



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114134266 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 02

(21) 申请号 202111448841.5

(22) 申请日 2021.11.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114134266 A

(43) 申请公布日 2022.03.04

(73) 专利权人 北京科技大学
地址 100083 北京市海淀区学院路30号北
京科技大学能源与环境工程学院热科
学与能源工程系

(72) 发明人 童莉葛 孔福林 尹少武 刘传平
王立 张培昆 文芳

(74) 专利代理机构 北京希夷微知识产权代理事
务所(普通合伙) 16079
专利代理师 王小东

(51) Int.Cl.

G21B 5/00 (2006.01)

F01D 15/10 (2006.01)

F01K 25/10 (2006.01)

F28D 21/00 (2006.01)

审查员 金桂香

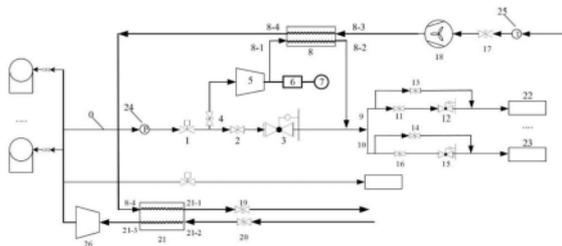
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种氮气管网系统

(57) 摘要

本公开内容公开了一种氮气管网系统,其包括氮压缩机、氮气中压管线、氮气透平膨胀发电支路以及氮气冷能回收利用支路;所述氮压缩机向所述氮气管网系统提供氮气;所述氮气透平膨胀发电支路使用氮气管网系统的所述氮气中压管线的氮气膨胀发电,并将所述氮气中压管线的氮气调节至低压氮气;所述氮气冷能回收利用支路用于回收经所述氮气透平膨胀发电支路调节后的低压氮气冷能,并冷却进入所述氮压缩机的氮气。本公开内容可以降低钢铁企业氮气管网系统输送能耗,提升管网安全性,具有广阔的工业应用前景。



1. 一种高炉氮气管网系统,其特征在于:

所述氮气管网系统包括氮压缩机(26)、氮气中压管线(0)、一级调压支路、低压管线(9、10)、氮气透平膨胀发电支路以及氮气冷能回收利用支路;

所述氮压缩机(26)向所述氮气管网系统提供氮气;

所述氮气透平膨胀发电支路使用氮气管网系统的所述氮气中压管线(0)的氮气膨胀发电,并将所述氮气中压管线的氮气调节至低压氮气;

所述氮气冷能回收利用支路用于回收经所述氮气透平膨胀发电支路调节后的低压氮气冷能,并冷却进入所述氮压缩机(26)的氮气,所述氮气冷能回收利用支路使用空气作为热源将经过所述氮气透平膨胀发电支路膨胀后的低温氮气恢复至常温,所述氮气冷能回收利用支路包括第一换热器(8)和与所述第一换热器(8)连接的第二换热器(21),常温常压空气流过所述第一换热器(8)和所述第二换热器(21)后排出;

所述氮气中压管线(0)分别连接所述氮气透平膨胀发电支路和所述一级调压支路,所述一级调压支路连接所述低压管线(9、10);以及

其中,氮气流过所述氮气中压管线(0)、所述氮气透平膨胀发电支路的透平膨胀机(5)、与所述透平膨胀机(5)连接的所述氮气透平膨胀发电支路的第一换热器(8)后进入所述低压管线(9、10)中。

2. 根据权利要求1所述的高炉氮气管网系统,其中,所述氮气透平膨胀发电支路包括所述透平膨胀机(5)、齿轮组(6)、同轴发电机(7)、所述第一换热器(8),所述透平膨胀机(5)连接所述齿轮组(6)和所述同轴发电机(7)。

3. 根据权利要求1所述的高炉氮气管网系统,其中,所述第一换热器(8)连接第一换热器入口冷流股(8-1)、第一换热器出口冷流股(8-2)、第一换热器入口热流股(8-3)和第一换热器出口热流股(8-4);所述第二换热器(21)连接第二换热器入口冷流股、第二换热器出口冷流股(21-1)、第二换热器入口热流股(21-2)和第二换热器出口热流股(21-3);以及

其中所述第一换热器出口热流股(8-4)与所述第二换热器入口冷流股连接。

4. 根据权利要求1所述的高炉氮气管网系统,其中,所述氮气中压管线(0)还包括压力传感器(24)和第一流量阀(1),所述压力传感器(24)连接所述第一流量阀(1);以及

所述一级调压支路包括第二流量阀(2)和第一调压阀(3),所述第二流量阀(2)连接所述第一调压阀(3)。

5. 根据权利要求4所述的高炉氮气管网系统,其中,所述透平膨胀发电支路还包括第三流量阀(4),氮气流过所述氮气中压管线(0)、所述压力传感器(24)、所述第一流量阀(1)、所述第三流量阀(4)后进入所述透平膨胀机(5);以及

所述第三流量阀(4)根据所述压力传感器(24)来调节进入透平膨胀发电支路中的中压氮气流量。

6. 根据权利要求1所述的高炉氮气管网系统,其中,所述低压管线(9、10)包括第一低压管线(9)和第二低压管线(10),所述第一低压管线(9)中的低压氮气再流经第五流量阀(13)至第一高炉用户(22),所述第二低压管线(10)中的低压氮气再流经第六流量阀(14)至第二高炉用户(23);或者

所述氮气管网系统还包括二级调压支路,所述第一低压管线(9)中的低压氮气再流经第四流量阀(11)和第二调压阀(12)形成的第一二级调压支路至第一高炉用户(22),所述第

五流量阀(13)与所述第一二级调压支路并联,所述第二低压管线(10)中的低压氮气再流经第七流量阀(16)和第三调压阀(15)形成的第二二级调压支路至第二高炉用户(23),所述第六流量阀(14)与所述第二二级调压支路并联。

7.根据权利要求3所述的高炉氮气管网系统,其中,所述氮气冷能回收利用支路还包括依次连接的温度传感器(25)、第八流量阀(17)、引风风机(18),所述第八流量阀(17)根据所述温度传感器(25)来调节进入所述引风风机(18)中的空气流量,由所述引风风机(18)中流出的空气进入所述第一换热器入口热流股(8-3)。

8.根据权利要求3所述的高炉氮气管网系统,其中,常温常压氮气由所述第二换热器入口热流股(21-2)进入所述第二换热器(21),低温常压氮气由所述第二换热器出口热流股(21-3)流出后进入所述氮气压缩机(26),由所述氮气压缩机(26)提供管网系统使用的低温高压氮气。

一种氮气管网系统

技术领域

[0001] 本公开内容属于节能技术领域,涉及一种氮气管网系统,特别是涉及一种回收压力能并预冷压缩机入口气流的氮气管网系统。

背景技术

[0002] 随着世界范围内能源危机的日趋严重,各国政府都在为经济可持续发展积极地推广节能降耗技术,能源紧张问题同样成为制约我国经济发展的重要因素。钢铁工业属于流程工业,为高耗能行业,管网系统为高炉、转炉等工序提供高纯度的氧气、氮气、氩气等气体。其中,氮气管网系统为高炉、转炉等供需提供氮气,且作为主要用户的高炉用气量大,用气稳定,用气压力较高,并且输送压力需要经过二次调压至0.7~0.75MPa后才能使用,而利用节流阀进行调压时造成巨大的压力能损失,如回收与利用该部分压力能,可以实现降低管网系统的整体能耗,有利于能源的高效利用。

[0003] 目前回收氮气压力能的研究与系统尚未见报道,主要原因是因为氮气管网系统中中压氮气压力不高,调压站级数多,且较分散,且用户的用气量波动大时更难以利用。而钢铁企业氮气管网系统中,高炉用户用气量和压力稳定,中压氮气在膨胀机中做功后变成低压氮气,而氮气具有较强的焦耳-汤姆逊效应,气体体积膨胀后温度降低,通过回收这部分冷能并用来预冷氮气管网入口的低压氮气,可以有效减少氮气压缩机的功耗,因此合理利用这部分能量可以有效降低管网系统能耗。

[0004] 本公开针对上述技术问题,提出了一种新颖的氮气管网系统,该系统具有两种工作模式:1)通过设置与一级调压阀所在管路相并联的透平膨胀发电支路,利用透平膨胀机将中压氮气调节至二级调压阀站出口压力,使原本经过二级调压阀站的氮气通过与二级调压阀站并联的管路直接供给用户;2)通过设置与一级调压阀所在管路相并联的透平膨胀发电支路,利用透平膨胀机将中压氮气调节至一级调压阀出口压力,随后经过二级调压阀所在的管路供给用户。本公开进一步设置氮气冷能回收支路,使得本公开的管网系统具有以下技术效果:回收了中压氮气压力能,增加了发电量,同时利用换热器回收了膨胀后氮气的冷能,并预冷了氮气压缩机入口的低压氮气,降低了氮气压缩机压缩能耗。本公开可以降低钢铁企业氮气管网系统输送能耗,具有广阔的工业应用前景。

发明内容

[0005] 在下文中将给出关于本公开内容的简要概述,以便提供关于本公开内容某些方面的基本理解。应当理解,此概述并不是关于本公开内容的穷举性概述。它并不是意图确定本公开内容的关键或重要部分,也不是意图限定本公开内容的范围。其目的仅仅是以简化的形式给出某些概念,以此作为稍后论述的更详细描述的前序。

[0006] 本公开目的在于针对现有氮气管网系统在利用节流阀调压造成氮气压力能损失问题,提供了一种基于氮气管网高炉用气支路中压氮气压力能膨胀发电和回收利用膨胀后的低压氮气冷能技术的氮气管网系统。

[0007] 为解决上述技术问题,本公开提供技术方案如下:

[0008] 根据本公开内容的一方面提供一种氮气管网系统,所述氮气管网系统包括氮气压缩机(26)、氮气中压管线(0)、氮气透平膨胀发电支路以及氮气冷能回收利用支路;所述氮气压缩机(26)向所述氮气管网系统提供氮气;所述氮气透平膨胀发电支路使用氮气管网系统的所述氮气中压管线(0)的氮气膨胀发电,并将所述氮气中压管线的氮气调节至低压氮气;以及所述氮气冷能回收利用支路用于回收经所述氮气透平膨胀发电支路调节后的低压氮气冷能,并冷却进入所述氮气压缩机(26)的氮气。

[0009] 进一步的,其中,所述氮气管网系统还包括一级调压支路,所述氮气中压管线(0)分别连接所述氮气透平膨胀发电支路和所述一级调压支路。

[0010] 进一步的,其中,所述氮气透平膨胀发电支路包括透平膨胀机(5)、齿轮组(6)、同轴发电机(7)、第一换热器(8),所述透平膨胀机(5)连接所述齿轮组(6)和所述同轴发电机(7),并且所述透平膨胀机(5)连接所述第一换热器(8),氮气流过所述氮气中压管线(0)、所述透平膨胀机(5)、所述第一换热器(8)后进入低压管线(9、10)中。

[0011] 进一步的,其中,所述氮气冷能回收利用支路包括第一换热器(8)和与所述第一换热器(8)连接的第二换热器(21),常温常压空气流过所述第一换热器(8)和所述第二换热器(21)后排出。

[0012] 进一步的,其中,所述第一换热器(8)连接第一换热器入口冷流股(8-1)、第一换热器出口冷流股(8-2)、第一换热器入口热流股(8-3)和第一换热器出口热流股(8-4);所述第二换热器(21)连接第二换热器入口冷流股、第二换热器出口冷流股(21-1)、第二换热器入口热流股(21-2)和第二换热器出口热流股(21-3);以及其中所述第一换热器出口热流股(8-4)与所述第二换热器入口冷流股连接。

[0013] 进一步的,其中,所述氮气中压管线(0)还包括压力传感器(24)和第一流量阀(1),所述压力传感器(24)连接所述第一流量阀(1);所述一级调压支路包括第二流量阀(2)和第一调压阀(3),所述第二流量阀(2)连接所述第一调压阀(3);以及所述一级调压支路连接低压管线(9、10)。

[0014] 进一步的,其中,所述透平膨胀发电支路还包括第三流量阀(4),氮气流过所述氮气中压管线(0)、所述压力传感器(24)、所述第一流量阀(1)、所述第三流量阀(4)后进入所述透平膨胀机(5);以及所述第三流量阀(4)根据所述压力传感器(24)来调节进入透平膨胀发电支路中的中压氮气流量。

[0015] 进一步的,其中,所述低压管线(9、10)包括第一低压管线(9)和第二低压管线(10),所述第一低压管线(9)中的低压氮气再流经第五流量阀(13)至第一高炉用户(22),所述第二低压管线(10)中的低压氮气再流经第六流量阀(14)至第二高炉用户(23);

[0016] 或者所述氮气管网系统还包括二级调压支路,所述第一低压管线(9)中的低压氮气再流经第四流量阀(11)和第二调压阀(12)形成的第一二级调压支路至第一高炉用户(22),所述第五流量阀(13)与所述第一二级调压支路并联,所述第二低压管线(10)中的低压氮气再流经第七流量阀(16)和第三调压阀(15)形成的第二二级调压支路至第二高炉用户(23),所述第六流量阀(14)与所述第二二级调压支路并联。

[0017] 进一步的,其中,所述氮气冷能回收利用支路还包括依次连接的温度传感器(25)、第八流量阀(17)、引风风机(18),所述第八流量阀(17)根据所述温度传感器(25)来调节进

入所述引风风机(18)中的空气流量,由所述引风风机(18)中流出的空气进入所述第一换热器入口热流股(8-3)。

[0018] 进一步的,其中,常温常压氮气由所述第二换热器入口热流股(21-2)进入所述第二换热器(21),低温常压氮气由所述第二换热器出口热流股(21-3)流出后进入所述氮气压缩机(26),由所述氮气压缩机(26)提供管网系统使用的低温高压氮气。

[0019] 与现有氮气管网系统相比,本公开的有益效果是:1、本公开基于透平膨胀发电和逆流式换热技术,设计了一种利用中压氮气压力能膨胀发电和利用膨胀后低压氮气冷能预冷氮气压缩机入口氮气的氮气管网系统,能够有效解决传统氮气管网调压造成的压力能损失大和氮气压缩机压缩能耗高的问题,具有较高的经济效益。2、设计了利用引风风机驱动、空气作为介质的低压氮气冷能回收与利用流程,空气作为热源将膨胀后的低温氮气恢复至常温左右,而回收的冷能用来预冷氮气压缩机入口的常温常压氮气,降低常温常压氮气温度和氮气压缩机压缩能耗,在满足调压需求同时,充分利用了低压氮气冷能,具有较高的经济价值。

附图说明

[0020] 参照附图下面说明本公开内容的具体内容,这将有助于更加容易地理解本公开内容的以上和其他目的、特点和优点。附图只是为了示出本公开内容的原理。在附图中不必依照比例绘制出单元的尺寸和相对位置。

[0021] 图1为本公开的氮气管网结构示意图

[0022] 其中:0-高炉用气中压氮气支路,1-第一流量阀,2-第二流量阀,3-第一调压阀,4-第三流量阀,5-透平膨胀机,6-齿轮组,7-同轴电机,8-第一换热器,8-1-第一换热器冷流股入口,8-2-第一换热器冷流股出口,8-3-第一换热器热流股入口,8-4-第一换热器热流股出口,9-第一低压支路,10-第二低压支路,11-第四流量阀,12-第二调压阀,13-第五流量阀,14-第六流量阀,15-第三调压阀,16-第七流量阀,17-第八流量阀,18-引风风机,19-第九流量阀,20-第十流量阀,21-第二换热器,21-1-第二换热器冷流股出口,21-2-第二换热器热流股入口,21-3-第二换热器热流股出口,22-第一高炉用户,23-第二高炉用户,24-压力传感器,25-温度传感器,26-氮气压缩机

具体实施方式

[0023] 在下文中将结合附图对本公开内容的示例性公开内容进行描述。为了清楚和简明起见,在说明书中并未描述实现本公开内容的所有特征。然而,应该了解,在开发任何这种实现本公开内容的过程中可以做出很多特定于本公开内容的决定,以便实现开发人员的具体目标,并且这些决定可能会随着本公开内容的不同而有所改变。

[0024] 在此,还需要说明的是,为了避免因不必要的细节而模糊了本公开内容,在附图中仅仅示出了与根据本公开内容的方案密切相关的管网结构,而省略了与本公开内容关系不大的其他细节。

[0025] 应理解的是,本公开内容并不会由于如下参照附图的描述而只限于所描述的实施方案形式。本文中,在可行的情况下,不同实施方案之间的特征可替换或借用、以及在一个实施方案中可省略一个或多个特征。

[0026] 参见图1,其中相同的附图标记表示相同的元件,图1示出本公开氮气管网结构的实施方案。

[0027] 图1展示了一种回收压力能并预冷压缩机入口气流的氮气管网系统实例,高炉用气中压氮气支路0分别连通着透平膨胀发电支路、一级调压支路和二级调压支路,一级调压支路包括第二流量阀2、第一调压阀3,第二流量阀2、第一调压阀3依次相连,第一调压阀3连接低压管线。透平膨胀发电支路包括第三流量阀4、透平膨胀机5、齿轮组6、同轴电机7、第一换热器8,第三流量阀4、透平膨胀机5、齿轮组6、同轴电机7依次相连,透平膨胀机5连接第一换热器8,中压氮气依次流经第三流量阀4、透平膨胀机5、第一换热器8后进入低压管线,本实施例中低压管线包括第一低压支路9和第二低压支路10,可以理解的是,本公开的低压管线并不限于两个低压支路。

[0028] 可以理解的是,根据经透平膨胀机调节后的氮气压力不同,如果经过透平膨胀机5的出口压力设置为经过一级调压支路调节后的压力,经过透平膨胀机5膨胀后的氮气压力不能降低到满足高炉用户的压力水平,需要通过二级调压支路进一步调压,此时关闭第五流量阀13或第六流量阀14,第一低压支路9中的低压氮气可以通过由第四流量阀11和第二调压阀12形成的第一二级调压支路调节后进入第一高炉用户22,第二低压支路10中的低压氮气可以通过由第七流量阀16和第三调压阀15形成的第二二级调压支路调节后进入第二高炉用户23。如果经过透平膨胀机5的出口压力设置为经过串联的一级调压支路和二级调压支路调节后的压力,此时经过透平膨胀机5膨胀后的氮气压力已经直接降低到满足高炉用户的压力水平,不再需要通过二级调压支路调压,此时关闭第四流量阀11或第七流量阀16,第一低压支路9中的低压氮气通过与第一二级调压支路并联的第五流量阀13后进入第一高炉用户22,第二低压支路10中的低压氮气通过与第二二级调压支路并联的第六流量阀14后进入第二高炉用户23。

[0029] 传统的氮气管网系统中,中压氮气分别经过一级调压支路和二级调压支路,经过两级调压后进入高炉用户,其中,依次经过一级调压支路中的第二流量阀2和第一调压阀3,在第一调压阀3中节流膨胀,从而降低压力,然后经过第一二级调压支路中的第四流量阀11和第二调压阀12进入第一高炉用户22,或者经过第二二级调压支路中的第七流量阀16和第三调压阀15进入第二高炉用户23。本公开在传统管网系统的基础上,在本系统中,进一步设置透平膨胀发电支路与一级调压支路并联,在用气稳定、压力稳定的状况下,此时,开启透平膨胀发电支路,关闭一级调压支路,第二流量阀2关闭,第三流量阀4开启,中压氮气经过透平膨胀发电支路,依次流经第三流量阀4、透平膨胀机5、第一换热器8,在透平膨胀机5中,中压氮气带动齿轮组6和同轴电机7,减压的同时进行发电。根据需要,透平膨胀机5出口压力可以设置为第一调压阀3出口压力,此时第二流量阀2关闭,第五流量阀13和第六流量阀14关闭,第四流量阀11和第七流量阀16开启,透平膨胀机5出口压力也可以设置为第二调压阀12或第三调压阀15的出口压力,此时,第二流量阀2关闭,第四流量阀11和第七流量阀16关闭,第五流量阀13和第六流量阀14开启。在用气不稳定、压力不稳定的状况下,此时,关闭透平膨胀发电支路,开启一级调压支路和二级调压支路,确保氮气管网的安全性。本公开将透平膨胀发电支路与一级调压支路并联设置,不仅能适应管网系统的多种用气状况来工作,保留了原氮气管网系统中节流减压的功能,也进一步提升了氮气管网的安全性。

[0030] 氮气冷能回收利用支路包括依次连接的第一温度传感器25、第八流量阀17、引风

风机18、第一换热器8、第二换热器21、第九流量阀19,常温常压的空气依次流经第一温度传感器25、第八流量阀17、引风风机18、第一换热器8、第二换热器21和第九流量阀19进入环境。

[0031] 膨胀过后的低压低温氮气流股8-1作为冷源进入第一换热器8,来自空气的常温常压的空气流股8-3作为热源进入第一换热器8,二者在第一换热器8充分换热后,低压常温流股8-2流入第一低压支路9和第二低压支路10,常压低温流股8-4流出第一换热器8后,作为冷源流入第二换热器21,来自空分设备产出的常温常压氮气21-2作为热源流入第二换热器21,二者充分换热后,常温常压空气流股21-1流出第二换热器21后流经第九流量阀19后进入大气,低温常压氮气流股21-3流出第二换热器21后流经氮气管网系统。

[0032] 进一步的,高炉用气中压氮气支路0包括压力传感器24和第一流量阀1,第三流量阀4根据压力传感器24来调节进入透平膨胀发电支路中的中压氮气流量。

[0033] 进一步的,第一换热器8和第二换热器21均采用逆流式换热。

[0034] 下面给出一个实施例,对本公开的具体实施方式做进一步详细描述。

[0035] 某企业氮气管网系统中,高炉用气中压氮气支路0中氮气的压力一般在2.0~2.7MPa,氮气流量在3000~4000m³/h,第一调压阀(3)出口压力一般为1.2~1.8MPa,第二调压阀(12)出口压力一般为0.5~0.8MPa。

[0036] 根据实际案例,本文参数如下:高炉用气中压氮气支路0中氮气的压力2.5MPa,体积流量为3638m³/h,温度为25℃;环境空气压力为0.1MPa,温度为25℃;流入氮气管网系统(26)的氮气流量为150000m³/h,压力为0.1MPa,温度为25℃,出口压力为2.7MPa,温度为40℃;第一调压阀(3)和第二调压阀(12)的出口压力分别设定为1.6MPa和0.7MPa。

[0037] 压缩机的等熵效率一般在0.8~0.85之间,机械效率一般在0.97~0.99之间,在假设氮气管网系统(26)等熵效率为0.85和机械效率0.98的前提下,氮气管网系统(26)的总能耗为20040.24kW。

[0038] 在传统的氮气系统中,中压氮气流经第一流量阀(1)、第二流量阀(2)后进入第一调压阀(3)中,经过节流膨胀后,流出第一调压阀(3)温度为22.86℃,压力为1.6MPa;而低压氮气支路(9)中的低压氮气流经第四流量阀(11)后进入第二调压阀(12),经过节流膨胀后,流出第二调压阀(12)温度为20.58℃,压力为0.7MPa。

[0039] 因此经过一级调压和二级调压后,中压氮气压力由2.5MPa依次降至1.6MPa和0.7MPa。

[0040] 而在本系统中,高炉用气中压氮气支路0中氮气流经第一流量阀(1)、第三流量阀(4)后进入透平膨胀机(5)中,带动齿轮组(6)和同轴电机(7)转动发电,以下根据透平膨胀机(5)出口的氮气压力分情况讨论:

[0041] 模式一、当透平膨胀机(5)出口压力设置为第二调压阀(12)或第三调压阀(15)的出口压力,流出透平膨胀机(5)的温度为-53.98℃,压力为0.7MPa,在假设透平膨胀机(5)等熵效率为0.85和机械效率0.98的前提下,可产生电力2228.15kW;且在引风风机(18)引入质量流量为109158kg/h空气进入第一换热器(8)的前提下,流出第一换热器(8)的氮气压力为0.7MPa,温度为23℃;随后该部分氮气分别流过第五流量阀(13)和第六流量阀(14)后进入高炉(22)和高炉(23)。流出第一换热器(8)的空气压力为0.1MPa,温度为-51.98℃,流入第

二换热器(21)的氮气压力为0.1MPa,温度为25℃,那么流出第二换热器(21)的氮气压力为0.1MPa,温度为-21.58℃,则流入氮气压缩机(26)的氮气温度为-21.58℃。在假设氮气压缩机(26)等熵效率为0.85和机械效率0.98的前提下,氮气压缩机(26)的总能耗为19029.05kW。因此,经过本系统后,在满足调压需求的前提下,透平膨胀机(5)产生电力2228.15kW,流入氮气压缩机(26)入口氮气温度降低46.58℃,氮气压缩机(26)总能耗降低1011.19kW,约5.05%。

[0042] 模式二、当透平膨胀机(5)出口压力设置为第一调压阀(3)的出口压力,流出透平膨胀机(5)的温度为-6.11℃,压力为1.6MPa,在假设透平膨胀机(5)等熵效率为0.85和机械效率0.98的前提下,可产生电力878.74kW;且在引风风机(18)引入质量流量为110808kg/h空气进入第一换热器(8)的前提下,流出第一换热器(8)的氮气压力为1.6MPa,温度为23℃;随后该部分氮气分别流过第四流量阀(11)、第二调压阀(12)和第七流量阀(16)、第三调压阀(15)后进入高炉(22)和高炉(23)。流出第一换热器(8)的空气压力为0.1MPa,温度为-4.11℃,流入第二换热器(21)的氮气压力为0.1MPa,温度为25℃,那么流出第二换热器(21)的氮气压力为0.1MPa,温度为7.90℃,则流入氮气压缩机(26)的氮气温度为7.90℃。在假设氮气压缩机(26)等熵效率为0.85和机械效率0.98的前提下,氮气压缩机(26)的总能耗为19666.74kW。因此,经过本系统后,在满足调压需求的前提下,透平膨胀机(5)产生电力878.74kW,流入氮气压缩机(26)入口氮气温度降低17.10℃,氮气压缩机(26)总能耗降低371.69kW,约1.85%。

[0043] 以上结合具体的实施方案对本公开内容进行了描述,但本领域技术人员应该清楚,这些描述都是示例性的,并不是对本公开内容的保护范围的限制。本领域技术人员可以根据本公开内容的精神和原理对本公开内容做出各种变型和修改,这些变型和修改也在本公开内容的范围内。

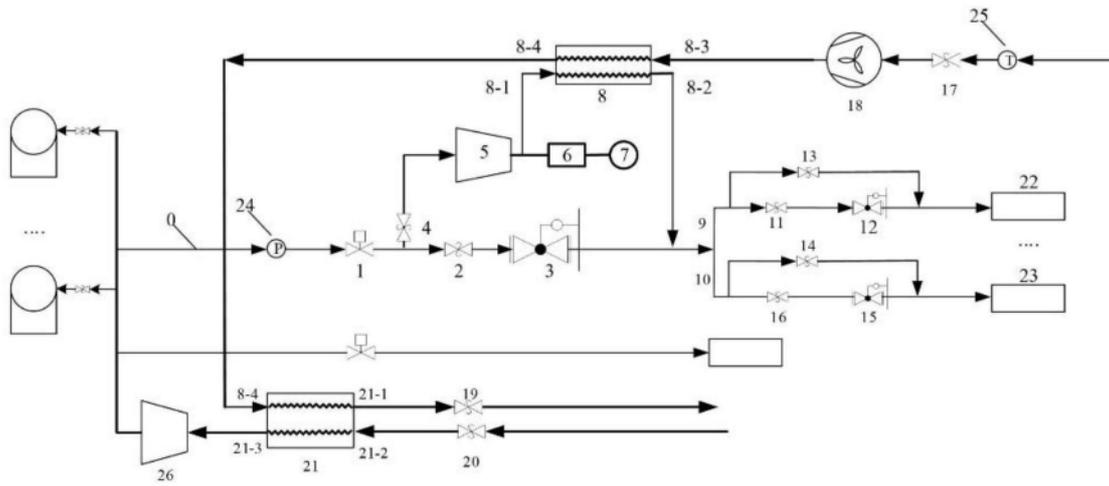


图1