

# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102252540 B

(45) 授权公告日 2013. 02. 27

(21) 申请号 201110242713. 5

(22) 申请日 2011. 08. 23

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 陈永平 杨立波 张程宾 施明恒

(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 张惠忠

(51) Int. Cl.

F28D 7/16 (2006. 01)

F28F 13/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202304505 U, 2012. 07. 04, 权利要求 1-4.

审查员 张旭

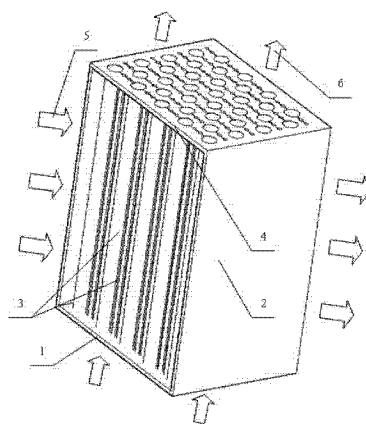
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

## (54) 发明名称

康托集分形结构式换热器

## (57) 摘要

本发明公开了一种康托集分形结构式换热器,包括换热管束、壳体和管板,所述的管板位于壳体的两侧,所述的换热管束的两端固定于管板上,并穿过所述的管板,所述的换热管束为至少一组直径大小满足康托集分形结构特征的平行管束。本发明充分利用了壳体空间来最大限度地布置换热管束以增加换热面积,同时,所述的换热管束呈多级交错布置且其截面呈周期性变化,大大提高了流动换热的场协同性,亦最大限度地提高了换热器的热有效性,达到高效换热和节能的目的。



1. 一种康托集分形结构式换热器,包括换热管束、壳体和管板,所述的管板位于壳体的两侧,所述的换热管束的两端固定于管板上,并穿过所述的管板,其特征在于:所述的换热管束为至少一组直径大小满足康托集分形结构特征的平行管束。

2. 根据权利要求1所述的康托集分形结构式换热器,其特征在于:所述的康托集分形结构的分形单元换热管束至少有两级,以平面方式铺展开来,各换热管束的中心线均位于同一平面上。

3. 根据权利要求1或2所述的康托集分形结构式换热器,其特征在于:所述的换热管束的截面形状为圆形或矩形。

4. 根据权利要求1所述的康托集分形结构式换热器,其特征在于:所述的换热管束沿所述的壳体交叉阵列布置构成。

## 康托集分形结构式换热器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种流动换热装置,具体涉及的是一种为强化流动换热综合性能而设计的具有康托集分形结构特征换热管束的康托集分形结构式换热器。

### 背景技术

[0002] 管壳式换热器具有可靠性高、适应性强、设计制造简单等优点,广泛应用于石油化工、能源、动力、环保等工业领域。因此,对管壳式换热器进行优化设计以提高其流动换热效率显得尤为重要。

[0003] 管壳式换热器通常是在一个壳体内布置许多平行管束,一种流体在管内流动,另一种流体在壳侧流动,冷热两种流体通过换热管束进行热量交换。为提高换热器流动换热效率,目前采取的强化传热手段主要有:(1)改变管束外形或在管内外进行螺纹形、波纹形等多种形式设计,即通过管束形状或表面性质的改造进行强化传热;(2)在管束外的流体空间内采用折流板式的结构设计。这些强化传热手段使流体在流动换热区域内产生持续的局部扰动,提高流体湍动能强度,进而改善传热特性,但却导致了流动阻力的增加,即增加了泵功消耗。此外,已有的换热管束设计缺乏对流体输送路径优化的考虑,在结构设计上存在换热管束内流体输送路径不合理、泵功消耗和传热性能不匹配的问题。

[0004] 为此,迫切需要开展换热器内换热管束结构优化设计以实现高效换热。本发明将管壳式换热器的换热管束设计成分形结构特征以充分利用壳体空间,增加流动换热面积,以提高换热器的流动换热综合性能,即最大限度的提高换热器的热有效性(换热量/泵功),进而达到高效换热和节能的目的。

### 发明内容

[0005] 要解决的技术问题

[0006] 本发明要解决的技术问题是现有的换热器内换热管束在结构设计上存在的流体输送路径不合理、泵功消耗和传热性能不匹配的问题。本发明提供了一种新型的具有分形结构特征换热管束的管壳式换热器,该换热器能大大提高换热器的热有效性,达到高效换热和节能目的。

[0007] 技术方案

[0008] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0009] 一种康托(Cantor)集分形结构式换热器,包括换热管束、壳体和管板,所述的管板位于壳体的两侧,所述的换热管束的两端固定于管板上,并穿过所述的管板,其特征在于:所述的换热管束为至少一组直径大小满足 Cantor 集分形结构特征的平行管束。

[0010] 所述的 Cantor 集分形结构的分形单元,其分形轮廓生成过程如下:

[0011] (1) 在水平方向,将第 0 级表面轮廓分为  $(2s-1)$  段(参数  $s$  为正整数,可取  $1, 2, 3 \dots$ ),将各段从左到右按  $1, 2 \dots \dots 2s-1$  依次排序,其中奇数段与奇数段等长,偶数段则与偶数段等长,奇数段总长  $L_1$  为初始表面轮廓长度  $L_0$  的  $1/f_x$  ( $f_x$  为水平方向

比例系数,  $f_x > 1$ ), 其中偶数段长度则取为第 1 级换热管束直径;

[0012] (2) 将上述各奇数段再次按上述方法各分成  $(2s-1)$  段, 第 2 级换热管束直径也为偶数段长度;

[0013] (3) 不断重复以上步骤, 根据这种方法生成的分形轮廓, 其  $(n+1)$  级水平方向长度(奇数段长度)为

$$[0014] \quad L_{n+1} = \left(\frac{1}{f_x}\right) L_n = \left(\frac{1}{f_x}\right)^{n+1} L_0 \quad (1)$$

[0015] 所述的分形单元换热管束至少有 2 级, 以平面方式铺展开来, 各换热管束中心线均位于同一平面上。所述的分形结构为所述的分形单元沿所述的壳体方形交叉阵列布置后构成的换热管束阵列布置结构, 如此便可充分利用壳体空间, 以实现换热器结构紧凑和高效换热的目的。

[0016] 本发明的换热管束的截面形状为矩形或圆形。

[0017] 所述的换热管束在壳体内经过周期性的截面变化, 使得壳侧流体在反复改变速度梯度和温度梯度条件下流动, 有利于提高流动换热的场协同性, 同时管束截面变化有助于二次流和涡流的形成, 从而强化对流换热。

[0018] 所述的具有 Cantor 集分形结构特征的换热管束沿平面展开并呈交叉阵列布置充分利用了壳体空间来布置更多的换热管束以增加换热面积, 强化流动换热, 同时呈分形结构分布的换热管束可使换热器内流体的温度分布更加均匀, 亦能提高流动换热效率。

[0019] 已有数值模拟计算表明, 对于这种分形结构式换热管束的流动换热, 随着分形级数的增加, 最大换热量逐渐增大, 且增加幅度逐渐减小。此外, 随着分形级数的增加, 流动阻力将增大, 即泵功消耗将增大, 但其热有效性(换热量 / 泵功)却呈增加趋势。由此可知, 所述的换热器在提高换热量的同时, 也导致了泵功消耗的增加, 但却最大限度地提高了换热器的热有效性(换热量 / 泵功), 进而达到高效换热和节能的目的。

[0020] 本发明提供的 Cantor 集分形结构式换热器, 其换热管束、壳体、管板等根据工作条件、流体性质等可选择不同的材料, 可选用碳素钢、低合金钢、不锈钢、铜(合金)、铝(合金)、镍(合金)等材料。其管程和壳程流体可为水、氨、乙醇、丙醇、丙酮、有机物、制冷剂等任意流体质。管束内的换热方式可为强迫对流换热、沸腾 / 冷凝相变换热方式等, 壳侧的换热方式也可为强迫对流换热、沸腾 / 冷凝相变换热方式等。

[0021] 有益效果

[0022] 本发明涉及的一种具有 Cantor 集分形结构式换热器, 其换热管束在壳体内经过周期性的交错布置, 有利于改善换热管束表面的流体速度矢量和热流矢量方向的夹角, 提高了流动换热的场协同性。同时, 管束截面变化有助于二次流和涡流的形成, 从而强化对流换热。并且, 本发明充分利用了壳体空间来布置分形结构换热管束, 大大增加了冷、热两种流体进行热交换所需的换热面积, 同时也能最大限度地提高换热器的热有效性(换热量 / 泵功), 达到高效换热和节能的目的。

## 附图说明

[0023] 图 1 本发明 Cantor 集分形结构式换热器结构示意图。

[0024] 图 2 本发明 Cantor 集分形结构生成过程示意图。

[0025] 图 3 本发明分形单元结构示意图。

[0026] 图 4 本发明分形单元交叉布置平面结构示意图。

[0027] 图 5 本发明分形单元交叉阵列布置结构示意图。

[0028] 图中,1. 左管板 ;2. 壳体 ;3. 换热管束 ;4. 右管板 ;5. 壳程流体 ;6. 管程流体。

### 具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0030] 图 1 给出了本发明 Cantor 集分形结构式换热器的结构示意图。一种具有 Cantor 集分形结构特征换热管束的换热器,由 Cantor 集分形换热管束、壳体和管板等主要部分组成。壳体截面形状一般为矩形,管板 1、4 分别位于壳体 2 的两侧。Cantor 集分形换热管束 3 以平面方式铺展开来并呈交错布置,其两端固定并穿过管板 1、4。壳程流体 5 进出口位于壳体 2 上,管程流体 6 进出口位于管板 1、4 上,如此,管板便不仅能分隔管箱内的管程流体与壳体内部的壳程流体,还能均匀分配进入各换热管束的管程流体,并起密封作用。同时,换热管束直径大小的周期性变化使得壳程流体在反复改变速度梯度和温度梯度的条件下流动,提高了壳体内流动换热的场协同性,且换热管束的截面变化有助于二次流和涡流的形成,从而强化流动换热。

[0031] 图 2 给出了 Cantor 集分形结构从  $n=0$  级到  $n=3$  级的生成过程的示意图。将第 0 级轮廓分为 5 段(可根据需要分为 3、5、7 段等),将各段从左到右按 1, 2...5 依次排序,其中奇数段与奇数段等长,偶数段与偶数段等长,奇数段总长为初始轮廓长度的  $1/f_x$  ( $f_x > 1$ ),偶数段长度则取为换热管束直径,将上述各奇数段再次重复以上步骤,如此循环下去则可生成具有 Cantor 集分形结构的分形单元换热管束,如图 3 所示。所述的分形单元换热管束至少有两级,以平面方式铺展开来,各换热管束中心线均位于同一平面上,其在水平方向的总长度可根据壳体大小而定。

[0032] 所述分形单元经交叉阵列布置后,便可得到如图 4、5 所示的换热管束阵列布置结构示意图。其阵列的维数可根据实际需要进行布置直至壳体,壳体截面形状为矩形,各换热管束截面形状可为圆形或矩形,如此便可充分利用壳体空间,以实现换热器结构紧凑很高效换热的目的。

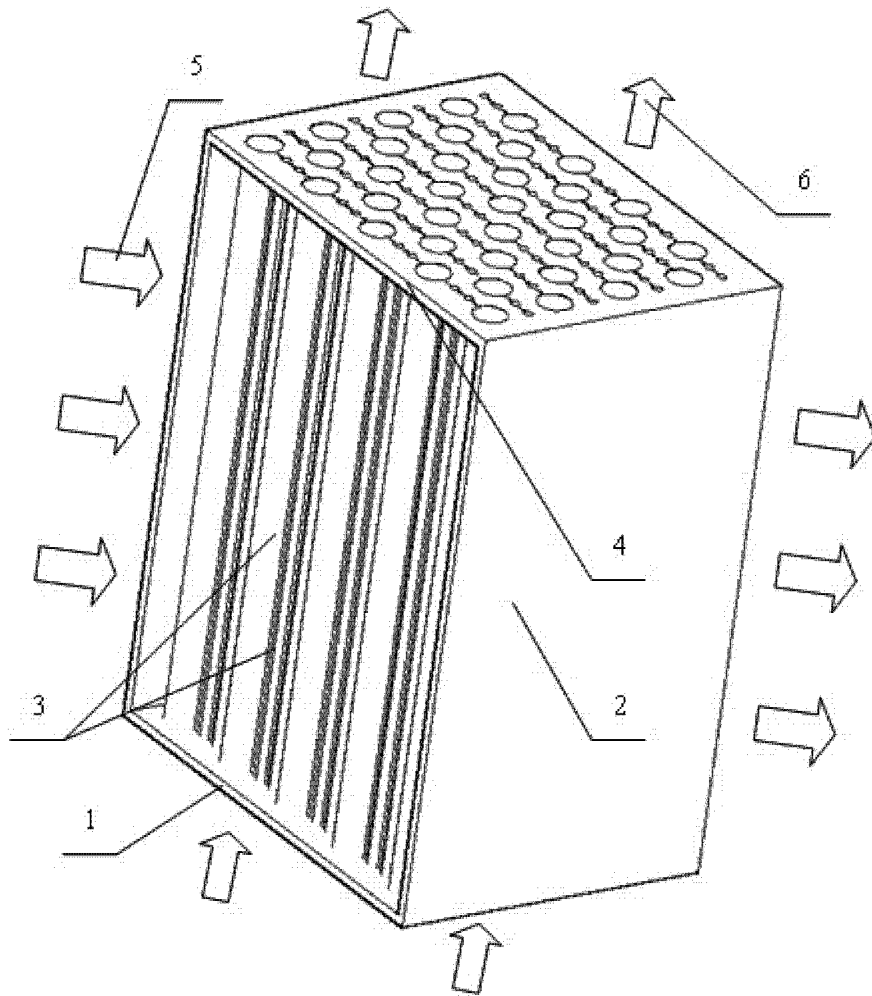


图 1

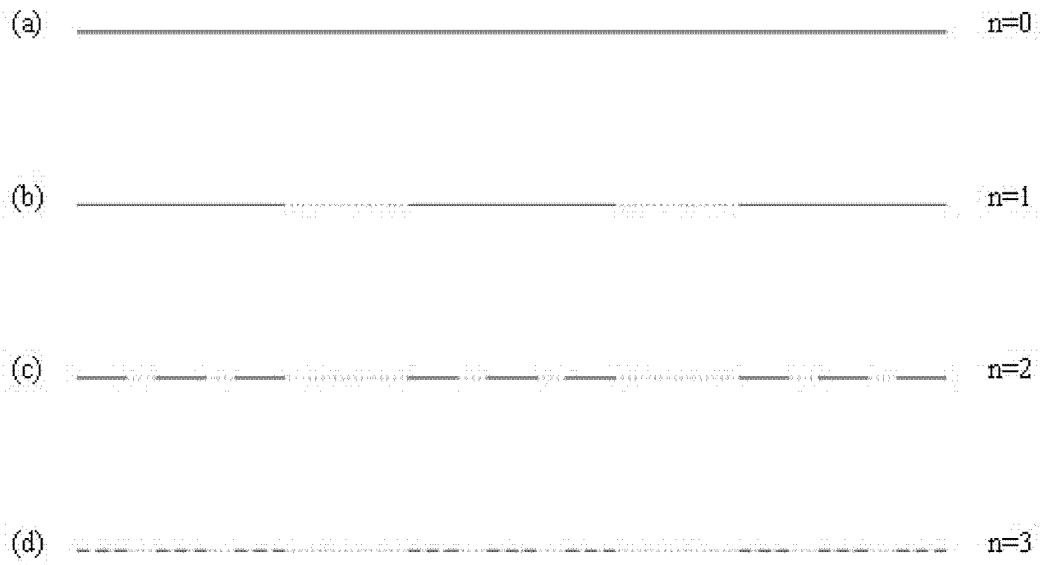


图 2

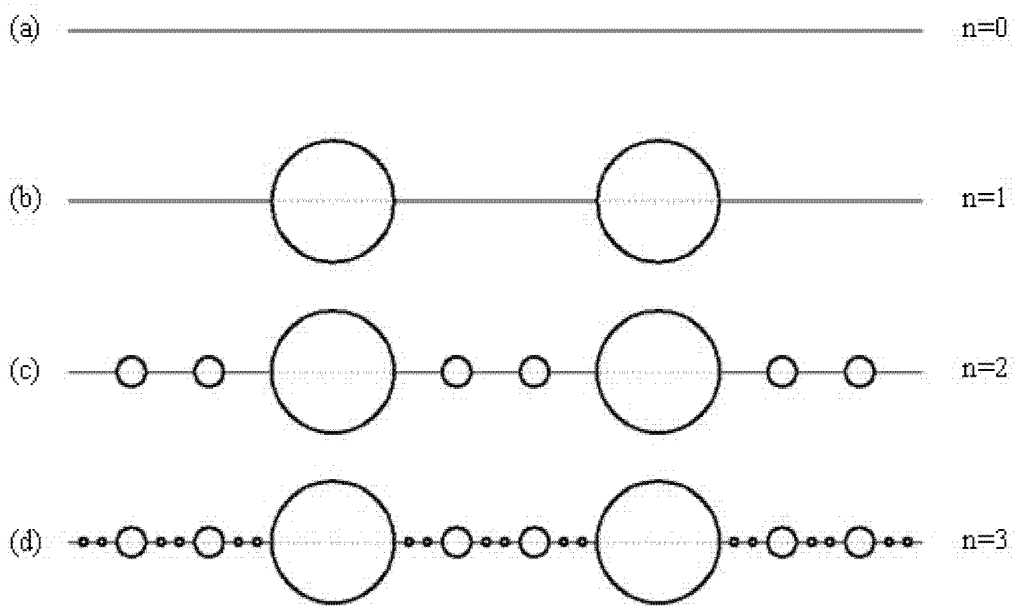


图 3

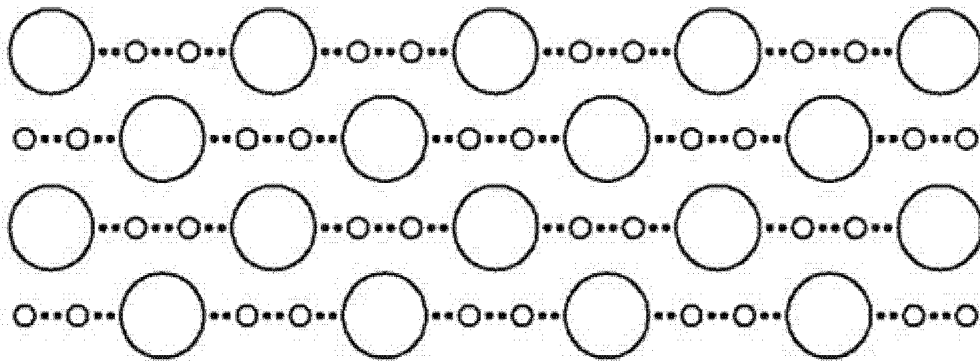


图 4

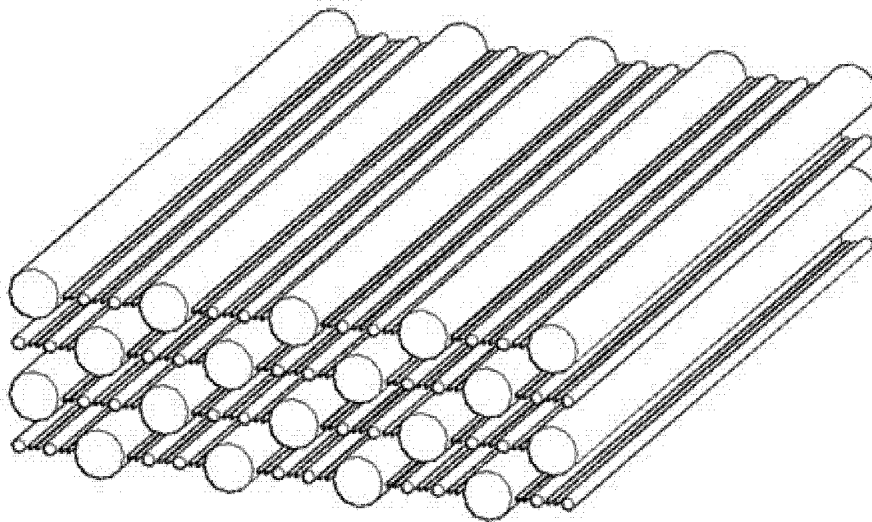


图 5