

# 城市道路施工中交通安全防护体系构建与优化

童泰毅

杭州市交通工程集团有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 随着我国城市化进程的不断加快,城市基础设施更新与维护需求日益增长,道路施工活动频繁开展。然而,施工区域往往成为交通事故高发地带,严重威胁施工人员、过往车辆及行人的生命财产安全。本文以城市道路施工中的交通安全问题为研究对象,系统分析当前施工区域存在的主要安全隐患及其成因,基于“人—车—路—环境—管理”五维协同理念,构建涵盖技术标准、设施配置、组织管理、智能监测与应急响应于一体的综合交通安全防护体系。在此基础上,提出体系优化路径,包括标准化建设、动态化管控、智能化赋能和协同化治理四大方向。研究旨在为提升城市道路施工安全水平、保障公众出行安全提供理论支撑与实践指导。

**关键词:** 城市道路施工; 交通安全; 防护体系; 智能交通; 协同治理

## 引言

近年来,我国城市基础设施建设进入高质量发展阶段,大量既有道路面临改造、维修或扩建任务。浙江省施工区段交通事故数据显示,2021-2025年共发生4起典型事故,造成7死9伤(杭金衢高速"8·1"高处坠落事故、金塘穆岙"11·26"车辆伤害事故、平湖至安吉公路"8·11"物体打击事故、嘉兴南湖"6·29"多车相撞事故)(图1)。密集的施工活动在改善城市交通条件的同时,也对正常交通秩序构成显著干扰。施工区域由于车道缩减、线形改变、视距受限、路面状况复杂等因素,极易诱发追尾、侧翻、碰撞等交通事故。据统计,城市道路施工区段事故率是普通路段的3-5倍,且致死率更高。尽管国家及地方已出台多项施工安全规范(如《公路养护安全作业规程》JTGH30、《城市道路施工作业交通组织规范》等),但在实际执行中仍存在标准不统一、设施配置不足、管理粗放、应急滞后等问题。尤其在超大城市高密度交通环境下,传统静态防护模式难以应对动态复杂的交通流变化。因此,亟需构建一套科学、系统、可操作的交通安全防护体系,并通过技术创新与制度优化不断提升其效能。

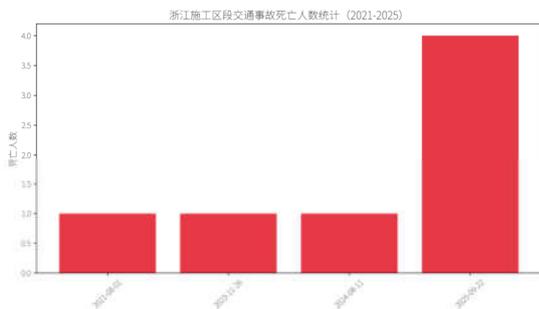


图1: 浙江施工区段交通事故死亡人数统计

## 1 城市道路施工交通安全现状与问题分析

### 1.1 主要安全隐患类型

首先,物理空间冲突突出,施工围挡常常侵占行车道或人行道,导致通行断面被压缩,车流交织加剧,尤其在交叉口或公交站点附近,极易形成交通瓶颈。其次,交通流紊乱现象普遍,临时改道或绕行路线若缺乏清晰、连续的引导标志,驾驶员容易误判行驶路径,进而引发急刹、违规变道甚至逆行等危险行为。第三,视认性不足问题在夜间或雨雾等恶劣天气条件下尤为严重,部分施工现场使用的警示标志反光性能差,施工车辆轮廓标识不清,使得驾驶员难以提前识别风险。此外,施工人员自身也面临较高暴露风险,部分作业人员未按规定穿戴高可视性反光服,或在无有效隔离的情况下穿车流作业,安全防护形同虚设。最后,应急响应机制缺失使得一旦发生事故,现场缺乏快速疏导与隔离能力,不仅延误救援,还可能引发二次碰撞或区域性拥堵,进一步放大事故后果。以某省会城市2024年100个市政道路施工点为样本,采用LEC法(L=可能性,E=暴露频率,C=后果严重度)对五类风险进行评分:交通冲突风险(如车道压缩导致追尾):平均LEC值为120(高风险);围挡倒塌/侵入行车道:平均LEC值为90(中高风险);夜间视认不足:LEC值75;管线误挖:LEC值60;人员穿行无隔离区:LEC值105。其中,交通冲突与人员暴露构成前两大风险源,合计占比超60%。

### 1.2 成因剖析

上述安全隐患的产生并非偶然,而是多重因素长期叠加的结果。一方面,部分施工单位对安全规范的理解和执行不到位,存在“重进度、轻安全”的惯性思维,导致防护设施设置随意、敷衍,甚至为节省成本而省略

必要措施。另一方面,施工前的交通组织方案设计缺乏前瞻性与精细化,未能充分结合道路等级、高峰时段流量特征及周边路网承载能力进行仿真评估,致使方案脱离实际运行需求。监管机制的薄弱同样不容忽视,城市道路施工涉及住建、交警、城管等多个部门,职责边界模糊、协调机制不畅,造成监管盲区与执法滞后<sup>[1]</sup>。同时,技术手段整体滞后,多数施工现场仍依赖人工布设锥桶、标志牌等静态设施,缺乏对交通状态的实时感知与动态预警能力,难以适应复杂多变的交通环境。此外,公众参与缺位也是重要诱因,驾驶员与行人获取施工信息的渠道有限,安全意识薄弱,违规穿行、抢行等行为屡见不鲜,进一步加剧了施工区域的风险水平。

## 2 交通安全防护体系构建框架

### 2.1 技术标准子体系

建立统一、细化且可量化的施工安全技术标准是整个防护体系的基础。当前各地标准尺度不一,导致防护水平参差不齐。应依据道路功能等级、日均交通流量、施工持续时间等关键参数,科学划分防护等级(如一级至四级),并明确每一等级下必须配置的设施类型、数量、布设间距及安装工艺要求。例如,在高速公路或城市主干道上的长期施工项目,应强制设置渐变过渡区、缓冲区、防撞车以及LED可变信息板,以有效引导车流并吸收碰撞能量;而在支路或社区内部的短期作业,则可采用移动式警示灯、高亮反光锥桶和临时限速标志等轻量化措施。更重要的是,应推动标准的数字化转型,开发施工安全配置辅助平台或移动应用程序,使施工单位能够根据输入参数自动生成符合规范的防护方案,从而降低人为误判风险,提升合规效率。

### 2.2 安全设施子体系

安全设施的配置应始终围绕“可视、可辨、可防、可控”四大原则展开。在可视性方面,应全面推广使用高强度反光膜、主动发光标志以及太阳能爆闪灯,确保在低照度或恶劣天气下仍能被远距离识别。在可辨性上,应严格遵循国际通用的颜色编码体系(以橙色为主色调)和图形化指示符号,减少语言障碍带来的理解偏差。在防护能力方面,应优先选用柔性隔离设施,如水马、防撞桶和弹性护栏,这些设施既能有效隔离作业区,又可在车辆误入时吸收冲击能量,降低事故严重程度<sup>[2]</sup>。在可控性层面,可引入智能锥桶(内置倾角与位移传感器)、可移动式声光报警装置等新型设备,实现对异常入侵行为的自动感知与即时响应。特别需要强调的是,防护体系必须体现以人为本关怀,针对老年人、儿童、视障人士等弱势群体,增设语音提示系统、触觉导向带或高对比度

地面标识,确保其在复杂施工环境中也能安全通行。根据《城市道路交通组织施工安全技术保证措施》提供的测试结果:普通工程级反光膜在夜间150米外识别率仅为42%;高强度反光膜识别率达89%;主动发光LED标志在雨雾天气下识别距离仍保持200米以上,事故预警有效率提升53%。此外,柔性防撞桶在80km/h碰撞测试中可吸收70%动能,使乘员伤害指数(HIC)从1,200降至400以下(安全阈值为1,000),显著降低致死率。

### 2.3 组织管理子体系

应构建“业主—施工—监理—交管”四方协同的责任机制,明确各方权责边界。业主单位作为项目总负责方,需承担总体安全责任,严格审核施工交通组织方案的科学性与可行性;施工单位则须全面落实现场防护措施,并对作业人员进行岗前安全培训与日常监督;监理单位应全过程跟踪检查安全措施的执行情况,及时纠正偏差;交管部门则负责施工占道许可审批、交通疏导方案制定及现场执法。在此基础上,可推行“施工安全员”制度,要求每个作业面至少配备一名专职安全员,佩戴执法记录仪,实时巡查并纠正违规行为。

### 2.4 智能监测子体系

随着物联网、人工智能和边缘计算技术的发展,构建智能化监测体系已成为提升施工安全水平的重要突破口。该体系应以“感知—分析—预警”为核心逻辑,在施工区域前端部署毫米波雷达、激光雷达、高清视频摄像头等多源传感器,实时采集车辆速度、车距、车道偏离、行人闯入等关键数据。依托AI算法,系统可自动识别超速、急刹、非法变道或闯入作业区等高风险行为,并触发分级预警机制。例如,当检测到车辆接近缓冲区但未减速时,可通过V2X(车联网)技术向该车推送语音或图像警告,或激活路面嵌入式LED警示带进行闪烁提醒。更进一步,可试点建设“数字孪生施工区”,在指挥中心实现三维可视化监控与交通流模拟推演,为动态调整交通组织方案提供决策支持,从而实现从被动响应向主动预防的根本转变。

### 2.5 应急响应子体系

应根据事故严重程度制定分级应急预案:对于重大伤亡事故,需立即联动120、119及交警部门,启动区域交通管制与分流措施;对于设备故障或轻微碰撞,则启用备用通道并调度清障车辆快速处置;而对于因施工引起的短时拥堵,可通过导航平台向周边车辆推送绕行建议,缓解局部压力<sup>[3]</sup>。为确保响应时效,应建立“5分钟应急圈”,即在重点施工区域5公里范围内预置应急资源,确保救援力量能在5分钟内抵达现场。

### 3 防护体系优化路径

#### 3.1 标准化建设：推动法规与指南升级

应加快修订《城市道路施工作业交通组织规范》，补充智能设施配置要求、数据接口标准、隐私保护条款等新兴内容，使其与技术发展同步。同时，制定专门的《城市道路施工安全防护设施技术指南》，对各类设施的反光性能、抗冲击强度、耐候性等关键指标作出明确规定，并建立第三方检测认证机制。此外，可探索建立“施工安全信用评价”制度，将企业违规行为（如未设缓冲带、擅自缩短过渡段等）纳入社会信用体系，与招投标资格、融资成本挂钩，形成有效的市场约束与激励机制，倒逼企业主动提升安全投入与管理水平。

#### 3.2 动态化管控：从静态防护到自适应调节

未来应大力发展动态调控机制，实现防护策略的实时优化。例如，可基于路口或路段的实时流量数据，通过可变限速标志自动调整施工区限速值，或在高峰时段临时启用潮汐车道以平衡供需。同时，利用无人机进行高频次空中巡检，可快速发现锥桶移位、标志倾倒或社会车辆违规占道等问题，并通过后台系统即时派单处置。深圳已在部分主干道施工点试点“智能锥桶+潮汐信号灯”组合模式，系统根据车流动态分配车道资源，结果显示通行效率提升18%，事故率显著下降。这种由“固定防御”向“灵活响应”的转变，是提升施工区交通韧性的关键方向。

#### 3.3 智能化赋能：构建“智慧工地+智慧交通”融合生态

应着力构建“前端感知—平台集成—应用服务—决策支持”四位一体的融合架构。在感知层，部署低成本、低功耗的智能传感器网络，实现对施工区人、车、物状态的全面感知；在平台层，打通施工管理系统与城市交通大脑的数据壁垒，实现施工计划、占道信息、实时路况的共享互通；在应用层，通过高德、百度等主流导航平台向公众精准推送个性化绕行建议，减少无效绕行与拥堵扩散；在决策层，则可利用历史事故数据与机器学习模型，预测高风险施工时段与位置，优化未来项目的

选址与时序安排<sup>[4]</sup>。

#### 3.4 协同化治理：构建多元共治格局

在政府层面，可设立跨部门的“城市施工交通协调办公室”，统筹施工审批、交通组织、信息发布与执法监督，打破条块分割。在企业层面，鼓励采用EPC+F（设计-采购-施工+融资）等一体化模式，将安全投入纳入项目全生命周期成本，避免因资金割裂导致防护缩水。在公众层面，开通“随手拍”微信小程序或APP，允许市民举报施工安全隐患，并设立安全奖励基金，激发社会监督活力。在科研层面，应支持高校、科研院所与企业联合攻关，研发新型防护材料（如自发光路面涂料、温感变色反光衣）和智能装备，为体系升级提供技术储备。唯有通过制度协同、资源整合与价值共创，才能真正实现“共建、共治、共享”的城市安全治理新格局。

### 4 结语

本文构建的“五维协同”防护体系，通过整合技术、管理、制度与人文要素，形成了覆盖事前预防、事中控制、事后响应的全链条解决方案。在此基础上提出的标准化、动态化、智能化、协同化优化路径，契合当前智慧城市与韧性城市建设的发展方向。未来研究可进一步聚焦以下方向：一是探索施工安全与碳排放的协同优化机制，例如通过精准绕行引导减少无效行驶距离，从而降低尾气排放；二是研发基于生成式AI的施工交通组织方案自动生成系统，提升方案设计效率与科学性；三是推动跨城市施工安全数据共享平台建设，构建区域级风险预警模型，实现更大范围的安全协同。

### 参考文献

- [1]郑浩楠.城市道路施工期间交通安全策略研究[J].交通世界,2021,(20):18-19.
- [2]张志成.城市道路与交通工程施工安全防治要点[J].建材发展导向,2025,23(11):76-78.
- [3]穆守峰.城市道路施工期间交通安全管理分析[J].中华建设,2021,(07):42-43.
- [4]彭兆锋.城市道路施工交通组织与安全保障技术研究[J].工程技术研究,2020,5(24):70-71.