



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112556312 A

(43) 申请公布日 2021.03.26

(21) 申请号 202011453673.4

(22) 申请日 2020.12.12

(71) 申请人 镇江市恒利低温技术有限公司
地址 212000 江苏省镇江市新区金港大道
180号绿色化工新材料产业园8号楼5
层(508、509室)

(72) 发明人 徐迎石

(74) 专利代理机构 苏州创策知识产权代理有限
公司 32322

代理人 范圆圆

(51) Int. Cl.

F25J 3/04 (2006.01)

F22G 5/00 (2006.01)

F01D 15/10 (2006.01)

F24D 1/00 (2006.01)

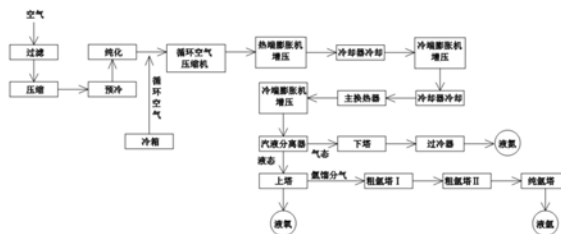
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

蒸汽驱动空气分离方法及用于该方法的蒸汽T级利用系统

(57) 摘要

本发明公开了蒸汽驱动空气分离方法及用于该方法的蒸汽T级利用系统,本发明相比传统电驱动空分,用汽轮机替代了电机,由蒸汽驱动替代了电驱动,运行成本仅为传统电驱动的一半左右;提升了整个空分系统的运行效率,系统运行成本较低、能耗低,节省了能源。制氧制氮成本比电驱动制氧制氮方式成本可降低50%;同时,本发明工艺制取氧气氮气的同时,空气分离的效率和经济性进一步提高,与常规空气分离技术相比运行成本降低1/2左右,并且系统运行简单、操作便捷。由于耗能降低,单体出氧率、出氮率的耗能排放更低,效率更高,实现化学链产生中间蒸汽热能有效收集及循环利用。



1. 蒸汽驱动空气分离方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:空气经空气过滤器,过滤掉尘埃和机械杂质后进入空气压缩机,压缩后进入预冷系统;

S2:空气在预冷系统经过降温且去除水溶性杂质后,进入纯化系统去除水分、二氧化碳、碳氢化合物;

S3:离开纯化系统的空气与来自冷箱的循环空气混合,混合后进入循环空气压缩机压缩冷却,然后压缩空气被分为两股;第一股压缩空气进入主换热器被返流气体冷却到一定温度后抽出,送入热端膨胀机中进行膨胀制冷,膨胀后的空气返回主换热器,并在其中与冷端膨胀机中部分膨胀复热的空气混合,然后继续复热至常温,接着出冷箱作为循环空气进入循环压缩机;

第二股压缩空气进入热端膨胀机的增压端增压,并经冷却器冷却后进入冷端膨胀机的增压端,增压并经冷却器冷却后进入主换热器,然后空气被分为A部分、B部分;A部分空气在主换热器底部被冷却到液化温度后,经节流降压降温,进入汽液分离器,分离后的液体进入下塔中部,分离后的气体送入下塔下部参与精馏;B部分空气进入冷端膨胀机制冷后,被分为B1部分、B2部分,B1部分进入下塔底部参与精馏,B2部分经主换热器复热至至常温后作为循环空气出冷箱;

S4:进入下塔下部的的气体经过精馏,得到富氧液空、贫液空、液氮,液氮被分为C部分、D部分、E部分;

富氧液空、贫液空、C部分液氮分别从下塔底部、下塔下部及冷凝蒸发器导出,进入过冷器内,被从上塔来的返流氮气、污氮气冷却过冷;D部分液氮经节流降压降温后作为产品送入冷箱;E部分液氮进入上塔,在上塔中,经过精馏分别在冷凝蒸发器底部、上塔上部、上塔顶部得到液氧、污氮气、氮气;

S5:氮气、污氮气分别从上塔顶部、上塔上部抽出进入过冷器,热交换后进入主换热器进行热交换,复热后的污氮气被分为F部分、G部分;

F部分污氮气进入分子筛纯化系统,作为再生气;G部分污氮气与氮气进入预冷系统,作为冷源。

S6:液氧从冷凝蒸发器抽出,过冷后送出冷箱进入液氧贮槽。C部分液氮从过冷器后抽出,送入液氮贮槽。

S7:从上塔下部抽取氩馏分气进入粗氩塔I,与从粗氩塔II经循环液氩泵输送来的液粗氩传热传质后,进入粗氩塔II;在粗氩塔II中,粗氩塔II冷源为经过冷后的富氧液空,氩馏分气经传热传质后,脱去氧组分;然后进入纯氩塔,纯氩塔顶部及底部分别设置冷凝器和蒸发器,热源、冷源分别为过冷后的液空和经过进一步节流降温后液空,工艺氩气在纯氩塔中经过精馏,脱出氮组分,在纯氩冷凝器底部得到液态纯氩。

2. 如权利要求1所述的蒸汽驱动空气分离方法,其特征在于,所述预冷系统包括连通的空冷塔与水冷塔。

3. 如权利要求1所述的蒸汽驱动空气分离方法,其特征在于,所述纯化系统包括并联的两台纯化器,与纯化器连通的电加热器、蒸汽加热器;

其中一台纯化器用于除掉预冷后空气中的水分、二氧化碳、碳氢化合物,另一台纯化器用于对精馏系统产生、电加热器和蒸汽加热器加热的污氮气进行纯化器再生,重新获取吸

附能力。

4. 一种用于如权利要求1或2或3所述的蒸汽驱动空气分离方法的蒸汽T级利用系统,其特征在于,所述蒸汽T级利用系统包括动力源,低压蒸汽热网,通过分管路与动力源连通的第一放空消音器,安装在分管路上的排放阀,与动力源连通的主管路,一端与主管路连通且另一端与分管路连通的安全管路,安装在安全管路上的第一安全阀,通过管道A与主管路连通的空压汽轮机,安装在管道A上的第一进汽紧急切断阀,通过管道B与主管路连通的增压汽轮机,安装在管道B上的第二进汽紧急切断阀,与低压蒸汽热网连通的输送管,一端与空压汽轮机连通且另一端与输送管连通的管道C,安装在管道C上的第一排汽并网阀,通过管道D与管道C连通的第二放空消音器,安装在管道D上的第二安全阀,一端与管道D连通且另一端与管道C连通的管道E,安装在管道E上的第一放空阀,一端与增压汽轮机连通且另一端与输送管连通的管道F,安装在管道F上的第二排汽并网阀,通过管道G与管道F连通的第三放空消音器,安装在管道G上的第三安全阀,一端与管道G连通且另一端与管道F连通的管道H,安装在管道H上的第二放空阀,一端与主管道连通且另一端与输送管连通的管道J,安装在管道J上的减温减压装置;

动力源为高浓度硫酸稀释产生的过热蒸汽。

5. 如权利要求4所述的蒸汽T级利用系统,其特征在于,所述过热蒸汽为5.0MPa、480℃。

6. 如权利要求4或5所述的蒸汽T级利用系统,其特征在于,所述蒸汽T级别利用系统的工作过程为:

S1:过热蒸汽分别进入空压汽轮机、增压汽轮机,消耗热能与压力能,推动空气压缩机、循环空气压缩机、增压机旋转做功,将压缩空气压缩到装置所需要压力;

S2:过热蒸汽消耗热能与压力能后,过热蒸汽降压降温进入低压蒸汽热网,供给下游用户使用。

7. 如权利要求6所述的蒸汽T级利用系统,其特征在于,所述过热蒸汽降压到1.4MPa,降温到330℃。

蒸汽驱动空气分离方法及用于该方法的蒸汽T级利用系统

技术领域

[0001] 本发明具体涉及蒸汽驱动空气分离方法及用于该方法的蒸汽T级利用系统。

背景技术

[0002] 目前常用的空气分离制取氧气和氮气的技术包括低温精馏技术、膜分离技术、变压吸附技术。低温精馏技术是目前最成熟的空气分离技术，原理是利用空气中氮气和氧气的沸点不同，将空气液化后，进行低温精馏达到分离氮气和氧气的目的，同时可以提取氩气、氙气等气体。

[0003] 根据相关调查，独立的氧气制造作业对于电力能源的消耗占据企业全部电力消耗的百分之九十，因此控制整体能源的耗损，对于其他的成本控制尤为关键。低温精馏技术空气分离过程中产生的能源损耗一般体现在精馏、压缩、冷损以及产品纯度等方面。现有的空分方式是通过电机带动压缩机做功实现空气分离，而电的获取是由蒸汽驱动汽轮机，再驱动发电机，经过变压器，电路远程输送等诸多环节实现，这个过程中有存在传输损耗，同时存在蒸汽能量浪费、能源浪费的问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术的不足之处，本发明提供了蒸汽驱动空气分离方法及用于该方法的蒸汽T级利用系统。

[0005] 本发明解决上述问题的技术方案为：蒸汽驱动空气分离方法，包括以下步骤：

[0006] S1：空气经空气过滤器，过滤掉尘埃和机械杂质后进入空气压缩机，压缩后进入预冷系统；

[0007] S2：空气在预冷系统经过降温且去除水溶性杂质后，进入纯化系统去除水分、二氧化碳、碳氢化合物；

[0008] S3：离开纯化系统的空气与来自冷箱的循环空气混合，混合后进入循环空气压缩机压缩冷却，然后压缩空气被分为两股；第一股压缩空气进入主换热器被返流气体冷却到一定温度后抽出，送入热端膨胀机中进行膨胀制冷，膨胀后的空气返回主换热器，并在其中与冷端膨胀机中部分膨胀复热的空气混合，然后继续复热至常温，接着出冷箱作为循环空气进入循环压缩机；

[0009] 第二股压缩空气进入热端膨胀机的增压端增压，并经冷却器冷却后进入冷端膨胀机的增压端，增压并经冷却器冷却后进入主换热器，然后空气被分为A部分、B部分；A部分空气在主换热器底部被冷却到液化温度后，经节流降压降温，进入汽液分离器，分离后的液体进入下塔中部，分离后的气体送入下塔下部参与精馏；B部分空气进入冷端膨胀机制冷后，被分为B1部分、B2部分，B1部分进入下塔底部参与精馏，B2部分经主换热器复热至至常温后作为循环空气出冷箱；

[0010] S4：进入下塔下部的的气体经过精馏，得到富氧液空、贫液空、液氮，液氮被分为C部分、D部分、E部分；

[0011] 富氧液空、贫液空、C部分液氮分别从下塔底部、下塔下部及冷凝蒸发器导出,进入过冷器内,被从上塔来的返流氮气、污氮气冷却过冷;D部分液氮经节流降压降温后作为产品送入冷箱;E部分液氮进入上塔,在上塔中,经过精馏分别在冷凝蒸发器底部、上塔上部、上塔顶部得到液氧、污氮气、氮气;

[0012] S5:氮气、污氮气分别从上塔顶部、上塔上部抽出进入过冷器,热交换后进入主换热器进行热交换,复热后的污氮气被分为F部分、G部分;

[0013] F部分污氮气进入分子筛纯化系统,作为再生气;G部分污氮气与氮气进入预冷系统,作为冷源。

[0014] S6:液氧从冷凝蒸发器抽出,过冷后送出冷箱进入液氧贮槽。C部分液氮从过冷器后抽出,送入液氮贮槽。

[0015] S7:从上塔下部抽取氩馏分气进入粗氩塔I,与从粗氩塔II经循环液氩泵输送来的液粗氩传热传质后,进入粗氩塔II;在粗氩塔II中,粗氩塔II冷源为经过冷后的富氧液空,氩馏分气经传热传质后,脱去氧组分;然后进入纯氩塔,纯氩塔顶部及底部分别设置冷凝器和蒸发器,热源、冷源分别为过冷后的液空和经过节流降温后的液空,工艺氩气在纯氩塔中经过精馏,脱出氮组分,在纯氩冷凝器底部得到液态纯氩。

[0016] 进一步的,所述预冷系统包括连通的空冷塔与水冷塔。

[0017] 进一步的,所述纯化系统包括并联的两台纯化器,与纯化器连通的电加热器、蒸汽加热器;

[0018] 其中一台纯化器用于除掉预冷后空气中的水分、二氧化碳、碳氢化合物,另一台纯化器用于对精馏系统产生、电加热器和蒸汽加热器加热的污氮气进行纯化器再生,重新获取吸附能力。

[0019] 进一步的,所述蒸汽T级利用系统包括动力源,低压蒸汽热网,通过分管路与动力源连通的第一放空消音器,安装在分管路上的排放阀,与动力源连通的主管路,一端与主管路连通且另一端与分管路连通的安全管路,安装在安全管路的第一安全阀,通过管道A与主管路连通的空压汽轮机,安装在管道A上的第一进汽紧急切断阀,通过管道B与主管路连通的增压汽轮机,安装在管道B上的第二进汽紧急切断阀,与低压蒸汽热网连通的输送管,一端与空压汽轮机连通且另一端与输送管连通的管道C,安装在管道C上的第一排汽并网阀,通过管道D与管道C连通的第二放空消音器,安装在管道D上的第二安全阀,一端与管道D连通且另一端与管道C连通的管道E,安装在管道E上的第一放空阀,一端与增压汽轮机连通且另一端与输送管连通的管道F,安装在管道F上的第二排汽并网阀,通过管道G与管道F连通的第三放空消音器,安装在管道G上的第三安全阀,一端与管道G连通且另一端与管道F连通的管道H,安装在管道H上的第二放空阀,一端与主管道连通且另一端与输送管连通的管道J,安装在管道J上的减温减压装置;

[0020] 动力源为高浓度硫酸稀释产生的过热蒸汽。

[0021] 进一步的,所述过热蒸汽为5.0MPa、480℃。

[0022] 进一步的,所述蒸汽T级别利用系统的工作过程为:

[0023] S1:过热蒸汽分别进入空压汽轮机、增压汽轮机,消耗热能与压力能,推动空气压缩机、循环空气压缩机、增压机旋转做功,将压缩空气压缩到装置所需要压力;

[0024] S2:过热蒸汽消耗热能与压力能后,过热蒸汽降压降温进入低压蒸汽热网,供给下

游用户使用。

[0025] 进一步的,所述过热蒸汽降压到1.4MPa,降温到330℃。

[0026] 本发明具有有益效果:本发明相比传统电驱动空分,用汽轮机替代了电机,由蒸汽驱动替代了电驱动,运行成本仅为传统电驱动的一半左右;提升了整个空分系统的运行效率,系统运行成本较低、能耗低,节省了能源。制氧制氮成本比电驱动制氧制氮方式成本可降低50%;同时,本发明工艺制取氧气氮气的同时,空气分离的效率和经济性进一步提高,与常规空气分离技术相比运行成本降低1/2左右,并且系统运行简单、操作便捷。由于耗能降低,单体出氧率,出氮率的耗能排放更低,效率更高,实现化学链产生中间蒸汽热能有效收集及循环利用。

附图说明

[0027] 图1为本发明空气分离流程图;

[0028] 图2为本发明蒸汽T级利用系统结构示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图及具体实施方式对本发明作进一步的说明。

[0030] 蒸汽驱动空气分离方法,包括以下步骤:

[0031] S1:空气经空气过滤器,过滤掉尘埃和机械杂质后进入空气压缩机,压缩后进入预冷系统;

[0032] S2:空气经过预冷系统,预冷系统包括连通的空冷塔与水冷塔,空气在空冷塔中被来自空冷塔中部的冷却水和经水冷却塔冷却后的冷冻水冷却降温,并经水洗涤,除掉水溶性杂质后,进入纯化系统去除水分、二氧化碳、碳氢化合物;

[0033] 纯化系统包括并联的两台纯化器,与纯化器连通的电加热器、蒸汽加热器;

[0034] 其中一台纯化器用于除掉预冷后空气中的水分、二氧化碳、碳氢化合物,另一台纯化器用于对精馏系统产生、电加热器和蒸汽加热器加热的污氮气进行纯化器再生,重新获取吸附能力;

[0035] S3:离开纯化系统的空气与来自冷箱的循环空气混合,混合后进入循环空气压缩机压缩冷却,然后压缩空气被分为两股;第一股压缩空气进入主换热器被返流气体冷却到一定温度后抽出,送入热端膨胀机中进行膨胀制冷,膨胀后的空气返回主换热器,并在其中与冷端膨胀机中部分膨胀复热的空气混合,然后继续复热至常温,接着出冷箱作为循环空气进入循环压缩机;

[0036] 第二股压缩空气进入热端膨胀机的增压端增压,并经冷却器冷却后进入冷端膨胀机的增压端,增压并经冷却器冷却后进入主换热器,然后空气被分为A部分、B部分;A部分空气在主换热器底部被冷却到液化温度后,经节流降压降温,进入汽液分离器,分离后的液体进入下塔中部,分离后的气体送入下塔下部参与精馏;B部分空气进入冷端膨胀机制冷后,被分为B1部分、B2部分,B1部分进入下塔底部参与精馏,B2部分经主换热器复热至至常温后作为循环空气出冷箱;

[0037] S4:进入下塔下部的的气体经过精馏,得到富氧液空、贫液空、液氮,液氮被分为C部分、D部分、E部分;

[0038] 富氧液空、贫液空、C部分液氮分别从下塔底部、下塔下部及冷凝蒸发器导出,进入过冷器内,被从上塔来的返流氮气、污氮气冷却过冷;D部分液氮经节流降压降温后作为产品送入冷箱;E部分液氮进入上塔,在上塔中,经过精馏分别在冷凝蒸发器底部、上塔上部、上塔顶部得到液氧、污氮气、氮气;

[0039] S5:氮气、污氮气分别从上塔顶部、上塔上部抽出进入过冷器,热交换后进入主换热器进行热交换,复热后的污氮气被分为F部分、G部分;

[0040] F部分污氮气进入分子筛纯化系统,作为再生气;G部分污氮气与氮气进入预冷系统,作为冷源。

[0041] S6:液氧从冷凝蒸发器抽出,过冷后送出冷箱进入液氧贮槽。C部分液氮从过冷器后抽出,送入液氮贮槽。

[0042] S7:从上塔下部抽取氩馏分气进入粗氩塔I,与从粗氩塔II经循环液氩泵输送来的液粗氩传热传质后,进入粗氩塔II;在粗氩塔II中,粗氩塔II冷源为经过冷后的富氧液空,氩馏分气经传热传质后,脱去氧组分;然后进入纯氩塔,纯氩塔顶部及底部分别设置冷凝器和蒸发器,热源、冷源分别为过冷后的液空和经过进一步节流降温后液空,工艺氩气在纯氩塔中经过精馏,脱出氮组分,在纯氩冷凝器底部得到液态纯氩。

[0043] 通过上塔、下塔以及位于上塔与下塔之间的冷凝蒸发器共同组成双级精馏塔,在双级精馏塔内完成主要分离过程。进入下塔底部的空气已部分液化。由于液氮沸点比液氧沸点低,因而下塔底部的液化气体是富氧液态空气,含氧量一般为30%~40%。

[0044] 下塔操作压力高于上塔使下塔顶部氮的冷凝温度高于上塔底部液态氧的沸腾温度,从而使冷凝蒸发器内热量由管内传向管间,并具有一定的传热温差。冷凝蒸发器同时起到了下塔塔顶冷凝和上塔塔底蒸发的作用。空气在下塔由下而上经过多层塔板精馏,使易挥发组分氮的浓度逐渐提高,并在冷凝蒸发器管内冷凝成液氮。一部分液氮在下塔作回流液;一部分收集于液氮槽,经减压后作为上塔塔顶回流液。下塔底部的富氧液态空气,进入上塔中部,与冷凝蒸发器蒸发出来的气体逆流接触。由此使下流液体中的含氧量由上至下不断增加,最后积聚在冷凝蒸发器管间,含氧量可达99.6%以上,并不断在此蒸发出产品氧而引出塔外。

[0045] 上塔塔顶引出的则是产品氮,浓度亦可达99.999%以上。出塔的产品氮气和污氮气的温度较低,可通过换热器使输入空气降温回收冷量并使自身复热到常温送往用户。

[0046] 空气分离系统依靠蒸汽T级利用系统提供能量,直接带动压缩机工作,最大程度的节省了能源。

[0047] 蒸汽T级利用系统包括动力源,低压蒸汽热网,通过分管路与动力源连通的第一放空消音器,安装在分管路上的排放阀,与动力源连通的主管路,一端与主管路连通且另一端与分管路连通的安全管路,安装在安全管路上的第一安全阀,通过管道A与主管路连通的空压汽轮机,安装在管道A上的第一进汽紧急切断阀,通过管道B与主管路连通的增压汽轮机,安装在管道B上的第二进汽紧急切断阀,与低压蒸汽热网连通的输送管,一端与空压汽轮机连通且另一端与输送管连通的管道C,安装在管道C上的第一排汽并网阀,通过管道D与管道C连通的第二放空消音器,安装在管道D上的第二安全阀,一端与管道D连通且另一端与管道C连通的管道E,安装在管道E上的第一放空阀,一端与增压汽轮机连通且另一端与输送管连通的管道F,安装在管道F上的第二排汽并网阀,通过管道G与管道F连通的第三放空消音器,

安装在管道G上的第三安全阀,一端与管道G连通且另一端与管道F连通的管道H,安装在管道H上的第二放空阀,一端与主管道连通且另一端与输送管连通的管道J,安装在管道J上的减温减压装置;

[0048] 动力源为高浓度硫酸稀释产生的5.0MPa、480℃过热蒸汽。

[0049] 蒸汽T级别利用系统采用DCS控制系统进行控制,对阀门启闭、空压汽轮机启闭、增压汽轮机启闭等进行控制,配合多根管路、进汽紧急切断阀、排汽并网阀等形成连锁保护,保证安全运行;装置连锁保护措施有:当动力源、低压蒸汽热网、空压汽轮机或增压汽轮机发生断汽、断水、断电或设备故障发出连锁信号后,有下列连锁保护动作:

[0050] 1、第一进汽紧急切断阀、第二进汽紧急切断阀自动全关,空压汽轮机、增压汽轮机停机;

[0051] 2、第一放空阀、第二放空阀自动全开,排放残留蒸汽泄压;

[0052] 3、第一排汽并网阀、第二排汽并网阀自动全关,与热网隔离;

[0053] 4、排放阀进入自动调节状态,调节保证蒸汽压力恒定,防止超压;

[0054] 5、通过减温减压装置,自动调整平衡低压热网蒸汽压力和温度恒定,以保障下游低压蒸汽用户用汽稳定。

[0055] 6、当压力超高时,第一安全阀、第二安全阀、第三安全阀自动泄压排放至安全地点;

[0056] 7、所有放空阀、安全阀均引流至放空消音器内排放,以保障排放安全。

[0057] 蒸汽T级别利用系统的工作过程为:

[0058] S1:过热蒸汽分别进入空压汽轮机、增压汽轮机,消耗热能与压力能,推动空气压缩机、循环空气压缩机、增压机旋转做功,将压缩空气压缩到装置所需要压力;

[0059] S2:过热蒸汽消耗热能与压力能后,过热蒸汽降压降温到1.4MPa、330℃后进入低压蒸汽热网,供给下游用户使用。

[0060] 本发明采用蒸汽T级利用,直接驱动汽轮机带动压缩机,实现空气分离;避免了传统意义上的电驱动方式,直接实现能源的快速转化,提高能量的转化效率,实现能量快速高效的转化,比传统方式更绿色节能环保,在整个生产过程中,没有任何危险产出物,没有热污染实现能量零排放;通过引入高压高温蒸汽,设置多条回路,旁路,通过集中控制系统DCS,在运行中实时监控,一旦出现异常,做蒸汽的放空处理,保障系统的可靠稳定运行。

[0061] 不脱离本发明的构思和范围可以做出许多其他改变和改型。应当理解,本发明不限于特定的实施方式,本发明的范围由所附权利要求限定。

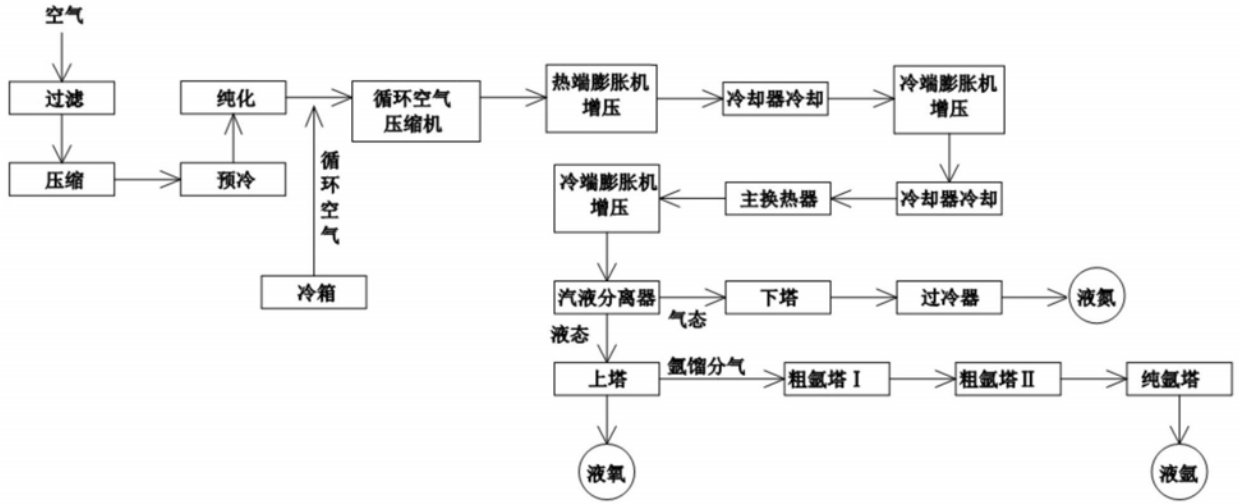


图1

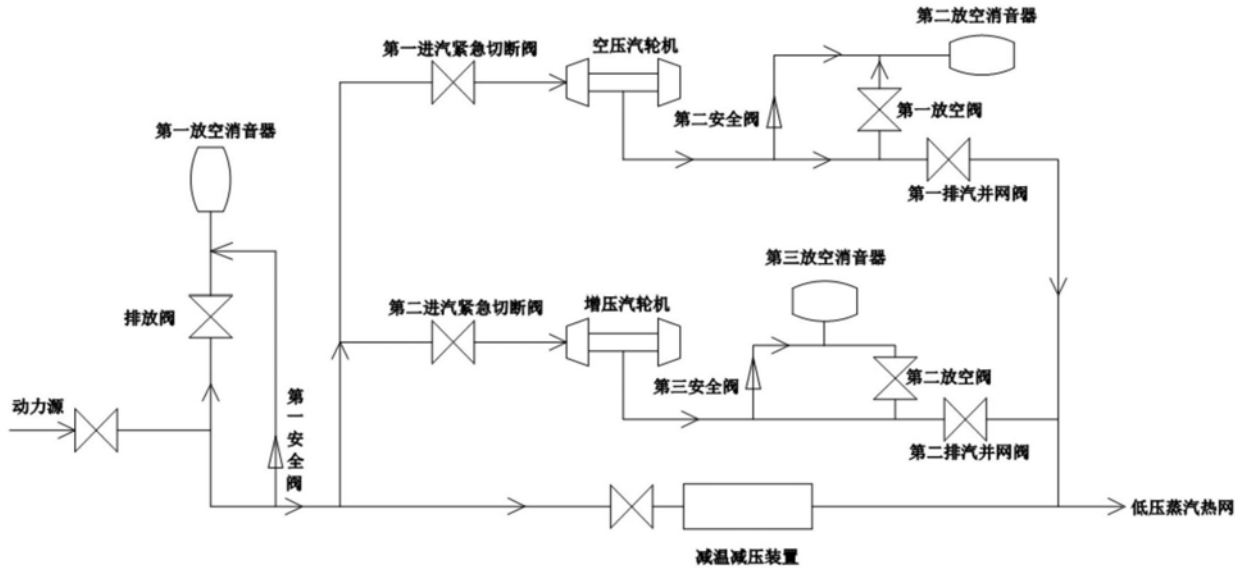


图2