

文章编号: 1673-193X(2013)-03-0056-04

城市地震火灾风险评估指标体系研究

郭 惠

(北京市西城消防支队 北京 100015)

摘 要:从多方面系统、全面地研究了城市地震火灾原因及其消防工作。在借鉴民事火灾风险评估指标体系的基础上,结合地震情况下的潜在起火源、城市地震火灾发生的主要原因、城市消防系统在地震火灾的预防及扑救方面所起的作用以及城市环境对地震火灾的影响等因素,建立了城市地震火灾风险评估指标体系。运用专家调查法确定出各指标的相对重要性,采用层次分析法计算出各指标的权重。该项研究为进行城市地震火灾风险评估奠定了理论基础。

关键词:城市地震火灾; 指标体系; 层次分析法

中图分类号: X932

文献标志码: A

doi: 10.11731/j.issn.1673-193x.2013.03.10

City fire risk assessment index system of earthquake

GUO Hui

(The West City Fire Detachment of Beijing, Beijing 100015, China)

Abstract: The paper roundly studies the mechanism of earthquake fire and combines affected factors of earthquake fire which include the fire source of earthquake, the main cause of urban earthquake fire, characters of earthquake fire, impactions of firefighting system in preventing and rushing to save life and property, influence of urban environment to earthquake fire and on base of civil fire risk assessment, we established the index system of urban earthquake fire risk assessment, and used expert inquiry method to ascertain comparative importance of each index, and adopt Analytic Hierarchy Process to calculate the authority of each index. The research established the theoretic basis and provided science methods to post-earthquake fire risk assessment.

Key words: urban post-earthquake fire; index system; analytic hierarchy process

0 引言

地震是一种破坏性极大的自然灾害,一次强烈地震可以造成建筑物倒塌、交通堵塞、通讯中断、人员伤亡等各种形式的直接灾害,与此同时,以地震的破坏后果为导因,常引发一系列其它灾害的发生,如火灾、水灾、瘟疫、海啸等,称之为次生灾害。由地震

引起的次生灾害所造成的损失,有时甚至超过地震本身造成的损失,给人民的生命财产和国家经济建设造成巨大损害。

我国地处世界环太平洋地震带与欧亚地震带之间,构造复杂,地震活动频繁,是世界上大陆地震最多的国家。据不完全统计,有记载以来,我国已发生破坏性地震 1009 次,20 世纪以来,我国已发生 6 级破坏性地震 650 多次,其中 7-7.9 级地震 98 次,8 级以上 9 次;1949 年以来,发生 7 级及 7 级以上地震 49 次,死亡于地震的人数达 28 万,倒房 700 余万间,每年平均经济损失约为 16 亿元^[1],是遭受地震

收稿日期: 2012-03-16

灾害最严重的国家之一。

历史上,地震灾害是非常严重的,地震火灾也不断地危害着人民生命财产的安全。《世界地震目录》收录1900—1980年81年期间全世界6级和6级以上地震7936次(中国606次),其中7级和7级以上地震1483次,8级和8级以上地震98次^[2]。

1923年9月1日,日本东京关东大地震是日本历史上死伤最多、损失最惨重的一次大地震^[3-4]。地震发生时,正值做午饭时分,居民炉灶失火,化工厂爆炸起火等,火势由小变大。因水管震毁,水源断绝,更因街道被房屋废墟堵塞,救火车受阻等原因,演变成空前的大火,加上当天风大,风助火势,大火迅速蔓延,致使447128户房屋建筑相继燃烧,全东京市区三分之二以上地区的建筑被大火吞噬,总面积达3830公顷。总计有12.6万人葬身火海,仅一个被服工厂就有44030人被大火活活烧死,在一处避震广场上烧死人数达1万多人。而死于地震破坏、房屋倒塌者仅占全部地震死亡人数(14.28万人)的10%。

1976年唐山7.8级地震,导致多处发生大型火灾(仅在波及区天津市,震时发生火灾30余起),在这次地震中24万余人死亡,16万余人重伤,可计算的直接经济损失达30亿元以上^[5],给人类生命和精神造成的损失更是无法估量。

城市是其周围地区的政治、经济和文化中心,人口集中,工商业发达,且高层、多功能、大型复杂的建筑物日益增多,且建筑和装饰材料日益多样化,燃气管道、压力管道、城市轨道、城市电网等发展迅速。这都将使人口集中、建筑物集中、生产经营集中、财富集中的现代化城市高层建筑更容易集中发生特大火灾和燃爆事故,一旦发生地震,极易产生地震火灾等地震次生灾害,损失会相当严重。因此,城市地震火灾是地震次生灾害最重要的方面,城市防震减灾任务越来越重,应当引起高度重视。

1 城市地震火灾原因分析

地震之后引起火灾的原因是很复杂的,根据《世界地震目录》和《城市地震火灾模拟系统》等文献的记载,城市地震火灾原因主要可以分为以下几

个方面:

(1)地震时由于强烈震动致使大量家用电器损坏,造成电线震断、短路,高温高压设施遭破坏,炉具翻倒等原因造成大量火源、电源失控,引发多处同时起火。

(2)地震使城市燃气管道受损,油罐、化学危险品储罐破裂,化学制剂在撞击和摩擦下发生化学反应等原因致使大量易燃易爆物质外泄,遇明火发生燃烧甚至爆炸。

(3)现代社会,随着人民物质文化生活的提高和需求,房屋装修已非常普遍。居民及公用服务设施在装修时使用大量可燃、易燃材料,易使震后火灾快速蔓延且产生大量有害于人体的有毒气体;装修时未经有关部门批准随意改变房屋承重结构,降低了房屋设计的抗震性能,为震灾及火灾留下双重隐患。

2 城市地震火灾风险评价指标体系建立及其权重的确定

2.1 城市地震火灾风险评价指标体系建立

城市地震火灾,其火源复杂多样,孕灾环境层次众多,结构复杂,功能多样,内外联系广泛,而且不确定性因素及动态变量大量存在,各种矛盾错综复杂,具有较强的模糊性。

本文在综合考虑火灾的发生原因,火灾孕灾环境和火灾负荷,城市抗灾能力等基础上,根据指标设计原则,广泛查阅资料,结合城市地震火灾原因,并综合专家的意见,建立了城市地震火灾风险评价指标体系(如表1)。该体系一级指标包括:地震因素、城市建筑、城市管网系统、城市消防系统和城市环境。这五个一级指标不仅考虑了地震时诱发火灾的因素,同时也兼顾了灭火的因素。在指标的筛选中,既注重科学性,又充分考虑到客观现实,定量与定性相结合。

2.2 体系指标分析

2.2.1 地震因素

地震因素主要考虑到地震强度、震发时刻以及震时气象。

表1 城市地震火灾风险评价指标体系及其权重

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重		
地震因素	0.2371	地震强度	0.4099	地震烈度	0.3717		
				震源深度	0.1863		
		震发时刻	0.2792	地质结构	与震中距离	地质结构	0.2514
						用火/用电情况	0.4709
						白天/晚上	0.5291
						温度	0.3319
		震时气象	0.3109	湿度	风力	湿度	0.3036
						风力	0.3645
		城市建筑特征	0.2128	建筑抗震性能	0.2545	电器设备状况	0.3953
				地震作用下起火源因素	0.1858	变/配电设备状况	0.2978
电线/电缆状况	0.3069						
建筑防火能力	0.1317			建筑周边环境	建筑防火间距	建筑周边环境	0.1769
						建筑耐火等级	0.2258
						建筑耐火等级	0.1696
						建筑防火分区	0.2251
建筑灭火能力	0.1671			自动探测及报警系统	自动喷淋系统	装修材料阻燃性能	0.2026
						自动探测及报警系统	0.3376
						与消防站距离	0.3047
		安全疏散距离	0.3098				
建筑疏散能力	0.1324	安全出口数量	安全出口宽度	安全出口数量	0.1936		
				安全出口宽度	0.2787		
				安全疏散指示标志	0.2180		
				人员密集程度	0.4386		
人员	0.1288			人员心理与素质	0.2659		
				人员避难自救水平	0.2955		
城市管网系统	0.1977	燃气管网情况	0.4604	管网密度	0.3304		
				管道铺设长度	0.2877		
		电网情况	0.5396	燃气管网抗震性能	用电量	燃气管网抗震性能	0.3967
						线路老化状况	0.4097
城市消防系统	0.1974	移动消防力量	0.3127	消防站	0.3754		
				消防装备	0.3243		
		消防人员	0.3003	消防水源数量	管道供水能力	消防人员	0.3003
						消防水源数量	0.3661
	市政消防给水	0.2629	供水管网抗震性能	地震火灾防御预案和演练	管道供水能力	0.3185	
					供水管网抗震性能	0.3153	
					地震火灾防御预案和演练	0.5375	
					地震火灾防御宣传教育	0.4625	
消防管理	0.2223	消防无线通信网状况	119火警电话线路状况	消防无线通信网状况	0.4695		
				119火警电话线路状况	0.2810		
				消防通信指挥系统状况	0.2495		
				道路不燃化处理情况	0.3588		
消防通讯	0.2021	道路拓宽程度	火灾蔓延遮断带构筑情况	道路拓宽程度	0.1861		
				火灾蔓延遮断带构筑情况	0.2563		
				道路抗震性能	0.1898		
				城市公园覆盖面积	0.5759		
城市环境	0.1549	道路交通因素	0.6813	城市绿地覆盖率	0.4241		
		城市绿化建设因素	3187				

当前对于地震强度的表述方法,主要有两类:震级和烈度。震级是表示地震本身大小的量度指标。地震对地表和建筑物等破坏强弱的程度,称为地震烈度。一次地震只有一个震级,但同一次地震对不同地区的破坏程度不同,地震烈度也不一样。一般来说,与震中距离越远则烈度越小。

震发时刻主要是指,当地震发生时,是否是在大量使用燃具的时间,或者是用火、用电高峰期等易造成起火源的因素。

震时气象主要是指当时的温度、湿度和风力,当地震发生在温度较高,且干燥和有风的环境下,则发生火灾的危险性比较大,尤其是风向和风速,能促进火灾蔓延,造成更大的人员伤亡和经济损失。

2.2.2 城市建筑特征

城市的建筑特征包括:建筑抗震性能、地震作用下起火源、建筑防火能力、灭火能力、疏散能力和人员等因素。

(1) 建筑的抗震性能

建筑抗震性能主要指房屋建筑结构的防震或抗震性能。我们认为,如果房屋的防震或抗震性能较好,则发生火灾的危险较小;反之,如果房屋的防震或抗震性能较差,则容易遭到地震的破坏,从而发生火灾的危险较大。

(2) 地震作用下的潜在起火源

大部分火灾都发生在地震后的几个小时之内,其中地震时正在使用中的电器,以及震后供电线路尚未修复或者正在修复过程中的电源再开而导致发生的火灾占现代城市地震火灾发生的相当大的一部分。而随着电视、冰箱、洗衣机、微波炉、电脑等家用电器进入普通家庭,且使用频率高,用电量,强烈地震时,电气线路和设备易受到损坏而产生故障,电弧可能引起易燃物质的燃烧,发生火灾,从而在建筑中蔓延,给人民生命财产带来损失。这些都构成地震情况下的潜在起火源。

2.2.3 城市管网系统

城市管网设施的发展已成为城市现代化的重要标志之一。但随之而来的管网运行的安全问题也越来越突出,在地震情况下,影响管网的主要因素有:管网的密度、管道的铺设长度和管网的抗震性能、用电量以及线路老化状况。

增强管网抗震性能可减少地震损害。一些发达

国家在逐步提高工程结构抗震能力的同时,在防震减灾实践中探索出一种减轻地震灾害的技术手段,即在燃气系统中建立地震紧急处置系统,在室内燃气管道上安装地震紧急切断阀。这种阀门可以根据地震刚刚发生时的轻微晃动来自行关闭燃气阀门,切断燃气的来源,极大地降低由于地震造成的燃气泄漏事故,为居民的逃生赢得宝贵的时间。

2.2.4 城市环境

城市环境指标是城市地震火灾风险评价指标体系的重要因素。本文主要考虑了城市的道路建设和城市绿化建设这两个因素。

城市道路交通主要指道路的拓宽、道路的不燃化处理、火灾蔓延遮断带的构筑、散步道的配置、消防车可能通过的路途中的防火水槽的修建。这些都有助于控制火灾,降低城市经济损失。

城市绿地不仅能调节温度、湿度以及防尘、除污、减噪,还可减轻地震造成的人员伤害。绿地之所以能在地震中避灾防火是因为在发生地震时,一般情况下树木不致于倒伏,可以利用树木搭棚防震。同时,大块绿地阻隔了火势的蔓延。而且,不少树木本身就是防火的天然屏障。

2.3 层次分析法确定指标权重

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process 简称 AHP 法) 是一种定性与定量分析相结合的多因素决策分析方法,特别是将决策者的经验判断给予量化,对因素结构复杂且缺乏必要的情况下更为实用。

层次分析法计算步骤一般分为四步:一是构造判断矩阵标度;二是构造判断矩阵;三是计算判断矩阵的最大特征根和特征向量;四是判断一致性检验。本文采用 Visual Basic4.0 语言编写了层次分析法的计算程序,将建立的指标体系分发 35 份给北京市消防局、公安部消防局、中国地震局和中国地质研究所的相关专家打分得出了各指标的相对重要性,然后运用层次分析法计算得出了各指标的权重,见表 1。

3 结论

在全面分析地震火灾影响因素的基础上,确定了城市地震火灾风险评价指标体系。该指标体系共划分为三级,一级指标五个,分别为:地震因素、城市建筑、城市管网系统、城市消防系统和城市环境,二

级指标共 17 个,三级指标共 49 个,经过相关专家打分,根据层次分析法计算得到的各指标的权重具有一定的科学性和实用性。该项研究为科学地进行城市地震火灾风险评估奠定了基础。

参考文献

- [1] 刘光鼎. 21 世纪城市安全问题 [R]. 南京:首届城市与工业安全国际会,2003
- [2] <http://news.sina.com.cn/c/2006-07-17/172210449563.shtml>.
- [3] 卢振恒. 日本破坏地震概观 [M]. 北京:地震出版社,1991:25-30
- [4] Masami Kobayashi. Urban post-earthquake fires in Japan [J]. Proceedings-U. S-Japan Workshop on Urban Earthquake Hazards Reduction, 2005:121-133
- [5] 国家地震局震害防御司. 中国历史强震目录 [M]. 北京:地震出版社,1995:56-59
- [6] 吴立志. 城市火灾风险评价的数学模型及其应用 [R]. 2006:6-7
- [7] 闪淳昌. 中国的城市与安全,南京:首届城市与工业安全国际会议,2003
- [8] Wang, Y., H. Takenaka, and T. Furumura, Modelling seismic wave propagation in a 2-D cylindrical whole earth model using the pseudospectral method, Geophys. J. Int., 2001, 145:689-708
- [9] 李杰,江建华. 基于 GIS 的城市地震次生火灾危险性分析系统 [J]. 地震学报, 2001, 23(4):420-426
LI Jie, JIANG Jian-hua. Hazard analysis system of urban postearthquakefire based on GIS [J]. Acta Seismologica Sinica, 2001, 23(4):420-426
- [10] 李杰,宋建学. 城市火灾危险性分析 [J]. 自然灾害学报, 1995, 4(2):98-103
LI Jie, SONG Jian-xue. Hazard analysis of urban fire disaster [J]. Journal of Natural Disasters, 1995, 4(2):98-103
- [11] 谢旭阳,任爱珠. 城市地震次生火灾蔓延模拟系统 [J]. 消防科学与技术, 2003, 22(3):460-462
XIE Xu-yang, REN Ai-zhu. The simulation system of city fire spreading induced by earthquake [J]. Fire Science and Technology, 2003, 22(3):460-462
- [12] Hyogoken. Earthquake: performance of structures, life-lines and fire protection systems [R]. NIST Special Publication, 1995
- [13] Pitts, W. M. Wind effects on fires [J]. Progress in Energy and Combustion Science, 1991:83-114