



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107644566 A
(43)申请公布日 2018.01.30

(21)申请号 201710707208.0

(22)申请日 2017.08.17

(71)申请人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 刘涛 张冀聪 张康宁 白永超
罗煜

(51)Int.Cl.
G09B 9/08(2006.01)
A61B 5/0476(2006.01)
A61B 5/18(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)

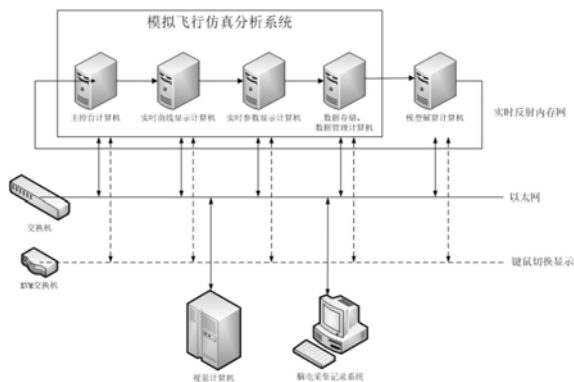
权利要求书2页 说明书11页 附图10页

(54)发明名称

一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,该系统包括模拟飞行仿真分析系统、模拟飞行驾驶系统以及脑电实验系统。本发明以研究飞行员驾驶体验为目的,运用脑电技术和飞行仿真技术,搭建了一套融合脑电系统的模拟飞行驾驶平台。被试人员通过操作模拟飞行驾驶系统并收到来自系统的反馈后产生一系列脑电信号,经脑电实验系统采集、显示并记录,模拟飞行仿真分析系统对模拟飞行驾驶系统产生的脑电事件数据以及实时时间戳进行处理并存储。飞行试验结束后让被试人员对每个任务进行脑力负荷评价,结合脑电数据从而对操作人员的脑力负荷进行分析。该系统平台为研究飞行员脑力负荷、脑力疲劳等问题提供了良好的实验和训练平台。



CN 107644566 A

1. 一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,包括:

仿真实验台硬件系统(1)、模拟飞行仿真分析系统(2)、模拟飞行驾驶系统(3)和脑电实验系统(4);

所述的仿真实验台硬件系统(1)用于模拟飞机座舱的真实物理环境;

所述的模拟飞行仿真分析系统(2),用于仿真流程管理、飞行仿真参数显示、实时参数曲线显示和数据记录及数据管理;

所述的模拟飞行驾驶系统(3),用于模拟飞机座舱的内部操纵环境以及飞行时的实时飞行状态和外部环境;

所述的脑电实验系统(4),用于脑电采集及预处理、飞行操作绩效记录以及脑力负荷及疲劳度测评。

2. 如权利要求1所述的基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,所述脑电实验系统(4)包括:脑电采集子系统(41)、脑电数据显示记录子系统(42)和脑电数据显示记录子系统(42);

所述脑电采集子系统(41),用于脑电的采集及脑电数据的预处理,并将脑电数据传输给所述脑电数据显示记录子系统(42);

所述脑电数据显示记录子系统(42),用于脑电数据的曲线显示以及数据存储;

所述脑力负荷评定子系统(43),用于评定飞行员在执行飞行任务过程中和飞行试验后的脑力负荷程度。

3. 如权利要求2所述的基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,所述脑电采集子系统(41)包括:高密度外贴式网状电极帽和脑电专用放大器,

所述高密度外贴式网状电极帽,用于连接人脑采集脑电信号,并将采集到的脑电信号传输给脑电专用放大器;

所述脑电专用放大器,用于对采集到的脑电信号进行放大并进行数字滤波,将得到的信号传输给脑电数据显示记录子系统(42)。

4. 如权利要求2所述的基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,所述脑电数据显示记录子系统(42)的功能包括:

创建数据采集会话,用于数据采集软件创建并维护一个脑电采集记录会话,在该会话期间可以暂停或停止脑电记录;

结束数据采集会话,用于结束最近创建的数据采集会话;

同步数据采集时间,用于发送时间同步命令,并附带视景模拟子系统(32)的实时时间戳;

开始记录脑电,用于控制数据采集软件开始记录脑电;

结束记录脑电,用于控制数据采集软件停止记录脑电;

发送事件标记,用于向数据采集软件发送事件标记命令,并附带实时时间戳,数据采集软件根据时间戳将事件名称标记在脑电数据中。

5. 如权利要求2所述的基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,所述脑力负荷评定子系统(43)包括:

脑电实验设计部分,用于设计不同脑力负荷状态的实验,使同一被试人员在不同时间段,相同的外部实验条件下,进行不同难度的模拟飞行任务;

模拟飞行任务设计部分,用于设计不同难度的模拟飞行任务,使被试人员在规定时间范围内完成飞机从起飞到降落的飞行过程。

实验数据预处理部分,用于脑电数据的预处理,包括脑电数据与刺激事件数据的融合、去除眼电、分段、滤波、基线调整、排除肌电伪迹、删除坏电极、平均叠加、保存和总平均;

实验结果分析部分,用于在完成原始数据处理的基础上,进行脑电信号功率谱分析、MMN和P3a结果分析以及主观评价结果分析。

6.如权利要求5所述的基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,脑电实验设计部分包括脑电实验程序设计,所述脑电实验程序设计包括:

飞行任务指示部分,用于显示本次试验的任务流程信息,使被试人员按照指示操纵飞机飞行;

刺激事件呈现部分,用于被试人员根据不同的任务对仪表信息,HUD指示、声光刺激等作出按键响应;

飞行任务操作绩效记录部分,用于系统将操作绩效记录到数据库中;

脑力负荷主观评价部分,用于在实验结束后系统呈现NASA-TLX脑力负荷评价表,被试根据自身感受在该界面进行评价。

7.如权利要求5所述的基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,所述实验数据预处理部分包括:

数据融合处理,用于根据时间将刺激事件数据写入脑电数据中达到数据融合,方便后续脑电数据的分析;

减少眼电伪迹,用于减少眼电对脑电信号的影响,尽可能删除眼电伪迹;

脑电分段,用于以刺激事件发生为起点,对连续记录的脑电数据按照事件发生时段进行分段;

信号滤波,用于排除50Hz市电和其他频率信号伪迹的干扰;

基线校正,用于选择所有导联脑电数据进行线性平移;

排除伪迹,用于对波幅进行处理,针对一导或多导,将某一范围内的伪迹成分删除;

删除坏电极通道,用于在进入电极状态图后,根据电极的好坏进行通道的删除;

平均,用于对相同任务引起的刺激加以叠加;

保存,用于将生成的平均文件进行存盘;

总平均,用于采取批处理文件的方式对任务相同的数据进行平均处理。

8.如权利要求5所述的基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,所述实验结果分析部分包括:

脑电信号功率谱分析,用于对脑电信号进行功率谱分析,分析功率频谱图中不同波段的能量高低;

MMN和P3a结果分析,用于提取高低脑力负荷下的MMN和P3a成分并分析MMN和P3a成分随脑力负荷的变化趋势;

主观评价结果分析,用于被试人员在静息态结束后和高低脑力负荷任务的每个环节完成后在NASA-TLX量表上做出主观评价。

一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统

技术领域

[0001] 本发明属于飞行器模拟技术领域,尤其是涉及一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统。

背景技术

[0002] 随着航空工业的发展,飞行模拟器已经在航空领域得到了广泛的运用。它不仅能使飞行员在地面环境进行高仿真度飞行训练,还能验证飞机各个子系统的设计是否满足性能要求,为优化飞机子系统的设计提供重要的参考。另外,由于新型飞机尤其是军机的设计日趋复杂化,飞机座舱中对飞行员手动操作能力的要求逐渐弱化,而对其关注仪表界面信息进而进行决策的要求更加突出。这导致了飞行员的体力负荷下降而脑力负荷提高的现象。同时,有研究发现虽然飞行安全技术在日益提高,但人为因素造成的飞行事故所占比例却一直居高不下,造成这些飞行事故的原因都与飞行员长时间处于高脑力负荷状态以及脑力疲劳等问题息息相关。因此利用飞行模拟器来研究飞机驾驶过程中飞行员的脑力负荷及脑力疲劳等问题,可以为优化飞机座舱人体设计、提高人机界面交互效率提供重要的理论依据。

[0003] 目前,为了研究脑电技术在飞行模拟器中的应用,国内外学者开展了多项相关研究,证明了脑电能够实时的、连续的反映飞行员脑功能的变化,并且与飞行绩效密切相关,相对于其他生理指标(眼动指标、心电指标等),脑电在评估肢体控制运动和视觉输入的工作负荷中表现最佳,有着较高的判别准确率。但现有研究大部分是在实验室的静态环境下搭建的某一机型专用飞行模拟器,通过设计特定的飞行实验环节,在视景显示器上进行操作与测评,这种飞行模拟系统存在飞行仿真模型单一,系统扩展性和通用性差,飞行数据管理与分析不够完善的缺点。另外,目前的飞行模拟器主要用于飞行员的飞行训练以及新型飞行器的研究,缺乏既能模拟飞行过程又能对飞行员脑力负荷以及脑力疲劳进行测评的综合功能。

发明内容

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,能够满足多种自行设计的飞行仿真模型,系统可以进行扩展,加载外部设计的飞机机型,并且利用统一接口参数可以方便的进行数据管理与分析。

[0005] 本发明完整的技术方案包括:

[0006] 一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统,其特征在于,包括:

[0007] 仿真实验台硬件系统(1)、模拟飞行仿真分析系统(2)、模拟飞行驾驶系统(3)和脑电实验系统(4);

[0008] 所述的仿真实验台硬件系统(1)用于模拟飞机座舱的真实物理环境;

[0009] 所述的模拟飞行仿真分析系统(2),用于仿真流程管理、飞行仿真参数显示、实时参数曲线显示和数据记录及数据管理;

- [0010] 所述的模拟飞行驾驶系统(3),用于模拟飞机座舱的内部操纵环境以及飞行时的实时飞行状态和外部环境;
- [0011] 所述的脑电实验系统(4),用于脑电采集及预处理、飞行操作绩效记录以及脑力负荷及疲劳度测评。
- [0012] 所述脑电实验系统(4)包括:脑电采集子系统(41)、脑电数据显示记录子系统(42)和脑电数据显示记录子系统(42);
- [0013] 所述脑电采集子系统(41),用于脑电的采集及脑电数据的预处理,并将脑电数据传输给所述脑电数据显示记录子系统(42);
- [0014] 所述脑电数据显示记录子系统(42),用于脑电数据的曲线显示以及数据存储;
- [0015] 所述脑力负荷评定子系统(43),用于评定飞行员在执行飞行任务过程中和飞行试验后的脑力负荷程度。
- [0016] 所述脑电采集子系统(41)包括:高密度外贴式网状电极帽和脑电专用放大器,
- [0017] 所述高密度外贴式网状电极帽,用于连接人脑采集脑电信号,并将采集到的脑电信号传输给脑电专用放大器;
- [0018] 所述脑电专用放大器,用于对采集到的脑电信号进行放大并进行数字滤波,将得到的信号传输给脑电数据显示记录子系统(42)。
- [0019] 所述脑电数据显示记录子系统(42)的功能包括:
- [0020] 创建数据采集会话,用于数据采集软件创建并维护一个脑电采集记录会话,在该会话期间可以暂停或停止脑电记录;
- [0021] 结束数据采集会话,用于结束最近创建的数据采集会话;
- [0022] 同步数据采集时间,用于发送时间同步命令,并附带视景模拟子系统(32)的实时时间戳;
- [0023] 开始记录脑电,用于控制数据采集软件开始记录脑电;
- [0024] 结束记录脑电,用于控制数据采集软件停止记录脑电;
- [0025] 发送事件标记,用于向数据采集软件发送事件标记命令,并附带实时时间戳,数据采集软件根据时间戳将事件名称标记在脑电数据中。
- [0026] 所述脑力负荷评定子系统(43)包括:
- [0027] 脑电实验设计部分,用于设计不同脑力负荷状态的实验,使同一被试人员在不同时间段,相同的外部实验条件下,进行不同难度的模拟飞行任务;
- [0028] 模拟飞行任务设计部分,用于设计不同难度的模拟飞行任务,使被试人员在规定时间内完成飞机从起飞到降落的飞行过程。
- [0029] 实验数据预处理部分,用于脑电数据的预处理,包括脑电数据与刺激事件数据的融合、去除眼电、分段、滤波、基线调整、排除肌电伪迹、删除坏电极、平均叠加、保存和总平均;
- [0030] 实验结果分析部分,用于在完成原始数据处理的基础上,进行脑电信号功率谱分析、MMN和P3a结果分析以及主观评价结果分析。
- [0031] 所述脑电实验程序设计同时用于辅助实验人员流畅的完成实验流程,尽量避免在脑电采集过程中出现人为的干预。
- [0032] 所述脑电实验程序设计包括:

- [0033] 飞行任务指示部分,用于显示本次试验的任务流程信息,使被试人员按照指示操纵飞机飞行;
- [0034] 刺激事件呈现部分,用于被试人员根据不同的任务对仪表信息,HUD指示、声光刺激等作出按键响应;
- [0035] 飞行任务操作绩效记录部分,用于系统将操作绩效记录到数据库中;
- [0036] 脑力负荷主观评价部分,用于在实验结束后系统呈现NASA-TLX脑力负荷评价表,被试根据自身感受在该界面进行评价。
- [0037] 所述实验数据预处理部分包括:
- [0038] 数据融合处理,用于根据时间将刺激事件数据写入脑电数据中达到数据融合,方便后续脑电数据的分析;
- [0039] 减少眼电伪迹,用于减少眼电对脑电信号的影响,尽可能删除眼电伪迹;
- [0040] 脑电分段,用于以刺激事件发生为起点,对连续记录的脑电数据按照事件发生时段进行分段;
- [0041] 信号滤波,用于排除50Hz市电和其他频率信号伪迹的干扰;
- [0042] 基线校正,用于选择所有导联脑电数据进行线性平移;
- [0043] 排除伪迹,用于对波幅进行处理,针对一导或多导,将某一范围内的伪迹成分删除;
- [0044] 删除坏电极通道,用于在进入电极状态图后,根据电极的好坏进行通道的删除;
- [0045] 平均,用于对相同任务引起的刺激加以叠加;
- [0046] 保存,用于将生成的平均文件进行存盘;
- [0047] 总平均,用于采取批处理文件的方式对任务相同的数据进行平均处理。
- [0048] 所述实验结果分析部分包括:
- [0049] 脑电信号功率谱分析,用于对脑电信号进行功率谱分析,分析功率频谱图中不同波段的能量高低;
- [0050] MMN和P3a结果分析,用于提取高低脑力负荷下的MMN和P3a成分并分析MMN和P3a成分随脑力负荷的变化趋势;
- [0051] 主观评价结果分析,用于被试人员在静息态结束后和高低脑力负荷任务的每个环节完成后在NASA-TLX量表上做出主观评价。
- [0052] 此外,本发明尚有如下的方案:
- [0053] 所述模拟飞行仿真分析系统(2)包括:
- [0054] 主控台子系统(21),用于仿真实验目标的选择以及实验的初始化设置,并对飞行器的仿真模型以及飞行仿真参数进行加载和设置;
- [0055] 实时曲线显示子系统(22),用于绘制仿真系统参数关于时间的变化曲线以便于对系统参数的变化规律进行实时观测;
- [0056] 实时参数显示子系统(23),用于对仿真过程中的各系统参数进行实时显示;
- [0057] 数据存储子系统(24),用于仿真过程中数据的实时读取和存储,并在仿真结束后将数据压缩,生成用于数据库软件进行分析的数据包;
- [0058] 数据管理子系统(25),用于对平台参数信息进行统一管理,生成系统参数接口文件和用于数据库解析的模板文件,对数据存储子系统(24)生成的仿真实验数据包进行解

析,并生成相应的参数和曲线报表用于对仿真结果进行处理和分析。

[0059] 所述的仿真实验台硬件系统(1)包括多台液晶显示器,视景计算机(105),脚踏(106),多功能油门杆(107),方向操纵杆(108)和座椅(109);

[0060] 所述的模拟飞行仿真分析系统包括主控台计算机(1010),实时曲线显示计算机(1011),实时参数显示计算机(1012),数据存储管理计算机(1013);

[0061] 所述的模拟飞行驾驶系统包括模型解算计算机。

[0062] 所述的通用型模拟飞行仿真测评系统总体拓扑网络结构为:

[0063] 主控台计算机、实时曲线显示计算机、实时参数显示计算机、数据存储管理计算机与模型解算计算机均安装有反射内存卡,并且通过光纤连成一个环,实现环内计算机之间的实时通信;

[0064] 视景计算机通过交换机与主控台计算机以及模型解算计算机进行以太网通信;

[0065] 每台计算机的控制接口通过KVM交换机连接,只需使用一套设备就能实现对所有计算机的控制。

[0066] 所述主控台子系统(21)包括:

[0067] 初始化子模块(211),用于对实时光纤网环境中数据进行初始化及清零操作,并对实时光纤网工作状态进行手动测试;

[0068] 模型加载子模块(212),用于选择目标实验机型的飞行仿真模型,通过以太网将仿真模型下载到飞行模型解算子系统(31),以及对模型的运行和停止操作;

[0069] 视景通讯子模块(213),用于设置视景系统IP地址和端口号,通过UDP协议与视景模拟子系统(32)进行数据交换;

[0070] 信号发生器子模块(214),用于向反射内存中的一个或多个参数地址中写入激励信号;

[0071] 反射内存测试子模块(215),用于对反射内存中某一块地址进行读写操作,用于反射内存工作状态测试以及检查仿真参数接口文件是否正确设置。

[0072] 所述实时曲线显示子系统(22)包括:

[0073] 参数设置子模块(221),用于选择要绘制的参数和曲线显示方式;

[0074] 曲线绘制子模块(222),用于根据参数设置模块(221)中设置的参数项以及显示方式,绘制曲线;

[0075] 参数修改子模块(223),用于根据需求对绘制的曲线进行曲线数据来源选择,曲线的样式和颜色选择,曲线的动态添加、修改、删除、放大、缩小操作以及根据选定曲线显示对应参数值;

[0076] 参数数值显示子模块(224),用于选择仿真参数加入数值显示窗口,在该窗口中显示参数的名称、物理意义以及当前的数值。

[0077] 所述实时参数显示子系统(23)包括:

[0078] 参数建表子模块(231),用于解析参数接口XML配置文件,根据仿真系统参数所在的不同子系统建立对应的参数表格;

[0079] 参数显示子模块(232),用于读取实时网中的仿真系统参数,将每个子系统参数直观的显示在参数表格中;

[0080] 参数自定义显示子模块(233),用于根据需要选择特定的仿真系统参数添加到单

独立的自定义显示表格中。

[0081] 所述数据存储子系统(24)包括:

[0082] 中断响应子模块(241),用于监听实时网中的中断信号,在接收到中断信号后对实时网中的数据进行读写操作;

[0083] 数据读取子模块(242),用于解析参数接口XML配置文件,读取实时网中数据,根据不同的响应次数进行确定时长的数据存储;

[0084] 数据存储子模块(243),用于在实时读取数据的同时将仿真系统参数保存到数据包中,在仿真计算结束后对数据包压缩并存储在数据库计算机硬盘上。

[0085] 所述数据管理子系统(25)包括:

[0086] 仿真系统信息管理子模块(251),用于对平台参数信息进行统一管理,生成系统参数接口XML配置文件和用于数据库解析的模板文件;

[0087] 仿真结果处理和分析子模块(252),用于对数据存储子系统(24)生成的仿真实验数据包进行解析,并可调用Matlab生成相应的参数和曲线报表。

[0088] 所述仿真系统信息管理子模块(251)包括:

[0089] XML配置文件生成子模块(2511),用于生成统一参数接口文件,供模拟飞行仿真分析系统(1)内部各个子系统使用。

[0090] 所述模拟飞行驾驶系统(3)包括:

[0091] 飞行模型解算子系统(31),用于解算飞行动力学模型得到飞机的位置和姿态,将解算结果输入视景模拟子系统(32)来驱动飞机飞行;

[0092] 视景模拟子系统(32),用于对飞机的操作环境以及飞行状态进行实时仿真,并将视景显示在驾驶舱前方的显示器(101-103)上。

[0093] 本发明相对于现有技术的优点在于:

[0094] 1、本发明包括仿真实验台硬件系统、模拟飞行仿真分析系统、模拟飞行驾驶系统、脑电实验系统,这些系统之间通过反射内存网和以太网的交叉融合进行集成,保证了数据传输的实时性。

[0095] 2、本发明总体采用分布式设计,各子系统均为分布式模块化设计,实现了仿真实验管理、仿真参数监视以及仿真数据和脑电数据记录和分析的功能,除了主控台子系统外,每个子系统之间独立运行,互不影响,各个子系统之间没有命令间的相互控制,只有数据的读取与记录,所以该系统的通用型和扩展性都很强,能够适用于多种需要数据可视化、数据记录和分析的高速或低速场合。

[0096] 3、本系统将脑电与视景系统相结合来研究仿真飞行过程中飞行员的脑电变化,很好的利用了脑电能够直接反应大脑状态的特点,并且脑电被认为是测量脑力负荷的最优生理指标。因此该系统不仅为研究飞行员在飞行过程中的生理变化提供了一种地面环境,也为优化飞机座舱人体设计、提高人机界面交互效率提供重要的理论依据。

附图说明

[0097] 图1为本发明的整个系统各模块组成示意图;

[0098] 图2为本发明的仿真试验台硬件系统结构示意图;

[0099] 图3为本发明的系统总体拓扑网络结构示意图;

- [0100] 图4为本发明的主控台子系统工作流程示意图；
[0101] 图5为本发明的实时曲线显示子系统工作流程示意图；
[0102] 图6为本发明的实时参数显示子系统工作流程示意图；
[0103] 图7为本发明的数据存储子系统工作流程示意图；
[0104] 图8为本发明的数据管理子系统工作流程示意图；
[0105] 图9为本发明的系统通信设计工作流程示意图；
[0106] 图10为本发明的XML配置文件生成子模块工作流程示意图；
[0107] 图11为本发明的XML配置文件解析子模块工作流程示意图。

具体实施方式

[0108] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0109] 为利用飞行模拟器来研究飞机驾驶过程中飞行员的脑力负荷及脑力疲劳等问题，从而为优化飞机座舱人体设计、提高人机界面交互效率提供理论支撑，本发明提供了一种基于脑电的通用型模拟飞行仿真测评系统。该系统除了能够进行飞行模拟，还能测量飞行员在模拟飞行过程中的脑电变化，为研究飞机座舱环境对飞行员产生的脑力负荷以及疲劳度提供平台支持。

[0110] 根据本发明的一个实施例的一种基于脑电的通用型模拟飞行仿真测评系统，见图1：

[0111] 仿真实验台硬件系统1；模拟飞行仿真分析系统2；模拟飞行驾驶系统3；脑电实验系统4。

[0112] 其中，模拟飞行仿真分析系统2包括主控台子系统21，实时曲线显示子系统22，实时参数显示子系统23，数据存储子系统24以及数据管理子系统25；模拟飞行驾驶系统3包括飞行模型解算子系统31，视景模拟子系统32；脑电实验系统4包括脑电采集子系统41，脑电数据显示记录子系统42。

[0113] 其中，模拟飞行仿真分析系统2；模拟飞行驾驶系统3；脑电实验系统4均内置于仿真实验台硬件系统1中。

[0114] 其中，如图2所示，仿真实验台硬件系统1包括多台液晶显示器101-104，视景计算机105，脚踏106，多功能油门杆107，方向操纵杆108，可调节座椅109，主控台计算机1010，实时曲线显示计算机1011，实时参数显示计算机1012，数据存储、数据管理计算机1013，脑电数据显示记录计算机1014，脑电专用放大器1015，电压转换插座1016，交换机1017。多台液晶显示器101-104包括三台用于显示视景的液晶显示器101-103以及实现单独仪表表面板显示的液晶显示器104。

[0115] 如图3所示，系统总体拓扑网络结构主要由模拟飞行仿真分析系统2、模型解算计算机搭载的飞行模型解算子系统31、视景计算机搭载的视景模拟子系统32以及脑电采集记录系统搭载的脑电实验系统4组成。其中，模拟飞行仿真分析系统2所用计算机与模型解算计算机均安装有反射内存卡，并且通过光纤连成一个环，实现环内计算机之间的实时通信。视景计算机通过交换机与模拟飞行仿真分析系统2的主控台计算机以及模型解算计算机进行以太网通信，脑电采集记录系统通过交换机与视景计算机进行以太网通信。KVM交换机连接每台计算机的鼠标与键盘接口，使实验人员只需使用一套键盘鼠标设备就能控制不同计

算机。该系统总体上采用多台计算机的分布式设计,相对于目前的单机或双机系统,本系统功能更加强大,可操作性更高,扩展更加方便,修改某个系统的部分功能组件不影响其他子系统的正常使用和运行。

[0116] 如图4所示,根据本发明的一个实施例的主控台子系统21包括初始化子模块211、模型加载子模块212、视景通讯子模块213、信号发生器子模块214、反射内存测试子模块215。初始化子模块211用于对实时网环境中数据进行初始化及清零操作,对实时网工作状态进行手动测试;模型加载子模块212用于选择目标实验机型的飞行仿真模型,通过以太网将仿真模型下载到飞行模型解算子系统31,以及对模型的运行和停止操作;视景通讯子模块213,用于设置视景系统IP地址和端口号,通过UDP协议与视景模拟子系统32进行数据交换;信号发生器子模块214用于向反射内存中的一个或多个参数地址中写入激励信号,如正弦信号、斜坡信号等,可以用来对实时曲线显示子系统22进行通信测试;反射内存测试子模块215用于对反射内存中某一块地址进行读写操作,用于反射内存工作状态测试以及检查仿真参数接口文件是否正确设置。主控台子系统21是整个仿真分析系统的重要组成部分,主要负责仿真实验目标的选择以及实验的初始化设置,并对飞行器的仿真模型以及飞行仿真参数进行加载和设置。同时,主控台子系统21还负责与视景模拟子系统32交换飞行视景参数以及刺激事件信息等数据包。该主控台子系统21在整个系统中起到中枢作用,能够在完成整个系统实时网数据初始化的同时与其他子系统进行数据交互,这样有利于系统的统一调度和管理。

[0117] 如图5所示,实时曲线显示子系统22包括参数设置子模块221、曲线绘制子模块222、参数修改子模块223、参数数值显示子模块224。参数设置子模块221用于选择要绘制的参数和曲线单轴显示或三轴显示;曲线绘制子模块222用于根据参数设置模块221中设置的参数项以及显示方式,在曲线框中绘制曲线;参数修改子模块223用于根据实验人员需求对绘制的曲线进行曲线数据来源选择,曲线的样式和颜色选择,曲线的动态添加、修改、删除、放大、缩小操作以及根据选定曲线显示对应参数值;参数数值显示子模块224用于选择仿真参数加入数值显示窗口,在该窗口中显示参数的名称、物理意义以及当前的数值。实时曲线显示子系统22主要用来将数据进行可视化,系统启动后,首先加载XML参数接口配置文件,读取文件中的变量数据后在参数设置子模块221中选择需要进行曲线显示的参数,并选择曲线的显示方式(单轴或三轴,然后曲线绘制子模块222会不断读取反射内存中的数据进行曲线绘制,在曲线绘制过程中,使用人员可以利用参数修改子模块223向曲线显示面板添加、删除曲线参数,并可设置曲线颜色、线型等样式。另外,参数数值显示子模块224可以显示一部分参数的数据,可以用来进行临时数据观测。该曲线显示系统相对于目前典型的曲线可视化系统功能更加完善以及人性化,不仅可以满足大部分数据的可视化要求,而且具有单轴、三轴显示方式可选,并且可以利用鼠标拖拽式的向曲线绘制框中动态的添加、删除曲线变量,针对重要的参数数据,还可以单独进行数值显示,以便更好的在线观察。

[0118] 如图6所示,实时参数显示子系统23包括参数建表子模块231、参数显示子模块232、参数自定义显示子模块233。参数建表子模块231用于解析参数接口XML配置文件,根据仿真系统参数所在的不同子系统建立对应的参数表格;参数显示子模块232用于读取实时网中的仿真系统参数,将每个子系统中的参数直观的显示在参数表格中;参数自定义显示子模块233用于根据需要选择特定的仿真系统参数添加到单独的自定义显示表格中,方便

查看。系统启动后,首先加载XML参数接口配置文件,然后参数建表子模块231解析XML,建立不同子系统的参数表格,参数显示子模块232将会不断读取反射内存中的数据,将其显示在相应表格中,而参数自定义显示子模块233允许用户根据需要选择特定的仿真系统参数添加到单独的自定义显示表格中。该参数显示系统的数据显示方式相对于普通的列表式数值显示具有更加清晰、直观的效果,通过将每个子系统传来的数据分别分页显示,使得每个子系统的参数可以独立翻页查看,并且每一个参数变量都会对应有序号,变量名称,数值显示,单位,数值上下限,备注信息,使观察人员能够快速、方便的从数据中得到想要的信息。

[0119] 如图7所示,数据存储子系统24包括中断响应子模块241、数据读取子模块242、数据存储子模块243。中断响应子模块241用于监听实时网中的中断信号,在接收到中断信号后对实时网中的数据进行读写操作;数据读取子模块242用于解析参数接口XML配置文件,读取实时网中数据,根据不同的响应次数进行确定时长的数据存储;数据存储子模块243用于在实时读取数据的同时将仿真系统参数保存到数据包中,在仿真计算结束后对数据包压缩并存储在数据库计算机硬盘上。系统启动后,首先会监听实时网中的中断信号,中断响应子模块241会等待中断信号,当接收到中断信号后,数据读取子模块242开始解析XML参数接口配置文件并从实时反射内存网中读取数据,然后数据存储子模块243将数据打包压缩存储在计算机硬盘上。该数据存储系统具有存储速度快、数据保存后自动压缩的优点,最快能够以1ms的速度存储数据并保证不丢包,并且存储周期可以设置,可以查看以往的存储记录并进行一些简单的删除、清空操作。

[0120] 如图8所示,数据管理子系统25包括仿真系统信息管理子模块251、仿真结果处理和分析子模块252。仿真系统信息管理子模块251用于对平台参数信息进行统一管理,生成系统参数接口XML配置文件和用于数据库解析的模板文件;仿真结果处理和分析子模块252用于对数据存储子系统24生成的仿真实验数据包进行解析,并可调用Matlab生成相应的参数和曲线报表。其中,仿真系统信息管理子模块251包括参数输入2501、参数修改2502、参数查询2503和配置文件输出2504功能。参数输入2501用于把包含所有参数的Excel文档或XML配置文件导入数据库中;参数修改2502用于根据实验人员的选择对仿真参数进行添加、修改、删除等操作;参数查询2503用于实验人员在操作过程中快速找到所需要的仿真参数的位置;配置文件输出2504用于将所有参数统一输出生成用于平台参数接口的XML配置文件,或选择部分变量生成用于数据库解析的模板文件。仿真结果处理和分析子模块252包括数据解析2505、动态建库模块2506、数据查询2507、曲线绘制2508、历史记录查看2509功能。数据解析2505用于选择需要的仿真实验数据包进行解析;动态建库模块2506用于在实验数据解析完成后,根据需要观测的参数选择数据库解析模板文件,建立参数报表;数据查询2507用于仿真结果分析,查询分为按子系统查询、按参数类型查询、按自定义选择的参数查询以及按时间段查询;曲线绘制2508用于选择需要的变量绘制其参数曲线;历史记录查看2509用于根据时间标签查看以往实验过程中保存的实验数据。该数据管理系统是基于开源数据库MySQL开发的,在具有上述功能模块的基础上,还具有扩展性强,软件交互设计人性化的特点,任何使用人员只需将自定义的数据表转换成正确格式的XML文件供系统读取即可,在读取XML中参数后,使用人员还可以选择任意有限个想要查看的变量生成一个数据模板,该系统就会根据该模板进行数据读取,最后通过数值显示或者调用Matlab将数值绘制成曲线,两者均可。

[0121] 如图9所示,整个系统的通信设计采用了基于反射内存网和以太网的两种方式。首先主控台子系统21、实时曲线显示子系统22、实时参数显示子系统23、数据存储子系统24、数据管理子系统25以及飞行模型解算子系统31均在反射内存网中,并且通过反射内存网可以实现实时数据通信。同时,主控台子系统21也处在以太网中,并且通过以太网与视景模拟子系统32进行数据交互,脑电数据显示记录子系统42则通过以太网与视景模拟子系统32进行数据交互。实验开始时,被试人员首先坐在可调节座椅109上,佩戴好脑电采集设备,利用主控台子系统21选择实验目标、初始化仿真时间和模拟飞行参数、打开与视景模拟子系统32的以太网通信端口,保持通信、启动飞行模型解算子系统31,飞行模型解算子系统31启动后会不断在反射内存网中写入飞行驱动数据,主控台子系统21读取飞行驱动数据后,通过以太网发送给视景模拟子系统32,然后被试人员通过推动多功能油门杆107进行加速,并关注多台液晶显示屏101-104上的飞机姿态、飞行环境以及飞行状态,通过操作方向操纵杆108保持飞机稳定起飞或飞行。在这一过程中,视景模拟子系统32中的飞机姿态信息、飞机状态信息会发送至主控台子系统21,同时,脑电刺激事件也会发送到主控台子系统21中,这些信息会被主控台子系统21统一写入反射内存网中,然后实时曲线显示子系统22和实时参数显示子系统23从反射内存网中不断读取数据进行显示,同时,数据存储子系统24也会不断读取反射内存网中的数据进行存储、压缩、打包,方便后面的数据管理子系统25进行数据查询、数据可视化。最后,脑电数据显示记录子系统42会专门记录并显示脑电信号波形。在开始进行模拟飞行后,数据交互的关键流程有:

[0122] 被试人员401通过控制操纵系统上的特定开关控制主控台子系统21向飞行模型解算子系统31发送“开始”命令,同时主控台子系统21将操纵量(飞行姿态、飞机状态写入反射内存网;

[0123] 飞行模型解算子系统31接收到“开始”命令后,运行特定机型的飞行动力学方程并将输出的仿真参数写入反射内存网;

[0124] 主控台子系统21读取反射内存中的飞行驱动数据(飞机的位置,姿态等,通过以太网发送到视景模拟子系统32;

[0125] 视景模拟子系统32接收仿真参数后,根据内部机场坐标对飞行驱动数据进行空间坐标转换,然后作用于飞机,使其正常飞行;

[0126] 视景模拟子系统32将脑电事件数据与实时时间戳打包通过以太网发送给主控台子系统21,最终通过反射内存网写入数据库。

[0127] 如图10-11所示,XML配置文件生成子模块2511用于生成统一参数接口文件,供模拟飞行仿真分析系统1内部各个子系统使用。XML配置文件解析子模块用于解析统一参数接口文件,即XML文件,同样供模拟飞行仿真分析系统1内部各个子系统使用。这两个子模块均是基于MSXML接口函数开发的生成XML与解析XML的软件工具,利用XML配置文件生成工具,可以方便快捷的按照仿真实验参数模型的需求生成新的XML配置文件,或者对已有的XML配置文件进行添加、修改和删除的工作。用户可以将修改好的XML配置文件分别拷贝到模拟飞行仿真分析系统1各个子系统软件的对应目录中,再通过软件中的XML配置文件解析工具对其进行解析,从而可以实现模拟飞行仿真分析系统1内部参数接口的统一。

[0128] 对于模拟飞行仿真分析系统1中的各个子系统,其在飞行仿真实验的过程中都需要根据解析XML配置文件获得的参数接口信息对实时反射内存网中的数据进行写入,读取

操作。其中,主控台子系统21将飞行仿真实验参数设置信息写入到实时反射内存网中;实时曲线显示子系统22根据实验人员的选择读取实时反射内存网中的参数信息并绘制该参数根据时间变化的动态曲线;实时参数显示子系统23读取实时网中的参数信息,按照XML配置文件的结构将仿真实验参数显示在屏幕上。数据存储子系统24读取实时反射内存网中的参数并将其按照数据库配置信息压缩存储到数据库分系统中。数据管理子系统25根据XML配置文件读取参数接口信息,利用“符号字典”程序建立模板,生成仿真参数的子集,从而根据模板参数读取压缩数据文件并在MySQL数据库中建立相应的数据表,便于进一步的数据处理工作。

[0129] 以下对本发明的脑电实验系统进行详细描述:所述的脑电实验系统4用于脑电采集及预处理、飞行操作绩效记录以及脑力负荷及疲劳度测评。

[0130] 脑电实验系统4包括:脑电采集子系统41、脑电数据显示记录子系统42和脑电数据显示记录子系统42;所述脑电采集子系统41,用于脑电的采集及脑电数据的预处理,并将脑电数据传输给所述脑电数据显示记录子系统42;脑电数据显示记录子系统42,用于脑电数据的曲线显示以及数据存储;脑力负荷评定子系统43,用于评定飞行员在执行飞行任务过程中和飞行试验后的脑力负荷程度。

[0131] 具体的,脑电采集子系统41包括:高密度外贴式网状电极帽和脑电专用放大器,用于连接人脑采集脑电信号,并将采集到的脑电信号传输给脑电专用放大器;脑电专用放大器,用于对采集到的脑电信号进行放大并进行数字滤波,将得到的信号传输给脑电数据显示记录子系统42。

[0132] 脑电数据显示记录子系统42的功能包括:(1)创建数据采集会话,用于数据采集软件创建并维护一个脑电采集记录会话,在该会话期间可以暂停或停止脑电记录;(2)结束数据采集会话,用于结束最近创建的数据采集会话;(3)同步数据采集时间,用于发送时间同步命令,并附带视景模拟子系统32的实时时间戳;(4)开始记录脑电,用于控制数据采集软件开始记录脑电;(5)结束记录脑电,用于控制数据采集软件停止记录脑电;(6)发送事件标记,用于向数据采集软件发送事件标记命令,并附带实时时间戳,数据采集软件根据时间戳将事件名称标记在脑电数据中。

[0133] 脑力负荷评定子系统43包括脑电实验设计部分,用于设计高低脑力负荷状态的实验,使同一被试人员在不同时间段,相同的外部实验条件下,进行不同难度的模拟飞行任务;模拟飞行任务设计部分,用于设计不同难度的模拟飞行任务,使被试人员在规定时间内完成飞机从起飞到降落的飞行过程。

[0134] 实验数据预处理部分用于脑电数据的预处理,包括脑电数据与刺激事件数据的融合、去除眼电、分段、滤波、基线调整、排除肌电伪迹、删除坏电极、平均叠加、保存和总平均;

[0135] 实验结果分析部分,用于在完成原始数据处理的基础上,进行脑电信号功率谱分析、MMN和P3a结果分析以及主观评价结果分析。

[0136] 脑电实验程序设计同时用于辅助实验人员流畅的完成实验流程,尽量避免在脑电采集过程中出现人为的干预。所述脑电实验程序设计包括:(1)飞行任务指示部分,用于显示本次试验的任务流程信息,使被试人员按照指示操纵飞机飞行;(2)刺激事件呈现部分,用于被试人员根据不同的任务对仪表信息,HUD指示、声光刺激等做出按键响应;(3)飞行任务操作绩效记录部分,用于系统将操作绩效记录到数据库中;(4)脑力负荷主观评价部分,

用于在实验结束后系统呈现NASA-TLX脑力负荷评价表,被试根据自身感受在该界面进行评价。

[0137] 实验数据预处理部分包括:(1)数据融合处理,用于根据时间将刺激事件数据写入脑电数据中达到数据融合,方便后续脑电数据的分析;(2)减少眼电伪迹,用于减少眼电对脑电信号的影响,尽可能删除眼电伪迹;脑电分段,用于以刺激事件发生为起点,对连续记录的脑电数据按照事件发生时段进行分段;(3)信号滤波,用于排除50Hz市电和其他频率信号伪迹的干扰;(4)基线校正,用于选择所有导联脑电数据进行线性平移;(5)排除伪迹,用于对波幅进行处理,针对一导或多导,将某一范围内的伪迹成分删除;(6)删除坏电极通道,用于在进入电极状态图后,根据电极的好坏进行通道的删除;(7)平均,用于对相同任务引起的刺激加以叠加;(8)保存,用于将生成的平均文件进行存盘;(9)总平均,用于采取批处理文件的方式对任务相同的数据进行平均处理。

[0138] 实验结果分析部分包括:(1)脑电信号功率谱分析,用于对脑电信号进行功率谱分析,分析功率频谱图中不同波段的能量高低;(2)MMN和P3a结果分析,用于提取高低脑力负荷下的MMN和P3a成分并分析MMN和P3a成分随脑力负荷的变化趋势;(3)主观评价结果分析,用于被试人员在静息态结束后和高低脑力负荷任务的每个环节完成后在NASA-TLX量表上做出主观评价。

[0139] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

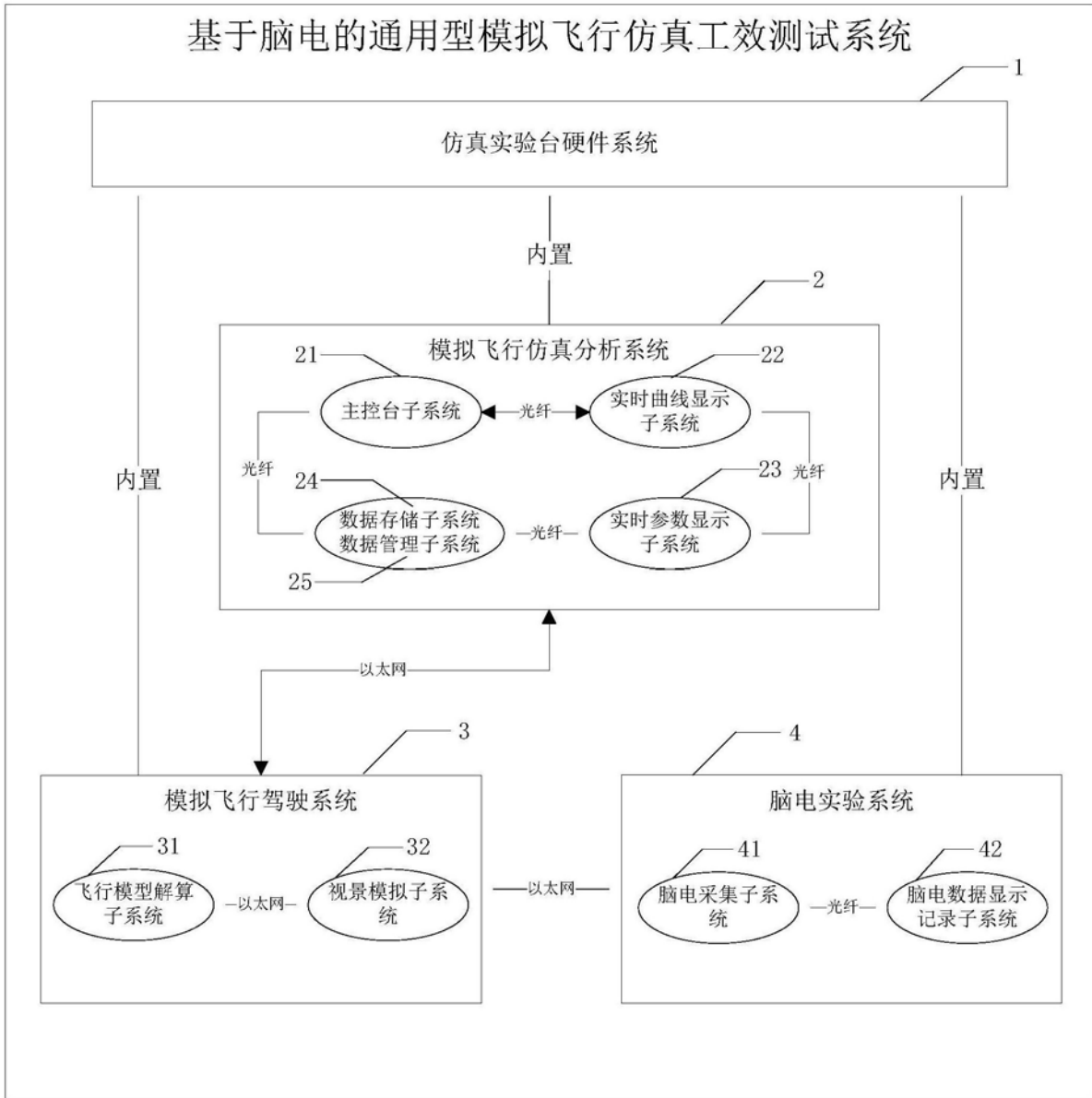


图1

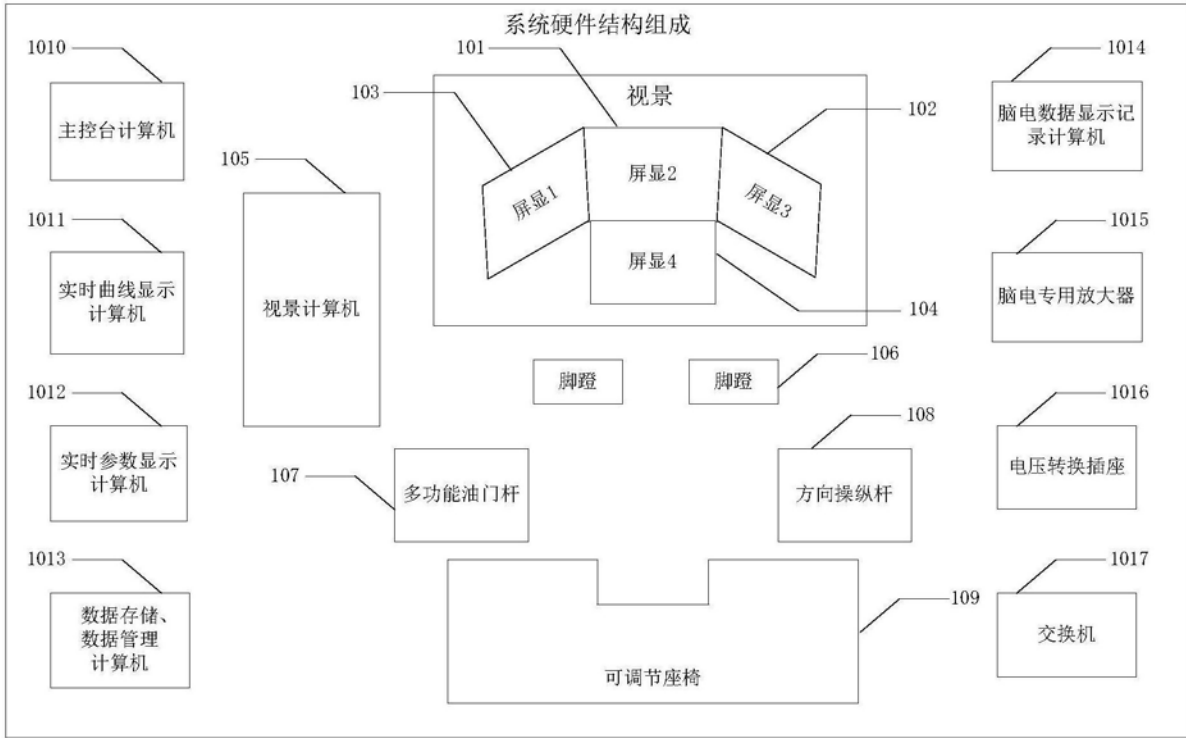


图2

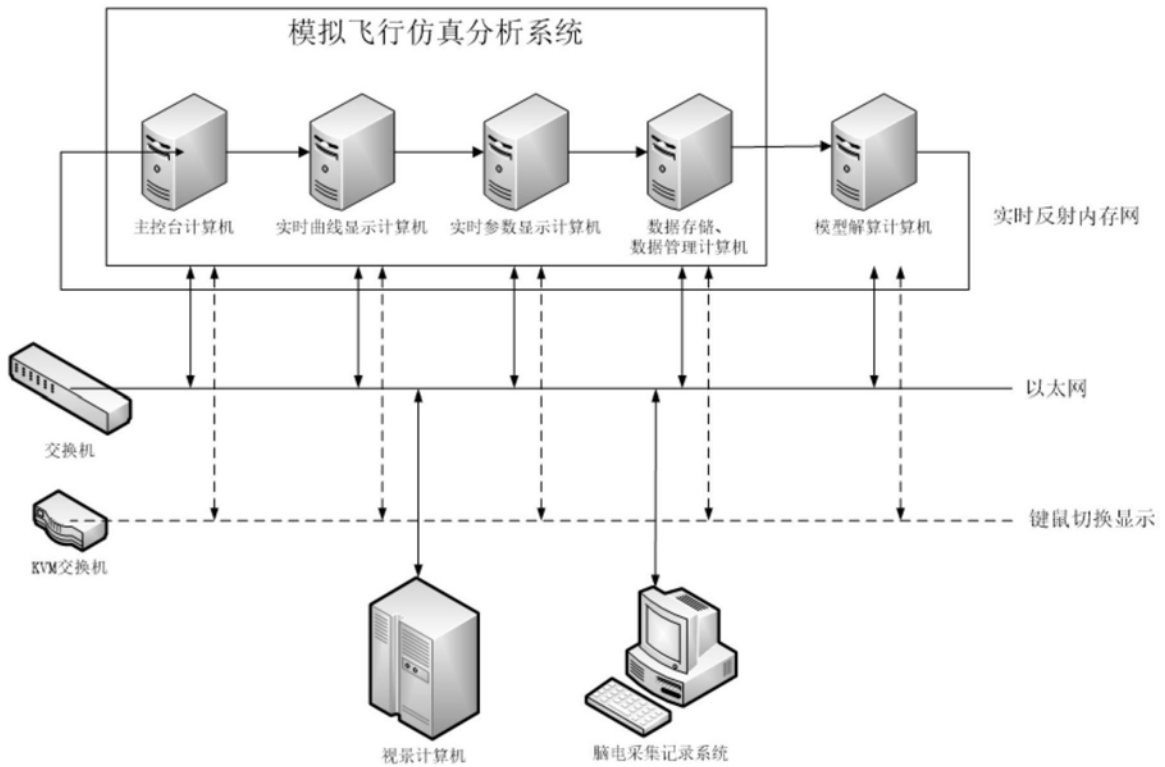


图3

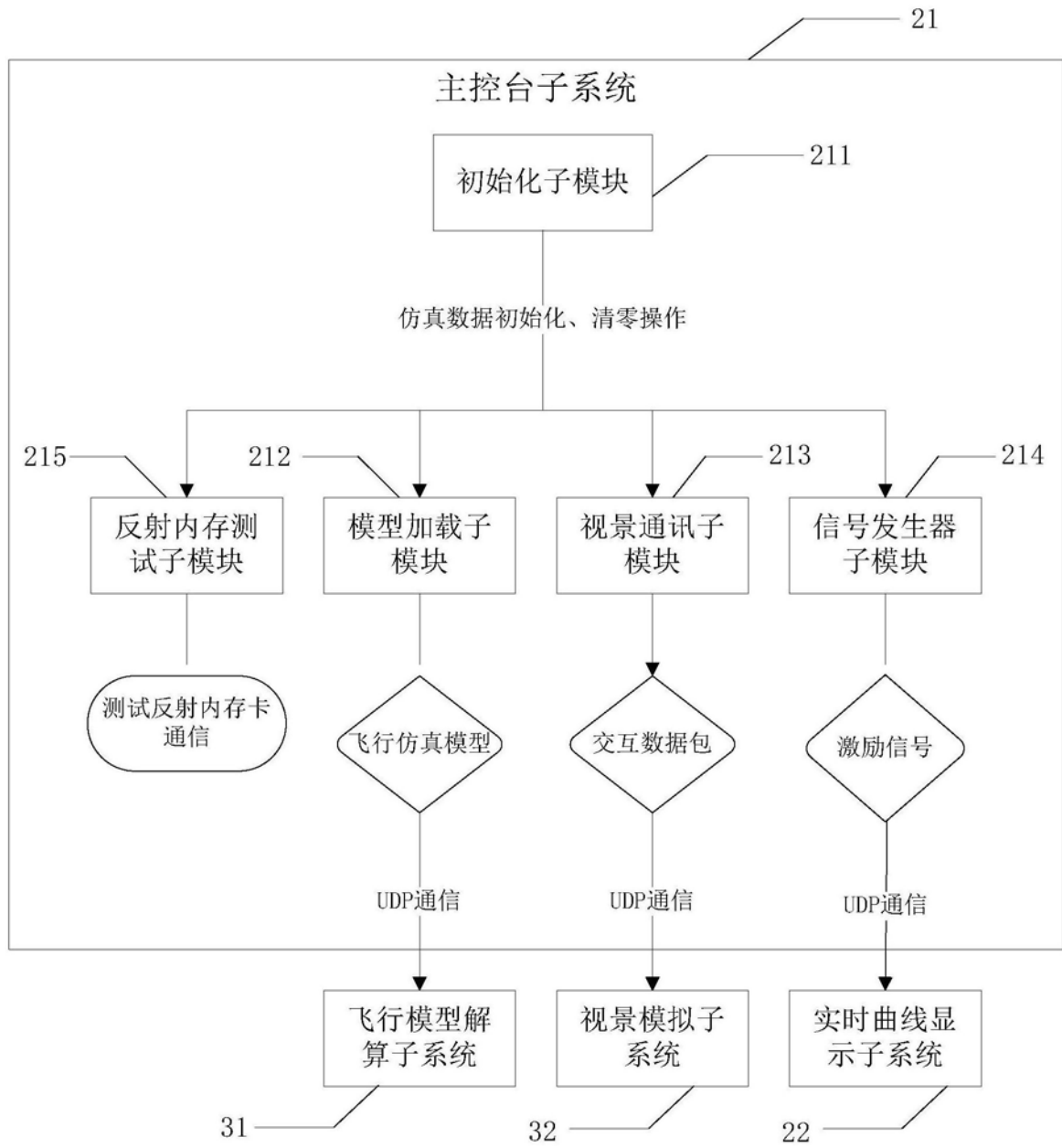


图4

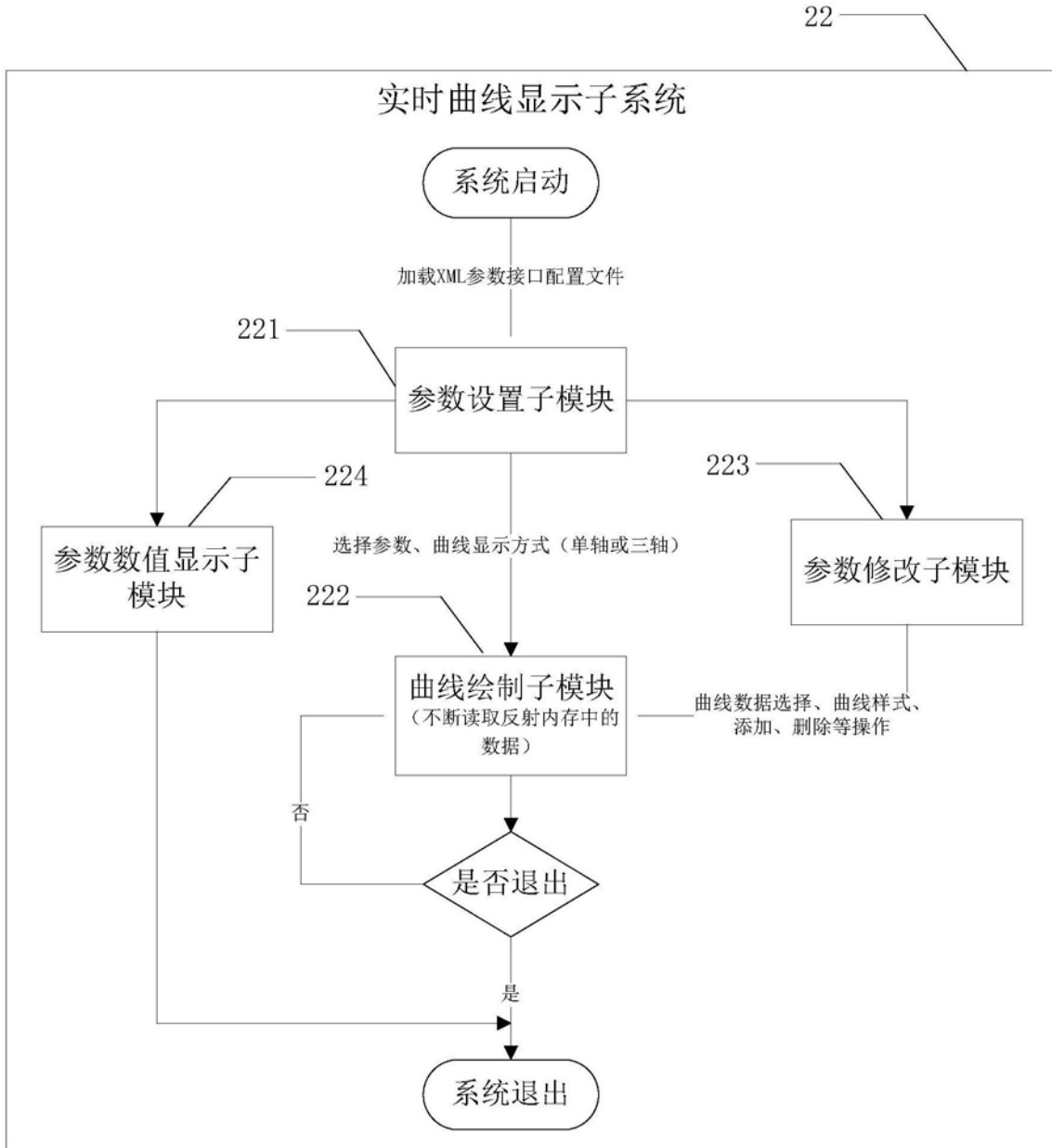


图5

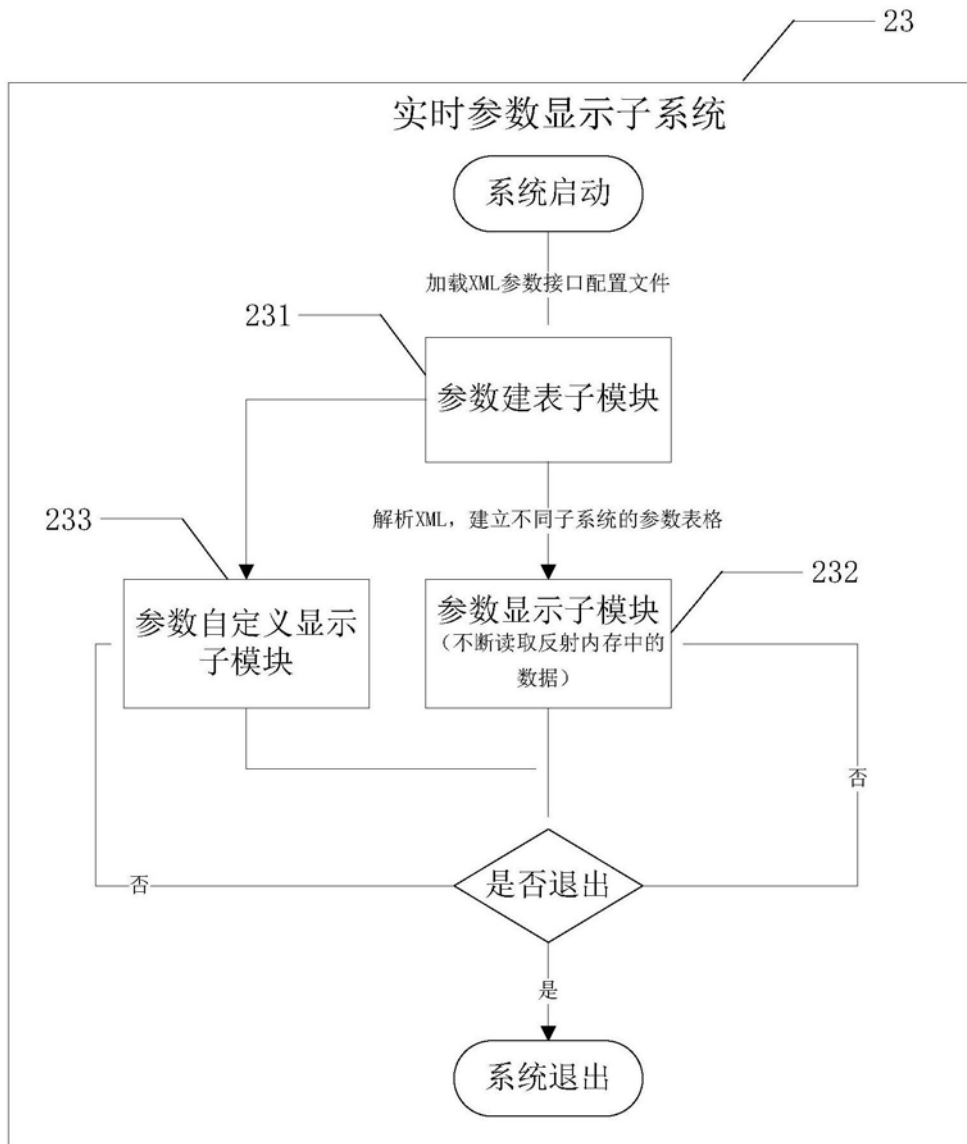


图6

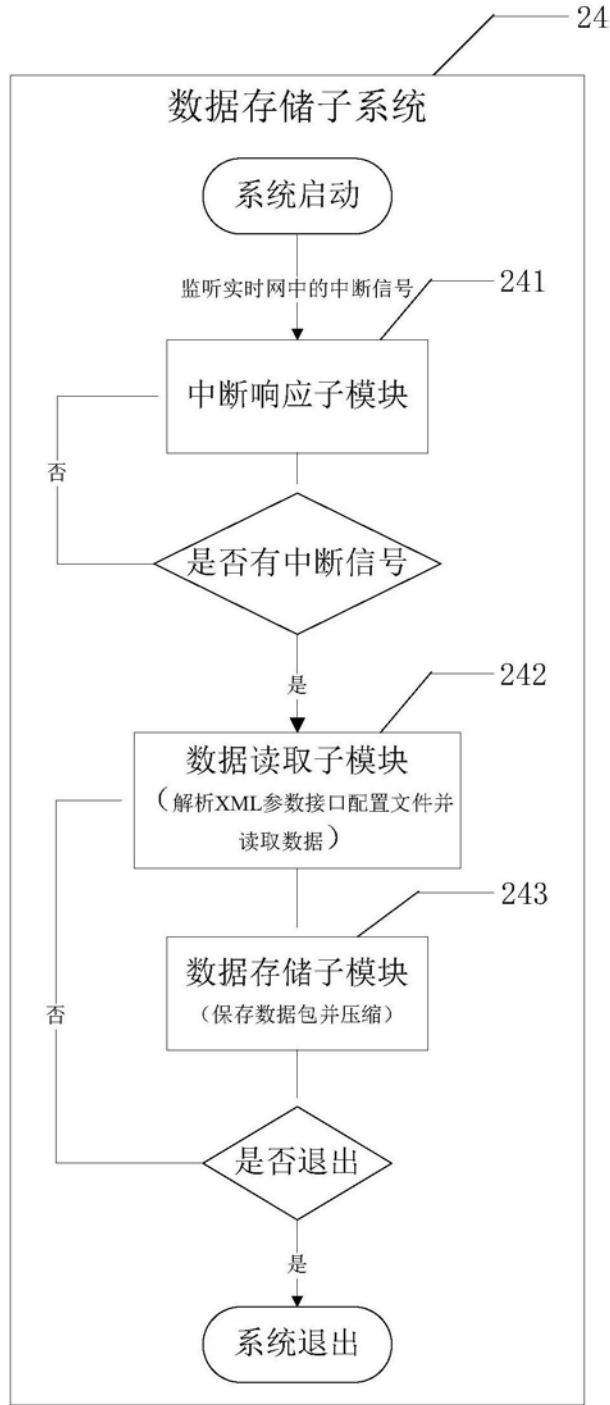


图7

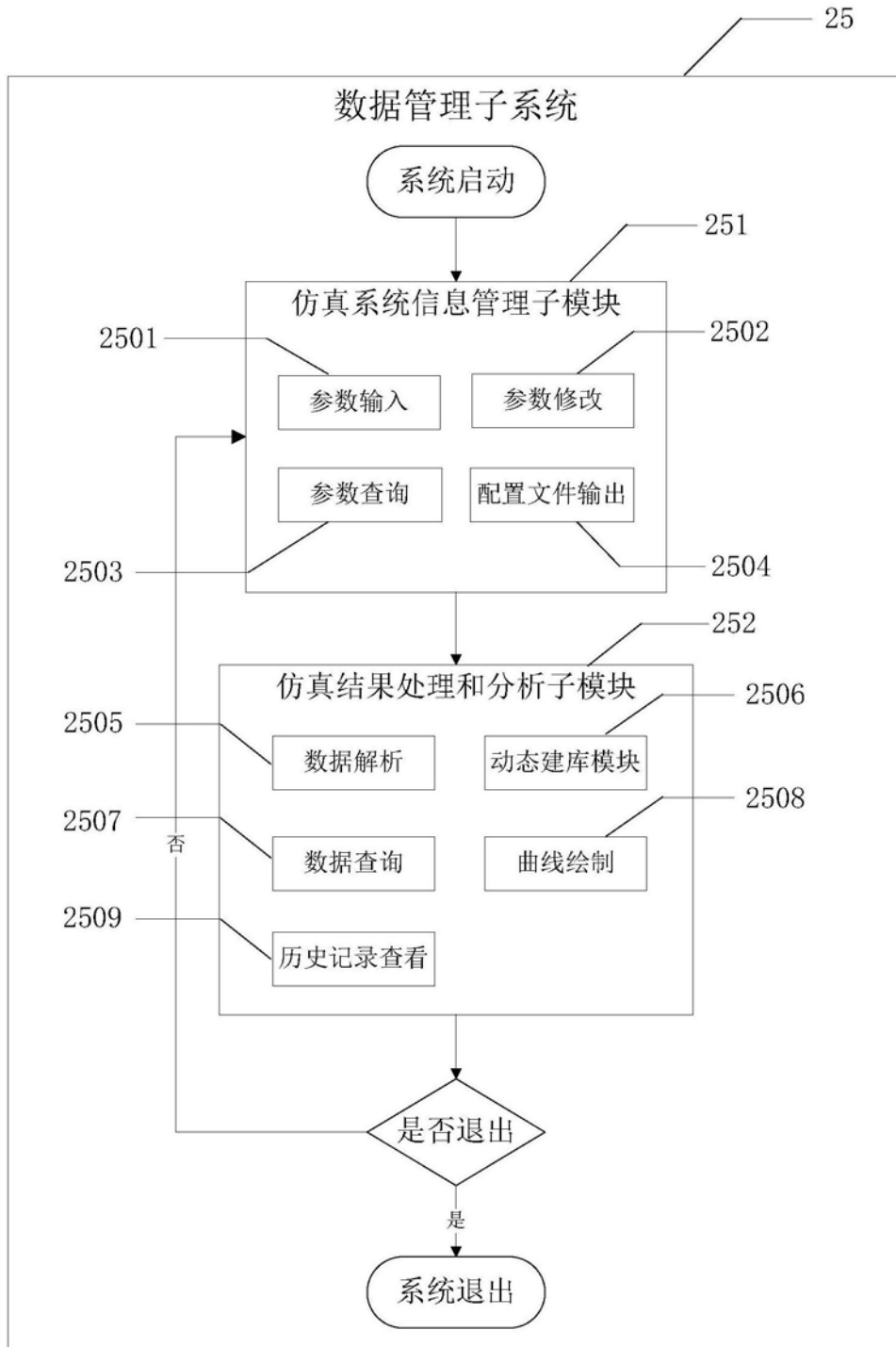


图8

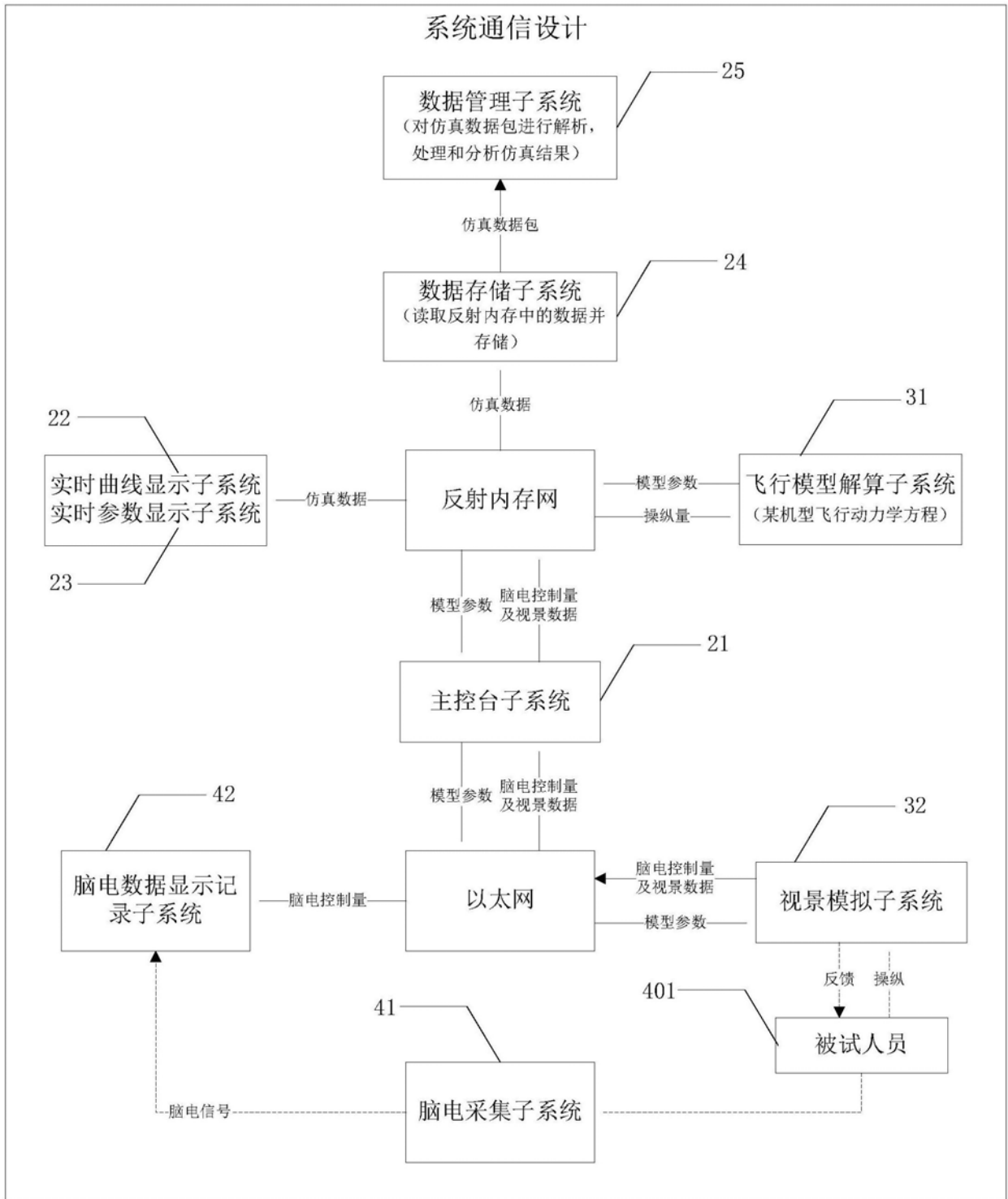


图9

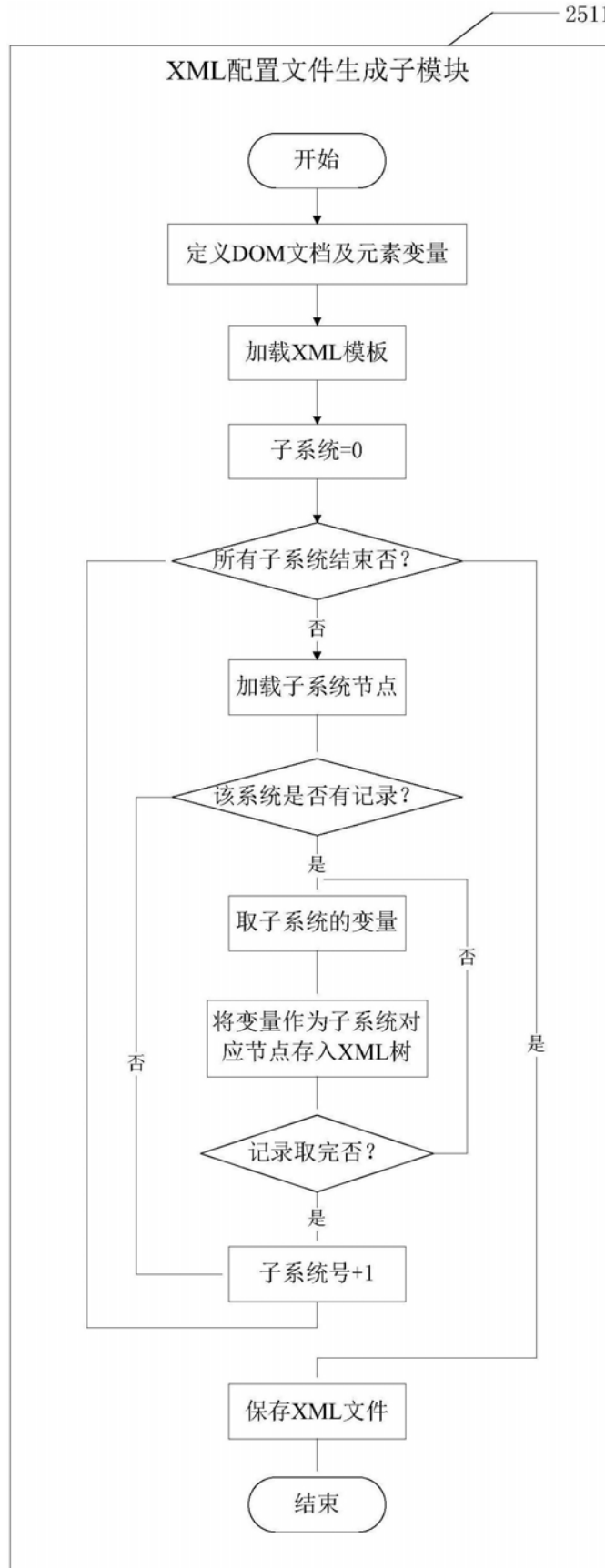


图10

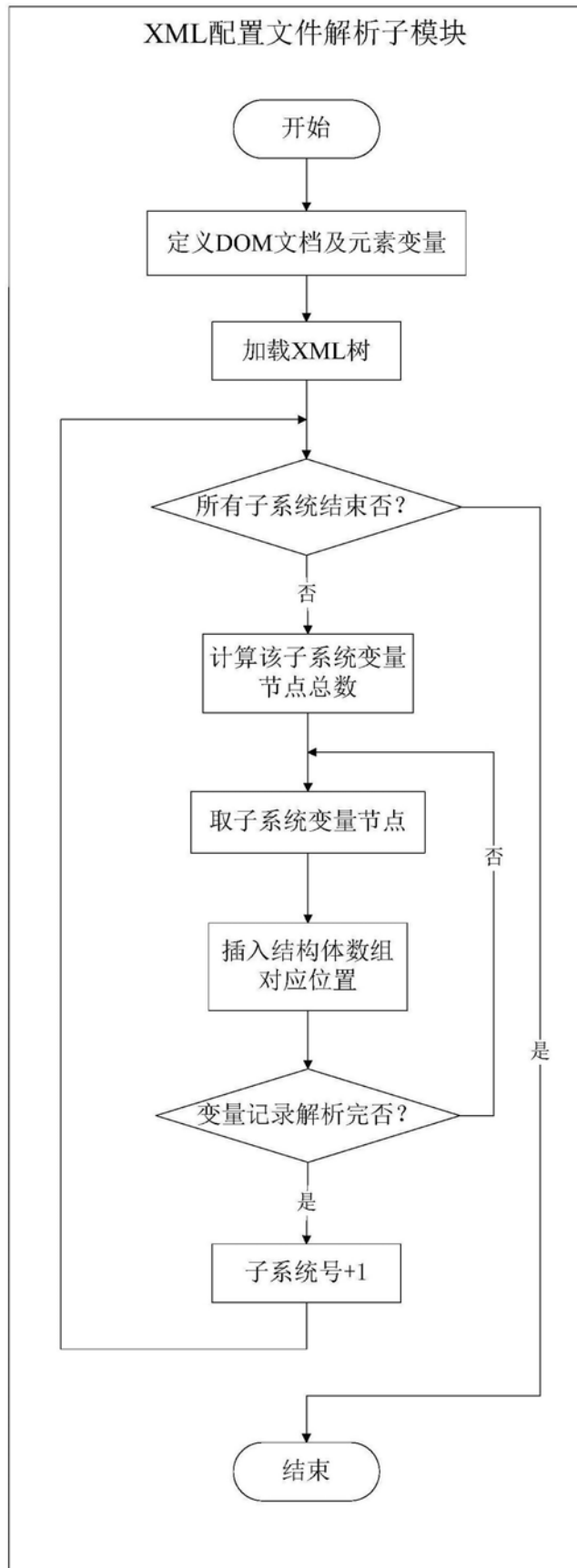


图11

专利名称(译)	一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统		
公开(公告)号	CN107644566A	公开(公告)日	2018-01-30
申请号	CN2017110707208.0	申请日	2017-08-17
[标]申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
当前申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
[标]发明人	刘涛 张冀聪 张康宁 白永超 罗煜		
发明人	刘涛 张冀聪 张康宁 白永超 罗煜		
IPC分类号	G09B9/08 A61B5/0476 A61B5/18 A61B5/00		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于脑电的模拟飞行器的脑电测评系统，该系统包括模拟飞行仿真分析系统、模拟飞行驾驶系统以及脑电实验系统。本发明以研究飞行员驾驶体验为目的，运用脑电技术和飞行仿真技术，搭建了一套融合脑电系统的模拟飞行驾驶平台。被试人员通过操作模拟飞行驾驶系统并收到来自系统的反馈后产生一系列脑电信号，经脑电实验系统采集、显示并记录，模拟飞行仿真分析系统对模拟飞行驾驶系统产生的脑电事件数据以及实时时间戳进行处理并存储。飞行试验结束后让被试人员对每个任务进行脑力负荷评价，结合脑电数据从而对操作人员的脑力负荷进行分析。该系统平台为研究飞行员脑力负荷、脑力疲劳等问题提供了良好的实验和训练平台。

