

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810231652.0

[51] Int. Cl.

F24J 2/05 (2006.01)

F24J 2/26 (2006.01)

F24J 2/46 (2006.01)

F24J 2/48 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 2 月 11 日

[11] 公开号 CN 101363664A

[22] 申请日 2008.10.9

[21] 申请号 200810231652.0

[71] 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路 28 号

[72] 发明人 何雅玲 程泽东 陶文铨 陶于兵
肖杰

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司

代理人 张震国

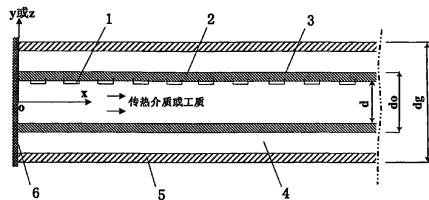
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器

[57] 摘要

一种单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器，包括玻璃外管以及通过连接端部封装在玻璃外管内的不锈钢接收内管，玻璃外管与不锈钢接收内管之间形成了真空腔；在不锈钢接收内管的外壁上涂敷有选择性吸收太阳光涂层，而在不锈钢接收内管管壁的单侧，即接收聚光太阳能热流侧，设置有向管内凸起或凹进的不连续多纵向涡发生器。本发明只针对接收聚光太阳能热流侧（其温度梯度很大）的单侧设置有不连续多纵向涡发生器，在该侧管内近壁处形成了纵向涡流动结构，改善了速度场与热流场协同程度，强化了管内流体对流换热。同时，在增加相同流动阻力的情况下，其强化换热效果较布置于温度梯度较小侧要好，单侧布置可以达到高效低阻的强化换热效果与节能降耗的目的。



1、一种单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器，包括玻璃外管（5）以及通过连接端部（6）封装在玻璃外管（5）内的外壁上涂敷有选择性吸收太阳光涂层（3）的不锈钢接收内管（2），玻璃外管（5）与不锈钢接收内管（2）之间形成了真空腔（4），其特征在于：在不锈钢接收内管（2）的单侧，即接收聚焦太阳能热流侧，设置有向管内凸起或凹进的不连续多纵向涡发生器（1）。

2、根据权利要求 1 所述的单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器，其特征在于：所说的不连续多纵向涡发生器（1）为半棱柱体、或半圆柱体、或半圆柱主体与半球冠端部结合体。

3、根据权利要求 1 所述的单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器，其特征在于：所说的不连续多纵向涡发生器（1）与管内流体来流方向攻角 β 为± $(30^\circ \sim 60^\circ)$ 。

4、根据权利要求 1 所述的单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器，其特征在于：所说的向管内凸起的不连续多纵向涡发生器（1）的高度 h 小于或等于 2δ ，凹进的不连续多纵向涡发生器（1）的深度小于 2δ ，宽度 w 小于或等于 $0.2d$ ，长度 l 小于或等于 $0.7d$ ， δ 为不锈钢接收内管（2）的壁厚、 d 为不锈钢接收内管 2 的当量内径。

5、根据权利要求 1 所述的单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器，其特征在于：所说的不连续多纵向涡发生器（1）的布置方式为沿接收内管内壁周向上同攻角方向布置、或周向上反攻角方向交替布置、或轴向上顺排或叉排排列布置、或者轴向上单双排交替布置。

6、根据权利要求 1 所述的单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器，其特征在于：所说的不连续多纵向涡发生器（1）是关于不锈钢接收内管（2）的接收聚焦太阳能热流侧中心对称的中心疏两侧密的对称结构。

一种单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器

技术领域

本发明属于太阳能热利用技术领域，具体涉及一种能有效提高太阳能热利用效率的单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器。

背景技术

目前，在现有聚焦槽式太阳能集热器的吸热器接收管管内，或很少采用强化换热措施进行强化，或采用毛细结构、凹凸波纹状结构等全周布置方案进行强化，在强化换热的同时增加了流动阻力，即增加了泵功消耗，从而使得系统运行收益相对降低。这也许是因为未充分考虑本技术领域的特殊情况。研究表明，聚焦槽式太阳能吸热器接收管表面周向能流密度分布极不均匀，且在系统运行过程中，由于太阳能跟踪需要，使得接收管某侧始终正对着集热器反射镜，从而该侧所接收聚焦太阳热流使其管壁与管内流体温度梯度很大，而另一侧则相对很小。而在大型集热器聚能量流密度很高的情形下，这种能流分布极不均匀使得集热器吸热器周向及轴向上产生很大的温差，由此引起的热膨胀对集热器本身性能会造成不利影响。从而，对太阳能聚能系统的设计、安装和运行提出更高的要求。同时，为了节能，需要设计高效低阻的强化换热元件，用以改善吸热器管内流动与换热性能，实现换热较大增强的同时，阻力增加较小。在此背景下，我们希望设计一种能够合理强化换热、降低管壁温差及热膨胀、提高太阳能热利用效率的聚焦槽式太阳能吸热器。

发明内容

本发明的目的在于提供一种能够强化换热、降低管壁温差及热膨胀、提高太阳能热利用效率的单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器。

为达到上述目的，本发明采用的技术方案是：包括玻璃外管以及通过连接端部封装在玻璃外管内的不锈钢接收内管，玻璃外管与不锈钢接收内管之间形成了真空腔；在不锈钢接收内管的外壁上涂敷有选择性吸收太阳光涂层，而在不锈钢接收内管管壁的单侧，即接收聚焦太阳能热流侧，设置有向管内凸起或凹进的不连续多纵向涡发生器。

本发明的不连续多纵向涡发生器为半棱柱体、或半圆柱体、或半圆柱主体与半球冠端部结合体；不连续多纵向涡发生器与管内流体来流方向攻角 β 为±(30°~60°)；向管内凸起的不连续多纵向涡发生器的高度 h 小于或等于 2δ ，凹进的不连续多纵向涡发生器的深度小于 2δ ，宽度 w 小于或等于 $0.2d$ ，长度 l 小于或等于 $0.7d$ ， δ 为不锈钢接收内管的壁厚、 d 为不锈钢接收内管的当量内径；不连续多纵向涡发生器的布置方案为沿接收内管内壁周向上同攻角方向布置、或周向上反攻角方向交替布置、或轴向上顺排或叉排排列布置、或者轴向上单双排交替布置；不连续多纵向涡发生器是关于不锈钢接收内管的接收聚焦太阳能热流侧中心对称的中心疏两侧密的对称结构。

场协同性理论指出，对流换热大小取决于流体的物性、流体的速度大小、温度梯度大小以及速度矢量与温度梯度之间的夹角（即速度场与热流场协同程度）。用场协同性原理来考察聚焦槽式太阳能吸热器的集热传热特性，则在增加相同流动阻力的情况下，在温度梯度较大侧布置不连续多纵向涡发生器的强化换热效果要好于温度梯度较小侧。因此，本发明只针

对接收聚焦太阳能热流侧（其温度梯度很大）的单侧设置有不连续多纵向涡发生器，该管内布置的不连续多纵向发生器使得管内流体在近壁处形成了纵向涡流动结构，改善了速度场与热流场协同程度，强化了管内流体对流换热。同时，在增加相同流动阻力的情况下其强化换热效果较布置于温度梯度较小侧要好，则在温度梯度很大侧实行单侧布置可以达到高效低阻的强化换热效果与节能降耗的目的。

附图说明

图 1 为本发明的吸热器结构纵向剖面示意图；
图 2(a)为半棱柱体多纵向涡发生器元件的结构示意图；
图 2(b)为半圆柱体多纵向涡发生器元件的结构示意图；
图 2(c)为半圆柱主体与半球冠端部结合体多纵向涡发生器元件的结构示意图；

图 3 为本发明的接收管内多纵向涡发生器元件的结构参数示意图；

图 4(a) 为本发明的接收管示意图及其仰视图（周向上同向布置）；

图 4(b) 为本发明的接收管示意图及其仰视图（周向上反向交替）；

图 4(c) 为本发明的接收管示意图及其仰视图（轴向上叉排排列）；

图 4(d) 为本发明的接收管示意图及其仰视图（轴向上单双排交替）；

图 5 是 LS2 型槽式太阳能吸热器接收管横截面外管壁表面上太阳能流密度分布，其中横坐标为接收管横截面周向位置（角度），纵坐标为对应周向位置处接收管表面太阳能流强度（W/m²）；

图 6 是 LS2 型槽式太阳能吸热器接收管横截面上管壁与管内流体温度梯度分布。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

参见图 1，本发明包括玻璃外管 5 以及通过连接端部 6 封装在玻璃外管 5 内的外壁上涂敷有选择性吸收太阳光涂层 3 的不锈钢接收内管 2，玻璃外管 5 与不锈钢接收内管 2 之间形成了真空腔 4，在不锈钢接收内管 2 的单侧，即接收聚焦太阳能热流侧，设置有向管内凸起或凹进的不连续多纵向涡发生器 1，并根据太阳热流密度与温度梯度不均匀性进行局部加密布置强化单元，不连续多纵向涡发生器 1 是关于不锈钢接收内管 2 的接收聚焦太阳能热流侧中心对称的中心疏两侧密的对称结构，从而进一步优化强化效果。即从整个圆周来看，强化元件布置在太阳热流密度及温度梯度很大的某侧；而从该侧来看，又可根据该半周内太阳热流密度与温度梯度进行局部加密布置来进一步优化。

参见图 2，本发明的不连续多纵向涡发生器 1 为半棱柱体、半圆柱体或半圆柱主体与半球冠端部结合体。

参见图 3，本发明的不连续多纵向涡发生器 1 与管内流体来流方向攻角 β 为士 $(30^\circ \sim 60^\circ)$ ；向管内凸起的不连续多纵向涡发生器 1 的高度 h 小于或等于 2δ ，凹进的不连续多纵向涡发生器 1 的深度小于 2δ ，宽度 w 小于或等于 $0.2d$ ，长度 l 小于或等于 $0.7d$ ， δ 为不锈钢接收内管 2 的壁厚、 d 为不锈钢接收内管 2 的当量内径。

参见图 4，本发明的不连续多纵向涡发生器 1 的布置方案为沿接收内管内壁周向上同攻角方向布置、或周向上反攻角方向交替布置、或轴向上顺排或叉排排列布置、或者轴向上单双排交替布置。

工作时，太阳光通过槽式聚焦反射镜照射在带有不连续多纵向涡发生器 1 的不锈钢接收器内管 2 的那一侧，加热吸热管；管内走液体传热介质

熔融盐或导热油（对直接水蒸气系统为水或水蒸气），与吸热器管壁进行对流换热吸收热量以利用太阳能；而管内布置的不连续多纵向发生器1使得管内流体在近壁处形成了纵向涡流动结构，改善了速度场与热流场协同程度，强化了管内流体对流换热。同时，由于聚焦槽式太阳能吸热器接收管表面能流分布极不均匀（参见图5），且在系统运行过程中由于太阳能跟踪需要使得接收管某侧始终正对着集热器反射镜，该侧所接收聚焦太阳热流使其管壁与管内流体温度梯度很大而另一侧则相对很小（参见图6）。则根据场协同理论，在温度梯度较大侧布置不连续多纵向涡发生器1的强化换热效果要好于温度梯度较小侧。换句话说，在温度梯度较小侧布置不连续多纵向涡发生器在产生相同流动阻力情况下强化换热效果要相对较差，故而只在温度梯度很大侧实行单侧布置以达到高效而低阻的目的。这体现了在场协同理论指导下的一种优中择优的思想，在强化换热的同时，将使得总的阻力增大相对较小。

事实证明，不连续多纵向涡发生器能较好地改善温度场与热流场协同性、增强换热，因而可以减少吸热器材料、降低投资成本、提高聚焦槽式太阳能热利用系统太阳能利用效率。而单侧布置依据于本技术领域特殊情況，不仅抓住了强化换热的主要矛盾，也在很大程度上降低了管内流体流动阻力，能有效降低系统运行成本。

本发明合理地强化换热、降低管壁温差及热膨胀、提高太阳能热利用效率，综合降低系统运行成本。单侧多纵向涡强化换热的聚焦槽式太阳能吸热器具有高效低阻的强化换热效果以及抗结垢等优点，同时采用塑性成型加工工艺方法直接由接收内管管壁形成多纵向涡发生器，成型简单、生产效率高，适合于规模生产。

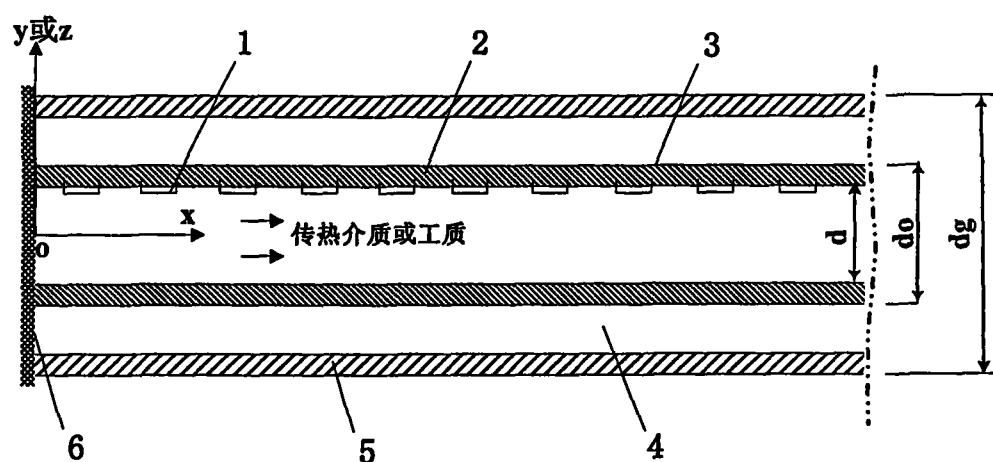


图 1

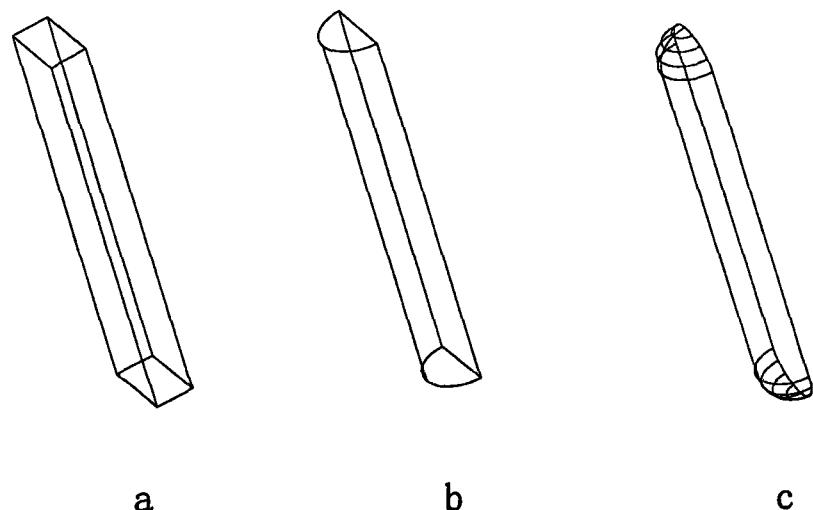


图 2

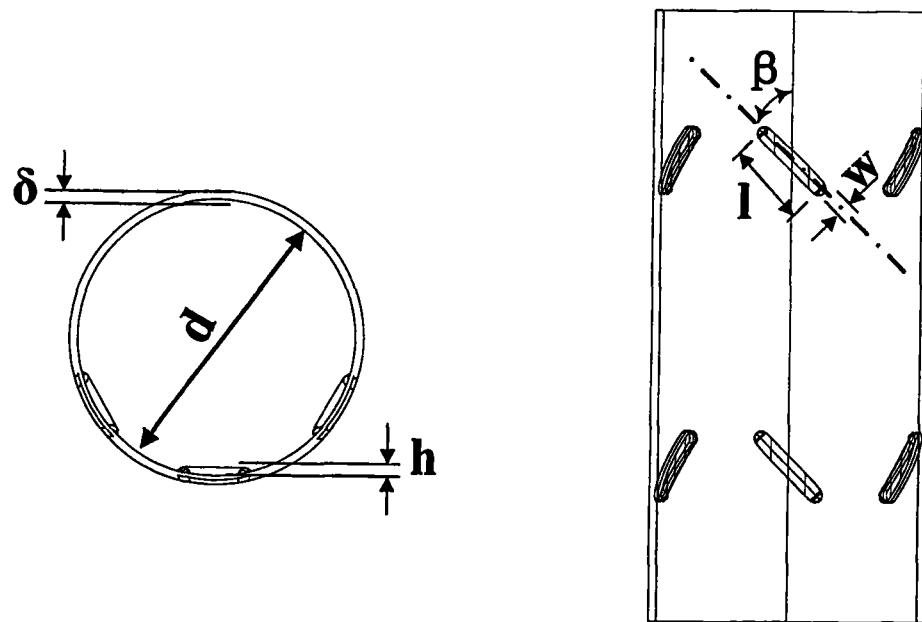


图 3

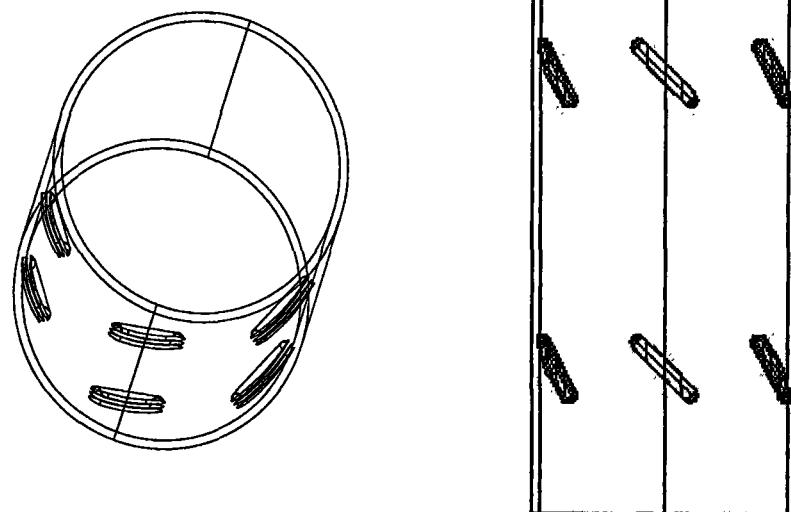


图 4a

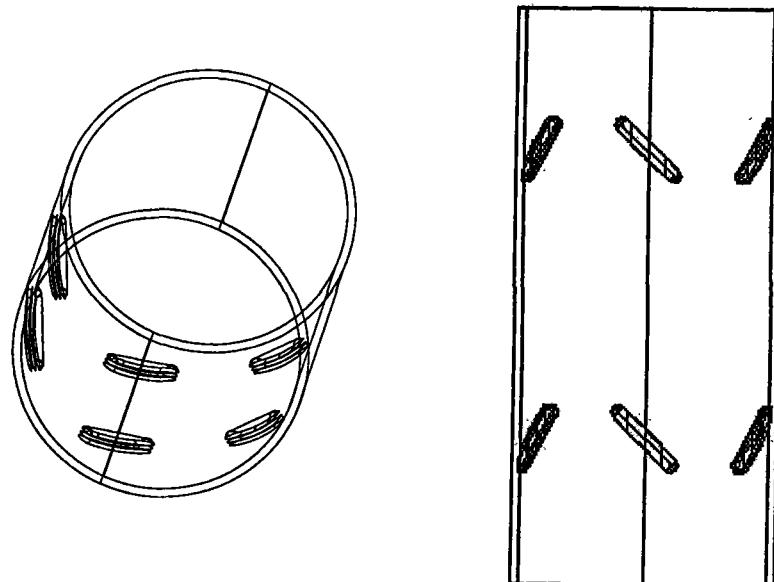


图 4b

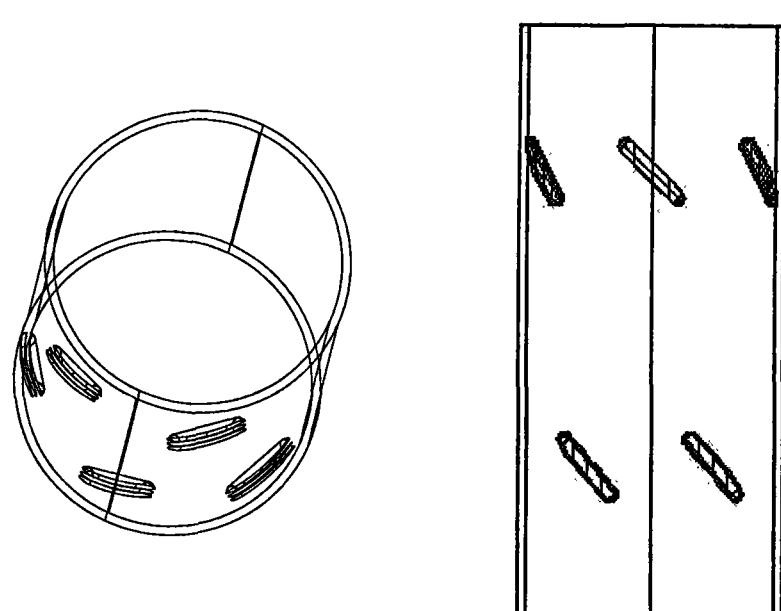


图 4c

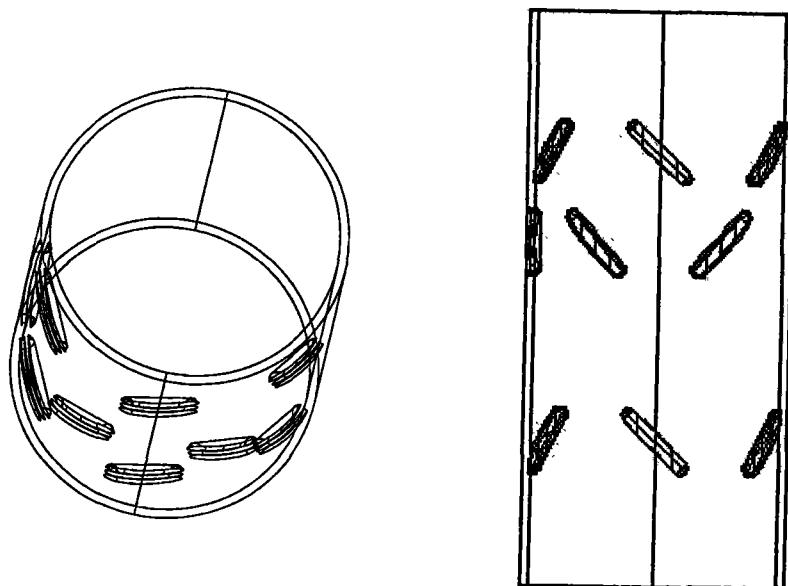


图 4d

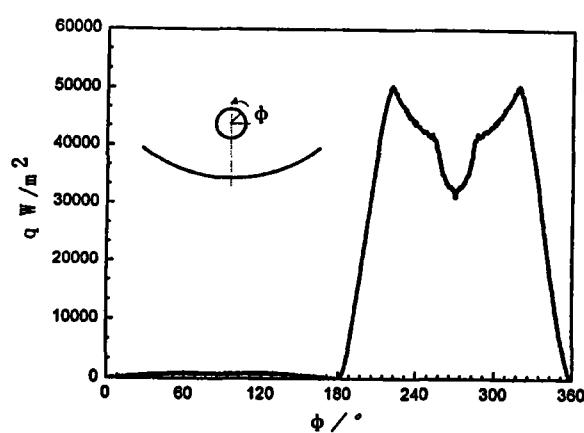


图 5

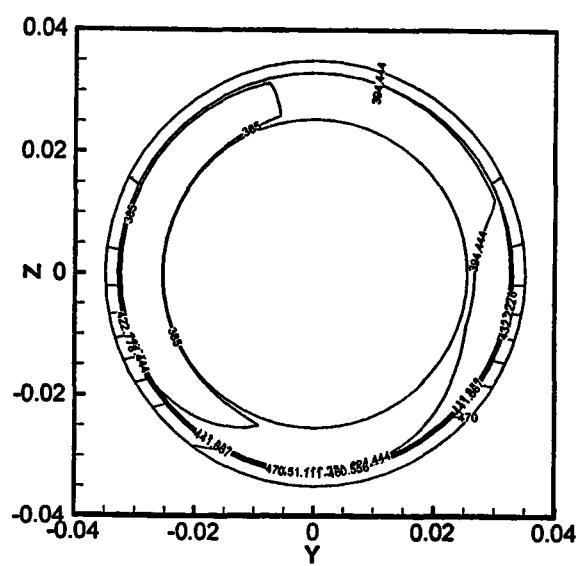


图 6