

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102155918 A

(43) 申请公布日 2011.08.17

(21) 申请号 201110075689.0

G01B 11/26(2006.01)

(22) 申请日 2011.03.28

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 刘绍锦 沈铨武 王志乾 耿天文 赵雁 刘畅 李建荣 李冬宁

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

G01B 11/03(2006.01)

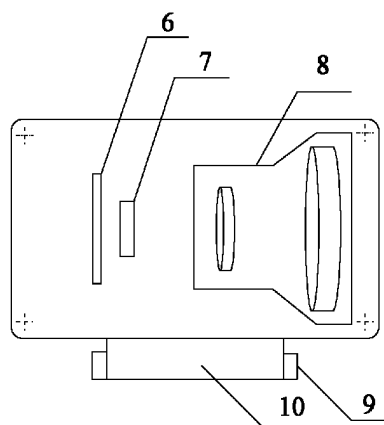
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种柔性喷管五自由度运动参数的测量装置和方法

(57) 摘要

柔性喷管五自由度运动参数的测量装置和方法属于火箭柔性喷管的控制监测领域,该方法采用的设备主要由两套测量装置和六个目标点构成,六个目标点分别贴在喷管壁同轴的两个圆周上。首先利用两套测量装置分别对六个目标点成像,然后根据像面位置关系,结合测量装置内部编码器角度值算出目标点空间角度关系,然后结合基线长度值,根据交会测量原理推算出六个目标点的空间三维坐标;利用六个坐标采用拟合的方法算出两个圆周各自圆心坐标,从而计算出喷管的方位角和俯仰角及摆心的三维坐标,进而完成柔性喷管五自由度运动参数的测量。本发明由于采用面阵 CCD 成像,可以进行远距离实时测量,全程记录喷管五自由度的变化,具有精确、便捷、快速的优点。



1. 一种柔性喷管五自由度运动参数的测量装置,其特征在于,该装置包括处理电路(6)、面阵 CCD(7)、光学镜头(8)、编码器(9)和水平轴(10),处理电路(6)、面阵 CCD(7)、光学镜头(8)、编码器(9)四个部分作为一个整体安装于水平轴(10)上,柔性喷管的目标点通过光学镜头(8)成像在面阵 CCD(7)上,处理电路(6)将采集到的图像数据和编码器(9)测得的角度数据存储并计算,获得柔性喷管五自由度运动参数。

2. 基于权利要求 1 所述柔性喷管五自由度运动参数测量装置的测量方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤一、准备两套测量装置(1)和六个目标点(2),所述六个目标点(2)均为具有十字刻线的黑白标识,并分别贴在柔性喷管(3)管壁同轴的两个圆周上;

步骤二、将步骤一所述的两套测量装置(1)调水平,并通过两套测量装置(1)各自的水平轴(10)旋转至步骤一所述目标点(2)可以成像的位置并固定;

步骤三、通过步骤二所述两套测量装置(1)各自的光学镜头(8)对步骤一所述六个目标点(2)成像,获得步骤二所述两套测量装置(1)中面阵 CCD(7)上的像面位置;

步骤四、由步骤二所述两套测量装置(1)中的处理电路(6)通过步骤三获得的像面位置和步骤二所述两套测量装置(1)中的编码器(9)测得的角度值,计算出六个目标点(2)的空间角度关系,再结合基线(4)的长度值,根据交会测量原理推算出六个目标点(2)的空间三维坐标;

步骤五、利用步骤四所获得的六个目标点(2)的坐标,采用拟合的方法计算出步骤一所述两个圆周的各自圆心坐标,从而计算出步骤一所述柔性喷管(3)轴线的方位角和俯仰角,以及摆心(5)的三维坐标,进而完成柔性喷管(3)五自由度运动参数的测量。

一种柔性喷管五自由度运动参数的测量装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于火箭柔性喷管的控制监测技术领域,具体涉及一种柔性喷管五自由度运动参数的测量装置和方法。

背景技术

[0002] 在火箭发射过程中,柔性喷管的控制对火箭发射轨迹起到了至关重要的作用,其自身的微小转动决定了火箭运行方向。因此,在火箭发射前的调试期间,需要对其柔性喷管的控制进行严格和精密的测量,即需要对作动杆施加作用力后柔性喷管沿各轴的转动角度及摆心的位移量进行测量。

[0003] 在目前的火箭柔性喷管测量中,所采用的方法均为接触式测量,即在喷管上安装诸如加速度计、陀螺仪、位移、压力等传感器。由于是接触式测量,不仅会影响喷管自身状态,而且各种数据线、电缆线也极大的降低了测量的灵活性。在现有公开的专利文献中,仅有 1993 年 2 月 24 日公开的申请号是 92214536.9 的中国专利对火箭柔性喷管的非接触测量进行过研究,该系统采用了六路 CCD 相机结合安装于喷管上的目标板的方式进行测量,通过计算获得喷管六个自由度的变化值。这种测量方式的不足之处在于:需要在喷管上安装目标板,有可能改变喷管结构受力状态;另外,这种测量系统其 CCD 相机和目标板距离较近,很难在火箭调试期间进行测量。因此,该方法并没有在实际测量中得到应用。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种柔性喷管五自由度运动参数的测量装置和方法,其能够实现火箭柔性喷管的非接触测量且不破坏喷管的结构特性,同时能够保证在喷管调试过程中测量数据的准确性、可靠性及实时性,而且还能够满足设备简单、易操作、抗干扰能力强的要求。

[0005] 为了实现上述目的,本发明所采取的技术方案如下:

[0006] 一种柔性喷管五自由度运动参数的测量装置,包括处理电路、面阵 CCD、光学镜头、编码器和水平轴,处理电路、面阵 CCD、光学镜头、编码器四个部分作为一个整体安装于水平轴上,柔性喷管的目标点通过光学镜头成像在面阵 CCD 上,处理电路将采集到的图像数据和编码器测得的角度数据存储并计算,获得柔性喷管五自由度运动参数。

[0007] 基于上述柔性喷管五自由度运动参数测量装置的测量方法,该方法包括如下步骤:

[0008] 步骤一、准备两套测量装置和六个目标点,所述六个目标点均为具有十字刻线的黑白标识,并分别贴在柔性喷管管壁同轴的两个圆周上;

[0009] 步骤二、将步骤一所述的两套测量装置调水平,并通过两套测量装置各自的水平轴旋转至步骤一所述目标点可以成像的位置并固定;

[0010] 步骤三、通过步骤二所述两套测量装置各自的光学镜头对步骤一所述六个目标点成像,获得步骤二所述两套测量装置中面阵 CCD 上的像面位置;

[0011] 步骤四、由步骤二所述两套测量装置中的处理电路通过步骤三获得的像面位置和步骤二所述两套测量装置中的编码器测得的角度值,计算出六个目标点的空间角度关系,再结合基线的长度值,根据交会测量原理推算出六个目标点的空间三维坐标;

[0012] 步骤五、利用步骤四所获得的六个目标点的坐标,采用拟合的方法计算出步骤一所述两个圆周的各自圆心坐标,从而计算出步骤一所述柔性喷管轴线的方位角和俯仰角,以及摆心的三维坐标,进而完成柔性喷管五自由度运动参数的测量。

[0013] 本发明的有益效果是:该方法采用光学非接触式测量,无须改变喷管结构,不会引起喷管载荷变化;同时,由于采用双面阵 CCD 成像结合交会测量原理,可以进行远距离的实时测量,全程记录喷管五自由度的变化,具有精确、便捷、快速的优点,非常适合于火箭发动机喷管摆动的精确测量。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明柔性喷管五自由度运动参数测量方法的原理图。

[0015] 图 2 是本发明柔性喷管五自由度运动参数测量装置的结构框图。

[0016] 图 3 是本发明中的目标点坐标测量原理图。

[0017] 图 4 是本发明中的交会角测量原理图。

[0018] 图 5 是本发明中的俯仰角测量原理图。

[0019] 图 6 是本发明中的摆心位置坐标及喷管俯仰角、方位角测量原理图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述。

[0021] 如图 2 所示,本发明柔性喷管五自由度运动参数的测量装置包括:处理电路 6、面阵 CCD 7、光学镜头 8、编码器 9 和水平轴 10,处理电路 6、面阵 CCD7、光学镜头 8、编码器 9 四个部分作为一个整体安装于水平轴 10 上,水平轴 10 可以在水平面内 360° 旋转,实现方位的对准。柔性喷管的目标点通过光学镜头 8 成像在面阵 CCD 7 上,处理电路 6 将采集到的图像数据和编码器 9 测得的角度数据存储并计算,获得柔性喷管五自由度运动参数。

[0022] 如图 1 所示,基于上述柔性喷管五自由度运动参数测量装置的测量方法,该方法包括如下步骤:

[0023] 步骤一、准备两套测量装置 1 和六个目标点 2,所述六个目标点 2 均为具有十字刻线的黑白标识,并分别贴在柔性喷管 3 管壁同轴的两个圆周上,用以指示喷管 3 位置;

[0024] 步骤二、将步骤一所述的两套测量装置 1 调水平,并通过两套测量装置 1 各自的水平轴 10 旋转至步骤一所述目标点 2 可以成像的位置并固定;

[0025] 步骤三、通过步骤二所述两套测量装置 1 各自的光学镜头 8 对步骤一所述六个目标点 2 成像,获得步骤二所述两套测量装置 1 中面阵 CCD 7 上的像面位置;

[0026] 步骤四、由步骤二所述两套测量装置 1 中的处理电路 6 通过步骤三获得的像面位置和步骤二所述两套测量装置 1 中的编码器 9 测得的角度值,计算出六个目标点 2 的空间角度关系,再结合基线 4 的长度值,根据交会测量原理推算出六个目标点 2 的空间三维坐标;

[0027] 步骤五、利用步骤四所获得的六个目标点 2 的坐标,采用拟合的方法计算出步骤

一所述两个圆周的各自圆心坐标,从而计算出步骤一所述柔性喷管 3 轴线的方位角和俯仰角,以及摆心 5 的三维坐标,进而完成柔性喷管 3 五自由度运动参数的测量。

[0028] 上述测量方法的具体实施过程如下:

[0029] 一、目标点空间三维坐标的测量

[0030] 首先,建立坐标系,以水平面为 OXY 平面,以左侧测量装置 1 的光节点 O 为圆心,右侧测量装置 1 的节点位于 Y 轴上,通过测量数据获取目标点 2 的空间三维坐标。如图 3 所示,目标点 A_0 在 OXY 平面的投影为 A'_0 ,其中 θ_1, θ_2 为方位交会角, α_1 为俯仰交会角,通过测量可以获得交会角 θ_1, θ_2 和 α_1 ,通过标定可以获得基线 4 的长度为 H,根据三角形关系计算可得:

$$[0031] \quad OA'_0 = \frac{\sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} H \quad (1)$$

[0032] 由此, A_0 点的三维坐标可以表示为:

$$[0033] \quad x_{A_0} = \frac{\sin \theta_1 \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} H$$

$$[0034] \quad y_{A_0} = \frac{\cos \theta_1 \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} H \quad (2)$$

$$[0035] \quad z_{A_0} = \frac{\tan \alpha_1 \sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} H$$

[0036] 其中交会角的测量如图 4 所示,首先将测量装置 1 调水平,然后将光轴指向目标点 A_0 附近,角 θ 为编码器 9 的输出值,角 θ_{A_0} 通过成像关系即可求出,即

$$[0037] \quad \theta_{A_0} = \arctan \frac{x_{A_0}}{f} \quad (3)$$

[0038] 由图 4 可知,方位交会角 θ_1 为:

$$[0039] \quad \theta_1 = \theta_{A_0} + \theta \quad (4)$$

[0040] 俯仰交会角 α_1 如图 5 所示,其值为:

$$[0041] \quad \alpha_1 = \arctan \frac{y_{A_0}}{f} \quad (5)$$

[0042] 将公式 (3) (4) (5) 带入公式 (2) 即可求出 A_0 点的三维坐标,同理可求 A_1, A_2, B_0, B_1, B_2 的三维坐标。

[0043] 二、摆心位置坐标的测量

[0044] 通过测量可以获得喷管上目标点 $A_0, A_1, A_2, B_0, B_1, B_2$ 的三维坐标分别为: $(x_{A_0}, y_{A_0}, z_{A_0}), (x_{A_1}, y_{A_1}, z_{A_1}), (x_{A_2}, y_{A_2}, z_{A_2}), (x_{B_0}, y_{B_0}, z_{B_0}), (x_{B_1}, y_{B_1}, z_{B_1}), (x_{B_2}, y_{B_2}, z_{B_2})$ 。如图 6 所示,通过待定系数法拟合,可以得到两个圆心 O_A, O_B 的三维坐标值 $(x_{O_A}, y_{O_A}, z_{O_A}), (x_{O_B}, y_{O_B}, z_{O_B})$,结合摆心的几何位置关系即可求出摆心位置坐标为:

$$[0045] \quad x_0 = x_{A_0} - \frac{O_0 O_A}{O_A O_B} (x_{B_0} - x_{A_0})$$

$$[0046] \quad y_0 = y_{A_0} - \frac{O_0 O_A}{O_A O_B} (y_{B_0} - y_{A_0}) \quad (6)$$

$$[0047] \quad z_0 = z_{A_0} - \frac{O_0 O_A}{O_A O_B} (z_{B_0} - z_{A_0})$$

[0048] 三、柔性喷管轴线方位角和俯仰角的测量

[0049] 由上述公式可知 A_0, B_0 两点的三维坐标, 因此矢量 $A_0b_0 = OB_0 - OA_0$, 即 A_0B_0 三维坐标可以表示为:

$$[0050] \quad x_{A_0B_0} = x_{B_0} - x_{A_0}$$

$$[0051] \quad y_{A_0B_0} = y_{B_0} - y_{A_0} \quad (7)$$

$$[0052] \quad z_{A_0B_0} = z_{B_0} - z_{A_0}$$

[0053] 由此, A_0B_0 的方位角 α 和俯仰角 β 分别为:

$$[0054] \quad \alpha = \arctan \frac{y_{A_0B_0}}{x_{A_0B_0}} \quad (8)$$

$$[0055] \quad \beta = \arctan \frac{z_{A_0B_0}}{\sqrt{x_{A_0B_0}^2 + y_{A_0B_0}^2}}$$

[0056] 综上, 本发明的测量方法可以实时精确测量喷管 3 在水平坐标系中轴线方位角 α 和俯仰角 β 两个转动自由度以及摆心沿三个坐标轴 (x_0, y_0, z_0) 的位移自由度, 实现火箭发动机喷管摆动过程中五个自由度运动的精确测量。

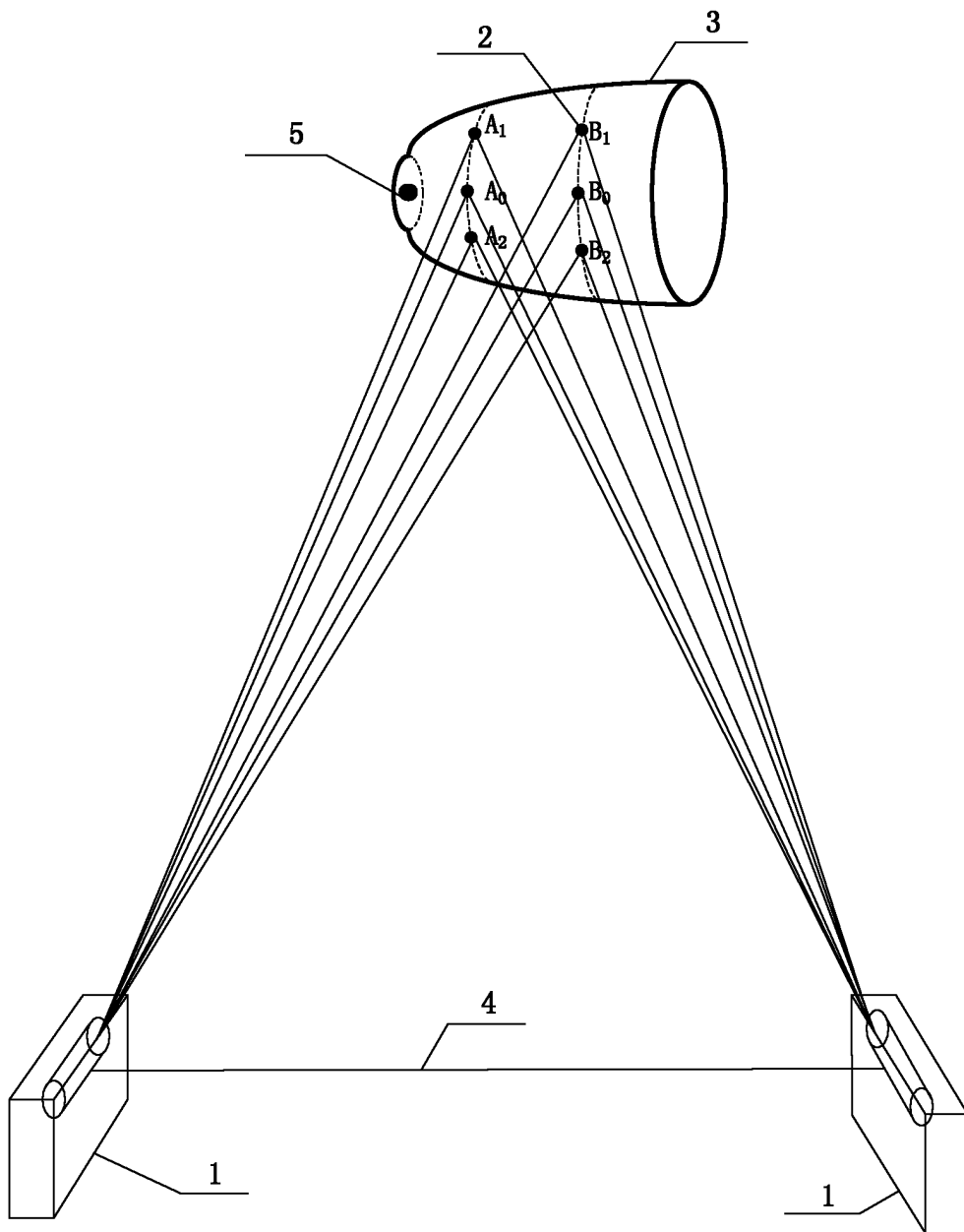


图 1

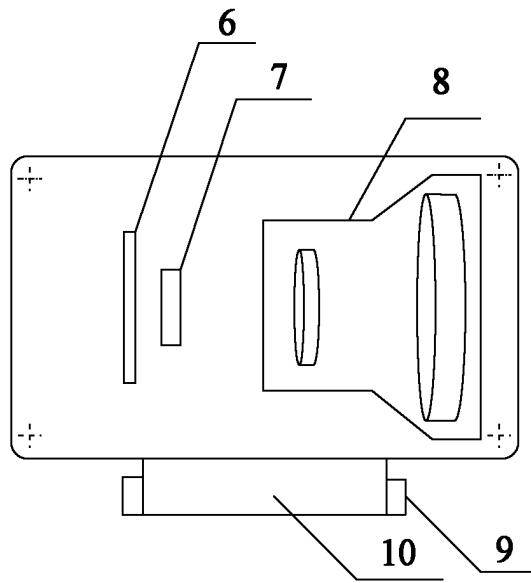


图 2

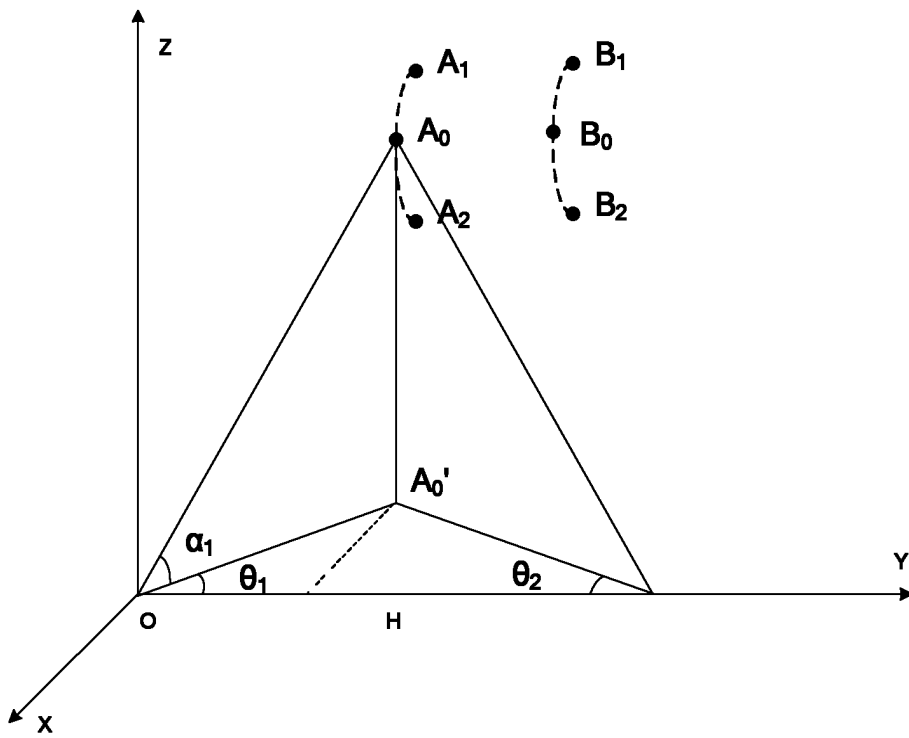


图 3

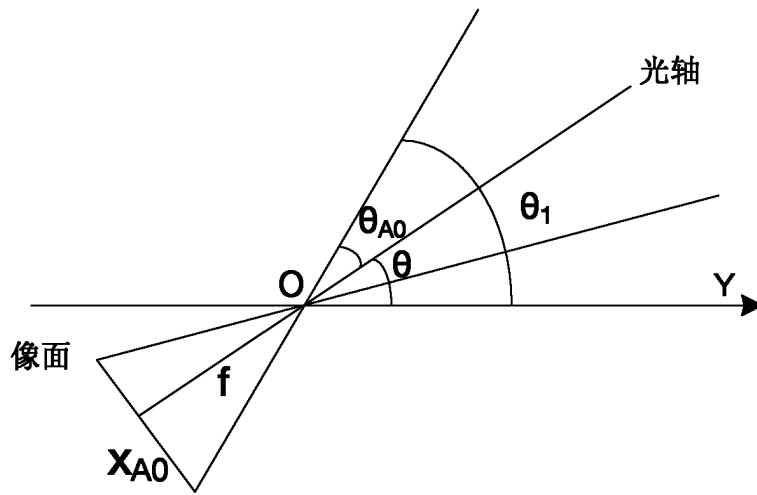


图 4

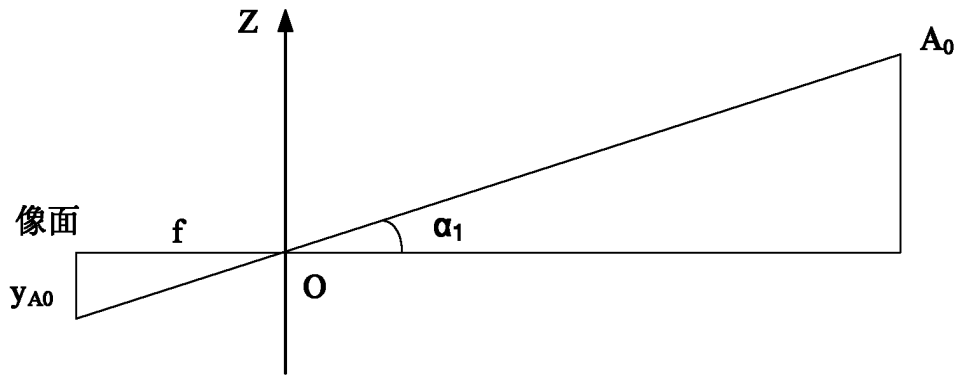


图 5

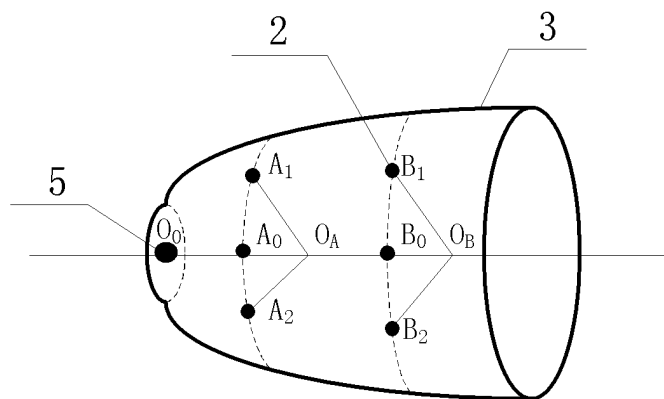


图 6