



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105019949 B

(45)授权公告日 2018.06.05

(21)申请号 201410389920.7

(22)申请日 2014.08.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105019949 A

(43)申请公布日 2015.11.04

(30)优先权数据

13/963689 2013.08.09 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 P.K.史密斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F01D 5/14(2006.01)

F01D 9/02(2006.01)

F01D 21/00(2006.01)

(56)对比文件

JP 特開2004-11458 A,2004.01.15,

US 6402458 B1,2002.06.11,

JP 特開2004-11458 A,2004.01.15,

EP 1247938 A2,2002.10.09,

CN 103032102 A,2013.04.10,

CN 101050722 A,2007.10.10,

US 6174129 B1,2001.01.16,

US 2002/0048510 A1,2002.04.25,

审查员 彭小熙

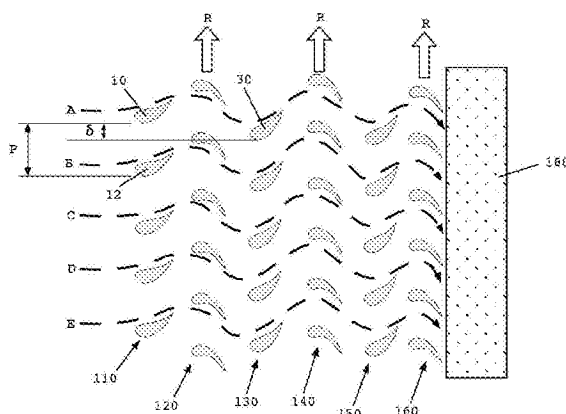
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

涡轮机器翼型件定位

(57)摘要

本发明涉及涡轮机器翼型件定位,以减小进入扩散器的压力变化。所述涡轮机器包括扩散器和多个翼型件排,所述多个翼型件排包括邻近于所述扩散器的第一翼型件排,所述第一翼型件排为从包括固定叶片和旋转叶片的组中选出的第一类型;邻近于所述第一翼型件排的第二翼型件排,所述第二翼型件排为不同于所述第一类型的第二类型;以及邻近于所述第二翼型件排的所述第一类型的第三翼型件排,其中,所述多个翼型件排中的至少一个被相对于所述涡轮机器的另一翼型件排同步,从而在所述涡轮机器的运行状态中降低了在所述扩散器中的邻近于所述第一翼型件排的至少一个展向位置处的气流周向压力变化。



1. 一种涡轮机器,包括:
扩散器;
多个翼型件排,所述多个翼型件排包括:
邻近于所述扩散器的第一翼型件排,所述第一翼型件排为从包括固定叶片和旋转叶片的组中选出的第一类型;
邻近于所述第一翼型件排的第二翼型件排,所述第二翼型件排为不同于所述第一类型的第二类型;以及
邻近于所述第二翼型件排的所述第一类型的第三翼型件排,
其中,所述多个翼型件排中的至少一个被相对于所述涡轮机器的另一翼型件排同步,从而在所述涡轮机器的运行状态中降低了在所述扩散器中的邻近于所述第一翼型件排的至少一个展向位置处的气流周向压力变化。
2. 根据权利要求1所述的涡轮机器,其特征在于,所述涡轮机器从包括涡轮机和压缩机的组中选出。
3. 根据权利要求2所述的涡轮机器,其特征在于,所述涡轮机器为燃气涡轮机。
4. 根据权利要求1所述的涡轮机器,其特征在于,所述多个翼型件排中的所述至少一个被同步于第一相对位置,所述第一相对位置在所述扩散器的表面上的至少一个点处呈现出气流压力的第一变化,所述气流压力的第一变化小于在第二相对位置处呈现出的所述扩散器中的所述至少一个点处的所述气流压力的第二变化。
5. 根据权利要求4所述的涡轮机器,其特征在于,所述第一变化和所述第二变化利用所述涡轮机器的所述多个翼型件排中的所述至少一个与另一翼型件排的相对位置进行计算。
6. 根据权利要求5所述的涡轮机器,其特征在于,所述第一变化和所述第二变化利用计算流体动力学方程进行计算。
7. 根据权利要求6所述的涡轮机器,其特征在于,所述计算流体动力学方程包括纳维-斯托克斯方程。
8. 根据权利要求1所述的涡轮机器,其特征在于,同步的所述多个翼型件排中的所述至少一个包括所述第三翼型件排。
9. 根据权利要求1或8所述的涡轮机器,其特征在于,所述第一翼型件排和所述第三翼型件排为由旋转叶片构成的排,并且所述第二翼型件排为一排固定叶片。
10. 一种减少进入涡轮机器的扩散器的气流压力的变化的方法,所述方法包括:
计算越过所述涡轮机器的至少三个翼型件排的气流,所述至少三个翼型件排包括:
邻近于所述涡轮机器的扩散器的第一翼型件排,所述第一翼型件排为从包括固定叶片和旋转叶片的组中选出的第一类型;
邻近于所述第一翼型件排的第二翼型件排,所述第二翼型件排为不同于所述第一类型的第二类型;和
邻近于所述第二翼型件排的所述第一类型的第三翼型件排;
对所述扩散器的至少一个展向位置处的压力变化进行评估;以及
确定所述压力变化是否处于预定目标范围内;
其中,在所述压力变化不处于所述预定目标范围内的情况下,所述方法还包括:
改变所述至少三个翼型件排中的至少一个的相对同步位置;

对越过所述至少三个翼型件排的气流重新进行计算；

对所述扩散器的所述至少一个展向位置处的所述压力变化重新进行评估；以及
确定重新评估后的所述压力变化是否处于所述预定目标范围内。

11. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，改变所述相对同步位置包括改变除了所述第一翼型件排、所述第二翼型件排或所述第三翼型件排之外的翼型件排的相对同步位置。

12. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，计算所述气流包括使用计算流体动力学方程。

13. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，所述计算流体动力学方程包括纳维-斯托克斯解算方程。

14. 一种减少进入涡轮机器的扩散器的气流压力的变化的方法，所述方法包括：

计算越过所述涡轮机器的至少三个翼型件排的气流；

对所述涡轮机器的扩散器的至少一个展向位置处的第一压力变化进行评估；

改变所述至少三个翼型件排中的至少一个的相对同步位置；

对越过所述至少三个翼型件排的气流重新进行计算；

对所述扩散器的所述至少一个展向位置处的第二压力变化进行评估；

确定所述第二压力变化是否小于所述第一压力变化；以及

在所述第二压力变化小于所述第一压力变化的情况下，利用所述至少三个翼型件排的改变后的相对同步位置来运行所述涡轮机器。

15. 根据权利要求14所述的方法，其特征在于，所述至少三个翼型件排包括：

邻近于所述扩散器的第一翼型件排，所述第一翼型件排为从包括固定叶片和旋转叶片的组中选出的第一类型；

邻近于所述第一翼型件排的第二翼型件排，所述第二翼型件排为不同于所述第一类型的第二类型；和

邻近于所述第二翼型件排的所述第一类型的第三翼型件排。

16. 根据权利要求15所述的方法，其特征在于，改变所述相对同步位置包括改变除了所述第一翼型件排、所述第二翼型件排或所述第三翼型件排之外的翼型件排的相对同步位置。

17. 根据权利要求14所述的方法，其特征在于，计算所述气流包括利用计算流体动力学方程。

18. 根据权利要求17所述的方法，其特征在于，所述计算流体动力学方程包括纳维-斯托克斯解算方程。

涡轮机器翼型件定位

技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮机器领域,具体地涉及一种涡轮机器及降低进入涡轮机器的扩散器的气流压力的变化的方法。

背景技术

[0002] 诸如涡轮机、发动机和压缩机之类的涡轮机器包括多个固定叶片和旋转叶片。这些叶片和叶片通常呈交替叠置的翼型件排的形式设置,这些翼型件排围绕并且沿着该机器的纵向轴线设置,叶片固定至该涡轮机机壳并且叶片固定至连接于轴的盘状件。已经做出了努力以通过使处于一排中的翼型件的相对周向位置指向于或者同步(clocking)于相邻或附近排中的翼型件的周向位置来改进这种涡轮机器的效率。通常,这种改进通过降低叶片尾迹对于旋转叶片的影响来获得。

[0003] 诸如燃气涡轮机之类的某些涡轮机器包括邻近于该涡轮机的末级设置的扩散器。这种扩散器构造成降低废气流的速度,将动能转换成静压升,并且在进入该扩散器的流动中的周向变化降低时更为有效地这么做。已知的涡轮机器和同步方法并不对进入扩散器的流场的周向变化进行处理或考虑。事实上,一些同步方法会增大该周向变化,以便在涡轮机的其它区域中提供功效,例如翼型件中的能效增大或振动和应力降低。

发明内容

[0004] 本发明的实施方式主要涉及涡轮机器,并且更具体地说,涉及涡轮机器翼型件的同步,以减小进入该涡轮机器的扩散器的气流压力变化。

[0005] 在一种实施方式中,本发明提供了一种涡轮机器,该涡轮机器包括:扩散器;多个翼型件排,其包括:邻近于所述扩散器的第一翼型件排,所述第一翼型件排为从包括固定叶片和旋转叶片的组中选出的第一类型;邻近于所述第一翼型件排的第二翼型件排,所述第二翼型件排为不同于所述第一类型的第二类型;以及邻近于所述第二翼型件排的所述第一类型的第三翼型件排,其中,所述多个翼型件排中的至少一个被相对于所述涡轮机器的另一翼型件排同步,从而在所述涡轮机器的运行状态中降低了在所述扩散器中的邻近于所述第一翼型件排的至少一个展向位置处的气流周向压力变化。

[0006] 在另一实施方式中,本发明提供了一种降低进入涡轮机器的扩散器的气流压力的变化的方法,所述方法包括:计算越过所述涡轮机器的至少三个翼型件排的气流,所述至少三个翼型件排包括:邻近于所述涡轮机器的扩散器的第一翼型件排,所述第一翼型件排为从包括固定叶片和旋转叶片的组中选出的第一类型;邻近于所述第一翼型件排的第二翼型件排,所述第二翼型件排为不同于所述第一类型的第二类型;和邻近于所述第二翼型件排的所述第一类型的第三翼型件排;对所述扩散器的至少一个展向位置(spanwise location)处的压力变化进行评估;以及确定所述压力变化是否处于预定目标范围内。

[0007] 在再一实施方式中,本发明提供了一种降低进入涡轮机器的扩散器的气流压力的变化的方法,所述方法包括:计算越过所述涡轮机器的至少三个翼型件排的气流;对所述涡轮

轮机器的扩散器的至少一个展向位置处的第一压力变化进行评估;改变所述至少三个翼型件排中的至少一个的相对同步位置;对越过所述至少三个翼型件排的气流重新进行计算;对所述扩散器的所述至少一个展向位置处的第二压力变化进行评估;确定所述第二压力变化是否小于所述第一压力变化;以及在所述第二压力变化小于所述第一压力变化的情况下,利用所述至少一个翼型件排的改变后的相对同步位置来运行所述涡轮机器。

附图说明

[0008] 将通过在下面结合附图对本发明的多个方面进行的详细说明而更为容易地理解本发明的实施方式的这些和其它特征,附图描绘了本发明的多种实施方式,在附图中:

[0009] 图1示出了涡轮机器的翼型件和扩散器的示意图。

[0010] 图2示出了扩散器的在与最为接近该扩散器的翼型件排相邻的位置处的横截面形状的示意图。

[0011] 图3是越过扩散器的径向翼展测量到的压力的图形表示。

[0012] 图4示出了根据本发明的实施方式的方法的流程图。

[0013] 图5是根据本发明的实施方式的在翼型件同步之前或之后扩散器的表面处的压力变化的图形表示。

[0014] 所注意到的是,视图并非按照比例绘制并且意在仅描绘了本发明的典型方面。因此,视图不应被视为限制了本发明的范围。在视图中,相同的附图标记在视图中表示相同的元件。

具体实施方式

[0015] 图1是如可例如在燃气轮机中见到的邻近的翼型件排110、120、130、140、150、160。排160是涡轮机的最后一个(即,最下游的或者末端的)翼型件排,并且邻近于扩散器180安置。排110、130和150示出了固定叶片。排120、140和160示出了在运行中沿方向R旋转的叶片。如所属领域技术人员将会明白的那样,在本发明的其它实施方式中,排110、130和150可包括叶片并且排120、140和160可包括叶片。

[0016] 类似地,所属领域技术人员将会明白在下文中将被分别称之为第一排、第二排、第三排、第四排、第五排和第六排的排110、120、130、140、150和160意欲描述排的相对排序。即,根据本发明的多种实施方式的涡轮机或其它涡轮机器可包括多于六个图1中所示的翼型件排,并且根据本发明的多种实施方式的方法适用于具有多于六个或少于六个翼型件排的涡轮机器。如将在下文中更为详细地描述的那样,根据本发明的方法适用于具有扩散器和三排或多排翼型件的涡轮机或其它涡轮机器。

[0017] 图1中所示的翼型件及其形状仅是说明性的并且不应被视为限制本发明的范围。根据本发明的实施方式的方法以及根据本发明的实施方式构建或构造的涡轮机器可包括具有任意数量、形状和尺寸的翼型件。

[0018] 翼型件的桨距可被描述成在同一排翼型件中的相邻翼型件的对应特征之间的周向距离。例如,如图1中所示,桨距P是叶片10与叶片12的高曲率点之间的距离。当然,可使用其它特征来限定桨距P。例如,可从相邻叶片的前缘至前缘来测量该桨距P,这会在圆柱形流动路径中得到与从后缘到后缘的距离相同的距离。

[0019] 如可在图1中所见,第一排110同步于排130,叶片30相对于叶片10偏移距离 δ 。例如,距离 δ 可被表示成桨距P的函数,例如,0.1、0.2、0.3倍等。如图1中所示,距离 δ 可例如为桨距P的0.3倍。

[0020] 所属领域技术人员将明白的是,已同步的翼型件排将通常具有大致相同的桨距,但是一排中的翼型件相对于它所同步的排中的对应翼型件偏移在适当位置中。图1还示出了通过排110、120、130、140、150和160流至扩散器180的多个流体流A、B、C、D和E。

[0021] 图2是邻近于第四排140(图1)的扩散器180的横截面的示意图。流体流越过翼展S进入扩散器180,从而从内部圆周C₁—0%翼展—延伸至外部圆周C₂—100%翼展。流到扩散器180中的压力流的周向变化降低了整个机器的效率。

[0022] 图3示出了越过典型涡轮机的扩散器的翼展测量到的压力的曲线图。从0%翼展至100%翼展测量到的最小压力182显著地小于最大压力186。如所料想的那样,平均压力184介于最小压力182与最大压力186之间。用于减小最小压力182与最大压力186之间的差异所采取的任何步骤将提高扩散器的效率和整个涡轮机器的效率。

[0023] 尽管已经采用已知的同步技术来解决引起效率低下或应变的其它原因,例如叶片尾迹对于旋转叶片的影响,但这种技术通常集中在最为远离扩散器定位的“上游”翼型件排。申请人已经发现了末级翼型件,较为靠近扩散器的翼型件,的同步会显著地降低进入扩散器的流场(flow field)的变化,从而提高扩散器性能和气动稳健性。在本发明的一些实施方式中,这种末级翼型件(late stage airfoils)的同步包括使得最为接近扩散器的三个相邻翼型件排中的至少两个同步。

[0024] 例如,再次参照图1,在本发明的一个实施方式中,第三排130和第五排150可彼此同步。在本发明的另一实施方式中,第二排120和第四排140同样可彼此同步。所属领域技术人员将了解到的是,翼型件排的同步可相对于成对的或成组的固定叶片排来实施以及相对于成对的或成组的旋转叶片排来实施。

[0025] 图4示出了根据本发明的实施方式的一种使翼型件同步(clocking airfoils)以减小扩散器入流中的变化的方法的流程图。在S1处,计算越过最为接近该扩散器的至少三个翼型件排的气流。如上所述,所述至少三个翼型件排可包括一对固定叶片排和居间的旋转叶片排或一对旋转叶片排和干涉的(intervening)固定叶片排。例如,再次参照图1,在S1处计算气流所越过的所述至少三个翼型件排包括排140、150和160。

[0026] 对于越过涡轮机器翼型件的气流的计算通常依赖于关于模型湍流的计算流体动力学(CFD)。在本发明的一些实施方式中,这可包括利用纳维-斯托克斯(Navier-Stokes)解算方程或雷诺平均纳维-斯托克斯(Reynolds-averaged Navier-Stokes)解算方程(用于粘性导热流体的基本控制方程)。出于许多原因,还可使用其它解算方程,如所属领域技术人员将会明白的那样。

[0027] 纳维-斯托克斯解算方程是一组微分方程,包括用于质量守恒的连续性方程、动量守恒方程、和能量守恒方程。这些方程利用空间和时间变量(spatial and temporal variables)以及压力、温度和密度变量。当然,所属领域技术人员将明白的是,可使用其它CFD方程和技术。明确地说,应该注意的是,可使用其它解算方程并且其它CFD方程、技术或解算方程被确定成处于本发明的范围内。

[0028] 返回图4,在S2处,利用在S1处计算出的流动,在所感兴趣的一个或多个翼展位置

对扩散器处的压力变化进行评估。在一些实施方式中,可在越过扩散器的从0%翼展(处于其内部圆周处——图2中的C₁)至100%翼展(处于其外部圆周处——图2中的C₂)的整个翼展的典型位置处对压力变化进行评估。在其它实施方式中,可在单个位置处、即在0%翼展(span)处对压力变化进行评估。

[0029] 如将在下文中进行讨论的那样,所属领域技术人员将认识到,通常,将不会完全消除扩散器处的压力变化。因而,通常将会在扩散器处存在一定程度的压力变化,所述一定程度的压力变化对于特定的涡轮机器而言将会是可接受的。例如,这可以是相对于平均压力的百分比偏差(percentage deviation)。因此,根据本发明的实施方式的同步翼型件将通常设法将压力变化降低至等于或小于这种目标压力变化的程度。

[0030] 在S3处,改变相似类型的至少一个上游翼型件排的相对同步位置(例如,在邻近该扩散器的翼型件排是叶片排的情况下,改变上游叶片排的相对同步位置)。例如,返回图1,在S3处改变同步可包括作为桨距P的函数来改变叶片排140相对于叶片排160的同步。

[0031] 在本发明的其它实施方式中,在S3处改变同步可包括改变排130相对于排150的同步。所属领域技术人员将在执行S3时认识到对于上游翼型件排的相对位置的其它改变。

[0032] 在任何情况下,在S4处,利用改变后的同步位置重新计算流动,并且在S5处对压力变化重新进行评估。

[0033] 在S6处,确定S5处的压力变化是否处于目标压力变化(例如,测量到的平均压力的5%)范围内。如果是(即,S6处的是),可在S7处将改变后的同步位置用在涡轮机器的运行中。如果不是(即,S6处的否),可重复循环S3至S6,直到S5处的压力变化在S6处被发现处于目标压力变化范围内为止。

[0034] S6处的目标压力变化可以是绝对值(例如,单位为磅/英寸²的变化量)、压力变化相对于S2处的压力变化的减少量(例如,降低了1%、2%、3%等),或者是小于S2处的压力变化的任何压力变化值。

[0035] 图5示出了根据本发明的实施方式在同步之前190和同步之后192的作为同步位置(桨距)的函数的压力变化(测量得的压力/平均压力)曲线比较。在同步之前190和同步之后192应该被理解成意指在根据本发明的实施方式进行的同步之前和之后,而非必须处于涡轮机器的翼型件的任何同步之前和之后。即,在涡轮机器的翼型件已经出于除了降低扩散器处的气流变化之外的目的而以其它方式被同步之后,本发明的实施方式可用于使最为靠近扩散器180的排中的翼型件同步。如上所述,这些其它目的通常包括使最为远离扩散器的“上游”翼型件排同步。照这样,根据本发明的实施方式的同步方法可与现有技术中已知的其它同步方法结合使用。

[0036] 参照图5,如可见,在同步之前,压力变化被计算为A%,但是通过利用根据本发明的同步方法可降低大致B%。

[0037] 本说明书中所使用的术语仅出于描述具体实施方式的目的,而非意在限制本公开内容。如本文中所使用的那样,单数形式“一个”、“一种”、和“该”意在同样包括复数形式,除非上下文中另有明确说明。将进一步了解到的是,在用在说明书中时,术语“包括”和/或“包含”指定了存在所述特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件,但并不排除一个或多个其它特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件和/或它们的组的存在或添加。

[0038] 本说明书使用示例来公开包括最佳模式的本发明,并且也用于使得所属领域技术

人员能够实施本发明,包括制作和使用任何装置或系统并且执行任何相关或所结合的方法。本发明的可专利的范围由权利要求限定,并且可包括所属领域技术人员所能够想到的其它示例。如果这种其它示例具有并非不同于权利要求的文字语言的结构元件,或者如果这种其它示例包括与权利要求的文中语言具有非实质性差异的等效结构元件,则这种其他示例意在处于权利要求的范围内。

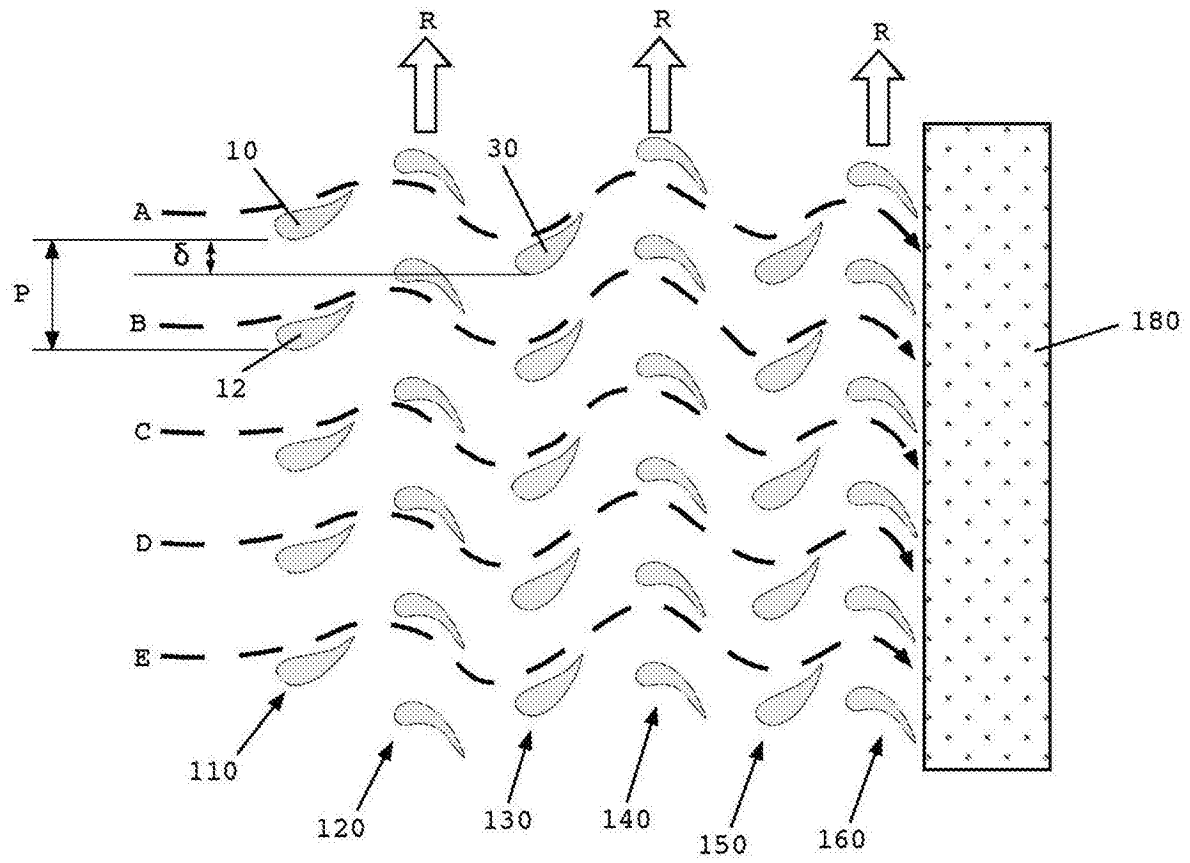


图1

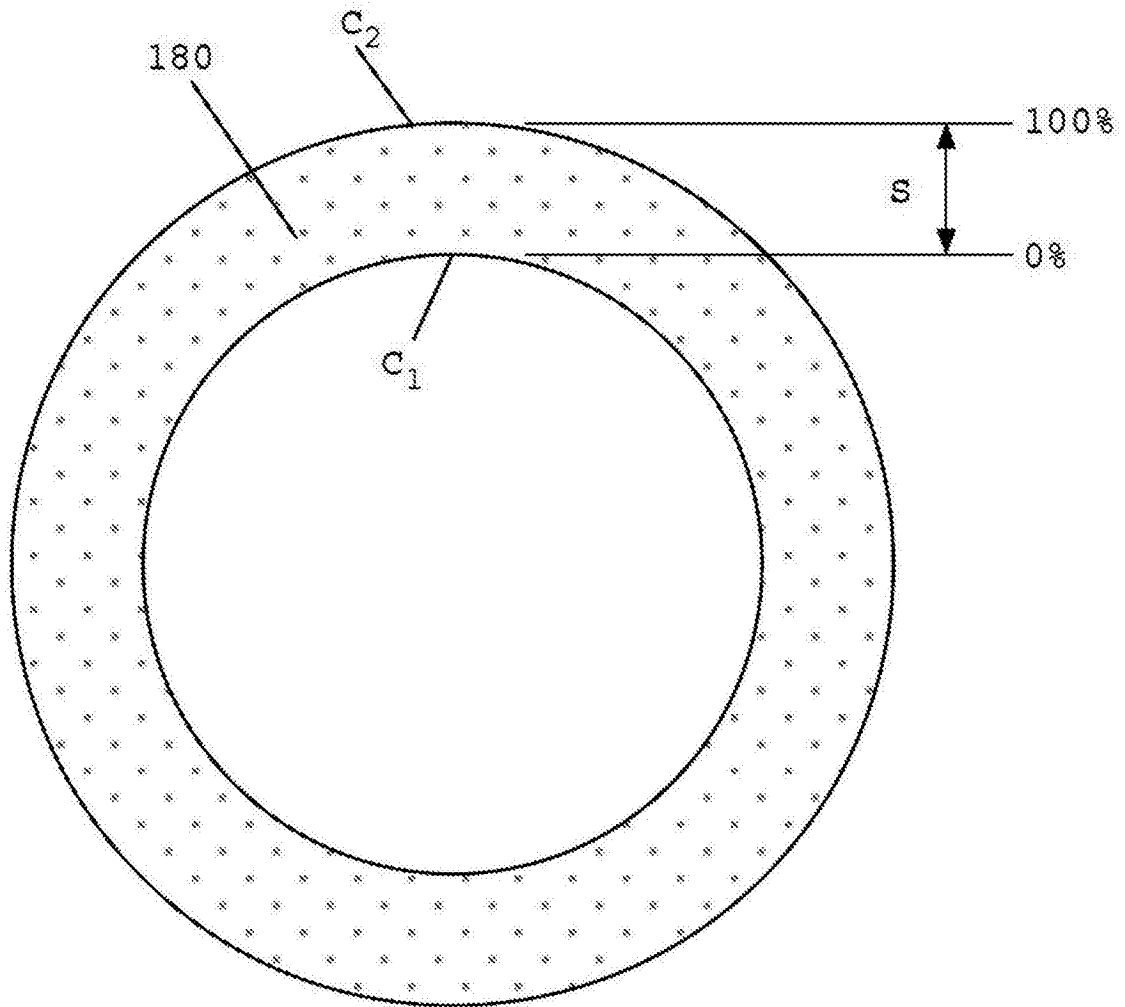


图2

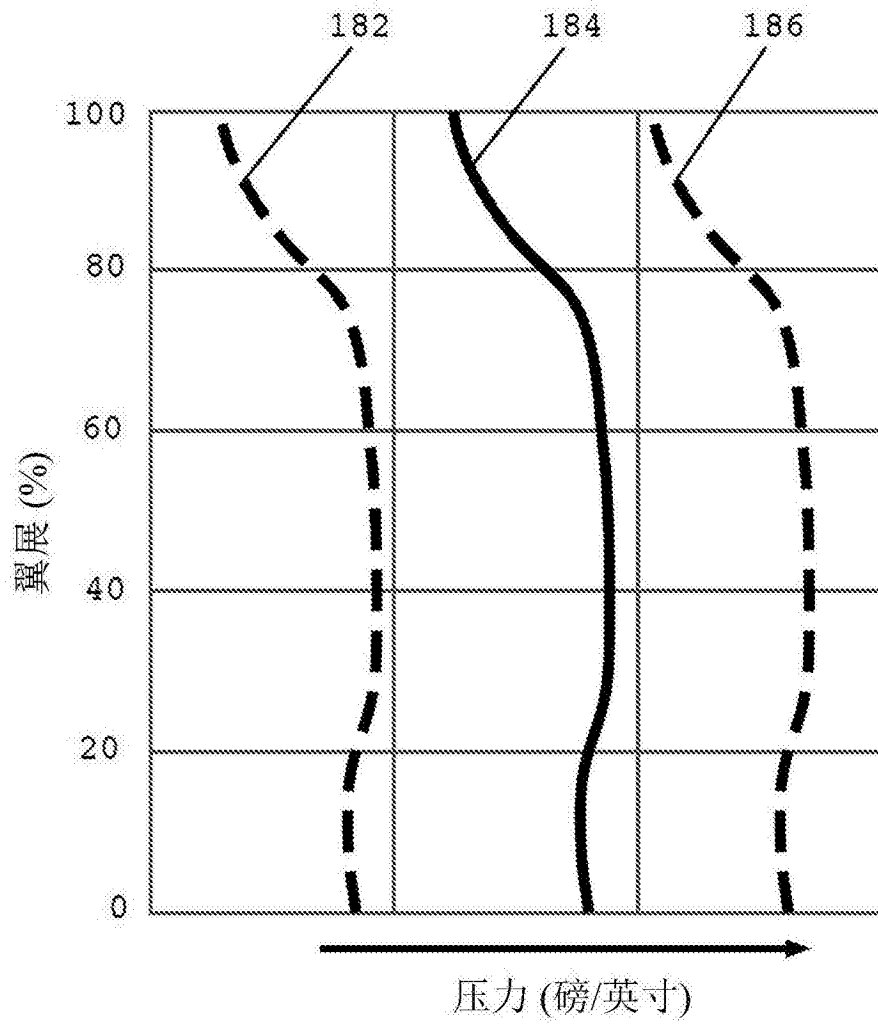


图3

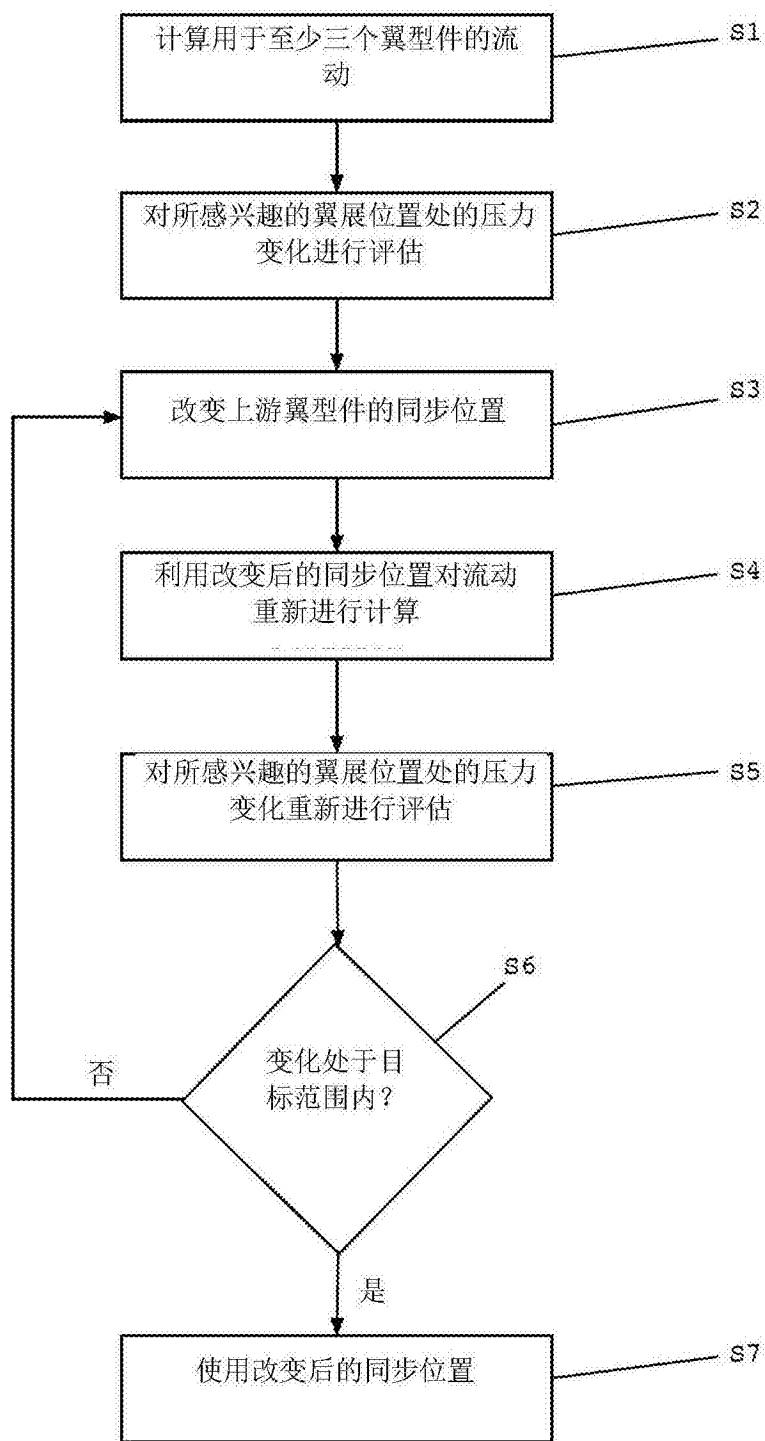


图4

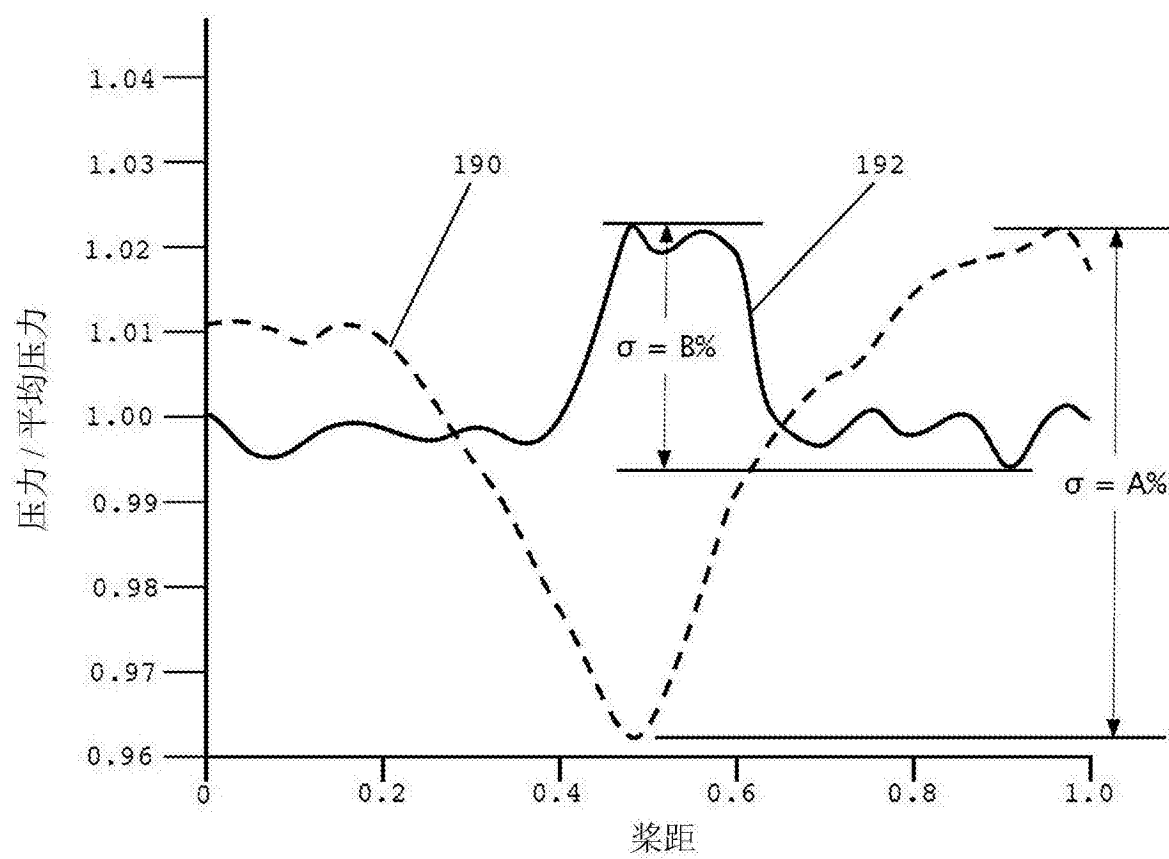


图5