

# 安徽大学 2023-2024 学年第二学期

## 《机器人运动控制》期末考试试卷 (B 卷)

(闭卷 时间 120 分钟)

座位号\_\_\_\_\_ 专业\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_

题 号	1	2	3	4	5	6	总 分
得 分							
阅卷人							

1. (20 分)

结合实例解答以下问题：

- (1) 简述机器人控制的特点；
- (2) 自由度的概念是什么，刚体具有几个自由度；
- (3) 机器人控制方法有哪些；
- (4) 列举柔顺控制的策略，并简要说明原理。

得 分

2. (10 分) 坐标系  $\{B\}$  的初始位姿与参考坐标系  $\{A\}$  相同，坐标系  $\{B\}$  相对于  $\{A\}$  的  $z_A$  轴旋转  $45^\circ$ ，再沿  $\{A\}$  的  $x_A$  轴移动 15，沿  $\{A\}$  的  $y_A$  轴移动 10。

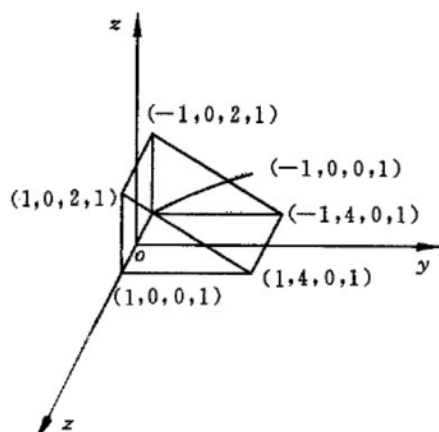
- (1) 求位置矢量  ${}^A\mathbf{P}_B$  和旋转矩阵  ${}^A\mathbf{R}_B$ ；
- (2) 假设  $\mathbf{P}$  点在坐标系  $\{B\}$  的描述为  ${}^B\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 5 & 9 & 0 \end{bmatrix}^T$ ，求其在坐标系  $\{A\}$  的描述。

得 分

3. (10 分) 下图中的楔形物体的空间描述如图所示，表示该物体在空间的位置和方向。如果该物体在基坐标系中先绕  $x$  轴旋转  $90^\circ$ ，再绕  $z$  轴旋转  $90^\circ$ ，再沿  $y$  轴平移 2。

- (1) 写出其齐次坐标变换矩阵  $T$ ，求物体 6 个顶点的位置；
- (2) 列出旋转矩阵的几个特性，旋转矩阵有几个独立变量？右乘联体左乘基是什么含义？

得 分



4. (20 分) 已知坐标系  $\{A\}$  和对基坐标系的微分平移与微分旋转分别为：

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 10 \\ 1 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} \mathbf{d} = 1i + 0j + 0.5k \\ \boldsymbol{\delta} = 0i + 0.1j + 0k \end{cases}$$

求微分变换  $dA$  以及对坐标系  $\{A\}$  的等价微分平移和微分旋转。

得 分

5. (20 分) (1) 简述 D-H 参数法的四个参数的含义;

(2) 简述正逆运动学的区别, 为什么逆运动学问题一般求解复杂?

(3) 写出原点建立在关节轴线  $J_{i+1}$  上的连杆变化矩阵, 并计算。

6. (20 分) 如图所示二自由度平面关节机械手, 已知手部端点位置  $x$ 、 $y$ , 关节变量  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ,

(1) 简述速度雅可比的含义, 其反映了哪两种变量的关系, 并写出该 2R 机械手的速度雅可比矩阵;

(2) 写出该 2R 机械手的逆速度雅可比矩阵, 雅可比矩阵  $J$  是如何产生奇异位形的;

(3) 简述力雅可比的含义, 其反映了哪两种变量的关系, 并写出该 2R 机械手的力雅可比矩阵;

(4) 列举建立机器人动力学方程的主要方法, 并对该 2R 机械手, 选取一种方法进行动力学建模。

得分

得分

