



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115169045 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 02

(21) 申请号 202210851772.0

(22) 申请日 2022.07.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115169045 A

(43) 申请公布日 2022.10.11

(73) 专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市碑林区金花南路5号

专利权人 西安恒新电气技术有限公司

(72) 发明人 王维 阎子阳 王俊龙 张乐福 罗兴铸

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

专利代理师 刘娜

(51) Int. Cl.

G06F 30/17 (2020.01)

G06F 30/28 (2020.01)

G06F 30/23 (2020.01)

G06F 111/10 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 101281698 A, 2008.10.08

CN 103574082 A, 2014.02.12

CN 106545411 A, 2017.03.29

CN 109408934 A, 2019.03.01

US 2014338771 A1, 2014.11.20

王维等. 离心泵叶顶泄漏涡结构特性研究.

《水利学报》. 2020, 第51卷 (第6期), 738-748.

熊雪立. 透平膨胀机节能调节. 石油化工设备.

2000, (第5期), 46-48.

Xingqi Luo等. Gas-Liquid Two-Phase

Performance of Centrifugal Pump Under

Bubble Inflow Based on Computational

Fluid Dynamics-Population Balance Model

Coupling Model. ASME. 2020, 第142卷 (第8期),

081402 .

周水清; 王曼; 李哲宇; 张生昌. 多翼离心风

机蜗壳改型设计与性能试验. 农业机械学报

. 2018, (第10期), 187-193+256.

审查员 田娜

权利要求书1页 说明书5页 附图6页

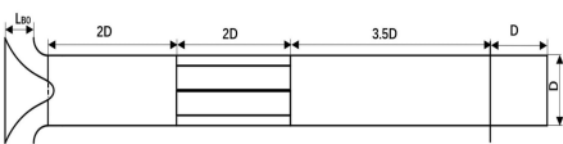
(54) 发明名称

改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法

(57) 摘要

本发明公开了改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法, 具体为: 建立改型进口节流装置的几何模型, 改型进口节流装置包括设置在管道进口处的节流锥型线段, 进口处还设置有翻边圆弧线段, 翻边圆弧线段与管道进口相切; 管道上还设置有出口, 管道内部设置有整流器, 位于整流器与出口之间的管道上设置有流量测量截面; 对节流锥型线段进行数值模拟, 并采用不均匀度M对节流锥型线段进行性能评价, 选取M值最小的型线作为最优节流锥型段, 进而得到最优结构参数。通过对进口节流装置型线的设计与优化, 消除了管道进口旋涡, 使得气体更加均匀地进入风机管道, 从而提升了试验测

量截面的均匀性, 减少流量测量误差, 提高测量精度。



1.改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法,其特征在于,具体按照以下步骤实施:

步骤1、建立改型进口节流装置的几何模型,改型进口节流装置包括设置在管道进口处的节流锥型线段,进口处还设置有翻边圆弧线段,翻边圆弧线段与管道进口相切;管道上还设置有出口,管道内部设置有整流器,位于整流器与出口之间的管道上设置有流量测量截面;其中,管道内径为D;

步骤2、对节流锥型线段及下游的风机进口管道进行数值模拟,并采用不均匀度M对节流锥型线段进行性能评价,选取M值最小的型线作为最优节流锥型段,进而得到最优结构参数;

数值模拟时,通过流体力学软件ANSYS CFX对风机进口管道进行数值模拟,进口边界条件为总压,出口边界条件为质量流量,壁面设置为绝热无滑移边界,获得管道的压力云图、速度云图、流线图以及流量测量截面上的速度参数;

采用不均匀度M对节流锥型线段进行性能评价,如式(1)所示:

$$M = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{u_i - \bar{u}}{\bar{u}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1);$$

式(1)中,n为流量测量截面上数据点的个数; $\bar{u}$ 为截面上的平均轴向速度; u_i 为各数据点处的轴向速度。

2.根据权利要求1所述的改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法,其特征在于,所述步骤1中,整流器的长度是管道内径的2倍,流量测量截面与出口之间的距离为D;翻边圆弧线段的半径为0.25D。

3.根据权利要求1所述的改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法,其特征在于,所述步骤1中,节流锥型线段采取三段呈对称设置的圆弧进行组合,保证每段圆弧连接满足一节连续;三段圆弧分别为Arc1、Arc2和Arc3,Arc1、Arc2和Arc3的圆心位置分别为 $O_1(x_1, y_1)$ 、 $O_2(x_2, y_2)$ 、 $O_3(x_3, y_3)$,半径分别为R1、R2、R3,圆心角分别为 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 ;

三段圆弧的圆心取值范围分别为: $0 < x_1 < 2D, 0 < y_1 < 2D, 0 < x_2 < 1D, 0 < y_2 < 1D, 0 < x_3 < 1D, 0 < y_3 < 1D, 0.5D < x_1 + x_2 + x_3 < 2.5D, 0.5D < y_1 + y_2 + y_3 < 2.5D$;三段圆弧的半径范围为0.2D~1.5D,圆心角范围为 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。

改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法

技术领域

[0001] 本发明属于通风机性能测试技术领域,具体涉及改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法。

背景技术

[0002] 通风机作为工业生产中的重要设备,在电力、化工、农业、能源、冶炼、造纸以及环保等众多领域都有应用,是众多行业安全生产的关键设备,同时也是主要的能耗设备。通风机性能试验是风机设计、生产、检验中必不可少的一环,因此通风机性能试验的准确性尤为重要。

[0003] 目前,我国风机性能试验测试依据《GB/T 1236-2017/ISO 5801工业通风机用标准化风道性能试验》标准进行。其中C型试验装置为管道进口、自由出口,是目前较为常用的测试方法之一。该方法包括五种流量测量手段,分别为:采用锥形或者弧形进口测定流量、采用带有壁测孔的进口孔板测定流量、采用带有D和0.5D(D为管道直径)壁测孔的管道内孔板测定流量、采用毕托静压管横动法测定流量。

[0004] 毕托静压管横动法测定流量具有耐高温高压、安装简便、测量范围广、对介质管道截面的几何形状无要求、适用范围更广等优点。毕托静压管横动法测定流量过程中,需要通过进口节流装置进行截流以改变风机运行工况,进口节流装置对管道内的流场均匀性具有重要影响,进而影响流量的测试精度。然而,目前《GB/T 1236-2017/ISO 5801工业通风机用标准化风道性能试验》中缺乏进口节流装置的设计方法。针对国标中进口节流装置设计方法缺失的问题,提出一种改善试验测量截面流场均匀性的进口节流装置设计方法,以提高流量测试的准确性,对风机性能的准确评估具有重要意义。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法,解决了现有风机性能试验中进口管道试验测量截面流场不均匀的问题。

[0006] 本发明所采用的技术方案是,改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法,具体按照以下步骤实施:

[0007] 步骤1、建立改型进口节流装置的几何模型,改型进口节流装置包括设置在管道进口处的节流锥型线段,进口处还设置有翻边圆弧线段,翻边圆弧线段与管道进口相切;管道上还设置有出口,管道内部设置有整流器,位于整流器与出口之间的管道上设置有流量测量截面;其中,管道内径为D;

[0008] 步骤2、对节流锥型线段及下游的风机进口管道进行数值模拟,并采用不均匀度M对节流锥型线段进行性能评价,选取M值最小的型线作为最优节流锥型段,进而得到最优结构参数。

[0009] 本发明的特点还在于,

[0010] 步骤1中,整流器的长度是管道内径的2倍,流量测量截面与出口之间的距离为D;

翻边圆弧线段的半径为0.25D。

[0011] 步骤1中,节流锥型线段采取三段圆弧进行设计组合,保证每段圆弧连接满足一节连续;三段圆弧分别为Arc1、Arc2和Arc3,Arc1、Arc2和Arc3的圆心位置分别为 $O_1(x_1, y_1)$ 、 $O_2(x_2, y_2)$ 、 $O_3(x_3, y_3)$,半径分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 ,圆心角分别为 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 ;

[0012] 三段圆弧的圆心取值范围分别为: $0 < x_1 < 2D, 0 < y_1 < 2D, 0 < x_2 < 1D, 0 < y_2 < 1D, 0 < x_3 < 1D, 0 < y_3 < 1D, 0.5D < x_1 + x_2 + x_3 < 2.5D, 0.5D < y_1 + y_2 + y_3 < 2.5D$;三段圆弧的半径范围为 $0.2D \sim 1.5D$,圆心角范围为 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。

[0013] 步骤2中,数值模拟时,通过流体力学软件ANSYS CFX对管道进口进行数值模拟,进口边界条件为总压,出口边界条件为质量流量,壁面设置为绝热无滑移边界,获得管道的压力云图、速度云图、流线图以及流量测量截面上的速度参数。

[0014] 步骤2中,采用不均匀度M对节流锥型线段进行性能评价,如式(1)所示:

$$[0015] \quad M = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{u_i - \bar{u}}{\bar{u}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1);$$

[0016] 式(1)中,n为流量测量截面上数据点的个数; $\bar{u}$ 为截面上的平均轴向速度; u_i 为各数据点处的轴向速度。

[0017] 本发明的有益效果是:本发明针对风机进口管道试验测量截面流场不均匀问题,通过对进口节流装置型线的设计与优化,消除了管道进口旋涡,使得气体更加均匀地进入风机管道,从而提升了试验测量截面的均匀性,减少流量测量误差,提高测量精度。因此,通过进口节流装置的改型设计提高风机性能试验测试装置内部流场均匀性,对风机性能的准确评估具有重要意义。

附图说明

[0018] 图1是原型进口节流装置示意图;

[0019] 图2是风机性能试验的改型进口节流装置示意图;

[0020] 图3是本发明方法中的改型进口节流装置的节流锥型线段示意图;

[0021] 图4是不同进口节流锥开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置的损失特性图;

[0022] 图5是不同进口节流锥开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置的流量测量截面速度不均匀度图;

[0023] 图6(a)是进口节流锥100%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置流量测量截面的压力云图(一);

[0024] 图6(b)是进口节流锥90%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置流量测量截面的压力云图(二);

[0025] 图6(c)是进口节流锥开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置流量测量截面的压力云图(三);

[0026] 图7(a)是进口节流锥100%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置流量测量截面的速度云图;(一);

[0027] 图7(b)是进口节流锥90%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置流量测

量截面的速度云图(二)；

[0028] 图7(c)是进口节流锥80%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置流量测量截面的速度云图(三)；

[0029] 图8(a)是进口节流锥100%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置的进口流线图(一)；

[0030] 图8(b)是进口节流锥90%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置的进口流线图(二)；

[0031] 图8(c)是进口节流锥80%开度下原型进口节流装置和改型进口节流装置的进口流线图(三)。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0033] 本发明改善风机性能试验内部流场均匀性的进口节流装置设计方法,具体按照以下步骤实施:

[0034] 步骤1、基于《GB/T 1236-2017/ISO 5801工业通风机用标准化风道性能试验》中C型试验装置的进口管道(图1),建立改型进口节流装置的几何模型,如图2所示,改型进口节流装置包括设置在管道进口处的节流锥型线段,进口处还设置有翻边圆弧线段,翻边圆弧线段与管道进口相切;

[0035] 设计管道翻边型线时,参照《GB/T 1236-2017/ISO 5801工业通风机用标准化风道性能试验》中标准设计管道的翻边型线,翻边为四分之一圆弧,圆弧的半径为 $0.25D$, D 为管道内径;

[0036] 管道上还设置有出口,管道内部设置有整流器,整流器的长度是管道内径的2倍,位于整流器与出口之间的管道上设置有流量测量截面,流量测量截面与出口之间的距离为 D ;整流器与节流锥型线段之间的最短间距为 $2D$;

[0037] 气体(从)径向进气,从进口进入管道流经节流锥型线段,经过星型整流器,流过测量截面,最后经过出口。

[0038] 如图3所示,节流锥型线段采取三段呈对称设置的圆弧进行设计组合,保证每段圆弧连接满足一阶连续;

[0039] 三段圆弧分别为Arc1、Arc2和Arc3组成,如图3所示,Arc1、Arc2和Arc3的圆心位置分别为 $O_1(x_1, y_1)$ 、 $O_2(x_2, y_2)$ 、 $O_3(x_3, y_3)$,半径分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 ,圆心角分别为 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 ;

[0040] 三段圆弧的圆心取值范围分别为: $0 < x_1 < 2D$, $0 < y_1 < 2D$, $0 < x_2 < 1D$, $0 < y_2 < 1D$, $0 < x_3 < 1D$, $0 < y_3 < 1D$, $0.5D < x_1 + x_2 + x_3 < 2.5D$, $0.5D < y_1 + y_2 + y_3 < 2.5D$;

[0041] 三段圆弧的半径范围为 $0.2D \sim 1.5D$,圆心角范围为 $30^\circ \sim 60^\circ$;

[0042] 节流锥型线段距管道进口距离为 L , L 可调。定义节流锥开度100%开度 $L = L_{A0}$ ($L_{A0} = 0.75D$),改型管道节流锥90%开度 $L_A = 0.9L_{A0}$,节流锥80%开度 $L = 0.8L_{A0}$;改型管道节流锥100%开度 $L_B = L_{B0}$ ($L_{B0} = 0.5D$),改型管道节流锥90%开度 $L_B = 0.9L_{B0}$,改型管道节流锥80%开度 $L_B = 0.8L_{B0}$;

[0043] 步骤2、对节流锥型线段及下游风机进口管道进行数值模拟,并采用流量测量截面的不均匀度 M 对节流锥型线段的性能进行评价,选取 M 值最小的型线作为最优节流锥型段,

进而得到最优结构参数;

[0044] 数值模拟时,通过流体力学软件ANSYS CFX对风机进口管道进行数值模拟,进口边界条件为总压,出口边界条件为质量流量,壁面设置为绝热无滑移边界,获得管道的压力云图、速度云图、流线图以及流量测量截面上的速度参数。

[0045] 采用不均匀度对节流锥型线段的性能进行评价,不均匀度依据相对标准偏差概念来定义,如式(1)所示:

$$[0046] \quad M = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{u_i - \bar{u}}{\bar{u}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1);$$

[0047] 式(1)中,n为流量测量截面上数据点的个数; $\bar{u}$ 为截面上的平均轴向速度; u_i 为各数据点处的轴向速度。

[0048] 确定的最优结构参数如表1所示;

[0049] 表1进口节流锥的最优结构参数

[0050]

	圆心	半径	圆心角
Arc1	(1.06D, 1.3D)	1.2D	43°
Arc2	(0.54D, 0.2096D)	0.4D	37°
Arc3	(0.7372D, 0)	0.1154D	45°

[0051] 实施例

[0052] 本实施例以《GB/T 1236-2017/ISO 5801工业通风机用标准化风道性能试验》中C型试验装置标准管道为例,管道直径0.78m,通过ANSYS CFX软件对风机进口管道进行数值模拟,对进口节流锥型线进行优化设计得到最优参数,针对装有原型节流装置的管道以及装有本发明的改型进口节流装置的管道,在三种开度下对比分析了两者的流场分布、损失特性和测量截面的不均匀度。

[0053] 原型节流装置由进口和直锥构成,节流装置、整流器、流量测量截面构成风机进口管道,管道内径为D,如图1所示;

[0054] 对进口节流锥进行优选设计,设计结果如表2所示。

[0055] 表2实施例中进口节流锥的最优结构参数(单位:mm)

[0056]

	圆心	半径	圆心角
Arc1	(826.8, 1014)	936	43°
Arc2	(421.2, 163.5)	312	37°
Arc3	(575, 0)	90	45°

[0057] 图4给出了三种进口节流锥开度下原型节流装置和本发明的改型进口节流装置损失特性。由图4可知,本发明的改型进口节流装置管道损失明显降低,并且随着进口节流锥开度减小,管道损失也在减小。100%开度时,本发明的改型进口节流装置较原型节流装置的损失减小了78.78%;90%开度时,本发明的改型进口节流装置较原型节流装置的损失减小了79.8%;80%开度时,本发明的改型进口节流装置较原型节流装置的损失减小了81.01%。

[0058] 图5给出了三种进口节流锥开度下原型节流装置和本发明的改型进口节流装置的

不均匀度特性图。由图可知,本发明的改型进口节流装置流量测量截面速度的不均匀度明显降低,并且随着进口节流锥开度减小,不均匀度呈小幅度降低。100%开度时,本发明的改型进口节流装置较原型节流装置的不均匀度减小了39.36%;90%开度时,本发明的改型进口节流装置较原型节流装置的不均匀度减小了40.21%;80%开度时,本发明的改型进口节流装置较原型节流装置的不均匀度减小了40.57%。

[0059] 图6(a)、图6(b)、图6(c)给出了三种进口节流锥开度下原型节流装置和本发明的改型进口节流装置流量测量截面的压力云图。由图可知,原型节流装置流量测量截面靠近壁面存在较大低压区,中间又存在高压区,分布不均匀;本发明的改型进口节流装置的流量测量截面压力更加均匀,没有大面积的低压区存在。

[0060] 图7(a)、图7(b)、图7(c)给出了三种进口节流锥开度下原型节流装置和本发明的改型进口节流装置流量测量截面的速度云图。由图可知,原型节流装置管道流量测量截面靠近壁面存在较大低速区,中间又存在高速区,分布不均匀;本发明的改型进口节流装置管道流量测量截面整体速度分布较为均匀,并且没有大面积低速的存在。

[0061] 图8(a)、图8(b)、图8(c)给出了三种进口节流锥开度下原型节流装置和本发明的改型进口节流装置的进口流线图。由图可知,原型节流装置进口存在大量旋涡;本发明的改型进口节流装置进口流线分布明显均匀,消除了原型节流装置进口的旋涡。

[0062] 本发明的用于风机性能试验测试的进口节流装置设计方法,该方法原理简单,解决了风机进口管道流量测量截面流场的不均匀问题,改善风机内部的流动状态,进而减少测量误差,提高实验准确性。因此,该结构能够作为改善风机进口管道流场均匀的一种设计思路。用于改善风机实验测试装置内部流场均匀性的进口节流装置设计方法整体上符合离心风机管道设计要求,并能够有效减少具体实施的难度,因此该设计方法具有广阔的应用前景。

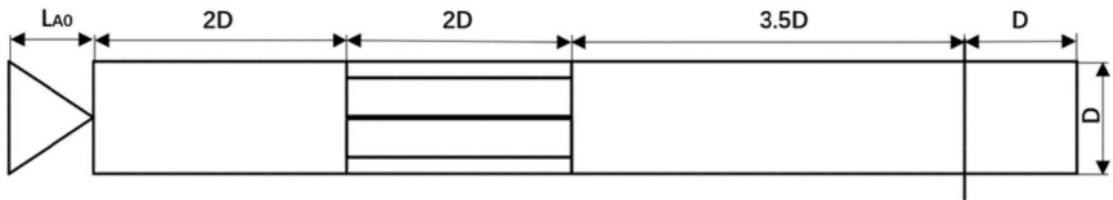


图1

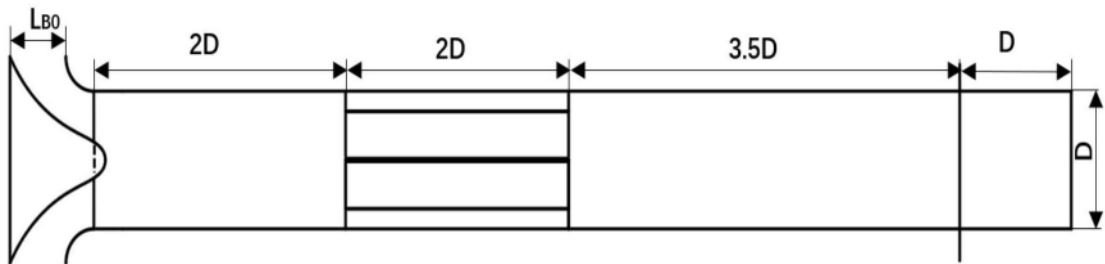


图2

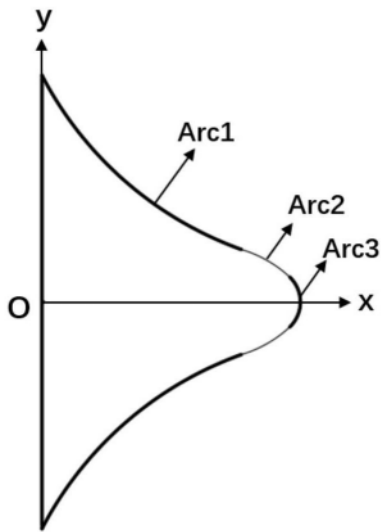


图3

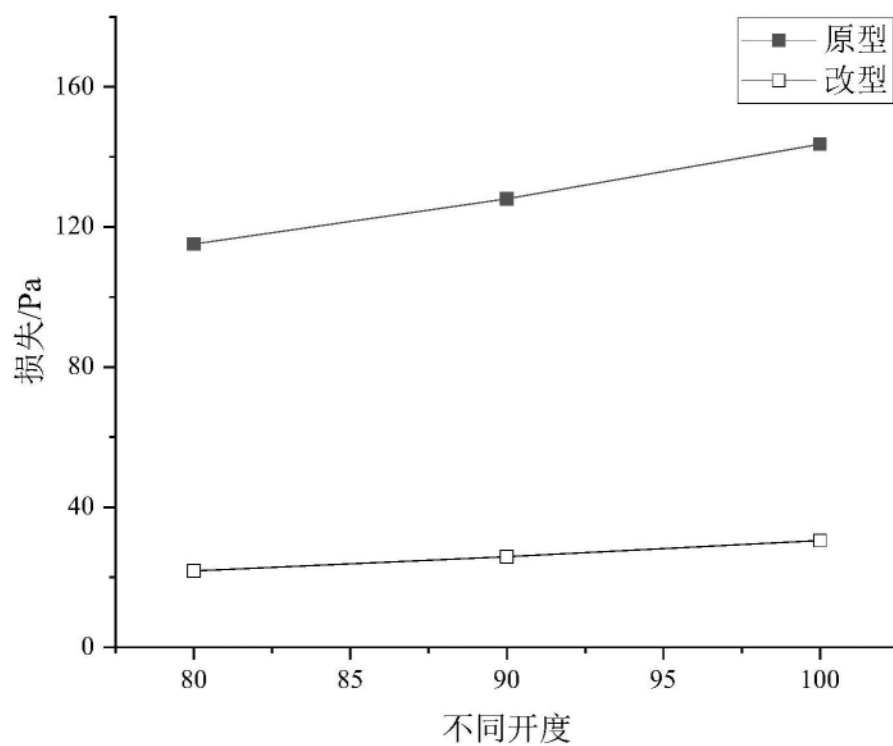


图4

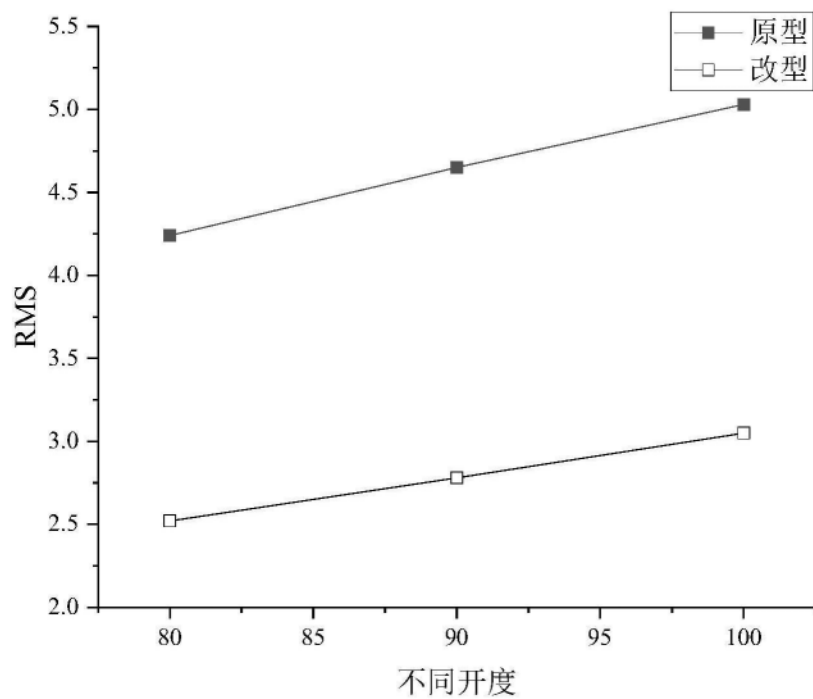


图5

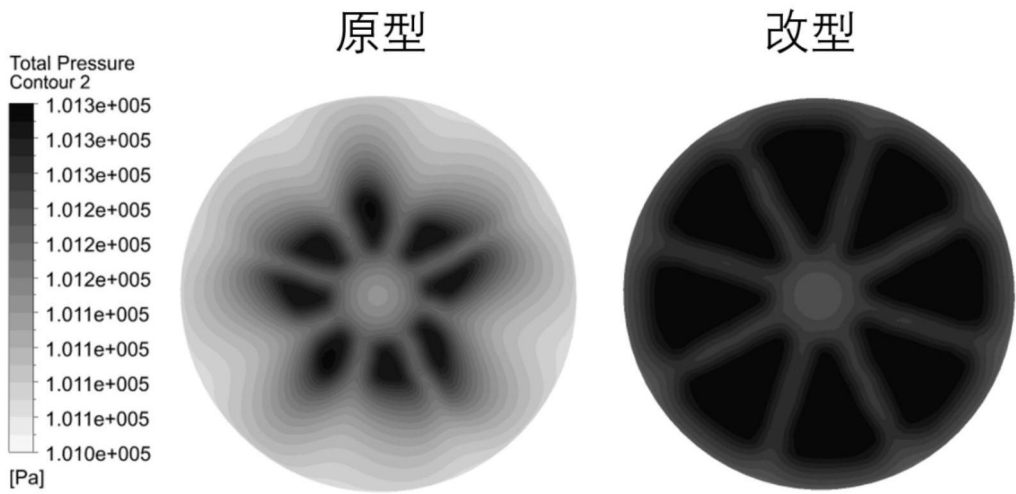


图6 (a)

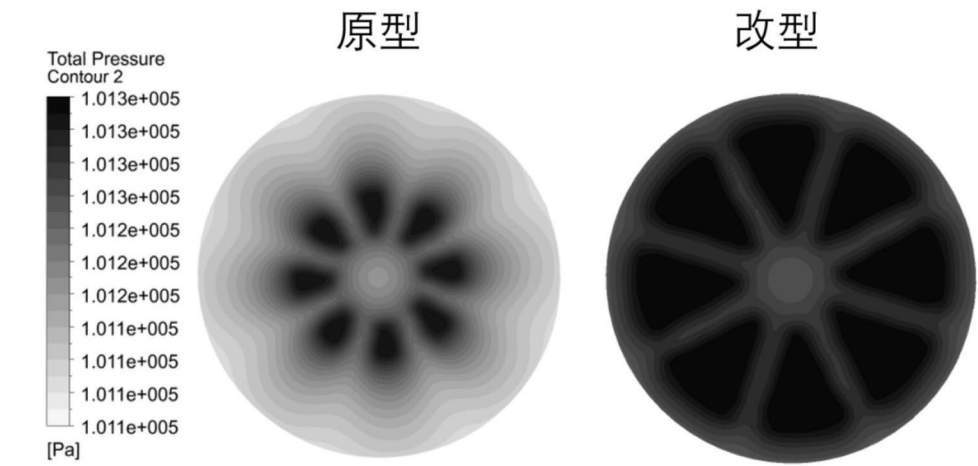


图6 (b)

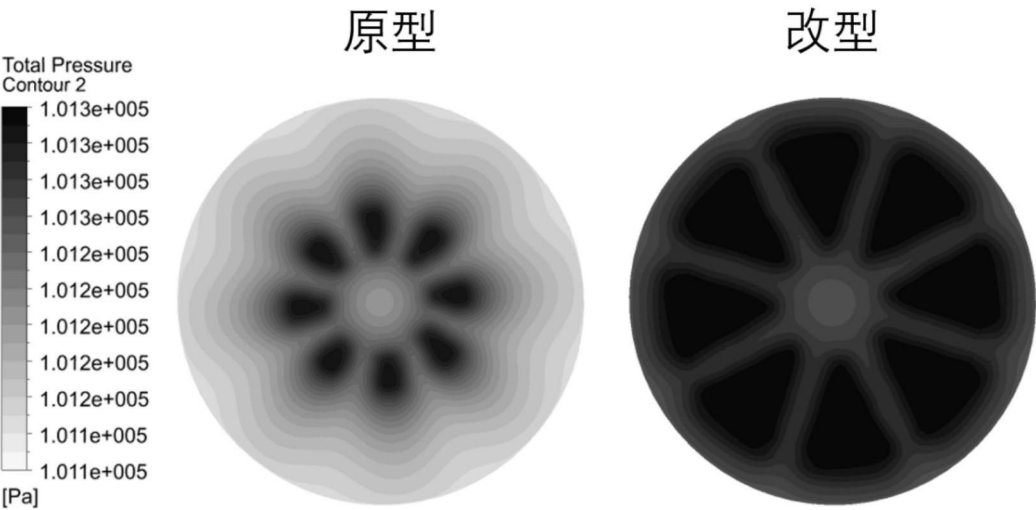


图6(c)

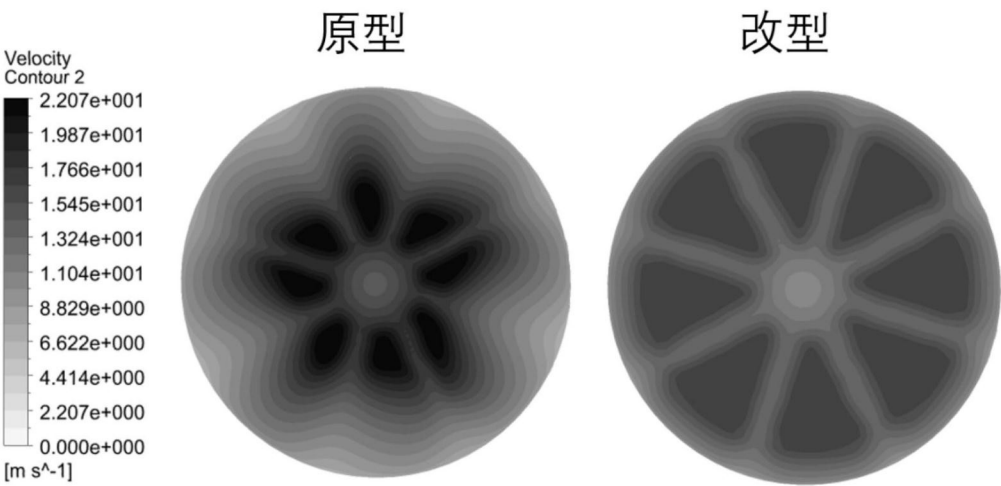


图7(a)

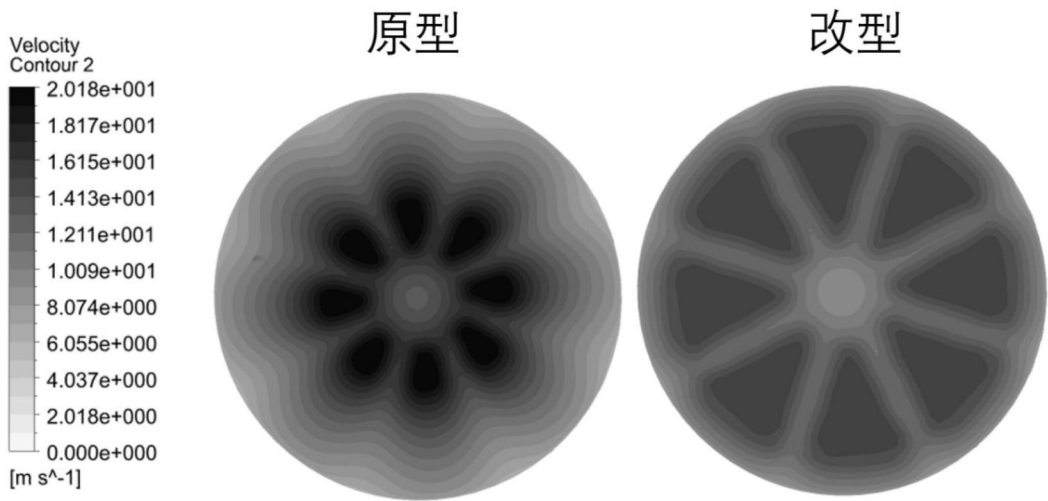


图7(b)

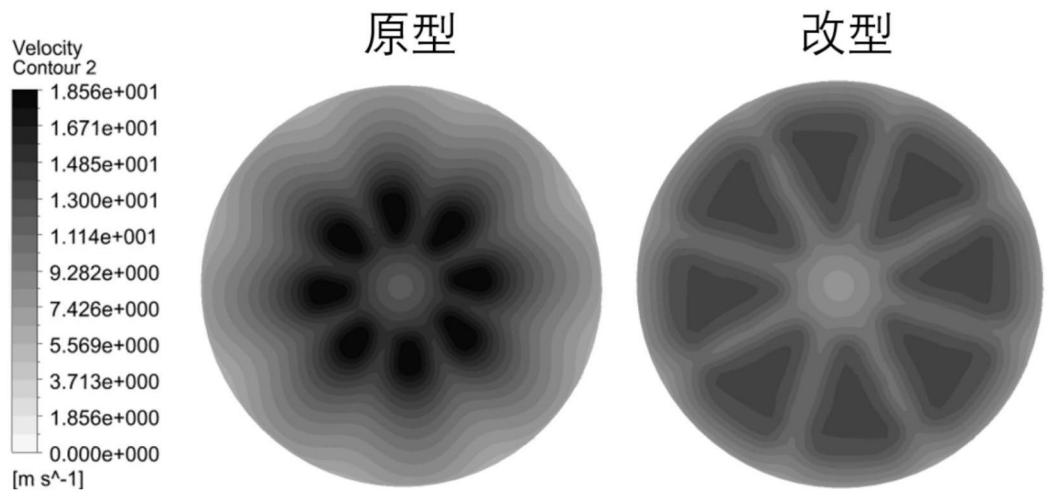


图7(c)

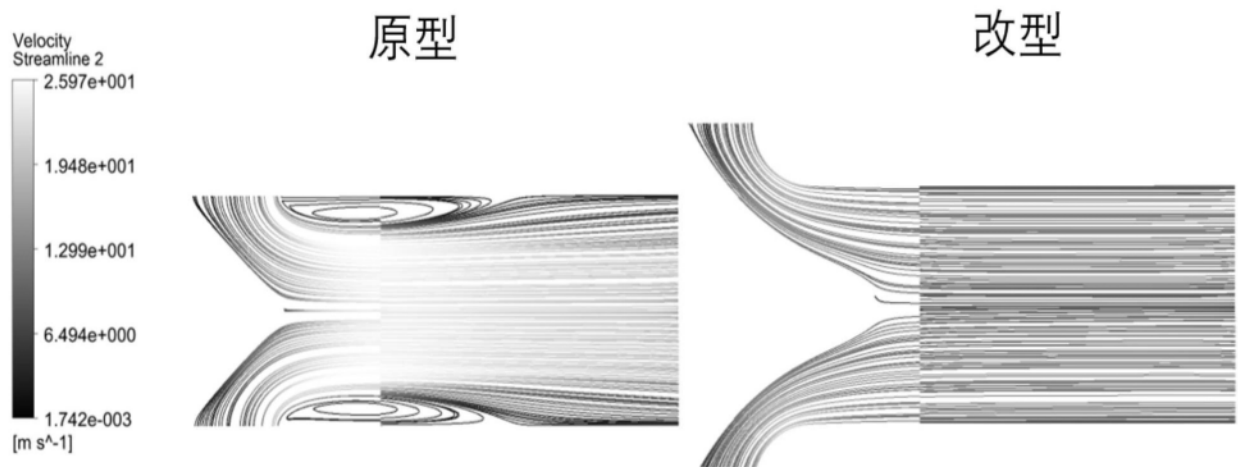


图8(a)

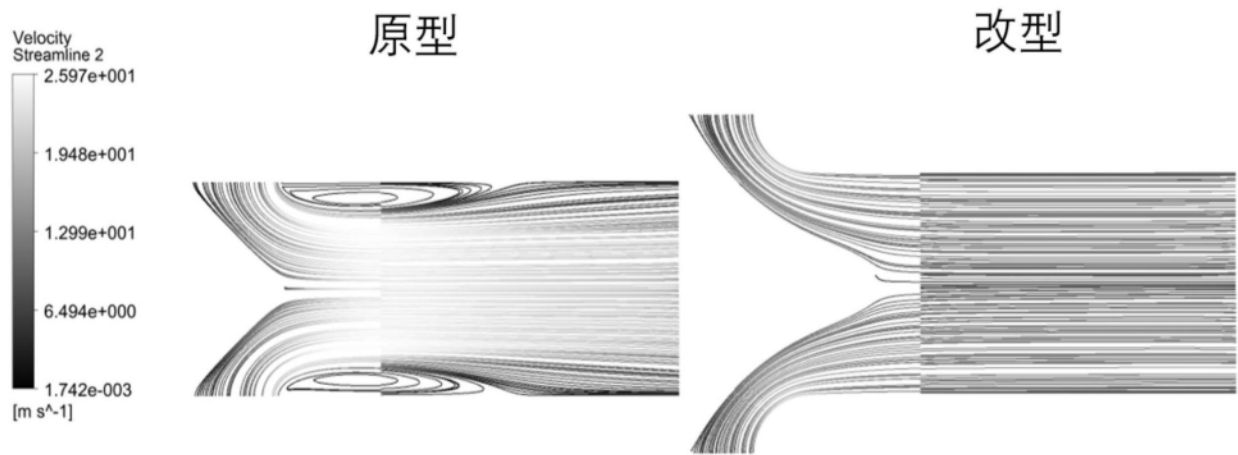


图8(b)

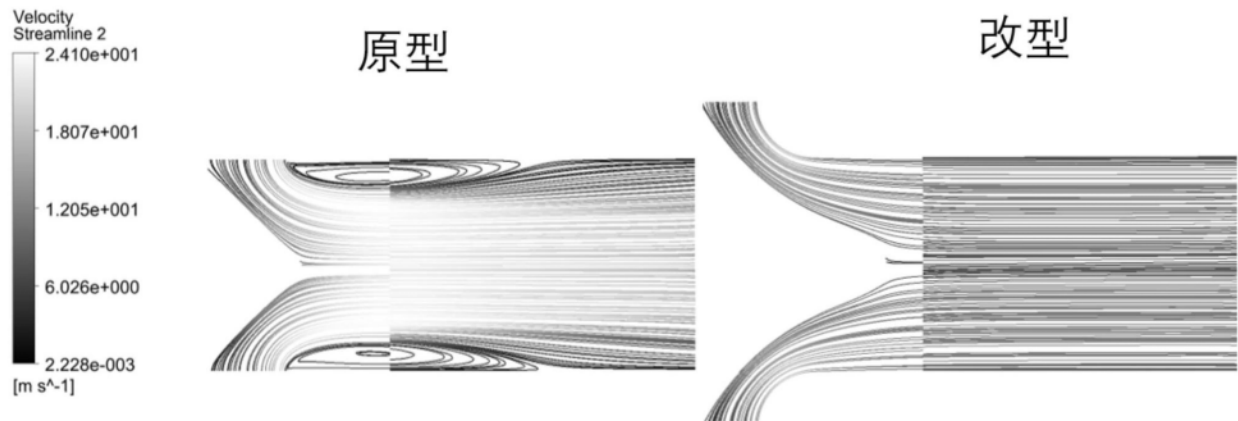


图8(c)