



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116242568 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 09

(21) 申请号 202211474181.2

(22) 申请日 2022.11.23

(71) 申请人 北京卫星环境工程研究所
地址 100094 北京市海淀区友谊路104号

(72) 发明人 邱汉平 刘闯 李新明 冯咬齐
岳志勇 张文兵 孙通 王睿
王潇锋 冀禹衡

(74) 专利代理机构 北京志霖恒远知识产权代理
有限公司 11435
专利代理师 郭栋梁

(51) Int. Cl.
G01M 7/06 (2006.01)
G01M 7/02 (2006.01)

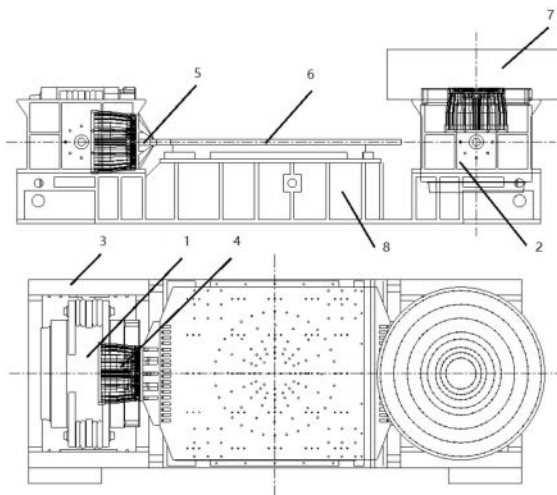
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法

(57) 摘要

本发明属于航天器力学环境试验领域,具体涉及一种大型双振动台试验系统,包括:振动台基座,其为一体式基座;水平滑台,其位于振动台基座正上方;台体支架,其通过底部两侧连接螺钉与振动台基座连接;第一个振动台台体,其位于水平滑台左侧;牛头,其用于连接振动台台体和水平滑台;动圈,其与牛头连接;第二个振动台台体,其位于水平滑台右侧,与扩展台连接;扩展台,位于振动台台体上方;所述水平滑台两端均具备与牛头连接的接口。本发明提供的大型双振动台试验系统确保其中任何一个振动台台体出现故障,试验仍可正常进行,试验进度丝毫不受影响,为航天器力学试验提供了坚强的技术保障,为航天器的高效研制提供了有利的技术途径。



1. 一种大型双振动台试验系统,其特征在于,包括:

振动台基座,其为一体式基座,起到支撑振动台台体1和振动台台体2、水平滑台6及与地面减振基础连接的作用;

水平滑台6,其位于振动台基座正上方;

台体支架3,其通过底部两侧连接螺钉与振动台基座8连接,用于固定左侧振动台台体1;振动台台体1,其位于水平滑台6左侧,用于航天器横向振动试验;

牛头5,其用于连接振动台台体1和水平滑台6;

动圈4,其与牛头5连接,为振动台台体1提供驱动力;

振动台台体2,其位于水平滑台6右侧,与扩展台7连接,用于航天器纵向振动试验;和扩展台7,位于振动台台体2上方;

所述水平滑台6两端均具备与牛头5连接的接口。

2. 权利要求1所述的大型双振动台试验系统高可靠性运行布局,其试验方法包括:

i) 左右侧振动台均正常时,包括以下步骤:

1) 航天器安装:借助吊车将夹具吊装至扩展台顶部,于扩展台中心就位,通过至少两圈螺钉紧固,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航天器紧固;

2) 航天器纵向试验控制及测量准备:在压环上布置4个控制传感器,并将其与测量传感器连接;

3) 航天器纵向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了验收级试验的考核;

4) 航天器下振动台及换向:拆卸螺钉,取下压环,用吊具将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动,将夹具从扩展台面拆卸并吊至水平滑台中心位置上,并用螺钉进行紧固,对振动台系统按照试验条件进行横向调试,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器进行第一个水平方向就位,利用压环和螺钉将产品紧固;

5) 航天器横向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效;随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验;试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经过了验收级试验的考核,在完成第一水平方向振动试验后,将航天器旋转90°,参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验;

6) 航天器下振动台及撤收:振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上,航天器振动试验全部结束;

ii) 左侧振动台故障,右侧振动台正常时,包括以下步骤:

1) 航天器安装:借助吊车将夹具吊装至扩展台顶部,于扩展台中心就位,通过至少两圈螺钉紧固,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航

天器紧固；

2) 航天器纵向试验控制及测量准备:在压环上布置4个控制传感器,并将其与测量传感器连接;

3) 航天器纵向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了验收级试验的考核;

4) 航天器下振动台、台体转水平向、航天器换向就位:拆卸螺钉,取下压环,用吊具将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动,将夹具从扩展台面拆卸并吊至水平滑台中心位置上,并用螺钉进行紧固,拆卸扩展台面,并将其吊离振动台,将左侧振动台台体牛头拆卸,安装在右侧振动台台体上,用螺钉紧固,随后将振动台转至水平,将牛头与水平滑台连接,检查水平滑台活动状态,对振动台系统按照试验条件进行调试,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器进行第一个水平方向就位,利用压环和螺钉将产品紧固;

5) 航天器横向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经过了正弦验收级试验的考核,在完成第一水平方向振动试验后,将航天器旋转 90° ,参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验;

6) 航天器下振动台及撤收:振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上,航天器振动试验全部结束;

iii) 右侧振动台故障,左侧振动台正常时,包括以下步骤:

1) 航天器安装:借助吊车将夹具吊装至水平滑台顶部,于水平滑台中心就位,通过至少两圈螺钉紧固,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航天器紧固;

2) 航天器横向试验控制及测量准备:在压环上布置4个控制传感器,并将其与测量传感器连接;

3) 航天器横向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了正弦验收级试验的考核,在完成第一水平方向振动试验后,将航天器旋转 90° ,参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验;

4) 航天器下振动台、台体转垂直向、航天器换向就位:拆卸螺钉,取下压环,用吊具将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动,将左侧振动台台体牛头拆卸,并将其转向垂直,两侧用耳轴螺钉紧固,将扩展台面从右侧振动台台体上拆卸,并将其吊至左侧振动台台体上方,用螺钉紧固,借助吊车将夹具吊装至扩展台顶部,于扩展台中心就位,通过至少两

圈螺钉紧固,对振动台系统按照试验条件进行调试,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航天器紧固;

5) 航天器纵向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了正弦验收级试验的考核;

6) 航天器下振动台及撤收:振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上,航天器振动试验全部结束。

大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法

发明领域

[0001] 本发明属于航天器力学环境试验领域,具体涉及一种大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法。

背景技术

[0002] 航天器在发射前都需要经历严格的振动环境试验验证,以考核产品的结构设计是否合理,充分暴露产品潜在的缺陷及隐患。随着中国航天技术的不断发展,空间站核心舱、问天舱、梦天舱、载人飞船等超大型航天器的研制活动逐步推进,加上航天器研制周期缩短,航天器力学环境试验对振动试验关键设备-大型振动台试验系统-提出了高可靠性要求。

[0003] 大型振动台试验系统主要分多台并激和单台并激试验类型。目前北京航天城使用的一套40吨双台并激振动试验系统主要采用两个20吨并联而成。该套设备主要包括两套振动台台体、水平滑台、扩展台、牛头四大部分。对于纵向振动试验,两套台体处于垂直状态后与扩展台连接,形成纵向激励状态;对于横向振动试验,两套台体分别通过牛头与水平滑台连接,形成横向激励状态。设备在航天器力学试验过程中,如果出现振动台台体漏水、漏油等故障现象,试验将会中断。只有待设备故障排除后,试验方可继续进行,试验进度受到严重影响。同时,在航天器横向和纵向振动试验之间,需要进行3至4小时的台体转向操作,试验效率也较低。

[0004] 随着中国制造业的逐渐发展,中国国内振动台研制厂商采用消化、吸收、再创新的思路,走出了一条自主创新研制大型振动台之路。目前国内厂家具备研制20吨、35吨、40吨、50吨直至70吨的单套大型振动台设备能力。常规航天器力学试验领域使用的振动台系统一般采用35吨或40吨振动台试验系统。为提高力学试验执行效率,目前对于单个航天器力学试验工位配置两套大型振动台,一套包括振动台台体和扩展台,布置在左侧,主要用于航天器纵向振动试验;另一套包括振动台台体和水平滑台,布置在右侧,主要用于航天器横向振动试验。两套大型振动台的台体靠在一起。采用此方式节省了常规单套振动台转向所需时间,试验效率实现了较大提升。

[0005] 振动台台体是试验系统的核心主体,内部主要包括动圈、静圈核心功能部件。由于长期振动、且内部有带压水长期循环流动,这两类核心功能部件是最容易出现故障的部件,也是维修周期较长、维修难度较大的部件。对于上述配置的两套大型振动台试验系统,当其中一个振动台台体出现故障时,仍需要将单个振动台维修完毕恢复正常后,试验方可正常进行,航天器产品进度依然受影响。

[0006] 为实现双套大型振动台系统运行的高可靠性,提出了一种大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法,该方法可以确保在其中任何一个振动台台体出现故障,试验仍可正常进行,试验进度丝毫不受影响,为航天器力学试验提供了坚强的技术保障,解决了航天器振动试验领域设备高可靠性难题。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题在于提供一种大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法,较好地解决了台体出现故障时,航天器振动试验进度不受任何影响的技术问题,为了解决上述技术问题,本发明提供了一种大型双振动台试验系统。

[0008] 本发明提供了一种大型双振动台试验系统,其包括振动台基座8,其为一体式基座,起到支撑振动台台体1和振动台台体2、水平滑台6及与地面减振基础连接的作用;水平滑台6,其位于振动台基座8正上方;台体支架3,其通过底部两侧连接螺钉与振动台基座8连接,用于固定左侧振动台台体1;振动台台体1,其位于水平滑台6左侧,用于航天器横向振动试验;牛头5,其用于连接振动台台体1和水平滑台6;动圈4,其与牛头5连接,为振动台台体1提供驱动力;振动台台体2,其位于水平滑台6右侧,与扩展台面7连接,用于航天器纵向振动试验;扩展台面7,位于振动台台体2上方;水平滑台6两端均具备与牛头5连接的接口。

[0009] 本发明还提供一种大型双振动台试验系统检测航天器时高可靠性运行方法,包括:

[0010] i) 左右侧振动台均正常时,包括以下步骤:

[0011] 1) 航天器安装:借助吊车将夹具吊装至扩展台顶部,于扩展台中心就位,通过至少两圈螺钉紧固,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航天器紧固;

[0012] 2) 航天器纵向试验控制及测量准备:在压环上布置4个控制传感器,并将其与测量传感器连接;

[0013] 3) 航天器纵向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了验收级试验的考核;

[0014] 4) 航天器下振动台及换向:拆卸螺钉,取下压环,用吊具将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动,将夹具从扩展台面拆卸并吊至水平滑台中心位置上,并用螺钉进行紧固,对振动台系统按照试验条件进行横向调试,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器进行第一个水平方向就位,利用压环和螺钉将产品紧固;

[0015] 5) 航天器横向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效;随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验;试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经过了验收级试验的考核,在完成第一水平方向振动试验后,将航天器旋转90°,参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验;

[0016] 6) 航天器下振动台及撤收:振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上,航天器振动试验全部结束;

[0017] ii) 左侧振动台故障,右侧振动台正常时,包括以下步骤:

[0018] 1) 航天器安装:借助吊车将夹具吊装至扩展台顶部,于扩展台中心就位,通过至少

两圈螺钉紧固,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航天器紧固;

[0019] 2) 航天器纵向试验控制及测量准备:在压环上布置4个控制传感器,并将其与测量传感器连接;

[0020] 3) 航天器纵向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了验收级试验的考核;

[0021] 4) 航天器下振动台、台体转水平向、航天器换向就位:拆卸螺钉,取下压环,用吊具将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动,将夹具从扩展台面拆卸并吊至水平滑台中心位置上,并用螺钉进行紧固,拆卸扩展台面,并将其吊离振动台,将左侧振动台台体牛头拆卸,安装在右侧振动台台体上,用螺钉紧固,随后将振动台转至水平,将牛头与水平滑台连接,检查水平滑台活动状态,对振动台系统按照试验条件进行调试,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器进行第一个水平方向就位,利用压环和螺钉将产品紧固;

[0022] 5) 航天器横向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经过了正弦验收级试验的考核,在完成第一水平方向振动试验后,将航天器旋转 90° ,参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验;

[0023] 6) 航天器下振动台及撤收:振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上,航天器振动试验全部结束;和

[0024] iii) 右侧振动台故障,左侧振动台正常时,包括以下步骤:

[0025] 1) 航天器安装:借助吊车将夹具吊装至水平滑台顶部,于水平滑台中心就位,通过至少两圈螺钉紧固,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航天器紧固;

[0026] 2) 航天器横向试验控制及测量准备:在压环上布置4个控制传感器,并将其与测量传感器连接;

[0027] 3) 航天器横向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了正弦验收级试验的考核,在完成第一水平方向振动试验后,将航天器旋转 90° ,参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验;

[0028] 4) 航天器下振动台、台体转垂直向、航天器换向就位:拆卸螺钉,取下压环,用吊具将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动,将左侧振动台台体牛头拆卸,并将其转向垂直,两侧用耳轴螺钉紧固,将扩展台面从右侧振动台台体上拆卸,并将其吊至左侧振动台

台体上方,用螺钉紧固,借助吊车将夹具吊装至扩展台顶部,于扩展台中心就位,通过至少两圈螺钉紧固,对振动台系统按照试验条件进行调试,随后将航天器吊至夹具上方,通过定位销钉将航天器就位,利用压环和螺钉将航天器紧固;

[0029] 5) 航天器纵向振动试验:为正样航天器加电,进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效,随后依次进行第一次特征级试验、验收级试验、第二次特征级试验,试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器是否经过了正弦验收级试验的考核;

[0030] 6) 航天器下振动台及撤收:振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上,航天器振动试验全部结束。

[0031] 本发明提供了一种大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法,该方法可以确保其中任何一个振动台台体出现故障,试验仍可正常进行,试验进度丝毫不受影响,为航天器力学试验提供了坚强的技术保障,为航天器的高效研制提供了有利的技术途径。

附图说明

[0032] 图1为本发明的大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法;其中,1—左侧振动台台体、2—右侧振动台台体、3—台体支架、4—动圈、5—牛头、6—水平滑台、7—扩展台、8—振动台基座。

[0033] 图2为本发明的左侧台体故障时纵向振动试验台体布局图。

[0034] 图3为本发明的左侧台体故障时横向振动试验台体布局图。

[0035] 图4为本发明的右侧台体故障时横向振动试验台体布局图。

[0036] 图5为本发明的右侧台体故障时纵向振动试验台体布局图。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图对本发明的一种大型双振动台试验系统高可靠性运行布局及试验方法作进一步的说明。

[0038] 实施例1

[0039] 本发明提供了一种大型双振动台试验系统,其包括振动台基座8,其为一体式基座,起到支撑振动台台体1和振动台台体2、水平滑台6及与地面减振基础连接的作用;水平滑台6,其位于振动台基座8正上方;台体支架3,其通过底部两侧连接螺钉与振动台基座8连接,用于固定左侧振动台台体1;振动台台体1,其位于水平滑台6左侧,用于航天器横向振动试验;牛头5,其用于连接振动台台体1和水平滑台6;动圈4,其与牛头5连接,为振动台台体1提供驱动力;振动台台体2,其位于水平滑台6右侧,与扩展台面7连接,用于航天器纵向振动试验;扩展台面7,位于振动台台体2上方;水平滑台6两端均具备与牛头5连接的接口。

[0040] 实施例2

[0041] 对于振动台一切正常状态,振动试验包括如下操作步骤:

[0042] (1) 夹具及产品安装。具体地,将夹具利用吊车吊装至扩展台顶部,在扩展台中心就位,至少通过两圈螺钉紧固。随后将航天器产品吊至夹具上方,通过定位销钉将产品就

位,利用压环和螺钉将产品紧固。

[0043] (2) 航天器纵向试验控制及测量准备。具体地,在压环上一般均布4个控制传感器,进行控制传感器和测量传感器的线缆连接及导通。

[0044] (3) 航天器纵向振动试验。具体地,对于正样航天器,航天器加电后进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效。随后进行第一次特征级试验。试验结束后,分析全部测点响应数据,并制定验收级试验条件,如有响应限幅点则需要补充一次导通试验,对响应限幅测点状态进行确认以保证限幅测点的可靠性。验收级参数设置完毕后,航天器转内电,确认能起振时,开始进行验收级级试验。试验过程中采集、处理、记录试验数据,同时电测系统监视航天器状态,试验后航天器转外电。随后进行第二次特征级试验。试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经受了正弦验收级试验的考核。对于正样航天器,只需进行验收级振动试验,且验收级时航天器为内电状态;对于初样航天器,除验收级振动试验外,还需进行鉴定级振动试验,航天器无需加电。

[0045] (4) 航天器下振动台及产品换向。具体地,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,将压环取下,将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动;拆卸夹具与扩展台面连接螺钉,将夹具吊至水平滑台中心位置上,并用螺钉进行紧固;对振动台系统按照试验条件进行调试。随后将航天器产品吊至夹具上方,通过定位销钉将产品进行第一个水平方向就位,利用压环和螺钉将产品紧固。

[0046] (5) 航天器横向振动试验。具体地,对于正样航天器,航天器加电后进行横向第一个水平方向预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效。随后进行第一次特征级试验。试验结束后,分析全部测点响应数据,并制定验收级试验条件,如有响应限幅点则需要补充一次导通试验,对响应限幅测点状态进行确认以保证限幅测点的可靠性。验收级参数设置完毕后,航天器转内电,确认能起振时,开始进行验收级级试验。试验过程中采集、处理、记录试验数据,同时电测系统监视航天器状态,试验后航天器转外电。随后进行第二次特征级试验。试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经受了正弦验收级试验的考核。对于正样航天器,只需进行验收级振动试验,且验收级时航天器为内电状态;对于初样航天器,除验收级振动试验外,还需进行鉴定级振动试验,航天器无需加电。

[0047] 由于航天器水平横向需要开展两个方向振动试验,在完成第一水平方向振动试验后,安装航天器吊具,拆卸压环连接螺钉,将航天器吊起,转90°落下后安装压环,并用螺钉进行紧固。参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验。

[0048] (6) 航天器下振动台及撤收。振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理。安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上。航天器振动试验全部结束。

[0049] 实施例3

[0050] 对于振动台左侧台体1出现故障,为使航天器振动试验进程不受影响,航天器研制进度不受延误,包括如下操作步骤:

[0051] (1) 夹具及产品安装。具体地,将夹具利用吊车吊装至扩展台顶部,在扩展台中心

就位,至少通过两圈螺钉紧固。随后将航天器产品吊至夹具上方,通过定位销钉将产品就位,利用压环和螺钉将产品紧固。

[0052] (2) 航天器纵向试验控制及测量准备。具体地,在压环上一般均布4个控制传感器,进行控制传感器和测量传感器的线缆连接及导通。

[0053] (3) 航天器纵向振动试验。具体地,对于正样航天器,航天器加电后进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效。随后进行第一次特征级试验。试验结束后,分析全部测点响应数据,并制定验收级试验条件,如有响应限幅点则需要补充一次导通试验,对响应限幅测点状态进行确认以保证限幅测点的可靠性。验收级参数设置完毕后,航天器转内电,确认能起振时,开始进行验收级级试验。试验过程中采集、处理、记录试验数据,同时电测系统监视航天器状态,试验后航天器转外电。随后进行第二次特征级试验。试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经受了正弦验收级试验的考核。对于正样航天器,只需进行验收级振动试验,且验收级时航天器为内电状态;对于初样航天器,除验收级振动试验外,还需进行鉴定级振动试验,航天器无需加电。

[0054] (4) 航天器下振动台、台体转水平向、产品换向就位。具体地,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,将压环取下,将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动;拆卸夹具与扩展台面连接螺钉,将夹具吊至水平滑台中心位置上,并用螺钉进行紧固;拆卸扩展头连接螺钉,将扩展头吊离振动台;将左侧台体牛头拆卸,安装在右侧台体上方,用螺钉紧固。随后将振动台转至水平,连接牛头与水平滑台,检查滑台活动状态;对振动台系统按照试验条件进行调试。随后将航天器产品吊至夹具上方,通过定位销钉将产品进行第一个水平方向就位,利用压环和螺钉将产品紧固。

[0055] (5) 航天器横向振动试验。具体地,对于正样航天器,航天器加电后进行横向第一个水平方向预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效。随后进行第一次特征级试验。试验结束后,分析全部测点响应数据,并制定验收级试验条件,如有响应限幅点则需要补充一次导通试验,对响应限幅测点状态进行确认以保证限幅测点的可靠性。验收级参数设置完毕后,航天器转内电,确认能起振时,开始进行验收级级试验。试验过程中采集、处理、记录试验数据,同时电测系统监视航天器状态,试验后航天器转外电。随后进行第二次特征级试验。试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经受了正弦验收级试验的考核。对于正样航天器,只需进行验收级振动试验,且验收级时航天器为内电状态;对于初样航天器,除验收级振动试验外,还需进行鉴定级振动试验,航天器无需加电。

[0056] 由于航天器水平横向需要开展两个方向振动试验,在完成第一水平方向振动试验后,安装航天器吊具,拆卸压环连接螺钉,将航天器吊起,转90°落下后安装压环,并用螺钉进行紧固。参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验。

[0057] (6) 航天器下振动台及撤收。振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转臂处的连接导线,并进行整理。安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上。航天器振动试验全部结束。

[0058] 实施例4

[0059] 对于振动台右侧台体2出现故障,为使航天器振动试验进程不受影响,航天器研制进度不受延误,包括如下操作步骤:

[0060] (1) 夹具及产品安装。具体地,将夹具利用吊车吊装至水平滑台上方,在滑台中心就位,至少通过两圈螺钉紧固。随后将航天器产品吊至夹具上方,通过定位销钉将产品就位,利用压环和螺钉将产品紧固。

[0061] (2) 航天器横向试验控制及测量准备。具体地,在压环上一般均布4个控制传感器,进行控制传感器和测量传感器的线缆连接及导通。

[0062] (3) 航天器横向振动试验。具体地,对于正样航天器,航天器加电后进行横向第一个水平方向预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效。随后进行第一次特征级试验。试验结束后,分析全部测点响应数据,并制定验收级试验条件,如有响应限幅点则需要补充一次导通试验,对响应限幅测点状态进行确认以保证限幅测点的可靠性。验收级参数设置完毕后,航天器转内电,确认能起振时,开始进行验收级级试验。试验过程中采集、处理、记录试验数据,同时电测系统监视航天器状态,试验后航天器转外电。随后进行第二次特征级试验。试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经受了正弦验收级试验的考核。对于正样航天器,只需进行验收级振动试验,且验收级时航天器为内电状态;对于初样航天器,除验收级振动试验外,还需进行鉴定级振动试验,航天器无需加电。

[0063] 由于航天器水平横向需要开展两个方向振动试验,在完成第一水平方向振动试验后,安装航天器吊具,拆卸压环连接螺钉,将航天器吊起,转90°落下后安装压环,并用螺钉进行紧固。参照横向第一个水平方向振动试验流程完成横向二个水平方向振动试验。

[0064] (4) 航天器下振动台、台体转垂直向、产品换向就位。具体地,安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,将压环取下,将航天器吊至支架车上,测量人员扶着导线移动;拆卸左侧台体牛头与水平滑台连接螺钉,将左侧台体转向垂直,两侧耳轴螺钉紧固。拆卸右侧扩展台面与台体连接螺钉,将扩展台面吊至左侧台体上方,并用螺钉紧固。将夹具利用吊车吊装至扩展台顶部,在扩展台中心就位,至少通过两圈螺钉紧固,对振动台系统按照试验条件进行调试。随后将航天器产品吊至夹具上方,通过定位销钉将产品进行纵向就位,利用压环和螺钉将产品紧固。

[0065] (5) 航天器纵向振动试验。具体地,对于正样航天器,航天器加电后进行预振级导通试验,确保所有控制通道和测量通道工作正常且数据有效。随后进行第一次特征级试验。试验结束后,分析全部测点响应数据,并制定验收级试验条件,如有响应限幅点则需要补充一次导通试验,对响应限幅测点状态进行确认以保证限幅测点的可靠性。验收级参数设置完毕后,航天器转内电,确认能起振时,开始进行验收级级试验。试验过程中采集、处理、记录试验数据,同时电测系统监视航天器状态,试验后航天器转外电。随后进行第二次特征级试验。试验结束后进行两次特征级各测点响应数据比较,检查前后特征级试验结果是否一致,检查航天器外观是否有损伤或其它异常现象,判断航天器结构是否经受了正弦验收级试验的考核。对于正样航天器,只需进行验收级振动试验,且验收级时航天器为内电状态;对于初样航天器,除验收级振动试验外,还需进行鉴定级振动试验,航天器无需加电。

[0066] (6) 航天器下振动台及撤收。振动试验完成后,拆除振动控制传感器和测量系统转

臂处的连接导线,并进行整理。安装航天器吊具,拆卸连接螺钉,起吊航天器下振动台,并放置于支架车上。航天器振动试验全部结束。

[0067] 尽管上文对本发明的具体实施方式给予了详细描述和说明,但是应该指明的是,我们可以依据本发明的构想对上述实施方式进行各种等效改变和修改,其所产生的功能作用仍未超出说明书及附图所涵盖的精神时,均应在本发明的保护范围之内。

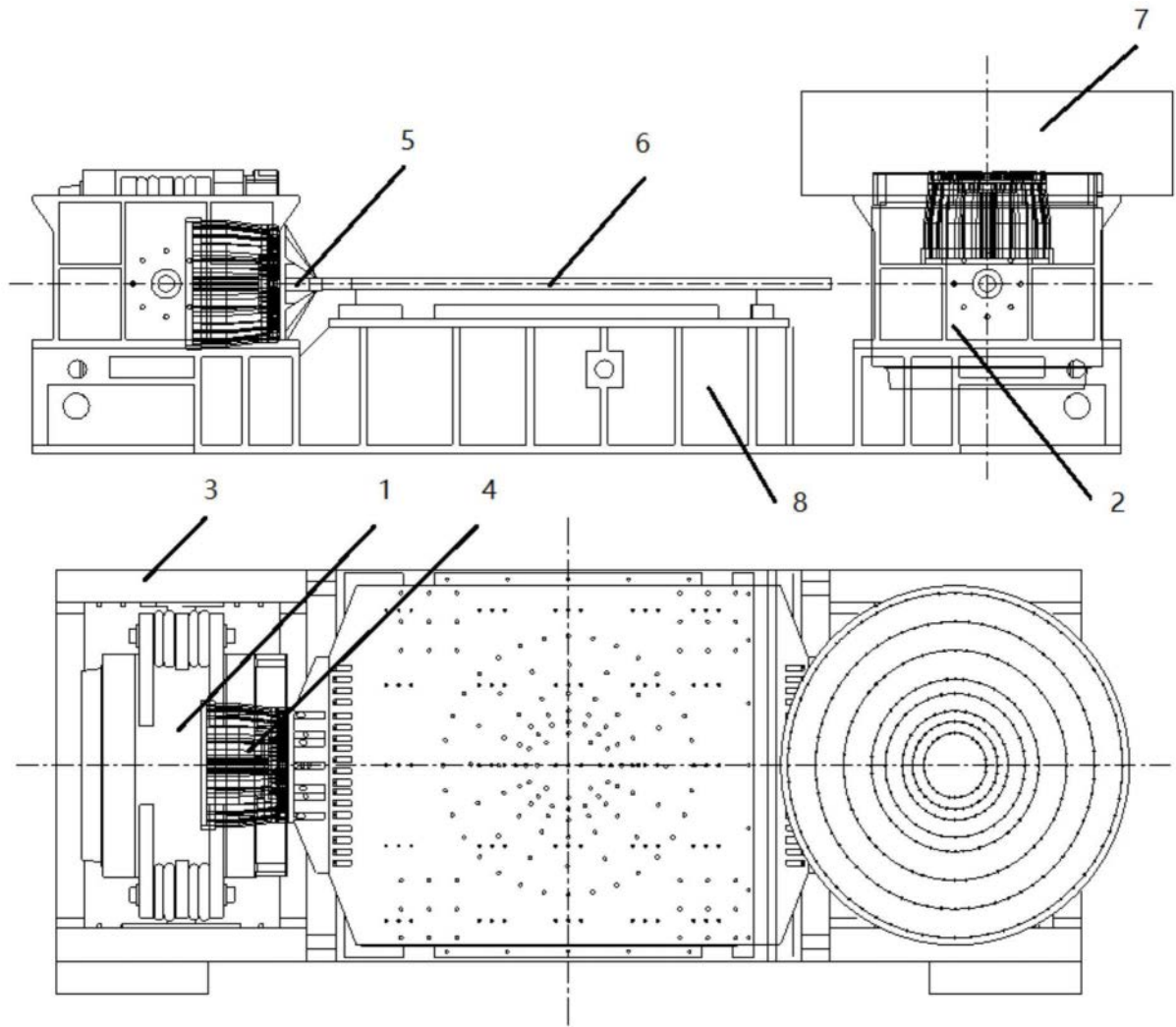


图1

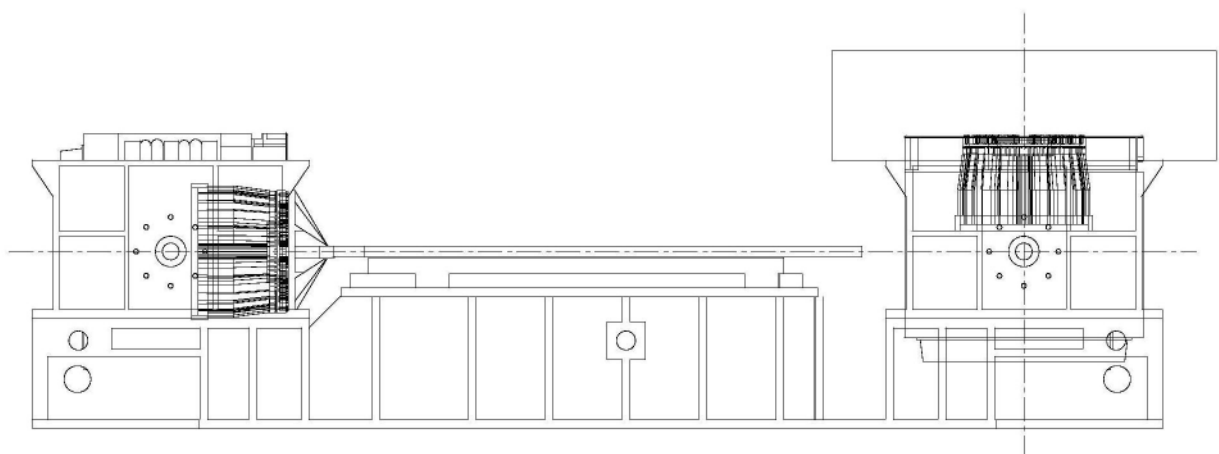


图2

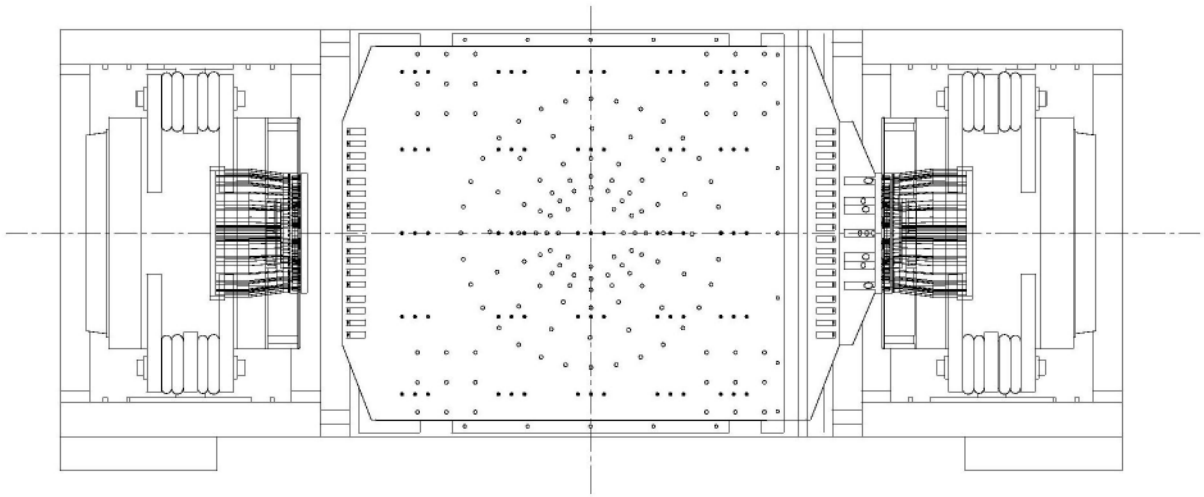


图3

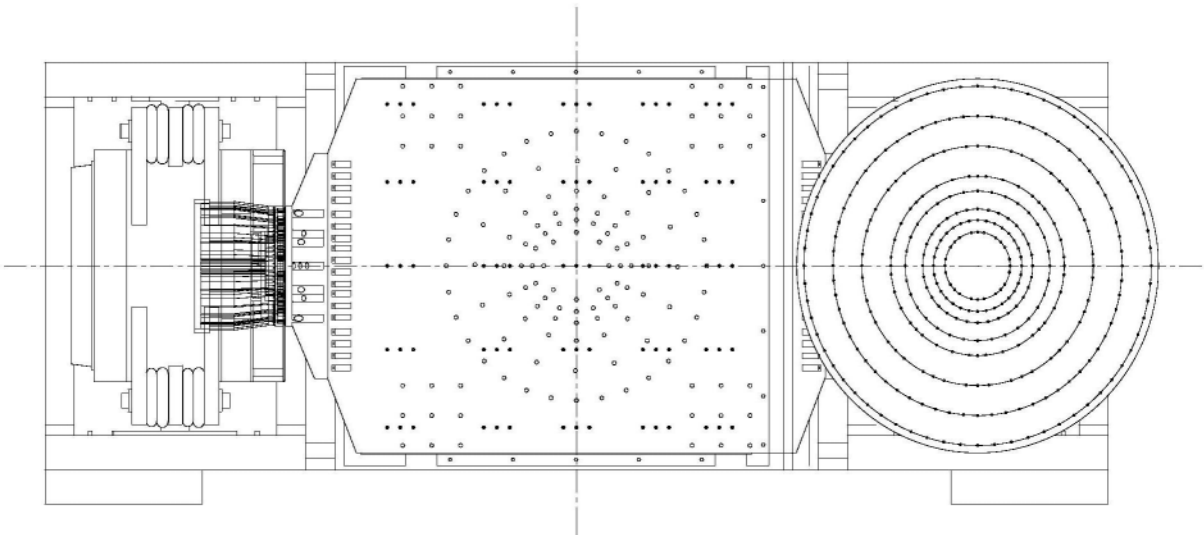


图4

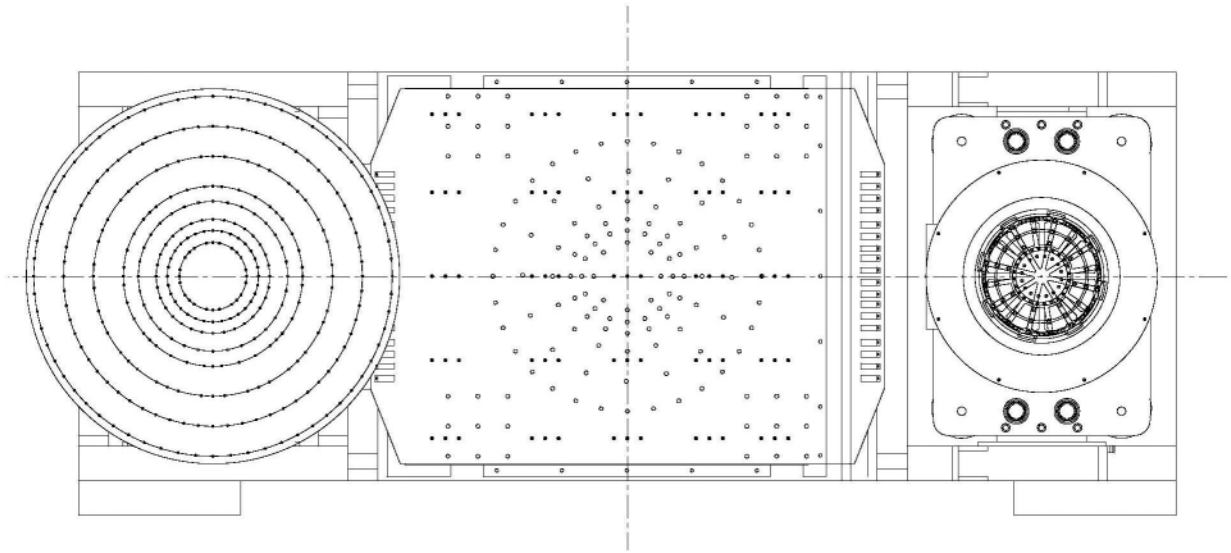


图5