

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 19920071151164

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

大尺寸光学元件精密检测平台设计与实现

Precision Measuring Platform Design and Implementation
for Measurement of Large-size Optical Elements

潘 昆

指导教师姓名: 郭隐彪 教授

专 业 名 称: 精密仪器及机械

论文提交日期: 2010 年 5 月

论文答辩时间: 2010 年 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 5 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

随着光学元件的设计与制造技术的发展,目前光学元件,特别是大尺寸光学元件已经广泛应用在航空、航天、国防等各个行业中,因此对大尺寸光学元件的加工与检测提出了更高的要求,精密检测技术也成为近几十年来世界各国研究的重点。

精密检测技术是精密加工技术发展的基础和先决条件之一,而精密检测平台是实现精密检测的保障。精密检测平台的开发与设计包含了系统结构的设计与完成、系统的调试以及系统误差的检定等诸多方面的内容;开发了光学元件检测系统软件,可以针对不同的光学元件规划不同的检测路径,对检测所得的数据进行分析处理获取元件的实际面形参数,并与给定的元件理论面形参数进行比较,评定光学元件的表面加工质量。

本文针对项目中大尺寸光学元件精密检测的需求,开发了一台测量范围为 $430\text{mm}\times 430\text{mm}\times 200\text{mm}$ 的大尺寸光学元件精密检测平台,主要研究内容包括:

- 1、完成了整个精密检测平台硬件系统的设计与搭建。本平台采用性能稳定的大理石作为主要结构材料,并根据系统的需求而搭建成固定桥式结构;采用平板直线电机作为驱动机构;应用接触式和非接触式检测系统来获取被测元件表面数据,整个系统结构稳定,性能可靠。

- 2、完成了整个精密检测平台控制系统的设计与调试。控制系统采用了由计算机、控制卡、驱动器、直线电机、光栅尺等部件连接而成的闭环控制系统。在系统调试完毕的情况下,通过上位机控制软件的控制,实现对平台误差的补偿,并可针对不同光学元件而实施各种不同的检测路径。

- 3、实现了对影响精密检测平台各种误差因素的分析与理论补偿模型的建立,并通过现有手段对机械几何误差进行了标定。主要针对检测平台的机构误差、单项几何误差以及力变形误差等几种误差,分析其对检测结果的影响,并通过实际测量评定,获取可靠的补偿数据,为后期的数据补偿提供依据。

关键词: 大尺寸光学元件 精密检测 误差检定

Abstract

With the development of the optical components design and manufacturing technology, optical lens especially large-size optical lens have been widely used in aviation, aerospace, national defense and etc, so the processing and measurement of optical components have become the research focus in today's word, and this also put forward higher requirements of precision metrical technology.

Precision measurement technology is the prerequisites for the development of precision processing, and precision metrical platform is the basis to achieve precision measurement. The design for precision metrical platform including architecture design, the control system debugging and the error evaluation and etc, all of these done can carry out the measurement of the optical elements been gave. After the measurement completed, the data got by the measurement should be analyzed and compared with the given surface parameters, so can assess the quality of surface processing of optical components.

The project based on the requirements for the measurement of large-size optical components, a Precision Metrical Platform has been developed. The main work can be described as follows:

1. The hardware system of the precision metrical platform has been designed and built. The marble has been used as the main structure material for the platform, the bridge style construction has been selected as required. The flat linear motor was chose as the drive mechanism, the contact and non-contact detection system have been used to measure the optical elements. The whole system has a stable structure and reliable performance.

2. Completed the control system design and debugging of the precision metrical platform. The closed-loop system made of computer, control card, drive, linear motor, linear encoder was used by the control system. As the system debugging finished, the platform error compensation can be realized by PC control software, what's more a

variety different measuring paths can be supplied for different optical components.

3. The analysis of the error factors was realized and the theory of compensation model was built, the geometric errors of the platform also be calibrated by existing means. The platform error calibration including mechanical error, single geometric error and etc, and an analysis on the impact of the measurement result was done. The compensation data was got by the error measurement, it can provide the basis for the later compensation.

Keywords: large-size optical elements; precision measurement; error calibration

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	II
第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 精密检测技术国内外发展状况	4
1.3 本文主要研究内容	9
第二章 精密检测平台系统与结构	10
2.1 精密检测平台原理	10
2.2 精密检测平台机械结构	11
2.2.1 总体结构.....	11
2.2.2 运动机构.....	13
2.3 精密检测平台检测系统	15
2.3.1 接触式检测系统.....	15
2.3.2 非接触式检测系统.....	16
2.4 精密检测平台电气控制柜	18
2.4.1 电气控制柜总体配置.....	18
2.4.2 电气控制柜元件布置与实现.....	19
2.5 小结.....	20
第三章 精密检测平台系统硬件	21
3.1 精密检测平台控制系统选择	21
3.1.1 控制系统硬件平台结构.....	21
3.1.2 控制系统进给方案.....	22
3.2 平台控制系统硬件	24
3.2.1 控制计算机.....	24
3.2.2 运动控制卡.....	24
3.2.3 伺服驱动器.....	26
3.3 平台控制系统的连接	27

3.4 小结.....	29
第四章 精密检测平台系统软件	30
4.1 坐标系和坐标变换	30
4.1.1 坐标系.....	30
4.1.2 坐标变换的数学模型.....	31
4.1.3 坐标系的建立及变换.....	33
4.2 平台控制软件	34
4.2.1 开发平台的选择.....	34
4.2.2 控制软件总体框架.....	35
4.2.3 控制软件数据流分析.....	37
4.3 小结.....	38
第五章 精密检测平台系统误差理论分析	39
5.1 机构误差	39
5.1.1 平面度误差.....	40
5.1.2 直线度误差.....	42
5.1.3 垂直度误差.....	45
5.1.4 定位误差.....	46
5.2 检测系统误差	49
5.2.1 接触式测量系统误差.....	49
5.2.2 非接触式测量系统误差.....	51
5.3 接触力对系统误差的影响	52
5.3.1 接触力产生的变形误差.....	52
5.3.2 测杆受力变形误差.....	53
5.4 小结.....	54
第六章 精密检测平台调试与误差检定	55
6.1 系统参数配置	55
6.1.1 驱动器参数配置.....	55
6.1.2 控制卡参数配置.....	58
6.2 系统误差检定实验	61
6.2.1 平面度误差检定.....	61

6.2.2 直线度误差的检定.....	63
6.2.3 垂直度误差的检定.....	66
6.2.4 定位误差的检定.....	68
6.3 小结.....	72
第七章 结论与展望	73
7.1 结论.....	73
7.2 展望.....	73
参 考 文 献	75
致 谢.....	78
硕士期间科研成果	79

Contents

Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English	II
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background	1
1.2 Development of precision measurement Oversea and Domestic	4
1.3 Main Reasearch Areas	9
Chapter 2 System and Structure of Precision Measuring Platform ..	10
2.1 Principle demands of Precision Measuring Platform.....	10
2.2 Mechanical structure of Precision Measuring Platform	11
2.2.1 Framework Dsign.....	11
2.2.2 Motion Mechanism	13
2.3 Detection System of Precision Measuring Platform	15
2.3.1 Contacting Measurement System	15
2.3.2 Non-contacting Measurement System	16
2.4 Electrical Control Cabinet of Precision Measuring Platform.....	18
2.4.1 Configuration of Electrical Control Cabinet.....	18
2.4.2 Components arrangements of Electrical Control Cabinet	19
2.5 Conclusion	20
Chapter 3 System Hardware of Precision Measuring Platform	21
3.1 Control System Selection.....	21
3.1.1 The Hardware Structure of Control System.....	21
3.1.2 The Feed Method of Control System.....	22
3.2 Main Parts of Control System.....	24
3.2.1 Control Computer	24
3.2.2 Motion Control Card.....	24

3.2.3 Servo Drive	26
3.3 Connection of the Control System	27
3.4 Conclusion	29
Chapter 4 System Software of Precision Measuring Platform.....	30
4.1 Coordinate System and Coordinate Transformation	30
4.1.1 Coordinate System	30
4.1.2 Mathematical model of Coordinate Transformation.....	31
4.1.3 Coordinate Establishment and Transformation.....	33
4.2 Control Software of Platform	34
4.2.1 Development Platform Selection	34
4.2.2 Software Architecture	35
4.2.3 Analysis of Data Flow.....	37
4.3 Conclusion	38
Chapter 5 System Error Evaluation of Precision Measuring Platform	
in Theory	39
5.1 Mechanism Error	39
5.1.1 Flatness Error	40
5.1.2 Straightness Error.....	42
5.1.3 Vertical Error.....	45
5.1.4 Positioning Error.....	46
5.2 Detection System Error	49
5.2.1 Contacting Measurement System Error	49
5.2.2 Non-contacting Measurement System Error.....	51
5.3 Contacting Force Affection on System Error	52
5.3.1 Deformation Error Caused by Contacting Force	52
5.3.2 Measuring Rod Deformation Error	53
5.4 Conclusion	54
Chapter 6 Debugging and Error Calibration of Precision Measuring	
Platform	55

6.1 System Parameter Configuration55

 6.1.1 The Drive Parameter Configuration.....55

 6.1.2 The Control Card Parameter Configuration.....58

6.2 Experiments on System Error Calibration.....61

 6.2.1 Flatness Error Calibration61

 6.2.2 Straightness Error Calibration.....63

 6.2.3 Vertical Error Calibration.....66

 6.2.4 Positioning Error Calibration.....67

6.3 Conclusion72

Chapter 7 Summarize and Outlook73

 7.1 Summarize73

 7.2 Outlook.....73

References75

Acknowledgement78

Published Papers79

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库