

机械轴承和齿轮的失效原因及应对措施

郭 源

山东五征集团有限公司 山东 日照 276800

摘 要：机械轴承和齿轮对机械传动系统稳定高效运行至关重要。轴承支撑旋转轴、减少摩擦磨损，齿轮实现动力传递与运动转换。二者失效形式多样，如轴承的疲劳、磨损、腐蚀，齿轮的齿面疲劳点蚀、磨损、轮齿折断等。应对措施包括优化设计、合理选材、改善润滑条件，以减少失效，保障机械设备长期稳定运行。

关键词：机械轴承；齿轮；失效原因；应对措施

引言：在机械传动系统中，机械轴承与齿轮作为核心部件，对设备稳定运行和高效作业起着关键作用。然而，受疲劳、磨损、腐蚀等多种因素影响，二者易出现失效问题，进而威胁设备整体性能与使用寿命。深入研究其失效原因，并采取优化设计、合理选材、改善润滑条件等有效应对措施，对保障机械设备可靠运行具有重要意义。

1 机械轴承和齿轮的重要性

在机械传动系统里，机械轴承和齿轮占据着举足轻重的地位，它们对于机械设备的稳定运行和高效作业起着决定性作用。（1）机械轴承是支撑旋转轴的核心部件。在机械设备运转时，旋转轴需要持续转动来完成各种任务，而轴在转动过程中，若直接与其他部件接触，必然会产生较大的摩擦力。这种摩擦力不仅会消耗大量能量，导致机械效率降低，还会使轴和其他部件的表面因不断摩擦而逐渐磨损。随着磨损的加剧，轴与其他部件之间的间隙会增大，进而影响轴的旋转精度，使设备在运行过程中出现振动、噪音等问题，甚至可能导致轴的偏移，影响整个机械系统的稳定性。而轴承的出现，有效解决了这一问题。它通过独特的结构和优质的材料，在轴与其他部件之间形成一层缓冲，大大减少了摩擦和磨损。同时，轴承内部的润滑系统能够持续提供润滑剂，进一步降低摩擦系数，保证轴能够在平稳、低阻力的状态下旋转，从而确保轴的旋转精度和稳定性，为机械设备的正常运行提供了基础保障。（2）齿轮则是机械传动系统中实现动力传递和运动转换的关键零件。在机械设备中，不同部件之间往往需要进行动力的传递和运动的转换，以满足各种复杂的工艺要求。齿轮通过轮齿之间的精确啮合，能够将动力从一个部件准确地传递到另一个部件。而且，通过合理设计齿轮的齿数、模数等参数，可以实现速度和扭矩的改变。例如，当需要降低转速、增大扭矩时，可以采用大齿轮带动小齿轮的

传动方式；反之，当需要提高转速、降低扭矩时，则采用小齿轮带动大齿轮的方式。这种灵活的动力传递和运动转换功能，使得齿轮在各种机械设备中得到了广泛应用，如汽车变速箱、机床传动系统等。（3）机械轴承和齿轮的良好运行是机械设备正常工作的基础。如果它们的性能不佳，出现磨损、损坏等问题，将直接影响机械设备的整体性能，降低设备的使用寿命，甚至可能导致设备故障，引发安全事故。因此，在机械设备的运行和维护过程中，必须高度重视机械轴承和齿轮的状态，定期进行检查、保养和维修，确保它们始终处于良好的工作状态^[1]。

2 机械轴承失效原因

2.1 疲劳失效

疲劳失效是机械轴承常见的一种失效形式。在轴承的实际运行过程中，它往往会长期承受交变载荷。此时，滚动体与滚道表面会产生接触应力。一旦这种接触应力超出轴承材料的疲劳极限，在经过一定次数的循环加载后，材料表面就会慢慢出现微小裂纹。这些微小裂纹起初并不起眼，但随着轴承持续运转，在交变载荷的反复作用下，裂纹会不断扩展。当裂纹扩展到一定程度，就会导致材料出现剥落现象，进而在轴承表面形成凹坑。这些凹坑会严重影响轴承的正常工作性能，使其无法稳定运行。疲劳失效的发生并非偶然，它与轴承的材料质量有着直接关系，材料质量不佳会降低其疲劳极限；同时，设计参数是否合理、所承受的载荷大小以及运行工况的好坏等因素，也都会对疲劳失效的产生起到重要影响。

2.2 磨损

轴承磨损是影响其正常运行的重要因素，主要涵盖磨粒磨损和粘着磨损两种类型。（1）磨粒磨损是由于外界硬质颗粒侵入，或是轴承内部运转时产生的金属碎屑进入滚动体与滚道之间。在两者相对运动过程中，这些

颗粒和碎屑就如同微小的“砂纸”，不断对轴承表面进行刮擦，从而造成划伤和磨损，使表面变得粗糙不平。

(2) 粘着磨损则通常出现在高载荷、低速度或润滑条件不佳的情况下。此时，滚动体与滚道表面的金属会直接接触，发生粘着现象。随着轴承持续运转，粘着点被撕裂，导致表面材料逐渐损失，形成凹坑或凸起。(3) 无论是磨粒磨损还是粘着磨损，都会对轴承产生严重危害。磨损会使轴承的尺寸精度降低，原本紧密配合的部件之间间隙增大，进而引发振动和噪声。这些异常状况不仅会影响轴承自身的性能，还会对整个机械设备的稳定运行造成威胁，缩短设备的使用寿命^[2]。

2.3 腐蚀

轴承在特定环境下易发生腐蚀现象，严重影响其性能与寿命。当轴承处于潮湿环境运行，或接触到腐蚀性介质时，金属表面便会引发化学反应或电化学反应。

(1) 以常见情况为例，若轴承表面存在水分，金属就会和空气中的氧气发生氧化反应，生成锈迹。这些锈迹不仅影响轴承外观，更会逐渐破坏金属的内部结构。而当轴承处于含有酸碱等腐蚀性介质的环境中时，腐蚀速度会大幅加快。酸碱物质会直接侵蚀金属表面，使金属迅速损耗。(2) 腐蚀对轴承的危害极大，它会削弱轴承材料的强度。原本坚固耐用的轴承，在腐蚀作用下，其金属结构变得疏松脆弱，进而导致轴承的承载能力大幅降低。在承受正常载荷时，就可能出现变形、损坏等情况，加速轴承的失效进程。因此，在使用轴承时，应尽量避免其处于潮湿或腐蚀性环境中，或采取有效的防护措施，以延长轴承的使用寿命。

3 齿轮失效原因

3.1 齿面疲劳点蚀

齿面疲劳点蚀是齿轮常见的失效形式之一，主要由齿轮啮合时的应力变化引发。(1) 在齿轮运转过程中，其齿面接触部位会承受脉动循环变化的接触应力。这种应力并非恒定不变，而是随着齿轮的转动有规律地起伏。当接触应力超过齿面材料的接触疲劳极限时，危险便悄然降临。在经过一定次数的循环载荷作用后，齿面表层会萌生微小裂纹。这些裂纹起初可能并不明显，但随着齿轮持续工作，在循环应力的反复作用下，裂纹会不断扩展。它们相互连接，逐渐形成一个网络，最终导致齿面金属成片脱落，在齿面上形成麻点状凹坑，也就是我们所说的齿面疲劳点蚀。(2) 齿面疲劳点蚀会严重破坏齿轮的正常啮合状态，使齿轮传动不再平稳。在运转过程中，会产生明显的振动和噪声，影响设备的正常运行。若情况进一步恶化，甚至会导致齿轮失效，引发

设备故障。

3.2 齿面磨损

齿轮齿面磨损是影响其性能的常见问题，主要分为磨粒磨损和粘着磨损两种类型，与轴承磨损情况有相似之处。(1) 在开式齿轮传动场景中，磨粒磨损问题较为突出。由于开式齿轮传动系统通常暴露在外界环境中，灰尘、砂粒等硬质颗粒极易进入齿面啮合区域。当齿轮运转时，这些硬质颗粒就如同砂纸一般，在齿面间不断摩擦，导致齿面材料逐渐被磨去，造成严重的磨粒磨损。(2) 而在高速重载的齿轮传动中，若润滑条件不佳，粘着磨损则容易发生。在此情况下，齿面间的油膜难以维持稳定，极易破裂，使得金属直接接触。接触部位在强大的压力和摩擦力作用下，会发生粘着现象，随着齿轮的持续转动，粘着点被撕裂，进而导致金属材料损失，形成粘着磨损。(3) 齿面磨损会使齿轮的齿厚逐渐减薄，齿形精度降低，严重影响齿轮的传动精度和承载能力，最终导致齿轮传动性能下降。

3.3 轮齿折断

轮齿折断是齿轮较为严重的失效形式，主要分为疲劳折断和过载折断。(1) 疲劳折断与轮齿长期承受交变载荷有关。在齿轮运转过程中，轮齿不断进行啮合与分离，齿根处由于结构形状的变化会出现应力集中。随着循环次数的不断累积，当应力集中达到一定数值，齿根处就会萌生裂纹。随着齿轮持续工作，裂纹会在交变载荷的作用下逐渐扩展，当裂纹扩展到一定程度，轮齿就会从齿根处发生折断。(2) 过载折断一般发生在齿轮受到异常大的载荷时。例如，设备在运行过程中突然遭遇冲击载荷，轮齿所承受的应力会急剧增大，一旦超过其极限强度，轮齿就会瞬间折断。(3) 轮齿折断对齿轮的正常功能影响极大。一旦发生折断，齿轮将无法传递动力和运动，导致整个设备失去正常的传动能力，进而引发设备故障，影响生产的正常进行，还可能带来安全隐患。

4 应对措施

4.1 优化设计

在应对机械轴承和齿轮失效问题时，优化设计是关键环节。(1) 在设计轴承和齿轮时，必须充分考虑实际工作条件。不同的工况对轴承和齿轮的性能要求各异，因此要合理选择它们的类型、尺寸和结构参数。若设备运行需承受较大载荷，就应挑选承载能力强的轴承和齿轮，以确保其能够稳定支撑和传递动力。而在高速运转的场合，齿轮的平衡性能以及轴承对高速运转的适应性就变得尤为重要，选择合适的部件能减少振动和发热，

提高运行的稳定性。(2) 还需通过一系列优化措施来提升部件的性能。优化齿形设计能够改善齿轮的啮合状况,使啮合更加平稳,降低啮合过程中的冲击和磨损。合理确定轴承的游隙也十分关键,游隙过小会增加摩擦和发热,过大则会影响轴承的旋转精度和稳定性。通过精确计算和实验验证,确定合适的游隙值,可以有效降低应力集中现象,避免因局部应力过大而导致的疲劳损伤,进而提高部件的疲劳寿命,减少失效的可能性,保障机械设备的长期稳定运行^[3]。

4.2 合理选材

合理选材对于提高机械轴承和齿轮的可靠性至关重要,是保障设备稳定运行的基础。(1) 在轴承选材方面,要着重考虑材料的各项性能指标。轴承在工作过程中需要承受较大的载荷和摩擦,因此应选用具有高强度、高硬度的材料,以确保其能够抵抗变形和磨损。同时,良好的耐磨性和抗疲劳性能也是必不可少的,这能保证轴承在长期运行过程中不易出现表面损伤和疲劳破坏。轴承钢是较为理想的选择,它经过特殊工艺处理后,具备上述优良性能,能够满足大多数轴承的工作需求。(2) 对于齿轮选材,需依据不同的工作要求进行选择。中碳钢和合金钢是常用的齿轮材料,它们具有较好的综合力学性能。为了进一步提高齿轮的强度、硬度和耐磨性,还需对选定的材料进行适当的热处理。淬火处理可以使齿轮表面获得高硬度和耐磨性,而回火处理则能消除淬火应力,提高齿轮的韧性和稳定性。通过合理的选材和热处理工艺,能够显著提升齿轮的性能,减少因材料问题导致的失效情况,延长齿轮的使用寿命,确保机械设备的高效、可靠运行。

4.3 改善润滑条件

在机械传动系统中,轴承和齿轮承担着传递动力和运动的关键任务,而良好的润滑条件对于它们的正常运行至关重要。有效的润滑能够显著减少轴承和齿轮的磨损,降低摩擦产生的热量,进而延长其使用寿命,减少设备故障的发生。(1) 为了实现良好的润滑效果,首先要依据轴承和齿轮的具体工作条件,精准挑选合适的润

滑剂和润滑方式。不同的工作条件对润滑的要求差异明显。在高温环境下,普通润滑剂的性能会大幅下降,无法提供有效的润滑保护。此时,耐高温的润滑剂是更优选择,它能在高温下保持稳定的物理和化学性质,持续发挥润滑作用,减少部件之间的磨损。(2) 在高速重载的工况下,轴承和齿轮承受着巨大的压力和高速摩擦。这种情况下,采用压力润滑或喷油润滑等方式能确保润滑充分。压力润滑通过润滑系统将润滑剂以一定压力输送到摩擦部位,形成稳定的油膜,有效隔离部件表面,降低摩擦系数。喷油润滑则能将润滑剂均匀地喷洒在齿轮和轴承表面,快速带走热量,减少磨损。(3) 润滑剂的定期检查和更换也不容忽视。润滑剂在使用过程中会逐渐变质、老化,同时还会混入杂质。定期检查润滑剂的状态,如颜色、粘度等,能够及时发现问题。按照规定的时间间隔更换润滑剂,并保持润滑系统的清洁,防止杂质进入,是维持良好润滑效果的关键。只有确保润滑条件良好,才能保障轴承和齿轮的稳定运行,提高机械设备的可靠性和使用寿命。

结束语

综上所述,机械轴承和齿轮作为机械传动系统的核心部件,其重要性不言而喻。它们的失效会严重影响设备性能与寿命,甚至引发安全事故。而失效原因多样,涵盖疲劳、磨损、腐蚀等诸多方面。针对这些问题,优化设计、合理选材以及改善润滑条件等应对措施极为关键。在实际应用中,需综合考量各方面因素,精准实施这些措施,以确保轴承和齿轮稳定运行,为机械设备的可靠高效运转提供坚实保障。

参考文献

- [1]姚少华.机械轴承和齿轮的失效原因及解决方案[J].机械管理开发,2020,(03):258-259.
- [2]孙健峰.工程机械齿轮箱复合故障诊断研究[J].建筑机械,2020,(06):44-46.
- [3]袁屹峰.机械传动齿轮失效原因及其控制措施[J].中国高新科技,2021,(04):91-92.