

# 满足停车视距的平曲线极限最小半径的探讨

徐金胜<sup>1</sup> 李风月<sup>2</sup>

1 浙江数智交院科技股份有限公司

2 浙江省建投交通基础建设集团有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5060

**[摘要]** 基于对现有公路运营状况的分析,诸多交通事故系弯道停车视距不足所致。为确保弯道行车安全,有必要深入探讨满足停车视距要求的平曲线极限最小半径。通常而言,对于设置中分带的公路,左转弯时中分带视距较难保障;而对于二级及以下公路,右转弯时右侧停车视距不易保证,此情况常成为关键控制因素。通过几何关系进行反向推算,并结合实地视点平纵面视距的验算,并提出采取增大平曲线半径或优化横净距等措施,从而保证道路行车安全。

**[关键词]** 平曲线; 极限最小半径; 停车视距

中图分类号: U412.33 文献标识码: A

## Discussion on the Minimum Limit Radius of Horizontal Curves Meeting Stopping Sight Distance Requirements

Jinsheng Xu<sup>1</sup> Fengyue Li<sup>2</sup>

1 Zhejiang Digital Intelligent Transportation Planning Institute Co., Ltd.

2 Zhejiang Construction Investment Transportation Infrastructure Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Based on an analysis of existing highway operating conditions, many traffic accidents are caused by insufficient stopping sight distance on curves. In order to ensure driving safety on curved road sections, it is necessary to further study the minimum limit radius of horizontal curves that meets stopping sight distance requirements. Generally, for highways with a median strip, the sight distance within the median is difficult to guarantee during left turns. For secondary and lower-class highways, the stopping sight distance on the right side is often difficult to ensure during right turns, which becomes a key controlling factor. By performing reverse calculations based on geometric relationships and verifying sight distance through field observations in both horizontal and vertical alignment, this study proposes measures such as increasing the horizontal curve radius or optimizing lateral clearance to ensure roadway traffic safety.

**[Key words]** Horizontal Curve; Minimum Limit Radius; Stopping Sight Distance

### 引言

道路的平面线型通常由直线段、缓和曲线段以及圆曲线段三个基本单元构成,每一部分在道路线形设计中都承担着独特且不可替代的功能。直线段主要用于适用于地形开阔、通视条件良好的路段,有利于高速稳定行驶,缓和曲线段则起到平顺衔接直线与圆曲线的作用,圆曲线是半径为定值的弧线,用于实现方向的平滑转折,使道路能绕避障碍物或顺应地形走向。在进行道路平面设计的过程中,平曲线半径的科学合理选取对于保障车辆行驶的舒适性、提升交通安全性以及优化整体路网运行效率,具有至关重要的意义。若平曲线半径取值过小,将直接导致行车视距严重不足,驾驶人员难以及时、准确地识别前方障碍物或对向驶来的车辆,这不仅会显著提高交通事故的发生概率,同时也会造成车辆通过时不得不减速慢行,从而降低道路的通行

能力,影响行车过程的连续、流畅与快速。在实际的工程设计与建设中,由于受到自然地形起伏、复杂地质条件、沿线现有建筑物或其他人工及环境障碍物等多种客观条件的限制与制约,平曲线半径的选取往往不得不采用设计规范中所明确允许的极限最小值,以在有限空间内完成线形布设。因此,如何在多种约束条件下科学确定、并严格保障圆曲线段满足停车视距基本要求的极限最小半径,已成为道路平面设计中的一项核心任务与重大挑战,其合理与否直接关系到道路投入使用后的安全水平、服务能力及运行质量。

### 1 停车视距

为保证道路的行车安全并充分发挥其使用功能,在整条道路的全线范围内,必须严格确保具备充分而足够的视距条件。视距作为影响交通安全和通行效率的关键因素之一,直接决定了

驾驶人员能否及时感知前方路况、准确判断潜在危险并采取有效的应对措施。在我国现行的路线设计规范中,对视距标准作出了明确且详细的规定:例如,对于高速公路和一级公路这类高等级道路,应采用停车视距作为基本设计标准;而对于二级及以下等级的道路,在受到地形条件限制或存在其他特殊情况时,虽可采用停车视距,但同时应合理规划、间隔设置满足超车视距要求的路段,从而保障车辆在必要时能够安全、顺畅地完成超车操作,避免因视距不足而引发交通拥堵或事故。由此可见,视距在道路设计中占据着极为重要的核心地位,它不仅直接关系到驾驶人员的反应时间长短、车辆所需的制动距离大小,更影响着整体交通流的顺畅性与道路网络的通行效率。

停车视距是指驾驶员在行车过程中,从发现前方道路上出现障碍物或其他需要紧急停车的情况开始,经过反应时间、制动操作,直至车辆完全停止,沿车道中心线所必需的最小距离。这一概念强调的是实际行驶所需的制动距离,而不是简单的视线可见范围。在道路设计中,停车视距的确定对于保障行车安全至关重要,尤其是在弯道等视线受限的路段。对于设有中央分隔带的道路,视距条件最为不利的车道通常是左侧弯道的最左侧车道以及右侧弯道的最右侧车道,因为这些位置往往视线受阻较为明显。而对于未设置中央分隔带的道路,曲线内侧车道由于转弯半径较小、视野受限更为严重,通常成为视距最不利的车道<sup>[1]</sup>。具体车道位置与视距关系可参见图2-1所示。

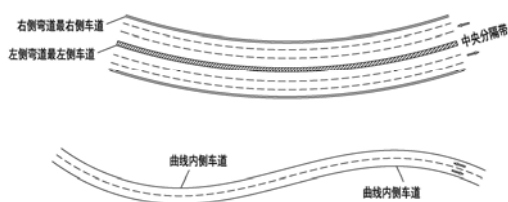


图2-1 需要研究视距的车道

## 2 横净距

横净距是道路设计中的一个重要概念,其主要目的是为了保证驾驶员在平曲线上行驶时具有足够的行车安全视野和横向净距。具体来说,它指的是在道路平面曲线段内侧,驾驶员视线范围内必须保持无遮挡的区域,以确保驾驶员能够清晰地观察到前方的路况和潜在障碍,从而及时做出反应,避免发生交通事故。如图所示,在ABC所标示的范围内,任何可能遮挡视线的物体,如树木、建筑物或其他固定设施,都不应存在,以确保视线通畅。这一设计原则在实际工程中至关重要,直接关系到行车安全和道路使用的舒适性,详细示意图可参考图3-1。

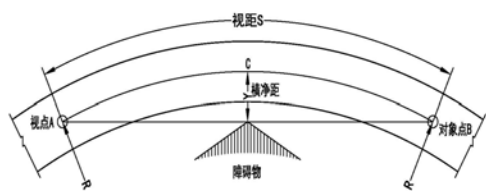


图3-1 视距与横净距图

①第一种情况:当路侧障碍物呈现铅垂状态时,例如常见的行道树木、混凝土材质的高栏、以及各类金属防护栅栏等垂直结构物,其对视线的阻挡作用与道路纵坡变化无关。此时视线分析范围完全位于平曲线路段内,计算所需横净距的公式如下:

$$Y = R \left( 1 - \cos \frac{S}{2R} \right) \div \frac{S^2}{8R} \dots\dots$$

Y: 横净距 (m)

R: 平曲线半径 (m)

S: 视距 (m)

②第二种情况:当障碍物的形状并非铅垂状,而是呈现出其他不规则形态时,若驾驶员的视线恰好位于平面曲线的范围之内,同时纵断面已经进入直线坡段,此时为准确计算所需的横净距,可以采用如下公式进行求解:

$$y = \frac{S^2}{8R} + \frac{N^2(he-h0)^2}{2S^2} R - \frac{N(he-h0)}{2} \dots\dots$$

N: 坡面坡度 (当坡度为1:1时, N=1)

he: 视点高 (1.2m货车2.0m)

h0: 障碍物高 (0.1m)

③第三种情况:当道路前方出现的障碍物并非呈铅垂状,而是具有一定倾斜角度或特殊形态时,若该障碍物恰好位于驾驶员视线范围内的平曲线路段内,同时在道路纵断面方向上又进入了竖曲线 (包括凸形或凹形竖曲线) 的影响范围之内,此时为确保行车安全与视距要求的满足,可采用如下经过严格推导与验证的公式进行计算,以准确求得所需的控制参数数值:

$$y = \frac{S^2}{8R} \cdot \frac{k-NR}{k} + \frac{N^2(he-h0)^2}{2S^2} \cdot R \cdot \frac{k-NR}{k} - \frac{N(he-h0)}{2} \dots\dots$$

k=竖曲线半径凸: k>0 (正), 凹: k<0 (负)

除以上情况之外,当车辆行驶在缓和曲线段时,驾驶员视线若恰好位于该缓和曲线范围内,也可参照上述基本公式进行横向净距的计算。同时,为确保行车安全与线形设计的合理性,应结合实际情况绘制出精确的视距包络图,通过图示方法明确视距范围及障碍物清理区域,从而更有效地满足横向净距的安全标准要求<sup>[2]</sup>。

## 3 保证视距的临界平曲线半径计算

根据对停车视距与横净距的详细分析可知,视距条件最不利的车道主要位于中央分隔带侧左弯车道以及土路肩侧右弯车道。通过系统性地结合我国现行各等级道路标准断面的布设要求和实际参数,能够合理确定不同道路等级所对应的横净距Y值。在此基础上,可以进一步推算出满足特定视距要求的临界最小平曲线半径,具体计算结果可参见图4-1中的曲线图示及表4-1中的详细数据汇总。

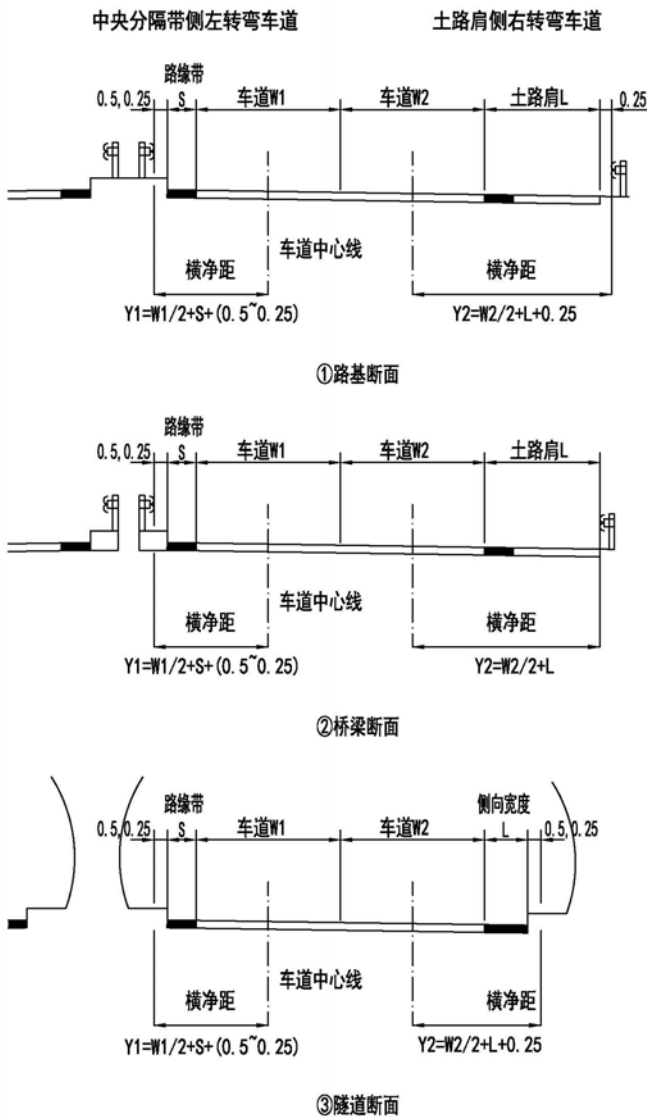


图4-1 横净距计算图

标准横断面组成的临界平曲线半径 表4-1

设计车速 (km/h)	停车视 距 (m)	构造	中分带侧左弯道		土路肩侧右弯道		规范一 般最小 半径(m)	规范极 限最小 半径(m)
			Y1 (m)	临界曲线 半径(m)	Y2 (m)	临界曲线 半径(m)		
120	210	路基段	3.125	1764	5.125	1076	1000	650
		桥梁段			4.875	1131		
		隧道段			3.625	1521		
100	160	路基段	2.875	1113	5.125	624	700	400
		桥梁段			4.875	656		
		隧道段			3.125	1024		
80	110	路基段	2.625	576	5.125	295	400	250
		桥梁段			4.875	310		
		隧道段			2.875	526		
60	75	路基段	2.500	281	2.750	256	200	125
		桥梁段			2.500	281		
		隧道段			2.750	256		

从上表提供的数据可以明确看出,对于中分带侧左弯道而言,无论是位于一般路基段还是桥隧结构物路段,其横净距的数值是完全一致的,这一结果表明在设计标准上两者并未作区分,因此,在计算对应的临界圆曲线半径时,所得出的结果也自然保持一致,不存在因路段类型不同而产生的差异。

而在土路肩侧的右弯道情况下,由于现行规范对道路不同专业部分(如路基工程与桥隧工程)提出了各自的具体技术要求,导致在路基段与桥隧段中,横净距的取值出现了明显差别。正是基于这一差异,最终计算得到的临界圆曲线半径也会相应有所不同,体现出规范在实际应用中针对不同工程条件所做的针对性调整。

基于计算结果的分析表明,中分带侧左弯道车道的临界圆曲线最小半径显著大于土路肩侧右弯道的临界圆曲线半径。因此,在高等级公路的设计过程中,主要需对中分带侧左弯道车道的临界圆曲线半径进行控制,即可满足行车安全性与舒适性的基本要求。而对于低等级公路而言,由于道路条件和使用需求的差异,应优先依据土路肩侧右弯道的临界圆曲线半径进行控制,这样更有利于保障车辆行驶的稳定性 and 道路使用的合理性。

由上表所展示的计算结果与分析可以明确看出,为确保满足停车视距的安全要求,实际所需的路线平曲线最小半径数值明显较大。具体而言,该半径值比《公路路线设计规范》中所规定的极限最小半径标准大约高出2.5倍;同时,与规范中给出的一般最小半径数值相比,也显著增加,大约为其1.5倍<sup>[3]</sup>。两者之间的差距非常明显,这不仅反映出规范标准与实际安全需求之间存在一定的脱节,也进一步说明当前规范中设定的圆曲线半径最小值可能无法充分保障行车安全。因此,从提升道路安全性、优化驾驶员行车体验的角度出发,有必要对《公路路线设计规范》中规定的圆曲线极限最小半径进行适当增大,以更好地适应实际道路设计与交通安全的要求。

#### 4 解决不满足停车视距要求的举措

当道路视距不满足要求时,为保障车辆行驶的安全性,需采取一系列必要举措。针对中央分隔带侧的左弯车道,保障视距的主要措施如下:适度增大圆曲线半径,以扩大驾驶员在弯道处的视野;优化中央分隔带布局,如降低或移除部分绿化植被或设施,防止其对视域造成遮挡;合理拓宽车道,以增加转弯时的可视区域;同时,完善交通安全设施的设置,如设置反光标志、轮廓标及警示牌等,辅助驾驶员准确判断路况。对于土路肩侧的右弯车道,保障视距的关键措施包括:增大圆曲线半径,优化弯道线形;合理拓宽车道,以拓展驾驶员的视野范围;及时清理路侧可能存在的障碍物,如植被、堆积物或其他影响视线的物体;并配备有效的交通安全设施,如设置视线诱导设施、凸面镜或限速标志等,进而在视距受限的条件下提高行车安全水平,具体措施分述如下:

①加大圆曲线半径。在设计过程中,由于受到实际地形起伏和地物分布等复杂条件的限制,常常不得不采用较小的平曲线半径,这种选择虽然在一定程度上适应了现场条件,但往往会导

致横净距的计算结果无法满足相关规范的基本要求。如果在综合评估后,发现其他影响因素相对可控,且工程量的增加幅度处于可接受范围内,那么优先考虑适当增大平曲线半径是一种合理且有效的技术手段。通过增大半径,可以有效减小横净距的计算数值,从而确保道路的停车视距符合安全行车标准,最终在兼顾经济性与功能性的前提下提升整体设计质量。

②调整中央分隔带布置形式。在整体式路基结构中,当中央分隔带侧左转弯车道的视距条件无法满足标准要求时,通常可以通过将中央分隔护栏设置为单柱式护栏的方式来解决。这种设计调整能够有效增大道路的实际横净距,进而显著提升驾驶员的视野范围,充分保障停车视距符合相关规范与安全行车的要求。

③清理路侧障碍物。对于分离式路基中央分隔带侧的左弯车道以及土路肩侧的右弯车道,为了保证行车安全并满足停车视距的要求,可通过清理路侧障碍物以增大横净距来实现。具体措施包括对防护栅的位置进行调整,优化挖方边坡的形态,以及适当增加碎落台的宽度,从而有效拓展驾驶员的视野范围,确保在弯道处能够及时察觉前方路况,提高行车安全性。

④拓宽车道。在道路设计的关键环节,若设计人员发现停车视距的临界半径显著低于实际需求数值,往往表明驾驶员的视线可能受到道路线形或沿线障碍物的不合理限制,存在潜在安全风险。针对此情形,工程中可采用拓宽车道的技术方法,通过合理增加道路横断面的横向净距,有效改善驾驶员的视野范围。该措施能够大幅降低停车视距临界半径的计算值,进而在维持设计标准的基础上,不仅显著提高道路的行车安全程度,还能进一步提升道路的整体通行能力与运营效率。

⑤交安设施。交通安全设施主要通过两种具体措施来提升道路安全水平:首先是通过车道标线进行科学划分,合理调整车道宽度与布局,从而有效增大最不利车道的行车半径,提升车

辆行驶的稳定性与安全性。不过这一措施在实施过程中会不可避免地占用部分硬路肩的宽度,可能对紧急停车或路侧活动造成一定影响。其次,是在相关路段设置明确的限速标志,通过适当降低车辆行驶速度,减少因速度过快带来的风险,确保驾驶员在遇到突发情况时具有足够的制动距离和反应时间,最终满足停车视距的安全要求。这两种措施相互配合,共同保障道路的行车安全。

## 5 结束语

在道路线形设计过程中,平曲线极限最小半径的选用,通常是因为受到地形条件、地物条件或其他外部因素的严格约束,导致在这些情形下无法采用更大的半径数值。一般而言,这种选择常见于山区、城镇密集区域或受既有构筑物影响显著的路段。设计者需在符合技术标准的基础上,尽可能降低工程难度与成本。若工程投资增加幅度较小,设计人员应优先选用能够满足停车视距要求的较大圆曲线半径,这有利于提高道路的安全性与行车舒适性。

然而,如确实因客观条件限制无法进一步加大平曲线半径,设计时可采取文中提到的几种技术举措,从多角度综合提高道路的视距条件。这些措施能够有效弥补小半径曲线带来的安全隐患,从而在极限条件下依然保障停车视距的基本要求,最终确保道路行车安全,减少交通事故的发生概率。

## [参考文献]

- [1]白浩晨,潘兵宏,张江洪,等.基于停车视距的高速公路最小圆曲线半径研究[J].公路交通科技,2021,38(09):60-67+77.
- [2]杨少伟.道路勘测设计(第6版)[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2022.
- [3]中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路路线设计规范(JTG D20-2017)[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.