



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113884501 A

(43) 申请公布日 2022.01.04

(21) 申请号 202111278626.5

(22) 申请日 2021.10.31

(71) 申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路29号中  
国地质大学(北京)工程技术学院探工  
楼503

申请人 中国地质大学(北京)郑州研究院

(72) 发明人 唐云龙 韩春波 王磊 冯雪  
岳文 杨义勇

(51) Int. Cl.

G01N 21/88 (2006.01)

G01N 21/01 (2006.01)

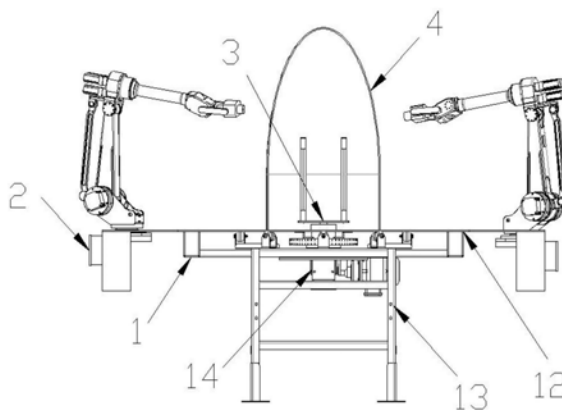
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备及检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备及检测方法,该设备包括:一体式旋转台基座、检测光源系统、换位检测系统;所述检测光源系统和换位检测系统设置于一体式旋转台基座上,所述检测光源系统在多孔陶瓷基天线罩检测时封闭于多孔陶瓷基天线罩内部并随旋转台旋转,所述换位检测系统包括:设置在升降机构上随升降机构升降的探测机械臂、设置在探测机械臂上随探测机械臂进行位置调整的检测相机组合。本发明利用多孔陶瓷基天线罩微透光的特性对多孔陶瓷天线罩的裂纹、气孔和划痕等缺陷进行检测,检测能力强、检测效率高,检测结果稳定可靠,可用于大规模快速检测,可以满足不同尺寸的、一定壁厚范围内的多孔陶瓷基天线罩的无损检测。



1. 一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其特征在于,包括一体式旋转台基座、检测光源系统和换位检测系统;所述一体式旋转台基座包括旋转台、旋转电机、基座;所述旋转电机设置于基座内部与旋转台相连;所述旋转台设置于基座上;所述检测光源系统和换位检测系统设置于一体式旋转台基座上;所述检测光源系统包括光源感应机构、与光源感应机构相连的光源快换装置以及与光源快换装置相连的光源发生管;所述光源快换装置相连的光源发生管在天线罩检测时封闭于天线罩内。

2. 如权利要求1所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其特征在于,所述换位检测系统包括升降机构、与升降机构相连的随升降机构升降的探测机械臂,以及设置于探测机械臂上的检测相机组合。

3. 如权利要求2所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其特征在于,所述升降机构包括:设置于一体式旋转台基座上的升降架和设置在探测机械臂上的电箱。

4. 如权利要求1所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其特征在于,所述旋转台包括上层主体部分及下层支撑部分,设置于上层主体部分的卡槽旋转盘,和设置于卡槽旋转盘上的密封圈,卡槽及密封圈将待检测天线罩固定在旋转台上。

5. 如权利要求4所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其特征在于,所述下层支撑部分包括:支撑架、设置于支撑架上的卡槽旋转盘支撑滚轮。

6. 如权利要求2所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其特征在于,所述检测相机组合包括:设置在转换架上的用于第一、二次检测的广角工业相机、用于精检的高倍工业相机及第二旋转电机、与探测机械臂相连的转换接头。

7. 权利要求1-6中任意一项多孔陶瓷基天线罩的新型无损检测方法,其特征在于,包括:

步骤 S1:启动多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,设备自我检测后进入准备状态;

步骤S2:将待检测多孔陶瓷基天线罩放置于旋转台上与密封圈紧密贴合,光源发生管完全封闭于待检测天线罩内;

步骤 S3:启动检测光源系统,调整光源亮度;

步骤 S4:启动旋转台及换位检测系统,调用广角工业相机,设备进行第一次检测;

步骤S5:第一次检测结束后,调用光源快换装置更换光源发生管位置,设备进行第二次检测;

步骤 S6:第二次检测结束后,如果发现存在缺陷或疑似缺陷则进入S7,否则跳转至S10;

步骤 S7:调用高倍工业相机,按顺序将检测相机调整至存在缺陷或疑似缺陷位置处,设备进行精检;

步骤 S8:设备精检结束后,多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备自动恢复至待检测状态;

步骤 S9:检测程序对检验结果进行分析,确定缺陷的类型、尺寸和具体位置坐标;

步骤S10:检测程序生成检测结论并输出检测结果报告,设备恢复至待检测状态准备下一次检测;

步骤S11:若所有待检测天线罩均已检测完毕,则结束所有程序并关闭设备。

## 一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备及检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及陶瓷材料无损检测领域,具体涉及一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备及检测方法。

### 背景技术

[0002] 多孔陶瓷基天线罩因其良好的热、力、电综合性能,被广泛应用于多种高速飞行器中。多孔陶瓷天线罩一般通过高温烧结形成,性脆、易碎,在成型过程中不可避免的存在微

裂纹、孔洞和杂质等缺陷,在加工、后处理、测试与周转等过程中极易引入裂纹、划痕等缺

陷,而上述缺陷的存在会极大的影响天线罩的结构可靠性。因此,需要采用无损检测的手段

对每个天线罩的裂纹、划痕、孔洞和杂质等缺陷进行检测。目前,针对陶瓷和陶瓷基天线罩

的无损检测方法主要有CT、X射线、红外、超声、敲击、染剂和光照等。

[0003] 上海玻璃钢研究院有限公司的赵中坚在《陶瓷学报》期刊上的发文《石英陶瓷天线罩无损检测技术研究》中对比了灯光照射法、工业CT和X射线等无损检测技术,认为工业CT和X射线在多孔陶瓷检测应用中的成熟度不高且检测效果有限,而灯光照射检测技术具有操作简便、检测成本低、检测结果直观等优点。文中提及的灯照检测为人工检测状态,检测结果完全依赖人工经验。

[0004] 江西省工业陶瓷质量监督检验站的周碧在《中国陶瓷工业陶瓷》期刊上的发文《陶瓷材料检测中无损检测技术的应用探析》中概述了超声、X射线、红外热成像等检测技术在

陶瓷无损检测中的应用并分析了发展前景。文中的介绍侧重于技术原理和应用效果。

[0005] 北京航空材料研究院的王铮等人在《无损检测》期刊上的发文《敲击检测技术在某雷达天线罩在役检测中的应用》介绍了仪器敲击法和小锤敲击法在雷达天线罩上的应用,

该检测方法受环境因素影响较大。

[0006] 南京电子技术研究所的刘进在《电子机械工程》期刊上的发文《大型回转件喷水耦合超声C扫描检测系统》研究了超声C扫描检测系统在天线罩无损检测中的应用。该系统运行稳定,检测精度高,但是成本高昂,系统结构、检测过程复杂,难以简单应用。

[0007] 上海均博复合材料科技有限公司的胡江峰在专利CN207557138U中介绍了一种陶瓷天线罩裂纹在线检测机,该检测机利用染色剂对天线罩进行上色,然后通过清洗剂对天

线罩表面进行清洗,然后通过CCD相机对表面裂纹中残留的颜色进行识别。但是,

该检测方法仅适用于陶瓷天线罩生产过程早期时表面裂纹的检测,同时需要使用较多的化学色剂与

清洗剂,环境友好程度低。

[0008] 安徽应流集团霍山铸造有限公司的杜应流在专利CN107941432A中介绍了一种复杂型腔陶瓷模壳内部裂纹检漏的方法,该检测方法通过对亚甲基蓝/酒精有色溶液施加压

力实现了对陶瓷模壳贯穿性裂纹进行检测。但是,该加压染色方法并不适合于多孔陶瓷的

检测,且同样存在环境适应性的问题。

[0009] 宜兴博登泰科工业装备有限公司的蒋建中在专利CN109530266A中介绍了一种基于机器视觉的陶瓷瓶渗漏检测装置,该装置针对陶瓷酒瓶的缺陷,采用热风或蒸汽加热,结

合红外相机拍照与机器视觉分析技术,实现了对陶瓷酒瓶渗漏的在线检漏。但是,热风和蒸

汽加热难以对大尺寸陶瓷天线罩进行整体均匀加热,因此该方法适用的产品尺寸有限。

[0010] 广西北流市智诚陶瓷自动化科技有限公司的梁康宁在专利CN205982177U中介绍了一种日用陶瓷裂纹检测装置,该装置基于人工敲击,采用声音传感器识别敲击音频,并通

过电脑对音频进行分析判断。但是,该装置只能对家用小型产品进行检测,同时存在定位、

定量分析难度大的问题。

[0011] 清华大学的杨金龙在CN108508088A介绍了一种基于敲击声波法的天线罩无损检测装置与方法,该装置针对陶瓷天线罩,采用精密电动旋转分度台、自动排球回球装置、声

音采集装置和计算机分析系统,通过对天线罩进行定位多点敲击并采集声音信号,对比分

析声音信号的差异,实现了对缺陷位置的自动定位检测。但是,该检测装置与方法无法对缺

陷的尺寸进行定量检测,检测结果易受机械运动噪音影响,检测点位多、效率低。

[0012] 山东理工大学的赵玉刚在CN 102749884A介绍了一种陶瓷天线罩光透射扫描检测装置,该装置将光源置于天线罩内腔,将图像采集装置置于天线罩外侧,通过电机控制图像

采集装置的位置和角度,以保证图像采集装置与天线罩外表面的距离和角度恒定,同时结

合转台带动天线罩作旋转协调运动,实现了对薄壁陶瓷天线罩裂纹、气孔、划痕自动扫描检

测,装置结构相对简单,检测过程易操作,检测结果也比较直观,易于实现在天线罩生产过

程的在线集成。但是,该装置受限于天线罩内腔尺寸,不宜采用结构形式过于复杂的光源,

使得光源的亮度难以提高;天线罩不同位置与光源的距离存在较大差异,使得天线罩内表

面的照度并不均匀;多孔陶瓷的透光率不高,透射到外表面的光强度不足,且会随陶瓷厚度

的增加而迅速降低,使得检测结果极易受到环境光因素的影响。因此,该装置不适用于壁厚

较厚的多孔陶瓷及天线罩的无损检测。

## 发明内容

[0013] 本发明的目的是提供一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备及检测方法,可以解决天线罩表面光照分布不均匀,检测结果受外界环境中光线影响,光源亮度低等问题,检测结果更可靠,检测能力更强,检测效率更高,检测过程简单,可以实现不同尺寸、一定壁厚范围内的多孔陶瓷基天线罩的无损检测。

[0014] 为达到上述目的,本发明提供了一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其包括:一体式旋转台基座、换位检测系统和检测光源系统;所述一体式旋转台基座包括旋转台、基座和旋转电机;所述旋转电机设置于基座内部与旋转台相连;所述换位检测系统置于基座上;所述检测光源系统置于旋转台上。所述换位检测系统包括:升降机构、与升降机构相连的随升降机构升降的探测机械臂,以及设置于探测机械臂上随探测机械臂进行位置调整的检测相机组合。

[0015] 所述旋转台包括:用于支撑设备整体的支撑架、设置于支撑架上的卡槽旋转盘支撑滚轮、设置于卡槽旋转盘支撑滚轮上用于固定和带动天线罩旋转的卡槽旋转盘及设置于卡槽旋转盘上的卡槽内用于固定天线罩的密封圈。

[0016] 所述升降机构包括:设置于一体式旋转台基座上能够相对于基座垂直方向变速移动的升降架,设置在升降架上随升降架上下移动的探测机械臂及设置于探测机械臂上为换位检测系统提供动力的电箱。

[0017] 所述探测机械臂包括:可动端头、可动颈部及可动尾部,所述的三个可动部分调整探测机械臂与待检测天线罩相对位置,进而调整检测相机组合与待检测天线罩相对位置。

[0018] 所述检测相机组合包括:用于转换相机位置的转换架、用于第一、二次检测的广角工业相机、用于精检的高倍工业相机、设置于转化架上的第二旋转电机及与探测机械臂相连的转换接头;所述广角工业相机与高倍工业相机通过转换架连接,在面对不同检测命令时通过转换架进行转换。

[0019] 所述检测光源系统包括:光源感应机构、与光源感应机构相连的光源快换装置以及与光源快换装置相连的随光源快换装置转换相对位置的光源发生管;所述光源发生管在天线罩检测时封闭于天线罩内;所述光源感应机构用于感应检测周期的开始和停止并将信号传给光源快换装置进行两光源发生管位置的转换。

[0020] 所述光源发生管包括蓝光发生管与紫光发生管;所述光源发生管可以发出中高强度平行光及高强度平行光,分别用于第一、二次检测及精检。

[0021] 所述检测设备还包括：检测分析系统；所述检测分析系统用于记录缺陷位置的空间坐标值以便进行精检并用于对检测结果进行分析并输出检测报告。

[0022] 本发明还提供了一种多孔陶瓷基天线罩的新型无损检测方法，该方法是基于上述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备实现的，该方法包括：

步骤S1：启动多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备，设备自我检测后进入准备状态；

步骤S2：将待检测多孔陶瓷基天线罩放置于旋转台上与密封圈紧密贴合，光源发生管完全封闭于待检测天线罩内；

步骤S3：启动检测光源系统，调整光源亮度；

步骤S4：启动旋转台及换位检测系统，调用广角工业相机，设备进行第一次检测；

步骤S5：第一次检测结束后，调用光源快换装置更换光源发生管位置，设备进行第二次检测；

步骤S6：第二次检测结束后，如果发现存在缺陷或疑似缺陷则进入S7，否则跳转至S10；

步骤S7：调用高倍工业相机，按顺序将检测相机调整至存在缺陷或疑似缺陷位置处，设备进行精检；

步骤S8：设备精检结束后，多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备自动恢复至待检测状态；

步骤S9：检测程序对检验结果进行分析，确定缺陷的类型、尺寸和具体位置坐标；

步骤S10：检测程序生成检测结论并输出检测结果报告，设备恢复至待检测状态准备下一次检测；

步骤S11：若所有待检测天线罩均已检测完毕，则结束所有程序并关闭设备。

[0023] 相对于现有技术，本发明即一种多孔陶瓷基新型无损检测设备具有以下有益效果：

(1) 本发明所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备，相较于现存的将检测光源放置于天线罩外侧的检测设备与方法，本发明将检测光源封闭设置在待检测天线罩的内部，很好地限制了检测光源的发散，使得检测光线均匀分布在待检测天线罩内部表面，大幅度提高了检测光线利用率；同时将光源检测系统封闭在待检测天线罩内部也使得整体设备体积缩小，使得本发明相较于现存检测设备更小巧便捷并且提升了空间利用率降低了制造成本。

[0024] (2) 本发明所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备，相较于现存的使用单一检测光源的检测设备，本发明选择使用蓝光发生管与紫外光发生管组合，在两个检测周期中使用不同特点的光源完成检测，检测精度更高，检测结果更可靠；同时通过光源快换装置在两个检测周期中通过更换两光源发生管相对位置进行粗检和二次精检，提高了检测结果准确性。

[0025] (3) 本发明所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备，相较于现存的通过改换检测设备位置进行检测的装置，本发明通过旋转台带动天线罩转动的方式更换待检测天线罩位置，进而配合机械臂和检测相机组合进行检测，极大地简化了检测过程，同时对检测设备位置精度要求降低，使得检测设备更能适应不同的环境，提升了检测设备的可靠性。

[0026] (4) 本发明所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,相较于现存的单相机检测设备,本发明采用双探测机械臂配合相机组合进行检测,在一个检测周期中两端的相机组合同时对天线罩检测,大大降低了检测所需时间,提高了检测效率。

[0027] (5) 本发明所述的一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测方法,相较于现存的二次检测方法,本发明采用包括粗检和精检在内的两周期检测与缺陷位置特殊检测相结合的检测方法,利用换位检测系统实现对缺陷位置的特殊检测,提高了检测的准确性与可靠性。

## 附图说明

[0028] 图1为本发明中多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备示意图;

- 1:一体式旋转台基座
- 12:旋转台
- 13:基座
- 14:旋转电机
- 2:换位检测系统
- 3:检测光源系统
- 4:待检测多孔陶瓷基天线罩

图2为本发明中一体式旋转台基座示意图;

- 121:支撑架
- 122:卡槽旋转盘支撑滚轮
- 123:卡槽旋转盘
- 124:密封圈

图3为本发明中换位检测系统示意图;

- 21:升降架
- 22:探测机械臂
- 221:可动端头
- 222:可动颈部
- 223:可动尾端
- 23:检测相机组合
- 234:转换接头
- 235:第二旋转电机
- 24:电箱

图4为本发明中检测光源系统示意图;

- 31:光源感应机构
- 32:光源快换装置
- 33:光源发生管

图5为本发明中多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备检测示意图;

- 231:广角工业相机
- 232:高倍工业相机

图6为本发明中多孔陶瓷基天线罩新型无损检测方法流程示意图。

## 具体实施方式

[0029] 以下结合附图通过具体实施例对本发明作进一步的描述,这些实施例仅用于说明本发明,并不是对本发明保护范围的限制。

[0030] 本发明具体检测过程实例如下所述:

1. 根据待检测天线罩尺寸选择卡槽,将待检测天线罩放置在旋转台对应卡槽上,旋转台上的卡槽及密封圈缩紧将天线罩与转盘固定;

2. 启动检测光源系统,调整蓝光发生管与紫外光发生管发出光的强度;

3. 探测机械臂配合检测相机组合复位,通过转换架调用检测相机组合中的广角工业相机准备进行第一周期检测;

4. 旋转台启动,旋转盘带动待检测天线罩以设定角速度开始转动,换位检测系统进入工作状态,升降架配合探测机械臂对相机位置进行上下调整,在天线罩转动180°时即可完成第一次检测;

5. 旋转台进入短休止状态,旋转盘暂停转动,光源快换装置进入工作状态,将蓝光发生管与紫外光发生管位置调换后锁死,旋转台继续旋转,换位检测系统重复上述步骤,在天线罩转动360°时即可完成第二次检测;

6. 设备将根据两个检测周期检测的结果进行不同相应,若发现天线罩存在缺陷或疑似缺陷则进入特殊检测;

7. 旋转台带动天线罩将缺陷处移动至换位检测系统附近,转换架将广角工业相机转换为高倍工业相机并调用,升降架配合探测机械臂将相机准确移动至缺陷或疑似缺陷处进行检测,若检测结果证实缺陷无疑则记录缺陷处具体位置坐标及缺陷类型。

[0031] 8. 若第二周期未发现天线罩存在缺陷或疑似缺陷,则将各系统复位,旋转台转动到初始位置,卡槽及密封圈松开已检测天线罩,等待放置下一个待检测天线罩进行检测。

[0032] 下面结合附图做进一步说明。

[0033] 如图1所示,本发明提供了一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,其包括:一体式旋转台基座1、换位检测系统2、用于照射待检测多孔陶瓷基天线罩4的检测光源系统3、检测分析系统;所述换位检测系统2和检测光源系统3设置于一体式旋转台基座1上;所述一体式旋转台基座1包括:旋转台12、基座13和旋转电机14;所述旋转电机14设置于基座13内部与旋转台12相连。检测分析系统用于对检测结果进行分析并输出检测报告。

[0034] 如图2所示,所述旋转台12包括:支撑架121、设置于支撑架121上的卡槽旋转盘支撑滚轮122、设置于卡槽旋转盘支撑滚轮122上的卡槽旋转盘123及设置于卡槽旋转盘123上的密封圈124,检测时卡槽旋转盘123与密封圈124将待检测天线罩4固定在旋转台12上。

[0035] 如图3所示,所述换位检测系统2包括:升降架21、设置在升降架21上并能够随升降架21上下移动的探测机械臂22、设置在探测机械臂22上的检测相机组合23及与探测机械臂22相连的电箱24。

[0036] 如图3所示,所述探测机械臂22包括可动端头221、可动颈部222以及可动尾端223,所述探测机械臂22通过三个可动部分调整探测机械臂22与待检测天线罩4的相对位置,所述检测相机组合23与探测机械臂端头221连接随探测机械臂端头221作二维位置运动和转动,从而满足天线罩4不同部位的检测需求。

[0037] 所述检测相机组合23包括:设置在用于转换相机位置的与第二旋转电机235相连



的转换架233上的用于第一、二次检测的广角工业相机231及用于精检的高倍工业相机232、与探测机械臂22相连的转换接头234。

[0038] 如图4所示,所述检测光源系统3包括:光源感应机构31、与光源感应机构31相连的光源快换装置32以及与光源快换装置32相连的随光源快换装置转换相对位置的光源发生管33;所述光源发生管33在天线罩4检测时封闭于天线罩4内。

[0039] 如图5所示,天线罩4检测时光源发生管33与天线罩4轴线相对位置始终不变并且保持平行,检测相机组合对准天线罩4外表面切线进行检测。

[0040] 所述的光源发生管33选用蓝光发生管和紫外光发生管两种,其光照面积大、可发出中高强度的平行光,可通过光源快换装置32实现两种光源发生管33的快速切换。其中中高强度的平行光用于第一、二次检测,高强度的平行光用于精检。

[0041] 如图6所示,本发明还提供了一种多孔陶瓷基天线罩新型无损检测方法,该方法是基于上述的多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备实现的,该方法包括:

步骤S1:启动多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备,设备自我检测后进入准备状态;

步骤S2:将待检测多孔陶瓷基天线罩4放置于旋转台12上与密封圈124紧密贴合;光源发生管33完全封闭于待检测天线罩4内;

步骤S3:启动检测光源系统3,调整光源亮度;

步骤S4:启动旋转台12及换位检测系统2,调用广角工业相机231,设备进行第一次检测;

步骤S5:第一次检测结束后,调用光源快换装置32更换光源发生管33相对位置,设备进行第二次检测;

步骤S6:第二次检测结束后,如果发现存在缺陷或疑似缺陷则进入S7,否则跳转至S10;

步骤S7:调用高倍工业相机232,按顺序将检测相机调整至存在缺陷或疑似缺陷位置处,设备进行精检;

步骤S8:设备精检结束后,多孔陶瓷基天线罩新型无损检测设备自动恢复至待检测状态;

步骤S9:检测程序对检验结果进行分析,确定缺陷的类型、尺寸和具体位置坐标;

步骤S10:检测程序生成检测结论并输出检测结果报告,设备恢复至待检测状态准备下一次检测;

步骤S11:若所有待检测天线罩均已检测完毕,则结束所有程序并关闭设备。

[0042] 综上所述,本发明利用多孔陶瓷微透光的特性对多孔陶瓷基天线罩的裂纹、气孔和

划痕等缺陷进行无损检测,检测结果可靠,检测能力强,检测效率高,检测过程简单,可用于大规模快速检测,可以实现不同尺寸、一定壁厚范围内的多孔陶瓷基天线罩的无损检测。

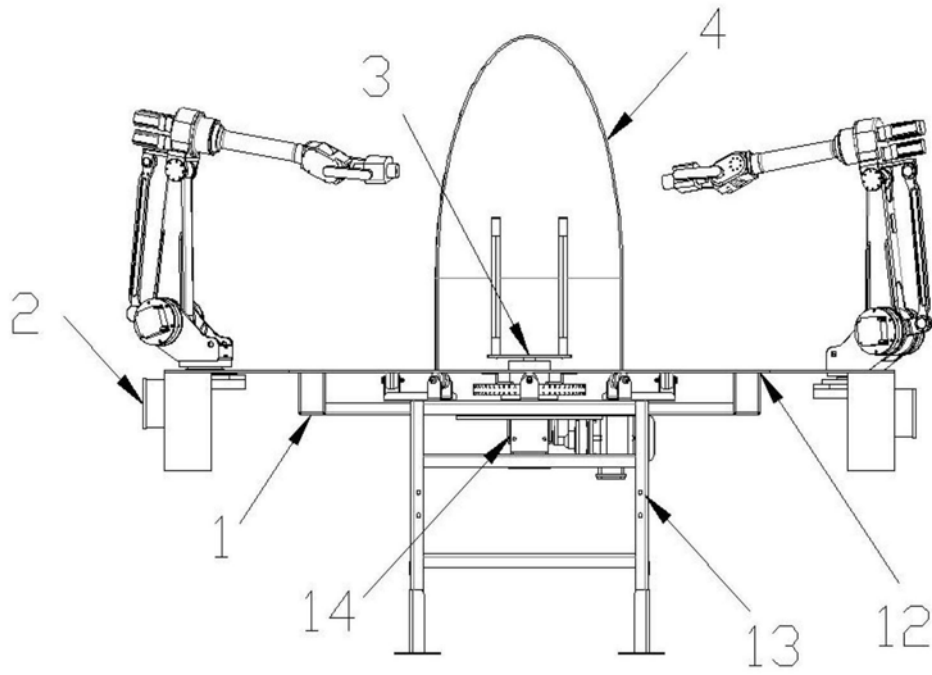


图1

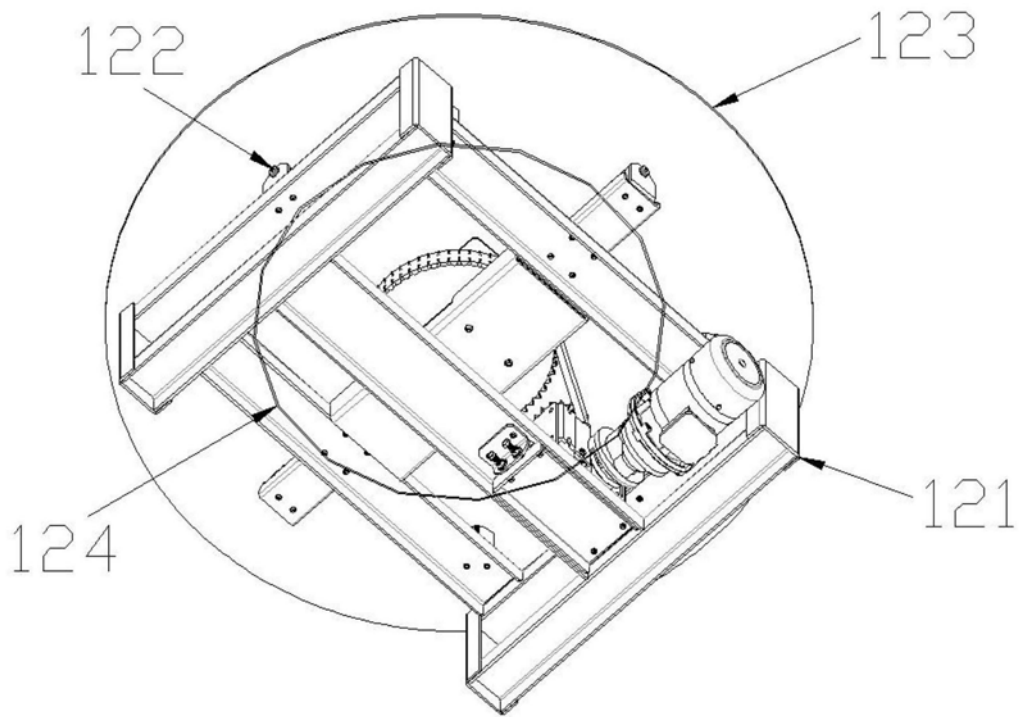


图2

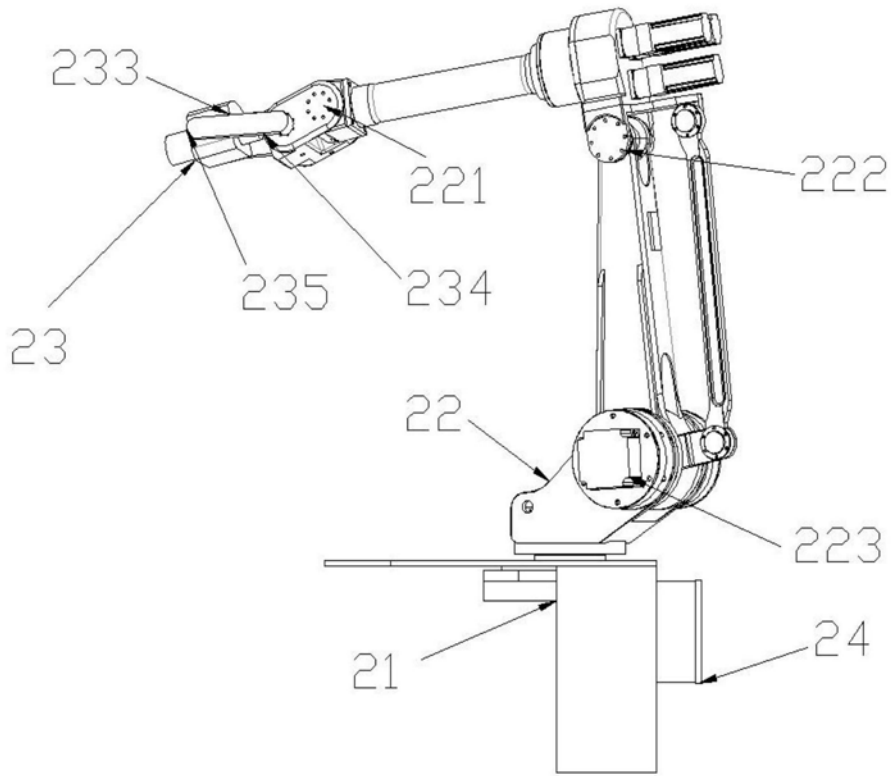


图3

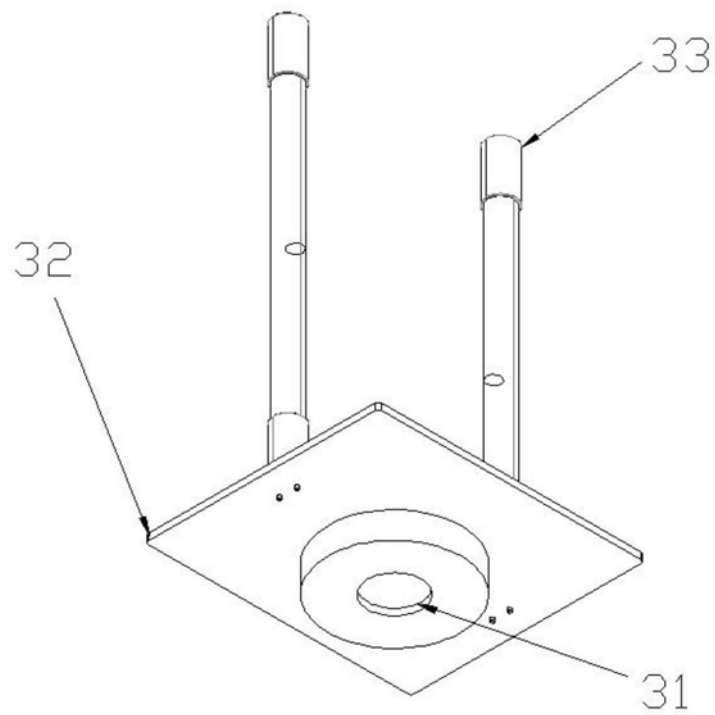


图4

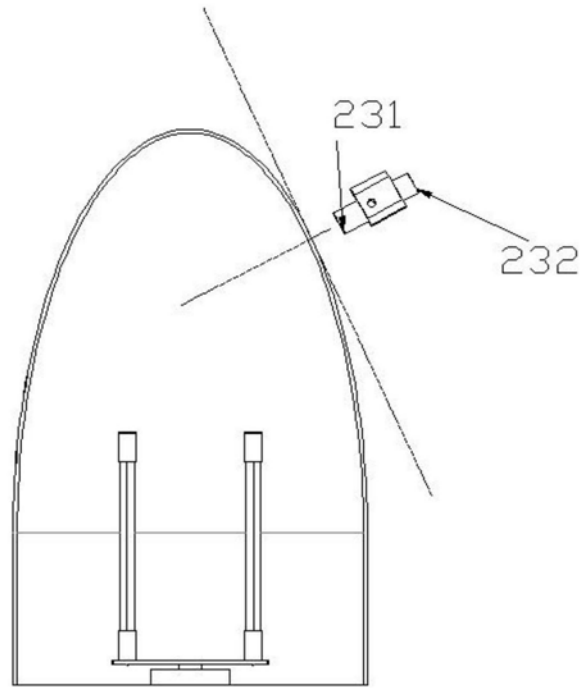


图5

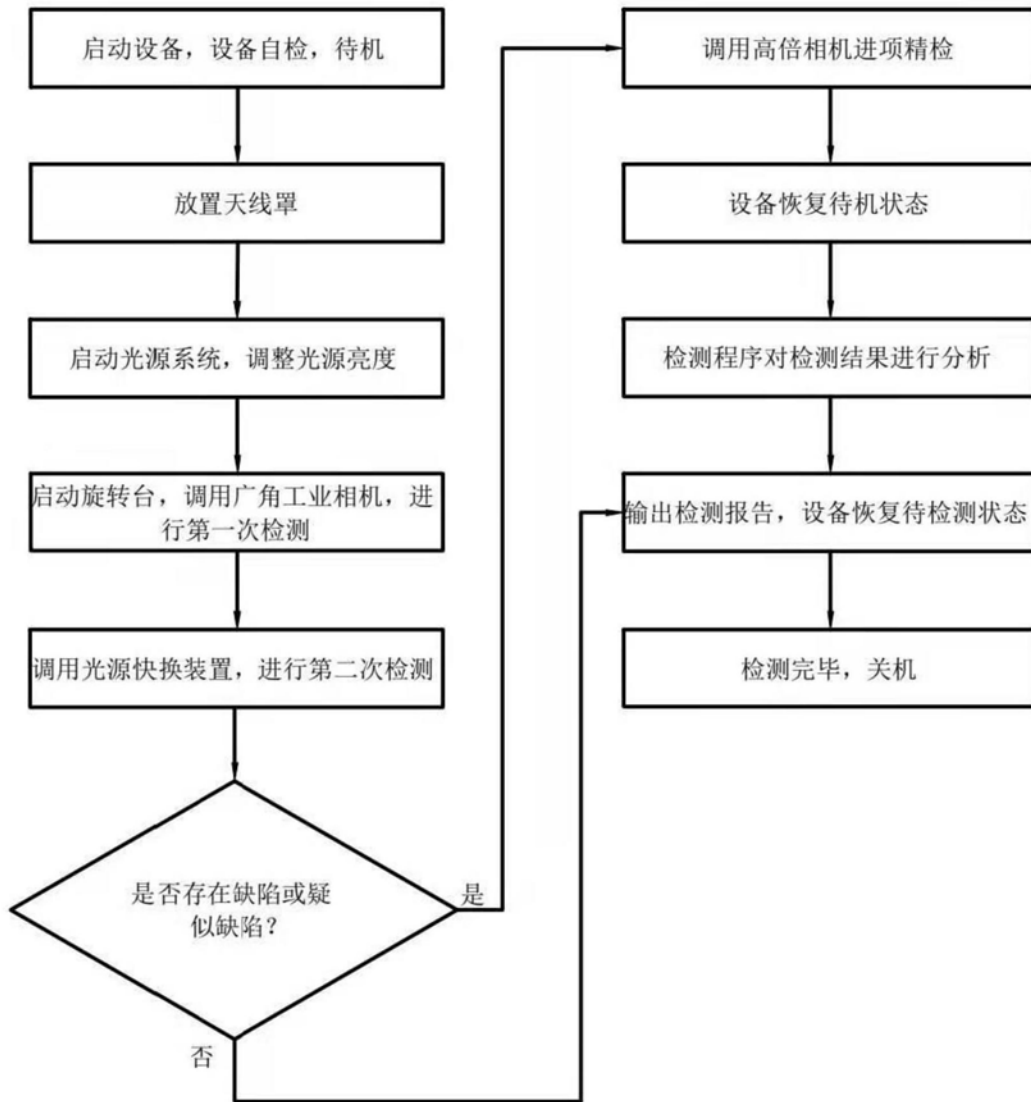


图6