



## (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205746975 U

(45)授权公告日 2016. 11. 30

(21)申请号 201620550424.X

(22)申请日 2016.06.08

(73)专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街  
29号

(72)发明人 李文杰 李建中 任勇智 胡阁  
巩二磊

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237  
代理人 贺翔

(51) Int. Cl.

F23R 3/28(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

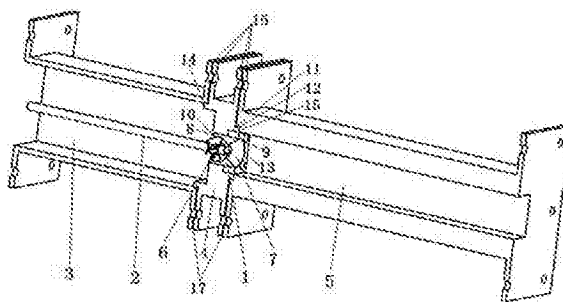
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

### (54)实用新型名称

一种基于贫油半预混燃烧的天然气低污染  
燃烧室

### (57)摘要

本实用新型提供了一种基于贫油半预混燃烧的天然气低污染燃烧室,包括预混合段旋流器、进气道、装配座、燃烧室本体,所述的进气道固定在装配座的前段,所述的燃烧室本体固定在装配座的后段,所述的预混合段旋流器包括固定在装配座中心安装孔中的文氏管,以及安装在文氏管内部的一个轴向旋流器;所述轴向旋流器的转轴中空,中间用于通入气体燃料;在转轴延伸出轴向旋流器后端的设有径向开孔,开孔位置位于轴向旋流器与文氏管喉道之间,在此区域形成燃气预混合段;本实用新型将预混和贫油直喷两种低排放技术直接耦合,同时兼顾贫油燃烧在低排放上的潜力,保证充分燃烧以降低降低低污染物的排放。



1. 一种基于贫油半预混燃烧的天然气管低污染燃烧室,其特征在于,包括预混合段旋流器(1)、进气道(3)、装配座(4)、燃烧室本体(5),所述的进气道(3)固定在装配座(4)的前段,所述的燃烧室本体(5)固定在装配座(4)的后段,所述的预混合段旋流器(1)包括固定在装配座(4)中心安装孔中的文氏管(7),以及安装在文氏管(7)内部的一个轴向旋流器(6);所述轴向旋流器(6)的转轴(2)中空,中间用于通入气体燃料;在转轴(2)延伸出轴向旋流器(6)后端的设有径向开孔,开孔位置位于轴向旋流器(6)与文氏管(7)喉道之间,在此区域形成燃气预混合段。

2. 根据权利要求1所述的基于贫油半预混燃烧的天然气管低污染燃烧室,其特征在于,所

述的轴向旋流器(6)满足旋流数  $S_N = \frac{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}{2(1-\varphi) \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]} \tan \beta_0$ , 式中r为轴向旋流器(6)径向截面

位置处的内径,R为径向截面位置处的外径, $\varphi$ 为叶片的阻尼系数, $\beta_0$ 为叶尖角。

3. 根据权利要求1所述的基于贫油半预混燃烧的天然气管低污染燃烧室,其特征在于,以文氏管(7)的结构尺寸为基准,所述的轴向旋流器(6)的出口界面至文氏管喉道的距离与文氏管(7)喉道直径之比为0.7,旋流器出口面积与文氏管喉道面积之比为2.2。

4. 根据权利要求1所述的基于贫油半预混燃烧的天然气管低污染燃烧室,其特征在于,所述的进气道(3)、装配座(4)以及燃烧室本体(5)都是通过法兰(16)连接,其中法兰(16)之间加垫片(17)。

5. 根据权利要求1所述的基于贫油半预混燃烧的天然气管低污染燃烧室,其特征在于,所述的固定方式为在混合段的旋流器(1)设有两个凸台,分别为第一凸台(8)和第二凸台(9),装配座(4)设有一个第三凸台(12)以及两个阶梯槽,分别为第一阶梯槽(10)和第二阶梯槽(11),其中第一阶梯槽(10)和第一凸台(8)对应,配合可以定位预混合段旋流器(1),第二凸台(9)和挡板(13)配合,固定预混合段旋流器(1),第三凸台(12)通过第三阶梯槽(15)与燃烧室本体(5)配合,第三凸台(12)用以固定挡板(13),挡板(13)和第三凸台(12)以及旋流器出口平面在同一个水平面上,装配座(4)靠近进气头部方向有一个第四凸台(14),第四凸台(14)使得装配座(4)与进气道(3)配合。

## 一种基于贫油半预混燃烧的天然气的低污染燃烧室

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于燃气涡轮发动机清洁燃烧领域,尤其是一种基于贫油半预混燃烧的天然气的低污染燃烧室。

### 背景技术

[0002] 环境污染,尤其是大气污染,成为了人类生存的一大威胁。近年来,我国各地雾霾频发,严重影响了我们的生活,大气污染成为不可避免的问题。其中工业生产活动对大气污染最为严重,工业废气、生活燃料、交通尾气等等,而这些污染源归根结底是燃料选用和燃烧方式的问题。

[0003] 传统的燃料选用种类,煤炭和石油是主体,煤炭会在燃烧中产生大量的粉尘,且煤炭的主要元素为碳、氧、氢、氮和硫,所以燃烧后会产生大量的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ ,当不完全的燃烧时还会产生大量的未燃颗粒物;石油及其衍生物作为燃料时,主要会产生 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 等污染物。然而天然气作为新型的清洁能源,燃烧过程中不产生烟尘以及固体排放物,也不产生 $\text{SO}_2$ ,其中 $\text{NO}_x$ 的排放也远远低于其他几种传统化石燃料。

[0004] 除了燃料本身的特性,燃烧方式对污染物排放的影响也相当显著。随着对污染物排放机理认识的不断加深,研究人员逐渐认识到主要排放污染物与燃烧温度、驻留时间、混气成分和油气状态间的变化规律有关,实现低污染排放的关键是形成均匀的可燃混气,消除局部热点以及实现充分燃烧。据此发展出了分区分级燃烧、贫油预混预蒸发(Lean Premixed Prevaporized,简称LPP)燃烧、富油/快速淬熄/贫油(Rich-Quench-Lean,简称RQL)燃烧、贫油直接喷射(Lean Direct Injection,简称LDI)燃烧等低排放燃烧技术。

[0005] 其中贫油预混预蒸发(LPP)燃烧技术是将燃料完全蒸发并混合均匀供入燃烧区,在燃烧区实现贫油燃烧,燃烧区的当量比越小越能降低 $\text{NO}_x$ 排放,这是已知的低排放潜力最大的燃烧技术。但LPP燃烧技术的存在回火、自燃和燃烧不稳定等问题,而且在现阶段的研究中很难克服,为此出现了贫油直接喷射(LDI)燃烧技术。贫油直接喷射(LDI)燃烧技术就是将燃料直接喷入燃烧区,在喷射点附近形成局部富油区大大改善了点火特性,随后,燃料和经过旋流器产生的高速旋流形成均匀的贫油混合物,进而在燃烧区充分燃烧,消除局部热点,降低火焰温度,达到低排放的目的。由于不存在燃料预先混合与蒸发的过程,因而解决了LPP燃烧技术中存在的回火和自燃问题,但LDI燃烧技术又存在低功率工作时燃烧不稳定的问题。

[0006] 美国专利“Premixing dry low  $\text{NO}_x$  emissions combustor with lean direct injection of gas fuel”(US2001049932),提出了一款针对气态燃料设计的双级燃烧室,主燃级使用预混的燃烧方式,实现低功率状态时的低污染燃烧,二级燃烧室使用直接喷射的方式,利用直接喷射的可靠的工作特性补充大功率时的动力需求。该实用新型是一种分级燃烧的概念,但是本实用新型是将预混和贫油直喷两种低排放技术直接耦合,用贫油半预混的概念来实现燃烧室低污染目标。美国专利“Lean direct injection combustor system”(US2009229269),设计了一套贫油直接喷射的燃烧系统,分别采用壳体内空腔和管

道来携带氧化剂和燃料,直至燃烧室进口燃料与氧化剂才真正接触,然后混合燃烧。该设计的流道存在过多的阻碍,燃料和空气均有从大面积通道进入多孔结构,流道突然缩小的过程,流动损失较大。

[0007] 因此,本实用新型的目的在于提供一种基于贫油半预混燃烧的天然气的低污染燃烧室以改进现有技术的不足。

### 实用新型内容

[0008] 针对现有技术中存在的不足,本实用新型提供了一种基于贫油半预混燃烧的天然气的低污染燃烧室,通过使用气态燃料以及基于贫油半预混燃烧,同时兼顾贫油燃烧,降低了污染物的排放,同时提高了燃烧效率、燃烧相对稳定。

[0009] 本实用新型采用如下技术方案:一种基于贫油半预混燃烧的天然气的低污染燃烧室,其特征在于,包括预混合段旋流器、进气道、装配座、燃烧室本体,所述的进气道固定在装配座的前段,所述的燃烧室本体固定在装配座的后段,所述的预混合段旋流器包括固定在装配座中心安装孔中的文氏管,以及安装在文氏管内部的一个轴向旋流器;所述轴向旋流器的转轴中空,中间用于通入气体燃料;在转轴延伸出轴向旋流器后端的设有径向开孔,开孔位置位于轴向旋流器与文氏管喉道之间,在此区域形成燃气预混合段。通过在转轴的中空通入气体燃料,然后经过径向开孔喷出,在轴向旋流器与文氏管喉道之间与空气预混,将预混和贫油直喷两种低排放技术直接耦合,来实现燃烧室低污染目标以及规避回火与燃烧不稳定的缺点,同时兼顾贫油燃烧在低排放上的巨大潜力,保证充分燃烧减少未燃碳氢,降低火焰温度,消除局部热点以降低 $\text{NO}_x$ 。

[0010] 进一步改进,所述的轴向旋流器满足旋流数  $S_N = \frac{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}{2(1-\varphi) \left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]} \tan \beta_0$ , 其中轴向旋流

器主要根据内外半径和壁厚来确定其旋流数,式中 $r$ 为轴向旋流器径向截面位置处的内径, $R$ 为径向截面位置处的外径, $\varphi$ 为叶片的阻尼系数, $\beta_0$ 为叶尖角,根据式中 $\beta_r$ 为对应 $r$ 处的叶尖角,由此可以算出轴线旋流器(6)叶片安装角。

[0011] 进一步改进,以文氏管的结构尺寸为基准,所述的轴向旋流器的出口界面至文氏管喉道的距离与文氏管喉道直径之比为0.7,轴向旋流器出口面积与文氏管喉道面积之比与为2.2。

[0012] 进一步改进,所述的进气道、装配座以及燃烧室本体都是通过法兰连接,其中法兰之间加垫片,保证了良好的气密性。

[0013] 进一步改进,所述的固定方式为在混合段的旋流器设有两个凸台,分别为第一凸台和第二凸台,安装座设有一个第三凸台以及两个阶梯槽,分别为第一阶梯槽和第二阶梯槽,其中第一阶梯槽和第一凸台对应,配合可以定位预混合段旋流器,第二凸台和挡板配合,以固定预混合段旋流器,第三凸台通过第三阶梯槽与燃烧室本体配合,保证气密性和同轴性,第三凸台用以固定挡板,挡板和第三凸台以及旋流器出口平面在同一个水平面上,装配座靠近进气头部方向有一个第四凸台,通过第四凸台使得装配座很好的和进气道配合,进一步保证了很好的气密性和同轴性。

[0014] 本实用新型的基于贫油半预混燃烧的天然气的低污染燃烧室使用气态天然气,相比

于其它传统石化燃料,几乎不会产生粉尘和固体排放物,不含硫,燃烧不会产生 $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ 的排放也是远远低于其它燃料,能够大大降低对大气环境的污染;同时,相对于液态燃料,避免了燃油雾化等带来的油气分布不均,有利于可燃混气的形成,容易与空气均匀混合,有效的消除局部热点,大大降低污染物的排放,气态燃料与空气易形成均匀混气,能够充分发挥低排放的燃烧室的优势;燃料垂直进气空气入射,点火前进行短距离的预混,利用燃料的不均匀分布保证可靠的点火和燃烧稳定性,点火后,旋流器产生的旋流会继续带着燃料进行混合,燃烧方式介于预混燃烧与扩散燃烧之间,充分混合均匀的可燃混气进行充分燃烧后能进一步有效降低污染物的排放;并且燃烧室设计结构简单紧凑、加工工艺与装配简单,主要包含旋流器、文氏管、中空转轴和前后主要通道;并且可以应用到传统燃料的诸多燃气涡轮发动机的领域中,如工业发电、城市供暖;也可应用于民用航空发动机低排放燃烧领域。

### 附图说明

[0015] 图1为本实用新型基于贫油半预混燃烧的天然气低排放燃烧室结构示意图;

[0016] 图2为本实用新型基于贫油半预混燃烧的天然气低排放燃烧室的预混合段旋流器及转轴的结构示意图;

[0017] 图3为本实用新型基于贫油半预混燃烧的天然气低排放燃烧室的装配座的结构示意图;

[0018] 图4为本实用新型基于贫油半预混燃烧的天然气低排放燃烧室的进气道的结构示意图;

[0019] 图5为本实用新型基于贫油半预混燃烧的天然气低排放燃烧室的燃烧室本体的结构示意图。

[0020] 其中:1-预混合段旋流器,2-转轴,3-进气道,4-装配座,5-燃烧室本体,6-轴向旋流器,7-文氏管,8-第一凸台,9-第二凸台,10-第一阶梯槽,11-第二阶梯槽,12-第三凸台,13-挡板,14-第四凸台,15-第三阶梯槽,16-法兰,17-垫片。

### 具体实施方式

[0021] 下面将结合附图对本实用新型的技术方案进行详细说明。

[0022] 请参照图1-图5所示,本实用新型使用天然气为燃料、基于贫油半预混燃烧低污染燃烧室,使用的转轴2不同于传统的带喷雾锥角的燃油喷嘴,而是直接在转轴2侧面均匀开孔,本实施例是沿圆周均匀开设8个径向通孔,其他的数量也是可以的。天然气可以经转轴通入,之后经过开设的孔喷出,燃料喷射方向垂直于旋流器出口的空气,燃料与空气剪切掺混,在文氏管的中空内部实现初步半预混,控制当量比小于1,进入燃烧室本体5实现贫油燃烧。

[0023] 如图2所示,预混合段旋流器1有两个凸台:第一凸台8和第二凸台9,装配座4有两个阶梯槽:第一阶梯槽11及第二阶梯槽12,以及一个第三凸台12。其中第一阶梯槽10和第一凸台8对应定位预混合段旋流器1,第二凸台9和挡板13配合,固定预混合段旋流器1,第三凸台12定位挡板13。此时挡板13和第三凸台以及旋流器出口平面在同一个水平面上。其中的

轴向旋流器6主要根据内外半径和壁厚来确定其旋流数  $S_N = \frac{1 - (\frac{r}{R_s})^4}{2(1-\varphi) [1 - (\frac{r}{R_s})^3]} \tan \beta_0$ , 式中  $r_s$  为轴

向旋流器6径向截面位置处的内径,  $R_s$  为径向截面位置处的外径,  $r$  为旋流器叶片最小半径,  $R$  为旋流器叶片最大半径,  $\varphi$  为叶片的阻尼系数,  $\beta_0$  为叶尖角。根据式中  $\beta_r$  为对应  $r$  处的叶尖角, 由此可以算出轴线旋流器6叶片安装角。轴向旋流器6出口界面至文氏管喉道的距离与文氏管7喉道直径之比为0.7, 旋流器6出口面积与文氏管7喉道面积之比为2.2。

[0024] 如图3和4所示, 装配座4的进气头部有一个第四凸台14, 通过第四凸台就能够使得装配座4很好的和进气道3配合, 并保证了很好的气密性和同轴性。同时第三凸台12通过第三阶梯槽15与燃烧室本体5配合, 保证气密性和同轴度。

[0025] 请参照图1-图5并结合图5所示, 在实际工作中, 空气通过进气道3进入文氏管的中空内部, 即在预混合段, 在预混合段旋流器1的作用下, 在文氏管的内部产生旋流, 并在燃烧室本体5头部形成稳定的回流区; 与此同时, 天然气通过转轴2进入预混合段, 并且经位于轴向旋流器6与文氏管7喉道之间开设的孔中喷出, 此时的天然气沿空气入射方向垂直射入, 从喷射点到文氏管出口进行部分预混。天然气与空气的混合气体进入燃烧室本体5后进行点火, 随后燃料与空气可以继续混合, 形成更加均匀的可燃混气, 其燃烧方式介于预混燃烧和扩散燃烧之间, 燃烧室工作状态为贫油燃烧, 可有效降低燃烧火焰温度, 降低燃烧污染物, 特别是氮氧化合物的排放量。控制燃料与空气当量比小于1进行贫油燃烧, 点火后燃料与空气进一步掺混燃烧, 形成均匀混气以保证降低火焰温度、消除局部热点, 降低燃气轮机燃烧室污染物排放指数。

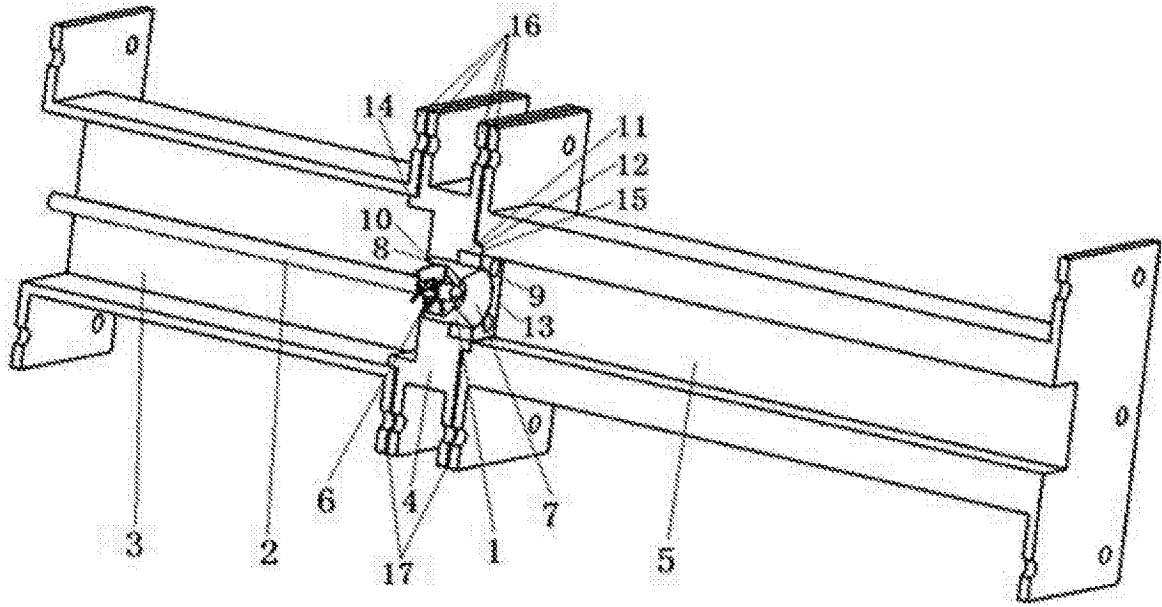


图1

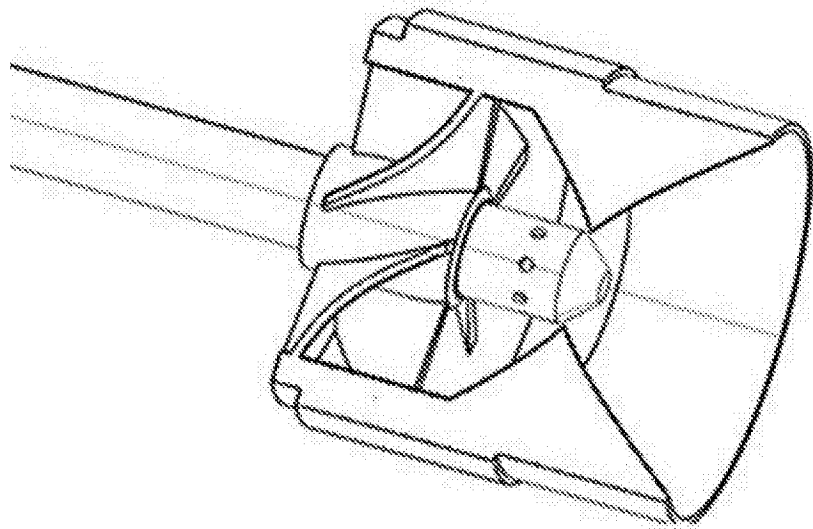


图2

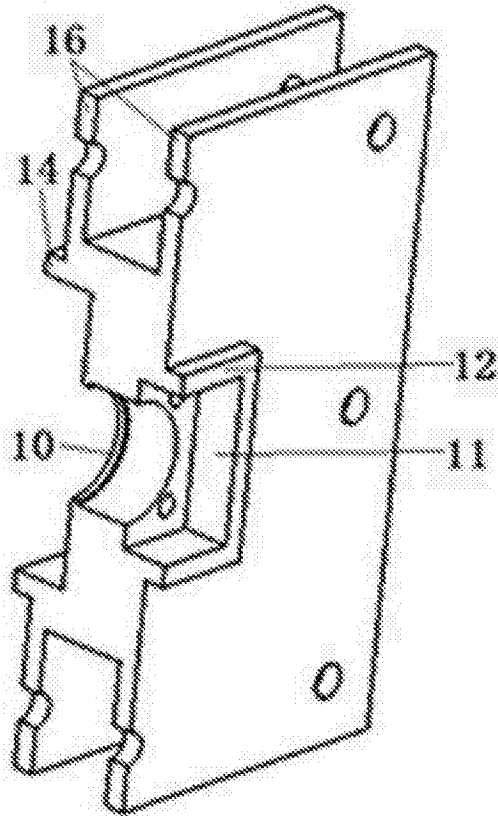


图3



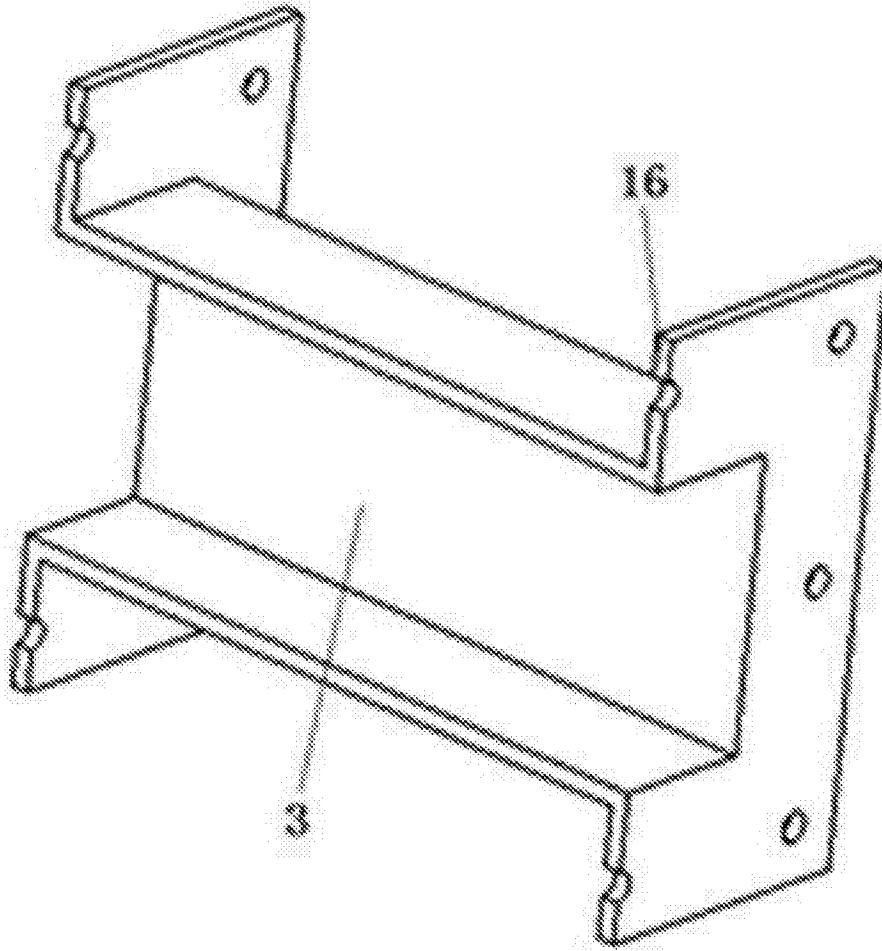


图4

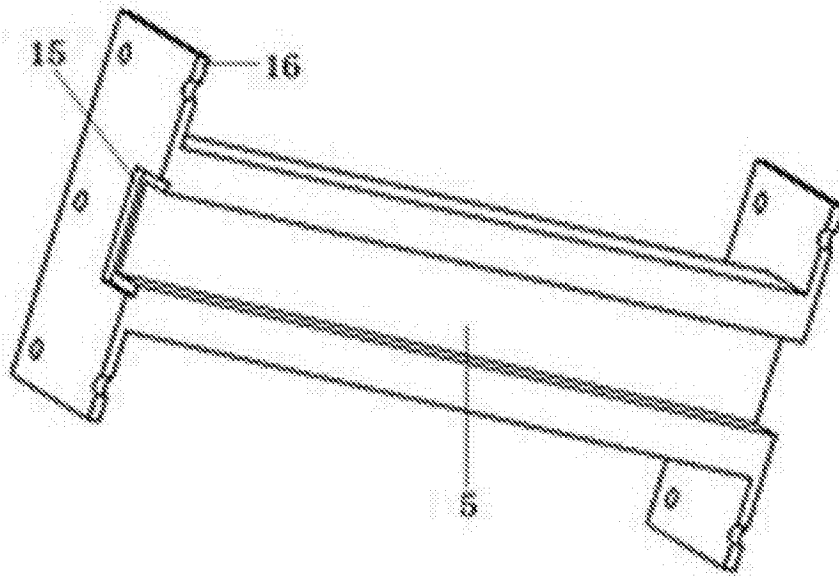


图5