

# 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<sup>[1]</sup>。

## 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 $\pm 5\text{cm}$ 内；基坑底部需平整夯实，承载力不低于 $120\text{kPa}$ ，松软土层需换填 $30\text{cm}$ 厚级配砂石；浇筑混凝土时，按设计配比搅拌，坍落度控制在 $120\text{--}150\text{mm}$ ，分层浇筑（每层厚度 $\leq 30\text{cm}$ ）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 $\leq 2\text{mm}$ ），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 $\leq 3\text{mm/m}$ ），采用螺栓固定时，螺栓间距均匀（偏差 $\leq 10\text{mm}$ ）；安装过程中用经纬仪监测垂直度，立柱垂直度偏差 $\leq 1\%$ （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 $0\text{--}5^\circ$ ）；安装后检查反光膜拼接处，接缝间隙 $\leq 1\text{mm}$ ，无气泡、褶皱，确保反光均匀<sup>[2]</sup>。（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 $\geq 200\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ ），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 $\leq 3$ 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 $\leq 1$ 小时,耐久性1-2年,需注意路面潮湿时附着下降;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 $180\text{--}220^{\circ}\text{C}$ (温度偏差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ),划线机行驶速度控制在 $3\text{--}5\text{km/h}$ ,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 $1.8\text{--}2.5\text{mm}$ ,常温型 $0.8\text{--}1.2\text{mm}$ ;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 $3\text{--}5\text{mm}$ 厚弹性涂层,抗滑值(BPN) $\geq 60$ ,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<sup>[3]</sup>。

## 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 $50\text{mm}$ ),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 $35\text{--}50\text{N}\cdot\text{m}$ ),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 $100\text{--}140\text{mm}$ ,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 $\geq 14$ 天。(3)防撞性能测试与验收标准:验收时选取代表性路段(每 $1000\text{m}^1$ 处)进行实车碰撞测试,小型车( $1.5\text{t}$ )以 $60\text{km/h}$ 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( $10\text{t}$ )以 $40\text{km/h}$ 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 $\leq$

$3\text{mm}/\text{m}$ ,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 $2\text{--}3\text{m}$ )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 $\leq 30$ 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 $200\text{N}$ 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<sup>[4]</sup>。

## 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 $30\text{--}50\text{m}$ (根据路面宽度调整)布设,安装高度 $8\text{--}12\text{m}$ ,仰角 $15\text{--}20^{\circ}$ ,确保路面平均照度 $\geq 20\text{lx}$ ,均匀度 $\geq 0.4$ ;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 $6\text{--}8\text{m}$ ,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<sup>[5]</sup>。(3)智能诱导系统:雾天诱导系统采用LED轮廓标(间距 $10\text{m}$ )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 $200\text{m}$ 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 $\leq 1$ 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 $0.2\text{--}0.3\text{m}$ ),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 $6\text{--}7\text{m}$ ,同时在弯道入口 $50\text{m}$ 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( $< 5^{\circ}\text{C}$ )时,提前对路面进行预热(温度升至 $10^{\circ}\text{C}$ 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 $\leq 10\text{mm}$ )与保护层厚度( $\geq 30\text{mm}$ ),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 $\geq 85\mu\text{m}$ ),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 $\geq 60\mu\text{m}$ )。(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 $0.2^{\circ}$ 、 $0.5^{\circ}$ ,系数需 $\geq 200\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ ;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 $\geq 150\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ ,黄色标线 $\geq 100\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ ),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]杨宗潇.高速公路交通安全设施工程施工质量管理与控制分析[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.