

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102535646 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201210016356. 5

(22) 申请日 2012. 01. 19

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 周臻 冯玉龙 王永泉 孟少平  
吴京

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

E04B 1/58 (2006. 01)

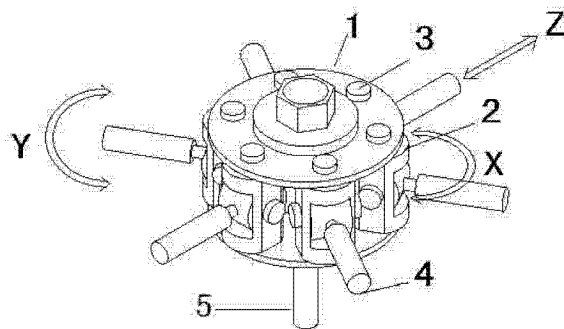
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可  
调节点

(57) 摘要

本发明公开了一种适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点,包括支架、调节件和竖直限位螺栓等装置和配件。调节件通过竖直限位螺栓固定在支架上从而形成节点整体,误差调节通过调节件实现。本发明是可与相连的网壳杆件在水平方向、竖直方向和杆件轴线方向进行空间三维多向调整,进而能够调节杆件长度和节点空间几何位置的适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点。多向误差可调节节点降低了施工误差和结构缺陷,可以有效地提高结构稳定承载力,确保结构的安全使用。



1. 一种适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点,其特征在于,该节点包括支架(1)和安装在所述支架(1)上的调节件(2),所述支架(1)包括底板(14)、立柱(15)、盖板(13)、垫板(12)和螺帽(11),所述底板(14)下侧中心设置有用于连接竖向撑杆(5)的装置,底板(14)上侧中心与所述立柱(15)连接,所述盖板(13)和垫板(12)依次穿在立柱(15)上,所述螺帽(11)通过螺纹与立柱(15)的上端连接,多个所述调节件(2)以立柱(15)为中心排列,并通过竖直限位螺栓(3)安装在底板(14)和盖板(13)之间;

所述调节件(2)包括水平可调件(21)和安装在所述水平可调件(21)上的竖直可调件(22),所述水平可调件(21)为侧面开有矩形通孔的柱体,所述竖直可调件(22)通过水平限位螺栓(23)安装在水平可调件(21)的矩形通孔中,竖直可调件(22)上设置有用于连接网格杆件(4)的安装孔(221)。

2. 根据权利要求1所述的适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点,其特征在于,所述的用于连接竖向撑杆(5)的装置为:在底板(14)下侧面中心设置的半球凹槽(142)和位于所述半球凹槽(142)外侧的环形挡板(143)。

3. 根据权利要求1所述的适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点,其特征在于,所述底板(14)周向边缘设置有均匀排列的多个第一螺孔(141),所述盖板(13)周向边缘设置有与第一螺孔(141)对应的多个第二螺孔(131),所述水平可调件(21)上下底面中心上设置有第三螺孔(211),上侧的竖直限位螺栓(3)穿过第一螺孔(141)、第三螺孔(211),下侧的竖直限位螺栓(3)穿过第二螺孔(131)、第三螺孔(211),将调节件(2)安装在支架(1)上。

4. 根据权利要求1所述的适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点,其特征在于,所述水平可调件(21)矩形通孔两侧的侧壁上设置有相对应的第四螺孔(212),所述竖直可调件(22)为横置的柱体,所述安装孔(221)设置在竖直可调件(22)侧面,竖直可调件(22)的两个底面中心均设置有第五螺孔(222);竖直可调件(22)置入水平可调件(21)的矩形通孔中,所述水平限位螺栓(23)穿过第四螺孔(212)和第五螺孔(222),将竖直可调件(22)安装在水平可调件(21)上。

## 一种适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点

### 技术领域

[0001] 本发明属于土木工程领域,涉及一种适用于弦支穹顶空间结构调节杆件长度和节点位置的装置、配件及其安装调节方法。

### 背景技术

[0002] 弦支穹顶结构是大跨度、大空间结构中广泛采用的一种新型预应力空间结构体系,由于其具有新颖的结构形式、优雅的结构造型、多样的空间形体、良好的力学性能和强大的跨越能力,近些年来被广泛地应用于体育馆、展览馆、影剧院、会堂、候车厅等公共建筑,如:天津保税区商务中心大堂屋盖、常州体育馆、2008年北京奥运会羽毛球馆、济南奥林匹克体育中心体育馆等,目前已成为21世纪最具现代感和发展潜力的绿色承重结构体系之一。

[0003] 从结构组成上而言,弦支穹顶空间结构由上部钢网格结构和下部索杆体系构成。上部钢网格结构为由众多杆件或构件按照一定规律布置并通过节点连接而成的空间网格体系,一般为单层曲面型网壳;下部索杆体系由拉索体系和多环竖向撑杆组成,其中各环撑杆的上端需要与上部单层网壳对应的各环节点相连接,以对上部网壳结构提供有效的支撑作用,增加整体结构的刚度。由此可见,上部钢网格结构的节点不仅需要起到连接汇交众多网壳杆件和竖向撑杆的作用,还要能够传递杆件在外荷载和下部拉索张力共同作用下所产生的内力,例如:网壳杆件中的轴力、弯矩和竖向撑杆的支撑压力等。此外,管道设备、吊顶和屋面等外荷载亦常以集中力的形式作用在上部网格节点上。因此,上部钢网格结构的节点是弦支穹顶空间结构中的重要组成部分,是保证各杆件有效协同工作和结构整体受力性能的关键。

[0004] 目前,弦支穹顶上部钢网格结构的节点一般采用现行国家标准《空间网格结构技术规程》JGJ 7-2010中推荐的一些空间网格节点形式,如:焊接空心球节点、螺栓球节点、嵌入式榫节点、铸钢节点、销轴式节点、组合结构节点、预应力索节点和支座节点。其中,焊接空心球节点为由两个半球焊接而成的空心球,可根据受力大小分别采用不加肋空心球和加肋空心球,主要用于单层网壳结构中的刚接节点;螺栓球节点则由钢球、高强度螺栓、套筒、紧固螺钉、锥头或封板等零件组成,主要用于网壳结构中的铰接节点。这两种节点形式在弦支穹顶空间结构中得到了广泛的应用。

[0005] 然而,现有弦支穹顶空间结构中常用的节点存在以下问题:在结构的安装施工过程中,一旦构件与节点连接完成后,则杆件的安装长度和节点的位置即已完全确定,不能再进行任何的误差调节。然而,由于弦支穹顶上部钢网格结构的节点由多根杆件汇集而成,而在钢网格结构实际安装过程中,每根杆件的下料长度与实际安装长度相比不可避免地存在初始缺陷,所有杆件的制造缺陷将会累积汇集到节点,加之施工人员存在的安装误差和安装期间温度反复变化引起的杆件变形,使得弦支穹顶结构在施工过程中不可避免地存在一定的累积安装误差。在这种情况下,现场或者通过临时改变部分杆件下料长度以重新加工制作,或者利用人工或机械强迫部分杆件和节点就位,此时会导致结构具有一定的初始装

配内力和非预期位移,同时也难以保证结构的初始形态和设计要求相一致。尤其在下部拉索预应力张拉完成后,会使结构的位移态和应力态误差进一步加大,对结构在后续使用阶段的安全性能将会造成很不利的影响。

[0006] 本发明针对现有弦支穹顶节点的上述问题,提出了一种适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点。

## 发明内容

[0007] 技术问题:本发明提供了一种可与相连的网壳杆件在水平方向、竖直方向和杆件轴线方向进行空间三维多向调整,进而能够调节节点空间几何位置的适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点。

[0008] 技术方案:本发明的适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点,包括支架和安装在支架上的调节件,支架包括底板、立柱、盖板、垫板和螺帽,底板下侧中心设置有用于连接竖向撑杆的装置,底板上侧中心与所述立柱连接,盖板和垫板依次穿在立柱上,所述螺帽通过螺纹与立柱的上端连接,多个调节件以立柱为中心排列,并通过竖直限位螺栓安装在底板和盖板之间;

调节件包括水平可调件和安装在水平可调件上的竖直可调件,水平可调件为侧面开有矩形通孔的柱体,竖直可调件通过水平限位螺栓安装在水平可调件的矩形通孔中,竖直可调件上设置有用于连接网格杆件的安装孔。

[0009] 本发明中,用于连接竖向撑杆的装置为:在底板下侧面中心设置的半球凹槽和位于所述半球凹槽外侧的环形挡板。

[0010] 本发明中,底板周向边缘设置有均匀排列的多个第一螺孔,所述盖板周向边缘设置有与第一螺孔对应的多个第二螺孔,所述水平可调件上下底面中心上设置有第三螺孔,上侧的竖直限位螺栓穿过第一螺孔、第三螺孔,下侧的竖直限位螺栓穿过第二螺孔、第三螺孔,将调节件安装在支架上。

[0011] 本发明中,水平可调件矩形通孔两侧的侧壁上设置有相对应的第四螺孔,所述竖直可调件为横置的柱体,所述安装孔设置在竖直可调件侧面,竖直可调件的两个底面中心均设置有第五螺孔;竖直可调件置入水平可调件的矩形通孔中,所述水平限位螺栓穿过第四螺孔和第五螺孔,将竖直可调件安装在水平可调件上。

[0012] 有益效果:本发明与现有技术相比,具有以下优点:

弦支穹顶结构是一种误差敏感性结构,施工误差可以降低结构的承载能力和稳定性。杆件下料误差和节点安装偏差可以使结构的稳定承载力降低几倍,严重影响结构的安全使用。

[0013] 针对上述弦支穹顶结构节点中经常出现的杆件下料误差和节点安装偏差问题,本发明的可调节节点在所有杆件和节点调整就位以后,可依据设计需求使节点采取铰接或刚接方式固定和约束所有相连的杆件,从而使结构安装期间可在一定范围内灵活地进行杆件长度和节点方位调节,确保在无强迫位移和装配内力的有利条件下消除结构的安装误差。

[0014] 本发明通过设置水平可调件、竖直可调件和端头带螺栓的连接杆件,使与节点相连的各根杆件可以在水平向、竖直向和杆件轴线方向实现空间多向可调,从而能够在弦支穹顶安装施工过程中,灵活调节杆件长度和节点位置,消除安装施工过程中杆件长度误差

和节点位置偏差的不利影响,提高结构的安装精度;

本发明设计的误差可调节节点可根据实际安装误差动态调整杆件长度,无需通过人工或机械强迫节点和杆件安装就位,消除了安装偏差下强迫就位的装配应力,保证了施工期结构的良好力学性能;

本发明采用高强螺栓连接主零件、水平可调件和竖直可调件,可在施工安装过程中根据需要随时初拧或放松节点转动约束,便于多根杆件缺陷和多个节点偏差的往复调整,具有良好的可操作性;

本发明通过水平、竖直的空间多向可调机制,可模拟弦支穹顶曲面轮廓不同曲率位置的节点-杆件空间几何相对位置,从而能够尽可能减少弦支穹顶结构的节点加工形式,较大程度地减轻了工厂预制加工的工作量。

[0015] 本发明保证了实际工程结构与设计模型一致性,确保了结构受力分析的正确性,此外,对于缺陷很敏感的弦支穹顶结构,降低施工误差和结构缺陷可以有效地提高结构稳定承载力,确保结构的安全使用。

## 附图说明

[0016] 图1为本发明的多向误差可调节节点的立体结构示意图,图中X、Y、Z分别表示水平向、竖直向和杆件轴线方向可调。

[0017] 图2为支架1的立体结构示意图。

[0018] 图3为支架1空间拆分的立体结构示意图。

[0019] 图4为底板14和立柱15连接的平面结构示意图。

[0020] 图5为可调件2和竖直限位螺栓3的立体结构示意图。

[0021] 图6为可调件2和竖直限位螺栓3空间拆分的空间的立体结构示意图。

[0022] 图7为网格杆件4的立体结构示意图。

[0023] 图8为竖向撑杆5的立体结构示意图。

[0024] 图9为支架1的俯视图。

[0025] 图10为图9的A-A剖面图。

[0026] 图11为水平可调件21的俯视图。

[0027] 图12为图11中的B-B和C-C剖面图。

[0028] 图13为本发明的多向误差可调节节点的安装调节流程。

[0029] 图中有:支架1,可调件2,竖直限位螺栓3,网格杆件4,竖向撑杆5,螺帽11,垫板11,盖板13,底板14,立柱15,第二螺孔131,第一螺孔141,半球凹槽142,环形档板143,水平可调件21,竖直可调件22,水平限位螺栓23,第三螺孔211,第四螺孔212,安装孔221,第五螺孔222。

## 具体实施方式

[0030] 本发明的适用于弦支穹顶空间结构的多向误差可调节节点,包括支架1和安装在支架1上的调节件2,支架1包括底板14、立柱15、盖板13、垫板12和螺帽11,底板14周向边缘设置有均匀排列的多个第一螺孔141,盖板13周向边缘设置有与第一螺孔141对应的多个第二螺孔131,底板14下侧中心设置有用于连接竖向撑杆5的装置,底板14上侧中心与

立柱 15 连接, 盖板 13 和垫板 12 依次穿在立柱 15 上, 螺帽 11 通过螺纹与立柱 15 的上端连接, 多个调节件 2 以立柱 15 为中心排列, 并通过竖直限位螺栓 3 安装在底板 14 和盖板 13 之间。

[0031] 支架 1 是误差可调节的主体部分, 用于连接多个可调件 2 和竖向撑杆 5。可调件 2 与支架 1 之间通过竖直限位螺栓 3 连接, 端部带有半圆球的竖向撑杆 5 可以与支架 1 中的半球凹槽 142 对接。支架 1 的底板 14 和立柱 15 连成整体, 用于支撑整个节点, 保持节点的竖向稳定, 底板 14 底端挖去半圆球为竖向撑杆 5 提供空间铰接约束端, 约束端外围设有环形挡板 143, 环形挡板 143 可采用六角螺帽, 起到防止竖向撑杆 5 的端部飞出和辅助拧紧螺帽 11 的作用; 盖板 13, 与支架 1 中的底板 14 一起形成可调件 2 的固定平台, 地板 14 与盖板 13 上均在对应位置打孔, 便于可调件 2 的安装和固定; 螺帽 11, 用于辅助压紧盖板 13, 使盖板 13 与底板 14 成为稳固的整体; 垫板 12, 位于螺帽 11 与盖板 13 之间, 用于传递螺帽 11 的预压力。

[0032] 调节件 2 包括水平可调件 21 和安装在水平可调件 21 上的竖直可调件 22, 水平可调件 21 为侧面开有矩形通孔的柱体, 在其上下底面中心上设置有第三螺孔 211, 矩形通孔两侧的侧壁上设置有相对应的第四螺孔 212, 竖直可调件 22 上设置有用于连接网格杆件 4 的安装孔 221, 安装孔 221 设置在竖直可调件 22 侧面, 竖直可调件 22 的两个底面中心均设置有第五螺孔 222; 竖直可调件 22 置入水平可调件 21 的矩形通孔中, 水平限位螺栓 23 穿过第四螺孔 212 和第五螺孔 222, 将竖直可调件 22 安装在水平可调件 21 上。

[0033] 调节件 2 上侧的竖直限位螺栓 3 穿过第一螺孔 141、第三螺孔 211, 下侧的竖直限位螺栓 3 穿过第二螺孔 131、第三螺孔 211, 将调节件 2 安装在支架 1 上。

[0034] 调节件 2 用于与多根网格杆件 4 相连, 是实现误差可调的主要装置。当水平可调件 21 上下两端的竖直限位螺栓 3 未拧紧时, 水平可调件 21 可以绕竖直限位螺栓 3 的中心轴转动, 从而实现了水平方向角度可调。水平方向角度调整到位以后可以拧紧竖直限位螺栓 3 和螺帽 11, 通过水平可调件 21 和盖板 13, 底板 14 之间的摩擦力阻止其水平方向转动。同理, 当竖直可调件 22 左右两端的水平限位螺栓 23 未拧紧时, 竖直可调件 22 可以绕水平限位螺栓 23 的中心轴转动, 从而实现竖直方向角度可调。竖直方向角度调整到位以后可以拧紧左右两端的水平限位螺栓 23, 或者在竖直可调件 22 的上下端留有缝隙打入铁片以阻止其竖直方向转动。

[0035] 竖直限位螺栓 3 是高强螺栓, 用于连接支架 1 和水平可调件 21。同理, 在第二部分调节件 2 中的水平限位螺栓 23 是高强螺栓, 用于连接水平可调件 21 和竖直可调件 22。在杆件和节点调整就位后, 可通过对直限位螺栓 3 和水平限位螺栓 23 施加较大的预紧力予以固定。

[0036] 与本发明的多向误差可调节节点连接的相连杆件包括网格杆件 4 和竖向撑杆 5。网格杆件 4 是在普通钢管端部与螺栓焊接形成的端头带有螺纹的杆件, 与竖直可调件 22 相连, 可以在竖直可调件 22 的安装螺孔 221 内旋进或旋出一段距离, 从而实现杆件轴线方向长度可调。竖向撑杆 5 是把网格杆件的端部加工成半圆球形而形成的, 与支架 1 中的半球凹槽 142 对接, 从而实现竖向撑杆 5 与本发明节点铰接。

[0037] 本发明装置的制作工序为:

1. 制作支架 1: 制作底板 14 和立柱 15, 在立柱 15 上部加工一段螺纹, 在底板 14 底部

加工一半圆球孔并设置环形档板 143 ;制作支架 1 中的螺帽 11, 垫板 11, 盖板 13 ;最后分别在底板 14 和盖板 13 上设置多个第一螺孔和第二螺孔。

[0038] 2. 制作水平调节件 21 :制作实心圆柱体, 在竖直调节件 22 位置挖空, 形成矩形通孔, 在侧面位置切边 ;在上下圆柱面中心上设置第三螺孔 211, 矩形通孔两侧的侧壁上设置第四螺孔 212 ;

3. 制作竖直调节件 22 :制作实心圆柱体, 在其侧面设置有安装螺孔 221, 两个圆柱面中心设置第五螺孔 222。

[0039] 本发明的安装调节工序 :

1. 根据节点尺寸可以确定节点连接杆件可调范围。

[0040] 2. 根据可调范围, 粗略确定杆件尺寸。

[0041] 3. 根据设计图纸确定节点位置。

[0042] 4. 根据节点位置固定底板 14。

[0043] 5. 杆件拧进竖直调节件 22, 再把竖直调节件 22 通过初拧水平限位螺栓连接到水平调节件 21 上, 水平调节件 21 通过初拧竖直限位螺栓连接到承台 14 上。

[0044] 6. 根据实际几何关系, 调节竖直调节件 21 和水平调节件 22 以及旋转杆件, 直至调整到空间网格结构的设计状态。

[0045] 7. 加上盖板 13、垫板 12 和螺帽 11。

[0046] 8. 如果需要节点是铰接的, 初拧剩余高强螺栓即可 ;如果需要节点是刚接的, 终拧所用高强螺栓即可 ;施工完毕。

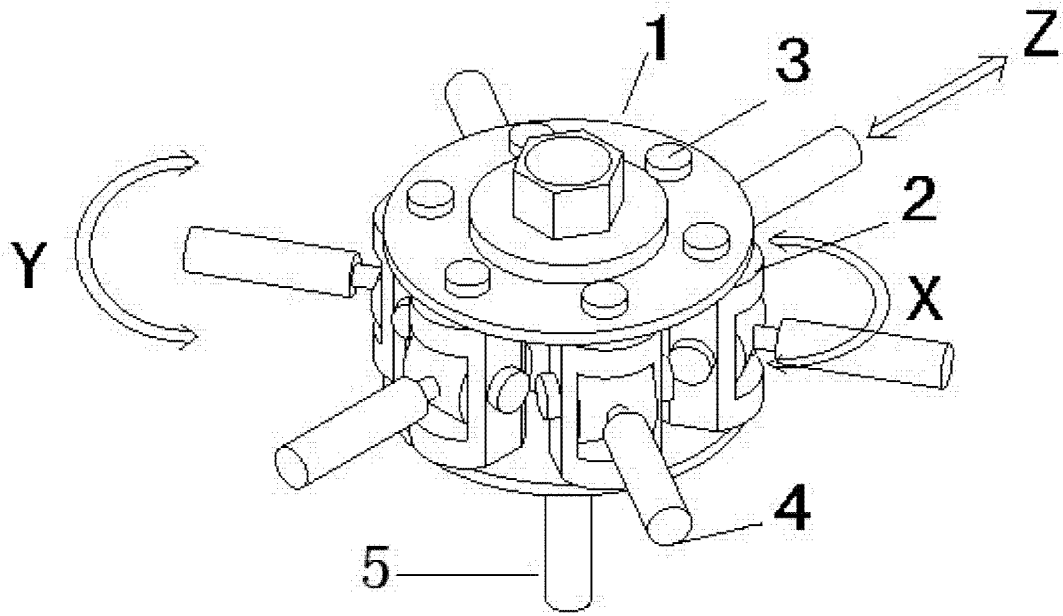


图 1

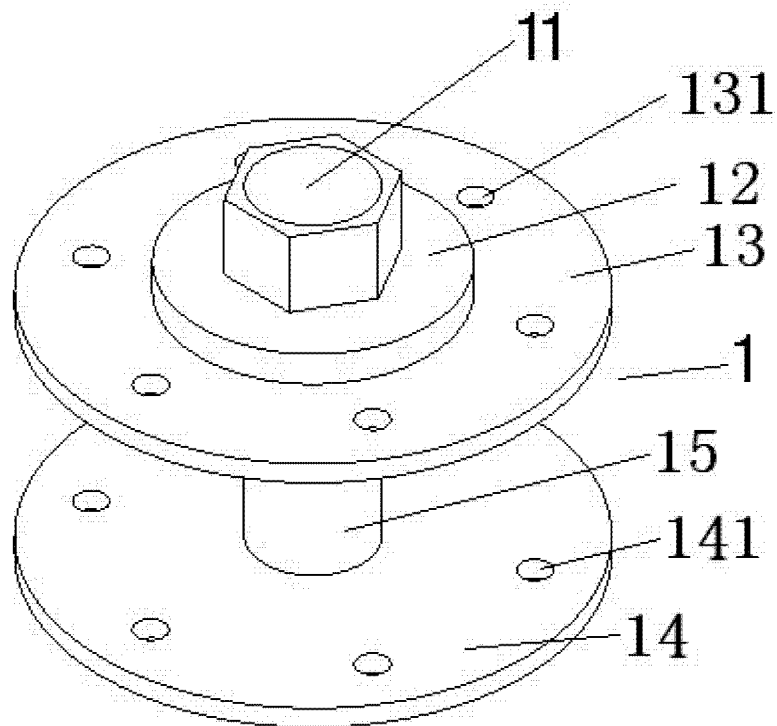


图 2



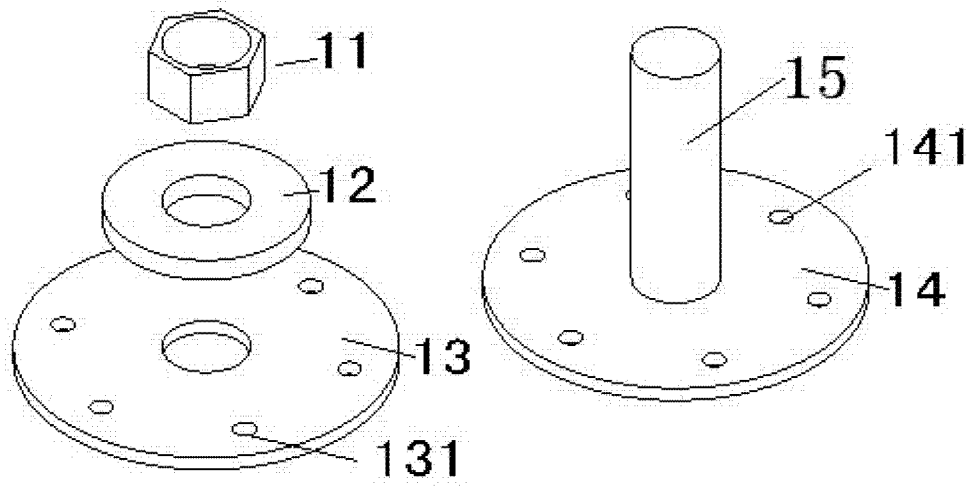


图 3

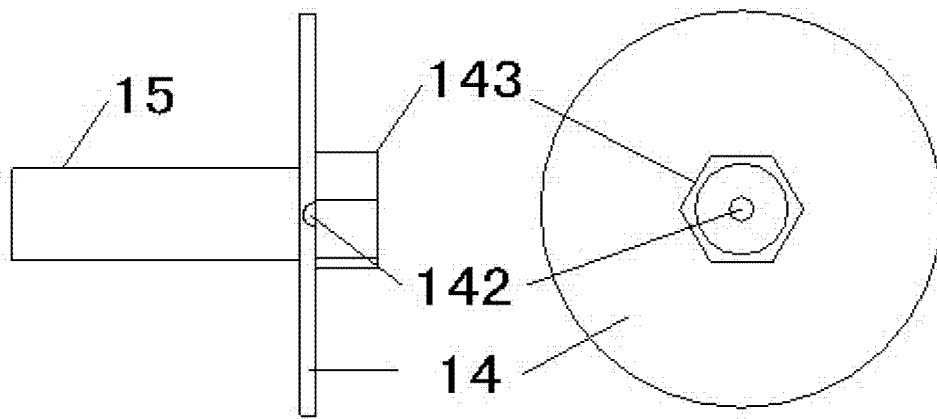


图 4

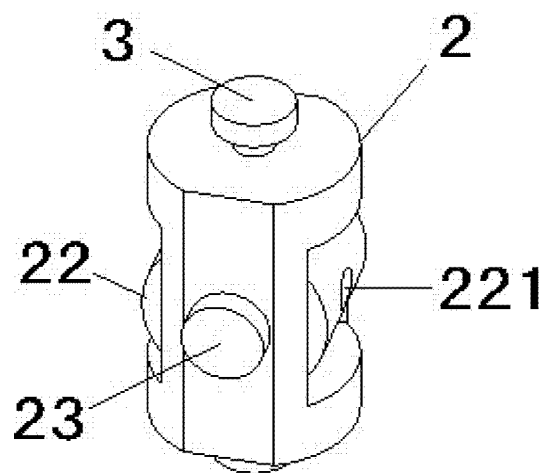


图 5

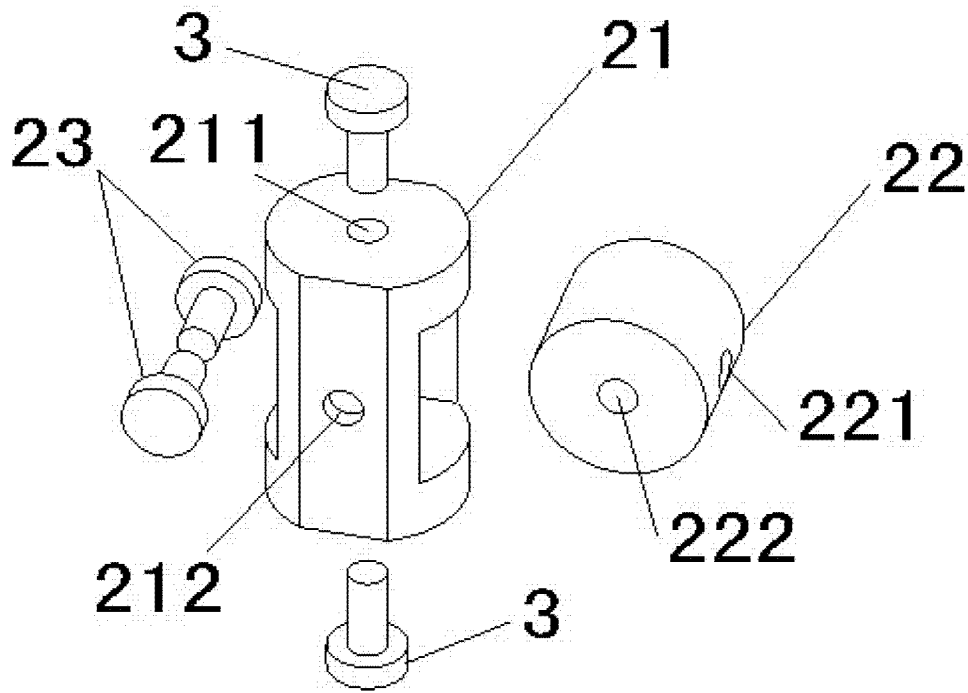


图 6



图 7



图 8

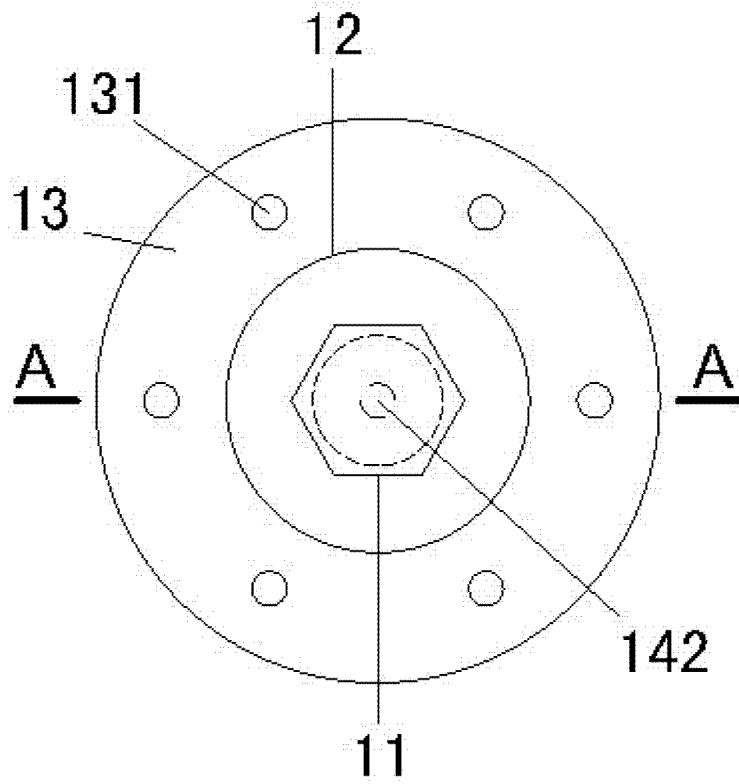


图 9

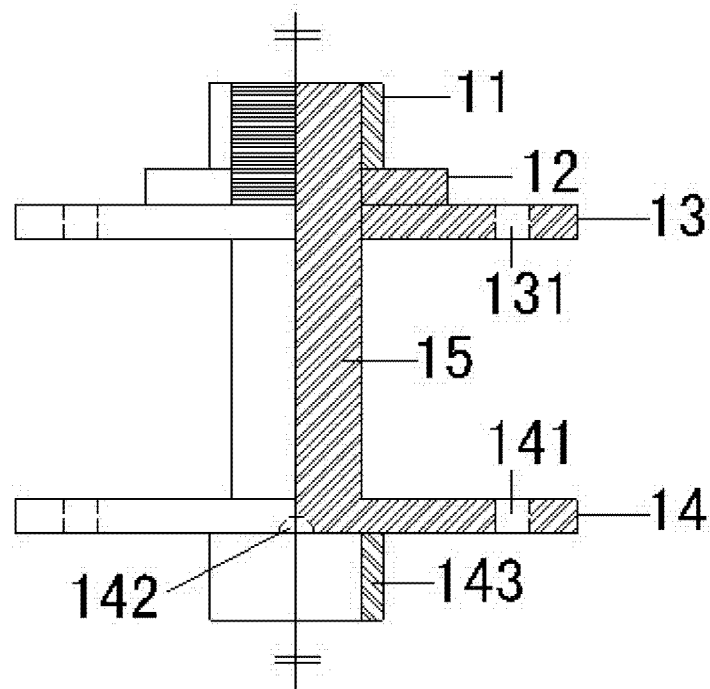


图 10

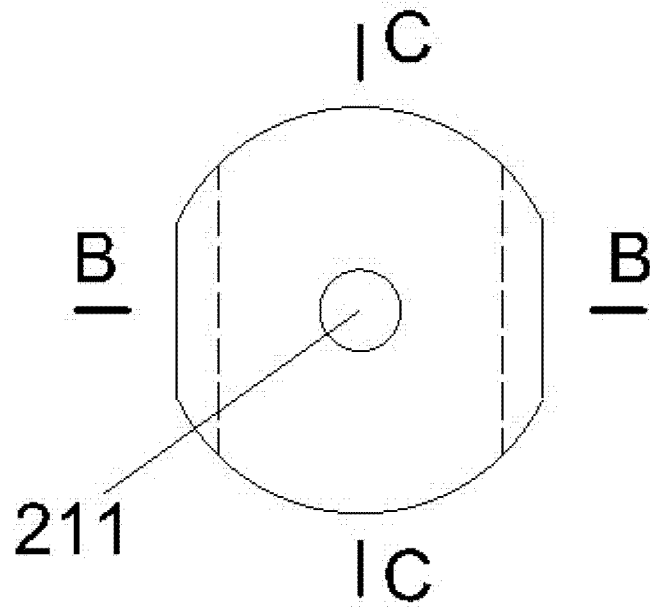


图 11

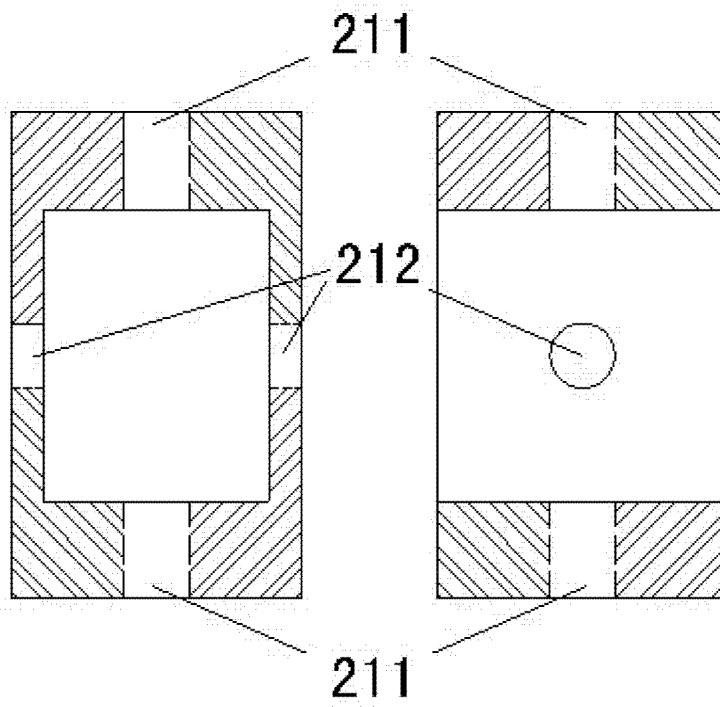


图 12

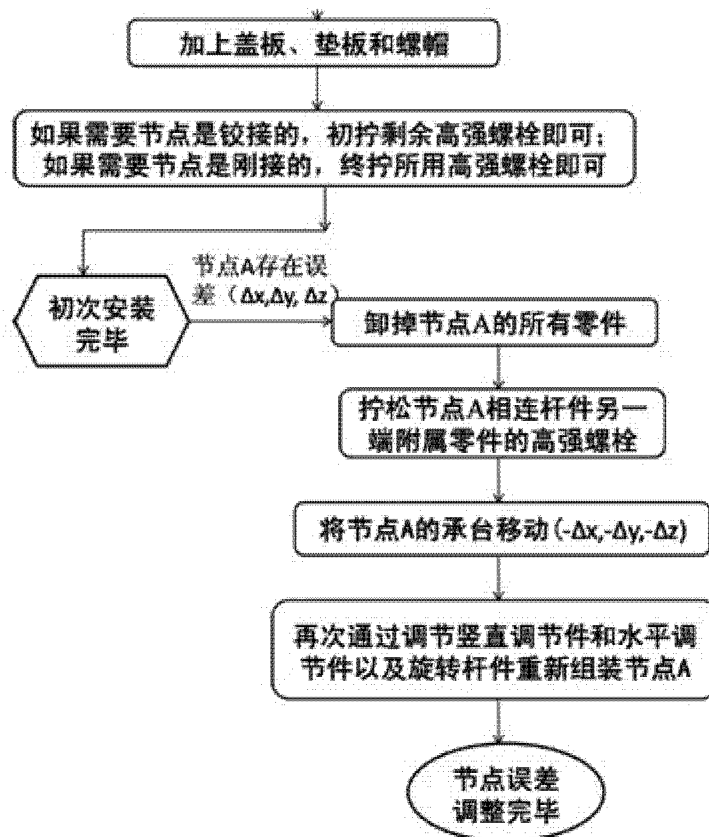


图 13