

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2024.06.001

引用格式:江学东.某纯电动低地板城市客车静态侧倾边界条件计算[J].公路与汽运,2024,40(6):1-4.

Citation:JIANG Xuedong.Calculation of static roll boundary conditions for a pure electric low-floor city bus[J].Highways & Automotive Applications,2024,40(6):1-4.

某纯电动低地板城市客车静态侧倾边界条件计算

江学东

(中车时代电动汽车股份有限公司,湖南 株洲 412007)

摘要: 客车最大静态侧倾角可直观反映客车的侧倾稳定性,是影响客车行车安全的重要指标。纯电动低地板城市客车电池布置在车顶,质心较高,整车静态侧倾角难以满足法规要求。文中对某纯电动低地板城市客车的静态侧倾角进行理论计算,根据计算结果得出满足整车布置要求的约束条件,为整车布置设计提供依据,保证客车最大静态侧倾角符合法规要求。

关键词: 汽车;纯电动低地板城市客车;静态侧倾角;约束条件

中图分类号:U462.33

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2024)06-0001-04

根据 GB 7258—2017《机动车安全运行技术条件》,客车停放在试验平台上,在乘客区满载、行李舱空载的情况下进行测试,向左侧和右侧倾斜的侧倾稳定角应大于等于 28° ,且除设有乘客站立区的客车外,在空载、静态条件下向左侧和右侧倾斜的侧倾稳定角应大于等于 35° ^[1]。低地板城市客车是指车厢内从前乘客门至最后轴中心线(或超过中心线)间的中央通道区地板为无踏步的单一区域,每个乘客门踏步都是一级踏步的城市客车^[2],属于设有乘客站立区的客车,乘客区满载、行李舱空载情况下侧倾稳定角应大于等于 28° 。纯电动低地板车型不同于二级踏步车型,其中段底部无空间安装目前常用储能电池(宁德标准箱),电池集中布置于车顶和后部,整车质心较高。为了通过侧倾稳定性测试,可以先通过理论计算得出满足整车布置要求的约束条件,再以此为基础进行整车布置设计。这样在后续实车试验检测时,可以避免出现由于前期设计原因导致试验不通过而消耗大量人、财、物力及时间去整改的情况,且由于有一定的理论计算作为参考,可以达到事半功倍的效果^[3]。本文对某纯电动低地板城市客车静态侧倾角进行计算,根据计算结果分析满足整车布置要求的约束条件。

1 整车主要参数及悬架结构

表 1 为该纯电动低地板城市客车的主要参数。该车前后都装配空气弹簧非独立悬架,其中前悬架

表 1 某纯电动低地板城市客车的设计参数

参数	数值
轴距 L/mm	5 800
轮胎静力半径 R/mm	446
整车总质量的重力 G_a/N	175 048
整车非簧载质量 G_u/N	21 878
前轴非簧载质量 G_{u1}/N	8 257
后轴非簧载质量 G_{u2}/N	13 621
前轴簧载质量 G_{s1}/N	59 899
后轴簧载质量 G_{s2}/N	93 271
前轴轴荷的重力 G_1/N	68 156
后轴轴荷的重力 G_2/N	106 892
前悬架侧倾中心距地面高度 h_1/mm	185
后悬架侧倾中心距地面高度 h_2/mm	235
前外轮轮距 B_1/mm	2 113
后外轮轮距 B_2/mm	2 193

采用 2 个空气弹簧,后悬架采用 4 个空气弹簧^[4],高度阀采用“前一后二”的布置形式。前悬架为低地板门式桥悬架,V 形推力杆布置在底下,纵向推力杆布置在两边,并加装一个前横向稳定杆。后悬架为低地板后偏置桥悬架,V 形推力杆布置在底下,纵向推力杆布置在两边,并加装一个后横向稳定杆。若 V 形推力杆延长线的交点在车轴正上方,该点即为侧倾力矩中心^[5];若交点与车轴偏置,则将该点水平平移至车轴上方,该点即为力矩中心。由此可知,前后悬架的侧倾中心均较低。前后悬架的结构分别见图 1、图 2。

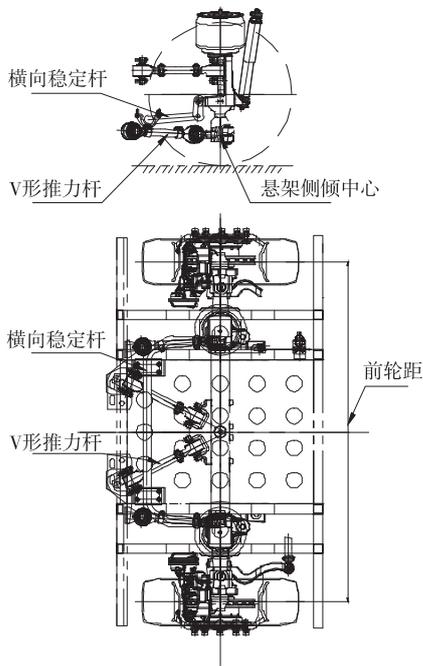


图 1 前悬架的结构

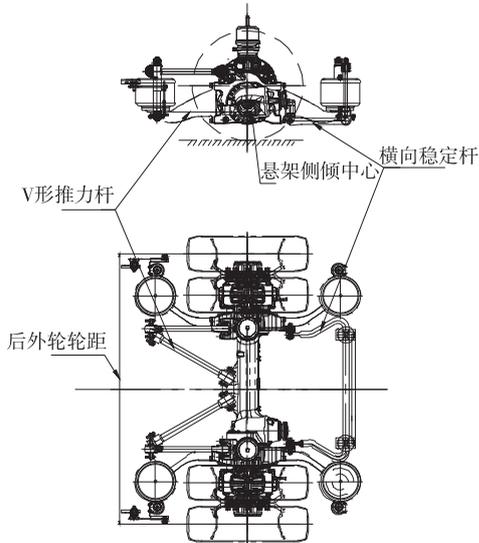


图 2 后悬架的结构

2 静态侧倾角计算

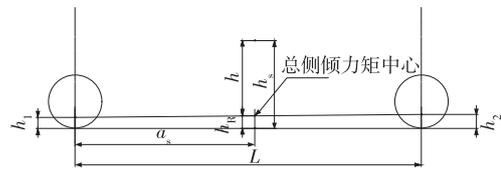
2.1 侧倾力臂计算

整车质心高度是一个重要参数。纯电动低地板城市客车由于电池布置于顶部和后部,质心较高,同时由于前后悬架的结构,侧倾中心较低,导致整车侧倾力臂增大(见图 3),整车静态侧倾角减小。侧倾力臂 h 按式(1)计算^[6]。

$$h = h_s - h_R \quad (1)$$

式中: h_s 为簧上质量质心距地面的高度(mm),

$h_s = (G_a h_g - G_u R) / (G_a - G_u)$; h_g 为整车质心高度; h_R 为侧倾中心距地面的高度(mm), $h_R = (h_2 - h_1)(G_2 - G_{u2}) / (G_a - G_u) + h_1$ 。



a_s 为簧上质心至前轮中心的水平距离

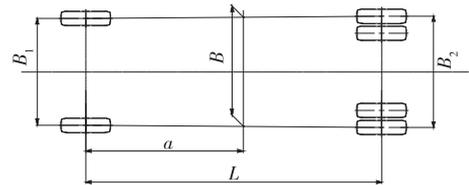
图 3 整车侧倾力臂示意图

综上,侧倾力臂与整车质心高度 h_g 和侧倾中心距地面的高度 h_1 、 h_2 相关。

2.2 等效轮矩计算

图 4 为该客车轮矩示意图。等效轮矩 B 为:

$$B = (B_1 G_1 + B_2 G_2) / G_a \quad (2)$$



a 为整车质心至前轴的距离

图 4 客车轮矩示意图

按式(2)计算,得等效轮距 $B = 2\ 161.85$ mm。

2.3 悬架侧倾角刚度计算

簧上车身可视为刚体。前后悬架角刚度为并联,悬架均为气簧非独立悬架,侧倾角刚度 C_φ (φ 为悬架侧倾角)为前后悬架的弹性元件及横向稳定杆部件侧倾角刚度的总和^[7],即:

$$C_\varphi = C_{FA} + C_{FW} + C_{RA} + C_{RW} \quad (3)$$

式中: C_{FA} 为前悬架空气弹簧角刚度; C_{FW} 为前横向稳定杆角刚度; C_{RA} 为后悬架空气弹簧角刚度; C_{RW} 为后横向稳定杆角刚度。

(1) 前悬架空气弹簧角刚度计算。前悬架为单边一个气囊,右侧布置一个高度阀。静态侧倾时,气路相通,左右气簧气压相等,没有侧倾反力矩。在一侧气囊被压到与限位块接触之前或刚接触时,侧倾角刚度为零,即 $C_{FA} = 0$ 。

(2) 后悬架空气弹簧角刚度计算。后悬架为单边两个气囊,左右各布置一个高度阀。静态侧倾时,由于侧倾力矩较大,时间较长,会出现一侧气簧内空气倒流的情况,刚度很低;而另一侧气簧仍不断放气,直至气压很低甚至为零。在一侧气囊被压到与限位块接触之前或刚接触时,侧倾角刚度为零,即

从表 2 可以看出:该车满载质心离地高度 $\leq 1\ 400\ \text{mm}$ 时,整车静态侧倾角 $\geq 28^\circ$,满足 GB 7258—2017 的要求。

表 2 计算表格

满载质心离地高度/mm	静态侧倾角/ $^\circ$	满载质心离地高度/mm	静态侧倾角/ $^\circ$
1 450	26.52	1 380	28.68
1 440	26.82	1 370	29.00
1 430	27.13	1 360	29.32
1 420	27.43	1 350	29.65
1 410	27.74	1 340	29.97
1 400	28.05	1 330	30.30
1 395	28.21		

3.2 空载质心高度边界条件

通过整车满载质心高度及座位上乘客和站立乘客质心高度可以得出整车空载时需要满足的质心高度,即整车设计总体布置阶段需要控制的整车整备质量的质心离地高度 h_c 的边界条件^[10]。

$$h_c \leq [G_a h_g - \sum (G_{pi} h_{pi})] / (G_a - \sum G_{pi}) \quad (7)$$

式中: h_g 为满载质心高度; G_{pi} 为各乘客重力; h_{pi} 为各乘客的质心到地面的高度。

根据上节得出的满载质心高度和总布置图上乘客座椅的布置和乘客站立区域,计算得 $h_c \leq 1\ 499\ \text{mm}$ 时整车静态侧倾角 $\geq 28^\circ$ 。

4 结语

本文通过对某纯电动低地板城市客车静态侧倾角的计算,得出满足 GB 7258—2017《机动车安全运行技术条件》要求的侧倾稳定角所需边界条件为相

同侧倾角刚度下满载质心离地高度 $\leq 1\ 400\ \text{mm}$ 、整车整备质量的质心离地高度 $\leq 1\ 499\ \text{mm}$ 。后续进行整车总体布置时,计算整车整备质量的质心高度并检查其是否满足该边界条件。如果不满足,则对总体布置进行调整。对于纯电动车辆,可以调整储能电池的位置以满足该静态侧倾边界条件。

参考文献:

- [1] 公安部交通管理科学研究所,交通运输部公路科学研究院,中国汽车技术研究中心.机动车运行安全技术条件:GB 7258—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [2] 金华青年汽车制造有限公司.低地板及低入口城市客车结构要求:GB 19260—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [3] 罗朝晖.基于客车车内空间提升的动力电池成组设计[J].客车技术,2019(5):11-16.
- [4] 王昆,余英俊,袁绍华,等.某中型客车侧倾问题分析[J].客车技术与研究,2016,38(5):23-26.
- [5] 何水龙,韦壹,叶明松,等.静态侧倾稳定角的计算与影响因素分析[J].机械科学与技术,2020,39(6):937-941.
- [6] 陈耀明,张满良.汽车静态侧翻稳定角的计算方法[J].汽车技术,1994(4):9-11.
- [7] 余志生.汽车理论[M].5版.北京:机械工业出版社,2009.
- [8] 刘惟信.汽车设计[M].北京:清华大学出版社,2001.
- [9] 李志魁,吴晓涛.考虑衬套影响的横向稳定杆侧倾刚度计算方法及其应用[J].汽车技术,2016(4):13-16+21.
- [10] 中国公路车辆机械有限公司,郑州宇通客车股份有限公司.客车结构安全要求:GB 13094—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.

收稿日期:2024-01-30

关于假冒杂志网站和邮箱的声明

目前互联网上出现以《公路与汽运》杂志名义建立的官方网站和投稿邮箱,它们盗用“公路与汽运”的名称,非法向外征稿并收取审稿费、版面费,严重损害了本刊的权益和声誉。为避免广大作者和读者上当受骗,本刊郑重声明:

1 本刊的网址为 <http://glyqy.csust.edu.cn>。互联网上以“公路与汽运”名义建立的其他网站都是假冒的,此类网站上发布的信息及由此造成的一切后果均与本刊无关。

2 本刊官方邮箱为 gongluyuqiyn@163.com,除此之外的任何以本刊名义设立的邮箱都是假冒的。本刊目前没有收取审稿费。

3 本刊强烈谴责这种假冒《公路与汽运》杂志名义、损害本刊和作者、读者权益的违法行为,并保留依法追究其法律责任的权利。

特此声明。

《公路与汽运》编辑部