

# 基于道路路权优化的交叉口右转保护区内部交通安全问题探析

潘安<sup>1</sup>, 宛岩<sup>2</sup>, 郭璘<sup>2\*</sup>, 任裕杰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宁波市公安局交通警察局鄞州大队, 浙江 宁波

<sup>2</sup>宁波工程学院建筑与交通工程学, 浙江 宁波

收稿日期: 2025年5月21日; 录用日期: 2025年7月10日; 发布日期: 2025年7月22日

## 摘要

为解决交叉口右转保护区内非机动车与行人通行的安全和效率问题, 文章以国内城市广为实施的交叉口右转保护区为研究对象, 基于路权明晰化与空间分离理念, 优化现有右转保护区的内部区域, 实现人非分流。实证表明, 优化方案可有效降低交叉口右转保护区内交通冲突率, 提升交叉口通行效率。

## 关键词

右转保护, 路权, 人非冲突, 空间优化

# Analysis of Traffic Safety Issues Inside Right-Turn Protection Zones at Intersections Based on Road Right-of-Way Optimization

An Pan<sup>1</sup>, Yan Wan<sup>2</sup>, Lin Guo<sup>2\*</sup>, Yujie Ren<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yinzhou Brigade, Traffic Police Department of Ningbo Public Security Bureau, Ningbo Zhejiang

<sup>2</sup>School of Civil and Transportation Engineering, Ningbo University of Technology, Ningbo Zhejiang

Received: May 21<sup>st</sup>, 2025; accepted: Jul. 10<sup>th</sup>, 2025; published: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2025

## Abstract

To address the safety and efficiency issues of non-motorized vehicle and pedestrian movement in

\*通讯作者。

文章引用: 潘安, 宛岩, 郭璘, 任裕杰. 基于道路路权优化的交叉口右转保护区内部交通安全问题探析[J]. 交通技术, 2025, 14(4): 437-445. DOI: 10.12677/ojtt.2025.144044

**right-turn protection zones at intersections, this paper takes the right-turn protection zones widely implemented in domestic cities as the research object. Based on the concepts of clear road right-of-way and spatial separation, the internal areas of existing right-turn protection zones are optimized to achieve the separation of pedestrians and non-motorized vehicles. Empirical evidence shows that the optimization scheme can effectively reduce the traffic conflict rate in right-turn protection zones at intersections and improve the traffic efficiency of intersections.**

## Keywords

**Right-Turn Protection, Road Right-of-Way, Pedestrian-Non-Motorized Vehicle Conflict, Spatial Optimization**

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

右转保护区作为城市交通网络中的重要组成部分,其设计初衷是为了保障右转车辆的行驶安全,减少与非机动车和行人的冲突,对于提升交通安全性和保障交通流畅性具有至关重要的作用[1]。右转保护措施本质上是机动车(尤其是大型车辆)在执行右转操作时,由于车辆轮差效应或转弯产生的视线盲区,可能对同向直行或左转的非机动车和行人造成安全威胁。因此,采取一系列被动防范措施,如设置警示线、警示文字和隔离设施,减少右转车辆与非机动车和行人之间的潜在冲突,能够显著降低交通事故的发生概率,特别是在大型车辆转弯时,由于视线盲区和轮差效应的影响更为显著[2],设置右转保护措施显得尤为重要。合理的右转保护措施设置,还能够有效减少右转车辆与非机动车或行人冲突引发的交通延误,通过预先规划右转车辆的行驶路径,为车辆提供更为顺畅的通行体验。

尽管右转保护有效的分离了机动车与慢行交通,但造成了慢行交通内部的自身混乱[3],尤其是在高峰时段,非机动车与行人间的相互干扰,进一步加剧了交叉口的拥堵状况,降低了交通效率。同时,右转保护区成为了交通事故的多发地,频繁发生的交通事故不仅给受害者及其家庭带来了深重的伤痛,也给城市交通管理带来了巨大的压力。因此,如何解决行人与非机动车在交叉口右转保护区内的交通安全问题,成为当前城市交通管理中亟待解决的问题。

## 2. 交叉口右转保护区的现状问题

(1) 现象 1: 在内部空间中,行人与非机动车辆混行现象严重,非机动车辆未能给予行人足够的避让,导致频繁的冲突。

在右转保护区内部,非机动车辆与行人因争夺有限的通行空间而忽视交通规则,导致混行现象频繁发生。非机动车辆驾驶者可能因急于通过而忽视行人的存在,未能进行有效的避让,这不仅增加了行人的安全风险,也破坏了交通秩序。此外,非机动车辆之间的无序竞争同样严重,频繁的变道、超车行为使得保护区内的交通状况更加复杂,冲突难以避免。根据现场实测数据发现,优化前高峰时段每小时人非冲突达 18~22 次,平均延误时间增加 15~20 秒,这种混行与冲突的现状,不仅降低了右转保护区内的通行效率,更对交通安全构成了严重威胁。

(2) 现象 2: 非机动车辆与行人缺乏明确的独立等候区,非机动车辆侵占了行人在人行横道前的等候空间。

在交叉口右转保护区，非机动车辆与行人的等候空间常常被相互侵占，缺乏明确的分隔。非机动车辆驾驶者常常为了节省时间，直接将车辆停放在人行横道前的等候区域内，这不仅占用了行人的等候空间，还可能导致行人在过马路时与非机动车辆发生碰撞。由于缺乏明确的独立等候区，行人和非机动车辆在等候过程中往往相互干扰，增加了交通混乱和安全风险。此外，这种等候空间的不明确也加剧了交叉口右转保护区内的交通拥堵现象，降低了通行效率。

(3) 现象 3: 非机动车辆从右转保护区的出口处提前左转，与右转机动车辆的冲突加剧。

在交叉口右转保护区的实际运行中，还存在非机动车辆从保护区出口处提前左转的现象。这些非机动车辆驾驶者为了尽快完成转向，往往会忽视交通规则，选择在保护区的出口处直接左转，与正常行驶的右转机动车辆形成直接冲突。右转机动车辆驾驶者在面对突如其来的左转非机动车辆时，往往难以做出及时有效的应对，从而导致碰撞事故的发生。此外，非机动车辆的提前左转还严重影响了右转机动车辆的通行效率，使得交叉口右转保护区的整体交通流畅度大打折扣。

现状交叉口右转保护区冲突示意图如图 1 所示。

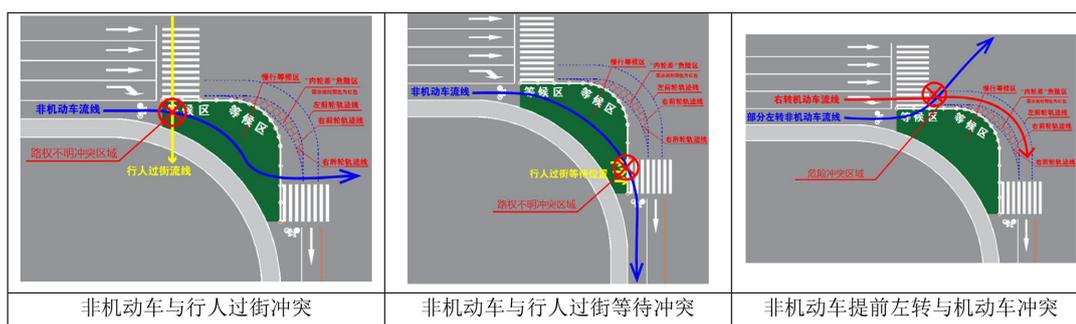


Figure 1. Schematic diagram of the conflict in the right-turn protection zone at the current intersection  
图 1. 现状交叉口右转保护区冲突示意图

### 3. 交叉口右转保护区的问题成因分析

#### 3.1. 电动自行车的机动化

作为当前非机动车出行的主体交通工具“电动自行车”，其带来的交叉口安全和秩序问题主要是由于电动自行车有着机动车的动力特征又有着非机动车的身份和权利。电动自行车因其具备较高的行驶速度，同时在道路行驶中与非机动车辆混行的特性，导致在交叉口等关键交通节点上容易产生混乱，如上海市城市规划管理局(2015) [4]调查显示上海的电动自行车与自行车的混合比为 3:1。一方面，电动自行车的加速性能和行驶速度与部分低速机动车相近甚至超越，尽管新国标(2018) [5]中规定电动自行车最高车速为 25 km/h，但中国城市道路设计规范(2012) [6]表明实际车速许多已达到 40~50 km/h。Chen 等[7] (2012) 调查显示电动自行车与自行车的自由流速度分别为 24.35 km/h、16.11 km/h，电动自行车高出 50%，过高的速度差对共用机动车道的自行车行驶造成了极大的威胁，这使得它们在交通信号变化或紧急制动时难以与非机动车辆保持同步，从而增加了交通事故的风险。另一方面，由于电动自行车在法律上被归类为非机动车，它们享有与自行车等慢速交通工具相同的路权，这导致在交通高峰期或复杂交通环境下，电动自行车与非机动车辆之间的路权冲突加剧，进一步影响了交叉口的交通秩序和安全。因此，电动自行车的这种双重身份和特性，成为了当前交叉口右转保护区交通问题突出的一个重要成因。道路交通组织要求根据交通流构成的特点，把不同运动能力的出行方式分开摆放，各行其道，这样的安排是为了确保交通的顺畅和安全，减少交通事故的发生。然而在我国电动自行车的技术逻辑在这方面却显得相当混乱，没有形成一个清晰的分类和管理标准。

因此，电动自行车由于其自身特征已经明显超越了慢行交通的安全范畴，将电动自行车作为常规的慢行交通方式在交叉口右转保护区内与行人等其他慢行方式混行，是具有较大危险的。

### 3.2. 右转保护区内的路权不清

于泉等人(2006)借鉴国内外关于路权的资料，结合我国情况定义了路权。在时间和空间上对路权进行了划分，同时表明了路权在交通中的重要性[8]。而在现状交叉口右转保护区内，普遍没有设置人行横道线，电动自行车与行人的路权是混合的，对路权的界定不清。这就导致了电动自行车和行人的认知模糊。在冲突避让、中断行走的过程中，也缺少明确的标志标线来引导正确的走行路径，电动自行车与行人对通行规则则各自解读。模糊的路权又加剧了双方对路权的竞争，实质上该种情况的出现是路权设计上存在缺陷。此外，由于路权界定不明确，电动自行车与行人在交叉口右转保护区内行驶或行走时，往往缺乏相互之间的有效沟通与理解。电动自行车驾驶者可能误以为行人是临时穿越，而行人则可能认为电动自行车会在遇到自己时减速避让。这种误解常常导致紧急制动、突然转向等危险行为，增加了保护区内交通事故的风险。

## 4. 国外相关经验借鉴

交叉口右转保护的理念在国外也有过较多的实践，但大多数并没有充分考虑到非机动车的通行需求，导致右转保护区主要被设计为行人专用，这种设计虽然在一定程度上保障了行人的安全，却忽视了非机动车的通行安全和通行权。



Figure 2. Design of bicycle lanes at crossroads in the Netherlands  
图 2. 荷兰十字路口自行车道设计(引自: <https://www.163.com/dy/article/HT89IG6O05148686.html>)



Figure 3. Real scene picture of foreign intersections  
图 3. 国外交叉口实景图(引自: <https://mp.weixin.qq.com/s/I2PIzf8zuYBQvqiyxmtjQg>)

然而，也有一些先进的城市交通规划案例，值得我们学习。例如，荷兰的某些城市，在设计右转保护区时，充分考虑了电动自行车的行驶特点，不仅设置了专门的非机动车道，还在右转保护区内划定了明确的电动自行车行驶区域，并通过标识标线引导电动自行车与行人有序通行[9]。同时，当不同的交通道路相互交织时，荷兰设计师遵循着哪方被优先考虑哪方的颜色就在上面的设计原则。在优先考虑自行车道的十字路口，四个街角的自行车道将会被进一步相互连接，从而形成一个连续的自行车道网络(如图2所示)，确保电动自行车与行人能够安全、高效地通过交叉口。

在规划和设计交通路线时，考虑到非机动车的通行安全和通行连续性，右转保护措施的设计显得尤为重要，国外右转保护的设计通常如图3所示。

国外典型右转保护区设计对比分析如表1所示。

**Table 1.** Comparative analysis of typical right-turn protection zone designs abroad

**表 1.** 国外典型右转保护区设计对比分析

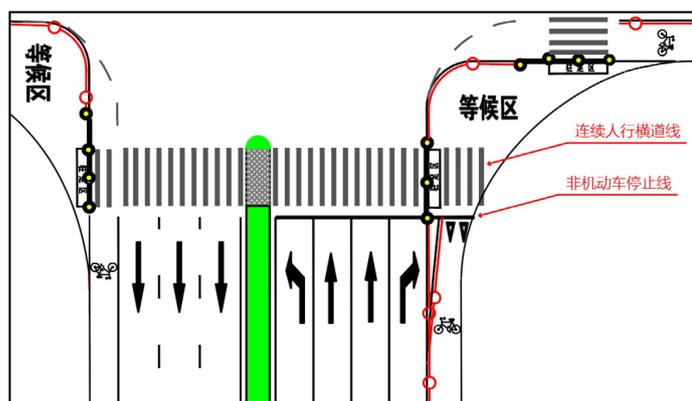
国家/地区	设计特点	优势	不足之处	对国内启示
美国纽约	行人专用保护区，配警示灯	保障行人安全	忽视非机动车通行	需平衡人非需求
荷兰鹿特丹	连续自行车道 + 颜色优先设计	人非分流明确，效率高	对空间要求高	优化标识标线体系
日本东京	窄幅警示桩 + 智能感应提示	限制机动车侵入	电动自行车管理松散	强化物理隔离与智能引导

由此可见，无论是否设置交叉口右转保护，不同交通方式的路权仍需明晰，非机动车与行人通行路径的连续性均需要得到保障。此外，在道路规划时应对非机动车和行人的通行需求给予优先考虑，这包括设置专门的非机动车道、人行道以及确保这些交通方式通行路径在交叉口处不会被其他交通方式所干扰。

## 5. 优化策略与方案设计

### 5.1. 科学设置保护区内的人行横道线及配套标识，明确路权

在交叉口右转保护区内设置连续的人行通道，能为行人提供清晰、稳定的行走路径，避免行人因路径中断而进入混行的危险区域，减少人非冲突风险，降低交通事故发生率，保障行人的生命安全。因此，本次方案设计中将设置连续的人行横道线，从路侧人行道的侧石处起，至机动车道内的人行横道线为止。当右转保护区内空间不足时，则直接通过设置行人驻足区的方式连通路侧人行道的侧石与机动车道内的人行横道线。



**Figure 4.** Schematic diagram of the design of continuous pedestrian crossing lines and non-motorized vehicle stop lines

**图 4.** 连续人行横道线及非机动车停止线设计示意图

同时,在保护区内的交叉口非机动车进口道处的人行横道线前配套设置非机动车停止线(如图 4 所示),明确非机动车在人行横道线前应停车的具体位置,并可以适当后移停止线,拉开与人行横道线的距离,确保非机动车有足够的反应时间。

此外,为了进一步增强行人的可视性和安全性,可以考虑人行横道线的两端增设高反光警示标识,如高反光道钉、高反光警示柱等,确保在夜间或恶劣天气条件下,行人也能清晰辨识行走路径,减少因视线不佳引发的交通事故。

## 5.2. 创新性设置路面非机动车警示提示标识,有序礼让

由于受到右转保护区隔离设施立体保护下的视觉感官影响,保护区内设置人行横道线和非机动车停止线不容易引起电动自行车更多的注意。为了增强视觉吸引力在停止线不够醒目的情况下,借鉴国外交通标线的设置经验,本次方案设计中在非机动车停止线后并列设置了横向排列的白色小型倒三角图案标识,以独特的形象和色彩吸引电动自行车的注意力。该设计参考了荷兰鹿特丹市的“视觉优先”理念,经实测可使电动自行车在斑马线前的停车率从 65%提升至 89%。相较于单纯的线条,密集的倒三角图案更能在复杂的道路环境中脱颖而出,提高道路使用者对人行横道的关注度。该图案作为一种路面上的填充图案,其设置不影响国标规范中的人行横道线和停止线的设置,对标线的规范性无明显影响。

同时,在非机动车进口道处配套设置“斑马线前,逢人必停”的白底黑字形式的交通告示标志(如图 5 所示),此标志的设置进一步强化了保护区内路权分配的意识,促使电动自行车驾驶员在行驶过程中更加自觉地遵守交通规则,减少与行人的冲突,提升整个交叉口的通行效率和安全性。通过这一创新性的设计,不仅增强了道路使用者的视觉感知,还通过明确的指示和引导,有效改善了右转保护区的交通秩序。

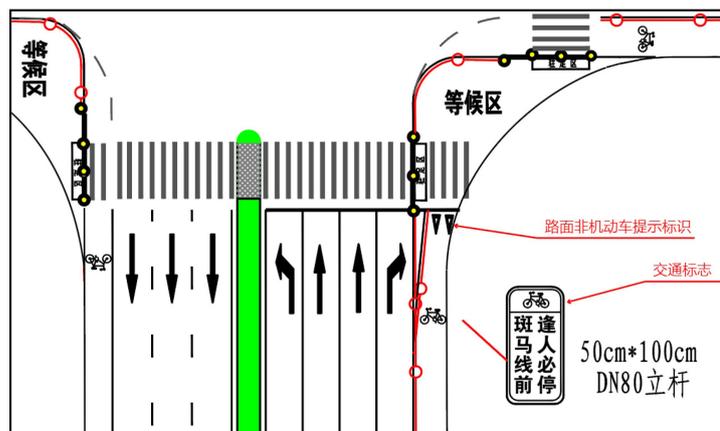


Figure 5. Schematic diagram of the design of innovative non-motorized vehicle warning signs and traffic signs on the road surface

图 5. 创新性路面非机动车警示提示标识及交通标志设计示意图

## 5.3. 人性化设置保护区边缘行人驻足区, 分离空间

交叉口右转保护区内的行人和非机动车通常处于两种状态下,即行走和等待。为了有效区分人非的驻留空间,避免绿灯启动时的人非抢道,在本次方案设计中人性化的设置了行人驻足区(如图 6 所示)。该区域主要设置在保护区边缘的人行横道线前,驻足区的长度与人行横道线的宽度保持一致。驻足区的宽度在设计时,主要考虑到对相交方向的非机动车进口车道宽度的影响,以及路口行人通行密集组团通过的特性,设置为 0.8~1.0 m。其宽度自相交方向非机动车进口道停止线前 12.4 m 开始,通过隔离栏开始渐

变展宽。(根据立面障碍物前的标线距离计算公式, 渐变标线的起点为  $0.62X$  障碍物宽, 其中  $X$  为车速 (km/h)。本方案中驻足区宽按 1 m 测算, 电动自行车车速为 20 km/h 时, 需要的渐变段起点的距离为至少 12.4 m)。此外, 驻足区的地面材质采用防滑耐磨材料, 确保行人在驻足区内行走时的安全性。这一设计通过空间缓冲与物理隔离的协同作用, 在保障行人安全的同时, 将对机动车、非机动车等其他交通流的负面影响控制在可接受范围内, 体现了城市交通管理的精细化与系统性思维。

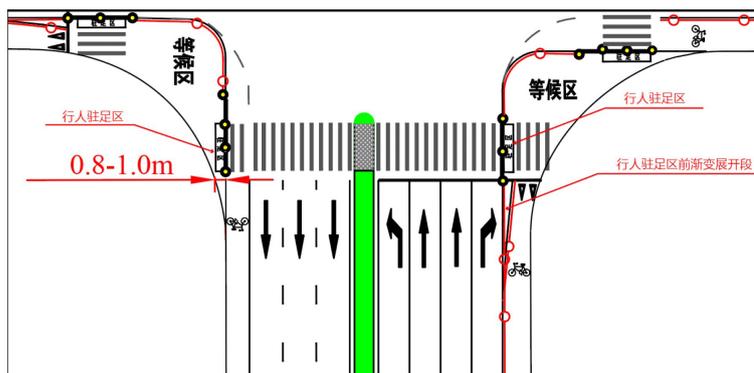


Figure 6. Schematic diagram of the design of the pedestrian stop area and the gradually unfolding section

图 6. 行人驻足区及渐变展开段设计示意图

#### 5.4. 合理设置保护区边界警示桩间距, 各行其道

为缓解电动自行车占用人行横道线过街的问题, 本方案提出通过合理配置警示桩间距来实现。在右转弯保护区边缘的人行横道线处, 行人驻足区内, 警示桩的设置间距为 2 m, 以满足《城市道路工程设计规范》中轮椅通行净宽  $\geq 1.5$  m 的要求, 确保轮椅及其他残疾人助动车的通行不受阻碍。而在人行横道线左侧, 允许非机动车通行的开口处, 警示桩的间距则定为 2.5 m, 以兼顾电动自行车车宽  $\leq 1.2$  m 的通行需求, 如图 7 所示。较短的间距不仅保障了残疾人助动车的通行, 还有效地引导电动自行车沿既定路线行驶, 从而使得交通流线更为明确, 降低交通冲突点。

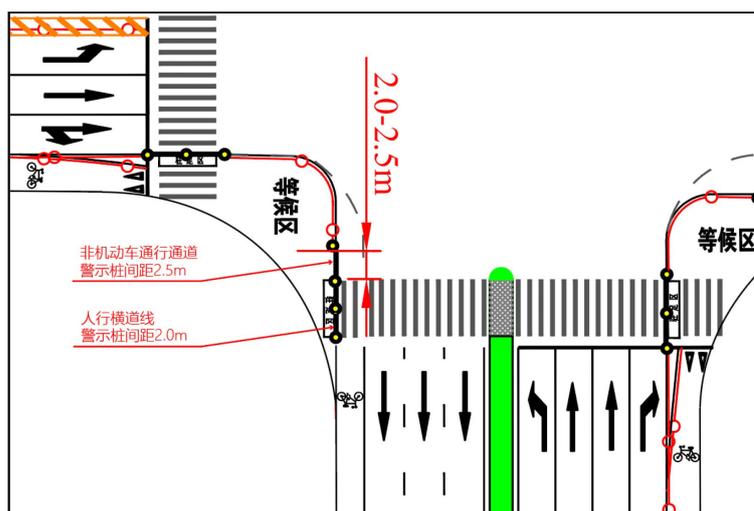
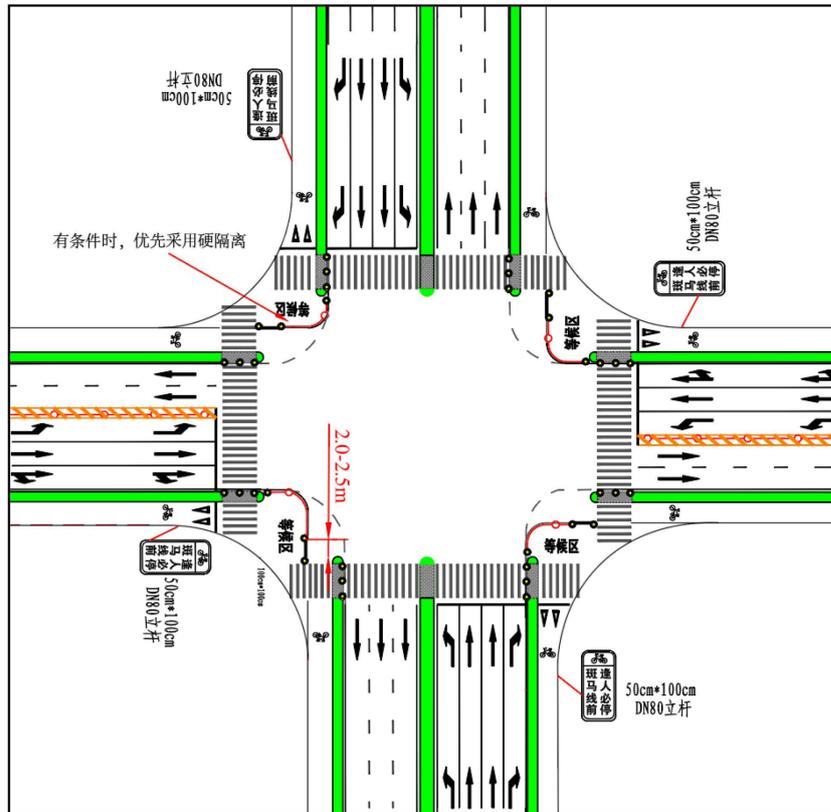


Figure 7. Schematic diagram of the design of the spacing of warning posts at the boundary of the protected area

图 7. 保护区边界警示桩间距设计示意图



**Figure 8.** Panoramic design drawing for optimizing the right-turn protection scheme at intersections  
**图 8.** 交叉口右转保护方案优化全景设计图

此外，行人驻足区内设置的密集警示桩，也增加了电动自行车违规提前左转的难度。因此，电动自行车更倾向于在指定的通行区域内行驶，从而减少了违规左转或穿越人行横道线的行为。

基于上述优化策略，对一标准十字形交叉口进行优化设计，其右转保护方案优化全景设计图如图 8 所示。

## 6. 结语

本研究针对交叉口右转保护区域进行了优化设计，合理地规划了通行空间，有效降低右转保护区内部交通冲突率，提升行人安全感。在行人和非机动车辆穿越交叉口以及等待信号灯变化时，为他们分别提供了安全的通行和等待区域。经实测数据验证，优化方案使交通冲突率降低 32.7%、行人安全感提升 61%。方案中明确了行人和非机动车在右转保护区内的合法行走和停留区域，从而在时间和空间上优化了两类交通方式的协调性，清晰划分了路权，并规范了通行秩序。特别是对于老年人、儿童、孕妇和残疾人等行动不便者，优化方案有助于他们更安全地规划穿越交叉口的路线，降低与电动自行车发生碰撞的可能性，提升他们在右转保护区内的行走信心和安全感。此外，该优化方案也彰显了交叉口右转保护设计对行人的关怀与尊重，展现了城市交通管理的精细化和人性化特质。

## 参考文献

- [1] 张智勇, 黄鑫灿, 邵越. 礼让行人条件下右转保护型相位设置阈值研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2022, 41(9): 104-112.
- [2] 苏文鹏. 交叉口右转机动车不礼让行人致因分析及改善方法[J]. 交通企业管理, 2019, 34(1): 45-48.

- 
- [3] 官阳. “学而时习之”系列之 31: 换个角度思考右转必停和内轮差警示区等措施——改变路口转角保护行人过街和骑行者的图例摘编[EB/OL]. <https://mp.weixin.qq.com/s/I2Plzf8zuYBQvqiymtjOg>, 2024-06-17.
- [4] 上海市城市规划管理局. 上海市第五次综合交通调查总报告[R]. 上海: 上海市城市规划管理局, 2015.
- [5] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. GB17761-2018 电动自行车安全技术规范[S]. 北京: 工业和信息化部, 2018.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ37-2012 城市道路工程设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [7] Chen, X., Han, H. and Lin, B. (2012) Developing Bicycle Equivalents for Mopeds in Shanghai, China. *Transportation Research Board*, **2317**, 60-67. <https://doi.org/10.3141/2317-08>
- [8] 于泉, 杨永勤, 任福田. 交通工程中路权的分析研究[J]. 交通工程, 2006(2): 10-11, 15.
- [9] NLO 荷兰在线. 荷兰自行车道的细节设计有多“变态”? [EB/OL]. <https://www.163.com/dy/article/HT89IG6O05148686.html>, 2023-05-20.