



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104075952 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201410250056. 2

(22) 申请日 2014. 06. 05

(71) 申请人 合肥通用机械研究院

地址 230031 安徽省合肥市蜀山区长江西路
888 号

(72) 发明人 陈学东 潘建华 胡时胜 王冰
艾志斌 吕运容 范志超

(74) 专利代理机构 合肥和瑞知识产权代理事务
所(普通合伙) 34118

代理人 王挺 刘坤

(51) Int. Cl.

G01N 3/307(2006. 01)

G01N 3/02(2006. 01)

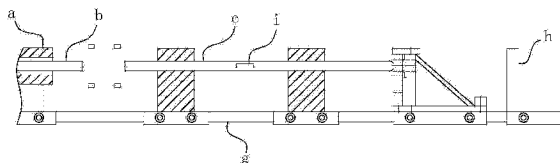
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲
测试系统

(57) 摘要

本发明属于测试材料动态断裂韧性的实验设备领域,具体涉及一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统。本系统包括底座,底座上设置支撑装置、加载杆、撞击杆、压气枪以及信号采集处理装置,底座上设置有导轨部,上述各部件均布置于导轨部上且与其构成往复导向式固接配合;所述支撑装置包括立板,底板构成与导轨部配合的配合部,立板上布置有贯穿其板体的凹槽或通孔;支撑装置还包括衬板,衬板上同样设置有供加载杆穿行的通孔部;衬板上还布置衬垫单元;衬垫单元的相对于测试试样的支撑方向与加载杆施力反向方向布置。本发明可在有效的实现装置的易拆卸和易维护保养需求的同时,亦能够确保整体数据采集的统一性。



1. 一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,包括作为基体的底座,底座上设置用于安置及支撑测试试样的支撑装置、给予测试试样以冲击力的加载杆(c)、用于撞击加载杆(c)的撞击杆(b)、施予撞击杆(b)以瞬时冲力的压气枪(a)以及用于收集测试数据的信号采集处理装置,加载杆(c)与撞击杆(b)同心设置,且加载杆(c)顶端指向测试试样布置,其特征在于:所述底座上设置有导轨部(g),上述各部件均布置于导轨部(g)上且与其构成往复导向式固接配合;所述支撑装置包括底板(10)以及铅垂布置于底板(10)上的立板(20),底板(10)构成与导轨部配合的配合部,立板(20)上布置有贯穿其板体的凹槽或通孔(21),所述凹槽或通孔(21)布置于加载杆行进路径处且其槽壁或孔壁与加载杆活动路径间呈空间避让布置;支撑装置还包括安置于底板(10)上且与立板(20)间板面平行布置的衬板(30),所述衬板(30)布置于立板(20)的相对于加载杆冲撞方向的另一端处,且其上同样设置有供加载杆穿行的通孔部(31);衬板(30)上还布置用于垫设测试试样的衬垫单元;衬垫单元的相对于测试试样的支撑方向与加载杆(c)施力反向方向布置。

2. 根据权利要求1所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:所述底板(10)底端面以槽口朝下布置的导轨槽(11)卡嵌于导轨部(g)上,导轨槽(11)侧面设置有紧钉螺纹孔(11a)且与前述导轨部(g)的侧面间形成紧钉螺钉式固接配合关系。

3. 根据权利要求1或2所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:所述衬垫单元为垫块(32),所述衬垫单元可拆卸的固接于衬板(30)的朝向立板(20)所在端面处,衬垫单元凸设方向指向加载杆(c)处于初始状态时的所在方向;所述衬垫单元上布置有螺纹孔,衬板(30)上的面朝立板(20)所在端面处相应设置安装孔,所述衬垫单元与衬板(30)间构成螺纹固接配合。

4. 根据权利要求3所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:所述衬垫单元外形呈长方体状,螺纹孔设置于其两端部处,其中段凸设有用于垫起测试试样的凸部(33),所述衬垫单元至少为两个且依照测试试样布置方向而分置螺接于通孔部(31)上。

5. 根据权利要求4所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:所述通孔(21)及通孔部(31)均为尺寸大小一致且长度方向横向布置的方形孔,衬垫单元螺接于通孔部(31)长度方向的两端且沿通孔部(31)宽度方向跨设布置。

6. 根据权利要求1或2所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:所述通孔(21)及通孔部(31)均为长度方向横向布置的方形孔,所述通孔部(31)长度尺寸小于通孔(21)长度设置,通孔部(31)的长度方向上的朝向立板(20)所在两端部端面构成前述衬垫单元。

7. 根据权利要求1或2所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:所述立板(20)、衬板(30)以及底板(10)外形均呈方体状结构,支撑装置还包括顶板(40),顶板(40)外形呈长方体状,顶板(40)布置于立板(20)及衬板(30)顶端部处且固接两者设置。

8. 根据权利要求7所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:立板(20)和衬板(30)固接于底板(10)的前端部处,底板(10)后端处设置有凸板(50),支撑装置还包括用于构成三角支撑的支撑板(60),所述支撑板(60)一端抵靠在凸板

(50) 与底板 (10) 构成的内侧角处,另一端斜向向衬板 (30) 处顺延并抵靠在衬板 (30) 与顶板 (40) 构成的外侧角处。

9. 根据权利要求 8 所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:支撑板 (60) 上贯穿其板体开设有用于避让加载杆 (c) 行进路径的孔槽部 (61);支撑板 (60) 的用于与顶板 (40) 及凸板 (50) 配合的两端布置有便于与各者间紧密面抵合的倒角 (62)。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其特征在于:本系统还包括布置于导轨部 (g) 上的用于阻挡加载杆 (c) 持续行进的挡板部 (h),所述挡板部 (h) 位于加载杆 (c) 行进路线上的支撑装置后方布置;所述挡板部 (h) 与导轨部 (g) 间构成往复导向式固接配合。

一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统

技术领域

[0001] 本发明属于测试材料动态断裂韧性的实验设备领域,具体涉及一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,以用于高效率的评估和测试金属材料结构在冲击载荷作用下的抗断裂能力。

背景技术

[0002] 随着社会科技的不断发展,断裂力学在工程中的应用已相当普遍,为了对工程结构作断裂分析,必须先通过试验,获得材料或结构的断裂特性数据,才能更好的使科学付诸应用。断裂试验涉及的范围很广,按试验的规模断裂试验可分为小型的试验室试验、大型的试验室试验和实际的结构试验;按加载速度可分为静态试验和动态试验;按试验环境可分为高温、低温和包含腐蚀介质的试验;按加载方法可分为拉伸和弯曲试验等。其中,三点弯曲实验是断裂韧性测试中应用最广的一种;其因试验中对试样进行三点弯曲加载而得名。三点弯曲试验如图 1 所示,其测试系统主要包括:压气枪 a、撞击杆 b 以及加载杆 c 及信号采集与处理系统,其中压气枪 a 提供撞击杆 b 以瞬时动力,加载杆 c 与撞击杆 b 同心布置,加载杆 c 相对于撞击杆 b 的另一端处布置有用于夹持安置试样的试样支撑装置 d;试验中,试样支撑装置 d 处安置好待撞击试样 f,压气枪 a 膛内高压气体驱动撞击杆 b,使之同心撞击加载杆 c,加载杆 c 随之将载荷传导至试样 f 处并使之断裂;加载杆 c 和撞击杆 b 均为 $\Phi 14.5\text{mm}$ 的高强钢 ($60\text{Si}_2\text{Mn}$),加载杆 c 上应变波形的测量采用电阻应变片法,在加载杆 c 中部贴电阻应变片 e 测定加载杆上的应变信号;之后通过一系列的应变片的信号记录,从而通过换算来得到该试样的断裂韧性系数。

[0003] 目前的上述三点弯曲实验,其整体操作流程及理念固然已经趋于完善,然而其物理实验结构仍具备一定的缺陷:上述系统中,各部件往往设置为如图 1 所示的固定件,其虽然起到了承受一定的冲击载荷和确保机构工作稳定性的作用,然而一方面整体结构笨重而组装复杂,极其不利于甚至根本无法进行拆卸、更换和保养操作,体积庞大的测试系统不但常常为搬运、维护等操作带来额外负担,同时也使整个装置系统的工作灵活性大打折扣,甚至需要针对不同的试样或不同长度的加载杆或撞击杆而需要重新设计测试系统;另一方面,试样支撑装置的实际结构无统一的标准化设计,尺寸大小往往是各个实验部门自行拟定采用,这也是导致各实验部门间测试结果不一的一大因素,这些都为操作人员的实际操作带来极大困扰。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术的不足,提供一种结构合理而实用的基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,其标准化程度高而工作灵活性大,可在有效的实现装置的易拆卸和易维护保养需求的同时,亦能够确保整体数据采集的统一性,工作可靠稳定。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0006] 一种基于测试材料动态断裂韧性的三点弯曲测试系统,包括作为基体的底座,底座上设置用于安置及支撑测试试样的支撑装置、给予测试试样以冲击力的加载杆、用于撞击加载杆的撞击杆、施予撞击杆以瞬时冲力的压气枪以及用于收集测试数据的信号采集处理装置,加载杆与撞击杆同心设置,且加载杆顶端指向测试试样布置,其特征在于:所述底座上设置有导轨部,上述各部件均布置于导轨部上且与其构成往复导向式固接配合;所述支撑装置包括底板以及铅垂布置于底板上的立板,底板构成与导轨部配合的配合部,立板上布置有贯穿其板体的凹槽或通孔,所述凹槽或通孔布置于加载杆行进路径处且其槽壁或孔壁与加载杆活动路径间呈空间避让布置;支撑装置还包括安置于底板上且与立板间板面平行布置的衬板,所述衬板布置于立板的相对于加载杆冲撞方向的另一端处,且其上同样设置有供加载杆穿行的通孔部;衬板上还布置用于垫设测试试样的衬垫单元;衬垫单元的相对于测试试样的支撑方向与加载杆施力反向方向布置。

[0007] 所述底板底端面以槽口朝下布置的导轨槽卡嵌于导轨部上,导轨槽侧面设置有紧钉螺纹孔且与前述导轨部的侧面间形成紧钉螺钉式固接配合关系。

[0008] 所述衬垫单元为垫块,所述衬垫单元可拆卸的固接于衬板的朝向立板所在端面处,衬垫单元凸设方向指向加载杆处于初始状态时的所在方向;所述衬垫单元上布置有螺纹孔,衬板上的面朝立板所在端面处相应设置安装孔,所述衬垫单元与衬板间构成螺纹固接配合。

[0009] 所述衬垫单元外形呈长方体状,螺纹孔设置于其两端部处,其中段凸设有用于垫起测试试样的凸部,所述衬垫单元至少为两个且依照测试试样布置方向而分置螺接于通孔部上。

[0010] 所述通孔及通孔部均为尺寸大小一致且长度方向横向布置的方形孔,衬垫单元螺接于通孔部长度方向的两端且沿通孔部宽度方向跨设布置。

[0011] 所述通孔及通孔部均为长度方向横向布置的方形孔,所述通孔部长度尺寸小于通孔长度设置,通孔部的长度方向上的朝向立板所在两端部端面构成前述衬垫单元。

[0012] 所述立板、衬板以及底板外形均呈方体状结构,支撑装置还包括顶板,顶板外形呈长方体状,顶板布置于立板及衬板顶端部处且固接两者设置。

[0013] 立板和衬板固接于底板的前端部处,底板后端处设置有凸板,支撑装置还包括用于构成三角支撑的支撑板,所述支撑板一端抵靠在凸板与底板构成的内侧角处,另一端斜向向衬板处顺延并抵靠在衬板与顶板构成的外侧角处。

[0014] 支撑板上贯穿其板体开设有用于避让加载杆行进路径的孔槽部;支撑板的用于与顶板及凸板配合的两端布置有便于与各者间紧密面抵合的倒角。

[0015] 本系统还包括布置于导轨部上的用于阻挡加载杆持续行进的挡板部,所述挡板部位于加载杆行进路线上的支撑装置后方布置;所述挡板部与导轨部间构成往复导向式固接配合。

[0016] 本发明的主要优点在于:

[0017] 1)、摒弃了传统的测试系统所固有的结构体积庞大乃至搬运维护不易等诸多缺陷,通过整体的可拆卸式布局结构,以底板与外部设备的可拆卸配合来保证装置的便拆性,利用立板和衬板的相对位置来保证测试试样的安置以及在受到加载杆冲击下的稳固托撑需求,立板上的凹槽或通孔起到了限位测试试样的目的,而衬板上的衬垫单元则显著的确

保证了测试试样在收到冲击载荷时的定点受力性；此外，导轨部的设置，赋予了整个测试系统更大的操作灵活性，实际测试时，操作人员可根据现场的测试实验情况，而针对性的对各部件相对位置进行自由调整，从而满足多种不同实验状况下的测试需求，进而实现其一机多用特性。本发明通过上述改进结构，不但实现了承受动态冲击载荷作用下的三点弯曲支撑装置的小型化需求，同时，采用可拆卸式的固定方法，在搬运和取用时可直接通过拆卸和组装方式实现，甚至在出现部分构件损坏时，利用其结构的标准化而事先设计替换构件，从而实现了装置的易拆卸、维护和保养，进而可用于各种材料金属材料、复合材料、玻璃材料等三点弯曲试样的动态断裂韧性测试中的有效支撑。

[0018] 2)、导轨槽的具体设置，进一步的保证了本发明的自移动性和可调性，进而改善了传统的整体固接式支撑装置所带来的体积庞大和难以搬运的缺陷；在实际测试时，还可根据目前撞击杆乃至加载杆长度、乃至其撞击距离，通过适当的对支撑装置沿导轨部进行位置调节，从而能够更为灵活化的保证其装置的适应性和实用性；在将支撑装置调节好位置后，通过紧钉螺钉以固接支撑装置与前述导轨部，即可进行后续测试，其操作极为方便快捷。

[0019] 3)、作为本发明的其中一种实现结构，其装置可通过独立垫块的结构来进一步细化整个装置体，以单独设计垫块的方式，通过在通孔部上预设安装孔，从而实现垫块与通孔部的螺接配合；在实际使用时，甚至可在通孔部的长度方向上开设多组安装孔，从而实现不同长度的测试试样的垫设测试需求，最终实现其一机多用的测试特性。换言之，在测试时，支撑装置以立板上的通孔作为限制测试试样径向动作的容纳孔，而以衬板上的垫块作为抵靠测试试样的约束块，在撞击杆撞击加载杆，而加载杆施予测试试样以力时，垫块直接顶住并吸收测试试样在加载杆作用下的冲击力，从而使加载杆直接冲断测试试样，进而完成其测试需要，其整体结构可靠而工作效率高。

[0020] 4)、本发明相对上述结构的另一种实施方式，则是通过设置相对通孔而言的尺寸显著减小的通孔部，以通孔部的长度方向上的两端部看作为前述垫块的变形，从而实现对于测试试样的垫设需求。同样的，此时在测试时，也还是以立板上的通孔作为限制测试试样径向动作的容纳孔，同时以衬板上通孔部两长端作为测试试样的抵靠端，在撞击杆撞击加载杆，而加载杆施予测试试样以力时，通孔部的两长端则强行顶住并吸收测试试样在加载杆作用下的冲击力，从而使加载杆直接冲断测试试样，其同样可完成测试需要。

[0021] 5)、顶板的设置，进一步的保证了立板与衬板的位置恒定性，从而确保了在加载杆的巨大冲击力作用下，立板与衬板仍能稳固的实现其自身的支撑功能；支撑板的固接结构，可看作是在原有顶板的加强结构的基础上的进一步结构增强，通过顶板与凸板的配合，从而形成支撑板、衬板、底板三者间的三角支撑体系，孔槽部的设置更是确保了加载杆在撞断测试试样后其行进路径的无障碍性，最终为整个结构的工作稳固性和可靠性提供了有利保证。

[0022] 6)、档板部的设置，则是考虑若试样完全被打断，需要装置中有相应结构吸收加载杆的冲击能量，以防其破坏其它设备；当支撑装置中加载杆冲断测试试样并瞬时减速后，加载杆沿衬板上的预留的通孔部以及支撑板上预留的孔槽部继续行进，再以较低的冲击力撞击在档板部上，从而避免了对其他设备的破坏和确保了操作人员的人身安全，其工作起来显然更为安全可靠。

附图说明

- [0023] 图 1 为传统结构的三点弯曲试验装置图；
- [0024] 图 2 为本发明的工作结构示意图；
- [0025] 图 3 为支撑装置的立体结构示意图；
- [0026] 图 4 为底板的结构主视图；
- [0027] 图 5 为图 4 结构的左视图；
- [0028] 图 6 为立板的结构主视图；
- [0029] 图 7 为图 6 结构的左视图；
- [0030] 图 8 为衬板的其中一种结构的结构主视图；
- [0031] 图 9 为图 8 结构的左视图；
- [0032] 图 10 为垫块的结构主视图；
- [0033] 图 11 为图 10 结构的左视图；
- [0034] 图 12 为衬板的另一种结构的结构主视图；
- [0035] 图 13 为图 12 结构的左视图；
- [0036] 图 14 为顶板的结构主视图；
- [0037] 图 15 为图 14 结构的左视图；
- [0038] 图 16 为支撑板的结构主视图；
- [0039] 图 17 为图 16 结构的左视图；
- [0040] 图 18 为凸板的结构主视图；
- [0041] 图 19 为图 18 结构的左视图。
- [0042] 图中标号与各部件的对应关系如下：
- [0043] a- 压气枪 b- 撞击杆 c- 加载杆 d- 试样支撑装置 e- 电阻应变片
- [0044] f- 试样 g- 导轨部 h- 档板部 i- 感应片
- [0045] 10- 底板 11- 导轨槽 11a- 紧钉螺纹孔 20- 立板 21- 通孔 30- 衬板
- [0046] 31- 通孔部 32- 垫块 33- 凸部 40- 顶板 50- 凸板 60- 支撑板
- [0047] 61- 孔槽部 62- 倒角

具体实施方式

[0048] 此处结合图 2-19 对本发明的具体结构及工作流程作以下描述：

[0049] 本发明的具体结构,可参照图 2 所示,包括底座,底座上沿加载杆 c 的撞击方向布置有导轨部 g,导轨部 g 上依次布置压气枪 a、撞击杆 b、加载杆 c、支撑装置以及档板部 h,其中撞击杆 b 与加载杆 c 同心布置,支撑装置用于安置和固定测试试样,档板部 h 用于止停加载杆 c,测试系统还包括外部的信息采集处理装置,信息采集处理装置具备有感应片 i,感应片 i 贴附在加载杆 c 上。实际测试时,压气枪 a 施予撞击杆 b 以瞬时冲击力,撞击杆 b 撞击加载杆 c,使加载杆 c 顶端直接施予测试试样以冲击力,测试试样在衬垫单元和加载杆 c 的反向力作用下中部断裂,进而通过布置于加载杆 c 上的感应片 i 获得各项测试数据。加载杆 c 上的感应片能够将入射波信号与反射波信号分开,感应片 i 位置与测试试样接触端距离应大于撞击杆 b 长度,同时为了测得完整的反射波信号,感应片 i 位置与撞击杆 b 撞击端

距离也应大于撞击杆 b 长度。通过选用不同长度的撞击杆 b,可控制加载杆 c 中压力;方波的持续时间,而其幅值由撞击速度决定。

[0050] 撞击杆 b 同心撞击加载杆 c,在加载杆 c 中产生具有恒定不变振幅的压缩脉冲,其振幅大小则与撞击杆 b 速度直接成正比。该脉冲传到应变片 i 处,应变片记录信号,即入射波 $\varepsilon_i(t)$ 。当压缩脉冲到达试样时,脉冲的一部分传递通过试样,另一部分则因为杆和试样的横截面以及它们的声阻不匹配而被反射。试样的截面及力学行为决定反射脉冲的精确形状。反射脉冲通过应变片,应变片记录信号,即反射波 $\varepsilon_r(t)$ 。由一维应力波理论可求得作用于试样上的载荷(加载点载荷)为:

$$[0051] \quad P(t) = EA[\varepsilon_i(t) + \varepsilon_r(t)]$$

[0052] 测试试样与加载杆 c 接触点的位移(即加载点位移)为:

$$[0053] \quad \delta(t) = \int_0^t c[\varepsilon_i(t) - \varepsilon_r(t)]dt$$

[0054] 式中:E—加载杆的弹性模量;A—加载杆的截面积; $\varepsilon_i(t)$ —加载杆上的入射应变; $\varepsilon_r(t)$ —加载杆上的反射应变;c—加载杆中弹性波速;进而结合系统获取的其他数据进而获取最终参数。

[0055] 至于支撑装置的具体实施方式,可按照实际情况分为两种,分别如下:

[0056] 其一,如图 2-11 及图 14-19 所示,具体包括设置有底部凹槽的底板 10,底板 10 与整个系统的外部导轨间预先以导轨槽 11 配合固定,底板 10 上铅垂布置彼此平行的立板 20 和衬板 30,立板 20 作为测试试样的扶持部,其上贯穿板体布置长方形通孔 21 以用于放置试样,而衬板 30 作为衬垫部,其上同样同心布置通孔部 31,并在通孔部 31 上安置有可拆卸的独立结构的垫块 32,可根据需要调节垫块 32 间距,从而满足不同长度的试样测试需求。衬板 30 与立板 20 底部以底板 10 固接,顶端则以顶板 40 彼此连接,从而保证其自身的工作位置恒定性,避免因衬板 30 和立板 20 在巨大冲击力作用下发生位移而导致测试数据不准确性的状况出现。顶板 40 略微突出衬板 30 端面,从而使衬板 30 相对于立板 20 的另一端面与顶板 40 板面间形成一夹角,该夹角即为前述外侧角,而底板 10 末端布置凸板 50,此时凸板 50 与底板 10 间的夹角则形成前述凸板 50 与底板 10 的内侧角,再通过支撑板 60 的布置,使其整体构成了三点支撑体系,进而进一步的确保证了衬板 30 在巨大载荷下的抗冲击性,最终为整个装置的工作可靠性和测试数据的精准性提供有利保证。

[0057] 支撑装置的另一种实施例,则如图 2-7 及图 10-19 所示,其大致结构同上,而不同处则在于垫块 32 的实现结构;此处以通孔部 31 的两长端端部,来完成上述垫块 32 同样的工作目的;实际操作时,测试试样两端抵靠在通孔部 31 的两长端端部处,一样能够起到定点支撑作用,在受到外部加载杆冲击时,通孔部 31 的两长端端部一样能够坚固的起到稳固托撑效果,进而使整个测试系统能够稳定可靠加以运作;其中立板 20 的位于通孔 21 下方的孔,以及顶板 40 上的方孔均为工艺孔,此处就不再赘述。

[0058] 支撑装置具体工作时,首先将其装置卡嵌于前述导轨部 g 处并加以固定,之后,或根据长方体的测试试样长度调节垫块 32 间距,或直接选用带有合适长度通孔部 31 的衬板 30 并进行整体的组装操作,再将测试试样安置于立板 20 上的通孔 21 内,调节好各部件相对位置并相应设定好加载杆和撞击杆等一系列外部构件的状态位置,即可进行后续的测试需求。测试完毕后,即可通过对于支撑装置的拆卸打包,从而实现其部件的基本的保存维护需

求,以留待下次再用。本发明整体结构简单而维护保养方便,工作可靠性高,多零件的可组装式结构保证了其自身的模块化和标准化需要,从而为整个三点弯曲支撑测试系统的测试设备的统一化提供了基础保证,其市场前景广阔。

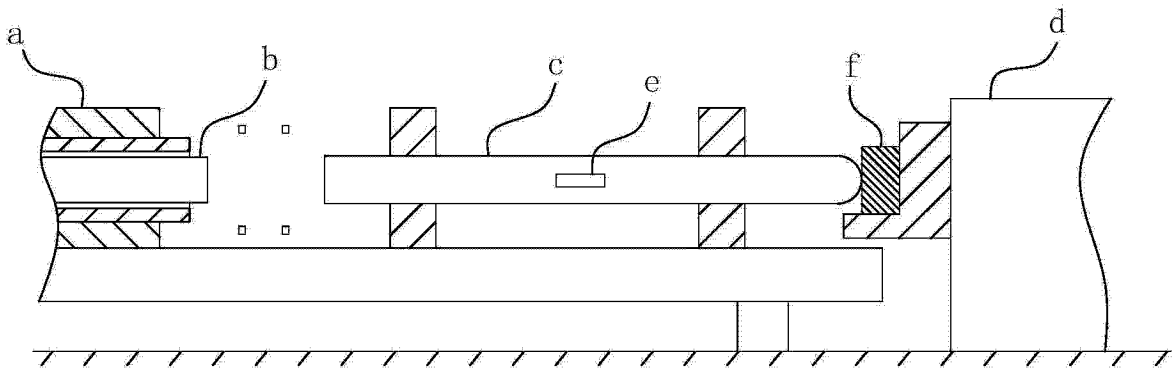


图 1

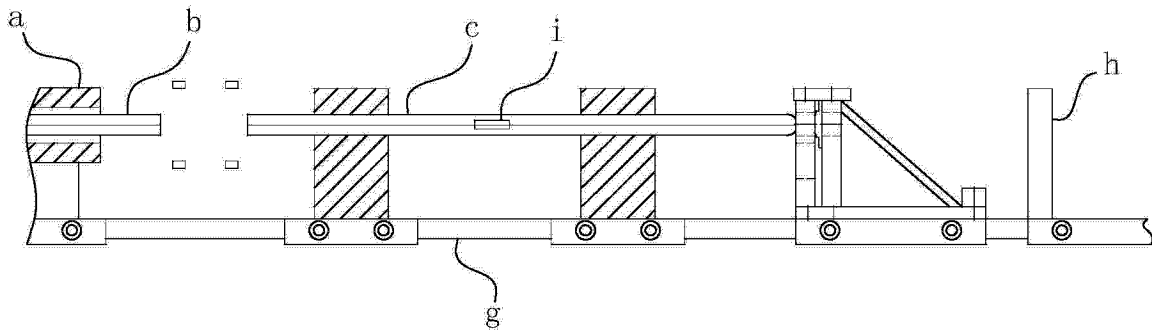


图 2

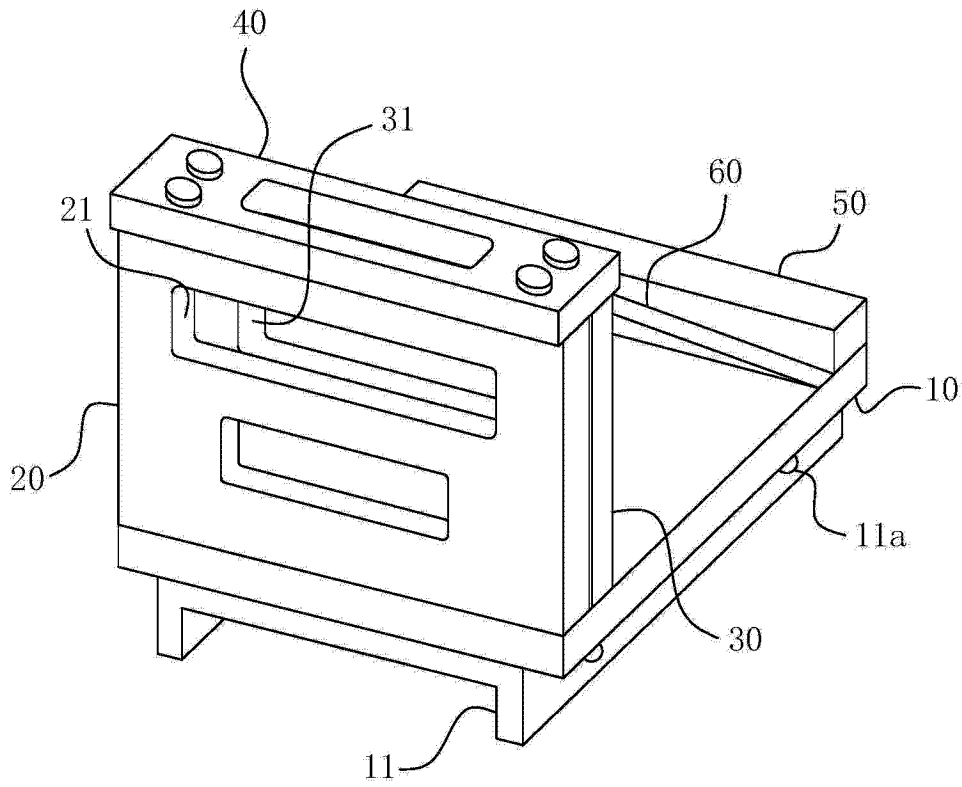


图 3

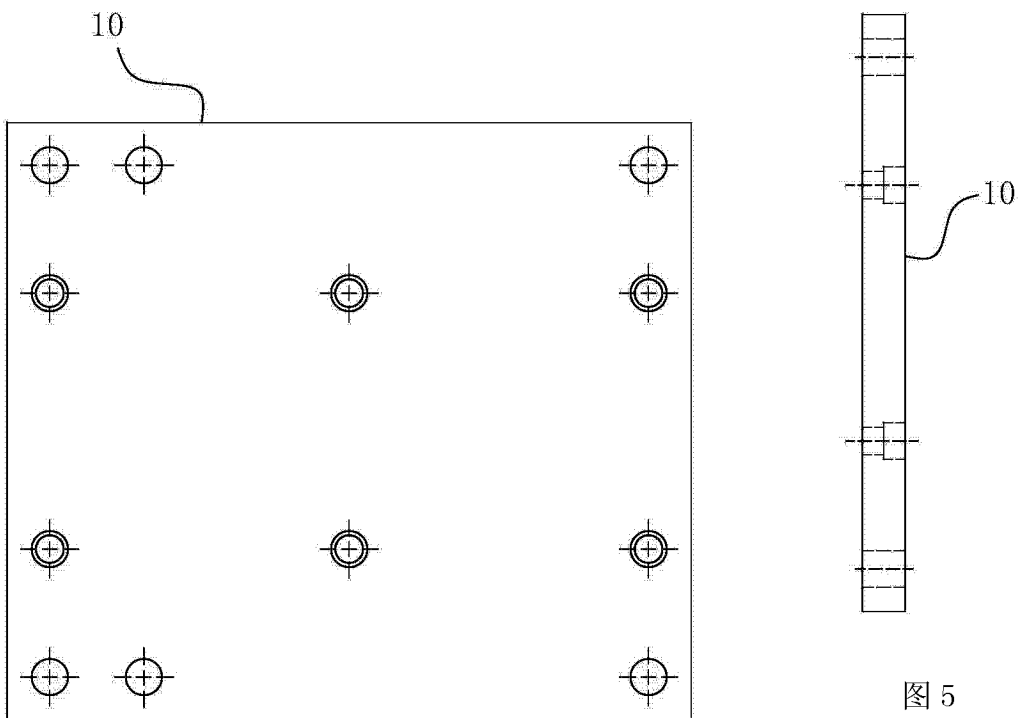


图 4

图 5

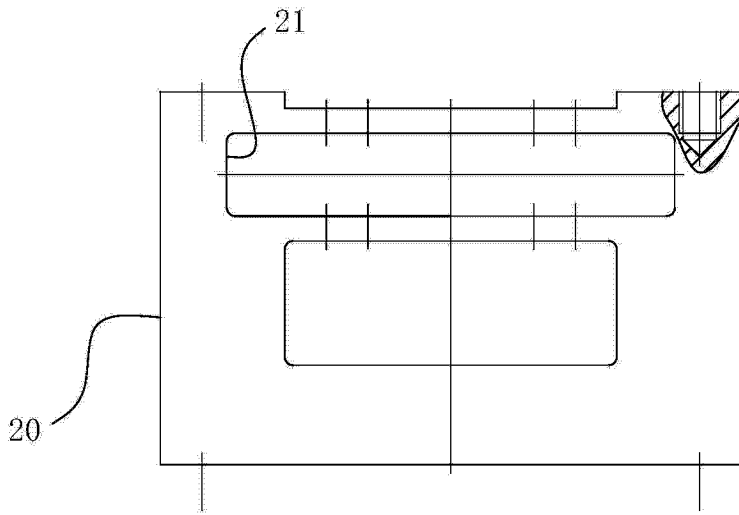


图 6

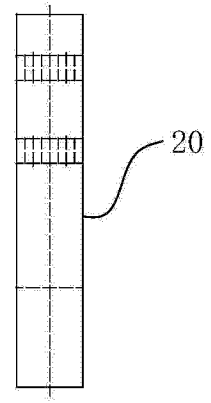


图 7

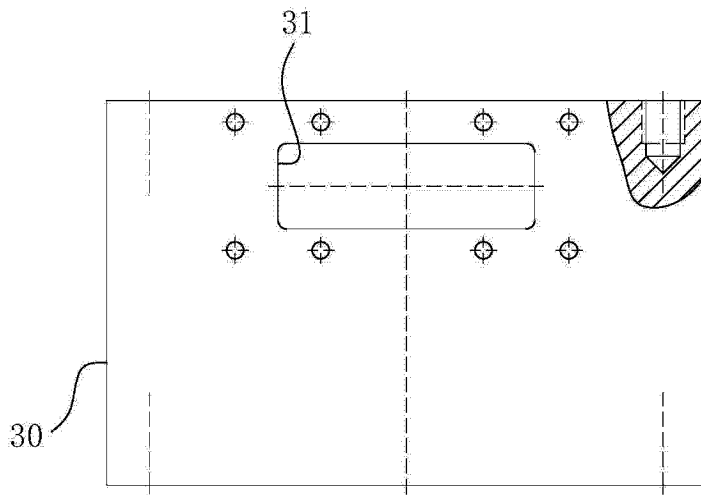


图 8

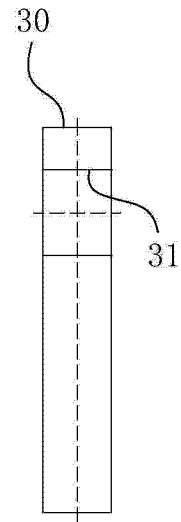


图 9

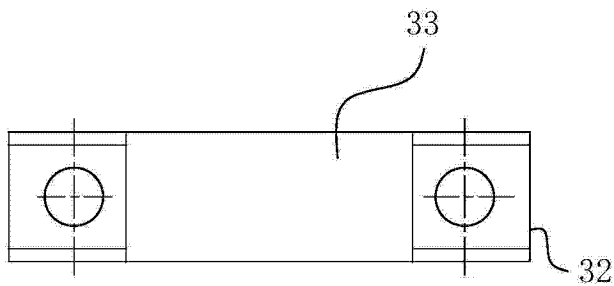


图 10

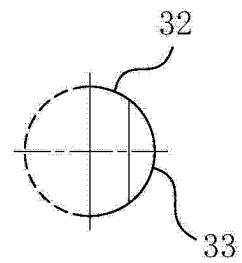


图 11

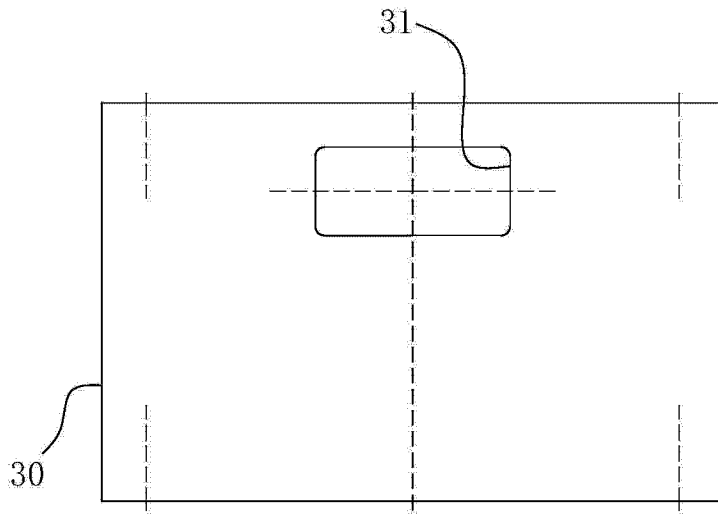


图 12

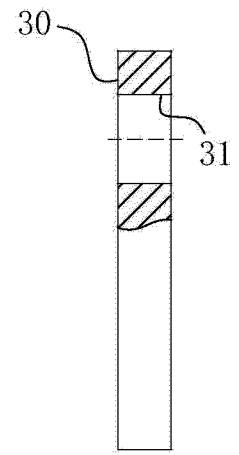


图 13

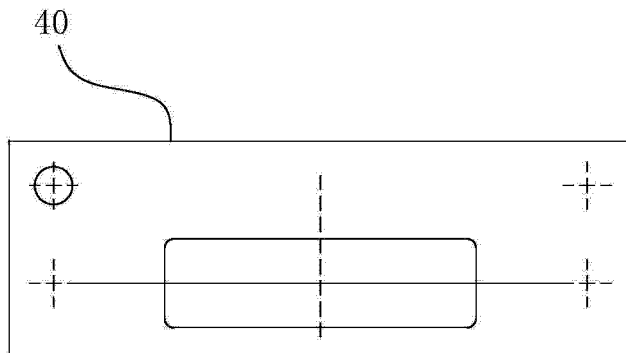


图 14

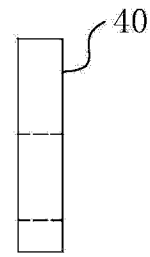


图 15

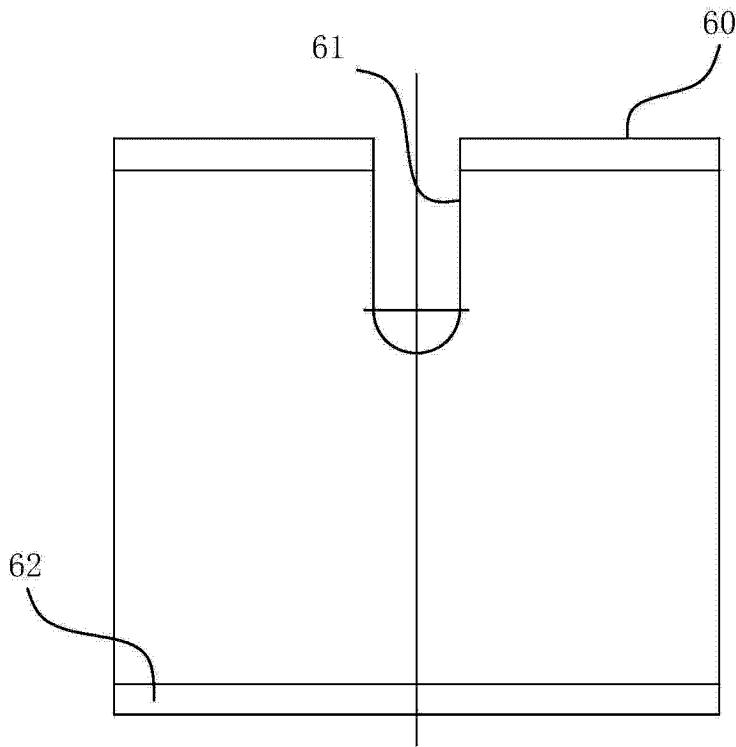


图 16

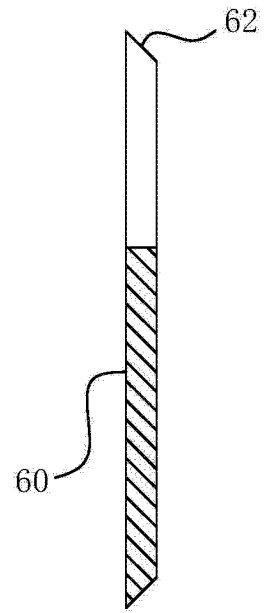


图 17

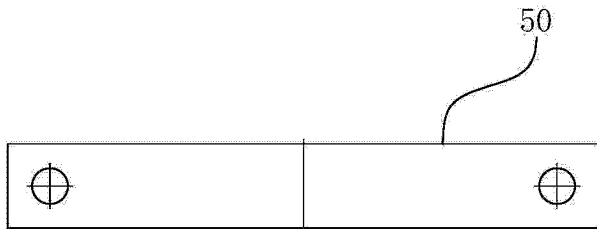


图 18

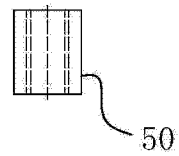


图 19