



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105115347 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201510448055.3

(56)对比文件

(22)申请日 2015.07.27

US 4352378 A, 1982.10.05, 说明书第3栏第55行-第4栏第50行及图1-10.

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 101532797 A, 2009.09.16, 全文.

申请公布号 CN 105115347 A

CN 101435673 A, 2009.05.20, 说明书第2页第3段、第6段、说明书第4页第1段、第5页第1段及图1-2.

(43)申请公布日 2015.12.02

CN 103217054 A, 2013.07.24, 全文.

(73)专利权人 华中科技大学

CN 101893404 A, 2010.11.24, 全文.

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

CN 102494552 A, 2012.06.13, 全文.

(72)发明人 刘志春 李鹏霄 刘伟 杨金国

WO 2012/161949 A1, 2012.11.29, 全文.

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

审查员 李美宝

42201

代理人 梁鹏

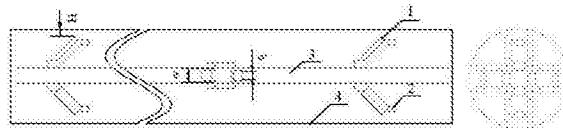
(51)Int.Cl.

权利要求书1页 说明书4页 附图6页

F28F 13/06(2006.01)

(54)发明名称

一种换热管内的引流式插入装置



(57)摘要

本发明公开了一种换热管内的引流式插入装置，其包括插入物单元和支撑杆，该插入物单元包括引流段和两个水平流道，所述引流段倾斜设置，所述两个水平流道沿水平方向分别设置于所述引流段的上下两端，以形成阶梯状结构；该支撑杆沿着换热管的轴向布置，所述插入物单元通过所述一水平流道安装在所述支撑杆上，其中，所述插入物单元与所述换热管管壁之间的间距为H， $0 < H \leq 0.15D$ ，D为所述换热管的内径。本发明的插入物单元在一定的排布方式下通过扰流作用产生纵向涡，在增加换热的同时、又不过分增大阻力，本发明是一种集引流、扰流、产生纵向涡功能于一体的新型插入装置，具有良好的强化传热能力。

B

CN 105115347 B

CN

1. 一种换热管内的引流式插入装置，其特征在于，包括支撑杆(3)和多个插入物单元，其中：

该支撑杆(3)设于换热管的内部，并沿着所述换热管的轴向布置；

该插入物单元包括引流段(1)和两个水平流道(2)，所述引流段(1)为立体结构且倾斜设置，所述两个水平流道(2)沿水平方向分别设置于所述引流段(1)的上下两端，并与所述引流段(1)的夹角均为钝角，以此通过所述引流段(1)将换热管内核心流区域的流体引导到换热管壁面附近，通过水平流道(2)将引导过来的流体约束在管壁附近冲刷，从而增强换热；所述插入物单元通过一水平流道(2)焊接在所述支撑杆(3)上；所述插入物单元与所述换热管管壁之间的间距为H，其中， $0 < H \leq 0.15D$ ，D为所述换热管的内径。

2. 如权利要求1所述的一种换热管内的引流式插入装置，其特征在于，所述插入物单元为24个，每两个所述插入物单元对称设置在所述支撑杆(3)的两侧以形成一组扰流单元，每组所述扰流单元沿着所述支撑杆(3)以顺排方式排布。

3. 如权利要求1所述的一种换热管内的引流式插入装置，其特征在于，所述插入物单元为24个，每两个所述插入物单元对称设置在所述支撑杆(3)的两侧以形成一组扰流单元，每组所述扰流单元沿着所述支撑杆(3)以叉排方式排布。

4. 如权利要求1-3任一项所述的一种换热管内的引流式插入装置，其特征在于，所述引流段(1)的截面形状为矩形、半圆形或圆形。

5. 如权利要求4所述的一种换热管内的引流式插入装置，其特征在于，所述引流段(1)的倾斜角度为45°。

6. 如权利要求5所述的一种换热管内的引流式插入装置，其特征在于，所述水平流道(2)的截面形状为矩形或圆弧形。

一种换热管内的引流式插入装置

技术领域

[0001] 本发明属于换热管扰流技术与装置领域,更具体地,涉及一种换热管内的引流式插入装置。

背景技术

[0002] 管程强化传热技术一般有以下两种:一种是基于表面的强化传热技术,比如螺旋槽管、缩放管、波纹管等常见的异型管,它们是通过不同的表面结构对管壁附近流体进行扰动,并破坏边界层的发展,达到强化传热的目的。另一种是基于流体的强化传热技术,比如扭带、涡杆、螺旋线圈等常见的管内插入物,它们是通过自身对流体区域进行扰动,使得流体区域温度尽量均匀达到强化传热的目的。后者对边界层的扰动会弱于前者,因此压力损失会小一些,从而会有更好的强化传热综合性能。

[0003] 传统的插入物的设计一般是基于以下的思路:造成强烈扰动的同时,阻力不会过分增大。扰动的根本目的是使管内温度更加均匀,从而达到强化换热的目的,但是插入物在大幅提高换热能力的同时,付出的代价是造成了较大的沿程压降。因而强化传热的综合性能受到了限制,同时,有的插入物在理论方面具有较高的强化换热能力,但是在实际中难以加工、支撑,因而应用范围受到了限制。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种换热管内的引流式插入装置,其中基于对扰流目的的考虑,在传统插入物的基础上,提出通过引流方式,更加直观地促进不同温度流体之间的混合,从而使换热管获得更加理想的换热能力,同时,该新型插入装置易于加工,并且容易焊接在支撑杆上,在实际中更容易得到应用。

[0005] 为实现上述目的,本发明提出了一种换热管内的引流式插入装置,其特征在于,包括支撑杆和多个插入物单元,其中:

[0006] 该支撑杆设于换热管的内部,并沿着所述换热管的轴向布置;

[0007] 该插入物单元包括引流段和两个水平流道,所述引流段倾斜设置,所述两个水平流道沿水平方向分别设置于所述引流段的上下两端,并与所述引流段的夹角均为钝角;所述插入物单元通过所述一水平流道焊接在所述支撑杆上;所述插入物单元与所述换热管管壁之间的间距为H,其中, $0 < H \leq 0.15D$,D为所述换热管的内径。

[0008] 作为进一步优选的,所述插入物单元为24个,每两个所述插入物单元对称设置在所述支撑杆的两侧以形成一组扰流单元,每组所述扰流单元沿着所述支撑杆以顺排方式分布。

[0009] 作为进一步优选的,所述插入物单元为24个,每两个所述插入物单元对称设置在所述支撑杆的两侧以形成一组扰流单元,每组所述扰流单元沿着所述支撑杆以叉排方式分布。

[0010] 作为进一步优选的,所述引流段的截面形状为矩形、半圆形或圆形。

- [0011] 作为进一步优选的,所述引流段的倾斜角度优选为45°。
- [0012] 作为进一步优选的,所述水平流道的截面形状为矩形或圆弧形。
- [0013] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,主要具备以下的技术优点:
- [0014] 1. 本发明将每个插入物单元设计成由引流段与水平流道组成,其中引流段将核心流区域的流体引导到壁面附近,水平流道将引导过来的流体约束在管壁附近冲刷,从而增强换热。插入物单元通过支撑杆固定,不与换热管的壁面接触,从而减小了对壁面速度边界层的扰动,流动阻力不会过分增大,传热得到了明显的提升。
- [0015] 2. 本发明与传统的插入物相比(比如扭带),与流体接触面积更小,流动阻力小,同时,本发明还能够在叉排排布方式下形成纵向涡,以使其具有增强换热能力的同时,不使阻力过分增大的良好流动结构。

附图说明

- [0016] 图1(a)是本发明插入物单元叉排排布方式示意图;
- [0017] 图1(b)是本发明插入物单元顺排排布方式示意图;
- [0018] 图1(c)是本发明插入物引流段结构示意图;
- [0019] 图2是叉排与顺排排布方式下不同截面的温度分布图;
- [0020] 图3为叉排排布方式在截面z=18mm的速度矢量图;
- [0021] 图4为顺排排布方式在截面z=18mm的速度矢量图;
- [0022] 图5为叉排排布方式在截面z=18mm处的纵向涡;
- [0023] 图6为叉排排布方式在截面z=18mm处的温度分布图;
- [0024] 图7为光管以及不同排布方式的换热系数Nu随Re的变化;
- [0025] 图8为光管以及不同排布方式的阻力系数f随Re的变化;
- [0026] 图9为不同排布方式的强化传热综合性能评价指标PEC随Re的变化。

具体实施方式

- [0027] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。
- [0028] 本发明提出了一种换热管内的引流式插入装置,该引流式插入装置安装于换热管4内,其包括插入物单元和支撑杆3,其中:该插入物单元包括引流段1和两个水平流道2,所述引流段1倾斜设置,所述两个水平流道2沿水平方向分别设置于所述引流段1的上下两端,并与所述引流段的夹角为钝角;该支撑杆3沿着换热管的轴向布置,其用来焊接插入物单元和支撑,所述插入物单元通过所述一水平流道2焊接在所述支撑杆3上,其中,插入物单元中的引流段的最高点与所述换热管管壁之间的间距为H,合适的H能够避免引流段太靠近壁面而造成阻力过分增大,同时可以保证水平流道约束流体对壁面进行强烈冲刷,太大的H会使得水平流道离壁面太远,流体对壁面的冲刷作用不够强烈,进而影响换热能力的提高,本发明根据试验发现,当 $0 < H \leq 0.15D$ 时(D为所述换热管的内径),其换热能力较好。

[0029] 上述引流段的形式可以是槽或者管,其尺寸、截面形状可以多样化,倾斜角度也可以变化,截面形状可以为矩形、半圆、圆或其他优化形状。水平流道的形状与尺寸也可以根据具体的换热管进行优化,可以为矩形、扇形等等,其截面形状为矩形或圆弧形等等。对于槽、管、或者水平流道的等效或者修改也将被视为与本发明的原理一致。所述插入物单元为多个,其根据换热能力的要求、工作工况、排布节距和换热管的长度选择合适的排布的数量以及排布方式沿着所述支撑杆3安装,插入物单元可以以顺排、叉排、或者其他方式排布在支撑杆上,并且每个节距上可以布置一个、两个或者多个插入物单元。

[0030] 下面将通过一个计算实例来更加详细地描述、展示本发明,但是实例仅仅是说明性作用,本发明具体的实施方案不受该实例的限制。

[0031] 实施例:

[0032] 本实施例采用换热管内径18mm、长度500mm的圆管,在进口处给定达到充分发展的入口速度和入口温度的边界条件,壁面给定 2000W/m^2 的定热流条件,出口为自由出流,插入装置表面绝热,水平流道与管壁的距离为2mm。采用如图1所示的插入装置模型,每两个插入物单元对称设置在所述支撑杆3的两侧以形成一组扰流单元,每两组扰流单元之间的节距 $p=30\text{mm}$,根据排布节距和换热管的长度,共设置有12组扰流单元,共24个插入物单元,然而每组扰流单元也可以布置一个或者两个以上插入物单元,其可根据实际的需要进行选择与限定,其中扰流单元布置的数量增多,会提高换热能力,但是也会造成阻力适当增大。每组扰流单元设置在每个节距上,选择排布节距为30mm能够在前一组扰流单元产生壁面冲刷作用及纵向涡衰退后,让流体进入下一组扰流单元,使得扰动和冲刷又继续恢复,扰流换热效果好。插入物单元的引流段部分采用矩形斜槽,引流长度 $l=5.6\text{mm}$,高 $h=1\text{mm}$,槽宽 $w=3\text{mm}$,倾斜角度 $x=45^\circ$;本实例采用矩形的水平流道,水平流道的尺寸 $a=b=2\text{mm}$ 。插入装置的材料厚度为1mm,扰流单元内的插入物单元根据顺排、叉排的排布方式焊在截面 $3*3\text{mm}$ 的方形支撑杆3上。

[0033] 图2是对叉排、顺排排布方式在不同轴向截面上温度场的比较。从图中可见,叉排能够更快使得温度更加均匀。本实施例模型沿换热管轴向的位置参数z的起始点为-50mm,在图中可以观察到 $z=82\text{mm}$ 时,叉排模型在壁面处不存在高温区,因为该分布形式能够更快的对近壁处的高温热边界层扰动,进而使其逐渐消失;故温度比顺排模型均匀,热边界层更薄,而顺排形式在近壁处有两块高温区,消失的比较慢,根据核心流强化传热理论可知,叉排模型的换热会更好。

[0034] 图3、图4是叉排、顺排排布方式在截面 $z=18\text{mm}$ 的速度矢量图。图3、图4说明引流式插入装置能够使流体在引流段的引流作用下,在截面方向上的分速度很大,使流体对壁面产生强烈的冲刷。由图2的温度场图可见,在受到冲刷的两块壁面区域,流体温度比较低,温度梯度更大,换热性能好。同时通过比较两种排布方式可见,叉排还可以在垂直于插入物引流方向上形成多对纵向涡,在这多对纵向涡的扰动下,纵向涡区域的边界层受到扰动,热边界层薄,换热能力好。而顺排方式在垂直于引流方向上并无形成很强的纵向涡,因而在没有插入物的区域局部换热能力不如叉排方式,管内温度不如叉排方式均匀。

[0035] 图5、图6分别显示了叉排方式在截面 $z=18\text{mm}$ 处的纵向涡和温度场。正如上述分析,叉排能形成明显的多对纵向涡,而图6更清晰地表明在壁面处有多对强度高的纵向涡,在它们的作用下,这些区域的温度更均匀,换热能力提高。

[0036] 本实例的换热与阻力特性计算结果如图7~9所示。图7可见,不论什么排布方式,引流式插入物均能大幅提高换热管的换热能力,Nu均随着雷诺数Re增大而增大。通过比较,叉排的换热能力比顺排的提高了24.2%-37.1%,是光管换热能力的4.22-4.87倍。图8说明在叉排比顺排换热提高了24.2%-37.1%的情况下,阻力只提高了6.2%-11.1%。图9所示,叉排的PEC会比顺排的PEC大25.1%-32.9%,说明引流式插入物用叉排排布方式能够取得更好的综合性能。叉排排布方式的PEC在模拟雷诺数下能达到1.96-2.09,说明引流式插入装置在层流工况下能有效地提升换热管的综合性能。

[0037] 总体而言,本发明集引流、扰流、产生纵向涡功能于一体,而传统的管内插入物只靠其中的一点或者两点来强化传热,该新型引流式插入装置使得管内流动与传热具有以下特征:在引流段的作用下,核心流的流体被引导到壁面,两股不同温度的流体混合,增加了换热量;在引流段末端,流体速度很大,并且在水平流道的约束下,该部分的壁面受到流体的强烈冲刷,边界层遭到破坏,局部换热能力提高;在引流段的扰流下,形成纵向涡,纵向涡使得涡所在区域的流体温度更均匀,壁面处温度梯度变大,局部换热能力提高。

[0038] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

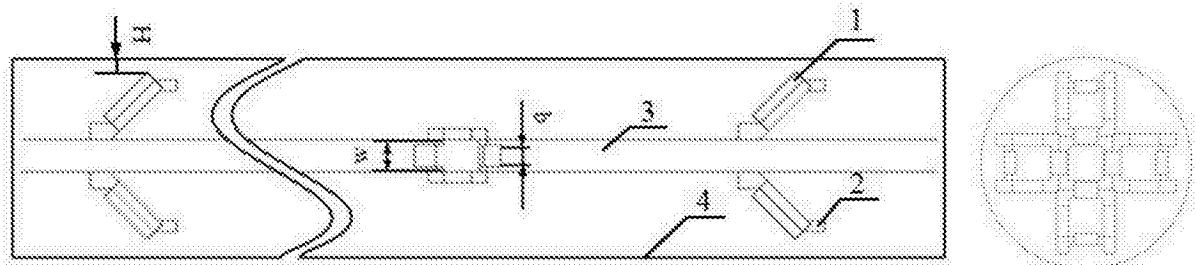


图1 (a)

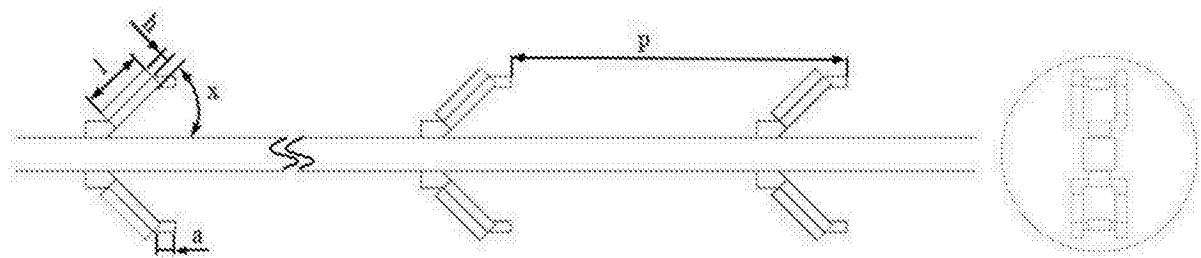


图1 (b)

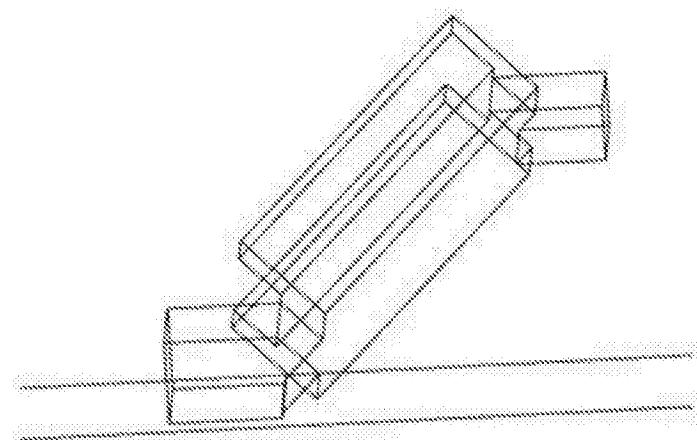


图1 (c)

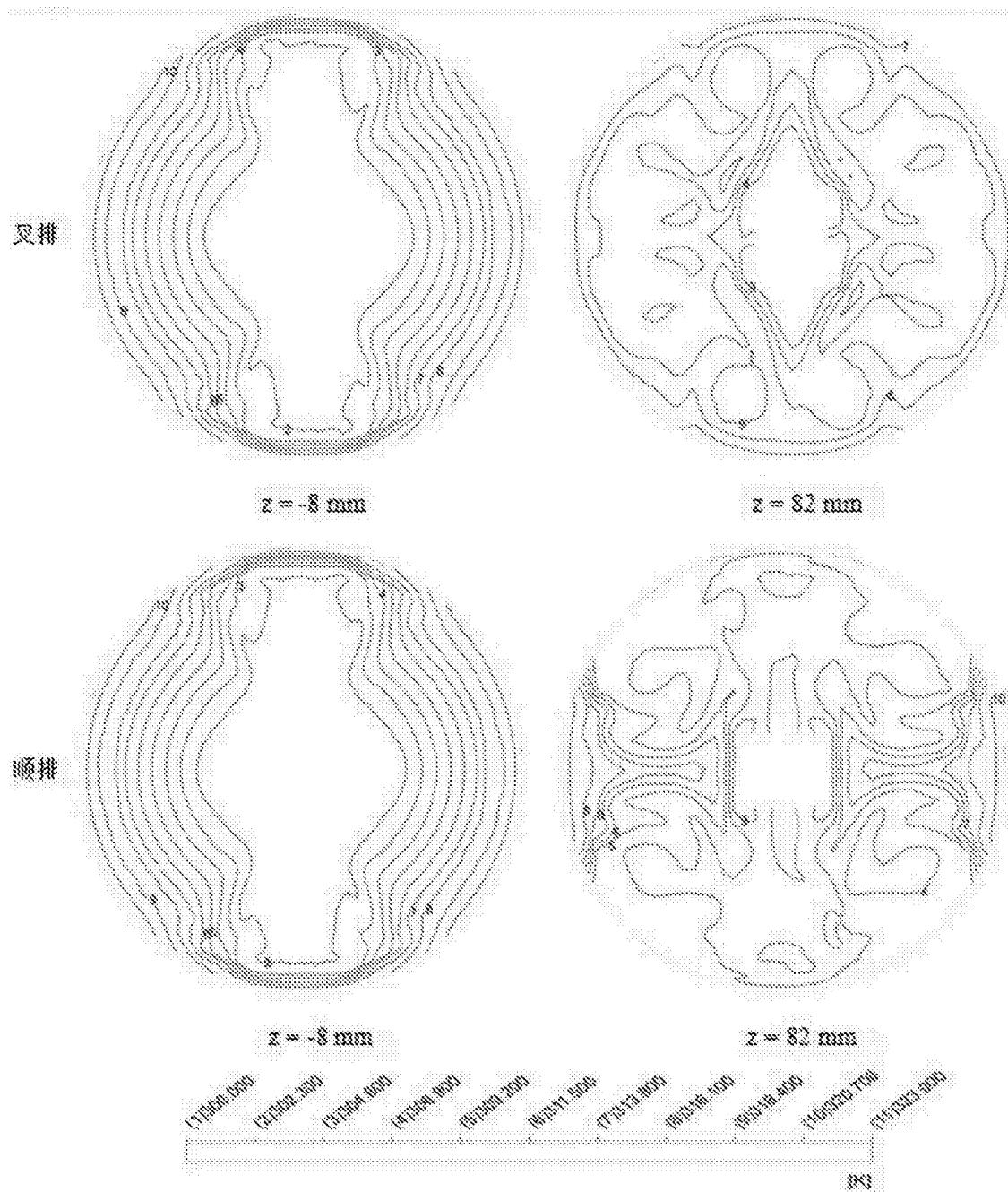


图2

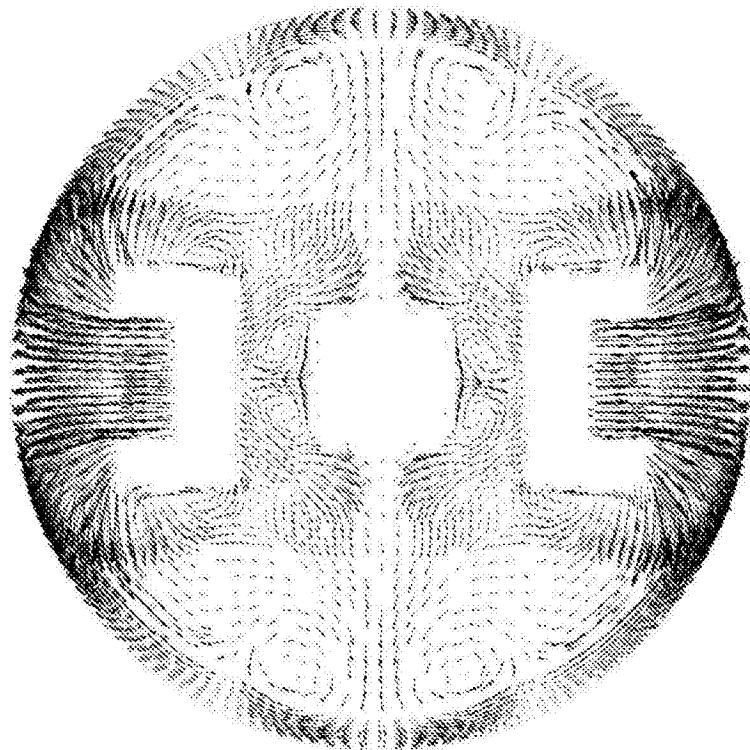


图3

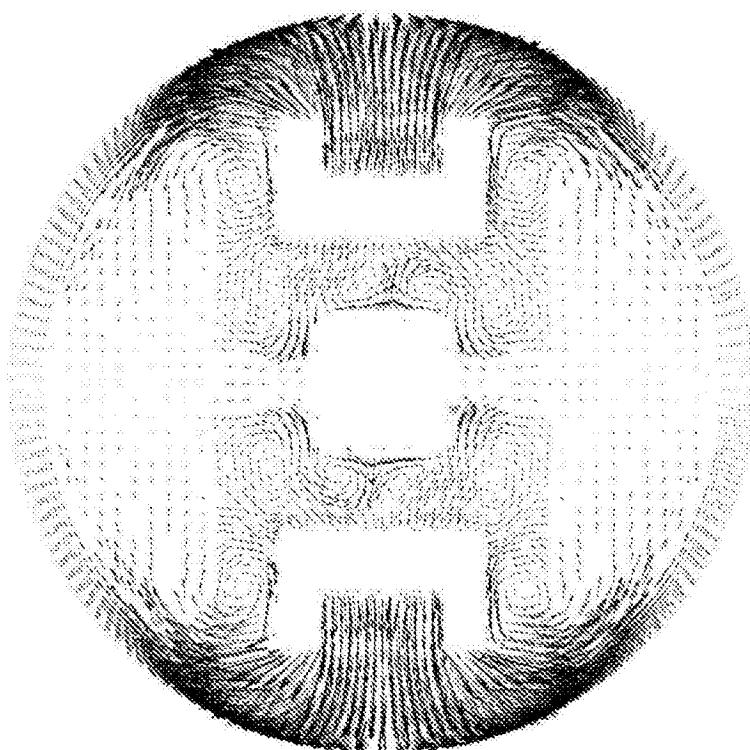


图4

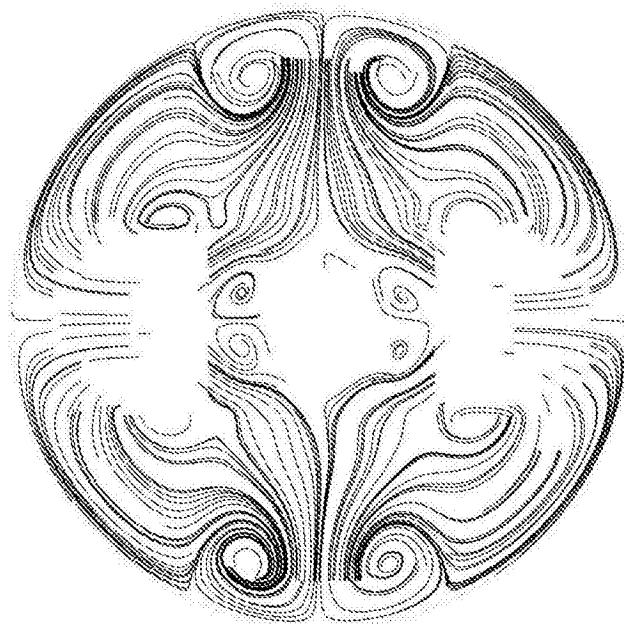


图5

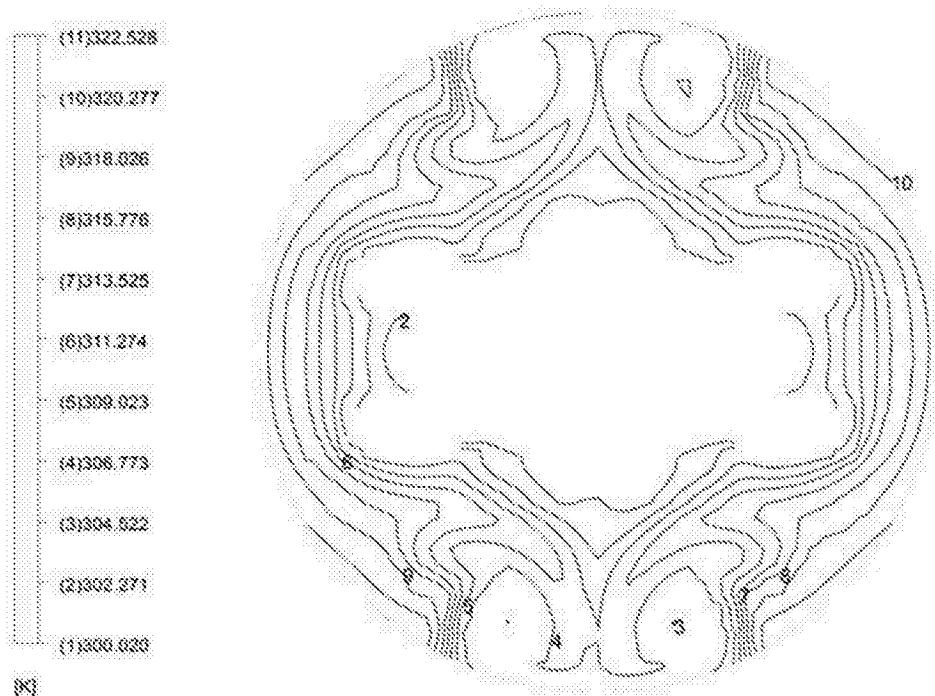


图6

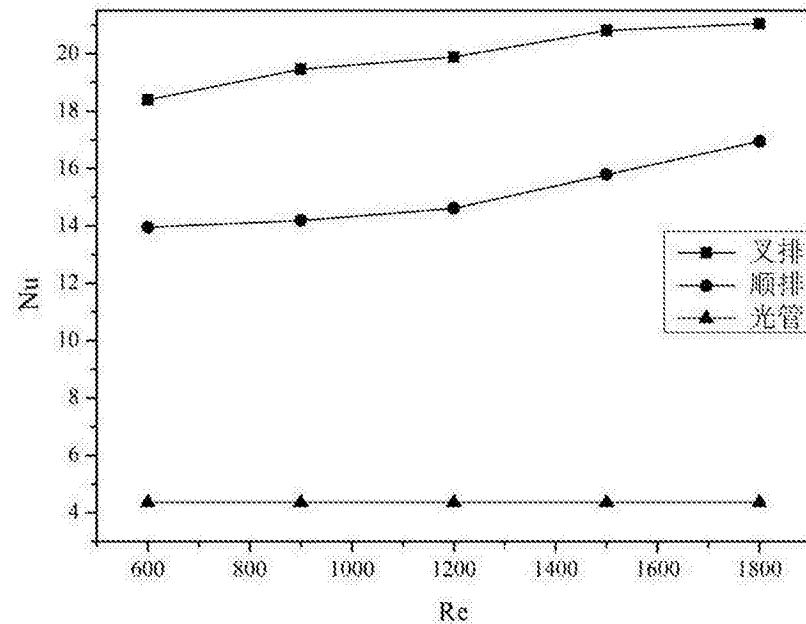


图7

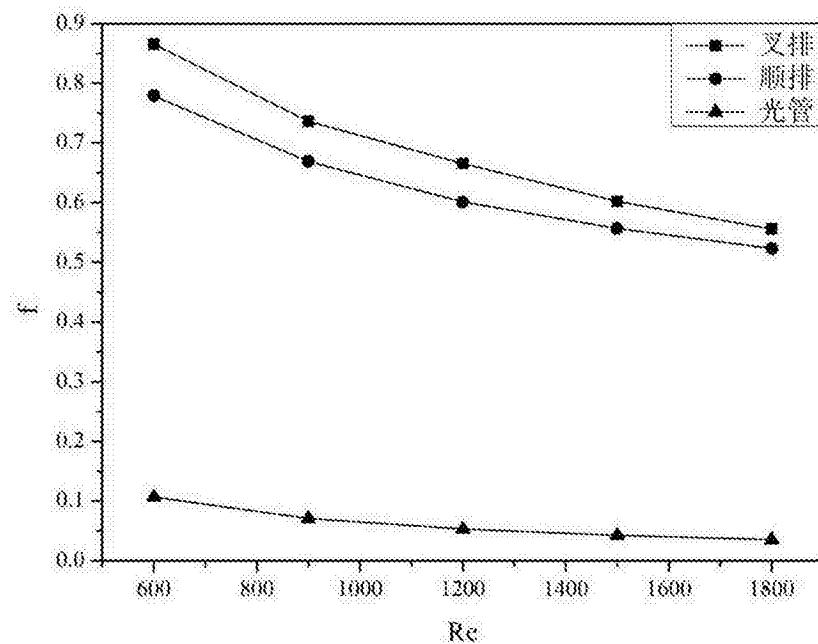


图8

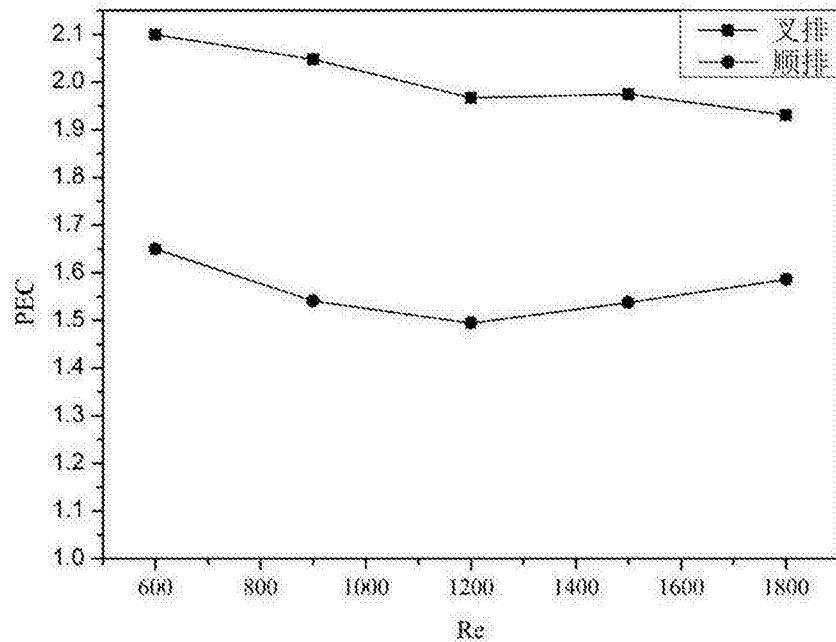


图9