(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106932164 A
(43)申请公布日 2017.07.07

(21)申请号 201710083871.8

(22)申请日 2017.02.16

(71)申请人 北京临近空间飞行器系统工程研究所
地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号
申请人 中国运载火箭技术研究院

(72)发明人 张鹏宇 陈芳 王颖 程璞 肖振 王毓栋 闵昌万 陈敏 刘秀明 杨丁 秦小丽 张宁宁 吴小华 陈安宏 黄兴李 朱广生 阎君

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心 11009
代理人 臧春喜

(51)Int.Cl.
G01M 9/00(2006.01)
G06F 17/11(2006.01)

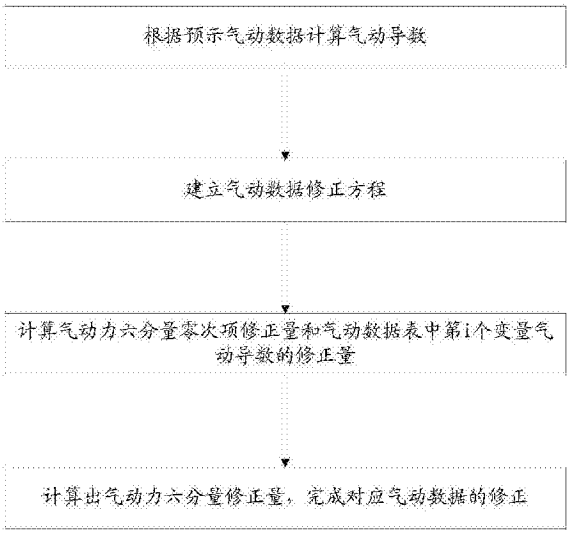
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法

(57)摘要

一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法，首先根据预示气动数据计算出气动导数，然后建立气动数据修正方程，接着通过气动导数辨识获得的气动导数阶次，计算气动力六分量零次项修正量和气动数据表中第i个变量气动导数的修正量，最后根据气动数据表中所有变量和气动数据修正方程，计算出气动力六分量修正量，利用该修正量完成对应气动数据的修正。本发明以预示气动数据导数为基准，充分利用气动辨识获得的气动导数对预示气动数据进行修正，不论预示气动数据在配平状态附近的导数是否准确，均能得到准确的气动数据。



CN 106932164 A

1.一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法,其特征在于步骤如下:

步骤一:根据预示气动数据计算出气动导数;

步骤二:建立气动数据修正方程如下:

$$\Delta C_A = \Delta C_{A0} + \Delta C_A^{a_1} a_1 + \Delta C_A^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_A^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_A^{a_n} a_n$$

$$\Delta C_N = \Delta C_{N0} + \Delta C_N^{a_1} a_1 + \Delta C_N^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_N^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_N^{a_n} a_n$$

$$\Delta C_Z = \Delta C_{Z0} + \Delta C_Z^{a_1} a_1 + \Delta C_Z^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_Z^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_Z^{a_n} a_n$$

$$\Delta C_{mx} = \Delta C_{mx0} + \Delta C_{mx}^{a_1} a_1 + \Delta C_{mx}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{mx}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{mx}^{a_n} a_n$$

$$\Delta C_{my} = \Delta C_{my0} + \Delta C_{my}^{a_1} a_1 + \Delta C_{my}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{my}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{my}^{a_n} a_n$$

$$\Delta C_{mz} = \Delta C_{mz0} + \Delta C_{mz}^{a_1} a_1 + \Delta C_{mz}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{mz}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{mz}^{a_n} a_n$$

其中,ΔC_A、ΔC_N、ΔC_Z、ΔC_{mx}、ΔC_{my}、ΔC_{mz}为气动力六分量的修正量,ΔC_{A0}、ΔC_{N0}、ΔC_{Z0}、ΔC_{mx0}、ΔC_{my0}、ΔC_{mz0}为气动力六分量零次项修正量,$\Delta C_A^{a_i}$、$\Delta C_N^{a_i}$、$\Delta C_Z^{a_i}$、$\Delta C_{mx}^{a_i}$、$\Delta C_{my}^{a_j}$、$\Delta C_{mz}^{a_i}$为气动数据表中第i个变量气动导数的修正量,$a_1 \cdots a_n$为气动数据表中的变量;

步骤三:通过气动导数辨识获得的气动导数阶次,结合步骤一预示气动数据计算得到的气动导数,计算气动力六分量零次项修正量和气动数据表中第i个变量气动导数的修正量;

步骤四:根据气动数据表中所有变量和气动数据修正方程,计算出气动力六分量修正量,利用该修正量完成对应气动数据的修正。

2.根据权利要求1所述的一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法,其特征在于:所述步骤三中气动力六分量零次项修正量的计算公式如下:

$$\Delta C_{A0} = \hat{C}_{A0} - C_{A0}$$

$$\Delta C_{N0} = \hat{C}_{N0} - C_{N0}$$

$$\Delta C_{Z0} = \hat{C}_{Z0} - C_{Z0}$$

$$\Delta C_{mx0} = \hat{C}_{mx0} - C_{mx0}$$

$$\Delta C_{my0} = \hat{C}_{my0} - C_{my0}$$

$$\Delta C_{mz0} = \hat{C}_{mz0} - C_{mz0}$$

$\hat{C}_{A0}$、$\hat{C}_{N0}$、$\hat{C}_{Z0}$、$\hat{C}_{mx0}$、$\hat{C}_{my0}$、$\hat{C}_{mz0}$为气动导数辨识获得的零次项气动导数,C_{A0}、C_{N0}、C_{Z0}、C_{mx0}、C_{my0}、C_{mz0}为预示气动数据计算出的零次项气动导数。

3.根据权利要求1所述的一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法,其特征在于:所述步骤三中气动数据表中第i个变量气动导数修正量的计算方法如下:

判断通过气动导数辨识获得的气动导数阶次,当气动导数辨识获得的气动导数为m阶时,

$$\Delta C_A^{a_i} = (\hat{C}_A^{a_i} a_i^{\,0} + \hat{C}_A^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \hat{C}_A^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \hat{C}_A^{a_{im}} a_i^{\,m-1}) - C_A^{a_i},$$

$$\Delta C_N^{a_i} = (\hat{C}_N^{a_i} a_i^{\,0} + \hat{C}_N^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \hat{C}_N^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \hat{C}_N^{a_{im}} a_i^{\,m-1}) - C_N^{a_i},$$

$$\Delta C_Z^{a_i} = (\hat{C}_Z^{a_i} a_i^{\,0} + \hat{C}_Z^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \hat{C}_Z^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \hat{C}_Z^{a_{im}} a_i^{\,m-1}) - C_Z^{a_i},$$

$$\Delta C_{mx}^{a_i} = (\widehat{C}_{mx}^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_{mx}^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_{mx}^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_{mx}^{a_{in}} a_i^{\,n-1}) - C_{mx}^{a_i},$$

$$\Delta C_{my}^{a_i} = (\widehat{C}_{my}^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_{my}^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_{my}^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_{my}^{a_{in}} a_i^{\,n-1}) - C_{my}^{a_i},$$

$$\Delta C_{mz}^{a_i} = (\widehat{C}_{mz}^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_{mz}^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_{mz}^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_{mz}^{a_{in}} a_i^{\,n-1}) - C_{mz}^{a_i},$$

其中，$\widehat{C}_{A}^{a_i}$、$\widehat{C}_{N}^{a_i}$、$\widehat{C}_{Z}^{a_i}$、$\widehat{C}_{mx}^{a_i}$、$\widehat{C}_{my}^{a_i}$、$\widehat{C}_{mz}^{a_i}$为第i个变量通过气动导数辨识获得的一阶气动导数，$\widehat{C}_{A}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{N}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{Z}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{mx}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{my}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{mz}^{a_{ij}}$为第i个变量通过气动导数辨识获得的j阶气动导数，$C_{A}^{a_i}$、$C_{N}^{a_i}$、$C_{Z}^{a_i}$、$C_{mx}^{a_i}$、$C_{my}^{a_i}$、$C_{mz}^{a_i}$为第i个变量根据预示气动数据计算出的气动导数。

一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法，属于飞行器总体设计领域。

背景技术

[0002] 气动辨识是利用飞行试验数据，获取飞行器气动特性的重要手段，是修正气动数据的重要依据。气动导数是气动辨识的核心成果之一，如何对飞行试验前的预示气动数据进行修正，是飞行器总体设计单位关心的核心问题之一。

[0003] 传统上，利用飞行试验获得的配平舵偏位置数据，与理论的配平舵偏位置相比较，如果存在差异，则认为气动力矩系数存在系统性偏差。修正方法为：将配平舵偏附近的两组气动力矩系数进行平移(保持斜率不变)，使得平移后的气动力矩系数所对应的配平舵偏与飞行试验结果一致。该方法正确的前提是，预示气动数据在配平状态附近的导数是准确的。当该前提不正确时，其结果也是错误的。

发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是：克服现有技术的不足，提供一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法，不论预示气动数据在配平状态附近的导数是否准确，均能得到准确的气动数据。

[0005] 本发明的技术解决方案是：一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法，步骤如下：

[0006] 步骤一：根据预示气动数据计算出气动导数；

[0007] 步骤二：建立气动数据修正方程如下：

[0008] $$\Delta C_A = \Delta C_{A0} + \Delta C_A^{a_1} a_1 + \Delta C_A^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_A^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_A^{a_n} a_n$$

[0009] $$\Delta C_N = \Delta C_{N0} + \Delta C_N^{a_1} a_1 + \Delta C_N^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_N^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_N^{a_n} a_n$$

[0010] $$\Delta C_Z = \Delta C_{Z0} + \Delta C_Z^{a_1} a_1 + \Delta C_Z^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_Z^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_Z^{a_n} a_n$$

[0011] $$\Delta C_{mx} = \Delta C_{mx0} + \Delta C_{mx}^{a_1} a_1 + \Delta C_{mx}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{mx}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{mx}^{a_n} a_n$$

[0012] $$\Delta C_{my} = \Delta C_{my0} + \Delta C_{my}^{a_1} a_1 + \Delta C_{my}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{my}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{my}^{a_n} a_n$$

[0013] $$\Delta C_{mz} = \Delta C_{mz0} + \Delta C_{mz}^{a_1} a_1 + \Delta C_{mz}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{mz}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{mz}^{a_n} a_n$$

[0014] 其中，ΔC_A、ΔC_N、ΔC_Z、ΔC_{mx}、ΔC_{my}、ΔC_{mz}为气动力六分量的修正量，ΔC_{A0}、ΔC_{N0}、ΔC_{Z0}、ΔC_{mx0}、ΔC_{my0}、ΔC_{mz0}为气动力六分量零次项修正量，$\Delta C_A^{a_i}$、$\Delta C_N^{a_i}$、$\Delta C_Z^{a_i}$、$\Delta C_{mx}^{a_i}$、$\Delta C_{my}^{a_i}$、$\Delta C_{mz}^{a_i}$为气动数据表中第i个变量气动导数的修正量，$a_1 \cdots a_n$为气动数据表中的变量；

[0015] 步骤三：通过气动导数辨识获得的气动导数阶次，结合步骤一预示气动数据计算得到的气动导数，计算气动力六分量零次项修正量和气动数据表中第i个变量气动导数的修正量；

[0016] 步骤四：根据气动数据表中所有变量和气动数据修正方程，计算出气动力六分量

修正量，利用该修正量完成对应气动数据的修正。

[0017] 所述步骤三中气动力六分量零次项修正量的计算公式如下：

[0018] $\Delta C_{A0}=\widehat{C}_{A0}-C_{A0}$

[0019] $\Delta C_{N0}=\widehat{C}_{N0}-C_{N0}$

[0020] $\Delta C_{Z0}=\widehat{C}_{Z0}-C_{Z0}$

[0021] $\Delta C_{mx0}=\widehat{C}_{mx0}-C_{mx0}$

[0022] $\Delta C_{my0}=\widehat{C}_{my0}-C_{my0}$

[0023] $\Delta C_{mz0}=\widehat{C}_{mz0}-C_{mz0}$

[0024] $\widehat{C}_{A0}$、$\widehat{C}_{N0}$、$\widehat{C}_{Z0}$、$\widehat{C}_{mx0}$、$\widehat{C}_{my0}$、$\widehat{C}_{mz0}$为气动导数辨识获得的零次项气动导数，C_{A0}、C_{N0}、C_{Z0}、C_{mx0}、C_{my0}、C_{mz0}为预示气动数据计算出的零次项气动导数。

[0025] 所述步骤三中气动数据表中第i个变量气动导数修正量的计算方法如下：

[0026] 判断通过气动导数辨识获得的气动导数阶次，当气动导数辨识获得的气动导数为m阶时，

[0027] $\Delta C_{A}^{a_i}=(\widehat{C}_{A}^{a_i}a_i^{0}+\widehat{C}_{A}^{a_{i2}}a_i^{1}+\cdots+\widehat{C}_{A}^{a_{ij}}a_i^{j-1}+\cdots+\widehat{C}_{A}^{a_{im}}a_i^{m-1})-C_{A}^{a_i}$，

[0028] $\Delta C_{N}^{a_i}=(\widehat{C}_{N}^{a_i}a_i^{0}+\widehat{C}_{N}^{a_{i2}}a_i^{1}+\cdots+\widehat{C}_{N}^{a_{ij}}a_i^{j-1}+\cdots+\widehat{C}_{N}^{a_{im}}a_i^{m-1})-C_{N}^{a_i}$，

[0029] $\Delta C_{Z}^{a_i}=(\widehat{C}_{Z}^{a_i}a_i^{0}+\widehat{C}_{Z}^{a_{i2}}a_i^{1}+\cdots+\widehat{C}_{Z}^{a_{ij}}a_i^{j-1}+\cdots+\widehat{C}_{Z}^{a_{im}}a_i^{m-1})-C_{Z}^{a_i}$，

[0030] $\Delta C_{mx}^{a_i}=(\widehat{C}_{mx}^{a_i}a_i^{0}+\widehat{C}_{mx}^{a_{i2}}a_i^{1}+\cdots+\widehat{C}_{mx}^{a_{ij}}a_i^{j-1}+\cdots+\widehat{C}_{mx}^{a_{in}}a_i^{n-1})-C_{mx}^{a_i}$，

[0031] $\Delta C_{my}^{a_i}=(\widehat{C}_{my}^{a_i}a_i^{0}+\widehat{C}_{my}^{a_{i2}}a_i^{1}+\cdots+\widehat{C}_{my}^{a_{ij}}a_i^{j-1}+\cdots+\widehat{C}_{my}^{a_{in}}a_i^{n-1})-C_{my}^{a_i}$，

[0032] $\Delta C_{mz}^{a_i}=(\widehat{C}_{mz}^{a_i}a_i^{0}+\widehat{C}_{mz}^{a_{i2}}a_i^{1}+\cdots+\widehat{C}_{mz}^{a_{ij}}a_i^{j-1}+\cdots+\widehat{C}_{mz}^{a_{in}}a_i^{n-1})-C_{mz}^{a_i}$，

[0033] 其中，$\widehat{C}_{A}^{a_i}$、$\widehat{C}_{N}^{a_i}$、$\widehat{C}_{Z}^{a_i}$、$\widehat{C}_{mx}^{a_i}$、$\widehat{C}_{my}^{a_i}$、$\widehat{C}_{mz}^{a_i}$为第i个变量通过气动导数辨识获得的一阶气动导数，$\widehat{C}_{A}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{N}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{Z}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{mx}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{my}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{mz}^{a_{ij}}$为第i个变量通过气动导数辨识获得的j阶气动导数，$C_{A}^{a_i}$、$C_{N}^{a_i}$、$C_{Z}^{a_i}$、$C_{mx}^{a_i}$、$C_{my}^{a_i}$、$C_{mz}^{a_i}$为第i个变量根据预示气动数据计算出的气动导数。

[0034] 本发明与现有技术相比有益效果为：

[0035] 本发明以预示气动数据导数为基准，充分利用气动辨识获得的气动导数对预示气动数据进行修正，该方法机理清楚，不依赖于假设条件，基础可靠，方法简便，可操作性强。

附图说明

[0036] 图1为传统修正方法示意图；

[0037] 图2为气动力矩系数一阶修正方法示意图；

[0038] 图3为气动力矩系数二阶修正方法示意图；

[0039] 图4为本发明方法流程图。

具体实施方式

[0040] 如图4所示，本发明的步骤如下：

[0041] 一种基于气动导数辨识结果的气动数据修正方法，步骤如下：

[0042] 步骤一：根据预示气动数据计算出气动导数。

[0043] 步骤二：建立气动数据修正方程如下：

[0044] $$\Delta C_A = \Delta C_{A0} + \Delta C_A^{a_1} a_1 + \Delta C_A^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_A^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_A^{a_n} a_n$$

[0045] $$\Delta C_N = \Delta C_{N0} + \Delta C_N^{a_1} a_1 + \Delta C_N^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_N^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_N^{a_n} a_n$$

[0046] $$\Delta C_Z = \Delta C_{Z0} + \Delta C_Z^{a_1} a_1 + \Delta C_Z^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_Z^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_Z^{a_n} a_n$$

[0047] $$\Delta C_{mx} = \Delta C_{mx0} + \Delta C_{mx}^{a_1} a_1 + \Delta C_{mx}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{mx}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{mx}^{a_n} a_n$$

[0048] $$\Delta C_{my} = \Delta C_{my0} + \Delta C_{my}^{a_1} a_1 + \Delta C_{my}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{my}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{my}^{a_n} a_n$$

[0049] $$\Delta C_{mz} = \Delta C_{mz0} + \Delta C_{mz}^{a_1} a_1 + \Delta C_{mz}^{a_2} a_2 + \cdots + \Delta C_{mz}^{a_i} a_i + \cdots + \Delta C_{mz}^{a_n} a_n$$

[0050] 其中，ΔC_A、ΔC_N、ΔC_Z、ΔC_{mx}、ΔC_{my}、ΔC_{mz}为气动力六分量的修正量，ΔC_{A0}、ΔC_{N0}、ΔC_{Z0}、ΔC_{mx0}、ΔC_{my0}、ΔC_{mz0}为气动力六分量零次项修正量，$\Delta C_A^{a_i}$、$\Delta C_N^{a_i}$、$\Delta C_Z^{a_i}$、$\Delta C_{mx}^{a_i}$、$\Delta C_{my}^{a_i}$、$\Delta C_{mz}^{a_i}$为气动数据表中第i个变量气动导数的修正量，$a_1 \cdots a_n$为气动数据表中的变量。气动数据表中的变量为气动力六分量。

[0051] 步骤三：通过气动导数辨识获得的气动导数阶次，结合步骤一预示气动数据计算得到的气动导数，计算气动力六分量零次项修正量和气动数据表中第i个变量气动导数的修正量；

[0052] 气动力六分量零次项修正量的计算公式如下：

[0053] $$\Delta C_{A0} = \widehat{C}_{A0} - C_{A0}$$

[0054] $$\Delta C_{N0} = \widehat{C}_{N0} - C_{N0}$$

[0055] $$\Delta C_{Z0} = \widehat{C}_{Z0} - C_{Z0}$$

[0056] $$\Delta C_{mx0} = \widehat{C}_{mx0} - C_{mx0}$$

[0057] $$\Delta C_{my0} = \widehat{C}_{my0} - C_{my0}$$

[0058] $$\Delta C_{mz0} = \widehat{C}_{mz0} - C_{mz0}$$

[0059] $\widehat{C}_{A0}$、$\widehat{C}_{N0}$、$\widehat{C}_{Z0}$、$\widehat{C}_{mx0}$、$\widehat{C}_{my0}$、$\widehat{C}_{mz0}$为气动导数辨识获得的零次项气动导数，C_{A0}、C_{N0}、C_{Z0}、C_{mx0}、C_{my0}、C_{mz0}为预示气动数据计算出的零次项气动导数。

[0060] 气动数据表中第i个变量气动导数修正量的计算方法如下：

[0061] 判断通过气动导数辨识获得的气动导数阶次，当气动导数辨识获得的气动导数为m阶时，

[0062] $$\Delta C_A^{a_i} = (\widehat{C}_A^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_A^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_A^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_A^{a_{im}} a_i^{\,m-1}) - C_A^{a_i},$$

[0063] $$\Delta C_N^{a_i} = (\widehat{C}_N^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_N^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_N^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_N^{a_{im}} a_i^{\,m-1}) - C_N^{a_i},$$

[0064] $$\Delta C_Z^{a_i} = (\widehat{C}_Z^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_Z^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_Z^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_Z^{a_{im}} a_i^{\,m-1}) - C_Z^{a_i},$$

[0065] $$\Delta C_{mx}^{a_i} = (\widehat{C}_{mx}^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_{mx}^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_{mx}^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_{mx}^{a_{in}} a_i^{\,n-1}) - C_{mx}^{a_i},$$

[0066] $$\Delta C_{my}^{a_i} = (\widehat{C}_{my}^{a_i} a_i^{\,0} + \widehat{C}_{my}^{a_{i2}} a_i^{\,1} + \cdots + \widehat{C}_{my}^{a_{ij}} a_i^{\,j-1} + \cdots + \widehat{C}_{my}^{a_{in}} a_i^{\,n-1}) - C_{my}^{a_i},$$

[0067] $\Delta C_{mz}^{a_i}=(\widehat{C}_{mz}^{a_i}a_i^{0}+\widehat{C}_{mz}^{a_{i2}}a_i^{1}+\cdots+\widehat{C}_{mz}^{a_{ij}}a_i^{j-1}+\cdots+\widehat{C}_{mz}^{a_{in}}a_i^{n-1})-C_{mz}^{a_i}$，

[0068] 其中，$\widehat{C}_{A}^{a_i}$、$\widehat{C}_{N}^{a_i}$、$\widehat{C}_{Z}^{a_i}$、$\widehat{C}_{mx}^{a_i}$、$\widehat{C}_{my}^{a_i}$、$\widehat{C}_{mz}^{a_i}$为第i个变量通过气动导数辨识获得的一阶气动导数，$\widehat{C}_{A}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{N}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{Z}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{mx}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{my}^{a_{ij}}$、$\widehat{C}_{mz}^{a_{ij}}$为第i个变量通过气动导数辨识获得的j阶气动导数，$C_{A}^{a_i}$、$C_{N}^{a_i}$、$C_{Z}^{a_i}$、$C_{mx}^{a_i}$、$C_{my}^{a_i}$、$C_{mz}^{a_i}$为第i个变量根据预示气动数据计算出的气动导数。

[0069] 如当气动导数辨识获得的气动导数为一阶时，$\Delta C_{A}^{a_i}=\widehat{C}_{A}^{a_i}-C_{A}^{a_i}$，$\Delta C_{N}^{a_i}=\widehat{C}_{Y}^{a_i}-C_{Y}^{a_i}$，$\Delta C_{Z}^{a_i}=\widehat{C}_{Z}^{a_i}-C_{Z}^{a_i}$，$\Delta C_{mx}^{a_i}=\widehat{C}_{mx}^{a_i}-C_{mx}^{a_i}$，$\Delta C_{my}^{a_i}=\widehat{C}_{my}^{a_i}-C_{my}^{a_i}$，$\Delta C_{my}^{a_i}=\widehat{C}_{my}^{a_i}-C_{my}^{a_i}$。

[0070] 步骤四：根据气动数据表中所有变量和气动数据修正方程，计算出气动力六分量修正量，利用该修正量完成对应气动数据的修正。

[0071] 以俯仰气动力矩系数C_{mz}为例，本发明和传统修正方法的对比如下：

[0072] 传统上，气动力矩系数修正方法如图1所示。假设俯仰力矩系数-5°和+5°舵偏对应的力矩系数分别为$C_{mz}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$和$C_{mz}\big|_{\delta_z=5^\circ}$，预示配平舵偏为0°，通过线性差分计算得到气动导数为$C_{mz}^{\delta_z}\big|_{\delta_z=-5^\circ\sim5^\circ}$，而飞行试验后获得配平舵偏为1.5°。在斜率不变假设基础上，将力矩系数平移得到修正后的力矩系数$\widetilde{C}_{mz}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$和$\widetilde{C}_{mz}\big|_{\delta_z=5^\circ}$。

[0073] 本发明利用气动导数辨识结果的修正方法原理如下：

[0074] 若飞行试验后辨识结果表明，气动导数具有一阶特性，即获得了一阶气动导数$C_{mz}^{\delta_z}\big|_{\delta_z=1.5^\circ}$和配平舵偏$\delta_z=1.5^\circ$。如图2所示，$C_{mz}^{\delta_z}\big|_{\delta_z=1.5^\circ}$为图2中灰色虚线的斜率，是气动导数辨识结果。$C_{mz}^{\delta_z}\big|_{\delta_z=-5^\circ\sim5^\circ}$为黑色虚线的斜率，是预示气动数据的气动导数。当$C_{mz}^{\delta_z}\big|_{\delta_z=1.5^\circ}\neq C_{mz}^{\delta_z}\big|_{\delta_z=-5^\circ\sim5^\circ}$时，则说明预示气动数据的导数存在偏差，需要对气动数据一阶修正。$C_{mz}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$修正后的数据为$\widetilde{C}_{mz}^{*}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$，$C_{mz}\big|_{\delta_z=5^\circ}$修正后的数据为$\widetilde{C}_{mz}^{*}\big|_{\delta_z=5^\circ}$。

[0075] 若飞行试验后可以获得配平位置的气动导数具有二阶特性，即获得了一阶气动导数$C_{mz}^{\delta_z}\big|_{\delta_z=1.5^\circ}$和二阶气动导数$C_{mz}^{\delta_z^2}\big|_{\delta_z=1.5^\circ}$，则说明预示气动数据的导数存在偏差，需要对气动数据二阶修正，如图3所示。$C_{mz}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$修正后的数据为$\widetilde{C}_{mz}^{*}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$，$C_{mz}\big|_{\delta_z=5^\circ}$修正后的数据为$\widetilde{C}_{mz}^{*}\big|_{\delta_z=5^\circ}$。

[0076] 从上面的对比可以看出，传统方法完全依赖于预示气动数据在配平状态附近的导数，当预示气动数据在配平状态附近的导数存在偏差时，导致传统方法的修正数据不准确，本发明方法以预示气动数据导数为基准，充分利用气动辨识获得的气动导数对预示气动数据进行修正，无论预示气动数据在配平状态附近的导数是否存在偏差，均能够得到正确的气动数据。

[0077] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

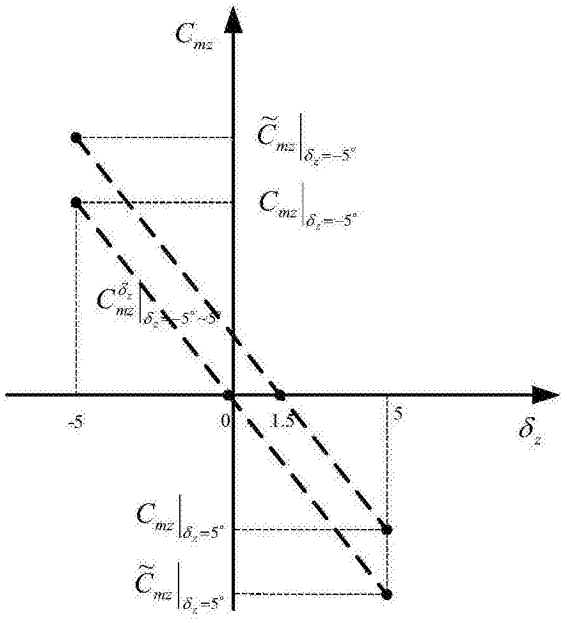

C_{mz}
$\widetilde{C}_{mz}|_{\delta_z=-5^\circ}$
$C_{mz}|_{\delta_z=-5^\circ}$
$C_{mz}^{\delta_z}|_{\delta_z=-5^\circ\sim5^\circ}$
-5
0
1.5
5
δ_z
$C_{mz}|_{\delta_z=5^\circ}$
$\widetilde{C}_{mz}|_{\delta_z=5^\circ}$

图1

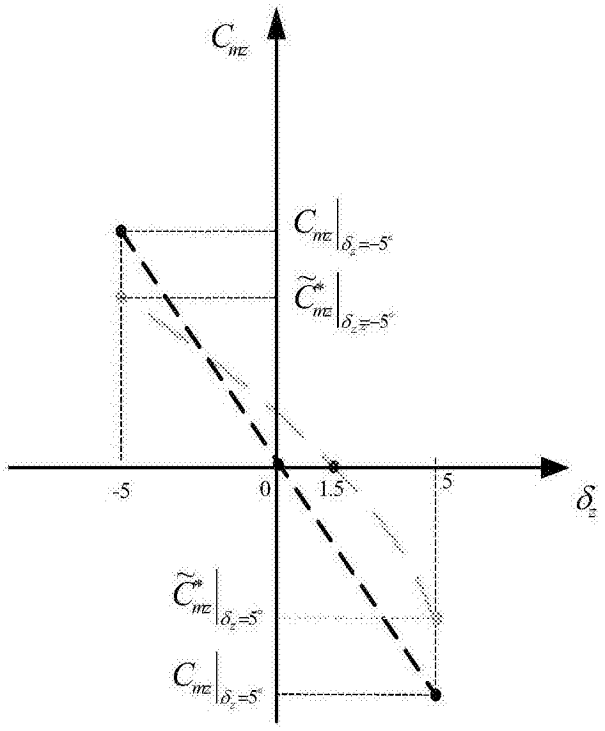

C_{mz}
$C_{mz}|_{\delta_z=-5^\circ}$
$\widetilde{C}_{mz}^{*}|_{\delta_z=-5^\circ}$
-5
0
1.5
5
δ_z
$\widetilde{C}_{mz}^{*}|_{\delta_z=5^\circ}$
$C_{mz}|_{\delta_z=5^\circ}$

图2

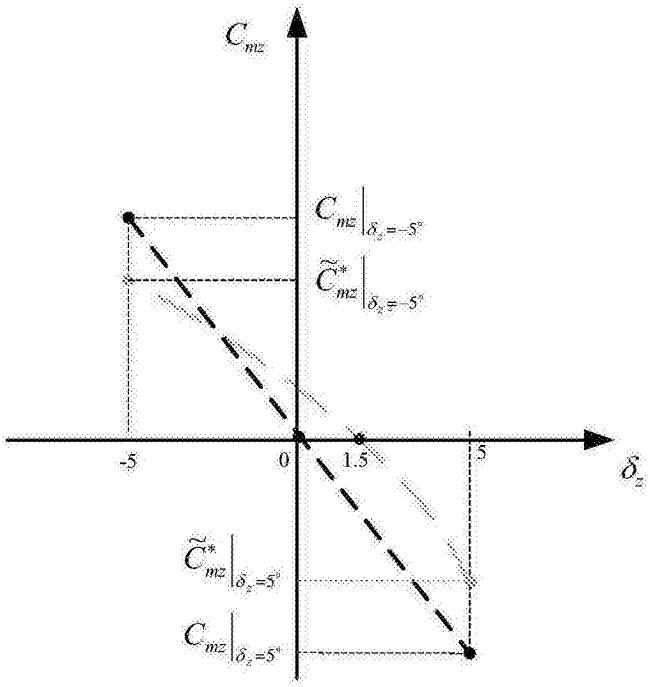

C_{mz}
$C_{mz}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$
$\widetilde{C}^*_{mz}\big|_{\delta_z=-5^\circ}$
-5
0
1.5
5
δ_z
$\widetilde{C}^*_{mz}\big|_{\delta_z=5^\circ}$
$C_{mz}\big|_{\delta_z=5^\circ}$

图3

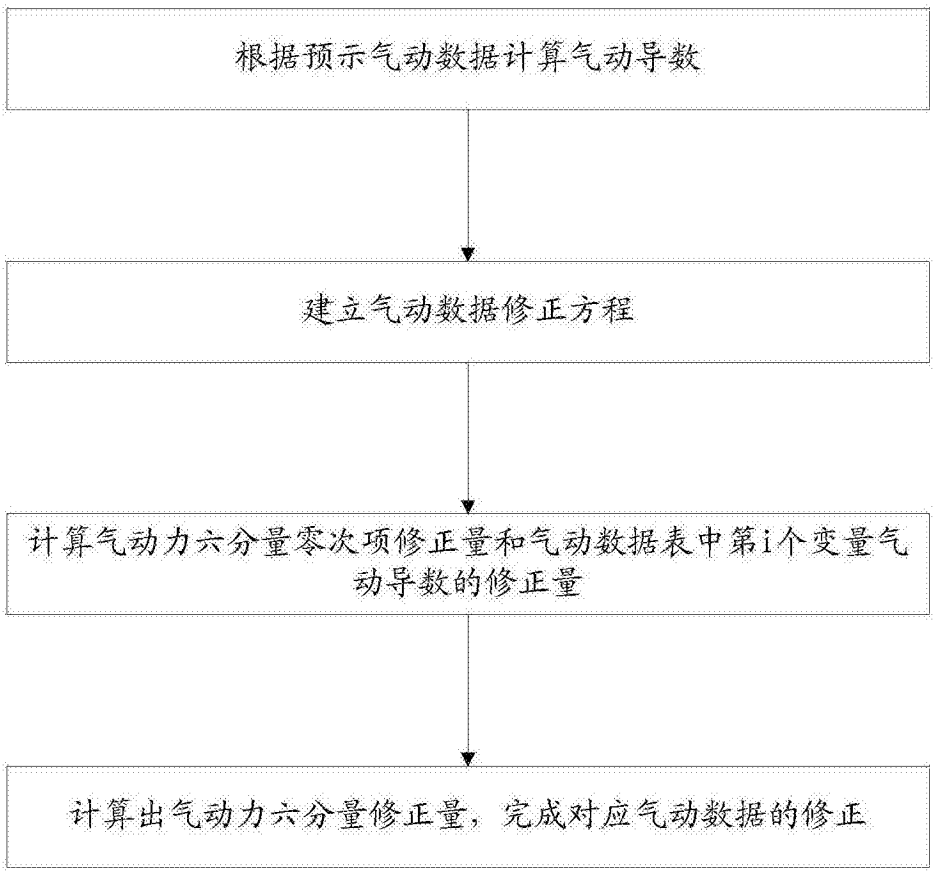

根据预示气动数据计算气动导数
建立气动数据修正方程
计算气动力六分量零次项修正量和气动数据表中第i个变量气动导数的修正量
计算出气动力六分量修正量，完成对应气动数据的修正

图4