

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 6 月 13 日 (13.06.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/119671 A1

(51) 国际专利分类号:

E04B 1/19 (2006.01) *E04C 3/34* (2006.01)
E04B 1/58 (2006.01) *E04B 1/98* (2006.01)
E04C 5/16 (2006.01) *E04H 9/02* (2006.01)
E04C 3/20 (2006.01) *E04G 21/14* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/083510

(22) 国际申请日: 2023 年 3 月 23 日 (23.03.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

202211573391.7 2022 年 12 月 8 日 (08.12.2022) CN

(71) 申请人: 华南理工大学 (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong

510640 (CN)。中建四局绿色建筑科技(广东)有限公司(CHINA CONSTRUCTION FOURTH ENGINEERING DIVISION GREEN BUILDING TECHNOLOGY (GUANGDONG), LTD) [CN/CN]; 中国广东省广州市花都区秀全街红棉大道南 12 号, Guangdong 510815 (CN)。中国建筑第四工程局有限公司(CHINA CONSTRUCTION FOURTH ENGINEERING DIVISION CORP. LTD) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区科韵路 16 号自编 B 栋 5 楼, Guangdong 510665 (CN)。北京堡瑞思减震科技有限公司 (BEIJING BRACE DAMPING ENGINEERING TECHNOLOGY CO., LTD) [CN/CN]; 中国北京市大兴区新源大街 29 号院 1 号楼 18 层 1801, Beijing 102600 (CN)。

(72) 发明人: 赵俊贤 (ZHAO, Junxian); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640

(54) Title: ANTI-SEISMIC TOUGHNESS PREFABRICATED CONCRETE FRAME STRUCTURE AND CONSTRUCTION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种抗震韧性装配式混凝土框架结构及其施工方法

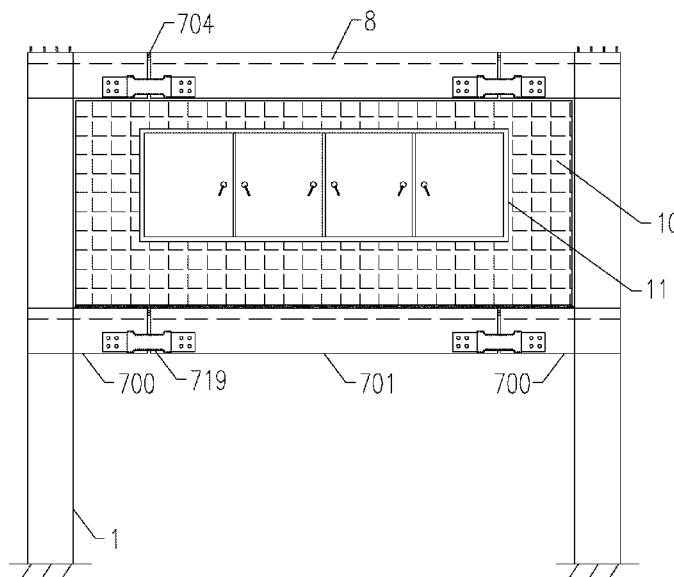


图 16

(57) Abstract: The present invention provides an anti-seismic toughness prefabricated concrete frame structure and a construction method therefor. The frame structure comprises precast solid columns, precast composite beams, T-shaped shear connectors having notches, and anti-buckling energy-dissipation connecting plates, wherein the precast composite beams are connected to the precast solid columns and each comprise a precast composite middle beam and precast composite cantilever beams arranged at two sides of each of the precast composite middle beams; tops of the precast composite cantilever beams and the precast composite middle beams are connected by the T-shaped shear connectors having notches, and the notches in the T-shaped shear connectors having notches are located at a neutral bending moment point of the frame structure under the action of a vertical load; and side surfaces of the precast

[见续页]



WO 2024/119671 A1

(CN)。袁兆勋(YUAN, Zhaoxun); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。姚祥坤(YAO, Xiangkun); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。罗智(LUO, Zhi); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。蒋克柱(JIANG, Kezhu); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。袁国辉(YUAN, Guohui); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。陈维杰(CHEN, Weijie); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。韩伟(HAN, Wei); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。

(74) 代理人: 广州粤高专利商标代理有限公司(YOGO PATENT AND TRADEMARK AGENCY LIMITED COMPANY); 中国广东省广州市天河区体育西路中石化大厦 B 塔 4416 室, Guangdong 510620 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

composite cantilever beams and the precast composite middle beams are connected by means of the anti-buckling energy-dissipation connecting plates. The present invention uses an energy consumption mechanism of suspension rotation, and has the advantages of simple and easy construction and mounting, a weak floor effect, controllable member damage, a sufficient energy dissipation capability, efficient post-earthquake repair, remarkable economic benefits, etc.

(57) 摘要: 本发明提供一种抗震韧性装配式混凝土框架结构及其施工方法。所述框架结构包括预制实心柱、预制叠合梁、带缺口的T形抗剪连接件和防屈曲耗能连接板; 预制叠合梁与预制实心柱连接, 预制叠合梁包括预制叠合中间梁和设置在预制叠合中间梁两侧的预制叠合悬臂梁; 预制叠合悬臂梁和预制叠合中间梁的顶部由带缺口的T形抗剪连接件连接, 带缺口的T形抗剪连接件中的缺口位于框架结构竖向荷载作用下的弯矩零点处; 预制叠合悬臂梁和预制叠合中间梁的侧面由防屈曲耗能连接板连接。本发明采用悬挂转动的耗能机制, 具有施工安装简便、楼板效应微弱、构件损伤可控、耗能能力充分、震后修复高效和经济效益显著等优点。

一种抗震韧性装配式混凝土框架结构及其施工方法

技术领域

本发明涉及建筑结构抗震领域，具体涉及一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构及施工方法。

背景技术

我国是地震灾害频发的国家之一。以往的震害调查表明，建筑结构的破坏和倒塌是导致人员伤亡和经济损失的根本原因。为此，传统的建筑抗震设计以防倒塌为目标，目的是保障人民群众的生命和财产安全。然而，防倒塌设计的弊端在近期数次国内外大地震中得到充分暴露。虽然大量建筑并未发生倒塌，但由于结构损坏严重而面临大量拆除，重建费用高昂且重建过程滞缓，对震后地区功能恢复产生了巨大影响。为此，结构功能的可恢复性备受瞩目，建筑抗震设计理念亦由防倒塌设计转为可恢复设计，即不仅注重于保证地震时的结构性态，而且还考虑地震后的结构功能恢复。与此同时，在“碳达峰、碳中和”国家战略下，装配式建筑作为绿色建筑的代表之一，因具有节能减排、资源利用高等特点而得到广泛应用。因此，在大力发展功能可恢复结构和推广装配式建筑的背景下，开发抗震性能优异、震后不需修复或稍加修复即可恢复使用功能和装配化程度高的抗震结构体系，已成为当前地震工程领域的迫切需求，对推动我国抗震韧性城市建设和经济社会绿色转型升级发展具有重要的意义。

混凝土框架结构因符合建筑空间布置灵活、结构构件易于标准化等要求，成为当前研究和应用最多的工业化结构体系之一。如图 1 所示，典型的装配式混凝土框架结构主要由预制实心柱 1、预制叠合梁 2 和预制叠合板 3 组成。待以上三种预制构件吊装就位后，绑扎叠合现浇层内的钢筋并支设模板，对预制梁柱节点、预制叠合梁和预制叠合板的叠合面浇筑混凝土即可形成完整的框架结构。如图 2 所示，当框架结构遭受地震作用时，其主要通过钢筋的屈服进而依次形成梁端塑性铰 4、柱端塑性铰 5 耗散地震能量。尽管上述基于延性的防倒塌设计能避免框架结构在遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震时发生倒塌，即满足三水准抗震设防目标中的“大震不倒”，但地震结束后结构受损严重且存在较大的残余变形，难以实现结构震后功能恢复。鉴于此，国内外学者提出了基于损伤可控的可恢复设计方法。损伤可控的框架结构是指：于结构的地震易损部位（如梁端）设置可更换耗能构件，利用特定节点变形机制将地震损伤转移至耗能构件上，从而保证主体结构免受损伤或低损伤，震后通过更换耗能构件以恢复使用功能，实现结构的抗震韧性。结合该项新兴的建筑抗震设计方法，装配式混凝土框架结构的整体抗震性能和功能可恢复性可得到大幅提升，助推其在广大地震高烈度区的应用。然而，现有设置了可更换耗能构件的新型装配式混凝土框架结构依然存在以下问题：

（1）“承载—耗能—恢复”多目标难以协同

首先，从结构承载方面看，为了使耗能构件率先进入耗能工作状态，以将主体结构损

伤转移于此，耗能构件所处截面往往遭到弱化，如图 3 中耗能构件 02 的位置，但部分截面的弱化亦导致结构刚度受到削弱。

其次，从结构耗能方面看，现有的新型装配式混凝土框架结构将耗能构件设置于贴近柱壁的梁端部，如图 3 中耗能构件 02 的位置，但该位置与图 4 中框架梁的弯矩零点 03 存在一定距离，耗能构件在竖向荷载和水平地震作用下需承受相应的竖向内力和水平地震内力，见图 4-图 5，产生两种方向内力的耦合效应，导致结构的耗能能力不仅取决于水平地震内力需求，还取决于竖向内力需求，难以根据地震作用大小准确调控其工作状态；另外，耗能构件既要承受结构剪力，又要承受结构弯矩，存在剪力和弯矩的耦合效应，引起结构耗能机制不明确、屈服时刻和失效模式不可控等问题。

最后，从结构恢复方面看，因耗能构件在竖向荷载和水平地震作用下均发挥作用，是既耗散地震能量又充当竖向内力的承载构件，使其违背了仅用于耗散地震能量的最初原则，导致结构承载—耗能机制的相互偶联；而在震后修复阶段，已累计当量损伤的耗能构件拆除后，竖向荷载的传递路径被切断，结构亦因耗能构件的缺失而丧失竖向自承载能力，需要如图 6 所示的千斤顶 04 辅助楼层传力，造成较大安全隐患，增加结构修复的成本和时间，由此引起结构承载—耗能—恢复机制的相互约束。

综上，虽然现有的新型装配式混凝土框架结构采用了不同的节点构造和耗能构件，基本实现了损伤的转移和可更换，但仍然无法从根本上解决框架结构“承载—耗能—恢复”多目标协同问题。

(2) 楼板效应显著，结构整体损伤控制不足

历次震害分析显示，对于混凝土框架结构，无论采用装配式施工方法还是现浇施工方法，由于楼板显著提高了框架梁的抗弯承载力和抗弯刚度，致使结构“强柱弱梁”设计准则难以实现，反而转为“强梁弱柱”屈服机制，即柱端塑性铰 5 先于梁端塑性铰 4 出现，如图 2 所示；框架节点柱端先于梁端出铰往往造成该层结构形成薄弱层，成为结构在地震作用下发生倒塌的重要原因；与此同时，现有的新型装配式混凝土框架结构侧重于控制主体结构（如框架梁）的损伤，忽视了楼板在往复地震作用下的开裂破坏，存在结构整体损伤控制不足的问题；如图 3 所示，当框架节点在地震作用下绕转动中心 01 发生转动时，因转动中心高度低于楼板中心高度，楼板因约束节点转动而产生严重开裂，不利于结构震后修复。

综上，尽管现有的新型装配式混凝土框架结构通过特定的节点变形机制将地震损伤转移至耗能构件上，但依旧无法从根本上解决楼板效应所引起的“强梁弱柱”和楼板开裂问题。

以上问题的解决对建立具有抗震韧性的框架结构，使其震后使用功能得到快速恢复，具有重要的科学与现实意义。

发明内容

本发明为了解决现有损伤可控技术的构造复杂多变、刚度削弱严重、转动中心交替变换、楼板效应显著、耗能能力不足、震后修复困难等问题，提出了一种承载—耗能—恢复多

目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构及施工方法。

为了解决上述技术问题，以实际工程应用为导向，本发明采用以下技术方案：

本发明提供一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构，包括预制实心柱、预制叠合梁、带缺口的 T 形抗剪连接件和防屈曲耗能连接板；所述预制叠合梁与所述预制实心柱连接，所述预制叠合梁包括预制叠合中间梁和设置在预制叠合中间梁两侧的预制叠合悬臂梁；所述预制叠合悬臂梁和所述预制叠合中间梁的顶部由带缺口的 T 形抗剪连接件连接；所述预制叠合悬臂梁和所述预制叠合中间梁的侧面由防屈曲耗能连接板连接，其中，所述带缺口的 T 形抗剪连接件的长宽比小于所述防屈曲耗能连接板的长宽比，且所述带缺口的 T 形抗剪连接件中的缺口位于框架结构竖向荷载作用下的弯矩零点处。

进一步地，还包括抗剪栓钉；所述抗剪栓钉与所述带缺口的 T 形抗剪连接件的腹板进行焊接连接。该技术方案的技術效果在于：抗剪栓钉有效保证了带缺口的 T 形抗剪连接件与混凝土的共同工作，具有优异的剪力重分布能力。

进一步地，还包括第一钢板、第二钢板、第一短钢筋和第二短钢筋；所述第一钢板与所述带缺口的 T 形抗剪连接件的悬臂段侧翼板边缘进行焊接连接；所述第二钢板与所述带缺口的 T 形抗剪连接件的中间段侧翼板边缘进行焊接连接；所述第一短钢筋与所述第一钢板的表面进行焊接连接；所述第二短钢筋与所述第二钢板的表面进行焊接连接。

进一步地，还包括第一箱型连接件、第二箱型连接件、第一 U 形箍筋、第二 U 形箍筋、第一薄壁圆钢管、第二薄壁圆钢管和第二整体封闭箍筋；所述第一薄壁圆钢管与所述第一箱型连接件的预留螺栓孔进行焊接连接；所述第二薄壁圆钢管与所述第二箱型连接件的预留螺栓孔进行焊接连接。

所述带缺口的 T 形抗剪连接件的腹板底面与所述第一箱型连接件和所述第二箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；所述第一 U 形箍筋与所述第一箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；所述第二 U 形箍筋与所述第二箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；所述预制叠合悬臂梁的下部纵筋与所述第一箱型连接件的底板上表面进行焊接连接；所述预制叠合中间梁的下部纵筋与所述第二箱型连接件的底板上表面进行焊接连接；所述预制叠合悬臂梁的中部腰筋与所述第一箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；所述预制叠合中间梁的中部腰筋与所述第二箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；所述第二整体封闭箍筋与所述预制叠合悬臂梁和所述预制叠合中间梁的下部纵筋及中部腰筋进行绑扎连接。

该技术方案的技術效果在于：带缺口的 T 形抗剪连接件与箱型连接件焊接成为整体，可利于钢构件在框架梁模板内的精确定位；U 形箍筋的设置可避免箱型连接件对普通箍筋的安装阻挡问题，防止因该区域箍筋缺失而导致混凝土剪切破坏；防屈曲耗能连接板进入耗能工作状态时产生较大的轴向拉压力，将箱型连接件与框架梁内的下部纵筋和中部腰筋分别进行焊接连接，目的是将该轴向拉压力直接传递至框架梁内纵筋，避免因混凝土的间接传递而造成混凝土的局部破坏。

进一步地，所述预制叠合悬臂梁和所述预制叠合中间梁完全断开，彼此之间预留一定的水平间隙，通过所述带缺口的 T 形抗剪连接件实现可靠连接。该技术方案的技術效果在

于：预留一定的水平间隙可防止构件相对转动时，预制叠合悬臂梁和预制叠合中间梁的底部发生碰撞；采用带缺口的 T 形抗剪连接件可有效传递结构在各工况下的竖向剪力，同时使转动中心进一步上移，达到与楼板中心相同的高度，显著地降低楼板效应。

进一步地，还包括对拉螺栓；所述防屈曲耗能连接板通过所述对拉螺栓与所述第一箱型连接件和所述第二箱型连接件的侧面进行螺栓连接。该技术方案的技术效果在于：防屈曲耗能连接板通过对拉螺栓布置在框架梁外侧面，既利于框架梁下部墙体、门窗的布置，又便于震后的拆卸、更换，实现可恢复功能结构与建筑使用功能的协调性；相比于带缺口的 T 形抗剪连接件，因防屈曲耗能连接板的刚度更小，故使转动中心始终固定于楼板中心。

进一步地，还包括第一整体封闭箍筋；所述第一整体封闭箍筋与所述预制实心柱（首层的预制实心柱采用高强钢筋 HRB600）的上部预留纵筋进行绑扎连接。

进一步地，还包括部分出筋预制叠合板；所述部分出筋预制叠合板安装在所述预制叠合悬臂梁和所述预制叠合中间梁上。

进一步地，还包括预制叠合悬臂梁上部纵筋、预制叠合中间梁上部纵筋、第一机械连接套筒和第二机械连接套筒；所述第一机械连接套筒完全拧入所述预制叠合悬臂梁上部纵筋；所述第二机械连接套筒完全拧入所述预制叠合中间梁上部纵筋；所述第一机械连接套筒和所述第二机械连接套筒分别再反向拧入所述第一短钢筋和所述第二短钢筋；所述第二整体封闭箍筋与所述预制叠合悬臂梁上部纵筋和所述预制叠合中间梁上部纵筋分别进行绑扎连接。该技术方案的技术效果在于：在保证框架梁上部纵筋传力连续的条件下，通过机械连接套筒、短钢筋和矩形钢板的转换，避免了预制叠合悬臂梁和预制叠合中间梁的上部纵筋与带缺口的 T 形抗剪连接件的现场焊接作业，保证并加快了现场施工的质量和速度。

进一步地，还包括部分出筋预制叠合板板顶钢筋网；所述部分出筋预制叠合板板顶钢筋网搭设在所述部分出筋预制叠合板上；所述部分出筋预制叠合板板顶钢筋网的端部紧贴所述带缺口的 T 形抗剪连接件的翼板上表面；所述预制实心柱（首层的预制实心柱采用高强钢筋 HRB600）与所述预制叠合悬臂梁、所述预制叠合中间梁和所述部分出筋预制叠合板通过后浇混凝土形成整体。该技术方案的技术效果在于：与“干连接”相比，通过后浇混凝土即“湿连接”形成的结构，其接头强度和整体性能更佳；首层的预制实心柱采用高强度钢筋 HRB600，目的在于保证结构在大震甚至超大震下柱脚钢筋弹性，避免柱脚区域形成塑性铰，以充分发挥框架结构的悬挂转动耗能机制，实现结构抗震韧性；因框架梁断口（T 形抗剪连接件的缺口）区域接近梁端，其主要承受负弯矩作用，在断口区域采用局部不出筋的预制叠合板既能防止板底钢筋与带缺口的 T 形抗剪连接件的腹板发生碰撞，又能避免影响结构的抗震受弯承载力。

本发明提出的一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构，其施工方法包括以下步骤：

一、钢骨架的工厂加工

- (1) 对抗剪栓钉与带缺口的 T 形抗剪连接件的腹板进行焊接连接；
- (2) 对第一钢板与带缺口的 T 形抗剪连接件的悬臂段侧翼板边缘进行焊接连接；对第

二钢板与带缺口的 T 形抗剪连接件的中间段侧翼板边缘进行焊接连接；

(3) 对第一短钢筋与第一钢板的表面进行焊接连接；对第二短钢筋与第二钢板的表面进行焊接连接；

(4) 对第一薄壁圆钢管与第一箱型连接件的预留螺栓孔进行焊接连接；对第二薄壁圆钢管与第二箱型连接件的预留螺栓孔进行焊接连接；

(5) 将一定数量的第二整体封闭箍筋穿入带缺口的 T 形抗剪连接件中；

(6) 对带缺口的 T 形抗剪连接件的腹板底面与第一箱型连接件和第二箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；

(7) 对第一 U 形箍筋与第一箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；对第二 U 形箍筋与第二箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；

(8) 将一定数量的第二整体封闭箍筋穿入预制叠合悬臂梁的下部纵筋中；将一定数量的第二整体封闭箍筋穿入预制叠合中间梁的下部纵筋中；

(9) 对预制叠合悬臂梁的下部纵筋与第一箱型连接件的底板上表面进行焊接连接；对预制叠合中间梁的下部纵筋与第二箱型连接件的底板上表面进行焊接连接；

(10) 对预制叠合悬臂梁的中部腰筋与第一箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；对预制叠合中间梁的中部腰筋与第二箱型连接件的顶板上表面进行焊接连接；

(11) 调整所有第二整体封闭箍筋的间距并与预制叠合悬臂梁和预制叠合中间梁的下部纵筋及中部腰筋进行绑扎连接，至此预埋钢构件加工完成。

二、预制混凝土构件的工厂制作

(1) 支设模板，将步骤一中已完成加工的钢骨架准确放入模板中；

(2) 向模板内浇筑混凝土并进行养护等常规处理；

(3) 利用对拉螺栓将防屈曲耗能连接板安装在第一箱型连接件和第二箱型连接件的侧面上，至此预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）制作完成；

(4) 将第一机械连接套筒完全拧入预制叠合悬臂梁上部纵筋；将第二机械连接套筒完全拧入预制叠合中间梁上部纵筋；

(5) 制作预制实心柱，其中首层的预制实心柱采用高强钢筋 HRB600；

(6) 制作部分出筋预制叠合板和部分出筋预制叠合板板顶钢筋网，其中对应于带缺口的 T 形抗剪连接件的局部位置不设置外伸的板底钢筋。

三、预制混凝土构件的现场安装

(1) 将预制实心柱吊装至已画好的定位线上；

(2) 设置梁底临时支撑，将预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）吊装至已画好的定位线上；

(3) 将一定数量的第一整体封闭箍筋穿入预制实心柱的上部预留纵筋中并进行绑扎连接；

(4) 设置板底临时支撑，将部分出筋预制叠合板吊装至已画好的定位线上；

(5) 将第一机械连接套筒反向拧入第一短钢筋；将预制叠合悬臂梁上部纵筋和预制叠

合悬臂梁的第二整体封闭箍筋进行绑扎连接；

(6) 将第二机械连接套筒反向拧入第二短钢筋；将预制叠合中间梁上部纵筋和预制叠合中间梁的第二整体封闭箍筋进行绑扎连接；

(7) 布置部分出筋预制叠合板板顶钢筋网，其端部紧贴带缺口的 T 形抗剪连接件的翼板上表面；

(8) 支设叠合现浇层的模板，向预制梁柱节点、预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）和部分出筋预制叠合板的叠合面浇筑混凝土并进行养护等常规处理；

(9) 重复步骤 (1) - (8)，从下往上依次进行各层的施工安装，最终实现本发明提出的一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构。

与现有技术相比，本发明的有益效果是：在厘清承载-耗能-恢复协同工作的抗震机制条件下，本发明提出的一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构具有施工安装简便、楼板效应微弱、构件损伤可控、耗能能力充分、震后修复高效和经济效益显著等优点，适合实际土木工程的应用。本发明的优点至少具体表现在以下几个方面：

(1) 结构中所有的焊缝连接和螺栓连接均在预制工厂完成，现场仅需将预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）上部纵筋的机械连接套筒反向拧入短钢筋即可，既保证了连接的质量又加快了施工效率；采用对拉螺栓将防屈曲耗能连接板布置在框架梁的外侧面，能有效地解决耗能构件设置方式对框架梁下部墙体、门窗等布置的影响，实现了可恢复功能结构与建筑使用功能的协调性。

(2) 将框架梁的断口（T 形抗剪连接件的缺口）布置于框架结构竖向荷载作用下的弯矩零点，可实现竖向内力和水平地震内力的解耦；带缺口的 T 形抗剪连接件是长宽比小的钢构件，防屈曲耗能连接板是长宽比大的钢构件，两者抗剪刚度的差异使断口剪力全部由带缺口的 T 形抗剪连接件承担，实现了防屈曲耗能连接板剪力和弯矩的解耦；两种解耦使防屈曲耗能连接板专注于轴向拉压屈服耗能，无需充当竖向内力的承载构件，极大地提高了结构的耗能能力。

(3) 当结构在往复地震作用下发生转动时，T 形抗剪连接件的缺口区域作为固定不变的转动中心，其与楼板中心高度相同，有利于减小楼板的约束效应和震后开裂，提高楼板的可修复性；此外，因节点转动中心的上移，防屈曲耗能连接板的力臂得到进一步增大，可更好地保证结构刚度不受损失。

(4) 在震后修复阶段，当防屈曲耗能连接板拆除后，因框架梁的断口（T 形抗剪连接件的缺口）布置于框架结构竖向荷载作用下的弯矩零点，结构无需利用防屈曲耗能连接板传递弯矩内力，仅依靠带缺口的 T 形抗剪连接件传递竖向剪力即可，无需额外的千斤顶辅助楼层传力，提升了震后恢复速度和降低了修复成本，经济效益十分显著。

(5) 在结构设计时，通过变化防屈曲耗能连接板的长度和截面面积，可赋予框架节点“等刚不等强”的屈服弯矩可调特性，有助于实现结构各层节点分散耗能，减轻梁端、柱端和柱脚的内力需求，进而有利于实现“强柱弱梁”机制的结构整体损伤优化；另外，首层的预制实心柱采用高强钢筋，可保证结构在大震甚至超大震下柱脚钢筋弹性，避免柱脚

区域形成塑性铰，进而充分发挥悬挂转动的耗能机制，实现整体结构层面的低损伤和功能可恢复。

附图说明

为了更清楚地说明本发明具体实施方式的技术方案，下面将对具体实施方式描述中所需要使用的附图作简单地介绍。作为对比，附图中还包括了现有技术的图纸。显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一个实施方式，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是典型的装配式混凝土框架结构示意图；

图 2 是图 1 所示框架结构的传统耗能方式示意图；

图 3 是设置可更换耗能构件的装配式混凝土框架结构的变形示意图；

图 4 是图 3 所示框架结构在竖向荷载下的弯矩内力图；

图 5 是图 3 所示框架结构在水平地震作用下的弯矩内力图；

图 6 是图 3 所示框架结构的震后修复阶段示意图；

图 7 是本发明实施例提出的抗震韧性装配式混凝土框架结构中预制实心柱的结构示意图；

图 8 是本发明实施例提出的抗震韧性装配式混凝土框架结构中预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）的结构示意图；

图 9 是图 8 所示预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）的正视图；

图 10 是图 8 所示预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）的俯视图；

图 11 是图 8 所示预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）的侧视图；

图 12 是图 8 所示预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）的构造示意图；

图 13 是图 8 所示预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）的透视图

图 14 是图 12 所示预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 + 预制叠合中间梁）中带缺口的 T 形抗剪连接件的结构示意图。

图 15 是本发明实施例提出的抗震韧性装配式混凝土框架结构中部分出筋预制叠合板的结构示意图；

图 16 是本发明实施例提出的抗震韧性装配式混凝土框架结构的实际工程应用图。

附图标记：

1-预制实心柱；2-预制叠合梁；3-预制叠合板；4-梁端塑性铰；5-柱端塑性铰；01-转动中心；02-耗能构件；03-弯矩零点；04-千斤顶；6-第一整体封闭箍筋；700-预制叠合悬臂梁；701-预制叠合中间梁；702-预制叠合悬臂梁上部纵筋；703-预制叠合中间梁上部纵筋；704-带缺口的 T 形抗剪连接件；705-抗剪栓钉；706-第一钢板；707-第二钢板；708-第一短钢筋；709-第二短钢筋；710-第一机械连接套筒；711-第二机械连接套筒；712-第一箱型连接件；713-第二箱型连接件；714-第一薄壁圆钢管；715-第二薄壁圆钢管；716-第一 U 形箍筋；717-第二 U 形箍筋；718-第二整体封闭箍筋；719-防屈曲耗能连接板；720-对拉螺栓；8-部分出筋预制叠合板；9-部分出筋预制叠合板板顶钢筋网；10-轻质板墙；11-

窗户。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明的一个实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

在本发明的描述中，需要说明的是，术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。此外，术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，或两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

本发明提供一种抗震韧性装配式混凝土框架结构，包括预制实心柱1、预制叠合梁2、带缺口的T形抗剪连接件704和防屈曲耗能连接板719；所述预制叠合梁2与所述预制实心柱1连接，所述预制叠合梁2包括预制叠合中间梁701和设置在预制叠合中间梁701两侧的预制叠合悬臂梁700；所述预制叠合悬臂梁700和所述预制叠合中间梁701的顶部由带缺口的T形抗剪连接件704连接；所述预制叠合悬臂梁700和所述预制叠合中间梁701的侧面由防屈曲耗能连接板719连接，其中，所述带缺口的T形抗剪连接件704的长宽比小于所述防屈曲耗能连接板719的长宽比，且所述带缺口的T形抗剪连接件704中的缺口位于框架结构竖向荷载作用下的弯矩零点处。

本发明实施例提出了一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构，与之对应，亦提出了其施工方法，分为钢骨架的工厂加工、预制混凝土构件的工厂制作和预制混凝土构件的现场安装三大步骤。以下按施工方法的步骤进行描述。

一、钢骨架的工厂加工

如图8—图14所示，一根预制叠合梁2包括预制叠合中间梁701和位于预制叠合中间梁701两侧的预制叠合悬臂梁700。按施工先后顺序，具体地，抗剪栓钉705与带缺口的T形抗剪连接件704的腹板进行焊接连接；第一钢板706与带缺口的T形抗剪连接件704的悬臂段侧翼板边缘进行焊接连接；第二钢板707与带缺口的T形抗剪连接件704的中间段侧翼板边缘进行焊接连接；第一短钢筋708与第一钢板706的表面进行焊接连接；第二短钢筋709与第二钢板707的表面进行焊接连接；第一薄壁圆钢管714与第一箱型连接件712的预留螺栓孔进行焊接连接；第二薄壁圆钢管715与第二箱型连接件713的预留螺栓孔进行焊接连接；一定数量的第二整体封闭箍筋718穿入带缺口的T形抗剪连接件704中；带缺口的T形抗剪连接件704的腹板底面与第一箱型连接件712和第二箱型连接件713的顶

板上表面进行焊接连接；第一 U 形箍筋 716 与第一箱型连接件 712 的顶板上表面进行焊接连接；第二 U 形箍筋 717 与第二箱型连接件 713 的顶板上表面进行焊接连接；一定数量的第二整体封闭箍筋 718 穿入预制叠合悬臂梁 700 的下部纵筋中；一定数量的第二整体封闭箍筋 718 穿入预制叠合中间梁 701 的下部纵筋中；预制叠合悬臂梁 700 的下部纵筋与第一箱型连接件 712 的底板上表面进行焊接连接；预制叠合中间梁 701 的下部纵筋与第二箱型连接件 713 的底板上表面进行焊接连接；预制叠合悬臂梁 700 的中部腰筋与第一箱型连接件 712 的顶板上表面进行焊接连接；预制叠合中间梁 701 的中部腰筋与第二箱型连接件 713 的顶板上表面进行焊接连接；调整所有第二整体封闭箍筋 718 的间距并与预制叠合悬臂梁 700 和预制叠合中间梁 701 的下部纵筋及中部腰筋进行绑扎连接，至此预埋钢构件加工完成。

在本发明的其中一些实施例中，T 形抗剪连接件 704 的腹板上开设有所述缺口，且缺口位于框架梁竖向荷载作用下梁的反弯点位置处。

在本发明的其中一些实施例中，第一钢板 706、第二钢板 707 的截面均呈矩形。

二、预制混凝土构件的工厂制作

如图 8—图 14 所示，进一步地，步骤一中已完成加工的钢骨架放入已支设的模板中；模板内浇筑混凝土并进行养护等常规处理；防屈曲耗能连接板 719 通过对拉螺栓 720 安装在第一箱型连接件 712 和第二箱型连接件 713 的侧面上，至此预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 700 + 预制叠合中间梁 701）制作完成。

如图 8—图 14 所示，在本发明的其中一些实施例中，第一机械连接套筒 710 完全拧入预制叠合悬臂梁上部纵筋 702；第二机械连接套筒 711 完全拧入预制叠合中间梁上部纵筋 703；

如图 7 所示，在本发明的其中一些实施例中，制作预制实心柱 1，其中首层的预制实心柱采用高强钢筋 HRB600。

如图 15 所示，在本发明的其中一些实施例中，制作部分出筋预制叠合板 8 和部分出筋预制叠合板板顶钢筋网 9，其中部分出筋预制叠合板 8 上对应于带缺口的 T 形抗剪连接件 704 的局部位置处不设置外伸的板底钢筋。

三、预制混凝土构件的现场安装

如图 7—图 16 所示，进一步地，预制实心柱 1 吊装至已画好的定位线上；设置梁底临时支撑，预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 700 + 预制叠合中间梁 701）吊装至已画好的定位线上；一定数量的第一整体封闭箍筋 6 穿入预制实心柱 1 的上部预留纵筋中并进行绑扎连接；设置板底临时支撑，部分出筋预制叠合板 8 吊装至已画好的定位线上；第一机械连接套筒 710 反向拧入第一短钢筋 708；预制叠合悬臂梁上部纵筋 702 和预制叠合悬臂梁 700 的第二整体封闭箍筋 718 进行绑扎连接；第二机械连接套筒 711 反向拧入第二短钢筋 709；预制叠合中间梁上部纵筋 703 和预制叠合中间梁 701 的第二整体封闭箍筋 718 进行绑扎连接；布置部分出筋预制叠合板板顶钢筋网 9，其端部紧贴带缺口的 T 形抗剪连接件 704 的翼板上表面；支设叠合现浇层的模板，模板内浇筑混凝土并进行养护等常规处理；重复以上步骤，从下往上依次进行各层的施工安装，最终实现本发明提出的一种承载-耗能-恢复多目标协

同的抗震韧性装配式混凝土框架结构。

在本发明的其中一些实施例中，如图 16 所示，进一步地，轻质板墙 10 安装于部分出筋预制叠合板 8 上，轻质板墙 10 上开设有窗户 11。其中，轻质板墙 10 与预制实心柱 1 和预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 700 + 预制叠合中间梁 701）之间留有一定的间隙，是为了防止地震作用下轻质板墙 10 与预制实心柱 1 和预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 700 + 预制叠合中间梁 701）发生碰撞。

本发明的工作原理是：在竖向荷载作用下，带缺口的 T 形抗剪连接件 704 承担梁端的竖向剪力和梁端弯矩；在小震作用下，带缺口的 T 形抗剪连接件 704 和防屈曲耗能连接板 719 共同承担由水平地震作用所产生的梁端弯矩，而水平地震作用所产生的附加梁端剪力则由带缺口的 T 形抗剪连接件 704 承担；且在小震作用下，防屈曲耗能连接板 719 已进入塑性，既耗散地震能量又增加框架结构在小震下的阻尼比，从而减小主体结构的力学响应；在中震或大震作用下，因框架柱的柱脚采用了高强钢筋，柱脚区域将始终保持弹性状态，悬挂转动的耗能机制将得到充分发挥，结构的损伤将集中于防屈曲耗能连接板 719 上；而在震后修复阶段，预制实心柱 1、预制叠合梁（预制叠合悬臂梁 700 + 预制叠合中间梁 701）和部分出筋预制叠合板 8 均保持弹性状态，仅需放松对拉螺栓 720 并更换防屈曲耗能连接板 719 即可恢复结构的正常使用功能。

最后需要说明的是，本实施例提供一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构及施工方法，其本质是实现装配式混凝土框架结构的悬挂转动耗能机制，以解决“承载-耗能-恢复”多目标难以协同、楼板效应显著和结构整体损伤控制不足等问题。防屈曲耗能连接板 719 作为一种常用的耗能构件，其工作原理和细部构造相对明确，故不展开赘述。

以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的范围。

权利要求书

1. 一种抗震韧性装配式混凝土框架结构，其特征在于，包括预制实心柱（1）、预制叠合梁（2）、带缺口的 T 形抗剪连接件（704）和防屈曲耗能连接板（719）；所述预制叠合梁（2）与所述预制实心柱（1）连接，所述预制叠合梁（2）包括预制叠合中间梁（701）和设置在预制叠合中间梁（701）两侧的预制叠合悬臂梁（700）；所述预制叠合悬臂梁（700）和所述预制叠合中间梁（701）的顶部由带缺口的 T 形抗剪连接件（704）连接；所述预制叠合悬臂梁（700）和所述预制叠合中间梁（701）的侧面由防屈曲耗能连接板（719）连接，其中，所述带缺口的 T 形抗剪连接件（704）的长宽比小于所述防屈曲耗能连接板（719）的长宽比，且所述带缺口的 T 形抗剪连接件（704）中的缺口位于框架结构竖向荷载作用下的弯矩零点处。

2. 根据权利要求 1 所述的一种抗震韧性装配式混凝土框架结构，其特征在于，所述预制叠合悬臂梁（700）和所述预制叠合中间梁（701）之间完全断开，彼此之间预留有水平间隙。

3. 根据权利要求 1 所述的一种抗震韧性装配式混凝土框架结构，其特征在于，还包括抗剪栓钉（705）、第一钢板（706）、第二钢板（707）、第一短钢筋（708）和第二短钢筋（709）；所述抗剪栓钉（705）与所述带缺口的 T 形抗剪连接件（704）的腹板焊接连接；所述第一钢板（706）与所述带缺口的 T 形抗剪连接件（704）的悬臂段侧的翼板边缘焊接连接，所述第二钢板（707）与所述带缺口的 T 形抗剪连接件（704）的中间段侧的翼板边缘焊接连接；所述第一短钢筋（708）与所述第一钢板（706）的表面焊接连接；所述第二短钢筋（709）与所述第二钢板（707）的表面焊接连接。

4. 根据权利要求 1 所述的一种抗震韧性装配式混凝土框架结构，其特征在于，还包括第一箱型连接件（712）、第二箱型连接件（713）、第一薄壁圆钢管（714）、第二薄壁圆钢管（715）、第一 U 形箍筋（716）、第二 U 形箍筋（717）和第二整体封闭箍筋（718）；所述第一薄壁圆钢管（714）与所述第一箱型连接件（712）焊接连接；所述第二薄壁圆钢管（715）与所述第二箱型连接件（713）焊接连接；所述第一 U 形箍筋（716）与所述第一箱型连接件（712）的顶板上表面焊接连接；所述第二 U 形箍筋（717）与所述第二箱型连接件（713）的顶板上表面焊接连接；所述预制叠合悬臂梁（700）内的下部纵筋与所述第一箱型连接件（712）的底板上表面焊接连接；所述预制叠合中间梁（701）内的下部纵筋与所述第二箱型连接件（713）的底板上表面焊接连接；所述预制叠合悬臂梁（700）内的中部腰筋与所述第一箱型连接件（712）的顶板上表面焊接连接；所述预制叠合中间梁（701）内的中部腰筋与所述第二箱型连接件（713）的顶板上表面焊接连接；所述第二整体封闭箍筋（718）与所述预制叠合悬臂梁（700）和所述预制叠合中间梁（701）内的下部纵筋及中部腰筋绑扎连接。

5. 根据权利要求 4 所述的一种抗震韧性装配式混凝土框架结构，其特征在于，所述带缺口的 T 形抗剪连接件（704）的腹板底面与所述第一箱型连接件（712）和所述第二箱型连接件（713）的顶板上表面焊接连接。

6. 根据权利要求 3 所述的一种抗震韧性装配式混凝土框架结构, 其特征在于, 还包括预制叠合悬臂梁上部纵筋(702)、预制叠合中间梁上部纵筋(703)、第一机械连接套筒(710)和第二机械连接套筒(711); 所述第一机械连接套筒(710)完全拧入所述预制叠合悬臂梁上部纵筋(702); 所述第二机械连接套筒(711)完全拧入所述预制叠合中间梁上部纵筋(703); 所述第一机械连接套筒(710)和所述第二机械连接套筒(711)分别再反向拧入所述第一短钢筋(708)和所述第二短钢筋(709); 所述第二整体封闭箍筋(718)与所述预制叠合悬臂梁上部纵筋(702)和所述预制叠合中间梁上部纵筋(703)分别绑扎连接。

7. 根据权利要求 4 所述的一种抗震韧性装配式混凝土框架结构, 其特征在于, 还包括对拉螺栓(720); 所述防屈曲耗能连接板(719)通过所述对拉螺栓(720)与所述第一箱型连接件(712)和所述第二箱型连接件(713)的侧面螺栓连接。

8. 根据权利要求 1 所述的一种抗震韧性装配式混凝土框架结构, 其特征在于, 所述带缺口的 T 形抗剪连接件(704)中的缺口开设在 T 形抗剪连接件(704)的腹板上。

9. 根据权利要求 1-8 任一所述的承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构, 其特征在于, 还包括部分出筋预制叠合板(8)、部分出筋预制叠合板板顶钢筋网(9); 所述部分出筋预制叠合板(8)安装在所述预制叠合悬臂梁(700)和所述预制叠合中间梁(701)上; 所述部分出筋预制叠合板板顶钢筋网(9)搭设在所述部分出筋预制叠合板(8)上, 其中, 所述部分出筋预制叠合板板顶钢筋网(9)的端部紧贴所述带缺口的 T 形抗剪连接件(704)的翼板上表面。

10. 一种权利要求 1-9 任一所述的承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构的施工方法, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

一、钢骨架的工厂加工

(1) 将抗剪栓钉(705)与带缺口的 T 形抗剪连接件(704)的腹板焊接连接;

(2) 将第一钢板(706)与带缺口的 T 形抗剪连接件(704)的悬臂段侧翼板边缘焊接连接; 将第二钢板(707)与带缺口的 T 形抗剪连接件(704)的中间段侧翼板边缘焊接连接;

(3) 将第一短钢筋(708)与第一钢板(706)的表面焊接连接; 将第二短钢筋(709)与第二钢板(707)的表面焊接连接;

(4) 将第一薄壁圆钢管(714)焊接在第一箱型连接件(712)内; 将第二薄壁圆钢管(715)焊接在第二箱型连接件(713)内;

(5) 将第二整体封闭箍筋(718)穿入带缺口的 T 形抗剪连接件(704)中;

(6) 将带缺口的 T 形抗剪连接件(704)的腹板底面与第一箱型连接件(712)和第二箱型连接件(713)的顶板上表面焊接连接;

(7) 将第一 U 形箍筋(716)与第一箱型连接件(712)的顶板上表面焊接连接; 将第二 U 形箍筋(717)与第二箱型连接件(713)的顶板上表面焊接连接;

(8) 将第二整体封闭箍筋(718)穿入预制叠合悬臂梁(700)内的下部纵筋中; 将第二整体封闭箍筋(718)穿入预制叠合中间梁(701)内的下部纵筋中;

(9) 将预制叠合悬臂梁(700)内的下部纵筋与第一箱型连接件(712)的底板上表面焊接连接;将预制叠合中间梁(701)内的下部纵筋与第二箱型连接件(713)的底板上表面焊接连接;

(10) 将预制叠合悬臂梁(700)内的中部腰筋与第一箱型连接件(712)的顶板上表面焊接连接;将预制叠合中间梁(701)内的中部腰筋与第二箱型连接件(713)的顶板上表面焊接连接;

(11) 调整所有第二整体封闭箍筋(718)的间距并与预制叠合悬臂梁(700)和预制叠合中间梁(701)的下部纵筋及中部腰筋绑扎连接,至此预埋钢构件加工完成;

二、预制混凝土构件的工厂制作

(1) 支设模板,将步骤一中已完成加工的钢骨架准确放入模板中;

(2) 模板内浇筑混凝土;

(3) 防屈曲耗能连接板(719)由对拉螺栓(720)安装在第一箱型连接件(712)和第二箱型连接件(713)的侧面上,至此预制叠合梁制作完成;

(4) 将第一机械连接套筒(710)完全拧入预制叠合悬臂梁上部纵筋(702);第二机械连接套筒(711)完全拧入预制叠合中间梁上部纵筋(703);

(5) 制作预制实心柱(1),其中首层的预制实心柱采用高强钢筋;

(6) 制作部分出筋预制叠合板(8)和部分出筋预制叠合板板顶钢筋网(9),其中对应于带缺口的T形抗剪连接件(704)的局部位置不设置外伸的板底钢筋;

三、预制混凝土构件的现场安装

(1) 将预制实心柱(1)吊装至已画好的定位线上;

(2) 设置梁底临时支撑,预制叠合梁吊装至已画好的定位线上;

(3) 将第一整体封闭箍筋(6)穿入预制实心柱(1)的上部预留纵筋中并绑扎连接;

(4) 设置板底临时支撑,将部分出筋预制叠合板(8)吊装至已画好的定位线上;

(5) 将第一机械连接套筒(710)反向拧入第一短钢筋(708);预制叠合悬臂梁上部纵筋(702)和预制叠合悬臂梁的第二整体封闭箍筋(718)绑扎连接;

(6) 将第二机械连接套筒(711)反向拧入第二短钢筋(709);预制叠合中间梁上部纵筋(703)和预制叠合中间梁的第二整体封闭箍筋(718)绑扎连接;

(7) 布置部分出筋预制叠合板板顶钢筋网(9),其端部紧贴带缺口的T形抗剪连接件(704)的翼板上表面;

(8) 支设叠合现浇层的模板,模板内浇筑混凝土;

(9) 重复步骤(1)-(8),从下往上依次进行各层的施工安装,完成一种承载-耗能-恢复多目标协同的抗震韧性装配式混凝土框架结构的施工。

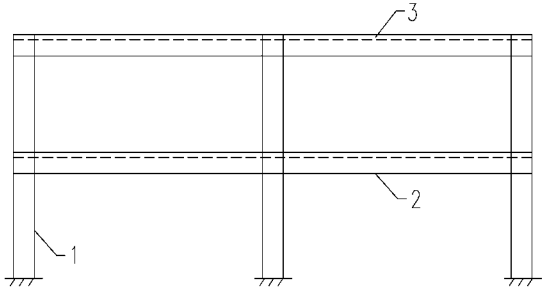


图 1

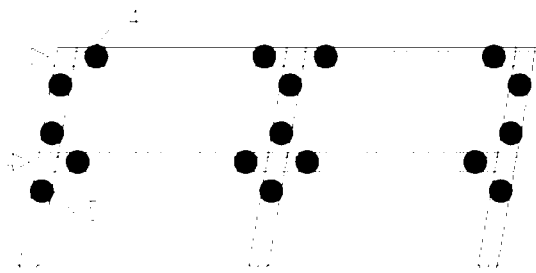
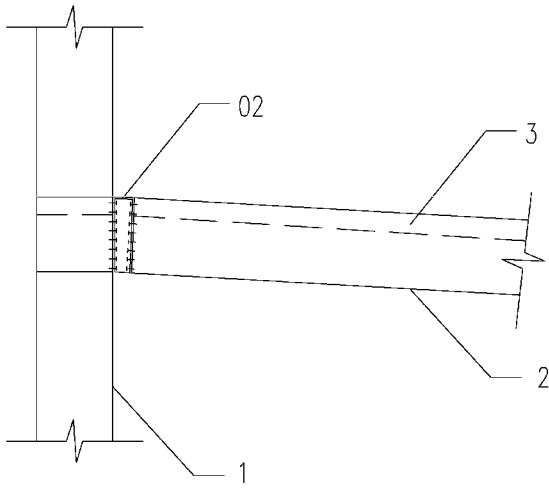
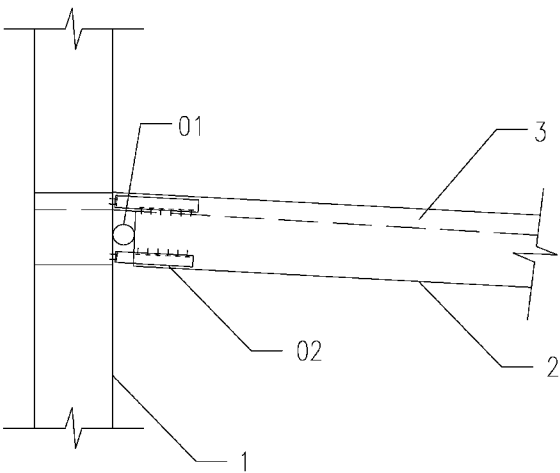


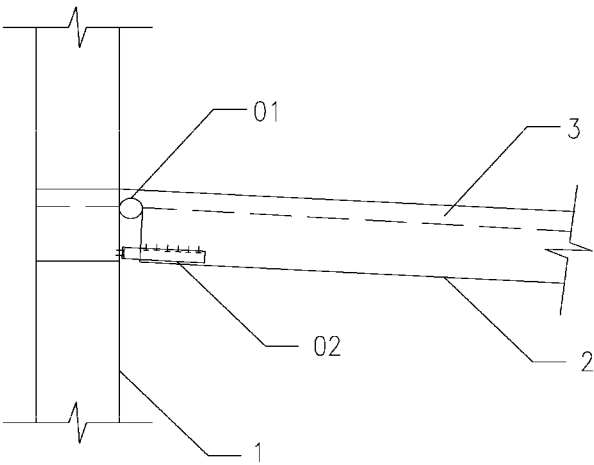
图 2



A



B



C

图 3

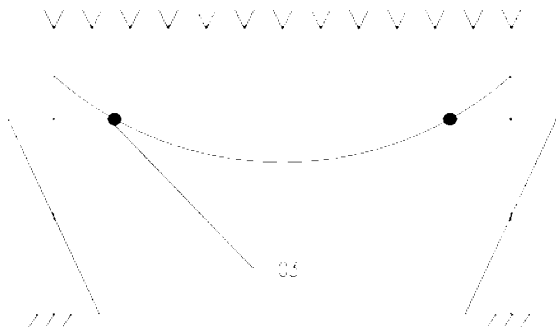


图 4

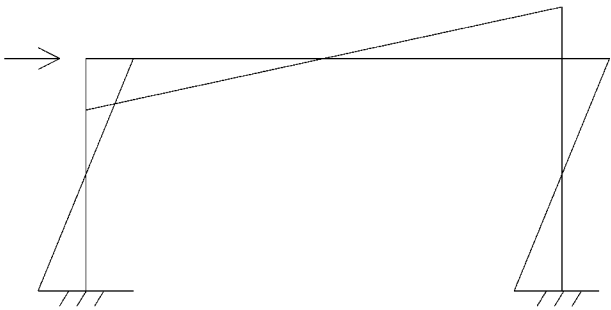
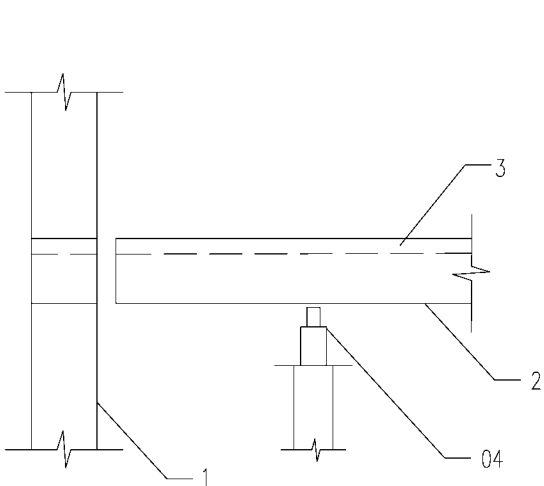
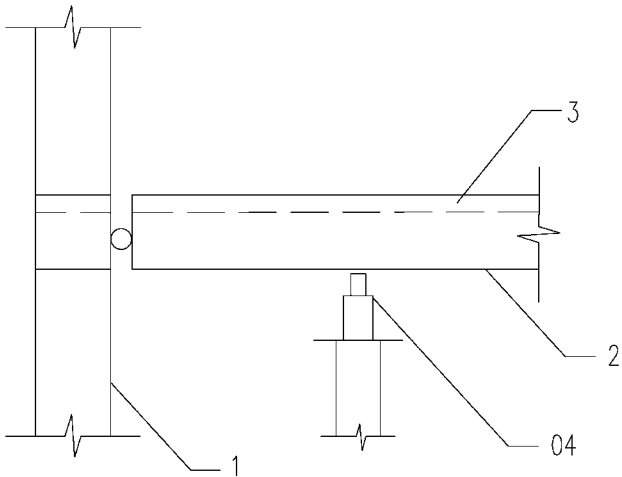


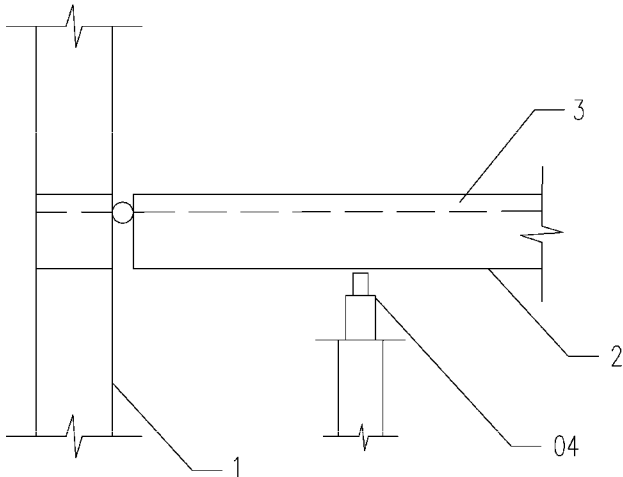
图 5



A



B



C

图 6

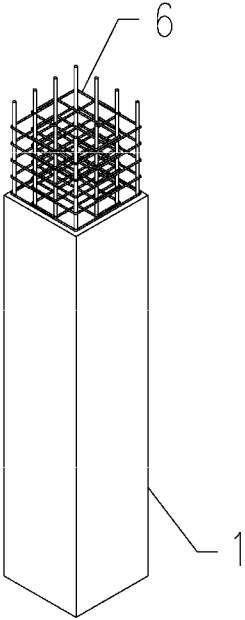


图 7

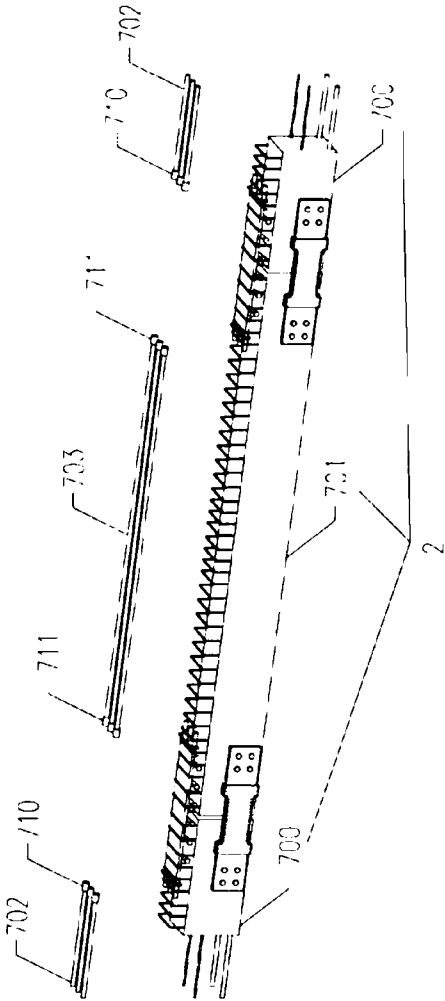


图 8

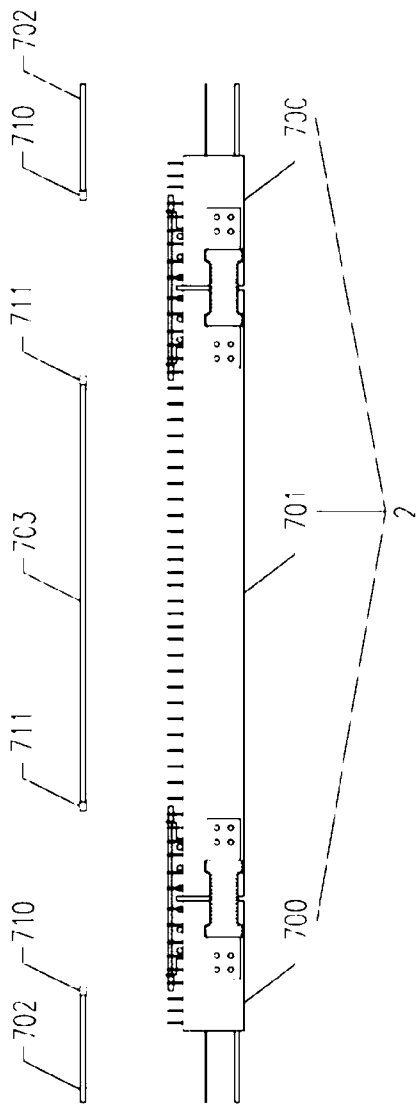


图 9

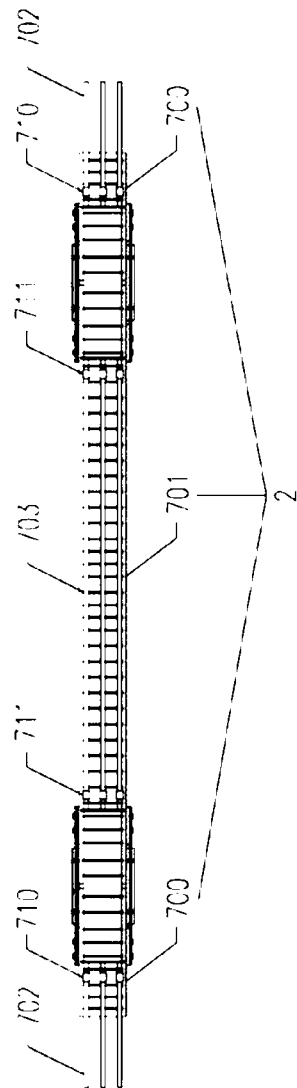


图 10

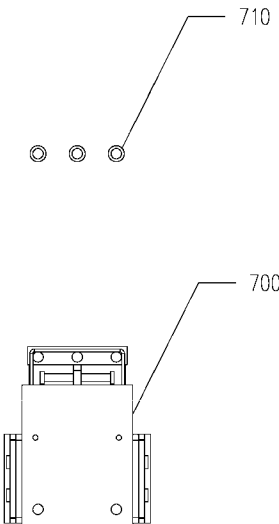


图 11

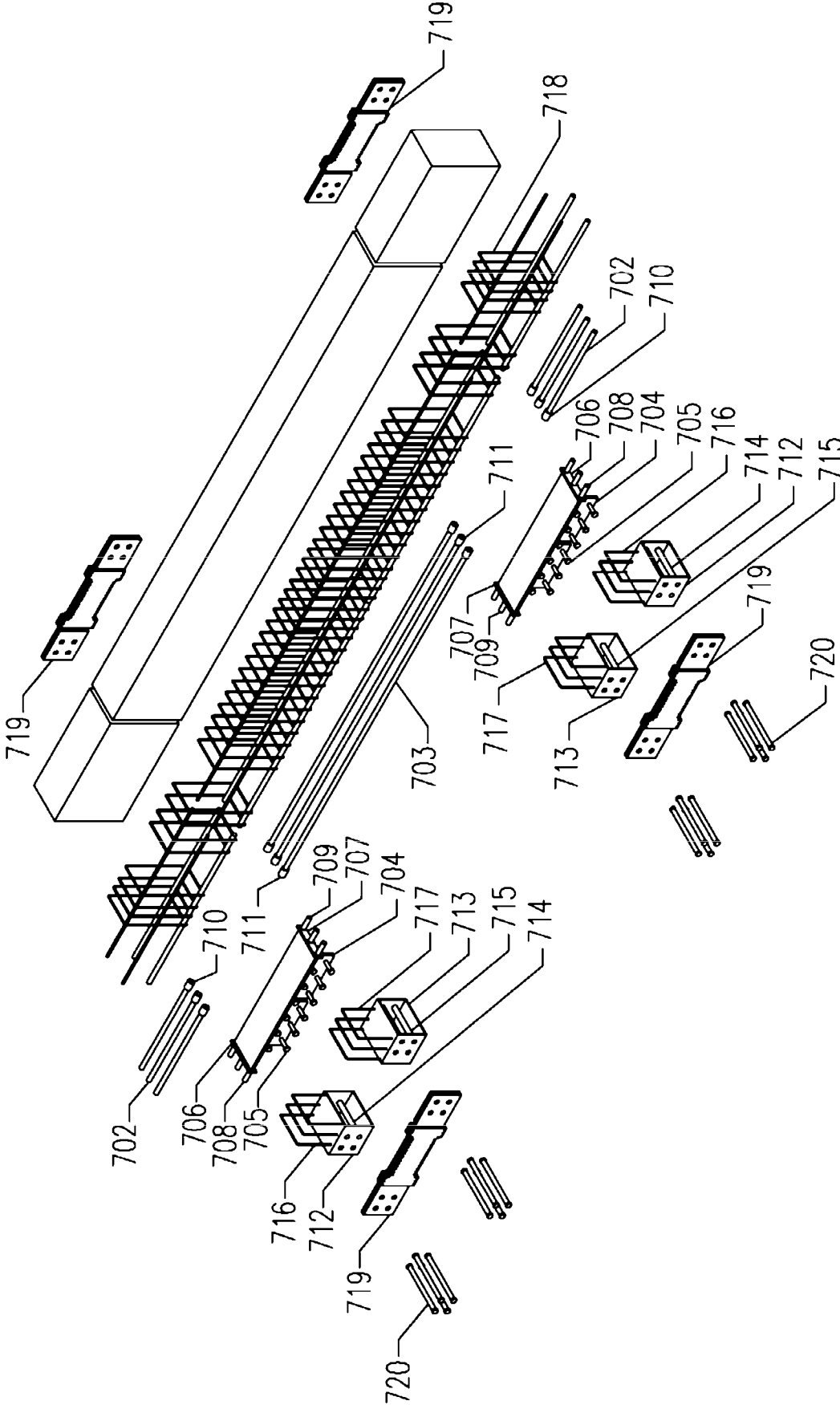


图 12

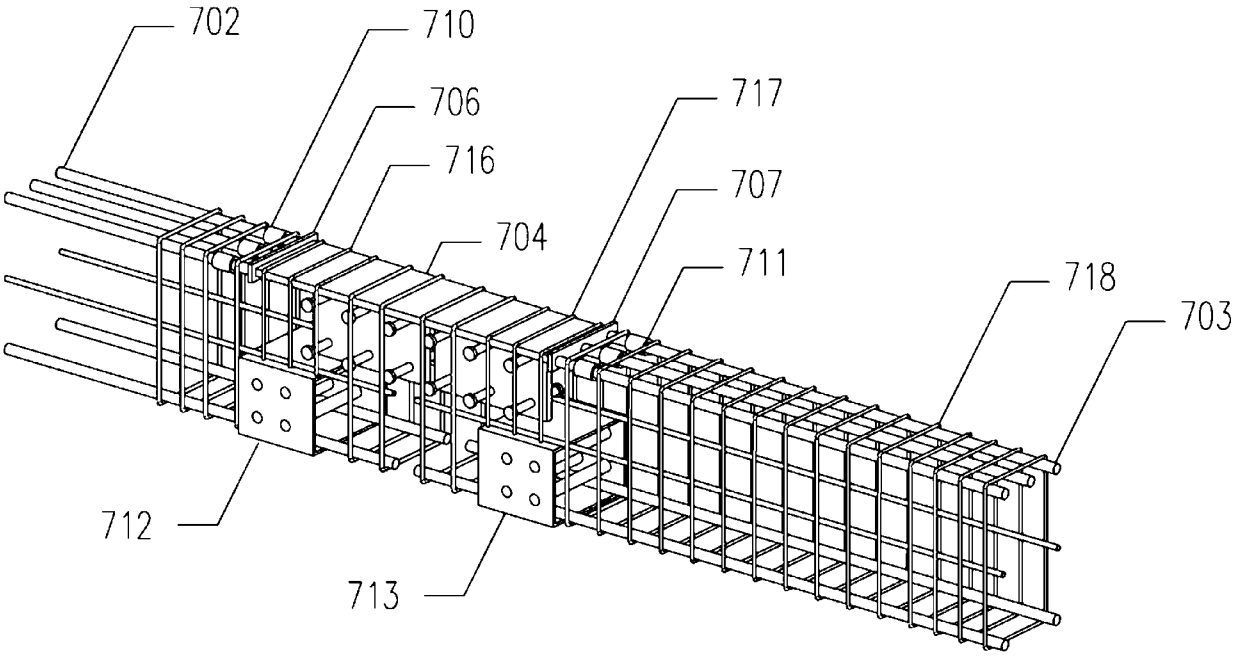


图 13

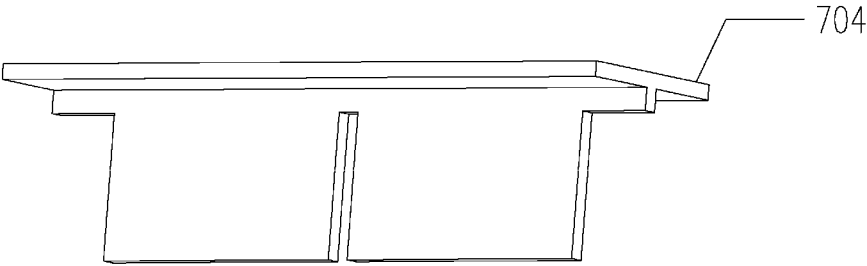


图 14

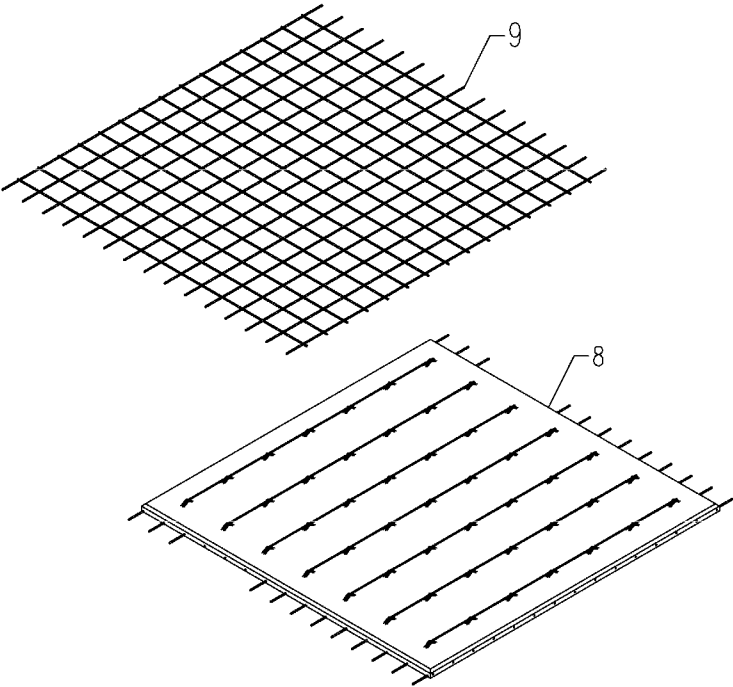


图 15

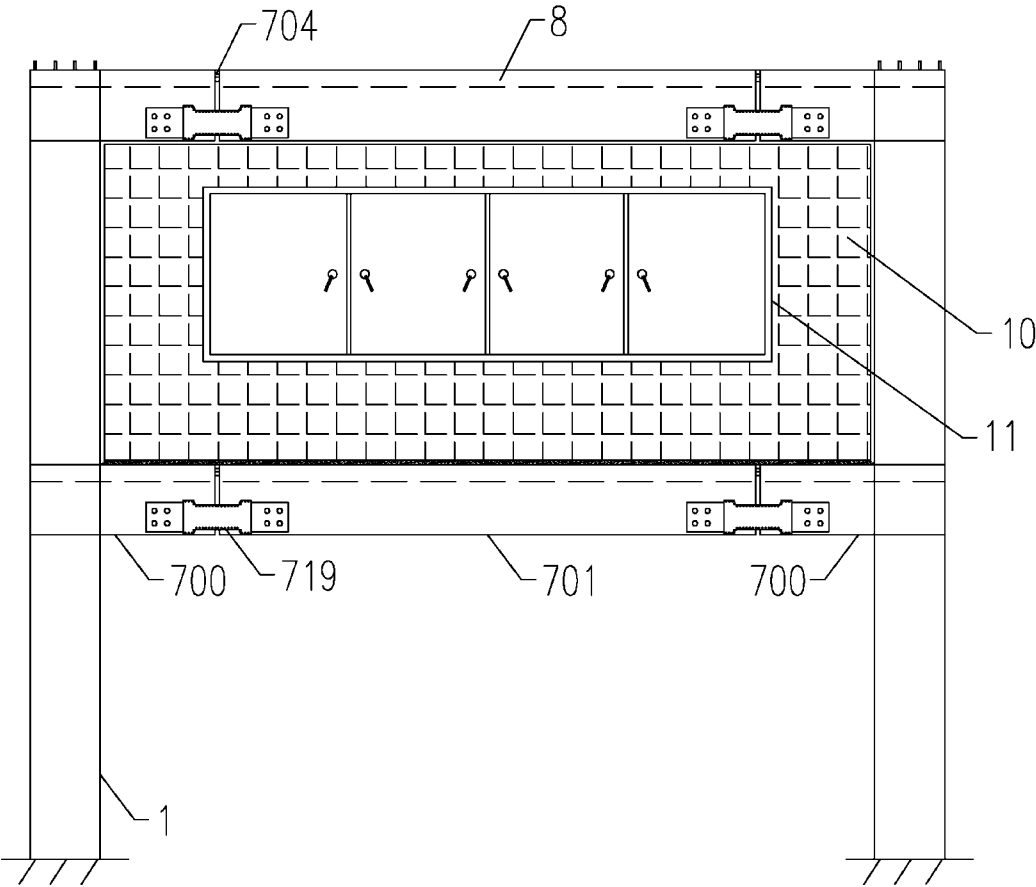


图 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/083510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04B1/19(2006.01)i; E04B1/58(2006.01)i; E04C5/16(2006.01)i; E04C3/20(2006.01)i; E04C3/34(2006.01)i; E04B1/98(2006.01)i; E04H9/02(2006.01)i; E04G21/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:E04B E04C E04H E04G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX; WPABSC; ENTXTC, VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI; CJFD: 华南理工大学; 中建四局绿色建筑科技(广东)有限公司; 中国建筑第四工程局有限公司; 北京堡瑞思减震科技有限公司, 赵俊贤; 袁兆勋; 姚祥坤; 罗智; 蒋克柱; 袁国辉; 陈维杰; 韩伟, 抗震, 耗能, 框架, 预制, 叠合梁, 实心柱, 节点, 防屈曲, “T”, 连接板, 抗剪, 缺口, 悬臂梁, 中间梁, 弯矩, 间隙, 栓钉, 钢板, 箍筋, 纵筋, 箱型连接件, 套筒, 钢筋, 现浇, 模板, 混凝土, anti, seismic, concrete, frame, prefabricated, solid, columns, superposed, beams, shear, connectors, notch+, buckl+, restrain+, energy, consumption, middle, cantilever, floor.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106320517 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY et al.) 11 January 2017 (2017-01-11) entire document	1-10
A	CN 107905363 A (HUNAN UNIVERSITY) 13 April 2018 (2018-04-13) entire document	1-10
A	CN 215858208 U (CHINA CONSTRUCTION FOURTH ENGINEERING DIVISION CORP., LTD.) 18 February 2022 (2022-02-18) entire document	1-10
A	JP 2014105493 A (YOKOHAMA NATIONAL UNIVERSITY et al.) 09 June 2014 (2014-06-09) entire document	1-10
A	KR 20200004087 A (KOO HO WON et al.) 13 January 2020 (2020-01-13) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 August 2023

Date of mailing of the international search report

23 August 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/083510

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106320517	A	11 January 2017	CN	106320517	B	03 December 2019
CN	107905363	A	13 April 2018	CN	107905363	B	07 June 2019
CN	215858208	U	18 February 2022	None			
JP	2014105493	A	09 June 2014	JP	6150501	B2	21 June 2017
KR	20200004087	A	13 January 2020	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/083510

A. 主题的分类

E04B1/19(2006.01)i; E04B1/58(2006.01)i; E04C5/16(2006.01)i; E04C3/20(2006.01)i; E04C3/34(2006.01)i;
E04B1/98(2006.01)i; E04H9/02(2006.01)i; E04G21/14(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC:E04B E04C E04H E04G

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称,和使用的检索词(如使用))

CNXTX;WPABSC;ENTXTC, VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;CNKI;CJFD, 华南理工大学;中建四局绿色建筑科技(广东)有限公司;中国建筑第四工程局有限公司;北京堡瑞思减震科技有限公司, 赵俊贤;袁兆勋;姚祥坤;罗智;蒋克柱;袁国辉;陈维杰;韩伟, 抗震, 耗能, 框架, 预制, 叠合梁, 实心柱, 节点, 防屈曲, “T”, 连接板, 抗剪, 缺口, 悬臂梁, 中间梁, 弯矩, 间隙, 栓钉, 钢板, 箍筋, 纵筋, 箱型连接件, 套筒, 钢筋, 现浇, 模板, 混凝土, anti, seismic, concrete, frame, prefabricated, solid, columns, superposed, beams, shear, connectors, notch+, buckl+, restrain+, energy, consumption, middle, cantilever, floor.

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 106320517 A (华南理工大学等) 2017年1月11日 (2017 - 01 - 11) 全文	1-10
A	CN 107905363 A (湖南大学) 2018年4月13日 (2018 - 04 - 13) 全文	1-10
A	CN 215858208 U (中国建筑第四工程局有限公司) 2022年2月18日 (2022 - 02 - 18) 全文	1-10
A	JP 2014105493 A (NAT UNIV YOKOHAMA等) 2014年6月9日 (2014 - 06 - 09) 全文	1-10
A	KR 20200004087 A (KOO HO WON等) 2020年1月13日 (2020 - 01 - 13) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件
“D” 申请人在国际申请中引证的文件
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件
“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性
“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性
“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2023年8月8日

国际检索报告邮寄日期

2023年8月23日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

李欣

电话号码 (+86) 020-28950937

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/083510

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	106320517	A	2017年1月11日	CN 106320517 B	2019年12月3日
CN	107905363	A	2018年4月13日	CN 107905363 B	2019年6月7日
CN	215858208	U	2022年2月18日	无	
JP	2014105493	A	2014年6月9日	JP 6150501 B2	2017年6月21日
KR	20200004087	A	2020年1月13日	无	