



(21) 申请号 202010386373.2

(22) 申请日 2020.05.09

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111580552 A

(43) 申请公布日 2020.08.25

(73) 专利权人 陕西飞机工业(集团)有限公司
地址 723213 陕西省汉中市34信箱

(72) 发明人 周中盼 贾自立 冯书君 宁亚锋
徐坚 何巧云 王卫东 谷计划
回小晶 陈海龙

(74) 专利代理机构 贵州国防工业专利中心
52001
专利代理师 陆斌

(51) Int. Cl.
G05D 1/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104484717 A, 2015.04.01
US 9589473 B1, 2017.03.07
CN 102854888 A, 2013.01.02
CN 108469832 A, 2018.08.31
CN 105652879 A, 2016.06.08
CN 105425818 A, 2016.03.23
CN 110243359 A, 2019.09.17
CN 102654772 A, 2012.09.05
FR 2334942 A1, 1977.07.08

刘鹤鸣;黄长强;董志;李佑军;赖志平.无人
作战飞机自主攻击三维实时轨迹规划研究.电光
与控制.2013, (06), 全文.

审查员 苏进

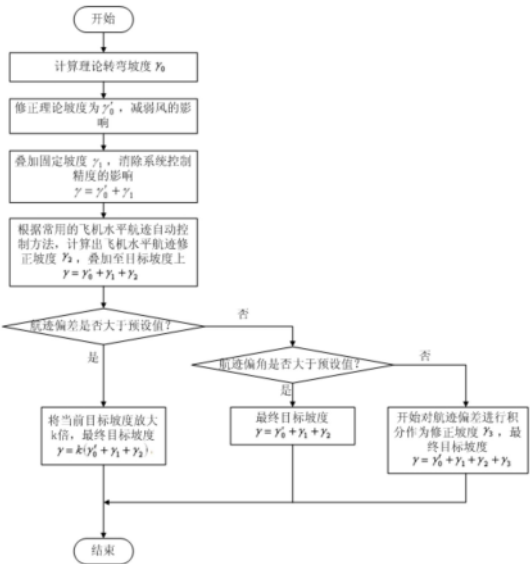
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种飞机圆航迹自动飞行控制方法

(57) 摘要

本发明属于航空技术领域,提供了一种精确控制飞机水平航迹,使飞机按预设圆航迹自动飞行的控制方法。具体为一种飞机圆航迹自动飞行控制方法。该方法在现有方法基础上,克服了现有控制方法受系统的控制精度、风、侧滑等的影响,使飞机产生稳定航迹偏差的问题,提供了一种精确控制飞机水平航迹,使飞机按预设圆航迹自动飞行的控制方法,该方法简单、可靠,改动小,操作方便。



1. 一种飞机圆航迹自动飞行控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 根据期望的圆航迹半径,利用飞机转弯简化动力学分析模型,计算出飞机所需的理论转弯坡度,作为自动飞行控制系统控制飞机转弯的基准坡度;

2) 根据飞机预设的使用环境,结合飞机气动特性分析以及工程经验对基准坡度进行修订,以减弱风对控制结果的影响;

3) 在上述基准坡度上,叠加一个固定角度,用以消除系统的控制精度的影响;

4) 根据常用的飞机水平航迹自动控制方法,建立带自动飞行控制系统的飞机水平运动响应数学简化模型,设计基于常用的飞机水平航迹自动控制方法的修正坡度解算关系,利用航迹偏差和航迹偏差速率,计算出飞机水平航迹修正坡度;

将按上述步骤计算的基准坡度、各叠加的固定角度、修正坡度相加,作为自动飞行控制系统的目标坡度,控制飞机自动跟随该目标坡度飞行,实现飞机水平轨迹为标准圆轨迹的自动控制;对当前航迹偏差 D 进行判断,若 D 大于预设值 D_0 ,则将第4)步计算的修正坡度放大 k 倍,作为当前最终的目标坡度;若 D 不大于预设值 D_0 ,则对航迹偏角 ϕ 进行判断,若 ϕ 大于预设值 ϕ_0 ,则最终目标坡度 $\gamma = \gamma'_0 + \gamma_1 + \gamma_2$,若 ϕ 不大于预设值 ϕ_0 ,则开始对航迹偏差 D 进行积分,计算修正坡度,经过此步骤后,自动飞行控制系统的目标坡度,通过以上步骤计算出的目标坡度,作为自动飞行控制系统的控制目标,即精确控制飞机水平航迹,使飞机按预设圆航迹自动飞行。

2. 根据权利要求1所述的一种飞机圆航迹自动飞行控制方法,其特征在于,在4)中计算飞机水平航迹修正坡度时,将飞机的整个圆航迹飞行过程划分为若干阶段。

3. 根据权利要求2所述的一种飞机圆航迹自动飞行控制方法,其特征在于,不同的阶段设计不同的修正坡度计算方法。

4. 根据权利要求2所述的一种飞机圆航迹自动飞行控制方法,其特征在于,在圆航迹飞行过程进入误差环带内后,以飞机水平速度方向与飞机实时位置在圆轨迹径向投影点处的切线方向的夹角为判断依据。

5. 根据权利要求2所述的一种飞机圆航迹自动飞行控制方法,其特征在于,当航迹偏角小于一个预设的固定值时,开始对飞机水平航迹偏差进行积分,并将得到的积分值按设计的函数关系进行计算,叠加在按常用的飞机水平航迹自动控制方法计算出理论修正坡度中。

一种飞机圆航迹自动飞行控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于航空技术领域,具体为一种飞机圆航迹自动飞行控制方法。

背景技术

[0002] 在飞行过程中,根据需要使用,有时需控制飞机长时间以某固定地理位置为圆心,按标准圆水平航迹自动飞行(以下均简称为圆航迹自动飞行),即需控制飞机使其水平航迹为标准圆。常用的飞机水平航迹自动控制方法是根据飞机导航系统提供的飞机实时位置坐标、飞机实时速度矢量等信息,结合预设的水平航迹坐标解析方程,解算出航迹偏差和航迹偏差速率,然后计算出飞机所需的转弯程度——坡度的大小,利用自动飞行控制系统作为执行机构,控制飞机按计算的坡度转弯,从而自动跟随预设的水平航迹。在圆航迹自动飞行中,飞机需始终保持一定坡度转弯,同时由于系统的控制精度、风、侧滑等的影响,上述常用的控制方法易使飞机产生稳定的航迹偏差,飞机真实水平航迹为在预设圆轨迹内侧(或外侧)的同心圆,无法精确控制飞机按预设的圆航迹自动飞行。

[0003] 根据自动控制理论,为了消除系统稳态误差,可以在系统中引入积分环节,然而在飞机保持圆航迹自动飞行过程中,飞机始终处于转弯机动状态,要求自动飞行控制系统能快速跟随操纵指令,飞机水平航迹才能保持在以预设圆轨迹为中心线、控制精度为宽度的误差环带内。而引入积分环节会降低自动飞行控制系统对操纵指令的跟随响应速度,因此,不能采用直接对航迹偏差积分的方法来消除飞机产生的稳定的航迹偏差。

发明内容

[0004] 本发明克服了现有常用控制方法中的缺点,消除了现有控制方法产生的稳定航迹偏差,提供了一种精确控制飞机水平航迹,使飞机按预设圆航迹自动飞行的控制方法。

[0005] 技术方案

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0007] 一种飞机圆航迹自动飞行控制方法

[0008] 1、根据期望的圆航迹半径,利用飞机转弯简化动力学分析模型,计算出飞机所需的理论转弯坡度,作为自动飞行控制系统控制飞机转弯的基准坡度。

[0009] 2、根据飞机预设的使用环境,结合飞机气动特性分析以及工程经验对基准坡度进行修订,以减弱风对控制结果的影响。

[0010] 3、在上述基准坡度上,叠加一个固定角度,用以消除系统的控制精度的影响。

[0011] 4、根据常用的飞机水平航迹自动控制方法,建立带自动飞行控制系统的飞机水平运动响应数学简化模型,设计基于常用的飞机水平航迹自动控制方法的修正坡度解算关系,利用航迹偏差和航迹偏差速率,计算出飞机水平航迹修正坡度。

[0012] 最终将按上述步骤计算的基准坡度、各叠加的固定角度、修正坡度相加,作为自动飞行控制系统的目标坡度,控制飞机自动跟随该目标坡度飞行,实现飞机水平航迹为标准圆轨迹的自动控制。

[0013] 在4中计算飞机水平航迹修正坡度时,将飞机的整个圆航迹飞行过程划分为若干阶段,

[0014] 不同的阶段设计不同的修正坡度计算方法。

[0015] 在圆航迹飞行过程初期,以飞机航迹偏差来划分阶段,当航迹偏差大于一个设定的固定值时,修正坡度按常用的飞机水平航迹自动控制方法计算,

[0016] 当航迹偏差不大于该设定的固定值时,按常用的飞机水平航迹自动控制方法计算出理论修正坡度后,人为地按设计的函数关系放大该理论修正坡度作为实际修正坡度;

[0017] 在圆航迹飞行过程进入误差环带内后,以飞机水平速度方向与飞机实时位置在圆轨迹径向投影点处的切线方向的夹角(航迹偏角)为判断依据,

[0018] 当航迹偏角小于一个预设的固定值时,开始对飞机水平航迹偏差进行积分,并将得到的积分值按设计的函数关系进行计算,叠加在按常用的飞机水平航迹自动控制方法计算出理论修正坡度中。

[0019] 技术效果

[0020] 在不额外增加参数的情况下,利用已有的参数,改造现有技术,克服了现有控制方法受系统的控制精度、风、侧滑等的影响,使飞机产生稳定航迹偏差的问题,提供了一种精确控制飞机水平航迹,使飞机按预设圆航迹自动飞行的控制方法,该方法简单、可靠,改动小,操作方便,其分阶段设计修正坡度,适时引入积分环节的特征具有很强的普适性,可广泛应用于其余水平航迹自动飞行控制中。

附图说明

[0021] 图1是本方法的实施流程图

[0022] 图2是飞机转弯的一种简化动力学分析

[0023] 图3是常用的飞机水平航迹自动控制方法示意

具体实施方式

[0024] 结合附图对本发明一种飞机圆航迹自动飞行控制方法作详细说明:

[0025] 1、用图1所示的飞机转弯简化动力学分析模型,可计算出飞机所需的理论转弯坡度,作为自动飞行控制系统控制飞机转弯的基准坡度。其中, V 是飞机的地速, g 为重力加速度, R 为规划的圆轨迹半径。

[0026] 2、根据飞机预设的使用环境,假定飞机能遇到的最大风速为 V_w ,则修正基准坡度为。

[0027] 3、根据飞机各相关系统的测量、控制精度,结合工程经验,具体综合确定一个固定角度值,叠加至基准坡度上,用于消除系统控制精度造成的影响,经过此步骤后,自动飞行控制系统的目标坡度。

[0028] 4、根据常用的飞机水平航迹自动控制方法,利用航迹偏差 D 和航迹偏差速率,计算出飞机水平航迹修正坡度。经过此步骤后,自动飞行控制系统的目标坡度。

[0029] 5.对当前航迹偏差 D 进行判断,若 D 大于预设值 D_0 ,则将第4步计算的目标坡度放大 k 倍,作为当前最终的目标坡度,经过此步骤后,自动飞行控制系统的目标坡度。

[0030] 6、若 D 不大于预设值 D_0 ,则对航迹偏角 ϕ 进行判断,若 ϕ 大于预设值 ϕ_0 ,则最终目

标坡度。

[0031] 7、若 ϕ 不大于预设值 ϕ_0 ，则开始对航迹偏差 D 进行积分，计算修正坡度。经过此步骤后，自动飞行控制系统的目标坡度。

[0032] 8、通过以上步骤计算出的目标坡度，作为自动飞行控制系统的控制目标，即精确控制飞机水平航迹，使飞机按预设圆航迹自动飞行。

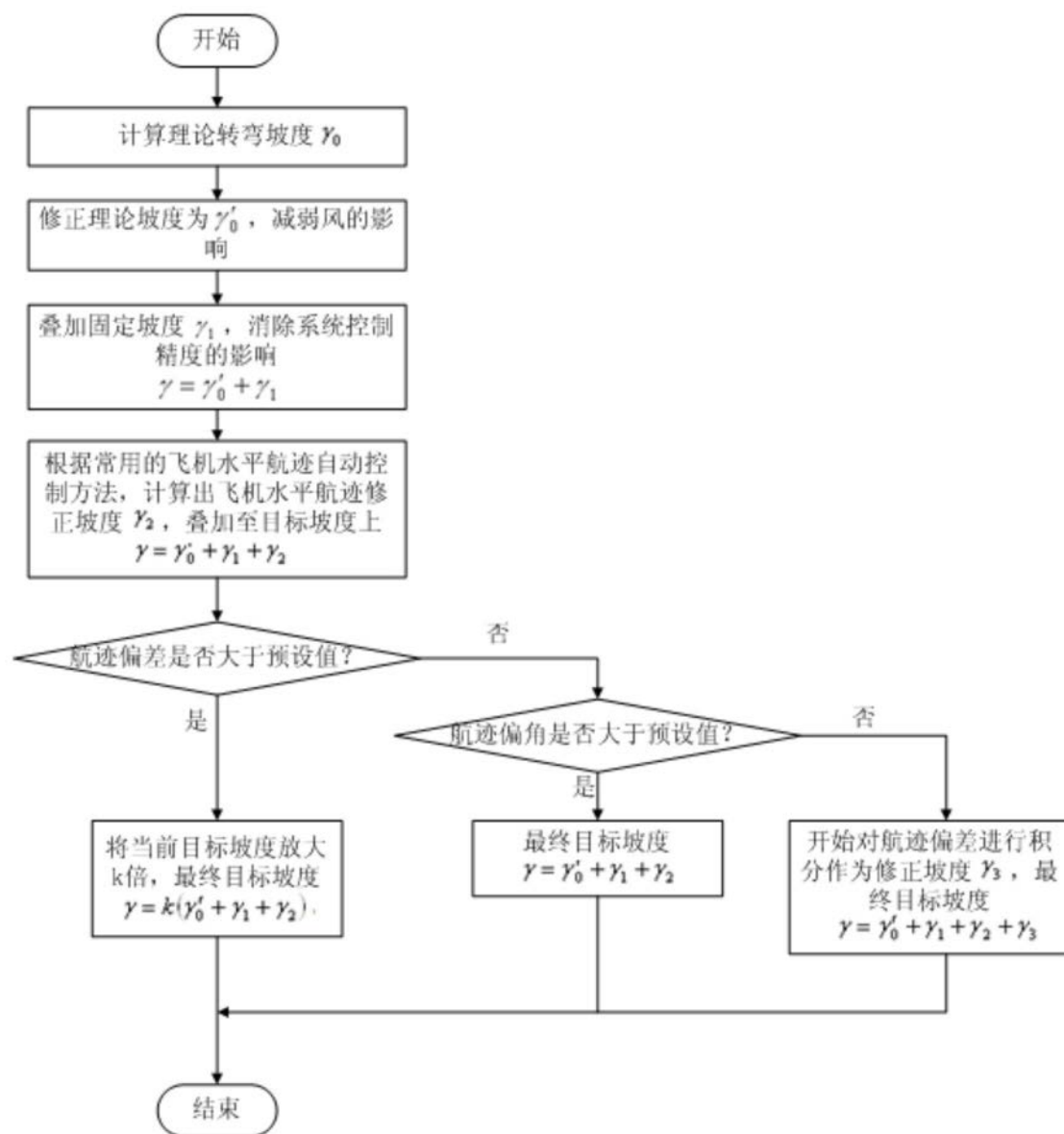


图1

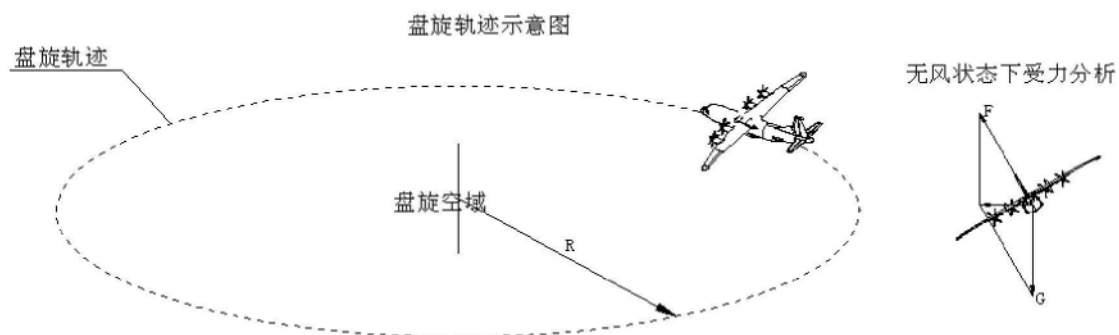


图2

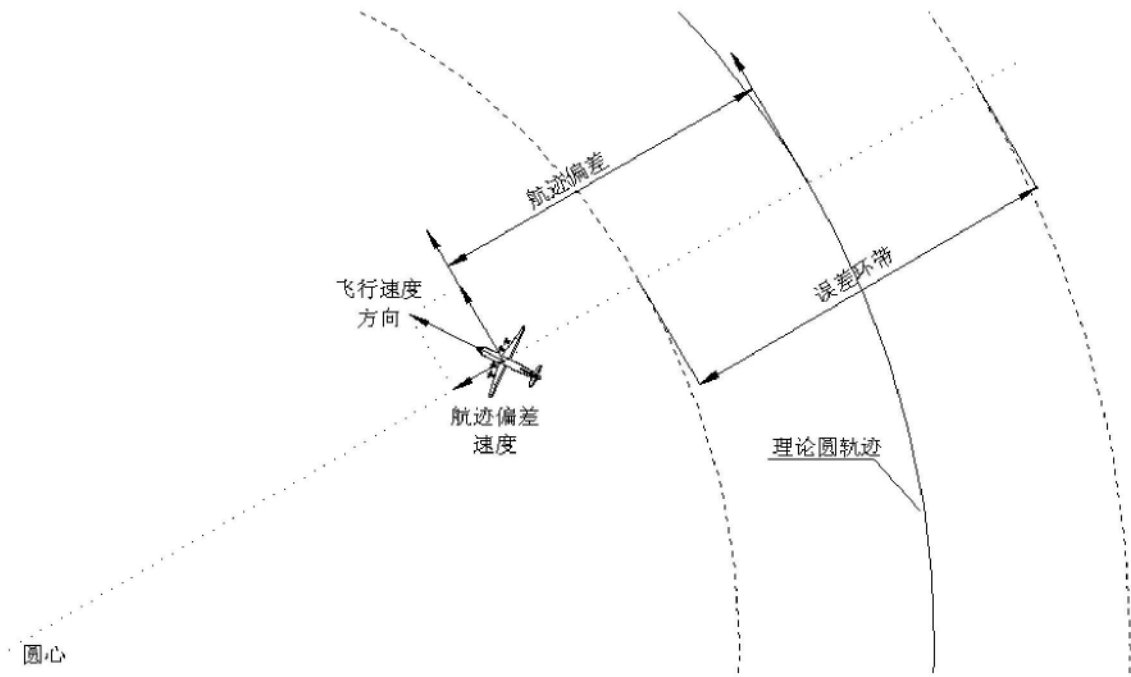


图3