

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 23220141153378

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

关于惯性/天文组合导航系统算法的研究

Research on Inertial/Celestial Navigation System Algorithm

杨明喜

指 导 教 师: 彭 侠 夫 教 授

专 业 名 称: 控 制 工 程

论 文 提 交 日 期: 2 0 1 7 年 月

论 文 答 辩 日 期: 2 0 1 7 年 月

学 位 授 予 日 期: 2 0 1 7 年 月

答 辩 委 员 会 主 席: _____

评 阅 人: _____

2017 年 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

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

导航系统由于其任务和应用环境的特殊性,对于系统的可靠性和精度均提出较高的要求,单一的导航系统模式无法满足所需的要求,而惯性导航 (INS)与天文导航 (CNS)分别存在某些不足,二者组合使用可利用优势构成性能更好的高精度组合导航系统。为此,本文将主要以单一导航研究为基础展开对惯性/天文组合导航分析,针对系统的误差进行算法讨论和修正建模,提出可应用于譬如深海、沙漠、深山等特殊环境下长航时导航定姿、定位的惯性/天文组合导航方案。

本文首先针对单一导航系统不同导航方法分析研究了误差模型及主要影响因素,分别单独建立了惯性导航以及天文导航的误差模型,以此为基础,惯性导航部分分析了卡尔曼滤波法并建立数学编排方程,天文导航部分提出了基于高度差法和星敏感器的数学模型和算法。

在上述分析研究的基础上,考虑到惯性导航主要的陀螺仪误差随时间累积以及特殊环境下子系统可能不工作等情况,利用天文导航信息实现对惯性导航系统误差的相互辅助修正,研究分析了不同环境、不同要求精度下惯性导航和天文导航子系统信息的融合模式,提出了惯性/天文自适应融合算法框架模型,同时讨论分析了基于陀螺仪误差修正的惯性/天文组合导航系统。

本文最后设计了基于 STK/Matlab 的惯性/天文组合导航仿真平台,在研究惯性/天文组合导航算法的理论基础上,通过对飞行航迹、惯性导航子系统、天文导航子系统、环境、航行时间等的模拟,为本文的惯性/天文组合导航系统算法分析提供了验证平台。

关键词: 惯性导航; 天文导航; 卡尔曼滤波; 组合导航; 融合算法

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Because of the particularity of its task and application environment, the navigation system model cannot meet the required requirements for the reliability and precision of the system. The inertial navigation system (INS) and the celestial navigation system (CNS) have their own advantages and disadvantages, and their combination can give full play to their advantages, constitute a strong autonomy and anti-interference ability of high-precision navigation system. For this reason, this paper will focus on inertial / celestial navigation technology to carry out relevant research, analysis of inertial / celestial navigation system error algorithm and amended, can be applied to such as deep sea, desert, mountain and other special environment long navigation attitude, positioning inertia / celestial combination of navigation program.

In this paper, we first study the error model and the main influencing factors for different navigation methods of single navigation system, and establish the error model of inertial navigation and celestial navigation separately. Based on this, the inertial navigation part analyzes the Kalman filter method and establishes the mathematical arrangement Equation, celestial navigation part proposed based on the height difference method and the star sensor mathematical model and algorithm.

On the basis of the above research, taking into account the inertia navigation of the main gyroscope error over time and the special circumstances of the subsystem may not work, etc. the use of celestial navigation information to achieve inertial navigation system error mutual correction, research and analysis of different The inertial / celestial adaptive fusion algorithm model is proposed, and the inertial / celestial integrated navigation system based on gyroscope error is analyzed and analyzed. The inertial / celestial adaptive fusion algorithm model is proposed.

In this paper, an inertial / celestial navigation simulation platform based on STK / Matlab is designed. Based on the study of inertial / celestial navigation algorithm, the flight path, inertial navigation subsystem, celestial navigation subsystem, environment, navigation time And so on, this paper provides a verification platform for the analysis

of inertial / celestial navigation system algorithms.

Key words: inertial navigation; celestial navigation; Kalman filter; combined navigation; fusion algorithm

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	1
1.2.1 组合导航国内外研究现状	3
1.2.2 惯性/天文组合导航国内外研究现状	3
1.3 课题研究目的与意义	5
1.4 本文主要研究内容安排	6
第二章 惯性导航系统误差研究	9
2.1 引言	9
2.2 惯性导航系统定位算法原理	10
2.2.1 常用坐标系	10
2.2.2 坐标系的转换	12
2.2.3 卡尔曼滤波原理	14
2.2.4 扩展卡尔曼滤波	15
2.3 惯性导航系统误差分析	17
2.3.1 惯性导航系统误差分类	17
2.3.2 主要惯性元件误差模型	18
2.3.3 惯性导航系统数学误差模型	21
2.3.4 数学误差公式解析	22
2.4 惯性导航误差仿真与分析	24
2.4.1 无滤波状态下的陀螺仪误差仿真与分析	24
2.4.2 卡尔曼滤波后的误差仿真与分析	25
2.5 本章小结	26
第三章 天文导航系统误差研究	27
3.1 引言	27
3.2 天文导航定位算法原理	27

3.2.1 天文导航传感器概述.....	27
3.2.2 高度差法天文定位算法.....	28
3.2.3 基于星敏感器的天文定姿方法.....	30
3.3 天文导航误差分析	32
3.3.1 基于高度差法天文定位误差的分析.....	32
3.3.2 基于星敏感器定姿误差的分析.....	34
3.4 本章小结	36
第四章 惯性/天文组合导航系统算法研究.....	39
4.1 引言	39
4.2 惯性/天文组合导航模式分析	39
4.3 惯性/天文组合导航误差分析	40
4.3.1 基于陀螺仪误差修正的惯性/天文组合导航研究	40
4.3.2 基于陀螺误差修正的数学解算.....	42
4.3.3 惯性/天文组合导航自适应融合算法研究分析	46
4.4 长航时特殊环境下惯性/天文组合导航分析	48
4.4.1 长航时特殊环境下惯性/天文组合导航组合模式	48
4.4.2 长航时特殊环境下惯性/天文组合导航性能分析与比较	49
4.5 惯性/天文组合导航误差仿真与分析	50
4.5.1 基于陀螺仪误差修正的惯性/天文组合算法仿真与分析	50
4.5.2 惯性/天文组合导航融合算法仿真与分析	51
4.6 本章小结	52
第五章 惯性/天文组合导航仿真系统.....	53
5.1 引言	53
5.2 仿真系统方案设计	53
5.3 惯性/天文组合导航仿真系统模拟设计	54
5.3.1 仿真系统原理框图介绍.....	54
5.3.2 STK 环境下的仿真模拟.....	55
5.4 本章小结	57
第六章 总结与展望.....	59

参考文献..... 61

致谢..... 65

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

Contents

Chapter1 Introduction	1
1.1 Background and Significance	1
1.2 Status at home and abroad	1
1.2.1 Research on the Status of Integrated Navigation	3
1.2.2 Research on the Status of INS/CNS.....	3
1.3 Purpose and significance	5
1.4 Main Contents and arrangement	6
Chapter2 Research on the Error of Inertial Navigation System	9
2.1 Introduction	9
2.2 Principle of Positioning Algorithm for INS	10
2.2.1 Commonly used coordinate system	10
2.2.2 Conversion of coordinate systems	12
2.2.3 Kalman filter principle.....	14
2.2.4 Extended Kalman filter	15
2.3 Error analysis of INS	17
2.3.1 Error Classification of INS	17
2.3.2 Principal inertia element error model	18
2.3.3 Mathematical model of error	21
2.3.4 Mathematical Formula Analysis of Error	22
2.4 Simulation and Analysis of INS Error	24
2.4.1 Simulation and Analysis of Gyroscope Error in No Filtering.....	24
2.4.2 Error Simulation and Analysis of Kalman Filter	25
2.5 Chapter Summary	26
Chapter 3 Research on the Error of CNS	27
3.1 Introduction	27
3.2 Principle of Positioning Algorithm for CNS	27
3.2.1 Overview of Sensors in CNS	27

3.2.2 The algorithm of height difference in CNS	28
3.2.3 The algorithm of Star sensor to determine the attitude in CNS	30
3.3 Error analysis of CNS	32
3.3.1 Analysis of Astronomical Positioning Error Based on Height Difference Method	32
3.3.2 Analysis of Attitude Determination Based on Star Sensor	34
3.4 Chapter Summary	36
Chapter 4 Research on Algorithm of INS/CNS	39
4.1 Introduction	39
4.2 Analysis of INS/CNS model	39
4.3 Error Analysis of INS/CNS	40
4.3.1 Research on INS/CNS Based on Gyroscope Error Correction	40
4.3.2 Mathematical solution based on gyro error correction	42
4.3.3 Research on Adaptive Fusion Algorithm for INS/CNS	46
4.4 Analysis of INS/CNS in Special Environment for Long Sailing	48
4.4.1 Combined Mode of INS/CNS in Special Environment for Long Sailing	48
4.4.2 Performance Comparison and Comparison of INS/CNS in Special Environment for Long Sailing	49
4.5 Simulation and Analysis of INS/CNS Error	50
4.5.1 Simulation and Analysis of INS/CNS Combination Algorithm Based on Gyroscope Error Correction	50
4.5.2 Simulation and Analysis of INS/CNS Fusion Algorithm	51
4.6 Chapter Summary	52
Chapter 5 Simulation of INS/CNS	53
5.1 Introduction	53
5.2 Simulation system design	53
5.3 Simulation design of INS/CNS simulation system	54
5.3.1 Introduction to the simulation system block diagram	54

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