



国际建筑业先进技术译丛

住宅钢结构设计与施工



Residential Steel Design and Construction

(美) John H. Hacker (约翰 H·海克)

Julie A. Gorges (朱丽叶 A·乔吉斯)

著

陈志华 等译

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际建筑业先进技术译丛

住宅钢结构设计与施工

(美) John H. Hacker(约翰 H. 海克) 著
Julie A. Gorges(朱丽叶 A. 乔吉斯)

陈志华 等译



机械工业出版社

本书分析了钢结构住宅的特点,论述了钢结构住宅的用钢量、钢屋架建造、钢框架连接系统、钢构件间热阻断、双立柱外墙、保温层等钢结构体系和构件的建造方法。本书以建造节能型钢结构住宅为目标,内容涉及到钢结构住宅的保温材料、渗漏和通风、太阳能设计、制冷和供暖、电气及照明等。并从设计和施工实践的角度,介绍了钢结构住宅的节能分析、组装方法、详细建造程序、细部构造、灾难易发区钢结构住宅和低造价钢结构住宅等内容。

本书是节能型钢结构住宅实践经验的总结,可供钢结构领域的结构、建筑、暖通、电气和材料等专业人员参考使用。

Residential Steel Design and Construction/John H. Hacker, Julie A. Gorges
Copyright © 1998 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All rights reserved. Authorized translation from the English language edition published by The McGraw-Hill Companies, Inc.

本书中文简体字版由麦格劳-希尔出版集团与机械工业出版社合作出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式抄袭、复制或节录本书任何部分。版权所有,侵权必究。

版权登记号:图字:01-2002-5824

图书在版编目(CIP)数据

住宅钢结构设计与施工/(美)海克(Hacker, J. H.), (美)乔吉
斯(Gorges, J. A.)著;陈志华等译. —北京:机械工业出版社, 2007
(国际建筑业先进技术译丛)

书名原文: Residential Steel Design and Construction

ISBN 978-7-111-22756-4

I. 住… II. ①海… ②乔… ③陈… III. ①钢结构—住宅—建筑设计 ②钢结构—住宅—建筑工程—工程施工 IV. TU241 TU745.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第173434号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:何文军 责任编辑:葛楠 版式设计:张世琴

责任校对:樊钟英 封面设计:张静 责任印制:洪汉军

北京汇林印务有限公司印刷

2008年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·13.625印张·522千字

标准书号:ISBN 978-7-111-22756-4

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68327259

封面无防伪标均为盗版

译者序

多年以前,木结构一直是北美住宅建筑的首选结构形式,但木材价格昂贵且起伏较大,并且砍伐树木也对自然环境造成了较大的破坏。钢结构住宅以其独特的优势,成为北美地区木结构住宅的换代结构,本书正是在大量钢结构住宅实践基础上的经验总结。

我国正处于节能型钢结构住宅的起步阶段。钢材无论是从强度、抗震性能、防火性能还是从加工制作、施工安装等方面来说,都优于传统的木结构和砖混结构,但不可否认的是,钢材的热导率高,因此如果不采用合理措施将会使住宅损失大量的能量,不能满足节能建筑标准的要求。

本书从上述问题出发,以节能为核心,详实地探讨了钢结构住宅的特点、结构设计、节能分析和建造方法,本书内容涵盖广泛,包括建筑、结构、暖通、水电乃至电气方面,详细介绍了如何考虑钢结构住宅设计的安全性、经济性、节能性和舒适性,体现了钢结构住宅建筑设计“以人为本”的设计理念。

除钢结构体系和构件等基本内容外,节能型钢结构住宅的内容包括了两部分:第一部分系统地介绍了建筑结构热性能和热量损失方面的知识,提出了多种解决钢结构热量损失的方法,包括合理地进行结构保温设计并选择和安装保温材料,通过细部设计解决空气的渗漏和正常的通风,选择和安装节能、经济的门窗,合理利用太阳能进行设计,选择合适的供暖与制冷系统,选择合适的电器及照明并利用节能技巧等;第二部分介绍了标准能量规范符合性资料以及用于能量计算分析的几个程序,详述了如何进行钢结构住宅的能量分析,如何准备节能审核资料等,还介绍了建造钢结构住宅常用的工具和连接件、如何按步骤建造钢结构住宅以及如何进行节能设计等。

附录是一些工程实践中非常有用的内容,包括《标准能量规范检验手册》、《住宅冷轧钢结构通用做法》、《住宅冷轧钢结构通用做法条文说明》以及用于节能计算的 EZFRAME 程序用户手册。

总之,本书是一本知识覆盖面广、知识结构系统有序的关于钢结构住宅设计与施工的书籍,在大力发展钢结构住宅,特别是节能成为重点的背景下,本书有助于更好地理解钢结构住宅系统的特点并建造经济节能的钢结构住宅。

本书的翻译成立了编译委员会。主任：陈志华，副主任：尹越、王小盾，委员：刘振文、荣彬、陈越、李成涛、李代国、李艳、马明、齐怀展、熊志福、张福俭、周浩璋、李毅佳、乔景、张立平和赵建波等。需特别说明的是，委员刘振文硕士在最后文稿整理中完成了大量工作。

由于专业涉及面广，虽历经三年多的努力工作，仍可能会有不准确或者不当之处，敬请批评指正，以便以后改正。

陈志华

2007年2月

致 谢

非常感谢下面的个人及他们所代表的公司给予本书的帮助和理解，以及对本书的编辑和审核：麦格劳－希尔国际出版公司的佐伊·芳德托斯——本书的编辑；全国住宅建筑者协会的比尔·法尔克斯；美国钢铁协会的卡门·葛瑞夫利；太平洋西北实验室的琳达·科奈尔。

当概要地编写出本书的建筑方法后，欧米加国际有限公司的所有者岑克和洛莉·布斯，人类栖息地组织的创始者琳达和米勒德·富勒，泰国贵族钢铁技术公司的凯蒂·萨那奇塔姆纽瑞等人为实践我们的创新观点提供了巨大的支持和指导。同时也感谢下面一些期刊的支持：《自动化建筑者》，《建筑行情》，《钢结构住宅摘要》，《永久性建筑和基础》期刊以及《西部供暖通风与空调信息》等。感谢美国建筑协会、建筑业协会、加利福尼亚能源委员会、南加利福尼亚爱迪生有限公司和燃气公司、住宅与城市发展部等鼓励节能建筑的先驱，他们的奖励也给予了我们一定的支持。此外还要感谢雷·豪斯为我们提供了人类栖息地——住宅的图片。

我还要感谢我的家人对我各方面的支持：我的妻子卡门这些年来一直在背后支持我；我的儿子丹为我提供了技术支持，特别是广泛的电脑知识，并花费了大量时间起草和排版；我的女儿钟妮为本书提供了一些图片，并组织了各种会议及家内接待；还有我的小女儿妮可儿及她的丈夫比尔。最后，我必须感谢朱丽叶·乔吉斯，作为一个作家，我们互相合作，她经常与我讨论，她用她的智慧使本书变得易读易懂。

约翰 H. 海克

除了上面提到的这些人外，我还要感谢我的丈夫斯科特、我的孩子乔纳森和克里斯托弗，感谢在这段漫长而又困难的时期他们的耐心、理解和支持。自由作家都知道，通往成功的道路都是艰苦的，有时也是痛苦的。我的母亲卡门，这些年来一直支持着我，我要感谢在我写作期间她给予我的信念和鼓励。最后，这本书不能缺少我的合作伙伴约翰·海克，他有着丰富的专业背景、创新的思想和技术知识，在他退休后经过长期、艰苦的研究，成就了本书中丰富的和创新的技术。

朱丽叶 A. 乔吉斯

缩 略 语

ACCA	美国空调商	FWA	动力暖空气
ACEEE	美国节能经济委员会	HID	高强放射灯
AFUE	年能源利用率	HRU	废热回收系统
AHAM	住宅设备制造商协会	HSPF	供暖系统性能指数, 一种
AISI	美国钢铁协会		衡量供暖设备效率的方法
ARI	空调与冰箱协会	HUD	住宅与城市发展部
ASTM	美国材料与试验协会	ICBO	国际建筑官员委员会
btu	英国热量单位	MEC	标准能量规范
CABO	美国建筑官员协会	MILS	1/1000 in
CFC	氟氯烃	MEPS	模塑型聚苯乙烯
CFL	小型荧光灯	NAHB	全国住宅建筑者协会
cfm	立方英尺空气/min	O. C.	中心
DOE	美国能源部	ORNL	橡木岭国家实验室
EER	能量效率比	OTW	定向刨花板
EIFS	外保温饰面系统	RF	射频灯
EPA	环保局	SEER	季节能量效率比
EPS	膨胀型聚苯乙烯刚性保温	SERP	超节能冰箱工程
	材料	UBC	统一建筑规范
Et/Ec	热效率/组合效率系数	XEPS	挤塑型聚苯乙烯
FPSF	防冻浅基础		



译者序
致谢
缩略语

第一部分 节能钢结构基本原理

第一章 绪论	3
为何采用钢材建造住宅	3
钢结构的优点	5
钢结构可以是节能的	6
经济高效	14
你也可以建造节能的钢结构住宅	15
第二章 结构设计	16
热传递和热桥	16
保持用钢量最小	19
自行建造屋架	20
使用钢框架连接体系	21
最小化钢材的厚度	22
在腹板上冲大孔	22
安装水平的“帽形钢”	23
在金属构件之间设置热阻断	23
减少空气对流	24
建造双立柱外墙	24
安装合适的保温层	25
第三章 保温材料	26
专用棉毡保温材料	26

外部隔热盖板	27
安装外墙隔热盖板	28
混凝土砌块和板材	29
混凝土垫板边缘保温	32
第四章 渗漏和通风	36
通过设计细部消除渗漏	36
管道的重要性	38
在空调区内安装管道	39
密封管道漏缝	40
管道系统保温	41
气密的窗户	41
门的选择	43
窗户和门的安装	43
密封易漏气的缝隙	43
堵缝	44
挡风雨条	45
空气质量	45
防潮层和气密层	45
通风系统	46
排气扇	47
室外通风	47
氢排放	47

第五章 窗和门	50	制冷能力	68
窗	50	确定空调的型号	69
R 值和 U 值	51	计算制冷和供暖负荷	69
玻璃材料的类型	51	季节能量效率比 (SEER)	70
分层玻璃和空气层	52	供暖	71
窗框和隔片材料	52	燃炉	71
超级窗	53	电力供暖设备	72
门	53	热泵	72
造价与受益	54	其他供暖方式	73
第六章 太阳能设计	55	热水器	73
太阳能系统	55	第八章 电器及照明	76
建筑地点与朝向	57	电器	77
窗的布置与遮光处理	59	冰箱	77
窗的布置	59	洗衣机	79
窗的遮光处理	60	干衣机	80
景观设计	62	洗碗机	80
遮光	62	火炉/烤箱	80
防风林	63	微波炉	81
地被/草地	64	更多信息	81
蒸发降温	65	照明	81
蓄热体	65	房间特点	81
结论	65	光源	82
第七章 制冷与供暖系统	67	灯光布置	83
制冷	67	开关控制	83
		照明技巧	84

第二部分 节能钢结构的材料、细部和技术

第九章 节能分析	87	自行准备节能审核	89
MECcheck TM 标准能量规范符合性		必填信息	90
资料	87	天花板	91
EZFRAME 程序	88	墙体	93
其他能量计算程序	88	玻璃	94
		门	94

混凝土地板	94	制作角部剪力板	126
如果计算结果没有通过	95	安装角部剪力板	127
比较评定菜单	95	过梁	128
选择经济节能的材料和设备	97	建造墙体	129
第十章 材料和工具	99	扁钢带支撑	131
材料	99	剪力板细部	133
墙体立柱	99	压紧细部	133
冲孔	100	屋架建造	136
导轨	101	屋架	137
其他钢结构构件	101	用夹具组装屋架	138
订购材料	103	屋架与墙体的连接	138
螺钉	103	屋顶面层	140
选择螺钉尖	105	安装门窗	141
螺钉的使用	105	安装石膏板	141
工具	105	内墙安装技巧	143
切割工具	105	第十二章 节能详解	145
连接工具	108	结构设计	146
传动头	110	保温层和泡沫混凝土结构	147
其他工具	111	渗漏和通风	147
安全准则	112	门窗	148
第十一章 按步建造详解	113	太阳能设计	148
建造人员	114	供暖与制冷系统	149
组装方法	114	照明	149
基础	114	节能电器	150
防冻浅基础保温混凝土垫板	115	景观设计	150
标准保温混凝土垫板	116	淋浴喷头与冲水马桶	150
混凝土垫板支模	117	节能房屋销售	150
制作、安装保温模板托架	119	能量分析	150
浇筑混凝土前的工作	121	第十三章 特殊钢结构应用	156
安装底部导轨	121	可建造在大风、地震、洪水和	
高架基础与地板的建造	121	火灾易发区的房屋	156
高架基础与混凝土地板造价比较	122	低造价住宅结构建造详解	157
墙体建造	125	防洪建筑	159

国外钢结构	160
采用 OTW(非木质材料)建筑系统 (美国专利号 5596860)	160
结论	165

附录 A 标准能量规范检验 手册	167
---------------------------	-----

附录 B 住宅冷轧钢结构通用 做法	237
附录 C 住宅冷轧钢结构通用 做法条文说明	295
附录 D EZFRAME 用户手册 ...	369

术语表	417
-----------	-----

第一部分

节能钢结构基本原理

第一章 绪 论

在北美，几十年来木结构一直是住宅建筑的首选结构形式。但在过去几年里，木材价格的昂贵和起伏不定、框架木材质量的降低以及环境保护等因素使得住宅建筑者们开始寻求新的结构形式。由于钢结构建筑具有很多优势，因此越来越多的建筑者开始采用钢结构。

然而，建筑者们发现了一个用钢材建造房屋的不利因素——能量效率，一个 20 号 (0.033in 厚) 标准钢立柱的热导率要比 1.5in 厚木立柱的热导率大 10 倍以上，因此，设计质量较差的钢结构系统将大大增加供暖和制冷花费，怎样才能在保证经济性的同时弥补这种能效损失呢？

本书对这个问题进行了讨论，并证明了钢结构也可以做到节能又经济。在下面的章节里，你会发现，一些经过实践检验的建筑方法能够使住宅或商业建筑在合理的造价下具有无可比拟的节能性。

下面，首先来讨论一下为什么要考虑用钢材建造房屋。

为何采用钢材建造住宅

在回答这个问题之前，我们先来看看为什么前人主要采用木材或泥土建造住宅。简单来说，这是因为人们采用了当时可利用的材料和技术。用泥土建造房屋是因为它是可行的，并且当时的人们没有其他的技术可用。游牧者用动物的毛皮建造帐篷是因为他们有机会捕猎，并且他们需要能够迅速建造并随时移动的建筑。当游牧者在新领地定居后，由于周围有大面积的森林，因而用木材建造房屋就变得顺理成章。随着技术的进步，早期的木框架和“立柱墙”已基本取代了漏气并浪费材料的圆木住宅。

考虑到当前的可行性和技术条件，木结构还是不是最好的选择呢？一个典型的 2000ft² 的木结构住宅需要 40 ~ 50 棵树，在美国，每年要建造 135 万座住宅，这就意味着每年要砍掉 5000 万棵树木。

据 1996 年 4 月 15 日的《洛杉矶时报》报道，在俄勒冈州罗斯堡附近的安普夸国家森林，“国会去年授权将一些有 800 ~ 1000 年树龄的大树做上黄色标记以备采伐”，读者可能听说过近期一些抗议者反对在北加利福尼亚的水源森林的红杉上做黄色标记的事。

尽管很多人认为木材是可再生资源，但传统的砍伐方式还是引发了环境问

题。根据《环境建筑信息》(第3卷第4期),“那些用于尽可能供应木材的森林在作为野生动物的栖息地、循环利用、甚至全球气候控制等方面的效果越来越差”。森林是环境中水循环的一个重要环节,许多专家认为,1995~1996年太平洋西北部那次毁灭性的洪水就是由于山边明显的砍伐破坏了分水岭所造成的(图1-1),仅在华盛顿州就造成了总共3.855亿美元的损失。除此之外,20世纪70年代和80年代的严重砍伐导致了一些地区木材供应短缺,从而人们产生了这样的疑问,那就是能否在可持续方式下满足美国的木材需求。



图1-1 在华盛顿州的严重砍伐引发了环境问题

相比之下,钢材能被无限制的再利用。如果建造一所普通房屋的框架需要用40~50棵树,那么采用钢材时仅需要6辆报废汽车的钢材。在美国平均有46%的钢材重复利用,实际上所有用于住宅建设的轻质钢材都含有了一些再利用的钢材。

另一个应该考虑的因素是经济性。由于木材价格上涨,与普通居民收入相关的住房消费也在不成比例地增长,高昂的建造费用和用于供暖及制冷的费用几乎使上百万的人们拥有个人住宅的希望和美梦破灭。因为钢材的价格是稳定的,所以用钢材建造房屋的前景是光明的,再加上因减少能源浪费而产生的效益,这种房屋的销售状况将是相当可观的。

钢结构住宅还有一些非常重要的国际意义。过去,美国的木结构房屋所用的木材供应很充分,但许多其他的国家没有这种稳定高效的木材供应,他们通常以很高的价格进口木材。除此之外,消防用水缺乏和白蚁问题也是不利的条件。既然全世界都在生产钢材,因此钢材对于其他国家解决住宅需求来说甚至更为重要。

钢结构的优点

钢结构住宅和商业建筑不仅减少了树木的砍伐,而且与木结构住宅相比还有许多其他优点。

1. 钢结构能生产成各种需要的尺寸,比木材更节约材料。
2. 钢材不会翘曲、弯曲、腐烂或者被白蚁破坏,家里也很少会被啮齿动物侵害。
3. 钢立柱、托梁和屋架的重量是木制的 30%,这使得组装钢结构墙体也更加容易。
4. 钢材的价格比木材要稳定得多。
5. 钢材的耐火性好于木材。
6. 螺钉和锚栓的抗震能力好于钉子。
7. 由于钢构件能承受较大的风荷载,因此钢结构房屋能够更好地抵抗飓风和台风。
8. 因为软木散发的烃具有刺激性,而钢材不需要采取化学保护措施,因此对化学物较敏感的人们更喜欢钢材。除此之外,不需使用杀虫剂和用杀蚁剂处理土壤也对室内空气质量起到了一定的作用。

前几年加利福尼亚的大火和地震已经证明了木结构的缺陷,同时也显示了钢结构房屋的上述优点。例如,在 1992 年加利福尼亚的兰德斯/大熊地震后,笔者被多个保险公司雇佣来为在地震中遭受破坏的房屋提供辩护报告。大部分破坏房屋为木结构,好几个老房屋倒塌是因为白蚁对墙体的侵蚀。在多层住宅中,房屋倒塌是因为胶合板剪力墙钉在了距边缘太近的 2in×4in 的立柱上,整个立柱已经裂开了。在屋顶与墙的连接处腐朽已经很明显,出现了裂缝。

另外一个例子,1993 年一场大火摧毁了笔者在 1965 年设计的一个分项工程(位于加利福尼亚州拉瓜那海滩),这场大火使 200 户家庭失去了房屋,木结构房屋助长了火势并使消防队员无法扑救这场突发的火灾,惟一在这场大火中幸存下来的房屋不是木结构的。

毋庸置疑,考虑到木材价格的昂贵及不可预测性、保护森林的需要以及前面讨论过的钢结构的优点,钢材是建造住宅或商业建筑的很好的材料,这就是越来越多的人转向钢结构的原因。

《建筑者》最近的一份调查表明,54% 的建造者们目前正采用一些木材的替代形式,并计划在未来 5 年内采用更多的钢结构和其他的木材替代物。尽管建造者们以传统保守著称,但调查表明这些决定结构形式的建造者们正在采用新的材料和技术以满足市场需要、规范要求和造价的挑战等,他们无疑在期盼着更多的

产品革新,最感兴趣的包括钢结构、结构隔热板、新型混凝土产品和节能产品等。

美国钢铁协会(AISI)估计,在1994年50000~75000户住宅使用钢结构的基础上,到2000年,25%的新住宅将采用钢结构。对于普通人来说,这些数字看起来可能有点高,因为很多人并不认可钢结构房屋,如果提到一个用钢材建造的房屋,人们经常会联想到工厂里的钢盒子或金属材料建造的谷仓。由金属制成的钢结构住宅其实并不令人意外,它们看起来像其他传统结构一样美丽(图1-2),因为框架是隐藏起来的,所以这些房屋的内部和外部看起来都很普通,石膏板、墙面、屋面和饰面材料都可以很容易地安装到钢结构构件上。



图1-2 钢结构住宅与传统住宅的外观没有什么区别

但是,正像本书开始提到的那样,钢结构建筑在具备许多优点的同时还有一个明显的不利因素——能量损失,建造者们能克服这种缺点吗?

钢结构可以是节能的

根据40多年来设计钢结构节能建筑的经验,笔者不止一次地发现,通过一