

火灾下建筑室内温度场模拟分析

张永恒, 徐迪

武汉理工大学土建学院, 湖北武汉 (430070)

E-mail: zyh20041004@126.com

摘要: 钢结构抗火设计时首先要确定室内环境的温度, 传统的钢结构抗火设计一般采用 ISO834 标准升温曲线进行结构抗火设计。随着性能化钢结构抗火的发展, 用火灾时环境的实际温度进行钢结构抗火设计必将成为新的发展方向。本文运用 FDS 场模拟火灾软件计算出火灾时室内实际温度曲线, 对比 ISO834 升温曲线得出相关的结论。

关键词: FDS; 场模拟; 温度场; 性能化设计

中图分类号: TU391. 04

1. 引言

作为建筑物常用的材料, 钢材以其强度高、重量轻、施工快、抗震性能好和可靠性能高等众多突出的优点而在实际工程中得到广泛应用。但另一方面钢材又有它自身的弱点, 虽然钢材是非燃烧体, 但在高温的作用下其材料性能会发生很大的改变。温度为 400℃ 的时候, 钢材的屈服强度将降低至室温下强度的一半。温度达到 600℃, 钢材基本上丧失全部强度和刚度^[1]。因此在钢结构抗火分析中确定环境的温度是进行结构抗火分析的关键。传统的钢结构抗火设计一般采用 ISO834 标准升温曲线作为已知环境温度作用在构件表面进行结构温度场的分析, 实践证明环境温度的变化与可燃物的数量、种类和位置, 房间洞口的大小、位置的差别, 壁面的影响等因素有关, 即具体火灾场景下室内温度的变化与 ISO834 升温是有区别的。本文采用美国国家标准技术委员会 (NISTIR) 发布的基于场模拟火灾模拟软件: Fire dynamic simulator(FDS)模拟某空间真实温度场分布。该软件采用先进的大涡模拟技术, 得到众多实例验证, 在火灾安全工程领域应用广泛^[2]。

场模拟也称物理模拟, 是基于火灾过程的质量、动量、能量和化学反应诸方面基本方程的一种高层次的复杂模拟。FDS 在进行基于流体力学的火灾模拟时需要将模拟区域沿坐标轴方向划分成均匀的网格, 以网格作为最小计算单位, 计算出在每一个离散时间步内计算出每一个网格内的温度、密度、压力、速度和化学成分等。因此, 良好的网格划分能得到较精确的计算结果^[3]。

2. 火灾场景设计

2.1 火灾模型

单室火灾是建筑火灾基本而重要的情形, 应用 FDS 建立单室火灾模型(如图 1 所示), 模型按实际建筑尺寸建立, 房间大小为 5.5×5.5×3.0 (m), 房门尺寸为 0.9×2.0(m)。室内火灾中, 初始火源大多数是固体可燃物起火, 当然也存在液体和气体起火, 但较为少见。通常可燃固体先发生阴燃, 当其到达一定温度或形成适合的条件时, 阴燃便转变为明火燃烧。算例中火源为明火, 点火功率为 60kW。图 1 中共布有 18 个探测点测量各点的烟气温度。

2.2 火灾模型分网

在综合考虑模型精度和计算机性能的基础上, 本文采用网格尺寸为 0.1m×0.1m×0.1m, 图 2 显示 YZ 方向的网格划分情况。同一火灾场景采用不同的网格尺寸划分对求解速度和精度影响很大。

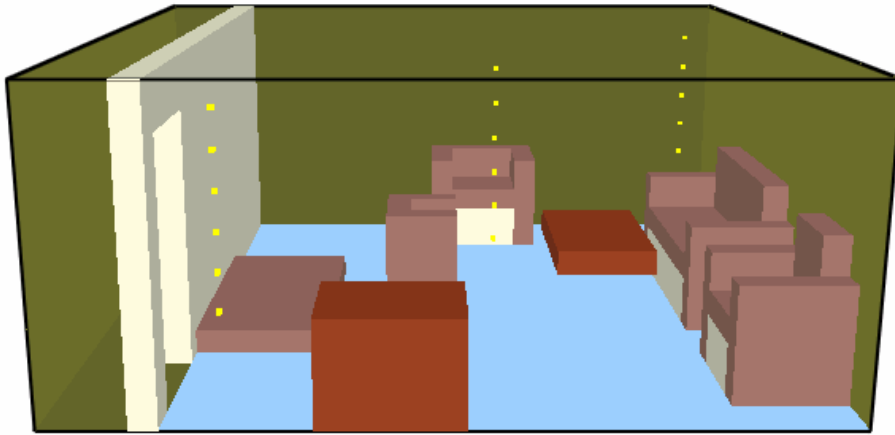


图1 单室火灾模型

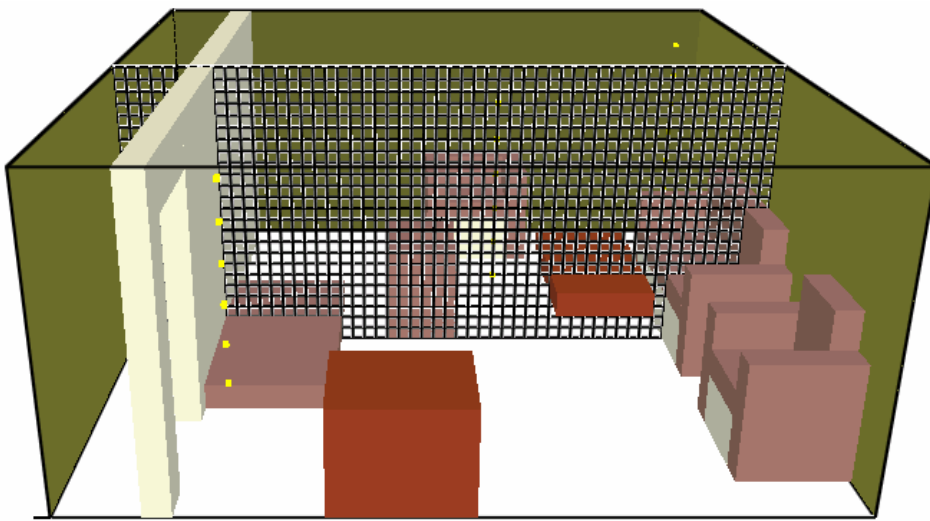


图2 YZ 方向的网格划分

2.3 求解

根据场模拟的计算原理，运用 FDS 计算软件，本文分别求出图 1 中三处温度探测的的温度曲线，并与 ISO834 标准升温曲线进行比较，见图 3、图 4、图 5。

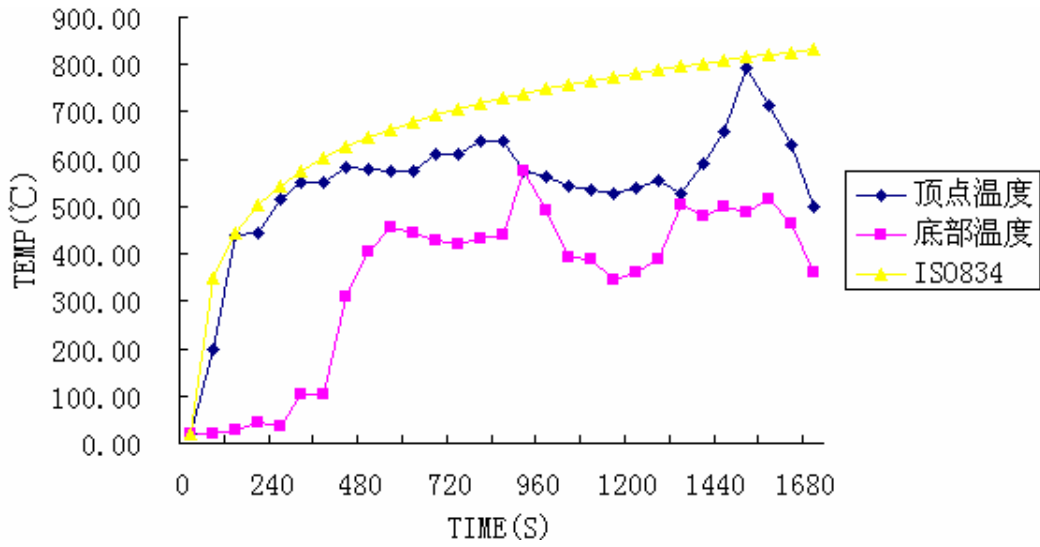


图3 室内中心处温度变化曲线

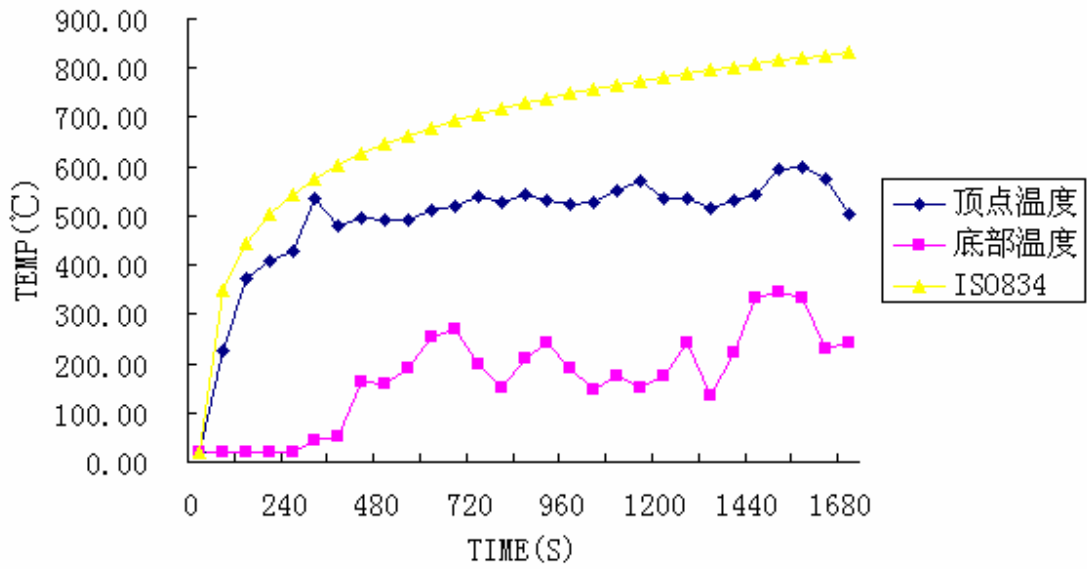


图4 室内门洞处温度变化曲线

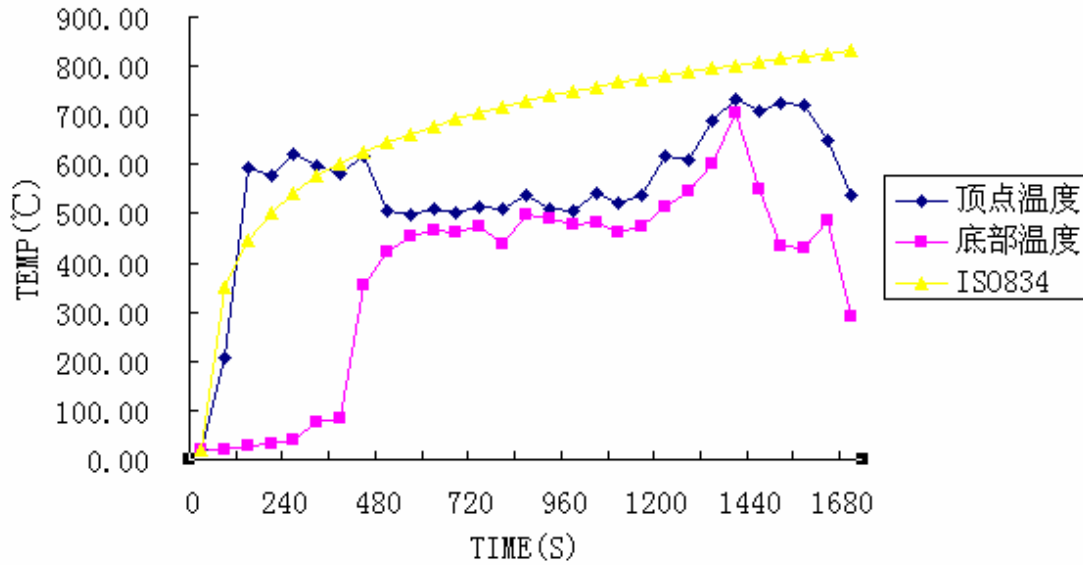


图5 室内墙角处温度变化曲线

3. 结论

图3、图4、图5显示室内三个不同点实际升温曲线与标准升温曲线关系。从图中可以看出，在火灾发生五分钟内屋顶温度与标准升温曲线相差不大，之后差别都较大。而室内地面附近的温度始终与ISO834升温曲线相差较大。同时还可以看出随着时间的增加室内温度差别逐渐减小，但程度与火源位置有关。综合以上分析说明：

(1) 假设室内空气温度分布均匀是不科学的、用标准升温曲线代替实际升温曲线进行结构抗火计算趋于保守。

(2) 用标准的升温曲线去取代不同的火灾场景的升温曲线进行结构抗火设计不符合结构受火的实际情况，其计算出来的结果也与结构实际受力不相符。

(3) 随着性能化抗火设计思想的发展，针对不同的火灾场景进行具体的抗火设计既合理又具有科学性，它必将成为结构抗火新的主流、新的发展方向

参考文献

- [1] 李国强, 蒋首超, 林桂祥. 钢结构抗火设计与计算, 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [2] Kevin B McGrattan, Howard R Baum, Ronald G Rehm, et al. Fire Dynamics Simulator (Version 3)-Technical Reference Guide [R]. Technical Report NISTIR 6783, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899, June 1997.
- [3] 邓玲. FDS 场模拟计算中的网格分析, 消防科学与技术, 2006.
- [4] 李引擎. 建筑防火性能化设计, 北京, 化学工业出版社, 2005

The simulation analysis of temperature field in architectural room under the fire condition

Zhang Yongheng, Xu Di

School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan, China (430070)

Abstract

In the design of resistance to fire for steel structure, the temperature in room should be determined firstly. Traditional design of resistance to fire for steel structure adopts ISO834 standard curve of growing temperature to analyze the performance of this structure's resistance to fire. With the development of performance criterion of steel structure's resistance to fire, it's necessary to utilize the practical temperature which the fire occurs to study the feature of steel structure's resistance to fire. This paper uses software FDS to simulate the practical temperature in room when the fire happens, and compares ISO834 standard curve of growing temperature and obtain some useful conclusions.

Keywords: FDS, Field simulation, Temperature field, Design of performance