



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104791020 B

(45) 授权公告日 2016.06.15

(21) 申请号 201510198054.8

(22) 申请日 2015.04.23

(73) 专利权人 华能国际电力股份有限公司
地址 100031 北京市西城区复兴门内大街6号

专利权人 西安热工研究院有限公司

(72) 发明人 于飞龙 肖俊峰 李园园 段静瑶
高松 上官博 南晴

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 闵岳峰

(51) Int. Cl.

F01D 5/18(2006.01)

F01D 5/30(2006.01)

(56) 对比文件

CN 204609950 U, 2015.09.02, 权利要求
1-10.

CN 202900329 U, 2013.04.24, 全文.
US 8864467 B1, 2014.10.21, 全文.
JP H11257004 A, 1999.09.21, 全文.
EP 1132575 A1, 2001.09.12, 全文.
CN 104196574 A, 2014.12.10, 全文.
CN 103437831 A, 2013.12.11, 全文.

审查员 靳文强

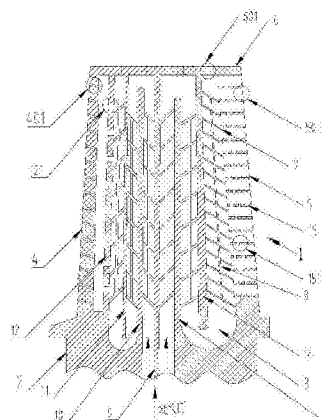
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片

(57) 摘要

本发明公开了一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,包括叶身、叶根平台、内部冷却腔室、强制对流换热肋片及叶顶气膜冷却孔等;所述的纵向相交肋冷却结构包括多个布置在叶片内壁表面等距排列的扰流肋以及与其相交的纵向相交肋片的强化对流换热回路,沿着强化对流换热回路的横向方向至少设置一个纵向相交肋片。本发明的燃气透平叶片采用等距排列的扰流肋片和与之相交的纵向相交肋片的冷却结构,改变冷却通道内部涡系结构,提高叶身传热系数,改善透平冷却叶片换热特性,延长叶片使用寿命。



1. 一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,其特征在于:包括一体化成型的叶身(1)和叶根平台(2),叶身(1)的内部设置有冷却腔室(3),冷却腔室(3)由叶身(1)的压力面和吸力面,以及前缘(4)和尾缘(5)围设而成,且在前缘(4)上开设有若干前缘气膜冷却孔(401),在尾缘(5)上开设有若干尾缘出气孔(501),叶身(1)的顶部设置有顶板(6),顶板(6)上开设有若干叶顶气膜冷却孔(601),叶根平台(2)的中心处开设有与冷却腔室(3)相连通的进气口;

叶身(1)压力面的内表面和吸力面的内表面之间通过若干纵向间隔设置的隔板相连,且设置在冷却腔室(3)中心处的第一隔板(9)将叶根平台(2)中心处的进气口分成两部分;设置在冷却腔室(3)中心处的第一隔板(9)左右两侧的隔板一端与叶根平台(2)相连,另一端为伸出端,或者一端与顶板(6)相连,另一端为伸出端,且与叶根平台(2)相连的隔板和与顶板(6)相连的隔板间隔设置;

相邻两个隔板之间以及最右侧隔板与尾缘(5)之间的叶身(1)压力面的内表面和吸力面的内表面上均设置有若干平行布置的扰流肋(7),且若干平行布置的扰流肋(7)之间通过纵向设置的纵向相交肋(8)贯穿;

设置在冷却腔室(3)中心处的第一隔板(9)左侧依次为与叶根平台(2)相连的第二隔板(10)、与顶板(6)相连的第三隔板(11)以及与叶根平台(2)和顶板(6)均相连的第四隔板(12),且在第四隔板(12)上开设有若干冲击孔(121);设置在冷却腔室(3)中心处的第一隔板(9)右侧依次为与叶根平台(2)相连的第五隔板(13)以及与顶板(6)相连的第六隔板(14);

扰流肋(7)和纵向相交肋(8)均为矩形肋片;扰流肋(7)为斜向肋、V形肋或分离式V形肋。

2. 根据权利要求1所述的一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,其特征在于:尾缘(5)处通过纵向间隔设置的若干扰流柱(15)形成若干尾缘出气孔(501)。

3. 根据权利要求2所述的一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,其特征在于:每个扰流柱(15)上至少开设有一个供气流上下交换的通气孔(151)。

4. 根据权利要求1所述的一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,其特征在于:纵向相交肋(8)在若干平行布置的扰流肋(7)上至少布置一条,且每一个纵向相交肋(8)在若干平行布置的扰流肋(7)上从第一条扰流肋(7)延伸至最后一条扰流肋(7)。

5. 根据权利要求1所述的一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,其特征在于:扰流肋(7)为与气流流动方向具有一定夹角的肋片,该夹角的范围为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,其特征在于:扰流肋(7)和纵向相交肋(8)均通过铸造成型。

7. 根据权利要求1所述的一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,其特征在于:扰流肋(7)高度为 $0.5\text{mm} \sim 1\text{mm}$,且扰流肋(7)的宽度与高度保持一致。

一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种燃气轮机，具体涉及一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片。

背景技术：

[0002] 随着现代燃气轮机对效率和输出功率要求的不断提高，涡轮的进口温度也随之提高，这会使涡轮部件热负荷大大增加，开发新型高效冷却结构关乎燃气透平以致整台燃气轮机的性能。

[0003] 目前涡轮冷却结构设计时前缘多采用冲击-气膜冷却，叶身高性能肋片设计和叶片尾缘的扰流柱肋设计。叶身的回转通道冷却结构在当今透平冷却方式中占有极其重要的地位，是一种典型的高效强制对流换热技术。冷却气流在叶片空腔内部回转流动，延长了气流在内部冷却腔室的停留时间，在压力面侧和吸力面侧肋片的扰流作用下，产生凌驾于主流之上的二次流，增强主流的湍流度以达到强化换热的目的。

[0004] 冷却气流在通道中流动，在回转通道内部形成一定厚度的热边界层，这将弱化冷却气流与叶片本体的换热效果，一方面造成叶片本体温度过高，增强了透平叶片的寿命损耗；另一方面冷却气体利用率较低，从尾缘和气膜孔流出的冷却气流温度较低，与高温燃气发生掺混，将产生较大的掺混损失。

发明内容：

[0005] 本发明的目的是提供一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片，该燃气透平叶片有效的打破附着在内部流道壁面热边界层，提高了冷却气体利用率，并减少燃气透平叶片表面热负荷。

[0006] 为达到上述目的，本发明采用以下的技术方案来实现的：

[0007] 一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片，包括一体化成型的叶身和叶根平台，叶身的内部设置有冷却腔室，冷却腔室由叶身的压力面和吸力面，以及前缘和尾缘围设而成，且在前缘上开设有若干前缘气膜冷却孔，在尾缘上开设有若干尾缘出气孔，叶身的顶部设置有顶板，顶板上开设有若干叶顶气膜冷却孔，叶根平台的中心处开设有与冷却腔室相连通的进气口；

[0008] 叶身压力面的内表面和吸力面的内表面之间通过若干纵向间隔设置的隔板相连，且设置在冷却腔室中心处的第一隔板将叶根平台中心处的进气口分成两部分；设置在冷却腔室中心处的第一隔板左右两侧的隔板一端与叶根平台相连，另一端为伸出端，或者一端与顶板相连，另一端为伸出端，且与叶根平台相连的隔板和与顶板相连的隔板间隔设置；

[0009] 相邻两个隔板之间以及最右侧隔板与尾缘之间的叶身压力面的内表面和吸力面的内表面上均设置有若干平行布置的扰流肋，且若干平行布置的扰流肋之间通过纵向设置的纵向相交肋贯穿。

[0010] 本发明进一步的改进在于：设置在冷却腔室中心处的第一隔板左侧依次为与叶根

平台相连的第二隔板、与顶板相连的第三隔板以及与叶根平台和顶板均相连的第四隔板，且在第四隔板上开设有若干冲击孔；设置在冷却腔室中心处的第一隔板右侧依次为与叶根平台相连的第五隔板以及与顶板相连的第六隔板。

[0011] 本发明进一步的改进在于：尾缘处通过纵向间隔设置的若干扰流柱形成若干尾缘出气孔。

[0012] 本发明进一步的改进在于：每个扰流柱上至少开设有一个供气流上下交换的通气孔。

[0013] 本发明进一步的改进在于：扰流肋和纵向相交肋均为矩形肋片。

[0014] 本发明进一步的改进在于：扰流肋为斜向肋、V形肋或分离式V形肋。

[0015] 本发明进一步的改进在于：纵向相交肋在若干平行布置的扰流肋上至少布置一条，且每一个纵向相交肋在若干平行布置的扰流肋上从第一条扰流肋延伸至最后一条扰流肋。

[0016] 本发明进一步的改进在于：扰流肋为与气流流动方向具有一定夹角的肋片，该夹角的范围为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

[0017] 本发明进一步的改进在于：扰流肋和纵向相交肋均通过铸造成型。

[0018] 本发明进一步的改进在于：扰流肋高度为 $0.5\text{mm} \sim 1\text{mm}$ ，且扰流肋的宽度与高度保持一致。

[0019] 相对于现有技术，本发明的优点在于叶身冷却腔室布置的与扰流肋相交的纵向相交肋，纵向相交肋改变了通道内冷却气流的涡系结构，破坏冷却气流流动产生的热边界层，增大通道内湍流度，强化涡轮内部换热，有效提高冷却气体利用率，减少叶片表面热负荷，使所述涡轮叶片具有较好的整体冷却性能。同时本发明的结构相对简单，具有良好的加工性。

[0020] 因此，本发明通过改变原有通道扰流肋结构，对冷却气流实现被动控制，降低透平叶片表面温度，提高了叶片使用寿命。

附图说明：

[0021] 图1为本发明燃气透平叶片的纵向截面图；

[0022] 图2(a)为本发明透平叶片的一种扰流肋和纵向相交肋布置形式，纵向相交肋从斜向肋的中部贯穿；

[0023] 图2(b)为本发明透平叶片的一种扰流肋和纵向相交肋布置形式，纵向相交肋从V形肋的中部夹角处贯穿；

[0024] 图2(c)为本发明透平叶片的一种扰流肋和纵向相交肋布置形式，纵向相交肋从分离式V形肋的中线处贯穿；

[0025] 图2(d)为本发明透平叶片的一种扰流肋和纵向相交肋布置形式，两根纵向相交肋均布在斜向肋通道；

[0026] 图2(e)为本发明透平叶片的一种扰流肋和纵向相交肋布置形式，两根纵向相交肋均布在两列V形肋的中线处。

具体实施方式：

[0027] 下面结合附图对本发明做进一步的详细描述:

[0028] 如图1所示,本发明一种具有纵向相交肋冷却结构的燃气透平叶片,包括一体化成型的叶身1和叶根平台2,叶身1的内部设置有冷却腔室3,冷却腔室3由叶身1的压力面和吸力面,以及前缘4和尾缘5围设而成,且在前缘4上开设有若干前缘气膜冷却孔401,在尾缘5上开设有若干尾缘出气孔501,叶身1的顶部设置有顶板6,顶板6上开设有若干叶顶气膜冷却孔601,叶根平台2的中心处开设有与相连通的进气口;

[0029] 叶身1压力面的内表面和吸力面的内表面之间通过若干纵向间隔设置的隔板相连,且设置在冷却腔室3中心处的第一隔板9将叶根平台2中心处的进气口分成两部分;设置在冷却腔室3中心处的第一隔板9左右两侧的隔板一端与叶根平台2相连另一端为伸出端,或者一端与顶板6相连另一端为伸出端,且与叶根平台2相连的隔板和与顶板6相连的隔板间隔设置;

[0030] 相邻两个隔板之间以及最右侧隔板与尾缘5之间的叶身1压力面的内表面和吸力面的内表面上均设置有若干平行布置的扰流肋7,且若干平行布置的扰流肋7之间通过纵向设置的纵向相交肋8贯穿。其中,扰流肋7和纵向相交肋8均为矩形肋片。优选地,扰流肋7为斜向肋、V形肋或分离式V形肋。优选地,扰流肋7为与气流流动方向具有一定夹角的肋片,该夹角的范围为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$,扰流肋7高度为 $0.5\text{mm} \sim 1\text{mm}$,且扰流肋7的宽度与高度保持一致。

[0031] 优选地,纵向相交肋8在若干平行布置的扰流肋7上至少布置一条,且每一个纵向相交肋8在若干平行布置的扰流肋7上从第一条扰流肋7延伸至最后一条扰流肋7。

[0032] 其中,设置在冷却腔室3中心处的第一隔板9左侧依次为与叶根平台2相连的第二隔板10、与顶板6相连的第三隔板11以及与叶根平台2和顶板6均相连的第四隔板12,且在第四隔板12上开设有若干冲击孔121;设置在冷却腔室3中心处的第一隔板9右侧依次为与叶根平台2相连的第五隔板13以及与顶板6相连的第六隔板14。

[0033] 优选地,尾缘5处通过纵向间隔设置的若干扰流柱15形成若干尾缘出气孔501,且每个扰流柱15上至少开设有一个供气流上下交换的通气孔151。

[0034] 为了对本发明进一步的了解,现对其工作原理做一说明。

[0035] 本发明提供的冷却腔室3为回转通道,冷却气流自叶根平台2底部进气口进入叶身1,经中间隔板后分别向前缘4和尾缘5方向流动,向前缘4流动的气流经过三个肋片扰流腔室后喷入前缘冲击冷却腔室,穿过前缘气膜冷却孔401进入主流燃气形成气膜,覆盖叶片阻隔高温燃气;向尾缘5流动的气流越过三个肋片扰流腔室,流经尾缘5处的扰流柱15,从尾缘出气孔501进入主流燃气。叶片尾缘5的扰流柱15上设置有可供气流上下交换流动的通气孔151,一方面增大了冷却气流的换热面积,另一方面减小了气流阻力。叶片本体的扰流肋7横截面为矩形,并与气流流动方向成 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 夹角,同时在每个通道内部布置有自上而下的与扰流肋相交的纵向相交肋8,纵向相交肋8的高度与扰流肋7相同。透平冷却叶片,冷却通道内加入纵向相交肋8之后增强冷却气流湍流度,减弱热边界层对叶片内壁的黏附作用,提高涡轮叶片冷却性能。

[0036] 本发明加入纵向贯穿肋后会在通道中诱导产生新的漩涡,分布在肋的两侧,对通道表面的热边界产生卷吸作用,同时新产生漩涡之间的叠加会进一步提高通道内湍流度,对叶片起到强化换热的作用。

[0037] 本发明所提出的纵向相交肋与扰流肋为一体铸造成型,结构简单,加工方便。

[0038] 附图1所给出的仅是所涉及内部结构的一种形式,在不偏离本发明意图的前提下,还可有其他与纵向相交肋相交的扰流肋结构,图2(a)-2(e)给出了适合本发明目的的多种扰流肋结构。图2(a)扰流肋结构为斜向肋,图2(b)为V形肋,图2(c)为分离式V形肋,图2(d)和图2(e)为沿单个冷却腔室设置多个纵向相交肋。

[0039] 本发明中所述的具体实施案例仅是本发明意图的几种案例而已,不能用来限定本发明的实施范围,依本发明所做的其他等效变化均落在本发明的保护范围之内。

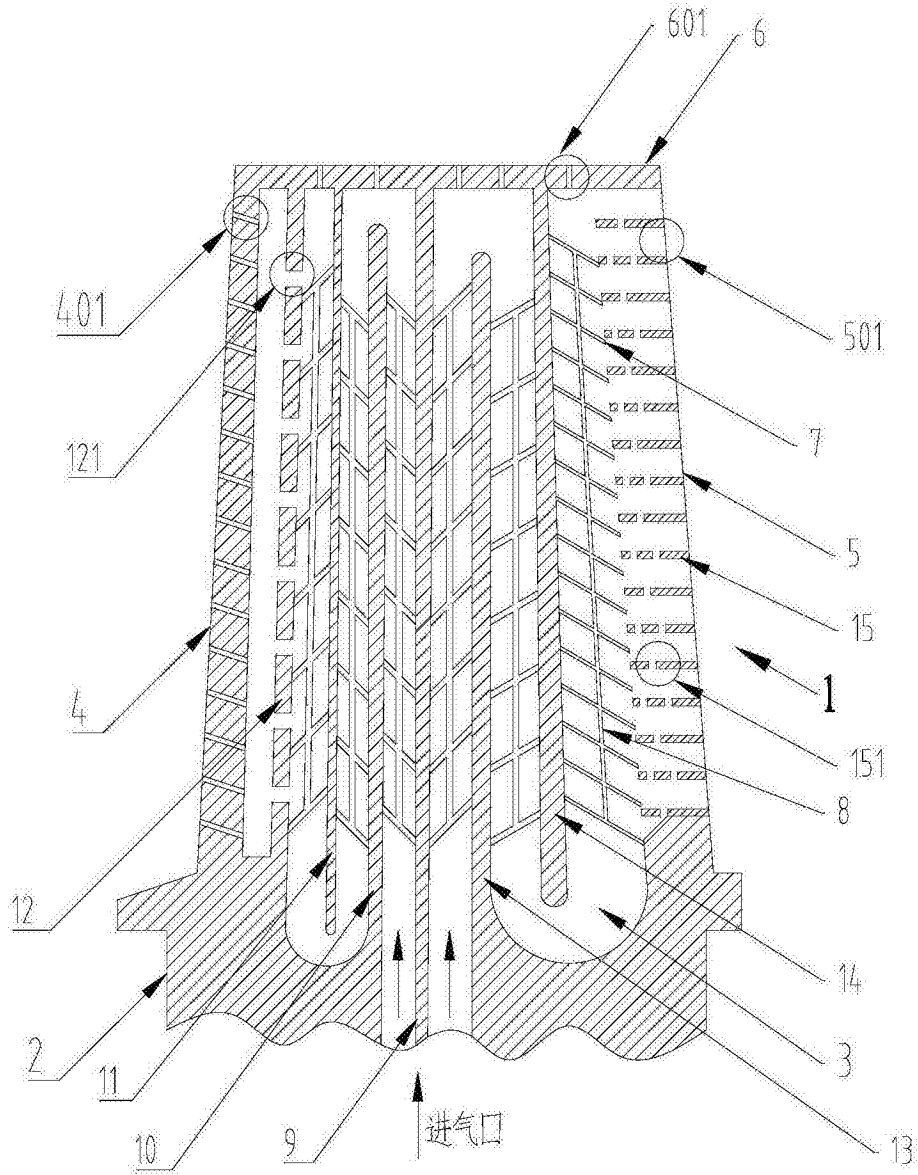


图1

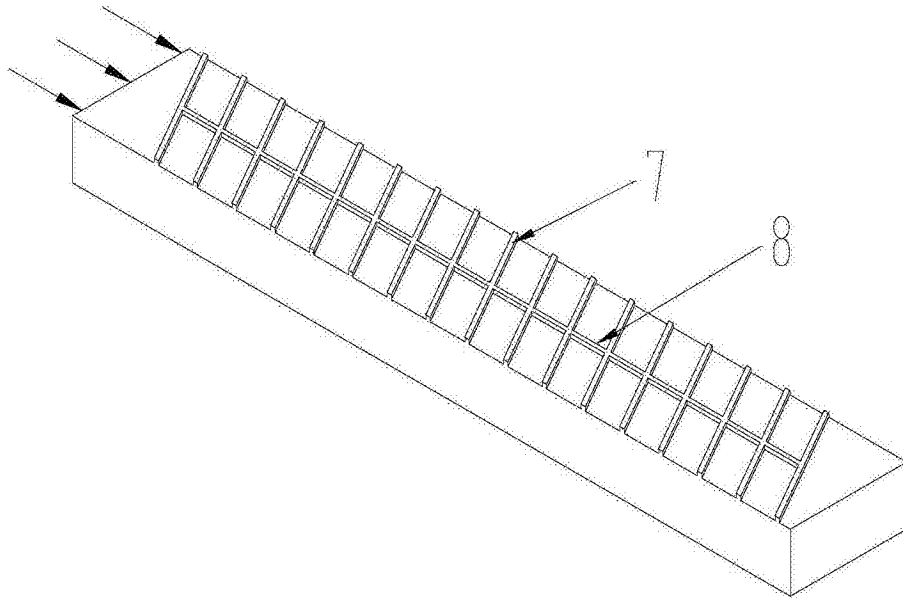


图2(a)

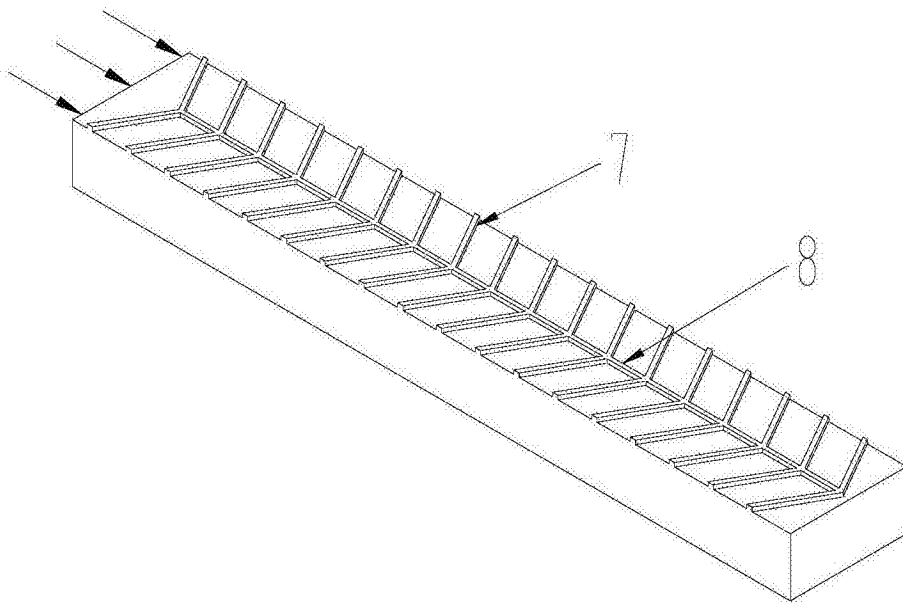


图2(b)

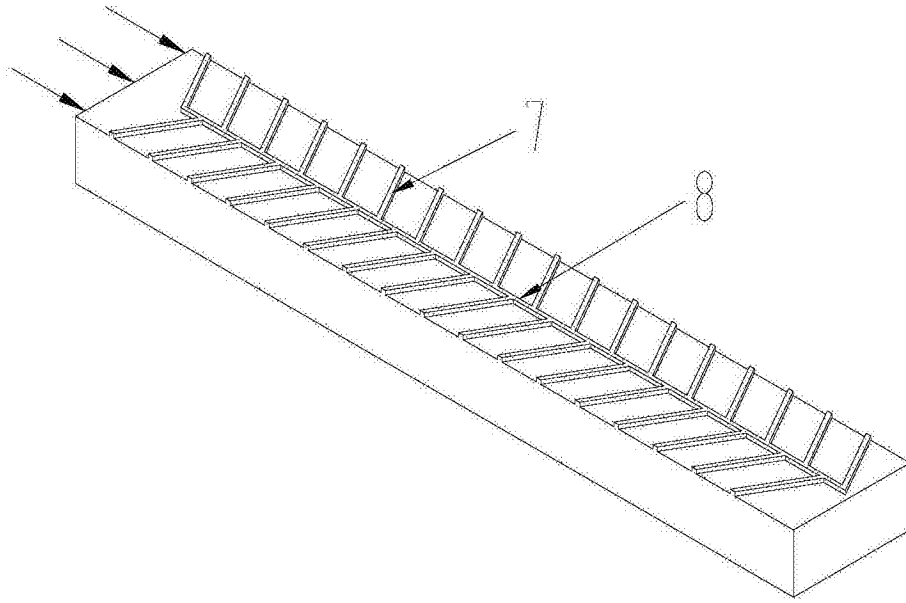


图2(c)

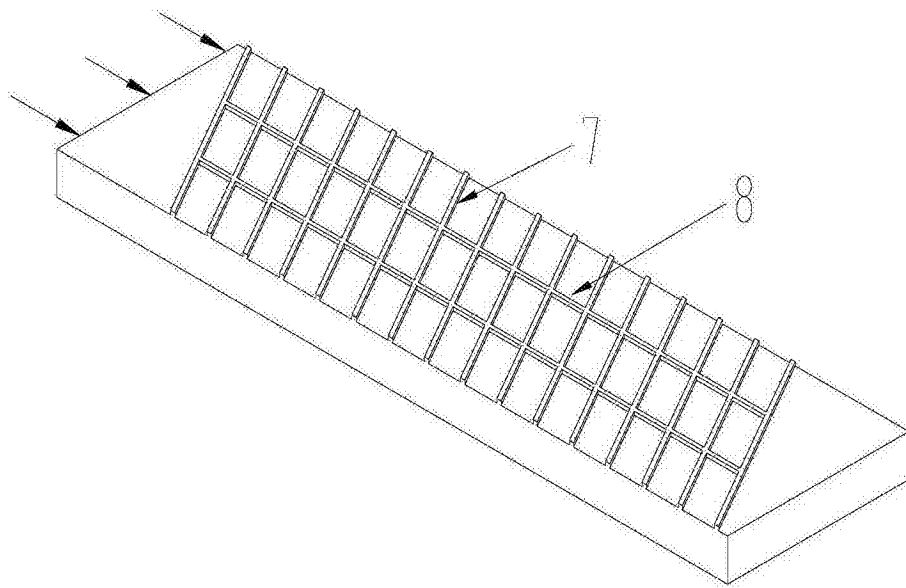


图2(d)

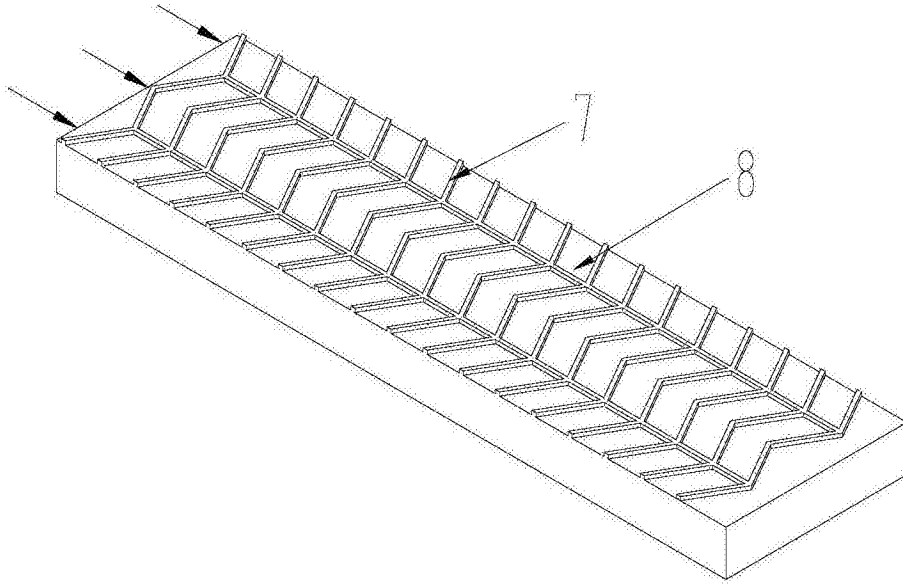


图2(e)