

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B63H 1/14

B63H 1/26 B64C 11/00

B64C 11/18



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00811381.5

[45] 授权公告日 2004 年 9 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1167575C

[22] 申请日 2000.7.6 [21] 申请号 00811381.5

[30] 优先权

[32] 1999.7.6 [33] DE [31] 19931035.1

[86] 国际申请 PCT/EP2000/006412 2000.7.6

[87] 国际公布 WO2001/002742 德 2001.1.11

[85] 进入国家阶段日期 2002.2.6

[71] 专利权人 鲁道夫·班纳赫

地址 德国柏林

[72] 发明人 鲁道夫·班纳赫

审查员 王 钢

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 张兆东

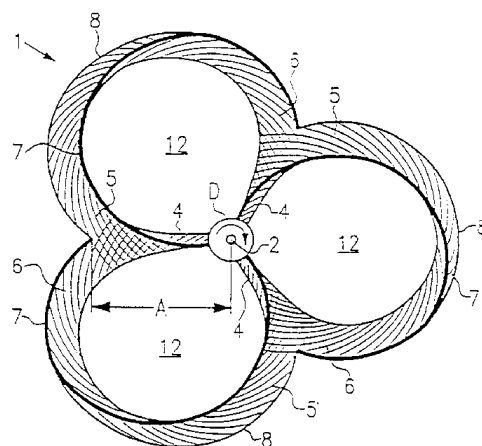
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 7 页

[54] 发明名称 带分裂的转子叶片的转子

[57] 摘要

本发明涉及一种转子(1)，它沿主流方向(H)流过流体并配备有至少一个可绕转子轴线旋转地设置的转子叶片(4)。转子叶片(4)至少部分地从旋转线(2)出发延伸到流体中。通过转子叶片(4)绕旋转轴线(2)沿规定的旋转方向旋转(D)，产生一个逆主流方向的推进力，或由于流动产生绕旋转轴线的扭矩。为了在此类转子中减少在转子叶片端部的叶尖涡流并由此减少流动损失和流动噪声，按本发明规定，转子叶片(4)在离旋转轴线的预定距离处延续为至少两个部分叶片(5、6)并构成一个环。其中一个部分叶片(5)至少在靠近转子叶片(4)的区域内相对于转子叶片(4)沿旋转方向(D)延伸，以及另一个部分叶片至少在靠近转子叶片(4)的区域内相对于转子叶片(4)逆旋转方向(D)延伸。这两个部分叶片(5、6)在其端部互相连成一体，所以它们围绕了一个被流体流过的环面(12)，环面基本

上横向于主流方向延伸。



ISSN 1008-4274

1.工作时沿主流方向(H)流过流体的转子(1), 转子有一个可绕转子轴线(2)旋转地安置并至少部分地从转子轴线(2)出发延伸到流体中的转子叶片(4), 此转子叶片在离转子轴线的预定距离(A)处分裂成至少两个部分叶片(5、6), 一个部分叶片(5、6)沿旋转方向(D)弯曲地离开转子叶片(4)以及另一个部分叶片逆旋转方向(D)弯曲地离开转子叶片(4), 这两个部分叶片(5、6)连接成一个环, 其特征为: 在转子叶片(4)工作时产生推进力或绕转子轴线(2)的扭矩; 以及, 转子轴线(2)穿过被该环围绕的环面(12)。

2.按照权利要求 1 所述的转子(1), 其特征为: 其中一个在前部的部分叶片(5、6)的入流边(7a)至少在靠近转子叶片(4)的区域内位于沿主流方向(H)另一个在后部的部分叶片(6)的入流边(7b)上游。

3.工作时沿主流方向(H)流过流体的转子(1), 转子有至少两个可绕转子轴线(2)旋转地安置并至少部分地从转子轴线(2)出发延伸到流体中的转子叶片(4), 此转子叶片在离转子轴线的预定距离(A)处分裂成至少两个部分叶片(5、6), 一个部分叶片(5、6)沿旋转方向(D)弯曲地离开转子叶片(4)以及另一个部分叶片逆旋转方向(D)弯曲地离开转子叶片(4), 一个转子叶片(4)的一个部分叶片(5、6)总是与另一个转子叶片(4)的部分叶片(5、6)连接成一个环, 其特征为: 在转子叶片(4)工作时产生推进力或绕转子轴线(2)的扭矩; 以及, 一个在前部的部分叶片(5、6)的入流边(7a)至少在靠近转子叶片(4)的区域内位于沿主流方向(H)另一个在后部的部分叶片(6)的入流边(7b)上游。

4.按照上述诸权利要求之一所述的转子, 其特征为: 转子叶片(4)的入流边(7)延续到位于上游的前部部分叶片(5)的入流边(7a)内。

5.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子, 其特征为: 两个衔接为环的部分叶片(5、6)彼此光滑过渡。

6.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子(1), 其特征为: 前部部分叶片(5)总是与后部部分叶片(6)连接。

7.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子,其特征为:转子叶片(4)和/或部分叶片(5、6; 10、11)至少部分设有弹性外层(14)。

8.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子,其特征为:设型面调整装置,借助它可至少部分地调整转子叶片(4)和/或部分转子(5、6; 10、11)的轮廓形状(13)。

9.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子,其特征为:设迎角调整装置,借助它固定转子叶片和/或将部分叶片(5、6)可转动地固定在转子叶片上以便调整迎角。

10.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子,其特征为:设后掠角调整装置,借助它固定转子叶片(4)和/或将部分叶片(5、6)基本上沿推进方向可转动地固定在转子叶片(4)上。

11.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子,其特征为:在转子叶片(4)与部分叶片(5、6)之间设张角调整装置,借助它将至少一个部分叶片(5、6)按这样的方式可转动地固定在转子叶片(4)上,即,可改变在一个转子叶片(4)的两个部分叶片(5、6)之间基本上朝旋转方向(D)指的张角(W)。

12.按照权利要求 1 至 3 之一所述的转子,其特征为:设在转子叶片(4)与部分叶片(5、6)之间的伸出装置,借助它将部分叶片(5、6)可相对于转子叶片(4)的延伸方向伸入流体中地固定。

13.由至少两个沿其旋转轴线方向前后布置的转子组成的组合件,转子分别有相反的转向,其特征为:至少其中一个转子(1)按上述诸权利要求之一设计。

带分裂的转子叶片的转子

本发明涉及一种工作时沿主流方向流过流体的转子，转子有一个可绕转子轴线旋转地安置并至少部分地从转子轴线出发延伸到流体中的转子叶片，此转子叶片在离转子轴线的预定距离处分裂成至少两个部分叶片，一个部分叶片沿旋转方向弯曲地离开转子叶片以及另一个部分叶片逆旋转方向弯曲地离开转子叶片，这两个部分叶片连接成一个环。

先有技术中已知用于产生推进力或产生扭矩的转子，在第一种情况下包括螺旋桨、船的螺旋推进器、鼓风机、通风机、风扇等，在第二种情况下包括流体驱动的导流板、涡轮和风车。在船用螺旋桨或飞机螺旋桨中，固定在桨毂上的转子叶片绕旋转轴线旋转，并基于其断面形状或基于其绕旋转轴线旋转时的迎角产生推进力。推进力在转子叶片转一圈时平均通常平行于旋转轴线延伸并将船或飞机向前推进。在直升机转子中，通过在绕旋转轴线旋转的过程中调整转子叶片，可以产生一个相对于旋转轴线倾斜的推进力。在这里，主流方向指的是这样一个方向，即，当在远处观察将转子简化为一个平面时流动通过转子的那个方向。

转子的效率由于形式上为形成涡流、扭转的流动损失以及当转子在液态流体内工作时由于发生气蚀而降低。声辐射也往往成为问题。由船用螺旋桨和飞机螺旋桨、直升机转子、风力设备、例如在空调设备中的各种风扇和鼓风机引起的噪声，成为当今环境噪声负担的相当大的部分。

由先有技术已知按此类型的转子，与传统的转子相比它们提高了效率和减少了噪声辐射或形成噪声。

例如由 DE 42 266 371 A1 已知一种有一转子叶片的转子，转子叶片分裂成两个部分叶片。采用这种转子可减少工作时的振动。

由 DE-PS 83050 已知另一种转子。这种转子导致提高反压力。

在 US 1 418 991 中说明了有一个转子叶片的转子，转子叶片在离旋转轴线一定距离处分裂成两个部分叶片，它们沿着和逆转子的旋转方向相对于转子叶片延伸。US 1 418 991 的转子可以降低流动阻力。

由 US 3 504 990 和 US 4 445 817 或 DD-PS 614 381 已知按此类型的转子。

在 US 3 504 990 中公开的转子有不影响流动的支承臂。在支承臂的端部安装一环面，它沿其圆周或周边产生转子的推进力。

由 US 4 445 817 或 DD-PS 614 381 已知一种有一些转子叶片的转子，它们由垂直于主流方向延伸的平面转子和由条装转子叶片构成。每个条状转子叶片被弯曲并与沿旋转方向的下一个转子叶片连接。此转子除转子叶片的外周边外同样产生推进力。

在 DE 19 752 369 中公开了一种推进体，它有横向于流动方向卧放的端部并分裂形成一个环。

在 EP 0 266 802 中公开了一种曲线表面的螺旋桨，它的一些输送叶片构成一圆锥体外套的一些区段。曲线表面和输送叶片分别围绕孔口，被输送的质量流通过这些孔口。

在由先有技术已知的转子中存在的缺点是，它们在效率方面和噪声辐射方面达到的改善对于当今的应用而言不再满足要求。

因此本发明的目的是，采用简单的设计措施改善前言所述的转子，提高它们的效率。

尤其期望的是，除了提高效率外此转子产生更少的噪声并因而特别有利于环境保护。

对于前言所述类型的转子，按本发明为达到上述目的采取的措施一方面是，在转子叶片工作时产生推进力或绕转子轴线的扭矩；以及，转子轴线穿过被该环围绕的环面。

对于前言所述类型的转子为达到上述目的采取的另一方面的措施是，在转子叶片工作时产生推进力或绕转子轴线的扭矩；以及，一个在前部的部分叶片的入流边至少在靠近转子叶片的区域内位于沿主流方向另一个在后部的部分叶片的入流边上游。

此方案简单并导致显著减少转子噪声。

通过将部分叶片衔接成一环，沿此环的轮廓发生环流从一个部分叶片到另一个部分叶片连续的改变。在两个部分叶片之间的环流符号变换时，环流沿环的轮廓必须有一个零点。因此，此环构成一个装置，借助此装置使转子的环流沿环的整个周边并因而在尾流中产生的尾涡内均匀分布。因此达到沿转子叶片和沿构成环的部分叶片与先有技术相比有更均匀的环流分布。涡流强度在空间上沿整个环的周边分布，其结果是导致降低由于形成涡流带来的损失以及产生更小的流动噪声。

此外，由于部分叶片的环形闭合，使转子获得高的机械稳定性。由此可以降低结构重量以及获得一种总体上丝网式结构。还有，在由部分叶片构成的环上环流很小并因而对推进的贡献也很小的部分，翼弦也可以减小。以此方式可以降低摩擦阻力。

在单叶片式螺旋桨的情况下，如果旋转轴线通过环的平面，则在螺旋桨旋转时的不平衡可以借助此简单的设计措施避免。

对于简单的应用情况，例如简单的风扇或通风机以及玩具飞机和玩具风车，转子叶片和部分叶片可例如由倾斜安装的平面构成，对于技术上复杂的应用情况，如飞机螺旋桨或船用螺旋桨，例如由具有规定的厚度分布和曲面的类似机翼的型面构成。沿转子叶片和部分叶片根据当地流动条件改变的型面，导致特别有利的流动特性和更高的效率。同理，叶片的深度变化和当地的迎角也可以与当地的流动条件相匹配。

本发明的要点是，推进力或扭矩的产生也借助于转子叶片本身。通过此原理区别按本发明的转子与 DD-PS 61 438 的转子。尽管该转子同样构成一个环，但是在那里所说明的转子没有转子叶片，这种叶片从旋转轴线出发延伸到流动中并产生推进力：确切地说，此设计成环状的条带通过支承臂固定，它应当尽可能少地影响或干扰液体流动。在 DD-PS 61 438 或 US 4 445 817 的转子中，推进力只是由环形的条带产生，它实施一种作功的相对运动，类似于鱼尾或鸟翼的摆动。这种推进方式效率很低。通过所提及的原理还使按本发明的转子区别于其他一些已知的

环形结构，例如 US 5 890 875 的叶片装置。在那里同样没有设转子叶片，所以只能产生小的推进力或扭矩。

按本发明的一项设计，一个部分叶片至少在靠近转子叶片的区域内不仅沿旋转方向而且沿主流方向位于其他部分叶片的前面。在这种情况下，或其中一个部分叶片的入流边沿主流方向可在另一个部分叶片入流边的上游，或这一个部分叶片完全位于另一个部分叶片的上游。在部分叶片的这种布局中，流动从前部的位于上游的部分叶片的压力侧至少在转子叶片附近的区域内可朝向后部的位于下游的转子叶片的吸力侧。由于在位于上游的部分叶片的负压侧或吸力侧更快速地流动，动能被输送给绕位于下游的叶片部分的环流，其结果是导致绕后部部分叶片更稳定的环流。

在转子的一种优选的设计中，部分叶片可逐渐基本上无跃变地从转子叶片出发弯曲。由于部分叶片形状连续变化，所以可以避免边角流动，要不然在转子的工作条件剧烈改变时会在转折点产生这种边角流动并能带来损失。

按另一项非常有利的的设计，这两个部分叶片可在其端部互相连接成一体。这种设计由于部分叶片的这种机械连接特别稳固和能承载，所以可以减小由转子产生的振动。此外，由部分叶片的尖端引起的伤害的危险减到最低程度。

按本发明一项有利的进一步发展，两个部分叶片优选地无跃变互相过渡。这意味着这两个部分叶片在其连接点基本上有同一个断面形状以及它们的轮廓基本上无跃变地互相连接。这例如可以通过两个互相连接的部分叶片的整体成形实现。

按另一项有利的的设计，转子叶片的流出边优选连续地延续到位于下游的后部部分叶片的流出边内，由此可使流动损失彼此无关地最小化。同样，按另一项有利的的设计，转子叶片的入流边延续到位于上游的前部部分叶片的入流边内。以此方式防止流动由于入流边的不规则性而受不利的影响。同样，当相应的转子叶片或部分叶片的入流边只有少量不规则性时便已能显著改变环流分布。按另一项设计，这尤其在按本发明只

有一个转子叶片的转子的情况下是有利的，此旋转轴线可以通过环面延伸。

按另一项设计，转子可设有多个沿旋转方向优选地等间距的转子叶片，其中，一个转子叶片位于上游的前部部分叶片总是与一个沿周向走在前面的转子叶片位于下游的后部部分叶片连接。这种设计在材料消耗少的同时保证沿此环的环流反向。由于大数量的转子叶片可在结构体积小的情况下获得总体上较大的推进力。这种设计的优点在于，大的推进力或扭矩与环流在转子尾流内均匀地良好分布相结合。按此项设计，尽管功率大但转子仍保持轻声。在此设计中，优选地令沿周向相邻的转子叶片的部分叶片互相连接以构成一个环。

为了在不同的工作条件下能在转子的转子叶片上和在转子的部分叶片上达到最佳的流动状况，转子叶片和/或部分叶片应能适应当地变化的流动条件，亦即适应限于有关的转子叶片和/或部分叶片当地的流动条件。为此，转子叶片和/或部分叶片至少部分设有弹性外层。在恰当的材料协调和/或适当预紧外层的情况下，或仅仅基于作用在型面上的

流动机械力。亦即被动地，或借助于轮廓形状调整装置，亦即主动地，可以局部改变转子叶片和/或部分叶片的型面几何尺寸，不会在外层上形成对流动有不利影响的上抛、起皱或弯折。此外，在恰当选择弹性时，弹性外层导致转子叶片和/或部分叶片无损失地绕流。弹性外层有能力通过局部很有限的变形对压力干扰作出反应并吸收这些压力干扰，其结果是导致转子叶片和/或部分叶片更安静和低噪声的绕流。

按另一项有利的设计，转子还可以设型面调整装置，它作用在外层上并可通过外层至少区域性地移动转子叶片和/或部分叶片型面几何尺寸局部或全局的改变。在这里，局部改变指的是转子叶片或部分叶片型面几何尺寸或轮廓形状的改变，这种改变只发生在转子叶片和/或部分叶片的一个极有限的区域内以及基本上不影响在转子叶片和/或部分叶片的其他一些区域内的绕流。型面几何尺寸全局的改变则相反，它改变转子叶片和/或部分叶片大范围的型面几何尺寸，并导致显著改变转子叶片和/或部分叶片的绕流特性。

按另一项有利的设计，转子可有一轮毂，在轮毂上固定转子叶片。转子叶片可通过用于改变迎角的迎角调整装置可旋转地固定在轮毂上。通过改变迎角可以用很简单的方式将转子产生的推进力在转子大的旋转速度范围内保持常数或适应当时的工作条件。此外在转子弹性设计的情况下还可以沿环线获得有利于绕流的叶片扭曲的结构。同样，可设一迎角调整装置，借助它部分叶片可旋转地固定在转子叶片上以便调整迎角。在这里，迎角在流动技术中通常指的是转子叶片和/或部分叶片的翼弦相对于转子叶片和/或部分叶片当地入流的倾斜角。翼弦连接入流边与流出边，前者为转子叶片和/或部分叶片前部滞止点连线，后者为转子叶片和/或部分叶片的后部滞止点连线。

按另一项有利的设计，可设一后掠角调整装置，借助它将转子叶片基本上沿推进方向可相对于轮毂转动地固定。通过此调整装置，转子叶片的后掠角，亦即入流边相对于主流方向的角度可以被改变并改善在转子叶片尾流内产生的环流的分布。还可以在转子叶片与部分叶片之间设类似的装置，以便也改变部分叶片的后掠角。为了在调整后掠角时兼顾

转子叶片或部分叶片入流的旋转分量，后掠角调整装置还可有利地使转子叶片或部分叶片绕平行于旋转轴线延伸的流动回转。

按另一项有利的设计，在转子叶片与部分叶片之间设一张角调整装置，转子的至少一个部分叶片按这样的方式与之连接，即，使得能根据转子的工作状态调整在转子叶片的两个部分叶片之间的一个基本上指向旋转方向的张角。

按另一项有利的设计，转子几何尺寸另一种提高在多种工作状态下的效率的适应性调整的可能性可借助一个伸出装置获得，它设在转子叶片与部分叶片之间，借助它将部分叶片可相对于转子叶片的延伸方向伸出地固定。通过伸出部分叶片和/或转子叶片，增大了产生推进力的面积，所以在转子叶片和/或部分叶片单位面积的环流保持不变的情况下可以产生更大的推进力。

最后，可串联两个或多个按本发明的转子。当这些转子彼此沿反向相对旋转时，在这两个转子的尾流内叠加各自的旋涡强度并部分抵消。因此在恰当协调的情况下甚至可做到完全消除至少其中一个转子沿旋转轴线方向旋涡强度的分量，亦即扭转。因此，通过取消在串联螺旋桨尾流中的扭转将损失降到最低程度。若转子有大体相同的直径，则旋涡强度达到最佳的叠加。位于上游的转子也可设计为定子，由此降低结构性费用。

下面借助实施例说明按本发明具有一个分裂成部分叶片的转子叶片的转子的结构和功能。

附图中：

图1按本发明具有两个分别分裂的转子叶片的转子第一种实施例；

图2A图1的转子第一种方案的局部II详图；

图2B图1的转子第二种方案的局部II详图；

图3按本发明的转子第二种实施例局部II详图；

图4按本发明的转子第三种实施例；

图5按本发明的转子第四种实施例；

图6按本发明的转子第五种实施例；

图7按本发明的转子另一种实施例；

图8A-8C按本发明的另一种实施例的适应性转子叶片其型面几何尺寸的变化；

图9按另一种实施例的按本发明适应性设计的转子叶片中调整的可能性；

图10A和10B在传统的和按本发明的螺旋桨尾流内的旋涡场；

图11本发明的另一种实施例，其中串联两个转子。

首先借助图1中所示的实施例说明按本发明的转子的基本结构。

图1 表示转子1沿旋转轴线2方向的俯视图，转子可绕此旋转轴线旋转地支承着。在图示的形式中，转子1可用于风扇、螺旋桨，但也可用作涡轮或风力设备。围绕旋转轴线设轮毂3，在轮毂上固定两个转子叶片4。转子叶片4分别从轮毂或旋转轴线出发基本上沿径向延伸到围绕转子1的流体中。

每个转子叶片4分裂成两个部分叶片5、6。沿旋转方向彼此相继的转子叶片4的部分叶片5、6衔接成一个环。

工作时转子1绕旋转轴线2沿旋转方向D旋转。转子1可被动地通过流动带转，例如在风力设备中便是这种情况。在这种情况下转子1基本上沿轴线2入流。因此在适当地设计转子叶片4和部分叶片5、6的型面和/或安装位置时产生绕旋转轴线2的扭矩，扭矩可借助与一根随转子旋转的转子轴(未表示)连接的发电机(未表示)应用于发电。反之，转子1也可以被驱动马达主动驱动，借此通过转子的旋转，基于适当地设计转子叶片4和/或部分叶片5、6的型面和/或安装位置，产生通过被转子叶片4和部分叶片5、6掠过的面积和通过此环的流动及推进力。

图2A和2B表示图1中的局部II详图用于说明转子叶片和部分叶片的几何结构。由转子叶片构成的环在图2A和2B中为了简化起见没有表示。

转子叶片4在距离A处分裂成一个在前部的沿主流方向位于上游的部分叶片5以及一个在后部的沿主流方向于下游的部分叶片6。在这里，转子叶片4流畅地没有截面突变地过渡为各自的部分叶片5、6。

转子叶片4沿主流方向设置的入流边7无接缝地延续到前部部分叶片5的入流边7a中。转子叶片4的流出边8无接缝地延续到后部部分叶片6的流出边8b中。在转子叶片4分裂为两个部分叶片5、6后，前部部分叶片5构成自己的流出边8a，它至少在靠近转子叶片4的区域内，亦即在分裂点附近的区域内，部分地与由后部部分叶片6构成的入流边7b重叠。当然也可以取消这种重叠。

前部部分叶片5相对于后部部分叶片6沿旋转方向D弯曲，所以前部部分叶片5与后部部分叶片6裂开。

在沿主流方向顺着旋转轴线2观察的图2A的视图中，转子叶片4以及两个部分叶片5、6的表面9意味着是加载的压力侧，在螺旋桨、转子等的情况下构成吸力侧。吸力侧和压力侧通过在那里存在的压力状况彼此区别。作用在吸力侧上的平均流体压力低于作用在压力侧上的平均流体压力。由于此压力差产生螺旋桨沿旋转轴线2方向的推进力，或在风力设备的情况下产生扭矩。吸力侧和压力侧分别通过入流边7、7a和7b以及通过流出边8、8a和8b彼此分开。

在这里，入流边是转子叶片或部分叶片面朝叶片入流方向的滞止点连线，滞止点指的是那些相对于所涉及的转子结构平均速度为零的点。流出边相应地由后方滞止点的连线构成。

在图2A的实施例中，前部部分叶片5设计得比后部部分叶片6大，以及转子叶片在翼弦内分开。

作为替换形式，转子叶片4可以不沿翼弦方向分裂，而是沿厚度方向，例如沿中线分裂为吸力侧部分叶片11和压力侧部分叶片10。在图3中同样作为局部详图11表示按本发明具有沿厚度方向分裂的转子叶片的转子。在这里，型面的中线是在型面内的那些与型面的上侧及下侧接触的内接圆的中点连线。

也可以设想按本发明的转子叶片任意的过渡形式，其中，部分叶片可以任意搭接，以及一个部分叶片的入流边或流出边可分别与转子叶片的吸力侧或压力侧融合。

通过沿转子1的旋转方向弯曲部分叶片5,使在前部部分叶片5的吸力侧上快速流动的流体朝后部部分叶片6的方向偏转。这导致后部部分叶片的一种被加速并因而稳定的绕流。

在这里,吸力侧部分叶片11形成一个自己的压力侧(没有表示)。同样,压力侧部分叶片10形成一个自己的吸力侧9a。吸力侧部分叶片11相对于转子叶片4沿旋转方向D延伸,压力侧部分叶片10相对于转子叶片4逆旋转方向延伸。部分叶片11的吸力侧过渡到转子叶片4的吸力侧内,部分叶片10的压力侧过渡到转子叶片的压力侧内。在图1的实施例中,两个部分叶片10、11设计成大体相同的大小。当然也可以类似于图2A的方案,在这里将部分叶片10、11设计为不同的大小。两个部分叶片10、11的入流边流畅地与转子叶片4的入流边融合,两个部分叶片10、11的流出边流畅地与转子叶片4的流出边融合。

图2B在局部11详图中表示图1的转子叶片另一种方案。

图2A和2B的转子叶片的区别在于转子叶片各自的弯曲沿旋转方向或逆旋转方向、在转子叶片4发生分裂的距离A处部分叶片5、6彼此的相对尺寸、以及部分叶片5、6相对于转子叶片4的尺寸。

在图2B中表示了张角W,它应表征两个部分叶片5、6彼此张开的角度值。

张角W可以在其中一个(前部)部分叶片的流出边与另一个(后部)部分叶片入流边之间的空间内测量,或在两个部分叶片的中线M之间的空间内测量。中线是在径向截面内平分弦的那些点的连线。

在图2B的转子中,后部部分叶片6设计得比前部部分叶片5大。因此在螺旋桨的情况下后部部分叶片6比前部部分叶片5产生更大的推进力,或在导流板的情况下后部部分叶片6比前部部分叶片5产生更大的扭矩,其结果是导致在后部部分叶片6的尾流内旋涡强度比较高的集中度。但通过将叶尖延长成一环,也可以在这种情况下达到在尾流内有利的旋涡分布,此时例如具有较大翼弦的部分叶片在环的周长中占有比具有较小翼弦的部分叶片更大的份额。

沿旋转方向D旋转并流过流体。这两个部分叶片5、6弯曲成使旋转轴线2位于环面12内部。因此两个部分叶片5、6的衔接相对于转子叶片4而言典型地位于旋转轴线的相反侧。但在图4的实施例中，前部部分叶片5比较长并螺旋形弯曲，相反，后部部分叶片6较短并基本上沿径向从旋转轴线2出发延伸。前部部分叶片5和后部部分叶片6在区域B内互相连接，在此特殊的结构中此区域大体处于主叶片的延长线内。在此区域B内环流也改变其符号。

部分叶片5和6互相无跃变地过渡，所以在环形螺旋桨的绕流中产生尽可能小的干扰。在图4的实施例中，主转子沿旋转方向D强烈弯曲，并在离旋转轴线较小的距离A分裂成两个部分叶片5、6。

在图4的实施例中，部分叶片5、6长度不同，但大体上有相同的翼弦。当然在这里也可以采用同样大小的部分叶片或部分叶片的翼弦可以变化。

沿着从部分叶片5到部分叶片6的过渡区，沿着环边，环流的转向必须改变。若对于环流的一个转向赋予正号以及在转子叶片4分裂为两个部分叶片5、6或10、11的区域内环流的量用 Γ_0 表示，则在部分叶片大小相同的情况下环流沿此环从 $+\Gamma_0/2$ 变换为 $-\Gamma_0/2$ 。

环流的这种变换沿环构件逐渐进行。因为在尾流内感应的旋涡的强度取决于附体的旋涡的强度当地的变化，所以在此情况下总体上在尾流中造成一个连续的涡流层，它包裹着螺旋桨射流以及处处有基本上相同的厚度。

在图4的环形螺旋桨中可以利用全部外轮廓，以便对于任何应用场合总是获得沿转子叶片和部分叶片有利的推进力分布(在转子被驱动的情况下)或能量产出率(对于主动工作的转子)。例如，通过进一步向外延伸环构件或采用一种更似圆环形的的设计，可以改变在外面的部分的负荷。这又可被利用于例如在船用螺旋推进器中降低气蚀的危险。通过部分叶片5、6成环形的闭环，使环形螺旋桨获得高的机械稳定性，这就有可能设计更轻的环形螺旋桨。在环流很小的环形螺旋桨区段中，亦即尤其在环流的符号发生变换的区域内也可减少翼弦。

图5和6表示环形螺旋桨的另一些实施例。

图5的单叶片式环形螺旋桨与图4的实施例相比有弯度较小的转子叶片4。转子叶片4在那里分裂的距离A较大，以及部分叶片大体等长。总体上看在图5的环形螺旋桨中环面12设计得更圆一些，这使转子容易平衡。

图6的实施例表示另一种双叶片式环形螺旋桨的实施例。与图1的环形螺旋桨相比，图6的环形螺旋桨设有较长的环面12，它们主要通过转子叶片4分裂成两个部分叶片6的分裂点之间较大的区段A实现。图6中还表示了区域B，在该区域内一个转子叶片4的前部部分叶片5与另一个转子叶片4的后部部分叶片6连接。在此区域B内环流变换其符号并有近似于零的量。此区域B有小的翼弦。此外在此区域内型面可以很狭窄并保持对称性，因为此区域B对于环形螺旋桨1的推进力或能量的产出只有很小的贡献。因此在此区域内形状阻力和摩擦均可减到最低程度。

按图1至6的环形螺旋桨原理也可转用于多叶片式转子。图7表示了一种多叶片式环形转子的实施例。在那里转子1由三个沿旋转方向D彼此均匀隔开距离的转子叶片4构成。转子叶片4分别在离旋转轴线2同样的距离A处分裂为前部部分叶片5和后部部分叶片6。转子叶片4的前部部分叶片5与沿旋转方向的下一个转子叶片4的部分叶片6连接。根据使用情况，部分叶片相对于旋转方向互相连接的方向也可以相反。

因此，形成了三个有环面12的环。环面12各有一公共的入流边7，它连续地由转子叶片的前缘、该转子叶片4的前部部分叶片5以及另一个转子叶片4的后部部分叶片6构成。同样，由部分叶片5和6以及连接在部分叶片6上的转子叶片构成的各环的流出边8也是连续形成的。

基于按图7所示实施例的原理，可以实现有任意数量的转子叶片4的环形转子。在这种情况下还可以是更复杂的几何结构，其中环互相套叠，例如一个转子叶片的前部部分叶片5不与相邻转子叶片4的后部部分叶片6连接，而是与处于更远的那个转子叶片4的后部部分叶片相连。

作为此可能的改型的进一步发展，也可以分裂为两个以上的部分叶片，它们按本发明的方式可连接成一些空间转子结构。

按本发明还规定，转子1设一些装置，它们可以使转子叶片及部分叶片的几何尺寸与不同的流动条件相适应。

为了能获得这种适应性，转子叶片4和/或至少部分叶片5和6之一用弹性材料制成或有一弹性外层。由此得出一个突出的优点，即也可以尤其沿环的结构逐步改变转子叶片和部分叶片的流动几何参数。

采用弹性外层例如可以改变转子叶片4和/或一个部分叶片5的型面的几何尺寸。在图8A至8C中示意表示了这种情况。

图8A表示沿图2中的线IIX-IIX的剖面。剖切线IIX-IIX垂直于一条从旋转轴线2出发的径向射线延伸。型面13被一弹性和柔性的外层14覆盖。转子叶片4或部分叶片5、6之一均设一柔性外层14。柔性外层14可完全或只是局部地在那些应有目的地改变型面13轮廓形状的地方围绕此型面13。

在型面13内部设轮廓形状调整装置，在图8A中示范性地借助一个构成型面凸缘15并偏心地安装的凸轮16以及借助连接型面13吸力侧9与压力侧18的连接件17来表示。轮廓形状调整装置可根据型面13的入流改变型面的形状。例如，如图8B和8C中所示，可借助偏心安装的凸轮16在其绕旋转轴线19旋转时改变凸缘的倾斜角。因此，从图8B到图8C，在用箭头表示的型面13的入流与连接入流边和流出边的弦S之间的迎角N增大。为了在图8C的大迎角N的情况下在吸力侧9上避免在前缘分离，在图8C中通过轮廓形状调整装置增大型面13的曲率以及沿入流的方向降低凸缘。

这例如可以通过转动凸轮16和通过彼此相对移动连接件17达到。通过移动连接件17导致型面局部变形，弹性外层可无困难地跟着变形，不会影响轮廓的光滑性。按类似的方式也可以造成后部型面区改变，例如成S型。因此多个轮廓形状调整装置的共同作用可以按非常复杂的方式影响型面几何尺寸。同样可设想其他原理的轮廓形状调整装置，例如沿型面分布地设置多个偏心凸轮，当它们旋转时将部分外层向外或向内弯曲，或型面13被压缩空气吹鼓或被旋转力扩展。

还可以设想一些柔性型面，它们在绕流产生的力作用下至少局部变形。采用这种型面绕流可以被动地调整，也就是说无需外部供能，仅仅

基于绕流本身带来的能量被动地影响绕流。

按此原理的进一步引深，最后可设想一些实施例，它们以有利的方式组合主动与被动的型面调整。

图9表示转子其他的调整可能性。通过一个转子叶片4与轮毂3铰接，可借助图中未表示的后掠角调整装置沿箭头PR，亦即沿推进力方向或沿主流方向，调整转子叶片4的入流边相对于转子1的旋转面的斜度。通过后掠角借助在径向沿入流边的二次流，同样可影响在尾流内的旋涡强度的集中度。类似的作用也可在部分叶片5和6中获得，它们同样可借助一个铰接机构和自己的后掠角调整装置沿箭头PT亦即沿推进力方向和/或沿主流方向调整。类似地可设一迎角调整装置(未表示)，其中，转子叶片4可沿箭头AR绕一根相对于旋转轴线2基本上沿径向延伸的旋转轴线回转。通过改变迎角，可在转子叶片4转速和入流速度不同的情况下优化推进力，或在被动工作的转子中优化扭矩。部分叶片5、6也可以通过迎角调整装置按这样的方式装在转子叶片4上，即，使得可以沿箭头AT相对于转子叶片4改变部分叶片的迎角。

图10A和10B示意表示按本发明的转子1的作用方式。在图10A中表示传统的双叶片式螺旋桨20。在转子20的每个转子叶片的叶尖处形成叶尖涡流，它在尾流内导致两个螺旋形互相绞合的尾涡21、22。在这种传统的转子中，旋涡强度集中在这些涡管21、22内。这种高度的旋涡集中与大的损失和产生更严重的噪声相联系。若这种涡管21、22碰撞在一物体上，则如已知的那样导致产生流动噪声。

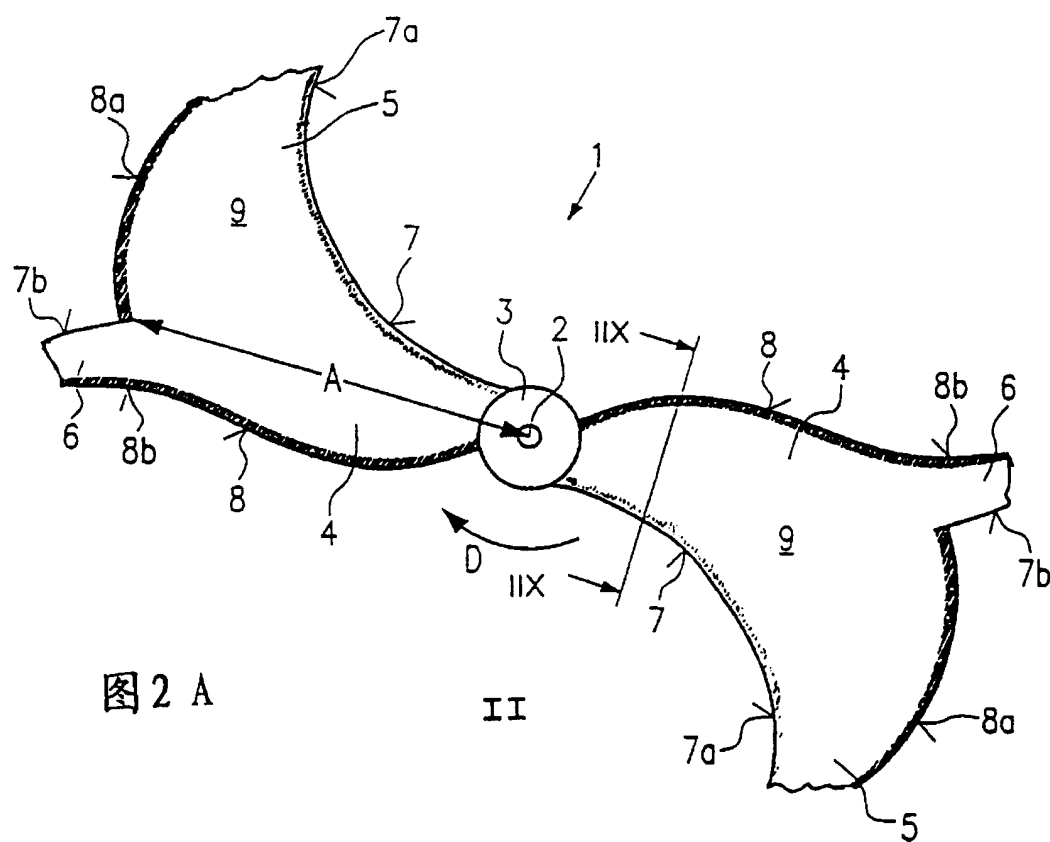
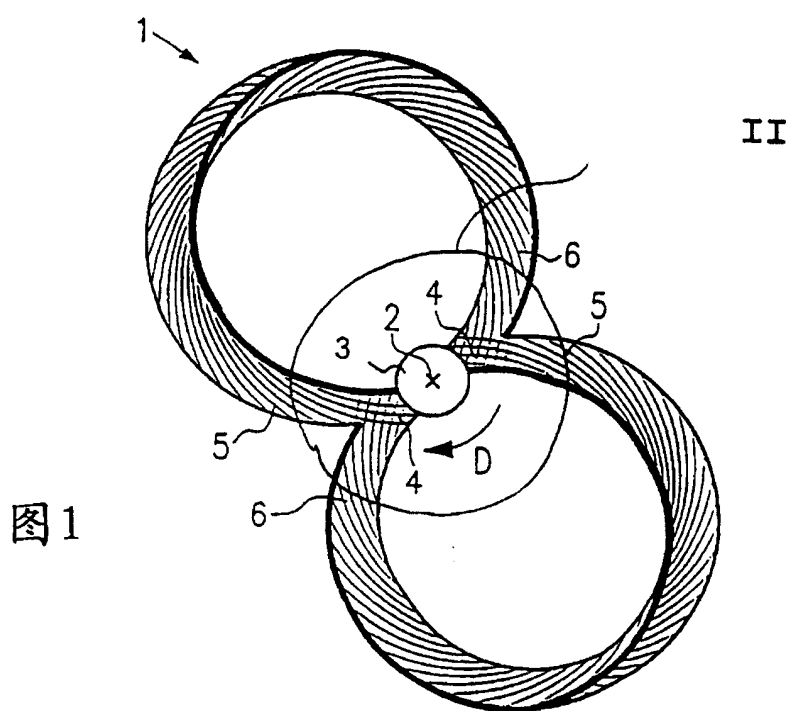
在图10B所表示的按本发明的环形转子1中则相反，在具有按本发明分裂的转子叶片4的环形螺旋桨1或转子1的尾流中，环流均匀地呈封套状分布。这导致减少损失和降低流动噪声。旋涡强度的这种均匀和封套状的分布在按本发明的转子的尾流内可起类似于闭式螺旋桨的外壳的作用。由于在转子尾流内均匀分布旋涡强度，可以通过叠加两个具有在各自的尾流内相应的旋涡强度的尾流，消除旋涡强度沿旋转轴线方向的分量。在下面的实施例中讨论此原理实际的实现。

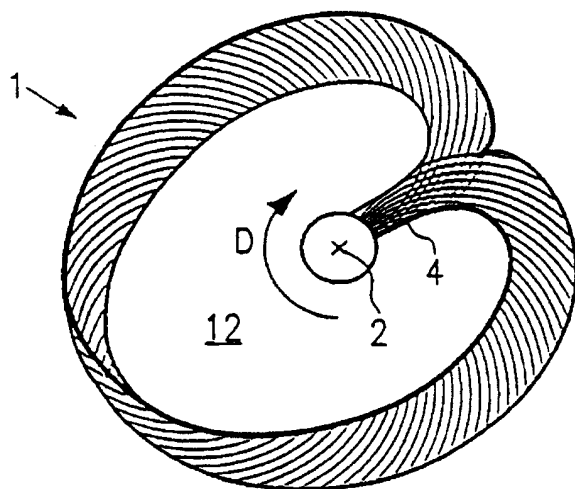
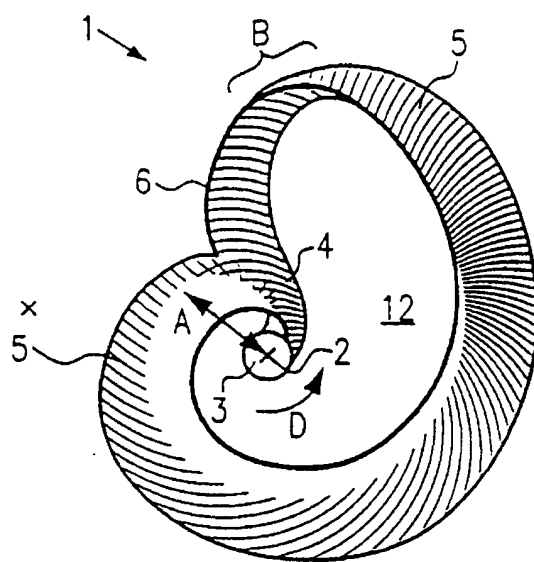
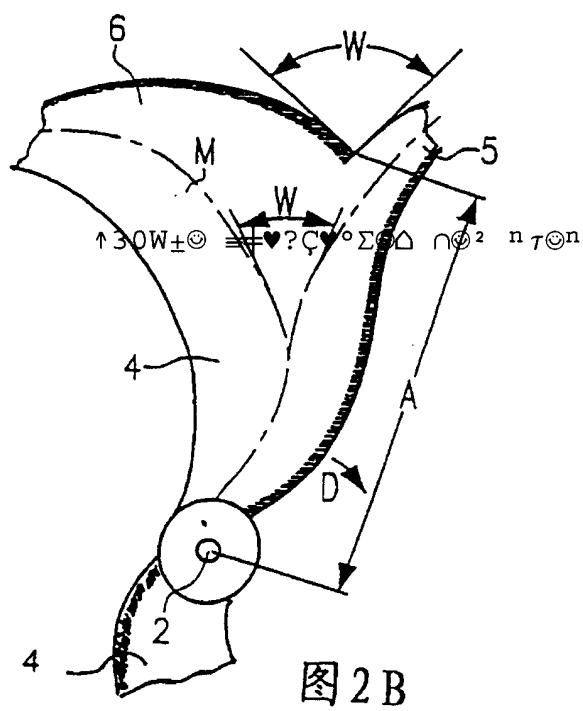
图11表示具有按本发明分裂式转子叶片4的环形螺旋桨1或转子1的

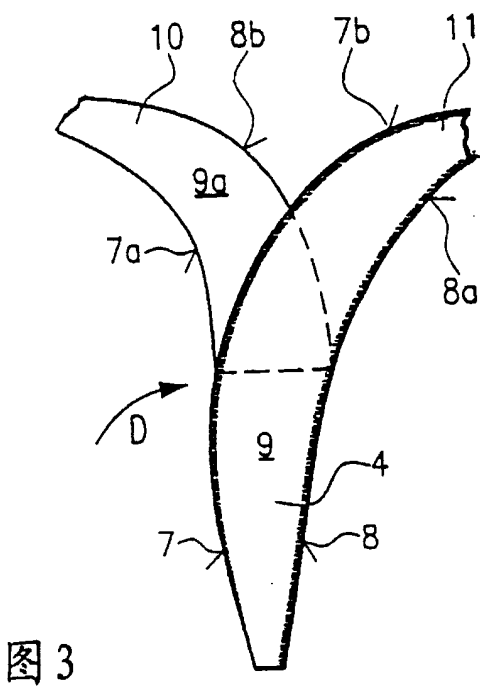
结构，采用这种结构可以进一步减少损失。沿主流方向H前后排列两个按本发明的转子1a和1b。两个转子1a和1b的转速有不同的大小。在转子1a和1b的相对旋转速度适当协调的情况下可消除来自前部转子1a尾流30的扭转，所以转子1b的尾流内不再有扭转。如在图11中示意表示的那样，流动扭转导致上面已说明的在转子尾流中涡管的螺旋状绞合。也就是说由于这种扭转，在流场旋转时在尾流内加入附加的能量，这些能量不能利用于真正地生产出能量或在主动式或被动式工作的转子中产生推进力。通过后部的转子1b适当地反向旋转这种扭转被消除、转变为推进力以及在转子1b的尾流内不再发生涡管的螺旋状绞合。

为了降低流动噪声和由于干涉引起的振动，转子1a和1b有不同的叶片数或叶片几何尺寸。通过适当的设计，前部转子1a可例如产生比推进力大的扭转，以及后部转子1b产生比扭转大的推进力。在极端的情况下前部转子1可设计为定子。

同样可以设想，设许多转子构成冲击式涡轮。







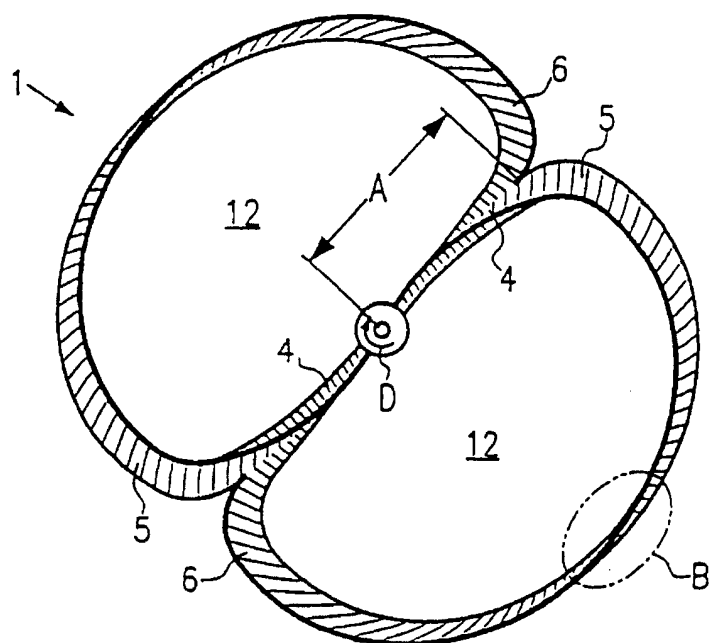


图6

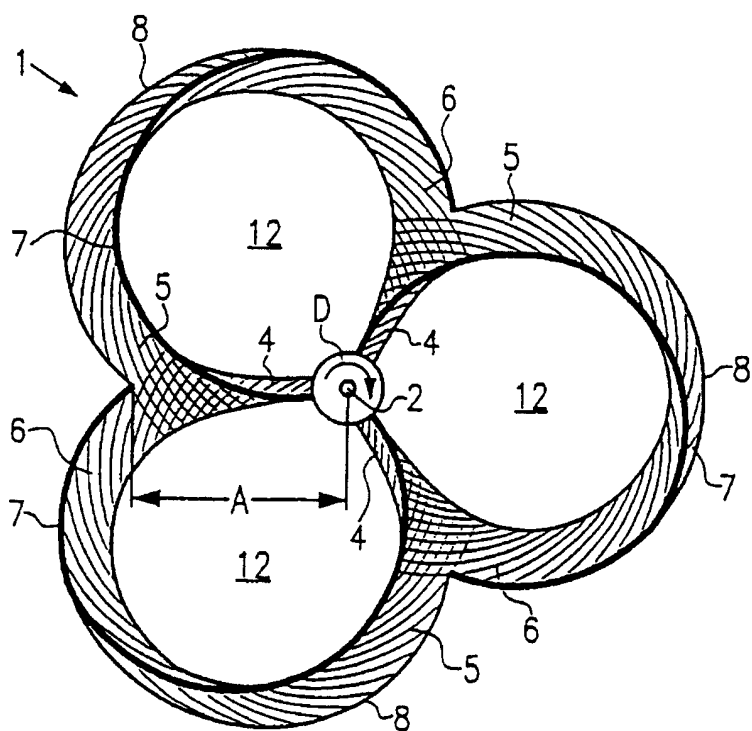


图7

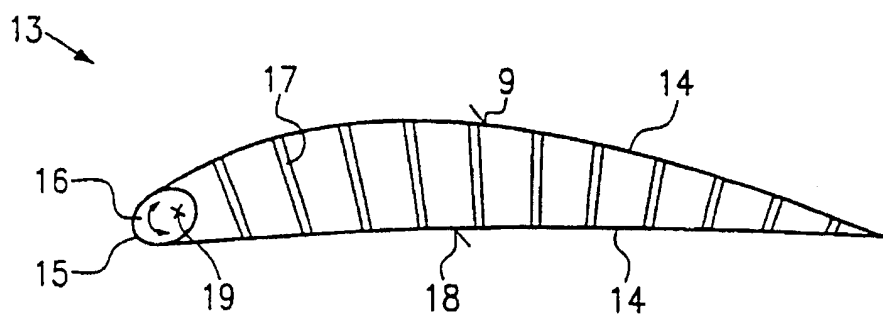


图8 A

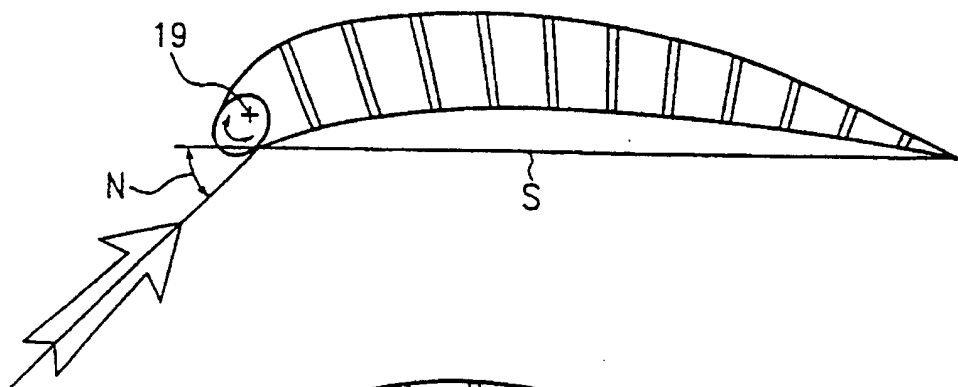


图8 B

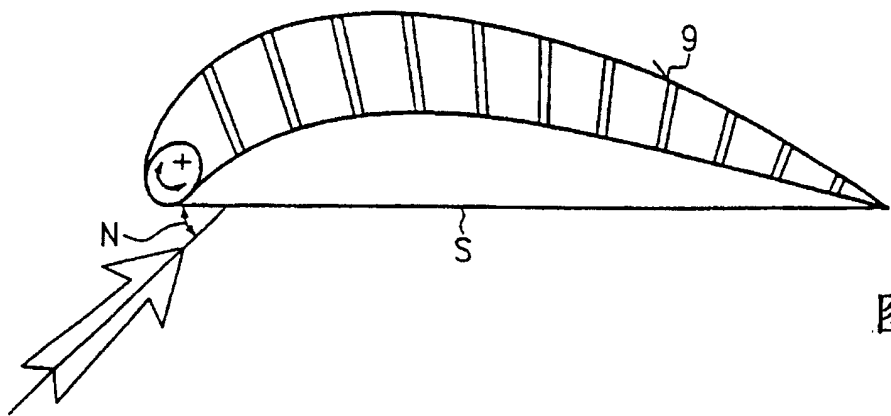


图8 C

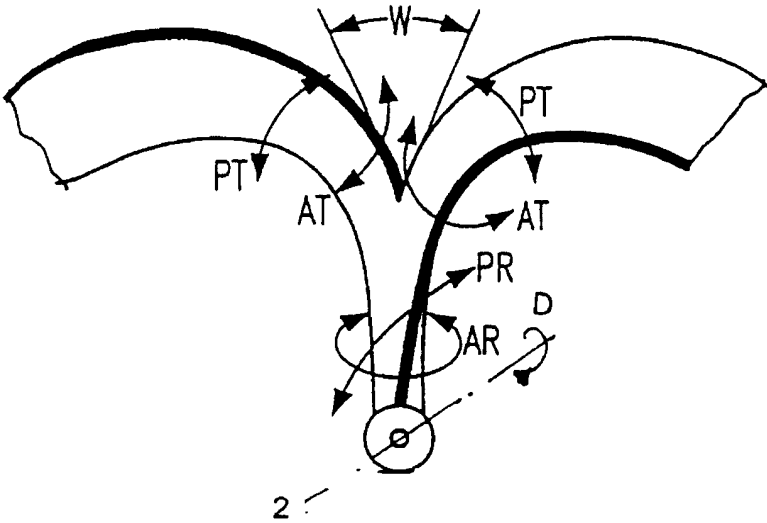


图 9

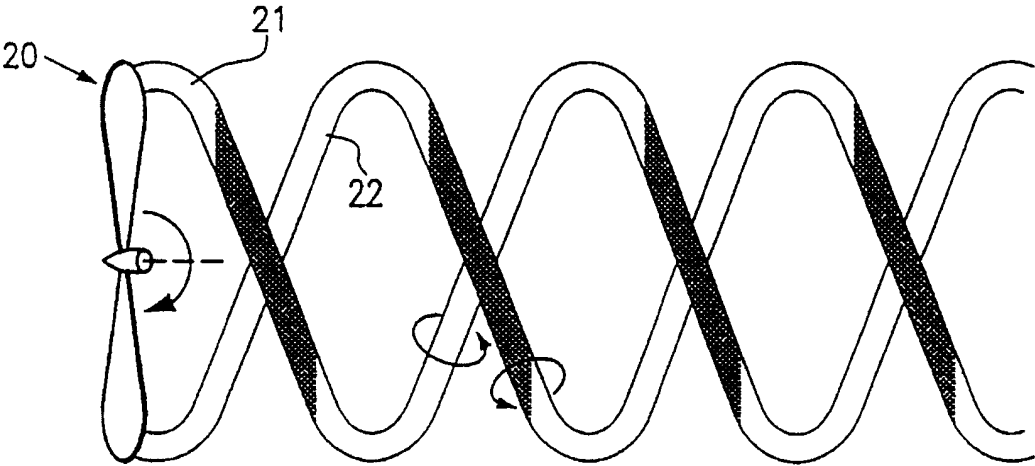


图 10 A

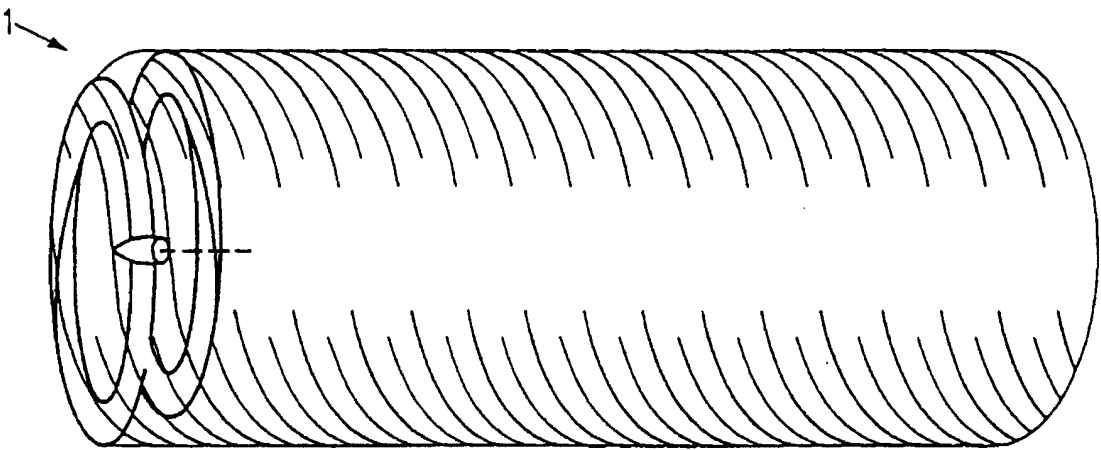


图10B

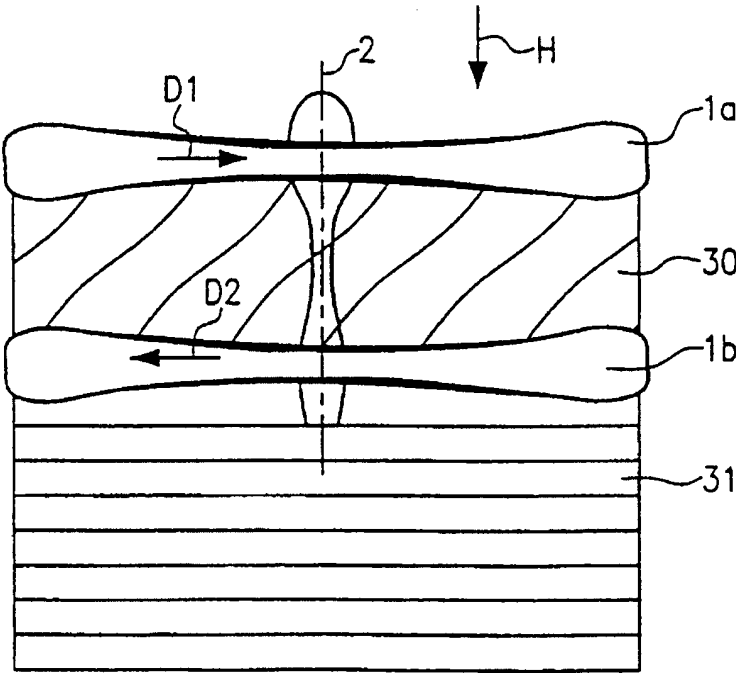


图11