道路交叉口慢行一体化交通组织的研究

马囡囡
无锡市明大交通科技咨询有限公司，江苏 无锡 214000

[摘要]随着我国城市交通向绿色化、人本化、智能化转型，慢行交通系统的优化成为城市可持续发展的重要议题。道路交叉口作为慢行交通的关键冲突节点，作为交通流交织的核心节点，其设计质量和慢行环境质量直接影响行人及非机动车使用者的安全与效率，直接影响城市出行体验与交通安全。文章从慢行交通需求特征出发，提出交叉口慢行一体化设计理念，通过空间重构、信号协调、设施整合与技术赋能等手段，构建安全、高效、人性化的慢行交通环境。系统阐述了慢行一体化设计的核心要素技术路径与实施策略，提出"空间重组动线优化智慧赋能"三位一体的解决方案，结合典型案例分析，探讨一体化设计的技术路径与实施策略，为城市交叉口改造提供理论支撑与实践参考。

[关键词]交叉口设计；慢行交通；人本化；空间优化；交通协同
DOI：10.33142/ec.v8i3.15643 中图分类号：U491 文献标识码：A

Research on Integrated Slow Traffic Organization at Road Intersections

MA Nannan
Wuxi Mingda Jiaotong Technology Consulting Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu, 214000, China

Abstract: With the transformation of urban transportation in China towards greening, humanization, and intelligence, the optimization of slow traffic systems has become an important issue for urban sustainable development. As a key conflict node in slow traffic and a core node in traffic flow interweaving, the design quality and slow traffic environment quality of road intersections directly affect the safety and efficiency of pedestrians and non motorized vehicle users, and directly affect the urban travel experience and traffic safety. Starting from the characteristics of slow traffic demand, this article proposes the concept of integrated slow traffic design at intersections. Through spatial reconstruction, signal coordination, facility integration, and technological empowerment, a safe, efficient, and humanized slow traffic environment is constructed. The system elaborates on the core elements, technical paths, and implementation strategies of integrated slow traffic design, proposes a three in one solution of "spatial reorganization, flow line optimization, and intelligent empowerment", and combines typical case analysis to explore the technical paths and implementation strategies of integrated design, providing theoretical support and practical reference for urban intersection renovation.

Keywords: intersection design; slow traffic; humanization; space optimization; transportation coordination

引言

城市化进程中的交通矛盾：机动车主导的交叉口设计导致行人、非机动车路权被挤压，安全隐患突出。《交通强国建设纲要》明确要求“构建安全便捷高效绿色的现代化综合交通体系”，随着城市化进程加速和绿色出行理念的普及，非机动车与行人等慢行交通参与者的需求日益凸显。然而，传统信号灯交叉口设计往往以机动车通行效率为核心，导致慢行交通与机动车冲突频发突出。在此背景下，“慢行一体化交通组织”作为一种创新理念，通过空间优化、信号协调和管理创新，旨在实现人车路权的合理分配，提升交叉口整体安全性与效率。本文将从理念思路、现行应用及未来推广性三方面展开研究，结合国内多地实践案例，探讨该模式的发展路径。

1 慢行一体化交通组织的核心理念

1.1 研究意义

2023 年住建部《完整街道设计指南》提出“行人优先非机动车连续公交友好”的设计原则，《城市综合交通体系规划标准》明确慢行优先原则。 国际经验显示，哥本哈根“5 分钟步行圈”东京“站城一体化”等案例验证慢行优先的可行性。

安全提升：减少人车冲突，降低交通事故率。

效率优化：通过时空资源再分配提高慢行通行能力。

社会价值：促进公平路权分配，助力绿色出行转型。

1.2 核心理念

人本优先：以慢行群体需求为中心，重构路权分配逻辑。

多维协同：整合空间、时间、管理维度，实现系统性优化。

弹性适应：兼顾日常与高峰时段需求，预留动态调整空间。

智慧赋能：利用物联网、AI 技术实现动态监测与自适应控制。

1.2.1 交通参与者分类与路权重构

慢行一体化强调将非机动车与行人视为同一类交通主体，通过物理隔离、标线区分（如彩色沥青铺装）和信号控制，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

实现与机动车的空间分离。例如，西安采用“非机动车前置等待区”和左转专用信号灯，有效避免了机非混行现象。

1.2.2 时空资源优化配置

时间维度：采用信号轮放、相位协调等技术。如湖州首创的“信号轮放式慢行一体化”，通过全方向轮换放行某一进口道，结合慢行群体共用通行时间，减少冲突点，提升通行效率 15%以上。

空间维度：缩小交叉口转弯半径、增设渠化岛和二次过街设施。宁波的改造方案通过优化右转半径和过街距离，降低机动车与非机动车的交织概率。

1.2.3 安全与效率的平衡

通过阶梯式停止线、反光警示设施等细节设计，增强夜间及恶劣天气下的可视性。西安在友谊路试点中增设高亮反光标志和隔离护栏，事故率显著下降。

1.3 基本原则

安全冗余原则：通过物理隔离、视线优化、冲突点消除构建多层次防护。

效率最优化原则：基于流量数据的相位协同算法，减少等待时间损耗。

全龄友好原则：满足不同群体差异化需求，如触觉铺装、语音提示系统。

生态融合原则：结合海绵城市理念，采用透水铺装、生态滞留设施。

1.4 设计理念创新

全要素整合：整合道路断面交通组织景观设施等要素。

全流程体验：关注“到达等待通行离开”全链条行为特征。

全龄段包容：满足儿童老年人残障人士等特殊群体需求。

1.5 关键技术指标

慢行一体化的关键技术指标体现在慢行群体在交叉口通过期间所需要的通行空间、通过的时间、配套的服务设施，直接影响慢行一体的实施效果。

表 1 关键技术指标

指标类别	具体参数	推荐值
通行空间	非机动车道宽度	≥3.5m
	行人过街通道宽度	≥4.0m
时间分配	行人最短绿灯时间	≥15s
	非机动车相位差	≤5s
服务设施	遮阳雨棚覆盖率	≥80%
	无障碍设施达标率	100%

2 现行应用现状分析

2.1 慢行交通行为特征

（1）时空分布特性：高峰时段集聚性明显，路径选择受设施便利性影响显著。

（2）弱势群体需求：老年人、儿童、残障人士对连续性、无障碍设施依赖性高。

（3）非机动车动力学特征：加速/减速曲线与机动车差异显著，需独立设计参数。

2.2 传统交叉口设计痛点

（1）空间分配失衡：人行道宽度不足，非机动车待行区缺失。

（2）信号配时缺陷：行人过街相位时间不足，与转向机动车冲突严重。

（3）设施碎片化：隔离栏、标识系统缺乏系统性，无障碍衔接不连续。

（4）环境舒适性差：遮阳避雨设施缺失，夜间照明不足。

2.3 应用落实难点

（1）大功率电动车的混行风险：超标电动车与非机动车混行导致的安全隐患仍需通过准入标准和执法强化解决。

（2）信号协调复杂性：湖州的轮放模式需依赖高精度流量监测，中小城市可能面临技术适配难题。

（3）公众习惯转变：部分城市试点初期出现行人闯红灯、非机动车占用机动车道等问题，需加强宣传与引导。

3 典型城市实践案例

（1）西安：机非分离与空间拓展

西安市在边家村十字道路交叉口实施慢行一体化改造，通过彩色铺装、隔离护栏和前置等待区，拓展非机动车等候空间、科学设置隔离设施、推广非机动车左转一次过街、引导非机动车有序等候等措施，可大幅减少行人、非机动车和机动车的通行干扰。改造后道路交叉口的通行干扰减少 30%，市民骑行意愿提升 20%。

图 1 改造完成的边家村十字，用绿色划分出了非机动车直行等待区

图 2 过街引导示意牌

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

（1）湖州：信号轮放与智能调度

湖州通过科学规划和智能调度，提高道路交叉口的安全性和通行效率，并提升城市交通精细化治理水平。自2020 年开始，湖州一直在开展城市交通的“精细治理”，其中提出的“全进口轮放+慢行一体化”模式，有效地使全市 20 余个道路交叉口平均通行效率提升 15%，事故率下降超 50%。其核心在于信号相位与展宽设计的协同优化，缩短绿灯间隔时间。所谓轮放是指交通信号指示某一进口道车辆全方向放行，而其他三方向进口道车辆停行，交通信号再轮流切换至其他三个进口道:而慢行一体化是指非机动车和行人以同样的形式过街，共用交叉口通行时间和空间。

（2）宁波：工程与简易改造并行

宁波提出“工程一体化”与“右转保护简易改造”两种方案，分别适用于新建和既有道路交叉口，通过差异化设计平衡成本与效益。右转保护简易改造一般是通过设置机非隔离护栏这一类常见交通安全设施，将慢行交通和机动车交通物理隔离，并结合交叉口机动车右转转弯半径进行弧度处理，在人行横道线上设置警示柱缩小非机动车过街通道，避免机动车误闯。通过设施的隔离不仅可以增大慢行等候区域，还可以有效引导右转的转弯估计，降低右转车速，非机动车和机动车交汇时更容易实现避让，进而提高道路交叉口右转弯安全。

4 未来推广策略与可行性

4.1 推广策略

（1）技术路径优化

智能交通系统（ITS）集成：利用大数据分析交叉口流量特征，动态调整信号配时。例如，结合湖州经验推广自适应信号控制，实现“车到灯绿”的精准响应。

模块化设计推广：针对不同道路交叉口规模（如 T 型、十字型），制定标准化改造模板。宁波的“简易一体化”方案可为中小城市提供低成本范例。

（2）政策与法规保障

纳入城市规划标准：建议将慢行一体化设计指标（如非机动车道宽度、隔离设施密度）写入地方道路设计规范。

财政补贴与考核机制：设立专项基金支持改造，并将交叉口安全绩效纳入交通部门考核体系。

（3）社会协同与公众参与

多部门协作机制：交通、城管、住建部门联合推进，确保道路改造与管网铺设、绿化工程同步实施。

公众教育创新:通过 VR 模拟体验、社区宣传等方式，增强慢行群体的规则意识。例如，西安在改造路段设置引导标志和宣传栏，收效显著。

（4）区域适应性分析

高密度城区：优先推广立体过街设施（如天桥结合地面慢行区），缓解人车冲突。

中小城市：借鉴湖州模式，以信号优化为主、工程改造为辅，降低初期投入。

4.2 实施路径与挑战

（1）推进策略

法规保障：修订《城市道路交叉口设计规程》，明确慢行设计标准。

多方协同机制：建立规划、交警、市政部门的联合工作平台。

公众参与：通过 VR 模拟系统收集使用者反馈，迭代设计方案。

（2）技术难点

动态空间分配算法:需平衡机动车与慢行交通的实时需求冲突。

设施耐久性：高频使用的铺装材料需满足抗滑、耐磨双重标准。

成本控制:智慧设施的规模化应用依赖模块化设计与标准化生产。

4.3 一体化设计关键技术

（1）空间重构技术

断面优化模型:建立车道宽度与通行效率的量化关系，压缩机动车道富余空间。

立体化设计：采用“Z 字形”过街、抬升式斑马线，降低机动车速度。

共享空间设计：在低流量区域试点取消路缘石，通过材质变化引导路权分配。

（2）信号协同策略

自适应相位控制:基于视频检测动态调整行人绿灯时长（如扩展式按钮）。

非机动车提前启动：设置早断绿灯相位，避免与右转机动车冲突。

全向步行相位（Scramble Crossing）：在商业区交叉口试点对角线通行模式。

（3）智慧设施集成

智能导引系统：LED 地面指示灯结合 APP 导航，提供实时路径建议。

冲突预警装置：毫米波雷达监测机动车违规行为，触发声光警报。

环境感知终端：整合空气质量监测、遮阳棚自动开闭等功能。

5 结语

慢行一体化交通组织是城市交通精细化治理的重要方向，其核心理念在于“以人为本”的路权分配与时空资源高效利用。当前，台州、湖州、宁波等地的实践已证明其显著效益，但在技术适配、政策协同和公众认知层面仍需突破。未来，随着智能技术普及和绿色出行政策深化，该模式有望成为城市交叉口改造的标配，推动“车本位”向“人本位”的范式转变，最终实现安全、高效、包容的

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

交通环境。

交叉口慢行一体化设计是践行“完整街道”理念的重要实践，其核心在于通过技术创新与制度变革重构以车为本的空间分配逻辑。未来研究可进一步聚焦于：

（1）基于数字孪生的仿真评估体系构建。

（2）自动驾驶环境下的人车交互规则设计。

（3）气候适应性设计标准研究。

（4）基于大数据的动态设计优化。

（5）碳中和目标下的生态型交叉口设计。

（6）元宇宙技术在虚拟仿真中的应用。

[参考文献]

[1]肖彤.成都市慢行交通系统规划与设计初探[J].建筑论坛与建筑设计,2017,3(37):79-84.

[2]张九跃,张顺英.基于慢行交通一体化设计的交叉口信号运行方式选择研究[J].交通运输系统工程与信息,2007(2):104-108.

[3]夏天.城市慢行交通系统设计策略分析[J].交通信息与安全,2010,5(2):81-84.

[4]郑晨,李贤达,黄一哲,等.平面交叉口慢行一体化改造研究[J].交通世界,2024(25):35-38.

[5]王肇飞,李晓华,邵小东,等.大城市慢行交通系统规划策略研究[J].物流工程与管理,2009,6(31):93-94.

[6]熊雪明,李茂文.慢行一体化城市干道横断面设计实例[J].城市道桥与防洪,2012(4):18-20.

[7]汪广丰.浅忆城市慢行系统规划建设[J].市政设施管理,2014,9(3):48-50.

[8]李贤达,罗剑云,胡康,等.宁波市交叉口慢行交通一体化通行策略研究与应用[J].道路交通科学技术,2020(2):56-59.

作者简介：马囡囡（1987—），女，江苏徐州人，硕士研究生，中级工程师，主要研究方向：交通工程、交通设计、交通组织研究、交通规划。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.