

浅谈公路交通安全工程施工技术

王志伟

苏交科集团（江苏）安全科学研究院有限公司安全工程咨询分公司 江苏 南京 225000

摘要：公路交通安全工程施工技术是保障公路运行安全、降低事故风险的核心环节。施工需严格遵循设计规范，科学应用交通标志、标线、护栏等设施技术。标志安装需控制基础尺寸、垂直度及反光性能；标线施工需把控材料配比、厚度及抗滑性；护栏安装需确保立柱埋深、搭接长度及碰撞性能达标。同时，应结合智能监控、LED照明等新技术，提升工程耐久性与应急响应能力，形成系统性安全防护体系。

关键词：公路；交通安全工程；施工技术

引言：公路交通的蓬勃发展，极大推动了社会经济的进步，但交通事故的频发也给人们生命财产安全带来严重威胁。公路交通安全工程作为保障行车安全的关键举措，其施工技术的重要性愈发凸显。从合理设置交通标志标线引导车流，到科学安装护栏防护意外，再到应用智能设备实时监测，每一项施工技术都关乎着公路交通安全水平。深入探讨其施工技术，对提升公路安全性能意义重大。

1 公路交通安全工程概述

1.1 交通安全工程的定义与分类

公路交通安全工程是通过科学设计、建设和维护各类设施，预防和减少公路交通事故，保障车辆、行人安全的综合性工程体系，是公路交通系统的重要组成部分。（1）主动防护设施：以提前预警、引导交通流为核心功能，包括交通标志、交通标线和交通信号灯。交通标志通过文字、图形传递道路信息，如限速、指路标志；交通标线通过线条、颜色规范车辆行驶轨迹，如车道分界线、停止线；交通信号灯则通过光色变化控制路口通行顺序，避免冲突。（2）被动防护设施：侧重事故发生后的伤害缓冲与防护，主要有护栏、防撞桶和隔离栅。护栏可阻挡车辆冲出道路或闯入对向车道，降低事故严重程度；防撞桶内部填充缓冲材料，能吸收车辆撞击能量；隔离栅则分隔公路与外界区域，防止行人、牲畜进入行车道。（3）辅助设施：为交通安全提供基础保障，涵盖照明设施、监控设备和减速设施。照明设施改善夜间行车视野，减少视线盲区；监控设备实时监测交通状况，便于及时处理异常；减速设施如减速带、减速丘，强制车辆降低车速，提升路口、学校区域等关键路段安全性。

1.2 设计原则与施工目标

（1）以人为本原则：以保障人员生命安全为首要前

提，设施设计充分考虑人体生理特性，如标志尺寸、位置需符合驾驶员视觉习惯，避免因设计不合理增加操作难度。（2）系统性原则：各类设施需协同配合，形成完整的安全防护体系，例如主动防护设施的预警信息需与被动防护设施的防护功能衔接，避免出现防护漏洞。（3）耐久性原则：设施需适应公路长期使用需求，选用抗老化、抗腐蚀的材料，如交通标志的反光膜需具备长期反光性能，护栏结构需耐受车辆长期撞击和自然环境侵蚀。（4）环境适应性原则：设施设计需结合公路沿线自然与人文环境，如在山区公路设置护栏时需考虑地形坡度，在城区公路设置信号灯时需兼顾行人通行需求，避免设施与环境冲突影响使用效果^[1]。

2 公路交通安全工程施工关键技术

2.1 交通标志施工

（1）基础施工：根据设计图纸确定基础位置后，采用全站仪放线，开挖尺寸偏差控制在±5cm内；基坑底部需平整夯实，承载力不低于120kPa，松软土层需换填30cm厚级配砂石；浇筑混凝土时，按设计配比搅拌，坍落度控制在120-150mm，分层浇筑（每层厚度≤30cm）并振捣密实；预埋件（法兰盘）安装时，需用水平仪校准平整度（偏差≤2mm），底部用钢筋固定，确保与基础同心，混凝土养护不少于7天（强度达75%设计值）。

（2）标志板安装：标志板与立柱连接前，检查板面平整度（翘曲度≤3mm/m），采用螺栓固定时，螺栓间距均匀（偏差≤10mm）；安装过程中用经纬仪监测垂直度，立柱垂直度偏差≤1‰（高度方向），标志板平面与道路中线夹角需符合设计要求（通常为0-5°）；安装后检查反光膜拼接处，接缝间隙≤1mm，无气泡、褶皱，确保反光均匀^[2]。（3）夜间可视性优化技术：选用Ⅲ类及以上高亮度反光膜（逆反射系数≥200mcd·m⁻²·lx⁻¹），粘贴前清洁标志板表面（无油污、灰尘），采用

刮板均匀施压，确保膜与板面贴合率100%；在急弯、隧道出入口等特殊路段，可叠加使用微棱镜型反光膜，提升夜间可视距离至300m以上，同时定期（每6个月）检查反光膜老化情况，及时更换破损部分。

2.2 交通标线施工

(1) 材料选择：热熔型涂料（软化点 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ ）适用于车流量大、磨损严重路段，干燥时间 ≤ 3 分钟，耐久性可达2-3年，但施工需加热设备；常温型涂料（VOC含量 $\leq 120\text{g/L}$ ）适用于低温、应急抢修场景，无需加热，干燥时间 ≤ 1 小时，耐久性1-2年，需注意路面潮湿时附着力下降；根据路段环境选择，高速路优先用热熔型，城区支路可选用常温型。（2）施工工艺：划线前用路面清扫机清除杂质，热熔型涂料加热至180-220℃（温度偏差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ），划线机行驶速度控制在3-5km/h，确保标线线性顺直（偏差 $\leq 5\text{mm}/10\text{m}$ ）；厚度通过调节划线机刮刀高度控制，热熔型标线厚度1.8-2.5mm，常温型0.8-1.2mm；玻璃珠撒布分预混（占涂料总量15%）和面撒（用量 $0.3\text{kg}/\text{m}^2$ ），面撒时与划线同步进行，撒布均匀度 $\geq 90\%$ ，避免堆积或漏撒。（3）抗滑与耐久性提升技术：双组分标线施工时，A、B组分按1:1配比混合，采用无气喷涂工艺，形成3-5mm厚弹性涂层，抗滑值（BPN） ≥ 60 ，耐久性达3-5年；对已完工标线，喷涂防污剂（硅烷类材料），形成疏水层，减少灰尘、油污附着，每1年补涂1次，同时定期用高压水枪清洗，维持标线清晰度^[3]。

2.3 护栏施工

(1) 波形梁护栏：立柱安装前核查地质，黏性土地区埋深 $\geq 1.2\text{m}$ ，岩石地区采用钻孔浇筑（孔径比立柱大50mm），用水平仪校准垂直度（偏差 $\leq 5\text{mm}/\text{m}$ ）；防阻块与立柱、波形梁连接时，螺栓需对称拧紧（扭矩35-50N·m），连接处间隙 $\leq 1\text{mm}$ ，波形梁搭接长度 $\geq 100\text{mm}$ ，搭接处螺栓拧紧后，梁体无松动。（2）混凝土护栏：模板采用钢模板（厚度 $\geq 5\text{mm}$ ），拼接处用密封胶封堵，防止漏浆；加固采用对拉螺栓（间距 $\leq 80\text{cm}$ ）与斜撑结合，模板垂直度偏差 $\leq 3\text{mm}/\text{m}$ ；混凝土采用商品混凝土（强度等级C30及以上），坍落度100-140mm，插入式振捣器振捣（振捣间距 $\leq 50\text{cm}$ ），直至表面无气泡、泛浆，养护采用土工布覆盖洒水，养护期 ≥ 14 天。（3）防撞性能测试与验收标准：验收时选取代表性路段（每1000m1处）进行实车碰撞测试，小型车（1.5t）以60km/h速度碰撞，护栏最大横向位移 $\leq 1.5\text{m}$ ，无结构断裂；大型车（10t）以40km/h速度碰撞，护栏最大变形 $\leq 3\text{m}$ ，满足《公路交通安全设施设计规范》要求；外观验收时，波形梁无明显变形，混凝土护栏表面平整度 \leq

3mm/m，无蜂窝、麻面。

2.4 隔离设施施工

(1) 隔离栅安装：立柱按设计间距（通常2-3m）布设，埋深 $\geq 0.8\text{m}$ ，采用混凝土浇筑固定，垂直度偏差 $\leq 10\text{mm}/\text{m}$ ；网片安装时，用紧线器张紧（张紧度以网片无明显下垂为准），网片与立柱连接采用螺栓固定，每根立柱连接点不少于2处，网片搭接长度 $\geq 10\text{cm}$ ，搭接处螺栓间距 $\leq 20\text{cm}$ ，防止网片松动。（2）中央分隔带活动护栏：活动护栏安装前，检查轨道平整度（偏差 $\leq 2\text{mm}/\text{m}$ ），护栏单元拼接时，接缝间隙 $\leq 3\text{mm}$ ；开闭测试时，手动或电动开启时间 ≤ 30 秒，开启过程无卡顿；锁止装置采用双重锁闭（机械锁+电子锁），锁闭后用200N力拉动，护栏无位移，定期（每月）检查锁具磨损情况，及时更换损坏部件^[4]。

2.5 照明与智能设施施工

(1) LED路灯布设与节能控制技术：路灯按间距30-50m（根据路面宽度调整）布设，安装高度8-12m，仰角15-20°，确保路面平均照度 $\geq 20\text{lx}$ ，均匀度 ≥ 0.4 ；采用智能控制系统，通过光感、时控结合调节亮度（白天50%亮度，夜间100%亮度），同时具备远程监控功能，可实时监测路灯故障，节能率达30%以上。（2）监控设备安装：监控摄像头安装高度6-8m，镜头朝向与道路中线夹角 $\leq 15^{\circ}$ ，确保监控范围覆盖车道；防雷接地系统接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，摄像头电源线路加装浪涌保护器；数据传输采用光纤或4G/5G模块，光纤接头熔接损耗 $\leq 0.1\text{dB}$ ，4G/5G信号强度 $\geq -85\text{dBm}$ ，定期（每季度）检测传输速率，确保数据无卡顿、丢失^[5]。（3）智能诱导系统：雾天诱导系统采用LED轮廓标（间距10m）与雾天诱导灯（闪烁频率50次/分钟）结合，安装在道路两侧及中央分隔带，能见度低于200m时自动开启；车距提醒系统通过雷达检测车距，当车距小于安全距离（高速路 $\geq 100\text{m}$ ，城区路 $\geq 50\text{m}$ ）时，路面诱导灯发出红色警示，同时在情报板显示“保持车距”提示，系统响应时间 ≤ 1 秒。

3 公路交通安全工程施工技术难点与解决方案

3.1 复杂环境下的施工挑战

(1) 山区公路：大纵坡路段（坡度 $> 6\%$ ）护栏易因车辆冲击受力不均变形，施工时需将波形梁护栏立柱埋深增加20%（原基础上加深0.2-0.3m），并在立柱底部增设混凝土加固墩；急弯段（半径 $< 200\text{m}$ ）交通标志易被山体遮挡，采用“抬高标志板+增设辅助标志”方案，标志板安装高度提升至6-7m，同时在弯道入口50m处增设小型预告标志；施工中通过全站仪精准放线，确保急弯段标线线性与弯道半径匹配，避免因标线偏移误导驾驶

员。（2）恶劣气候：雨雪天气路面潮湿，热熔型标线涂料与路面附着力易从0.6MPa降至0.3MPa以下，施工前需用路面烘干机将路面含水率控制在5%以内，若遇小雨，在涂料中添加1.5%的抗滑附着力增强剂；常温型标线施工后，需覆盖防雨棚养护4小时以上，避免雨水冲刷未固化涂料；冬季低温（<5℃）时，提前对路面进行预热（温度升至10℃以上），并选用低温固化型涂料，缩短固化时间至2小时内，保障标线附着力达标。

3.2 新材料与新工艺应用

（1）环保型材料：水性标线涂料施工时易出现流挂现象，需调整涂料固含量至65%-70%，同时控制划线机喷涂压力（0.3-0.4MPa），采用“薄涂2遍”工艺（每遍厚度0.15-0.2mm），避免涂料堆积；可降解隔离栅立柱抗风载能力较弱，施工时在立柱底部30cm范围内填充陶粒混凝土，提升抗拔力至15kN以上，同时每10m设置1处加强立柱，增强整体稳定性。（2）3D打印技术在异形标志基础施工中的探索：异形标志基础（如弧形、多边形）传统浇筑易出现模板拼接缝隙，采用3D打印时需先优化混凝土配比（添加0.8%的纤维增强剂），确保打印材料流动性与强度平衡；打印过程中控制喷头移动速度（50-80mm/s），每打印50cm高度进行一次平整度检测，偏差超过3mm时及时调整喷头位置；打印完成后覆盖保鲜膜养护14天，避免表面水分过快蒸发导致开裂。

3.3 施工质量控制要点

（1）隐蔽工程验收：基础混凝土浇筑前，需检测钢筋间距（偏差≤10mm）与保护层厚度（≥30mm），验收合格后方可浇筑；混凝土养护完成后，采用回弹仪检测强度，每个基础检测不少于3个测区，强度达标率需100%；护栏立柱防腐处理验收时，检查锌层厚度（热镀锌层≥85μm），采用磁性测厚仪在立柱不同位置检

测5点，平均值不低于设计要求，若存在漏镀区域，需补涂富锌底漆（厚度≥60μm）。（2）反光性能检测：交通标志与标线反光性能检测需在夜间或暗室环境下进行，采用逆反射系数检测仪，标志检测时选取标志板不同区域（至少5个点），检测角度为0.2°、0.5°，系数需≥200mcd·m⁻²·lx⁻¹；标线检测时沿标线长度方向每100m选取1个检测段，每个检测段测3点，干燥状态下逆反射系数（白色标线≥150mcd·m⁻²·lx⁻¹，黄色标线≥100mcd·m⁻²·lx⁻¹），若检测值不达标，需重新更换反光膜或补划标线。

结束语

公路交通安全工程施工技术是筑牢公路安全防线的基石。本文围绕交通标志、标线、护栏等关键设施，探讨了从基础施工到安装调试，再到质量验收的全流程技术要点，同时关注了智能设施等新技术的应用。未来，随着交通需求升级与技术创新，施工技术需持续优化，强化精细化管理与智能化融合。唯有不断提升施工水平，才能打造更安全、高效、耐久的公路交通环境，为公众出行与经济发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 黄元贵.公路交通安全设施维护工程施工控制要点研究[J].交通建设与管理,2024,(04):179-181.
- [2] 李文鹰.公路改扩建临时交通安全设施施工技术分析[J].中国储运,2024,(07):116-118.
- [3] 杨宗濂.高速公路交通安全设施工程施工质量与控制分析[J].运输经理世界,2024,(15):107-109.
- [4] 牛引国.高速公路交通安全设施施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(06):207-209.
- [5] 陈正.高速公路交通工程安全设施施工技术研究[J].工程技术研究,2024,9(03):44-46.