(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111962950 A
(43)申请公布日 2020.11.20

(21)申请号 202010790609.9

(22)申请日 2020.08.07

(71)申请人 北京工业大学
地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72)发明人 曹万林 杨兆源 董宏英 潘有健 乔崎云 张建伟

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203
代理人 沈波

(51)Int.Cl.
E04H 9/02(2006.01)
E04B 1/98(2006.01)
E04B 1/18(2006.01)
E04B 1/58(2006.01)
E04B 5/02(2006.01)
E04B 1/62(2006.01)
E04B 1/64(2006.01)

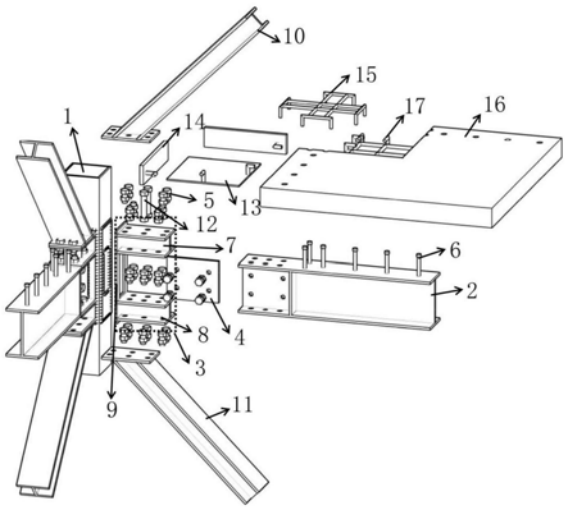
权利要求书3页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法

(57)摘要

本发明公开了一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法，该节点主要由轻型方钢管再生混凝土柱、H型钢梁、π形连接件、腹板连接板、高强螺栓、钢支撑、十字形板凳拉结筋以及预制再生混凝土局部楼板组成。本发明所述梁-柱-撑连接节点，施工简便，绿色环保，传力路径明确，具有两道抗震防线。本发明中π形连接件增大了节点域高度，节点承载力得到提高，角柱相邻两侧π形连接件不连续，降低了结构连续倒塌的风险。使用十字形板凳拉结钢筋将角柱相邻节点域与与楼板拉结，节点整体性增强。该节点梁-柱-撑-楼板连接牢固，整体性强，抗震性能优异，为装配式绿色住宅轻钢组合结构的工程设计提供了关键技术支撑。



CN 111962950 A

1.一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：π形连接件(3)由π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)以及矩形底板(9)组成，其中矩形底板(9)为一中间开矩形孔的钢板，π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)分别满焊焊接在矩形底板(9)上，从而形成π形连接件(3)；轻型方钢管再生混凝土柱(1)与π形连接件(3)焊接，利用π形连接件(3)上矩形底板(9)的外边缘四边与轻型方钢管再生混凝土柱(1)钢管壁焊接形成外缘四条角焊缝，矩形底板(9)的内侧开孔出的四条边与轻型方钢管再生混凝土柱(1)钢管壁焊接形成内缘四条角焊缝，轻型方钢管再生混凝土柱(1)与单个π形连接件(3)通过内侧与外侧共八条角焊缝相连；腹板连接板(4)通过两条直角角焊缝透过矩形底板(9)内侧开孔与轻型方钢管再生混凝土柱(1)钢管壁焊接；H型钢梁(2)上下翼缘与π形连接件(3)的π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)通过30mm长高强螺栓(5)进行连接；H型钢梁(2)腹板与腹板连接板(4)通过30mm长高强螺栓(5)进行连接；上层预制钢支撑(10)通过30mm长高强螺栓(5)和70mm贯通高强螺栓(12)与π形连接件上肢(7)连接；下层预制钢支撑(11)通过30mm长高强螺栓(5)与π形连接件下肢(8)连接；预制再生混凝土楼板(16)通过楼板抗剪栓钉(6)以及高强灌浆料与H型钢梁(2)连接；预制再生混凝土楼板(16)通过十字形板凳拉结钢筋(13)、楼板钢筋(17)相互绑扎最后通过高强浇筑灌浆料相连；内灌浆料托板(14)与外灌浆料托板(15)预埋在预制再生混凝土楼板(16)中；十字形板凳拉结钢筋(13)通过70mm贯通高强螺栓(12)固定在π形连接件上肢(7)的腹板处，并与楼板钢筋(17)进行绑扎，浇筑高强灌浆料后使角柱相邻两侧π形连接件上肢(7)与预制再生混凝土楼板(16)形成一体。

2.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述的轻型方钢管再生混凝土柱(1)中的方钢管采用方形热轧无缝钢管，内填混凝土为再生混凝土。

3.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述H型钢梁(2)是轻钢框架结构中的承重构件，其主要承担墙体、楼板荷载并将其传递给轻型方钢管再生混凝土柱(1)；轻钢组合结构中采用热轧H型钢梁作为主梁或次梁；为避免H型钢梁(2)端部因与节点连接构造柱应力集中发生局部屈曲，在π形连接件(3)的π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)外侧设置厚度等于H型钢梁(2)腹板厚度的加劲肋以提高端部刚度；由于π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)与矩形底板(9)焊接；在装配前需要将靠近柱壁一侧H型钢梁(2)的端部上下各打磨三角形缺口。

4.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述π形连接件(3)是轻钢组合框架梁柱节点的关键部件，由π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)与中心开孔的矩形底板(9)构成。

5.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述腹板连接板(4)为矩形钢板，长度与π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)长度相同，宽度为矩形底板(9)矩形孔洞高度的80％，厚度等于H型钢梁(2)腹板厚度；腹板连接板(4)一侧通过两条垂直角焊缝，透过矩形底板(9)中心的矩形孔洞垂直焊接在轻型方钢管再生混凝土柱(1)柱壁上。

6.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述楼板抗剪栓钉(6)是加强H型钢梁(2)与装配式再生混凝土楼板连接充当楼板抗剪键。

7.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)为两个材料、尺寸相同的短工字型钢梁，其外伸长度为H型钢梁(2)梁高的1.0～1.5倍，梁高为H型钢梁(2)梁高的0.5～1.0倍，上下翼缘及腹板厚度为H型钢梁(2)翼缘厚度的0.8～1.0倍，翼缘宽度与H型钢梁(2)翼缘宽度相同；π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)通过角焊缝垂直焊接于矩形底板(9)上，π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)关于中心开孔的矩形底板(9)形心对称布置，上工字钢悬挑短梁下翼缘底部与下工字钢悬挑短梁上翼缘顶部距中心开孔的矩形底板(9)的形心距离分别为H型钢梁(2)的0.55倍梁高度；如此可以保证π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)保留一定空隙，保证H型钢梁(2)可以顺利拼装在π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)；π形连接件(3)通过外侧角焊缝及内侧角焊缝与轻型方钢管再生混凝土柱(1)通过贴焊连接，焊缝质量控制等级应为一级或二级。

8.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述上层预制钢支撑(10)以及下层预制钢支撑(11)为热轧H型钢，以60°～45°角布置在两个相邻轻型方钢管再生混凝土柱(1)之间，翼缘宽度与π形连接件上肢(7)相等。

9.根据权利要求1所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，其特征在于：所述十字形板凳拉结钢筋(13)为一种预制成型三维钢筋笼；十字形板凳拉结钢筋(13)主要由两个垂直布置的板凳形拉结钢筋组成；板凳形拉结钢筋由两端两个弓形钢筋与中间两条纵向钢筋焊接形成；两个板凳形拉结钢筋垂直相交，然后将两个板凳拉结钢筋相交的纵向钢筋焊接，形成一个十字形布局；十字形板凳拉结钢筋(13)中正交的两个板凳拉结筋的一端放置在角柱相邻两个节点位置的π形连接件上肢(7)处，通过70mm贯通高强螺栓(12)使十字形板凳拉结钢筋(13)与角柱相邻两个节点位置的π形连接件上肢(7)固定；十字形板凳拉结钢筋(13)的另一侧则通过与楼板钢筋(17)进行绑扎。

10.一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点作法，其特征在于：具体作法如下，

第一步：工厂预制轻型方钢管再生混凝土柱(1)，选择相应尺寸方钢管以及钢板，切割、打磨、开孔后在底部焊接基础连接板，随后在内部浇筑再生混凝土，经过养护完成方钢管再生混凝土柱(1)的制作；

第二步：在工厂车间加工角柱相邻两侧π形连接件(3)以及腹板连接板(4)，先选择相应尺寸的成品热轧工字钢梁，进行切割、打磨、打孔等制作成π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)，将相应厚度热轧钢板切割、开孔，制作成矩形底板(9)；将π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)与矩形底板(9)进行焊接，制作成π形连接件(3)；选择相应尺寸与强度的钢板进行切割、开孔后制作成腹板连接板(4)；

第三步：在工厂车间将π形连接件(3)以及腹板连接板(4)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)的相邻两侧相应位置；将两π形连接件(3)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)上，将两腹板连接板(4)通过矩形底板(9)中心孔洞焊接至方钢管柱上；将螺母焊接至π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)螺栓孔位置以备安装螺栓；

第四步：设置一道加劲肋焊接在H型钢梁(2)梁端，加劲肋厚度不小于H型钢梁(2)腹板厚度；按照设计位置加工H型钢梁(2)上下翼缘与腹板螺栓孔；最后在H型钢梁(2)顶面焊接

栓钉；

第五步：工厂加工上层预制钢支撑(10)以及下层预制钢支撑(11)，选择符合截面尺寸要求的热轧H型钢，打磨、切削成相应尺寸；选择钢板，经过切割、打磨、开孔工序，加工制作钢支撑底部节点板；将加工成型的钢支撑焊接到底部节点板上；预制钢支撑加工完成；

第六步：制作内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(15)和预制再生混凝土楼板(16)，工厂选择成品钢板切割成相应尺寸，通过切割、弯折工序加工内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(15)上的锚固用钢筋弯钩，将钢筋弯钩点焊到钢板上加工完成灌浆料托板；制作、绑扎楼板钢筋，支楼板模板，将灌浆料托板放置在开洞处，浇筑楼板再生混凝土，养护成型；

第七步：在施工现场安装带有π形连接件(3)及腹板连接板(4)的轻型方钢管再生混凝土角柱(1)，将钢管混凝土柱通过基础连接板安装至基础上；在H型钢梁(6)端部上下切割三角形缺口，将H型钢梁(2)滑入两侧方钢管柱π形连接件(3)之间，使π形连接件(3)及腹板连接板(4)上的螺栓孔与H型钢梁(2)螺栓孔对正，用高强螺栓拧紧固定；

第八步：将预制再生混凝土楼板安装到相应位置；

第九步：将上层预制钢支撑(10)以及下层预制钢支撑(11)通过高强螺栓安装到相应位置上；

第十步：将十字形板凳拉结钢筋(13)放置到相应位置，拧紧70mm贯通高强螺栓(13)将十字形板凳拉结钢筋(13)固定在相邻两节点的π形连接件上肢(7)腹板位置；并将十字形板凳拉结钢筋(13)两端横向弓形拉结筋绑扎到楼板钢筋(17)上；将纵向钢筋与柱板拉结筋(2)以及楼板钢筋(17)进行绑扎；

第十一步：在楼板抗剪栓钉(6)、π形连接件上肢(7)、十字形板凳拉结钢筋(13)以及内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(14)位置浇筑高强灌浆料，待养护完进行后续施工。

一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法，属于结构工程技术领域。

背景技术

[0002] 随着国民经济的不断提升，我国城市化进程加快，建筑工程的规模也不断扩大，传统的建筑结构形式已经满足不了人们对建筑的实际需求，因此装配式建筑结构应运而生，为当前建筑事业的发展做出了较大贡献。相比于传统建筑，装配式结构建筑施工速度快效率高，工程建设周期短，建筑整体质量好成本低，利于冬季施工，且具有良好的环保性能。同时随着城市建设节能减排、可持续发展等环保政策的提出，装配式建筑施工实现了预制构件设计标准化、生产工厂化、运输物流化以及安装专业化，不仅提高了施工生产效率，同时也减少了建筑施工废弃物的产生，符合国家的可持续发展战略，具有广阔的发展前景。

[0003] 在装配式建筑的施工过程中，钢结构施工由于具有施工速度快、污染较少、经济效益相对较高、可以减轻建筑物自重同时增加其抗震性能等优点，在建筑行业得到了比较广泛的应用。近年来，我国积极推进装配式钢结构房屋建筑的发展，大力改善村镇人居环境，在确保国家扶贫标准的基础上提高了住宅品质，节能环保，缩短了建设周期，越来越多的新建农宅适合采用装配式钢结构形式体系。但是钢结构住宅在施工过程中遇到以下问题：部分农村地区的道路条件难以满足部件运输及吊装设备使用要求；现场施工条件差，工业化程度不高。传统焊接钢结构节点施工效率低，用钢量大且空间布置不灵活，影响施工质量与工期，增加建造成本，对钢结构应用于装配式村镇住宅不利。因此亟需发展用于村镇住宅建筑的装配式钢结构构件与合适的节点形式。

[0004] 钢管混凝土柱是指在钢管中填充混凝土而形成的构件，钢管和混凝土材料在受力过程中的相互作用使混凝土的强度提高，轴压延性大大改善，同时混凝土的存在可以避免或者延缓钢管发生局部屈曲，二者的组合大大提高了构件的受力性能及承载力，因此钢管混凝土柱具有截面尺寸小、增大建筑物的使用空间等优点。钢管混凝土柱截面尺寸的减小使得建筑结构的整体抗侧刚度也随之减小，所以目前工程中常用钢支撑来增加结构的整体刚度。再生混凝土是由废弃混凝土再加工形成再生骨料配制而成，是一种可持续发展的绿色混凝土，符合国家的可持续发展战略，是今后混凝土的一个发展方向。轻钢结构与钢管再生混凝土柱形成的组合结构体系相较于传统钢框架结构具有用钢量更少、造价低、工业化程度更高的优势。综上，轻型再生钢管混凝土柱、钢支撑、H型钢梁组成了轻钢组合框架结构。

[0005] 钢结构梁柱节点是框架结构体系形成抗侧力的关键之处，其工作状态直接关系到框架结构的工作性能。基于此本发明提出了一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法。该节点形式受力合理，加工简单，施工装配效率高，稳定性好，具有两道抗震防线。轻型钢管混凝土柱、H型钢梁、钢支撑以及预制再生混凝土楼板可以

在施工现场进行整体装配，这些零部件可以通过工厂批量化生产，因此不但可以提升施工速度，还便于建筑的拆卸，并且可以对拆除的钢材进行再次利用，是一种环保的施工方式。本发明创造性的实现了节点域-楼板的整体化设计，避免了节点位置存在的“冷桥”弊端，从而提高了建筑整体的节能性能。本发明特别适用于装配式轻钢组合结构中部角柱处梁柱连接节点的应用。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法，以解决轻钢框架住宅角柱中部梁柱连接节点受力不合理、耗钢量大、构造复杂等问题。解决了角柱底部位置预制楼板及钢支撑与梁柱节点连接构造难题。

[0007] 为实现上述目的，本发明采用如下技术方案：一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法，该节点构造包括轻型方钢管再生混凝土柱(1)、H型钢梁(2)、π形连接件(3)、腹板连接板(4)、30mm长高强螺栓(5)、楼板抗剪栓钉(6)、π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)、矩形底板(9)、上层预制钢支撑(10)、下层预制钢支撑(11)、70mm贯通高强螺栓(12)、十字形板凳拉结钢筋(13)、内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(15)、预制再生混凝土楼板(16)以及楼板钢筋(17)。如图1、2、3、4所示

[0008] 该发明各部件连接与组成关系如下：π形连接件(3)由π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)以及矩形底板(9)组成，其中矩形底板(9)为一中间开矩形孔的钢板，π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)分别满焊焊接在矩形底板(9)上，从而形成π形连接件(3)；轻型方钢管再生混凝土柱(1)与π形连接件(3)焊接，利用π形连接件(3)上矩形底板(9)的外边缘四边与轻型方钢管再生混凝土柱(1)钢管壁焊接形成外缘四条角焊缝，矩形底板(9)的内侧开孔出的四条边与轻型方钢管再生混凝土柱(1)钢管壁焊接形成内缘四条角焊缝，因此轻型方钢管再生混凝土柱(1)与单个π形连接件(3)通过内侧与外侧共8条角焊缝相连；腹板连接板(4)通过两条直角角焊缝透过矩形底板(9)内侧开孔与轻型方钢管再生混凝土柱(1)钢管壁焊接；H型钢梁(2)上下翼缘与π形连接件(3)的π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)通过30mm长高强螺栓(5)进行连接；H型钢梁(2)腹板与腹板连接板(4)通过30mm长高强螺栓(5)进行连接；上层预制钢支撑(10)通过30mm长高强螺栓(5)和70mm贯通高强螺栓(12)与π形连接件上肢(7)连接；下层预制钢支撑(11)通过30mm长高强螺栓(5)与π形连接件下肢(8)连接；预制再生混凝土楼板(16)通过楼板抗剪栓钉(6)以及高强灌浆料与H型钢梁(2)连接；预制再生混凝土楼板(16)通过十字形板凳拉结钢筋(13)、楼板钢筋(17)相互绑扎最后通过高强浇筑灌浆料相连；内灌浆料托板(14)与外灌浆料托板(15)预埋在预制再生混凝土楼板(16)中；十字形板凳拉结钢筋(13)通过70mm贯通高强螺栓(12)固定在π形连接件上肢(7)的腹板处，并与楼板钢筋(17)进行绑扎，浇筑高强灌浆料后使角柱相邻两侧π形连接件上肢(7)与预制再生混凝土楼板(16)形成一体。

[0009] 所述的轻型方钢管再生混凝土柱(1)中的方钢管采用方形热轧无缝钢管。钢管外径根据设计需求一般为100mm～150mm。壁厚为4mm～8mm，壁厚过薄容易造成钢管焊穿因此建议壁厚在4mm以上。内填混凝土为再生混凝土，再生粗骨料粒径为5mm～20mm，混凝土强度为C30～C50。方钢管可以作为混凝土浇筑模板，施工更加方便、节省成本。在实际工程中，钢管混凝土柱具有刚度大、承载力高、抗火及抗腐蚀性能好等优点。使用再生混凝土材料后，

兼具环保优势。

[0010] 所述H型钢梁(2)是轻钢框架结构中的主要承重构件，其主要承担墙体、楼板荷载并将其传递给轻型方钢管再生混凝土柱(1)。轻钢组合结构中一般采用热轧H型钢梁作为主梁或次梁。为避免H型钢梁(2)端部因与节点连接构造柱应力集中发生局部屈曲，在π形连接件(3)的π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)外侧设置厚度等于H型钢梁(2)腹板厚度的加劲肋以提高端部刚度。由于π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)需要与矩形底板(9)焊接，为防止焊缝处H型钢梁上下翼缘无法与钢管柱壁贴合紧密，在装配前需要将靠近柱壁一侧H型钢梁(2)的端部上下各打磨7mm三角形缺口，保证各螺栓孔精确对正。在H型钢梁(2)顶面均匀布置抗剪栓钉，准备将其用以装配式楼板的安装。

[0011] 所述π形连接件(3)是轻钢组合框架梁柱节点的关键部件，由π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)与中心开孔的矩形底板(9)构成。

[0012] 所述腹板连接板(4)为矩形钢板，其长度与π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)长度相同，宽度为矩形底板(9)矩形孔洞高度的80％，厚度等于H型钢梁(2)腹板厚度。腹板连接板(4)一侧通过两条垂直角焊缝，透过矩形底板(9)中心的矩形孔洞垂直焊接在轻型方钢管再生混凝土柱(1)柱壁上。腹板连接板(4)通过30mm长高强螺栓(5)与H型钢梁(2)腹板相连，形成节点抗震的第二道防线。试验证明，π形连接件(3)在地震作用下失效后腹板连接板(4)仍然可以为节点提供可靠的抗弯与抗剪承载力，因此可以有效防止轻钢框架由于π形连接件(3)破坏而造成梁柱节点失效，导致结构的连续倒塌。腹板连接板(4)的宽度小于矩形底板(9)矩形孔洞的高度，从而可以避开矩形底板(9)与轻型方钢管再生混凝土柱(1)的内侧角焊缝。腹板连接板(4)轴线偏离H型钢梁(2)腹板中心线0.5倍腹板连接板(4)厚度与0.5倍H型钢梁(2)腹板厚度之和。保证H型钢梁(2)安装时腹板中心线可以与轻型方钢管再生混凝土柱(1)截面宽度中心重合。焊缝质量控制等级应为一级或二级。

[0013] 所述的30mm长高强螺栓(5)是梁柱节点连接的重要环节，其材料应为高强度合金钢或其他优质钢材，在装配式轻钢住宅中多采用S8.8级和S10.9级两个强度等级。其长度一般为螺母外露出10～20mm。其主要作用为连接紧固H型钢梁(2)与π形连接件(3)、腹板连接板(4)，连接上层预制钢支撑(10)与π形连接件上肢(7)。同时为方便节点处高强螺栓安装，可先将螺母焊接在π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)螺栓孔处，在H型钢梁(2)上下翼缘间使用扭矩扳手装配螺栓，每个螺栓设定相同扭矩。

[0014] 所述楼板抗剪栓钉(6)是加强H型钢梁(2)与装配式再生混凝土楼板连接的重要构造可充当楼板抗剪键，其长为40mm，其直径10mm，沿梁上翼缘顶面设置一道，节点端部设置两道用以加强。水平间距为80～150mm，预制再生混凝土楼板(16)装配完成后在楼板抗剪栓钉(6)预留孔洞处浇筑高强灌浆料，完成H型钢梁(2)与预制再生混凝土楼板(16)的连接。

[0015] 所述π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)为两个材料、尺寸相同的短工字型钢梁，其外伸长度为H型钢梁(2)梁高的1.0～1.5倍，梁高为H型钢梁(2)梁高的0.5～1.0倍，上下翼缘及腹板厚度为H型钢梁(2)翼缘厚度的0.8～1.0倍，翼缘宽度与H型钢梁(2)翼缘宽度相同。π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)通过角焊缝垂直焊接于矩形底板(9)上，π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)关于中心开孔的矩形底板(9)形心对称布置，上工字钢悬挑短梁下翼缘底部与下工字钢悬挑短梁上翼缘顶部距中心开孔的矩形底板(9)的形心距离分别为H型钢梁(2)的0.55倍梁高度。如此可以保证π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)

保留一定空隙，保证H型钢梁(2)可以顺利拼装在π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)。π形连接件(3)通过外侧角焊缝及内侧角焊缝与轻型方钢管再生混凝土柱(1)通过贴焊连接，焊缝质量控制等级应为一级或二级。

[0016] 所述矩形底板(9)为中心开孔的矩形钢板。其材料强度与轻型方钢管再生混凝土柱(1)所用钢材相同，在轻钢住宅建筑中可采用Q345钢。其高度为300mm，并且满足其与π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)直角角焊缝尺寸要求。其宽度为100mm，即与π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)等宽并满足外侧角焊缝尺寸要求。矩形底板(9)中间位置矩形孔洞宽60mm，高140mm，并满足内侧角焊缝尺寸要求。矩形底板(9)主要起到轻型方钢管再生混凝土柱(1)与π形连接件(3)的连接过渡作用，并且局部加强了轻型方钢管再生混凝土柱(1)钢管壁厚度，保护该部位钢管柱壁不受腐蚀。

[0017] 所述上层预制钢支撑(10)以及下层预制钢支撑(11)为热轧H型钢，一般以60°～45°角布置在两个相邻轻型方钢管再生混凝土柱(1)之间。其翼缘宽度与π形连接件上肢(7)相等，腹板高度一般为60mm～100mm。采用Q345钢材。其下端通过开有螺栓孔的钢板与π形连接件上肢(7)的上翼缘通过30mm长高强螺栓(5)以及70mm贯通高强螺栓(12)连接。钢支撑与其下端的钢板焊接。钢支撑主要起到提高框架抗侧刚度、承载力以及提高框架地震过程中的耗能能力。

[0018] 所述70mm贯通高强螺栓(12)为S8.8或S10.3级高强螺栓。其上端位于上层预制钢支撑(10)底部节点板上表面，下端位于H型钢梁(2)上翼缘下表面。70mm贯通高强螺栓(12)连接了上层预制钢支撑(10)底部节点板、π形连接件上肢(7)以及H型钢梁(2)上翼缘。将三者连接成一个整体，同时将十字形板凳拉结钢筋(13)一侧卡在π形连接件上肢(7)腹板位置，起到连接十字形板凳拉结钢筋(13)与π形连接件(3)的作用。

[0019] 所述十字形板凳拉结钢筋(13)为一种预制成型三维钢筋笼。十字形板凳拉结钢筋(13)主要由两个垂直布置的板凳形拉结钢筋组成。板凳形拉结钢筋由两端两个弓形钢筋与中间两条纵向钢筋焊接形成。两个板凳形拉结钢筋垂直相交，然后将两个板凳拉结钢筋相交的纵向钢筋焊接，形成一个十字形布局。十字形板凳拉结钢筋(13)中正交的两个板凳拉结筋的一端放置在角柱相邻两个节点位置的π形连接件上肢(7)处，通过70mm贯通高强螺栓(12)使十字形板凳拉结钢筋(13)与角柱相邻两个节点位置的π形连接件上肢(7)固定。十字形板凳拉结钢筋(13)的另一侧则通过与楼板钢筋(17)进行绑扎。这种连接形式是形成节点-楼板整体化设计的关键，十字形板凳拉结钢筋(13)通过两侧弓形钢筋实现了与π形连接件上肢(7)以及预制再生混凝土楼板(16)的固定，通过中间的纵向钢筋实现了π形连接件上肢(7)以及预制再生混凝土楼板(16)的拉结。同时“十字形”的特殊构造实现了在浇筑位置相邻两侧节点区域与预制楼板的拉结。十字形板凳拉结钢筋(13)采用与预制再生混凝土楼板相同的ΦHRB335级钢筋，弓形钢筋长100mm，两端成90°弯折处40mm长锚固端，弯折端既起到在混凝土中锚固十字形板凳拉结钢筋(13)的作用，也将十字形板凳拉结钢筋(13)垫高40mm达到与预制再生混凝土楼板(16)内分布钢筋相同高度，便于绑扎钢筋。纵向钢筋长200mm。综上十字形板凳拉结钢筋(13)为一个长宽皆为200mm的十字形三维钢筋笼。

[0020] 所述内灌浆料托板(14)为三边焊接有预埋锚固钢筋弯钩的薄钢板，其厚度为3mm，矩形钢板尺寸长为210mm，宽为210mm。略大于预制再生混凝土楼板(16)在此处预留的长200mm，宽200mm的灌浆孔洞。内灌浆料托板(14)在预制再生混凝土楼板(16)成型前埋入预

留孔洞下部，钢板上表面与楼板下表面以及π形连接件上肢(7)下翼缘上表面平齐。钢板外边缘与π形连接件上肢(7)下翼缘边缘吻合，因此内灌浆料托板(14)保证了十字形板凳拉结钢筋(13)与角柱两侧π形连接件上肢(7)孔洞处灌浆料倒入后底部不漏浆。

[0021] 所述外灌浆料托板(15)与内灌浆料托板(14)相似。其位于角柱相邻两节点外侧，主要作用是保证灌浆料灌入π形连接件上肢(7)腹板位于节点外一侧时混凝土时灌浆料不漏浆。外灌浆料托板(15)厚度为3mm，宽70mm，长210mm。可以完全封堵柱π形连接件上肢(7)腹板外侧，浇筑灌浆料时不漏浆。

[0022] 所述预制再生混凝土楼板(16)为工厂预制的钢筋混凝土楼板，其厚度为80mm～100mm与π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)高度相等，混凝土采用再生混凝土，混凝土强度为C40。根据设计要求内部配有单层或双层钢筋网一般采用HRB335级Φ8钢筋，钢筋间距为100mm。预制楼板在角柱两相邻节点处为π形连接件上肢(7)预留长200mm、宽200mm灌浆孔，楼板上表面与π形连接件上肢(7)上翼缘表面平齐。灌浆孔内部放置十字形板凳拉结钢筋(13)后灌注高强灌浆料，使灌浆料填满预留孔洞以及π形连接件上肢(7)腹板两侧，从而达到楼板与装配式节点共同工作的目的。

[0023] 所述楼板钢筋(17)即为预制再生混凝土楼板(16)内配置的分布钢筋，预留孔洞处露出的分布钢筋起到与十字形板凳拉结钢筋(13)连接的作用。

[0024] 本发明涉及一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法，其具体做法如下：

[0025] 第一步：工厂预制轻型方钢管再生混凝土柱(1)，购买相应尺寸方钢管以及钢板，切割、打磨、开孔后在底部焊接基础连接板，随后在内部浇筑再生混凝土，经过养护完成方钢管再生混凝土柱(1)的制作。如图5所示。

[0026] 第二步：在工厂车间加工角柱相邻两侧π形连接件(3)以及腹板连接板(4)，先购买相应尺寸的成品热轧工字钢梁，进行切割、打磨、打孔等制作成π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)，将相应厚度热轧钢板切割、开孔，制作成矩形底板(9)。将π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)与矩形底板(9)进行焊接，制作成π形连接件(3)。购买相应尺寸与强度的钢板进行切割、开孔后制作成腹板连接板(4)。如图6所示。

[0027] 第三步：在工厂车间将π形连接件(3)以及腹板连接板(4)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)的相邻两侧相应位置。首先将两π形连接件(3)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)上，应注意π形连接件(3)通过外侧角焊缝及内侧角焊缝与轻型方钢管再生混凝土柱(1)侧面贴焊连接，因此π形连接件(3)通过两圈矩形满焊角焊缝与方钢管柱连接这样充分保证了焊缝长度，充分满足节点处焊缝的抗剪承载力与抗弯承载力。然后将两腹板连接板(4)通过矩形底板(9)中心孔洞焊接至方钢管柱上。将螺母焊接至π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)螺栓孔位置以备安装螺栓。如图7所示。

[0028] 第四步：设置一道加劲肋焊接在H型钢梁(2)梁端，加劲肋厚度不小于H型钢梁(2)腹板厚度。按照设计位置加工H型钢梁(2)上下翼缘与腹板螺栓孔。最后在H型钢梁(2)顶面焊接栓钉。如图8所示。

[0029] 第五步：工厂加工上层预制钢支撑(10)以及下层预制钢支撑(11)，购买符合截面尺寸要求的热轧H型钢，打磨、切削成相应尺寸。购买钢板，经过切割、打磨、开孔等工序，加工制作钢支撑底部节点板。将加工成型的钢支撑焊接到底部节点板上。预制钢支撑加工完

成。如图9所示。

[0030] 第六步：制作内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(15)和预制再生混凝土楼板(16)，工厂购买成品钢板切割成相应尺寸，通过切割、弯折等工序加工内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(15)上的锚固用钢筋弯钩，将钢筋弯钩点焊到钢板上加工完成灌浆料托板。制作、绑扎楼板钢筋，支楼板模板，将灌浆料托板放置在开洞处，浇筑楼板再生混凝土，养护成型。如图10所示。

[0031] 第七步：在施工现场安装带有π形连接件(3)及腹板连接板(4)的轻型方钢管再生混凝土角柱(1)，将钢管混凝土柱通过基础连接板安装至基础上。在H型钢梁(6)端部上下切割长约5mm的三角形缺口，将H型钢梁(2)滑入两侧方钢管柱π形连接件(3)之间，使π形连接件(3)及腹板连接板(4)上的螺栓孔与H型钢梁(2)螺栓孔对正，用高强螺栓拧紧固定。如图11所示。

[0032] 第八步：将预制再生混凝土楼板安装到相应位置。如图12所示。

[0033] 第九步：将上层预制钢支撑(10)以及下层预制钢支撑(11)通过高强螺栓安装到相应位置上。如图13所示。

[0034] 第十步：将十字形板凳拉结钢筋(13)放置到相应位置，拧紧70mm贯通高强螺栓(13)将十字形板凳拉结钢筋(13)固定在相邻两节点的π形连接件上肢(7)腹板位置。并将十字形板凳拉结钢筋(13)两端横向弓形拉结筋绑扎到楼板钢筋(17)上。将纵向钢筋与柱板拉结筋(2)以及楼板钢筋(17)进行绑扎。如图14所示。

[0035] 第十一步：在楼板抗剪栓钉(6)、π形连接件上肢(7)、十字形板凳拉结钢筋(13)以及内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(14)等位置浇筑高强灌浆料，待养护完成即可进行后续施工。如图15所示。

[0036] 与现有技术相比，本发明涉及一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点及作法，具有以下优势：

[0037] 1、本发明在村镇住宅结构中创造性提出使用轻型方钢管再生混凝土柱：方钢管对内填再生混凝土具有约束作用，提高再生混凝土承载力的同时增强了混凝土的延性；内填再生混凝土限制钢管屈曲，可以有效避免钢管失稳破坏。由于薄壁钢管与内填混凝土的组合作用，柱截面尺寸相比混凝土结构可大大减小，相比钢结构柱用钢量进一步减少。

[0038] 2、本发明创造性的采用π形连接件(3)这一构造进行梁柱间的装配连接：π形连接件(3)增大了梁柱节点域高度，提高了节点抗剪承载力。同时中心开孔的矩形底板(9)贴焊在轻型方钢管再生混凝土柱(1)上使节点处柱壁钢材不会直接暴露在空气中，提高了节点抗腐蚀性能。整个节点有较强的受弯、受剪承载能力。同时π形连接件只需要在有梁的一侧进行布置，同一柱上不同位置的π形连接件并不连续。如角柱相邻两侧π形连接件无直接联系，其中一侧节点失效，另一侧节点不会受到影响。降低了结构连续倒塌的风险。

[0039] 3、本发明创造性的将节点连接构造与钢支撑构造进行装配：π形连接件(3)中π形连接件上肢(7)上翼缘开螺栓孔与上层预制钢支撑(10)的底部连接板采用螺栓进行连接。这种构造形式使钢支撑在框架装配式阶段即可进行装配，无需后期增设其他部件即可进行支撑安装。大大简化了施工步骤，节省成本且提高了施工效率。

[0040] 4、本发明创造性的使用十字形板凳形拉结钢筋(12)将角柱两相邻节点与预制楼板进行拉结，并将π形连接件上肢(7)通过灌浆料与十字形板凳形拉结钢筋(12)与预制再生

混凝土楼板(16)结合成一个整体。这种节点-楼板整体化设计不仅加强了楼板与节点的协同工作，使角柱区域楼板在地震作用下不易与节点脱开，还将角柱相邻将节点间进行了拉结，大大提高了角柱节点的抗震性能。与此同时，在π形连接件上肢(7)腹板位置浇筑近灌浆料，形成类似钢骨混凝土结构，这构造不同于任何已有传统钢结构节点。π形连接件上肢(7)浇筑灌浆料后节点刚度大大增加，节点域抗剪能力提高。同时，提高了π形连接件上肢(7)局部承压及抗剪能力，增强了上层预制钢支撑(10)与π形连接件上肢(7)连接的可靠性。

[0041] 5、受力明确，具备两道抗震防线。本发明涉及的节点连接构造设计简便、可靠度高。工字形截面梁将建筑荷载传递给梁柱节点，工字形截面梁的轴力、剪力及弯矩通过螺栓传递给π形连接件及腹板连接板，最终由矩形底板及腹板连接板的焊缝实现二者与钢管柱的作用力传递。因此通过控制焊缝长度及钢材厚度即可完成不同荷载作用下的节点设计，其设计可靠性更加明确。在地震往复荷载作用下π形连接件作为第一道防线耗散大部分地震能量，π形连接件失效后腹板连接板仍可承担剪力与弯矩作用，整个节点仍可继续工作。这对于装配式结构地震作用下抗连续倒塌及震后修复具有积极意义。

[0042] 6、装配化程度高、工业化水平高。本发明涉及的方钢管再生混凝土柱、π形连接件、腹板连接板、H型钢梁等均可以在工程预制，施工现场拼装。工程规模化生产精度高、质量控制严格、节省资源。减少了施工现场焊接与湿作业工作量，可针对不同梁柱截面生产出标准统一、规格不同的标准件进行拼装，有利于实现住宅产业化。

[0043] 7、节能环保、运输方便。本发明涉及的预制连接件耗钢量少，采用再生混凝土等环保节能材料，节点组件多采用热轧型钢，材料易得并且可以基本实现无废料。本发明提出的节点构造作法将容易造成噪声污染、光污染的工序放在工厂进行，在保证施工质量的同时，可以做到绿色环保。

附图说明

[0044] 图1节点构造拆解图。

[0045] 图2节点整体俯视图。

[0046] 图3节点整体轴测图。

[0047] 图4节点整体仰视图。

[0048] 图5步骤1—制作再生钢管混凝土柱。

[0049] 图6步骤2—制作π形连接件与腹板连接板。

[0050] 图7步骤3—焊接π形连接件。

[0051] 图8步骤4—制作工字钢底梁。

[0052] 图9步骤5—制作钢支撑。

[0053] 图10步骤6—制作预制再生混凝土楼板。

[0054] 图11步骤7—装配梁柱。

[0055] 图12步骤8—装配楼板。

[0056] 图13步骤9—装配钢支撑。

[0057] 图14步骤10—绑扎固定板凳钢筋。

[0058] 图15步骤11—浇筑灌浆料。

具体实施方式

[0059] 下面结合具体实施例对发明做进一步说明。

[0060] 一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点，该节点包括轻型方钢管再生混凝土柱(1)、H型钢梁(2)、π形连接件(3)、腹板连接板(4)、30mm长高强螺栓(5)、楼板抗剪栓钉(6)、π形连接件上肢(7)、π形连接件下肢(8)、矩形底板(9)、上层预制钢支撑(10)、70mm贯通高强螺栓(12)、十字形板凳拉结钢筋(13)、内灌浆料托板(14)、外灌浆料托板(15)、预制再生混凝土楼板(16)以及楼板钢筋(17)。

[0061] 通过工程实例得出建筑荷载大小，通过计算可得出方钢管再生混凝土柱的承载力，调整方钢管再生混凝土柱的截面面积、钢管壁厚度以及内填再生混凝土强度。通过对H型钢梁梁端的弯矩、剪力和轴力的计算，设计出π形连接件翼缘与腹板的厚度，钢梁的高度与悬挑长度，矩形底板的大小尺寸和中心开孔尺寸，调整腹板连接板的长度与厚度，同时可以计算得出此节点域下螺栓的合理数量以及角焊缝长度，在节点域处需要局部加厚翼缘和腹板的厚度，使其保证一定的可塑性，增强节点域的稳定性。本发明所述的梁柱节点可通过控制上述参数的设计变化，实现刚性节点与半刚性节点的转换。

[0062] 通过查阅建筑设计规范与计算楼面荷载，设计出楼板尺寸、分布钢筋的直径与间距、再生混凝土强度等设计参数。根据π形连接件尺寸大小以及梁上抗剪螺栓型号与布置位置确定预留孔洞位置及大小。

[0063] 根据框架抗侧刚度和承载力计算，以及结构抗震设计理论，确定钢支撑的长细比、径厚比、截面尺寸以及布置角度，确定以上参数后即可进行工业化生产施工与装备等程序。

[0064] 根据轻型钢管再生混凝土柱与π形连接件的截面尺寸、以及预制再生混凝土楼板的开洞大小来设计板柱拉结钢筋以及十字板凳形拉结钢筋。

[0065] 在正常使用阶段，π形连接件的存在可以增大钢结构梁柱节点域的高度，使节点有较强的受弯、受剪承载能力，保证了柱子不会出现塑性铰，在地震作用下轻钢框架结构具有良好的延性，从而具有较好的抗震性能。由于π形连接件的上肢与底梁和钢支撑同时由螺栓连接，其上翼缘受到钢支撑向下传来的局部压力和剪力；下翼缘与钢支撑和底梁连接，受到底梁向下传来的轴力、弯矩和剪力，使整体处于复杂应力状态，因此节点域的抗弯刚度与抗剪承载力均有所提高。

[0066] 本专利中再生混凝土楼板与π形连接件通过十字板凳形拉结钢筋以及高强螺栓等构造连接，浇筑高强灌浆料后使灌浆料填满预留孔洞以及π形连接件腹板两侧，使楼板与装配式节点共同工作，角柱区域楼板在地震作用下不易与节点脱开，也极大的提升了π形连接件腹板的局部承压性以及抗剪承载力。

[0067] 在本发明所述梁柱节点中，π形连接件与腹板连接板和方钢管再生混凝土柱通过焊接连接，π形连接件与H型钢梁采用螺栓连接。当钢梁梁端所受剪力与弯矩传递至螺栓与焊缝处后，发生的破坏形式为螺栓剪断与焊缝开裂，这两种破坏均为脆性破坏。因此需要在设计阶段保证焊缝与螺栓有充足的安全储备，避免脆性破坏的发生。

[0068] 在钢结构抗震设计中应遵循“强节点弱构件”的基本原则，即在地震作用下，某些抗侧力构件进入屈服状态时，连接这些构件的节点不会首先发生破坏，而是通过这些构件的塑性循环耗能，来达到减少结构地震作用的目的，在本发明中即表现为加强梁柱节点的构造，使节点连接的H型钢梁先于节点发生破坏。地震作用下钢梁的破坏位置应集中于梁翼

缘螺栓孔处，此时钢梁翼缘会先屈服再断裂，这种破坏是一个缓慢且有明显变形的过程，具有良好的延性破坏特征。本发明所述梁柱节点在地震作用下主要通过π形连接件耗能，在往复荷载作用下，π形连接件通过上下肢的翼缘变形来消耗地震能量，同时腹板类似于加劲肋，保证局部稳定，控制节点变形，也会消耗部分地震能量。本发明所述节点具有两道抗震防线，其中π形连接件为第一道抗震防线，腹板连接板为第二道抗震防线。当水平地震作用增大，第一道抗震防线失效后，第二道抗震防线会继续发挥作用防止钢梁坍塌破坏。当π形连接件破坏后，节点附近处的楼板会相互挤压，此时楼板和墙面之间的裂缝会逐渐变宽直到开裂，但是这个破坏过程非常缓慢，为安全合理疏散人员提供了宝贵的时间。同时本发明也符合“强柱弱梁”的设计准则，具体为π形连接件只需要在有梁的一侧进行布置，角柱相邻两侧π形连接件并无关联，因此一侧节点失效其他处节点不会受到影响，防止结构发生连续倒塌。

[0069] 采用本发明所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑-π形连接件组合式角柱中部节点构造简单、经济实用、刚度大、耗能能力强、安装速度快、绿色环保、抗震性能好，是一种适用于低、多层轻钢框架与轻钢桁架建筑住宅体系梁柱节点装配的新型节点形式，同时可广泛应用于装配式村镇住宅。

[0070] 以上是本发明的一个典型实施例，本发明的实施不限于此。

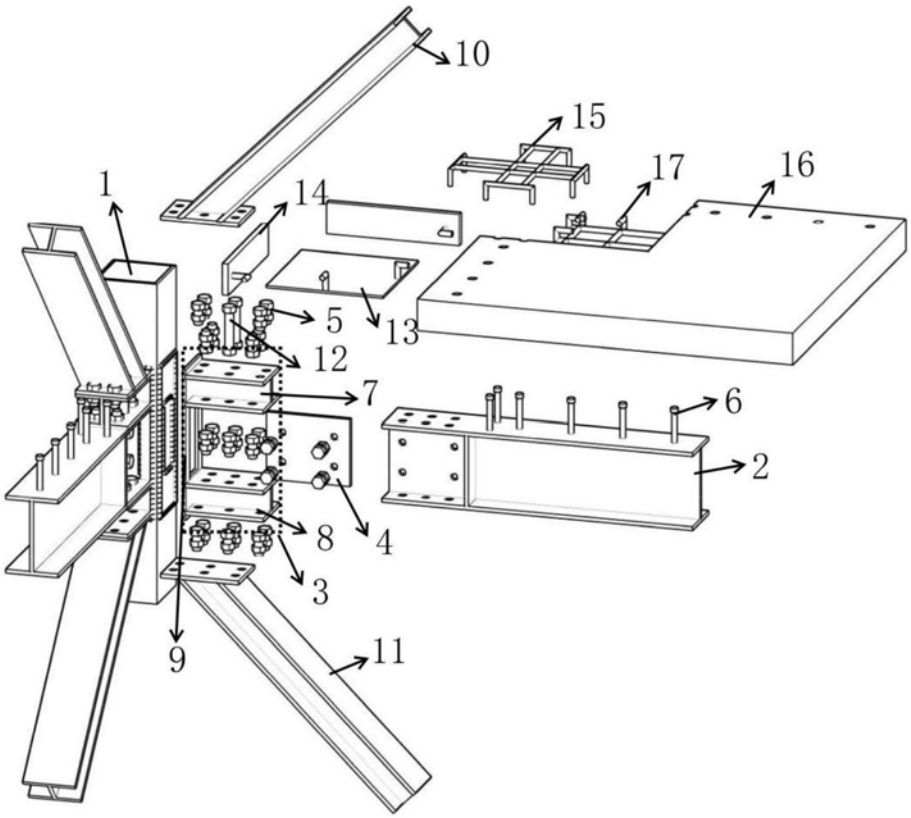


图1

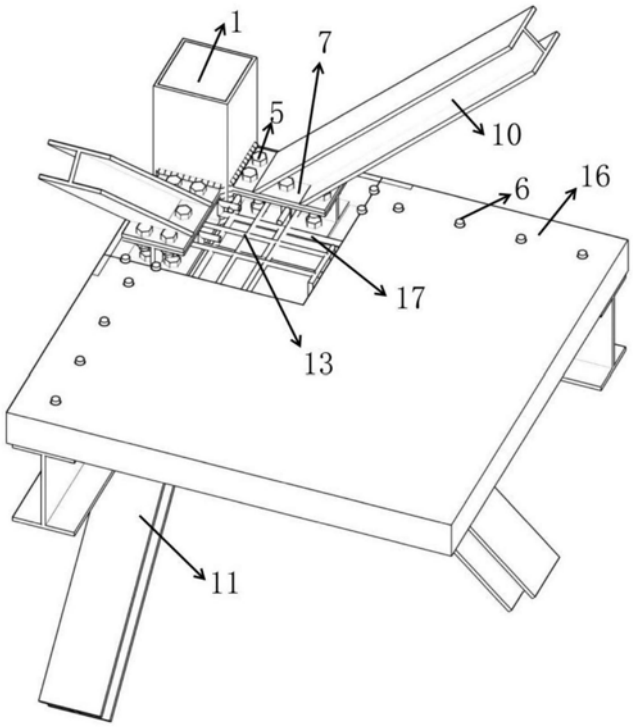


图2

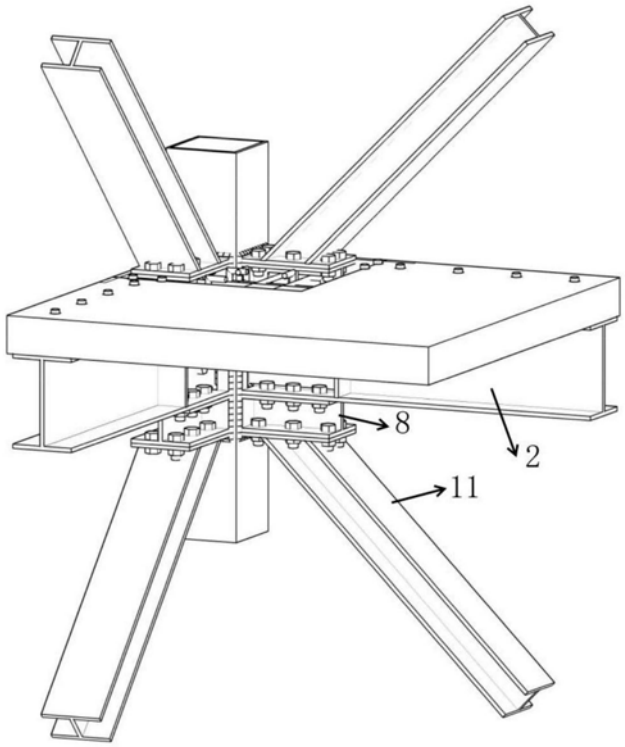


图3

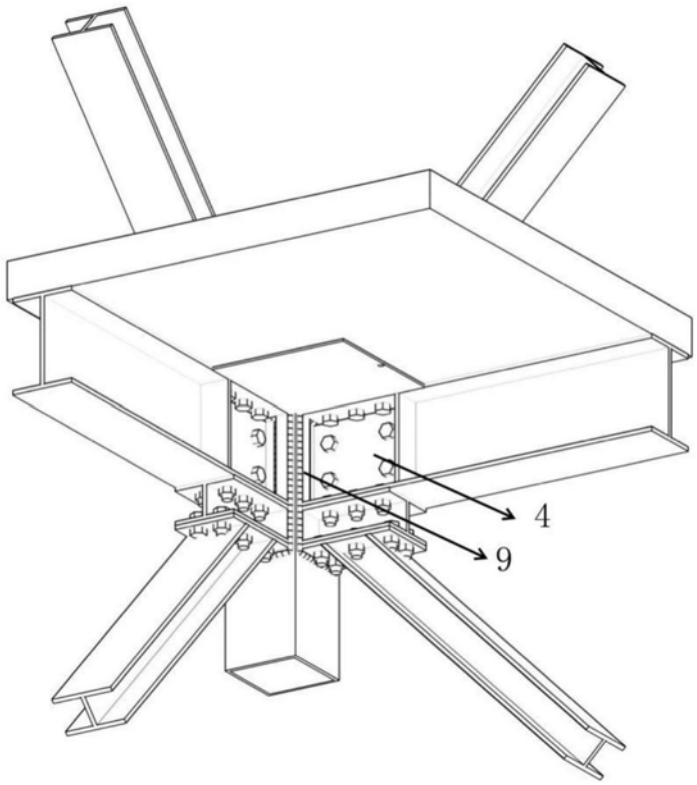


图4



图5

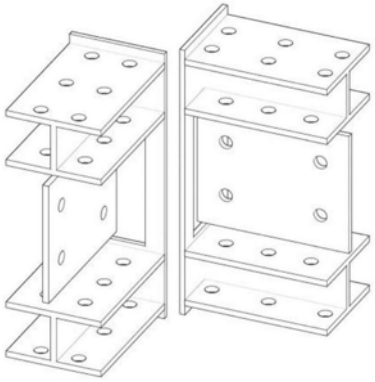


图6

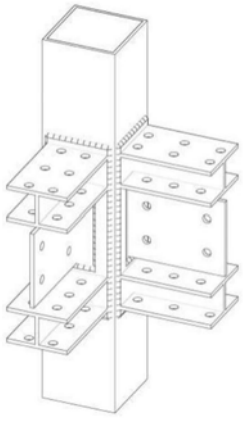


图7

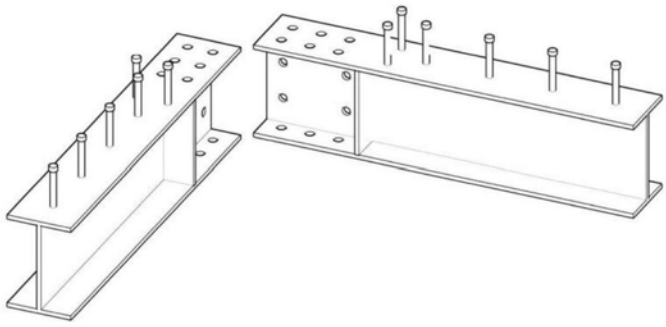


图8

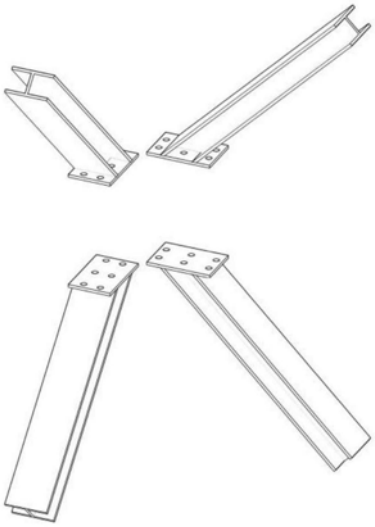


图9

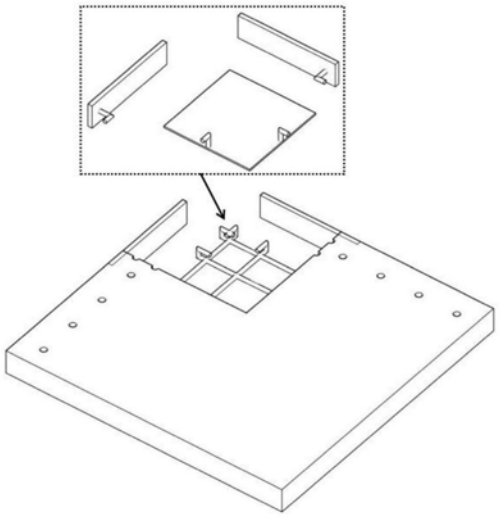


图10

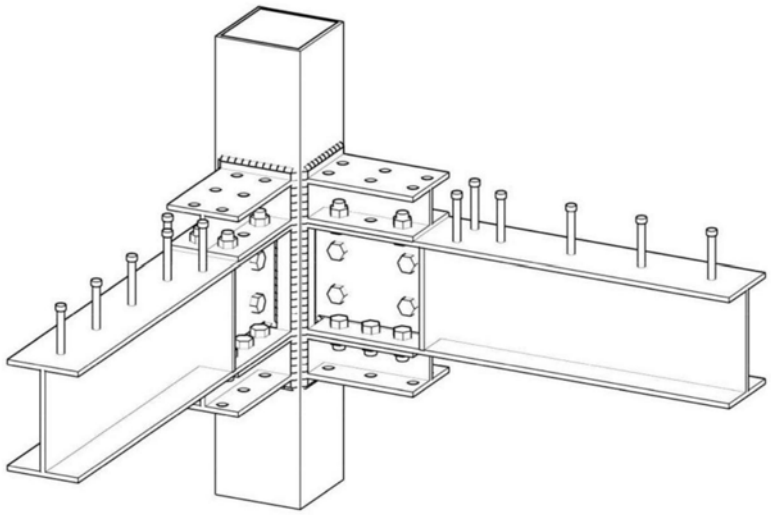


图11

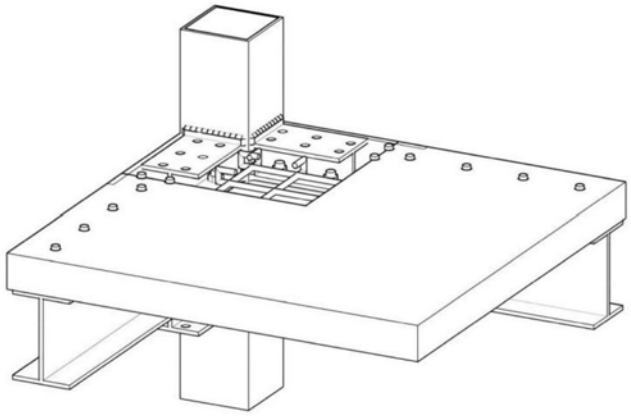


图12

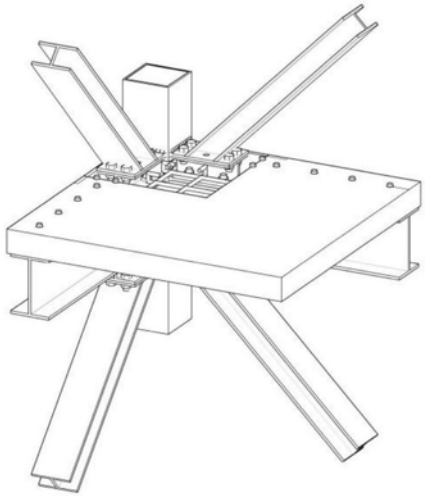


图13

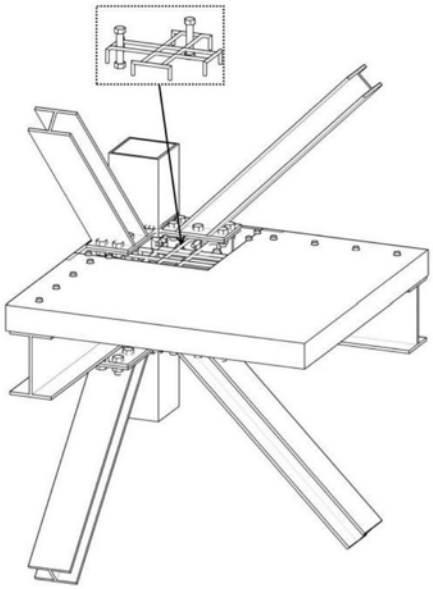


图14

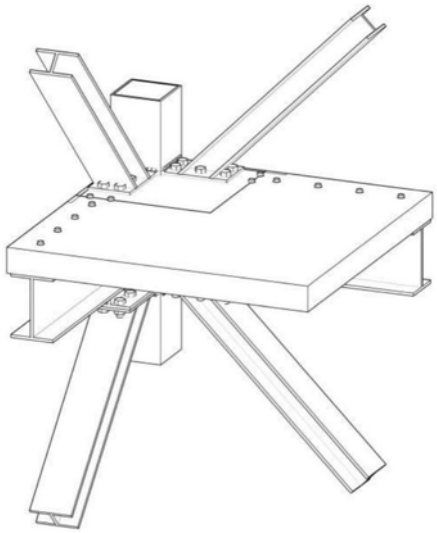


图15