

# 道路与桥梁设计中的曲线段行车视距保障技术探讨

文 / 吴丽虹 深圳市新城市规划建筑设计股份有限公司

**摘要：**行车视距在道路设计中的运用，是从行车安全的角度出发，保证驾驶员在驾驶过程中有着良好的视野宽度，及时发现前方的障碍物及危险，以及时做出驾驶反应，避免交通事故发生。本文聚焦于道路与桥梁中曲线段行车视距的设计约束条件，深入探讨了超高优化与边坡滚制、桥梁腹板通视孔施工、分隔带透视图窗口构造以及隧道照明与反光导向等保障技术，为最终通车状态下视距指标满足全时段、全路径、全结构稳定性要求提供了参考。

**关键词：**曲线段；行车视距；桥梁腹板通孔；道路与桥梁

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.066

## 引言

当前，道路与桥梁基础设施建设已迈入多功能、多维度统筹设计的新阶段，交通安全控制逐渐从结构强度主导向视距连续性、驾驶人感知完整性转变。在这一背景下，曲线段行车视距问题被重新置于核心议题。由于曲线段本身具备转向路径不确定性、空间遮挡概率高及车辆姿态变化剧烈等特征，驾驶人认知信息链条往往在进入曲率变化区后出现断裂，直接增加制动迟滞与路径判断错误的风险。鉴于此，本文对道路与桥梁设计中的曲线段行车视距保障技术进行了探讨。

### 一、行车视距概述

行车视距是指汽车行驶时，驾驶人员从看到前方路面上的障碍物或迎面来车起，至采取措施避免与障碍物或迎面来车相撞所行驶的距离。行车视距一般是停车视距、超车视距、会车视距和错车视距的总称。停车视距是指驾驶员发现前方有障碍物，使汽车在障碍物前停住所需要的最短距离；会车视距是在同一车道上有对向的车辆行驶，为避免相碰而双双停下所需要的最短距离；超车视距是快车超越前面的慢车后再回到原来车道所需要的最短距离。错车视距是指在狭窄路段两车交错通过时，为确保安全通行所需的最小可视距离。各国的技术标准规定了不同车速下的最短停车视距和超车视距，近似地取会车视距和错车视距为停车视距的两倍。在这个

距离内，凡高于 1.2m 的阻碍司机视线的物体都要清除。

行车视距除上述提及部分外，还有弯道视距、纵坡视距及平面交叉口视距<sup>[1]</sup>。对于城市道路上，停车视距和会车视距较为重要；而对于公路，后四种视距对安全行车影响较大。中间无分隔带的道路应能保证会车视距，对有中间分隔带的较高级道路可仅保证停车视距。对向行驶的双车道道路，根据需要结合地形设置具有足够超车视距的路段。为此，在道路设计中，在平面弯道和交叉口处应注意清除内侧障碍，在纵断面的凸形变坡处，应注意采用足够大的竖曲线半径。

### 二、道路与桥梁设计中对曲线段行车视距的要求

#### (一) 视距应与设计速度严格对应

在曲线段行车安全控制中，设计速度的选定必须与最小视距的等级标准保持严密耦合。视距长度不得低于该速度条件下的停车反应距离与制动距离之和，亦不可脱离速度参数采用经验化近似估值。在存在变速区段或速度过渡段时，应始终以最高允许速度作为视距评判依据，避免设计偏差造成驾驶人感知滞后<sup>[2]</sup>。任何将均值、调和值或局部限制速度作为视距设计基准的做法均不具备合理性。视距参数的选取应具备唯一性、强制性与封闭性，禁止出现多解空间或模糊余量。为了避免视距设计出现主观化、经验化偏差，需从交通行为、道路类型、结构构型三个维度建立逻辑闭环的判断框架，具体可见下表。

表 1 不同条件下视距设计的控制维度与设计取向

控制维度	要素示例	设计取向与判断原则
道路类型	高速公路、快速路、山岭公路	以停车视距为刚性底线，超车视距按需强化
交通特性	高密度车流、混合交通、夜间运行	需额外保留视觉识别冗余，不宜临界设计
速度构型	匀速区段、变速区、限速区	以最高允许速度对应的视距为唯一设计基准
线形特征	水平曲线、竖曲线、复合曲线	选取最不利点作为判断断面，避免区段性收缩
结构障碍	中分带、腹板、边坡、声屏障	不得压缩视距带宽，需留足驾驶人连续视线通道

#### (二) 线形转折区不得压缩视距

在水平曲线、竖曲线及其叠加区，驾驶人需在动态行驶过程中保持对前方路径的完整感知。任何线形转折均不得成为视距收缩的起始点。若存在变半径、折线式过渡或非对称曲率，视距必须在全程维持稳定而非波动状态，防

止在短时间内发生感知跳变。空间投影关系中，视线通道应覆盖车辆运行路径上的最大包络，不得因转向角增加而导致盲区扩展。特别在“凹形竖曲线+内侧水平弯道”的复合构型中，视距应满足最不利点处的最低通达要求，而不能依赖视觉补偿机制对安全进行事后修正。

### （三）桥梁结构不得构成视线遮挡

曲线桥段中，视距的形成条件需以结构边界为判定前提，任何梁体外缘、腹板构件、墩柱排列、横向设备等实体要素均不得出现在行车方向的视域核心内。若结构布局导致驾驶人视线被强制偏转、削减或中断，应判定为不满足视距要求。尤其在横断面不对称、双向结构交错或侧向净距不足的桥型中，视距不得仅依靠单侧通廊计算，而要以双向线形重叠下的最小可视带宽度作为边界控制指标。结构性遮挡一经识别，不得以附属设施优化手段替代原始视距条件的达成。

### （四）交织区应满足多路径视距判定标准

于立交、环道及多路径分合区，行车视距控制不应局限于主线轨迹，而应对所有可能路径的最短视距进行同步校核。对于交汇点、并道段、绕行匝道及临时变道区域，各路径所需视距不得以主车道参数推定代替<sup>[3]</sup>。多路径体系中，最低视距标准应根据复杂流态下的时距分布和空间交互条件独立设定，任何以单路径最短距离推导全段安全视距的做法均属方法性错误。驾驶人需在任一操作决策前拥有足够可辨识空间以完成路径识别、变向判断与风险规避，且各路径间不得因遮挡、叠交或高差变化形成非预警型感知死角。

## 三、道路与桥梁设计中的曲线段行车视距保障技术

### （一）曲线段超高优化与边坡滚制技术

在山区或丘陵地形中，公路设计不可避免地大量采用小半径水平曲线，而这些路段由于横向视域受限，极易形成局部视距不足问题。因此在施工阶段引入超高率优化与边坡滚制的复合技术，成为提升曲线段行车视距保障能力的有效路径之一。

所谓超高优化，并非仅在图纸中提升横坡设计值，而是需要结合现场地形与交通运行条件，在实际施工中进行精细化调控。施工单位常采用“变幅调坡”方式，结合现场平曲线半径，将设计超高率在原规范允许范围内向上调整，并严格控制过渡段变化率，避免因坡度突变引发车辆偏移或侧滑。这一过程需辅以高精度测量仪器，在全站仪放样完成后使用激光平整器实时反馈施工误差，确保横向坡度一致性。与此同时，边坡滚制的处理则聚焦于削减内侧可视阻碍。传统边坡多采用固定坡比施工，在不影响边坡稳定性与排水功能的前提下，施工人员可通过多级压实碾压，将坡顶向后“翻滚”一定范围，以压低内侧土体高度，从而释放驾驶人视线通道<sup>[4]</sup>。常见的处理宽度为1.0米至1.5米，压实后设置草皮或植生毯以稳定边坡表层，防止雨蚀破坏影响后期运营安全。对局部弯度大的区域，还可采用层层切割再回填技术，先削除上部土体，调整后回填至预设坡型，增强坡顶横向延展性。该项技术的实际效果须依靠现场视线复测来确认，即施工完成后，要组织专业测绘团队以车辆眼高标准在多个入弯点进行测线测试，并辅以视距追踪曲线

图进行横断面投影分析。若实测视距达不到设定标准，则需及时局部回补施工误差区域，直至连续可视段满足规范下限。

### （二）桥梁腹板通视孔施工技术

在曲线桥梁设计与施工过程中，由于结构形式多采用箱梁、T梁或变截面连续梁，内侧腹板往往在曲线半径较小时形成遮挡带，使驾驶人在切入弯道前视线被腹板遮断，无法及时观察前方通行状况，造成视距严重不足。为解决该问题，工程实践中已逐步推广一种结构性修正方式，即在不影响受力主路径的前提下，于曲线段关键腹板位置设置通视孔，进而形成具备连续视线通道的构造（如图1所示），直接改善视觉盲区。

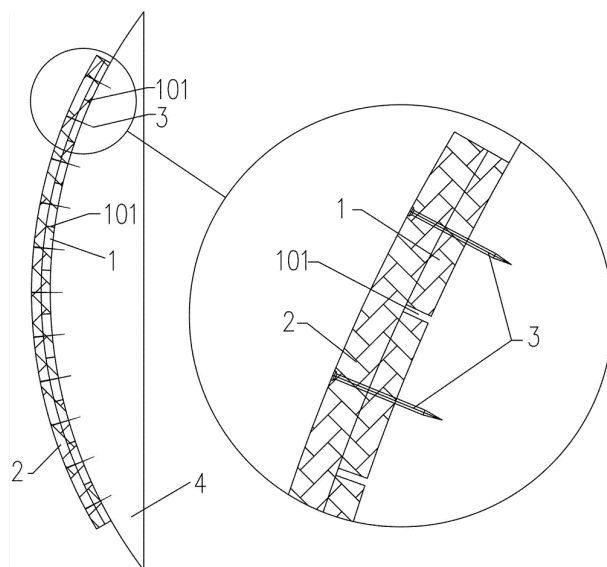


图1 曲线箱梁腹板开设通视孔的结构示意

该技术的实施需要结合桥梁受力分析结果，在结构次要受力区精确开孔。通常选择腹板中下部区域，避开弯矩最大区与剪力集中带，采用弧形或矩形通视窗，其宽度一般不超过腹板净宽的1/8，高度控制在净高的1/3以下，确保不会引起局部强度退化<sup>[5]</sup>。为增强通视孔边缘的结构稳定性，在孔周添加劲肋或附加环箍钢筋，并在施工图阶段通过有限元分析进行边缘应力核验，验证开孔后结构响应满足《公路桥涵设计通用规范》的安全储备指标。在实际施工中，常采用两种方式完成通视孔预留。一种是模板预开式，即在钢筋绑扎前将开口模具布置到位，待混凝土浇筑完成后拆模成型；另一种是后切式处理，常用于既有桥改造工程中，施工人员需利用金刚石绳锯或水切割装置切除混凝土，再封边加固。前者适用于新建项目，后者则适用于旧桥升级，对设备精度与施工环境要求更高，需设置防护罩防止钢筋裸露腐蚀。为了进一步避免隧道、遮挡物或附属结构再次干扰视距，还需要配合进行交通设施的空间协调调整。例如，当灯杆、检修梯或声屏障构件恰位于通视窗口的投影路径上，应在设计中向外偏移至少0.5米，并在平曲线转

角区设置对称双孔，以消除单一通道无法涵盖弯道整段的风险。

### （三）中央分隔带低植被窗口与砌体开裂技术

在城市快速路及部分山区高速路桥复合段中，中央分隔带一方面承担防眩与隔离功能，另一方面却在曲线段形成了极大的视线遮挡。由于多采用高植被、砌体墩墙或钢筋混凝土组合结构，一旦其高度与半径投影重叠，往往导致驾驶人视距在进入弯道之前大幅削弱。因此需要采用低高度可视窗口与定向开裂构造的组合手法进行修正处理，以物理方式恢复中轴线视通带。该技术并不依赖结构性贯通，而是采用“分段剖切—高程控制—非连续布设”的思路重构分隔带形式。对于植被类分隔带，如金叶榆、紫穗槐、红花檵木等常见绿化植物，其高度控制在0.4米以下，采用“短株/低枝/不闭合”式种植。每段长度3至6米，中间留出1.5至2米视距窗口，形成类似百叶窗结构的视觉穿插。窗口设置位置结合曲线内缘视域模拟确定，其主控点为驾驶人眼点高度2.0米在进入曲线50米处应可预判对向来车状态。对于砌体式隔离结构（如仿石护栏、砖砌挡墙），建议采用非承重缝设断块结构方案。在该方案中，每隔10至15米设置一道45°倾斜的结构缝，该缝不贯穿基础，仅在表面砖层或护栏装饰板中形成三角形斜面带，缝宽保持在30毫米以内，并封装可拆卸面板。这些缝隙位置严格按照曲线投影计算排布，使驾驶人沿视线轴能够在行驶过程中依次捕捉对向车流动向，从而实现动态穿透。为保证上述结构具备可操作性，设计阶段最好引入BIM视线建模系统进行反复修正。

### （四）曲线隧道段照明配光矫正与反光标布设技术

在桥隧相接路段或长曲线隧道内部，由于结构连续封闭且车速维持在高速或亚高速状态，常规线性照明布设模式难以保证驾驶人视距持续有效，尤其在小半径曲线或复合坡度重叠区域，夜间视觉遮蔽效应更为显著。对此，工程实践中逐步发展出“配光矫正+反光标记导向”双技术路径，在小半径曲线或复合坡度段显著提升夜间视认（如图2所示）。配光矫正技术本质上是在灯具布设阶段调整光束投射角与配光分布模式，使灯光投向路径贴合道路平面弯曲趋势。具体操作中，优选非对称型LED隧道灯，其投光角度范围为40°至60°，可根据曲线半径与隧道断面幅度计算出最佳照射偏角，通常控制在道路中心线左右15°以内，以形成包裹式光带。灯具安装高度控制在3.5米至4.5米之间，灯间距则根据反射亮度标准不超过15米。在广东某环城高速曲线隧道段，使用该布设方式后，照度均匀度提升了37%，避免了传统中轴布光形成的光斑堆叠与阴影断带现象。与此同时，配套的反光标设置也不再采用匀质分布，而是采用“增强型导向布设”策略。在曲线半径小于300米的段落，每5米设置一组黄白交替的反光标贴，附着于隧道侧墙

或护栏上，标贴中心高度控制在车灯照射主轴附近的0.6米至0.8米范围，且材料选用反射率大于0.8的工程级高亮膜。此外，在视距极限点之前（即驾驶人眼点与内壁夹角趋于90°的位置），辅设反光三棱柱或反射柱脚环结构，以提前提供“转向预警诱导”。此种布设方式能够强化驾驶人对弯道弧度与路径流向的感知，降低视觉滞后造成的反应失调。



图2 线隧道LED配光及彩色反光环诱导

### 结语

随着道路与桥梁建设的快速发展，人们对行车安全提出了新的要求，作为影响行车安全的行车视距得到了较为广泛的研究。本文围绕曲线段行车视距保障的技术体系进行了梳理，超高优化与边坡滚制技术能够在不改变整体线形的前提下调整局部坡面空间形态，为驾驶人释放更大侧向视域。桥梁腹板通视孔施工则能有效解决结构刚性遮挡的问题，为曲线段内视距保持提供结构性改良方案。分隔带低植被窗口与裂缝布设实现了对视觉干扰源的定向控制，而隧道段的照明矫正与反光标布设则构建了夜间弱光条件下的辅助视觉系统，可提升驾驶过程中的路径辨识能力。未来，亟需建立基于驾驶行为数据与三维地形建模的可视性评估体系，整合BIM与视距仿真平台，以实现从设计建模、现场勘查、施工执行到通车复验的全链条视距校核机制。

### 参考文献

- [1] 步佳泽. 行车视距在道路设计中的运用[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(03): 13-15.
- [2] 张欢欢. 道路平曲线行车视距计算方法的优化研究[J]. 北方交通, 2022, (09): 50-53.
- [3] 林国涛, 孙增奎, 肖斌, 等. 综合无人机、GIS、BIM技术的道路设计研究[J]. 公路, 2021, 66(03): 23-26.
- [4] 姜涛. 基于结构化美学体系的道路桥梁设计[J]. 建筑结构, 2022, 52(02): 173-174.
- [5] 王鲁. 公路与市政道路下穿高铁桥梁方案设计研究[J]. 中国铁路, 2024, (02): 62-68.