



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103941278 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201410199880. X

(22) 申请日 2014. 05. 13

(71) 申请人 中国工程物理研究院流体物理研究所

地址 621000 四川省绵阳市绵山路 64 号

(72) 发明人 江孝国 王远 李洪 张卓  
杨兴林 代志勇

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理事务所  
(普通合伙) 51220

代理人 王记明

(51) Int. Cl.

G01T 1/29(2006. 01)

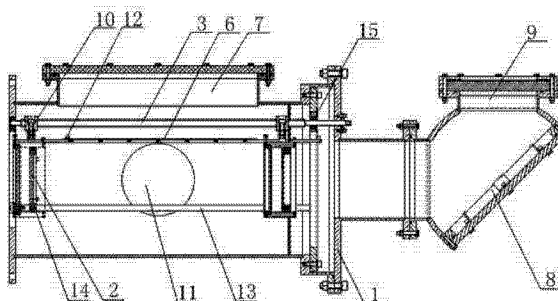
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种电子束发射度测量装置及测量方法

(57) 摘要

本发明公布了一种电子束发射度测量装置及测量方法,包括测量靶室,在测量靶室的输出端设置有反射镜、以及测量窗口,在所述测量靶室上还安装有真空泵,在所述测量靶室内还安装有一个可沿测量靶室的轴线自由移动的能量转换靶、以及测量能量转换靶位置的测量机构。本发明采用在固定磁场参数条件下通过改变测量位置的方法来减少参与数据拟合时的参数个数到1个;利用刻度指示的可移动能量转换靶及真空动密封机构以保证在改变测量位置时不会破坏加速器的真空环境,并直接获取测量位置数据,可以大幅度提高测量工作效率;通过多个位置测量数据,增加数据测量点的形式以提高拟合的稳定性和精度。



1. 一种电子束发射度测量装置,包括测量靶室(1),在测量靶室(1)的输出端设置有反射镜(8)、以及测量窗口(9),在所述测量靶室(1)上还安装有真空泵(11),其特征在于:在所述测量靶室(1)内还安装有一个可沿测量靶室(1)的轴线自由移动的能量转换靶(2)、以及测量能量转换靶(2)位置的测量机构。

2. 根据权利要求1所述的一种电子束发射度测量装置,其特征在于:在所述的测量靶室(1)内安装有丝杠(3),丝杠(3)的一端穿过测量靶室(1)的一个端面形成操作部,在测量靶室(1)内的丝杠(3)上安装有与丝杠(3)相匹配的套环(10),所述能量转换靶(2)固定连接在套环(10)上。

3. 根据权利要求2所述的一种电子束发射度测量装置,其特征在于:在所述的测量靶室(1)内还安装有与丝杠(3)相互平行的刻度尺(6),在套环(10)或能量转换靶(2)上安装有与刻度尺(6)相对应的指示标(12),在所述测量靶室(1)上设置有观测窗(7)。

4. 根据权利要求2所述的一种电子束发射度测量装置,其特征在于:在所述的测量靶室(1)内还安装有与丝杠(3)相互平行的导向杆(13),所述能量转换靶(2)上安装有套装在导向杆(13)上的导向滑块(14)。

5. 根据权利要求2至4中任意一项所述的一种电子束发射度测量装置,其特征在于:所述的丝杠(3)穿过测量靶室(1)端面的位置至少设置有一个O型密封圈(15)。

6. 根据权利要求1所述的一种电子束发射度测量装置,其特征在于:所述的能量转换靶(2)采用抛光的石英薄片制成。

7. 一种电子束发射度测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

(a) 固定一个合理的磁场,使电子束在测量靶室轴线方向上的横向截面分布在测量过程中处于稳定状态;

(b) 通过变换刻度尺所示的能量转换靶的位置,测量不同位置时,电子束束腰附近前后位置的束斑直径;

(c) 根据步骤(b)测量的数据,利用三梯度法来对电子束初始发射度  $\epsilon_n$  一个参数进行拟合,当拟合曲线与测量曲线符合时,则该值就是电子束的发射度数值。

## 一种电子束发射度测量装置及测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及加速器研制及参数测量领域,具体是指一种电子束发射度测量装置及测量方法。

### 背景技术

[0002] 在加速器研制及参数测量技术研究方面,带电粒子束的发射度参数是一项最重要的表征束品质的参数,准确地测量电子束的发射度,对加速器的调试和改进,具有重要的意义。但其准确测量确是最困难的一项工作,主要原因在于通常采用的直接测量方法——胡椒孔法本身具有的一些缺陷,如空间电荷效应、胡椒孔板的存在改变束的发射度、孔的分布及其限制性等的影响,由于其对电子束束流具有一定要求及对电子束的发射度参数具有破坏性,使这种测量装置及其相关数据处理方法受到较大的限制,基于这种原理的测量技术的应用范围因此也受到严重限制。发射度的另一个有效的测量方法是三梯度法,也是目前较通用的测量方法,它具体还可以进一步划分为三剖面法和三梯度法。三剖面法是在束流轴线上的三个不同位置上测出束流的三个剖面,再通过矩阵计算求出发射度,由于求解矩阵过程中存在多个未知数,需要对这些未知数的组合进行拟合以寻找到一个合理的结果,由于未知数个数较多,当初始参数范围选得不合理时,矩阵方程可能是一个病态方程,组合后存在的各种可能性使求解结果存在较大的不稳定性,求解过程也存在不收敛的情况,使求解存在一定的困难;由于测量需要在真空中进行,每一次测量位置的更换会导致加速器管道真空的破坏及工作周期的大幅增加,按照已有实际工作经验,在加班的情况下一天基本只能进行一个点的测量;在更大型的加速器上按照这种方式工作,则测量工作周期会更长,也不利于加速器的维护。而三梯度法也是三剖面法的一种,只是把束剖面测量位置固定在束流轴线上一个平面上,通过改变上游方向磁场的参数以调节测量位置处束剖面的直径、并同时测量得到三个剖面数值,如说明书附图 1 所示,再按照上述矩阵的求解方法计算发射度,因此也存在一定的问题,这种测量方法虽然不破坏加速器管道真空,但拟合参数仍然包括了变化的磁场,需拟合的参数仍然较多,如果参数选择不合适,拟合结果可能存在较大差别,尤其在束腰处进行测量,束斑直径的测量误差影响是较大的,如说明书附图 4 所示。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种电子束发射度测量装置及测量方法,解决目前的电子束发射度测量存在的每一次测量位置的更换会导致加速器管道真空的破坏及工作周期的大幅增加、拟合参数仍然包括了变化的磁场,需拟合的参数较多导致的误差大的问题。

[0004] 本发明的目的通过下述技术方案实现:

一种电子束发射度测量装置,包括测量靶室,在测量靶室的输出端设置有反射镜、以及测量窗口,在所述测量靶室上还安装有真空泵,在所述测量靶室内还安装有一个可沿测量靶室的轴线自由移动的能量转换靶、以及测量能量转换靶位置的测量机构。传统的电子束

发射度测量是通过一个真空的加速管道来测量的,每一次测量位置的更换会导致加速器管道真空的破坏及工作周期的大幅增加,针对这个问题,申请人经过多年的研究,发明了本发明的技术方案:采用在测量靶室内安装一个能量转换靶,能量转换靶与测量靶室的轴线垂直,通过能量转换靶在测量靶室轴线上的移动,可以实现在不破坏测量靶室真空环境的条件下进行不同位置的测量,大大减小了工作量,而且不破坏真空环境会使得每一次的测量其分布的磁场更加稳定;然后通过增加一个测量机构来测量和显示能量转换靶的具体位置,然后利用修正三梯度法来进行发射度的测量,修正三梯度法主要原理如下:加速器中轴线上某一位置的电子束束斑的半径  $R$  会随其上游轴向磁场  $B$  的改变而改变,如果测量出不同磁场下的电子束束斑的剖面分布,可以得到一组  $(R, B)$  测量数据点,而根据理论原理还可以求解不同磁场下的电子束束斑包络方程,可以得到一条  $R-B$  计算曲线,这条曲线主要依赖于三个未知参数,初始平面内的电子束束斑半径  $R$ 、电子束的发散角  $R'$ 、电子束的发射度  $\epsilon_n$ 。若用  $R-B$  计算曲线拟合  $(R, B)$  测量数据点,当实际测量数据与理论计算曲线符合时就可以求出包括束流发射度  $\epsilon_n$  在内的这三个未知参数的拟合解;其中电子束的发散角与测量位置到初始位置的距离相关,而等效磁场初始位置与磁场有关,所以当磁场设置改变时,它也随之发生变化,所以拟合实际上是对三个参数进行的,因此,本发明采用移动测量的方式,同时增加不同位置处测量的方式,利用测量机构来确定能量转换靶的位置参数,有效减少了需要拟合的参数数量,提高了拟合的稳定性及精度,可以获得更可靠的发射度参数数据;该方法同时要求束斑直径的测量位置在束腰的附近即直径最小处,并且测量位置不限于电子束的三个位置,可以有较多位置,该数据处理方法结合移动靶的测量原理,采用较多测量数据点进行拟合时,测量结果拟合的收敛性、稳定性及精度可以较高。

[0005] 在所述的测量靶室内安装有丝杠,丝杠的一端穿过测量靶室的一个端面形成操作部,在测量靶室内的丝杠上安装有与丝杠相匹配的套环,所述能量转换靶固定连接在套环上。具体的讲,任何一种能够实现能量转换靶在真空环境的测量靶室内移动的结构都适用于本申请的技术方案,其中的一种是采用丝杠来进行传动,通过在测量靶室外操作丝杠的转动来控制 and 调整能量转换靶的位置,从而实现在测量靶室外进行操控。

[0006] 在所述的测量靶室内还安装有与丝杠相互平行的刻度尺,在套环或能量转换靶上安装有与刻度尺相对应的指示标,在所述测量靶室上设置有观测窗。本发明的测量机构可以是任何一种能够实现能量转换靶位置的结构,本发明采用了其中的一种:利用沿丝杠移动的套环或能量转换靶相对丝杠移动,在其上设置显示位置的刻度尺,通过观测窗,就可以直接读取位置参数,利用丝杠的转动,也可以实现能量转换靶的定点设置。

[0007] 在所述的测量靶室内还安装有与丝杠相互平行的导向杆,所述能量转换靶上安装有套装在导向杆上的导向滑块。通过设置导向杆,可以使得能量转换靶的移动稳定,避免出现偏差。

[0008] 所述的丝杠穿过测量靶室端面的位置至少设置有一个  $O$  型密封圈。通过设置一个或者多个  $O$  型密封圈,通过相互的适当挤压以保证活动接触面的紧密接触但又能够在摩擦的情况下移动而获得真空的动密封效果,可以保证丝杠轴的准直性进而保证转动的稳定性,再通过注入真空润滑油脂的方式改善真空密封性能,实现高真空度的动密封要求。

[0009] 所述的能量转换靶采用抛光的石英片制成。在电子束的参数测量中,通常使用基于切伦柯夫辐射原理的靶,其结构包括一个石英薄片,其后侧磨砂形成毛面,对可见光具有

很强的散射作用,这种靶的实际空间分辨率会因靶厚度及磨砂毛面的影响而降低,进而使测量误差增大,在发现这个问题后,发明人经过多年的研究后发明了能量转换靶来解决这个问题,简单讲就是两面抛得很光的石英薄片,并尽量将其厚度减少,它是以电子轰击物质后能量交换进行发光的原理获得发光图像,发光点就是电子轰击点,在这种结构的靶中发光不会扩散,克服了传统的切伦柯夫辐射原理靶结构上有毛面的偏见,因此可以提高测量精度,相对于传统的切伦柯夫辐射靶而言,图像清晰度具有明显提高。

[0010] 一种电子束发射度测量方法,包括以下步骤:

(a) 固定一个合理的磁场,使电子束在测量靶室轴线方向上的横向截面分布在测量过程中处于稳定状态;

(b) 通过变换刻度尺所示的能量转换靶的位置,测量不同位置时,电子束束腰附近前后位置的束斑直径;

(c) 根据步骤(b)测量的数据,利用三梯度法来对电子束初始发射度  $\epsilon_n$  一个参数进行拟合,当拟合曲线与测量曲线符合时,则该值就是电子束的发射度数值。

[0011] 本发明基于修正三梯度法测量电子束发射度的原理及数据处理要求,首先采用在固定磁场参数条件下通过改变测量位置的方法来减少参与数据拟合时的参数个数到 1 个,一方面可以降低拟合的工作量和难度,又可以提高数据处理时拟合的稳定性及精度;利用刻度指示的可移动能量转换靶及真空动密封机构以保证在改变测量位置时不会破坏加速器的真空环境,并直接获取测量位置数据,可以大幅度提高测量工作效率;采用能量转换靶代替切伦柯夫辐射靶,能量转换靶以电子轰击物质后能量交换进行发光的原理获得发光图像,发光点就是电子轰击点,在这种结构的靶中发光不会扩散,克服了传统的切伦柯夫辐射原理靶结构上有毛面的偏见,因此可以提高测量精度,相对于传统的切伦柯夫辐射靶而言,图像清晰度具有明显提高;通过多个位置测量数据,增加数据测量点的形式以提高拟合的稳定性和精度。

[0012] 本发明与现有技术相比,具有如下的优点和有益效果:

1 本发明一种电子束发射度测量装置,采用移动测量的方式,同时增加不同位置处测量的方式,利用测量机构来确定能量转换靶的位置参数,有效减少了需要拟合的参数数量,提高了拟合的稳定性及精度,可以获得更可靠的发射度参数数据;该方法同时要求束斑直径的测量位置在束腰的附近即直径最小处,并且测量位置不限于电子束的三个位置,可以有较多位置,该数据处理方法结合移动靶的测量原理,采用较多测量数据点进行拟合时,测量结果拟合的收敛性、稳定性及精度可以较高;

2 本发明一种电子束发射度测量装置,通过设置一个或者多个 O 型密封圈,通过相互的适当挤压以保证活动接触面的紧密接触但又能够在摩擦的情况下移动而获得真空的动密封效果,可以保证丝杠轴的准直性进而保证转动的稳定性,再通过注入真空润滑油脂的方式改善真空密封性能,实现高真空度的动密封要求;

3 本发明一种电子束发射度测量装置,采用能量转换靶来替换切伦柯夫辐射原理靶,简单讲就是两面抛得很光的石英薄片,并尽量将其厚度减少,它是以电子轰击物质后能量交换进行发光的原理获得发光图像,发光点就是电子轰击点,在这种结构的靶中发光不会扩散,克服了传统的切伦柯夫辐射原理靶结构上有毛面的偏见,因此可以提高测量精度,相对于传统的切伦柯夫辐射靶而言,图像清晰度具有明显提高;

4 本发明一种电子束发射度测量方法,采用在固定磁场参数条件下通过改变测量位置的方法来减少参与数据拟合时的参数个数到 1 个,一方面可以降低拟合的工作量和难度,又可以提高数据处理时拟合的稳定性及精度;利用刻度指示的可移动能量转换靶及真空动密封机构以保证在改变测量位置时不会破坏加速器的真空环境,并直接获取测量位置数据,可以大幅度提高测量工作效率;采用能量转换靶代替切伦柯夫辐射靶,能量转换靶以电子轰击物质后能量交换进行发光的原理获得发光图像,发光点就是电子轰击点,在这种结构的靶中发光不会扩散,克服了传统的切伦柯夫辐射原理靶结构上有毛面的偏见,因此可以提高测量精度,相对于传统的切伦柯夫辐射靶而言,图像清晰度具有明显提高;通过多个位置测量数据,增加数据测量点的形式以提高拟合的稳定性和精度。

### 附图说明

[0013] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明实施例的限定。在附图中:

图 1 为三梯度法的测量原理图;

图 2 为本发明测量装置的半剖主视图;

图 3 为图 2 的左视图;

图 4 为现有技术中的拟合曲线示意图;

图 5 为本发明实施例的拟合曲线示意图;

本发明结构示意图。

[0014] 附图中标记及相应的零部件名称:

1- 测量靶室, 2- 能量转换靶, 3- 丝杠, 6- 刻度尺, 7- 观测窗, 8- 反射镜, 9- 测量窗口, 10- 套环, 11- 真空泵, 12- 指示标, 13- 导向杆, 14- 导向滑块, 15- O 型密封圈。

### 具体实施方式

[0015] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本发明作进一步的详细说明,本发明的示意性实施方式及其说明仅用于解释本发明,并不作为对本发明的限定。

### 实施例

[0016] 如图 2 至 3 所示,本发明一种电子束发射度测量装置,包括测量靶室 1,测量靶室 1 采用多个组件围合而成,整体上呈圆筒状,其一端作为电子束的射入端,安装有透明的玻璃,另一端设置有两个环状的不等直径的端面,在该断面通过法兰连接有转向的通道,在转向通道内安装有反射镜 8、以及测量窗口 9,测量窗口 9 上用于安装透明的石英玻璃窗,以便靶的发光图像可以传出被放置于侧面的相机拍摄;在测量靶室 1 内安装有丝杠 3,丝杠 3 位于测量靶室 1 轴线的上方;丝杠 3 的一端穿过测量靶室 1 的两个环状不等直径的端面形成操作部,在测量靶室 1 端面与丝杠 3 之间安装两个 O 型密封圈 15,并用真空密封油脂进行密封;在丝杠 3 上安装有与丝杠 3 相匹配的套环 10,能量转换靶 2 固定连接在套环 10 上;在测量靶室 1 内还安装有与丝杠 3 相互平行的刻度尺 6,在套环 10 上设置有指示标 12,在测量靶室 1 上方开设有观测窗 7,可以直接读取位置参数,测量靶室 1 内还安装有与丝杠 3 相

互平行的导向杆 13, 能量转换靶 2 上安装有套装在导向杆 13 上的导向滑块 14; 在测量靶室 1 的侧面安装有真空泵 11; 能量转换靶 2 采用石英薄片制成, 两面进行抛光, 厚度越小越好; 值得注意的是, 本实施例中能量转换靶 2 的活动是通过丝杠 3 来实现的, 作为该功能的替换, 也可以是其它的传动形式和传动结构, 例如平齿条等, 测量结构也可以是其它的测量工具, 例如红外测量等。

[0017] 使用时该装置测量电子束的发射度时, 首先利用真空泵 11 抽取真空, 真空度要求达到  $1 \times 10^{-4} \text{Pa}$  以上, 其允许漏率为  $1.33 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{L/s}$ ; 固定一个合理的磁场, 使电子束在测量靶室轴线方向上的横向截面分布在测量过程中处于稳定状态; 通过变换刻度尺所示的能量转换靶的位置, 测量不同位置时, 电子束束腰附近前后位置的束斑直径; 根据步骤(b) 测量的数据, 利用如图 1 三梯度法的测量方法来对电子束初始发射度  $\epsilon_n$  一个参数进行拟合, 当拟合曲线与测量曲线符合时, 则该值就是电子束的发射度数值。

[0018] 利用本实施例的测量方法, 得到的拟合曲线如图 5 所示, 其中 20 是电子束沿轴线 23 的各个位置处的半径的原始数据测量点、21 是 20 的拟合曲线; 相对于基于基本原理的测量装置和测量方法获得的拟合曲线如图 4 所示, 其中 20 是电子束沿轴线 23 的三个位置处的半径的原始数据测量点、21 是 20 的拟合曲线; 由此可以得知, 本发明由于测量数据点数的增加、拟合参数数量的减少使得数据拟合的稳定性、精度等有较大提高, 可以获得更准确的结果。

[0019] 以上所述的具体实施方式, 对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明, 所应理解的是, 以上所述仅为本发明的具体实施方式而已, 并不用于限定本发明的保护范围, 凡在本发明的精神和原则之内, 所做的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

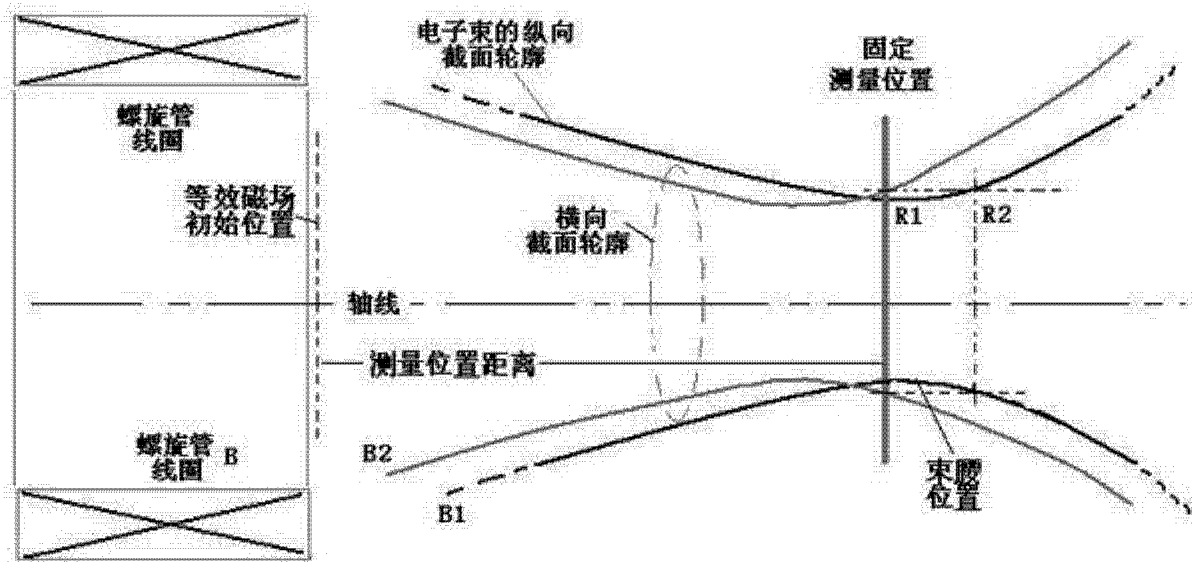


图 1

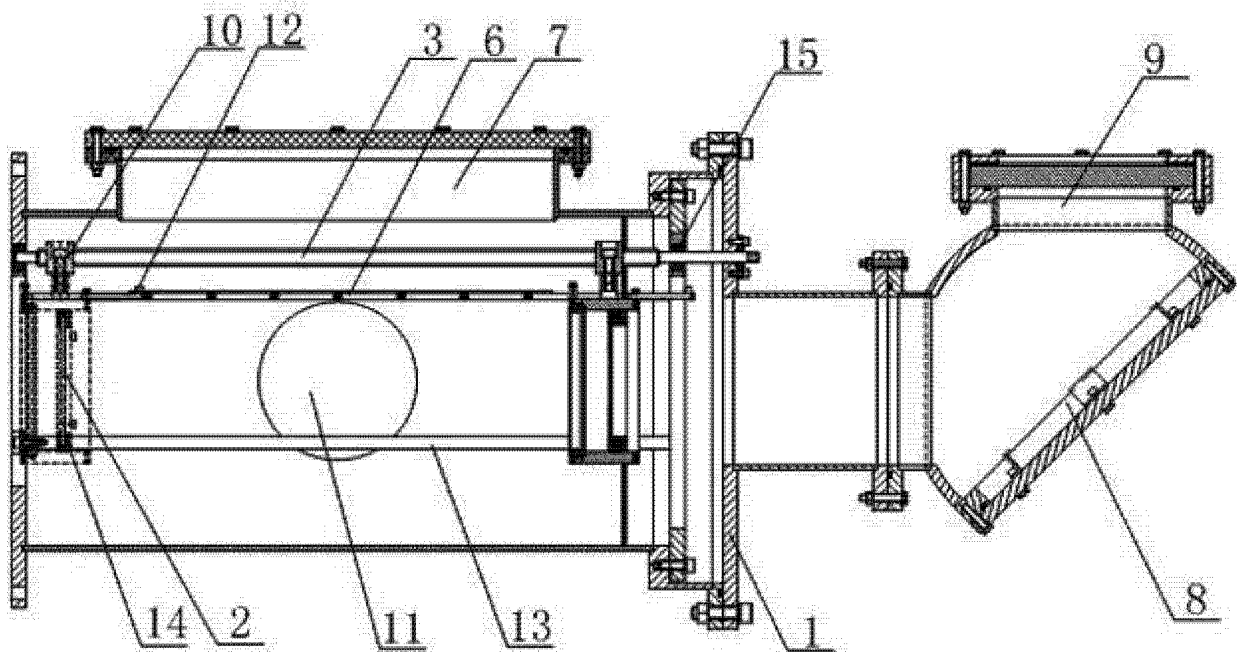


图 2



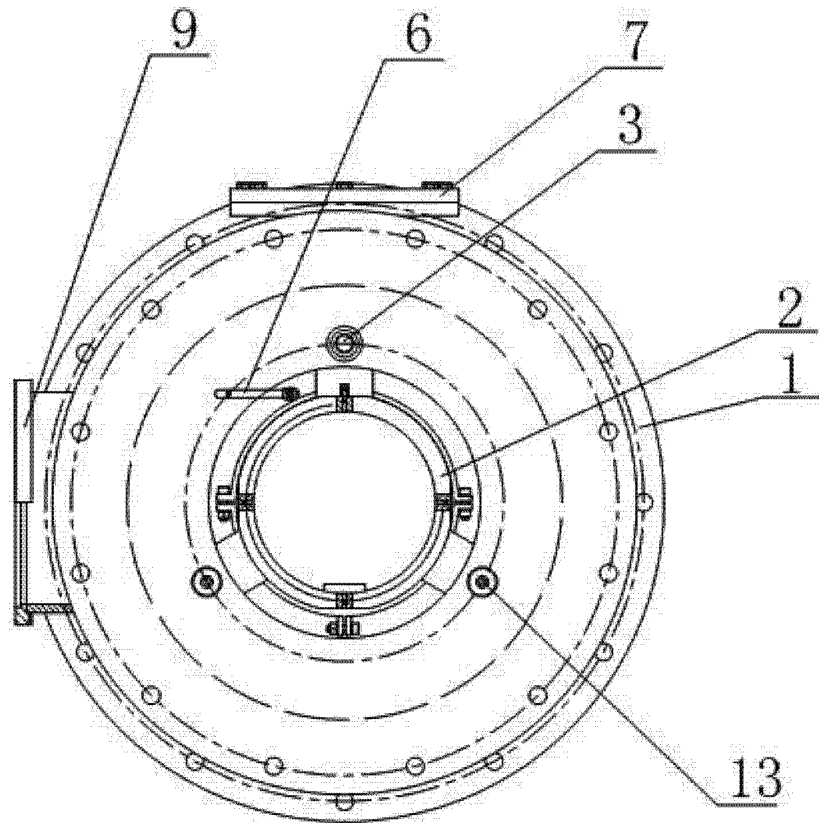


图 3

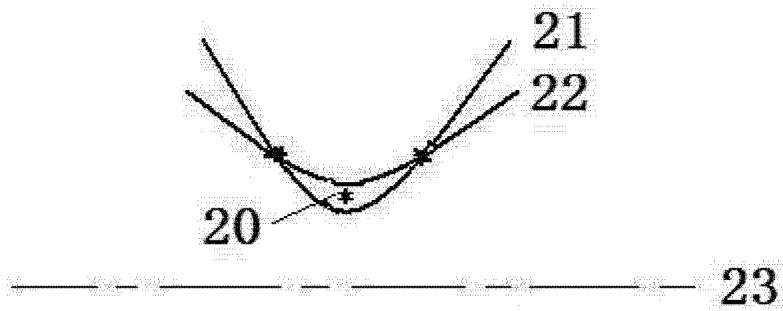


图 4

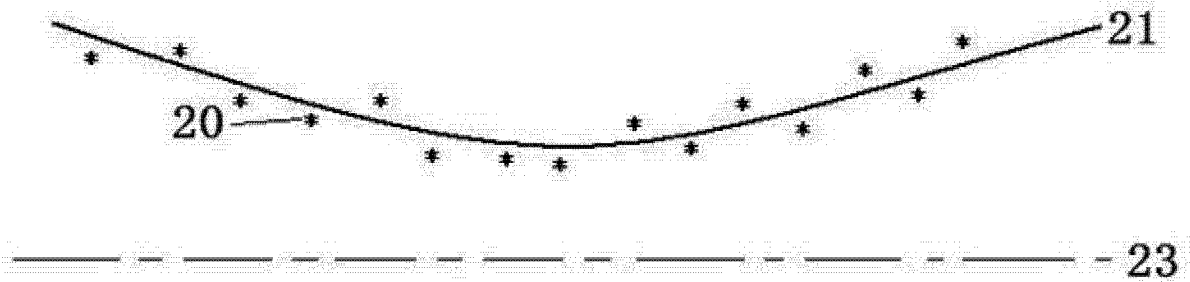


图 5