Analfsis on the main technical index standard of urban road plane linearity

Yonggang Yang　Wenxing Wang

Guizhou University, Guiyang, Guizhou, 550025, China

Abstract

Combined with the current urban road design code,In this paper,the main technical indexes of linear design of road plane are calculated and verified,grasp the reason of the index value,aimed at specific road plane linear design,combine topographic features、geology and hydrology、land use、cultural relics protection、land expropriation and demolition and other factors.Reasonable use of technical indexs,not only achieves linear continuous balance,but also harmonizes the road plane alignment with the surrounding environment and terrain ,strive to improve the level of planar linear design.

Keywords

Plane linear; Technical index;Easing curve

城市道路平面线性主要技术指标探析

杨永刚　王文星

贵州大学，中国·贵州 贵阳 550025

摘　要

结合现行城市道路设计规范，本文对道路平面线性设计主要技术指标的规定值进行计算验证，掌握指标规定值的缘由，旨在具体道路平面线性设计中，结合地形地物、地质水文、土地利用、文物保护、征地拆迁等因素，合理运用各技术指标，不仅做到线形连续均衡，同时让道路平面线形与周边环境、地形相协调，努力提高平面线形设计水平。

关键词

平面线性；技术指标；缓和曲线

1 引言

城市道路平面线形设计是道路几何设计的一个重要方面，其平面线形质量的优劣，直接关系到道路使用的安全、美观、快速及经济。作为道路设计人员，在进行道路平面线形设计中，不能只停留在技术指标满足现行规范的要求，更应该根据具体项目实际情况，对路线可能途经区域范围内的地形地质、河流湖泊的分布状况、水文特征、建筑物（尤其是具有历史文物价值的古建筑）、既有道路管线、农田及地表植物状况等进行充分的了解及分析基础上，合理灵活的加以运用，让道路平面线形连续、顺适，要做到这些，除了逐步积累设计经验外，应对平面线性主要技术指标标准缘由有深入的理解。

2 平面线形设计的基本要求

构成道路平面线形有三大要素，即直线、圆曲线以及缓和曲线。各要素在一条路线上使用所占比例规范并没有统一规定，从使用角度来讲，只有当平面线性与汽车的行驶轨迹相吻合或接近时，才能让司乘人员感到舒适及安全。这要求设计人员在平面线性设计中，经过充分调查研究的基础上，合理地进行三大要素的搭配，从而保证行车的顺适与安全。

3 主要技术指标标准的计算验证

3.1 圆曲线最小半径

当汽车从直线驶入圆曲线会产生离心力，该离心力将对汽车横向稳定性产生不利影响，这种影响将随圆曲线半径变小而加巨，这可能会导致车辆在圆曲线上产生横向滑移或倾覆。为了行车的安全及舒适，当圆曲线半径小于某一数值时，设计人员应对圆曲线进行超高设计。《城市道路路线设计规范》（CJJ 193-2012）及《城市道路工程设计规范》（CJJ 37-2012）对圆曲线半径的各种最小值作出了具体的规定，具体见表 2.1 城市道路圆曲线最小半径。

【作者简介】杨永刚（1977–），男，中国贵州遵义人，硕士，讲师，从事土木工程教学研究。

表 2.1 城市道路圆曲线最小半径

设计速度（km/h）		100	80	60	50	40	30	20
不设超高圆曲线最小半径（m）		1600	1000	600	400	300	150	70
设超高圆曲线最小半径（m）	一般值	650	400	300	200	150	85	40
	极限值	400	250	150	100	70	40	20

通过对汽车在平曲线上行驶进行横向稳定性分析可知，平曲线半径与行车速度、横向超高坡度及横向力系数之间力的平衡式为 $R=V^2/127(\mu+i)$，式中 μ 是离心力平行于路面的分力与汽车重力的比值，即表征单位车重的横向力，其值大小关系到乘客的舒适感、汽车的稳定程度及轮胎和燃料的消耗等，根据经验，城市道路在不设超高时，μ 取 0.067 较为合理。现以道路设计速度为 60km/h，路拱横坡为 2% 为例，对上述规定值进行验证，不设超高圆曲线最小半径 $R=V^2/127(\mu+i)=60^2/127(0.067-0.02)=603.12$m, 一般半径取成 5 或 10 的倍数，所以该指标标准定为 600m。同样可计算设超高圆曲线最小半径一般值：$R=V^2/127(\mu+i)=60^2/127(0.067+0.04)=264.93$m(设计速度为 60km/h 的最大超高横坡度 i 为 4%)，规范标准值取 300m，显得更宽裕。在具体的设计中，如果受特殊地形地物或环境的影响，在进行技术经济指标比较后，不得不采用圆曲线最小半径极限值时，μ 值小于 0.15 为宜，若按 0.15 进行计算，则 $R=V^2/127(\mu+i)=60^2/127(0.15+0.04)=149.19$m。这与表 2.1 中规定值 150m 是相符的。

3.2 缓和曲线

当汽车从直线驶入圆曲线或圆曲线驶入直线时，行车方向及离心力均会发生突变，这种变化，不仅会影响行车的安全，同时也会对司乘人员的舒适度产生影响。当圆曲线半径较大时，这种影响甚微，而圆曲线半径越小，这种影响程度越大，为了解决这一问题，在设计时，通常采取在两者之间设置一段曲率能逐渐变化的曲线加以过渡，这就是前述提及的缓和曲线。为此，现行城市道路设计规范对缓和曲线最小长度及不设缓和曲线的最小圆曲线半径进行了规定。具体见表 2.2 缓和曲线最小长度及不设缓和曲线的最小圆曲线半径。

表 2.2 缓和曲线最小长度及不设缓和曲线的最小圆曲线半径

设计速度（km/h）	100	80	60	50	40	30	20
缓和曲线最小长度（m）	85	70	50	45	35	25	20
不设缓和曲线的最小圆曲线半径（m）	3000	2000	1000	700	500	—	—

3.2.1 缓和曲线最小长度

根据设置缓和曲线所起作用的角度出发，从两个方面计算其最小长度，一是将离心加速度变化率限制在一定范围内进行计算，计算公式为：$\alpha_p=0.0214V^3/RL_S$，从乘客舒适角度出发，通过研究测试，α_p 取 0.6m/s² 为好，则 $L_S=0.035V^3/R$，其中 V 为设计速度，R 为设超高圆曲线最小半径的极限值。现以设计车速 50km/h 为例计算 L_S，则 $L_S=0.035V^3/R=0.035\times50^3/100=43.75$m。二是考虑行车时间不应过短，以便司机有较为充裕的反应时间适应线性的变化，通过研究表明，车辆在缓和曲线上的行驶时间不应小于 3s, 则 $L_S=Vt/3.6=50\times3/3.6=41.67$m, 综合取两者计算的大值，并按 5m 的整数倍取 L_S 为 45m，这与表 2.3 中相应的标准值吻合。

3.2.2 不设缓和曲线的最小圆曲线半径

如前所述，设置缓和曲线的目的是为了离心加速度的逐渐变化，让乘客心理有一个适应过程，同时缓和曲线能更好的符合行车轨迹。设置了缓和曲线后，圆曲线将向内产生一位移量 p, 在缓和曲线长度 L_S 一定的情况下，位移量与圆曲线半径成反比关系，当半径较大时，该位移量将变得很小，此时即使直线与圆曲线径相连接，平面线性也能较好的适应汽车的行驶轨迹。根据路面通常设置的富裕宽度表明，当 p 小于 0.2m 时，可不设缓和曲线。即按 p=0.2m 作为计算不设缓和曲线的最小圆曲线半径的界限。因 $p=L_S^2/24R$, 而 $L_S=Vt/3.6$，则不设缓和曲线临界半径的计算式为：$R=0.144V^2$，现以设计车速 100km/h 为例，$R=0.144V^2=0.144\times100^2=1440$m, 为进一步考虑行驶上的顺适及视觉的连续，将采用 2R 作为不设缓和曲线的最小圆曲线半径值，即取 2880m, 而规范采用 3000m 作为不设缓和曲线的最小圆曲线半径值使得线性及视觉更为舒顺。

3.3 平曲线及圆曲线最小长度

研究表明，当平曲线设置过短，汽车在行驶过程中，为了适应线性的变化，驾驶员对方向盘的频繁操作对行车安全是不利的，尤其是高速行驶中变得更为危险，加之离心加速度因素，乘客也会感到不舒适。因此规范对不同设计速度的平曲线及圆曲线最小长度作了规定。具体见城市道路平曲线与圆曲线最小长度表 2.3。

表 2.3 城市道路平曲线与圆曲线最小长度

设计速度（km/h）		100	80	60	50	40	30	20
平曲线最小长度（m）	一般值	260	210	150	130	110	80	60
	极限值	170	140	100	85	70	50	40
圆曲线最小长度（m）		85	70	50	40	35	25	20

对于平曲线而言，一般情况下是由缓和曲线、圆曲线、缓和曲线组成，在《日本公路技术标准的解说与运用》及《公路路线设计规范》（JTG D20-2017）中均规定采用 6s 行程作为平曲线最小长度极限值，平曲线未设圆曲线，这种情况下平曲线实际是两段缓和曲线构成，此时曲线为凸形曲线，汽车行驶在这种平曲线上时，司机在操作上会感到突变，对于人的视觉而言，也会感到不顺适，这种平曲线只有在受地形地物等特殊情形下采用，设计中尽量避免出现，一般情况下应保证设置了缓和曲线后，中间设计一定长度的圆曲线，另外从线形美观的角度出发，缓和曲线、圆曲线、缓和

曲线长度宜为 1:1:1, 所以城市道路平曲线最小长度一般值规定为缓和曲线长度的 3 倍。现以设计车速 80km/h 为例计算其最小长度，L_{min}=Vat/3.6=(80×3)/3.6=66.67m，取 5 的倍数即为 70m，极限值为其 2 倍，即 70×2=140m, 而一般值为 3 倍，即 70×3=210m，这与表 2.2 中的数值吻合。

3.4 小转角平曲线最小长度

在平面线性设计过程中，从路线的舒顺角度考虑，交点转角小些较好，通过研究表明，当转角小于 7^0 后，从视觉上反应出来的平曲线长度较实际长度要短，这种现象随转角越小，反应越明显，这就会给司机带来操作上的误判，从而影响行车安全，所以在设计过程中，当确需设置小转角平曲线时，为解决小转角造成视觉上的不利影响，对于转角小于 7^0 时的平曲线最小长度进行了规定。具体见表 2.4 城市道路小转角平曲线最小长度。

现以设计车速 50km/h，a 为 3^0 计算其平曲线最小长度，L=600/3=200m，该值与表 2.2 中设计速度 50km/h 所对应平曲线最小长度一般值 130m 比较，也是长了 70m, 这样有效解决了小转角对视觉上的不利影响。

表 2.4 城市道路小转角平曲线最小长度

设计速度（km/h）	100	80	60	50	40	30	20
平曲线最小长度（m）	1200/ a	1000/ a	700/ a	600/ a	500/ a	350/ a	280/ a

3.5 直线

因两点之间直线最短，从行车便捷角度出发，设计人员会优先考虑使用直线，但直线的灵活性较差，在适应地形环境方面与平曲线相比，存在僵硬不协调的缺点，过长的直线，会让司机感到单调注意力不够集中，产生烦躁情绪加速驶离，这对行车安全不利。当设计速度较大时，在平曲线之间设置的直线长度亦不宜过短，否则增加司机操作方向盘的变化频率，同样对行车不利。所以当设计车速≥ 60km/h 时，同向平曲线之间最小直线长度宜不小于 6V，而反向平曲线之间最小直线长度宜不小于 2V，而当设计速度小于 60km/h 时，定线受地形地物、征地拆迁、文物保护等因素的影响时，平曲线之间的直线长度可灵活运用，但应考虑满足缓和曲线或缓和段的要求。

4 平纵线性组合

在进行平面线性设计时，应该考虑与后续的纵断面的协调性，对于城市道路而言，影响设计的因素较多，对于等级较低的城市道路不必强求平纵配合，但对于城市快速路、主干路应做好线性的组合设计，即通常所说的平包竖。在执行该设计原则时，也要知悉平纵半径指标的影响。通过国内外研究显示，当平曲线半径＜ 2000m，而竖曲线半径＜ 15000m 时，平纵组合对整个线性的影响很重要，随着曲线半径的增大，平纵组合对线性的影响程度逐渐减小，当平曲线半径＞ 6000m，而竖曲线半径＞ 25000m 后，这种影响基本上可以忽略。所以在考虑平纵线性组合设计时，应视平竖曲线半径的大小灵活掌握其配合程度。

5 结语

城市道路一但建成后，受两边建筑的制约，要想改变将变得极为困难，或者说付出的社会经济代价将会很大，所以线性设计质量的好坏，不仅是行车安全问题、美学问题，也是经济问题和保护生态环境的问题。作为道路设计人员，只有在充分理解规范对各技术指标标准的基础上，结合实际条件，对其加以合理运用，才能设计出一条技术合理、与周边地形环境相协调及经济的路线来。

参考文献

[1] CJJ 37-2012. 城市道路工程设计规范[s].中国建筑工业出版社，2016.

[2] CJJ 193-2012. 城市道路路线设计规范[s].中国建筑工业出版社，2012.

[3] 吴瑞麟.沈建武. 城市道路设计[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

[4] 孙家驷. 道路勘测设计[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

[5] JTG D20-2017. 公路路线设计规范[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.