

# 超高层建筑灭火救援技术探讨

滕光军 成旭光

(连云港市公安消防支队)

**摘要** 简要叙述了超高层建筑火灾扑救技术。阐述超高层建筑灭火救援存在的技术难题,消防部队现有的灭火救援策略、消防装备和灭火战斗编成等难以适应此类场所的灭火救援需要,但通过典型案例,可以窥见超高层建筑灭火救援技术、理论研究的方向,为部队灭火救援做好扎实的理论依据。

**关键词** 消防 超高层建筑 灭火救援

## 0 引言

随着我国城市化进程加快,超高层建筑不断涌现,其火灾事故也时有发生。由于超高层建筑高度,现有的灭火救援策略、消防装备和灭火战斗编成等难以适应此类场所的灭火救援需要,消防部队在超高层建筑灭火救援过程中存在诸多难题。作者通过典型案例来分析超高层建筑火灾蔓延特点,研究灭火救援存在的技术难题,并对超高层建筑灭火救援策略、消防装备和灭火战斗编成的技术研究现状进行分析,最终提出超高层建筑灭火救援技术研究热点及研究展望,并为我国超高层建筑灭火救援技术、理论研究方向提出建议。

## 1 高层建筑灭火救援存在的技术难题

### 1.1 超高层建筑火灾特点

超高层建筑的楼梯井、电梯井、各种同道竖井以及玻璃幕墙缝隙,极易形成强烈的烟效应,造成火势和烟气迅速向上蔓延。有资料显示,超高层建筑中烟火垂直蔓延速度可达 $8\text{ m/s}$ ,一栋 $400\text{ m}$ 高的超高层建筑,烟火 $1\text{ min}$ 即可蔓延至楼顶;建筑内部火灾通过窗户延烧至外墙,并在外界风的影响下,迅速沿外墙向上蔓延,可在很短时间内形成建筑立体火;超高层建筑外部各种新型可燃保温、装饰材料在受热融化后,向下滴落或者流淌,导致火势由上向下蔓延;当超高层建筑电线电缆等可燃物竖井管道发生火灾,火势可沿电缆和管道同时向上向下蔓延;超高层钢结构在长时间燃烧后,发生坍塌,可引燃着火层以下楼层,导致火势同时向下向上蔓延;当超高层建筑外立面着火时,有可能通过窗户或破裂的玻璃幕墙蔓延至建筑内部。

### 1.2 超高层建筑火灾救援难点

(1) 现有的消防救援器材及消防员个人防护装备不能满足超高层建筑火灾补救的需要。例如,目前世界上最高的消防云梯约 $130\text{ m}$ ,且实际使用过程中,消防云梯仅能达到 $80\%$ 的高度,如果超高层建筑 $100\text{ m}$ 左右发生火灾或者火灾蔓延至这个高度,消防部队将

无法利用消防车从室外补救；火场中最为重要的消防个人防护器具—空气呼吸器的使用时间极为有限，仅几十分钟，且整机重量高达 10 kg，国产的消防呼吸器还不能直观显示剩余气量，无法满足超高层建筑内攻灭火的需求。

(2) 当超高层建筑固定灭火救援系统无法使用时，消防官兵不得利用水带垂直铺设向上供水。由于楼层高、铺设水带慢、水压大水带容易爆裂等不利因素的影响，垂直供水难度非常大。

(3) 消防员体能的制约。着火的超高层建筑往往会因为断电、消防电梯井进烟等原因导致消防电梯无法使用，消防队员要背负至少 20 kg 重的器材沿楼梯攀登至百米高的位置，消耗大量体力。

(4) 新型灭火救援设备的发展有限。国外发达国家，消防直升机在灭火、救援中已开始发挥重要作用。因经济、技术方面的限制，我国很少有直升机参与超高层建筑灭火救援。然而，消防直升机进行超高层建筑火灾补救，其螺旋桨产生的向上气流可能导致火势迅速蔓延，且直升机喷射的灭火剂无法进入建筑内部；强大的下冲气流可能使物体坠落，使云梯消防车无法工作；巨大的噪声还可能破坏消防员间常规通信；当风力、楼顶热力、浓烟很大时，不能贸然悬停于楼顶上，不然有坠机危险。

(5) 其他因素制约。例如，大楼钢骨架导致无线电联络受阻，自然排烟和机械排烟容易受风力、气压等气候条件的影响，掉落的玻璃幕墙碎片、尖锐物体可能损坏消防软管等，超高层建筑内部可能会发生爆燃、回火等现象。

## 2 超高层建筑灭火救援策略

李进介绍了法国超高层建筑灭火救援战略。法国超高层建筑每一层即为一个独立的防火分区，内部材料耐火极限 2 h，建筑外立面耐火极限 2 h 以上，内部消防设施完善等，在以上原则的基础上，法国消防队对于超高层建筑火灾以内攻为主，充分利用建筑内固定灭火系统灭火，利用电梯疏散人员；在着火层下两层及消防控制室分别设两个指挥部，前一个指挥部用于人员和物质集结，后一个指挥部用于指挥官的指挥调度。

张益民通过对高层建筑火灾战例中固定消防设施应用情况进行统计，指出固定灭火系统在火灾初期发挥着巨大作用，应坚持“以固为主”的作战原则，一旦火势扩大，当固定灭火设施不能使用或火势扩大，固定灭火设施不能满足用水需要时，应以“固移结合”为作战理念。

孙文海从灭火、救人和供水三方面，分析了适应目前高层建筑灭火救援的有效战法问题。火场指挥部应布置在距离建筑 25 m 以外位置；以内攻为主，以外攻为辅，当具备外部登高条件时，内攻于外攻同时进行；内攻时应充分做好消防员安全防护工作，若 2 h 后未控制火势，应从内部撤出。外攻方式包括：高喷消防车水泡灭火、举高消防车、外墙铺设水带、外墙固定设施外攻及消防拉梯、挂钩梯登高外攻等；在高层建筑救援方面。应充分利用建筑内楼梯、消防电梯等固定灭火设施，并灵活利用其他救援器材，如救援滑道、缓降器等。

超高层建筑供水方式有以下三种：固定消防设施供水，室内铺设水带供水，室外铺设水带供水。利用室内消火栓系统供水时高层建筑火灾扑救中最常用、最实用的供水方式，而此供水方式建立在建筑内消防栓完善、可靠地基础上，并且其最大灭火用水量设计仅能

满足初期火灾需求；当高层建筑火灾猛烈，室内给水系统不能满足用水量时，应利用水泵接合器给室内消防管道加压供水；当水泵接合器损坏时，可利用建筑低部楼层消火栓供水，而此种供水方式不适用于起火高度高的火灾；室内铺设水带供水发包括楼梯蜿蜒铺设水带供水法和竖井、楼梯井管道垂直铺设供水法。楼梯蜿蜒铺设水带供水法由于费时费力，谁带铺设路线长，容易爆裂，因此不适用于 10 层以上楼层火灾。目前，室外铺设水带供水方式消防队多采用外墙垂直铺设水带法，“双车 + 泵耦合”、A 类泡沫车或压缩空气泡沫车单车供液方式。2009 年公安部消防局在全国消防部队开展的高层供液测试中，采用外墙垂直铺设水带、“双车 + 泵耦合”的供液方式，最大供液高度为 385 m 沿外墙垂直铺设水带供水法要有牵引绳，且受楼层条件限制，受风力影响大。

综上所述，超高层建筑灭火策略应坚持“以固为主固移结合”，尽量在利用固定灭火系统将初期火灾控制住，一旦固定灭火系统损坏或者无法适应火场实际需要时，应充分发挥消防车等移动式灭火装备的优势，通过与接合器、底层室内消火栓结合，提高供水能力；最后可采用人工登高铺设水带法供水，对于较低着火楼层可通过建筑内楼梯蜿蜒铺设水带或沿楼梯缝隙垂直铺设水带向上供水了对于高度较高的着火楼层可通过外墙或其他井道垂直铺设水带向上供水。

### 3 超高建筑灭火救援装备及战斗编成

超高建筑灭火救援装备的研究主要集中在室外消防救援车、重型压缩空气泡沫消防车。另外，学者指出应加强救援消防直升机、消防机器人、壁虎脚等新型救援装备的研发等。况凯骞提出应发展节约水资源的新型发布式灭火技术与装备，如 A 类压缩空气泡沫灭火技术、脉冲式灭火技术、（超）细水雾灭火技术等。徐红利分析了超高层建筑水喷淋系统的局限性及细水系统的优点，提出用细水雾系统取代水喷淋系统的想法。

近年来，国产消防车的设计技术、制作工艺均有了突破性进展，已形成系列化、功能化、多元化的产品特点。国内举高消防车行业普遍存在技术风险大、行业管制严格、市场化不成熟等情况。以飞机涡流发动机作为喷射动力的超大功率新型消防车，通过铺设消防水带，可攻到 300 m 以上的高度，已有多起典型案例。在消防直升机等新型灭火救援设备方面，有生产企业在直升机上装配了消防水炮、救援吊箱，机载消防水炮的水平作战距离可达 50 ~ 100 m，救援吊箱可疏散人员近 50 人。我国消防部队最重要的个人防护装备——空气呼吸器，最大的不足就是供气时间短，无法满足长时间作战需要。美国等国家在高层建筑中设置了与带水泵接合器的室内消防栓系统类似的空气呼吸器充气系统。我国应该加快空气呼吸器的升级研发工作，并解决空气呼吸器建筑内充气问题，可效仿发达国家在超高层建筑内设置专门的供气管道或在避难层设置充气瓶。

吴能富、孙宝岩指出，高层建筑火灾战斗编成应以火灾类型、部队执勤战斗实力、建筑固定消防设施和周围水源为基础，并讨论了五车式（中低压水罐车、重型水罐车、举高喷射消防车、抢险救援车、登高平台消防车或云梯消防车）、九车式（中低压泵水灌车 2 辆、中型水罐车 2 辆、举高喷射消防车、抢险救援车、压缩空气泡沫消防车、云梯消防车和重型水罐车）战斗力量编成。吴兰冲从杭州特勤现有执勤力量出发，以七车队和十车队为典型，通过实际测试提出特勤首发力量的高层建筑火灾战斗编成。

针对超高层建筑火灾特点，应坚持“打小、打早、打快”的初战编成。以超高层建

筑固定灭火设施完善、可靠为前提，确保主管中队非常熟悉建筑的固定灭火设施、各疏散出口，通过演习等方式提升中队的作战能力。还应落实移动供水途径，落实主管中队力量分配，实现应援中队水源安排。在战斗编成上主要落实指挥体系和骨干力量，实行各级负责制，实施分段负责制。

## 4 展望

目前，超高层建筑灭火救援是世界性难题，也是研究的热点。作者认为，应该重点加强以下方面的工作。

(1) 加强火灾预警技术研究。由于超高层建筑的火灾防控、补救难度大。因此，应加强对超高层建筑的火警技术的研究，根据温度、电流、电压等信号通过互联网技术对火灾进行预警。例如，超高层建筑中最常见的电气火灾，可以通过电流、电压等信号异常来预测火灾、报警并进行消防联动。

(2) 灭火救援过程中无线通信研究。在超高层建筑灭火救援过程中，如遇到大型火场、大跨度钢结构、地下建筑或有电磁干扰的浓烟环境，无线手持台信号极易被阻断，造成信号阻断；信道分配不科学，通信易混乱；先用通信设备大多不具备防水、防震、防爆、防尘等功能，且便携性差。这些原因直接导致作战混乱，影响超高层建筑火灾的灭火救援。应加强消防灭火救援过程中的无线通信研究和实施，确保消防员间的通信畅通。

(3) 灭火救援设备及消防员个人防护设备研究。研发适于超高层建筑火灾的大功率应急救援消防车、消防直升机、消防机器人等；研究应用新材料、新工艺、新技术的安全、高效、轻质的消防员个人防护装备。

(4) 超高层建筑新型灭火技术及供水方式研究。发展节约水资源的新型分布式灭火技术，如 A 类压缩空气泡沫灭火技术、(超)细水雾灭火技术等；加强超高层建筑供水方式研究，以实现省时、省力、超高度供水。

(5) 加强战斗编成研究。针对超高层建筑火灾典型特点，利用新型高效灭火救援技术、装备对超高层建筑战斗编成进行研究。

## 参 考 文 献

- [1] 程远平. 建筑火灾防护工程方法的物理及化学基础[M]. 徐州: 中国矿业大学安全工程讲义, 2004.
- [2] 霍然, 胡源, 等. 建筑火灾安全工程学导论[M]. 北京: 中国科技大学出版社, 1999.
- [3] 陈亮. 建筑火灾发展与烟气流动特性的分析方法及其计算机模化研究[O]. 徐州: 中国矿业大学, 2004.