

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

A61B 6/00 (2006.01)

A61B 17/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610027963.6

[45] 授权公告日 2008年6月18日

[11] 授权公告号 CN 100394890C

[22] 申请日 2006.6.22

[21] 申请号 200610027963.6

[73] 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

[72] 发明人 王成焘 闫士举 苏颖颖 钱理为
林艳平

[56] 参考文献

US6118845A 2000.9.12

WO99/60939A1 1999.12.2

US6490475B1 2002.12.3

US2006/0115054A1 2006.6.1

US6285902B1 2001.9.4

Fluoroscopy as an imaging means for computer assisted surgical navigation. R. Hofstetter et al. computer aided surgery, Vol. 4. 1999

Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. Kevin T. Foley et al. Neurosurg Focus, Vol. 10 No. 4. 2001

a novel approach for distortion correction for X-r. Delia Soimu et al. computerized medical imaging and graphics, Vol. 27. 2003

审查员 路凯

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 王锡麟 王桂忠

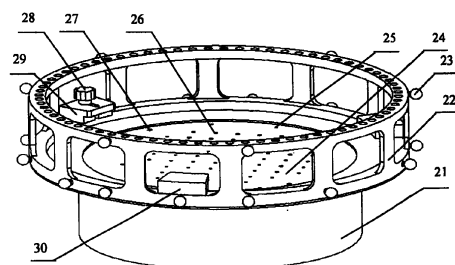
权利要求书1页 说明书9页 附图3页

[54] 发明名称

可拆换式C形臂校准靶

[57] 摘要

一种医疗工程技术领域的可拆换式C形臂校准靶。校准靶由模板组件和主体框架外加一个配重件组成。模板组件由模板本体及其箍架构成，模板采用在有机玻璃板上的精密盲孔内封堵钢球，模板箍架用于连接模板及主体框架。主体框架采用镂空筒状结构，上下两端外侧面上根据NDI独立工具设计规则布置红外反射小球。校准模板组件与主体框架的装配体既可用于在线校准也可用于离线校准的系统初始化阶段，配重件与主体框架的装配体可用于离线校准的使用阶段。主体框架、箍架毛坯采用铝材锻造，主体框架、箍架精加工、模板及其他部件采用数控设备加工。新校准靶成本低、精度高、可一靶两用。



1、一种可拆换式 C 形臂校准靶，所述的 C 形臂校准靶包括：主体框架、校准模板组件，所述的主体框架的主体结构为一鼓状结构，其特征在于，

校准模板组件固定在主体框架上，所述的校准模板组件，包含两层校准模板和用于承载校准模板的校准模板箍架，校准模板箍架与主体框架连接；

所述主体框架，其上缘外侧圆柱面上及下缘外侧圆柱面上设有光学定位标记物，所述光学定位标记物包括红外反射球本身及连接主体框架和红外反射球的小基台，红外反射球共有 20 个，20 个红外反射球构成 8 个独立几何面，8 个独立几何面所含红外反射球以鼓状结构外圆柱面中轴线为轴所形成的角度分别为 16°、21°、22°、23°、24°、25°、26°、27°；

20 个红外反射球分为两群，第一群 14 个红外反射球分布在鼓状结构下缘外侧圆柱面上，14 个红外反射球到鼓状结构外圆柱面中轴线的距离相等，即 14 个红外反射球的中心位于一个平面圆周上，而该圆周又垂直于鼓状结构外圆柱面中轴线，第二群 6 个红外反射球分布在鼓状结构上缘外侧圆柱面上，6 个红外反射球到鼓状结构外圆柱面中轴线的距离相等，即 6 个红外反射球的中心位于另一个平面圆周上，该圆周也垂直于鼓状结构外圆柱面中轴线且直径与上一个圆周直径相等，两群小球中心所在的两个平面圆周相互平行，间距为 60mm，直径均为 385.52mm。

2、根据权利要求 1 所述的可拆换式 C 形臂校准靶，其特征是，第一群 14 个红外反射球分布在鼓状结构外圆柱面中轴线为轴，沿逆时针方向两两相邻红外反射球中心的角度间隔依次为 26°、40°、21°、27°、23°、25°、19°、27°、40°、22°、30°、16°、24°、20°；第二群 6 个红外反射球的中心以鼓状结构外圆柱面中轴线为轴，沿逆时针方向两两相邻红外反射球中心的角度间隔依次为 $26^\circ + 40^\circ + 21^\circ = 87^\circ$ 、 $27^\circ + 23^\circ = 50^\circ$ 、 $25^\circ + 19^\circ + 27^\circ = 71^\circ$ 、 $40^\circ + 22^\circ + 30^\circ + 16^\circ = 68^\circ$ 、 $24^\circ + 20^\circ = 44^\circ$ ；以鼓状结构外圆柱面中轴线为轴，第一群 14 个红外反射球中的第一个与第二群 6 个红外反射球中的第一个轴向对齐。

可拆换式 C 形臂校准靶

技术领域

本发明涉及的是一种医疗工程技术领域的器件，具体是一种可拆换式 C 形臂校准靶。

背景技术

临床医疗工程领域中存在多类计算机辅助外科手术导航系统，而基于 C 形臂 X 线透视图像的导航系统是其中的一类。C 形臂校准靶是导航系统实现 C 形臂位置跟踪、图像变形校正及 C 形臂相机校准功能所必需的工具，而这三项功能又是该类手术导航系统的关键技术，校准靶设计的优劣不仅直接影响靶体本身的制作成本，而且会影响整个手术导航系统的精度。

校准靶随校准方案的不同而不同。导航系统可采用在线校准和离线校准两种方案。若采用在线校准方案，则上述的光学跟踪、变形校正、相机校准 3 项功能都必须在手术过程中现场实现，为了实现光学跟踪功能，校准靶上必须安装定位标记物；为了求取变形校正和相机校准参数，校准靶上必须按一定规律排列一定数目的标志物，用于在线校准方案的校准靶一般采用一体式结构。若采用离线校准方案，则系统分初始化和实际使用两个阶段。初始化阶段中对校准靶的要求与采用在线校准方案时一致。在实际使用阶段中另需一个与初始化阶段不同的靶体，该校准靶应可实现光学跟踪功能。现有的 C 形臂校准靶制造成本高、导航精度低。

经对现有技术的文献检索发现，R.Hofstetter 等在《Computer aided surgery》（计算机辅助手术，1999 年 4 卷 65-76）上发表的“Fluoroscopy as an Imaging Means for Computer Assisted Surgical Navigation”（用荧光图像作为一种图像载体进行计算机辅助手术导航），该文中提出仅采用一层校准模板分别放置在 C 形臂影像增强器前端不同的位置处的方式来代替完整的校准靶来实现校准功能，其不足在于：仅能采用离线校准方式，操作步骤繁琐，校准模板的两个位置靠手工放置，精度难以保证。检索中还发现，Delia Soimu 等在

《computerized Medical Imaging and Graphics》(医学图像图形计算机处理, 2003年27卷79-85)上发表的“A novel approach for distortion correction for X-ray image intensifiers”(一种新颖的X线图像影像增强器变形校正方法), 该文中提出一种仅含一层割槽铝制模板的校准靶用于X线图像的变形校正, 其不足在于: 仅能实现变形校正功能, 而C形臂相机校准功能的实现还要依赖另一套复杂的专门用于校准的靶体, 把本来顺序相连的变形校正功能和相机校准功能强行分离, 操作过程繁琐, 整体导航精度受两个靶体加工及安装精度影响大。

发明内容

本发明克服了现有C形臂校准靶本身的缺点及其对导航系统整体性能的不良影响, 提供一种可拆换式C形臂校准靶, 使其降低了校准靶本身的加工成本, 提高了手术导航系统整体精度, 实现一靶两用, 既可用于在线校准又可用于离线校准。

本发明是通过以下技术方案实现的, 本发明所述的C形臂校准靶, 包括: 主体框架、校准模板组件, 校准模板组件固定在主体框架上。

所述的主体框架, 其主要部分为一鼓状结构, 其上设有3个定位爪。其中两个固定定位爪直接安装在鼓状结构下缘上侧, 另一个定位爪为可动定位爪, 其上设有一个狭长槽孔, 该槽孔可沿旋在鼓状结构下缘上的锁紧螺钉滑动以实现可动定位爪的伸缩。三个定位爪内侧面均为直径与匹配C形臂影像增强器外侧壁直径一致的圆柱面, 该设计可保证校准靶与C形臂影像增强器之间的准确定位, 而旋在鼓状结构下缘上与可动定位爪直接接触的锁紧螺钉可保证校准靶可靠地固定在C形臂影像增强器上。

所述的主体框架, 在其鼓状结构下缘下侧面上设有螺钉孔, 校准模板组件用螺钉通过该螺钉孔固定在鼓状结构上; 鼓状结构上缘外侧圆柱面上及下缘外侧圆柱面上按一定的规律布置光学定位标记物。这里所指的标记物实际上包括两部分——红外反射球及连接主体框架和红外反射球的小基台, 两者均由加拿大NDI公司(北方数码股份有限公司)作为Polaris光学立体定位跟踪系统配套产品提供。为了保证红外反射球的位置精度, 鼓状结构上安装小基台处设有小平面。

为了保证无论C形臂处于任何姿态时校准靶均可被光学跟踪系统跟踪, 在满足NDI光学跟踪系统独立工具设计规则前提下, 本发明采用尽可能多的红外反射球和独立几何面, 即20个红外反射球构成8个独立几何面。

所述的校准模板组件，其关键部件为两层校准模板，与现有大多数校准模板采用高分子材料包埋金属标志物的方法不同，本发明采用在校准模板基体上开设盲孔并镶嵌钢球的方法，盲孔均按正交方式排列布局。两层校准模板通过校准模板箍架连接。所述的校准模板箍架为一法兰形结构，其上端为一外凸缘，外凸缘上设有6个通孔用于和主体框架的鼓状结构进行装配。校准模板箍架内侧设有2个平行的内凸缘，每个内凸缘上各设有6个螺纹孔和2个销子。校准模板边缘处设有6个通孔和2个销孔与校准模板箍架内凸缘上的6个螺纹孔和2个销子对应，两层校准模板通过螺钉分别固定在校准模板箍架2个内凸缘上，装配后，两层校准模板呈平行分布且两层校准模板上钢球的排列方位一致。

本发明还可以包括一个环形配重件，该部件用于离线校准方案，环形配重件与主体框架之间通过螺钉装配。

所述的环形配重件，其重量与校准模板及其箍架的重量之和相等，该部件仅用于导航系统采用离线校准方案情况。

本发明所涉及的校准靶既可用于在线校准方案也可用于离线校准方案。若用于在线校准方案，则只需将主体框架与校准模板组件一次装配作为一个一体式的校准靶用于术中校准。在线校准无需使用环形配重件。若欲将校准靶用于离线校准方案，则在系统初始化阶段中，需将主体框架、校准模板组件一起装配作为一个一体式的校准靶用于离线校准；而在初始化完毕后则需用环形配重件取代校准模板组件，实际使用阶段主体框架与环形配重件一起作为一个一体式的靶体用于光学系统跟踪定位。这样做的理由是图像变形校正和C形臂相机校准所需参数已于系统初始化阶段获取，实际使用阶段中可直接调用这些参数而无需现场获取，因此不再需要校准模板组件；但将校准模板组件从主体框架上去除会减少整个校准靶的重量从而导致C形臂的弹性变形反弹，进而影响到导航精度，环形配重件的使用正是为了弥补这种由于C形臂弹性反弹造成的导航精度降低。

本发明校准靶结构简单，采用常规工艺，材料易获得且价格适中，无需针对不同校准方案制作两套校准靶，成本低；校准靶与环形配重结合既可用于在线校准也可用于离线校准；校准模板采用精密数控切削加工，与包埋方法相比，加工精度更易保证。

附图说明

图1为C形臂校准靶结构示意图

图 2 为光学跟踪标记物布局示意图

图 3 为校准模板箍架结构示意图

图 4 为主体框架与环形配重件连接体示意图

图 5 为上层校准模板基体结构图

图 6 为下层校准模板基体结构图

具体实施方式

如图 1 所示，本发明校准靶由主体框架与校准模板组件两大主要部分组成，具体部件包括校准模板箍架 21、鼓状结构 22、红外反射球 23、上层校准模板基体 24、下层校准模板基体（本图中下层校准模板基体不可见，下层校准模板基体详见图 5）、定位销 25、钢球 26、固定螺钉 27、锁紧螺钉 28、可动定位爪 29、固定定位爪 30。

其中，鼓状结构 22、红外反射球 23、锁紧螺钉 28、可动定位爪 29、固定定位爪 30 属于主体框架的组成，固定定位爪 30 通过螺钉固定在鼓状结构 22 的下缘上端面上，锁紧螺钉 28 穿过可动定位爪 29 上的槽旋在鼓状结构 22 下缘上端面上。3 个定位爪内侧面均为直径与匹配 C 形臂影像增强器外侧壁直径一致的圆柱面，该设计可保证校准靶与 C 形臂影像增强器之间的准确定位，而拧紧锁紧螺钉 28 可实现校准靶在 C 形臂影像增强器上的可靠固定。

校准模板箍架 21、上层校准模板基体 24、下层校准模板基体（本图中下层校准模板基体不可见，下层校准模板基体详见图 5）、固定螺钉 27、定位销 25、钢球 26 属于校准模板组件的组成。其中上层校准模板基体 24 及下层校准模板用固定螺钉 27 安装在校准模板箍架 21 上形成一个整体，校准模板箍架 21 上端外凸缘上的 6 个螺钉孔用于将该整体安装到鼓状结构 22 上。

如图 2 所示，为鼓状结构 22（见图 1）上红外反射球 23 的详细布局，红外反射球 23 共有 20 个，构成 8 个独立几何面。20 个红外反射球分为两群。第一群 14 个分布在鼓状结构 22 下缘外侧圆柱面上，14 个红外反射球到鼓状结构 22 外圆柱面中轴线的距离相等，即 14 个标记物的中心位于一个平面圆周上，而该圆周又垂直于鼓状结构 22 外圆柱面中轴线。第二群 6 个红外反射球分布在鼓状结构 22 上缘外侧圆柱面上，6 个红外反射球到鼓状结构 22 外圆柱面中轴线的距离相等，即 6 个红外反射球的中心位于另一个平面圆周上，该圆周也垂直于鼓状结构 22 外圆柱面中轴线且直径与上一个圆周直径相等。在大圆周直径及两个大

圆周间距既定的前提下,各个独立几何面中红外反射球中心之间连线的长度与构成这些几何面的红外反射球以鼓状结构 22 外圆柱面中轴线为轴扇开的角度直接相关。大圆周直径可根据待匹配的 C 形臂影像增强器外圆柱面的直径、3 个定位爪的预设结构尺寸、鼓状结构 22 上下缘的预设厚度初步确定;两个大圆周之间的距离可根据 NDI Polaris 光学跟踪系统独立工具设计规则中的“每个独立几何面中任意两个红外反射球中心的距离必须不小于 50mm”规定初步确定。在这两个初定尺寸的基础上,遵循 NDI 光学跟踪系统独立工具设计规则,并尽量使数据取整数以方便后续处理,经过多次的计算——检验——调整——计算循环处理确定最终的红外反射球布局与独立几何面构成。图中 20 个小圆分别表示 20 个红外反射球,无括号阿拉伯数字为红外反射球标号,有括号阿拉伯数字为独立几何面标号;两个大圆分别表示第一群红外反射球与第二群红外反射球中心所在的圆周,这两个圆周直径实际上是相等的,之所以绘为一大一小只是为了区分方便;放射线之间的角度表示相邻红外反射球以鼓状结构 22 外圆柱面中轴线为轴扇开的角度。8 个独立几何面中各红外反射球中心连线距离如表 1 所示,若以图中坐标系为参考坐标系(原点位于 14 个红外反射球中心所在圆周的圆心)则 20 个红外反射球中心的坐标如表 2 所示:

表 1

独立几何面标号	独立几何面分度	独立几何面标记物标号	独立几何面第 1 条边长 (mm)	独立几何面第 2 条边长 (mm)	独立几何面第 3 条边长 (mm)
1	26°	1, 2, 3	60	86.723	105.456
2	21°	4, 5, 6	60	70.255	92.390
3	23°	7, 8, 9	60	76.860	97.506
4	25°	8, 9, 10	60	83.442	102.774
5	27°	11, 12, 13	60	89.998	108.165
6	22°	14, 15, 16	60	73.561	94.927
7	16°	17, 18, 19	60	53.654	80.491
8	24°	18, 19, 20	60	80.1541	100.1231

表 2

红外反射球序号	红外反射球中心坐标 (mm)		
	X	Y	Z
1	-181.135	-65.928	0,
2	-181.135	-65.928	-60
3	-133.902	-138.660	0,
4	-13.446	-192.290	0,
5	56.358	-184.337	0,
6	56.358	-184.337	-60
7	133.902	-138.660	0,
8	177.437	-75.317	0,
9	177.437	-75.317	-60
10	192.643	6.727	0,
11	179.957	69.079	0,
12	128.982	143.249	0,
13	128.982	143.249	-60
14	6.727	192.643	0,
15	6.727	192.643	-60
16	-65.928	181.135	0,
17	-147.663	123.904	0,
18	-176.095	78.403	0,
19	-176.095	78.403	-60
20	-192.76	0	0,

如图 3 所示, 为校准模板箍架, 其为一法兰形结构, 其上端设有外凸缘 31,

外凸缘上设有通孔 34 用于和主体框架的鼓状结构 22（见图 1）进行装配。校准模板箍架内侧设有 2 个平行的内凸缘 32，每个内凸缘上都设有螺纹孔 33 和销子 35。

如图 4 所示，为主体框架与环形配重件 36 的装配体，该装配体专用于离线校准方案，主体框架与环形配重件 36 之间通过螺钉装配。

如图 5 所示，为上层校准模板基体，其上设有两种规格的盲孔 39、40 共 69 个，以正交方式均匀排列，所有盲孔轴线均与模板基体端面垂直，中心盲孔的轴线通过校准模板基体中心。上层校准模板基体边缘处设有 2 个定位销孔 37 和 6 个螺钉装配孔 38，其中螺钉装配孔 38 沿圆周方向平均分布。

如图 6 所示，为下层校准模板基体，其上设有 68 个盲孔 43，以正交方式均匀排列，所有盲孔轴线均与模板端面基体垂直，中心区域的 4 个盲孔的轴线到校准模板基体中心的距离相等，下层校准模板基体边缘处设有 2 个定位销孔 41 和 6 个螺钉装配孔 42，其中螺钉装配孔 42 沿圆周方向平均分布。

以下提供本发明制作方法的实施例：

鼓状结构材料选用锻铝 LD7-CS，毛坯采用常规锻造工艺加工，精加工采用数控设备。鼓状结构外侧面上安装红外反射球小基台的小平面距离外侧面轴线的距离为 184mm，其中下端分布 14 个小平面上端分布 6 个小平面，每个小平面上中心处采用数控设备加工一个 M2.5 深度为 5.5mm 的螺纹孔用于安装红外反射球小基台，两层螺纹孔的间距为 60mm。红外反射球及其小基台由 NDI 公司提供。3 个定位爪均采用不锈钢 1Cr18Ni9 用数控设备加工，其中 2 个固定定位爪分别采用 2 个 M5 螺钉固定在鼓状结构下端上侧面上，可动定位爪上槽宽为 5mm 通过旋在鼓状结构下端上侧面直径为 5mm 的锁紧螺钉连接，锁紧螺钉钉帽外侧面可滚花。3 个定位爪厚度均为 10mm，内侧面为直径为 148.5mm 的圆柱面。鼓状结构侧壁及上端面内缘镂空以减重。鼓状结构下缘下侧面上设有 6 个沿圆周方向平均分布的 M4-6H 的螺纹孔用于装配校准模板组件或环形配重件。

鼓状结构上红外反射球的详细布局如下：两层小球中心所在圆周的直径为 $(184+8.76) * 2 = 385.52\text{mm}$ 、两个大圆周之间的距离为 60mm，其中 8.76 为小基台高度。8 个独立几何面所含红外反射球以鼓状结构外圆柱面中轴线为轴扇开的角度分别为 16°、21°、22°、23°、24°、25°、26°、27°。为了避免分度接近的独立

几何面在空间上距离过近从而导致光学跟踪系统识别出错，将8个独立几何面进行了穿插排列以保证相邻的独立几何面扇开角度相差足够大。

校准模板箍架选用锻铝 LD7-CS，毛坯采用常规锻造工艺加工，精加工采用数控设备。校准模板箍架上端外凸缘上沿圆周方向设有6个 $\Phi 4H8$ 的通孔用于校准模箍架与鼓状结构之间的连接。校准模板箍架内侧设有2个内凸缘用于安装两层校准模板，每个内凸缘上都布置两个成 60° 分布的3mm销子用于校准模板的精确定位，每个内凸缘上都沿圆周方向平均分布6个M4-6H的螺纹孔用于校准模板的安装。这些螺纹孔与校准模板箍架上端凸缘上的6个 $\Phi 4H8$ 通孔的排列方位一致以保证整个校准靶装配好后两层校准模板上的标志物与主体框架上红外反射小球的相对位置。

两层校准模板基体采用透明有机玻璃板加工。上层校准模板上布置69个盲孔，盲孔有3mm和4mm直径两种规格，深度分别为6.5mm和7mm。3mm盲孔有49个，4mm盲孔有20个。盲孔以正交方式排列，行距和列距均为22mm。其中中心处盲孔的轴线与模板基体的轴线重合。标志物为直径3mm轴承用钢球49个和4mm轴承用钢球20个。钢球采用硅胶封堵在盲孔内，封好后各个钢球中心均位于模板基体的中间平面上。上层校准模板上边缘处分布2个3mm销孔及6个 $\Phi 4H8$ 的螺钉装配孔，这些销孔和螺钉装配孔与校准模板箍架内上凸缘的2个定位销和6个M4-6H的螺纹孔对应用于校准模板在箍架上的定位和安装。下层校准模板上布置68个盲孔，盲孔直径和深度分别为2mm和6mm。盲孔以正交方式排列，行距和列距均为22mm。其中中心处4个盲孔的轴线与模板基体轴线的距离相等。标志物为直径2mm轴承用钢球68个。钢球采用硅胶封堵在盲孔内，封好后各个钢球中心均位于模板基体的中间平面上。下层校准模板上边缘处分布2个mm销孔及6个 $\Phi 4H8$ 的螺钉装配孔，这些销孔和螺钉装配孔与校准模板箍架内下凸缘的2个销子和6个M4-6H的螺纹孔对应用于校准模板在箍架的定位和安装。

环形配重件选用锻铝 LD7-CS，毛坯采用常规锻造工艺加工，其上布置6个 $\Phi 4H8$ 的通孔，与鼓状结构上的6个M4-6H的螺纹孔对应用于在鼓状结构上的安装，6个 $\Phi 4H8$ 的通孔采用数控设备加工。

校准模板箍架与校准模板一次装配完毕，以后若无特殊情况无需再行拆卸。校准模板箍架与主体框架之间采用螺钉连接。若校准靶用于在线校准方案，则校准模板箍架连同校准模板一起与主体框架一次装配完毕并将校准靶整体固定在

匹配 C 形臂影像增强器上,以后若无特殊情况无需再行拆卸。若校准靶用于离线校准方案,则在系统初始化阶段将校准模板箍架连同校准模板一起与主体框架装配并将校准靶整体固定在匹配 C 形臂影像增强器上,系统初始化完毕后主体框架保持在 C 形臂影像增强器上原来的位置不变,只是将校准模板箍架连同校准模板一起从主体框架上拆卸下来,并把环形配重件安装在主体框架上模板箍架原来所在的位置处。

所设计校准靶由一个结构简单的主靶外加一个简单配重件构成,无需加工两套不同的校准靶分别用于不同的校准方案;所选材料锻铝、不锈钢及有机玻璃价格适中,铸造及常规数控工艺方法与精铸及材料包埋工艺方法相对很低,这些因素都可大幅度降低校准靶本身的加工成本。校准模板组件与环形配重件可互换以满足在线和离线两种校准方案的需要,操作简单,实现一靶两用。对于离线校准来说由于系统初始化阶段与实际使用阶段采用同一个主体框架,且主体框架相对于 C 形臂影像增强器的位置在两个阶段是一致的,保证了系统整体导航精度。

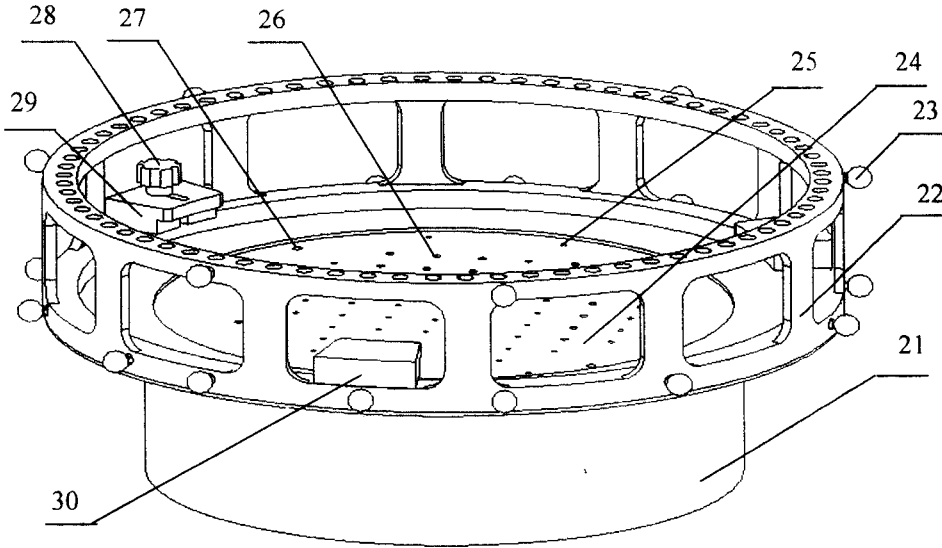


图 1

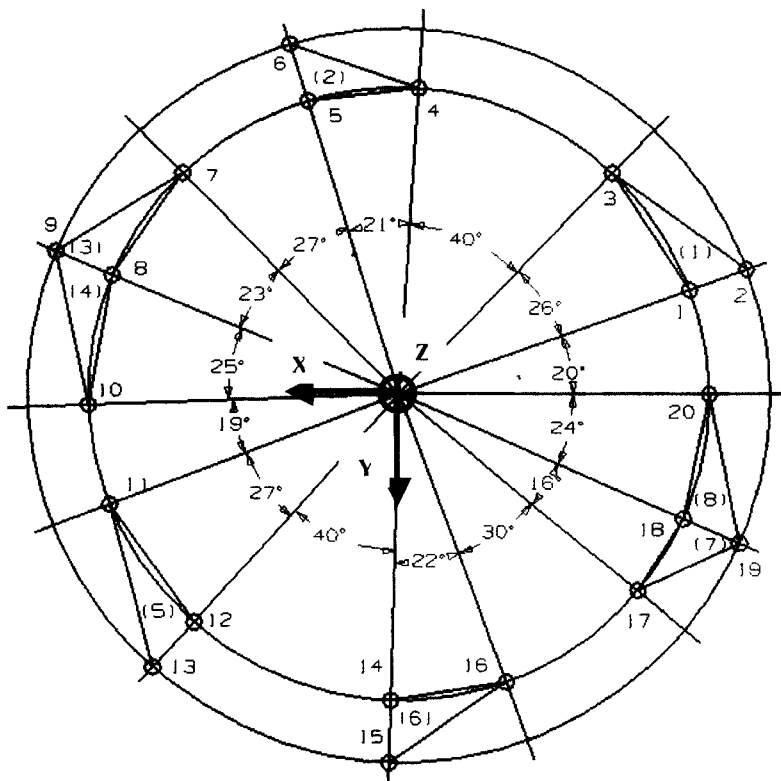


图 2

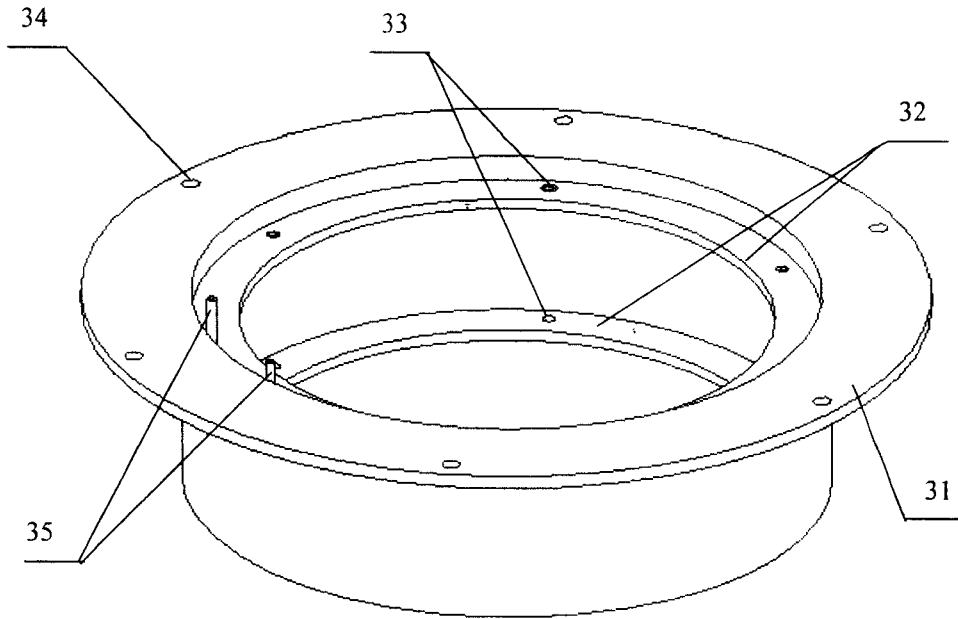


图 3

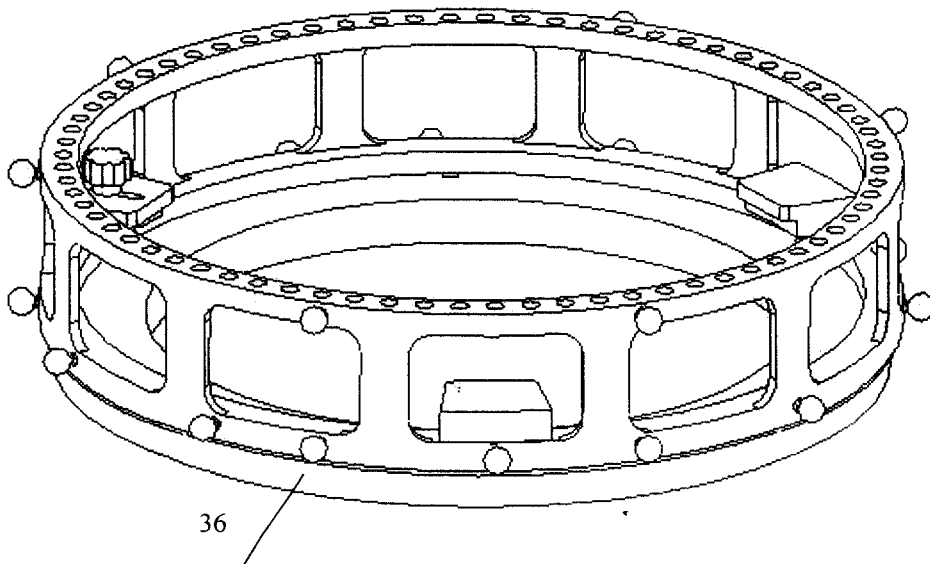


图 4

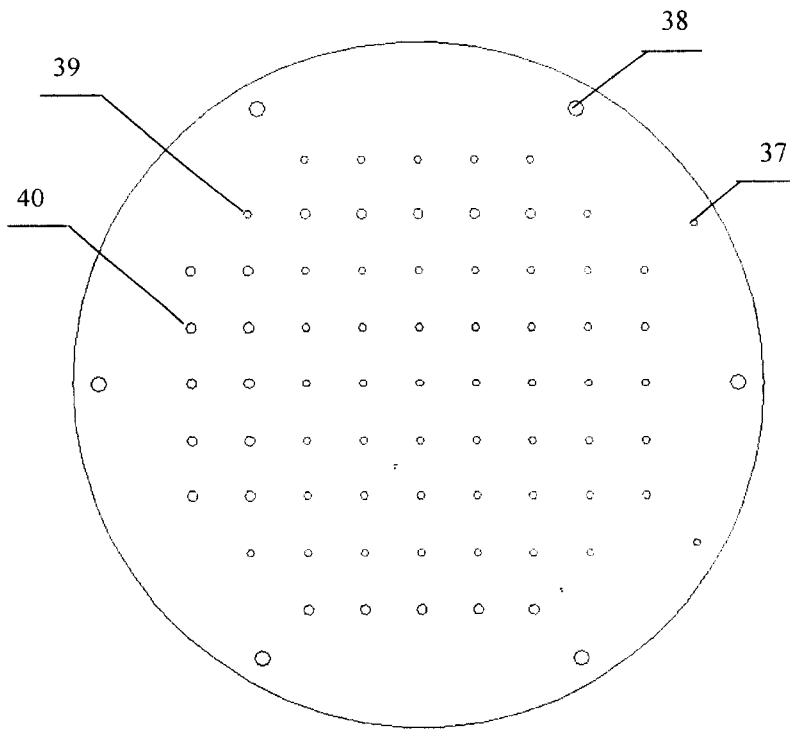


图 5

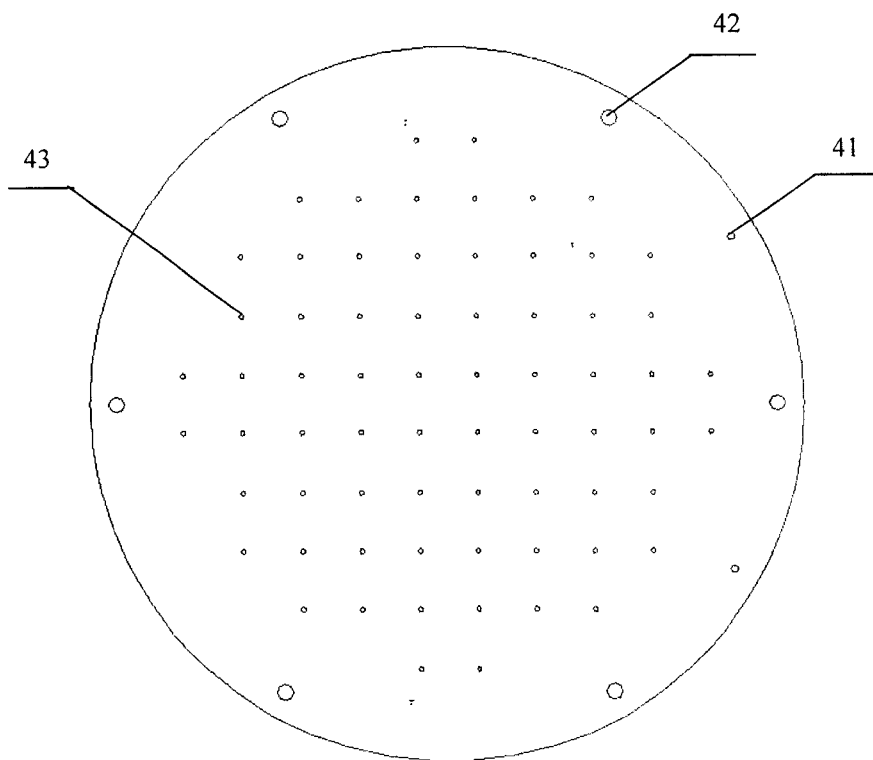


图 6