

汽车变速器齿轴系统关键零件耐久分析及优化设计

吕 超

陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西 西安 710119

摘 要: 随着汽车工业的飞速发展,汽车变速器的性能要求日益提高。齿轴系统作为变速器的核心组成部分,其关键零件的耐久性和可靠性直接关系到变速器的整体性能和汽车的驾驶安全性。本文旨在深入分析汽车变速器齿轴系统关键零件的耐久性问题,并提出相应的优化设计措施,以提高变速器的使用寿命和可靠性。

关键词: 汽车变速器;齿轴系统;关键零件;耐久分析;优化设计

引言

变速器是汽车传动系统的关键部件,它通过不同齿轮组合实现对发动机输出动力的变速和变扭,确保车辆平稳运行。齿轴系统作为变速器的核心组成部分,由齿轮、轴等关键零件组成,承担着动力传递和运动转换的重要任务。因此,对齿轴系统关键零件进行耐久分析及优化设计具有重要意义。

1 汽车变速器齿轴系统关键零件耐久性分析

1.1 齿轮的耐久性分析

齿轮是变速器中直接传递动力的零件,其耐久性对变速器的整体性能具有重要影响。齿轮的耐久性问题主要包括齿面点蚀、齿面磨损、齿面胶合和齿折断等。

1.1.1 齿面点蚀

齿面点蚀是齿轮在啮合过程中,由于齿面接触应力反复作用,超过材料的疲劳极限而引发的一种表面损伤。具体来说:在齿轮啮合过程中,齿面接触区域会受到周期性的压缩和拉伸应力。当这些应力超过材料的疲劳极限时,齿面就会出现微小的裂纹,这些裂纹在后续的啮合过程中会逐渐扩展,最终形成凹坑,即点蚀。齿面点蚀的产生与多种因素有关,包括齿轮材料的硬度、韧性、热处理工艺、润滑条件、工作载荷以及齿轮的啮合频率等^[1]。例如,材料硬度过高或过低都可能导致点蚀的产生;润滑不良会加剧齿面的摩擦和磨损,从而加速点蚀的形成。点蚀会降低齿轮的传动效率和精度,因为点蚀区域无法有效地传递力量。同时,点蚀还会增加齿轮啮合时的冲击和振动,导致变速器整体性能的下降。严重时,点蚀可能导致齿轮完全失效。

1.1.2 齿面磨损

齿面磨损是齿轮在啮合过程中,由于齿面间的相对滑动和摩擦作用,导致齿面材料逐渐磨损的一种现象。具体来说:在齿轮啮合过程中,齿面之间会存在一定的相对滑动。这种滑动会导致齿面材料的逐渐磨损,形成

磨损痕迹。随着时间的推移,磨损痕迹会逐渐加深,最终导致齿形的变化。齿面磨损的速率与多种因素有关,包括齿轮材料的硬度、润滑条件、工作载荷、齿轮的制造精度以及啮合频率等。例如,润滑不良会加剧齿面的摩擦和磨损;工作载荷过大也会加速磨损的过程。齿面磨损会导致齿轮齿形的变化,从而影响齿轮的传动精度和效率。同时,磨损还会增加齿轮啮合时的噪音和振动,降低变速器的整体性能。严重时,磨损可能导致齿轮无法正常工作。

1.1.3 齿面胶合

齿面胶合是在高速重载条件下,齿轮齿面间的油膜因压力过高或温度过高而破裂,导致金属直接接触并粘合在一起的一种现象。具体来说:在高速重载条件下,齿轮齿面间的油膜可能会因为压力过高或温度过高而破裂。一旦油膜破裂,金属表面就会直接接触,并在摩擦力的作用下粘合在一起,形成胶合。齿面胶合的发生与多种因素有关,包括润滑油的性能、齿轮材料的热硬性、工作载荷、啮合速度以及齿轮的制造精度等。例如,润滑油性能不佳或齿轮材料热硬性不足都可能导致胶合的发生。齿面胶合会严重损坏齿轮表面,形成粘着磨损或撕裂。这种损坏会导致齿轮无法正常工作,严重时甚至可能导致齿轮完全失效。同时,胶合还会增加齿轮啮合时的噪音和振动。

1.1.4 齿折断

齿折断是齿轮在啮合过程中,由于齿根弯曲应力超过材料的强度极限而引发的一种破坏性失效。具体来说:在齿轮啮合过程中,齿根会受到弯曲应力的作用。当这个应力超过材料的强度极限时,齿根就会发生断裂,导致齿轮折断。齿折断的发生与多种因素有关,包括齿轮材料的强度、韧性、热处理工艺、工作载荷以及齿轮的制造精度等。例如,材料强度不足或热处理工艺不当都可能导致齿折断的发生。齿折断会导致齿轮无法

继续传递动力,严重影响变速器的正常运行。同时,折断的齿轮碎片可能会损坏其他零件,进一步加剧变速器的损坏程度。

1.2 轴的耐久性分析

轴作为齿轴系统中的支撑和传动零件,其耐久性同样对变速器的性能和使用寿命具有重要影响。轴是齿轴系统中的重要零件,其耐久性问题主要包括轴的挠度变形、弯曲和扭曲等。

1.2.1 轴的挠度变形

轴的挠度变形是指轴在承受负载时,由于材料的弹性性质而发生的弯曲变形。具体来说:当轴受到负载作用时,其会发生弯曲变形,这种变形称为挠度变形。挠度变形的大小与轴的材质、截面形状、长度以及负载大小等因素有关。轴的挠度变形受到多种因素的影响,包括轴的材质、截面形状、支撑方式、负载大小以及负载的分布情况等。例如,材质弹性模量较低的轴更容易发生挠度变形;负载过大或分布不均也会加剧挠度变形的程度。轴的挠度变形会导致轴上的齿轮位置发生变化,从而影响齿轮的啮合精度和传动效率^[2]。过大的挠度变形还会增加齿轮啮合时的冲击和振动,降低变速器的整体性能。

1.2.2 轴的弯曲和扭曲

轴的弯曲和扭曲是指轴在承受负载时,由于材料的塑性变形或弹性变形而发生的弯曲和扭转变形。具体来说:当轴受到垂直于轴线的负载作用时,其会发生弯曲变形。这种变形会导致轴上的齿轮偏斜,影响齿轮的啮合精度和传动效率。当轴受到扭矩作用时,其会发生扭转变形。这种变形会导致轴上的齿轮相对位置发生变化,同样影响传动性能。轴的弯曲和扭曲变形受到多种因素的影响,包括轴的材质、截面形状、加工精度、支撑方式以及负载性质等。例如,材质塑性较差的轴更容易发生塑性弯曲;加工精度不高的轴更容易发生扭曲变形。轴的弯曲和扭曲变形会降低齿轮的啮合精度和传动效率,增加齿轮啮合时的冲击和振动。同时,过大的弯曲和扭曲变形还会增加轴的应力集中,降低轴的疲劳寿命,甚至可能导致轴的断裂。

2 汽车变速器齿轴系统关键零件的优化设计措施

2.1 齿轮的优化设计

齿轮作为变速器中的核心传动零件,其设计直接影响变速器的性能、效率和寿命。以下是对齿轮优化设计的具体措施:

2.1.1 齿形优化

(1) 修形设计:对齿轮齿廓进行微量修形,如齿顶

修缘以减小啮入时的冲击,齿根修薄以改善齿根应力分布。采用先进的修形技术,如数控修形,确保修形精度和一致性。通过仿真分析,确定最优的修形量和修形方式,以达到最佳的传动平稳性和承载能力。(2) 压力角选择:根据变速器的使用工况和载荷特性,选择合适的压力角。对于高速、轻载的齿轮,选择较小的压力角以减小啮合应力;对于低速、重载的齿轮,选择较大的压力角以提高承载能力。通过实验验证,确定最优的压力角,确保齿轮在各种工况下的可靠运行。(3) 螺旋角设计:对于斜齿轮,螺旋角的选择会影响齿轮的啮合线长度和重合度,进而影响传动效率和承载能力。通过优化螺旋角,使齿轮在啮合过程中具有更好的接触特性和力学性能。考虑齿轮的制造工艺和装配要求,选择合理的螺旋角范围。

2.1.2 材料与热处理优化

(1) 材料选择:根据齿轮的工作条件和性能要求,选择具有高硬度、高韧性、良好耐磨性和抗疲劳性的材料。对于高速、重载的齿轮,选择合金钢或渗碳钢等高强度材料。考虑材料的可加工性和成本,选择性价比高的材料^[3]。(2) 热处理工艺:对齿轮进行适当的热处理,如淬火、回火等,以提高其硬度和韧性。采用先进的热处理技术,如真空热处理、感应热处理等,确保热处理质量和一致性。通过实验验证,确定最优的热处理工艺参数,使齿轮具有最佳的力学性能和耐磨性。

2.1.3 润滑与冷却系统优化

(1) 润滑方式选择:根据齿轮的工作速度和载荷,选择合适的润滑方式。对于高速、轻载的齿轮,采用喷油润滑以减小摩擦和磨损;对于低速、重载的齿轮,采用浸油润滑以确保充分的润滑效果。考虑润滑油的粘度和抗氧化性能,选择适合的润滑油品。(2) 冷却系统设计:在变速器中设计有效的冷却系统,以控制齿轮的工作温度。采用油冷却器、水冷却器等冷却设备,确保齿轮在高速、重载条件下的稳定运行。通过仿真分析和实验验证,优化冷却系统的结构和参数,提高冷却效果。

2.1.4 制造工艺优化

(1) 加工精度控制:提高齿轮的加工精度,减小齿形误差和表面粗糙度。采用先进的加工设备和工艺,如数控齿轮加工机床、磨齿机等,确保加工质量和一致性。通过严格的质量检测和控制,确保齿轮的制造精度符合设计要求。(2) 检测与测试:在齿轮制造过程中,进行严格的检测和测试,确保齿轮的质量符合设计要求。采用先进的检测技术,如齿轮测量中心、光谱分析等,对齿轮的几何尺寸、材料成分和力学性能进行全面

检测。对齿轮进行疲劳试验和性能测试,以验证其在实际工作条件下的可靠性。

2.2 轴的优化设计

轴作为齿轴系统中的支撑和传动零件,其设计直接影响变速器的稳定性和寿命。以下是对轴优化设计的具体措施:

2.2.1 截面形状与尺寸优化

(1) 截面形状设计:根据轴的承载能力和刚度要求,选择合适的截面形状。对于承受弯曲载荷的轴,采用圆形截面以提供均匀的应力分布;对于承受扭转载荷的轴,采用花键轴等以增强扭矩传递能力。考虑轴的制造工艺和装配要求,选择易于加工和装配的截面形状。

(2) 尺寸确定:根据轴的承载能力和刚度要求,通过计算和分析确定轴的直径和长度。考虑轴的热膨胀和收缩,设计适当的间隙和配合,以确保轴在运转过程中的稳定性和可靠性。通过实验验证,确定最优的轴尺寸,使轴在各种工况下的性能达到最佳。

2.2.2 材料与热处理优化

(1) 材料选择:选择具有高强度、高韧性和良好耐磨性的材料作为轴的材料。对于高速旋转的轴,选择合金钢或不锈钢等具有良好力学性能和耐腐蚀性的材料。考虑材料的可加工性和成本,选择性价比高的材料,并确保材料的来源可靠。(2) 热处理工艺:对轴进行适当的热处理,如淬火、回火等,以提高其硬度和韧性。采用先进的热处理技术,如表面淬火、渗氮等,增强轴的表面硬度和耐磨性。通过实验验证,确定最优的热处理工艺参数,使轴具有最佳的力学性能和耐久性。

2.2.3 支撑与固定方式优化

(1) 支撑结构设计:设计合理的支撑结构,如轴承座、轴承盖等,以确保轴在运转过程中的稳定性和刚性。考虑轴的热膨胀和轴承的游隙,设计适当的间隙和配合,以避免轴在运转过程中产生过大的应力和磨损。采用先进的支撑结构设计和制造技术,如有限元分析、精密加工等,提高支撑结构的可靠性和耐久性。(2) 固

定方式选择:根据轴的工作条件和传动要求,选择合适的固定方式。对于需要传递较大扭矩的轴,采用键连接或花键连接等可靠的固定方式,以确保扭矩的传递和轴的稳定性^[4]。对于需要轴向定位的轴,采用轴肩、轴环或轴套等固定方式,以限制轴的轴向移动并提高其刚性。

2.2.4 动平衡与校正

(1) 动平衡处理:对轴进行动平衡处理,以消除其在运转过程中的不平衡力,减小振动和噪音。采用先进的动平衡技术和设备,如动平衡机、平衡块等,对轴进行精确的动平衡处理。通过实验验证,确保轴在动平衡处理后的运转平稳性和可靠性。(2) 校正与调整:在轴的安装过程中,进行严格的校正和调整,确保轴与齿轮、轴承等零件的配合精度和位置精度。采用先进的校正和调整技术,如激光对准、精密测量等,提高校正和调整的准确性和效率。定期对轴进行检查和维护,及时发现并处理潜在的问题,如轴的弯曲、磨损等,以确保轴的长期稳定运行。

结语

通过对汽车变速器齿轴系统关键零件的耐久性分析,我们深入了解了齿轮和轴等关键零件的耐久性问题及其产生原因。在此基础上,我们提出了相应的优化设计措施,旨在提高变速器的使用寿命和可靠性。未来的研究将进一步探索新材料、新工艺和新技术在齿轴系统关键零件耐久性和可靠性方面的应用,为汽车变速器的优化设计提供更多支持。

参考文献

- [1]詹文超.汽车变速器齿轴系统关键零件耐久分析及优化设计[D].浙江大学,2020.
- [2]张光灿,吴序响.变速器总成总速啸叫原因分析及其齿轴外圆磨削工艺研究[J].安徽科技,2024,(09):54-55.
- [3]靳倩倩.某手动变速器中五齿轴用弹性挡圈断裂分析[J].汽车制造业,2020,(13):29-31.
- [4]邹伟.双离合变速器齿轴类零件圆度影响及优化研究[D].华东交通大学,2019.