



# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 205158736 U

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201520844436. 9

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2015. 10. 27

(73) 专利权人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路  
2号

专利权人 烟台大学

烟台新天地试验技术有限公司

(72) 发明人 陈廷国 吴江龙 孙良君 胡乔元  
李映雪

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心  
21200

代理人 潘迅 梅洪玉

(51) Int. Cl.

G09B 23/10(2006. 01)

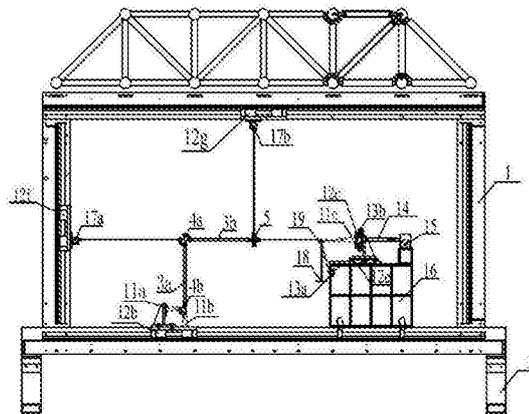
权利要求书2页 说明书4页 附图6页

## (54) 实用新型名称

一种将力法直观化的教学实验装置

## (57) 摘要

本实用新型提供一种将力法直观化的教学实验装置，该装置包括刚架结构、加载装置、支撑及约束装置和测量设备。刚架结构由横向和竖向两根相互垂直的空心方杆通过刚结点盘连接而成；加载装置包括蜗轮蜗杆加载装置和砝码加载装置，实现对刚架结构的加载；支撑及约束装置包括刚架结构的约束支撑和反力框架，刚架结构的约束支撑包括固定支座和铰支座，反力框架反力架和底座组成；测量设备包括力传感器、应变片和拉线位移传感器。该装置集结构力学实验模型、加载装置和测量装置于一体，实验模型灵活可变；根据实验内容的需要，可组装不同的分部实验模型，进行多种方法的力法实验，各种方法所得结果便于相互对比和与理论结果对比。



1.一种将力法直观化的教学实验装置,其特征在于,包括刚架结构、加载装置、支撑及约束装置和测量设备;

所述刚架结构由竖向空心方杆(3a)、横向空心方杆(3b)和刚结点盘(4a)组成;竖向空心方杆(3a)一端刚结点盘(4a)固定连接,另一端与刚结点盘(4b)固定连接,实现刚架结构与固定支座的连接;横向空心方杆(3b)一端与刚结点盘(4a)固定连接,另一端与铰结点盘(5)固定连接,实现刚架结构与铰支座的连接;

所述加载装置由蜗轮蜗杆加载装置和砝码加载装置组成;

所述蜗轮蜗杆加载装置包括蜗轮蜗杆升降机(6)、加载杆(9)、球铰(8)和杆件夹具(10);蜗轮蜗杆升降机(6)一端与小车平台(12a)固定连接,小车平台(12a)安装到反力架(1)导轨上,小车平台(12a)可沿反力架(1)导轨调整高度,蜗轮蜗杆升降机(6)另一端与力传感器(7)连接,蜗轮蜗杆升降机(6)通过旋转手轮对刚架结构施加荷载;力传感器(7)、球铰(8)、加载杆(9)和杆件夹具(10)依次连接;杆件夹具(10)实现加载装置与横向空心方杆(3b)或竖向空心方杆(3a)连接,杆件夹具(10)包括销钉(21)、加载杆连接件(20)和杆件夹片(22),加载杆连接件(20)和杆件夹片(22)通过销钉(21)连接;竖向空心方杆(3a)垂直穿过杆件夹片(22)形成的凹槽并与杆件夹片(22)固定连接;通过蜗轮蜗杆加载装置,实现对刚架结构的加载与卸载;

所述砝码加载装置由砝码、托盘(18)、高度可调节定滑轮(19)组成,砝码加载装置固定在铰结点盘(5)上,通过砝码加载装置,对刚架结构施加竖向荷载和水平荷载;

所述支撑及约束装置由反力框架和刚架结构的约束支撑组成;

所述反力框架由反力架(1)和底座(2)组成;底座(2)固定于反力架(1)的下横梁下部,用于支撑整个装置;所述反力架(1)由内置导轨的上下两个横梁和内置导轨的左右两个立柱组成,每个横梁或立柱可固定蜗轮蜗杆升降机(6)及小车平台;

所述刚架结构的约束支撑包括固定支座和固定铰支座;固定支座由水平支座传感器(11a)、竖直支座传感器(11b)和刚结点盘(4b)组成,两个支座传感器固定于反力架(1)上;转接板底端与小车平台(12b)相连,转接板一侧与水平支座传感器(11a)连接;水平支座传感器(11a)与刚结点盘(4b)连接;竖直支座传感器(11b)上端与刚结点盘(4b)连接,下端与小车平台(12b)连接,小车平台(12b)固定于反力架(1)下横梁上;固定铰支座由水平支座传感器(11c)、竖直支座传感器(11d)、铰结点盘(5)、铰支座水平导轨(13a)和铰支座竖向导轨(13b)组成;水平支座传感器(11c)和竖直支座传感器(11d)一端与铰结点盘(5)连接,竖直支座传感器(11d)另一端通过小车平台(12d)与铰支座水平导轨(13a)连接,水平支座传感器(11c)另一端通过小车平台(12c)与铰支座竖向导轨(13b)连接;铰支座水平导轨(13a)安装在箱型平台(16)上,铰支座竖向导轨(13b)安装在转接板一侧,转接板另一侧与连接件(14)连接,转接板底端通过小车平台(12e)连接在铰支座水平导轨(13a)上;丝杠升降机(15)安装在箱型平台(16)一侧,通过连接件(14)与转接板相连,对刚架结构施加水平位移,箱型平台(16)固定于反力架(1)下横梁上;

测量设备包括力传感器(7)、应变片、水平拉线位移传感器(17a)和竖向拉线位移传感器(17b);力传感器(7)测得蜗轮蜗杆升降机(6)对刚架结构施加的荷载值;应变片粘贴在竖向空心方杆(3a)和横向空心方杆(3b)两侧不同位置,通过测得的应变值计算杆件内力大小;拉线位移传感器测水平和竖向位移;以上测量设备通过数据采集分析与计算机连

接,通过计算机对各项数据进行实时监测。

2.如权利要求1所述的一种将力法直观化的教学实验装置,其特征在于,所述刚架结构为“L”形刚架、门形刚架。

3.如权利要求1或2所述的一种将力法直观化的教学实验装置,其特征在于,所述铰支座水平支座传感器(11c)可拆卸,去除后固定铰支座变为可移动铰支座。

## 一种将力法直观化的教学实验装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于土木工程专业结构力学实验教学领域,涉及一种将力法直观化的教学实验装置。

### 背景技术

[0002] 结构力学是高等院校土木工程专业必修的学科,其中的力法是结构力学求解超静定结构在静力荷载下内力和位移的基本方法。

[0003] 超静定结构在计算上不同于静定结构,超静定结构的内力不能单从静力平衡条件求出,必须同时考虑变形协调条件。为了计算问题的方便,常在超静定结构的所有未知量中选取其中一部分作为基本未知量。力法便是取某些力作基本未知量,根据变形协调条件求解超静定结构的一种方法。

[0004] 目前高等院校结构力学的教学方法主要是理论教学,由于缺少对相关理论的实验验证,难免会导致部分同学对相关理论的理解不够深入,甚至对相关理论产生怀疑。在高等院校结构力学的日常教学中引入实验内容是今后结构力学教学发展的必然趋势。

### 实用新型内容

[0005] 针对现有技术的不足,改变目前结构力学教学中缺少相关实验内容的现状,实用新型一种将力法直观化的教学实验装置,该教学实验装置能够实现结构力学力法教学内容的实验化,实现对力法理论的验证,并通过实验与理论的差别找出实验误差的原因,使同学们在亲身实践和分析中,更深入的理解位移法的理论知识。

[0006] 本实用新型的技术方案如下:

[0007] 一种将力法直观化的教学实验装置包括刚架结构、加载装置、支撑及约束装置和测量设备。

[0008] 所述刚架结构由竖向空心方杆3a、横向空心方杆3b和刚结点盘4a组成。竖向空心方杆3a一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连;另一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4b相连,实现刚架结构与固定支座的连接。横向空心方杆3b一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连;另一端通过螺栓与带有凹槽的铰结点盘5相连,实现刚架结构与铰支座连接。刚结点盘和铰结点盘均采用与所连杆件相同的刚度,通过螺栓与结点盘连接形成等刚度模型。

[0009] 所述加载装置由蜗轮蜗杆加载装置和砝码加载装置组成。所述蜗轮蜗杆加载装置由蜗轮蜗杆升降机6、加载杆9、球铰8和杆件夹具10组成;蜗轮蜗杆升降机6一端通过螺栓与小车平台12a固定连接,小车平台12a通过底部的四块滑块安装到反力架1导轨上,小车平台12a可沿反力架1导轨任意调整高度;蜗轮蜗杆升降机6另一端通过螺纹与力传感器7连接,蜗轮蜗杆升降机6通过旋转手轮对刚架结构施加荷载;力传感器7通过螺纹与球铰8连接,球铰8通过螺纹与加载杆9连接,加载杆9通过螺纹与杆件夹具10连接,球铰8通过其自身的自由转动避免加载装置对刚架结构产生弯矩的影响;杆件夹具10包括销钉21、加载杆连接件

20和两块不同大小的杆件夹片22;大的杆件夹片22一侧有销孔,加载杆连接件20一侧有销孔,通过销钉21将二者连接在一起;竖向空心方杆3a垂直穿过两块杆件夹片(22)形成的凹槽,每块杆件夹片22上有四个螺栓孔,通过螺栓将矩形薄壁杆件3a和杆件夹片22连接;杆件夹具10可以实现加载装置与横向空心方杆3b或竖向空心方杆3a连接,同时通过杆件夹具10销结构避免弯矩传递。通过蜗轮蜗杆加载装置,实现对刚架结构的加载与卸载,蜗轮蜗杆加载装置可手动控制施加拉力和压力,通过力传感器7在计算机上显示所加荷载,实现刚架结构的加载与卸载。

[0010] 所述砝码加载装置由砝码、托盘18、高度可调节定滑轮19组成;砝码加载装置固定在铰结点盘5上,通过砝码加载装置,实现对刚架结构竖向荷载和水平荷载的施加。

[0011] 支撑及约束装置由反力框架和刚架结构的约束支撑组成。

[0012] 所述刚架结构形式灵活多变,可组成“L”形刚架、门形刚架等多种形式,刚架结构由反力架1和底座2组成;底座2固定于反力架1的下横梁下部,用于支撑整个装置;所述反力架1由内置导轨的上下两个横梁和内置导轨的左右两个立柱组成,每个横梁和立柱上可以固定蜗轮蜗杆升降机6及小车平台,下横梁固定小车平台12b,一侧立柱固定小车平台12a。

[0013] 所述刚架结构的约束支撑包括固定支座和固定铰支座。固定支座由水平支座传感器11a、竖直支座传感器11b和刚结点盘4b组成,两个支座传感器固定于反力架上;转接板底端通过螺栓与小车平台12b相连,转接板一侧通过螺栓与水平支座传感器11a相连;水平支座传感器11a插入布置有凹槽的刚结点盘4b,由螺栓与其连接;竖直支座传感器11b上端插入刚结点盘4b内,下端通过螺栓与小车平台12b连接,小车平台12b固定于反力架下横梁上。固定铰支座由水平支座传感器11c、竖直支座传感器11d、铰结点盘5、铰支座水平导轨13a和铰支座竖向导轨13b组成,水平支座传感器11c可拆卸,使固定铰支座转变为可动铰支座;水平支座传感器11c和竖直支座传感器11d一端插入布置有凹槽的铰结点盘5内,并由螺栓与其连接;竖直支座传感器11d另一端通过小车平台12d与铰支座水平导轨13a相连,水平支座传感器11c另一端通过小车平台12c与铰支座竖向导轨13b相连。铰支座水平导轨13a通过螺栓安装在箱型平台16上;铰支座竖向导轨13b通过螺栓安装在转接板一侧,转接板另一侧与连接件14相连,转接板底端通过小车平台12e连接在铰支座水平导轨13a上。丝杠升降机15安装在箱型平台16一侧,通过连接件14与转接板相连,可用于对刚架结构限制或施加水平位移,箱型平台16固定于反力架下横梁上。

[0014] 测量设备包括力传感器7、应变片、水平拉线位移传感器17a和竖向拉线位移传感器17b。力传感器7测得蜗轮蜗杆升降机6对刚架结构所施加的荷载值;应变片粘贴在竖向空心方杆3a和横向空心方杆3b两侧不同位置,通过所测应变值计算杆件内力大小;拉线位移传感器可测得测点水平和竖向的位移;以上测量设备通过数据采集分析与计算机连接,通过计算机对各项数据进行实时监测。

[0015] 本实用新型的有益效果是:根据实验内容的需要,力法实验装置可组装出不同的分部实验模型,可以进行多种方法的力法实验,各种方法所得结果便于相互对比和与理论结果对比。该装置集结构力学实验模型、加载装置和测量装置于一体,根据实验内容的需要可以在杆件的不同位置粘贴应变片,在杆件的不同位置加载,实验模型灵活可变。通过实验验证,本力法实验装置所得实验结果与结构力学计算所得理论值相比误差很小,适合高校开展相关教学实验及进一步设计拓展。

## 附图说明

- [0016] 图1是力法教学实验装置原结构图。
- [0017] 图2是力法教学实验装置荷载单独作用于静定基本结构图。
- [0018] 图3是力法教学实验装置竖向反力单独作用于静定基本结构图。
- [0019] 图4是力法教学实验装置水平反力单独作用于静定基本结构图。
- [0020] 图5是力法教学实验装置荷载单独作用于一次超静定基本结构图。
- [0021] 图6是力法教学实验装置水平反力单独作用于一次超静定基本结构图。
- [0022] 图7是力法教学实验装置结构详图。
- [0023] 图8是力法教学实验装置蜗轮螺旋加载装置详图。
- [0024] 图9是力法教学实验装置杆件连接装置详图。
- [0025] 图中:1反力架;2底座;3a竖向空心方杆;3b横向空心方杆;4a刚结点盘;4b刚结点盘;5铰结点盘;6蜗轮蜗杆升降机;7力传感器;8球铰;9加载杆;10杆件夹具;11a水平支座传感器;11b竖直支座传感器;11c水平支座传感器;11d竖直支座传感器;12a小车平台;12b小车平台;12c小车平台;12d小车平台;12e小车平台;12f小车平台;12g小车平台;13a铰支座水平导轨;13b铰支座竖向导轨;14连接件;15丝杠升降机;16箱型平台;17a水平拉线位移传感器;17b竖向拉线位移传感器;18托盘;19高度可调节定滑轮;20加载杆连接件;21销钉;22杆件夹片。

## 具体实施方式

[0026] 本实用新型通过对去除部分支座约束的刚架结构,分别单独在刚架杆件上施加荷载和在所去除支座约束处施加与约束同向的外力,测量各分部实验中结构的内力和位移。应用力法原理,对荷载和各外力单独作用下结构的内力和位移进行叠加,求解荷载作用在刚架结构上的内力和位移,验证力法原理的正确性。

[0027] 下面结合附图和实施例对本实用新型的实施方式做进一步说明。

[0028] 一种将力法直观化的教学实验装置由刚架结构、加载装置、支撑及约束装置、测量设备组成,该教学实验装置原结构图如图1所示,设备的具体安装方式如下:

[0029] 反力架1和底座2组成反力框架;

[0030] 刚架结构由两根相互垂直的竖向空心方杆3a和横向空心方杆3b通过刚结点盘4a连接而成。竖向空心方杆3a一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连;另一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4b相连,实现刚架结构与固定支座的连接。横向空心方杆3b一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连;另一端通过螺栓与带有凹槽的铰结点盘5相连,实现刚架结构与固定铰支座相连接。刚结点盘和铰结点盘均采用与所连杆件相同的刚度,通过螺栓与结点盘连接形成等刚度模型。固定铰支座安装在箱型平台16上,固定于反力架1下横梁上。

[0031] 蜗轮蜗杆加载装置由蜗轮蜗杆升降机6、力传感器7、球铰8、加载杆9和杆件夹具10依次首尾连接而成。蜗轮蜗杆升降机6一端通过螺栓与小车平台12a固定连接,小车平台12a通过底部的四块滑块安装到反力架1导轨上,可沿反力架1导轨任意调整高度;蜗轮蜗杆升降机6另一端通过螺纹与力传感器7连接;杆件夹具10连接于竖向空心方杆3a上,对刚架结

构施加荷载。

[0032] 实施例1:以一端固定一端自由的倒“L”形静定刚架结构为基本结构的力法实验

[0033] 图2为力法教学实验装置荷载单独作用于静定基本结构图,图2结构的安装方式是在图1结构的基础。水平拉线位移传感器17a和竖向拉线位移传感器17b的一端固定在反力架1上,另一端通过拉线连接在铰结点盘5上。蜗轮蜗杆加载装置连接竖向空心方杆3a施加荷载,同时由水平拉线位移传感器17a和竖向拉线位移传感器17b测得相应位移值。

[0034] 图3为力法教学实验装置竖向反力单独作用于静定基本结构图,刚架结构和拉线位移传感器连接方式与图2相同。在铰结点盘5上通过钢丝绳连接托盘18,在托盘18上加砝码对刚架结构在铰结点盘5处施加竖向荷载,同时由水平拉线位移传感器17a和竖向拉线位移传感器17b测得相应位移值。

[0035] 图4力法教学实验装置水平反力单独作用于静定基本结构图,钢架结构和拉线位移传感器17连接方式与图2相同。在铰结点盘5上通过钢丝绳绕过高度可调节定滑轮19连接托盘18,在托盘18上加砝码。在加载过程中,通过调节与高度可调节定滑轮19相连接的丝杠升降机15,使高度可调节定滑轮19与刚架结构高度相同,从而实现对刚架结构施加水平荷载,同时由水平拉线位移传感器17a和竖向拉线位移传感器17b测得相应位移值。

[0036] 实施例2:以一端固定一端约束竖向位移的倒“L”形一次超静定刚架结构为基本结构的力法实验

[0037] 图5力法教学实验装置荷载单独作用于一次超静定基本结构图。刚架结构由两根相互垂直的竖向空心方杆3a和横向空心方杆3b通过刚结点盘4a连接而成。竖向空心方杆3a一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连;另一端通与由刚结点盘4、水平和竖向支座传感器11和小车平台12组成的固定支座相连;横向空心方杆3b一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连;另一端与由铰结点盘5、竖向支座传感器11d和铰支座水平导轨13a组成的可动铰支座相连。可动铰支座安装在箱型平台16上,固定于反力架1下横梁上。水平拉线位移传感器17a通过小车平台12f固定在反力架1上,另一端通过拉线连接在铰结点盘5上。蜗轮蜗杆加载装置连接竖向空心方杆3a施加荷载,同时由水平拉线位移传感器17a和竖向拉线位移传感器17b测得相应位移值。

[0038] 图6为力法教学实验装置水平反力单独作用于一次超静定基本结构图。刚架结构由两根相互垂直的竖向空心方杆3a和横向空心方杆3b通过刚结点盘4a连接而成。竖向空心方杆3a一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连,另一端通与由刚结点盘4、水平和竖向支座传感器11和小车平台12组成的固定支座相连;横向空心方杆3b一端通过螺栓与带有凹槽的刚结点盘4a相连;另一端与由铰结点盘5、竖向支座传感器11d、小车平台12e、铰支座水平导轨13a组成的可动铰支座相连。可动铰支座安装在箱型平台16上,箱型平台16固定于反力架1下横梁上,水平拉线位移传感器17a一端固定在反力架1上,另一端通过拉线连接在铰结点盘5上。固定在箱型平台16上的丝杠升降机15,通过水平支座传感器11c、小车平台12c、铰支座竖向导轨13b组成的水平支座与铰结点盘5相连。通过丝杠升降机15对刚架在铰结点盘5处施加水平荷载,同时由水平拉线位移传感器17a和竖向拉线位移传感器17b测得相应位移值。

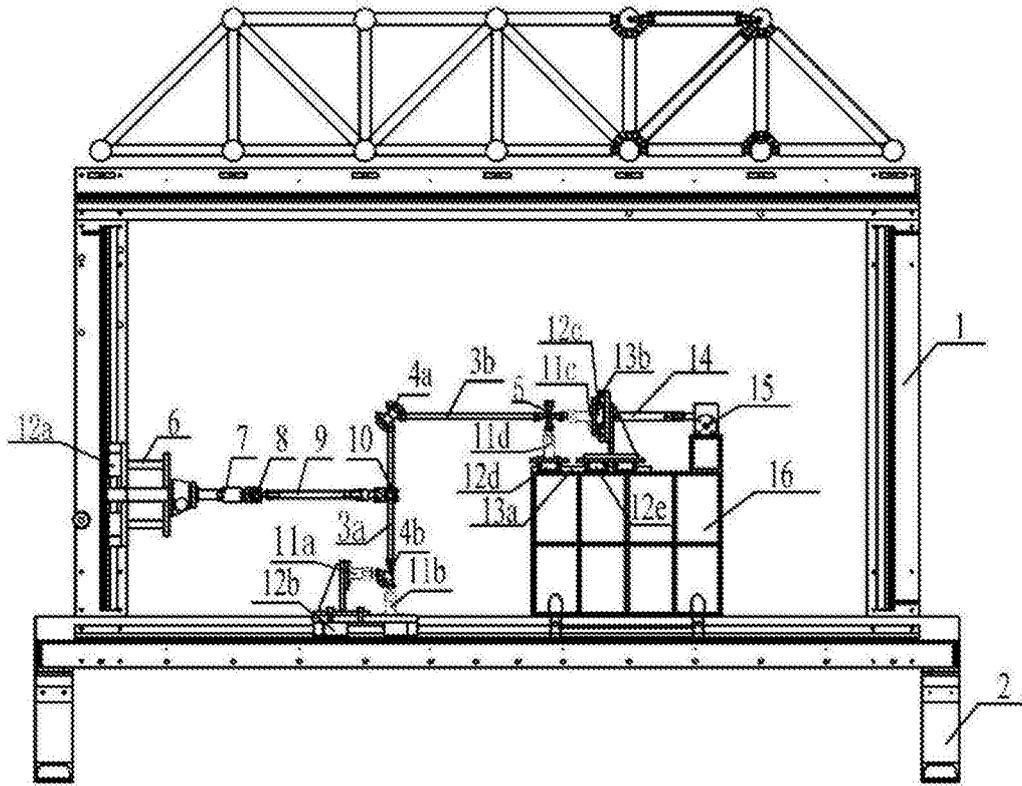


图1

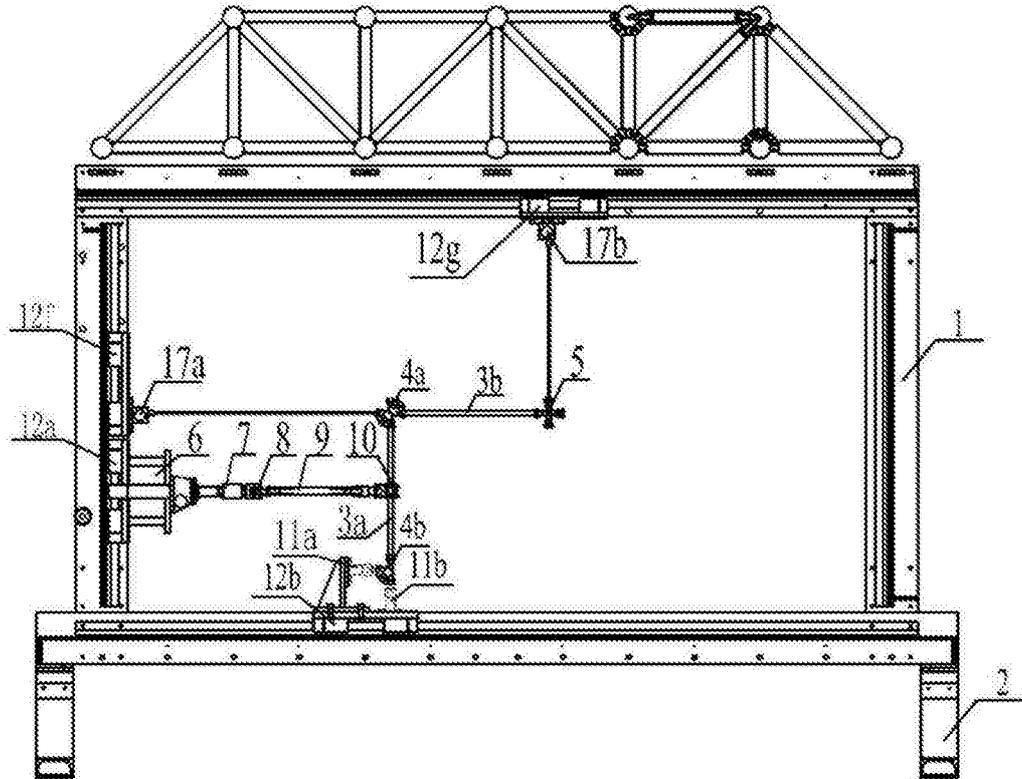


图2

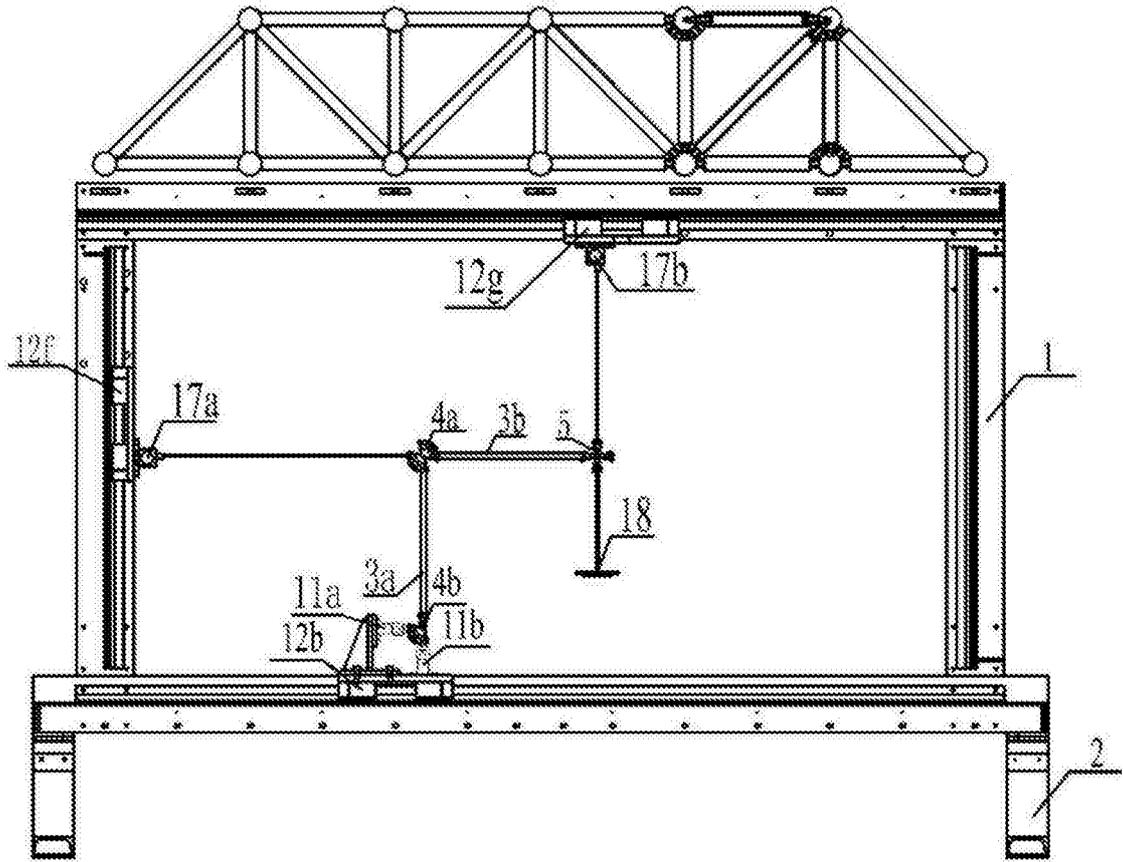


图3

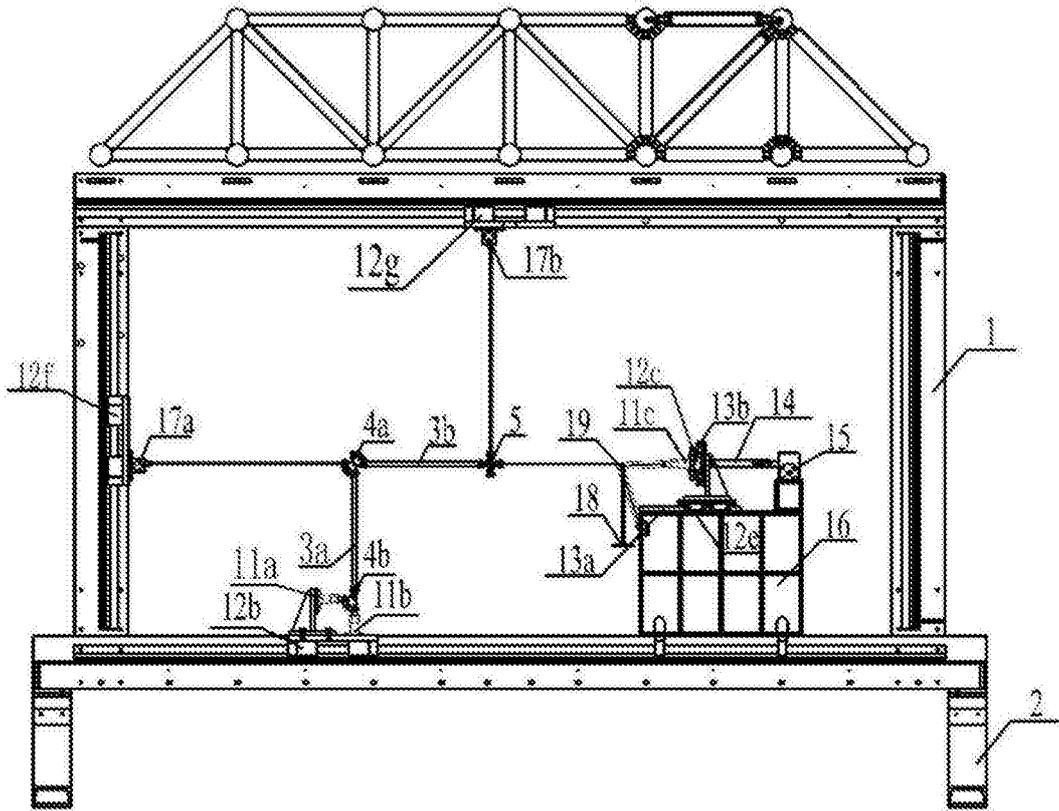


图4



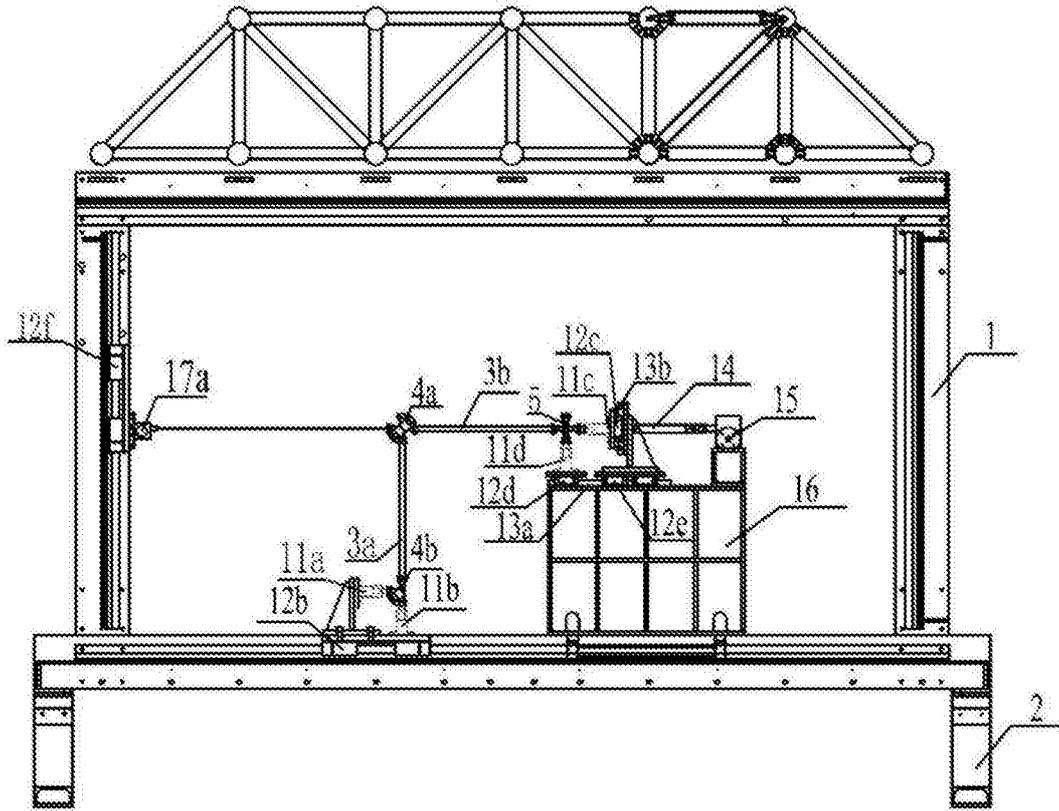


图6

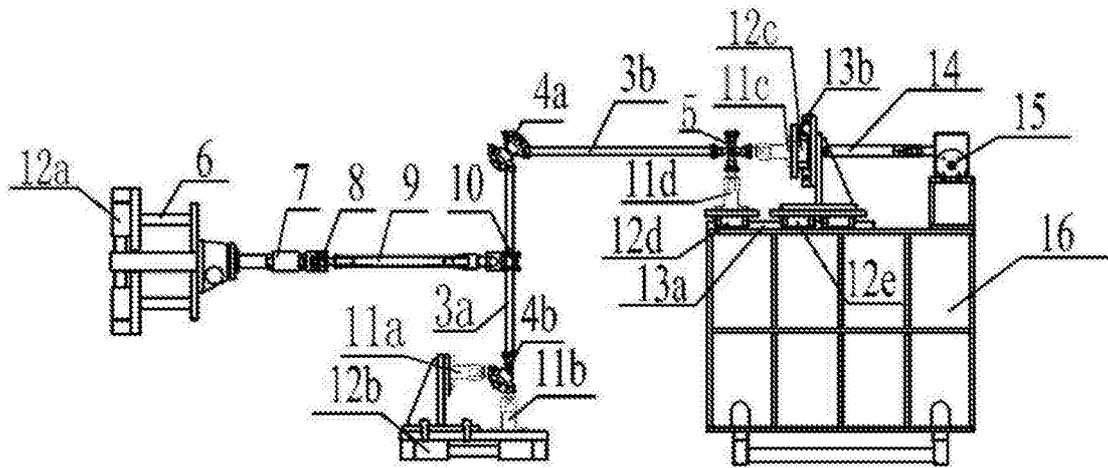


图7

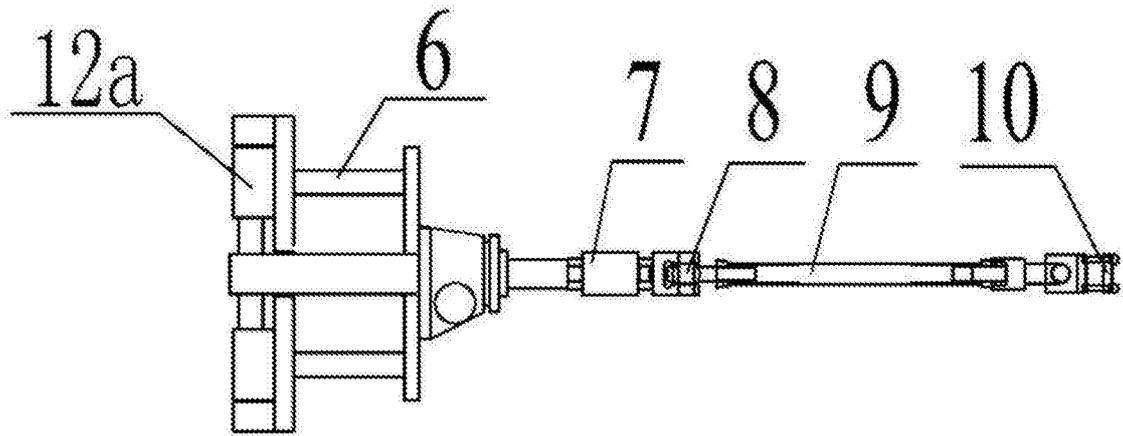


图8

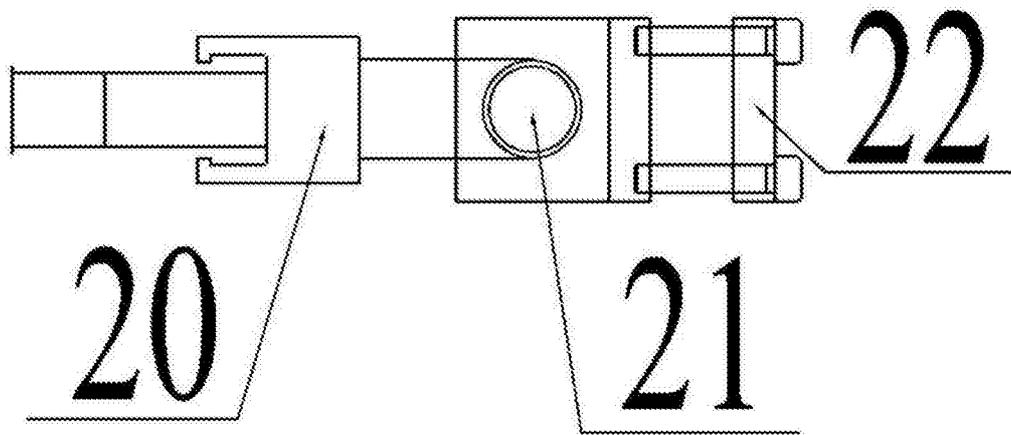


图9