

研究报告

# 基于单位有效疏散宽度使用率的一种疏散设计评价方法

杨健鹏<sup>1</sup>, 张和平<sup>1</sup>, 潘 峥<sup>2</sup>, 马 宁<sup>3</sup>, 蒋为诚<sup>3</sup>

(1. 中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室, 合肥 230027;

2. 浙江省消防总队防火部, 杭州 310014; 3. 浙江省宁波消防支队, 浙江宁波 315016)

**[摘要]** 在建筑物的设计中, 疏散通道的设计是非常重要的内容, 设计是否合理关系到火灾时建筑物内的人员能否安全及时地疏散。但现行规范中并没有涉及到如何判断不同疏散方案的合理性。提出了一种评价方法, 采用疏散通道出口单位有效疏散宽度使用率作为主要的评价指标, 能较好地反映出不同设计方案之间的差异, 并对如何调整疏散通道的位置使其更有利于人员的安全疏散有一定的指导作用。

**[关键词]** 火灾; 人员疏散; 单位有效疏散宽度使用率

**[中图分类号]** TU972; X93 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)05-0094-04

## 1 引言

随着经济的发展和城市化进程的加快, 各种新式建筑大量涌现, 给建筑物的消防安全工作带来新的课题。

建筑物消防安全的核心问题是火灾中人员的安全疏散。为了保证人员能够安全疏散, 要求人员疏散时间要短于火灾发展到危险状态的时间<sup>[1]</sup>。人员疏散时间包括人员的反应时间和人员的运动时间。为了保证火灾时人员能够安全疏散, 需要在建筑物内设置合理的保护设施如水喷淋, 用来抑制火灾的发展, 延长火灾发展到危险状态的时间; 设置合理的火灾探测、报警等装置, 使人们能够快速地发现火灾, 减少人员的反应时间。合理设计建筑物疏散通道, 减少人员的运动时间同样是非常重要的。

目前对建筑物疏散通道的设计主要依据《建筑设计防火规范》(GBJ 16-87)、《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045-95)等有关规范, 在满足有关规范要求的前提下可能同时有多种设计方案, 哪一种设计方案更有利于人员的安全疏散, 目前并没有适当的评价方法。

作者提出了一种评价建筑物疏散通道出口设计合理程度的方法, 采用疏散通道出口单位疏散宽度使用率作为主要的评价指标, 定量地反映不同设计方案之间的差异, 对合理设计疏散通道, 提高人员的安全疏散效率起到一定的指导作用。

## 2 评价方法

### 2.1 规范中对建筑中人员疏散设计的规定

现有的消防规范对疏散设计做了若干具体的规定, 包括疏散出口的个数、位置、宽度以及疏散出口的距离等, 如《建筑设计防火规范》中规定:

5.3.1条: 公共建筑各通廊式居住建筑安全出口的数目不应少于2个;

5.3.6A条: 建筑中的安全出口或疏散出口应分散布置, 建筑中相邻2个安全出口或疏散出口最近边缘之间的水平距离不应小于5.0 m, 疏散楼梯间在各层的平面位置不应改变;

5.3.6条: 当建筑面积不大于50 m<sup>2</sup>时, 可设置1个疏散出口, 其疏散出口总宽度就是所有通过人数按不小于每100人1.0 m计算确定<sup>[2]</sup>。

《商业建筑设计规范》(JGJ 48-38)中规定:

**[收稿日期]** 2005-01-18

**[基金项目]** 国家自然科学基金重点资助项目(50536030)

**[作者简介]** 杨健鹏(1981-), 女, 河南许昌市人, 中国科学技术大学研究生

4.2.1 条：商店营业厅的每一防火分区安全出口数目不应少于 2 个；商店营业厅内任何一点至最近安全出口的直线距离不宜超过 20 m<sup>[3]</sup>。

尽管建筑设计规范对建筑物疏散设计做了大量细致的规定，但是，在达到消防规范中所规定的众多条件的情况下，设计师在进行建筑物的疏散设计时仍具有很大的灵活性。例如一个商场中有 3 个疏散出口，在满足了《商业建筑设计规范》的情况下，3 个出口的布置也可以有多种方案。哪种方案更合理，更利于紧急情况下的人员疏散，规范就不能提供判断的依据了。

### 2.2 方法介绍

判断一个建筑的疏散设计是否合理，主要是看其各个疏散出口在人员疏散时是否得到充分的利用。在最理想的情况下，人员从各个疏散出口疏散完毕的时间应该相同。也就是说在同一时刻，人员从不同出口同时疏散完毕。这就必须要求每个出口所疏散的人数应该与它的有效疏散宽度成正比。由此作者引入单位疏散宽度使用率  $\alpha$  作为主要评价指标，提出了一种判断建筑物疏散设计是否合理的方法。假如， $\alpha_i$  为疏散出口  $i$  的单位有效疏散宽度使用率，则  $\alpha_i$  定义为

$$\alpha_i = \frac{r_i}{rw_i}$$

式中  $r_i$ —通过疏散出口  $i$  的人数； $r$ —建筑疏散的总人数； $w_i$ —疏散出口  $i$  的有效宽度。

作者使用 EVACNET 网络模型对建筑进行人员疏散的数值模拟，得到各个疏散出口的单位有效疏散宽度使用率，比较各个疏散出口的单位有效疏散宽度使用率是否均衡。如果均衡，则说明疏散通道的设计方案比较合理；如果不均衡，则需要对疏散出口的位置进行调整，然后再次使用人员疏散软件对建筑进行人员疏散的数值模拟，直至各出口的单位疏散宽度使用率均衡为止。

### 2.3 EVACNET 模型

EVACNET 是美国佛罗里达大学开发的一种模拟建筑火灾中的人员逃生的计算机程序，是一种网络模型，包含一组节点和弧线，通过将建筑物的分隔间，如房间、楼梯、客厅、门厅等模拟为一个节点，将连接分隔间的通道模拟为弧线，对建筑内的人员疏散进行数值模拟<sup>[4]</sup>。EVACNET 模型可以进行多种类型建筑物内的人员疏散模拟，包括办公楼、饭店、礼堂、体育馆、零售商店和学校等。

EVACNET 人员疏散网络模型经过大量的工程实践应用，证明是一种可靠稳定的人员疏散软件。

## 3 方法应用

以一个商场为例，使用以上提出的方法对该商场的疏散出口设置情况进行评价，并对不合理的地方提出改进方案。

考虑到建筑物内疏散指示标志的使用，认为人员在疏散时依照疏散标志指示的方向移动。在进行计算时，软件根据疏散距离选择人员的疏散方向。这样，EVACNET 的疏散路线也反映了建筑物内疏散指示标志所指示的疏散路线。

### 3.1 应用过程

图 1a 为一个商场的平面建筑结构。此商场内有 230 人需要疏散，设有 3 个疏散出口，其有效宽度均为 1.2 m。

对图 1a 的出口设计情况进行评价。使用 EVACNET 人员疏散软件对图 1a 的建筑结构和人员疏散情况进行模拟，得到 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率分别为 0.338 4，0.174 7，0.320 3（见图 1b）。可以看出，3 个出口的单位疏散宽度使用率很不均衡，其中出口 2 的单位疏散宽度使用率最低，约为出口 1 的一半。这说明出口 2 没有得到充分利用，而大部分人都从出口 1 和出口 3 疏散，可以认为出口 2 的设计不合理，影响了整个建筑的人员疏散。

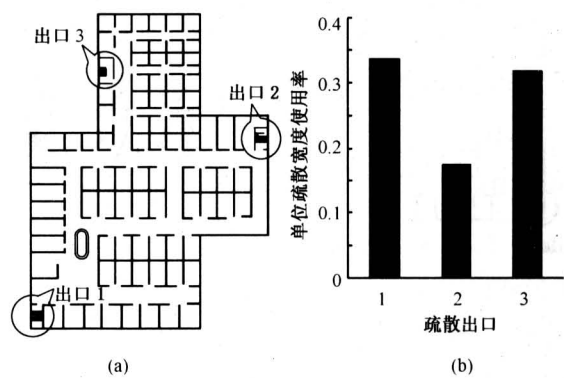


图 1 方案 1  
Fig.1 Scheme 1

由于疏散出口 2 的位置不利于疏散，调整出口 2 的位置（见图 2a），但不改变疏散出口的宽度和商场内的疏散人数。再次用 EVACNET 软件进行模拟，3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率分别为 0.259 7，0.313 8，0.259 7（见图 2b）。可见，经过

调整后, 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率较图 1a 要均衡。但疏散出口 2 的单位疏散宽度使用率较其余 2 个出口要大一些。因此, 可以考虑对疏散出口 1 或 3 的位置进行调整。图 3a 所示为对疏散出口 3 进行调整后的疏散出口位置分布情况。再次用 EVACNET 软件对此商场的建筑结构和人员疏散情况进行模拟, 得到 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率分别为 0.259 8, 0.285, 0.288 6 (见图 3b)。由图 3b 可以直观地看出, 经过调整疏散出口 3 的位置以后, 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率更加均衡了。

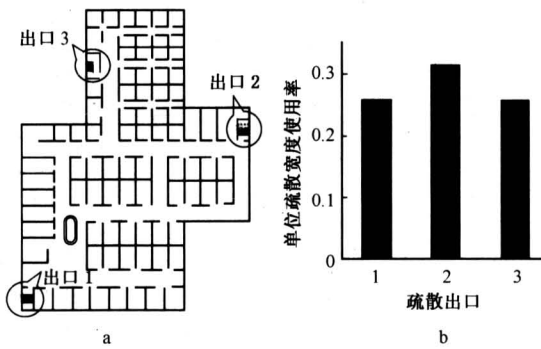


图 2 方案 2  
Fig.2 Scheme 2

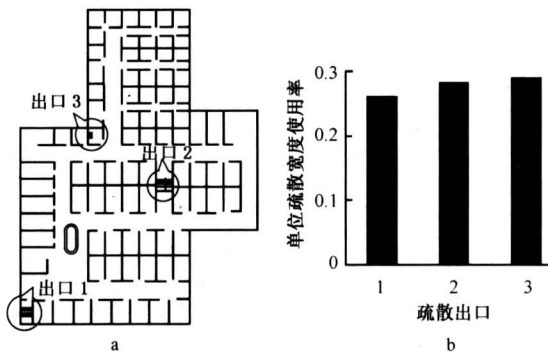


图 3 方案 3  
Fig.3 Scheme 3

### 3.2 讨论

当此商场的 3 个疏散出口位置设置如图 1a 所示的时候, 图 1b 很清楚地显示 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率相差较大。此情况下人员疏散的运动时间为 85 s (见图 4a, 1 号)。将图 1 中的疏散出口 2 位置改变后, 在商场疏散宽度和需要疏散的人员数量都不改变的情况下, 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率分布较图 1 均匀。此时人员疏散

的运动时间为 75 s (图 4a, 2 号)。将图 2a 中的疏散出口 3 的位置改变后, 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率分布比图 2a 的情况更为均匀, 人员疏散的运动时间为 70 s (图 4a, 3 号)。由此可见, 调整疏散出口的位置, 使单位疏散宽度使用率趋于均衡, 可有效地缩短人员疏散运动的时间。

进而, 可用单位疏散宽度使用率的标准差来表示 3 个疏散出口的单位疏散宽度使用率的均衡程度 (图 4b)<sup>[5]</sup>。图 1a 所示的疏散出口设计, 其标准差为 0.073 3。图 2a 和图 3a 所示的设计, 其标准差分别为 0.025 5 和 0.012 8。随着疏散出口单位疏散宽度使用率标准差的降低, 人员疏散所需时间也在减少。由此可见, 单位疏散宽度使用率的标准差代表了单位疏散宽度使用率的均衡度, 单位疏散宽度使用率越均衡, 建筑物的疏散设计就越合理。

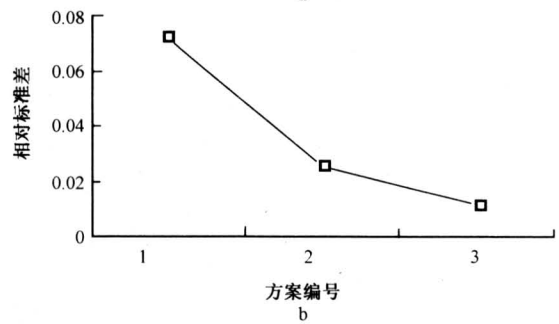
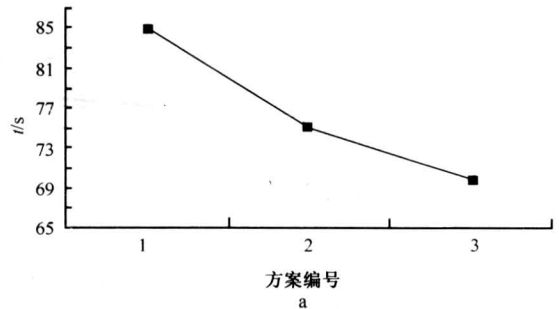


图 4 结果对比

Fig.4 Comparative result

### 4 结语

提出了一种评价建筑物疏散通道出口设计合理程度的方法, 采用疏散通道出口单位疏散宽度使用率作为主要评价指标, 能较好地定量反映不同设计方案之间的差异; 并以 EVACNET 为工具, 对某商场的疏散设计进行评价。结果表明, 该评价方法对如何调整建筑物疏散通道的位置, 使其更有利于人员的安全疏散有一定的指导作用。

## 参考文献

- [1] 霍然, 袁宏永. 性能化建筑防火分析与设计[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2003
- [2] 建筑设计防火规范(2001 修订版)GB J16-87[S]
- [3] 商业建筑设计规范 JGJ 48-38[S]
- [4] Kisko T M, Francis R L, Nobel C R. EVACNET4 USER'S Guide[M]. Florida: University of Florida
- [5] 费业泰. 误差理论与数据处理(第四版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000

## A Method of Evaluating the Design of Evacuation Based on the Using Rate of Unit Effective Evacuation Width

Yang Jianpeng<sup>1</sup>, Zhang Heping<sup>1</sup>, Pan Zheng<sup>2</sup>, Ma Ning<sup>3</sup>, Jiang Weicheng<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Fire Science, USTC, Hefei 230027, China;

2. Dept. of Fire Protection, Zhejiang Fire General Brigade, Hangzhou 310014, China;

3. Ningbo Fire Detachment, Ningbo, Zhejiang 315016, China)

[Abstract] During designing a building, the design of evacuation is very important. The rationality of the design of evacuation determines whether people can evacuate from buildings. But the existing criterion does not relate to how to evaluate rationality of various designs of evacuation. This paper advances a method which uses the using rate of unit effective evacuation width as the major parameter to reflect the difference of various designs. And this method can give advices to adjust the design to profit personal evacuation.

[Key words] fire; evacuation; the using rate of unit effective evacuation width

(cont. from p.93)

## The Validity Experimental Study of the Obstacle Fires Extinguishment by Water Mist

Liu Xuanya, Lu Shouxiang, Huang Yue, Chen Guoqing

(State Key Laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

[Abstract] The full scale simulation cabin and pumping pressure water mist system were employed to study the validity of the obstacle fires extinguishment by water mist on the conditions of different obstacles baffles. The validity of water mist system and main influencing factors on the extinguishment of the obstacle heptanes fires were analyzed. FDS (4.0.5) was employed to study the interaction of the water mist and obstacle oil fires and the extinguishing rules and factors were determined primarily. The experimental and simulation results show that the structure and style of the obstacle fires are important to influence the validity of the obstacle fires extinguishment by water mist. The more the water mist is entrained by the airflow, the more effective of the extinguishment by water mist.

[Key words] water mist; obstacle fires; validity of fire extinguishment