



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105486493 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201410474617. 7

(22) 申请日 2014. 09. 17

(71) 申请人 北京强度环境研究所  
地址 100076 北京市丰台区南大红门路 1 号  
申请人 中国运载火箭技术研究院

(72) 发明人 肖健 李会娜 王求生 张善仁  
韦冰峰 吴强 张永杰

(74) 专利代理机构 核工业专利中心 11007  
代理人 王洁

(51) Int. Cl.  
G01M 13/00(2006. 01)  
B64G 5/00(2006. 01)

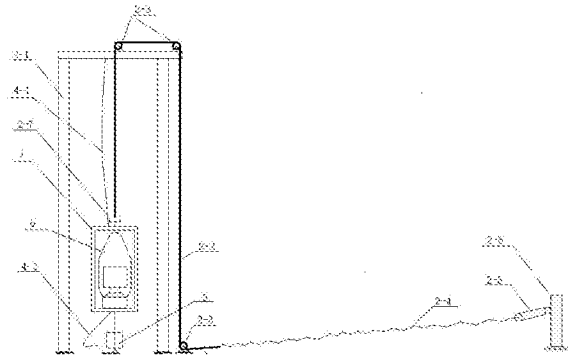
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种牵制释放模拟试验装置及其使用方法

(57) 摘要

本发明属于动力学试验技术领域,具体涉及一种牵制释放模拟试验装置及其使用方法。技术方案:试验工装内部有空腔,用于安装试验件;试验工装上部连接拉力系统,用于模拟起飞阶段的推力;下部连接释放机构,用于控制试验工装的释放;保护系统用于保护试验工装和试验件的安全;测量系统用于测量试验时试验件上的响应。方法:安装试验件,依次连接拉力系统和释放机构,估算预定加载力;释放机构收到解锁信号后突然解锁,试验工装下端释放,通过保护系统限制试验件继续飞行,测量系统记录试验过程中试验件各测量点处的过载、振动和应变等响应。有益效果:可以实现单机和部段级试验件牵制释放中的过载和瞬态振动的综合模拟;投入成本小,模拟真实。



1. 一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:包括试验工装(1)、拉力系统(2)、释放机构(3)、保护系统(4)和测量系统;试验工装(1)内部有空腔,用于安装试验件(5)并为拉力系统(2)提供加力点,试验件(5)的底部安装于试验工装(1)内的底部,试验件(5)的其它部位与试验工装(1)不接触;拉力系统(2)与试验工装(1)上部连接,用于提供拉伸力,模拟起飞阶段的推力;释放机构(3)的上部与试验工装(1)的下部连接,下部固定在试验工装(1)中心对应的地面上,用于控制试验工装(1)的释放;保护系统(4)包括上保护绳(4-1)和下保护绳(4-2),用于保护试验过程试验工装(1)和试验件(5)的安全;测量系统用于测量牵制释放过程中试验件(5)上的响应。

2. 如权利要求1所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述试验工装(1)包括上梁(1-1)、多根拉杆(1-2)和下梁(1-3);拉杆(1-2)与上梁(1-1)和下梁(1-3)的外端固定连接;下梁(1-3)中心连接释放机构(3),上梁(1-1)中心连接拉力系统(2)。

3. 如权利要求2所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述试验工装(1)的上梁包括两根互相垂直交叉的工字钢,交叉处上部固定连接有一块上梁平板(1-4);下梁(1-3)包括两根互相垂直交叉的工字钢,交叉处上部固定连接有一块下梁平板(1-5)。

4. 如权利要求3所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述下梁平板(1-5)外还具有有一块环形板(1-6),用于安装和支撑试验件(5)。

5. 如权利要求1所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述拉力系统(2)包括两个龙门架(2-1)、钢丝绳(2-2)、定滑轮(2-3)、橡皮绳组(2-4)、吊葫芦(2-5)和立铸块(2-6);两个龙门架(2-1)顶部间安装有横梁,横梁上安装有两组滑轮(2-3),一组定滑轮(2-3)在横梁中间,另一组定滑轮(2-3)在横梁一端,在龙门架(2-1)该端的地轨上还有一组定滑轮(2-3);在试验件工装1顶端固定连接力传感器(2-7),力传感器(2-7)的上端连接一根钢丝绳(2-2),钢丝绳(2-2)垂直向上连到龙门架(2-1)顶部,经过龙门架(2-1)顶部的两组定滑轮(2-3)转向垂直向下,经过地轨上的定滑轮(2-3)转向地面水平拉伸,钢丝绳(2-2)经过地轨上的定滑轮(2-3)后连接橡皮绳组(2-4)的一端,橡皮绳组(2-4)的另一端连接在吊葫芦(2-5)上,吊葫芦(2-5)与固定在地面上的立铸块(2-6)固定连接。

6. 如权利要求5所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述两个龙门架(2-1)的长和宽为试验工装(1)外形宽度的2倍以上,两个龙门架(2-1)的高度大于试验件-试验工装高度与运动高度数值之和。

7. 如权利要求1所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述保护系统(4)的上保护绳(4-1)对试验件(5)下落过程起保护作用,防止其下落至地面;下保护绳(2-2)防止试验件4上升过程中出现意外飞行过高。

8. 如权利要求7所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述上保护绳(4-1)的一端连接龙门架(2-1)的横梁,另一端连接试验工装(1)的顶部,其长度为释放前试验工装(1)上部和龙门架顶部之间的距离。

9. 如权利要求7所述的一种牵制释放模拟试验装置,其特征在于:所述下保护绳(4-2)的一端连接试验工装(1)的底部,另一端连接地面;其长度为试验件-试验工装的运行高度。

10. 一种如权利要求1所述的牵制释放模拟试验装置的使用方法,其特征在于:依次包括如下步骤:

步骤 1. 将试验件 (5) 安装在试验工装 (1) 内, 试验件 (5) 与试验工装 (1) 的环形板 (1-6) 螺接;

步骤 2. 试验工装 (1) 与拉力系统 (2) 相连, 测量试验件 (5) 和试验工装 (1) 的总质量为  $G$ ;

步骤 3. 安装上测量系统 5, 给测量系统 5 通电, 进行测量系统 5 信号检查, 确认无干扰信号;

步骤 4. 将释放机构与试验工装 (1) 下部连接, 试验前使释放机构 (3) 处于锁住状态; 加力系统 2 对试验工装 (1) 加力, 调整拉力系统 (2) 使得试验工装 (1) 在上、下拉力下处于平衡静止状态, 连接保护系统 (4);

步骤 5. 估算预定加载力  $F_0$ ; 设定运动过载为  $a_0$ , 则估算钢丝绳 (2-2) 提供的预定加载力  $F_0$  约为  $F_0 = G \cdot a_0$ ;

步骤 6. 开始进行试验, 牵动吊葫芦 (2-5), 使得橡皮绳组 (2-4) 伸长提供加载力  $F$ , 实际的加载力  $F$  由力传感器 (2-7) 测量出来, 通过监视力传感器 (2-7) 的实际加载力  $F$  值达到预定值  $F_0$  后, 启动信号采集器进行记录传感器记录的实际过载  $a$ ; 人员撤离到安全区域, 启动释放系统 (3) 解锁;

步骤 7. 试验结束, 查看测量系统的测量数据, 判定数据品质良好, 测量得到的过载  $a$  的值符合理论值, 则试验成功。

## 一种牵制释放模拟试验装置及其使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于动力学试验技术领域,具体涉及一种牵制释放模拟试验装置及其使用方法。

### 背景技术

[0002] 牵制释放发射在国外已作为一种基本的发射方式广泛应用于火箭发射。采用牵制释放发射的运载火箭,从开始点火到发动机推力达到起飞推力前均处于牵制状态,一旦达到规定的起飞推力则受控释放。由于牵制释放发射方式能够提高火箭发射可靠性与精度,我国也开始研究在未来型号中采取这种方式发射。

[0003] 牵制释放发射中,火箭点火后在推力达到某一门槛值之前一直处于牵制状态,当推力到门槛值后,牵制机构打开,给火箭一个瞬态加速的过程,各部件均受到过载和瞬态振动的综合作用,这个瞬态环境在型号研制过程中需要开展地面模拟试验,以考核研制产品力学环境适应性。

[0004] 对于牵制释放过程的过载和瞬态振动的综合作用,目前地面试验采用过载与瞬态振动分开模拟考核。对于瞬态振动,通过制定瞬态振动环境试验条件,在振动台或冲击台复现部件的瞬态振动环境,对产品进行考核。但在振动台或冲击台不能实现过载模拟。对于过载,采取静力考核或在离心机上进行过载考核,不能实现与瞬态振动同时考核。因此需要提供一种牵制释放模拟试验装置及其使用方法,以实现牵制释放过程中过载和瞬态振动的综合模拟。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对现有技术存在的问题,提供一种牵制释放模拟试验装置及其使用方法。

[0006] 实现本发明目的的技术方案如下:

[0007] 一种牵制释放模拟试验装置,包括试验工装、拉力系统、释放机构、保护系统和测量系统;试验工装内部有空腔,用于安装试验件并为拉力系统提供加力点,试验件的底部安装于试验工装内的底部,试验件的其它部位与试验工装不接触;拉力系统与试验工装上部连接,用于提供拉伸力,模拟起飞阶段的推力;释放机构与试验工装的下部连接,用于控制试验工装的释放;保护系统用于保护试验过程试验工装和试验件的安全;测量系统用于测量牵制释放过程中试验件上的响应。

[0008] 所述试验工装包括上梁、多根拉杆和下梁;拉杆与上梁和下梁的外端固定连接;下梁中心连接释放机构,上梁中心连接拉力系统。

[0009] 所述拉力系统包括两个龙门架、钢丝绳、定滑轮、橡皮绳组、吊葫芦和立铸块;两个龙门架顶部间安装有横梁,横梁上安装有两组滑轮,一组定滑轮在横梁中间,另一组定滑轮在横梁一端,在龙门架该端的地轨上还有一组定滑轮;在试验件工装顶端固定连接力传感器,力传感器的上端连接一根钢丝绳,钢丝绳垂直向上连到龙门架顶部,经过龙门架顶部的

两组定滑轮转向垂直向下,经过地轨上的定滑轮转向地面水平拉伸,钢丝绳经过地轨上的定滑轮后连接橡皮绳组的一端,橡皮绳组的另一端连接在吊葫芦上,吊葫芦与固定在地面上的立铸块固定连接。

[0010] 所述释放机构为炸弹钩,固定在试验工装中心对应的地面上;试验工装的下端中心固定有一根下端带有横向通孔的螺栓,带孔螺栓与炸弹钩的爪钩连,爪钩闭合。

[0011] 所述保护系统包括上保护绳和下保护绳;上保护绳对试验件下落过程起保护作用,防止其下落至地面;下保护绳防止试验件上升过程中出现意外飞行过高。

[0012] 所述测量系统包括安装在试验工装上部的力传感器、安装在试验件内部的传感器、安放在试验场外安全区的稳压电源和信号采集器、连接传感器与稳压电源和信号采集器间的测试电缆。

[0013] 所述试验工装的上梁包括两根互相垂直交叉的工字钢,交叉处下部固定连接有一块上梁平板;下梁同样包括两根互相垂直交叉的工字钢,交叉处上部固定连接有一块下梁平板。

[0014] 所述下梁平板外还具有环形板,用于安装和支撑试验件。

[0015] 所述龙门架由铸块搭建而成,两个龙门架的尺寸由试验工装的外形尺寸和试验件-试验工装运动高度确定。

[0016] 所述两个龙门架的长、宽为试验工装外形宽度的 2 倍以上,两个龙门架的高度大于试验件-试验工装高度与运动高度数值之和。

[0017] 所述释放机构的承载能力为试验加载量的 2 倍以上。

[0018] 所述上保护绳的一端连接龙门架的横梁,另一端连接试验工装的顶部,长度为释放前试验工装上部和龙门架顶部之间的距离。

[0019] 所述下保护绳的一端连接试验工装的底部,另一端连接地面;其长度为试验件-试验工装的运行高度。

[0020] 一种上述牵制释放模拟试验装置的使用方法,依次包括如下步骤:

[0021] 步骤 1. 将试验件安装在试验工装内,试验件与试验工装的环形板螺接;

[0022] 步骤 2. 将试验工装与拉力系统相连,测量试验件和试验工装的总质量为  $G$ ;

[0023] 步骤 3. 安装上测量系统,给测量系统通电,进行测量系统信号检查,确认无干扰信号;

[0024] 步骤 4. 将释放机构与试验工装下部连接,试验前使释放机构处于锁住状态;加力系统对试验工装加力,调整拉力系统使得试验工装在上、下拉力下处于平衡静止状态,连接保护系统;

[0025] 步骤 5. 估算预定加载力  $F_0$ ;设定运动过载为  $a_0$ ,则估算钢丝绳提供的预定加载力  $F_0$  约为  $F_0 = G \cdot a_0$ ;

[0026] 步骤 6. 开始进行试验,牵动吊葫芦,使得橡皮绳组伸长提供加载力  $F$ ,实际的加载力  $F$  由力传感器测量出来,通过监视力传感器的实际加载力  $F$  值达到预定值  $F_0$  后,启动信号采集器进行记录传感器记录的实际过载  $a$ ;人员撤离到安全区域,启动释放系统解锁;

[0027] 步骤 7. 试验结束,查看测量系统的测量数据,判定数据品质良好,测量得到的过载  $a$  的值符合理论值,则试验成功。

[0028] 本发明的有益效果在于:采用本项发明的牵制释放模拟试验设备及其使用方法,

利用现有设备和工装条件开展试验,实现火箭和导弹牵制释放发射过程中过载和瞬态振动综合模拟,模拟方法投入成本小,模拟真实,为火箭和导弹牵制释放发射设计和设备力学环境考核提供较完善的验证方法。通过本发明可以实现单机和部段级试验件牵制释放中的过载和瞬态振动的综合模拟。

### 附图说明

[0029] 图 1 为本发明的主视图;

[0030] 图 2 为图 1 中试验工装的结构示意图;

[0031] 图 3 为图 1 中拉力系统的结构示意图;

[0032] 图 4 为实施例的设备使用方法试验结果;

[0033] 图中:

[0034] 1- 试验工装、1-1 上梁、1-2 拉杆、1-3 下梁、1-4 上梁平板、1-5 下梁平板、1-6 环形板、2- 拉力系统、2-1 龙门架、2-2 钢丝绳、2-3 定滑轮、2-4 橡皮绳组、2-5 吊葫芦、2-6 立铸块、2-7 力传感器、3- 释放机构、4- 保护系统、4-1 上保护绳、4-2 下保护绳、5- 试验件。

### 具体实施方式

[0035] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步的描述。

[0036] 本实施例提供了一种牵制释放模拟试验装置,其整体结构如图 1 所示,包括试验工装 1、拉力系统 2、释放机构 3、保护系统 4 和测量系统。

[0037] 试验工装 1 用于安装试验件 5,提供加力点,其结构如图 2 所示,包括上梁 1-1、四根拉杆 1-2 和下梁 1-3,上梁包括两根互相垂直交叉的工字钢,交叉处下部固定连接有一块上梁平板 1-4;下梁 1-3 同样包括两根互相垂直交叉的工字钢,交叉处上部固定连接有一块下梁平板 1-5,下梁平板 1-5 外还具有环形板 1-6,用于安装和支撑试验件 5;拉杆 1-2 与上梁 1-1 和下梁 1-3 的工字钢外端均采用螺接,在安装试验件 5 时可拆卸,拉杆 1-2 呈垂直状态;试验件 5 的下端与下梁 1-3 同轴螺接,使试验件 5 位于试验工装 1 内部,试验件 5 的其它部位与试验工装 1 不接触;下梁平板 1-5 中心连接释放机构 3,上梁平板中心连接拉力系统 2;根据过载最大设计值和试验件 - 工装总重量计算总拉力,对试验工装 1 进行应力分析,保证强度设计安全系数为 3 左右。

[0038] 拉力系统 2 的结构如图 3 所示,包括两个龙门架 2-1、钢丝绳 2-2、定滑轮 2-3、橡皮绳组 2-4、吊葫芦 2-5 和立铸块 2-6;龙门架 2-1 的长 4 米、宽 3 米、高 12 米,由铸块搭建而成,两个龙门架 2-1 的尺寸由试验工装 1 的外形尺寸和试验件 - 试验工装运动高度确定,两个龙门架 2-1 的长、宽为试验工装 1 外形宽度的 2 倍以上,两个龙门架 2-1 的高度大于试验件 - 试验工装高度与运动高度设计值之和;两个龙门架 2-1 顶部间安装有横梁,横梁上安装有两组滑轮 2-3,一组定滑轮 2-3 在横梁中间,另一组定滑轮 2-3 在横梁一端,在龙门架 2-1 的下地轨还有一组定滑轮 2-3;在试验件工装 1 顶端固定连接力传感器 2-7,力传感器 2-7 的上端连接一根钢丝绳 2-2,钢丝绳 2-2 垂直向上连到龙门架 2-1 顶部,经过龙门架 2-1 顶部的两组定滑轮 2-3 转向垂直向下,经过地轨上的定滑轮 2-3 转向地面水平拉伸,钢丝绳 2-2 经过地轨上的定滑轮 2-3 后连接橡皮绳组 2-4 的一端,橡皮绳组 2-4 的另一端连接在吊葫芦 2-5 上,吊葫芦 2-5 与固定在地面上的立铸块 2-6 固定连接;橡皮绳组 2-4 用于

提供持续拉力,在牵制释放后,橡皮绳组 2-4 可以持续提供拉力;吊葫芦 2-5 拉紧橡皮绳组 2-4,提供整个拉力系统的拉伸力;整个拉力系统强度设计安全系数大于 2。

[0039] 释放机构 3 为炸弹钩,固定在试验工装 1 中心对应的地面上;试验工装 1 的下端中心固定有一根下端带有横向通孔的螺栓,带孔螺栓与炸弹钩的爪钩连,爪钩闭合;释放机构的承载能力应为试验加载量的 2 倍以上;现有的炸弹钩为释放机构,可用于航天领域牵制释放试验中,炸弹钩为电信号控制释放;

[0040] 保护系统 4 包括上保护绳 4-1 和下保护绳 4-2;上保护绳 4-1 为两根尼龙绳,一端连接龙门架 2-1 的横梁,另一端连接试验工装 1 的顶部,长度设计为释放前试验工装 1 上部和龙门架顶部之间的距离;对试验件 5 下落过程起保护作用,防止其下落至地面;上保护绳 4-1 的强度为下降迟滞力的 2 倍以上。下保护绳 2-2 对试验件 5 同样为两根尼龙绳,一端连接试验工装 2 的底部,另一端连接地面,防止试验件 5 上升过程中出现意外飞行过高;其长度为试验件 - 工装的运行高度;下保护绳 4-2 的强度为上升迟滞力的 2 倍以上。

[0041] 测量系统包括安装在试验工装 1 上部的力传感器 2-7、安装在试验件 5 内部的传感器、安放在试验场外安全区的稳压电源和信号采集器、连接传感器与稳压电源和信号采集器间的测试电缆;在试验件 5 上需要测量的部位安装过载传感器、振动传感器和应变传感器等,传感器连接低噪音测试电缆,测试电缆从试验工装 1 上部边缘连出,向上走线到龙门架 2-1 上部,从龙门架 2-1 上部走线出龙门架 2-1 区域,再向下连接地面安全区域的稳压电源和信号采集器;在工装上端与钢丝绳之间串入力传感器,用于测量牵制释放过程中的拉力;测试电缆的长度不小于试验件 5 与龙门架 2-1 之间的距离与龙门架 2-1 的高度之和,测试电缆搭载在龙门架 2-1 顶部以避免其重量对试验产生影响。

[0042] 上述牵制释放模拟试验装置的使用方法依次包括如下步骤:

[0043] 步骤 1. 将试验件 5 安装在试验工装 1 内,试验件 5 与试验工装 1 的环形板 1-6 螺接;

[0044] 步骤 2. 试验工装 1 与拉力系统 2 相连,测量试验件 5 和试验工装 1 的总质量为  $G$ ;

[0045] 步骤 3. 安装上测量系统,给测量系统通电,进行测量系统信号检查,确认无干扰信号;加速推动试验件 5 时,过载传感器正常输出;敲击试验件时,振动传感器输出正常;对加力系统施加拉力时,力传感器 2-7 正常输出;适量力度挤压应变测点附近,应变输出正常,应变能平衡;经过以上处理确认测量系统正常,可以开展试验;

[0046] 步骤 4. 将释放机构与试验工装 1 下部连接,试验前使释放机构 3 处于锁住状态;加力系统 2 对试验工装 1 加力,调整拉力系统 2 使得试验工装 1 在上、下拉力下处于平衡静止状态,连接保护系统 4;

[0047] 步骤 5. 测量试验件 5 和试验工装 1 的总质量为  $G$ ,估算预定加载力  $F_0$ ;设定运动过载为  $a_0$ ,则估算钢丝绳 2-2 提供的预定加载力  $F_0$  约为  $F_0 = G \cdot a_0$ ;该公式用于初步估算加载力的大体数值,并非精确计算,实际的加载力  $F$  与过载  $a_0$  的关系与上述计算结果之间有误差;实际的加载力  $F$  和过载  $a$  均由传感器测量结果获得;

[0048] 步骤 6. 开始进行预备试验,从小量级的过载开始试验,计算小量级预定加载力  $F'$ ,确认有安全余量后,再进行正式试验;

[0049] 步骤 7. 开始进行正式试验,牵动吊葫芦 2-5,使得橡皮绳组 2-4 伸长提供加载力  $F$ ,实际的加载力  $F$  由力传感器 2-7 测量出来,通过监视力传感器 2-7 的实际加载力  $F$  值达

到预定值  $F_0$  后,启动信号采集器进行记录传感器记录的实际过载  $a$ ;人员撤离到安全区域,启动释放系统 3 解锁;当下端释放机构 3 收到解锁信号后突然解锁,下端拉力释放,整个系统在上端拉力的作用下向上加速运动,从而模拟了牵制释放的过程;当飞行到一定高度后,通过保护系统 4 限制试验件继续飞行,在试验件下落过程中,保护系统 4 也提供保护;在整个系统向上加速运动过程中,测量系统记录了整个过程中试验件 5 各测量点处的过载、振动和应变等响应;

[0050] 步骤 6. 试验结束,查看测量系统的测量数据,判定数据品质良好,测量得到的过载  $a$  的值符合理论值,则试验成功。

[0051] 下面结合某型号具体实施例对本发明的牵制释放试验方法进行介绍:对某星-箭模拟件开展牵制释放试验,测量试验过程中星-箭模拟件上关心部位处的响应,进行牵制释放试验设计。

[0052] (1) 工装设计和生产

[0053] 试验过程星-箭模拟件最大过载设计为向上运动 3g,星-箭模拟件最大外径为 1.2m,高 2.9m,重 202.5Kg。试验工装内部直径 1.4m,高度 3.3m,重量 107.5kg。试验件-工装总重 310kg,在最大拉伸载荷为 1120kg,工装强度安全系数为 3.1。

[0054] (2) 拉力系统设计和搭建

[0055] 使用铸块搭建双龙门架 2-1,双龙门架 2-1 的内部尺寸为长 4m、宽 3m,高度 12m。试验件 5-试验工装在双龙门架 2-1 内运行的高度在 6 米以内。

[0056] 在双龙门架顶 2-1 上横梁安装两组定滑轮 2-3,在龙门架 2-1 下地轨安装一组定滑轮 2-3,通过这三组定滑轮 2-3 把用钢丝绳 2-2 牵引的向上的拉伸改为地面水平拉伸。

[0057] 钢丝绳 2-2 经过地面定滑轮 2-3 后连接橡皮绳组 2-4,橡皮绳组 2-4 后端连接吊葫芦 2-5,吊葫芦 2-5 与固定在地轨上的立铸块 2-6 相连。

[0058] 双龙门架 2-1 和立铸块 2-6 在最大横向拉力 1120kg 下,强度安全系数 3 以上。

[0059] 选用最大拉伸载荷为 3 吨的钢丝绳 2-2,最大拉伸载荷为 3 吨的吊葫芦 2-5。橡皮绳组 2-4 设计为最大拉伸载荷 3 吨拉力,原始长 10 米。

[0060] (3) 释放机构设计和安装

[0061] 选择最大拉伸载荷为 3 吨的炸弹钩作为释放机构 3。释放机构 3 固定在地轨上,爪钩通过一个带孔的螺栓与试验工装 1 的下梁平板 1-5 相连,试验前炸弹钩处于锁住状态。

[0062] (4) 保护设计和安装

[0063] 在下部使用两根长 6 米、载重 2 吨尼龙绳保护上升过程中试验件 5 的安全,尼龙绳的一端与试验工装 1 的下梁平板 1-5 的底部捆绑,另一端固定在地轨上,

[0064] 在上部使用两根长 9 米、载重 2 吨尼龙绳防止试验件-试验工装下落过程中的意外,在试验工装 1 的上梁平板 1-1 和龙门架 2-1 顶部之间捆绑尼龙绳。

[0065] (5) 测量设计

[0066] 在星-箭模拟件的支架和有效载荷上安装过载传感器和振动传感器,在支架和转接段的上下端布置应变传感器,在试验工装 1 的上端与钢丝绳 2-2 之间串入力传感器 2-7,采取有线测量方式,传感器连接低噪音测试电缆,所有测试电缆从试验工装 1 上部边缘连出,向上走线到龙门架 2-1 上部,从龙门架 2-1 上部走线出龙门架 2-1 区域,再向下连到地面上的记录设备上。



[0067] 测量工位位于龙门架 2-1 附近的安全区域,布置测量设备,测量设备包括力传感器 2-7 的供电稳压电源和信号采集器。采集器为移动式数据记录器。采集参数设置为:采样频率 5120Hz,低通频率 1000Hz。在牵制释放前启动记录,记录时间足够记录牵制释放过程。

[0068] (6) 调试和试验

[0069] 试验前,测量系统通电检查测量信号无干扰,在运动试验件时,过载传感器正常输出;敲击试验件,振动传感器输出正常;对加载系统施加力时,力传感器 2-7 正常输出;适度力度挤压应变测点附近,应变输出正常,应变能平衡。经过以上处理确定测量系统正常,可以开展试验。

[0070] 从小量级加载开始试验,确认有安全余量后,增大载荷,进行正式试验。试验前启动采集器进行记录,人员撤离后,在远端启动炸弹钩解锁,进行牵制释放试验。试验测量的过载响应信号为过载和瞬态振动的综合信号,见图 4。经过对试验结果的分析可知,整个信号中不存在干扰信号,其中过载量为 3g,瞬态振动为 3.87g,过载量符合预期值,实验结果良好。

[0071] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。倘若这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

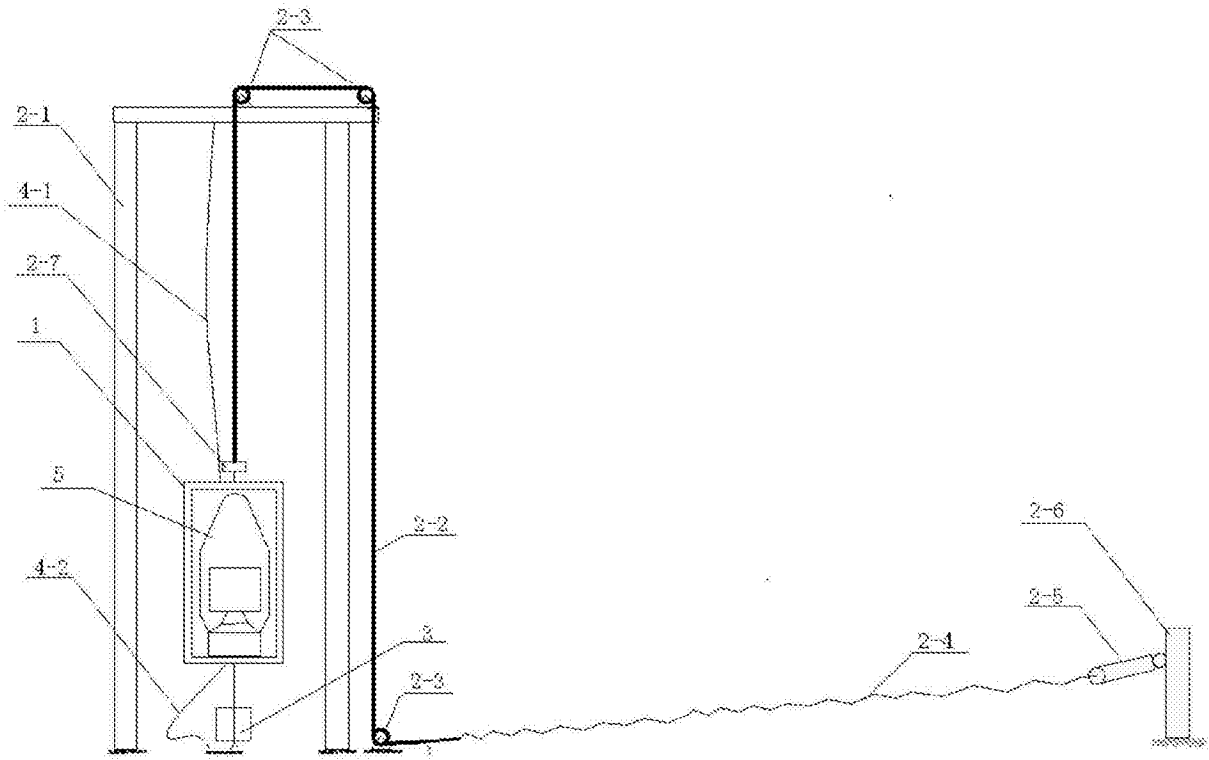


图 1

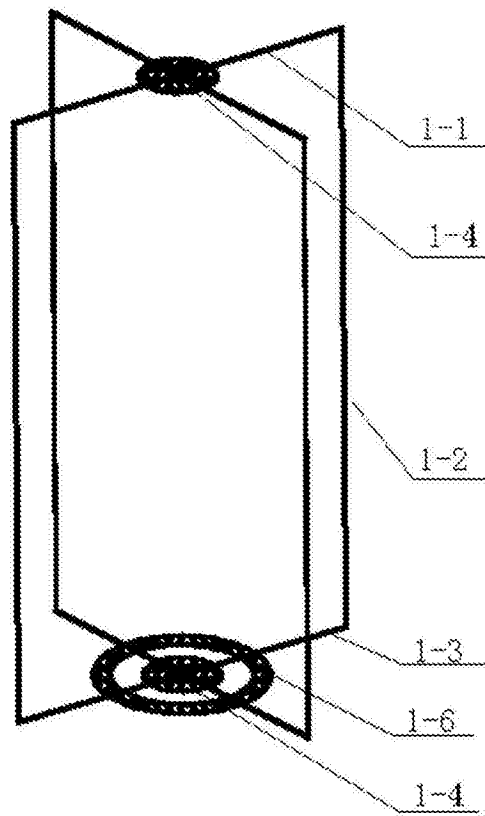


图 2

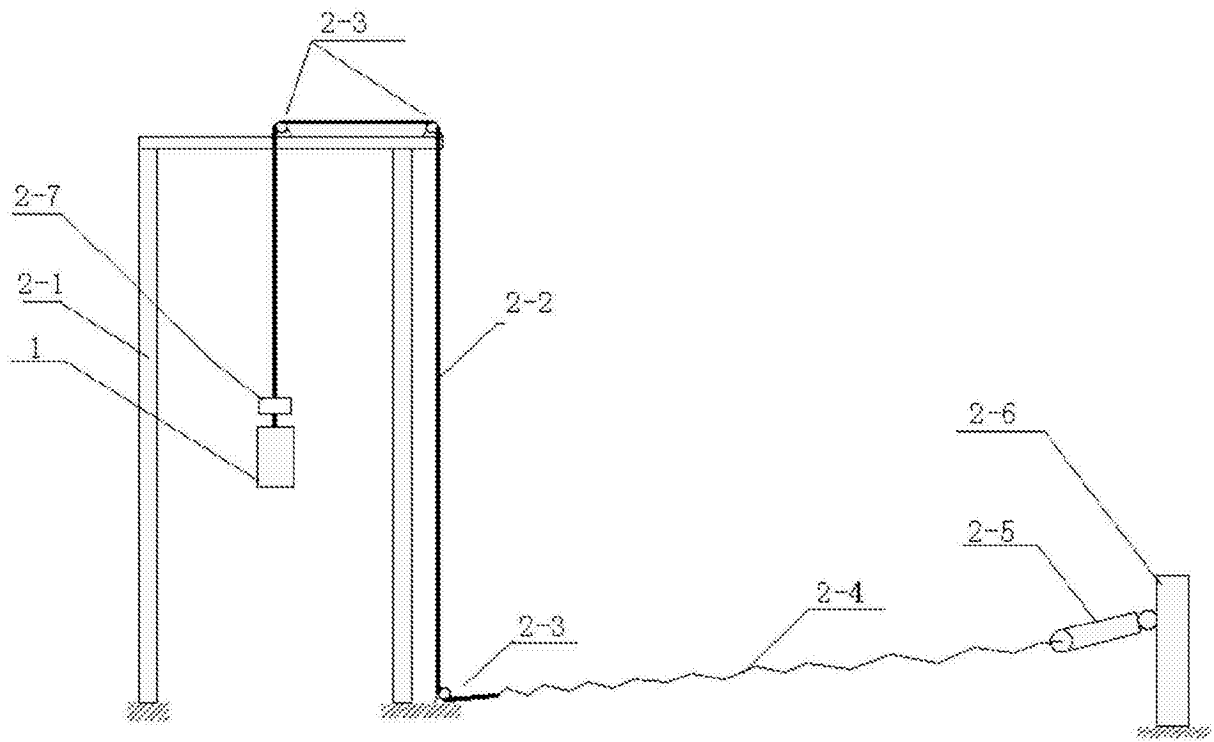


图 3

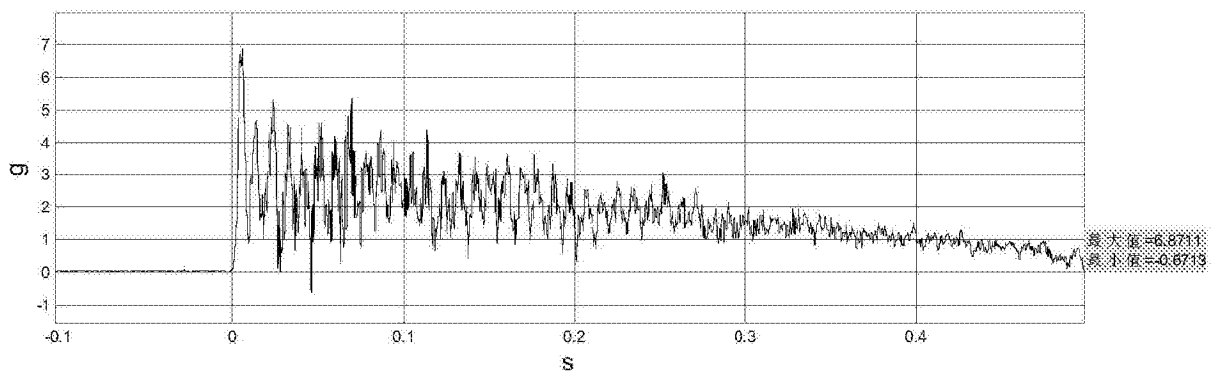


图 4