



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109027991 A

(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201810414659.X

F01K 23/10(2006.01)

(22)申请日 2018.05.03

B01D 53/14(2006.01)

(71)申请人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市万柏林区迎泽西大街79号

(72)发明人 赵贯甲 马素霞 尹建国 杨艳霞

(74)专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 申艳玲

(51)Int.Cl.

F22B 1/18(2006.01)

F25B 30/04(2006.01)

F25B 30/06(2006.01)

F01K 11/02(2006.01)

F01K 23/06(2006.01)

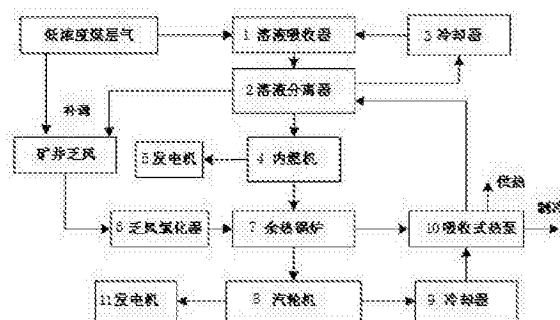
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统及工艺

(57)摘要

本发明公开了一种低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统及工艺,该系统包括分离装置、乏风氧化装置、内燃机、余热锅炉、汽轮机、吸收式热泵;热电冷联供系统由内燃机、余热锅炉、汽轮机、吸收式热泵组成。该系统将低浓度煤层气利用溶液低温吸收和高温再生方法将煤层气中甲烷的浓度提升至10%以上,用以稳定煤层气的浓度,进而稳定燃气-蒸汽/有机朗肯循环发电和热泵循环供热和制冷;同时利用热泵循环供热驱动溶液高温再生和煤层气的分离,实现低浓度煤层气的分离增浓和热电冷联供的耦合利用。本发明实现了低浓度煤层气全浓度范围利用,抽采利用率为100%,同时也实现了系统热电冷的稳定联供。



1. 一种低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统,其特征在于:包括分离装置、乏风氧化器、内燃机、余热锅炉、汽轮机、吸收式热泵;热电冷联供系统由内燃机、余热锅炉、汽轮机、吸收式热泵组成;

分离装置包括溶液吸收器、溶液分离器和冷却器;溶液吸收器、溶液分离器和冷却器依次连接组成一个循环回路,分离装置将低于9%的煤层气分离和提浓至10%以上,便于内燃机燃烧利用;

溶液分离器的出口分别连接乏风氧化器和内燃机,内燃机连接余热锅炉和发电机,为余热锅炉提供高温烟气;乏风氧化器的出口连接余热锅炉,为余热锅炉提供高温烟气;余热锅炉的出口连接吸收式热泵和汽轮机,余热锅炉中的高温烟气为吸收式热泵提供高温热源;汽轮机通过冷却器连接吸收式热泵,为吸收式热泵提供低温热源;汽轮机驱动发电机发电;吸收式热泵与溶液分离器连接,为其提供热量,吸收式热泵另一端连接下游用户。

2. 一种低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,采用权利要求1所述的系统,其特征在于:包括以下步骤:

(1) 低浓度煤层气进入分离装置中,分离装置将体积浓度低于9%的煤层气分离、提浓至10%以上,便于内燃机燃烧利用;

(2) 稳定浓度的煤层气在内燃机中燃烧发电,排出的高温烟气进入余热锅炉加热与其联合的蒸汽动力循环或有机朗肯循环;

(3) 乏风氧化装置中,乏风的浓度通过掺混煤层气稳定在1%-2%,并通过自热维持乏风氧化反应,产生的高温烟气进入余热锅炉,利用高温烟气加热与其联合的蒸汽动力循环或有机朗肯循环;

(4) 在余热锅炉中抽取一部分烟气作为驱动热泵系统的热源,热泵系统提供低浓度煤层气在分离系统中分离所需要的能量,同时向用户供热和供冷。

3. 根据权利要求2所述的低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,其特征在于:包括以下步骤:

(1) 体积浓度低于9%的煤层气首先进入溶液吸收器,在低温下吸收或溶解,低温环境由外部循环水冷却器提供;吸收完成以后在溶液分离器中分离,此时在溶液分离器中需要将溶液加热至高温,所需热量由吸收式热泵提供;

(2) 分离完成以后,溶液经冷却器冷却至低温状态,继续进行吸收,完成一次吸收分离循环;

(3) 分离获得的煤层气甲烷体积浓度达到10%以上,通过调整循环倍率和吸收、分离时间可以调节所需的甲烷体积浓度;增浓后的煤层气甲烷浓度保持稳定或更具实际的供热、制冷或发电负荷调整,进入内燃机燃烧做工并通过发电机输出电功;

(4) 内燃机排出的高温烟气作为热源之一进入余热锅炉,通过将低浓度煤层气与乏风掺混以稳定乏风中甲烷的浓度至1%~2%,维持乏风氧化器中的氧化反应,产生的高温烟气持续、稳定地作为余热锅炉的热源之一;

(5) 余热锅炉作为中高温热源加热蒸汽动力循环或有机朗肯循环中的工质:水或有机工质,高温高压的工质进入汽轮机做工并通过发电机输出电功;

(6) 乏汽经循环水冷却器凝结,并作为吸收式热泵的低温热源,同时在余热锅炉中抽取一部分高温烟气作为吸收式热泵的驱动高温热源;

(7)吸收式热泵同时或选择性实现供热和制冷,同时输出一部分热量至溶液分离器用以加热溶液促进煤层气分离。

4.根据权利要求3所述的低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,其特征在于:低浓度煤层气增浓后的浓度为10%-20%。

5.根据权利要求3所述的低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,其特征在于:乏风氧化器与内燃机的排烟温度均为400-500℃,一起进入余热锅炉,以增加余热锅炉做功蒸汽量的产出。

6.根据权利要求3所述的低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,其特征在于:溶液吸收器中使用的吸收液为胺类或离子液体。

7.根据权利要求3所述的低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,其特征在于:溶液吸收器中,溶液的吸收温度为:冬季的吸收温度为10-15℃,夏季的吸收温度为15-30℃。

8.根据权利要求3所述的低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,其特征在于:溶液分离器中,溶液的分选温度为80-120℃,分离所需热量有吸收式热泵所提供。

低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统及工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统及工艺,属于资源性气体分布式利用系统领域。

背景技术

[0002] 低浓度煤层气指煤层气中的甲烷体积浓度低于30%,且浓度和流量均会随抽采而剧烈波动,考虑到甲烷在常温常压下爆炸极限为5%-16%,远距离输送安全隐患较大,就地利用为最佳途径。低浓度煤层气一般采用内燃机动力循环发电利用,由于排烟温度较高,往往采用蒸汽动力循环或有机朗肯循环进行能量回收,并结合溴化锂/水热泵实现余热的深度利用。目前,现有的技术已经可以成功利用体积浓度在9%-30%的低浓度煤层气,但低于9%的低浓度煤层气尚无有效利用手段。

[0003] 矿井乏风中甲烷体积浓度一般小于2%,且具有流量大和浓度波动大的特点,一般可以采用氧化的方法将其利用,在无催化剂且完全依靠自热来维持乏风氧化的情况下,要求甲烷的浓度在0.5%以上。考虑到乏风工况变化剧烈,乏风中甲烷的体积浓度也剧烈波动,常常低于0.5%,对自热型乏风氧化利用方式提出了挑战。

[0004] 现有的煤层气抽采矿井中70%的为低浓度煤层气,且浓度随抽采会发生剧烈波动,当低于9%时,系统无法正常运行。这也是当前我国煤层气抽采利用率仅为35%左右的主要原因。大量未能利用的煤层气排放到大气中,污染了环境。

发明内容

[0005] 本发明旨在提供一种低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统及工艺,实现了低浓度煤层气全浓度范围利用,抽采利用率为100%,同时也实现了系统热电冷的稳定联供。

[0006] 本发明将低浓度煤层气利用溶液低温吸收和高温再生方法将煤层气中甲烷的浓度提升至10%以上,用以稳定煤层气的浓度,进而稳定燃气-蒸汽/有机朗肯循环发电和热泵循环供热和制冷;同时利用热泵循环供热驱动溶液高温再生和煤层气的分离,实现低浓度煤层气的分离增浓和热电冷联供的耦合利用。

[0007] 本发明提供了一种低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统,包括:分离装置、乏风氧化器、内燃机、余热锅炉、汽轮机、吸收式热泵;热电冷联供系统由内燃机、余热锅炉、汽轮机、吸收式热泵组成。

[0008] 分离装置包括溶液吸收器、溶液分离器和冷却器;溶液吸收器、溶液分离器和冷却器依次连接组成一个循环回路,分离装置将低于9%的煤层气分离和提浓至10%-20%,便于内燃机燃烧利用;

溶液分离器的出口分别连接乏风氧化器和内燃机,内燃机连接余热锅炉和发电机,为余热锅炉提供高温烟气;乏风氧化器的出口连接余热锅炉,为余热锅炉提供高温烟气;余热锅炉的出口连接吸收式热泵和汽轮机,余热锅炉中的高温烟气为吸收式热泵提供高温热

源;汽轮机通过冷却器连接吸收式热泵,循环冷却水同时也为吸收式热泵提供低温热源;汽轮机驱动发电机发电;吸收式热泵与溶液分离器连接,为其提供热量,吸收式热泵另一端连接下游用户。

[0009] 本发明提供了一种低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用工艺,包括以下步骤:

(1)低浓度煤层气进入分离装置中,分离装置将体积浓度低于9%的煤层气分离、提浓至10%-20%,便于内燃机燃烧利用;

(2)稳定浓度的煤层气在内燃机中燃烧发电,排出的高温烟气进入余热锅炉加热与其联合的蒸汽动力循环或有机朗肯循环;

(3)乏风氧化装置中,乏风的浓度通过掺混煤层气稳定在1%-2%,并通过自热维持乏风氧化反应,产生的高温烟气进入余热锅炉,利用高温烟气加热与其联合的蒸汽动力循环或有机朗肯循环;

(4)在余热锅炉中抽取一部分烟气作为驱动热泵系统的热源,热泵系统提供低浓度煤层气在分离系统中分离所需要的能量,同时向用户供热和供冷。

[0010] 具体地,上述工艺包括以下步骤:

(1)体积浓度低于9%的煤层气首先进入溶液吸收器,在低温下吸收或溶解,低温环境由外部循环水冷却器提供;吸收完成以后在溶液分离器中分离,此时在溶液分离器中需要将溶液加热至高温,所需热量由吸收式热泵提供;

(2)分离完成以后,溶液经冷却器冷却至低温状态,继续进行吸收,完成一次吸收分离循环;

(3)分离获得的煤层气甲烷体积浓度达到10%以上,通过调整循环倍率和吸收、分离时间可以调节所需的甲烷体积浓度;增浓后的煤层气甲烷浓度保持稳定或更具实际的供热、制冷或发电负荷调整,进入内燃机燃烧做工并通过发电机输出电功;

(4)内燃机排出的高温烟气作为热源之一进入余热锅炉,通过将低浓度煤层气与乏风掺混以稳定乏风中甲烷的浓度至1%-2%,维持乏风氧化器中的氧化反应,产生的高温烟气持续、稳定地作为余热锅炉的热源之一;

(5)余热锅炉作为中高温热源加热蒸汽动力循环或有机朗肯循环中的工质:水或有机工质,高温高压的工质进入汽轮机做工并通过发电机输出电功;

(6)乏汽经循环水冷却器凝结,并作为吸收式热泵的低温热源,同时在余热锅炉中抽取一部分高温烟气作为吸收式热泵的驱动高温热源;

(7)吸收式热泵同时或选择性实现供热和制冷,同时输出一部分热量至溶液分离器用以加热溶液促进煤层气分离。

[0011] 低浓度煤层气增浓的最终浓度应高于10%,但具体数值应以整个系统的能源利用效率为目标进行优化。以将低浓度煤层气在甲烷体积浓度低于30%范围内完全利用为目标,及低浓度煤层气的利用率为100%。

[0012] 对于其他低浓度资源性气体利用,如焦炉煤气等,也可以类似地利用将气体分离增浓与热力学利用相耦合的方法,实现资源的充分利用。

[0013] 乏风氧化器与内燃机的排烟温度均为400-500℃,一起进入余热锅炉,以增加余热锅炉做功蒸汽量的产出。

[0014] 溶液的吸收温度随季节变化,但不宜过高或过低,冬季的吸收温度为10-15℃,夏季的吸收温度为15-30℃。不同的溶液吸收温度对应的热电冷联供系统的工况参数不同,应在低浓度煤层气完全利用的前提下,以提高系统能源利用效率为目标优化各部分工况参数。

[0015] 溶液分离器中,溶液的分离温度为80-120℃,分离所需热量有吸收式热泵所提供。

[0016] 本发明的有益效果:将低浓度煤层气进行吸收分离增浓,稳定热电冷联产系统的供能,同时分离本身没有消耗高品位能,仅仅利用了系统产生的热能。

附图说明

[0017] 图1为低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用系统示意图。

[0018] 图中,1.溶液吸收器;2.溶液分离器;3.冷却器;4.内燃机;5.发电机;6.乏风氧化器;7.余热锅炉;8.汽轮机;9.冷却器;10.吸收式热泵;11.发电机。

具体实施方式

[0019] 下面通过实施例来进一步说明本发明,但不局限于以下实施例。

[0020] 实施例:

本发明提供的低浓度煤层气分离增浓与热电冷联供耦合利用方法,包括以下步骤:

低浓度煤层气($<9\%$)首先进入溶液吸收器(1),在低温(夏季和冬季各自不同)下吸收或溶解,低温环境由外部循环水冷却器(3)提供;吸收完成以后在溶液分离器(2)中分离,此时需要将溶液加热至高温,所需热量由吸收式热泵(10)所提供;分离完成以后,溶液经冷却器(3)冷却至低温状态,继续进行吸收,完成一次吸收分离循环;分离获得的煤层气甲烷体积浓度应在10%以上,通过调整循环倍率和吸收、分离时间可以调节所需的甲烷体积浓度;增浓后的煤层气甲烷浓度可保持稳定或更具实际的供热、制冷或发电负荷调整,进入内燃机(4)燃烧做工并通过发电机(5)输出电功;内燃机(4)排出的高温烟气作为热源之一进入余热锅炉(7),与此同时,通过将低浓度煤层气与乏风掺混以稳定乏风中甲烷的浓度至1%左右,维持乏风氧化器(6)中的氧化反应,产生的高温烟气持续、稳定地作为余热锅炉(7)的热源之一;余热锅炉(7)作为中高温热源加热蒸汽动力循环或有机朗肯循环中的工质:水或有机工质,高温高压的工质进入汽轮机(8)做工并通过发电机(11)输出电功;乏汽(这是指汽轮机的排气)经循环水冷却器(9)凝结,并作为吸收式热泵(10)的低温热源,同时在余热锅炉中抽取一部分高温烟气作为吸收式热泵(10)的驱动高温热源;吸收式热泵(10)可以同时或选择性实现供热和制冷,同时输出一部分热量至溶液分离器(2)用以加热溶液促进煤层气分离。

[0021] 上述系统构建的关键在于,将低浓度煤层气进行吸收分离增浓,稳定热电冷联产系统的供能,同时分离本身没有消耗高品位能,仅仅利用了系统产生的热能。

[0022] 具体实施情况如下所述:

本系统中溶液吸收器(1)、溶液分离器(2)和冷却器(3)构成了低浓度煤层气分离循环,溶液吸收的温度取决于冷却器所能提供的低温热源温度,冬季为10-15℃,夏季为15-30℃,从分离效率讲,温度越低,温差越大,对应的甲烷在溶液中的浓度差也越大,分离效果越佳;但从能耗来看,由于分离溶液往往需具有较低饱和蒸汽压,因此往往采用较大分子量的有

机物或离子液体等,此类物质的黏度随着温度降低呈指数增加,增加了循环的泵功。煤层气的主要成分为 N_2 、 O_2 和 CH_4 ,三种气体在溶液中的溶解度不同,将吸收完成的、含有较高 CH_4 含量的溶液加热至 $80-120^\circ C$,可以释放出气体,并使溶液再生,溶液分离加热所需热量有吸收式热泵(10)所提供;溶液分离温度越高,温差也越大,相应的分离效果也越好,但提高温度,意味着需要消耗更多热能;在实际的低浓度煤层气吸收分离增浓系统运行中,最终的煤层气甲烷体积浓度往往是有多条件决定的,这些条件包括:吸收温度、分离温度、循环流量和循环倍率,综合考虑这些条件,才能确定最佳的分离浓度。

[0023] 本系统设计了乏风-煤层气补调系统,当乏风中煤层气的浓度低于其自热反应所需浓度是,适当补充煤层气以稳定乏风的浓度,若煤层气的浓度也过低时,则补入经溶液吸收器(1)和分离器(2)后的煤层气。

[0024] 由内燃机(4)、余热锅炉(7)、汽轮机(8)、吸收式热泵(10)组成热电冷联供系统。乏风氧化器(6)与内燃机(4)的排烟温度均为 $400-500^\circ C$,一起进入余热锅炉(2),以增加余热锅炉做功蒸汽量的产出。吸收式热泵(10)需按照煤层气分离器温度需求,输出相应温度热量至溶液分离器(2),一般为 $80-120^\circ C$ 。

[0025] 系统在运行过程中,要考到低浓度煤层气整体的利用效率,在保证30%以下煤层气全浓度范围稳定运行的前提下,优化各个煤层气浓度低于9%的工况下不同浓度的最佳分离浓度,以实现全浓度范围的高效利用。

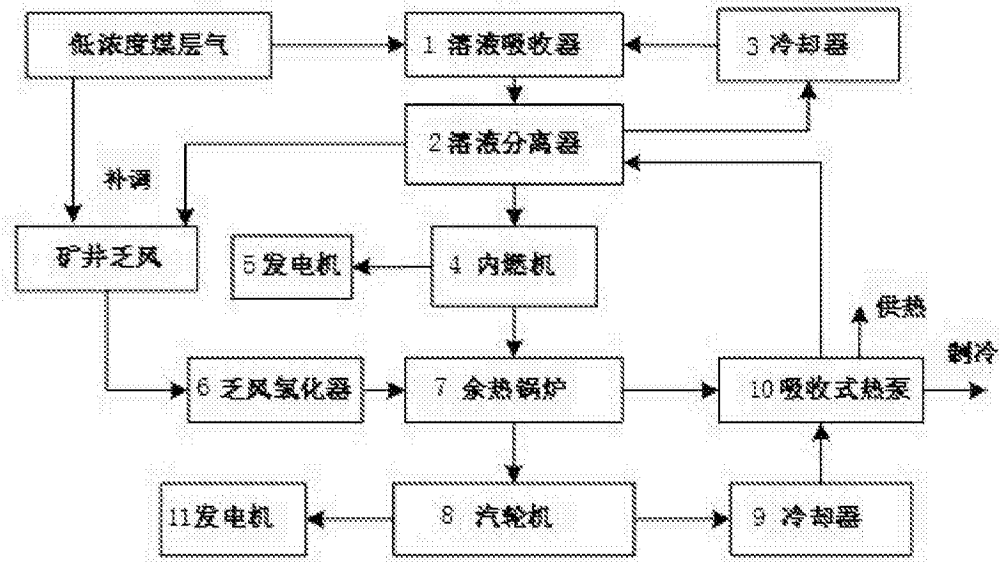


图1