

大空间建筑消防安全评估*

朱艳^{1,2}, 刘方¹, 蒲清平¹

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045; 2. 重庆市公安局沙坪坝区分局消防处, 重庆 400030)

摘要:根据大空间建筑特点建立了消防安全评估指标体系;介绍了评价指标权重确定方法。用模糊数学理论建立了评价大空间建筑火灾的模糊评价模型,并用该模型对某一大空间建筑消防安全进行了评价。

关键词:大空间建筑;火灾;安全评估

中图分类号:TU998.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2005)02-0080-04

Fire Safety Assessment on Large Space Building

ZHU Yan^{1,2}, LIU Fang¹, PU Qing-ping¹

(1. College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. Shapingba Branch, Chongqing Fire Brigade, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: Based on the characteristics of large space buildings, a fire safety assessment index system was founded. The calculation methods for the weight of evaluation indexes and fuzzy calculation were described. A space building was evaluated using this model.

Keywords: large space building; fire; safety assessment

大空间建筑如体育馆、展览馆等,其建筑主体越来越高,面积越来越大,使用功能复杂。由此引发出许多消防安全问题。大空间场所的屋架多采用钢结构网架,网架内部设有大量电线电缆,大功率灯具,扬声器等,火灾隐患增多。一旦失火,在空气对流的作用下,不仅燃烧猛烈,蔓延迅速,且不易扑救。而且大空间场所属于人员密集的公共场所,绝大多数观众对场地疏散路线不熟悉,更不了解建筑布局及周围环境。在火灾情况下,人员容易惊慌,拥堵疏散通道及出口,如果在消防设计和管理方面出现问题,必然会造成大量人员伤亡^[1]。因此,针对大空间场所的火灾特点,建立消防安全评估指标体系,对大空间场所的防火安全具有重要意义。

建筑火灾的评价,既要考虑到不发生或少发生火灾,也要考虑到发生火灾后扑救、疏散和防止蔓延的需要。建筑火灾风险的评价涉及多个影响因素,且许多影响因素难以量化,因而具有一定的模糊性。模糊综合评价作为模糊数学的一种具体应用方法,是一种对不宜定量的多因素事件进行半定量化分析的方法。近年来,这种方法在许多安全管理部门受到密切注意。这种方法在评价建筑安全中得到了较好的应用^[2]。本文应用模糊理论,建立了大空间建筑消防安全评价指标体系,并对某一大空间建筑消防安全进行了评价。

1 大空间建筑消防安全评价因素体系

评价指标的确定应遵循:主导性原则、可操作性原则和独立性原则。作者从建筑物自身情况、防火设计与消防设备、消防应急与管理3方面确定大空间建筑火灾危险主要评价指标,见表1。

* 收稿日期:2004-12-08

作者简介:朱艳(1971-),女,重庆人,工程师,硕士生,主要从事消防工程研究。

2 重要程度系数的确定

用上述指标对大空间建筑火灾危险性进行综合评价时,由于其对评价对象的作用并不是同等重要的,因此,需确定因素重要程度系数(权重)。在实际应用中,常用的方法有:德尔斐法、专家调查法和判断矩阵法。

德尔斐法也称为专家评议法,它是利用专家集体智慧来确定各因素在评判问题或者决策问题中的重要程度系数的有效方法之一。求因素重要程度系数的工作,必须由专家来进行,要求专家不但要有渊博的专业知识,而且要熟悉和掌握所研究问题的全部具体情况。专家调查法,是把在评定问题中或决策问题中所要考虑的各因素,由调查人事先测定出表格,然后根据研究问题的具体内容,在本专业内聘请阅历高、专业知识丰富并且有实际工作经验的专家就各因素的重要程度发表意见,填入调查表。最后,内调查人汇总,计算出因素重要程度系数。这 2 种方法主观任意性较强,进行数据处理的结果往往不符合实际。

判断矩阵分析法,是把 n 个评价因素排成一个 n 阶判断矩阵,专家通过对因素两两比较,根据各因素的重要程度来确定矩阵中元素值的大小。然后,计算判断矩阵的最大特征根及其对应的特征向量。这个特征向量就是所要求的因素重要程度系数 α_k 值。其主要步骤有:①构造判断矩阵;②计算权重值。

假定 A 层中因素 A_k 与下一层因素 B_1, B_2, \dots, B_n 有联系,则构造的判断矩阵如表 2 所示。

其中, b_{ij} 是对于 A_k 而言, B_i 对 B_j 的相对重要性的数值表示,通常 b_{ij} 取 1, 2, 3, \dots , 9 及它们的倒数,其含义为: $b_{ij} = 1$, 表示 B_i 与 B_j 同样重要; $b_{ij} = 3$ 表示 B_i 比 B_j 重要一点(稍微重要); $b_{ij} = 5$, 表示 B_i 比 B_j 重要(明显重要); $b_{ij} = 7$, 表示 B_i 比 B_j 重要得多(强烈重要); $b_{ij} = 9$, 表示 B_i 比 B_j 极端重要(绝对重要); 它们之间的数 2, 4, 6, 8 及各数的倒数具有相应的类似意义。

3 多级模糊综合评价模型

大空间建筑火灾风险的评价因素体系是多层次结构,因此,对大空间建筑火灾风险的评价是多级模糊综合评估过程。

3.1 单级模糊评价

设因素集合为: $U = \{u_1, u_2, u_3, A, u_n\}$

建立评价集: $V = \{V_1, V_2, V_3, A, V_m\}$

在建筑火灾安全评价中,取评价集为 $V = \{\text{很安全、较安全、一般安全、不安全、很不安全}\}$ 。

对因素集 U 中的单因素 $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 作单因素评价,从因素 u_i 着眼确定评价事物对抉择等级 $v_j (j = 1, 2, A, m)$ 的隶属度(可能性程度) r_{ij} , 这样就得出第 i 个因素的单因素评价集: $r_i = (r_{i1} \ r_{i2} \ A \ r_{in})$

表 1 大空间建筑火灾危险性评价指标体系

目标层	准则层	方案层
大空间建筑 火灾危险性 A	建筑自身情 况 B ₁	建筑结构 C ₁
		火灾荷载 C ₂
		周围环境 C ₃
	防火设计与 消防设备 B ₂	防火分区与防烟分区 C ₄
		火灾探测系统 C ₅
		自动喷淋系统 C ₆
		报警系统 C ₇
		防排烟系统 C ₈
		消火栓系统 C ₉
		火警广播诱导系统 C ₁₀
		消防电梯 C ₁₁
	消防应急与 管理 B ₃	安全出口与指示标志 C ₁₂
		人群密度 C ₁₃
		疏散距离 C ₁₄
		人群的安全意思 C ₁₅
		工作人员的消防技能 C ₁₆
		消防规章制度 C ₁₇

表 2 判断矩阵

A	B ₁	B ₂	... B _n
B ₁	b_{11}	b_{12}	... b_{1n}
B ₂	b_{21}	b_{22}	... b_{2n}
...
B _n	b_{n1}	b_{n2}	... b_{nn}

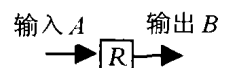


图 1 模糊综合评价的过程图

那么 n 个因素的评价集构造出一个总的评价矩阵 R 。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \Lambda & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \Lambda & r_{2m} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ r_{n1} & r_{n2} & \Lambda & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

模糊评价矩阵 R 的评价值可以采用综合分析法(专家组)确定。例如,就防火设计与消防设备而言,有 20 位专家进行评估,若有 3 人认为很安全,6 人认为较安全,8 人认为一般安全,3 人认为不安全,没有人认为很不安全,则该因素的评价值为 $\{0.15, 0.3, 0.4, 0.5, 0\}$,其它各因素也采用同样方法。

对于单级模糊评价,设特征向量用 A 表示,则综合评价结果 B 为:

$$B = AoR = \{b_1, b_2, \dots, \Lambda, b_m\} \quad (3)$$

模糊评价过程可用图 1 所示框图表示。 A 称为 U 因素重要程度模模糊子集,模糊评价过程可用图 1 所示框图表示。 A 称为 U 因素重要程度模模糊子集, a_i 称为因素 u_i 的重要程度系数。

式(3)可以表示为:

$$(b_1, b_2, \Lambda, b_m) = (a_1, a_2, \Lambda, a_n) \times \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \Lambda & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \Lambda & r_{2m} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ r_{n1} & r_{n2} & \Lambda & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

算子可根据具体评价对象进行选择,并将 b_j 做归一化处理。

3.2 综合评价模型

模型 1: $M(\wedge, \vee)$

$$b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \wedge r_{ij}), j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

式中, \wedge, \vee 分别为取小(\min)和取大(\max)运算, $b_j = \max[\min(a_1, r_{1j}), \min(a_2, r_{2j}), \dots, \min(a_n, r_{nj})]$

模型 2: $M(\cdot, \vee)$

这里“ \cdot ”是普通乘法,“ \vee ”是取大运算,于是

$$b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \cdot r_{ij}), j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

即: $(a_2 \cdot r_{2j}), \dots, (a_n \cdot r_{nj})]$

模型 3: $M(\wedge, \oplus)$

$$b_j \oplus \sum_{i=1}^n a_i \wedge r_{ij}, j = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

这里“ \wedge ”是取小运算,“ \oplus ”表示上限 1 求和, $x \oplus y = \min(1, x + y)$ 。

于是 $b_j = \min[1, \sum_{i=1}^n \min(a_i, r_{ij})]$

模型 4: $M(\cdot, \oplus)$

$$b_j = \oplus \sum_{i=1}^n a_i \cdot r_{ij}, j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

“ \cdot ”是普通乘法,于是 $b_j = \min[1, \sum_{i=1}^n a_i \cdot r_{ij}]$

模型 4': $M(\cdot, +)$

这里“ $+$ ”、“ \cdot ”分别是普通加法与乘法,于是

$$b_j = \sum_{i=1}^n a_i \cdot r_{ij}, j = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

3.3 多级模糊综合评价

多级综合评价从最低一级开始,逐级计算,每级利用公式(4)计算得到上级的判断矩阵,最终得出最上一级即大空间建筑火灾安全等级的评价。图 2 表示表 1 中的大空间建筑火灾的综合评价过程。

图2中: $B_1 - C$ ——建筑自身情况(B_1)中各因素(C_1, C_2, C_3)的权重集; $B_2 - C$ ——防火设计与消防设备(B_2)中各因素($C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9$)的权重集; $B_3 - C$ ——消防应急与管理(B_3)中各因素($C_{10}, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}, C_{16}, C_{17}, C_{18}, C_{19}$),的权重集; $A - B$ ——大空间建筑火灾安全(A)中各因素(B_1, B_2, B_3)的权重集。

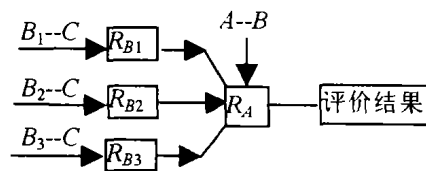


图2 建筑火灾模糊综合评价示意图

3.4 等级参数评价计算

上述评价结果是一个等级模糊子集 $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$, 对 B 是按照“最大隶同度原则”选择其最大的 b_j 所对应的等级 V_j 作为评判结果的。此时,只利用了 $b_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 中的最大没有充分利用等级模糊子集 B 所带来的信息。

在实际应用中,往往要给各种等级规定某些参数借以作为评级标准。在建筑火灾安全评价中,将火灾安全分为5个等级:第1等级,建筑很安全。评分区间:[90,100];第2等级,建筑比较安全。评分区间:[70,90];第3等级,建筑安全一般。评分区间:[50,70];第4等级,建筑安全较差。评分区间:[30,50];第5等级,建筑安全很差。评分区间:[10,30]。

设相对于各等级 V_j 规定的参数列向量为: $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)^T$, 则得出等级参数评判结果为:

$$C = (b_1, b_2, \dots, b_m) \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_m \end{bmatrix} = \sum_{j=1}^m b_j \cdot c_j = P \quad (10)$$

式中: P 是一个实数。等级参数向量可以取评分区间最小值即: $Y = \{90, 70, 50, 30, 10\}$ 。

4 实例分析

以某国际会议展览中心(大空间建筑)为例,展览中心主体建筑分为三个部分:展馆、会议中心、四星级酒店。展馆部分主要由三层展厅和一个展览前厅组成。其中一层和二层建筑高度16 m,三层最低处14 m。展览前厅长154.3 m、底部宽22 m,顶部最低处高度34.6 m。三层展厅和展览前厅均属于大空间建筑。

展览中心采用图像式双波段火灾探测器实现早期火灾感火焰探测,采用光截面图像感烟火灾探测器实现展览中心早期火灾感烟探测。展览前厅设置消火栓等手动灭火系统,展览大厅设置适用于高大空间火灾扑救的自动消防水炮实现对展览大厅的火灾保护。

评价分为5个等级,即评价集 = {很安全,较安全,一般安全,不安全,很不安全},由消防、安全、建筑专家组成的火灾安全小组根据评价集,对表1中的每一因素进行评分,并根据上述评价模型进行评价。运算采用模型3,对于上述国际会议展览中心评价结果 $P = 78.62$,说明该大空间建筑较安全。

该建筑某些防火设计超过现有规范的规定,地方消防部门对该国际会议展览中心防火设计进行了性能评估,通过其防火设计方案。

5 结语

采用模糊综合评价模型进行评价大空间建筑火灾安全性,具有较好的应用价值,是性能防火设计安全评估的补充。

参考文献:

- [1] 孙说. 关于大空间建筑防火对策[J]. 建筑科学,2002,18(6):48-50.
- [2] 杜红兵,周心权,张敬宗. 高层建筑火灾风险的模糊综合评价[J]. 中国矿业大学学报,2002,31(3):242-245.
- [3] 张跃,邹寿平,宿芬. 模糊数学方法及其应用[M]. 北京煤炭工业出版社,1992.