



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103837416 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201410101439. 3

CN 203772646 U, 2014. 08. 13, 权利要求 1-11.

(22) 申请日 2014. 03. 18

CN 102374950 A, 2012. 03. 14, 全文 .

(73) 专利权人 中国人民解放军理工大学

CN 102445336 A, 2012. 05. 09, 全文 .

地址 210000 江苏省南京市秦淮区海福巷 1 号 21

CN 102012338 A, 2011. 04. 13, 全文 .

AT 406200 B, 2000. 01. 15, 全文 .

(72) 发明人 刘斌 王明洋 赵跃堂 徐婷

CN 201196615 Y, 2009. 02. 18, 全文 .

焦玉民 王德荣 宋春明 邱艳宇 戎晓力

DE 3331915 A1, 1985. 04. 04, 全文 .

审查员 沈育德

(74) 专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所

(普通合伙) 32238

代理人 吴静安

(51) Int. Cl.

G01N 3/10(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 103471941 A, 2013. 12. 25, 全文 .

CN 203241300 U, 2013. 10. 16, 全文 .

CN 103163026 A, 2013. 06. 19, 全文 .

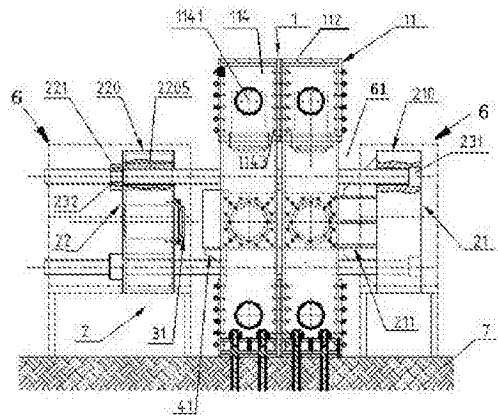
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置

(57) 摘要

本发明涉及模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,包括垂直反力架、水平反力架和液压油缸;所述垂直反力架与水平反力架垂直交叉放置,两反力架交叉处形成放置岩体试样的六面体空间;所述垂直反力架对应于所述六面体空间的一对平行垂直面两侧分别设有油缸活塞水平移动的水平油缸,对应于六面体空间的两平行水平面两侧分别设有油缸活塞垂直移动的垂直油缸和垂直反力作用面;所述水平反力架对应于六面体空间的另一对平行垂直面两侧分别设有所述水平油缸和水平反力作用面。有益效果在于,可模拟地下防护工程和隧道开挖时的力学状态,从中获取相关数据,为地下工程的开挖尺寸和跨度大小的确定及预测地下工程周围的压力变化等提供依据。



1. 模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于包括垂直反力架、水平反力架和液压油缸;所述垂直反力架与水平反力架垂直交叉放置,两反力架交叉处形成放置岩体试样的六面体空间;所述垂直反力架对应于所述六面体空间一对平行垂直面的各一侧设有油缸活塞水平移动的水平油缸,对应于六面体空间一对平行水平面的各一侧分别设有油缸活塞垂直移动的垂直油缸和垂直反力作用面;所述水平反力架对应于六面体空间的另一对平行垂直面各一侧分别设有所述水平油缸和水平反力作用面;置于六面体空间的六面体岩体试样的一对平行垂直面受到对应油缸所施于的方向相反大小相同的模拟应力,另一对平行垂直面和一对平行水平面分别受到对应油缸和反力作用面所施于的方向相反大小相同的模拟应力。

2. 根据权利要求1所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述垂直反力架包括至少两垂直反力架单元,所述反力架单元沿厚度方向紧密排列并由螺栓、螺母将相邻的反力架单元连接,以形成一体。

3. 根据权利要求2所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述垂直反力架单元包括腹板和翼板,所述腹板连接成平面矩形框,所述翼板将两沿厚度方向平行排列的所述平面矩形框连接成一体,形成具有对应矩形形状的立体矩形框的垂直反力架单元。

4. 根据权利要求3所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述垂直油缸和水平油缸连接在所述垂直反力架单元的立体矩形框内由翼板形成的内侧上水平面和内侧垂直面上,所述垂直反力作用面设置在一下压座上,所述下压座连接在垂直反力架单元内由翼板形成的内侧下水平面上。

5. 根据权利要求1所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述水平反力架包括前支架、后支架和水平拉杆;所述前支架和后支架分别置于所述垂直反力架的一侧;四根所述拉杆平行放置并穿过垂直反力架,对应端分别连接在前支架和后支架上。

6. 根据权利要求5所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述前支架包括内侧板、外侧板、侧面板、拉杆套筒和反力座,所述内侧板和外侧板平行放置,两者对应位置上分别设有拉杆孔,内、外侧板对应位置上的拉杆孔由拉杆套筒连接,对应边侧由对应侧面板连接形成六面体形状的箱体架;所述反力座设置在所述箱体架的内侧板中心位置上,所述水平反力作用面设置在所述反力座端部的平面上。

7. 根据权利要求6所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述反力座包括反力座侧板和反力作用面板,四块所述反力座侧板垂直连接在所述内侧板上,相邻的反力座侧板相互垂直连接形成矩形框,一与所述矩形框的矩形形状相对应的反力作用面板连接在矩形框的端部形成矩形台座,反力作用面板的外侧面形成所述的水平反力作用面。

8. 根据权利要求6所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述前支架还包括第一导向观察套筒和第二导向观察套筒,所述内、外侧板的中心分别设有导向观察孔,该两导向观察孔由置于内、外侧板之间的第一导向观察套筒连接;所述反力作用面板的中心设有导向观察孔,第二导向观察套筒置于所述反力座的中心并位于反力作用面板与内侧板之间,两端分别连接反力作用面板和内侧板上的导向观察孔,且第一、二导向观

察套筒同轴线连通。

9. 根据权利要求 5 所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述后支架包括内侧板、外侧板、侧面板和拉杆套筒和油缸套筒,所述内侧板和外侧板平行放置,两者的中心位置和对应于拉杆位置分别设有油缸孔和拉杆孔;所述油缸套筒和拉杆套筒置于内、外侧板之间,两端分别连接内、外侧板上对应的油缸孔和拉杆孔,内、外侧板的对应边侧由对应侧面板连接形成六面体形状的箱体架;所述水平油缸置于油缸套筒内,缸头设置在内侧板一侧。

10. 根据权利要求 5 所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述加卸载试验装置还包括下压座、侧压块和上压块;所述下压座设置中所述六面体空间的底部;所述侧压块置于下压座上,且位于岩体式样对应于水平油缸一侧;所述上压块置于岩体式样上端对应于垂直油缸一侧。

11. 根据权利要求 1-10 任一项所述的模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置,其特征在于所述加卸载试验装置还包括安全防护支架,所述安全防护支架中间设有与所述水平反力架宽度相适配的通道,水平反力架置于所述通道中,并可沿所述通道滑动。

模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及岩体应力测试装置,尤其涉及一种模拟深部岩体应力状态的加卸载试验装置。

背景技术

[0002] 隧道施工中,被开挖的岩体处于高应力状态,对于城市内隧道施工,还伴随着建筑物和地下管线密布的状况,在开挖岩体的外力作用下,将不可避免的引起周边地层的移动和变形,并可能对建筑设施和管路产生不良影响。最近几年的国防工程和城市建设施工中,很多事故都是由于挖掘时的隧道塌方所致,造成大量人员伤亡和财产损失,其危害巨大且难以预测。

[0003] 探究深部巷道围岩分区变形机理,研究深部岩体的应力—应变特征,揭示高地应力转移对岩体破碎分化的影响,以及应力场的传递和转移受深部岩体的开挖形状和力学性质等影响的规律,对于城市地下道路工程发展有着至关重要的作用。

[0004] 地下工程建设对施工的安全性和可靠性需要准确地掌握围岩分区的变形机理。但是在实际施工场地进行数据采集非常不便,而且花费巨大。岩体受力很难直接测量,而且随着时间的推移和外部环境的改变其受力情况还在不断的发生着变化,因此需要一种能够方便操作并能够模拟真实环境下的试验装置来获得防护工程或隧道开挖力学行为有关数据并进行受力分析。

[0005] 现阶段世界上有很多研究岩体材料分区破碎试验的装置,但是都有一定的局限性,主要体现在所提供的应力变化范围不广、应力值调节不精确、无法进行长期的数据采集、稳定性能不高等。

发明内容

[0006] 本发明目的在于克服上述现有技术之不足,提供应力变化范围广、应力值调节精确、稳定性能高、操作简单的高应力条件下深部岩体加卸载试验装置,通过液压油缸来利用液压系统施加压力,在模拟条件下获得地下防护工程和隧道开挖力学状态下的有关数据,从而探究深部巷道围岩分区变形机理,研究深部岩石的应力、应变特征,揭示高地应力转移对岩体破碎分区化的影响。

[0007] 上述目的由下述的技术方案来实现:

[0008] 所述加卸载试验装置,包括垂直反力架、水平反力架和液压油缸;所述垂直反力架与水平反力架垂直交叉放置,两反力架交叉处形成放置岩体试样的六面体空间;所述垂直反力架对应于所述六面体空间一对平行垂直面的各一侧设有油缸活塞水平移动的水平油缸,对应于六面体空间一对平行水平面的各一侧分别设有油缸活塞垂直移动的垂直油缸和垂直反力作用面;所述水平反力架对应于六面体空间的另一对平行垂直面各一侧分别设有所述水平油缸和水平反力作用面;置于六面体空间的六面体岩体试样的一对平行垂直面受到对应油缸所施予的方向相反大小相同的模拟应力,另一对平行垂直面和一对平行水平面

分别受到对应油缸和反力作用面所施于的方向相反大小相同的模拟应力。

[0009] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述垂直反力架包括至少两垂直反力架单元,所述反力架单元沿厚度方向紧密排列并由螺栓、螺母将相邻的反力架单元连接,以形成一体。

[0010] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述垂直反力架单元包括腹板和翼板,所述腹板连接成平面矩形框,所述翼板将两沿厚度方向平行排列的所述平面矩形框连接成一体,形成具有对应矩形形状的立体矩形框的垂直反力架单元。

[0011] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述垂直油缸和水平油缸连接在所述垂直反力架单元的立体矩形框内由翼板形成的内侧上水平面和内侧垂直面上,所述垂直反力作用面设置在一下压座上,所述下压座连接在垂直反力架单元内由翼板形成的内侧下水平面上。

[0012] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述水平反力架包括前支架、后支架和水平拉杆;所述前支架和后支架分别置于所述垂直反力架的一侧;四根所述拉杆平行放置并穿过垂直反力架,对应端分别连接在前支架和后支架上。

[0013] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述前支架包括内侧板、外侧板、侧面板、拉杆套筒和反力座,所述内侧板和外侧板平行放置,两者对应位置上分别设有拉杆孔,内、外侧板对应位置上的拉杆孔由拉杆套筒连接,对应边侧由对应侧面板连接形成六面体形状的箱体架;所述反力座设置在所述箱体架的内侧板中心位置上,所述水平反力作用面设置在所述反力座端部的平面上。

[0014] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述反力座包括反力座侧板和反力作用面板,四块所述反力座侧板垂直连接在所述内侧板上,相邻的反力座侧板相互垂直连接形成矩形框,一与所述矩形框的矩形形状相对应的反力作用面板连接在矩形框的端部形成矩形台座,反力作用面板的外侧面形成所述的水平反力作用面。

[0015] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述前支架还包括第一导向观察套筒和第二导向观察套筒,所述内、外侧板的中心分别设有导向观察孔,该两导向观察孔由置于内、外侧板之间的第一导向观察套筒连接;所述反力作用面板的中心设有导向观察孔,第二导向观察套筒置于所述反力座的中心并位于反力作用面板与内侧板之间,两端分别连接反力作用面板和内侧板上的导向观察孔,且第一、二导向观察套筒同轴线连通。

[0016] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述后支架包括内侧板、外侧板、侧面板和拉杆套筒和油缸套筒,所述内侧板和外侧板平行放置,两者的中心位置和对应于拉杆位置分别设有油缸孔和拉杆孔;所述油缸套筒和拉杆套筒置于内、外侧板之间,两端分别连接内、外侧板上对应的油缸孔和拉杆孔,内、外侧板的对应边侧由对应侧面板连接形成六面体形状的箱体架;所述水平油缸置于油缸套筒内,缸头设置在内侧板一侧。

[0017] 所述加卸载试验装置的进一步设计在于,所述加卸载试验装置还包括下压座、侧压块和上压块;所述下压座设置中所述六面体空间的底部;所述侧压块置于下压座上,且位于岩体式样对应于水平油缸一侧;所述上压块置于岩体式样上端对应于垂直油缸一侧。

[0018] 本发明的加卸载试验装置可模拟地下防护工程和隧道开挖时的力学状态,从中获取相关数据,为地下工程的开挖尺寸和跨度大小的确定及预测地下工程周围的压力变化等提供依据,并为探究深部巷道围岩分区变形机理、深部岩石的应力、应变特征,高地应力转

移对岩体破碎分区化的影响奠定基础;本发明通过对称设置的水平油缸和水平油缸与对应水平反力作用面及垂直油缸与对应垂直反力作用面向岩体试样的 6 面施力,这种施力方式既可模拟深部一岩体所受到的应力,又可最大程度节省油缸的使用数量,且油缸施力时均作用于垂直反力架结构内部,与基础基本无关,并且油缸的设置位置合理,使试验装置受力均匀合理,使其能安全可靠地进行长期加载试验,并通过液压油缸来利用液压系统施加不同的压力,以提高应力变化的范围和灵敏度,确保应力的持续时间和稳定可靠;此外本发明的加卸载试验装置对基础无特殊要求,且占用空间小,成本低,操作简便。

附图说明

- [0019] 图 1 是本发明加卸载试验装置的结构示意图。
[0020] 图 2 是图 1 所示载试验装置的左视图。
[0021] 图 3 是图 1 所示载试验装置的俯视图。
[0022] 图 4 是垂直反力架单元的结构示意图。
[0023] 图 5 是图 4 所示垂直反力架单元的左视图。
[0024] 图 6 是图 4 所示垂直反力架单元的俯视图。
[0025] 图 7 是图 4 所示垂直反力架单元的 A 向视图。
[0026] 图 8 是下压座的结构示意图。
[0027] 图 9 是图 8 所示下压座的左视图。
[0028] 图 10 是图 8 所示下压座的俯视图。
[0029] 图 11 是前支架的结构示意图。
[0030] 图 12 是图 11 所示前支架的左视图。
[0031] 图 13 是后支架的结构示意图。
[0032] 图 14 是图 13 所示后支架的左视图。
[0033] 图 15 卡板结构示意图。

具体实施方式

[0034] 如图 1-3,本发明装置主要由垂直反力架 1、水平反力架 2 和液压油缸 30、31、32 组成。垂直反力架 1 与水平反力架 2 垂直交叉放置,在两反力架交叉处形成放置深部岩体试样 9 的六面体空间 5。对应于该空间 5 的一对平行垂直面各一侧及一对平行水平面各一侧,垂直反力架上具有两两相对的一对平行垂直面 117 及两两相对的一对平行水平面 118。在一对垂直面 117 上分别连接水平油缸 32,水平油缸 32 的活塞作水平移动,其活塞端面与垂直反力架上的垂直面 117 平行;一对平行水平面 118 分别连接垂直油缸 31 和垂直反力作用面 M。对应于空间 5 的一对平行垂直面各一侧,水平反力架 2 有两两相对的另一对平行垂直面 211、221,在垂直面 211 上设置水平反力作用面 N,在垂直面 221 上连接水平油缸 30。

[0035] 上述的本发明装置可结合具体实施例中更详尽的结构做进一步的说明。

[0036] 垂直反力架 1 由两个垂直反力架单元 11 组成,参见图 1。每一垂直反力架单元 11 的结构如图 4-6 所示,由对应是腹板和翼板构成,所述的腹板包括上腹板 111、下腹板 115 和竖直腹板 113,上述腹板通过螺栓 1144 连接成平面矩形框,两这样的平面矩形框沿厚度方向平行排列,相互间由对应的翼板通过焊接连接形成具有对应矩形形状的立体矩形框。所

述翼板包括外侧横翼板 112、内侧横翼板 110、外侧竖翼板 114、内侧竖翼板 116 等。该立体矩形框的内侧面具有由两相对内侧竖翼板 116 形成的一对平行内侧垂直面 117, 由两相对的内侧横翼板 110 形成一对平行水平面 118, 即内侧上水平面和内侧下水平面。对称放置的水平油缸 32 通过接垫板 35 分别固定连接在对应的一内侧竖翼板 116 上, 一垂直油缸 31 同样通过垫板 35 固定连接在内侧上水平面即上侧的内侧横翼板 110 上, 参见图 7, 下侧的内侧横翼板 110 上连接设有水平反力作用面 2121 的下压座 41。

[0037] 上述两个垂直反力架单元 11 沿厚度方向紧密排列并由若干螺栓 1143 连接, 以形成一体。为了便于两垂直反力架单元 11 的螺栓连接操作, 在对应于连接处的外侧竖翼板 114 和外侧横翼板 112 上分别设有操作工艺孔 1141 和操作工艺孔 1121。整个垂直反力架 1 通过底部地脚螺丝孔 1151 固定在对应的基础 7 上。

[0038] 水平反力架 2 主要由前支架 21、后支架 22 和四根水平拉杆 23 组成, 前支 21 和后支架 22 分别置于垂直反力架 1 的一侧, 四根拉杆 23 平行放置并分别穿过垂直反力架上的下压座 41, 其对应的两端分别连接在前支架 21 和后支架 22 上。

[0039] 如图 8-10, 下压座 41 具有相互平行的上压板 413 和下压板 415, 两者间通过四块围拢成矩框形状的侧板 418 焊接成一体。为了增加下压座 41 的刚性, 在上压板 413 和侧板 418 之间连接三角形 413 和矩形的肋板 417。并在前后侧的侧板 418 上设置连接拉杆套筒 412 的孔, 拉杆套筒 412 的两端分别连接在该孔上, 使得对应的水平拉杆 23 能通过拉杆套筒 412 穿过垂直反力架单元。在上压板 413 基本中心位置设置压板 411, 压板 411 连接在上压板 413 上, 压板 411 的上端面形成了垂直反力作用面 M, 压板 411 面积小于上压板 413 并小于岩体式样 9 的下端面。这使得压板 411 相对三个水平油缸的对应三侧位置具有油缸活塞伸缩的空间和放置对应压块的空间, 且在岩体式样 9 置于压板 411 后, 式样边缘部分露出所支承的压板 411, 保证油缸活塞的作用力完全作用的式样上, 而不作用在下压座 41 上。

[0040] 如图 11-12, 前支架 21 具有一个箱体架 211 和一个反力座 212。箱体架 211 具有相互平行的内侧板 2111 和外侧板 2112, 该两侧板对应位置上分别设有四个拉杆孔, 四个拉杆套筒 2114 分别置于两侧板之间所对应的一对拉杆孔位置, 其两端与上对应拉杆孔连接, 两侧板的对应边侧由对应侧面板连接形成六面体形状的箱体架, 反力座 212 设置在所述箱体架的内侧板中心位置上。反力座 212 主要由反力座侧板 2124 和反力作用面板 2121 组成, 四块反力座侧板垂直连接在内侧板 2111 上, 相邻的反力座侧板 2124 相互垂直连接形成矩形框, 作用面板 2121 连接在矩形框的端部形成矩形台座, 反力作用面板 2121 的外侧面形成所述的水平反力作用面 N。

[0041] 为了便于观察深部岩体在受到钻孔外力时内部应力变化而可能引发岩体物理状态的变化, 在前支架 21 中心位置设置导向观察孔 2122, 这样在内、外侧板及反力作用面板 2121 的中心分别设置对应的导向观察孔, 并在内、外侧板的导向观察孔之间用第一导向观察套筒连接, 在水平反力作用面板与内侧板的导向观察孔之间用第二导向观察套筒连接, 第一、二导向观察套筒同轴线连通。该导向观察孔还便于钻头的引入, 使得试验可模拟岩体受钻孔外力的受力状态, 并通过该孔观察受外力状态下的变化情况。

[0042] 如图 13-14, 后支架 22 的结构与前支架 21 中的箱体架 211 相似, 具有设有四个拉杆孔和一个油缸孔的内侧板 222 和外侧板 221, 平行的内、外侧板之间对应于拉杆孔位置放置拉杆套筒 223, 对应于中心的油缸孔位置放置一油缸套筒 224, 上述套筒两端分别连接

内、外侧板上对应的孔,内、外侧板的对应边侧由对应外侧板 221 连接,形成六面体形状的箱体架。水平油缸 31 置于油缸套筒 223 内,油缸套筒对应与内侧板一端均布有数个螺孔 2221,水平油缸的缸头设置在内侧板一侧,将通过螺孔 2221 和对应的螺钉连接在油缸套筒上。

[0043] 如图 1 和图 15,拉杆 23 在前、后支架上进行轴向定位,拉杆 23 一端设有轴肩 231,靠近另一端处设环形槽 232,前支架 21 上的拉杆套筒 2114 内侧设有对应于轴肩 231 的台阶孔,使拉杆 23 一端的轴肩 231 通过台阶孔进行轴向限位,拉杆 23 穿过后支架后通过卡板 221 使拉杆 23 在轴向定位。卡板 221 上设有两个并列的半圆形槽孔 2211,两半圆形槽孔 2211 的间距为同高度上两拉杆中心的间距,两卡板 221 分别从上下两侧插入拉杆 23 的环形槽 232 中,并通过卡板上的孔 2212 用螺钉将两卡板连接成一体,使对应的两拉杆 23 在轴向固定。

[0044] 在进行模拟试验时,将岩体试样 9 放置在下压座 41 的压板 411 上,在对应于三水平油缸 31、32、32 的下压板 413 位置上分别放置压块 41、42、42,并在试样 9 的上端放置压块 43,使油缸活塞通过对应压块作用于试样 9 上。压块采用 Q235B 钢包混凝土,而压块对应于试样的一面设置有橡胶垫(未画出),已防止压块可能对试样的刚性接触。试验时通过对称设置的水平油缸和水平油缸与对应水平反力作用面及垂直油缸与对应垂直反力作用面向岩体试样的 6 面施力,这种施力方式既可模拟深部一岩体所受到的应力,又可最大程度节省油缸的使用数量,且油缸施力时均作用于垂直反力架结构内部,与基础基本无关,并且油缸的设置位置合理,例如将垂直油缸设置在垂直反力架上侧的内侧横翼板上,使得油缸活塞向下施力时与重力方向同向。本发明的试验装置通过导向观察孔 2122 引导钻头在试样上钻孔,以模拟开挖时岩体力学状态,还可通过导向观察孔 2122 岩体的物理状态的变化。

[0045] 上述的水平反力架 2 置于安全防护支架 6 中,参见图 1、2、3(点化线表示的部分),该安全防护支架 6 用地脚螺栓固定于对应的地槽中,支架 6 的中间设有通道 61,通道的宽度 D 与水平反力架 2 的宽度相适配,水平反力架 2 可滑动地置于该通道中,在水平反力架 2 受到的水平力不平衡时通过在通道 61 内的自由滑动而释放,反力架所受力基本作用于其内部,而不作用在基础上;同时安全防护支架 6 对水平反力架 2 的宽度方向两侧有约束作用,防止矩形框架结构的水平反力架 2 产生扭曲变形。

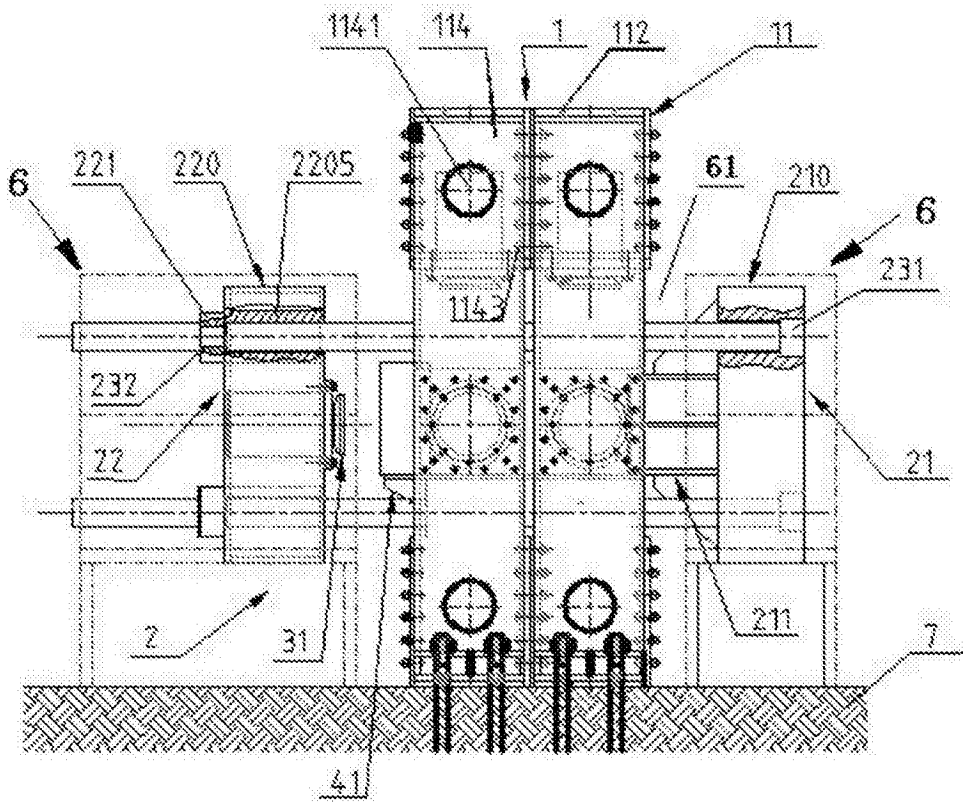


图 1

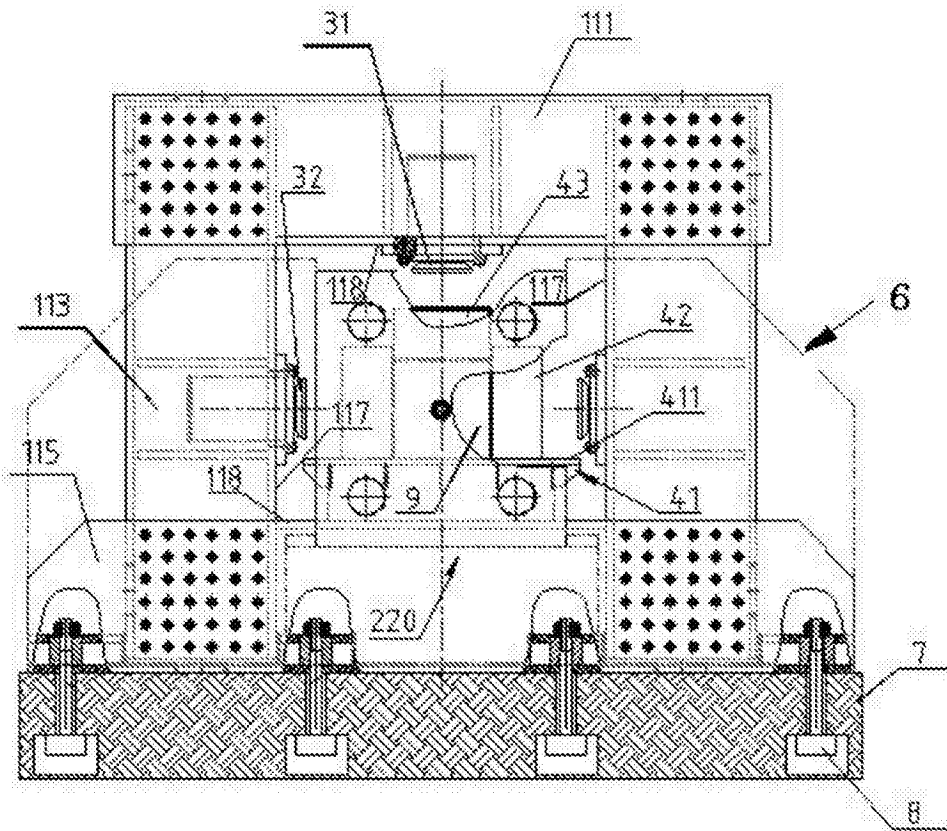


图 2

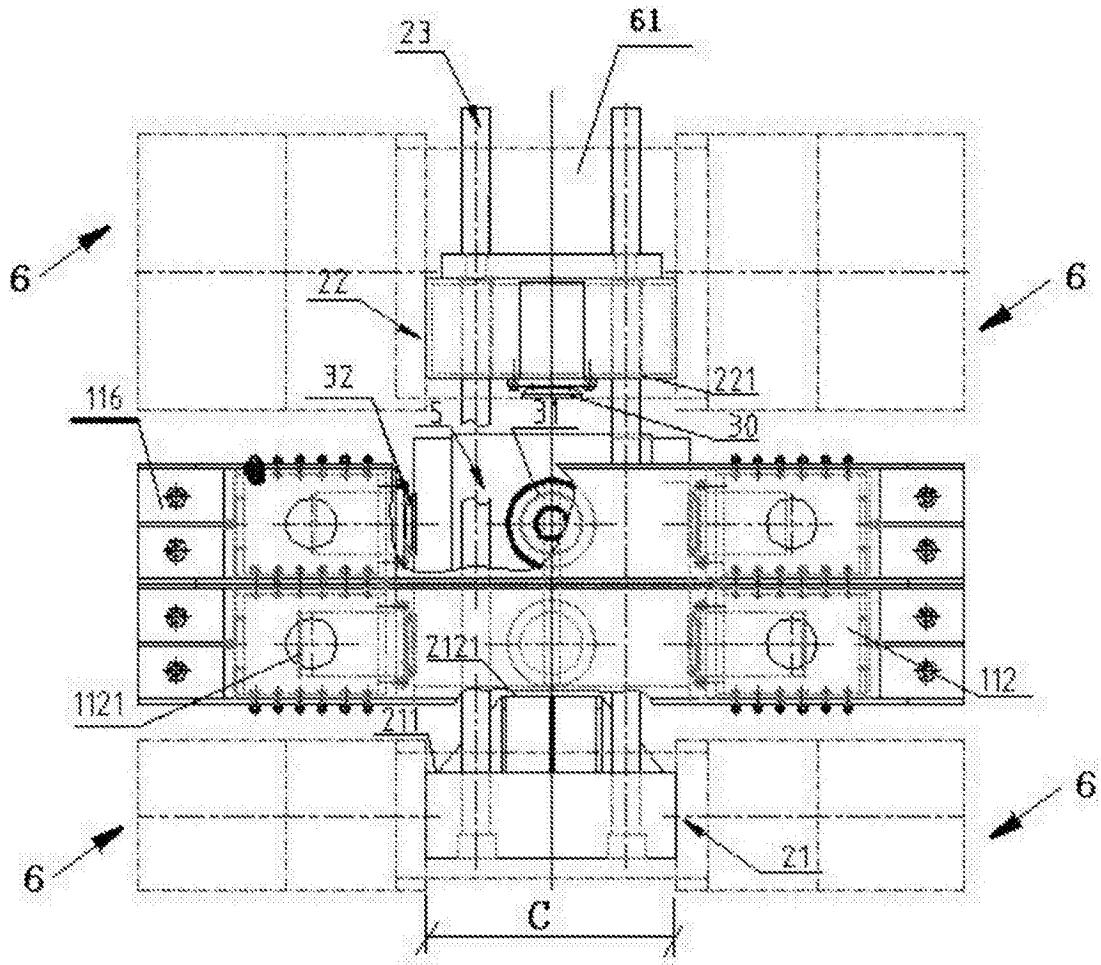


图 3

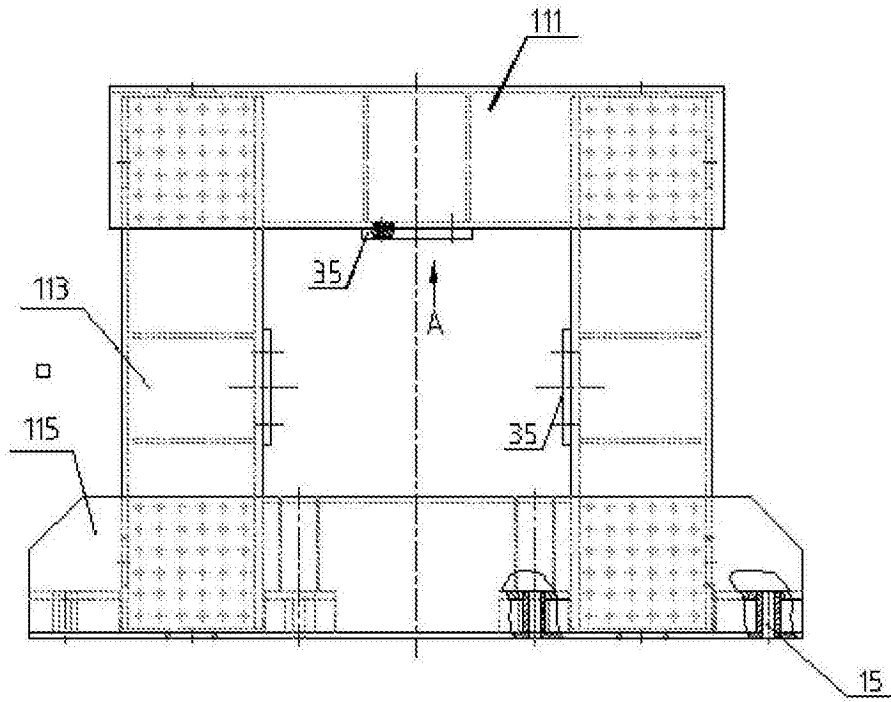


图 4

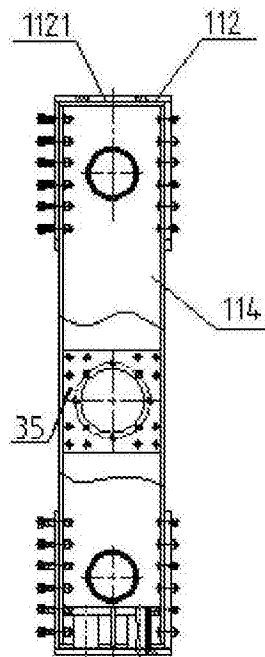


图 5

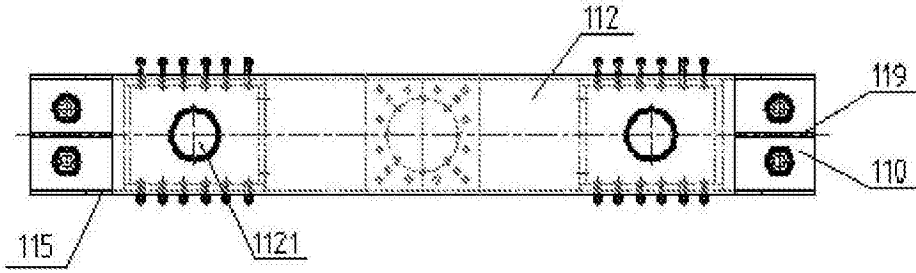


图 6

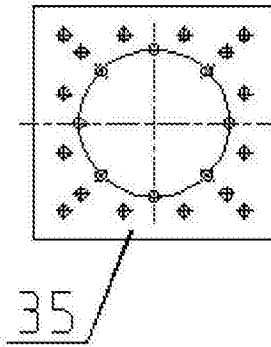


图 7

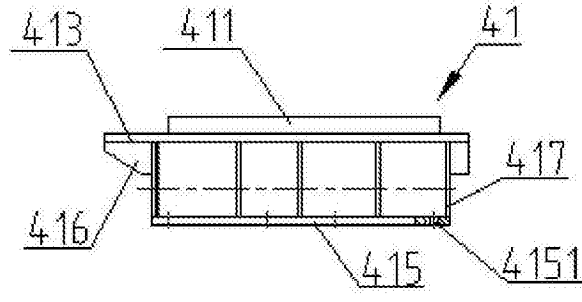


图 8

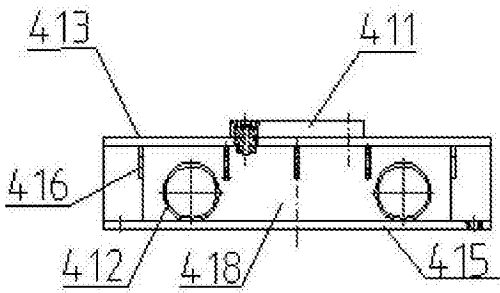


图 9

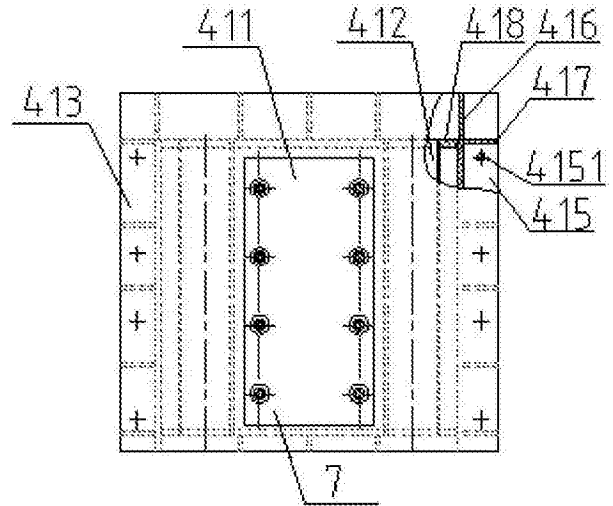


图 10

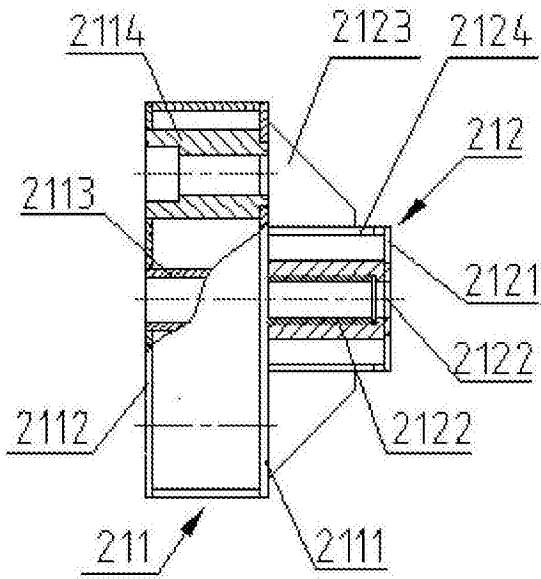


图 11

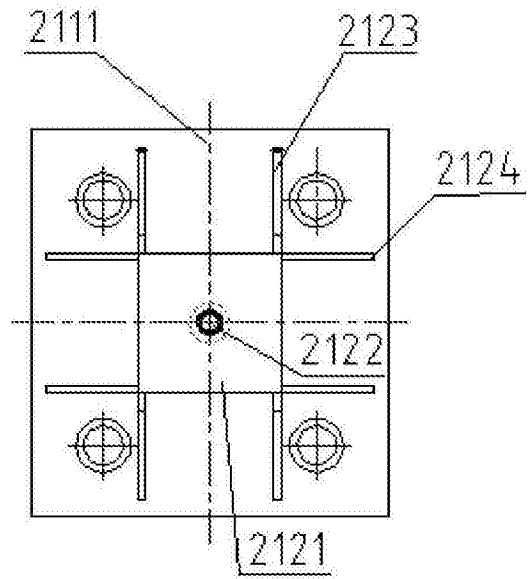


图 12

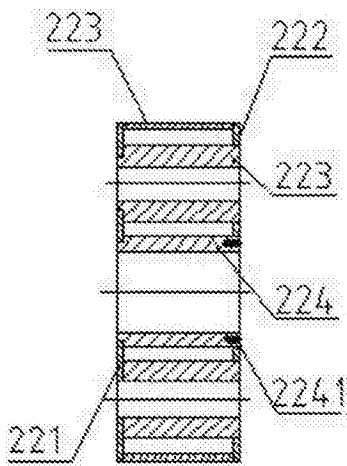


图 13

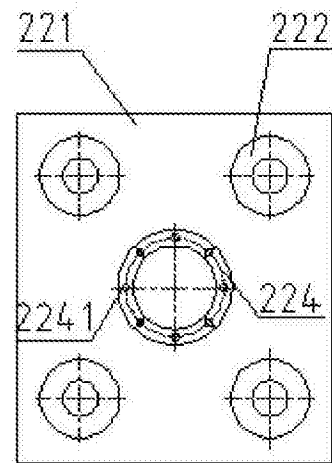


图 14

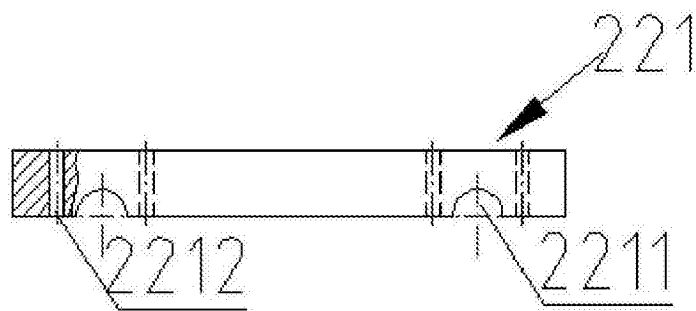


图 15