

# SIMULEX 软件在性能化防火设计中的应用

## The Application in the performance-based fire-protection design with the software of SIMULEX

刘博

(公安部沈阳消防研究所)

**摘要**：通过对 SIMULEX 软件在性能化防火设计项目中的应用经验积累，总结 SIMULEX 软件自身的优缺点，提出软件未来需要重点发展的方向。

**关键词**：性能化防火设计；SIMULEX 软件；安全疏散；疏散时间；

**Abstract**: According to the collective experience of the application in the performance-based fire-protection design of SIMULEX, summarize the software's own merit and demerit , to propose the coming major development direction with the software of SIMULEX.

**Key words**: The performance-based fire-protection design; The software of SIMULEX; safe evacuation; Evacuation time

### 1. 性能化防火设计

性能化防火设计是建立在消防安全工程学基础上的一种新的防火设计理念，在国际上正逐步被采纳的一种先进的设计方法。其主要根据建筑物及其消防设施必须达到预期的安全目标，依据建筑物的形状、结构、用途和内部可燃物等方面的具体情况，运用工程分析的方法，提出科学合理、切实可行的最优化设计方案。与传统的“处方式”设计相比较，性能化防火设计更关注是否能够实现“保证人员疏散和灭火救援不受火灾烟气影响”这一“目的”，而不是拘泥于满足规范中的要求。性能化防火设计方法是当前建筑防火领域最先进的技术之一，也是人们关注的最前沿、最活跃的研究领域之一。

### 2. 人员安全疏散的判据

人员安全疏散是评估建筑消防系统安全程度的核心问题，在性能化防火设计中，通常在特定的火灾场景下，如果能保证建筑内人员逃离到安全地带的时间小于火灾发展到不可忍受的条件的时间，即证明下式是否成立：

$$ASET > RSET \quad (1)$$

上式中，ASET ( Available Safe Egress Time ) 为从火灾发生到火灾发展到威胁人员安全

疏散时的时间间隔；REST ( Required Safe Egress Time ) 为人员从火灾发生到疏散至安全区域所需要的实践时间。如果式（1）成立则可认为人员能够安全地从危险区域疏散出去也就是说该防火设计符合安全要求反之则需要修改调整，人员安全疏散的判定方法如图 1 所示。

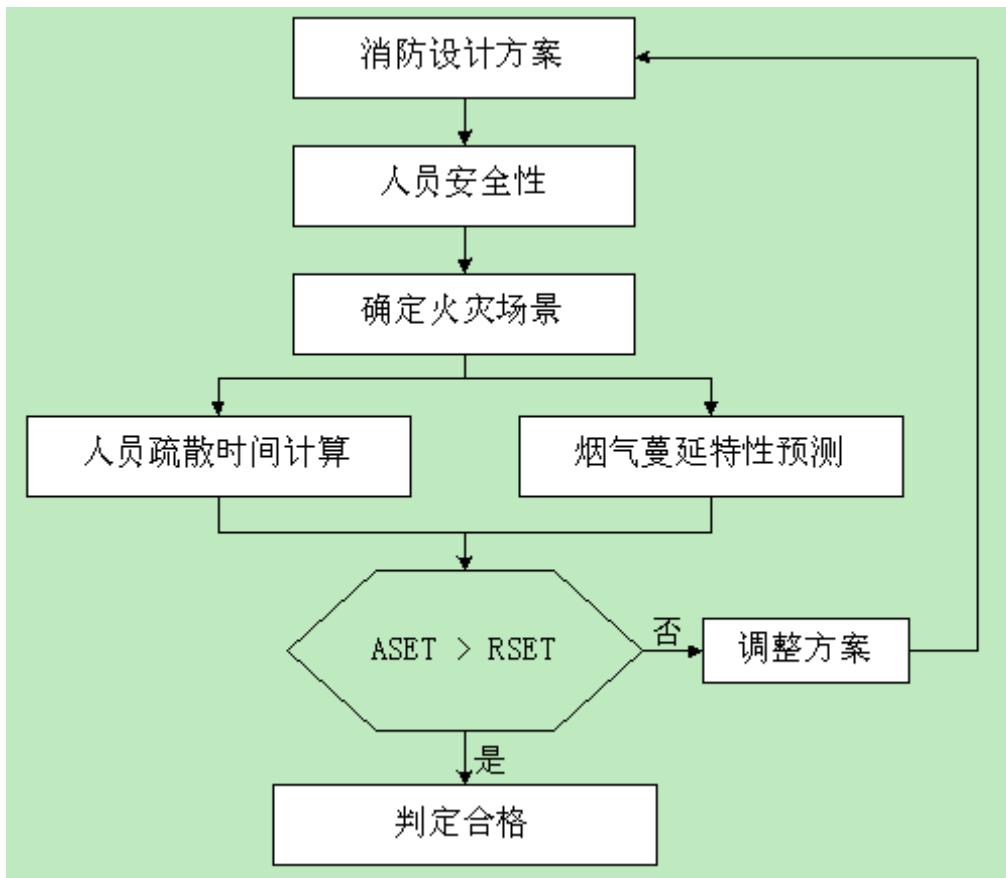


图 1 人员安全疏散的判定方法

式（1）中的 ASET 值由火灾烟气模拟软件，通过设定特定的判定条件给出；RSET 值由火灾报警时间、人员的疏散预动时间和人员从开始疏散到到达安全地点的行动之和计算，即：

$$RSET = T_d + T_{pre} + k \times T_t \quad (2)$$

上式中  $T_d$  为火灾报警时间； $T_{pre}$  为人员的疏散预动时间（包括响应时间和反应时间）； $T_t$  为人员疏散行动时间； $k$  安全系数。其中，大量的人员疏散模拟软件被应用于分析火灾时人的行为、人员类型、人员在火灾时所处位置、人员对火灾的反应能力，并通过仿真计算得到人员疏散行动时间值，通过式（2）计算进而得到 RSET 值。

### 3. SIMULEX 软件的功能特点

SIMULEX 软件最先是由英国 Edinburgh 大学设计，此软件可以模拟大型、复杂几何形状、带有多个楼梯的建筑物，可以接受 CAD 生成的定义单个楼层的文件；可以容纳上千人，

用户可以看到在疏散过程中，每个人在建筑中的任意一点、任意时刻的移动。模拟结束后，会生成一个包含疏散过程详细信息的文本文件。

SIMULEX 软件把一个多层建筑定义为一系列二维楼层平面图，它们通过楼梯连接；用三个圆代表每一个人的平面形状，精确地模拟了实际的人员。每一个被模拟的人由一个位于中间的不完全的圆圈和两个稍小的、与中间的圆重叠的肩膀圆圈组成，它们排列在不完全的圆圈两侧。

SIMULEX 软件的移动特性基于对每一个人穿过建筑物空间时的精确模拟，位置和距离的精度高于  $\pm 0.001m$ 。模拟的移动类型包括：正常不受阻碍的行走，由于与其他人接近造成的频带降低、超越、身体的旋转和避让。SIMULEX 软件还模拟了一部分心理方面的东西，包括出口选择和对报警的响应时间。

由于 SIMULEX 软件的易用性以及它能够较为真实地反映出疏散过程中可能出现的各种情况，它已经被越来越多地应用于工程的设计、评估工作中，成为性能化设计、评估工作的一项有力的武器。

## 4. 工程应用与存在的问题

目前，SIMULEX 软件被广泛应用于大型体育馆、影院、商场、地铁车站等场所内的人员疏散设计与评估，其模拟结果也得到业内专家的肯定与认可，在使用软件的过程中，也发现 SIMULEX 软件自身存在一些缺点或漏洞。

### 4.1 最大允许设置安全出口数量的限制

在某大型赛马场建筑人员疏散安全性评估工作中，由于该建筑在设计上需要同时容纳上万人，并且人员流动性很大，基于建筑使用功能的特殊性要求，该建筑设置了 120 余个安全出口，在将 CAD 图纸导入 SIMULEX 软件并设置安全出口超过 50 个后，SIMULEX 软件自动提示不能设置更多的安全出口，见图 2 所示。因此，由于 SIMULEX 软件自身最大允许设置安全出口数量不能超过 50 个的条件限制，在此项目的人员疏散模拟工作中便放弃使用 SIMULEX 软件，而不得不使用其他人员疏散软件完成。

### 4.2 火灾烟气条件下的人员疏散模拟

保证建筑物内人员在火灾情况下的安全是一个涉及建筑物结构、火灾发展过程和人员行为三种基本因素的复杂问题。图3反映了火灾特性对人员疏散的主要影响。其中火灾中产生的热与烟是对安全疏散影响最大的两个因素。

1) 烟气。据统计，国内建筑火灾中 80%左右的死亡人员是由于烟气而造成的，其中大部分是吸入了有毒气体及烟尘昏迷后而致死的。

2) 高温。尽管大部分火灾伤亡源于吸入有毒烟气，但火灾中燃烧释放的热量，约有30%是通过热辐射放出的，其余则由烟气携带上升，形成热对流。



图 2 SIMULEX 软件最大允许设置安全出口数量提示截图

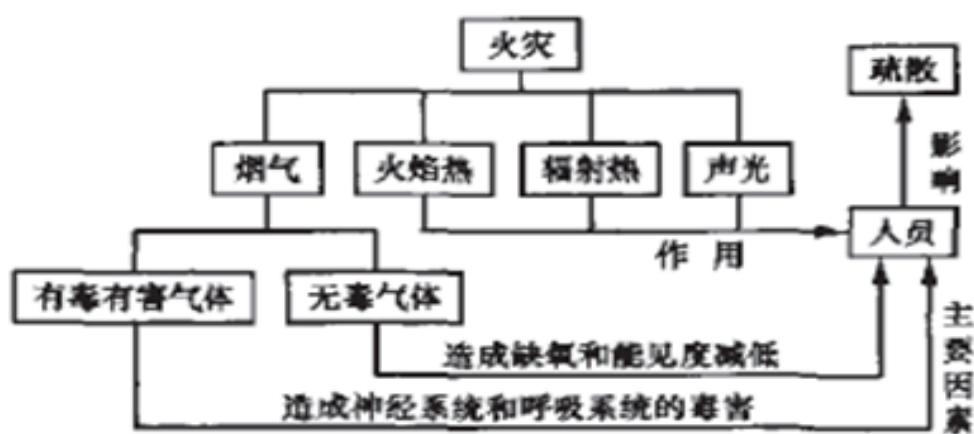


图 3 火灾特性对安全疏散的影响

在人员疏散安全性设计项目中，设计方往往都需要特定的火灾场景里，观察人员在火灾烟气条件下的疏散情况，以模拟情况和结果作为调整疏散策略、改变疏散路径或增减安全出口及楼梯的依据，而 SIMULEX 软件属于单纯的人员疏散行动状况的模拟，软件至今还没有尝试模拟能见度和毒性危害可能对人员产生的影响，也无法模拟人员在火灾烟气条件下的疏散情况。

由此可见，虽然 SIMULEX 软件具有易操作、模拟精度高等优点，但在性能化防火设计的应用中，由于软件自身的条件限制，无法承担全部的人员疏散类项目，如不加以修正必将限制软件的发展空间。

## 5. 总结

尽管我国在建筑物防火性能化设计领域起步较晚，但是近几年在该领域发展迅速。这一方面源于社会需求的巨大推动作用，同时与引进国外先进的评估模型（软件）是分不开的。SIMULEX 软件凭借自身的独特优点得到广泛应用，虽然软件自身仍存在一定的缺陷，但如果加以完善，必将取得良好的应用前景。

## 6. 参考文献

- [1] NFPA Life Safety Code, NFPA101, National Fire Protean, Association, 2003 Edition.
- [2] 郭铁男等.《中国消防手册（第三卷）》，上海科学技术出版社，2006 年 12 月.
- [3] 霍然，袁宏永.《性能化建筑防火分析与设计》，科学技术出版社，2003 年 9 月.
- [4] 李引擎等.《建筑工程》，化学工业出版社，2004 年 5 月.