

基于路线布设及路基设计的公路设计要点分析

张文超

内蒙古启兴建设工程有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要: 本文聚焦公路设计中路线布设与路基设计要点,选线方面,强调地质条件适应性,通过勘察评估规避风险;结合地形优化走向,降低施工成本;遵循环境影响最小化原则,保护生态、水资源等。平面与纵面设计上,分别对线形设计、纵面线形设计及空间线形协调性提出技术要求。路基设计涵盖横断面、填筑与压实、排水及特殊路基处理技术。同时,探讨了路线布设与路基设计的协同优化,包括地质-路线-路基一体化、环境适应性及经济性平衡分析,为公路设计提供全面指导。

关键词: 公路设计;路线布设;路基设计;技术要点

1 公路路线选线原则

1.1 地质条件适应性

地质条件是公路选线首要考量,直接关乎路基稳定性、施工难度与运维成本,需从勘察评估、风险规避、方案优化三方面落实适应性原则。勘察阶段,通过地质钻探、地震勘探等手段,全面掌握路线走廊带地层岩性、地质构造、水文地质及不良地质分布,形成详细勘察报告。选线时优先选地层稳定、岩性均一区域,避开不良地质路段,如遇断层破碎带无法绕避,选影响范围小、宽度窄的段落,控制路线与断层夹角大于 45° ;避开滑坡体中部和前部,选后部稳定区或绕避。若必须穿越不良地质区,需提前制定处置预案,如软土地基换填加固、泥石流路段设截排水工程,从源头保障公路安全,减少后期维修成本。

1.2 地形条件优化

公路选线需结合地形,优化走向与技术指标,实现“顺应地形、减少开挖、降低成本”,复杂地形区域尤为关键。选线时依据地形坡度、高差、地貌特征调整布设形式,山区高差大时用“之”字形路线、隧道桥梁组合,避免大规模削坡填谷;丘陵地带选平缓区域,降低纵坡坡度与坡长。同时平衡路线指标与地形适配性,地形受限山区路段,可在规范内适当降低平曲线半径(如二级公路极限最小半径60m)、增大纵坡(如三级公路最大纵坡8%),但需满足行车视距与离心力要求。还需考虑施工便利,路线靠近既有道路便于材料运输,避开复杂地形区域减少施工难度与风险,实现路线与地形和谐统一^[1]。

1.3 环境影响最小化

生态环保理念下,公路选线需遵循环境影响最小化原则,减少对生态、水资源、文化遗产及居民生活的干

扰。生态保护上,避开生态敏感区域,无法绕避时用隧道桥梁无害化穿越,控制与敏感区距离(如距自然保护区核心区 $\geq 1\text{km}$),减少开挖与植被破坏,施工后用乡土植物恢复植被。水资源保护上,避开饮用水水源保护区(如一级保护区边界50m内不布路基),跨河桥梁选避开鱼类产卵场的位置,用大跨度减少桥墩,设完善桥面排水防污水入水体。文化遗产保护上,避开文物古迹与历史文化核心区,靠近时控振动噪音并设防护设施。同时避免路线穿村过镇减拆迁,穿居民区时设降噪设施(昼间 $\leq 70\text{dB}$ 、夜间 $\leq 55\text{dB}$)与便民通道,实现公路与环境协调。

2 公路路线平面与纵面设计技术

2.1 平面线形设计

公路平面线形由直线、圆曲线、缓和曲线构成,设计需满足行车安全舒适与经济要求,结合地形地质优化指标。直线长度要合理,过长(如二级公路超20V,V为设计速度 km/h)易致驾驶员疲劳,过短则线形频繁转折,平原用较长直线(不超规范限值),山区缩短直线多设曲线。圆曲线半径依设计速度与地形确定,优先选 \geq 一般最小半径(如80 km/h 一级公路400m),确保离心加速度 $\leq 0.15\text{m/s}^2$;地形限制用极限最小半径(如80 km/h 一级公路250m)时,同步设超高($\leq 6\%$)与加宽(如大型车单车道1.5m)。缓和曲线设直线与圆曲线间,长度 \geq 规范最小值(如60 km/h 二级公路50m),满足过渡与视距要求。另外,平曲线需保证停车视距(如100 km/h 高速公路160m),不足时设视距台,避免连续急弯(反向曲线间直线 ≥ 2 倍设计速度),确保线形流畅。

2.2 纵面线形设计

公路纵面线形由坡段与竖曲线组成,设计需结合地形、排水与安全,控制纵坡、坡长与竖曲线指标。纵坡

坡度与坡长严格遵规范,如高速公路最大纵坡5%(山岭区6%)、最长坡长800m(100km/h),二级公路最大纵坡8%(山岭区10%)、最长坡长400m(60km/h)。避免连续陡坡,连续上坡设缓和坡段(坡度 $\leq 3\%$ 、长度 $\geq 300\text{m}$),连续下坡设避险车道与降温池。竖曲线依功能设计,凸形竖曲线依停车视距定半径(如80km/h一级公路一般最小半径4500m、极限3000m),凹形竖曲线依离心加速度定半径(如80km/h一般2000m、极限1500m),底部设 $\geq 0.3\%$ 排水坡防积水。纵面与平面需协调,避免“急弯配陡坡”(平曲线半径小于一般最小值时纵坡 $\leq 4\%$),控制纵面起伏频率,确保行车平顺^[2]。

2.3 空间线形协调性

空间线形协调性指平面、纵面与横断面有机结合,实现“平纵匹配、空间流畅、视觉连续”,避免驾驶员判断失误。核心是平纵匹配,遵循“平包竖”,平面曲线长度 \geq 竖曲线长度,避免不良组合,如平曲线半径小于一般最小值时纵坡 $\leq 3\%$ 、竖曲线半径为平面的10-20倍,直线段纵面需平缓。视觉连续性上,用BIM技术模拟行车视角,确保线形流畅无遮挡,如山区曲线重叠时保证起终点可见。还需结合横断面,平曲线超高路段合成坡度 \leq 规范限值(如高速公路10%)防侧滑,纵坡大的路段横断面排水坡与纵坡协调防积水,提升驾驶舒适性与安全性,增强公路与地形融合度。

3 公路路基设计的关键技术

3.1 路基横断面设计

路基横断面设计是公路路基设计的重要环节,需依据公路等级、设计速度以及交通流量等关键因素,精准确定断面形式与具体尺寸,涵盖路基宽度、边坡坡度、超高与加宽等多个方面,以此保障路基具备足够的承载能力、良好的稳定性以及顺畅的通行条件。路基宽度由行车道、路肩、中间带等部分构成。例如,设计速度为120km/h的高速公路,双向四车道的路基宽度通常为28m,其中行车道宽度为 $2\times 2\times 3.75\text{m}$;而设计速度60km/h的二级公路,双向两车道的路基宽度一般为12m,行车道宽度为 $2\times 3.5\text{m}$ 。边坡坡度需结合填料类型、填筑高度以及地质条件综合确定,填方碎石土的边坡坡度一般为1:1.5-1:1.75,黏性土则为1:1.75-1:2.0;挖方微风化岩的边坡坡度为1:0.1-0.5,强风化岩为1:0.5-1.0,若地质不稳定,还需设置相应的加固措施。超高与加宽需与平面线形相匹配,超高横坡度一般不超过6%,并在缓和曲线内实现过渡;当平曲线半径小于等于250m时,需设置加宽,具体加宽值依据车型确定,且同样在缓和曲线内过渡。此外,路肩应设置不小于2%的横坡,土路肩需设

置急流槽,多雨或高填方路段则要设置不小于1m的护坡道,以保障排水顺畅和路基稳定。

3.2 路基填筑与压实技术

路基填筑与压实质量直接决定了路基的承载能力和稳定性,因此必须严格遵循“分层填筑、分层压实、控制含水率、检测合格”的原则,从填料选择、填筑工艺和压实操三个方面进行全面把控。在填料选择方面,应优先选用级配良好的粗粒土,如碎石土等,这类填料透水性好、压缩性小、强度高;若使用不良填料,如黏性土等,则需进行改良处理,例如掺入石灰等,确保加州承载比(CBR)值达到标准要求,如高速公路上路床的CBR值应不小于8%。填筑时应采用分层填筑法,每层填筑厚度依据所使用的机械确定,一般重型压路机作业时每层厚度不超过30cm,同时要严格控制填料的含水率在最佳含水率的 $\pm 2\%$ 范围内,含水率过高时需进行晾晒,过低时则需洒水增湿。边坡应超宽30-50cm,以防止修整后出现压实不足的情况,填筑顺序应从两侧向中心进行。压实操作应选用适配的机械,路床部分宜使用不小于20t的重型压路机,路堤下部可使用中型压路机,遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则,碾压遍数一般为6-8遍,具体由试验段确定,确保压实度达到标准要求,如高速公路路床的压实度应不小于96%。整个填筑与压实过程需采用环刀法等进行检测,检测合格后方可进行下一层的填筑。

3.3 路基排水设计

路基排水设计是保障路基稳定和延长使用寿命的关键,需要构建完善的“防、排、截、疏”排水体系,涵盖地表排水、地下排水以及坡面排水等多个方面,以防止水害导致路基失稳。地表排水主要由路面横坡、路肩排水、边沟等组成。路面应设置2%-4%的横坡(超高路段除外),将水引导至路肩,路肩则通过横坡或路肩沟将水导流至边沟;边沟应依据地形选择矩形等合适的断面形式,纵坡一般不小于0.3%,山区路段还需设置跌水与急流槽。挖方路基上方或山坡处应设置截水沟,以截断地表水^[3]。地下排水主要针对地下水,对于含水层路段,应设置盲沟、渗沟等设施,降低地下水位;对于软土地基,可设置排水砂垫层,加速地基固结。坡面排水可采用骨架护坡、植草护坡等方式,并结合急流槽将水导流至安全区域,避免水流冲刷边坡。排水系统的各个部分需衔接顺畅,确保水能够及时排出路基范围,从而保障路基的稳定性和使用寿命。

3.4 特殊路基处理技术

特殊路基(软土、膨胀土、冻土等)需针对性处

理,保障稳定性。软土路基处理依厚度与性质,薄层($\leq 3\text{m}$)用换填法换填碎石等;厚层用排水固结法(设塑料排水板)、复合地基法(碎石桩等),加速沉降固结。膨胀土路基需控制含水率,设封闭隔水层(黏土封面等),边坡用骨架植草或浆砌片石防护,避免胀缩破坏;路床换填非膨胀土,厚度 $\geq 0.8\text{m}$ 。冻土路基分季节冻土与多年冻土,季节冻土设排水系统防冻胀,用非冻胀土填筑路床;多年冻土需保护冻土环境,用保温材料(聚苯乙烯板)覆盖,避免融化沉降,填方用粗颗粒土,设通风管调节温度。特殊路基处理需结合勘察,制定专项方案,确保处理效果与路基长期稳定。

4 路线布设与路基设计的协同优化

4.1 地质-路线-路基一体化设计

协同优化公路设计,首要任务是实现地质-路线-路基一体化设计。这意味着要将地质勘察工作贯穿于公路设计的全过程。在选线阶段,设计人员需充分结合详细准确的地质数据,精准避开重大不良地质区域,像活动断层、大型滑坡体等,为后续的路基设计奠定坚实的基础。进入路线线形设计环节,要根据不同地质条件灵活调整设计指标。例如,在软土地区,适当增大平曲线半径、降低纵坡坡度,以此减少路基处理的难度和工程量。同时,路基设计过程中若发现新的不良地质情况,要及时反馈给路线设计部门,以便迅速调整路线走向。而且,路线设计与路基设计应同步推进,比如在山区公路设计中,当确定采用隧道或桥梁方案时,要同步开展洞口路基的防护设计,确保路线与路基在设计上高度适配,有效减少后期施工变更,全面提升公路整体的稳定性和经济性。

4.2 环境适应性设计

路线与路基的协同设计必须高度重视环境适应性。在选线过程中,要尽可能避开生态敏感区域,如自然保护区、风景名胜区分等。若确实无法避开,应优先采用隧道、桥梁等工程形式穿越,最大程度减少对生态环境的破坏。与此同时,同步设计路基的生态防护措施,例如在边坡植草时,优先选用乡土植物,这些植物适应性强,能更好地融入当地生态系统。路基施工过程中,要严格落实环保要求,采取有效措施减少对周边植被的破

坏,合理规划弃土场,设置完善的防护设施,并在施工结束后及时进行复垦。路线线形设计应与地形自然协调,避免大填大挖等破坏性施工方式,路基边坡采用生态护坡技术,使其与周边环境融为一体^[4]。另外,还要充分考虑公路运营期的环境影响,在路线两侧设置声屏障降低噪音,优化路基排水系统,防止污水污染周边水体,实现公路建设与自然环境的和谐共生,满足可持续发展的要求。

4.3 经济性平衡分析

协同优化需做好经济性平衡,路线布设时对比不同方案(绕避与穿越不良地质)的成本,如穿越软土区需算路基处理费,绕避需算桥梁隧道费,选总成本低方案。路基设计在满足安全与环保前提下,优化断面与处理方案,如合理确定路基高度,减少填筑量;特殊路基选性价比高的处理技术。同时,考虑全生命周期成本,不仅算建设成本,还算运维成本,如生态防护虽初期成本高,但后期运维成本低,实现短期与长期经济平衡,提升公路设计整体效益。

结束语

公路设计中的路线布设与路基设计紧密关联、相互影响。从选线到线形设计,从路基各环节设计到特殊路基处理,再到二者的协同优化,每个要点都关乎公路的质量、安全、经济与环保。通过地质-路线-路基一体化、环境适应性及经济性平衡分析等协同优化策略,能实现公路与自然、经济的和谐统一。未来公路设计需持续创新,融合新技术、新理念,不断提升设计水平,为交通事业发展和区域经济繁荣提供更坚实的支撑。

参考文献

- [1]王红梅.研究公路工程设计中路线布设及路基设计难点[J].黑龙江交通科技,2020,43(10):15-16.
- [2]李智.公路工程设计中的路线布设及路基设计[J].中国公路,2020(06):102-103.
- [3]李桢蒙.基于路线布设及路基设计的公路设计要点分析[J].建筑与装饰,2025(9):79-81.
- [4]许自强.基于路线布设与路基设计的公路工程设计要点及难点研究[J].科技资讯,2024,22(15):123-125.