

汽车轮胎六分力测力仪的研制

崔胜民, 张京明, 尚 捷

(哈尔滨工业大学 汽车工程学院, 山东 威海 264209)

摘要: 介绍了轮胎六分力测力仪的结构和工作原理。轮胎六分力测力仪能够同时测量汽车行驶过程中轮胎所受到的 3 个力(纵向力、侧向力和垂直力)和 3 个力矩(翻转力矩、滚动力矩和回正力矩), 具有结构简单、安装方便、成本低等特点。

关键词: 轮胎; 多向力; 六分力测力仪

中图分类号: T Q336. 1 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2001)08-0484-05

轮胎是汽车的重要部件之一, 是汽车与地面之间的传力元件, 其动态特性直接影响汽车的操纵稳定性、燃油经济性、乘坐舒适性及安全性等。

轮胎动力学的测量一直是汽车工程中努力探索的课题。传统的测量方法是采用转鼓试验台对轮胎进行台架试验, 虽然采用该方法可以排除许多干扰因素, 为建立数学模型提供准确的数据, 但其缺点是台架上轮胎的受力情况与实际安装轮胎的受力情况有较大差距, 而且对轮胎在各种不同路面上的受力状况无法准确模拟。

汽车实际行驶时轮胎的受力测试十分重要, 国际上许多大公司都在这方面进行研究, 有关的测试仪器虽已问世, 但价格昂贵。我国在这方面也有一定研究, 但在轮胎六分力全部同时测量方面还是空白, 为此我们研制设计了轮胎六分力测力仪, 将其安装在汽车受力最复杂的转向驱动轮上, 以便对不同车型轮胎受到的所有力进行同步测量。

1 轮胎六分力测力仪的结构原理

汽车行驶时, 转动的车轮受力情况极其复

杂, 直接利用传感器或电测方法来测量其所受的各种力和力矩是无法实现的, 因此需要设计一种测力仪, 其机械结构应保证轮胎所受的各种力都将传递到其上, 要有利于实现非电量电测, 而且能排除同时作用的各个力、力矩间的相互干扰, 同时要考虑安装方便和通用性的要求。

依据上述要求, 我们设计了轮胎六分力测力仪, 其结构如图 1 所示。

六分力测力仪主要由连接盘、4 根测力筋、集流器和电磁转角测量机构组成。

在汽车行驶时, 轮胎与地面之间产生的力经过轮胎、车轮、轮盘、轮毂、悬架传递到车身上。这种测力仪的设计思路是切断从轮盘至轮毂间力的传递, 在其间连入测力仪, 使力的传递路线改为: 轮胎→车轮→轮盘→测力仪→轮毂→悬架→车身。由于轮盘与轮毂是由测力仪相连接, 因此可以保证所有力和力矩都将通过测力仪。另一方面, 轮盘上的各个力和力矩都将以 4 根测力筋分别受拉压、弯曲的形式表现出来, 可以通过电阻应变片较为方便地测量。将测力仪与一个连接盘相连, 再与轮毂连接, 当测力仪用于测量不同汽车时, 只要安装一种专用的连接盘即可, 保证了通用性。

2 轮胎六分力测力仪的测量原理

测力仪需要测量汽车行驶时轮胎所受的 3 个力和 3 个力矩, 即纵向力 F_x 、侧向力 F_y 、垂直力 F_z 、翻转力矩 M_x 、滚动力矩 M_y 、回正力

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(Q95F0243)
作者简介: 崔胜民(1963-)男, 黑龙江哈尔滨人, 哈尔滨工业大学汽车工程学院教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事汽车系统动力学研究。

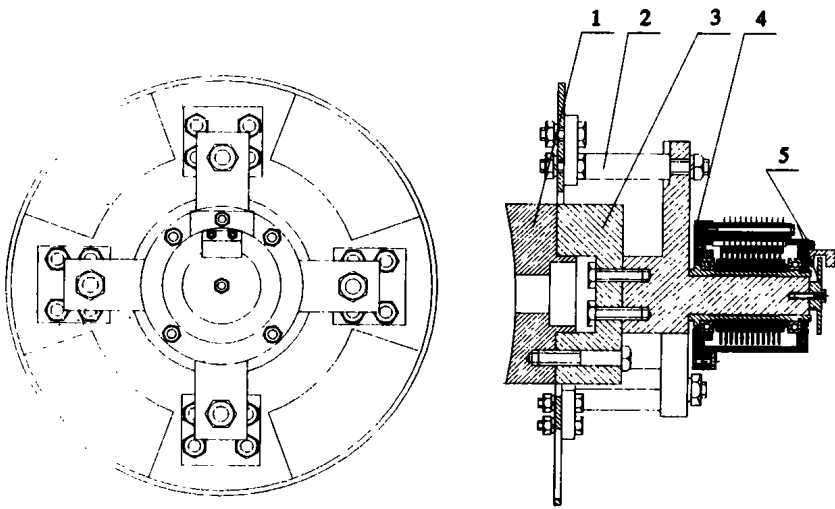


图 1 测力仪结构简图

1—轮毂; 2—测力筋; 3—连接盘; 4—集流器; 5—电磁转角测量机构

矩 M_z 。

在测量时, 由于这 6 个分力是同时作用的, 当用应变片测量其中 1 个分力时, 会受到其它分力的影响, 因此必须消除这些影响。同时, 由于工作时存在温度变化, 还必须考虑温度补偿, 这些主要靠应变片的布置和测量电路的连接来解决。

测力仪有 4 根测力筋, 其截面为正方形, 共粘贴 28 片应变片。在测力筋 1 和 3 上, 分别粘贴 8 片应变片, 其电阻值分别为 $R_1, R_2, R_5, R_6, R_{13}, R_{14}, R_{17}, R_{18}$ 和 $R_3, R_4, R_7, R_8, R_{15}, R_{16}, R_{19}, R_{20}$; 在测力筋 2 和 4 上, 分别粘贴 6 片应变片, 其电阻值分别为 $R_{11}, R_{12}, R_{23}, R_{24}, R_{27}, R_{28}$ 和 $R_9, R_{10}, R_{21}, R_{22}, R_{25}, R_{26}$ 。

具体粘贴位置和方向根据所测力的不同而不同。 $R_1 \sim R_4$ 用于测量垂直力 F_z ; $R_5 \sim R_{12}$ 用于测量侧向力 F_y ; $R_{13} \sim R_{16}$ 用于测量翻转力矩 M_x ; $R_{17} \sim R_{20}$ 用于测量滚动力矩 M_y ; $R_{21} \sim R_{24}$ 用于测量纵向力 F_x ; $R_{25} \sim R_{28}$ 用于测量回正力矩 M_z 。

2.1 侧向力的测量原理

以测量侧向力为例, 介绍测力仪的测量原理。

当车轮仅受侧向力 F_y 作用时, 在 4 根测力筋上都将产生大小和方向相同的轴向力, 每根测力筋承受 $1/4$ 的侧向力。在这种受力条件

下, 每根测力筋都将产生相同的拉伸或压缩变形。在测力筋 1 和 3 上分别轴向粘贴 2 个应变片, 其电阻值分别为 R_5, R_6 和 R_7, R_8 ; 在测力筋 2 和 4 上分别横向粘贴 2 个应变片, 其电阻值分别为 R_{11}, R_{12} 和 R_9, R_{10} 。

应变片粘贴位置及电桥连接形式如图 2 所示。

根据电桥的特性可知, 电桥的输出电压为:

$$U_0 = \frac{U_i}{8} \left[\left(\frac{\Delta R_5}{R_5} + \frac{\Delta R_6}{R_6} \right) - \left(\frac{\Delta R_{11}}{R_{11}} + \frac{\Delta R_{12}}{R_{12}} \right) + \left(\frac{\Delta R_7}{R_7} + \frac{\Delta R_8}{R_8} \right) - \left(\frac{\Delta R_9}{R_9} + \frac{\Delta R_{10}}{R_{10}} \right) \right] \quad (1)$$

式中, $R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = R_9 = R_{10} = R_{11} = R_{12} = R$ 。

设在侧向力 F_y 的作用下, 测力筋 2 和 4 的线应变为 ϵ , 测力筋 1 和 3 的轴向应变为 ϵ_x 。由材料力学可知, 横向粘贴的 R_9, R_{10} 和 R_{11}, R_{12} 应变片的测力关系为:

$$\frac{\Delta R}{R} = -\mu \epsilon_K \quad (2)$$

式中 μ ——材料的泊松比;

K ——电阻应变片的敏感因数。

轴向粘贴的 R_5, R_6 和 R_7, R_8 应变片的测力关系为:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \epsilon_x \quad (3)$$

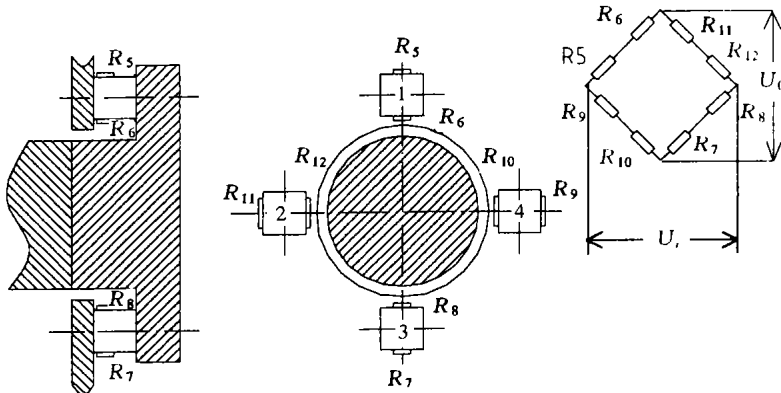


图2 测量时应变片粘贴位置及电桥连接形式

将公式(2)和(3)代入公式(1),得

$$U_0 = \frac{U_i}{8} K [(\epsilon_5 + \epsilon_6) - (-\mu\epsilon_{11} - \mu\epsilon_{12}) + (\epsilon_7 + \epsilon_8) - (-\mu\epsilon_9 - \mu\epsilon_{10})] \quad (4)$$

由上面的受力分析可知, $\epsilon_5 = \epsilon_6 = \epsilon_7 = \epsilon_8$

$= \epsilon_9 = \epsilon_{10} = \epsilon_{11} = \epsilon_{12} = \epsilon$, 那么

$$U_0 = \frac{U_i}{8} K (4\epsilon + 4\mu\epsilon) = \frac{U_i}{2} K (\epsilon + \mu\epsilon) \quad (5)$$

$$\epsilon = \frac{2U_0}{KU_i(1+\mu)} \quad (6)$$

由此可知, 可通过 U_0 测出应变 ϵ 。

根据材料力学, $F = \epsilon EA$ (其中 A 为测力筋截面积, E 为弹性模量), 可求出侧向力 F_y :

$$F_y = 4 \epsilon EA = \frac{8E}{K(1+\mu)} \cdot \frac{U_0}{U_i} \cdot A \quad (7)$$

2.2 测量时其它5个分力的影响

(1) 车轮仅受 F_x 的作用

当 F_x 单独作用时, R_5, R_6 和 R_7, R_8 都处于弯曲变形的中性层上, 不产生变形, 故电阻阻值也不发生变化。而处于测力筋 2 和 4 上的 R_{11}, R_{12} 和 R_9, R_{10} 分别随测力筋的弯曲变形产生大小相等方向相反的变形, 即 $\epsilon_9 = -\epsilon_{10}, \epsilon_{11} = -\epsilon_{12}$ 。将其代入公式(4)得: $U_0 = 0$, 即 F_x 单独作用时, 电桥输出电压为零, 对测量不产生任何影响。

(2) 车轮仅受 F_z 的作用

当车轮仅受 F_z 作用时, R_9, R_{10} 和 R_{11}, R_{12} 都处于弯曲变形的中性层上, 不产生变化,

即 $\epsilon_9 = \epsilon_{10} = \epsilon_{11} = \epsilon_{12} = 0$ 。而处于测力筋 1 和 3 上的 R_5, R_6 和 R_7, R_8 分别随测力筋的弯曲变形产生大小相等方向相反的变形, 即 $\epsilon_5 = -\epsilon_6, \epsilon_7 = -\epsilon_8$ 。将其代入公式(4)得: $U_0 = 0$, 即 F_z 单独作用时, 电桥输出电压为零, 对测量不产生影响。

(3) 车轮仅受 M_x 的作用

当 M_x 单独作用时, 对测力筋 1 产生正压力, 对测力筋 3 产生正拉力。在这种受力条件下, 测力筋 1 产生压缩变形, 测力筋 3 产生拉伸变形, 二者大小相等, 即 $\epsilon_5 = \epsilon_6 = -\epsilon_7 = -\epsilon_8$ 。而 R_9, R_{10} 和 R_{11}, R_{12} 都处于弯曲变形中性层上, 不产生变化, 即 $\epsilon_9 = \epsilon_{10} = \epsilon_{11} = \epsilon_{12} = 0$ 。由公式(4)得: $U_0 = 0$, 即 M_x 单独作用时, 电桥输出电压为零, 对测量不产生影响。

(4) 车轮仅受 M_y 的作用

当 M_y 单独作用时, 测量所涉及的所有应变片 $R_5 \sim R_{12}$ 均位于弯曲变形的中性面上, 不产生变化, 因此 $U_0 = 0$ 。即 M_y 单独作用时, 不引起电桥输出电压的变化, 因此对测量不产生影响。

(5) 车轮仅受 M_z 的作用

当 M_z 单独作用时, 与 M_x 单独作用时类似。不同之处在于此时测力筋 2 发生压缩变形, 测力筋 4 产生拉伸变形。即 $\epsilon_9 = \epsilon_{10} = -\epsilon_{11} = -\epsilon_{12}$ 。而此时 R_5, R_6 和 R_7, R_8 将处于弯曲变形的中性层上, 不产生变化, 即 $\epsilon_5 = \epsilon_6 = \epsilon_7 = \epsilon_8 = 0$ 。将其代入公式(4)得: $U_0 = 0$, 即 M_z 单独作用时, 电桥输出电压为零, 对测量不产生任何影响。

以上证明了测力仪测量 F_y 时, 其它 5 个分力均不会引起输出信号的变化, 也就是排除了其它力作用对测量的干扰。

2.3 温度补偿

当温度变化时, 由于采用相同的应变片, 因此, 当温度变化相同时, 各电阻阻值变化也相同, 即 $\Delta R_5 = \Delta R_6 = \Delta R_7 = \Delta R_8 = \Delta R_9 = \Delta R_{10} = \Delta R_{11} = \Delta R_{12}$ 。

将其代入公式(1)得: $U_0 = 0$ 。因此温度变化不会影响输出信号, 即设计的电路可以实现温度的自动补偿。

3 坐标系的转化

上面提到的各力和力矩是建立在相对车轮固定的坐标系上, 这个坐标系相对于车身是转动的, 因此需要把这些力和力矩转化到车身固定坐标系上。

坐标系的转换如图 3 所示, 其中 F_x, F_y 和 F_z 为车轮坐标系中的力; M_x, M_y 和 M_z 为车轮坐标系中的力矩; f_x, f_y 和 f_z 为车身坐标系中的力; m_x, m_y 和 m_z 为车身坐标系中的力矩; α 为车轮相对两个坐标系重合的初始位置转角, 通过电磁式转角测量机构测得。

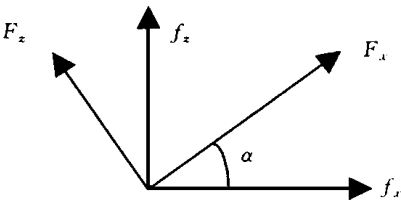


图 3 坐标系转换

可以推出如下转换关系:

$$f_x = F_x \cos \alpha - F_z \sin \alpha$$

$$f_y = F_y$$

$$f_z = F_x \sin \alpha + F_z \cos \alpha$$

$$m_x = M_x \cos \alpha - M_z \sin \alpha$$

$$m_y = M_y$$

$$m_z = M_x \sin \alpha + M_z \cos \alpha$$

4 六分力测力仪的信号输出

由于测力仪工作时是随车轮一起作转动的, 因此它测量出的电信号需要一特殊装置向固定的车身坐标系输出, 这一装置称为集流环。在集流环端部还装有电磁式转角测量装置, 随车轮转动发出一系列脉冲信号, 用以测量车轮转角。测力仪的输出信号处理过程见图 4。

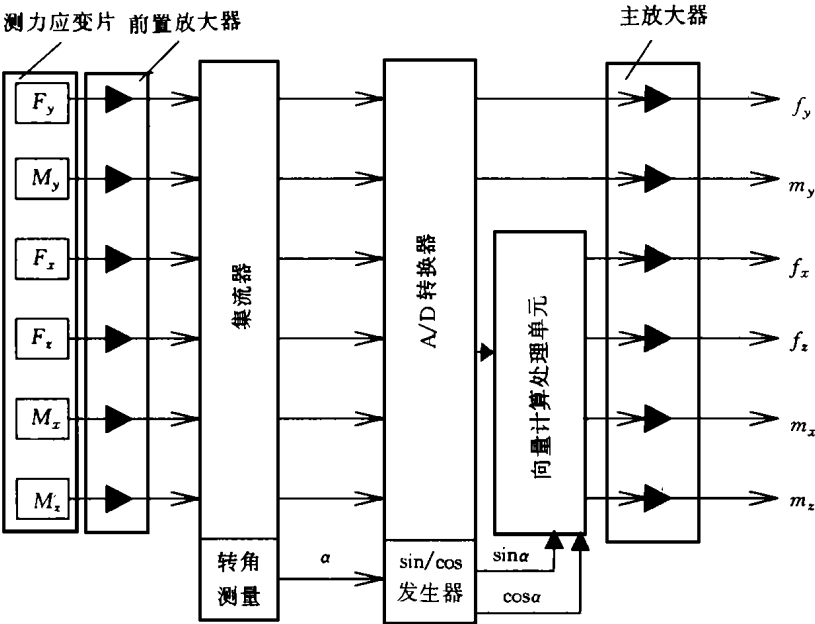


图 4 测力仪的输出信号处理流程图

测力仪中电桥产生的输出信号, 首先经前置放大器放大后, 由集流环输出给模/数转换器, 转换为便于计算机处理和存储的数字信号, 与此并行的转角信号经 $\sin/\cos$ 发生器产生 $\sin$ 和 $\cos$ 两信号, 转角的 $\sin$ 和 $\cos$ 值信号与需要进行坐标转换的信号 F_x , F_z , M_x 和 M_z 一起输入向量计算处理单元进行坐标转化计算, 最后这些信号经主放大器放大后输出。

用于润滑油改性的乙丙共聚物(J-0050)

产品通过中油公司鉴定

中图分类号: TQ333.4 文献标识码: D

由中国石油吉化股份有限公司有机合成厂与中国石油吉林石化公司研究院合作开发的用于润滑油改性的乙丙共聚物(J-0050)产品, 于2001年5月10日在北京通过了由中国石油集团公司科技评估中心组织的鉴定。国内合成橡胶及润滑油行业的知名专家对该产品给予了高度评价, 一致认为: “该产品经过小试研究, 直接在引进的 $2\text{万 t}\cdot\text{a}^{-1}$ EPR 装置上实现了工业化生产, 生产工艺技术成熟可靠, 产品质量稳定”。台架试验和应用试验结果表明, 这种产品的主要性能指标达到国外同类产品水平, 填补了国内空白, 居国际先进水平, 可替代进口产品, 具有较好的经济效益和社会效益, 其市场前景广阔。

乙丙共聚物作润滑油粘度指数改进剂具有良好的增稠能力、氧化稳定性和剪切稳定性, 且综合性能优于其它改性剂, 国内一直没有厂家生产, 全部依赖进口。吉化股份有限公司在引进 $2\text{万 t}\cdot\text{a}^{-1}$ EPR 生产装置时, 曾要求专利商提供该牌号 EPR 生产技术, 但遭拒绝。为满足市场需求, 吉化股份有限公司有机合成厂与中油吉林石化公司研究院联合进行技术攻关, 经过小试研究, 结合 EPR 生产装置的工艺特点, 并充分利用大生产中积累的经验, 开发了用作润滑油粘度指数改进剂的 J-0050, 在 1998 ~ 2000 年期间, 共有 $2\,269\text{ t}$ 产品投放市场, 深受

5 结语

轮胎六分力测力仪可以测量汽车在行驶过程中轮胎所受的纵向力、侧向力、垂直力、翻转力矩、滚动力矩和回正力矩, 具有结构简单、安装方便、成本低等特点, 是研究轮胎动态特性和汽车操纵稳定性的重要测量仪器。

第 11 届全国轮胎技术研讨会论文

用户欢迎。

J-0050 产品的开发开拓了 EPR 新的应用领域, 该牌号 2001 年的计划产量为 $2\,500\text{ t}$, 占 EPR 全年计划产量的 17% , 这对提高 EPR 生产装置的生产负荷, 减少装置亏损, 提高 EPR 市场占有率, 拓展企业的生存和发展空间具有现实意义。

[中国石油吉林石化公司研究院
《弹性体》编辑部 韩秀山供稿]

吉化研究试验厂 BF3 新体系聚异丁烯项目获国家创新基金支持

中图分类号: TQ333.8 文献标识码: D

由吉化研究试验厂开发的 BF3 新体系聚异丁烯项目日前正式通过国家科技部专家论证, 获得了国家科技创新基金支持。

这种新体系聚异丁烯具有无毒、无味、无色、透明等一系列特点, 可广泛应用于口香糖胶料、医用粘合剂、油品添加剂、汽油清净剂、无灰分散剂、高档润滑油以及电器绝缘材料等许多领域。

目前, 在上述领域的市场年需求量预计可达 $5\,000\text{ t}$ 以上, 随着人们对这一新产品认识的不断加深, 其应用领域将会更加拓宽, 需求量也将会日趋增大, 市场前景很广阔, 经济效益和社会效益显著。该厂现已建成了年产 500 t 的生产装置, 产品投放市场后受到了用户的一致好评。

(吉化集团公司研究院 张晓君供稿)