



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108374792 B

(45)授权公告日 2019.09.20

(21)申请号 201810034650.6

F04D 29/42(2006.01)

(22)申请日 2018.01.12

F04D 29/44(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 郑兴兴

申请公布号 CN 108374792 A

(43)申请公布日 2018.08.07

(73)专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

专利权人 株式会社IHI

(72)发明人 郑新前 孙振中 邹望之

川久保知己 玉木秀明 王宝潼

(74)专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理

有限公司 11250

代理人 张建纲

(51)Int.Cl.

F04D 17/10(2006.01)

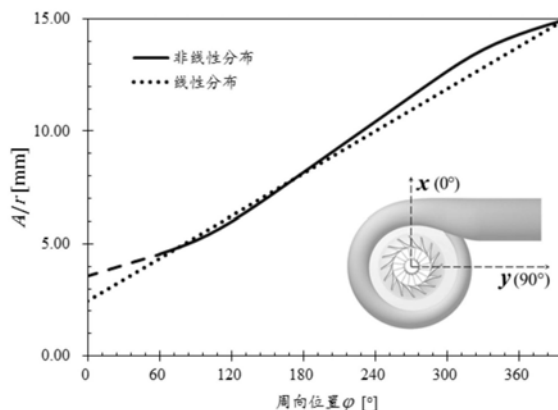
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机

(57)摘要

本发明涉及一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机,属于叶轮机技术领域。本发明的离心压气机包括机壳、离心叶轮、背盘和扩压器。本发明中的蜗壳流道截面的面积半径比(A/r)在周向上是非线性分布的,且在蜗舌附近区域蜗壳流道截面 A/r 的增长速率低于在其他周向位置的增长速率。本发明能够抑制离心压气机内部的流场畸变,有效降低流场掺混损失,同时有效降低流场的非均匀性,从而大幅度改善离心压气机的气动性能和流动稳定性。



1. 一种离心压气机,包括机壳、离心叶轮、背盘和扩压器;扩压器外端连接由蜗壳限定的蜗壳流道,所述蜗壳为机壳的外端部分,蜗壳流道进口和环状流道出口相通,其特征在于:所述蜗壳流道截面的面积半径比 (A/r) 在周向上非线性变化,具体为:

$$\left(\frac{A}{r}\right)_{\varphi} = \left(\frac{A}{r}\right)_{Th} + \int_{\varphi_{Th}}^{\varphi} k \cdot d\theta$$

其中, φ 为周向位置, $\left(\frac{A}{r}\right)_{Th}$ 为蜗壳喉口处流道截面的面积半径比,通过部件匹配条件确定, φ_{Th} 表示蜗壳喉口所在的周向位置, k 为所述蜗壳流道截面的面积半径比 (A/r) 在周向上的修正增长速率, $k = \varepsilon \cdot k_{linear} + \delta k$, ε 为形状修正因子,取决于蜗壳进口位置静压周向分布,在不同周向位置取值可以不同,取值范围为 $0 < \varepsilon \leq 5$, 静压沿着叶轮旋转方向减小的周向位置 $\varepsilon > 1$, 而在静压沿着叶轮旋转方向增加的周向位置时 $\varepsilon < 1$, 静压周向分布则可通过工程测量或者数值模拟得到, k_{linear} 为所述蜗壳流道截面的面积半径比 (A/r) 在周向上的理论增长速率,通过理论计算得到, δk 为修正参数,在不同周向位置取值可以不同,取值范围为 $-0.5 \cdot k_{linear} < \delta k < 0.5 \cdot k_{linear}$ 。

一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机,属于叶轮机械技术领域。

背景技术

[0002] 本发明所涉及的一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机,涉及车用、船用、航空用等各种用途增压器的离心压气机,以及鼓风机等采用的离心压气机。

[0003] 相比于已有的往复式活塞压气机,离心压气机等叶轮式压气机具有效率高、体积重量轻、运转平稳等优势。然而,离心压气机运行工况范围有限,尤其是在小流量等非设计工况下,由于蜗壳几何的周向非对称性和蜗舌结构的影响,使得离心压气机内部形成畸变,流场呈现极强的周向非对称性,诱发离心压气机内部过早的出现不稳定流动,造成失速甚至喘振,将直接导致离心压气机压比和效率下降,缩短离心压气机寿命甚至在短时间内损坏离心压气机。

[0004] 蜗壳是离心压气机重要的组成部分,主要起收集压缩气体的作用,同时由于其通流截面积在周向上以一定的规律增加,其在非设计工况下也起一定的降压(大流量)或扩压(小流量)作用。蜗壳是一个以特定半径为进口,沿周向方向流道截面的面积半径比(A/r)不断增加的通道。传统的蜗壳流道截面的面积半径比(A/r)的分布规律通过离心压气机设计工况点确定,在假定进入蜗壳内部的流体参数周向均匀的前提下保证流体压力在理论上保持周向恒定,实现在收集气体的同时不引入周向流场畸变的效果。由于假定从任何周向位置上进入蜗壳的气流参数相同(周向均匀假设),传统的蜗壳流道截面面积半径比(A/r)在周向上是线性分布的。而实际上,在蜗舌结构的影响下,进入蜗壳的气流在周向上是不同的,尤其是在蜗舌附近区域气流参数(如静压)会产生剧烈变化。在此真实流动条件下,蜗壳流道截面面积半径比(A/r)线性分布的蜗壳往往会增益流场的不均匀性,带来严峻的流动稳定性问题,诱导离心压气机过早出现不稳定扰动甚至是喘振的发生。

发明内容

[0005] 本发明目的是提出一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机,对已有的离心压气机的蜗壳流道进行改进,在保证结构不发生大的改变的前提下,抑制离心压气机内部流场畸变,尤其是蜗舌附近流场的畸变,改善离心压气机内部的流动稳定性,拓宽离心压气机的稳定工作范围。

[0006] 本发明提出的一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机,包括机壳、离心叶轮、背盘和扩压器;所述的离心叶轮和扩压器同轴安装,离心叶轮由离心压气机旋转轴驱动,所述的机壳与背盘相对固定,在机壳外端和离心叶轮外缘之间的径向范围内,机壳和背盘形成环状流道,构成扩压器,在扩压器部分可以安装导流叶片,也可以不安装叶片,所述环状流道外端连接由蜗壳限定的蜗壳流道,所述蜗壳为机壳的外端部分,蜗壳流道进口和环状流道出口相通,其特征在于:所述蜗壳流道截面的面积半径比(A/r)在周向上非线性

变化,具体体现为:在蜗舌附近区域(以蜗舌为中心,周向 $90^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 覆盖的区域),蜗壳流道截面面积半径比(A/r)的增长速率小于在其他周向位置的增长速率。

[0007] 本发明提出的一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机,其优点是:本发明所涉及的离心压气机,由于所采用蜗壳流道截面的面积半径比(A/r)在蜗舌附近区域的增长速率小于在其他周向位置的增长速率,能够抑制由于蜗舌结构所造成的流场畸变,有效降低流场掺混损失以及降低离心压气机内部流场的非均匀性,从而推迟流动不稳定的发生,缓解由于流场畸变过大所导致的周向局部率先发生流动失稳而诱发压气机整体喘振,极大改善离心压气机的气动性能和流动稳定性。同时,由于只涉及到蜗壳流道的局部微调,对机壳等主要结构没有改变,故不会在生产加工过程中产生额外的代价。

附图说明

[0008] 图1是本发明提出的一种采用蜗壳流道截面 A/r 非线性分布的离心压气机的剖视图。

[0009] 图2是图1所示的离心压气机中蜗壳流道截面示意图。

[0010] 图3是图1所示的离心压气机正向视图及周向角度定义示意图。

[0011] 图4是本发明一个实施例中形状修正因子 ε 沿周向位置 φ 的分布。

[0012] 图5是本发明一个实施例中蜗壳流道截面 A/r 的修正增长速率 k 沿周向位置 φ 的分布。

[0013] 图6是本发明一个实施例中蜗壳流道截面 A/r 沿周向位置 φ 的分布。

[0014] 图1、图2和图3中,1是离心压气机进口,2是离心叶轮,3是扩压器,4是背盘,5是蜗壳流道,6是机壳,7是蜗舌,8是蜗壳出口流道,9是蜗壳流道进口,10是蜗壳流道截面。

具体实施方式

[0015] 以下结合附图,对本发明内容作详细说明:

[0016] 本发明提出的一种采用流道截面 A/r 非线性分布蜗壳的离心压气机,其结构如图1所示,包括机壳6、离心叶轮2、背盘4和扩压器3。离心叶轮2和扩压器3同轴安装,离心叶轮2在轴的驱动下旋转。机壳6与背盘4相对固定,机壳6的外端形成蜗壳流道5。如图2中所示,蜗壳流道截面10在周向上沿着叶轮旋转方向不断增加,本质上是蜗壳流道截面面积半径比(A/r)在叶轮旋转方向上不断增加。其中蜗壳流道截面的面积半径比(A/r)定义为:

$$[0017] \quad \frac{A}{r} = \iint_S R^{-1} \cdot dS$$

[0018] 其中, R 表示径向位置,即为和旋转轴中心的距离, S 为蜗壳流道截面面积。根据本发明的离心压气机,其蜗壳流道截面的面积半径比(A/r)在周向上是非线性分布的,其特征为靠近蜗舌7区域内蜗壳流道截面的面积半径比(A/r)增长速率低于其他周向位置。周向位置的定义如图3所示,以旋转轴为坐标原点,定义 x 方向为垂直于蜗壳出口流道8的方向,则 0° 周向位置即为 x 轴正向所对应的位置,沿着叶轮旋转方向旋转一周对应 360° 。图3中所示蜗舌位于大约 60° 位置附近。相比与其他离心压气机蜗壳流道截面设计(一般 A/r 沿周向线性分布),本发明中的离心压气机的蜗壳流道设计能够有效抑制蜗舌7所引起的流场畸变,降低流场掺混损失和流场不均匀度,有效提高离心压气机的气动性能和流动稳定性;同时

本发明不涉及离心压气机主要的结构改变,设计简单且不会增加额外生产制造成本。

[0019] 通过本发明的一个实施例来叙述蜗壳流道截面A/r周向分布的确定方法,过程如下:

[0020] 1) 基于流场周向均匀假设,根据离心压气机设计参数,通过数学推导获得蜗壳流道截面面积半径比(A/r)在周向上的增长速率 k_{linear} (即传统的蜗壳流道截面面积半径比(A/r)线性分布设计所对应的增长速率),并根据部件匹配条件确定蜗壳流道喉口位置处的A/r。本发明的一个实施例中增长速率 k_{linear} 和蜗壳流道喉口位置处A/r的取值分别为 $k_{\text{linear}} = 0.0314 [\text{mm}/^\circ]$ 和 $\left(\frac{A}{r}\right)_{Th} = 15.00 [\text{mm}]$,其中喉口对应的周向位置为 $\varphi_{Th} = 400^\circ (40^\circ)$;

[0021] 2) 确定形状修正因子 ε 在不同周向位置的取值。其中 ε 取值范围为 $0 < \varepsilon \leq 5$,且要求在靠近蜗舌附近的周向位置时 $\varepsilon < 1$ 而在远离蜗舌的周向位置时 $\varepsilon > 1$ 。本发明的一个实施例中蜗舌位置在 60° 位置处,形状修正因子 ε 在周向上的分布如图4所示。

[0022] 3) 根据公式 $k = \varepsilon \cdot k_{\text{linear}} + \delta k$ 确定蜗壳流道截面面积半径比(A/r)在各个周向位置的修正增长速率k,其中 δk 为修正参数,在不同周向位置取值可以不同,取值范围为 $-0.5 \cdot k_{\text{linear}} < \delta k < 0.5 \cdot k_{\text{linear}}$ 。本发明的一个实施例中在所有周向位置均取 $\delta k = 0$,所得到的修正增长速率k在周向上的分布如图5所示;

[0023] 4) 根据公式 $\left(\frac{A}{r}\right)_\varphi = \left(\frac{A}{r}\right)_{Th} + \int_{\varphi_{Th}}^\varphi k \cdot d\theta$ 确定各周向位置 φ 的A/r,从而得到蜗壳流道

截面A/r在周向上的分布规律。本发明的一个实施例中所确定的蜗壳流道截面A/r在周向上的分布如图6所示(注: $0 \sim 60^\circ$ 范围内蜗壳流道5和蜗壳出口流道8相贯形成蜗舌,实际上此段蜗壳流道包含于蜗壳出口流道中,故图中此段用虚线表示)。由2)、3)中对相关参数的限定,使得所得到的蜗壳流道截面面积半径比(A/r)在周向上是非线性分布的,且在蜗舌附近区域面积半径比(A/r)增长速率低于其他周向位置。

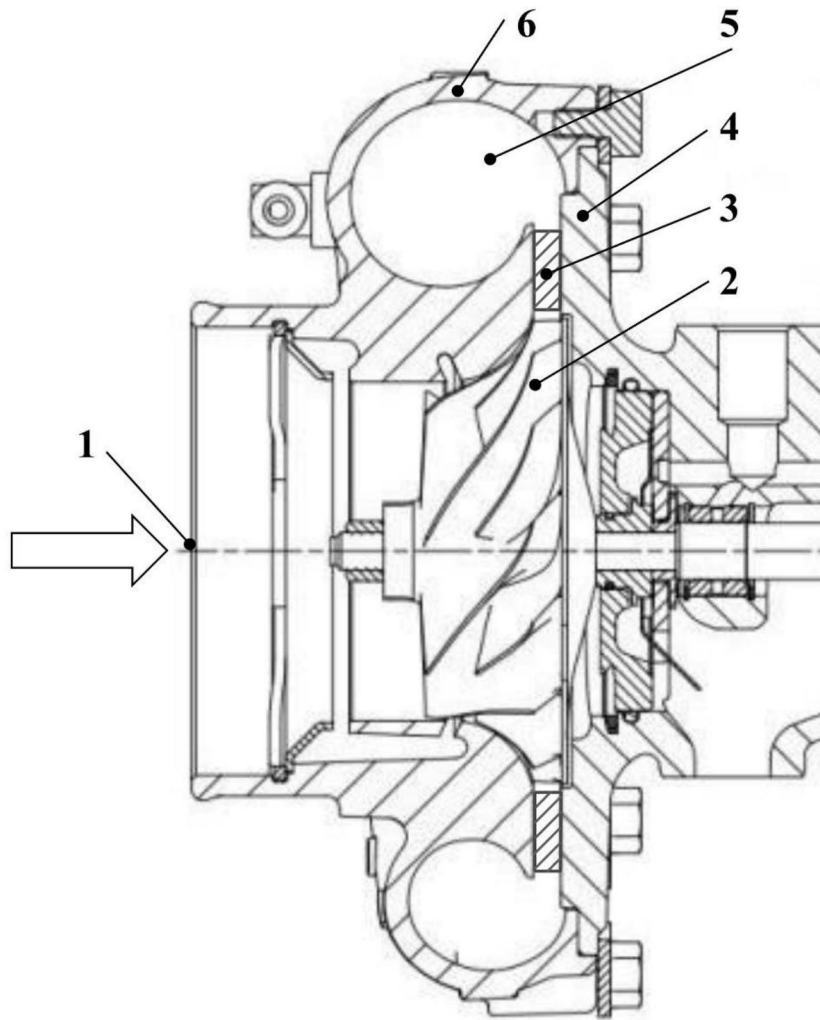


图1

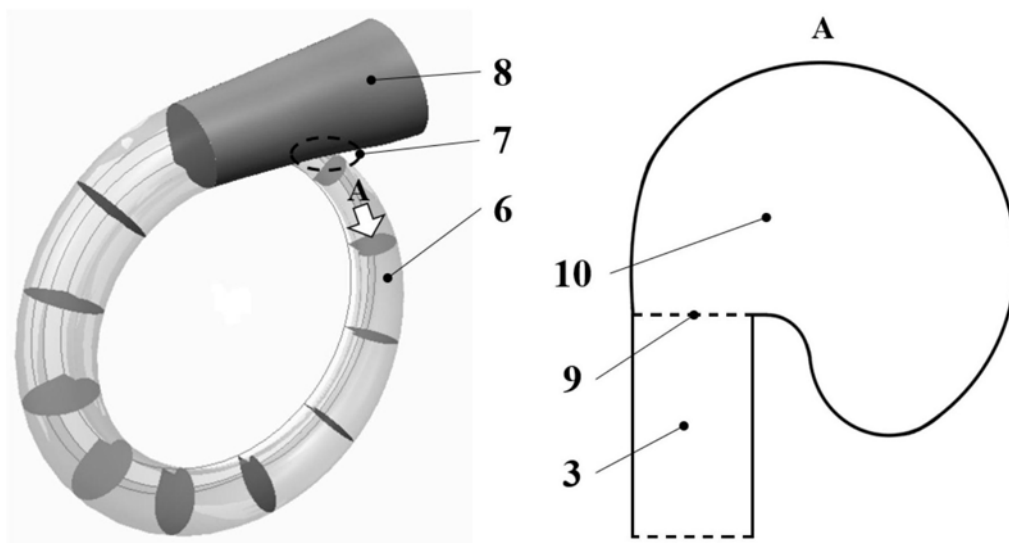


图2

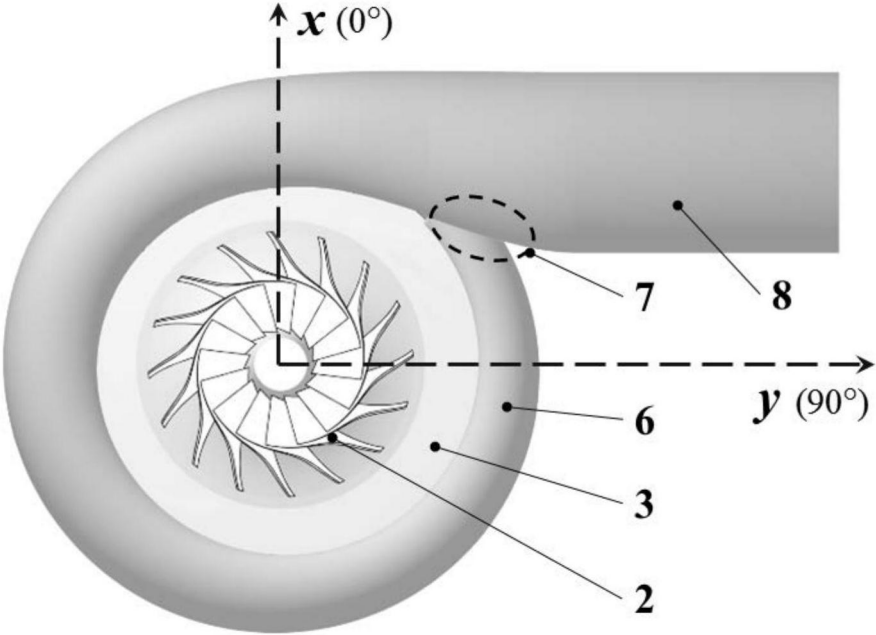


图3

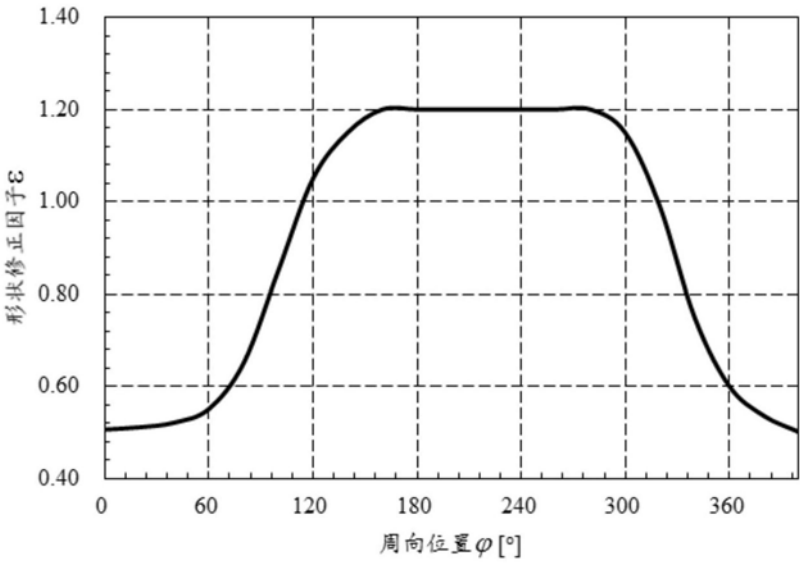


图4

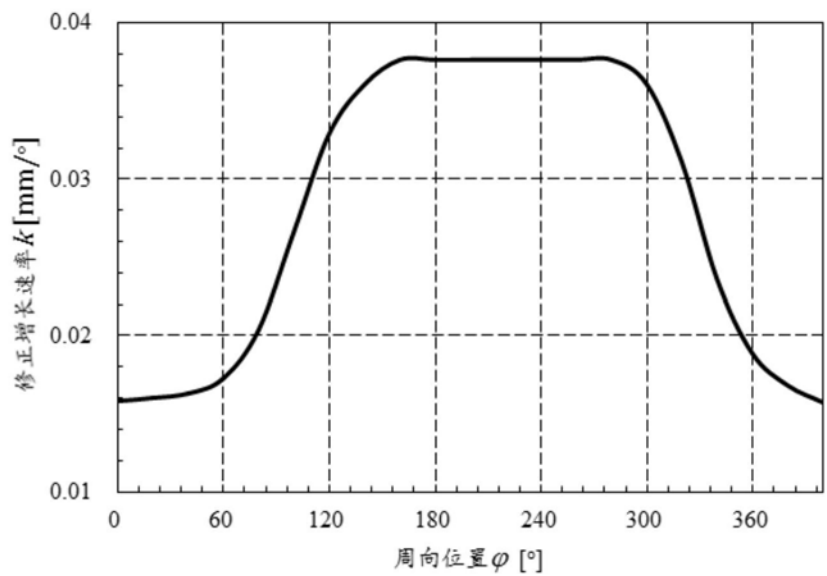


图5

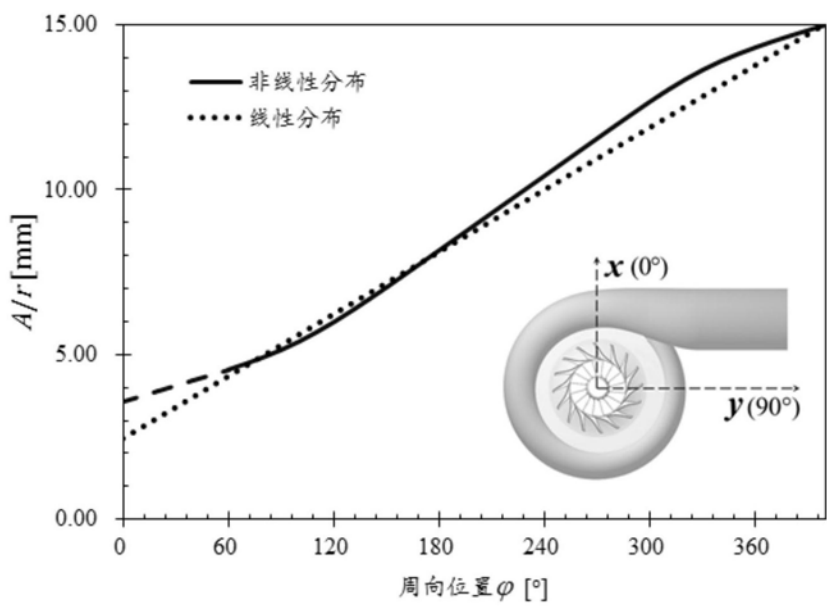


图6