

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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

B09B 3/00

F23B 7/00 F23G 5/00

F23G 5/46 F23J 1/00

F23J 15/00



# [12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99805854.8

[45] 授权公告日 2004 年 6 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1154547C

[22] 申请日 1999.3.30 [21] 申请号 99805854.8

[30] 优先权

[32] 1998.4.6 [33] US [31] 09/055,502

[86] 国际申请 PCT/US1999/006915 1999.3.30

[87] 国际公布 WO1999/051367 英 1999.10.14

[85] 进入国家阶段日期 2000.11.6

[71] 专利权人 米内吉有限公司

地址 美国威斯康星州

[72] 发明人 T·J·鲍德休英

审查员 朱晓琳

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

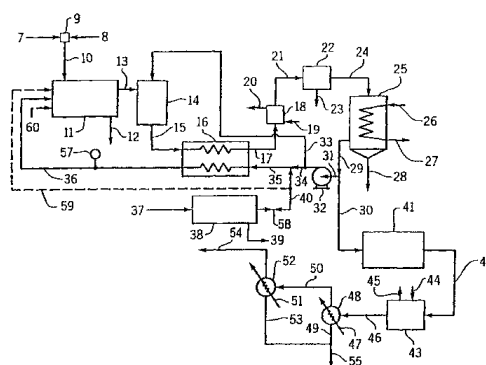
代理人 闻 卿

权利要求书 5 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称 闭合循环式废料燃烧

[57] 摘要

通过一管路(7)将无危害的有机废料引入一对度料进行燃烧的造渣燃烧室(11)内。燃烧产生废气和熔融的无机灰渣,所述无机灰渣可以藉助与燃烧室(11)的底部相连的管路(12)从燃烧室(11)中除去。对通过管路(13)流出的废气进行处理,以便将含在所述废气中的大部分颗粒物除去。将经过处理的废气的一部分和来自于空气分离装置(38)的高浓度氧气按一定比例相混合,使混合气体中具有至少 30%(按容积计)的氧气浓度。然后将混合气体引入燃烧室(11)内,以支持所述废料的燃烧。



1. 一种用来对灰含量为 5%至 65%且热值在 500 至 9,000 Btus/磅的有机废料进行处理的方法，它包括以下步骤：

将所述废料引入一造渣燃烧室内；

使所述燃烧室内的废料燃烧，以生成熔融的无机灰渣和废气；

从所述燃烧室中除去所述灰渣；

从所述燃烧室中除去废气；

然后对所述废气进行处理，以从所述废气中将大部分颗粒物质除去，并对所述废气进行干燥；以及

将所述经处理的废气分成一个以上部分；

其中，将所述经过处理的废气的一部分与高浓度氧气源按一定比例相混合并引入所述燃烧室内，所述混合的气体按容积计具有至少 30%的氧气混合浓度，

其中，在将所述经过处理的废气的第一部分和高浓度氧气引入所述燃烧室之前使它们混合在一起以形成混合气体，

其中，所述对废气进行处理的步骤包括对所述废气进行冷却，

所述方法还包括在将混合气体引入所述燃烧室之前将从所述燃烧室中除去的所述废气的一部分热量传递给所述混合气体的步骤。

2. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述混合气体中的氧气比例按容积计是 40%至 55%。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，它还包括对经过处理的废气的第二部分进行处理以从所述经处理的废气的第二部分中回收二氧化碳的步骤。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，它还包括使一定量的、所述经处理的废气的第一部分与从所述燃烧室中除去的废气相混合的步骤。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，在将废气的热量传递给所述混合气体之前，将一定量的、所述经处理的废气的第一部分与从所述燃烧室中除去的废气相混合。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，藉助使一定量的、所述经处理的废气的第一部分与从所述燃烧室中除去的废气相混合，来对所述废气进行

冷却。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述废料是从以下材料中选择出来的: 城市固体垃圾、造纸厂淤渣和污水处理污泥。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在废料引入所述燃烧室之前先将一种融合剂与所述废料相混合。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在废料引入所述燃烧室之前先将一种玻璃形成材料与所述废料相混合。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 除了所述废料之外, 还将一种补充燃料引入所述燃烧室内。

11. 一种用来对灰含量为 5%至 65%且热值在 500 至 9,000 Btus/磅的有机废料进行处理的装置, 所述装置包括:

一种用来使所述有机废料燃烧以生成熔融的无机灰渣和废气的造渣燃烧室(11);

一与所述燃烧室呈流体连通的冷却器(18), 所述冷却器可以承接来自于所述燃烧室的所述废气并对所述废气进行冷却;

一与所述冷却器呈流体连通的冷凝器(25), 所述冷凝器可以承接来自于所述冷却器的经冷却的废气并对所述经冷却的废气进行干燥;

一与所述冷凝器呈流体连通的冷凝器气体输出管道(29);

一与上述冷凝器气体输出管道和所述燃烧室呈流体连通的废气再循环管道(35), 所述废气再循环管道可以承接来自于所述冷凝器气体输出管道的冷却干燥废气的第一部分;

一安装在所述废气再循环管道内的氧气检测器(57);

一高浓度氧气源, 它与所述废气再循环管道呈流体连通, 用来将高浓度氧气加入所述冷却干燥废气的第一部分以形成一气体混合物, 所述气体混合物是通过所述废气再循环管道而加入所述燃烧室的, 所述高浓度氧气源包括一可对所述氧气检测器进行响应的阀(58), 所述阀适于根据所述氧气检测器来调节高浓度氧气的流量, 从而使所述气体混合物具有一按容积计至少为 30%的氧气浓度; 以及

一气体换热器(16), 它具有: 一与所述燃烧室和冷却器呈流体连通的第一部分, 以及一与所述废气再循环管道和燃烧室呈流体连通的第二部分, 所述气体换热器可以将来自所述燃烧室的废气的热量传递至所述废气再循环管道内

的气体混合物。

12. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述高浓度氧气源包括：

一将高浓度氧气与环境空气输入相分开的空气分离器(38)。

13. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一与所述冷却器和冷凝器呈流体连通的颗粒过滤器(22)，所述颗粒过滤器可以承接来自于所述冷却器的经冷却的废气，并在冷却废气进入所述冷凝器之前从所述冷却废气中除去颗粒物质。

14. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一位于所述废气再循环管道内、用来增大压力以使冷却干燥废气的第一部分流动的鼓风机(32)。

15. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一与所述燃烧室和所述换热器的第一部分呈流体连通且与所述废气再循环管道呈流体连通的气体混合器(14)，所述气体混合器可以将来自所述燃烧室的废气与一定量的、来自所述废气再循环管道的冷却干燥废气的第一部分相混合。

16. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一废气回收管道(30)，它与所述冷凝器气体输出管道呈流体连通，用来承接来自于所述冷凝器气体输出管道的冷却干燥废气的第二部分；以及

一与所述废气回收管道呈流体连通的二氧化碳去除系统，所述二氧化碳去除系统可以承接来自于所述废气回收管道的冷却干燥废气的第二部分，并可以从所述冷却干燥废气的第二部分中回收二氧化碳。

17. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，所述二氧化碳回收系统包括：

一压缩器(43)，它与所述废气回收管道呈流体连通，用来对来自于所述废气回收管道的冷却干燥废气的第二部分进行压缩；以及

一与所述压缩器呈流体连通的回收换热器(48)，所述回收换热器可以承接来自于所述压缩器的冷却干燥废气的、经压缩的第二部分，并从所述冷却干燥废气的、经压缩的第二部分中回收二氧化碳。

18. 如权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述二氧化碳回收系统还包括：

一与所述废气回收管道和所述压缩器呈流体连通的气体洗涤器(41)，所述

气体洗涤器可以承接来自于所述废气回收管道的冷却干燥废气的第二部分，并可以在所述冷却干燥废气的第二部分进入所述压缩器之前，从所述冷却干燥废气的第二部分中除去痕量气体。

19. 一种用来对灰含量为 5%至 65%且热值在 500 至 9,000 Btus/磅的有机废料进行处理的装置，所述装置包括：

一种用来使所述有机废料燃烧以生成熔融的无机灰渣和废气的造渣燃烧室(11)；

一与所述燃烧室呈流体连通的冷却器(18)，所述冷却器可以承接来自于所述燃烧室的所述废气并对所述废气进行冷却；

一与所述冷却器呈流体连通的冷凝器(25)，所述冷凝器可以承接来自于所述冷却器的经冷却的废气并对所述经冷却的废气进行干燥；

一与所述冷凝器呈流体连通的冷凝器气体输出管道(29)；

一与所述冷凝器气体输出管道和所述燃烧室呈流体连通的废气再循环管道(35)，所述废气再循环管道可以承接来自于所述冷凝器气体输出管道的冷却干燥废气的第一部分，并使冷却干燥废气的第一部分再循环至所述燃烧室；

一与所述燃烧室呈流体连通的高浓度氧气源，用来将高浓度氧气气体加入所述燃烧室内；

一用来测量冷却干燥废气的第一部分内的氧气和加入所述燃烧室内的高浓度氧气气体的氧气检测器(57)，

其中所述高浓度氧气气体源包括可以一对所述氧气检测器进行响应的阀(58)，所述阀适于根据所述氧气检测器来调节高浓度氧气的流量，从而使气体混合物具有一按容积计至少为 30%的氧气浓度；

所述装置还包括一气体换热器(16)，它具有：一与所述燃烧室和冷却器呈流体连通的第一部分，以及一与所述废气再循环管道和燃烧室呈流体连通的第二部分，所述气体换热器可以将来自所述燃烧室的废气的热量传递至所述废气再循环管道内的气体混合物。

20. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述高浓度氧气源包括：

一将高浓度氧气与环境空气输入相分开的空气分离器(38)。

21. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一与所述冷却器和冷凝器呈流体连通的颗粒过滤器(22)，所述颗粒过滤器可以承接来自于所述冷却器的经冷却的废气，并在冷却废气进入所述冷凝器之

前从所述冷却废气中除去颗粒物。

22. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一位于所述废气再循环管道内、用来增大压力以使冷却干燥废气的第一部分流动的鼓风机(32)。

23. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一与所述燃烧室和所述换热器的第一部分呈流体连通且与所述废气再循环管道呈流体连通的气体混合器(14)，所述气体混合器可以将来自所述燃烧室的废气与一定量的、来自所述废气再循环管道的冷却干燥废气的第一部分相混合。

24. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于，它还包括：

一废气回收管道(30)，它与所述冷凝器气体输出管道呈流体连通，用来承接来自所述冷凝器气体输出管道的冷却干燥废气的第二部分；以及

一与所述废气回收管道呈流体连通的二氧化碳回收系统，所述二氧化碳去除系统可以承接来自于所述废气回收管道的冷却干燥废气的第二部分，并可以从所述冷却干燥废气的第二部分中回收二氧化碳。

25. 如权利要求 24 所述的装置，其特征在于，所述二氧化碳回收系统包括：

一压缩器(43)，它与所述废气回收管道呈流体连通，用来对来自于所述废气回收管道的冷却干燥废气的第二部分进行压缩；以及

一与所述压缩器呈流体连通的回收换热器(48)，所述回收换热器可以承接来自所述压缩器的冷却干燥废气的、经压缩的第二部分，并从所述冷却干燥废气的、经压缩的第二部分中回收二氧化碳。

26. 如权利要求 25 所述的装置，其特征在于，所述二氧化碳回收系统还包括：

一与所述废气回收管道和所述压缩器呈流体连通的气体洗涤器(41)，所述气体洗涤器可以承接来自所述废气回收管道的冷却干燥废气的第二部分，并可以在所述冷却干燥废气的第二部分进入所述压缩器之前，从所述冷却干燥废气的第二部分中除去痕量气体。

## 闭合循环式废料燃烧

### 技术领域

本发明涉及一种有机废料的燃烧，特别涉及一种利用高浓度氧气进行的废料闭合循环燃烧。

### 背景技术

诸如城市固体垃圾、污水处理污泥和造纸厂淤渣之类的废料经常需要通过焚化来进行处理。这些废料含有有机可燃物质以及无机金属氧化物。有机可燃物质通常可以在燃烧过程中提供足够的热能以维持燃烧室具有较高的温度，而不需要补充燃料。所述废料的无机部分的特点是具有某些二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )和其它一些形成玻璃的金属氧化物。如果利用诸如回转窑或旋风炉之类的造渣燃烧器来进行燃烧作业，则所述废料的无机部分可以到达一足以熔化的高温。最终的熔融材料作为炉渣从所述燃烧室中排出。

用来燃烧有机废料的传统焚烧炉采用空气作为氧化剂源。由于几乎 4/5 的空气是惰性气体(主要是氮气)，因此，大部分的空气对于燃烧来说是毫无帮助的。事实上，惰性气体会导致几个显著缺点。第一个缺点是降低了燃烧火焰的温度，从而难以保持使废料中的无机金属氧化物熔化所需要的温度。其次，从焚烧产生的废气会被大量的氮气污染，从而使得大量的废气在被释放到大气之前需要进行进一步的处理。

有人提出通过将高浓度的氧气连同再循环的废气引入到燃烧室中来降低危险废料焚烧中的氮气的不利影响。对此，可参见于 1994 年 5 月 10 日授予 Downs 等人的美国专利 5,309,850。

本发明也采用闭合循环的高浓度氧气来对无危险的废料进行处理，并将所述废料转变成有用的产品。

### 发明内容

根据本发明，提供了一种用来对灰含量为 5%至 65%且热值在 500 至 9,000 Btus/磅的有机废料进行处理的方法，它包括以下步骤：将所述废料引入一造渣燃烧室内；使所述燃烧室内的废料燃烧，以生成熔融的无机灰渣和废气；从所述燃烧室中除去所述灰渣；从所述燃烧室中除去废气；然后对所述废气进行

处理，以从所述废气中将大部分颗粒物除去，并对所述废气进行干燥；以及将所述经处理的废气分成一个以上部分；其中，将所述经过处理的废气的一部分与高浓度氧气源按一定比例相混合并引入所述燃烧室内，所述混合的气体按容积计具有至少 30% 的氧气混合浓度，其中，在将所述经过处理的废气的第一部分和高浓度氧气引入所述燃烧室之前使它们混合在一起以形成混合气体，其中，所述对废气进行处理的步骤包括对所述废气进行冷却，所述方法还包括在将混合气体引入所述燃烧室之前将从所述燃烧室中除去的所述废气的一部分热量传递给所述混合气体的步骤。

本发明还包括用来实施所述方法的装置。本发明提供了一种用来对灰含量为 5% 至 65% 且热值在 500 至 9,000 Btus/磅的有机废料进行处理的装置，所述装置包括：一种用来使所述有机废料燃烧以生成熔融的无机灰渣和废气的造渣燃烧室；一与所述燃烧室呈流体连通的冷却器，所述冷却器可以承接来自于所述燃烧室的所述废气并对所述废气进行冷却；一与所述冷却器呈流体连通的冷凝器，所述冷凝器可以承接来自于所述冷却器的经冷却的废气并对所述经冷却的废气进行干燥；一与所述冷凝器呈流体连通的冷凝器气体输出管道；一与上述冷凝器气体输出管道和所述燃烧室呈流体连通的废气再循环管道，所述废气再循环管道可以承接来自于所述冷凝器气体输出管道的冷却干燥废气的第一部分；一安装在所述废气再循环管道内的氧气检测器；一高浓度氧气源，它与所述废气再循环管道呈流体连通，用来将高浓度氧气加入所述冷却干燥废气的第一部分以形成一气体混合物，所述气体混合物是通过所述废气再循环管道而加入所述燃烧室的，所述高浓度氧气源包括一可对所述氧气检测器进行响应的阀，所述阀适于根据所述氧气检测器来调节高浓度氧气的流量，从而使所述气体混合物具有一按容积计至少为 30% 的氧气浓度；以及一气体换热器，它具有：一与所述燃烧室和冷却器呈流体连通的第一部分，以及一与所述废气再循环管道和燃烧室呈流体连通的第二部分，所述气体换热器可以将来自所述燃烧室的废气的热量传递至所述废气再循环管道内的气体混合物。

本发明还提供了一种用来对灰含量为 5% 至 65% 且热值在 500 至 9,000 Btus/磅的有机废料进行处理的装置，所述装置包括：一种用来使所述有机废料燃烧以生成熔融的无机灰渣和废气的造渣燃烧室；一与所述燃烧室呈流体连通的冷却器，所述冷却器可以承接来自于所述燃烧室的所述废气并对所述废气进行冷却；一与所述冷却器呈流体连通的冷凝器，所述冷凝器可以承接来自于所述冷

却器的经冷却的废气并对所述经冷却的废气进行干燥；一与所述冷凝器呈流体连通的冷凝器气体输出管道；一与所述冷凝器气体输出管道和所述燃烧室呈流体连通的废气再循环管道，所述废气再循环管道可以承接来自于所述冷凝器气体输出管道的冷却干燥废气的第一部分，并使冷却干燥废气的第一部分再循环至所述燃烧室；一与所述燃烧室呈流体连通的高浓度氧气源，用来将高浓度氧气气体加入所述燃烧室内；一用来测量冷却干燥废气的第一部分内的氧气和加入所述燃烧室内的高浓度氧气气体的氧气检测器，其中所述高浓度氧气气体源包括可以一对所述氧气检测器进行响应的阀，所述阀适于根据所述氧气检测器来调节高浓度氧气的流量，从而使气体混合物具有一按容积计至少为 30% 的氧气浓度；所述装置还包括一气体换热器，它具有：一与所述燃烧室和冷却器呈流体连通的第一部分，以及一与所述废气再循环管道和燃烧室呈流体连通的第二部分，所述气体换热器可以将来自所述燃烧室的废气的热量传递至所述废气再循环管道内的气体混合物。

本发明的最终产品是有用的产品。液化的二氧化碳可以作为一产品来出售和使用。由此所制得的二氧化碳可以替代目前利用天然气或其它天然资源制得的二氧化碳，从而可以节省天然资源。废料中的无机产品可以被玻璃化而成为一种高度惰性的、可以用作建筑材料的粒状材料。传统的废料焚烧炉通常产生的灰烬必须填没在泥土里。与具有大量发射物的传统焚烧工艺相比，本发明除了在二氧化碳回收系统的出口处有少量的不能凝结的气体之外，几乎没有任何发射物进入空气中，对周围环境的影响是很小的。

本发明的前述和其它目的和优点将在以下的具体描述中变得非常清楚。以下描述是结合本发明一较佳实施例的附图来进行的。

### 附图说明

图 1 是用来实施本发明的装置的示意图。

### 具体实施方式

现请参阅图 1，干废料(其含湿量低得足以支持良好的燃烧)是通过管路 7 而进入混合器 9 内的。对于有些废料，可能必须加入融合剂、玻璃形成材料(诸如  $\text{SiO}_2$ )、或者是该两者，以优化熔点并确保生产出来的玻璃渣具有良好的质量。所述融合剂被引入混合器 9 内的管路 8 中。混合材料通过管路 10 而进入燃烧室 11 内。

所述废料可以是造纸厂淤渣、城市污水处理污泥、城市固体垃圾、或其它

材料。所述废料的特点是其热值低于传统燃料，而且灰含量高于诸如煤之类的传统固体燃料。所述热值通常在(但不限于)500 Btu/lb 至 9,000 Btu/lb 的范围内。灰含量通常在 5%至 65%的范围内。燃烧室 10 是一具有耐火材料内衬的燃烧室。所述燃烧室设计成可以促进废料和气体源进行良好接触。所述燃烧室可以是一水冷却式燃烧室、一气旋炉、或者是一回转窑。所述燃烧室的平均工作温度通常是从 2,500° F 至 3,500° F。所述燃烧室 11 内部的工作温度将足以使废料内的无机灰熔化成流体状态。熔融的无机灰可藉助管路 12 而从燃烧室 11 的底部排放出去，在该处使所述残渣骤冷。燃烧废气通过管路 13 以 2,500° F 至 3,500° F 的温度从燃烧室进入一混合腔 14。所述热的废气与从管路 33 进入的冷循环气体相混合。冷循环气体流主要起调节作用，以将通过管路 15 离开所述混合室 14 的气体的温度控制在 750° F 至 1,400° F。在另一种设置方案中，用一蒸汽锅炉替代混合室 14。

废气从管路 15 进入一气体-气体换热器 16，在该处，将热量从废气传递给再生和再循环的燃烧气体。所述气体换热器 16 如图 1 所示，它具有：一与所述燃烧室和冷却器呈流体连通的第一部分，以及一与所述废气再循环管道和燃烧室呈流体连通的第二部分。所述气体换热器可以将来自所述燃烧室的废气的热量传递至所述废气再循环管道内的气体混合物。换热器 16 可用可不用视所述系统的工作参数而定。废气然后继续通过管路 17 而进入一蒸汽锅炉或水加热器 18，在该蒸汽锅炉或水加热器内，再次对所述废气进行冷却。锅炉给水通过一管路 19 进入所述锅炉 18，而蒸汽通过一管路 20 而离开。冷燃烧气体通过管路 21 离开蒸汽锅炉 18 然后进入一颗粒过滤器 22，在该处，将微颗粒物俘获并通过管路 23 将其从所述系统中除去。无颗粒的废气可通过管路 25 而离开所述过滤器然后进入一水蒸汽冷凝器 25。冷循环水借助管路 26 进入并借助管路 27 而流出。大部分所述水蒸汽都从废气蒸汽中冷凝出去，并通过管路 28 而排放出去。蒸汽冷凝器 25 最好是由耐腐蚀材料制成。所述蒸汽冷凝器还可以将在颗粒过滤器 22 内未被俘获的颗粒物质除去。

在除去了大部分的水蒸汽之后，所述废气可通过管路 29 而排出。此时，工艺过程中的汽流的大部分(按容积计算的 75%至 95%)是二氧化碳( $\text{CO}_2$ )，以及少量的氮气( $\text{N}_2$ )、氧气( $\text{O}_2$ )和水蒸汽( $\text{H}_2\text{O}$ )。该气流中还包含微量的二氧化氮( $\text{NO}_2$ )、二氧化硫( $\text{SO}_2$ )、挥发性的有机混合物( $\text{H}_x\text{C}_y$ )、氯化氢( $\text{HCl}$ )、一氧化碳( $\text{CO}$ )和颗粒物质。

气体流的第一部分通过管路 31 而再循环回到所述燃烧回路内, 所述气流的其余部分则通过管路 30 而被进行进一步的处理。通过管路 30 的二氧化碳的质量流速等于在稳态条件下燃烧阶段中所形成的二氧化碳的量。将要再循环的气流的第一部分进入一风扇 32, 所述风扇可提供克服气流通过所述闭合回路时的压力损失所需的压头。所述气流离开风扇 32 时分成两股流入管路 33 和 34 内。管路 34 内的气流与来自源 38 的管路 40 内的浓氧气相混合。管路 40 内的氧气的浓度通常是在 90% 至 95% (按容积计算) 的范围内。管路 35 承接来自管路 34 和 40 的混合气体流。至此所述混合气体就被再生, 它具有足够的氧气浓度以供燃烧。所述再生的气体流内的氧气浓度一般在 30% 至 80% (按容积计算) 的范围内, 最好是 40% 至 55%。所述再生气体流内的理想氧气浓度是以保持燃烧室 11 内具有最佳的燃烧温度和燃烧效率为基础来进行选择的。所述理想的氧气浓度可以随废燃料、燃烧技术和其它工作因素而变化。混合气体流内的氧气含量可借助一氧气检测器 57 来检测, 并藉助管路 40 内的阀 58 来加以控制。

管路 35 内的再生气体流入气体—气体换热器 16 内, 在该处再生气体承接来自于废气的热量。所述再生气体内的较高温度可以增强燃烧性能。所述再生气体的温度通常在 400° F 至 1200° F 的范围内。经加热的再生气体流入管路 36, 在该处继续前进至燃烧室 11。

高浓度的氧气是在空气分离装置 38 内产生的, 它通过管路 37 来接受空气并将氧气 ( $O_2$ ) 与氮气 ( $N_2$ ) 相分离。氧气通过管路 40 排出, 而氮气则通过管路 39 而排回到大气中。空气分离技术是众周知的。可以利用多种方法来进行空气的分离, 诸如真空压力摆动吸收法、或低温空气分离法。任一种方法都可以提供适当的高浓度氧气。

在不想回收二氧化碳的特殊情况下, 可以将来自于管路 30 的第二部分废气直接排放至大气中, 或者另外通过一过滤器(未示)后再排放至大气中。

如果需要回收二氧化碳, 则可以使管路 30 内的过量气体流至一气体净化系统 41。过多的痕量气体的存在可能会影响产品的质量和市场销售。所述痕量气体包括二氧化氮 ( $NO_2$ )、二氧化硫 ( $SO_2$ )、氯化氢 (HCl)、碳氢化合物气体 ( $H_xC_y$ ) 以及一氧化碳 (CO)。各种化合物的存在和浓度随着所消耗的废燃料和燃烧系统工作参数而变。实际上, 系统 41 可以包括几个步骤, 而且可能包括(但不限于): 用来改变气体温度的换热器、气体加热器、催化剂床(用来将诸如  $NO_2$ 、CO、 $H_xC_y$

之类的痕量气体还原成  $N_2$ 、 $H_2O$  和  $CO_2$ )、洗涤器(利用试剂直接除去  $HCl$  和  $SO_2$ )、减湿剂或干燥剂(用来除去水蒸汽), 以及最终的过滤器(用来除去微粒物质)。各种除去设备的顺序和选择是已知技术, 并且将随着痕量气体的初始浓度以及需要何种最终产品规格而变化。

经净化的气体离开系统 41 而进入一管路 42 内, 然后进入一压缩器 43。在压缩器入口处的气体压力是 1.0 大气压(14.7 帕)或 1.0 以下。为了能供适当的条件以使二氧化碳液化, 所述压缩器 43 将所述气体加压缩至 20—65 大气压力。经压缩的气体通过管路 46 而离开。所述压缩器借助来自于管路 44 的水而冷却, 经加热的水借助管路 45 而流出。

压缩空气进入换热器 48, 在该处, 可借助通过管路 47 提供的制冷剂对所述气体进行间接地冷却。所述制冷剂的温度通常是在  $30^{\circ}F$  至  $-30^{\circ}F$  的范围内, 视初始气体压缩工作压力和所需要的二氧化碳除去效率而定。二氧化碳的一部分从气体变成液体, 并通过管路 49 而排出。氮气和氧气, 以及那些未在所述第一阶段液化的二氧化碳通过管路 50 而排出, 并进入一换热器 52。来自于管路 51 且通常在  $0^{\circ}F$  至  $-55^{\circ}F$  范围内的制冷剂可对排出的废气进行进一步冷却, 并进一步对二氧化碳进行液化。上述进一步被液化的二氧化碳通过管路 53 而排出, 在与管路 49 内的二氧化碳相结合后排至管路 55。管路 55 内的二氧化碳将像传统的液态二氧化碳产物那样被运用。借助管路 54 出去的气体被排放出来, 它主要包括氮气和氧气, 以及占少量百分比的、未被液化的二氧化碳。

第二分离阶段(换热器 52)是任选的, 并且它是否需要视所要求的  $CO_2$  的收集效率而定。如果不采用第二阶段分离, 则管路 50 将直接通向大气。

如果来自于源 38 的高浓度氧气不与管路 34 内的再循环气体相混合, 则可以通过管路 59 使所述氧气直接被导引至燃烧室 11。进入燃烧室 11 的气体的氧气浓度将被保持在与上文中结合再生气流所描述的相同的数值。

诸如天然气、丙烷、石油、木材和煤之类的补充燃料可以通过管路 60 加入燃烧室 11 内, 以保持无机材料熔融所需的温度。

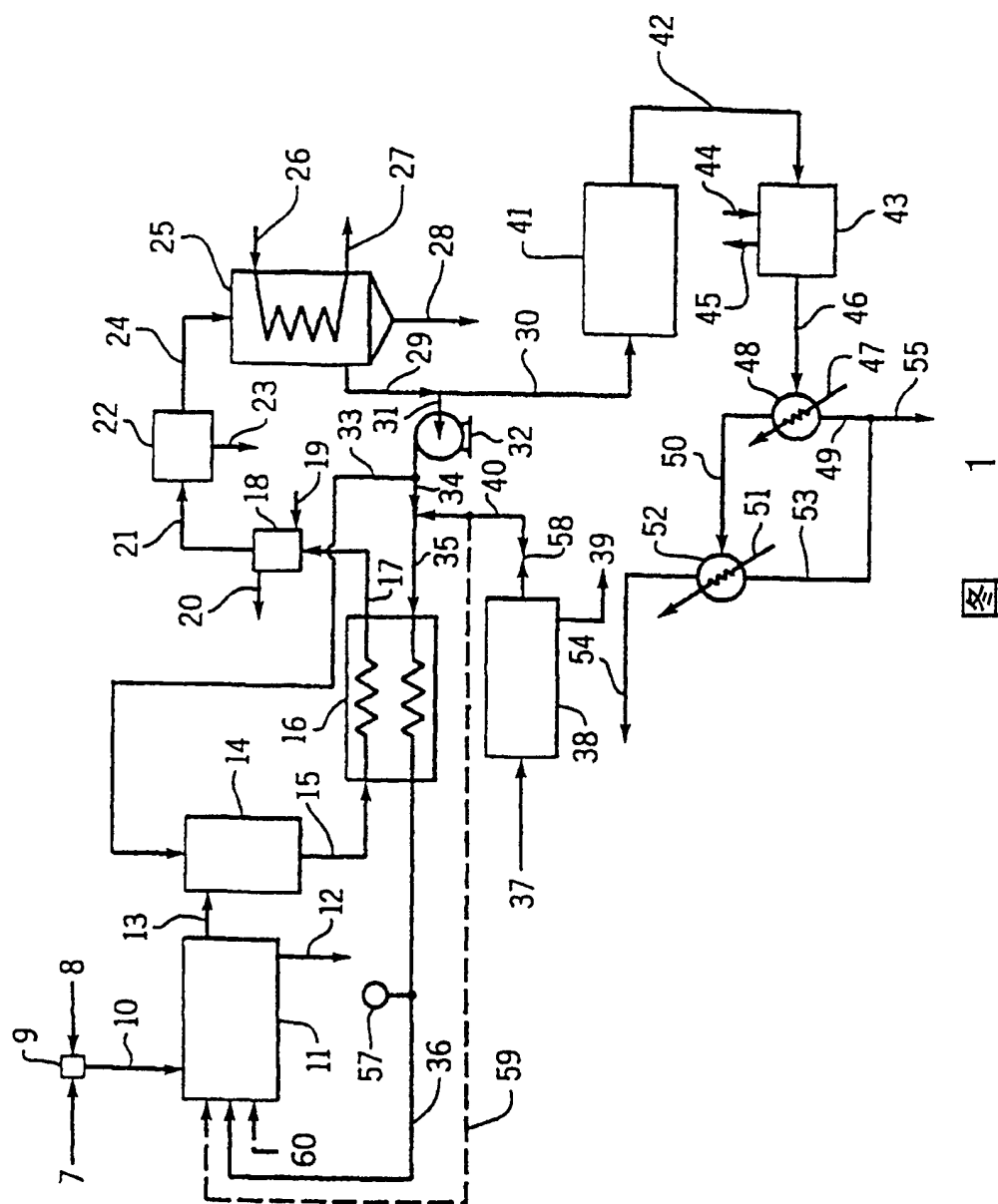


图 1