

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2024.02.016

# 一种对接机构的误差分析与可靠度分析

戴萍<sup>1</sup>,王清运<sup>2</sup>

(1. 南京理工大学机械工程学院,江苏南京 210094; 2. 江苏金陵智造研究院有限公司,江苏南京 210006)

**摘要:**为满足大型部件的对接工作要求,采用一种6自由度对接调姿机构。通过D-H法对机构建立运动学数学模型,进行正逆向运动学分析。对机构末端进行位姿误差分析与可靠度分析,得到末端位姿误差与各关节运动学参数之间的关系,分析出对末端误差影响最大的误差源,为后续提高精度提供理论依据。

**关键词:**对接机构;运动学;误差分析;可靠度分析

**中图分类号:**TH115 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2024)02-0079-04

## Error and Reliability Analysis of Docking Mechanism

DAI Ping<sup>1</sup>, WANG Qingyun<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. Jiangsu Jinling Institute of Intelligent Manufacturing Co., Ltd., Nanjing 210006, China)

**Abstract:** In order to meet the docking requirements of large components, a 6-DOF docking attitude adjustment mechanism is adopted. The kinematics mathematical model of the mechanism is established by D-H method, and the forward and inverse kinematics are analyzed. The position and pose error and reliability of the end of the mechanism are studied to obtain the relationship between the position and pose error of the end and the kinematics parameters of each joint, and the error source greatly affecting the end error is analyzed, which provides a theoretical basis for the subsequent improvement of accuracy.

**Keywords:** docking mechanism; kinematics; error analysis; reliability analysis

## 0 引言

大型精密部件的对接装配是决定产品制造效率和质量的关键环节。一旦产品的对接精度不满足设计要求,就需要重新对接,严重的情况下还会导致产品报废,影响后续生产实验,影响生产效率,造成经济损失<sup>[1]</sup>。因此设计对接机构以及对其进行可靠性分析是非常有必要的。

在机构的误差分析和可靠度分析方面,张志强等<sup>[2]</sup>以6自由度机械臂为研究对象建立误差模型,利用蒙特卡洛法进行仿真实验,得到了由于对中误差引起的机械臂末端定位误差分布特点。宋晨等<sup>[3]</sup>针对所设计的一种具有串并联特征的6自由度调姿机构进行了运动学分析、误差分析以及灵敏度分析,得到了调姿机构末端的位姿误差仿真曲线和各运动参数对位姿误差的灵敏度大小。

本文根据产品对接要求,设计了一种6自由度对接机构。通过D-H法建立对接机构的运动学模型并进行正逆向运动学分析。为了提高对接精度,对机构进行了误差建模与分析,得到了机构

的末端误差范围。利用蒙特卡洛法结合误差模型分析出机构的主要误差源,为调整对接机构结构参数提供了参考依据。

## 1 对接机构概述

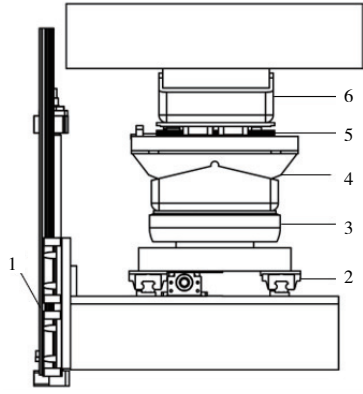
对接机构主要由升降、行走、偏航、俯仰、横移以及滚转6部分组成,如图1所示。升降、行走以及横移机构的导轨安装在不同平台上,由各机构伺服电机驱动滚珠丝杠,带动各平台实现移动。偏航机构通过伺服电机与减速器实现产品部件1绕z轴的姿态调整。俯仰机构与滚转机构是通过驱动蜗杆转动带动蜗轮轴两侧的齿轮分别与两侧齿弧啮合,使得俯仰机构和滚转机构沿设计的弧形槽转动,实现产品部件1绕x、y轴的姿态调整。

## 2 对接机构运动学分析

### 2.1 对接机构运动学坐标系建立

本文利用D-H法将结构复杂的对接机构看作一系列连杆通过关节串联而成的运动链<sup>[4]</sup>。为了研究末端位姿与各关节变量之间的关系,需要建立连杆坐标系,如图2所示。

第一作者简介:戴萍(1997—),女,山东临沂人,硕士研究生,研究方向为动力学分析与控制,dai13915960396@163.com。



1—升降机构;2—行走机构;3—偏航机构;  
4—俯仰机构;5—横移机构;6—滚转机构。

图1 对接机构简图

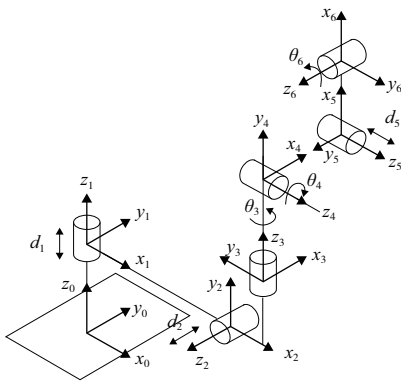


图2 对接机构连杆坐标系

根据 D-H 法建立的对接机构连杆坐标系的 D-H 参数如表 1 所示。

表 1 D-H 参数

连杆	$a_{i-1}/\text{mm}$	$\alpha_{i-1}/(^{\circ})$	$\theta_i/(^{\circ})$	$d_i/\text{mm}$
1	0	0	0	$-179+d_1$
2	343	90	0	$-234+d_2$
3	80	-90	$90+\theta_3$	121
4	0	90	$\theta_4$	344
5	20	0	90	$-70+d_5$
6	215	-90	$\theta_6$	0

## 2.2 对接机构正逆运动学分析

正运动学分析是将机构关节变量作为自变量建立正运动学模型,描述机构末端执行器的位置和姿态与基座之间的运动关系。

根据 D-H 法建立的两个连杆坐标系之间的齐次变换矩阵的一般表达式为

$${}_{i-1}T_i = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1}d_i \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1}d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中:s 为 sin;c 为 cos。

对接机构各关节变换矩阵以及末端杆件相对于基座的变换矩阵如下:

$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -179+d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_1 \\ 0 & 0 & -1 & 234-d_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$${}^2T_3 = \begin{bmatrix} -\sin\theta_3 & -\cos\theta_3 & 0 & a_2 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ -\cos\theta_3 & \sin\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$${}^3T_4 = \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & -\sin\theta_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -d_4 \\ \sin\theta_4 & \cos\theta_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$${}^4T_5 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & a_4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -70+d_5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$${}^5T_6 = \begin{bmatrix} \cos\theta_6 & -\sin\theta_6 & 0 & a_5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_6 & -\cos\theta_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$${}^0T_6 = {}^0T_1 {}^1T_2 {}^2T_3 {}^3T_4 {}^4T_5 {}^5T_6 = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中: $n_x = s_3s_4c_6 + c_3s_6$ ;  $n_y = c_3s_4c_6 - s_3s_6$ ;  $n_z = -c_4c_6$ ;  $o_x = -s_3s_4s_6 + c_3c_6$ ;  $o_y = -c_3s_4s_6 - s_3c_6$ ;  $o_z = c_4s_6$ ;  $a_x = s_3c_4$ ;  $a_y = c_4s_6$ ;  $a_z = s_4$ ;  $p_x = a_1 + a_2 - (d_5 + d_4)c_3 + a_5s_3s_4 - a_4s_3c_4$ ;  $p_y = d_2 + (d_4 + d_5)s_3 + a_5c_3s_4 - a_4c_3c_4$ ;  $p_z = d_1 + d_3 - a_4s_4 - a_5c_4$ ; 其中  $s_i$  为  $\sin\theta_i$ ;  $c_i$  为  $\cos\theta_i$ ;  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ 。

机构逆运动学是正运动学的逆过程,是在已知末端位姿矩阵的条件下求解满足条件的关节变

量的问题。由式(8)可得12个非线性方程,求解得到各关节变量结果如下:

$$\begin{cases} d_1 = p_z - d_3 + a_4 s_4 + a_5 c_4 \\ d_2 = p_y - (d_4 + d_5) s_3 + a_5 c_3 s_4 + a_4 c_3 c_4 \\ \theta_3 = \arcsin\left(\frac{a_x}{a_y}\right) \\ \theta_4 = \arcsin a_z \\ d_5 = \frac{p_x - a_1 - a_2 + d_4 c_3 - a_5 s_3 s_4 + a_4 s_3 c_4}{c_3} \\ \theta_6 = \arcsin\left(\frac{o_z}{c_4}\right) \end{cases} \quad (9)$$

### 3 对接机构误差分析

#### 3.1 对接机构末端运动学误差模型建立

影响机构绝对定位精度的因素有很多,而这些因素产生的误差都可以视为机构实际运动学参数值与理论设计的运动学参数值之间产生的偏差。

为分析机构运动学参数误差与末端误差的关系就需要建立机构的误差模型。本文采用矩阵法<sup>[5]</sup>对机构进行误差分析。首先利用正运动学推导出坐标系下的微分运动学关系,进而考虑机构D-H参数误差,建立关节运动学误差模型,从而建立对接机构末端运动学误差模型。

当两个坐标系描述同一个微分运动 $dT$ 时,由位姿变换关系可得: $\Delta \cdot T = T \cdot \Delta^i$ ,即

$$\Delta = T \cdot \Delta^i \cdot T^{-1} \quad (10)$$

$$\text{式中 } \Delta^i = \begin{bmatrix} 1 & -\delta_z^i & \delta_y^i & d_x^i \\ \delta_z^i & 1 & -\delta_x^i & d_y^i \\ -\delta_y^i & \delta_x^i & 1 & d_z^i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

式(10)化简整理成矩阵的形式:

$$\begin{bmatrix} d \\ \delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{i-1} & \mathbf{P}_{i-1} \times \mathbf{R}_{i-1} \\ 0 & \mathbf{R}_{i-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} d_i \\ \delta_i \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \mathbf{d}_n = \begin{bmatrix} d_{nx} \\ d_{ny} \\ d_{nz} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^6 (\mathbf{R}_{i-1} \cdot \mathbf{W1}_i \cdot \Delta a_{i-1} + \mathbf{R}_{i-1} \cdot \mathbf{W2}_i \cdot \Delta d_i + \mathbf{R}_{i-1} \cdot \mathbf{W3}_i \cdot \Delta \theta_i + \mathbf{P}_{i-1} \times \\ \mathbf{R}_{i-1} \cdot \mathbf{W1}_i \cdot \Delta \alpha_{i-1} + \mathbf{P}_{i-1} \times \mathbf{R}_{i-1} \cdot \mathbf{W2}_i \cdot \Delta \theta_i) \\ \mathbf{\delta}_n = \begin{bmatrix} \delta_{nx} \\ \delta_{ny} \\ \delta_{nz} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^6 (\mathbf{R}_{i-1} \cdot \mathbf{W1}_i \cdot \Delta \alpha_{i-1} + \mathbf{R}_{i-1} \cdot \mathbf{W2}_i \cdot \Delta \theta_i) \end{cases} \quad (17)$$

式中: $\mathbf{d}_n$ 、 $\mathbf{\delta}_n$ 分别表示末端位置误差矢量和末端姿态误差矢量; $\mathbf{W1}_i$ 、 $\mathbf{W2}_i$ 、 $\mathbf{W3}_i$ 分别表示式

式中: $\mathbf{d}_i$ 表示微分平移矢量; $\mathbf{\delta}_i$ 表示微分旋转矢量; $\mathbf{R}_{i-1}$ 为两坐标系变换矩阵 $T$ 的旋转矩阵; $\mathbf{P}_{i-1}$ 为位移矩阵。该式表示了两坐标系微分平移矢量和微分旋转矢量之间的关系。

当误差用D-H参数来表示,两个相邻关节位姿变换矩阵微分关系可以表示为

$$dA_i = \frac{\partial A_i}{\partial \alpha_{i-1}} \Delta \alpha_{i-1} + \frac{\partial A_i}{\partial a_{i-1}} \Delta a_{i-1} + \frac{\partial A_i}{\partial d_i} \Delta d_i + \frac{\partial A_i}{\partial \theta_i} \Delta \theta_i \quad (12)$$

将该式化简整理成矩阵的形式如下:

$$\mathbf{d}_i = \begin{bmatrix} dx_i \\ dy_i \\ dz_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \Delta a_{i-1} + \begin{bmatrix} 0 \\ -\sin \alpha_{i-1} \\ \cos \alpha_{i-1} \end{bmatrix} \cdot \Delta d_i + \begin{bmatrix} 0 \\ -\cos \alpha_{i-1} \cdot a_{i-1} \\ \sin \alpha_{i-1} \cdot a_{i-1} \end{bmatrix} \cdot \Delta \theta_i \quad (13)$$

$$\mathbf{\delta}_i = \begin{bmatrix} \delta x_i \\ \delta y_i \\ \delta z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \Delta \alpha_{i-1} + \begin{bmatrix} 0 \\ -\sin \alpha_{i-1} \\ \cos \alpha_{i-1} \end{bmatrix} \cdot \Delta \theta_i \quad (14)$$

式中 $\Delta a_{i-1}$ 、 $\Delta \alpha_{i-1}$ 、 $\Delta d_i$ 、 $\Delta \theta_i$ 表示D-H参数的误差。

考虑机构各关节运动学参数误差后,结合正运动学可以得到对接机构末端运动学误差模型如下:

$$T_n + dT_n = (A_1 + dA_1)(A_2 + dA_2) \cdots (A_n + dA_n) \quad (15)$$

将式(15)展开且忽略二阶以上高阶误差项得

$$dT_n = \sum_{i=1}^6 (T_{i-1} \cdot \delta A_i \cdot T_{i-1}^{-1} T_n) \quad (16)$$

结合式(13)、式(14)可以得到末端误差矢量公式如下:

$$(13)、式(14)中相对应的矩阵。该公式表示了各关节运动参数与末端位姿误差之间的关系。$$

### 3.2 对接机构的误差分析

为确定可靠性分析中的误差半径,需要考虑机构所有的误差源,计算末端位姿误差范围。本文考虑的误差源主要有各运动变量和各关节运动参数对末端位姿误差范围的影响。

综合考虑各种误差因素对误差源的影响,设计各误差源均服从正态分布,位移运动变量的标准差为 0.01 mm,姿态运动变量的标准差为 0.01°,各关节运动参数的标准差为 0.005。

按照表 1 给定的条件和误差模型公式,使用 MATLAB 编写程序,通过仿真得到对接机构末端位姿误差范围如图 3 所示。

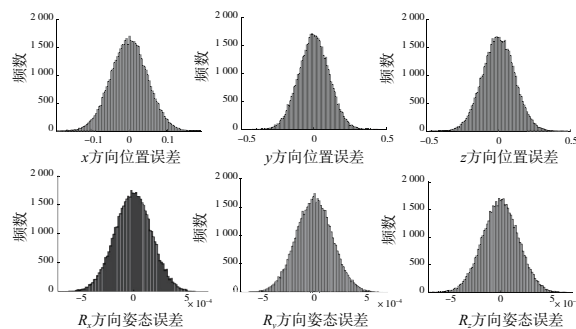


图 3 对接机构末端位姿误差范围

对接机构末端  $x$  方向位置误差范围为  $[-0.21, 0.18]$  mm;  $y$  方向位置误差范围为  $[-0.43, 0.44]$  mm;  $z$  方向位置误差范围为  $[-0.47, 0.48]$  mm; 姿态误差范围均在  $\pm 0.000 75^\circ$  范围内。由此可见位置误差普遍比姿态误差大,且  $y$ 、 $z$  方向位置误差相对较大,但以上误差均在对接机构误差允许的范围。

## 4 基于蒙特卡洛法的可靠性分析

蒙特卡洛法是一种基于概率论与数理统计的算法,蒙特卡洛模拟方法就是将需要解决的问题转化成概率模型,并通过计算机得到一系列的随机结果,然后对结果进行统计得到问题的解<sup>[6]</sup>。

本文将对接机构的可靠性分析转化为概率模型,对机构的各种误差源进行随机抽样并带入误差模型计算,分析研究得到末端误差值,得出影响机构末端精度的主要误差源。

设对接机构末端误差  $d_n$ 、 $\delta_n$  落在一定范围内的概率来表述机构的误差值,称作对接机构的可靠度<sup>[7]</sup>。将误差值在允许误差范围以内的试验次数记作  $n$ ,总试验次数为  $N$ ,则该误差源的可靠度

$P=n/N$ 。

首先考虑各关节运动参数对末端误差的影响,进行 5 组抽样计算。第 1 组运动参数标准差为 0.005,其余 4 组分别将 4 个运动参数标准差缩小 5 倍,其余运动参数不变。允许位置误差范围分别是  $\pm 0.055$  mm、 $\pm 0.12$  mm、 $\pm 0.13$  mm,允许姿态误差范围均为  $\pm 0.000 2^\circ$ ,每组样本总数为 50 000 组,各运动参数的可靠度抽样计算分析结果如表 2 所示。

表 2 各运动参数可靠度分析结果

运动关节	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组
$x$	0.745 5	0.750 3	0.747 4	0.893 3	0.865 4
$y$	0.749 6	0.750 3	0.751 2	0.780 7	0.993 8
$z$	0.753 5	0.754 5	0.754 7	0.888 7	0.889 6
绕 $x$	0.747 5	0.747 5	0.747 5	0.887 7	1.000 0
绕 $y$	0.748 2	0.748 2	0.748 2	0.889 6	1.000 0
绕 $z$	0.748 0	0.748 0	0.748 0	0.886 9	1.000 0

由表 2 可知,  $\Delta\alpha_{i-1}$  对机构可靠度的影响最明显。因此关节运动参数  $\Delta\alpha_{i-1}$  是对接机构的关键误差源。

考虑到各关节对末端误差的影响,进行 7 组抽样计算。第 1 组 6 个关节的  $\Delta\alpha$  值的标准差为 0.005,其余 6 组分别将每个关节的  $\Delta\alpha$  值缩小 5 倍。由于对接机构的  $y$ 、 $z$  方向位置误差范围比较大,因此主要考虑这两个方向的误差可靠度。允许误差范围和样本数不变,各关节  $\Delta\alpha$  值的可靠度抽样计算分析结果如表 3 所示。

表 3 各关节  $\Delta\alpha$  值可靠度抽样分析结果

方向	1 组	2 组	3 组	4 组	5 组	6 组	7 组
$y$	0.753	0.753	0.770	0.753	0.827	0.762	0.849
$z$	0.748	0.813	0.750	0.748	0.815	0.753	0.884

由表 3 可知,关节 4 和关节 6 的  $\Delta\alpha$  值对机构可靠度的影响最明显。综上关节 4 和关节 6 的  $\Delta\alpha$  值是影响对接机构末端误差的主要误差源,在加工装配过程中要严格控制其误差范围。

## 5 结语

1)介绍了对接机构的设计和工作原理。该对接机构可以实现大型产品部件在 6 个自由度上的位姿调整,完成对接装配。

(下转第 100 页)

### 3 结语

1) 随着供气孔角度的增加,供气孔对气流的导向作用逐渐增强,孔内的旋涡逐渐减小,旋流比分布逐渐均匀,供气孔流通性增强,从而降低系统的流动阻力,使预旋喷嘴出口马赫数随之增加。

2) 供气孔内气流温度随供气孔角度增加而降低,温降系数随着供气孔角度的增加而增加。旋转雷诺数为  $1.04 \times 10^7$  时,温降系数最大增加了 19.3%。

3) 供气孔流量系数和系统无量纲质量流量随供气孔角度增加而增加。预旋角为  $15^\circ$  时供气孔流量系数最大可提高 64.9%,无量纲质量流量最大可提高 2.1%。

#### 参考文献:

- [1] MEIERHOFER B, FRANKLIN C J. An investigation of a preswirlled cooling airflow to a turbine disc by measuring the air temperature in the rotating channels [C]. [S.I.]: Asme, 1981.
- [2] DITTMANN M, GEIS T, SCHRAMM V, et al. Discharge coefficients of a preswirl system in secondary air systems [J]. Journal of Turbomachinery, 2002, 124(1): 119-124.
- [3] 胡伟学,王锁芳,毛莎莎. 预旋喷嘴径向角度对预旋特性影响的数值研究[J]. 航空动力学报, 2019, 34(1): 84-91.
- [4] 刘育心,刘高文,吴衡,等. 叶型孔式预旋喷嘴流动特性数值研究[J]. 推进技术, 2016, 37(2): 332-338.

- [5] 陈帆,王锁芳,张光宇,等. 接受孔角度对预旋系统流动特性影响的数值研究[J]. 推进技术, 2018, 39(7): 1549-1555.
- [6] 侯伟韬,王新军,李炎栋. 接收孔周向倾角对预旋静盘腔流动特性的影响[J]. 西安交通大学学报, 2019, 53(11): 27-33.
- [7] 韦光礼,王锁芳,陆海,等. 带进气角度接受孔径向预旋流动特性数值研究[J]. 机械制造与自动化, 2022, 51(5): 16-20.
- [8] LIU Y X, LIU G W, KONG X Z, et al. Design and numerical analysis of a vane shaped receiver hole in a cover-plate preswirl system [J]. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2019, 141(4): 041001.
- [9] 张凯,王锁芳,侯晓亭,等. 狭缝型接受孔对径向预旋系统的影响[J]. 航空动力学报, 2020, 35(5): 983-991.
- [10] 张建超,王锁芳. 带导流片的径向预旋系统流动结构数值研究[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2014, 28(1): 43-48.
- [11] 邓丽君,朱宇. 带内部叶轮结构的涡轮盘腔流动与温降特性研究[J]. 南京航空航天大学学报, 2021, 53(4): 562-569.
- [12] 郑笑天. 流路结构对预旋盘腔气流流动影响研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2020.
- [13] 余建军. 径向预旋流动特性研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2017.

收稿日期: 2022-10-11

(上接第 82 页)

2) 对机构进行了正逆向运动学分析,得到了机构的正运动学数学模型以及反解表达式。

3) 对机构进行误差建模与可靠性分析,通过仿真运算得到机构末端位姿误差范围,利用蒙特卡洛法对机构进行可靠性分析,得到影响机构末端位姿误差的主要误差源为关节 4 和关节 6 的  $\Delta\alpha$  值,为提高对接机构的位姿精度提供了依据。

#### 参考文献:

- [1] 王丙戌. 导弹总装对接平台的设计与研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2019.
- [2] 张志雄,江志新,杨拥民,等. 关节对中误差对机械臂末端定位精度影响[J]. 国防科技大学学报, 2014, 36(6): 185-190.

- [3] 宋晨,杨洋,张雷雨,等. 一种六自由度调姿机构的运动学与误差分析[J]. 机械设计与研究, 2017, 33(4): 16-21.
- [4] 陈博,杨健,闫恒,等. IRS-300 六轴机器人运动学建模与参数仿真分析[J]. 机械制造与自动化, 2021, 50(5): 88-90, 112.
- [5] 阎华,刘桂雄,郑时雄. 机器人位姿误差建模方法综述[J]. 机床与液压, 2000, 28(1): 3-5.
- [6] 徐立中,丁晓峰,王鑫,等. 基于信赖域的序贯拟蒙特卡洛滤波算法[J]. 电子学报, 2011, 39(3A): 24-30.
- [7] 谢里阳,王正,周金宇. 机械可靠性基本理论与方法[M]. 北京:科学出版社, 2009.

收稿日期: 2022-09-09