

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F01D 5/20

F02C 7/28



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510006176.9

[43] 公开日 2005 年 8 月 10 日

[11] 公开号 CN 1651723A

[22] 申请日 2005.1.31

[21] 申请号 200510006176.9

[30] 优先权

[32] 2004.1.31 [33] US [31] 10/770322

[32] 2004.1.31 [33] US [31] 10/770323

[71] 申请人 联合工艺公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 B·P·杜布 E·D·格雷

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

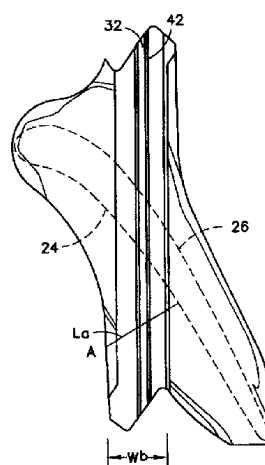
代理人 原绍辉

权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 7 页

[54] 发明名称 旋转机的转子叶片

[57] 摘要

披露了具有用于顶部罩的翼和梁结构的转子叶片。开发了各种结构细节，以使罩具有罩中的凹陷和过渡区，该过渡区从翼面的吸力侧和压力侧延伸，以提供罩的流路表面。在一个详细的实施例中，顶部罩具有凹陷，其通常从翼面向外，且通常从前缘区域到后缘区域跟随翼面的压力侧和吸力侧的曲线。



ISSN 1008-4274

1. 一种用于旋转机的转子叶片，其具有用于工作介质气体的流
路，转子叶片具有包括使转子叶片适于连接到可旋转结构的基部的内
部端，具有围绕轴线 A_r 圆周设置且具有围绕轴线 A_r 的曲率半径的侧
5 向延伸表面的外部端，具有前缘、后缘以及每个从前缘到后缘弦向延
伸的吸力侧和压力侧的翼面，以及包括外部端的顶部区域，该转子叶
片包括：

围绕且垂直于堆叠线在翼展方向设置的多个翼面部分，以限定翼
面的表面，翼面的堆叠线在翼展方向上延伸，且每个翼面部分具有：

10 前缘，
与前缘弦向隔开的后缘，
从前缘到后缘延伸的吸力侧，以及
从前缘到后缘延伸的压力侧；
具有长度 C 的弦线，
15 从前缘到后缘延伸大约吸力侧和压力侧之间的一半的平均弦，
前缘区域延伸沿着在后缘处与平均弦线相切的线的弦线的长度的
大约百分之三，

后缘区域延伸沿着在后缘处与平均弦线相切的线的弦线的长度的
大约百分之三；

20 设置在顶部区域中的转子叶片的顶部罩，该顶部罩包括罩中的凹
陷，其通常从翼面径向向外，且通常从前缘区域到后缘区域跟随翼面
的压力侧和吸力侧的顶部区域中的曲线，
从翼面的侧部延伸的翼，翼包括：

25 从翼面的压力侧延伸的压力侧翼，其具有前部和后部，该前部和
后部继续凹陷的表面，且具有侧向面向的压力侧，

从翼面的吸力侧延伸的吸力侧翼，其具有前部和后部，该前部和
后部继续凹陷的表面，且具有侧向面向的吸力侧，以及

30 径向向外延伸的密封凸部，该密封凸部延伸过翼的前部和后部之
间的翼面的侧部，且具有所述向外面向的表面，其相对于轴线 A_r 圆周
延伸，且其使密封凸部适于与旋转机的相邻结构合作，以阻止工作介
质气体泄漏通过转子叶片的顶部区域。

2. 如权利要求 1 所述的发明，其特征在于，顶部罩还具有从与翼

面的吸力侧的接合处和与翼面的压力侧的接合处延伸的过渡区，以提供罩的流路表面，其具有平滑的轮廓，以及其中，压力侧翼具有一部分过渡区，其从翼面的压力侧延伸，以及吸力侧翼具有一部分过渡区，其从翼面的吸力侧延伸。

- 5 3. 如权利要求 2 所述的发明，其特征在于，该顶部罩还具有带有与翼集成的前面和后面的梁，其在翼之间侧向延伸，以将每个翼分为前部和后部，且侧向通过凹陷延伸，以将凹陷分为前部和后部，梁还具有：

10 在翼面的顶部区域中侧向延伸过翼面的压力侧的压力侧区域，具有侧向面对的压力侧，其使梁适于接合相邻翼面的梁的吸力侧，

一部分过渡区，其从翼面的压力侧延伸，

在翼面的顶部区域中侧向延伸过翼面的吸力侧的吸力侧区域，具有侧向面对的吸力侧，其使梁的吸力侧适于接合相邻翼面的梁的压力侧，

- 15 一部分过渡区，其从翼面的吸力侧延伸，以及

其中，密封凸部从梁径向向外延伸，且其中由密封凸部加固的梁延伸，以支撑翼的前部和后部，以提供对抗在工作条件下作用在翼上旋转力所需的一部分支撑。

- 20 4. 如权利要求 1 所述的发明，其特征在于，顶部罩还具有带有与翼集成的前面和后面的梁，其在翼之间侧向延伸，以将每个翼分为前部和后部，且侧向通过凹陷延伸，以将凹陷分为前部和后部，梁还具有：

在翼面的顶部区域中侧向延伸过翼面的压力侧的压力侧区域，具有侧向面对的压力侧，其使梁适于接合相邻翼面的梁的吸力侧，

- 25 在翼面的顶部区域中侧向延伸过翼面的吸力侧的吸力侧区域，具有侧向面对的吸力侧，其使梁的吸力侧适于接合相邻翼面的梁的压力侧；以及

其中，密封凸部从梁径向向外延伸，且其中由密封凸部加固的梁延伸，以支撑翼的前部和后部，以提供对抗在工作条件下作用在翼上旋转力所需的一部分支撑。

- 30 5. 如权利要求 3 所述的发明，其特征在于，梁和密封凸部具有倒转的 T 形截面，梁的轴向宽度大于密封凸部的轴向宽度的四倍，密封

凸部的径向高度大于梁的高度的两倍，圆角半径从密封凸部的前面延伸到梁的前面，以及圆角半径从密封凸部的后面延伸到梁的后面。

6. 如权利要求4所述的发明，其特征在于，梁和密封凸部具有倒转的T形截面，梁的轴向宽度大于密封凸部的轴向宽度的四倍，密封凸部的径向高度大于梁的高度的两倍，圆角半径从密封凸部的前面延伸到梁的前面，以及圆角半径从密封凸部的后面延伸到梁的后面。

7. 如权利要求2所述的发明，其特征在于，转子叶片具有通过过渡区和翼面的接合处的点的基准法向剖面P，其包含在接合点处垂直于翼面部分的侧部的第一线和通过接合点以及垂直于第一线且平行于翼面的堆叠线的第二线；

其中，过渡线是平面P与过渡区在接合点处相交的线，且限定过渡区在具体位置的表面轮廓；

其中，每个过渡线具有从翼面的偏移距离A，其为过渡线沿着垂直于翼面部分的侧部的平面P的第一线的突出距离，每个过渡线具有从罩的偏移距离B，其为过渡线沿着平行于堆叠线的剖面的第二线的突出距离，以及每个过渡线具有偏移率，其为从翼面的偏移距离A除以从罩的偏移距离B的比例，

其中，每个过渡线具有在接合点处的第一端和在过渡区终止的点处的第二端，过渡线从连接过渡线的端部的直线平滑地凹进。

8. 如权利要求7所述的发明，其特征在于，在梁下延伸的过渡线为圆锥剖面的一部分。

9. 如权利要求8所述的发明，其特征在于，在梁下延伸的过渡线具有多曲率半径。

10. 如权利要求8所述的发明，其特征在于，在梁下延伸的过渡线具有邻近翼面的第一曲率半径和邻近罩的第二曲率半径，第二曲率半径大于第一曲率半径。

11. 如权利要求8所述的发明，其特征在于，在梁下延伸的过渡线为椭圆圆锥剖面的一部分。

12. 如权利要求11所述的发明，其特征在于，在梁下延伸的过渡线具有多曲率半径。

13. 如权利要求7所述的发明，其特征在于，在梁下延伸的过渡线具有邻近翼面的第一曲率半径和邻近罩的第二曲率半径，第二曲率

半径大于第一曲率半径。

14. 如权利要求 13 所述的发明，其特征在于，第一和第二曲率半径每个在与过渡线相切的点处相交。

5 15. 如权利要求 13 所述的发明，其特征在于，相交包括与第一和第二曲率半径相切的弯曲的线。

16. 如权利要求 14 所述的发明，其特征在于，第一和第二曲率半径每个在切点处相互相交。

17. 如权利要求 1 所述的发明，其特征在于，翼的径向厚度由翼中的凹陷减少，与没有径向凹陷的翼相比，其减少了翼面蠕变。

10 18. 如权利要求 2 所述的发明，其特征在于，过渡区具有到翼的侧部逐渐变小的截面形状。

19. 如权利要求 7 所述的发明，其特征在于，翼的过渡线在其从翼面延伸离开时通常跟随圆锥剖面形状，该过渡线也为翼的过渡区的罩的流路表面的轮廓，且过渡区上的凹陷在第一侧向位置处具有翼展方向的深度，其小于侧向较邻近翼面的第二侧向位置处的翼中的凹陷的翼展方向的深度。

15

20. 如权利要求 19 所述的发明，其特征在于，在第一位置处的过渡区的翼展方向深度大于在第二位置处的翼展方向深度。

旋转机的转子叶片

技术领域

- 5 本发明涉及用于工业气轮机中的转子叶片类型，更具体的，涉及这样的转子叶片的顶端区域。

背景技术

飞行器的气轮机具有通常比例如用于利用蒸汽作为工作介质的工业气轮机的涡轮中的转子叶片小的转子叶片。

- 10 转子组件利用这样的具有包括旋转轴线和多个向外延伸的叶片的旋转结构的叶片，诸如转子盘。每个叶片围绕径向延伸的翼展方向的轴线设置。通常，翼展方向的轴线是称为堆叠线的径向线，其在转子叶片的轴线的半径上向外延伸。转子叶片具有基部，通常称为根部，其在叶片的内部端处接合旋转结构。

- 15 转子叶片每个具有翼面，其从根部跨过工作介质流路向外延伸。转子叶片通常具有在转子叶片的顶端区域处的相邻转子叶片的翼面之间延伸的罩。该罩具有悬臂式的翼，其在相邻转子叶片之间侧向延伸（圆周）延伸。翼包括从与翼面的接合处延伸且具有限制工作介质流路面向内的表面的过渡区的一部分。罩还具有密封凸部，其紧密邻近
20 相邻的定子结构圆周延伸，以阻止工作介质气体离开流路。在一些构造中，更刚硬的部件在翼的前部和后部之间延伸，以承载密封凸部，以及提供一部分过渡区。

- 相邻转子叶片的罩在罩的侧向面对的侧部上的接触区域处邻接。邻接罩减小了围绕翼展轴线的叶片偏转，且使转子叶片的振动最小
25 化。通过相邻罩的接触面的摩擦产生叶片的阻尼。与没有罩的转子叶片相比，由罩的质量产生了另外的旋转载荷。由于材料截面的突然变化，这些旋转载荷增加了罩翼面界面处的应力，以及增加了转子叶片和盘的根部—盘界面处的应力。转子叶片的翼面和罩中的应力需要比相当循环疲劳寿命的无罩叶片重的设计。此外，由于在操作条件下产生
30 的旋转力，罩的质量会引起翼面的蠕变和罩在径向方向上的部分的蠕变。

因此，在申请人的受让人的方向上工作的科学家和工程师寻求开

发转子叶片的罩，其减小转子叶片中的集中应力，且显示了可接受的耐蠕变性，且不因为增加了转子叶片的质量而产生翼面中的另外的蠕变。

发明内容

- 5 通过过渡区接附到翼面的转子叶片罩的顶部罩包括从翼面侧部延伸的翼和延伸过翼面以承载密封凸部且在翼之间以将每个翼分为前部和后部的梁。

转子叶片罩的过渡区在具体位置的表面轮廓由基准平面 P 与过渡区的表面相交的线限定。基准平面称为法向剖面。基准平面通过过渡区和翼面的接合处的点。接合点通常是过渡区与翼面相切的点。基准平面 P 包含在接合点处垂直于翼面表面（翼面部分）的第一线和平行于翼面的堆叠线的第二线。

因此，法向剖面 P 通过接合点，且由通过接合点两条直线限定。如所示的，例如，这提供了“X 轴”，其为翼面剖面的法向（垂直）翼面剖视平面中的第一直线；以及“Y 轴”，其垂直于第一直线且还平行于翼面的堆叠线。

法向剖面与过渡区的相交线称为过渡线。如可以理解的，根据平面相对于表面的定向，平面和表面之间的相交线可以是直的或者弯曲的。因此，术语“过渡线”包括直线和曲线。在本申请中，相交线垂直于剖面。过渡线的“偏移率”的定义为过渡线沿着剖面的 X 轴的投影的长度或者距离“A”除以过渡线沿着翼展方向 Y 轴的投影的长度或者距离“B”。长度 A 也称为过渡线（或者过渡区）从翼面的偏移距离，长度 B 称为过渡线从罩的偏移距离。

过渡线的弯曲是当过渡线延伸离开翼面表面时每单位长度的过渡线的斜率的变化测量。这样，在任何位置处，过渡线（过渡区）在与翼面的接合点处具有第一端，在罩上的罩的剩余部分以悬臂方式从过渡区延伸的位置处具有第二端。该位置为相关的过渡线平滑连接罩的剩余部分，且斜率的即时变化为零的位置，诸如在切点处，或者为过渡线在罩上的延伸倒转弯曲和向外弯曲的位置。

30 根据本发明，一种转子叶片包括具有凹陷的顶部罩，该凹陷通常从翼面向外，且通常从前缘区域到后缘区域跟随翼面的压力侧和吸力侧曲线，该顶部罩具有从翼面的侧部延伸的翼，每个翼具有前部和后

部，其继续凹陷的表面，该罩还包括延伸过翼的前部和后部之间的翼面的侧部的密封凸部。

5 在一个实施例中，承载密封凸部的梁侧向通过凹陷延伸，以将凹陷分为前部和后部，且延伸过翼面的侧部，且与翼集成，以支撑翼的前部和后部。

在一个实施例中，翼的径向厚度由翼中的凹陷减少，与没有径向凹陷的翼相比，其减少了翼面蠕变。

10 在另一个实施例中，翼的至少一部分包括过渡区，其从翼面的侧部延伸，以提供罩的流路表面，该过渡区具有到翼的侧部逐渐变小的截面形状。

15 在一个详细的实施例中，翼的过渡线在其从翼面延伸离开时通常跟随圆锥剖面形状，该过渡线也为翼的过渡区的罩的流路表面的轮廓，且过渡区上的凹陷在第一侧向位置处具有翼展方向的深度，其小于侧向较邻近翼面的第二侧向位置处的翼中的凹陷的翼展方向的深度。

在一个详细的实施例中，在第二位置处的过渡区的翼展方向深度大于在第一位置处的翼展方向深度。根据本发明，在梁下延伸的过渡线具有邻近翼面的第一曲率半径和邻近罩的第二曲率半径，第二曲率半径大于第一曲率半径。

20 根据本发明的一个详细的实施例，第一和第二曲率半径在切点相交。根据本发明的另一个详细的实施例，该相交包括与第一和第二曲率半径相切的直线。

根据本发明的另一个详细的实施例，该相交包括与第一和第二曲率半径相切的曲线。

25 本发明的主要优点在于，发动机的效率和翼面的耐蠕变性，以及罩的耐蠕变和弯曲性，其这样产生，即，减少罩质量，同时通过形成凹陷来维持限制工作介质流路的表面的整体形状，该凹陷通常从翼面径向向外，且使罩的翼逐渐变小。

30 本发明的另一个优点在于由翼中的弯曲应力的水平产生的罩的疲劳寿命，其这样产生，即，通过梁将翼的旋转载荷的一部分转移到梁下的过渡区，以允许减小翼下面的过渡区的尺寸。

在一个具体的实施例中，优点在于，与实心罩相比，罩的耐蠕变

性的水平这样增强了, 即, 通过去除一部分材料, 以在罩中和翼中形成凹陷, 且提供在一个位置具有增加质量的过渡区, 与没有凹陷的相同流路形状的罩相比, 该位置在罩材料被去除的位置的翼展方向向内的位置。这减小了作用在翼面上的旋转力, 且增加了在工作条件下翼面和罩的耐蠕变性。

从下面的本发明的详细描述和附图可以更加明白本发明的前述特征和优点。

附图说明

- 图 1 是转子组件的前视图;
- 10 图 2 是转子叶片的压力侧的侧部正视图;
- 图 3 是图 1 中显示的转子组件的两个相邻顶部罩的顶视图;
- 图 4 是图 3 中所示的顶部罩的顶视图;
- 图 5 是顶部区域中的转子叶片的压力侧的侧部正视图;
- 图 6 是顶部区域中的转子叶片的吸力侧的侧部正视图;
- 15 图 7 是罩的顶视图, 示出了在顶部罩的 13 个位置处的法向剖面的位置, 以及示出了在罩上延伸的过渡区的范围, 且如表格 1 (图 7a) 所示;
- 图 8、图 9 和图 10 是图 2 中的顶部罩的前部、倾斜、示意性透视图;
- 20 图 11 是图 2 中的顶部罩的后部、倾斜、示意性透视图;
- 图 12 和图 13 分别是圆锥剖面曲线和逼近圆锥剖面曲线的两个半径曲线的简单视图。

具体实施方式

图 1 是具有轴线 A_r 的旋转机的转子组件 10 的简化的前部正视图。

25 转子组件包括如由盘 12 表示的旋转结构, 以及多个向外延伸的转子叶片 14。每个转子叶片具有根部 16 和围绕通常称为堆叠线 S 的翼展方向延伸的轴线 S 设置的翼面 18。翼面具有压力侧 24 和吸力侧 26, 如图 3 所示。工作介质气体的流路 22 在翼面的侧部之间延伸通过转子叶片。

转子叶片具有带有顶部罩 30 的顶部区域 28。顶部罩包括密封凸部

30 32, 其为围绕轴线 A_r 的具有曲率半径的面。顶部罩具有过渡区 34, 其从翼面的侧部 24、26 延伸, 如由图 1、图 4 和图 5 中所示的压力侧 24; 以及如图 4 和图 6 中所示的吸力侧 26 表示。过渡区包括从翼面的压力

侧和吸力侧的切线沿着接合处 J 延伸的流路表面的一部分。

图 2 是图 1 中显示的转子叶片侧部正视图。翼面 18 具有前缘 36 和后缘 38。顶部罩具有侧向(圆周)延伸的梁 42, 其承载密封凸部 32。

图 3 是一对相邻顶部罩 30 的顶视图。每个顶部罩具有前缘区域和
5 后缘区域。顶部罩包括罩中的凹陷 48, 其通常在翼面的径向向外, 且通常跟随在翼面的压力和吸力侧的顶部区域中从前缘区域到后缘区域的曲线。

顶部罩包括从翼面的压力侧延伸的具有前部 52f 和后部 52r 的压力侧翼 52。翼的部分继续凹陷的表面。压力侧翼具有侧向面对的压力
10 侧 56。顶部罩包括从翼面的吸力侧延伸的具有前部 54f 和后部 54r 的吸力侧翼 54。翼的部分继续凹陷的表面。吸力侧翼 54 具有侧向面对的吸力侧 58。

顶部罩还具有梁 42, 其具有与翼集成的前面 42f 和后面 42r。梁在翼之间侧向延伸, 以将每个翼分为前部和后部, 且侧向跨过凹陷,
15 以将凹陷分为前部 48f 和后部 48r。梁还具有在翼面的顶部区域中侧向延伸过翼面的压力侧的压力侧区域 62, 以及具有侧向面对的压力侧 63, 其使梁适于接合相邻翼面的梁的吸力侧 65。梁在吸力侧上也具有类似区域。吸力侧区域 64 在翼面的顶部区域中侧向延伸过翼面的吸力侧, 以及具有侧向面对的吸力侧, 其使梁的吸力侧适于接合相邻翼面的
20 的梁的压力侧。

图 4 是图 3 中所示的转子叶片的顶视图。图 5 和图 6 分别是图 4 中显示的转子叶片的翼面 18 的压力侧 24 和吸力侧 26 的侧部正视图。如所述的, 密封凸部 32 从梁 42 径向向外延伸。密封凸部加固梁。密封凸部 32 和梁 42 的组合延伸, 以支撑翼 52、54 的前面和后面部分,
25 提供了对抗在操作条件下作用在翼上的旋转力所需的支撑的一部分。为此, 梁和密封凸部具有倒转的 T 形截面形状。梁的轴向宽度 W_b 大于密封凸部的轴向宽度 W_s 的四倍, 密封凸部的径向高度 H_s 大于梁的高度 H_b 的两倍。圆角半径从密封凸部的前面延伸到梁的前面, 以及圆角半径从密封凸部的后面延伸到梁的后面。

30 如较早讨论的, 图 5 和图 6 还示出了翼面的压力侧 24 和吸力侧 26 的过渡区的接合处 J。接合处由无数接合点形成, 每个接合点位于过渡区 34 到翼面的切点处。切线提供了平滑的过渡。如可以理解的, 可以

存在其它类型的平滑过渡, 尽管由于出现平滑变化, 正切是优选的。示出了法向剖面 P。法向剖面具有在切点处(接合点)垂直于翼面的侧部的第一线 La 和通过接合点且平行于堆叠线 S 的第二线 Lb, 如较早讨论的。示出了偏移距离 A 和 B。从接合处 J 可见, 过渡区在翼面的压力侧上比在翼面的吸力侧上向下延伸多很多。

图 7 是从一个典型的翼面部分的上部的视图。翼面的表面由多个这些翼面部分限定, 每个翼面部分垂直于堆叠线 S 延伸。图 7 示出了相对于具有长度 C 的弦线的前缘和后缘的关系, 该弦线连接前缘和后缘。平均弦线从前缘到后缘延伸吸力侧和压力侧之间的大约一半。前缘区域延伸沿着前缘处的与平均弦线相切的线的弦线的长度的大约百分之三。后缘区域延伸沿着后缘处的与平均弦线相切的线的弦线的长度的大约百分之三。

图 7 还示出了与过渡区相交的 13 个法向剖面, 每个具有与过渡区的表面相交的线。示出了偏移距离 A 的长度。每个剖面示出了, 过渡区延伸到翼的侧部, 且在梁的下面达到由平面 1 (B1) 和平面 8 (B8) 附近的弯曲线显示的范围。

表格 1 (图 7A) 是例如如图 4 和图 5 中显示的偏移距离 A、B 和偏移率 $R = A/B$ 的列表。偏移率也显示为四舍五入到最近的百分之一。如从表格的检查可见, 在吸力侧翼的前部上和和在吸力侧的梁下, 偏移率相当大, 且大于 1 ($A/B > 1$)。压力侧上的梁下比例较小, 但是也大于 1 ($A/B > 1$)。这部分归因于过渡区的轮廓, 与在吸力侧相比, 过渡区在压力侧上具有更多的材料沿着翼面的侧部径向向下延伸, 也就是偏移 B, 如图 5 和图 6 所示。

过渡线的偏移率的关系的例子在下面的图 8-11 中显示。例如, 图 8 是从截面的前面的简化透视图, 示出了在翼面的压力侧上的圆形过渡线。法向剖面 P 通过接合点 J。该视图不是平行于法向剖面截取的。图 9 是从在压力侧前面翼上的椭圆过渡线的截面的前面的类似视图。图 10 是类似于图 9 的另一个前视图。图 11 是类似于图 9 中的前视图的截面的后视图, 但是示出了在梁下面延伸的椭圆过渡线。

如图 4-5、图 7 和图 11 可见, 过渡区从翼面的压力侧 24 上的接合处 J 延伸到梁下的线 B8。因此, 在梁下面延伸的过渡区延伸到翼面的压力侧 24 和梁的压力侧 63 之间的位置。类似的, 过渡区终止于沿

着在梁的吸力侧区域的面向内的表面上的线 B1 且在翼面的吸力侧 26 和梁的吸力侧 64 之间的位置。

如从这些附图可见，过渡区大致在其在前缘区域和后缘区域之间所有范围上延伸到翼的侧部，使得每个翼在沿着法向剖面的位置处具有截面形状，其翼展方向地逐渐变小到翼的侧部，且其在梁下翼展方向地逐渐变小到至少远到翼的紧邻部分。在一个具体的实施例中，只在翼下延伸的过渡区的过渡线由过渡区覆盖超过翼下的表面积（流路面积）的百分之九十九（99）。在其它实施例中，在过渡线延伸到由过渡区覆盖超过翼面积的百分之九十五（95）的情况下，可以期望好的结果。如表格可见，过渡区的截面形状具有超过一种类型的曲率，与过渡区具有一种类型的曲率的过渡区相比，用以减小转子叶片中的应力。例如，偏移率等于 1 提供圆形过渡线，其在翼面的压力侧上减小了压力侧翼的后面部分处的翼面中的表面应力。偏移率大于 1 提供椭圆形，或者真正的椭圆过渡线比圆形截面更好地减小了应力集中因素。与类似的圆形过渡线相比，它们具有较重的结构，因为更多的材料在离开轴线 A_r 更大的径向距离处更接近罩放置。

表示平面与直立圆锥的相交的圆锥剖面线形成过渡线，其具有减少应力集中因素的有利优点。这些曲线可以用来形成过渡线。椭圆过渡线是一个例子。另一个例子是由多半径曲线形成的过渡线，其跟随圆锥剖面线，诸如椭圆过渡线，且可以如图 12 所示形成。这些曲线用在翼面的所述侧部的至少一个上，且示出了在梁下延伸的过渡线，与较邻近罩的侧部的区域相比，其在过渡线上的较邻近翼面的区域处弯曲离开翼面较大。结果，如图 7 和表格 1 所示，在梁下延伸的过渡线的平均偏移率 R_b 大于 1，且大于只在翼的后部下延伸的过渡线的平均偏移率 R_w 。实际上，如显示的实施例，过渡线 R_b 的绝对值大于偏移率 R_w 。

这样，限定翼的和梁的过渡区的罩的流路表面的轮廓的过渡线跟随圆锥剖面的部分的形状。它们也具有在翼面的吸力侧上对于梁的偏移率 R_b ，以及对于翼的向前部分的偏移率 R_w ，其平均大于在翼面的压力侧上的对于梁的偏移率 R_b 和对于翼的后部的偏移率 R_w ，这样在吸力侧梁-翼向前区域上提供更加椭圆的流路表面，以减少该区域中的应力集中因素。它们还在压力侧上提供对于梁-后翼部分的更加圆的流

路表面，以使沿着翼面向下延伸偏移距离 B 的过渡区材料为该材料在罩上侧向延伸长度，偏移距离 A，的至少 80%，与没有这样长度的罩材料的翼面相比，用以减小翼面表面应力。

5 这些更容易制造，因为具有恒定半径的曲线或者恒定半径的区域更容易检查。这样，从一个区域转移一些载荷，以及在这些区域中使用圆形曲线（翼的后部）是有利的，因为不太关心应力集中因素。在较关心应力集中因素的区域中，多个半径的曲线可以用于产生具有圆锥或者近似圆锥曲线的过渡线。这样产生了优点，因为在制造期间，过渡线曲线必须被检查，且具有型面公差。在应用公差中，不应该破坏最小的径向尺寸。然而，当在圆锥剖面上的一些位置中应用法向公差时，难以确定是否曲线已经破坏了最小半径公差尺寸。如果使用弯曲的混合过渡线，那么这是不太重要的，且可以被忽略。在这些情况中，设置的检查标准可以通过对每个半径应用限制尺寸来控制半径尺寸。

15 图 12 和图 13 是圆锥过渡线和两个半径曲线拟合到圆锥过渡线的例子。如可以理解的，可以使用多于两条曲线来产生相同的过渡线。

尽管参考详细的实施例显示和描述了本发明，但是本领域中的普通技术人员可以理解，在不偏离要求的本发明的精神和范围的情况下可以进行各种形式和细节的变化。

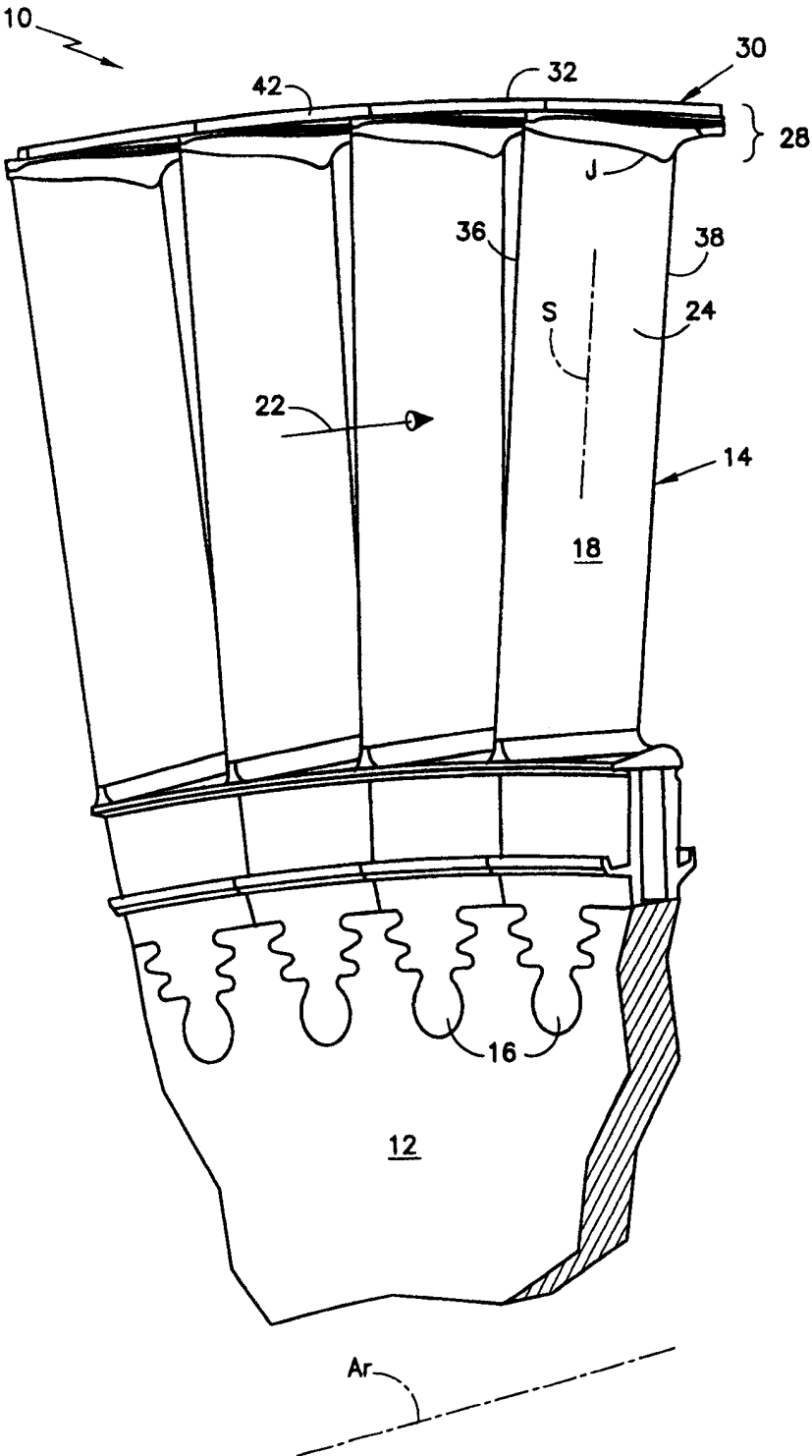


图 1

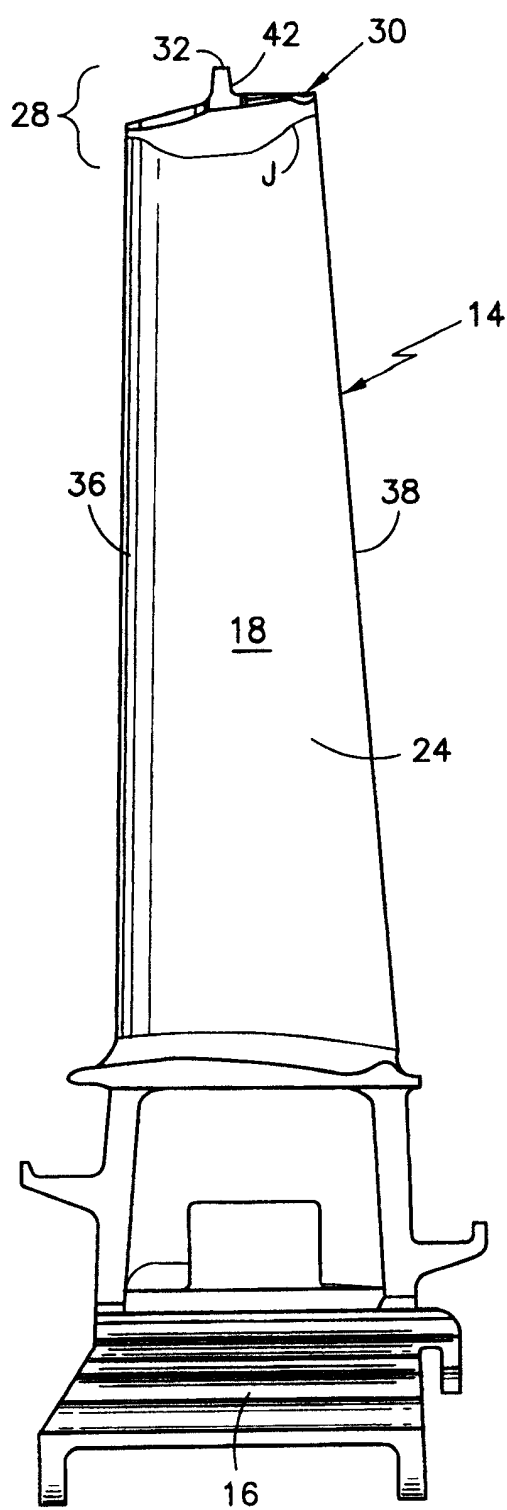


图 2

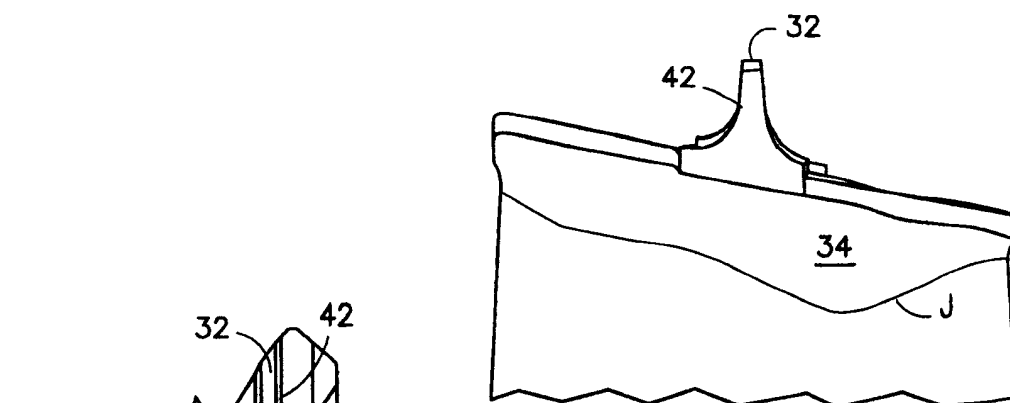


图 6

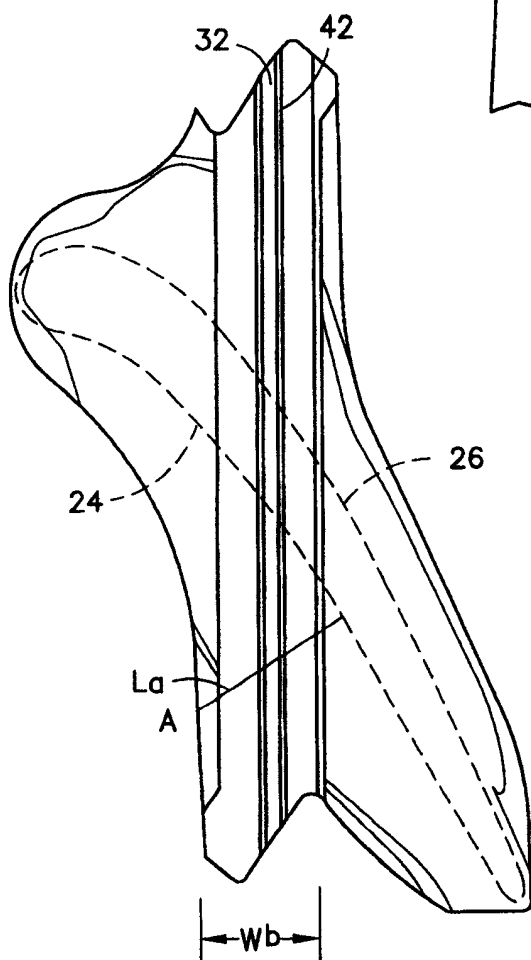


图 4

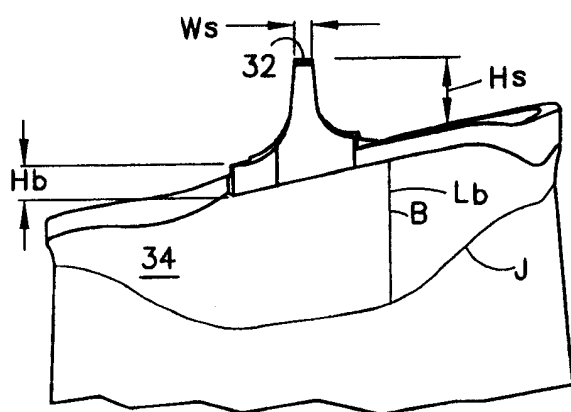


图 5

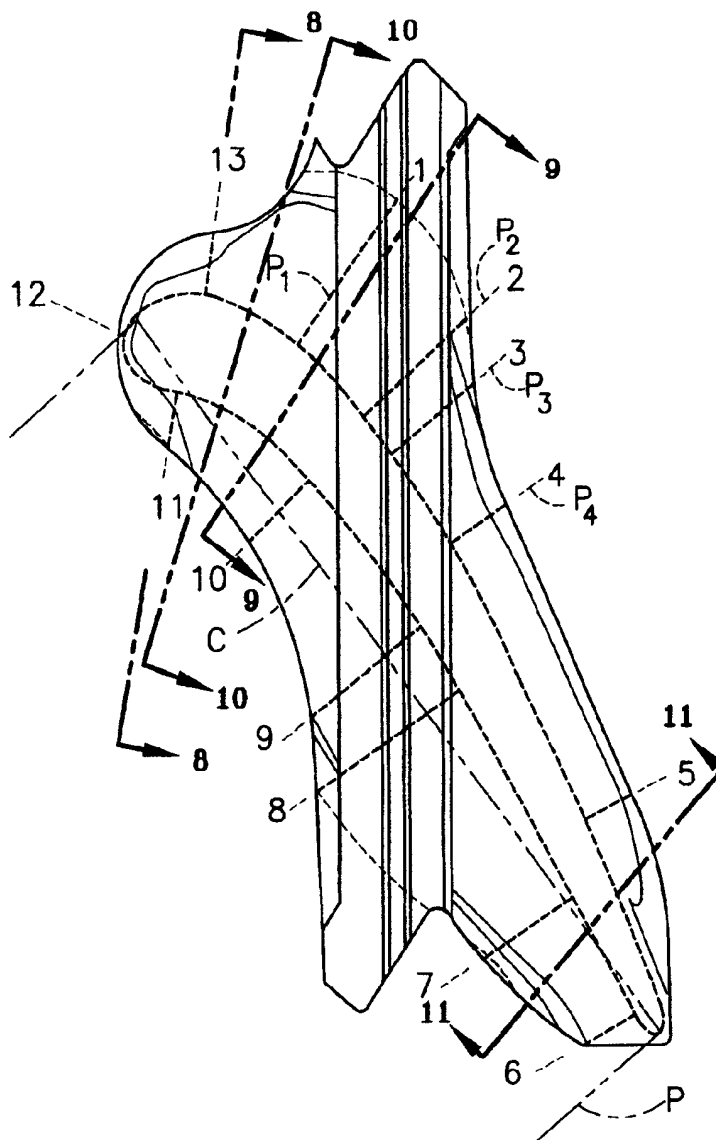


图 7

a/b					
(四舍五入到第2位小数)					
	b	a	a/b		b/a (参考)
1	0.512679	0.737275	1.438083	1.44	0.69537
2	0.480116	0.618696	1.288639	1.29	0.776012
3	0.446316	0.525472	1.177355	1.18	0.849361
4	0.394038	0.391043	1.992398	0.99	1.00766
5	0.389149	0.388756	0.998989	1.00	1.001012
6	0.354482	0.354113	0.998958	1.00	1.001043
7	0.453442	0.466271	1.028293	1.03	0.972486
8	0.662323	0.745548	1.125656	1.13	0.888371
9	0.653174	0.73518	1.12555	1.13	0.888455
10	0.595923	0.656509	1.101668	1.10	0.907714
11	0.233095	0.260977	1.119613	1.12	0.893166
12	0.123938	0.108923	0.878853	0.88	1.137847
13	0.291288	0.401501	1.378366	1.38	0.725497

图 7A

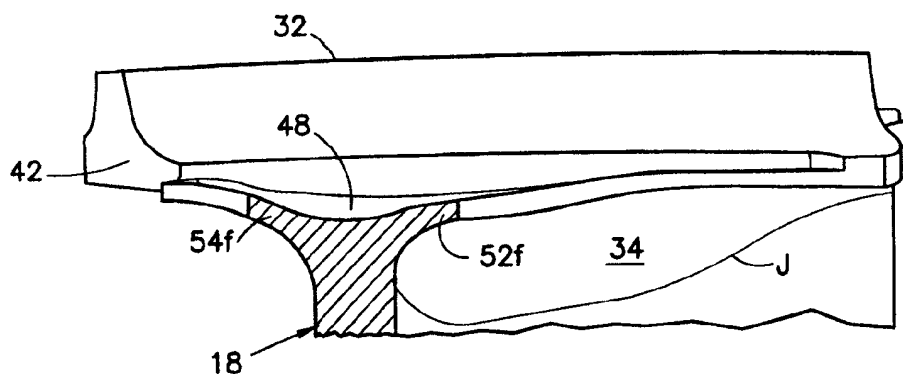


图 8

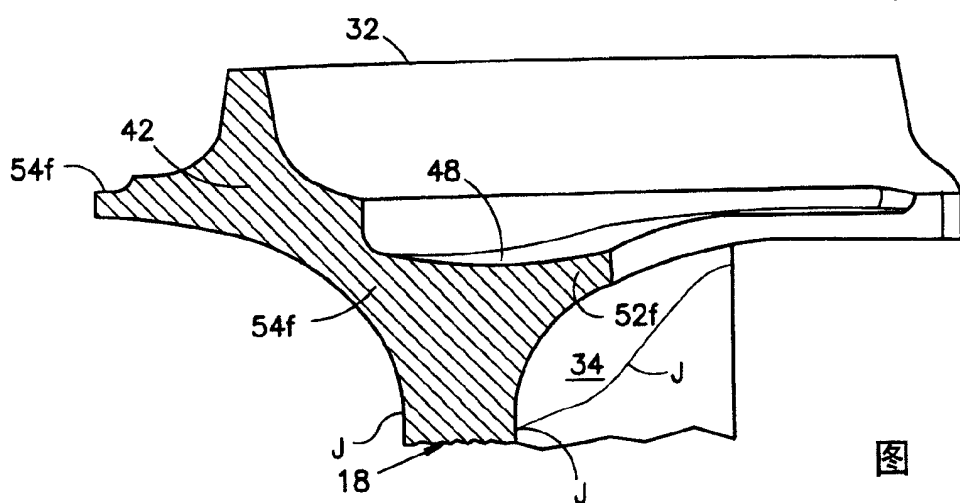


图 9

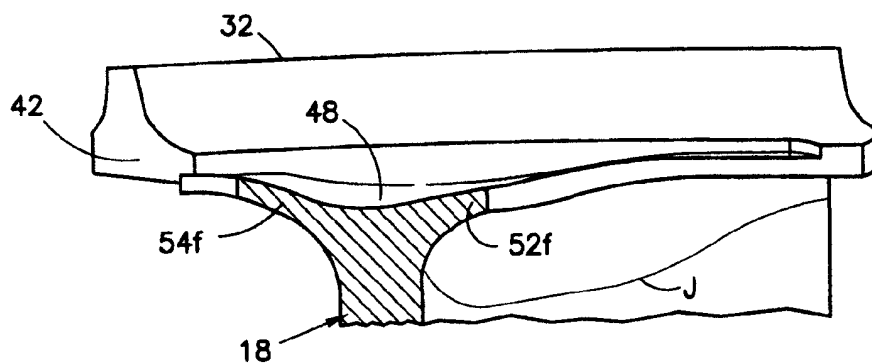


图 10

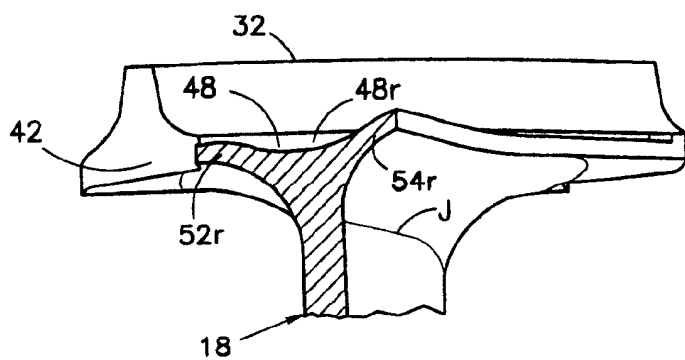


图 11

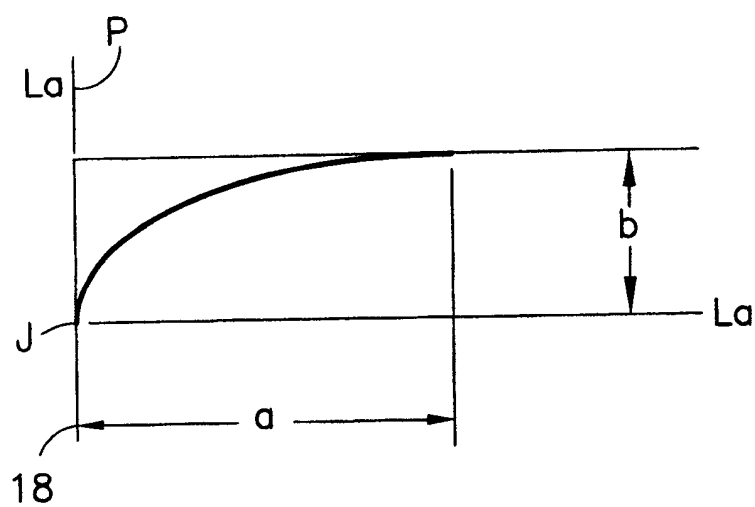


图 12

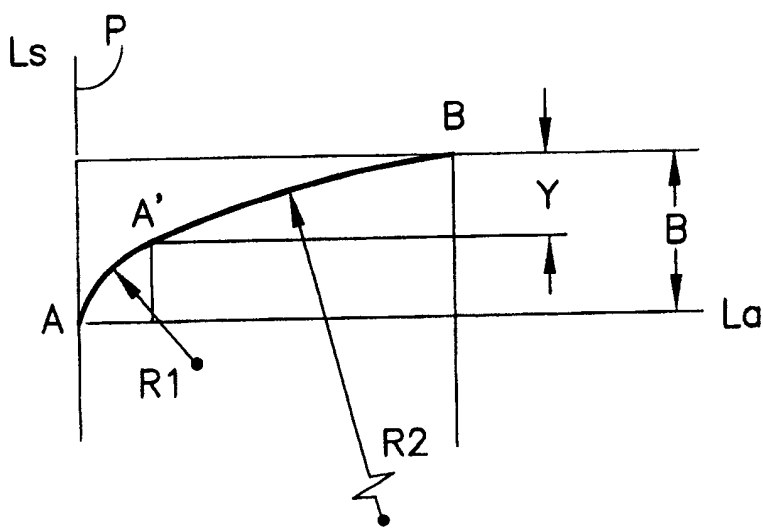


图 13