

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19920121152724

UDC_____

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

含运动副间隙机构的动力学分析

Dynamic Analysis of the Mechanism with Joint Clearance

牟佳冬

指导教师姓名: 江铁强 副教授

专业名称: 机械设计及其理论

论文提交日期: 2015 年 5 月

论文答辩时间: 2015 年 5 月

学位授予日期: 2015 年 6 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2015 年 4 月

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

随着工业水平的不断发展,含间隙机构的动力学及其控制的研究逐渐成为了一个热门课题。由于间隙的存在对机械机构的动力学特性造成了一定的影响,所以分析运动副间隙的影响对于机械机构设计和优化的意义就显得十分重大。本文中主要是以具有代表性的含间隙曲柄滑块机构和机械手臂机构为例,来分析间隙以及柔性因素给机械机构动力学特性带来的一些影响。

建立了机械系统的动力学方程,为含间隙机构动力学分析研究提供了理论基础;分析了基于弹簧阻尼模型的 **Impact** 接触碰撞函数,为研究轴与轴套间的接触碰撞过程提供了理论依据。

本文利用 **ADAMS** 软件建立含间隙曲柄滑块机构模型并进行动力学仿真,在仿真的过程中,利用基于弹簧阻尼模型理论的 **Impact** 接触碰撞函数来定义铰接副间隙,可以真实地描述在机构运动中轴与轴套之间的碰撞过程。通过仿真,分析了铰接副间隙、柔性、阻尼、曲柄转速对曲柄滑块机构动力学特性所产生的影响,表明了铰接副间隙的存在是影响机构动力学特性的最重要的因素之一,同时柔性因素和阻尼也对机构的动力学特性产生一定的影响。分析了曲柄转速对于系统的影响,表明了高速系统会加剧间隙对于系统动力学特性的影响程度。

机械手臂也是工业中较为广泛应用的一种机械结构,本文中分析了铰接副间隙和柔性因素对于机械手臂的动力学特性的影响。建立了机械手臂的动力学方程,并对其进行轨迹控制,利用 **PID** 控制的方法来实现机械手臂机构的运动。通过 **ADAMS** 仿真分析,可以得知铰接副间隙值的不同对于轴与轴套之间碰撞和接触规律的影响,以及柔性因素对于机械手臂末端运动规律的影响。在含间隙机械手臂上添加并联阻尼器,表明了并联阻尼器可以在一定程度上降低铰接副间隙给机构带来的不良影响。建立了含球接副间隙的三杆机构模型,分析了球接副间隙对机构动力学特性产生的影响。

关键词: 曲柄滑块; 机械手臂; 铰接副间隙; **ADMAS** 仿真; 接触碰撞

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

As the industry develops fast, the study on the dynamics of mechanism with clearance and mechanism control gradually becomes a hot topic. Due to the exist of the joint clearance, the dynamic characteristics of the mechanism are influenced greatly. It is significant to analyze the influence caused by the joint clearance for the design and optimization of mechanism. In this paper, we take slider-crank mechanism and robot as examples to illustrate how joint clearance and flexible factor affect the kinematic and dynamic characteristics of the mechanism.

The dynamic equations of the mechanism are built, which provides theoretical basis for the dynamic analysis of the mechanism with joint clearance; Impact function based on the spring-damping model is analyzed, which provides theoretical basis for the study on the collision between journal and sleeve.

In this paper, the model of slider-crank mechanism with joint clearance is built by ADAMS, in the simulation test, the joint clearance is defined by the impact-function based on the spring-damping model, which can describe the collision between journal and sleeve actually. Through the simulation test, the influence on the dynamic characteristics of mechanism caused by the joint clearance、flexible link、damping and the speed of crank is analyzed. It shows that the joint clearance is the most important factor which affects the dynamic characteristics of the mechanism. Through the analysis of the crank speed, it shows that the high speed can enlarge the joint clearance influence on the mechanism.

The robot is widely used in the industry now, in this paper, the joint clearance influence and flexible link influence on the dynamic characteristics of the robot are analyzed. The dynamic equation of the robot is built and control the trajectory, we use PID control method to control the robot. Through the simulation test in ADAMS, we can know how the size of joint clearance affects the collision between journal and sleeve and the flexible link influence on the dynamic characteristics of robot. A damper is added in the robot, indicating that a damper can reduce the unfavorable

influence that the joint clearance brings. The model of three-bar mechanism with spherical clearance is established, analyzing the influence on the dynamic characteristics of the three-bar mechanism.

Key words: slider-crank mechanism; robot; joint clearance; ADAMS simulation; collision

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 相关领域国内外研究近况	2
1.2.1 国外研究现状.....	2
1.2.2 国内研究现状.....	3
1.3 含间隙铰接副研究状况	5
1.3.1 含间隙铰接副理论研究.....	5
1.3.2 含间隙铰接副实验研究.....	5
1.4 本文主要研究内容	6
第二章 含间隙机械结构的理论分析.....	8
2.1 引言	8
2.2 旋转副间隙的描述方法	8
2.2.1 无质量杆模型方法.....	8
2.2.2 弹簧阻尼模型方法.....	9
2.3 旋转副间隙数学模型	9
2.4 含间隙铰接副接触碰撞力模型	10
2.4.1 恢复系数法.....	10
2.4.2 等效弹簧阻尼方法.....	13
2.4.3 切向碰撞力模型.....	16
2.5 ADAMS 软件中的接触碰撞模型.....	17
2.6 结构振动分析	20
2.6.1 随机振动的傅里叶变换分析法.....	20
2.6.2 随机振动的功率谱分析法.....	21

2.7 本文仿真数据分析方法	22
2.8 本章小结	24
第三章 含间隙曲柄滑块机构的动力学分析.....	26
3.1 引言	26
3.2 理想曲柄滑块机构运动学分析	27
3.3 含间隙曲柄滑块机构的 ADAMS 模型.....	30
3.3.1 含间隙曲柄滑块 ADAMS 模型的建立	30
3.3.2 仿真过程参数选取.....	31
3.3.3 仿真过程中求解器与算法的选取.....	32
3.4 含间隙曲柄滑块机构的动力学仿真分析	33
3.4.1 间隙对曲柄滑块动力学特性的影响分析.....	33
3.4.2 阻尼对含间隙曲柄滑块动力学特性的影响分析.....	38
3.4.3 柔性对含间隙曲柄滑块动力学特性的影响分析.....	39
3.4.4 曲柄转速对含间隙曲柄滑块动力学特性的影响分析.....	41
3.5 本章小结	42
第四章 含间隙机械手臂的动力学分析.....	44
4.1 引言	44
4.2 多体动力学基本理论分析	45
4.3 机械手臂的动力学建模	47
4.4 含间隙机械手臂 ADAMS 模型的建立.....	49
4.5 机械手臂轨迹规划及控制	50
4.5.1 轨迹规划.....	50
4.5.2 轨迹控制.....	51
4.6 含间隙机械手臂动力学仿真分析	55
4.6.1 运动副间隙对机械手臂动力学影响.....	55
4.6.2 柔性对机械手臂动力学特性的影响.....	61
4.6.3 带有并联阻尼器的含间隙机械手臂动力学分析.....	64
4.7 含球铰接间隙副的连杆机构动力学分析	67
4.7.1 含球接副连杆机构的 ADAMS 模型的建立	67

4.7.2 含球接副间隙三杆机构动力学仿真分析.....	68
4.8 本章小结	72
第五章 总结与展望	73
5.1 本文主要研究内容及结论	73
5.2 未来的研究展望	74
参考文献	76
致谢.....	80
攻读学位期间发表论文	81

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Table of Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	II
Chapter1 Introduction	1
1.1 Background and significance	1
1.2 Literatre Review	2
1.2.1 Research status in China	2
1.2.2 Research status abroad.....	3
1.3 Research status of joint with clearance	5
1.3.1 Theoretical research of joint with clearance	5
1.3.2 Experimental research of joint with clearance.....	5
1.4 Main Content	6
Chapter2 Theoretical analysis of mechanism with joint clearance	8
2.1 Introduction	8
2.2 Description of joint clearance	8
2.2.1 Massless pole model	8
2.2.2 Coefficient of restitutionmodel.....	8
2.3 Mathematical model of joint with clearance	9
2.4 Contact force model of joint clearance	10
2.4.1 Coefficient of restitution method	10
2.4.2 Coefficient of restitution method	13
2.4.3 Tangential impact force method.....	16
2.5 Modeling of impact in ADAMS software	17
2.6 Vibration analysis	20
2.6.1 Fourier analysis method.....	20
2.6.2 Power spectral density analysis method	21

2.7 Introduction of data processing	22
2.8 Conclusion	24
Chapter3 Dynamic analysis of slider-crank mechanism with joint clearance	26
3.1 Introduction.....	26
3.2 Kinematics analysis of slider-crank mechanism without clearance.....	27
3.3 Modeling of slider-crank mechanism in ADAMS	30
3.3.1 Modeling establishing of slider-crank mechanism in ADAMS.....	30
3.3.2 Simulation parameter selection.....	31
3.3.3 Solver and algorithm selection.....	32
3.4 Simulation of slider-crank mechanism with joint clearance in ADAMS.	33
3.4.1 Influence of joint clearance.....	33
3.4.2 Influence of dampling	38
3.4.3 Influence of flexible link	39
3.4.4 Influence of crank speed	40
3.5 Conclusion	42
Chapter4 Dynamic analysis of robot with joint clearance.....	44
4.1 Introduction.....	44
4.2 Basic theory of Multi-body dynamics	45
4.3 Kinetic Model of robot with two degrees	47
4.4 Modeling of robot in ADAMS	49
4.5 Trajectory planning and control of robot	50
4.5.1 Trajectory planning	50
4.5.2 Trajectory control.....	51
4.6 Dynamic analysis of robot with joint clearance	55
4.6.1 Influence of joint clearance.....	55
4.6.2 Influence of flexible link	61
4.6.3 Dynamic analysis of robot with joint clearance having damper.....	64
4.7 Dynamic analysis of mechanism with spherical.....	67

4.7.1 Modeling of there-bar mechanism in ADAMS.....	67
4.7.2 Dynamic analysis of there-bar mechanism with spherical	68
4.8 Conclusion	72
Chapter5 Conclusion and Prospects	73
5.1 Conclusion	73
5.2 Prospects	74
References	76
Acknowledgment.....	80
Achievement	81

厦门大学博硕士学位论文摘要

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts 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.