

国内外木结构建筑防火规定的对比研究

邱培芳，倪照鹏

（公安部天津消防研究所，天津，300381）

摘要：本文对美、加和中国的建筑或防火规范中木结构的防火要求进行了对比分析，对比内容主要包括建筑构件的耐火极限、建筑面积、高度和层数以及防火间距等。对比结果为确定《建筑设计防火规范》中木结构建筑相关防火要求提供了参考。

关键词：木结构建筑；防火规范；耐火极限；建筑高度；防火间距

1 前言

中国是一个能源消耗大国。为了节能减排，十几年前住建部（当时称为建设部）就提出了“绿色房屋”计划。到目前为止，中国城镇中的大部分工业与民用建筑，仍然采用混凝土、钢材或砖石等材料建造。由这些材料建成的建筑物，就能源消耗和材料而言，不符合我国低物耗、低能耗、轻质、高强等建材发展方向。木质材料则正好相反，能给人宁静、温馨的舒适感，并具有施工简便、工期短、节能、环保、抗震等优点。如果在建造时严格按照相关标准进行，木结构建筑还具有其他优点，如隔热、抗燃、吸音以及冬暖夏凉等。

但是，木材是可燃的。在世界范围内，火灾危险性始终是制约木结构在建筑行业中应用的最主要原因。近几十年，欧洲各国以及美国、加拿大等国家对木结构建筑的防火性能进行了持续深入的研究。我国公安部天津消防研究所、中国林业科学研究院以及不少大学也对木材的燃烧特性和防火阻燃处理等开展过一些研究，并取得了部分研究成果。

本文分别从建筑构件的耐火极限、建筑面积、高度和层数以及防火间距等几方面，对美、加和我国的建筑规范或防火规范有关木结构的防火要求进行比较，以期为我国木结构建筑防火要求的完善提供依据。

2 建筑构件的耐火极限

具有一定耐火极限的建筑构件在阻止火灾蔓延中起着十分重要的作用，确定

建筑构件的耐火极限是国内外相关建筑防火规范的重要内容之一。

根据建筑物整体的防火性能，我国建筑规范将建筑物分为四级，美国将建筑分为五类，即 I、II、III、IV 和 V。加拿大则用 A、B、C、D 等表示其建筑类别，其与木结构有关的建筑类别是 C（住宅建筑）和 D（商业和服务类建筑）。不同类别的建筑，其建筑构件的耐火极限要求也不同。

美国《国际建筑规范》2009 年版对相应构件耐火极限的规定见表 1。

表 1 建筑构件的耐火极限(h)

建筑构件	I		II		III		IV	V	
	A	B	A	B	A	B	HT	A	B
结构框架包括柱子、梁和桁架	3	2	1	0	1	0	HT	1	0
承重墙：外墙	3	2	1	0	2	2	2	1	0
内墙	3	2	1	0	1	0	1/HT	1	0
非承重墙、分隔墙：外墙、内墙	-								
楼板：包括支撑结构	2	2	1	0	1	0	HT	1	0
屋顶：包括支撑结构	1-1/2	1	1	0	1	0	HT	1	0

注：HT—重木结构。

加拿大《国家建筑规范》2005 年版对 C 类（住宅）和 D 类（商业及服务类建筑）建筑构件耐火极限的规定见表 2。

表 2 C、D 类建筑构件的耐火极限要求

建筑使用功能	有无自动喷水灭火系统	可燃性	层数	耐火极限 (h)			
				楼板	夹层	屋盖	墙、梁、柱
C 类	无	可燃、不可燃或组合型	1~3	0.75	0.75	-	0.75
				1	1	1	1
		不可燃	1~3	1	1	1	1
	有	可燃、不可燃或组合型	1~3	0.75	0.75	-	0.75
			1~4	1	1	-	1
		不可燃	1~6	1	1	1	1
			无限	2	1	-	2
D 类	无	可燃、不可燃或组合型	1~3	0.75	0.75	0.75	0.75
			1~6	1	1	1	1
	有	可燃、不可燃或组合型	1~3	0.75	0.75	-	0.75
			1~4	1	1	-	1
		不可燃	1~6	1	1	-	1

			无限	2	1	-	2
--	--	--	----	---	---	---	---

为了为我国木结构建筑的防火设计提供标准依据，我国 2006 版的《建筑设计防火规范》增加了木结构防火设计的内容。其对木结构建筑构件的燃烧性能和耐火极限的规定见表。

表 3 木结构建筑构件的燃烧性能和耐火极限

构件名称	燃烧性能和耐火极限 (h)
防火墙	不燃烧体 3.00
承重墙、住宅单元之间的墙、住宅分户墙、楼梯间和电梯井墙体	难燃烧体 1.00
非承重外墙、疏散走道两侧的隔墙	难燃烧体 1.00
房间隔墙	难燃烧体 0.50
多层承重柱	难燃烧体 1.00
单层承重柱	难燃烧体 1.00
梁	难燃烧体 1.00
楼板	难燃烧体 1.00
屋顶承重构件	难燃烧体 1.00
疏散楼梯	难燃烧体 0.50
室内吊顶	难燃烧体 0.25

通过对比表 1、表 2 和表 3，我们可以看出，美国的《国际建筑规范》将重木结构单列为一种结构类型。同时，在规范不要求设置自动喷水灭火系统的地方增设了该系统，那么该系统所提供的保护等效于 1.00h 的耐火极限。加拿大的建筑规范对可燃结构和不燃结构分别作了要求，在允许使用可燃结构的情况下，如果耐火极限不超过 0.75h，允许采用重木结构。同时，给出了重木构件的尺寸要求。具体分析对比如下：

(1) 楼板

美国规范 IV 类结构可以采用重木，V 的 A 类结构要求楼板的耐火时间不应低于 1.00h；加拿大规范要求木结构建筑楼板的耐火极限不应低于 0.75h；中国规范规定木结构建筑的楼板可采用难燃烧体，耐火极限不应低于 1.00h。由此可见，对于楼板的耐火极限，美、加和中国的要求基本上一致。

(2) 柱、梁、承重墙

对于木结构建筑的柱和梁和承重墙，美国规范规定 IV 类结构的柱、梁可以采用重木，外承重墙的耐火时间不应低于 2.00h，内承重墙的耐火时间不应低于

1.00h，V 的 A 类结构的柱、梁的耐火时间不应低于 1.00h；加拿大规范要求重木结构承重构件的耐火极限不应低于 0.75h；中国规范规定可采用难燃烧体，但耐火极限不应低于 1.00h。

对于木结构建筑的梁、柱、承重墙等主要承重构件，美国对 IV 类外承重墙耐火极限的要求较高，其他构件的耐火极限要求与中国和加拿大的规定基本一致。

(3)非承重外墙

对于非承重外墙，美国规范对于 B、R 类用途的建筑，要求耐火极限不应低于 1.00h；如果防火间距超过 9m，非承重外墙的耐火极限没有要求；加拿大规范要求重木结构的耐火极限不应低于 0.75h；中国规范规定可采用难燃烧体，耐火极限不应低于 1.00h。我国的规定与美国相同，但在防火间距增加时，没有相关的放宽要求。

3 建筑高度、层数和面积

不同结构类型建筑的高度、层数和面积应根据其用途确定。美、加和中国对商务和居住类建筑的建筑高度、层数与面积的规定见**错误！未找到引用源。**

表 4 美、加、中对居住和商务建筑的层数和建筑面积的规定

国家	用途	构件耐火极限 (h)	最高层数	建筑面积 (m ²)	
				无自动喷水灭火系统	有自动喷水灭火系统
美国	居住建筑	V/重木结构	3/4	1100/1900	3300/5700
	商务建筑	V/重木结构	3/5	1600/3300	4800/9900
加拿大	居住建筑	0.75	3	600/750/900 ¹	1800
		1.0	3	800/1000/1200	1800
		1.0	4	-	1800
	商务建筑	0.75	3	1600/2000/2400	4800
		1.0	4	-	3600
中国	木结构建筑	1.0	3	600 ²	1200

注 1：指一面临街/两面临街/三面临街的 3 层建筑的最大允许建筑面积。

2：指建筑物为 3 层时每层的建筑面积不能超过 600m²。

由上表可知，在美国和加拿大的建筑规范中，均有针对临街和设置自动喷水灭火系统的建筑面积调整条款。上表中有关加拿大规范未设置自动喷水灭火系统时的数值，即分别针对面向 1 条街道、2 条街道和 3 条街道的情况。对于建筑物

的层数，美、加规定在 3~5 层之间，建筑面积则差别较大。同时应该注意到，如果建筑内安装了喷淋系统，美国规范允许建筑面积可以增加至 3 倍，加拿大和我国仅允许翻倍。

4 防火间距

建筑物之间保持一定的防火间距，是防止火灾在建筑物之间蔓延的有效手段。美国和加拿大在确定建筑物之间防火间距时，需同时考虑建筑物相邻外墙上开口的面积。表 5 是美国《国际建筑规范》2009 版对建筑相邻外墙开口面积和建筑之间防火间距的规定。

表 5 建筑之间的防火间距与相邻外墙最大允许开口面积的关系

开口类别	防火间距 (m)							
	0~0.9	0.9~1.5	1.5~3	3~4.5	4.5~6	6~7.5	7.5~9	>9
无保护	不允许	不允许	10%	15%	25%	45%	70%	不限
有保护	不允许	15%	25%	45%	70%	不限	不限	不限

如果任何一层的外墙同时存在无保护和有保护的开口，其开口面积之和应满足 $A/a + A_u/au \leq 1.0$ 。其中，A 为实际开口面积或有保护开口的等效面积 A_e ，a 为允许的开口面积， A_u 为实际无保护开口面积，au 为允许无保护开口面积。

当居住建筑或商务建筑全部设置自动喷水灭火系统保护时，上表中最大允许的无保护开口面积可以与有保护开口面积取相同的值。

加拿大建筑规范规定，建筑外墙无保护开口的情况，用无保护开口的总面积和外墙的面积比值来衡量。如果无开口的外墙的温度超过标准火灾试验的温度，该部分外墙的面积应通过下式折算为无保护的开口面积。

$$A_c = A + (A_f \times F_{EO})$$

式中： A_c ——修正后的无保护开口面积，包括实际开口和折算开口；

A ——实际开口面积；

A_f ——温度超过标准火灾试验的外墙面积，不包括开口；

F_{EO} ——等效折算系数。

除非建筑外墙的开口设置不低于外墙耐火极限要求的防火保护，否则该开口面积应加到 a) 和 b) 数值的较大者上：a) 实际无保护开口面积， b) 修正后的无保护开口面积。

美国和加拿大的规范都是根据外墙的材料和开口情况来确定相邻建筑之间的防火间距。中国的规范既考虑了开口的情况，同时也对一些类别建筑的防火间距作了规定。

表 6 木结构建筑之间及其与其它耐火等级的民用建筑之间的防火间距 (m)

建筑耐火等级或类别	一、二级	三级	木结构建筑	四级
木结构建筑	8.0	9.0	10.0	11.0

防火间距应按相邻建筑外墙的最近距离计算，当外墙有突出的可燃构件时，应从突出部分的外缘算起。两座木结构建筑之间及其与相邻其它结构民用建筑之间的外墙均无任何门窗洞口时，其防火间距不应小于 4.0m。

两座木结构建筑之间及其与其它耐火等级的民用建筑之间，外墙的门窗洞口面积之和不超过该外墙面积的 10% 时，其防火间距不应小于表 7 的规定。

表 7 外墙开口率小于 10% 时的防火间距 (m)

建筑耐火等级或类别	一、二、三级	木结构建筑	四级
木结构建筑	5.0	6.0	7.0

由以上几个表格可知，对不超过 3 层的木结构商务或居住建筑，当外墙门窗洞口面积之和不超过外墙面积 10% 时，中国规范规定两建筑之间的防火间距为 5m~7m，美国规范规定为 1.5 m~3m，加拿大规范规定为 1.2m~2m。这些数据没有考虑采取加强防火保护措施或分隔措施后，防火间距可以进一步减少的情况。可见，我国规范对防火间距的规定较为严格，还有进一步进行研究，寻找防火间距根据实际项目情况进行调整的可能性。

5 结论与建议

本文从建筑构件的耐火极限、建筑面积、高度和层数以及防火间距等几方面，对美、加、中的相关规定进行了对比。对比结果发现，对于木结构建筑主要构件，如楼板、梁柱、承重墙和非承重外墙等，其耐火极限要求均在 0.75h~1.00h 之间，我国的规定为 1.00h，规定比较合理。

对于木结构建筑的层数、高度和面积，我国的规定与美、加的规定有的相近，有的则略有差别。美国规定 5 层建筑物内可以使用重木；加拿大则规定如果建筑内全部安装喷淋系统，则木结构建筑可以达到 4 层；我国最高只能建到 3 层。最近几年，随着对木结构建筑材料的纵深研究，欧洲和北美对木结构建筑层数的限制逐渐放宽。2000 年开始，很多欧洲国家已经允许建造 5 层及以上の木结构建

筑。如 2009 年英国伦敦建成一栋 9 层木结构住宅建筑，瑞典则建成多栋 8 层木结构建筑。对于建筑面积，几个国家的规定差异较大。我国跟加拿大住宅建筑未加喷淋系统时面积要求一致，均为每层 600m²。而与美国的规定相比，我国的规定相对保守。但我们也应看到，近几十年来，欧洲各国以及美国、加拿大等国家对木结构建筑的防火性能进行了持续深入的研究，并探求到了安全使用木材作为建筑材料的一系列技术和方法。相反，我国现在木结构防火技术研究起步较晚，目前国内木结构建筑数量有限，不管技术经验还是应用经验，都有待不断提高。

为此，为了系统、完善地解决有关木结构建筑的消防技术问题，更加完善我国相关规范对木结构建筑防火技术的规定，及时体现木结构防火技术的最新研究成果，建议开展如下研究工作：

(1) 如何针对不同使用功能的木结构建筑配置自动喷水灭火系统、火灾报警系统、灭火器、消火栓等主动消防措施。

(2) 结合理论计算和试验验证等方法，研究和调整防火间距的可能性。

(3) 研究当木结构建筑具备某些特殊条件时的例外要求，如建筑物设置自动灭火系统后的防火分区面积与建筑长度的调整要求、建筑物在某些情况下的防火间距调整要求等。

(4) 加强木结构建筑高度和层数的相关研究，探求木结构建筑在我国突破 3 层的可能性。

参考文献

1. 《建筑设计防火规范》GB50016-2006.
2. National Building Code (2005), Canada.
3. International Building Code (2009), USA.
4. SP Trätekt. Fire safety in timber buildings- Technical guideline for Europe [R]. Stockholm: SP Report 2010:19, 2010.
5. Walford G B. Multistorey timber building in UK and Sweden [J]. NZ Timber Design Journal, 2006,2(10):6-13.

——本文发表于 2013 年 12 月《建筑及户外木竹技术绿色论坛》