

公路超高及过渡段设计研究

郭一豪 王振权

郑州市交通规划勘察设计研究院, 河南 郑州 450001

[摘要] 公路超高及过渡段是公路路线设计的重要组成部分。为了合理分析圆曲线超高取值及过渡段设计, 根据不同地区情况, 结合工程设计经验, 对超高值及缓和曲线设置提出建议, 以保证弯曲路段的行驶稳定性、舒适性。对路线设计中超高及过渡段存在的问题及关键措施进行总结, 提出圆曲线超高合理取值原则及超高过渡段的设置方法, 以供参考。

[关键词] 圆曲线超高; 设计参数; 公路安全; 横向力系数

DOI: 10.33142/ect.v1i1.8451

中图分类号: U412.366

文献标识码: A

Research on Design of Highway Overheight and Transition Sections

GUO Yihao, WANG Zhenquan

Zhengzhou Transportation Planning Survey, Design and Research Institute, Zhengzhou, He'nan, 450001, China

Abstract: Highway superelevation and transition sections are important components of highway route design. In order to reasonably analyze the value of circular curve superelevation and the design of transition sections, based on different regional conditions and engineering design experience, suggestions are proposed for the setting of superelevation values and transition curves to ensure the driving stability and comfort of curved sections. Summarize the problems and key measures of superelevation and transition sections in route design, propose the reasonable value principle of circular curve superelevation and the setting method of superelevation transition sections for reference.

Keywords: circular curve overheight; design parameters; highway safety; lateral force coefficient

引言

弯道路段是交通事故的高发区, 车辆在弯曲路段行驶时会受到离心力的影响, 使得车辆难以保持稳定, 进而导致交通事故, 特别是平曲线超高段设置不合理, 导致横向摩擦力小, 极易引起车辆发生侧翻, 且在超高过渡段不合理处, 也容易使得路面产生积水现象^[1]。在公路设计规范中, 未对缓和曲线的长度和超高位置作具体建议。通常, 路线设计人员注重于重点部分项目设计, 如平面、纵断、桥梁等内容, 而对于平曲线超高设计分析不到位、不会深入探究是否为最佳设置方案, 需要对弯曲路段的超高及过渡段进行整体规划和合理部署, 加强对弯曲路段超高程问题的实施, 以减少行车的不稳定性, 避免交通事故发生^[2]。在设计中要结合车辆组成和公路区域的道路性质等因素, 制定科学合理的超高及过渡段设计方案, 保证行车安全。

本文研究对平曲线超高及过渡段设计存在实际问题, 结合工程项目, 对超高设计、过渡段取值提出建议, 旨在为设计人员对平曲线超高及过渡段设计提供建设性参考。

1 超高及缓和曲线设计原则

1.1 超高设计取值

在公路超设计中, 设计人员需要提前合理确定曲线半径。设计人员应严格遵循内低于外的原则, 主要是单向横坡设计可有效抵消车辆在转向过程中的离心力。如果设计超高单向横坡, 设计结果的需要反复结合具体路面类型和

曲线半径等相关因素进行准确的研究和分析^[3]。根据车辆在曲线上力的平衡原则, 超高坡度取值可采用公式(1)计算:

$$i = \frac{v^2}{127R} - u \quad (1)$$

其中, i 为超高坡度; v 为设计车速; R 为曲线半径; u 为横向力系数。

根据当地地形及现场情况, 不得不采用平面曲线极限最小半径时, 其计算如公式(2):

$$i_{\max} = \frac{v^2}{127R_{\min}} - u \quad (2)$$

根据上述公式的换算关系, 可知横向力系数与超高值之间的关系。当圆曲线半径与设计速度满足一定比例, 横向力系数 u 值最小时, 车辆在行驶过程中就不会受到离心力的影响, 最大程度上保证了行驶过程的安全性和稳定性。同时, 曲率不会出现明显的超仰角问题, 具体设计时, 设计人员应重视横向力系数问题。

车辆在弯道路段行驶时, 地面与车辆之间存在侧向摩擦力, 摩擦力的数值与路面结构和轮胎材料有关。当侧向力系数小于0.10时, 驾驶员不会感受到驾驶失稳对曲线截面的影响; 当侧向力系数在0.10~0.15之间时, 驾驶员会感受到曲线截面的波动影响, 但这种波动的影响是相对可控的, 处于稳定状态; 当侧向力系数在0.15~0.35

之间时,驾驶员可感受到曲线对行车安全的不稳定影响;当侧向力系数超过 0.40 时,乘客在转向驾驶时会有明显的不舒服感,在严重的情况下,车辆可能会出现翻车行为。

为了及时避免上述不安全驾驶问题,设计人员应对横向力系数设计予以重视。由超高坡度取值公式(1)、(2)中超高与横向系数的关系可知,当横向力系数不断减小时,设计超高会显著增大。设计人员应适当减小侧向力系数,以保证在平曲线段行车过程的安全稳定。

1.2 最大超高控制

(1) 一般路段。结合实际工程应用,对一级公路、二级公路、三级公路及四级公路路线设计,在一般路段最大超高可控制 8%以内,若在城镇段会受到各种因素的影响,最大超高可控制 4%以内;高速公路处于一般地区超高可选择 8%~10%,由于高速公路处于封闭状态,不受其他因素干扰,城镇段可按一般路段控制超高。

(2) 积雪冰冻区。考虑到环境气候对行车安全的影响,在积雪冰冻区的公路最大超高不应超高 6%。可根据超高计算公式得出一般路段横向力系数为 0~0.12,而积雪冰冻区横向力系数为 0~0.08,二者与路面提供的横向力系数 0.35 相差较大,能够满足行车安全要求。因此在积雪冰冻区范围内的路段路线设计,应采用积雪冰冻区超高取值方式。

1.3 缓和曲线设计

设计人员路线设计时,有时需要在直线与圆曲线之间,或者同向或反向两个半径圆曲线之间插入缓和曲线,为了更好地实现直线与圆曲线或圆曲线之间曲率的均匀渐变。在设计中经常采用的缓和曲线主要形式有回旋线和三次抛物线,在公路路线设计规范中一般使用回旋线作用缓和曲线的线性。缓和曲线在线性组合中具有重要的作用,体现在以下方面:

可更好地使得平面线形曲率实现连续均匀变化,且能够与车辆行驶的轨迹相匹配,而且使车辆能在当前车道保持良好通行,可有效避免对邻近车道的干扰。

当圆曲线设有超高时,若平面线形不设置缓和曲线,可将超高渐变段设置在直线段上,这样就需要驾驶员在车辆向远方曲线的相反方向转动方向盘,方可使汽车保持直线行驶,一般是低等级公路(三级公路或四级公路)在直线段设置超高渐变段的。采用缓和曲线能够使得路基横坡度实现由标准路基拱横坡向超高单向横坡的连续渐变,而且驾驶员能够更好地控制行车方向,有利于减少交通事故的产生。

当圆曲线半径 $R \leq 250\text{m}$ 时,为了提供富裕空间给车辆转弯,需要对道路进行加宽设置,利用缓和曲线范围有效实现由标准路基横断面宽度逐渐向加宽后的路基横断面宽度的渐变。

因此,平面线形中的缓和曲线能够保证公路平面线形及横断面线形具有良好的均匀性,连续性,能够有效缓解

行车方向的离心力变化,能够避免线形、车辆行驶和视觉效果上的变化对车辆行驶过程中产生不利影响,是提高行车安全性和舒适性的重要线性组合要素。设计人员在进行路线设计时,尽管平面半径能够满足路线不设超高最小圆曲线半径要求,就在平面线形中不设置缓和曲线,仅考虑缓和曲线在超高渐变需求,而忽略其他因素对平面几何线形渐变的影响,虽然这种情况在圆曲线半径足够大时影响较小,但是这一设计理念仍值得商榷,值得设计人员在平面线形设计时结合实际情况具体分析,不一概而论。

2 超高过渡段设置

超高过渡段是指路基横截面中由双向冠状横坡过渡到单向横坡的路段。规范根据缓和曲线与圆曲线的协调性,分析缓和曲线参数 A 与圆曲线 R 之间的关系^[4]。而设计人员采用缓和曲线长度远大于超高设计时所需要的长度,造成超高过渡段位置不合理引起路面排水不舒畅等问题,为避免缓和曲线过长带来的问题,设计人员应根据具体情况尽量将缓和曲线长度取值定在合理范围。

基本型曲线。若缓和曲线长度较短,全超高起终点宜设置在缓圆及圆缓位置;若缓和曲线长度较长,为避免渐变率过小,影响路面排水等问题,可选择缓和曲线一部分作为超高过渡段,采用曲率半径为曲线半径设置超高 $i\%$ 的上限值到曲率半径不设超高最小半径之间的部分作为超高过渡段。

S 型曲线。可将两个缓和曲线间超高设置为 0%,而后超高可在 -2%~2% 之间,根据规范渐变率设置过渡段。

卵形曲线。可以选择圆曲线半径 R_1 (小圆半径) 所对应设置超高 $i\%$ 的上限半径 R_2 至圆曲线半径 R_3 (大圆半径) 所对应的设置超高 $i\%$ 的下限半径 R_4 之间段落进行超高过渡段的设计。

3 超高设计的关键问题及措施分析

公路路线设计应始终保持与实际情况相结合,从经济性和舒适性两方面进行统筹规划和合理部署^[5]。结合设计经验,考虑到路线设计时受到气候、地形等因素都会对行车安全产生影响,在超高设计过程中,设计人员须综合考虑多个因素,才能合理确定超高值,保证行车过程的安全稳定。

3.1 合理选择最大超高

线段的超高值可根据公式计算,结合工程设计经验,圆曲线的最大超高为 8%。目前,在公路运营中,货车超载较为常见,且车速相对较低,货车在弯道段行驶的速度低于设计速度。超高横坡大于 6% 时,汽车在向心力作用下容易翻车。

鉴于此,对于大中型货车交通流量和雨雪天气频繁的路段,最大超高程值应保持在 6% 以内。对于运行速度快、设计速度高的路段,可设置为 10%。对于平原地区的高速公路,超高程设计在允许范围内可降低 1%。此外,对于山地公路而言,由于其货车通行率较高,适当降低超高值

可全面增强车辆横向稳定性和安全性。

3.2 超高过渡段设计要点

对于超高过渡段,设计人员不仅需要考虑离心力的作用,还需考虑结构和路面排水等因素,因此需要分析研究在设计建设过程中,哪些因素会对道路产生不良影响,进而可在路线设计阶段就避免不良因素的发生,对其路线进行优化设计^[6]。在超高过渡段设计中,从双坡段和旋转段两个方面进行合理的规划设计,若硬路肩和行车道的横坡没有保持一致,须抬外侧硬路肩横坡使其与行车道达到一致性,而后一起提高行车道和硬路肩,最终和弯道内侧行车道达成一致,在此若回旋线过长,其不能满足设计,导致道路无法正常排水,因此超高渐变率须大于 1/330。在双坡阶段,为了满足道路排水边坡的要求,设计人员应严格控制断面的超高渐变率;超高设计过程中应排除外土肩,以保证正常的横坡。在旋转阶段,设计人员应同时旋转内外车道和外硬肩,并保证与内硬肩保持同一高度;硬肩应随内外车道旋转,与内土肩保持同一高度;最后,保证内土肩、硬肩、内外车道与超高段高度保持一致。需注意设计过程中,若得到的结果是回旋线过长,需要设计人员考虑对超高起始点位置设定问题,在设计中过渡段曲线的曲率不能超过最小半径值的位置,因此全超高断面最好设计在圆缓点、缓圆的位置。

3.3 过渡曲线长度设计要点

道路线形的视觉效果往往与过渡段曲线的长度有关^[7]。道路设计中缓和曲线是路线组合单位中重要的道路平面线形一部分,是表示路线组合中圆曲线和直线之间,或者路线组合中圆曲线和直线之间变化的曲率^[8]。在路线设计中,需要设计者考虑缓和曲线长度变化情况,在很大程度上缓和曲线会影响驾驶员对道路的视觉。当这方面的取值过短时,曲率就不会有很好的变化效果,缓和段与其他圆曲线衔接得也就更加不自然,甚至不协调,影响整体的美观性;如果缓和曲线的取值过长时,其路线线性组合效果就显得不理想,若需要对路线进行加宽路面设计或超高设计时,就会引起道路中很多问题。当设计的缓和曲线长度不满足规范要求时,很难表现出曲率梯度的作用,也会直接导致过渡段曲线与圆曲线之间的不自然过渡,对交通安全构成威胁。因此建议设计人员科学合理地设置曲率,保证其与行驶轨迹的变化相一致,减少离心力带来的不利影响。在司机驾驶汽车时,其行动轨迹将会发生改变,若设计人员合理地设计缓和曲线后,就可以对车辆在路线曲线

部分行驶过程中产生的离心力起到缓和作用,同时也可以对行车加速度的不断进行调整,有效地降低行车中侧面冲击的力度,进而可以使得乘客感觉较为舒服,并且保证车辆行驶的安全性。此外,设计人员可将缓和曲线作为超高过渡段,以保证道路交通安全。

4 结论

本研究从圆曲线超高规范及理论分析,结合实际工程项目对超高设计取值,超高过渡段设置方法提出以下设计建议:

- (1) 确保平面线形均匀性及平面线形与行驶轨迹合理性,为安全、舒适行车提供条件,宜设缓和曲线。
- (2) 为了提高车辆在弯曲道路抵抗侧向滑移的能力,在平面线形中需要设置超高。
- (3) 结合公路路线和车辆组成,制定科学合理的超高设计方案,为行车安全提供良好保障;也应根据不同弯道路段的超高设计方案,对现有设计方案进行改进,以减少设计误差。

[参考文献]

- [1]王贵山,胡昌亮,白浩晨.高速公路圆曲线超高及过渡段设计研究[J].公路交通科技,2021,38(12):24-33.
- [2]杨洋,李莉莉.国内外公路超高设计对比分析及其应用研究[J].中外公路,2018,38(3):7-14.
- [3]张治国.缓和曲线取值在高速公路设计中的分析与研究[J].公路,2022(6):067-73.
- [4]旃鹏,李丽芬,孟定宇.高速公路超高过渡段设计思路[J].交通世界,2021(20):25-26.
- [5]张爱花,牛肖.多雨区高速公路超高过渡段路面积水处理措施研究[J].公路交通科技(应用技术版),2020,188(8):37-38.
- [6]杨永前,黄红明.S形曲线超高过渡设计方法研究[J].中外公路,2017,37(6):4-8.
- [7]王贵山,胡昌亮,白浩晨,等.高速公路圆曲线超高及过渡段设计研究[J].公路交通科技,2021,38(12):47-55.
- [8]张锋,刘永旭,杜晓博.高速公路超高渐变段排水技术研究[J].华东公路,2019(1):45-49.

作者简介:郭一豪(1995.10-),男,重庆交通大学,交通运输工程,河南省郑州市高新区郑州市西四环路与连霍高速交会处郑州交通院;王振权(1993.6-),男,长沙理工大学,道路与铁道工程,河南省郑州市高新区郑州市西四环路与连霍高速交会处郑州交通院。