

螺纹环规使用过程中的磨损规律与校准周期研究

张志富 张新停 李卫东 李海涛 张志杰

西北工业集团有限公司 陕西 西安 710043

【摘要】：本文聚焦螺纹环规服役过程中的磨损规律，系统分析磨粒磨损、粘着磨损、齿面疲劳磨损的特征，探究分阶段磨损演变特点及各类影响因素。针对磨损判定无量化标准、分级管控缺失、固定校准周期适配性差等问题，结合磨损规律优化磨损管控体系，搭建工况动态校准联动机制。本次研究有效改善了量具精度衰减、检测失准、资源浪费等问题，可为企业螺纹量规的精细化计量管控提供可靠实操参考。

【关键词】：螺纹环规；磨损规律；校准周期

DOI:10.12417/3041-0630.26.11.004

引言

螺纹零部件广泛应用于各类机械设备，螺纹配合精度直接决定设备运行稳定性与装配质量，螺纹环规作为关键检测量具，其精度管控尤为重要。实际生产中，螺纹环规长期反复咬合摩擦，易产生不同程度磨损，引发牙型损伤、中径偏差等精度失效问题。目前多数企业仍采用固定统一的校准周期，未结合工况差异与磨损规律动态调整，且磨损判定多依靠人工目视，缺乏量化标准，易出现量具提前失效、检测误判、过度校准等问题。本文开展螺纹环规磨损规律与校准周期研究，梳理现存管控短板，制定针对性优化方案，助力提升量具检测精度与企业标准化管控水平。

1 螺纹环规使用过程中的磨损规律

1.1 螺纹环规典型磨损规律类型

螺纹环规经受批量螺纹工件检测过程中持续咬合摩擦作用，生成三类特征区分明显的典型磨损形态，不同磨损对应专属发生区域、受损部位与尺寸损耗变化趋势。磨粒磨损出现频次最高，工件表层留存铁屑、厂区硬质粉尘嵌入螺纹啮合牙面会诱发该损伤，牙顶与牙侧受均匀微量切削形成稳定平缓的尺寸损耗变化^[1]。高强度螺纹件检测过程易出现粘着磨损，螺纹配合接触面承压过高、润滑介质缺失引发金属表层撕脱粘连，局部牙体结构会出现缺损，损耗分布不存在统一规律。循环往复的挤压咬合荷载催生齿面疲劳磨损，螺纹表层萌生裂纹后逐层脱落，长期高频投入使用的环规更易出现该问题，损耗速度伴随使用时长持续上升，螺纹中径检测数值稳定程度会出现明显波动。

1.2 螺纹环规阶段性磨损演变规律

结合螺纹环规全周期服役表现，磨损进程存在三段式演化特征，各阶段磨损速度、尺寸偏移表现存在明显区分。投入检测 100 至 300 次区间属于初期磨合区间，螺纹表层微观凸起快速损耗，中径偏移小幅收束，咬合匹配度逐步贴合工件。稳定

损耗区间占据环规大部分使用时长，表层摩擦状态趋于平稳，损耗速度均匀平缓，尺寸偏移沿线性小幅扩张，检测数值维持在规范阈值内。表层材质疲劳破损触发末期重度损耗进程，损耗速度大幅上升，牙体形变、尺寸超限问题同步产生，检测数值失去规范约束，环规抵达失效临界节点^[2]。

1.3 多因素影响下的磨损变化规律

螺纹环规的磨损速率与磨损程度并非固定不变，而是受多重工况、环境及人为因素耦合影响，形成差异化的磨损变化规律。工况负荷是核心影响因素，高频次批量检测的环规磨损增速远高于间歇性检测工况，工件硬度越高、螺纹配合间隙越小，磨损递进速度越快。环境因素直接干预磨损形态，潮湿环境易引发螺纹表面轻微锈蚀，加剧摩擦损耗，粉尘浓度较高的生产环境会大幅提升磨粒磨损的发生概率。同时，不规范的操作方式、缺失定期润滑保养，会破坏螺纹啮合的稳定摩擦状态，诱发非正常磨损，而不同材质、热处理工艺的环规，表层硬度与耐磨性存在差异，最终使得相同工况下的磨损衰减规律呈现明显个体区别。

2 螺纹环规磨损与校准周期现存问题

2.1 螺纹环规磨损管控现存问题

现有企业螺纹环规磨损管控缺少量化判定依据，环规阶段性磨损变化特征未纳入动态管控流程，仅凭人工目视表层磨损状态判定工具可用状态，螺纹中径微小差值、牙面细微缺损这类隐蔽精度损伤难以分辨。现场流转环节未参照环规实际磨损程度与作业环境划分使用等级，新旧规格环规、不同损耗工况环规混合取用现象随处可见，稳定损耗周期内高精度环规持续承担高负荷检测任务，精度损耗速度持续加快。常规养护操作落实力度不足，磨粒损耗、疲劳损耗等不同损耗成因对应的防护手段未单独落实，非正常损耗无法得到有效阻隔，大批环规未抵达设计使用期限就出现检测数值偏差问题。

2.2 螺纹环规校准周期现存问题

行业现行螺纹环规执行统一固定校准周期,各类工况对应的环规磨损变化特征未纳入考量,整套校准管控方式固化,适配各类生产场景的能力不足。高频批量检测、硬质工件接触会加快环规尺寸损耗,既定校准间隔设置偏长,尺寸偏差超出允许范围后难以及时开展校验,批量工件检测判定结果出现偏差。低频次作业、轻负荷运行场景内部件损耗幅度偏低,尺寸状态维持稳定,统一校准间隔会产生多余校验操作,计量相关资源产生不必要消耗,频繁拆卸送检过程易引发环规表面撞击、新增磨损损伤,尺寸管控与成本控制两类目标无法同步落地。

3 基于磨损规律的管控与校准周期优化方案

3.1 磨损管控体系优化

依托环规三段式磨损变化规律搭建管控框架,消除肉眼主观判断、不同工况混用器具、防护措施缺失带来的管理问题。设定磨损判定量化数值边界,螺纹中径偏差与牙型轮廓损耗数值作为核心衡量依据,划定磨合阶段、平稳磨损阶段、急速磨损阶段对应数值区间,替换人工肉眼判别模式,区分不易察觉的精度损耗。落实环规分层分类使用管理办法,全新环规、平稳磨损状态环规、存在轻微损耗环规统一登记编号留存档案,平稳磨损区间精度表现最优的环规投放高精度成品检测工位,存在轻微损耗的环规仅承担毛坯初检、工序复测工作,不同精度标准工位不得混用器具。配套适配工况的日常养护操作规范,粉尘环境使用完毕借助高压气流清理螺纹缝隙残留碎屑,薄涂防锈润滑油脂,潮湿环境每日查看构件防锈状态,高频取用环规每三日清理修整螺纹轮廓,削减磨粒、疲劳类非正常磨

损发生概率,拉长环规保持精密检测能力的使用时长。

3.2 动态校准周期优化与联动管控

依托不同工况下的差异化磨损规律,建立动态校准周期与联动管控机制。摒弃统一年度校准模式,按照使用频次、工件硬度、作业环境划分三类工况校准标准,高频批量检测、硬质工件加工的高磨损工况,适当缩短原有固定校准周期,每4至6个月开展一次计量校准;常规间歇性检测的中负荷工况,维持常规校准周期;低频闲置、轻载检测的低磨损工况,在精度抽检合格前提下适当放宽校准周期时长,适配实际磨损衰减速度。建立磨损抽检与校准联动机制,每次班前抽检记录环规中径磨损量,当实测磨损值接近规范允许临界值时,立即触发提前校准,无需等待固定周期^[1]。同时搭建一机一档台账,记录每次使用频次、磨损检测数据、校准结果与使用工况,实现磨损状态可追溯、校准周期可动态微调,既规避高磨损工况校准滞后引发的检测失准问题,又减少低磨损工况过度校准造成的资源浪费与二次损伤。

4 结语

本文系统探究了螺纹环规的磨损特征、阶段演变规律及影响因素,针对企业磨损管控粗放、固定校准周期适配性弱的问题,搭建了量化分级的磨损管控体系与分工况动态校准机制。优化方案可有效改善量具非正常磨损、检测精度失准、计量资源浪费等问题,切实提升螺纹环规的服役稳定性与使用寿命。后续可结合大数据监测手段,持续采集不同工况的磨损数据,进一步细化动态校准参数,推动螺纹量规管控向智能化、数据化方向发展,为精密量具标准化运维提供更完善的技术支撑。

参考文献:

- [1] 余志,石凯,白小亮.关于石油螺纹量规校准方法的探讨[J].工业计量,2025,35(2):48-51+56.
- [2] 崔永丹,禹静,李纪珍,等.螺纹量规三维数字化计量模型参数计算及精度分析[J].电子测量与仪器学报,2023,37(7):113-120.
- [3] 张波,唐冬梅,曾燕华.基于D-SI的螺纹量规数字化校准技术研究[J].中国测试,2024,50(S2):271-275.