

创芯 X3D 三维数码摄像四轮定位仪技术研究^{*}

彭华勇

(佛山职业技术学院 汽车工程系, 广东 佛山 528137)

摘要: 四轮定位仪作为一种检测仪器,是汽车维修中必不可少的设备,而传统的四轮定位技术已不能满足现代汽车四轮定位参数测量实时、在线、快速的要求。3D 四轮定位技术具有非接触、操作简单、测量速度快等优点,代表了四轮定位参数测量技术的最新方向。文中介绍了汽车四轮定位参数测量技术的研究状况,分析了创芯 X3D 三维数码摄像四轮定位仪的原理及研究成果。

关键词: 汽车;四轮定位;测量技术;X3D 三维数码摄像

中图分类号:U472.9

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)01-0011-04

为了保证良好的操纵稳定性,汽车必须具有前轮定位参数。前轮定位参数是由转向节、车轮及车轴三者形成的一种相对位置关系参数,包括主销后倾、主销内倾、前轮外倾和前轮前束。前轮定位参数对汽车行驶安全性及操纵稳定性的影响至关重要,若前轮定位参数不符合设计要求,特别是两转向轮定位参数失准,将直接导致轮胎异常磨损、行驶跑偏、制动抖动、车轮摆振、转向沉重等一系列问题,最终影响汽车的安全行驶。因此,前轮定位参数是车辆检测的一项非常重要的内容。

1 四轮定位参数简介

1.1 外倾角

从汽车的正前方看,轮胎中心线与水平垂直线所成的角度即为车轮外倾角,远离汽车向外为正,靠近汽车向内为负(见图 1)。不同车轮外倾角将产生不同的轮胎与地面之间的接地点及施力点,故车轮外倾角直接影响轮胎的抓地力及磨损状况;同时可改变车重在车轴上的受力分布,避免轴承产生异常磨损;还可抵消由汽车载荷引起的悬架系统和机架活动表面之间的间隙所产生的角度变化。车轮外倾角也会影响汽车的行驶方向,为了能使汽车在受力平衡下保持直线行驶,汽车左右轮的外倾角必须相等;外倾角与前束角相配合可提高汽车的直线行驶性,避免轮胎损耗不均。

外倾角的作用:1) 零外倾角的作用。不管采用正外倾角还是负外倾角,汽车转向时由于车轮内侧和外侧转动的半径不一致,必然造成车轮内、外磨损

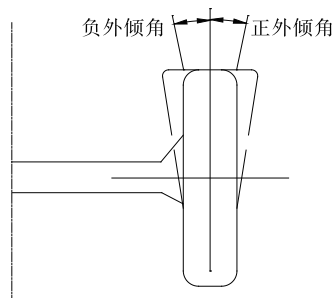


图 1 车轮外倾角示意图

不均,采用零外倾角可防止轮胎发生不均匀磨损。2) 正外倾角的作用。可减轻转向节上承载的负载;防止车轮滑脱;防止由于载荷而产生不需要的外倾角;减小转向时的操纵力。

1.2 主销内倾角

主销内倾角定义为由真实或假象的转向主销轴线和垂直于汽车支撑平面的垂线在垂直于汽车纵向平面上的投影所成的夹角(见图 2)。主销内倾角可使车重平均分布在轴承上,保护轴承不易受损,并使转向力平均、转向轻盈。内倾角也是在汽车受外力偏离直线行驶时前轮在汽车重力作用下使汽车转向回正的主要原因。主销内倾角通常是不可调整的,因为其在汽车悬挂设计之初就已设定好。主销后倾角的最主要作用是减少转向操纵力和使方向盘转向后自动回正。

1.3 前束与前束角

汽车车轮并不是平行安装的,而是向内或向外倾斜一定角度。如图 3 所示,两前轮边缘距离 A 与 B 的差值即为前束(见图 3)。从汽车正前方看,汽车

^{*} 基金项目:科技部科技型中小企业技术创新基金项目(13C26214404447)

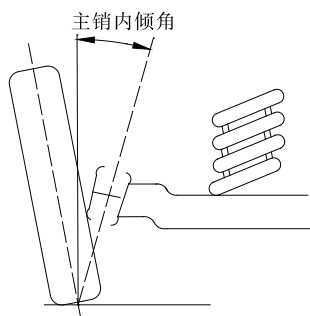


图2 主销内倾角示意图

纵向中心线和前轮中心线所成的角度即为前束角, 向内为正前束角, 向外为负前束角。车轮外倾角的存在及道路阻力可能引起车轮向内或向外滚动, 前束角的主要作用是克服这种趋势, 确保汽车直线行驶。正前束角会造成转向不足, 负前束角则会增大转向过度的趋势。前束的另一个主要作用是消除由于外倾角所产生的轮胎侧滑。

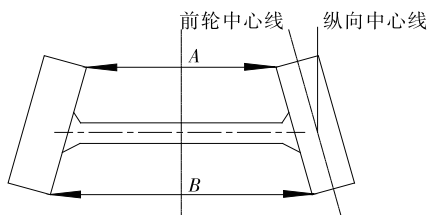


图3 前束与前束角示意图

1.4 主销后倾角

从侧向看, 真实或假象的转向主销轴线(转向轴中心线)与铅垂线之间的夹角即为主销后倾角, 向前为负, 向后为正(见图4)。主销轴线和路面之间的交点可以落在轮胎与路面接触点的前方或后方, 正是由于这两种情况的存在, 可利用路面对轮胎的阻力让汽车保持前行。其原理类似于商场推购物车时, 购物车的前轮会自动转向施力的方向并保持前行。主销后倾角的大小与汽车直线行驶和汽车转向回正性有很大关系, 主销后倾角越大, 汽车的直线行驶性越好, 方向盘的回正性也越好, 但带来的后果是转向沉重。总之, 主销后倾角的主要作用是使汽车具有一定的回正性及提高汽车的直线行驶稳定性。

2 四轮定位仪测量技术的现状

2.1 传统测量技术

2.1.1 早期定位技术

最早的四轮定位测量仪由后倾角、前束尺、外倾角等相关测量机构组合而成。前束尺只能测量以长

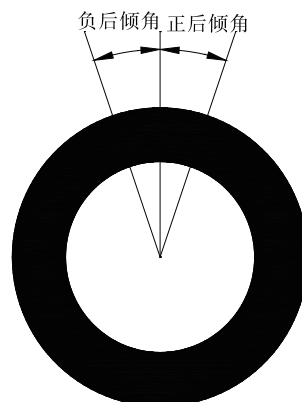


图4 主销后倾角示意图

度为单位表示的前束值, 通过测量前束值后进行换算得到前束角, 这样既费人力也浪费资源, 还不能测量单个车轮的前束角。由于其测量精度有限, 随着现代技术的发展, 其逐渐被淘汰, 取而代之的是测量精度更高、多功能、轻便的四轮定位仪。

2.1.2 光学水准定位仪

早起的光学水准定位仪是在被测车辆的车轮上安装可发射激光的发射装置, 将激光发射在刻度尺上, 通过读取刻度尺上的位置测量前束角。当被测车辆的前束角不为零时, 激光所照射的位置发生偏移, 偏移量即代表该被测车辆的前束角值; 当被测车辆的前束角为零时, 激光所照的位置则在零刻度位。

2.1.3 拉线四轮定位仪

鉴于光水准测量仪的功能有限, 通过拉线方式代替激光进行前束角测量。由于拉线四轮定位仪采用单片机控制, 测量方式不再是人工测量, 测量精度和制动化程度都有了很大提高。拉线四轮定位仪采用LED, 同时采用电脑控制显示并在电脑中存储有各车型的四轮定位参数, 可通过对比得到测试结果。拉线式测量定位仪的核心技术在于采用具有测量旋转角的旋转式电位器, 该旋转电位器主要用于测量拉线的偏转角度, 进而保证前束角测量准确性。

2.1.4 传统四轮定位测量方式的缺点

- (1) 测量过程为机械接触, 必定造成一定磨损, 测量仪器必须定期作检定及相应调试。
- (2) 系统兼容性能不好, 一般每套设备只能检测具有固定尺寸的某种车型。
- (3) 无法实施动态检测。
- (4) 测量速度慢, 精度无法保证, 在需要进行轮毂失圆补偿时测量所花费的时间长, 同时无法实现在线快速实时定位测量。

2.2 动态法测量技术

封树敏提出基于满意准则数学模型的车轮定位参数智能化动态测量方法,并采用正交设计方法,以侧向力和侧向滑移量为试验目标、前束角和外倾角为试验因素进行试验,得到了侧向滑移量和外倾角及前束角之间的关系。张立斌等通过对定位参数和车轮侧滑量相互影响的理论分析,以神经网络理论为基础,建立了车轮侧滑量与前轮定位参数的数学模型,提出了一种快速检测汽车定位参数的新方法。徐永能等通过试验,确定了车辆后退及前进时侧滑量与前束角和车轮外倾角之间的关系,将遗传算法应用于四轮定位参数测量,实现了快速测量。

动态测量法通过对汽车前束角和外倾角综合作用的结果(车轮所受侧向力及滑移量)进行测量,相比于光学水准法、拉线法,其最主要的优点在于能进行动态测试。

2.3 激光式四轮定位仪

激光式四轮定位仪测量的前提是将车辆置于一个封闭的直角四边形中,该四边形由光线照射而成,定位参数通过安装在前后车轮上的卡具和测量头测量。测量头的定位准确度严重影响检测精度,而测量头是通过卡爪夹持在轮毂上的,因而卡具的安装好坏直接影响检测精度。轮毂失圆补偿可很好地解决这个问题,但其过程复杂,难以实现快速检测,导致激光式四轮定位仪难以推广。

3 创芯 X3D 三维数码摄像四轮定位仪

3.1 测量原理

如图 5 所示,3D 四轮定位仪将高精度工业数码摄像机安装于横梁两端,相机与电脑直接连接,分别对汽车两侧安装于车轮上的目标盘进行连续拍摄,通过对不同位置图像空间几何的变化进行精确数学运算,得出车轮及底盘的定位参数。

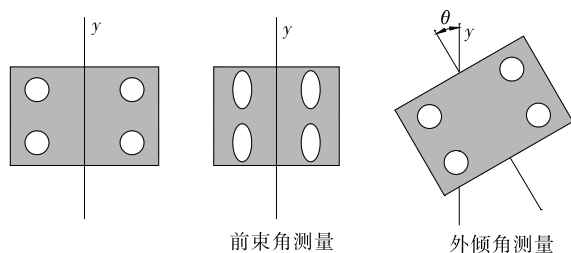


图 5 3D 四轮定位仪测量原理示意图

目标盘上有按一定规律排列的圆形图案,用照相机拍摄目标盘,根据其图案位置及大小计算各车

轮的位置参数。其原理:1) 照相机周围设置一系列发光二极管,中间为 CCD 照相机;2) 发光二极管照射到目标盘,目标盘反射红外光到照相机,照相机拍照并将图片传给电脑;3) 电脑根据接收到的图像进行处理计算,得到四轮定位角度和距离值(见图 6)。

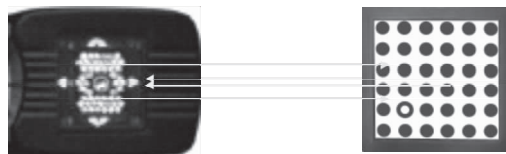


图 6 3D 四轮定位仪目标盘内部原理示意图

3D 四轮定位仪采用高灵敏专用工业摄像头,精度更高,可达 0.01° ;速度更快,达 15 帧/s。四周两组指示灯具有指导操作功能。3D 目标靶采用特殊反光材料,寿命可达 10 年以上。外壳防摔抗震,正常测量高度脱落不会损伤。

运用 3D 四轮定位仪,可实现 3D 动态测量(见图 7)、轴偏距和轮偏距测量(见图 8)、多功能参数测量(见图 9)。其测量精度见表 1。

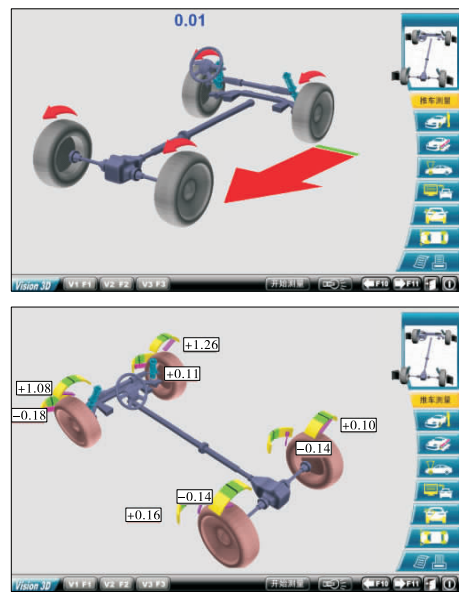


图 7 3D 四轮定位仪 3D 动态测量示意图

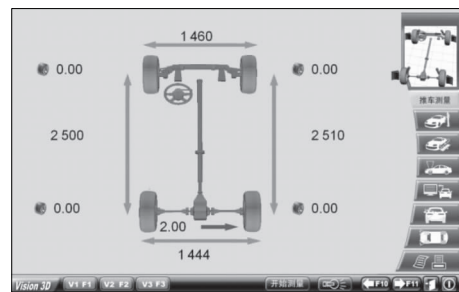


图 8 3D 四轮定位仪轴偏距和轮偏距测量示意图

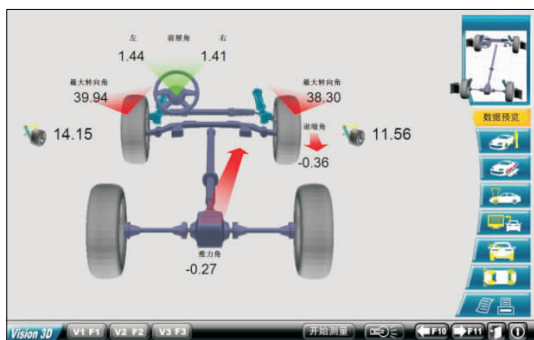


图9 3D四轮定位仪多功能参数测量示意图

表1 3D四轮定位仪的测量精度

测量项目	精度/($^{\circ}$)	测量范围/($^{\circ}$)
显示精度	1	—
外倾角	± 2	± 15
主销后倾角	± 3	± 26
主销内倾角	± 3	± 26
前束角	± 2	± 20
退缩角	± 2	± 5
推力角	± 2	± 5

3.2 技术优势

(1) 能真正测量车辆行驶状态下的定位参数,定位调整更精确。标准的3D四轮定位均通过推车测量获得车轮的基本参数。一方面,通过拍摄车辆推动过程中车轮上目标板的运动状态获得被测车辆4个车轮的三维空间立体坐标,真实测量车轮在车辆行驶动态中的滚动姿态,获取的外倾角、前束角更能反映车辆行驶状态下的定位参数;另一方面,推车测量通过测量车轮的动态变化将钢圈变形、夹具机械误差等因素进行圆周补偿,测量结果更精确。

(2) 采用空间拍摄手段,测量结果更可靠,测量功能丰富。传统的四轮定位仪采取的是互相定位,每个传感器只能与纵横相邻的两个传感器进行相对位置测量(无法与对角线上的传感器进行定位),所测参数均为两个传感器相互之间的相对位置数据,无法依据车辆底盘中轴线测量出车辆的真实定位参数,导致定位不准、方向盘不正、车辆侧偏行驶等现象。3D四轮定位仪通过同轴上两个专业相机对车辆进行空间拍摄,依靠车辆底盘中轴线来计算车辆的定位参数,能精确测量车轮之间的几何尺寸,如轮距、轴距、轮偏移、轴偏移等,通过对车轮绝对位置的测量有效恢复车辆原厂数据状态。

(3) 以目标板代替光电传感器,消除了电子元

器件的故障隐患。传统的定位传感器由大量电子元器件及高精度倾角传感器所组成,容易受温度、湿度甚至强烈振动的影响,需经常反复标定。3D定位仪的目标板没有任何电子元器件,其外壳采用高强度工程塑料制造,10 m跌落无损。标板图案由进口材料制造的反光涂层制作,可确保15年的使用寿命,一次标定即可长期使用。

(4) 采用3D-MAX立体仿真动态调整系统,可真实还原车轮三维立体姿态,随动式动画调整提示,彰显定位专家风范。

3.3 创芯X3D三维数码摄像四轮定位特点

(1) 独一无二的X3D,操作性能优于任何一台V-3D,更便于操作。

(2) 进口高速、高精度动态相机快速拍摄4个车轮上的目标板,每秒钟可达到10次。

(3) 4个目标板只有传感图像,没有任何电子零部件、连接线,可减少因元件问题引起的故障,大大降低维修费用。

(4) 特殊材料的目标靶,保证高温、低温不变形,正常测量高度不会摔坏;特高级的反光材料可保证使用寿命达到10年以上。

(5) 只需一次推动汽车便可完成偏心补偿,测量速度大幅提高。

(6) 测试仪出厂时已精确标定,现场安装即可使用,无需定期标定。

(7) 配备语音操作提示,协助维修技师快速准确地维修,可通过丰富的三维动画及相应的提示进行维修调校。

(8) 具有方向盘调整功能,保证在没有调正退缩角或推进角的情况下方向盘不会发生侧偏。

(9) 可通过增加的轴距、轮距测量功能(增配)了解底盘技术状况。

4 结语

正确的车轮定位参数可保持汽车良好的直线行驶状态、转动方向盘后的自动回正功能,增强驾驶控制感,减少轮胎磨损,保证汽车的操纵稳定性。若车轮定位参数不准确,会出现直行困难、方向盘转向沉重、转向轮摇摆及轮胎急剧磨损等现象。因此,必须及时准确地对车轮定位参数进行检测,保证车轮定位的准确性。

汽车四轮定位仪已由最初的红外线、激光检测

(下转第18页)

荷分布均匀,稳定性更高。客车满载时稳定性最好;在非满载情况下,乘客应尽量均匀分布于客车的左右排座位,减少质心横移量,从而提高客车的行驶稳定性和安全性。

3 结论

(1) 阶跃转向过程中,随着客车速度的增加,满载、左侧满载、右侧满载 3 种载荷工况下的临界转向盘转角均减小。

(2) 客车左转向的转向稳定区域大于右转向的稳定区域。

(3) 客车满载行驶时稳定性最好,非满载时载荷应均匀分布以提高行车安全性。

参考文献:

- [1] 何汉桥,张维刚.我国客车安全综述[J].客车技术与研究,2007,29(2).
- [2] 雷林,李强.汽车操纵稳定性的研究与应用[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2009,32(增刊).
- [3] 朱强,张越,陈江义,等.混合动力客车独立前悬架运动学建模与操稳性仿真研究[J].郑州大学学报:工学版,2014,35(4).
- [4] 苏家竹,赵野,杨祥利,等.基于操纵稳定性的某客车空气悬架系统结构改进[J].汽车技术,2015(1).
- [5] 陶利民.基于 ADAMS/Car 的非独立悬架轻型客车操纵稳定性和行驶平顺性仿真研究[D].上海:上海交通大学,2010.
- [6] 马建,陈荫三.轮胎垂直载荷变化对大客车高速操纵稳

定性影响的模拟分析[J].中国公路学报,1998,11(1).

- [7] 来飞.客车静态和动态侧倾稳定性判别方法对比研究[J].北京汽车,2014(6).
- [8] Iskandar A H, Li Q M. Ageing effect on crashworthiness of bus rollover[A]. 9th European LS-DYNA Conference[C]. 2013.
- [9] Powell JP, Palacín R. Passenger stability within moving railway vehicles: limits on maximum longitudinal acceleration[J]. Urban Rail Transit, 2015, 1(2).
- [10] Dong-chen Q, Yi-cun X, Qiang Z, et al. Modeling and simulation study on crosswind stability of the high-speed bus[J]. Noise & Vibration Worldwide, 2011, 42(11).
- [11] 周科,马玥.客车操纵稳定性试验研究[J].客车技术与研究,2014,36(2).
- [12] 贺志瑛,杨励,夏芝安,等.某客车的操纵稳定性仿真分析及道路试验[J].农业装备与车辆工程,2015(3).
- [13] F VLK,王璋,汤致彪.铰接式大客车的侧向稳定性[J].专用汽车,1991(1).
- [14] 袁绍华,杨怀鑫,费沈重,等.基于横向载荷转移量的客车转向稳定性分析[J].客车技术与研究,2015,37(4).
- [15] 沈光烈,林圣存.基于有限元法的大型客车模态分析与结构改进[J].公路与汽运,2012(6).
- [16] Rahman M K, Johari M H, Abu Kassim K A, et al. Body section analysis in bus rollover simulation[J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2011(9).

收稿日期:2016-08-25

(上接第 14 页)

及水准式检测发展到现代化的 3D 式四轮定位仪,与传统四轮定位仪相比,X3D 三维数码摄像四轮定位设备的测量技术更先进、测量结果更可靠、精度更高,代表了四轮定位参数测量技术的最新方向。

参考文献:

- [1] 明平顺,杨万福.现代汽车检测技术[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 罗进益,周红军.轿车四轮定位检测与调整[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [3] 金智林,马翠贞,张甲乐.基于电液制动的运动型多用途车防侧翻控制[J].仪器仪表学报,2013,34(11).
- [4] 赵前程,黄东兆,杨天龙,等.机器视觉 3D 四轮定位仪关键技术[J].仪器仪表学报,2013,34(10).
- [5] Rakay J R S, Rakay S, Weiss R, et al. Adjusting wheel

alignment on machinery equipment[J]. Acta Montanistica Slovaca, 2012, 17(4).

- [6] 许张义,张桂香,周聪.线控转向中 FlexRay 总线的应用[J].电子测量与仪器学报,2013,27(3).
- [7] 封树敏.汽车车轮定位参数动态测量方法的研究[D].合肥:合肥工业大学,2005.
- [8] 徐永能,刘述芳,施树明,等.遗传算法在车轮定位参数测量中的应用[J].公路交通科技,2001,18(2).
- [9] 张立斌,苏建,陈熔.车轮定位参数快速检测新方法研究[J].汽车技术,2005(10).
- [10] 魏鬼,孙长库,张效栋,等.车轮定位参数的线激光非接触方法研究[J].光电子.激光,2004(12).
- [11] 王德超,涂亚庆,张铁楠.汽车四轮定位参数测量技术综述[J].拖拉机与农用运输车,2008,35(4).

收稿日期:2016-03-02