申请中的火焰稳定性传感器是使用至少一个 TDL 的基于激光的光学传感器系统、包括至少一个压力传感器的基于声学的传感器系统、由至少一个摄影机构成的机器视觉传感器系统,其中该摄影机更优选为高温炉内摄影机。该传感器可以单独或组合使用 (例如光学传感器与基于声学的传感器和 / 或机器视觉传感器)。无论传感器类型如何,都能够在安装在现场内的传感装置内的处理元件上和 / 或与一个或多个传感器系统共有的与该一个或多个传感装置直接通信或不直接通信,且位于现场或周围 (即分析仪遮蔽体、控制室等) 的独立的电元件上进行数据处理。两种或多种火焰稳定性传感器类型或传感器系统的任意组合也落入本申请的范围内 (即一个激光光学传感器系统和两个机器视觉传感器系统,等)。

[0054] 通常,来自火焰稳定性传感器的信号变化是由至少一个火焰特征随时间的变化产生的。能够通过特定的取样时间量 (即 10 秒) 上在进一步变化之前对该传感器输出值进行傅里叶变换而在频率范围中表征火焰特征或火焰稳定性传感器信号随时间的改变。包含在给定传感器类型的输出值内的可获得的频率信息限定于该装置取样速率的一半。因此,可以定义频率范围或频率范围的子集,其包含足够量的在火焰稳定性和 / 或火焰不稳定性的测量中有用的信息。例如但不限于,在 22Hz 记录数据的压力传感器可以分辨高达 11Hz 的压力波动。对 10 秒压力数据的傅里叶变换表明对于给定的传感器类型、燃烧系统和燃烧设备,火焰稳定性特有的压力波动发生在 1-10Hz 范围内。因此能够使用在频率范围内选择部分的信号 (即 1-5Hz 或 2-8Hz 等) 或在该时间范围内来自该压力传感器的信号的所有数据来测定稳定性、不稳定性和 / 或 LBO 可能性。在实际中,能够如上所述确定由火焰稳定性传感器产生的包含在输出信号中的可用于火焰不稳定性检测的该一部分或多个部分的数据,无论传感器类型、火焰来源、燃烧设备和 / 或燃烧系统如何。另外,如在使用压力传感器的情况中那样,假设对于给定的燃烧系统能够产生足够的测量值,那么可以使用所有传感器数据或传感器数据的选择部分以测定火焰稳定性。

[0055] 目前存在或本领域技术人员能够开发多种计算技术以产生与火焰稳定性、火焰不稳定性和 / 或 LBO 可能性相关的一个和 / 或一组值,此处被称为火焰稳定性因子 F,其是由来自上面第 [0040] 段中所述的一个或多个火焰稳定性传感器的一个或多个输出值得到的。这种计算方法的优选的非限制性实例已经描述于第 [0024] 段中。其它优选的计算方法包括对火焰稳定性传感器测得的输出值计算统计变量 (即标准偏差、方差等)。无论计算方法如何,可以包括基于一种或多种滤波方法 (即高通滤波器) 和 / 或一种或多种数据平均方法的硬件和 / 或软件,作为火焰稳定性因子计算的一部分。在本申请的精神内,火焰稳定性因子涉及由一个或多个火焰稳定性传感器得到的至少一个测量信号或测量信号的任

意组合得到的任何信息或数值,无论传感器的类型如何,这能够用作手动或自动控制作用的基础,用于控制、优化或限制燃料:稀释剂的体积比和/或通过任何用以提高燃料:稀释剂的体积比的方法缓解火焰不稳定性,包括从进料给燃烧设备的物流中除去稀释剂。

[0056] 光学传感器

[0057] 此处使用的术语光学传感器表示传输、接收或使用光或光源(例如发光二极管(LED)、TDL、硅碳棒和量子级联激光器(QCL))以确定可表示和/或与火焰稳定性、火焰不稳定性、或LBO可能性相关的量或火焰的特征的任何传感器。这种光学传感器并不局限于本申请中使用的作为光学火焰传感器的传输、接收或使用近红外光的那些,而且包括传输、接收或使用在红外(IR)、可见(VIS)、紫外(UV)或UV、VIS和IR辐射的任意组合内的光的传感器。

[0058] 如由此通过参考整体引入的美国专利号7,019,306中所述,UV火焰传感器通常检测在200至400nm范围内发射的辐射。包括用于感应燃气轮机中增压器火焰的存在的UV检测器的光学感应装置在高温环境中且在高振动下感应对应热金属背景的由该增压器火焰发出的UV辐射。

[0059] 其它能够依照本申请的方法和系统使用的光学传感器的其它非限制性实例包括但不限于美国专利号7,334,413、6,127,932、4,709,155和3,689,773中描述的传感器,通过参考将其各自整体引入。

[0060] 可以用于本申请的方法中用于确定火焰稳定性的优选但非限定的光学传感器包括使用激光器的火焰稳定性传感器。此处使用的术语激光器表示在限定波长或波长范围的相干和/或准直光束。包括激光器的光学传感器的优选类型是波长调制的可调谐二极管激光器传感器,下面将为了了解释而非限制的目的对其进行描述。

[0061] 波长调制的可调谐二极管激光器(TDL)传感器

[0062] 在本申请的实施方案中,使用可调谐二极管激光器以基于测定视线(LOS)水蒸气吸收率而测定气体温度,其时间依赖性又提供了确定火焰稳定性的量度。能够使用基于两个或多个水蒸气吸收率的非侵入波长多路复用温度测量,由此该吸收率可以来自水蒸气的两个相邻或非相邻的近红外(NIR)跃迁。市场上可得到的电信纤维耦合的可调谐二极管激光器和光学组件也可以用于TDL传感器中。这种技术能够被成功地使用,部分是因为H₂O是光吸收的烃燃料的燃烧产物。在可选的非限制性实施方案中,可以使用有或没有波长多路复用的波长调制的可调谐二极管激光器作为用于测量和评价在近红外区域中的任意波长的火焰稳定性传感器,其中所述波长对应于来自燃料源的完全、部分或不完全燃烧或来自在提供给燃烧设备(例如加热炉或锅炉)中的火焰的燃料或稀释剂中存在的任意组分的任何特征产物的光谱吸收特征,其中所述任意组分包括有意或无意加入到该燃料或稀释剂源的近红外中的任意光学活性组分。

[0063] 可以用于本发明的方法和系统中的这种传感器的非限制性实例包括斯坦福大学的Li等人描述且在AIAA Journal, 45卷,2号,2007年2月,390-398页中公开的传感器,由此通过参考将其整体引入。Li等描述的一种传感器基于使用混合波长调制光谱(WMS)和目标是接近约1.4 μm的H₂O线耦的2f检测的气体温度的非侵入测量。然而,注意温度改变,特别是在燃烧的气体的最热区域中的温度改变,比测得的温度的绝对值更重要。对于另外的细节,参见Zhou等人,“Development of a Fast Temperature Sensor for

Combustion Gases Using a Single Tunable Diode Laser,”Applied Physics B(Lasers and Optics),81 卷,5 号,2005,711-722 页,由此将其通过参考整体引入。

[0064] 在另一非限制性实施方案中,该火焰稳定性传感器使用调谐到 3 个 H_2O 吸收波长(例如 1349nm、1376nm 和 1395nm)的 3 个二极管激光器。这 3 个具有不同温度敏感性的 H_2O 吸收特征能够探测温度波动和其它可能在该火焰内波动的火焰特征(例如火焰形状)。使用 1 个具有高达 3MHz 带宽(4KHz 数据率)的 1 个频率多路复用检测器进行波长调制光谱(1f- 标准化,WMS-2f)。图 1 中提出了该传感器系统 30 的示意图。在一个非限制性实施方案中,能够使用单一激光用于通过燃烧设备内的一个或多个火焰测定一个或多个 LOS 测量值。本发明并不旨在局限于使用单一激光器;而是认为一个或多个激光器都在本发明的范围内。此外,由使用一个或多个目标是单一吸收带(即 H_2O)的激光器传感器得到火焰稳定性的测量也在本发明的范围内。

[0065] 在本申请的一个实施方案中,基于波长多路复用的波长调制的可调谐二极管激光器(TDL)传感器的输出值确定“火焰不稳定性阈值”。该火焰不稳定性阈值主要基于 LOS(视线)内的温度波动,其包括可能造成该火焰偏离到 LOS 之外的火焰形状的波动。在一个非限制性实施方案中,当传感器信号的波动发生在构成频谱的一部分的在火焰不稳定性所特有的特定的频率范围内(例如 1-5Hz)时,F 大于给定阈值(例如大于 0.02 或大于 0.03 或大于 0.06),达到了火焰不稳定性阈值 $F_{\text{阈值}}$ 。传感器信号的这种波动可以相应于在该火焰特征中的一个波动或任意波动的组合。更特别地,在一个实施方案中,当如上测定的值 F 大于例如 0.02 时,达到了 $F_{\text{阈值}}$,应当提高燃料:稀释剂的体积比。

[0066] 现在将结合图 2 更详细地描述本发明。图 2 是依照本发明的燃烧设备 1 的示意图。该燃烧设备 1 包括具有燃烧板 11 的外壳 10。至少一个火焰源 12 位于该燃烧板 11 上。该火焰源 12 与燃料气体源 14 和稀释剂源 15 运行连接。该燃料气体和稀释剂可以单独进料给该火焰源 12 或两者相结合作为单一物流进料给该火焰源 12。该外壳 10 另外包括挡火墙 13。依照本发明,该外壳 10 包括至少一个分接口,通过其可以设置传感器以感应并测定该燃烧设备 1 的火焰特征。一个或多个分接口 21 可以位于该燃烧设备 1 内的火焰源 12 的附近。该分接口 21 优选位于正好位于该燃烧板 11 和火焰源 12 上面的位置。分接口 22 和 23 可以位于该燃烧板 11 中非常靠近该火焰源 12。至少一个分接口 24 可以提供在外壳 10 中非常接近挡火墙 13。预期本发明并不旨在限制于这些位置;而是预期认为其它位置也在本发明的范围内,包括但不局限于燃烧板 11 和挡火墙 13 之间的沿该燃烧设备 1 的壁的彼此隔开的位置。本发明单独或组合使用一个或多个以下火焰稳定性传感器系统 30、40、50: 光学传感器系统 30、声学传感器系统 40 和机器视觉传感器系统 50。该系统与控制器 60 运行连接,如图 2 中所示,其从该系统 30、40、50 中接受感应的输出值并关于火焰稳定性进行所需的判定并对稀释剂:燃烧比进行任意所需的校正以建立和维持安全的火焰特征。该控制器 60 可以直接或间接控制供给源 14 和 15 的运行以提供所需的稀释剂:燃料比。

[0067] 依照使用光学传感器系统 30 的本发明的一个实施方案,至少一个光学传感器系统 30 位于该分接口 21 中。分接口 21 的使用允许传输和接受来自该传感器系统的光能,其通过正好在该火焰源 12 上的一个或多个火焰至少一次,以测定该燃烧设备 1 内的火焰特征。优选地,该燃烧设备 1 包括多于一个火焰源 12。使用该设置,该分接口 21 的位置使得透过并被光学传感器系统 30 传输和接受的光能通过来自该火焰源 12 的一个或多个火焰。

预期来自该传感器系统 30 的光能可以由单一分接口 21 发出并被位于另一分接口 21 内的传感器系统 30 接收。还预期该光学传感器系统 30 同时传输和接收来自单一分接口 21 的光能,然后该光束经过至少一次反射。将来自该传感器系统 30 的信息传送给控制器 60 以确定上述燃料:稀释剂比并对该比值进行建议和/或实施和改变(即改变燃料供应和/或稀释剂供应)以维持稳定的火焰特征。

[0068] 声学传感器

[0069] 依照本发明的另一方面,可以使用声学传感器系统 40 以确定至少一个火焰特征。此处使用的术语声学传感器表示传输、接收或使用声源的任意传感器(例如压力传感器、扩音器、加速计、悬臂等)以直接或间接确定一个或多个火焰的至少一个特征,其表示火焰稳定性、火焰不稳定性和/或 LBO 可能性。这种声学传感器并不局限于传输、接收或使用声音的那些,例如本申请中所述的压力传感器,而且包括传输、接收或使用其它声学信号的传感器。

[0070] 能够用于本申请的方法中的用于确定火焰稳定性和/或不稳定性的状态的优选但非限制类型的声学传感器包括使用压力传感器的火焰稳定性传感器。此处使用的术语压力传感器表示用于测定燃烧设备内的压力的目的的装置。优选类型的压力传感器是压差传感器,下面对其进行描述以用于解释而非限定的目的。

[0071] 使用压差传感器 40 以测定燃烧设备 1 中的气流,其时间依赖性又提供了用于确定火焰稳定性和/或不稳定性的量度。能够使用基于一个或多个压力传感器的火焰稳定性测量,由此在接近火焰不稳定性和/或 LBO 开始时出现可检测到的声学信号的改变。市场上可得到的具有统计分析包,包括具有差别、量表或绝对测量输出,的压力传感器能够用作基于声学的火焰稳定性传感器。这种技术能够被成功使用,部分是因为由该传感器测得的该燃烧设备内的声音的统计分析,典型地以 $\geq 16\text{Hz}$ 的等级,能够用于计算可识别且可操控的一个或多个火焰的稳定和不稳定状态的特征。在可选的实施方案中,能够使用没有统计分析包的压差传感器作为火焰稳定性传感器;从而能够在独立的电子装置上实施统计分析和/或其它数据分析方法以基于该传感装置的输出获得火焰稳定性或火焰不稳定性的量度。

[0072] 可以基于来自五个压差传感器的气流的经过滤、平均和标准化的输出值确定“火焰不稳定性阈值”。该火焰不稳定性阈值主要基于燃烧设备 1 相对于大气压的压力波动。当发生传感器信号波动构成统计参数的变化(即方差)大于给定阈值(例如大于 0.1 或大于 0.12 或大于 0.2)时,达到了火焰不稳定性阈值 $F_{\text{阈值}}$ 。该压力传感器信号的波动是由至少一个直接或间接在该燃烧设备内产生的火焰特征的测量得到的。更特别地,在一个实施方案中,当所测量的气流经该滤波、平均和标准化的方差大于例如 0.12 时,则达到了 $F_{\text{阈值}}$,并且应当提高燃料:稀释剂的体积比。

[0073] 可选地,可以基于压差传感器的输出确定“火焰不稳定性阈值”。该火焰不稳定性阈值主要基于该燃烧设备内的压力波动。当在火焰不稳定性所特有的特定的频率范围(例如 2-5Hz 或 2-10Hz)内发生传感器信号波动构成在声音频谱中特定范围上振幅之和相比的统计参数的变化(即标准偏差)大于给定阈值(例如大于 0.05 或大于 5)时,达到了火焰不稳定性阈值 $F_{\text{阈值}}$ 。在对之前测量的压力数据进行 10 秒短时间快速傅里叶变换的计算之后,当该声音频谱从 2-10Hz 的标准偏差总计大于例如 0.05 时,则达到了 $F_{\text{阈值}}$,并且应当提高燃料:稀释剂的体积比。

[0074] 参考图 2, 该压差传感器 40 位于至少一个分接口 21、22、23、24 内, 允许测定来自该燃烧设备内的声音信号。该传感器系统 40 可以位于非常接近于分接口 21 中的火焰源 12 处。该传感器系统 40 可以位于分接口 24 中非常接近于挡火墙 13 处。该传感器系统 40 可以位于该燃烧板 11 上的分接口 23 中的与多个火焰源 12 等距的位置或在非常接近于分接口 22 处的一个火焰源。依照本发明, 可以使用任意数量的分接口 21、22、23、24 的组合用于该压差传感器系统 40。将来自该传感器系统 40 的信息传送给该控制器 60 以确定上述燃料: 稀释剂比并对该比值提出建议和 / 或实施和改变 (即改变燃料供应和 / 或稀释剂供应) 以维持稳定的火焰特征。

[0075] 机器视觉传感器系统

[0076] 依照本发明的另一方面, 可以使用机器视觉传感器系统 50 以确定至少一个火焰特征。此处使用的术语机器视觉传感器系统 50 表示传输、接收或使用光学图像的任意传感器系统 (例如摄影机等) 以直接或间接确定一个或多个火焰的至少一个特征, 其表示燃烧设备内的火焰稳定性、火焰不稳定性和 / 或 LBO 的可能性。这种机器视觉系统 50 并不局限于如本申请中所用的传输、接收或使用可见 (VIS) 光以产生用于火焰感应的光学图像的那些, 而且包括传输、接收或使用由近红外 (NIR)、红外 (IR)、紫外 (UV) 或 UV、VIS、NIR 和 IR 辐射的任意组合中的光线构成的光学图像的传感器系统。

[0077] 优选地, 该机器视觉传感器系统包括使用摄影机的火焰稳定性传感器系统。此处使用的术语摄影机表示用于从包括光的燃烧设备的内部获得光学图像的目的的装置。优选类型的摄影机是在可见辐射谱中运行的高温炉内摄影机, 下面为了解释而非限定的目的对其进行描述。

[0078] 优选地, 该机器视觉传感器系统 50 使用高温炉内摄影机以从燃烧设备 1 内获得光学图像, 其输出又提供了用于确定火焰稳定性、火焰不稳定性和 / 或 LBO 可能性的途径。该机器视觉传感器系统 50 可以使用一个或多个摄影机, 由此在火焰不稳定性和 / 或 LBO 开始时或接近开始时产生一个或多个光学图像的可检测到的变化。市场上可得到的高温炉内摄影机能够用作基于机器视觉的火焰稳定性传感器系统 50 的一部分。机器视觉传感器系统通常也包括具有视觉显示设备的中央处理设备 60、图像分析包或两者。这种系统能够被成功使用, 部分是因为能够由该传感器系统直接或间接测定该燃烧设备内的火焰强度或光强度, 并显示稳定和不稳定火焰条件的可识别且可操控的特征, 以及指示 LBO 的趋势。

[0079] 在优选实施方案中, 机器视觉系统 50 包括位于分接口内或附近的高温炉内摄影机、包含图像分析包并进行统计分析的中央处理设备或控制器 60。该控制器 60 基于由摄影机得到的光学图像的分析得到的一个或多个输出得到火焰稳定性、不稳定性和 / 或 LBO 可能性的量度。然后该控制器 60 能够确定上述燃料: 稀释剂比并对该比值进行建议和 / 或实施和改变 (即改变燃料供应和 / 或稀释剂供应) 以维持稳定的火焰特征。

[0080] 依照本发明的一个方面, 由该控制器 60 基于来自使用高温炉内摄影机的机器视觉传感器系统得到和分析的光学图像分析的多于一个时间依赖性输出的平均值确定该“火焰不稳定性阈值”。该火焰不稳定性阈值主要基于由该机器视觉传感器系统在一系列光学图像中拍摄并分析的燃烧设备内火焰的光强度波动。当发生传感器信号 (例如在选定部分的光学图像中的光强度) 的波动构成的统计参数的变化 (即方差) 大于给定阈值 (例如大于 0.002 或大于 0.2 或大于 1) 时, 达到了火焰不稳定性阈值 $F_{\text{阈值}}$ 。这种传感器信号的波动

直接或间接来自在该燃烧设备 1 内产生的至少一个火焰特征的量度。当所测量的在一部分该光学图像中的光强度的方差大于例如 0.02 时,则达到了 $F_{\text{阈值}}$,并且应当提高燃料:稀释剂的体积比。

[0081] 依照本发明的另一方面,“火焰不稳定性阈值”基于由控制器 60 分析的由该系统 50 得到的光学图像的分析的预设数量的输出值的依赖于时间的平均值。该火焰不稳定性阈值主要基于在该燃烧设备内火焰的光强度波动的振幅。当发生表示接近火焰不稳定性或 LBO 的传感器信号降低(例如从 50 至 20,或从 60 至 25,或从 100 至 30)构成了由光学图像分析得到的光强度测量值变化(即光强度的降低)小于给定阈值(例如小于 20 或小于 25)时,达到了火焰不稳定性阈值 $F_{\text{阈值}}$ 。当来自机器视觉传感器系统的 13 个输出值的平均值的该平均强度值小于例如 25 时,则达到了 $F_{\text{阈值}}$,并且应当提高燃料:稀释剂的体积比。

[0082] 依照本发明的另一方面,用控制器 60 分析基于由该系统 50 得到的光学图像的总强度和强度波动的分析得到的依赖于时间的输出值的平均值的两个“火焰不稳定性阈值”。该火焰不稳定性阈值基于与之前段落中所提出的相同的原理。这种技术是成功的,部分是因为该机器视觉传感器系统具有在由该摄影机得到的光学图像的一个或多个部分上执行一个或多个分析方法的能力。这样,在对于任一分析方法达到 $F_{\text{阈值}}$ 时,已经达到该系统的 $F_{\text{阈值}}$ 并应当提高燃料:稀释剂的体积比。

[0083] 依照使用传感器系统 50 的本发明的一个方面,可以由摄影机在任一分接口 21、22 和 24 处拍摄该燃烧设备 1 内的光学图像。该光学图像优选获自提供火焰的最清楚的无阻拦视野的位置。优选地,该图像是由分接口 21 或 22 得到的。甚至更优选地,使用一个或多个分接口 24 以获得图像。本发明不旨在限定于单一的分接口位置;而是预期分接口的任意组合或位置都在本发明的范围内。

[0084] 在本申请的优选实施方案中,用控制器 60 使用和处理由机器视觉传感器系统 50 拍摄的光学图像的一个或多个选择部分以得到火焰稳定性、不稳定性和/或 LBO 的可能性的量度。更优选地,可以使用光学图像的一个或多个选择部分进行分析,提供在燃烧设备内特定火焰源的特征度量,特别是在多火焰源的燃烧设备中。甚至更优选地,可以将光学图像分成 6 部分用于分析由摄影机全部观察的各个分别的火焰源。这六个部分包括包括该火焰源的两个一半的两个互补部分的一组、包括相对于第一组中选择的一个一半旋转 90 度的该火焰源的两个一半的两个互补部分的一组、被该火焰源的内径环绕的一部分和被该火焰源的外径环绕的一部分。在优选的非限制性实施方案中,可以使用该光学图像的一个或多个部分,包括任意和所有其组合,用于用该机器视觉传感器系统分析以产生用于本申请中所提出的方法中的火焰稳定性信号。

具体实施方式

[0085] 实施例

[0086] 通过下面所示的实施例对本申请进行进一步描述。该实施例的用途仅是举例说明,绝不是限制本发明或举例说明的术语的范围和含义。类似地,本申请并不局限于此处描述的任何特别优选的实施方案。事实上,在阅读了本说明书之后,本发明的很多改进和变化对于本领域技术人员而言将是显而易见的。将通过附属权利要求的条款以及该权利要求授权的等价方式的全部范围一起理解本发明。

[0087] 实施例 1

[0088] 将炼厂气（例如通常包含 CH_4 、 C_3H_8 、 H_2 和 CO_2 ）和 Tulsa 天然气供给单一工业等级超低 NO_x 燃烧器中，炼厂气的燃烧速率约为 $3.223 \times 10^6 \text{ kW}$ (11MBTU/hr) 和 $2.051 \times 10^6 \text{ kW}$ (7MBTU/hr)，天然气为 $2.051 \times 10^6 \text{ kW}$ (7MBTU/hr)。用波长多路复用的波长调制可调谐二极管激光器 (TDL) 传感器基于上述程序组测定火焰稳定性。将环境条件的二氧化碳加入到该燃料中以模拟循环燃烧气的加入。在该试验过程中，加入 0 至 141.5 立方米 / 分钟 (0 至 5000SCFH (标准立方英尺 / 小时)) 的 CO_2 ，如图 3 中所示。测定 CO (ppm) 和 NO_x (ppm) 排放，结果示于图 3 中。该排放是由位于烟道中的传感器得到的。如图 3 中所示，随着二氧化碳量的升高， NO_x 排放降低。一旦加入稀释剂能够实现 3 倍的 NO_x 降低。

[0089] 基于该样品的结果，在图 4A 和 4B 中描绘了基于上述程序测得的 NO_x 排放和该火焰传感器的“F”值对 CO_2 分数作图，其中 CO_2 作为燃料的一部分逐渐增加。将一些空气进料给火焰作为氧化剂。图 4A 和 4B 中的结果显示最高的 CO_2 加入水平对应着最大的 NO_x 降低以及最高的不稳定性信号 (F)。这表明了由此可以限定临界不稳定性阈值且能够将该信号用在反馈控制策略中以限制供给燃烧器的稀释剂物流以维持稳定的运行同时实现最低可能的 NO_x 排放的策略。

[0090] 火焰不稳定性伴随着 NO_x 的降低，这种不稳定性是由增大稀释剂的使用而造成的。可以确定 F 的临界阈值 $F_{\text{阈值}}$ ，其确定在吹熄或熄灭 发生之前的不稳定运行，特别是例如在基于使用本实施例中所述的使用至少一个波长以确定火焰不稳定性的传感器或本申请的任意权利要求包括的传感器使用实时反馈或前馈控制的实施方案中。

[0091] 实施例 2

[0092] 将炼厂气（例如通常包含 CH_4 、 C_3H_8 、 H_2 和 CO_2 ）以约 $1.759 \times 10^6 \text{ kW}$ (6MBTU/hr) 的燃烧速度供给三个工业级的超低 NO_x 燃烧器。用一组五个压力传感器和具有一个高温炉内摄影机和在光学图像内的 13 个分析部分的机器视觉传感器系统测定火焰稳定性。火焰稳定性的计算是包括基于软件的高滤过器的各种类型的传感器的所有测量值的平均值和标准方差。将蒸汽加入到燃料中以降低测得的 NO_x 排放直至检测到火焰不稳定性。在该测试过程中，加入 0 至 0.23 公斤蒸汽 / 公斤燃料。测定 NO_x (ppm) 排放，结果示于图 5 中。该排放是由位于烟道中的传感器得到的。如图 5 中所示，随着蒸汽量的增加， NO_x 排放降低。一旦加入稀释剂，在该测试过程中实现了两倍的 NO_x 降低。

[0093] 基于该样品的结果，描绘了基于上述程序测得的随着蒸汽：燃料体积比的增大， NO_x 排放和该火焰传感器的“F”值对时间作图，其中蒸汽作为燃料的一部分逐渐加入。图 5 和图 6 的结果显示无论传感器类型如何，最高的蒸汽加入量对应着最大的 NO_x 降低以及最高的不稳定性信号 (F)。这表明了由此能够限定临界不稳定性阈值，如图 6 中用于描述目的所示，且能够将该信号用在反馈控制策略中以限制供给燃烧器的稀释剂物流以维持稳定的运行同时实现最低可能的 NO_x 排放的策略。

[0094] 火焰不稳定性伴随着 NO_x 的降低，这种不稳定性是由增大稀释剂的使用而造成的。可以确定 F 的临界阈值 $F_{\text{阈值}}$ ，其确定在吹熄或熄灭发生发生之前的不稳定运行，特别是例如在基于使用本实施例中所述的使用声学传感器或机器视觉传感器系统以确定火焰不稳定性的传感器或本申请的任意权利要求包括的任意类型火焰稳定性传感器使用实时反馈或前馈控制的实施方案中。

[0095] 本发明并不局限于此处描述的具体实施方案的范围内。事实上,从之前描述和附图中,除了此处描述的那些之外的对本发明的各种改进对本领域技术人员都将变得显而易见。这种改进旨在落入附属权利要求的范围内(例如通过实施多种波长调制波形和/或调制频率和多种用于处理原始数据以得到表示火焰稳定性、火焰不稳定性和/或 LBO 可能性的值的策略,仅使用一种用于测定火焰稳定性的波长的有或没有波长多路复用的波长调制 TDL 传感器)。尽管已经结合在精炼/石化处理应用中的燃烧设备 1 描述了本发明,但本发明的适用性并不旨在受到如此的限制。预期本发明可用于任何使用燃料气体作为燃料源的燃烧设备中,包括但不限于发电、钢/金属制备和处理、玻璃制备和造纸。

[0096] 进一步理解为所有数值都是近似的,且提供其用于描述。

[0097] 在本申请全文中引用了专利、专利申请、公开文件、产品说明书和协议,将其各自的公开内容通过参考整体引入本文用于所有目的。

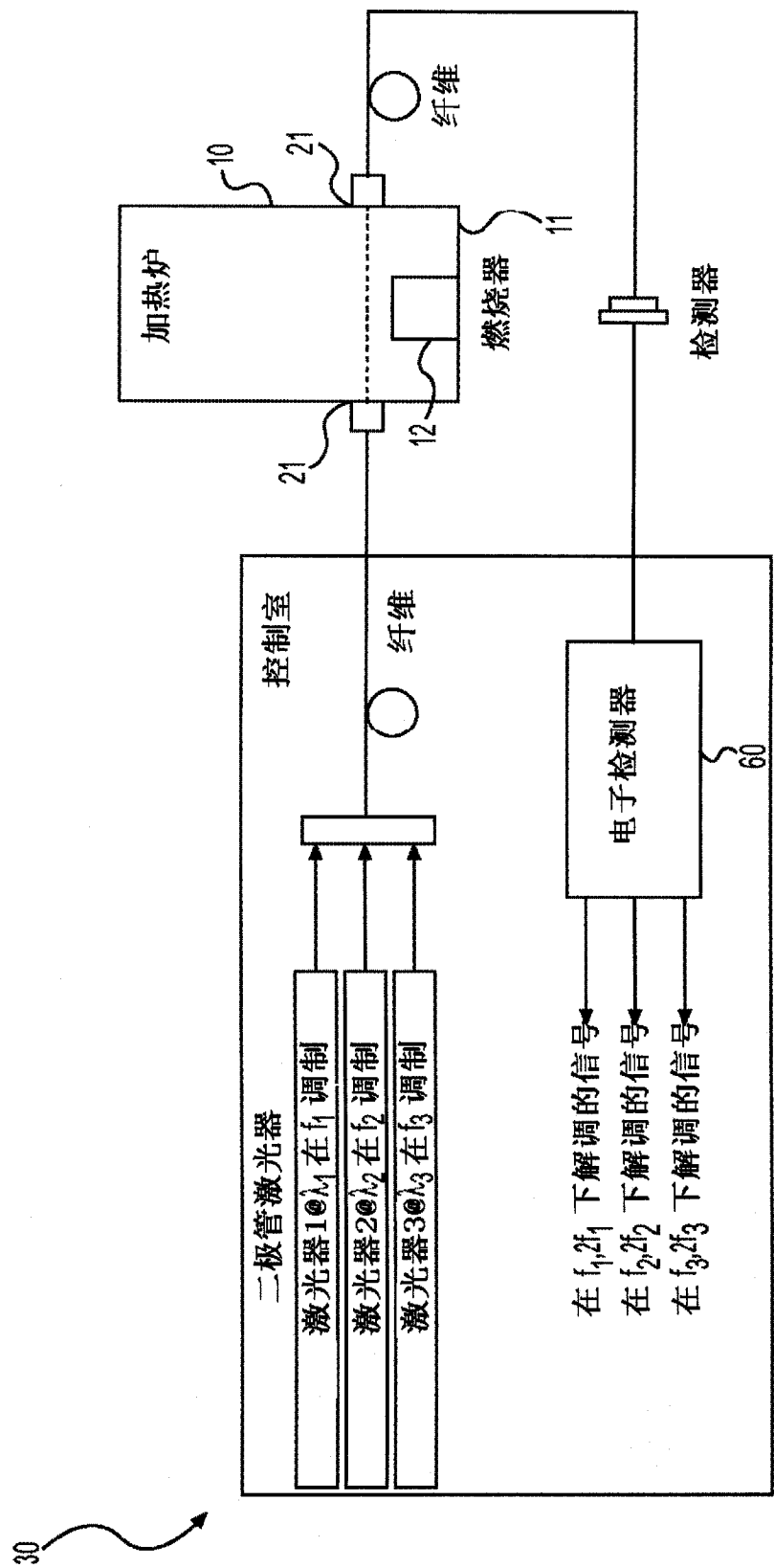


图 1

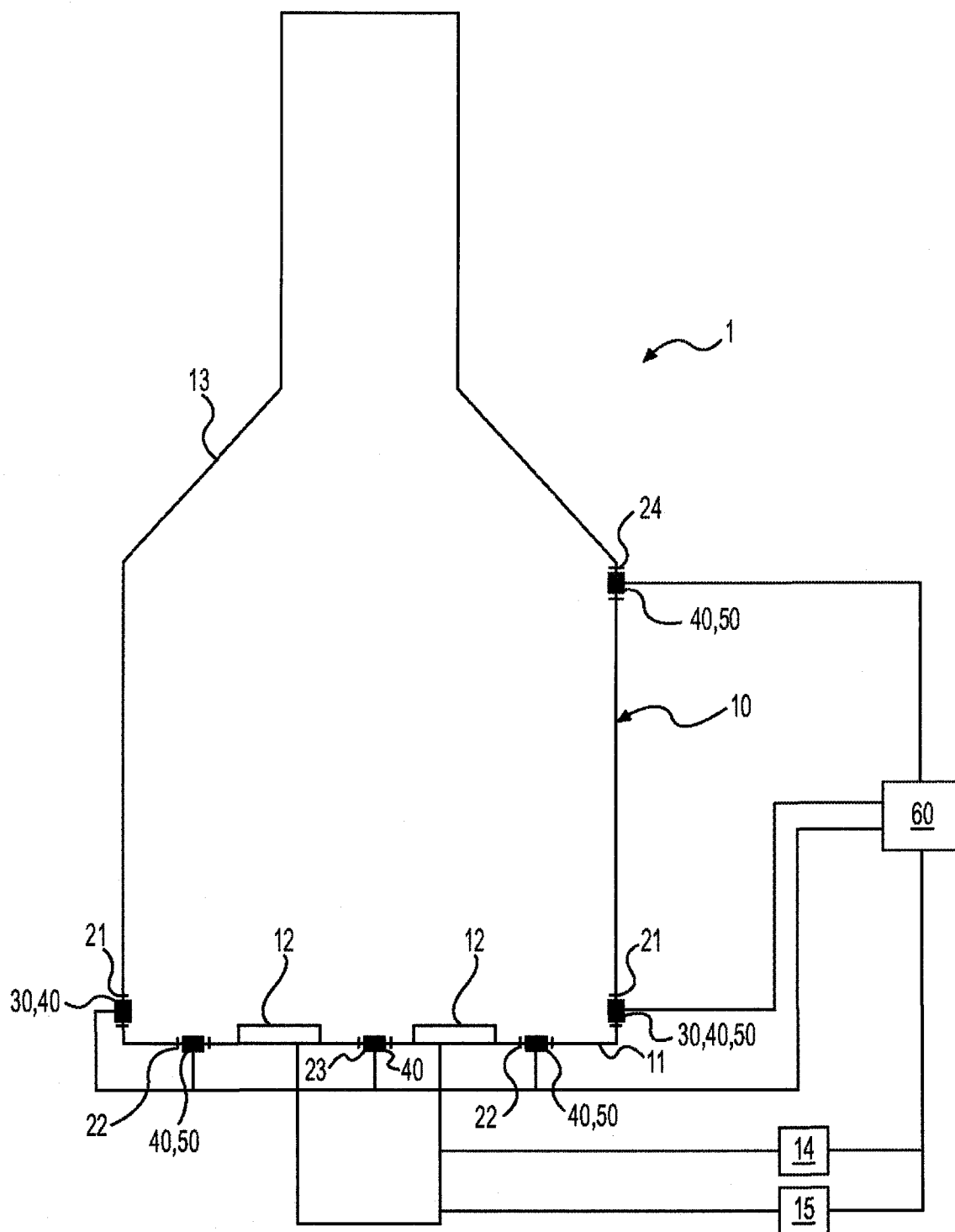


图 2

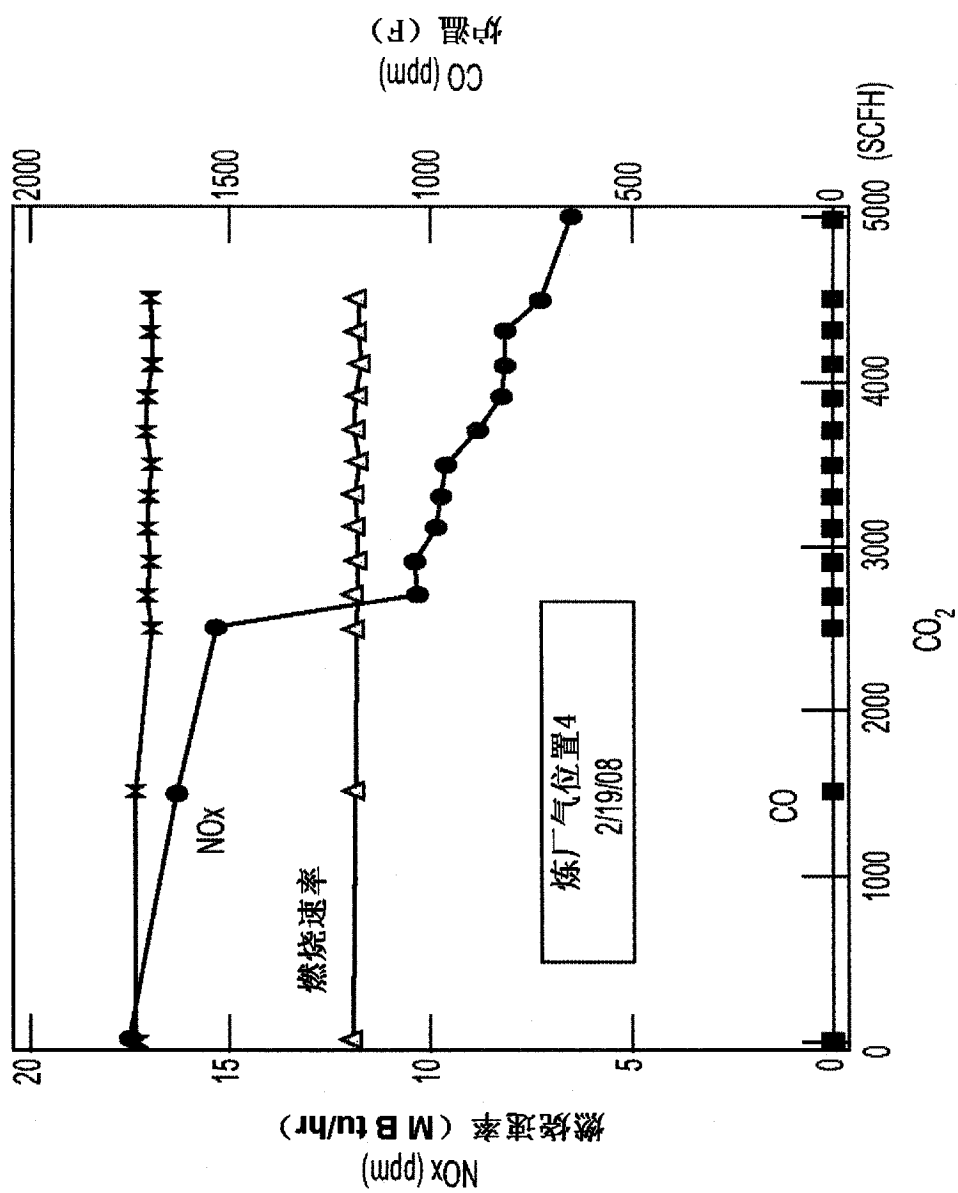


图 3

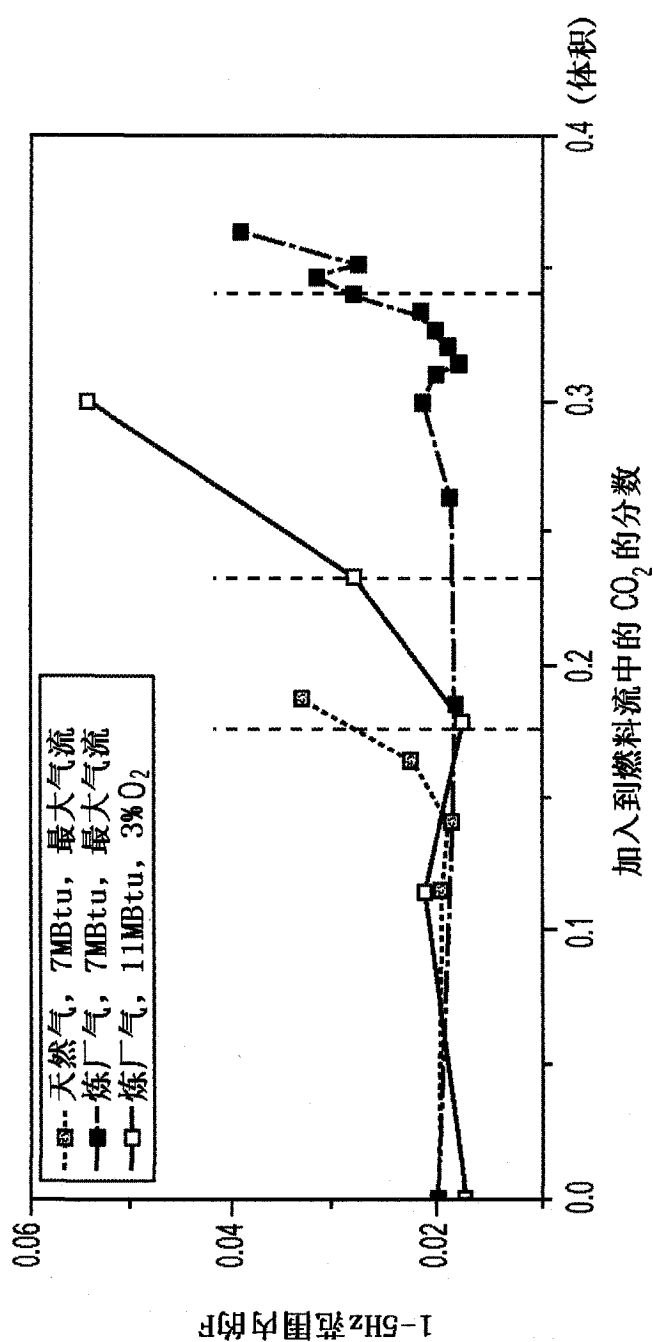


图 4A

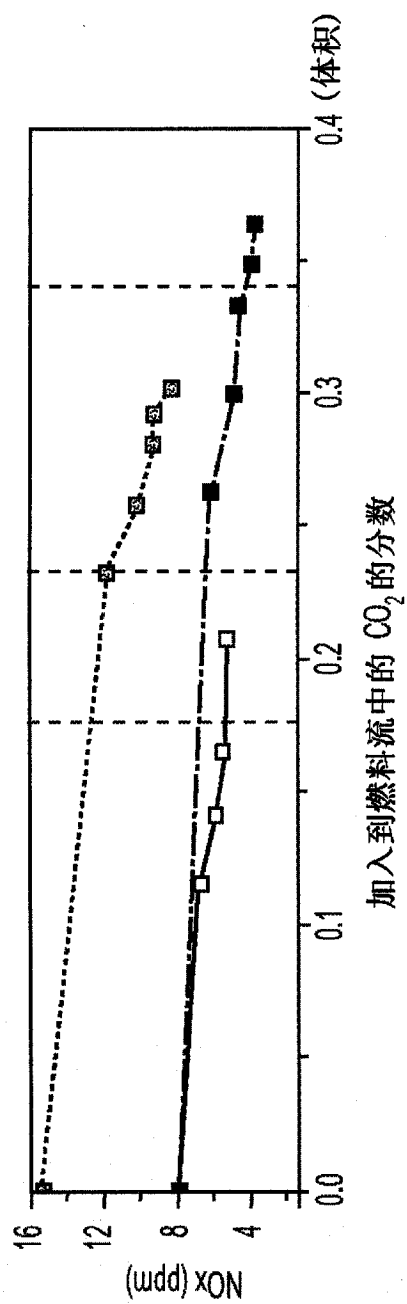


图 4B

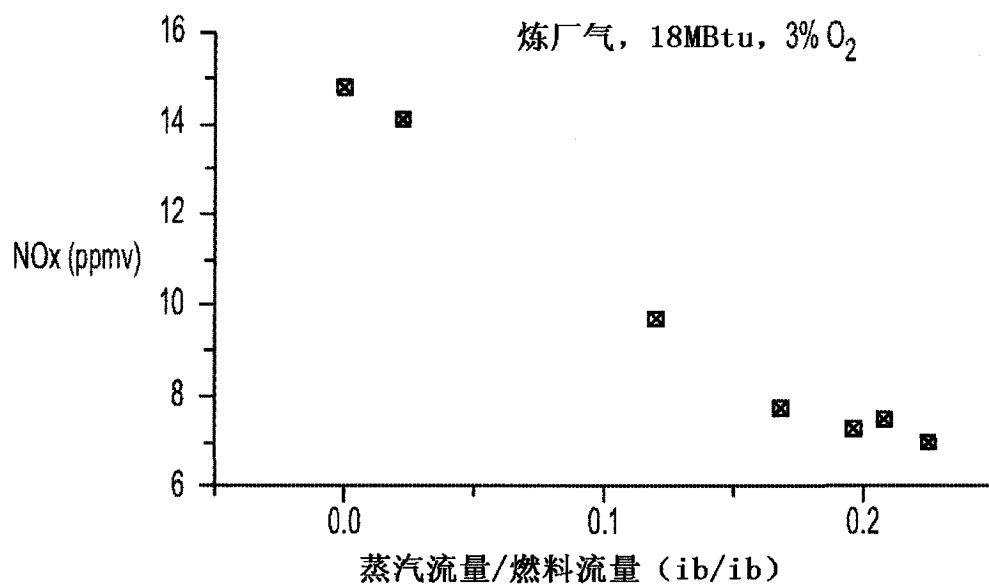


图 5

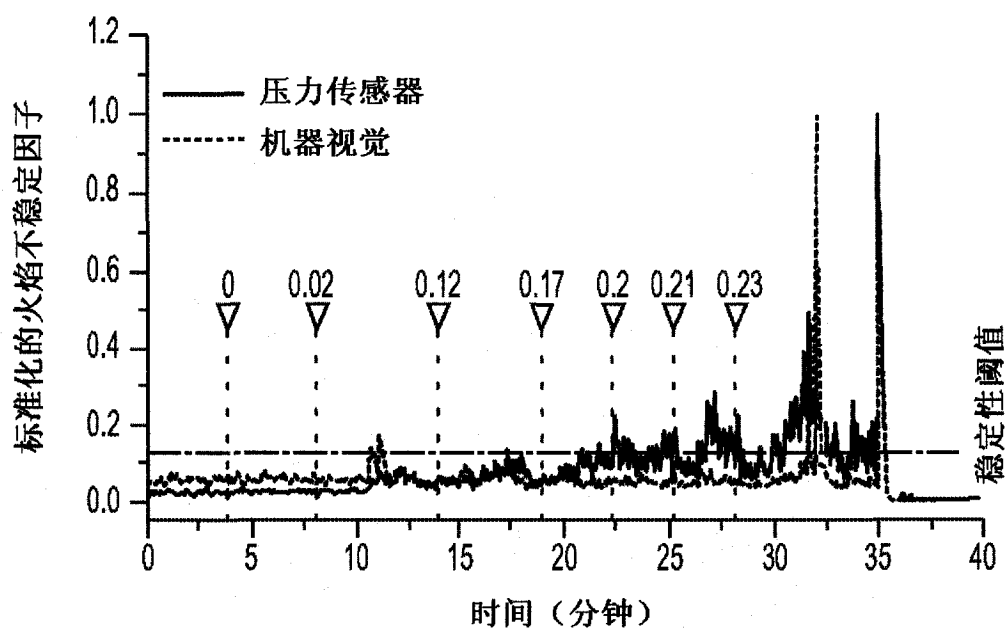


图 6