摘要

近年来空难事故的频繁发生，引起了人们的广泛关注，尤其是2014年3月8日失联的MH370，至今任然牵动着世界各界的心。但是事故已发生，239名遇难者的性命已无法挽回，至关重要的是从事故中得到教训，如何得到飞机的残骸来辅助分析遇难时的情况开始成为研究热点。本文将在此背景下从以下几个角度展开研究，以得到一个完整可靠的飞机空难事故仿真模型：

1. 本文从以下角度建立仿真总体模型，以飞机最后一次与地面通讯地点为基点，然后通过计算飞机的故障状态下的坠落轨迹，得到飞机的横向与纵向位移，在坠机地点展开最后一步残骸漂移模拟，得到一定时间以后的飞机残骸位置。

2.在飞机坠落阶段，本文将从空气密度角度出发，得到飞机在坠落过程中的飞行阻力，飞行升力，再结合飞机的自身重力，进行力学分析，得到飞机的飞行受力情况，然后计算出飞机的加速度、速度和飞行轨迹，即可得到飞机的最终坠机地点。

3.在残骸漂移阶段，本文将采用国际通用的风压差Leeway模型，再结合概率统计模型加以改进，得到本课题所使用的残骸漂移模型。本模型将使用美国航空航天局（NASA）喷气推进实验室公布的风场与流场数据，计算每次更新时的残骸漂移速度，然后在概率模型的支持下计算出一个符合实际的漂移速度。最后根据仿真时间得到残骸的具体位置。

4.本文将采用OpenSceneGraph开源三维仿真引擎结合Qt界面开发框架，搭建出一个界面友好的海洋仿真环境，然后结合上述的模型实时展示出飞机在坠落阶段、残骸漂移阶段的具体情况。最后整合飞机在失联时的地点、坠机地点、残骸的最终地点，使用高斯投影反向计算得到残骸的最终经纬度。

关键词：MH370 飞行仿真 残骸漂移 OpenSceneGraph

ABSTRACT

目录

1. 绪论
   1. 研究背景
   2. 国内外研究现状
   3. 研究内容
   4. 论文结构
2. 相关理论原理
   1. 飞机坠落过程相关理论
   2. 残骸漂浮过程相关理论
3. 系统结构设计
   1. 系统开发环境介绍
   2. 系统可行性分析
   3. 系统总体结构设计
   4. 飞机坠落过程结构设计
   5. 残骸漂浮过程结构设计
   6. 外围辅助系统设计
4. 系统实现
   1. 仿真系统总体结构搭建
   2. 飞机坠落模块实现
   3. 残骸漂浮模块实现
   4. 外围辅助模块实现
   5. 系统展示
   6. 系统功能测试
5. 结论与展望
   1. 结论
   2. 展望

致谢

参考文献

1. 绪论
   1. 研究背景

近年来随着科学技术的不断发展以及机械制造航空航天等行业的不断向前推进，飞机等交通工具开始平民化走向大众的生活。但是飞机作为一种便民的交通工具，以具有高速、高空、高不可抗性为特点。虽然飞机的事故率远低于其他交通工具，但是其一旦升空，在空中是很难保证安全的，事故若是发生，乘客的生命财产安全基本不可能可以得到保障，机毁人毁。

2014年3月8日凌晨2点40分，马来西亚航空公司称一架载有227名乘客和12名机组人员的飞机（马航MH370），原定于从吉隆坡出发准备飞往我国首都北京，但是中途与管制中心失去联系。北京时间2014年3月24日晚，马来西亚总理宣布了MH370的消息称其在南印度洋坠毁，机上无一人生还。

上面的消息无疑是痛心的，所以基于避免此类事故再次发生的考虑，人们自然而然的会想到是要找到坠毁的飞机，分析飞机在坠毁时的情况，来找到飞行事故解决方案和飞机的改进办法，期望使愈来愈频繁使用的飞机变得更加安全，来保证乘客乘坐飞机的短短几个小时可以得到足够的保障。

目前主要的事故调查手段是找到黑匣子，黑匣子作为一种专用于飞机的飞行电子记录仪，它可以把飞机在失事前30分钟内飞行员之间的语音对话和两个小时以内的飞行参数记录下来。这些重要的数据可用于飞机失事后的事故分析之用。

但是黑匣子可以记录数据的时间是有限的，往往只有短短的30到40天时间，由于类似于MH370这样的空难事件多发于海上，黑匣子的掉落地点充满了各种干扰因素，而且深不见底的海水给黑匣子的寻找带来了极大的困难。所以黑匣子这种空难分析手段的具有一定的局限性。

考虑到上面的情况，飞行事故的发生原因只能求助于找到飞机的残骸，找到飞机的残骸就可以分析飞机的空难机械因素，这种分析手段在环球航空800号班机空难事故中得到应用。由于飞机的残骸往往具有漂浮性，所以找飞机的残骸就类似于分析海上漂浮物的漂流轨迹。

综合考虑以上的背景，本文将从飞机空难事故的残骸寻找手段出发，分析研究出一种实用的残骸搜寻模型。并且使用OSG三维仿真引擎和Qt界面框架结合搭建一个三维动态的海洋仿真环境，来实现对得到的搜寻模型的仿真验证。

* 1. 国内外研究现状
     1. 国内研究现状

以往的SAR（搜索和救援）预测算法主要有两种，一种是GDOC算法，这是一种基于传统公式的算法，形成的是一种以沿着风向两端的最大风压角得到的直线中点为正中心，一定的半径形成的扇形漂流区域，这种模型得到的区域并没有考虑不确定性因素，并且错误的只考虑了风压作用，洋流压力等其他因素未纳入考虑。并且这种算法还有一点不足，海洋上的风与流是时刻变化的，但是这种算法却只考虑平均状况，这显然是不充分的，所以漂浮物位于计算出的区域中的概率不能得到保证。这是一种最原始的的模型，另一种模型是CASP模型，这种模型克服了前一种模型未考虑不确定因素的缺点。使用了蒙特卡洛（Monte-Carlo）方法，但是这种算法仍旧没有考虑洋流的作用，只是简单的考虑了风压作用。

一种基于Monte-Carlo统计实验方法的海上漂流模型综合考虑了海流和风场等因素，并且克服了GDOC的只考虑平均情况的不足，其首要条件就是具备海洋上的实时数据，只有使用完善且准确的海洋数据去实时的更新模型状态，才能够保证模型的正确性。[1]

陈达森等人采用等步差分网格分割法和追赶法求解ADI方法得到的离散方程组，模拟得到了湛江某海域的三种流场。[2]

肖文军等人在上海沿海采用WRF和FVCOM以及基于Monte-Carlo理论的Leeway模型建立起长江口附近海域漂浮物预测模型系统。[3]

另外一种基于FSA理论和贝叶斯网络的技术提出被应用于长江口附近航行安全性的提升。[4]

但是以上的研究都是局限于近海模型建立，对于在远海海域飞机残骸的轨迹预测模型却很少涉及。

* + 1. 国外研究现状

国外对于海上漂浮物的研究比国内进行的更加的早且全面，最早且广泛使用的Leeway模型就是由Hodgins 和 Mak提出[5]，Allen 和Plourde改进，利用这个模型可以展开高精度的模拟。

但是Breivik和Allen在一份研究中表明高精度的模型并不能大幅度的提高轨迹预测的精准度[6]。鉴于上述原因，Allen提出了Jibe的概念——漂浮物可能由于其自身的不对称轮廓改变其方向[7]。

另外海洋环境对动态漂移的影响也是不确定的。一般情况下，风压、洋流、波浪对不同的物体的受力是不同的，由此基于观测和随机理论的方法得以被提出并广泛用于预测Leeway运动。例如， Brushett在一份研究中表明，对于双桨小船和乘坐一个人的小船，使用Leeway模型计算出的速度大约是风速的2.4-4.24% [8]。此外，Breivik还发现了10m近地面风速和Leeway模型下的风速之间具有很强的线性关系[9]。Gayer指出漂浮物的Leeway模型速度大致与其自身的浸润比（物体在海水之上的比例与物体在海水之下的比例之比）称反比[10]，这一结论具有及其重要意义。另外一项有广泛应用价值的报告中总结 了63类不同物体的Leeway数据[11]。

除了上述两种因素带来的不确定性，风场、流场以及波浪数据会导致计算的不准确。考虑到这种情况，很多先进的方法已经被采用来提高这些数据在预测时的可信度。例如高精度雷达就可以用于收集更加精准的洋流数据[12]。Özgökmen等人还考虑了流场的时空相关性[13]。在这些方法的推动下，高精度的流场和风场等数据的获得就有了可能性。

在有效利用这些数据方面，相关的研究大都采用基于概率统计方法的Leeway模型，这种模型由于可以很好的描述物体的漂移轨迹的不确定性而被广泛采用。Davidson在他的一片文献中给出了一份概述[14]。Özgökmen在使用Lagrangian方法做路径预测时，考虑到风场和流场数据由于掺杂着噪声数据（不可用数据），使用了卡尔曼滤波的方法进行了数据去噪[15]。Mínguez所展示的Monte-Carlo路径模拟算法中，上诉的不确定性因素都通过概率分布的方式所呈现出来，其中的参数都是使用漂浮物的测试数据[16]。

基于上诉这些模型，本文使用就是一种基于Leeway模型的概率模型，这种模型首先由Jinfen Zhang等人提出，本文在该模型上对其空间相关性计算算法做了改进。

* 1. 研究内容

本文所要研究实现的内容是一个海洋环境下的飞机坠落和轨迹预测的模型，该模型可以用于海洋环境下的失事飞机残骸搜寻。另外本文将基于该模型使用OpenSceneGraph和Qt界面框架搭建海上实时仿真环境，实现出一款预测模拟系统，该系统将使用NASA喷气推进实验室提供的风场与流场数据进行预测，得到残骸的漂移路径以及最终位置。因此研究内容包括以下几个方面：

给出本文使用的飞机坠落模型，解释其中所使用的计算算法，以及所使用的算法涉及到的相关理论原理。

对最基本的Leeway模型进行研究，总结该模型在进行SAR时的方法。分析比较前人使用的几种基于Leeway模型的改进方法。提出本文所使用的模型。解释模型中所使用的算法涉及到的相关的理论原理。

对本文所需要实现的系统进行可行性分析及系统分析，介绍系统所使用的开发环境，然后对系统进行模块划分。接下来将对讨论系统的具体实现过程，并展示系统完成后的情况，最后将进行系统测试，使用具体的数据去测试系统的可靠性，并验证提出的模型的正确性。

* 1. 论文结构

本文将对章节进行如下划分：

第一章主要阐述研究背景，介绍总结国内外在本领域的研究现状，最后说明本文的研究内容。

第二章将会介绍本文的研究所划分的两个基本模块所涉及到的基本原理和理论。对坠落模块将解释坠落轨迹的计算算法，并重点解释其中飞机受力所涉及到的空气密度与高度相关性的基本理论知识。对残骸轨迹预测模块，将会重点解释Leeway模型的基本原理，然后简要介绍前人在Leeway模型上进行改进后形成的预测方法并对比分析其中的优越性和不足之处。接下来将引入本文使用的基本模型的来源，并提出改进后的算法。

第三章将进入到系统涉及，首先会对本系统所使用的基本开发环境（三维引擎和界面框架）进行对比性的介绍，在此基础上进行系统的可行性分析，分析之余将进行系统的结构设计和模块划分，并着力解释各模块内部的设计。

第四章将讨论系统的实现细节情况，首先介绍海洋环境的内核搭建即如何将OpenSceneGraph（以下简称OSG）引擎嵌入到Qt界面框架中。然后阐述各个模块的具体实现，接下来将会展示完成后的系统，最后进行系统的可靠性和正确性测试。

第二章 相关理论原理

* 1. 飞机坠落过程相关理论

飞机的坠落过程是一个极其复杂的过程，涉及到很多的领域，例如控制工程，飞行器涉及与仿真等等。但是考虑到本文的目标主要针对飞机失事后残骸的搜寻，并且飞机残骸在海洋表面漂浮的位移要显著的大于

* 1. 残骸漂浮过程相关理论

第三章 系统结构设计

* 1. 系统开发环境介绍
  2. 系统可行性分析
  3. 系统总体结构设计
  4. 飞机坠落过程结构设计
  5. 残骸漂浮过程结构设计
  6. 外围辅助系统设计

第四章 系统实现

* 1. 仿真系统总体结构搭建
  2. 飞机坠落模块实现
  3. 残骸漂浮模块实现
  4. 外围辅助模块实现
  5. 系统展示
  6. 系统功能测试

第五章 结论与展望

* 1. 结论
  2. 展望

致谢

参考文献