

# 拖拉机前驱动桥故障诊断与维护策略

赵 阳 张 强

一拖（洛阳）车桥有限公司 河南 洛阳 471000

**摘 要：**拖拉机作为农业生产的关键动力机械，前驱动桥的性能对其作业效率与安全性有着直接影响。本文详细剖析了拖拉机前驱动桥的常见故障类型，涵盖传动系统、转向系统以及桥壳与半轴故障等，并深入探究了故障成因。同时，针对各类故障提出了具有可操作性的诊断方法与维护策略，旨在为拖拉机用户和维修人员提供专业且实用的指导，降低前驱动桥故障发生率。

**关键词：**拖拉机；前驱动桥；故障诊断；维护策略

## 1 引言

在现代农业机械化中，拖拉机是核心动力机械，前驱动桥作为其关键部件，兼具驱动与转向功能，直接影响整车动力性、稳定性及安全性。由于作业环境复杂、强度大，前驱动桥易发生故障。若未能及时诊断与维护，将影响作业效率，甚至引发更大损坏，增加维修成本。因此，研究前驱动桥的故障诊断与维护策略意义重大。

## 2 拖拉机前驱动桥常见故障类型及原因分析

### 2.1 传动系统故障

#### 2.1.1 主减速器齿轮故障

**故障表现：**拖拉机行驶过程中，前驱动桥部位发出异常的噪声，如“嗡嗡”声或“嘎啦”声，噪声大小随拖拉机行驶速度的变化而变化。严重时，可能会出现动力传递中断，拖拉机无法正常行驶。

**原因分析：**齿轮啮合间隙不当是导致主减速器齿轮故障的常见原因之一。如果啮合间隙过小，齿轮在运转过程中会受到过大的挤压，容易产生过热、磨损甚至胶合现象；而啮合间隙过大，则会导致齿轮冲击力增大，产生噪声，并加速齿轮的磨损。此外，齿轮长期使用后，齿面会出现疲劳点蚀、剥落等损伤，这也会影响齿轮的正常啮合，引发故障。另外，齿轮安装不正确，如齿轮轴线不平行、齿轮位置偏移等，同样会导致齿轮啮合不良，产生噪声和振动，进而损坏齿轮。

#### 2.1.2 差速器故障

**故障表现：**拖拉机在转弯时，出现行驶困难、轮胎异常磨损的现象，或者直线行驶时出现跑偏的情况。有时，在差速器部位还能听到异常的摩擦声。

**原因分析：**差速器行星齿轮与半轴齿轮的啮合间隙调整不当是导致差速器故障的主要原因之一。间隙过小，会使齿轮运转阻力增大，产生过热和磨损；间隙过大，则会导致齿轮冲击，加速齿轮损坏。差速器壳体变

形也是一个常见问题，当壳体受到外力撞击或长期承受过大载荷时，会发生变形，从而影响行星齿轮与半轴齿轮的正常啮合，导致差速器工作异常<sup>[1]</sup>。此外，差速器内的润滑油不足或变质，会使齿轮和轴承得不到良好的润滑，增加磨损，引发故障。

#### 2.1.3 半轴故障

**故障表现：**拖拉机行驶过程中，前轮部位出现异常振动或噪声，尤其是在起步、加速或转弯时更为明显。严重时，半轴可能会断裂，导致拖拉机失去前轮驱动力。

**原因分析：**半轴长期承受交变载荷的作用，容易产生疲劳断裂。特别是在拖拉机超载行驶或经常在恶劣路况下作业时，半轴所承受的应力会大幅增加，加速疲劳断裂的发生。半轴花键磨损也是一个常见问题，花键磨损后会导致半轴与差速器或轮毂的连接松动，影响动力传递的稳定性，产生振动和噪声。另外，半轴在安装过程中如果受到过大的外力作用，可能会产生弯曲变形，这同样会影响半轴的正常工作，引发故障。

## 2.2 转向系统故障

### 2.2.1 转向沉重

**故障表现：**驾驶员在操纵转向盘时，需要施加较大的力量才能实现转向，转向操作变得困难，严重影响拖拉机的操纵灵活性。

**原因分析：**转向节主销与衬套之间的配合间隙过小是导致转向沉重的主要原因之一。当配合间隙过小时，主销与衬套之间的摩擦力增大，使得转向节转动困难，从而导致转向沉重。转向器调整不当也会引起转向沉重，例如转向器的传动比不合适、转向器内部零件磨损导致间隙过大或过小等，都会影响转向的轻便性。此外，轮胎气压过低会使轮胎与地面的接触面积增大，转向时轮胎与地面的摩擦力增加，同时也会增加转向系统的负荷，导致转向沉重。

### 2.2.2 转向失灵

故障表现：驾驶员在操纵转向盘时，前轮没有按照预期的方向转动，拖拉机失去转向控制能力，极易引发安全事故。

原因分析：转向器故障是导致转向失灵的常见原因，如转向器内部的齿轮、齿条等零件损坏，或者转向器与转向轴的连接松动，都会使转向器无法正常工作，导致转向失灵。转向传动机构故障也会影响转向功能，例如转向拉杆球头脱落、转向节臂断裂等，会切断转向力的传递路径，使前轮无法实现转向。另外，液压转向系统如果出现故障，如液压泵损坏、液压油泄漏、转向控制阀失灵等，也会导致转向失灵。

## 2.3 桥壳与半轴套管故障

### 2.3.1 桥壳裂纹或断裂

故障表现：拖拉机行驶过程中，前驱动桥部位出现异常的响声，同时可能会感觉到桥壳有振动。严重时，桥壳会出现裂纹甚至断裂，导致拖拉机无法正常行驶。

原因分析：桥壳长期承受拖拉机的重量以及行驶过程中的各种冲击载荷，当载荷超过桥壳的强度极限时，就会产生裂纹或断裂。拖拉机超载行驶是导致桥壳损坏的主要原因之一，超载会使桥壳所承受的应力大幅增加，加速桥壳的疲劳损伤。此外，桥壳在制造过程中如果存在质量缺陷，如材料强度不足、焊接工艺不当等，也会降低桥壳的承载能力，增加出现裂纹或断裂的风险。

### 2.3.2 半轴套管松动或损坏

故障表现：拖拉机行驶时，前轮部位出现异常的振动和噪声，尤其是在颠簸路面上行驶时更为明显。随着故障的加重，可能会导致半轴与套管之间的配合间隙进一步增大，影响动力传递的稳定性。

原因分析：半轴套管与桥壳之间的连接螺栓松动是导致半轴套管松动或损坏的常见原因。螺栓松动后，半轴套管与桥壳之间的相对位置会发生变化，产生间隙，导致半轴套管在行驶过程中受到额外的冲击和振动，加速套管的磨损和损坏。半轴套管长期承受半轴传递的扭矩和弯矩作用，在交变载荷的作用下，容易出现疲劳裂纹，随着裂纹的扩展，最终导致套管损坏。另外，在安装半轴套管时，如果安装工艺不当，如套管与桥壳之间的配合间隙过大或过小、安装位置不正确等，也会影响半轴套管的使用寿命，引发故障。

## 3 拖拉机前驱动桥故障诊断方法

### 3.1 直观检查法

直观检查法是故障诊断的基础手段，维修人员通过观察前驱动桥外观检查漏油、变形、裂纹等情况，如桥

壳表面油迹表明润滑油泄漏。倾听行驶中发出的声音判断故障，例如“嗡嗡”声提示主减速器齿轮啮合不良，“嘎啦”声可能意味着齿轮损伤或差速器异常。触摸感知部件温度和振动也很关键，过高的温度（超过80℃）或异常振动暗示可能存在润滑不足、过载或安装不牢固等问题。这种方法简单有效，能快速识别问题所在，保障拖拉机前驱动桥的正常运行。

### 3.2 仪器检测法

齿轮啮合间隙检测：使用塞尺或专用齿轮间隙检测仪来测量主减速器齿轮和差速器行星齿轮与半轴齿轮的啮合间隙。将塞尺插入齿轮啮合部位，根据塞尺的厚度判断间隙是否符合规定要求。如果间隙不符合标准，需要进行调整或更换相关齿轮。例如，主减速器齿轮啮合间隙的调整可通过增减调整垫片的厚度来实现，一般每增减0.1mm的垫片厚度，可改变啮合间隙约0.05mm。

半轴弯曲度检测：采用百分表或激光检测仪来检测半轴的弯曲度。将半轴放置在检测平台上，用百分表测量半轴不同部位的径向跳动量，或者使用激光检测仪精确测量半轴的弯曲程度<sup>[2]</sup>。如果半轴弯曲度超过允许范围，需要进行校正或更换半轴。半轴弯曲度的校正可采用冷压校正法或热校校正法，冷压校正法一般适用于弯曲度较小的半轴，热校校正法则适用于弯曲度较大的半轴。

转向系统压力检测：对于液压转向系统，使用压力表来检测转向系统的压力。将压力表连接到转向系统的相应检测口，启动拖拉机并操纵转向盘，观察压力表的读数。如果压力不符合规定要求，可能是液压泵故障、转向控制阀失灵或液压油泄漏等原因导致，需要进一步排查和维修。例如，液压转向系统的压力检测应在发动机怠速和高速两种工况下进行，怠速时压力一般应不低于8MPa，高速时压力一般应不低于10MPa。

### 3.3 路试诊断法

路试诊断法是通过拖拉机在不同路况下的行驶表现，判断前驱动桥是否存在故障。重点观察起步、加速、转弯等工况下是否有异常振动、噪声或转向失灵现象，直线行驶时是否跑偏，以判断传动或转向系统是否正常。该方法能模拟实际作业状态，有助于发现潜在问题。通常应在平坦、颠簸及弯道路面进行，行驶距离不少于5公里，确保诊断全面准确。

## 4 拖拉机前驱动桥维护策略

### 4.1 定期保养

润滑油检查与更换：定期检查前驱动桥内润滑油的油量和质量。按照拖拉机使用说明书的要求，在规定的时间内间隔内更换润滑油。一般来说，润滑油的更换周期

为每行驶500-1000小时或每半年更换一次。在更换润滑油时,要彻底清洗前驱动桥内的油道和部件,确保新润滑油能够正常循环和润滑。同时,选择符合规格和质量要求的润滑油,避免使用劣质润滑油对前驱动桥造成损害。例如,前驱动桥润滑油应具有良好的抗磨性、抗氧化性和低温流动性,一般选用GL-5级别的齿轮油。

**紧固件检查与紧固:**定期检查前驱动桥上各紧固件的连接情况,包括螺栓、螺母等。使用合适的扭矩扳手,按照规定的扭矩值对紧固件进行紧固,防止因紧固件松动而导致部件安装不牢固,引发故障<sup>[3]</sup>。例如,主减速器与桥壳连接螺栓的扭矩一般为150-200N·m,半轴与轮毂连接螺栓的扭矩一般为80-120N·m。特别是在拖拉机经过长时间作业或恶劣路况行驶后,要及时进行检查和紧固。

**清洁与防锈:**保持前驱动桥的清洁,定期清除桥壳表面的泥土、灰尘和杂物,防止这些杂物进入前驱动桥内部,影响部件的正常运转。同时,对前驱动桥的金属部件进行防锈处理,如涂抹防锈漆或防锈油,防止部件生锈腐蚀,延长其使用寿命。一般来说,每行驶2000-3000小时或每年应对前驱动桥进行一次全面的清洁和防锈处理。

#### 4.2 故障预防性维护

**合理使用拖拉机:**严格按照拖拉机的使用说明书进行操作,避免超载行驶和长时间在恶劣路况下作业。在启动拖拉机前,要进行预热,使前驱动桥各部件达到正常的工作温度,减少因冷启动而造成的磨损。例如,在冬季环境温度低于0℃时,启动拖拉机前应预热5-10分钟。在行驶过程中,要注意观察仪表指示和前驱动桥的工作状态,一旦发现异常情况,要及时停车检查和处理。

**定期调整与校准:**定期对前驱动桥的传动系统、转向系统等进行调整和校准。例如,调整主减速器齿轮和差速器行星齿轮与半轴齿轮的啮合间隙,确保齿轮传动平稳;校准前轮定位参数,保证拖拉机的直线行驶稳定性和转向灵活性。一般来说,每行驶3000-5000小时或每两年应对前驱动桥进行一次全面的调整和校准。通过定期调整与校准,可以预防因部件安装不当或参数偏差而引发的故障。

**部件更换与升级:**根据拖拉机的使用年限和作业强度,及时更换前驱动桥内老化、磨损严重的部件<sup>[4]</sup>。例如,当齿轮出现严重磨损或疲劳点蚀时,要及时更换齿轮;当半轴出现弯曲变形或花键磨损严重时,要更换半轴。同时,关注行业内新技术、新材料的发展,在条件

允许的情况下,对前驱动桥的部件进行升级,提高其性能和可靠性。例如,采用新型的齿轮材料和制造工艺,可提高齿轮的强度和耐磨性。

#### 4.3 维修后质量检验

**外观检查:**维修完成后,首先对前驱动桥的外观进行检查,确保各部件安装正确、紧固件连接牢固,无漏油、变形等异常情况。检查桥壳表面是否平整,各部件之间的配合间隙是否符合要求。例如,检查半轴与半轴套管之间的配合间隙是否在规定范围内,检查转向节与桥壳之间的连接是否紧密。

**性能测试:**进行性能测试,包括传动系统性能测试、转向系统性能测试等。通过路试,检查拖拉机在起步、加速、减速、转弯等工况下的行驶性能和转向性能是否符合要求。使用专业仪器检测前驱动桥内各部件的工作参数,如齿轮啮合间隙、转向系统压力等,确保这些参数在规定范围内。例如,在路试过程中,检查拖拉机在转弯时的转向灵活性,测量转向系统的压力是否符合规定值。

**试运行检验:**在完成外观检查和性能测试后,让拖拉机进行一定时间的试运行。在试运行过程中,密切观察前驱动桥的工作状态,记录各项运行数据。如果发现异常情况,要及时停机检查和处理,直至前驱动桥工作正常为止。一般来说,试运行时间不少于24小时,行驶距离不少于100km。

#### 结语

拖拉机前驱动桥是保障其正常运行的关键部件,故障诊断与维护对提升作业效率、降低维修成本具有重要意义。通过分析常见故障及成因,结合直观检查、仪器检测和路试诊断等方法,可实现快速准确的故障识别。定期保养、预防性维护及维修检验等策略,有助于延长使用寿命,确保稳定运行。随着农业机械技术发展,还需不断创新维护方法,适应新需求,为农业现代化提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]张茂健.拖拉机终检关键技术优化及装配质量快速测试技术研究[D].吉林大学,2024.
- [2]王瑞,宋涛,吴宁,等.拖拉机主要故障分类及故障实例[J].山东农机化,2023,(06):35-38.
- [3]琚东升,琚孟隆,李凤姣.1404型拖拉机故障数据统计与分析[J].农机使用与维修,2023,(01):68-70.
- [4]焦东风.面向低噪声驱动桥的齿轮及传动系统优化技术研究[D].合肥工业大学,2022.