(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115229451 A
(43)申请公布日 2022.10.25

(21)申请号 202211134172.9

(22)申请日 2022.09.19

(71)申请人 上海电气核电集团有限公司
地址 201306 上海市浦东新区临港新城层林路77号

(72)发明人 张凤武 李忠杰 朱盛依 曹巍 王宾华 张新文 周轶赟

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
专利代理师 喻学兵

(51)Int.Cl.
B23P 15/00(2006.01)

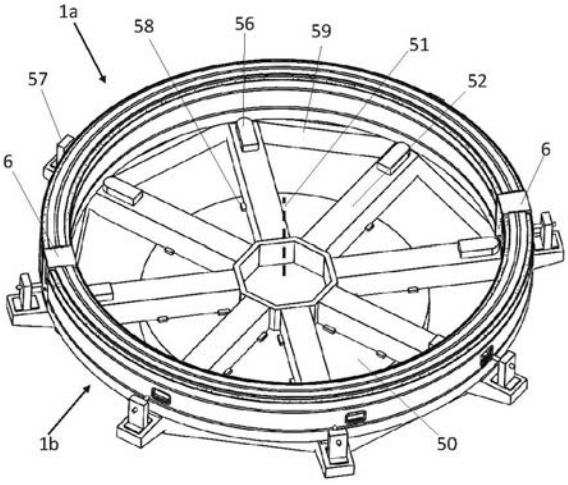
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种沉船打捞弧形梁加工方法

(57)摘要

一种沉船打捞弧形梁加工方法：首先在回转立车工作台上设置加工工装，使用立车在加工工装上车削出定位结构；接下来将两条弧形梁吊装到加工工装上使其末端抵接成为圆形，利用定位结构进行粗定位，旋转立车以校准回转中心进行精定位，利用立车在弧形梁第一表面及侧面加工出安装槽与滚轮槽，在立车的一个回转周期内对两条弧形梁连续进行相同的加工；最后将弧形梁吊起翻转，利用第一表面加工出的安装槽将弧形梁卡接在定位结构上实现快速定位，在弧形梁第二表面及侧面进行相同的加工，完成弧形梁的整体加工。该方法能够消除加工工装的安装误差和弧形梁吊装不同轴的误差，提高沉船打捞弧形梁的加工效率和精度。



CN 115229451 A

1.一种沉船打捞弧形梁加工方法,其特征在于,包括以下步骤:

a)提供回转立车,在立车工作台上设置加工工装,以所述立车工作台的回转中心作为基准点,呈放射状固定安装多条径向支撑梁;利用所述立车在各所述径向支撑梁表面车削加工出内定位结构和外定位结构,使所述内定位结构到所述基准点的距离等于弧形梁的第一侧板加工后表面的内弧边半径,所述外定位结构到所述基准点的距离等于弧形梁的第一侧板加工后表面的外弧边半径;在所述径向支撑梁上安装径向夹持件用于弧形梁固定;

b)将两条弧形梁吊装到所述加工工装上并利用所述内定位结构和外定位结构进行粗定位,使所述两条弧形梁末端抵接构成圆形,旋转所述立车工作台并校准所述两条弧形梁的水平度和回转精度,将所述两条弧形梁用所述径向夹持件固定;

c)在所述弧形梁的第一侧板表面边缘加工出两道平行于所述弧形梁弧边的安装槽,在所述第一侧板表面中部加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽,在所述弧形梁的内弧板和外弧板上靠近所述第一侧板的位置分别加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽;所述立车工作台在一个回转周期内对所述两条弧形梁连续进行相同的加工;

d)将所述两条弧形梁翻转并重新吊装到所述加工工装上,以所述安装槽为支撑,使所述第一侧板卡接在所述内定位结构和外定位结构之间,再次使所述两条弧形梁末端抵接构成圆形,旋转所述立车工作台并校准所述两条弧形梁的水平度和回转精度,将所述两条弧形梁固定;

e)在所述弧形梁的第二侧板表面边缘加工出两道平行于所述弧形梁弧边的安装槽,在所述第二侧板表面中部加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽,在所述内弧板和外弧板上靠近所述第二侧板的位置分别加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽;所述立车工作台在一个回转周期内对所述两条弧形梁连续进行相同的加工;将完成加工的所述弧形梁吊离所述加工工装;

f)重复所述b)步骤至e)步骤,直至完成所有所述弧形梁的加工。

2.根据权利要求1所述的沉船打捞弧形梁加工方法,其特征在于,所述a)步骤中,还包括在每一条所述径向支撑梁上靠近所述内定位结构和外定位结构之间设置液压千斤顶的步骤,以在加工过程中能够调整所述弧形梁的水平度。

3.根据权利要求1或2所述的沉船打捞弧形梁加工方法,其特征在于,所述a)步骤中,所述径向夹持件包括内侧卡钳和外侧侧顶工装,用于分别在内侧和外侧对所述弧形梁进行固定。

4.根据权利要求3所述的沉船打捞弧形梁加工方法,其特征在于,所述b)步骤中,校准回转精度通过所述内侧卡钳和外侧侧顶工装推动所述弧形梁移动实现。

5.根据权利要求1或2所述的沉船打捞弧形梁加工方法,其特征在于,所述a)步骤中,还包括在所述径向支撑梁之间设置周向连接梁的步骤,以将各所述径向支撑梁连接成为整体。

6.根据权利要求1或2所述的沉船打捞弧形梁加工方法,其特征在于,所述b)步骤和d)步骤中,还包括在所述两条弧形梁末端抵接处设置连接段的步骤,以避免在加工过程中出现间断切削。

7.根据权利要求1或2所述的沉船打捞弧形梁加工方法,其特征在于,所述c)步骤和e)步骤中,对所述安装槽和滚轮槽的加工过程分为粗车、半精车和精车三道工序。

8.根据权利要求7所述的沉船打捞弧形梁加工方法，其特征在于，所述粗车工序总加工量为所述安装槽和滚轮槽设计尺寸的50%-70%，所述半精车工序总加工量为所述安装槽和滚轮槽设计尺寸的20%-40%，所述精车工序的总加工量为所述安装槽和滚轮槽设计尺寸的10%以内，所述精车工序包括一次或两次加工。

9.根据权利要求7所述的沉船打捞弧形梁加工方法，其特征在于，在每一道加工工序后还包括精度校核步骤，对各所述安装槽和滚轮槽的尺寸、同轴度以及所述第一侧板、第二侧板与所述内弧板、外弧板上的滚轮槽之间的垂直度进行校验。

10.根据权利要求9所述的沉船打捞弧形梁加工方法，其特征在于，所述精度校核步骤采用三维激光测量仪完成。

一种沉船打捞弧形梁加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于沉船打捞领域，具体涉及一种沉船打捞弧形梁加工方法。

背景技术

[0002] “长江口二号”古沉船沉埋于长江入海口处的海床下，整体被淤泥覆盖，为了开展古沉船的保护工作和文物考古工作，须将沉船完整打捞并保护古沉船及船上文物的完好。为了顺利完成沉船打捞，一套无接触整体打捞设备被开发出来，该设备包括两侧的端板、发射架和弧形梁等部件。其中，半弧形的弧形梁作为打捞沉船过程中的主要承重件，由发射架驱动，多条弧形梁从下方掘进并完整地兜绕住整个沉船及周围的淤泥，再由专门的打捞船将设备整体打捞出水。

[0003] 其中，作为主要承重零件，弧形梁的加工精度要求很高。一方面，每一条弧形梁都需要与发射架内的引导结构精确匹配，确保其能根据发射架的引导顺利穿出；另一方面，前后相邻的弧形梁通过周向设置的弧形嵌合结构相互连接成为整体，嵌合结构同样需要实现精确匹配。这些匹配都需要通过弧形梁表面加工出的多个槽结构来实现。根据设计要求，弧形梁上多个直径约18-20米的槽结构需要高度同轴且必须将圆度控制在0.5mm以内，传统的机加工方式无法满足这一精度需求。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于，提供一种沉船打捞弧形梁加工方法，能够将各弧形梁表面的槽结构圆度控制在0.5mm以内。

[0005] 根据本发明实施例的一个方面，提供一种沉船打捞弧形梁加工方法，该方法包括以下步骤：

a)提供回转立车，在立车工作台上设置加工工装，以所述立车工作台的回转中心作为基准点，呈放射状固定安装多条径向支撑梁；利用所述立车在各所述径向支撑梁表面车削加工出内定位结构和外定位结构，使所述内定位结构到所述基准点的距离等于第一侧板加工后表面的内弧边半径，所述外定位结构到所述基准点的距离等于第一侧板加工后表面的外弧边钣金；在所述径向支撑梁上安装径向夹持件用于弧形梁固定；

b)将两条弧形梁吊装到所述加工工装上并利用所述内定位结构和外定位结构进行粗定位，使所述两条弧形梁末端抵接构成圆形，旋转所述立车工作台并校准所述两条弧形梁的水平度和回转精度，将所述两条弧形梁用所述径向夹持件固定；

c)在所述弧形梁的第一侧板表面边缘加工出两道平行于所述弧形梁弧边的安装槽，在所述第一侧板表面中部加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽，在所述内弧板和外弧板上靠近所述第一侧板的位置分别加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽；所述立车工作台在一个回转周期内对所述两条弧形梁连续进行相同的加工；

d)将所述两条弧形梁翻转并重新吊装到所述加工工装上，以所述安装槽为支撑，使所述第一侧板卡接在所述内定位结构和外定位结构之间，再次使所述两条弧形梁末端抵

接构成圆形，旋转所述立车工作台并校准所述两条弧形梁的水平度和回转精度，将所述两条弧形梁固定；

e)在所述弧形梁的第二侧板表面边缘加工出两道平行于所述弧形梁弧边的安装槽，在所述第二侧板表面中部加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽，在所述内弧板和外弧板上靠近所述第二侧板的位置分别加工出一道平行于所述弧形梁弧边的滚轮槽；所述立车工作台在一个回转周期内对所述两条弧形梁连续进行相同的加工；将完成加工的所述弧形梁吊离所述加工工装；

f)重复所述b)步骤至e)步骤，直至完成所有所述弧形梁的加工。

[0006] 上述方法通过在立车的工作台上在加工工装上原位加工定位结构的方式，确保了加工工装的安装精度，消除加工工装安装位置不准确带来的误差，使加工工装与工作台回转中心保持精确同轴，提高了加工工装的定位精度；将两条弧形梁同时吊装在加工工装上组成圆形，可以在一个转动周期内完成两条弧形梁的加工，一方面提高了加工效率，另一方面圆形结构在吊装定位过程中能够更好地对正工作台回转中心，提高安装槽与滚轮槽的圆度与同轴度，使加工精度能够达到0.5mm的设计要求。

[0007] 进一步地，所述a)步骤中，还包括在每一条所述径向支撑梁上靠近所述内定位结构和外定位结构之间设置液压千斤顶的步骤，以在加工过程中能够调整所述弧形梁的水平度。通过液压千斤顶对弧形梁的水平度进行微调，确保加工过程中安装槽与滚轮槽的加工深度一致。

[0008] 进一步地，所述a)步骤中，所述径向夹持件包括内侧卡钳和外侧侧顶工装，用于分别在内侧和外侧对所述弧形梁进行固定。

[0009] 进一步地，所述b)步骤中，校准回转精度通过所述内侧卡钳和外侧侧顶工装推动所述弧形梁移动实现。利用液压装置驱动径向卡钳，能够方便快捷地对体积巨大的弧形梁进行位置调整。

[0010] 进一步地，所述a)步骤中，还包括在所述径向支撑梁之间设置周向连接梁的步骤，以将各所述径向支撑梁连接成为整体。周向连接梁将各径向支撑梁连接成为一个整体，提高了加工工装的稳定性。

[0011] 进一步地，所述b)步骤和d)步骤中，还包括在所述两条弧形梁末端抵接处设置连接段的步骤，以避免在加工过程中出现间断切削。设置连接段能够保证立车的刀头连续平稳地工作，避免在两弧形梁对接位置的缝隙处发生振颤和干涉，影响刀头寿命与加工质量。

[0012] 进一步地，所述c)步骤和e)步骤中，对所述安装槽和滚轮槽的加工过程分为粗车、半精车和精车三道工序。

[0013] 进一步地，所述粗车工序总加工量为所述安装槽和滚轮槽设计尺寸的50%-70%，所述半精车工序总加工量为所述安装槽和滚轮槽设计尺寸的20%-40%，所述精车工序的总加工量为所述安装槽和滚轮槽设计尺寸的10%以内，所述精车工序包括一次或两次加工。通过三道加工量不同的加工工序，在保证加工效率的同时，确保成品的尺寸精度与表面质量。

[0014] 进一步地，在每一道加工工序后还包括精度校核步骤，对各所述安装槽和滚轮槽的尺寸、同轴度以及所述第一侧板、第二侧板与所述内弧板、外弧板上的滚轮槽之间的垂直度进行校验。在加工过程中及时对精度进行校验，在误差产生时及时进行纠正。

[0015] 进一步地，所述精度校核步骤采用三维激光测量仪完成。三维激光测量仪能够以

无接触的方式快速进行测量。

附图说明

[0016] 图1为一实施例中沉船打捞装置结构示意图；

图2为一实施例中相邻的弧形梁周向截面结构示意图；

图3为一实施例中弧形梁结构示意图；

图4为一实施例中弧形梁加工工装结构示意图；

图5为一实施例中弧形梁与加工工装组装示意图。

[0017] 上述附图的目的在于对本发明的技术方案作出详细说明以便本领域技术人员能够理解本发明的技术构思，而非旨在限制本发明。为了表达简洁，上述附图仅示意性地画出了与本发明技术特征相关的结构，并未严格按照实际比例画出完整装置和全部细节。

具体实施方式

[0018] 下面通过具体实施例结合附图对本发明作出进一步的详细说明。

[0019] 本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本文的至少一个实施例中。在说明书的各个位置出现的该短语并不一定指代同一实施例，也并非限定为互斥的独立或备选的实施例。本领域技术人员应当能够理解，在不发生结构冲突的前提下本文中的实施例可以与其他实施例相结合。

[0020] 本文的描述中，除非另有明确的规定和限定，技术术语“安装”、“相连”、“连接”等应做广义理解，例如可以是活动连接，也可以是固定连接或成一体。对本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本申请实施例中的具体含义。

[0021] 本文的描述中，“上”、“下”、“径向”、“轴向”、“周向”等指示方位或位置关系的术语目的在于准确描述实施例和简化描述，而非限定所涉及的零件或结构必须具有特定的方位、以特定方位安装或操作，不能理解为对本文中实施例的限制。

[0022] 本文的描述中，“第一”、“第二”等术语仅用于区别不同对象，而不能理解为指示相对重要性或限定所描述技术特征的数量、特定顺序或主次关系。本文的描述中，“多个”的含义是至少两个。

[0023] “长江口二号”古沉船沉埋于长江入海口处的海床下，经考古勘探认定为清代同治时期的沉船，船体残长约38.5米，残宽约7.8米，是中国水下考古发现的体量最大、保存最为完整的木质沉船，船载文物量大，具有很高的文物价值，进行整体打捞的难度很大。为了将沉船完整打捞并保持船上文物完好，一套如图1所示的无接触整体打捞设备被开发出来。在进行打捞时首先将顶梁4沉入水底沉船所在的位置，使两端的端板3插入海床将沉船的船头、船尾所在区域与周围的海床隔开；接下来由安装在顶梁4上的发射架2依次向海床中打入约20根弧形梁1。弧形梁1的结构如图2和图3所示，弧形梁1整体呈半圆弧形，其截面为1m×2m的矩形，弧形梁1的前端为具有掘进功能的前端机头19，弧形梁的第一侧板13、第二侧板14、内弧板11和外弧板12表面设置有第一滚轮槽16a、第二滚轮槽16b、第三滚轮槽16c(第二侧板14表面对应位置的第三滚轮槽16c未示出)，发射架2中的驱动装置卡接在这些滚轮槽中为弧形梁1提供驱动和引导，由前端机头19向海床中掘进，弧形梁1从沉船船体下方穿过，弧形梁1整体旋转180°后两端都固定在顶梁4上。弧形梁1的第一侧板13的表面边缘设置

有沿圆弧周向分布的榫头结构17，第二侧板14的表面边缘设置有沿圆弧周向分布的榫槽结构18，榫头结构17和榫槽结构18分别安装在弧形梁表面的安装槽15内。在打捞过程中，弧形梁1b在掘进时其榫头结构17与已掘进到位的前一相邻弧形梁1a上的榫槽结构18相互嵌合在一起，后续的其它弧形梁1也以相同方式掘进和嵌合，最终使所有弧形梁连接成为一个整体，从顶梁4的下方将沉船与周围的沉积物一起兜住。接下来再由打捞船将钢索固定在顶梁4上，将整个沉船打捞装置提升至水面，完成沉船的整体打捞。

[0024] 为了使弧形梁1能够顺利地按照预定轨迹掘进和嵌合，安装槽15与滚轮槽16a、16b、16c需要有很高的加工精度，其圆度与同轴度需要控制在0.5mm以内。而弧形梁作为大型钢结构件，直径约20米，各槽结构的直径达18-20米，传统的加工方式难以实现如此高精度的加工。

[0025] 本发明的实施例提供了一种沉船打捞弧形梁加工方法来解决上述问题，该方法应用了大型回转立车，其步骤如下：

首先，在立车的工作台50上设置如图4和图5所述的加工工装，该工装以立车工作台50的回转中心51为基点，加工工装和弧形梁1以靠近回转中心51的一侧为内侧，远离回转中心51的一侧为外侧，在立车工作台50上放射状地铺设8条径向支撑梁52，这些径向支撑梁52长约11米，呈圆形分布，使径向支撑梁52组成的支撑平面的直径略大于弧形梁的尺寸，这些径向支撑梁52用于在加工过程中为待加工的弧形梁1提供支撑。将径向支撑梁52吊装到位后，通过T型压紧螺栓58将其把合固定在立车工作台50的表面。启动台车，在各径向支撑梁52的表面车削加工出作为内定位结构的内定位凸台53和作为外定位结构的外定位凸台54。其中，弧形梁1内弧板11半径为r_1，外弧板半径为r_2，安装槽15的宽度为d，则内定位凸台53到回转中心51的距离等于第一侧板13加工后表面的内弧边的半径即r_1+d，外定位凸台54到回转中心51的距离等于第一侧板13加工后表面的外弧边的半径即r_2-d，上述尺寸精度控制在0.5mm以内。在径向支撑梁52上安装径向夹持件，用于在加工时对弧形梁1进行固定。在一些优选实施例中，铺设径向支撑梁52后还在相邻的径向支撑梁52之间安装设置周向连接梁59，以将所有径向支撑梁52连接成为整体，增强其稳定性。在一些优选实施例中，弧形梁52上安装的径向夹持件包括设置在内定位凸台53内侧的内侧卡钳56和设置在外定位凸台54外侧的外侧侧顶工装57，分别对弧形梁1施加向外和向内的作用力进行固定和限位。在部分实施例中，在完成对内定位凸台53和外定位凸台54的加工后，在两者之间进一步设置液压千斤顶55，以在加工过程中对弧形梁1的水平度进行调整。

[0026] 接下来，将待加工的弧形梁1吊装到加工工装上，使弧形梁1的第一侧板13悬吊至内定位凸台53和外定位凸台54上进行粗定位，在吊装过程中可以利用内侧卡钳56和外侧侧顶工装57对弧形梁1进行引导和限位，使弧形梁1的回转中心与回转中心51大致重合，误差范围在20mm-30mm。每次加工时，在加工工装上分别吊装两条弧形梁1a和1b，使两条弧形梁的末端相抵接构成圆形，这样立车在一个回转周期内能够完成两条弧形梁的加工。旋转立车工作台50，校准弧形梁1a和1b的水平度及回转精度，如果存在超差的情况则通过调节液压千斤顶55校正弧形梁1a和1b的水平精度，通过内侧卡钳56和外侧侧顶工装57对弧形梁1a和1b进行水平方向的位置微调使其圆心与立车工作台50的回转中心51重合，将误差控制在5mm以内。校准过程可以通过机械测量装置实现，也可以通过三维激光测量仪以无接触的方式快速完成。随后利用内侧卡钳56和外侧侧顶工装57将弧形1a和1b压紧固定。在一些优选

的实施例中，在将弧形梁1a和1b吊装完成后，还在其连接位置设置连接段6，使得立车回转过程中刀头实现连续加工，避免在弧形梁1a与1b抵接的位置出现间断切削引起振颤和碰撞。

[0027] 接下来，结合图2和图3，旋转立车工作台50，以0.5mm的精度在弧形梁1a与1b的第一侧板13表面的边缘车削加工出两道平行于弧形梁弧边的安装槽15，在第一侧板13表面的中部车削加工出一道平行于弧形梁弧边的第三滚轮槽16c，在内弧板和外弧边上靠近第一侧板13的位置分别车削加工出平行于弧形梁弧边的第一滚轮槽16a。立车回转过程中，前半周对弧形梁1a进行加工，后半周对弧形梁1b的相同位置进行加工，切削过程经连接段6的过渡连续进行。

[0028] 随后，拆除连接段6，将弧形梁1a与1b吊起并翻转，重新吊装到加工工装上，以加工成的安装槽15的底部为支撑，将第一侧板13卡接在内定位凸台53和外定位凸台54之间实现较为精确的定位，使两弧形梁的末端抵接构成圆形，装回连接段6，重新进行水平度和回转精度校核。

[0029] 接下来，再次旋转立车工作台50，在弧形梁在弧形梁1a与1b的第二侧板14表面的边缘车削加工出两道平行于弧形梁弧边的安装槽15(未示出)，在第二侧板14表面的中部车削加工出一道平行于弧形梁弧边的第三滚轮槽16c(未示出)，在内弧板和外弧边上靠近第二侧板14的位置分别车削加工出平行于弧形梁弧边的第二滚轮槽16b。立车回转过程中，前半周对弧形梁1a进行加工，后半周对弧形梁1b的相同位置进行加工，切削过程经连接段6的过渡连续进行。

[0030] 最后，拆除连接段6，对弧形梁1a和1b的表面进行清理打磨，尺寸检验合格后吊起入库，重复前述加工过程直至完成对剩余弧形梁的加工。

[0031] 上述加工方法，通过先在立车工作台50上安装加工工装，再在加工工装上车削定位结构的方式，保证了加工工装内定位凸台53、外定位凸台54的位置精度，避免了加工工装安装产生的误差；将两条弧形梁相互抵接共同吊装在加工工装上，一方面提高了加工效率，另一方面便于校准弧形梁的圆心提高了加工精度与弧形槽加工的同轴度，因而能够在大尺寸零件上实现0.5mm以内的圆度与同轴度，满足了沉船打捞弧形梁加工精度的要求。

[0032] 在部分优选的实施例中，对弧形梁上每道弧形槽结构的加工都分为粗车、半精车和精车三道工序。其中粗车工序加工切削量大，加工速度快；半精车工序切削量较小，加工速度较慢；精车工序的加工量最小，严格控制加工面的尺寸精度与表面光洁度。在进一步的优选实施例中，粗车工序的总加工量为安装槽15和滚轮槽16a、16b、16c设计尺寸的50%-70%，半精车工序的加工总量为安装槽15和滚轮槽16a、16b、16c设计尺寸的20%-40%，精车空虚的总加工量为安装槽15和滚轮槽16a、16b、16c设计尺寸的10%以内，根据零件加工状态精车工序可以一次完成也可以重复加工一次完成。

[0033] 在部分优选实施例中，每一道加工工序后还要对安装槽15和滚轮槽16a、16b、16c进行精度校核，检测安装槽15和滚轮槽16a、16b、16c的尺寸精度、同轴度以及第三滚轮槽16c与第一滚轮槽16a、第二滚轮槽16b之间的垂直度。精度校核可以通过机械测量装置实现，也可以利用三维激光测量仪以无接触的方式快速完成。

[0034] 上述实施例的目的在于结合附图对本发明作出进一步的详细说明，以便本领域技术人员能够理解本发明的技术构思。在本发明权利要求的范围内，对所涉及的零件结构或

方法步骤进行优化或等效替换,以及在不发生原理冲突的前提下对不同实施例中的实施方式进行结合,均落入本发明的保护范围。

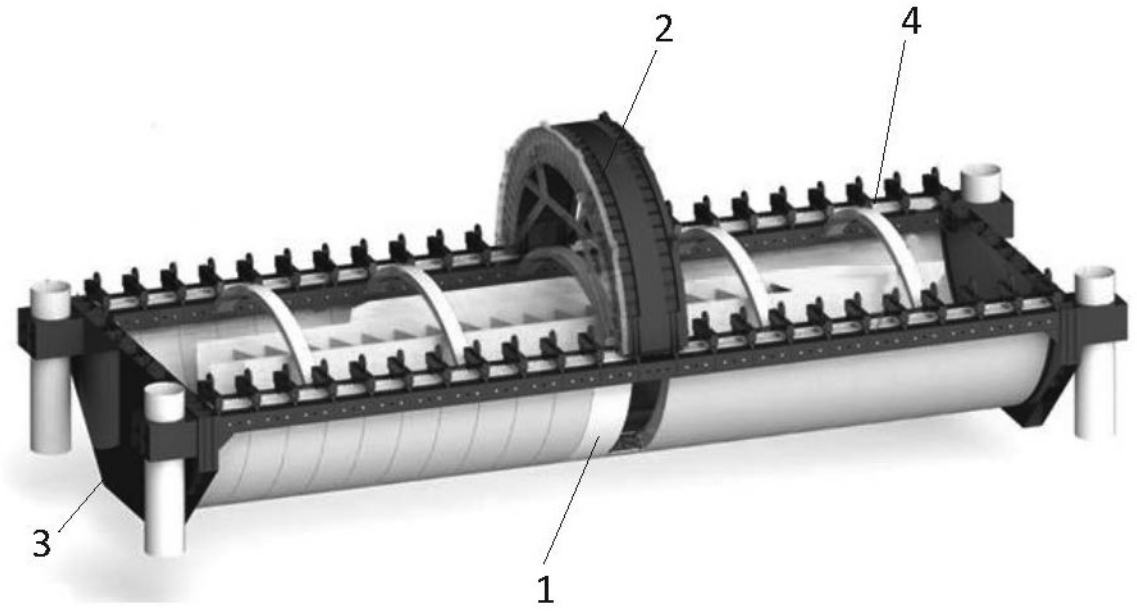


图1

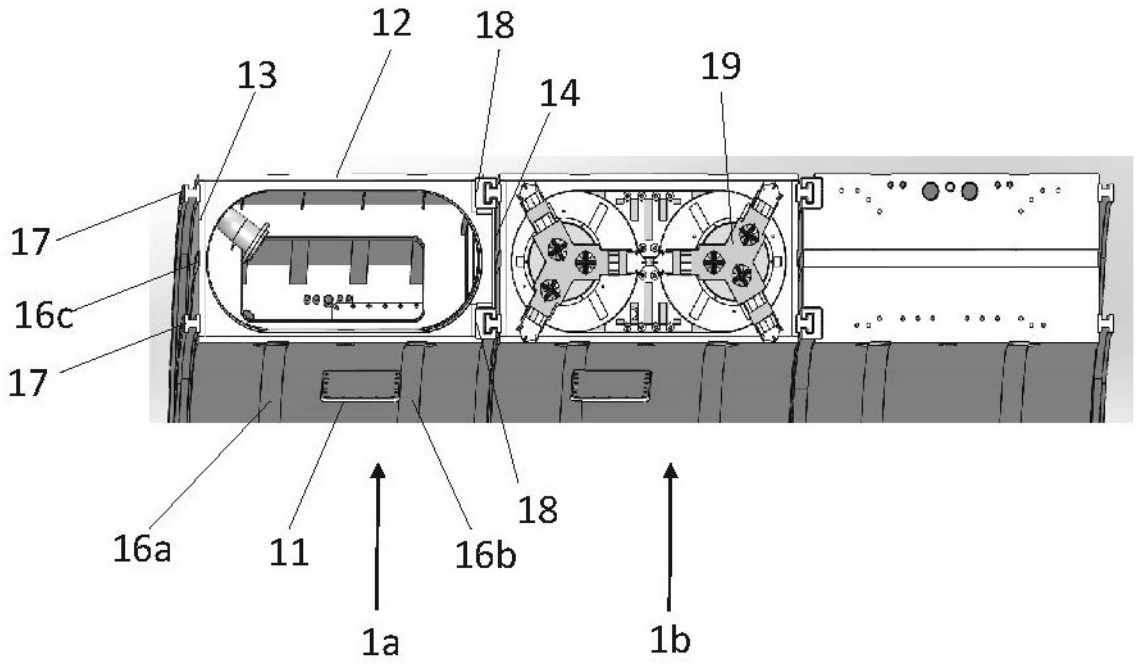


图2

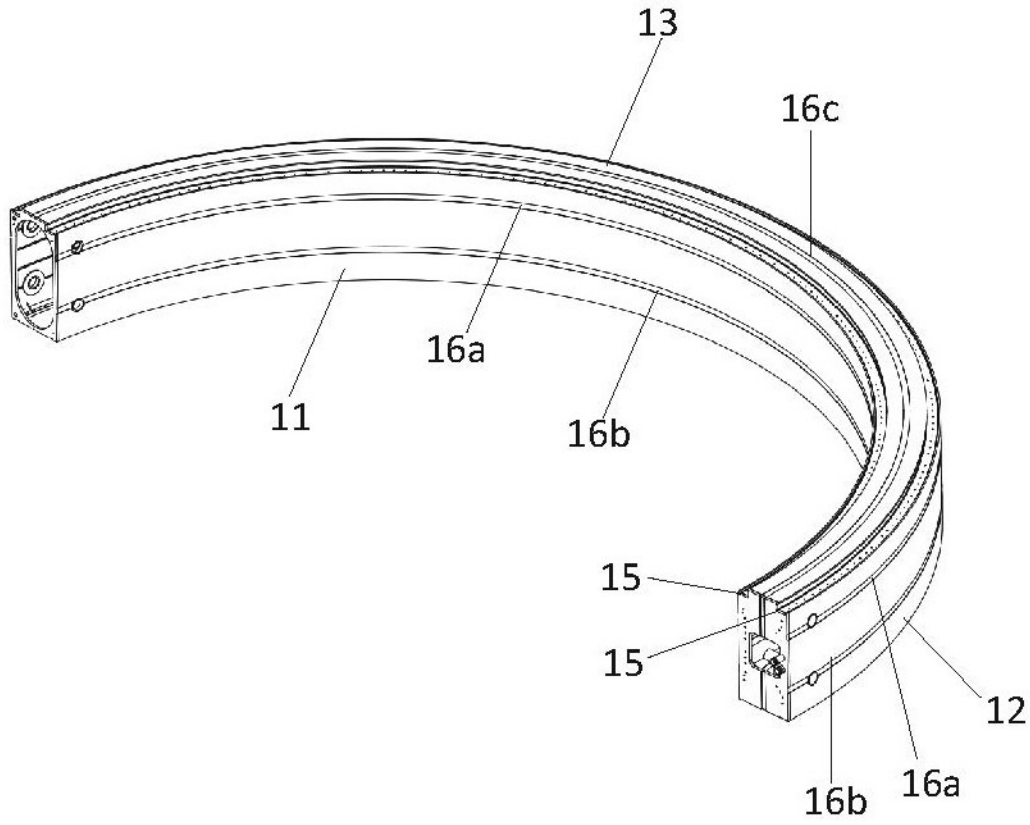


图3

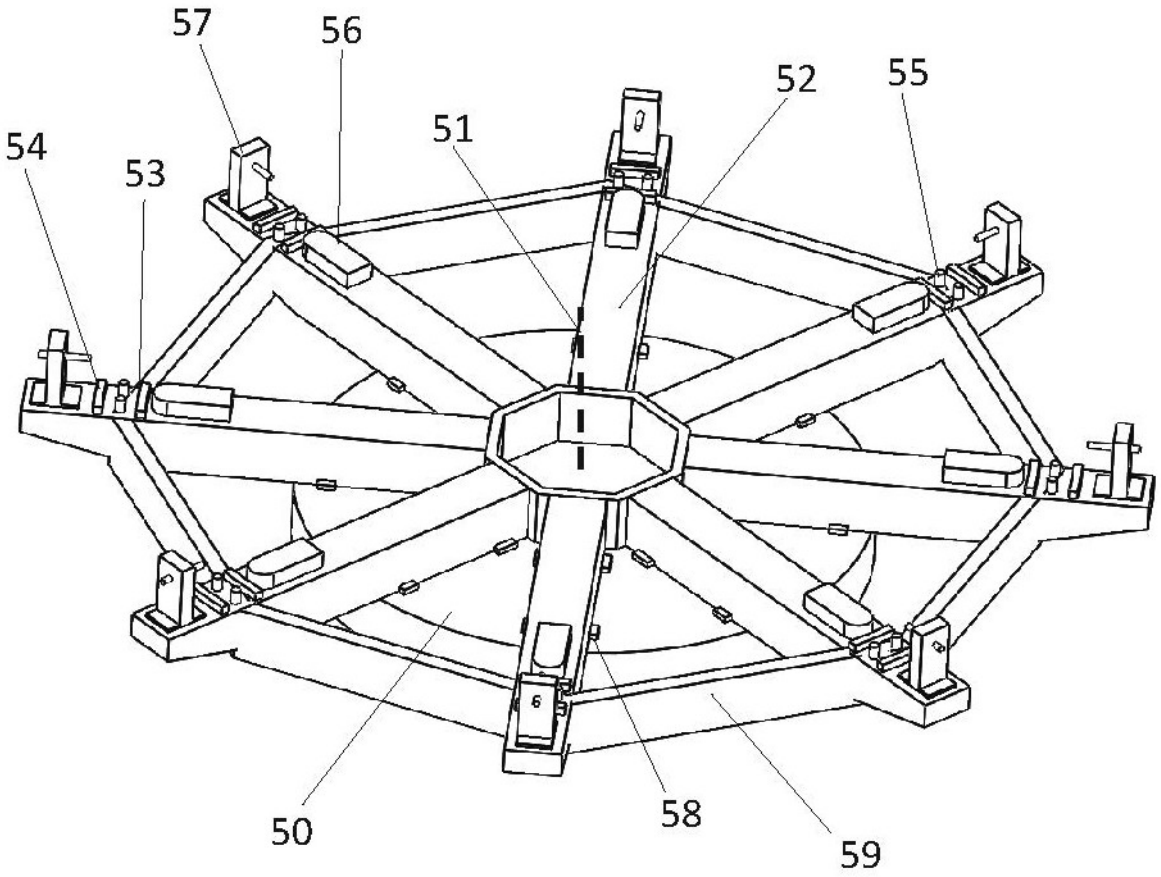


图4

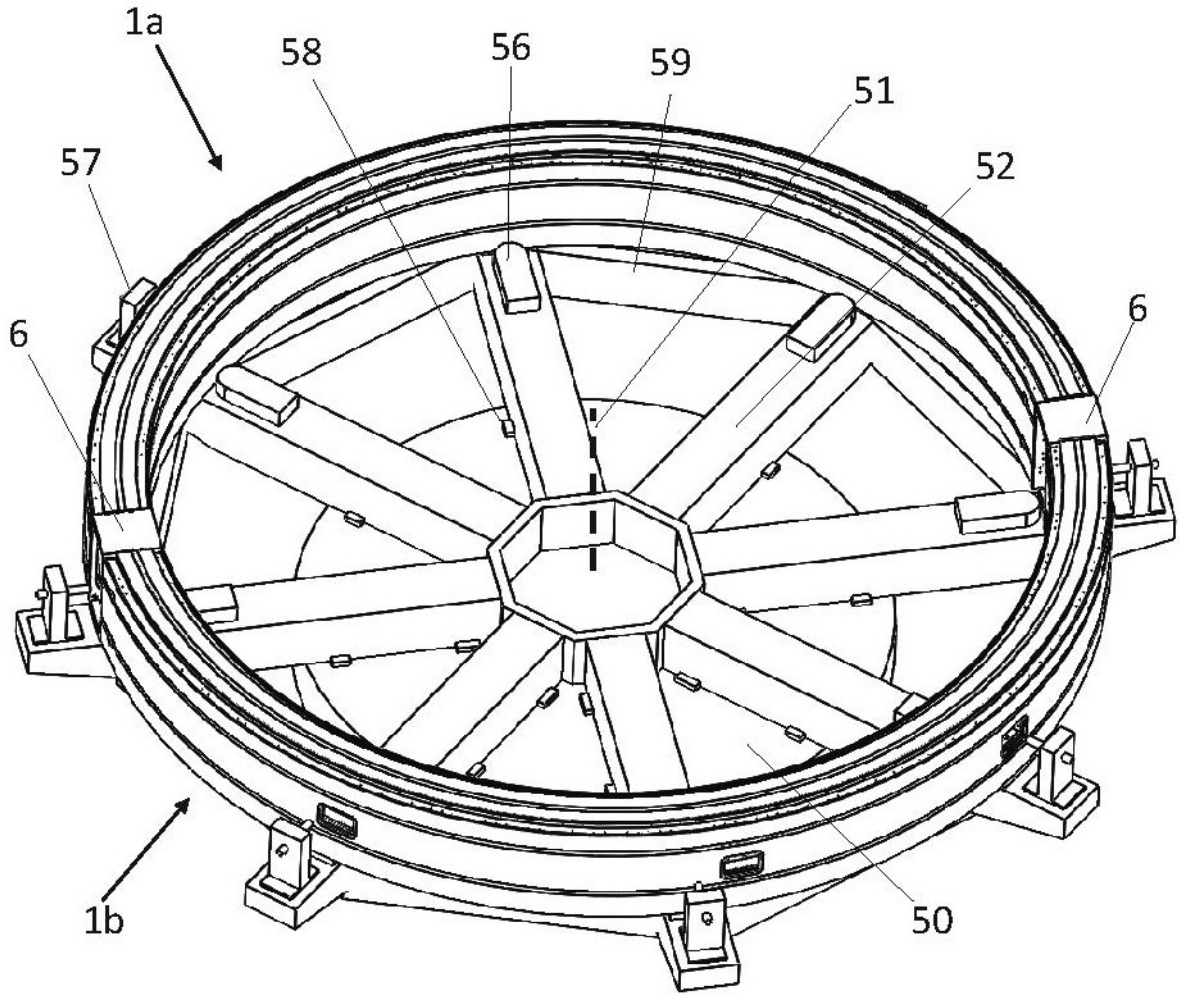


图5