



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105206142 B

(45)授权公告日 2018.01.30

(21)申请号 201510707959.3

(22)申请日 2015.10.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105206142 A

(43)申请公布日 2015.12.30

(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)

(56)对比文件

CN 201285618 Y,2009.08.05,

CN 103761910 A,2014.04.30,

CN 205158737 U,2016.04.13,

CN 101303813 A,2008.11.12,

SU 1254530 A1,1986.08.30,

徐昌文.对“用位移法计算超静定结构”论述
的高榘.《力学与实践》.1996,第18卷(第02期),

史晓燕.力法与位移法的比较及综合应用.

《扬州职业大学学报》.1999,第3卷(第4期),

审查员 周婷婷

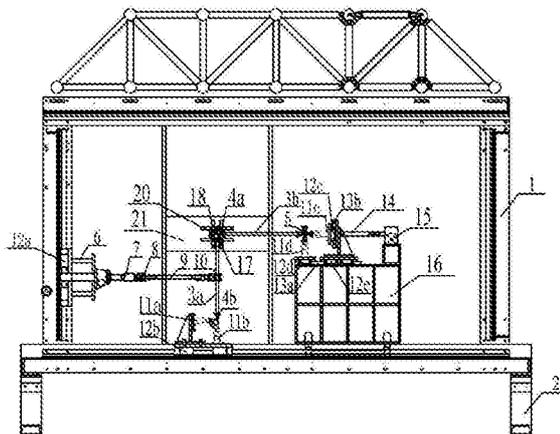
权利要求书2页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

一种将位移法直观化的教学实验装置

(57)摘要

本发明提供一种将位移直观化的教学实验装置,该装置包括刚架结构、蜗轮蜗杆加载装置、支撑及约束装置、转角约束及加载装置和测量设备。刚架结构由相互垂直的矩形薄壁杆件通过刚结点盘连接而成;蜗轮蜗杆加载装置实现对刚架结构的加载与卸载;支承及约束装置包括刚架结构的约束支承和反力框架,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;转角约束及加载装置通过转角传感器测出角位移数值;测量设备包括力力传感器、应变片和转角传感器。该装置实验模型灵活可变;根据实验内容的需要,可组装不同的分部实验模型,进行多种方法的位移法实验,各种方法所得结果便于相互对比和与理论结果对比。



1. 一种将位移法直观化的教学实验装置,其特征在于,包括刚架结构、蜗轮蜗杆加载装置、转角约束及加载装置、支撑及约束装置和测量设备;

所述刚架结构由竖向矩形薄壁杆件(3a)、横向矩形薄壁杆件(3b)和第一刚结点盘(4a)组成;竖向矩形薄壁杆件(3a)一端与第一刚结点盘(4a)固定连接,另一端与第二刚结点盘(4b)固定连接,实现刚架结构与固定支座的连接;横向矩形薄壁杆件(3b)一端与第一刚结点盘(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固定连接;第一刚结点盘、第二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;

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)一端与小车平台(12a)固定连接,第一小车平台(12a)安装到反力架(1)导轨上,第一小车平台(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)及杆件夹具(10)依次通过螺纹连接;杆件夹具(10)实现加载装置与横向薄壁杆件(3b)或竖向薄壁杆件(3a)的连接,杆件夹具(10)包括销钉(23)、加载杆连接件(22)和杆件夹片(24),加载杆连接件(22)与杆件夹片(24)通过销钉(23)连接,矩形薄壁杆件(3a)垂直穿过杆件夹片(24)形成的凹槽并与杆件夹片(24)固定连接;手动控制蜗轮蜗杆加载装置对刚架结构施加拉力和压力,通过力传感器(7)在计算机上显示所加荷载;

所述转角约束及加载装置由X-Y向随动工作台(20)、扭矩传感器(18)和丝杠减速机(19)组成,X-Y向随动工作台(20)由水平导轨(13d)、竖直导轨(13c)、第六小车平台(12f)和第七小车平台(12g)组成;扭矩传感器(18)一端与第一刚结点盘(4a)固定连接,另一端插入丝杠减速机(19)内;丝杠减速机(19)安装到第六小车平台(12f)上,第六小车平台(12f)与竖直导轨(13c)连接,竖直导轨(13c)与第七小车平台(12g)连接,第七小车平台(12g)与水平导轨(13d)连接,水平导轨(13d)与侧向反力架(21)平板中部连接;X-Y向随动工作台(20)实现转角约束及加载装置沿水平导轨(13d)和竖直导轨(13c)自由运动,转角约束及加载装置通过对第一刚结点盘(4a)施加扭矩,在刚架结构在结点处产生角位移,通过转角传感器(17)测出角位移数值;

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)、侧向反力架(21)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;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,下横梁固定第二小车平台(12b),一侧立柱固定第一小车平台(12a);侧向反力架(21)由平板和立柱组成,立柱上下通过滑块与反力架(1)上下横梁相连,平板通过滑块与立柱相连,平板可以在立柱上上下滑动;侧向反力架(21)用于安装转角约束及加载装置,平板中部通过螺栓与X-Y向随动工作台的水平导轨(13d)相连;

所述刚架结构的约束支撑包括固定支座和固定铰支座;固定支座由第一水平支座传感器(11a)、第一竖直支座传感器(11b)和第二刚结点盘(4b)组成;转接板底端与第二小车平台(12b)连接,转接板一侧与第一水平支座传感器(11a)连接,第一水平支座传感器(11a)与第二刚结点盘(4b)连接,第一竖直支座传感器(11b)上端与第二刚结点盘(4b)连接,下端与第二小车平台(12b)连接,第二小车平台(12b)固定于反力架下横梁上;固定铰支座由第二

水平支座传感器(11c)、第二竖直支座传感器(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;第二竖直支座传感器(11d)和第二水平支座传感器(11c)一端与铰结点盘(5)连接,第二竖直支座传感器(11d)另一端通过第四小车平台(12d)与铰支座水平导轨(13a)连接,第二水平支座传感器(11c)另一端通过第三小车平台(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,转接板底端通过第五小车平台(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;

所述测量设备包括力传感器(7)、应变片、转角传感器(17);应变片粘贴在矩形薄壁杆件(3a、3b)两侧不同位置,通过所测应变值计算杆件内力大小;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;转角传感器(17)固定于刚架结构的第一刚结点盘(4a)上,测第一刚结点盘(4a)处的转角;以上测量设备均连接于计算机,通过计算机对各项数据进行实时监测。

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

3.如权利要求1或2所述的一种将位移法直观化的教学实验装置,其特征在于,所述第二水平支座传感器(11c)可拆卸,去除后固定铰支座变为可移动铰支座。

一种将位移法直观化的教学实验装置

技术领域

[0001] 本发明属于土木工程专业结构力学实验教学领域,涉及一种将位移法直观化的实验装置。

背景技术

[0002] 结构力学是高等院校土木工程专业必修学科,其中位移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。位移法便是取某些位移作基本未知量,根据静力平衡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,导致部分同学对相关理论理解不够深入,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。

发明内容

[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,发明一种将位移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位移法教学内容的实验化,实现对位移法理论的验证,并可以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] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种将位移法直观化的教学实验装置由刚架结构、蜗轮蜗杆加载装置、转角约束及加载装置、支撑及约束装置和测量设备组成。

[0008] 所述刚架结构由竖向矩形薄壁杆件3a、横向矩形薄壁杆件3b和刚结点盘4a组成。竖向矩形薄壁杆件3a一端通过螺栓与带有凹槽的第一刚结点盘4a相连;另一端通过螺栓与带有凹槽的第二刚结点盘4b相连,实现刚架结构与固定支座的连接。横向矩形薄壁杆件3b一端通过螺栓与带有凹槽的第一刚结点盘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的连接。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6一端通过螺栓与第一小车平台12a固定连接,第一小车平台12a通过底部的四块滑块安装到反力架1导轨上,第一小车平台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23、加载杆连接件22和两块不同大小的杆件夹片24;大的杆

件夹片24一侧有销孔,加载杆连接件22一侧有销孔,通过销钉23将二者连接在一起;矩形薄壁杆件3a垂直穿过两块杆件夹片24形成的凹槽,每块杆件夹片24上有四个螺栓孔,通过螺栓将矩形薄壁杆件3a和杆件夹片24连接;杆件夹具10可以实现加载装置与横向薄壁杆件3b或竖向薄壁杆件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,实现对刚架结构的加载与卸载。

[0010] 转角约束及加载装置由X-Y向随动工作台20、扭矩传感器18和丝杠减速机19组成,X-Y向随动工作台20由水平导轨13d、竖直导轨13c、第六小车平台12f和第七小车平台12g组成。扭矩传感器18一端通过螺栓固定在第一刚结点盘4a上,另一端插入丝杠减速机19内;丝杠减速机19通过螺栓安装到第六小车平台12f上,第六小车平台12f通过滑块与竖直导轨13c相连,竖直导轨13c通过螺栓与第七小车平台12g相连,第七小车平台12g通过滑块与水平导轨13d相连,水平导轨13d通过螺栓与侧向反力架21平板中部相连。X-Y向随动工作台20可使转角约束及加载装置随结构自由的沿水平导轨13d和竖直导轨13c运动;转角约束及加载装置可用于约束刚架结构在第一刚结点盘4a的转动,通过扭矩传感器可测出刚架结构在结点处产生的扭矩;转角约束及加载装置还可以通过对刚架结构第一刚结点盘4a施加扭矩,使刚架结构在结点处产生角位移,通过转角传感器可测出角位移数值。

[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] 所述反力框架为“L”形刚架、门形刚架等多种形式,由反力架1、侧向反力架21和底座2组成,底座2有两个,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,下横梁固定第二小车平台12b,一侧立柱固定第一小车平台12a;侧向反力架21由平板和立柱组成,立柱上下通过滑块与反力架1上下横梁相连,平板通过滑块与立柱相连,平板可以在立柱上上下滑动;侧向反力架21用于安装转角约束及加载装置,平板中部通过螺栓与X-Y向随动工作台的水平导轨13d相连。

[0013] 所述刚架结构的约束支撑包括固定支座和固定铰支座。固定支座由第一水平支座传感器11a、第一竖向支座传感器11b、第二刚结点盘4b组成;转接板底端通过螺栓与第二小车平台12b相连,转接板一侧通过螺栓与第一水平支座传感器11a相连;第一水平支座传感器11a插入布置有凹槽的第二刚结点盘4b,由螺栓与其连接;第一竖向支座传感器11b上端插入第二刚结点盘4b内,下端通过螺栓与第二小车平台12b连接,第二小车平台12b固定于反力架下横梁上。固定铰支座由第二水平支座传感器11c、第二竖向支座传感器11d、铰结点盘5、铰支座水平导轨13a、铰支座竖向导轨13b、第三小车平台12c、第四小车平台12d、第五小车平台12e、丝杠升降机15和箱型平台16组成,其中第二水平支座传感器11c可拆卸,使固定铰支座转变为可动铰支座;第二水平支座传感器11c和第二竖向支座传感器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;第二竖向支座传感器11d另一端通过第四小车平台12d与水平导轨13a相连,第二水平支座传感器11c另一端通过第三小车平台12c与竖向导轨13b相连。水平导轨13a通过螺栓安装在箱型平台16上;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,转接板底端通过第五小车平台12e连接在水平导轨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、应变片和转角传感器17。应变片粘贴在矩形薄壁杆件两侧不同位置,通过所测应变值计算杆件内力大小;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;转角传感器17固定于刚架结构的第二刚结点盘4a上,可测得刚结点盘处的转角;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] 本发明的有益效果是:根据实验内容的需要,位移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位移法实验,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,本位移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是转角约束及加载装置俯视图。

[0017] 图2是蜗轮蜗杆加载装置详图。

[0018] 图3是杆件连接装置详图。

[0019] 图4是实验装置内部结构详图。

[0020] 图5是位移法实验装置无侧移刚架原结构图。

[0021] 图6是位移法实验装置荷载单独作用于无侧移刚架图。

[0022] 图7是位移法实验装置结点转角单独作用于无侧移刚架图。

[0023] 图8是位移法实验装置有侧移刚架原结构图。

[0024] 图9是位移法实验装置荷载和水平线位移作用于有侧移刚架图。

[0025] 图10是位移法实验装置结点转角和水平线位移作用于有侧移刚架图。

[0026] 图中:1反力架;2底座;3a竖向矩形薄壁杆件;3b横向矩形薄壁杆件;4a第一刚结点盘;4b第二刚结点盘;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第一水平支座传感器;11b第一竖向支座传感器;11c第二水平支座传感器;11d第二竖向支座传感器;12a第一小车平台;12b第二小车平台;12c第三小车平台;12d第四小车平台;12e第五小车平台;12f第六小车平台;12g第七小车平台;13a铰支座水平导轨;13b铰支座竖向导轨;13c竖向导轨;13d水平导轨;14连接件;15丝杠升降机;16箱型平台;17转角传感器;18扭矩传感器;19丝杠减速机;20X-Y向随动工作台;21侧向反力架;22加载杆连接件;23销钉;24杆件夹片。

具体实施方式

[0027] 本发明通过在刚架结构杆件上施加荷载或在刚架结构结点处施加结点转角、线位移,测量各分部实验中结构的内力和位移。应用位移法原理,对荷载和各位移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,验证位移法原理的正确性。

[0028] 下面结合附图和实施实例对本发明的实施方式做进一步说明。实验装置的具体安装和实施方式如下:

[0029] 实施例1:无侧移刚架的位移法实验

[0030] 图5为位移法实验装置无侧移刚架原结构图。

[0031] 刚架结构由竖向矩形薄壁杆件3a、横向矩形薄壁杆件3b和第一刚结点盘4a组成。竖向矩形薄壁杆件3a一端通过螺栓与带有凹槽的第一刚结点盘4a相连;另一端通过螺栓与带有凹槽的第二刚结点盘4b相连,实现刚架结构与固定支座的连接。横向矩形薄壁杆件3b一端通过螺栓与带有凹槽的第一刚结点盘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的连接。

[0032] 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,依次首尾通过螺纹连接而成。杆件夹具10与竖向薄壁杆件3a连接,对刚架结构施加荷载。

[0033] 应变片粘贴在矩形薄壁杆件3a、3b两侧不同位置,通过所测应变值计算杆件内力大小;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;转角传感器17固定于刚架结构的第一刚结点盘4a上,可测得第一刚结点盘4a处的转角;以上测量设备均连接于计算机,通过计算机对各项数据进行实时监测。

[0034] 图6为位移法实验装置荷载单独作用于无侧移刚架图。

[0035] 图6结构的安装方式是在图5结构的基础上,在第一刚结点盘4a后的侧向反力架21上,安装如图1所示的由扭矩传感器18、丝杠减速机19和X-Y向随动工作台20组成的转角约束及加载装置,限制刚架结构在刚结点盘4处的转动。通过上述蜗轮蜗杆加载装置对刚架施加荷载,通过调整转角约束及加载装置,使刚架结构在转角传感器17处转角为零,同时测得扭矩传感器18所承受的扭矩。

[0036] 图7为位移法实验装置结点转角单独作用于无侧移刚架图。图7结构的安装方式是在图6结构的基础上,去除上述蜗轮蜗杆加载装置。通过转角约束及加载装置对刚架结构在刚结点盘4处施加扭矩,通过安装于刚结点盘4上的转角传感器17,测量刚架结构在刚结点盘4处的转角。

[0037] 实施例2:有侧移刚架的位移法实验

[0038] 图8为位移法实验装置有侧移刚架原结构图。图8结构的安装方式是在图5结构的基础上,去除固定铰支座处的第二水平支座传感器11c,使固定铰支座转变为可动铰支座。通过上述蜗轮蜗杆加载装置对刚架结构施加荷载,并由安装于第一刚结点盘4a上的转角传感器17,测得荷载作用下刚架结构在第一刚结点盘4a处产生的转角。

[0039] 图9为位移法实验装置荷载和水平线位移作用于有侧移刚架图。图9结构的安装方式是在图6结构的基础上,去除固定铰支座处的第二水平支座传感器11c,使固定铰支座转变为可动铰支座。通过上述蜗轮蜗杆加载装置对刚架施加荷载,通过调整转角约束及加载装置,使刚架结构在转角传感器17处转角为零,同时测得扭矩传感器18所承受的扭矩。

[0040] 图10为位移法实验装置结点转角和水平线位移作用于有侧移刚架图。图10结构的安装方式是在图7结构的基础上,去除固定铰支座处的第二水平支座传感器11c,使固定铰支座转变为可动铰支座。通过转角约束及加载装置对刚架结构在刚结点盘4处施加扭矩,通过安装于刚结点盘4上的转角传感器17,测量刚架结构在刚结点盘4处的转角。

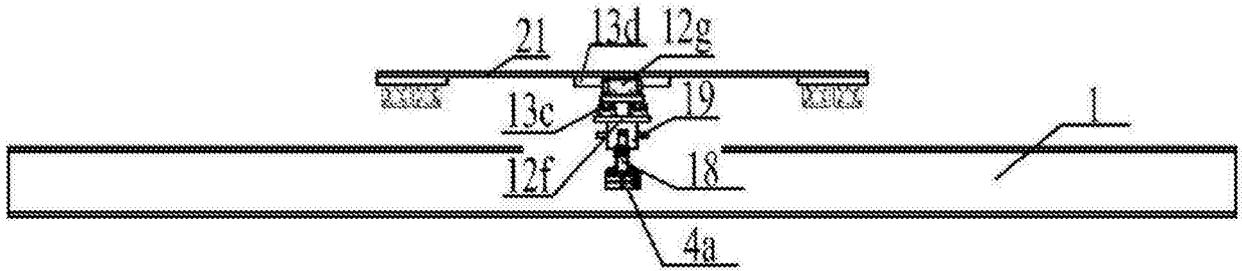


图1

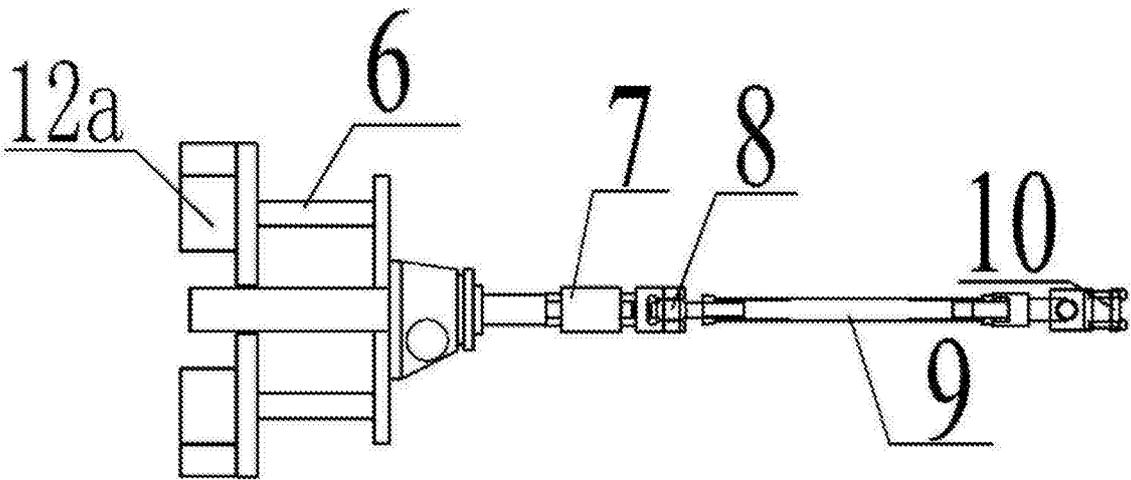


图2

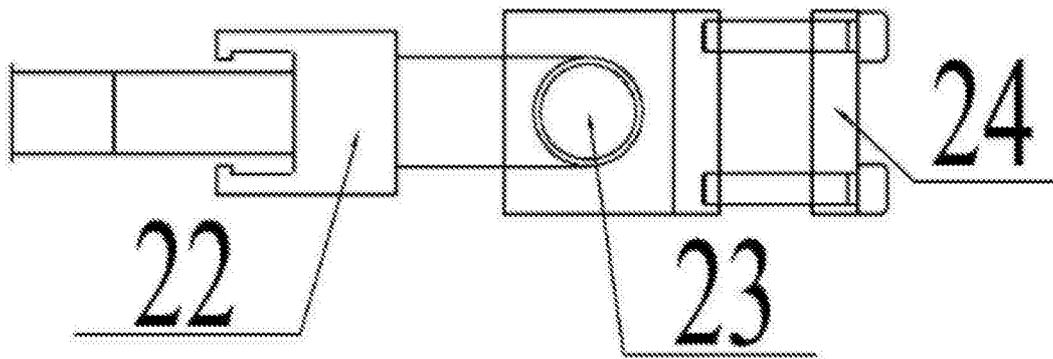


图3

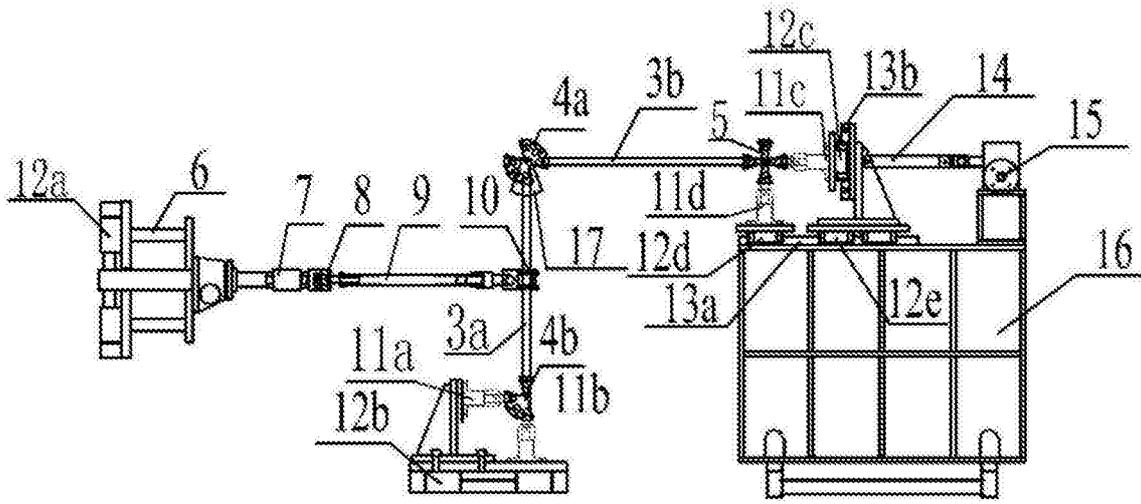


图4

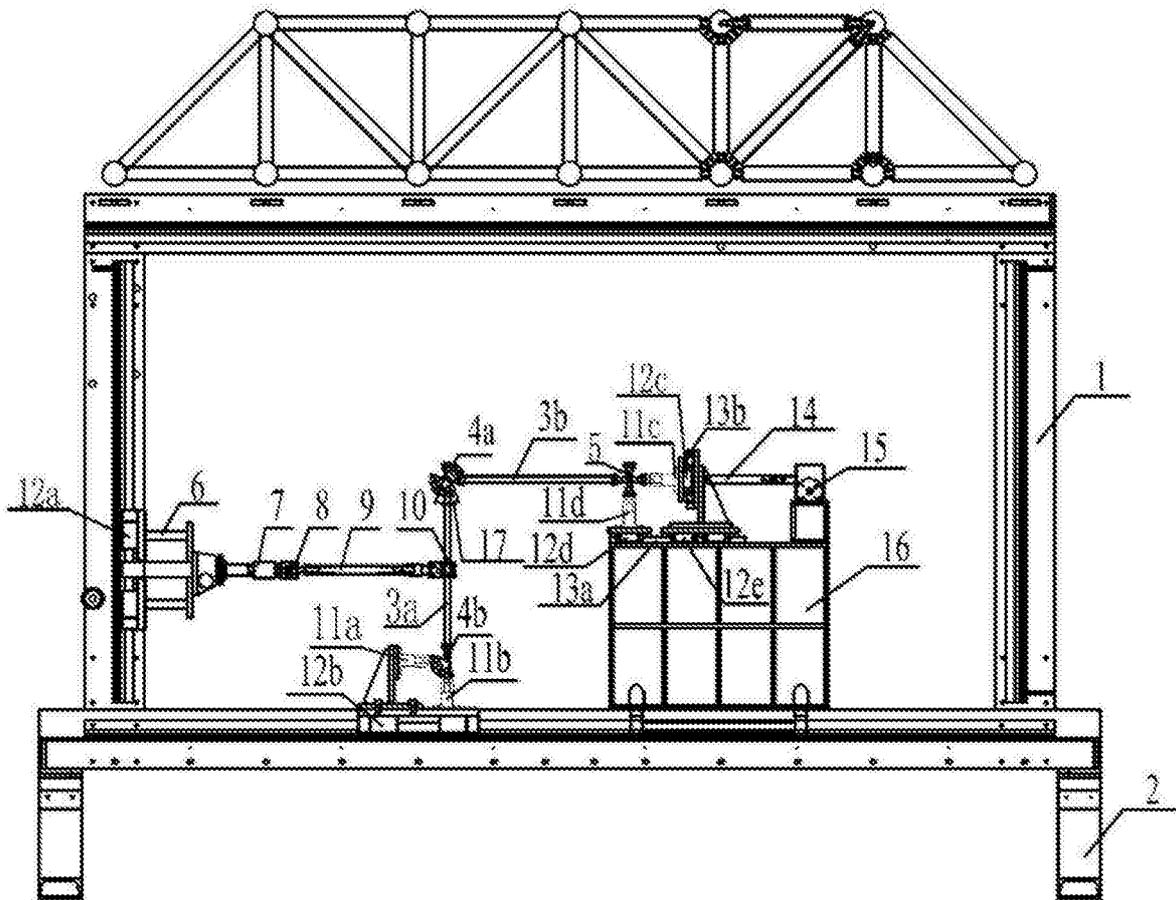


图5

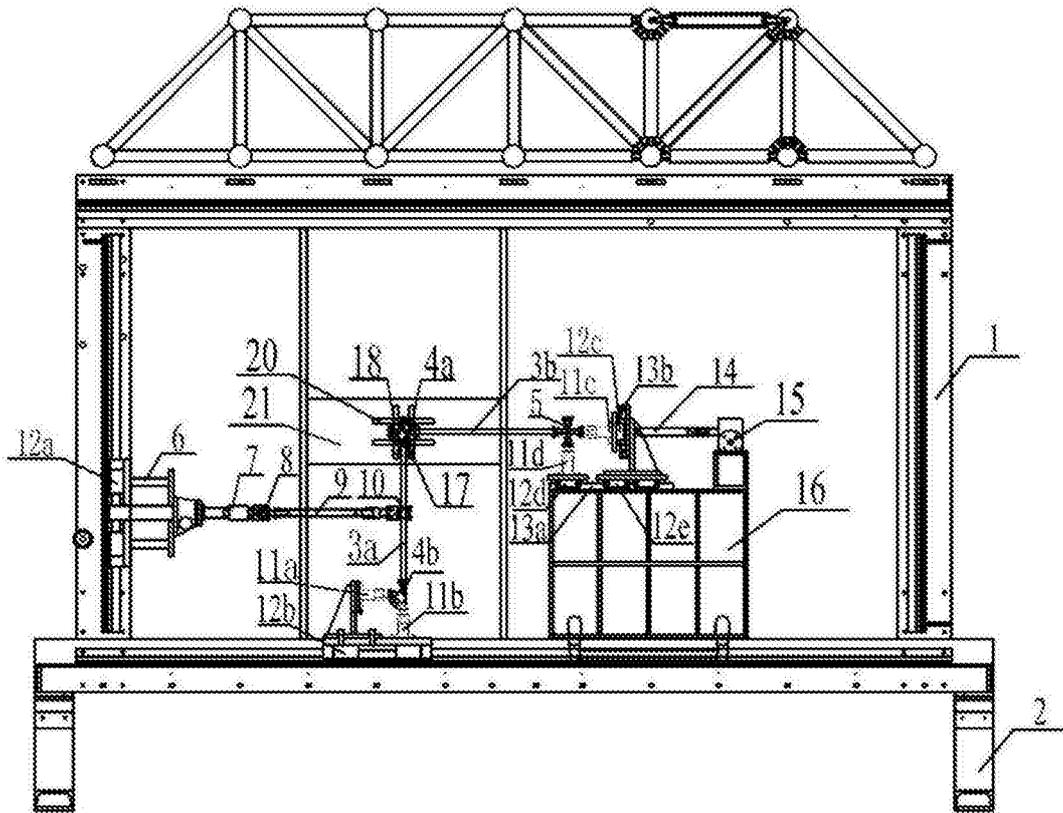


图6

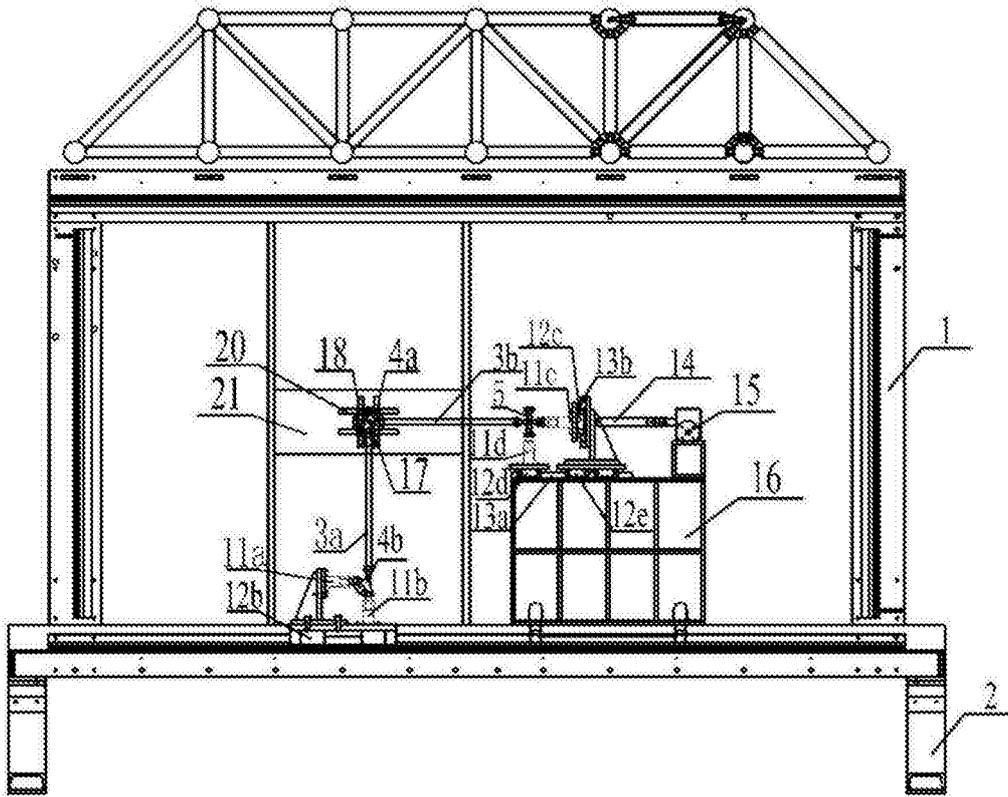


图7

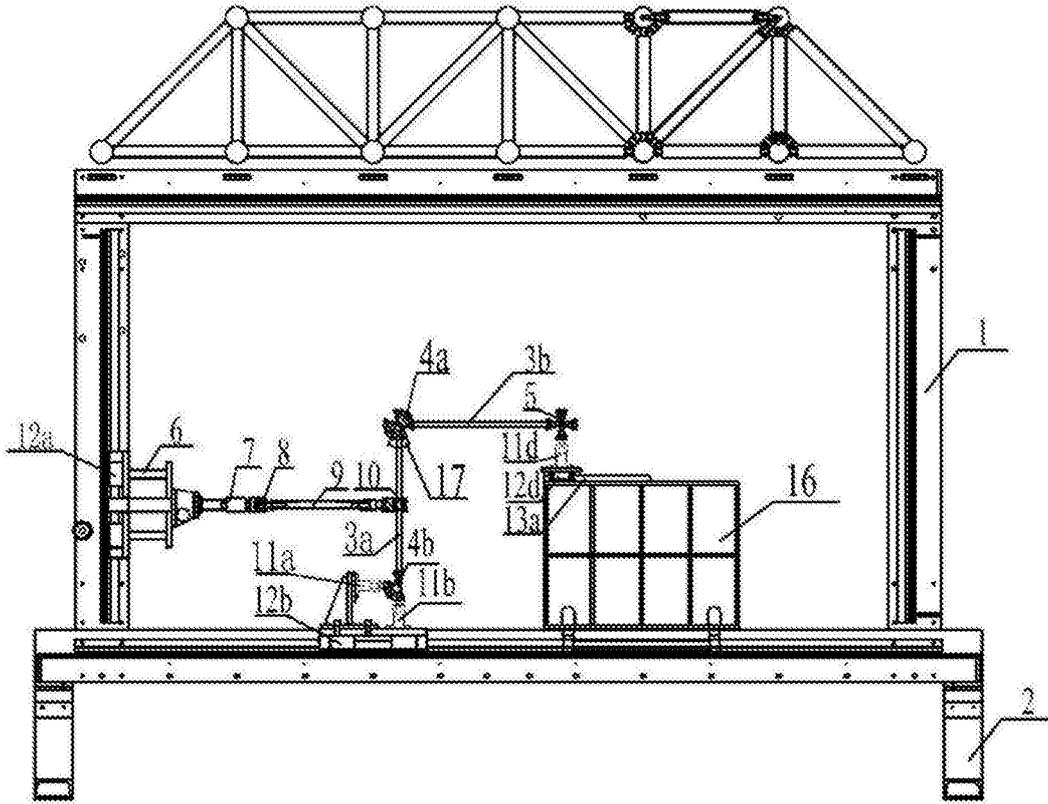


图8

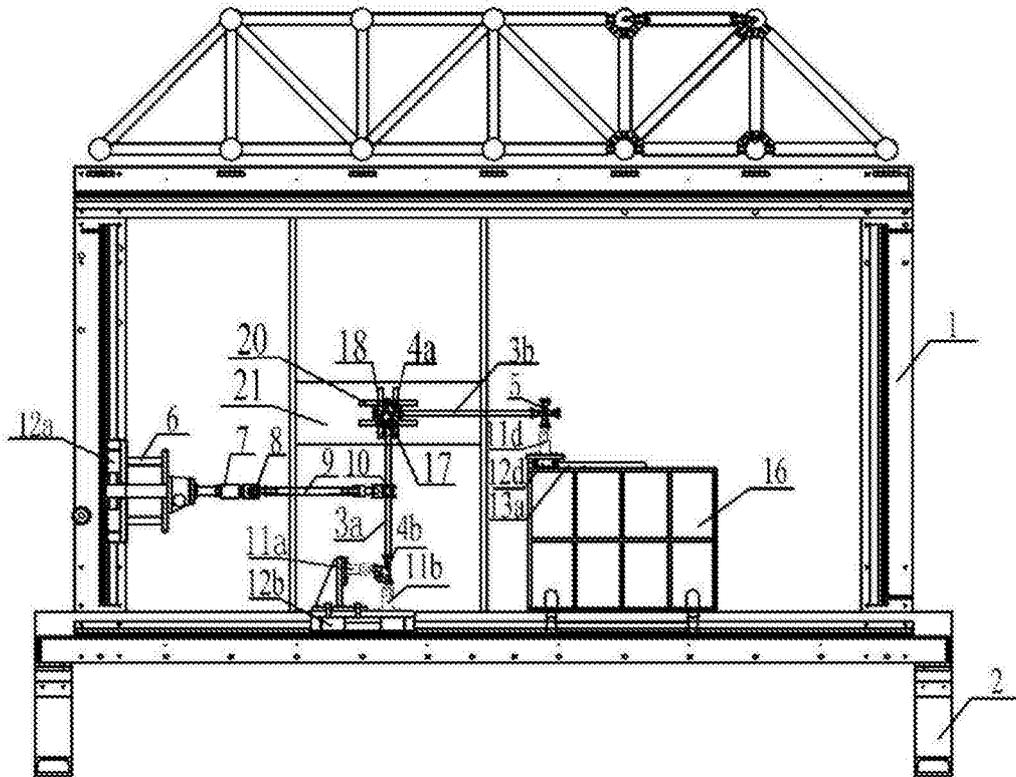


图9

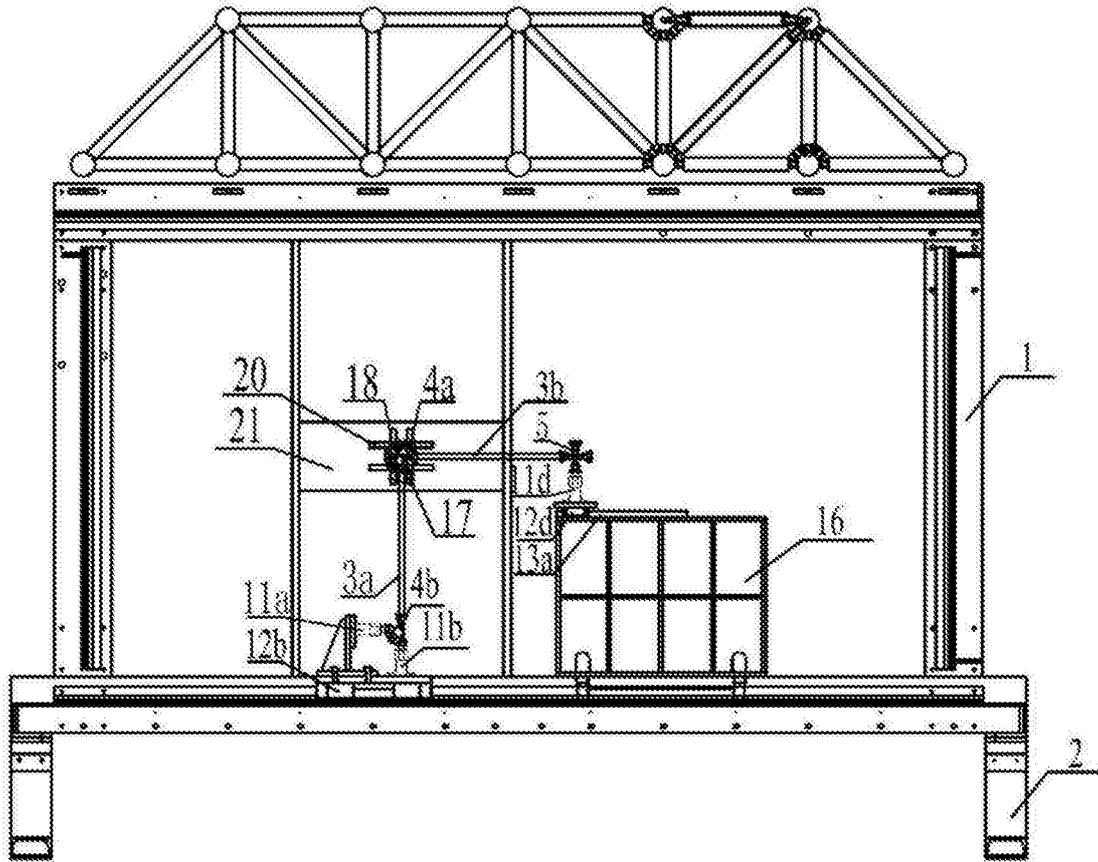


图10