



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102981064 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201210379047. 4

(22) 申请日 2012. 10. 09

(71) 申请人 中国人民解放军 63892 部队  
地址 471003 河南省洛阳市 085 信箱 09 号

(72) 发明人 洪丽娜 汪连栋 申绪润 张扬  
耿宏峰 周波 闫京海 韩慧  
郑光勇 刘国柱

(74) 专利代理机构 洛阳市凯旋专利事务所  
41112

代理人 陆君

(51) Int. Cl.

G01R 29/08 (2006. 01)

G06Q 10/04 (2012. 01)

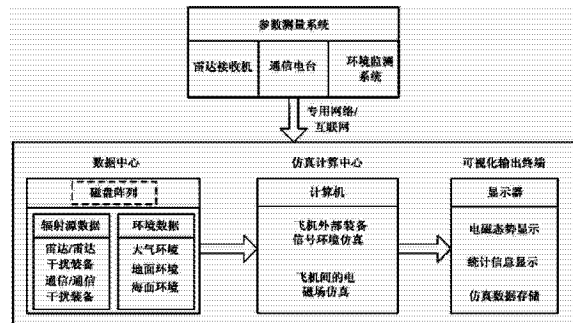
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

飞机外部射频电磁环境预测方法及预测系统

(57) 摘要

本发明涉及电磁环境预测技术领域,公开一种飞机外部射频电磁环境预测方法和预测系统,所述系统包括:采集电磁环境参数装置、数据中心、仿真计算中心和可视化输出终端装置,所述方法通过采集电磁环境参数装置将采集的辐射源、大气环境、地面环境、海面环境的电磁环境参数信息传输至通过网络相连的数据中心,并储存于数据中心相对应的数据库中;所述数据中心通过数据线与仿真计算中心相连,所述仿真计算中心将飞机外部射频电磁环境全面预测的数据模型信息传输至通过视频总线相连的可视化输出终端设备,进行电磁环境综合显示;本发明采用了改进的信号描述字方法对飞机外部电磁信号环境进行建模,降低了信号处理运算量,提高了预测效率。



1. 一种飞机外部射频电磁环境预测系统,其特征在于:包括:采集电磁环境参数装置、数据中心、仿真计算中心和可视化输出终端装置,所述采集电磁环境参数装置将采集的辐射源、大气环境、地面环境、海面环境的电磁环境参数信息传输至通过网络相连的数据中心,并储存于数据中心相对应的数据库中;所述数据中心通过数据线与仿真计算中心相连,所述仿真计算中心将飞机外部射频电磁环境全面预测的数据模型信息传输至通过视频总线相连的可视化输出终端设备,进行电磁环境综合显示。

2. 根据权利要求1所述的飞机外部射频电磁环境预测系统,其特征在于:所述数据中心由数据处理单元和磁盘阵列组成,用于接收、处理和存储参数测量系统测得的各类参数;所述数据处理单元与数据中心磁盘阵列的数据库相连;所述数据处理单元包括:数据接收、数据筛选、数据分类和数据处理功能模块,所述磁盘阵列上的数据库包括:辐射源数据库和环境数据库。

3. 根据权利要求1所述的飞机外部射频电磁环境预测系统,其特征在于:所述仿真计算中心由飞机外部电磁环境仿真单元和飞机间电磁场仿真单元组成;所述飞机外部电磁环境仿真单元通过数据线与数据中心相连;所述飞机间电磁场仿真单元对飞机间的空间进行网格划分,计算各网格内电磁场数据,对计算结果进行处理;所述飞机外部和飞机间的电磁环境仿真信息,通过控制单元与可视化输出终端设备相连。

4. 根据权利要求1所述的飞机外部射频电磁环境预测系统,其特征在于:所述可视化输出终端设备用于显示飞机外部射频电磁环境仿真信息,包括显示:飞机外部的二维电磁态势、电磁环境统计信息,以及飞机间电磁场的三维显示信息。

5. 一种如权利要求1所述飞机外部射频电磁环境预测的方法,其步骤如下:

步骤一:建立电磁环境参数数据中心,通过建立的辐射源、大气环境、地面环境、海面环境采集的电磁环境参数,建立电磁环境参数数据库,并存储在磁盘阵列的大型存储设备上;通过局域网络或互联网将所采集的各个参数信息传输到数据中心,数据处理后录入中心数据库中存储;

步骤二:建立空间信号环境模型库

(一)建立信号描述模型,应用改进的信号描述字建模方法,建立雷达信号环境模型/雷达干扰信号环境模型、通信信号环境模型/通信干扰信号环境模型;

1)、雷达信号环境模型,由雷达信号使用脉冲描述字 PDW 来描述,这里 PDW 主要包括信号的以下参数:脉冲前沿到达时间 TOA、脉冲载频 RF、脉冲功率密度 PD、相位 PH、脉冲宽度 PW、脉冲到达角 AOA;

2)、雷达干扰信号环境模型,所述雷达干扰信号分为欺骗干扰信号和噪声干扰信号;

(1) 欺骗干扰信号模型,所述欺骗干扰信号信号样式与雷达信号样式一致,欺骗干扰信号的环境模型与雷达信号环境模型一致,也采用脉冲描述字 PDW 来描述;

(2) 噪声干扰信号模型,所述噪声干扰信号使用噪声信号描述字 NDW 来描述,噪声信号 NDW 主要包括噪声信号的以下参数:噪声调制类型 NM、噪声平均功率密度 PD、噪声干扰信号带宽 NBW;首先随机生成噪声信号序列,对带宽内噪声频谱序列进行预存;飞行航线上各点的噪声威胁环境根据各个干扰系统对在该点形成的有效噪声功率谱进行合成;

3)、通信信号环境模型,所述通信信号使用通信信号描述字 SDW 来描述,通信信号 SDW 主要包括信号的以下参数:信号瞬时频率 CF、平均带宽 MBW、平均时宽 MTW、带内频谱序列

FSS、带内功率密度序列 PDSS；

4)、通信干扰信号环境模型,所述通信干扰信号主要使用噪声干扰描述字来描述,具体描述同雷达噪声干扰信号环境模型描述；

(二) 建立传播模型,所述传播模型包括:雷达信号传播模型和通信信号传播模型,雷达信号传播模型包含:发射损耗模型、自由空间传播损耗模型、对流层折射模型和对流程吸收模型;通信信号传播模型包含:发射损耗模型、自由空间传播损耗模型、绕射损耗模型和电离层反射模型；

步骤三:建立机间电磁场计算模型,用于对机间电磁环境的计算,首先建立基于 MoM/FDTD 的电磁场计算模型,对于飞机间的电磁场计算,采用惠更斯面为界分解为内问题和外问题的计算；

其中内问题用 RWG 基矩量法分析机体上天线,计算天线的电流分布,从而根据电流分布计算天线的场分布；

其中外问题由矩量法计算出的惠更斯面内的近场电磁场,结合等效原理求解出惠更斯面上的等效电流源和等效磁流源,然后将等效电流源和磁流源作为 FDTD 的激励源计算飞机环境中的场分布；

步骤四:建立电磁环境仿真计算中心,所述仿真计算中心由双核并行计算机组成,仿真计算中心利用步骤二机群外部电磁信号环境模型库和步骤三所建立的飞机间电磁场计算模型分别对飞行区域内部署电子信息系统形成的信号环境特征和飞机间的电磁场进行计算和统计；

仿真计算过程为：

(1) 读入预先设计的工作场景,设置相关参数；

(2) 根据工作场景设置和仿真进程,计算每台电子信息系统在飞机航路上观察点处描述字特征参数；

(3) 根据工作场景设置和仿真进程,计算飞机间的电磁场分布；

(4) 将计算好的机群外部和飞机间电磁环境特征参数进行统计、存储及处理；

步骤五:建立预测结果可视化输出终端,即将信号环境统计结果和飞机间电磁环境计算结果进行综合显示,采用二维电磁环境显示的方式来显示飞机外部电子信息系统产生的信号环境仿真统计结果,包括飞机的航迹显示、平台和外部系统的位置和状态显示、平台和外部系统的参数显示以及系统信号环境仿真结果;采用三维电磁环境显示的方式显示飞机间电磁环境计算结果,就是将飞机间每一个离散点的电磁环境仿真数据映射成不同的颜色并绘制出来,展示三维电磁环境数据可视化的过程。

## 飞机外部射频电磁环境预测方法及预测系统

[0001]

### 技术领域

[0002] 本发明涉及电磁环境预测技术领域,尤其涉及一种飞机外部射频电磁环境预测方法和预测系统。

### 背景技术

[0003] 电磁环境是指存在于给定场所或空间的所有电磁现象的总和。复杂电磁环境是指在有限的时空里,一定的频段上多种电磁信号密集、交叠,妨碍信息系统和电子设备正常工作,对信息系统和电子设备产生显著影响的电磁环境,是电磁环境复杂化在空域、时域、频域和能量域上的表现形式。

[0004] 从现有的研究情况来看,当前的电磁环境预测手段还不能满足复杂的电磁环境变化的要求,主要表现在:难以科学定义逼真、典型的实战环境;难以全面、客观描述影响电子信息系统的电磁环境要素;难以准确获取电子信息系统情报;难以准确描述电磁信号传播因素对电子信息系统的影晌;难以准确模拟各类信号的变化特征。电磁环境预测技术成为评价电子信息系统电磁兼容性能和避免电磁兼容问题的一项亟待解决的关键问题。

[0005] 目前,电磁环境仿真预测主要是基于电磁场数值计算方法,该方法是基于麦克斯韦方程的建模方法。该方法由于运算量比较大,一般用于低频电磁环境建模,其特点是能反映时空中某点的瞬时电磁场状态,但是应用规模较小,频段较低,不适合大规模的电磁环境仿真预测。

[0006] 飞机外部电磁环境的构成不仅包含空间各种辐射源的辐射,还包括飞机间及内部其他飞机的电磁辐射。由于空间广大、辐射源种类繁多、不同空间范围辐射源电磁环境影响程度差别大等特点,现有电磁环境预测系统不能满足飞机外部射频电磁环境的预测需求。

### 发明内容

[0007] 为了能够全面预测飞机外部射频电磁环境,本发明提供一种飞机外部射频电磁环境预测方法和预测系统,通过雷达接收机、通信电台、环境监测系统,测量民航飞机飞行区域内雷达和雷达干扰系统、通信和通信干扰系统等辐射源数据,以及包括大气环境、地面环境、海面环境在内的环境数据,并将这些数据通过网络传输给预测系统,作为电磁环境预测系统的数据基础。并且本发明可以用于预测各类飞行器、轮船、地面平台等系统或平台的外部射频电磁环境。

[0008] 为实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

一种飞机外部射频电磁环境预测系统,包括:采集电磁环境参数装置、数据中心、仿真计算中心和可视化输出终端装置,所述采集电磁环境参数装置将采集的辐射源、大气环境、地面环境、海面环境的电磁环境参数信息传输至通过网络相连的数据中心,并储存于数据中心相对应的数据库中;所述数据中心通过数据线与仿真计算中心相连,所述仿真计算中

心将飞机外部射频电磁环境全面预测的数据模型信息传输至通过视频总线相连的可视化输出终端设备,进行电磁环境综合显示。

[0009] 一种飞机外部射频电磁环境预测系统,所述数据中心由数据处理单元和磁盘阵列组成,用于接收、处理和存储参数测量系统测得各类参数;所述数据处理单元与数据中心磁盘阵列的数据库相连;所述数据处理单元包括:数据接收、数据筛选、数据分类和数据处理功能模块,所述磁盘阵列上的数据库包括:辐射源数据库和环境数据库。

[0010] 一种飞机外部射频电磁环境预测系统,所述仿真计算中心由飞机外部电磁环境仿真单元和飞机间电磁场仿真单元组成;所述飞机外部电磁环境仿真单元通过数据线与数据中心相连;所述飞机间电磁场仿真单元对飞机间的空间进行网格划分,计算各网格内电磁场数据,对计算结果进行处理;所述飞机外部和飞机间的电磁环境仿真信息,通过控制单元与可视化输出终端设备相连。

[0011] 一种飞机外部射频电磁环境预测系统,所述可视化输出终端设备用于显示飞机外部射频电磁环境仿真信息,包括显示:飞机外部的二维电磁态势、电磁环境统计信息,以及飞机间电磁场的三维显示信息。

[0012] 一种飞机外部射频电磁环境预测方法,其步骤如下:

步骤一:建立电磁环境参数数据中心,通过建立的辐射源、大气环境、地面环境、海面环境采集的电磁环境参数,建立电磁环境参数数据库,并存储在磁盘阵列的大型存储设备上;通过局域网络或互联网将所采集的各个参数信息传输到数据中心,数据处理后录入中心数据库中存储。

[0013] 步骤二:建立空间信号环境模型库

(一)建立信号描述模型,应用改进的信号描述建模方法,建立雷达信号环境模型/雷达干扰信号环境模型、通信信号环境模型/通信干扰信号环境模型。

[0014] 1)、雷达信号环境模型,由雷达信号使用脉冲描述字 PDW 来描述,这里 PDW 主要包括信号的以下参数:脉冲前沿到达时间 TOA、脉冲载频 RF、脉冲功率密度 PD、相位 PH、脉冲宽度 PW、脉冲到达角 AOA。

[0015] 2)、雷达干扰信号环境模型,所述雷达干扰信号分为欺骗干扰信号和噪声干扰信号。

[0016] (1) 欺骗干扰信号模型,所述欺骗干扰信号信号样式与雷达信号样式一致,欺骗干扰信号的环境模型与雷达信号环境模型一致,也采用脉冲描述字 PDW 来描述。

[0017] (2) 噪声干扰信号模型,所述噪声干扰信号使用噪声信号描述字 NDW 来描述,噪声信号 NDW 主要包括噪声信号的以下参数:噪声调制类型 NM、噪声平均功率密度 PD、噪声干扰信号带宽 NBW;首先随机生成噪声信号序列,对带宽内噪声频谱序列进行预存;飞行航线上各点的噪声威胁环境根据各个干扰系统对在该点形成的有效噪声功率谱进行合成。

[0018] 3)、通信信号环境模型,所述通信信号使用通信信号描述字 SDW 来描述,通信信号 SDW 主要包括信号的以下参数:信号瞬时频率 CF、平均带宽 MBW、平均时宽 MTW、带内频谱序列 FSS、带内功率密度序列 PDSS。

[0019] 4)、通信干扰信号环境模型,所述通信干扰信号主要使用噪声干扰描述字来描述,具体描述同雷达噪声干扰信号环境模型描述。

[0020] (二) 建立传播模型,所述传播模型包括:雷达信号传播模型和通信信号传播模型,

雷达信号传播模型包含：发射损耗模型、自由空间传播损耗模型、对流层折射模型和对流程吸收模型；通信信号传播模型包含：发射损耗模型、自由空间传播损耗模型、绕射损耗模型和电离层反射模型。

[0021] 步骤三：建立机间电磁场计算模型，用于对机间电磁环境的计算，首先建立基于 MoM/FDTD 的电磁场计算模型，对于飞机间的电磁场计算，采用惠更斯面为界分解为内问题和外问题的计算。

[0022] 其中内问题用 RWG 基矩量法分析机体上天线，计算天线的电流分布，从而根据电流分布计算天线的场分布；

其中外问题由矩量法计算出的惠更斯面内的近场电磁场，结合等效原理求解出惠更斯面上的等效电流源和等效磁流源，然后将等效电流源和磁流源作为 FDTD 的激励源计算飞机环境中的场分布。

[0023] 步骤四：建立电磁环境仿真计算中心，所述仿真计算中心由双核并行计算机组成，仿真计算中心利用步骤二机群外部电磁信号环境模型库和步骤三所建立的飞机间电磁场计算模型分别对飞行区域内部署电子信息系统形成的信号环境特征和飞机间的电磁场进行计算和统计。

[0024] 仿真计算过程为：

(1) 读入预先设计的工作场景，设置相关参数；

(2) 根据工作场景设置和仿真进程，计算每台电子信息系统在飞机航路上观察点处描述特征参数；

(3) 根据工作场景设置和仿真进程，计算飞机间的电磁场分布；

(4) 将计算好的机群外部和飞机间电磁环境特征参数进行统计、存储及处理。

[0025] 步骤五：建立预测结果可视化输出终端，即将信号环境统计结果和飞机间电磁环境计算结果进行综合显示，采用二维电磁环境显示的方式来显示飞机外部电子信息系统产生的信号环境仿真统计结果，包括飞机的航迹显示、平台和外部系统的位置和状态显示、平台和外部系统的参数显示以及系统信号环境仿真结果；采用三维电磁环境显示的方式显示飞机间电磁环境计算结果，就是将飞机间每一个离散点的电磁环境仿真数据映射成不同的颜色并绘制出来，展示三维电磁环境数据可视化的过程。

[0026] 由于采用如上所述的技术方案本发明具有如下优越性：

(1) 本发明采用了改进的信号描述方法对飞机外部电磁信号环境进行建模，降低了信号处理运算量，提高了预测效率；

(2) 本发明采用了信号环境和电磁场计算相结合的方法，实现了飞机外部电磁环境的全面预测，可以为飞机电磁频谱管理提供更有用的决策支持，提高电磁环境预测的准确性和完备性。

[0027] (3) 应用本系统进行电磁环境预测，兼顾了区域内宏观电磁环境和微观电磁环境的预测，可以有效提高预测的准确度。

[0028] (4) 本系统除了用于预测飞机外部射频电磁环境，对模型进行少量修改后，还能用于各类飞行器、轮船、地面平台等系统或平台的外部射频电磁环境预测。

附图说明

- [0029] 图 1 是飞机外部射频电磁环境的预测系统的结构图。
- [0030] 图 2 是飞机外部射频电磁环境的预测系统的数据中心的组成示意图。
- [0031] 图 3 是飞机外部射频电磁环境的预测系统的仿真计算中心的组成示意图。
- [0032] 图 4 是飞机外部射频电磁环境的预测系统的预测流程图。
- [0033] 图 5 是飞机外部射频电磁环境的预测系统的模型库结构图。
- [0034] 图 6 是飞机外部电磁环境预测流程图。

### 具体实施方式

[0035] 下面结合附图对发明作进一步说明。

[0036] 如图 1、2、3、4、5、6 所示：一种飞机外部射频电磁环境预测系统，包括：采集电磁环境参数装置、数据中心、仿真计算中心和可视化输出终端装置，所述采集电磁环境参数装置将采集的辐射源、大气环境、地面环境、海面环境的电磁环境参数信息传输至通过网络相连的数据中心，并储存于数据中心相对应的数据库中；所述数据中心通过数据线与仿真计算中心相连，所述仿真计算中心将飞机外部射频电磁环境全面预测的数据模型信息传输至通过视频总线相连的可视化输出终端设备，进行电磁环境综合显示。

[0037] 图 1 是本发明的系统结构图，由电磁环境参数采集系统、数据中心、仿真计算中心和可视化输出终端部分组成，所述电磁环境参数采集系统由雷达接收机、通信电台和环境系统组成。

[0038] 所述数据中心的组成图如图 2 所示。数据中心主要由数据处理单元和磁盘阵列组成，用于接收、处理和存储参数测量系统测得的各种参数。这些参数通过网络传输到数据中心，在数据处理单元处理后存储到位于数据中心磁盘阵列的数据库中。数据处理单元包括数据接收、数据筛选、数据分类和数据处理等功能模块，磁盘阵列上的数据库包括辐射源数据库和环境数据库。

[0039] 所述仿真计算中心主要由计算机、飞机外部电磁环境仿真单元和飞机间电磁场仿真单元组成；如图 3 所示。仿真计算中心用于计算飞机外部射频电磁环境，飞机外部电磁环境仿真单元从数据中心提取所需的辐射源数据和环境数据，计算辐射源位置，进行信号环境仿真，对仿真结果进行统计；飞机间电磁场仿真单元导入机群模型，对飞机间的空间进行网格划分，计算各网格内电磁场数据，对计算结果进行处理。飞机外部和飞机间的电磁环境仿真结果最后通过控制单元传输到可视化输出终端进行显示。

[0040] 所述可视化输出终端设备用于显示飞机外部射频电磁环境仿真结果，显示的主要内容是飞机外部的二维电磁态势、电磁环境统计信息，以及飞机间电磁场的三维显示。

[0041] 本发明提出的飞机外部射频电磁环境预测方法的预测流程如图 4 所示，具体实施步骤为：

步骤一：数据准备，根据飞机外部射频电磁环境预测的数据需求，通过各个参数测量系统收集空间中工作的电子信息系统的参数信息和各类环境数据，包括电磁辐射源的位置分布、工作方式、信号参数、大气环境、地面环境、海面环境等；确定关键电磁环境要素，总结空中电磁环境特点，通过局域网络或互联网，将测得的参数信息传送到数据中心，数据中心建立电磁环境数据库，各类处理后的参数信息存储在数据中心的磁盘阵列上，分为辐射源数据库和环境数据；

步骤二：建立飞机外部电磁环境模型和飞机间电磁环境模型，系统所建立的模型库结构图如图 5 所示。

[0042] 所述飞机外部电磁环境模型，是建立电子信息系统的电磁信号产生及传输过程模型，包括信号模型、发射机相关模型（发射损耗、天线方向图模型、天线扫描模型等）和信号传输模型；确定模型适用条件和参数；在数学模型基础上建立仿真模型。

[0043] 所述飞机间电磁环境模型，是基于 MoM/FDTD 的电磁场计算模型，选择合适的介电常数、电导率等媒质参数，对地面底部区域用吸收边界条件进行设置，建立飞机结构几何模型，通过迭代方式进行电磁场计算。并且在数学模型的基础上建立仿真模型；

步骤三：设计工作场景，根据应用背景，进行工作场景分析，确定场景内电子信息系统的组成、开关机时间、应用过程和工作状态等，设计典型工作场景，生成工作场景文件；

步骤四：预测飞机外部射频电磁环境，根据所建立的空中电磁环境模型，在典型空中工作场景的驱动下，计算飞机群飞行区域内电磁信号的分布情况和机间电磁环境分布，对计算结果进行分析、统计和显示，最终实现对飞机外部射频电磁环境的预测，飞机外部射频电磁环境的预测流程如图 6 所示。

[0044] 飞机外部射频电磁环境的预测流程如下：

- 1)、读取工作场景文件；
- 2)、进行电磁环境参数设置；
- 3)、经电子信息系统位置与分布处理模块处理；
- 4)、进行飞机外部射频电磁环境与飞机间外部射频电磁环境判别；
- 5)、判别是飞机群外部射频电磁环境，进行空间中单部电子信息系统仿真；
  - a)、进行通视判别，判别为否返回单部电子信息系统仿真；判别是，进入功率计算模块计算；
    - b)、进行在作用距离内判别，判别为否返回单部电子信息系统仿真；判别是，进行扫描式计算；
      - c)、进行方向对准判别，判别为否返回单部电子信息系统仿真；判别是，进行飞机外部射频电磁环境计算；
        - d)、进行全部电子信息系统仿真完成判别，判别为否返回单部电子信息系统仿真；判别是，进行数据分析与显示；
          - 6)、判别是机间外部射频电磁环境，进行机间外部射频电磁环境计算，并进行数据分析与显示；判别为否返回，再进行飞机外部射频电磁环境与机间外部射频电磁环境判别；
            - 7)、对数据分析与显示的结果进行存储，结束。



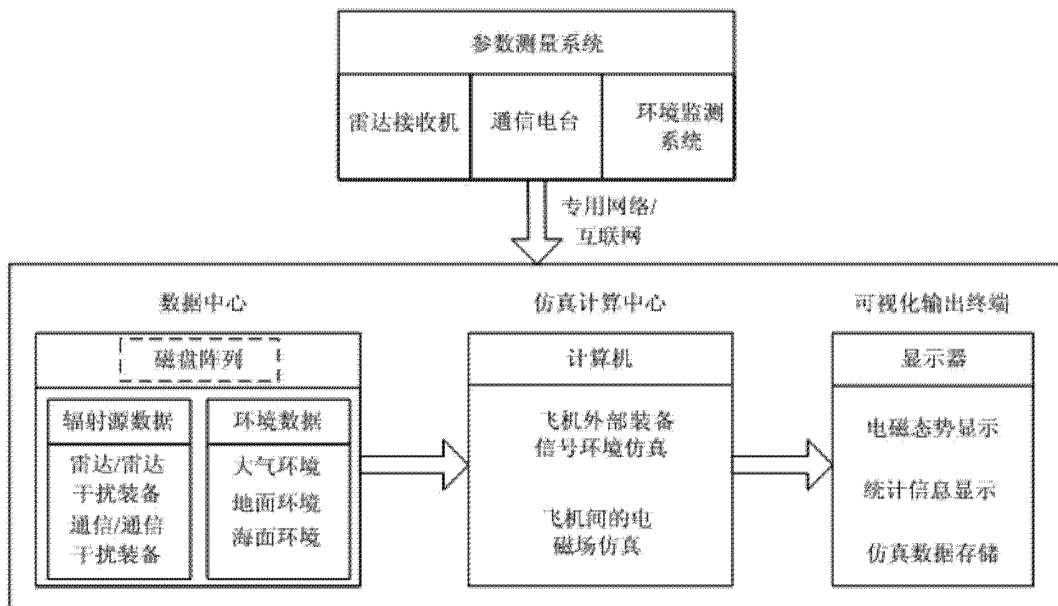


图 1

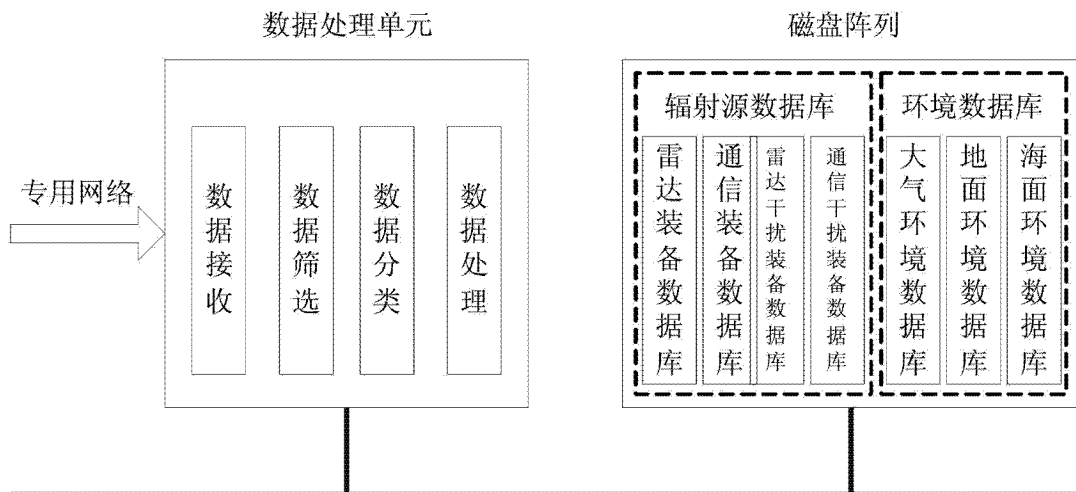


图 2

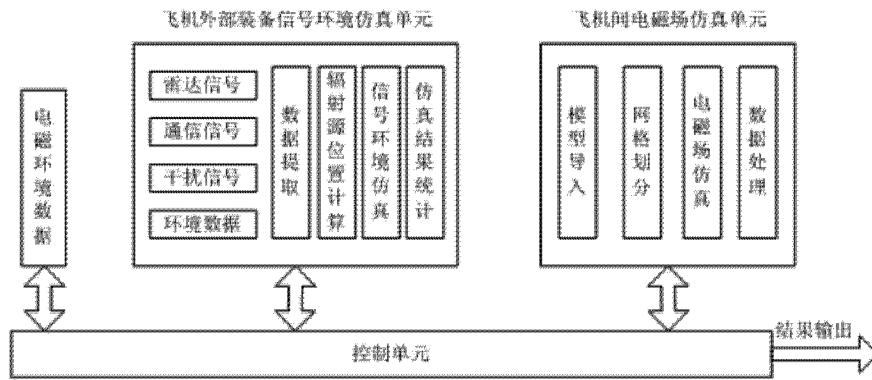


图 3

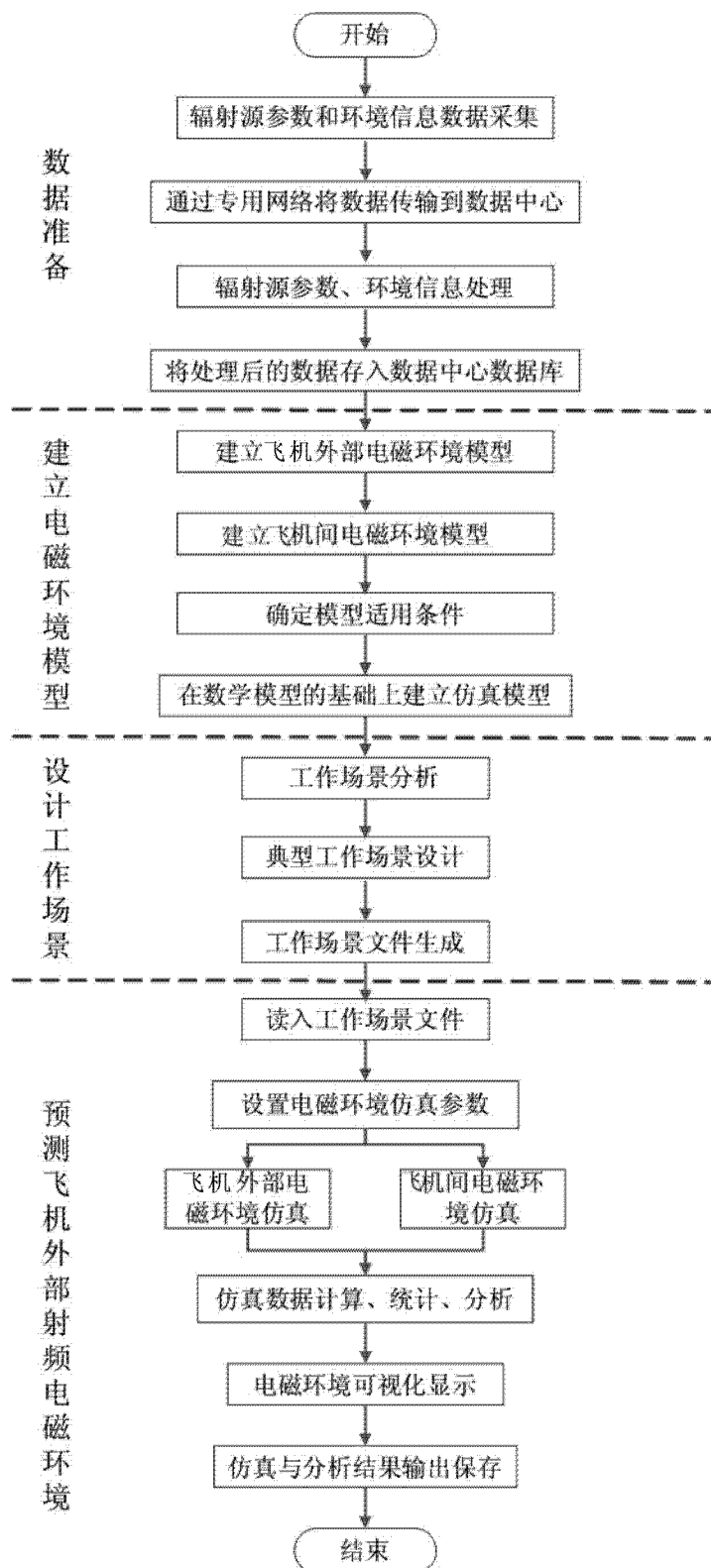


图 4

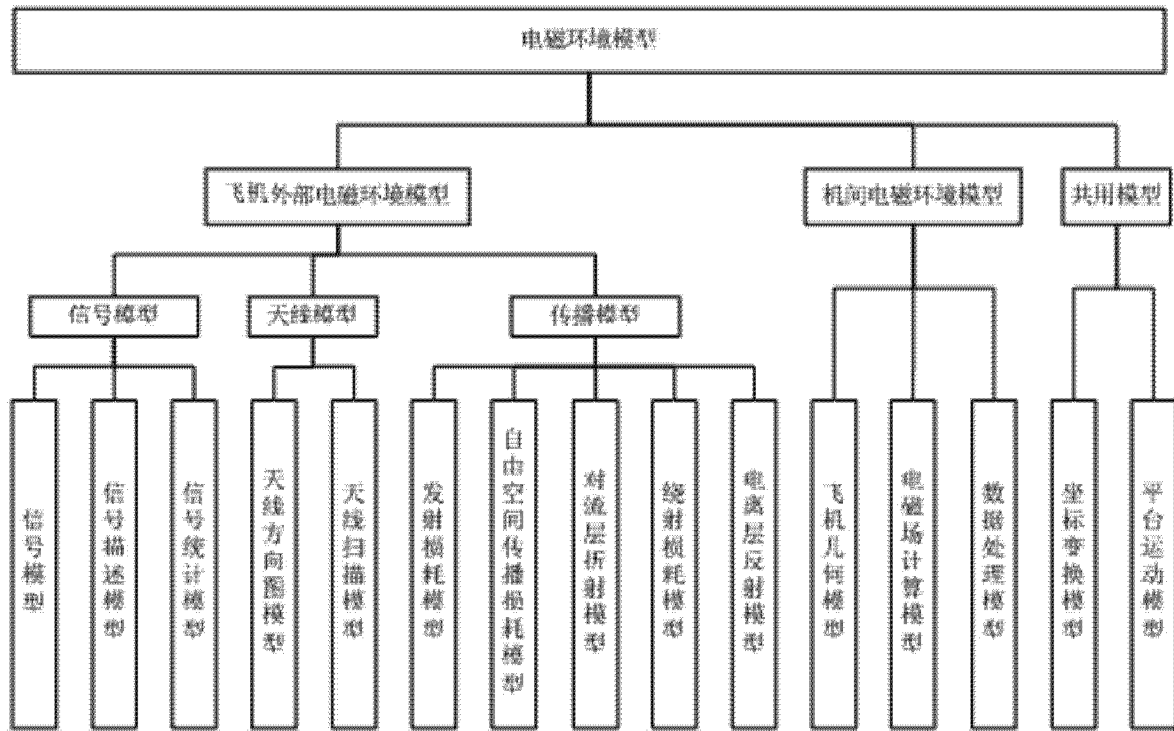


图 5

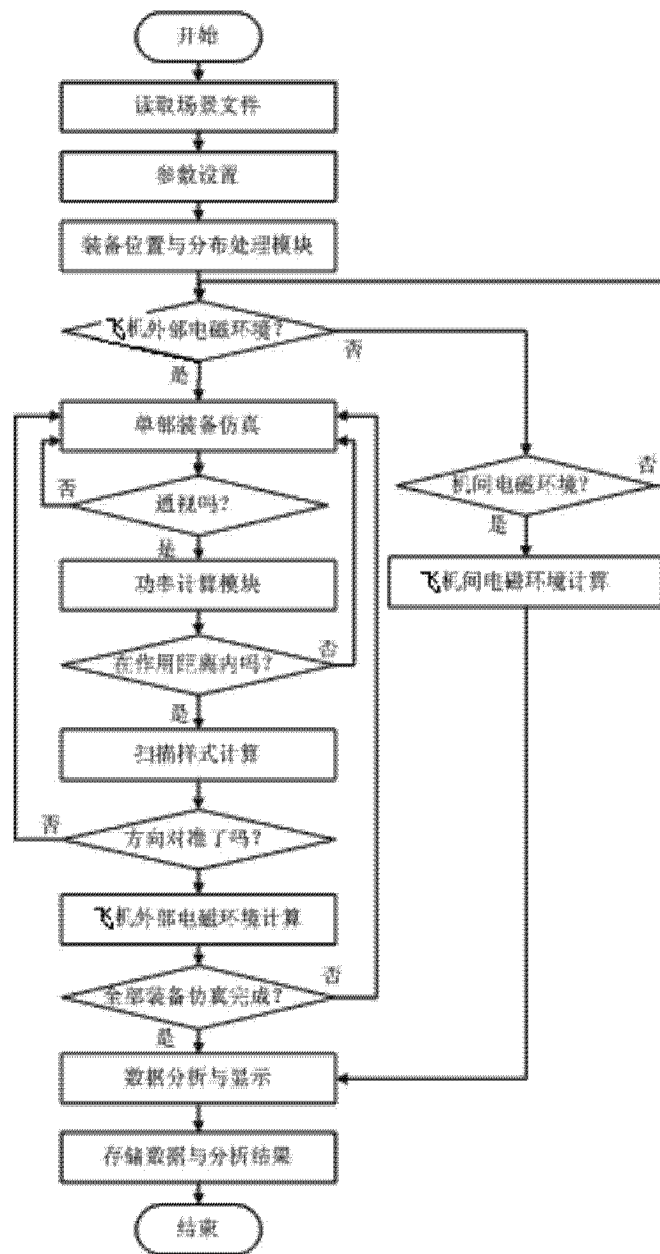


图 6