

# 粮田大型喷灌机重型齿轮传动系统故障诊断与预防性维护技术研究

陈杰

杭州誉煌传动设备有限公司 310000

**【摘要】**为解决粮田大型喷灌机重型齿轮传动系统故障频发导致的作业中断问题,企业以实际作业需求为导向,结合齿轮传动系统运行特性,研究故障诊断与预防性维护技术。通过分析系统常见故障类型及成因,优化诊断指标与维护流程,构建适配粮田作业场景的技术体系。实践表明,该技术可精准识别早期故障,延长传动系统使用寿命,为企业提升喷灌作业稳定性、降低运维成本提供技术支撑。

**【关键词】**大型喷灌机;重型齿轮传动系统;故障诊断;预防性维护

Research on Fault Diagnosis and Preventive Maintenance Technology for Heavy-Duty Gear Transmission Systems in Large-Scale Sprinkler Irrigation Machines for Grain Fields

Chen Jie

Hangzhou Yuhuang Transmission Equipment Co., Ltd. 310000

**【Abstract】**To address operational disruptions caused by frequent failures in gear transmission systems of large-scale sprinkler irrigation machines for grain fields, the company developed fault diagnosis and preventive maintenance technologies based on practical operational requirements and operational characteristics of gear transmission systems. By analyzing common fault types and their root causes, optimizing diagnostic indicators and maintenance procedures, and establishing a technical framework tailored for grain field operations, the study demonstrates that this approach enables precise early-stage fault identification, extends transmission system lifespan, and provides technical support for enhancing sprinkler irrigation stability and reducing operational costs.

**【Key words】**large-scale sprinkler irrigation machine; heavy-duty gear transmission system; fault diagnosis; preventive maintenance

随着现代农业规模化发展,粮田大型喷灌机已成为企业保障灌溉效率、提升粮食产能的核心设备。重型齿轮传动系统作为喷灌机动力传递的核心组件,承担着承载重载、协调机构运转的关键职能,其运行状态直接决定喷灌作业连续性与可靠性<sup>[1]</sup>。企业在长期粮田作业中发现,齿轮传动系统易受粮田土壤湿度、作业负荷波动、润滑条件不足等因素影响,频发齿面磨损、齿根裂纹、轴承失效等故障,不仅导致设备停机检修,增加运维成本,还可能因灌溉不及时影响粮食生长,造成经济损失。因此,企业开展针对性的故障诊断与预防性维护技术研究,构建科学高效的技术方案,对规避故障风险、保障设备稳定运行、提升企业农业生产效益具有重要现实意义。

## 1 粮田大型喷灌机重型齿轮传动系统常见故障及成因分析

粮田大型喷灌机重型齿轮传动系统的常见故障主要包括齿面磨损、齿根裂纹及轴承失效等。其成因与粮田作业场景特性及系统运行条件密切相关:土壤湿度波动易导致润滑系统受潮,造成润滑效果下降,加剧齿面摩擦磨损;作业负荷随灌溉面积、地形变化而波动,使齿轮及轴承承受交变载荷,长期作用下引发齿根疲劳裂纹;粮田环境中的杂质易侵入传动系统,污染润滑油并加剧部件磨损;此外,设备使用年限增长、安装精度偏差、违规操作等因素,会进一步破坏传动系统受力平衡,诱发轴承间隙异常、密封失效等衍生故障,影响系统运行稳定性<sup>[2]</sup>。

## 2 粮田大型喷灌机重型齿轮传动系统故障诊断技术优化

### 2.1 基于振动信号的故障诊断技术优化

振动信号监测是企业开展齿轮传动系统故障诊断的核

心手段,针对传统监测技术对早期故障识别精度不足的问题,企业对监测指标与分析方法进行优化。首先,结合粮田喷灌机作业特点,调整振动传感器的安装位置与监测频率,将传感器固定于齿轮箱壳体关键部位,针对不同作业工况(如匀速灌溉、转向调整、负荷突变)设置差异化监测频率,避免因工况波动导致的信号干扰。其次,优化信号特征提取方法,在传统时域、频域分析基础上,引入小波包分解技术,对振动信号进行多尺度分解,精准提取早期故障对应的微弱特征信号,有效区分正常振动与故障振动的差异<sup>[3]</sup>。同时,企业建立故障振动信号数据库,整合不同故障类型、不同故障程度对应的信号特征,通过对比分析实现故障类型与严重程度度的精准判断,为后续维护提供数据支撑。

### 2.2 基于油液分析的故障诊断技术适配

油液分析可通过检测润滑油中的磨损颗粒、污染物含量,间接判断齿轮传动系统的运行状态,企业针对粮田作业环境特点,对该技术进行适配优化。企业根据喷灌机齿轮传动系统的负荷特性与润滑需求,确定润滑油的取样周期与取样位置,避免因取样不当导致的分析误差;同时,引入激光颗粒计数器与光谱分析仪,精准检测油液中磨损颗粒的尺寸、浓度及成分,通过颗粒成分分析判断磨损部位(如齿轮齿面、轴承滚动体),通过颗粒浓度变化趋势预测故障发展速度。此外,企业建立油液性能评价标准,结合粮田作业环境中的污染物类型,补充油液水分含量、杂质含量等评价指标,当指标超出阈值时及时发出预警,避免因润滑失效引发故障<sup>[4-5]</sup>。

### 2.3 多源信号融合诊断模型构建

单一诊断技术容易受到工况的干扰,诊断的精度不高。因此,企业可构建多源信号融合的诊断模型,将振动信号、油液信号、温度信号等多维度数据融合起来,提升故障诊断的可靠性。同时,企业需搭建统一的数据采集平台,达成多源信号同步采集和传输,去除不同信号之间的时差和格式差异;使用模糊综合评价法。通过对各个单一诊断技术的结果实施权重分配和融合分析,按照粮田作业工况的特点来调整权重系数,融合结果更契合实际作业场景。例如,在负荷稳定工况下,企业可加大振动信号诊断结果的权重;潮湿环境作业时,以弥补单一技术的不足,做到早期故障精准识别,故障类型准确判断,削减误判率和漏判率。

### 2.4 诊断技术现场适配与调试

为确保优化后的诊断技术适配企业粮田喷灌作业实际,企业开展现场适配与调试工作。选取不同使用年限、不同作业工况的喷灌机作为试验对象,搭载优化后的诊断系统,进

行为期3个月的现场试运行,记录不同作业场景下的诊断数据与设备实际运行状态。针对试运行中出现的信号干扰、预警滞后等问题,进一步调整诊断参数与传感器位置,优化信号过滤算法,提升诊断系统对粮田复杂工况的适应性。同时,企业对维修人员进行技术培训,使其熟练掌握诊断系统的操作方法、数据解读技巧及故障预警处理流程,确保诊断技术能有效落地应用,为设备维护提供及时、准确的技术支持。

## 3 粮田大型喷灌机重型齿轮传动系统预防性维护技术构建

### 3.1 基于故障规律的差异化维护周期制定

企业摒弃传统固定周期维护模式,基于齿轮传动系统的故障规律与作业工况,制定差异化预防性维护周期。通过分析历史故障数据,梳理不同故障类型的平均使用寿命、故障高发阶段,结合喷灌机的作业强度(如灌溉面积、日均作业时长)、工况条件(如土壤湿度、地面平整度),将设备划分为重点维护组与常规维护组。对使用年限较长、作业负荷大、工况恶劣的喷灌机,缩短维护周期,增加关键部件的检查频次;对新设备、作业工况良好的喷灌机,适当延长维护周期,避免过度维护<sup>[6]</sup>。同时,建立维护周期动态调整机制,根据设备实际运行状态与故障诊断结果,实时优化维护周期,确保维护工作的针对性与有效性。

### 3.2 核心部件预防性维护措施优化

针对齿轮传动系统核心部件的故障特点,企业优化预防性维护措施,提升维护质量。对于齿轮部件,除常规清洁、润滑外,增加齿面磨损检测、齿根裂纹探伤环节,采用磁粉探伤技术排查隐性裂纹,对轻微磨损齿面进行抛光处理,对磨损严重的齿轮及时更换,避免故障扩大;对于轴承部件,定期检查轴承间隙与润滑状态,及时补充或更换润滑油,清理轴承内部杂质,对存在异响、发热的轴承提前更换,防止轴承失效连带损坏其他部件。同时,企业规范维护操作流程,制定标准化维护手册,明确各部件的维护步骤、技术要求与质量标准,避免因维护操作不当引发二次故障。

### 3.3 润滑系统预防性维护体系完善

润滑不良是导致齿轮传动系统故障的重要原因,企业完善润滑系统预防性维护体系,从润滑油选型、加注、更换全流程进行管控。企业根据粮田喷灌机重型齿轮传动系统的负荷、转速及作业环境温度,选用适配的高性能润滑油,避免因润滑油选型不当影响润滑效果;建立润滑油加注台账,明确加注量、加注时间与加注人员,确保润滑油量符合设备要

求；定期检查润滑系统的密封性，排查漏油、渗油问题，及时更换损坏的密封件，防止润滑油流失与杂质侵入；结合油液分析结果，确定润滑油更换周期，避免因润滑油老化、变质导致润滑失效，同时做好废油回收处理，符合环保要求。

### 3.4 基于设备状态的预测性维护技术应用

企业引入预测性维护技术，结合故障诊断数据与设备运行状态，实现维护工作的提前规划与精准实施。通过搭建设备状态监测平台，实时采集齿轮传动系统的运行参数、故障诊断结果，运用大数据分析技术预测设备故障发展趋势，提前判断需要维护的部件与维护时间。例如，根据振动信号特征变化趋势，预测齿面磨损速度，提前安排齿面处理工作；根据油液中磨损颗粒浓度变化，预判轴承使用寿命，提前采购备件并安排更换。预测性维护技术的应用，使企业从“事后维修”“定期维护”向“事前预防”转变，有效降低设备停机时间，提升作业效率。

## 4 预防性维护技术落地保障措施

首先，企业建立健全维护管理机制，确保预防性维护技术有效落地。成立专项维护管理小组，明确各岗位人员的职责分工，负责维护计划制定、维护工作监督、维护质量验收等工作；建立维护档案管理制度，详细记录每台喷灌机的维护时间、维护内容、故障处理情况、零部件更换信息等，为后续维护计划制定、故障规律分析提供数据支撑。同时，加强维护人员队伍建设，定期开展技术培训与技能考核，提升维护人员对故障诊断技术、预防性维护措施的掌握程度，鼓励维护人员总结作业经验，优化维护方法，确保维护工作的专业性与高效性。

其次，企业强化设备全生命周期管理，将预防性维护融

入设备采购、安装、使用、报废全流程。在设备采购阶段，优先选择传动系统可靠性高、维护便捷的喷灌机，从源头降低故障风险；在设备安装调试阶段，严格把控安装精度，做好试运行检测，确保传动系统运行正常；在设备使用阶段，规范操作流程，避免因违规操作导致的故障；在设备报废阶段，对齿轮传动系统核心部件进行拆解分析，总结故障原因与维护经验，为后续设备采购与维护提供参考。通过全生命周期管理，形成闭环管控，持续提升设备运行稳定性。

最后，企业加强技术创新与合作，持续优化故障诊断与预防性维护技术。立足粮田作业场景的特殊性，加大技术研发投入，探索适配复杂工况的新型诊断技术与维护方法；与科研院校、设备制造商开展合作，引进先进技术与经验，结合企业实际作业需求进行本土化优化，提升技术的实用性与先进性。同时，企业建立技术优化反馈机制，收集维护人员、一线作业人员的意见建议，及时发现技术应用中的问题，持续迭代优化技术方案，确保技术始终适配企业生产需求。

## 5 结论

企业围绕粮田大型喷灌机重型齿轮传动系统的故障诊断与预防性维护技术开展研究，通过分析常见故障类型及成因，优化振动信号、油液分析等诊断技术，构建多源信号融合诊断模型，提升了早期故障识别精度与诊断可靠性；基于故障规律与作业工况，制定差异化维护周期，优化核心部件维护措施，完善润滑系统维护体系，实现了维护工作从“定期维护”向“预测性维护”的转变。实践表明，该技术体系可有效降低齿轮传动系统故障发生率，延长设备使用寿命，减少运维成本，提升喷灌作业稳定性，为企业农业生产效益提升提供了有力支撑。

## 参考文献

- [1]朱兴业,高朝晖,刘俊萍,等.丘陵山区自走式小型喷灌机喷灌性能[J].排灌机械工程学报,2025,43(12):1283-1290.
- [2]戴学林,戴雨舒,仇维佑.一种新型悬挂式喷灌机的设计与试验[J].江苏农机化,2025,(06):13-17.
- [3]祝凌,惠鑫,严海军,等.圆形喷灌机不同尾枪组合的水量分布特性及优化[J].农业工程学报,2025,41(06):42-51.
- [4]赵擎,王新坤,颜海兰,等.基于射流脉冲三通的桁架喷灌机水力性能试验[J].节水灌溉,2024,(09):59-64+73.
- [5]邱志鹏.我国喷灌机现状与发展思考[J].农机市场,2024,(03):22-24.
- [6]王爽,李郑森.高标准农田建设项目喷灌机选型与供电技术浅析[J].水科学与工程技术,2023,(06):54-56.

作者简介:陈杰,出生年月:1989年5月10日,男,汉族,籍贯:杭州市萧山区,学历:高中,研究方向:通用型和专用型减速机等设计研发制造。