



# 奥运体育场馆防火系统设计技术研究\*

关键词 奥运体育场馆,防火系统

## 1 项目简介

该项目由国家科技部、中国科学院等单位联合组织资助,由中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室负责承担。项目总体目标是:根据“科技奥运、绿色奥运”主题的重大需求,针对奥运体育场馆火灾防治的关键环节,研究开发具有知识产权的激光图像火灾气体探测技术、清洁高效细水雾和混合气体灭火技术以及火灾应急决策支持系统和火灾安全性能化设计系统,同时,将研制的集激光图像探测技术、清洁高效细水雾与混合气体灭火技术、火灾应急决策支持系统和火灾安全性能化设计系统为一体的奥运体育场馆火灾防治系统集成系统,并应用到奥运会有关场馆的示范工程之中。

## 2 主要进展

### 2.1 奥运体育场馆火灾安全性能化评估方法的研究

根据科技奥运项目“奥运体育场馆防火性能化设计技术研究”的前期成果,建立了一套运用调查类比、理论分析、模拟实验研究和计算机数值模拟相结合的火灾风险评估方法,并将该方法应用到国家重大工程的风险评估和消防性能化设计中。已完成性能化评估的国家重点工程包括:北京奥运主体育场(鸟巢)、北京国家大剧院、北京华贸中心商厦、奥运会老山自行车馆、济南遥墙国际机场新航站楼、广州东站地下商业广场、广州新白云国际机场等。此外,2008年奥运会主体育馆和五棵松文体中心的消防性能化设计正在进行中。性能化评估不仅优化了上述重大工程项目的防火设计和消防投资,

而且解决了依靠现行国家消防规范无法解决的消防设计重大技术难题,得到了行业部门的充分肯定。

### 2.2 奥运体育场馆人员安全疏散设计

建立综合环境因素、人员构成、人员心理和行为、群体行为等因素的多粒子自驱动系统人员疏散模型和格子气模型及发展人员疏散设计方法是该项目的两个重要内容。在模型方面,项目组在Helbing提出的社会力模型的基础上,加入了体现中国人特色的参数,如体形、心理差异等,构建了更接近中国人群特征的模型。进而模拟得到了疏散时间、行为随期望速度变化规律,模拟得到了火灾烟气对人员疏散行为、时间影响,量化得到了疏散出口宽度和厚度对疏散行为和时间的影响规律。

在格子气模型方面,发展了新的模型,研究并得到了十字型出口的人员疏散规律,以及人员疏散时间随着十字型出口通道宽度的定量变化规律。该结果可指导疏散通道的设计和整改,已应用于十余个复杂建筑的人员疏散评估,并验证和完善了构建的人员疏散模型。

### 2.3 奥运体育场馆火灾烟气运动模拟研究

围绕奥运体育场馆火灾特性,展开相关探索性研究工作。将场模拟方法与区域模拟方法有机结合,对类似体育场馆的大空间建筑场景进行模拟研究。

场模拟方法优点在于模拟结果较为精确,但由于场模拟是求解流体力学的基本控制方程,整场和多参量描述火灾过程,需要大量的计算机资源和时间。区域模拟方法优点在于适用性较强,但实验表

\* 收稿日期:2004年10月24日



明烟气层在着火区域或相对强流动区域无明显的分层现象,区域模拟的双层假设不能成立。因此,在兼顾效率和准确性前提下,我们采用场模拟的方法来研究着火区域附近或强流动区域,对其它非着火和非强流动区间则采用区域模拟的方法。这种混合模拟方法,兼顾场模拟和区域模拟两者的优点,并能更为准确地反映火灾过程的特征。

#### 2.4 体育场馆火灾防治关键技术研究和应用

在解决体育场馆类建筑火灾的早期探测和扑救问题方面,形成的技术获 2003 年国家发明专利金奖,图像型光截面感烟火灾探测器获美国专利(US 6,611,207,B1),2003 年后又被授权相关专利 3 项。图像型空气采样报警系统和光截面感烟火灾探测技术以及自动定为消防炮灭火技术已成功应用在人民大会堂、中南海电信局工程和深圳、哈尔滨、苏州、天津等国际会议展览中心,三亚美丽之冠,首都体育馆和安徽省、合肥市、深圳市、河南省、漯河市、无锡市、清华大学等体育馆以及其它如长春一汽轿车厂房等数十个场所。该技术也已经进入北京奥运主体育场(鸟巢)、水立方游泳馆、五棵松文体中心的消防设计方案,为 2008 年北京奥运会做出贡献。

正在发展中的技术包括光声气体探测、烟颗粒多角度散射、早期火灾烟气运动及探测方法研究,也取得了阶段性进展。

#### 2.5 细水雾灭火技术研究

研制发展了先进的细水雾发生系统。针对障碍物油池火进行了全尺寸细水雾灭火有效性的研究工作,深入了解障碍物存在时细水雾对油池火的抑制熄灭作用,同时研究了障碍物与火焰相对位置、细水雾的工作压力、雾通量、喷头距离、火焰垂直距离等关键因素对灭火有效性的影响,分析了障碍物存在时细水雾的灭火特性,揭示了实验中不能扑灭火焰的原因,为细水雾的实际工程应用提供了科学的参考依据。开展了细水雾的电特性研究,初步模拟了细水雾在已燃电器内部的流动状态,并以此对细水雾作用于火灾环境中电缆、信息系统机箱、集

成电路印刷电路板的效果进行初步的评估,为推动细水雾在电器设备场所的应用,提供了科学根据和指导原则。建立了针对商用厨房火灾防护的细水雾灭火实验装置,初步开展了细水雾扑灭厨房火灾的有效性模拟实验,确定了商用厨房细水雾灭火系统的设计方案。

#### 2.6 体育场馆防火方法设计应用举例

国家体育馆是 29 届北京奥运会主场馆,项目组通过对北京市建筑设计研究院完成的国家体育馆工程消防设计方案进行性能化安全性分析,提出了合理的消防安全措施建议,使国家体育馆工程消防设计满足消防安全目标要求。性能化设计分析主要包括:比赛大厅内烟气控制系统设计;建筑的疏散安全设计;比赛大厅与运动员热身区的分隔措施;二层包厢层消防安全设计,分析火灾蔓延的危险以及对比赛大厅的影响;壳体钢结构的防火安全评估;地下一层环形车道的消防安全设计(包括疏散及排烟系统)。

老山自行车馆是 29 届北京奥运会主要场馆之一,项目组通过消防安全性能化设计方法解决了该馆存在的两个消防问题:①首层部分房间人员疏散距离超过 50 米,不符合《建筑防火设计规范》的规定,拟在首层平面中部结合局部走廊设置了“T”字型“亚安全区”疏散通道。②自行车馆属于特级体育建筑,根据《体育建筑设计规范》规定,应设置机械排烟系统。现设计方案中,由于多种条件的限制,该馆比赛大厅屋顶拟采用自然排烟方式,排烟口面积为 230 平方米,相当于比赛大厅面积的 2.3%。该项目运用调查类比、理论分析和数值模拟等手段,依据国内外建筑防火规范、火灾科学与消防工程研究成果和业主及设计单位提供的资料数据,针对可燃物特性设定了火灾场景;针对火灾发展和烟气运动情况进行了危害性研究;针对人员与人群特点进行了人员疏散研究。研究结果表明上述设计方案可以满足火灾安全要求。

(中国科技大学火灾科学国家重点实验室 中科院综合计划局项目管理处 供稿 相关图片请见彩插一)