

大型超市安全疏散设计的初步研究

游宇航¹, 李元洲¹, 陈劲松², 冯瑞¹, 王浩波¹, 霍然¹

(1. 中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室, 合肥 230027;

2. 安徽省建筑设计研究院, 合肥 230001)

[摘要] 根据某大型超市的建筑设计方案以及人员分布情况, 针对该超市各防火分区之间疏散楼梯分布不均匀的问题, 提出2种改进设计方案。一种是改进防火分区设置, 在相邻防火分区之间设置共用楼梯, 使得防火分区的疏散宽度分布更均匀, 另一种是缩小相关防火分区的面积从而增加一个防火分区。采用EVACNET4进行计算机模拟, 得到了3种疏散场景下人员疏散的时间。计算结果表明, 当防火分区面积比较大时, 疏散楼梯在防火分区四周均匀分布有利于人员疏散; 共用楼梯的设置, 既有利于人员疏散, 又可以提高楼梯的利用率; 适当减小防火分区的面积可以缩短人员疏散的距离, 使得疏散时间减少。

[关键词] 大型超市; 安全疏散; 改进设计方案; 计算机模拟

[中图分类号] X928.7 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2007)04-0099-04

引言

随着我国社会主义现代化建设的不断深入, 人民群众的物质、文化、生活水平不断提高, 许多城市新建或改建了一批装饰豪华、商品高档、功能齐全的大型超市。该类建筑多采用大跨度设计, 占地面积较大。大型超市一般是存货售货两用的商场, 货物商品高度集中, 可燃物多, 具有很大的火灾危险性; 而且超市里所经营的鞋帽、衣服等需要悬挂展示, 这就使可燃物的表面积大大增加, 一旦起火, 就会迅速猛烈地燃烧起来; 空调、照明、装饰等电器设备多, 用电量, 电气火灾隐患尤为突出; 大型超市在营业时间内人员高度集中, 火灾时人员疏散非常困难, 容易造成人员大量伤亡^[1, 2]。例如, 2004年8月1日, 巴拉圭首都亚松森市一家超市发生大火, 造成504人丧生, 520余人受伤。因此, 做好大型商场超市的消防安全工作就显得尤其重要, 而如何保证人员的生命安全, 把人员顺利地疏散出超市则是超市消防安全工作的重中之重。

作者根据某大型超市原有的建筑设计方案以及

人员分布情况, 针对该超市各防火分区之间疏散楼梯分布不均匀的问题, 提出两种改进设计方案, 通过计算机模拟的方法研究大型超市内的人员安全疏散情况, 得出了一些对大型超市的安全疏散设计具有一定实际指导意义的结论。

1 超市情况简介

研究对象为一大型商场的二层、三层超市部分, 每层面积约12 300 m², 均分为4个防火分区, 其中超市大卖场划分为防火分区2和3, 店前区为防火分区1, 超市库房(二层), 及加工区(三层)为防火分区4。商场二层为疏散设计的重点, 其商业部分面积9 500 m², 库房面积1 350 m², 办公面积900 m², 其它550 m²。根据《商业建筑设计规范》, 计算商业部分疏散宽度为: $9\,500 \times 50\% \times 0.85/100 = 40.37$ m, 现疏散宽度设计为32.25 m, 图1和图2分别为二层、三层防火分区和疏散楼梯位置分布示意图, 各疏散楼梯的宽度如表1所示。

其中, 楼梯12为通向外界的过街天桥, 二层、三层的人员可以通过该楼梯直接疏散到室外; 9号

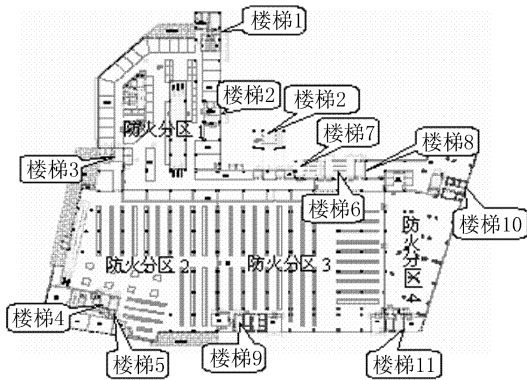


图 1 二层各防火分区划分和楼梯位置示意

Fig.1 Fire zones and evacuation staircases' distribution in second floor

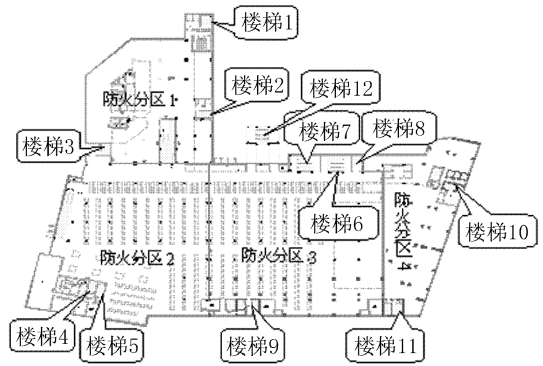


图 2 三层各防火分区划分和楼梯位置示意

Fig.2 Fire zones and evacuation staircases' distribution in third floor

表 1 各疏散楼梯的宽度

Table 1 Width of each evacuation staircases

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
宽度/m	1.75	1.4	1.4	1.4	1.4	1.7×4	1.7×4	1.7	1.4	1.4	1.4	2.7×2

楼梯和 11 号楼梯为共用楼梯, 9 号楼梯由防火分区 2 和 3 共用, 11 号楼梯由防火分区 3 和 4 共用。由此可知, 超市部分的防火分区 2 和 3 的疏散楼梯宽度分布严重不均匀, 大部分疏散宽度都集中在防火分区 3, 这将对火灾时超市内的人员疏散带来很大的影响。

各层疏散总人数按照 $(900+9\ 500) \times 50\% \times 0.85=4\ 420$ 人统计, 人员分布为: 在三层, 设定为防火分区 2 和 3 各 2 000 人, 共 4 000 人, 防火分区 1 和 4 共 420 人, 其中设定分区 1 为 220 人, 分区 4 为 200 人; 在二层, 由于防火分区 1 面积较大, 加上里面设置有快餐店, 因此考虑里面的人员也较多, 设防火分区 4 为 200 人, 防火分区 1, 2, 3 共 4 220 人, 按照面积平均分配, 即分区 1 为 1 334 人, 分区 2 为 1 378 人, 分区 3 为 1 508 人。

2 人员疏散的模拟计算

采用由美国佛罗里达 (Florida) 大学开发, 也是目前世界上被广泛采用的人员疏散模型之一的 EVACNET4 模型对整个人员疏散的过程进行计算机模拟。该模型对建筑物的结构进行网络描述, 定义一系列的节点与路径, 节点代表建筑物内的不同单元, 路径表示各个节点之间的通道, 模拟人员在建筑物内行走并最终疏散到安全地点^[3]。

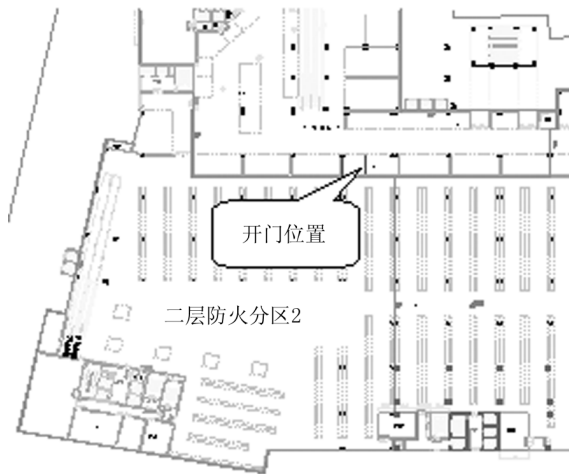
在进行模拟计算时, 假设如下条件成立: 疏散

人员具有相同的特征, 并都具有足够的身体条件疏散到安全地点; 人员在疏散时会主动选择最近的出口逃生; 疏散人员在疏散开始的时刻能一起开始疏散, 且人员在疏散过程中不会中途退回选择其他路径; 模型不考虑人员的行为及反应; 模型是一个线性模拟系统, 疏散路径上的流量与人员行走速度一经计算者设定后, 在整个模拟时间内将不会改变。

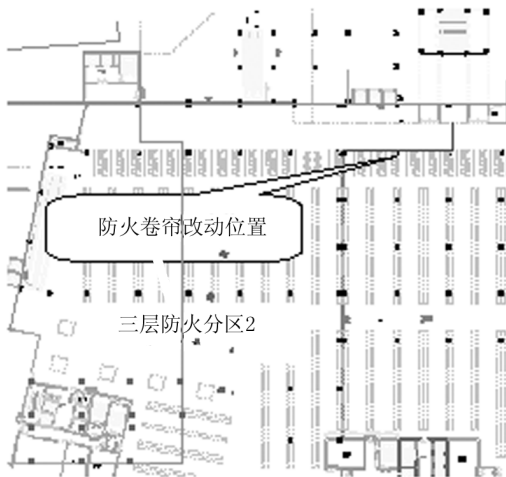
根据该商场二、三层超市的实际情况, 主要采取以下疏散策略: 疏散模拟过程中首先采用就近原则, 也即是优先使用靠近的疏散楼梯, 其次合理安排各疏散出口和疏散楼梯的利用, 尽可能使各疏散出口和疏散楼梯均等的使用, 使得总的疏散时间达到最少。在疏散模拟计算过程中, 根据该模型提供的不同位置人员疏散速度和人员密度的关系参考数据, 设定建筑物内人流的疏散速度为 1.016 m/s, 疏散楼梯处的疏散速度为 0.431 8 m/s, 建模时所采用的每个时间段为 4 s。

共设定了 3 种疏散模拟场景: **a.** 按照原有防火分区进行疏散; **b.** 对原有防火分区进行改进, 在二层防火分区 1 和 2 之间靠右侧精品店开一个防火门, 使室外楼梯 12 号归防火分区 1 和 2 共用, 将三层防火分区 2 靠近收银台的防火卷帘向右移动, 将楼梯 12 的一侧门划在防火分区 2, 另一侧的门划分在防火分区 3, 使室外楼梯 12 号归防火分区 2 和 3 共用, 具体改动如图 3 所示; **c.** 重新划分防火分

区，缩小防火分区 2 和 3 的面积，在中间增加一个防火分区 5，具体改动如图 4 所示。各疏散场景疏散时间见表 2。



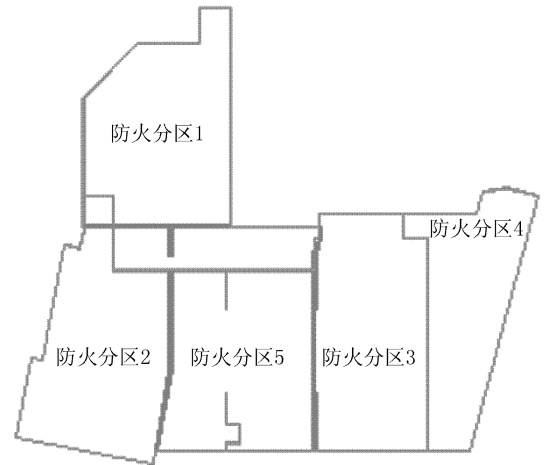
(a) 二层防火分区的改进



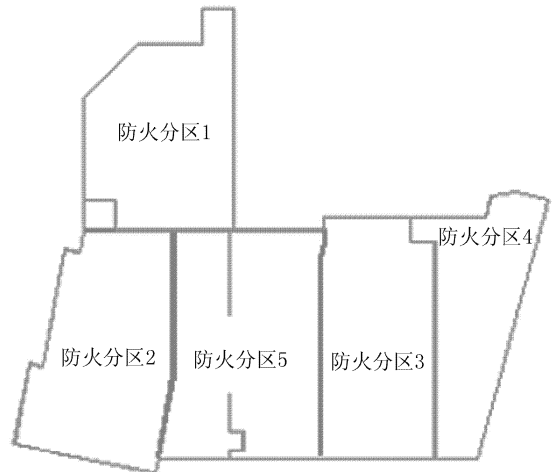
(b) 三层防火分区的改进

图 3 防火分区的改进方案

Fig.3 The improved design of fire zones in large supermarket



(a) 超市二层



(b) 超市三层

图 4 对原有防火分区进行重新划分

Fig.4 The re-divided fire zones in large supermarket

由疏散计算的结果可得到原有设计条件下各出口的疏散时间较长的分别是 3, 4, 5 和 9 号共 4 部楼梯，这 4 部楼梯分布在防火分区 2 的左上、左下

表 2 各种情况下不同疏散楼梯的人员疏散时间比较

Table 2 The comparison of every staircase's evacuation time under three design projects

出口	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
												二层	三层
原有设计	424	424	920	920	820	248	252	248	820	364	580	272	248
改进后	456	456	484	712	636	288	288	288	636	364	284	456	488
重新划分后	150	150	484	720	706	180	180	180	736	140	140	586	628

和右下 3 个方向，最长的疏散时间为 920 s，发生在 3 号和 4 号楼梯。在防火分区的设置改进之后，防火分区 2 的右上方向增加了一部楼梯，许多人都

通过共用的 12 号楼梯进行疏散，增加了 12 号楼梯的利用率，疏散利用时间由原来的 200 多 s 提高到 400 多 s，使得同在上方的 3 号楼梯疏散时间大大

缩短；同时，下面的4, 5, 9号三部楼梯的疏散压力也相应减小，虽然疏散最长的时间仍然出现在4号楼梯，但是已由920 s缩短到了712 s。这说明当超市的防火分区面积比较大时，通过在相邻防火分区之间设置共用疏散楼梯，合理分配各防火分区的疏散宽度，使疏散楼梯四周均匀分布，更加有利于人员疏散，而且还能提高疏散楼梯的利用率。在重新划分防火分区后，适当缩小防火分区2和3的面积，在中间增加一个防火分区5，总的疏散时间由920 s下降到了736 s，疏散压力仍然在超市部分的2, 3, 5防火分区，其中9号楼梯的疏散时间最长，这主要是由于防火分区3和5的楼梯分布严重不均，上面太多下面太少造成的；同时也可以看出，除了3, 4, 5, 9和12号这五部楼梯利用率相对较高外，其他的楼梯利用率都相当低。总的来说，缩小防火分区的面积增加防火分区，使得人员在每个防火分区内的疏散距离变短，也可以减少总的疏散时间，但是得注意楼梯的利用率和为此带来的消防投入。

3 结论

根据某大型超市各防火分区之间疏散楼梯分布不均匀的问题，在原有设计的基础上提出2种改进

设计方案，一种是改进防火分区之间的设置，使得防火分区的疏散宽度分布更均匀，另一种是缩小每个防火分区的面积从而增加一个防火分区。通过对各种情况计算结果的分析与比较，可以得出如下结论：

1) 在大型超市中，当各个防火分区面积比较大时，合理分配各防火分区的疏散宽度，使疏散楼梯在每个防火分区四周均匀分布，有利于人员疏散。

2) 在相邻防火分区之间，设置共用楼梯，有利于人员疏散，而且还可以提高楼梯的利用率。

3) 适当减小防火分区的面积以缩短人员疏散距离，也可以减少疏散的时间，但是得注意楼梯的利用率和为此带来的消防投入。

参考文献

- [1] 杨庆. 超级市场和大型商场的安全疏散设计[J]. 消防科学与技术, 1994, 13(4): 13~15
- [2] 王志刚. 地下大型商场火灾时期人员疏散计算机模型[J]. 火灾科学, 2001, 10(1): 57~62
- [3] 陈智明. 人员疏散的网络模型研究及其应用[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2004

Preliminary Study on Evacuation Design in Large Supermarket

You Yuhang¹, Li Yuanzhou¹, Chen Jinsong², Feng Rui¹, Wang Haobo¹, Huo Ran¹

(1. State Key Laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China; 2. Anhui Institute of Architecture and Design, Hefei 230001, China)

[Abstract] Based on the actual construction design project and the human distribution in some large supermarkets, two improved design projects are presented because the evacuation staircase width of the fire zones are not distributed symmetrically. One is the improvement to current fire zone design, making the distribution of evacuation staircase width more symmetrically by setting shared evacuation staircase. The other is to relocate the related fire zone, decrease the area of current fire zones and add one more fire zone. The occupant evacuation times of three evacuation scenarios are simulated by EVACNET4. Results show that when the fire zone area is large, to symmetrically distribute the evacuation staircase width of the fire zones is more effective for evacuation. Setting shared evacuation staircase will help for evacuation and improve the efficiency of using the staircase. Decreasing the fire zone area will shorten the evacuation distance, and the evacuation time will be reduced.

[Key words] large supermarket; occupant safety evacuation; improved design project; computer simulation