文章编号：1671-6612（2026）05-750-11

新建徐盐铁路盐城站站房防排烟核心要点与设计对策

姜　俊

（中铁上海设计院集团有限公司　上海　200040）

【摘　要】　盐城站作为复合型交通枢纽，兼具地下超大空间与地上贯通空间的复杂布局，且存在人流密集、可燃物分布集中的特点，烟气易在大空间内滞留或蔓延，给防排烟系统设计带来显著挑战。研究通过盐城站特定工程案例，目的是解决其地下超大空间与地上贯通大空间的防排烟设计问题。研究结合现行规范常规设计与性能化特殊设计方法，通过火灾模拟软件对热释放率 1.5MW~8.0MW 以及各功能区多种火灾场景进行定量模拟分析，结果表明：在设定的火灾场景下，各区域烟气在 20min 内均未沉降至距地面 2.0m 处，在此安全高度下的多项关键指标，均优于安全限值，满足人员安全疏散要求。因此本站排烟策略确定为地下出站层采用分区机械排烟，地上贯通空间采用自然排烟。研究为盐城站制定了具体可行的消防设计方案，其核心设计思路可为同类铁路站房提供参考，该方案适用于建筑高度不大于 35m、含多层贯通空间、最高聚集人数不少于 5000 人的铁路站房项目。

【关键词】　站房；防排烟设计；烟气控制；消防性能化

中图分类号　TU892　　文献标志码　A

Key Design Considerations and Strategies for Smoke Control and Exhaust Systems in the Station Building of the Newly Built Xuyan Railway Yancheng Station

Jiang Jun

(China Railway Shanghai Design Institute Group Co., Ltd, Shanghai, 200040)

【 **Abstract** 】　This paper addresses the complex smoke control design for Yancheng Station's large underground and interconnected above-ground spaces. Combining code-based and performance-based methods, we used fire simulation software to analyze multiple scenarios (HRR 1.5-8.0MW). Results validated that smoke layer height and tenability criteria (visibility, temperature, gas concentration) at the 2.0m level remained safe for evacuation over 20 minutes. The implemented strategy uses zoned mechanical smoke extraction underground and natural smoke exhaust for the above-ground spaces. This proven design provides a reference for similar railway stations with building height ≤35m, multi-story interconnected spaces and maximum gathering capacity ≥5000 people.

【**Keywords**】　Railway station building; Smoke control and exhaust design; Smoke control; Performance-based fire protection design

0　引言

随着我国高速铁路网的快速发展，铁路站房已由单一候车功能升级为集轨道交通、城市换乘、商业服务于一体的复合型交通枢纽。建筑规模持续扩

作者（通讯作者）简介：姜　俊（1986.07-），男，本科，高级工程师，E-mail：jiangjun@sty.sh.cn
收稿日期：2026-03-30

大、空间形态以及使用功能日趋复杂，呈现出地下超大通行空间与地上多层贯通大空间结合的典型特征，火灾风险与烟气控制难度显著高于常规公共建筑[1,2]。

站房内人流密集、可燃物分布广泛且类型复杂，行李、座椅、商业商铺、餐饮设施等形成了多种类的火灾荷载。一旦发生火灾，将在短时间内产生大量高温有毒烟气。对于多层贯通的高大空间，烟气在热压驱动下易形成分层滞留与竖向蔓延，若排烟策略失效，烟气层快速沉降将直接阻断人员疏散路径[3,4]。因此，防排烟系统设计是保障铁路站房火灾安全的核心环节。

当前，国内外学者针对大空间建筑烟气控制已开展了大量研究。基础机理研究方面，通过全尺寸火灾试验与数值模拟，揭示了高大空间内热烟羽流发展、烟气层沉降的核心规律，明确了热释放率、空间净高、排烟方式对烟气控制效果的量化影响[5-7]；工程应用方面，针对地铁车站、机场航站楼等交通枢纽，已形成基于性能化的防排烟设计方法，解决了单一类型大空间的烟气控制难题[8-10]。然而，现行国标规范虽明确了防排烟设计的通用要求，但针对铁路站房“地下超大空间＋地上多层贯通空间”的复合型布局，仍缺乏针对性的设计指引，对多空间协同控烟、人流密集区防烟等特殊场景的技术要求较为模糊。

梳理现有研究与工程应用，当前行业针对复合型交通枢纽多空间结合的场景，缺乏协同化的防排烟设计方法，常规设计易出现地下空间排烟效率不足、地上贯通空间烟气竖向交叉蔓延的问题。铁路站房典型火灾场景的性能化设计方法尚不完善，多数工程仅针对单一火灾工况开展验证，缺乏多场景、多荷载区间的系统性模拟分析，难以为同类工程提供可复制的普适性设计准则[11-13]。

因此，本文以新建徐盐铁路盐城站站房为工程案例，针对其地下超大出站空间与地上多层贯通候车空间的复合型布局，结合规范常规设计与性能化补充论证方法，开展多火灾场景的全尺寸定量模拟分析，明确大空间蓄烟、自然排烟、挡烟栏板的协同控烟机理，形成系统性的防排烟设计方案，为同类大型铁路站房的防排烟设计提供技术参考与实践依据。

1　工程概况

新建徐盐铁路盐城站站房工程位于盐城市中心城区东部，徐盐铁路与改建新长铁路按线路分别引入盐城站，车站按高速、普速分场设计，建筑高度 35m，车站中心里程 XYD4K332+420。站场规模 5 台 12 线，站型为线侧+线上型，采用“上进下出”的进出站模式。盐城站采用东西两侧站房与高架候车室相连的布局，形成左右贯通的一体化高架候车空间。作为目前苏北地区站房规模最大的车站，左右两侧站房均设置人员管理夹层区域，高架候车室则配套旅服商铺夹层区域。全站房及城市通廊总建筑面积约 7.2 万 m^2，其中站房主体建筑面积约 5 万 m^2，建筑结构共四层，自上而下依次为候车层、站台层、广场层和地下出站层。



图 1　盐城站夜景图

Fig.1　Night view of Yancheng station

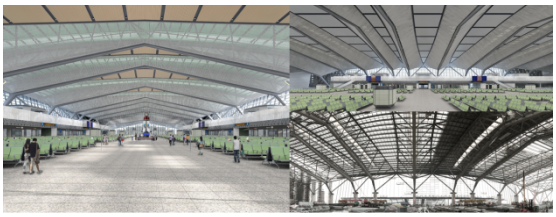


图 2　盐城站高架候车厅图

Fig.2　Elevated waiting hall of Yancheng station

2　本工程防排烟相关难点及技术措施

本站房高峰小时发送量为 1726 人，最高聚集人数为 5200 人，根据《铁路工程设计防火规范》TB 10063-2016[14]（以下简称《火规》），本工程属于中型铁路旅客车站。综合考虑站房规模和远期客流预测的不确定性，本工程按大型铁路旅客车站进行防火设计。

本站候车区位于车站顶层，且室内地面与集散厅地面高度小于 10m，根据《火规》，当候车厅位

于旅客车站建筑顶层，且室内地面与集散厅地面或室外地面高差不大于 10m 时，其建筑高度虽大于 24m，防火设计仍可按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 中单、多层民用建筑的相关规定执行[15,16]。

本工程中，出站层与城市通廊划分为一个防火分区，面积为 13031m^2，净空高度约为 9.5m。根据现有设计，出站层不具备自然排烟条件，需采用机械排烟。对于这样一个防火分区面积较大的地下公共通行空间，采用何种合理有效的防烟分隔与烟气控制方式，是本工程消防设计的关键所在，有待通过特殊消防设计进行专项论证[17]。

另外站台层东西站房公共区、高架候车层以及商业夹层按一个防火分区考虑，上下空间连通。此类空间高大，导致排烟过程中热烟气羽流的流程较长。羽流在上升至顶棚并沿顶棚水平运动的过程中，会卷吸大量冷空气，使其温度、速度及浓度大幅衰减，容易引发烟气沉降和弥散[18]。若热浮力衰减过多，可能导致烟气无法有效上升至候车层上空，从而难以通过上部排烟窗顺利排出。

2.1 基于现行规范的常规防排烟设计内容

（1）广场层（-5.70m 层）平面与城市广场平接，为东、西两侧子站房，东站房设有制冷机房、综合变电所、公共卫生间、旅客服务用房等，西站房设有通信机械室、信号用房、消控室、综控室等（见图 3）。其中设备用房靠近基本站台布置，旅客服务用房面向广场。该层为半室外空间，靠外区采用自然排烟。内区旅服用房采用机械排烟，自然补风，排烟风机设置于广场层排烟机房内。

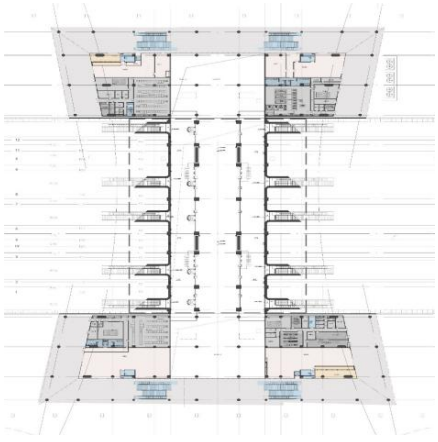


图 3 广场层平面示意图

Fig.3 Schematic layout of plaza level

（2）站台层（0.10m 层）两侧售票厅、军候区、VIP 候车区等四个角，采用在侧墙开设电动排烟窗有效开窗面积不小于其地面面积的 5%。站台西站房南部区域旅服用房采用机械排烟，排烟系统与办公夹层走廊区域排烟系统共用，排烟风机设置于办公夹层区域排烟机房内。

（3）对其他楼层无法满足自然排烟要求的走道和房间，均设置机械排烟系统，排烟量按《建规》[15]计算，补风通过各层外窗等进行自然补风。

（4）排烟风机、排烟阀及排烟口，需能够现场手动开启、消防控制室手动开启，同时接入火灾自动报警系统实现联动开启；此外，排烟系统中任一排烟阀或排烟口打开时，应能触发排烟风机自动开启。排烟阀或排烟口现场手动开启装置需安装在就近墙面上，高度距地面 1.4m。

挡烟垂壁需采用不燃材料制作，下垂高度不小于 500mm。电动挡烟垂壁应具备火灾自动报警系统联动开启和现场手动开启两种功能。

（5）站房内满足自然通风条件的封闭楼梯间，均按《建规》[15]要求设置相应的自然通风窗，其中楼梯间满足每 5 层有效开窗面积不小于 2.0m^2，且楼梯间顶层的自然通风面积不小于 1.0m^2。

（6）内区无法开窗的封闭楼梯间，如广场层至站台层、候车厅层至站台层、商业夹层至站台层等疏散楼梯间均采用加压送风的方式防烟，机械加压送风系统中楼梯间与走道余压值为 40～50Pa，当机械加压送风系统的余压值超过上述规定的最大值时，在楼梯间侧墙设置余压阀解决超压问题，加压送风口采用自垂百叶风口。加压送风机可通过现场及消防控制室手动启动、火灾自动报警系统联动启动。

2.2 特殊消防设计的相关内容

针对本工程空间跨度大、部分楼层竖向连通、人员密度高的特点，采用火灾动力学模拟软件 FDS 构建全尺寸建筑模型，量化分析不同火灾场景下的烟气蔓延规律与防排烟系统控制效果[19]，用于验证建筑防火设计方案是否满足预设的安全性能要求。在预设的典型火灾场景下，建筑内防排烟系统应能有效控制烟气蔓延，为人员疏散提供足够的安全时间与环境，确保建筑内所有人员均可在火灾环境达到危险临界状态前，疏散至安全区域。

2.2.1 数值模拟方法与相关验证

（1）分区域模拟计算参数设置

本次数值模拟针对地下出站层、站台层、高架候车层及商业夹层四大研究区域分别构建独立计算域并设置对应边界条件，模拟时长20min[19]。各区域采用统一初始条件：环境温度20℃、标准大气压、初始流场静止；围护结构采用热厚边界，壁面传热按一维传热模型计算；各空间补风均依托外门、侧窗实现自然补风；火源面积按1.0m×1.0m设定；模拟统一输出烟气层高度、2.0m特征高度下温度、能见度、CO与CO_2浓度等关键指标[19]。需要数值模拟的区域仅出站层采用机械排烟，其他区域均采用高窗自然排烟，其他具体各区域火灾烟气模拟参数如表1所示。

表1　火灾场景梳理表

Table 1　Summary of fire scenarios

序号	区域名称	火源设置
1	地下出站层（旅客行李火灾），覆盖出站厅与地下城市通廊全区域	火源位于城市通廊中部主通道处，火灾规模 1.5MW，采用 t^2 快速火（α=0.044kW/s²）[20,21]
2	站台层（旅客行李火灾），覆盖东西两侧进站广厅及竖向连通开口	火源位于进站广厅主通道处，火灾规模 1.5MW，采用 t^2 快速火（α=0.044 kW/s²）[20,21]
3	高架候车层及商业夹层（普通座椅火灾），覆盖整个贯通空间	火源位于高架候车层中部，火灾规模 2.0MW，采用 t^2 快速火（α=0.044 kW/s²）[20-22]
4	高架候车层及商业夹层（软席座椅火灾），覆盖整个贯通空间	火源位于高架候车层 VIP 区域，火灾规模 8.0MW，采用 t^2 超快速火（α=0.178kW/s²）[20-22]
5	高架候车层及商业夹层（商铺火灾），覆盖整个贯通空间	火源位于商业夹层商铺内，火灾规模 6.0MW，采用 t^2 超快速火（α=0.178 kW/s²）[20-23]
6	高架候车层及商业夹层（餐饮区火灾），覆盖整个贯通空间	火源位于商业夹层餐饮区内，火灾规模 8.0MW，采用 t^2 超快速火（α=0.178 kW/s²）[20-24]

（2）网格划分策略与无关性验证

站房整体尺寸较大，为了降低计算规模，本研究采用多区块非均匀网格策略[20-25]。火源及烟气羽流核心区域，火源四周 5m 范围内采用 0.25m 精细网格；烟气扩散影响区域，距离火源 5～20m 采用 0.5m 过渡网格；边角空间等距离火源 20m 以上的远端蓄烟区域采用 1.0m 粗网格；地下出站层、站台层层高不足 10m，竖向全程 0.25m 网格，保证 2.0m 人员特征高度监测数据精度；高架候车与商业夹层贯通空间总高 35.0m，竖向统一采用 1.0m 网格[26]。各区块间采用 1:2 网格过渡比，确保交界处梯度平滑，经计算全站完整分级网格模型总网格数量约 1075 万。

为了在大尺寸站房火灾模拟中实现计算精度与效率的平衡，本研究系统开展了网格无关性验证工作。该验证的核心逻辑为检验模拟结果对网格尺寸的依赖性，通过逐步调整各区块网格密度、对比关键烟气特征参数的变化幅度，最终排除网格离散化过程引入的人为数值误差，确保最终选用的三级非均匀网格方案输出的结果具备稳定性与可靠性[27]。本次采用三套不同密度的网格方案对高架商业餐饮区（火灾规模 8.0MW，超快速火[20-24]），进行无关性验证，模拟时长 20min，具体如表 2 所示。

表 2　餐饮区局部子模型网格无关性验证

Table 2　Grid independence verification of the local sub-model in the catering area

网格尺寸/m	局部网格总量/万	20min 烟层底部高度/m	2.0m 最高温度/℃	2.0m 最低能见度/m
0.2	9.8	4.78	55.9	11.5
0.25	5.1	4.96	54.8	11.9
0.3	2.9	5.33	52.5	12.3

由表 2 可知，在网格无关性验证中，以 0.20m 精细网格的输出结果作为精度基准，测试结果显示 0.25m 网格方案的烟层高度偏差 3.8%、温度偏差 2.0%、能见度偏差 3.5%，三项关键烟气参数的相对误差均控制在 5%的工程允许范围内[27,28]。基于该验证结论，本研究对火源核心区域统一采用 0.25m 精细网格，烟气扩散区、远端蓄烟空间可在

此基础上依次放大网格尺寸，实现精度与效率的平衡。

（3）模拟模型验证

本研究采用国标规范理论公式计算，对模拟的核心物理过程（火羽流发展、烟层沉降规律）进行定量对标分析，验证 FDS 模型对燃烧、羽流、烟气扩散过程的模拟精度。

以高架候车软席区 8.0MW 超快速火[20-24]的火灾为验证对象，结合《消防安全工程 第 5 部分：火羽流的计算要求》[29]GB/T 31593.5-2026 附录 B 和《消防安全工程 第 6 部分：烟气层的计算要求》[30]GB/T 31593.6-2026 附录 B 的相关理论公式，分别求解火羽流中心温度与烟层高度，并开展仿真模拟与理论计算的对比验证[31,32]。

经计算软席区火源的火焰高度约为 7.4m，本研究仅针对距火源高度 10m 及以上的浮力羽流区展开分析，提取数值模型中火源上方不同高度处的羽流中心温度，以及随时间演变的烟层高度，将模拟结果与计算结果进行对比，具体数据如表 3、表 4 所示。

表 3　高架候车软席区 8.0MW 火灾羽流轴线温升对比

Table 3　Comparison of axis temperature rise of 8.0MW fire plume in the open area of elevated waiting hall

距火源垂直高度/m	GB/T 31593.5 附录 B 计算值/℃	FDS 模拟值/℃
10	59.4	68.2
15	39.6	45.7
20	29.7	33.5
25	23.8	26.4

表 4　高架候车软席区 8.0MW 火灾烟层沉降规律对比

Table 4　Comparison of smoke layer settlement law for 8.0MW fire in the soft-seat area of elevated waiting hall

火灾时间/s	GB/T 31593.6 附录 B 计算值/m	FDS 模拟值/m
0	35.0	35.0
100	22.5	24.1
200	15.8	17.2
400	10.2	11
600	7.8	8.5
800	6.8	7.3
1000	6.1	6.5
1200	5.4	5.7

GB/T 31593 规范公式适用于无内部竖向障碍物的规则大空间自由轴对称羽流场景，能够满足站房类高大空间建筑火灾参数的理论计算要求。结合本次计算与模拟结果，对比如下：

羽流温度方面，不同高度处 FDS 模拟温度与国标附录 B 理论计算值变化趋势高度一致，均随垂直高度升高逐渐衰减，各测点数值偏差率仅为 10.92%～15.40%，偏差幅度较小[31]。

烟气沉降高度方面，FDS 模拟的烟层沉降规律与国标计算结果基本吻合。火灾初期烟气快速向上蔓延，触顶后水平扩散堆积，烟层高度快速下降；随着烟层厚度增加，自然排烟效果凸显，烟层沉降速率逐步放缓。全过程仅 200s、600s 时偏差接近 9%，其余阶段偏差均处于较低水平，整体一致性良好[32]。

由于理论计算基于理想场景假设，模拟值与理论值存在小幅差异属于合理误差。综上，本研究采用的 FDS 数值模拟方法预测精度满足工程分析要求，可用于各楼层火灾烟气扩散特性的模拟研究。

2.2.2 FDS 模拟计算结果汇总

表 5 为各典型火灾场景下的烟气控制效果模拟结果汇总，覆盖地下出站层、站台层、高架候车层及商业夹层共 6 类代表性火灾工况，各项指标均满足人员安全疏散的判定标准，整体而言，本次设定的全部火灾场景下，防排烟系统均可在 20min 内有效控制烟气沉降与蔓延，能够满足本站房的消防安全设计要求。

表 5　各层火灾场景 FDS 模拟数值表

Table 5　FDS simulation parameters for fire scenarios on each floor

火灾位置及场景	火灾规模/MW	模拟时间/min	2.0m 高度处温度/℃	2.0m 高度处能见度/m	2.0m 高度处 CO 浓度/ppm	2.0m 高度处 CO_2 浓度/%	烟气层高度/m	非火源正上方烟气层温度/℃
出站层行李火灾	1.5	20	28.3~32.7	15.2~18.5	42~78	0.06~0.09	6.2~7.0	76~102
站台层行李火灾	1.5	20	32.5~36.4	12.6~15.8	85~112	0.09~0.12	3.5~4.2	120~142
高架普通座椅火灾	2	20	29.5~31.5	19.7~22.4	60~69	0.07~0.08	6.5~7.0	85~98
高架商铺火灾	6	20	30.2~32.2	18.9~20.5	65~73	0.08~0.09	5.0~5.5	95~105
高架软席座椅火灾	8	20	32.8~34.6	17.5~19.1	82~92	0.10~0.11	5.5~6.0	110~121
高架商业夹层餐饮火灾	8	20	31.1~33.8	17.8~19.2	78~87	0.09~0.10	13.2~13.8	105~118

2.2.3　出站层（-10.00m 层）特殊消防设计

该层主要设置出站厅、地下城市通廊、设备用房、换乘厅等（见图 4）。

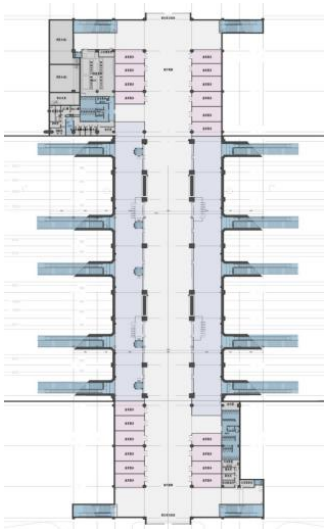


图 4　出站层平面示意图

Fig.4　Schematic layout of arrival level

（1）排烟策略

出站层中部的城市通廊及出站厅采用机械排烟，结合出站层 9.5m 的空间净高，为保障排烟效率，设定设计最小清晰高度为 6.2m，在此条件下，经计算单个防烟分区所需的最小机械排烟量为 61504m^3/h。该区域仅用于旅客通行，不得设置商业设施[18]。要求每个防烟分区面积不大于 2000m^2，且长边不大于 60m。各防烟分区排烟口距防烟分区最远点水平距离不应大于 30m，排烟风机的风量应按各防烟分区中最大分区的排烟量乘以漏风系数（建议取值 1.2）计算确定。火灾确认后，同一排烟系统中，仅着火防烟分区的排烟口或排烟阀打开，其余防烟分区的均保持关闭。

（2）软件模拟计算

本场景设定为出站层城市通廊行李火灾，采用机械排烟，单个防烟分区火灾规模为 1.5MW[21]，将设定条件输入火灾模拟软件中进行模拟计算，模拟时间为 20min[19]，每隔 3～5min 记录一次数据。

根据结果分析，火灾发生后，烟气沿热烟羽流上升至出站层顶部后向四周蔓延。大部分烟气由机械排烟口排出，在模拟时间 20min 内，烟气未沉降至距出站层地面 2.0m 高度处。另外根据软件模拟，在规定时间内，除火源正上方区域外烟气层温度未达到 180℃，距出站层地面高度 2.0m 处能见度大于 10m、烟气温度小于 60℃、CO 浓度小于 450ppm、CO_2 浓度小于 1%，这几项数据也均满足消防安全要求[19]，出站层烟气流动三维视图如图 5 所示。

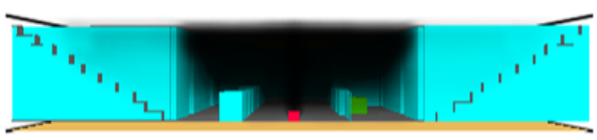


图 5　出站层烟气流动三维视图

Fig.5　3D schematic view of smoke movement on the arrival level

（3）机理分析

出站层采用分区机械排烟方案，单个防烟分区建筑面积控制在 2000m² 以内，排烟口至防烟分区内最远点的水平距离不大于 30m，满足现行防火规范要求。针对出站厅 1.5MW 快速火灾场景，模拟结果显示：火灾稳定增长阶段的烟气生成速率约为 3.5m³/s，而出站层机械排烟系统的设计排烟量为 61504m³/h，设计排烟量为烟气生成速率的 4.9 倍，具备充足的烟气控制余量。火灾过程中，热烟气羽流上升至顶棚后沿水平方向扩散，在排烟口的负压抽吸作用下被快速排出，有效抑制了烟气层的竖向沉降，保障了疏散通道的清晰高度。

2.2.4 站台层（0.10m 层）特殊消防设计

站台层平面为东、西两侧站房的进站层，两个子站房均包含进站广厅、售票厅、普通候车厅、VIP 候车厅以及旅服用房等（见图 6）。

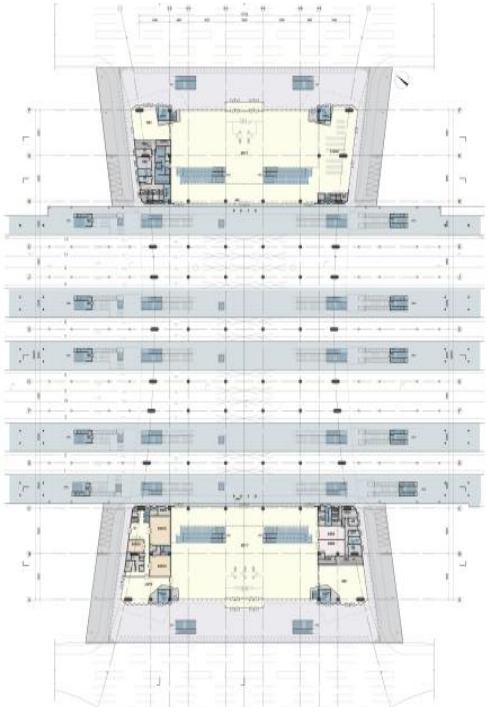


图 6　站台层平面示意图

Fig.6　Schematic layout of platform level

（1）排烟策略

站台层通过屋顶天窗采用自然排烟的方式，另外，为了延缓站台层进站广厅烟气直接扩散至高架候车层，本工程在站台层进站广厅通往高架候车层的开口部上方设置不低于 1.2m 的固定栏板[19]（类似挡烟垂壁的功能）。

（2）软件模拟计算

本场景设定为站台层进站广厅行李火灾，采用自然排烟，火灾规模为 1.5MW[21]，采用火灾模拟软件计算，模拟时间也为 20min[19]，每隔 3～5min 记录一次数据。

根据结果分析，火灾发生后烟气沿热烟羽流上升至高架候车层顶棚后向四周蔓延，由于高架候车层空间高大，顶棚具有良好的蓄烟功能，加上自然排烟作用，在模拟时间 20min 内，烟气未沉降至距站台层、高架候车层和商业夹层地面 2.0m 高度处。另外根据软件模拟，在规定时间内，除火源正上方区域外烟气层温度未达到 180℃，距站台层、高架候车层以及商业夹层地面高度 2.0m 处能见度均大于 10m、烟气温度均小于 60℃、CO 浓度均小于 450ppm、CO_2 浓度均小于 1%，这几项数据也均满足相关消防安全要求，站台层烟气流动三维视图如图 7 所示。

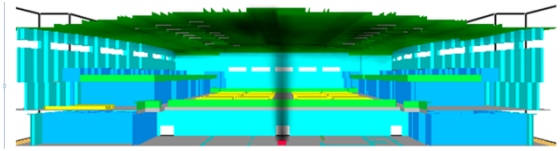


图 7　站台层烟气流动三维视图

Fig.7　3D schematic view of smoke movement on the platform level

（3）机理分析

站台层进站广厅与高架候车层、商业夹层上下贯通，形成总净高 35m 的竖向连通大空间。

高架候车层顶棚区域可提供约 15 万 m³ 的超大蓄烟容积，火灾产生的热烟气经羽流上升至顶棚后，会先在顶棚下方形成稳定的水平烟层。根据火灾热烟羽流理论，大空间内烟气层的沉降速率与空间净高呈负相关，本工程 35m 的超大净高为烟气提供了巨大的蓄积空间，可大幅延缓烟层沉降速度，烟气需在顶棚积聚至足够厚度后，才会因热浮力衰减缓慢下沉。对应火灾场景的模拟结果显示，火灾发生 20min 内，大空间内烟层厚度稳定维持在 3.5～4.0m，烟层底部距地面高度始终不低于 6.0m，远高于 2.0m 的人员安全疏散临界高度。

大空间屋顶均匀布置自然排烟窗，总有效开启面积 1500m²，约为对应区域地面面积的 5%。火灾时，积聚在顶棚的热烟气可通过排烟窗，依靠室内外温差形成的热压作用持续排出，进一步延缓烟层沉降。同工况模拟结果显示，自然排烟窗开启后，

烟层沉降速率显著降低，20min 内烟层底部始终稳定在 5.5m 以上，控烟效果显著。

在站台层进站广厅通往高架候车层的开口上方，设置 1.2m 高的固定栏板，可作为固定式挡烟垂壁使用。该栏板可有效阻挡火灾初期烟气通过开口直接竖向蔓延，迫使烟气先在站台层顶棚区域局部积聚，再缓慢通过开口向上溢出，大幅延缓了烟气向高架候车层的扩散速度，为人员疏散争取了时间。同工况模拟对比结果显示，设置该挡烟栏板后，烟气到达高架候车层 2.0m 高度处的时间延迟了约 90s。

2.2.5 高架候车层及商业夹层（8.5m/16.20m）特殊消防设计

高架候车室与东、西子站房三层平接，成为一体化的高架候车空间。中间为通高的候车大厅，大厅两侧设置检票口、卫生间、开水间、母婴室等辅助用房，辅助用房上方设置商业夹层（见图 8）。

（1）排烟策略

高架候车层、商业夹层通过屋顶天窗采用自然排烟的方式。

（2）软件模拟计算

高架候车层及商业夹层火灾工况比较复杂，涉及座椅火灾（普通、软席座椅）、商铺火灾、餐区火灾，普通与软席座椅火灾规模分别为 2.0MW、8.0MW，商铺火灾规模 6.0MW，餐饮区火灾规模 8.0MW[22-24]，将设定条件输入火灾模拟软件中分别进行模拟计算，每隔 3～5min 记录一次数据。

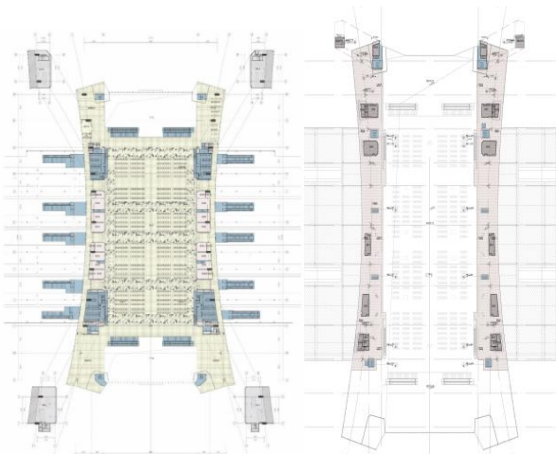


图 8　高架候车层及商业夹层平面示意图

Fig.8　Schematic layout of elevated waiting level and commercial mezzanine

根据结果分析，座椅火灾发生后烟气沿热烟羽流上升至高架候车层顶棚后向四周蔓延（座椅火灾烟气流动三维视图见图 9、10）。

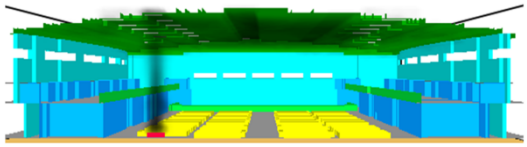


图 9　候车厅层烟气流动三维视图（普通座椅火灾）

Fig.9　3D schematic view of smoke movement in the waiting hall level (standard seating fire scenario)

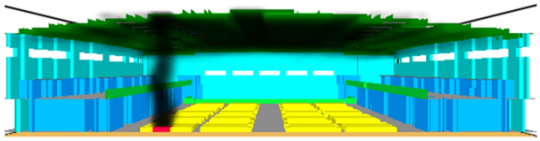


图 10　候车厅层烟气流动三维视图（软席座椅火灾）

Fig.10　3D schematic view of smoke movement in the waiting hall level (Upholstered seating fire scenario)

商铺火灾发生后，约 110s 时烟气自商铺门洞口溢出，上升至高架候车层顶棚，并沿顶棚向四周蔓延（商铺火灾烟气流动三维视图见图 11）。

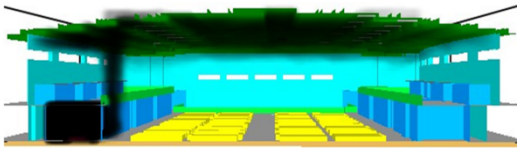


图 11　候车厅层烟气流动三维视图（商铺火灾）

Fig.11　3D schematic view of smoke movement in the waiting hall level (commercial outlet fire scenario)

餐饮区火灾发生后，约 70s 时烟气自餐饮区门洞口溢出，溢出后约 40s 上升至高架候车层顶棚，并沿顶棚向四周蔓延（餐饮区火灾烟气流动三维视图见图 12）。

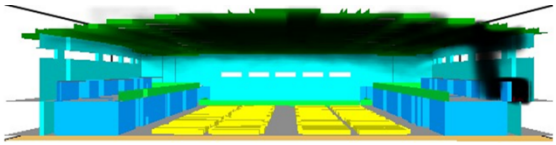


图 12　候车厅层烟气流动三维视图（餐饮区火灾）

Fig.12　3D schematic view of smoke movement in the waiting hall level (food and beverage area fire scenario)

模拟结果表明，依托高架候车层的大空间蓄烟能力与自然排烟系统的控烟作用[33,34]，所有火灾工况在模拟时长内，烟气均未沉降至高架候车层、商业夹层距地面 2.0m 的人员特征高度处。

另外根据软件模拟，在规定时间内，除火源正

上方区域外烟气层温度未达到 180℃，几种工况在规定时间 20min 内，距高架候车层以及商业夹层地面高度 2.0m 处能见度均大于 10m、烟气温度均小于 60℃、CO 浓度均小于 450ppm、CO_2 浓度均小于 1%，这几项数据也均满足消防安全要求。

（3）机理分析

普通座椅火灾 2.0MW、软席座椅火灾 8.0MW 均为低位开放火源，烟气呈锥形羽流上升。2.0MW 火源烟羽流在 35m 净高空间上升过程中，虽卷吸冷空气出现温度衰减，仍可抵达顶棚形成稳定烟层；8.0MW 火源达到稳定热释放率时，烟气生成速率约 18.7m^3/s，45s 即可抵达顶棚，依托大空间蓄烟容积与屋顶自然排烟窗，烟气可快速排出。两类场景烟层底部分别稳定在距地面 6.5～7.0m 和 5.5～6.0m 高度处，表明 35m 净高可满足 8.0MW 火灾烟气控制要求。

商铺火灾 6.0MW、餐饮区火灾 8.0MW 为围合空间及高位火源，烟气特性与开放火源差异明显。商铺采用防火舱设计，火灾初期围护结构可蓄积烟气，110s 时烟气从门洞口以射流形式喷出后上升至顶棚，扩散速率高于低位开放火源，20min 内烟层底部维持在距地面 5.0～5.5m。餐饮区火源位于 16.2m 标高商业夹层，烟气至顶棚上升距离仅 18.8m，卷吸冷空气少，羽流温高、速度快，70s 时烟气从门洞口溢出，40s 后抵达顶棚；夹层 1.2m 高固定栏板可延缓烟气向下扩散，20min 内夹层 2.0m 高处烟气温度低于 45℃、能见度大于 15m，满足人员疏散安全要求。

综合 4 类高架层火灾场景的模拟结果可知，火源位置与火源功率对大空间烟气控制效果有显著影响。低位开放火源的烟气上升距离长，卷吸冷空气多，烟层沉降速率慢，烟气控制相对容易；高位火源烟气上升距离短，羽流温度高，对蓄烟容积与排烟效率的要求更高。在火源功率相同的条件下，高位餐饮区火灾对商业夹层人员活动区的直接影响大于低位软席座椅火灾。本工程在商业夹层设置固定栏板，可有效延缓烟气向下蔓延，保障人员安全。

2.2.6 基于特殊消防设计的排烟窗设置情况

站台层东西站房进站广厅与高架候车层及商业夹层上下贯通，整个连通空间一体考虑，采用自然排烟的方式。自然排烟窗总有效开启面积按地面面积（含站台层公共区、高架候车层及商业夹层）的 5%进行设计，窗户开设面积为 1500m^2。

自然排烟窗主要布置于候车层屋顶上，少部分侧墙上，侧墙上排烟窗的设置高度不应低于室内净高度的 1/2，顶部天窗排烟效果要优于侧墙外窗排烟效果[23]。排烟窗开启方向应顺气流方向，排烟窗均匀布置，并确保排烟窗距进站广厅、高架候车层及商业夹层区域内最远点的水平距离不大于 30m，火灾时采用连通室外的外门进行自然补风。排烟窗应具备手动开启功能、远程控制开启功能和防失效保护功能，并与火灾自动报警系统联动。

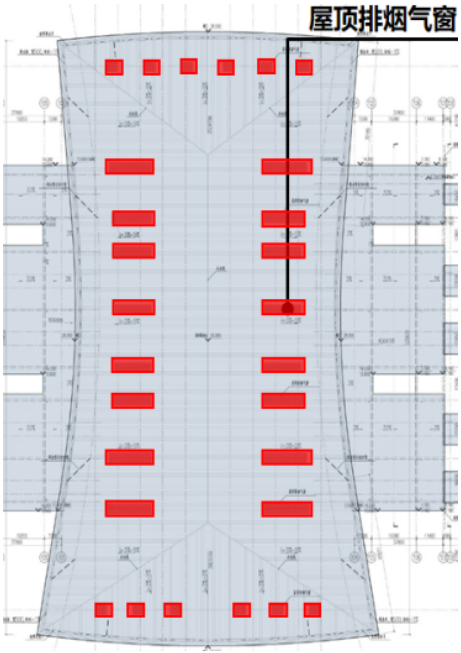


图 13 自然排烟设置示意图

Fig.13 Schematic diagram of natural smoke exhaust arrangement

3 工程总结

上文分两部分介绍，首先是基于现行规范的正常防排烟设计内容，其次就是需要利用软件进行性能化特殊设计的防排烟内容，消防性能化模拟计算是一种综合性的解决方案。针对盐城站各楼层以及部分区域竖向贯通的空间特征，建立全空间模型，同步模拟不同典型火灾场景下烟气在不同楼层间的跨层蔓延过程。与同类研究仅针对单一楼层、单一火灾场景的模拟相比，该模拟方法可更真实地反映铁路站房实际火灾中烟气在竖向连通空间内的

扩散规律，据此本工程采用分级分区域的差异化排烟设计，地下-10.00m 出站层大空间采用分区机械排烟，而对地上 0.10m 站台层、8.50m 高架候车层以及 16.20m 商业夹层形成的贯通大空间则充分利用其高大的蓄烟能力，结合大面积自然排烟窗进行烟气控制。通过性能化的火灾模拟软件对多种可能火灾场景进行验证[35]，结果表明，这套系统性的防排烟策略能有效维持人员疏散路径在安全时间内不受烟气侵害，可为同类站房的消防安全设计提供参考。

针对站房高大空间，需要确保火灾时储烟仓的高度能有效容纳烟气，为人员疏散提供足够时间。防烟分区的划分必须以性能化烟气模拟或计算为依据，保证在设计清晰高度下，烟层厚度与储烟仓容积相匹配，不能简单地执行现行规范。大空间站房排烟量计算，需考虑其内部可能存在的热烟囱效应，如挑空空间、扶梯井道，这些会加速烟气蔓延，对于存在明显竖向连通空间的站房，应采用依据火灾荷载与烟气生成模型的性能化计算方法，或应在现行标准值基础上考虑放大系数，以抵消烟囱效应带来的不利影响。

另外，再完善的系统若启动失败也形同虚设。站房内人员嘈杂，火灾确认环节可能延迟，因此对系统的自动性与可靠性要求极高。若过度依赖手动控制或消防中心的远程启动，而忽视了自动触发机制的冗余设计，将带来巨大风险。所以必须建立“双保险”触发机制，确保火灾时系统能可靠启动[36]。

本工程针对复合型铁路站房的空间特征，形成了“地下分区机械排烟与地上贯通大空间自然排烟”的协同防排烟设计方案，对于同类铁路站房，防排烟设计应重点关注防烟分区划分的合理性、排烟量与空间蓄烟能力的匹配性以及系统联动控制的可靠性，优先采用性能化模拟方法对设计方案进行全工况验证，确保设计方案满足消防安全要求。

参考文献：

[1] 杨柳,王禹.大空间建筑火灾探测、灭火及排烟研究概述[J].消防科学与技术,2024,43(11):1543-1548.

[2] Kariyawasam H, Ranasinghe C. Effectiveness of natural ventilation in controlling the smoke spread within a refuge floor of a high-rise building[J]. International Journal of Ventilation, 2025,24(1).

[3] Gao L. Study the Performance of Smoke Management with Different Windows During Fire Accident in a Flat Large Space Building[J]. Advances in Engineering Research, 2024:74-84.

[4] 郦业.某大型铁路站房建筑的消防排烟设计浅析[J].发电与空调,2015,36(3):44-49.

[5] 张建刚,黄潇,余涛,等.某机场捷运车站综合交通体火灾自然排烟效果研究[J].制冷与空调,2023,37(6):790-796,854.

[6] 黄寿元,肖俊兰,程莹莹.公共建筑高大空间集中通风排烟系统优化设计[J].今日消防,2024,9(4):15-17.

[7] Li J, Liu Z, Tian F, et al. Web3D-Based Lightweight Simulation forMass Evacuation atTransportation Hubs[J]. Springer, Cham, 2025.

[8] 陈文镇.浅谈高层公共建筑防排烟系统设计[J].江西建材,2021,(8):74-75.

[9] 陈占国.高铁站房防排烟系统的消防性能化设计研究[J].科技资讯,2019,17(23):35-36.

[10] 滕黛洁,吕辉,谢欣.高大空间火灾烟气蔓延影响因素研究—以广州某大型机库维修库为例[J].安全,2024,45(3):75-82.

[11] 张中圣.基于多源模拟的火灾环境下超高层塔冠空间防排烟优化设计研究[D].深圳:深圳大学,2022.

[12] 高维.高大复杂空间排烟系统设计难点分析[J].暖通空调,2025,55(4):54-58.

[13] 施樑,韩新,唐军,等.消防性能化方法在大型铁路站房防排烟设计中的应用[J].铁道标准设计,2008,(S1):97-101.

[14] TB 10063-2016,铁路工程设计防火规范[S].北京:中国铁道出版社,2016.

[15] GB 50016-2014,建筑设计防火规范[S].北京:中国计划出版社,2014.

[16] 刘诗瑶,刘松涛.铁路高架站房常见消防安全问题及策略方案研究[J].安全,2020,41(9):13-17.

[17] 贾慧超.基于性能化方法的铁路综合交通枢纽典型空间防火设计研究[D].天津:天津大学,2016.

[18] 郭浩.高铁候车厅排烟系统分析[J].城市建设理论研究(电子版),2018,(27):81.

[19] 郑文国.基于消防性能化设计的高铁站房防排烟系统[J].暖通空调,2014,44(2):39-42.

[20] 黄帅,陈开岩,王军.基于火灾试验的FDS大涡模拟非均匀网格优化[J].安全与环境工程,2012,19(4):102-106.

[21] 欧宸,肖倪琪,张宁,等.高铁候车厅行李火灾燃烧蔓延特性全尺寸试验研究[J].消防科学与技术,2024,43(7):971-975.

[22] 杨蔚,马益,顾满.基于FDS的高铁站多功能候车座椅火灾辐射分析[J].技术与市场,2022,29(7):89-92.

[23] 丁丹,宋扬,耿伟超,等.基于商铺火灾试验的重庆东站候车厅自然排烟研究[J].消防科学与技术,2023,42(10):1374-1380.

[24] 牟在根,尧金金,张相勇.青岛北站大跨钢结构抗火性能研究[J].北京科技大学学报,2012,34(8):971-975.

[25] 王会刚,张为明.大空间建筑火灾FDS数值模拟网格尺寸影响[J].中国公共安全(学术版),2013,(3):56-60.

[26] 焦冰.大空间钢桁架火灾温度场与力学性能研究[D].北京:中国建筑科学研究院有限公司,2022.

[27] 孙浩东.受限空间建筑火灾蔓延规律与场景构建方法研究[D].徐州:中国矿业大学,2024.

[28] 王文锋,付海明,姚胜旺,等.防排烟系统对拱形地铁站厅烟气蔓延的影响[J].地下空间与工程学报,2022,18(4):1383-1391,1400.

[29] GB/T 31593.5-2026,消防安全工程 第5部分：火羽流的计算要求[S].北京:中国标准出版社,2026.

[30] GB/T 31593.6-2026,消防安全工程 第6部分：烟气层的计算要求[S].北京:中国标准出版社,2026.

[31] 田承飞,朱国庆,于志超.火源高度对小室烟气温度场的影响研究[J].消防科学与技术,2017,36(7):920-922.

[32] 高云骥,朱国庆,冯瑶.基于大涡模拟的火羽流轴向流速预测[J].消防科学与技术,2015,34(2):143-146.

[33] 高俊华.高大铁路站房排烟系统设置[J].中国建筑金属结构,2023,22(8):103-105.

[34] 王斌.夏热冬冷地区典型铁路客站站房通风空调系统设计[J].工程技术研究,2025,10(6):175-177.

[35] 赵婧昱,宋佳佳,邓军.铁路站房高架层火灾烟气蔓延模拟分析[C].2018中国消防协会科学技术年会论文集,2018:377-379.

[36] 丛培昕,袁焱华,杨志军.高铁站房消防系统联动控制方案要点探讨[J].智能建筑与智慧城市,2022,(5):156-159.