

公路停车视距计算与分析

杨伟

(四川省交通运输厅交通勘察设计研究院, 四川 成都 610000)

摘要: 比较了国内外停车视距及其计算方法;结合汽车制动特性分析推导了汽车制动距离和停车视距,结果显示,按汽车制动理论计算的制动距离小于相关规定值;从行驶速度和减速度分析了美国、日本停车视距差异的产生原因,进一步比较了美、日计算模型与汽车制动理论的减速度区别,结果表明,相对于紧急制动状态,停车视距规范值有较大富余,建议结合人、车、路和环境对停车视距模型进行修正。

关键词: 交通安全;公路;停车视距;制动距离;减速度;附着系数

中图分类号: U491.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)03-0054-03

1 停车视距比较

停车视距是汽车行驶中驾驶员从发现前方固定物体起,至在该物体前面安全停车所需的最小距离。表 1 分别为中国、美国、日本、英国的部分停车视距规定值。

表 1 各国停车视距比较

设计速度/ (km · h ⁻¹)	各国停车视距/m			
	中国	美国	日本	英国
120	210	250	210	295(215)
100	160	185	160	215(160)
85	—	—	—	160(120)
80	110	130	110	—
70	90	105	—	120(90)
60	75	85	75	90(70)
50	65	65	55	70(50)

注:“—”表示无明确值;括号内数值为降低一档后的取值。

由表 1 可知:中国、日本的停车视距选取基本一致(实际上中国规范沿用了日本的规定),且与英国降低一档的取值相近;与美国的差异较大,当设计速度大于等于 80 km/h 时,平均相差约 18%。造成差异的主要原因在于停车视距计算参数不同。

2 停车视距计算

停车视距包含制动反应距离和制动距离两部分,前者为驾驶员在反应时间内行驶的距离,后者为采取制动到刹车停止所行驶的距离。

2.1 制动反应距离

假设在制动反应时间内匀速行驶,则制动反应

距离为:

$$S_{\text{反应}} = \frac{v}{3.6} t_{\text{反应}} \quad (1)$$

式中: v 为行驶速度(km/h),即制动减速前的初速度,美国采用设计速度,中国和日本采用设计速度的 85%~90%; $t_{\text{反应}}$ 为制动反应时间,通常取 2.5 s。

2.2 匀减速条件下的制动距离

假定制动时减速度恒定不变,则制动距离美国采用式(2)计算,中国和日本采用式(3)计算。

$$S_{\text{制动}} = \frac{(v/3.6)^2}{2a} \quad (2)$$

$$S_{\text{制动}} = \frac{(v/3.6)^2}{2gf} \quad (3)$$

式中: a 为减速度(m/s²); f 为纵向摩擦系数,干燥状态取 0.45~0.75,潮湿状态取 0.29~0.35。

2.3 基于汽车制动理论的制动距离

式(2)和式(3)均假设车辆作匀减速行驶,但从汽车制动特性来看,车辆在制动过程中减速度并非均匀不变。图 1 为不考虑空气和坡道助力时汽车制动过程中各运动参数的变化。

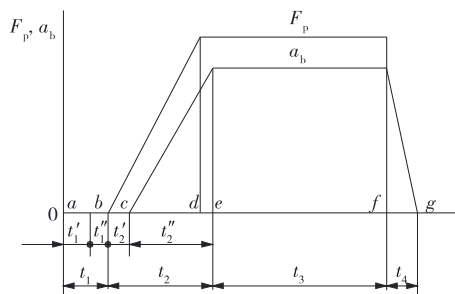


图 1 汽车制动过程示意图

图 1 中, F_p 为制动踏板力; a_b 为制动减速度; t 为时间, t_1 为制动反应阶段, t_2 为制动器起作用阶段, t_3 为持续制动阶段, t_4 为车辆停止后放松制动器阶段。 t_2 阶段分为蹄片与制动鼓间隙消除阶段 t'_2 和减速度 a_b 线性增加阶段 t''_2 , 在 t'_2 阶段, 汽车作匀速行驶; 在 t''_2 阶段, 在 e 时刻减速度达到最大 a_{bmax} 。该阶段车辆行驶距离为:

$$a_b = -\frac{a_{bmax}}{t''_2} \tag{4}$$

$$S_2 = S'_2 + S''_2 = vt'_2 + \int_0^{t'_2} a_b dt = v(t'_2 + t''_2) - \frac{1}{6} a_{bmax} t''_2 \tag{5}$$

t_3 阶段汽车作匀减速行驶, 直至车辆停止。该阶段车辆行驶距离为:

$$S_3 = \frac{v_e^2}{2a_{bmax}} = \frac{v^2}{2a_{bmax}} - \frac{vt''_2}{2} + \frac{a_{bmax} t''_2^2}{8} \tag{6}$$

制动距离 $S_{制动}$ 为 t_2 和 t_3 阶段车辆行驶距离之和。由于 t''_2 很小, 略去式(5)中最后一项, 并换算单位后得到式(7)。

$$S_{制动} = S_2 + S_3 = \frac{v}{3.6} \left(t'_2 + \frac{t''_2}{2} \right) + \frac{v^2}{25.92 a_{bmax}} \tag{7}$$

式(7)中, t'_2 、 t''_2 的取值与制动器结构和踏板速度有关, 对于液压传动, $t'_2 = 0.03 \sim 0.05$ s, $t''_2 = 0.15 \sim 0.2$ s。水平状态下 $a_{bmax} = \varphi_b g$, 其中 φ_b 为制动力系数, 与车辆滑动状态有关(见图 2)。峰值附着系数 φ_p 和滑动附着系数 φ_s 的取值见表 2。

按照汽车制动理论计算停车视距 SSD, 结果(见表 3)小于表 1 所示规定值。

3 停车视距分析

3.1 中国、日本与美国的停车视距

中国、日本与美国停车视距的差别主要在于行

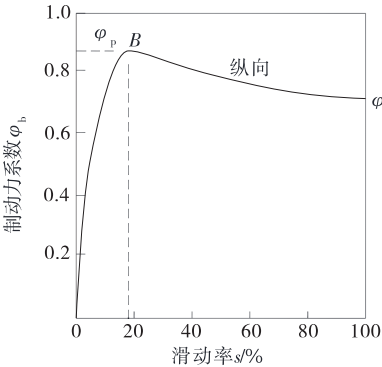


图 2 制动力系数与滑动率关系曲线

表 2 常见路面平均附着系数

路面类型	峰值附着系数	滑动附着系数
沥青或水泥砼(干燥)	0.8~0.9	0.75
沥青(湿)	0.5~0.7	0.45~0.60
水泥砼(湿)	0.7	0.70
砾石	0.6	0.55
雪(压紧)	0.2	0.15
冰	0.1	0.07

表 3 按照汽车制动理论计算的停车视距 SSD

行驶速度/ (km·h ⁻¹)	S _{反应} / m	S _{制动} /m		SSD/m	
		潮湿沥 青—A	潮湿沥 青—B	潮湿沥 青—A	潮湿沥 青—B
120	83	99	111	182	194
100	69	69	78	138	147
80	56	45	50	100	106
70	49	35	39	83	87
60	42	26	29	67	70
50	35	18	20	53	55

注: A 表示安装了 ABS 防抱死系统的汽车, φ_b 采用峰值附着系数计算; B 表示汽车抱死后, φ_b 采用滑动附着系数计算。

驶速度和减速度取值不同。对于行驶速度, 日本认为在潮湿路面行驶时, 行驶速度总是比设计速度低一些, 且反应时间 2.5 s 有较大富余; 若以设计速度计算, 反应时间取 1 s(见表 4)。对于减速度, 中国、日本($a = gf$)认为其随车速和路面干湿状态变化(见表 4), 换算后减速度在潮湿状态下为 $2.9 \sim 3.5$ m/s², 干燥状态下为 $4.5 \sim 7.5$ m/s²; 美国则认为路面潮湿条件下车辆减速度大都大于 3.4 m/s², 按 3.4 m/s² 取值能满足轮胎和路面摩擦要求。

表 4 按设计速度计算的停车视距

设计速度/ (km·h ⁻¹)	行驶速度/ (km·h ⁻¹)	反应时 间/s	反应距 离/m	摩阻 系数	制动距 离/m	停车视 距/m
120	110	1	31	0.29	164	195
100	100	1	28	0.30	131	159
80	80	1	22	0.31	81	103
60	60	1	17	0.33	43	60
50	50	1	14	0.35	28	42

3.2 制动距离计算模型分析

各国对制动距离计算的差别在于减速度变化过程及计算不同。美国和日本的计算模型作匀速行驶, 而式(7)按减速度在不断变化推导而来。在计算参数上, 虽然通常认为纵向摩阻系数等同于附着系

数,但从表2、表4可看出二者取值差异较大。如在潮湿状态下,按表2换算后的减速度为 $4.4\sim 6.7\text{ m/s}^2$,大于日本取值。主要原因在于表4中的摩阻系数为20世纪七八十年代由日本提出,与中国相关研究差异较大。

除参数差异外,制动减速度还跟驾驶员的制动状态密切关系。图1对应的是紧急制动状态,制动力系数很快达到峰值,而美国减速度对应的是舒适、从容的制动状态。将美国和日本减速度换算后,结合图2可得到滑动率为10%左右,处于制动初期,此时地面制动力小于附着力,远未达到最大,故制动距离偏长。

4 结论

(1) 对比中国、日本、美国、英国规范关于停车视距的取值,并按照汽车制动过程推导不计空气阻力时汽车的制动距离,结果显示,在相同行驶速度下,按汽车制动理论计算的制动距离小于相关国家规定值。

(2) 日本认为行驶速度总是小于设计速度,将设计速度进行折减得到行驶速度,同时其纵向摩阻系数为早期提出的参数,数值偏小,其停车视距小于美国按减速度 3.4 m/s^2 计算的停车视距。

(3) 制动状态对减速度影响很大。美国、日本换算后的滑动率很小,地面制动力还有较大增长空间,说明其停车视距相比紧急制动时仍有较大富裕。

(4) 中国公路规范直接采用日本规定,速度、反应时间和路面摩擦系数等主要参数未结合中国相关

研究结果,且与城市道路规范存在差别。作为安全指标,停车视距在道路设计和安全评价中已引起分歧。建议结合人、车、路与环境对停车视距计算模型和参数进行修正。

参考文献:

- [1] JTG D20—2017,公路路线设计规范[S].
- [2] JTG/T D21—2014,公路立体交叉设计细则[S].
- [3] AASHTO, A policy on geometric design of highways and streets[S].
- [4] 日本道路公团,日本高速公路设计要领:几何设计.休息设施[M].交通部工程管理局,译.西安:陕西旅游出版社,1991.
- [5] Highway England, Design manual for roads and bridges [S].
- [6] 余志生,汽车理论[M].第5版.北京:机械工业出版社,2009.
- [7] 冯光新,制动减速度和制动距离可比性分析[J].汽车技术,1983(10).
- [8] NCHRP Report 400, Determination of stopping sight distance[R].Transportation Research Board,1997.
- [9] 郑木莲,纵向摩擦系数在路面抗滑性能评价中的应用[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(4).
- [10] 李振洋,基于有限元分析的路面附着系数研究[D].长春:吉林大学,2017.
- [11] NCHRP Report 783, Evaluation of the 13 controlling criteria for geometric design[R].Transportation Research Board,2014.

收稿日期:2018—08—25

(上接第53页)

4 结语

解决骨架绑扎与钢模板两个关键问题后,通过合理安排,充分利用现场实际情况、模板数量、砼供应速度、拆模时间等因素使预制数量达到最大化,在提高预制速度的同时保证预制质量。该办法特别优化了制约预制进度和质量的钢筋骨架绑扎方法,采用胎膜配合人工绑扎,骨架的成型速度比原来快2倍以上,在钢模板数量一定的情况下整体预制速度比原来提高50%,护栏预制完成后钢筋骨架的砼保护层厚度合格率达95%以上,省时增效与质量控制优势十分明显。

参考文献:

- [1] 任兰芝,新泽西护栏在高速公路中的应用[J].江西建材,2018(3).
- [2] 张雷,刘小明,浅谈新泽西护栏的预制、安装施工工艺和方法[J].公路交通科技:应用技术版,2016(2).
- [3] 王凤侠,新泽西护栏预制块施工质量控制[J].交通科技,2014(6).
- [4] 李文勇,周大安,李福祥,等,基于RADIOSS的客车与波形护栏碰撞仿真分析[J].公路与汽运,2017(3).
- [5] 武玉明,王凤侠,潘俊峰,关于高速公路交通安全护栏设置的探讨[J].西部交通科技,2007(5).
- [6] 李甜,程杰,城市主干路交通安全设施设计探讨[J].公路与汽运,2017(5).

收稿日期:2019—01—11