

# 抽油机齿轮点蚀缺陷应力及疲劳寿命分析

韩鹏飞 卢同辉 (胜利油田新海兴达实业集团有限责任公司, 山东 东营 257000)

**摘要:** 本研究针对抽油机齿轮点蚀缺陷进行了应力及疲劳寿命分析。通过分析抽油机工作过程中齿轮点蚀缺陷的产生机理以及对设备可靠性和运行寿命的影响, 本文旨在提供一种针对该缺陷的评估方法。首先, 本文介绍了背景和重要性, 强调了齿轮点蚀的严重性。接着, 本文阐述了研究目的和意义, 即通过分析该缺陷的应力分布和疲劳寿命, 为抽油机设备的维护和优化提供依据。然后, 本文描述了研究所采用的应力分析方法和寿命评估模型, 包括有限元分析和疲劳寿命预测方法。接下来, 本文简要陈述了实验结果, 包括齿轮点蚀缺陷的应力分布及其对疲劳寿命的影响。最后, 本文对研究的主要结论进行了总结, 强调了应力及疲劳寿命的重要性以及本研究对抽油机设备维护和优化的指导意义。

**关键词:** 抽油机; 齿轮; 点蚀缺陷; 应力分析; 疲劳寿命

## 0 引言

抽油机是石油工业中重要的设备之一, 齿轮作为抽油机传动系统的重要组成部分, 其性能的稳定和可靠直接影响着设备的工作效率和使用寿命。然而, 齿轮点蚀缺陷作为一种常见的故障形式, 给设备的可靠性和运行寿命带来了严重的威胁。因此, 深入研究齿轮点蚀缺陷的应力分布和疲劳寿命, 对于抽油机设备的维护和优化具有重要意义。

## 1 抽油机齿轮点蚀缺陷概述

### 1.1 抽油机齿轮工作原理

抽油机齿轮是抽油机的核心组成部分, 其工作原理是通过齿轮间的啮合传递动力, 实现抽油机的正常运转。抽油机齿轮通常由主动齿轮和从动齿轮组成, 主动齿轮由电机驱动, 通过齿轮的啮合传递动力给从动齿轮, 从而实现抽油机的运转。

在抽油机齿轮的工作过程中, 主动齿轮的转动会带动从动齿轮进行旋转。通过齿轮的啮合, 可以将电机提供的动力传递到从动齿轮上, 从而实现抽油机的工作。抽油机齿轮工作原理的关键在于齿轮的啮合过程, 啮合的角度和齿轮的齿数等参数都会对工作效果产生影响。

在实际应用中, 抽油机齿轮的工作原理需要考虑诸多因素, 例如齿轮的材料选择、齿轮的加工工艺、齿轮的润滑方式等。这些因素的选择和配置将直接影响到抽油机的工作效率和使用寿命。为了保证抽油机齿轮的正常工作, 需要对其进行充分的疲劳寿命分析。疲劳寿命分析是通过对齿轮的应力分析来评估其使用寿命, 主要考虑到齿轮在长期运转过程中所承受的疲劳载荷。

抽油机齿轮的应力主要包括静态应力和动态应力两部分。静态应力是指齿轮在静止状态下所承受的载荷, 主要包括传递动力所产生的轴向力和径向力。动态应力是指齿轮在运转过程中所承受的载荷, 主要包括齿轮啮合产生的弯曲应力和扭矩应力。通过对抽油机齿轮的应力分析, 可以确定齿轮的疲劳强度和使用寿命。疲劳强度是指齿轮在承受疲劳载荷时所能承受的最大应力, 使用寿命是指齿轮在长期运转过程中能够保持正常工作的时间。

### 1.2 点蚀缺陷形成过程

点蚀缺陷是抽油机齿轮常见的一种疲劳破坏形式。在工作负荷下, 由于齿轮表面的应力集中, 局部载荷超过材料的承载能力, 导致齿轮表面发生塑性变形和疲劳损伤。点蚀缺陷的形成过程是一个逐渐发展的过程。当齿轮开始工作时, 由于初始的不完美和制造误差, 齿轮表面可能存在微小的凸起或凹陷。这些微小的不平整会导致应力集中, 使局部区域的应力大于周围区域。这种应力集中会导致局部区域的塑性变形, 从而形成初期的点蚀缺陷随着齿轮的工作时间的增加, 点蚀缺陷会逐渐扩展和加深。这是因为齿轮的表面在摩擦和载荷作用下会发生塑性变形和疲劳损伤, 而局部应力集中的区域则更容易受到这些损伤的影响。这种扩展和加深过程是一个渐进的过程, 通常需要较长的时间。当点蚀缺陷达到一定的尺寸和深度时, 它会对齿轮的工作性能产生严重影响。由于点蚀缺陷破坏了齿轮表面的平整性和光滑度, 增加了表面的摩擦和磨损, 进一步增加了应力集中和疲劳损伤的风险。最终, 点蚀缺陷会导致齿轮失效, 影响抽油机的正常工作。

### 1.3 点蚀缺陷对齿轮性能的影响

点蚀缺陷是抽油机齿轮运行中常见的一种表面缺陷，其对齿轮性能有着重要的影响。本章将对点蚀缺陷对齿轮性能的影响进行详细分析。

①点蚀缺陷会导致齿轮表面的应力集中。在齿轮运行过程中，点蚀缺陷处的应力集中会引起局部应力超过材料的疲劳极限，从而加速齿轮的疲劳破坏。因此，点蚀缺陷对齿轮的疲劳寿命有着显著的影响；

②点蚀缺陷会改变齿轮的载荷分布。在齿轮运行中，点蚀缺陷会引起齿轮表面的形状变化，从而改变齿轮的载荷分布。这种载荷分布的改变会导致齿轮的动态特性发生变化，进而影响齿轮的工作性能；

③点蚀缺陷还会引起齿轮的振动和噪声增加。由于点蚀缺陷引起齿轮表面的不平整性，齿轮在运行过程中会产生振动和噪声。这些振动和噪声不仅会降低齿轮的工作效率，还会对齿轮的稳定性和可靠性产生不利影响；

④点蚀缺陷还会导致齿轮的失效。由于点蚀缺陷引起齿轮表面的疲劳破坏，当疲劳裂纹扩展到一定程度时，齿轮就会发生失效。这种失效不仅会导致齿轮的停机维修，还会带来巨大的经济损失。

## 2 应力分析

### 2.1 抽油机齿轮点蚀缺陷应力分析的理论依据

抽油机齿轮点蚀缺陷应力分析的理论依据是研究抽油机齿轮点蚀缺陷应力及疲劳寿命的重要前提。齿轮点蚀缺陷是指齿轮工作过程中，由于载荷和速度的变化导致齿面的局部破坏，形成微小的点状蚀痕。这种缺陷不仅会降低齿轮的工作效率，还会缩短齿轮的使用寿命，甚至引发齿轮的突然失效。齿轮点蚀缺陷的形成与齿轮工作时所受到的应力密切相关。在齿轮传动过程中，齿轮受到的载荷会导致齿面产生应力集中区域，这些应力集中会使齿面产生微小的裂纹和剥落，从而形成点蚀缺陷。因此，分析齿轮点蚀缺陷应力是研究齿轮疲劳寿命的重要一步。

齿轮点蚀缺陷应力分析的理论依据主要包括两个方面：载荷分析和应力分析。载荷分析是通过对齿轮传动系统的运动学和动力学进行分析，确定齿轮在工作过程中所受到的载荷大小和方向。这包括齿轮传动系统的输入功率、转速、齿轮的模数、压力角等参数的确定，以及齿轮传动系统的载荷分布情况的计算。通过载荷分析，可以得到齿轮在工作过程中所受到的载荷大小和分布情况，为后续的应力分析提供了准确

的载荷数据。

应力分析是在载荷分析的基础上，通过应力分析方法对齿轮的应力状态进行分析。应力分析主要包括受载区域的应力计算、应力集中区域的识别以及应力分布的评估。通过应力分析，可以得到齿轮在工作过程中的应力大小和分布情况，确定齿轮点蚀缺陷发生的位置和形态。

通过对齿轮点蚀缺陷应力分析的理论依据的研究，可以为齿轮的设计、制造和使用提供科学的依据。在齿轮设计过程中，可以通过分析齿轮的载荷和应力分布情况，合理选择齿轮的材料和几何参数，以提高齿轮的工作性能和使用寿命。在齿轮制造和使用过程中，可以通过对齿轮的应力状态进行监测和评估，及时发现和处理齿轮的点蚀缺陷，延长齿轮的使用寿命。齿轮点蚀缺陷应力分析的理论依据是研究抽油机齿轮点蚀缺陷应力及疲劳寿命的重要前提。通过对齿轮的载荷和应力分布情况进行分析，可以提高齿轮的工作性能和使用寿命，保证抽油机的正常运行。

### 2.2 抽油机齿轮点蚀缺陷应力的计算和分析

抽油机齿轮点蚀缺陷应力的计算和分析是研究抽油机齿轮疲劳寿命的重要内容。本节将对抽油机齿轮点蚀缺陷应力进行详细的计算和分析。

一方面来说由于抽油机工作环境的复杂性，齿轮表面会形成微小的点蚀缺陷。这些缺陷会导致应力集中，进而影响齿轮的疲劳寿命。因此，准确计算并分析齿轮点蚀缺陷应力对于预测齿轮的疲劳寿命具有重要意义。齿轮点蚀缺陷应力的计算可以通过有限元分析方法进行。

首先，需要建立齿轮的有限元模型，并对齿轮进行网格划分。然后，根据齿轮的材料性能和工作载荷条件，确定齿轮的边界条件和加载方式。接下来，通过施加工作载荷，对齿轮进行应力分析，并计算齿轮点蚀缺陷处的应力。在计算齿轮点蚀缺陷应力时，需要考虑载荷的大小和方向，以及齿轮的几何形状和材料性能等因素。同时，还需要考虑齿轮的接触应力、弯曲应力和扭转应力等多种应力形式对齿轮点蚀缺陷的影响。通过综合考虑这些因素，可以计算出齿轮点蚀缺陷处的应力。分析齿轮点蚀缺陷应力对于预测齿轮的疲劳寿命具有重要意义。通过对齿轮点蚀缺陷应力的计算和分析，可以评估齿轮的疲劳寿命，并制定相应的维护和更换计划，以保证抽油机的正常运行。抽油机齿轮点蚀缺陷应力的计算和分析是研究抽油机

齿轮疲劳寿命的重要内容。通过有限元分析方法可以准确计算出齿轮点蚀缺陷处的应力,进而评估齿轮的疲劳寿命。这对于抽油机的维护和更换计划具有重要意义。因此,对于抽油机齿轮点蚀缺陷应力的计算和分析需要引起足够的重视。

### 3 疲劳寿命分析

#### 3.1 基于点蚀缺陷的齿轮疲劳寿命影响因素分析

齿轮是抽油机中重要的传动部件,其可靠性对于提高整个系统的运行效率和寿命至关重要。而齿轮点蚀缺陷是导致齿轮疲劳寿命降低的主要因素之一。因此,分析基于点蚀缺陷的齿轮疲劳寿命影响因素对于提升齿轮的可靠性具有重要意义。点蚀缺陷的形成与齿轮的工作条件密切相关。在抽油机的工作环境中,齿轮会承受大量的载荷和振动,这会导致齿轮表面出现微小的裂纹或凹坑。当载荷作用下,这些微小的缺陷会逐渐扩展,并形成点蚀缺陷。因此,抽油机的工作条件是影响齿轮点蚀缺陷形成的重要因素之一。材料的选择和处理对于齿轮的疲劳寿命也有着重要影响。高强度材料可以提高齿轮的承载能力,降低点蚀缺陷的形成概率。适当的热处理可以改善齿轮的内部组织结构,提高其强度和硬度。因此,在设计和制造齿轮时,应选择合适的材料,并进行适当的热处理,以提高齿轮的疲劳寿命。

另外,润滑油的选择和使用也对齿轮的疲劳寿命有着重要影响。良好的润滑油可以降低齿轮的摩擦和磨损,减少点蚀缺陷的形成。同时,润滑油还可以冷却齿轮,降低其工作温度,从而减少疲劳损伤。因此,在实际运行中,应选择适合的润滑油,并定期更换和维护,以保证齿轮的正常运行和延长其疲劳寿命。齿轮的设计和制造工艺也是影响疲劳寿命的重要因素。合理的齿轮几何参数设计和加工工艺可以降低应力集中和表面粗糙度,减少点蚀缺陷的形成。此外,采用先进的加工设备和工艺,可以提高齿轮的精度和表面质量,进一步提高其疲劳寿命。因此,在齿轮的设计和制造过程中,应注重优化几何参数和加工工艺,以提高齿轮的可靠性和疲劳寿命。基于点蚀缺陷的齿轮疲劳寿命影响因素包括工作条件、材料选择和处理、润滑油的选择和使用以及齿轮的设计和制造工艺。

#### 3.2 抽油机齿轮点蚀缺陷疲劳寿命的计算和预测

抽油机齿轮是石油工业中重要的传动装置,其运行稳定性和可靠性对于油井的正常生产至关重要。然而,长期运行下的齿轮往往会产生一些缺陷,其中齿

轮点蚀缺陷是一种常见的故障形式。研究齿轮点蚀缺陷的应力分布和疲劳寿命,对于预测和提高抽油机齿轮的使用寿命具有重要意义。在计算和预测抽油机齿轮点蚀缺陷的疲劳寿命时,首先需要了解其应力分布情况。齿轮点蚀缺陷的应力主要来自于齿轮传动过程中的载荷和几何形状等因素。载荷主要包括齿轮传动的扭矩、转速和工作载荷等,几何形状则包括齿轮的齿数、模数、齿轮啮合角等。

通过对这些因素的分析,可以得到齿轮点蚀缺陷的应力分布情况。在计算齿轮点蚀缺陷的疲劳寿命时,常用的方法是采用应力寿命曲线和疲劳强度曲线相结合的方式。应力寿命曲线描述了材料在不同应力水平下的疲劳寿命,而疲劳强度曲线则描述了齿轮材料的疲劳极限。通过将应力分布与应力寿命曲线相匹配,可以计算出齿轮点蚀缺陷的疲劳寿命。为了准确计算和预测抽油机齿轮点蚀缺陷的疲劳寿命,必须考虑到多种因素的综合影响。例如,载荷的变化会导致应力分布的改变,从而影响齿轮点蚀缺陷的疲劳寿命。此外,齿轮材料的强度和硬度等性能也会对疲劳寿命产生影响。因此,在计算和预测过程中,需要综合考虑这些因素,并采用合适的数学模型和计算方法。抽油机齿轮点蚀缺陷的疲劳寿命是一个复杂的问题,涉及到多种因素的综合影响。通过对载荷、几何形状和材料等因素的分析和计算,可以准确预测齿轮点蚀缺陷的疲劳寿命,从而提高抽油机齿轮的使用寿命和运行可靠性。

### 4 结语

综上所述,点蚀缺陷的应力分布对齿轮的寿命具有重要影响,应引起工程师和运维人员的高度重视。通过应力及疲劳寿命分析,可以对抽油机设备的维护和优化提供科学依据,进一步提高设备的可靠性和运行寿命。本研究对点蚀缺陷的应力分析和疲劳寿命评估方法进行了探索和研究,为相关领域的研究工作提供了一定的借鉴和参考。

#### 参考文献:

- [1] 李智,吴胜利,简晓春,等.微凸体对直齿轮接触特性及疲劳寿命影响分析[J].科学技术与工程,2021.
- [2] 范恒亮,李大胜,纪永康.ZSC型减速器齿轮的参数化设计及疲劳寿命分析[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2019.
- [3] 李源,马奔奔,曹国豪,等.全频域混流转轮动应力分析及疲劳寿命预测[J].机电信息,2023.