

城市隧道建筑空间设计相关探究

李忱业

上海市隧道工程轨道交通设计研究院 上海 200235

摘要: 本文围绕城市隧道建筑空间设计展开探究, 界定其核心概念与独特性, 梳理相关理论及规范标准, 通过调研国内多座城市隧道, 分析当前设计现状、现存问题及成因, 重点从功能布局、安全防护、人性化体验、城市融合四个维度, 提出针对性优化策略与路径, 旨在解决设计中“重功能、轻体验”等痛点, 实现隧道空间高效利用、安全舒适与城市风貌的有机统一, 为城市隧道建筑空间设计实践提供理论参考与实践指引。

关键词: 城市隧道; 建筑空间设计; 优化路径

引言: 随着城市化进程加快, 交通拥堵与土地资源紧张问题日益突出, 城市隧道作为地下交通核心构筑物, 其建筑空间设计质量直接影响通行效率、安全保障与城市品质。当前部分隧道设计存在功能布局不合理、人性化缺失、与城市融合不足等问题, 难以适配现代城市发展需求。基于此, 本文聚焦城市隧道建筑空间设计, 系统探究其理论基础、现存问题及优化路径, 对推动城市地下空间可持续发展、提升城市交通服务水平具有重要意义。

1 城市隧道建筑空间设计相关理论基础

1.1 城市隧道建筑空间核心概念界定

(1) 城市隧道的定义与分类: 城市隧道是指在城市范围内, 为缓解交通压力、节约土地资源, 修建于地下或山体中, 用于车辆、行人通行的地下构筑物。按功能可分为交通隧道、市政隧道等; 按埋深可分为浅埋隧道与深埋隧道; 按断面形式可分为单孔、双孔及多孔隧道, 适配不同城市交通需求。(2) 建筑空间设计的核心内涵: 核心是结合使用功能、环境条件与美学需求, 对空间的形态、尺度、布局、采光通风等进行合理规划, 实现空间利用效率、安全性与舒适性的统一, 兼顾实用性与人文性, 满足使用者的生理与心理需求。(3) 城市隧道建筑空间的独特性: 相较于地面建筑, 其空间封闭性强、采光通风受限, 且需兼顾交通通行与应急疏散功能; 受地下地质条件影响大, 设计需适配复杂地质环境, 同时需融入城市整体风貌, 减少对周边环境的影响^[1]。

1.2 城市隧道建筑空间设计的核心理论

(1) 地下空间开发理论: 核心是“高效利用、生态保护”, 强调合理开发地下空间, 缓解城市土地资源紧张, 同时注重地下空间与地面空间的协同衔接, 减少对城市生态与居民生活的干扰, 实现地下空间的可持续利用。(2) 交通工程设计理论: 重点围绕交通流量、通行

效率与交通安全展开, 明确隧道断面尺寸、车道数量、行车速度等设计参数, 优化交通组织, 确保车辆、行人通行顺畅, 同时配套完善的交通标识与引导系统。(3) 人机工程学理论: 聚焦使用者体验, 结合人体生理与心理特征, 合理设计隧道内部的照明强度、通风效果、空间尺度, 避免封闭空间引发的不适, 保障使用者的舒适度与安全性, 提升通行体验。

1.3 城市隧道建筑空间设计的相关规范与标准

(1) 国内相关规范要求: 主要遵循《城市地下道路工程设计规范》《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》等, 明确隧道断面设计、防火防爆、应急疏散、通风照明等核心要求, 保障隧道设计与施工的安全性、规范性。(2) 国外相关标准借鉴: 参考欧美、日本等发达国家的相关标准, 重点借鉴其在隧道生态环保、智能通风、应急救援等方面的先进经验, 结合我国城市实际情况优化设计, 提升隧道设计水平。(3) 规范与标准的应用要点: 需严格结合项目实际, 灵活运用规范标准, 兼顾规范性与实用性; 注重规范更新, 及时采用最新行业标准, 同时结合地质条件、交通需求等调整设计方案, 确保设计成果符合安全、高效、环保的要求。

2 城市隧道建筑空间设计的现状、问题及成因分析

2.1 城市隧道建筑空间设计现状调研

(1) 调研范围与方法: 调研覆盖国内3个一线、5个二线城市已建成运营的20座城市隧道, 涵盖交通隧道、市政综合隧道等不同类型。采用实地踏勘、数据统计、文献调研及用户访谈相结合的方法, 重点收集隧道空间布局、安全设施、人性化设计等相关数据, 确保调研结果的全面性与客观性。(2) 调研结果呈现: 当前城市隧道建设规模持续扩大, 多数隧道基本满足交通通行核心需求, 断面设计、基础照明等配套设施逐步完善。部分新建隧道引入了智能通风、监控系统, 但整体呈现“重

功能、轻体验”“重建设、轻融合”的特点，不同城市、不同类型隧道的设计水平差异较大，老旧隧道改造滞后于城市发展需求。（3）典型案例分析：选取某一线城市过江交通隧道与某二线城市地下综合隧道作为典型案例。前者通行效率高，但人性化设施不足、景观性欠缺；后者兼顾交通与市政功能，但功能布局混乱，应急通道设计不合理，反映出当前隧道设计中普遍存在的共性问题与个性短板。

2.2 城市隧道建筑空间设计存在的主要问题

（1）功能布局不合理，空间利用效率偏低：部分隧道断面设计与交通流量不匹配，车道宽度、应急通道尺寸不合理，闲置空间浪费严重；市政管线与交通空间交叉布置，检修维护不便，降低了空间利用的合理性与高效性。（2）安全防护设计不足，应急保障能力薄弱：部分隧道防火分区划分不规范，消防设施配置不足且维护不到位；应急疏散通道标识不清晰、通行不畅，缺乏完善的应急救援联动机制，难以应对火灾、交通事故等突发情况。（3）人性化设计缺失，通行体验不佳：隧道内部照明亮度不均、眩光明显，通风效果较差，易产生异味与压抑感；缺乏便民设施，特殊人群通行保障不足，长时间通行易引发驾驶疲劳与心理不适^[2]。（4）与城市肌理融合度不够，景观性不足：隧道出入口设计生硬，与周边建筑、道路景观不协调；隧道内部缺乏特色设计，未融入城市文化元素，难以体现城市地域特色，与城市整体风貌脱节。

2.3 城市隧道建筑空间设计问题的成因分析

（1）设计理念滞后，缺乏系统性思维：部分设计单位仍沿用传统设计思路，过度注重交通通行功能，忽视人性化、景观性与生态性，未将隧道设计纳入城市整体规划，缺乏系统性与前瞻性。（2）技术应用不充分，创新能力不足：智能通风、节能照明、数字化监控等先进技术的应用范围有限，部分设计依赖传统技术，缺乏对新技术、新材料的探索与应用，设计创新能力不足。（3）多专业协同设计机制不完善：隧道设计涉及交通、建筑、市政、消防等多个专业，当前各专业缺乏有效协同，设计过程中存在各自为政的情况，导致功能布局、安全防护等方面出现衔接不畅的问题。（4）后期运营需求考虑不全面：设计阶段过度关注建设成本与施工难度，对后期运营维护、日常管理、用户体验等需求考虑不足，导致设计方案与实际运营需求脱节，后期改造难度大、成本高。

3 城市隧道建筑空间设计的核心策略与优化路径

3.1 功能导向下的空间布局优化设计

（1）交通通行空间的合理规划：结合前期调研的交通流量数据，科学测算隧道设计通行能力，精准确定断面尺寸、车道数量及车道宽度，适配小型车、大型车等不同车型的通行需求，避免车道过宽造成空间浪费或过窄影响通行效率。合理划分机动车道、非机动车道与行人通道，设置清晰的交通标识、分流引导线及减速设施，减少交通冲突点，提升通行流畅度；同时预留一定的拓宽与改造空间，适配未来城市交通流量的增长及车型迭代需求，增强设计的前瞻性。（2）附属设施空间的集约布置：整合隧道内消防、监控、通风、供电、通信等各类附属设施，采用集约化设计模式，将功能相近的设施集中布置，避免分散占用有效通行空间。优化检修通道与设备机房的布局，缩短检修路径、减少检修干扰，提升维护效率，同时严格控制附属设施的占地面积与空间高度，最大化释放通行空间，实现空间利用效率与维护便利性的双重提升^[3]。（3）空间分层与复合利用设计：针对城市地下空间紧张、土地资源稀缺的区域，采用分层设计模式，将交通通行与市政管线铺设、应急避难、地下商业等功能分层布置，实现空间的复合利用。例如，下层布置机动车道，上层布置非机动车道与行人通道，或预留市政管线铺设空间，既满足多元功能需求，又有效节约地下土地资源，提升空间利用的综合性与高效性，实现“一物多用”的设计目标。

3.2 安全优先的空间防护设计策略

（1）防火防爆空间设计：严格遵循国内相关规范要求，科学划分防火分区，合理设置防火门、防火卷帘、防火封堵等防火分隔设施，确保火灾发生时能有效控制火势蔓延，防止火灾扩大。优化隧道内消防设施的布局，均匀配置灭火器、消火栓、泡沫灭火系统及排烟系统，确保消防设施能快速响应、有效使用；同时选用阻燃、耐火性能优良的建筑材料与装饰材料，降低火灾隐患，提升隧道整体防火防爆能力，保障人员与车辆安全。（2）应急疏散空间优化：合理设置应急疏散通道，确保通道宽度、坡度、转弯半径符合规范要求，疏散标识清晰、醒目且具有反光功能，便于使用者在紧急情况下快速识别逃生方向。在隧道内每隔一定距离设置应急避难舱，配备应急照明、独立通风设备、急救物资及通讯装置，为被困人员提供临时避险空间；建立完善的应急联动机制，优化疏散路线设计，缩短疏散时间，提升应急救援与保障能力，最大限度减少人员伤亡与财产损失。（3）防淹涝与地质灾害防护设计：结合城市水文地质条件与气象数据，在隧道出入口设置防淹挡水板、排水泵站、截水沟等设施，完善排水系统，提升排水能

力,防止雨水倒灌引发淹溺事故。针对地质复杂区域,优化隧道衬砌结构设计,加强围岩支护,采用抗沉降、抗坍塌、抗渗性强的建筑材料,提升隧道抵御地震、滑坡、涌水等地质灾害的能力,保障隧道结构安全与长期通行安全^[4]。

3.3 人性化导向的空间体验提升设计

(1)照明与通风空间优化:采用分段式、渐变式照明设计,根据隧道出入口与中间段的光线差异,合理调节照明亮度与色温,避免眩光与光线突变,减少驾驶疲劳与视觉不适;选用节能、环保、寿命长的LED照明设备,实现照明效果与节能需求的统一。优化通风系统设计,采用智能通风模式,根据隧道内车流密度、尾气浓度自动调节通风量,及时排出尾气与异味,保持隧道内空气流通,提升通行舒适度。(2)视觉舒适度与心理疏导设计:优化隧道内部墙面、顶面的色彩搭配,选用柔和、舒缓的浅色调,缓解封闭空间带来的压抑感;在隧道内适当设置视觉引导标识、景观节点及艺术装饰,打破单调的空间氛围,引导使用者视线,缓解长时间通行带来的心理不适。合理控制隧道内的噪音水平,采用降噪路面、隔音材料与隔音设施,减少交通噪音对使用者的影响,营造安静、舒适的通行环境。(3)无障碍空间设计:在隧道出入口与通道内设置无障碍坡道、盲道、扶手等设施,适配老年人、残疾人、儿童等特殊人群的通行需求;在应急避难舱、休息区域设置无障碍设施与急救设备,保障特殊人群的安全与便利。同时,优化隧道内的标识设计,采用清晰、易懂的图文标识,配备语音提示功能,方便各类使用者识别,提升空间的包容性与人性化水平。

3.4 与城市融合的空间景观与文化设计

(1)隧道出入口与城市景观衔接设计:结合周边建筑、道路与绿地景观,优化隧道出入口的造型设计,采用与城市风貌、建筑风格相协调的设计语言与建筑材料,避免出入口设计生硬突兀。在出入口周边布置绿化景观、休闲设施与标识小品,实现隧道与城市景观的自然衔接,提升城市整体景观品质,减少隧道对周边环境

的视觉冲击与影响。(2)隧道内部文化元素融入:深入挖掘城市地域文化特色,将当地历史文化、民俗风情、人文景观等元素融入隧道内部设计,通过墙面壁画、灯光艺术、标识设计、浮雕等形式,打造具有城市特色的隧道空间。既打破隧道空间的单调性,又彰显城市文化内涵,增强使用者的归属感与认同感,让隧道成为展示城市文化的“地下窗口”^[5]。(3)绿色低碳空间设计:采用绿色环保、可回收、低污染的建筑材料与装饰材料,减少建筑施工与运营过程中的环境污染与资源浪费;优化隧道通风、照明系统,推广节能技术与新能源应用,降低能源消耗,实现低碳运营。在隧道周边及出入口区域加大绿化种植力度,种植乡土植物,净化空气、涵养水源、缓解热岛效应,实现隧道设计与生态环保的有机结合,推动城市地下空间的可持续发展。

结束语

城市隧道建筑空间设计是兼顾实用性、安全性、人性化与生态性的系统工程,需突破传统设计理念,融合多学科技术与城市文化内涵。本文通过全面分析设计现状与问题,提出的优化策略可为实践提供支撑,但设计实践需结合具体地质条件、交通需求灵活调整。未来,需持续推动技术创新与多专业协同,强化后期运营考量,让城市隧道不仅满足通行需求,更成为彰显城市特色、提升人居品质的重要载体,助力城市高质量发展。

参考文献

- [1]张京,胡鹏.城市隧道结构设计研究[J].地下空间与工程学报,2024,10(S1):167-169.
- [2]彭爽.基于城市空间理论的建筑综合体设计策略[J].房地产导刊,2022,10(6):79-82.
- [3]唐航.建筑设计与城市空间探讨[J].城市建设理论研究,2023,6(17):58-61.
- [4]严丹,徐淑娟.基于地域性的建筑空间设计策略探讨[J].城市建筑,2021,18(5):103-105.
- [5]冯励凡.城市道路隧道附属设施(地下设备用房)布置研究[J].隧道建设.2023.19(z2):211-214.