

公路交通安全设施的设计与应用

刘东华

中交路桥华北工程有限公司, 中国·北京 101100

摘要: 本文以秦沈高速公路 4 标工程为例, 简要分析秦沈高速 4 标交通安全设施分类型设计方案, 如交通标志设计、交通标线设计、护栏系统设计以及隔离设施设计等, 并以加强公路交通安全设施应用的有效措施作为切入点, 从而为提升高速公路交通安全设施的应用成效提供实践参考, 也为类似复杂条件下高速公路交通安全保障体系建设提供可推广的设计与应用范式。

关键词: 高速公路; 安全设施; 设计

Design and Application of Highway Traffic Safety Facilities

Liu Donghua

China Communications Road & Bridge North China Engineering Co., Ltd., China Beijing 101100

Abstract: This article takes the Qinshen Expressway Section 4 project as an example to briefly analyze the classification design schemes of traffic safety facilities in Qinshen Expressway Section 4, such as traffic sign design, traffic marking design, guardrail system design, and isolation facility design. Effective measures to strengthen the application of highway traffic safety facilities are taken as the starting point, providing practical reference for improving the application effectiveness of highway traffic safety facilities and promoting the design and application paradigm for the construction of highway traffic safety guarantee system under similar complex conditions.

Keywords: Expressway; Safety facilities; Design

0 引言

交通安全设施作为高速公路安全保障体系的关键载体, 通过标志引导、标线规范、护栏防护、隔离管控等核心功能, 构建起“预警—引导—防护”的全链条安全屏障, 在降低事故发生率、减轻事故严重程度、优化交通流组织等方面发挥着不可替代的作用。

1 工程概况

中交路桥建设有限公司秦沈高速公路 4 标施工范围涵盖 K258+660~K290+200 (31.54km) 的土建工程及 K252+000~K290+200 (38.2km) 的路面工程, 其中路基工程包含挖方 179.82 万 m³、填方 664.65 万 m³、借方 471.55 万 m³; 构造物涉及主线桥 30 座 (含大桥 6 座/1092m、中桥 8 座/464m、小桥 2 座/14m、分离式立交 14 座/1205m)、匝道桥 9 座/1086m、天桥 1 座 (72m, 含钢箱梁 2349t、现浇梁 1.05 万 m³)、涵洞 45 道、通道 50 道; 路面相关工程则包括级配碎石垫层 16.96 万 m³/38 万 t、水泥稳定碎石 (底) 基层 39.34 万 m³/94 万 t、沥青路面 16.05 万 m³/40 万 t。

2 秦沈高速 4 标交通安全设施分类型设计方案

2.1 交通标志设计

秦沈高速 4 标交通标志设计严格遵循 GB5768.2-2022 规范要求, 以长距离路段导航及多构造物节点警示为核心目标, 符合 38.2km 主线的行车视野需求, 设计车速

100km/h 路段的警告标志前置间距不小于 250m, 指路标志采用绿底白字标准, 汉字高度不低于 30cm, 保障长距离可见度。

针对 14 座分离式立交、9 座匝道桥的复杂交通流转换需求, 在立交入口前方连续设置三级预告标志, 分流点增设导向箭头标志, 同一立柱标志数量控制在 4 块以内, 避免信息过载; 桥梁两侧与涵洞出入口等危险位置, 选用高等级反光材料制作警示标志, 增强夜间和恶劣天气辨识度。标志安装形式根据路段情况优化, 高路基和桥梁段采用悬臂式安装, 下缘距路面不少于 5.5m, 避免超高车辆碰撞; 针对挖方路段受边坡遮挡的情况, 将柱式标志安装高度提高至 3.5m 以上, 保障视线通畅。长距离路段每隔 2.5km 设置路线确认标志, 通过 GPS 定位精准布置, 确保驾驶员持续获取路线信息, 有效缓解长距离行车疲劳造成的视认偏差^[1]。

2.2 交通标线设计

交通标线规划应贴合沥青路面特性与工程多路段类型, 重点采用热熔型标线涂料, 添加高折射率玻璃微珠增强逆反射能力, 保障雨夜可见度达标。主线车道线宽度设定为 15cm, 边缘线宽度设定为 10cm, 采用振荡标线与普通标线交替设置策略, 每 5km 铺设一段 300m 长的振荡标线, 通过触觉反馈缓解长距离行车疲劳。

桥梁段标线施工前针对桥面铺装层进行清洁打磨, 刷

涂专用粘结剂,避免因桥面晃动导致标线脱落;匝道桥等曲线段采用渐变率优化设计,保障标线与路线线形精准贴合,引导车辆顺畅转向。在涵洞和通道的出入口前方30m设置减速标线,采用菱形方块布局,与停止线配合构建完善预警机制,有效减少横穿隐患。

路面基层处置阶段同步预留标线施工条件,级配碎石垫层和水泥稳定碎石基层摊铺后保证表面平整,沥青路面摊铺完成48小时内完成标线施工,保障涂料与路面的粘结强度。全线标线厚度维持在1.8-2.5mm,关键路段标线厚度增至3mm,提升抗磨损能力,满足项目大交通流量预期。

2.3 护栏系统设计

护栏系统设计围绕构造物安全防护与路基适配性开展,根据防撞等级严格分级配置。路基填方路段根据填筑高度选用相应护栏等级,填方高度低于3m采用B级波形护栏,3~6m采用A级护栏,超过6m的高填方路段采用SB级护栏,并增设锚拉式槽钢混凝土“井”字梁加固,通过预应力锚索与稳定岩体锚固,增强抗倾覆能力。

挖方路段护栏安装高度根据边坡坡度调整,坡度超过1:1.5时适当增加立柱埋深,保障护栏有效防护高度不小于1.1m;桥梁段护栏与主体结构进行协同设计,6座大桥及8座中桥采用SB级防撞护栏,钢箱梁天桥两侧选用金属材质的梁柱式护栏,立柱间距控制在1.5m以内,横梁拼接套管长度不少于30cm,保障连接牢固性。

匝道桥针对曲线半径短、离心力强的特点,采用SA级护栏,护栏向交通流一侧倾斜4°,提升防撞导向效果;涵洞与通道出入口位置设置护栏过渡段,采用渐变方式衔接设计,避免护栏端部产生安全隐患。全线护栏均采用热镀锌防腐工艺,构件最小厚度符合规范要求,保障长期耐用性^[2]。

2.4 隔离设施设计

隔离设施规划根据不同路段功能需求差异化配备,构建全维度安全防护格局。中央分隔带采用防眩与防撞结合式设计,设置高度1.2~1.5m的高韧性防眩板,以2m间距整齐排列,有效阻隔对向车辆夜间眩光;同时防眩板支架与波形护栏协同承受外力,增强整体防撞能力。

路基边坡地段针对95处涵洞与通道的密集分布特征,采用带刺铁丝隔离网,网高1.8m,埋入地下深度0.5m,阻拦行人、牲畜横穿主线;村镇路段增加警示标志设置密度,提升隔离效果。14座分离式立交桥和9座匝道桥梁区域,采用金属隔离网与混凝土护栏结合形式,行车道与人行道之间设置SA级护栏,外侧边缘配置SB级护栏,实现人车物理隔离。

天桥下方与桥梁两侧的隔离设施避开结构构件与排水系统,采用模块化结构便于检修维护。隔离设施材料选用兼顾耐用性与性价比:中央分隔带防眩板选用抗老化复合

材料,边坡隔离网采用热镀锌钢丝,立交区域隔离设施采用抗腐蚀铝合金材质,确保在户外环境中长期稳定运行,满足项目长路段运维需求。

3 加强公路交通安全设施应用的有效措施

3.1 精准匹配工程实际条件

精准匹配工程实际情况是提升交通安全设施应用有效性的核心要素,为此,需要充分结合秦沈高速4标长距离、多构造物、路基填挖差异大的工程特点,实现设施设计与现场状况的深度适配。在道路路基工程方面,针对179.82万m³开挖土方与664.65万m³填筑土方形成的复杂地形,通过现场勘查精准测定每段路基的填挖高度、边坡坡度及地质稳定性,动态调整护栏设置方案。

高填方路段针对整体稳定性的更高要求,除按规范提升护栏防撞能力外,额外增加基础加固措施,采用混凝土扩大基础结合预应力锚索固定,确保护栏在强荷载作用下不倾覆、不移位;挖方路段根据边坡岩体的风化程度,调整护栏立柱埋深,风化极重区域采用挖孔灌注桩基础,强化与岩体的结合效果^[3]。

针对30座主线桥、9座匝道桥等构筑物,按钢箱梁、现浇梁等不同结构类型,专门制定护栏与桥梁主体的衔接方案;大桥及高等级公路桥梁段选用防撞等级更高的组合式防护栏,采用植筋技术与桥梁梁板牢固连接,避免车辆碰撞时护栏与桥梁脱离。此外,考虑到45道涵洞、50道通道的集中分布特征,在出入口区域综合权衡行车视野、地形遮蔽等因素,合理设置警示标志与减速设施,确保驾驶员提前预判道路变化;根据项目38.2km长路段的交通流量预测数据,合理确定标志标线的密度与规格参数,长直线区间适当增加路线确认标志,曲线段优化标线曲率与视认范围,实现设施功能与工程实际、交通需求的充分契合。

3.2 推行工艺标准化作业

工程施工初期,针对交通标志、路面标线、防护护栏、隔离设施等不同类型,制定专项施工手册,明确规定材料选择、加工工艺、安装流程等核心要点。交通标志制作阶段,严格执行标志板裁剪、弯折、反光膜粘贴的规范化流程,反光膜贴合采用机械压膜方式,确保无气泡、无褶皱,边缘压实度达标;标志立柱焊接采用二氧化碳气体保护焊,焊缝需经无损检测,确保强度符合设计规范。

在交通标线施工前,制定沥青路面处理、涂料升温、划线操作的规范化流程,明确涂料加热温度控制在180~220°C,划线期间车速维持在5~8km/h,确保标线厚度均匀、边缘整齐。护栏安装阶段,执行“测量放线—基坑开挖—基础浇筑—立柱安装—护栏拼接”的规范化流程,采用GPS定位与激光测距相结合的方法控制安装精度,立柱垂直度偏差不超过3%,护栏板拼接螺栓扭矩达到规定值。

针对长路段施工特点,划分 K252+000~K270+000、K270+000~K290+200 等施工段落,每个段落配备专职质量监督员,严格执行“三检制”;制定跨工序衔接规范,规定路基边坡稳定观测时间不少于3个月后方可进行护栏施工,沥青路面摊铺完成48小时内须完成标线施工,避免不同工序交叉干扰影响设施质量。同时,设定量化检验标准,标志辨认距离、标线逆反射系数、护栏防撞性能等关键指标需逐项检测,检测未达标须及时整改,确保每一道工序、每一项设施均符合规范要求,通过标准化操作实现施工质量的全流程管控。

3.3 建立常态化巡检机制

建立常态化巡检机制是保障交通安全设施长期稳定运行、及时消除安全隐患的重要手段,需结合秦沈高速4标长路段、多构造物的分布特点,构建多层次、全覆盖的巡检体系。日常巡检执行“分段负责、每日巡查”制度,将38.2km路面工程和31.54km土建工程划分为6个巡检责任区域,每个区域配备2名专职巡检人员,采用徒步巡检与机动车巡检相结合的方式,重点排查标志是否完整、标线是否清晰、护栏是否扭曲、隔离设施是否损坏。

针对桥梁路段的护栏、立交区域的标志、涵洞出入口的警示装置等关键点位,加大巡检密度,每日至少进行1次专项检查,重点检查桥梁防护栏与主体结构连接情况、立交标志的信息精准度、涵洞出入口标线的磨损状况。不良天气结束后启动应急检查机制,暴雨、暴雪、强风等天气现象结束2小时内,安排全体人员对整个路段的设施进行全面检查,重点查看高路基护栏有无移位、标志有无倾斜、隔离设施有无受损,迅速清除设施表面的杂物、积雪及积水,恢复设施正常功能。

定期检测按年度、季度分层实施,每季度对全线标志标线的反光特性、护栏的防腐层完整率进行抽样检测,每年委托第三方机构进行全方位性能测评,通过专业设备测试标线逆反射系数、护栏防撞强度等关键参数,建立检测数据档案,建立隐患闭环处理机制。巡检发现的问题分类登记,一般隐患24小时内整改完毕;重大隐患立即设置临时警示设施,开展应急抢险,72小时内完成修复。通过日常巡查、专项巡查、定期检测的有效结合,实现设施隐患的早发现、早治理,保障交通安全设施持续保持良好运行状态。

3.4 引入物联网监测系统

引入物联网监测系统是提升交通安全设施智能化管理水平、强化应用有效性的重要路径,需结合秦沈高速4标多构造物、长距离的管理需求,构建全方位、实时化的监测网络。在防护栏系统中,针对高填方路段、桥梁段等关键区域的护栏,安装应力传感器与倾角传感器,实时监测

护栏在车辆碰撞冲击、风力作用下的应力变化和倾斜角度变化。当数据超出预设阈值时,系统自动发出预警信号,通知运维人员及时核查,避免护栏因隐性损伤引发安全事故。

针对交通标志监测工作,在悬臂式标志、高立柱标志上安装温湿度传感器与振动传感器,监测标志所在环境的温湿度变化及车辆通行产生的振动,同时集成GPS定位模块,实时监测标志位置有无偏移。当出现标牌松动、倾斜等异常情况时,系统立即推送报警信息。在隔离设施监测工作中,在中央分隔带防眩板、边坡隔离网处安装红外传感器和振动传感器,检测隔离设施是否遭受人为破坏或车辆碰撞,一旦出现破损,系统自动定位破损位置并生成维修工单,提升处理效率。

此外,还应该构建一体化物联网数据管理中枢,归集护栏、标志、隔离设施等各类监测数据,通过可视化界面实时展示设施运行状态。平台具备数据存储、趋势分析、异常预警等功能,能依据历史监测数据预测设施老化趋势,为预防性维护提供数据支持。同时,将物联网监测系统与日常巡检、应急处置流程协同联动,运维人员通过移动端APP接收预警提示,实时上传现场核查情况与维修进度,实现监测、预警、处理、反馈的全流程闭环管理。系统设置预留接口,可与交通流量监测、气象预警等系统对接,根据实时交通流量调整标志的警示等级,结合气象情况优化设施运维安排,进一步提升交通安全设施的智能化应用水平。

4 结语

综上所述,本文以秦沈高速公路4标为工程依托,围绕长距离、多构造物、路基填挖差异大的复杂工程条件,系统研究了公路交通安全设施的设计与应用核心问题,形成了针对性强、实操性高的研究成果。未来,可进一步深化智能技术与交通安全设施的融合应用,探索更具前瞻性的智能化、自适应设施设计方案,持续提升高速公路交通安全保障的精细化与智能化水平。

参考文献:

- [1] 耿雪琳. 复杂环境下高速公路交通安全设施设计研究[J]. 工程技术研究, 2025,10(18):181-183.
- [2] 陈宇. 旅游公路交通安全设施的改进设计与工程实践[J]. 交通世界, 2025,(27):16-18.
- [3] 唐国栋, 祝威威. 高速公路交通安全设施设计关键点研究[J]. 工程建设与设计, 2025,(11):92-94.

作者简介:刘东华(1992.02-),男,汉族,内蒙古巴彦淖尔人,本科,工程师,研究方向:从事公路工程研究。