

检测驱动桥轮边锁死半轴承扭的方法

何其猛，杨志日

江西江铃底盘股份有限公司 江西抚州 344000

摘要：当汽车一个驱动轮打滑时，差速器与半轴锁紧成一体，使差速器失去了差速作用，发动机输出的转矩全部转移到另一侧驱动轮上。现模拟整车单侧车轮陷住，左右半轴粘贴应变片，锁止差速器总成脱困的工况下，一侧轮边锁死，另一侧轮边自由状态，在驱动后桥主减速器凸缘处，输入一定设计的转矩，通过台架试验和应变测试系统，能准确知道左右半轴受到转矩的大小。

关键词：驱动桥；半轴；锁止差速器；应变片

驱动桥主要由减速器、差速器、半轴和桥壳等组成。减速器的作用是减速和增加转矩；差速器的作用是将动力传递给两侧半轴，同时允许两侧半轴以不同的速度转动，使两侧车轮以滚动的形式不等距离行驶，可以缩短轮胎与地面的摩擦力。比如汽车转弯时，车轮的轨迹是一条弧线。如果汽车向左转，弧线的中心在左侧。在同等行驶条件下，右轮的弧度比左轮的弧度长，以平衡车轮之间的差异。所以需要通过差速器使左轮减速，右轮加速，弥补轮胎速度不同造成的距离差。一些越野车上配有锁止差速器，锁止差速器的作用是当驱动轮打滑，差速器壳和半轴锁紧成一体，使差速器失去差速作用，可以把所有的转矩转移到另一侧的驱动轮上。锁止差速器很好地解决了汽车在一侧车轮打滑时出现动力传输的问题。

测试背景

在验证某款越野车后驱动桥最大转矩后备系数试验中，工装锁住左后轮，利用锁止差速器脱困的工况，发动机转速加到1500~1800r/min时，左后半轴断裂，此时输入后驱动桥的转矩为2249N·m。理论分析：

驱动桥速比为4.1，若转矩全部分配给左半轴，此时左后半轴转矩 $2249\text{N}\cdot\text{m} \times 4.1 = 9221\text{N}\cdot\text{m}$ 。

理论计算分析

根据汽车行业标准《汽车半轴技术条件和台架试验方法（QC/T293—2019）》，计算出半轴额定转矩。某款越野整车的后驱动桥为半浮式结构，按汽车动力源最大转矩计算和按最大附着力计算，取两者计算结果的较小值为半轴额定转矩。整车参数见表1。

表1 某款越野车整车参数

满载驱动桥载质量 m/kg	1933.00
发动机最大转矩 $M_{\text{emax}}/\text{N}\cdot\text{m}$	400.00
变速器1挡传动比 I_k	4.664
驱动桥主减速比 I_0	4.100
车轮滚动半径 R/mm	377.00
轮胎中心面到半轴轴承中心距离 L/mm	20.00
驱动车轮与路面的附着系数 φ	0.80

1) 按汽车动力源最大转矩计算，半轴额定转矩 M_j

$$M_j = \sqrt{M_e^2 + M_b^2} \quad (1)$$

按汽车动力源最大转矩计算半轴所承受的转矩 M_e

$$M_e = 0.6 \times M_{\text{emax}} \times I_k \times I_o \quad (2)$$

半浮式半轴所承受的弯矩 M_b

$$M_b = mgL/2 \quad (3)$$

计算结果得： $M_j = 4589.28 \text{ N}\cdot\text{m}$

2) 按最大附着力计算，半轴额定转矩 M_j

$$M_j = \sqrt{M_e^2 + M_b^2} \quad (4)$$

按最大附着力计算半轴所承受的转矩 M_e

$$M_e = mgR_f \varphi/2 \quad (5)$$

半浮式半轴所承受的弯矩 M_b

$$M_b = mgL/2 \quad (6)$$

计算结果得： $M_j = 2862.94 \text{ N}\cdot\text{m}$

按发动机最大转矩计算与按最大附着力计算，取较小的一个，取半轴额定转矩 $M_j = 2862.94 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

3) 半轴静扭强度后备系数。半轴静扭失效转矩 M 与半轴额定转矩 M_j 的比值为 K_1 ，即 $K_1 = M/M_j$ 。

该款车的半轴试验静扭失效转矩 M 为 $8000 \text{ N}\cdot\text{m}$ （半轴静扭试验中获得），半轴额定转矩 M_j 为 $2862.94 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

$$K_1 = M/M_j = 2.79$$

标准要求半轴静扭强度后备系数大于1.8，该半轴后备系数为2.79，满足设计要求。

在验证该款越野整车后驱动桥最大转矩后备系数试验中，半轴失效转矩为 $9221 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，后备系数 $K_2 = 9221/2862.94 = 3.22$ ，满足设计要求。

测试方法

为了能准确了解在差速器脱困的情况下，半轴受到的转矩的大小，采用了下列方法。

1. 半轴粘贴应变片

应变片是由敏感栅等构成用于测量应变的元件，使用时将其牢固地粘贴在构件的测点上，构件受力后由于测点发生应变，敏感栅也随之变形而使其电阻发生变化，再由专用仪器测得其电阻变化大小，并转换为测点的应变值。

左右半轴粘贴应变片要求较高，首先检查应变片栅线有无断丝，底基、覆盖层有无破损，引线是否牢固。再在左右半轴上定位、打磨、清洗、贴片及焊接

等，保证被测半轴的清洁平整，无油污，无锈迹，如图1所示。

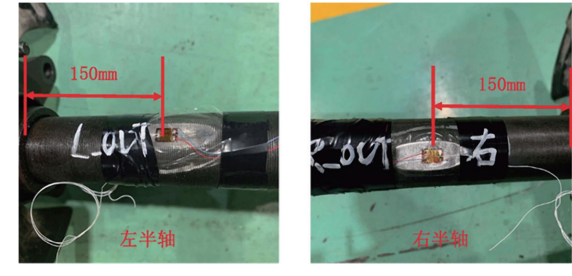


图1 左右半轴粘贴应变片

2. 半轴转矩标定

该标定的主要作用是确定测量系统的输入-输出关系，赋予测量系统分度值。在微机控制扭转试验台上，用工装固定半轴带法兰车轮端，半轴另一端用花键套，如图2所示。微机控制扭转试验台加载转矩，采集得到对应应变值，见表2。通过拟合得到应变—转矩关系， X 为应变（ u_E ）， Y 为转矩，如图3所示。



图2 扭转试验台加载转矩采集应变值

表2 半轴应变值

左半轴		右半轴	
应变 u_E	转矩/ $\text{N}\cdot\text{m}$	应变 u_E	转矩/ $\text{N}\cdot\text{m}$
0	530	0	570
4.4	760	2.7	790
7.6	930	5.1	990
11.5	1130	7.9	1220
15.6	1360	9.2	1320
19.2	1550	11.9	1530
22.6	1720	14	1710
26.7	1940	16.9	1920
31.3	2180	19.3	2090
35.9	2410	21.5	2250

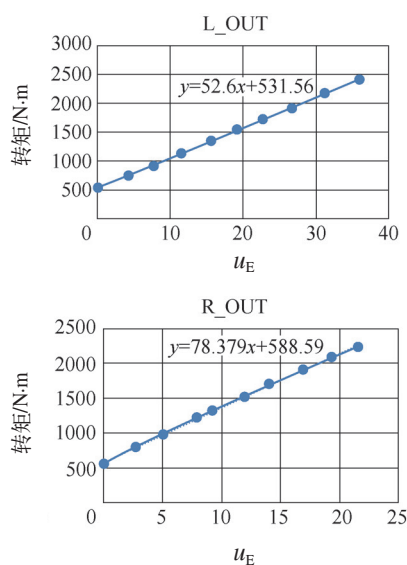


图3 应变—转矩关系

3.台架检测

为了方便应变片线束连接，驱动桥壳上开几个窗口，开窗口不影响测试结果。利用设备工装，锁住驱动桥的右轮边，即锁住右半轴。驱动桥的左轮边自由状态，即左半轴自由，再锁死差速器。通过微机控制扭转试验台设备对驱动桥的主减凸缘处，施加输入转矩1000N·m，通过两个应变片采集左右半轴应变数据（见图4）。



图4 驱动桥半轴测试

4.检测结果

当驱动桥的主减凸缘处输入转矩为1000N·m时，通过标定得到的应变函数，测得左右半轴应变数据结果，左半轴应变转矩大小为131.2N·m，右半轴应变转矩大小为4186N·m。如图6所示，X轴为加载时间（s），Y为应变转矩（N·m）。按理论计算，当主减凸缘处输入

转矩为1000N·m时，驱动桥速比为4.1，即转矩放大系数4.1。当锁死右轮边和差速器，那么理论上输出转矩全部在右半轴，计算 $1000 \times 4.1 = 4100 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。右半轴的测得转矩4186N·m与理论计算转矩4100 N·m基本接近，左半轴测得转矩131.2N·m为驱动桥内部机械阻力产生。

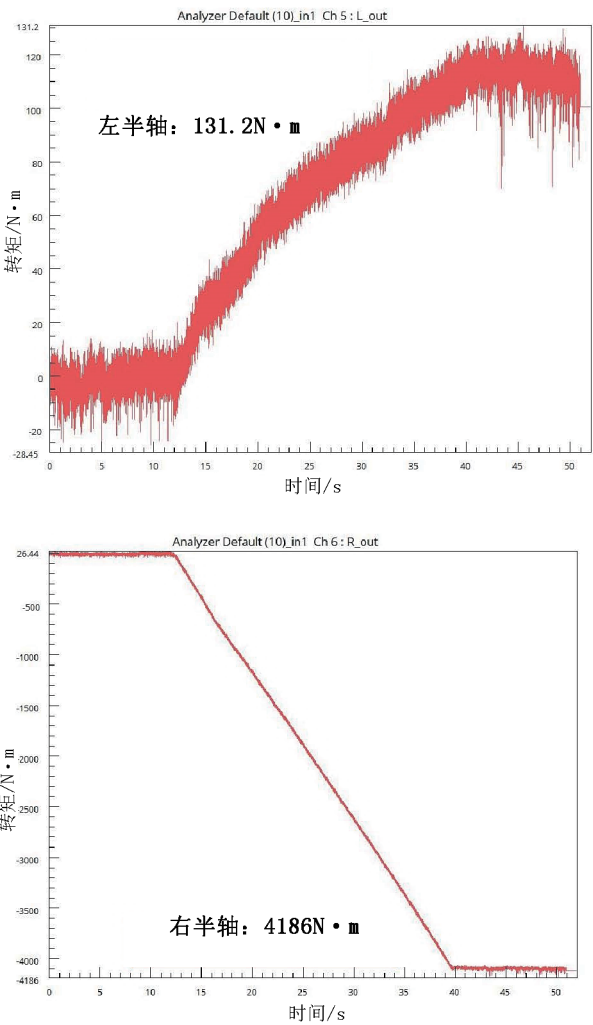


图5 半轴检测结果

结语

通过台架试验和应变测试系统，能准确知道左右半轴受到转矩的大小。并且得知，汽车在一侧车轮打滑时，锁止差速器能把所有的转矩转移到另一侧的驱动轮上，保证汽车安全可靠行驶。**AUTO1950**