



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107269335 B

(45)授权公告日 2019.10.18

(21)申请号 201710631677.9

F01D 15/10(2006.01)

(22)申请日 2017.07.28

F23G 5/04(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107269335 A

(56)对比文件

CN 106224036 A, 2016.12.14, 说明书第41-67段及附图1-8.

(43)申请公布日 2017.10.20

CN 106224036 A, 2016.12.14, 说明书第41-67段及附图1-8.

(73)专利权人 浙江大学
地址 310013 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

CN 106761982 A, 2017.05.31, 说明书第13-19段及附图1.

(72)发明人 陈坚红 陈强峰 王小荣 洪细良
吕浩 盛德仁 李蔚

JP H08246812 A, 1996.09.24, 全文.

审查员 靳文强

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 胡红娟

(51)Int.Cl.

F01K 11/02(2006.01)

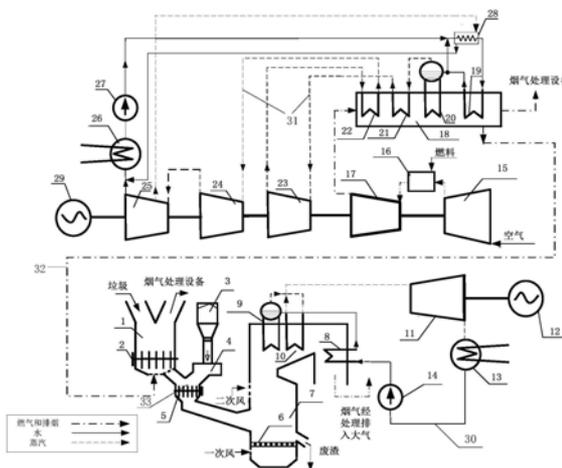
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统

(57)摘要

本发明公开一种采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,包含垃圾焚烧发电机组和燃气-蒸汽联合循环发电机组;垃圾焚烧发电机组包括采用燃气干燥垃圾的垃圾干燥器、垃圾焚烧炉、第一汽轮机和第一发电机;所述的燃气-蒸汽联合循环发电机组包括依次连接的压气机、燃烧室、透平、第二汽轮机和第二发电机,与透平通过排烟管道连接的余热锅炉,以及连接在余热锅炉和第二汽轮机之间的第二热力循环管道;所述的余热锅炉与垃圾干燥器间连接有烟气管道,用于将余热锅炉内的一小部分低温燃气引入垃圾干燥器内作为含水垃圾的干燥热源,对含水分的垃圾进行干燥;其优点是延长焚烧炉的寿命,提高焚烧炉热效率,节约助燃煤量,降低环境污染。



CN 107269335 B

1. 一种采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,包含垃圾焚烧发电机组和燃气-蒸汽联合循环发电机组,其特征在于:

所述的垃圾焚烧发电机组包括垃圾干燥器(1)、垃圾焚烧炉(7)、第一汽轮机(11)和第一发电机(12)、以及连接在垃圾焚烧炉(7)和第一汽轮机(11)之间的第一热力循环管道(30);

所述的燃气-蒸汽联合循环发电机组包括依次连接的压气机(15)、燃烧室(16)、透平(17)、第二汽轮机和第二发电机(29),与透平(17)通过排烟管道连接的余热锅炉(18),以及连接在余热锅炉(18)和第二汽轮机之间的第二热力循环管道(31);

所述的第二汽轮机具有共轴连接的高压缸(23)、中压缸(24)和低压缸(25);所述的余热锅炉(18)内安装有第二省煤器(19)、第二蒸发器(20)、第二过热器(21)和再热器(22),第二省煤器(19)与第二蒸发器(20)连接,第二蒸发器(20)与第二过热器(21)连接,第二过热器(21)的出口与高压缸(23)连接,高压缸(23)的出口与再热器(22)的进口连接,再热器(22)的出口与中压缸(24)进口连接,中压缸(24)出口与低压缸(25)进口连接,低压缸(25)通过管道与热交换器(28)的加热介质进口连接,热交换器(28)中加热介质出口与第二凝汽器(26)进口连接,第二凝汽器(26)的进口和低压缸(25)出口连接,第二凝汽器(26)的出口与第二给水泵(27)连接,第二给水泵(27)与热交换器(28)的被加热介质进口连接,热交换器(28)的被加热介质出口与第二省煤器(19)连接;

所述的余热锅炉(18)与垃圾干燥器(1)间连接有烟气管道(32),用于将余热锅炉(18)内的一小部分低温燃气引入垃圾干燥器(1)内作为含水垃圾干燥热源,对含水分的垃圾进行干燥;

所述垃圾干燥器(1)内设有第一搅拌器(2),余热锅炉(18)通过烟气管道(32)与垃圾干燥器(1)的底部连接,用于将余热锅炉(18)内的一小部分低温燃气引入垃圾干燥器(1)内作为含水垃圾干燥热源,对含水分的垃圾进行干燥。

2. 如权利要求1所述的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,其特征在于:所述垃圾焚烧炉(7)内安装有布风板(6)、第一省煤器(8)、第一蒸发器(9)和第一过热器(10),所述的第一省煤器(8)、第一蒸发器(9)和第一过热器(10)依次连接,所述第一过热器(10)的出口通过第一热力循环管道(30)与第一汽轮机(11)的进口连接,第一汽轮机(11)的出口处依次连接有第一凝汽器(13)和第一给水泵(14),且该第一给水泵(14)通过管路连接至第一省煤器(8)。

3. 如权利要求1所述的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,其特征在于:所述的垃圾焚烧发电机组还包括煤粉仓(3)和接入垃圾焚烧炉(7)的搅拌仓(33),煤粉仓(3)的尾部通过给煤机(4)连接至搅拌仓(33),且垃圾干燥器(1)也与搅拌仓(33)连接,所述搅拌仓(33)安装有用于燥后的垃圾和助燃煤粉均匀混合的第二搅拌器(5)。

一种采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,尤其涉及一种采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统。

背景技术

[0002] 近几十年来我国经济快速发展,城市化进程的不断推进,城市产生的垃圾日益增多,垃圾处理问题迫在眉睫。垃圾焚烧发电技术具有占地面积小、减量化程度高、对环境的影响小、废弃物资源化利用等特点,有着广阔的发展前景。

[0003] 由于我国城市垃圾未普遍实行垃圾分类,水分含量较高,通常为35%-60%,垃圾的含水量越高其热值越低。未经干燥处理的垃圾进入垃圾焚烧炉燃烧,高水分致使其不易点燃,着火过程推迟;燃烧过程中产生大量的水蒸气将阻隔氧气向垃圾表面扩散,导致燃烧温度下降,燃烧恶化,污染物排放增加;烟气中水蒸气的分压增大,烟气的露点温度升高,为防止低温腐蚀,不得不提高排烟温度,致使焚烧炉热效率下降。我国现行的垃圾干燥脱水主要有两种:堆酵脱水、外热源加热干燥。堆酵脱水实际脱水效果不佳,易产生二次污染。外加热源一般使用燃煤燃烧产生的高温烟气进行垃圾干燥,因此需要高温烟气炉及相关辅助设备,使得系统复杂化;并且,使用燃煤的高品位能源来加热垃圾进行脱水,从能源梯级利用的观点看,极不合理,其能量没有梯级合理利用,效率低,整个系统造价昂贵,运行可靠性差。

[0004] 国家技术标准规定,垃圾焚烧的烟气要在850℃的环境下停留时间超过2秒。垃圾的理论燃烧温度主要取决于垃圾的热值,二者成正相关。因此在垃圾焚烧炉中通常需要加入高热值的煤来维持炉膛高温。由于垃圾干燥效果不佳,热值较低,现阶段的混煤量占燃料总量的15-20%。煤的燃烧会产生严重的污染问题,如颗粒物、NO_x、SO_x污染气体以及大量的温室气体。

[0005] 公开号为CN1414293A的发明专利文献公开了一种垃圾干燥的方法,这种方法是将垃圾焚烧炉出口的炉膛烟气作为垃圾干燥热源对垃圾干燥,完成干燥的垃圾与辅助燃煤混合均匀一同进入炉膛内进行燃烧。该方法无需外加热源干燥,减少能耗,降低投资和运行成本,提高了垃圾焚烧的经济性,实现资源循环利用。

[0006] 但是如上所述,采用这种垃圾干燥方法有以下不足之处:焚烧炉产生的烟气含有较多的酸性气体如HCL、HF、SO_x、NO_x、二噁英以及重金属,烟气干燥垃圾过程中湿度大,很容易产生低温腐蚀,极大降低设备的寿命并严重危害安全运行。同时焚烧炉产生的烟气量较少,难以满足较高含水率垃圾的干燥要求。

发明内容

[0007] 为了解决垃圾干燥中使用堆酵方法脱水效果差、易产生二次污染;以及现有使用外热源加热干燥方法系统复杂、能源没有梯级合理利用导致能源利用率低;使用垃圾焚烧

炉出口烟气干燥方法极易产生低温腐蚀、难以满足较高含水率垃圾干燥的要求这些不足之处,实现垃圾焚烧炉安全、经济、环保运行,本发明提供一种使用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统。该系统由燃气轮机、余热锅炉、汽轮机、垃圾焚烧炉及相关的烟气处理设备及辅助设备组成。燃气-蒸汽联合循环的余热锅炉中的部分燃气作为垃圾干燥器热源,对含高水分的垃圾进行干燥,完成干燥后的垃圾与辅助燃煤均匀混合至焚烧炉燃烧,产生的高温水蒸气进入汽轮机做功,汽轮机驱动发电机发电,此发电系统与外界电网并网运行。为了弥补抽取余热锅炉中的部分燃气用于干燥高水分的垃圾,而使余热锅炉省煤器中水的加热不足,抽取汽轮机低压缸部分蒸汽对进入余热锅炉中省煤器的水进行加热,维持余热锅炉中省煤器出口的水温恒定,保证机组的经济性。

[0008] 燃气-蒸汽联合循环发电系统具有建设周期短、投资少、运行可靠度高、污染物排放少等特点,燃气透平排烟温度为550-650℃,烟气流量大。对于390MW的联合循环发电机组,其烟气流量达644.5kg/s,完全能满足一般垃圾焚烧炉处理的垃圾量所需的干燥烟气量。同时余热锅炉中的烟气基本不含有HCL、HF、SO_x、NO_x等酸性气体,干燥垃圾时不会产生低温腐蚀,延长焚烧炉的寿命。余热锅炉中的部分低温烟气作为热源对垃圾进行干燥,提高进入炉膛的垃圾热值,促使垃圾燃烧完全,降低焚烧炉排烟温度,提高焚烧炉热效率,有效减少了助燃煤量并降低污染物排放,对环境污染小。利用水的汽化潜热,抽取汽轮机低压缸部分蒸汽对进入余热锅炉中省煤器的水进行加热,弥补抽取余热锅炉中的部分燃气用于干燥高水分的垃圾,而使余热锅炉省煤器中水的加热不足,维持余热锅炉中省煤器出口的水温恒定,保证机组的热经济性。

[0009] 为了达到上述目的,本发明采用的具体技术方案如下:

[0010] 一种采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,包含垃圾焚烧发电机组和燃气-蒸汽联合循环发电机组;

[0011] 所述的垃圾焚烧发电机组包括垃圾干燥器、垃圾焚烧炉、第一汽轮机和第一发电机、以及连接在垃圾焚烧炉和第一汽轮机之间的第一热力系统循环管道;

[0012] 所述的燃气-蒸汽联合循环发电机组包括依次连接的压气机、燃烧室、透平、第二汽轮机和第二发电机,与透平通过排烟管道连接的余热锅炉,以及连接在余热锅炉和第二汽轮机之间的第二热力系统循环管道;

[0013] 所述的余热锅炉与垃圾干燥器间连接有烟气管道,用于将余热锅炉内的部分低温燃气引入垃圾干燥器内作为垃圾干燥热源,对含水分的垃圾进行干燥。

[0014] 作为优选的:所述垃圾焚烧炉内安装有布风板、第一省煤器、第一蒸发器和第一过热器,所述的第一省煤器、第一蒸发器和第一过热器依次通过管路连接,所述第一过热器的出口通过第一热力系统循环管道与第一汽轮机的进口连接,第一汽轮机的出口处依次连接有第一凝汽器和第一给水泵,该第一给水泵通过管路连接至第一省煤器。

[0015] 作为优选的:所述的第二汽轮机具有共轴连接的高压缸、中压缸和低压缸。

[0016] 作为优选的:所述的余热锅炉内安装有第二省煤器、第二蒸发器、第二过热器和再热器,第二省煤器与第二蒸发器连接,第二蒸发器与第二过热器连接,第二过热器的出口与第二汽轮机的高压缸连接,高压缸的出口与再热器的进口连接,再热器的出口与第二汽轮机的中压缸进口连接,中压缸出口与低压缸进口连接,低压缸通过管道与热交换器的进口连接,热交换器中加热介质出口与第二凝汽器进口连接,第二凝汽器的进口和第二汽轮机

的低压缸出口连接,第二凝汽器的出口与第二给水泵连接,第二给水泵与热交换器的被加热介质进口连接,热交换器的被加热介质出口与第二省煤器连接。

[0017] 作为优选的:所述垃圾干燥器内设有第一搅拌器,余热锅炉通过烟气管道与垃圾干燥器的底部连接,余热锅炉中的一小部分烟气通过烟气管道进入垃圾干燥器对含水垃圾进行干燥。

[0018] 作为优选的:所述的垃圾焚烧发电机组还包括煤粉仓和接入垃圾焚烧炉的搅拌仓,煤粉仓的尾部通过给煤机连接至搅拌仓,且垃圾干燥器也与搅拌仓连接,所述搅拌仓安装有用于干燥后的垃圾和煤粉均匀混合的第二搅拌器。

[0019] 本发明的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统与外界电网并网运行。

[0020] 本发明的优点在于:不需外设燃煤烟气炉对垃圾进行干燥,只需抽出余热锅炉中的一小部分低温烟气量就可完全满足垃圾干燥所需的要求,同时余热锅炉中的烟气基本不含有HCL、HF、SO_x、NO_x等酸性气体,干燥垃圾时不会产生低温腐蚀,延长焚烧炉的寿命,余热锅炉中的一小部分低温烟气作为热源对垃圾进行干燥,提高进入炉膛的垃圾热值,促使垃圾燃烧完全,降低焚烧炉排烟温度,提高焚烧炉热效率,有效减少了助燃煤量并降低污染物排放,对环境污染小。抽取汽轮机低压缸中一小部分蒸汽对进入余热锅炉中省煤器的水进行加热,弥补抽取余热锅炉中的一小部分燃气用于干燥高水分的垃圾,而使余热锅炉省煤器中水的加热不足,维持余热锅炉中省煤器出口的水温恒定,保证机组的热经济性。

附图说明

[0021] 图1是采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统图,其中垃圾焚烧炉为循环流化床焚烧炉;

具体实施方式

[0022] 参考附图能更加全面地描述本发明,图上显示本发明的某些实施例,但是并非所有的实施例。实际上,本发明可以以很多不同的形式被体现,也可运用到不同类型的燃气-蒸汽联合循环(燃气轮机)发电机组、余热锅炉、垃圾焚烧炉、汽轮机发电机组的不同形式组合系统,不应该把它看作仅限于这里所阐述的实施例;而应该把本发明的实施例看作是为了使本发明公开的内容满足可应用的合法要求而提供的。本实施例为下面结合说明书附图和具体实现方式对采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统的实质性特点做进一步说明:

[0023] 如图1所示的采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,包含垃圾焚烧发电机组和燃气-蒸汽联合循环发电机组。

[0024] 垃圾焚烧发电机组包括内设有第一搅拌器2的干燥器1,余热锅炉18通过烟气管道32与干燥器1底部连接,煤粉仓3的尾部与给煤机4连接,在助燃煤粉燃料进入焚烧炉前设置搅拌仓33,干燥后的垃圾和煤粉进入搅拌仓33,通过第二搅拌器5均匀混合后进入焚烧炉7。

[0025] 焚烧炉7内设置有布风板6、第一省煤器8、第一蒸发器9、第一过热器10,其中第一省煤器8与第一蒸发器9连接,第一蒸发器9与第一过热器10连接,第一过热器10出口通过管道与第一汽轮机11进口连接,第一汽轮机11出口与第一凝汽器13连接,第一凝汽器13出口与第一给水泵14连接,第一给水泵14与第一省煤器8连接。

[0026] 燃气-蒸汽联合循环发电机组包括压气机15、燃烧室16、透平17、第二汽轮机和第二发电机29,第二汽轮机具有共轴连接的高压缸23、中压缸24和低压缸25,压气机15与透平17共轴连接,透平17与高压缸23、中压缸24和低压缸25共轴连接,第二汽轮机的高压缸23、中压缸24和低压缸25与第二发电机29共轴连接。

[0027] 在上述的燃气-蒸汽联合循环发电机组内,压气机15的尾部连接至燃烧室16,燃烧室16的尾部与透平17进口连接,透平17尾部排烟通过管道与余热锅炉18进口连接,余热锅炉18包含第二省煤器19、第二蒸发器20、第二过热器21和再热器22,第二省煤器19与第二蒸发器20连接,第二蒸发器20与第二过热器21连接,第二过热器21的出口与高压缸23连接,高压缸23出口和再热器22进口连接,再热器22出口与中压缸24进口连接,中压缸24出口与低压缸25进口连接,低压缸25通过管道与热交换器28加热介质进口连接,热交换器28中加热介质出口与第二凝汽器26进口连接,第二凝汽器26的进口和低压缸25出口连接,第二凝汽器26的出口与第二给水泵27连接,第二给水泵27的出口与热交换器28被加热介质进口连接,热交换器28被加热介质出口与第二省煤器19的进口连接。

[0028] 本实施例的采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统,其工作过程和原理如下:

[0029] 垃圾通过运输带进入干燥器1中,抽出燃气-蒸汽联合循环发电机组的余热锅炉18中的一小部分低温燃气作为干燥热源进入干燥器1,燃气和含水垃圾在搅拌器2的搅拌下充分接触加热干燥,干燥完成后的垃圾与给煤机4中的助燃燃煤在搅拌器5的搅拌下混合均匀,干燥垃圾后的燃气和干燥垃圾产生的水蒸气经烟气处理设备处理后排至大气,给煤机4中的助燃煤粉由煤粉仓3提供。混合均匀的垃圾和助燃煤粉进入垃圾焚烧炉7中,一次风通过布风板6与垃圾和助燃煤粉充分接触,开始燃烧,二次风使垃圾和助燃煤粉燃烧完全。垃圾焚烧炉产生的高温水蒸气进入第一汽轮机11做功,第一汽轮机11带动第一发电机12发电,产生电能。高温烟气经过第一蒸发器9、第一过热器10和第一省煤器8后经过处理排至大气。第一汽轮机11的乏气经过第一凝汽器13冷凝成水,经过第一给水泵14加压后,重新进入第一省煤器8,构成第一热力循环30。

[0030] 大气环境中的空气经过过滤后进入压气机15中进行压缩升压,形成的高压空气进入燃烧室16中与燃料进行混合燃烧,产生的高温高压的燃气进入透平17,将热能转化为机械能。透平17出口的燃气进入余热锅炉18,余热锅炉18包含第二省煤器19、第二蒸发器20、第二过热器21和再热器22,余热锅炉18中一小部分低温燃气通过管道32连接到干燥器1中。为了弥补抽取余热锅炉中的一小部分燃气用于干燥含高水分的垃圾,而使余热锅炉省煤器中水的加热不足,抽取汽轮机低压缸25中一小部分蒸汽对进入余热锅炉中省煤器的水进行加热,维持余热锅炉中省煤器出口的水温恒定,保证机组的热经济性。蒸汽在加热器中放出热量被冷却凝结进入凝汽器。余热锅炉产生的高温水蒸气进入第二汽轮机的高压缸23、中压缸24和低压缸25做功,第二汽轮机带动第二发电机29发电,产生电能。余热锅炉18出口的烟气经烟气处理设备处理后排至大气。第二汽轮机的乏气经过第二凝汽器26冷凝成水,经过第二给水泵27加压后,经热交换器28进入第二省煤器19,从而构成第二热力循环31。

[0031] 下面将用某燃气-蒸汽联合循环发电机组、日处理400t垃圾需99t/d助燃煤粉的垃圾焚烧发电机组运行数据为例,进行传统的燃气-蒸汽联合循环发电机组和垃圾焚烧发电机组分立系统与采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统对比计算分析,

说明后者的优势。

[0032] 表1垃圾和煤的组分表

[0033]

成分	Car	Har	Oar	Sar	Mar	Aar	Nar	Clar
垃圾%	16.2	2.64	11.9	0.1	46.5	21.8	0.6	0.26
煤%	59.7	3.9	9.8	0.52	7.2	18.2	0.65	0.03

[0034] 表2某燃气-蒸汽联合循环发电机组参数

[0035]

项目	符号	数据	单位
燃气的质量流量	m_{HRSG}	2320.3	t/h
透平排气温度	t_0	607.1	°C
透平排气的压力	p_0	101.32	kPa
透平排气的焓值	h_0	954.47	kJ/kg
余热锅炉出口温度	t_4	83.8	°C
余热锅炉出口压力	p_4	101.32	kPa
余热锅炉出口焓值	h_4	372.73	kJ/kg
汽轮机高压缸进气温度	t_{hs1}	560	°C
汽轮机高压缸进气压力	p_{hs1}	8	Mpa
汽轮机高压缸进气焓值	h_{hs1}	3546	kJ/kg
汽轮机高压缸排气温度	t_{is2}	370	°C
汽轮机高压缸排气压力	p_{hs2}	2.2	Mpa
汽轮机高压缸排气焓值	h_{hs2}	3178.26	kJ/kg
再热器出口温度	t_{re}	560	°C
再热器出口焓值	h_{re}	3599.361	kJ/kg
汽轮机低压缸排气温度	t_{ls2}	35.7	°C
汽轮机低压缸排气压力	p_{ls2}	5.86	KPa
汽轮机低压缸排气焓值	h_{ls2}	2446.45	kJ/kg
给水泵出口焓值	h_5	149.7	kJ/kg
省煤器进口温度	t_{com1}	70	°C
省煤器进口压力	p_{com1}	2	Mpa
省煤器进口焓值	h_{com1}	294.63	kJ/kg

[0037] 垃圾和燃煤热值估算公式：

[0038] $Q_{\text{net,ar}} = 81C_{\text{ar}} + 246H_{\text{ar}} - 26(O_{\text{ar}} - S_{\text{ar}}) - 6M_{\text{ar}}$ (1) ①传统的燃气-蒸汽联合循环发电机组和垃圾焚烧发电机组分立系统:

[0039] 根据公式(1)求得垃圾热值 $Q_{\text{net,ws,ar}} = 5751\text{kJ/kg}$,煤的热值 $Q_{\text{net,m,ar}} = 23034.4\text{kJ/kg}$ 。

[0040] 垃圾质量 $D_{\text{ws}} = 400\text{t/d}$,燃煤质量 $D_{\text{m}} = 99\text{t/d}$,则进入焚烧炉的燃料总热值 $Q_{\text{net,ar}}$:

[0041] $Q_{\text{net,ar}} = D_{\text{ws}}Q_{\text{net,ws,ar}} + D_{\text{m}}Q_{\text{net,m,ar}}$ (2)

[0042] 求得焚烧炉的燃料总热值 $Q_{\text{net,ar}} = 4580809.25\text{MJ/d}$

[0043] 燃气-蒸汽联合循环发电中,由热量平衡方程可得,余热锅炉中水蒸气吸收的热量与烟气在余热锅炉进出口热量差相等,则有:

[0044] $m_{\text{stream}}[(h_{\text{re}} - h_5) + (h_{\text{hs1}} - h_{\text{hs2}})] = \frac{m_{\text{HRSG}}}{3.6}(h_1 - h_4)$ (3)

[0045] 求得水蒸气流量 $m_{\text{stream}} = 98.22\text{kg/s}$

[0046] 则汽轮机做功 P_{st1} :

[0047] $P_{\text{st1}} = m_{\text{stream}}[(h_{\text{hs1}} - h_{\text{hs2}}) + (h_{\text{re}} - h_{\text{rs2}})] / 1000$ (4)

[0048] 求得汽轮机做功 $P_{\text{st1}} = 149.36\text{MW}$

[0049] ②采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统:

[0050] 查阅文献发现燃气温度为 $100\text{--}140\text{°C}$ 时,温度的升高能大大提高干燥速率,当燃气温度大于 140°C 时,再提高燃气的温度干燥速率提高的幅度不再那么明显,因此抽取 140°C 的燃气来干燥垃圾,假设干燥垃圾使垃圾的外在水全部去除。

[0051] 根据公式(1)求得垃圾热值 $Q_{\text{net,ws1,ar}} = 6917\text{kJ/kg}$,煤粉的热值 $Q_{\text{net,m,ar}} = 23034.4\text{kJ/kg}$ 。

[0052] 为了维持炉膛高温,假设进入焚烧炉的总燃料热值保持不变, $Q_{\text{net,ar}}$ 始终保持不变。根据公式(2)可得辅助燃煤量 $D_{\text{m1}} = 78.75\text{t/d}$ 。

[0053] 燃气-蒸汽联合循环中, 140°C 的燃气温度对应的焓值 h_2 为 432.19kJ/kg ,经过干燥后燃气温度下降到 110°C ,对应的焓值 h_3 为 400.38kJ/kg 。由热量平衡知,垃圾热值的提升量等于燃气热值的降低量,即有:

[0054] $D_{\text{ws}}(Q_{\text{net,ws1,ar}} - Q_{\text{net,ws,ar}}) = D_1(h_2 - h_3)$ (5)

[0055] 求得抽取燃气的质量流量 $D_1 = 169.72\text{kg/s}$ 。

[0056] 余热锅炉中给水少吸收的热量等于 140°C 燃气至余热锅炉出口的热值差,则有:

[0057] $Q_1 = D_1(h_2 - h_5)$ (6)

[0058] 求得给水在余热锅炉少吸收的热量 $Q_1 = 10091.55\text{KW}$,

[0059] Q_1 即为热交换器中的换热量。热交换器被加热介质进口温度 t_{com1} 为 70°C ,对应的焓值 h_{com1} 为 294.63kJ/kg ,质量流量 m_{stream} 为 98.22kg/s ,则可求得热交换器被加热介质出口焓值 h_{com2} :

[0060] $Q_1 = m_{\text{stream}}(h_{\text{com2}} - h_{\text{com1}})$ (7)

[0061] 求得热交换器被加热介质出口焓值 $h_{\text{com2}} = 397.37\text{kJ/kg}$,对应的出口温度 t_{com2} 为 94.5°C 。由于汽-水换热效率较高,换热端差小,假设热交换器加热介质的进口温度 t_{com3} 为 100°C ,压力 p_{com3} 为 419.1kPa ,焓值 h_{com3} 为 2684.35kJ/kg ,其压力对应下的冷凝温度 t_{com4} 为 76.97°C ,对应的焓值为 $h_{\text{com4}} = 322.19\text{kJ/kg}$,热交换器的端差在 $5\text{--}6\text{°C}$,符合要求,即假设成立。

[0062] 汽轮机低压缸抽汽量 D_2 :

$$[0063] \quad Q_1 = D_2 (h_{com3} - h_{com4}) \quad (8)$$

[0064] 求得汽轮机低压缸抽汽量 $D_2 = 3.87 \text{kg/s}$

[0065] 则汽轮机做功 P_{st2} :

$$[0066] \quad P_{st2} = P_{st1} - D_2 (h_{com3} - h_{1s}) \quad (9)$$

[0067] 求得汽轮机做功 $P_{st1} = 149.36 \text{MW}$

[0068] 采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统相比传统的分立系统可节约燃煤量 10.25t/d ,折合成标准煤量 D_{bm} 为 8056.2kg/d 。查阅相关资料,2015年全国火力发电的平均供电标准煤耗率 b_n^s 为 320g/KW.h ,则每天多发的电量 ΔP_{e1} 可得:

$$[0069] \quad \Delta P_{e1} = 1000 D_{bm} / b_n^s \quad (10)$$

[0070] 求得每天多发的电量 $\Delta P_{e1} = 25175.58 \text{KW.h}$;

[0071] 传统的分立系统相比采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统汽轮机多做的功 ΔP_{st} 为:

$$[0072] \quad \Delta P_{st} = P_{st1} - P_{st2} \quad (11)$$

[0073] 求得 $\Delta P_{st} = 920.76 \text{KW}$

[0074] 假设机械效率 η_m 为 0.99 ,发电机效率 η_g 为 0.96 ;

[0075] 每天传统的分立系统相比采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统多发的电量 ΔP_{e2} :

$$[0076] \quad \Delta P_{e2} = 24 \Delta P_{st} \eta_m \eta_g \quad (12)$$

[0077] 求得 $\Delta P_{e2} = 21002.25 \text{KW.h}$ 。

[0078] 综上所述,可得每天采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统节煤量的发电量相比传统的分立系统汽轮机多做功的发电量之差 ΔP_e :

$$[0079] \quad \Delta P_e = \Delta P_{e1} - \Delta P_{e2} \quad (13)$$

[0080] 求得每天采用燃气干燥垃圾的垃圾及燃气-蒸汽联合循环发电系统节煤量的发电量相比传统的分立系统汽轮机多做功的发电量之差 $\Delta P_e = 4173.31 \text{KW.h}$ 。

[0081] 以上所述仅为本发明的较佳实施举例,并不用于限制本发明,凡在本发明精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

