

Analysis and Research on the Value of Transition Curve in Expressway Design

Miaoqi Xu

Yongkang Traffic Design Institute, Yongkang, Zhejiang, 321306, China

Abstract

Scientific and reasonable design of transition curves can effectively ensure the overall smoothness and smoothness of highways, prevent abrupt changes in highway lines from affecting and interfering with the safety of highway use. Designers must combine the actual situation of highways and engineering planning requirements to design routes to ensure the safety of highways. Based on this, the paper conducts in-depth research and analysis on the values of transition curves in highway design, hoping to provide some reference for highway transition curve design.

Keywords

highway; palliative curve; engineering design

缓和曲线取值在高速公路设计中的分析与研究

徐妙其

永康市交通设计所, 中国 · 浙江 永康 321306

摘要

科学合理的缓和曲线设计能够有效保证高速公路整体现行的流畅性与平顺性, 防止高速公路线条突兀性的变化设计对公路使用安全造成影响干扰, 设计人员必须结合高速公路实际情况以及工程规划要求进行路线设计, 以此保证高速公路的安全性。基于此, 论文对高速公路设计中的缓和曲线的取值进行深入研究与分析, 希望为高速公路缓和曲线设计提供一定参考。

关键词

高速公路; 缓和曲线; 工程设计

1 引言

缓和曲线是高速公路工程平面线路设计中的重要组成部分, 其对于高速公路的实际应用效果与运行安全具有显著的影响作用, 因此需要对缓和曲线的实际取值进行科学合理的分析与设计, 集合地形地物以及周围环境等因素进行最佳设计。

2 缓和曲线的基础概念

缓和曲线主要是指公路工程中的一种曲线设计形式, 其中包括公路的圆曲线与直线之间的曲率变化的曲线; 转向保持相同, 半径参数相差较大的圆曲线之间的曲率变化的曲线。缓和曲线是公路平面线路设计中的三种基础要素之一, 当曲线半径达到以下情况时可不设缓和曲线。

在实际工程设计环节, 缓和曲线的取值情况还需要对超高过渡需要的具体长度进行分析, 不同设计人员对于相关控

制要素的考量以及权重分析并不相同, 因此实际取值情况也存在一定的差异性。例如, 针对 1600m 的公路曲线半径, 可能会存在 200m 或 260m 的情况^[1]。而这种缓和曲线设计方法在实际应用中会存在一定的问题, 缺少足够的科学性与精准性, 因此需要对公路线路的缓和曲线进行深入研究分析。

3 缓和曲线的形式

高速公路缓和曲线的设计行驶包括双扭线、回旋线以及三次抛物线等, 在我国公路工程中主要利用回旋线的设计形式, 这种设计形式下会使得缓和曲线的曲率随着车辆的行驶而不断变化, 与车辆转动方向保持相同, 具体计算公式为:

$$R \times L_s = A^2$$

其中, R 为圆曲线的半径, 单位为 m ; L_s 为缓和曲线的长度, 单位为 m ; A 为缓和曲线的参数, 也表示为缓和曲线的曲率变化情况。

缓和曲线中随意一点对应的曲率均可以利用以下公式进行计算:

$$r \times l = A^2$$

【作者简介】徐妙其 (1980-), 男, 中国浙江永康人, 本科, 工程师, 从事路线、路基路面设计研究。

4 缓和曲线取值计算分析

公式中的参数 L_s 与 A 均与缓和曲线相关，在高速公路缓和曲线设计过程中，需要对圆曲线的半径进行明确，因此参数 L_s 与 A 具有关联性，在设计阶段可利用缓和曲线的长度参数 L_s 作为取值划分标准。

本次研究为进一步提高计算分析的便捷性，以设计速度为 100km/h、正常路拱为 -2%、路基宽度为 26m、最大超高为 6% 的高速公路工程作为研究对象，并从车辆驾驶员的操作反应时间、视觉所需、车辆行驶的舒适性、超高渐变以及行车规范规定等角度进行具体分析计算，最终将各结算结果进行对比分析。

4.1 超高渐变需要的最短长度

高速公路的超高过渡路段需要设计在缓和曲线的范围内，因此需要缓和曲线的长度能够有效满足超高渐变需要的最短长度取值，可利用以下公式进行计算分析：

$$L_c = (B \times \Delta i) / P$$

其中， L_c 为超高渐变需要的长度，单位为 m； B 为超高旋转轴与硬路肩外侧边缘的宽度，单位为 m，具体为 $0.75+3.00+3.75+3.75=11.25m$ ； Δi 为超高渐变前后的参数差值，单位为 m^2 ； P 为超高渐变率，依据工程标准规范应控制在 1/175 以下，在考虑公路系统排水功能的情况下，应当不小于 1/330，最终确定 P 处于 1/330~1/175 范围内。

依据圆曲线的半径为 2000m 的情况进行计算分析，超高为 2%，此时 $\Delta i = 4\%$ ，此时缓和曲线的长度 L_c 在 98.438~185.625 范围内才能够有效满足超高渐变的需求。如果高速公路的缓和曲线取值长度超出超高渐变的取值长度，只需要选取其中一段作为超高渐变即可满足需求，因此最大参数并不作为控制参数，需要对长度取值的最小参数进行科学控制，即需要超过 98.438m。

4.2 车辆驾驶人员的操作以及反应时间需要的最短长度

车辆驾驶人员需要在判断分析后做出合理的反应与操作，这一过程需要一定的时间缓和，一般情况下将这一时间设计为大于等于 3s，因此认定缓和曲线取值长度对应的最短距离为车辆行驶 3s 的长度，可利用以下公式进行计算分析：

$$L = (V/3.6)t = V/1.2$$

其中，参数 V 为车辆在路段中的行驶速度，单位为 km/h，此处的 $V=100km/h$ ；参数 t 代表时间，单位为 s。将各项参数的具体数据代入公式计算即可得到最终结果的数据，即 $L=(100/3.6) \times 3=83.333m$ 。

4.3 依据离心加速度的变化情况对最小长度参数进行计算

车辆在高速公路缓和曲线路段行驶过程中，由于曲线的曲率处于不断变化状态，对应的离心加速度也处于持续变化的状态，用 αs 代表离心的加速度变化率，其会对车辆内

部人员的舒适度造成一定的影响，因此应控制离心加速度的变化率处于相对平缓的变化趋势。离心变化率的公式如下：

$$\alpha s = a/t = V^2/Rt$$

计算过程中假设车辆处于匀速行驶状态，此时 $L=Vt$ ，将其代入计算公式即可得到：

$$L = V^3/R \alpha s$$

其中， αs 为中国环境下的一般取值，在 0.5~0.6m/s³ 范围内，利用公式计算能够得知，圆曲线半径为 2000m 的离心率变化缓和曲线的最小长度取值为 17.861m。

4.4 依据视觉条件对缓和曲线的最小长度进行计算

高速公路缓和曲线设计规范中对线条设计进行了明确的规范，在缓和曲线的参数明确的条件下，应保证 $R \geq A \geq R/3$ 。如果参数 R 在 100m 以内，此时的 A 应设计为不小于 R ；如果 R 约等于 100m，此时的 A 应设计为等于 R ；如果 R 的取值较大，或者接近于 3000m，此时的 A 等设计为 $R/3$ ；如果 R 的取值超过 3000m，此时的 A 应设计在 $R/3$ 范围内。

依据上述规范对高速公路的线形进行科学设定，能够有效保证高速公路的平面线形的视觉效果，具有良好的平顺性与舒适性。在确定参数 R 后，基于公式 $R \times L_s = A^2$ 即可得知参数 L 与参数 A 之间具有关联性，随后能够求得圆曲线半径为 2000m 的视觉条件下需要的缓和曲线的最小取值为 222m^[3]。

4.5 缓和曲线取值总结分析

通过上述描述分析能够得到高速公路平面线形设计过程中常见的缓和曲线取值设计情况，在设计速度为 100km/h、正常路拱为 -2%、路基宽度为 26m、最大超高为 6% 的高速公路工程中，缓和曲线半径在 1500~3000m 的取值情况如下表 1 所示。

表 1 不同情况下缓和曲线的最小取值长度

参数 R	超高渐变率	驾驶人员操作判断	离心加速度变化情况	视觉条件
1500	98	83	24	167
1800	98	83	20	200
2000	79	83	18	222
2300	79	83	16	256
2500	79	83	14	278
2800	79	83	13	311
3000	79	83	12	333

针对不同的工程设计需求，只需要将相关参数代入对应的公式进行计算即可获取到最终的结果。通过上述表中数据分析能够得知，在符合视觉条件下的缓和曲线的取值长度相比最大，此时 $A=R/3$ 。随着超高旋转面的宽度参数以及设计速度参数不断调整变动，最终计算结果也会不断变化，缓和曲线最小取值的限制因素会从视觉条件逐渐变化成为超高渐变率。假设在双向六车道的高速公路中，如果超高渐变率为 1/267，在圆曲线半径为 1500m 的条件下，完成超高渐

变率对应的缓和曲线的最小取值是 200m，而符合视觉条件需求的缓和曲线最小取值是 167m，由此可见不同的设计需求对应的缓和曲线取值存在比较明显的差异。

4.6 缓和曲线在高速公路设计中的注意事项

在高速公路缓和曲线设计过程中，在明确最小取值的情况下，还需要对取值的合理性进行科学分析。

在研究过程中仍以设计速度为 100km/h、正常路拱为 -2%、路基宽度为 26m、最大超高为 6% 的双向六车道高速公路工程为例分析。在工程设计过程中应从整体角度出发，在制定基础设计原则的同时，需要保证缓和曲线能够满足行车安全以及视觉良好的要求，与周围环境具有良好的契合性，并且不会出现缓和曲线取值过大造成的设计不统一的问题。依据工程技术标准，对高速公路的缓和曲线取值进行计算分析，在此过程中以超高渐变率为 1/267 作为取值标准，能够保证车辆形式的舒适性以及缓和曲线取值的合理性，在不同条件下的各因素取值情况具体如表 2 所示。

表 2 缓和曲线最小取值

参数 R	超高渐变率	驾驶人员操作判断	离心加速度变化情况	视觉条件
1500	200	83	24	167
1800	200	83	20	200
2000	160	83	18	222
2300	160	83	16	256
2500	160	83	14	278
2800	160	83	13	311
3000	160	83	12	333

对不同条件下高速公路缓和曲线的最小取值长度进行分析，并且结合缓和曲线取值的灵活性与适中性设计需求，对于不同圆曲线半径下的缓和曲线取值情况进行分析，具体如表 3 所示。

表 3 中的数据能够有效满足各种线形下的缓和曲线取值需求，在符合工程设计标准规范的同时，保证了不同设计人员、不同设计理解条件下的缓和曲线的最佳取值效果。一般情况下，高速公路工程对各项设计指标要求相对较高，因此在实际设计过程中应进行全面详细分析与计算，表 3 数据指标能够有效满足研究案例中的大部分情况下对于缓和曲线的取值需求，通过实际工程设计以及项目检验与审查能够得知，论文提出的缓和曲线最佳取值方案具有良好的合理性与实际应用效果。

表 3 不同半径圆曲线对应的缓和曲线取值长度建议表

半径取值 (m)	L 取值 (m)
≤ 1400	具体计算取值
1500	200~220
1800	220~250
2000	240~270
2300	260~290
2500	280~310
2800	310~330
2900	320~330
> 3000	330

图中提出的圆曲线半径在 1400m 以下的路段，由于地物地形以及超高过渡段等因素的限制影响，需要结合工程具体情况进行具体分析计算。针对圆曲线半径在 3000m 以上的路段，缓和曲线取值为 330m 能够有效保证工程设计规范以及车辆驾驶需求，如果对缓和曲线的取值进一步增加，则会导致道路工程的纵断面设计难度逐步提升，纵坡坡断的长度比较大；或者对凹型竖曲线压低纵断以及凸形竖曲线跨越的工程施工造成较大的影响，无法有效保证工程设计要求。

5 结论

缓和曲线的取值设计对于高速公路工程设计而言具有重要的作用，能够直接影响到高速公路的运行安全性、视觉舒适性以及运行质量，因此需要工程设计人员从设计工程角度对其进行科学设计与分析。在缓和曲线取值过程中需要对不同的工程需求进行具体分析，包括视觉条件、超高渐变、驾驶人员舒适性以及操作反应时间等。在研究过程中以某高速公路工程为例进行具体分析，并对提出的缓和曲线最佳取值方案进行验证分析，基于结果能够得知论文提出的方案具有良好的应用效果，希望为其他高速公路工程设计提供参考。

参考文献

- [1] 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):67.
- [2] 何永明,冯佳,权聪,等.超高速公路圆曲线加宽设计理论与应用研究[J].公路,2022(8):67.
- [3] 麻辉东,毛璐凯,张海忠,等.高等级公路超高过渡段设计B值取值的探讨[J].公路交通技术,2021,37(2):7.