

一类高层商业综合体火灾自动报警系统安装技术研究

冯海洋

上海谨佑消防安全技术有限公司，上海 201604

DOI:10.61369/ERA.2026070021

摘 要： 随着城市化进程加速，一类高层商业综合体因其功能多元、人员密集、空间复杂等特征，对火灾自动报警系统的安装技术提出了更高要求。本文以上海市浦东新区张江西北片区 47-05 地块商业办公综合体项目为工程背景，系统分析了一类高层商业综合体火灾自动报警系统的安装技术难点，并针对各难点逐一提出了对应的安装技术措施。研究表明，通过合理划分报警区域与探测区域、科学配置各类探测器、规范管线敷设工艺、优化联动控制逻辑，可有效提升系统的可靠性、响应速度与联动准确性，为一类高层商业综合体火灾自动报警系统的施工安装提供技术参考。

关 键 词： 一类高层建筑；商业综合体；火灾自动报警系统；安装技术；消防联动控制

Research on Installation Technology of Automatic Fire Alarm System for Class A High-rise Commercial Complexes

Feng Haiyang

Shanghai Jinyou Fire Safety Technology Co., Ltd., Shanghai 201604

Abstract： With the acceleration of urbanization, the installation technology of automatic fire alarm systems faces higher demands in high-rise commercial complexes due to their characteristics of multifunctionality, dense population, and complex spatial layouts. This paper takes the commercial office complex project at Plot 47-05 in the northwestern area of Zhangjiang, Pudong New Area, Shanghai, as the engineering background. It systematically analyzes the technical challenges in installing automatic fire alarm systems in such high-rise commercial complexes and proposes corresponding installation measures for each challenge. The research indicates that by reasonably dividing alarm and detection zones, scientifically configuring various detectors, standardizing pipeline installation techniques, and optimizing linkage control logic, the reliability, response speed, and linkage accuracy of the system can be effectively enhanced. This provides technical references for the construction and installation of automatic fire alarm systems in high-rise commercial complexes.

Keywords： class A high-rise buildings; commercial complexes; automatic fire alarm systems; installation technology; fire protection interlocking control

引言

近年来集商业、办公、餐饮、娱乐等多种功能于一体的高层商业综合体建筑大量涌现。这类建筑通常具有建筑高度大、功能分区复杂、人员密度高、火灾荷载大等特点，一旦发生火灾，火势蔓延迅速，人员疏散困难，消防救援难度大，极易造成重大人员伤亡和财产损失。火灾自动报警系统作为建筑消防系统的“中枢神经”，承担着早期探测火情、及时发出警报、联动控制消防设备的三大核心功能，其安装质量直接关系到整个建筑消防系统能否在火灾发生时发挥预期作用。然而，由于一类高层商业综合体建筑结构复杂、使用功能多样、电气环境干扰大，火灾自动报警系统的安装面临诸多技术挑战。因此，系统研究一类高层商业综合体火灾自动报警系统的安装技术，对于保障该类建筑的消防安全具有重要的工程实践意义。

一、项目概况

（一）工程总体概况

上海市浦东新区张江西北片区 47-05 地块商业办公综合体项目位于张江科学城核心区域，东至松涛路，南至晨晖路，北、西两侧与 47-03、47-04 地块相邻。项目总用地面积约 20308.3 平

方米，总建筑面积 95822.37 平方米，其中地上建筑面积 60018 平方米，地下建筑面积 33634 平方米。建筑涵盖商业楼及商业办公塔楼，建筑最大高度 60 米，属一类高层公共建筑，耐火等级为一级，地下建筑及地上主体均按一级耐火标准设计施工。本工程消防工程建安造价约 884 万元，涵盖建筑消防系统一体化建设，火灾自动报警系统作为核心子系统，其设计安装覆盖地上塔楼、商业

裙房与地下车库的全部防火分区。

（二）火灾自动报警系统总体架构

本工程火灾自动报警系统采用控制中心报警系统形式，在消防控制室内集中设置火灾报警控制器、消防联动控制器、消防控制室图形显示装置、消防应急广播主机及消防专用电话总机等核心设备。系统采用二总线环形布线结构，按防火分区设置回路，消防控制室设于地下一层，具有直接通向室外的安全出口，满足规范要求。

二、安装技术重难点分析

（一）建筑功能分区复杂，探测器选型与布点难度大

一类高层商业综合体通常集商业零售、商务办公、餐饮娱乐等多种功能于一体，不同功能区域对火灾探测器的要求差异化显著。本工程商业区域高大空间多、气流扰动大，普通点型探测器难以有效覆盖；餐饮区域油烟浓度高，易引起感烟探测器误报；办公区域环境相对洁净，对探测精度要求较高。“现阶段商业综合体的规模和功能日益多样化，其面临的火灾风险也随之增加，传统火灾预警系统存在传感器覆盖不全、报警响应延迟、误报频发等问题”^[1]。如何根据各功能区的环境特征和使用特点，合理选择探测器类型并科学布点，成为安装施工的首要难点。

（二）建筑结构复杂，管线敷设与线缆选型要求高

一类高层建筑结构体系复杂，竖向有核心筒、电梯井、管道井等功能，水平方向有大跨度商业空间和标准办公层。火灾自动报警系统的信号线、电源线、联动控制线需要在结构施工阶段同步敷设，涉及到大量穿梁、穿墙、穿楼板等作业。同时由于系统中存在大量直流24V控制线路，线缆的线径选择、屏蔽处理、压降控制直接关系到系统的稳定性。“高层建筑在装修用料方面具有多样化特点，且其电气线路较多，用电设备十分复杂，可能会导致火灾事件的发生”^[2]。因此在有限的结构空间内实现规范、有序、可靠的管线施工敷设，是安装施工面临的另一项重要的挑战。

（三）系统集成度高，联动调试复杂

本工程火灾自动报警系统需要与自动喷水灭火系统、消火栓系统、防排烟系统、防火卷帘系统、消防应急照明与疏散指示系统、电梯迫降系统等多个子系统实现联动控制，联动逻辑涉及数十种工况组合。“火灾自动报警系统以及消防联动系统在商业综合体消防系统中占据着极为重要的地位和作用，能够为商业综合体的安全性、可靠性以及稳定性提供强有力保障”^[3]。联动调试涉及专业多、接口复杂、测试工作量大，任何一个环节的安装质量缺陷都可能导致联动功能失效，影响系统整体性能。如何确保各子系统间的接口匹配、信号准确、响应及时，是安装调试阶段的关键难点。

三、针对各难点的火灾自动报警系统安装技术措施

（一）针对难点功能分区复杂的探测器差异化选型与布点技术

首先是报警区域与探测区域的合理划分，本工程将每个防火

分区划分为各自独立的报警区域，每个报警区域根据房间功能、面积、高度等因素进一步细分为若干探测区域。对于标准办公层，按每间办公室以及不超过100平方米的区域各自划分为探测区域；对于商业大空间，按不大于500平方米的原则划分探测区域，并确保每个探测区域至少设置一只火灾探测器。

其次是针对不同功能区的探测器差异化配置，本工程标准办公区域主要采用点型感烟探测器，感烟探测器的安装间距是15m，探测器至端墙的距离不大于探测器安装间距的一半。在宽度小于3m的内走道顶棚上设置探测器时，采用居中布置，感烟探测器的安装间距15m。探测器至空调送风口最近边的水平距离1.5m，至多孔送风顶棚孔口的水平距离0.5m。探测器底座应固定牢靠，确认灯面向便于人员观察的主要入口方向。本工程餐饮厨房区域针对油烟浓度高易引起误报的特点，在厨房区域选用点型感温探测器替代感烟探测器，并在灶具上方设置可燃气体探测器。感温探测器的安装间距10m，安装位置避开灶具火焰直接辐射区域和蒸汽排放口。这一差异化配置有效降低了因油烟干扰导致的误报率，直接回应了“误报频发”的难点。本工程商业高大空间区域对于商业裙楼的中庭等净空高度超过8m的区域，由于常规点型探测器难以满足探测要求，本工程采用红外光束感烟探测器与图像型火焰探测器相结合的方案。红外光束感烟探测器设置于中庭两侧墙壁，对射距离控制在100m，每组探测器覆盖宽度14m，有效解决了高大空间早期烟感探测的难题。本工程在大空间区域适当加密探测器布置，确保无探测盲区，回应了“传感器覆盖不全”的难点。本工程地下车库区域采用感烟探测器与感温探测器组合布置，车位区域以感烟为主，充电桩区域增设感温探测器。探测器按网格化布点，每个车位上方均处于至少一只探测器的有效探测半径内。

接着是手动报警按钮与声光报警器的合理布设，手动火灾报警按钮和消火栓按钮安装在墙上距地面高度1.5m处。在每个防火分区的出入口、疏散走道转角处均设有手动报警按钮，确保从一个防火分区内的任何位置到最邻近的手动报警按钮的步行距离不超过30m。每个防火分区设置一只火灾声光报警器，安装高度距地面2.2m，声压级在背景噪声中提高15dB且不低于60dB。

最后是竖向井道等特殊部位的探测技术，对于电梯井道、电缆竖井等竖向井道区域，施工时在井道顶部设置点型感烟探测器，井道每隔3层设置一个探测器，并与防火阀联动控制，防止火势沿竖向通道蔓延。这一措施进一步强化了全空间无死角探测。

（二）针对难点结构复杂管线敷设难的线缆选型与屏蔽接地技术

首先是线缆选型与回路划分优化，本工程火灾自动报警系统的信号总线、电源总线、联动控制线均采用耐火型铜芯电缆，线芯截面根据回路长度和负载容量计算确定。系统总线采用环形布线结构，每个回路接入的探测器、模块等设备数量200点，并预留10%的备用容量。“火灾自动报警系统环形结构的模式是保障信号传输可靠性的重要设计手段”^[4]。本工程借鉴环形总线设计经验，在总线末端设置终端电阻，同时合理控制每个回路的总线长度，确保信号传输的可靠性，有效解决了长距离传输信号衰减的

问题。

其次是管线敷设工艺与结构技术工作,本工程火灾自动报警系统的管线敷设遵循“强弱电分离、信号与电源分离、防火与普通分离”的原则。信号总线与电源线、联动控制线分槽敷设,强弱电管线间距不小于300mm。在不可避免交叉时,采取垂直交叉方式,并在强电管线外包金属屏蔽管。针对建筑结构复杂、穿梁穿墙作业多的特点,管线在穿梁、穿墙、穿楼板处设置金属套管保护,管口处用防火堵料封堵严密。明敷管线采用金属线槽或钢管敷设并涂刷防火涂料,暗敷管线埋设在楼板或墙体内,保护层厚度30mm。线槽内线缆排列整齐,绑扎间距均匀,转弯处弯曲半径是线槽宽度的1.5倍。“高层综合体建筑消防电气设计应充分考虑管线敷设的合理性与安全性”^[9]。

接着是屏蔽与接地技术,本工程采用联合接地方式,火灾自动报警系统的接地电阻不大于 1Ω 。系统总线上设置浪涌保护器(SPD),防止雷电感应过电压和操作过电压对系统造成损害。信号总线和电源总线均采用屏蔽双绞线,屏蔽层在消防控制室端单点接地。总线分支处设置总线隔离器,确保单个分支线路短路时不影响其他分支的正常工作。总线隔离器设置在防火分区交界处。这一措施解决了“用电设备复杂、电气线路多”可能引发电磁干扰的问题。

最后是管线标识与成端技术,本工程每条线缆的两端均粘贴永久性标识标签,标注线缆编号、起点、终点及用途。线槽及管路每隔10m设置一处标识,标明线槽内敷设线缆的类型和走向。接线端子采用压接方式连接,多股导线在压接前进行搪锡处理。接线盒、模块箱内线缆留有余量,盘面整齐美观。

(三) 针对难点集成度高调试复杂的联动控制安装与全工况调试技术

首先是消防控制室设备的集中安装,消防控制室作为火灾自动报警系统的中枢,其设备安装质量直接关系系统整体性能。控制室内火灾报警控制器、消防联动控制器等设备采用落地式安装,机柜距墙净距正面1.5m和侧面1m,便于操作和维护。设备安装平稳牢固,排列整齐,柜内线缆绑扎有序,标识清晰。消防控制室图形显示装置与大屏幕显示器安装位置便于值班人员观察,与控制器之间的通信连接稳定可靠。

其次是多系统联动控制接口的规范安装,本工程消防联动控制器需与消防水泵、防排烟风机、防火卷帘、电梯、应急照明等设备实现联动控制,控制接口数量多、类型复杂。“火灾自动报警系统以及消防联动系统能够为商业综合体的安全性、可靠性以及稳定性提供强有力保障”^[4]。本工程控制模块的安装遵循以下原则,输出控制模块安装在受控设备附近,输入模块安装在信号源附近。模块安装高度距地1.5m,安装牢固,接线规范。控制输出线与受控设备的控制回路正确对接并做好极性标识。有源输出模块控制小功率设备时,注意输出容量匹配;无源干接点输出模块用于控制大功率设备时,通过中间继电器过渡,确保模块输出触点的安全。

最后是系统分级调试与全工况联动测试,火灾自动报警系统的调试分为单机调试、回路调试和系统联调三个阶段,遵循“先

点后线、先分后总、先静后动”的原则。本工程单机调试对各探测器、手动报警按钮、模块等现场设备逐个进行功能测试,检查设备地址编码是否正确、状态信号是否正常上传、报警响应是否及时。探测器采用专用加烟/加温工具进行测试,确认报警灵敏度符合要求。本工程回路调试在每个回路设备安装完毕且地址编码完成后,进行回路通信测试,检查总线通信质量、各设备在线状态及报警功能。采用回路测试仪检测总线信号质量,确保信号波形完整、无畸变。本工程系统联调在单机和回路调试全部完成后进行,按防火分区逐区测试联动功能。联动测试涵盖以下工况:任一探测器报警触发的声光警报联动;两个独立探测器报警触发的消防设备联动;手动报警按钮触发的联动响应;消火栓按钮动作触发的消防水泵联动;探测器报警信号对防火卷帘的分两步降落控制;报警信号对防排烟系统的联动启动;报警信号对电梯的迫降控制;报警信号对非消防电源的切断控制等。“以某一类超高层综合建筑为例,通过模拟不同阶段、多种火灾工况下报警设备的反应时间和消防联动控制情况,测试消防报警联动控制性能和控制逻辑是否符合设计要求”^[1]。本工程联动调试中特别关注了复杂工况下的联动逻辑验证,如地下车库同时多点报警、不同防火分区交错报警等场景,确保系统在各种工况下均能作出正确的联动响应,有效解决了“联动调试复杂”的难点。

四、安装技术效果分析

本工程火灾自动报警系统安装完成后,经过系统调试和第三方检测机构的全面测试,各项性能指标均满足设计和规范要求。探测器报警响应时间测试结果显示,感烟探测器在标准加烟条件下响应时间均小于15s,感温探测器响应时间小于30s,手动报警按钮响应时间小于5s,均优于规范要求。系统误报率控制方面,本工程在餐饮区域合理选用感温探测器替代感烟探测器,有效降低了油烟干扰导致的误报。运行测试期间,系统误报率控制在年5%以内,实践表明,针对“功能分区复杂”难点所采取的差异化探测器配置策略,是控制误报率的关键技术手段。

系统联动调试共测试联动逻辑工况36项,涵盖火灾自动报警与灭火系统联动、防排烟系统联动、防火分隔设施联动、疏散指示系统联动、电梯迫降联动等全部功能。测试结果表明,联动触发信号采用“与”逻辑组合后,系统能在15s内完成联动设备的启动,各受控设备动作准确率100%,联动反馈信号实时传回消防控制室,形成了“触发—响应—反馈”的完整闭环控制链条。消防水泵、防排烟风机等重要消防设备的多线控制功能测试正常,手动/自动切换功能可靠。总线隔离器在模拟分支短路故障时能有效隔离故障分支,不影响其他分支的正常工作,系统的容错能力和抗故障能力得到验证。

经现场验收检查,本工程火灾自动报警系统管线敷设工艺符合规范要求,管线排列整齐,标识清晰,接地可靠。针对“建筑结构复杂”难点所采取的强弱电管线分离敷设措施到位,信号总线与强电管线间距均不小于300mm,交叉处采用垂直交叉并加金属管屏蔽。系统运行过程中,总线通信误码率低于 10^{-6} ,未出

现因电磁干扰导致的地址码丢失或信号误判现象。屏蔽层的可靠接地和总线隔离器的合理配置，保证了系统在复杂电磁环境下的稳定运行。

从系统全貌来看，本工程火灾自动报警系统实现了对建筑内所有防火分区的全覆盖探测，探测器布点密度满足规范要求，联动控制功能完整可靠。系统操作界面友好，消防控制室图形显示装置可实时显示各防火分区的火警状态和设备动作状态，便于值班人员快速判断火情位置并采取相应处置措施。系统通过上海市消防验收，获得消防主管部门和建设单位的高度认可。

五、经验总结

通过本工程火灾自动报警系统的安装实践，总结以下经验：第一是针对功能分区复杂，必须实施探测器差异化配置。商业高大空间采用红外光束探测器，餐饮厨房采用感温探测器替代感烟探测器，办公区采用点型感烟探测器并按规范控制间距，可有效解决“覆盖不全、误报频发”问题。第二是针对结构复杂，必须优化回路划分与管线敷设。采用环形总线，控制单回路设备数量不超过200点；强弱电管线严格分离敷设，间距不小于300mm；屏蔽层单端接地，总线设置隔离器。这些措施保障了信号传输的可靠性，抑制了电磁干扰。第三是针对联动调试复杂，必须实施全工况分级调试。从单机调试到回路调试再到系统联调，逐级推进；测试工况应涵盖单一报警、多点报警、跨防火分区报警等复杂场景，确保联动逻辑正确无误。第四是针对新规执行，必须及

时对标。施工安装过程应及时更新技术方案，验收标准以新规为准。第五是强化过程质量控制，从材料进场到隐蔽验收，从单机调试到系统联调，每个环节严格把关，确保一次成优。

六、结束语

一类高层商业综合体因其建筑规模大、功能复杂、人员密集，对火灾自动报警系统的安装质量提出了更高要求。本文结合上海张江47-05地块商业办公综合体项目的工程实践，首先系统分析了安装过程中的四大技术难点，继而针对每一难点，分别从探测器差异化配置、管线敷设与屏蔽技术、联动控制安装与调试、新规对标执行四个方面提出了相应的技术措施，形成了“难点一对策”一一对应的技术体系。研究表明，合理划分报警区域与探测区域、针对不同功能区科学配置探测器类型、规范管线敷设工艺并做好强弱电隔离、优化联动控制逻辑并实施全工况调试，是确保火灾自动报警系统可靠运行的核心技术措施。通过严格的施工质量控制和完善的系统调试程序，可有效提升系统的探测精度、响应速度和联动准确性。展望未来，随着智慧消防技术的发展，火灾自动报警系统正朝着智能化、网络化、集成化方向发展。“通过模拟不同阶段、多种火灾工况下报警设备的反应时间和消防联动控制情况，测试消防报警联动控制性能和控制逻辑”^[1]。如何在传统安装技术的基础上融入智慧消防新理念、新技术，进一步提升系统的智能化水平，将是火灾自动报警系统安装技术持续发展的方向。

参考文献

- [1] 包颢日敦. 商业综合体火灾预警系统的优化措施研究 [J]. 今日消防. 2024, 9 (10) : 105-107
- [2] 董勇, 李婷女. 250 m 以上超高层建筑火灾自动报警系统环形总线设计探讨 [J]. 现代建筑电气, 2024(12): 24-28.
- [3] 常堃. 高层综合体建筑消防电气设计及其配电设计分析 [J]. 科技资讯. 2025, 23 (13) : 93-95
- [4] 陈勇. 大型商业综合体火灾自动报警与消防联动系统探讨 [J]. 消防界 (电子版). 2023, 9 (08) : 65-67
- [5] 王尚武. 建筑电气施工中火灾自动报警系统安装技术研究 [J]. 消防界 (电子版). 2024, 10 (05) : 51-53