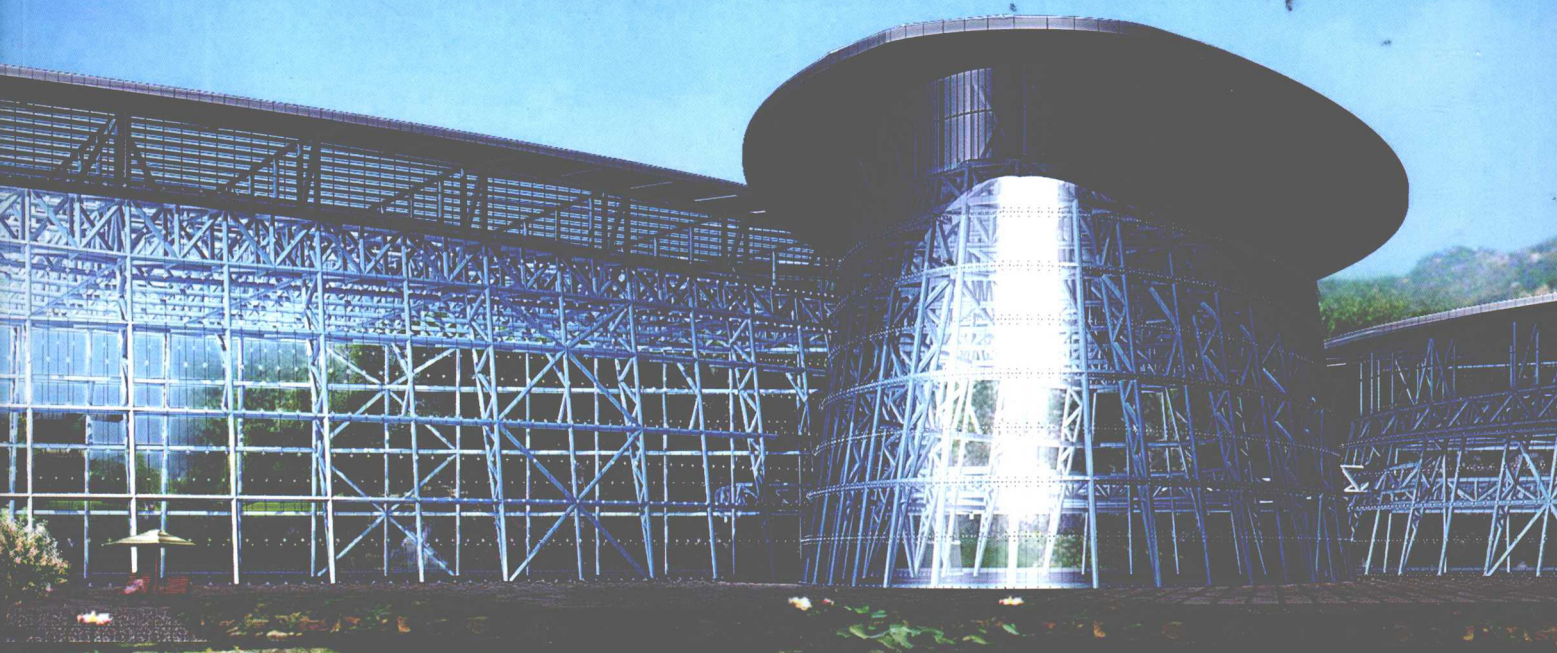


钢结构住宅和 钢结构公共建筑 新技术与应用

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会



中国建筑工业出版社

钢结构住宅和钢结构公共建筑 新技术与应用

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构住宅和钢结构公共建筑新技术与应用/中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 3

ISBN 978-7-112-15158-5

I. ①钢… II. ①中… III. ①钢结构-结构工程-工程施工-高技术 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 043046 号

本书分两大部分, 汇总了国内近几年钢结构住宅和钢结构公共建筑的新技术与应用, 既具有研究性, 也具有工程实践性。

本书对于钢结构住宅和钢结构公共建筑设计研究、施工安装人员会有所帮助和启发, 对钢结构专业师生具有参考价值。

* * *

责任编辑 郦锁林

责任设计 赵明霞

责任校对 肖 剑 赵 颖

钢结构住宅和钢结构公共建筑新技术与应用

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 17 插页: 4 字数: 435 千字

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-15158-5
(23260)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

第一部分 钢结构住宅

钢结构住宅的特点	2
《轻型钢结构住宅技术规程》技术要点	7
低层冷弯薄壁型钢住宅体系研究与应用的关键问题探讨	13
低、多层钢结构工业化住宅集成技术研发	21
杭萧节能省地型多高层钢结构住宅体系	30
一种多、高层钢结构住宅体系	36
L形钢异形柱的截面几何特性	42
钢管混凝土组合框架住宅体系抗连续性倒塌非线性动力初步分析	60
钢筋桁架混凝土叠合板在钢结构住宅中的应用	66
钢框架填充墙板侧向刚度实验研究	70
轻钢龙骨复合墙体侧向刚度试验	87
一种新型墙体的性能论述	95
建筑模数与住宅产业化	99
浅析我国钢结构建筑不多的原因	104
装配式保温装饰一体化金属墙板的开发与应用	107

第二部分 钢结构公共建筑

陕西钢结构抗震校舍简介	114
世博会上海企业馆复杂空间钢结构设计研究	120
某大跨度异形曲面网壳结构研究与设计	126
大跨度拱形钢管桁架结构设计研究	132
钢结构建筑防火防腐一体化新技术的应用与研究	137
某特种工程钢-混凝土组合结构关键节点试验研究	143
浅谈大型异形钢结构的安装技术	148
浅谈济南西客站箱型空间弯扭构件制作技术	152
门式刚架的合理跨度和最优柱距	156
钢与混凝土组合梁在大面积堆载下的承载力对比分析	158
合肥滨湖国际会展中心复杂空间钢结构施工与监测	162

钢桁梁柔性拱桥的辅助支撑设计·····	168
大成功（中国）广场 B3 馆结构抗震性能化分析 ·····	176
合肥新桥国际机场航站楼结构与节点研究简介·····	185
邹城国际会展中心结构温度应力计算探讨·····	191
凤凰国际传媒中心数字化钢结构测量监理控制·····	195
大同市图书馆异形钢结构施工技术·····	203
钢结构抗拔柱脚的设计方法研究·····	209
凤凰卫视传媒中心梯形截面弯扭构件深化设计解析·····	213
深圳大运会中心体育场铸钢节点焊接质量控制研究·····	219
沈阳文化艺术中心钢结构铸钢节点安装技术·····	226
铸造动态模拟分析技术在深圳大运会中心体育场铸钢节点中的应用·····	231
钢结构工程大型模块计算机模拟拼装方案·····	236
复杂钢结构精确定位与安装技术·····	244
铝合金单层网壳结构在大跨度建筑中的应用·····	255
波浪腹板 H 型钢工程应用与数控生产装备研制 ·····	262

第一部分

钢结构住宅

钢结构住宅的特点

王明贵

(中国建筑科学研究院, 北京 100013)

摘 要 本文根据我国钢结构住宅的发展历程, 总结出符合我国国情的钢结构住宅特点、难点和重点, 从而建立科学的钢结构住宅发展观, 使我国钢结构住宅沿着产业化方向顺利发展。

关键词 钢结构住宅; 产业化; 一体化

我国《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209—2010 规定轻型钢结构住宅适用于低层或多层建筑, 它是由轻质材料组成的、工厂化生产的、现场组装的轻型房屋建筑, 并具有设计施工一体化的特点。轻质材料包括承重结构体系所需要的轻型钢结构和建筑围护体系所需要的轻型板材, 所谓轻型钢结构是指在低层或多层建筑中可采用冷弯薄壁型钢构件, 再结合其他措施, 能使结构用钢量较少, 而轻型板材是指与传统的钢筋混凝土相比干密度小一半以上。轻型钢结构住宅是一种新的建筑体系, 涉及的材料是新型建筑材料, 设计方法是“建筑、结构、设备与装修一体化”的新方法, 是住宅建筑产业化的一种形式。

我国钢结构住宅发展经历了大致三个阶段: 开始仅限于用钢结构来造房子, 只关注结构体系的变化, 有人称之为“住宅钢结构”; 后来人们发现应开发与钢结构配套的维护系统, 钢结构不是重点, 外墙板是重点和难点, 应关注住宅建筑功能的实现; 现在人们进一步认识到钢结构住宅是一个产业化的问题, 应考虑建筑生产方式的转变, 走标准化和工厂的道路, 从根本上解决建筑质量的提高。

轻型钢结构住宅的工厂化生产方式转变, 标志着住宅建造由工地走向工厂、由粗放型走向集约型的产业化发展道路, 标志着建筑行业整体技术进步。住宅产业现代化是生产力发展和科技进步的必然趋势, 我国是钢产量大国, 推广建筑用钢意义重大。我国住宅建设量大面广, 建设持续时间长, 是国民经济的增长点。随着黏土砖被禁用, 建筑资源可持续利用和建筑节能等问题被提上议事日程。若能促进住宅建筑用钢, 对建筑行业新技术、新材料、新体系的开发以及建筑行业整体水平提高能起到重要推动作用, 同时对冶金行业的发展也能起到促进作用。因此, 开发和应用轻型钢结构住宅技术具有重要的现实意义。

1 开发钢结构住宅的意义何在

首先, 我们谈谈钢结构住宅的意义, 为什么要搞钢结构住宅。简单地说, 这是住宅产业化或住宅工业的一种表现。住宅建设走工业化发展的道路是各国永恒追求的目标, 也是我国现代化、工业化的组成部分。我国住宅建筑飞速发展, 强劲地拉动了国民经济的增长。但是, 我国住宅建筑技术处于粗放型生产阶段, 劳动生产率仅为发达国家的四分之一; 建筑材料仍以传统的材料为主, 新型墙体材料所占比例很低; 住宅使用的多种设备、制品的模数协调体系尚未形成, 各种产品的标准化、通用化水平差; 建筑成本高、质量差、生产周期长、住宅能耗大、生态环境质量恶化。为加速住宅建设从粗放型向集约型转变, 国务院发布了《关于推进住宅产业现代化, 提高住宅质量的若干意见》(国办发[1999]72号), 从指导思想、主要目标、产业框架体系、组织实施等方面逐一阐明, 勾画出实现住宅产业化系统工程远大目标的工作思路和方法途径。明确提出要开发和引进先进的住宅建筑体系和成套的工程技术, 提高住

宅建设的工业化水平和标准化水平、节能高效,全面提高住宅质量,从而以此形成产业链,带动相关行业的发展,形成国民经济可持续的增长点。为贯彻实施 72 号文件,建设部等四个部委局于 1999 年 12 月 6 日联合发出了《关于在住宅建设中淘汰落后产品的通知》,其中实心黏土砖被列为禁用的产品之一,人们开始寻求新的建筑替代材料。我们知道,钢结构完全能做到工厂化生产、社会化供应、现场装配,且可回收再利用,我们要做的事是开发新型墙体材料。所谓新型墙体材料就是“不以消耗耕地、破坏生态和污染环境为代价,可废旧利用,适应建筑部品工业化、施工机械化、减少施工现场湿作业、改善建筑功能等现代建筑业发展要求所生产的轻质砌块或轻质复合板材”,要求它具有质量轻、强度高、保温隔热性能好,技术先进、经济合理。近年来,我国各地政府都在因地制宜地推广新型建筑材料。随着建筑工业化的发展,发达国家早在 20 世纪四五十年代便开始了墙体建筑材料的转变:即小块墙材向大块墙材转变,块体墙材向各种轻质板材和复合板材方向转变。我国建筑轻板产品有纤维增强水泥空心条板(GRC)、陶粒及废渣混凝土空心条板、石膏空心条板、加气混凝土条板(ALC)等轻质条板,但产品质量参差不齐、执行产品标准不统一,生产工艺和配套技术跟不上建设工程需求等问题,与钢结构配套的建筑板材更是缺乏,制约了钢结构住宅的发展。我国住宅建设量大且持续时间较长,建筑资源可持续利用是当今的重要课题,在积极开发新的建筑节能体系和新型墙体材料、积极探索工业化建筑道路的进程中,钢结构住宅建筑体系被提出并成为住宅产业化道路的先驱。

开展钢结构住宅的现实意义还在于我国积极鼓励建筑用钢、拉动内需的经济政策,近年来我国每年生产 5 亿~6 亿多吨钢,大多数属于建筑类钢材,积极探索钢结构在建筑领域的应用,也是我们长期追求的目标。促进住宅建筑用钢,对建筑行业中新技术、新材料、新体系的开发及行业整体水平提高能起到重要推动作用,同时对冶金行业的发展也能起到促进作用。

2 如何开发钢结构住宅技术

(1) 从开发建筑围护材料入手,包括轻质墙板、轻质楼板和轻质屋面板,简称“三板”。没有三板体系就不是钢结构住宅。这三块板要因地制宜、经济适用、耐久可靠。钢结构只占钢结构住宅的 20%~30%的造价,钢结构住宅的关键技术是围护体系,主要是墙体建材及其建筑技术,应注重与钢结构“配套”成体系。研制单块墙板材料容易满足要求,但拼装成墙体后的建筑功能满足是关键。要求它质量轻、强度高、保温隔热性能好、安装可靠、经久耐用、经济合理,这是有一定难度的集“建材、生产、应用”于一体的综合技术。另外,开发钢结构住宅要以钢结构为载体,应用节能、节电、节水新技术充实,建造节能环保住宅建筑,尤其是要应用新型节能墙体和屋面的保温隔热技术和产品、节能门窗的保温隔热和密闭技术、热电暖联产联供技术、供热采暖系统温度调控和分户计量技术、太阳能或地热等可再生能源应用技术及设备。

(2) 走“开发、设计、施工”一体化道路,形成企业品牌。轻型钢结构住宅是一种新的建筑体系,涉及的材料是新型建筑材料,设计方法是“建筑、结构、设备与施工和装修一体化”的新方法,是一种专业性很强的综合建筑体系,是房屋公司企业的专业技术和产品。我国十几年来来的钢结构住宅工程实践表明,采用“钢框架结构体系、水泥基的轻质板材围护体系”既符合我国居民消费习惯,也能与我国的现行标准规范保持一致,更易于产业化的实现,是具有中国特色的钢结构住宅体系。

为了贯彻执行《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209—2010,引导企业科学发展钢结构住宅成套技术,规范我国钢结构住宅建筑市场,确保钢结构住宅工程质量,建议:

(1) 设立“轻型钢结构住宅设计施工一体化”资质。轻型钢结构住宅是在企业开发的专用体系基础上,按本《规程》的规定进行具体工程的设计、施工和验收,是一种新的建筑体系,涉及的材料是新型建筑材料,设计方法是“建筑、结构、设备与装修一体化”,强调“配套”:材料要配套、技术要配套、设计要配套,遵照《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209—2010 第 4.1.2 条的规定:轻型钢结构住宅应按照建筑、结构、设备和装修一体化设计原则,并应按配套的建筑体系和产品为基础进行综合设计。建

议设立企业“一体化”资质有利于轻型钢结构住宅的科学发展。

(2) 成立“钢结构住宅企业联盟”。把科研单位和企业都组织起来,“产、学、研”相结合,任务是牵线搭桥、信息共享、联合攻关、共同发展。目标是:以钢结构住宅为载体,开发新型节能墙体和环保低碳的建筑体系,推行住宅产业化,促进建筑行业技术革新。具体实施细则另议。

(3) 成立“钢结构住宅技术专家组”。对钢结构住宅工程进行技术把关,确保选材合理、设计和施工质量合格;对钢结构住宅技术开发进行技术咨询服务,指导企业的钢结构住宅或产品“安全适用、经济合理、技术先进、确保质量”;对企业申请“轻型钢结构住宅设计施工一体化资质”进行评审,为政府有关部门提供参考意见。

我国建筑幕墙发展的又好又快,幕墙工程的设计施工都是幕墙企业而且基本上是民营企业“一体化”实施的,政府制定了幕墙标准规范和企业资质等级,企业发挥了各自的创新能力,把石材挂到了几百米高的建筑外墙上,经受住了时间、地震和强台风的考验,它们的成功做法是可以借鉴的。

3 轻型钢结构住宅建筑设计的基本原则

3.1 集成化

集成化住宅建筑是在标准化、模数化和系列化的前提下,建筑构配件、建筑设备由工厂化配套生产,在建造现场组装的住宅建筑。轻型钢结构住宅建筑设计应以集成化住宅建筑为目标,应按模数协调的原则实现构配件标准化、设备产品定型化。

住宅建筑作为最终产品,是由各部位数千种产品(模数协调中称为部品)所组成的,各部位的成千上万种产品将按照不同的生产方式、不同的生产地点和不同的生产时间进行工厂生产或现场生产,最后在安装现场按空间既定位置进行安装,成为集成化住宅建筑,这要有两个前提:建筑构配件以及设备的模数化和建筑空间的模数化。例如,梁或柱构件的长度为模数尺寸,截面为技术尺寸,此构件为模数化构件。同理,若板的平面长、宽为模数尺寸,板厚为技术尺寸,则此构件就是模数构件。而建筑是空间三维体,在三向直角坐标系中,把建筑物的三向均用模数尺寸分割和定位,形成模数化空间网格,用以确定构配件、设备的位置及其相互关系,把模数化的构配件以及设备等按既定规则填充到模数化的空间中去,就组合了三维空间的建筑,这就是集成化住宅建筑。集成化住宅建筑需要模数化构配件,模数化构配件能实现建筑安装的可换性和建筑产品生产以及采购的社会性,从而实现构配件的质量控制和成本的降低,才能使住宅产品及其配件生产和安装纳入工业化、集约化和组装化的道路,满足日益增长的住宅数量和质的双重要求。缺乏模数协调的尺寸,在开发和引进住宅产品的过程中无章可循,品种多、规格杂乱,缺乏互换性,接口不标准,与建筑设计难以协调,施工安装离不开砍、锯、填、嵌等原始施工方法,施工处于粗放型。

但是,建筑构配件以及设备的模数化和建筑空间的模数化,只是集成化建筑的方法和规则,前提是要有配套的、系列的、模数化的建筑构件以及设备,不仅要有模数化的结构构件,而且也要有模数化的建筑部品,并与结构体系配套,这是最重要的。实践证明,与钢结构配套的建筑部品及其产业链是住宅集成化的成败关键和焦点,集成化的基点就是建筑部品系列化。简单地说,就是要有材料可选、要有设备可用。传统的“秦砖汉瓦”黏土材料在大中城市被禁用,只剩下钢筋混凝土材料,需要开发新的建筑材料。

目前,已从装修集成化进行突破,为加强对住宅装修的管理,积极推广装修一次到位或菜单式装修模式,避免二次装修造成的破坏结构、浪费和扰民等现象,我国政府发布了《商品住宅装修一次到位实施细则》。“全装修”就在全国各地发展起来,能够大量“节能减排”的全装修住房也就成了住宅集成化的开端。住宅装修都有其基本的共性,即功能基本一致,全装修保证每套住宅都设有厨卫、客厅、卧室等基本空间。由于人们装修理念的变化,装修的个性主要体现在装饰上,装饰是在装修基础上的点缀。全装修住宅重装修、轻装饰;重功能、轻渲染;重细部、轻形式,现代人用于家居装饰性投资比重将逐

步加大,而用于家庭硬件装修的投资比重将逐步减少。反映在市场上,带厨卫精装修的房子最多,这种局部的精装修节省了住户装修厨卫的麻烦,只需将精力重点花在装饰上就可以了。新编制的《住宅集成化厨房建筑设计图集》以实用性、多功能、各工种配套到位为目标,将使用功能、空间利用、环境质量、节能等综合考虑,重点解决建筑、结构、水、暖、电气、燃气等专业与装修的衔接问题,力图实现土建设和装修一体化,从设计入手,保证厨房净空尺寸的标准化,使产品模数与建筑模数协调统一。其中的部品(件)按标准化模数生产,与建筑部品(件)形成模数化集成,实现厨卫的工业化生产、商品化供应和专业化组装。

轻型钢结构住宅是一种新的建筑体系,其中钢结构只占钢结构住宅的20%~30%造价,而且技术相对成熟,容易实现标准化和产业化要求,基本能做到工厂化生产、社会化供应、运到现场全装配化安装,达到集成化建筑的目的。需要强调的是,结构体系不能是标准化的,它由荷载、跨度、高度、抗震设防烈度等因素决定构件的技术尺寸,结构的标准化在构件的连接方法上,应能满足全装配化要求,研究标准化节点及其配件,融技术于产品中。但是仅有结构的集成化是远远不够的,钢结构住宅集成的关键技术在于建筑围护系统产品及其标准化,主要是墙体建材产品的可选、可用,并且有应用技术和标准化配件。我们已经讲过,研制单块墙板材料容易满足要求,但拼装成墙体后的建筑功能是否满足是关键,是“建材、生产、应用”一体化的综合技术。目前,我国的墙体建筑材料品种少,质量不高,阻碍了钢结构住宅的发展。近年来,有些企业在内部搞钢结构住宅产业化、生产模数化的墙板和构配件,形成具有企业特点的专用体系。这种企业多了就能形成整个行业乃至社会化的协作生产,就能普及钢结构住宅集成化建筑。

3.2 一体化

轻型钢结构住宅应按照建筑、结构、设备和装修一体化设计原则,并应按配套的建筑体系和产品为基础进行综合设计。

轻型钢结构住宅的构配件都是工厂化生产的,基本上都是企业开发的专用体系,这些构配件在施工现场按设计施工图分门别类进行组装,这就需要各专业密切配合,事先协调设计,考虑周全,尽量减少现场开凿、切割、锯刨和扩孔等破坏性安装。有的构配件受到破坏后,在现场是难以复制或修补的,即使进行了某种形式的修补,可能其功能无法恢复,如在墙板上开槽或开洞,虽然用腻子做了添补,墙板承载力不会有明显的损失,但应注意隔声或保温功能的修复,往往在这些地方使房间不隔声。

一体化设计施工要求设计者了解建筑材料和设备的性能、了解各专业特点和要求、了解施工安装过程,才能做到统筹兼顾,实现应有的各种功能。比如墙板,建筑师应首先了解该建筑采用的是何种墙板,它的尺寸是否符合建筑模数,热工性能是否符合节能指标(检查检测报告,必要时应复检),隔声吸音指标是否满足建筑要求(检查检测报告,必要时应复检),耐久性如何(检测报告),安全性是否符合要求(检查墙板抗冲击和抗弯试验报告、安装节点承载力试验报告),如何施工安装(了解拼缝、饰面、防潮、防水、防裂等措施),是否露梁露柱或有热桥(了解墙柱位置关系),设备管线穿墙或埋入措施,洞口补强防裂以及密封措施,等等。只有了解材料的性能和使用方法,才能做到设计施工一体化。

一体化设计施工是专业化的要求。前面已讲过,轻型钢结构住宅是企业开发的专用体系,企业从建筑材料到建筑结构体系是配套的、专用的,企业作为一体化的主体是顺理成章的。这就要求企业具备一体化的能力和责任,具备研发、生产、设计施工综合能力或有“产学研”联合体。另一方面,政府要为企业成为一体化走向市场制定相应的政策和法规,如制定标准规范、设立“一体化”资质等。我们知道,我国建筑幕墙发展得又好又快,幕墙工程的设计施工都是幕墙企业而且基本上是民营企业“一体化”实施的,政府制定了幕墙标准规范和企业资质等级,企业发挥了各自的创新能力,把石材挂到了几百米高的建筑外墙上,经受了时间、地震和强台风的考验,它们成功的经验可以借鉴的。

4 总结

钢结构住宅产业化研发已在全国各地不同程度地进行，其重点应放在“三板”体系开发上，这也是难点。“三板”体系的成熟度和科技含量高低，决定着钢结构住宅建筑的成熟度和科技水平，标志着住宅产业化的成熟度和科技水平，这绝非一日之功。

《轻型钢结构住宅技术规程》技术要点

王明贵

(中国建筑科学研究院, 北京 100013)

摘 要 新颁布的《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209—2010 有许多新技术应用, 本文根据该规程的内容总结出部分技术要点, 供学习交流。

关键词 轻型钢结构住宅; 新型墙体材料; 工业化建筑

我国第一部关于钢结构住宅的规范——《轻型钢结构住宅技术规程》JGJ 209—2010 (以下简称“规程”) 于 2010 年 4 月 17 日由住房和城乡建设部颁布, 2010 年 10 月 1 日起正式实施。“规程”是在总结和分析了我国多年来钢结构住宅工程实践, 并做了大量的科学试验和调查研究的基础上, 由中国建筑科学研究院负责, 组织有关设计、高校、科研和生产企业等单位制订的。“规程”提出了一种符合中国国情、与国家现行标准保持一致的“轻型钢结构住宅”新体系, 规定了轻型钢结构住宅建筑的功能和性能, 给出了轻型钢结构住宅的材料标准、设计施工和验收等技术要求以及使用和维护的规范管理原则。“规程”的颁布, 不仅用以规范我国轻型钢结构住宅的工程实践, 而且对企业开发新型墙体材料和建筑节能新体系具有指导作用。该“规程”吸收应用了许多新技术, 部分技术要点总结如下, 以便相互学习和交流。

1 水泥基的复合保温墙板

“规程”首次提出钢结构住宅应采用水泥基的复合保温板材作为墙体。我们知道, 钢结构住宅的难点在墙体, 采用水泥基的材料, 既能做到就地取材, 节约成本, 又能与现有的建筑饰面相容, 节省造价, 比国外的 OSB 板要耐久、耐火, 并且符合人们消费习惯, 舒适度好。因此, “规程”明确提出我国的钢结构住宅墙体应采用水泥基的板材。另外, 从水泥墙板的构造上, 应走复合板材的开发道路, 才能发挥不同材料的优点。因为无论保温或隔热, 都是一个提高围护结构热阻问题。而围护结构的热阻值 R 取决于材料的厚度与材料本身的导热特性。实际外墙的厚度是有限的, 不可能单凭增大厚度来增大热阻, 例如用多孔砖砌筑的墙体, 为达到 50% 的节能设计标准, 在北京地区墙厚为 490mm, 在沈阳为 760mm 厚, 哈尔滨为 1020mm, 这是不现实的。而 5cm 的聚苯乙烯板的热阻就相当于 1m 厚的红砖墙的热阻。虽然不同材料的热传导系数差别较大, 但一般导热较小的材料, 强度也较低, 不能满足墙体防撞击性能的要求, 使用安全强度不够。墙板不仅要有一定的强度和耐久性, 而且还要有保温、隔热、隔声和防潮等主要功能。采用单一材料很难同时满足墙体的所有功能, 而采用多层轻质材料叠合而成的复合墙体, 使各层具备不同的功能, 便于制作安装, 整体性能好, 这是墙体技术开发的方向和路线。

2 墙体抗侧刚度的合理利用, 既有利于抗震, 也使结构经济

在钢框架中镶嵌安装条形墙板组成“框架墙板”复合结构体系, 其承载力、刚度和延性与原纯钢框架的结构性能相比有明显不同。国内外的研究表明, 忽略填充墙体的作用, 不一定对抗震有利。填充墙使得结构的侧向刚度增大, 同时也增大了地震作用。框架与填充墙之间的相互作用, 使得钢框架的内力

重新分布。考虑填充墙的作用，不仅有利于结构抗震，而且还可利用填充墙体抗侧移，从而减少框架设计的用钢量，使结构轻型成为可能。

“规程”规定，墙体的抗侧刚度应根据墙体材料和连接方式的不同由试验确定，并满足以下要求：当钢框架层间相对侧移角达到 $1/300$ 时，不得出现任何开裂破坏；当钢框架层间相对侧移角达到 $1/200$ 时，墙体可在接缝处出现可以修补的裂缝；当钢框架层间相对侧移角达到 $1/50$ 时，墙体不应出现断裂或脱落。住宅有许多分户墙体，它们是永久的实体墙，把这部分实体墙等效（位移等效）成交叉支撑，如图 1 所示，就能利用填充墙的抗侧刚度。等效的方法就是计算图 1 中两种墙片结构的位移，使其相等就能找到交叉支撑杆的截面大小。先理论估算一个值，然后进行试验验证，在满足“规程”规定的试验条件下，就能得到等效杆件的大小。

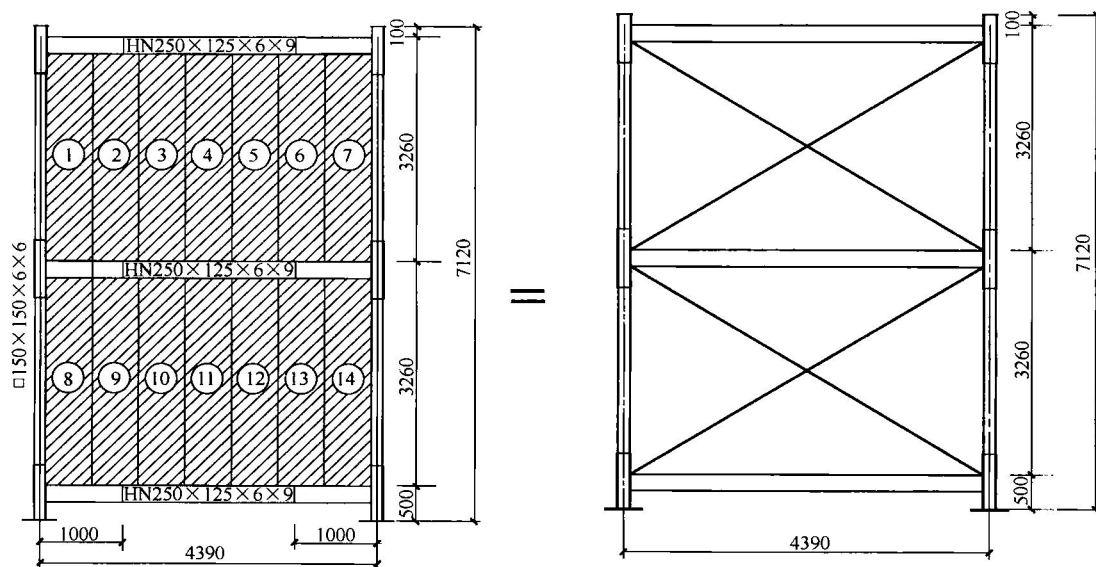


图 1 框架填充墙等效交叉支撑

3 轻质楼板技术：采用密肋钢网格梁，使楼板变薄，重量变轻

“规程”推荐使用轻质复合楼板，从而大大降低结构自重，使结构轻型成为可能。例如采用密肋井字钢梁，上面铺设薄型混凝土板，构成轻质楼板结构体系，再做面层满足隔声等建筑要求即可，建筑构造示意如图 2 所示。

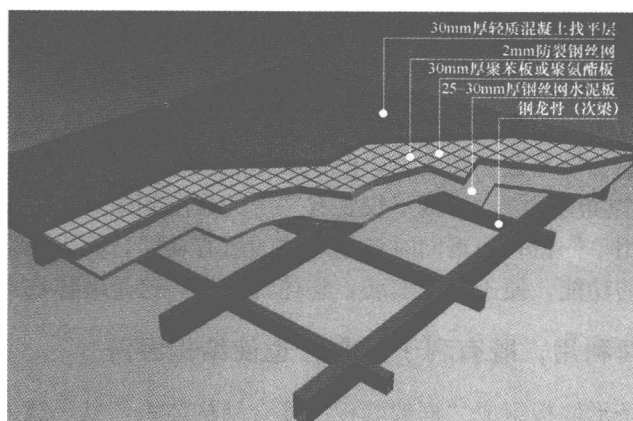


图 2 钢网格次梁铺薄型楼板做法

钢网格次梁的间距与板块大小有关,不宜把板块制作得太大,不便运输和安装,如 30mm 厚混凝土板,双面配钢丝网,板块可做到 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 左右,网格梁间距也就到 1.5m 左右。这要通过试验确定。楼板做到现场装配了,网格梁也应现场装配安装,不要施焊为好。

这种做法已有成功的案例,“规程”是在总结这些成功的案例基础上推荐给工程技术人员的。国外的钢结构住宅楼板多为木板,这种做法不符合我国国情。

4 采用钢异形柱,能解决框架柱在室内暴露的问题,建筑美观,方便使用

在钢结构住宅设计中,结构体系主要是用热轧 H 型钢建造多层(4~6 层)或小高层(7~18 层)的框架结构,H 型钢柱截面尺寸一般在 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \sim 400\text{mm} \times 400\text{mm}$,再加上保护层和饰面,柱子在室内凸出,影响建筑美观,使用不方便。其实,钢筋混凝土框架结构也存在类似的问题,但钢筋混凝土结构为此研究了一种异形柱(肢长和肢宽比为 2~4,区别于短肢剪力墙——肢长和肢宽比为 5~8),应用于住宅建筑中,较好地解决了室内柱角凸出的问题。由此设想,在钢结构住宅建筑中若能使使用钢异形柱,就能解决钢结构住宅建筑室内柱角凸出问题。例如中柱用十字形截面、边柱用 T 形截面、角柱用 L 形截面,它们都由 H 型钢和 T 形钢组合而成,我们称它们为钢异形柱,如图 3 所示,墙柱的位置关系见图 4 所示。我国现行《钢结构设计规范》GB 50017—2003 对十字形柱和 T 形柱给出了设计计算公式,但没有图 3(c)所示 L 形柱的设计计算方法,中国建筑科学研究院对此进行了试验和理论研究,既能完善我国钢结构住宅技术应用基础研究,促进我国钢结构住宅建筑技术发展,又能丰富我国钢结构设计理论,具有现实和理论意义。

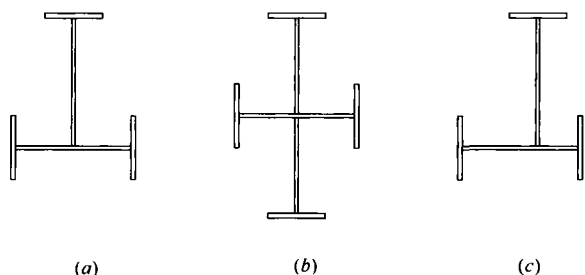


图 3 钢异形柱

(a) T 形截面; (b) 十字形截面; (c) L 形截面

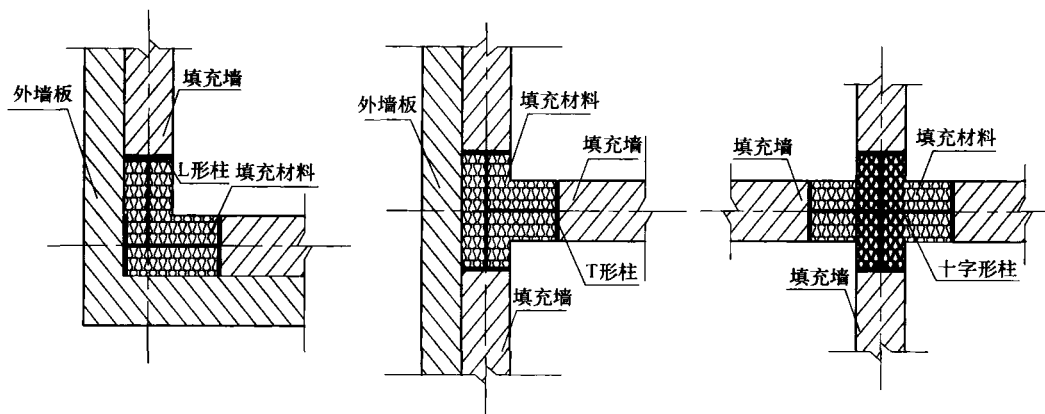


图 4 异形柱与墙的位置关系

5 利用板组件的偶合宽厚比,使薄壁型钢、高频焊接型钢得到应用

现行高层建筑钢结构规范,对钢板宽厚比要求较高,使梁柱构件截面较大,用钢量增多,轻型钢结构住宅适用高度在 6 层及 6 层以下,板件宽厚比应有所减少。经研究,梁柱板件宽厚比可用板组件“偶合”公式计算。“规程”规定对有抗震设防的多层钢结构住宅中的 H 形截面框架柱,其板件宽厚比限值应符合下列要求:

当柱轴压比在 0~0.2 范围时

$$\frac{b/t_f}{15\sqrt{235/f_{yf}}} + \frac{h_w/t_w}{650\sqrt{235/f_{yw}}} \leq 1, \text{ 且 } \frac{h_w/t_w}{\sqrt{235/f_{yw}}} \leq 130 \quad (1)$$

当柱轴压比在 0.2~0.4 时

$$\text{当 } \frac{h_w/t_w}{\sqrt{235/f_{yw}}} \leq 70 \text{ 时, } \frac{b/t_f}{13\sqrt{235/f_{yf}}} + \frac{h_w/t_w}{910\sqrt{235/f_{yw}}} \leq 1 \quad (2)$$

$$\text{当 } 70 < \frac{h_w/t_w}{\sqrt{235/f_{yw}}} \leq 90 \text{ 时, } \frac{b/t_f}{19\sqrt{235/f_{yf}}} + \frac{h_w/t_w}{190\sqrt{235/f_{yw}}} \leq 1 \quad (3)$$

式中 b, t_f ——翼缘自由外伸宽度和板厚；

h_w, t_w ——腹板净高和厚度；

f_{yf} ——翼缘板屈服强度；

f_{yw} ——腹板屈服强度。

当柱轴压比大于 0.4 时，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定执行。

利用板组件的耦合宽厚比，薄壁型钢、高频焊接型钢得到应用，构件重量减少，从而实现经济性。

6 套筒式梁柱节点，解决柱内横隔板可取消的问题，方便钢结构加工

在钢结构中，当采用钢管柱与 H 型钢梁结构时，其梁柱节点常用环板式，如图 5 所示。但这种节点在住宅建筑中有时满足不了建筑的需要，它不仅在室内露下环板，而且外墙（尤其是墙板）也不便安装。有的工程将边柱和角柱的环板直接切除，这种做法未见到科学依据。采用套筒式的节点如图 6 所示，由于钢管柱的管壁较薄，不宜直接焊接 H 型钢梁，可选用一节钢套筒来加强和保护柱在节点区不被先拉坏，并通过套筒来承载和传力。钢套筒与钢管柱要有可靠连接，除在套筒上下边采用角焊缝外，还要在中间加一些塞焊点，然后将 H 型钢梁与套筒进行常规的栓焊混合连接。为了加强梁根部的受力能力，还应在梁上下翼缘加盖板，或部分削弱梁翼缘形成“狗骨”式以减少梁根部的应力集中。经计算分析和试验对比，研究套筒式和环板式这两种节点的承载力和变形性能，“规程”给出套筒式节点的设计构造建议。

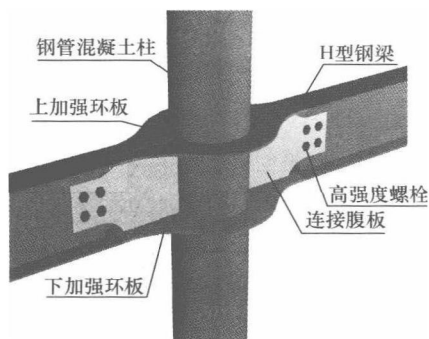


图 5 加强环式节点

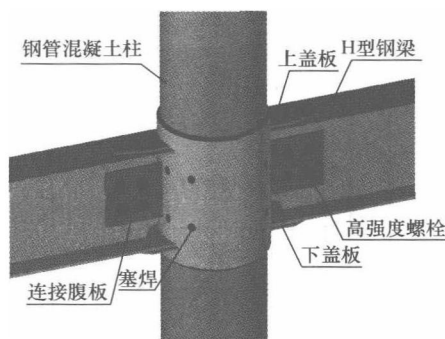


图 6 套筒式节点

7 梁柱端板式连接，可取消现场焊接，解决现场焊接质量难以保证的问题

“规程”第 5.4.5 条规定：H 型钢梁、钢柱可采用端板式全螺栓连接（图 7），当构造满足下列要求时可按刚性节点计算（注：图中 d_0 为螺栓孔径）。

- (1) 窄翼缘 H 型钢梁时，端板厚度不应小于梁宽的 $1/14$ ，且不宜小于 14mm。
 - (2) 高强度螺栓直径应不小于端板板厚的 1.2 倍，且不宜小于 20mm。
 - (3) 端板宽度不应小于 $8d_0$ ，否则应增加柱截面宽度。
 - (4) 当柱翼缘壁厚小于端板厚度时，应将翼缘加厚，使得该处翼缘厚度不小于端板的厚度。
- 这样做的好处是现场不用焊接，保证钢结构连接质量，实现现场全装配式结构成为可能。

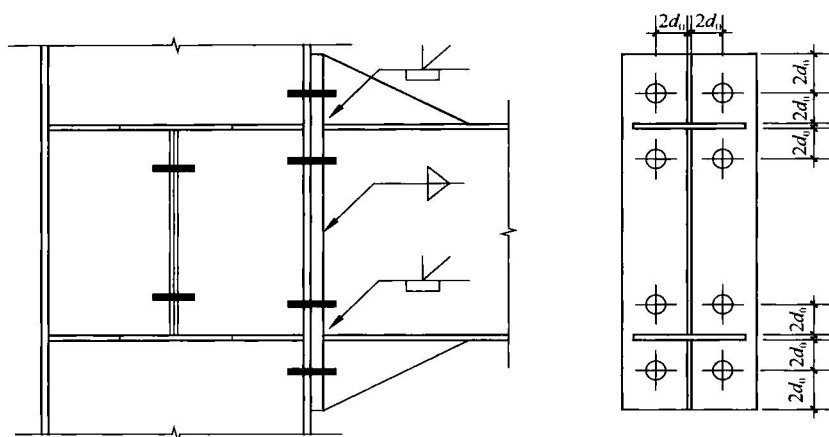


图7 端板式连接

8 提倡工厂化生产现场装配的工业化建筑方式

结构和墙板、楼板都可工厂制造，现场装配，实现工业化住宅的建筑生产方式转变。轻型钢结构住宅的工厂化生产方式转变，标志着住宅建造由工地走向工厂、由粗放型走向集约型的产业化发展道路，标志着建筑行业整体技术进步。住宅产业现代化是生产力发展和科技进步的必然趋势，我国是钢产量大国，推广建筑用钢意义重大。我国住宅建设量大面广，建设持续时间长，是国民经济的增长点。随着黏土砖被禁用，建筑资源可持续利用和建筑节能等问题被提上议事日程。若能促进住宅建筑用钢，对建筑行业新技术、新材料、新体系的开发以及建筑行业整体水平提高能起到重要推动作用，同时对冶金行业的发展也能起到促进作用。因此，开发和应用轻型钢结构住宅技术具有重要的现实意义。图8~图11给出了某地钢结构住宅工程的实例照片，它们都能做到现场全装配。



图8 钢结构安装

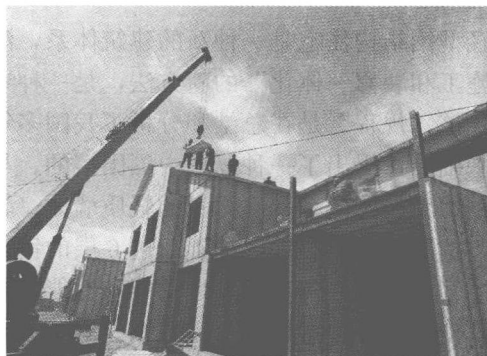


图9 墙板安装

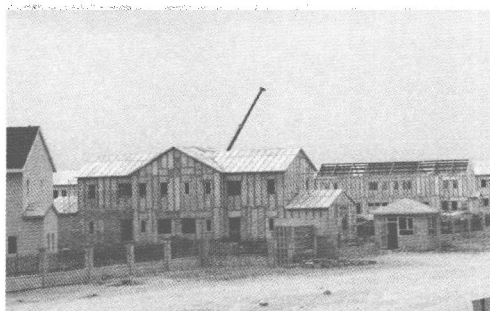


图10 屋面板安装

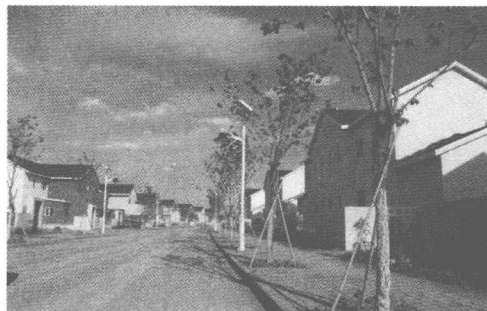


图11 竣工房屋

9 使用与维护纳入规范管理

“规程”规定，建设单位交付使用时，应提供住宅使用说明书，住宅使用说明书中包含的使用注意事项应符合表 1 的规定，并要求物业应定期检修外墙和屋面防水层，应保证外围护系统正常使用。

使用注意事项

表 1

房屋部位	注 意 事 项
主体结构	钢结构不能拆除，不能渗水受潮，涂装层不得铲除，装修不得在钢结构上施焊
墙体	墙体不能拆除，改动非承重墙应经原设计单位批准。不得在外墙上安装任何挂件，外围护墙体饰面层不得破坏、受潮或渗水
防水层	厨房或卫生间的防水层，装修时不得破坏
门、窗	不得更改或加设门窗
阳台	不得加设阳台附属设施
烟道	设有烟道的，抽油烟机管应接入烟道内，不得封堵或拆除烟道
空调机位	按原设计位置装置空调，不得随意打洞和安装空调或其他设备
供水设施	供水主管不得移动、接分叉或毁坏
排水设施	排水主管不得移动、接分叉或毁坏
供电设施	不得改动公共部位供配电设施
消防设施	消防设施不得遮掩或毁坏，不得阻碍消防通道，不得动用消防水源
保温构造	墙体、屋面、楼地面等的各类保温系统包括饰面层、加强层、保温层等均不得铲除和削弱。不得有渗水

10 总结

轻型钢结构住宅是一种新的建筑体系，涉及的材料是新型建筑材料，设计方法是“建筑、结构、设备与施工和装修一体化”的新方法，是一种专业性很强的综合建筑体系，是房屋建造企业的专业技术和产品。该“规程”是在总结和分析了我国多年来钢结构住宅工程实践、并做了大量的科学试验和调查研究的基础上，提出了一种复合中国国情的、与国家现行标准保持一致的“轻型钢结构住宅”新体系：由轻型钢框架结构体系 and 水泥基的轻质墙体、轻质楼面、轻质屋面建筑体系所组成的轻型节能房屋建筑，适用于抗震或非抗震地区的不超过 6 层的钢结构住宅建筑的设计、施工及验收。该“规程”全面系统地规定了轻型钢结构住宅建筑的功能和性能，制定了轻型钢结构住宅的材料标准、设计施工和验收技术要求以及使用和维护的规范管理原则。钢结构住宅的建筑形式可以不同，建造方法和材料产品可以各异，但标准要求是统一的。因此，“规程”对企业创新具有指导和规范作用。“规程”可用于抗震或非抗震地区不超过 6 层的钢结构住宅建筑的设计、施工及验收。