



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101876323 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201010173685. 1

(22) 申请日 2010. 04. 28

(30) 优先权数据

MI2009A000724 2009. 04. 28 IT

(73) 专利权人 诺沃皮尼奥内有限公司

地址 意大利佛罗伦萨

(72) 发明人 A·斯科蒂 R·费罗尼

G·马里奥蒂 A·巴拉比诺

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F04D 29/00 (2006. 01)

F04D 29/66 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2322338 , 1943. 06. 22,

US 2008/0252078 A1, 2008. 10. 16,

CN 101124525 A, 2008. 02. 13,

EP 0554640 B1, 1996. 12. 04,

US 2322338 , 1943. 06. 22,

审查员 李萌

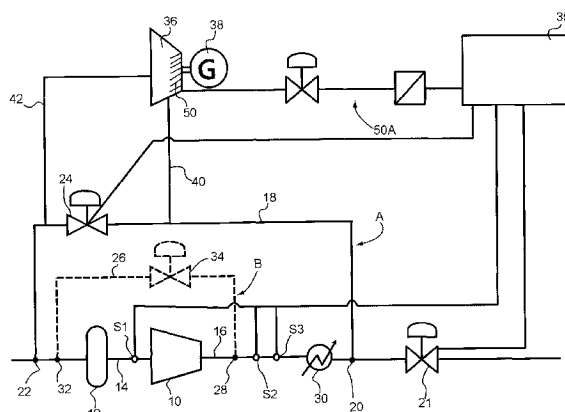
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

气体压缩设备中的能量回收系统

(57) 摘要

本发明涉及气体压缩设备中的能量回收系统。具体而言,描述了一种用于回收气体压缩设备中的能量的系统,包括:至少一个离心式压缩机(10),其能够在一定入口压力下从吸入导管(14)吸入气体,并且能够在大于该入口压力的一定出口压力下经由输送导管(16)输送气体;至少一个气体再循环系统(A;B),其能够在进入压缩机(10)中的气体流量低于一定极限值时将气体从输送导管(16)重新引导至吸入导管(14)。在布置于压缩机(10)下游的设备部分中,至少一个涡轮膨胀器(36;46)和至少一个阀(24;33)并行地安装成彼此协作且由电子装置(35)控制,以便保护压缩机(10),且同时在再循环模式期间产生有用能量。



1. 一种用于回收气体压缩设备中的能量的系统,包括:

至少一个压缩机 (10),其能够在一定入口压力下从吸入导管 (14) 吸入气体,并且能够在大于所述入口压力的一定出口压力下经由输送导管 (16) 输送气体;

布置在所述压缩机吸入导管的至少一个传感器以及布置在所述压缩机的输出导管上的至少一个传感器;其中所述传感器用来测量所述压缩机的气体流量和工作状态;以及

至少一个气体再循环系统 (A ;B),其能够在进入所述压缩机 (10) 中的气体流量低于一定极限值时将气体从所述输送导管 (16) 重新引导至所述吸入导管 (14),

其特征在于,在所述设备的布置于所述压缩机 (10) 下游的部分中,至少一个涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136) 和至少一个阀 (24 ;33) 并行地安装成彼此协作且由电子装置 (35) 控制,所述电子装置根据所述传感器测量的所述气体流量和所述工作状态促动所述涡轮膨胀器和所述阀,以便保护所述压缩机 (10),以及同时在再循环模式期间产生有用能量。

2. 根据权利要求 1 所述的回收系统,其特征在于,所述阀 (24 ;33) 为所述再循环系统 (A ;B) 的抗喘振阀 (24),或所述阀 (24 ;33) 为适于调节在所述设备的布置于所述压缩机 (10) 下游的部分中的气流的排出阀 (33)。

3. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的回收系统,其特征在于,所述阀 (24 ;33) 适于一旦再循环已经稳定便逐渐将负载传递至所述涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136)。

4. 根据权利要求 1 所述的回收系统,其特征在于,所述涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136) 包括可调式入口导叶 (50 ;150),所述可调式入口导叶 (50 ;150) 的倾斜可根据由所述阀 (24 ;33) 执行的负载传递来改变。

5. 根据权利要求 2 所述的回收系统,其特征在于,所述排出阀 (33) 和所述涡轮膨胀器 (46) 安放成与所述压缩机 (10) 的输送导管 (16) 成流体连接,位于沿所述输送导管 (16) 布置的冷却装置 (30) 的上游。

6. 一种气体压缩设备,其特征在于,所述气体压缩设备包括根据前述权利要求中任何一项所述的至少一个能量回收系统。

7. 一种用于在再循环模式期间回收气体压缩设备中的能量的方法,所述方法其特征在于,所述方法至少包括以下步骤:

在所述设备的布置于至少一个压缩机 (10) 下游的部分中提供并行地连接的至少一个涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136) 和至少一个阀 (24 ;33);所述涡轮膨胀器与发电机连接,所述发电机配置为从连接到所述压缩机的再循环系统回收能量;

通过布置在所述压缩机吸入导管的至少一个传感器以及布置在所述压缩机的输出导管上的至少一个传感器,来测量所述至少一个压缩机的气体流量以及工作状态;以及

根据所述传感器测量的所述气体流量和所述工作状态,通过电子装置来促动所述阀 (24 ;33) 和所述涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136)。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述阀 (24) 经促动而开启所述再循环系统 (A ;B),以便防止所述至少一个压缩机 (10) 的工作状态 (P1 ;P2 ;P3) 达到极限工作状态 (P2)。

9. 根据权利要求 7 或权利要求 8 所述的方法,其特征在于,促动所述阀 (24 ;33) 的步骤进一步包括逐渐地关闭所述阀 (24 ;33) 以便逐渐地朝向所述涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136) 传递负载。

10. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,促动所述阀 (24 ;33) 和所述涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136) 的所述步骤提供了逐渐改变所述涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136) 的入口导叶 (50 ;150) 的倾斜的子步骤,以便由所述阀 (24 ;33) 控制逐渐传送至其中的气体的流量。

11. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,促动所述阀 (24 ;33) 和所述涡轮膨胀器 (36 ;46 ;136) 的所述步骤包括开启分层阀 (24) 以容许气体通过所述再循环系统 (A ;B)。

气体压缩设备中的能量回收系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种气体压缩设备中的能量回收系统,具体但非排它地意图用于在传送气体或碳氢化合物的管线上工作。

背景技术

[0002] 如公知的那样,压缩机是一种能够通过使用机械能来升高可压缩流体(气体)的压力的机器。在用于工业领域内的处理设备中的各种类型的压缩机中,存在所谓的离心式压缩机,其中,能量由称为离心叶轮或轮的部件的旋转所引起的离心加速度的形式提供给气体,该旋转通常由驱动器(电动机或蒸汽轮机)控制。

[0003] 离心式压缩机可设有采用所谓的单级构造的单个叶轮,或设有串接布置的许多叶轮(在此情况下称为多级压缩机)。更确切地说,离心式压缩机的各级通常由用于待压缩的气体的吸入导管、能够向气体提供动能的叶轮,以及扩散器组成,其中,扩散器的任务是将叶轮出口中的气体的动能转变成压力能。

[0004] 另一方面,在备选类型的压缩机中,流体由可在相应的气缸内往复运动地移动的一个或多个活塞进行压缩。待压缩的流体经由一个或多个吸入导管吸入气缸中,而经压缩的流体则从气缸朝向一个或多个输送导管输送。一般而言,备选压缩机的一个活塞或多个活塞通过用于传递运动的曲柄轴和常规杆-曲柄机构而由电动机或内燃机促动。

[0005] 在气体压缩设备中,如果它们设有一个或多个离心或轴流型压缩机,则通常会提供所谓的抗喘振系统,该系统适当地设计和确定尺寸为用以容许压缩机即使在气体流量极低的情况下也可工作。实际上,如公知的那样,进入压缩机中的气体的流量不可降低到一定极限值以下,否则,压缩机自身便会在喘振状态下工作。

[0006] 喘振是气流方面不稳定的现象,这在压缩机到达压力-流量曲线变直的点时会出现。自该工作状态,如果流量进一步降低,则压缩机便不能产生足够的压力来对抗下游的阻力。更确切地说,压缩机的输送压力便低于压缩机自身下游的设备中的压力。这种状态可导致气流反向经过压缩机。由于流量的反向所引起的振动和力,故这种状态对于机器的机械完整性而言特别危险。出于此原因,抗喘振系统容许足够大的气体量再循环,以便避免机器在喘振状态下工作。

[0007] 抗喘振系统可设有两个闭环再循环管路、相关抗喘振阀,以及安放在压缩机下游的设备部分中的减压阀。在设有闭环再循环管路的压缩设备中,当气体流量降低到临界值以下而促使发生喘振现象时,适合的阀便将气体从输送导管经由再循环管路传送回吸入导管。由压缩机提供给气体的功因此在再循环管路内主要是通过抗喘振阀耗散,而产生的热量则通常借助于冷却装置消除。换言之,当压缩机在再循环状态下工作时,此类压缩机能够提供给气体的压头(即,压力增量)便必须在再循环管路中耗散。一般而言,这通过抗喘振阀的开启而发生,用以降低气体压力,或用行话来说用以使气体“分层(lamination)”。

[0008] 如果抗喘振系统使经过压缩机的全部气体流量再循环,则由相关促动马达提供给压缩机的总机械能便转变成热量,通过提供在设备中的冷却装置有助于除去该热量。压缩

机在喘振状态下工作所需的能量因此根据循环流量的百分比而受到损失,因为在再循环管路中由气体所放出的热量通常难以回收。

[0009] 实际上,至今用来在压缩机以再循环状态工作时部分地减少能量损失的唯一方法是通过作用于抗喘振算法(即,通过改变再循环管路和相关抗喘振阀的尺寸,或通过借助于调整系统、用于改变速度的类似系统、活动叶片等来改变压缩机的工作特性)来最大限度地减少循环气体量。在任何情况下,这些系统在它们可应用于传送气体或碳氢化合物的设备中时,不会容许随意降低最小工作流量。

[0010] 因此,本发明的总体目的在于制造一种能够克服现有技术的上述问题的气体压缩设备中的能量回收系统。

发明内容

[0011] 具体而言,本发明的一个目的在于制造一种气体压缩设备中的能量回收系统,该系统能够将设备中的一个或多个压缩机在气体再循环状态下工作时出现的能量损失至少部分地转换成有用功。

[0012] 本发明的另一个目的在于制造一种气体压缩设备中的能量回收系统,该系统能够改善设备自身的总体性能,同时保持很低的燃料消耗和放热,所有这些都有利于减小温室效应。

[0013] 根据本发明的这些和其它目的是通过制造如权利要求1中所概述的气体压缩设备中的能量回收系统而得以实现。

[0014] 本发明的其它特征在作为本说明组成部分的从属权利要求中明确指出。

附图说明

[0015] 参照所附示意性示图,根据本发明的气体压缩设备中的能量回收系统的特征和优点将由作为实例而非用于限制目的所给出的以下说明而变得更为清楚,在附图中:

[0016] 图1为根据现有技术制造的气体压缩设备的完全示意性视图;

[0017] 图2为设有根据本发明的能量回收系统的第一示例性实施例的气体压缩设备的完全示意性视图;

[0018] 图3为设有根据本发明的能量回收系统的第二示例性实施例的气体压缩设备的完全示意性视图;

[0019] 图4为根据本发明的能量回收系统构件的垂直截面的示意性视图;

[0020] 图5为示出可安装在设有根据本发明的能量回收系统的气体压缩设备中的普通离心式压缩机的性能曲线的图表;以及

[0021] 图6为设有根据本发明的能量回收系统的第三示例性实施例的气体压缩设备的完全示意性视图。

具体实施方式

[0022] 应当注意的是在各图中,相同的标号对应于上图和/或下图中的相同的系统或构件。

[0023] 具体参看图1,示意性地示出了根据现有技术的普通气体压缩设备,具体为用于传

送气体或碳氢化合物的管线并且为设计成经常以气体再循环模式工作的类型。

[0024] 图 1 中的设备包括由适合的马达或驱动器 12 控制的通常为离心型的至少一个压缩机 10。因此,压缩机 10 能够以一定的入口压力从吸入导管 14 吸入气体,且在大于入口压力的一定出口压力下经由输送管路 16 对其输送。当需要时,可预料到沿输送导管 16 将存在冷却装置 30,其功能是降低出口中的气体温度。

[0025] 如果进入压缩机 10 中的气体自身流量特别低而造成输送导管 16 中的气体压力低于该输送导管 16 下游的设备中的压力,则在设备中将具有直接布置在压缩机 10 下游的至少一个气体再循环系统,该系统能够将气体从输送导管 16 重新引导至吸入导管 14,这很可能是在设备自身的气体出口关闭之后,以便避免出现所谓的喘振不稳定现象。

[0026] 更确切地说,如图 1 中所示,第一气体再循环系统 A 概略显示为具有第一再循环管路 18,其具有布置在输送导管 16 上的位于冷却装置 30 下游的入口点 20。第一再循环管路 18 因此能够将压缩机 10 出口中的低压气体经由布置在马达 12 上游的出口点 22 再引入吸入导管 14 中。

[0027] 在第一再循环管路 18 上存在至少一个抗喘振阀 24,该抗喘振阀 24 能够执行气体分层,或换言之,通过该管路 18 能够进一步降低传输中的气体的压力。再循环系统 A 还包括适于关闭设备的气体出口的第一排出阀 21。

[0028] 在图 1 中所示的设备中还存在第二气体再循环系统 B(图中为虚线),其包括第二再循环管路 26,该第二再循环管路 26 具有其布置在输送导管 16 上的位于冷却装置 30 上游的入口点 28。第二再循环管路 26 因此能够将压缩机 10 出口中的低压气体经由布置在第一再循环管路 18 的出口点 22 下游的出口点 32 而再引入吸入导管 14 中。第二再循环管路 26 甚至也设有至少一个抗喘振阀 34,该抗喘振阀 34 能够执行气体分层,或换言之,通过该管路 26 能够进一步降低传输中的气体的压力。

[0029] 应当注意的是,可预料到在设备中存在气体再循环系统 A,而并不要求还存在第二再循环系统 B。

[0030] 根据本发明的实施例,如图 2 中所示,在布置在压缩机 10 下游的设备部分中,更确切地说是在再循环系统 A 中,涡轮膨胀器 36 相对于抗喘振阀 24 并行地安装,且设有其自身的吸入导管 40 及其自身的输送导管 42。涡轮膨胀器 36 和抗喘振阀 24 两者彼此协作且由电子装置 35 控制,该电子装置 35 适于根据气体的流量和压缩机 10 的工作状态来触发涡轮膨胀器 36 和阀 24。涡轮膨胀器 36 还可根据具体构造或使用要求,以与上述的完全相似的方式安装在不同的再循环系统中,例如,安装在系统 B 中。

[0031] 因此,在所述情况下,在设备正常工作期间,阀 24 关闭且再循环回路 A 停用。在回收步骤期间,设备下游的第一排出阀 21 关闭出口中的流动,同时阀 24 开启再循环系统 A。如下文更为详细地描述的那样,一旦再循环已经稳定,则该阀 24 便逐渐关闭,以便将流量转移至涡轮膨胀器 36。因此,在此情况下,一旦这已由冷却装置 30 预防性地冷却,则涡轮膨胀器 36 便由气体促动。

[0032] 具体而言,电子装置 35 适于根据借助于适合的传感器 S1, S2 和 S3 测得的流体流量变化来触发再循环系统 A(通过开启阀 24 和关闭阀 21),其中,传感器 S1, S2 和 S3 分别布置在压缩机 10 的吸入导管 14 和输送导管 16 上的适合位置上。这样,有可能在压缩机 10 更接近其自身的极限工作状态时触发再循环系统 A。

[0033] 在再循环模式的初始步骤期间,基于由传感器 S1, S2 和 S3 所获得的压力和流量值,阀 24 保持开启达所需时间量,以便基于压缩机 10 的工作来稳定气体的再循环。一旦再循环已稳定,则阀 24 便逐渐关闭以将压头传递至涡轮膨胀器 36。

[0034] 同时,电子装置 35 逐渐改变安放在涡轮膨胀器 36 中的可调式入口导叶 50 的倾斜,以便优化进入涡轮膨胀器 36 自身中的气体流量(同样参见参照图 4 的以下描述)。“入口导叶”50 或 IGV,可借助于液压气动回路由电子装置 35 控制,在图 2 中整个由参考标号 50A 表示。

[0035] 在以再循环模式工作时,由压缩机 10 给予气体的机械压力能因此至少部分地回收而非以热量方式完全耗散,因为气体自身在能够产生机械动力的涡轮膨胀器 36 中膨胀。

[0036] 涡轮膨胀器 36 可与发电机 38 机械地联接,以便容许由涡轮膨胀器 36 自身所产生的机械能转变成电能。这些电能例如可用于促动连接到压缩设备上的机械,或可直接将其发送到电网中。

[0037] 图 3 示出了图 2 中的设备具有根据本发明的系统的改进实施例,该设备具体包括涡轮膨胀器 46 和第二排出阀 33,它们彼此协作,安放成彼此平行且连接到压缩机 10 的输送导管 16 上,位于冷却装置 30 的上游。详细而言,涡轮膨胀器 46 和第二排出阀 33 分别设有它们自身的吸入导管 46A,33A 和输送导管 46B,33B,吸入导管 46A 和 33A 和输送导管 46B 和 33B 分别安放在压缩机 10 的下游且处于冷却装置 30 的上游。

[0038] 应当注意的是在此情况下,第二排出阀 33 工作用以开启或关闭输送导管 16,以及并不工作以使过程气体分层。因此,在设备正常工作期间,过程流体经过导管 33A 和 33B,这是因为第二排出阀 33 通常为开启的。反之亦然,在回收模式期间,第一排出阀 21 关闭,且第二排出阀 33 当再循环已经稳定时逐渐关闭,以便以与上文参照图 2 中的设备所述的完全相似的方式将流量转移至涡轮膨胀器 46。

[0039] 涡轮膨胀器 36 或 46 可基于本来就已公知的结构性构造而为单级型或多级型。图 4 示出了纯粹作为实例给出的单级型涡轮膨胀器 36(或 46)的截面视图。其由定子壳体 44 组成,至少一个分配导管 44A 形成在定子壳体 44 上,适于将从吸入导管 40(或 46A)进入的气体朝向叶轮 48 传送。

[0040] 可预料到的是,存在一个或多个“可调式入口导叶”50 或行话中公知的 IGV,其牢固地附接到定子壳体 44 上,且适于调整在分配导管 44A 中朝向叶轮 48 传送的气体流量。在本发明特别有利的实施例中,可调式入口导叶 50 通过适合的电子控制器件 35,相对于分层阀 24 或第二排出阀 33 以协同方式受到控制。叶轮 48 设定轴 54 用于通过传动组 52 旋转地连接到发电机 38 上。叶轮 48 出口中的气体因此经由扩散导管 56 输送。

[0041] 根据另一个方面,本发明涉及一种包括根据本发明的用于回收能量的系统的气体压缩设备。

[0042] 根据又一个方面,本发明涉及一种在再循环模式期间回收气体压缩设备中的能量的方法,该方法至少包括如下步骤:

[0043] - 至少提供并行连接在压缩机 10 下游的涡轮膨胀器 36 或 46 和分层阀 24 或第二排出阀 33;

[0044] - 根据气体流量和压缩机 10 的工作状态来促动分层阀 24 或第二排出阀 33 和涡轮膨胀器 36 或 46。

[0045] 此外,在回收模式期间,设备的出口由排出阀 21 关闭。

[0046] 有利的是,如下文更为详细地描述的那样,第一排出阀 21 和分层阀 24 或第二排出阀 33 根据可预置的参数受到触发,以避免压缩机 10(图 5)的工作状态 P1 达到极限工作状态 P2。

[0047] 在本发明的有利实施例中,促动阀 24 或 33 的步骤提供了第一子步骤,在其中,阀 24 或 33 逐渐关闭,以便将压头传递至涡轮膨胀器 36 或 46。在该第一子步骤期间,有可能提供逐渐改变涡轮膨胀器 36 或 46 的入口导叶 50 的倾斜,以便控制气体流量。

[0048] 有利的是,上述促动步骤提供了初始子步骤,在其中,分层阀 24 完全开启,以容许气体通过和使再循环系统稳定。

[0049] 作为备选,在初始步骤中,第二排出阀 33 通常可开启,以便容许气体在设备正常工作期间通过。

[0050] 图 5 示意性地示出了普通离心式压缩机的“性能图”,其中,流量 Q 在 X 轴上给出,而压缩比 P_0/P_1 在 Y 轴上给出,由该图获得了特征曲线 V1, V2 和 V3,以及对于给定流体状态为恒定转数的喘振极限线 SLL 和喘振控制线 SCL。

[0051] 应当注意的是,超过极限线 SLL(图 5 中的左侧),压缩机在喘振状态下工作。压缩机 10 的工作状态 P1 因此可安全地变化直到布置在线 SCL 上的工作状态 P2,超过线 SCL(图 5 中的左侧),压缩机 10 便不再安全地工作。再次的是,超过线 SLL(点 P3),压缩机 10 便在喘振状态下工作且可能受到损害。

[0052] 有利的是,如果此类状态接近极限曲线 SCL(点 P2),则电子装置 35 持续检测流体的工作状态 P1 且触发根据本发明的回收系统,以便使该工作状态回到安全值内,从而保护压缩机 10,且同时产生有用功。

[0053] 最后,图 6 示出了本发明的另一实施例,其中,在布置于压缩机 10 的下游和冷却装置 30 的上游的设备部分中安装有涡轮膨胀器 136,该涡轮膨胀器 136 相对于抗喘振阀 24 平行。

[0054] 具体而言,涡轮膨胀器 136 具有与压缩机 10 和冷却装置 30 之间的输送导管 16 成流体连接的入口导管 136A,以及与阀 24 下游的再循环管路 18 成流体连接的出口导管 136B。在出口导管 136B 中,可预料到有另一冷却装置 130 来冷却流体。即使在此情况下,涡轮膨胀器 136 和阀 24 也彼此协作且由电子装置 35 控制,该电子装置 35 用于根据气体流量和压缩机 10 的工作状态来触发它们。

[0055] 在设备正常工作期间,阀 24 关闭且再循环回路 A 未启用。在回收步骤期间,设备下游的第一排出阀 21 关闭出口中的流动,同时阀 24 开启再循环系统 A。一旦再循环已经稳定,则该阀 24 便逐渐关闭,以便将气体流量传递至膨胀器 136。因此,在此情况下,涡轮膨胀器 136 由气体在其由冷却装置 30 冷却之前促动。

[0056] 具体而言,即使在此情况下,电子装置 35 也用于根据借助于传感器 S1, S2 和 S3 测得的流体流量变化,通过开启阀 24 和关闭阀 21 来触发再循环系统 A,其中,传感器 S1, S2 和 S3 布置在压缩机 10 的吸入导管 14 和输送导管 16 上的适合位置上。

[0057] 在再循环模式的初始步骤期间,阀 24 保持开启达所需的时间(通常通过检查利用上述传感器 S1, S2 和 S3 所检测到的压力和流量的变化),以便根据压缩机 10 的工作来稳定气体的再循环。一旦再循环已经稳定,则阀 24 逐渐关闭,以便将负载传递至涡轮膨胀器

136。同时,电子装置 35 借助于液压气动回路 50A 逐渐改变所述涡轮膨胀器 136 的可调式入口导叶 150 的倾斜,以便优化该装置中的气体流量。

[0058] 由于根据本发明的回收系统,故有可能回收高达 70% 的能量,否则,这些能量将在压缩设备的气体再循环系统内损失。由压缩机 10 接收的气体的焓构成的这些能量首先通过涡轮膨胀器 36, 46 或 136 转变成机械能,且之后通过发电机 38 转变成有用的电能。

[0059] 因此,已看到的是,根据本发明的气体压缩设备中的能量回收系统实现了先前明确提出的目的,这在与通常以再循环模式工作的压缩机相结合时特别有效。

[0060] 由此构思出的本发明的气体压缩设备中的能量回收系统在任何情况下都可进行许多修改和改变,所有的这些都由相同的发明构想所涵盖;此外,所有细节均可由技术上等同的元件代替。实际上,所使用的材料以及形状和尺寸,均可为根据技术要求的任何一种。

[0061] 因此,本发明的保护范围由所附权利要求限定。

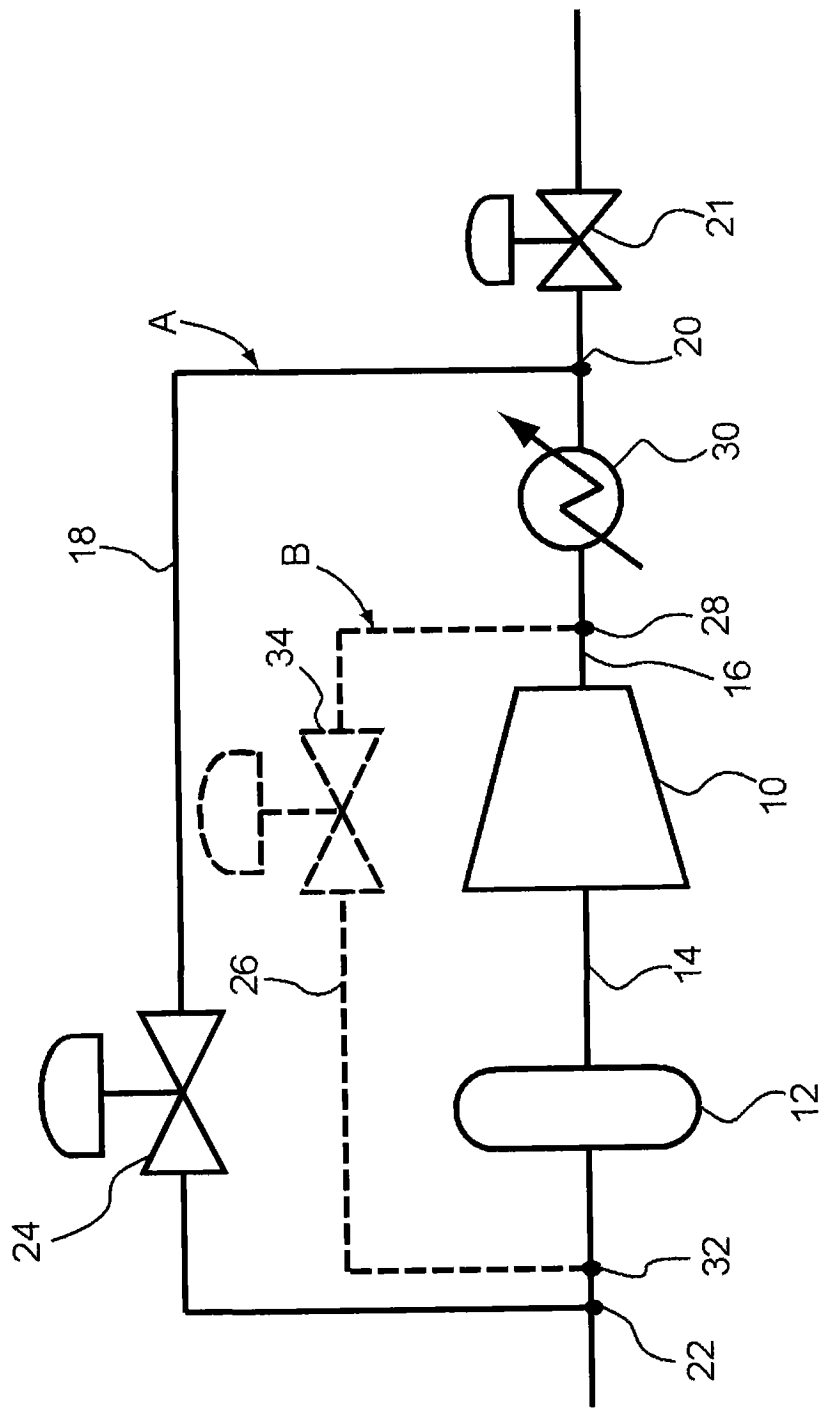


图 1

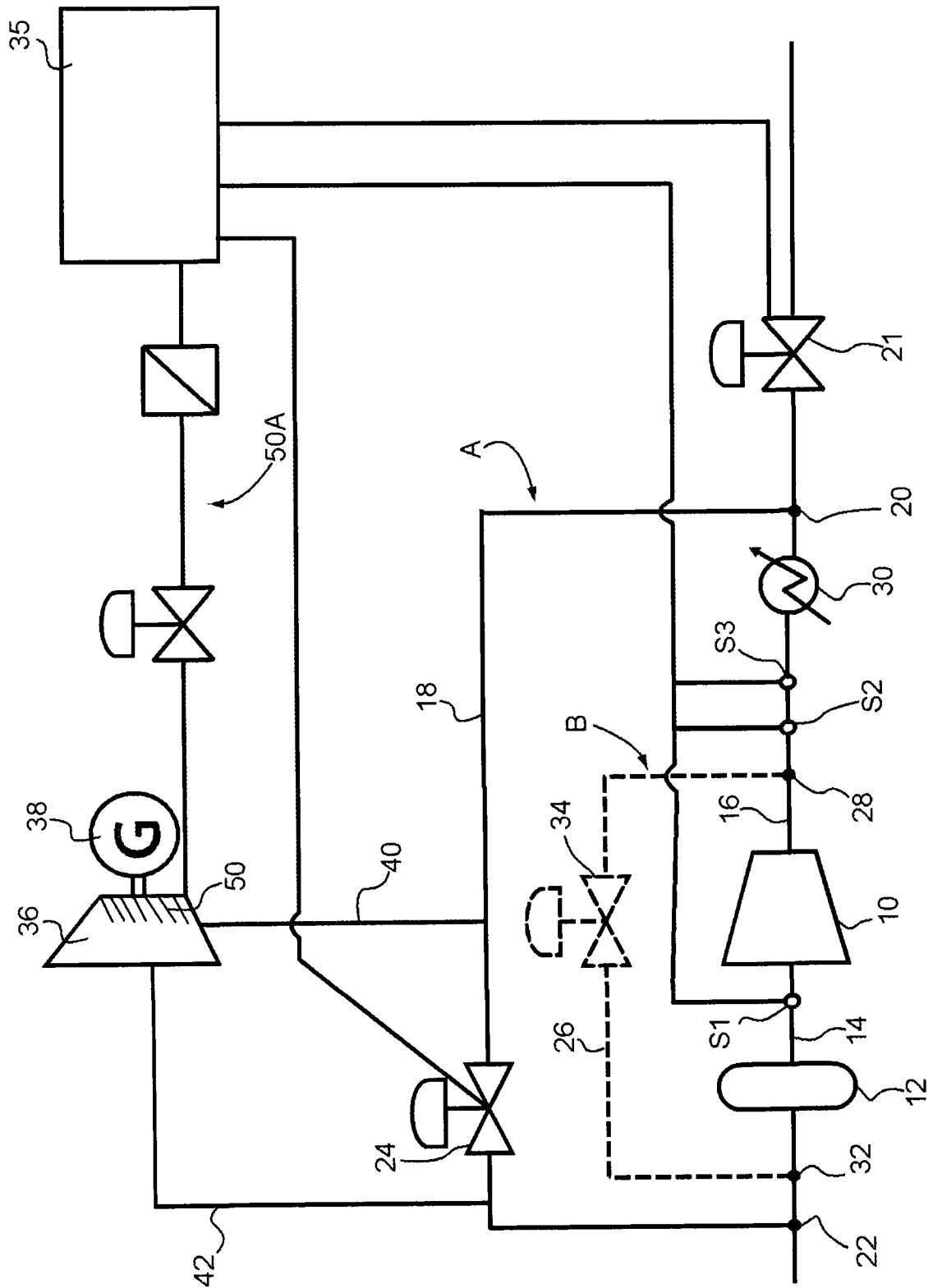


图 2

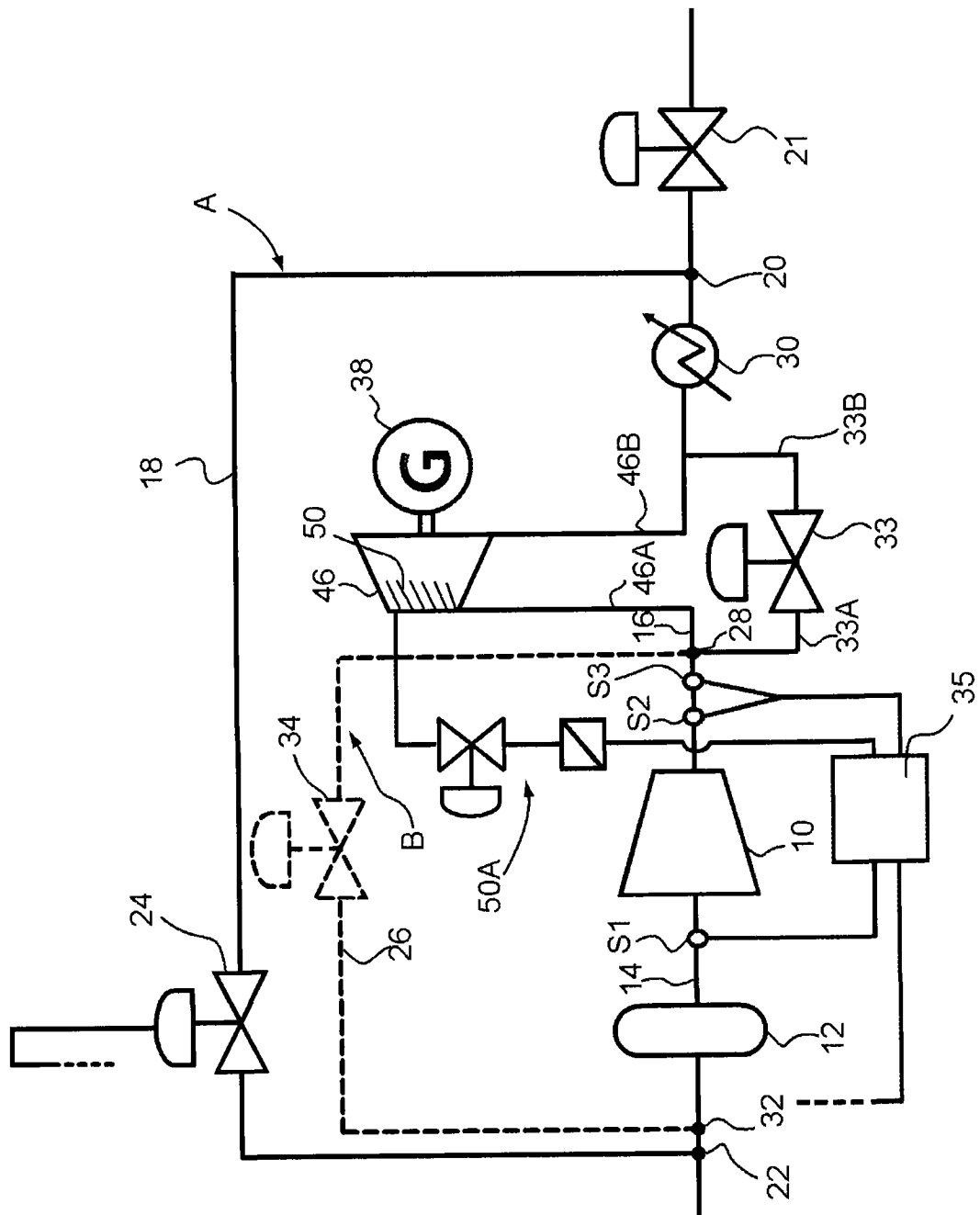


图 3

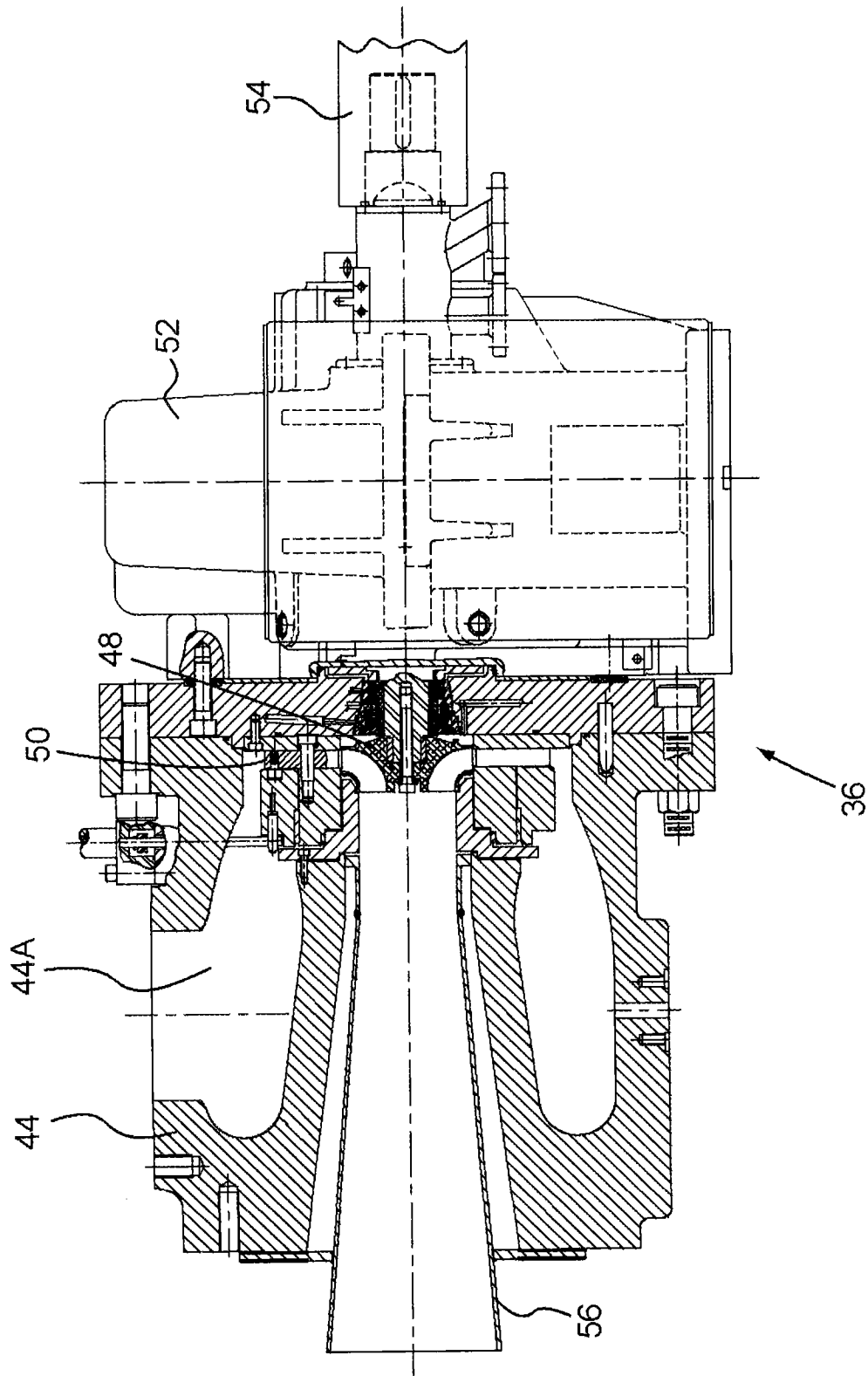


图 4

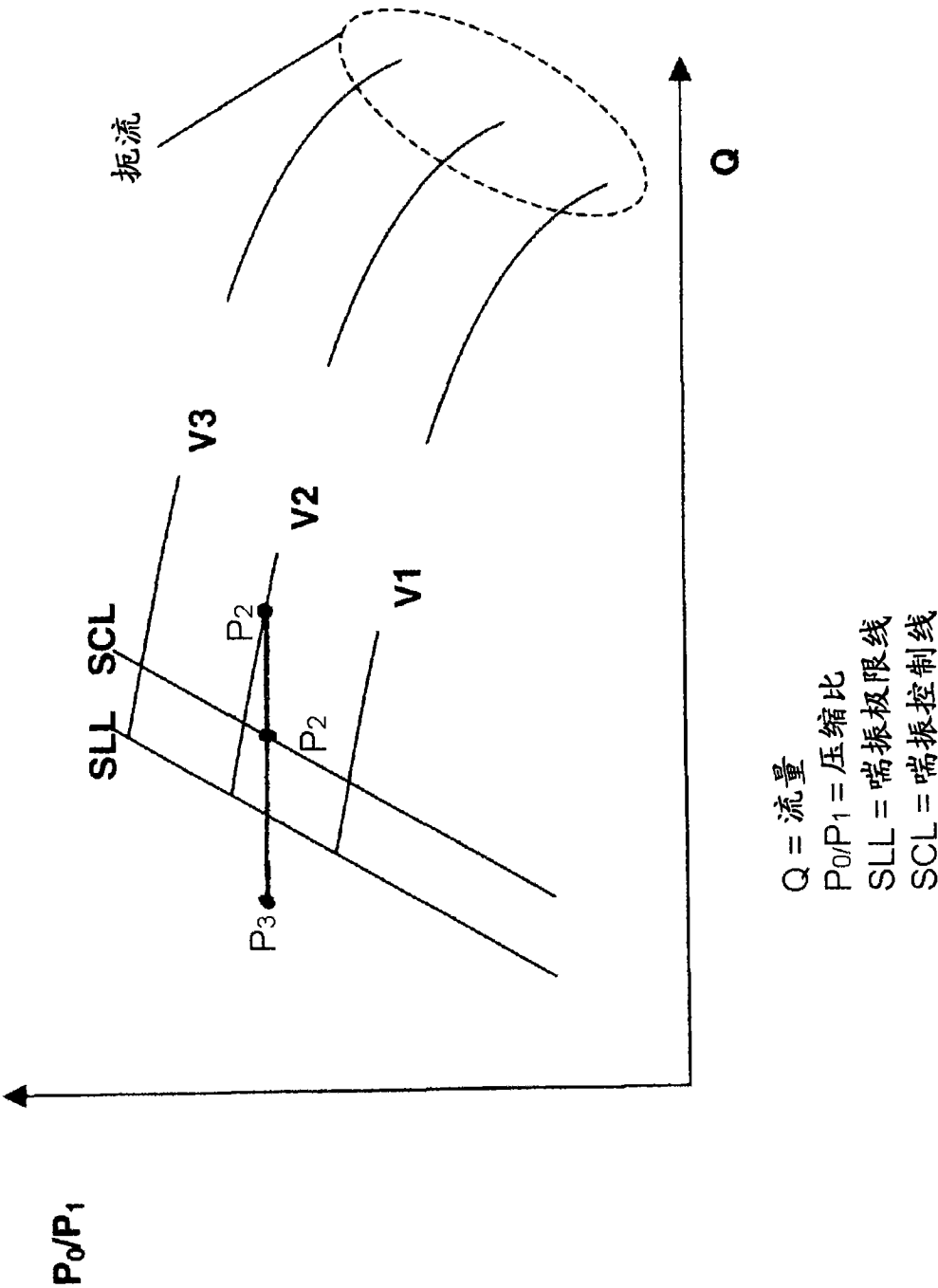


图 5

