



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107084683 A

(43)申请公布日 2017.08.22

(21)申请号 201710303238.5

(22)申请日 2017.05.03

(71)申请人 中国航空工业集团公司北京航空精密机械研究所

地址 100076 北京市丰台区北京市2559信箱

(72)发明人 毕超 王磊 房建国 鲍晨兴 李成玮

(74)专利代理机构 中国航空专利中心 11008  
代理人 陈宏林

(51)Int.Cl.  
G01B 11/24(2006.01)

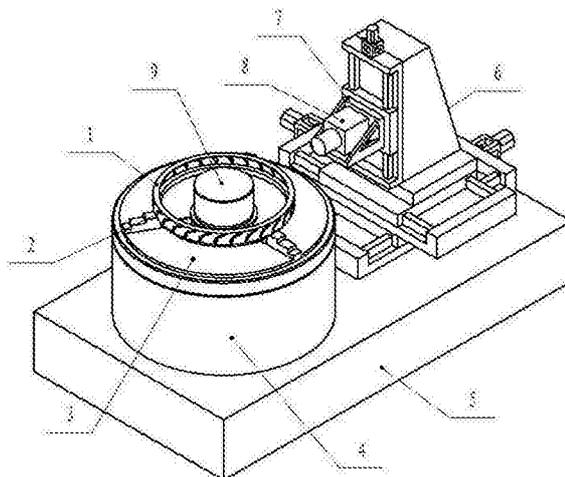
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置

## (57)摘要

本发明涉及一种测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,可以用于获取被测叶形孔的轮廓度、位置度和均布度等参数,以综合评价其加工质量。本发明基于机器视觉原理,采用背光照明方式,包括安装环定位装置、转台、底座、三维运动装置、相机安装座、工业相机和光源。通过转台带动安装环零件旋转,并应用工业相机依次采集分布于安装环圆柱面上的各个叶形孔的图像,最后通过图像处理获得每个叶形孔的形位参数。本发明适用于多种不同尺寸的安装环,可以对分布于其上的全部叶形孔进行非接触式测量,从而描述出每个叶形孔的实际状态。本发明原理简单、结构紧凑、自动化水平高,从而提供了一种高效率、高一一致性的检测叶形孔加工质量的技术手段。



1. 一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,其特征在于:该装置包括安装环定位装置(3)、转台(4)、底座(5)、三维运动装置(6)、相机安装座(7)、工业相机(8)和光源(9);其中,转台(4)固定在底座(5)上,并调整转台(4)使其工作台面水平并且回转轴线竖直;将安装环定位装置(3)安装在转台(4)的工作台面上,并调整安装环定位装置(3)上的3个活动卡爪(11)所确定的内圆与转台(4)的回转轴线同轴;将光源(9)放置在安装环定位装置(3)中部的凸台(10)上并通过凸台(10)上的螺纹孔(12)固定,并调整光源(9)的几何轴线与转台(4)的回转轴线同轴;在测量开始前,将被测安装环(1)放置在安装环定位装置(3)中,并调节3个活动卡爪(11)对其进行定位和夹紧;

将三维运动装置(6)安装并固定在底座(5)上,调整三维运动装置(6)的X轴和Y轴的运动方向与转台(4)的回转轴线垂直,调整三维运动装置(6)的Z轴的运动方向与转台(4)的回转轴线平行;将相机安装座(7)通过螺栓固定在三维运动装置(6)的Z轴位移台(14)的工作台(15)上,并将工业相机(8)通过螺栓安装在相机安装座(7)上,调整工业相机(8)的空间方位,使工业相机(8)的成像光轴与转台(4)的回转轴线垂直相交;

三维运动装置(6)通过X轴、Y轴和Z轴三个方向上的直线运动带动工业相机(8)进行空间位置调整,使工业相机(8)能够对准被测安装环(1)圆柱面上的被测叶形孔(2)。

2. 根据权利要求1所述的一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,其特征在于:工业相机(8)包括镜头和摄像头,并且能够通过数据线与上位机进行通讯。

3. 根据权利要求1所述的一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,其特征在于:三维运动装置(6)包括X轴位移台(16)、Y轴位移台(17)、Z轴位移台(14)以及Z轴立柱(13);其中,X轴位移台(16)、Y轴位移台(17)和Z轴位移台(14)均为一维直线运动平台,采用手动控制或者电动控制;将X轴位移台(16)通过螺栓沿底座(5)的长度方向安装在底座(5)上,将Y轴位移台(17)通过螺栓安装在X轴位移台(16)上,Y轴位移台(17)的运动方向与X轴位移台(16)的运动方向垂直;将Z轴立柱(13)通过螺栓固定在Y轴位移台(17)上,并将Z轴位移台(14)通过螺栓安装在Z轴立柱(13)上。

4. 根据权利要求1所述的一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,其特征在于:光源(9)为圆柱形,包括内芯(18)、发光二极管(19)和漫反射板(18);其中,内芯(18)为圆柱形,其外表面上加工有用于安装发光二极管(19)的孔;发光二极管(19)安装在内芯(18)的外圆柱面上并且沿外圆柱面的轴向和周向均匀分布;将透光率为80~90%的圆筒形的漫反射板(20)套装在安装有发光二极管(19)的内芯(18)的外围,用于将发光二极管(19)所发射出的光束变为均匀而稳定的漫射光。

5. 根据权利要求1所述的一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,其特征在于:安装环定位装置(3)为圆盘形状,其上的3个活动卡爪(11)沿圆周均匀分布,相邻活动卡爪(11)之间的夹角为 $120^{\circ}$ 。

## 一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,属于测量技术领域。

### 背景技术

[0002] 在航空发动机中,安装环是进气机匣、低压压气机和整流涡轮导向器等部件中的关键零件,在其圆柱面上均匀分布着许多安装叶片用的叶形孔,这些叶形孔在整台发动机中有数百个之多,而且形状各异、规格繁多。在航空发动机的装配过程中,需要将叶片安装到叶形孔中,因而叶形孔的几何形状和位置决定了叶片能否进行安装以及叶片安装后的位置姿态。因此,安装环上的每个叶形孔的加工精度对于发动机装配的可行性、一致性和互换性等都有着重要影响。

[0003] 航空发动机安装环上的叶形孔具有三个明显特点:(1)叶形孔的轮廓线由多段不同参数的弧线段组成;(2)叶形孔特征是空间曲面,其实际型线轮廓不在同一平面内;(3)叶形孔的后缘部分的半径非常小,例如某些高性能航空发动机上的叶形孔的后缘部分的半径已处于0.01~0.05mm的范围。这些因素导致目前几乎没有有效手段对叶形孔的形位参数进行检测。在生产现场,操作工人仅能通过标准样件大致判断叶形孔是否合格,而不能获得各项形位参数,这样的人工检测方式不仅效率低、工作量巨大,而且不能完成全部有效的检测工作,也不能获得客观、具体的检测数据。

[0004] 当前,随着我国航空发动机性能的不不断提升,对于叶形孔的轮廓度、位置度和均布度等形位参数的测量精度和检测效率的要求越来越高,迫切需要研制出新型、高效的自动化测量设备。近年来,随着测量技术及相关学科的飞速发展,机器视觉作为一项高新技术已经广泛应用于航空工业的各个领域中。机器视觉测量技术是把图像作为获取信息的手段,将机器视觉技术应用于几何尺寸的测量和定位,不仅具有非接触式测量方法的优点,还具有成本低、操作简便、机动灵活和实时性强等独特优点,因而被广泛应用于工业现场。目前,机器视觉测量技术在成像器件、理论分析方法、优化技术及工程应用等方面都取得了长足进步,已显示出巨大的发展和应用空间,可以解决航空领域中传统测量手段难以解决的许多问题,其研究水平和应用范围也在不断扩大。

### 发明内容

[0005] 本发明正是在这样的背景下并结合航空发动机行业的迫切需求而提供了一种用于获取航空发动机叶形孔形位参数的测量装置,其目的是解决目前航空发动机叶形孔形位参数的检测难题,以用于批量叶形孔加工质量的高效检测。

[0006] 本发明是通过以下技术方案来实现的:

[0007] 该种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,用于获取叶形孔的轮廓度、位置度和均布度等形位参数,其特征在于:该装置包括安装环定位装置(3)、转台(4)、底座(5)、三维运动装置(6)、相机安装座(7)、工业相机(8)和光源(9);其中,转台(4)安装在底座

(5)上,并调整转台(4)的工作台面水平和回转轴线竖直;将安装环定位装置(3)固定在转台(4)的工作台面上,调整安装环定位装置(3)上的3个活动卡爪(11)所确定的内圆与转台(4)的回转轴线同轴;将光源(9)安装在安装环定位装置(3)中部的凸台(10)上并通过凸台(10)上的螺纹孔(12)固定,并使光源(9)的几何轴线与转台(4)的回转轴线同轴;在测量开始前,将被测安装环(1)放置在安装环定位装置(3)中,并调节3个活动卡爪(11)对其进行定位和夹紧;

[0008] 将三维运动装置(6)安装并固定在底座(5)上,调整三维运动装置(6)的X轴和Y轴的运动方向与转台(4)的回转轴线垂直,调整三维运动装置(6)的Z轴的运动方向与转台(4)的回转轴线平行;将相机安装座(7)通过螺栓固定在三维运动装置(6)的Z轴位移台(14)的工作台(15)上,并将工业相机(8)通过螺栓安装在相机安装座(7)上,调整工业相机(8)的空间方位,使工业相机(8)的成像光轴与转台(4)的回转轴线垂直相交;三维运动装置(6)可以实现X、Y和Z三个方向上的直线运动,从而通过相机安装座(7)带动工业相机(8)进行空间位置的变化,以使其处于正确的测量方位,一方面可以调节相机视场和景深的大小;另一方面也可以使该装置适应不同直径尺寸的安装环的测量需求,从而使装置具有较大的灵活性;三维运动装置(6)通过X轴、Y轴和Z轴三个方向上的直线运动带动工业相机(8)进行空间位置调整,使工业相机(8)对准被测安装环(1)圆柱面上的叶形孔(2)。

[0009] 进一步地,工业相机(8)包括镜头和摄像头,并且能够通过数据线与上位机进行通讯;工业相机(8)的镜头的焦距要能够使工业相机(8)在X轴的移动范围内对被测叶形孔(2)成清晰的像;工业相机(8)的摄像头可以采用黑白摄像头,也可以采用彩色摄像头。

[0010] 进一步地,三维运动装置(6)包括X轴位移台(16)、Y轴位移台(17)、Z轴位移台(14)以及Z轴立柱(13);其中,X轴位移台(16)、Y轴位移台(17)和Z轴位移台(14)均为一维直线运动平台,采用手动控制或者电动控制;将X轴位移台(16)通过螺栓沿底座(5)的长度方向安装在底座(5)上,将Y轴位移台(17)通过螺栓安装在X轴位移台(16)上,Y轴位移台(17)的运动方向与X轴位移台(16)的运动方向垂直,将Z轴立柱(13)通过螺栓固定在Y轴位移台(17)上,并将Z轴位移台(14)通过螺栓安装在Z轴立柱(13)上。

[0011] 进一步地,光源(9)为圆柱形,包括内芯(18)、发光二极管(19)和漫反射板(20),其中,内芯(18)为圆柱形,其外表面上加工有用于安装发光二极管(19)的孔,发光二极管(19)安装在内芯(18)的外圆柱面上并且沿外圆柱面的轴向和周向均匀分布,将透光率为80~90%的圆筒形的漫反射板(20)套装在安装有发光二极管(19)的内芯(18)的外围,将发光二极管(19)所发射出的光束变为均匀而稳定的漫射光。

[0012] 进一步地,安装环定位装置(3)为圆盘形状,其上的3个活动卡爪(11)沿圆周均匀分布,相邻活动卡爪(11)之间的夹角为 $120^{\circ}$ ,可以同时向中心靠近或退出,从而实现对不同直径尺寸的安装环(1)进行定位和夹紧。

[0013] 在该装置中,光源(9)与工业相机(8)分别位于被测叶形孔特征(2)的前后两侧,由光源(9)发出的均匀而稳定的光从被测叶形孔(2)的背向射来并照亮被测叶形孔(2),然后进入工业相机(8)的镜头并成像在光敏面上,可以获得被测叶形孔(2)的清晰图像,进而通过图像处理得到其轮廓度、位置度和均布度等形位参数。

[0014] 本发明所述的用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,通过转台带动被测安装环旋转,同时应用工业相机逐个拍摄安装环上的叶形孔图像,并通过图像处理获得每个

叶形孔的轮廓度、位置度和均布度等参数。

### 附图说明

[0015] 图1为本发明的整体结构示意图；

[0016] 图2为本发明的安装环定位装置结构示意图；

[0017] 图3为本发明的三维运动装置结构示意图；

[0018] 图4为本发明的光源结构示意图,其中,图a为光源的轴侧图,图b为光源的俯视图；

[0019] 图5为本发明所采集到的一幅叶形孔图像。

### 具体实施方式

[0020] 以下将结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步详述：

[0021] 参见附图1~5,该种用于测量航空发动机叶形孔形位参数的装置,包括安装环定位装置3、气浮转台4、大理石底座5、三维运动装置6、相机安装座7、工业相机8和光源9;其中,将气浮转台4安装并固定在大理石底座5上,并调整气浮转台4的工作台面水平和回转轴线竖直;将安装环定位装置3固定在气浮转台4的工作台面上,并调整安装环定位装置3上的3个活动卡爪11所确定的内圆与气浮转台4的回转轴线同轴;将光源9安装在安装环定位装置3中部的凸台10上并通过凸台10上的螺纹孔12固定,并调整光源9的几何轴线与气浮转台4的回转轴线同轴;在测量开始前,将被测安装环1放置在安装环定位装置3中,并调节3个活动卡爪11对其进行定位和夹紧;

[0022] 将三维运动装置6安装并固定在大理石底座5上,调整三维运动装置6的X轴和Y轴的运动方向与气浮转台4的回转轴线垂直,调整三维运动装置6的Z轴的运动方向与气浮转台4的回转轴线平行,将相机安装座7通过螺栓固定在三维运动装置6的Z轴位移台14的工作台15上,并将工业相机8通过螺栓安装在相机安装座7上,调整工业相机8的空间方位,使工业相机8的成像光轴与气浮转台4的回转轴线垂直相交;

[0023] 三维运动装置6通过X轴、Y轴和Z轴三个方向上的直线运动带动工业相机8进行空间位置调整,使工业相机8能够对准被测安装环1圆柱面上的叶形孔2。

[0024] 工业相机8包括大恒光电公司的远心成像镜头和大恒图像公司的水星系列数字摄像头,并且能够通过数据线与工控机进行通讯和数据传输。

[0025] 三维运动装置6包括X轴位移台16、Y轴位移台17、Z轴位移台14以及Z轴立柱13,其中,X轴位移台16、Y轴位移台17和Z轴位移台14均采用微纳光科公司的WN230TA50M型高精度电动评议台;将X轴位移台16通过螺栓沿底座5的长度方向安装在底座5上,将Y轴位移台17通过螺栓安装在X轴位移台16上,Y轴位移台17的运动方向与X轴位移台16的运动方向垂直,将Z轴立柱13通过螺栓固定在Y轴位移台17上,并将Z轴位移台14通过螺栓安装在Z轴立柱13上。

[0026] 圆柱形光源9包括内芯18、发光二极管19和漫反射板18;其中,内芯18为圆柱形,其外表面上加工有用于安装发光二极管19的孔,发光二极管19安装在内芯18的外圆柱面上并且沿外圆柱面的轴向和周向均匀分布,将透光率为80~90%的圆筒形的漫反射板20套装在安装有发光二极管19的内芯18的外围,将发光二极管19所发射出的光束变为均匀而稳定的漫射光。

[0027] 安装环定位装置3为圆盘形状,其上的3个活动卡爪11沿圆周均匀分布,相邻活动卡爪11之间的夹角为 $120^{\circ}$ ,可以同时向中心靠近或退出,从而实现对不同直径尺寸的安装环1进行定位和夹紧。

[0028] 在应用过程中,可以将该装置放置于暗室环境中,以削弱环境光对成像质量和测量精度的干扰,具体的测量步骤如下:

[0029] 步骤一、将被测的航空发动机安装环1放置在安装环定位装置3中,并通过3个活动卡爪11将安装环定位并夹紧;

[0030] 步骤二、给圆柱形光源9通电,使其发出光照亮被测的叶形孔特征2,通过控制三维运动装置6中的X轴、Y轴和Z轴的运动带动工业相机8运动,使工业相机8的成像光轴与被测安装环1的几何轴线垂直相交,并且控制气浮转台4的转动使安装环1上的被测叶形孔特征2处于工业相机8的视场中央;调整焦距,使工业相机8能够获取到清晰且完整的叶形孔特征2的图像;

[0031] 步骤三、控制工业相机8采集叶形孔特征2的图像,然后对图像进行降噪滤波、直方图均衡化、单阈值分割、形态学处理、边缘检测和像素尺寸当量标定等图像处理过程,提取出叶形孔特征2轮廓上的各个像素的坐标值;

[0032] 步骤四、根据被测叶形孔特征2轮廓上的各个像素的坐标值计算处所需要的轮廓度、位置度和均布度等形状和位置参数,并控制气浮转台4带动安装环1旋转,使下一个叶形孔特征2进入测量区域,重复步骤二和步骤三即可实现安装环1上的全部叶形孔特征2的形位参数检测。同时,调整安装环定位装置3上的3个活动卡爪11的位置,可以装夹不同直径尺寸的安装环1。

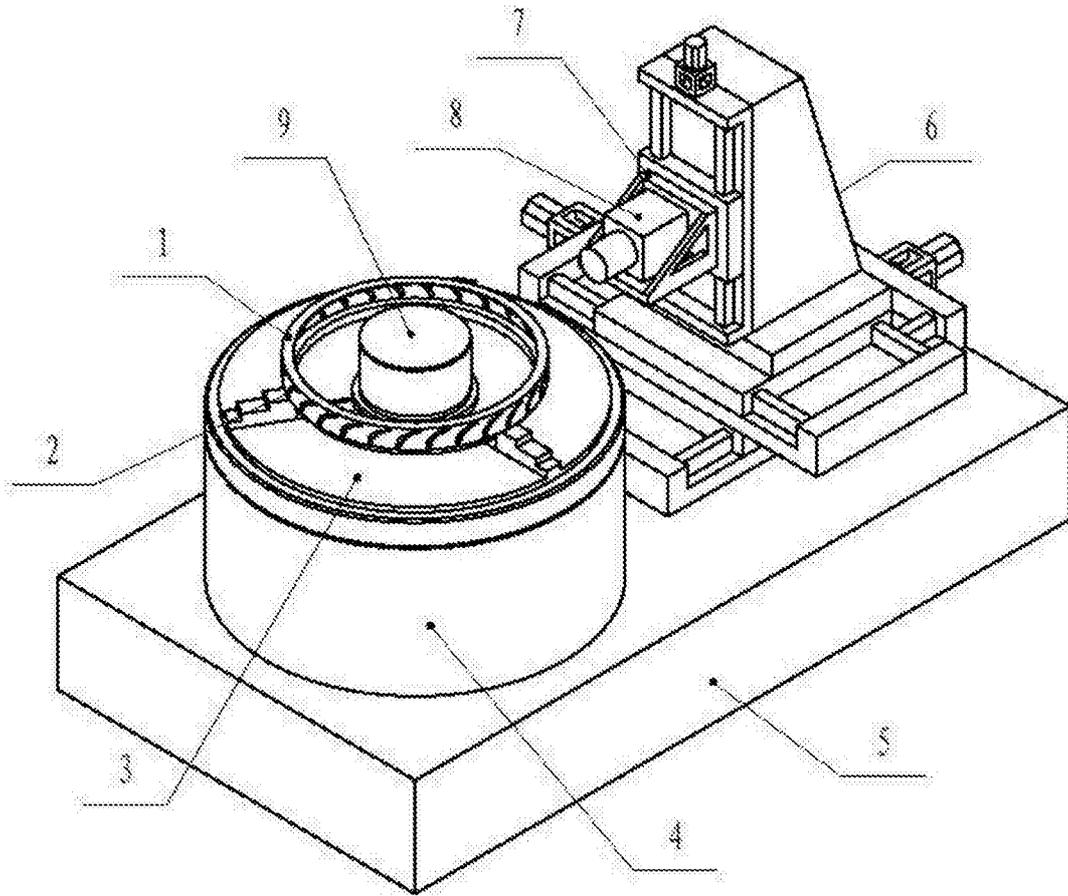


图1

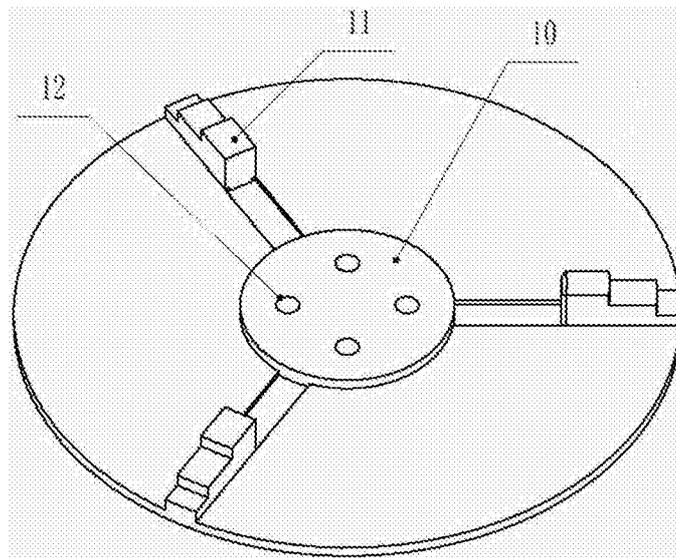


图2

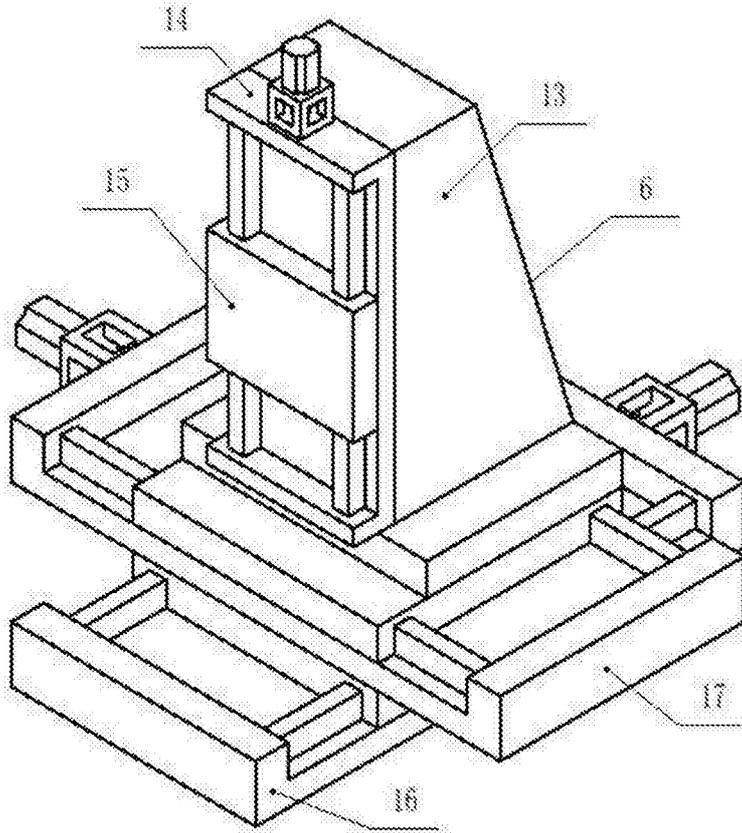
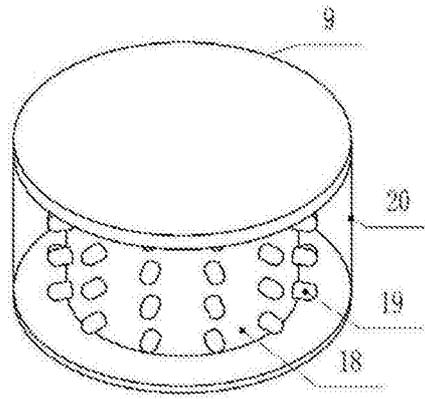
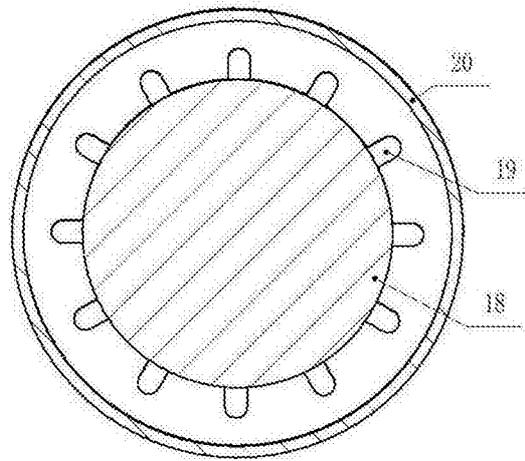


图3



(a)



(b)

图4

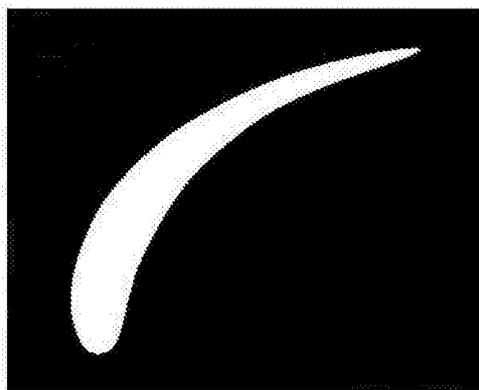


图5