

参考答案

1. 液压振动台系统动力学方程的建立依据是什么？请写出其核心动力学方程及传递函数推导的关键步骤。

答：建立依据是牛顿第二定律。核心动力学方程为

$$M \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + b \frac{dy(t)}{dt} + ky(t) = r(t)$$

式中： M 为质量； b 为阻尼系数； k 为弹簧刚度； $r(t)$ 为外部激励力； $y(t)$ 为振动台位移输出。

传递函数推导关键步骤：对动力学方程取零初始条件下的拉普拉斯变换，分离输出与输入的拉普拉斯变换式，得到传递函数。

2. 履带式机器人 SLAM 建图的核心流程包含哪几个关键步骤？每个步骤的主要作用是什么？

答：核心流程包含 5 个步骤：①传感器层：读取激光雷达点云数据，通过滤波、降采样预处理去除噪声、减少数据量；②前端匹配：通过几何特征或概率模型匹配连续点云帧，估算机器人相对位姿，构建局部地图片段；③后端优化：利用非线性优化算法，结合位姿约束和回环信息，修正轨迹与地图，保证全局一致性；④回环检测：提取环境特征并与历史地图比对，判断是否回到已达位置，传递信息给后端优化以消除累积误差；⑤地图构建：依据优化后的轨迹，按需求生成二维栅格、三维点云等类型地图，用于后续导航。

3. 履带式机器人自主导航中“位置校正”的目的是什么？具体操作方法是什么？

答：目的是使机器人在 SLAM 构建的地图中的位置与实际场景中的位置精准匹配，为后续路径规划和导航提供准确初始位姿；操作方法：在 RVIZ 中点击“2D Pose Estimate”按钮，在地图上鼠标点击确定机器人初始位置，再通过遥控器手柄旋转机器人，直至激光雷达扫描的形状与地图中场景形状基本重叠，完成校正。

4. 以 2 自由度 RR 型平面机械臂为例，基于拉格朗日法建立动力学模型的核心步骤是什么？

答：核心步骤：①定义广义坐标，选择关节角度 q_1 和 q_2 作为广义坐标；②计算系统总动能 T ，包含连杆的平动动能和转动动能；③计算系统总势能 U ，主要为重力势能；④构建拉格朗日函数 $L = T - U$ ；⑤将 L 代入拉格朗日方程，推导得到动力学方程矩阵形式 $\tau = \mathbf{M}(q)\ddot{q} + \mathbf{C}(q, \dot{q})\dot{q} + \mathbf{G}(q)$ 。

5. 机械臂关节空间轨迹规划中，三次多项式插值的边界条件通常包含哪些？

答：边界条件包含：初始时刻的位置 $q(0) = q_0$ 、速度 $\dot{q}(0) = 0$ ，终止时刻的位置 $q(t_f) = q_f$ 、速度 $\dot{q}(t_f) = 0$

6. 履带式机器人从“启动激光雷达”到“按规划路径导航”的完整自主导航操作流程是什么？

答：完整流程：①启动激光雷达节点，获取环境点云信息；②修改导航算法配置文件中的地图名称，启动自主导航算法；③进行位置校正，确保机器人地图位置与实际位置匹配；④在 RVIZ 中点击“2D Nav Goal”按钮，鼠标选择目标位置及方向，设置航点；⑤将遥控器切换为指令控制模式，点击“开始导航”，系统自动生成路径；⑥机器人按规划路径行驶，完成导航任务后按顺序关闭相关节点。