

智慧城市背景下地下交通枢纽空间整合设计

毛贝娜^{1,2}

1.宁波市建筑设计研究院有限公司，浙江宁波 315000

2.宁波市土木建筑学会，浙江宁波 315000

DOI:10.61369/ADA.2025020006

摘要：本文以宁波东部新城中央公园工程为实证，聚焦地下交通枢纽“功能—交通—环境—智慧”四维整合的设计路径与成效。项目为地下三层结构，总建筑面积14.1万m²，整合公交枢纽、机动车停车、商业配套及人防功能，服务宁波东部新城CBD。通过柱网优化、“小环+大环”交通流线、下沉广场自然采光、智能标识系统及无障碍设计，解决“停车难、流线乱、环境差”问题。实现地铁—公交—非机动车无缝换乘，促进周边地块联通便捷性及资源共享，强化地下交通枢纽与城市肌理的有机融合。为同类项目提供“高效、绿色、人性化”设计范式。

关键词：地下交通枢纽；空间整合；交通优化；绿色设计；智慧化

Spatial Integration Design of Underground Transportation Hub under the Background of Smart City

Mao Beina^{1,2}

1.Ningbo Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang 315000

2.Ningbo Civil Engineering and Architectural Society, Ningbo, Zhejiang 315000

Abstract : Taking the Central Park Project in Ningbo Eastern New City as an empirical case, this paper focuses on the design path and effects of the "function–transportation–environment–intelligence" four-dimensional integration for underground transportation hubs. The project features a three-story underground structure with a total construction area of 141,000 square meters, integrating functions of a bus hub, motor vehicle parking, commercial supporting facilities and civil air defense, and serving the CBD of Ningbo Eastern New City. By means of column grid optimization, the "small loop + large loop" traffic flow pattern, natural lighting through sunken plazas, intelligent signage systems and barrier-free design, the project solves the problems of "difficult parking, chaotic traffic flow and poor environment". It realizes seamless transfer among subways, buses and non-motorized vehicles, enhances the connectivity and resource sharing of surrounding plots, and strengthens the organic integration of the underground transportation hub with the urban fabric. This study provides an "efficient, green and human-oriented" design paradigm for similar projects.

Keywords : underground transportation hub; spatial integration; traffic optimization; green design; intelligentization

引言

随着我国城市化进程不断推进，土地资源日益紧张，地下空间的集约化开发与高效利用已成为提升城市综合承载能力的重要途径^[1]。地下交通枢纽作为城市交通网络的关键节点，其功能复合性与空间整合质量直接影响到城市交通效率与空间品质^[2]。宁波东部新城中央公园工程采用“地面公园+地下三层枢纽”的立体开发模式，总用地面积7.4万m²，地下建筑面积14.1万m²，是宁波市目前最大的城市公共地下停车库。主要服务周边高端商务办公与城市商业综合体^[3]。面对区域停车供给不足、交通流线交叉干扰、地下空间环境压抑等问题，本项目以“功能—交通—环境—智慧”四维整合为设计核心，系统性地实现了空间高效利用与人文生态协同发展^[4]。本文旨在通过该案例的系统解析，为同类地下交通枢纽提供可借鉴的设计理论与实践经验。

一、地下交通枢纽空间整合的理论基础与设计原则

地下交通枢纽的空间整合设计需依托功能复合理论与绿色建筑理念的双重支撑^[5]。功能复合理论通过垂直分层与水平分区实现空间资源的高效配置，如本项目地下一层布局公交枢纽与商业配套，地下二、三层则集中设置社会停车与人防设施，形成“交通—服务—防护”多功能协同体系。绿色建筑理念则强调资源节约与生态友好，项目通过下沉广场引入自然采光与通风，结合再生水利用系统与高能效设备，显著降低运行能耗，提升环境舒适度。在具体设计过程中，应始终坚持“以人为本、高效集约、可持续发展”三大原则。以人为本体现为无障碍电梯、专用停车位与母婴室等全龄友好设施配置；高效集约则通过结构优化与跨区域通道预留实现空间使用效率的最大化；可持续发展则强调生态技术与被动式设计的应用，如顶板绿化、自然采光与节水系统，以实现长远的环境与经济共赢^[11]。

二、地下交通枢纽空间整合的关键挑战

本项目在设计初期主要面临三方面核心挑战：功能需求的矛盾性、物理环境的局限性以及智慧化水平的不足。在功能方面，中央公园地下空间为城市公共空间，在平面与竖向设计中需要做到不同区域、不同层面、不同功能空间的无障碍联系。公园活动人流、轨道交通人流与公交车流及社会车辆流线交叉存在安全隐患。在环境方面，地下空间封闭依赖人工照明与通风，能耗高且体验差，地铁与公交通换距离过长；在智慧化方面，传统标识系统导向不清，设备控制缺乏联动机制，导致运营效率低下与管理成本攀升。这些问题的存在非常制约地下枢纽的综合服务能力与城市空间品质的提升。

三、地下交通枢纽空间整合设计策略

(一) 功能整合多功能复合布局

功能整合采用“垂直分层+水平联动”的复合布局策略，实现地下空间高效利用。内部功能集约化、内部交通分区化、车库车道分级制、连贯的垂直交通、公交站场地下化。

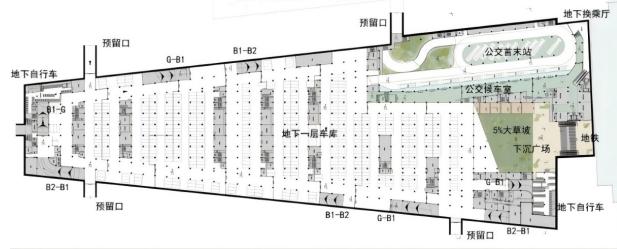


图1 地下一层平面功能布局

垂直分层方面，地下一层以交通换乘与服务功能为主，设置下沉式地下公交首末站、商业配套及非机动车库，形成“换乘—消费—停车”一站式服务体系（见图1）。该层不仅高效集成了公交首末站、商业配套与非机动车库，还通过预留多个地下连接通

道实现了与东西侧地块的无缝对接和停车资源共享，为枢纽的区域协同效能提供了基础。

地下二、三层聚焦停车与人防功能，布置社会车库及兼顾等級人防的人防工程，通过平灾结合提升空间利用率。水平联动层面，项目预留5个人行通道与周边地块联通（地下一层3个、二层2个），促进跨区域停车资源共享，强化地下交通枢纽与城市肌理的有机融合。该布局既满足日常交通与服务需求，又通过功能叠加实现空间使用效率最大化。

(二) 交通优化：高效流线与空间利用

交通优化通过柱网调整与流线重构实现空间效率与通行安全的协同提升。考虑到项目为超大型地下停车库，社会车流线采用顺时针循环设计，车行流线组织采用“小环+大环”分层模式。主通道宽度设定为8.0m，次通道宽度设定为7.0m，相比普通地下车库通道宽度尺寸适当放大。地下停车库柱网尺寸为9m×8.4m，设计成三跨四排的背靠背停车布局模式，有效提升地下停车效率。公交流线独立设置于河源路东南角出入口，避免与社会车流交叉。人行系统依托公交始末站的下沉式广场构建垂直换乘枢纽，尽量将地铁—地面—地下三层的换乘距离缩短。同时，公园景观踏步与绿植墙形成连续导向，提升沿途步行体验感。通过上述措施，项目有效解决了各种流线的冲突问题，同步提升了停车容量与换乘效率。

(三) 环境改善：自然与人文融合

物理环境改善通过自然生态技术与人文关怀设计的协同，构建舒适包容的地下空间。自然采光通风方面，项目设置深达两层的中央下沉广场，引入自然光覆盖约30%地下区域；利用开放式下沉空间实现自然通风，减少机械通风能耗。人文关怀层面，坚持人性化设计，为各种需求的人群提供便捷的公共绿色服务。项目中配置8部无障碍电梯（服务半径小于60m）；几十个邻近垂直电梯的残疾人车位及一处母婴室（含护理台与微波炉）；下沉式广场与室内、地铁与地下空间连通口采用无高差设计，推行无障碍设计。通过自然环境优化与全人群设施配置的结合，项目既降低了长期运维能耗，又满足了不同群体的使用需求，形成“生态—人文”双驱动的地下环境提升路径。

(四) 智慧化应用：低技术高成效路径

基础智慧化设计以“低技术高成效”为原则，通过智能标识与节能自动化技术提升运营效率。智能标识系统构建三级引导体系：高位动态屏显实时更新空余车位，中位柱面箭头灯以红绿双色指示流向，低位地面投影在火灾时自动切换疏散路径，综合提升寻路效率40%。节能自动化方面，通风全面采用楼宇设备自动控制系统（BAS），所有通风设备均配以必要的自动控制，实现中央监控智能化管理；照明系统整合光感与时控智能调光，结合再生水冲洗车库（年节水3000m³），使得整体能耗有效降低。上述技术均基于成熟设备与简易控制逻辑。在控制成本的同时，有效解决了传统地下空间标识混乱、能耗浪费等问题，形成可复制

的基础智慧化应用范式。

四、案例成效与设计启示

本项目在实施后取得了显著的技术与经济成效。在空间功效方面，交通流线优化使高峰期车流通过率、轨交与公交通换乘效率大幅提高；环境方面，通过地面大片公园植被和下沉空间的自然采光与再生水利用，有效优化区域环境和环保效果，能耗降低约18%。这一案例表明，地下交通枢纽设计应坚持需求导向、技术适度和生态优先三大原则。类似项目可以解决停车与换乘等刚性需求为核心，通过功能复合提升空间价值，结合成熟可靠的智慧技术实现整体品质提升。

五、结论

宁波东部新城中央公园地下枢纽项目通过“功能复合、交通优化、环境改善、基础智慧化”四维整合策略，实现了地下空间从单一停车功能向城市活力节点的转型。项目以14.1万 m^2 地下三层结构为载体，整合公交枢纽、地下公共停车、商业配套及人防功能，通过柱网优化、“小环+大环”流线设计、下沉广场自然采光及智能标识系统等措施，有效解决了停车难、流线乱、环境差等核心问题，形成智慧地下空间的可复制设计范式。未来可探索数字孪生与物联网技术在车位监控、能耗优化中的应用，并深化地下—地面景观一体化设计，进一步增强场所认同感。

参考文献

- [1] 安炳佳,任同瑞,郭亮.交通枢纽导向下的地下空间结构设计研究[J].广东土木与建筑,2025,32(01):71-76.
- [2] 赵晨,张晴.地下综合交通枢纽一体化防灾现状综述[J].中国安全生产科学技术,2024,20(S1):148-154.
- [3] 瞿扬,李彦潼,张赫,等.基于应急疏散的滨海地下交通枢纽空间精细化分区研究[J].灾害学,2025,40(01):227-234.
- [4] 张笑海,董建锴,郝爽,等.夏热冬暖地区地下交通枢纽内部环境实测研究[J].暖通空调,2023,53(11):156-163.
- [5] 尹富秋,孙培翔,游克思,等.地下道路智慧化分级研究综述[J].交通与运输,2022,38(02):67-72.