

钢结构住宅小区规划 及建筑设计中的新理念

GANGJIEGOU ZHUZHAI XIAOQU GUIHUA JI
JIANZHU SHEJI ZHONG DE XIN LINIAN

沈丽虹◎著

山西出版集团
山西科学技术出版社

钢结构住宅小区规划及 建筑设计中的新理念

沈丽虹 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

山西出版集团
山西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢结构住宅小区规划及建筑设计中的新理念 / 沈丽虹
著. —太原:山西科学技术出版社, 2008. 5
ISBN 978-7-5377-3213-0

I. 钢... II. 沈... III. ①钢结构—住宅—居住区—城市
规划②钢结构—住宅—建筑设计 IV. TU984.12 TU241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 069787 号

钢结构住宅小区规划及建筑设计中的新理念

沈丽虹 著

出版:山西出版集团·山西科学技术出版社
(太原建设南路 21 号 邮编:030012)

发行:山西出版集团·山西科学技术出版社(电话:0351-4922121)

印刷:山西省建筑科学研究所印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:8.25

字数:155 千字

版次:2008 年 5 月第 1 版

印次:2008 年 5 月太原第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5377-3213-0

定价:25.00 元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与发行部联系调换。

前 言

钢结构住宅的研究在我国起步较晚,就目前的研究内容而言,主要集中在结构设计方面,对于钢结构住宅的建筑设计研究十分缺乏。而钢结构的建筑设计是钢结构住宅设计的重要组成部分,在钢结构住宅设计中应当以建筑设计为先导,因此,开展这方面研究极为紧迫。

本书尝试在钢结构住宅小区规划、单体建筑设计及 90m²套型设计中引入一些新的建筑设计理念。

1. 在钢结构住宅的规划设计中引入仿生学理念

经过亿万年的进化,生物体及其所筑造的巢穴都能够以不同的方式适应周围的环境,能够更有效地利用材料和能源。从仿生学这一全新视角出发来指导钢结构住宅的规划设计,有助于住宅设计和小区规划方面某些具体问题的有效解决,有助于协调住宅建筑和自然之间的相互关系,因此具有一定的现实意义。

本书通过查阅大量的建筑仿生方面的文献资料,总结提取出一些有效的仿生学理念,用于指导钢结构住宅的规划设计。其中,住宅小区规划中的仿生学理念有:共生理念、新陈代谢理念、整体布局仿生理念、小区道路交通体系仿生理念及小区采光仿生和多功能仿生理念;单体建筑设计中的仿生学理念有:形态设计仿生理念、功能设计仿生理念、能源利用仿生理念、建筑材料仿生理念和结构构件仿生理念。

运用仿生学理念指导钢结构住宅的规划设计,能使人们的居住空间变得更舒适、美观、经济、安全和节能,对于建筑设计人员来讲,这是一种值得借鉴的创新思路。

2. 钢结构住宅 90 m²套型建筑设计新理念

钢结构住宅的建筑设计问题很多,本书结合目前我国大力倡导建设中小套型为主的住房消费模式的有关规定,重点研究了钢结构住宅建筑设计中 90 m²套型设计。

通过对住宅建筑设计的基本原理,以及 90 m²套型优化设计的探讨,在结合钢结构自身优势的基础上,对比其他传统结构形式,总结出适合于钢结构住宅 90 m²套型设计的要点,重点将钢结构住宅及目前国家大力提倡的中小套型住宅相结合,进行了较为系统的整合研究。同时,针对不同户型方案,对比了传统结构住宅与钢结构住宅的各项指标。结合钢结构住宅的结构特点,以灵活、可变作为实例分析的重点,从而得出钢结构住宅 90 m²套型设计的可行性,对方便钢结构住宅配套户型的开发有着一定的参考价值。

钢结构住宅的建筑设计是一个系统工程,套型设计虽然只是其中一项内容,但至关重要。通过对套型设计的研究,有利于突破旧有户型的限制,开发出符合市场需求、功能布局合理、经济适用的与钢结构本身特点相符合的套型。

目 录

1	钢结构住宅及其优势	(1)
1.1	研究钢结构住宅的必要性	(1)
1.2	钢结构住宅的优越性	(1)
1.3	研究钢结构住宅的可行性	(3)
2	钢结构住宅的发展动态	(6)
2.1	国外钢结构住宅的发展动态	(6)
2.2	国内钢结构住宅的发展动态	(7)
3	钢结构住宅建筑设计中存在的问题	(14)
3.1	建筑师的问题	(14)
3.2	功能的可调性问题	(15)
3.3	与环境的融合问题	(15)
3.4	钢结构住宅设计中遇到的材料、构造、节能 以及钢结构配套问题	(16)
3.5	钢结构住宅建筑防火、防腐蚀的问题	(16)
3.6	社会对钢结构住宅的接受问题	(16)
4	钢结构住宅建筑设计理念的探讨	(17)
4.1	建筑设计理念的转变	(17)
4.2	建筑设计相关问题的探讨	(19)
4.2.1	钢结构住宅建筑平面设计中的问题	(19)
4.2.2	钢结构住宅建筑剖面设计中的问题	(20)

4.2.3	钢结构住宅建筑体型和立面设计中的问题	(21)
4.2.4	钢结构住宅建筑构造设计中的问题	(21)
4.2.5	钢结构住宅建筑设计其他方面的问题	(23)
4.3	仿生设计理念	(24)
4.3.1	仿生学概述	(24)
4.3.2	建筑仿生学概述	(26)
4.3.3	仿生学在建筑领域的研究动态	(31)
4.3.4	传统设计理念与仿生设计理念的比较	(37)
5	钢结构住宅小区规划中的仿生学理念	(39)
5.1	住宅小区规划指导思想	(39)
5.2	仿生学在古代城市和村镇规划中的应用	(40)
5.2.1	中国古代城市仿生	(40)
5.2.2	中国古代村镇仿生	(44)
5.3	住宅小区规划设计中的仿生学理念	(46)
5.3.1	“共生”理念	(46)
5.3.2	“新陈代谢”理念	(49)
5.3.3	小区交通仿生理念	(50)
5.3.4	小区布局仿生理念	(52)
5.3.5	小区采光仿生理念	(53)
5.3.6	小区多功能仿生理念	(54)
5.4	仿生理念对钢结构住宅小区规划设计的启示	(55)
5.4.1	“共生”理念的启示	(55)
5.4.2	“新陈代谢”理念的启示	(56)

5.4.3	仿生交通体系的启示.....	(56)
5.4.4	小区布局仿生启示.....	(57)
5.4.5	小区采光仿生启示.....	(57)
5.4.6	小区多功能仿生启示.....	(57)
5.5	钢结构住宅小区工程实例评析.....	(57)
6	钢结构住宅单体建筑设计中的仿生学理念.....	(60)
6.1	单体建筑设计指导思想.....	(60)
6.2	单体建筑设计中的仿生学理念.....	(61)
6.2.1	形态设计仿生理念.....	(61)
6.2.2	功能设计仿生理念.....	(65)
6.2.3	能源利用仿生理念.....	(71)
6.2.4	建筑材料仿生理念.....	(74)
6.2.5	结构构件仿生理念.....	(78)
6.3	仿生理念对钢结构住宅单体设计的启示.....	(79)
6.3.1	形态设计仿生启示.....	(79)
6.3.2	功能设计仿生启示.....	(79)
6.3.3	能源利用仿生启示.....	(80)
6.3.4	建筑材料仿生启示.....	(80)
6.3.5	结构构件仿生启示.....	(81)
6.4	钢结构住宅单体建筑工程实例评析.....	(81)
7	钢结构住宅建筑套型设计探讨.....	(84)
7.1	套型设计基本原则.....	(84)
7.1.1	单一房间设计.....	(88)

7.1.2 套型空间的组合设计	(95)
7.1.3 套内空间的灵活分隔	(100)
7.2 90 m ² 套型的优化设计	(103)
7.2.1 90 m ² 套型研究的必要性	(103)
7.2.2 90 m ² 套型优化设计要点分析	(107)
7.3 90 m ² 套型典型设计案例评析	(111)
7.3.1 传统结构与钢结构住宅 90 m ² 套型评析	(111)
7.3.2 钢结构住宅——可变性住宅的实例分析	(114)
结语	(120)
参考文献	(121)

1 钢结构住宅及其优势

1.1 研究钢结构住宅的必要性

钢结构住宅建筑是住宅建筑的一个分支，它与砖石结构、钢筋混凝土结构、木结构一样是住宅建筑的重要组成部分，它以工厂化生产的钢梁、钢柱为骨架，同时配以新型轻质、保温、隔热、高强的墙体材料作为围护结构建造而成，其主要承重骨架是由钢构件或钢管混凝土构件所组成。它在美国、英国等国家的发展应用已有上百年历史，我国钢结构住宅起步很晚，大规模研究开发、设计制造、施工安装钢结构住宅还是近些年才发展起来的，由于它具备其他结构无法比拟的优点，因而在国际范围内代表了未来住宅发展的新模式。

在我国研究开发和引进钢结构住宅体系，促进钢材循环使用，是落实“发展循环经济、建设节约型社会”方针的一项具体措施。

首先，在节地方面。一是能取代实心粘土砖。钢结构住宅采用复合墙体，主要构造为冷弯薄壁型钢龙骨、保温棉、石膏板等材料，完全可以取代目前我国尚在大量使用的实心粘土砖，减少因烧砖而毁坏的耕地。二是能有效利用土地资源，增加住宅使用面积。由于多层钢结构住宅采用复合墙体，截面积小于砌体结构和混凝土结构，可有效增加使用面积。

其次，在节能方面。若采用钢结构建设住宅，按照欧美标准，住宅的实际年耗能可以降低到 $6\text{L油}/\text{m}^2$ ，大约相当于标煤 $8.75\text{kg}/\text{m}^2$ ，即可节约标煤 $17.5\text{kg}/\text{m}^2$ 。

第三，在节水方面。由于钢结构在施工中采用干作业，除基础施工时用水，施工现场几乎不用水，这样，建设多层钢结构住宅仅施工用水一项每年可节约水资源十几亿吨。

第四，在环境保护方面。目前我国多层住宅结构体系主要为砌体结构及混凝土框架结构，大量采用硅酸盐水泥材料，在建筑解体后它将变成难以循环再利用的废弃物，给环境造成极大的破坏，目前许多发达国家均在研究如何尽可能降低水泥制品的用量。相比之下，钢结构是十分有利于环境保护的住宅建筑体系。^[1]

1.2 钢结构住宅的优越性

传统住宅的设计、施工有许多不尽如人意的地方。如：墙体的开裂，保温与隔音功能差，房屋布局不灵活，有死角，水电管线占用使用面积以及二次装修造成房屋隐患等问题，这些问题降低了我国住宅的质量和档次，用钢结构及与之相配套的保温节能墙体来代替砖混结构可以避免上述问题。

钢结构住宅与传统结构相比，在使用功能、设计、施工以及综合经济方面具有优势，主要体现在以下方面^[2]：

1. 设计制造周期短，设计生产一体化

现代结构设计借助计算机和专业结构分析软件，使得设计周期大大缩短，且设计

中的修改和调整非常方便。同时，由于钢结构具有工厂预制、现场安装的特点，可以将前期设计和现场的生产手段相结合，通过网络计算机和数控机床结合，使设计人员在工作室完成设计后，即由工厂的生产线完成产品制作，具有极高的效率和精确度，可以大大减少项目建设周期。

2. 能够合理布置功能区间

传统住宅由于所用材料的性质，限制了空间布置的自由。如果开间过大，会造成楼板厚度大，梁柱截面过大，不但影响室内美观，而且加大结构重量，增加土建投资。居民在二次装修时常自行改变墙体布置，既增加经济负担，又因破坏承重墙而增加了危险隐患。而钢结构住宅，由于钢材强度高的特点，可采用大开间柱网布置，使得建筑平面分隔灵活，既为建筑师提供了回旋余地，又满足了用户改变结构的可能，可以利用非承重墙体灵活分隔室内空间，形成开放式住宅。同时，利用钢结构连接简单的特点，在垂直平面内比传统结构能更好地应用错层、跃层结构。由于钢结构住宅的构件截面尺寸小，避免了强梁肥柱，可以增加使用面积。据统计，住宅内有效使用面积可以提高约4%~6%。^[3]

3. 承载强度高，抗震性能优越。

由于钢结构所用钢材屈服强度高，16 锰钢（厚度 17~25mm）屈服点 325N/mm²。屈服强度高，使得相同的截面，钢结构承载力最大，相同的荷载，钢结构截面最小。钢结构重量轻，约为混凝土结构的 1/2，砖混结构的 1/6~1/4，六层轻钢住宅的重量仅相当于四层砖混结构的重量，因此，本身所受的地震作用小，而且，钢材的塑性和韧性性能好，有较好的耗能能力，因此抗震性能好，结构安全度高，能够避免建筑物的倒塌性破坏。从国内外震后调查结果看，钢结构住宅建筑倒塌数量是最少的。比如日本一些处于地震带地区的国家的住宅采用钢结构较为普遍，具有良好的抗震能力。

4. 施工方面的独特优势

钢结构构件及其配套技术相应部件绝大部分可以实现工厂化制作，在现场通过焊接螺栓进行整体组装，施工安装速度快，工期比相应的钢筋混凝土结构和砖混结构缩短 1/3~1/2。施工现场作业量小，减少了施工临时用地，与传统建筑材料相比，由于是装配化施工，对周围环境污染小，建筑垃圾少，建筑施工噪声可以减小到最低程度。

5. 综合造价低

钢结构自重轻，地基的处理就比较容易。由于基础在工程造价中占有比重比较大，从而减少了整个项目的投资。钢结构体系装配化程度高，施工速度快，可以大大提高资金的回收速度，降低企业投资成本，降低投资风险，提高资金的投资效益。因此，钢结构住宅的综合造价低于传统的住宅体系。

6. 符合可持续发展的要求

钢结构适宜工厂批量生产,工业化、商品化程度高。它能将节能、防水、隔热的门窗和墙板等先进的成品集合在一起,实现综合成套使用,将设计、生产、施工安装一体化,提高住宅的产业化水平。今后随着城市建筑的发展,城市改造需要拆除大量的旧建筑,钢结构比传统结构的拆除更方便实施,而且钢材是一种绿色环保材料,具有很高的再循环使用价值。配套的墙体材料也多是可再生利用的环保材料。建筑拆除后不会产生太多的建筑垃圾,污染小,符合可持续发展战略。

综上所述,钢结构住宅是适合创新的住宅结构体系。钢结构可随着人们审美观的不同,使用功能要求的不同,设计各种造型、尺度、空间的新型房型。生产厂家能高精度、高质量、高速度完成,使建筑物达到既美观又经济的效果。

钢结构住宅还是最适合住宅弹性设计的结构体系。随着高科技的发展,人们的观念与生活方式也将不断更新与变化,对住宅总体质量的要求也将不断提高,为此,住宅设计必然需要考虑与这些不断变化的因素相协调、相适应,从而出现弹性设计的新天地。

钢结构住宅更是一种绿色环保建筑,可再生重复利用,符合可持续发展的战略。

专家预言:钢结构住宅是建筑现代化发展的一个重要标志,21世纪钢结构将占领广阔的建筑市场。

1.3 研究钢结构住宅的可行性

1. 我国经济以7%以上的速度持续发展

2005年城乡住宅投资占全国GDP的8.49%,住宅逐步成为国民经济的支柱产业。

2005年住宅开工面积达15亿 m^2 ,竣工面积为4.6亿 m^2 。

预测2010年城市化水平达到45%,10年内将新建56亿 m^2 住宅,竣工面积达到5.6亿 m^2 /年。

为满足住宅用户多元化、个性化的需求,钢结构住宅建筑会逐步得到发展,如按年竣工面积的1%~5%采用钢结构住宅计算,每年将达到560万~2800万 m^2 ,需用钢材28万t~140万t/年。^[4]

2. 我国建筑钢材数量、品种、质量基本满足钢结构住宅建筑的需要。

2005年全国钢材产量已达3.52亿t。强度级别为Q235和Q435,规格品种可供设计者选用。各钢厂对建筑钢材的使用要求越来越加重视,一批钢材配送服务中心的建立为用户提供了更好的服务。

据统计我国全年粗钢产量达到3.52亿t,是俄美日韩四国的总和!占世界钢产量的31.1%。同时,中国生产高增长,市场需求平稳增长,但产大于需的矛盾已经开始显现。2005年供求关系表现在市场短缺——价格提高——企业进入,利润丰厚吸引更多的进入者(2004年钢材涨价较2001年翻番),结果导致竞争的加剧,钢材价格下降40%~50%,企业亏损。钢产量过剩,钢材价格回落,大力发展民用建筑用钢成为必然。目前建筑用

钢才只有总产量的1%~2%/年(几百万吨型材)。同时,随着大型公共建筑的高潮回落,住宅建筑用钢仍然是发展方向。随着城市化进程,住宅建设还将有20至30年的高速发展,在住宅中应用钢结构有利于建筑市场向多元化方向发展,是推行住宅产业化的一种方式。此外国家提倡“节能省地”型住宅,要求采用资源消耗和环境影响小的建筑体系、不低于30%的废物利用新建材、可循环使用的再生建材用量大于5%。^[5]

3. 全面建设小康社会的需求

党的十六大,向我们提出了宏伟目标,要在本世纪的头二十年,集中力量、全面建设惠及十几亿人口的更高水平的小康社会,科技更加进步、文化更加繁荣、社会更加和谐、人民生活更加殷实。再继续奋斗几十年,到本世纪中叶,基本实现现代化。

在全面建设小康社会的今天,住宅产业是一个符合时代的要求,发展前途是很光明的,具有很大生命力的,市场前途很广阔的行业。无论从国际建筑业的发展经验、走过的道路以及目前的状况都可以看出这一点。

- 国家城镇化的发展需求

- 农村人口对住房的需求

- 随着人民生活中可支配的费用的增加、生活水平的提高、住房条件的改善需求、第二居所的需求以及城市危旧房屋的改造方面。

目前,世界上发达国家的城镇化水平都在70%~80%之间。1990年,根据联合国人居中心的统计资料,非洲地区城镇化水平为33.9%,拉丁美洲地区为71.5%,大洋洲为70.6%,北美洲为75.2%,欧洲地区为73.4%。发展中国家的平均水平为37.1%,而我国1990年为26.4%,1995年上升为29%,比发展中国家分别低11个百分点和8个百分点。

目前,我国共有城市663个,建制镇20312个,集镇23507个,城镇总人口为4.56亿,小城镇人口达11268.15万人,按人口计算的城镇化水平为36.2%。据有关部门预计,到2010年,城镇化水平将达到45%。城市人口将达到6.3亿,比2000年增加人口1.7亿。

2000年我国城镇化率为36.2%。近10年城镇化率年均提高约1个百分点。到2020年将达到56%。从国际经验看,工业化中期阶段是城镇化水平提高最快的时期。以我们的近邻,日本和韩国为例。日本在1947~1975年的工业化加速时期,城镇化水平由28%提高到75%,28年提高47分点,平均每年提高1.67个百分点。韩国1960~1981年城镇化水平从28%提高到56%,21年提高28个百分点,年均提高1.33个百分点。今后20年我国工业化进入加速阶段,政策上要采取一系列措施加以扶持和引导,城镇化率每年提高1个百分点应该是有问题的。

事实上我国2000年后的几年,城镇化水平的提高,每年都超过这一数值,据报道达到2个百分点。

据有关方面估计，中国房地产业还存在很大的发展空间，仍将保持较长时间的快速增长，将最少兴盛 20 年。

国家统计局的全国抽样调查显示，中国每年新增 1%的城市人口，大约为 1800 万~2000 万。新增人口的住房需求，按人均住房 22m^2 计算每年将需要 4.4 亿 m^2 ，从农村流向城市流动人口数量为 1.3 亿，按人均需住房 15m^2 计算，这个群体也需要大量的住房。原城镇居民住房改善的需求也很大，各大城市都在进行危房改造、拆除、兴建，每年改造近 5 亿 m^2 （目前国家已经进行适当调控，大约控制在 2 亿~3 亿 m^2 ）。

根据上述，每年住房需求大约 8 亿 m^2 ，再加上人们的生活提高，住宅改善的要求，从现有的 $25\text{m}^2/\text{人}$ 增加至 $30\sim 35\text{m}^2/\text{人}$ ，需求必然更大，因此，市场广阔，其中如果 10% 是钢结构住宅，其数量相当可观。从实践中也可以看出，2004 年，莱钢建筑公司已建立了五个加工基地，所开发的钢结构住宅有 10 个项目，达 7 万~80 万 m^2 之多，说明只要从以人为本出发，方法对头，将力量用在系统化上，就会逐步地将钢结构住宅推向一个新的发展水平。^[6]

4. 国家已有大量的技术规范支持

建筑钢结构设计、制造、施工采用的有关国家标准规范都是钢结构住宅发展的有力推动。其中技术标准共有 58 本，包括：材料标准 31 本（材质 5；型材 10、板材 13、管材 1；涂料 2）；设计标准 26 本（通用 3；专用 3、高耸 3、空间 3；轻钢 6；组合 5；连结 2；加固 1）；施工标准 1 本。^[5]

钢结构住宅发展符合住宅产业化要求，属于绿色建筑；是建筑行业整体技术进步的体现；能带动相关产业的发展，且经济条件具备，有一定的技术基础，是社会发展和建筑多元化的需要；因此发展钢结构住宅具有一定的意义和可行性。

2 钢结构住宅的发展动态

2.1 国外钢结构住宅的发展动态

早在 20 世纪初, 钢结构在国外建筑业已广泛应用于中小型工业、商业、社区、文教卫生等建筑。20 世纪 60 年代国外钢结构住宅发展已经较为完善, 形成了几种主要的结构体系, 其中具有代表性的是由美国麻省理工学院首先提出的错列桁架体系, 最初用于 1967 年建成的明尼苏达圣保罗的老人公寓。^[7]

由于环保意识的加强和木材短缺等因素, 20 世纪七八十年代在国外发达国家如美国、日本、英国等, 工业化钢结构住宅产品开始得到应用和发展。其中具有代表性的有日本清水株式会社的预制装配化钢结构中低层住宅和意大利的 BASIS 工业化建筑体系。^[8] 钢结构住宅已经开始向个性化、高环境质量的工业化要求迈进。

20 世纪 90 年代以后, 国外工业基础和技术标准体系, 都已达到了基本成熟稳定的发展状态, 这时钢结构住宅工业化建设逐渐从数量的发展向质量的提高方向过渡。许多国家如美国、日本、英国等, 都积极推动预制装配化钢结构中低层住宅。据报道, 轻钢结构在美国发展最快, 1965 年轻钢结构在美国仅占建筑市场 15%, 1990 年就上升到 53%, 而 1993 年则已上升到 68%, 到 2000 年已经上升到 75%, 许多 1~2 层民用住房、别墅和度假村房屋都采用钢结构。美国最早采用钢框架结构建住宅, 在 1992 年就有工业化钢结构住宅 900 栋, 1996 年, 已有了十几万栋钢框架小型住宅, 而 1998 年就达到 12 万栋, 2000 年更达到 20 万栋的规模, 约占住宅建筑的 20%。日本钢结构建筑数量最多, 其新建的 1~4 层建筑大都采用钢结构。在日本, 人们更喜欢钢结构住宅可以提供良好的抗震性能, 其工业化住宅已占日本新建住宅的 20%。1999 年的统计资料显示, 其钢结构低层住宅已占住宅工业的 71%, 其余为木结构和混凝土结构工业化住宅。^{[9][10]} 澳大利亚早在 20 世纪 60 年代就提出了“快速安装预制住宅”的概念, 在 1987 年, 发展了高强度冷弯薄壁钢结构和一种称为“速成墙”的系统, 这种墙体既可用于内墙也可做外墙, 具有很好的防水、隔声、防热性能。在澳大利亚, 钢框架住宅占全部住宅总量的 30%, 2000 年, 这个比例达到 50%^[11]。

意大利的 BSAIS 工业化建筑体系适用建造 1~8 层钢体构住宅, 它具有造型新颖、结构受力合理、抗震性能好、施工速度快、居住舒适方便等优点。

在芬兰、瑞典、丹麦以及法国, 钢框架体系正在变得越来越普及。特别是丹麦人, 早已建造了大量基于钢骨架体系的低层住宅。在芬兰和瑞典, 也有一些钢框架的低层住宅建成。

在欧洲(如英国、德国、荷兰等), 由于钢结构的随意拼接能力可以设计出丰富多变的住宅建筑外形, 因此在别墅住宅设计中已越来越多地用钢结构联排式住宅体系代替传统的砖混结构。

当前钢结构已经成为世界发达国家的主导住宅结构，其工业化程度已经从工业化专用体系走向了大规模通用体系；逐步形成了以标准化、系列化、通用化建筑构配件为中心，组织专业化、社会化生产和商品化供应的住宅产业现代化模式。^[12] 钢结构住宅的工业化生产更可以快速经济地为人们提供舒适的居所。

钢材是一种环保型建筑材料，钢结构住宅应当突出这一优势，向节能型和生态型方向发展。例如美国就曾建成了一个环保样板别墅（图 2-1），这栋别墅的钢骨架中有 50% 的材料是回收的再生钢铁材料，保温隔热材料也是利用回收的废料加工而成。另外，别墅房屋中安装了先进的节能装置。还有德国的太阳能生态别墅（图 2-2），屋顶全部采用透明的屋盖，让阳光充分照射在屋顶里层铺设的太阳能装置上，从而解决别墅主人的能源消耗问题；侧墙则覆盖花土，增加更多的绿地空间，对生态维护有积极作用^[13]。在芬兰，人们通过研究发现，在钢框架住宅中增加 50 mm 厚的矿棉层就会使其在生命循环中的能源消耗减少 30%^{[14]~[16]}。



图 2-1 美国环保样板别墅

Fig.2-1 Amercian Former Villa of Environmental Protection



图 2-2 德国太阳能生态别墅

Fig.2-2 German Ecology Villa to Get Use of Solar Energy

2.2 国内钢结构住宅的发展动态

在我国，“秦砖汉瓦”的建筑技术使用了两千多年，有悠久历史。但这使中国粘土砖产量急剧增加，来自建设部的一组数据显示，1991 年，中国粘土砖的产量占世界粘土砖产量的 93.32%，1996 年上升到 97.99%。中国的住宅建筑基本还是砖混和框架结构，只在一些特大城市如北京、上海、天津等有钢结构住宅试点工程项目。但 20 世纪 90 年代以来，随着我国钢产量的巨增（从 1996 年开始，钢产量突破 1 亿 t，到目前，连续 8 年是世界第一产钢大国），钢结构建筑的发展十分迅速，特别是一些代表城市标志性高层建筑的建成，为钢结构在我国的发展揭开新的一页。1985 年在上海建造的金沙江大酒店，是第一幢自己设计并使用国产 H 型钢材料制造和安装的高层钢结构建筑。1996 年，深圳的帝王大厦，是国内第一幢超高层钢结构大厦。1997 年建成的上海金茂大厦也跻身于世界最高行列。上海浦东环球金融中心大厦（95 层 460m）建成，则堪称世界最高。深圳赛格广场大厦为世界上最高的全部采用钢管混凝土的超高层建筑。

1986 年意大利钢铁公司与冶金部建筑研究总院合作在中国介绍一种多层钢结构住

宅建筑体系：BASIS 建筑体系，在北京举办了展示会，并在冶金部建筑研究总院院内建造栋二层钢结构住宅样板房，引起了建筑业同行和钢厂企业的关注。但在当时，中国在经济实力不强和钢材品种不全的条件下，仅有几个单位与意方洽谈合作开发引进购买事宜，因此，BASIS 建筑体系并没有在中国住宅市场上发展。^{[17][18]}

1988 年日本清水株式会社赠送上海同济大学两栋钢结构住宅（二层），建在同济新农村中。住宅由组合的冷弯型钢作为梁柱、屋架，外墙为化学建材，内部设备功能齐全。^[19]

1994 年 11 月建于上海北蔡的八层钢结构住宅楼，采用冷弯成型矩形钢管混凝土和 U 形冷弯薄壁组合梁组成框架，外墙采用稻草板，引起了各界的重视。

1999 年 8 月 20 日国务院办公厅转发建设部等部门“关于推进住宅产业现代化提高住宅质量的若干意见”的通知。^[20]

1999 年天津市着手钢结构住宅体系的研究与试点工作，采用钢管混凝土钢梁钢筋混凝土核心筒方案和钢管混凝土带斜撑方案。^[21]

2000 年建设部科技司于年底召开了“钢结构住宅建筑体系及关键技术研究课题立项评审会”，通过了 18 个包括钢结构住宅建筑体系与关键技术的立项。这一举动极大促进了轻钢结构在住宅领域的发展。^[22]2001 年 3 月 1 日，全部采用莱钢 H 型钢设计的建筑，有“绿色住宅”之称的钢结构节能住宅小区——莱钢樱花园小区在莱钢集团正式开工。^[23]

2001 年《天津建设科技》腾绍华在《城市住宅的发展趋势及钢结构住宅的应用》中指出：市区尤其是中心市区应以发展小高层住宅为主。理由是：大城市尤其是特大城市的市区，特别是中心市区，用地紧张，土地价格昂贵，只有建造小高层住宅才能降低过高的地价；环境已成为当前城市居民改善居住条件的首要条件，为了获得较大的室外绿化和活动空间，只有加高层数、省下地皮去创造良好环境；当前普遍建造的多层住宅无电梯，如改为小高层则方便了老人和小孩及残疾人，价格又比高层和超高层低得多。同时提出我国的钢产量跃居世界第一位，限制实心粘土砖的政策必将促使钢结构住宅进入迅速发展期。^[21]

2001 年底建设部发布了《钢结构住宅建筑产业化技术导则》建科[2001]254 号文。该文件明确钢结构住宅建筑技术发展的基本原则，是钢结构住宅建筑发展的指导性文件。目的是加强我国钢结构住宅建设的管理，引导钢结构住宅产业化的健康发展。这是适应住宅发展的需要而发布的指定行业方向的文件。在《导则》中明确，钢结构住宅建筑是工业化集成的最终产品，除应满足不同地区居住生活的行为需求；在设计、制作、运输、安装、维修和管理等环节，还应遵循协调、配合及互动的原则。（1）钢结构住宅建筑设计，应充分体现标准化、定型化、多样化及通用化的原则。（2）钢结构住宅建筑及部品、零配件的设计，应执行模数协调的原则。（3）钢结构住宅建筑设计，应遵从建筑、结构、水、暖、电、气综合设计的原则。同时在结构选型及布置方面建议：4~6

层推荐选用框架——支撑体系，钢框架——混凝土核心筒（剪力墙）体系；7~12层推荐选用钢框架——混凝土核心筒（剪力墙）体系，钢——混凝土组合结构体系。另外，对建筑的构造节点设计也提出了相应的设计原则。^[24]

2002年3月，一座高达18层、采用H型钢建造的钢结构住宅楼在安徽省马鞍山市开工建设。上海同时有6幢钢结构高层住宅在建设，最终它们将建到100米、34层，这在国内还是首次。北京住宅也启用了钢结构，位于朝阳区十里堡的晨光家园B区，全部采用H型钢钢梁、钢柱。

2003年济南百花小区1号商住楼，建筑面积为3.3万m²，地下1层，地上26层（其中1~3层为公建，4层以上为住宅楼）。承重框架为箱形截面柱及H型钢梁，柱采用Q345B型钢，工厂化加工制作。公建部分墙体采用加气混凝土砌块，住宅部分内、外墙板均采用南京产ALC（蒸压轻质加气混凝土）板。公建部分外窗采用无框窗；住宅外窗采用60系列塑钢窗，中空玻璃。楼面为现浇混凝土，屋面采用PVC聚乙酯发泡保温屋面。住宅采暖用美国原装金玛克电暖器。室内空间大，装修效果好，充分体现了钢结构的优势。通过对围护结构及采暖设计的计算，节能效果达到50%以上。^{[25][26]}

同时2003年北京建委委托墙改办，组织了一个专家组，对全国钢结构住宅的发展情况进行了调研。专家组历时一年，基本摸清了全国钢结构住宅的发展概况，考察了北京、上海、天津、山东、安徽、福建、四川等地20余项目，并在北京市的住宅研讨会上作了报告，其主要精神是：钢结构住宅应时而生，已经进入启动阶段，钢结构住宅是代表先进生产力和可持续发展的综合建筑，具有良好的发展前景。开发的重点应在多层、小高层上，采用节能65%的标准设计，并且不必强调全装配和排斥“湿作业”。产业化的路很长，它和市场化是一个互动过程，政府必须要进行宏观调控，政策引导，百花齐放，适合国情。当时主要的钢结构住宅项目如表2-3所示。^[27]

表 2-1 部分已建钢结构住宅统计表

Table. 2-1 Part of Constructed Steel Structure Housing Statistical Table

地区	项目	类别	概况	结构形式
北京	亦庄青年公寓	多层	由6栋6层单身公寓(9.9万m ²)和公共建筑(锅炉房、食堂等)(1.8万m ²)组成	钢框架—剪力墙(筒体)设在公共卫生间、盥洗室部分 筒体设隐性钢柱(125×125, 加快施工)。钢结构梁柱采用热轧H型钢, 楼板采用组合混凝土压型钢板, 外墙为加气混凝土砌块, 内墙为双轻钢龙骨双面双层石膏板。框架采用刚性节点(高强螺栓)
	水利基础总队职工住宅	多层	共四幢, 1.6万m ²	框架—剪力墙