

浅谈托森差速锁的故障及检修技术

陆家威

广西桂林商贸旅游技工学校, 广西 桂林 541000

DOI: 10.61369/ETR.2026190039

摘 要 : 托森差速锁是一种纯机械锁, 通过锁止可以减少两轮间的扭矩值, 保证车辆行驶的稳定性能和操控性能。随着经济日益向好发展, 人们对越野车出行的热情不断增加, 越野车对锁使用可靠性的要求也要求越来越高, 只有装备性价比更高的锁才更有机会被客户青睐。本文通过对托森差速器结构、工作原理和常见故障和该锁的检修技术进行分析。

关 键 词 : 托森差速锁; 纯机械锁; 结构原理; 故障分析

A Brief Discussion on the Faults and Maintenance Techniques of Torsen Differential Locks

Lu Jiawei

Guilin Commercial and Tourism Technical School, Guilin, Guangxi 541000

Abstract : The Torsen differential lock is a purely mechanical lock. By locking, it can reduce the torque value between the two wheels, ensuring the stability and handling performance of the vehicle during driving. As the economy continues to improve, people's enthusiasm for off-road vehicle travel is constantly increasing. The requirements for the reliability of lock usage in off-road vehicles are also getting higher and higher. Only by equipping locks with better cost performance can they have a greater chance of being favored by customers. This article analyzes the structure, working principle, common faults of the Torsen differential and the maintenance technology of this lock.

Keywords : Torsen differential lock; pure mechanical lock; structural principle; fault analysis

引言

差速锁是一种提高车辆越野性能的重要锁止装置。它的工作原理涉及到车辆的动力传递和差速器的作用。在正常行驶状态下, 差速器会根据车辆行驶时内外轮胎的旋转速度差异, 自动调整两个轮子的转速, 以确保车辆稳定行驶^[1,2]。但是, 在越野或特殊路况下, 差速器的自动调节会导致车辆无法充分利用发动机的动力, 因此需要差速器锁来固定差速器, 使两个轮子的转速保持一致, 从而提高车辆通过障碍物的能力。托森差速器是汽车传动系中的连接部件, 其操作的简便性、工作的稳定性及可靠性对于提高车辆的操控性和稳定性有重要意义。

一、结构原理分析

(一) 结构

托森差速锁, 称为托森式自锁差速器(Torsen differential), 又称蜗轮-蜗杆式差速器, 是一种高性能的全自动纯机械式差速器。蜗杆传动是一种齿轮传动, 自身的齿形结构是螺旋状, 具有螺旋机构的某些特点, 比如单向性, 而且涡轮和蜗杆的齿数相差较大, 倍数在10-100, 所以具有较大传动比, 能够实现减速增扭。托森差速器由差速器的外壳, 3个左半轴蜗杆、3个右半轴蜗杆、12个直齿轮、蜗轮和蜗轮轴等组成。蜗轮通过蜗轮轴固定在差速器壳上, 三对蜗轮分别与左、右半轴蜗杆相互啮合, 每个蜗轮两端固定有两个圆柱直齿轮。成对的蜗轮通过两端相互啮合的直齿圆柱齿轮发生联系。

(二) 原理

托森差速器应用的是蜗轮蜗杆的自锁性能设计的, 只有蜗杆转动时, 才能带动涡轮就转动, 小齿轮带动大齿轮是减速运动; 若涡轮受的外力即与蜗杆提供的方向力相反时, 且这个力大于蜗杆的力, 则涡轮会被限制。正常路况下, 汽车发动机将动力通过变速器进行改变力矩和方向后传到车辆后桥或前桥的减速上, 减速齿轮又和差速器的壳体通过螺栓连接, 然后通过蜗杆传到两侧涡轮再到车轮完成动力输出; 当汽车在一侧湿滑或有泥泞而另一侧干燥的路面行驶的时候, 无锁的车子会出现侧滑或者打滑的情况, 甚至会无法前行, 若车子配备了托森差速锁, 则可以平稳通过该路面, 具体原因如下: 假设汽车发动机输出扭矩给主减速器是160牛米, 则两驱动轮的扭矩分别得到80牛米, 地面给轮胎的附着力是10牛米, 则两车轮前进的力为70牛米, 当有一侧路面出

现泥泞或有雨水，意味着地面给轮胎的附着力小于10牛米，假设此时附着力为2牛，则两车轮前进的力分别为70牛米和78牛米，两侧车轮力矩不一样，力矩大的车轮转速高于另一侧，这时力矩差为8牛米，相当于车轮在自己超速行驶，该轴车轮连接末端的蜗轮开始带动蜗杆转动后直接被卡住，同轴上的两个直齿轮又和另一侧上的两个直齿轮是长啮合状态，这时两个蜗杆同时被卡住，蜗杆不转动则蜗轮也无法转动，两轴仍可通过差速器的外壳被减速斜齿轮带动，这时两边的车轮速度又开始恢复同速度传动，保证车子正常通行。同理，当汽车从直线进入弯道时，左右转轴想要出现转速差，需通过啮合的直齿圆柱齿轮相对转动，根据力平衡原理，在使一轴转速加快，则另一轴转速下降，以此实现差速分配确保车辆顺利过弯道。

（三）分类

基于托森差速器的结构设计和应用特点，不同类型的托森差速器在扭矩分配、锁止速度、耐用性等方面可能存在差异。托森差速器主要有以下几款产品：

(1) Torsen T-1 (A型)：使用空间交叉轴斜齿轮来限制扭矩分配。A型可以设计为比其他类型更高的扭矩偏置比，但通常具有更高的间隙和噪声、振动和恶劣 (NVH) 问题的可能性，并且需要精确的设置或安装。

(2) Torsen T-2 (B型)：采用了平行齿轮装置来达到类似的效果。

(3) Torsen T-2R (RaceMaster)：T-2的专业应用版本。

(4) Torsen T-3 (C型)：是行星式差速器，因为额定扭矩分配不是50:50。C型

可以单独或双人使用；Torsen 双 C 差速器在同一单元中具有前部和中部差速器。

二、功能实现

（一）锁止迅速

由于涡轮蜗杆齿数相差较大，所以当蜗轮自转带动蜗杆时，会快速的被锁止，托森差速锁可以使用在汽车传动的任何一个中间部位，如能够迅速锁死中央差速器，保持前后轴以相同的速度进行旋转，提供更恰当的牵引力。这种快速的锁止响应有助于在复杂路况下保持车辆的安全性和通过性。

（二）牵引力自感应式扭矩分配

托森差速锁还具备牵引力自感应式扭矩分配的能力。其核心部分是蜗轮和蜗杆齿轮啮合系统，这种结构使得差速器能够根据车轮的实际情况自动调整扭矩分配。当一侧车轮的牵引力降低时，差速器会自动将更多的扭矩分配给另一侧车轮，以保持车辆的稳定性和牵引力。这种自动调整扭矩分配的能力，使得车辆在面对不同路况时，能够始终保持最佳的牵引效果，从而提高通过性^[3,4]。

（三）恒时、连续扭矩控制管理

托森差速器还增添了连续、恒时的力矩控制管理，由于不介入总扭矩输出的调整，所以这不仅保证了差速器的工作效率且在

时间上并没有拖延，提高了动力分配的准确性。

（四）兼容性与匹配性

托森差速锁可以与任何变速器、分动器实现匹配，并且与车辆的其他安全控制系统（如 ABS、TCS、SCS 等）相容。这种兼容性和匹配性使得托森差速锁能够广泛应用于不同类型的车辆中。

三、应用价值

1. 提高通过性：托森差速锁能够迅速锁止差速器，使车辆在面对复杂路况时保持稳定的牵引力，从而提高车辆的通过性。

2. 增强操控性：通过自动调整锁止力度和扭矩分配，托森差速锁能够保持车辆在转弯和加速时的稳定性，增强操控性。

3. 提升安全性：托森差速锁的设计使得车辆在湿滑、泥泞等低附着力路面上也能保持良好的牵引力，从而降低打滑和失控的风险，提升安全性^[5]。

四、常见故障分析

托森差速器是越野性能汽车动力传动系统中重要部件，性能和稳定性直接关系到车辆的行驶安全，工作中常见的故障分析：

（一）异响

车辆在行驶过半径较小的弯道、泥泞湿滑道路和比较颠簸的道路时，如果托森差速器发出锯齿异响或者咔咔响声，初步判断可能是由十字轴轴颈磨损失圆、行星齿轮垫片研损等原因引起的。这些故障会导致行星齿轮无法发生自转，进而产生异响。

（二）锁止功能失效

托森差速器的锁止功能对于提高车辆的通过性极为重要。如果锁止功能失效，可能是由差速器内部零件磨损、油液不足或锁定器故障等原因引起的。这将导致车辆在低附着路面上行驶时，无法有效分配动力，影响车辆的操控性和稳定性^[6]。

（三）漏油

托森差速器在使用过程中，如果出现漏油现象，可能是由密封件老化、损坏或安装不当等原因引起的。漏油会导致差速器内部润滑不良，加剧零件的磨损，甚至引发更严重的故障。

（四）内部零件损坏

托森差速器内部零件如蜗轮、蜗杆、直齿圆柱齿轮等，在高强度工作条件下，容易出现磨损、断裂等故障从而影响车辆的驱动性能；可以通过选择粘度适宜的润滑脂为差速器延长使用时间。

五、故障检修流程

托森差速器常规检修的流程：

（一）前期准备

（1）确保工作环境安全：在工作区域铺设橡胶板，防止配件发生硬性碰撞。准备必要的工具，如内六角扳手、一字螺丝刀、T

型扳手、套筒工具、老虎钳、内卡簧钳等。

(2) 举升车辆：使用举升机将车辆升起并锁止，确保支撑稳固确保安全。

(二) 拆卸差速器

(1) 卸下加油孔螺丝：向差速器内部注入润滑油，然后卸下加油孔螺丝，放出旧油。

(2) 拆除护盖和轴承卡簧：使用一字螺丝刀轻轻撬开两侧半轴的护盖，用内六角扳手拆除小压盖，取下带轮座上的轴承卡簧。

(3) 卸下皮带轮和带轮座：利用专用工具将皮带轮卸下，并进一步拆下带轮座。

(4) 拆除端盖和行星架：使用内六角扳手拆除差速器左端盖，利用撬棍取出一级行星架。接着，将一、二级差速器壳体以及右端盖一一拆下，最后取出三级和二级行星架。

(5) 拆解行星架：对一、二、三级行星架进行拆解，并彻底清洗检查所有齿轮、轴承以及行星架内套。

(三) 检查与更换

(1) 检查差速器壳体：差速器壳体是否有裂纹，与行星齿轮垫片和半轴齿轮的接触面的粗糙度是否在合理范围。

(2) 检查齿轮和轴承：检查齿轮和轴承表面是否有明显磨损，测量轴承和齿轮的配合间隙是否在规定范围内。间隙大于极限值应立即更换。

(3) 检查配合间隙：差速器壳体上的行星齿轮轴孔与行星齿轮轴的配合间隙小于等于0.10-0.15毫米，间隙过大则需要更换或加寸套。

(四) 安装与调试

(1) 安装差速器：选择参数型号相同的差速器进行更换，安装时应使用封闭垫密封并打上封闭胶，防止渗油或漏油。

(2) 插入半轴：将两侧半轴花键按正确方向插入差速器体内，并安装半轴外卡簧、垫片、螺丝、卡销和变挡线。

(3) 加注齿轮油：可根据具体使用环境选择更换粘度系数适宜的差速器专用齿轮油，防止齿轮出现表面干磨损，延长差速器使用寿命。建议6个月或5000公里更换一次差速器油。

(4) 检查与调试：安装完毕后，启动车辆进行静态和动态试运行，观察是否有异响和异常振动，确保差速器运行正常。

(五) 后续维护

(1) 定期维护：定期对差速器进行检查和维护，包括检查齿轮和轴承的磨损情况，以及差速器油的清洁度和油位。如发现齿轮、轴承等配件磨损严重，应及时更换，避免引发更大的故障；发现漏油现象，应检查差速器的密封件和油液情况；发现密封件老化、损坏时，应及时更换新密封件；发现油液不足时，应补充适量新油液，确保差速器内部润滑良好。定期清洁差速器外壳和行星轮，保持齿轮间的正常啮合。

(2) 优化使用环境：恶劣的使用环境是托森差速器损坏的重要原因之一。在使用车辆时，应尽量避免在泥泞、沙尘等恶劣路况下行驶，以减少差速器受到杂质和颗粒物的侵入。同时，应注意保持差速器周围清洁，避免进入异物。

六、结语

综上所述，托森差速锁以简单的机械结构具备独特的工作原理、设计特点和性能优势在车辆领域得到了广泛应用。也证明了该结构具有一定的可靠性，同时，其结构复杂、造价高昂以及重量较大等局限性也对车辆的设计和制造提出了一定的挑战。笔者相信在未来，随着技术的不断进步和创新，托森差速锁的设计将不断优化和完善，以满足更多层次的车辆性能需求供消费者使用。

参考文献

[1] 金仕雄. 一种车辆一体桥限滑差速锁离心式控制装置 :CN202422857177.5[P].CN223359833U.
[2] 鲁凯, 许海明, 汪勤峰, 等. 用于分动器差速锁的湿式离合器设计与试验验证 [J]. 2024(12):88-91.
[3] 樊健伟. 差速锁智能控制系统设计 [J]. 汽车导报, 2024(3):8-10.
[4] 白景峰, 张峰, 路优, 等. 电磁线圈保护方法, 差速锁, 半轴断开装置和车辆 :CN202511070968.6[P].CN120845509A.
[5] 吴士军, 陈凯诚, 靳华田, 等. 一种带差速锁功能的电驱桥换挡疲劳试验系统及方法 :CN202511313557.5[P].CN121141196A.
[6] 陈向东, 赵明安, 张书杰, 牛奔, 白志乾. 分布式驱动车辆复合转向系统仿真分析与应用 [J]. 建筑机械, 2025(1):95-98.