(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115788953 A
(43)申请公布日 2023.03.14

(21)申请号 202211633333.9

(22)申请日 2022.12.19

(71)申请人 湖南中创空天新材料股份有限公司
地址 414009 湖南省岳阳市城陵矶综合保税区云港路CCTC保税大厦501室

(72)发明人 陈泽 李玳权 彭炯明 刘强

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 张丽娜

(51)Int.Cl.
F04D 29/38(2006.01)
F04D 29/32(2006.01)
F04D 29/66(2006.01)
F04D 19/00(2006.01)

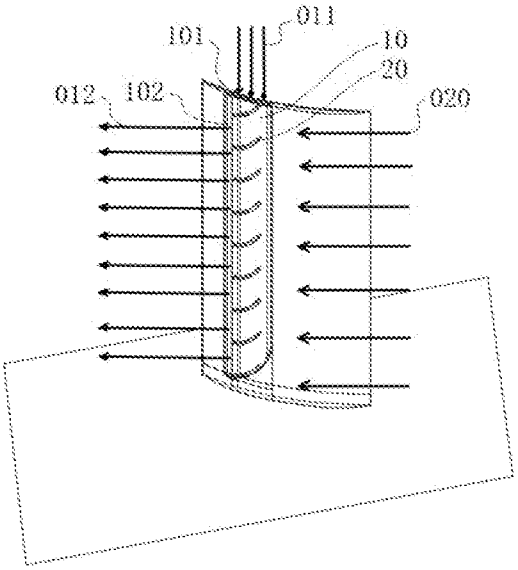
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种康达喷气叶片、叶轮及轴流压气机

(57)摘要

本申请公开了一种康达喷气叶片、叶轮及轴流压气机，康达喷气叶片包括引气腔体和导流片，所述引气腔体在第一方向上设置有引气进口，在第二方向上设置有引气出口；所述导流片安装于所述引气腔体内部，所述导流片利用康达附壁效应增强由所述引气进口进入所述引气腔体的喷气进口气流的折转能力，并使由所述引气出口离开所述引气腔体的喷气出口气流与主流气流的流体方向一致。上述康达喷气叶片，喷气气流经由引气腔体内部的导流片折弯，使得喷气气流与主流气流的流体方向一致，可以减少射流与主流的掺混损失，为叶片吸力面的高损区提供动能。



CN 115788953 A

1.一种康达喷气叶片,其特征在于,包括:

引气腔体(10),所述引气腔体(10)在第一方向上设置有引气进口(101),在第二方向上设置有引气出口(102);

导流片(20),所述导流片(20)安装于所述引气腔体(10)内部,所述导流片(20)利用康达附壁效应增强由所述引气进口(101)进入所述引气腔体(10)的喷气进口气流(011)的折转能力,并使由所述引气出口(102)离开所述引气腔体(10)的喷气出口气流(012)与主流气流(020)的流体方向一致。

2.根据权利要求1所述的康达喷气叶片,其特征在于,所述第一方向与所述第二方向垂直,并且,喷气进口气流(011)在所述引气进口(101)沿第一方向进入所述引气腔体(10),喷气出口气流(012)在所述引气出口(102)沿第二方向离开所述引气腔体(10),主流气流(020)沿第二方向流动。

3.根据权利要求1所述的康达喷气叶片,其特征在于,所述导流片(20)的数量为多个,且多个所述导流片(20)在所述引气腔体(10)内部沿所述康达喷气叶片的叶高方向布置。

4.根据权利要求3所述的康达喷气叶片,其特征在于,多个所述导流片(20)在所述引气腔体(10)内部沿所述康达喷气叶片的叶高方向等距布置。

5.根据权利要求1所述的康达喷气叶片,其特征在于,所述导流片(20)包括进口段和出口段,所述进口段与所述出口段相连,所述进口段与所述出口段之间的连接处平滑过渡。

6.根据权利要求5所述的康达喷气叶片,其特征在于,所述第一方向与所述第二方向垂直,并且,所述进口段与第一方向之间具有第一夹角a,所述出口段与第一方向之间具有第二夹角b,所述进口段与所述出口段之间具有第三夹角c,第一夹角a为锐角,第二夹角b为直角,第三夹角c为钝角。

7.一种叶轮,其特征在于,包括如权利要求1至6任一项所述的康达喷气叶片,多个所述康达喷气叶片沿所述叶轮的周向间隔设置。

8.一种轴流压气机,其特征在于,包括如权利要求1至6任一项所述的康达喷气叶片或如权利要求7所述的叶轮。

一种康达喷气叶片、叶轮及轴流压气机

技术领域

[0001] 本申请涉及航空发动机技术领域，特别涉及一种康达喷气叶片。还涉及一种采用上述康达喷气叶片的叶轮及轴流压气机。

背景技术

[0002] 高性能发动机以更高的推重比和更低的耗油率作为主要方向发展，提高发动机效率目前广泛采用增加涵道比、降低排气温度和增加压比等方式来实现，对于压气机提高压比是提高其性能的主要指标之一。

[0003] 未来航空发动机的发展会进一步提高压气机单级的总压比，而随着单级负荷的提高，内部流动越复杂。在压气机设计中，通常采用提高转子的线速度和增加静子气流折转角的方式来提高压比。而实际压气机设计中，提高转子的线速度会受到风扇转速的限制，其半径由于高涵道比的发展也不宜太大。因此，通常会通过静子负责气流的折转进而提高负荷，这使得压气机静子设计时叶型弯角也不断增大。在压气机强逆压梯度下极易产生附面层分离、角区失速、尾迹掺混等二次流带来的流动损失，这会严重影响压气机的工作稳定性。为提高压气机单级负荷，亟需解决在提高静子负荷的同时流动分离加剧的问题。因此，如何发展抑制静子附面层流动分离的控制方法进而提高单级负荷是目前需要解决的问题。

发明内容

[0004] 本申请的目的是提供一种康达喷气叶片，喷气气流经由引气腔体内部的导流片折弯，使得喷气气流与主流气流的流体方向一致，可以减少射流与主流的掺混损失，为叶片吸力面的高损区提供动能。本申请的另一目的是提供一种采用上述康达喷气叶片的叶轮及轴流压气机。

[0005] 为实现上述目的，本申请提供一种康达喷气叶片，包括：

[0006] 引气腔体，所述引气腔体在第一方向上设置有引气进口，在第二方向上设置有引气出口；

[0007] 导流片，所述导流片安装于所述引气腔体内部，所述导流片利用康达附壁效应增强由所述引气进口进入所述引气腔体的喷气进口气流的折转能力，并使由所述引气出口离开所述引气腔体的喷气出口气流与主流气流的流体方向一致。

[0008] 在一些实施例中，所述第一方向与所述第二方向垂直，并且，喷气进口气流在所述引气进口沿第一方向进入所述引气腔体，喷气出口气流在所述引气出口沿第二方向离开所述引气腔体，主流气流沿第二方向流动。

[0009] 在一些实施例中，所述导流片的数量为多个，且多个所述导流片在所述引气腔体内部沿所述康达喷气叶片的叶高方向布置。

[0010] 在一些实施例中，多个所述导流片在所述引气腔体内部沿所述康达喷气叶片的叶高方向等距布置。

[0011] 在一些实施例中，所述导流片包括进口段和出口段，所述进口段与所述出口段相

连，所述进口段与所述出口段之间的连接处平滑过渡。

[0012] 在一些实施例中，所述第一方向与所述第二方向垂直，并且，所述进口段与第一方向之间具有第一夹角a，所述出口段与第一方向之间具有第二夹角b，所述进口段与所述出口段之间具有第三夹角c，第一夹角a为锐角，第二夹角b为直角，第三夹角c为钝角。

[0013] 本申请还提供了一种叶轮，包括上述康达喷气叶片，多个所述康达喷气叶片沿所述叶轮的周向间隔设置。

[0014] 本申请还提供了一种轴流压气机，包括上述康达喷气叶片或上述叶轮。

[0015] 相对于上述背景技术，本申请所提供的康达喷气叶片包括引气腔体和导流片，引气腔体在第一方向上设置有引气进口，在第二方向上设置有引气出口；导流片安装于引气腔体内部，导流片利用康达附壁效应增强由引气进口进入引气腔体的喷气进口气流的折转能力，并使由引气出口离开引气腔体的喷气出口气流与主流气流的流体方向一致。

[0016] 在该康达喷气叶片的工作过程中，喷气气流经由引气腔体内部的导流片折弯，在绕流导流片时，产生康达附壁效应，使喷气进口气流改变方向成为喷气出口气流，而喷气出口气流与主流气流的流体方向一致，从而可以减少射流与主流的掺混损失，为叶片吸力面的高损区提供动能。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0018] 图1为本申请实施例提供的康达喷气叶片的结构示意图；

[0019] 图2为本申请实施例提供的导流片的角度示意图；

[0020] 图3为本申请实施例提供的出口气流角沿叶高分布图。

[0021] 其中：

[0022] 10-引气腔体、20-导流片；

[0023] 101-引气进口、102-引气出口；

[0024] 011-喷气进口气流、012-喷气出口气流、020-主流气流。

具体实施方式

[0025] 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

[0026] 为了使本技术领域的技术人员更好地理解本申请方案，下面结合附图和具体实施方式对本申请作进一步的详细说明。

[0027] 请参考图1至图3，其中，图1为本申请实施例提供的康达喷气叶片的结构示意图，图2为本申请实施例提供的导流片的角度示意图，图3为本申请实施例提供的出口气流角沿叶高分布图。

[0028] 在第一种具体的实施方式中，本申请提供了一种康达喷气叶片，主要包括引气腔体10和导流片20，引气腔体10设置在叶片本体中，导流片20安装于引气腔体10内部；即该康达喷气叶片采用康达喷气叶片的引气腔体10内部设置导流片20的方式，解决喷气与主流速度方向不一致的问题。

[0029] 具体而言，引气腔体10在第一方向上设置有引气进口101，在第二方向上设置有引气出口102，引气出口102位于康达喷气叶片的吸力面，引气进口101的具体形式为进气口，引气出口102的具体形式为喷气缝；在该康达喷气叶片的工作过程中，喷气进口气流011由引气进口101进入引气腔体10，喷气气流经由引气腔体10内部的导流片20折弯，导流片20利用康达附壁效应增强喷气气流的折转能力，喷气出口气流012由引气出口102离开引气腔体10，此时喷气出口气流012与主流气流020的流体方向一致。

[0030] 该康达喷气叶片使喷气气流在绕流导流片20时，产生康达附壁效应，使喷气进口气流011改变方向成为喷气出口气流012，而喷气出口气流012与主流气流020的流体方向一致，从而可以减少射流与主流的掺混损失，为叶片吸力面的高损区提供动能。

[0031] 对于静子来说，目前定常控制附面层流动分离的方法主要有附面层喷气和附面层抽吸，而本文所谈及的康达喷气技术区别于传统的附面层喷气技术。康达喷气就是充分利用流体流动的附壁效应，将康达表面应用于叶片的吸力面进行开缝喷气，利用壁面射流的附壁效应以及其对主流的携带作用来抑制附面层的流动分离。

[0032] 康达喷气技术的基本原理是利用康达效应。康达效应也被称为柯恩达效应或者附壁效应。康达效应指出，在平顺流过的流体经过凸面表面时，流体会附着在凸面表面流动。这种作用力是以罗马尼亚空气动力学家亨利康达命名。当水流流过汤勺凸面流体会附着在汤勺上产生附壁效应，附壁作用的产生也是大部分飞机机翼的主要原理。部分飞机在设计时会考虑充分利用康达效应，靠引擎吹出气流来提升飞机的升力。

[0033] 传统的附面层喷气射流流体与主流流体会形成一定的夹角进而增大流动的掺混损失，而康达喷气产生的射流流体与主流流体方向一致，可以减少射流与主流的掺混损失。现有的研究表明，射流方向与主流流动方向的夹角越小，控制效果越明显。而本申请的目的即在于使喷气出口气流012与主流气流020的流体方向一致，减少射流与主流的掺混损失，为叶片吸力面的高损区提供动能。

[0034] 在一些实施例中，第一方向与第二方向垂直，并且，喷气进口气流011在引气进口101沿第一方向进入引气腔体10，喷气出口气流012在引气出口102沿第二方向离开引气腔体10，主流气流020沿第二方向流动。

[0035] 在本实施例中，如图1中的箭头所示方向，喷气进口气流011的流体方向与第一方向一致，主流气流020、喷气出口气流012的流体方向与第二方向一致，第一方向与第二方向垂直；此时康达喷气叶片通过内部引气腔体10及导流片20实现90度折弯，使得射流方向与主流方向一致，可以减少射流与主流的掺混损失，为叶片吸力面的高损区提供动能。

[0036] 在一些实施例中，导流片20的数量为多个，且多个导流片20在引气腔体10内部沿康达喷气叶片的叶高方向布置。

[0037] 在本实施例中，通过在引气腔体10内部沿叶高方向布置一定数目的导流片20，使喷气气流绕流导流片20，产生康达附壁效应；引气出口102的喷气出口气流012与引气进口101的喷气进口气流011相比为垂直射流，增加气流的折转能力，为叶片吸力面流动高损区

提供动能，避免了喷气与主流速度方向不一致引起的掺混损失。

[0038] 在一些实施例中，多个导流片20在引气腔体10内部沿康达喷气叶片的叶高方向等距布置。

[0039] 在本实施例中，多个导流片20在引气腔体10内部进一步采用沿叶高方向等距的均匀布置方式，从而在通过导流片20增加气流的折转能力的同时，通过均匀布置方式保证引气出口102处气流方向的均匀性。

[0040] 在一些实施例中，导流片20包括进口段和出口段，进口段与出口段相连，进口段与出口段之间的连接处平滑过渡。

[0041] 在本实施例中，如图2所示，将导流片20划分为两段直线段，两段之间平滑过渡，进口段与引气腔体10的引气进口101相对应，出口段与引气腔体10的引气出口102相对应。在喷气进口气流011由引气进口101进入引气腔体10时，喷气气流通过进口段绕流，产生康达附壁效应；喷气气流再通过出口段绕流，产生康达附壁效应；综合进口段和出口段，喷气气流经由引气腔体10内部的导流片20折弯。

[0042] 除此以外，导流片20还可以是其他的形式，例如多于两段的多段，非直线的曲线段等，同应属于本实施例的说明范围。

[0043] 在一些实施例中，第一方向与第二方向垂直，并且，进口段与第一方向之间具有第一夹角a，出口段与第一方向之间具有第二夹角b，进口段与出口段之间具有第三夹角c，第一夹角a为锐角，第二夹角b为直角，第三夹角c为钝角。

[0044] 在本实施例中，将导流片20的出口段与引气出口102平齐，导流片20由进口角与出口角组成，构造成康达表面，利用康达效应，以增大出口的气流角，并能恢复气流折转角，从而减小与主流速度的掺混损失。

[0045] 具体而言，导流片20的进口角为导流片20前缘(进口段)切线方向与中弧线之间的夹角，即第一夹角a；导流片20的出口角为导流片20尾缘(出口段)切线方向与出口平面之间的夹角，即第二夹角b，为保证出口气流角出口的均匀性，出口段垂直，出口角为90度。

[0046] 该康达喷气叶片通过采用导流片20，可以在远离叶顶处使出口处速度的径向分量减小，气流折转能力增加。端壁至叶中位置气流折转角增加了20度，由于导流片20吸力面发生了分离，压差作用由压力面产生向吸力面的横向流动，气流向吸力面位置挤压，出现了出口正气流角的情况。整个叶高出口气流角分布不均匀，但通过布置导流片20的方法可以增大出口的气流角，并能恢复气流折转角。

[0047] 除此以外，解决气流在腔体内折转问题的方式有两种：

[0048] 一种是通过降低长宽比，增大宽度来增加气流折转的路径，给予气流充分发展的空间。但腔体是在叶片内部构造，展弦比固定，受限于叶片的弦长和厚度，所以腔体的横截面积是固定的，难以改变，该腔体的几何构造不能用降低长宽比的方法来增大气流出口折转角。

[0049] 第二种方法是在腔体内部构造一定数量的导流片，导流片主要起到一个引流的作用，气流通过流经导流片增大出口气流角，从而减小喷气气流与主流的夹角。

[0050] 本申请还提供了一种叶轮，包括上述康达喷气叶片，多个康达喷气叶片沿叶轮的周向间隔设置，该叶轮应具有上述康达喷气叶片的全部有益效果，这里不再一一赘述。

[0051] 本申请还提供了一种轴流压气机，包括上述康达喷气叶片或上述叶轮，该轴流压

气机应具有上述康达喷气叶片的全部有益效果，这里不再一一赘述。

[0052] 需要注意的是，本申请中提及的诸多部件均为通用标准件或本领域技术人员知晓的部件，其结构和原理都为本技术人员均可通过技术手册得知或通过常规实验方法获知。

[0053] 需要说明的是，在本说明书中，诸如第一和第二之类的关系术语仅仅用来将一个实体与另外几个实体区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

[0054] 以上对本申请所提供的康达喷气叶片、叶轮及轴流压气机进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请原理的前提下，还可以对本申请进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本申请权利要求的保护范围内。

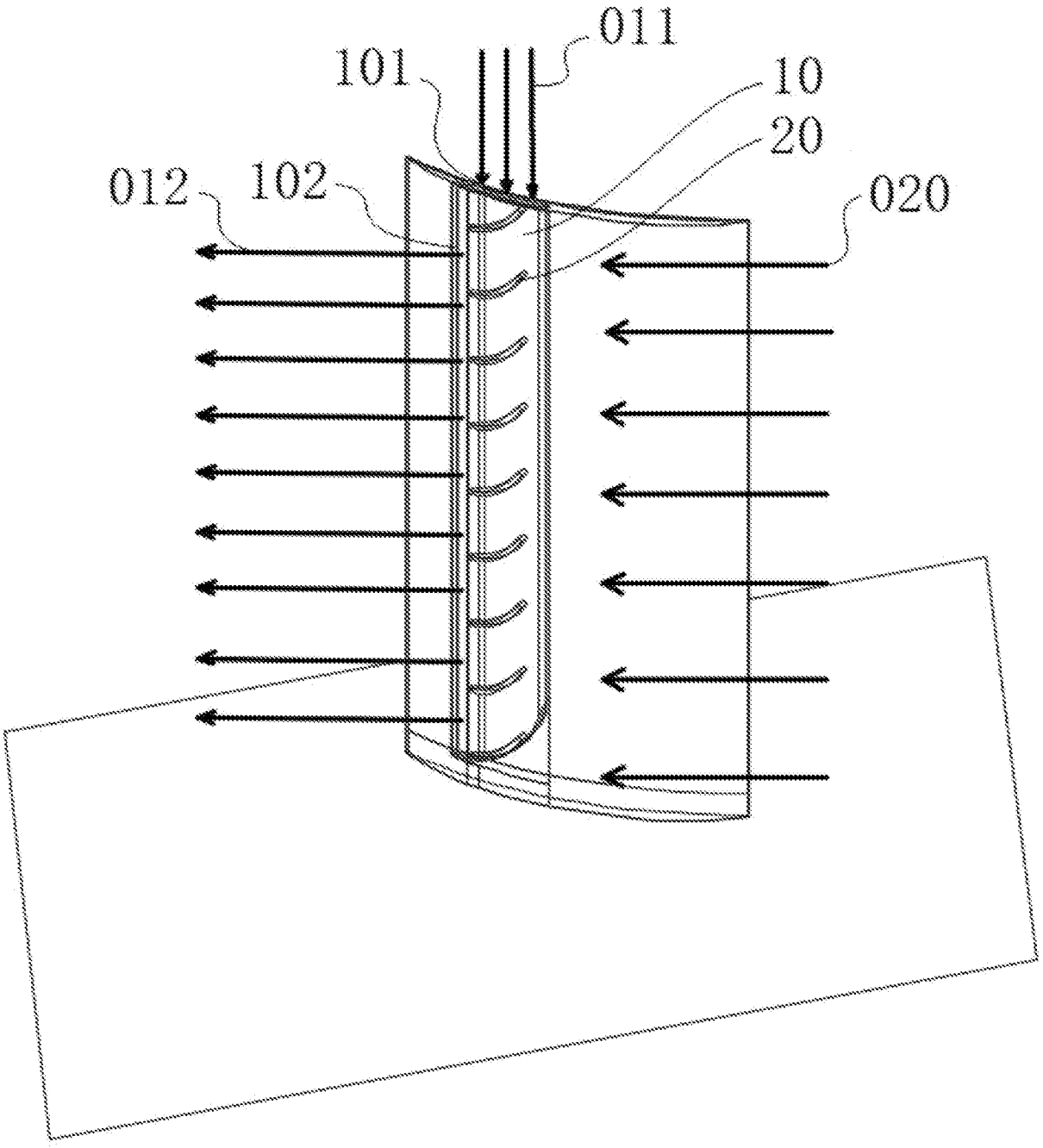


图1

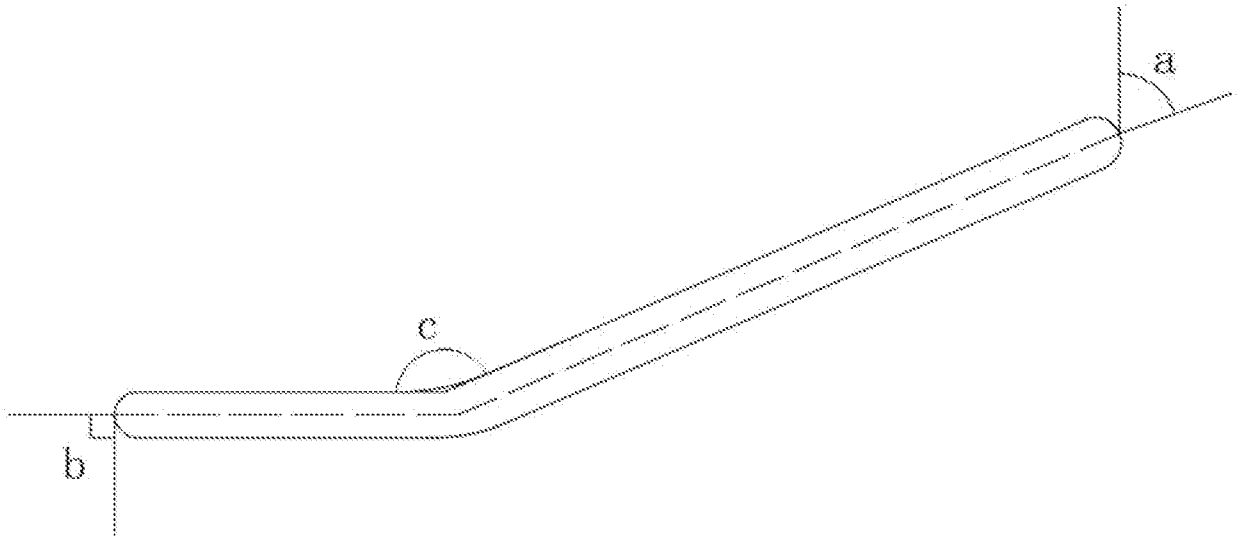

a
c
b

图2

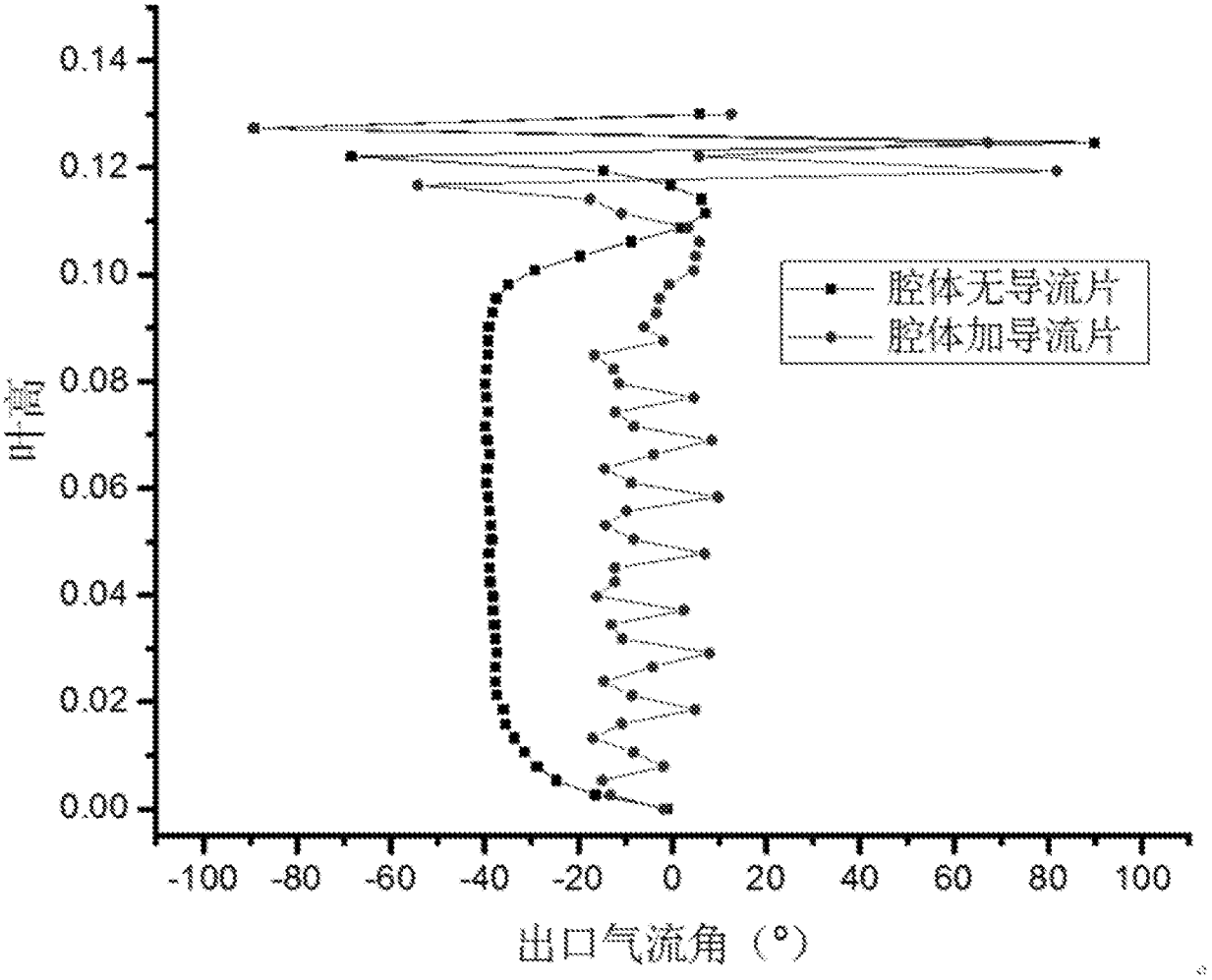

0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
-100
-80
-60
-40
-20
0
20
40
60
80
100
出口气流角（°）
腔体无导流片
腔体加导流片

图3