

Study of Steel Mega-Frame in High-Rise Steel Residential System

Liu Jian, Wang Ping

China Academy of Building Research Shenzhen Institute, Shenzhen Guangdong
Email: 13802250670@126.com, 13760367950@163.com

Received: Jun. 29th, 2016; accepted: Jul. 14th, 2016; published: Jul. 19th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper analyzes several kinds of structure forms used in the existing high-rise steel residential building, including steel frame system, steel frame and supporting system, steel frame and concrete core tube system, steel frame and steel plate shear wall system, etc. According to the existing mature systems, a new high-rise steel structure residential system is proposed—steel mega-frame of high-rise steel residential system. And this paper describes the structure form, mechanic characteristic and advantages of the system in detail. Through the research, it is found that the application of the steel mega-frame system to the high-rise steel residence is reasonable, and it can further promote the development of our country's residential industrialization.

Keywords

High-Rise Steel Residential Building, Steel Mega-Frame Structure, Residential Industrialization

巨型钢框架高层钢结构住宅体系概述

刘 健, 王 萍

中国建筑科学研究院深圳分院, 广东 深圳
Email: 13802250670@126.com, 13760367950@163.com

收稿日期: 2016年6月29日; 录用日期: 2016年7月14日; 发布日期: 2016年7月19日

摘要

本文分析了现有高层钢结构住宅所采用的纯框架体系、钢框架-支撑体系、钢框架-混凝土核心筒体系和钢框架-钢板剪力墙体系等几种结构形式。在已有的成熟体系下提出了一种新的高层钢结构住宅体系——巨型钢框架高层钢结构住宅体系，并详细介绍了该体系的结构形式、传力特征及其特点。通过研究发现将巨型钢框架体系应用到高层住宅中是合理的，并且能够进一步推动我国住宅工业化的发展。

关键词

高层钢结构住宅, 巨型钢框架结构, 住宅工业化

1. 引言

当前国内大量住宅建设造成了资源浪费、环境恶化等严重的后果，建设部已多次倡导发展钢结构住宅，从而推动住宅产业升级。伴随着社会的进步，钢结构以其优良的材料特征在建筑业日益受到广泛关注。高层钢结构住宅具有建筑功能好、施工速度快、工业化程度高、周期短、综合技术经济指标好、抗震性能优越、绿色环保等特点，将钢结构用于住宅建筑具有得天独厚的技术优势，也符合我国当前的产业政策[1][2]。

目前我国试建了一批高层钢结构住宅，在施工和使用过程中发现了一些问题，对钢结构住宅的发展有所影响。因此有必要对钢结构体系及其维护体系进行总结、分析和比较，在此基础上研究适应钢结构住宅发展的钢结构体系和维护结构体系。

2. 高层钢结构住宅体系研究

目前，国内高层钢结构住宅体系一般采用纯框架体系、钢框架-支撑体系、钢框架-混凝土核心筒体系和钢框架-钢板剪力墙体系等几种结构形式。

2.1. 纯框架体系

纯钢框架体系是多层钢结构住宅中最常见的一种结构体系，该体系的梁、柱构件刚接，依靠梁、柱受弯来承受竖向荷载和水平荷载[1]。这种体系的主要特点：结构各部分刚度比较均匀，传力路线明确，建筑平面布置灵活，可以做成大开间，充分满足建筑布局上的要求，制作安装简单。但该结构体系的弹性刚度较差并且抗侧移刚度小，抗震能力较弱。因而该结构体系为控制过大位移，梁柱截面尺寸加大，用钢量明显高于其他结构形式，造价太大，不适合在小高层钢结构住宅中推广建造。

2.2. 钢框架-支撑体系

钢框架-支撑体系主要分为钢框架-中心支撑、钢框架-偏心支撑和内藏钢板支撑剪力墙结构3种结构形式。该结构体系主要是借助支撑来承受水平力和提供侧向刚度，通过在钢框架中沿房屋进深方向布置钢支撑，或沿房屋进深和纵向布置，有时还可以用中心支撑框架体系连接成支撑芯筒，以此获得较大的抗侧移刚度。该结构体系中，支撑对结构的抗侧力贡献很大，而且用钢量也较纯钢框架少，造价经济。但是钢支撑的存在影响门窗洞口的布置，给住宅布局造成不便。同时由于住宅的层高低，构件节间尺寸小，而导致支撑构件及节点数量较多，节点为框架梁、框架柱、钢支撑三种构件的连接，构造复杂，使其施工难度较大。

2.3. 钢框架-混凝土核心筒体系

钢框架-混凝土核心筒结构体系是钢框架和混凝土核心筒之间通过钢梁连接组成的混合结构体系。其中混凝土核心筒是主要的抗侧力竖向构件,而建筑物重力等引起的竖向荷载主要由钢框架承受,因此该体系具有钢材用量少、造价低、施工方便等优点。但是该体系由于钢框架与混凝土核心筒之间存在刚度和延性不协调的情况,所以其抵抗地震能力较弱,并且该体系现场浇筑混凝土的工作量较大,工期较长[2]。目前该体系是我国高层、超高层建筑中应用最广泛的一种。

2.4. 钢框架-钢板剪力墙体系

钢框架-钢板剪力墙体系是多高层钢结构中一种新型的抗侧力体系。这种体系的主体结构由钢框架和钢板剪力墙组合而成。剪力墙通常采用梁、柱构成的框架来加固,以防止产生剪切屈曲。钢板安装在一跨或多跨框架范围内,与周围钢梁、钢柱形成钢板剪力墙,钢板剪力墙主要承受水平力作用,竖向力作用主要由周边的框架柱承担。该体系主要是具有刚度匹配、延性协调、抗剪承载力高、大震耗能和减震效果好等特点[3]。因此该结构体系比较适合小高层住宅结构,而其中钢板剪力墙造价较高,推广前需做大量研究工作。

3. 巨型钢框架高层住宅体系

通过对上述几种钢结构住宅的结构体系研究发现:目前的钢结构住宅体系存在整体造价高、防腐和防火处理难度大、配套围护结构不理想、施工难度大等问题,阻碍了高层钢结构住宅的发展。因此有必要在已有成熟结构体系和维护体系的基础上去研发新的高层钢结构住宅体系。

3.1. 巨型钢框架高层住宅结构体系形式

近几年来,巨型钢框架结构体系被广泛的应用于高层及超高层建筑中,是一种成熟的结构体系。本文中提出巨型钢框架高层钢结构住宅体系是根据已有的巨型钢框架结构体系的特点,将结构体系中的巨型钢框架作为主结构,主框架之间的多层结构作为一个竖向单元的次结构[4]。在该体系中,主结构可以由大截面梁和大截面柱组成的大型跨层钢框架,次结构则可以采用相对成熟的多层轻钢框架结构、多层薄壁轻钢结构、自承重板式结构、装配式轻钢轻混凝土建筑体系和工厂制作、现场吊装就位的模块化等集成房屋。

该结构体系中的主结构与次结构 2 部分是相互独立的,因此次结构可以落在本单元的主结构梁(桁架)上,形成落地式次结构单元(如图 1 所示),也可以悬挂在上一个单元的主结构梁(桁架)上,形成悬挂式次结构单元(如图 2 所示)。

3.2. 巨型钢框架高层住宅结构的传力特征

巨型钢框架高层住宅结构中,荷载由主结构钢框架集中承受,次结构则只起辅助作用和大地震下的耗能作用。次结构承担本楼层的竖向荷载和水平荷载,然后通过垂直构件将水平力和垂直力传到主结构楼层梁上,再经过主结构楼层和主结构的竖向构件将荷载作用传递到基础,传力路线明确[5]。

3.3. 主结构钢框架的组成

在巨型钢框架高层钢结构住宅体系中,每隔若干层设置一根大截面梁,每隔若干开间设置一根大截面框架柱,从而形成了主结构-巨型钢框架。主结构的巨型梁要比一般梁的截面大很多,可以采用实腹截面、空腹框架结构和桁架结构。巨型柱可以采用实腹柱(钢、混凝土或组合柱)、空腹框架和竖向支撑结构,如果充分考虑巨型结构柱的截面形式,可以尽量采用钢管混凝土柱矩形柱和组合巨型钢管混凝土柱,以

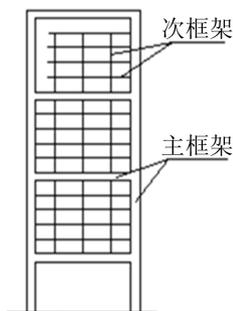


Figure 1. Steel mega- frame structure 1
图 1. 巨型钢框架结构形式 1

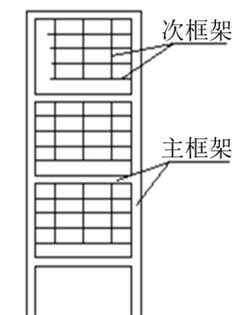


Figure 2. Steel mega-frame structure 2
(secondary structure suspension)
图 2. 巨型钢框架结构形式 2 (次结构悬挂)

便保证住宅室内不会出现边角柱的情况，更有利于住户布置房间，增加室内美感。

3.4. 次结构形式的选取

在巨型钢框架高层钢结构住宅体系中，主结构钢框架之间的各个次结构是相互独立的，因而各层次框架的柱网形式和尺寸可以互不相同，也可以根据使用空间的需要抽去一些柱子，扩大柱网。而且在该体系中次结构仅承担本楼层的竖向和水平荷载，因此次结构中的梁、柱截面都可以做的很小，以便于楼面的合理使用。次结构形式的选取则主要是看体系中主结构的形式以及整体结构的形式。由于次结构的独立性，因此次结构的形式可以有很多种。其中，多层轻钢框架结构具有良好的结构性能，利于灵活的建筑布置，易于工业化和产业化生产，加快施工周期，适用于作为次结构参与结构整体工作，次结构梁端可以采取单侧滑移或 2 端铰接的连接方式；多层薄壁轻钢结构自重轻，便于整体运输、安装，构件截面尺寸小、墙体薄，有利于提高房屋使用率，适用于只作为荷载施加到主结构上，不贡献结构刚度；自承重板式结构则主要由墙板和楼板承受荷载，重量轻，保温、隔音性能好，施工装配化，也较适用于只作为荷载施加到主结构上。

3.5. 模块化房屋

模块化房屋作为巨型钢框架住宅中的次结构是一种很好地选择。模块建筑体系代表了目前世界上最先进的住宅设计和建造水平，也是目前国际上最先进和最彻底的住宅产业化、工业化的建筑模式。将模块化房屋应用到钢结构住宅领域中，能够提高我国住宅的质量和性能，使劳动密集型的建筑模式转化为技术密集型，全面促进我国住宅产业化的升级。例如卓达新材集团采用的新型建材与现代工艺建造的模块化房屋，对人类传统建筑业实现了两大颠覆。一是颠覆了传统房屋的品质，人们今后将居住在有氧无

害的房子内；二是对建筑生产方式的颠覆，人们在建筑工地将再也看不到尘土飞扬、砖瓦满地、泥水横流的景象，看到的将是技术工人们机械化的洁净省时工厂式的装配式施工，建筑周期缩短了原来的三分之二。

3.5.1. 模块化房屋的建造理念

- 1) 将设计好的建筑物划分成若干个尺寸适宜并易于运输的空间模块。
- 2) 每一个空间模块都是由一系列的二维平面构件构成，从承重结构、门窗墙体到室内装修等，统一设计并在工厂里制造。通过工厂先进的生产装配线以及严格的生产和质量监控系统把所有二维构件组装成一个空间模块。
- 3) 最后将组装好的空间模块运至工程现场进行吊装、连接成结构整体。

3.5.2. 模块化房屋的特点

- 1) 模块建筑集成钢结构框架和混凝土楼板，设计灵活多变、尺寸和形状多样化,能够适应市场需求。
- 2) 房屋的每一个模块可以通过完善而严格的“车间”质量管理体系来更好地控制建筑质量。
- 3) 建造周期短，工期相当于传统建筑模式的 1/3 到 1/4，建筑经济效益高，投资回报快。
- 4) 在现场施工作业期间可以做到零污染、无水化，符合城市可持续发展战略，其环保节能性能大大高于传统的建筑模式。

4. 巨型钢框架高层住宅结构体系的特点

巨型钢框架高层住宅结构体系具有如下特点：

- 1) 主结构钢框架刚度大，巨型钢框架结构与一般的高层建筑所使用的纯框架结构或框架-支撑结构相比，具有刚度大的特点。即使是宽度与长度之比较大的细长比例结构，在风和地震力作用下也很难摇晃[6]。
- 2) 每个主结构梁之间的各层为一组次结构，次结构受力模式简单。
- 3) 次结构的柱网布置灵活，住宅户型多样，满足人们的需求。
- 4) 每组次结构底层或顶层可形成大空间，建筑底层可以通过吊杆悬挂在第一层主结构上，形成底部大空间，避免出现结构转换层。
- 5) 现场施工量少，主结构和次结构可以单独施工并同步进行，实现住宅工业化生产。巨型钢框架可以先施工其主结构，与此同时次结构在工厂模块化预制好后，可进行住宅的拼装化施工。所以巨型钢框架高层住宅体系现场施工量少，大大加快了施工效率，节省了工期，提高了综合效益。
- 6) 主体钢结构范围少，防腐和防火处理及维护简单。由于该体系中承重结构的大量减少，因此更有利于钢结构的防腐和防火保护的施工和维护。

5. 结语

通过对巨型钢框架高层钢结构住宅体系的研究发现，将巨型钢框架这一成熟体系应用到高层钢结构住宅中是完全合理的。该种新型的高层钢结构住宅体系的成功运用可以改进我国建筑资源耗能过大的问题，进一步推动我国住宅工业化和绿色建筑的发展。

参考文献 (References)

- [1] 周学军, 焦红, 王松岩. 钢结构与钢筋混凝土结构小高层住宅的经济性分析[J]. 山东建筑工程学院学报, 2004, 19(4): 77-80.
- [2] 谢振清, 丁维, 孙彤. 莱钢H型钢钢结构节能住宅建筑体系的开发和实践[J]. 建筑钢结构进展, 2003, 5(4): 68-74.

- [3] 左振波, 左振明, 左春仁. 高层建筑巨型框架结构应用及其受力特征[J]. 大连大学学报, 2003, 24(2): 35-37.
- [4] 尹宗军. 高层钢结构住宅的特点和结构体系分析[J]. 工程与建设, 2006, 20(6): 744-746.
- [5] 王克青, 孙凌志, 同飞. 多高层钢结构住宅体系的选型及优越性[J]. 建材技术与应用, 2007(2): 29-30.
- [6] 沈祖炎, 陈荣毅. 巨型结构的应用与发展[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2001, 29(3): 258-262.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>