



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103784119 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201410035754. 0

(22) 申请日 2014. 01. 24

(73) 专利权人 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 庄达民 卫宗敏 张欢

(74) 专利代理机构 北京金恒联合知识产权代理
事务所 11324

代理人 李强

(51) Int. Cl.
A61B 5/00(2006. 01)

审查员 王兆雨

权利要求书2页 说明书4页 附图7页

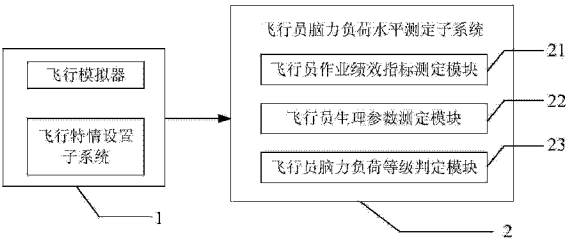
(54) 发明名称

基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统

(57) 摘要

本发明提供了一种基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统,包括:飞行特情设置子系统(1),用于对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置;飞行员脑力负荷水平测定子系统(2),用于测定该飞行特情下飞行员脑力负荷的等级。其包括三个模块,分别是飞行员作业绩效指标测定模块、飞行员生理参数测定模块和飞行员脑力负荷等级判定模块。其中飞行员作业绩效指标测定模块,用于记录和分析飞行作业过程中飞行员对于异常信息的正确操作率和反应时间;飞行员生理参数测定模块,用于记录和分析飞行作业过程中飞行员生理参数(心率变异性指标 SDNN)的变化情况;飞行员脑力负荷等级判定模块,用于判断飞行员的脑力负荷水平。

一种基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统



1. 飞行员脑力负荷测定系统,其特征在于包括:

飞行特情设置子系统 (1),用于对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置;

飞行员脑力负荷水平测定子系统 (2),用于测定该飞行特情下飞行员脑力负荷的等级;

其中,飞行特情设置子系统 (1) 包括:

飞行异常信息的类别设置模块,用于设置异常信息的呈现类别;

飞行异常信息的呈现时间设置模块,用于设置每种异常信息的呈现时间;

飞行异常信息的间隔时间设置模块,用于设置每种异常信息的间隔时间,

其中,飞行员脑力负荷水平测定子系统 (2) 包括:

飞行员作业绩效指标测定模块 (21),用于记录和分析飞行作业过程中飞行员对于异常信息的正确操作率和反应时间;

飞行员生理参数测定模块 (22),用于记录和分析飞行作业过程中飞行员生理参数的变化情况,所述飞行员生理参数包括飞行员心率变异性指标;

飞行员脑力负荷等级判定模块 (23),用于对当前飞行特情下飞行员脑力负荷的等级进行对比判定,并给出飞行员脑力负荷等级测定结果,

其中,飞行员脑力负荷等级判定模块 (23) 包括进行如下处理的模块:

将飞行员作业绩效指标测定模块 (21) 和飞行员生理参数测定模块 (22) 获得的飞行员作业绩效指标测定结果 (213) 和飞行员生理参数测定结果 (223) 分别代入以下的在大量飞行模拟实验数据基础上基于 Fisher 判别方法所建立的飞行员脑力负荷等级判别方程中:

$$Y_1 = 615.003x_1 + 595.087x_2 + 0.757x_3 - 548.323 \quad (F1)$$

$$Y_2 = 586.868x_1 + 646.651x_2 + 0.796x_3 - 569.847 \quad (F2)$$

$$Y_3 = 568.408x_1 + 662.124x_2 + 0.806x_3 - 571.629 \quad (F3)$$

式中, Y_1, Y_2, Y_3 分别为低、中、高脑力负荷水平的判别函数值; x_1 为对飞行异常信息操作的正确率; x_2 为对异常信息的反应时间; x_3 为心率变异性指标的数值;

根据 x_1, x_2 和 x_3 的数值分别进行计算并比较 Y_1, Y_2, Y_3 的值,

若 Y_1 的值最大,则判断其脑力负荷水平为低,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平较好;

若 Y_2 的值最大,则判断其脑力负荷水平为中,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平较差;

若 Y_3 的值最大,则判断其脑力负荷水平为高,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平很差。

2. 根据权利要求 1 的飞行员脑力负荷测定系统,其特征在于所述异常信息的呈现类别包括:发动机状态、航向角、空速、气压高度、俯仰角、滚转角、方向舵状态、副翼位置、起落架状态。

3. 飞行员脑力负荷测定方法,其特征在于包括:

飞行特情设置子步骤,用于对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置;

飞行员脑力负荷水平测定子步骤,用于测定该飞行特情下飞行员脑力负荷的等级,

其中,飞行特情设置子步骤包括:

飞行异常信息的类别设置步骤,用于设置异常信息的呈现类别;

飞行异常信息的呈现时间设置步骤,用于设置每种异常信息的呈现时间;

飞行异常信息的间隔时间设置步骤,用于设置每种异常信息的间隔时间,

其中,飞行员脑力负荷水平测定子步骤包括:

飞行员作业绩效指标测定步骤,用于记录和分析飞行作业过程中飞行员对于异常信息的正确操作率和反应时间;

使用飞行员生理参数测定步骤,用于记录和分析飞行作业过程中飞行员生理参数的变化情况,所述飞行员生理参数包括飞行员心率变异性指标;

飞行员脑力负荷等级判定步骤,用于对当前飞行特情下飞行员脑力负荷的等级进行对比判定,并给出飞行员脑力负荷等级测定结果,

其中,飞行员脑力负荷等级判定步骤包括:

将飞行员作业绩效指标测定步骤和飞行员生理参数测定步骤获得的飞行员作业绩效指标测定结果 (213) 和飞行员生理参数测定结果 (223) 分别代入以下的在大量飞行模拟实验数据基础上基于 Fisher 判别方法所建立的飞行员脑力负荷等级判别方程中:

$$Y_1 = 615.003x_1 + 595.087x_2 + 0.757x_3 - 548.323 \quad (F1)$$

$$Y_2 = 586.868x_1 + 646.651x_2 + 0.796x_3 - 569.847 \quad (F2)$$

$$Y_3 = 568.408x_1 + 662.124x_2 + 0.806x_3 - 571.629 \quad (F3)$$

式中, Y_1, Y_2, Y_3 分别为低、中、高脑力负荷水平的判别函数值; x_1 为对飞行异常信息操作的正确率; x_2 为对异常信息的反应时间; x_3 为心率变异性指标的数值;

根据 x_1, x_2 和 x_3 的数值分别进行计算并比较 Y_1, Y_2, Y_3 的值,

若 Y_1 的值最大,则判断其脑力负荷水平为低,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平较好;

若 Y_2 的值最大,则判断其脑力负荷水平为中,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平较差;

若 Y_3 的值最大,则判断其脑力负荷水平为高,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平很差。

4. 根据权利要求 3 的飞行员脑力负荷测定方法,其特征在于所述异常信息的呈现类别包括:发动机状态、航向角、空速、气压高度、俯仰角、滚转角、方向舵状态、副翼位置、起落架状态。

基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种飞行员脑力负荷的测定系统,可测定基于飞行模拟器飞行员进行飞行特情处置时脑力负荷水平,进而测定飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计的合理性。

背景技术

[0002] 随着飞行自动化程度的提高,飞行员在飞机驾驶舱人机交互系统中的主要职能已从以手工操纵者为主转变为以飞机运行状态的监控者为主,这一角色的转变使得飞行员的脑力负荷大大加重。尤其是当出现飞行特情需要处置时,飞行员所面临的信息加工要求异常严格,往往需要在极短的时间内处理大量飞行信息并迅速作出应对决策,从而容易出现脑力负荷较高,甚至超载的情况,进而严重影响到飞机驾驶舱人机交互系统的工作效率、可靠性以及飞行员自身的生理心理健康。因此,脑力负荷已成为飞机驾驶舱人机交互系统的重要评价指标之一。

[0003] 在传统的脑力负荷测定方法中,应用最为广泛的是 NASA_TLX 量表主观评价方法。NASA_TLX 量表主观评价方法需要在飞行试验之后才能进行,这给早期飞机驾驶舱人机交互系统设计的测定工作带来困难,一旦发现问题,必须对系统进行重新设计,再次试飞后开展 NASA_TLX 量表主观评价,这一现象必将造成人力、财力和物力的极大浪费和消耗。此外, NASA_TLX 量表主观评价方法中由于个体间差异较大,评定结果容易混淆。基于上述情况,设计出一套飞行员脑力负荷实时客观测定系统,能够在出现不同飞行特情任务时对飞机驾驶舱人机交互系统施加给飞行员的脑力负荷进行实时客观测定,并依据 Fisher 判别法给出脑力负荷等级判别结果,使得测定结果更加科学,从而指导飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务的设计。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面,提供了一种基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统,其包括:飞行特情设置子系统,用于对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置;飞行员脑力负荷水平测定子系统,用于测定该飞行特情下飞行员脑力负荷的等级。

[0005] 根据本发明的一个进一步的方面,所述飞行员脑力负荷水平测定子系统包括飞行员作业绩效指标测定模块、飞行员生理参数测定模块和飞行员脑力负荷等级判定模块。其中飞行员作业绩效指标测定模块,用于记录和分析飞行作业过程中飞行员对于异常信息的正确操作率和反应时间;飞行员生理参数测定模块,用于记录和分析飞行作业过程中飞行员生理参数(心率变异性指标 SDNN)的变化情况;飞行员脑力负荷等级判定模块,用于判断飞行员的脑力负荷水平。

[0006] 根据本发明的另一个方面,提供了一种飞行员脑力负荷测定方法,其特征在于包括:飞行特情设置子步骤,用于对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置;飞行员脑力负荷水平测定子步骤,用于测定该飞行特情下飞行员脑力负荷的等级。

[0007] 本发明的优点包括：

[0008] (1) 提供一种飞行特情设置子系统,在整个飞行模拟器上外接一个飞行特情设置子系统,可以模拟飞机驾驶舱在不同飞行特情条件下的飞行异常信息的呈现数量、呈现时间和间隔时间。

[0009] (2) 提供一种飞行员脑力负荷测定系统,借助飞行特情设置子系统装置,在进行简单的设置后就能够对飞机驾驶舱人机交互系统在不同飞行特情下的脑力负荷进行客观测定。

[0010] (3) 提供一种飞行员脑力负荷等级的客观判别方法,只需输入飞行员作业绩效指标和飞行员生理参数等客观指标,便可直接判断出飞行员的脑力负荷等级。

[0011] (4) 与传统的飞机驾驶舱人机交互系统设计相比,采用本发明能够在飞机驾驶舱人机交互系统设计的初期阶段早发现存在的设计上的不足并进行相应的改进,从而减少人力、财力和物力的浪费和消耗,缩短设计研发周期,降低设计成本,并直接指导飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务的设计。

附图说明

[0012] 图 1 为根据本发明的一个实施例的飞行员脑力负荷测定系统的总结构图。

[0013] 图 2 为根据本发明的一个实施例的飞行特情设置系统的界面布置图。

[0014] 图 3 为根据本发明的一个实施例的飞行员脑力负荷测定系统工作总流程图。

[0015] 图 4A- 图 4B 为根据本发明的一个实施例的飞行员脑力负荷测定子系统内的飞行员作业绩效指标测定模块和飞行员生理参数测定模块的工作流程图。

[0016] 图 5 为根据本发明的一个实施例的飞行员脑力负荷等级判定模块的工作流程图。

[0017] 图 6A- 图 6C 为根据本发明的一个实施例的飞行员脑力负荷测定界面示例图。

具体实施方式

[0018] 如图 1 所示,根据本发明的一个实施例的飞行员脑力负荷测定系统包括飞行特情设置子系统(1)和飞行员脑力负荷水平测定子系统(2)两个模块。其中飞行员脑力负荷水平测定子系统(2)包括飞行员作业绩效指标测定模块(21)、飞行员生理参数测定模块(22)和飞行员脑力负荷等级判定模块(23)。

[0019] 如图 2 所示,根据本发明的一个实施例的飞行特情设置子系统(1)包括：

[0020] 飞行异常信息的类别设置模块,用于设置异常信息的呈现类别,在图 2 所示的实施例中可以选择设置异常信息的类别范围为 0-9 种,这些异常信息包括：发动机状态、航向角、空速、气压高度、俯仰角、滚转角、方向舵状态、副翼位置、起落架状态共 9 种仪表信息；

[0021] 飞行异常信息的呈现时间设置模块,用于设置每种异常信息的呈现时间,单位为“秒”；

[0022] 飞行异常信息的间隔时间设置模块,用于设置每种异常信息的间隔时间,单位为“秒”。

[0023] 在如图 3 所示的飞行员脑力负荷测定系统实施例中,首先使用飞行特情设置子系统(1)对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置；再使用飞行员脑力负荷水平测定子系统(2)中的飞行员作业绩效指标测定模块(21)记录和分析飞行作业过程中飞行员对于异常信

息的正确操作率和反应时间,使用飞行员生理参数测定模块(22)记录和分析飞行作业过程中飞行员生理参数(心率变异性指标 SDNN)的变化情况,使用飞行员脑力负荷等级判定模块(23)对当前飞行特情下飞行员脑力负荷的等级进行对比判定,最终给出飞行员脑力负荷等级测定结果。

[0024] 如图 4A 至图 4B 所示,在完成飞行特情设置子系统(1)对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置后,采用飞行员作业绩效指标测定模块(21)记录和分析飞行作业过程中飞行员对于异常信息的正确操作率和反应时间;其中正确操作率为:对异常信息的正确响应次数与异常信息总次数的比值,保留两位小数;反应时间为:从异常信息出现到飞行员正确响应的的时间,单位为“秒”,保留两位小数;首先进行飞行员作业绩效指标测量(211),然后通过计算机编程分别计算正确率和反应时间(212),获得飞行员作业绩效指标测定结果(213)。同时,采用飞行员生理参数测定模块(22)记录和分析飞行作业过程中飞行员生理参数的变化情况,首先使用心电测试仪进行飞行员生理参数测量(221),其中生理参数为心率变异性指标 SDNN 的数值,SDNN 数值为无量纲数值,保留两位小数,然后通过计算机编程计算平均 SDNN (222),获得飞行员生理参数测定结果(223)。

[0025] 如图 5 所示,是根据本发明的一个实施例的飞行员脑力负荷等级判定模块(23)的工作过程。其工作流程为在完成了飞行员作业绩效指标测定模块(21)和飞行员生理参数测定模块(22)中的测定任务后,将获得的飞行员作业绩效指标测定结果(213)和飞行员生理参数测定结果(223)分别代入以下的 3 个方程中,这 3 个方程为在大量飞行模拟实验数据基础上基于 Fisher 判别方法所建立的飞行员脑力负荷等级判别方程。

$$[0026] \quad Y_1 = 615.003x_1 + 595.087x_2 + 0.757x_3 - 548.323 \quad (F1)$$

$$[0027] \quad Y_2 = 586.868x_1 + 646.651x_2 + 0.796x_3 - 569.847 \quad (F2)$$

$$[0028] \quad Y_3 = 568.408x_1 + 662.124x_2 + 0.806x_3 - 571.629 \quad (F3)$$

[0029] 式中, Y_1, Y_2, Y_3 分别为低、中、高脑力负荷水平的判别函数值; x_1 为对飞行异常信息操作的正确率; x_2 为对异常信息的反应时间; x_3 为心率变异性指标 SDNN 数值。根据 x_1, x_2 和 x_3 的数值分别进行计算并比较 Y_1, Y_2, Y_3 的值,若 Y_1 的值最大,则判断其脑力负荷水平为低,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平较好;若 Y_2 的值最大,则判断其脑力负荷水平为中,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平较差;若 Y_3 的值最大,则判断其脑力负荷水平为高,飞机驾驶舱人机交互系统脑力任务设计水平很差。最终根据上述等级判定标准进行判断,输出测定结果。测定结果的呈现方式为图像和文档格式,可进行相应的输出和保存操作。

[0030] 如图 6A 至图 6C 所示,为根据本发明的实施例的一个具体实例中,飞行员脑力负荷测定系统的用户界面示意图。系统进入飞行员脑力负荷测定系统后,其主界面如图 6-A 所示。该界面包含三个按钮,分别是“使用说明”按钮,“开始测定”按钮,“退出系统”按钮。用户进入该界面后首先点击“使用说明”按钮,进入使用说明界面,如图 6-B 所示。用户阅读该系统的使用说明,从而了解如何使用该系统进行飞行员脑力负荷测定。待阅读完毕使用说明之后,点击“关闭”按钮,返回主界面。当进行测定时,用户点击“开始测定”按钮,进入测定系统界面,如图 6-C 所示。在输入部分,用户只需输入飞行员进行飞行模拟后采集的作业绩效指标测定结果(包括正确率和反应时间)、以及生理参数测定结果(SDNN 值)。在输出部分,系统将根据输入自动给出相应的判别函数值,并判断出最大的函数值。在结果部分,

系统自动给出该函数值所对应的脑力负荷等级,最终给出飞机驾驶舱人机交互系统设计水平的测定结果。当完成既定的测定任务时,点击“退出系统”按钮,从而退出系统,完成测定任务。

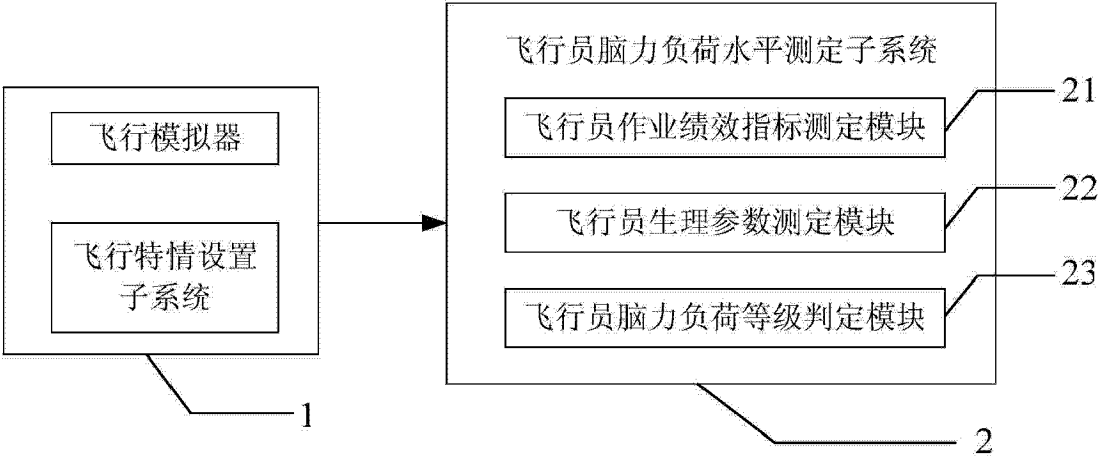


图 1

请输入飞行员信息

姓名

性别

男

女

年龄

请选择实验条件

设置异常信息的类别

方向舵

航向角

起落架

空速

俯仰角

气压高度

副翼位置

滚转角

发动机

设置异常信息呈现时间

设置异常信息间隔时间

确定

取消

图 2

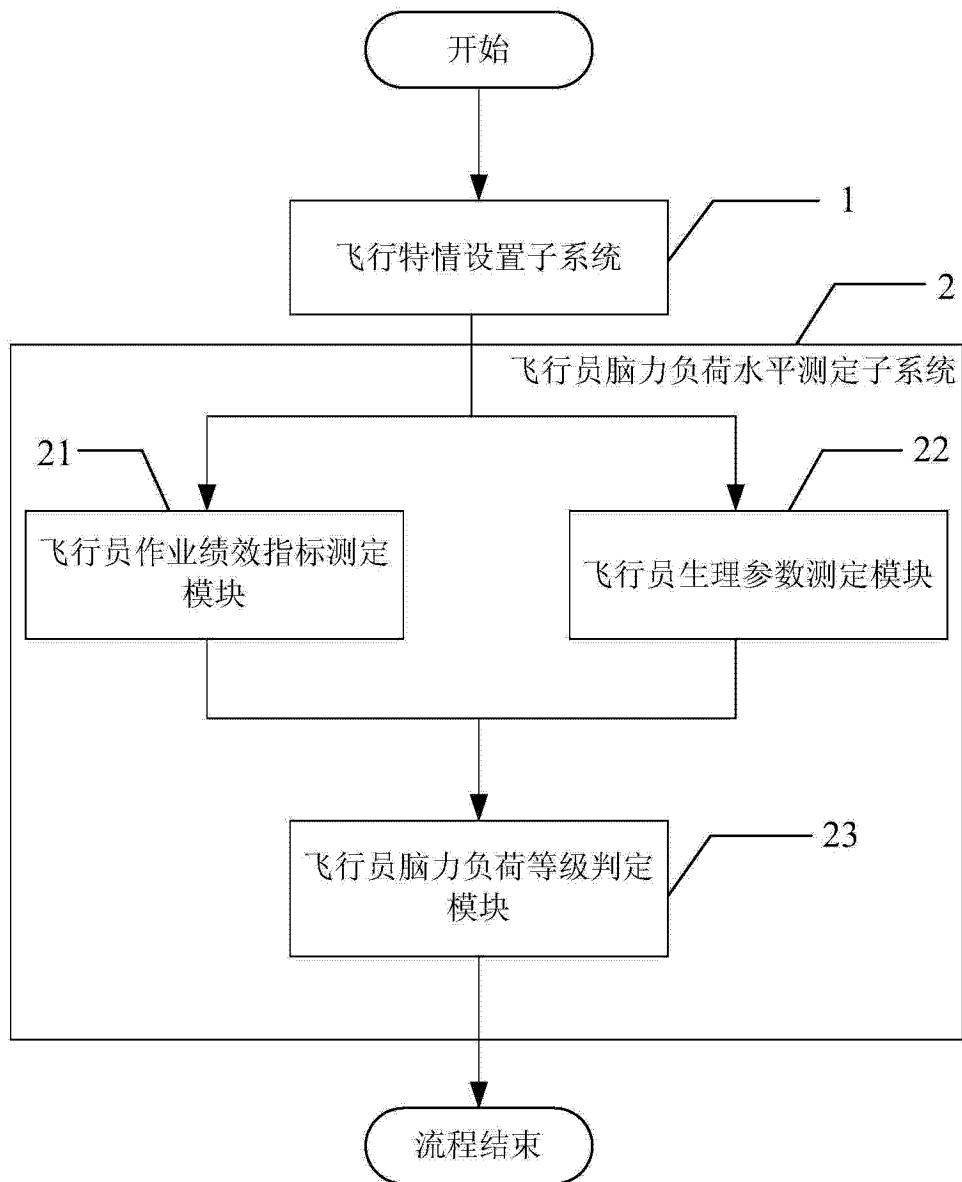


图 3

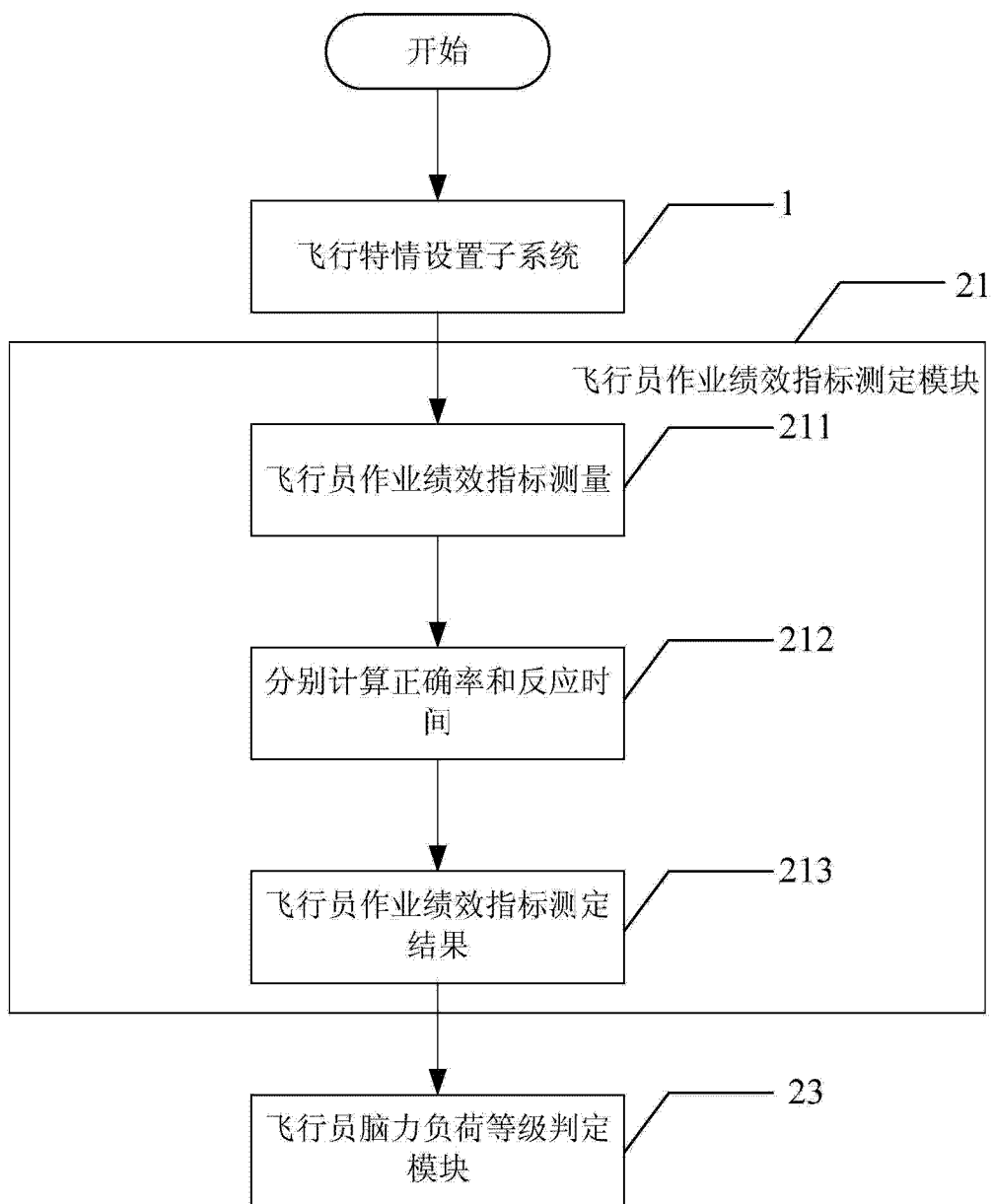


图 4A

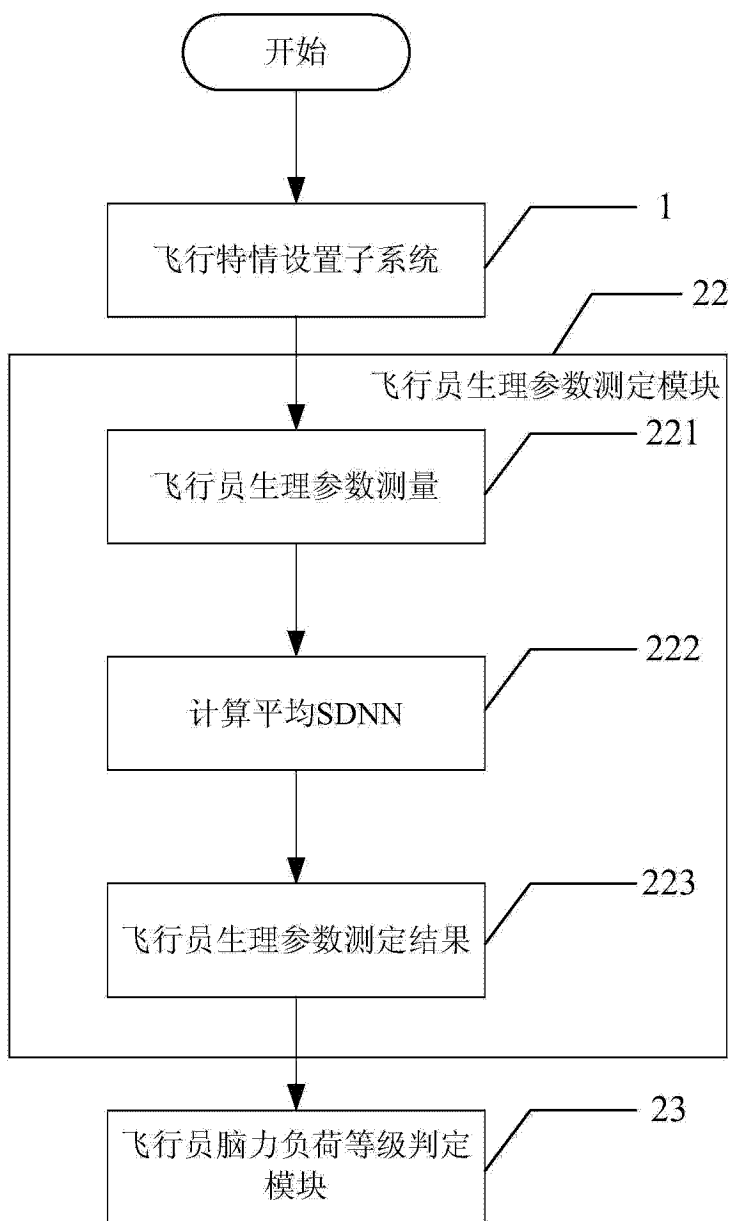


图 4B

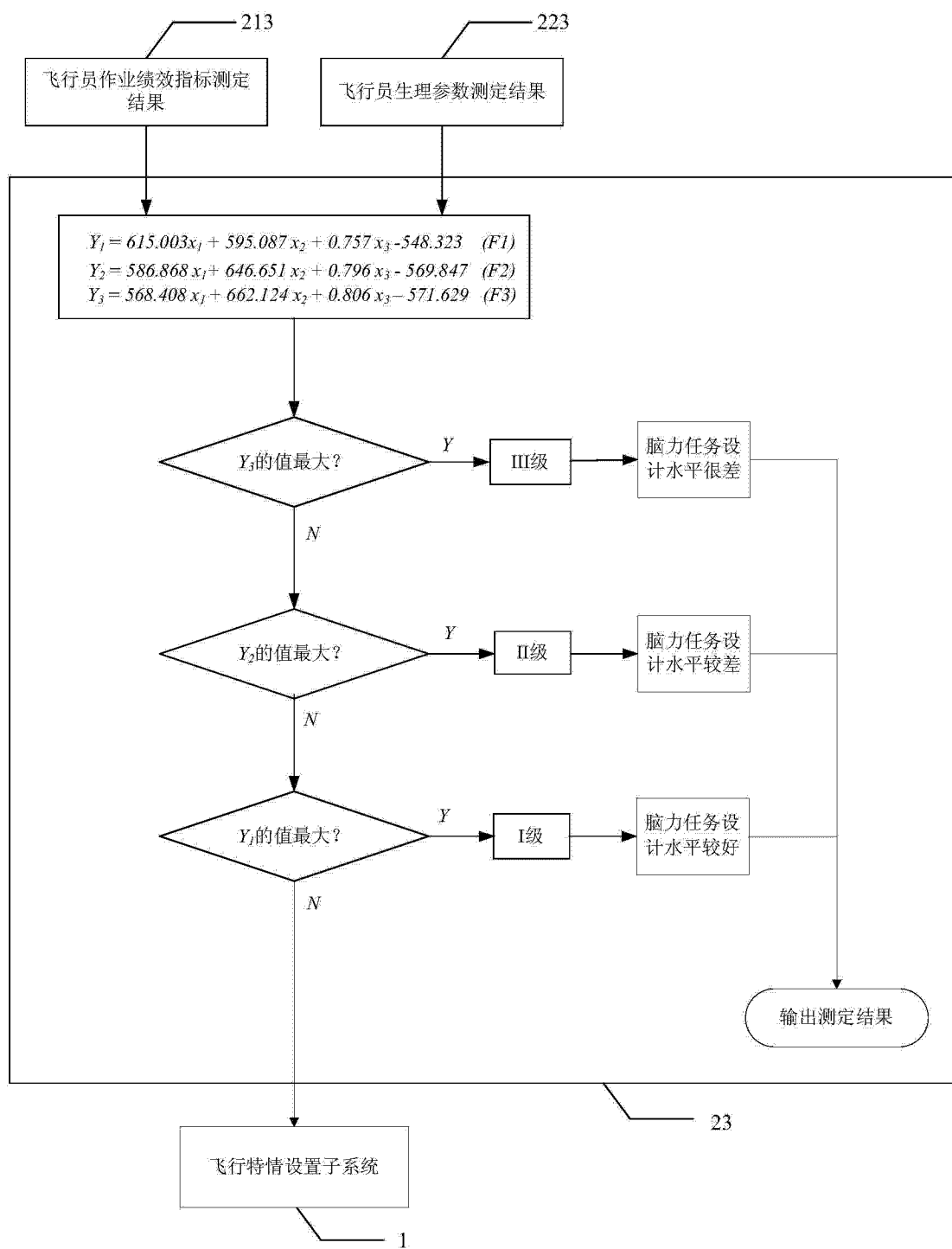


图 5

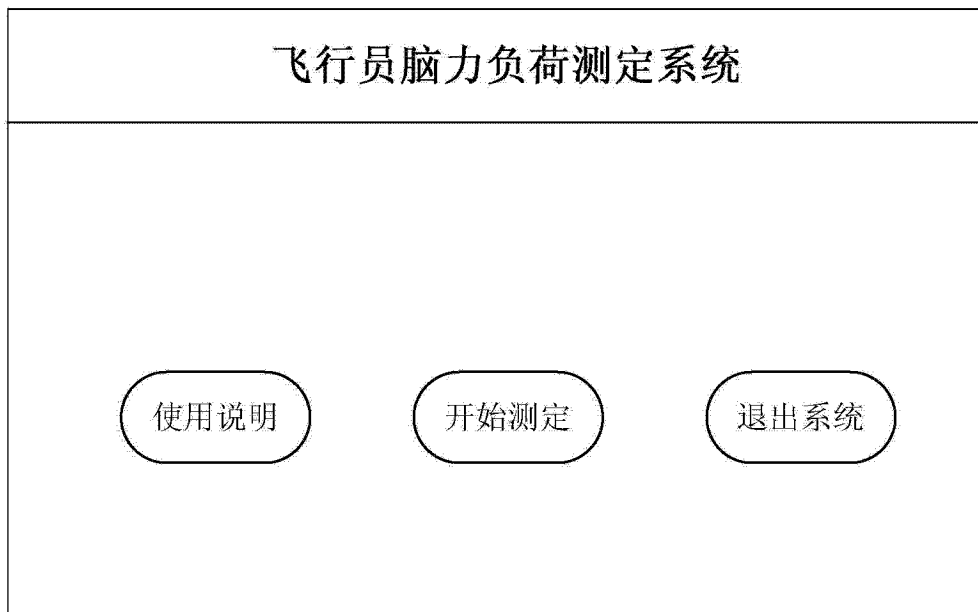


图 6A

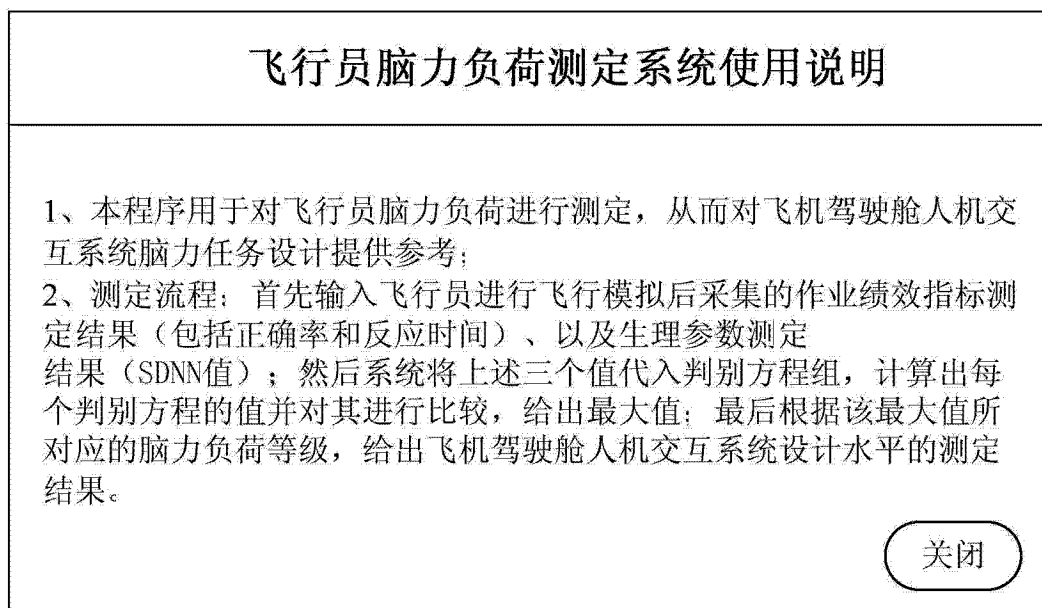


图 6B

飞行员脑力负荷测定系统			
输入	SDNN值		正确率 反应时间
输出	Y ₁		Y ₂ Y ₃
	最大值	Y<sub>1</sub>	
结果	负荷等级	I	
	测定结果	脑力任务设计水平较好	
保存图像保存结果导出数据关闭软件			

图 6C

专利名称(译)	基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统		
公开(公告)号	CN103784119B	公开(公告)日	2015-07-08
申请号	CN201410035754.0	申请日	2014-01-24
[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	庄达民 卫宗敏 张欢		
发明人	庄达民 卫宗敏 张欢		
IPC分类号	A61B5/00		
代理人(译)	李强		
其他公开文献	CN103784119A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统，包括：飞行特情设置子系统（1），用于对飞行过程中驾驶舱异常信息进行设置；飞行员脑力负荷水平测定子系统（2），用于测定该飞行特情下飞行员脑力负荷的等级。其包括三个模块，分别是飞行员作业绩效指标测定模块、飞行员生理参数测定模块和飞行员脑力负荷等级判定模块。其中飞行员作业绩效指标测定模块，用于记录和分析飞行作业过程中飞行员对于异常信息的正确操作率和反应时间；飞行员生理参数测定模块，用于记录和分析飞行作业过程中飞行员生理参数（心率变异性指标SDNN）的变化情况；飞行员脑力负荷等级判定模块，用于判断飞行员的脑力负荷水平。

一种基于飞行模拟器的飞行员脑力负荷测定系统

