



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104047890 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201410200137. 1

(22) 申请日 2014. 07. 25

(71) 申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301 号

(72) 发明人 欧鸣雄

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 楼高潮

(51) Int. Cl.

F04D 29/22(2006. 01)

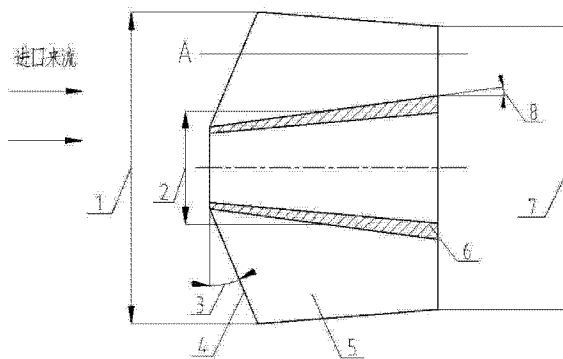
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法

(57) 摘要

本发明提供了一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法,该诱导轮适用于石化、冶炼和电厂等领域广泛使用的中低比转速离心泵机组。它给出诱导轮的主要几何尺寸参数诱导轮外缘直径 D ,诱导轮轮毂中径 D_h ,叶片进口边倾斜角 α ,诱导轮出口边外缘直径 D_o ,诱导轮轮毂锥角 θ ,流面A的翼型工作面半径 R_p ,翼型出口安放角 β 和翼型弦长 l 的设计公式。用本发明设计的低扬程前置诱导轮能够改善离心泵进口的流场分布,并可适用于含有固体颗粒的介质场合,有效地提高了离心泵叶轮在低装置汽蚀余量下的运行稳定性和吸入性能。



1. 一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法, 提供了诱导轮的主要几何尺寸参数诱导轮外缘直径 D , 诱导轮轮毂中径 D_h , 叶片进口边倾斜角 α , 诱导轮出口边外缘直径 D_o , 诱导轮轮毂锥角 θ , 流面 A 的翼型工作面半径 R_p , 翼型出口安放角 β 和翼型弦长 l 的设计公式; 其特征在于: 诱导轮的几何尺寸参数与其设计工况点的性能参数之间适合以下关系:

$$D = 4.16 \left(\frac{Q_i}{C} \right)^{1/3} \left(\frac{k_d}{1+k_d} \right)^{1/5} \sqrt{\frac{1}{0.32 + 0.12 \ln(n_s)}}$$

$$D_h = 5.2 \frac{D}{n_s^{0.53}} \frac{\sqrt{2gH_i}}{n \sqrt{1 - (0.01C)^{0.12}}}$$

$$\alpha = 18^\circ \sim 26^\circ$$

$$D_o = k_o D$$

$$\theta = 6^\circ \sim 10^\circ$$

$$R_p = \frac{l^2}{8h} + 1.2h$$

$$\beta = \left(\frac{n_s}{100} \right)^{0.16} \arctan \left(15.2 \frac{Q_i}{D^3 n} \right)$$

$$l = k_l \frac{D}{z} \sqrt[3]{\frac{Q_i}{n}}$$

式中: D 是诱导轮外缘直径, 米; Q_i 是诱导轮设计工况点流量, 立方米 / 秒;

C 是诱导轮汽蚀比转速; k_d 是修正系数, $k_d = 0.15 \sim 0.3$;

n_s 是诱导轮比转速; D_h 是诱导轮轮毂中径, 米;

g 是重力加速度, 米 / 平方秒; H_i 是诱导轮设计工况点扬程, 米;

α 是叶片进口边倾斜角, 度; D_o 是诱导轮出口边外缘直径, 米;

θ 是诱导轮轮毂锥角, 度; k_o 是修正系数, $k_o = 0.75 \sim 0.85$;

R_p 是流面 A 的翼型工作面半径, 米; h 是翼型工作面拱度, 米;

l 是翼型弦长, 米; n 是诱导轮转速, 转 / 分钟;

k_l 是修正系数, $k_l = 0.07 \sim 0.12$; z 是诱导轮叶片数。

2. 如权利要求 1 所述的一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法, 其特征是: 诱导轮的设计工况点流量与配套的离心泵叶轮设计工况点流量之间适合以下等式的关系:

$$Q_i = Q \left(1 + 0.63 D \sqrt{\frac{2gH_i}{k_q}} \right)$$

式中: Q_i 是诱导轮设计工况点流量, 立方米 / 秒; D 是诱导轮外缘直径, 米;

Q 是离心泵叶轮设计工况点流量, 立方米 / 秒;

g 是重力加速度, 米 / 平方秒; H_i 是诱导轮设计工况点扬程, 米;

k_q 是修正系数, $k_q = 5.4 \sim 6.5$ 。

3. 如权利要求 1 所述的一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法,其特征是:诱导轮的叶片形状主要由流面 A 的半径和翼型决定,其中流面 A 的半径与诱导轮的几何尺寸参数之间适合以下等式的关系:

$$R_a = \frac{D + 1.2D_h}{2}$$

式中: R_a 是流面 A 的半径,米; D 是诱导轮外缘直径,米;

D_h 是诱导轮轮毂中径,米。

4. 如权利要求 1 所述的一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法,其特征是:诱导轮叶片数 z 一般选择为 4 ~ 6 片。

一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法

技术领域

[0001] 本发明专利涉及一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法,具体的说,涉及一种适用于提高中低比转速化工离心泵汽蚀性能的前置诱导轮设计方法。

背景技术

[0002] 诱导轮是一种用于提高离心泵叶轮进口装置汽蚀余量的叶片式旋转机械,最早被用于航空航天领域的发动机燃料输送泵等场合,其具有叶片负荷低、叶片数小和吸入性能好等特点,能够提高叶轮进口的介质压力,有效改善离心泵叶轮进口的汽蚀情况。随着各类工业应用领域的扩展,诱导轮在石化、冶炼和电厂等领域的众多中低比转速离心泵机组上使用较为广泛。常规的诱导轮大多采用圆柱螺旋形的轴面结构,叶片分布采用定螺距或变螺距设计,叶片形状以平板结构为主,这一种诱导轮结构的尺寸参数易于设计,造型特征易于制造和加工,但由于其叶片形状过于简单,诱导轮自身的水力效率和吸入性能较低,其出口流场分布和离心泵叶轮的设计吸入条件之间存在一定差异,从而对叶轮的吸入性能产生一定的影响。此外,由于该类型诱导轮的流道较长,叶片数较多,在输送含有固体颗粒的介质时,容易产生磨损,从而容易引起离心泵机组运行的不稳定。

[0003] 因此,为了提高诱导轮的水力性能和抗汽蚀的能力,并减少其对叶轮吸入性能的影响,常规诱导轮的结构型式和叶片几何参数等需要进行优化设计。本发明设计的前置诱导轮为轴流式流道型式,诱导轮轮毂为锥形结构,叶片进口边向后倾斜,有利于减轻外缘的汽蚀程度,叶片则采用较短的翼型结构,该诱导轮具有扬程低、载荷分布均匀和必需汽蚀余量小的特点。由于采用合理的翼型和短叶片结构,该诱导轮的水力损失和叶片出口环量小,有利于改善离心泵叶轮进口的流场情况和机组的水力效率,尤其适用于中低比转速的离心泵叶轮。此外,由于该诱导轮的流道较宽,叶片翼型较短,在输送含有固体颗粒的介质时,该结构不易发生堵塞和磨损,能够适应一定比例含固介质的输送。因此,该诱导轮还可应用于含有一定固体颗粒介质的场合。

发明内容

[0004] 本发明提供一种轴流式低扬程前置诱导轮的设计方法。通过本发明提供的诱导轮几何尺寸参数设计方法,可提高常规诱导轮结构的水力性能和出口流场分布,改善叶轮进口的吸入性能,由于采用较短的叶片翼型,该诱导轮结构尤其适用于中低比转速的离心泵叶轮,同时该诱导轮结构在输送含固体颗粒介质时不易发生堵塞和耐磨,可提高离心泵叶轮的运行稳定性。

[0005] 本发明的技术方案是:

[0006] 1. 本发明提供了诱导轮主要几何尺寸参数诱导轮外缘直径 D ,诱导轮轮毂中径 D_h ,叶片进口边倾斜角 α ,诱导轮出口边外缘直径 D_o ,诱导轮轮毂锥角 θ ,流面A的翼型工作面半径 R_p ,翼型出口安放角 β 和翼型弦长 l 的设计公式:

[0007] 1) 诱导轮外缘直径

[0008] 其计算公式：
$$D = 4.16 \left(\frac{Q_i}{C} \right)^{1/3} \left(\frac{k_d}{1+k_d} \right)^{1/5} \sqrt{\frac{1}{0.32 + 0.12 \ln(n_s)}}$$

[0009] 式中：D——诱导轮外缘直径，米；

[0010] Q_i ——诱导轮设计工况点流量，立方米 / 秒；

[0011] C——诱导轮汽蚀比转速；

[0012] k_d ——修正系数， $k_d = 0.15 \sim 0.3$ ；

[0013] n_s ——诱导轮比转速。

[0014] 2) 诱导轮轮毂中径

[0015] 其计算公式：
$$D_h = 5.2 \frac{D}{n_s^{0.53}} \frac{\sqrt{2gH_i}}{n \sqrt{1 - (0.01C)^{0.12}}}$$

[0016] 式中： D_h 是诱导轮轮毂中径，米；

[0017] D——诱导轮外缘直径，米；

[0018] n_s ——诱导轮比转速；

[0019] g——重力加速度，米 / 平方秒；

[0020] H_i ——诱导轮设计工况点扬程，米；

[0021] n——诱导轮转速，转 / 分钟；

[0022] C——诱导轮汽蚀比转速。

[0023] 3) 叶片进口边倾斜角

[0024] 叶片进口边倾斜角 $\alpha = 18^\circ \sim 26^\circ$ 。

[0025] 4) 诱导轮出口边外缘直径

[0026] 其计算公式： $D_o = k_o D$

[0027] 式中： D_o ——诱导轮出口边外缘直径，米；

[0028] k_o ——修正系数， $k_o = 0.75 \sim 0.85$ ；

[0029] D——诱导轮外缘直径，米。

[0030] 5) 诱导轮轮毂锥角

[0031] 诱导轮轮毂锥角 $\theta = 6^\circ \sim 10^\circ$ 。

[0032] 6) 流面 A 的翼型工作面半径

[0033] 其计算公式：
$$R_p = \frac{l^2}{8h} + 1.2h$$

[0034] 式中： R_p ——流面 A 的翼型工作面半径，米；

[0035] h——翼型工作面拱度，米；

[0036] l——翼型弦长，米。

[0037] 7) 翼型出口安放角

[0038] 其计算公式：
$$\beta = \left(\frac{n_s}{100} \right)^{0.16} \arctan \left(15.2 \frac{Q_i}{D^3 n} \right)$$

[0039] 式中： β ——翼型出口安放角，度；

- [0040] n_s ——诱导轮比转速；
 [0041] Q_i ——诱导轮设计工况点流量，立方米/秒；
 [0042] D ——诱导轮外缘直径，米；
 [0043] n ——诱导轮转速，转/分钟。
 [0044] 8) 翼型弦长

[0045] 其计算公式：
$$l = k_1 \frac{D}{z} \sqrt[3]{\frac{Q_i}{n}}$$

- [0046] 式中： l ——翼型弦长，米；
 [0047] k_1 ——修正系数， $k_1 = 0.07 \sim 0.12$ ；
 [0048] D ——诱导轮外缘直径，米；
 [0049] z ——诱导轮叶片数；
 [0050] Q_i ——诱导轮设计工况点流量，立方米/秒；
 [0051] n ——诱导轮转速，转/分钟。

[0052] 2. 受到诱导轮叶顶间隙和叶轮口环泄露等因素的影响，诱导轮的设计工况点流量与离心泵叶轮设计工况点流量、诱导轮设计工况点扬程和外缘直径尺寸等参数有关，其设计公式为：

[0053]
$$Q_i = Q \left(1 + 0.63D \sqrt{\frac{2gH_i}{k_q}} \right)$$

- [0054] 式中： Q_i ——诱导轮设计工况点流量，立方米/秒；
 [0055] D ——诱导轮外缘直径，米；
 [0056] Q ——离心泵叶轮设计工况点流量，立方米/秒；
 [0057] g ——重力加速度，米/平方秒；
 [0058] H_i ——诱导轮设计工况点扬程，米；
 [0059] k_q ——修正系数， $k_q = 5.4 \sim 6.5$ 。

[0060] 3. 流面 A 的半径是决定诱导轮叶片形状的关键因素，具体数值与诱导轮的几何尺寸参数相关，其设计公式为：

[0061]
$$R_a = \frac{D + 1.2D_h}{2}$$

- [0062] 式中： R_a ——流面 A 的半径，米；
 [0063] D ——诱导轮外缘直径，米；
 [0064] D_h ——诱导轮轮毂中径，米。

[0065] 此外，诱导轮叶片数的设计对其内部流动具有很大影响，过多的叶片数会增加诱导轮的水力损失。一般而言，该诱导轮叶片数 z 选择为 4~6 片，当诱导轮设计工况点扬程较大时，叶片数选择较大值。

[0066] 本发明的有益效果是：采用该方法设计的轴流式低扬程前置诱导轮适用于中低比转速的离心泵叶轮，同时具有良好的抗汽蚀和无堵塞性能，使用该诱导轮的离心泵具有良好的水力效率，运行更为平稳。

[0067] 本发明经用户试用,产品使用效果良好,该诱导轮使用范围较广,使用该诱导轮的离心泵机组的抗汽蚀性能和可靠性均得到有效提高。

附图说明

[0068] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明:

[0069] 图 1 是本发明一个实施例的诱导轮轴面图;

[0070] 图 2 是同一个实施例的诱导轮轴向视图;

[0071] 图 3 是同一个实施例的诱导轮流面 A 的翼型展开图。

[0072] 图中:1. 诱导轮外缘直径 D , 2. 诱导轮轮毂中径 D_h , 3. 叶片进口边倾斜角 α , 4. 诱导轮叶片进口边, 5. 诱导轮叶片, 6. 诱导轮轮毂, 7. 诱导轮出口边外缘直径 D_o , 8. 诱导轮轮毂锥角 θ , 9. 流面 A 的半径 R_a , 10. 流面 A 的翼型背面, 11. 流面 A 的翼型工作面, 12. 流面 A 的翼型工作面半径 R_p , 13. 翼型出口安放角 β , 14. 翼型工作面拱度 h , 15. 翼型弦长 l 。

具体实施方式

[0073] 图 1 至图 3 共同确定了这个诱导轮实施例的几何形状和尺寸参数。这是一种轴流式的低扬程离心泵用前置诱导轮,在轴面结构设计上,该诱导轮叶片进口边(4)向诱导轮出口方向倾斜,诱导轮轮毂(6)呈锥形,诱导轮出口边外缘直径(7)要略小于诱导轮外缘直径(1),该结构使得诱导轮轴面流道变化较为均匀,有利于降低进口外缘的汽蚀程度和气泡在流道内的干扰性。诱导轮叶片(5)的形状主要由流面 A 的翼型参数决定,流面 A 的翼型工作面(11)和背面(10)均采用一段圆弧结构,同时该翼型弦长(15)的长度设计较短,有利于提高诱导轮的水力性能。本发明通过以下几个关系式来确定诱导轮外缘直径 D (1),诱导轮轮毂中径 D_h (2),叶片进口边倾斜角 α (3),诱导轮出口边外缘直径 D_o (7),诱导轮轮毂锥角 θ (8),流面 A 的翼型工作面半径 R_p (12),翼型出口安放角 β (13) 和翼型弦长 l (15)。

$$[0074] \quad D = 4.16 \left(\frac{Q_i}{C} \right)^{1/3} \left(\frac{k_d}{1+k_d} \right)^{1/5} \sqrt{\frac{1}{0.32 + 0.12 \ln(n_s)}}$$

$$[0075] \quad D_h = 5.2 \frac{D}{n_s^{0.53}} \frac{\sqrt{2gH_i}}{n \sqrt{1 - (0.01C)^{0.12}}}$$

$$[0076] \quad \alpha = 18^\circ \sim 26^\circ$$

$$[0077] \quad D_o = k_o D$$

$$[0078] \quad \theta = 6^\circ \sim 10^\circ$$

$$[0079] \quad R_p = \frac{l^2}{8h} + 1.2h$$

$$[0080] \quad \beta = \left(\frac{n_s}{100} \right)^{0.16} \arctan \left(15.2 \frac{Q_i}{D^3 n} \right)$$

$$[0081] \quad l = k_l \frac{D}{z} \sqrt[3]{\frac{Q_i}{n}}$$

[0082] 诱导轮流面 A 的翼型工作面拱度 (14) 应根据 NACA 航空翼型或圆弧翼型的拱度参数进行设计和修正,除了满足翼型的动力特性要求之外,其设计参数还应有利于诱导轮的模具制造和加工。

[0083] 诱导轮的设计工况点流量应根据离心泵叶轮设计工况点流量、诱导轮设计工况点扬程和外缘直径尺寸等参数确定,本发明通过以下关系式来确定其数值:

$$[0084] \quad Q_i = Q \left(1 + 0.63D \sqrt{\frac{2gH_i}{k_q}} \right)$$

[0085] 如图 (2) 所示,流面 A 的半径 (9) 决定了翼型的径向位置,同时也对诱导轮的叶片形状产生重大影响,本发明通过以下关系式来确定流面 A 的半径 (9):

$$[0086] \quad R_a = \frac{D + 1.2D_h}{2}$$

[0087] 一般而言,该诱导轮叶片数 z 选择为 4 ~ 6 片,当诱导轮设计工况点扬程较大时,叶片数选择较大值。如图 (2) 和图 (3) 所示,在这个实施例中,叶片数设计为 3,该设计有利于提高诱导轮的水力性能,同时方便了诱导轮的模具造型和铸造加工。

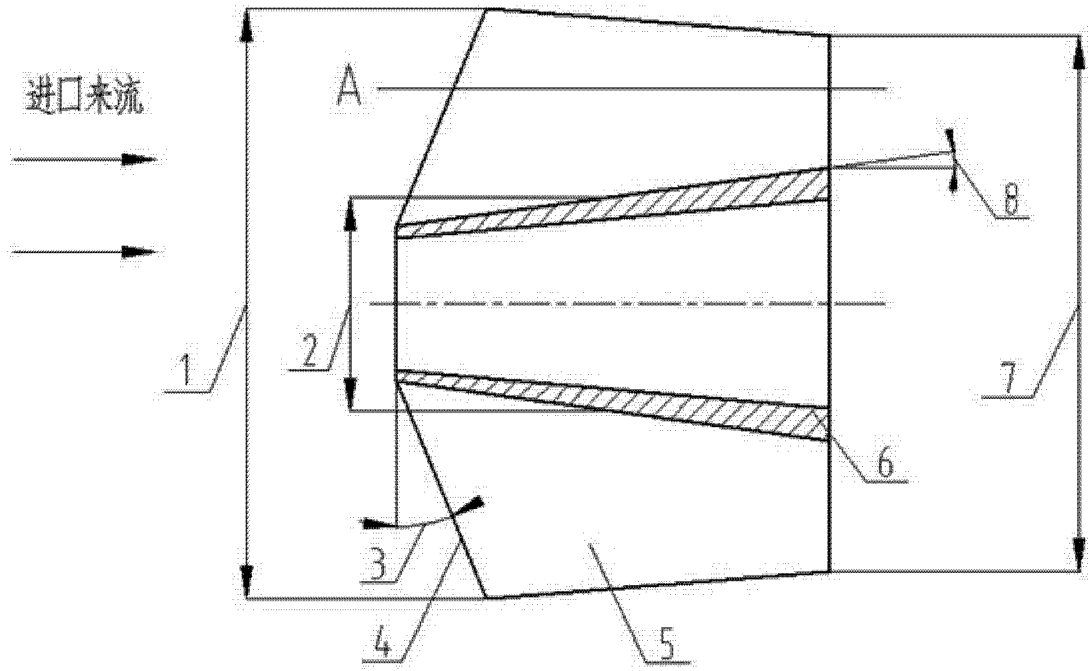


图 1

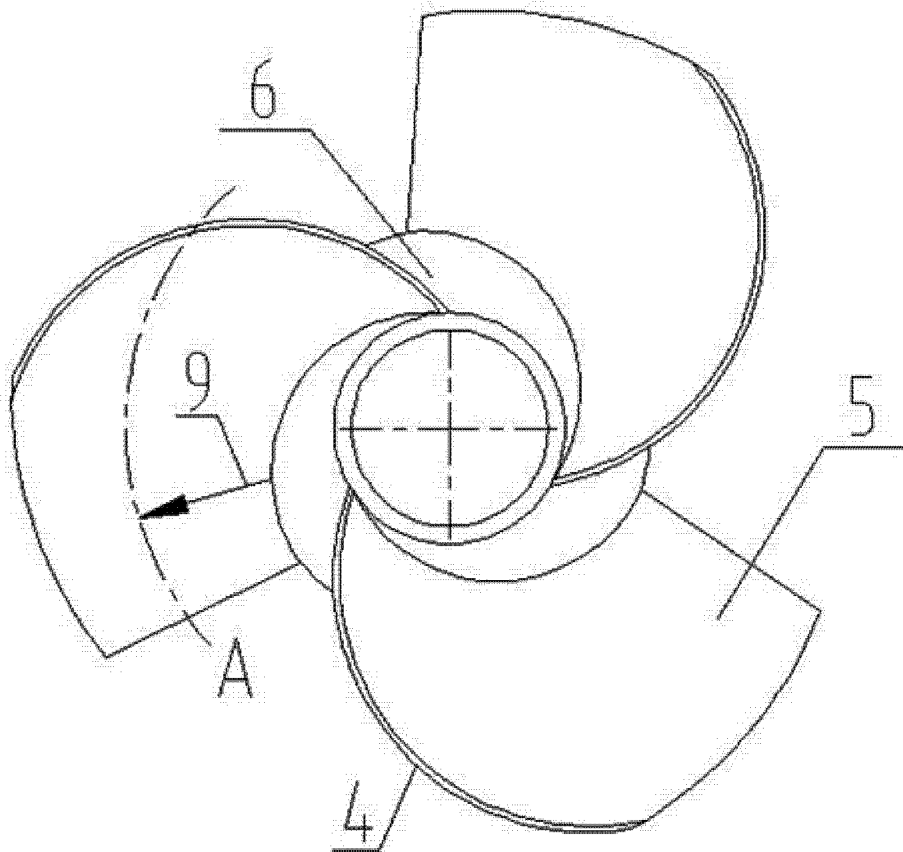


图 2

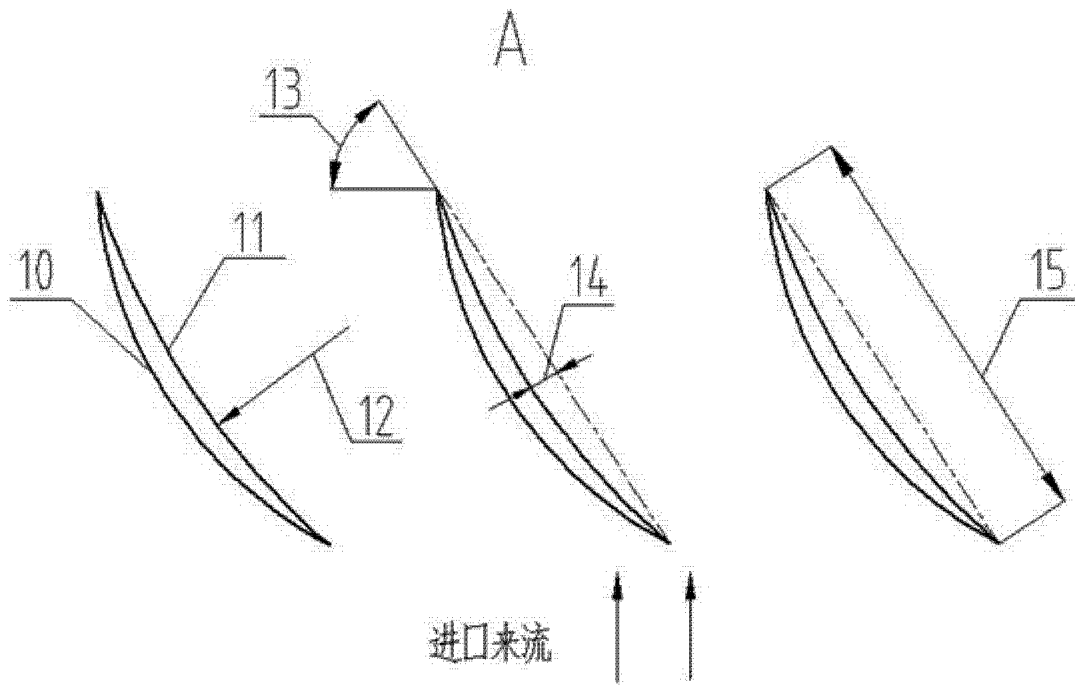


图 3