

现代公路路线设计要点探讨

赵辛未

安徽建工公路桥梁建设集团有限公司 安徽 合肥 230000

摘要：现代公路路线设计是交通工程的核心环节，直接影响道路安全性、通行效率及环境适应性。本文系统探讨路线设计的关键要点，包括公路平、纵、横断面综合设计以及现代技术手段在路线设计中的应用。通过分析圆曲线、纵坡坡度、视距保障等参数对行车安全的影响，提出基于多目标优化的路线布局方法，旨在为提升路线设计科学性与适应性提供理论参考。

关键词：现代公路；路线设计；要点

引言

公路交通作为国民经济的基础设施，其路线设计质量直接关系到道路服务水平、运营安全及资源利用率。随着交通需求增长、车辆性能提升及环境保护要求提高，传统路线设计方法已难以满足现代交通发展的多元化需求。因此，深入对现代公路路线设计要点的探讨具有重要的现实意义。

1 现代公路路线设计的核心原则

现代公路路线设计是融合交通工程、岩土工程、环境工程、景观美学与安全管控于一体的系统性工作，其核心原则是围绕安全、功能、经济、环保形成完整价值体系，贯穿规划、勘察、设计、施工与运营全过程。

(1) 安全原则是公路路线设计的首要准则，要求在路线走向、平纵组合、视距保障、线形衔接等方面严格遵循规范指标，通过合理设置圆曲线半径、纵坡坡度与坡长，优化线形组合方式，消除或降低急弯、陡坡、视距不良等潜在风险，同时兼顾行车稳定性、排水顺畅性与防灾抗灾能力，从源头减少交通事故诱因，保障车辆与行人通行安全。(2) 功能原则强调路线设计必须契合公路的等级定位、服务对象与交通需求，综合考虑设计车速、交通量、通行能力与服务水平，合理确定线形指标与技术标准，确保路线能够高效承担区域交通联系、集散转换与路网衔接功能，实现与城市道路、乡村道路、铁路、港口等其他交通方式的顺畅衔接，提升路网整体运行效率。(3) 经济原则要求在满足技术与安全要求的前提下，对路线方案进行多维度技术经济比选，优化路线走向与平纵线形，控制土石方工程量、桥梁隧道规模、征地拆迁范围与后期养护成本，实现全生命周期效益最大化，避免过度追求高标准带来的资源浪费。(4) 环保原则是现代公路设计不可忽视的重要内容，强调路线方案应主动避让生态敏感区、水源保护区、基本农田

与人文遗迹，通过优化线形降低对地形地貌、植被水土与生物栖息环境的扰动，严格控制噪声、废气与水土流失影响，推动公路建设与自然生态和谐共生，实现绿色低碳发展。

2 现代公路路线设计要点

2.1 线形组合设计

(1) 平面线形设计需以曲线为主导，通过合理设置圆曲线半径、缓和曲线参数及直线段长度，实现线形与地形、地物的适应性匹配。圆曲线半径选取应兼顾设计速度与地形约束，避免因半径过小导致离心力过大或半径过大引发视觉单调，同时通过缓和曲线实现直线与圆曲线的平滑过渡，消除曲率突变对行车稳定性的影响^[1]。直线段长度则需根据设计速度动态调整，过长易引发驾驶疲劳，过短则难以满足超高过渡与视距要求，通常以不超过设计速度的20倍为宜。(2) 纵断面线形设计以纵坡坡度、坡长限制及竖曲线半径为关键参数，需统筹考虑车辆动力性能、排水需求与视觉舒适性。纵坡坡度应严格遵循规范限值，避免连续长陡坡导致车辆制动失效或频繁换挡，并通过设置缓坡段实现动力恢复；坡长限制需结合交通量与车型构成确定，重载交通路段应适当缩短坡长以降低爬坡难度；竖曲线半径选取则需保障行车视距，凸形竖曲线应提供足够的停车视距，凹形竖曲线则需避免视距不足引发的追尾风险，其半径通常取设计速度的100~300倍。(3) 平纵组合设计强调平面与纵断面的动态匹配，需遵循“平包竖”原则，即竖曲线起终点应置于平曲线范围内，避免将竖曲线顶点置于反向平曲线拐点或直线段与曲线的交接处，以消除视觉冲突与离心力叠加效应；此外，需严格控制平曲线与竖曲线的组合半径比值，当平曲线半径小于1000米时，竖曲线半径宜为平曲线半径的10~20倍，以保障行车轨迹的连续性。

2.2 横断面设计

(1) 车道宽度设计需综合考虑车型构成、设计速度及交通组成,高速公路及一级公路通常采用3.75米标准宽度,以适应大型车辆混行需求并预留安全余量;城市快速路或交通量密集路段可结合混合交通特性适当拓宽至4米,降低车辆并行时的侧向摩擦风险;二级及以下公路则根据实际交通需求采用3.5米或3.25米宽度,在满足基本通行能力的同时控制工程成本。(2) 硬路肩设计需兼顾停车、应急及边坡稳定功能,宽度因功能、速度、等级的不同而定,一般取0.75米~3米,其表面结构需与行车道保持一致,避免因结构差异产生不均匀沉降导致界面破坏而引发安全事故;土路肩宽度则根据边坡坡度与排水需求确定,通常取0.5-0.75米,用于保护路基边缘、引导地表径流及提供养护作业空间,其表面需进行硬化或植被覆盖处理以防止冲刷^[2]。(3) 中间带设计需平衡分隔、防眩与管线埋设需求,分离式路基中间带宽度应不小于2米,用于设置防撞护栏、隔离栅及绿化带,阻断对向车流灯光干扰并提升景观效果。整体式路基中间带宽度则根据设计速度动态调整,高速公路宜采用3米标准宽度,其中分隔带宽度不小于2米,左侧路缘带宽度通常取0.75米,以保障车辆变道安全及护栏安装空间。中间带过渡段设计需与平纵线形变化同步,采用渐变率不小于1:100的线性过渡,避免因宽度突变引发驾驶行为异常。(4) 排水设施设计需与横断面结构深度融合,通过边沟、截水沟及排水管构建地表与地下排水网络,边沟深度应不小于0.4米,宽度根据汇水面积取0.6~1米,其纵坡坡度需与路线纵坡协调以保障排水效率。截水沟设置于路堑坡顶或填方坡脚,用于拦截外部径流,其断面尺寸需根据降雨强度与汇水面积计算确定。而排水管则用于连接边沟与自然水系,其管径需满足最大流量要求并预留检修空间。

2.3 特殊路段设计

现代公路特殊路段设计需针对复杂地形、不良地质及交通功能转换等场景,通过技术参数优化与结构创新实现安全、高效与耐久的协同。(1) 复杂地形路段设计以地形适应性为核心,山区公路需通过展线技术平衡坡度与工程量,采用螺旋展线、回头曲线或分层填筑等方式控制最大纵坡不超过8%,同时结合隧道与桥梁选线缩短里程并减少对地表生态的扰动^[3]。平原微丘区则需重点解决软土地基沉降问题,通过真空预压、塑料排水板或水泥搅拌桩等加固技术提升地基承载力,并设置沉降观测点动态调整路面结构层厚度。(2) 不良地质路段设计以灾害防治为导向,滑坡地段需结合地质勘察数据确

定滑动面位置,采用抗滑桩、预应力锚索或格构梁等支挡结构稳定边坡;岩溶地区应通过物探与钻探结合的方式查明溶洞分布,对影响路基稳定的溶洞采用注浆加固或跨盖处理,并设置沉降监测系统预警潜在风险。(3) 地震活跃区需强化结构抗震性能,桥梁采用减隔震支座与延性设计,隧道通过柔性接头与抗震缝提升变形适应能力,路基则采用级配碎石或橡胶颗粒改良填料吸收地震能量。(4) 立体交叉路段设计以交通流高效转换为目标,互通式立交匝道线形需满足离心加速度变化率要求,通过合理设置变速车道长度与分流鼻端曲率半径保障行车安全;匝道纵坡坡度应控制在4%以内,避免重型车辆爬坡困难。

3 现代技术手段在路线设计中的应用

3.1 数字化设计技术

数字化设计技术正深刻改变着现代公路路线设计的模式与方法,其中BIM与无人机测绘及三维建模技术的集成应用成为提升设计效率与质量的关键手段。(1) BIM技术通过构建包含几何信息、属性信息及空间关系的三维数字化模型,实现了路线设计从二维平面到多维动态的跨越。在路线设计中,BIM模型可整合地形数据、地质资料、交通流量等多源信息,支持设计师在虚拟环境中进行多方案比选与协同优化。同时,BIM的碰撞检测功能可提前发现管线交叉、边坡与结构物冲突等问题,减少施工阶段变更,降低全生命周期成本。此外,BIM模型与GIS(地理信息系统)的融合进一步扩展了其应用场景,设计师可基于高精度地形数据开展三维选线,直观评估路线对生态敏感区、耕地、居民区的影响,优化选线方案以平衡工程经济性与环境友好性。(2) 无人机测绘与三维建模技术则为路线设计提供了高效、精准的空间数据获取手段^[4]。传统测绘依赖人工测量或航空摄影,存在周期长、成本高、数据更新慢等局限,而无人机搭载激光雷达或倾斜摄影设备,可快速获取高分辨率地形点云与影像数据,通过算法自动生成三维实景模型。这些模型不仅包含地表形态,还能反映植被、建筑物等细节,为设计提供真实场景参考。在复杂地形区域,无人机可深入人工难以到达的区域,捕捉关键地形特征,辅助设计师制定更合理的纵断面设计,减少高填深挖对生态的破坏。更重要的是,无人机测绘数据可与BIM模型无缝对接,形成“空天地一体化”数据平台,设计师可在统一坐标系下开展设计,确保各专业数据的一致性。随着人工智能与机器学习技术的发展,无人机测绘数据还能实现自动化处理与分析,如自动识别地质灾害隐患点、提取道路边界等,进一步缩短设计周期,提升决策

科学性。

3.2 智能交通系统（ITS）融合

（1）智能交通系统（ITS）的深度融合正重塑现代公路路线几何设计的范式，其中车路协同（V2X）技术与动态交通管理系统的协同作用尤为显著。V2X通过车辆与道路基础设施的实时通信，使路线设计突破传统静态几何约束，转向动态适应性框架。例如，在弯道设计中，传统方法依赖固定半径与超高值平衡离心力，而V2X可实时传输车辆速度、载重及轮胎-路面摩擦系数等数据，使设计参数动态调整以匹配实际行车条件，既提升安全性又减少不必要的土方工程。（2）动态交通管理系统与ITS的融合进一步强化了路线设计的实时响应能力。基于多源传感器与V2X数据的实时交通流分析，系统可动态调整路线几何参数以缓解拥堵。如在事故频发路段，通过临时降低设计速度、收窄车道宽度或增设紧急停车带，引导车流分散至替代路径，同时利用可变情报板与车载导航同步更新限速信息，实现设计标准与运行状态的动态匹配。（3）信息发布系统的智能化升级则使路线设计更注重用户感知体验，通过整合天气、路面状况及周边服务设施数据，设计可优化视距三角形、标志标线布局及休息区位置，确保驾驶员在复杂信息环境下仍能快速获取关键导航指令。并且，动态车道管控技术通过可变导向箭头与潮汐车道，使路线横断面设计具备时空复用能力，同一物理空间在不同时段可承载不同方向或类型的交通流，显著提升土地利用效率。

3.3 仿真模拟与优化

（1）交通流仿真软件如VISSIM通过微观建模技术，可模拟车辆跟驰、换道、行人交互等复杂行为，结合动态交通分配算法，能精准评估不同路线方案下的交通流运行效率，包括延误时间、排队长度、通行能力等关键指标。其三维可视化功能可直观呈现交通冲突点、视距遮挡等安全隐患，辅助设计师优化平纵线形组合。（2）Synchro则侧重于信号控制交叉口的仿真优化，通过定时信号配时与感应控制的动态模拟，可量化分析路线方案

对交叉口服务水平的影响，为路线局部改线或立交设置提供数据支持。两类软件通过与GIS平台的集成，可实现地形、地质、环境等多源数据的融合分析，提升路线方案比选的科学性。（3）遗传算法等智能优化方法在路线选线中展现了强大的全局搜索能力^[5]。针对传统选线方法易陷入局部最优的缺陷，遗传算法通过编码技术将路线控制点转化为染色体，以土石方工程量、行车安全性、环境影响等构建多目标适应度函数，利用选择、交叉、变异操作实现种群进化。改进的自适应遗传算法通过动态调整交叉概率与变异概率，可平衡算法的全局探索与局部开发能力，避免早熟收敛。（4）结合三维空间建模技术，遗传算法能自动规避不良地质区域，优化纵断面设计参数，减少高填深挖对生态的破坏。多目标遗传算法进一步引入精英保留策略与帕累托排序机制，可同时优化建设成本、运营效益、环境影响等多个冲突目标，生成非支配解集供决策者选择。

结语

综上所述，现代公路路线设计是技术、安全与生态的协同集成，其核心在于通过科学选线、精准参数控制及智能化技术应用，构建安全、高效、绿色的交通基础设施。未来，通过技术迭代与理念创新，现代公路路线设计将更好地服务于交通强国战略，为经济社会高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]邓悦.公路路线设计中存在的问题及设计要点分析[J].工程技术研究,2024(21):188-190.
- [2]郑永祥.公路路线设计中存在的问题及设计要点研究[J].运输经理世界,2023(03):20-22.
- [3]朱晋超.改扩建公路路线设计关键要素分析[J].时代汽车,2022,(22):192-194.
- [4]秦焕城.改扩建公路路线设计要点的探析[J].四川水泥,2024,(12):274-276.
- [5]陈结.改扩建公路路线设计关键要素探析[J].散装水泥,2023,(03):191-193.