



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111962952 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 20

(21) 申请号 202010790616.9

E04B 1/62 (2006.01)

(22) 申请日 2020.08.07

E04B 1/64 (2006.01)

(71) 申请人 北京工业大学

E04B 1/66 (2006.01)

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

E04B 1/76 (2006.01)

(72) 发明人 曹万林 杨兆源 董宏英 张奕慧

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)

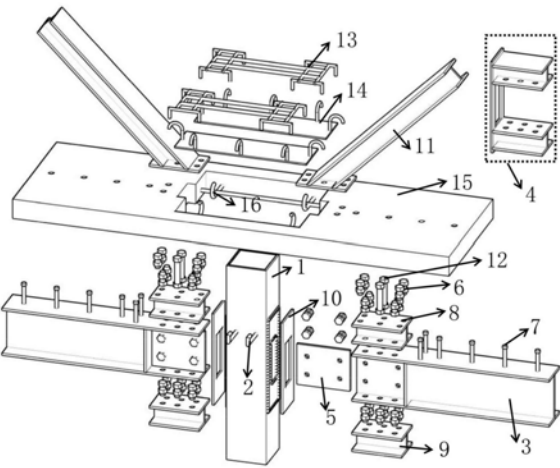
权利要求书3页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点及作法

(57) 摘要

本发明公开了一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点及作法,该节点主要由轻型方钢管再生混凝土柱、H型钢梁、 $\pi$ 形连接件、腹板连接板、高强螺栓、钢支撑、工字形板凳拉结钢筋、板柱拉结钢筋以及预制再生混凝土楼板组成。对比现有技术,本节点构造简单,施工便捷,传力路径明确,具有两道抗震防线。本发明创造性的提出 $\pi$ 形连接件、板凳形钢筋以及板柱拉结钢筋等新型构造,板-柱-节点域整体性增强。有效提高了节点的抗弯、抗压能力及稳定性。进一步保证了钢支撑与 $\pi$ 形节点连接构造的可靠性。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。



1. 一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于:柱板拉结筋(2)焊接在轻型方钢管再生混凝土柱(1)上用于连接预制再生混凝土楼板(15); $\pi$ 形连接件(4)由 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)以及矩形底板(10)组成,其中矩形底板(10)为一中间开矩形孔的钢板, $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)分别满焊焊接在矩形底板(10)上;轻型方钢管再生混凝土柱(1)与 $\pi$ 形连接件(4)焊接,利用 $\pi$ 形连接件(4)上矩形底板(10)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(10)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 $\pi$ 形连接件(4)通过内侧与外侧共八条角焊缝相连;腹板连接板(5)通过两条直角角焊缝透过矩形底板(10)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(3)上下翼缘与 $\pi$ 形连接件(4)的 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)通过30mm长高强螺栓(6)进行连接;H型钢梁(3)腹板与腹板连接板(5)通过30mm长高强螺栓(6)进行连接;预制钢支撑(11)通过30mm长高强螺栓(6)与70mm贯通高强螺栓(12)与 $\pi$ 形连接件上肢(8)连接;预制再生混凝土楼板(15)通过楼板抗剪栓钉(7)以及高强灌浆料与H型钢梁(3)连接;预制再生混凝土楼板(15)通过柱板拉结筋(2)、工字形板凳拉结钢筋(13)、楼板钢筋(16)相互绑扎最后通过高强浇筑灌浆料相连;灌浆料托板(14)预埋在预制再生混凝土楼板(15)中;工字形板凳拉结钢筋(13)通过70mm贯通高强螺栓(12)固定在 $\pi$ 形连接件上肢(8)的腹板处,并与楼板钢筋(16)进行绑扎,浇筑高强灌浆料后使 $\pi$ 形连接件上肢(8)与预制再生混凝土楼板(15)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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于:所述柱板拉结筋(2)为带有弯折锚固端的钢筋。

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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于:所述H型钢梁(3)是轻钢框架结构中的承重构件;轻钢组合结构中采用热轧H型钢梁作为主梁或次梁。

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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于:所述腹板连接板(5)为矩形钢板,长度与 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)长度相同,宽度为矩形底板(10)矩形孔洞高度的80%,厚度等于H型钢梁(3)腹板厚度;腹板连接板(5)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(6)与H型钢梁(3)腹板相连。

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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于:所述楼板抗剪栓钉(7)是加强H型钢梁(3)与装配式混凝土板连接的构造充当楼板抗剪键,预制再生混凝土楼板(15)装配完成后在楼板抗剪栓钉(7)预留孔洞处浇筑高强灌浆料,完成H型钢梁(3)与预制再生混凝土楼板(15)的连接。

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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于: $\pi$ 形连接件(4)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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于:所述矩形底板(10)为中心开孔的矩形钢板;

所述钢支撑(11)为热轧H型钢,以 $60^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 角布置在两个相邻轻型方钢管再生混凝土柱(1)之间;钢支撑(11)翼缘宽度与 $\pi$ 形连接件上肢(8)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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,其特征在于:所述工字形板凳拉结钢筋(13)为一种预制成型三维钢筋笼;工字形板凳拉结钢筋(13)由横向拉结弓形钢筋网与纵向拉结筋两部分组成;横向拉结弓形钢筋网由两侧两根带锚固端的弓形钢筋以及中间横向连接钢筋构成;

灌浆料托板(14)为三边焊接有预埋锚固钢筋弯钩的薄钢板。

10. 一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点作法,其特征在于:该方法的具体做法如下:

第一步:工厂预制轻型方钢管再生混凝土柱(1)、柱板拉结筋(2),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;将制作完成的柱板拉结筋(2)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)两侧相应位置;

第二步:在工厂车间加工 $\pi$ 形连接件(4)以及腹板连接板(5),先选择相应尺寸的成品热轧工字钢梁,进行切割、打磨、打孔制作成 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9),将相应厚度热轧钢板切割、开孔,制作成矩形底板(10);将 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)与矩形底板(10)进行焊接,制作成 $\pi$ 形连接件(4);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(5);

第三步:在工厂车间将 $\pi$ 形连接件(4)以及腹板连接板(5)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)的两侧相应位置;首先将 $\pi$ 形连接件(4)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)上, $\pi$ 形连接件(4)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 $\pi$ 形连接件(4)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;然后将腹板连接板(5)通过矩形底板(10)中心孔洞焊接至方钢管柱上;将螺母焊接至 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)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(3)上,加劲肋厚度不小于H型钢梁(3)腹板厚度;按照设计位置加工H型钢梁(3)上下翼缘与腹板螺栓孔;最后在H型钢梁(3)顶面焊接栓钉;

第五步:工厂加工预制钢支撑(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:制作灌浆料托板(14)和预制再生混凝土楼板(15),工厂选择成品钢板切割成相应尺寸,通过切割、弯折等工序加工灌浆料托板(14)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 $\pi$ 形连接件(4)及腹板连接板(5)的轻型方钢管再生混凝土柱(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(3)滑入两侧方钢管柱 $\pi$ 形连接件(4)之间,使 $\pi$ 形连接件(4)及腹板连接板(5)上的螺栓孔与H型钢梁(3)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:将预制钢支撑(11)通过高强螺栓安装到相应位置上;

第十步:将工字形板凳拉结钢筋(13)放置到相应位置,拧紧70mm贯通高强螺栓(13)将工字形板凳拉结钢筋(13)固定在 $\pi$ 形连接件上肢(8)腹板位置;并将工字形板凳拉结钢筋(13)两端横向弓形拉结筋绑扎到楼板钢筋(16)上;将纵向拉结筋与柱板拉结筋(2)以及楼板钢筋(16)进行绑扎;

第十一步:在楼板抗剪栓钉(7)、 $\pi$ 形连接件上肢(8)、工字形板凳拉结钢筋(13)以及灌浆料托板(14)等位置浇筑高强灌浆料,待养护完成进行后续施工。

## 一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱 底部节点及作法

### 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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点及作法,属于结构工程技术领域。

### 背景技术

[0002] 以工业化为依托实现住宅产业化发展已成为必然趋势,发展住宅产业化技术是实现装配式建筑广泛应用并达到城镇绿色建筑发展目标主要手段。

[0003] 装配式钢结构具有轻质高强、生产效率高、装配化水平高等优势,是村镇住宅产业化的理想结构体系。装配式轻钢住宅体系装配化效率高、用钢量低、建设成本低,若结合钢管混凝土等组合结构构件,可进一步减少用钢量、构件截面尺寸并可以获得卓越的承载能力和抗震性能。

[0004] 传统钢结构多采用H型钢柱作为承重构件,但对于建筑长宽比接近1的村镇住宅,H型钢柱的弱轴方向抗弯性能差。且H型钢柱超过一定长细比,柱底在承受较大弯矩和轴力时存在失稳风险。采用方钢管混凝土混凝土柱这种组合构件,不仅可以满足两个主轴方向抗震性能相同的受力原则,由于钢管和内填混凝土的组合作用其在复杂应力状态下的承载能力会大大提高,抗火及抗腐蚀性能得到提高。并且柱截面尺寸可以进一步减小,从而节省混凝土和钢材用量。若在钢管内部浇筑再生混凝土形成方钢管再生混凝土柱,则达到了绿色循环可持续发展的目的,更有利与环境保护。因此方钢管再生混凝土柱适用于装配式轻钢住宅体系。

[0005] 轻钢结构体系的抗震性能与装配率一定程度上取决于节点构造的受力合理与否与装配化程度。传统钢结构体系中梁柱连接节点多采用外环板式连接、内隔板式连接以及铸钢连接形式。这几种连接形式适用于跨度、荷载较大的重型钢结构厂房。其节点构造复杂、用钢量大且均无法避免施工现场的焊接工作,装配化程度低,并不适用于轻钢住宅体系梁柱连接。同时,传统节点连接构造并未考虑预制楼板以及预制墙体的装配连接。目前多数装配式墙体与传统节点连接复杂,尤其是基础梁位置底部节点,底部梁柱节点处预制楼板与节点连接可靠性低,防水防潮等构造措施难以实现。预制墙板由于节点处加劲肋等构造的存在需要提前切割出相应空间,容易造成冷桥,不利于房屋保温节能。另外,方钢管再生混凝土柱承载力高,在轻钢村镇住宅结构中,柱截面宽度可以控制在100~150mm。柱截面的缩小造成结构整体抗侧刚度下降,因此需要采用设置层间支撑的方式提高结构整体刚度。目前没有任何适用于钢支撑装配的梁柱节点构造。

[0006] 综上所述,设计一种构造简单、传力明确、抗震性能优良且适用于预制墙板、楼板,利于装配式钢支撑安装的轻型装配式方钢管混凝土柱-H型钢梁底部连接节点是目前村镇轻钢组合结构住宅体系发展中亟待解决的问题。基于此,本发明提出了一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点及作法,特别适用于低、多层轻钢框架结构住宅底部中柱连接节点的应用,在保证结构安全可靠的前提下,提高轻钢住宅的经济性

和装配效率,为住宅产业化、建筑装配化提供技术参考。

## 发明内容

[0007] 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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点及作法,以解决轻钢框架住宅中柱底部梁柱连接节点受力不合理、耗钢量大、构造复杂问题。解决了中柱底部位置预制楼板及钢支撑与梁柱节点装连接构造难题。

[0008] 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- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点及作法,该节点构造包括轻型方钢管再生混凝土柱(1)、柱板拉结筋(2)、H型钢梁(3)、 $\pi$ 形连接件(4)、腹板连接板(5)、30mm长高强螺栓(6)、楼板抗剪栓钉(7)、 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)、矩形底板(10)、预制钢支撑(11)、70mm贯通高强螺栓(12)、工字形板凳拉结钢筋(13)、灌浆料托板(14)、预制再生混凝土楼板(15)以及楼板钢筋(16)。如图1、2、3、4所示

[0009] 该发明各部件连接与组成关系如下:柱板拉结筋(2)焊接在轻型方钢管再生混凝土柱(1)上用于连接预制再生混凝土楼板(15); $\pi$ 形连接件(4)由 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)以及矩形底板(10)组成,其中矩形底板(10)为一中间开矩形孔的钢板, $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)分别满焊焊接在矩形底板(10)上,从而形成 $\pi$ 形连接件(4);轻型方钢管再生混凝土柱(1)与 $\pi$ 形连接件(4)焊接,利用 $\pi$ 形连接件(4)上矩形底板(10)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(10)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 $\pi$ 形连接件(4)通过内侧与外侧共8条角焊缝相连;腹板连接板(5)通过两条直角角焊缝透过矩形底板(10)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(3)上下翼缘与 $\pi$ 形连接件(4)的 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)通过30mm长高强螺栓(6)进行连接;H型钢梁(3)腹板与腹板连接板(5)通过30mm长高强螺栓(6)进行连接;预制钢支撑(11)通过30mm长高强螺栓(6)与70mm贯通高强螺栓(12)与 $\pi$ 形连接件上肢(8)连接;预制再生混凝土楼板(15)通过楼板抗剪栓钉(7)以及高强灌浆料与H型钢梁(3)连接;预制再生混凝土楼板(15)通过柱板拉结筋(2)、工字形板凳拉结钢筋(13)、楼板钢筋(16)相互绑扎最后通过高强浇筑灌浆料相连;灌浆料托板(14)预埋在预制再生混凝土楼板(15)中;工字形板凳拉结钢筋(13)通过70mm贯通高强螺栓(12)固定在 $\pi$ 形连接件上肢(8)的腹板处,并与楼板钢筋(16)进行绑扎,浇筑高强灌浆料后使 $\pi$ 形连接件上肢(8)与预制再生混凝土楼板(15)形成一体。

[0010] 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。钢管外径为100mm~150mm,壁厚为4mm~8mm,内填再生混凝土,再生粗骨料粒径为5mm~20mm,混凝土强度为C30~C50。所述的轻型方钢管再生混凝土柱(1)具有以下优势: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。钢管可以作为混凝土浇筑是的模板,施工更加方便、节省成本。在实际工程中,钢管混凝土柱具有施工刚度大、承载力高、防火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。

[0011] 所述柱板拉结筋(2)为带有弯折锚固端的钢筋。钢筋直径为8mm,强度等级HRB345

级。长度为80mm,锚固端弯折长度为40mm。焊接在轻型方钢管再生混凝土柱(1)上,焊接位置与预制再生混凝土楼板(15)内的钢筋处于同一高度处,间距为50mm。装配时柱板拉结筋(2)与楼板钢筋(16)绑扎在一起,并在预制再生混凝土楼板(15)与轻型方钢管再生混凝土柱(1)间的预留孔洞位置浇筑高强灌浆料,其主要作用是将轻型方钢管再生混凝土柱(1)与预制再生混凝土楼板(15)进行有效拉结,增强节点整体性,提高各截面刚度和耗能能力。

[0012] 所述H型钢梁(3)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 $\pi$ 形连接件(4)的 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)外侧设置厚度等于H型钢梁(3)腹板厚度的加劲肋以提高端部刚度。由于 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)需要与矩形底板(10)焊接,为防止焊缝处钢梁上下翼缘无法与钢管柱比贴合紧密,在装配前需要将H型钢梁(3)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(3)顶面均匀布置抗剪栓钉,准备将其用以装装配式楼板的安装。

[0013] 所述 $\pi$ 形连接件(4)是轻钢组合框架梁柱节点的关键部件,由 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)与中心开孔的矩形底板(10)构成。

[0014] 所述腹板连接板(5)为矩形钢板,其长度与 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)长度相同,宽度为矩形底板(10)矩形孔洞高度的80%,厚度等于H型钢梁(3)腹板厚度。腹板连接板(5)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(6)与H型钢梁(3)腹板相连,形成节点抗震的第二道防线。试验证明, $\pi$ 形连接件(4)在地震作用下失效后腹板连接板(5)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 $\pi$ 形连接件(4)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(5)的宽度小于矩形底板(10)矩形孔洞的高度,从而可以避开矩形底板(10)与轻型方钢管再生混凝土柱(1)的内侧角焊缝。腹板连接板(5)轴线偏离H型钢梁(2)腹板中心线0.5倍腹板连接板(5)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。

[0015] 所述的30mm长高强螺栓(6)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8.8和10.9两个强度等级。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(3)与 $\pi$ 形连接件(4)、腹板连接板(5),连接预制钢支撑(11)与 $\pi$ 形连接件上肢(8)。同时为方便节点处高强螺栓安装,可先将螺母焊接在 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)螺栓孔处,在H型钢梁(3)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。

[0016] 所述楼板抗剪栓钉(7)是加强H型钢梁(3)与装配式混凝土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,节点段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(15)装配完成后在楼板抗剪栓钉(7)预留孔洞处浇筑高强灌浆料,完成H型钢梁(3)与预制再生混凝土楼板(15)的连接。

[0017] 所述 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)为两个材料、尺寸相同的短工字钢梁,其外伸长度为H型钢梁(3)梁高的1.0~1.5倍,梁高为H型钢梁(3)梁高的0.5~1.0倍,上下翼缘及腹板厚度为H型钢梁(3)翼缘厚度的0.8~1.0倍,翼缘宽度与H型钢梁(3)翼缘宽度相

同。 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)通过角焊缝垂直焊接于矩形底板(10)上, $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)关于中心开孔的矩形底板(10)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(10)的形心距离分别为H型钢梁(3)的0.55倍梁高度。如此可以保证 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)保留一定空隙,保证H型钢梁(3)可以顺利拼装在 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)。 $\pi$ 形连接件(4)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。

[0018] 所述矩形底板(10)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 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)直角角焊缝尺寸要求。其宽度为100mm,即与 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)等宽并满足外侧角焊缝尺寸要求。矩形底板(10)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(10)主要起到轻型方钢管再生混凝土柱(1)与 $\pi$ 形连接件(4)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。

[0019] 所述钢支撑(11)为热轧H型钢,一般以 $60^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 角布置在两个相邻轻型方钢管再生混凝土柱(1)之间。钢支撑(11)翼缘宽度与 $\pi$ 形连接件上肢(8)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 $\pi$ 形连接件上肢(8)的上翼缘通过30mm长高强螺栓(6)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(11)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。

[0020] 所述70mm贯通高强螺栓(12)为S8.8S或S10.3级高强螺栓。其上端位于预制钢支撑(11)底部节点板上表面,下端位于H型钢梁(3)上翼缘下表面。70mm贯通高强螺栓(12)连接了预制钢支撑(11)底部节点板、 $\pi$ 形连接件上肢(8)以及H型钢梁(3)上翼缘。将三者连接成一个整体,同时将工字形板凳拉结钢筋(13)一侧卡在 $\pi$ 形连接件上肢(8)腹板位置,起到连接工字形板凳拉结钢筋(13)与 $\pi$ 形连接件(4)的作用。

[0021] 所述工字形板凳拉结钢筋(13)为一种预制成型三维钢筋笼。工字形板凳拉结钢筋(13)主要由横向拉结弓形钢筋网与纵向拉结筋两部分组成。横向拉结弓形钢筋网由两侧两根带锚固端的弓形钢筋以及中间横向连接钢筋构成。两侧弓形钢筋长80mm,直角锚固端长30mm。中间两根横向连接钢筋长70mm,间距60mm。两端通过点焊或绑扎的形式将弓形钢筋与其进行固定,形成一个预制成型三维钢筋网。横向拉结弓形钢筋网布置在柱两侧 $\pi$ 形连接件上肢(8)腹板处。纵向拉结筋则由两根300mm长钢筋组成,与两端弓形钢筋网进行点焊,使柱两侧弓形钢筋网拉结在一起。工字形板凳拉结钢筋(13)两部分都采用HRB335 $\Phi$ 8钢筋组成,弓形钢筋网延伸至预制再生混凝土楼板(15)的预留孔中并和露出的楼板钢筋(16)进行绑扎,另一端通过70mm贯通高强螺栓(12)固定在 $\pi$ 形连接件上肢(8)腹板位置, $\pi$ 形连接件上肢(8)腹板两侧对称布置两个工字形板凳拉结钢筋(13)。将其设计为“板凳”形有利于其与楼板钢筋(16)以及灌浆料之间的锚固,同时锚固端朝下可以垫高钢筋网使其与楼板钢筋(16)位于同一高度处便于绑扎。纵向拉结筋在将两端弓形钢筋网拉结在一起的同时与楼板钢筋(16)以及柱板拉结筋(2)进行绑扎使预制再生混凝土楼板(15)、 $\pi$ 形连接件(4)以及轻型方钢管再生混凝土柱(1)形成一个统一的整体,有效的提高了节点域整体性。

[0022] 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390mm,宽为110mm。略大于预制再生混凝土楼板(14)在此处预留的长370mm,宽100mm的灌浆料托板(14)在预制再生混凝土楼板(15)成型前埋入预留孔洞下部,钢板上表面与楼板下表面以及 $\pi$ 形连接件上肢(8)下翼缘上表面平齐。钢板外边缘与 $\pi$ 形连接件上肢(8)下翼缘边缘吻合,因此可以保证灌浆料倒入后底部不漏浆。

[0023] 所述预制再生混凝土楼板(15)为工厂预制的钢筋混凝土楼板,其厚度为80mm~100mm与 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)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 $\Phi 8$ 钢筋,钢筋间距为100mm。预制楼板在节点处为 $\pi$ 形连接件上肢(8)预留长100mm、宽100mm灌浆孔,楼板上表面与 $\pi$ 形连接件上肢(8)上翼缘表面平齐。灌浆孔内部放置板凳钢筋(14)后灌注高强灌浆料,使灌浆料填满预留孔洞以及 $\pi$ 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。

[0024] 所述楼板钢筋(16)即为预制再生混凝土楼板(15)内配置的分布钢筋,预留孔洞处露出的分布钢筋起到与工字形板凳拉结钢筋(13)连接的作用。

[0025] 本发明涉及一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点及作法,其具体做法如下:

[0026] 第一步:工厂预制轻型方钢管再生混凝土柱(1)、柱板拉结筋(2),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。将制作完成的柱板拉结筋(2)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)两侧相应位置如图5所示。

[0027] 第二步:在工厂车间加工 $\pi$ 形连接件(4)以及腹板连接板(5),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 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9),将相应厚度热轧钢板切割、开孔,制作成矩形底板(10)。将 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)与矩形底板(10)进行焊接,制作成 $\pi$ 形连接件(4)。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(5)。如图6所示。

[0028] 第三步:在工厂车间将 $\pi$ 形连接件(4)以及腹板连接板(5)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)的两侧相应位置。首先将 $\pi$ 形连接件(4)焊接至轻型方钢管再生混凝土柱(1)上,应注意 $\pi$ 形连接件(4)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 $\pi$ 形连接件(4)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。然后将腹板连接板(5)通过矩形底板(10)中心孔洞焊接至方钢管柱上。将螺母焊接至 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)螺栓孔位置以备安装螺栓。如图7所示。

[0029] 第四步:设置一道加劲肋焊接在H型钢梁(3)上,加劲肋厚度不小于H型钢梁(3)腹板厚度。按照设计位置加工H型钢梁(3)上下翼缘与腹板螺栓孔。最后在H型钢梁(3)顶面焊接栓钉。如图8所示。

[0030] 第五步:工厂加工预制钢支撑(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。

[0031] 第六步:制作灌浆料托板(14)和预制再生混凝土楼板(15),工厂购买成品钢板切割成相应尺寸,通过切割、弯折等工序加工灌浆料托板(14)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。

[0032] 第七步:在施工现场安装带有 $\pi$ 形连接件(4)及腹板连接板(5)的轻型方钢管再生混凝土柱(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(3)滑入两侧方钢管柱 $\pi$ 形连接件(4)之间,使 $\pi$ 形连接件(4)及腹板连接板(5)上的螺栓孔与H型钢梁(3)螺栓孔对正,用高强螺栓拧紧固定。如图11所示。

[0033] 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。

[0034] 第九步:将预制钢支撑(11)通过高强螺栓安装到相应位置上。如图13所示。

[0035] 第十步:将工字形板凳拉结钢筋(13)放置到相应位置,拧紧70mm贯通高强螺栓(13)将工字形板凳拉结钢筋(13)固定在 $\pi$ 形连接件上肢(8)腹板位置。并将工字形板凳拉结钢筋(13)两端横向弓形拉结筋绑扎到楼板钢筋(16)上。将纵向拉结筋与柱板拉结筋(2)以及楼板钢筋(16)进行绑扎。如图14所示。

[0036] 第十一步:在楼板抗剪栓钉(7)、 $\pi$ 形连接件上肢(8)、工字形板凳拉结钢筋(13)以及灌浆料托板(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。

[0037] 与现有技术相比,本发明涉及一种适于钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑连接的 $\pi$ 形连接件中柱底部节点及作法,具有以下优势:

[0038] 1、本发明创造性的采用 $\pi$ 形连接件(4)这一构造进行梁柱间的装配连接: $\pi$ 形连接件(4)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 $\pi$ 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 $\pi$ 形连接件并不连续。如中柱两侧 $\pi$ 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] 2、本发明创造性的将节点连接构造与钢支撑构造进行装配: $\pi$ 形连接件(4)中 $\pi$ 形连接件上肢(8)上翼缘开螺栓孔与预制钢支撑(11)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] 3、本发明创造性的将装配式楼板通过板凳拉结钢筋、柱板拉结筋实现了板-柱-节点域以及中柱两侧节点域的整体化设计:预制再生混凝土楼板(15)在与 $\pi$ 形连接件上肢(8)连接部位开孔,内部露出楼板钢筋(16),楼板钢筋(16)与工字形板凳拉结钢筋(13)进行绑扎。工字形板凳拉结钢筋(13)通过70mm贯通高强螺栓(12)与 $\pi$ 形连接件上肢(8)进行固定。最后在开洞部位浇筑高强灌浆料,即形成了预制楼板-板凳形拉结钢筋- $\pi$ 形连接件连接构造。

[0041] 同时板凳形拉结钢筋纵向钢筋与板柱拉结钢筋进行绑扎,并通过灌浆料将楼板与轻型钢管混凝土柱进行拉结,增强了板-柱-节点域协调变形能力。同时,纵向钢筋构造将中柱两侧 $\pi$ 形连接件上肢(8)进行有效拉结,提高了中柱两侧节点域整体性,一定程度上提高了板柱-节点域的延性。

[0042] 同时, $\pi$ 形连接件内部灌注钢管灌浆料后大大增强了其抗弯、抗压能力及稳定性。进一步保证了钢支撑与 $\pi$ 形节点连接构造的可靠性。

[0043] 4、本发明创造性的实现了中柱位置楼板的整体安装,在装配式传统钢结构房屋中,由于梁柱节点区域构造较为复杂,很难实现中柱梁柱节点区域楼板的整体化装配,只能在该区域将楼板进行分割拼装,这极大地削弱了楼板整体性以及节点与楼板组合工作的性能。该发明中由于楼板和节点 $\pi$ 形连接件是整体浇筑的,通过在楼板上预留孔洞可以跨中柱装配在两侧的H型钢梁上,通过板凳形拉结钢筋以及板柱拉结筋有效的将节点-柱-板结合为一个整体。节点处刚度大大提高,节点在复杂状态下承载力提升。同时将原中柱节点处的2~4块楼板装配量降低到了1块,大大提升了施工效率。

[0044] 5、利于房屋防水、防潮,便于保温、防水等构造的施工。本发明中预制楼板装配位置位于基础以上300mm处,底部与基础隔开,更利于房屋一层防水防潮。同时该节点的上翼缘 $\pi$ 形连接件与楼板浇筑在一起,方便了外部墙体及保温结构的安装,一定程度上避免了冷桥产生,利于房屋保温节能。

[0045] 6、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 $\pi$ 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 $\pi$ 形连接件作为第一道防线耗散大部分地震能量, $\pi$ 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。

[0046] 7、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、 $\pi$ 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。

[0047] 8、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

[0048] 图1节点构造拆解图。

[0049] 图2节点整体俯视图。

[0050] 图3节点整体轴测图。

[0051] 图4节点整体仰视图。

[0052] 图5步骤1—制作再生钢管混凝土柱。

[0053] 图6步骤2—制作 $\pi$ 形连接件与腹板连接板。

[0054] 图7步骤3—焊接 $\pi$ 形连接件。

[0055] 图8步骤4—制作工字钢底梁。

[0056] 图9步骤5—制作钢支撑。

[0057] 图10步骤6—制作预制再生混凝土楼板。

[0058] 图11步骤7—装配梁柱。

- [0059] 图12步骤8—装配楼板。
- [0060] 图13步骤9—装配钢支撑。
- [0061] 图14步骤10—绑扎固定板凳钢筋。
- [0062] 图15步骤11—浇筑灌浆料。

### 具体实施方式

[0063] 下面结合具体实施例对发明做进一步说明。

[0064] 如图3所示,一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点,该节点包括轻型方钢管再生混凝土柱(1)、柱板拉结筋(2)、H型钢梁(3)、 $\pi$ 形连接件(4)、腹板连接板(5)、30mm长高强螺栓(6)、楼板抗剪栓钉(7)、 $\pi$ 形连接件上肢(8)、 $\pi$ 形连接件下肢(9)、矩形底板(10)、预制钢支撑(11)、70mm贯通高强螺栓(12)、工字形板凳拉结钢筋(13)、灌浆料托板(14)、预制再生混凝土楼板(15)以及楼板钢筋(16)。

[0065] 根据建筑荷载大小可对方钢管再生混凝土柱所需承载力进行计算,通过调整钢管外径、厚度以及再生混凝土强度对方钢管再生混凝土柱进行调整。根据H型钢梁端的弯矩和剪力对 $\pi$ 形连接件的上下翼缘连接件的翼缘与腹板厚度、梁高、悬挑长度等主要参数进行设计,确定矩形底板的长度与厚度以及中心开孔尺寸等。同时根据H型钢梁端轴力、剪力与弯矩调整腹板连接板长度与厚度,计算节点域所需螺栓数量以及焊缝长度等。本发明所涉及梁柱节点可通过上述参数设计变化控制节点连接刚度,实现刚性节点或半刚性节点的设计目标。

[0066] 根据楼面荷载设计楼板厚度、混凝土强度、分布钢筋直径、分布钢筋间距等参数。根据 $\pi$ 形连接件尺寸以及梁上抗剪螺栓布置确定预留孔洞位置及大小。

[0067] 根据结构抗震设计相关理论,确定预制钢支撑截面尺寸以及布置角度等参数。以上数据确定后即可进行下料、生产、施工、装配等程序。

[0068] 根据轻型钢管再生混凝土柱截面宽度以及预制楼板开洞大小设计板柱拉结钢筋以及板凳形拉结钢筋。

[0069] 在正常使用阶段, $\pi$ 形连接件增大了梁柱节点域的高度,因此本发明所述节点在弹性工作阶段具有较大的刚度,有效控制了工字型截面梁的变形,在正常使用状态下避免了梁挠度过大以及外界震动荷载激励下梁震幅过大的缺陷。

[0070] 同时,本节点中楼板与 $\pi$ 形连接件通过板凳形以及高强螺栓等构造进行了有效连接,后期浇筑灌浆料后更是对 $\pi$ 形连接件进行了强化。 $\pi$ 形连接件上肢因与底梁和钢支撑二者同时连接,其上翼缘受到钢支撑传来的局部压力以及剪力,下翼缘受到底梁传来的轴力、弯矩和剪力,整体处于复杂应力状态。腹板周围浇筑灌浆料后极大的提升了其局部承压性能以及抗剪承载力。因此节点域的抗弯刚度得到提升,抗剪承载力提高。通过板凳形拉结钢筋与板柱拉结钢筋增强板-柱-节点整体性以及两侧节点域的整体性。

[0071] 同时,为满足“强节点弱构件”的设计原则,即加强梁柱节点并使节点所连接的工字形钢梁先于节点破坏。本发明所涉及的梁柱节点, $\pi$ 形连接件与腹板连接板与方钢管再生混凝土柱使用焊接连接,与H型钢梁采用螺栓连接,当梁端剪力与弯矩传递至螺栓与焊缝后,螺栓剪断与焊缝开裂均为脆性破坏。因此需要在设计阶段保证焊缝与螺栓有充足的安全储备。节点的破坏形式应设计为梁端变形破坏,地震作用下钢梁破坏位置集中于梁翼缘

螺栓孔处,此处钢梁翼缘截面将会经历从屈服到断裂的过程,这是一个较为缓慢的、有显著变形的过程,具有理想的延性破坏特征。本发明所述节点在地震作用主要耗能区域为 $\pi$ 形连接件,在往复荷载作用下 $\pi$ 形连接件上下工字钢悬挑短梁的翼缘发生变形从而消耗部分地震能量,上下工字钢悬挑短梁的腹板将发挥加劲肋的作用,形成连接梁端的拉压杆桁架体系,在控制节点变形的同时也会消耗部分地震能量。随着水平地震作用的增大作为节点第一道抗震防线的 $\pi$ 形连接件失效,腹板连接板作为第二道抗震防线仍会继续工作防止工字形钢梁坍塌。此时节点区域楼板相互挤压,梁端楼板和墙之间的裂缝变宽甚至完全开裂,此过程持续时间较长,利于人员疏散。由于不同梁柱节点之间没有直接关联,某一节点失效不会引起该处其他节点失效,因此符合“强柱弱梁”的设计原则。

[0072] 采用本发明所述的一种钢管混凝土柱-H型钢梁-钢支撑- $\pi$ 形连接件组合式中柱底部节点连接牢固、整体性好、装配便捷、绿色环保,是适用于低、多轻钢框架及轻钢桁架住宅建筑体系梁柱装配一种新型节点连接型式。

[0073] 以上是本发明的一个典型实施例,本发明的实施不限于此。

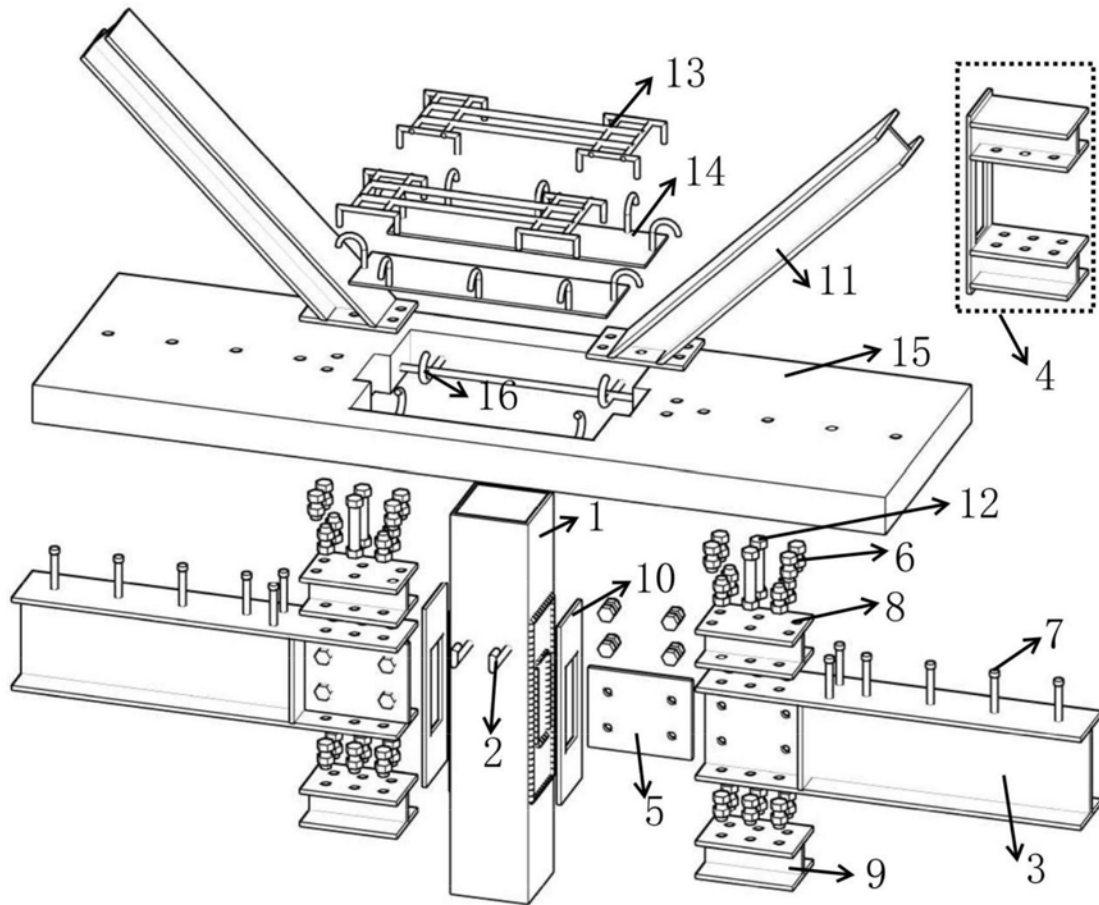


图1

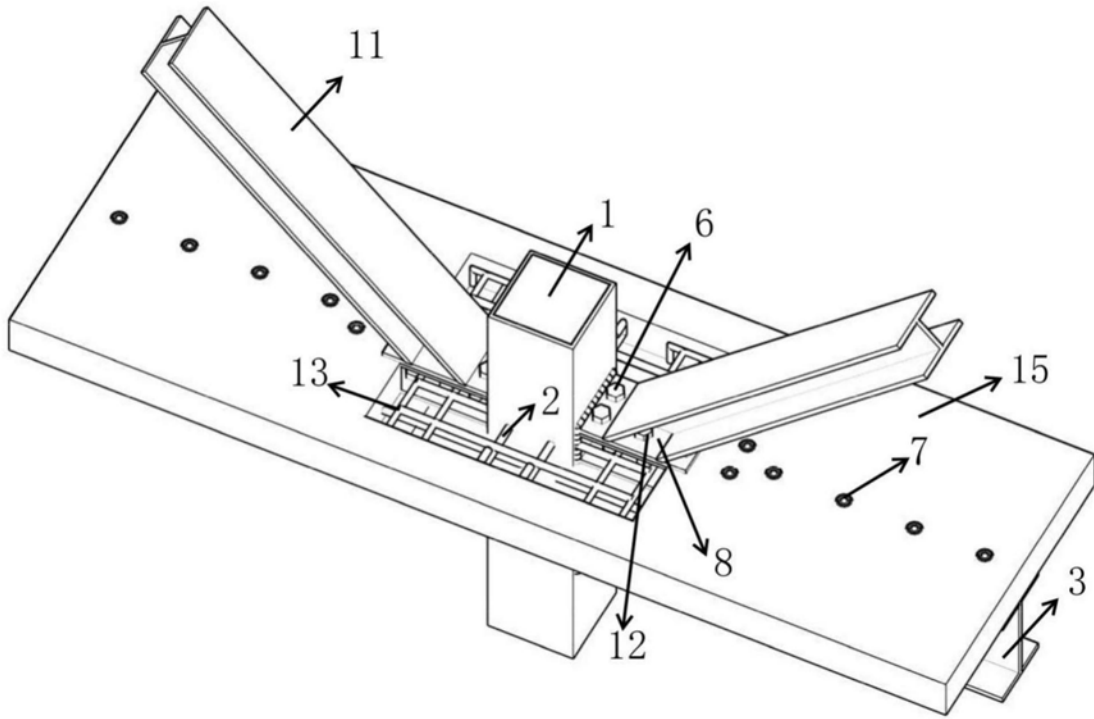


图2

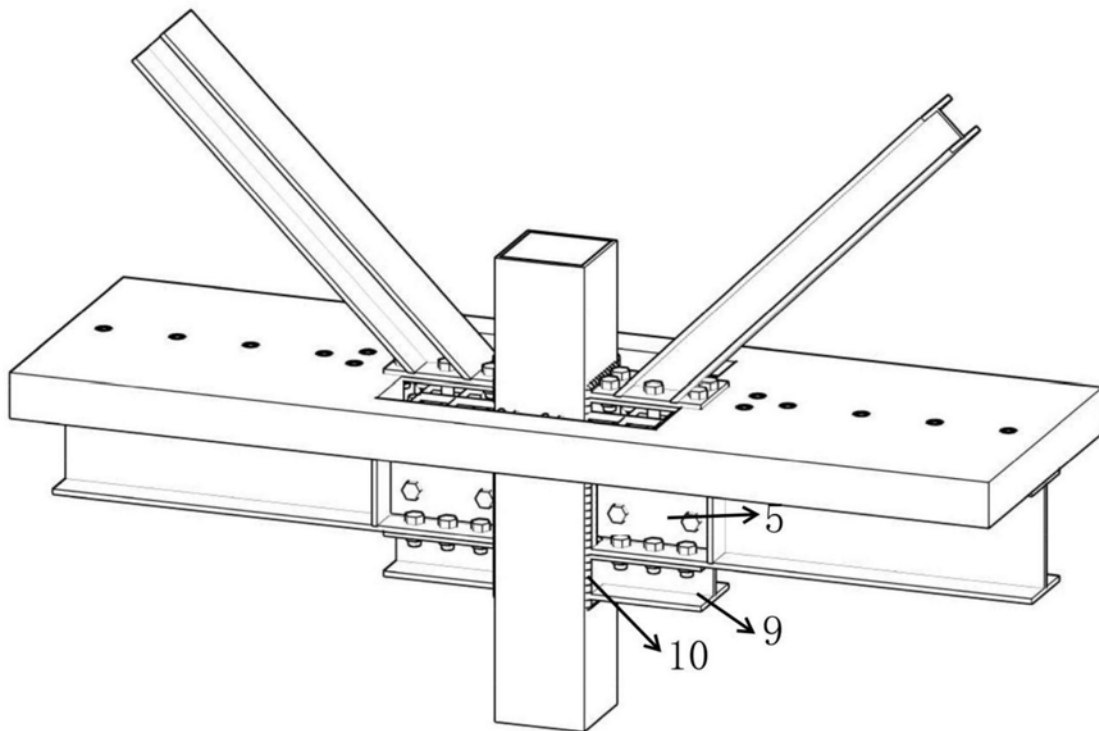


图3

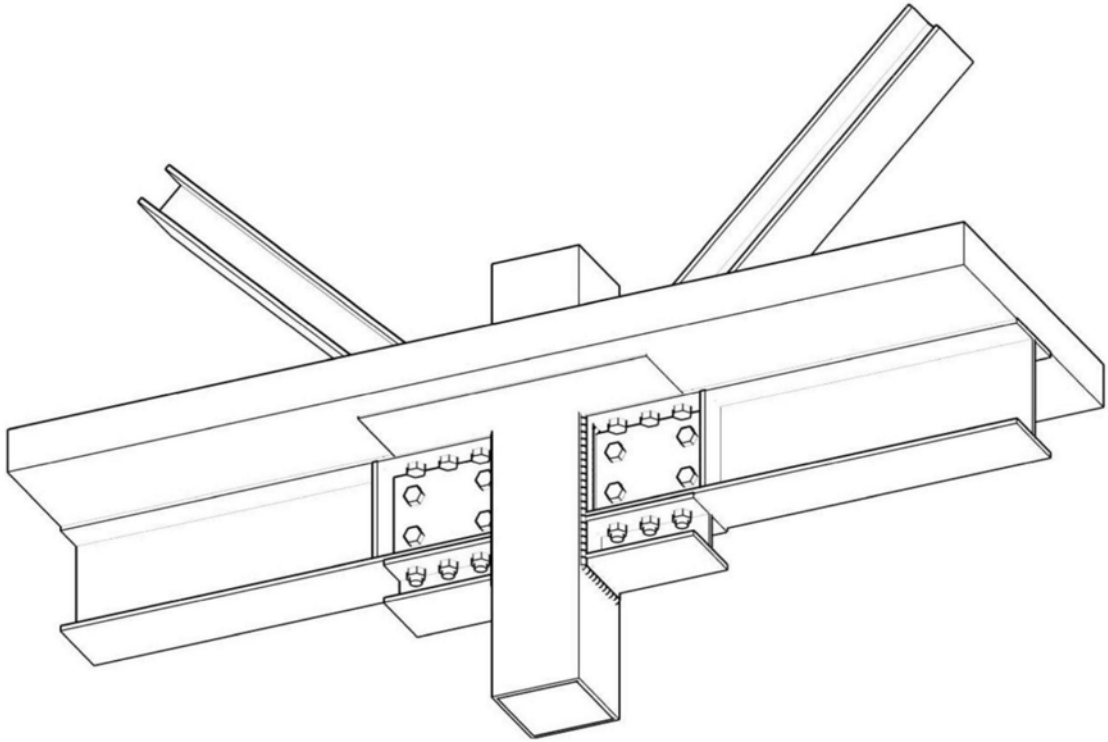


图4

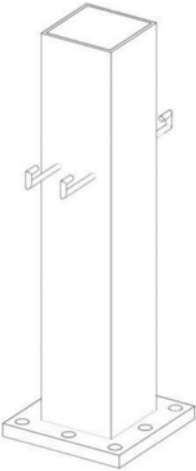


图5

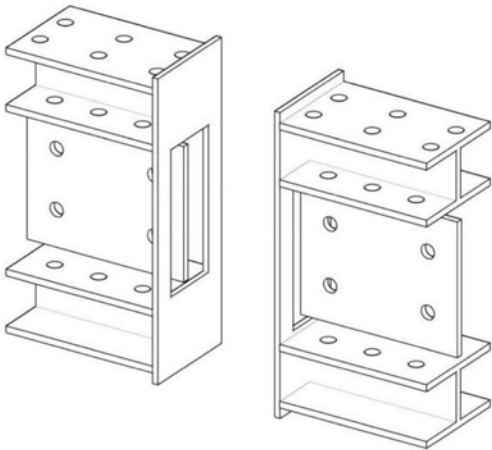


图6

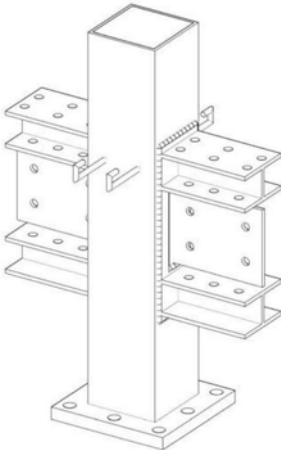


图7

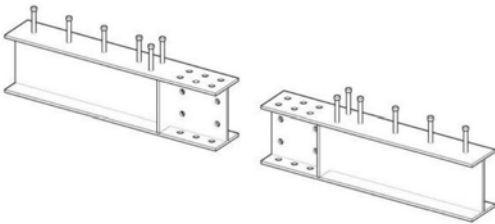


图8

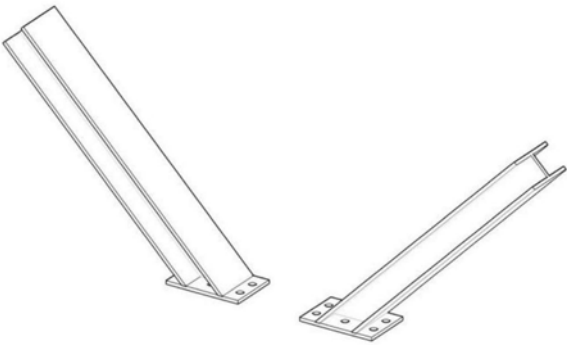


图9

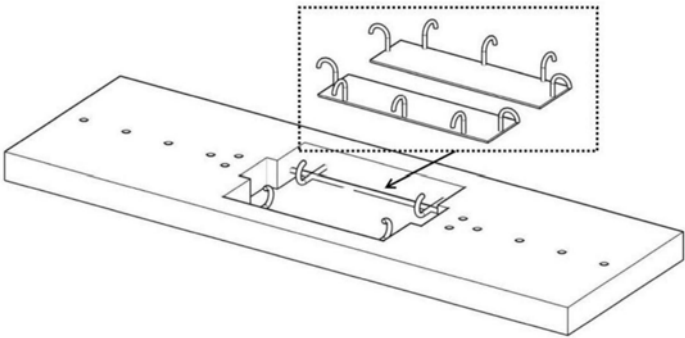


图10

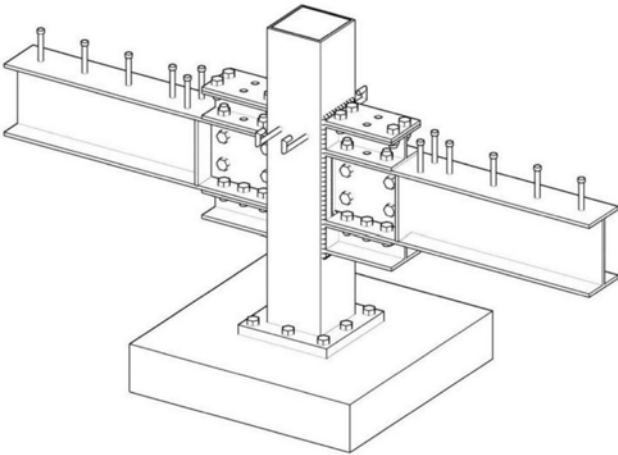


图11

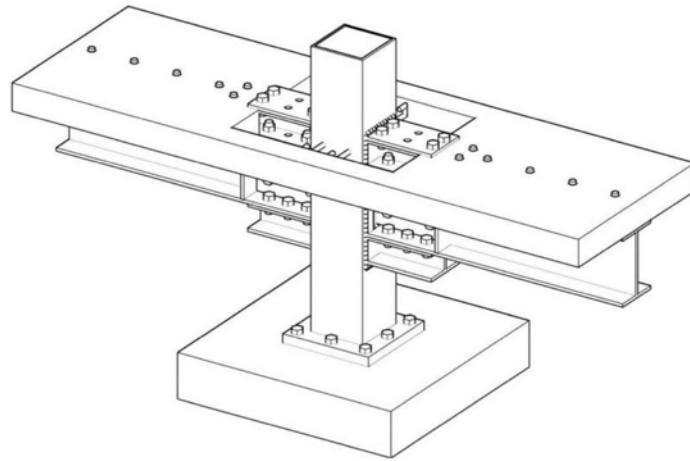


图12

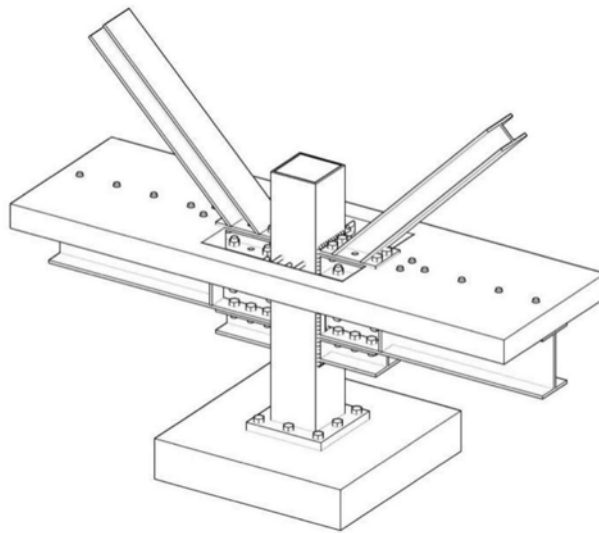


图13

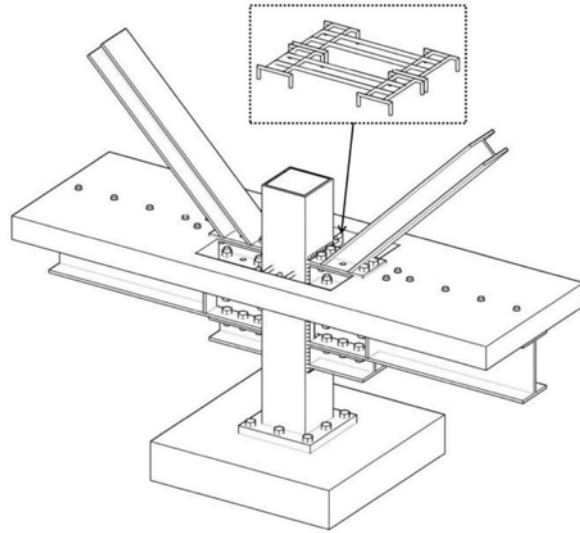


图14

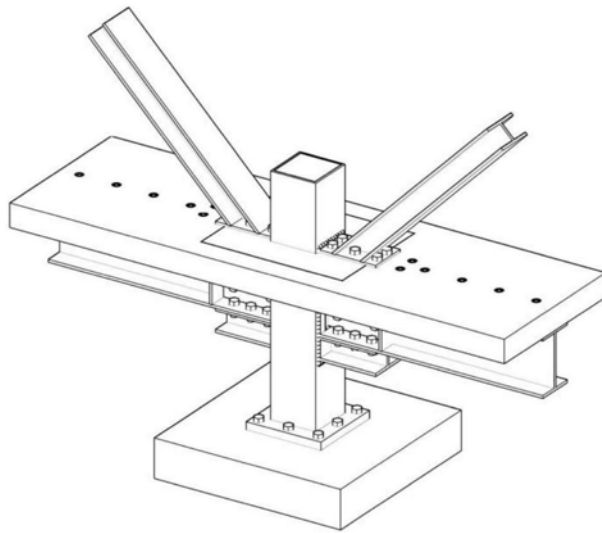


图15