

一种运载火箭发射支持等效装置及控制系统

技术领域

5 本发明涉及运载火箭发射领域，具体涉及一种运载火箭发射支持等效装置及控制系统。

背景技术

随着我国航天事业的迅猛发展，运载火箭的测发模式逐渐出现了“三平”测发模式。“三平”测发模式的设备研制过程中，实际运载火箭发射支持系统设备研制过程和周期很长，其控制系统设备在研制过程中没有实际的运载火箭发射支持系统装备可以用于系统调试和出厂验收，若在实际运载火箭发射支持系统上测试不仅浪费时间而且增加了研制经费。

15 鉴于此，亟需设计一种避免研发周期长，并且能节约实际运载火箭发射支持系统联调时间的运载火箭发射支持等效装置。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种运载火箭发射支持等效装置及控制系统。

20 本发明提供一种运载火箭发射支持等效装置，包括：模拟发射平台，设置在至少三个可活动支腿上，在所述模拟发射平台上安装第一倾角传感器；模拟起竖臂，设置在所述模拟发射平台的一端并通过可旋转绞点连接，在所述模拟起竖臂上安装第二倾角传感器；接近开关模拟板，用于安装所述模拟起竖臂、上夹钳和防风装置的接近开关。

25 本发明的一个方面，运载火箭发射支持等效装置还包括：起飞模拟按钮，设置在所述模拟发射平台的另一端，用于模拟所述运载火箭

的起飞信号。

本发明的一个方面，运载火箭发射支持等效装置，还包括：位移传感器，所述位移传感器的一端安装在所述模拟发射平台的底面，另一端安装于所述可活动支腿，用于反馈所述可活动支腿的长度。

5 本发明的一个方面，所述接近开关模拟板设置多个安装孔，用于固定所述接近开关。

本发明的一个方面，所述接近开关模拟板设置四种所述模拟起竖臂的接近开关，分别是起竖到位接近开关、回平到位接近开关、预倒到位接近开关和快倒到位接近开关。

10 本发明的一个方面，所述接近开关模拟板设置两种所述上夹钳的接近开关，分别是上夹钳打开到位接近开关和上夹钳抱紧到位接近开关。

本发明的一个方面，所述接近开关模拟板设置两种所述防风装置的接近开关，分别是防风装置解锁到位接近开关和防风装置锁紧到位接近开关。

15 本发明的一个方面，所述模拟起竖臂能够实现-2 度至 92 度的限位，并具有锁紧功能。

本发明的一个方面，所述可活动支腿为伺服电动支腿或者液压动力支腿。

20 本发明的一个方面，所述接近开关模拟板还包括输出指示灯，所述输出指示灯与对应的接近开关控制输出信号并联。

另一方面，本发明提供一种运载火箭发射支持等效控制系统，包括上述的运载火箭发射支持等效装置，以及，控制装置，电连接于所述模拟发射平台、所述模拟起竖臂以及接近开关模拟板，用于控制所述模拟发射平台、所述模拟起竖臂以及接近开关模拟板的动作。

25 所述模拟发射平台、所述模拟起竖臂以及接近开关模拟板的动作。

本发明提供的运载火箭发射支持等效装置，通过模拟发射平台、

模拟起竖臂和接近开关模拟板的设置，与实际运载火箭发射支持系统采用相同的传感器产品，在运载火箭支持等效装置上实验，能够缩短研制周期，节约了实际运载火箭发射支持系统调试时间，同时大幅节省了研制经费。

5 应了解的是，上述一般描述及以下具体实施方式仅为示例性及阐释性的，其并不能限制本发明所欲主张的范围。

附图说明

10 下面的附图是本发明的说明书的一部分，其绘示了本发明的示例实施例，所附附图与说明书的描述一起用来说明发明的原理。

图 1 是本发明一个实施例的运载火箭发射支持等效装置的示意图；

图 2 是本发明再一实施例的运载火箭发射支持等效装置的示意图。

15 附图标记说明：

101-模拟发射平台，102-可活动支腿，103-第一倾角传感器，104-模拟起竖臂，105-第二倾角传感器，106-接近开关模拟板，201-起飞模拟按钮，202-位移传感器。

20 **具体实施方式**

下面将详细描述本发明的各个方面的特征和示例性实施例，为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及具体实施例，对本发明进行进一步详细描述。应理解，此处所描述的具体实施例仅被配置为解释本发明，用于示例性的说明本发明的原理，
25 并不被配置为限定本发明。另外，附图中的机构件不一定是按照比例绘制的。例如，可能对于其他结构件或区域而放大了附图中的一些结

构件或区域的尺寸，以帮助对本发明实施例的理解。

下述描述中出现的方位词均为图中示出的方向，并不是对本发明实施例的具体结构进行限定。在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有说明，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，
5 可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言，可视具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

此外术语“包括”、“包含”“具有”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素结构件或组件不仅包括
10 那些要素，而且还包括没有明确列出或固有的属于结构件、组件上的其他机构件。在没有更多限制的情况下，由语句“包括……”限定的要素，并不排除在包括要素的物品或者设备中还存在另外的相同要素。

诸如“下面”、“下方”、“在…下”、“低”、“上方”、“在…上”、“高”等的空间关系术语用于使描述方便，以解释一个元件相对于第
15 二元件的定位，表示除了与图中示出的那些取向不同的取向以外，这些术语旨在涵盖器件的不同取向。另外，例如“一个元件在另一个元件上/下”可以表示两个元件直接接触，也可以表示两个元件之间还具有其他元件。此外，诸如“第一”、“第二”等的术语也用于描述各个元件、区、部分等，并且不应被当作限制。类似的术语在描述通篇
20 中表示类似的元件。

对于本领域技术人员来说，本发明可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。下面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本发明的示例来提供对本发明更好的理解。

图 1 是本发明一个实施例的运载火箭发射支持等效装置的示意图，
25 图 2 是本发明再一实施例的运载火箭发射支持等效装置的示意图。

如图 1 所述，本发明提供一种运载火箭发射支持等效装置，包括：

模拟发射平台 101，设置在至少三个可活动支腿 102 上，在模拟发射平台 101 上安装第一倾角传感器 103；模拟起竖臂 104，设置在模拟发射平台 101 的一端并通过可旋转绞点连接，在模拟起竖臂 104 上安装第二倾角传感器 105；接近开关模拟板 106，用于安装模拟起竖臂 102、上夹钳和防风装置的接近开关。

具体地，本实施例中的运载火箭发射支持等效装置用来解决没有真实的发射支持系统或者在模拟发射任务之前，控制系统的调试及出场验收的问题。运载火箭发射支持等效装置可以采用与实际发射支持系统设备接口完全一致的等效装置。模拟发射平台 101 模拟真实的模拟发射台，可以采用轻质铝材，同时作为其他模拟设备的安装平台。模拟发射平台 101 设置在至少三个可活动支腿 102 上，通过可活动支腿 102 的调节模拟发射平台 101 的水平度。

在本实施例中，可活动支腿 102 选择实际系统中同一类型的小型号产品，其控制逻辑和方法与实际系统是一致的。在模拟发射平台 101 上安装第一倾角传感器 103，用于实时反馈模拟发射平台 101 的水平度即运载火箭的垂直度信息，第一倾角传感器 103 可以是实际发射支持系统所采用的，保证了模拟发射过程中的传感器元件的一致性，提高等效模拟的准确性。本发明的一个方面，可活动支腿 102 为伺服电动支腿或者液压动力支腿，例如伺服电动支腿可以选择电动丝杠，通过控制丝杠的伸缩实现模拟发射平台 101 的调平。

其中，模拟起竖臂 104 能够模拟真实的运载火箭起竖过程，模拟起竖臂 104 例如采用铝材，并可以通过手动实现起竖过程的模拟。模拟起竖臂 104 设置在模拟发射平台 101 的一端，并通过带锁紧装置的可旋转绞点连接。本发明的一个方面，模拟起竖臂 104 能够实现-2 度至 92 度任意角度的限位，并具有锁紧功能。在模拟起竖臂 104 上安装第二倾角传感器 105，用于实时反馈模拟起竖臂 104 的起竖角度，

第二倾角传感器 105 采用实际发射支持系统一样的产品。

另外，运载火箭发射支持等效装置中的接近开关模拟板 106 用于安装其它设备的接近开关。作为其中一种实施例，其它设备包括：模拟起竖臂 102、上夹钳和防风装置，其中上夹钳和防风装置没有实际的模拟产品，只采用了两者的接近开关来模拟上夹钳和防风装置的传输信号。接近开关模拟板 106 的位置不做限定，在本实施例中，为了操作方便，接近开关模拟板 106 设置在模拟发射平台 101 上。

如图 2 所示，本发明的一个方面，运载火箭发射支持等效装置还包括：起飞模拟按钮 201，设置在模拟发射平台 101 的另一端，用于模拟运载火箭的起飞信号。具体地，起飞模拟按钮 201 能模拟运载火箭发射支持等效装置的起飞信号，收到起飞信号后执行模拟起竖臂 104 快倒的操作。

如图 2 所示，本发明的一个方面，运载火箭发射支持等效装置，还包括：位移传感器 202，位移传感器 202 的一端安装在模拟发射平台 101 的底面，另一端安装于可活动支腿 102 上，用于反馈可活动支腿 102 的长度。位移传感器 202 负责实现可活动支腿 102 移动位移的检测，其采用的是实际发射支持系统一样的产品。在本实施例中，位移传感器 202 的一端安装在模拟发射平台 101 的底面，另一端安装在可活动支腿 102 的支腿座位置，实际应用中可以根据位移传感器 202 原理的不同放在不同的位置，只要能实现可活动支腿 102 的移动位移检测即可。

本发明的一个方面，接近开关模拟板 106 设置多个安装孔，用于固定接近开关。本发明的一个方面，接近开关模拟板 106 还包括输出指示灯，输出指示灯与对应的接近开关控制输出信号并联。

其中，接近开关模拟板 106 作为接近开关的安装支架，还可用于控制输出指示灯的安装支架，同时配套相应的辅助设备用于模拟接近

开关闭合和打开的状态，包括模拟起竖臂 102、上夹钳和防风装置的接近开关信号。所有接近开关均使用与实际发射支持系统完全相同的产品，控制输出指示灯与对应的接近开关控制输出信号并联，通过输出指示灯来反应各个接近开关的状态。

5 本发明的一个方面，接近开关模拟板 106 设置四种模拟起竖臂 104 的接近开关，分别是起竖到位接近开关、回平到位接近开关、预倒到位接近开关和快倒到位接近开关。

具体地，这四种模拟起竖臂 104 的接近开关应用在两个场景：起竖到位接近开关和回平到位接近开关应用在模拟起竖臂 104 的起竖
10 过程模拟，模拟起竖臂 104 设置为水平状态时回平到位接近开关为闭合状态，缓慢抬起模拟起竖臂 104 当起竖角度大于 1 度时，回平到位接近开关则为打开状态，当起竖角大于 89.5 度时起竖到位接近开关闭合；模拟起竖臂 104 从 90 度开始，预倒到位至 87 度，预倒到位接近开关闭合，收到起飞信号后，模拟起竖臂 104 继续从 87 度开始，
15 快倒到位至 75 度，快倒到位接近开关闭合。

本发明的一个方面，接近开关模拟板 106 设置两种上夹钳的接近开关，分别是上夹钳打开到位接近开关和上夹钳抱紧到位接近开关。在本实施例中，上夹钳收到上夹钳抱紧命令时，则上夹钳抱紧到位接近开关闭合，上夹钳收到上夹钳打开命令按钮时，则上夹钳打开到位
20 开关闭合，在此过程中，检查上夹钳的控制输出信号。在一些情况下，基于上夹钳的结构特征，设置上夹钳打开到位接近开关为两个或两个以上，设置上夹钳抱紧到位接近开关为两个或两个以上。例如，接近开关的数量、相应指示灯的数量可以匹配上夹钳的钳爪数，从而更准确的反应上夹钳的动作。

25 本发明的一个方面，接近开关模拟板 106 设置两种防风装置的接近开关，分别是防风装置解锁到位接近开关和防风装置锁紧到位接近

开关。在本实施例中，防风装置接收到防风装置锁紧命令，则防风装置锁紧到位接近开关闭合，防风装置接收到防风装置解锁命令，则防风装置解锁接近开关闭合，在此过程中，观察防风装置的控制输出信号。在一些情况下，基于防风装置的结构特征，设置防风装置解锁到位接近开关为两个或两个以上，设置防风装置锁紧到位接近开关为两个或两个以上。

为了保证本发明中运载火箭发射支持等效装置的真实性和提高试验结果的可信度，等效装置中所有传感器均采用了与实际运载火箭发射支持系统一致的实际产品。等效装置在实验过程中，在一些传感器和设备无法按计划到位的情况下，也可使用按钮、信号模拟板卡或者PLC模块实现类似的功能。本实施例中没有提及的装置有：传感器数据采集，模拟量输入输出控制及数字量输入输出控制，以上装置属于本行业公知，可根据实际使用需要在本发明的基础上改进设计。

另一方面，本发明提供一种运载火箭发射支持等效控制系统，包括上述的运载火箭发射支持等效装置，以及，控制装置，电连接于模拟发射平台101、模拟起竖臂104以及接近开关模拟板106，用于控制模拟发射平台101、模拟起竖臂104以及接近开关模拟板106的动作。控制装置属于运载火箭发射支持等效控制系统的大脑，通过内置逻辑程序能有效控制模拟发射平台101的调平动作，控制模拟起竖臂104的起竖动作或快倒动作，以及控制接近开关模拟板106的接近开关打开或闭合动作。

火箭由火箭转运起竖车运到发射工位以后，主要进行以下工作：

- 1) 起竖车起竖火箭，并下放火箭到发射台；
- 2) 打开起竖臂上夹钳；
- 3) 压紧火箭防风装置；
- 4) 开始调整火箭垂直度；

- 5) 解除火箭防风装置;
- 6) 起竖臂预倒一定角度;
- 7) 接到火箭起飞信号, 开始起竖臂快倒。

这种运载火箭发射支持等效控制系统主要完成以下等效功能:

- 5 1) 模拟起竖臂 104 起竖和下放过程;
- 2) 模拟起竖臂 104 的上夹钳打开和抱紧过程;
- 3) 模拟防风装置锁紧和解锁过程;
- 4) 模拟发射平台 101 的调平即火箭垂直度调整过程;
- 5) 模拟起竖臂 104 预倒和预倒到位的过程;
- 10 6) 模拟起竖臂 104 快倒和快倒到位的过程。

因此, 本发明提供一种运载火箭发射支持等效测试方法, 该方法用于运载火箭发射支持等效控制系统, 控制系统包括模拟发射平台 101、模拟起竖臂 104、接近开关模拟板 106 和控制装置, 控制装置电连接于模拟发射平台 101、模拟起竖臂 104 和接近开关模拟板 106,

15 测试方法包括: 起竖模拟起竖臂 104 从水平状态到垂直状态, 设置在模拟起竖臂 104 上的第一倾角传感器 103 将模拟起竖臂 104 的倾角信号传至控制装置; 调整模拟发射平台 101 的水平度, 设置在模拟发射平台 101 上的第二倾角传感器 105 将水平度信号传至控制装置; 监测接近开关模拟板 106 上的接近开关的信号输出, 控制装置接收到不同的

20 的接近开关信号并发出相应的指令。

具体地, 运载火箭发射支持等效测试方法包括模拟起竖臂 104 的起竖过程、模拟发射平台 101 的调平过程、上夹钳打开和抱紧过程、防风装置锁紧和解锁过程、收到起飞信号模拟起竖臂 104 快倒过程。

其中, 模拟起竖臂 104 的起竖过程中: 起竖模拟起竖臂 104 从水平状态到垂直状态, 设置在模拟起竖臂 104 上的第一倾角传感器 103

25 将模拟起竖臂 104 的倾角信号传至控制装置。模拟发射平台 101 的调

平过程中，调整模拟发射平台 101 的水平度，设置在模拟发射平台 101 上的第二倾角传感器 105 将水平度信号传至控制装置；上夹钳打开和抱紧过程和防风装置锁紧和解锁过程都是在接近开关模拟板 106 上，通过检测上夹钳和防风装置的接近开关信号输出进行测试，控制
5 装置接收不同的接近开关信号并发出相应的指令。

根据本发明的一个发明，运载火箭发射支持等效测试方法还包括：当起竖模拟起竖臂 104 相对于模拟发射平台 101 大于 91.5 度时，控制装置发出报警信号及关闭模拟起竖臂 104 的指令。

根据本发明的一个方面，调整模拟发射平台 101 的水平度包括：
10 控制支撑模拟发射平台 101 的至少三个可活动支腿 102 的长度，使得第二倾角传感器 105 的水平度绝对值为 0 度—0.5 度之间。

根据本发明的一个发明，监测接近开关模拟板 106 上的接近开关的信号输出包括：监测接近开关模拟板 106 上的四种模拟起竖臂 104 的接近开关，分别是起竖到位接近开关、回平到位接近开关、预倒到位接近开关和快倒到位接近开关。
15

根据本发明的一个发明，设置模拟起竖臂 104 为水平状态，抬起模拟起竖臂 104 当起竖角度大于 1 度时，监测回平到位接近开关的信号输出，当模拟起竖臂 104 的起竖角度大于 89.5 度时，监测起竖到位接近开关的信号输出。设置模拟起竖臂 104 为水平状态时，回平到位接近开关为闭合状态，抬起模拟起竖臂 104 当起竖角度大于 1 度时，回平到位接近开关为打开状态，当模拟起竖臂 104 的起竖角大于 89.5 度时，起竖到位接近开关为闭合状态。
20

根据本发明的一个发明，控制系统包括起飞模拟按钮用于模拟运载火箭的起飞信号，测试方法还包括：按下起飞模拟按钮并发出运载火箭的起飞信号，控制装置接收到起飞信号后开启模拟起竖臂 104 快倒指令，监测快倒到位接近开关的信号输出。模拟起竖臂 104 从 90
25

度开始，预倒到位至 87 度，预倒到位接近开关闭合，收到起飞信号后，模拟起竖臂 104 继续从 87 度开始，快倒到位至 75 度，快倒到位接近开关闭合

根据本发明的一个发明，监测接近开关模拟板 106 上的接近开关的信号输出包括：监测接近开关模拟板 106 上的两种上夹钳的接近开关，分别是上夹钳打开到位接近开关和上夹钳抱紧到位接近开关。

根据本发明的一个发明，控制装置开启上夹钳解锁指令，监测上夹钳解锁到位接近开关的信号输出；控制装置开启上夹钳抱紧指令，监测上夹钳抱紧到位接近开关的信号输出。

10 根据本发明的一个发明，监测接近开关模拟板 106 上的接近开关的信号输出包括：监测接近开关模拟板 106 上的两种防风装置的接近开关，分别是防风装置解锁到位接近开关和防风装置锁紧到位接近开关。

根据本发明的一个发明，控制装置开启防风装置解锁指令，监测防风装置解锁到位接近开关的信号输出；控制装置开启防风装置锁紧指令，监测防风装置锁紧到位接近开关的信号输出。

在本发明中，运载火箭发射支持等效测试方法包含五个模拟测试过程，具体操作过程如下：

一、模拟起竖臂 104 的起竖过程具体为：

20 S101：模拟起竖臂 104 置水平状态，根据起第一倾角传感器的倾角信号，调整水平度调整到 0 度至正负 0.5 度之间；

S102：调整模拟起竖臂 104 回平到位接近开关到闭合状态；

S103：控制装置发出起竖指令，缓慢抬起模拟起竖臂 104，监测控制装置采集的第一倾角传感器的倾角信号随动实时性和准确性；

25 S104：当起竖角度大于 1 度时，如果回平到位接近开关仍然显示闭合状态，检测控制装置是否给出模拟起竖臂回平到位接近开关故障

提示；

S105：监测回平到位接近开关的信号输出是否正常，当模拟起竖臂 104 起竖到位信号闭合时，监测起竖控制指令输出是否消失；

S106：继续起竖模拟起竖臂 104 直到大于 91.5 度时，监测控制
5 装置是否给出报警信息并关闭起竖控制指令。

二、模拟发射平台 101 的调平过程具体为：

S201：手动控制至少三个可活动支腿 102 调整模拟发射平台 101，
使第二倾角传感器显示角度在 0 度至正负 0.5 度之间；

S202：控制装置发出模拟发射平台 101 的调平即火箭垂直度调整
10 指令，监测模拟发射平台 101 调平情况；

S203：监测模拟发射平台 101 可活动支腿 102 动作情况是否和可
活动支腿 102 控制输出指令保持一致；

S204：指定时间内没有完成火箭垂直度调整是否给出出错提示；

S205：垂直度调整正常结束后，模拟发射平台 101 的水平度即火
15 箭垂直度结果是否满足精度要求。

三、上夹钳打开和抱紧过程具体为：

S301：上夹钳打开到位接近开关置闭合状态；

S302：控制装置发出上夹钳抱紧指令；

S303：监测控制系统上夹钳抱紧指令输出是否正常；

S304：当上夹钳抱紧到位接近开关闭合时，监测控制装置中上夹
20 钳抱紧指令输出是否消失；

S305：上夹钳抱紧到位接近开关置闭合状态；

S306：控制装置发出上夹钳打开指令；

S307：监测控制装置上夹钳打开指令输出是否正常；

S308：当上夹钳打开到位接近开关闭合时，监测控制装置中上夹
25 钳打开指令输出是否消失。

四、防风装置锁紧和解锁过程具体为：

S401：防风装置解锁到位接近开关置闭合状态；

S402：控制装置发出防风装置锁紧指令；

S403：监测控制装置防风装置锁紧指令输出是否正常；

5 S404：当防风装置锁紧到位接近开关闭合时，监测控制装置中防风装置锁紧指令输出是否消失；

S405：防风装置锁紧到位接近开关置闭合状态；

S406：控制装置发出防风装置解锁指令；

S407：监测控制装置中防风装置解锁指令输出是否正常；

10 S408：当防风装置解锁到位接近开关闭合时，监测控制装置中防风装置解锁指令输出是否消失。

五、收到起飞信号模拟起竖臂 104 快倒过程：

S501：按下起飞模拟按钮 201；

S502：控制装置发出模拟起竖臂 104 快倒指令；

15 S503：监测控制装置起竖臂快倒指令是否输出；

S504：当按下起飞模拟按钮 201 时，监测控制装置快倒指令是否输出；

S505：考核控制装置接收起飞信号的反应时间；

S506：快倒起控反应时间及快倒过程反应时间；

20 S507：当快倒到位接近开关闭合时，监测控制装置中快倒指令是否消失。

本发明中的运载火箭发射支持等效装置，与实际运载火箭发射支持系统设备接口完全一致，在实际运载火箭发射支持系统方案初步确定以后，保证实际运载火箭发射支持系统的控制系统研制与总体设备的研制同步进行，大大缩短研制周期，节约了实际运载火箭发射支持系统调试时间，同时大幅节省了研制经费。该运载火箭发射支持等效

25

控制系统可以方便的完成实际运载火箭发射支持系统的控制分系统的调试、综合试验，出厂验收和系统故障分离，为实际运载火箭发射支持系统的控制系统同步研制和提前出厂提供保障。

5 以上仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。