

学校编码：10384

分类号_____密级

学号：200329031

UDC .

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

非球面加工机床双轴平衡监控系统

Study on Biaxial Balance Monitor System
in Aspheric Grinding

郑 琳

指导教师姓名： 郭隐彪 教授

专业名称：测试计量技术及仪器

论文提交日期：2006 年 月

论文答辩时间：2006 年 月

学位授予日期：2006 年 月

答辩委员会主席：_____

评 阅 人：_____

2006 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，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的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

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

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（ ）。

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘 要

非球面光学元件不仅可以获得高质量的图像效果和高品质的光学特性，而且可以使光电子器件的体积减少、重量减轻，达到简化系统的效果。因此，随着人们对光电子器件的性能要求越来越高，非球面光学元件在军用和民用产品上的应用越来越普及。相应的，就对它的精度和加工效率提出了更高的要求。

目前，采用金刚石砂轮的磨削技术是非球面光学元件制造的最有效和合理的方法，但在加工中，非球面的表面质量受到多种因素的影响。而在常用的旋转工件的磨削加工中，由于砂轮和工件都是旋转机械，它们的振动是影响非球面表面精度的主要因素。分析振动的产生和其对表面精度的影响，能够减小振动，提高表面精度。因此，研究的主要内容如下：

- 1、对于旋转机械，振动量是影响其精度的主要因素，这就需要对其采取有效的动平衡方法来减小砂轮和工件的振动量，从而提高表面质量。
- 2、对于工件和砂轮都是旋转机械的磨削加工，针对两者的振动进行综合分析，建立磨削模型，并分析加工中各个参数对磨削后工件表面的影响，这些参数主要包括砂轮和工件的转速、砂轮的进给速度、砂轮和工件的振动量等等。
- 3、针对该磨削机床设计一套数据采集和分析系统，用两组传感器同时对工件和砂轮进行振动的采集和监控。
- 4、用 VC 编写软件实现数据采集和分析，能够实现减小振动量的动平衡和控制工件表面波纹形状的整体平衡。
- 5、搭建实验台，验证以上相关理论的合理性，并检验系统的使用效果。主要分为动平衡和整体平衡两部分。

关键词：非球面；动平衡；整体平衡

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

The optical system with aspheric component can acquire high image quality and optical characteristic; furthermore, the system can be smaller, lighter and simpler. So, with the increasing requirement for optoelectronic device, the use of aspheric optical component in military and civil fields has become more and more popular. Accordingly, the higher accuracy and efficiency requirement for aspheric component is increasing.

Nowadays, grinding with diamond wheel is the most efficient and reasonable in the field of aspheric optics manufacturing. Nevertheless, owing to the ultra precision grinding is a process influenced by various factors, the vibration appears frequently, and vibration waviness and shape error are also formed on workpiece surface. The vibrations of wheel and workpiece have great impact on workpiece accuracy and roughness, because they are the rotary machines in grinding. It is very important to analyze the factors the vibration caused and the effect to surface accuracy, in order to improve machining accuracy. The main work can be described as follows:

1. The efficient methods for dynamic balance of wheel and workpiece are studied. The vibration greatly influences machining accuracy, so it is necessary to find out reasonable way to reduce the unbalance.

2. Caused by the mutual influence of the vibration of wheel and workpiece, there will be a ripple on the workpiece surface. So a grinding model is established to analyze the influence that machining parameters act on workpiece surface. The parameters include rotate speed of wheel and workpiece, feed speed of wheel, and unbalance mass.

3. A data acquisition and analysis soft hardware system is designed for grinding machine. Two sensors group is used to collect and monitor the vibration of wheel and workpiece.

4. Data acquisition and analysis software system is developed in VC. It can realize the calculation of dynamic balance mass and integral balance analysis of surface ripple.

5. In order to test and verify the reasonableness of relative theories and availability of the designed system, an experimental platform is established, including dynamic balance and integral balance.

Key words: Aspheric surface; Dynamic balance; Integral balance

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 动平衡技术发展情况.....	2
1.3 表面波纹分析发展情况.....	3
1.4 主要研究内容.....	4
第二章 系统动平衡原理	5
2.1 影响振动的因素.....	5
2.2 动平衡.....	8
2.3 小结.....	12
第三章 系统振动信号分析	13
3.1 磨削加工表面质量.....	13
3.2 非球面磨削.....	14
3.3 振动对磨削表面的影响.....	16
3.4 小结.....	28
第四章 平衡监控系统设计	29
4.1 系统结构.....	29
4.2 振动传感器.....	30
4.3 光电传感器.....	33
4.4 数据采集器.....	34
4.5 小结.....	35
第五章 软件设计与实现	36
5.1 系统设计.....	36
5.2 信号采集.....	37
5.3 单面平衡.....	40
5.4 整体平衡.....	45

5.5 小结.....	50
第六章 实验.....	51
6.1 动平衡实验.....	51
6.2 整体平衡实验.....	56
6.3 小结.....	60
第七章 结论与展望.....	61
7.1 结论.....	61
7.2 展望.....	61
参考文献.....	62
附件.....	65
致谢.....	66

厦门大学博士论文摘要库

Contents

chapter 1 Introduction	1
1.1 Background of the Thesis	1
1.2 Development of Dynamic Balance Technology	2
1.3 Development of Surface Ripple Analysis	3
1.4 Outline of the Thesis	4
chapter 2 Principle of Dynamic Balance	5
2.1 Factors of Vibration	5
2.2 Dynamic Balance	8
2.3 Conclusion	12
chapter 3 Analysis of Vibration Signal	13
3.1 Surface Quality of Grinding	13
3.2 Aspheric Grinding	14
3.3 Effect of Vibration on Surface Quality	16
3.4 Conclusion	28
chapter 4 Design of Balance Monitor System	29
4.1 System Mechanism	29
4.2 Vibration pickup	30
4.3 Photo sensor	33
4.4 Data Acquisition Unit	34
4.5 Conclusion	35
chapter 5 Software Design	36
5.1 Software System Design	36
5.2 Data Acquisition	37
5.3 Single-Plane Balance	40
5.4 Integral Balance	45

5.5 Conclusion	50
chapter 6 Experiment	51
6.1 Dynamic Balance Experiment	51
6.2 Integral Balance Experiment	56
6.3 Conclusion	60
chapter 7 Dissertation Conclusions and Outlook	61
7.1 Dissertation Summary	61
7.2 Future Direction	61
References	62
Appendix	65
Acknowledge	66

第一章 绪论

1.1 研究背景

随着科技的进步，人们对各种光电子器件性能的要求越来越高，而非球面镜的高性能也越来越受到人们的重视。非球面光学零件不仅可以消除球差、慧差、像散、场曲，减少光能损失，获得高质量的图像效果和高品质的光学特性，而且可以使光电子器件减少体积、减轻重量，达到简化系统的效果^{[1][2]}。因此，非球面光学零件被广泛用于航天、航空、国防等领域^[3]。

非球面镜的加工方法有很多种，通常以磨削作为终精加工的手段，即用磨削的方法加工出所要求的尺寸精度及形位精度。由于磨削加工的砂轮可以看作是由许多微小切削刃同时进行切削，所以排除的切屑极其微小，而且加工效率比珩磨和抛光大。此外，合适选择砂轮的磨粒种类、粒度、结合度以及结合剂的种类和组织，就可以获得高精度和高光洁度的非球面镜^{[4][5]}。但是，随着非球面的应用越来越广泛，对磨削机床的加工精度要求也越来越高。这就需要对影响加工精度的主要因素进行分析，以求找到降低或消除不利因素的方法来提高加工的尺寸精度和形位精度。

图 1.1 所示的是六轴的加工机床。

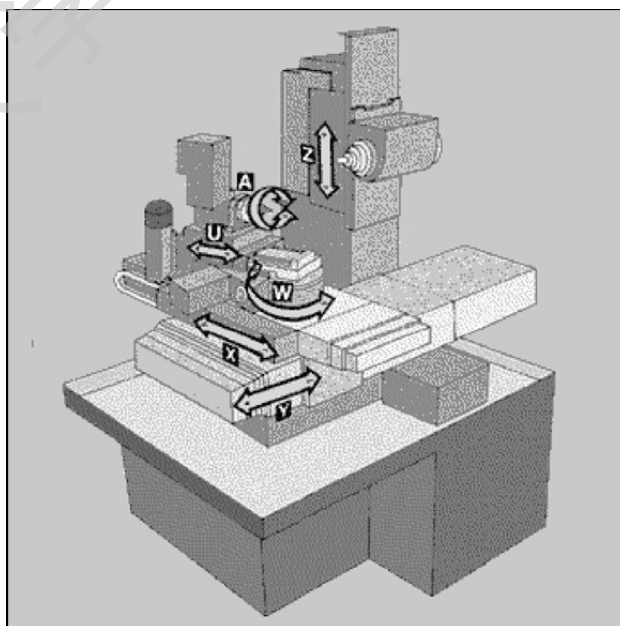


图 1.1 磨削加工机床

在该机床中，砂轮是高速旋转的，并且可以沿水平方向进给。而工件不仅可以沿 x 方向和 y 方向进给，还可以绕主轴旋转。当我们加工非球面工件时，一般选择的是工件绕固定轴旋转，而砂轮沿着半径方向旋转进给的平面磨削^{[6][7]}。

在非球面加工中，由于工件和砂轮都是旋转机械，而振动是影响旋转机械精度的主要因素，这样，振动对加工结果的影响就不可忽略。图 1.2 是磨削后的工件表面，可以看到工件表面存在螺旋形的波纹^{[8][9]}。



图 1.2 磨削后的工件表面

本课题的目的就是要研究表面波纹与砂轮和工件的振动量之间的关系。因此，就需要对砂轮和工件的振动分别进行采集，提取振动的主要参数，建立振动加工的模型，分析各个参数与加工后表面的关系，这样，才能够找到有效的方法减小振动量对精度的影响。

1.2 动平衡技术发展情况

分析振动时，首先将工件和砂轮分开来考虑，即将它们都看作是独立的旋转机构。不平衡是旋转机械最常见的问题，引起转子不平衡的原因有很多，如制造和安装过程中的误差，材质不均匀，运行过程中的腐蚀、磨损、结垢，零部件的松动和脱落等。振动

的存在不仅会影响加工后表面的质量和精度，而且会加速主轴和轴承的磨损，缩短机床寿命，有时甚至会引发各种严重的事故^[10]。在非球面加工中会对加工结果造成影响的主要是旋转机构的振幅。而要降低它们的振幅最常用也是最有效的方法就是动平衡^[11]。

平衡可以在动平衡机上进行，也可以在现场对整机实施动平衡。现场整机动平衡是指在工作转速下直接对转子进行平衡，该法由于不需要昂贵的动平衡设备，也不需要机器进行结构改造，就能在现场获得精度较高的平衡效果，因此具有很好的应用价值。

从测量仪器技术的发展阶段来看，现场动平衡测试仪器发展至今，大体可分成三代：模拟类仪器、数字化仪器、智能仪器^{[12][13]}。

第一代模拟类仪器，主要由光电矢量瓦特计和测振仪等组成。主要利用瓦特计良好的选频特性，从测振仪拾取的复杂振动信号中，提取转子的不平衡信号，借助指针或光点来显示不平衡信号的振幅和相位。该仪器的优点是能够同时显示振幅和相位，但是读数误差较大，而且由于是电磁机械式，结构复杂，不适合携带且没有运算功能。

第二代数字化仪器，这动平衡仪可以将模拟信号转化为数字信号量，并以数字方式输出结果。如闪频式整机动平衡仪，它主要由测振仪和闪频灯组成。由测振仪测得的振动信号，经过选频放大器提取转子的不平衡振动信号。不平衡信号一路通过绝对值电路，经过 A/D 变换，由数码管显示振动幅值。另一路通过限幅电路，经过微分和整理后，变成脉冲信号触发闪频灯瞬时发光，该脉冲信号刚好同出现振幅最大值时的瞬间相对应。由于闪频灯闪光频率同转速同频，当用闪频灯照转子时，由于视觉残留现象，旋转的转子看上去似乎静止不动。若事先在转子上做好等分的数字标记，就可以确定不平衡信号的相位。该仪器稳定可靠，测相直观。但是测相误差较大，可达 $\pm 15^\circ$ ，且没有运算功能。

第三代智能仪器，该类动平衡仪以 PC 机为核心，用 A/D 卡对振动信号和基准信号进行采集。通过相关分析，提取不平衡信号的振幅和相位。该类仪器信号处理能力强、测试精度高，而且有良好的用户界面，操作简单方便。但是相应的成本也较高。

鉴于上述各种动平衡仪的优缺点，由于设计的系统主要是针对高精度的磨削设备，因此选择基于 PC 机的动平衡仪。在 Windows 系统平台上，采用面向对象的 Visual C++ 编程语言，开发出一套现场动平衡系统。

1.3 表面波纹分析发展情况

非球面光学组件可以获得球面光学组件不可比拟的良好的成像质量，可提高光电系

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.

厦门大学博硕士学位论文摘要库