



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111911455 A

(43)申请公布日 2020.11.10

(21)申请号 202010088093.3

(22)申请日 2020.02.12

(30)优先权数据

2019-089455 2019.05.10 JP

(71)申请人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 本田浩范 岩切健一郎 富田勋

藤田豊

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 陈蕴辉

(51) Int. Cl.

F04D 29/28(2006.01)

F04D 29/66(2006.01)

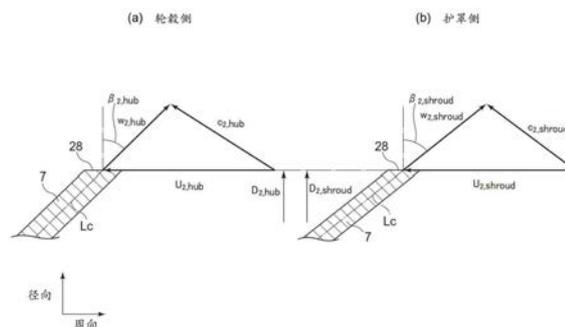
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

(54)发明名称

离心压缩机的叶轮、离心压缩机以及涡轮增压器

(57)摘要

本发明提供能够提高离心压缩机的性能的离心压缩机的叶轮、离心压缩机以及涡轮增压器。离心压缩机的叶轮具备设置于轮毂的周围的多个叶片,在所述叶片的后缘,比所述叶片的跨度方向上的中央位置靠护罩侧的第一位置处的叶片角大于比所述中央位置靠轮毂侧的第二位置处的叶片角。



1. 一种离心压缩机的叶轮,其中,  
具备设置于轮毂的周围的多个叶片,  
在所述叶片的后缘,比所述叶片的跨度方向上的中央位置靠护罩侧的第一位置处的叶片角大于比所述中央位置靠轮毂侧的第二位置处的叶片角。
2. 如权利要求1所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在将所述叶片的轮毂侧端部的后缘位置处的叶片角设为 $\beta_{2,hub}$ ,将所述叶片的护罩侧端部的后缘位置处的叶片角设为 $\beta_{2,shroud}$ 时,所述叶片角 $\beta_{2,hub}$ 以及所述叶片角 $\beta_{2,shroud}$ 满足 $\beta_{2,hub} < \beta_{2,shroud}$ 。
3. 如权利要求2所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
所述叶片角 $\beta_{2,hub}$ 以及所述叶片角 $\beta_{2,shroud}$ 满足 $\beta_{2,shroud} - \beta_{2,hub} \geq 5^\circ$ 。
4. 如权利要求2或3所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在将所述叶片的所述轮毂侧端部的90%无量纲子午面长度位置处的叶片角设为 $\beta_{90\%,hub}$ 时,所述叶片角 $\beta_{2,hub}$ 以及所述 $\beta_{90\%,hub}$ 满足 $|\beta_{90\%,hub} - \beta_{2,hub}| \leq 10^\circ$ 。
5. 如权利要求2~4中任一项所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在将所述叶片的所述护罩侧端部的90%无量纲子午面长度位置处的叶片角设为 $\beta_{90\%,shroud}$ 时,所述叶片角 $\beta_{2,shroud}$ 以及所述 $\beta_{90\%,shroud}$ 满足 $|\beta_{90\%,shroud} - \beta_{2,shroud}| \leq 10^\circ$ 。
6. 如权利要求1~5中任一项所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
所述叶片的后缘位置处的叶片角从所述叶片的护罩侧端部到所述叶片的轮毂侧端部单调减少。
7. 如权利要求1~6中任一项所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在将所述叶片的中心轴与所述叶片的后缘的所述轮毂侧端部之间的距离设为 $R_{2,hub}$ ,将所述中心轴与所述叶片的所述后缘的所述护罩侧端部之间的距离设为 $R_{2,shroud}$ 时,所述距离 $R_{2,hub}$ 以及所述距离 $R_{2,shroud}$ 满足 $R_{2,hub} < R_{2,shroud}$ 。
8. 如权利要求7所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在所述叶片的子午面上,将所述叶片的后缘的所述护罩侧端部与所述轮毂侧端部连结的直线相对于所述叶片的轴向所成的角度为 $60^\circ$ 以下。
9. 如权利要求7或8所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在将所述轮毂侧端部的所述叶轮的外径设为 $D_{2,hub}$ ,将所述护罩侧端部的所述叶轮的外径设为 $D_{2,shroud}$ 时,在所述叶片的子午面上,所述后缘的包含所述护罩侧端部的位置在内的轴向范围内的第一区域中的所述叶轮的外径 $D$ 满足 $D_{2,shroud} - 0.01 \times D_{2,hub} \leq D \leq D_{2,shroud} + 0.01 \times D_{2,hub}$ 。
10. 如权利要求7~9中任一项所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在所述叶片的子午面上,所述后缘的包含所述护罩侧端部的位置在内的轴向范围内的第一区域中的所述后缘的切线方向相对于所述叶片的轴向所成的角度 $\phi$ 为5度以下。
11. 如权利要求9或10所述的离心压缩机的叶轮,其中,  
在所述叶片的子午面上,在将所述轴向上的所述叶片的后缘位置处的所述护罩侧端部与所述后缘位置处的所述轮毂侧端部之间的长度设为 $b_2$ ,将所述第一区域的所述轴向上的长度设为 $b_{const}$ 时,所述长度 $b_2$ 以及所述长度 $b_{const}$ 满足 $b_{const} \leq 0.5 \times b_2$ 。
12. 如权利要求9~11中任一项所述的离心压缩机的叶轮,其中,

在所述叶轮的子午面上,所述第一区域中的所述叶片的所述后缘处的叶片角的最大值 $\beta_{2,R1-max}$ 与最小值 $\beta_{2,R1-min}$ 之比 $\beta_{2,R1-max}/\beta_{2,R1-min}$ ,比所述后缘的比所述第一区域靠所述轮毂侧端部的第二区域中的所述叶片的所述后缘处的叶片角的最大值 $\beta_{2,R2-max}$ 与最小值 $\beta_{2,R2-min}$ 之比 $\beta_{2,R2-max}/\beta_{2,R2-min}$ 小。

13. 一种离心压缩机,其中,具备:

权利要求1~12中任一项所述的叶轮;以及  
收容所述叶轮的壳体。

14. 如权利要求13所述的离心压缩机,其中,  
所述离心压缩机是具备所述叶轮作为单一的叶轮的单级压缩机。

15. 一种涡轮增压器,其中,具备:

权利要求13或14所述的离心压缩机;以及  
构成为对所述离心压缩机进行驱动的涡轮机。

## 离心压缩机的叶轮、离心压缩机以及涡轮增压器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及离心压缩机的叶轮、离心压缩机以及涡轮增压器。

### 背景技术

[0002] 离心压缩机的叶轮有时被设计成能够提高离心压缩机的性能。

[0003] 例如,在专利文献1中记载了如下内容:在涡轮增压器所使用的压缩机的叶轮中,使包括叶片的后缘在内的部分相比背板向径向外侧突出,并且,使叶片的轮毂附近的后缘的形状为凸状的曲线形状,从而抑制应力的增加并实现压缩机的性能提高。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本专利第5538240号公报

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 然而,在离心压缩机的叶轮的入口部,叶片的护罩侧端部(前端)位于比轮毂侧端部靠径向外侧的位置,因此,在护罩侧,与轮毂侧相比,叶轮的圆周速度比较大,所以,流体相对于叶轮的相对速度也比较大。这样,若在叶轮的入口部,在护罩侧与轮毂侧之间存在流体的相对速度之差,则有时会起因于上述相对速度之差而导致在叶轮的出口部在流体的流动中产生不均匀,在该情况下,压缩机的性能有时会降低。

### 发明内容

[0009] 鉴于上述情形,本发明的至少一实施方式的目的提供一种能够提高离心压缩机的性能的离心压缩机的叶轮、离心压缩机以及涡轮增压器。

[0010] 用于解决课题的方案

[0011] (1) 本发明的至少一实施方式的离心压缩机的叶轮具备设置于轮毂的周围的多个叶片,

[0012] 在所述叶片的后缘,比所述叶片的跨度方向上的中央位置靠护罩侧的第一位置处的叶片角大于比所述中央位置靠轮毂侧的第二位置处的叶片角。

[0013] 在离心压缩机的叶片的前缘,与轮毂侧相比,护罩侧(前端侧)位于径向外侧,因此,护罩侧的、叶片的圆周速度以及流体相对于叶片的相对速度与轮毂侧相比变大。另一方面,在叶片的后缘,从轮毂侧端部到护罩侧端部(前端)处于大致相同的径向位置,因此,上述圆周速度以及相对速度没有太大的差。因此,叶片的护罩侧的流体的减速比大于轮毂侧,存在护罩侧的叶片负荷变得过大的倾向。

[0014] 针对这一点,根据上述(1)的结构,对于叶片的后缘处的叶片角(反向角(backward angle))而言,与轮毂侧相比,护罩侧较大,因此,叶片的后缘位置处的护罩侧的流体的相对速度相对于轮毂侧变大。因此,可以使护罩侧的上述减速比接近轮毂侧的减速比,可以抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。由此,可以抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生,因此,可以提高离心压缩机的性能。

[0015] (2) 在几个实施方式中,在上述(1)的结构中,

[0016] 在将所述叶片的轮毂侧端部的后缘位置处的叶片角设为 $\beta_{2,hub}$ ,将所述叶片的护罩侧端部的后缘位置处的叶片角设为 $\beta_{2,shroud}$ 时,所述叶片角 $\beta_{2,hub}$ 以及所述叶片角 $\beta_{2,shroud}$ 满足 $\beta_{2,hub} < \beta_{2,shroud}$ 。

[0017] 在叶片中流体的减速比变大的倾向在前缘在位于径向最外侧的护罩侧端部容易表现得最大,因此,叶片负荷变得过大的倾向也最容易在护罩侧端部表现。针对这一点,根据上述(2)的结构,使护罩侧端部的反向角 $\beta_{2,shroud}$ 比轮毂侧端部的反向角 $\beta_{2,hub}$ 大,因此,可以使护罩侧端部的上述减速比接近轮毂侧端部的减速比。因此,可以有效地抑制在叶片的护罩侧叶片负荷变得过大,由此,可以有效地抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生。

[0018] (3) 在几个实施方式中,在上述(2)的结构中,

[0019] 所述叶片角 $\beta_{2,hub}$ 以及所述叶片角 $\beta_{2,shroud}$ 满足 $\beta_{2,shroud} - \beta_{2,hub} \geq 5^\circ$ 。

[0020] 根据上述(3)的结构,使护罩侧端部的反向角 $\beta_{2,shroud}$ 比轮毂侧端部的反向角 $\beta_{2,hub}$ 大 $5^\circ$ 以上,因此,容易使护罩侧的上述减速比接近轮毂侧的减速比,可以更有效地抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。由此,可以更有效地抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生。

[0021] (4) 在几个实施方式中,在上述(2)或(3)的结构中,

[0022] 在将所述叶片的所述轮毂侧端部的90%无量纲子午面长度位置处的叶片角设为 $\beta_{90\%,hub}$ 时,所述叶片角 $\beta_{2,hub}$ 以及所述 $\beta_{90\%,hub}$ 满足 $|\beta_{90\%,hub} - \beta_{2,hub}| \leq 10^\circ$ 。

[0023] (5) 在几个实施方式中,在上述(2)至(4)中的任一个结构中,

[0024] 在将所述叶片的所述护罩侧端部的90%无量纲子午面长度位置处的叶片角设为 $\beta_{90\%,shroud}$ 时,所述叶片角 $\beta_{2,shroud}$ 以及所述 $\beta_{90\%,shroud}$ 满足 $|\beta_{90\%,shroud} - \beta_{2,shroud}| \leq 10^\circ$ 。

[0025] 若在叶片的后缘附近(即,从比后缘稍靠前边缘侧的位置到后缘的位置范围)使叶片角急剧地变化,则在该位置处流动不沿着叶片,有可能难以得到通过上述(1)的结构得到的效果、即对伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生进行抑制的效果。

[0026] 针对这一点,根据上述(4)或(5)的结构,将叶片的90%无量纲子午面长度位置的叶片角 $\beta_{90\%,shroud}$ 与反向角 $\beta_{2,shroud}$ 之差设为10度以下,因此,叶片的后缘附近的叶片角的变化比较平缓。由此,容易充分得到通过上述(1)的结构得到的效果、即对伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生进行抑制的效果。

[0027] (6) 在几个实施方式中,在上述(1)至(5)中的任一个结构中,

[0028] 所述叶片的后缘位置处的叶片角从所述叶片的护罩侧端部到所述叶片的轮毂侧端部单调减少。

[0029] 叶片处的流体的减速比大致依赖于叶片的前缘的位置的径向位置,因此,在径向上最外侧的护罩侧端部最大,存在随着朝向轮毂侧而逐渐变小的倾向。针对这一点,根据上述(6)的结构,由于从护罩侧端部到轮毂侧端部为止反向角单调减少,因此,可以有效地降低护罩侧的上述减速比,由此,可以有效地抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。因此,可以更有效地抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生。

[0030] (7) 在几个实施方式中,在上述(1)至(6)中的任一个结构中,

[0031] 在将所述叶轮的轴与所述叶片的后缘的所述轮毂侧端部之间的距离设为

$R_{2,hub}$ , 将所述中心轴与所述叶片的所述后缘的所述护罩侧端部之间的距离设为  $R_{2,shroud}$  时, 所述距离  $R_{2,hub}$  以及所述距离  $R_{2,shroud}$  满足  $R_{2,hub} < R_{2,shroud}$ 。

[0032] 通过如上述 (1) 的结构那样使反向角具有分布, 叶片的后缘处的流体的绝对速度在轮毂侧和护罩侧产生差, 由此可能产生混合损失。针对这一点, 根据上述 (7) 的结构, 由于叶片的后缘的护罩侧位于比轮毂侧靠径向外侧的位置, 因此, 可以相对增大护罩侧的叶片的圆周速度, 由此, 可以降低护罩侧与轮毂侧之间的流体的绝对速度之差。因此, 可以抑制由叶轮出口处的流体的绝对速度之差引起的混合损失。

[0033] (8) 在几个实施方式中, 在上述 (7) 的结构中,

[0034] 在所述叶轮的子午面上, 将所述叶片的后缘的所述护罩侧端部与所述轮毂侧端部连结的直线相对于所述叶轮的轴向所成的角度为  $60^\circ$  以下。

[0035] 根据上述 (8) 的结构, 由于将上述角度设为  $60$  度以下, 因此, 叶片的后缘处的轮毂侧端部与护罩侧端部的径向位置之差不会过度变大, 因此, 可以抑制在叶片产生的应力变大。

[0036] (9) 在几个实施方式中, 在上述 (7) 或 (8) 的结构中,

[0037] 在将所述轮毂侧端部的所述叶轮的外径设为  $D_{2,hub}$ , 将所述护罩侧端部的所述叶轮的外径设为  $D_{2,shroud}$  时, 在所述叶轮的子午面上, 所述后缘的包含所述护罩侧端部的位置在的轴向范围内的第一区域中的所述叶轮的外径  $D$  满足  $D_{2,shroud} - 0.01 \times D_{2,hub} \leq D \leq D_{2,shroud} + 0.01 \times D_{2,hub}$ 。

[0038] (10) 在几个实施方式中, 在上述 (7) 至 (9) 中的任一个结构中,

[0039] 在所述叶轮的子午面上, 所述后缘的包含所述护罩侧端部的位置在的轴向范围内的第一区域中的所述后缘的切线方向相对于所述叶轮的轴向所成的角度  $\phi$  为  $5$  度以下。

[0040] 根据离心压缩机的工作条件 (例如低流速条件等), 有时在护罩侧容易产生逆流。针对这一点, 在上述 (9) 或 (10) 的结构中, 将包含叶轮外径比较大的护罩侧端部且叶轮的外径  $D$  不会变大的第一区域设置在叶片的护罩侧, 因此, 在该第一区域中, 可以使叶轮圆周速度比较大, 由此, 可以有效地抑制在护罩侧可能产生的逆流。因此, 根据上述 (9) 或 (10) 的结构, 可以抑制在护罩侧可能产生的逆流, 并且如上述 (7) 所述, 可以抑制由叶轮出口处的流体的绝对速度之差引起的混合损失。

[0041] (11) 在几个实施方式中, 在上述 (9) 或 (10) 的结构中,

[0042] 在所述叶轮的子午面上, 在将所述轴向上的所述叶片的后缘位置处的所述护罩侧端部与所述后缘位置处的所述轮毂侧端部之间的长度设为  $b_2$ , 将所述第一区域的所述轴向上的长度设为  $b_{const}$  时, 所述长度  $b_2$  以及所述长度  $b_{const}$  满足  $b_{const} \leq 0.5 \times b_2$ 。

[0043] 根据上述 (11) 的结构, 由于将叶轮的外径  $D$  不会变大的第一区域的轴向长度设为叶片后缘的轴向长度的  $50\%$  以下, 因此, 可以适当地维持叶片的强度, 并且有效地抑制由叶轮出口处的流体的绝对速度之差引起的混合损失。

[0044] (12) 在几个实施方式中, 在上述 (9) 至 (11) 中的任一个结构中,

[0045] 在所述叶轮的子午面上, 所述第一区域中的所述叶片的所述后缘处的叶片角的最大值  $\beta_{2,R1-max}$  与最小值  $\beta_{2,R1-min}$  之比  $\beta_{2,R1-max}/\beta_{2,R1-min}$ , 比所述后缘处的比所述第一区域靠所述轮毂侧端部的第二区域中的所述叶片的所述后缘处的叶片角的最大值  $\beta_{2,R2-max}$  与最小值  $\beta_{2,R2-min}$  之比  $\beta_{2,R2-max}/\beta_{2,R2-min}$  小。

[0046] 根据上述(12)的结构,在叶轮的外径D不会变大的第一区域中,不使反向角较大地变化,因此,可以适当地维持叶片的强度,并且兼顾叶轮出口处的混合损失的抑制和护罩侧的叶片负荷过大的抑制。

[0047] (13)本发明的至少一实施方式的离心压缩机具备:

[0048] 上述(1)至(12)中任一项所述的叶轮;以及

[0049] 收容所述叶轮的壳体。

[0050] 根据上述(13)的结构,对叶片的后缘处的叶片角(反向角)而言,与轮毂侧相比,护罩侧较大,因此,叶片的后缘位置处的护罩侧的流体的相对速度相对于轮毂侧变大。因此,可以使护罩侧的上述减速比接近轮毂侧的减速比,可以抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。由此,可以抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生,因此,可以提高压缩机的性能。

[0051] (14)在几个实施方式中,在上述(13)的结构中,

[0052] 所述离心压缩机是具备所述叶轮作为单一的叶轮的单级压缩机。

[0053] 根据上述(14)的结构,在具备单一的叶轮的单级压缩机中,通过将单一的叶轮的叶片形状设为在上述(1)中特定的形状,从而可以抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生,因此,可以提高压缩机的性能。

[0054] (15)本发明的至少一实施方式的涡轮增压器具备:

[0055] 上述(13)或(14)所述的离心压缩机;以及

[0056] 构成为对所述离心压缩机进行驱动的涡轮机。

[0057] 根据上述(15)的结构,对叶片的后缘处的叶片角(反向角)而言,与轮毂侧相比,护罩侧较大,因此,叶片的后缘位置处的护罩侧的流体的相对速度相对于轮毂侧变大。因此,可以使护罩侧的上述减速比接近轮毂侧的减速比,可以抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。由此,可以抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生,因此,可以提高压缩机的性能。

[0058] 发明效果

[0059] 根据本发明的至少一实施方式,提供一种能够提高离心压缩机的性能的离心压缩机的叶轮、离心压缩机以及涡轮增压器。

## 附图说明

[0060] 图1是一实施方式的涡轮增压器的概略剖视图。

[0061] 图2是表示一实施方式的叶轮的子午面截面的概略图。

[0062] 图3是一实施方式的叶轮的叶片的等跨度截面的示意图,(a)是轮毂侧端部的等跨度截面的示意图,(b)是护罩侧端部的等跨度截面的示意图。

[0063] 图4是一实施方式的叶轮的示意性的子午面剖视图。

[0064] 图5是从轴向观察一实施方式的叶轮的示意图。

[0065] 图6是表示叶片后缘的位置处的跨度方向上的流体的径向流速的分布的一例的曲线图。

[0066] 图7是表示一实施方式的叶片的反向角在跨度方向上的分布的曲线图。

[0067] 图8是表示一实施方式的叶片的叶片角的无量纲子午面长度位置处的分布的曲线

图。

[0068] 图9是表示一实施方式的叶轮的后缘附近的示意性的子午面剖视图。

[0069] 图10是表示一实施方式的叶轮的后缘附近的示意性的子午面剖视图。

[0070] 图11是表示一实施方式的叶轮的后缘附近的示意性的子午面剖视图。

[0071] 图12是一实施方式的叶轮的叶片的等跨度截面的示意图, (a) 是轮毂侧端部的等跨度截面的示意图, (b) 是护罩侧端部的等跨度截面的示意图。

[0072] 图13是表示一实施方式的叶片的反向角在跨度方向上的分布的曲线图。

[0073] 附图标记说明

[0074] 1 涡轮增压器

[0075] 2 离心压缩机

[0076] 4 旋转轴

[0077] 5 压缩机叶轮(叶轮)

[0078] 6 轮毂

[0079] 7 叶片

[0080] 8 涡轮机叶轮

[0081] 9 叶片

[0082] 10 压缩机壳体

[0083] 11 轮毂

[0084] 12 涡轮机壳体

[0085] 14 轴承壳体

[0086] 16 空气入口

[0087] 18 环形流路

[0088] 20 废气出口

[0089] 22 环形流路

[0090] 24 轴承

[0091] 26 前缘

[0092] 28 后缘

[0093] 30 轮毂侧端部

[0094] 32 护罩侧端部

[0095] 34 中央位置

[0096] 38 后缘

[0097] 42 第一区域

[0098] 44 第二区域

[0099]  $L_{tan}$  切线

[0100] 0 中心轴

[0101]  $U_2$  圆周速度

[0102]  $c_2$  绝对速度

[0103]  $w_1$  叶轮入口的相对速度

[0104]  $w_2$  叶轮出口的相对速度

[0105]  $\beta_2$  反向角

### 具体实施方式

[0106] 以下,参照附图对本发明的几个实施方式说明。但是,作为实施方式而记载的或附图所示的结构部件的尺寸、材质、形状、其相对配置等,其主旨并非将本发明的范围限定于此,只不过是说明例。

[0107] 首先,参照图1,对具备包括一实施方式的叶轮在内的离心压缩机的涡轮增压器进行说明。图1是一实施方式的涡轮增压器的概略剖视图。如该图所示,涡轮增压器1具备离心压缩机2,该离心压缩机2具备压缩机叶轮5。涡轮增压器1具备旋转轴4、设置在旋转轴4的一端部的压缩机叶轮5(叶轮5)、设置在旋转轴4的另一端部的涡轮机叶轮8、以及将旋转轴4能够旋转地支承的轴承24。轴承24在旋转轴4的轴向上位于压缩机叶轮5与涡轮机叶轮8之间。

[0108] 压缩机叶轮5包括轮毂6和设置在轮毂6的周围的多个叶片7。涡轮机叶轮8包括轮毂11和设置在轮毂11的周围的多个叶片9。旋转轴4、压缩机叶轮5以及涡轮机叶轮8具有共用的中心轴0。

[0109] 另外,涡轮增压器1具备:包围压缩机叶轮5的压缩机壳体10、包围涡轮机叶轮8的涡轮机壳体12、以及在旋转轴4的轴向上位于压缩机壳体10与涡轮机壳体12之间的轴承壳体14。压缩机壳体10与轴承壳体14、以及涡轮机壳体12与轴承壳体14也可以分别通过螺栓(未图示)紧固。

[0110] 压缩机壳体10在轴向上的涡轮增压器1的一端部具有朝向轴向外侧开口的空气入口16,并且形成有位于压缩机叶轮5的径向外侧的环形流路18。

[0111] 另外,涡轮机壳体12在轴向上的涡轮增压器1的另一端部具有朝向轴向外侧开口的废气出口20,并且形成有位于涡轮机叶轮8的径向外侧的环形流路22。

[0112] 具有上述结构的涡轮增压器1例如如以下那样进行动作。

[0113] 空气经由空气入口16流入压缩机叶轮5,该空气被与旋转轴4一起旋转的压缩机叶轮5压缩。如上所述生成的压缩空气经由形成在压缩机叶轮5的径向外侧的环形流路18从涡轮增压器1暂时排出,并向内燃机(未图示)供给。

[0114] 在内燃机中,燃料与上述压缩空气一起燃烧,通过该燃烧反应而生成燃烧气体。燃烧气体作为从内燃机排出的废气,经由形成在涡轮机叶轮8的径向外侧的环形流路22流入涡轮机叶轮8。通过这样流入的废气的流动,对涡轮机叶轮8施加旋转力,由此旋转轴4被驱动。在涡轮机中结束做功的废气经由废气出口20从涡轮增压器1排出。

[0115] 接着,对几个实施方式的压缩机叶轮5(叶轮5)更具体地进行说明。

[0116] 图2是表示一实施方式的叶轮5的子午面截面的概略图。图3是一实施方式的叶轮5的叶片7的等跨度截面(跨度方向位置相等的位置处的截面)的示意图,(a)是轮毂侧端部的等跨度截面的示意图,(b)是护罩侧端部的等跨度截面的示意图。需要说明的是,在图3中,叶片7的轮毂侧端部30的外径 $D_{2,hub}$ 与叶片7的护罩侧端部32的外径 $D_{2,shroud}$ 相等。

[0117] 如图2所示,设置在叶轮5的轮毂6的周围的叶片7在流入叶轮5的流体的流动方向上的位于最上游侧的前缘26与位于最下游侧的后缘28之间,在轮毂侧端部30与护罩侧端部(前端)32之间沿着跨度方向延伸。轮毂侧端部30相当于叶片7中的与轮毂6连接的位置。护罩侧端部32是位于与轮毂侧端部30相反的一侧的端部,与压缩机壳体10(参照图1)相

邻地配置。

[0118] 在本说明书中,跨度方向是将各无量纲子午面长度位置处的轮毂侧端部30与护罩侧端部32连结的方向。

[0119] 另外,在本说明书中,无量纲子午面长度位置是指,将某个跨度方向位置(例如轮毂侧端部30的位置、护罩侧端部32的位置、或轮毂侧端部30与护罩侧端部32的中央位置34等)的子午面上的位置,用将前缘26的位置设为0%并将后缘28的位置设为100%时的以前缘26为基准的相对的子午面长度(子午面上的长度)表示。例如,0%无量纲子午面长度位置表示子午面上的前缘26的位置,100%无量纲子午面长度位置表示后缘28的位置。另外,90%无量纲子午面长度位置表示从前缘26起的子午面长度为从前缘26到后缘28的子午面长度的90%的位置。

[0120] 如图2所示,在叶片7的后缘28存在护罩侧端部32的位置 $P_{2,shroud}$ 、轮毂侧端部30的位置 $P_{2,hub}$ 以及中央位置 $P_{2,mid}$ 。

[0121] 在几个实施方式中,在叶片7的后缘28,比叶片7的跨度方向上的中央位置 $P_{2,hub}$ 靠护罩侧(即护罩侧端部32侧)的第一位置处的叶片角,大于比所述中央位置 $P_{2,hub}$ 靠轮毂侧(即轮毂侧端部30侧)的第二位置处的叶片角。

[0122] 换言之,在叶片7的后缘28,在将中央位置 $P_{2,hub}$ 与轮毂侧端部的位置 $P_{2,hub}$ 之间的第二位置处的叶片角设为 $\beta_{2,B}$ ,将中央位置 $P_{2,hub}$ 与护罩侧端部的位置 $P_{2,shroud}$ 之间的第一位置处的叶片角设为 $\beta_{2,A}$ 时,存在成为 $\beta_{2,B} < \beta_{2,A}$ 的第一位置以及第二位置。

[0123] 在此,叶片角 $\beta$ 是等跨度截面(跨度方向位置相等的位置处的截面)的面内的叶片7的拱弧线 $L_c$ 与流路方向(在图3的纸面上与径向一致)所成的角度(参照图3)。

[0124] 另外,在本说明书中,有时也将后缘28的位置处的叶片角 $\beta$ 称为反向角并标记为 $\beta_2$ 。

[0125] 在几个实施方式中,进而,叶片7的轮毂侧端部30的反向角 $\beta_{2,hub}$ (参照图3的(a))以及叶片7的护罩侧端部32的反向角 $\beta_{2,shroud}$ (参照图3的(b))满足 $\beta_{2,hub} < \beta_{2,shroud}$ 。

[0126] 参照图3~图6,对上述实施方式的效果进行说明。图4是一实施方式的叶轮5的示意性的子午面剖视图,图5是从轴向观察一实施方式的叶轮5的示意图。图6是表示叶片7的后缘28的位置处的跨度方向上的流体的径向流速的分布的一例的曲线图。

[0127] 如图4所示,在离心压缩机2中,叶轮5的入口(叶片7的前缘26)处的流体的绝对速度为 $c_1$ ,叶轮5的出口(叶片7的后缘28)处的流体的绝对速度为 $c_2$ 。

[0128] 另一方面,由图2、图4可知,在叶片7的前缘26,与轮毂侧相比护罩侧(前端侧)位于径向外侧,因此,对叶片7的圆周速度而言,护罩侧与轮毂侧相比变大。因此,对叶轮5的入口处的流体相对于叶片7的相对速度 $w_1$ 而言,护罩侧的相对速度 $w_{1,shroud}$ 与轮毂侧的相对速度 $w_{1,hub}$ 相比变大(参照图5)。

[0129] 与此相对,叶片7的后缘28从轮毂侧端部30到护罩侧端部(前端)32处于大致相同的径向位置。因此,在轮毂侧和护罩侧,上述圆周速度没有大的差异,因此,如果从轮毂侧端部30到护罩侧端部32,反向角 $\beta_2$ 恒定,则在叶轮5的出口处的轮毂侧的相对速度 $w_{2,hub}$ 与护罩侧的相对速度 $w_{2,shroud}$ 之间没有大的差异。因此,叶片7的护罩侧的流体的减速比( $w_{2,shroud}/w_{1,shroud}$ )比轮毂侧的减速比( $w_{2,hub}/w_{1,hub}$ )大,存在护罩侧的叶片负荷变得过大的倾向。此时的后缘28处的流体的径向流速的分布用图6的曲线图的曲线102表示,与轮毂侧相比,在护

罩侧径向流速降低,这表示在护罩侧产生了流动的剥离、二次流动。

[0130] 针对这一点,在上述实施方式中,对叶片7的后缘28处的叶片角 $\beta$ (反向角 $\beta_2$ )而言,与轮毂侧相比,护罩侧较大(例如, $\beta_{2,hub} < \beta_{2,shroud}$ ),因此,叶片7的后缘28的位置处的护罩侧的流体的相对速度 $w_{2,shroud}$ 相对于轮毂侧的相对速度 $w_{2,hub}$ 变大(参照图3)。

[0131] 需要说明的是,这是因为护罩侧的相对速度 $w_{2,shroud}$ 的径向分量与轮毂侧的相对速度 $w_{2,hub}$ 的径向分量基本上相等。

[0132] 因此,根据上述实施方式,可以使护罩侧的减速比( $w_{2,shroud}/w_{1,shroud}$ )接近轮毂侧的减速比( $w_{2,hub}/w_{1,hub}$ ),可以抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。此时的后缘28处的流体的径向流速的分布用图6的曲线图的曲线104表示,与反向角 $\beta_2$ 恒定的情况下的曲线102相比,护罩侧的径向流速的下降减轻。即,示出护罩侧的流动的剥离、二次流动受到抑制。这样,根据上述实施方式,可以提高离心压缩机2的性能。

[0133] 需要说明的是,在图3中,轮毂侧的叶片7的外径 $D_{2,hub}$ 与护罩侧的叶片7的外径 $D_{2,shroud}$ 相等,因此,叶片7的后缘处的圆周速度 $U_2$ 在轮毂侧( $U_{s,hub}$ )和护罩侧( $U_{2,shroud}$ )相等。因此,在该情况下,关于叶片7的后缘28处的流体的绝对速度 $c_2$ ,轮毂侧的绝对速度 $c_{2,hub}$ 比护罩侧的绝对速度 $c_{2,shroud}$ 大。关于这一点,在后述的说明中提及。

[0134] 在几个实施方式中,护罩侧端部32的反向角 $\beta_{2,shroud}$ 与轮毂侧端部30的反向角 $\beta_{2,hub}$ 之差( $\beta_{2,shroud} - \beta_{2,hub}$ )可以是5度以上(即 $5^\circ$ 以上)。另外,在几个实施方式中,所述差( $\beta_{2,shroud} - \beta_{2,hub}$ )既可以是10度以上,或者也可以是15度以上。

[0135] 这样,通过使上述反向角之差( $\beta_{2,shroud} - \beta_{2,hub}$ )为5度以上、10度以上或15度以上,从而使护罩侧的上述减速比( $w_{2,shroud}/w_{1,shroud}$ )容易接近轮毂侧的减速比( $w_{2,hub}/w_{1,hub}$ ),可以更有效地抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。由此,可以更有效地抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生。

[0136] 另外,在几个实施方式中,护罩侧端部32的反向角 $\beta_{2,shroud}$ 与轮毂侧端部30的反向角 $\beta_{2,hub}$ 之差( $\beta_{2,shroud} - \beta_{2,hub}$ )既可以是45度以下,也可以是40度以下,或者还可以是35度以下。

[0137] 若在护罩侧与轮毂侧使反向角之差过大,则在叶片7的后缘28,流体的绝对速度 $c_2$ (参照图3)之差有时会变大,在该情况下,容易产生混合损失。针对这一点,通过将上述反向角之差( $\beta_{2,shroud} - \beta_{2,hub}$ )设为45度以下、40度以下或35度以下,从而可以降低上述混合损失。

[0138] 图7是表示一实施方式的叶片7的反向角 $\beta_2$ 在跨度方向上的分布的曲线图。在几个实施方式中,例如如图7所示,叶片7的反向角 $\beta_2$ 从护罩侧端部32到轮毂侧端部30单调减少。

[0139] 叶片7处的流体的减速比大致依赖于叶片7的前缘26的位置的径向位置,因此,前缘26的径向位置在最外侧的护罩侧端部32最大,存在随着朝向轮毂侧而逐渐变小的倾向。针对这一点,如上所述,通过使反向角 $\beta_2$ 从护罩侧端部32到轮毂侧端部30单调减少,从而可以有效地降低护罩侧的上述减速比,由此,可以有效地抑制在护罩侧叶片负荷变得过大。因此,可以更有效地抑制伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生。

[0140] 图8是表示一实施方式的叶片7的叶片角的无量纲子午面长度位置处的分布的曲线图。在图8中,曲线106表示轮毂侧端部30的叶片角的分布,曲线108表示跨度方向上的中央位置34的叶片角的分布,曲线110表示护罩侧端部32的叶片角的分布。

[0141] 在几个实施方式中,在子午面长度的后缘28附近的位置,叶片角 $\beta$ 不会急剧地变

化。

[0142] 更具体地说,在几个实施方式中,90%无量纲子午面长度位置处的轮毂侧端部30的叶片角 $\beta_{90\%,hub}$ 与轮毂侧端部30的反向角 $\beta_{2,hub}$ (即100%无量纲子午面长度位置处的轮毂侧端部30的叶片角)之差的绝对值 $|\beta_{90\%,hub}-\beta_{2,hub}|$ (参照图8的曲线106)为10度以下或5度以下。

[0143] 另外,在几个实施方式中,90%无量纲子午面长度位置处的护罩侧端部32的叶片角 $\beta_{90\%,shroud}$ 与护罩侧端部32的反向角 $\beta_{2,shroud}$ (即100%无量纲子午面长度位置处的护罩侧端部32的叶片角)之差的绝对值 $|\beta_{90\%,shroud}-\beta_{2,shroud}|$ (参照图8的曲线110)为10度以下或5度以下。

[0144] 另外,在几个实施方式中,90%无量纲子午面长度位置处的中央位置34的叶片角 $\beta_{90\%,mid}$ 与中央位置34的反向角 $\beta_{2,mid}$ (即100%无量纲子午面长度位置处的中央位置34的叶片角)之差的绝对值 $|\beta_{90\%,mid}-\beta_{2,mid}|$ (参照图8的曲线108)为10度以下或5度以下。

[0145] 另外,在几个实施方式中,任意的跨度方向位置处的90%无量纲子午面长度位置处的叶片角 $\beta_{90\%,*}$ 与相同的跨度方向位置处的反向角 $\beta_{2,*}$ (即,该跨度方向位置处的100%无量纲子午面长度位置处的叶片角)之差的绝对值 $|\beta_{90\%,*}-\beta_{2,*}|$ 为10度以下或5度以下。

[0146] 若在叶片7的后缘28附近(即,从比后缘28稍靠前缘26侧的位置到后缘28的位置范围)使叶片角 $\beta$ 急剧地变化,则在该位置范围内流动不沿着叶片7,有可能难以得到通过使反向角 $\beta_2$ 在护罩侧比较大而得到的效果、即对伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生进行抑制的效果。

[0147] 针对这一点,根据上述实施方式,在特定的跨度方向位置(例如,轮毂侧端部30、护罩侧端部32的位置等),使叶片7的90%无量纲子午面长度位置的叶片角 $\beta$ 与反向角 $\beta_2$ 之差为10度以下,因此,叶片7的后缘28附近的叶片角 $\beta$ 的变化比较平缓。由此,容易充分得到通过使反向角 $\beta_2$ 在护罩侧比较大而得到的效果、即对伴随着叶片负荷过大的流动的剥离、二次流动的产生进行抑制的效果。

[0148] 图9~图11分别是表示一实施方式的叶轮5的叶片7的后缘28附近的示意性的子午面剖视图。图12是一实施方式的叶轮5的叶片7的等跨度截面的示意图,(a)是轮毂侧端部的等跨度截面的示意图,(b)是护罩侧端部的等跨度截面的示意图。

[0149] 图9~图12中的 $R_{2,hub}$ 是叶片7的轮毂侧端部30与中心轴0的径向距离, $D_{2,hub}$ 是叶片7的轮毂侧端部30的外径。即, $D_{2,hub}=2\times R_{2,hub}$ 成立。

[0150] 另外,图9~图12中的 $R_{2,shroud}$ 是叶片7的护罩侧端部32与中心轴0的径向距离, $D_{2,shroud}$ 是叶片7的护罩侧端部32的外径。即, $D_{2,shroud}=2\times R_{2,shroud}$ 成立。

[0151] 需要说明的是,在图12中,叶片7的护罩侧端部32的外径 $D_{2,shroud}$ 比叶片7的轮毂侧端部30的外径 $D_{2,hub}$ 大。

[0152] 在几个实施方式中,例如如图9~图11所示,叶轮5的中心轴0与叶片7的后缘28的轮毂侧端部30之间的距离 $R_{2,hub}$ 和叶轮5的中心轴0与叶片7的后缘28的护罩侧端部32之间的距离 $R_{2,shroud}$ 满足 $R_{2,hub}<R_{2,shroud}$ 。即,在子午面上,将叶片7的后缘28处的轮毂侧端部30的位置 $P_{2,hub}$ 与护罩侧端部32的位置 $P_{2,shroud}$ 连结的直线相对于叶轮5的轴向倾斜(即,在子午面上,将 $P_{2,hub}$ 和 $P_{2,shroud}$ 连结的直线与叶轮5的轴向所成的角度 $\theta$ (参照图9~图11)比0度大)。

[0153] 如参照图3已说明的那样,在轮毂侧的叶片7的外径 $D_{2,hub}$ 与护罩侧的叶片7的外径

$D_{2,shroud}$ 相等的情况下,通过在叶轮5的叶片7处使反向角具有分布,从而在轮毂侧和护罩侧产生叶片7的后缘28处的流体的绝对速度 $c_2$ 之差。更具体地说,在轮毂侧的叶片7的外径 $D_{2,hub}$ 与护罩侧的叶片7的外径 $D_{2,shroud}$ 相等时,关于叶片7的后缘28处的流体的绝对速度 $c_2$ ,轮毂侧的绝对速度 $c_{2,hub}$ 比护罩侧的绝对速度 $c_{2,shroud}$ 大。这样,若在后缘28附近流体的绝对速度不一样,则可能会产生混合损失。

[0154] 针对这一点,根据上述实施方式,由于叶片7的后缘28的护罩侧位于比轮毂侧靠径向外侧的位置(即,使叶片7的护罩侧的外径 $D_{2,shroud}$ 比轮毂侧的外径 $D_{2,hub}$ 大),因此,与在护罩侧和轮毂侧外径相等的情况(参照图3)相比,可以相对增大护罩侧的叶片7的后缘28的圆周速度 $U_{2,shroud}$ ,并且,因此,如图12所示,可以相对增大护罩侧的流体的绝对速度 $c_{2,shroud}$ 。

[0155] 由此,可以降低叶片7的后缘28附近的护罩侧的流体的绝对速度 $c_{2,shroud}$ 与轮毂侧的绝对速度 $c_{2,hub}$ 之差,可以抑制由叶轮5的出口处的流体的绝对速度 $c_2$ 之差引起的混合损失。

[0156] 在几个实施方式中,叶轮5的中心轴0与叶片7的后缘28之间的距离 $R_2$ 也可以从护罩侧端部32到轮毂侧端部30单调减少。通过设为这样的形状,容易使后缘28处的流体的绝对速度 $c_2$ 均匀,可以更有效地抑制混合损失。

[0157] 在几个实施方式中,在叶轮5的子午面上,将叶片7的后缘28的护罩侧端部32与轮毂侧端部30连结的直线相对于叶轮5的轴向所成的角度 $\theta$ (参照图9~图11)可以是 $10^\circ$ 以上。

[0158] 在该情况下,更容易得到使后缘28处的流体的绝对速度 $c_2$ 均匀的效果,可以更有效地抑制混合损失。

[0159] 在几个实施方式中,上述角度 $\theta$ 可以是60度以下或45度以下。

[0160] 在该情况下,叶片7的后缘28处的轮毂侧端部30与护罩侧端部32的径向位置之差不会过度变大,因此,可以抑制在叶片7产生的应力变大。

[0161] 在一实施方式中,上述角度 $\theta$ 可以是10度以上45度以下。在该情况下,可以抑制在叶片7产生的应力变大,并且容易使后缘28处的流体的绝对速度 $c_2$ 均匀。

[0162] 在几个实施方式中,在叶轮5的子午面上,叶片7的后缘28的包含护罩侧端部32的位置 $P_{2,shroud}$ 在内的轴向范围内的第一区域42(参照图10以及图11)中的叶轮5的外径 $D$ 满足 $D_{2,shroud}-0.01 \times D_{2,hub} \leq D \leq D_{2,shroud}+0.01 \times D_{2,hub}$ 。即,在第一区域42内,叶轮的外径 $D$ 与护罩侧的外径 $D_{2,shroud}$ 之差小,外径大致恒定。

[0163] 另外,在几个实施方式中,在叶轮5的子午面上,上述第一区域42中的后缘28的切线 $L_{tan}$ (参照图10以及图11)的方向相对于叶轮5的轴向所成的角度 $\phi$ 为5度以下。即,在第一区域42内,上述切线 $L_{tan}$ 与轴向大致平行,叶轮的外径 $D$ 大致恒定。

[0164] 需要说明的是,在图10以及图11中,角度 $\phi$ 几乎为零。

[0165] 根据离心压缩机的工作条件(例如低流速条件等),有时在护罩侧容易产生逆流。针对这一点,在上述实施方式中,将包含叶轮5的外径 $D$ 比较大的护罩侧端部32且叶轮5的外径 $D$ 不会变大的第一区域42设置在叶片的护罩侧,因此,在该第一区域42中,可以使叶轮圆周速度比较大,由此,可以有效地抑制在护罩侧可能产生的逆流。因此,根据上述实施方式,可以抑制在护罩侧可能产生的逆流,并且,如上所述,可以抑制由叶轮5的出口处的流体的绝对速度之差引起的混合损失。

[0166] 在几个实施方式中,在叶轮5的子午面上,在将轴向上的后缘28的位置处的护罩侧

端部32与轮毂侧端部30之间的长度设为 $b_2$ ，将第一区域42的轴向上的长度设为 $b_{\text{const}}$ 时（参照图10以及图11）， $b_2$ 以及 $b_{\text{const}}$ 满足 $b_{\text{const}} \geq 0.1 \times b_2$ 。或者，在几个实施方式中， $b_2$ 以及 $b_{\text{const}}$ 满足 $b_{\text{const}} \geq 0.2 \times b_2$ 。

[0167] 在该情况下，由于第一区域42的轴向范围足够宽，因此，可以更有效地降低护罩侧与轮毂侧之间的流体的绝对速度 $c_2$ 之差。因此，可以有效地抑制由叶轮5的出口处的流体的绝对速度 $c_2$ 之差引起的混合损失。

[0168] 另外，在几个实施方式中，上述 $b_2$ 以及 $b_{\text{const}}$ 满足 $b_{\text{const}} \leq 0.5 \times b_2$ 。或者，在几个实施方式中， $b_2$ 以及 $b_{\text{const}}$ 满足 $b_{\text{const}} \leq 0.3 \times b_2$ 。

[0169] 根据上述实施方式，由于将叶轮5的外径D不会变大的第一区域42的轴向长度 $b_{\text{const}}$ 设为叶片7的后缘28的轴向长度 $b_2$ 的50%以下或30%以下，因此，可以适当地维持叶片7的强度，并且有效地抑制由叶轮5的出口处的流体的绝对速度 $c_2$ 之差引起的混合损失。

[0170] 在几个实施方式中， $b_2$ 以及 $b_{\text{const}}$ 也可以满足 $0.1 \times b_2 \leq b_{\text{const}} \leq 0.3 \times b_2$ 。

[0171] 图13是表示一实施方式的叶片7的反向角 $\beta_2$ 在跨度方向上的分布的曲线图。

[0172] 在几个实施方式中，在叶轮5的子午面上，第一区域42中的叶片7的反向角的最大值 $\beta_{2,R1-\text{max}}$ 与最小值 $\beta_{2,R1-\text{min}}$ 之比 $\beta_{2,R1-\text{max}}/\beta_{2,R1-\text{min}}$ ，比叶片7的后缘28中的比第一区域42靠轮毂侧端部30的第二区域44（参照图10以及图11）中的反向角的最大值 $\beta_{2,R2-\text{max}}$ 与最小值 $\beta_{2,R2-\text{min}}$ 之比 $\beta_{2,R2-\text{max}}/\beta_{2,R2-\text{min}}$ 小。

[0173] 在该情况下，例如如图13所示，在比较靠护罩侧的第一区域42中，与比较靠轮毂侧的第二区域44相比，反向角 $\beta_2$ 的变化率较小。

[0174] 根据上述实施方式，在叶轮5的外径D不会变大的第一区域42中，不使反向角 $\beta_2$ 较大地变化，因此，可以适当地维持叶片7的强度，并且兼顾叶轮5的出口处的混合损失的抑制和护罩侧的叶片负荷过大的抑制。

[0175] 在几个实施方式中，例如如图13所示，在将横轴设为后缘28处的跨度方向位置、将纵轴设为反向角的曲线图中，表示上述跨度方向位置与反向角 $\beta_2$ 之间的关系的曲线具有向上凸的形状。

[0176] 在该情况下，与使反向角相对于跨度方向呈直线性地变化的情况相比，反向角 $\beta_2$ 比较大的跨度方向区域增加，因此，可以更有效地抑制叶轮5的出口处的混合损失以及护罩侧的叶片负荷过大。

[0177] 以上，对本发明的实施方式进行了说明，但本发明并不限于上述实施方式，也包括对上述实施方式进行了变形而得到的方式、将这些方式适当组合而得到的方式。

[0178] 在本说明书中，“在某一个方向上”、“沿着某一个方向”、“平行”、“正交”、“中心”、“同心”或者“同轴”等表示相对或者绝对的配置的表述，不仅严格地表示上述那样的配置，而且也表示以公差或能得到相同功能这种程度的角度或距离相对位移的状态。

[0179] 例如，“相同”、“相等”以及“均质”等表示处于事物相等的状态的表述，不仅表示严格地相等的状态，而且也表示存在公差或存在能得到相同功能这种程度的差的状态。

[0180] 另外，在本说明书中，四边形或圆筒形状等表示形状的表述，不仅表示在几何学方面严格意义上的四边形或圆筒形状等形状，而且也表示在能得到相同效果的范围内包括凹凸部或倒角部等的形状。

[0181] 另外，在本说明书中，“具备”、“包括”或“具有”一个结构要素的表述并非是排除其

他结构要素的存在的排他性的表述。

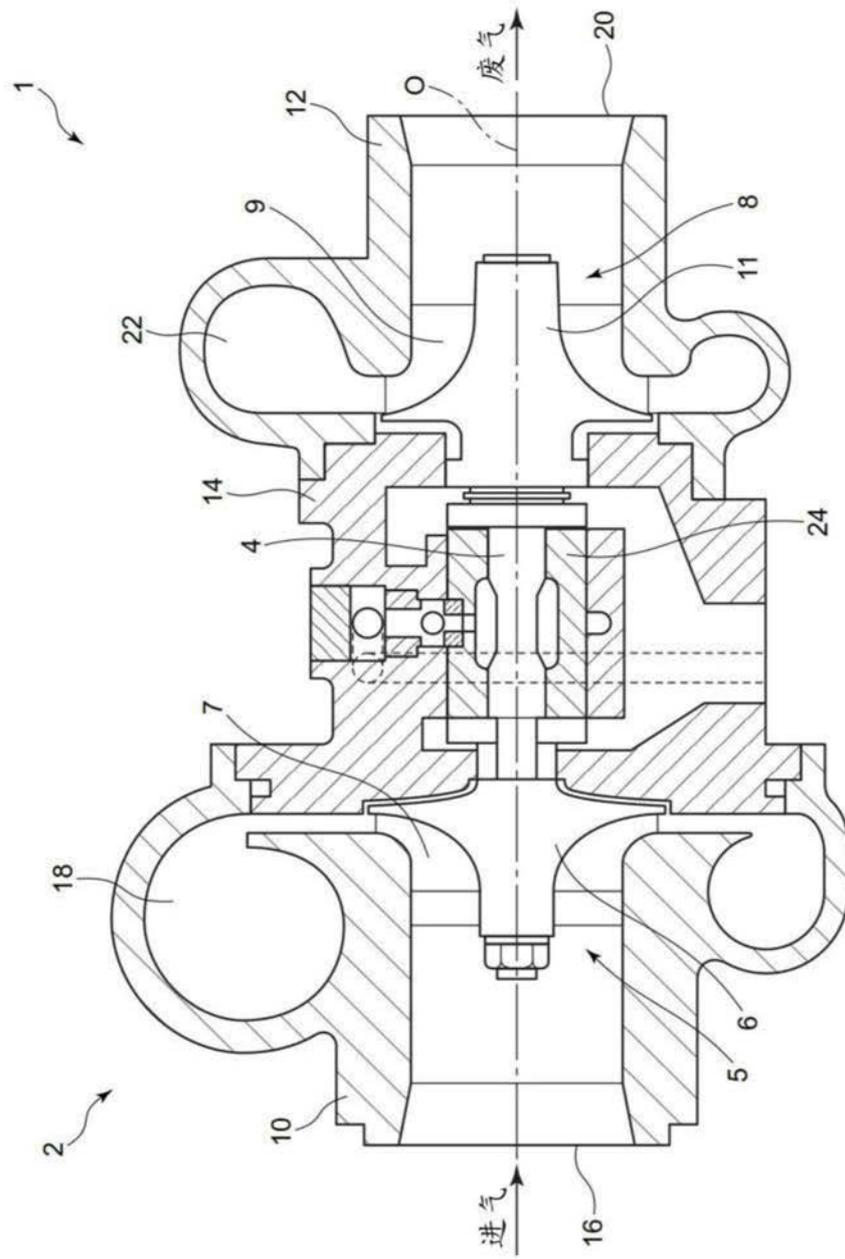


图1

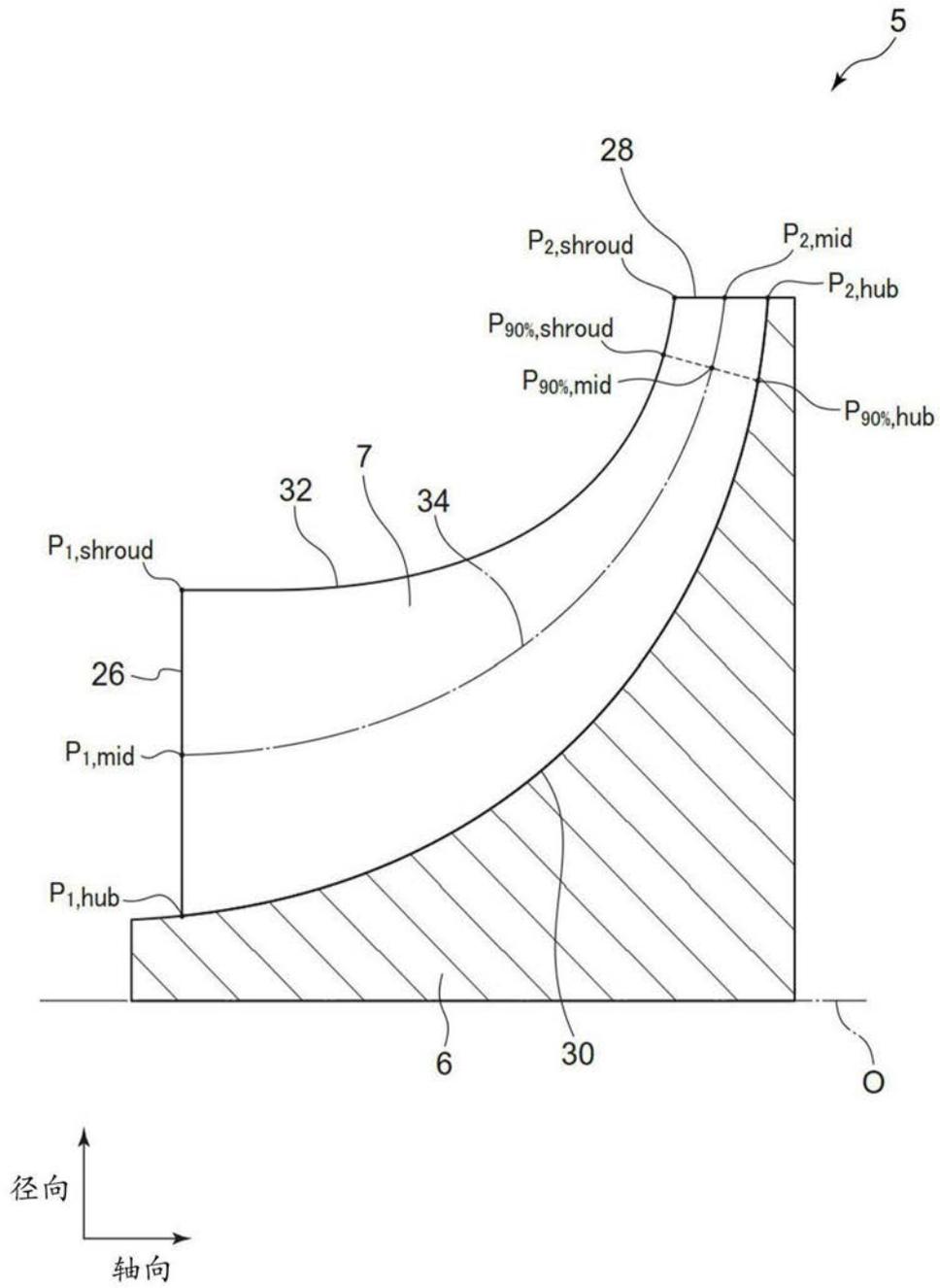


图2

(b) 护罩侧

(a) 轮毂侧

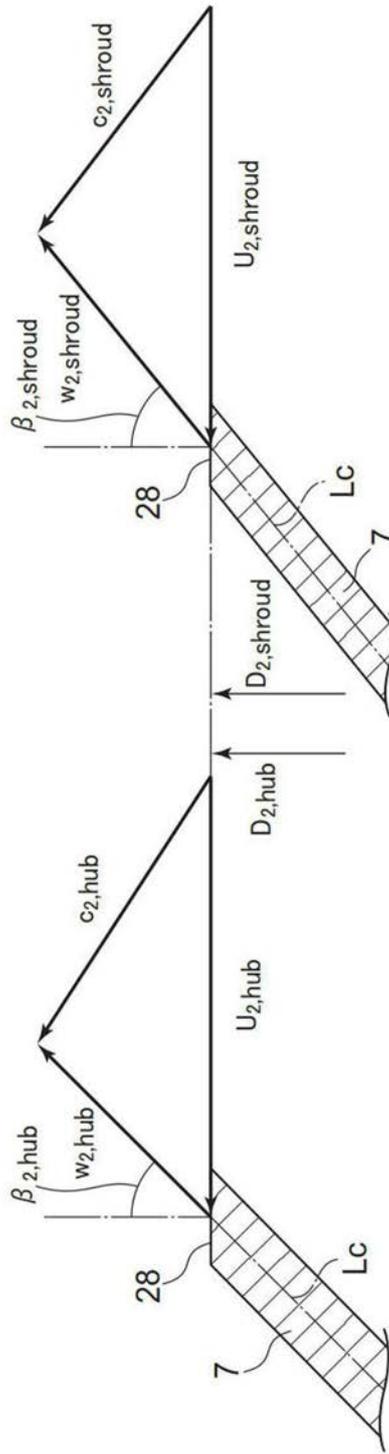


图3

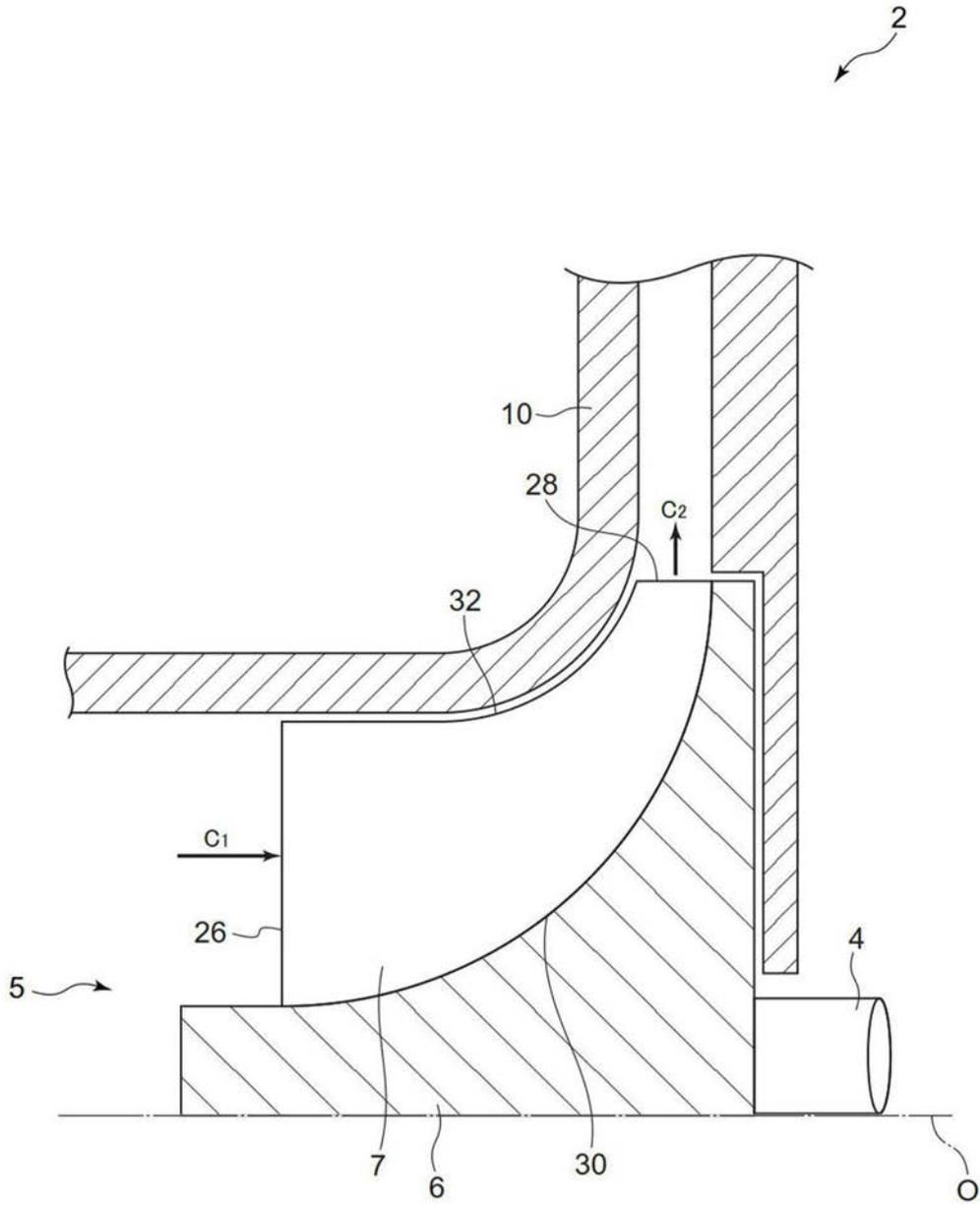


图4

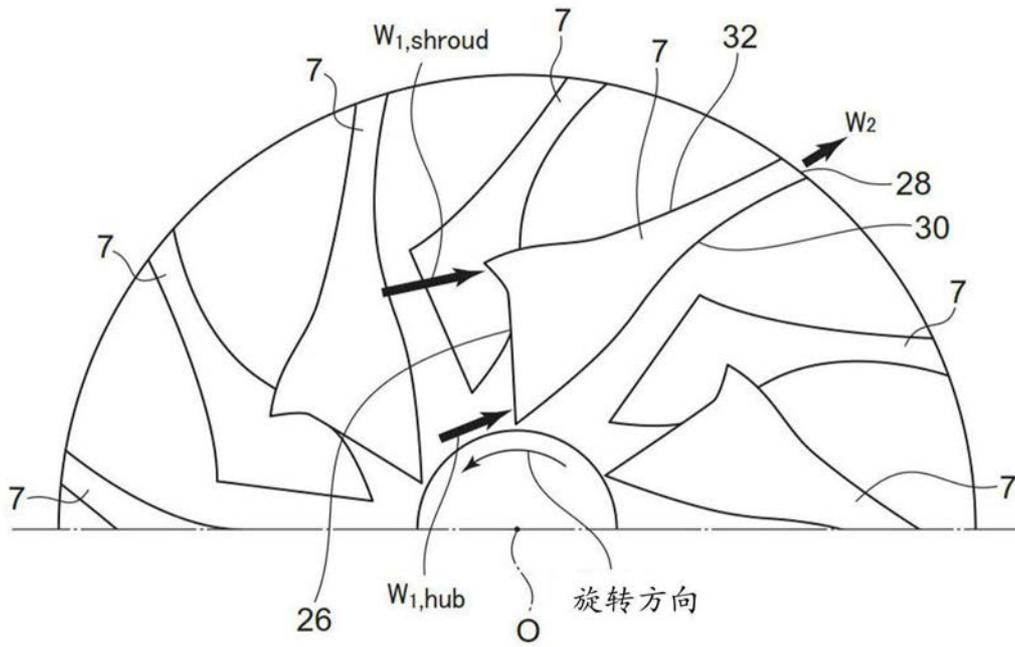


图5

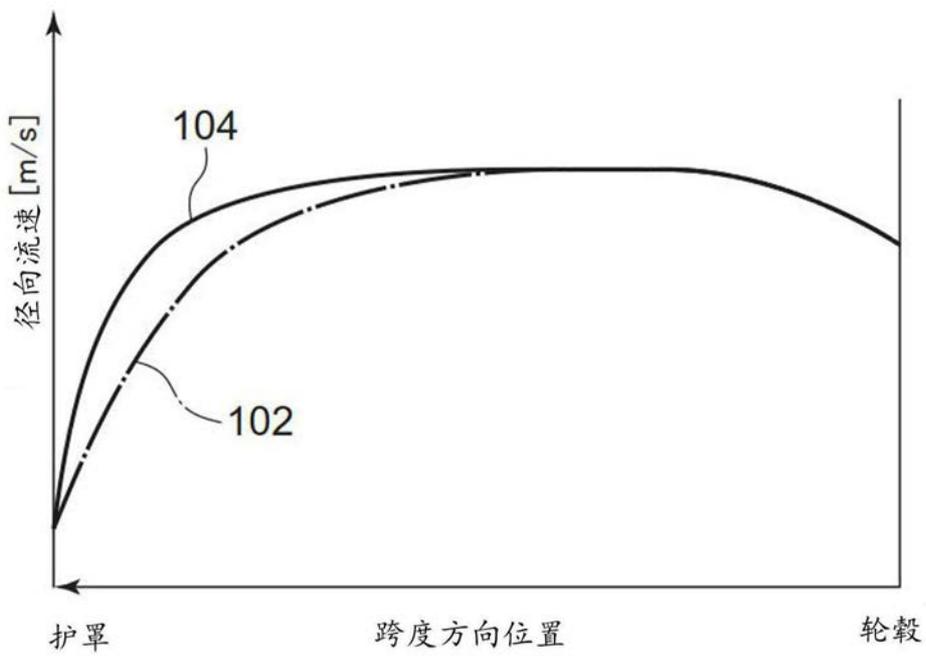


图6

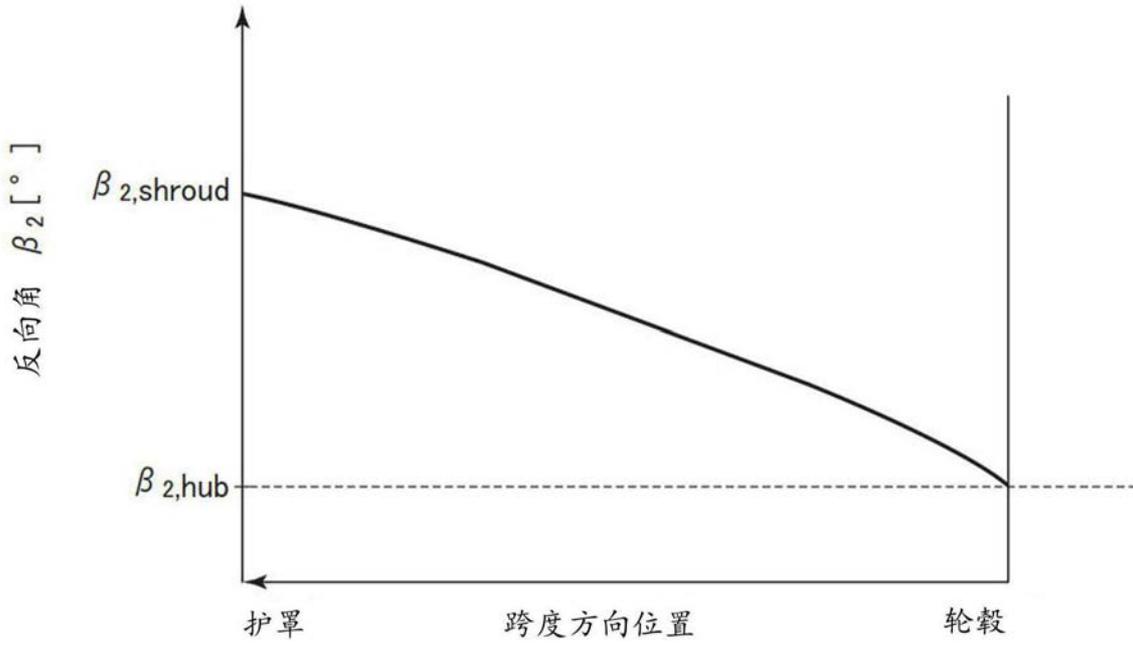


图7

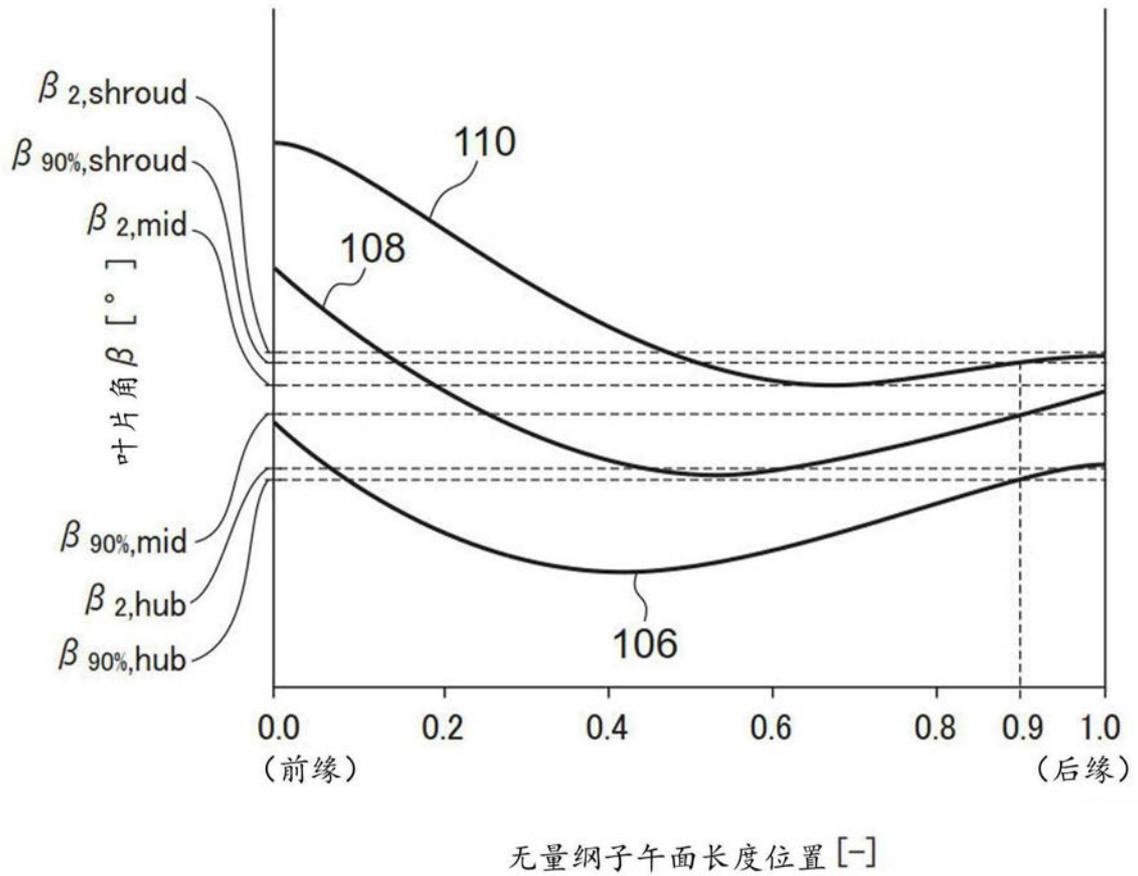


图8

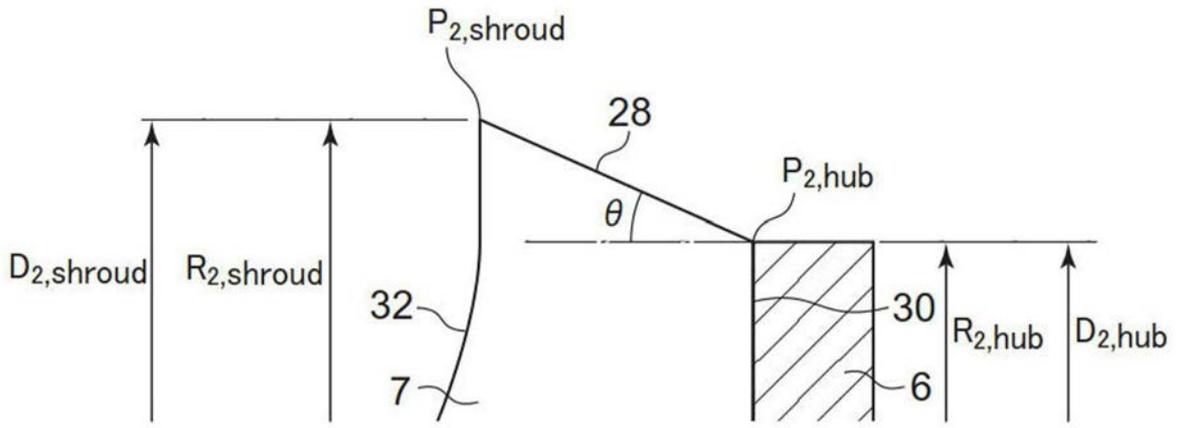


图9

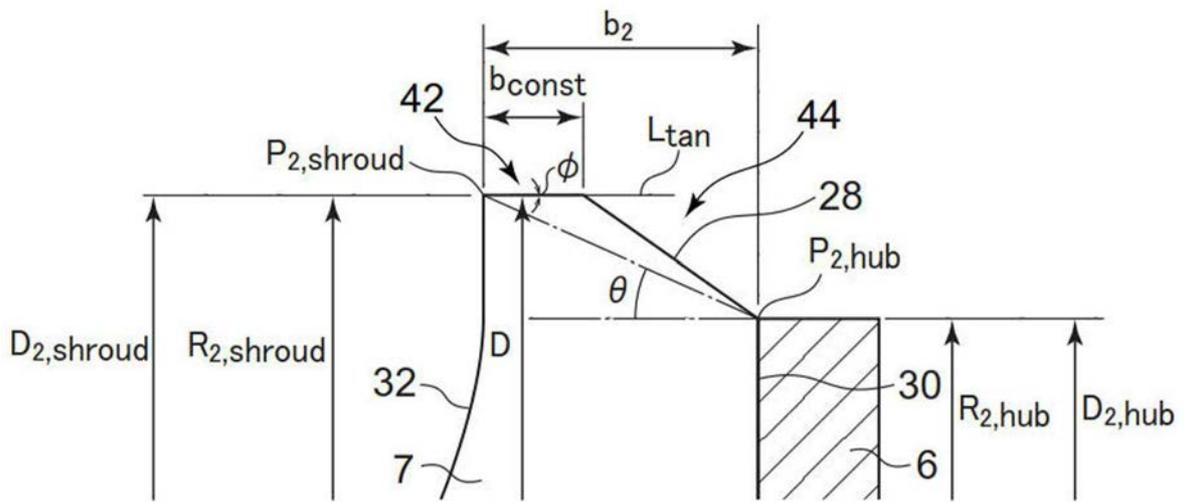


图10

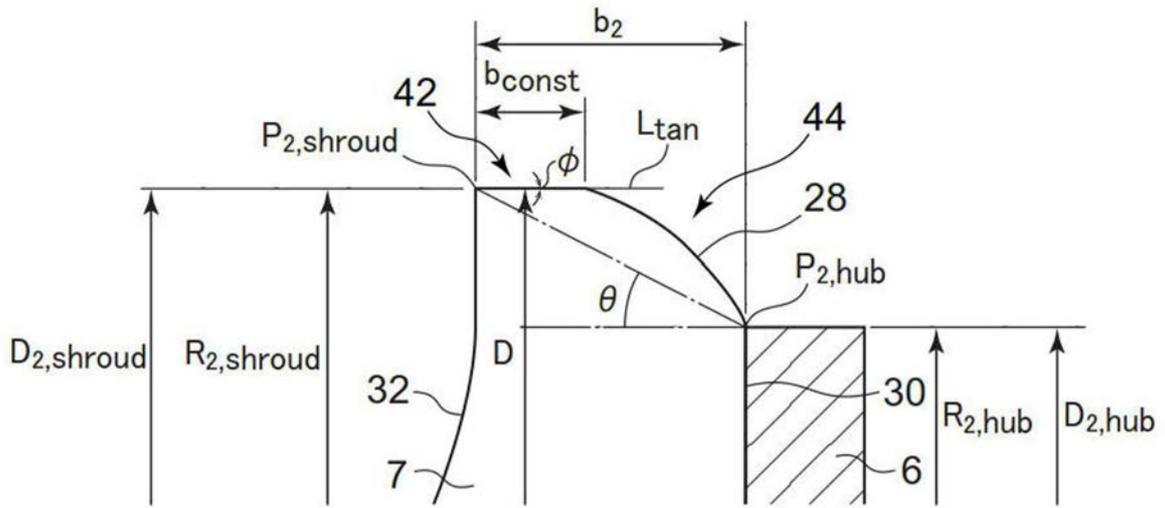


图11

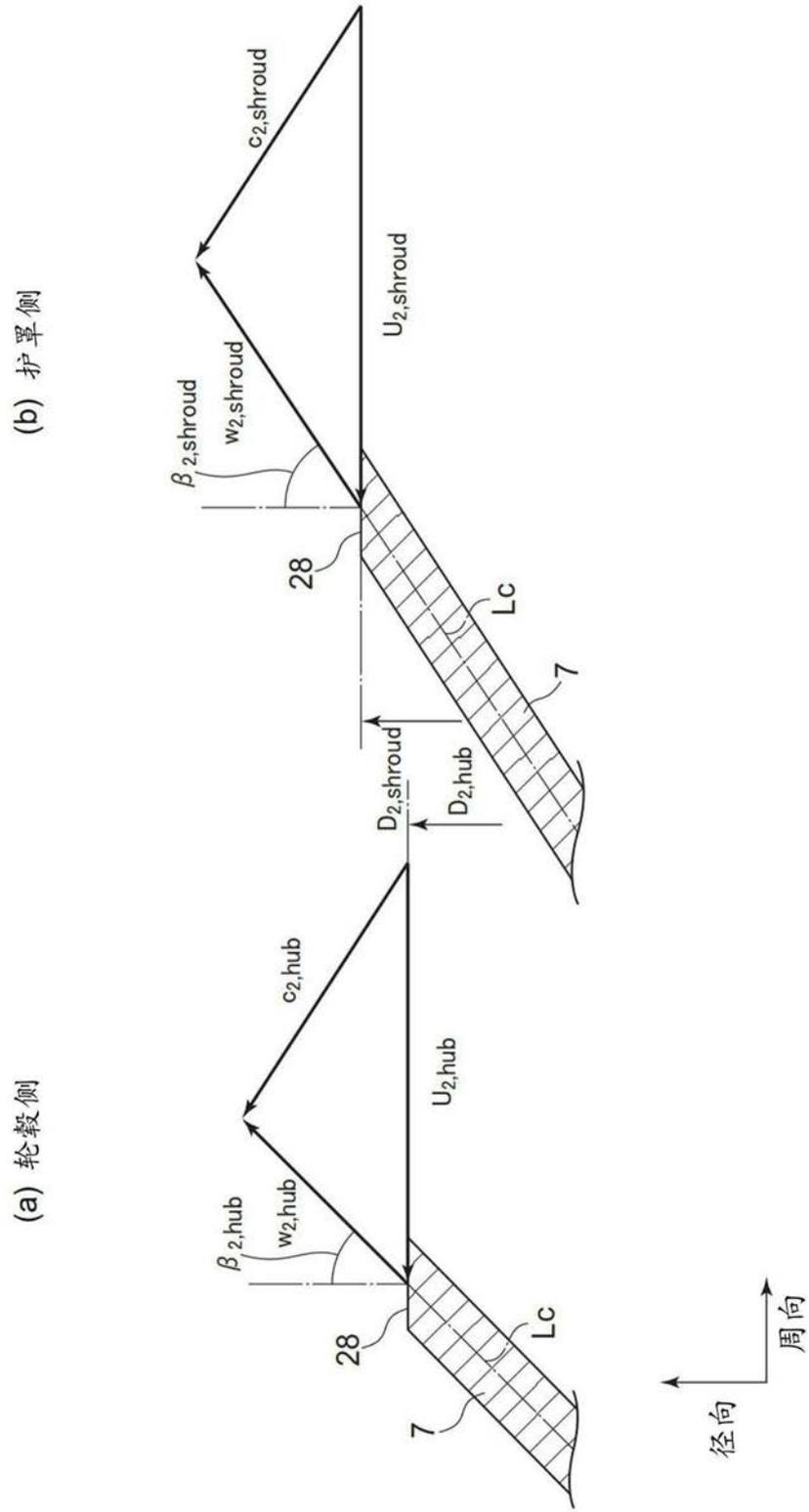


图12

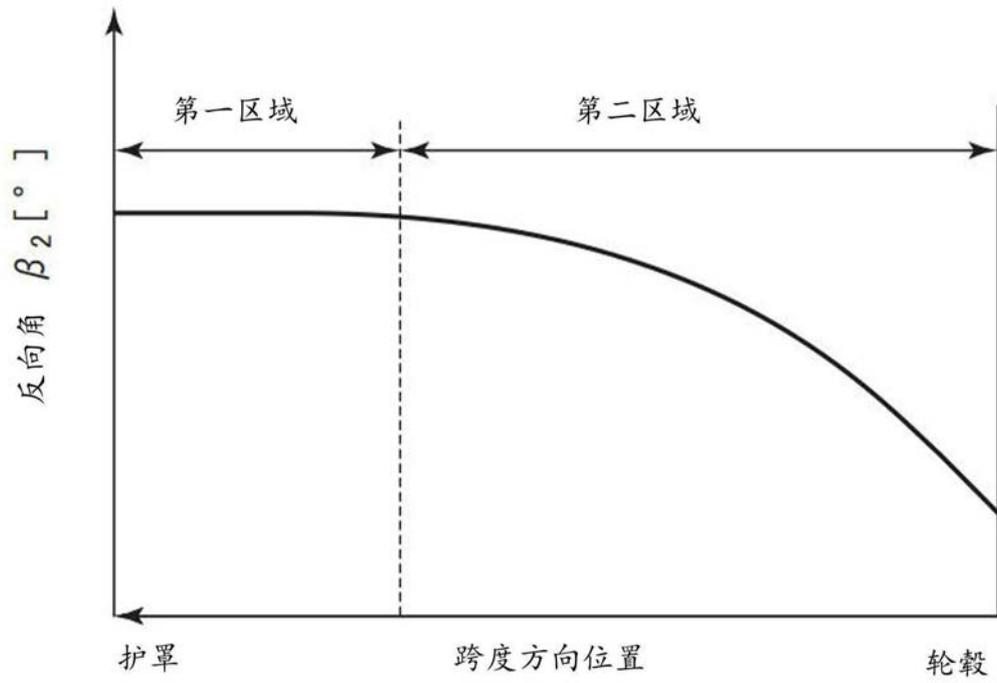


图13