



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118009818 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 10

(21) 申请号 202410182201.1

(22) 申请日 2024.02.19

(71) 申请人 中国电科网络通信研究院

地址 050000 河北省石家庄市桥西区中山
西路589号

申请人 西北工业大学

(72) 发明人 李杰 谢军 郎俊杰 李玥 袁博
杨军(74) 专利代理机构 深圳创智果专利代理事务所
(普通合伙) 33278

专利代理师 李洁

(51) Int. Cl.

F42B 15/01 (2006.01)

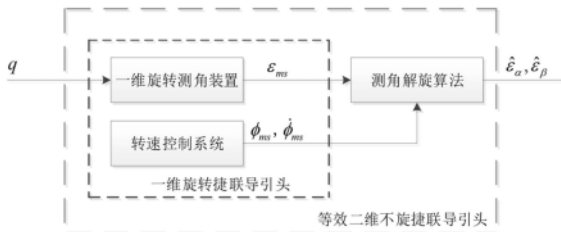
权利要求书4页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种一维旋转导引头失调角解旋方法、系
统、设备与介质

(57) 摘要

本发明公开了一种一维旋转导引头失调角解旋方法、系统、设备与介质,涉及导引头光学技术领域,包括步骤:获取测量系与弹体系的实际旋转角和弹体的姿态角信息;将实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息,输入解旋算法中,获得二维失调角估计值,利用实际旋转角对应的二维失调角估计值计算每次采样时刻期望旋转角的失调值估计值;将期望旋转角和期望旋转角的失调角估计值输入解旋算法,获得等效为一维旋转导引头的最终失调角。本发明利用当前实际转角对应的失调角采样值计算每次采样时刻期望转角的失调角估计值,获得等效为二维旋转导引头的一维旋转导引头最终失调角,提高了失调角的获取精度。



1. 一种一维旋转导引头失调角解旋方法,其特征在于,包括如下步骤:

获取测量系的实际旋转角与期望旋转角,以及获取弹体系中弹体的姿态角信息;

将所述实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息输入解旋算法中,输出二维失调角估计值;

根据坐标转换关系将二维失调角估计值,以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值;

利用所述失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角,计算每次采样时刻期望旋转角的二维失调角估计值;

将所述期望旋转角和期望旋转角的二维失调角估计值输入解旋算法,输出等效为二维旋转导引头的最终失调角。

2. 如权利要求1所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法,其特征在于,将所述实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息输入解旋算法中,输出二维失调角估计值,包括如下步骤:

根据弹目的视线高低角 q_α 和视线方位角 q_β 、弹目距离 R ,获得待攻击目标在牵连地面系的分量;

根据牵连地面系与弹体系的变换矩阵 $L(\psi, \theta, \gamma)$,获得待攻击目标在弹体系的分量;

通过两种所述待攻击目标在弹体系的分量计算获得二维失调角估计值;

其中, θ, ψ, γ 为弹体的姿态角信息,所述二维失调角估计值包括失调高低角与失调方位角。

3. 如权利要求2所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法,其特征在于,所述获得待攻击目标在牵连地面系的分量,具体表达式为:

$$\begin{cases} R_x = R \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta \\ R_y = R \cdot \sin q_\alpha \\ R_z = -R \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta \end{cases}$$

其中, R_x, R_y, R_z 分别为待攻击目标在牵连地面系的三维坐标。

4. 如权利要求3所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法,其特征在于,所述获得待攻击目标在弹体系的分量,具体表达式为:

$$\begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = L(\psi, \theta, \gamma) \cdot \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix}$$

令:

$$L(\psi, \vartheta, \gamma) = \begin{pmatrix} \cos \vartheta \cos \psi & \sin \vartheta & -\cos \vartheta \sin \psi \\ -\sin \vartheta \cos \psi \cos \gamma + \sin \psi \sin \gamma & \cos \vartheta \cos \gamma & \sin \vartheta \sin \psi \cos \gamma + \cos \psi \sin \gamma \\ \sin \vartheta \cos \psi \sin \gamma + \sin \psi \cos \gamma & -\cos \vartheta \sin \gamma & -\sin \vartheta \sin \psi \sin \gamma + \cos \psi \cos \gamma \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

则待攻击目标在弹体系的分量为：

$$\begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}R_x + a_{12}R_y + a_{13}R_z \\ a_{21}R_x + a_{22}R_y + a_{23}R_z \\ a_{31}R_x + a_{32}R_y + a_{33}R_z \end{bmatrix}$$

其中, R_{x_1} 、 R_{y_1} 、 R_{z_1} 分别为待攻击目标在弹体系的三维坐标; a_{11} 、 a_{12} 、 a_{13} 、 a_{21} 、 a_{22} 、 a_{23} 、 a_{31} 、 a_{32} 和 a_{33} 分别为牵连地面系与弹体系的变换矩阵的元素。

5. 如权利要求4所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法, 其特征在于, 所述通过两种所述待攻击目标在弹体系的分量计算获得二维失调角估计值, 包括如下步骤:

待攻击目标在弹体系的分量使用失调高低角 ε_α 与失调方位角 ε_β 表示如下:

$$\begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta \\ R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \\ -R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \end{bmatrix}$$

通过待攻击目标在弹体系的分量公式获得失调高低角与失调方位角计算公式如下:

$$\begin{cases} \varepsilon_\alpha = \arcsin(a_{21} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{22} \cdot \sin q_\alpha - a_{23} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta) \\ \varepsilon_\beta = -\arctan \left(\frac{a_{31} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{32} \cdot \sin q_\alpha - a_{33} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta}{a_{11} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{12} \cdot \sin q_\alpha - a_{13} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta} \right) \end{cases}$$

其中, ε_α 、 ε_β 为失调高低角与失调方位角, 具体为一维旋转导引头输出的一维失调角信息。

6. 如权利要求5所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法, 其特征在于, 所述根据坐标转换关系将二维失调角估计值, 以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值, 包括如下步骤:

利用测角系与弹体系之间的变换矩阵 $L_{x_1}(\phi)$, 获得弹体系到测角系的转换关系;

$$\begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \cdot \cos \phi(t) + z_1 \cdot \sin \phi(t) \\ -y_1 \cdot \sin \phi(t) + z_1 \cdot \cos \phi(t) \end{bmatrix}$$

其中, x_m 、 y_m 、 z_m 分别为某个点在测角系的三维坐标, 其中, 某个点在弹体坐标系的三维坐标为 (x_1, y_1, z_1) 时, 则其在弹体坐标系的三维坐标为 (x_m, y_m, z_m) ;

将所述转换关系与目标在弹体系的分量使用失调高低角 ε_α 与失调方位角 ε_β 表示进行联合;

$$\begin{bmatrix} R_{xm} \\ R_{ym} \\ R_{zm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta \\ R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \cdot \cos \phi(t) - R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \sin \phi(t) \\ -R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi(t) - R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi(t) \end{bmatrix}$$

并与目标在测角系位置的其他表达方式联立,获得一维旋转导引头的失调角测量值;

$$\begin{bmatrix} R_{xm} \\ R_{ym} \\ R_{zm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon'_{ym} \cdot \cos \varepsilon'_{xm} \\ R \cdot \sin \varepsilon'_{ym} \\ -R \cdot \cos \varepsilon'_{ym} \cdot \sin \varepsilon'_{xm} \end{bmatrix}$$

$$\varepsilon = \varepsilon'_{xm} = \arctan \left(\frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi(t) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)$$

其中, ε'_{xm} 为一维旋转导引头输出的失调角, ε'_{ym} 为假定存在的目标在测角系下的失调高低角。

7. 如权利要求6所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法,其特征在于,利用所述失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角,计算每次采样时刻期望旋转角的二维失调角估计值,具体表达式为:

期望旋转角 $\varphi_c(t)$ 由实际转角 $\varphi(t)$ 近似表示:

$$\varphi_c(t) = \varphi(t) + \Delta \varphi$$

其中, $\Delta \varphi$ 表示实际转角与期望旋转角之间的误差;

基于所述失调角测量值获得单通道失调角解算公式,具体为:

$$\varepsilon_c = \arctan \left(\frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi_c(t) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi_c(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)$$

将所述期望旋转角带入所述单通道失调角解算公式,获得:

$$\tan \varepsilon_c = \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin(\phi(t) + \Delta \phi) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos(\phi(t) + \Delta \phi)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta}$$

其中,

$$\cos(\varphi(t) + \Delta \varphi) = \cos \varphi(t) \cos \Delta \varphi - \sin \varphi(t) \sin \Delta \varphi$$

$$\sin(\varphi(t) + \Delta \varphi) = \sin \varphi(t) \cos \Delta \varphi + \cos \varphi(t) \sin \Delta \varphi$$

$$\text{则: } \tan \varepsilon_c = \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot [\sin \phi(t) + \Delta \phi \cos \phi(t)] + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot [\cos \phi(t) - \Delta \phi \sin \phi(t)]}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta}$$

通过反切获得最终的失调值估计值 ε_c 表达式为:

$$\varepsilon_c = \arctan \left(\cos \Delta \phi \cdot \tan \varepsilon + \sin \Delta \phi \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \cos \phi(t) - \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \sin \phi(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right).$$

8. 一种一维旋转导引头失调角解旋系统,其特征在于,包括:

采集模块,用于获取测量系的实际旋转角与期望旋转角,以及获取弹体系中弹体的姿态角信息;

第一解旋模块,用于将所述实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的

一维失调角信息输入解旋算法中,输出二维失调角估计值;

失调角测量值获取模块,用于根据坐标转换关系将二维失调角估计值,以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值;

失调角估计值获取模块,用于利用所述失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角,计算每次采样时刻期望旋转角的二维失调角估计值;

第二解旋模块,用于将所述期望旋转角和期望旋转角的二维失调角估计值输入解旋算法,输出等效为二维旋转导引头的最终失调角。

9.一种计算机设备,其特征在于,包括存储器及处理器,所述存储器中储存有计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时,使得所述处理器执行如权利要求1至7中任一项所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法的步骤。

10.一种存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至7中任一项所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法的步骤。

一种一维旋转导引头失调角解旋方法、系统、设备与介质

技术领域

[0001] 本发明涉及导引头光学技术领域,特别涉及一种一维旋转导引头失调角解旋方法、系统、设备与介质。

背景技术

[0002] 导引头失调角是指在导引头光学系统中,光束在出射时与光学元件表面法线的夹角。其中,在制导控制中,需要二维失调角(失调方位角和失调高低角)。一般采用的是二维导引头,有两个测角装置,可以直接测得两个角度。

[0003] 在针对一维旋转导引头时,这种导引头只有一个测角装置,需要不断自旋,每旋转 90° 测量一次角度。可以通过每个采样时刻的导引头的转角位置和测得的失调角,解算出失调方位角和失调高低角。这就带来了如何从一维旋转导引头解算二维导引头的问题。

[0004] 而在从一维旋转导引头解算二维导引头时,现有技术中一维旋转导引头的转速控制误差导致其输出的一维失调角时的转角与期望转角不符,导致输出的失调角与期望输出失调角的误差,这些问题会导致解旋算法的结果误差很大。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对上述现有技术的不足,提供一种一维旋转导引头失调角解旋方法,以解决现有技术中一维旋转导引头的转速控制误差导致其输出的一维失调角时的转角与期望转角不符,导致输出的失调角与期望输出失调角的误差,这些问题会导致解旋算法的结果误差很大的问题。

[0006] 本发明具体提供如下技术方案:一种一维旋转导引头失调角解旋方法,包括如下步骤:

[0007] 获取测量系的实际旋转角与期望旋转角,以及获取弹体系中弹体的姿态角信息;

[0008] 获取测量系的实际旋转角与期望旋转角,以及获取弹体系中弹体的姿态角信息;

[0009] 将所述实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息输入解旋算法中,输出二维失调角估计值;

[0010] 根据坐标转换关系将二维失调角估计值,以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值;

[0011] 利用所述失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角,计算每次采样时刻期望旋转角的二维失调角估计值;

[0012] 将所述期望旋转角和期望旋转角的二维失调角估计值输入解旋算法,输出等效为二维旋转导引头的最终失调角。

[0013] 优选的,将所述实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息输入解旋算法中,输出二维失调角估计值,包括如下步骤:

[0014] 根据弹目的视线高低角 q_α 和视线方位角 q_β 、弹目距离 R ,获得目标在牵连地面系的分量;

[0015] 根据牵连地面系与弹体系的变换矩阵 $L(\psi, \theta, \gamma)$, 获得待攻击目标在弹体系的分量;

[0016] 通过两种所述目标在弹体系的分量计算获得二维失调角估计值;

[0017] 其中, θ, ψ, γ 为弹体的姿态角信息, 所述二维失调角估计值包括失调高低角与失调方位角。

[0018] 优选的, 所述获得目标在牵连地面系的分量, 具体表达式为:

$$[0019] \quad \begin{cases} R_x = R \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta \\ R_y = R \cdot \sin q_\alpha \\ R_z = -R \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta \end{cases}$$

[0020] 其中, R_x, R_y, R_z 分别为待攻击目标在牵连地面系的三维坐标。

[0021] 优选的, 所述获得目标在弹体系的分量, 具体表达式为:

$$[0022] \quad \begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = L(\psi, \vartheta, \gamma) \cdot \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix}$$

[0023] 令:

$$[0024] \quad L(\psi, \vartheta, \gamma) = \begin{pmatrix} \cos \vartheta \cos \psi & \sin \vartheta & -\cos \vartheta \sin \psi \\ -\sin \vartheta \cos \psi \cos \gamma + \sin \psi \sin \gamma & \cos \vartheta \cos \gamma & \sin \vartheta \sin \psi \cos \gamma + \cos \psi \sin \gamma \\ \sin \vartheta \cos \psi \sin \gamma + \sin \psi \cos \gamma & -\cos \vartheta \sin \gamma & -\sin \vartheta \sin \psi \sin \gamma + \cos \psi \cos \gamma \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

[0025] 则目标在弹体系的分量为:

$$[0026] \quad \begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}R_x + a_{12}R_y + a_{13}R_z \\ a_{21}R_x + a_{22}R_y + a_{23}R_z \\ a_{31}R_x + a_{32}R_y + a_{33}R_z \end{bmatrix}$$

[0027] 其中, $R_{x_1}, R_{y_1}, R_{z_1}$ 分别为待攻击目标在弹体系的三维坐标; $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}$ 和 a_{33} 分别为牵连地面系与弹体系的变换矩阵的元素。

[0028] 优选的, 所述通过两种所述目标在弹体系的分量计算获得二维失调角估计值, 包括如下步骤:

[0029] 目标在弹体系的分量使用失调高低角 ε_α 与失调方位角 ε_β 表示如下:

$$[0030] \quad \begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta \\ R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \\ -R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \end{bmatrix}$$

[0031] 通过目标在弹体系的分量公式获得失调高低角与失调方位角计算公式如下:

$$[0032] \quad \begin{cases} \varepsilon_\alpha = \arcsin(a_{21} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{22} \cdot \sin q_\alpha - a_{23} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta) \\ \varepsilon_\beta = -\arctan \left(\frac{a_{31} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{32} \cdot \sin q_\alpha - a_{33} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta}{a_{11} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{12} \cdot \sin q_\alpha - a_{13} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta} \right) \end{cases}$$

[0033] 其中, $\varepsilon_\alpha, \varepsilon_\beta$ 为失调高低角与失调方位角, 具体为一维旋转导引头输出的一维失调角信息。

[0034] 优选的, 所述根据坐标转换关系将二维失调角估计值, 以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值, 包括如下步骤:

[0035] 利用测角系与弹体系之间的变换矩阵 $L_{x_1}(\phi)$, 获得弹体系到测角系的转换关系;

$$[0036] \quad \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \cdot \cos \phi(t) + z_1 \cdot \sin \phi(t) \\ -y_1 \cdot \sin \phi(t) + z_1 \cdot \cos \phi(t) \end{bmatrix}$$

[0037] 其中, x_m, y_m, z_m 分别为某个点在测角系的三维坐标, 其中, 某个点在弹体坐标系的三维坐标为 (x_1, y_1, z_1) 时, 则其在弹体坐标系的三维坐标为 (x_m, y_m, z_m) ;

[0038] 将所述转换关系与目标在弹体系的分量使用失调高低角 ε_α 与失调方位角 ε_β 表示进行联合;

$$[0039] \quad \begin{bmatrix} R_{xm} \\ R_{ym} \\ R_{zm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta \\ R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \cdot \cos \phi(t) - R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \sin \phi(t) \\ -R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi(t) - R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi(t) \end{bmatrix}$$

[0040] 并与目标在测角系位置的其他表达方式联立, 获得一维旋转导引头的失调角测量值;

$$[0041] \quad \begin{bmatrix} R_{xm} \\ R_{ym} \\ R_{zm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon'_{ym} \cdot \cos \varepsilon'_{xm} \\ R \cdot \sin \varepsilon'_{ym} \\ -R \cdot \cos \varepsilon'_{ym} \cdot \sin \varepsilon'_{xm} \end{bmatrix}$$

$$[0042] \quad \varepsilon = \varepsilon'_{xm} = \arctan \left(\frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi(t) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)$$

[0043] 其中, ε'_{xm} 为一维旋转测角装置输出的失调角, ε'_{ym} 为假定存在的目标在测角系下的失调高低角。

[0044] 优选的, 利用所述失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角, 计算每次采样时刻期望旋转角的二维失调角估计值, 具体表达式为:

[0045] 期望旋转角 $\varphi_c(t)$ 由实际转角 $\varphi(t)$ 近似表示:

$$[0046] \quad \varphi_c(t) = \varphi(t) + \Delta \varphi$$

[0047] 其中, $\Delta \varphi$ 表示实际转角与期望旋转角之间的误差;

[0048] 基于所述失调角测量值获得单通道失调角解算公式, 具体为:

$$[0049] \quad \varepsilon_c = \arctan \left(\frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi_c(t) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi_c(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)$$

[0050] 将所述期望旋转角带入所述单通道失调角解算公式,获得:

$$[0051] \quad \tan \varepsilon_c = \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin(\phi(t) + \Delta\phi) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos(\phi(t) + \Delta\phi)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta}$$

[0052] 其中,

$$[0053] \quad \cos(\phi(t) + \Delta\phi) = \cos \phi(t) \cos \Delta\phi - \sin \phi(t) \sin \Delta\phi$$

$$[0054] \quad \sin(\phi(t) + \Delta\phi) = \sin \phi(t) \cos \Delta\phi + \cos \phi(t) \sin \Delta\phi$$

$$[0055] \quad \text{则: } \tan \varepsilon_c = \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot [\sin \phi(t) + \Delta\phi \cos \phi(t)] + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot [\cos \phi(t) - \Delta\phi \sin \phi(t)]}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta}$$

[0056] 通过反切获得最终的失调值估计值 ε_c 表达式为:

$$[0057] \quad \varepsilon_c = \arctan \left(\cos \Delta\phi \cdot \tan \varepsilon + \sin \Delta\phi \cdot \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \cos \phi(t) - \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \sin \phi(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)。$$

[0058] 优选的,本发明还提供一种一维旋转导引头失调角解旋系统,包括:

[0059] 采集模块,用于获取测量系的实际旋转角与期望旋转角,以及获取弹体系中弹体的姿态角信息;

[0060] 第一解旋模块,用于将所述实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息输入解旋算法中,输出二维失调角估计值;

[0061] 失调角测量值获取模块,用于根据坐标转换关系将二维失调角估计值,以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值;

[0062] 失调角估计值获取模块,用于利用所述失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角,计算每次采样时刻期望旋转角的二维失调角估计值;

[0063] 第二解旋模块,用于将所述期望旋转角和期望旋转角的二维失调角估计值输入解旋算法,输出等效为二维旋转导引头的最终失调角。

[0064] 优选的,本发明提供一种计算机设备,包括存储器及处理器,所述存储器中储存有计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时,使得所述处理器执行所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法的步骤。

[0065] 优选的,本发明提供一种存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现所述的一种一维旋转导引头失调角解旋方法的步骤。

[0066] 与现有技术相比,本发明具有如下显著优点:

[0067] 本发明将获取的实际旋转角、姿态角信息和一维失调角信息输入解旋算法,获取二维失调角估计值,并根据坐标转换关系将二维失调角估计值,以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值,将一维导引头的一维数据转换为二维的数据,消除了一维旋转导引头的转速控制误差导致其输出的一维失调角时的转角与期望转角不符的问题,同时计算每次采样时刻期望转角的失调角估计值,通过期望转角和期望转角的失调角估计值代替实际转角和失调角测量值,避免了输出的失调角与期望输出失调角的误差,从而使得最终通过解旋算法获得的失调角在精度上有了非常大的提升。

附图说明

[0068] 图1为本发明实施例中的一维旋转导引头的等效二维不旋导引头组成框图；

[0069] 图2为本发明实施例中的一维旋转导引头失调角解算等效数学模型图；

图3为本发明实施例中的一维旋转捷联导引头测量过程中的角度示意图。

具体实施方式

[0070] 下面结合本发明中的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都应属于本发明保护的范围。

[0071] 对于一维旋转捷联导引头,通过引入解旋算法,可以将一维旋转捷联导引头等效为二维不旋捷联导引头,输出两通道失调角。其基本组成如图1所示,一维旋转捷联导引头是一种角度测量装置,理想的一维旋转捷联导引头解算 ε 的等效数学模型如图2所示。通过惯性系下理想的弹目视线角(弹目的视线高低角和视线方位角) q_α, q_β 和弹体的姿态角信息 θ, ψ, γ 可以等效出两通道捷联导引头的输出 $\varepsilon_\alpha, \varepsilon_\beta$,又已知测量系与弹体系的旋转角为 $\varphi(t)$,根据坐标转换关系可以等效出一维旋转测角装置的理想输出 ε ,具体推导如下:

[0072] 本申请的实施例提供一种一维旋转导引头失调角解算方法,包括如下步骤:

[0073] 步骤S1:获取测量系的实际旋转角与期望旋转角,以及获取弹体系中弹体的姿态角信息。

[0074] 步骤S2:将实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息输入解旋算法中,输出二维失调角估计值。

[0075] 本步骤具体包括如下步骤:

[0076] 步骤S21:根据弹目的视线高低角和视线方位角 q_α, q_β ,弹目距离 R ,获得待攻击目标在牵连地面系的分量。

$$[0077] \quad \begin{cases} R_x = R \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta \\ R_y = R \cdot \sin q_\alpha \\ R_z = -R \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta \end{cases}$$

[0078] 其中, R_x, R_y, R_z 分别为待攻击目标在牵连地面系的三维坐标。

[0079] 步骤S22:根据牵连地面系与弹体系的变换矩阵 $L(\psi, \theta, \gamma)$,获得待攻击目标在弹体系的分量。

$$[0080] \quad \begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = L(\psi, \theta, \gamma) \cdot \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix}$$

[0081] 令:

$$\begin{aligned}
 [0082] \quad L(\psi, \vartheta, \gamma) &= \begin{pmatrix} \cos \vartheta \cos \psi & \sin \vartheta & -\cos \vartheta \sin \psi \\ -\sin \vartheta \cos \psi \cos \gamma + \sin \psi \sin \gamma & \cos \vartheta \cos \gamma & \sin \vartheta \sin \psi \cos \gamma + \cos \psi \sin \gamma \\ \sin \vartheta \cos \psi \sin \gamma + \sin \psi \cos \gamma & -\cos \vartheta \sin \gamma & -\sin \vartheta \sin \psi \sin \gamma + \cos \psi \cos \gamma \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

[0083] 则目标在弹体系的分量为：

$$[0084] \quad \begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}R_x + a_{12}R_y + a_{13}R_z \\ a_{21}R_x + a_{22}R_y + a_{23}R_z \\ a_{31}R_x + a_{32}R_y + a_{33}R_z \end{bmatrix}$$

[0085] 其中, R_{x_1} 、 R_{y_1} 、 R_{z_1} 分别为待攻击目标在弹体系的三维坐标; a_{11} 、 a_{12} 、 a_{13} 、 a_{21} 、 a_{22} 、 a_{23} 、 a_{31} 、 a_{32} 和 a_{33} 分别为牵连地面系与弹体系的变换矩阵的元素; θ 为俯仰角, ψ 为偏航角, γ 为倾斜角。

[0086] 步骤S23: 通过两种待攻击目标在弹体系的分量计算获得失调高低角与失调方位角。

[0087] 目标在弹体系的分量使用失调高低角 ε_α 与失调方位角 ε_β 表示如下：

$$[0088] \quad \begin{bmatrix} R_{x_1} \\ R_{y_1} \\ R_{z_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta \\ R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \\ -R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \end{bmatrix}$$

[0089] 通过目标在弹体系的分量公式获得失调高低角与失调方位角计算公式如下：

$$[0090] \quad \begin{cases} \varepsilon_\alpha = \arcsin(a_{21} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{22} \cdot \sin q_\alpha - a_{23} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta) \\ \varepsilon_\beta = -\arctan \left(\frac{a_{31} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{32} \cdot \sin q_\alpha - a_{33} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta}{a_{11} \cdot \cos q_\alpha \cdot \cos q_\beta + a_{12} \cdot \sin q_\alpha - a_{13} \cdot \cos q_\alpha \cdot \sin q_\beta} \right) \end{cases}$$

[0091] 其中, ε_α 、 ε_β 为失调高低角与失调方位角, 具体为一维旋转导引头输出的一维失调角信息。其中, θ 、 ψ 、 γ 为弹体的姿态角信息。

[0092] 根据坐标转换关系将失调高低角 ε_α 与失调方位角 ε_β , 以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值。

[0093] 步骤S3: 根据坐标转换关系将二维失调角估计值, 以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值。

[0094] 利用测角系与弹体系之间的变换矩阵 $L_{x_1}(\phi)$, 获得弹体系到测角系的转换关系。

$$[0095] \quad \begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \cdot \cos \phi(t) + z_1 \cdot \sin \phi(t) \\ -y_1 \cdot \sin \phi(t) + z_1 \cdot \cos \phi(t) \end{bmatrix}$$

[0096] 其中, x_m 、 y_m 、 z_m 分别为某个点在测角系的三维坐标, 其中, 某个点在弹体坐标系的三维坐标为 (x_1, y_1, z_1) 时, 则其在弹体坐标系的三维坐标为 (x_m, y_m, z_m) 。

[0097] 将转换关系与目标在弹体系的分量使用失调高低角 ε_α 与失调方位角 ε_β 表示进行联合。

$$[0098] \quad \begin{bmatrix} R_{xm} \\ R_{ym} \\ R_{zm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta \\ R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \cdot \cos \phi(t) - R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \sin \phi(t) \\ -R \cdot \sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi(t) - R \cdot \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi(t) \end{bmatrix}$$

[0099] 并与目标在测角系位置的其他表达方式联立,获得一维旋转导引头的失调角测量值 ε 。

$$[0100] \quad \begin{bmatrix} R_{xm} \\ R_{ym} \\ R_{zm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cdot \cos \varepsilon'_{ym} \cdot \cos \varepsilon'_{xm} \\ R \cdot \sin \varepsilon'_{ym} \\ -R \cdot \cos \varepsilon'_{ym} \cdot \sin \varepsilon'_{xm} \end{bmatrix}$$

$$[0101] \quad \varepsilon = \varepsilon'_{xm} = \arctan \left(\frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi(t) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)$$

[0102] 其中, ε'_{xm} 为一维旋转导引头输出的失调角, ε'_{ym} 为假定存在的目标在测角系下的失调高低角。

[0103] 步骤S4:利用失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角,计算每次采样时刻期望旋转角的二维失调角估计值。

[0104] 本步骤具体包括如下步骤:

[0105] 期望旋转角 $\varphi_c(t)$ 由实际转角 $\varphi(t)$ 近似表示:

$$[0106] \quad \varphi_c(t) = \varphi(t) + \Delta \varphi$$

[0107] 其中, $\Delta \varphi$ 表示实际转角与期望旋转角之间的误差。

[0108] 基于失调角测量值获得单通道失调角解算公式,具体为:

$$[0109] \quad \varepsilon_c = \arctan \left(\frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin \phi_c(t) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos \phi_c(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)$$

[0110] 将期望旋转角带入单通道失调角解算公式,获得:

$$[0111] \quad \tan \varepsilon_c = \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \sin(\phi(t) + \Delta \phi) + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \cos(\phi(t) + \Delta \phi)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta}$$

[0112] 其中,

$$[0113] \quad \cos(\varphi(t) + \Delta \varphi) = \cos \varphi(t) \cos \Delta \varphi - \sin \varphi(t) \sin \Delta \varphi$$

$$[0114] \quad \sin(\varphi(t) + \Delta \varphi) = \sin \varphi(t) \cos \Delta \varphi + \cos \varphi(t) \sin \Delta \varphi$$

$$[0115] \quad \text{则: } \tan \varepsilon_c = \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot [\sin \phi(t) + \Delta \phi \cos \phi(t)] + \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot [\cos \phi(t) - \Delta \phi \sin \phi(t)]}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta}$$

[0116] 通过反切获得最终的失调值估计值表达式为(即误差补偿公式):

$$[0117] \quad \varepsilon_c = \arctan \left(\cos \Delta \phi \cdot \tan \varepsilon + \sin \Delta \phi \cdot \frac{\sin \varepsilon_\alpha \cdot \cos \phi(t) - \cos \varepsilon_\alpha \cdot \sin \varepsilon_\beta \cdot \sin \phi(t)}{\cos \varepsilon_\alpha \cdot \cos \varepsilon_\beta} \right)。$$

[0118] 步骤S5:将期望旋转角和期望旋转角的二维失调角估计值输入解算算法,输出等

效为二维旋转导引头的最终失调角。

[0119] 其中,其中,解旋算法为:

[0120] 假设旋转角每个采样周期旋转90度,选择 T_0 和 T_1 时刻作为解旋算法的初始解旋时刻,假设两时刻的视线角不变,已知 T_0 时刻测角采样输出的弹体系下的弹目失调方位角 $\varepsilon_\beta(t_0)$ 和 T_1 时刻测角采样输出的弹体系下的弹目失调高低角 $\varepsilon_\alpha(t_1)$,又已知 T_0 和 T_1 时刻的弹体姿态角 $\psi(t_0), \psi'(t_0), \gamma(t_0)$ 和 $\psi(t_1), \psi'(t_1), \gamma(t_1)$,可以得到 T_0 时刻弹体系下的弹目失调高低角 $\varepsilon_\alpha(t_0)$ 和 T_1 时刻弹体系下的弹目失调方位角 $\varepsilon_\beta(t_1)$ 。

[0121] T_0 时刻的失调高低角为

$$[0122] \quad \varepsilon_\alpha(t_0) = \varepsilon_\alpha(t_1) + \Delta_{t_0}^{t_1} \varepsilon_\alpha$$

[0123] 其中,

$$[0124] \quad \Delta_{t_0}^{t_1} \varepsilon_\alpha = \frac{k_1}{k_2}$$

$$[0125] \quad k_1 = \sin \varepsilon_\alpha(t_1) - c_{21} \cos \varepsilon_\alpha(t_1) \cos \varepsilon_\beta(t_0) - c_{22} \sin \varepsilon_\alpha(t_1) + c_{23} \sin \varepsilon_\beta(t_0) \cos \varepsilon_\alpha(t_1)$$

$$[0126] \quad k_2 = -c_{21} \sin \varepsilon_\alpha(t_1) \cos \varepsilon_\beta(t_0) + c_{22} \cos \varepsilon_\alpha(t_1) + c_{23} \sin \varepsilon_\alpha(t_1) \sin \varepsilon_\beta(t_0)$$

[0127] T_1 时刻的失调方位角为:

$$[0128] \quad \varepsilon_\beta(t_1) = \arcsin k_3$$

[0129] 其中,

$$[0130] \quad k_3 = \frac{c_{31} \cos \varepsilon_\alpha(t_0) \cos \varepsilon_\beta(t_0) + c_{32} \sin \varepsilon_\alpha(t_0) - c_{33} \cos \varepsilon_\alpha(t_0) \sin \varepsilon_\beta(t_0)}{-\cos \varepsilon_\alpha(t_1)}$$

$$[0131] \quad L(\psi(t_1), \vartheta(t_1), \gamma(t_1)) g L(\psi(t_0), \vartheta(t_0), \gamma(t_0))^{-1} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}$$

[0132] 假设 T_1 时刻和 T_2 时刻的弹目视线角不变, T_2 时刻电机旋转了180度, $\varepsilon_\beta(t_2)$ 表示一维旋转测角装置采样输出的相反数,即 T_2 时刻的弹目失调方位角,又已知 T_1 时刻测得的弹目失调高低角 $\varepsilon_\alpha(t_1)$,以及 T_1 时刻和 T_2 时刻的弹体姿态角 $\psi(t_1), \theta(t_1), \gamma(t_1)$ 和 $\psi(t_2), \theta(t_2), \gamma(t_2)$,可以得到 T_2 时刻的弹目失调高低角 $\varepsilon_\alpha(t_2)$ 。

[0133] T_2 时刻的失调高低角为

$$[0134] \quad \varepsilon_\alpha(t_2) = \varepsilon_\alpha(t_1) + \Delta_{t_1}^{t_2} \varepsilon_\alpha$$

[0135] 其中,

$$[0136] \quad \Delta_{t_1}^{t_2} \varepsilon_\alpha = \frac{l_1}{l_2}$$

$$[0137] \quad l_1 = \sin \varepsilon_\alpha(t_1) - d_{21} \cos \varepsilon_\alpha(t_1) \cos \varepsilon_\beta(t_2) - d_{22} \sin \varepsilon_\alpha(t_1) + d_{23} \sin \varepsilon_\beta(t_2) \cos \varepsilon_\alpha(t_1)$$

$$[0138] \quad l_2 = -d_{21} \sin \varepsilon_\alpha(t_1) \cos \varepsilon_\beta(t_2) + d_{22} \cos \varepsilon_\alpha(t_1) + d_{23} \sin \varepsilon_\alpha(t_1) \sin \varepsilon_\beta(t_2)$$

[0139] T_3 时刻电机旋转了270度, $\varepsilon_\alpha(t_3)$ 表示一维旋转测角装置采样输出的相反数,即 T_3 时刻的弹目失调高低角,又已知 T_2 时刻测得的弹目失调方位角 $\varepsilon_\beta(t_2)$,以及 T_2 时刻和 T_3 时刻的弹体姿态角 $\psi(t_2), \theta(t_2), \gamma(t_2)$ 和 $\psi(t_3), \theta(t_3), \gamma(t_3)$,与 T_1 时刻弹目失调角的计算方法完全一样,可以得到 T_3 时刻的弹目失调方位角 $\varepsilon_\beta(t_3)$ 。

[0140] T_4 时刻电机旋转了360度,电机回到了初始位置,此时一维旋转测角装置采样输出

的是弹目失调方位角 $\varepsilon_{\beta}(t_4)$,又已知 T_3 时刻测得的弹目失调高低角 $\varepsilon_{\alpha}(t_3)$,以及 T_3 时刻和 T_4 时刻的弹体姿态角 $\psi(t_3), \theta(t_3), \gamma(t_3)$ 和 $\psi(t_4), \theta(t_4), \gamma(t_4)$,与 T_2 时刻弹目失调角的计算方法完全一样,可以得到 T_4 时刻的弹目失调高低角 $\varepsilon_{\alpha}(t_4)$ 。

[0141] 基于上述方法和陈述,本发明还提供一种一维旋转导引头失调角解旋系统,包括:采集模块、第一解旋模块、失调角测量值获取模块、失调角估计值获取模块和第二解旋模块。

[0142] 采集模块用于获取测量系的实际旋转角,以及获取弹体系中弹体的姿态角信息;第一解旋模块,用于将实际旋转角、弹体的姿态角信息和一维旋转导引头输出的一维失调角信息,输入解旋算法中,获得二维失调角估计值;失调角测量值获取模块用于根据坐标转换关系将二维失调角估计值,以及实际旋转角等效为一维旋转导引头的失调角测量值;失调角估计值获取模块用于利用失调角测量值、二维失调角估计值、实际旋转角和期望旋转角,计算每次采样时刻期望旋转角的失调角估计值;第二解旋模块用于将期望旋转角和期望旋转角的失调角估计值输入解旋算法,获得等效为二维旋转导引头的最终失调角。

[0143] 本发明还提供一种计算机设备,包括存储器及处理器,存储器中储存有计算机程序,计算机程序被处理器执行时,使得处理器执行一种一维旋转导引头失调角解旋方法的步骤。

[0144] 本发明还提供一种存储介质,其上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现一种一维旋转导引头失调角解旋方法的步骤。

[0145] 以上内容是结合具体优选实施方式对本发明做进一步详细说明,对于本发明所属技术领域的技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

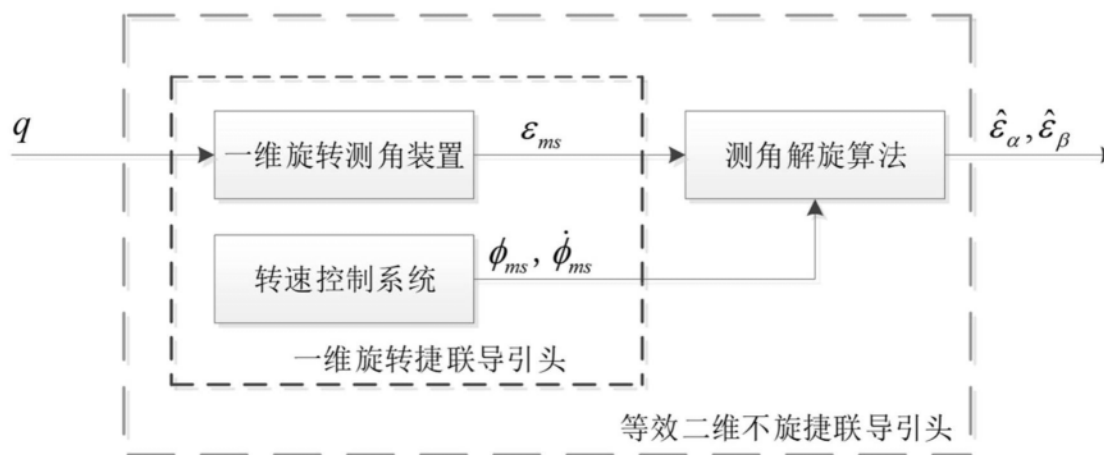


图1

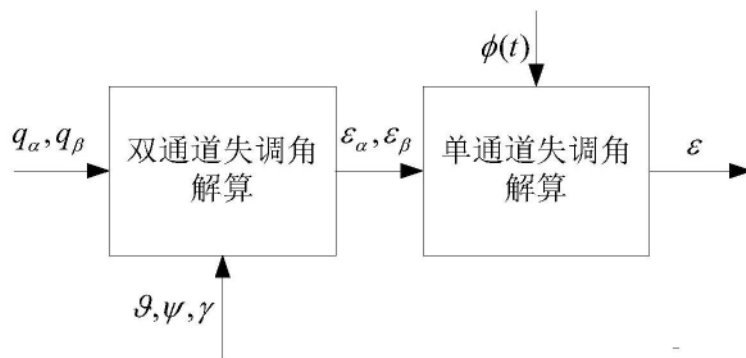


图2

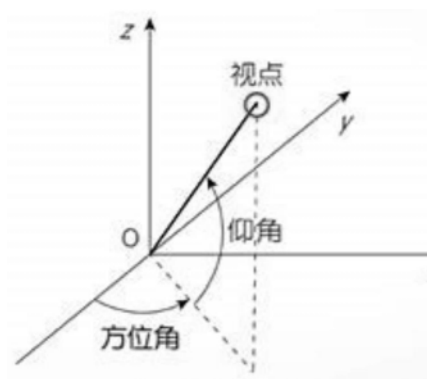


图3