超高层建筑施工消防安全难点解析

姜　敏

上海建工四建集团有限公司　上海　201103

摘　要：超高层建筑施工现场火灾风险高度集中，火势蔓延快、人员疏散难、外部救援受限，消防安全管理面临严峻挑战。本文以济南绿地普利中心（建筑高度 300 米，共 60 层）为工程依托，从临时消防供水、脚手架作业面、垂直运输、交叉作业、应急疏散五个维度，系统解析超高层建筑施工全周期中的消防安全难点，并提出分级供水、分区管控、智能监测等改善策略，为同类工程提供参考借鉴。

关键词：超高层建筑；施工消防安全；临时消防设施

引言：近年来，我国超高层建筑数量持续攀升，建筑高度不断刷新纪录，施工规模与复杂程度远超常规工程。超高层建筑施工周期长、作业面垂直分布密集、动火作业频繁，消防安全隐患显著高于一般建筑工地。一旦发生火灾，外部消防装备难以有效救援，内部施工人员疏散路径长、难度大，极易造成重大损失。济南绿地普利中心（建筑高度 300 米，共 60 层）于 2015 年建成竣工，施工过程中针对核心筒整体液压提升脚手架、临时消防供水、垂直运输等高风险环节采取了一系列管控措施。本文以此工程为实践依托，系统解析超高层建筑施工消防安全难点，提出针对性改进策略。

1 超高层建筑施工消防安全的特点与挑战

超高层建筑施工期间，大量可燃材料垂直分布于各作业楼层，动火作业贯穿整个施工周期，火灾荷载密度远高于常规工地。以济南绿地普利中心为例，标准层施工期间可燃物堆放总量约 8 至 10 吨，火灾荷载密度达 450 至 600 兆焦耳每平方米。火势通过竖向管井、幕墙空腔等通道迅速蔓延，从起火层向上蔓延至 5 个楼层以上平均不超过 10 分钟。外部救援方面，多数城市消防云梯车最大工作高度约 100 米，少数可达 130 米，以济南绿地普利中心 300 米高度计算，仍有 170 米（约 34 层）处于外部救援盲区，必须依靠内部临时消防系统自防自救。人员疏散方面，从 60 层步行至地面约需 40 至 50 分钟，而烟气蔓延至楼梯间往往不超过 15 分钟，疏散路径受限严重[1]。这些特点决定了超高层建筑施工消防必须坚持“自防自救、分区设防”的基本原则。

2 超高层建筑施工消防安全难点分析

2.1 临时消防供水系统难点

超高层临时消防供水的最大难题在于如何将消防水从地面可靠输送至 200 米以上作业面。常规市政供水压力仅能满足 40 至 50 米高度，超过此高度必须分段加压。济南绿地普利中心在 1 层、20 层和 40 层分别设置了消防泵和消防水池中转站，三级中转水池蓄水量分别为 80 立方米、60 立方米、60 立方米，供水立管管径 DN150，设计扬程分别为 160 米、120 米、100 米，总供水能力达 54 升每秒。该方案将建筑划分为三个独立供水区段，有效解决了单一泵组扬程不足问题，但中转水池持续补水、泵组联锁控制、管道接口维护等任一环节故障都可能导致整条供水线瘫痪，冬季低温环境下管道冻裂风险亦十分突出。

2.2 核心筒液压提升脚手架防火难点

核心筒整体液压提升脚手架平台内电气线路密集、液压油管路遍布、大量模板和木方堆积，且作业面被外围护网封闭，通风条件差。济南绿地普利中心将提升工作分为四个独立面进行，每幅提升面积约 120 平方米，单次提升耗时 4 至 6 小时，四幅平台总重量约 180 吨。分幅提升降低了单次风险暴露面，但提升周期延长意味着脚手架平台处于非稳定状态的时间增多。提升过程中液压系统高压管路一旦破裂漏油，遇明火极易形成流淌火，扑救极为困难。

2.3 垂直运输系统消防安全难点

济南绿地普利中心在室外安装了两台高速施工升降机用于 1 至 40 层运输，另配置一台中速升降机用于 40 至 60 层。高速升降机额定载重 2 吨、乘员 24 人，运行速度 96 米每分；中速升降机额定载重 2 吨、速度 63 米每分。垂直运输系统的消防隐患体现在三方面：升降机井道在火灾时形成竖向抽吸通道加速烟气蔓延；升降机电气系统在火灾中可能因断电而瘫痪；可燃材料在等待区和卸

料区临时堆积，一旦起火直接阻断垂直通道[2]。

2.4 多工种交叉作业消防管理难点

超高层施工高峰时段，结构施工、幕墙安装、机电预埋、装修作业等多专业同时在垂直空间内交叉作业，动火作业与可燃材料堆放缺乏有效物理隔离。各分包单位消防责任边界模糊，临时消防设施被挪用、遮挡、损坏后责任不清、恢复不及时。动火作业审批流于形式，监护人配备不足或擅离职守现象普遍。

2.5 临时消防设施覆盖与维护难点

作业面不断上移，临时消防设施跟进滞后。消火栓箱被施工材料遮挡、灭火器过期未更换、消防水带被挪用等情况在施工中后期尤为突出。消防水泵电力供应依赖临时用电系统，电压波动和线路故障直接影响设备可靠性。日常检查缺乏标准化记录和量化考核，检查沦为签字应付。

2.6 应急疏散与救援通道保障难点

疏散通道往往被施工材料和建筑垃圾临时占用，正式疏散楼梯间尚未安装防火门和应急照明，防烟功能缺失。该工程利用正式避难层位置设置临时避难区，分别位于 15 层、30 层、45 层，每处可容纳约 40 至 60 人。但 60 层高度意味着中部以上区域施工人员完全依靠自身疏散能力，一旦主疏散通道被烟气侵入，缺乏备用路径，升降机因断电或烟气侵入无法使用时，高层人员将陷入孤立无援困境。

2.7 难点风险等级评估

依据事故后果严重度（A 极高/B 高/C 中）和发生概率（I 频繁/II 可能/III 偶尔）双维评估：临时消防供水系统故障（A/II）、核心筒脚手架火灾（A/II）、临时消防设施失效（A/I）、应急疏散通道失效（A/II）四项为高风险，应列为首要管控对象；多工种交叉作业动火风险（B/I）、垂直运输系统火灾（B/II）两项为中风险，依托日常制度常态化管控[3]。

表 1 消防安全难点风险等级汇总

难点类别	严重度	概率	风险等级
临时消防供水系统故障	A	II	高
核心筒液压提升脚手架火灾	A	II	高
临时消防设施失效	A	I	高
应急疏散通道失效	A	II	高
多工种交叉作业动火风险	B	I	中
垂直运输系统火灾	B	II	中

3 超高层建筑施工消防安全改善对策

3.1 构建分级分区消防供水体系

超高层建筑临时消防供水应按照“分段加压、互为备用、独立供电”的原则进行系统设计。以 100 米左右为分区单元设置消防泵组和蓄水池，每分区水池容量不低于 50m³，确保 30 分钟连续供水能力。济南绿地普利中心在 1 层、20 层、40 层设置三级中转站，总供水能力达 54L/s，可同时满足 3 个消火栓和 2 个喷淋分区用水需求。每个中转站配置双路供电和备用发电机，确保主电源失效时消防泵组正常运行。消防立管采用镀锌钢管、沟槽卡箍连接，每层设置消火栓接口和检修阀门，安装完成后逐段打压试验。建议引入在线压力监测装置，实时监控各分区水压，异常时自动报警并推送至管理人员手机终端。

3.2 强化核心筒脚手架作业面防火管控

针对液压提升脚手架平台的特殊风险，应从“防”和“控”两个层面强化管理。防火方面，每幅脚手架平台配置 8 具 5kg 干粉灭火器、2 具推车式泡沫灭火器，全楼共计 32 具干粉加 8 具推车式泡沫灭火器。液压油管路采用耐高压金属软管并设置防溅护套，临时用电线路全部穿金属管保护，动火作业前清理周边可燃物并铺设防火布。灭火方面，平台设置独立消防给水支管和消防软管卷盘，确保任意位置到最近灭火设备距离不超过 20m。济南绿地普利中心将提升作业分四幅独立进行，每幅提升面积约 120m²、耗时 4~6 小时，降低了单次风险暴露面。每幅提升前组织专项安全条件验收，确认消防设施到位、应急人员就位后方可开始提升。

3.3 完善垂直运输系统消防安全保障

超高层施工升降机的选型和布置应在方案阶段即纳入消防安全统筹考虑。高速升降机与中速升降机应分设在不同立面，避免同一竖向通道被全部切断。升降机井道内应设置自动喷淋装置或消防软管，每层井道门应采用防火材料制作并保持常闭状态。升降机卸料平台周边严禁堆放可燃材料，确需临时堆放的应设置防火覆盖并与平台保持安全距离。电梯司机应接受消防安全专项培训，掌握火灾初期应急处置技能[4]。建议在升降机轿厢内配置小型灭火器和应急通讯设备，便于作业人员在紧急情况下发出求救信号。

3.4 建立多工种协同消防管理机制

针对多工种交叉作业的消防安全管理难题，应建立“总包统一协调、分区责任明确、动火集中管控”的管理机制。总承包单位应成立消防安全管理小组，统一协

调各分包单位的消防资源配置和隐患整改跟踪；每个施工区域明确一家责任单位负责该区域的日常消防巡查和设施维护，避免责任真空。动火作业应尽量集中在特定区域和特定时段进行，减少动火点在全空间内的分散分布。在动火集中区设置临时防火隔断和专职监护人，动火结束后留人观察不少于 30 分钟。建立联合消防演练制度，每季度组织所有分包单位开展一次联合消防演习，检验各方协同灭火和疏散配合能力。

3.5 建立临时消防设施动态维护机制

临时消防设施的管理应引入“定人、定区、定频”的三定制度，每个楼层指定专人负责消防设施的日常检查和维护，检查结果须形成书面记录并由责任人签字确认。消防设施的位置应在施工平面图上明确标注，严禁任何单位以任何理由遮挡或挪用。灭火器应设置在明显且便于取用的位置，每组不少于 2 具，每月检查一次压力状态和有效期。消防水带、水枪应配置到位并与消火栓箱配套存放。临时消防立管随结构每升高 3 层进行一次打压测试，确保系统密闭性和承压能力。引入二维码巡检系统，每个消防设施点设置专属二维码，检查人员扫码后填报设施状态和照片，后台自动汇总形成巡检台账，杜绝虚假检查和漏检现象[5]。

3.6 优化应急疏散体系与演练

超高层建筑施工应提前规划各楼层疏散路线，确保每个作业面至少有两条不同方向的疏散路径。疏散楼梯间应安装临时照明灯具和反光疏散指示标志，严禁堆放任何材料。利用避难层设置临时避难区，配备应急通讯设备、饮用水、急救箱和备用照明。针对不同高度区域制定差异化疏散方案：40 层以下人员优先通过施工升降机或楼梯向地面疏散，高峰约 120 人，疏散控制在 30 分钟内；40 层以上人员可就近进入 15 层、30 层、45 层临时避难区等待救援或向屋面转移，约 60 人，疏散控制在 20 分钟内。每半年组织一次全项目消防疏散演练，检验方案可行性，演练后及时修订不足。

3.7 引入智能消防监测技术

现代信息技术为超高层建筑施工消防管理提供了新的技术手段。建议在施工现场部署感烟探测器和温度传感器网络，对重点防火区域（材料堆场、动火作业区、配电房）进行 24 小时不间断监测。利用 AI 视频分析技术，对动火作业区实现“火焰识别”和“烟雾识别”的自动报警，一旦检测到异常，系统在 5 秒内完成报警推送。建立消防物联网管理平台，将供水压力、设备状态、巡检记录、报警信息等全部数据集成显示，管理人员可通过移动终端远程掌握全项目消防态势。这些技术手段虽然增加了前期投入，但相比火灾事故造成的巨大损失，其投入产出比是合理且必要的。

结束语

超高层建筑施工消防安全难点集中在供水高度大、外部救援受限、疏散路径长、交叉作业密集等核心矛盾。本文以济南绿地普利中心为实践依托，系统解析了临时消防供水、液压提升脚手架、垂直运输、交叉作业等关键环节的消防风险，明确了高、中两级风险的管控优先级，并提出了分级供水、分区管控、智能监测等改善策略。随着建筑高度不断刷新，施工企业应将消防安全从“被动合规”转向“主动防控”，从技术选型、设备配置、人员培训、应急演练等多层面构建系统化保障体系，确保施工安全水平与建筑高度同步提升。

参考文献

[1] 张红兵. 武汉市超高层公共建筑消防安全现状与防控对策研究 [J]. 中国科技纵横,2026(1):171-173.

[2] 薛琛, 胡群芳, 苏展, 等. 超高层建筑消防火灾安全风险评估与防控 [J]. 上海建设科技,2025(4):21-25.

[3] 陈栋. 超高层建筑消防安全分析与灭火救援策略研究 [J]. 水上安全，2025(19)：109-111.

[4] 苏雁, 孟冯燚. 超高层建筑消防安全管理现状及对策研究 [J]. 水上安全,2024(2):106-108.

[5] 姚栋. 超高层建筑消防安全设计及设备技术解决策略 [J]. 中国设备工程，2023(3)：211-213.