

利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的方法及设备

技术领域

本发明涉及电厂特别是生物质电厂燃烧所排放烟气的回收利用技术，具体地指一种利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的方法及设备。

背景技术

目前，在全球煤炭和石油资源日益紧缺的状况下，各国都加大了对生物能源产业的投资，采用生物质燃烧发电的电厂也越来越多。生物质燃烧所排放烟气中包含大量的水蒸汽和 12~20% 的二氧化碳，还含有少量的一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物以及烟尘。同时，所排放烟气的温度大约为 110~140℃，其中携带有大量的热量。计算表明，一台 30MW 的生物质锅炉发电机组正常运行时，每小时烟气排放所携带的能量约为 6628500kcal，相当于 7710kw 的热量，这些热量在大多数情况下都因烟气直排而白白浪费掉了。不仅如此，烟气中大量的二氧化碳持续直排到大气中，导致全球气候趋暖，温室效应日益加重。

另一方面，我国大陆性气候特征十分明显，特别是冬季时间长、气候寒冷、降水稀少。数据表明，我国冬季比世界上同纬度地区的温度偏低 8~10℃，在长江中下游地区冬季气候约为 3~4 个月，在华北地区冬季气候约为 4~5 个月，而在东北和西北地区冬季气候可达半年以上。为了保证冬季蔬菜的供应，蔬菜大棚在这些地区非常普遍。然而，这些蔬菜大棚的供暖系统普遍以煤作为燃料，燃烧形式粗放，热能利用效率不高，不仅能量浪费十分严重，而且环境污染也十分严重，经常发生农民煤气中毒的事件。同时，由于供暖不足，冬季蔬菜生长的较为缓慢，导致市场价格居高不下。

研究发现，我国蔬菜大棚主要分布在人口稠密、农林业发达的地区，而生物质电厂主要是以燃烧农林废弃物发电，因此两者的分布区域基本上是一致的。为了解决冬季蔬菜生产和供暖的问题，人们曾试图将生物质电厂排放的烟气直接引入蔬菜大棚中，利用其所含有的余热和二氧化碳促进蔬菜等生物质的生长，但烟气中所含有的少量一氧化碳等有害成份一直被科研人员认为是一道无法逾越的沟壑。

发明内容

本发明的目的就是要提供一种利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳

的方法及设备，旨在通过对电厂燃煤或生物质锅炉烟气的综合利用减少其直排造成的能量浪费和环境污染，为蔬菜和/或藻类生长所需要的温度环境提供热量，同时为蔬菜和/或藻类生长提供最佳浓度的二氧化碳环境，从而加快蔬菜和/或藻类的生长速度，缩短其成长周期，提高单位面积的产量，降低生产成本，提高企业或农民收入，解决冬季蔬菜生产供不应求的难题。

为实现上述目的，本发明所设计利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的方法，包括如下步骤：

1) 将电厂排放的烟气通过烟气送风管道引到一级热交换站，与来自蔬菜大棚和/或藻类养殖房暖气供给系统的空气进行第一次间接热交换，为蔬菜大棚和/或藻类养殖房提供热空气；

2) 将一部分经过一级热交换站放热降温后的烟气通过烟气回风管道引到二级热交换站，与来自室外的空气进行第二次间接热交换，以使烟气的温度进一步降低到适合二氧化碳吸附处理的程度；

3) 将经过二级热交换站放热降温后的烟气输送到 CO₂ 变压吸附装置中，提取其中的二氧化碳，并将所得二氧化碳抽吸到 CO₂ 储气罐中储存；

4) 在蔬菜和/或藻类的生长周期内，根据需要，将 CO₂ 储气罐中的二氧化碳补充到蔬菜大棚和/或藻类养殖房的微藻吸碳池中。

进一步地，上述步骤 2) 中，将吸收了烟气热量的室外空气引到三级热交换站，与来自微藻吸碳池温水供给系统的循环水进行热交换，为微藻吸碳池提供温水。这样，可以充分利用烟气的余热，为藻类生长提供最适合的温水条件。

具体地，上述步骤 1) 中，电厂排放的烟气温度为 110~140℃，经过一级热交换站放热降温后的烟气温度控制在 80~90℃，输送到蔬菜大棚和/或养藻池暖房的热空气温度控制在 40~50℃。

具体地，上述步骤 2) 中，经过二级热交换站放热降温后的烟气温度控制在 50~60℃，吸收了烟气热量的室外空气温度控制在 40~50℃，微藻吸碳池的水温控制在 25~35℃。

更进一步地，上述步骤 4) 中，每天在阳光充足时段给蔬菜大棚补充二氧化碳一次，并且控制蔬菜大棚内二氧化碳的浓度在 600~1200ppm，蔬菜大棚封闭 1.5~2.0h 后，打开通风口适当通风除湿。这样，可以促使蔬菜在其适合浓度的二氧化碳气肥条件下快速生

长，大幅提高单位面积的蔬菜产量。

本发明所设计利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的设备，主要由与烟气引风机相连的烟气送风管道、一级热交换站、与烟囱相连的烟气回风管道、二级热交换站、CO₂ 变压吸附装置和 CO₂ 储气罐等装置组合而成。

所述一级热交换站采用列管热管换热器，列管热管换热器的烟气进口管道通过第一加压风机与烟气送风管道相连，烟气列管热管换热器的烟气出口管道与烟气回风管道相连；烟气列管热管换热器的空气进口管道通过第二加压风机与蔬菜大棚和/或藻类养殖房中暖气供给系统的回风管相连，烟气列管热管换热器的空气出口管道与蔬菜大棚和/或藻类养殖房中暖气供给系统的出风管相连。

所述二级热交换站采用热管热交换器，热管热交换器的冷空气输入端通过循环泵与室外空气相通，热管热交换器的烟气输入端通过压缩机与烟气回风管道相连，热管热交换器的烟气输出端与变压吸附装置的输入端相连，CO₂ 变压吸附装置的输出端通过真空泵与 CO₂ 储气罐相连，CO₂ 储气罐通过 CO₂ 输送管及其上的控制阀与蔬菜大棚和/或藻类养殖房的微藻吸碳池相连。

进一步地，它还包括三级热交换站，所述三级热交换站采用气液间接换热器，气液间接换热器的空气进口通过送风管与热管热交换器的热空气输出端相连，气液间接换热器的空气出口通过排风管与大气相连；气液间接换热器的温水输出端通过循环水泵与微藻吸碳池的进水端相连，气液间接换热器的温水回流端通过电磁阀与微藻吸碳池的出水端相连。

本发明通过烟气与空气的间接热交换提取烟气中的热量，通过成熟的 CO₂ 变压吸附装置提取烟气中的二氧化碳，并将所获得的热量和二氧化碳气肥应用于蔬菜和/或藻类的生产，其优点主要体现在如下几方面：

其一，采用间接传热方式为蔬菜大棚和/或藻类养殖房供暖，既充分利用了烟气中的废热、降低了供暖系统的运行成本，又有效减少了燃煤供暖的消耗、达到了节能减排的目的，特别适合近距离分布于各农业生产区的生物质电厂。

其二，烟气中的二氧化碳经过提取后才供给蔬菜大棚和/或藻类养殖房的微藻吸碳池，既有效避免了烟气中少量有毒有害成份对蔬菜和/或藻类的污染，又可大幅促进蔬菜和/或藻类的生长，解决了冬季蔬菜短缺的难题。

其三，烟气中的废热和二氧化碳被蔬菜等生物质吸收后，可有效降低烟气直排造成的能量浪费和环境污染，减轻温室效应。同时，生物质成才后又是电厂的燃料，如此可变废为宝，形成良性的绿色循环。

附图说明

图 1 是本发明利用电厂烟气为蔬菜和藻类提供热量和二氧化碳的设备的结构示意图。

图 2 是图 1 中一级热交换站的结构示意图。

图 3 是图 1 中三级热交换站的结构示意图。

图 4 是图 1 中二氧化碳提取部分的结构示意图。

具体实施方式

以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细描述。

如图 1~4 所示，本发明利用电厂烟气为蔬菜和藻类提供热量和二氧化碳的设备，主要由如下几部分构成：一、烟气引风机 3 和与其连接的烟气送风管道 4，用于抽吸输送生物质电厂锅炉所排放的烟气；二、与烟囱 2 相连的烟气回风管道 1，用于排放经过热交换处理后的多余烟气；三、一级热交换站 5、二级热交换站 12 和三级热交换站 8，用于实现烟气与清洁空气和水的间接热交换，为蔬菜大棚 6 和藻类养殖房 9 提供暖气和温水；四、CO₂ 变压吸附装置 14 和 CO₂ 储气罐 16，CO₂ 变压吸附装置 14 为现有技术，采用硅胶或活性炭作为吸附剂，通过压差将烟气中的 CO₂ 气体提取出来，用于向蔬菜大棚 6 和藻类养殖房 9 的微藻吸碳池 10 中补充二氧化碳。

上述一级热交换站 5 采用多个并列设置的列管热管换热器 5.1。列管热管换热器 5.1 的烟气进口管道 5.3 通过第一加压风机 5.2 与烟气送风管道 4 相连，烟气列管热管换热器 5.1 的烟气出口管道 5.4 与烟气回风管道 1 相连。烟气列管热管换热器 5.1 的空气进口管道 5.6 通过第二加压风机 5.5 与蔬菜大棚 6 或藻类养殖房 9 中暖气供给系统的回风管相连，烟气列管热管换热器 5.1 的空气出口管道 5.7 与蔬菜大棚 6 或藻类养殖房 9 中暖气供给系统的出风管相连。这样，蔬菜大棚 6 和藻类养殖房 9 的室内空气通过列管热管换热器 5.1 吸收烟气的热量，给蔬菜或藻类供暖。

上述二级热交换站 12 采用一个热管热交换器 12。热管热交换器 12 的冷空气输入端通过循环泵 13 与室外空气相通。热管热交换器 12 的烟气输入端通过压缩机 11 与烟气回

风管道 1 上的一个分流支路相连,用于取出一部分经过一级热交换站 5 降温的烟气,并将其冷却到适合二氧化碳吸附处理的温度。热管热交换器 12 的烟气输出端与 CO₂ 变压吸附装置 14 的输入端相连,CO₂ 变压吸附装置 14 的输出端通过真空泵 15 与 CO₂ 储气罐 16 相连,CO₂ 储气罐 16 通过 CO₂ 输送管 7 及其上的控制阀 19 与蔬菜大棚 6 和藻类养殖房 9 的微藻吸碳池 10 相连,给蔬菜或藻类补充二氧化碳气肥。在蔬菜大棚 6 内还设置有 CO₂ 气体浓度测定仪 6.1,用于自动调节控制阀 19 的开启或关闭。

上述三级热交换站 8 采用常规的气液间接换热器 8.1。气液间接换热器 8.1 的空气进口通过送风管 17 与热管热交换器 12 的热空气输出端相连,气液间接换热器 8.1 的空气出口通过排风管 18 与大气相连。气液间接换热器 8.1 的温水输出端通过循环水泵 8.2 与微藻吸碳池 10 的进水端相连,气液间接换热器 8.1 的温水回流端通过电磁阀 8.3 与微藻吸碳池 10 的出水端相连,从而形成温水循环回路,为微藻吸碳池 10 中的藻类提供恒久的温水。同时,在微藻吸碳池 10 内设置有助于电磁阀 8.3 自动开启或关闭的温度传感器 8.4 和水位传感器 8.5。

本发明利用电厂烟气为蔬菜和藻类提供热量和二氧化碳的设备的工作流程如下:

1) 来自电厂排放的温度为 110~140℃的烟气,在烟气引风机 3 的抽吸下通过烟气送风管道 4 进入烟气列管热管换热器 5.1,与来自蔬菜大棚 6 和藻类养殖房 9 暖气供给系统的空气进行第一次间接热交换,空气被加热到 40~50℃,直接输送到蔬菜大棚 6 和养藻池暖房 9 中,为蔬菜和藻类提供暖气。通过对暖气供给量的调节,可控制蔬菜大棚 6 内白天温度在 20~28℃,晚上温度在 14~18℃,从而满足蔬菜快速生长的需要。

2) 经过列管热管换热器 5.1 换热后的烟气温度约在 80~90℃,其中一部分烟气通过烟气回风管道 1 从烟囱 2 排出,另一部分烟气则在压缩机 11 的作用下通过烟气回风管道 1 上的一个分流支路进入热管热交换器 12,与来自循环泵 13 的室外空气进行第二次间接热交换,将室外空气加热到 40~50℃。

3) 经过热管热交换器 12 进一步降温的烟气温度约在 50~60℃,将其输送到 CO₂ 变压吸附装置 14 中,采用硅胶或活性炭作为吸附剂,通过间歇变压的方式将烟气中的二氧化碳气体提取出来,然后通过真空泵 15 输送到 CO₂ 储气罐 16 中储存。

4) 经过热管热交换器 12 加热升温的室外空气通过送风管 17 进入气液间接换热器 8.1 中,与来自微藻吸碳池 10 温水供给系统的循环水进行热交换,将微藻吸碳池 10 的水温

维持在 25~35℃，以利于藻类的快速生长。温度传感器 8.4 和水位传感器 8.5 用于监测微藻吸碳池 10 内的水温和水位，当水温达到 35℃、水位达到池内设定高度时，微藻吸碳池 10 循环水路上的电磁阀 8.3 关闭，气液间接换热器 8.1 停止工作；当水温下降到 25℃时，电磁阀 8.3 开启，气液间接换热器 8.1 重新开始工作。

5) 在蔬菜 and 藻类的生长周期内，可根据需要将 CO₂ 储气罐中的二氧化碳气肥补充到蔬菜大棚 6 和藻类养殖房 9 的微藻吸碳池 10 中。具体针对蔬菜大棚 6 操作时，每天在阳光充足时段给蔬菜大棚 6 补充二氧化碳气肥一次。设置在蔬菜大棚 6 内的 CO₂ 气体浓度测定仪 6.1 用于实时监测二氧化碳的浓度，并通过控制阀 19 的自动开启或关闭对其进行调整，使其浓度控制在 800~1000ppm 的范围内。蔬菜大棚封闭 1.5~2.0h 后，打开通风口适当通风除湿。通过对黄瓜、芹菜等时令蔬菜的小批量栽培试验得知：在冬季利用生物质电厂烟气为其提供暖气和补充二氧化碳，可使黄瓜、芹菜的单位产量分别提高 26.6% 和 39.3%。

权利要求书

1. 一种利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的方法，包括如下步骤：

1) 将电厂排放的烟气通过烟气送风管道引到一级热交换站，与来自蔬菜大棚和/或藻类养殖房暖气供给系统的空气进行第一次间接热交换，为蔬菜大棚和/或藻类养殖房提供热空气；

2) 将一部分经过一级热交换站放热降温后的烟气通过烟气回风管道引到二级热交换站，与来自室外的空气进行第二次间接热交换，以使烟气的温度进一步降低到适合二氧化碳吸附处理的程度；

3) 将经过二级热交换站放热降温后的烟气输送到 CO₂ 变压吸附装置中，提取其中的二氧化碳，并将所得二氧化碳抽吸到 CO₂ 储气罐中储存；

4) 在蔬菜和/或藻类的生长周期内，根据需要，将 CO₂ 储气罐中的二氧化碳补充到蔬菜大棚和/或藻类养殖房的微藻吸碳池中。

2. 根据权利要求 1 所述利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的方法，其特征在于：上述步骤 2) 中，将吸收了烟气热量的室外空气引到三级热交换站，与来自微藻吸碳池温水供给系统的循环水进行热交换，为微藻吸碳池提供温水。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的方法，其特征在于：上述步骤 1) 中，电厂排放的烟气温度为 110~140℃，经过一级热交换站放热降温后的烟气温度控制在 80~90℃，输送到蔬菜大棚和/或养藻池暖房的热空气温度控制在 40~50℃。

4. 根据权利要求 2 所述利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的方法，其特征在于：上述步骤 2) 中，经过二级热交换站放热降温后的烟气温度控制在 50~60℃，吸收了烟气热量的室外空气温度控制在 40~50℃，微藻吸碳池的水温控制在 25~35℃。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的

方法，其特征在于：上述步骤4）中，每天在阳光充足时段给蔬菜大棚补充二氧化碳一次，控制蔬菜大棚内二氧化碳的浓度在600~1200ppm，蔬菜大棚封闭1.5~2.0h后，打开通风口适当通风除湿。

6. 一种权利要求1所述利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的设备，包括与烟气引风机（3）相连的烟气送风管道（4）、一级热交换站（5）、与烟囱（2）相连的烟气回风管道（1）、二级热交换站（12）、CO₂变压吸附装置（14）和CO₂储气罐（16），其特征在于：

所述一级热交换站（5）采用列管热管换热器（5.1），列管热管换热器（5.1）的烟气进口管道（5.3）通过第一加压风机（5.2）与烟气送风管道（4）相连，烟气列管热管换热器（5.1）的烟气出口管道（5.4）与烟气回风管道（1）相连；烟气列管热管换热器（5.1）的空气进口管道（5.6）通过第二加压风机（5.5）与蔬菜大棚（6）和/或藻类养殖房（9）中暖气供给系统的回风管相连，烟气列管热管换热器（5.1）的空气出口管道（5.7）与蔬菜大棚（6）和/或藻类养殖房（9）中暖气供给系统的出风管相连；

所述二级热交换站（12）采用热管热交换器（12），热管热交换器（12）的冷空气输入端通过循环泵（13）与室外空气相通，热管热交换器（12）的烟气输入端通过压缩机（11）与烟气回风管道（1）相连，热管热交换器（12）的烟气输出端与CO₂变压吸附装置（14）的输入端相连，CO₂变压吸附装置（14）的输出端通过真空泵（15）与CO₂储气罐（16）相连，CO₂储气罐（16）通过CO₂输送管（7）及其上的控制阀（19）与蔬菜大棚（6）和/或藻类养殖房（9）的微藻吸碳池（10）相连。

7. 根据权利要求6所述利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的设备，其特征在于：它还包括三级热交换站（8），所述三级热交换站（8）采用气液间接换热器（8.1），气液间接换热器（8.1）的空气进口通过送风管（17）与热管热交换器（12）的热空气输出端相连，气液间接换热器（8.1）的空气出口通过排风管（18）与大气相连；气液间接换热器（8.1）的温水输出端通过循环水泵（8.2）与微藻吸碳池（10）的进水端相连，气液间接换热器（8.1）的温水回流端通过电磁阀（8.3）与微藻吸碳池（10）的出水端相连。

8. 根据权利要求 7 所述利用电厂烟气为蔬菜和/或藻类提供热量和二氧化碳的设备，其特征在于：所述微藻吸碳池（10）内设置有温度传感器（8.4）和水位传感器（8.5）。