



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103551469 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201310491644. 0

(22) 申请日 2013. 10. 18

(73) 专利权人 北京航空航天大学  
地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 李卫东 温正略 张乐 王秀凤  
万敏

(74) 专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限公司 11232  
代理人 王顺荣 唐爱华

(51) Int. Cl.  
B21D 43/00(2006. 01)

(56) 对比文件

- CN 101221032 A , 2008. 07. 16, 全文 .
- CN 101294797 A , 2008. 10. 29, 全文 .
- CN 102248389 A , 2011. 11. 23, 全文 .
- CN 102513941 A , 2012. 06. 27, 全文 .

- CN 103143597 A , 2013. 06. 12, 全文 .
- CN 1850452 A , 2006. 10. 25, 全文 .
- JP 10-291037 A , 1998. 11. 04, 全文 .
- KR 10-2012-0025868 A , 2012. 03. 16, 全文 .
- US 6670578 B2 , 2003. 12. 30, 全文 .

审查员 马琳

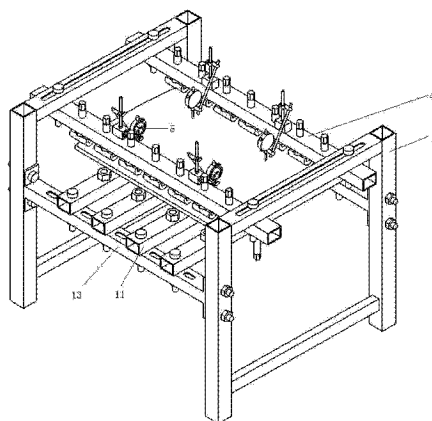
权利要求书1页 说明书5页 附图8页

(54) 发明名称

一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具

(57) 摘要

一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具由刚性框架、上横梁、下横梁、连接梁、百分表(包含有磁性表座)和丝杠压块组件组成。刚性框架是由两根立柱与上下连杆连接而成。上横梁一端设有圆孔,另一端为条型孔,与顶部滑轨与刚性框架连接。下横梁两端为T字型,与刚性框架连接。连接梁两端开有连接孔,与下横梁连接。丝杠压块由丝杠压杆和条型压块组成,丝杠压杆下端为六面体平面,上部分开有工字头,条型压块的外表面为半圆形,内部开有T型槽,条型压块与丝杠压块相互连接。百分表根据测量需要选用,设置在上横梁的上部。该夹具结构简单,可调节性高,对不同形状壁板工件的预应力夹持具有通用性,同时可以监测加载和回弹的位移变化。



1. 一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具，其特征在于：它由刚性框架(12)、上横梁(4)、下横梁(13)、连接梁(11)、百分表(2)和丝杠压块组件六部分组成；

所述的刚性框架(12)是由两根立柱(20)与上连杆(16)和下连杆(17)相互连接而成；在顶部的上连杆(16)上开有滑轨(10)，用于固定上横梁(4)，底部的下连杆(17)起加强刚性框架(12)稳定性的作用；两个相互对称设置的刚性框架(12)由两根下横梁(13)两端的T字型上的连接孔(21)与对应的立柱(20)上的连接孔(22)通过螺栓(3)和螺母(5)连接固定；

所述的上横梁(4)由方钢加工而成，其一端设有第一圆孔(24)，另一端为第一条型孔(14)，用螺栓(3)和螺母(5)通过刚性框架(12)的顶部滑轨(10)与刚性框架(12)连接成一体；安装该夹具时，当上横梁(4)的第一圆孔(24)端固定时，第一条型孔(14)的设计让上横梁(4)的第一条型孔(14)端有15度的摆动位移，从而更好的适应壁板工件(8)的形状变化；上横梁(4)中间部分开有第二圆孔(25)，每一个第二圆孔上设有焊接螺母(6)，用以与丝杠压杆(7)配合使用；

所述的下横梁(13)的两端连接金属板(28)，使下横梁(13)的两端成为T字型，在金属板(28)上设有连接孔(21)，与立柱(20)上的对应连接孔(22)通过螺栓(3)连接，使下横梁(13)与刚性框架(12)连接成一个整体；在下横梁(13)的中间段开有第二条型孔(15)，另有连接梁(11)利用该第二条型孔(15)通过螺栓(3)和螺母(5)与下横梁(13)连接成一个整体，该第二条型孔(15)的作用是满足连接梁(11)的位置调整需求；

所述的连接梁(11)也是由方钢加工而成，两端开有连接孔(23)与下横梁(13)上的第二条型孔(15)配合连接，中间部分开有第三圆孔(26)，对应第三圆孔(26)上设有焊接螺母(6)，用以在装配和调节时与丝杠压杆(7)配合使用；

所述的丝杠压块组件是施力组件，它由丝杠压杆(7)和条型压块(9)组成；丝杠压杆(7)下端为六面体平面(19)，上部分开有工字头(27)，条型压块(9)的外表面为半圆形，内部开有T型槽(18)，条型压块(9)的T型槽(18)与丝杠压杆的工字头(27)相互装卡连接；

所述的百分表(2)和磁性表座(1)是常用配套用品，是该夹具用来进行加载和回弹位移检测的装置，它们是根据测量需要选用，它们设置在上横梁(4)的上部表面。

2. 根据权利要求1所述的一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具，其特征在于：所述的刚性框架(12)是由两根立柱(20)与上连杆(16)和下连杆(17)相互连接而成，采用焊接。

3. 根据权利要求1所述的一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具，其特征在于：所述的下横梁(13)的两端焊接连接金属板(28)。

## 一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具

### 技术领域

[0001] 本发明提供了一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具,它主要应用在金属构件激光预应力成形中。属于航空制造技术领域。

### 背景技术

[0002] 预应力夹具是激光预应力成形时对板件施加弹性弯曲的一种工艺装备。它不起成型模的作用,只是在板件的受激光作用表面上产生预定的拉应力(不超过材料的屈服强度),用来加大预弯曲方向的成形曲率,克服激光成形的变形倾向,使板件按所需方向弯曲变形,从而获得符合外形要求的零件。

[0003] 在航空器的制造技术中,大型壁板类钣金件的激光预应力成形是一种新的成形工艺方法,在对这种大型整体厚蒙皮壁板进行激光束扫描前必须对其施加预应力,以及在扫描过程中需进行的夹持。夹持和施加预应力的夹具是激光成型的关键技术之一。大型的激光成型设备有一个固定夹具和工件的刚性框架,该工件属于壁板类零件,其形状、曲率、大小各异,因此对夹具的组合调整能力,也就是夹具适应工件的变化能力的要求较高。现有技术中常用的夹具是通过与零件成形后的形状、曲率相吻合的多组卡板将零件夹持固定在激光成型设备的刚性框架上,然后通过调节上卡板逐渐逼近下卡板以至和壁板完全压紧。试验表明这种卡板式夹具达不到预期结果,松开卡板后有所回弹,同时一套卡板只限于一种壁板零件,对于形状有所改变的壁板,该卡板不具备通用性。

### 发明内容

[0004] 1. 目的:本发明的目的在于提供一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具。

[0005] 2. 技术方案:

[0006] 一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具主要由六部分组成:刚性框架、上横梁、下横梁、连接梁、百分表(包含磁性表座)和丝杠压块组件,下面主要介绍一下各部件的组成及连接方式。

[0007] 所述的刚性框架由两根立柱与上连杆和下连杆相互连接而成。在上连杆上开有滑轨,用于固定上横梁,下连杆起加强刚性框架稳定性的作用。这两个相互对称设置的刚性框架由两根下横梁两端的T字型上的连接孔与对应的立柱上的连接孔通过螺栓和螺母连接固定。

[0008] 所述的上横梁由方钢加工而成,其一端设有第一圆孔,另一端为条型孔,用螺栓和螺母通过刚性框架的顶部滑轨与刚性框架连接成一体。安装该夹具时,当上横梁的第一圆孔端固定时,条型孔的设计可以让上横梁的条型孔端有15度左右的摆动位移,从而更好的适应壁板工件的形状变化。上横梁中间部分开有若干第二圆孔,每一个第二圆孔上设有焊接螺母,用以与丝杠压杆配合使用。

[0009] 所述的下横梁的两端连接金属板,使下横梁的两端成为T字型,在金属板上开有连接孔,与立柱上的对应连接孔通过螺栓连接,使下横梁与刚性框架连接成一个整体。在下

横梁的中间段开有若干条型孔,另有连接梁利用该条型孔通过螺栓和螺母与下横梁连接成一个整体,该条型孔的作用是满足连接梁的位置调整需求。

[0010] 所述的连接梁也是由方钢加工而成,两端开有连接孔与条型孔配合连接,中间部分开有若干第三圆孔,对应第三圆孔设有焊接螺母,用以与丝杠压块组件配合使用。

[0011] 所述的丝杠压块组件是施力组件,它由丝杠压杆和条型压块组成。丝杠压杆 7 下端为六面体平面,上部分开有工字头,条型压块的外表面为半圆形,内部开有 T 型槽,条型压块的 T 型槽与丝杠压块的工字头相互装卡连接。

[0012] 所述的百分表(包含磁性表座)是常用用品,是该夹具用来进行加载和回弹位移检测的装置,可以根据测量需要选用,它们设置在上横梁的上部表面。

[0013] 该夹具可以实现对壁板类工件的弦向和展向双曲率夹持并施加成形预应力。弦向夹持和施力是通过固定在连接梁上的丝杠压块组件完成的,主要采用三点弯曲的方法,施加位移可以随意调整,由于连接梁上设有多个连接孔,施力点可以随意调节。根据工件的设计要求,在每一个连接梁上都可以进行弦向预弯夹持。对于展向预弯夹持,是通过固定在上横梁上的丝杠压块组件施力完成。

[0014] 为了更好的适应壁板的尺寸以及型号,本发明采用上横梁在刚性框架上实现滑动的方法,通过在刚性框架顶部开长槽形成滑轨,将上横梁的两端连接在滑轨上,横梁相对滑轨的固定位置可以调节,通过上横梁和连接横梁的位置移动实现了对整个壁板无盲点的施加预应力。

[0015] 该夹具的加载和回弹位移检测装置是百分表,它固定在上横梁上部,通过大量程百分表多点同步检测取平均值来实现对位移变化的监测。百分表与横梁之间通过磁性表座连接,方便调整位置,可根据需求灵活检测。

[0016] 3. 本发明的优点和有益效果是:该夹具结构可调节性高,对不同形状壁板工件的预应力夹持具有通用性,同时可以监测加载和回弹的位移变化。

## 附图说明

[0017] 图 1 是本发明所述夹具爆炸图。

[0018] 图 2 是本发明所述夹具结构示意图。

[0019] 图 3-1 是本发明所述夹具的组件刚性框架结构示意图。

[0020] 图 3-2 是本发明所述夹具的组件连接梁支撑块结构示意图。

[0021] 图 3-3 是本发明所述夹具的组件上横梁结构示意图。

[0022] 图 3-4 是本发明所述夹具的组件下横梁结构示意图。

[0023] 图 3-5 是本发明所述夹具的组件丝杠压块结构示意图。

[0024] 图 4 是本发明弦向预压弯夹持示意图。

[0025] 图 5 是本发明三点弯曲示意图。

[0026] 图 6 是本发明展向预压弯夹持示意图。

[0027] 图中编号说明:1 磁性表座、2 百分表、3 螺栓、4 上横梁、5 螺母、6 焊接螺母、7 丝杠压杆、8 壁板工件、9 条型压块、10 滑轨、11 连接梁、12 刚性框架、13 下横梁、14 条型孔、15 条型孔、16 上连杆、17 下连杆、18 T 型槽、19 六面体平面、20 立柱、21 连接孔、22 连接孔、23 连接孔、24 圆孔、25 圆孔、26 圆孔、27 工字头、28 金属板

## 具体实施方式

[0028] 本发明一种带加载和回弹测量的激光预应力成形夹具主要由六部分组成：刚性框架 12、上横梁 4、下横梁 13、连接梁 11、百分表 2 和丝杠压块组件，下面主要介绍一下各部件的组成及连接方式。

[0029] 所述的刚性框架 12 是由两根立柱 20 与上连杆 16 和下连杆 17 相互焊接而成。在上连杆 16 上开有滑轨 10，用于固定上横梁 4，下连杆 17 起加强刚性框架 12 稳定性的作用。这两个相互对称设置的刚性框架 12 由两根下横梁 13 两端的金属板上的连接孔 21 与对应的立柱 20 上的连接孔 22 通过螺栓 3 和螺母 5 连接固定。

[0030] 所述的上横梁 4 由一段方钢加工而成，在其一端设有第一圆孔 24，另一端为第一条型孔 14，用螺栓 3 和螺母 5 通过刚性框架 12 的顶部滑轨 10 与刚性框架 12 连接成一体。安装该夹具时，当上横梁 4 的第一圆孔 24 端固定时，第一条型孔 14 的设计可以让上横梁 4 的第一条型孔 14 端有 15 度左右的摆动位移，从而更好的适应壁板工件 8 的形状变化。上横梁 4 中间部分开有若干第二圆孔 25，每一个第二圆孔 25 上设有焊接螺母 6，用以与丝杠压杆 7 配合使用。

[0031] 所述的下横梁 13 的两端焊接金属板 (28)，使下横梁的两端成为 T 字型，在金属板 28 上开有连接孔 21，与立柱 20 上的对应连接孔 22 通过螺栓 3 连接，使下横梁 13 与刚性框架 12 连接成一个整体。在下横梁 13 的中间段开有若干第二条型孔 15，另有连接梁 11 利用该第二条型孔 15 通过螺栓 3 和螺母 5 与下横梁 13 连接成一个整体，该第二条型孔 15 的作用是满足连接梁 11 的位置调整需求。

[0032] 所述的连接梁 11 也是由方钢加工而成，两端开有连接孔 23 与下横梁 13 上的第二条型孔 15 配合连接，中间部分开有若干第三圆孔 26，对应第三圆孔 26 上设有焊接螺母 6，用以在装配和调节时与丝杠压杆 7 配合使用。

[0033] 所述的丝杠压块组件是施力组件，它由丝杠压杆 7 和条型压块 9 组成。丝杠压杆 7 下端为六面体平面 19，上部分开有工字头 27，条型压块 9 的外表面为半圆形，内部开有 T 型槽 18，条型压块 9 的 T 型槽 18 与丝杠压杆的工字头 27 相互装卡连接。

[0034] 所述的百分表 2 及磁性表座 1 是常用配套用品，是该夹具用来进行加载和回弹位移检测的装置，它们可以根据测量需要选用，它们设置在上横梁 4 的上部表面。

[0035] 该夹具可以实现对壁板类工件的弦向和展向双曲率夹持并施加成形预应力。弦向夹持和施力是通过固定在连接梁 11 上的丝杠压块组件完成的，主要采用三点弯曲的方法，施加位移可以随意调整，由于连接梁 11 上设有多个第三圆孔 26，施力点可以随意调节。根据工件的设计要求，在每一个连接梁 11 上都可以进行弦向预弯夹持。对于展向预弯夹持，是通过固定在上横梁 4 上的丝杠压块组件施力完成。

[0036] 为了更好的适应壁板的尺寸以及型号，本发明采用上横梁 4 在刚性框架 12 上实现滑动的方法，通过在刚性框架 12 顶部开长槽形成滑轨 10，将上横梁 4 的两端连接在滑轨 10 上，上横梁 4 相对滑轨 10 的固定位置可以调节，通过上横梁 4 和连接梁 11 的位置移动实现了对整个壁板无盲点的施加预应力。

[0037] 该夹具的加载和回弹位移检测装置是百分表 2，它固定在上横梁 4 上部，通过大量程百分表 2 多点同步检测取平均值来实现对位移变化的监测。百分表 2 与上横梁 4 之间通

过磁性表座连接,方便调整位置,可根据需求灵活检测。

[0038] 以下结合实施例附图对该发明作进一步详细描述。

[0039] 如图 1 所示是实施例中该组合预应力夹具的爆炸图。该预应力夹具主要由六部分组成:刚性框架 12、上横梁 4、下横梁 13、连接梁 11、百分表 2 和丝杠压块组件。刚性框架 12 的两部分由下横梁 13 通过螺栓 3 螺母 5 连接,在两根下横梁 13 之间固定有连接梁 11,上横梁 4 由螺栓 3 螺母 5 固定在刚性框架 12 的顶部滑轨 10 上,百分表 2 通过磁性表座 1 固定在上横梁 4 顶部。

[0040] 如图 2 所示是实施例中该组合预应力夹具的结构示意图。该预应力夹具的主体部分固定在刚性框架 12 内,其中包括与刚性框架 12 固定连接的上横梁 4 和下横梁 13,在上下横梁之间是夹持壁板工件 8 的位置。在两个下横梁 13 之间设有多个连接梁 11,每个连接梁 11 的两端通过螺栓 3 与下横梁 13 的第二条型孔 15 连接,该第二条型孔 15 与连接梁 11 成“十”交叉固定,连接梁 11 上设有焊接螺母 6,通过焊接螺母 6 固定丝杠压块组件。特别强调的是丝杠压块组件在上横梁 4 上的固定位置是可以根据需要调节的,上横梁 4 与刚性框架 12 之间是通过滑轨 10 连接,上横梁 4 在滑轨 10 上的固定位置是可以调节的,连接梁 11 在第二条型孔 15 里的连接位置也是可以调节的,这些可调节性展示着本夹具的多组合与适应工件尺寸的能力。

[0041] 参见图 3 是实施例中的各个主要组件结构示意图。图 3-1 是实施例中夹具的组件刚性框架 12 结构示意图。刚性框架 12 是由方钢焊接而成,它可以拆成两部分,这两部分均由两根立柱 20 与上连杆和下连杆焊接而成。在上连杆 16 的上部开有滑轨 10,该滑轨 10 是一个槽形结构,与上横梁 4 固定连接,通过螺栓 3 与螺母 5 来固定上横梁 4 在滑轨 10 上的位置。每根立柱 20 上都开有连接孔 22,用以与下横梁 13 通过螺栓 3 螺母 5 连接。

[0042] 图 3-2 是实施例中夹具的组件连接梁支撑块结构示意图,它主要由连接梁 11、丝杠压杆 7 和条型压块 9 组合而成。该连接梁 11 两端开有连接孔 23,与下横梁 13 的第二条型孔 15 通过螺栓 3 螺母 5 连接。在连接梁 11 的中间段开有若干第三圆孔 26 并设有焊接螺母 6,用以与丝杠压杆 7 配合,通过调整丝杠压杆 7 的伸缩位移来施加预应力。

[0043] 图 3-3 是实施例中夹具的组件上横梁 4 结构示意图。上横梁 4 由一段方钢加工而成,在其一端设有第一圆孔 24,另一端为第一条型孔 14,用螺栓 3 螺母 5 通过刚性框架 12 的顶部滑轨 10 与刚性框架 12 连接成一体。第一条型孔 14 可以使上横梁 4 与滑轨 10 保持垂直,也可以使上横梁 4 绕固定好的第一圆孔 24 端有 15 度左右的偏转,从而更好的适应壁板工件的形状变化。上横梁 4 的中间部分与连接梁 11 一样,设有第二圆孔 25,并设有焊接螺母 6,用以配合提供展向压弯力的丝杠压块组件。

[0044] 图 3-4 是实施例中夹具的组件下横梁 13 结构示意图。该下横梁 13 两端焊接有钢板,在钢板上开有连接孔 21。下横梁 13 与立柱 20 上的连接孔 22 之间也是通过螺栓 3 连接,可以拆卸,从而将整体夹具拆开成两部分,方便夹具的运输与置放。下横梁 13 中间段开有第二条型孔 15,用以调节各连接梁 11 之间的距离,实现对工件无盲点的施加预应力。

[0045] 图 3-5 是实施例中夹具的组件丝杠压块结构示意图。丝杠压块组件由条型压块 9 和丝杠压杆 7 两部分组成。条型压块 9 是由铝棒加工而成的,铝棒相对较软,不会对壁板工件 8 造成应力集中破坏。条型压块 9 的外表面是半圆形,其内侧有一个 T 型槽 18,实施例中组件条型压块 9 的长度可以有很多种规格,一个条型压块 9 可以与多个丝杠压杆 7 组件配

合使用,以便向工件的某连续部位施加预应力。丝杠压杆 7 的上端开有与条型压块 9 配合的工字头 27,下部加工成六面体平面 19,方便与套筒扳手配合使用,同时根据壁板工件 8 预弯率的需求,丝杠压杆 7 的长短也供选择。

[0046] 以上给出了该预应力夹具的几个主要组合件,实施例中还有其他通用螺母组件配合使用。

[0047] 需要激光预应力成形的工件通常是大型壁板零件,成形后的零件一般具有双曲度,该预应力夹具可以实现对壁板工件 8 的弦向和展向预弯夹持,壁板工件 8 连接梁 11 方向为弦向,壁板工件 8 的中心长度方向为展向。

[0048] 对于需要弦向和展向双曲度预弯夹持的壁板类工件,本发明提供一种预弯夹持方法,其特征在于先进行弦向预弯夹持,再进行展向预弯夹持,弦向预弯夹持是将壁板工件 8 通过丝杠压杆 7 与条型压块 9 固定在不同的高度位移,展向预弯夹持是通过调整弦向丝杠压杆 7 的位移,使相邻的丝杠压杆 7 位于不同的平面上,通过相邻丝杠压杆 7 之间的剪切力实现对壁板工件 8 的展向预弯夹持。

[0049] 参见图 4,对壁板工件 8 的弦向预弯夹持是通过固定在连接梁 11 上的丝杠压杆 7 和条型压块 9 配合实施,对壁板工件 8 形成三点压弯。其施力方向如图 5 所示,其中 A、B、C 三点处施力的大小和施力点位置根据工件的成形需求均可调节。A、B 两个施力点的移动是通过调节上横梁 4 在刚性框架 12 上的滑轨 10 中的位置来实现,C 点的移动是通过丝杠压块组件在连接梁 11 上的等间距焊接螺母 6 上配合调节实施,A、B、C 三点的施力大小是通过调节丝杠压杆 7 在焊接螺母 6 上的紧固位移大小来调节,因此该夹具适应于各种形状的壁板工件 8,这就是该夹具的组合能力。对于长型壁板,通过一个个相邻的连接梁 11 以及固定在连接梁 11 上的丝杠压杆 7 和条型压块 9 对工件的不同弦向部位预弯夹持,根据工件的需求,为保证工件相邻部位的受力均匀,在某些连续连接梁 11 的丝杠压杆 7 的施力端头加装长条型压块,通过该长条型压块向工件施加连续的弦向预应力。

[0050] 参见图 6,对壁板工件 8 的展向预弯夹持是在上横梁 4 上设置焊接螺母 6 并安装丝杠压杆 7 和条型压块 9,通过调节丝杠压杆 7 的伸缩位移来控制壁板工件 8 的弯曲曲度,壁板工件 8 下部的支撑杆固定在连接梁 11 上,以此实现对壁板工件 8 的展向预弯夹持。根据壁板尺寸及需求,条型压块 9 的数量及尺寸可选,满足不同曲率的壁板零件预弯夹持的要求。

[0051] 参见图 4 和图 6,图中在刚性框架 12 顶部通过磁性表座 1 固定大量程百分表 2,在壁板预装卡完毕时调整百分表 2 针头,使其与壁板工件 8 正好接触,记下百分表 2 此时读数,随着预紧力的施加,壁板工件 8 加载后位移发生变化,百分表 2 可以很明显的读出位移大小。回弹位移的测量是先记下加载完毕时百分表 2 的读数,壁板工件 8 在卸载后会回弹一定位移,等完全卸载结束时,百分表的读数与之前读数的绝对值差即为回弹位移。根据壁板工件 8 的尺寸大小以及预弯要求,可以调整百分表 2 的个数及测量位置。因为百分表 2 测量的是点位移变化,所以为了得到相对准确的测量结果,需要将对应位置的百分表测量的读数取平均值。通过装配大量程百分表 2,使得本夹具带有监测加载和回弹位移变化的功能。

[0052] 实现本发明的多功能组合思想,不限于本申请书所描述的连接梁 11 与上下横梁的连接结构形式,但应满足连接梁 11 的承力性和连接梁 11 相对位置的可变化性。

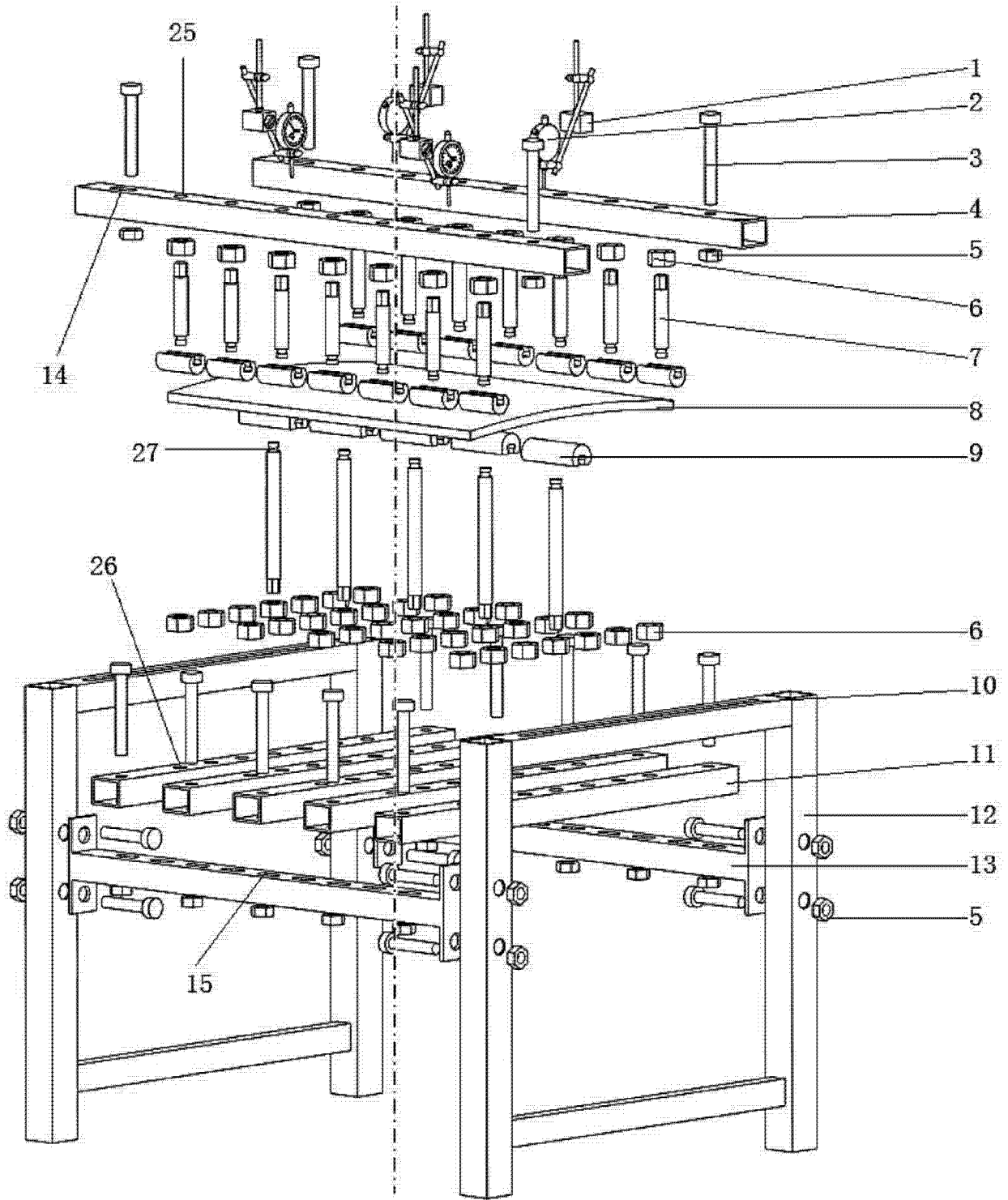


图 1



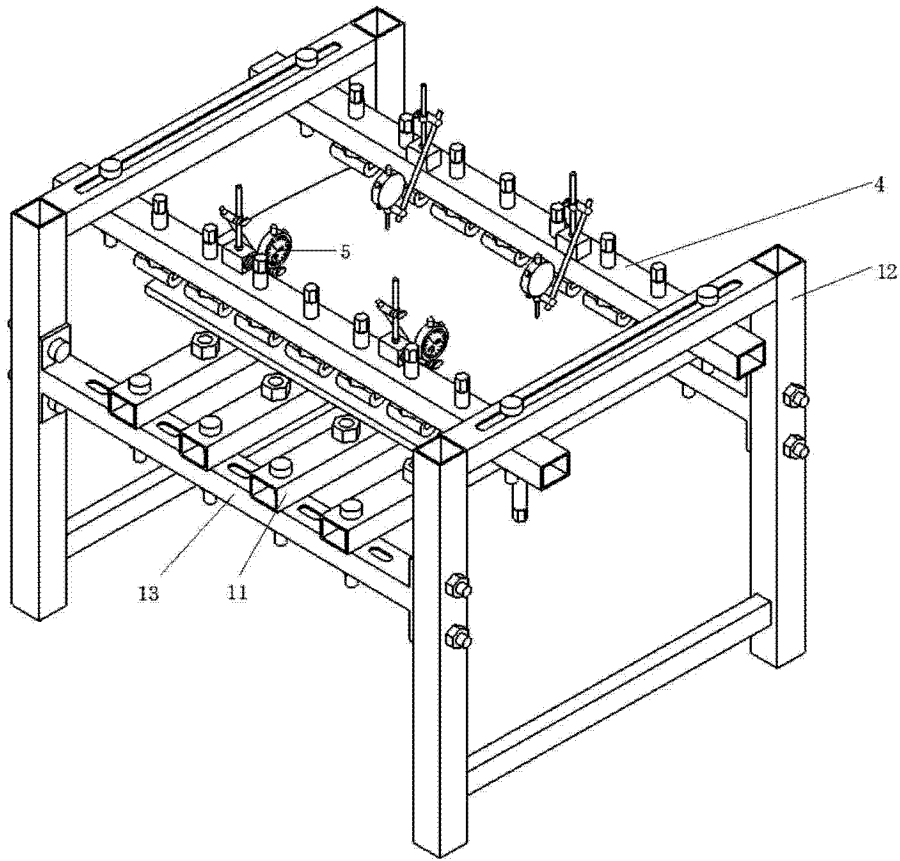


图 2

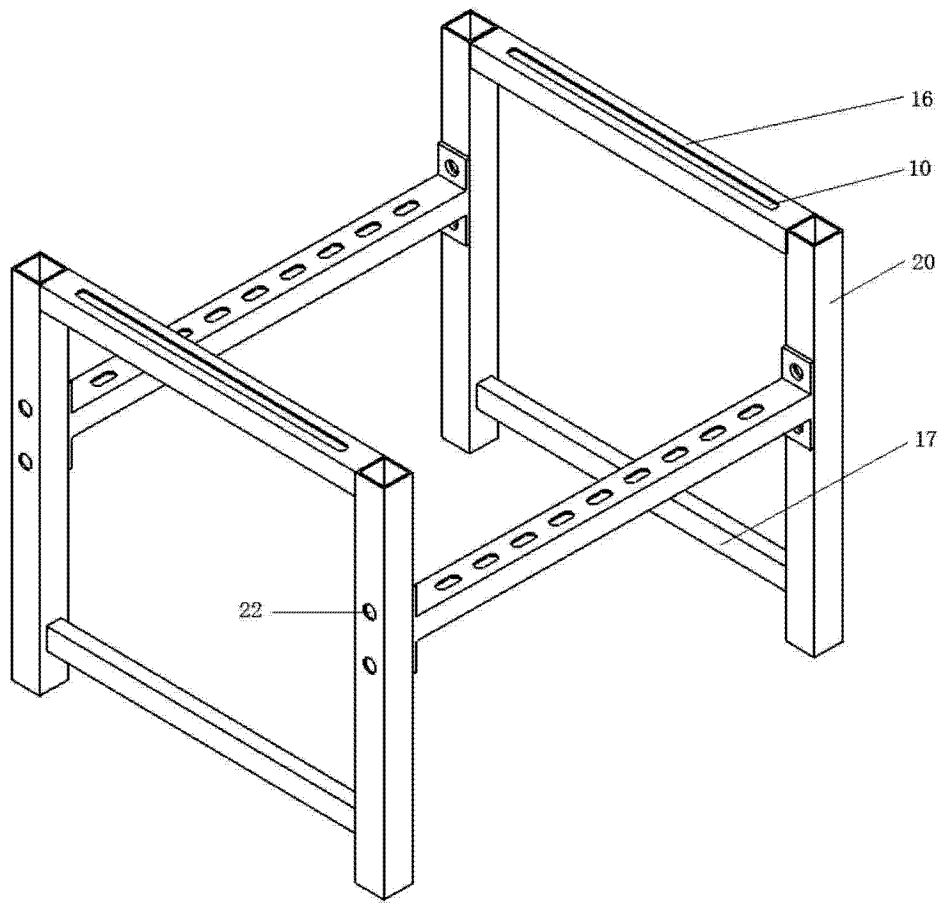


图 3-1

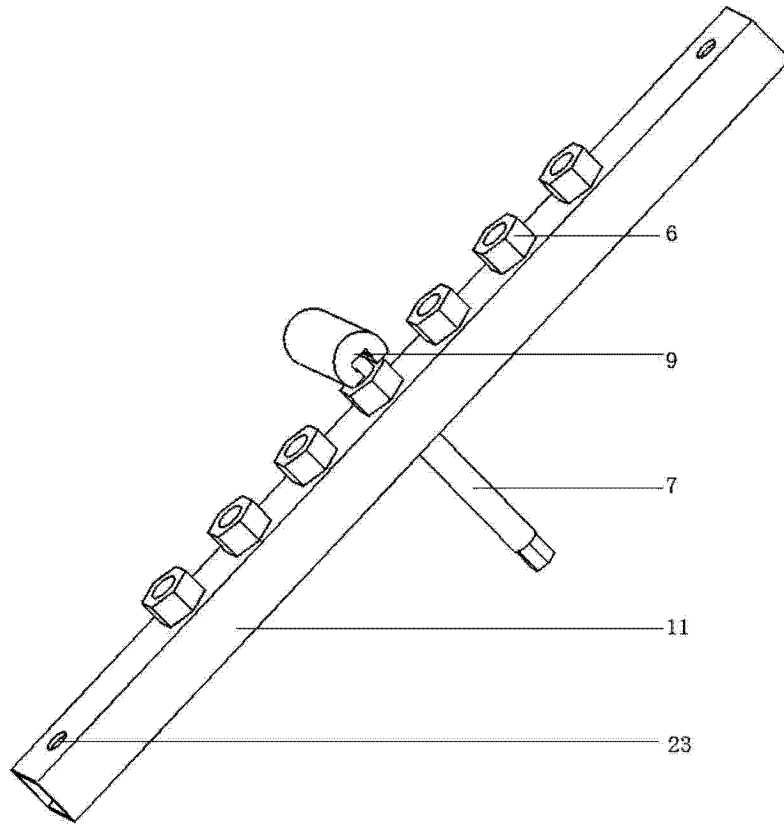


图 3-2

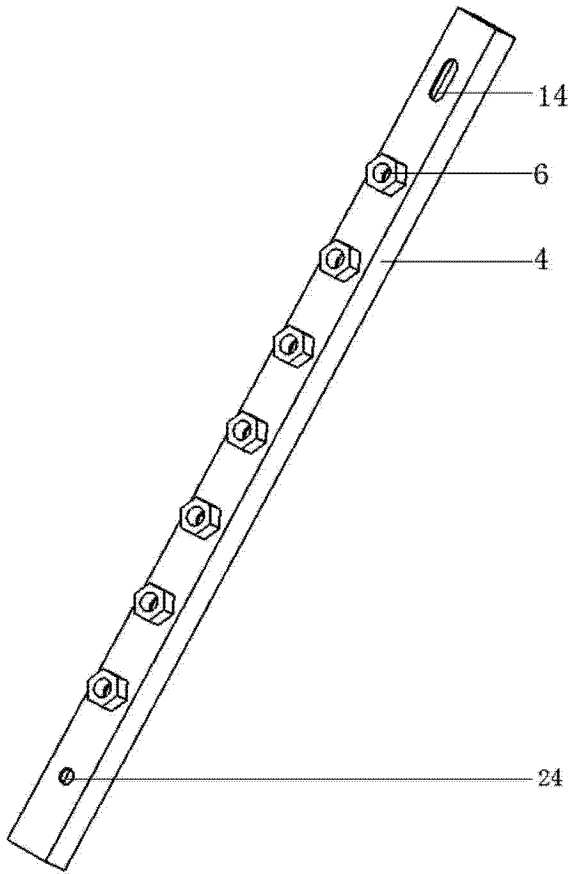


图 3-3

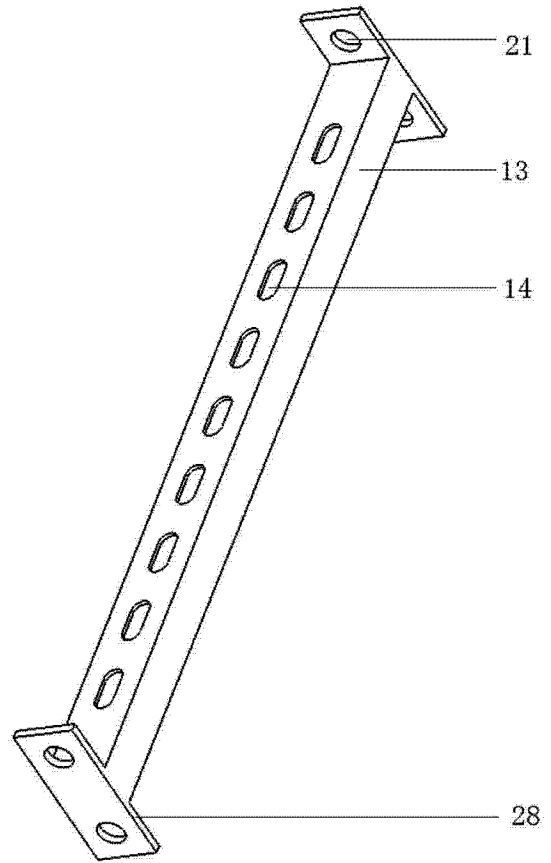


图 3-4

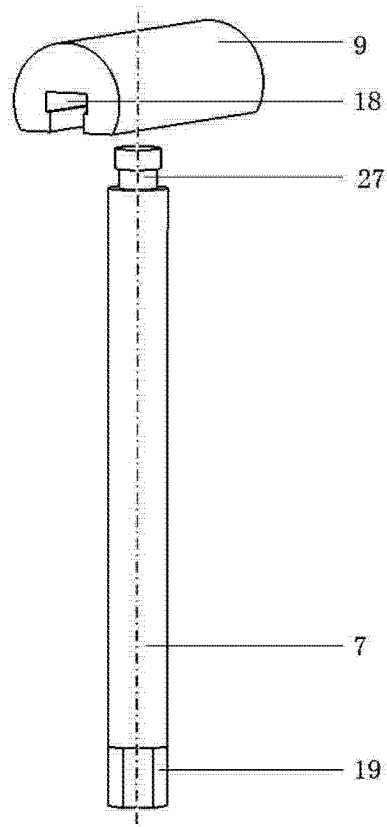


图 3-5

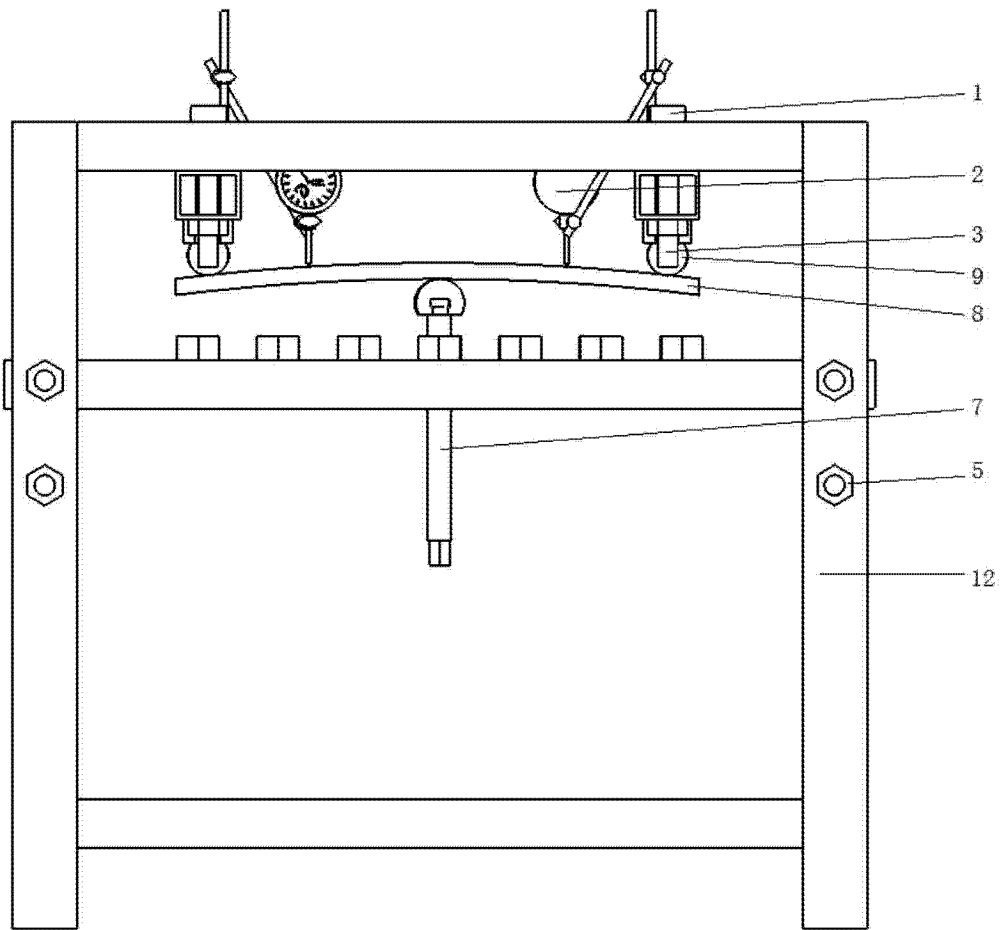


图 4

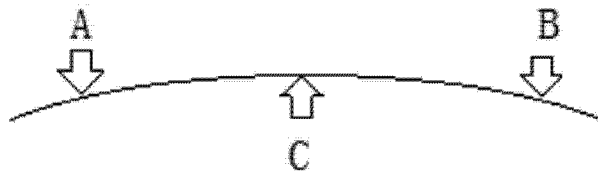


图 5

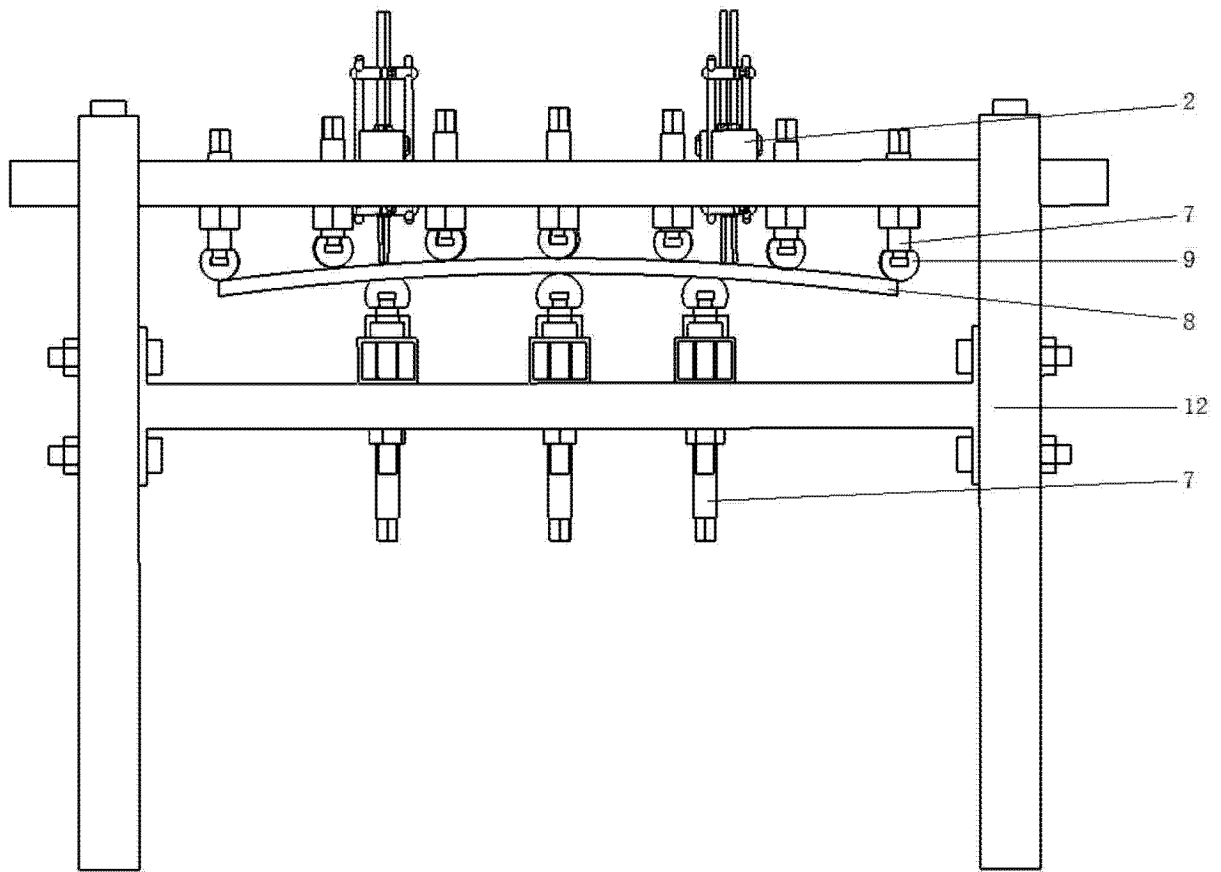


图 6