



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115592251 B

(45) 授权公告日 2023.05.05

(21) 申请号 202211280799.5

(22) 申请日 2022.10.19

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115592251 A

(43) 申请公布日 2023.01.13

(73) 专利权人 淮南新能源研究中心
地址 232000 安徽省淮南市高新区(山南新区)泰宁大街南侧、国槐路西侧
专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院

(72) 发明人 马建国 陶嘉 吴杰峰 文伟
胡宇锋 刘振飞 彭黎明 王丽芳

(74) 专利代理机构 洛阳九创知识产权代理事务所(普通合伙) 41156
专利代理师 狄干强

(51) Int.Cl.

B23K 15/00 (2006.01)

B23K 15/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 214054500 U, 2021.08.27

CN 103170722 A, 2013.06.26

CN 216541343 U, 2022.05.17

CN 209830745 U, 2019.12.24

CN 108296829 A, 2018.07.20

CN 217371199 U, 2022.09.06

CN 113953638 A, 2022.01.21

CA 2863020 A1, 2013.08.08

审查员 尚立龙

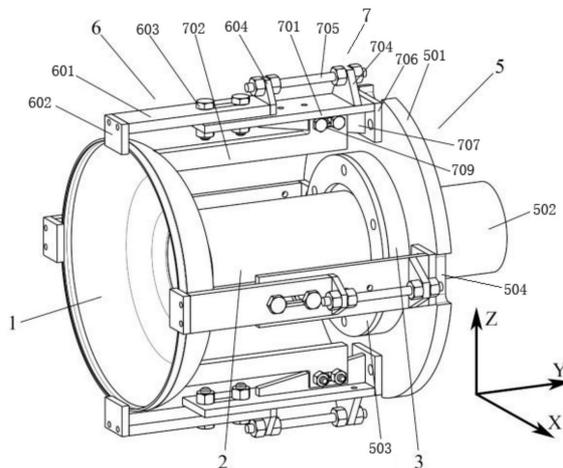
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装及焊接方法

(57) 摘要

一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装及焊接方法,涉及到高能加速器中超导铌腔的制造领域,包括用于固定法兰的装夹装置I和用于固定半腔体的装夹装置II,且装夹装置I和装夹装置II之间通过连接组件固定连接,装夹装置I的压环环绕超导铌腔的束管设置,并与底板配合将法兰夹持固定;装夹装置II由若干条沿半腔体周向均匀分布的夹持臂构成,每条夹持臂包括一根沿束管轴向设置的压板B和设置在压板B端部并将半腔体边缘固定的压块;本发明能够在半腔体与束管焊接的过程中,半腔体内表面不与任何夹具部件接触,减少了内表面划伤的可能性,保证了腔体内表面的光洁度要求,而且还在一定程度上控制了错边的产生。



1. 一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装,包括用于固定法兰(3)的装夹装置I(5)和用于固定半腔体(1)的装夹装置II(6),且装夹装置I(5)和装夹装置II(6)之间通过连接组件(7)固定连接,其特征在于:所述装夹装置I(5)包括压环(503)和一侧具有夹持轴(502)的底板(501),且压环(503)环绕超导铌腔的束管(2)设置,并与底板(501)配合将法兰(3)夹持固定;

所述装夹装置II(6)由若干条沿半腔体(1)周向均匀分布的夹持臂构成,每条夹持臂包括一根沿束管(2)轴向设置的压板B(601)和设置在压板B(601)端部并将半腔体(1)边缘固定的压块(602),在压板B(601)上设置有槽型孔B(603);

所述连接组件(7)包括若干与夹持臂一一对应的连接单元,每个连接单元包括压板A(701)和支撑板(702),其中,压板A(701)的一端与底板(501)连接,另一端设置有槽型孔A(703),且槽型孔A(703)与该连接单元对应的夹持臂中的压板B(601)的槽型孔B(603)对应,并通过连接螺栓实现压板A(701)和压板B(601)总长度的可调式固定,以将半腔体(1)的边缘与底板(501)固定连接;所述支撑板(702)一端与半腔体(1)的外侧壁接触,另一端通过槽型孔与连接螺栓的配合实现与压板A(701)的连接,进而使支撑板(702)抵紧半腔体(1)的外侧壁固定。

2. 根据权利要求1所述的一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装,其特征在于:每条所述夹持臂中压板B(601)与压块(602)相对的一端设置有连接块B(604),与该夹持臂对应的连接单元中压板A(701)靠近底板(501)的一侧设置有连接块A(704),相对应的一组夹持臂中的连接块B(604)和连接单元中的连接块A(704)之间通过螺杆(705)连接,且螺杆(705)与支撑板(702)分别处于压板A(701)的两侧。

3. 根据权利要求1所述的一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装,其特征在于:所述压板A(701)通过一连接块C(706)与底板(501)螺栓连接,且在底板(501)的边缘开设有若干开口槽(504),这些开口槽(504)与连接块C(706)一一对应,并将连接块C(706)与压板A(701)端部连接处暴露。

4. 根据权利要求1所述的一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装,其特征在于:所述压板A(701)朝向束管(2)的侧面设置有加强肋(707),且加强肋(707)的一端与底板(501)螺栓连接,另一端通过螺栓与压板A(701)朝向半腔体(1)的一端螺栓连接。

5. 根据权利要求4所述的一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装,其特征在于:所述加强肋(707)上设置有贯穿其厚度方向的槽型孔C(708),所述支撑板(702)远离半腔体(1)的一端具有带U形槽的凸起部,且该U形槽的两侧对称设置有槽型孔D(709),所述加强肋(707)处于凸起部的U形槽内,且槽型孔C(708)和槽型孔D(709)对应,通过调节连接螺栓在槽型孔C(708)和槽型孔D(709)内的位置,实现支撑板(702)抵紧半腔体(1)的外侧壁固定。

6. 根据权利要求1所述的一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装,其特征在于:所述底板(501)为中心具有中间孔(505)的圆形结构,环绕中间孔(505)分布若干定位销孔A(506),且定位销孔A(506)与夹持轴(502)端部设有的连接环(507)上的定位销孔B(508)一一对应配合,实现底板(501)和夹持轴(502)的定位连接。

7. 使用如权利要求1所述的专用工装对超导铌腔的腔体与束管进行电子束焊接的方法,首先将法兰(3)焊接在束管(2)的一端,之后将两者连同冲压完成的半腔体(1)进行预处理。

理,再利用权利要求1所述的专用工装对预处理后的法兰(3)和半腔体(1)进行装夹,装夹完毕后进行电子束焊接,其特征在于,所述电子束焊接,包括如下步骤:

1) 电子束焊接的三爪卡盘将夹持轴(502)夹持固定,之后使半腔体(1)从与X轴平行的初始水平位置上,向上旋转 45° ,保持该位置校正焊缝轴向、径向跳动来调平超导铌腔,调平后拧紧装夹装置I(5)上的螺栓,并置于真空室内;

2) 将真空室抽真空至 10^{-5} mbar以下,使三爪卡盘带动超导铌腔旋转,采用2-5mA的电子束流在半腔体(1)的内侧面待焊接位置进行点固焊,点固位置取环焊缝均布的四个点;

3) 采用15-20mA的电子束流以圆波、正弦波或8字形扫描波在0.3-1mm的扫描幅值下完成半腔体(1)的内侧面待焊接位置的焊接,再卸去真空,拆除固定半腔体(1)的装夹装置II(6),重新抽真空至 10^{-5} mbar以下,再使三爪卡盘带动超导铌腔旋转至步骤1)的初始水平位置;

4) 采用35-45mA的电子束流以圆波、正弦波或8字形扫描波在0.5-2mm的扫描幅值下完成半腔体(1)的外侧面待焊接位置的焊接,从而完成半腔体(1)与束管(2)的焊接连接。

8. 根据权利要求7所述的电子束焊接的方法,其特征在于:所述预处理是指将焊接在一起的法兰(3)和束管(2)与冲压完成的半腔体(1)一并放入到酸洗液中酸洗,酸洗液由质量比为1:1:2的氢氟酸、硝酸和磷酸组成的混合酸溶液,酸洗之后采用超纯水进行喷淋,并置于超净间中干燥,即完成预处理。

9. 根据权利要求7所述的电子束焊接的方法,其特征在于,所述专用工装对预处理后的法兰(3)和半腔体(1)进行装夹的具体操作为:

①使用装夹装置I(5)对法兰(3)进行装夹

将压环(503)安装到法兰(3)的束管(2)一侧,再将底板(501)安装至法兰(3)的另一侧,最后将夹持轴(502)与底板(501)固定;

在该步骤中,所有安装和固定时所用的螺栓和螺母均不完全旋紧,以便于后续的调平;

②连接组件(7)与装夹装置I(5)的连接

将连接组件(7)中每一个连接单元的压板A(701)和支撑板(702)组装,再将每一个连接单元中的压板A(701)与底板(501)螺栓连接;

③装夹装置II(6)与连接组件(7)和半腔体(1)的连接

将半腔体(1)与束管(2)的接头位置对齐,再将装夹装置II(6)中的压板B(601)和压块(602)组装形成多条夹持臂,将每条夹持臂上的压板B(601)和一个连接单元的压板A(701)装配,并调节两者的总长,使压块(602)压住半腔体(1)的赤道边缘,之后采用螺栓固定连接,完成装夹操作。

10. 根据权利要求7所述的电子束焊接的方法,其特征在于:所述步骤3)进行内侧面焊接和步骤4)进行外侧面焊接时,加速电压为40-70kV,焊接线速度为6mm/s-10mm/s,电子束扫描频率为40-500Hz。

一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装及焊接方法

技术领域

[0001] 本发明涉及到高能加速器中超导铌腔的制造领域,具体的说是一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装及焊接方法。

背景技术

[0002] 超导铌腔作为加速器的核心部件广泛应用于重离子加速器、散裂中子源、同步辐射光源等大科学装置中,如图1所示,整腔是由两侧的腔体1、束管2以及法兰3通过电子束焊接而成。腔体1由单个或多个腔组成,束管2与法兰3焊接完成后即与腔体1在接头4处进行焊接。

[0003] 束管2与法兰3的焊接变形会导致内表面的峰值电场强度与加速梯度的比值出现变化,进而增加腔体的损耗,并在一定程度影响腔体的频率,以往在控制该区域焊接变形时,所设计的工装各组件间主要通过焊接相连,焊接变形会影响工装的加工精度,使有关组件无法与待焊工件贴合并压紧;而且该类工装拆装繁琐,在拆卸过程中使组件划伤腔体表面。

[0004] 另外,不良的焊接工艺会导致焊接过程产生背面下塌及错边等缺陷,使得整腔内侧型面出现变化,影响内部电场与磁场的分布,进而影响其使用性能。因此合理的焊接工装及焊接工艺设计是超导铌腔具备优良加速性能的关键。

发明内容

[0005] 为了解决现有的工装因为自身制作工程中精度不够等原因导致腔体和束管焊接后影响使用性能的问题,本发明提供了一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装及焊接方法,使用本发明的专用工装和焊接方法,能够在半腔体与束管焊接的过程中,半腔体内表面不与任何夹具部件接触,减少了内表面划伤的可能性,保证了腔体内表面的光洁度要求,而且还在一定程度上控制了错边的产生。

[0006] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案为:一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装,包括用于固定法兰的装夹装置I和用于固定半腔体的装夹装置II,且装夹装置I和装夹装置II之间通过连接组件固定连接,所述装夹装置I包括压环和一侧具有夹持轴的底板,且压环环绕超导铌腔的束管设置,并与底板配合将法兰夹持固定;

[0007] 所述装夹装置II由若干条沿半腔体周向均匀分布的夹持臂构成,每条夹持臂包括一根沿束管轴向设置的压板B和设置在压板B端部并将半腔体边缘固定的压块,在压板B上设置有槽型孔B;

[0008] 所述连接组件包括若干与夹持臂一一对应的连接单元,每个连接单元包括压板A和支撑板,其中,压板A的一端与底板连接,另一端设置有槽型孔A,且槽型孔A与该连接单元对应的夹持臂中的压板B的槽型孔B对应,并通过连接螺栓实现压板A和压板B总长度的可调式固定,以将半腔体的边缘与底板固定连接;所述支撑板一端与半腔体的外侧壁接触,另一

端通过槽型孔与连接螺栓的配合实现与压板A的连接,进而使支撑板抵紧半腔体的外侧壁固定。

[0009] 作为上述腔体与束管电子束焊接用专用工装的一种优化方案,每条所述夹持臂中压板B与压块相对的一端设置有连接块B,与该夹持臂对应的连接单元中压板A靠近底板的一侧设置有连接块A,相对应的一组夹持臂中的连接块B和连接单元中的连接块A之间通过螺杆连接,且螺杆与支撑板分别处于压板A的两侧。

[0010] 作为上述腔体与束管电子束焊接用专用工装的另一种优化方案,所述压板A通过一连接块C与底板螺栓连接,且在底板的边缘开设有若干开口槽,这些开口槽与连接块C一一对应,并将连接块C与压板A端部连接处暴露。

[0011] 作为上述腔体与束管电子束焊接用专用工装的另一种优化方案,所述压板A朝向束管的侧面设置有加强肋,且加强肋的一端与底板螺栓连接,另一端通过螺栓与压板A朝向半腔体的一端螺栓连接。

[0012] 作为上述腔体与束管电子束焊接用专用工装的另一种优化方案,所述加强肋上设置有贯穿其厚度方向的槽型孔C,所述支撑板远离半腔体的一端具有带U形槽的凸起部,且该U形槽的两侧对称设置有槽型孔D,所述加强肋处于凸起部的U形槽内,且槽型孔C和槽型孔D对应,通过调节连接螺栓在槽型孔C和槽型孔D内的位置,实现支撑板抵紧半腔体的外侧壁固定。

[0013] 作为上述腔体与束管电子束焊接用专用工装的另一种优化方案,所述底板为中心具有中间孔的圆形结构,环绕中间孔分布若干定位销孔A,且定位销孔A与夹持轴端部设有连接环上的定位销孔B一一对应配合,实现底板和夹持轴的定位连接。

[0014] 使用上述专用工装对超导铌腔的腔体与束管进行电子束焊接的方法,首先将法兰焊接在束管的一端,之后将两者连同冲压完成的半腔体进行预处理,再利用上述专用工装对预处理后的法兰和半腔体进行装夹,装夹完毕后进行电子束焊接,所述电子束焊接,包括如下步骤:

[0015] 1) 电子束焊接的三爪卡盘将夹持轴夹持固定,之后使半腔体从与X轴平行的初始水平位置上,向上旋转 45° ,保持该位置校正焊缝轴向、径向跳动来调平超导铌腔,调平后拧紧装夹装置I上的螺栓,并置于真空室内;

[0016] 2) 将真空室抽真空至10-5mbar以下,使三爪卡盘带动超导铌腔旋转,采用2-5mA的电子束流在半腔体的内侧面待焊接位置进行点固焊,点固位置取环焊缝均布的四个点;

[0017] 3) 采用15-20mA的电子束流以圆波、正弦波或8字形扫描波在0.3-1mm的扫描幅值下完成半腔体的内侧面待焊接位置的焊接,再卸去真空,拆除固定半腔体的装夹装置II,重新抽真空至10-5mbar以下,再使三爪卡盘带动超导铌腔旋转至步骤1)的初始水平位置;

[0018] 4) 采用35-45mA的电子束流以圆波、正弦波或8字形扫描波在0.5-2mm的扫描幅值下完成半腔体的外侧面待焊接位置的焊接,从而完成半腔体与束管的焊接连接。

[0019] 作为上述腔体与束管进行电子束焊接的方法的一种优化方案,所述预处理是指将焊接在一起的法兰和束管与冲压完成的半腔体一并放入到酸洗液中酸洗,酸洗液由质量比为1:1:2的氢氟酸、硝酸和磷酸组成的混合酸溶液,酸洗之后采用超纯水进行喷淋,并置于超净间中干燥,即完成预处理。

[0020] 作为上述腔体与束管进行电子束焊接的方法的另一种优化方案,所述专用工装对

预处理后的法兰和半腔体进行装夹的具体操作为：

[0021] ①使用装夹装置I对法兰进行装夹

[0022] 将压环安装到法兰的束管一侧，再将底板安装至法兰的另一侧，最后将夹持轴与底板固定；

[0023] 在该步骤中，所有安装和固定时所用的螺栓和螺母均不完全旋紧，以便于后续的调平；

[0024] ②连接组件与装夹装置I的连接

[0025] 将连接组件中每一个连接单元的压板A和支撑板组装，再将每一个连接单元中的压板A与底板螺栓连接；

[0026] ③装夹装置II与连接组件和半腔体的连接

[0027] 将半腔体与束管的接头位置对齐，再将装夹装置II中的压板B和压块组装形成多条夹持臂，将每条夹持臂上的压板B和一个连接单元的压板A装配，并调节两者的总长，使压块压住半腔体的赤道边缘，之后采用螺栓固定连接，完成装夹操作。

[0028] 作为上述腔体与束管进行电子束焊接的方法的另一种优化方案，所述步骤3)进行内侧面焊接和步骤4)进行外侧面焊接时，加速电压为40-70kV，焊接线速度为6mm/s-10mm/s，电子束扫描频率为40-500Hz。

[0029] 与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

[0030] 1) 本发明的专用工装，采用装夹装置I的底板和压环配合，将法兰进行固定，之后利用连接组件的压板A和装夹装置II的压板B总长度可调式的螺栓固定，从而利用压板B前端的压块将半腔体赤道边缘固定，同时配合支撑板对半腔体外侧面的抵紧，从而使夹持动作更加稳定；为了进一步提升夹持的稳定性，在两块压板上各设置一块连接块，之后用螺杆将两个连接块连接，螺杆和支撑板处于两块压板的异侧，从而进一步提升了夹持的稳定性和夹持效果；本发明的整个专用工装没有任何部件与半腔体内表面接触，减少了内表面划伤的可能性，保证了腔体内表面的光洁度要求；

[0031] 2) 本发明专用工装的各个部件之间均采用螺栓、螺孔和螺帽的配合连接，并在关键部位的螺孔采用槽型孔设计，不仅避免了现有工装因为焊接连接时焊接精度问题导致的超导腔性能受损，而且拆装过程更加方便，大大提高了半腔体与束管焊接时的生产效率和焊接后的产品质量；

[0032] 3) 在使用本发明的专用工装进行电子束焊接时，先将水平固定好的工装和待焊接件向上旋转45度进行调平，之后用较小的束流在腔室内侧焊接，之后再旋转回复到初始的水平状态，再以较大的束流在腔室外侧进行焊接，这种焊接方式，能够有效避免焊缝背面出现过大的下塌量，并在一定程度控制了错边的产生。

附图说明

[0033] 图1为超导腔的结构示意图；

[0034] 图2为本发明专用工装夹持半腔体和束管时的立体示意图；

[0035] 图3为本发明专用工装夹持半腔体和束管时的纵断面剖视示意图；

[0036] 图4为装夹装置I中底板的结构示意图；

[0037] 图5为装夹装置I中夹持轴的结构示意图；

- [0038] 图6为装夹装置I中压环的结构示意图；
- [0039] 图7为连接组件中压板A的结构示意图；
- [0040] 图8为连接组件中连接块A的结构示意图；
- [0041] 图9为装夹装置II中连接块B的结构示意图；
- [0042] 图10为连接组件中连接块C的结构示意图；
- [0043] 图11为装夹装置II压板B的结构示意图；
- [0044] 图12为连接组件中加强肋的结构示意图；
- [0045] 图13为连接组件中支撑板的结构示意图；
- [0046] 图14为装夹装置II中压块的结构示意图；
- [0047] 图15为焊接时进行半腔室内侧焊接时的状态示意图；
- [0048] 图16为焊接时进行半腔室外侧焊接时的状态示意图；
- [0049] 附图标记：1、半腔体，2、束管，3、法兰，4、接头，5、装夹装置I，501、底板，502、夹持轴，503、压环，504、开口槽，505、中间孔，506、定位销孔A，507、连接环，508、定位销孔B，6、装夹装置II，601、压板B，602、压块，603、槽型孔B，604、连接块B，7、连接组件，701、压板A，702、支撑板，703、槽型孔A，704、连接块A，705、螺杆，706、连接块C，707、加强肋，708、槽型孔C，709、槽型孔D。

具体实施方式

[0050] 下面结合具体实施例对本发明的技术方案做进一步的详细阐述，本发明以下各实施例中未做说明的部分，均应理解为本领域技术人员所知晓或应当知晓的现有技术，比如四爪卡盘与夹持轴的固定连接、四爪卡盘的旋转、待焊接工件采用本发明的专用工装装夹后的校正、真空室和电子束焊枪及相关设备的结构等。

[0051] 实施例1

[0052] 一种超导铌腔的腔体与束管电子束焊接用专用工装，如图2和3所示，包括用于固定法兰3的装夹装置I5和用于固定半腔体1的装夹装置II6，且装夹装置I5和装夹装置II6之间通过连接组件7固定连接，所述装夹装置I5包括压环503和一侧具有夹持轴502的底板501，如图4所示，底板501为圆形板，且其直径要超出法兰3的直径，夹持轴502用于在后续焊接时与四爪卡盘连接，如图6所示，压环503为对称的两个半圆环结构，其内径一般略大于束管2的外径，在压环503环绕超导铌腔的束管2设置，并与底板501配合将法兰3夹持固定后，压环503的内径不与束管2的外径接触，压环503的外边缘一般与法兰3的边缘平齐；在压环503、法兰3和底板501上设置有对应的螺栓孔，通过在螺栓孔内穿入连接螺栓和螺帽，实现了三者的连接固定；

[0053] 所述装夹装置II6由若干条沿半腔体1周向均匀分布的夹持臂构成，图2中所示的夹持臂为4条，沿半腔体1的圆周均匀分布，当然，也可以设置成3条或5条，每条夹持臂包括一根沿束管2轴向设置的压板B601和设置在压板B601端部并将半腔体1边缘固定的压块602，在压板B601上设置有槽型孔B603，如图11所示，在图11的底端设置有两个螺纹孔，如图14所示，压块602上具有两个螺纹孔，压块602上的两个螺纹孔与压板B601一端的两个螺纹孔对应，并通过连接螺丝固定连接；

[0054] 所述连接组件7包括若干与夹持臂一一对应的连接单元，每个连接单元包括压板

A701和支撑板702,其中,如图7所示,压板A701的一端与底板501连接,另一端设置有槽型孔A703,且槽型孔A703与该连接单元对应的夹持臂中的压板B601的槽型孔B603对应,并通过连接螺栓实现压板A701和压板B601总长度的可调式固定,以将半腔体1的边缘与底板501固定连接;总长度的可调式固定是指,通过两个槽型孔对齐时共同区域的长度变化,来调节压板A701和压板B601的总长度,当两个槽型孔完全重叠时,两块压板的总长度最短,此时再用连接螺栓穿过两个槽型孔进行固定,当两个槽型孔对应的部分仅仅能够容纳一个连接螺栓时,总长最大,通过这种总长度的调整,实现压块602将半腔体1赤道边缘的夹紧固定;所述支撑板702一端与半腔体1的外侧壁接触,另一端通过槽型孔与连接螺栓的配合实现与压板A701的连接,进而使支撑板702抵紧半腔体1的外侧壁固定。

[0055] 在本实施例中,所有各部件之间的连接均采用螺栓和螺帽配合的可拆卸连接。

[0056] 在本实施例中,支撑板702抵紧半腔体1外侧壁的一端,其形状与半腔体1外侧面对应夹持处的曲面形状进行数控加工,对于赤道直径相近、腔体形状不同的半腔体1,只需更换支撑板702或对支撑板702的端部重新进行数控铣削即可,提高了所设计的焊接工装对不同腔形超导腔的适应性。

[0057] 以上为本发明的基本实施方式,可在以上基础上做进一步的改进、优化和限定,从而得到以下各实施例:

[0058] 实施例2

[0059] 本实施例是在实施例1的基础上所做的一种改进方案,其主体结构与实施例1相同,改进点在于:如图2和3所示,与每条所述夹持臂中压板B601与压块602相对的一端设置有连接块B604,连接块B604的结构如图9所示,从图9中可以看出,连接块B604的结构为下部矩形、上部梯形的结构,在下部区域具有两个螺栓孔,这两个螺栓孔与图11中所示的压板B601结构中,压板B601靠近槽型孔B603的一端设有的螺栓孔对应,进而依靠连接螺丝将连接块B604固定在压板B601端部的表面上,连接块B604的上部区域具有一个安装螺杆705的光孔;与该夹持臂对应的连接单元中压板A701靠近底板501的一侧设置有连接块A704,连接块A704的结构如图8所示,从图8中可以看出,连接块A704为梯形结构,其上具有一个安装螺杆705的光孔,边长更长的底边上具有两个螺丝孔,这两个螺丝孔与图7中所示压板A701的结构中,压板A701上远离槽型孔A703一端显示的三个螺丝孔中的两个对应,从而利用连接螺丝将连接块A704固定在压板A701的表面,压板A701端部的两个连接孔,用于跟底板501上的螺丝孔对应,并利用连接螺丝连接;相对应的一组夹持臂中的连接块B604和连接单元中的连接块A704之间通过螺杆705连接,且螺杆705与支撑板702分别处于压板A701的两侧,在螺杆705穿过连接块B604和连接块A704上的光孔后采用螺帽固定。

[0060] 实施例3

[0061] 本实施例是在实施例1的基础上所做的另一种改进方案,其主体结构与实施例1相同,改进点在于:如图2和3所示,所述压板A701通过一连接块C706与底板501螺栓连接,连接块C706的结构如图10所示,其上具有两个大孔和两个小孔,两个小孔用于与压板A701的端部使用螺丝连接,两个大孔用于与底板501上的螺栓孔使用连接螺栓固定,在底板501的边缘开设有若干开口槽504,这些开口槽504与连接块C706一一对应,并将连接块C706与压板A701端部连接处暴露,从而便于拧动连接螺丝或螺栓进行固定。

[0062] 实施例4

[0063] 本实施例是在实施例1的基础上所做的另一种改进方案,其主体结构 with 实施例1相同,改进点在于:如图2和3所示,所述压板A701朝向束管2的侧面设置有加强肋707,加强肋707的一端与底板501螺栓连接,另一端通过螺栓与压板A701朝向半腔体1的一端螺栓连接,在实际中,加强肋707的结构如图12所示,其形状为一个直角梯形,两条直角边中的长直角边与压板A701的底面连接(利用其长直角边上的螺丝孔),短直角边与底板501螺栓连接。

[0064] 实施例5

[0065] 本实施例是在实施例4的基础上所做的一种改进方案,其主体结构 with 实施例4相同,改进点在于:如图12所示,所述加强肋707上设置有贯穿其厚度方向的槽型孔C708,如图13所示,所述支撑板702远离半腔体1的一端具有带U形槽的凸起部,且该U形槽的两侧对称设置有槽型孔D709,所述加强肋707处于凸起部的U形槽内,且槽型孔C708和槽型孔D709对应,通过调节连接螺栓在槽型孔C708和槽型孔D709内的位置,实现支撑板702抵紧半腔体1的外侧壁固定。

[0066] 实施例6

[0067] 本实施例是在实施例1的基础上所做的另一种改进方案,其主体结构 with 实施例1相同,改进点在于:如图4所示,所述底板501为中心具有中间孔505的圆形结构,中间孔505的存在,既可以起到减轻重量的作用,降低设备运行负荷,还可以在抽真空时避免在组件的装配缝隙中夹气,提高抽真空的效率;环绕中间孔505分布若干定位销孔A506,且定位销孔A506与夹持轴502端部设有的连接环507上的定位销孔B508一一对应配合,实现底板501和夹持轴502的定位连接,夹持轴502的示意图如图5所示。

[0068] 实施例7

[0069] 使用实施例1中的专用工装对超导铌腔的腔体与束管进行电子束焊接的方法,所用的束管2采用壁厚2mm的纯铌束管,半腔体1也是壁厚2mm的纯铌材料,其具体步骤如下:

[0070] 1) 待焊接部件的预处理

[0071] 将焊接在一起的法兰3和束管2与冲压完成的半腔体1一并放入到酸洗液中酸洗8-10min,酸洗液由质量比为1:1:2的氢氟酸(40wt%)、硝酸(70wt%)和磷酸(80wt%)组成的混合酸溶液,酸洗之后采用超纯水进行喷淋,并置于超净间中干燥,即完成预处理;

[0072] 2) 专用工装对预处理后的法兰3和半腔体1进行装夹

[0073] ①使用装夹装置I5对法兰3进行装夹

[0074] 将压环503安装到法兰3的束管2一侧,再将底板501安装至法兰3的另一侧,最后将夹持轴502与底板501固定;

[0075] 在该步骤中,所有安装和固定时所用的螺栓和螺母均不完全旋紧,以便于后续的调整;

[0076] ②连接组件7与装夹装置I5的连接

[0077] 将连接组件7中每一个连接单元的压板A701和支撑板702组装,再将每一个连接单元中的压板A701与底板501螺栓连接;

[0078] ③装夹装置II6与连接组件7和半腔体1的连接

[0079] 将半腔体1与束管2的接头位置对齐,再将装夹装置II6中的压板B601和压块602组装形成多条夹持臂,将每条夹持臂上的压板B601和一个连接单元的压板A701装配,并调节两者的总长,使压块602压住半腔体1的赤道边缘,之后采用螺栓固定连接,完成装夹操作;

[0080] 3) 校正

[0081] 电子束焊接的三爪卡盘将夹持轴502夹持固定,之后使半腔体1从与X轴平行的初始水平位置上,向上旋转45°,如图15所示,保持该位置校正焊缝轴向、径向跳动来调平超导铌腔,调平后拧紧装夹装置I5上的螺栓,并置于真空室内;

[0082] 4) 点固焊

[0083] 将真空室抽真空至10⁻⁵mbar以下,使三爪卡盘带动超导铌腔旋转,采用2mA的电子束流在半腔体1的内侧面待焊接位置进行点固焊,点固位置取环焊缝均布的四个点;

[0084] 5) 内侧焊接

[0085] 采用15mA的电子束流以圆波在0.3mm的扫描幅值下完成半腔体1的内侧面待焊接位置的焊接;

[0086] 在该步骤中,加速电压为40kV,焊接线速度为6mm/s,电子束扫描频率为40Hz;

[0087] 6) 工装复位

[0088] 卸去真空室的真空,拆除固定半腔体1的装夹装置II6,重新抽真空至10⁻⁵mbar以下,再使三爪卡盘带动超导铌腔旋转至步骤1)的初始水平位置;

[0089] 7) 外侧焊接

[0090] 采用35mA的电子束流以圆波在0.5mm的扫描幅值下完成半腔体1的外侧面待焊接位置的焊接,从而完成半腔体1与束管2的焊接连接;

[0091] 在该步骤中,加速电压为40kV,焊接线速度为6mm/s,电子束扫描频率为40Hz。

[0092] 焊接完毕后,在真空室内冷却30min,随后打开真空室取出工件,经测量,焊缝背面下榻量为0.09mm,错边量为0.03mm,满足设计精度的要求。

[0093] 实施例8

[0094] 本实施例与实施例7步骤相同,区别在于参数的微调,微调的内容如下:

[0095] 4) 点固焊

[0096] 将真空室抽真空至10⁻⁵mbar以下,使三爪卡盘带动超导铌腔旋转,采用3.5mA的电子束流在半腔体1的内侧面待焊接位置进行点固焊,点固位置取环焊缝均布的四个点;

[0097] 5) 内侧焊接

[0098] 采用18mA的电子束流以正弦波在0.6mm的扫描幅值下完成完成半腔体1的内侧面待焊接位置的焊接;

[0099] 在该步骤中,加速电压为55kV,焊接线速度为8mm/s,电子束扫描频率为300Hz;

[0100] 7) 外侧焊接

[0101] 采用40mA的电子束流以正弦波在1.2mm的扫描幅值下完成半腔体1的外侧面待焊接位置的焊接,从而完成半腔体1与束管2的焊接连接;

[0102] 在该步骤中,加速电压为55kV,焊接线速度为8mm/s,电子束扫描频率为300Hz。

[0103] 焊接完毕后,在真空室内冷却30min,随后打开真空室取出工件,经测量,焊缝背面下榻量为0.09mm,错边量为0.02mm,满足设计精度的要求。

[0104] 实施例9

[0105] 本实施例与实施例7步骤相同,区别在于参数的微调,微调的内容如下:

[0106] 4) 点固焊

[0107] 将真空室抽真空至10⁻⁵mbar以下,使三爪卡盘带动超导铌腔旋转,采用5mA的电子

束流在半腔体1的内侧面待焊接位置进行点固焊,点固位置取环焊缝均布的四个点;

[0108] 5) 内侧焊接

[0109] 采用20mA的电子束流以8字形扫描波在1mm的扫描幅值下完成半腔体1的内侧面待焊接位置的焊接;

[0110] 在该步骤中,加速电压为70kV,焊接线速度为10mm/s,电子束扫描频率为500Hz;

[0111] 7) 外侧焊接

[0112] 采用45mA的电子束流以8字形扫描波在2mm的扫描幅值下完成半腔体1的外侧面待焊接位置的焊接,从而完成半腔体1与束管2的焊接连接;

[0113] 在该步骤中,加速电压为70kV,焊接线速度为10mm/s,电子束扫描频率为500Hz。

[0114] 焊接完毕后,在真空室内冷却30min,随后打开真空室取出工件,经测量,焊缝背面下榻量为0.07mm,错边量为0.02mm,满足设计精度的要求。

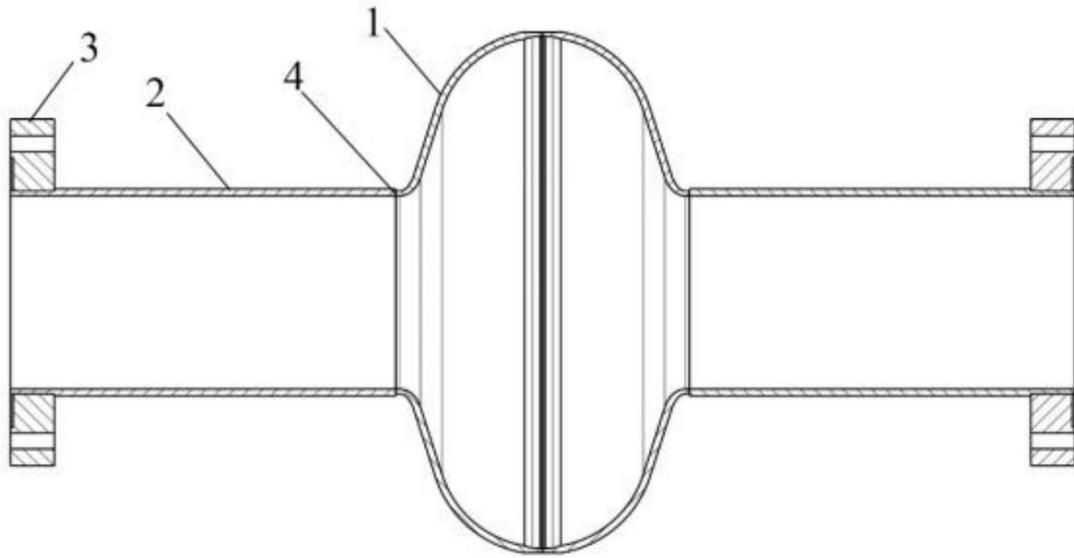


图1

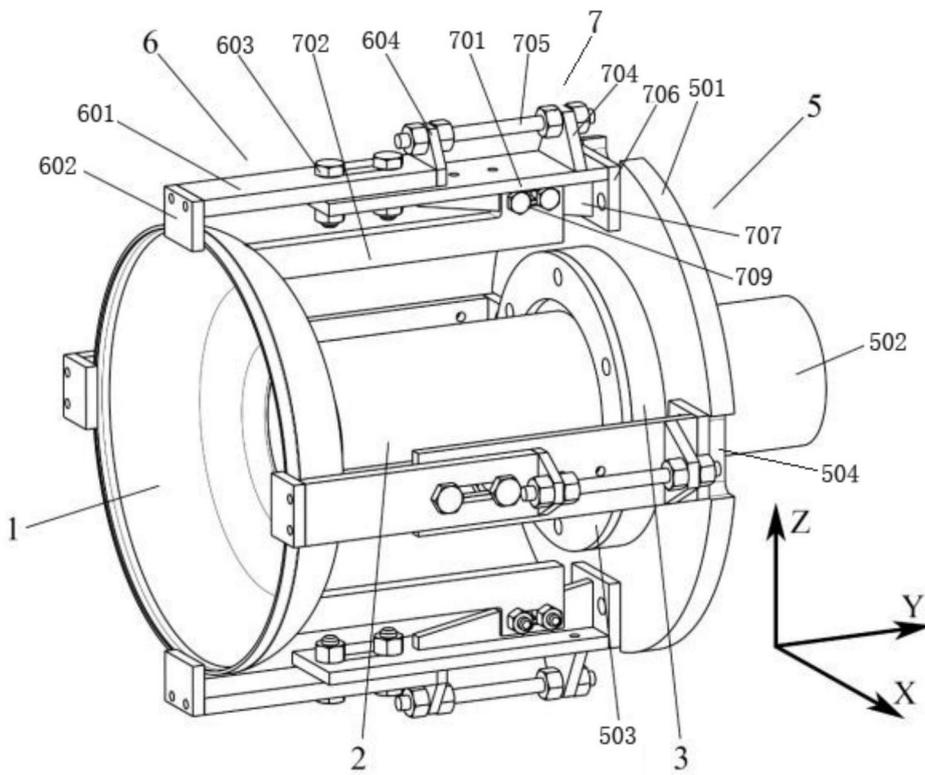


图2

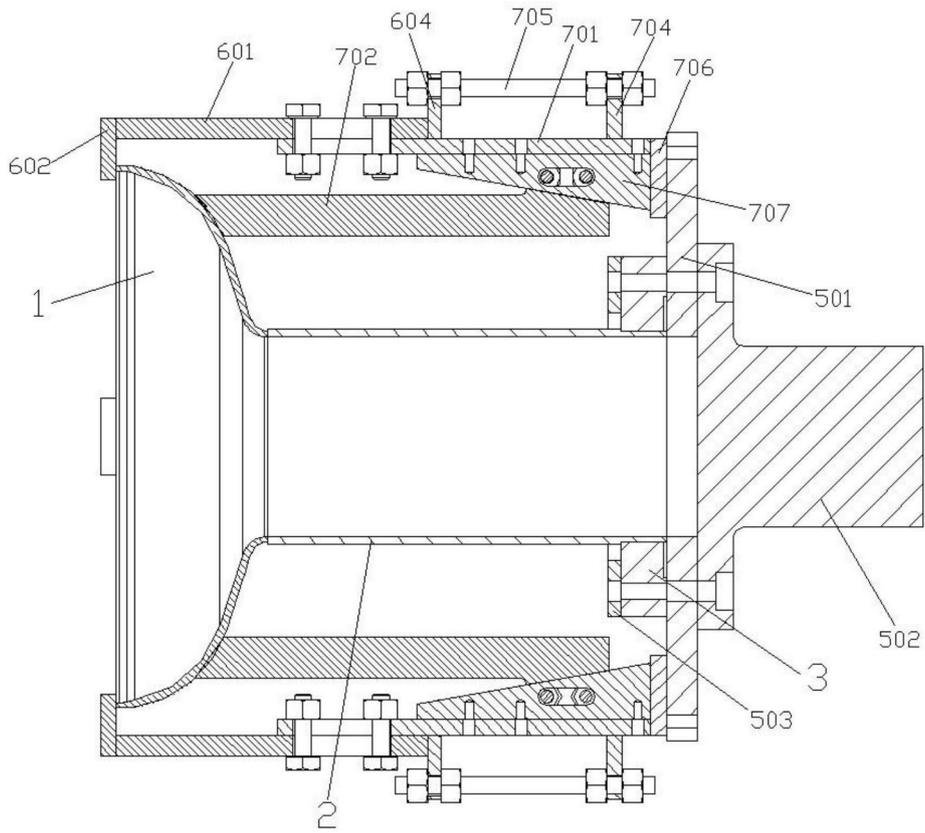


图3

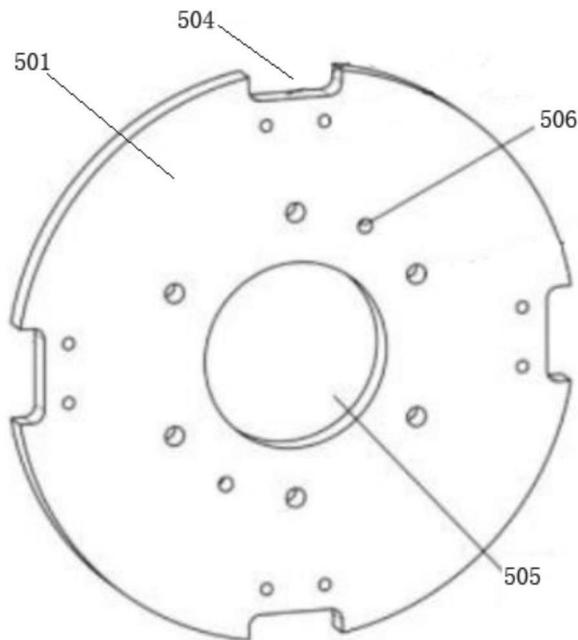


图4

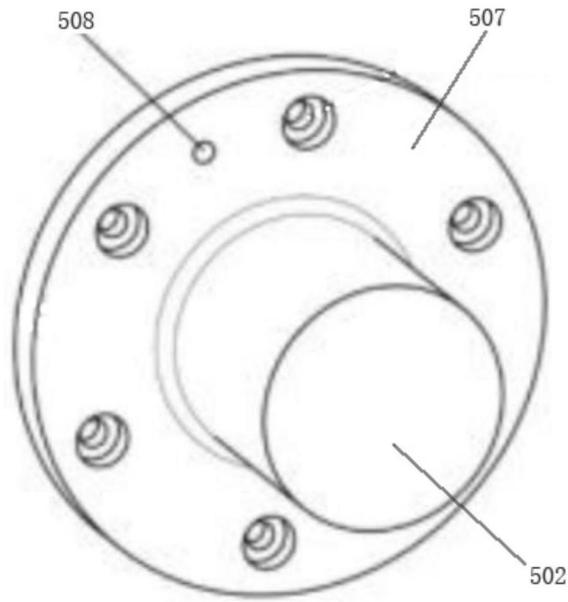


图5

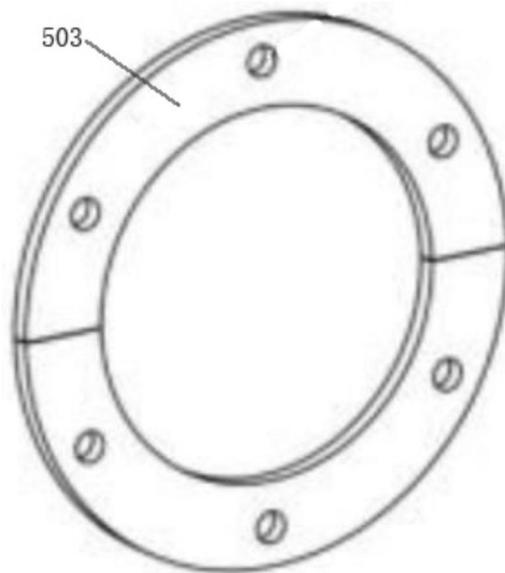


图6

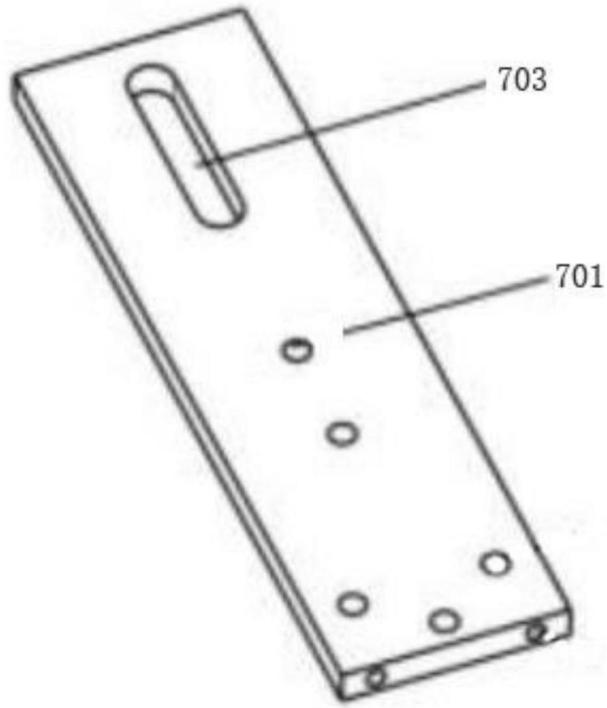


图7

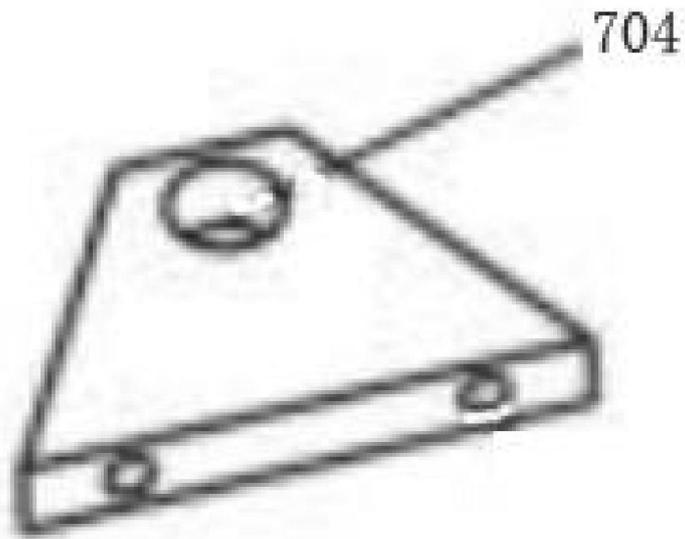


图8

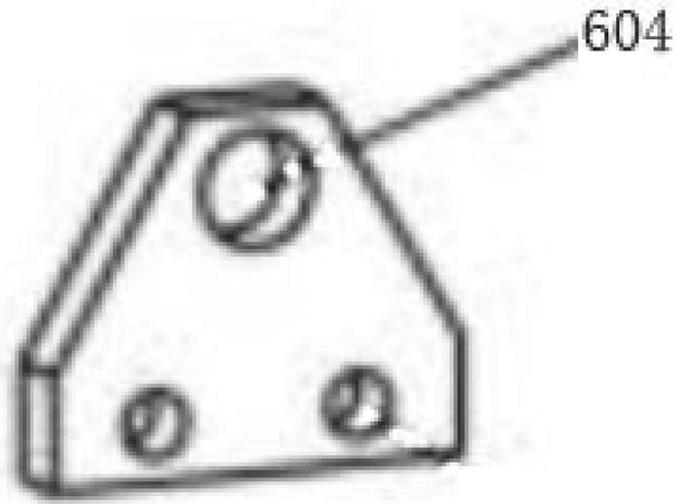


图9

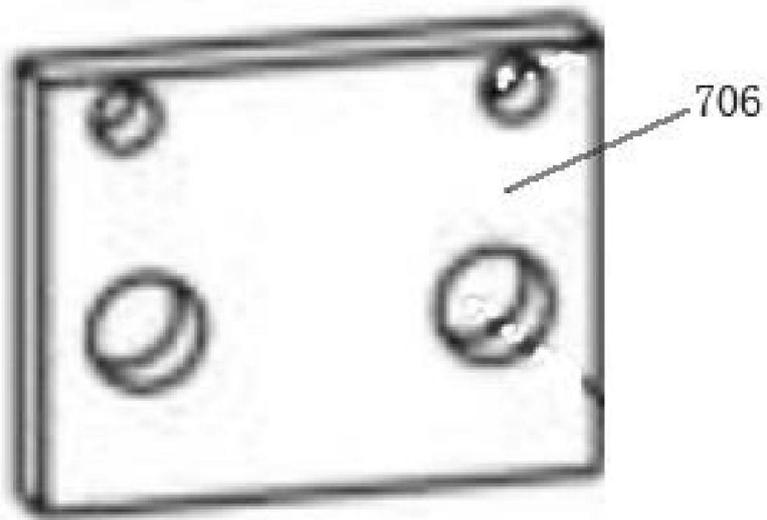


图10

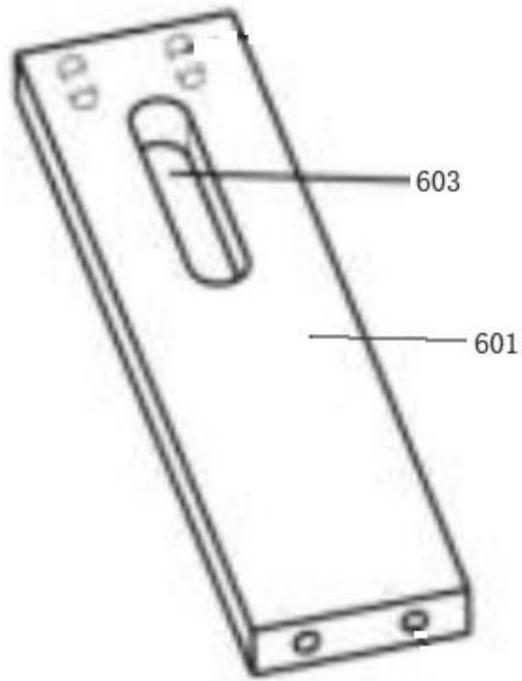


图11

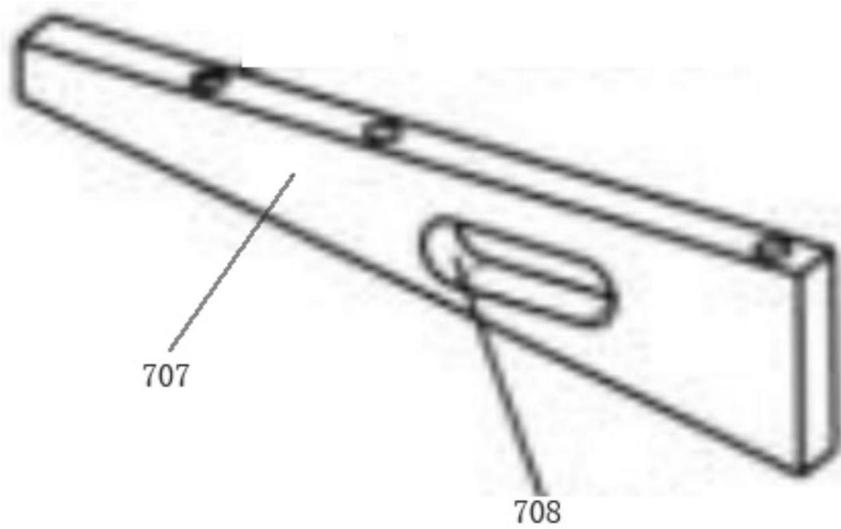


图12

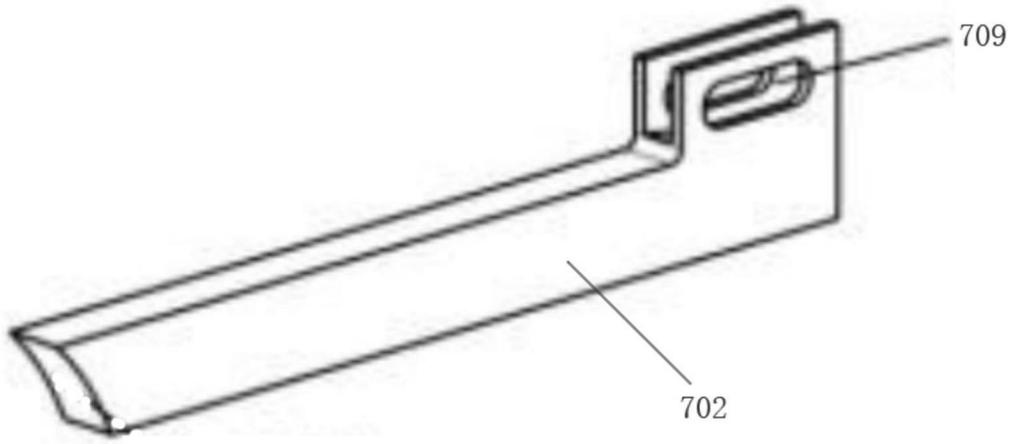


图13

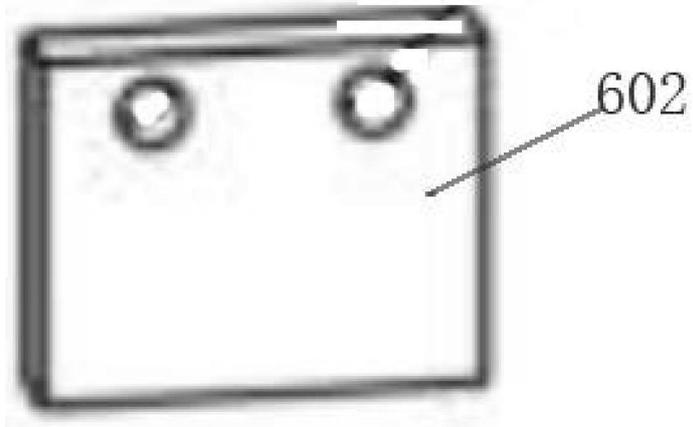


图14

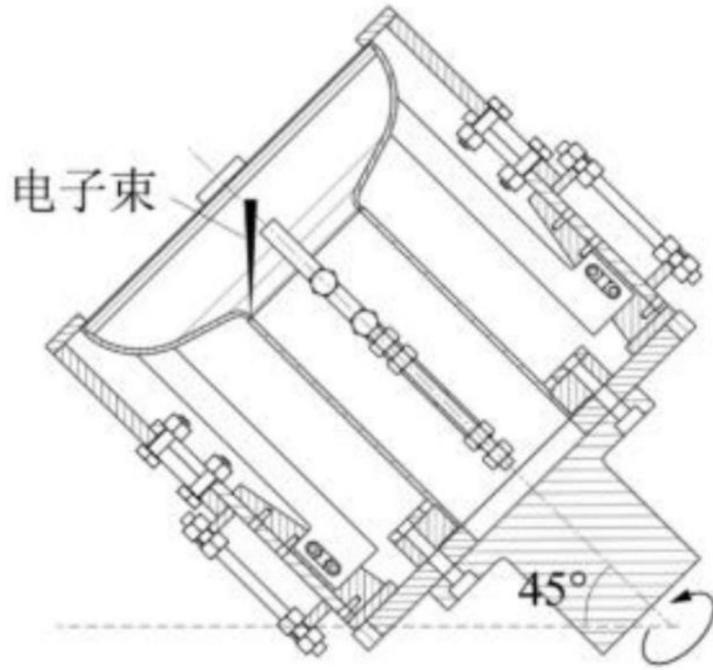


图15

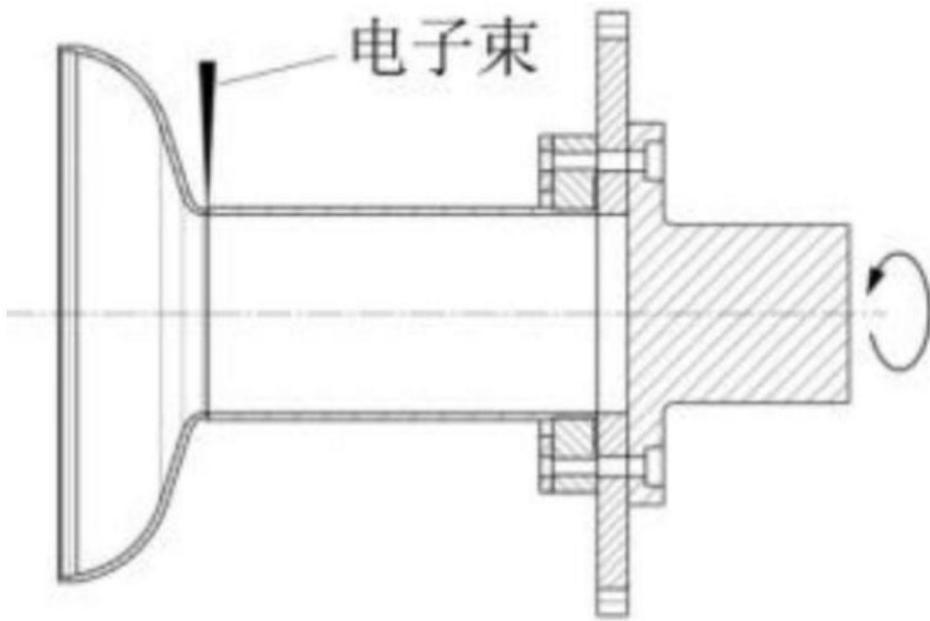


图16