
上海光机所在数字化超精密子孔径抛光中频误差创成机制研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8709.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近期，中国科学院上海光学精密机械研究所精密光学制造与检测中心研究团队在光学元件表面中频误差创成机制的研究中取得新进展。提出了分段路径卷积模型和光顺理论，成功定量预测加工导致的中频误差幅值和形貌分布。相关成果于3月13日发表在[Optics Express, 28, 8959-8973 (2020)]。

超精密加工技术是高功率激光、空间探测、对地侦查、纳米光刻等领域的核心技术之一，是衡量一个国家高科技发展水平及潜力的重要标志。以计算机控制光学表面成形技术(CCOS)为代表的数字化子孔径光学加工制造技术极大提高了光学元件加工的效率，然而CCOS技术不可避免地会造成“碎带”误差——中频面形误差，光学元件表面的中频面形误差是现代光学工程进一步发展的阻力。对于高功率激光系统来说，中频误差会导致焦斑拖尾和近场调制，损坏光学元件。成像系统中，中频误差会引起小角度散射，降低光束质量和成像对比度。数字化子孔径抛光技中频误差表征与抑制一直是国际光学加工领域研究的痛点和热点问题，目前研究人员仍未掌握中频误差的创成规律，该类误差只能等待加工后测量获得，美国劳伦斯利佛摩尔国家实验室(LLNL)研究国家点火装置(NIF)的过程中提出了以功率谱特征曲线(PSD)表征中频误差，其主要思路是通过计算得出光学元件表面中频误差的PSD曲线，然后将其与特征PSD曲线比较，当光学元件表面中频误差的PSD曲线在特征曲线之上则为不合格，PSD曲线能够准确测出不合格的频段，但却无法定位不合格频段在元件表面的区域，从而不能确定性加工。

由于不能实现加工前的定量预测，严重阻碍了光学加工向智能化、确定化、高效化发展。针对该问题，研究人员提出了分段路径卷积模型和光顺理论，成功定量预测加工导致的中频误差幅值和形貌分布。分段路径卷积模型从数学上证明了路径类型、去除函数以及控制误差对中频误差的影响耦合机制，光顺理论实现了定量预测中频误差在任何类型的多层抛光工具加工下的演化过程。基于以上模型，研究人员定义了工具截止频率和螺线步距约束判据，实现了加工中路径步距及形貌、工具运动模式及材料选择、进给速率范围及机械跳动等参数的全方位智能化选择方案。判据的提出对于中频误差的控制至关重要。实验进一步证明了理论模型的有效性，抛光后测量得到的中频误差与仿真结果吻合良好。

该项研究成果极大提高了光学加工中频误差的抑制能力，使得绝大多数抛光工具产生的中频误差均可被定量预测。此外，参数约束判据的提出对于现有人工经验性参数选择模式有着颠覆性指导意义，为未来智能光学制造的发展奠定了理论和实验基础。

相关工作得到国家重大专项、中科院科研仪器装备、国家自然科学基金天文联合基金重点项目、

中科院青年创新促进会优秀会员项目等的支持。

[论文链接](#)

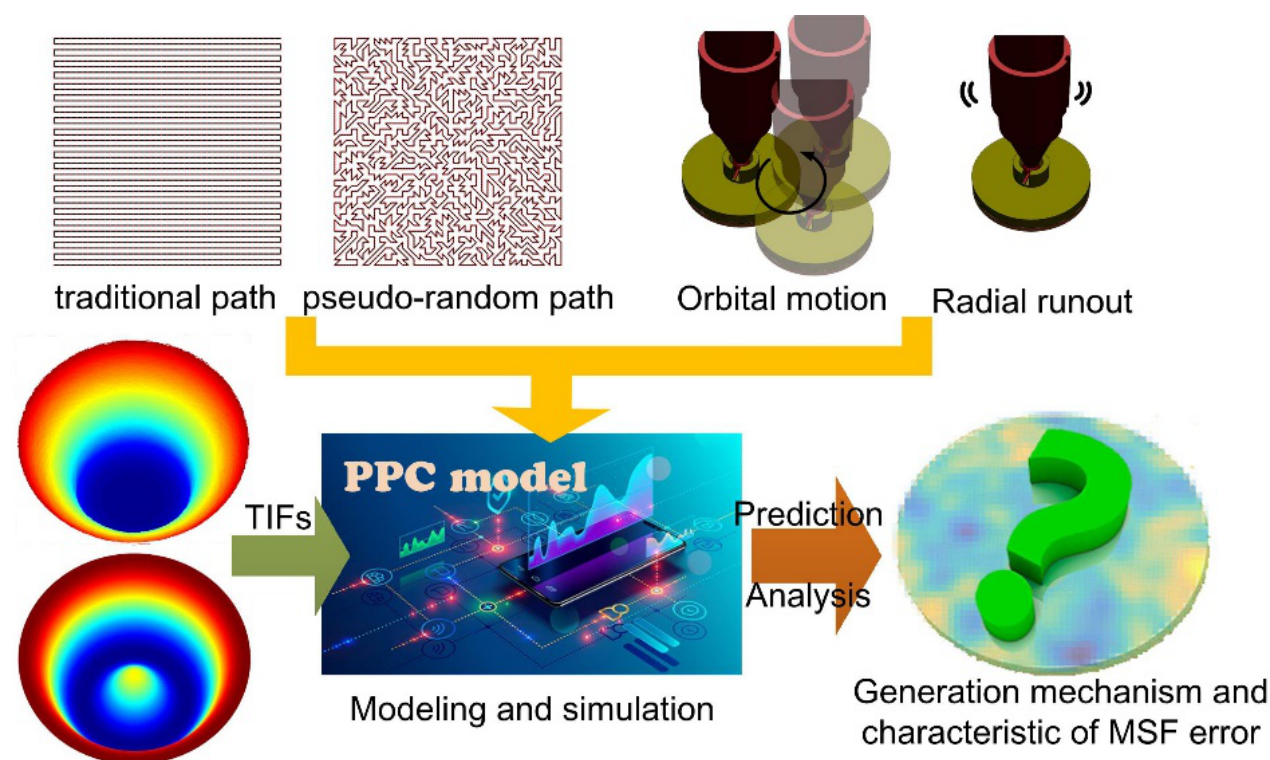


图1 分段路径卷积模型分析路径、去除函数、控制误差与中频误差间耦合关系

图2 多层垫光顺理论示意

研究团队单位：上海光学精密机械研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](#)转发