

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F04D 29/38 (2006.01)

F04D 29/34 (2006.01)

F04D 25/08 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810145161.4

[43] 公开日 2008 年 12 月 24 日

[11] 公开号 CN 101328906A

[22] 申请日 2004.3.21

[21] 申请号 200810145161.4

分案原申请号 200410047731.8

[30] 优先权

[32] 2003. 3. 21 [33] US [31] 10/393,868

[71] 申请人 美蓓亚株式会社

地址 日本长野

[72] 发明人 菲利普·J·布拉德伯里

菲普·X·源 查默斯·R·詹金斯

斯科特·H·弗兰克尔

[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 田元媛

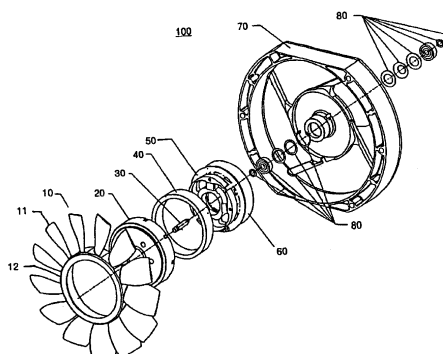
权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图 29 页

[54] 发明名称

冷却风扇

[57] 摘要

本发明公开了一种冷却风扇，该冷却风扇包括：第一叶轮和第二叶轮，与所述第一叶轮相比，除了所述第二叶轮具有成反向倾斜的翼面叶片外，所述第二叶轮与所述第一叶轮基本上相同；所述第一叶轮和所述第二叶轮适合于在一个单个外壳中定位；所述第一叶轮沿第一方向旋转，所述第二叶轮沿与所述第一叶轮的第一方向相反的方向旋转；所述第二叶轮和所述第一叶轮一样将空气压入同一轴向方向；和利用与所述第一叶轮相同的两个叶轮，在所述外壳中的所述叶轮的气流基本上大于等同的共旋风扇的气流。



1. 一种冷却风扇，该冷却风扇包括：

第一叶轮和第二叶轮，与所述第一叶轮相比，除了所述第二叶轮具有成反向倾斜的翼面叶片外，所述第二叶轮与所述第一叶轮基本上相同；

所述第一叶轮和所述第二叶轮适合于在一个单个外壳中定位；其中

所述第一叶轮沿第一方向旋转，所述第二叶轮沿与所述第一叶轮的第一方向相反的方向旋转；

所述第二叶轮和所述第一叶轮一样将空气压入同一轴向方向；和

利用与所述第一叶轮相同的两个叶轮，在所述外壳中的所述叶轮的气流基本上大于等同的共旋风扇的气流。

2. 一种轴流式风扇，该轴流式风扇包括：

基本上以单一旋转轴线为中心的多个不共心的叶轮，其中，所述多个叶轮至少包括第一叶轮和第二叶轮；

一个或更多个定子组件；

用于使每个叶轮与定子组件连接的装置，从而每个叶轮围绕所述旋转轴线自由旋转，但是否则被固定就位；

双极电动机，用于使所述第一叶轮沿第一方向旋转；和

双极电动机，用于使所述第二叶轮沿与所述第一方向相反的方向旋转；其中

所述多个叶轮中的每个叶轮包括圆箍和多个翼面叶片；

与所述第一叶轮的多个翼面叶片相比，所述第二叶轮的多个翼面叶片是不同数量的翼面叶片；

所述第一叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第一叶轮旋转时使空气沿与所述旋转轴线基本上平行的方向流动；

所述第二叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第二叶轮沿与所述第一叶轮相反的方向旋转时使空气沿与由所述第一叶轮产生的气流相同的轴向流动。

3. 根据权利要求2的轴流式风扇，其中，所述第一叶轮具有十三个翼面叶片，所述第二叶轮具有十一个翼面叶片。

4. 一种冷却风扇，该冷却风扇包括：

N 个基本上同轴的叶轮，其中，每个叶轮包括翼面叶片；以及其中，至少一个叶轮相对于所述 N 个叶轮中的第一叶轮的旋转方向反向旋转，其中，N 是整数，并且所述 N 个叶轮将空气压入同一方向，所述叶轮适合于在一外壳中定位，并且所述外壳中的所述叶轮的气流大于单独采用 N 个叶轮的每个叶轮的气流的和，假定在风扇的出口处的静压力大于某一最小压力。

5. 一种冷却风扇，该冷却风扇包括：

N 个基本上同轴并基本上相同的叶轮，其中，每个叶轮包括翼面叶片；并且至少一个叶轮相对于所述 N 个叶轮中的第一叶轮的旋转方向反向旋转，其中，N 是整数，并且所述 N 个叶轮将空气压入同一方向，所述叶轮适合于在一外壳中定位，并且所述外壳中的所述叶轮的气流大于所述叶轮中的单个叶轮的气流的 N 倍，假定在风扇的出口处的静压力大于某一最小压力。

6. 根据权利要求 5 所述的冷却风扇，其中：

N 等于 2，并且所述最小压力等于 0.3 英寸水柱。

7. 一种轴流式风扇，该风扇包括：

基本上以单一旋转轴线为中心的多个不共心的叶轮，其中，所述多个叶轮至少包括第一叶轮和第二叶轮；

一个或更多个定子组件；

用于使每个叶轮与定子组件连接的装置，从而每个叶轮围绕所述旋转轴线自由旋转，但是否则被固定就位；

双极电动机，用于使所述第一叶轮沿第一方向旋转；和

双极电动机，用于使所述第二叶轮沿与所述第一方向相反的方向旋转；其中

所述多个叶轮中的每个叶轮包括圆箍和多个翼面叶片；

所述第一叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第一叶轮旋转时使空气沿与所述旋转轴线基本上平行的方向流动；

所述第二叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第二叶轮沿与所述第一叶轮相反的方向旋转时使空气沿与由所述第一叶轮产生的气流相同的轴向流动。

8. 根据权利要求 7 的轴流式风扇，其中：

所述翼面叶片具有沿所述翼面叶片径向任意位置截取的横截面形状，该横截面形状的特征在于具有基本固定地位于约 16%弦长至约 23%弦长之间的最

大厚度和基本固定地位于 40%弦长至 51%弦长之间的最大弯度。

9. 一种用于冷却电子元件的轴流式风扇, 该风扇包括:

基本上以单一旋转轴线为中心的多个不共心的叶轮, 其中, 所述多个叶轮至少包括第一叶轮和第二叶轮;

一个或更多个定子组件;

用于使每个叶轮与定子组件连接的装置, 从而每个叶轮围绕所述旋转轴线自由旋转, 但是否则被固定就位;

用于使所述第一叶轮沿第一方向旋转的装置; 和

用于使所述第二叶轮沿与所述第一方向相反的方向旋转的装置; 其中

所述多个叶轮中的每个叶轮包括圆箍和多个翼面叶片;

所述第一叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第一叶轮旋转时使空气沿与所述旋转轴线基本上平行的方向流动;

所述第二叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第二叶轮沿与所述第一叶轮相反的方向旋转时使空气沿与由所述第一叶轮产生的气流相同的轴向流动。

10. 根据权利要求 9 的轴流式风扇, 该风扇还包括一外壳, 所述多个叶轮被封入该外壳中。

11. 根据权利要求 10 的轴流式风扇, 其中, 所述外壳被做成圆锥形。

12. 根据权利要求 9 的轴流式风扇, 该风扇还包括:

用于所述叶轮的翼面叶片具有根部、顶部、前缘和尾缘, 所述翼面叶片具有:

沿所述翼面叶片径向任意位置截取的横截面形状, 该横截面形状的特征在于具有基本固定为弦长的百分比的最大厚度和基本固定为弦长的百分比的最大弯度。

13. 根据权利要求 9 的轴流式风扇, 该风扇还包括:

用于所述叶轮的翼面叶片具有根部、顶部、前缘和尾缘, 所述翼面叶片具有:

沿所述翼面叶片径向任何位置截取的横截面形状, 该横截面形状的特征在于具有基本固定地位于约 16%弦长至约 23%弦长之间的最大厚度和基本固定地位于 40%弦长至 51%弦长之间的最大弯度。

14. 根据权利要求9所述的轴流式风扇, 该风扇还包括:

用于所述叶轮的翼面叶片具有根部、顶部、前缘和尾缘, 所述翼面叶片的特征在于:

在平面形式中, 所述翼面叶片的每一个在最大弦长位于所述根部和所述顶部之间的同时从所述根部变化到所述顶部, 所述翼面叶片的所述前缘和所述尾缘从所述根部凸起到所述顶部; 和

沿所述翼面叶片径向任意位置截取的横截面形状, 该横截面形状的特征在于具有基本固定为弦长的百分比的最大厚度。

15. 根据权利要求14的轴流式风扇, 其中, 所述最大厚度基本固定地位于约16%弦长至约23%弦长之间。

16. 根据权利要求14的轴流式风扇, 其中, 所述最大弯度基本固定地位于40%弦长至51%弦长之间。

17. 根据权利要求9的轴流式风扇, 该风扇还包括:

用于所述叶轮的翼面叶片具有根部、顶部、前缘和尾缘, 所述翼面叶片的特征在于:

在平面形式中, 所述翼面叶片的每一个在最大弦长位于所述根部和所述顶部之间的同时从所述根部变化到所述顶部, 所述翼面叶片的所述前缘和所述尾缘从所述根部凸起到所述顶部; 和

沿所述翼面叶片径向任意位置截取的横截面形状, 该横截面形状的特征在于具有凸形上表面和下表面, 所述前缘为类似于抛物线形状, 该下表面向所述前缘凸起并向所述尾缘凹入。

18. 根据权利要求9的轴流式风扇, 该风扇还包括:

用于所述叶轮的翼面叶片具有根部、顶部、前缘和尾缘, 所述翼面叶片具有:

沿所述翼面叶片径向任意位置截取的横截面形状, 该横截面形状的特征在于具有基本固定为弦长的百分比的最大厚度和基本固定为弦长的百分比的最大弯度、凸形上表面和下表面, 所述前缘为类似于抛物线形状, 该下表面向所述前缘凸起并向所述尾缘凹入。

冷却风扇

本申请是申请号为 2004100477318、申请日为 2004 年 3 月 21 日、发明名称为“用于具有反向旋转叶轮的轴流式风扇的叶轮片”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

本发明涉及一种冷却风扇，尤其涉及一种同轴反向旋转叶轮的多叶轮装置。本发明的多叶轮反向旋转轴流式风扇特别适用于冷却电子元件。

背景技术

传统的轴流式风扇一般包括一个驱动电动机、一个安装在与驱动电动机相连的电动机轴上的圆柱形中央轮毂部分、多个附于该轮毂的叶片和一个用于把风扇或叶轮包起来的外壳，此处所用的风扇或叶轮看作相同的术语。每个叶片从风扇的中央轮毂部分径向向外延伸。电动机轴从中心孔连接到轮毂部分，因此轮毂部分可以被驱动电动机通过机轴驱动旋转。在这样的装置中，轮毂部分和叶片一起由电动机驱动绕外壳的轴旋转，从而推动气流从风扇的进气区域流到出气区域。风扇的叶片是翼面构型，以便使叶片在与其旋转方向相反的方向产生力和在与其旋转方向垂直的方向产生气流。

众所周知，例如由 IMC 磁性元件公司，即本申请的受让人生产的 No.5920 型轴流式风扇利用了一个使用四极电动机的单极绕组，但同时仅有两个绕组接通。这些风扇使用了包括大尺寸电路元件的电路系统，例如，一个用于减小启动电流的感应器，用于控制功率级足够大的晶体管和用于保护这些晶体管所需的大型箝位二极管。这样的轴流式风扇不能使用 57V-64V 范围内的输入电压，而被限制在最大输入电压约 56V 的范围内，更典型地在输入电压约 48V 下运行。

由于单极绕组所需匝数，同时也由于二极管、感应器和所用的晶体管的大尺寸，No.5920 型风扇的轴宽为两英寸。而且，No.5920 型风扇的轴宽被认为是它的五个叶片所造成的，其中每个叶片的特征在于近似描述为曲平面板的对称

横截面。因此，这些叶片空气动力的效能不高，因而需要一个更大的弦长，来满足促使 No.5920 型风扇的尺寸达到两英寸轴宽的性能需要。

随着电路板上的电子元件的密度及承载能力的不断提高，以及由此产生的加热问题的间接增多，轴流式风扇越来越多地致力于解决这样的加热问题。在这样的轴流式风扇的设计中，重要的是在保持、或甚至提高它们冷却电子元件的能力的同时，要使它们尽可能的小以及成本尽可能的低。特别重要的是尽可能减小这种风扇的外形尺寸。例如，No.5920 型风扇的两英寸轴宽比用于冷却电子元件的轴流式风扇所用的最佳尺寸要宽。因此，最好是在保持它的性能参数和设计约束条件的同时能减小它的尺寸。

减小这种风扇的外形尺寸的一种方法是，在保持性能参数和设计约束条件的同时消除大的电子元件以及减小其它元件的尺寸。例如，轴流式风扇的外壳可以用作吸热器，通过消除对单独吸热器的需要来减小风扇的轴宽。

另外，为了减小轴流式风扇的外形尺寸，最好是使用窄弦叶片。但是，这种窄弦叶片的使用导致性能降低，尤其是风扇压力和气流的降低。这些性能的降低必须通过改变设计参数来补偿。众所周知，在其它的因素中，弦长、叶形中心线弯曲角（Camber angle）、叶片安装角（stagger angle）和叶片的横截面形状是可能影响风扇性能的因素。另外，众所周知，通过沿着叶片展长改变工作分布，在保持性能参数的同时，弦长可以沿着叶片展长变化。

理论上，叶形中心线弯曲角越大，在固定冲角下的提升力越大。但是，如果叶形中心线弯曲角太大，叶片可能失速，导致性能下降以及噪声波形（noise signature）增大。因此，叶形中心线弯曲角必须设计为合适的值。

通过一个更进一步的实例，工作分布在径向位置的降低将便于弦长的减小，伴随着在径向位置叶片输出速度的降低。因此，最好是在轮毂部分（叶片根部）使工作分布达到最小，因为这影响到轴宽，以及在叶片顶部使工作分布达到最大，以便在顶部产生最大的叶片输出速度。这种方法曾在美国专利 No. 5,320,493 中公开。但是，由于叶片顶部输出速度的增加和从叶片顶部喷出的湍流空气的增加，这种方法可能会导致风扇的噪声波形过度增大。因此，最好是在处于根部和顶部间的某个有利位置确定最大工作分布。

此外，叶片的横截面形状影响它的速度分布。圆弧轮廓，例如 NACA 系列 65 个翼面示出一个流速分布图，该图导致速度在叶片尾缘沿着吸力面急剧下降。

这样大的减速率导致边界层更加不稳定，促使边界层分离并因此导致升力损失和更大的输出叶片的湍流空气。因此，横截面翼面的流速分布图必须设计成会得到有利的流速分布图。

现有各种美国专利在这方面已经取得进展。例如，美国专利 No. 4, 971, 520、No. 4, 569, 631、No. 5, 244, 347、No. 5, 326, 225、No. 5, 513, 951、No. 5, 320, 493、No. 5, 181, 830、No. 5, 273, 400、No. 2, 811, 303 和 No. 5, 730, 483 公开了轴流式风扇。但是，在这些专利中公开的风扇没有有效地组合上述参数以克服上面所描述的问题。尤其是没有发明公开一种翼型或叶片，该翼型或叶片在减小风扇轴宽的同时表现出本发明的性能。并且也没有任何发明公开在多叶轮反向旋转装置中应用这种优化叶片，以进一步开发分别减小每个叶轮宽度并得到外形尺寸小性能高的风扇。

在不相似的飞行器旋翼领域，如 Sudrow 的美国专利 No. 3, 127, 093 中所公开，使用多个共轴旋翼人所共知。Sudrow 的专利公开了一种“用于飞行器的涵道支重旋翼”，这种旋翼利用了两套共轴旋翼，其中每一套有多个翼面构成以产生提升力。这些旋翼装到电动机轴上，该电动机轴能够反向旋转。这种反向旋转装置被用来降低扭矩，减少轴向气流以及降低振动和噪声。

与装在飞行器旋翼上的翼面不同，构成装在风扇转子上的翼面以产生气流。传统理论预测，在没有显著下游流阻的自由流动环境中，串联运行的两个相同的轴流式风扇不会比其中一个自己运行的轴流式风扇提供更多的气流。传统理论还预测，在有显著下游流阻的流动受限制的环境中，串联运行的两个相同的轴流式风扇最多提供独自运行的单个风扇气流的两倍气流，这里只有当下游流阻变得非常大时才能达到最大的增加。传统理论进一步预测，在反向旋转装置中放置另外两个相同的轴流式风扇，通过颠倒一个这样风扇的转子并以与其它风扇转子相反的方向旋转该转子，则可以提供与共旋（Co-rotating）装置中风扇相同的气流量。由于用两个风扇的成本和功率需求是用一个风扇的两倍，传统的理论不支持使用相对复杂和体积庞大的反向旋转装置。

Weske 的美国专利 No. 2, 313, 413 公开了一种轴流式风扇，该风扇使用多个带有交替固定叶片的共旋叶轮。Van Houten 等人的美国专利 No. 5, 931, 640 公开了使用带有反向偏斜叶片的两个反向旋转风扇，以用作车用发动机冷却风扇。这些专利公开了这些装置使风扇在低速运行时能产生所需要的气流。这些专利

也讲到所公开的装置降低了附加损失并提供了改进的声音性能。

发明内容

根据本发明的一个方面，提供一种冷却风扇，该冷却风扇包括：第一叶轮和第二叶轮，与所述第一叶轮相比，除了所述第二叶轮具有成反向倾斜的翼面叶片外，所述第二叶轮与所述第一叶轮基本上相同；所述第一叶轮和所述第二叶轮适合于在一个外壳中定位；所述第一叶轮沿第一方向旋转，所述第二叶轮沿与所述第一叶轮的第一方向相反的方向旋转；所述第二叶轮和所述第一叶轮一样将空气压入同一轴向方向；和利用与所述第一叶轮相同的两个叶轮，在所述外壳中的所述叶轮的气流基本上大于等同的共旋风扇的气流。

根据本发明的另一方面，提供一种轴流式风扇，该轴流式风扇包括：基本上以单一旋转轴线为中心的多个不共心的叶轮，其中，所述多个叶轮至少包括第一叶轮和第二叶轮；一个或更多个定子组件；用于使每个叶轮与定子组件连接的装置，从而每个叶轮围绕所述旋转轴线自由旋转，但是否则被固定就位；双极电动机，用于使所述第一叶轮沿第一方向旋转；双极电动机，用于使所述第二叶轮沿与所述第一方向相反的方向旋转；其中所述多个叶轮中的每个叶轮包括圆箍和多个翼面叶片；与所述第一叶轮的多个翼面叶片相比，所述第二叶轮的多个翼面叶片是不同数量的翼面叶片；所述第一叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第一叶轮旋转时使空气沿与所述旋转轴线基本上平行的方向流动；所述第二叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第二叶轮沿与所述第一叶轮相反的方向旋转时使空气沿与由所述第一叶轮产生的气流相同的轴向流动。

根据本发明的另一方面，提供一种冷却风扇，该冷却风扇包括：N个基本上同轴的叶轮，其中，每个叶轮包括翼面叶片；以及其中，至少一个叶轮相对于所述N个叶轮中的第一叶轮的旋转方向反向旋转，其中，N是整数，并且所述N个叶轮将空气压入同一方向，所述叶轮适合于在一个外壳中定位，并且所述外壳中的所述叶轮的气流大于单独采用N个叶轮的每个叶轮的气流的和，假定在风扇的出口处的静压力大于某一最小压力。

根据本发明的另一方面，提供一种冷却风扇，该冷却风扇包括：N个基本上同轴并基本上相同的叶轮，其中，每个叶轮包括翼面叶片；并且至少一个叶轮相对于所述N个叶轮中的第一叶轮的旋转方向反向旋转，其中，N是整数，

并且所述N个叶轮将空气压入同一方向,所述叶轮适合于在一外壳中定位,并且所述外壳中的所述叶轮的气流大于所述叶轮中的单个叶轮的气流的N倍,假定在风扇的出口处的静压力大于某一最小压力。

根据本发明的另一方面,提供一种轴流式风扇,该风扇包括:基本上以单一旋转轴线为中心的多个不共心的叶轮,其中,所述多个叶轮至少包括第一叶轮和第二叶轮;一个或更多个定子组件;用于使每个叶轮与定子组件连接的装置,从而每个叶轮围绕所述旋转轴线自由旋转,但是否则被固定就位;双极电动机,用于使所述第一叶轮沿第一方向旋转;双极电动机,用于使所述第二叶轮沿与所述第一方向相反的方向旋转;其中所述多个叶轮中的每个叶轮包括圆箍和多个翼面叶片;所述第一叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第一叶轮旋转时使空气沿与所述旋转轴线基本上平行的方向流动;所述第二叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第二叶轮沿与所述第一叶轮相反的方向旋转时使空气沿与由所述第一叶轮产生的气流相同的轴向流动。

根据本发明的另一方面,提供一种用于冷却电子元件的轴流式风扇,该风扇包括:基本上以单一旋转轴线为中心的多个不共心的叶轮,其中,所述多个叶轮至少包括第一叶轮和第二叶轮;一个或更多个定子组件;用于使每个叶轮与定子组件连接的装置,从而每个叶轮围绕所述旋转轴线自由旋转,但是否则被固定就位;用于使所述第一叶轮沿第一方向旋转的装置;用于使所述第二叶轮沿与所述第一方向相反的方向旋转的装置;其中所述多个叶轮中的每个叶轮包括圆箍和多个翼面叶片;所述第一叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第一叶轮旋转时使空气沿与所述旋转轴线基本上平行的方向流动;所述第二叶轮的多个翼面叶片被配置成当所述第二叶轮沿与所述第一叶轮相反的方向旋转时使空气沿与由所述第一叶轮产生的气流相同的轴向流动。

现有技术中没有发明公开一种多叶轮同轴反向旋转风扇,它能提供相对于单叶轮风扇按传统理论预测所产生的气流更多的气流。现有技术中没有发明公开一种反向旋转风扇,它向增压环境中提供的气流比共旋风扇提供的多过一倍。现有技术中没有发明公开这些因素的组合阐明这样一种叶片,它在减小外形尺寸到本发明尺寸的同时表现出所期望的性能。另外,现有技术中没有发明公开在制造双叶轮同轴反向旋转风扇过程中使用这种优化叶片。

通过实验已经表明,当与单叶轮风扇比较时,装有使用本文所述改进的叶

片设计的反向旋转叶轮风扇将使气流得到增强,这种增强比按传统理论预测的要大相当多。另外已经表明,装有使用本文所述改进的叶片设计的反向旋转叶轮风扇比另外相同装有共旋叶轮风扇向增压环境中提供的气流多过一倍。因此,本发明的一个目的是提供一种多叶轮轴流式风扇,其中叶轮是基本上同轴反向旋转的,显著提高了性能参数。

本发明另一个目的是提供一种叶片,该叶片与一种翼剖面结合,该翼剖面能在保持性能参数和设计约束条件的同时降低轴流式风扇的轴宽。

本发明再一个目的是提供一种叶片,该叶片与一种翼剖面结合,该翼剖面在叶片根部和顶部之间设置最大工作分布的同时,考虑轴流式风扇轴宽的减小。

本发明又一个目的是提供一种叶片,该叶片与一种翼剖面结合,该翼剖面在保持叶片吸入边合适流速分布的同时考虑轴流式风扇外形尺寸的减小。

本发明还有一个目的是提供一种反向旋转叶轮装置,该装置提供增加轴向气流,该气流比利用理论模型预测所提供的气流大得多。

本发明再有一个目的是提供一种反向旋转叶轮装置,该装置向增压环境中提供的气流比另外相同的共旋叶轮装置提供的多过一倍。

本发明又有一个目的是通过利用与制造反向旋转多叶轮装置相同的方法开发减小轴流式风扇的宽度,该反向旋转多叶轮装置在电风扇一定设计约束条件下有可能使轴向气流达到增加,以用于冷却电子部件。

这些目的和其它目的由一种轴流式风扇结构实现,该风扇结构包括至少两个同轴转子组件,其中每个转子组件还包括一个带有多个叶片的叶轮;并且所述转子组件中至少一个是这样构形的,即它以与第一个所述转子组件相反的方向旋转;并且其中在每个转子组件上的叶片是这样构形的,即每个叶轮和其它叶轮一样将空气压入同一轴向方向。

这些目的和其它目的进一步通过提供装有叶片的所述叶轮来实现,所述叶片具有如下特征:有根部、顶部、前缘和尾缘;沿叶片径向任何位置截取具有横截面形状的叶片的特征在于:基本上固定设在约19%到约20%弦长之间的最大厚度,和基本上固定设在约45%到约46%弦长之间的最大弯度。

已经通过实验确定,一种双叶轮反向旋转风扇的声音性能可以通过在上游叶轮和下游叶轮上具有不同数目的叶片来改善。在一个优选的实施例,上游叶轮由与圆箍相连接的十三个径向延伸叶片组成,下游叶轮由与圆箍相连接的

十一个周向间隔的径向延伸叶片组成。

进一步确定,当所述反向旋转多叶轮被置于圆锥形外壳中时,气流便被优化。第二个叶轮的直径可以大于第一个叶轮的直径。

本发明这些目的和其它目的、特征和优点根据下面详细的描述以及附图会变得更加明显。

附图说明

参照下列附图本发明可以更容易被理解。

图 1 是单叶轮轴流式风扇的分解透视图。

图 2 是它的横截面装配图。

图 3 是定子组件的分解透视图。

图 4 是印制电路板基板 52 顶视图。

图 5 是定子铁心和绕组的顶视图。

图 6(a)是用于单叶轮轴流式风扇的流量(立方英尺/分)与静压力(英寸水柱数)关系曲线图。

图 6(b)是如下四种独立轴流式风扇的流量(立方英尺/分)与静压力(英寸水柱数)关系曲线图: (A)一种具有正常旋转和正常倾斜叶片的单叶轮轴流式风扇; (B)一种具有反向旋转和反向倾斜叶片的单叶轮轴流式风扇; (C)一种双叶轮共旋轴流式风扇,其中两个叶轮具有正常旋转和正常倾斜叶片; (D)根据本发明的一种双叶轮反向旋转轴流式风扇,其中一个叶轮具有正常旋转和正常倾斜叶片,另一个叶轮具有反向旋转和反向倾斜叶片。

图 7(a)是标准叶轮片的横截面图,该图示出由叶轮旋转带动叶片运动产生的流过叶片表面的气流。

图 7(b)是单叶轮轴流式风扇的三维视图,该图示出由旋转叶轮产生的径向(涡流)气流和风扇输出的轴向气流。

图 7(c)是单叶轮轴流式风扇理想化的横截面图,该风扇利用定子组件消除下游气流的径向部分。

图 7(d)是双叶轮反向旋转轴流式风扇理想化的横截面图,该风扇具体体现了本发明,其中由第一个叶轮传递的径向气流被第二个叶轮消除。

图 7(e)是双叶轮反向旋转轴流式风扇理想化的横截面图,该风扇具有圆锥

形外壳。

图 8 是根据本发明的叶片横截面图；

图 9A 是根据本发明的叶片正视图；

图 9B 是根据本发明的叶片侧视图；

图 10 是根据本发明的叶片三维视图；

图 11 是本发明采用的叶片描述中利用的坐标系解说图；

图 12 是接近本发明设计条件的有利叶片表面速度分布与不利叶片表面速度分布的图示比较；

图 13A-C 是用于本发明优选实施例的五个翼剖面最佳标准化贝塞尔 (Bezier) 控制点图表；

图 14 是本发明优选实施例根部叶形中心线分布和相关的最佳标准化贝塞尔 (Bezier) 控制点图解；

图 15 是本发明优选实施例根部法向厚度分布和相关的最佳标准化贝塞尔 (Bezier) 控制点图解；

图 16 是本发明优选实施例的标准化工作分布图解；

图 17 是本发明优选实施例的五个翼剖面叶形中心线分布图解；

图 18 是本发明优选实施例的五个翼剖面厚度分布图解；

图 19 是本发明优选实施例的五个叶片翼剖面标准化型面图解；

图 20 是描述本发明优选实施例的五个翼剖面的最佳值图表；

图 21A-E 是描述本发明优选实施例的标准化表面坐标图表。

具体实施方式

轴流式风扇的一般结构

现对本发明的一个优选实施例给予描述。现在参见附图，尤其是图 1 和 2，其中所示的是轴流式风扇 100，它包括叶轮 10，该叶轮用以在旋转时产生气流；轭 20，该轭装在叶轮 10 中；轴 30，该轴与轭 20 相连；永磁体 40，该永磁体装在轭 20 中；定子组件 50；风扇外壳 70；绝缘片 60，该绝缘片用于使定子组件 50 中的基板与风扇外壳 70 电绝缘，以及轴承与装配构件 80，在使轭 20 和磁体 40 自由旋转从而带动叶轮 10 旋转时，该轴承与装配构件用于使轴 30 紧固在外壳 70 上。叶轮 10 包括多个叶片 11，所述叶片等间距沿圆周装在圆箍 12 上。当

装在轭 20 上的永磁体 40 与定子组件 50 组合时,便形成电动机,当电压施加到定子组件 50 中印制电路板上的激励电路时,该电动机便转动叶轮 10。定子组件 50 的构造在同时待审和共有专利申请 No.09/119,221 中有全面描述,该共有专利申请的名称是“用于电动机的定子安装方法和设备”(“Stator Mounting Method and Apparatus for a Motor”),于 1998 年 7 月 20 日提出的,并作为依据包括在本文内。

如图 7(d)所示,优选实施例的反向旋转风扇包括在前述段落中描述的第一单叶轮轴流式风扇和置于单外壳中的第二单叶轮轴流式风扇。第二单叶轮轴流式风扇的输入端与第一单叶轮轴流式风扇的输出端相连接。另外,第二单叶轮轴流式风扇有一叶轮,该叶轮以与装在第一单叶轮轴流式风扇中的叶轮旋转方向相反的方向旋转,而且第二单叶轮轴流式风扇有多个叶片,所述叶片具有与第一单叶轮轴流式风扇中的叶片以相反的方向倾斜。

在优选的实施例中,第一叶轮有十三个叶片,第二叶轮有十一个叶片。另外,第二叶轮可以做的比第一叶轮稍大(即具有较大的直径),而且其共同的外壳可以做成圆锥形,其直径从第一叶轮的输入端扩大到第二叶轮的输出端,如图 7(e)所示。

图 3 所示为定子组件 50,包括一个基板 52,四个绝缘销 54,一个定子铁心 56 和绕组 58。在优选的实施例中,基板 52 是一个印制电路板,该电路板包括激励和运行电动机的电路。

如图 4 所示,基板 52 是一个印制电路板,该电路板上装有用用于运行电动机的电路。电压调节器 57 允许使用在约 28V~64V 范围内的输入电压,该电压范围比其它风扇的范围要大,例如在前面标题为“发明背景”部分提及的 No.5920 型风扇。电压调节器的输入和输出电压是不同的。电压调节器调节输出端电压以适合于电压调节器输出端的 IC 电路。从电压调节器的输出端向所有电阻、晶体管、二极管和电容器输送低电压使能使用减小电路尺寸的小元件,从而可以应用于减小宽度的风扇中。在优选的实施例中,不需要大的箝位二极管,例如应用于 No.5920 型轴流式风扇中由 Hitachi 公司生产的零件 No.V03C。四个大的晶体管,例如用在 No.5920 型风扇的电路中由 Sanyo 公司生产的用于控制高电压电平的热和功率的零件 No.25B1203-5,在本发明中被省去。优选的实施例在 ICs61 和 62 中应用了晶体管开关,该开关用于对电压调节器输出端的低电压

电平进行操作。此外,在 No.5920 型轴流式风扇中由 Minebea 公司生产的感应器零件 No. 6308-R8151 在本发明中也被省去。因此,当与早期的电路板,例如用于 No. 5920 型风扇的电路板相比较时,优选实施例成品电路板减小了宽度。进而获得减小宽度的轴流式风扇。

优选的实施例通过采用电压调节器 57 消除了包括箝位二极管和晶体管的大电路元件的需要。用于降低输入电压的电压调节器的使用产生经过电压调节器的热量,该热量必须被驱散。风扇的外壳 70 用作吸热器。作为吸热器的外壳 70 的应用消除了对大尺寸电阻器的需要,该电阻器用作电压调节器的吸热器。由于外壳 70 在作为外壳的同时还起到吸热器的作用,所以一种标准的热复合物被用来将热量从电压调节器 57 传递给金属外壳 70,该热复合物是一种吸热的热传导胶粘剂,例如 Loctite® 热传导胶粘剂 3873。另一方面或者另外,可用销将电压调节器 IC57 紧固到外壳上。销的作用是在热复合物硬化期间临时紧固电压调节器。因此,获得减小宽度的风扇。

实际上,当与下面研讨的叶片设计组合时,通过实施上面所述的改进措施,会获得具有一英寸厚度和与 IMC 磁力公司 5920 型轴流式风扇(具有两英寸厚度)一样气流输出的单叶轮轴流式风扇,和通过实施上面所述的改进,还会获得本发明具有两英寸厚度和改进的气流特征的双叶轮反向旋转轴流式风扇。

叶片结构参数

图 8 是本发明优选实施例叶片 11 中的一个叶片横截面图,该图示出了本发明的叶片参数,该参数部分地确定了本发明叶片 11 的横截面形状 14。每个横截面具有前缘 16、尾缘 18、上表面 22 和下表面 24。该横截面可以进一步由叶片安装角 26、叶形中心线弯曲角 28、弦线 32、弦长 34、叶形中心线 36 和厚度(t)38 限定。

现在参照图 9A 和图 9B,优选实施例的叶片 11 通过径向和轴向堆叠(stacking)和混合(blending)横截面 14 构成,以形成三维叶片。图 9A 是叶片 11 的正视图,而图 9B 是叶片 11 的侧视图。因此图 9B 的视图是从图 9A 的视图旋转 90 度得到的视图。叶片具有根部 42 和顶部 44。根部 42 与圆箍 12(图 1)的圆周相连接。叶片 11 的每个翼剖面 14 与从圆箍 12 中心起始并径向向外延伸的半径等同,如图 9B 所示。每个翼剖面 14 的位置由 $r/r_{\text{顶部}}$ 限定, $r/r_{\text{顶部}}$ 是特定横截面 14 的径向位置(r)被顶部 14 翼剖面的半径($r_{\text{顶部}}$)除的比值,如图 9A

和图 9B 所示。

圆周堆叠轴由这样的轴限定,该轴与位于根部 42 处的横截面 14 前缘 16 交叉,并沿圆周方向延伸。圆周堆叠距离由翼面横截面 14 的前缘 16 和圆周堆叠轴之间的距离限定。轴向堆叠轴由这样的轴限定,该轴与位于根部 42 处的横截面 14 前缘 16 交叉,并沿轴向延伸。轴向堆叠距离由翼面横截面 14 的前缘 16 和轴向堆叠轴之间的距离限定。一旦横截面 14 堆叠起来,便得到三维叶片 11,如图 10 所示。图 11 是示出随机选取的叶片横截面解说图,该图给出用于限定本发明叶片 11 和其横截面形状 14 的坐标轴。

本发明的叶片曾根据下面的方法设计的。设定了满足单叶轮轴流式风扇 100 和附属叶片 11 的一系列风扇性能参数和设计约束条件。风扇性能参数包括以每分钟立方英尺 (立方英尺/分)定义的在自由空气条件下的容积流动速率、轴转速 (转数/分)和以每立方英尺磅(磅/立方英尺)表示的进气密度。设计约束条件包括风扇尺寸 (包括轴宽)、风扇重量、电动机输入功率和噪声波形。这些性能参数和设计约束条件曾设定为:容积流动速率 240 立方英尺/分,轴转速 3400 转数/分和进气密度 0.075 磅/立方英尺,以及风扇轴宽尺寸 1 英寸。尽管这些是最佳要求,但 225~255 立方英尺/分的容积流动速率,3200~3600 转数/分的轴转速仍可获得满意的结果。在这些参数和限制条件中,最重要的是容积流动速率和风扇轴宽尺寸。

在空气动力设计时,曾采用一种多流线型间接方法来确定弦长 34、叶形中心线弯曲角 28 和叶片安装角 26 的最佳值,这些值能够提供规定的风扇性能参数和满足确定的设计约束条件。基于经验选择了理想的工作分布。工作分布被定义为在叶轮 10 的出气口 (横截面 14 的尾缘 18) 气流的角动量分布。工作分布影响弦长 34 的尺寸。最后基于经验,选择了使气流输出和风扇宽度最佳化的叶片数量。

下一步是确定叶形中心线和厚度分布。这些分布是通过使用贝塞尔 (Bezier) 曲线确定的,这种应用的一个实例引用在 Casey 的“离心压缩机的叶片和内部气流通道的计算几何学” (A Computational Geometry for the Blades and Internal Flow Channels of Centrifugal Compressors), ASME 82-GT-155 中。这种方法以下的参数形式求出叶形中心线和厚度的分布:

$$F(u) = \sum_{k=0}^{k=n} f_k B_k^n(u)$$

式中: $F(u)$ 表示贝塞尔 (Bezier) 曲线的解法, 在这种情况下分别用于求出叶形中心线 x 和 y 的坐标。以及厚度分布;

$$B_k^n(u) = \binom{n}{k} u^k (1-u)^{n-k}$$

u 是 0 和 1 之间线性变化的参数 (在前缘 16 $u = 0$, 在尾缘 18 $u = 1$);

f_k 是贝塞尔控制点的一维阵列;

$B_k^n(u)$ 是伯恩斯坦 (Bernstein) n 次多项式;

$n+1$ 是贝塞尔控制点的数量; 和

$\binom{n}{k}$ 是 CRC (循环冗余码校验) 标准数学用表 (第 22 版, 1974 年, 第 627 页) 中定义的二项式系数。

n 选择为 18, 以便使贝塞尔终结公式是 18 次多项式, 该多项式产生 19 个控制点。这种选择在叶片 11 的横截面形状 14 的最佳化中比低阶多项式提供更大的精确度。贝塞尔曲线的终结公式为:

$$\begin{aligned} X_c(u) = & A_0(1-u)^{18}x_0 + A_1u(1-u)^{17}x_1 + A_2u^2(1-u)^{16}x_2 + A_3u^3(1-u)^{15}x_3 + \\ & A_4u^4(1-u)^{14}x_4 + A_5u^5(1-u)^{13}x_5 + A_6u^6(1-u)^{12}x_6 + A_7u^7(1-u)^{11}x_7 + \\ & A_8u^8(1-u)^{10}x_8 + A_9u^9(1-u)^9x_9 + A_{10}u^{10}(1-u)^8x_{10} + A_{11}u^{11}(1-u)^7x_{11} + \\ & A_{12}u^{12}(1-u)^6x_{12} + A_{13}u^{13}(1-u)^5x_{13} + A_{14}u^{14}(1-u)^4x_{14} + A_{15}u^{15}(1-u)^3x_{15} + \\ & A_{16}u^{16}(1-u)^2x_{16} + A_{17}u^{17}(1-u)x_{17} + A_{18}u^{18}x_{18} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_c(u) = & A_0(1-u)^{18}y_0 + A_1u(1-u)^{17}y_1 + A_2u^2(1-u)^{16}y_2 + A_3u^3(1-u)^{15}y_3 + \\ & A_4u^4(1-u)^{14}y_4 + A_5u^5(1-u)^{13}y_5 + A_6u^6(1-u)^{12}y_6 + A_7u^7(1-u)^{11}y_7 + \\ & A_8u^8(1-u)^{10}y_8 + A_9u^9(1-u)^9y_9 + A_{10}u^{10}(1-u)^8y_{10} + A_{11}u^{11}(1-u)^7y_{11} + \\ & A_{12}u^{12}(1-u)^6y_{12} + A_{13}u^{13}(1-u)^5y_{13} + A_{14}u^{14}(1-u)^4y_{14} + A_{15}u^{15}(1-u)^3y_{15} + \\ & A_{16}u^{16}(1-u)^2y_{16} + A_{17}u^{17}(1-u)y_{17} + A_{18}u^{18}y_{18} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_n(u) = & A_0(1-u)^{18}t_0 + A_1u(1-u)^{17}t_1 + A_2u^2(1-u)^{16}t_2 + A_3u^3(1-u)^{15}t_3 + \\ & A_4u^4(1-u)^{14}t_4 + A_5u^5(1-u)^{13}t_5 + A_6u^6(1-u)^{12}t_6 + A_7u^7(1-u)^{11}t_7 + \\ & A_8u^8(1-u)^{10}t_8 + A_9u^9(1-u)^9t_9 + A_{10}u^{10}(1-u)^8t_{10} + A_{11}u^{11}(1-u)^7t_{11} + \\ & A_{12}u^{12}(1-u)^6t_{12} + A_{13}u^{13}(1-u)^5t_{13} + A_{14}u^{14}(1-u)^4t_{14} + A_{15}u^{15}(1-u)^3t_{15} + \\ & A_{16}u^{16}(1-u)^2t_{16} + A_{17}u^{17}(1-u)t_{17} + A_{18}u^{18}t_{18} \end{aligned}$$

式中:

X_c 是由弦长标准化的叶形中心线 x 坐标,

Y_c 是由弦长标准化的叶形中心线 y 坐标,

T_n 是由弦长标准化的厚度分布,

$A_0 \sim A_{18}$ 是根据如下值的伯恩斯坦多项式系数:

$A_0 = 1$	$A_6 = 18564$	$A_{12} = 18564$	$A_{18} = 1$
$A_1 = 18$	$A_7 = 31824$	$A_{13} = 8568$	
$A_2 = 153$	$A_8 = 43758$	$A_{14} = 3060$	
$A_3 = 816$	$A_9 = 48620$	$A_{15} = 816$	
$A_4 = 3060$	$A_{10} = 43758$	$A_{16} = 153$	
$A_5 = 8568$	$A_{11} = 31824$	$A_{17} = 18$	

和

$x_0 \sim x_{18}$ (以下表示为“ x_k ”)是贝塞尔控制点的标准化 x 坐标;

$y_0 \sim y_{18}$ (以下表示为“ y_k ”)是贝塞尔控制点的标准化 y 坐标; 和

$t_0 \sim t_{18}$ (以下表示为“ t_k ”)是标准化厚度控制点;

基于经验选择了贝塞尔控制点 x_k , y_k 和 t_k 的初始值。利用这些控制点, 解上述公式求出弯度和厚度的分布。

一旦随着最佳弦长 34、叶形中心线弯曲角 28 和叶片安装角 26 求出分布, 便利用无粘性流分析确定吸入(上)边和压力(下)侧的表面速度分布和叶片 11 的工作分布。设计者观察速度分布和合成工作分布以校验工作分布图和最初的设计选择相一致, 并且还保证获得有利的速度分布图。

试图获得一种典型的理想叶片表面速度分布, 该分布显示出有利的减速梯度, 这种梯度在速度分布不会促使边界层分离从而削弱叶片 11 的性能意义上是有利的。图 12 是接近本发明设计条件 ($r/r_{\text{顶部}}=0.6459$ 时) 的有利叶片表面速度分布与不利叶片表面速度分布的图示比较。有利的工作分布是将最大的工作分布设在根部和顶部之间的某个点。

经过最初的重复, 由于合成速度分布和工作分布对设计者来说是不满意的或不理想的, 所以贝塞尔控制点被人为地改变以获得不同的弯度和厚度的分布。再一次地对速度和工作分布进行分析, 以确定是否获得了有利的解决方案。这个过程被重复直到获得有利的解决方案。在优选的实施例中, 最佳的标准化贝塞尔控制点在图 13A - C 中以表格形式示出。

这些优化的贝塞尔控制点以及用于设在根部 42 翼剖面 14 的最佳弯度分布和厚度分布在图 14 和 15 中以曲线图示出。优选实施例的所有五个翼剖面 14 的工作分布在图 16 中以曲线图示出。从图 16 可以看出, 最大工作分布设在根部和顶部之间。优选实施例的所有五个翼剖面 14 的叶形中心线和厚度分布以及 $r/r_{\text{顶部}}=0.7908$ 时的横截面外形在图 17 和 18 中示出。

根据优化的叶形中心线和厚度分布, 采取类似于 NACA 系列翼剖面所用的方式确定了叶片表面坐标, NACA 系列翼剖面引用在 1959 年由 DOVER 出版公司出版 IRA H. ABBOTT 和 ALBERT E. VON DOENHOFF 著作“翼剖面理论”第 111-13 页上。

叶片表面坐标由弦线 32、叶形中心线 36 和法向厚度分布得出, 如下所示:

$$X_{\text{上}}=X_c - Y_t \sin.$$

$$Y_{\text{上}}=Y_c + Y_t \cos.$$

$$X_{\text{下}}=X_c + Y_t \sin.$$

$$Y_{\text{下}}=Y_c - Y_t \cos.$$

式中:

$X_{\text{上}}$ 、 $Y_{\text{上}}$ 、 $X_{\text{下}}$ 和 $Y_{\text{下}}$ 分别是叶片的上(吸入)表面 22 和下(压力)表面 24 的坐标;

X_c 和 Y_c 是叶形中心线 36 的坐标;

Y_t 是叶片 11 厚度的一半; 和

$\tan$ 是叶形中心线 36 的斜率, 式中 $\tan = dY_c/dX_c$ 。

优选实施例的标准化横截面外形在图 19 中绘出。图 21A-E 是优选实施例的表面坐标图表, 以无量纲值表示。

一旦所需的横截面 14 在每个径向位置得出, 便通过在圆周方向和轴向堆叠五个横截面 14 中的每一个截面, 并使每个横截面 14 从根部 42 偏移 to 规定堆叠距离, 形成一个三维叶片 11。所述五个横截面 14 以平滑连续的方式混合。用于这五个横截面外形的合成最佳值列在图 20 中。确定参数的关键是基本固定位于约 19%~约 20%弦长之间的最大厚度和基本固定位于约 45%~约 46%弦长之间的最大弯度。尽管这些是最佳数值范围, 但仍然有一个扩大的数值范围虽不是最佳但却令人满意的方式基本上满足性能参数和设计约束条件的要求。这些数值是基本固定位于约 16%~约 23%弦长之间的最大厚度和基本固定位于

40%~51%弦长之间的最大弯度。

在图 20 中还可以看到其它用于确定每个横截面图参数的关键,例如最大厚度和最大弯曲高度(两者都以英寸和在特定径向位置弦长的百分比表示)、叶形中心线弯曲角、叶片安装角、半径、弦长和圆周与径向堆叠距离。用于每个横截面外形以英寸表示的最大厚度特征是一个常数。以弦长百分比表示的最大厚度从最大值在数值上下降变化到最小值,然后在数值上增加到叶片顶部,所述最大值在根部,所述最小值基本位于半径的 79%到约 90%之间,所述半径是从叶轮的中心到顶部测量的。以英寸和特定径向位置弦长百分比表示的最大弯曲高度从根部的最大弯曲高度连续下降最大弯曲高度至叶片顶部。

叶形中心线弯曲角以根部的最大值为特征,该最大值在数值上连续下降到叶片顶部。另一方面,叶片安装角以根部的小值为特征,该最小值在数值上连续增加直到叶片顶部。另外,叶片 11 的横截面外形可以由它的几何形状描述,其前缘类似于抛物线形状,凸形上表面和下表面,该下表面向前缘凸起并向后缘凹入。

图 20 中的其它参数包括纵横比和叶片桨盘面积比。纵横比以无量纲单位定义为叶片的长度除以特定横截面上的弦长。叶片的长度定义为顶部半径($r_{\text{顶部}}$)减去根部半径($r_{\text{根部}}$)。叶片桨盘面积比以无量纲单位定义为特定径向位置上的弦长除以叶片间隔。叶片间隔是相邻叶片之间在给定半径上的距离,并进一步用叶片数量除 $2\pi r$ 确定。最后,标准化半径、标准化弦长和标准化圆周及轴向堆叠距离表示在图 20 中,这些参数都通过用参数的最大值除特定径向位置上的参数值,以无量纲单位来定义。此处讨论的叶片可以应用于下面描述的反向旋转叶轮。

反向旋转叶轮

在给定物理尺寸和功率输入的电风扇中用于冷却电子元件的最重要的参数是空气流量。能带来流过电子元件的空气流量越大,则被驱散的热量就越多。空气流量通常以每分钟立方英尺(CFM)计量。

当被风扇推动的空气未被限制在风扇下游的任何方向时,该情形称为自由空气,即从风扇发出的阻止气流的静压力为零。当气流被限制时,例如空气被迫经过一套电子元件并流出电子元件周围的容器,那么将产生一定量的静压力。在特定空气流量条件下将产生多少静压力这取决于许多物理参数,包括被冷却

的电子元件构型、电子元件周围的容器尺寸以及该容器如何通风排气。也就是说，对于相同的空气流量，在受通风限制的小盒中的一套非常复杂的电子元件会导致相对高的静压力，而在大的和较好通风条件的容器中一套简单的电子元件会导致相对低的静压力。

传统的空气流量理论预测，同轴互相串联放置两个风扇导致自由空气的空气流量增加极小，即在风扇下游基本上没有反压力的情况下。传统的理论还预测，当反压力增加时，风扇同轴机组的空气流量可能比单风扇情况增加到两倍。

图 6(a)是风扇的空气流量 (CFM) 与静压力 (英寸水柱数) 的关系曲线图，该风扇由 IMC 公司生产 (批注: 即它是 IMC 吗?) 并被称为 5910 系列轴流式风扇。从图 6(a)可以看出，自由空气条件下的空气流量值大约为 240CFM，而当静压力值大约 0.6 英寸水柱时，空气流量是 0CFM。

曾用两个同轴 IMC5910 系列轴流式风扇进行试验。两个风扇同轴放置并彼此邻近。根据这两个风扇同向旋转和反向旋转 (相反方向) 测量相对于静压力的流量。这些试验的结果如图 6(b)所示。从图 6(b)可以看出，有关风扇串联旋转的情况遵循传统的空气流量理论，即自由空气条件下空气流量只有边际增加，当静压力增加时，空气流量只是逐步增加。

本发明的反向旋转叶轮结构示于图 7(d)。反向旋转叶片以相同方向推动空气，因为第二个叶轮的斜度与第一个叶轮的相反。从图 6(b)可以看出，传统的空气流量理论不能正确地预测在给定静压力下的空气流量。虽然对于自由空气的情况，空气流量的增加仍然仅仅是边际的，但是本发明的反向旋转优选实施例中空气流量的增加更快更剧烈。

空气动力影响可以解释空气流量效率的这种显著增加，这种影响主要分为两类：翼剖面阻力和二次流。翼剖面阻力一切由叶片形状、表面光洁度、叶轮产生的湍流空气、甚至叶片产生的阻力形成。由叶轮产生的湍流空气示于图 7(a)。二次流主要包括涡流气流 (径向速度) 和由于风扇的内壁产生的空气流量损失。涡流气流的图解示于图 7(b)。该气流是空气与叶轮叶片和包装叶轮管的固定壁的相互作用产生的。所有这些空气动力影响降低了风扇的效率。

“理论上”，即不考虑复杂的空气动力因素，风扇的效率是 100%。把所有的空气动力因素考虑进去，风扇的效率能降低到刚好低于 50%。在相同旋转试验情况下，这些影响得到加强。进气在理论上是层状的 (没有湍流的自由流动)。

空气离开第一个风扇后是湍流的，并以“螺旋”方式向下游流动。这时这种湍流空气是同一方向旋转另一风扇的进气。最终的下游空气更加螺旋前进。这些有害的空气动力影响严重破坏了整体风扇效率。

为了保持轴流式风扇的高效率，设计者要把空气动力影响尽可能地减少到最低程度。在设计约束条件允许的情况下，轴流式风扇最好的构型是：利用预旋转定子把进气方向改到转子叶片，并利用整流（straightening）定子将气流尽可能地改回成自由束流。这种理想化的构型示于图 7(c)。这种理想化的结构明显地将二次流的影响减少到最低程度，并因此将空气动力效率（和整体风扇的效率）保持在较高水平。

如图 7(d)所示，使用本发明反向旋转叶轮达到了与图 7(c)理想化结构相同的效果。输入第一叶轮的层状气流被第一叶轮“预旋转”，这增加了轴向和径向（涡流）气流向下游流动。这些气流然后被同轴反向旋转的第二叶轮“整流”。第二个风扇进一步提高了轴向流量并回收了其它在系统中损失的绝大部分径向（涡流）气流。既然由第一个叶轮产生的涡流几乎被第二个叶轮抵消，那么空气动力效率更高。这种更高的效率有助于提高系统总的空气流量。

本发明进一步设想在一个外壳中装入 N 个基本同轴叶轮的方法，其中 N 为整数；以与所述 N 个叶轮中的第一个叶轮旋转方向相反的方向旋转至少一个叶轮；运行叶轮以相同的方向推动空气；和从外壳内 N 个叶轮产生的空气流量比单叶轮产生的空气流量多 N 倍，假定风扇出气口的静压力大于某一最小压力。静压力取决于具体风扇的特征，包括风扇的尺寸。例如，对于反向旋转双叶轮和 6 英寸直径的风扇来说，静压力约为 0.3 英寸水柱。

图 6(b)示出，当叶轮在最佳压力范围运行时，在某一静压力值下的相同环境中，即用于建立反压力条件相同的外壳中，反向旋转双叶轮的空气流量基本上可比普通旋转单叶轮运行的空气流量大一倍多。另外，本发明的反向旋转叶轮提供的空气流量基本上大于图 6(b)所示以相同方向旋转的两个叶轮产生的空气流量。

本发明可以包括基本同轴的多个叶轮。至少一个叶轮以相反方向旋转。因此，可以有 N 个叶轮，此处 N 为整数。如果 N 为偶数，那么一半叶轮可以第一方向旋转，而一半可以相反方向旋转。旋转方向可以在相邻叶轮之间交换。所有叶轮可都相同，在这种情况下，假定风扇出气口的静压力大于某一最小压力，

则总的空气流量基本上比在前面相同环境中运行的单叶轮产生的空气流量多 N 倍。如果叶轮不相同,假定风扇出气口的静压力大于某一最小压力,则总的空气流量基本上大于在相同环境中运行的 N 个叶轮中的每个叶轮产生的空气流量之和。

同轴反向旋转的多叶轮结构可以具有如 IMC5910 系列的叶片,或者是前面名为“叶片结构参数”那一节所述的叶片。

第一和第二叶轮各有它们自己独立的电动机,所述电动机的定子按常规反向绕线,以产生反向旋转。另一方面,电动机可共用一根轴。

总之,本发明提供了一种轴流式风扇,该风扇具有新的电路和外壳、新的包括多个混合一起的翼剖面的叶片,这种结构使在保持所需性能参数和设计约束条件的同时缩小了轴流式风扇的轴宽。本发明还公开了多个同轴反向旋转叶轮,这种叶轮在给定静压力值时的空气流量值比传统理论预计的空气流量值大得多。另外,叶片使多种同轴反向旋转叶轮能够开发它们的最大可能优点,尽管存在用于冷却电子元件的电动机尺寸参数的设计约束条件。

另外,对于本发明的反向旋转轴流式风扇来说,更多的空气流量或声学优点可以通过采取以下一种或更多的设计改进来达到:

向反向旋转的叶轮上附装与常规旋转叶轮不同数目的叶片(这样减小风扇的噪声波形);

根据风扇内叶轮的轴向位置确定叶轮的直径,使得邻近风扇出气口的叶轮直径大于邻近风扇进气口的叶轮直径(这样提高空气流量);和

将叶轮装入圆锥形的外壳中,其中圆锥部分的直径从风扇的进气口向风扇的出气口增大(如图 7(e)所示,这样提高空气流量)。

因为本发明的优选实施例已经作了展示和详细描述,对于本领域的那些技术人员来讲,在其上进行各种修正和改进将变得显而易见。例如与公开的数值有较小的偏差,以及对公开的公式近似求法规定要在本发明的精神之内。另外,由于横截面设计的混合或由于不同的混合方法产生的较小偏差或差异规定要在本发明的精神和范围之内。对于基本上相同的性能参数和设计约束条件,或者在性能参数和设计约束条件上几乎没有经济意义的差异,通过较小的方式改变设计方法,例如为控制点数量选择不同的值、为横截面外形数量选择不同的值、为叶片数量选择不同的值、通过不同的径向距离确定横截面外形、或者选择不

同的堆叠距离、叶片安装角、叶形中心线弯曲角或弦长，其中数值差异较小，则可以获得富有生命力的产品。优选实施例的附图和说明是通过示例作出的，但不限制本发明的范围，而且它们都预计在本发明的精神和范围内囊括前面所述的所有变化和修改。

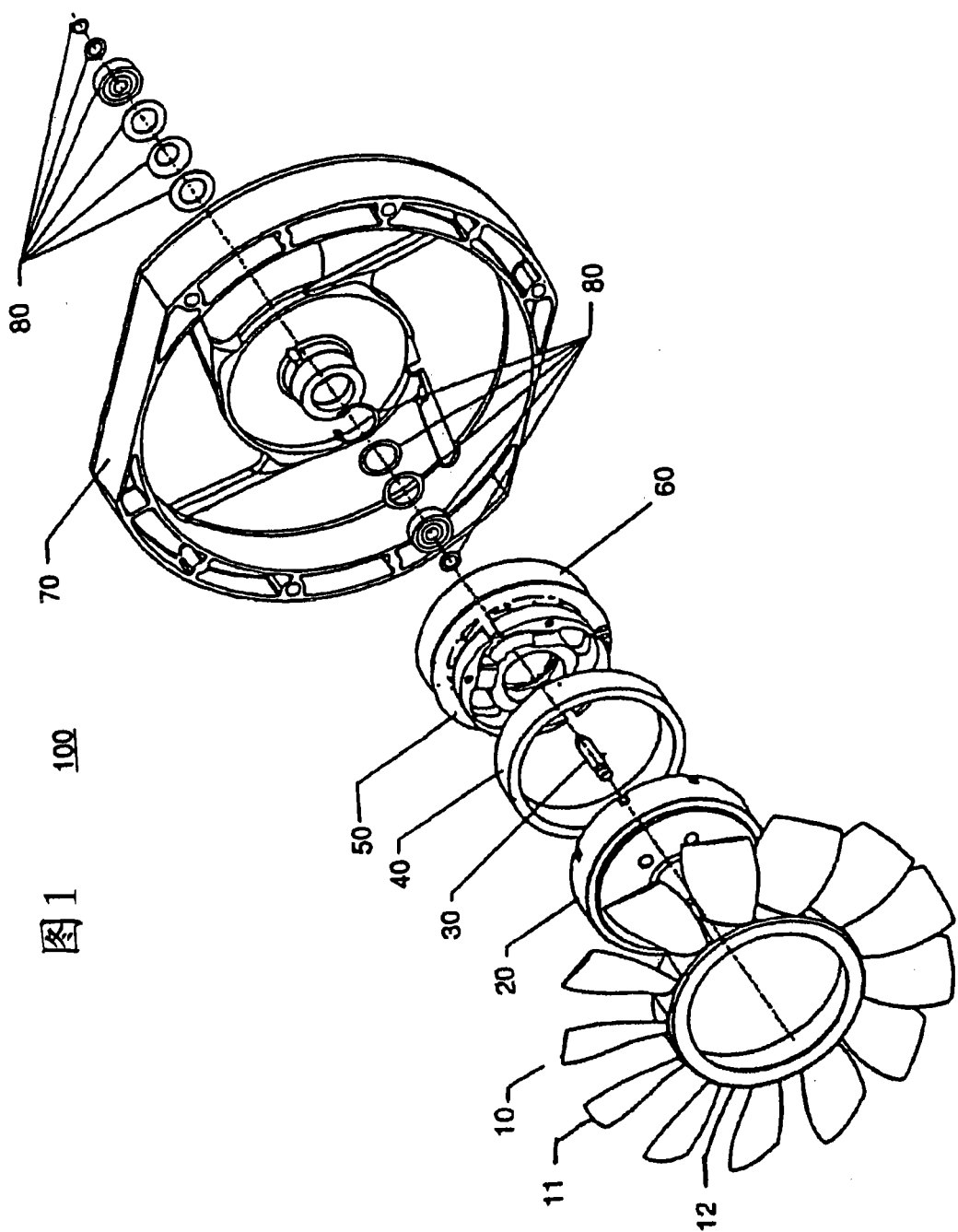


图1 100

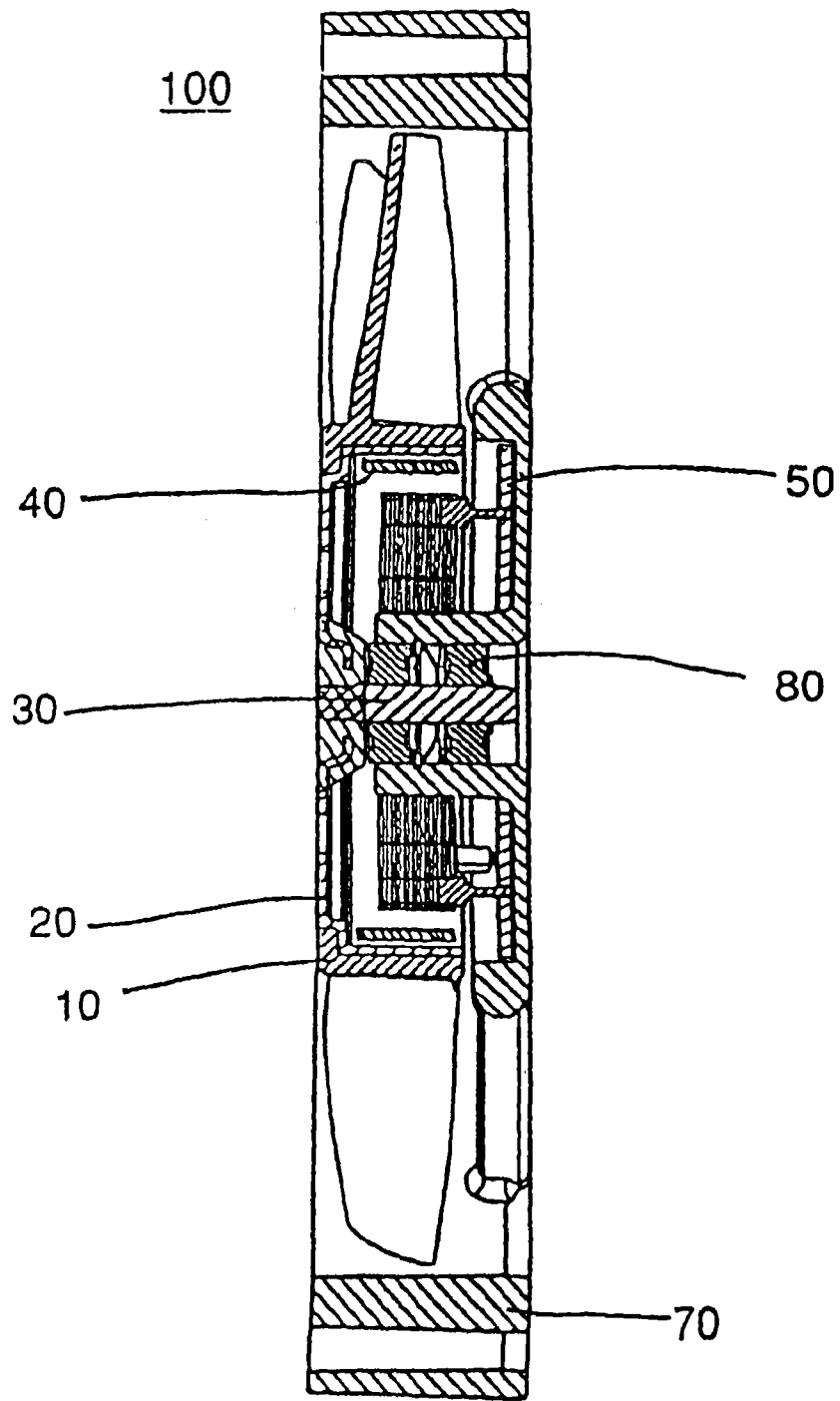


图 2

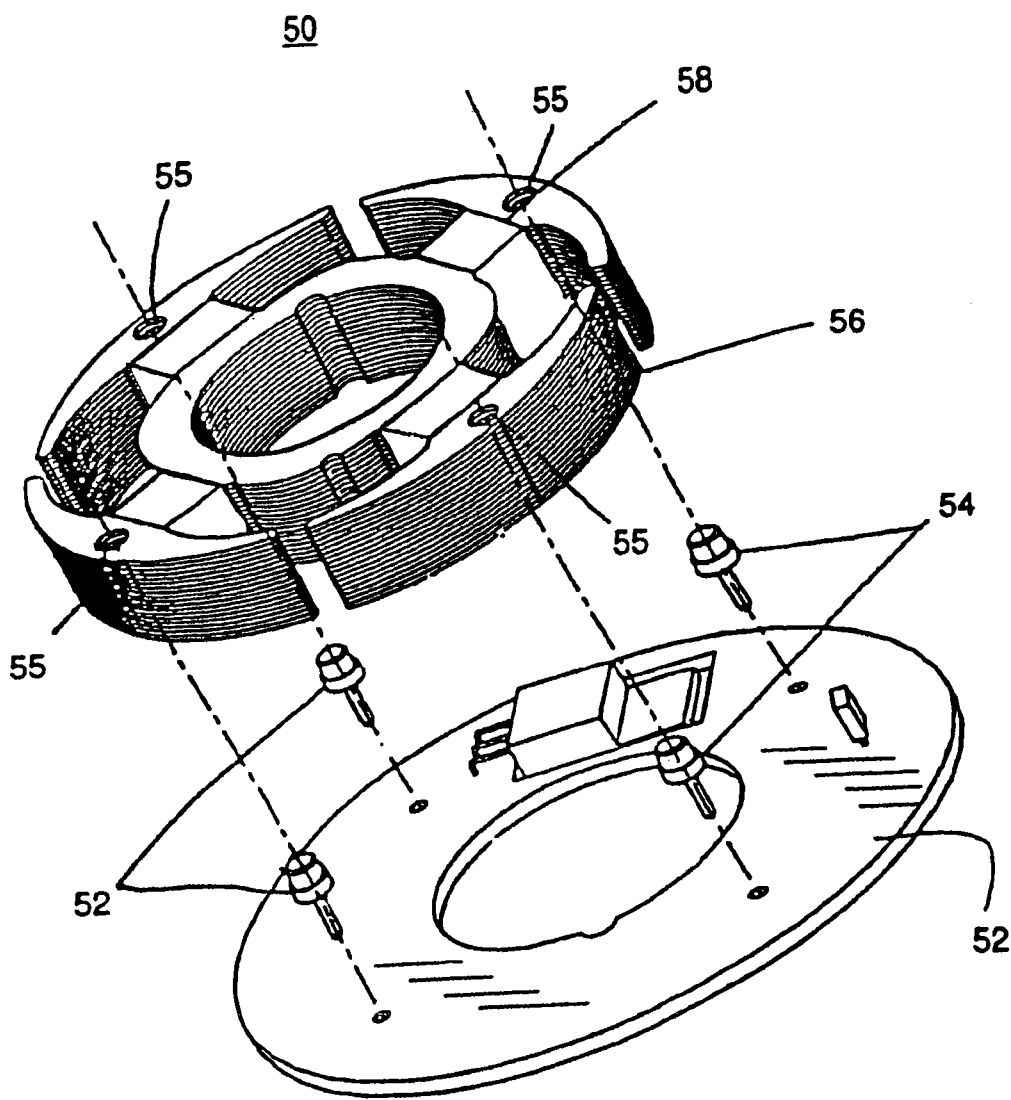


图 3

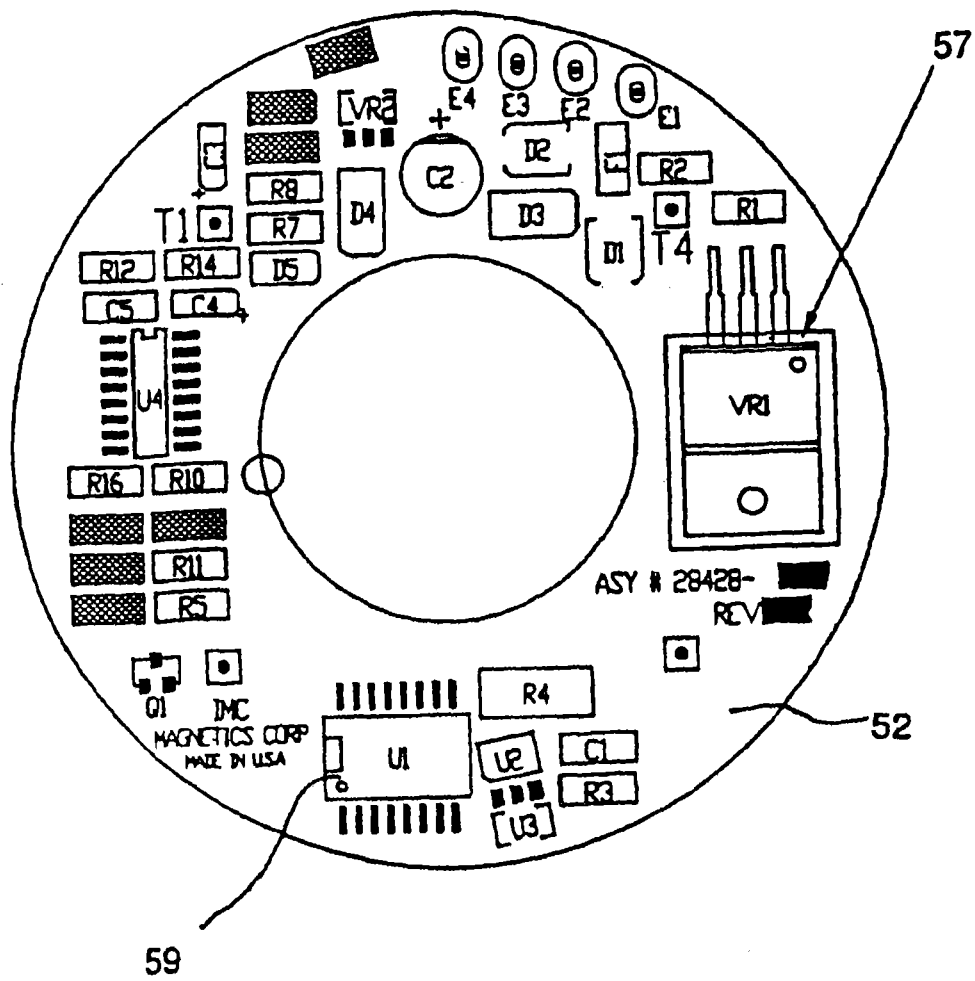


图 4

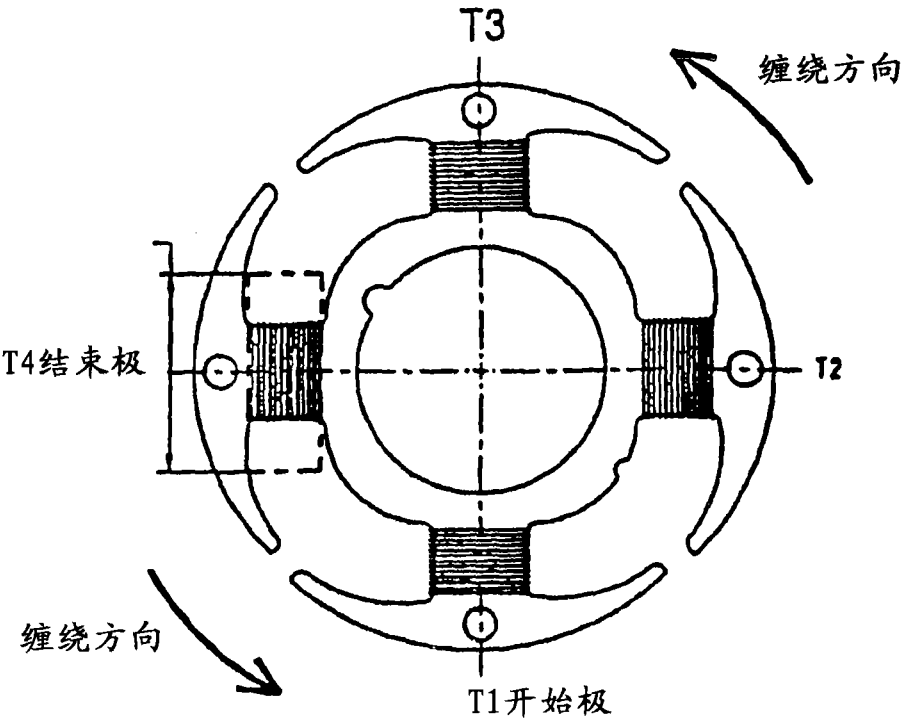


图5

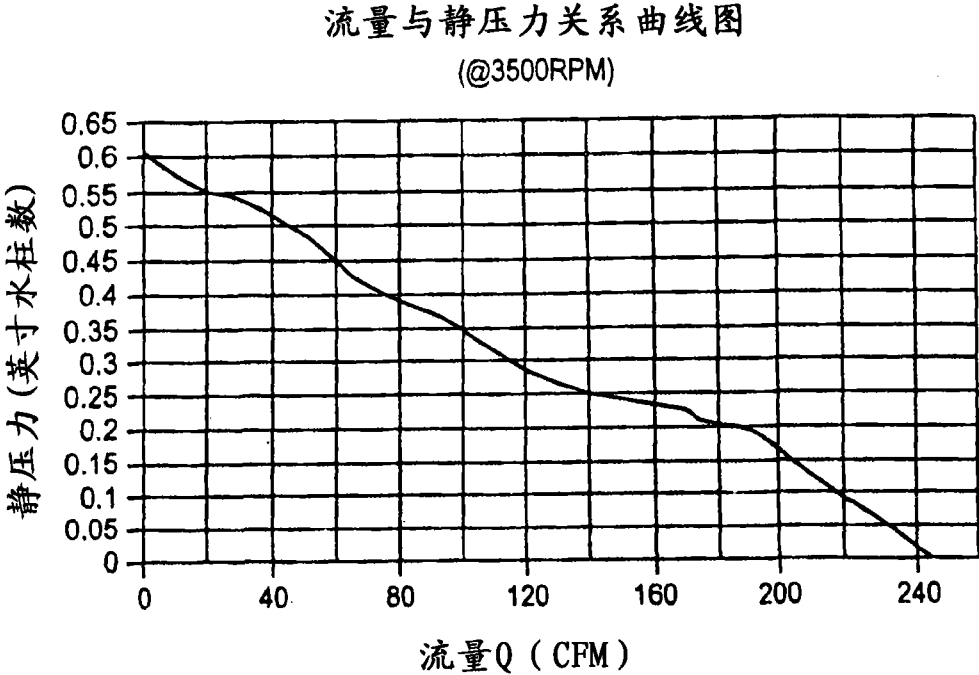


图 6 (a)

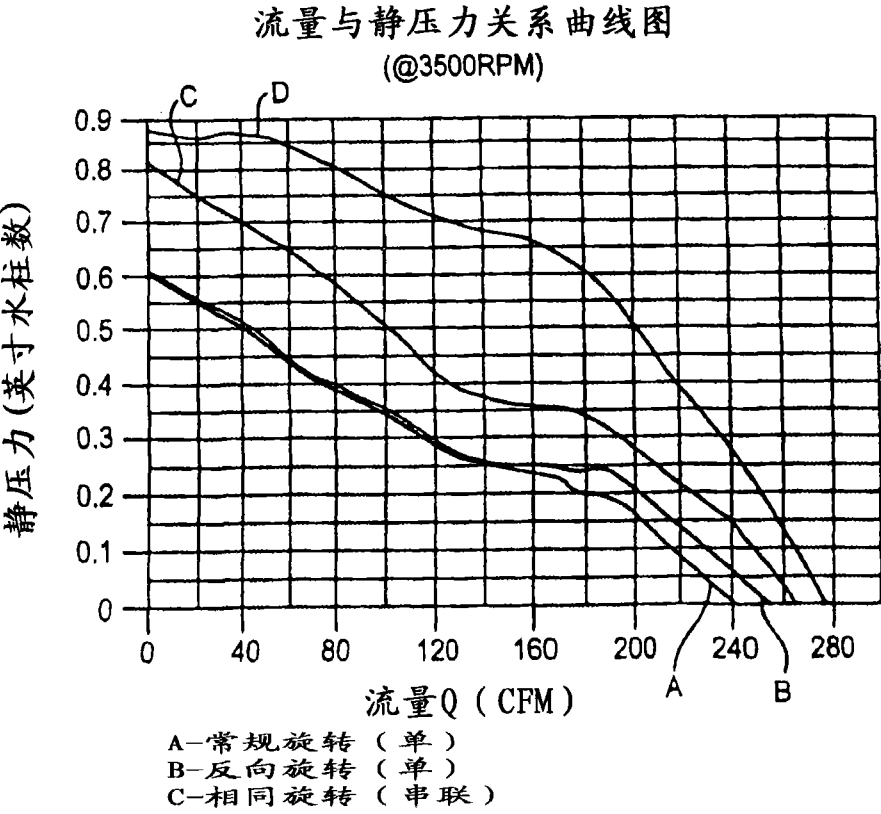


图 6 (b)

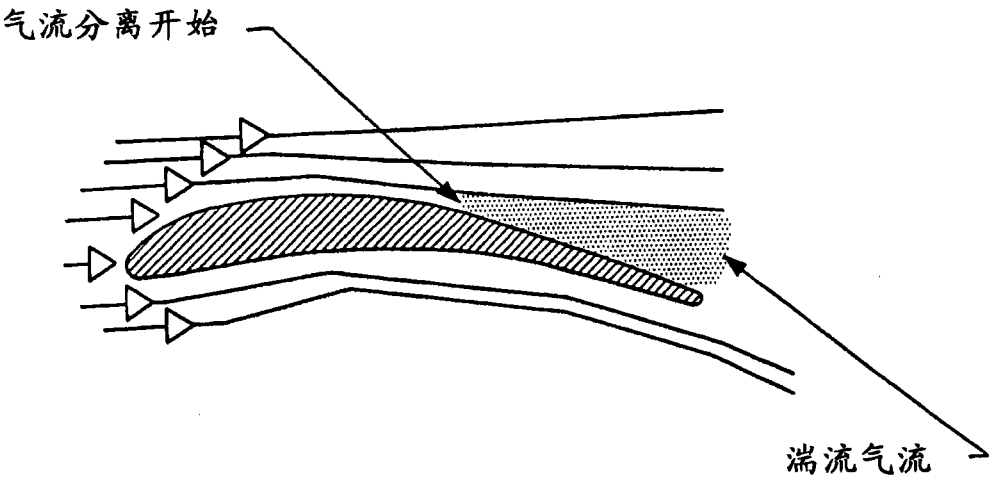


图7 (a)

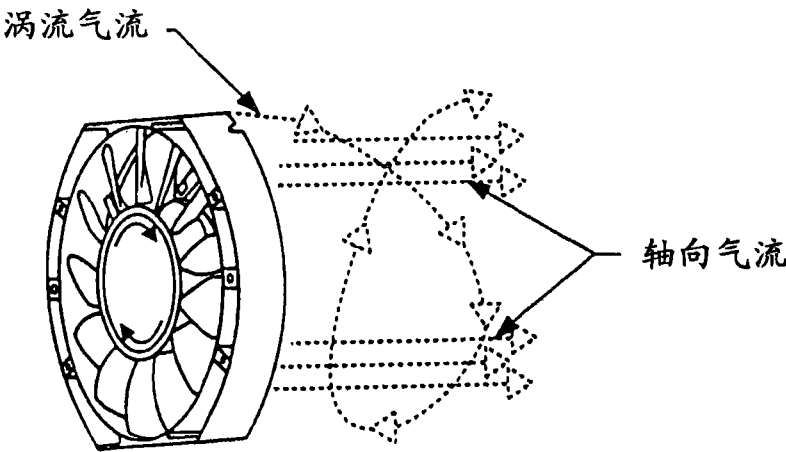


图7 (b)

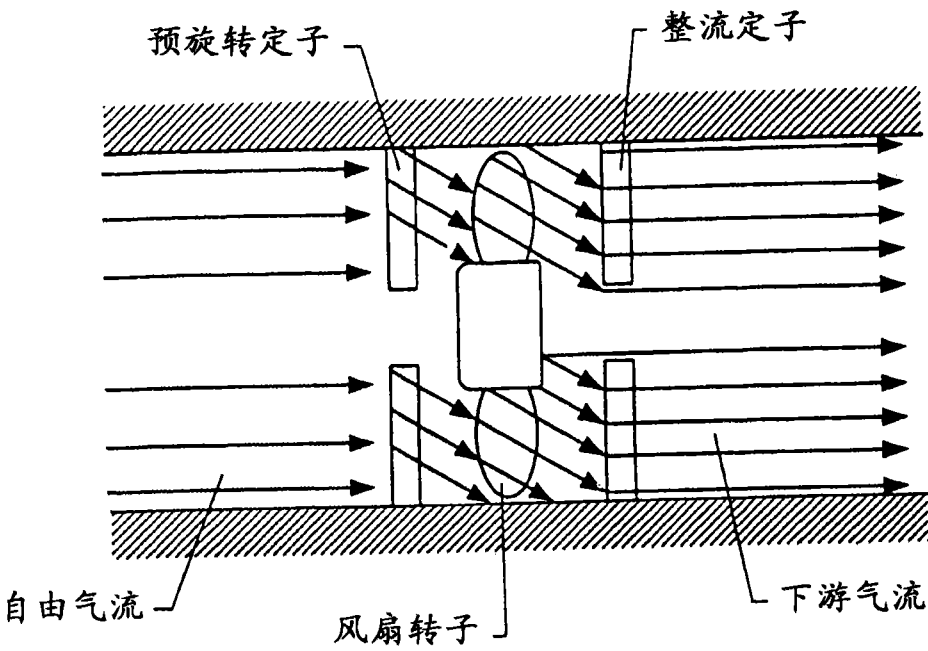


图 7 (c)

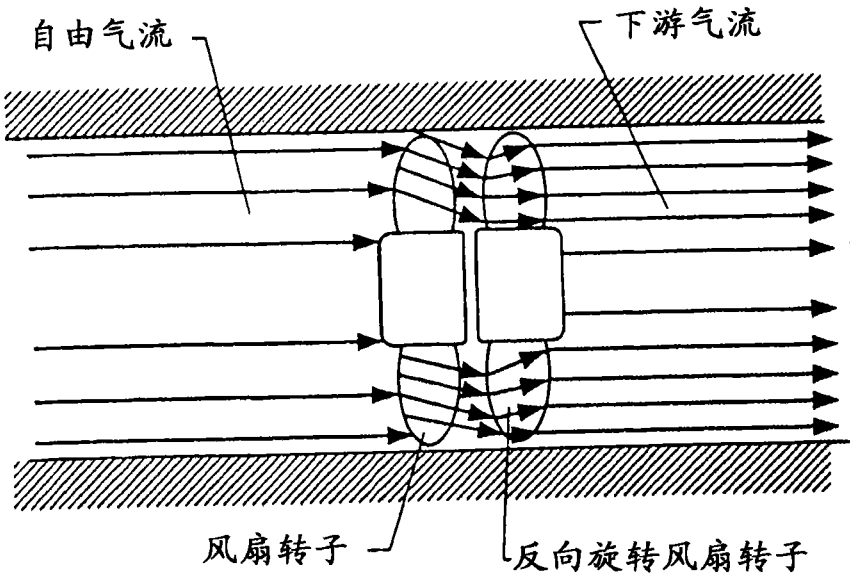


图 7 (d)

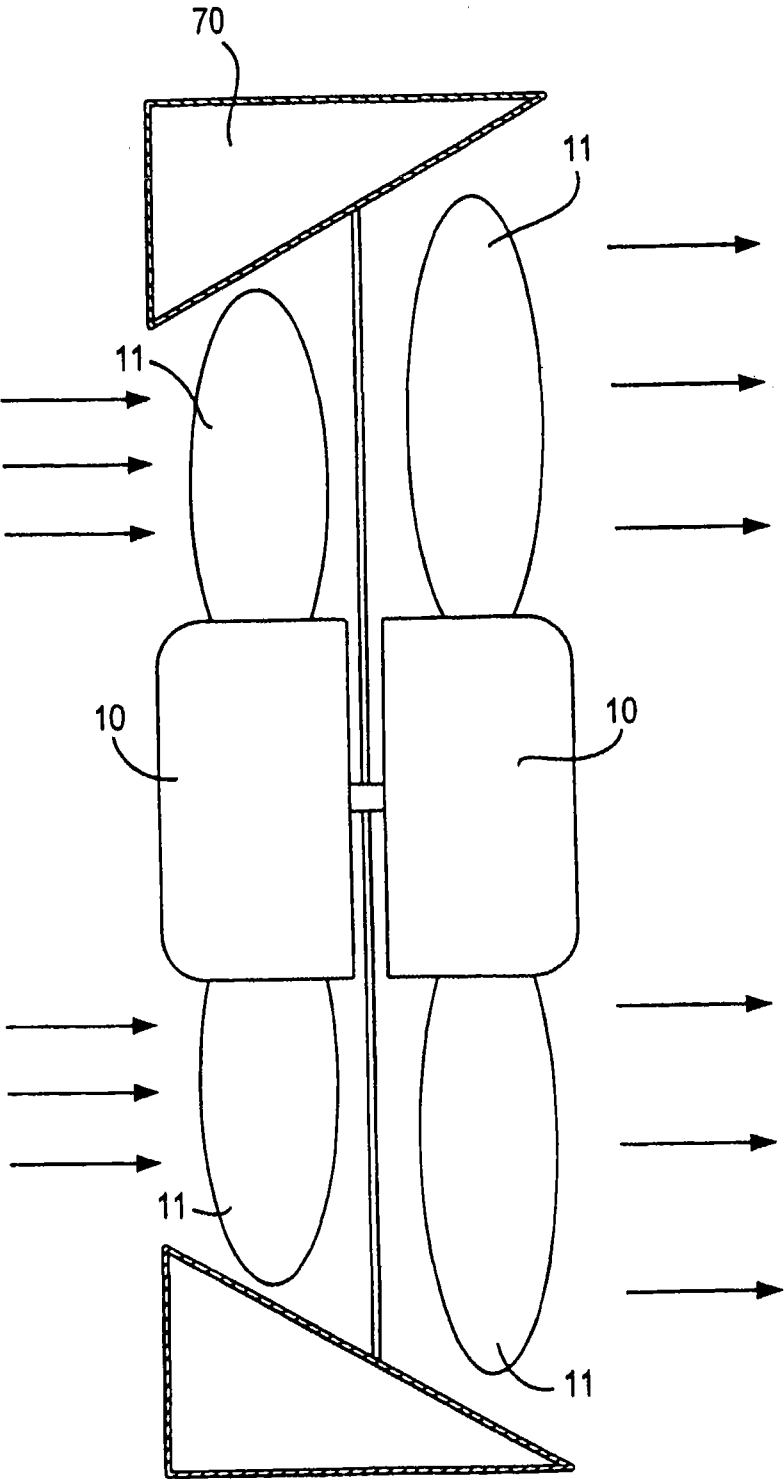


图 7 (e)

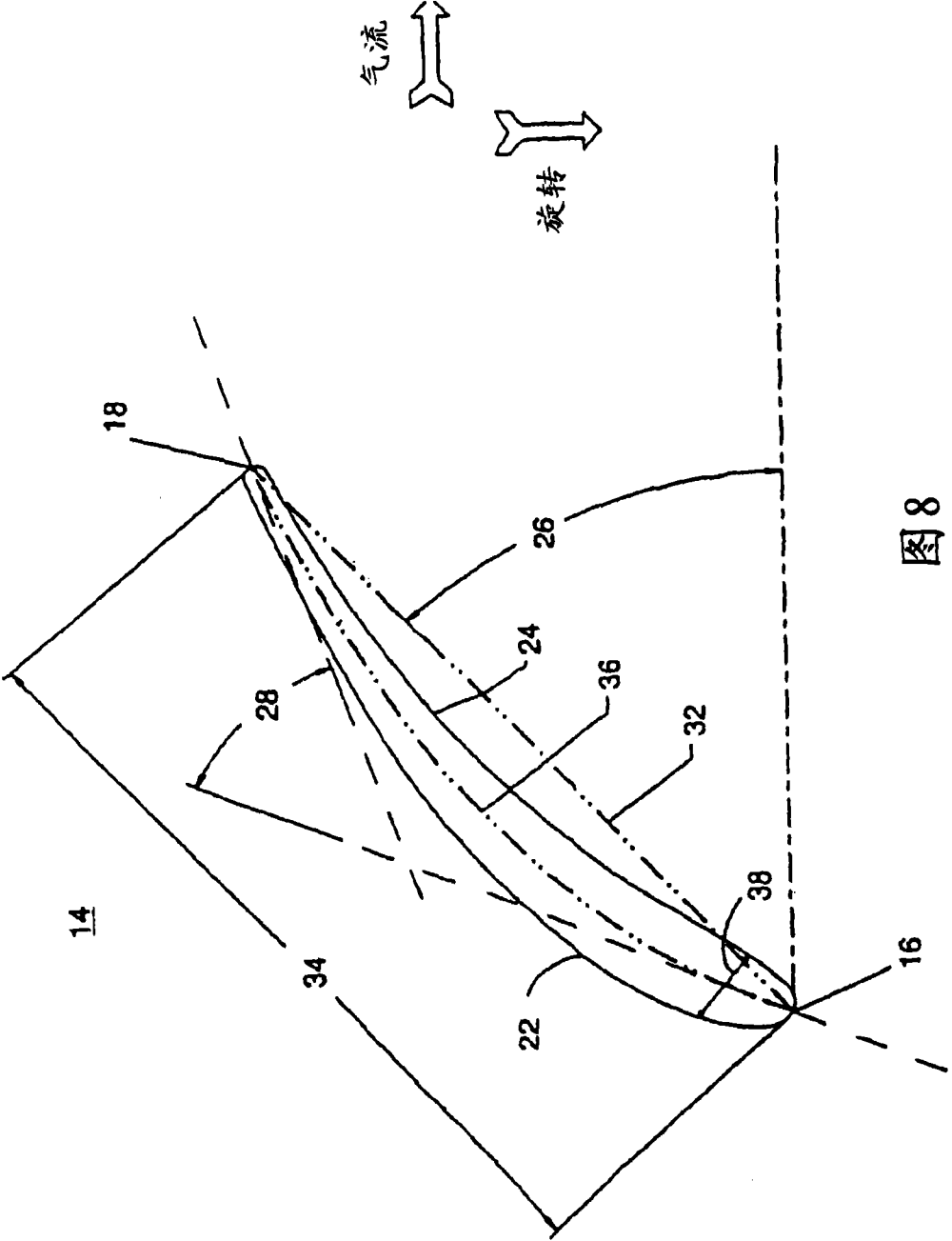


图 8

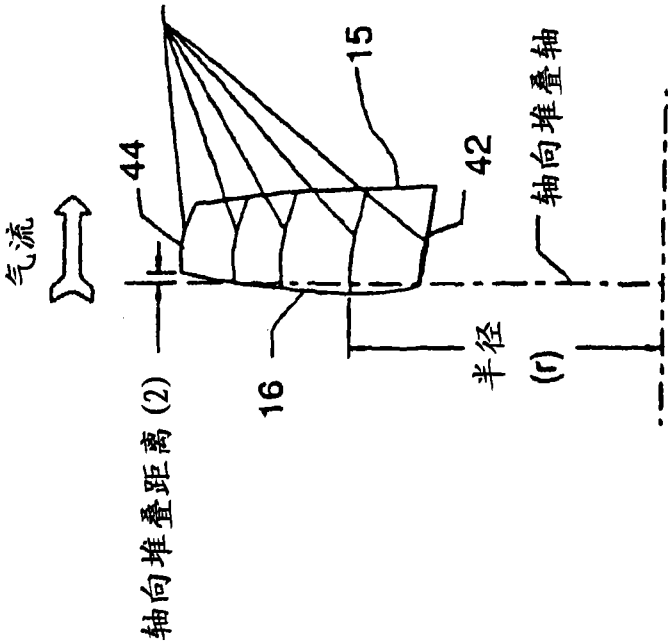


图9B

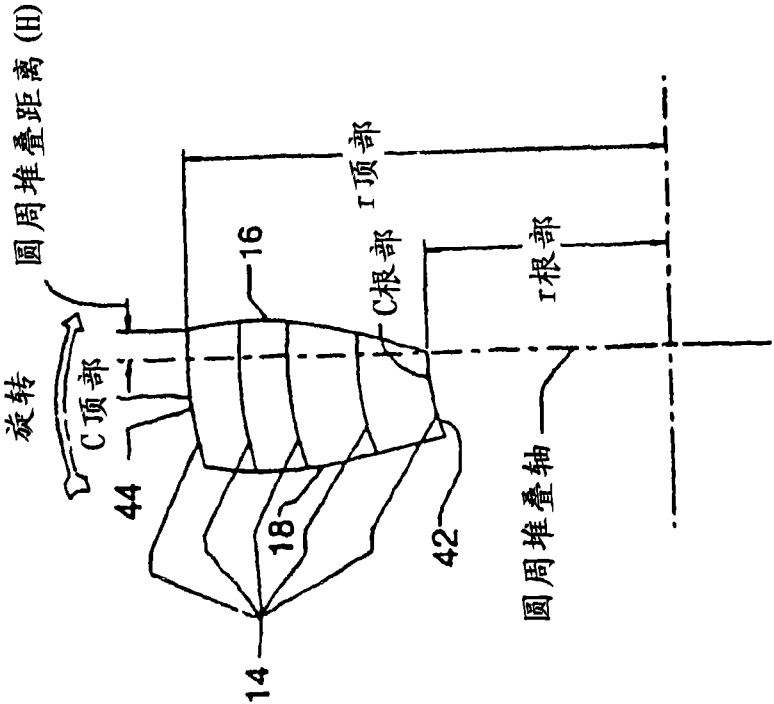


图9A

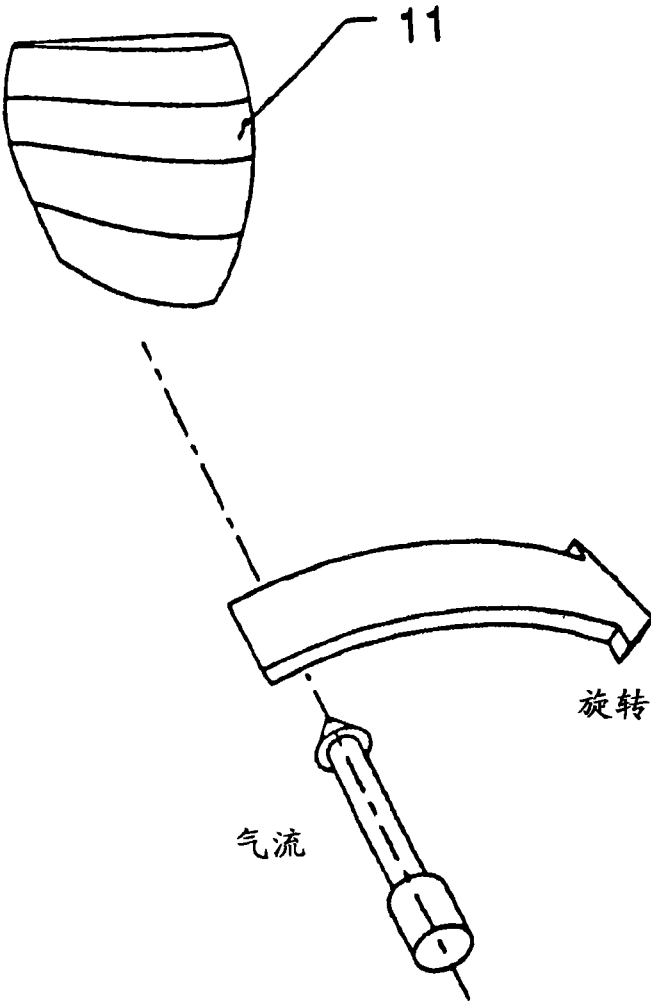


图 10

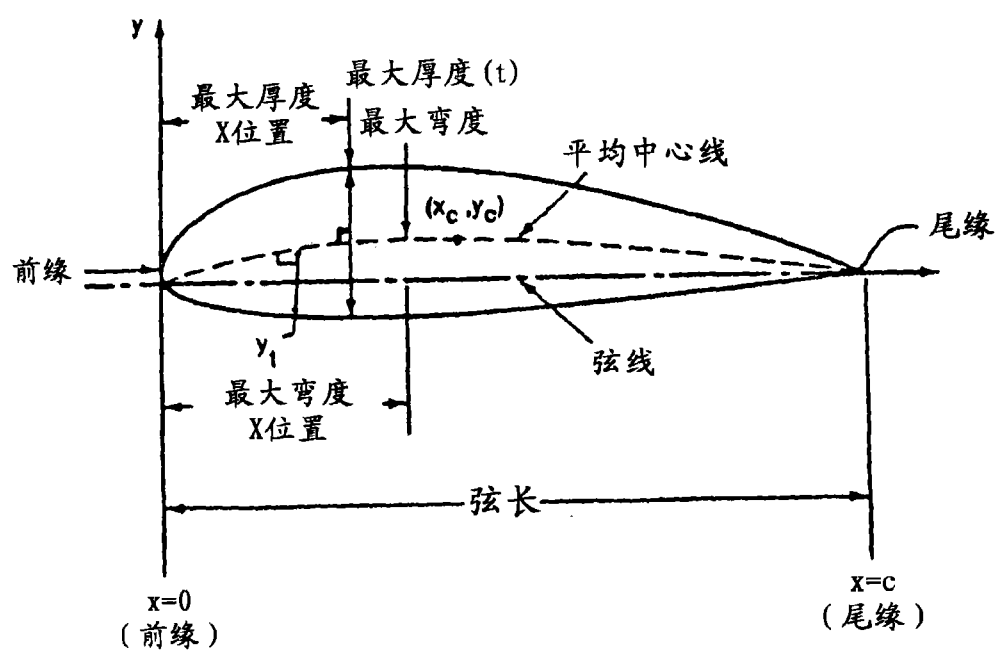


图 11

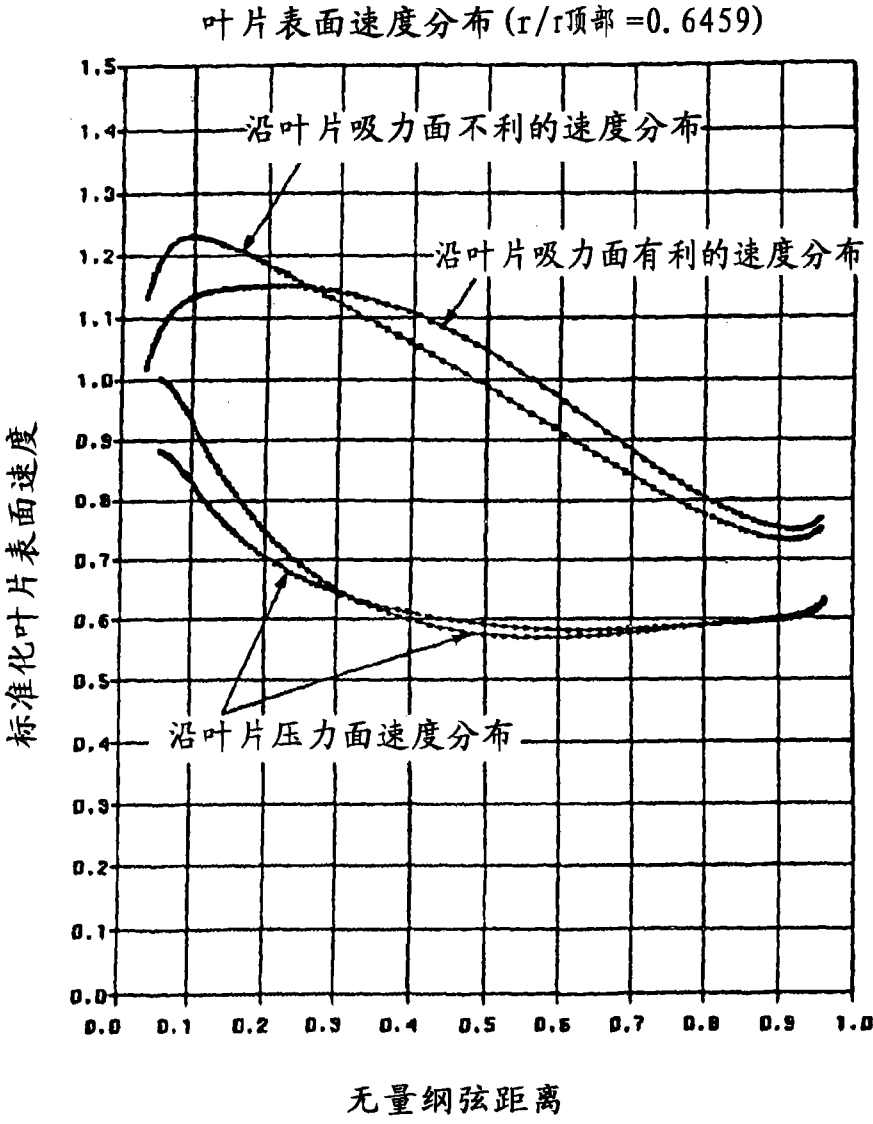


图12

标准化贝塞尔控制点

	r/顶部= 0.5009			r/顶部= 0.6459		
k	x_k	y_k	t_k	x_k	y_k	t_k
0	0.00	0.00000	3.66090	0.00	0.00000	2.96628
1	1.25	0.58007	5.24729	1.25	0.40469	4.25167
2	2.50	1.16014	6.46759	2.50	0.80938	5.24043
3	5.00	2.32029	8.54210	5.00	1.61876	6.92133
4	7.50	3.48043	12.08097	7.50	2.42814	9.78873
5	10.00	4.64057	12.08097	10.00	3.23751	9.78873
6	15.00	6.96086	12.08097	15.00	4.85627	9.78873
7	20.00	9.28114	12.08097	20.00	6.47503	9.78873
8	30.00	12.34440	12.08097	30.00	9.05043	9.78873
9	40.00	12.34440	10.98270	40.00	9.05043	8.89885
10	50.00	13.37310	7.80992	50.00	9.80463	6.32807
11	60.00	12.34440	7.80992	60.00	9.05043	6.32807
12	70.00	8.22960	5.73541	70.00	6.03362	4.64718
13	80.00	6.86226	3.66090	80.00	4.64103	2.96628
14	90.00	3.48391	3.29481	90.00	2.35621	2.66965
15	95.00	1.79474	3.23379	95.00	1.21381	2.62022
16	97.50	0.95015	3.14227	97.50	0.64260	2.54606
17	98.75	0.52786	3.09651	98.75	0.35700	2.50898
18	100.00	0.00000	3.05075	100.00	0.00000	2.47190

图 13A

标准化贝塞尔控制点

	r/顶部 = 0.7909			r/顶部 = 0.8954		
k	x_k	y_k	t_k	x_k	y_k	t_k
0	0.00	0.00000	2.66901	0.00	0.00000	2.71440
1	1.25	0.28327	3.82559	1.25	0.24026	3.89065
2	2.50	0.56654	4.71526	2.50	0.48052	4.79545
3	5.00	1.13309	6.22770	5.00	0.96103	6.33361
4	7.50	1.69963	8.80774	7.50	1.44155	8.95753
5	10.00	2.26618	8.80774	10.00	1.92207	8.95753
6	15.00	3.39926	8.80774	15.00	2.88310	8.95753
7	20.00	4.53235	8.80774	20.00	3.84414	8.95753
8	30.00	6.54998	8.80774	30.00	5.39486	8.95753
9	40.00	6.54998	8.00704	40.00	5.39486	8.14321
10	50.00	7.09582	5.69389	50.00	5.84443	5.79073
11	60.00	6.54998	5.69389	60.00	5.39486	5.79073
12	70.00	4.36666	4.18145	70.00	3.59657	4.25257
13	80.00	3.09061	2.66901	80.00	2.53886	2.71440
14	90.00	1.56908	2.40211	90.00	1.28896	2.44296
15	95.00	0.80831	2.35763	95.00	0.66401	2.39772
16	97.50	0.42793	2.29090	97.50	0.35153	2.32986
17	98.75	0.23774	2.25754	98.75	0.19530	2.29593
18	100.00	0.00000	2.22418	100.00	0.00000	2.26200

图 13B

	$r/r_{\text{顶部}} = 1.0000$		
k	x_k	y_k	t_k
0	0.00	0.00000	3.06144
1	1.25	0.23550	4.38806
2	2.50	0.47100	5.40854
3	5.00	0.94201	7.14336
4	7.50	1.41301	10.10275
5	10.00	1.88402	10.10275
6	15.00	2.82603	10.10275
7	20.00	3.76803	10.10275
8	30.00	4.93440	10.10275
9	40.00	4.93440	9.18432
10	50.00	5.34560	6.53107
11	60.00	4.93440	6.53107
12	70.00	3.28960	4.79626
13	80.00	2.47777	3.06144
14	90.00	1.25795	2.75530
15	95.00	0.64803	2.70427
16	97.50	0.34308	2.62774
17	98.75	0.19060	2.58947
18	100.00	0.00000	2.55120

图13C

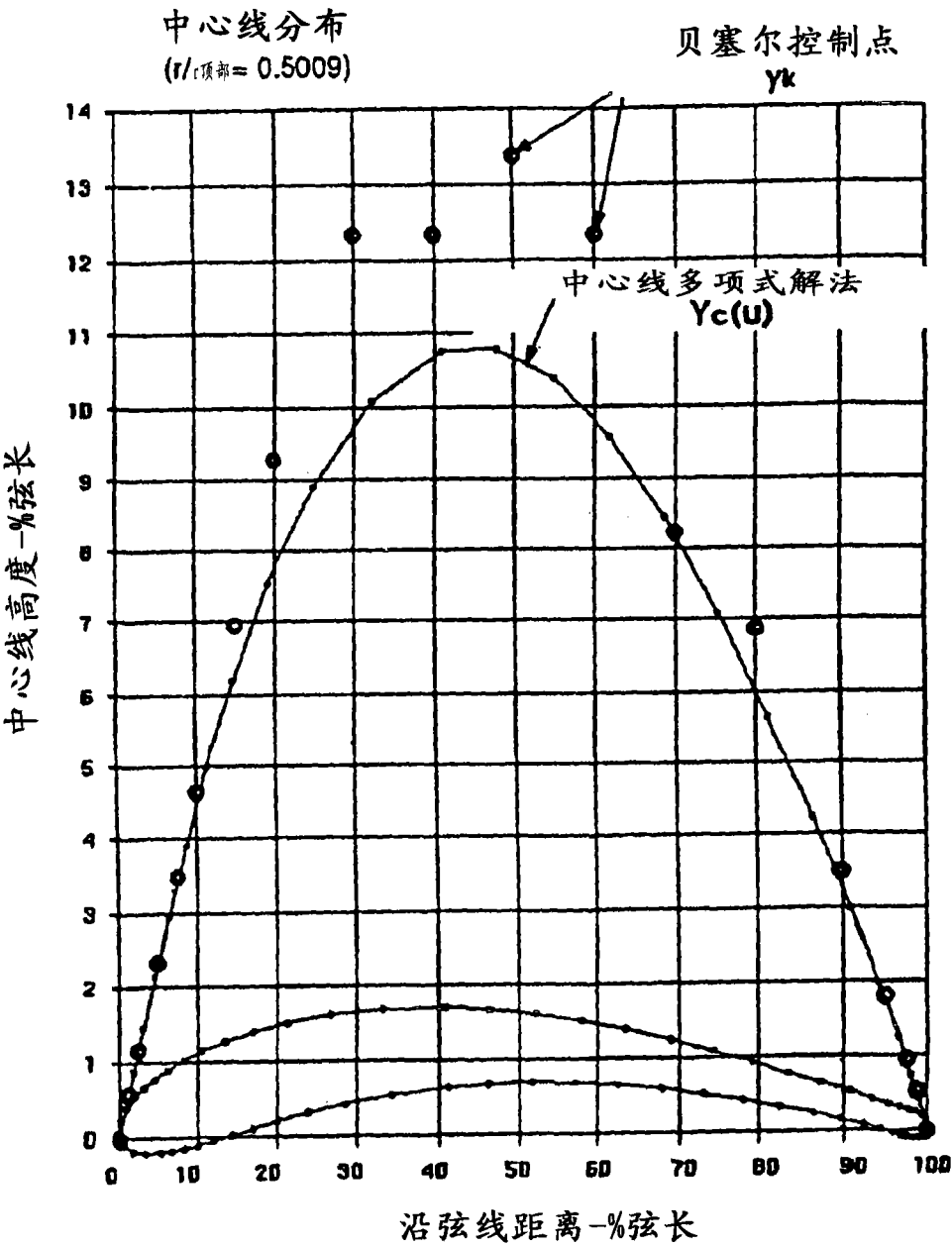


图 14

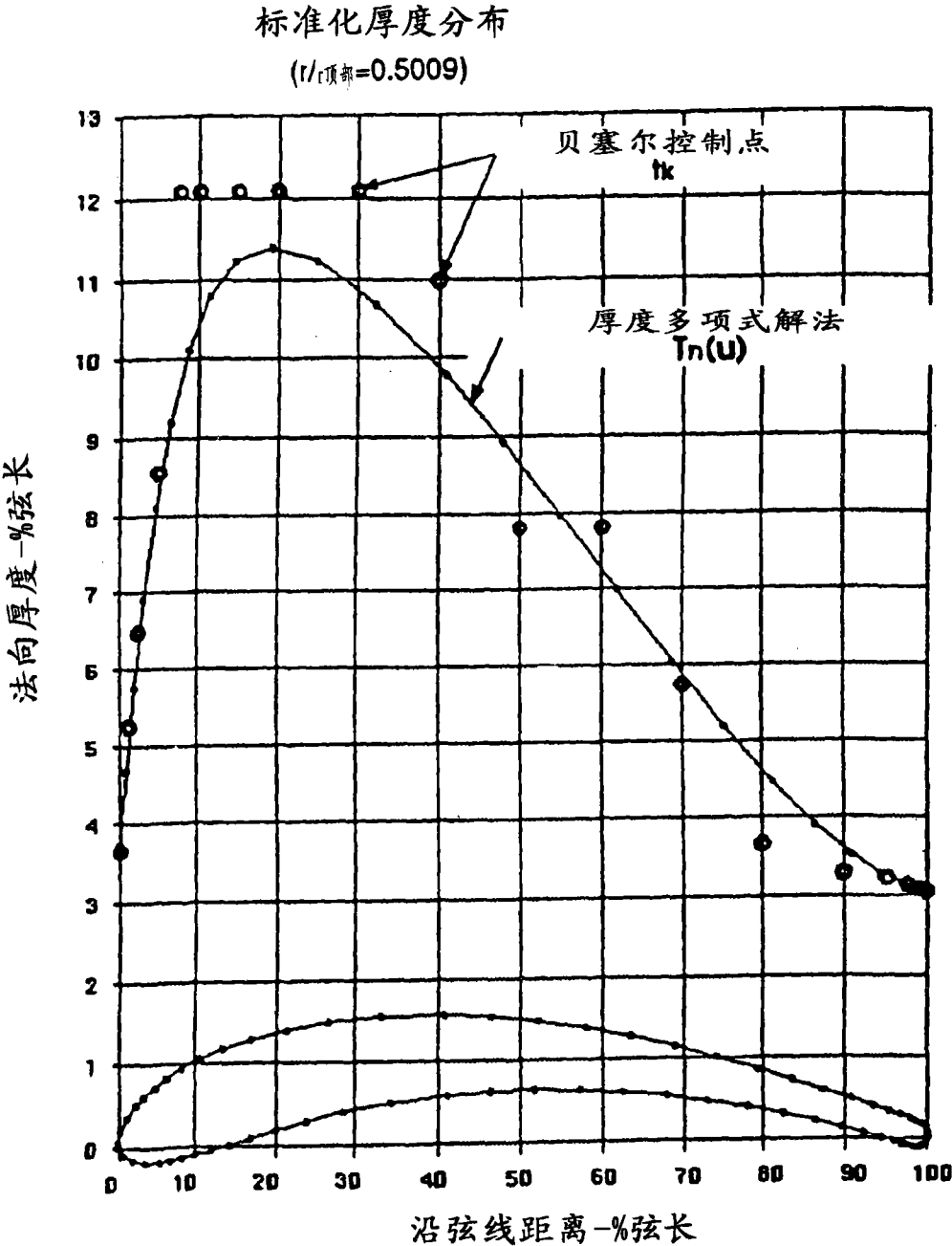


图 15

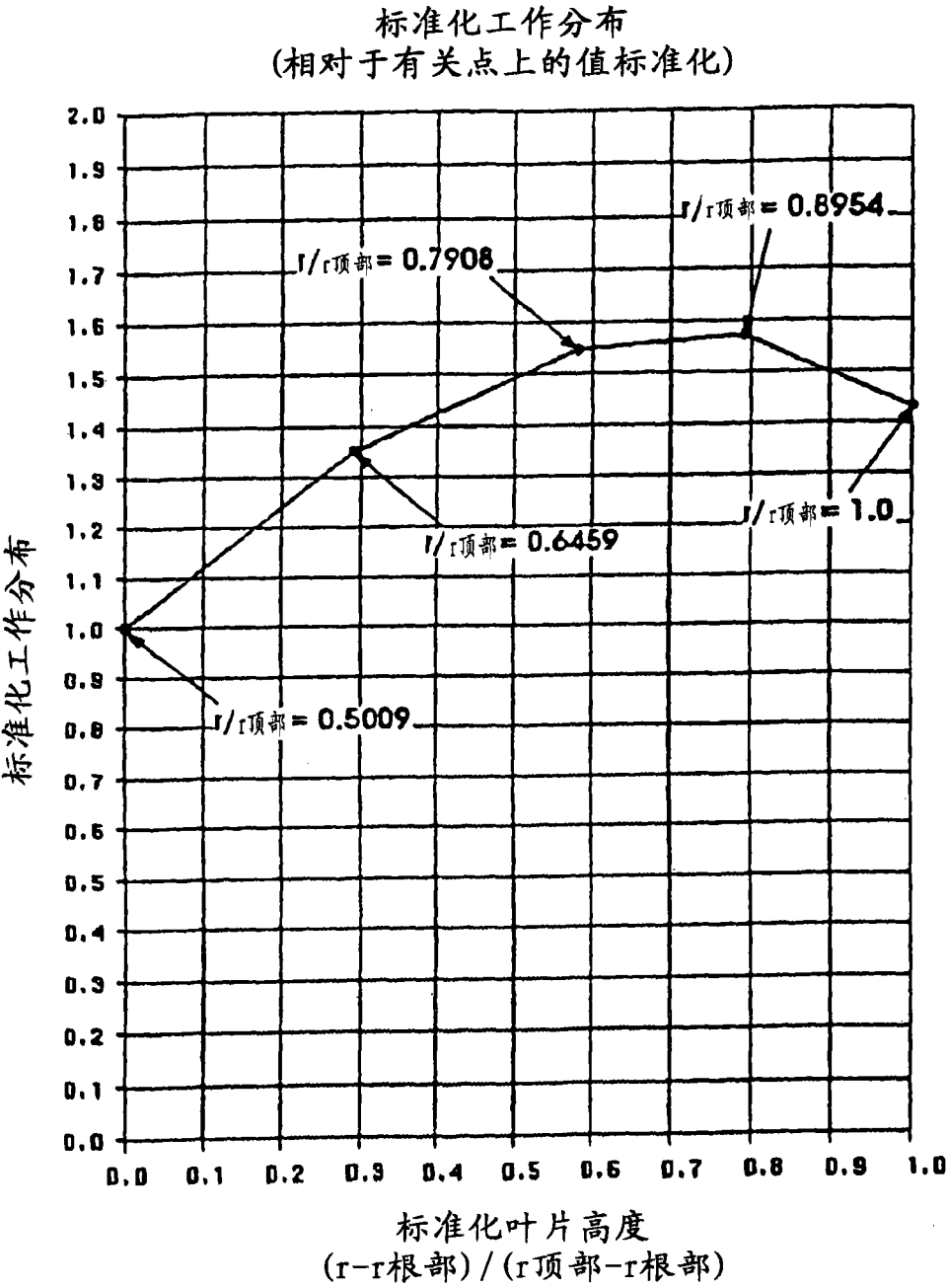


图16

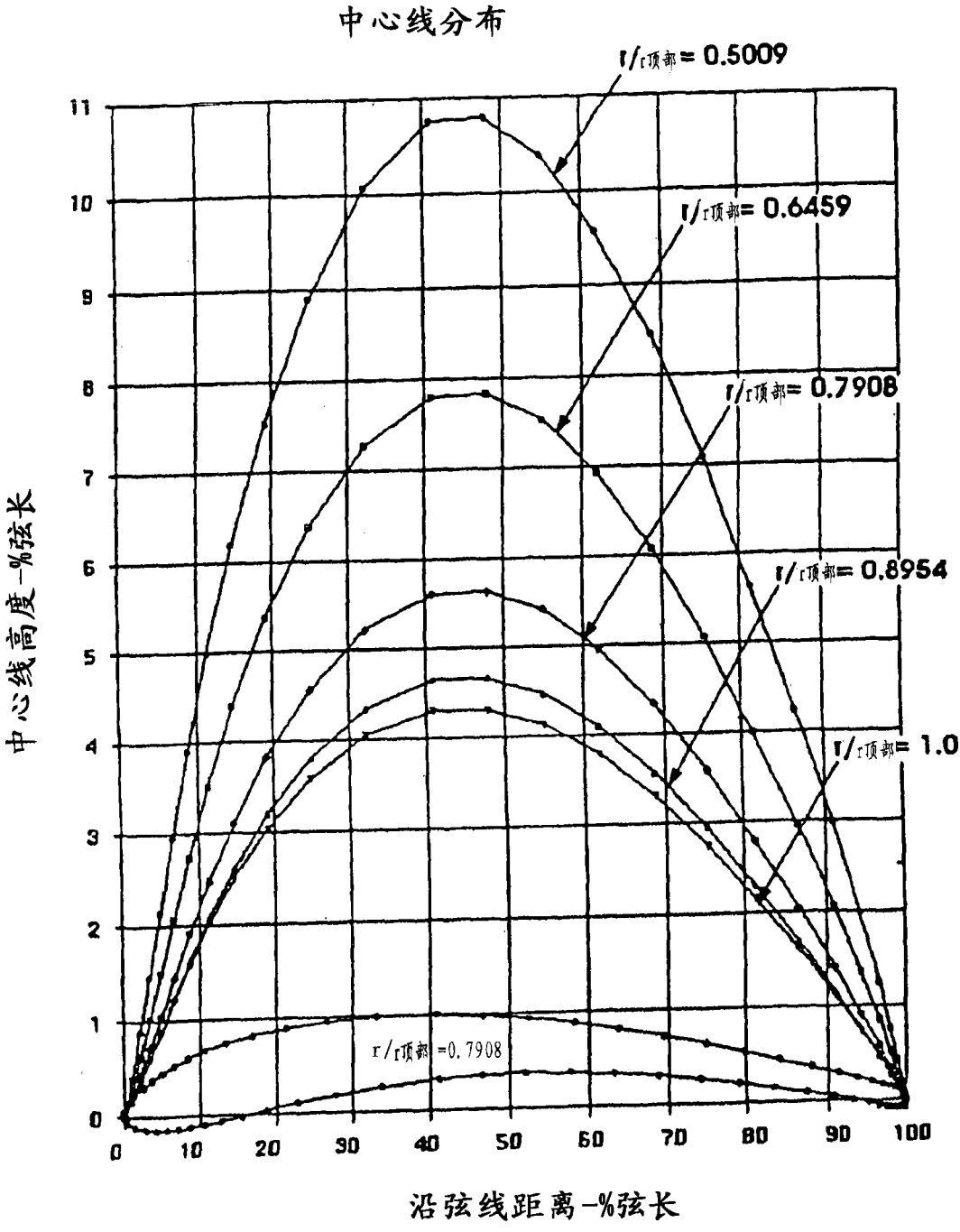


图17

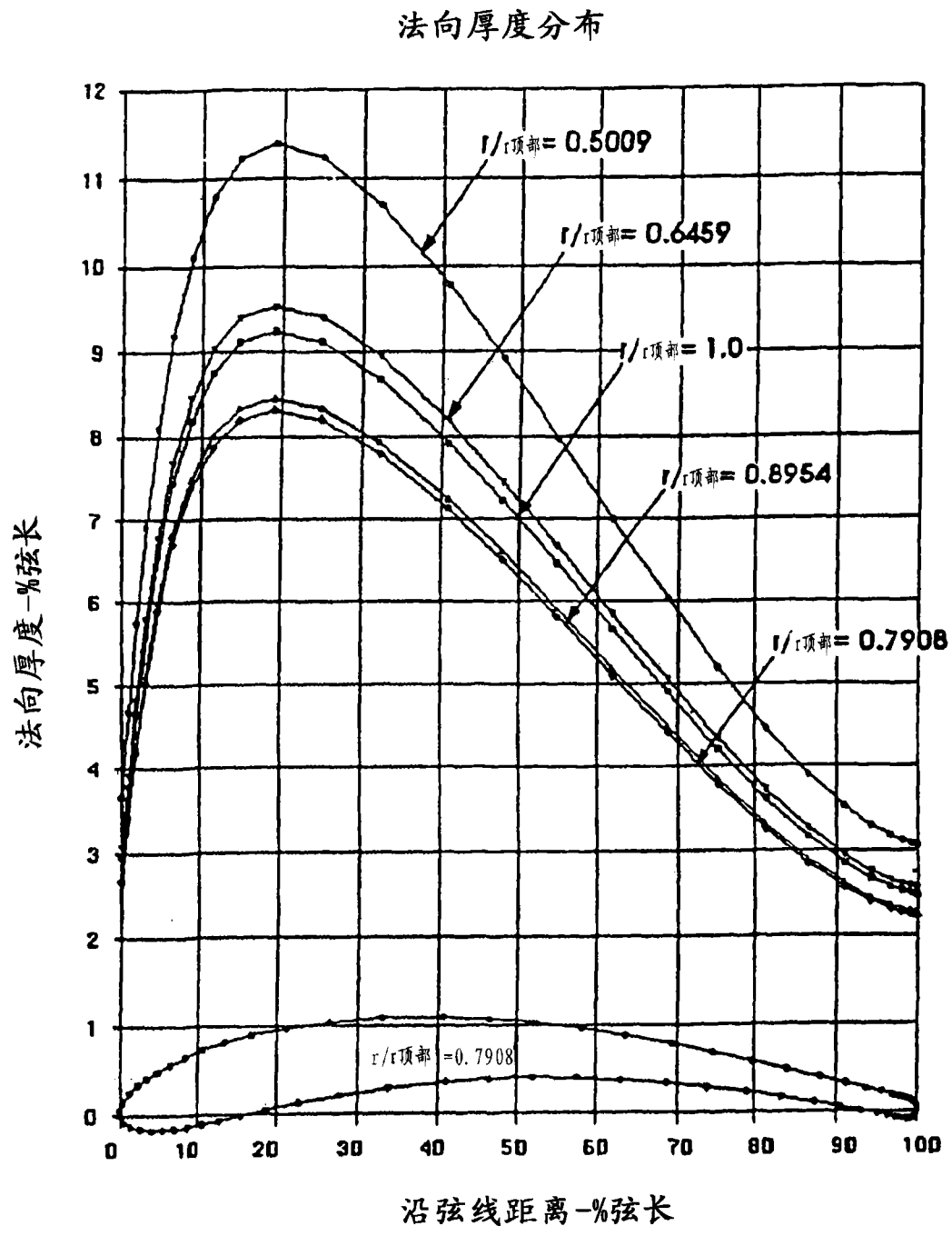


图 18

标准化叶片外形

- $r/r_{\text{顶部}} = 0.5009$
- $r/r_{\text{顶部}} = 0.6459$
- ◇ $r/r_{\text{顶部}} = 0.7908$
- △ $r/r_{\text{顶部}} = 0.8954$
- ▽ $r/r_{\text{顶部}} = 1.0$

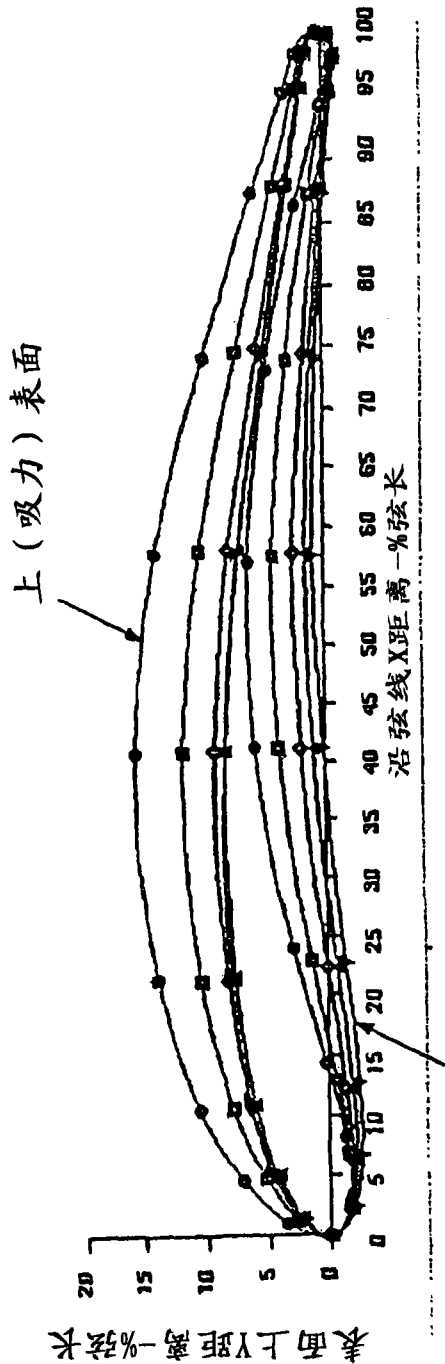


图19

叶片定义	根部				顶部
半径(英寸)	1.4175	1.8278	2.2381	2.5340	2.8300
标准化半径	0.5009	0.6459	0.7908	0.8954	1.0000
弦长(英寸)	0.7785	0.9608	1.0678	1.0499	0.9309
标准化弦长	0.8363	1.0321	1.1471	1.1278	1.0000
纵横比	1.8144	1.4701	1.3228	1.3454	1.5173
桨叶片充填系数(SOLIDITY)	1.1363	1.0876	0.9871	0.8573	0.6806
叶片安装角(度)	41.831	51.330	58.685	62.607	65.653
中心线弯曲角(度)	47.788	33.879	23.537	19.760	19.339
最大弯曲高度(英寸)	0.084	0.076	0.060	0.049	0.040
最大弯曲高度(%弦长)	10.823	7.863	5.652	4.671	4.320
最大弯度位置(%弦长)	45.284	45.284	45.284	45.284	45.284
最大厚度(英寸)	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089
最大厚度(%弦长)	11.392	9.230	8.305	8.446	9.526
最大厚度位置(%弦长)	19.174	19.174	19.174	19.174	19.174
前缘厚度(%弦长)	3.661	2.966	2.669	2.714	3.062
尾缘厚度(%弦长)	3.051	2.472	2.224	2.262	2.551
圆周堆叠距离(英寸)	0.0000	0.1335	0.2141	0.2235	0.1806
标准化圆周堆叠距离	0.0000	0.7392	1.1855	1.2375	1.0000
轴间堆叠距离(英寸)	0.0000	-0.0419	-0.0156	0.0216	0.0800
标准化轴间堆叠距离	0.0000	-0.5238	-0.1950	0.2700	1.0000

图 20

标准化叶片表面坐标

$$r/r_{\text{顶部}} = 0.5009$$

#	X _上 /C	Y _上 /C	X _下 /C	Y _下 /C
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00164	0.00733	0.00538	-0.00793
3	0.00112	0.02029	0.01684	-0.01404
4	0.00932	0.03584	0.03360	-0.01692
5	0.02109	0.05019	0.05180	-0.01640
6	0.03931	0.06661	0.07545	-0.01370
7	0.06421	0.08411	0.10315	-0.00822
8	0.09831	0.10227	0.13646	0.00050
9	0.14433	0.12045	0.17809	0.01242
10	0.20666	0.13769	0.23280	0.02722
11	0.29321	0.15170	0.30878	0.04402
12	0.40785	0.15637	0.41136	0.05873
13	0.48494	0.15187	0.48213	0.06348
14	0.56303	0.14173	0.55559	0.06390
15	0.64006	0.12684	0.62986	0.05993
16	0.71399	0.10868	0.70267	0.05211
17	0.78256	0.08915	0.77127	0.04156
18	0.84321	0.07028	0.83245	0.02976
19	0.89333	0.05387	0.88311	0.01831
20	0.93118	0.04111	0.92126	0.00858
21	0.95695	0.03225	0.94706	0.00135
22	0.97313	0.02657	0.96313	-0.00349
23	0.98367	0.02280	0.97349	-0.00677
24	0.99251	0.01884	0.98231	-0.00908
25	0.99912	0.01295	0.99065	-0.00883
26	1.00154	0.00617	0.99676	-0.00546
27	1.00000	0.00000	1.00000	0.00000

图 21A

标准化叶片表面坐标

$r/r_{\text{顶部}} = 0.6459$

#	X _上 /C	Y _上 /C	X _下 /C	Y _下 /C
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00057	0.00593	0.00353	-0.00679
3	0.00305	0.01558	0.01204	-0.01235
4	0.01137	0.02663	0.02502	-0.01565
5	0.02239	0.03650	0.03950	-0.01647
6	0.04094	0.04910	0.06167	-0.01599
7	0.06557	0.06248	0.08862	-0.01328
8	0.09882	0.07623	0.12200	-0.00765
9	0.14379	0.08999	0.16473	0.00103
10	0.20537	0.10319	0.22185	0.01256
11	0.29210	0.11407	0.30204	0.02621
12	0.40847	0.11762	0.41074	0.03848
13	0.48605	0.11394	0.48434	0.04248
14	0.56498	0.10580	0.56036	0.04300
15	0.64310	0.09394	0.63677	0.04002
16	0.71816	0.07960	0.71120	0.03406
17	0.78765	0.06441	0.78079	0.02610
18	0.84872	0.05007	0.84229	0.01738
19	0.89859	0.03800	0.89258	0.00916
20	0.93558	0.02899	0.92982	0.00240
21	0.96021	0.02299	0.95452	-0.00245
22	0.97534	0.01928	0.96961	-0.00560
23	0.98497	0.01688	0.97912	-0.00767
24	0.99235	0.01445	0.98650	-0.00886
25	0.99813	0.01031	0.99327	-0.00797
26	1.00065	0.00511	0.99791	-0.00470
27	1.00000	0.00000	1.00000	0.00000

图 21B

标准化叶片表面坐标

$$r/r_{\text{顶部}} = 0.7908$$

#	X _上 /C	Y _上 /C	X _下 /C	Y _下 /C
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.00002	0.00532	0.00261	-0.00633
3	0.00405	0.01350	0.00976	-0.01180
4	0.01246	0.02246	0.02106	-0.01554
5	0.02316	0.03013	0.03388	-0.01720
6	0.04207	0.04036	0.05523	-0.01835
7	0.06677	0.05104	0.08164	-0.01775
8	0.09972	0.06171	0.11492	-0.01464
9	0.14420	0.07212	0.15811	-0.00877
10	0.20533	0.08191	0.21639	-0.00027
11	0.29193	0.08973	0.29865	0.01036
12	0.40884	0.09169	0.41037	0.02047
13	0.48655	0.08831	0.48539	0.02408
14	0.56581	0.08151	0.56268	0.02509
15	0.64440	0.07187	0.64012	0.02345
16	0.71997	0.06045	0.71531	0.01955
17	0.78988	0.04857	0.78535	0.01415
18	0.85113	0.03762	0.84695	0.00821
19	0.90087	0.02868	0.89702	0.00265
20	0.93743	0.02222	0.93380	-0.00185
21	0.96150	0.01808	0.95797	-0.00502
22	0.97614	0.01559	0.97261	-0.00705
23	0.98535	0.01402	0.98176	-0.00836
24	0.99210	0.01236	0.98851	-0.00894
25	0.99754	0.00909	0.99456	-0.00766
26	1.00018	0.00463	0.99850	-0.00438
27	1.00000	0.00000	1.00000	0.00000

图 21C

标准化叶片表面坐标

$$r/r_{\text{顶部}} = 0.8954$$

#	X _上 /C	Y _上 /C	X _下 /C	Y _下 /C
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00015	0.00543	0.00245	-0.00654
3	0.00456	0.01368	0.00954	-0.01240
4	0.01340	0.02259	0.02092	-0.01665
5	0.02452	0.03007	0.03391	-0.01884
6	0.04367	0.03972	0.05514	-0.02078
7	0.06861	0.04958	0.08145	-0.02110
8	0.10173	0.05913	0.11469	-0.01911
9	0.14620	0.06809	0.15790	-0.01461
10	0.20706	0.07612	0.21624	-0.00770
11	0.29306	0.08204	0.29855	0.00125
12	0.40901	0.08262	0.41020	0.01019
13	0.48630	0.07908	0.48527	0.01374
14	0.56519	0.07269	0.56254	0.01525
15	0.64350	0.06399	0.63990	0.01463
16	0.71889	0.05388	0.71497	0.01213
17	0.78871	0.04349	0.78489	0.00831
18	0.84996	0.03399	0.84643	0.00391
19	0.89976	0.02628	0.89652	-0.00033
20	0.93644	0.02076	0.93340	-0.00384
21	0.96066	0.01724	0.95769	-0.00637
22	0.97541	0.01513	0.97245	-0.00799
23	0.98470	0.01380	0.98169	-0.00906
24	0.99160	0.01232	0.98859	-0.00945
25	0.99722	0.00916	0.99472	-0.00796
26	1.00003	0.00471	0.99862	-0.00450
27	1.00000	0.00000	1.00000	0.00000

图 21D

标准化叶片表面坐标

$$r/r_{\text{顶部}} = 1.0000$$

#	X _上 /C	Y _上 /C	X _下 /C	Y _下 /C
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00018	0.00621	0.00274	-0.00746
3	0.00514	0.01586	0.01079	-0.01447
4	0.01507	0.02637	0.02371	-0.01981
5	0.02757	0.03517	0.03844	-0.02274
6	0.04710	0.04531	0.06005	-0.02523
7	0.07255	0.05535	0.08658	-0.02599
8	0.10619	0.06474	0.11987	-0.02446
9	0.15092	0.07313	0.16285	-0.02056
10	0.21140	0.08015	0.22046	-0.01444
11	0.29594	0.08465	0.30118	-0.00635
12	0.40909	0.08385	0.41012	0.00215
13	0.48526	0.07979	0.48413	0.00598
14	0.56302	0.07320	0.56031	0.00815
15	0.64027	0.06461	0.63663	0.00852
16	0.71478	0.05481	0.71079	0.00722
17	0.78401	0.04481	0.78008	0.00461
18	0.84506	0.03563	0.84138	0.00125
19	0.89512	0.02811	0.89170	-0.00226
20	0.93243	0.02263	0.92917	-0.00536
21	0.95741	0.01907	0.95420	-0.00771
22	0.97283	0.01690	0.96961	-0.00928
23	0.98268	0.01552	0.97940	-0.01035
24	0.99047	0.01387	0.98718	-0.01073
25	0.99682	0.01033	0.99408	-0.00901
26	1.00001	0.00531	0.99847	-0.00508
27	1.00000	0.00000	1.00000	0.00000

图 21E