

装配式钢结构 建筑技术研究及应用

中国建筑金属结构协会钢结构专家委员会

ZHUANGPEISHI
GANGJIEGOU
JIANZHU JISHU
YANJIU JI YINGYONG



中国建筑工业出版社

装配式钢结构建筑技术研究及应用

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

装配式钢结构建筑技术研究及应用/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, 2017. 4

ISBN 978-7-112-20656-8

I. ①装… II. ①中… III. ①钢结构-建筑工程-工程施工 IV. ①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 066816 号

本书共分五大部分, 从钢结构建筑工业化、钢结构工程施工、钢结构住宅、金属屋面系统新技术应用、桥梁钢结构技术应用方面, 介绍了国内近几年在装配式钢结构建筑设计理论、规程规范、BIM 技术研究、组合结构桥梁技术应用及新材料、新技术、新产品的最新研究成果; 对近两年建设竣工的机场航站楼、大剧院、会展中心、超高层建筑、组合桥梁结构、工业建筑等工程, 介绍了其中钢结构施工技术研究与应用的最新实践经验。

本书对于从事装配式钢结构的研究、设计、施工和管理工作的从业人员会有所帮助和启发, 对钢结构专业的师生具有参考价值。

* * *

责任编辑: 郇锁林 万李 张磊

责任校对: 焦乐 刘梦然

装配式钢结构建筑技术研究及应用

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 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 32½ 插页: 4 字数: 1004 千字

2017 年 5 月第一版 2017 年 5 月第一次印刷

定价: 98.00 元

ISBN 978-7-112-20656-8

(30314)

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)



《装配式钢结构建筑技术研究及应用》

编写委员会

主 编：党保卫

副主编：弓晓芸 王明贵

编 委：胡育科 罗永峰 陈志华 石永久 周观根 彭耀光

陈友泉 陈振明 任自放 黄 刚 贺明玄 刘 民

董 春 查晓雄 顾 军 胡新赞 孙晓彦 刘春波

喻德明 苗泽献

秘书处：顾文婕 周 瑜

前 言

发展装配式建筑是建造方式的重大变革，2016年从《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》到全国两会政府工作报告，再到全国各地纷纷出台相关的行业政策，各项标准规范的编写和颁布也提上日程。装配式建筑从“积极稳妥”到“大力推广”，这一变化包含着中央到地方的共识、决心。而在2017年3月份政府工作报告中直接提出：“推进建筑业改革发展”这是对建筑业改革发出的最强音，这也将意味着装配式建筑的发展将步入快车道，2017年，装配式建筑又将会是各地建设工作的重点。这对我国钢结构建筑的推广和应用将产生巨大的影响，也给我们钢结构行业的发展提出机遇和挑战。目前全国各地都在加快装配式钢结构建筑的研究试点和推广工作。

为了及时总结协会会员单位和专家在装配式钢结构建筑方面的研究开发、科技创新成果；推广应用建筑钢结构新产品、新工艺、新工法、新技术；交流钢结构工程在深化设计、加工制作及施工安装技术等方面的经验，提高我国装配式钢结构建筑的整体技术水平。我协会钢结构专家委员会编著《装配式钢结构建筑技术研究及应用》论文集。

本书介绍了近两年来大学、设计研究单位企业单位的钢结构专家在装配式钢结构建筑设计理论、规程规范、BIM技术研究、组合结构桥梁技术应用及新材料、新技术、新产品的最新研究成果。

对于近两年建设竣工的机场航站楼、大剧院、会展中心、高层超高层建筑、组合桥梁结构、工业建筑等工程，书中这部分论文介绍了钢结构施工技术研究与应用的实践经验，对钢结构以及相关行业的发展将起到积极的推动作用。

装配式钢结构住宅体系的研究及应用也在不断创新，在许多地区推广应用。这是产学研合作的成果。

金属板建筑围护结构系统专业厂家的论文，介绍了在金属板屋面墙面系统的设计、施工实践中的宝贵经验，对提高屋面的工程质量具有一定的参考价值。

在此，对积极投稿的作者，审稿的钢结构专家，以及为本书出版给予支持的企业，一并表示感谢。对于论文编审中出现的错误，敬请读者批评指正。

目 录

一、装配式钢结构建筑	(1)
积极稳健发展装配式钢结构建筑	文林峰 (2)
参与“十三五”装配式建筑行动、提升钢结构建筑质量和品质	胡育科 (5)
钢结构斜撑节点均匀力法及其应用	周明阳 吴良军 孔维拯 张鹏飞 (9)
某国外大型机场航站楼深化设计技术	杨学斌 周国庆 顾永清 李可军 (14)
铰接框架支撑体系在全装配式钢结构停车楼中的应用研究	孙晓彦 舒涛 (21)
多跨金属面夹芯板抗弯试验方法研究	查晓雄 朱勇伟 (29)
某体育馆张弦结构设计与研究	郭宇飞 杨勇 陈彬磊 (40)
中国南极泰山站钢结构设计	沈佳星 (47)
BIM 技术在中航国际会展中心的应用研究	余国华 卢继 王强强 邓良波 何敏杰 (54)
一种新型装配式钢结构体系的提案	喻德明 吕文杰 江锦正 (61)
机库大门初步设计计算分析	姜宏志 (75)
二、钢结构工程施工	(81)
中国尊大厦典型转换桁架的安装及焊接技术	赵学鑫 李鹏宇 郭泰源 张俊杰 (82)
中国尊大厦结构工程核心筒钢板剪力墙安装及焊接施工技术	赵学鑫 郭泰源 李鹏宇 张俊杰 (93)
大轴重交流传动机车关键件研发制造技术改造项目铸造厂房钢结构施工技术	史青玲 王开臻 (110)
吉利南充新能源商用车研发生产项目网架安装滑移平台使用	曹永铨 曹容杰 陈丽丽 (116)
大跨度悬挑弧形钢结构 Q345B 厚钢板焊接产生弯扭效应的技术研究	王亚清 (120)
BBS 模块化控制在钢结构工程施工监理控制的应用	吕海燕 (128)
超大型机库屋盖结构施工技术	蔡小平 (136)
复杂重型空间钢桁架的施工技术	徐建成 向伟明 陈发飞 鲁俊 陈友泉 陈明 (143)
大跨度反拱张弦梁双拉索施工技术	刘龙龙 汪超 于占峰 吴先海 孙雪芹 (149)
顶升施工技术在张家界荷花机场航站楼网架工程中的应用	张明亮 王少华 (161)
大跨度弧形张弦梁结构屋盖施工技术	苏小东 陈宝其 梁新利 马百存 丁罡 申汉卿 (169)
重型钢桁架高空安装施工技术	陈冰 王春 胡安吉 鲁俊 刘磊 陈友泉 朱爱琴 (176)

大型人字箱形钢柱和大跨度悬挑圆钢管桁架的施工	严 锐 刘声平 李 杰 韩文芳 曾友明 俞鸿斌 陈友泉	(182)
超高层钢结构密柱框架复杂节点加工技术	刘春波 贺明玄 许 喆 王超颖	(188)
大型场馆建筑钢结构焊缝质量的控制	贾福兴	(200)
建筑钢结构防火涂料的涂装保护与质量控制	贾福兴	(205)
体育场大跨度单层索网结构安装质量控制	陈道杨 霍 星 刘自福	(210)
深圳前海法治大厦项目钢拉杆制作安装与张拉控制	贾福兴 王忠仁	(217)
雕塑形钢柱制作的关键技术	华建民 吴立辉 葛 方 唐香君	(221)
测控技术在体育馆钢结构全形态应用技术	吕海燕 王天荣 马怀章 杨晓铭 吴海龙	(227)
呼和浩特市体育馆及游泳馆屋面网架施工方法	俞春杰 金 晖 戚丽君	(234)
轻型钢结构质量事故及分析	袁 健 楼懿鑫 戚丽君	(240)
湘西州文化体育会展中心钢结构施工技术	麻宏伟 杨金寅	(244)
甘肃省比赛馆主功能区钢桁架屋盖累积滑移施工技术	付 航 张俊夫 冯亚莉 蒋 其	(254)
Z13 地块工程伸臂桁架施工	郭 亮 孔亚陶 李 飞 刘素伟 于家驹 党毅章 南 飞	(261)
变截面四边形桁架分级拼装技术的应用	罗诚兴 冯玩豪 周洋 黄光明	(272)
霍尔果斯国际会展中心二期钢结构施工技术	张 琥 杨跃辉 巩建宏	(279)
集成式电动爬模技术在超高层钢结构建筑施工中的应用	胡 俊	(285)
瑞安大厦钢结构工程项目施工技术	张擎宇 杨丽娜	(292)
武汉中心工程复杂塔冠结构安装关键技术	周杰刚 武 超	(297)
大跨度超重钢梁电动葫芦整体提升施工工法简介	杨俊亮 吕 豪 李大权 裴 杰 李齐录 赵海健 姜 峰	(307)
三、钢结构住宅的研究及应用		(313)
装配式钢结构住宅的一体化发展策略——以酒钢兰泰苹果园棚户区改造项目为例	叶浩文 樊则森	(314)
装配式组合异形柱住宅体系研究综述	陈志华 林 昊 王小盾	(322)
钢管混凝土组合异形柱结构平面布置优化研究	周 婷 雷志勇 徐 勇 张天一 蒋宝奇 陈志华	(331)
装配式钢结构建筑墙体研究	苗 青 余玉洁 陈志华	(337)
三新钢结构住宅体系介绍	李英铭 初 鹏	(347)
浅谈标杆钢结构住宅结构体系	陈立新	(355)
钢结构住宅发展中存在的问题以及对策分析	宿文汉 赵大勇	(359)
几种组合型异形柱系统之辨析	陈立新	(362)
互联网+BIM 大数据下的装配式钢结构住宅	张晓琳 苏 磊 张振东 杨 煦	(366)
BS 外墙金属保温装饰板系统及其工程应用	张昭祥 吴 超	(373)
四、金属板屋面墙面系统新技术应用		(381)
相同金属屋面围护系统的抗风揭能力差距	彭耀光 林坤坚	(382)
直立锁边系统抗风性能检测分析	彭耀光 林坤坚	(387)

广州白云机场 T2 航站楼檐口装饰板安装用可滑移操作平台的施工						
技术介绍	刘宝辉	苗泽献	(394)			
遵义奥体中心金属屋面构造设计分析	李根恒	姚善成	(410)			
金属智能屋面功能及应用	范建桥	余 涛	(415)			
浅析生态幕墙系统在建筑领域中的应用		张 睿	(419)			
浅谈开放式金属幕墙系统及其在实际工程中的应用		张 睿	(423)			
钢结构厂房屋面彩色钢板空中压型、吊装技术方案	张鹏飞	吕明利	(428)			
门式刚架屋面内板飞架施工技术研究	乔振营	张鹏飞	(431)			
五、钢结构桥梁工程			(435)			
钢结构桥梁厚边 U 形肋的研究与创新		任自放	(436)			
北京三元桥整体置换施工技术		陈兴慧	任自放	(443)		
范蠡大桥水中大型钢箱梁施工技术	孙夏峰	武传仁	刘建强	史玉强	(447)	
宜兴范蠡大桥八角形钢塔柱脚加工制作工艺	卢利杰	胡海国	姚隆辉	厉 栋	庄 云	(457)
几内亚博凯大桥设计施工总承包的设计思路及施工工法		黄梦笔	任自放	(465)		
昆山北环城河主线桥钢结构工程加工制作技术	卢利杰	胡海国	马顺忠	厉 栋	(470)	
宜兴顶上桥钢桁架预拼装加工制作技术	卢利杰	胡海国	姚隆辉	庄 云	(478)	
某高架桥箱梁顶推施工过程应力监测	冯俊华	罗永峰	高喜欣	于 雷	(484)	
有交叉连续组合钢箱梁架设安装及线形控制技术		束新宇	李利宾	(489)		
钢结构仿古景观桥的施工技术		孟 卫	陈 强	(494)		
细丝埋弧焊在桥梁 U 肋焊接中的应用		朱克进	王胤芝	(501)		
遵义市凤新快线建设项目第三标段栓接钢桁架桥施工技术	朱 明	吴烨伟	(506)			

一、装配式钢结构建筑

积极稳健发展装配式钢结构建筑

文林峰

(住房和城乡建设部科技与产业化发展中心, 北京 100835)

摘要 本文介绍了发展装配式钢结构建筑的重大意义和政策导向。

关键词 装配式; 钢结构建筑; 发展

当前, 全国建设领域都在全面贯彻落实党中央国务院关于大力发展装配式建筑的指示精神。发展装配式建筑是牢固树立和贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念, 按照适用、经济、安全、绿色、美观要求推动建造方式创新的重要体现, 特别是发展钢结构建筑, 是稳增长、促改革、调结构和去产能的重要手段, 是实现循环经济发展, 推进生态文明建设、加快推进新型城镇化的重要抓手, 意义重大。

1 发展装配式钢结构建筑是落实党中央国务院决策部署的重要举措

多年来, 各级领导都高度重视装配式建筑的发展, 特别是 2016 年颁布的《党中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》, 对装配式建筑发展提出了明确要求。2016 年 9 月 14 日的国务院常务会议上, 强调要按照推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的要求, 大力发展钢结构、混凝土等装配式建筑, 具有发展节能环保新产业、提高建筑安全水平、推动化解过剩产能等一举多得之效。国务院 2016 年 9 月出台的《大力发展装配式建筑的指导意见》, 更是全面系统指明了推进装配式建筑的目标、任务和措施。

2 发展装配式钢结构建筑是促进建设领域节能减排降耗的有力抓手

近几十年来, 建筑业一直采用现场浇(砌)筑的方式建造房屋, 资源能源利用效率低, 建筑垃圾排放量大, 扬尘和噪声环境污染严重。如果不从根本上改变建造方式, 建设领域的经济增长与资源能源的矛盾将无法扭转, 并将极大地影响着建设美丽中国目标的实现。

发展装配式建筑在节能、节材和减排方面的成效已在实际项目中得到证明。在资源能源消耗和污染排放方面, 根据住房和城乡建设部科技与产业化发展中心对 13 个装配式混凝土建筑项目的跟踪调研和统计分析, 装配式建筑相比现浇建筑, 建造阶段可以大幅减少木材模板、保温材料(寿命长, 更新周期长)、抹灰水泥砂浆、施工用水、施工用电的消耗, 并减少 80% 以上的建筑垃圾排放, 减少对环境带来的扬尘和噪声污染, 有利于改善城市环境、提高建筑综合质量和性能、推进生态文明建设。

3 发展装配式钢结构建筑有利于形成新的经济增长点

发展装配式钢结构建筑, 一是有利于促进钢铁企业转型升级, 为建筑领域提供新的材料和配套产品, 扩大新市场需求, 在消化过剩产能的同时, 促进国民经济增长。二是可带动并催生众多新兴产业。装配式钢结构建筑不仅扩大了建筑用钢量, 而且拉长了产业链条, 产业分支众多, 如有配合钢结构建筑应用的部品部件生产企业、专用设备制造企业、物流运输交通产业以及信息产业、金融产业在建设领域

的应用与扩展等。三是提升消费需求。钢结构建筑优势众多,有利于吸引社会消费升级换代。而在装配式建筑中推广的全装修模式,也有利促进新兴产业链的发展,特别是集成厨房和卫生间等装配式装修方式,智能化以及新能源的应用等各项技术与产品的应用,都将促进建筑产品的更新换代,带动居民和社会消费增长。四是有利于形成产业集聚,增强企业国际竞争力。装配式建筑是一项系统工程,集团型企业可以凭借集开发、设计、施工、生产、装修一体化优势,充分发挥出装配式建筑的综合优点,形成一大批行业品牌企业,汇聚设计和施工以及管理等各方面能力,与国际先进的建筑企业接轨,在国际市场上获得新的市场份额。

4 发展装配式钢结构建筑是带动技术进步、提高生产效率的有效途径

近些年,我国工业化、城镇化快速推进,劳动力减少、高素质建筑工人短缺的问题越来越突出,建筑业发展的“硬约束”加剧。一方面,劳动力价格不断提高。另一方面,建造方式传统粗放,工业化水平不高,劳动效率低下,工人劳动强度大,安全隐患大。装配式建造方式则可以减少约30%的现场用工数量。通过生产方式转型升级,减轻劳动强度,提升生产效率,摊薄建造成本。另外,装配式建筑的大部分工作都在工厂完成,工厂的生产效率远高于现场作业;工厂生产也不受恶劣天气等自然环境的影响,工期更为可控;施工装配机械化程度高,减少了传统现浇施工现场大量和泥、抹灰、砌墙等湿作业;因是干法作业,有利于推广交叉作业,提高劳动生产效率,据有些项目统计,可以缩短1/4左右的施工时间。这些优势,都是突破建筑业发展瓶颈的重要抓手和有效途径。

采用装配式建造方式,会“倒逼”建设领域走向依靠科技进步、提高劳动者素质、创新管理模式、增强综合竞争力等新型发展道路。

5 发展装配式钢结构建筑是实现一带一路战略目标的重要途径

几十年来,发达国家已普遍采用装配式建造方式。而我国仍处于起步发展初期,与国际先进水平相比,不论是技术标准体系还是政策措施保障等方面都差距巨大。在经济全球化大背景下,要想走出去在参与全球竞争中,特别是在一带一路战略中,获得市场机会,必须采用与国际接轨的建造方式,这是提升国内企业核心竞争力,拓展全球建筑市场的重要途径。

装配式建筑能够彻底转变以往建造技术水平不高、科技含量较低、单纯拼劳动力成本的国际市场竞争模式,强调科技进步和管理模式创新,注重提升劳动者技能,提高综合效率,以此形成企业的核心竞争力和综合优势。特别是推广采用的工程总承包方式,通过统筹建设全过程,介入一体化设计先进理念,注重产业集聚和集成,才能在国际市场竞争中获得发展新机遇,并通过工程总承包业务带动国产设备、材料的出口,在参与经济全球化竞争过程中取得先机。

6 发展装配式钢结构建筑是全面提升住房质量和品质的必由之路

多年来,建筑质量通病一直无法彻底得到解决,如屋顶渗漏、门窗密封效果差、保温墙体开裂等。建筑业落后的生产方式直接导致施工过程随意性大,工程质量无法得到保证。

发展装配式建筑,主要采取以工厂生产为主的部品制造取代现场建造方式,工业化生产的部品部件质量稳定有保障;以装配化作业取代手工砌筑作业,能大幅减少施工失误和人为错误,保证施工质量;装配式建造方式可有效提高产品精度,确保工程质量,并减少建筑后期维修维护费用,延长建筑使用寿命。采用装配式建造方式,能够全面提升建筑品质和性能,让人民群众共享科技进步和供给侧改革带来的发展成果,并以此带动居民住房消费,在不断的更新换代中,走向中国住宅梦的发展道路。

钢结构建筑是装配式建筑的重要组成部分。总体来看,在既有建筑中,钢结构建筑占比严重偏低,与发达国家相比差距较大,主要还是应用于经济条件较好地区的大型公共建筑,钢结构住宅的研发推广应用时间不长,目前仍然处于需要加快研发步伐,克服发展瓶颈,尽快完善技术体系,推广成熟可靠、

综合性能有比较优势的建筑体系阶段。

发展钢结构住宅，关键是要明确其适应范围，即能充分发挥出钢结构建筑优势的 building 类型；同时，要在发挥抗震性能优势的同时，解决好各种建筑材料间的融合性、可靠连接手段、有机整合性等重点问题，避免带来新的质量安全隐患。最关键的一点，要有系统性思维，整体考虑钢结构住宅发展中的诸多瓶颈问题，取长补短，在建筑结构安全的前提下，全面提升钢结构住宅的功能、性能和舒适度，以宜居生活为发展目标和定位。

发展装配式建筑的号角已经吹响，各级建设主管部门、相关的科研院所、开发、设计、生产、施工、装备制造以及部品部件等单位都要积极行动起来，紧紧抓住新一轮发展机遇，加快转型升级，为消费者建设更安全、更环保、更节能、更舒适的房子，为全社会的节能减排做出行业应有的贡献。

时不我待，扬帆远航，乘风破浪，方能迎来全新发展。

参与“十三五”装配式建筑行动、 提升钢结构建筑质量和品质

胡育科

(中国建筑金属结构协会钢结构分会, 北京 100835)

摘要 在国家大力发展装配式建筑的今天, 作为装配式建筑的三种体系之一的钢结构建筑, 如何按照国家建设主管部门要求, 积极参与到“十三五”装配式建筑行动方案活动中去, 通过产业基地培育、申报, 提升钢结构企业的施工管理水平, 从而提高装配式钢结构建筑的质量、完善建筑功能, 发挥钢结构建筑工厂化生产、现场装配施工的优势, 在国家开展的装配式建筑行动中发挥示范、引领作用。

关键词 装配式建筑; 钢结构建筑; 品质功能

《关于大力发展装配式建筑的意见》(国办发[2016]71号)印发后, 在建筑业开展了一场革命性的生产方式的转变, 这是建筑业改革发展具有里程碑意义的文件。2017年3月23日住房城乡建设部以(建科2017)77号文印发了《“十三五”装配式建筑行动方案》, 并同时印发了《装配式建筑示范城市管理办法》、《装配式建筑产业基地管理办法》, 进一步落实阶段性目标, 促进装配式建筑全面发展。为突出活动的水平和效果, 住房城乡建设部印发了国家标准《装配式建筑评价标准》(征求意见稿)。

在《“十三五”装配式建筑行动方案》中, 提出了到2020年, 全国培育50个以上装配式建筑示范城市, 200个以上装配式建筑产业基地, 500个以上装配式建筑示范工程, 建设30个以上装配式建筑科技创新基地。将原来开展的“国家住宅产业化”推进工作, 更名为“装配式建筑产业化”, 统一提法、统一标准、归口管理。钢结构建筑作为成熟的技术体系, 其竖向构件、承重结构工业化程度高, 连接工艺先进、可靠, 按照《装配式建筑评价标准》, 在协会组织试评价中占有一定优势。

1 “十三五”装配式建筑行动方案开展基础条件

(1) 大力发展装配式建筑政策背景

2016年2月6日中共中央、国务院《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》印发后, 大力发展装配式建筑成为国家和省市强力推动的一项重要工作。9月27日国办《关于大力发展装配式建筑的意见》, 解读这一文件的核心, 就是“六个三、一个八、十五条”, 具体说, 三部分内容、三项基本原则、三类结构体系、30%的10年目标、三类地区和三个因地制宜, 八项重点任务和15条要求。11月19日在上海召开的“全国装配式建筑工作现场会”上, 陈政高部长讲了推广装配式建筑的五个需要, 贯彻绿色发展理念、实现建筑产业现代化、保证工程质量、降低造价和催生经济新动能的需要。

(2) “十三五”装配式建筑行动方案内容

2017年2月, 国务院办公厅又印发了《关于促进建筑业可持续健康发展的意见》, 深化建筑业改革、推进建筑产业现代化, 大力发展装配式建筑将是突破口, 开展装配式建筑产业基地培育将是产业依托力量。2017年3月28日, 住房城乡建设部在长沙召开了“全国装配式建筑工作座谈会”, 发布实施

了《“十三五”装配式建筑行动方案》新版的《装配式建筑产业基地管理办法》，住房城乡建设部原《国家住宅产业化基地试行办法》（建住房〔2006〕150号）同时废止，原批准的31个国家住宅产业化试点城市、59家基地企业，住房城乡建设部将定期对产业基地进行全面评估，评估合格的继续认定为产业基地，评估不合格由住房城乡建设部撤销其产业基地的认定。

（3）协会所做的一系列基础性工作

按照住房城乡建设部的要求，协会积极参与了装配式建筑技术和经济政策的研究、制定和讨论；根据部相关部门要求，协会为装配式建筑政策先后上报11个批次、3.5万字的钢结构建筑的资料、材料，参与和组织工信部、住房城乡建设部召开的发展钢结构建筑座谈会7次，其中，1.5万字收录《装配式建筑必读》一书。协会工作成果得到相关部门认可，经过审查考核，中国建筑金属结构协会专家委员会有8位专家被住房城乡建设部吸纳为国家装配式建筑产业基地评审专家，在组织钢结构企业开展国家装配式建筑产业基地建设争得了一定话语权。

（4）采用新标准对钢结构建筑进行试评价

2016年，与部科技促进中心一起，开展装配式建筑—钢结构住宅项目试评价工作，组织钢结构住宅的研发、生产、施工企业进行申报工作。共有11家钢结构企业上报了13项钢结构住宅项目参加试评价，总建筑面积293.3万 m^2 ；其中，高层住宅（18~30层）项目6项、小高层（8~16层）2项、多层（6层以下）5项。已竣工投入使用的8项、在建或未交验的5项，推荐了5个企业5项钢结构住宅参与试评价，具有一定的代表性，为企业申报装配式建筑产业基地创造了条件。

（5）协助配合钢结构企业的基地申报工作

到2016年底为止，根据企业申请，协会的积极推荐，地方政府的审查上报，住房城乡建设部先后2次组织开展了国家装配式建筑产业基地的审批工作，第一批5家、第二批4家，其中钢结构企业在第一批授予基地称号中有3家：浙江东南网架股份有限公司、浙江精工钢构股份有限公司和安徽鸿路钢构有限公司，第二批4家中钢结构企业有1家：湖南金海钢构股份有限公司，按照新的考评条件和标准经过严格程序产生，钢结构企业占新申报产业基地的近1/2，为钢结构建筑的推广产生了较好社会反响。现已向住房城乡建设部提出申请的有7家钢结构企业，条件比较成熟的有2家。

2 钢结构企业争创装配式建筑产业基地的作用

（1）充分发挥钢结构建筑的装配化优势

《“十三五”装配式建筑行动方案》提出十项重点工作，组织钢结构企业积极完善条件、根据国家产业基地条件，适时开展国家装配式建筑产业基地推进工作，是协会今后一个时期重要工作，企业有需要就是协会的工作目标。据了解，钢结构行业内一批有基础条件的企业，企业自身也在加大研发投入，夯实申报基础，争取尽早成为国家装配式建筑产业基地。但也要看到，少数企业由于对装配式建筑研究不够，还处于一种辛辛苦苦、不知咋整，在产品和技术体系尚不完善情况下，急于拿地建厂、盲目扩张。从国家建设主管部门了解的信息看，说那种钢结构建筑体系很成熟很完善还为时过早，任重道远。原本2016年政府工作报告中提法是：大力发展钢结构和装配式建筑；主管部门也曾想在国办〔2016〕71号文前出台一个《关于大力发展钢结构建筑的通知》也迟迟未果，其中原因应该引起钢结构建筑设计部门和生产企业的思考。

（2）引导企业突破钢结构建筑应用技术瓶颈

行动方案中有一句话：突破钢结构建筑在围护体系、材料性能、连接工艺等方面的技术瓶颈。具体说，一是要坚持市场为导向，有条件的钢结构企业可以和钢铁企业形成原材料生产合作关系，生产建筑钢结构的型材、管材，降低工程成本。目前市场中厚板材到钢结构价格，加工制作费达2000~3000元/t，摊销到每平方米增加300元，造价偏高是不争的事实；二是推广工程总承包模式，特别是精装交房，钢结构企业应充实专业管理人才，提升总承包能力，因为装配式钢结构建筑大量的二次设计，构件拆分，

专业集成协调，现场管理水平是关键；三是用采用钢结构匹配的方式去解决装配式钢结构建筑推广中遇到的问题，不能一遇到结构与材料匹配问题，又回到钢筋混凝土、现场浇筑、砌筑的方式去解决；四是“三板”体系（楼板、外墙板、内墙及屋面板）一定要适应建筑品质要求，而不是牺牲建筑功能、品质、改变消费者意愿去推广钢结构建筑；五是对信息化技术与装配化建筑的有效融合运用。装配式建筑构件都具有单一性、精细化、标准化的特点，必须从一开始就通过设计软件、程序和 BIM 技术进行优化、集成，按照建筑整体全过程模拟装配，将拆分件生产、运输和装配经济性、合理性综合考虑后将数据导入构件车间和数控设备进行生产等，这些问题不解决，钢结构建筑的市场认可度难以提高。

（3）政策将向产业基地等实体制造企业倾斜

从当前情况看，国家政对获得国家装配式建筑产业基地企业寄予厚望。事实上，在国务院和住房城乡建设部强力推动下，近期各地都将修订和出台一系列支持、引领发展的规划和措施，包括建设用地、财政补贴、税费减免等，成为国家装配式建筑产业基地，意味着要发挥行业的示范、引领的作用，成为地方开展装配式建筑研发推广的主力军。与之相适应，地方出台的一些鼓励扶持政策，也将向这些骨干企业倾斜、向材料、产品、技术研发领域倾斜，对企业开展装配式钢结构建筑研发推广、扩大产品市场占有率和发展空间，都有着积极长远的影响。在近期中办、国办印发《关于建立健全国家“十三五”规划纲要实施机制的意见》中明确：坚持整体推进和重点突破的总要求，着力优化结构、补齐短板，国家装配式建筑产业基地企业将承担重点突破的历史责任。能不能担负这一重大责任，关键在于企业。

3 以产品为纽带推进产业链企业配套协作

（1）以市场为导向提升钢结构建筑品质

住房城乡建设部在“十三五”行动方案中明确：到 2020 年，全国装配式建筑占新建建筑面积的比例达 15% 以上。其中重点推广地区（京津冀、长三角、珠三角）装配式建筑占 20%、积极推广地区（300 万人口城市）达到 15%、鼓励推广地区（其他城市）达到 10%，鼓励各地提出更高的目标。这说明，20% 并不是最终目标，只是阶段性的确保目标。目前全国已有 32 个省、直辖市出台了《装配式建筑的工作意见》，其中政府投资的 1 万 m^2 的公共建筑、抗震地区的学校医院等将优先采用钢结构体系，为钢结构建筑应用提供了新空间。但也要看到，社会对钢结构住宅的认识没到位、疑虑没有消除、装配化优势还没有得到充分体现。

（2）重在建立企业自有的成熟技术及产品体系

成为国家装配式建筑产业基地企业，按照新考核内容、新标准，严格程序，满足申报条件要求；新的《产业基地企业评分表》设定了一级考核指标 4 大项，二级指标 25 项，设三类企业（总承包企业、专业部品和设备制造）和装配式建筑产业园区，分别考核，总分 100 分，对新申报企业采用新办法考评。对技术研发和产品推广效果不明显的产业基地、发生质量事故或诚信有问题的，实行退出机制，取消称号。对钢结构企业来说，按照装配式建筑要求，能否推出真正意义上的、成熟技术的、功能完善、市场接受的技术产品体系是关键，将侧重考核应用案例和示范效果，是 2017 年装配式建筑行动的一项重要工作。

（3）发挥行业的骨干企业的作用

按照新的考评条件和管理规定，鼓励具有房屋建筑工程总承包一级资质和参与工程总承包一级资质试点的钢结构企业积极参与国家装配式建筑产业基地的培育。钢结构行业的骨干、龙头企业的自主创新能力和技术集成能力较强，对新体系、新材料的研发投入到位，设计、生产、施工管理人才较齐备等，是通过开展装配式建筑行动，提高钢结构建筑应用水平的依靠力量，对申报的基地企业和示范项目，协会应在住建部的支持下，依托具有房建施工总承包一级资质的 44 家钢结构企业，鼓励企业按照行动方案要求，增强产业配套能力和工程总承包能力。可以预见的市场格局，并非所有钢结构企业都具备自有产品体系，开放的市场竞争，将让龙头企业脱颖而出，担负起资源配置和产品集成的重任。

(4) 培育市场认可的钢结构建筑知名品牌

没有好的产品、没有市场和消费者满意的产品，产业化基地培育也只是一句空话。装配式钢结构建筑在我国的应用，还需要从体制、机制、环境和与之配套产业链等多方跟进改革，是一项系统工程。开展国家装配式建筑产业基地建设，需要钢结构企业家、专家和生产、设计科研单位的共同努力、全产业链企业共同参与。2017年上半年，对在建筑结构、部品构件、围护板材、工法工艺和配套材料的钢结构企业，在组织评价评估的基础上，通过住建部向社会发布一批产品技术名录，建立统一的部品部件标准、认证与标识信息平台，向社会和市场推荐，这项工作应引起钢结构企业的重视。

4 做好装配式钢结构建筑的评估工作

(1) 钢结构不等于全装配式建筑

业内曾有专家对“装配式钢结构”提法也有不同意见，在方案讨论会上专家们也有些争议，但国家要大力推广的是钢结构建筑，是部品、构件的配套和专业集成产品，不能光在结构体系上打转转。“建筑钢结构”与钢结构建筑也是两个不同的概念，建筑钢结构狭义指建筑的结构体系，广义上可指代建筑业中钢结构行业，包括钢结构建筑的设计、生产、加工和安装企业等；而钢结构建筑一般意义上是指建筑产品，以钢结构为主体的各类房屋建筑，包括钢结构住宅。所以，这些没有价值的争议可以休矣，而应该集中精力大力发展市场认可的钢结构建筑，提高建筑的装配化率。

(2) 依靠钢结构建筑品质取得政府部门支持

新的管理办法明确，申报国家装配式建筑产业基地，每年对省市下达一些指标，各省市向住房城乡建设部推荐，经住房城乡建设部相关部门初审后，组织专家组进行考评；行动方案中提出的到2020年不同地区的10%~20%的目标，对钢结构来说，主要体现在钢结构住宅领域。要看到，对钢结构住宅建设，政府和消费者仍有顾虑，特别是钢结构用于城市住宅开发，这个占每年新建建筑面积70%左右的领域，钢结构住宅的优势还远远没有得到体现。按照陈部长讲的：我们不能光挑毛病、不实践、不研发、不应用。抓住每一次钢结构住宅项目建设的机会，精心研发，追求极致，千万不能满足当前的成绩，没有最好、只有更好，改变钢结构住宅应用滞后的局面。

(3) 引导企业依据自身优势分级分类申报

装配式建筑产业基地建设，层级上有国家、省直辖市的产业化基地；专业上分有总承包企业、专业施工企业、部品配套企业等，企业应根据自身技术优势和未来产品市场布局，选择申报类型基地企业；钢结构企业在提高装配式建筑部品精细化制造水平的同时，提高钢结构建筑专业集成能力和总承包一体化管理协调能力，重视建筑板材和部品、部件的配套施工和接点工艺的研发，对条件成熟的钢结构企业，帮助做好装配式建筑推广可行性研究报告和中长期推广规划，到2020年，力争有30家左右的钢结构企业成为国家装配式建筑产业基地，100项左右的装配式钢结构建筑示范工程、5~10家装配式建筑科技创新基地，肩负起装配式钢结构建筑发展的辐射带动作用。

(4) 成立装配式钢结构建筑产业创新联盟

根据《国家装配式建筑技术创新联盟章程》，成立以国内钢结构骨干企业和科研、设计单位为主体的联盟理事会，首批由已经获得或将要获得国家基地称号的企业、设计科研机构及相关大专院校专家、学者组成；制定装配式钢结构建筑产业创新联盟相应工作条例，严格按照国家装配式建筑产业基地条件，协助企业做好申报工作，坚持标准、宁缺毋滥，在调研考核的基础上，推出那些有技术、有实力、有生产基地和专业人员的实体钢结构企业，成为推广装配式建筑的中坚力量和龙头企业，带动行业整体水平的提升。

钢结构斜撑节点均匀力法及其应用

周明阳 吴良军 孔维拯 张鹏飞

(中建钢构有限公司, 天津 300300)

摘要 本文结合内蒙古锡林郭勒盟五间房电厂一期2台600万机组主厂房钢结构制作安装的经验以及科威特大学城附属楼群的结构制作安装经验, 针对钢结构节点设计进行优化研究。通过对大量的节点计算的优化及设计经验, 总结一套在国内可以标准化使用的均匀立法设计体系。从而减少钢结构节点用钢量, 提升结构整体稳定性, 增加整体设计合理性。

关键词 均匀力法; 钢结构; 节点

1 前言

21世纪起, 随着钢结构技术的成熟, 钢结构施工周期短, 污染小, 综合经济效益高使重型厂房的优势越加的突出。由于这些优势的存在使得钢结构成为重型厂房的重要结构形式。

重型钢结构的节点设计是钢结构设计的重要环节。尤其是斜撑节点, 其力的传递方式往往比较复杂, 受力不明确。传统的力法对于解决这种复杂节点已经显得力不从心。由于传统设计的诸多弊端, 美国钢结构协会 AISC 从 1981 年到 1990 年进行了大量试验。为了得到斜撑节点的最优设计方法 AISC 和 ASCE 还组成了一个联合试验组。经过大量试验数据的证实, 于 1992 年首次将均匀力法发表在《Manual of Steel Construction》中。通过大量试验以及计算, 最终证明均匀力法的破坏荷载和破坏模型最接近预期的破坏荷载和破坏模型。同时也通过比较不同力的分配方法以及设计方法, 得出均匀力法为最经济的设计方法。

下面主要以内蒙古锡林郭勒盟电厂和科威特大学城节点设计的具体要求和具体方法为例, 证明此种节点设计方法可以节约连接材料 5%~10%。

2 均匀力法的设计原理

2.1 均匀力法定义

均匀力法的本质就是找到连接处的几何形心去避免节点板与梁、节点板与柱以及梁柱间相互产生的弯矩。那么在这个节点的设计中可以有效地避免弯矩的产生而只计算剪力与拉力。这种设计方法被称为均匀力法。

2.2 均匀力法计算方式

2.2.1 常规计算形式

节点板的几何形心和工作点如图 1 所示, 梁柱斜撑的中心线交叉点如图 1 中 A 所示。

节点板的受力分布, 柱的受力分布以及梁的受力分布将会在图 1 中 B、C、D 展示。

当 α 与 β 确定后 V_c , H_c , V_b , H_b 的数值应按照下列公式计算。

$$V_c = \frac{\beta}{r} p \quad H_c = \frac{e_c}{r} p$$