

# 多层薄板轻钢住宅防火技术研究

郝爱玲 倪照鹏

**摘要：**通过比较各国规范对多层住宅在建筑构件的耐火极限、建筑的防火间距和其它防火措施等方面的规定，探讨了我国多层薄板轻钢住宅的防火技术要求。

**关键词：**多层住宅；薄板轻钢结构；防火规范

## 1、概述

### 1.1 薄板轻钢住宅应用概况

薄板轻钢房屋体系也称冷弯薄壁型钢结构（CFSF）体系，在欧美、澳洲和日本等地区的建筑中已得到广泛应用。与传统住宅相比，薄板轻钢房屋具有建筑空间布置灵活、抗震性能好、施工方便、综合经济效益好、可以实现住宅建设的工业化和产业化等优点。在我国可利用土地资源紧张而钢产量相对充裕的情况下，国家倡导轻钢结构住宅的建设具有重要意义。

薄板轻钢住宅在国外主要用作三层以下的别墅、公寓及其他低层住宅，高于3层的住宅不多见。北美地区有将薄板轻钢房屋体系用于三层以上多层住宅的情况。如，加拿大温哥华建有六层轻钢住宅，也有将轻钢板肋结构体系应用到8层旅馆的实例<sup>[1]</sup>。美国有用薄板轻钢房屋体系建成的6层公寓，俄亥俄州还建造了6层和9层的轻钢住宅<sup>[2]</sup>。我国于近几年开始研究从国外引进低层薄板轻钢房屋体系，并已在北京、上海、大连、武汉、天津等地应用，主要用于建造1~3层的独栋/联排住宅或别墅。低层薄板轻钢房屋体系在我国住宅的应用尚属起步、发展阶段，多层、高层住宅的研究应用几乎空白。

我国人多地少的基本国情，决定了城镇住宅要以多层和高层集合住宅为主。随着国家对房地产开发的宏观调控，将逐渐禁止开发别墅和低密度住宅，迫使薄板轻钢房屋体系在我国的开发必须考虑在多层或高层住宅中应用的可行性及相关问题。

### 1.2 多层薄板轻钢住宅的防火问题

钢结构为不燃结构，但对高温或火灾十分敏感，因此钢结构本身的防火保护是此类结构建筑应用应解决的主要问题之一，薄板轻钢结构也不例外。

目前，国外建造的薄板轻钢房屋多为低层住宅，用于多层住宅建筑的情况较少，其防火设计依据多为综合性建筑规范，相应多层薄板轻钢建筑的防火要求几乎没有。我国的建筑主要是以砖混和钢混等结构为主，在薄板轻钢结构体系住宅

建筑防火方面的技术要求和标准相对滞后,不能满足当前在中国推行此结构体系多层住宅建筑的需要。本文通过比较分析国内外相关防火规范规定的不同,提出了建设多层薄板轻钢住宅防火的原则性建议。

## 2、国内外相关规范的要求

### 2.1 各国参考规范简介

目前,外国对薄板轻钢住宅的防火设计主要参考现有建筑或防火规范中对多层住宅的要求。本文主要对比了美国、加拿大、瑞典、德国、瑞士、日本等国<sup>[3~10]</sup>与我国的相关防火规范。所参考的规范情况如下:

美国:《国际建筑规范》,该规范是为统一美国《国家建筑规范》、《统一建筑规范》和《标准建筑规范》而制定的,其内容主要以这三项规范为基础。《国际建筑规范》将供人员睡眠休息的居住建筑划分为 Group R,包括 R-1、R-2、R-3 和 R-4 四种类型。其中多层住宅属于 R-2 类居住建筑(人员长期使用的,含有超过两个居住单元的建筑物,如住宅楼、宿舍、修道院等)。

加拿大:《国家建筑规范》和《国家防火规范》,《国家建筑规范》适用于新建、改建和扩建建筑的设计、建造。《国家防火规范》主要适用于既有建筑的火灾预防与消防安全管理。在《国家建筑规范》中,居住建筑包括公寓、寄宿场所、宿舍、宾馆、住宅、汽车旅馆等,建筑类型属 Group C。

瑞典:《建筑条例》,该条例包括强制性条款和一般性的推荐条款,是瑞典建筑设计的依据。在《建筑条例》中设独立的章专门讨论建筑火灾安全问题。根据建筑物的火灾危险和可能造成的人员伤亡,将建筑分成 3 类,并根据火灾荷载的不同规定了相应构件的耐火极限。

德国:《通用建筑规范》,多层建筑属于该规范中规定的中等高度类的建筑(最高楼板高度小于 13 m,层数不超过 5 层)。

瑞士:《通用建筑规范》,多层住宅属于居住、办公、教育类建筑。

日本:《建筑基准法》和《消防法》,《建筑基本法》主要涉及建筑物本身构件、材料和平面布局,而《消防法》则侧重于对建筑中附加的消防设施做出规定。

中国:《建筑设计防火规范》和《住宅建筑规范》,此外《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》在编制过程中,但该规程只适用于低层和别墅建筑。

### 2.2 各国规范内容比较

#### 1 耐火极限

基于不同的建筑分类,各国规范都对建筑构件的燃烧性能和耐火极限作了规

定，作为建筑物耐火性能好坏的基准。与我国采用单一的耐火极限概念不同，欧美国家（如瑞士、德国、瑞典）和日本将统一的耐火极限分解成稳定性（S）、隔热性（I）和完整性（E）三个指标，从而可以根据具体部位分别要求。美国和加拿大虽然也采用单一的耐火极限，但分别针对多种建筑构件的分类或是多种具体的楼层等进行了详细规定。表 1 总结了各国规范对 3 层或 6 层住宅主要建筑构件耐火极限的最低要求。

表 1 主要建筑构件耐火极限的最低要求 (h)

国家 \ 构件	3 层住宅			6 层住宅		
	楼板	承重外墙	承重隔墙	楼板	承重外墙	承重隔墙
中国	难燃性 0.5	不燃性 1.0	不燃性 1.0	不燃性 0.75	不燃性 1.5	不燃性 1.5
美国	1.0			不燃结构 2.0		
加拿大	不燃或可燃结构 0.75			不燃结构 1.0		
瑞典	R0.5 / EI1.0			R1.0 / EI1.0	R1.5 / EI1.0	
德国	难燃烧体 R0.5 / EI0.5			难燃烧体 R1.0 / EI1.0 (5 层)		
瑞士	R1.0 / EI 1.0			R1.0 / EI 1.0		
日本	EI1.0			E2.0/I1.0		

注：表中数据没有考虑采取加强主动消防措施后的相应放宽情况。

可以看出，对低层住宅，各国规范建筑构件的耐火极限要求均在 0.5~1.0h 之间。与低层住宅相比，各国规范对多层住宅的耐火极限要求都有大幅提高，规范间的差异也变得明显。

此外，当建筑物内另设有额外的消防措施保护时，建筑的相关防火要求可以降低，如国外规范中对构件耐火极限、材料燃烧性能、最大允许防火分区面积等都有相应放宽要求的规定。

## 2 防火间距

住宅建筑与相邻建筑之间的防火间距应根据建筑用途、耐火等级、建筑高度以及外墙防火构造等因素确定。不超过 6 层的多层住宅，当外墙门窗洞口面积之和不超过外墙面积的 10% 时，各国规范对建筑物防火间距的要求见表 2。

表 2 多层住宅防火间距对比 (m)

	中国	美国	加拿大	瑞典	德国	瑞士	日本
防火间距	8	1.5~3	1.2~2	4	6	4~7	0.5

注：这些数据没有考虑采取加强防火保护措施或分隔措施后间距可以进一步减少的规定。

可以看出，我国、德国、瑞典和瑞士规范规定的防火间距较大，在 4~8m 之

间；美国、加拿大的次之，在 1.2~3m 之间；日本规范的防火间距要求最小。

### 3 消防设施

各国对住宅类居住建筑消防设施的设置规定如表 3 所示。

表 3 各国规范关于居住建筑消防设施的规定

国家	消防设施设置规定
美国	当包括地下室在内高度超过 2 层或超过 16 套居住单元时，居住建筑内应全部设置自动喷水灭火系统
加拿大	3 层以上住宅要求设置自动喷水灭火系统
瑞典	以消火栓系统为主且非常注重安全疏散，规范中对建筑内采用不同疏散路径时安全疏散的可能性都有具体分析
日本	住宅消防设施的设置原则取决于建筑层数和楼层平面疏散的设计，并且沿着同一座建筑的高度，从上到下分段规定。住宅内必须设家用灭火器、室内消火栓、报警器等。
中国	6 层以上住宅要求设室内消火栓，高层高级住宅和 100 m 以上普通高层住宅要求设自动报警和灭火系统

由表 3 可以看出，我国规范对多层建筑没有具体的室内消防设施要求。国外的多层住宅在消防系统的设置要求要严格得多，相应的配套程度较先进。

### 3、我国应用多层薄板轻钢住宅的防火技术要求

#### 3.1 防火技术要求

与国外现行规范相比，我国规范对于建筑构件耐火极限和建筑物间防火间距的要求总体上较为严格，对于低层住宅尤为明显。但我国对多层住宅的消防设施配备则弱于欧美、日本等发达国家。我国强调保证建筑构造的被动防火性能，通过限定建筑构件的耐火极限，实现良好的防火分隔，把住宅防火问题引入单个住户单元。而国外类似规范则在考虑将火势限制在一定范围内，使其不向相邻建筑扩散的同时，更注重火灾发生时的人员逃生，通过采取疏散、灭火救援等主动防火的措施来弱化对被动防火的要求。这种国内外规范不同的制定原则是各国经济发展水平、消防安全管理体制与水平，以及公众的消防安全意识上存在的差异在技术标准上的反映。

结合我国的现有经济发展水平和规范编制等情况，要解决在我国发展多层薄板轻钢住宅所面临的防火安全问题，最可行的办法还是应保证建筑的被动防火系统的性能。这需要使建筑物的耐火等级及其构件的耐火极限，建筑的防火间距、面积、长度和装修材料，管道及其包覆材料，构件的内填充材料的燃烧性能等均

满足防火规范要求。由于我国拟建造的轻钢住宅建筑多为小户型，其建筑的面积、长度等可以通过建筑设计控制来满足规范要求。因此，如何保证建筑构件的燃烧性能和耐火极限达标是解决多层薄板轻钢住宅防火问题的关键。

目前我国多层钢结构建筑多采用型钢。这种建筑多为梁柱体系，楼板多为砼组合楼板，墙体多为非承重墙。由于型钢结构住宅楼板和墙体的耐火性能要求较低，容易实现，故其防火侧重于梁柱防火，多采用防火涂料喷涂的方法。而轻钢结构是墙板体系，墙体多承重，在防火侧重点上与型钢结构住宅是不同的，主要需要提高墙、板的耐火性能。从上文表 2 可以总结出我国规范对多层轻钢住宅主要构件的耐火性能要求，以及国外轻钢构件的耐火性能规定，见表 4。可以看出，若引进国外先进的薄板轻钢结构用于多层住宅建设，首先需要采用不燃性墙、板，且墙体的耐火极限要提高至 1.5 小时。

**表 4 多层轻钢住宅主要构件耐火性能要求**

主要构件	需要达到要求	现有构件实现情况
楼板	不燃性 0.75	不燃、可燃或难燃结构 R0.5~ R1.0 / EI0.5~ EI1.0
承重外墙	不燃性 1.5	
承重隔墙	不燃性 1.5	

### 3.2 实现措施及建议

轻钢结构体系主要依靠对构件进行防火包覆，以阻断火焰与构件直接接触来保证其耐火性能。传统做法是在薄板钢龙骨间添加保温隔热材料，再在其外面覆盖石膏板。要提高墙、板的耐火性能，可以通过增加石膏板的厚度或敷设层数，改变填充材料等方式来实现。

以承重隔墙为例，一般构造做法为：不燃水泥基外墙板+钢龙骨+不燃水泥基外墙板。要提高承重隔墙的耐火性能，可以改进构造做法为：防火石膏板+不燃水泥基外墙板+钢龙骨（内填充玻璃棉）+不燃水泥基外墙板+防火石膏板。此时要注意防止包覆板材等脆性材料受力脆断、出现裂缝，导致材料的防火隔热保护性过早丧失等状况发生。无论耐火极限还是燃烧性能都应从整体构件（包括薄板钢骨、填充材料、覆盖面等）的角度考虑。

上述保护方式需要足够的试验结果作为支持，因此建议我国在轻钢构件的耐火性能及材料的燃烧性能上开展进一步的试验研究。同时，随着我国经济的不断发展，配套设施和制度的完善，建议我国的住宅防火规范也积极进行相应的调整，通过规定安装一些辅助的避难器具、设置疏散指示标识等方法来强化疏散，进而可以部分降低对轻钢构件耐火性能的要求，使规范对建筑防火的要求更趋合理、完善。

## 4 结论

在我国建造多层薄板轻钢住宅,应从建筑的被动防火功能入手确保其建筑消防安全,主要是提高薄板轻钢住宅的耐火性能,以满足《建筑设计防火规范》等现行规范的要求。其中提高墙板、楼板等的耐火极限是重点,需要采用不燃性墙、板,且墙体的耐火极限要提高至 1.5 小时。可以通过加覆石膏板,改变填充材料等方式来实现,此时需要从整体构件的角度考虑其耐火性能,需要进一步的试验研究支持。对于一些条件允许的地区,还可以在住宅内采取一些主动防火和强化疏散的措施,如设置自动灭火系统、安装火灾探测器、安装辅助的避难器具等。总之,无论是加强被动防火系统还是着重主动防火系统,都应使建筑的整体消防安全水平达到既保障人员安全又与建筑投资相统一。

## 参考文献

- [1] 徐磊. 加拿大轻钢结构住宅体系[J]. 上海建材, 2001(6): 38-40.
- [2] 童悦仲, 娄乃琳. 美国的多层轻钢结构住宅掠影[J]. 世界建筑, 2005(1): 77.
- [3] GB50016-2006, 建筑设计防火规范[S].
- [4] GB50368-2005, 住宅建筑规范[S].
- [5] 美国国家标准, 美国国际建筑规范[S], 2000 年版.
- [6] 加拿大国家标准, 加拿大国家建筑规范[S], 2005 年版.
- [7] 瑞典国家标准, 瑞典建筑条例[S], 2002 年版.
- [8] 德国国家标准, 德国通用建筑规范[S], 2002 年版.
- [9] 瑞士国家标准, 瑞士通用建筑规范[S], 2002 年版.
- [10] 日本国家标准, 日本建筑基准法[S], 2005 年版.

——本文发表于《消防科学与技术》(2009 年第 11 期)