

基于 ECE 法规的汽车制动性能加载检测方法研究

陈春飞¹ 吴善岳² 董荣对³ 陈明惠⁴

(1 乐清市宁康西路机动车检测有限公司 浙江 温州 325600; 2 玉环通达机动车辆综合性能检测站 浙江 台州 317605; 3 苍南县圆通机动车检测有限公司 浙江 温州 325800; 4 杭州宜捷机动车检测有限公司 浙江 杭州 311103)

摘要: 汽车安全是道路交通安全中最重要的一个环节, 为保证汽车制动有效, 需要加强汽车制动性能的检测技术。本文基于 ECE 法规设计汽车制动性能加载检测方法, 获取当制动机制失效且车轮还未抱死之前的轴位关系式, 计算该点的制动强度和制动距离, 并基于 ECE 法规建立多轴汽车应急制动模型。本文设计的汽车制动性能加载检测算法, 将通过传感器获取的模拟信号转化为数字信号, 并得到制动性能加载检测结果。试验结果表明, 该检测方法所得的标定数据最大误差为 -0.02%, 满足测试需求; 且在以某品牌为例的车辆前后轴双轴制动加载测试中, 也可以得到详细的数据结果, 可见该检测方法有效。

关键词: ECE 法规; 汽车制动; 制动性能; 制动加载测试

0 引言

汽车在为人们带来便利的同时, 也带来了巨大的安全隐患, 包括大气污染、交通安全等。在工业国家中, 汽车产业的发展会直接代表其制造业的发展程度, 同时也会成为重要的支柱产业。由于公路上的汽车数量逐渐增加, 为保证行人以及车内人员的安全, 汽车制动的性能也需要随之加强。在我国的年交通事故总量中, 因机动车故障而导致的人身伤亡占总事故量的 7%。但随着行车安全法规以及驾驶员自身素质的提高, 这种比例也在逐渐增加^[1]。因此, 需要对汽车的制动性能进行检测, 保证汽车在行驶过程中能够拥有良好的制动功能。

汽车的制动性能对汽车安全行驶能够起到重要保障, 而且 ECE 制动法规对于汽车制动性能有明确的要求。双轴汽车制动性能分析法是一种比较成熟的方法, 因此被广泛地应用。汽车制动系统的结构相对比较复杂, 因此很难分析具体制动性能。近年来, 在这方面有一些研究, 但是在方法上大都比较基础、繁琐, 所以很难实际应用, 因此需要优化检测方法, 才能够更好地实际应用。

在测试制动性能时, 主要分为两个方向: 室外道路试验和室内台架试验, 本文对后者进行进一步研究, 并基于 ECE 法规, 提出了更好的检测方法。

1 制动性能基本情况介绍

1.1 制动性能评价标准

制动性能是最基本的评价指标, 因此具有非常重要的作用。制动性能的评价可以从以下三个方面入手:

第一, 制动效能, 即制动距离和制动减速度。汽车的制动效能主要是指在良好的路面上, 如果汽车是以一定初速度来制动, 直到停车制动距离或者是制动时汽车降低速度。

第二, 制动效能的恒定性, 即抗热和衰退性能。汽车在高速行驶的情况下, 或者是下长坡连续制动时, 其制动效能的保持程度, 被称为抗热衰退性能。制动过程中汽车的行驶动能通过制动器来吸收, 然后转换成为热能, 因此制动器的温度升高以后, 是否能保持冷态制动效能, 这是设计师需要考虑的问题。当汽车涉水行驶以后, 制动器会存在水衰退的问题, 所以制动效能的恒定性应当包括抗热衰退性和抗水衰退性。

第三, 制动时汽车方向稳定性, 即制动时汽车不会出现跑偏、侧滑、失去转向能力的性能。具体是指汽车制动过程中直线行驶或者是预定弯道行驶的能力。即使汽车制动时不发生跑偏和侧滑, 以及失去专项能力性能, 这些情况也需要得到关注。

1.2 制动距离分析

制动距离是指在一定车速下, 从驾驶员踩下制动踏板开始直到停车驶过的距离。制动距离与制动踏

板力、路面附着条件、车辆载荷、发动机等因素有关。在测试制动距离过程中,应当对制动踏板力、制动系压力、路面附着系数、车辆状态等情况进行规定。制动距离还与制动器热状态有关,如果没有特殊说明,制动距离需要在冷试验条件下测得,起始制动时制动器温度应当 100℃ 以下。

1.3 制动性能恒定性分析

汽车高速制动一般都是在短时间内频繁重复制动,尤其是在下坡时如果长时间连续地制动会导致制动器温升过快和温度过高,因此摩擦系数就会急剧减小,制动效能就会迅速下降,从而出现热衰退。为了提高摩擦材料稳定性,可以增大制动鼓和盘的热容量,这样就可以改善散热性;也可以使用强制冷却装置,从而提高抗热衰退措施。当制动器摩擦表面浸水以后,会使摩擦系数急剧减小。出水后反复制动 5 ~ 15 次,就可以恢复制动效能。

1.4 制动方向的稳定性

汽车在直线行驶制动时,如果方向盘固定不动,在这样的条件下汽车就会自动向左或者是向右偏驶,这种现象就是制动跑偏。跑偏的两个主要原因是:(1)汽车的左右车轮,特别是前轴的左右车轮和转向轮制动器,制动力是不相等的;(2)制动时悬架导向杆系和转向系拉杆不协调或者互相干涉。其中,一个原因是制造和调整误差造成的,另外一个原因是设计造成的。因此制动时如果汽车总是出现向左或者是向右的一方跑偏,就需给予充分重视。

2 基于 ECE 法规建立多轴汽车应急制动模型

ECE 法规规定,驻车制动系统需要能够使车辆停留在 18% 坡度的坡道上,该条规则不需要与其他制动系统相互配合。对于挂载车,则需要能够停留在 12% 的坡道上,如果车辆的控制系统为手控或者脚控,需要保证控制力分别为 600N 和 700N^[2,3]。ECE 法规对于驻车制动系统已经被应用于紧急制动以后,另外进行了相应的补充说明。现如今的大多数两轴汽车均已经采用了这条规定,但是在多轴汽车中,对于该条法规的执行力度还有限。当前的多轴汽车几乎均采用前后布置的设计方式,当制动机制失效,且车轮还未抱死之前,均可以得到关系式:

$$F_{z1} : F_{z2} : F_{z3} = \lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 \quad (1)$$

式中: F_{z1} 、 F_{z2} 、 F_{z3} — 第 1 个、第 2 个、第 3 个汽车轴的制动器制动力;

λ_1 、 λ_2 、 λ_3 — 各制动力的分配系数。

$$F_{z1} + F_{z2} + F_{z3} = Q_z \times M_p \times g \quad (2)$$

式中: Q_z — 该多轴汽车的制动强度;

M_p — 汽车总质量;

g — 重力加速度,一般取 $g=10\text{m/s}^2$ 。

当其中的某一轴发生抱死现象时,其他轴针对地面的附着力就会相应增加。汽车在前进过程中,会受到巨大的与行驶方向相反的力,且此时的空气阻力较小,无法为车辆提供足够的制动力^[4]。在同一坐标系中,一旦汽车出现失效的情况,该点的制动强度就会发生较大的改变。

计算制动过程中的最大减速度 $V_{j-\max}$, 公式如下:

$$V_{j-\max} = Q_z \times g \quad (3)$$

同步计算制动距离, 公式如下:

$$X_z = \frac{t_1 + \frac{t_2}{2}}{3.6} v_p + \frac{v_p^2}{25.92 V_{j-\max}} \quad (4)$$

式中: X_z — 制动距离;

t_1 — 从驾驶员制动开始至汽车反应过来的时间;

t_2 — 制动器运行的时间;

v_p — 制动前汽车速度。

在应急制动系统中,汽车在制动过程中需要满足特殊的条件,无论是正常行车中的制动还是应急制动,均需要在这些制动系统中安置至少两套相互独立的体系。

在 ECE 法规中,详细规定了驾驶员必须坐在最接近控制装置的位置,这样一来,驾驶员就需要通过应急制动实现行车制动,再反过来通过独立的驻车制动实现应急制动。当汽车通过实时路况信息获取需要进行减速的判断时,驾驶员需要通过一系列的制动操作,使车轮向着与行驶方向相反的方向发出摩擦阻力,此时的地面制动力也会迫使整个汽车减速。因此,建立多轴汽车的应急制动模型时也要综合考虑地面制动力与制动器之间的关联。利用多轴汽车之间的轴间附着系数,获取前后轴的制动力分配系数,以建立一个能够实现 ECE 法规的汽车应急制动模型。

3 设计汽车制动性能加载检测算法

很多汽车均没有考虑到驻车坡度极限的问题,对于汽车制动性能加载的检测,也大多数忽略了坡路制动的问題。因此,需要一整套完善的以 ECE 法规

为基础的制动加载检测方法。结合上文中的应急制动模型，本文设计了一种汽车制动性能加载检测算法，如图 1 所示。

根据图 1，在算法自动检测模块中，需要将所有数据进行全方位的监督与管理，使其具备实时响应的能力，并完成通道和设备的自适应。具体的检测主要由传感器完成，包括车辆型号、轴心的测试，通道设备、工作状态的检测，甚至光电开关是否正常运行的检测。同时还需要查看传感器是否正常工作^[5]。自动检测模块中还存在信号采集、信号处理、信息显示模块，是数据采集与处理之间相互连接的窗口。其中最经常被应用的就是模拟信号转化为数字量的标度转换公式：

$$D_x = D_n + (D_m - D_n) \frac{P_x - P_n}{P_m - P_n}$$

(5)

式中： D_x —被模拟信号经过转化处理后的数字信号；
 D_m —该汽车检测方法的测量最大值；

D_n —该汽车检测方法的测量最小值；
 P_x —工程采样；
 P_m —经过转换后的最大采样值；
 P_n —经过转换后的最小采样值。

获取汽车性能数据以后，可以进一步处理前轴与后轴的数据，此时需要将异常点全部剔除。如果其中存在信号干扰、信号丢失等情况，则需要通过一定的方式，完成样本方差的运算。

$$k_i^2 = \bar{X}_i^2 - X_i^2$$

(6)

式中： k_i —不断更新的样本方差值；
 X_i —样本数据点；
 $\bar{X}_i$ —样本数据的平均值。

除此以外，还需要使用加载系统获取轴数信息，当数据被全部采集完毕后，可以被认为数据整体加载完毕。此时需要对数据进行综合分析，才能够结束该汽车制动性能的加载检测。

4 试验研究

4.1 标定系统检测

为验证所设计的汽车制动性能加载检测方法的有效性，对其进行试验验证。在该制动性能加载监测方法被投入使用之前，需要进行标定，即使用高精度的测量设备对低精度的标定设备进行测量。在待测车辆上安装制动性能加载检测系统，将上端和下端分别与检测系统相连，以当前的标定值作为修正加载值，得到力传感器的标定误差，如图 2 所示。

根据图 2，标定数据误差中，最大误差为 -0.02%，由数据结果可知，力传感器的输出误差限制在 5%以内，该加载系统满足检测需求。

4.2 汽车制动加载测试

以某车型品牌为例，对车辆的制动性能进行测试，试验结果如表 1 和表 2 所示。

在表 1 中，前轴质量和后轴质量均以约 50kg 的频率逐渐增加，随着前轴质量的增加，制动力百分比逐渐降低，由原本的 89.74% 下降至 73.15%。此时的前制动力平均值约为 814.39DN。随着后轴质量的增加，制动力百分比同样逐渐降

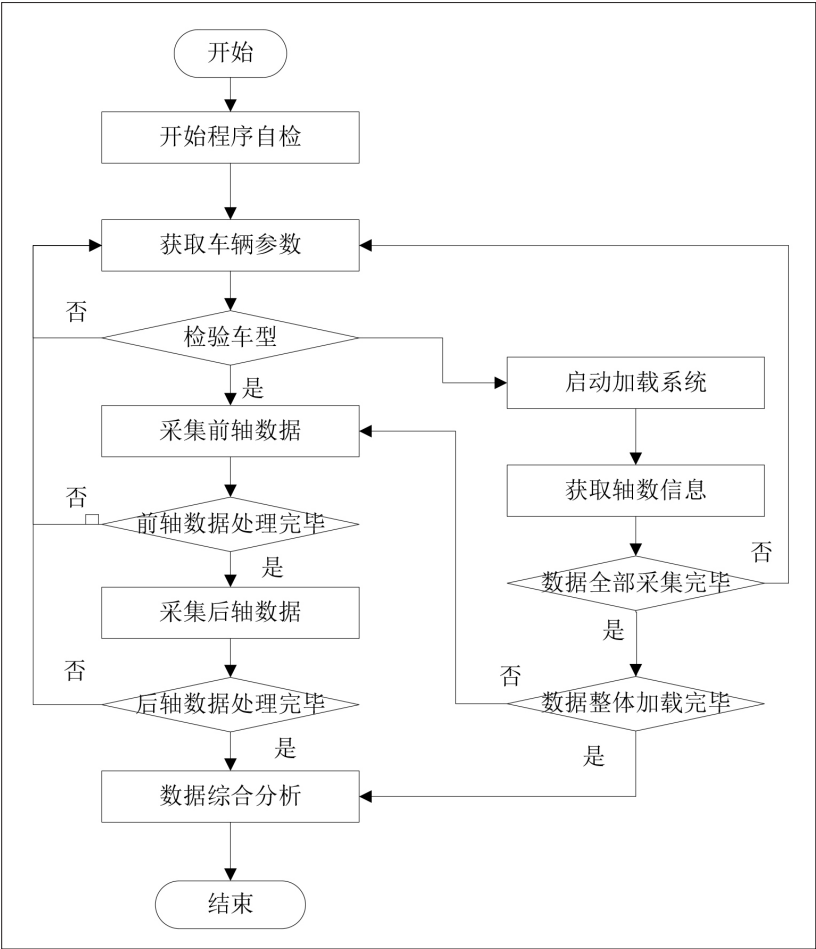


图 1 自动检测流程

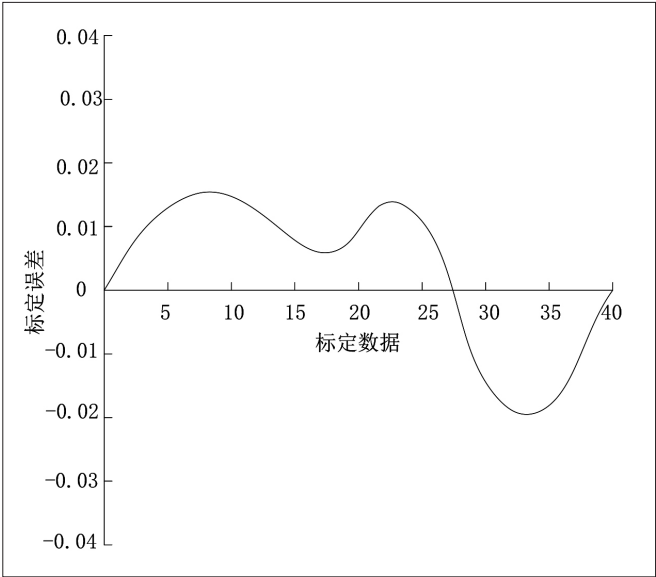


图 2 标定数据误差

表 1 前后轴制动加载测试

前轴重 /kg	制动力百分比 /%	前制动力 /DN	后轴重 /kg	制动力百分比 /%	后制动力 / DN
907.8	89.74	788.57	1109.8	68.87	784.74
955.7	88.85	774.45	1155.4	67.47	774.58
1004.4	86.95	845.14	1204.5	66.56	785.65
1056.1	84.45	856.51	1251.6	64.41	662.12
1102.5	83.15	861.22	1306.2	63.45	612.32
1151.6	81.02	832.36	1353.1	59.63	643.41
1204.3	78.32	723.43	1402.4	57.15	736.52
1255.2	76.41	714.82	1454.2	56.41	625.41
1304.4	75.52	845.91	1505.5	55.52	614.56
1351.1	74.63	854.64	1554.6	54.35	716.25
1408.5	73.15	861.32	1601.3	53.41	634.04

低，由 1109.8kg 时的 68.87% 下降至 1601.3kg 时的 53.41%。后制动力的平均值约为 689.96DN。

通过表 2 所示的汽车总制动力可以看出，汽车在 2017.6kg 时，总制动力占整车质量百分比的比重为 72.89%。随着整车质量的增加，所占百分比也在逐渐下降。当整车质量超过 3000kg 时，制动力比重已经下降至 64.14%。

通过上述试验，可以得到详细的汽车制动性能加载检测结果，可见该检测方法有效。

表 2 整车制动加载测试

前轴重 /kg	后轴重 /kg	整车重 /kg	总制动力占整车质量百分比 /%
907.8	1109.8	2017.6	72.89
955.7	1155.4	2111.1	71.14
1004.4	1204.5	2208.9	70.52
1056.1	1251.6	2307.7	69.63
1102.5	1306.2	2408.7	68.14
1151.6	1353.1	2504.7	67.16
1204.3	1402.4	2606.7	71.32
1255.2	1454.2	2709.4	70.45
1304.4	1505.5	2809.9	67.77
1351.1	1554.6	2905.7	66.45
1408.5	1601.3	3009.8	64.14

5 结语

本文设计了一种基于 ECE 法规的汽车制动性能加载检测方法，该方法可以结合预期的法规，对汽车制动性能进行测试。试验结果表明，该检测方法的力传感器输出误差能够被限制在 5% 以内，且在实际的制动性能测试中也能够得到准确的数值，可见该方法具备有效性。在当前的研究基础上，可以继续对四轴、五轴、六轴的汽车进行进一步研究，将驻车坡度纳入到考虑范围之内，进一步提高检测精度。

参考文献：

[1] 张辉, 吴杰, 唐绍禹, 等. 基于 PID 的双线圈侧置式磁流变制动器控制研究 [J]. 制造技术与机床, 2022 (12): 102-106.

[2] 王鑫, 符蓉, 高飞. 持续制动条件下摩擦温度对制动性能的影响 [J]. 润滑与密封, 2022, 47 (05): 76-80.

[3] 张锐, 邢智超, 王国业, 等. 农用运输车制动性能试验台机电惯量耦合补偿机理研究 [J]. 农业机械学报, 2021, 52 (S1): 526-532.

[4] 程洪杰, 高蕾, 刘志浩, 等. 多轴特种车辆动力学建模及制动性能优化研究 [J]. 振动与冲击, 2021, 40 (17): 241-248+289.

[5] 陈东, 刘梦洋, 徐朋朋, 等. 电动自行车整车制动检测平台的仿真研究 [J]. 机械设计与制造, 2021 (02): 121-125.