

广东首例港湾式全地下公交站消防设计研究与实践

张 鸣

上海市闵行区上中西路 1285 弄 上海 200000

摘 要: 本文聚焦深圳滨海大道下沉工程中的港湾式全地下公交站, 详细阐述其消防设计的研究与实践过程。在阐述工程背景、目的与意义及国内外研究现状的基础上, 深入剖析消防设计面临的挑战, 系统介绍针对性的消防设计策略, 通过模拟验证与评估优化设计方案, 并对研究成果进行总结与展望。研究成果为解决港湾式全地下公交站消防设计难题提供了有效方案, 对后续类似工程消防设计具有重要的指导和借鉴意义。

关键词: 港湾式地下公交站; 全地下公交站; 消防设计; 深圳滨海大道下沉工程

1. 概述

1.1 研究背景

深圳滨海大道作为城市交通的关键动脉, 承载着巨大的交通流量, 对城市的经济发展和居民出行起着至关重要的作用。滨海大道下沉工程旨在优化城市空间布局, 缓解交通拥堵, 提升城市形象。在这一宏大的工程中, 港湾式全地下公交站的建设是其中的重要一环。作为广东首例港湾式全地下公交站, 其在消防设计方面面临着诸多困境。由于缺乏先例, 现行的消防规范无法完全涵盖该类型公交站的特殊需求, 这使得消防设计工作面临着无成熟经验可借鉴、无完善规范可依循的局面, 给设计团队带来了巨大的挑战。

1.2 研究目的与意义

本研究的核心目标是攻克港湾式全地下公交站消防设计中的难题, 为人员生命安全和公共设施安全构筑坚实防线。在地下公交站这样人员密集、设备众多的场所, 一旦发生火灾, 后果不堪设想。合理有效的消防设计能够在火灾发生时, 最大程度地减少人员伤亡和财产损失, 保障公共安全。从行业发展的角度来看, 本研究成果对后续类似工程的消防设计具有重要的指导价值。它不仅填补了广东地区在港湾式全地下公交站消防设计领域的空白, 还与其他城市在进行类似工程建设时提供了宝贵的经验和参考依据, 有助于推动整个地下公共交通设施消防设计领域的发展和进步。

1.3 国内外研究现状

国外在地下车站消防设计方面已形成较完善的理论体系和标准。例如, 美国在通风排烟、人员疏散方面有详细规范, 日本在防火分隔、消防设施配备方面有独特技术。国内

相关研究也不断增多, 针对地铁车站、地下停车场等设施取得了一定成果。然而, 港湾式全地下公交站的特殊布局 and 运行特点, 使其与传统地下交通设施存在显著差异, 现有研究难以完全适用。目前的研究在特殊火灾场景、通风排烟设计和人员疏散模型方面仍存在不足, 无法完全满足此类公交站的消防设计需求。

2. 港湾式全地下公交站工程概况

2.1 站点位置与布局

港湾式全地下公交站位于深圳滨海大道下沉工程的特定路段, 与下沉隧道、隧道辅道紧密相连。公交站通过专门的匝道与下沉隧道和隧道辅道实现车辆的顺畅进出, 确保公交车在行驶过程中不影响主线交通的正常通行。

在平面布局方面, 公交站主要包括候车区、行车通道、出入口等功能区域。候车区设置在靠近乘客进出站的位置, 方便乘客候车和上下车; 行车通道贯穿公交站, 为公交车辆提供行驶空间, 确保车辆能够有序进出站; 出入口则分别与地面道路和地下空间相连, 实现人员和车辆的疏散与进出。各功能区域之间的布局紧凑合理, 既满足了公交运营的需求, 又兼顾了乘客的使用便利性。

2.2 工程规模与特点

该公交站占地面积达到 6150 平方米, 建筑面积为 15320 平方米, 可容纳 16 条公交线路, 共设置 8 个公交停车位。与传统公交站相比, 港湾式全地下公交站最大的特点在于其全地下的空间形式, 这使得公交站与外界环境相对隔离, 空间封闭性强。与其他地下交通设施如地铁车站相比, 公交站的车辆流动性更大, 火灾荷载分布更为复杂, 且乘客

的换乘和停留时间较短,人员疏散的不确定性增加。此外,公交站内的设备和装修材料种类繁多,这些因素都给消防设计带来了诸多挑战。

3. 消防设计面临的挑战与难点

3.1 规范缺失与不适用性

现行的消防规范主要是针对传统建筑和常见的地下交通设施制定的,对于港湾式全地下公交站这种新型的地下交通设施,存在诸多未涵盖或不完全适用的部分。例如,在防火分区的划分标准上,传统规范通常按照建筑面积和使用功能进行划分,但港湾式全地下公交站由于其特殊的布局和车辆运行特点,难以直接套用现有的划分标准。在通风排烟方面,规范中对于地下空间通风排烟量的计算方法,未充分考虑站内车辆尾气排放和火灾时烟雾扩散的特殊情况,导致在实际设计中难以确定合理的通风排烟参数。这种规范的缺失和不适用性,使得消防设计人员进行设计时面临诸多困惑和难题,无法准确把握设计的尺度和标准。

3.2 空间封闭与通风排烟难题

全地下空间的封闭性使得火灾发生时烟雾难以自然排出,容易在站内积聚,迅速降低能见度,对人员疏散和消防救援造成极大阻碍。烟雾中的有害物质还会对人员的生命安全构成严重威胁,增加人员中毒和窒息的风险。传统的通风排烟方式,如自然通风和常规的机械排烟系统,在港湾式全地下公交站的特殊空间内存在明显的局限性。自然通风受空间结构和外界环境因素的影响较大,难以满足公交站在火灾时对通风排烟的需求;常规的机械排烟系统在应对公交站内复杂的气流组织和烟雾扩散规律时,效果往往不理想,无法快速有效地排出烟雾,保障人员安全疏散。

3.3 人员疏散与救援困难

地下空间复杂的布局使得人员疏散路径相对曲折,增加了人员疏散的难度和时间。在港湾式全地下公交站中,乘客需要在候车区、行车通道、出入口等多个区域之间进行转换,容易在疏散过程中迷失方向。此外,疏散标识的设置如果不合理,也会影响人员的疏散效率。消防救援在地下空间面临着诸多挑战。救援通道的宽度和高度可能受到限制,影响消防车和救援设备的通行;地下空间内的设备和障碍物较多,导致救援设备的操作空间不足,无法充分发挥其作用。同时,地下空间的通信信号较弱,也会影响消防救援人员之间的沟通和协调,增加救援工作的难度。

4. 港湾式全地下公交站消防设计策略

4.1 基于性能化的消防设计方法

性能化消防设计是一种以消防安全目标为导向,通过科学的分析和计算,确定满足消防安全要求的设计方案的方法。其原理是根据建筑物的使用功能、火灾特点和人员特性等因素,设定合理的消防安全目标,并采用相应的技术手段和设计措施来实现这些目标。

在本工程中,性能化消防设计方法具有很强的适用性。通过性能化设计,可以充分考虑港湾式全地下公交站的特殊情况,如空间布局、火灾荷载、人员疏散特点等,制定出针对性的消防设计方案。在确定消防目标时,综合考虑人员生命安全、财产保护和社会影响等因素,设定了人员在火灾发生时的安全疏散时间、火灾烟气的控制范围等具体指标。在设计参数的确定上,运用火灾动力学、流体力学等相关理论,结合计算机模拟技术,对火灾场景进行模拟分析,从而确定合理的通风排烟量、防火分隔措施等设计参数。

4.2 通风排烟系统优化设计

为解决港湾式全地下公交站通风排烟难题,提出了自然通风与机械排烟相结合的优化设计方案。在公交站的顶部和侧面设置了自然通风口,利用自然风压和热压实现自然通风,排出部分车辆尾气和火灾初期的烟雾。同时,配备了高效的机械排烟系统,在火灾发生时,通过机械排烟风机迅速排出大量烟雾,确保人员疏散通道内的烟雾浓度和温度在安全范围内。

在排烟口位置的设计上,充分考虑了烟雾的扩散规律和人员疏散路径,将排烟口设置在烟雾容易积聚的区域,如候车区上方、行车通道顶部等,以提高排烟效果。在排烟量的计算方面,综合考虑了公交站的的空间体积、火灾规模、人员疏散时间等因素,采用科学合理的计算方法,确保排烟量能够满足消防要求。

4.3 人员疏散设计与优化

设计了合理的人员疏散路径,确保人员在火灾发生时能够迅速、安全地疏散到地面安全区域。疏散路径尽量避免曲折和交叉,设置了明显的疏散指示标识和应急照明系统,为人员疏散提供清晰的指引。疏散指示标识采用了荧光材料和电子显示屏相结合的方式,确保在烟雾环境下也能清晰可见。

利用模拟软件对疏散过程进行评估和优化。通过建立人员疏散模型,模拟不同火灾场景下人员的疏散行为,分析

疏散时间、人员密度分布等参数,找出疏散过程中存在的问题和瓶颈。根据模拟结果,对疏散路径、疏散标识设置、应急照明系统等进行优化调整,提高疏散效率。例如,通过调整疏散标识的位置和亮度,使人员能够更快地找到疏散方向;增加应急照明灯具的数量,提高疏散通道的照明亮度,保障人员疏散安全。

4.4 消防设施与灭火救援设计

配备了适合地下空间的消防设施,如消火栓系统、自动喷水灭火系统等。消火栓系统按照规范要求设置了足够数量的消火栓,并保证其能够覆盖公交站的各个区域。自动喷水灭火系统采用了快速响应喷头,能够在火灾发生初期迅速喷水灭火,控制火势蔓延。

设计了消防救援通道和救援设备停放区域,便于消防人员快速开展救援工作。消防救援通道的宽度和高度满足消防车通行要求,通道内设置了明显的标识和指示牌。在公交站的出入口附近,设置了专门的救援设备停放区域,配备了消防水带、灭火器、消防云梯等救援设备,确保消防人员在到达现场后能够迅速取用设备,投入救援工作。

5. 消防设计的模拟验证与评估

5.1 火灾模拟软件的选择与应用

选择了 FDS (Fire Dynamics Simulator) 和 PyroSim 等专业火灾模拟软件进行消防设计的模拟验证。FDS 是一款基于大涡模拟方法的火灾动力学模拟软件,能够准确模拟火灾过程中的热释放速率、烟雾扩散、温度分布等物理现象;PyroSim 则是一款专门用于火灾模拟的前处理和后处理软件,具有操作简便、可视化效果好等优点。

在建模过程中,根据港湾式全地下公交站的实际结构和布局,建立了精确的三维模型。对模型中的各种参数进行了合理设置,包括建筑材料的热物性参数、火灾荷载的分布和热释放速率、通风排烟系统的参数等。通过对不同火灾场景的设定,模拟火灾发生时的各种情况,为后续的分析提供数据支持。

5.2 模拟结果分析

模拟重点分析了烟雾扩散、温度变化和人员疏散时间。结果显示,火灾初期自然通风可排出部分烟雾,但火势扩大后,机械排烟系统对控制烟雾扩散至关重要。温度方面,火源附近区域温度迅速升高,但通过通风排烟和防火分隔,其他区域温度得以降低,保障了人员和设备安全。人员疏散时

间统计表明,优化疏散路径和标识后,疏散时间显著缩短,满足安全要求。

5.3 设计方案的调整与优化

根据模拟结果,对消防设计方案进行了针对性的调整和优化。针对烟雾扩散问题,进一步优化了排烟口的位置和数量,提高了排烟效率;在温度控制方面,加强了防火分隔措施,减少了火灾对其他区域的热辐射;在人员疏散方面,对疏散路径进行了局部调整,增加了疏散通道的宽度,确保人员能够更加顺畅地疏散。

在完成设计方案的调整后,再次进行模拟验证,直至达到满意的消防性能。通过多次模拟和优化,消防设计方案在烟雾控制、温度控制和人员疏散等方面都取得了良好的效果,能够有效保障港湾式全地下公交站的消防安全。

6. 结论与展望

6.1 研究结论

本研究成功解决了港湾式全地下公交站消防设计中的关键问题,取得了显著成果。通过基于性能化的消防设计方法,充分考虑了公交站的特殊需求,制定了科学合理的消防设计方案。在通风排烟系统设计中,实现了自然通风与机械排烟的有机结合,有效控制了烟雾扩散;在人员疏散设计方面,通过优化疏散路径、设置清晰的疏散标识和应急照明系统,并利用模拟软件进行优化,显著提高了人员疏散效率;在防火分隔与消防设施设计方面,确定了合理的防火分区和分隔措施,配备了完善的消防设施,并设计了高效的消防救援通道,为灭火救援工作提供了有力保障。研究成果填补了广东地区港湾式全地下公交站消防设计的空白,为后续类似工程提供了重要的参考依据,其创新点在于将性能化设计理念与公交站的特殊需求相结合,提高了消防设计的科学性和针对性。

6.2 研究不足与展望

在研究过程中,也存在一些局限性。例如,模拟参数的不确定性对模拟结果的准确性产生了一定影响。由于火灾场景的复杂性和多样性,部分参数难以精确确定,如火灾荷载的热释放速率、人员疏散行为的随机性等。这些不确定性可能导致模拟结果与实际情况存在一定偏差。

未来,随着科技的不断进步和城市地下交通建设的持续发展,类似地下公共交通设施消防设计的研究将朝着更加精细化、智能化的方向发展。一方面,需要进一步研究火灾动

力学和人员疏散行为学,提高模拟参数的准确性和可靠性,完善火灾模拟模型;另一方面,应加强对新型消防技术和设备的研发和应用,如智能消防系统、高效灭火材料等,不断提升地下公共交通设施的消防安全水平。同时,还应加强不同学科之间的交叉融合,为地下公共交通设施消防设计提供更加科学、全面的解决方案。

参考文献:

- [1] 孙宇枫. 推动消防审验工作提质增效 [N]. 中国建设报,2025-03-20(006).
- [2] 吴帮建. 既有建筑改造消防设计的问题及技术路径探究 [J]. 中国建筑金属结构,2025,24(06):139-141.
- [3] 应云昊,曹卓媛. 建筑设计中消防安全优化研究 [J]. 城市开发,2025,(02):28-30.
- [4] 孙峰,夏立群,陆扬帆,等. 地下交通广场消防设计策略研究 [J]. 地下空间与工程学报,2024,20(S2):767-773.