

doi:10.3788/gzxb20174611.1112001

## 基于光切法的曲面划痕深度测量技术

李慧鹏, 吕亚宁, 孙业飞, 唐若祥, 刘缤艳

(北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院, 北京 100191)

**摘要:**提出了一种基于光切法的曲面划痕测量方法, 相对传统光切法, 能有效地提高划痕测量的精度。对传统光切法测量存在的不足进行分析, 对曲面上划痕的测量误差进行分析建模及仿真。结果表明, 传统光切法对曲面上划痕的测量误差会随着曲率半径和划痕宽度的变化而变化。实验选取不同曲率半径的精密零部件, 对其表面的划痕进行测量。发现当曲率半径越小, 划痕宽度越大, 传统光切法对划痕深度测量的误差越大, 而用本文所提方法测量的结果精度越高, 当曲率半径小于10 mm, 划痕宽度大于283  $\mu\text{m}$ 时, 利用该方法能减小超过1  $\mu\text{m}$ 的测量误差。

**关键词:**光切法; 划痕; 曲面; 测量误差; 建模仿真

**中图分类号:**TH741; TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-4213(2017)11-1112001-7

### Depth Measurement of Scratches on the Curved Surface Based on Light-sectioning Method

LI Huipeng, LÜ Yanning, SUN Yefei, TANG Ruoxiang, LIU Bin'yan

(Department of Instrument Science and Opto-electronics Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** A method for depth measurement of scratches on the curved surface using light-sectioning method is presented, which can improve the accuracy of scratches measurement compared with traditional light-sectioning method. The shortcomings of the traditional light-sectioning method were analyzed and the error of the scratches measurement on the curved surface was modeled and simulated. The results of the analysis and the simulation show that the error of the scratches on the curved surface varies with the radius of curvature and the width of the scratches using traditional light-sectioning method. The precision parts with different radius were selected in the experiment and the scratches on the curved surface were measured. Comparing with the large error of the conventional light-sectioning method, the accuracy of the results measured by this new method is higher when the radius of curvature is smaller and the width of the scratch is larger. The error of measurement less than 1 mm can be reduced by this new method when the radius of curvature is less than 10 mm and the scratch width is greater than 283  $\mu\text{m}$ . This method can be applied to the depth measurement of scratches on the curved surface of the precision instrument.

**Key words:** Light-sectioning method; Scratch; Curved surface; Measurement error; Modeling and simulation

**OCIS Codes:** 120.0120; 230.0230; 110.2960

## 0 引言

航天精密零部件表面因加工而产生的划痕, 直接关系到精密零部件能否正常使用, 如不严格检测, 使用

基金项目: 国家重大仪器设备开发专项(No. 2013YQ040877)资助

第一作者: 李慧鹏(1975—), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为传感器技术、光电测试技术。Email: lihuipeng@buaa.edu.cn

通讯作者: 吕亚宁(1992—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为精密检测及图像处理。Email: lvyanning@buaa.edu.cn

收稿日期: 2017-05-19; 录用日期: 2017-08-14

<http://www.photon.ac.cn>



2017-267

## 中 华 人 民 共 和 国 国 家 知 识 产 权 局

**100191**北京市海淀区学院路 37 号  
北京永创新实专利事务所 周长琪(010-82332256)

发文日:

2017 年 07 月 05 日

申请号或专利号: **201710540399.6**发文序号: **2017070500813690****专 利 申 请 受 理 通 知 书**

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 201710540399.6

申请日: 2017 年 07 月 05 日

申请人: 北京航空航天大学

发明创造名称: 一种适用于多种形状及尺寸的航天精密零部件的可调式夹具

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

发明专利请求书 每份页数:4 页 文件份数:1 份

实质审查请求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份

说明书 每份页数:4 页 文件份数:1 份

权利要求书 每份页数:2 页 文件份数:1 份 权利要求项数: 8 项

说明书摘要 每份页数:1 页 文件份数:1 份

说明书附图 每份页数:6 页 文件份数:1 份

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。
3. 国家知识产权局收到向外国申请专利保密审查请求书后, 依据专利法实施细则第 9 条予以审查。

审 查 员: 自动受理

审查部门: 专利局初审及流程管理部

200101  
2010.4

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局受理处收  
电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。

# 总装配过程中螺纹锁紧的力矩精准控制和管理方法

吕亚宁<sup>1</sup> 李慧鹏<sup>1</sup> 孙业飞<sup>1</sup> 蔡建清<sup>2</sup>

(1. 北京航空航天大学, 北京 100191; 2. 北京空间机电研究所, 北京 100076)

**摘要:** 针对航天产品尺寸大、装配零件多的特点, 为了保证总装配过程中螺纹锁紧不致出现重大事故, 必须在力矩控制及管理方面做到准确无误。基于此, 设计了总装配过程中螺纹锁紧的力矩控制和管理方案, 对螺纹连接力矩施工工艺、方法以及力矩自动施加过程进行控制、记录、数据管理的方法进行了论述, 适用于各种机械装配过程中螺纹的紧固。

**关键词:** 螺纹锁紧; 力矩控制; 管理方法



## Torque Accurate Controlling and Management Method of Screw Locking in General Assembly

Lv Yaning<sup>1</sup> Li Huipeng<sup>1</sup> Sun Yefei<sup>1</sup> Cai Jianqing<sup>2</sup>

(1. Beihang University, Beijing 100191; 2. Beijing Institute of Space Mechanics and Electricity, Beijing 100076)

**Abstract:** To avoid the occurrence of serious accident caused by screw unlocking in the process of final assembly, the accuracy of torque control and management must be made sure, according to the characters of big product size and many assembly parts of aerospace products. Based on these characters, the torque control and management scheme in the final assembly has stated how to use the craft and method, and how the process continues, to explain how the screw can keep fastened.

**Key words:** screw locking; torque controlling; management method

### 1 引言

螺纹联接是制造业中常用的联接形式之一, 优点是便于装拆和标准化量产、联接力大, 而且成本低、互换性好, 而经常出现的质量问题主要是由螺纹的装配不当而引起的<sup>[1]</sup>。目前有很多项与螺纹有关的国家标准, 比如螺纹的表面处理、试验的具体要求等等, 然而关于螺纹锁紧方面却还没有明确的标准和要求。螺纹联接装配时, 力矩的精准控制能有效地保障力矩和设计要求之间的一致性, 加强对过程管理的实时监测, 并有利于在后续的质量检查中对其追溯和改正, 这些在机械总装配应用中尤其重要。因此, 分析、仿真螺纹的锁紧技术, 获得适用于航空航天领域的螺纹锁紧标准化操作规程, 具有重要的实用价值。

### 2 螺纹锁紧及锁紧方法

螺纹联接最终的目标是要实现联接体的可靠联接, 而预紧力的控制是螺纹联接的关键。处于锁紧过程中的螺栓, 其基本受力主要分为螺栓头下的摩擦力 (占整个受力的 50%)、螺纹付的摩擦力 (占 40%) 和轴向预紧力 (占 10%)。在完成了锁紧扭矩的测量过程后, 就可以依据上述经验大致估算产品的轴向预紧力, 然后根据轴向预紧力的要求, 控制螺栓的锁紧过程, 继而有效地控制其轴向预紧力。

预紧力的大小是由载荷性质、联接刚度等具体情况决定。螺纹锁紧就是要将螺纹的轴向预紧力控制在适当的范围内, 而它只能间接控制。螺纹锁紧技术的原理是: 通过控制转角、扭矩等参数间接控制轴向预紧力。当前常用的螺纹锁紧的控制方法主要有以下三

基金项目: 国家重大科学仪器设备开发专项 (2013YQ050791)

作者简介: 吕亚宁 (1992-), 硕士, 光学工程专业; 研究方向: 机械设计与总装。

收稿日期: 2016-09-05



# 荣誉证书

## CERTIFICATE

吕亚宁:

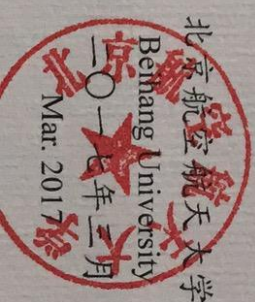
Lv Yaning:

祝贺你被评为 2016 年 “优秀研究生”。

In the year of 2016, you are awarded *Outstanding Graduate Student*.

特发此证，以资鼓励。

This certificate is hereby awarded as an encouragement.







北京航空航天大学  
BEIHANG UNIVERSITY

# 荣誉证书

## Honorary Certificate

吕亚宁：

Lu Yaning:

荣获北京航空航天大学 2015-2016  
年度优秀团员，特发此证。

You are awarded the Outstanding League  
Member of Beihang University for the 2015-2016  
academic year. We hereby issue this certificate.



共青团北京航空航天大学委员会

The Communist Youth League Committee of Beihang University

