



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114278936 A

(43) 申请公布日 2022.04.05

(21) 申请号 202111653962.3

(22) 申请日 2021.12.30

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 姚远 魏小林 李森 宾峰 黄俊钦

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390

代理人 焦海峰

(51) Int. Cl.

F23D 14/02 (2006.01)

F23D 14/60 (2006.01)

F23D 14/64 (2006.01)

F23D 14/72 (2006.01)

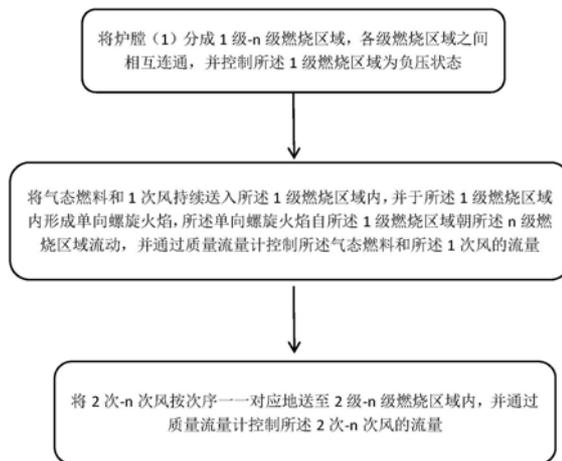
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

一种气态燃料的分级燃烧方法以及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种气态燃料的分级燃烧方法以及系统,包括:S1、将炉膛分成1级-n级燃烧区域,各级燃烧区域之间相互连通,并控制所述1级燃烧区域为负压状态;S2、将气态燃料和1次风持续送入所述1级燃烧区域内,并于所述1级燃烧区域内形成单向螺旋火焰,所述单向螺旋火焰自所述1级燃烧区域朝所述n级燃烧区域流动,并通过质量流量计控制所述气态燃料和所述1次风的流量;S3、将2次-n次风按次序一一对应地送至2级-n级燃烧区域内,并通过质量流量计控制所述2次-n次风的流量;通过在1级燃烧区域进行非充分燃烧,能够有效降低燃烧器区域温度,从源头控制热力型氮氧化物生成;通过多级燃烧,在较多的燃烧区域内进行烟气回燃,能够有效降低排气的污染物排放。



1. 一种气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、将炉膛(1)分成1级-n级燃烧区域,各级燃烧区域之间相互连通,并控制所述1级燃烧区域为负压状态;

S2、将气态燃料和1次风持续送入所述1级燃烧区域内,并于所述1级燃烧区域内形成单向螺旋火焰,所述单向螺旋火焰自所述1级燃烧区域朝所述n级燃烧区域流动,并通过质量流量计控制所述气态燃料和所述1次风的流量;

S3、将2次-n次风按次序一一对应地送至2级-n级燃烧区域内,并通过质量流量计控制所述2次-n次风的流量。

2. 根据权利要求1所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,在步骤S3之后还包括:

步骤S4:通过对所述n级燃烧区域排出的烟气进行检测,然后调节所述气态燃料、所述1次风、以及所述2次风-n次风的流量。

3. 根据权利要求1或2所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,

当n次风中的 $n \geq 3$ 时,1次风、2次风、3次风之间的比例为:0-0.33:0-0.30:0.39-1.00。

4. 根据权利要求1所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,所述气态燃料包含液化石油气、一氧化碳、氢气、甲烷、乙烷、丙烷内的至少一种。

5. 根据权利要求1所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,在步骤S2中,所述1级燃烧区域的过剩空气系数为1.1855-1.6234。

6. 根据权利要求1所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,所述1级-n级燃烧区域内的最高燃烧温度不超过1200℃,优选为1055-1161℃。

7. 根据权利要求1所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,所述炉膛内在燃烧时温度范围为840℃-1161℃。

8. 根据权利要求2所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,在步骤S4中,所述烟气包括一氧化碳、甲烷、乙炔、乙烯,其组分浓度分别为:一氧化碳0-0.31%,甲烷0-0.03%,乙炔0-0.02%,乙烯0-0.01%。

9. 根据权利要求2所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,所述炉膛(1)的氮氧化物的排放浓度范围为24-40mg/m³。

10. 根据权利要求2所述的气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,排放浓度范围为3%-7.34%,且随液化石油气流量的增加而线性降低。

11. 一种气态燃料的分级燃烧系统,其特征在于,包括:

炉膛(1),其具有1级-n级燃烧区域,其于1级燃烧区域内设有旋流燃烧器(2);

助燃气体供给单元,其用于将1次-n次风按次序对应送至1级-n级燃烧区域内;

气态燃料供给单元,其用于向1级燃烧区域提供气态燃料,并驱使气态燃料自1级燃烧区域朝n级燃烧区域流动。

12. 根据权利要求5所述的气态燃料的分级燃烧系统,其特征在于,还包括:

至少两个值班火焰单元(7),其分别设于所述炉膛(1)的两端,其用于使所述炉膛(1)的各级燃烧区域非同时熄灭;

烟气分析单元(6),其用于检测n级燃烧区域排出的烟气;

控制单元,其用于根据所述烟气分析单元(6)的分析结果对所述助燃气体供给单元和

所述气态燃料供给单元调节。

13. 根据权利要求6所述的气态燃料的分级燃烧系统,其特征在于,所述旋流燃烧器(2)具有横截面呈圆形的燃烧室腔(3);

所述燃烧室腔(3)具有多个入口,且所述入口与所述燃烧室腔(3)的横截面圆相切。

14. 根据权利要求7所述的气态燃料的分级燃烧系统,其特征在于,所述助燃气体供给单元包括1-n个套管(4),所述1-n个套管(4)按照次序一一对应地套设与1级-n级燃烧区域上,所述1-n个套管(4)均通过喷管(5)与所述1级-n级燃烧区域相通;

与1级燃烧区域相通的所述喷管(5)与所述燃烧室腔(3)的入口相连,其余的所述喷管(5)与从1级燃烧区域到n级燃烧区域的方向垂直。

一种气态燃料的分级燃烧方法以及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及燃料燃烧技术领域，具体涉及一种气态燃料的分级燃烧方法以及系统。

背景技术

[0002] 液化石油气主要成分为丙烷、丁烷及其他烷烃等。液化石油气由于其高热值、无烟尘、无炭渣，操作使用方便等优点，作为气态燃料在人们生活、切割金属、农产品烘烤、工业窑炉焙烧等领域应用广泛，因此开展液化石油气高效低氮清洁分级燃烧技术研发是绿色低碳技术关键突破的重要环节之一。

[0003] 燃烧器是燃烧的核心关键部件，用于气态燃料和助燃气的混合、组织燃烧，直接决定燃烧区域的温度、浓度、速度三场分布，进而影响燃烧过程的可靠性、稳定性，以及污染物的生成与排放。

[0004] 但是，现有技术中的燃烧器一般采用一级送风的燃烧方式，该方式主要通过设置较大的过量空气系数以保证燃烧充分，导致燃烧器的燃烧温度高、区域大，进而容易产生较多的不完全燃烧产物和大量热力型氮氧化物。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种气态燃料的分级燃烧方法以及系统，以解决现有技术中一级送风的燃烧方式需要较大的过量空气系数导致产生较多的不完全燃烧产物和大量热力型氮氧化物的技术问题。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明具体提供下述技术方案：

[0007] 一种气态燃料的分级燃烧方法，包括以下步骤：

[0008] S1、将炉膛分成1级-n级燃烧区域，各级燃烧区域之间相互连通，并控制所述1级燃烧区域为负压状态；

[0009] S2、将气态燃料和1次风持续送入所述1级燃烧区域内，并于所述1级燃烧区域内形成单向螺旋火焰，所述单向螺旋火焰自所述1级燃烧区域朝所述n级燃烧区域流动，并通过质量流量计控制所述气态燃料和所述1次风的流量；

[0010] S3、将2次-n次风按次序一一对应地送至2级-n级燃烧区域内，并通过质量流量计控制所述2次-n次风的流量。

[0011] 作为本发明的一种优选方案，在步骤S3之后还包括：

[0012] 步骤S4：通过对所述n级燃烧区域排出的烟气进行检测，然后调节所述气态燃料、所述1次风、以及所述2次风-n次风的流量。

[0013] 作为本发明的一种优选方案，当n次风中的 $n \geq 3$ 时，1次风、2次风、3次风之间的比例为：0-0.33:0-0.30:0.39-1.00。

[0014] 作为本发明的一种优选方案，所述气态燃料包含液化石油气、一氧化碳、氢气、甲烷、乙烷、丙烷内的至少一种。

- [0015] 作为本发明的一种优选方案,在步骤S2中,所述1级燃烧区域的过剩空气系数为1.1855-1.6234。
- [0016] 作为本发明的一种优选方案,所述1级-n级燃烧区域内的最高燃烧温度不超过1200℃,优选为1055-1161℃。
- [0017] 作为本发明的一种优选方案,所述炉膛内在燃烧时温度范围为840℃-1161℃。
- [0018] 作为本发明的一种优选方案,在步骤S4中,所述烟气包括一氧化碳、甲烷、乙炔、乙烯,其组分浓度分别为:一氧化碳0-0.31%,甲烷0-0.03%,乙炔0-0.02%,乙烯0-0.01%。
- [0019] 作为本发明的一种优选方案,所述炉膛的氮氧化物的排放浓度范围为24-40mg/m³。
- [0020] 作为本发明的一种优选方案,排放浓度范围为3%-7.34%,且随液化石油气流量的增加而线性降低。
- [0021] 为解决上述技术问题,本发明还进一步提供下述技术方案:
- [0022] 一种气态燃料的分级燃烧系统,包括:
- [0023] 炉膛,其具有1级-n级燃烧区域,其于1级燃烧区域内设有旋流燃烧器;
- [0024] 助燃气体供给单元,其用于将1次-n次风按次序对应送至1级-n级燃烧区域内;
- [0025] 气态燃料供给单元,其用于向1级燃烧区域提供气态燃料,并驱使气态燃料自1级燃烧区域朝n级燃烧区域流动。
- [0026] 作为本发明的一种优选方案,还包括:
- [0027] 至少两个值班火焰单元,其分别设于所述炉膛的两端,其用于使所述炉膛的各级燃烧区域非同时熄灭;
- [0028] 烟气分析单元,其用于检测n级燃烧区域排出的烟气;
- [0029] 控制单元,其用于根据所述烟气分析单元的分析结果对所述助燃气体供给单元和所述气态燃料供给单元调节。
- [0030] 作为本发明的一种优选方案,所述旋流燃烧器具有横截面呈圆形的燃烧室腔;
- [0031] 所述燃烧室腔具有多个入口,且所述入口与所述燃烧室腔的横截面圆相切。
- [0032] 作为本发明的一种优选方案,所述助燃气体供给单元包括1-n个套管,所述1-n个套管按照次序一一对应地套设与1级-n级燃烧区域上,所述1-n个套管均通过喷管与所述1级-n级燃烧区域相通;
- [0033] 与1级燃烧区域相通的所述喷管与所述燃烧室腔的入口相连,其余的所述喷管与从1级燃烧区域到n级燃烧区域的方向垂直。
- [0034] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:
- [0035] 本发明通过炉膛分成1级-n级燃烧区域,然后形成单向螺旋火焰,进而在单向螺旋火焰的运动过程中通过分级加入助燃气体,能够使得气态燃料进行多级燃烧;
- [0036] 本发明通过在1级燃烧区域进行非充分燃烧,能够有效降低燃烧器区域温度,从源头控制热力型氮氧化物生成;
- [0037] 本发明通过多级燃烧,在较多的燃烧区域内进行烟气回燃,能够有效降低排气的污染物排放。

附图说明

[0038] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式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示例性的,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,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0039] 图1为本发明中所述的燃烧系统中炉膛的侧视图;

[0040] 图2为本发明中所述的燃烧系统中旋流燃烧器的俯视图;

[0041] 图3为本发明中所述的燃烧方法的1次-3次风的配风比例图;

[0042] 图4为本发明中所述的燃烧方法的1次-3次风的燃烧温度图;

[0043] 图5为本发明中所述的燃烧方法的1次-3次风的氮氧化物排放图;

[0044] 图6为本发明中所述的燃烧方法的1次-3次风的不完全燃烧产物排放图;

[0045] 图7为本发明中所述的燃烧方法的1次-3次风的氧气排放图;

[0046] 图8为本发明中所述的燃烧方法的流程示意图。

[0047] 图中的标号分别表示如下:

[0048] 1、炉膛;2、旋流燃烧器;3、燃烧室腔;4、套管;5、喷管;6、烟气分析单元;7、值班火焰单元;8、质量流量计;9、质量流量计;10、助燃气体供给单元;11、气态燃料供给单元。

具体实施方式

[0049] 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做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。

[0050] 如图3-8所示,本发明提供了一种气态燃料的分级燃烧方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0051] S1、将炉膛1分成1级-n级燃烧区域,各级燃烧区域之间相互连通,并控制所述1级燃烧区域为负压状态;

[0052] S2、将气态燃料和1次风持续送入所述1级燃烧区域内,并于所述1级燃烧区域内形成单向螺旋火焰,所述单向螺旋火焰自所述1级燃烧区域朝所述n级燃烧区域流动,并通过质量流量计控制所述气态燃料和所述1次风的流量;

[0053] S3、将2次-n次风按次序一一对应地送至2级-n级燃烧区域内,并通过质量流量计控制所述2次-n次风的流量。

[0054] 进一步地,在步骤S3之后还包括:

[0055] 步骤S4:通过对所述n级燃烧区域排出的烟气进行检测,然后调节所述气态燃料、所述1次风、以及所述2次风-n次风的流量。

[0056] 进一步地,所述助燃空气三级燃烧的比例,最佳燃烧工况范围为:当n次风中的 $n \geq 3$ 时,1次风、2次风、3次风之间的比例为:0-0.33:0-0.30:0.39-1.00。

[0057] 进一步地,所述气态燃料包含液化石油气、一氧化碳、氢气、甲烷、乙烷、丙烷内的至少一种。

[0058] 在本燃烧方法中,燃烧器第1级燃烧区域浓淡燃烧法之燃料过浓燃烧:在燃烧器中

送入少量的、过量空气/氧气系数不足1的助燃气体,形成缺氧还原性气氛条件下的非充分燃烧,生成一氧化碳等还原性气体,通过减少燃烧器区域的助燃气体,降低燃烧器区域温度,从源头控制热力型氮氧化物生成。

[0059] 剩余的燃料完全燃烧所需要的理论助燃气体在燃烧器后端分级送入炉膛,保证燃烧效率。具体为:

[0060] 2次-n次风一一对应地送至2级-n级燃烧区域浓淡燃烧法之燃料过淡燃烧:控制2次-n次风按一定比例送入炉膛,与未燃尽的燃料和不完全燃烧产物一氧化碳等充分混合燃烧,最终形成烟气回燃,通过控制各区域助燃气体流量和温度,抑制热力型氮氧化物生成。

[0061] 通常认为,在助燃气体分级燃烧中,扩大非一次风比例有助于形成还原气氛、降低炉膛温度;增大一次风口和其他风口的距离有助于延长燃料和助燃混合气在还原区的停留时间;保证充分的助燃气体供应有利于燃料的完全燃烧,这些操作既补充了燃烧所需要的氧,也降低了尾部烟气不完全燃烧产物一氧化碳、氮氧化物的排放,实现了高效低氮清洁燃烧工艺。

[0062] 作为本发明的一种优选方案,在步骤S2中,所述1级燃烧区域的过剩空气系数为1.1855-1.6234。

[0063] 作为本发明的一种优选方案,所述1级-n级燃烧区域内的最高燃烧温度不超过1200℃,优选为1055-1161℃。

[0064] 作为本发明的一种优选方案,所述炉膛内在燃烧时温度范围为840℃-1161℃。

[0065] 作为本发明的一种优选方案,在步骤S4中,所述烟气包括一氧化碳、甲烷、乙炔、乙烯,其组分浓度分别为:一氧化碳0-0.31%,甲烷0-0.03%,乙炔0-0.02%,乙烯0-0.01%。

[0066] 作为本发明的一种优选方案,所述炉膛的氮氧化物的排放浓度范围为24-40mg/m³。

[0067] 作为本发明的一种优选方案,排放浓度范围为3%-7.34%,且随液化石油气流量的增加而线性降低。

[0068] 其中,所述助燃气体,包括空气、氧气等。

[0069] 其中,所述助燃空气三级燃烧的过剩空气系数考虑漏风量为1.1855-1.6234,且随液化石油气流量的增加而降低,小流量时工况不易稳定,影响配风调节,导致氧气量较高。

[0070] 其中,所述助燃空气的每一级燃烧的最高燃烧温度不超过1200℃,具体为1055-1161℃,出现在助燃气供气量最高的区域,且随液化石油气流量的增加而提高。

[0071] 其中,n级燃烧区域的烟气组分,包括二氧化碳、水蒸气、不完全燃烧产物、氮氧化物、氧气、氮气;其中,所述不完全燃烧产物,包括一氧化碳、甲烷、乙炔、乙烯;其中,所述不完全燃烧产物的组分浓度,分别为:一氧化碳0-0.31%,甲烷0-0.03%,乙炔0-0.02%,乙烯0-0.01%,燃料的燃尽率较高;其中,所述氮氧化物,包括一氧化氮、二氧化氮;其中,所述氮氧化物的排放浓度不超过50mg/m³,具体范围为24-40mg/m³,燃烧的氮氧化物排放量较低;所述氧气的组分浓度为3%-7.34%,且随液化石油气流量的增加而线性降低,小流量时工况不易稳定,影响配风调节,导致氧气量较高。

[0072] 如图1和图2所示,本发明还提供了一种气态燃料的分级燃烧系统,包括:

[0073] 炉膛1,其具有1级-n级燃烧区域,其于1级燃烧区域内设有旋流燃烧器2;

[0074] 助燃气体供给单元,其用于将1次-n次风按次序对应送至1级-n级燃烧区域内;

[0075] 气态燃料供给单元,其用于向1级燃烧区域提供气态燃料,并驱使气态燃料自1级燃烧区域朝n级燃烧区域流动。

[0076] 进一步地,还包括:

[0077] 至少两个值班火焰单元7,其分别设于所述炉膛1的两端,其用于使所述炉膛1的各级燃烧区域非同时熄灭;

[0078] 烟气分析单元6,其用于检测n级燃烧区域排出的烟气;

[0079] 控制单元,其用于根据所述烟气分析单元6的分析结果对所述助燃气体供给单元和所述气态燃料供给单元调节。

[0080] 控制单元用于获得流体组分、浓度、温度、压力、流量等信息,从而控制调节风机功率、流体流量、阀门开闭等参数,提高系统的可靠性、智能化水平和安保性能,可无线操控、远传监控,也可自主工作或人工操作,且整个设备通过能源系统实现供电。

[0081] 在图1中,减压阀和截止阀的具体安装和分布如图1中的标记v1-v12,质量流量计8和9的安装和分布具体如图1中的标记FT,在此不做赘述。

[0082] 压力传感器用于测量测量炉膛压力,其中在本实施方式中,压力传感器的数量至少为1个,其中设置在第一燃烧区域的压力传感器P1。

[0083] 温度传感器用于测量各个燃烧区域前后管道内的流体温度,计算得到燃烧区域进出口温差等,其中,在本实施方式中,温度传感器的数量可以为 $2-(N+1)$ 个,燃烧区域数量保持一致,前一个燃烧区域后端的温度传感器检测到的输出的流体的温度值,可以作为下一个燃烧区域前端输入的流体的温度值。

[0084] 因此温度传感器分别为设置在燃烧区域前后的温度传感器T1-T6。

[0085] 所述烟气分析单元6用于测量烟气组分及其浓度。

[0086] 所述的分级燃烧系统内还含有风机、温度传感器、压力传感器、绝热保温层。

[0087] 风机用于给流体提供动力及方向;温度传感器用于测量炉膛内风管前后流体或者火焰温度,计算得到进出口温差、热流密度、传热系数等;压力传感器用于测量炉膛压力,实验设置为微负压工况,确保燃烧过程的安全稳定运行;绝热保温层用于减少实验装置与环境的热交换。

[0088] 其中,助燃气体供给设备10,包括空压机及其辅助设备、氧气储罐。所述空压机及其辅助设备用于提供实验所需的空气作为助燃气体;氧气储罐用于提供实验所需的氧气作为助燃气体。

[0089] 气态燃料供给设备11,包括燃料储罐及其加热装置,用于为实验系统存储并提供实验所需燃料,实现给定的工况。

[0090] 该系统内还包括减压阀,具体地,包括一级减压阀、二级减压阀。所述一级减压阀可以控制工质的输出压力降至1MPa,所述二级减压阀可以控制工质的输出压力降至0-0.5MPa。根据气体性能分别定制,助燃气体采用普通减压阀,液化石油气采用可燃气体减压阀,保证安全。

[0091] 所述质量流量计根据气体流量分别定制不同量程,液化石油气、空气采用大量程质量流量计,特别考虑到液化石油气汽化吸热容易导致储罐及其出口管道结霜,特别是冬季环境温度低,难以提供大流量、稳定的流量这一技术难点,通常采用串联储罐的形式供液化石油气。氧气采用小量程质量流量计提高精度。

[0092] 所述旋流燃烧器1燃烧室截面为圆形,气体入口采用中心对称布置,喷射流速方向与圆相切,燃料与一次风充分混合后,经长明火点火,在燃烧室腔9体内形成向心、向上的螺旋形旋转火焰,有利于助燃二次风的流动与旋转,此时助燃气体与火焰接触面积大、接触时间长、火焰温度高、燃烧更完全。这也是浓淡燃烧法的燃料过浓燃烧过程。入口数量通常设置为1-10个,管道截面可以设计为矩形或圆型。燃料和助燃气体可以根据流量设计布置1-10个管道入口,且各流体管道入口的位置不限,可以调整。

[0093] 所述值班火焰单元7,有前端和后端2个,互为补充,避免同时熄灭产生安全隐患。包括自动点火器、小鼓风机、截止阀。所述自动点火器用于产生电火花点燃供应的燃料,形成长时间稳定燃烧的火焰;所述小鼓风机用于提供点火所需的助燃空气;所述截止阀用于截断燃料。

[0094] 其中,所述旋流燃烧器2具有横截面呈圆形的燃烧室腔3;所述燃烧室腔3具有多个入口,且所述入口与所述燃烧室腔3的横截面圆相切;所述助燃气体供给单元包括1-n个套管4,所述1-n个套管4按照次序一一对应地套设与1级-n级燃烧区域上,所述1-n个套管4均通过喷管5与所述1级-n级燃烧区域相通;与1级燃烧区域相通的所述喷管5与所述燃烧室腔3的入口相连,其余的所述喷管5与从1级燃烧区域到n级燃烧区域的方向垂直。

[0095] 套管4为环状的高压助燃气体管道,分为多级地与旋流燃烧器1同轴设置,沿炉膛1轴向布置,形成分级燃烧,有效抑制集中燃烧加热造成的火焰局部高温,在燃烧源头解决氮氧化物生成问题。同时,充分考虑深度调峰需求,兼顾高、低负荷的灵活切换,通过旋流燃烧器2,辅以多级助燃气体,使得该燃烧器在极低负荷下仍能维持液化石油气气流的最佳燃料浓度和一次风速,保证燃烧的稳定性。

[0096] 进一步地,套管4形成环状盘管周向喷管5内喷射以均匀进风,多级助燃气体与一级燃烧器火焰或者烟气流动方向垂直,形成对冲,增强混合,最终形成烟气回燃。一方面,利用多级套管4中的富氧来弥补一级火焰的氧气不足问题,达到燃烧完全的目的,另一方面,多级助燃气体为火焰与炉膛内壁之间形成一层气化膜,保护炉膛内壁免受烧蚀,延长耐火层使用寿命,降低壁面散热损失。

[0097] 进一步地,喷管5采用中心或者轴对称均匀布置,喷管5的一端喷口与炉膛1内壁面平齐,未伸入炉膛1内部,避免烧蚀;喷管5的另一端喷口与套筒6内壁面平齐。入口数量通常设置为1-20个;任意两个相邻喷孔之间间隔1个分段圆弧,圆弧弧长通常设计为1mm-1260mm;管道截面可以设计为矩形或圆型。喷管5的布置使得套筒中的助燃气体可以沿周向均匀地流入炉膛。

[0098] 进一步地,风机采用变频风机,可以从0-50Hz连续调节。

[0099] 进一步地,绝热保温系统,采用双层材料,一层包裹2-5mm厚保温棉减少导热损失,二层包裹1-10层铝箔纸降低辐射换热损失,并用铝箔胶带或者高温胶进行连接。

[0100] 进一步地,所述控制系统,包括烟气分析模块、温度/压力分析模块、值班火焰单元7自动报警模块、智能分级燃烧调节终端。所述燃料/助燃气体供给管线上沿进气方向依次安装的减压阀、截止阀、质量流量计;和,所述炉膛安装的值班火焰单元7、烟气分析单元6、风机、温度传感器、压力变送器;分别与所述智能分级燃烧调节终端连接。所述烟气分析模块用于采集烟气中氮氧化物组分及浓度、不完全燃烧产物组分及浓度,以及氧气浓度,并在氮氧化物排放值超过设定值 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、不完全燃烧产物排放值超过设定值1%,和氧气含量

分别超过设定值时,将这3个参数中的1个或多个作为输入信号传输至所述智能分级燃烧调节终端。所述温度/压力分析模块用于采集不同位置的温度和压力数据,并在局部热点温度超过设定值1200℃、表压超过设定值0Pa时,将这2个参数中的1个或多个作为输入信号传输至所述智能分级燃烧调节终端。所述值班火焰单元7自动报警模块,用于当值班火焰单元7熄灭时报警,将危险信号传输至所述智能分级燃烧调节终端。所述智能分级燃烧调节终端,用于根据来自所述烟气分析模块的输入信号计算燃料所需助燃气体量,通过控制所述流量计和截止阀进行助燃气体总流量的调节,使得氮氧化物、不完全燃烧产物排放值下降,且烟气氧含量满足设定范围;根据来自所述温度/压力分析模块的温度输入信号,通过控制所述流量计和截止阀进行助燃气体分级占比的调节,使得局部热点温度低于设定值1200℃;根据来自所述温度/压力分析模块的压力输入信号,通过调节所述风机的功率,使得炉膛维持微负压安全燃烧工况;根据来自所述值班火焰单元7自动报警模块的报警输入信号,结合温度数据,判断是否开启急停终止实验,当温度稳定,判断燃烧状态较好,重启值班火焰单元7即可,当温度快速下降,判断无法维持燃烧状态,需终止燃料供应避免燃料浓度过高引起爆炸危险。

[0101] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

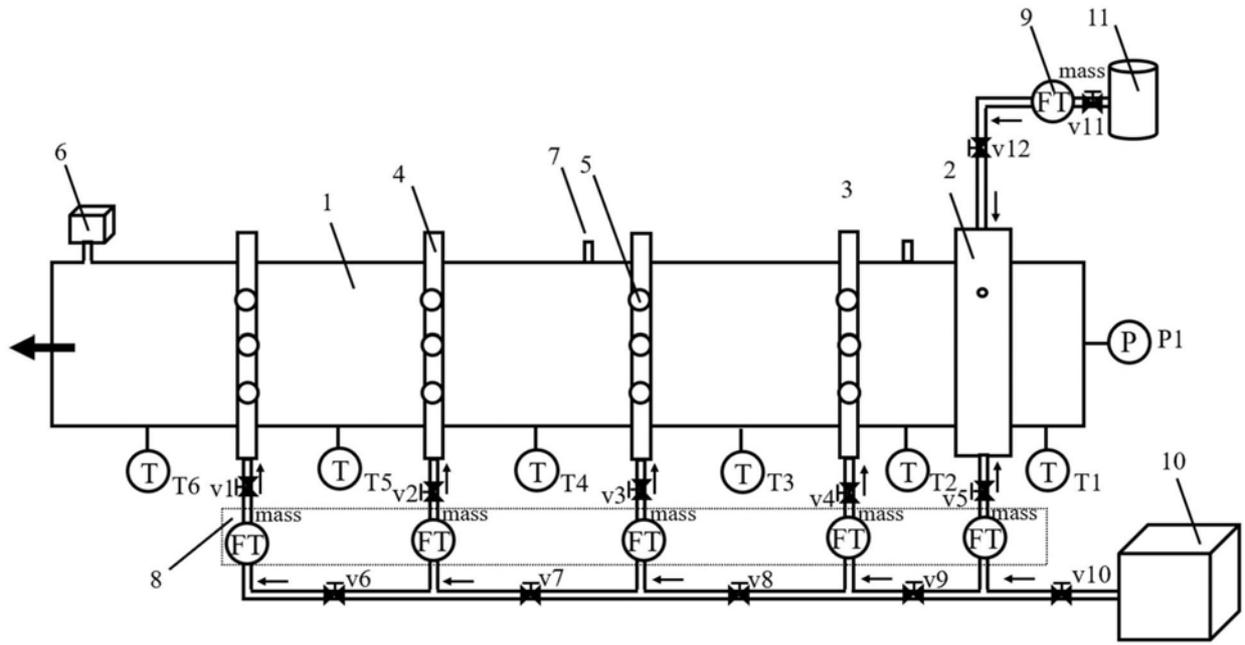


图1

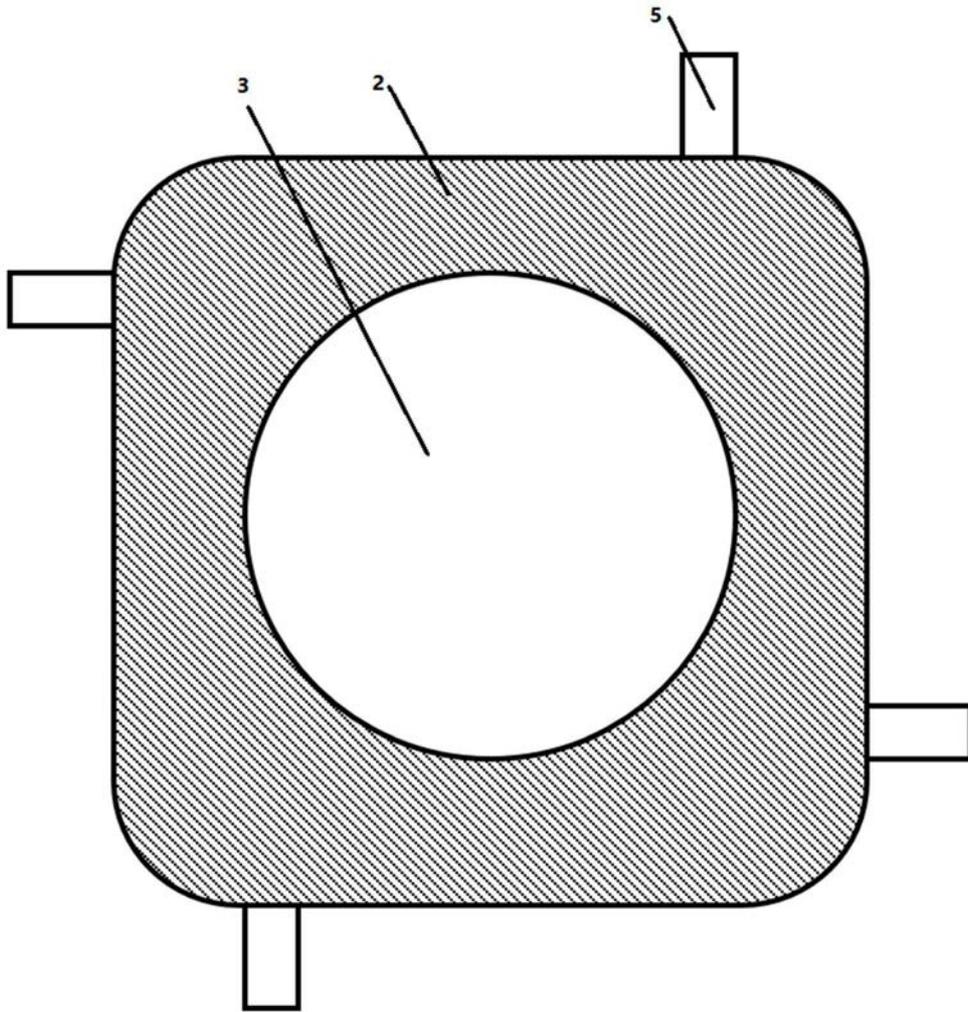


图2

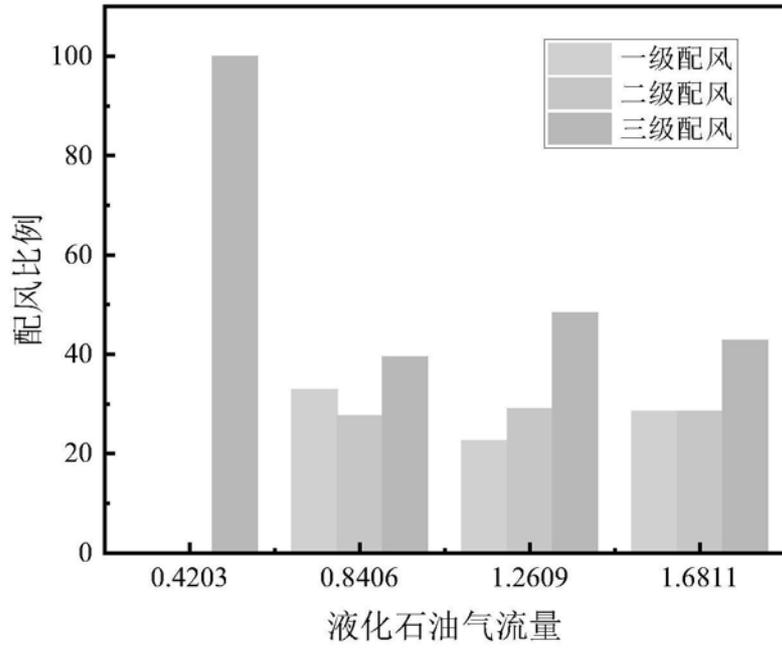


图3

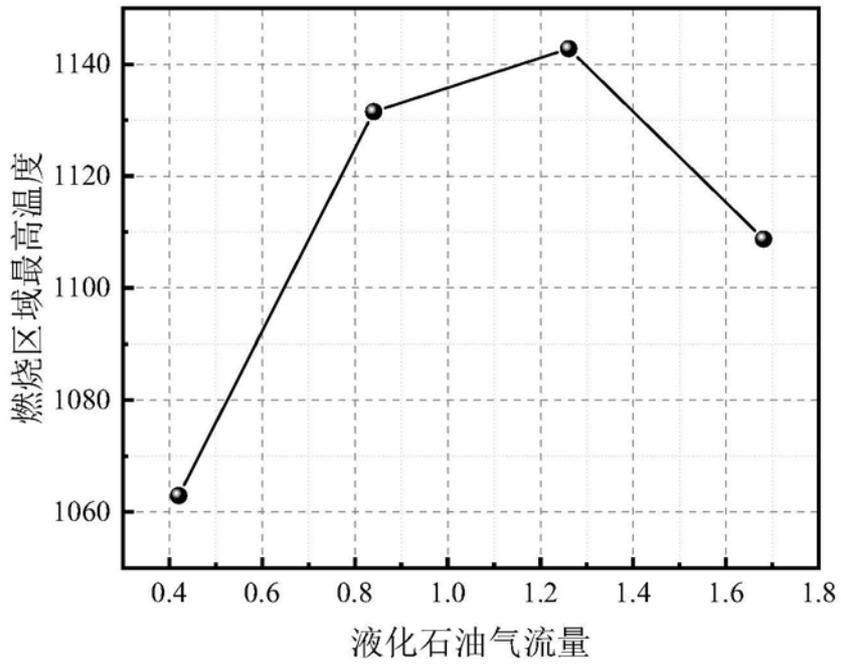


图4

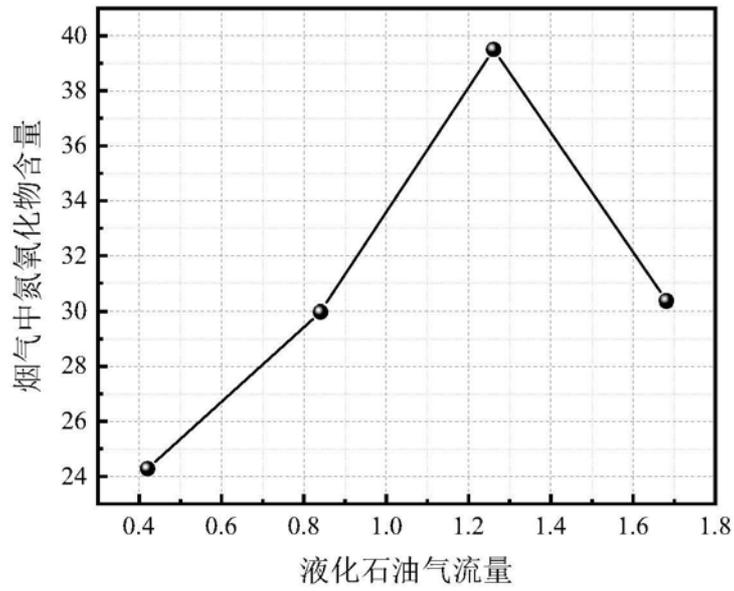


图5

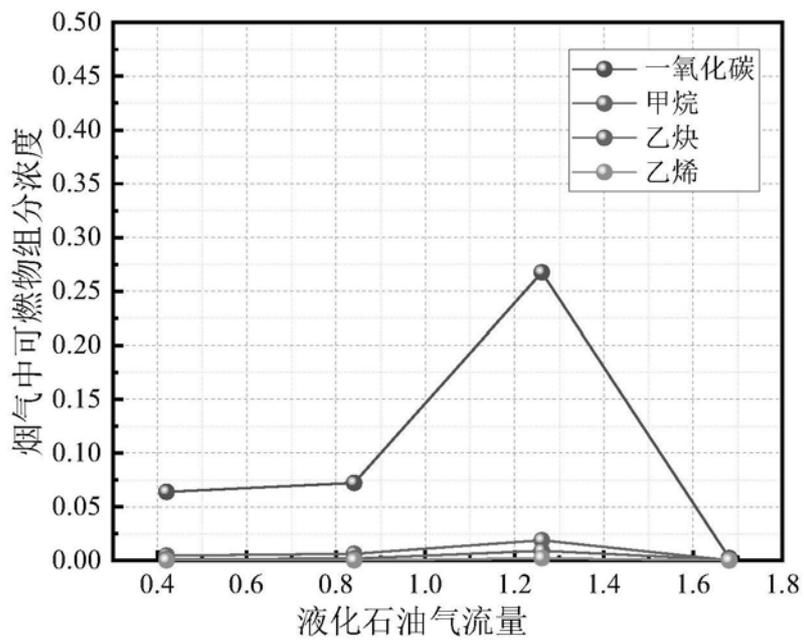


图6

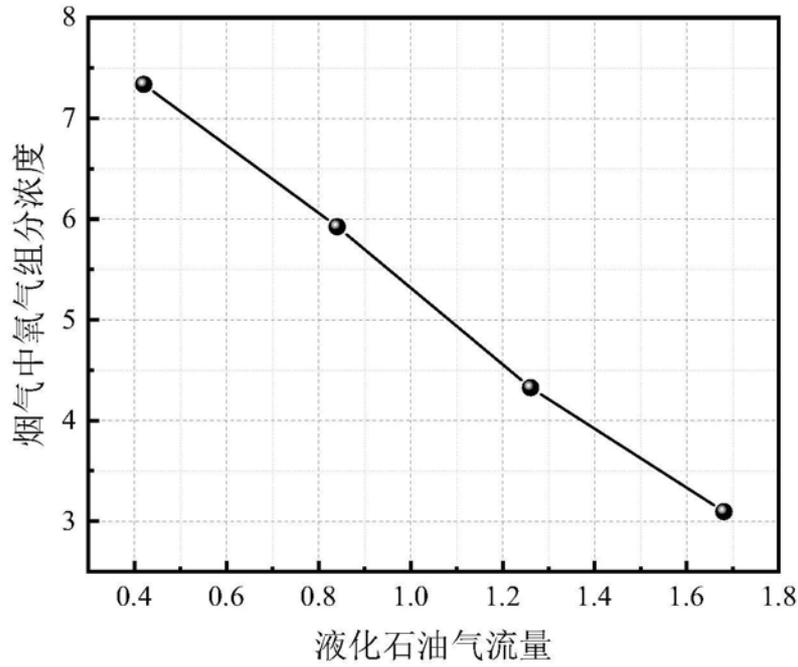


图7

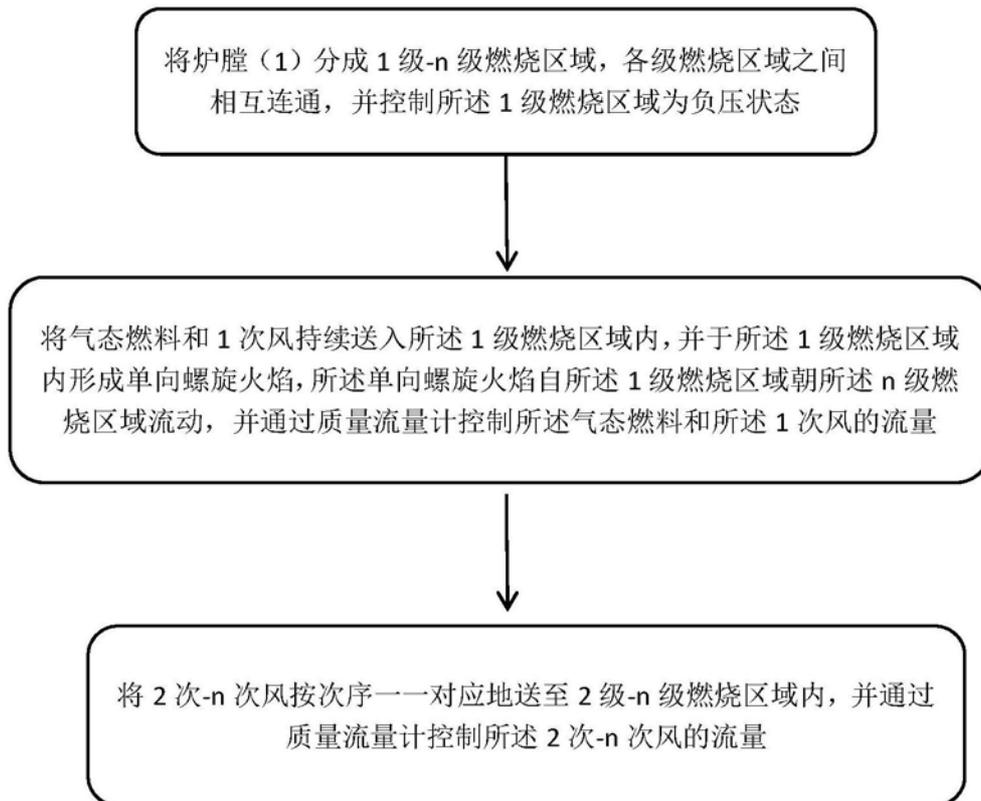


图8