[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
*F23G 5/46 (2006.01)*
*F23G 5/04 (2006.01)*
*F23K 1/00 (2006.01)*
*C10L 9/08 (2006.01)*

# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480043922.5

[43] 公开日 2007 年 8 月 8 日

[11] 公开号 CN 101014803A

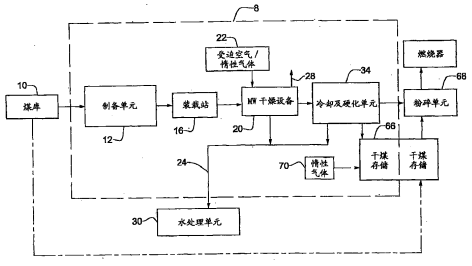
[22] 申请日 2004.11.24
[21] 申请号 200480043922.5
[30] 优先权
[32] 2004. 8. 5 [33] ZA [31] 2004/6277
[86] 国际申请 PCT/IL2004/001077 2004.11.24
[87] 国际公布 WO2006/013551 英 2006.2.9
[85] 进入国家阶段日期 2007.3.5
[71] 申请人 微煤公司
地址 美国特拉华州
[72] 发明人 本·齐翁·利夫内 伊莱·巴尔内亚 伊萨克·亚尼夫
[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司
代理人 李 辉
权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 1 页

[54] 发明名称

发电厂的能量管理

[57] 摘要

本发明涉及发电厂的能量管理。本发明提供了一种在电力消耗展现出不同的需求时段的电力市场中管理在低需求期期间产生的电力的方法。该方法包括以下步骤：在低需求时段期间通过电磁辐射干燥来改良固态化石燃料；以及对所述经改良的燃料进行储存和利用。所述燃料利用可包括：在高需求期期间燃烧用以发电、在另一热消耗工业过程中燃烧、或者将该燃料卖给另一商业实体。在该方法中使用的电磁辐射干燥包括将在经改良的化石燃料中的固有水分含量至少减半的步骤。



1、一种在电力消耗展现出不同的需求时段的电力市场中管理所产生的电力的方法，该方法包括以下步骤：

改良步骤，用于在低需求期期间利用所述电力通过电磁辐射干燥来改良固态化石燃料；以及

利用步骤，用于对所述经改良的固态化石燃料加以利用。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述利用步骤包括以下中的一个或更多个：至少在高需求期期间燃烧所述经改良的化石燃料用于发电、在热消耗工业过程中燃烧所述经改良的化石燃料、以及卖出所述经改良的化石燃料。

3、根据权利要求 1 所述的方法，该方法由发电厂应用，其中，所述改良步骤是通过利用由同一发电厂产生的电力而进行的。

4、根据权利要求 1 所述的方法，该方法还包括储存所述经改良的固态化石燃料的至少一部分的步骤。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述利用步骤包括：至少在高需求期期间在同一发电厂处燃烧所述经改良的化石燃料以用于发电。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中，所述经改良并储存的化石燃料的量至少等于同一发电厂在高需求期期间发电所消耗的量。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其中，所述经改良并储存的化石燃料的日平均量至少等于同一发电厂用于发电的日平均消耗量。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述电磁辐射干燥包括将所述经改良的化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多。

9、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述固态化石燃料是下面中的一种或更多种：低级煤、油页岩、沥青砂。

10、一种对用于在工业过程中燃烧的固态化石燃料进行改良的方法，该方法包括以下步骤：通过电磁辐射对所述固态化石燃料进行干燥，以使经改良的化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多，并且每日通过所述电磁辐射干燥而获得的经改良的化石燃料的量与所述工业过程中的

日消耗相称。

11、根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述电磁辐射干燥由第一能量消耗者在这样的区域中进行，在所述区域中由除所述第一能量消耗者之外的消耗者导致的电力消耗展现出不同的需求时段，在所述电力消耗的低需求期期间进行所述电磁辐射干燥。

12、根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述电磁辐射干燥通过使用由发电厂燃烧处于经改良状态的所述化石燃料而产生的电力来进行。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其中，所述发电厂针对外部消耗者具有日电力生产峰值地运转，并且所述电磁辐射干燥主要在所述电力生产的非高峰时间内进行。

14、根据权利要求 13 所述的方法，该方法还包括储存在所述非高峰时间内获得的经改良的化石燃料的步骤。

15、根据权利要求 13 所述的方法，其中，在所述非高峰时间内获得的经改良的化石燃料的量至少等于所述发电厂每日消耗的量。

16、根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述固态化石燃料是下面中的一种或更多种：低级煤、油页岩、沥青砂。

17、根据权利要求 10 所述的方法，其中，在所述电磁辐射干燥之前进行在热气中的干燥。

18、根据权利要求 10 所述的方法，其中，通过微波辐射进行所述电磁辐射干燥。

19、根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述工业过程是在针对零售市场的外部消耗者具有日电力生产峰值地运转的工厂中进行发电，所述电磁辐射干燥主要在所述电力生产的非高峰时间内使用由同一发电厂产生的电力来进行。

20、根据权利要求 10 所述的方法，其中，在运行所述工业过程的设备处储存所述经改良的固态化石燃料。

21、根据权利要求 10 所述的方法，其中，将所述经改良的固态化石燃料储存在封闭容器中，并且用惰性气体净化所述容器以防止点燃。

22、根据权利要求 10 所述的方法，其中，在所述电磁辐射干燥之前

将所述固态化石燃料减小到预定大小。

23、根据权利要求 10 所述的方法，其中，按一级或更多级来进行所述电磁辐射干燥，至少一级旨在驱出固有水分。

24、根据权利要求 10 所述的方法，其中，在至少部分地存在惰性气体的情况下进行所述电磁辐射干燥。

25、根据权利要求 10 所述的方法，该方法包括对所述经改良的固态化石燃料进行冷却的步骤。

26、一种通过权利要求 10 至 25 中任一项的方法获得的经改良的固态化石燃料。

27、一种对用于在工业过程中燃烧的固态化石燃料进行改良的方法，该方法包括以下步骤：通过电磁辐射对所述固态化石燃料进行干燥，其中，所述固态化石燃料是下面中的一种或更多种：低级煤、油页岩、沥青砂。

28、一种对用于在工业过程中燃烧的固态化石燃料进行改良的方法，该方法包括以下步骤：通过电磁辐射对所述固态化石燃料进行干燥，其中，所述电磁辐射干燥由第一能量消耗者在这样的区域中进行，在所述区域中由除所述第一能量消耗者之外的消耗者导致的电力消耗展现出不同的需求时段，在所述电力消耗的低需求期期间进行所述电磁辐射干燥。

29、一种对用于在发电厂中燃烧的固态化石燃料进行改良的方法，该方法包括以下步骤：通过电磁辐射对所述固态化石燃料进行干燥，其中，在同一发电厂处进行所述电磁辐射干燥和所述燃烧。

30、根据权利要求 31 所述的方法，其中，所述电磁辐射干燥包括将所述经改良的化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多的步骤。

31、一种在包括燃烧器的发电厂中通过燃烧固态化石燃料来产生能量的系统，该系统包括：

电磁辐射干燥设备，用于对所述固态化石燃料进行改良，该电磁辐射干燥设备适于将所述经改良的固态化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多；和

运输装置，用于将经改良的固态化石移动到所述燃烧器。

32、根据权利要求33所述的系统，该系统还包括储存装置，该储存装置适于储存至少与所述发电厂的日消耗相称的量的所述经改良的固态化石燃料。

33、一种生产用于在工业过程中燃烧的经改良的固态化石燃料的系统，该系统包括：

电磁辐射干燥设备，其适于将所述经改良的固态化石燃料中的固有水分含量减少50%或更多；和

储存装置，其适于储存至少与所述工业过程的日消耗相称的量的所述经改良的固态化石燃料。

34、根据权利要求33所述的系统，其中，所述工业过程是发电。

35、一种生产经改良的固态化石燃料的系统，该系统包括电磁辐射干燥设备，该电磁辐射干燥设备适于将所述经改良的固态化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多，其中，所述电磁辐射干燥设备适于处理以下之一：低级煤、油页岩、沥青砂。

# 发电厂的能量管理

## 技术领域

本发明涉及在燃烧固态化石燃料的设施（utility）中的能量管理方法。

## 背景技术

发电设施努力应对在每个按日的循环内对电的不均衡的需求。在一天的时段内，需求按小时地变化，峰值需求期通常在早晨和傍晚，而夜间的需求低。高需求水平和低需求水平之间的差异可以达到高需求水平的 50%以上。因为电是无法按其原始形式进行储存的商品，所以大量的设施发电能力未得到有效利用。此外，就运营成本和机械磨损而言，发电水平频繁地大幅波动是昂贵的，尤其是在燃烧固态化石燃料（例如，煤）的发电厂中。

燃烧化石燃料的电力设施进行这样的过程：将包含在燃料中的热转换成蒸汽，然后蒸汽驱动用于发电的涡轮。燃煤利用处理包括：煤处理及煤制备单元、带有燃烧器的锅炉、灰烬及排放物处理单元、涡轮及发电相关设备、水处理单元以及辅助设备。

煤处理及制备系统包括：用于火车、驳船或其他运输工具的卸载设备、通常储存 1.5 到 2 个月的生产用煤的煤堆料场、将煤从堆料场载送到工厂的材料处理设备、给煤机、粉碎设备、以及到锅炉的燃烧器的给料设备。

燃煤发电厂运转起来昂贵且复杂，并且过程动态非常慢。在可以开始发电之前，燃煤发电厂需要多个小时来做准备，这使得在低需求期期间断闸不经济。同时，出于工厂完整和运转安全的考虑，发电单元必须与其负载紧密同步。如果需求降低到临界值以下的水平，则煤燃料无法单独充分保持锅炉的必要热条件，必须与煤一起使用诸如柴油的其他燃料以将锅炉保持在适当条件下。这是所不期望的情况，这种情况增加了

运营开销。

为了减少高需求期和低需求期之间的负载差异从而均衡输出需求，设施实行积极的使用时间定价策略以鼓励客户减少高需求期期间的消耗而增加低需求期期间的消耗。尽管高需求期的电价会是低需求期的电价的几倍，但仅有该策略不总是足以弥合需求差异。

已提出了许多不同解决方案用以储存在低需求期期间产生的过量的电以供在高需求期期间使用。在这些已提出的解决方案中有如下的解决方案：在低需求期间将水抽到高海拔处并在高需求期期间反过来利用该水驱动水力发电单元。该方法公知为“抽水蓄能”，并且用在全世界包括美国在内的若干地区。抽水蓄能需要大的资本成本并且对环境的影响大。

US 3,631,673 提出了通过储存压缩空气在非高峰时间累积能量。在高峰时间，压缩空气驱动气涡轮。US 5,491,969 提出了采用压缩空气用于燃烧气涡轮中的燃料（然后关闭常规压缩机）。US 3,849,662 公开了一种燃烧通过在蒸汽涡轮中对煤的气化而获得的煤气的发电厂。将在非高峰时间内产生的煤气储存在加压保持器中，并在高峰期间将其在气涡轮内燃烧。

美国超过50%的电力是由煤产生的。美国的煤产量是每年11亿美吨。这些煤中超过 90%的煤用于发电。按目前的消耗水平，美国的煤储量将能维持 250 年。

可以关于诸如热值、水分含量、挥发物质含量、灰烬含量以及硫含量的各种属性对煤的质量进行评估。各个属性或多或少地影响使用煤的方式、其燃烧特性，因而影响其经济价值。这些属性随煤矿床而不同，此外，在给定矿床内，煤的特性也会显著不同。

矿床（例如，在怀俄明州和蒙大纳州的粉河盆地（PRB）中碰到的矿床以及在全世界的其他类似矿床）包含被公知为“低级”煤的煤。低级煤包括亚烟煤和褐煤（lignite coal）并且也称为褐色煤。这些煤的水含量相当大，达到远超过 30%的水平。

关于煤的水分含量，在本申请中将依照下面由美国测试和材料协会（ASTM）所给出的定义和标准方法。

如根据§870.19（a）或§870.20（a）（通过引用合并于此）所确定的，总水分指的是在对温度、时间和气流进行严格控制的情况下大气中的重量损失的量度；

如所确定的，固有水分指的是作为煤层的整体部分而存在的处于其自然状态的水分，包括孔中的水，但是不包括存在于宏观可见裂缝中的水；

过量水分指的是：针对高级煤根据§870.19 或者针对低级煤根据§870.20（通过引用都合并于此）而计算出的总水分与固有水分之间的差。在本申请中，“过量水分”将被称为“表面水分”；

低级煤指的是C级亚烟煤和褐煤；

高级煤指的是无烟煤、烟煤以及A级亚烟煤和B级亚烟煤。

在ASTM D1412-93（通过引用合并于此）中概括了对固有水分进行估计的实验室过程。在ASTM文献中还确定了用于估计的煤样本集合。

简而言之，如下是该实验室过程。将煤研磨成细粉末，将其暴露于户外一定时期从而使煤的表面水分大部分变干，煤的残留表面水分等于环境湿度。假设煤中的残留水分是固有水分。然后将煤在烤炉中加热，根据质量损失来计算固有水分含量。

煤中有两种不同类型的水分：表面水分和固有水分。表面水分是煤颗粒中包含的水，这可能是在正常情况下通过将水物理地浇到煤上而使煤变湿的结果，例如下雨或喷洒系统的情况。将煤颗粒暴露于诸如太阳的热源、或热气流、或者诸如离心机的物理干燥机构中可以去掉表面水分。

固有水分是几乎从煤颗粒形成时起就锁在其内部的水，或者是在长期高压的过程中渗透到煤颗粒中的。固有水分通常锁在煤颗粒的毛细管中或者与煤化学结合，并且除非以高温和/或高压的形式使用更极限的力量，否则不能通过用于干燥表面水分的处理而将其驱出。

传统的针对固有水分的煤脱水或干燥处理很复杂并且是在极限条件下进行的。这些处理大多数基于如下技术：通过传统加热对煤颗粒进行加热，将压力引入系统或在系统中形成压力。处理中的合力将固有水分

从煤颗粒中排出。在这种类型的处理中处理过的煤的最终水分含量主要取决于在该处理内所具有的环境条件。最终结果是：将煤中的固有水分干燥到低水平需要大量能量并且需要使煤长时间处于干燥处理。

现有的脱水技术利用传统的热传导处理使水从煤颗粒中蒸发。这些处理的缺点在于以下事实：从外向内对煤颗粒进行加热以使水蒸发。已知煤是对热传导具有非常高的抗性的隔热体，因为对各个煤颗粒及其环境进行加热浪费了许多热，同时温度梯度必须大到足以克服煤颗粒对热传导的高抗性，所以这导致了低效率。这种加热有风险并且需要特别小心，因为使煤处于高温会将其点燃。

用于对低级的固有水分高的煤进行改良的脱水处理从历史上就面临两个主要缺点，这限制了工业脱水系统的大规模应用。迄今生产的低级改良煤已展现出低自动点燃点，与包括低级原煤的其他煤相比发生自燃更快。在试验中发现，当将一堆经脱水的煤暴露于气流多个小时（通常少于 72 小时）时，煤到达发生自燃或自动点燃的温度。煤颗粒的自加热和自燃成为固有水分含量高的原煤的共有问题，但是这些事件通常在数日和数周的较长期户外暴露之后才发生。脱水处理加重了该现象，脱水处理显著提高了表面积对体积的比，因而使得煤颗粒更活跃地吸收空气湿气，进而缩短了改良煤的保存期限。

在对煤进行脱水时观察到的另一问题是产生了大量的煤粉。因为经干燥的煤更脆，所以经干燥的煤离开处理之后的每次转移都会进一步减小煤颗粒的大小并产生更多的煤尘。经干燥的煤没有像湿煤一样将小颗粒收于其表面上的固有能力。这导致放出灰尘般大小的颗粒并在运输时丢失，并且引起火灾或爆炸的风险高。

1999 年 10 月的“The Australian Coal Review”中第 27 页的文章论述煤的干洗，即，在不用水浮选的情况下将煤与下脚料（岩石）分离。在该干洗处理中，所给送的煤的水分含量不应达到使颗粒粘在一起（这是表面水分的作用）的水平。因此，低级煤可以具有相当高水平的固有水分并且表面仍然干燥且适于进行干洗。该文章提出了可以采用热干燥将表面水分降低到足够低的水平，并且推荐将煤在带上传送通过微波干燥

器。在这种类型的干燥器中，水易于吸收热能并且蒸发，而煤未被加热。

US 4280033 公开了用于炼焦或气化高级粉状煤的 MW 干燥设备及处理。该设备包括穿过封闭处理区的循环传送带、位于煤带的相对侧的电极板、以及使热气经过该带以去除湿气的鼓风系统。

US 4259560 公开了用于导电粉末材料（尤其是炼焦之前的煤）的 MW 加热/干燥方法。进行粉碎以避免形成电弧。通过 IR 检测器测量可以实时调节水分含量。

发明内容

本发明涉及用于改良固态化石燃料（例如在此使用的煤）的新颖的能量管理系统和处理。更具体地说，本发明是关于以改良煤的形式储存在低需求期期间产生的便宜电以供在电成本高得多的高需求期期间使用的处理。

本发明将在低需求期期间产生并储存电并用于在高需求期期间产生高价电的商业方法与允许这种储存的物理方法相结合。

在本发明的方法中，在低需求期期间（例如在夜间）消耗低成本电来改良低成本低热值的化石燃料以用作高成本高热值燃料的替代品。储存经改良的燃料并全天（尤其在高需求期期间）将其用在发电单元中以产生可在零售能量市场以高得多的价格卖出的电。

根据本发明的第一方面，提供了一种在电力消耗展现出不同需求的时段的电力市场中管理在低需求期期间产生的电力的方法。该方法包括在低需求期期间通过电磁辐射（EMR）干燥来改良固态化石燃料以及利用经改良燃料。

所述利用优选地包括：至少在高需求期期间燃烧所述经改良化石燃料来发电。然而，所述利用还可包括在另一热消耗工业过程中燃烧该燃料或者将该燃料卖给另一商业实体。

所述管理方法对应用于发电厂尤为有用，其中，通过由同一工厂产生的电力来进行所述改良。优选的是，也在同一工厂处储存并燃烧经改良化石燃料用于至少在高需求期期间进行发电。

优选的是，经改良并储存的在低需求期期间产生的化石燃料的量包括在高需求期期间同一工厂用于发电的所有燃料消耗。更优选的是，经改良并储存的化石燃料的日平均量至少包括同一工厂用于发电的日平均燃料消耗。

优选的是，在所述方法中使用的 EMR 干燥包括将经改良化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多。

根据本发明的第二方面，提供了一种对固态化石燃料进行改良的方法。该方法包括通过 EMR 对固态化石燃料进行脱水，以使经改良化石燃料中的固有水分含量至少减半。每日通过电脱水处理而获得的经改良化石燃料的量与发电厂或/和另一工业过程的日消耗相称。

所述固态化石燃料可以是固有水分含量高的低级煤、油页岩、沥青砂、亚烟煤等。然而，可以将初始固有水分低的高级煤进一步干燥为固有水分低至 1%。

所述方法可以在由于其他消耗者导致的电力消耗展现出不同的需求时段的情况下最好地执行，在电力消耗的低需求期期间执行电脱水处理。

优选的是，通过使用由发电厂燃烧处于改良状态的化石燃料而产生的电力来执行 EMR 脱水处理。更具体来说，在如下情况下执行 EMR 脱水处理：发电厂具有日发电峰值地运转，并且主要在发电的非高峰时间内执行干燥处理。

所述方法包括如下步骤：储存在非高峰时间内获得的经改良化石燃料，并使用所述经改良化石燃料用于在每日高峰期间发电。优选的是，在非高峰时间内获得的经改良化石燃料的量至少包括发电厂的日消耗或者两个随后的低需求期之间的时段的消耗。这在根本上降低了脱水处理的运营成本。

在 EMR 干燥之前可以通过热气驱散表面水分。

优选的是，通过微波辐射执行 EMR 干燥。

本发明的方法特别提供了：通过电磁辐射在低温和低压下对低级固态化石燃料进行脱水（干燥）。该方法需要的启动和关闭时间很短，这适合于在短时间内的可中断操作，并且具有小的占地面积（footprint），这

使得可将该方法布置在发电厂内部或旁边。使用该方法在低需求期期间对低级煤进行改良以生产第二天的需求用煤可以为设施在燃料花费方面一年节省上百万美元。

所述物理脱水处理基于将固态化石燃料暴露于高频电磁辐射。基于辐射的脱水处理具有优于其他处理的许多好处。辐射脱水是在大气压力下执行的，不需要对燃料颗粒自身进行加热。该处理的启动过程及其关闭都快，这使得该处理适于由利用低成本电的需要所限制的不连续且可中断的操作。此外，辐射能够比其他技术更有效在于：对燃料颗粒进行脱水不需要将水完全蒸发，因为一些水会被机械地从燃料颗粒驱散。

与现有的涉及极限热和压力条件的固有水分脱水处理（其需要大的空间并且通常被布置在燃料源附近）不同，本发明的方法可以利用小的占地面积实现，它安静、环保并且易于操作，这使其适于燃料价值链的两侧，即源侧以及设施侧。

所述处理的一个基本前提是使燃料颗粒经受无线电、微波或更高频率的电磁辐射。辐射强度（即，燃料的单位体积能量密度）和辐射频率可以在考虑了所有相关因素的情况下根据需要而变化。所述处理的另一重要前提是使用低需求期期间的便宜电对燃料进行脱水和改良，该燃料用于在全天（尤其在高需求期期间）产生更贵的电。这将一种新颖的手段引入到设施中，通过该手段可在低需求期期间产生并储存在燃料内的电用在高需求期期间来产生更高的收入。

当将所述处理布置在设施的发电单元附近时，在很大程度上，可以将该处理与设施现有的燃料处理设备整合，从而节省了大的资本开销。在此情况下，在粉碎单元之前的一级执行脱水处理，粉碎单元将燃料固体磨成粉末然后将该粉末给送至锅炉的燃烧器。在这种情况下，可以通过传统和现有的材料处理设备将低级燃料从堆料场取出。然后燃料可通过传统加热（即，热气体的蒸汽）进行干燥，然后通过辐射单元。可储存经脱水（经改良）的燃料供日后使用，或者可使其从辐射单元直接流动到现有的粉碎单元中。然后可以继续进行正常的发电厂操作处理。

当储存经改良燃料供日后使用时，可以使用现有的或新的封闭储存

设备，例如，仓库或筒仓或任何其他封闭的干燥材料储存单元。然后可将该燃料直接给送至粉碎单元，并重新进入正常的发电厂处理。在封闭储存环境以及受控条件下保存经改良燃料延长了其保存期限并降低了不期望的点燃的风险。可将累积的燃料储存在筒仓、仓库或任何其他储存装置中。在储存期期间，可以用惰性气体（例如，氮气或二氧化碳）净化储存设备，从而防止燃料和细粉燃烧。

在使低级固态燃料经受辐射之前，可改变该燃料的大小。可以按任何适当方式（例如，通过分级或碾磨）来这样做。此外，在粉碎步骤期间执行颗粒的大小改变，该粉碎步骤发生在脱水处理之后以及将该燃料给送至燃烧器之前。通过 EMR 对低级燃料进行干燥产生细粉，经辐射的燃料展现出脆的特性，可以证明该特性在粉碎单元中是有利的。

本发明的方法使得可以在空间和时间都靠近化石燃料消耗处的地方对化石燃料进行改良，从而经干燥的化石燃料不需要大量额外处理（例如，运输）。紧随干燥之后，可使燃料经受进一步的大小减小处理，即粉碎。因此，在运输时不会损失煤粉，从而减小了引起火灾和爆炸的风险。

可以批量处理燃料，但是优选的是半连续或连续地处理燃料。因此，可以在适当的运输装置上将燃料运输通过或经过一个或更多个电磁辐射源。这种装置优选地对电磁辐射迟钝。

任何适当的材料可用于运输装置，例如可使用传送机或由对辐射迟钝的材料（例如，陶瓷或不锈钢材料）制成的其他运输装置。这确保了不会不必要地浪费能量对处理中对将锁住的水分从燃料颗粒驱出这一主要目的没有贡献的元件进行加热。

可以按一级或更多级使燃料经受辐射。适当频率的电磁辐射激发锁在燃料颗粒内的水分子，因此提高了水温从而将水从燃料中驱出并释放。这继而可以提高燃料颗粒的温度。较高的水温减小了表面张力效应，从而减小了将水锁在燃料颗粒中的毛细管内的力，并且脱水处理变得更有效。

还可以改变各级的物理特性。例如至少在一级中，可使燃料在存在适合惰性气体（例如，氮气或二氧化碳）的情况下经受电磁辐射，所述

惰性气体担当用于防止燃料燃烧的抑燃剂并且抑制可能形成的会导致爆炸的情况。该气体还可对经处理的燃料进行加热以使其表面水分干掉，所述表面水分可以是原来就包含在该燃料中的或者是在辐射处理期间形成的。

在大多数情况下，辐射处理所释放的水蒸汽是洁净的并且可被释放到大气中。

可使燃料经受冷却步骤，该冷却步骤也会去除水蒸汽，之后可筛选并回收干燥燃料。还可要求将脱水的煤颗粒保存在特定环境条件下以驱散所有过量表面水分，这些水分可能是作为辐射的结果而累积的。

根据本发明的下一方面，提供了下面的用于实施以上方法的系统。

一种在包括燃烧器的发电厂中通过燃烧固态化石燃料来产生能量的系统包括：EMR 干燥设备，用于对所述固态化石燃料进行改良；和运输装置，用于将经改良的固态化石移动到所述燃烧器。所述 EMR 设备适于将所述经改良的固态化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多。该系统优选地包括储存装置，该储存装置适于储存至少与所述发电厂的日消耗相称的量的所述经改良的固态化石燃料。

一种生产用于在诸如发电的工业过程中燃烧的经改良的固态化石燃料的系统，该系统包括：EMR 干燥设备，其适于将所述经改良的固态化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多；和储存装置，其适于储存至少与所述工业过程的日消耗相称的量的所述经改良的固态化石燃料。

一种生产经改良的固态化石燃料的系统，该系统包括 EMR 干燥设备，该 EMR 干燥设备适于将所述经改良的固态化石燃料中的固有水分含量减少 50%或更多，该 EMR 干燥设备适于处理以下之一：低级煤、油页岩、沥青砂。

根据本发明的又一方面，提供了一种按照上述方法或在上述系统中通过 EMR 干燥而获得的经改良的固态化石燃料。我们的试验显示出所述经改良的燃料提高了热值或减少了排放物，同时其经济价值也得到了提高。

附图说明

为了理解本发明并且明白在实践中如何实现本发明，现在将参照附图 1 仅通过非限制性示例来描述实施例，图 1 是根据本发明的方法的低级煤干燥和利用的示意图。

具体实施方式

参照图 1，在如本发明的背景技术部分所述的在发电设施中的煤燃烧的现有处理的背景下，来描述根据本发明的处理和系统的一个示例的步骤和部件。出于例示的目的，图 1 示出了对煤进行脱水的处理，但是其类似地适于任何其他固态化石燃料。所描述的处理被设计成在煤堆料场和向粉碎设备进行给送的煤仓之间进行。

用于实施该处理的生产方案包括以下主要部件：煤库 10、煤制备单元 12、装载站 16、微波干燥设备 20、冷却及硬化单元 34、干煤储存单元 66、粉碎单元 68、以及水处理设备 30。该方案的其他部件将变得更加清楚。在该图中，封闭区域 8 表示本发明的处理，而位于该封闭区域之外的部分表示设施处现有的处理。

低级湿煤存储在库 10 中，并使用适当技术将其给送到煤制备单元 12，在煤制备单元 12 中改变煤的大小。如果有必要，则可以按任何适当方式将煤进行分级或碾磨。

然后将煤传递到装载站 16，在装载站 16 处将煤传送到运输装置（例如，传送机），该运输装置对微波辐射是透明的并且能够承受处理温度而不会导致机械损伤。在合适的传送机（未示出）的构造中可以使用例如陶瓷、塑料或不锈钢材料，这些材料不会被微波辐射加热并且不会显著地衰减这种辐射。装载站 16 使用常规的材料处理系统。如果采用批量或连续处理策略，则该设计针对各个具体应用可以不同。在批量操作中，在 MW 设备 20 中以特定轮廓载入煤，干燥所需的能量取决于辐射时间。在连续操作中，煤移动通过微波干燥设备 20，干燥所需的能量取决于移动速度。

微波干燥设备 20 包括外壳和多个微波辐射源（未示出）。该外壳由

诸如不锈钢的特殊材料制成并且进行屏蔽以使微波辐射不会从外壳逸出，从而确保环境是电磁安全的，并且控制所释放的水蒸汽和气体。该外壳还被设计成将电磁辐射直接集中到煤上，从而使得干煤产量相对于能量输入最大化。

可以使用磁控管或其他合适的技术制造 MW 辐射源。考虑到所有相关情况，各个源的辐射频率以及外壳中所具有的能量密度可根据要求而不同。类似地，可以考虑脱水处理的效率来改变煤经受辐射的时长。

根据处理情况，受迫空气或惰性气体（例如，氮气或二氧化碳）从源 22 导到设备 20。注入受迫空气或惰性气体用来保持外壳内的低湿度环境。由于从煤中释放的水以及由于该处理的温度低，导致外壳内潮湿。从煤中释放出大量水蒸汽 28。通过注入外壳内的空气或惰性气体 22 将这些水蒸汽驱散到大气中。

在从煤中释放出过量的水的情况下，可将从该单元排出的水 24 导到水处理设备 30。当可将从煤中去除的水排放到环境中时，可以不需要该处理。

MW 干燥设备 20 例如可包括单个级。根据所需脱水程度以及正在脱水的煤的量，MW 干燥设备 20 也可由多个级制成。

可以彼此并行或串行地堆叠多个 MW 设备单元。并行单元用来增加整个处理的容量，而串行单元用来单独地增加各个线的容量。

从设备 20 出来的干煤被导到煤冷却及硬化单元 34。在这一级，煤可能包含表面水分，这是通过电磁辐射而驱散固有水分的结果（参见下文）。

可将从冷却及硬化单元 30 出来的经改良煤 64 导到干煤封闭储存单元 66 或设施的处理的下一级，该下一级通常是粉碎单元 68，其制备燃烧用煤。

储存单元 66 的大小设定为容纳足以度过其中 MW 辐射设备不工作的发电高负荷期的经改良煤。还可将惰性气体 70 引入封闭储存单元 66 以将煤保持在不易点燃或着火的状况下。如图 1 中的分隔虚线所示，封闭储存单元 66 可以是现有设施结构的一部分，或者可以是专门添加上的

用以容纳由干燥处理产生的经改良煤。

旁路连接72提供了冷却及硬化单元30与粉碎单元68之间的直接连接。该旁路可在发电的低需求期期间工作。

该处理的操作模式是将煤用作储存能量的容器，其中使用便宜的电力对在高需求期期间使用的煤进行改良。该策略还在以下方面使设施受益：该策略保持发电厂在低需求期期间以特定负荷运转，因而产生了全天的更平衡且稳定的负荷特性，从而使发电稳定。该处理要求的启动和关闭时长还相对较短。

为了减少整个处理所需能量的成本，MW 设备单元应该具有在对电的需求最低时足以在大约几小时内对一整天的运转所需的量的煤进行干燥的处理能力。这要求该处理仅工作特定几个小时，并且随着全天的需求变化而开启和关闭。

本发明的示例性处理在煤堆料场 10 处脱离设施的常规处理并在对粉碎单元 68 的输入处返回常规处理。封闭储存设备 66 被设计成容纳用于高需求期的煤，并且具有可以度过脱水 MW 设备 20 不工作时的高需求期的储存容量。

虽然采用 MW 辐射作为示例，但是还可使用其他电磁辐射。电磁辐射对锁在煤颗粒内的固有水分进行加热。当该水被加热时，导致煤颗粒内的压力增加，这用作使水蒸汽逸出各个煤颗粒的驱动力。在水蒸汽到达煤颗粒的表面的途中，水蒸气可以机械地带上锁在颗粒内的其他水。该处理会增加辐射的热产量，因为不必将所有固有水分蒸发以使其从煤颗粒逸出。结果是，处理条件保持在相对低的温度下，并且不是所有从煤中释放出的水都处于蒸汽相。可以通过机械装置将液态水从煤的表面驱出并从外壳内去除。注入受迫空气或惰性气体 22 用作去除过量的水的方法，但是其他方法也可以。

在适度处理条件下通过高频电磁辐射对低级煤（例如，粉河煤）进行的在下面示出的脱水试验证明：可将固有水分从 25%以上的水平减少到 1%到 2%的水平。此外，试验显示出该处理还适于具有 6%到 10%的初始低固有水分的高级煤，可将其固有水份减少为低至 1%。此外，对煤

的 EMR 干燥证明保留了其挥发物质含量，这是煤的热值及其在锅炉内的快速燃烧能力的关键属性。通过 EMR 来改良固态化石燃料的处理有丰富的易于控制的处理变量，例如，辐射水平、辐射时间、颗粒大小和其他使处理易于控制和优化的因素。

一定量的原 PRB 煤被运到位于以色列海法的实验室用于初始试验。在输出功率为 900 瓦特且频率为 2,450 MHz 的家用微波炉中对样本进行了处理。除了经处理的煤之外还分析了原煤的样本，下面的表 1 是这些试验的概要：

表 1

| 样本： | 原始[A] | B | C |
|---|---|---|---|
| MW 时间[分钟] | | 6.00 | 10.00 |
| 初始重量[克] | | 418.40 | 427.00 |
| 最终重量[克] | | 346.80 | 336.30 |
| 能量[瓦特小时] | | 90.00 | 150.00 |
| 重量损失[克] | | 71.60 | 90.70 |
| 重量变化百分比 | | 17.11% | 21.24% |
| 克/千瓦小时 | | 795.56 | 604.67 |
| 美吨/MW 小时 | | 0.88 | 0.67 |
| | | | |
| **实验室分析：** | | | |
| 固有水分 | 25.30% | 9.40% | 1.80% |
| 灰 | 2.40% | 3.00% | 5.40% |
| 挥发物质 | 35.10% | 41.00% | 48.20% |
| 固定碳 | 37.20% | 46.60% | 44.60% |
| 硫总量 | 0.13% | 0.16% | 0.31% |
| | | | |
| **重量损失效率** | | 105.8552 | 108.031 |
| 水的原始量[克] | | 32.60 | 6.05 |
| 水的最终量[克] | | 73.26 | 101.98 |
| 水损失[克] | | 71.60 | 90.70 |
| 实际重量损失[克] | | | |
| | 20.96 | 25.58 | 27.83 |
| MJ/千克 | 9011.18 | 10997.40 | 11964.74 |
| Btu/磅 | | | |

根据该实验室分析可以显见：

一在物理试验期间观察到的重量损失归因于煤的固有水分减少；

一基于水被驱出以及样本总质量减少的事实，经处理的煤显示出不

同的成分；

一该处理没有影响挥发物质，这是与针对 PRB 煤的所有其他固有水分干燥处理的主要区别。事实上，挥发物质的含量相对于固有水分的减少而成比例地增加。

如在上表中所指出的实验室结果显示出，不仅可以对 PRB 煤中的固有水分进行干燥，而且该处理还相对高效。此外，如果在低电需求期期间进行该处理，则也是高度经济的。

下面的表 2 对处理效率进行了总结：

表 2

| | |
|---|---|
| 初始温度： | 60℉ |
| 沸点： | 212℉ |
| | |
| **热力学：** | |
| 加热 1.0 磅水的能量 | 153.52 Btu |
| 使水沸腾的能量（潜热） | 970.00 Btu |
| 加热并蒸发 1.0 磅水的总能量 | 1,123.52 Btu |
| | |
| **试验结果** | |
| **情况 B** | |
| 蒸发的水的量 | 0.16 磅 |
| 用于进行蒸发的能量 | 307.09 Btu |
| 加热并蒸发 1.0 磅水的总能量 | 1909.17 Btu |
| 效率 | 58.8% |
| | |
| **情况 C** | |
| 蒸发的水的量 | 0.225 磅 |
| 用于进行蒸发的能量 | 511.82 Btu |
| 加热并蒸发 1.0 磅水的总能量 | 2271.11 Btu |
| 效率 | 49.5% |

对煤中的固有水分进行干燥的电磁辐射技术提供了至少以下潜在的好处：在低压和低温下的相对简单且便宜的处理；在 EMR 单元中的驻留时间短，这使得能够连续或半连续地处理大量的煤；清洁并对环保的处理方法；可容易地启动和关闭的处理；可以布置在正常设施中的占地面积小的处理；利用低成本能量来改良用以在高需求期期间产生高成本电的煤的处理；产生将在短时期内被消耗掉的燃料因而消除了自燃问题的处理；紧邻将煤粉碎成粉末的一级布置因而消除了煤细粉问题的处理；

以及可良好地集成到设施的整个发电处理中的解决方案。

虽然给出了对具体实施例的描述，但是应该想到的是在不脱离本发明的范围的情况下可以进行各种改变。例如，可以修改本发明并将其用于改良除煤之外的其他固态化石燃料。可以在分立的燃料干燥设施（其不发电）中实施本发明的方法，可将经改良的固态燃料卖给其他消耗者或者可将其用在其他工业设备中，例如水泥窑、熔炉等。

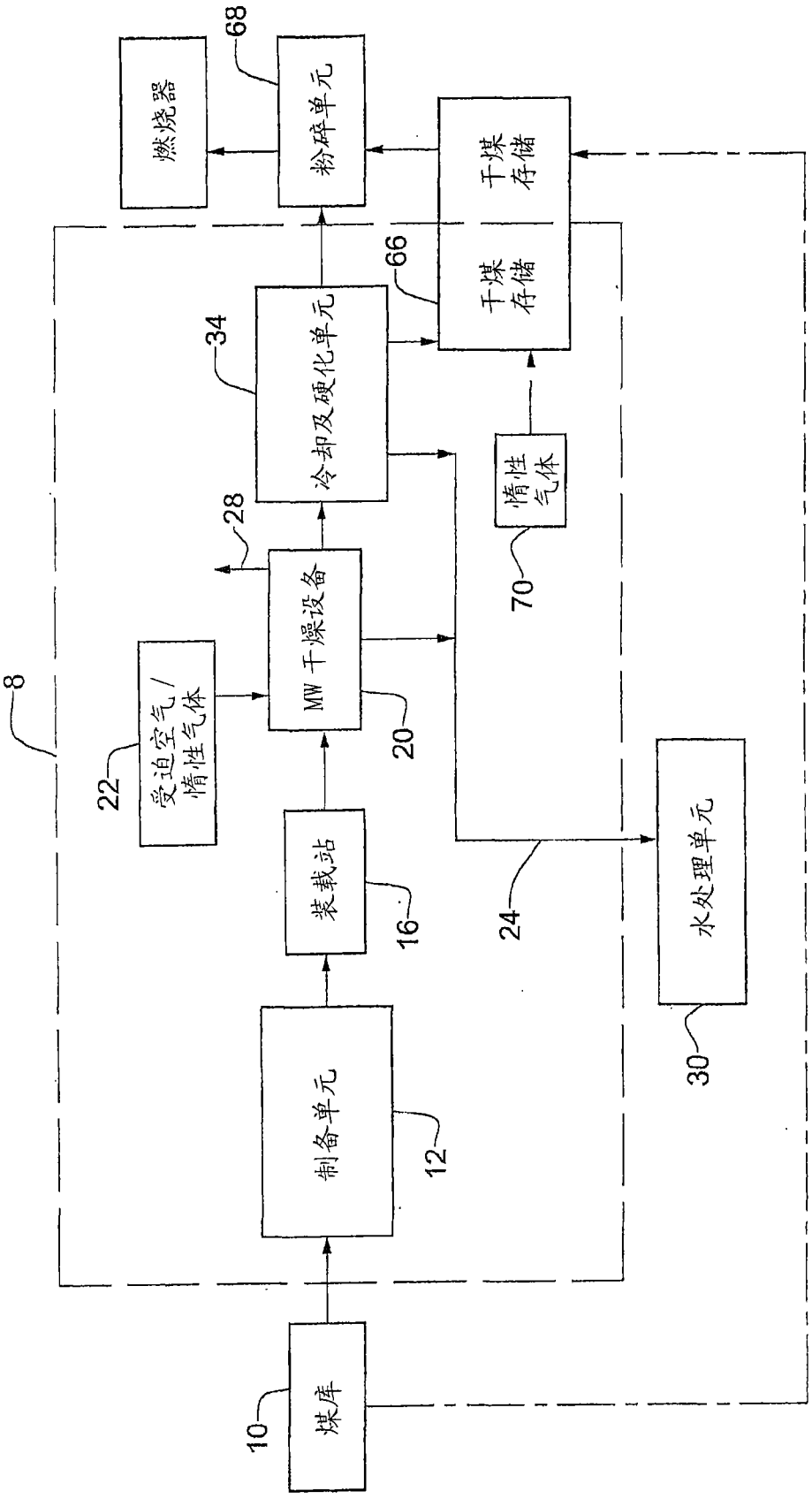

燃烧器
68
粉碎单元
干煤存储
干煤存储
66
34
冷却及硬化单元
惰性气体
70
28
MW 干燥设备
受迫空气 / 惰性气体
22
8
20
装载站
16
24
水处理单元
制备单元
12
30
煤库
10

图 1