

风电齿轮箱管轴渗漏油分析及处理办法

王福东, 王艳飞, 罗文振

南京高速齿轮制造有限公司, 江苏南京

摘要: 齿轮箱是风电机组中重要的组成部分, 随着齿轮箱运行年限的不断增加, 会出现渗漏油现象, 而管轴处的渗漏油会影响机组的安全、可靠运行。本文根据较多案例, 对齿轮箱管轴漏油原因进行分析, 并提出一种可靠的维修方案, 提高防护性能, 有效解决管轴渗漏油问题。

关键词: 齿轮箱; 管轴渗漏油; 维修

Analysis and Treatment of Oil Leakage in Wind Power Gear Box Tube Shaft

Fudong Wang, Yanfei Wang, Wenzhen Luo

Nanjing High-speed Gear Manufacturing Co., LTD, Nanjing, Jiangsu

Abstract: As a critical component in wind turbines, gearbox leakage has become increasingly prevalent with extended operational cycles. Oil seepage at the tube shaft area poses significant safety and operational risks. This study analyzes the root causes of gearbox tube shaft leakage through case studies and proposes a reliable maintenance solution to enhance protective performance, effectively addressing this critical issue.

Keywords: Gearbox; Tube shaft oil leakage; Maintenance

1 引言

在风电机组的运行过程中，齿轮箱作为动力传递的核心部件，其性能的稳定性和可靠性至关重要。然而，随着运行时间的增长，齿轮箱内部的零部件会因磨损、老化等因素逐渐失效，其中管轴渗漏油问题尤为突出。这不仅会导致齿轮箱内部润滑油的流失，影响齿轮的正常啮合和散热，还可能引发更严重的机械故障，对风电机组的安全运行构成威胁。因此，深入分析齿轮箱管轴渗漏油的原因，并探索有效的维修方案，对于保障风电机组的长期稳定运行具有重要意义。

2 现状

近年来，一批齿轮箱开始出现一些不同程度的渗漏油问题，其中管轴渗漏油问题较为突出，该问题呈现出批量多发的趋势。管轴，又称为空心管、空心轴等，是齿轮箱内部的重要结构，是动力电缆、通讯线的主要通道，一旦发生渗漏油，一方面导致齿轮箱油位降低，影响齿轮箱运行，渗漏油污染机舱平台，另一方面也会污染线缆和滑环，导致通讯故障，严重时还会烧毁滑环，影响机组的安全、可靠运行，需要及时处理[1]。

通过对不同案例比较和分析，根据渗漏油现象，可以将管轴发生的渗漏油问题大致分为两类：一是油液沿着管轴外壁渗出（见图1(a)），通常机组运维人员登塔检查外观即可看到；二是油液沿着管轴内壁渗出（见图1(b)），该类型并不容易发现，因为管轴末端和滑环连接，渗漏油会到滑环内部，污染和损坏滑环内部结构，等到滑环报故障时才有所察觉，而平时的日常运维并不会直接拆除

滑环检查是否有渗漏油，这也增加了渗漏油已经发生的可能性。除此之外，有些案例中上述两种类型渗漏油也会同时发生，运维人员可在管轴末端外壁发现较为明显的油液渗出，同时滑环也有油液渗出。目前发生管轴渗漏油的齿轮箱类型主要集中在1.5MW和2MW齿轮箱上，其中1.5MW齿轮箱较多，受到齿轮箱本体结构的影响，不同型号齿轮箱管轴的机构类型也不尽相同，这给维修工作也带来一定程度的困难。

针对这一现状，我们深入分析了渗漏油问题的具体原因，以期找到有效的解决方法。从管轴的设计、材料选择、制造工艺到安装使用，每一个环节都可能成为渗漏油的潜在因素。例如，设计上的缺陷可能导致密封不严，材料的老化或不耐腐蚀可能加速渗漏的发生，制造工艺的不精细可能留下渗漏的隐患，而安装使用过程中的不当操作也可能引发渗漏问题。因此，我们需要从多个角度入手，全面剖析渗漏油问题的成因[2]。

3 原因分析

根据齿轮箱结构和渗漏油发生的位置进行分析，管轴是一体结构，两侧末端分别安装有O型密封圈和骨架油封，这两种密封件都是橡胶结构，当齿轮箱运行达到一定年限之后，由于该部位长期受到齿轮箱润滑油液的侵蚀影响，密封件会发生老化失效，失去其防护作用，导致管轴末端发生渗漏油现象。

此外，骨架油封在安装过程中，若其内径与管轴外径之间的配合间隙过大，或者安装时未能确保油封唇口端面与轴端面的紧密贴合，也会使得油封

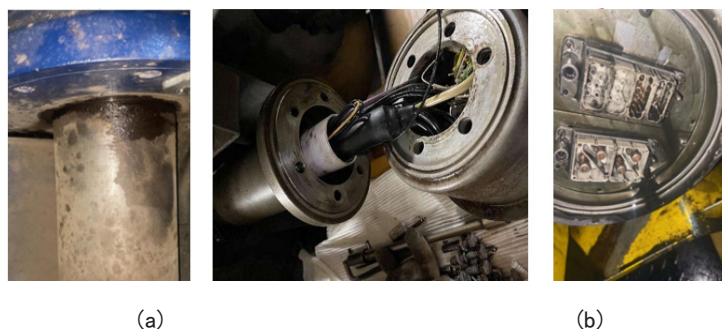


图1. 管轴渗漏油案例

密封效果大打折扣，从而引发渗漏。再者，管轴本身的制造精度，如表面粗糙度、圆度等，若未达到设计要求，同样会影响密封件与管轴之间的配合紧密性，增加渗漏的风险。还有不可忽视的是，齿轮箱在运行过程中产生的振动和温度变化，也会对密封件的性能产生影响，长期作用下，会加剧密封件的老化和损坏，进而引发渗漏。

另外，齿轮箱内部的工作压力也是导致管轴渗漏油的一个重要因素。当齿轮箱内部工作压力增大时，润滑油液会通过密封件与管轴之间的微小间隙向外渗漏。若齿轮箱设计或维护不当，导致内部压力异常升高，将直接加剧渗漏现象的发生。

同时，齿轮箱在运行过程中，若润滑油的品质和清洁度不达标，含有杂质或颗粒物的润滑油会对密封件造成额外的磨损，加速其老化过程，从而降低密封效果，增加渗漏的可能性。

综上所述，齿轮箱管轴渗漏油的原因是多方面的，包括密封件老化失效、安装不当、管轴制造精度不足、齿轮箱振动和温度变化、内部工作压力增大以及润滑油品质不佳等。因此，在解决管轴渗漏油问题时，需要从多个角度进行综合考虑，采取有效的措施进行防范和治理[3]。

4 解决方法

目前，解决管轴渗漏油应用范围最广的是在管轴内部装入一新软管，该软管由橡胶软管和法兰组成，橡胶软管装入管轴内部，用来隔绝线缆和管轴

内壁，防止油污再接触线缆，法兰和管轴末端面连接在一起，避免软管和管轴发生相对转动，同时在法兰上增加密封结构，增强管轴部位的密封效果。该方法在一定程度上可以暂时缓解管轴渗漏油的问题，但并没有从根本上解决该问题的发生，随着时间的推移，油液仍有可能会沿着管轴内壁流到滑环内部产生复漏，污染滑环。

为了从根本上解决管轴渗漏油问题，我司后市场对已经发生的管轴渗漏油案例总结，对原因进行深度分析，开发出一套适用于管轴渗漏油塔上维修的技术方案。该方案根据不同类型齿轮箱管轴的结构，以及不同机舱塔上可维修的空间大小，将管轴切分为2-3段，每段长度相近，为了减轻重量，各段采用铝合金材料，方便安装维修，各段连接处采用螺纹连接+紧定螺钉的方式，同时连接处加装多重密封圈，以防止油液从连接处渗入管轴内部，新管轴和齿轮箱接触的部位改用效果更好的密封装置，有效防止油液渗漏，新管轴总体结构保持和原管轴一致，以便安装和使用，此外各分段管轴表面经过工艺处理，提高耐腐蚀性和耐磨性。

该技术已先在厂内实验验证过，对安装操作过程、渗漏油试验全程记录，验证了安装更换是否困难、所需人员数量以及齿轮箱在加载下是否漏油，结果表明安装操作方便、省时，加载无渗漏油发生。参考该实验，我司对运维人员进行培训，之后使用该技术在贵州某风场进行了塔上管轴渗漏油维修（如下图2,3），维修人员3人，该方案操作简

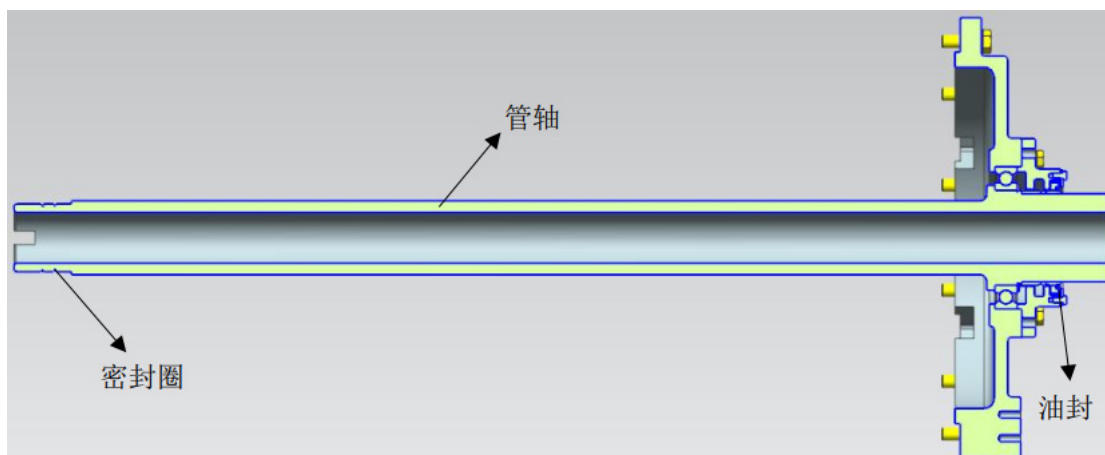


图2. 管轴结构图

单，能够有效提高操作成功率，降低作业过程中的风险，能够节省1/3作业时间，同时能够降低人工成本，新管轴设计寿命超过10年，可以从根本上解决管轴渗漏油问题[4]。

此外，我们还对维修后的齿轮箱进行了长期的跟踪监测，确保新管轴在实际运行中能够持续保持优良的密封性能。在监测过程中，我们定期收集并分析齿轮箱的运行数据，以及时发现和解决可能存在的问题。同时，我们也为运维人员提供了详细的操作指南和维护建议，以确保他们能够正确、有效地对新管轴进行日常维护和保养[5]。

除了上述技术方案，我们还积极探索和应用其他先进的维修技术和材料，以不断提升管轴渗漏油的治理效果。例如，我们引入了高分子复合材料进行密封处理，这种材料具有优异的耐油、耐腐蚀性能，能够在恶劣环境下长期保持稳定的密封效果。我们还在管轴表面涂覆了一层特殊的防腐涂层，以提高其抗腐蚀能力，延长使用寿命。

在维修过程中，我们注重细节处理，确保每一

步操作都符合规范要求。例如，在拆卸旧管轴时，我们会小心翼翼地避免损坏周围的部件和结构；在安装新管轴时，我们会严格按照预定的步骤和程序进行，确保每一个连接处都紧密可靠；在进行密封处理时，我们会仔细清理和打磨密封面，确保密封材料能够充分填充并紧密贴合。

5 总结

本文根据齿轮箱管轴发生的实际案例，而现有技术不足以根本解决该问题，该技术补充了之前软管使用方面的不足，提高了防护性能，可靠性增加，同时总重量减轻，方便安装。该新技术推广应用后，可逐渐替代原有的技术，有效解决管轴渗漏油问题，确保机组安全、可靠运行。

参考文献

- [1]石利勇,黄永平,张万军,等. 风电齿轮箱漏油故障分析及优化方案[J]. 船舶工程, 2024, 46(S2): 185-189.

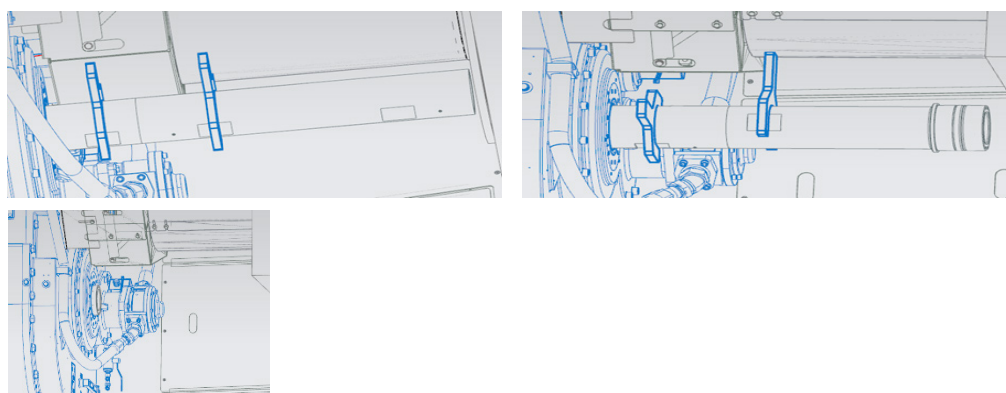


图3. 安装示意图



图4. 塔上维修更换

- [2]王仁忠, 孙研. 风电机组齿轮箱维护与检修案例[J]. 中国高
新科技, 2023, 19(23): 78-81.
- [3]王灿, 李韶武, 张天阳, 等. 风电机组齿轮箱油温异常诊断方
法与预警策略研究[J]. 船舶工程, 2020, 42(S1): 201-205.
- [4]袁加胜, 高祥, 刘迪. 风电齿轮箱油温高原因及解决方法[J].
电气技术与经济, 2024, 8(02): 56-59.
- [5]王健, 李富源, 黄鑫, 等. 基于多参数融合的风电机组齿轮箱
油温预警方法[J]. 制造业自动化, 2023, 45(10): 123-127.

Copyright © 2025 by author(s) and Global Science Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access