

管控模式,以项目投资预算为约束,将新材料的前期采购成本、中期施工成本与后期运营维护成本纳入综合考量,建立材料选型性价比评估模型,优先选择技术成熟、成本可控、长期效益显著的新型材料;同时加强设计与造价咨询的协同衔接,造价人员提前介入设计流程,对材料选型方案进行成本测算与优化,避免设计与预算脱节。市场调研环节搭建常态化信息跟踪机制,建立涵盖新材料技术参数、价格构成、波动趋势、供应商资质、供货能力等信息的动态数据库,通过大数据分析预判价格走势;同步构建多维度供应商评估体系,筛选优质供应商建立长期合作名录与备选供应商库,为采购决策提供数据支撑。

### 5.2 施工阶段管控:过程精细化管理

采购优化方面,推行集中采购与批量采购模式,通过规模效应降低材料单价;与核心供应商签订长期战略合作协议,明确价格波动调整机制与供货保障条款,锁定采购成本;针对供应链风险,制定应急采购预案,当主供渠道出现中断时,快速启动备选供应商资源,避免因供应短缺导致工期延误与成本增加。施工协同上,提前开展专项技术交底,组织施工人员参加新型材料施工工艺与设备操作培训,确保施工队伍熟练掌握操作规范;结合材料特性优化施工组织设计,调整工序衔接流程,配置专用施工设备,减少工艺适配不当引发的返工损耗。成本动态监控需搭建实时跟踪平台,整合材料采购、施工消耗、人工设备投入等数据,对比实际成本与预算偏差,分析偏差成因,及时采取调整采购方案、优化施工流程等管控措施,实现成本动态平衡。

### 5.3 后期管控:全生命周期造价优化

运营维护阶段制定新材料专项维护方案,结合材料特性明确维护周期、保养方法、故障排查流程,配备专业维护人员与工具;建立维护成本台账,记录维护费用、材料损耗等数据,通过数据分析优化维护策略,降低长期运营成本。造价核算环节构建全生命周期造价核算体系,完善核算指标体系,将前期建设成本、运营阶段能耗费用、维护成本、残值回收等纳入核算范围,采用全周期成本分析方法开展核算工作;建立成本追溯机制,对各阶段造价数据进行系统归档与分析,形成项目造价数据库,为后续项目的材料选型、成本预算制定提供参考,实现造价管控的闭环管理。

### 5.4 外部保障:完善支撑体系

政策对接方面,安排专人跟踪建筑行业政策与新型材

料标准动态,及时适配最新行业规范与质量验收要求,避免因政策变动导致的返工整改成本;主动对接政府部门,梳理绿色建筑、低碳材料应用相关的补贴政策与税收优惠,积极申报争取政策支持,降低项目成本。技术支撑上,加强与科研机构、材料生产企业的合作,参与新材料技术研发与成果转化,推动材料性能升级与生产成本降低;引入数字化、智能化技术,如BIM技术模拟材料应用效果与成本消耗,提升造价管控的精准度与效率,通过技术创新进一步优化新型材料应用的性价比。

## 6 结语

本研究系统剖析了新型建筑材料应用对工程造价的双重影响:一方面,其节能环保、高性能的特性可优化项目全生命周期成本结构,降低运营维护损耗,提升工程长期价值;另一方面,受技术成熟度、供应链稳定性等因素影响,其前期采购成本高、价格波动大,且施工适配性要求带来隐性成本,易引发造价波动风险。研究明确,全生命周期视角下的多阶段管控是核心解决方案,需通过前期源头把控材料选型与市场风险、施工阶段精细化管控过程成本、后期优化运营维护与造价核算,结合外部政策与技术支撑,形成“前期预判-过程管控-后期优化-外部保障”的闭环管控体系,实现材料应用价值与造价可控的平衡。

随着新型建筑材料技术迭代加速,低碳化、功能集成化、智能化将成为主流趋势,未来造价管控需更注重动态适配材料技术升级,强化成本与性能的动态平衡分析。同时,数字化、智能化手段的深度应用将成为核心方向,BIM技术、大数据、人工智能等将推动造价数据实时共享、风险精准预判与管控方案智能优化,实现从“被动应对”向“主动预判”的转型。此外,行业标准体系的完善与跨主体协同机制的构建,将进一步降低新材料应用的造价管控难度,为建筑行业绿色低碳转型提供更坚实的成本保障。

### 参考文献

- [1] 陈芬芳.新型建筑材料的开发与应用对工程造价的影响[J].居舍,2024(05)
- [2] 刘正.试析新型建筑材料对建筑工程造价管理的影响——以墙体材料为例[J].中国建筑装饰装修,2023(12)
- [3] 钟桂芬.新型绿色环保建筑材料对建筑工程造价管理的影响[J].陶瓷,2023(03)

# Simulation and hazard analysis of smoke and fire in the throat area of the metro car depot under the cover of urban rail transit

Wenqian Jiang

China Railway Siyuan Survey and Design Group Co.,Ltd., Wuhan, Hubei, 430063, China

## Abstract

With the acceleration of urbanization, over-track development in urban rail transit has gradually become a development trend. Over-track development offers advantages such as alleviating urban land shortages, promoting residential and commercial development in the over-track areas, and enhancing the overall image and quality of the city. However, it also presents drawbacks, including challenges in fire protection design, high fire risks, and difficulties in fire control. Effective smoke control in buildings after a fire outbreak is a crucial means of protecting people's lives and property. This paper simulates fires in the throat area beneath urban rail transit over-track depots, analyzes the combustible conditions and fire characteristics in the throat area, presents smoke simulation results under fire scenarios, and proposes criteria for ensuring life safety as well as smoke control strategies for the throat area.

## Keywords

rail transit; Throat area; Fire simulation; Smoke control

# 城市轨道交通盖下车辆段咽喉区火灾烟气模拟与危险性分析

江文倩

武汉科铁人才发展有限公司了, 中国·湖北 武汉 430063

## 摘要

随着城市化进程的加速, 城市轨道交通上盖开发逐渐成为发展的趋势。上盖开发具有缓解城市用地紧张、带动上盖开发区的住宅、商业等发展的特点, 同时上盖开发提升城市的整体形象及品质; 然而, 也带来消防设计困难、火灾危险性大、火灾控制困难等缺点。建筑物发生火灾后, 烟气的有效控制是保护人民生命财产安全的有效及重要手段, 本文针对城市轨道交通盖下车辆段咽喉区火灾进行模拟, 分析了咽喉区可燃物的情况及火灾特性, 给出了火灾场景下烟气模拟结果, 提出了人员生命安全的判定标准和咽喉区的烟气控制策略。

## 关键词

轨道交通; 咽喉区; 火灾模拟; 烟气控制

## 1 引言

城市轨道交通上盖开发, 也被称为上盖物业开发, 是一种在轨道交通途径的地方的上方或邻近周边进行民用建筑开发建设的土地开发方式。随着城市化进程的加速, 土地资源变得日益紧缺。为了更有效地利用土地资源, 城市轨道交通上盖开发逐渐成了一种趋势。上盖开发具有提高土地利用效率, 增加建筑面积, 缓解城市用地紧张的问题; 可以带动上盖开发区的住宅、商业等发展, 形成新的经济增长点; 同时上盖开发伴随着高效、优质的建筑设计与建造, 可提升城市的整体形象及品质。然而, 上盖开发也带来一些问题, 如开发成本高、减振降噪要求高、消防设计困难等缺点。

火灾对人员的威胁体现在中毒作用、热辐射作用、遮

光及引起心理恐慌。建筑物发生火灾后, 烟气的有效控制是保护人民生命财产安全的有效及重要手段。根据《NFPA 92 Standard for Smoke Control Systems》<sup>[1]</sup>, 烟气控制系统设计实现的主要目标为: 禁止烟气进入楼梯间, 出口, 电梯井道或类似区域; 在疏散所需的时间内, 在出口处保持良好的环境; 抑制烟气蔓延; 在烟气区域外提供条件, 使救援人员能够进行搜救行动, 并控制火势; 有助于保护生命和减少财产损失。本文针对盖下车辆段咽喉区的列车发生火灾进行研究, 给出了人员生命安全的判定标准, 分析了咽喉区火灾烟气对人员生命安全影响。

## 2 研究方法

### 2.1 火灾设计

#### 2.1.1 火灾场景

本次火灾场景为盖下咽喉区一节车厢发生火灾, 火灾

【作者简介】江文倩(1994-), 女, 中国甘肃兰州人, 本科, 工程师, 从事城市轨道交通研究。

为电气线路短路引起的火灾。位置如图1所示，其中图1(a)为盖下咽喉区火灾三维场景模型图，图1(b)为盖下咽喉区火灾平面图。

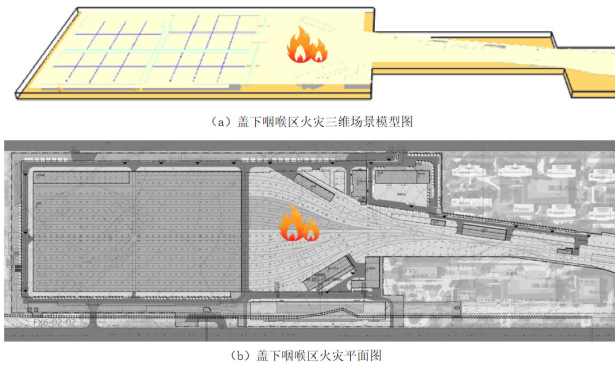


图1 咽喉区火灾位置示意

### 2.1.2 热释放速率

热释放速率是指单位时间内火源放出的热量，一般用kW或MW为单位。热释放速率是决定火灾发展和火灾危害的主要参数，是采取消防对策的基本依据。热释放速率除了可以通过实验测定之外，还可以通过模型计算、经验估算以及参考相关文献规范的数据。针对地铁列车车厢火灾，《地铁设计防火标准》(GB 51298-2018)<sup>[2]</sup>第8.2.4条条文说明：国内地铁列车的设计火灾规模根据车辆类型通常取用7.5MW~10.5MW。本次列车热释放速率设定为10.5MW。

表1 火灾稳态时的热释放速率

建筑类别	是否设置喷淋	热释放速率 (MW)
汽车库	无喷淋	3.0
	有喷淋	1.5
厂房	无喷淋	8.0
	有喷淋	2.5
仓库	无喷淋	20.0
	有喷淋	4.0

### 2.1.3 火灾增长系数

火灾增长系数 $\alpha$ 是以热释放速率表征火灾增长快慢程度的重要参数，理想的做法是通过实验确定，而在一般的工程计算中可采用表2的划分方法。目前地铁车体材料一般采用轻型不锈钢材料，车体承载结构材料全部采用钢材<sup>[3]</sup>。客室侧墙、端墙、内装饰板采用大型玻璃钢成型板材嵌装结构，材料具有良好的阻燃性。所有电线、电缆均采用难燃、阻燃型；地板采用在波纹钢板上面铺设陶粒砂和粘贴地板布的非木结构型式，具有良好的阻燃性。考虑火灾增长类型为快速火，本次火灾增长系数设定为0.044kW/s<sup>2</sup>。

## 2.2 人员生命安全判定标准

火灾危险性分析中可耐受指标为烟气层高度、烟气温度、烟气浓度与毒性、烟气能见度等，可作为人员生命安全的判定标准。

表2 火灾增长系数分类表

可燃材料分类	火灾类别	火灾增长系数 (kW/s <sup>2</sup> )
硬木家具	慢速火	0.00278
棉质、聚酯垫子	中速火	0.011
装满的邮件袋、木质货架 托盘、泡沫塑料	快速火	0.044
池火、快速燃烧的装饰家具、轻质窗帘	超快速火	0.178

### 2.2.1 烟气层高度

火灾中的烟气常伴有一定量的热量、胶质、有害燃烧产物等，是影响人员疏散与救援行动的主要障碍。在火灾中，烟气层只有保持在人群头部以上一定高度，使人在疏散时不必从烟气中穿过或受到热烟气层的热辐射威胁，保证人员疏散的安全。参照《建筑防烟排烟系统技术标准》(GB 51251-2017)<sup>[4]</sup>，空间内最小清晰高度为： $H_d=1.6+0.1H_p$ ，其中， $H_d$ 为最小清晰高度， $H_p$ 为排烟空间的建筑净高度。

### 2.2.2 烟气温度

依据中暑或体温升高给人员生命安全所产生的危害，60℃作为界定疏散区域的热环境对人员疏散构成威胁的热临界温度是一个相对保守的数值。火灾产生的局部热环境，特别在高湿热的环境中，疏散人员可能因体温升高而丧失行为能力甚至导致死亡。人员长时间暴露在过热环境里，即便缓慢的升温未能引燃空间内的可燃物，但却有可能造成空间内疏散人员的身体烧伤。综合考虑造成人体伤害的热环境暴露时间和热强度，热临界温度值作为热环境危害人员生命安全判定指标已经得到广泛的认可。为确保疏散安全，本次将热临界温度设定为50℃。

### 2.2.3 烟气浓度与毒性

一氧化碳被视为在火灾产生的有毒气体中最为危险的物质，一旦人员体内积累了一定量的一氧化碳就将导致死亡。由Los Angeles Residential Test Program实验报告可知，如果暴露在3000ppm浓度的一氧化碳超过15min，人员就会出现头疼及视线模糊的现象，从而对室内人员的疏散能力产生影响。本次设计中，一氧化碳的临界浓度指标设置为500ppm。

### 2.2.4 烟气能见度

火灾烟气同其它主要的燃烧产物一样，是研究火灾发展的重要参数之一。火灾烟气通常用能见度进行表征。烟气浓度高则能见度低，澳大利亚《消防工程师指引》给出了适用于小空间和大空间的最低能见度，如表3所示。大空间内为确定疏散方向需要看得更远，因此要求能见度更大。

表3 大面积区域与普通房间的火灾最低能见度

能见度	大面积区域	普通房间
最低能见度	10m	5m

综上，本项目设定安全判定标准为：

- (1) 危险高度以下空间内烟气温度不超过50℃；
- (2) 危险高度以下空间内CO浓度不超过500ppm；